# 平成２８年度
# 地層処分技術調査等事業
# 可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発

# 報告書
（第１分冊）

## 地下環境での搬送定置・回収技術の高度化開発
## ―実証試験―

平成２９年３月

公益財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター

本報告書は、経済産業省からの委託研究として、公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センターが実施した、平成２８年度地層処分技術調査等事業　可逆性・回収可能性調査・技術高度開発のうち、地下環境での搬送定置・回収技術の高度化開発の成果を取りまとめたものです。

# 報告書の構成

平成２８年度 地層処分技術調査等事業 可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発の報告書は、以下の分冊により構成されている。なお、地層処分実規模試験施設の活用の成果については、本分冊に含む。

| 当該報告書 | 分冊名 | 報告書の標題 |
|---|---|---|
| ○ | 第１分冊 | 地下環境での搬送定置・回収技術の高度化開発<br>－実証試験 |
| | 第２分冊 | 地下環境での搬送定置・回収技術の高度化開発 |
| | その１ | －回収可能性の維持についての検討 |
| | その２ | 可逆性・回収可能性の意義及び確保のあり方の整理 |

-目次-

**第１章**　はじめに ..... 1-1
1.1　事業概要 ..... 1-1
1.1.1　事業名 ..... 1-1
1.1.2　事業の目的 ..... 1-1
1.1.3　特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針の改定 ..... 1-2
1.2　全体計画 ..... 1-3
1.2.1　実証試験計画の策定（当初） ..... 1-3
1.2.2　実証試験計画の見直し、 ..... 1-5
1.2.3　実証試験の実施内容 ..... 1-7
1.3　平成２８年度の実施内容 ..... 1-8
1.3.1　地下実証試験施設の整備 ..... 1-8
1.3.2　搬送定置設備の実証的整備 ..... 1-8
1.3.3　隙間充填・除去技術の整備 ..... 1-8
1.3.4　地層処分実規模試験施設の活用 ..... 1-8
**第２章**　試験坑道２の整備 ..... 2-1
2.1　目的 ..... 2-1
2.2　地下実証試験設備の整備 ..... 2-1
2.2.1　概要 ..... 2-1
2.2.2　組立台の施工 ..... 2-3
(1)　組立台の概要 ..... 2-3
(2)　組立台の構造 ..... 2-3
(3)　鋼製型枠 ..... 2-5
(4)　コンクリート ..... 2-6
(5)　組立台出来形 ..... 2-8
2.2.3　台座の設置 ..... 2-11
(1)　台座の概要 ..... 2-11
(2)　台座の構造 ..... 2-11
(3)　台座の製作 ..... 2-14
(4)　台座の設置 ..... 2-14
(5)　台座の出来形 ..... 2-15
2.2.4　作業台の設置 ..... 2-16
(1)　作業台の概要 ..... 2-16
(2)　作業台の構造 ..... 2-16
(3)　作業台の出来形 ..... 2-18
2.3　地下環境への影響評価 ..... 2-19

2.3.1　周辺環境に与える影響 2-19
2.3.2　計測準備 2-20
(1)　計測項目 2-20
(2)　計測機器諸元 2-21
(3)　計測位置 2-22
2.3.3　計測機器の設置 2-25
2.3.4　計測結果 2-26
2.4　まとめ 2-28
(1)　実証試験設備の整備 2-28
(2)　地下環境への影響 2-28
**第 3 章**　定置・回収技術 3-1
3.1　目的 3-1
3.1.1　実証試験の工程 3-1
(1)　全体計画、年度展開 3-1
3.1.2　昨年度までの整備状況 3-2
(1)　装置の設計・製作 3-2
(2)　動作の確認 3-2
3.1.3　本年度の整備内容 3-6
3.2　定置装置の詳細設計、製作 3-9
3.2.1　遠隔化に向けた検討 3-9
(1)　定置装置の実証試験範囲 3-10
(2)　実証試験で使用する PEM の要求機能 3-10
(3)　地下実証試験設備からの制約 3-11
3.2.2　制御装置の詳細設計 3-12
(1)　定置装置に必要となる検出器類・監視カメラの検討 3-12
3.2.3　定置装置のシステム構成 3-28
(1)　定置装置の制御フロー 3-32
(2)　制御装置の詳細設計 3-40
(3)　制御装置の諸元 3-41
3.2.4　制御装置の製作 3-50
3.2.5　定置装置の保護 3-52
(1)　エアホースのカバー 3-52
(2)　回転部への誤接触防止 3-52
3.3　確認試験 3-54
3.3.1　試験計画 3-54
(1)　製作確認、機能確認試験 3-54

(2)　回収・定置動作に係るデータ取得と定置部・搬送部、遠隔機能の検証.... 3-54
3.3.2　試験結果および考察 ..... 3-56
(1)　製作確認、機能確認試験 ..... 3-56
(2)　回収・定置動作に係るデータ取得と定置部・搬送部、遠隔機能の機能検証. 3-60
3.4　地下実証試験に向けた次年度以降の課題整理と実施内容 ..... 3-71
3.4.1　地下実打設面への見通し ..... 3-71
3.4.2　除去後の坑道面への見通し ..... 3-71
3.4.3　安全措置のための装置による対応 ..... 3-72
3.5　模擬 PEM の設計 ..... 3-73
3.5.1　模擬 PEM の構造検討 ..... 3-73
(1)　設計条件の整理 ..... 3-73
(2)　模擬 PEM の構造 ..... 3-73
3.5.2　模擬 PEM の設計 ..... 3-74
3.6　まとめ ..... 3-77
(1)　構造検討の概要 ..... 3-91
(2)　主要部品一覧 ..... 3-95
(3)　主要部品の接合 ..... 3-101
(4)　ドレン構造 ..... 3-102
1)　予備試験（データ採取） ..... 3-122
2)　員数確認試験 ..... 3-124
3)　外観確認試験 ..... 3-125
4)　機能試験 ..... 3-126
1)　予備試験（データ採取） ..... 3-134
2)　員数確認試験 ..... 3-141
3)　外観確認試験 ..... 3-142
4)　機能確認試験 ..... 3-143
**第 4 章**　隙間充填材の施工・除去技術の検討 ..... 4-6
4.1　目的 ..... 4-6
4.2　隙間充填技術の検討 ..... 4-6
4.2.1　充填部の設定 ..... 4-6
(1)　充填部の形状 ..... 4-6
(2)　充填部の要件と仕様 ..... 4-7
4.2.2　隙間充填技術の選定 ..... 4-7
4.2.3　充填材料の製造、充填技術の文献調査・整理 ..... 4-8
(1)　モンテリ岩盤試験場における FE 試験 ..... 4-8

(2) Forsmark サイト等における Backfill 試験（SKB） ..... 4-15
(3) 国内文献（ベントナイト・ペレットの特性について） ..... 4-22
4.2.4 充填材の製作試験 ..... 4-26
(1) 充填材料の製造から充填までの工程 ..... 4-26
(2) 品質におよぼす影響因子の分析 ..... 4-27
(3) 配合設定方法、品質管理方法の提示 ..... 4-30
(4) 材料製造の効率化・高品質化を目標とした充填材製造要素試験 ..... 4-32
4.2.5 隙間充填部の施工品質 ..... 4-35
(1) 充填部の品質確認方法 ..... 4-35
4.2.6 誘電率計を利用した品質管理計測 ..... 4-36
(1) 検討の対象とした水分計 ..... 4-36
(2) 測定原理 ..... 4-37
(3) 水分計の影響範囲の測定 ..... 4-38
(4) 測定結果 ..... 4-39
(5) 検量線 ..... 4-42
4.2.7 充填材の充填予備試験 ..... 4-45
(1) 試験用の土槽 ..... 4-45
(2) 試験材料 ..... 4-45
(3) 試験手順 ..... 4-47
(4) 試験結果 ..... 4-48
4.2.8 実証試験装置の配置計画および施工方法 ..... 4-56
(1) スクリューの配置計画 ..... 4-56
(2) 充填手順の案 ..... 4-56
4.3 隙間充填材の除去技術の検討 ..... 4-58
4.3.1 隙間充填材除去技術の要件と除去技術の選定 ..... 4-58
(1) 本事業で考慮する要件 ..... 4-58
(2) 本事業での検討から除外する項目 ..... 4-59
(3) 隙間充填材の除去の工程 ..... 4-59
(4) 隙間充填材の除去技術 ..... 4-61
(5) 除去技術の選定 ..... 4-62
4.3.2 充填材除去設備の概念検討 ..... 4-66
(1) 実証対象技術の具体化 ..... 4-66
(2) 本事業での実証対象の設定 ..... 4-73
4.3.3 充填材除去装置の要素試験 ..... 4-76
(1) 試験フロー ..... 4-76
(2) 供試体 ..... 4-76

(3)　ウォータージェット ..... 4-81
(4)　試験ケース ..... 4-84
(5)　切削試験の結果 ..... 4-84
(6)　バキュームによる隙間充填材除去の要素試験 ..... 4-91
4.3.4　充填材除去装置の概念設計 ..... 4-93
(1)　ウォータージェットによる狭隘空間の充填材の除去機構 ..... 4-93
(2)　充填材切削の実証試験（地上） ..... 4-95
(3)　副産物、排水の処理 ..... 4-96
4.4　充填材の除去工程からの充填材施工技術の検討 ..... 4-98
4.5　隙間充填・除去技術の検討　まとめ ..... 4-99
4.5.1　隙間充填材、隙間充填装置の設計、製作 ..... 4-99
(1)　充填材・充填技術についての選定技術の提示 ..... 4-99
(2)　充填材（ペレット）の配合設定方法、品質管理方法の提示 ..... 4-99
(3)　充填材予備試験の実施 ..... 4-100
(4)　隙間充填装置の予備試験 ..... 4-100
(5)　開放部充填予備試験について ..... 4-100
4.5.2　隙間充填材除去装置の設計、製作 ..... 4-101
(1)　充填材除去技術の選定 ..... 4-101
(2)　充填材除去装置の概念設計 ..... 4-101
(3)　充填材除去装置の予備試験 ..... 4-101
**第 5 章**　地層処分実規模試験施設の活用 ..... 5-1
5.1　実施概要 ..... 5-1
5.2　地層処分実規模試験施設の整備 ..... 5-1
5.2.1　地層処分実規模試験施設 ..... 5-1
5.2.2　地層処分実規模施設のこれまでの経緯 ..... 5-3
5.2.3　実証試験計画の見直し、検討 ..... 5-3
(1)　年度計画 ..... 5-3
(2)　平成 28 年度実施項目 ..... 5-4
5.3　緩衝材除去システムの整備 ..... 5-5
5.3.1　緩衝材除去システム ..... 5-5
5.3.2　移設計画 ..... 5-5
5.3.3　固液分離水槽の移設 ..... 5-7
5.4　理解促進活動 ..... 5-8
5.4.1　施設の一般公開 ..... 5-8
(1)　開館日 ..... 5-8
(2)　「おもしろ科学館 2016 in ほろのべ」への協賛 ..... 5-8

(3) 来館者への対応 5-9
5.4.2 緩衝材定置試験の公開 5-9
(1) 試験内容 5-9
5.4.3 緩衝材可視化試験 5-12
(1) 緩衝材の機能と可視化試験の検討 5-12
5.4.4 認知度向上のための活動 5-17
(1) 実規模試験施設のパンフレット 5-17
(2) ホームページ（http://www.rwmc.or.jp/institution/） 5-18
(3) 情報誌への掲載 5-18
5.4.5 来館者へのアンケート 5-20
(1) アンケート回答者諸元 5-20
(2) アンケート集計結果 5-22
5.5 まとめ 5-26
5.5.1 地層処分実規模試験施設の整備 5-26
5.5.2 緩衝材除去システムの整備 5-26
5.5.3 理解促進活動 5-26
5.5.4 今後の予定 5-26
**第 6 章** まとめ 6-1
6.1 本年度の実施内容のまとめと次年度以降の計画 6-1
6.1.1 実証試験計画の見直し 6-1
6.1.2 地下実証試験設備の整備 6-1
6.1.3 定置技術の実証的整備 6-1
6.1.4 隙間充填・除去技術の実証的整備 6-2
6.1.5 地層処分実規模試験施設の活用 6-3

図 1.2.1-1　回収実証試験の５ヵ年計画（当初）[1] ..... 1-4
図 1.2.2-1　回収実証試験の５ヵ年計画（見直し後） ..... 1-6
図 1.2.3-1　PEM の回収実証試験の対象となる状態 ..... 1-7
図 2.2.1-1　試験坑道２に整備する設備の配置図 ..... 2-2
図 2.2.2-1　組立台の使用イメージ ..... 2-3
図 2.2.2-2　組立台配筋図 ..... 2-4
図 2.2.2-3　鋼製型枠 ..... 2-5
図 2.2.2-4　型枠使用状況 ..... 2-6
図 2.2.2-5　コンクリート受入れ時の試験状況 ..... 2-7
図 2.2.2-6　圧縮強度試験（σ28） ..... 2-7
図 2.2.2-7　組立台全景 ..... 2-8
図 2.2.3-1　台座の使用イメージ ..... 2-11
図 2.2.3-2　台座形状 ..... 2-12
図 2.2.3-3　台座配筋図 ..... 2-13
図 2.2.3-4　台座製作用鋼製型枠 ..... 2-14
図 2.2.3-5　台座（1ｍタイプ）の寸法検査状況 ..... 2-14
図 2.2.3-6　台座設置後の状況 ..... 2-15
図 2.2.3-7　台座設置状況 ..... 2-15
図 2.2.4-1　作業台のイメージ ..... 2-16
図 2.2.4-2　作業台の全体図 ..... 2-17
図 2.2.4-3　作業台設置状況（周回坑道から望む） ..... 2-18
図 2.2.4-4　作業台設置状況（試験坑道２内から望む） ..... 2-18
図 2.3.2-1　模擬 PEM 定置前後の鋼製支保工応力分布の比較 ..... 2-23
図 2.3.2-2　模擬 PEM 定置前後の吹付けコンクリートの応力増分 ..... 2-23
図 2.3.2-3　設置位置図（全体） ..... 2-24
図 2.3.2-4　設置位置図（詳細） ..... 2-24
図 2.3.3-1　鋼製支保工応力計設置 ..... 2-25
図 2.3.3-2　コンクリート応力計設置 ..... 2-25
図 2.3.3-3　温度計設置 ..... 2-25
図 2.3.4-1　コンクリート応力計計測データ ..... 2-26
図 2.3.4-2　鋼製支保工応力計計測データ ..... 2-27
図 2.3.4-3　温度計計測データ ..... 2-27
図 3.1.1-1　定置装置整備計画展開図 ..... 3-2
図 3.1.2-1　定置装置の概念図（図面） ..... 3-4
図 3.1.2-2　平成 27 年度までの定置装置整備状況（写真） ..... 3-5
図 3.1.2-3　定置装置のエア圧力（浮上量 40ｍｍ） ..... 3-5

図 3.1.2-4　装置後進（回収動作）時の牽引力（エアベアリング 10 枚、速度 5m/min、浮上量 40ｍｍ）..... 3-6
図 3.1.2-5　定置動作時の PEM に加わる力..... 3-6
図 3.1.3-1　定置装置および遠隔操作設備の模式図..... 3-8
図 3.2.1-1　　横置き PEM 方式による操業フロー（RWMC, 2005[1]　一部加筆）. 3-10
図 3.2.1-2　対象とした鋼殻リング方式 PEM..... 3-11
図 3.2.2-1　地下処分場における主要坑道・処分坑道での PEM 定置・回収動作イメージ..... 3-13
図 3.2.2-2　 PEM 定置動作フロー..... 3-14
図 3.2.2-3　 PEM 回収動作フロー..... 3-15
図 3.2.2-4　カメラ位置..... 3-24
図 3.2.2-5　異物（8mm）による装置への影響..... 3-25
図 3.2.2-6　異物（9mm）による装置への影響..... 3-25
図 3.2.2-7　異物（18mm）による装置への影響..... 3-26
図 3.2.2-8　異物（67mm）による装置への影響..... 3-26
図 3.2.2-9　異物（55mm）による装置への影響..... 3-27
図 3.2.3-1　定置装置　システム構成図..... 3-30
図 3.2.3-2　検出器、カメライメージ図..... 3-31
図 3.2.3-3　定置装置の制御フロー：各運転モードのツリー..... 3-33
図 3.2.3-4　定置装置の制御フロー：空荷前進..... 3-34
図 3.2.3-5　定置装置の制御フロー：PEM 浮上..... 3-35
図 3.2.3-6　定置装置の制御フロー：在荷前進..... 3-36
図 3.2.3-7　定置装置の制御フロー：在荷後進..... 3-37
図 3.2.3-8　定置装置の制御フロー：PEM 着床..... 3-38
図 3.2.3-9　定置装置の制御フロー：空荷後進..... 3-39
図 3.2.3-10　制御盤外形図..... 3-44
図 3.2.3-11　中継ボックス外形図..... 3-45
図 3.2.3-12　操作卓外形図..... 3-46
図 3.2.3-13　定置装置　全体図..... 3-48
図 3.2.3-14　幌延 URL 試験坑道 2 での配置案..... 3-49
図 3.2.3-15　定置装置　3D モデル（1/2）..... 3-50
図 3.2.3-16　定置装置　3D モデル（2/2）..... 3-51
図 3.2.4-1　制御盤　完成写真（内部）..... 3-52
図 3.2.4-2　中継ボックス　完成写真..... 3-53
図 3.2.4-3　操作卓　完成写真（全体）..... 3-53

図 3.2.5-1　エアホースのカバー ..... 3-54
図 3.2.5-2　回転部のカバー ..... 3-55
図 3.3.1-1　定置装置　平成 28 年度までの整備状況と確認項目 ..... 3-57
図 3.3.2-1　上昇量とエア流量（定置動作、上昇量 40ｍｍ調整、速度 1m/min）. 3-66
図 3.3.2-2　平成 22 年度　処分システム工学要素技術高度化開発　PEM 搬送試験結果（[3]より抜粋）..... 3-67
図 3.3.2-3　押引力（定置動作、上昇量 40ｍｍ調整、速度 1m/min）..... 3-68
図 3.3.2-4　操作卓（全体）..... 3-70
図 3.3.2-5　操作卓（ステータスモニタ）..... 3-70
図 3.3.2-6　押引力と上昇量（回収動作、自動運転、上昇量 40ｍｍ調整）..... 3-72
図 3.3.2-7　検出距離と総吐出流量（回収動作、自動運転、上昇量 40ｍｍ調整）. 3-72
図 3.5.2-1　模擬 PEM　外観図（ボルトは表示していない）..... 3-77
図 3.5.2-2　Unit 分解図（ボルトは表示していない）..... 3-77
図 3.5.2-3　模擬 PEM 主要寸法図　(mm)..... 3-78
図 4.2.1-1　試験坑道 2 の概要 ..... 4-6
図 4.2.1-2　PEM の定置によって坑道内に生じる隙間..... 4-7
図 4.2.2-1　これまでに実施されたペレット方式の要素試験の例[2] ..... 4-8
図 4.2.3-1　モンテリ岩盤試験場における FE 試験坑道概要..... 4-10
図 4.2.3-2　乾燥密度の分布..... 4-11
図 4.2.3-3　FE 試験で製作された充填装置 ..... 4-12
図 4.2.3-4　充填材を装填した状況（3D 試験）..... 4-12
図 4.2.3-5　充填中のアーム先端付近と予備試験（3D 試験）における充填状況 ... 4-12
図 4.2.3-6　2D 試験実施状況 ..... 4-13
図 4.2.3-7　3D 試験における水分計配置 ..... 4-14
図 4.2.3-8　モンテリ岩盤試験場における FE 試験の位置（モンテリ HP 資料に一部追記）..... 4-14
図 4.2.3-9　製造されたベントナイトペレット..... 4-18
図 4.2.3-10　Olkiluoto のトンネル内の浸透水量 ..... 4-19
図 4.2.3-11　各サイトの塩分濃度の分布状況 ..... 4-19
図 4.2.3-12　製造されたペレット ..... 4-21
図 4.2.3-13　大型実験での模擬埋戻しブロックの設置状況 ..... 4-21
図 4.2.3-14　人工亀裂(左)と充填前のトンネル頂部付近(右)..... 4-22
図 4.2.3-15　粒度分布..... 4-25
図 4.2.4-1　隙間充填材の製造、輸送、充填工程の一例..... 4-26
図 4.2.4-2　隙間充填のかさ密度への影響因子の分析例..... 4-29
図 4.2.4-3　充填乾燥有効粘土密度 1.37Mg/m3 を満足する充填率とペレット密度の関

係 ..... 4-31
図 4.2.4-4　ブリケッティングマシン ..... 4-32
図 4.2.4-5　ブリケッティングマシンの構造図と使用したロール ..... 4-33
図 4.2.4-6　製造したベントナイトペレット ..... 4-34
図 4.2.4-7　カサ密度測定の様子 ..... 4-34
図 4.2.5-1　ペレット充填方式による緩衝材施工試験時の密度測定の例 ..... 4-35
図 4.2.6-1　水分計の外形（PR2） ..... 4-36
図 4.2.6-2　水分計の外形（PICO） ..... 4-37
図 4.2.6-3　水分計プローブ周囲の電磁場 ..... 4-37
図 4.2.6-4　密度増加イメージ図 ..... 4-37
図 4.2.6-5　電磁波模式図 ..... 4-38
図 4.2.6-6　水分計影響範囲の方向 ..... 4-38
図 4.2.6-7　測定方法（鉛直方向） ..... 4-39
図 4.2.6-8　計測方法（水平方向） ..... 4-39
図 4.2.6-9　PR2 計測状況 ..... 4-39
図 4.2.6-10　PR2 計測結果（鉛直方向） ..... 4-39
図 4.2.6-11　PR2 計測状況 ..... 4-40
図 4.2.6-12　PR2 計測結果 ..... 4-40
図 4.2.6-13　PICO 計測状況 ..... 4-40
図 4.2.6-14　PICO 計測結果（鉛直方向） ..... 4-40
図 4.2.6-15　PICO 計測状況 ..... 4-41
図 4.2.6-16　PICO 計測結果（水平方向） ..... 4-41
図 4.2.6-17　誘電率による密度測定のための検量線取得の試験の様子 ..... 4-42
図 4.2.6-18　アクセスチューブ内からみた充填材の様子 ..... 4-42
図 4.2.6-19　ADR 方式（PR2）の体積含水率 vs.出力値の検量線 ..... 4-43
図 4.2.6-20　TDR 方式（PICO）の体積含水率 vs.出力値の検量線 ..... 4-43
図 4.2.6-21　TDR 方式（PICO）の体積含水率 vs.出力値の検量線の温度補正 ..... 4-44
図 4.2.7-1　実証試験における試験断面（開放部） ..... 4-45
図 4.2.7-2　試験土槽図面、土槽全景および計測器挿入配置位置 ..... 4-46
図 4.2.7-3　誘電率計設置状況 ..... 4-46
図 4.2.7-4　ペレットと粒状ベントナイト混合材料 ..... 4-46
図 4.2.7-5　試験開始時のスクリューの位置 ..... 4-47
図 4.2.7-6　法面の形状計測に使用した 3D スキャナ ..... 4-47
図 4.2.7-7　カサ密度サンプルの採取 ..... 4-48
図 4.2.7-8　カサ密度サンプルの計量 ..... 4-48
図 4.2.7-9　簡易的な計測による体積の算出方法 ..... 4-49

図 4.2.7-10　3D スキャナによる充填後の法面形状の測定結果 ..... 4-49
図 4.2.7-11　充填部の位置よる充填材料の混合率の分布 ..... 4-50
図 4.2.7-12　ペレットと粒状ベントナイトの片寄り発生現象 ..... 4-50
図 4.2.7-13　充填後の天端部の様子と形状計測結果 ..... 4-51
図 4.2.7-14　誘電率計の配置箇所 ..... 4-53
図 4.2.7-15　ペレット・粉体ベントナイトの充填模式図 ..... 4-55
図 4.2.8-1　スクリュー配置位置の考え方 ..... 4-56
図 4.2.8-2　スクリュー配置図案 ..... 4-56
図 4.2.8-3　スクリューによる充填手順（案） ..... 4-57
図 4.3.1-1　処分坑道竪置き定置方式に対する緩衝材除去技術の実証試験[15] ..... 4-63
図 4.3.1-2　回収手順と適用する回収技術の例（横置き・PEM 方式の場合）[17] 4-64
図 4.3.2-1　処分坑道インバート形状による適応技術の例 ..... 4-71
図 4.3.2-2　PEM の位置検出の概念 ..... 4-72
図 4.3.2-3　実処分場での実機と地下調査施設の試験用除去装置の位置付け ..... 4-74
図 4.3.2-4　隙間充填材の除去技術　検討フローと工程（平成２９年度～平成３１年度）
..... 4-75
図 4.3.3-1　切削試験フロー図 ..... 4-76
図 4.3.3-2　切削用供試体の成型用鋼製モールド ..... 4-77
図 4.3.3-3　突固めによる作製状況と、供試体外観 ..... 4-78
図 4.3.3-4　ペレット充填供試体の作製状況 ..... 4-79
図 4.3.3-5　破砕ペレット充填供試体の作製状況 ..... 4-79
図 4.3.3-6　通水後の供試体の飽和度の考え方 ..... 4-79
図 4.3.3-7　ペレット充填供試体の通水状況 ..... 4-80
図 4.3.3-8　高圧洗浄車 ..... 4-81
図 4.3.3-9　ノズル形状の種類 ..... 4-81
図 4.3.3-10　ノズル形状の違いによるジェット形状 ..... 4-82
図 4.3.3-11　ハンドガン ..... 4-82
図 4.3.3-12　ノズルと供試体の距離 ..... 4-82
図 4.3.3-13　突固め供試体の切削状況 ..... 4-85
図 4.3.3-14　突固め供試体の切削前後の様子（淡水） ..... 4-85
図 4.3.3-15　切削後の供試体およびモールド状況（塩水・淡水：突固め供試体） 4-87
図 4.3.3-16　切削後の供試体およびモールド状況（塩水・淡水：ペレット充填供試体）
..... 4-88
図 4.3.3-17　切削後の供試体およびモールド状況（塩水・淡水：破砕ペレット充填供試体） ..... 4-89
図 4.3.3-18　除去試験後の鋼製容器の状態 ..... 4-90

図 4.3.3-19　コンクリート供試体　切削状況 ..... 4-90
図 4.3.3-20　コンクリート供試体　切削前後の表面の様子 ..... 4-91
図 4.3.3-21　バキューム回収装置 ..... 4-91
図 4.3.3-22　バキューム吸い口 ..... 4-92
図 4.3.4-1　狭隘部ガイド概念図 ..... 4-93
図 4.3.4-2　前方ノズルガイド拡大イメージ図 ..... 4-94
図 4.3.4-3　ノズル先端のイメージ図 ..... 4-94
図 4.3.4-4　横行レールと後方ノズルガイド ..... 4-95
図 4.3.4-5　地上での充填材除去試験（狭隘部）の装置構成 ..... 4-95
図 4.3.4-6　除去全体概案図（側面と全体イメージ図） ..... 4-96
図 4.3.4-7　強力吸引車 ..... 4-96
図 4.3.4-8　強力吸引車での副産物の撤去（地上での確認試験イメージ） ..... 4-97
図 4.3.4-9　エアー式ダイヤフラムポンプ ..... 4-97
図 4.3.4-10　エアー式ダイヤフラムポンプによる副産物の撤去 ..... 4-98
図 5.2.1-1　地層処分実規模試験施設 ..... 5-2
図 5.2.1-2　地層処分実規模施設内　全体図 ..... 5-2
図 5.2.1-3　公開状況 ..... 5-2
図 5.3.1-1　緩衝材除去システム概要図 ..... 5-5
図 5.3.2-1　固液分離水槽の全体図 ..... 5-5
図 5.3.2-2　塩水リユース設備（固液分離水槽）の配置計画図 ..... 5-6
図 5.3.3-1　固液分離水槽の積み込み状況 ..... 5-7
図 5.3.3-2　固液分離水槽の移設状況 ..... 5-7
図 5.3.3-3　移設前後の施設内全景 ..... 5-7
図 5.4.1-1　平成 28 年度来館者推移 ..... 5-9
図 5.4.2-1　緩衝材定置運転動作（その１） ..... 5-10
図 5.4.2-2　緩衝材定置運転動作（その２） ..... 5-10
図 5.4.2-3　緩衝材定置運転動作（その３） ..... 5-10
図 5.4.2-4　緩衝材定置運転動作（その４） ..... 5-11
図 5.4.2-5　おもしろ科学館 2016in 幌延での緩衝材定置試験の様子 ..... 5-12
図 5.4.3-1　水平方向の浸潤試験概念 ..... 5-13
図 5.4.3-2　供試体作製方法 ..... 5-14
図 5.4.3-3　緩衝材可視化試験の概要 ..... 5-14
図 5.4.3-4　緩衝材可視化試験状況 ..... 5-16
図 5.4.3-5　緩衝材可視化試験状況（Case1） ..... 5-16
図 5.4.3-6　緩衝材供試体の変位（膨潤） ..... 5-16
図 5.4.3-7　含水比の深さ方向分布と乾燥密度分布 ..... 5-17

図 5.4.4-1　地層処分実規模試験施設パンフレット ..... 5-18
図 5.4.4-2　 認知度向上のための活動（コミュニティ FM 番組表への掲載） ..... 5-19
図 5.4.4-3　認知度向上のための活動（情報誌（全国誌）への掲載[24]） ..... 5-19
図 5.4.4-4　北海道新聞折り込み冊子「宗谷管内公共交通ブック時刻表」の広告 .. 5-20
図 5.4.5-1　来館者の住まい ..... 5-21
図 5.4.5-2　回答者諸元 ..... 5-21
図 5.4.5-3　アンケート結果 1 ..... 5-22
図 5.4.5-4　アンケート結果 2 ..... 5-22
図 5.4.5-5　アンケート結果 3 ..... 5-23
図 5.4.5-6　アンケート結果 4 ..... 5-23
図 5.4.5-7　アンケート結果 5 ..... 5-24
図 5.4.5-8　アンケート結果 6 ..... 5-24
図 5.4.5-9　アンケート結果 7 ..... 5-25

表 2.2.2-1　型枠の比較 ..... 2-5
表 2.2.2-2　コンクリートの配合設計条件 ..... 2-6
表 2.2.2-3　出来形検査のまとめ ..... 2-9
表 2.2.2-4　仕上がり状況一覧 ..... 2-10
表 2.3.1-1　模擬 PEM の定置により考えられる周辺岩盤や既存支保への影響の整理 . 2-20
表 2.3.2-1　影響評価における計測内容 ..... 2-20
表 2.3.2-2　計測機器諸言 ..... 2-21
表 2.3.2-3　計測機器の耐久性[2] ..... 2-22
表 3.1.1-1　定置・回収設備の整備計画 ..... 3-1
表 3.1.2-1　定置装置の諸元 ..... 3-3
表 3.2.1-1　模擬 PEM の要求機能 ..... 3-10
表 3.2.1-2　地下実証試験設備の条件 ..... 3-12
表 3.2.2-1　遠隔操作に必要な検出器、およびカメラの抽出（1/2） ..... 3-17
表 3.2.2-2　遠隔操作に必要な検出器、およびカメラの抽出（2/2） ..... 3-18
表 3.2.2-3　定置装置の目標停止精度 ..... 3-19
表 3.2.2-4　前方/後方検出器要求仕様 ..... 3-20
表 3.2.2-5　PEM 検出器要求仕様 ..... 3-20
表 3.2.2-6　浮上量検出器要求仕様 ..... 3-20
表 3.2.2-7　選定検出器の諸元 ..... 3-22
表 3.2.2-8　カメラで視認する障害物サイズ ..... 3-23
表 3.2.2-9　カメラの視認範囲要求仕様の設定根拠 ..... 3-27
表 3.2.2-10　カメラ要求仕様 ..... 3-28
表 3.2.2-11　選定カメラの諸元 ..... 3-28
表 3.2.3-1　制御盤の要求仕様 ..... 3-40
表 3.2.3-2　中継ボックスの要求仕様 ..... 3-40
表 3.2.3-3　操作卓の要求仕様 ..... 3-41
表 3.2.3-4　制御盤の諸元 ..... 3-41
表 3.2.3-5　中継ボックスの諸元 ..... 3-42
表 3.2.3-6　操作卓の諸元 ..... 3-42
表 3.2.3-7　電源仕様 ..... 3-43
表 3.3.1-1　試験項目と目的 ..... 3-56
表 3.3.1-2　試験条件 ..... 3-56
表 3.3.2-1　機能確認試験（遠隔手動）結果　回収動作（１／２） ..... 3-59
表 3.3.2-2　機能確認試験（遠隔手動）結果　定置動作（２／２） ..... 3-60
表 3.3.2-3　機能確認試験（遠隔自動）結果　回収動作 ..... 3-61

表 3.3.2-4　取得データ星取表（1/2）..... 3-63
表 3.3.2-5　取得データ星取表（2/2）..... 3-64
表 3.5.1-1　模擬 PEM 容器の設計条件..... 3-75
表 3.5.1-2　模擬 PEM 容器本体の構造..... 3-76
表 3.5.1-3　主要寸法と重量..... 3-76
表 4.2.3-1　モンテリ FE 試験に関する参考文献..... 4-9
表 4.2.3-2　ベントナイト・ペレット一覧..... 4-17
表 4.2.3-3　Forsmark および Olkiluoto のサイト条件..... 4-18
表 4.2.3-4　ペレット製作結果..... 4-24
表 4.2.3-5　代表的なベントナイトペレット製造法..... 4-25
表 4.2.4-1　フィッシュボーンダイアグラムの因子の関係例..... 4-28
表 4.2.4-2　影響因子の整理表..... 4-30
表 4.2.4-3　ペレットの密度結果..... 4-34
表 4.2.6-1　水分計の影響範囲の計測結果..... 4-41
表 4.2.7-1　カサ密度測定結果..... 4-48
表 4.2.7-2　誘電率計による充填密度の計測手順..... 4-52
表 4.2.7-3　誘電率計を用いた密度測定結果との比較..... 4-53
表 4.2.7-4　アクセスチューブ周りの充填状況（左端・鉛直）..... 4-54
表 4.3.1-1　除去技術の比較評価[14]..... 4-61
表 4.3.1-2　除去工程と各工程での副産物の性状の関係の例..... 4-65
表 4.3.2-1　トンネル掘削技術の例[18]..... 4-67
表 4.3.2-2　断面位置に対する適応技術例(1/3)..... 4-68
表 4.3.2-3　断面位置に対する適応技術例(2/3)..... 4-69
表 4.3.2-4　断面位置に対する適応技術例(3/3)..... 4-70
表 4.3.3-1　供試体作製条件..... 4-76
表 4.3.3-2　突固め供試体のごとの初期条件..... 4-78
表 4.3.3-3　ペレット充填供試体の初期条件一覧..... 4-80
表 4.3.3-4　破砕ペレット充填供試体の初期条件一覧..... 4-80
表 4.3.3-5　噴射圧選定試験の状況..... 4-83
表 4.3.3-6　切削試験の条件..... 4-84
表 4.3.3-7　各条件における切削試験の結果..... 4-86
表 4.3.3-8　バキュームによる回収量..... 4-92
表 5.2.3-1　年度計画表..... 5-3
表 5.4.2-1　試験スケジュール..... 5-11
表 5.4.3-1　試験ケース..... 5-15

# 第1章　はじめに

## 1.1 事業概要

### 1.1.1 事業名

平成２８年度　地層処分技術調査等事業　可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発

### 1.1.2　事業の目的

我が国において、これまでの原子力発電の利用に伴って既に放射性廃棄物が発生しており、その処理処分対策を着実に進める必要がある。高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る研究開発については、国、研究開発機関等が、それぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下で、基盤研究開発を着実に進めていくことが重要である。

平成２６年４月のエネルギー基本計画においては、高レベル放射性廃棄物の問題の解決に向けた取組の抜本強化として、「地層処分を前提に取組を進めつつ、可逆性・回収可能性を担保し、今後より良い処分方法が実用化された場合に将来世代が最良の処分方法を選択できるようにする。」、「処分場を閉鎖せずに回収可能性を維持した場合の影響等について調査・研究を進め、処分場閉鎖までの間の高レベル放射性廃棄物の管理の在り方を具体化する。」との方針が示された。また、平成２６年５月の総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会放射性廃棄物ＷＧにおいても、「最終処分に向けた取組を進める上では、数世代にも及ぶ長期的な事業であることから、可逆性・回収可能性を担保し、将来世代も含めて最終処分に関する意思決定も見直せる仕組みとすることが不可欠」と示されている。さらに、平成２７年５月の改定された特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針では、「安全な管理が合理的に継続される範囲内で、最終処分施設の閉鎖までの間の廃棄物の搬出の可能性（回収可能性）を確保する」と示されている。諸外国においては、我が国に先行して可逆性・回収可能性を担保したプロセスへの見直しが検討・導入されつつあり、我が国においても最終処分における可逆性・回収可能性の意義や具体的な確保のあり方、必要な技術に関する検討が必要である。

回収技術については、今までに資源エネルギー庁での基盤研究開発（具体的には平成１９年度から２４年度まで実施した地層処分技術調査等事業（高レベル放射性廃棄物処分関連：処分システム工学要素技術高度化開発）及び平成２３年度から２６年度まで実施した地層処分技術調査等事業（地層処分回収技術高度化開発））において、操業における中核技術として、遠隔搬送・定置に関する技術調査や要素試験、さらには地上での適用試験などを通して、地質環境条件及び様々な処分概念への対応を踏まえた基盤技術として整備を進めてきた。また、操業技術を構成する要素技術の一つとして、回収技術の中核技術である塩水を利用した緩衝材除去技術について、地上施設における緩衝材除去試験を実施することにより適用性の検討を実施してきた。さらに、人工バリア材料や処分場の操業に係る工学技術の実現性、操業技術、回収技術等を対象とした人工バリア材料等を用いる実規模施設を資源エネルギー庁の委託事業（具体的には、平成２０年度から２５年度まで実施した原子力発電施設広聴・広報等事業（地層処分実規模設備整備事業））において整備してきた。これまでに開発してきた回収技術の高度化という観点においては、今後、地上とは異なる地下環境での搬送定置・回収技術に関する原位置試験を通じた操業時の工学技術の整

備・実証が必要である。

これらを背景として、本事業は、可逆性・回収可能性の意義、処分プロセスや処分システムの安全性への影響等の社会・技術の両面での検討、これまで開発してきた搬送定置や緩衝材除去技術の地下での適用性確認、地下環境における高レベル放射性廃棄物の搬送定置・回収技術の実証的な整備を通じて、国民の地層処分技術に関する安心感の醸成や可逆性・回収可能性に関する最終処分政策への反映に資するとともに、将来世代に対し高レベル放射性廃棄物の処分方法の選択肢について柔軟性を持たせること及び我が国における可逆性・回収可能性の概念や技術の整備を目的とする。

### 1.1.3　特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針の改定

平成２７年５月２２日、『特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針』の改定案が閣議決定された。この改定では高レベル放射性廃棄物の最終処分は現世代で取り組む問題であり、将来世代に負担を先送りにしないこと、国が前面に立って取り組む方針が示された。今回の基本方針の改定では、以下の５つが大きなポイントとして挙げられている。

- 将来世代に負担を先送りしないよう、現世代の責任で取り組みつつ、可逆性・回収可能性を担保し、代替オプションの技術開発も進める。
- 事業に貢献する地域への敬意や感謝の念の国民間での共有を目指す。
- 国が科学的有望地を提示し、調査への協力を自治体に申し入れる。
- 地域の合意形成や持続的発展に対して支援を行う。
- 技術開発の進捗等について原子力委員会が定期的に評価を行う。

また基本方針「第４　特定放射性廃棄物の最終処分の実施に関する事項」では下記のような記述がなされており、最終処分に関する政策や最終処分事業の可逆性を担保することが明文化された。以下は該当する部位を抜粋したものである。

*最終処分事業は長期にわたる事業であることを踏まえ、最終処分を計画的かつ確実に実施させるとの目的の下で、今後の技術その他の変化の可能性に柔軟かつ適切に対応する観点から、基本的に最終処分に関する政策や最終処分事業の可逆性を担保することとし、今後より良い処分方法が実用化された場合等に将来世代が最良の処分方法を選択できるようにする。このため、機構は、特定放射性廃棄物が最終処分施設に搬入された後においても、安全な管理が合理的に継続される範囲内で、最終処分施設の閉鎖までの間の廃棄物の搬出の可能性（回収可能性）を確保するものとする。*

本事業の成果は、上記基本方針を支える技術や考え方を提示するものである。

## 1.2 全体計画

本事業は平成２７年度から５年間の実施期間で、地下環境での回収実証試験を実施するものである。

### 1.2.1 実証試験計画の策定（当初）

平成２７年度は５年間で実施する本事業の１年目として、下記４件を実施し、実証試験計画を策定した[1]。

① 全体計画の策定

過去に国内外で実施された搬送定置・回収技術に係る基盤研究開発の成果に基づき、地下での実証試験などにおける課題を整理するとともに、それらの課題を踏まえ、５ヵ年を想定した適切な実証試験計画を策定した。

② 個別試験計画の具体化

立案した全体計画に基づき、各々の研究開発課題に対応した実証試験などの研究開発計画を具体化した。なお、具体化にあたっては、過去の基盤研究開発で開発した回収試験装置に関わる設備などの改良・活用を検討し、さらに試験実施に必要な装置の設計・製作を実施した。

③ 地層処分実規模試験施設の活用

事業の効率性の観点から、搬送定置・回収技術に関わる研究開発課題を検討するため地上試験サイトとして、資源エネルギー庁の委託事業で整備した地層処分実規模試験施設の活用について検討した。なお、活用にあたっては、試験の一般公開による国民への理解促進活動も念頭に置いた。

処分孔竪置き定置方式に対する回収技術の実証試験は、平成２６年度までの地層処分回収技術高度化開発で、緩衝材の除去システムの整備・試験が実施されている。竪置き・横置き双方の定置概念に対し、回収技術を実規模大で提示し、処分概念の柔軟性を確保するため、本事業での実証試験の対象を、処分坑道横置き定置方式 PEM 方式とした。また地下実証試験サイトとして、幌延深地層研究センター（以下、幌延 URL という。）の地下 350m 調査坑道に位置する、試験坑道２を選定した。また、処分孔竪置き定置方式に対する回収技術の実証は、地層処分実規模試験施設を活用して実施するものとした。図 1.2.1-1 に策定した実証試験計画（当初）を示す。

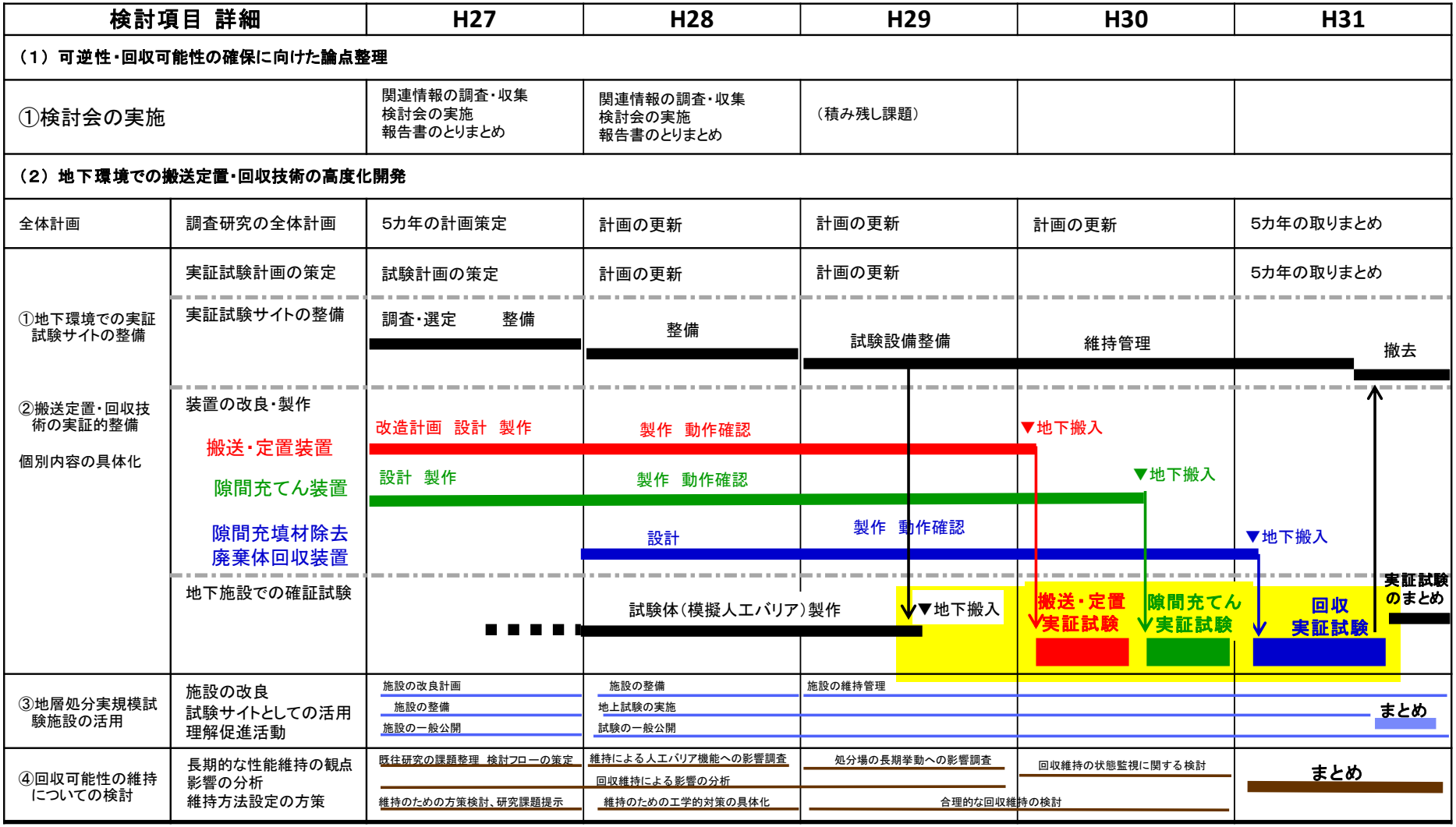



図 1.2.1-1 回収実証試験の５ヵ年計画（当初）[1]

1.2.2　実証試験計画の見直し、

平成２７年度に策定した、実証試験の全体計画について、地下での実証試験の実施に重点を置き見直しを行った。図 1.2.2-1 に見直し後の５ヵ年計画を示す。主な見直し点は以下の通り。

- 地下実証試験サイトの整備

当初計画では平成２９年度に模擬 PEM を地下に搬入する計画であったが、平成３０年度初頭に変更した。

- 地下での実証試験の工程

当初計画では、搬送定置試験、充填試験、除去試験、回収試験という実際の工程に合わせたものであったが、見直し後では坑道内に定置した模擬 PEM 周囲の隙間充填試験から開始し、地下での試験開始を平成３０年度に変更した。

- 除去試験の実施時期

当初計画では、平成３０年度の充填試験後、除去試験を実施する予定であったが、平成３１年度初頭に変更した。

- 搬送定置試験

当初計画では、実証試験の初めに実施する予定であったが、平成３１年度の回収試験の後に実施することとし、装置の入替回数を減らし試験に充てる期間を確保するように見直した。

- 地層処分実規模試験施設の活用

当初計画では、処分孔竪置き定置方式の回収試験を地層処分実規模試験施設で実施する予定であった。事業全体の方針を地下での実証試験の実施に重点を置いたものに見直したため、本事業では処分孔竪置き定置方式に対する回収実証試験は見送ることとした。実規模試験施設については、これまでに引き続き基盤研究の成果を公開する試験施設として、施設内の整備ならびに試験の公開を続けていく。

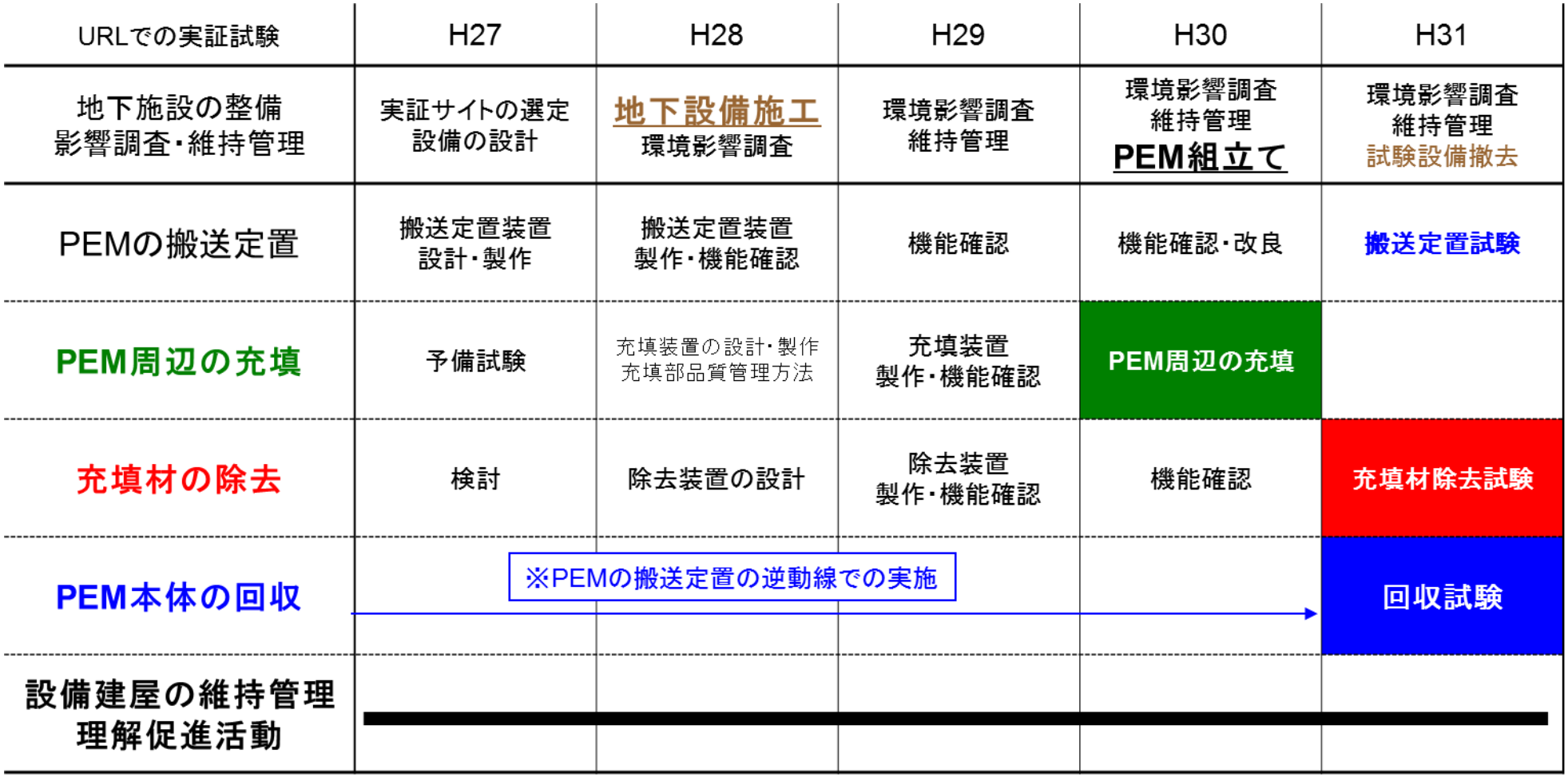



図 1.2.2-1　回収実証試験の５ヵ年計画（見直し後）



1-6

### 1.2.3 実証試験の実施内容

本事業では、処分坑道横置き定置方式 PEM 方式について、幌延 URL の地下 350m 試験坑道２に整備した地下実証試験サイトでの回収技術の実証的整備を計画した。

本試験では、PEM の鋼殻は健全であると仮定し、ガラス固化体を内包するオーバーパックを PEM ごと回収するものである。また、回収技術だけではなく、これまでの基盤研究で整備が進められてきた PEM の定置からの一連の動作についても検討の対象とした。地下実証試験サイトは新規に試験孔を掘削せず、直径 4m、奥行き 25m の試験坑道２を直接利用することとした。そのため定置装置が走行する円形坑道面を模擬するため、試験坑道２内に実証試験設備を施工することとした。実際の処分事業では１坑道に多数の PEM が定置されることになるため、定置や回収作業の繰返しや他の PEM との取合い等も検討する必要がある。事業期間内での様々制約の下での確実な実施のため、本事象では取り扱う PEM は一体とした。

定置作業中でかつ隙間充填材の施工前の PEM を除いて、回収の対象となる PEM は処分坑道内で隙間充填材が施工された状態にある。よって、本事業での PEM を回収では、PEM を拘束する力を解放する“充填材除去“の工程と、PEM を定置位置から引き出す”回収“の工程を実証試験の対象とした。除去対象とする隙間充填材は、密度、配合、飽和度等が除去効率に大きく影響すると考えられ、また充填される部位の要件を満たす技術で施工されていることが実証試験結果の検証の上で重要である。適切な除去対象を構築する技術として、隙間充填も本事象の対象とした。

以上より、平成 31 年度に予定する回収の実証試験では、図 1.2.3-1 に概念図として示した状態を回収実証試験の対象とした。

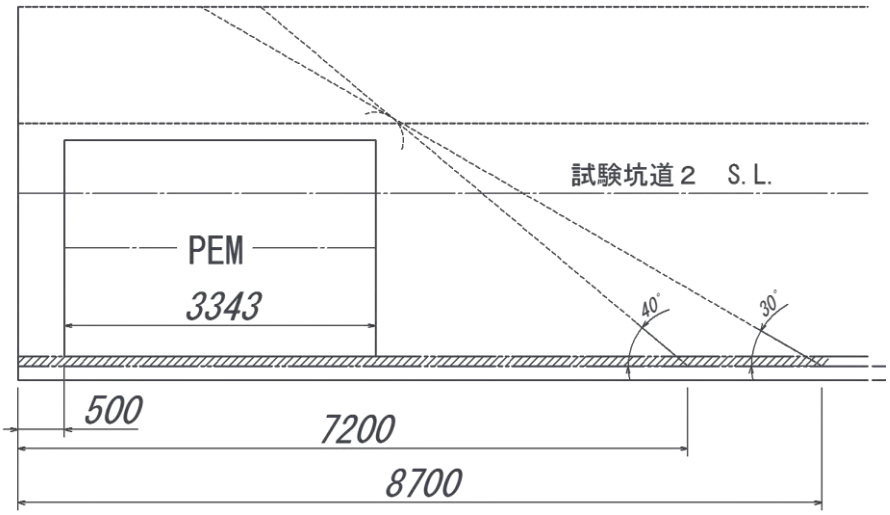



図 1.2.3-1　PEM の回収実証試験の対象となる状態

## 1.3 平成２８年度の実施内容

### 1.3.1 地下実証試験施設の整備

エアベアリング方式による定置装置を用いた PEM の回収試験を地下で実施するため、試験坑道 2 に円形断面坑道下部を模擬した構造物（組立台と台座）やその他の付帯設備等（作業台）を整備した。また、実証試験が既設坑道や周辺環境に及ぼす影響を評価するための検討、計測機器（コンクリート応力計と鋼製支保工応力計）の設置を行った。

### 1.3.2 搬送定置設備の実証的整備

エアベアリング方式の定置設備を、処分坑道横置き定置方式 PEM 方式の回収技術として定置の逆動線での実施を計画しており、本年度は昨年度に設計・製作した定置装置の製作を進め、遠隔操作のための検出器類や監視用カメラ、制御盤等の制御装置を取り付けた。また、整備した装置を用いて動作確認試験を実施した後、平成 27 年度に引き続き地上で鉄鋼製の模擬坑道面を使用した理想的な坑道面状態において、上記制御装置と組み合わせた回収・定置動作を確認し各データを取得して機能確認を行った。

### 1.3.3 隙間充填・除去技術の整備

地下での回収実証試験に向けた整備を実施した。回収作業では PEM-坑道間の充填材を除去し、拘束力を解くための充填材の除去技術が重要である。本年度は適切な充填材の施工技術と回収作業のための充填材の除去技術の検討、および要素試験を実施した。充填材の施工技術については、諸外国の類似例の整理し、これまでの基盤研究開発で検討が進められてきたペレット方式について、ペレットの製造試験、充填材の移送試験、充填部の品質確認技術を検討した。充填材の除去技術については、具体的な除去工程を検討し、各工程で必要となる技術を抽出するとともに、水理的除去方法について要素試験を実施した。

### 1.3.4 地層処分実規模試験施設の活用

資源エネルギー庁の委託事業で整備した地層処分実規模試験施設において、平成 27 年度に計画した地層処分の操業技術である搬送定置・回収技術に関わる実証試験計画は見送りになり、平成 28 年度はこれまでの成果を公開するための試験施設として運用することとした。本年度は、これまでの成果を公開するための施設内整備を実施した。また、施設内での緩衝材定置試験、展示物の説明などによる国民への理解促進活動を平成 27 年度に引き続き実施した。

なお本研究を実施するにあたり、公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センターと国立研究開発法人日本原子力研究開発機構との間で、共同研究契約「平成２８年度　搬送定置・回収技術の実証的検討に関する研究」を締結して実施した。

第１章　参考文献

[1]　（公財）原環センター、平成２７年度 地層処分技術調査等事業　可逆性・回収可能性調査・技術高度開発、報告書　2016 年 3 月

# 第2章　試験坑道２の整備

## 2.1　目的

本事業では処分坑道横置き定置方式 PEM 方式の回収実証試験を地下環境で実施する計画である。平成 27 年度に幌延深地層研究センター（以下、幌延 URL）地下 350m に位置する試験坑道 2 を実証試験サイトとして選定した。また新規に試験孔を掘削せず、既設の試験坑道 2 を活用する方針とした。

本年度は、エアベアリング方式による定置装置を用いた PEM の回収試験を地下で実施するため、試験坑道 2 に円形断面坑道下部を模擬した構造物やその他の付帯設備等を整備した。また、実証試験が既設坑道や周辺環境に及ぼす影響を評価するための検討、計測機器の設置を実施した。

本章では地下環境で搬送・定置、回収の実証試験を実施するための地下実証試験サイトを整備について述べる。

## 2.2　地下実証試験設備の整備

### 2.2.1　概要

図 2.2.1-1 に設備の配置図を示す。本年度整備するものは主に以下の 3 つである。

- 組立台

  直径 4m の円形断面を有する試験坑道 2 の底部の全長にわたって施工する鉄筋コンクリート製の模擬坑道面である。エアベアリング方式の定置装置の走行面とするため、半径 1,300mm の円弧形状とした。鋼製型枠を用いて現場打設で施工した。

- 台座

  模擬 PEM が定置される台であるとともに、定置装置の走行時のガイドレールの役目も担う。坑道下部の隙間充填性、定置装置の厚みを考慮して高さを設定した。コンクリート二次製品で、打設した組立台の上に設置した。

- 作業台

  試験坑道 2 の坑口側に設置する鋼製の台である。試験時の資機材の搬入、試験設備の操作卓の設置場所とするため、周回坑道とレベルを合わせた。

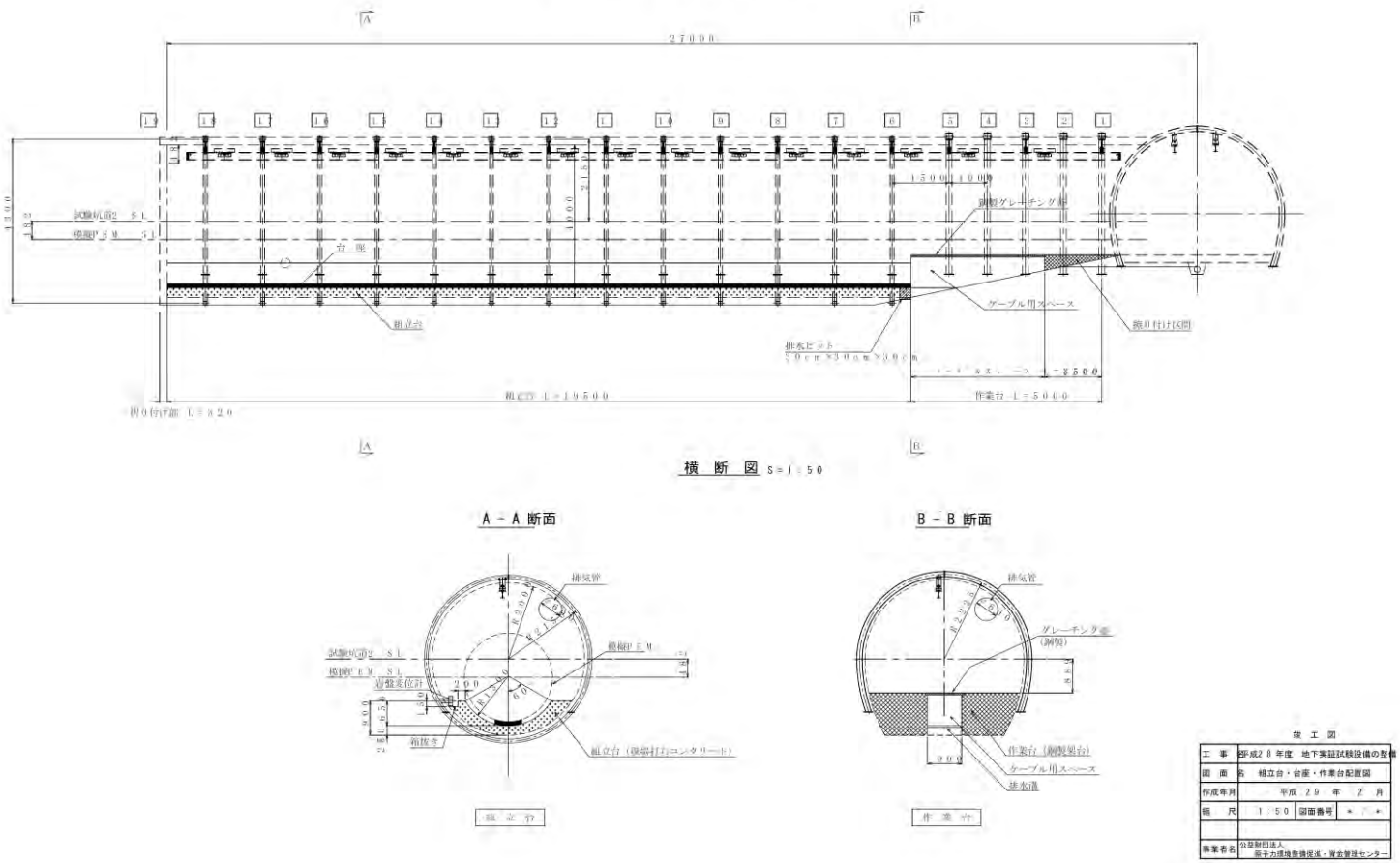



図 2.2.1-1　試験坑道 2 に整備する設備の配置図

### 2.2.2　組立台の施工

#### (1)　組立台の概要

組立台（図 2.2.2-1 の黄色部）は、定置装置の走行面としての機能を有する。そのため、以下の仕様を満たして施工される必要がある。

- 上端部は下弦の円弧状で、円弧の形状は半径 1300mm、中心角 120°（円弧長は約 1126mm）であること
- PEM（約 40 t ）を設置しても壊れないこと
- 表面は平滑であり、段差は±1mm 以内であること

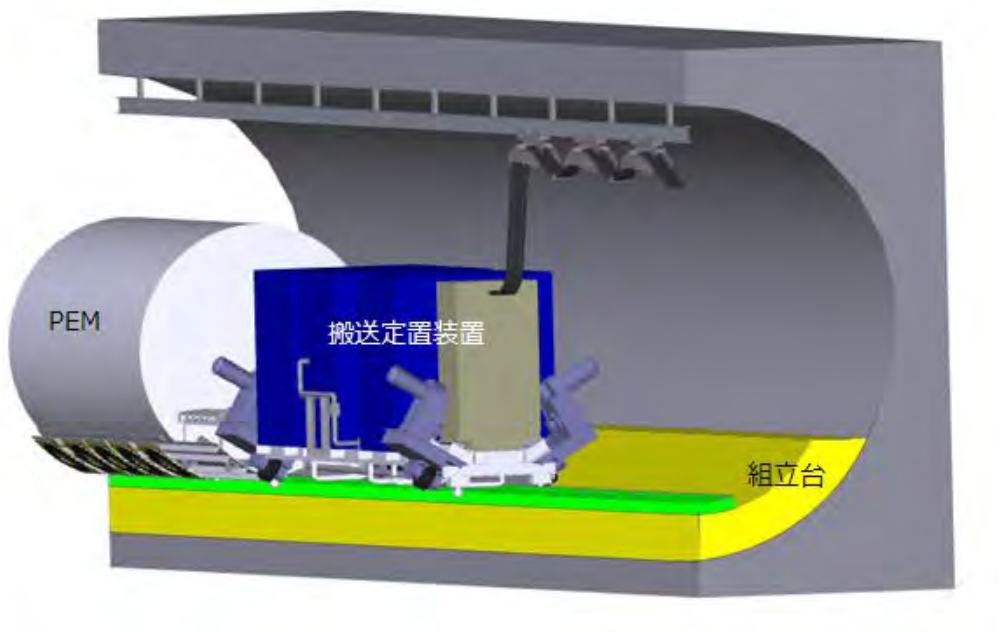



図 2.2.2-1　組立台の使用イメージ

#### (2)　組立台の構造

組立台の配筋図を図 2.2.2-2 に示す。

構造計算書は付録とした。なお、構造計算では PEM を 42t として計算した。この重量は、PEM 内の緩衝材の含水比により最大 40t 程度となることから、安全側の値である。

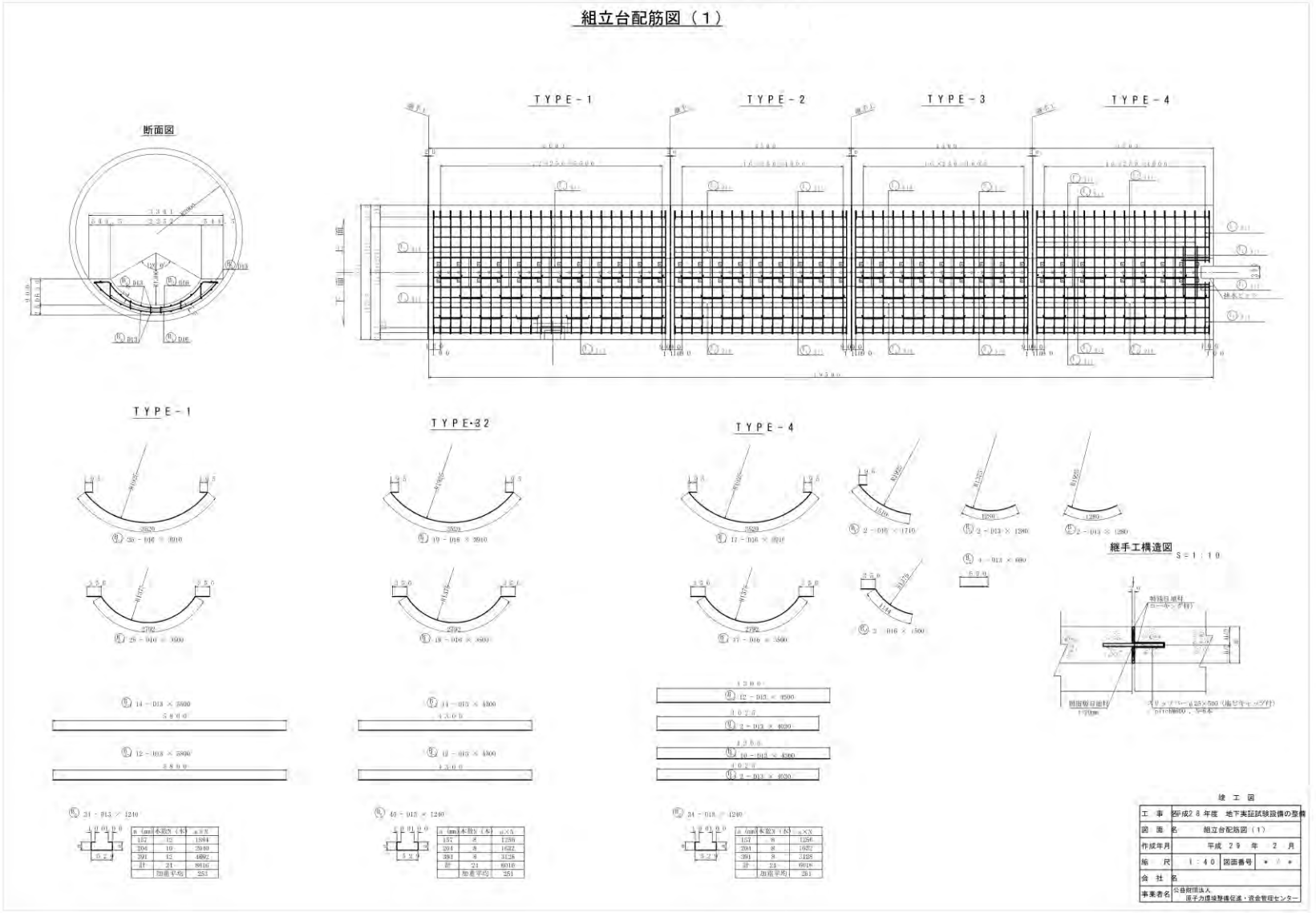



図 2.2.2-2　組立台配筋図

(3)　鋼製型枠

コンクリートを所定の形状に構築するためには”型枠”が必要である。現在、一般的に使用される型枠の材質には鋼製と木製のものがある。表 2.2.2-1 に両者の比較表を示す。今回は、表面の段差が±1mm 以内、など、高い精度の仕上がりが求められるため、鋼製型枠を使用することとした。

使用した鋼製型枠を図 2.2.2-3 に示す。また、試験坑道 2 での使用状況を図 2.2.2-4 に示す。

表 2.2.2-1　型枠の比較

| 項目 | 鋼製型枠 | 木製型枠 |
|---|---|---|
| 長所 | ・変形が少ない<br>（精度の高い仕上がりとなる）<br>・耐圧、耐水、耐熱 | ・加工しやすい<br>・軽い<br>・安価 |
| 短所 | ・重い<br>・高価<br>・メンテナンスが必要（錆る） | ・変形しやすい<br>・繰り返し使用することが困難 |

図 2.2.2-3　鋼製型枠

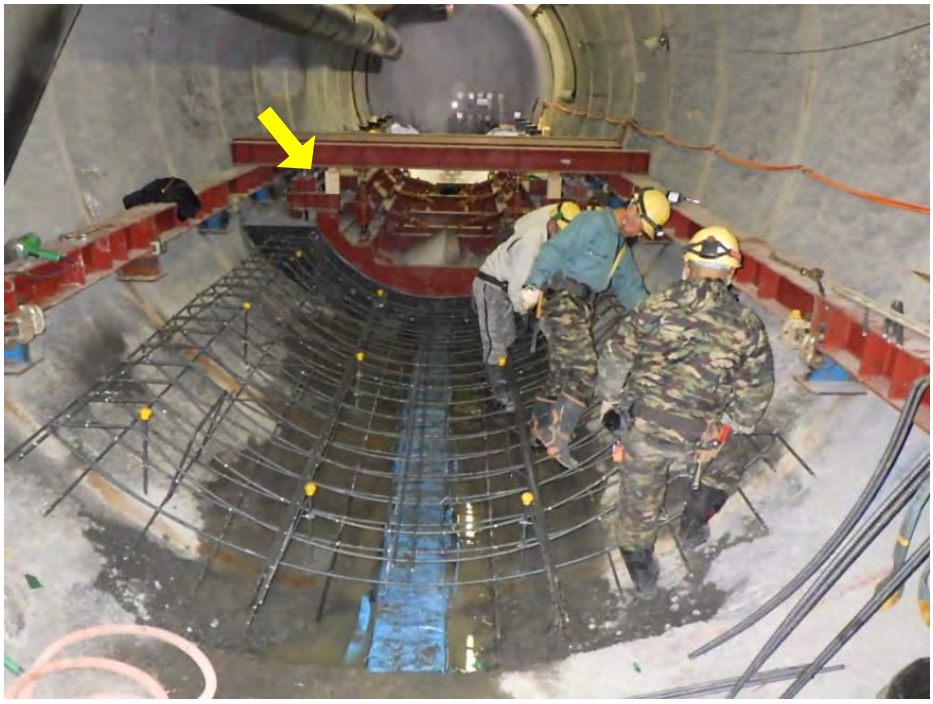


図 2.2.2-4　型枠使用状況

(4)　コンクリート

今回、コンクリートの打設場所が地下 350m までと長距離のため、長距離圧送の実績のあるレディーミクストコンクリート（40-21-20N）を使用した。配合の設計条件を表 2.2.2-2 に示す。またコンクリート受入れ時の試験状況を図 2.2.2-5、および圧縮強度試験（σ28）時の確認状況を図 2.2.2-6 に示す。

表 2.2.2-2　コンクリートの配合設計条件

| 配合の設計条件 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 呼び方 | コンクリートの種類による記号 | 呼び強度 | スランプ cm | 粗骨材の最大寸法 mm | セメントの種類による記号 |
| | 普通 | 40 | 21 | 20 | N |
| 指定事項 | セメントの種類 | 呼び方欄に記載 | 空気量 | | 4.50% |
| | 骨材の種類 | 使用材料欄に記載 | 軽量コンクリートの単位容積質量 | | ―kg/M3 |
| | 粗骨材の最大寸法 | 呼び方欄に記載 | コンクリートの温度 | | ―℃ |
| | アルカリシリカ反応抑制対策の方法 | B<br>AL（2.80kg／m3） | 水セメント比の目標値の上限 | | ―% |
| | 骨材のアルカリシリカ反応性による区分 | 使用材料欄に記載 | 単位水量の目標値の上限 | | 175kg／m3 |
| | 水の区分 | 使用材料欄に記載 | 単位セメント量の目標値の下限又は目標値の上限 | | ―kg／m3 |
| | 混和材料の種類及び使用量 | 使用材料及び配合表欄に記載 | 流動化後のスランプ増大量 | | ―cm |
| | 塩化物含有量 | 0.30kg／m3以下 | | | |
| | 予備強度を保証する材齢 | 28日 | | | |

図 2.2.2-5　コンクリート受入れ時の試験状況

図 2.2.2-6　圧縮強度試験（σ28）

(5)　組立台出来形

試験坑道 2 に構築した組立台全景を図 2.2.2-7 に示す。また、出来形検査結果のまとめを表 2.2.2-3 に示した。なお、外観検査結果、出来形検査位置等の詳細結果は付録とした。

図 2.2.2-7　組立台全景

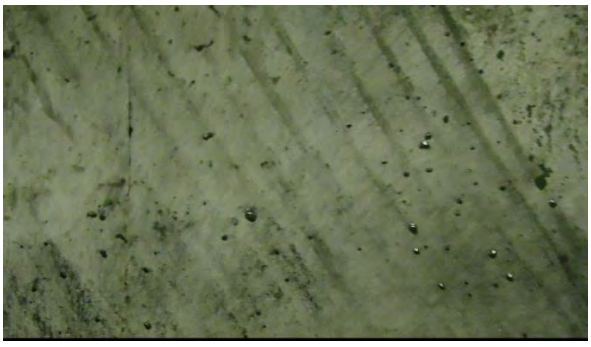
今後、定置装置の走行に関する性能を確認するための要素試験を行う予定である。そのため、組立台の表面の仕上がりを場所によって変えて施工した。表 2.2.2-4 に場所と仕上がり状況の一覧を示す。

表 2.2.2-3　出来形検査のまとめ

| 工種 | 種別 | 項目 | 規格値(参考値) | 単位 | 測定回数 | 設計値との差 | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 実数 | 範囲 | | 範囲毎個数 | 比率 | |
| 組立台 | コンクリート | 高さ | ±50 | mm | 27 | ｜差｜≦規格値50% | -4～17 | 27 | 100% | |
| | | | | | | 規格値50%＜｜差｜≦規格値80% | | | | |
| | | | | | | 規格値80%＜｜差｜≦規格値100% | | | | |
| | | 下がり | ±50 | mm | 27 | ｜差｜≦規格値50% | -3～3 | 27 | 100% | 参考値 |
| | | | | | | 規格値50%＜｜差｜≦規格値80% | | | | |
| | | | | | | 規格値80%＜｜差｜≦規格値100% | | | | |
| | | 延長 | -50 | mm | 2 | ｜差｜≦規格値50% | 0～10 | 2 | 100% | |
| | | | | | | 規格値50%＜｜差｜≦規格値80% | | | | |
| | | | | | | 規格値80%＜｜差｜≦規格値100% | | | | |
| | | 厚さ | 設計値以上 | mm | 4 | ｜差｜≦規格値50% | 30～75 | 4 | 100% | |
| | | | | | | 規格値50%＜｜差｜≦規格値80% | | | | |
| | | | | | | 規格値80%＜｜差｜≦規格値100% | | | | |
| | | 段差 | 1mm以内 | mm | 4 | ｜差｜≦規格値50% | 0 | 4 | 100% | |
| | | | | | | 規格値50%＜｜差｜≦規格値80% | | | | |
| | | | | | | 規格値80%＜｜差｜≦規格値100% | | | | |
| 台座 | 台座ブロック | 高さ | (±30) | mm | 20 | ｜差｜≦規格値50% | 0～5 | 20 | 100% | |
| | | | | | | 規格値50%＜｜差｜≦規格値80% | | | | |
| | | | | | | 規格値80%＜｜差｜≦規格値100% | | | | |
| | | 延長 | -50 | mm | 1 | ｜差｜≦規格値50% | | | | |
| | | | | | | 規格値50%＜｜差｜≦規格値80% | 40 | 1 | 100% | |
| | | | | | | 規格値80%＜｜差｜≦規格値100% | | | | |
| | | 段差 | 1mm以内 | mm | 20 | ｜差｜≦規格値50% | 0 | 20 | 100% | |
| | | | | | | 規格値50%＜｜差｜≦規格値80% | | | | |
| | | | | | | 規格値80%＜｜差｜≦規格値100% | | | | |
| 作業台 | 鋼製架台 | 高さ | (±30) | mm | 3 | ｜差｜≦規格値50% | -4～-1 | 3 | 100% | |
| | | | | | | 規格値50%＜｜差｜≦規格値80% | | | | |
| | | | | | | 規格値80%＜｜差｜≦規格値100% | | | | |
| | | 延長 | -50 | mm | 2 | ｜差｜≦規格値50% | 6 | 2 | 100% | |
| | | | | | | 規格値50%＜｜差｜≦規格値80% | | | | |
| | | | | | | 規格値80%＜｜差｜≦規格値100% | | | | |

()参考値

表 2.2.2-4　仕上がり状況一覧

| 区間名 | 区間長（m） | 仕上がり | 表面の状態 |
|---|---|---|---|
| 区間 1 | 6 | モルタル仕上げ | |
| 区間 2 | 4.5 | 打放し（一部モルタル仕上げ） | |
| 区間 3 | 4.5 | 打放し（一部モルタル仕上げ） | |
| 区間 4 | 4.5 | 打放し |  |

### 2.2.3　台座の設置

(1)　台座の概要

台座（図 2.2.3-1 の黄緑色部）は、PEM を載せる台、および定置装置が走行する際のガイドレールの機能を有する。そのため、以下の仕様を満たして施工される必要がある。

- 外径 φ2600mm（組立台に噛み合わせるため）、肉厚 110mm の円筒形の中心角 31°（外側の円弧長は約 700mm）分であること
- 向かい合う切断部は平行であること
- 台座同士を接合する場合は、継ぎ目（上下、左右）の段差が 1mm 以内であること
- PEM（約 40 t ）を載せても壊れないこと

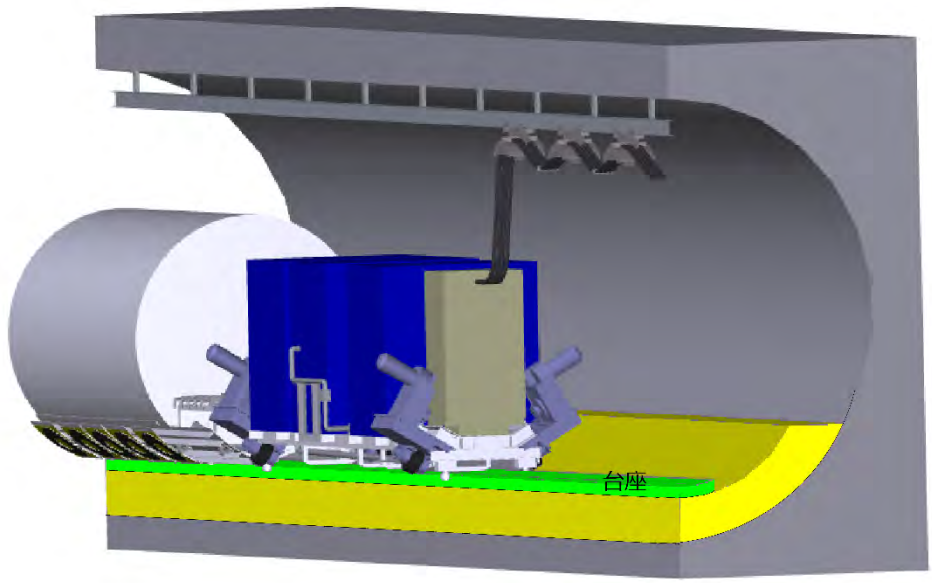



図 2.2.3-1　台座の使用イメージ

(2)　台座の構造

代表的な形状の台座の設計図面を図 2.2.3-2、配筋図を図 2.2.3-3 に示す。

台座も、組立台と同様に精度の高い仕上がりが要求される。そのため、台座は 2 次製品（特注）とした。

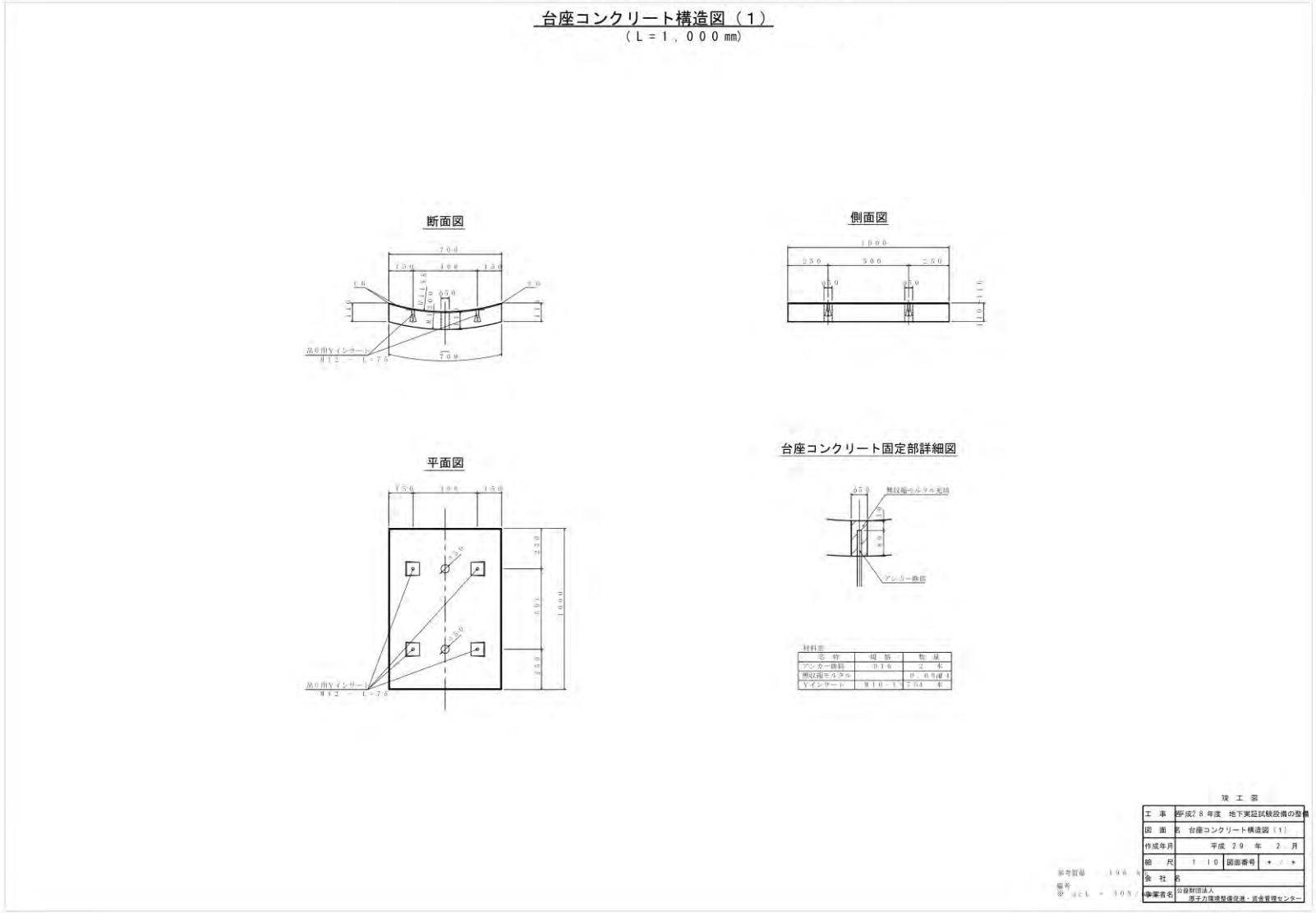

台座コンクリート構造図（1）
（L＝1，000㎜）
断面図
側面図
平面図
台座コンクリート固定部詳細図
無収縮モルタル充填
アンカー鉄筋
材料表
名称
規格
数量
アンカー鉄筋
Ｄ16
2 本
無収縮モルタル
0．06㎥
Yインサート
M10－L
254 本
現工図
工事
平成28年度 地下実証試験設備の整備
図面名
台座コンクリート構造図（1）
作成年月
平成 29 年 2 月
縮尺
1 10
図面番号
＊ / ＊
会社名
事業者名
公益財団法人
原子力環境整備促進・資金管理センター

図 2.2.3-2　台座形状

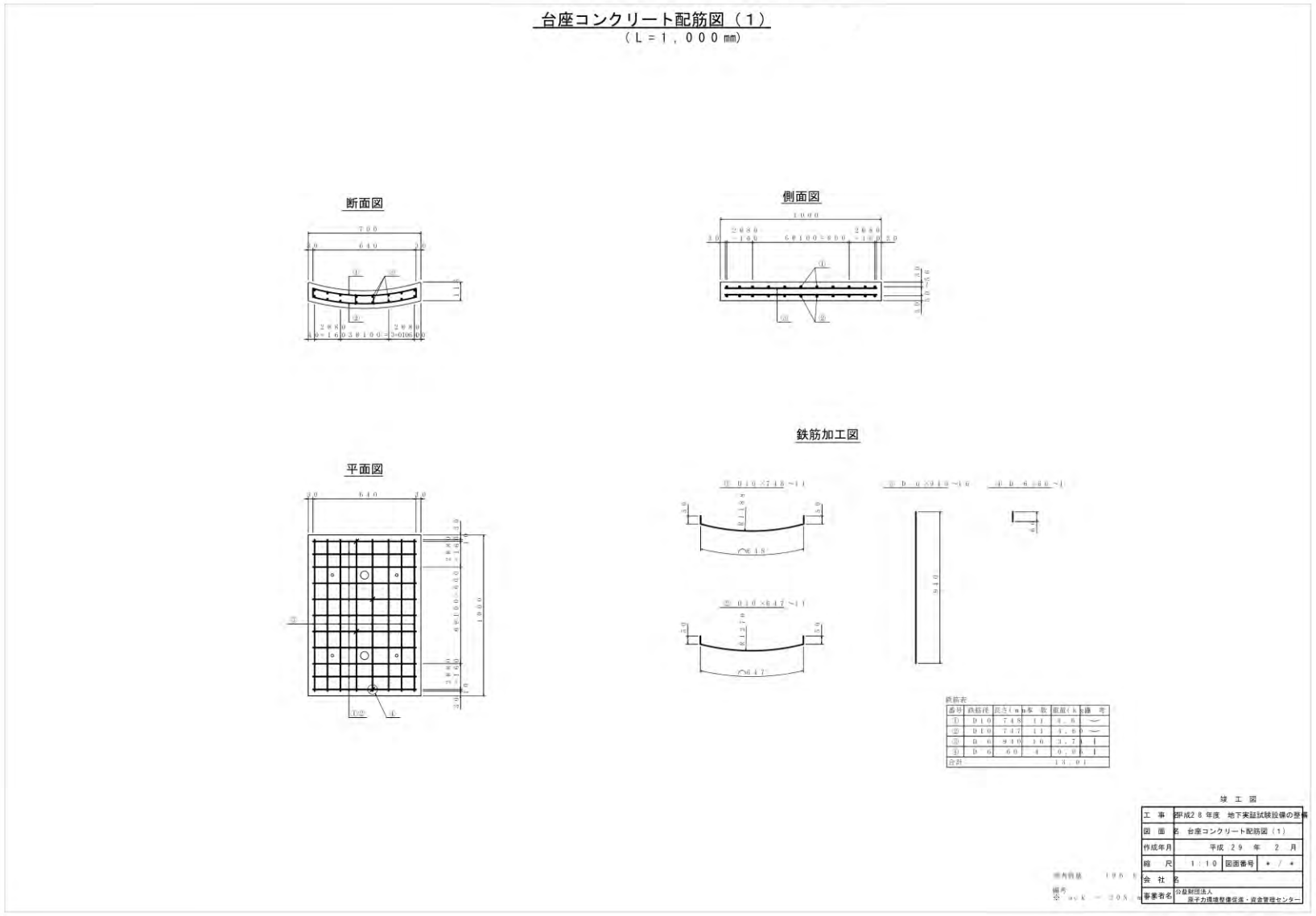

台座コンクリート配筋図（1）
（L＝1，000㎜）
断面図
側面図
平面図
鉄筋加工図
鉄筋表
番号 鉄筋径 長さ(mm) 本数 重量(kg) 備考
① D10 748 11 4.8 〜
② D10 747 11 4.60 〜
③ D6 940 10 3.7 〜
④ D6 60 4 0.06 〜
合計 13.01
竣工図
工事 平成28年度 地下実証試験設備の整備
図面名 台座コンクリート配筋図（1）
作成年月 平成29年2月
縮尺 1:10 図面番号 */*
会社名
事業者名 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター

図 2.2.3-3　台座配筋図

(3)　台座の製作

台座の製作状況を図 2.2.3-4 に示す。図 2.2.3-4 からわかるように、台座についても鋼製型枠を使用して品質を確保している。寸法検査状況を図 2.2.3-5 に示す。

図 2.2.3-4　台座製作用鋼製型枠

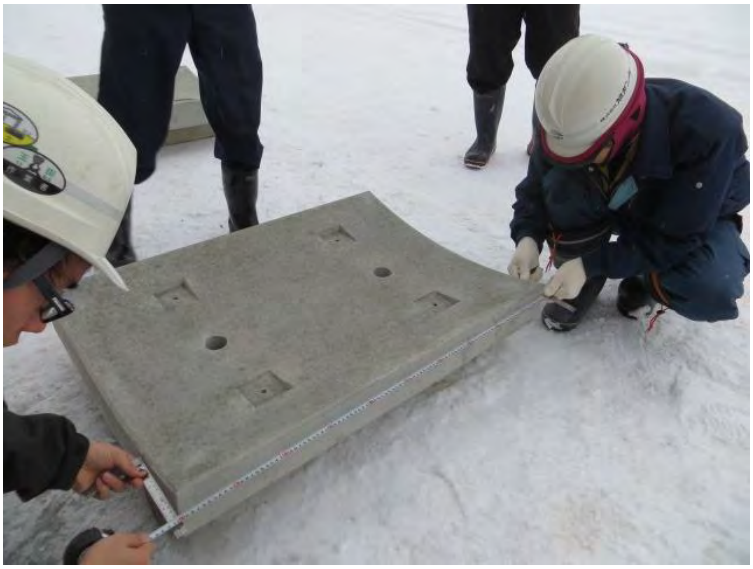


図 2.2.3-5　台座（1mタイプ）の寸法検査状況

(4)　台座の設置

台座はアンカーボルトで組立台に固定し、アンカーボルトを打つために開けた穴は無収縮モルタルで埋めた。図 2.2.3-6 に台座の設置後の状況を示す。

図 2.2.3-6　台座設置後の状況

(5)　台座の出来形

試験坑道 2 の組立て台の上に設置した台座の全景を図 2.2.3-7 に示す。また、出来形検査結果のまとめを表 2.2.2-3（前掲）に示した。

図 2.2.3-7　台座設置状況

2.2.4　作業台の設置

(1)　作業台の概要

作業台（図 2.2.4-1 参照）は、各実証試験における操作卓の設置、資機材の搬出入のための仮置き場の機能を有する。そのため、以下の仕様を満たして施工される必要がある。

- 平場とすること
- 最大 2t の重量物を置いても壊れないこと
- 水が溜まらないこと

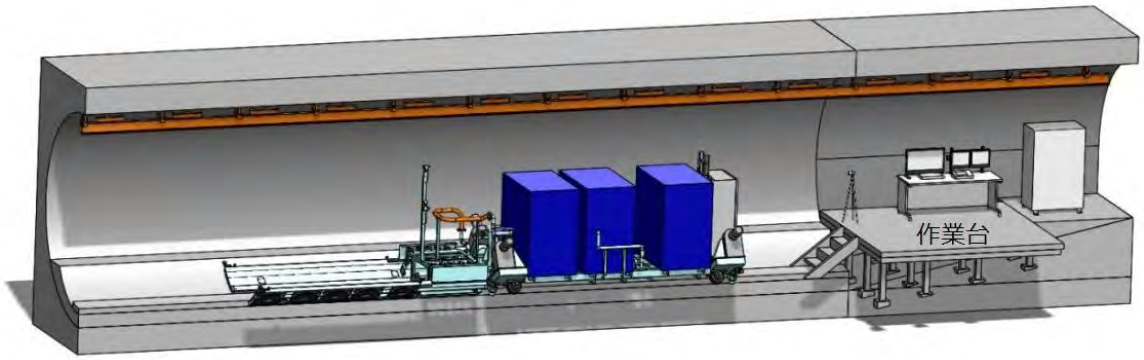



図 2.2.4-1　作業台のイメージ

(2)　作業台の構造

作業台の全体図を図 2.2.4-2 に示す。

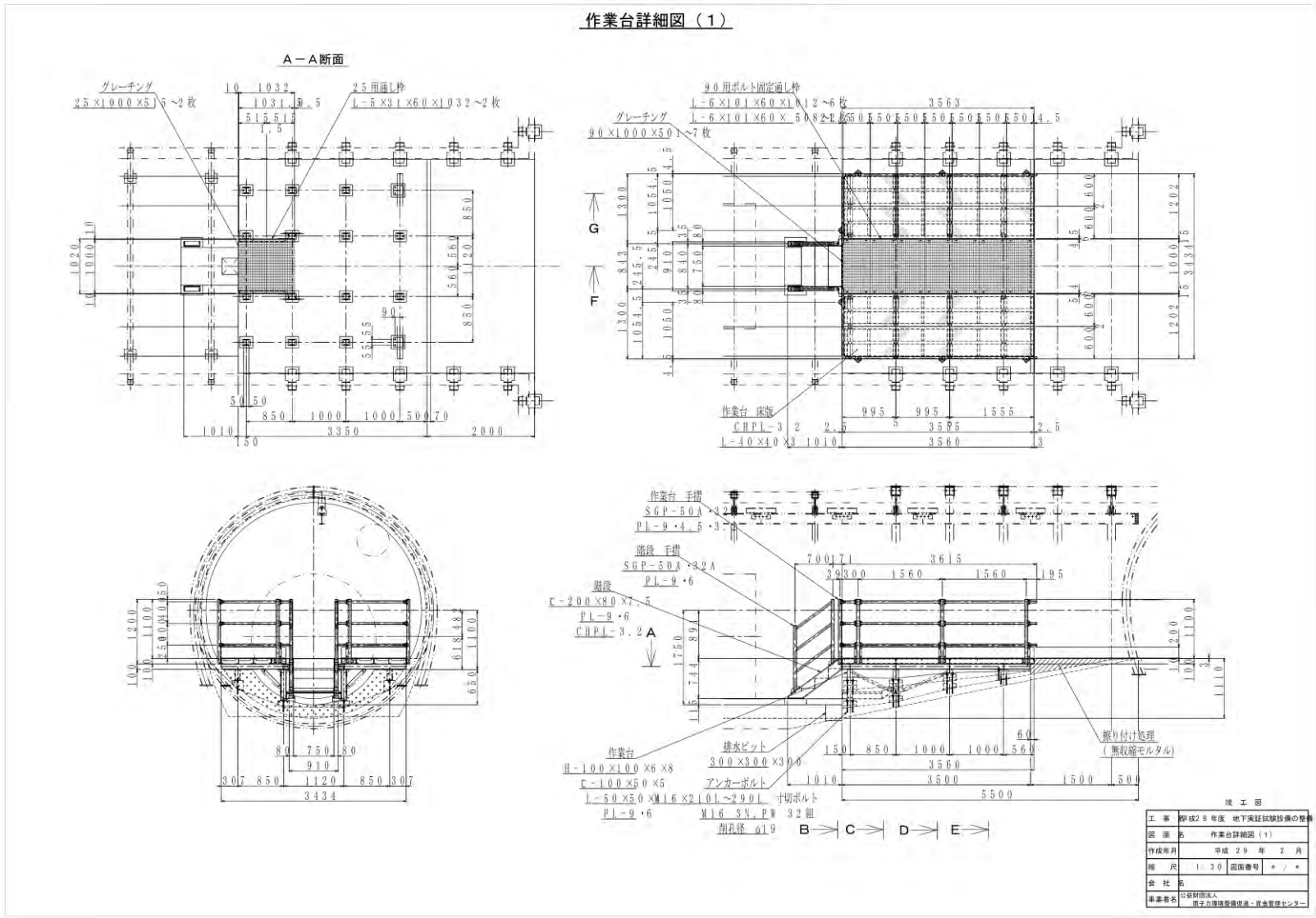



図 2.2.4-2　作業台の全体図

(3)　作業台の出来形

作業台の設置状況を図 2.2.4-3 と図 2.2.4-4 に示す。また、出来形検査結果のまとめを表 2.2.2-3（前掲）に示した。

図 2.2.4-3　作業台設置状況（周回坑道から望む）

図 2.2.4-4　作業台設置状況（試験坑道 2 内から望む）

## 2.3　地下環境への影響評価

### 2.3.1　周辺環境に与える影響

PEM の搬送定置・回収技術の実証試験を通して、模擬 PEM や試験装置等の重量物を扱う行為が既設坑道や周辺環境に与える影響を計測・評価することとした。これにより、実際の処分場の設計や操業時の影響評価に有効な知見を得ることが可能となる。

そこで、まずはニアフィールド岩盤の熱-水-応力-化学の連成的な観点からの影響事象の検討、および既設の支保工の健全性の影響といった工学的な観点から、実証試験が周辺環境に与えると想定される影響を抽出し、整理した。結果を表 2.3.1-1 に示す。なお、本実証試験では、PEM の形状と重量を再現したもので、ヒーターは設置しない。したがって、表 2.3.1-1 において熱影響は記載しなかった。

本実証試験において、表 2.3.1-1 に示す影響に関する項目のうち、どの影響に着目すべきかを検討した。

模擬 PEM の定置後には、ベントナイトペレットによる模擬 PEM 周辺の埋め戻しも実施する。その際、加圧注水を行わず、埋め戻し材のペレットをわずかに膨潤させる程度であるため、充填材の膨潤が及ぼす影響については考慮の必要はないと考える。また、今回の実証試験の規模では、ペレットの膨潤によって広範囲にわたる水理的影響は生じないことが想定される。さらに、幌延深地層研究センターの立坑において実施されている水質観測結果によると、深度 350m 付近において、立坑掘削後に顕著な水質の変化は認められない[1]ことから、模擬 PEM の搬送定置・回収に要する数年の期間では、化学的な影響は特段考慮すべき事項ではないと考えられる。これより、表 2.3.1-1 に示す影響のうち、1~3 および 5 については考慮しないものとした。

今回使用する模擬 PEM の重量は 36.5t である。そのため、模擬 PEM 定置時には局所的な荷重が既設の支保工へ負荷されることが想定される。したがって、表 2.3.1-1 の 4 に示すように、既設の支保工の健全性や、坑道周辺岩盤の力学的安定性、すなわち坑道周辺の掘削影響領域の進展挙動に少なからずとも及ぼす影響があることが懸念される。また、重量物の定置に伴い、岩盤が圧密されることが想定されるため、表 2.3.1-1 の 6 に示す、坑道周辺岩盤の変形挙動への影響や、間隙水圧や透水係数の変化も考慮すべきである。

以上より、表 2.3.1-1 に示した考慮すべき影響として、模擬 PEM 搬送定置・回収に伴う既設坑道の支保工の力学的安定性や、坑道周辺岩盤の水理・力学的特性の変化を、本実証試験では確認していくこととした。

表 2.3.1-1　模擬 PEM の定置により考えられる周辺岩盤や既存支保への影響の整理

| 考えられる影響 | 分類 |
|---|---|
| 1. 組立台コンクリート打設に使用する OPC セメントが周辺の水質に与える影響<br>2. 隙間充填材除去時に使用する塩水が地下水水質に与える影響<br>3. 上記に起因した長期的な周辺岩盤の地下水水質の変化 | 化学影響 |
| **4. 模擬 PEM（36.5t)、隙間充填材のような重量物の定置に伴う既存の支保工や周辺岩盤の力学的な安定性（EDZ の拡がり）の変化**<br>5. 隙間充填材の膨潤に伴う既設支保工や坑道周辺岩盤の安定性への影響 | 力学影響 |
| **6. 坑道周辺岩盤の水理場（間隙水圧や透水性）の変化** | 水理影響 |

＊太字は今回対象とした項目

2.3.2　計測準備

(1)　計測項目

2.3.1 で抽出した影響について、本実証試験で実施可能な計測内容を検討した。その結果を表 2.3.2-1 に示す。なお、表の中で、今年度実施した項目を黄色で着色した。

表 2.3.2-1　影響評価における計測内容

| 影響の分類 | 計測内容 | 計測点数・頻度 |
|---|---|---|
| 力学影響 | 鋼製支保工応力計測<br>組立台コンクリート応力計測 | 3～6 断面<br>10 分間隔 |
| | 内空変位計測 | 3 断面<br>月 1 回程度（模擬 PEM 定置中は実施不可） |
| | 地中変位計測 | 模擬 PEM 定置位置付近に 1 断面<br>10 分間隔 |
| 水理影響 | 間隙水圧計測 | 試験坑道 2 の壁面から 60cm 付近、3 箇所<br>10 分間隔でデータ回収 |
| | 比抵抗トモグラフィ調査 | 模擬 PEM 定置箇所付近の試験坑道 2 を取り囲む<br>年 2 回実施 |
| | 間隙水圧計測 | 模擬 PEM 定置領域付近に 3 箇所<br>10 分間隔のデータ取得 |
| | 透水試験 | 模擬 PEM 定置領域の直下、5 区間<br>年 2 回実施 |

(2)　計測機器諸元

使用した計測機器に一覧を表 2.3.2-2 に示す。

表 2.3.2-2　計測機器諸言

| 計測機名 | 型式 | 仕様 | 数量 |
|---|---|---|---|
| コンクリート応力計 | 東横エルメス製<br>GK-40N-202 | 測定範囲:0～40N/mm$^2$<br>定格出力:1.4mV/V | 3 台 |
| 鋼製支保工応力計 | 東京測器研究所製<br>KM-100B | 定格出力:約 2.5mV/V<br>容量:±5000×10$^{-6}$ ひずみ | 3 台 |
| 温度計 | 東京測器研究所製<br>KT-110A | 測定範囲:－30～+80℃<br>感度:約 130×10$^{-6}$ ひずみ/℃<br>測定誤差:±0.3℃ | 3 台 |

参考までに、幌延 URL で使用したひずみゲージとコンクリート応力計の耐久性に関する調査結果を、JAEA から資料[2]を提供してもらい分析した。表 2.3.2-3 に、幌延深地層研究センターの地下施設施工時に設置した計測機器の設置個数と絶縁抵抗不良数、計測不能数とその割合を示した。設置からの経過期間は各機器でそれぞれ異なり、最長で 8 年経過したものもある。今回、同じ環境での使用となることから、実証試験終了までは信頼性のあるデータを取得できると考えられる。

表 2.3.2-3　計測機器の耐久性[2]

(a) 鋼製支保工応力計

| 鋼製支保工応力計 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 使用年数<br>2016/3/31 時点 | 設置数 | 絶縁抵抗<br>不良 | 計測不能 | 絶縁抵抗<br>不良率 | 計測<br>不能率 |
| 8 年以上 9 年未満 | 12 | 2 | 0 | 17% | 0% |
| 7 年以上 8 年未満 | 23 | 3 | 0 | 13% | 0% |
| 6 年以上 7 年未満 | 18 | 1 | 0 | 6% | 0% |
| 5 年以上 6 年未満 | 14 | 0 | 0 | 0% | 0% |
| 4 年以上 5 年未満 | 19 | 5 | 2 | 26% | 11% |
| 3 年以上 4 年未満 | 10 | 0 | 0 | 0% | 0% |
| 2 年以上 3 年未満 | 27 | 4 | 0 | 15% | 0% |
| 1 年以上 2 年未満 | 4 | 1 | 0 | 25% | 0% |
| 総数 | 127 | 16 | 2 | 13% | 2% |

(b) コンクリート応力計[2]

| コンクリート応力計 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 使用年数<br>2016/3/31 時点 | 設置数 | 絶縁抵抗<br>不良 | 計測不能 | 絶縁抵抗<br>不良率 | 計測<br>不能率 |
| 8 年以上 9 年未満 | 4 | 2 | 0 | 50% | 0% |
| 7 年以上 8 年未満 | 15 | 3 | 0 | 20% | 0% |
| 6 年以上 7 年未満 | 10 | 0 | 0 | 0% | 0% |
| 5 年以上 6 年未満 | 14 | 2 | 0 | 14% | 0% |
| 4 年以上 5 年未満 | 7 | 0 | 0 | 0% | 0% |
| 3 年以上 4 年未満 | 10 | 2 | 1 | 20% | 10% |
| 2 年以上 3 年未満 | 15 | 1 | 0 | 7% | 0% |
| 総数 | 75 | 10 | 1 | 13% | 1% |

(3)　計測位置

1)　測定位置の検討

模擬 PEM の定置が既設の支保工に及ぼす影響を検討するために、試験坑道 2 の掘削後から模擬 PEM の定置までを考慮した三次元数値解析を実施した。解析結果を、図 2.3.2-1 および図 2.3.2-2 に示す。これより、模擬 PEM 定置領域の下部の吹付けコンクリートおよび支保工の応力に変化が認められた。したがって、模擬 PEM 定置領域の下部に鋼製支保工応力計、コンクリート応力計を、PEM の荷重が最も作用すると想定される位置に 2 箇所、PEM の定置の影響がないと想定される坑道の中央部付近に 1 箇所設置する計画とした。

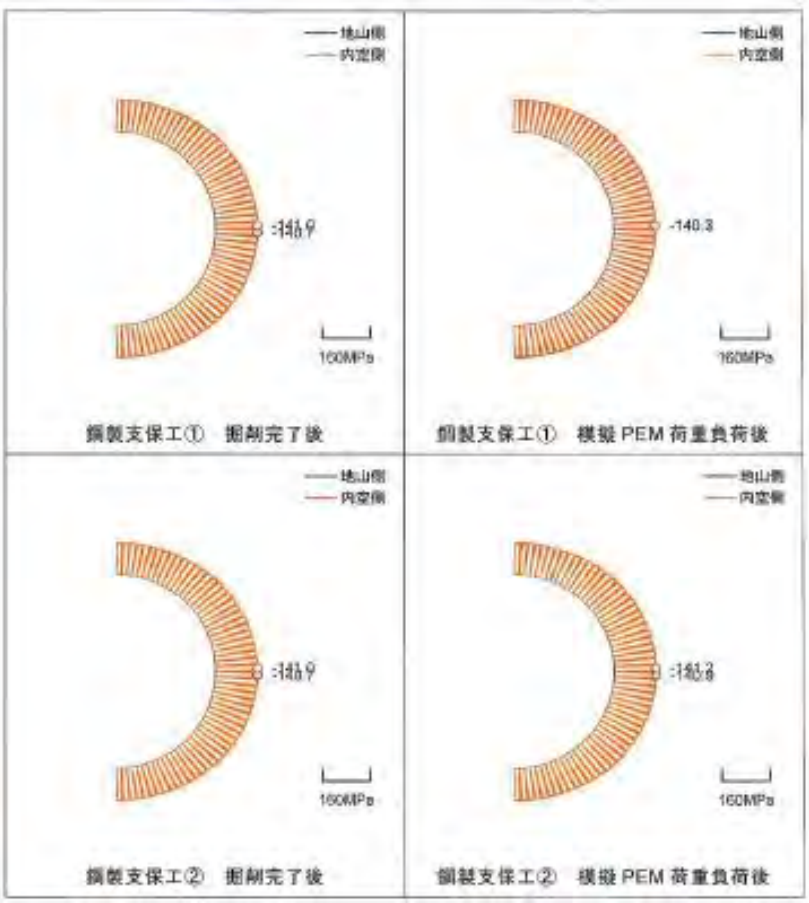



図 2.3.2-1　模擬 PEM 定置前後の鋼製支保工応力分布の比較

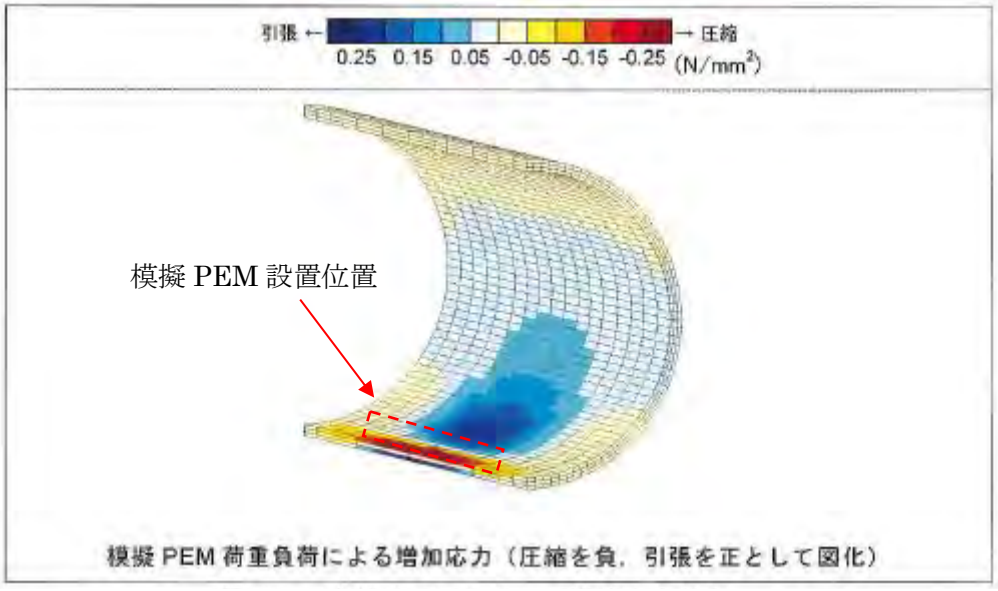



図 2.3.2-2　模擬 PEM 定置前後の吹付けコンクリートの応力増分

2)　計測器設置位置

全体の設置位置図を図 2.3.2-3 に示し、詳細な位置については図 2.3.2-4 に示す。

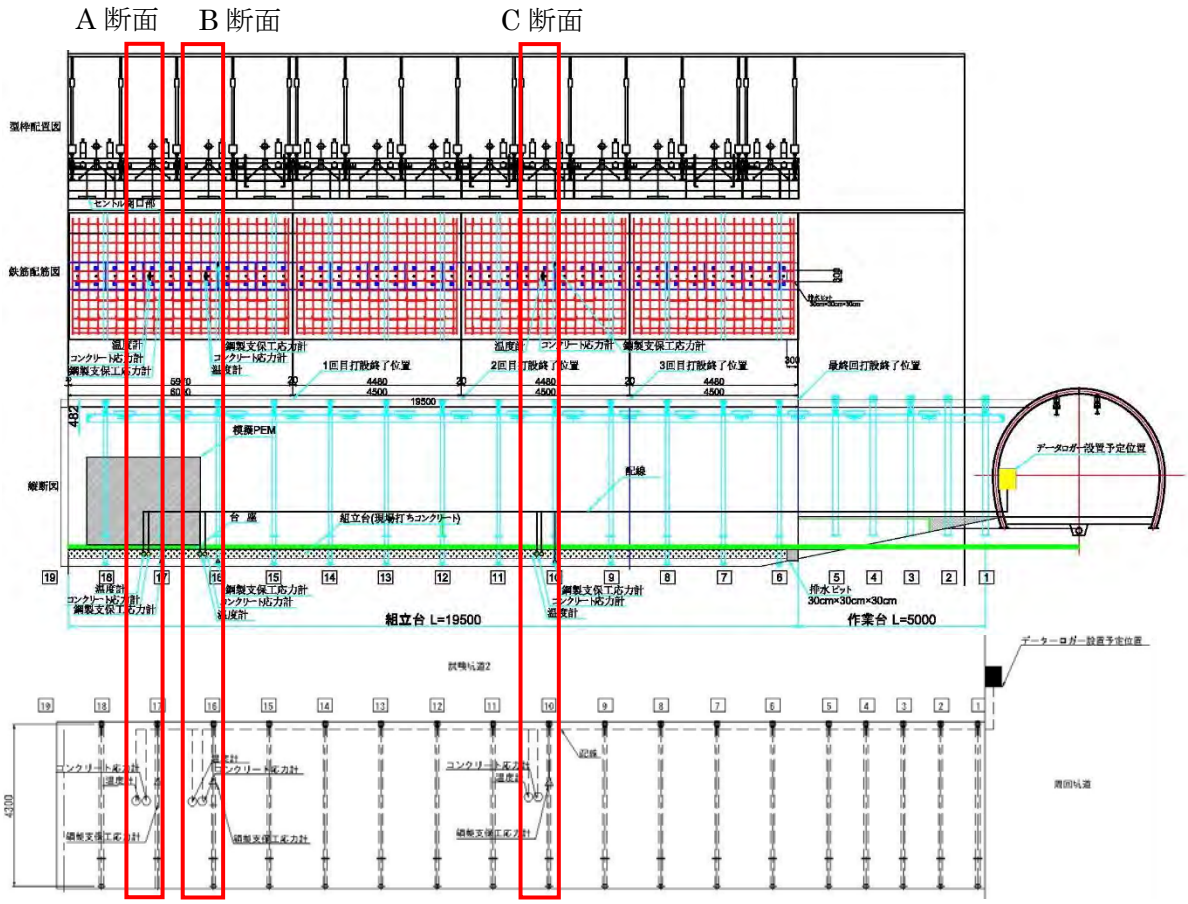



図 2.3.2-3　設置位置図（全体）

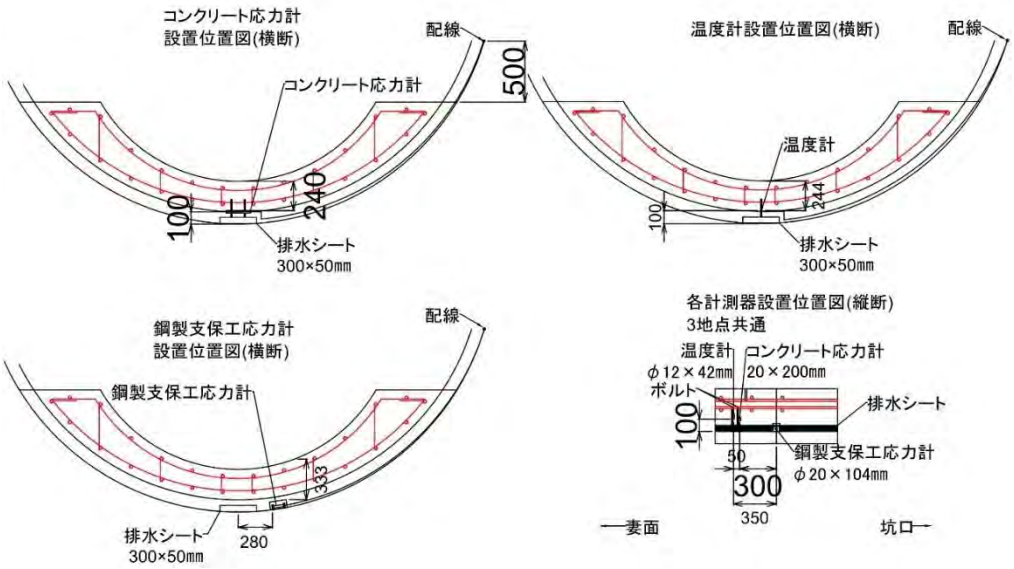



図 2.3.2-4　設置位置図（詳細）

### 2.3.3　計測機器の設置

各計測機器の設置状況を、C 断面を例として図 2.3.3-1 に～図 2.3.3-3 示す（計測器はいずれも矢印部）。

図 2.3.3-1　鋼製支保工応力計設置

図 2.3.3-2　コンクリート応力計設置

図 2.3.3-3　温度計設置

2.3.4　計測結果

コンクリート応力を図 2.3.4-1、鋼製支保工応力を図 2.3.4-2、温度を図 2.3.4-3 に示した。なお、鋼製支保工応力は鋼製支保工に貼り付けたひずみから求めた。

コンクリート応力と鋼製支保工応力は、拘束されているコンクリートによく見られる挙動と同様に、コンクリート打設直後に圧縮側の値をとり、その後、徐々に引張の値となった。また、打設後 1 週間程度でデータが安定する傾向にある。

温度については、打設時直後は温度が上昇し、その後低下してほぼ周辺環境の温度と同じになった。これは、コンクリート打設時直後にコンクリートが発熱し、その後時間経過とともに徐々に冷却されていく現象を捉えたものと考えられる。

なお、図 2.3.4-2 より、2017/1/7 に、A 断面の鋼製支保工応力が急激に圧縮に変化したことがわかる。この原因が計測器の故障によるものかどうかは、今後のデータの変化傾向を確認してから判断する。

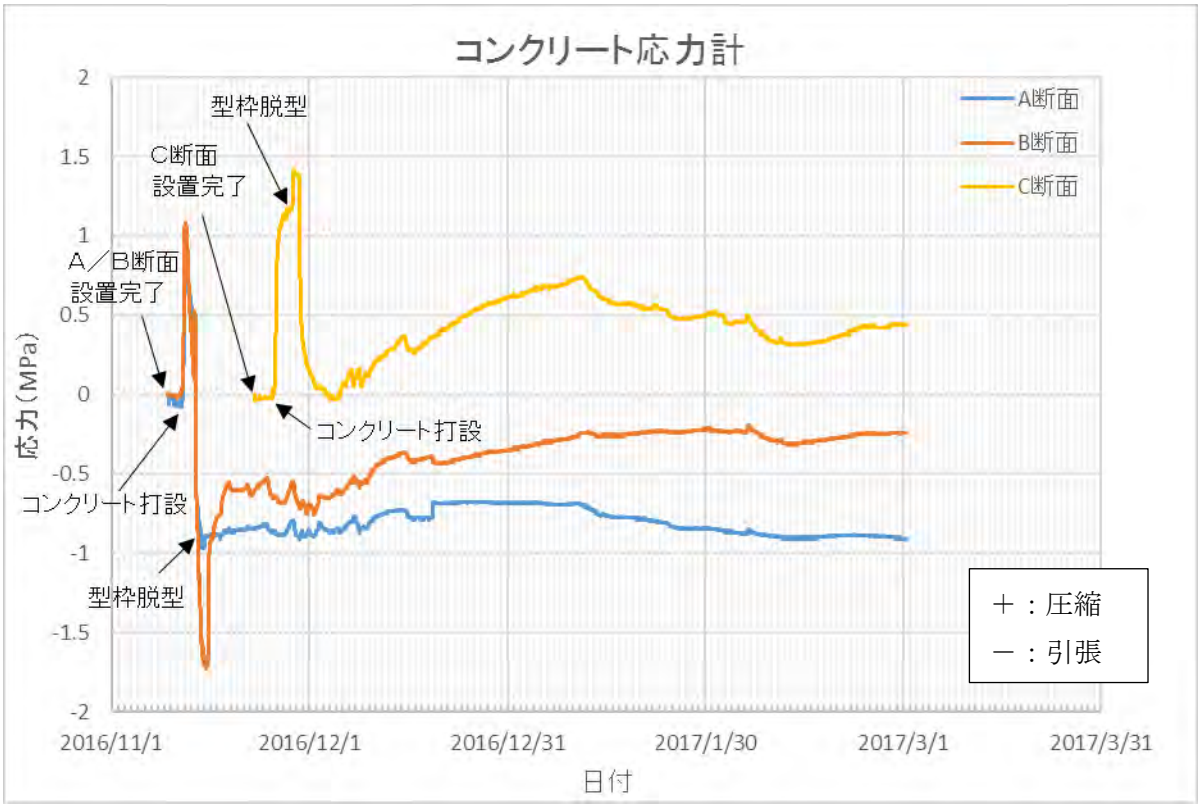



図 2.3.4-1　コンクリート応力計計測データ

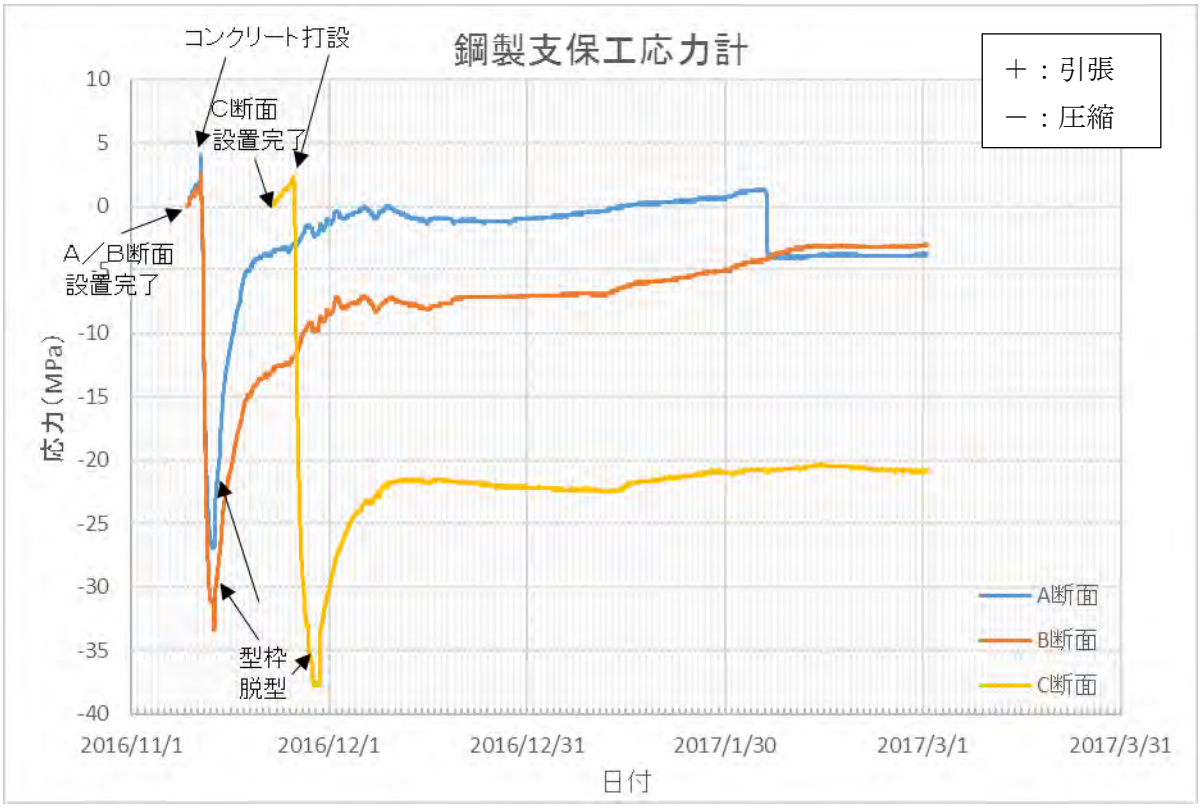



図 2.3.4-2　鋼製支保工応力計計測データ

図 2.3.4-3　温度計計測データ

## 2.4　まとめ

### (1)　実証試験設備の整備

処分坑道横置き定置　PEM 方式の回収実証試験を実施するため、幌延 URL の深度 350m にある試験坑道 2 の坑内に、次に記す試験設備を整備した。

- 組立台　定置装置の走行面
  鉄筋コンクリート構造物
- 台座　PEM の設置場所、定置装置の走行ガイド
  鉄筋コンクリート構造物
- 作業台　各実証試験における操作卓の設置場所、および資機材搬出入のための仮置き場
  鋼製構造物

いずれの構造物も、実証試験を実施するために必要な規格値を満足した品質で構築された。

また、平成 29 年度に、定置装置の現場打設コンクリートにおける走行性能確認試験を実施するため、コンクリート表面の仕上げ方法（モルタル、打ち放し）を変えた走行面を準備した。

### (2)　地下環境への影響

実証試験では模擬 PEM（約 37t）等の重量物を取り扱う。また、模擬 PEM と坑道の隙間をベントナイトペレット等で埋め戻すなど、現状の環境を変化させる。そのため、本業務において既設構造物や周辺環境に与える影響を計測、評価することで、将来の処分事業操業時において想定される現象の理解に資する。

今年度は、試験設備の整備の一環として以下の測定器を設置した。

- コンクリート応力計と温度計
  設置場所：組立台の内部の鉄筋に固定
- 鋼製支保工応力計
  設置場所：試験坑道 2 施工時に設置した鋼製支保工表面に貼付

今年度は、コンクリート打設時から養生時の応力と温度の経時データ、および鋼製支保工応力の経時データを取得することができた。

第 2 章　参考文献

[1]　花室孝広（編）：幌延深地層研究計画：平成 27 年度調査研究成果報告，JAEA-Review 2016-022，2016.

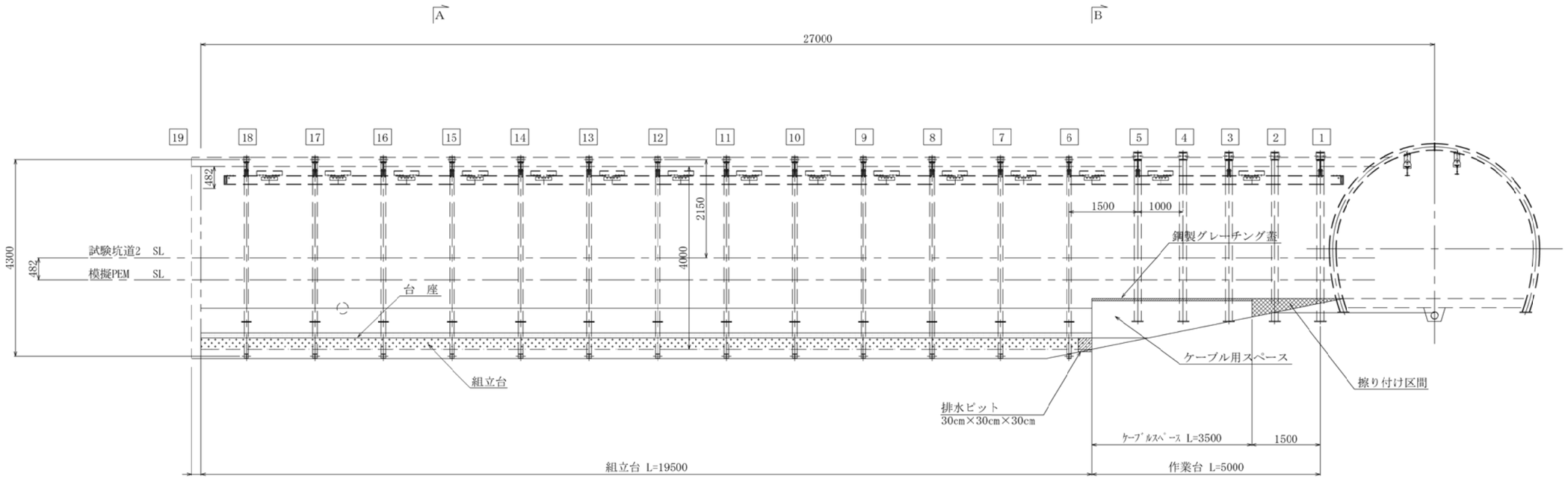
[2]　JAEA 内部資料（非公開）

# 付　録

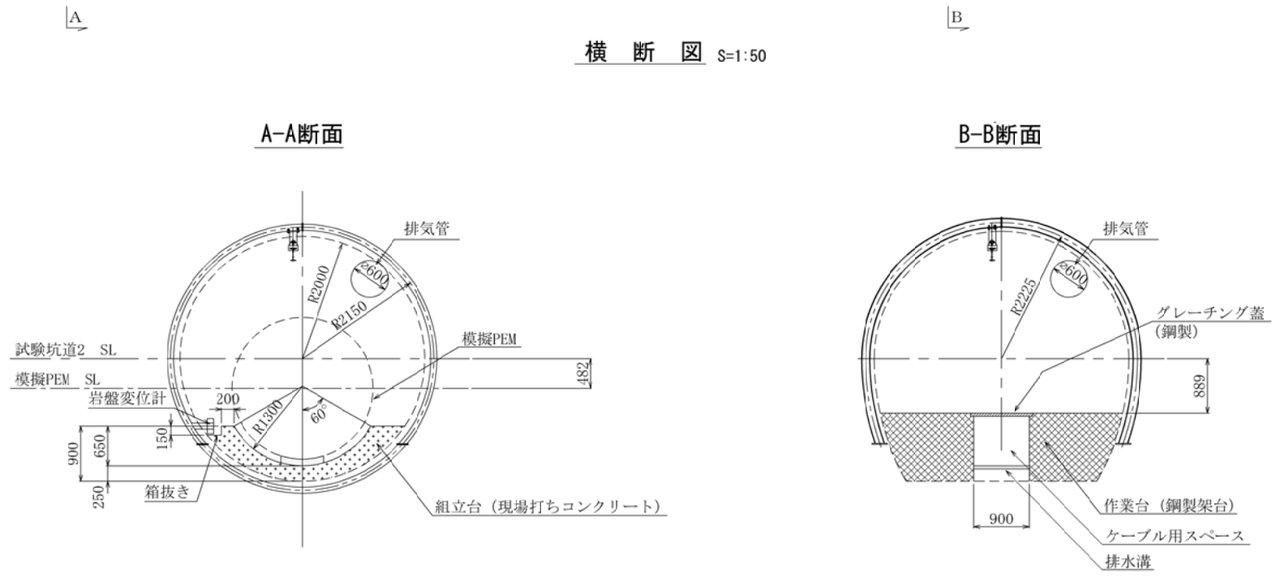
# 付　録　目　次


組立台・台座・作業台配置図 ..... 2-32
台座配置詳細図 ..... 2-33
組立台配筋図（１） ..... 2-34
組立台配筋図（２） ..... 2-35
作業台詳細図（１） ..... 2-36
作業台詳細図（２） ..... 2-37
作業台詳細図（３） ..... 2-38
台座コンクリート構造図 ..... 2-39
台座コンクリート構造図 ..... 2-40
台座コンクリート構造図 ..... 2-41
台座コンクリート配筋図 ..... 2-42
台座コンクリート配筋図 ..... 2-43
台座コンクリート配筋図 ..... 2-44
作業ステージ安全通路配置図 ..... 2-45
作業ステージ安全通路配置図 ..... 2-46
作業台_構造計算 ..... 2-47
組立台_構造計算 ..... 2-73
組立台鋼製型枠工場検査 ..... 2-136
台座工場検査 ..... 2-147
鉄筋証明 ..... 2-163
組立台 type1_施工中の検査関連一式 ..... 2-167
組立台 type2_施工中の検査関連一式 ..... 2-183
組立台 type3_施工中の検査関連一式 ..... 2-198
組立台 type4_施工中の検査関連一式 ..... 2-212
竣工検査成績書 ..... 2-226

# 組立台・台座・作業台配置図 S=1:50




## 横　断　図 S=1:50




組　立　台

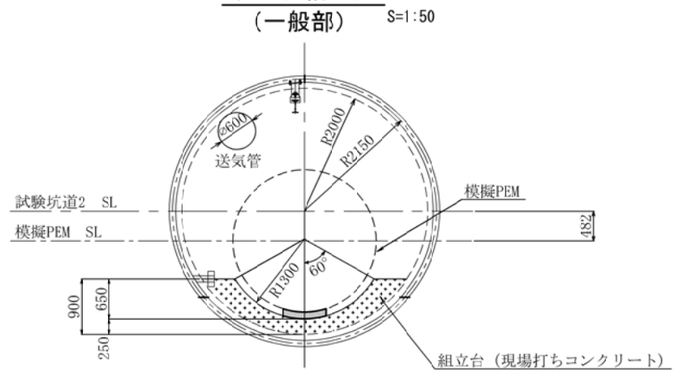
作　業　台

竣　工　図

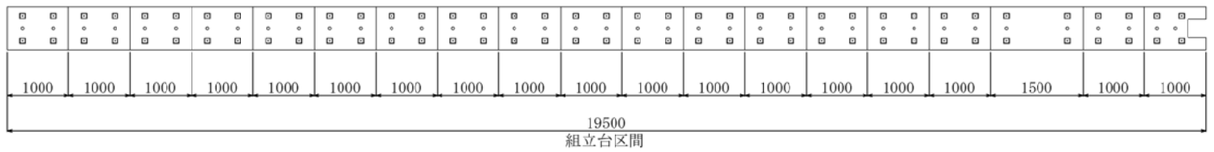
| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 組立台・台座・作業台配置図 | | |
| 作成年月 | 平成 29 年　2 月 | | |
| 縮　　尺 | 1:50 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

# 台座配置詳細図

## 組立台構造図
（一般部） S=1:50

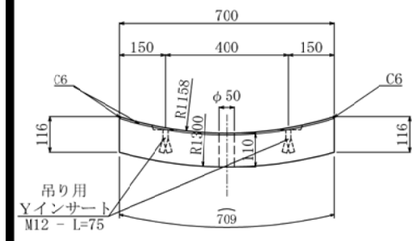



## 台座コンクリート配置図
S=1:50

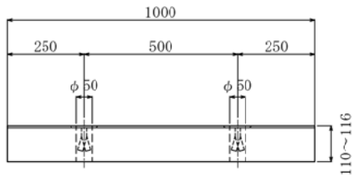



## 台座コンクリート構造図1
700×110×1000

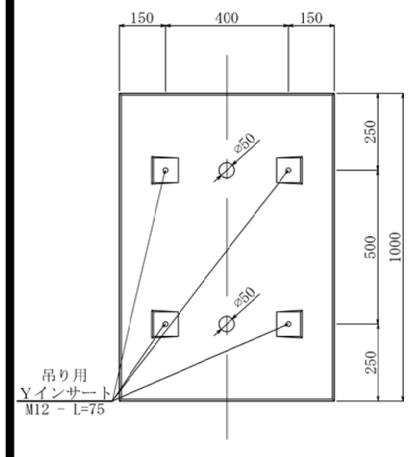
断面図 S=1:10



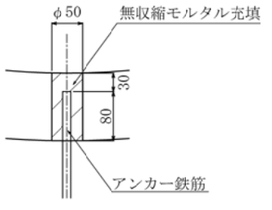

側面図 S=1:10




平面図 S=1:10




## 台座コンクリート固定部詳細図
S=1:10

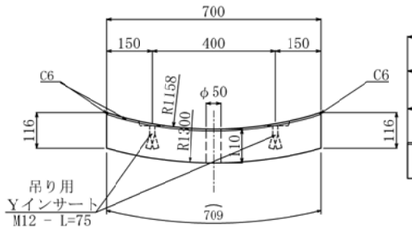



材料表

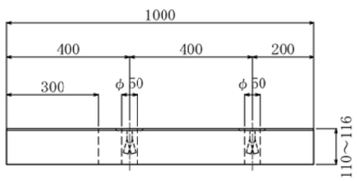
| 名 称 | 規 格 | 数 量 |
|---|---|---|
| アンカー鉄筋 | | 2 本 |
| 無収縮モルタル | | 0.0004 ㎥ |
| Yインサート | M10-L=75 | 4 本 |

## 台座コンクリート構造図2
700×110×1000(排水ピット用)

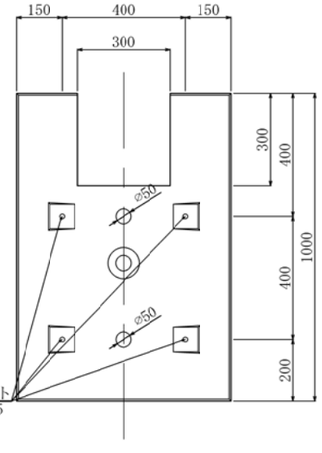
断面図 S=1:10



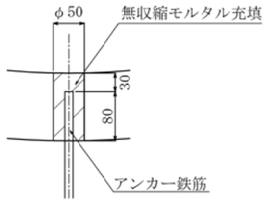

側面図 S=1:10




平面図 S=1:10




## 台座コンクリート固定部詳細図
S=1:10

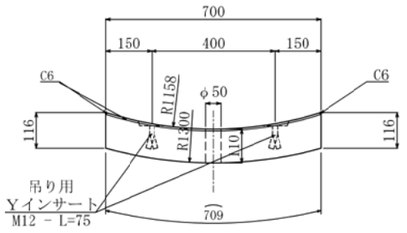



材料表

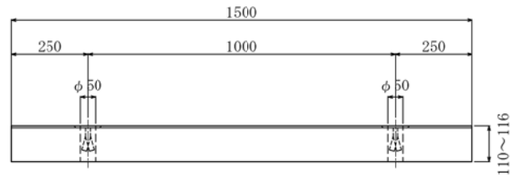
| 名 称 | 規 格 | 数 量 |
|---|---|---|
| アンカー鉄筋 | | 2 本 |
| 無収縮モルタル | | 0.0004 ㎥ |
| Yインサート | M10-L=75 | 4 本 |

## 台座コンクリート構造図3
700×110×1500

断面図 S=1:10



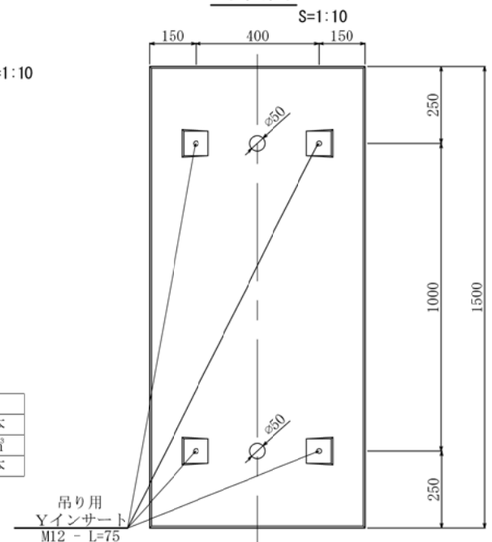

側面図 S=1:10



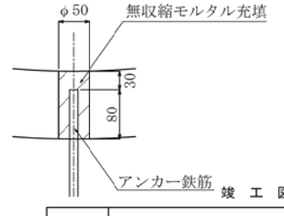

材料表

| 名 称 | 規 格 | 数 量 |
|---|---|---|
| アンカー鉄筋 | | 2 本 |
| 無収縮モルタル | | 0.0004 ㎥ |
| Yインサート | M10-L=75 | 4 本 |

平面図 S=1:10




## 台座コンクリート固定部詳細図
S=1:10

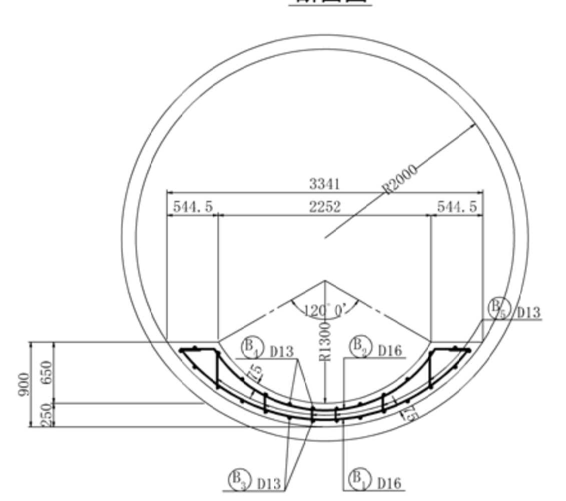


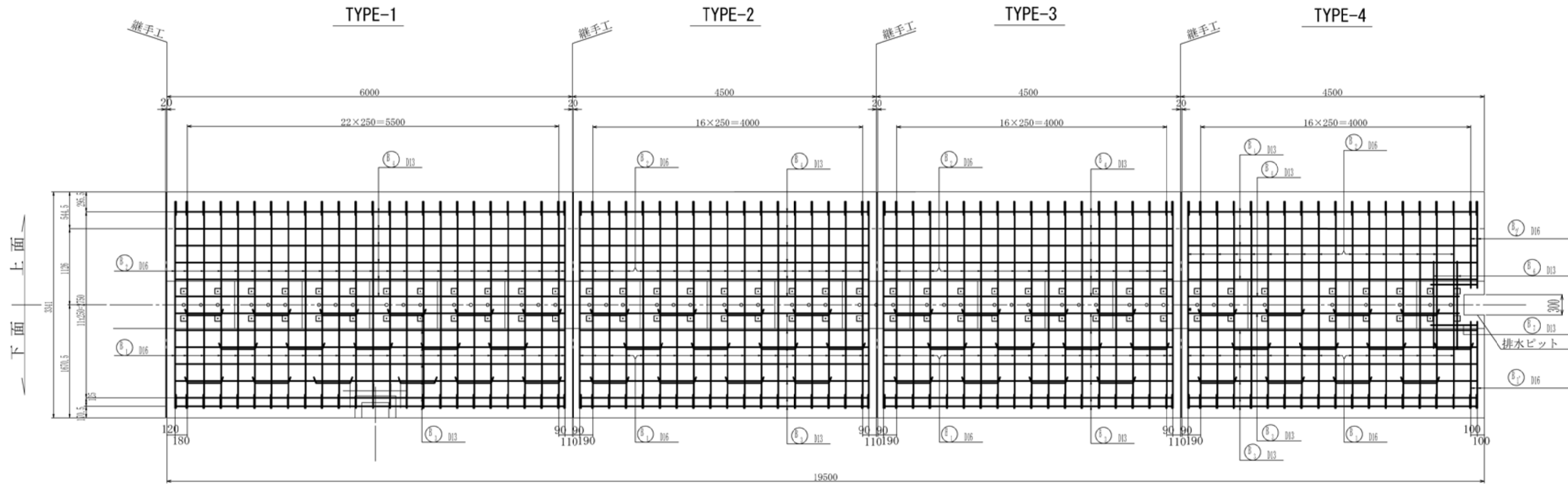

竣 工 図

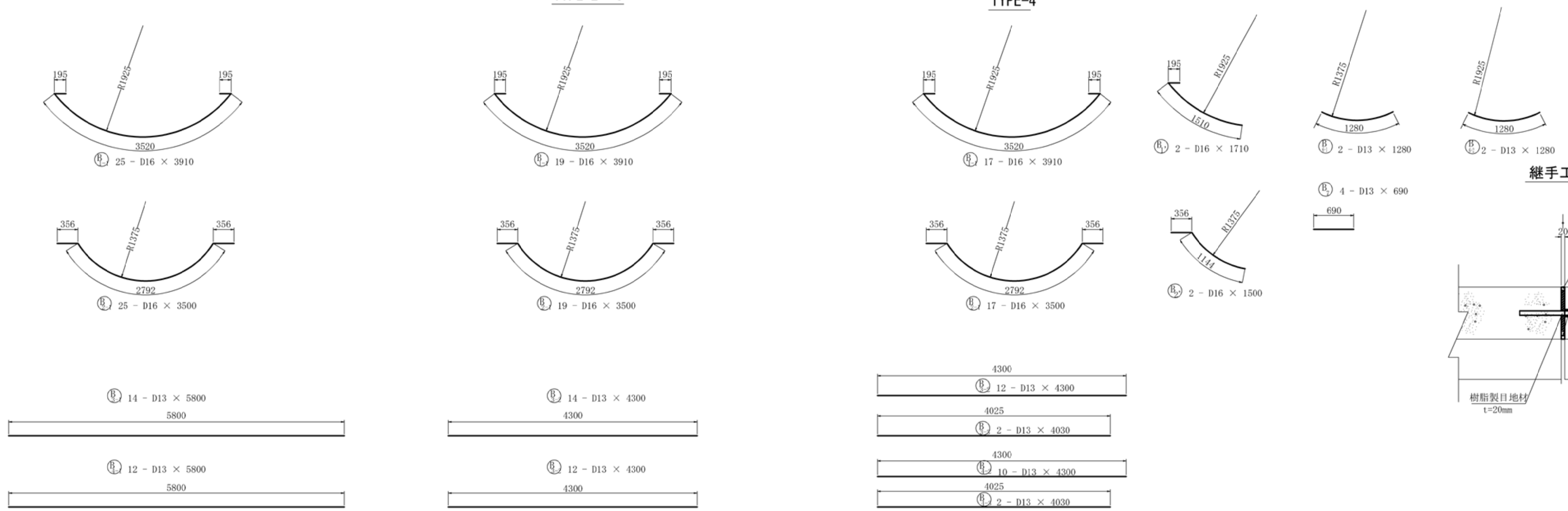
| | |
|---|---|
| 工事名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 |
| 図面名 | 台座配置詳細図 |
| 作成年月 | 平成 29 年 2 月 |
| 縮尺 | 図示　図面番号 ＊ / ＊ |
| 会社名 | |
| 事業者名 | 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター |

# 組立台配筋図（１） S=1:40

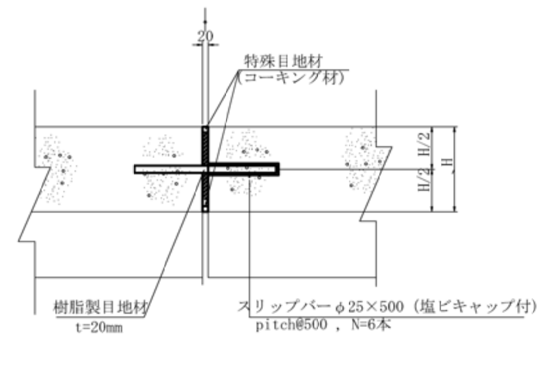
断面図



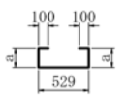




継手工構造図 S=1:10

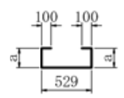



34 - D13 × 1240



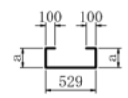

| a (mm) | 本数N（本） | a×N |
|---|---|---|
| 157 | 12 | 1884 |
| 204 | 10 | 2040 |
| 391 | 12 | 4692 |
| 計 | 34 | 8616 |
| | 加重平均 | 253 |

40 - D13 × 1240




| a (mm) | 本数N（本） | a×N |
|---|---|---|
| 157 | 8 | 1256 |
| 204 | 8 | 1632 |
| 391 | 8 | 3128 |
| 計 | 24 | 6016 |
| | 加重平均 | 251 |

34 - D13 × 1240

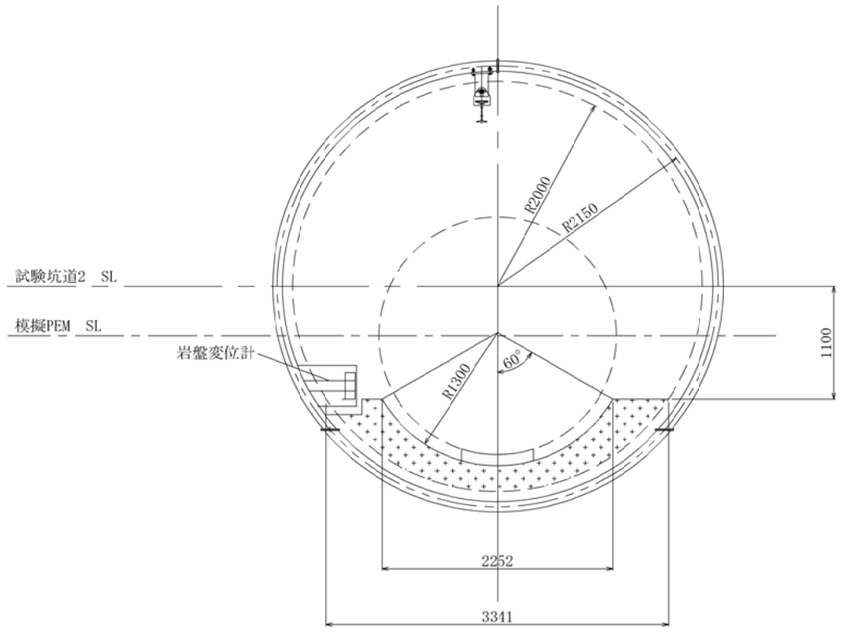



| a (mm) | 本数N（本） | a×N |
|---|---|---|
| 157 | 8 | 1256 |
| 204 | 8 | 1632 |
| 391 | 8 | 3128 |
| 計 | 24 | 6016 |
| | 加重平均 | 251 |

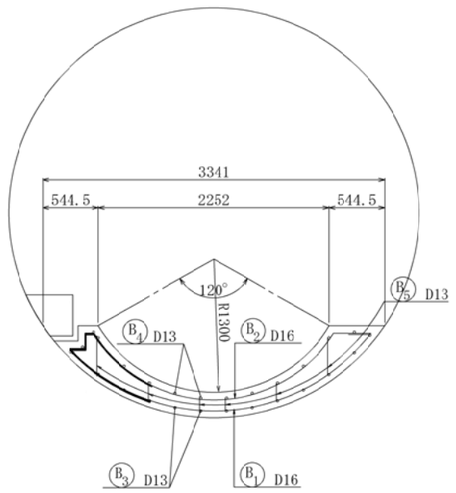
竣 工 図

| | | | |
|---|---|---|---|
| 工事名 | 平成28年度 地下実証試験設備の整備 | | |
| 図面名 | 組立台配筋図（１） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年 2 月 | | |
| 縮 尺 | 1:40 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会社名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

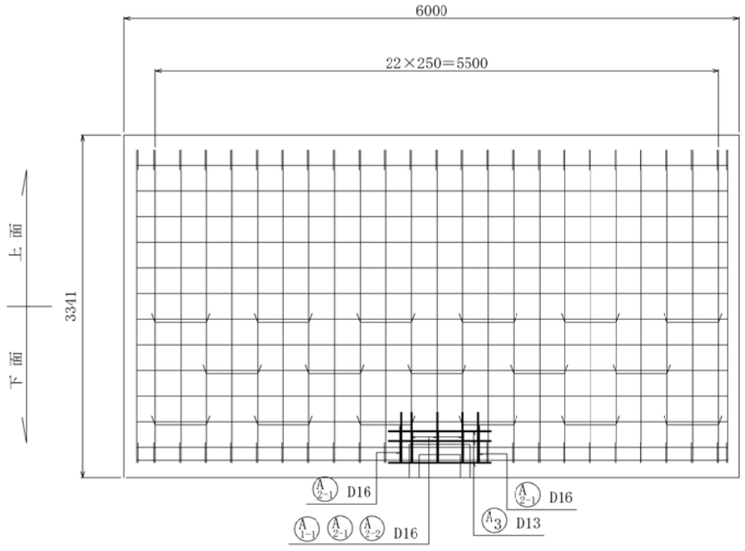
# 組立台配筋図（２） S=1:30

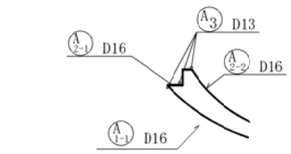


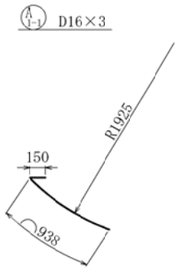

断面図

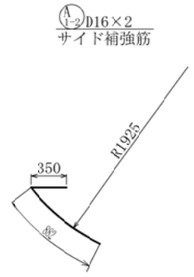


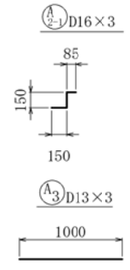

TYPE-1

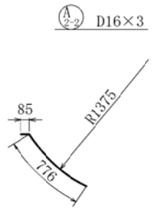


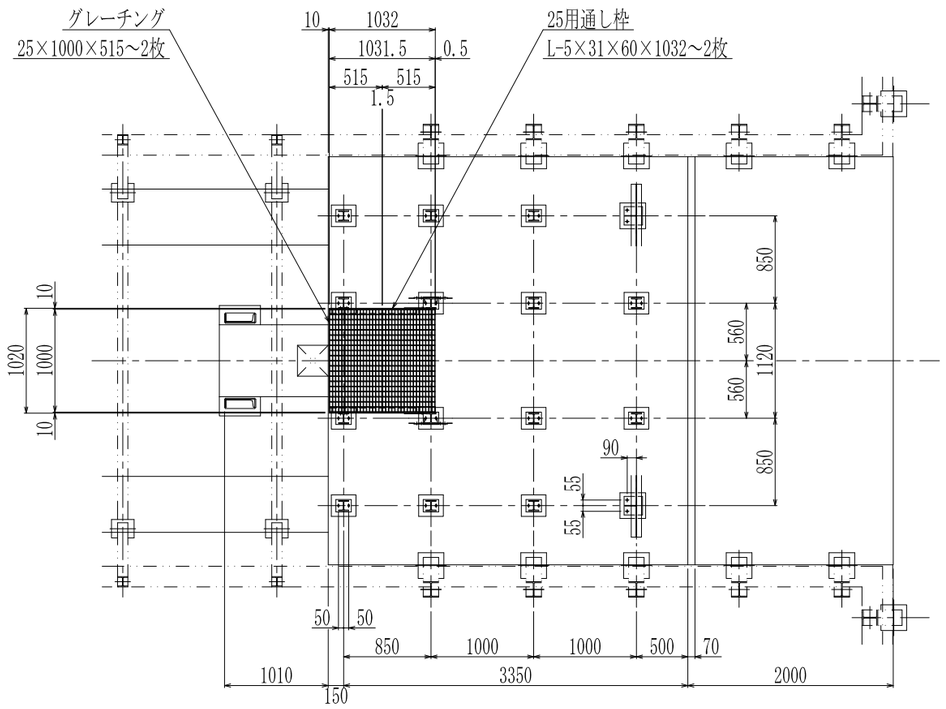



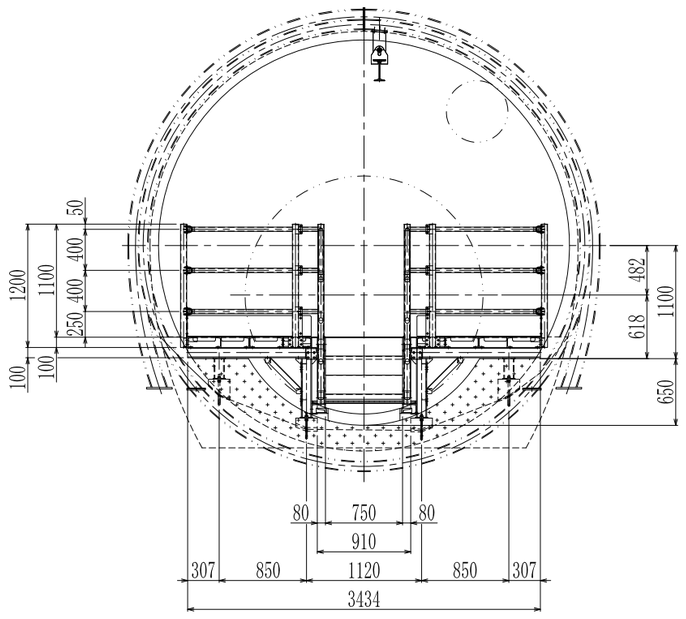

竣 工 図

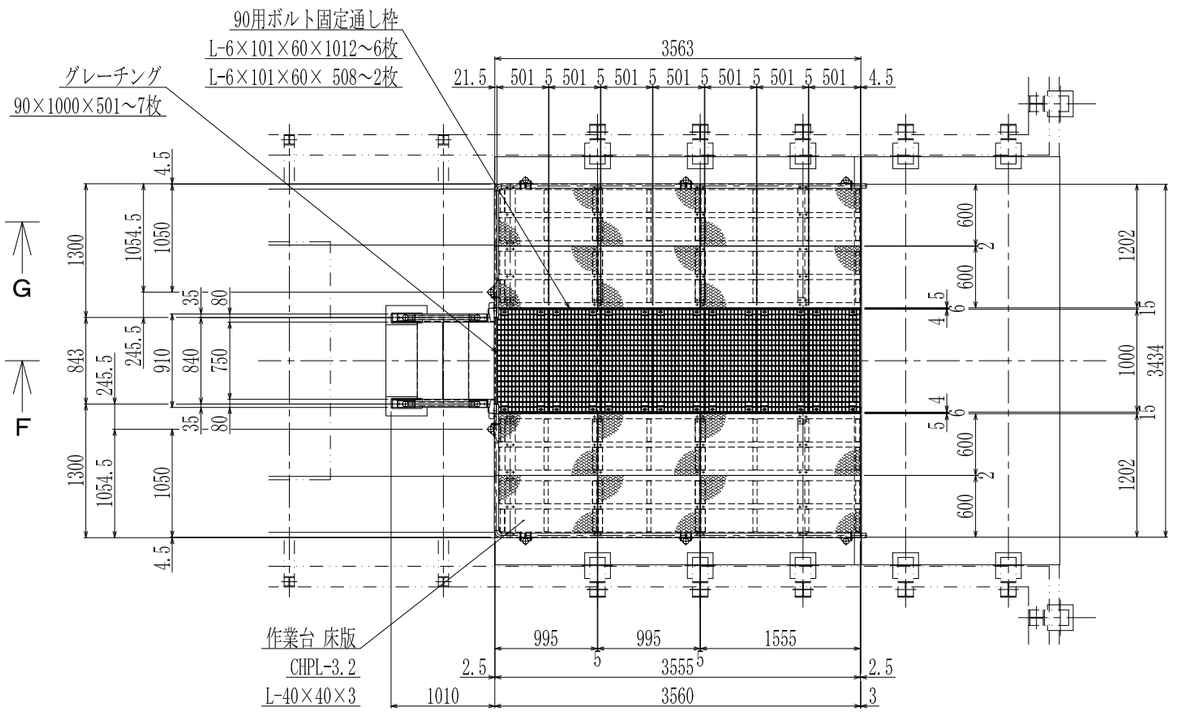
| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 組立台配筋図（２） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年　2 月 | | |
| 縮　　尺 | 1:30 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会 社 名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

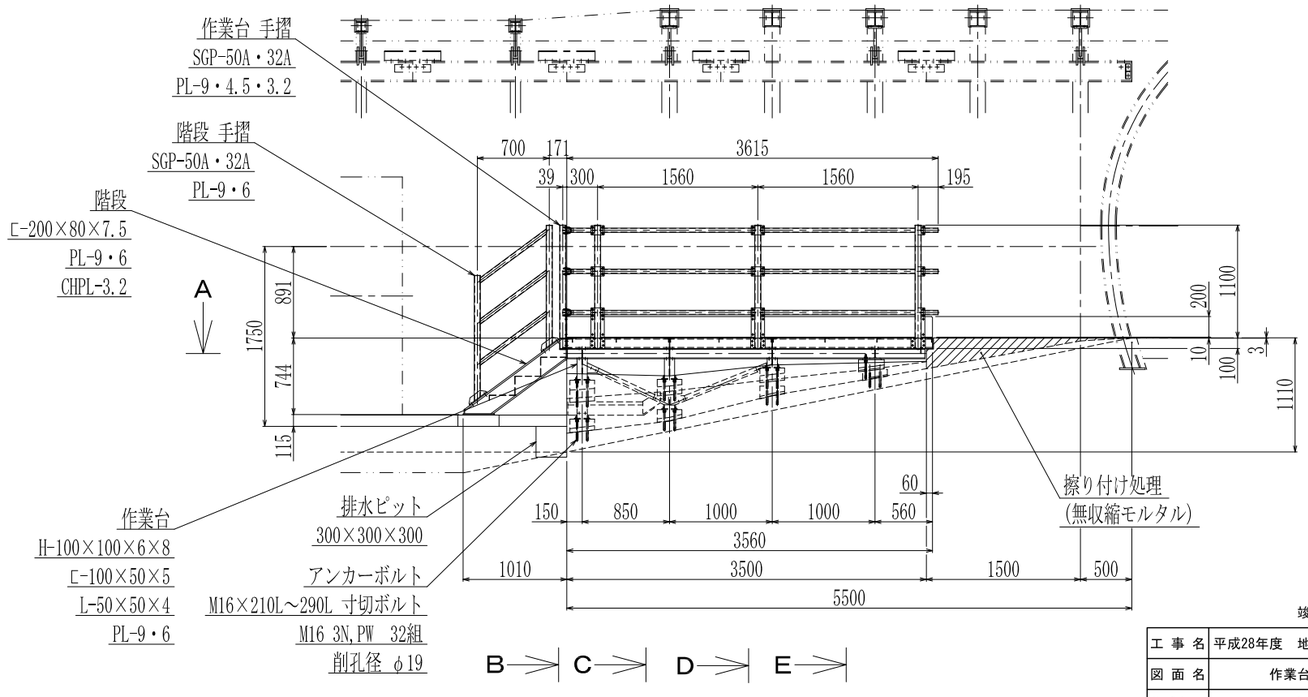
# 作業台詳細図（１） S=1:30

## Ａ－Ａ断面



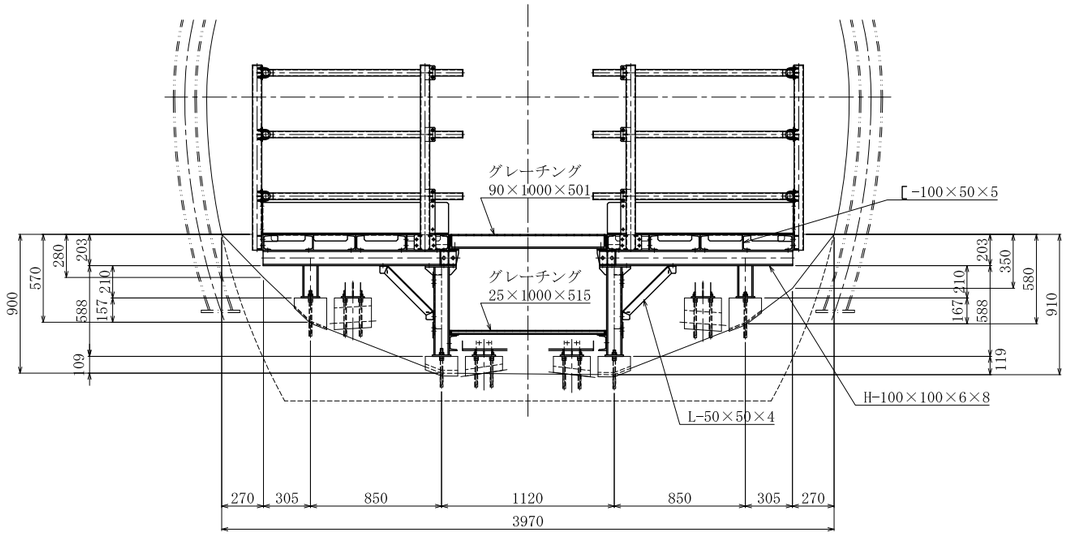




竣 工 図

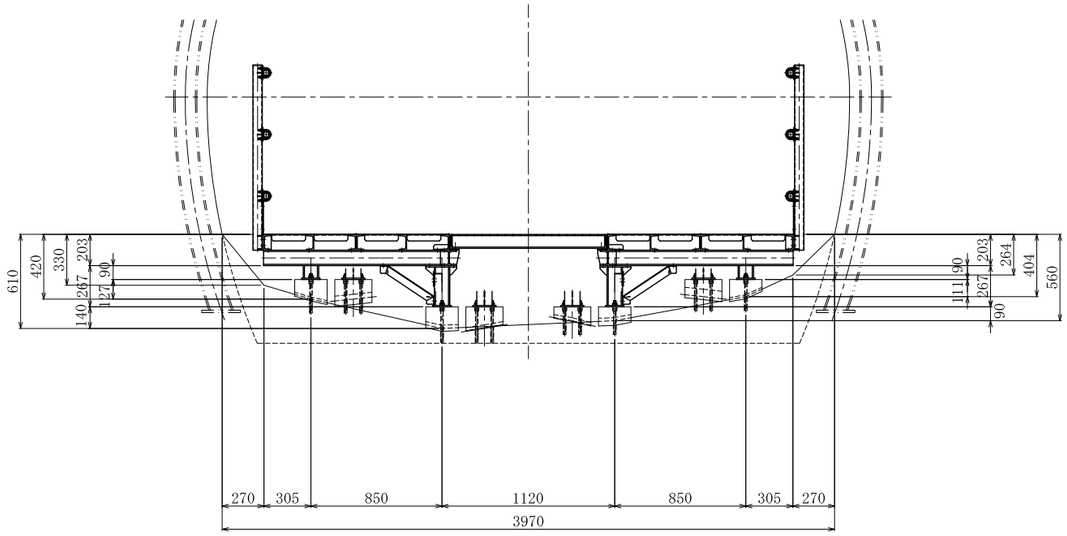
| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 作業台詳細図（１） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年 2 月 | | |
| 縮　　尺 | 1:30 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会 社 名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

# 作業台詳細図（２） S=1:20

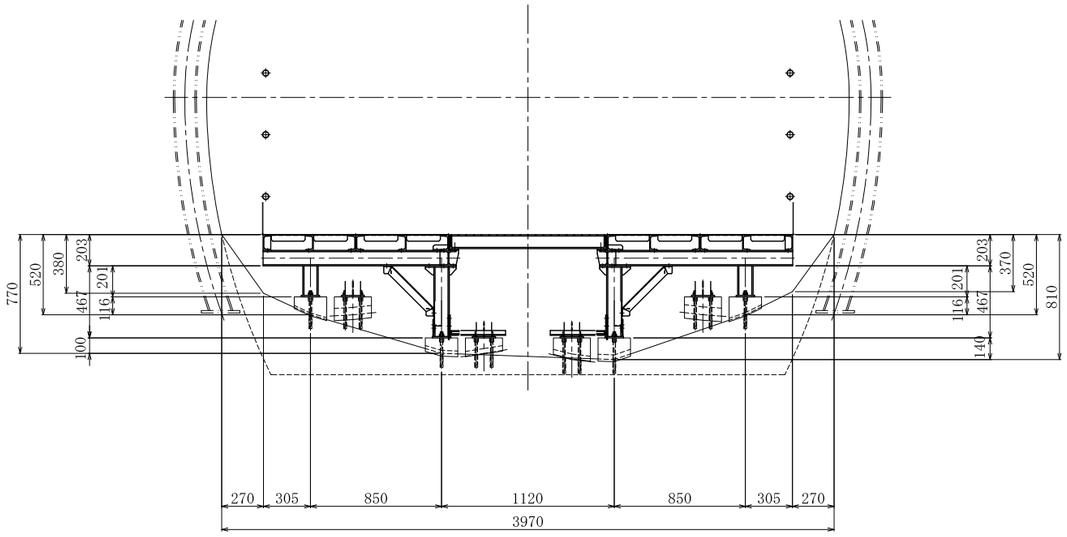
## Ｂ－Ｂ断面



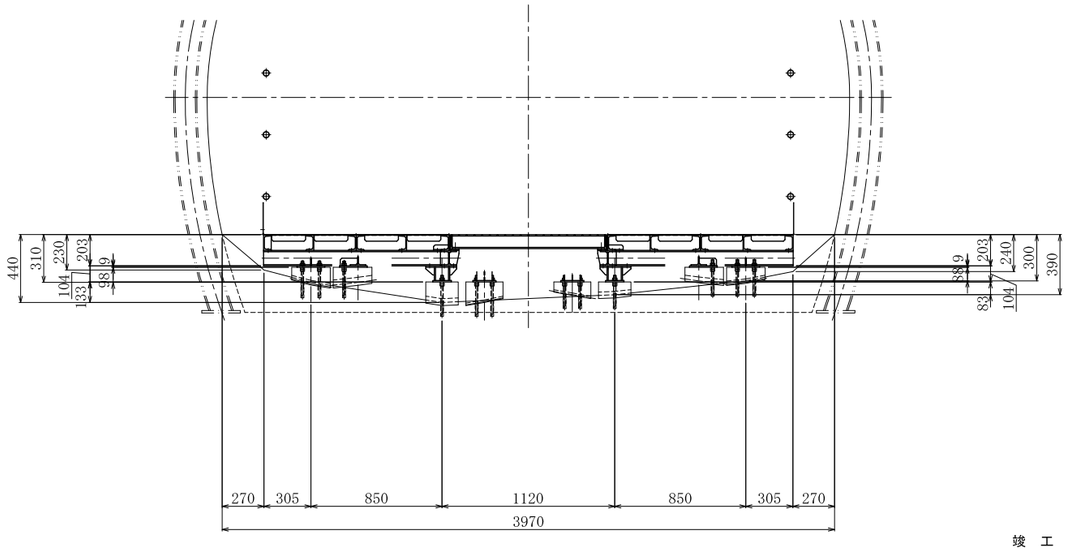

## Ｄ－Ｄ断面




## Ｃ－Ｃ断面




## Ｅ－Ｅ断面

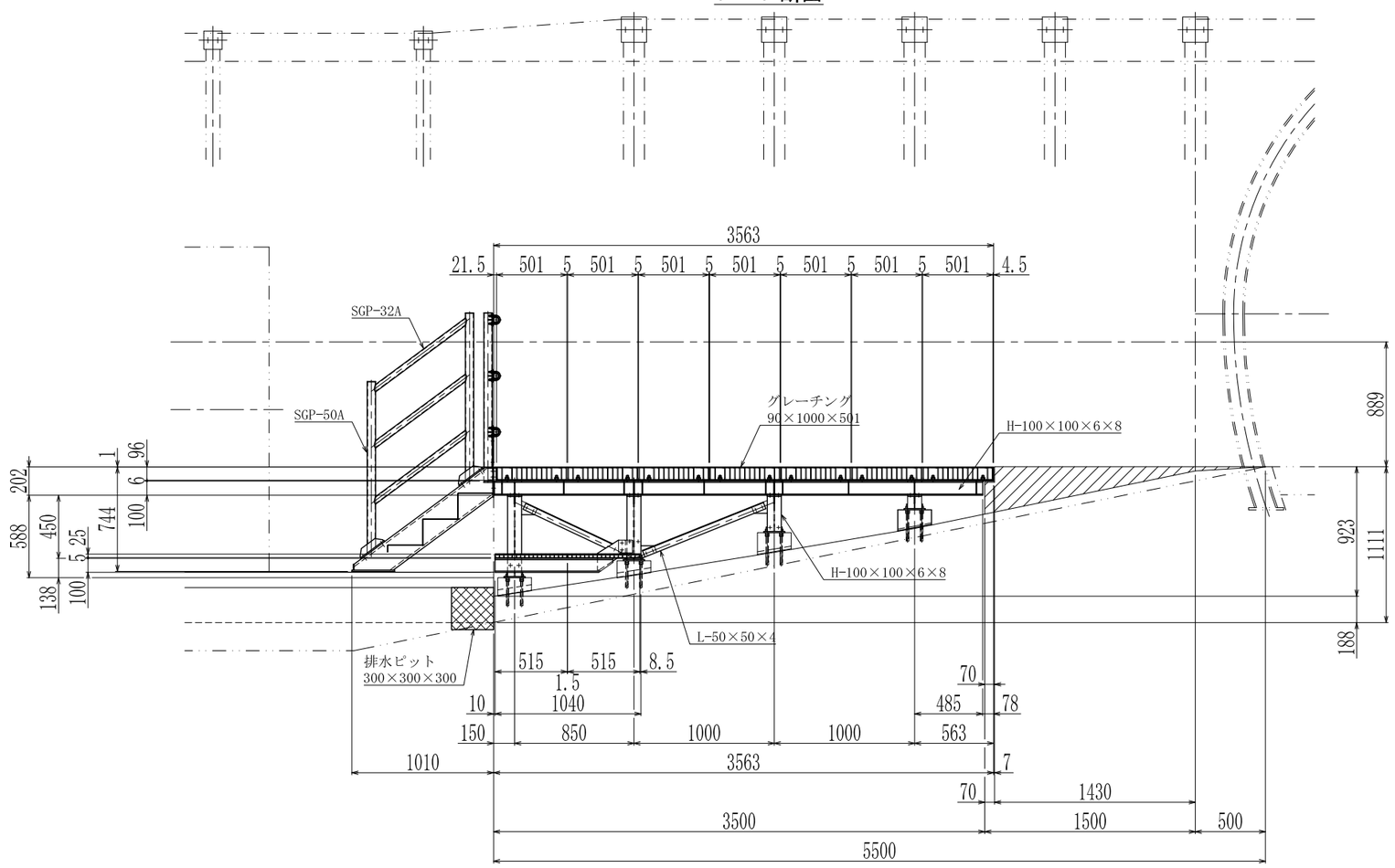



竣　工　図

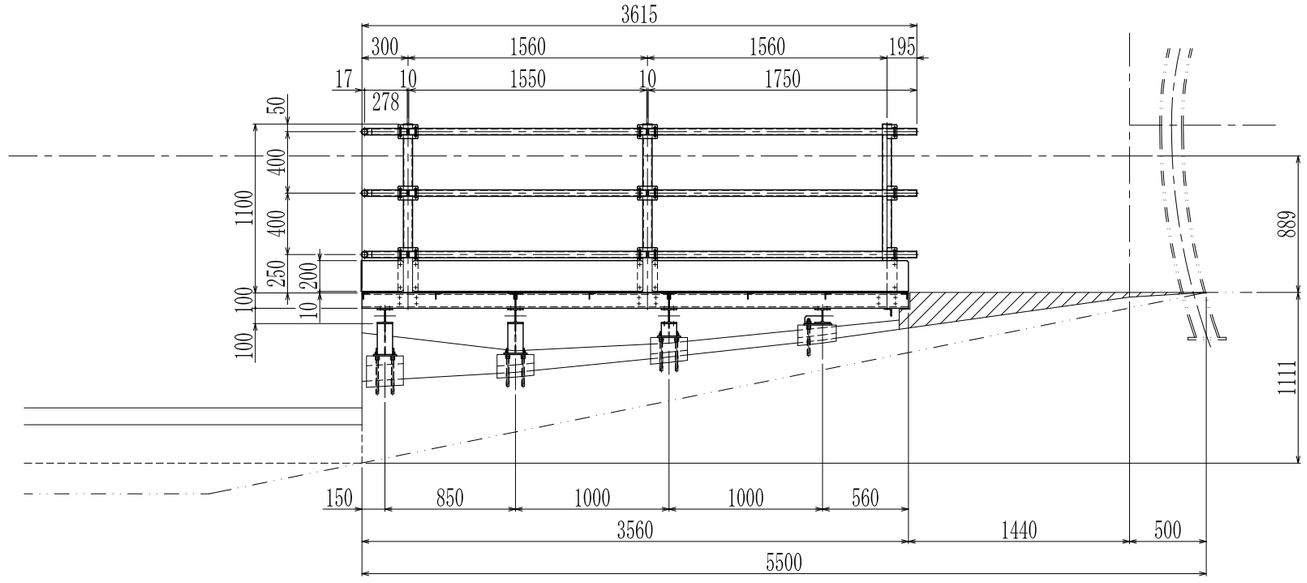
| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 作業台詳細図（２） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年　2 月 | | |
| 縮　　尺 | 1:20 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会 社 名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

# 作業台詳細図（３） S=1:20

## Ｆ－Ｆ断面




## Ｇ－Ｇ断面



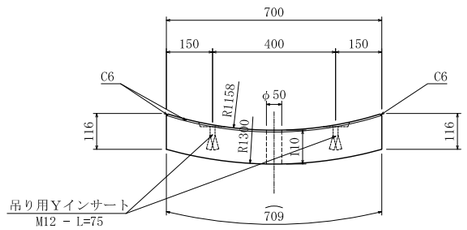

竣 工 図

| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 作業台詳細図（３） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年　2 月 | | |
| 縮　　尺 | 1:20 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会 社 名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

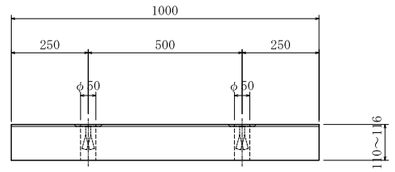
# 台座コンクリート構造図（１） S=1:10

(L=1,000mm)

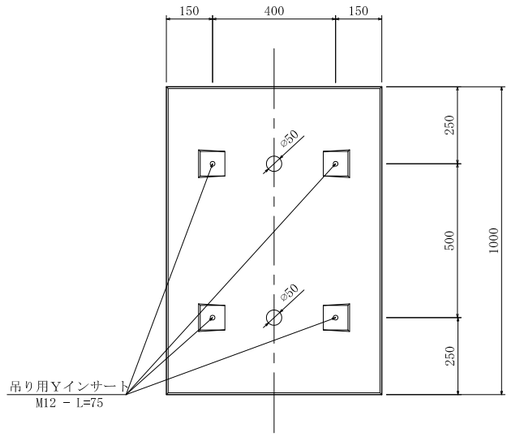
## 断面図



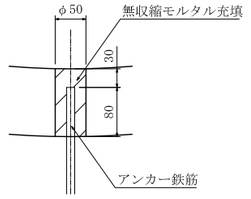

## 側面図




## 平面図




## 台座コンクリート固定部詳細図




材料表

| 名 称 | 規 格 | 数 量 |
|---|---|---|
| アンカー鉄筋 | D16 | 2 本 |
| 無収縮モルタル | | 0.0004 ㎥ |
| Yインサート | M10-L=75 | 4 本 |

参考質量 196 kg

備考
※ σck = 30N/mm2

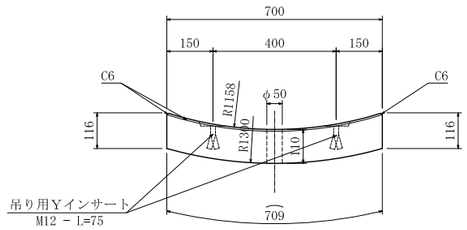
竣 工 図

| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度 地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 台座コンクリート構造図（１） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年 2 月 | | |
| 縮 尺 | 1:10 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会 社 名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

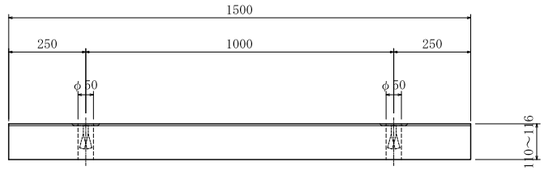
# 台座コンクリート構造図（２） S=1:10

(L=1,500mm)

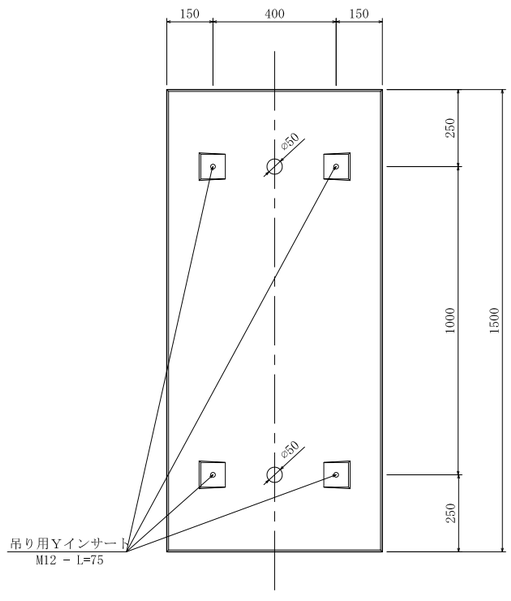
## 断面図



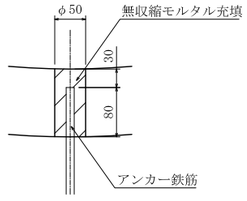

## 側面図




## 平面図




## 台座コンクリート固定部詳細図




材料表

| 名 称 | 規 格 | 数 量 |
|---|---|---|
| アンカー鉄筋 | D16 | 2 本 |
| 無収縮モルタル | | 0.0004 ㎥ |
| Yインサート | M10-L=75 | 4 本 |

参考質量 294 kg

備考
※ σck = 30N/mm2

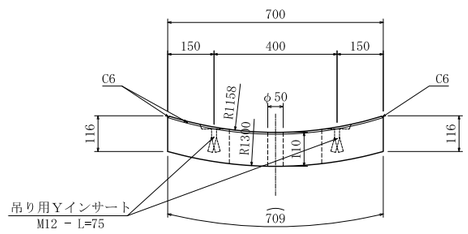
竣 工 図

| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度 地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 台座コンクリート構造図（２） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年 2 月 | | |
| 縮 尺 | 1:10 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会 社 名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

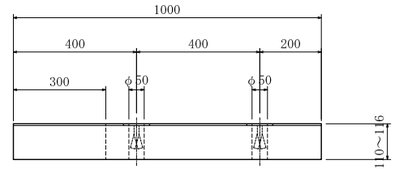
# 台座コンクリート構造図（３） S=1:10

（L=1,000㎜　切欠あり）

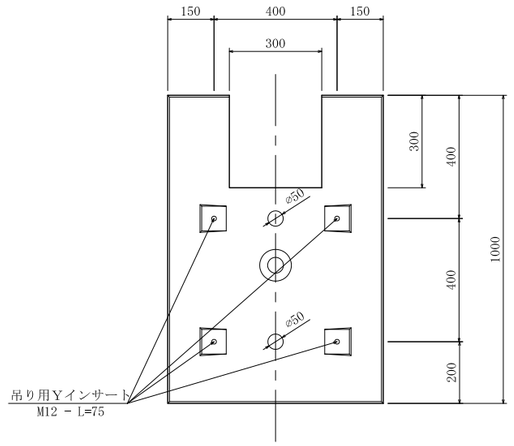
## 断面図



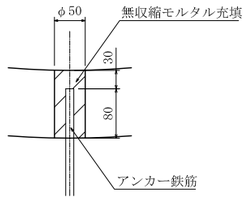

## 側面図




## 平面図




## 台座コンクリート固定部詳細図




材料表

| 名　称 | 規　格 | 数　量 |
|---|---|---|
| アンカー鉄筋 | D16 | 2　本 |
| 無収縮モルタル | | 0.0004 ㎥ |
| Yインサート | M10-L=75 | 4　本 |

参考質量　171 kg

備考
※　σck = 30N/mm2

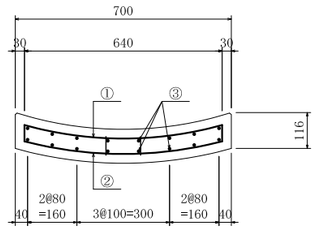
竣　工　図

| | | | |
|---|---|---|---|
| 工事名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図面名 | 台座コンクリート構造図（３） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年　2 月 | | |
| 縮　尺 | 1:10 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会社名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

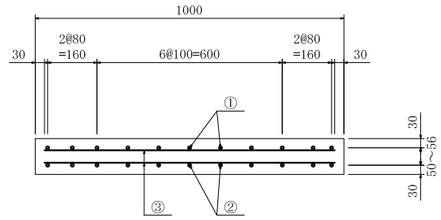
# 台座コンクリート配筋図（１） S=1:10

(L=1,000mm)

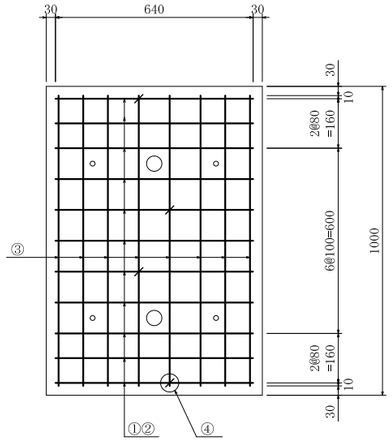
## 断面図




## 側面図

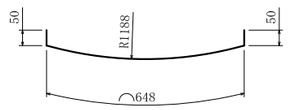



## 平面図

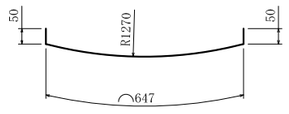



## 鉄筋加工図

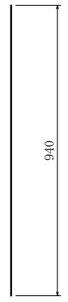
① D10×748～11




② D10×647～11




③ D 6×940～16




④ D 6×60～4

鉄筋表

| 番号 | 鉄筋径 | 長さ(mm) | 本　数 | 重量(kg) | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | D10 | 748 | 11 | 4.61 | ⌒ |
| ② | D10 | 747 | 11 | 4.60 | ⌒ |
| ③ | D 6 | 940 | 16 | 3.74 | \| |
| ④ | D 6 | 60 | 4 | 0.06 | \| |
| 合計 | | | | 13.01 | |

参考質量　196 kg

備考
※　σck = 30N/mm2

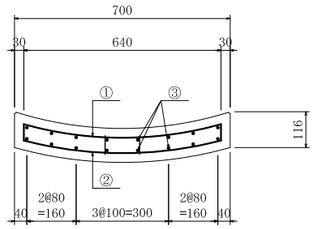
竣　工　図

| | | | |
|---|---|---|---|
| 工事名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図面名 | 台座コンクリート配筋図（１） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年　2 月 | | |
| 縮　尺 | 1:10 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会社名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

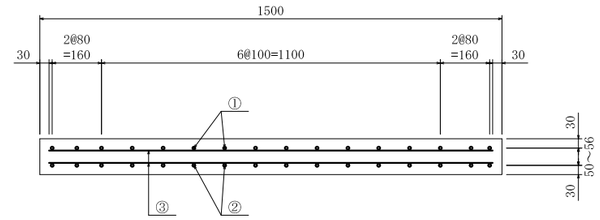
# 台座コンクリート配筋図（２） S=1:10

(L=1,500㎜)

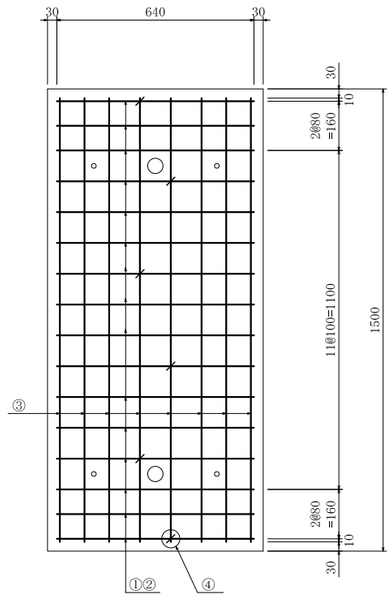
## 断面図




## 側面図

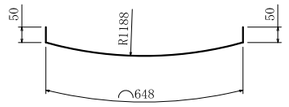



## 平面図

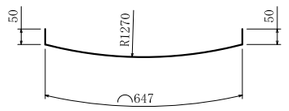



## 鉄筋加工図

① D10×748～16




② D10×747～16




③ D 6×1440～16

④ D 6×60～6

鉄筋表

| 番号 | 鉄筋径 | 長さ(㎜) | 本　数 | 重量(kg) | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | D10 | 748 | 16 | 6.70 | ⌒ |
| ② | D10 | 747 | 16 | 6.69 | ⌒ |
| ③ | D 6 | 1440 | 16 | 5.74 | | |
| ④ | D 6 | 60 | 6 | 0.09 | | |
| 合計 | | | | 19.22 | |

竣　工　図

| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 台座コンクリート配筋図（２） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年　2 月 | | |
| 縮　　尺 | 1:10 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会 社 名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

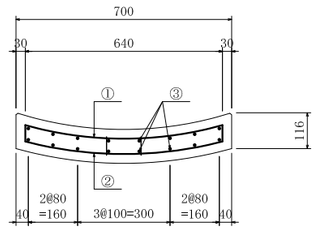
参考質量　294 kg

備考
※　σck = 30N/mm2

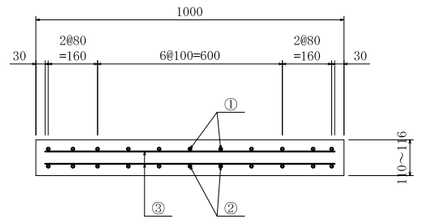
# 台座コンクリート配筋図（３） S=1:10

（L=1,000㎜　切欠あり）

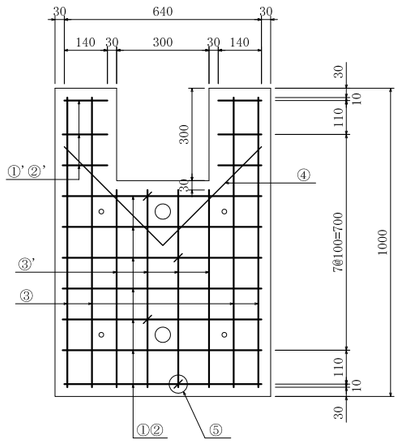
## 断面図




## 側面図

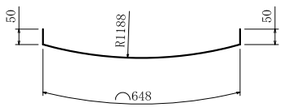



## 平面図

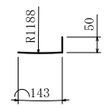



## 鉄筋加工図

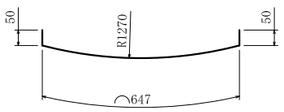
① D10×748～7



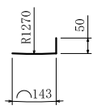

①' D10×193～3



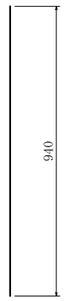

② D10×747～7



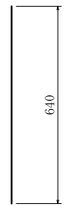

②' D10×193～3




③ D 6×940～8

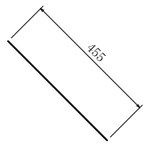



③' D 6×640～8




④ D 10×455～2

下側鉄筋配置




⑤ D 6×60～4

鉄筋表

| 番号 | 鉄筋径 | 長さ(mm) | 本　数 | 重量(kg) | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | D10 | 748 | 7 | 2.93 | ⌒ |
| ①' | D10 | 193 | 3 | 0.32 | ― |
| ② | D10 | 747 | 7 | 2.93 | ⌒ |
| ②' | D10 | 193 | 3 | 0.32 | ― |
| ③ | D 6 | 940 | 8 | 1.87 | ｜ |
| ③' | D 6 | 640 | 8 | 1.27 | ｜ |
| ④ | D10 | 455 | 2 | 0.51 | ＼ |
| ⑤ | D 6 | 60 | 4 | 0.06 | ｜ |
| 合計 | | | | 10.21 | |

参考質量　171 kg

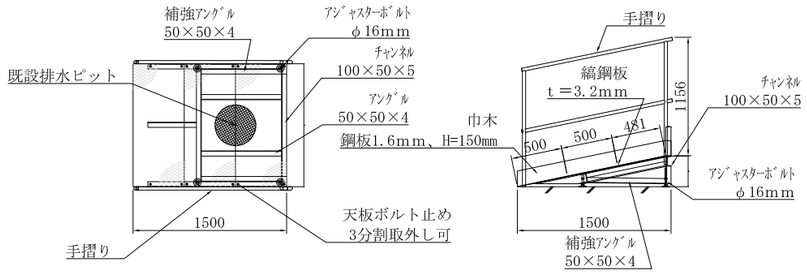
備考
※　σck = 30N/mm2

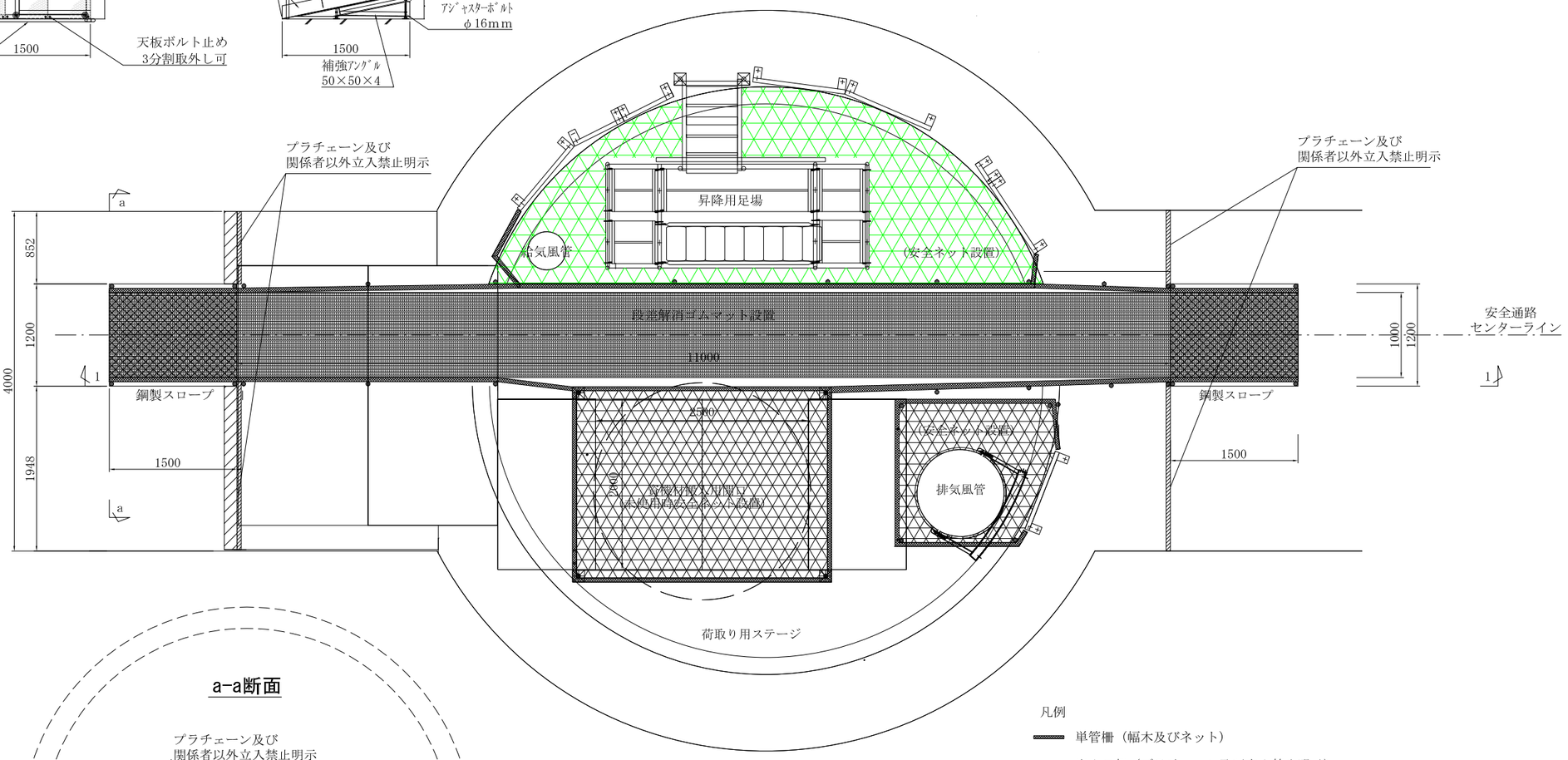
竣　工　図

| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 台座コンクリート配筋図（３） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年　2 月 | | |
| 縮　　尺 | 1:10 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会 社 名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

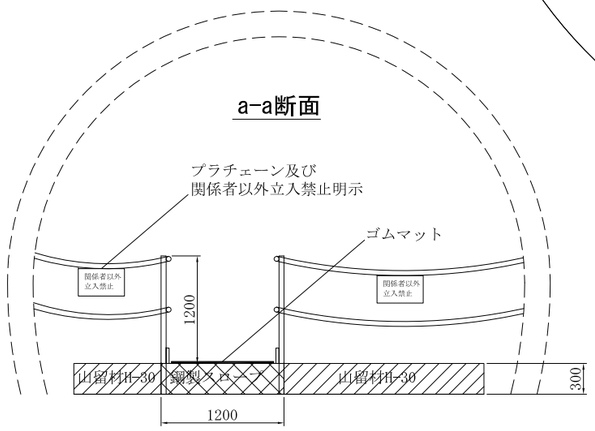
# 作業ステージ安全通路配置図（１） S=1:30

## スロープ詳細図




## a-a断面




凡例

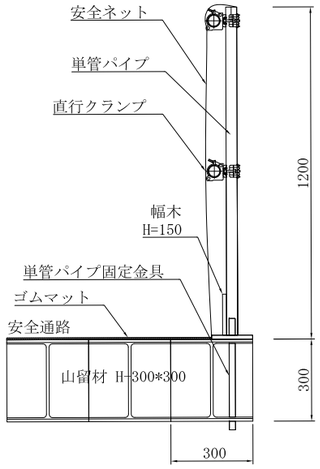
- 単管柵（幅木及びネット）
- 出入口部（プラチェーン及び立入禁止明示）
- ステージ端部段差解消用スロープ
- 段差解消ゴムマット

竣 工 図

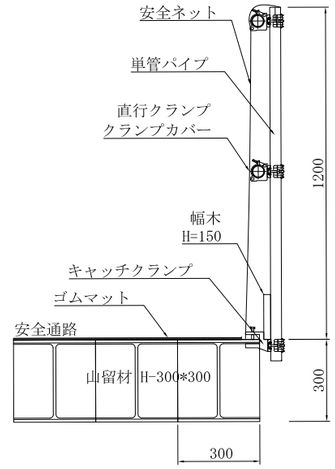
| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 作業ステージ安全通路配置図（１） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年　2 月 | | |
| 縮　　尺 | 1:30 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会 社 名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

# 作業ステージ安全通路配置図（２）　S=1:30

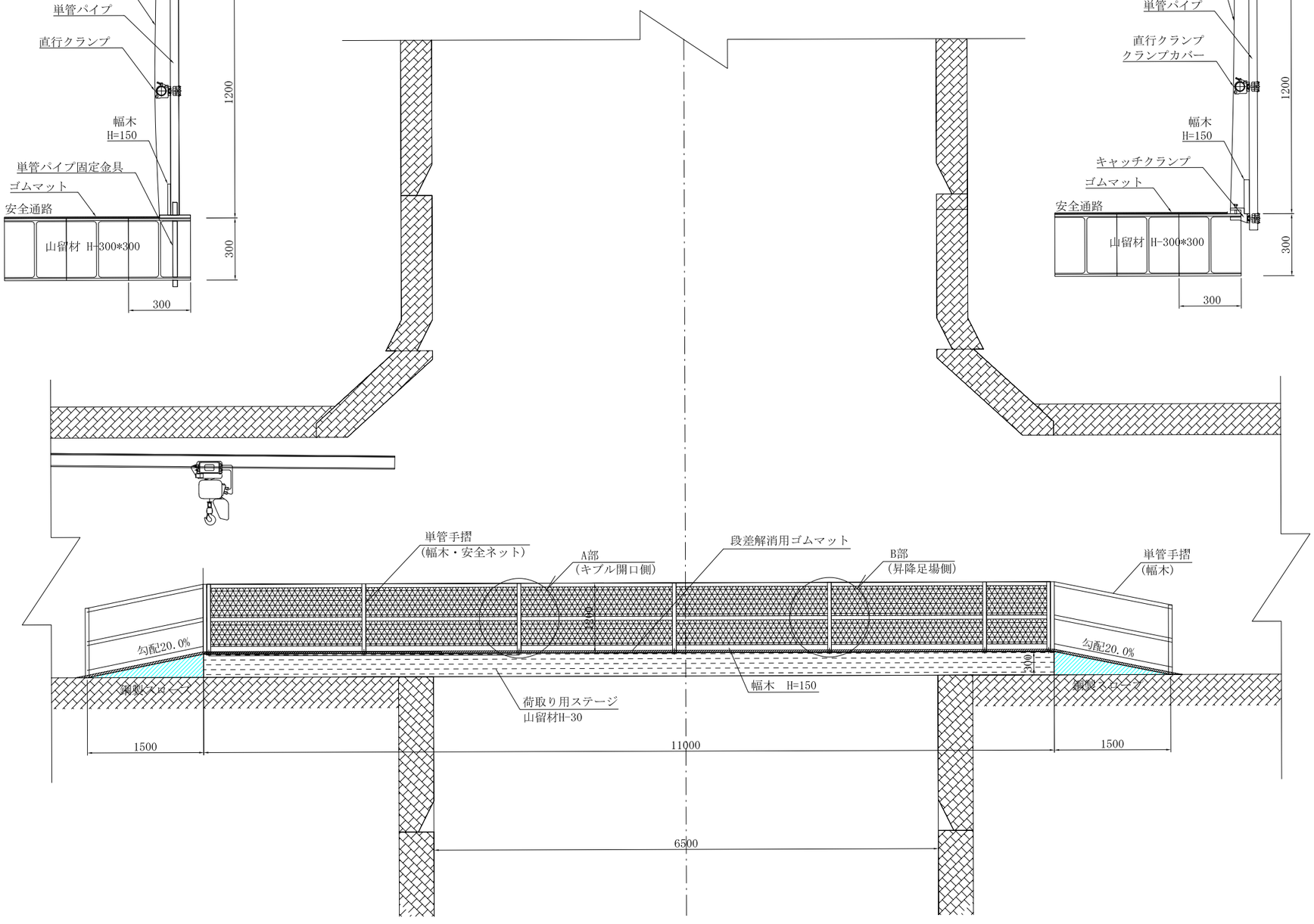
## Ａ部詳細




## Ｂ部詳細




## １－１断面




竣　工　図

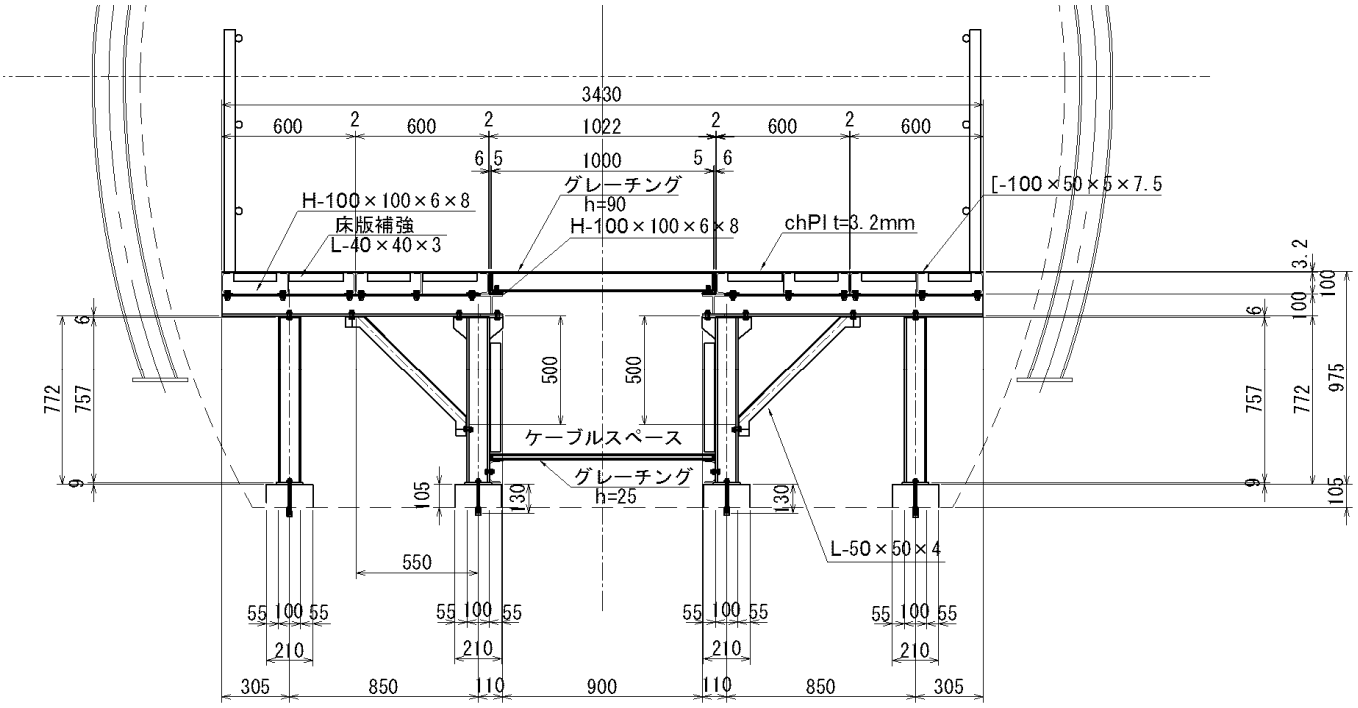
| | | | |
|---|---|---|---|
| 工 事 名 | 平成28年度　地下実証試験設備の整備 | | |
| 図 面 名 | 作業ステージ安全通路配置図（２） | | |
| 作成年月 | 平成 29 年　2 月 | | |
| 縮　　尺 | 1:30 | 図面番号 | ＊ / ＊ |
| 会 社 名 | | | |
| 事業者名 | 公益財団法人<br>原子力環境整備促進・資金管理センター | | |

# 作業台構造計算

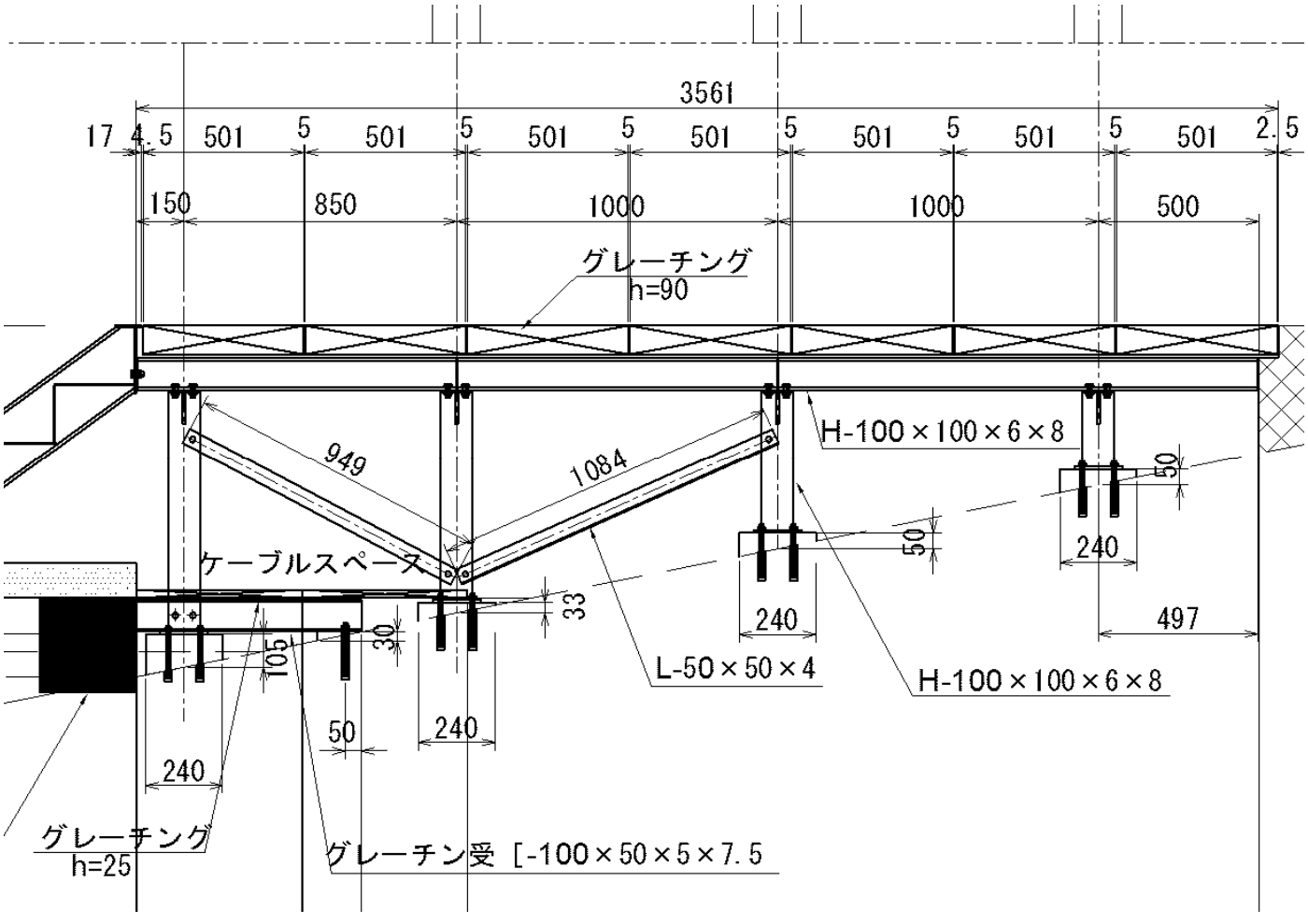
目　　次　　ページ

§1.　形状図 ---------- 1
§2.　設計条件 ---------- 2
§3.　縞鋼板の設計 ---------- 4
§4.　主桁の設計 ---------- 7
§5.　主桁片持部の設計 ---------- 10
§6.　受桁の設計 ---------- 13
§7.　支柱の設計 ---------- 17
§8.　ブレスの設計 ---------- 21
§9.　グレーチングの設計 ---------- 23

## §1. 形状図




A－A 断面




縦断図

§2. 設計条件

① 支間長　　作業台　：　Ｌ ＝ 1.000m　（軸方向間隔）

② 幅員　　作業台全幅員　：　Ｂ ＝ 3.400 m　（横断方向幅）

幅員構成　縞鋼板部 1.200m ＋ グレーチング 1.000m ＋ 縞鋼板部 1.200m

③ 衝撃荷重　　考慮しない
（特殊車両は低速で運搬するため）

④ 設計荷重

・ 活荷重　　特殊車両　　2.0ｔ　（1.00m×0.70m）

・ 死荷重　　縞鋼板　　t=3.2mm
床板補強材　　L-40×40×3　　@500mmﾋﾟｯﾁ
主桁部材　　[-100×50×5×7.5　@300mmﾋﾟｯﾁ
受桁材　　H-100×100×6×8　@1.000mﾋﾟｯﾁ
支柱材　　H-100×100×6×8　@1.000mﾋﾟｯﾁ

⑤ 許容応力度　　許容応力度の割増を行わない。

⑥ 使用材質　　ＳＳ400

⑦ たわみの許容値 Ｌ ／ 400 （Ｌは支間長）以下で、かつ 25mm以下とする。

⑧ 水平荷重　　杭列に作用する水平荷重

・ 活荷重(特殊荷重)の 5% とする。

（特殊車両は低速で運搬するためＴ荷重時の50%の水平力とする。）

## ⑨.　仮設構造物　鋼材の許容応力度

・構造用鋼材（許容応力度割増係数 $\alpha$＝1.0）

許容曲げ応力度

| | |
|---|---|
| l/b≦4.5 | 140 N/mm² |
| 4.5＜l/b≦30 | {140－2.4×(l/b－4.5)}×1.0 N/mm² |

許容せん断応力度

80 N/mm²

許容引張応力度

140 N/mm²

許容圧縮応力度

| | |
|---|---|
| l/r≦18 | 140 N/mm² |
| 18＜l/r≦92 | {140－0.82×(l/r－18)}×1.0 N/mm² |
| l/r＞92 | {1200000/(6700＋(l/r)²)}×1.0 N/mm² |

ボルトの許容応力度

単位：N/mm²

| ボルトの種類 | せん断 |
|---|---|
| Ｆ1ＯＴ　（高力ボルト） | 190 |
| ＢＮ　（普通ボルト） | 90 |

水平荷重

| 活荷重の種別 | 特殊車両 |
|---|---|
| 支柱に作用する水平荷重 | 活荷重×０．０５ |

特殊車両は低速で運搬するためＴ荷重時の50%の水平力とする。

§3. 縞鋼板の設計

L ＝ 0.30 m

$\alpha$ ＝ 1.0

(1) 作用荷重

・ 活荷重

特殊車両 2.0ｔ車 (1.00×0.70)

w ＝ 28.03 kN/m$^2$

単位幅 @1.00 m 当りに作用する荷重として

w ＝ 28.03×1.00= 28.03 kN/m

・ 死荷重

補強材自重 L-40×40×3 1m当り2本

d1 ＝ 0.02 KN/m×2 ＝ 0.04 kN/m

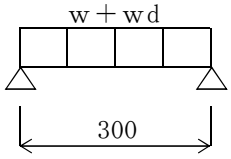
床板自重 PL-3.2mm

d2 ＝ 0.26 kN/m

∴ wd ＝ d1＋d2 ＝ 0.30 kN/m

(2) 断面力

(曲げモーメント)




Mmax ＝ 1/8×( 28.03 ＋ 0.30 ) × 0.30$^2$

＝ 0.32 kN･m

(せん断力)

Smax ＝ 1/2×( 28.03 ＋ 0.30 ) × 0.30

＝ 4.25 kN

(3) 応力度

使用鋼材　　PL-3.2mm　　+　L-40×40×3（床板補強L型鋼Z=1.21cm3）

断面係数　　Ｚx ＝　4.127　$cm^3$　　(1/6×100×0.32^2+1.21×2)

せん断抵抗面積　　Ａw ＝　　100×0.32 ＝　　32.00　$cm^2$

・ 許容曲げ応力度

l/b ＝　0.30　→ 4.5＜l/b≦30 より

σba ＝　140 ×　1.0　＝　140.0　$N/mm^2$

（曲げ応力度）

$$\sigma b = \frac{Mmax}{Zx} = \frac{0.32 \times 10^6}{4.127 \times 10^3} = 77.2 \ N/mm^2$$

＜ σba ＝　140.0　$N/mm^2$

－ ＯＫ －

（せん断応力度）

$$\tau = \frac{Smax}{Aw} = \frac{4.25 \times 10^3}{32.00 \times 10^2} = 1.3 \ N/mm^2$$

＜ σba ＝　80　$N/mm^2$

－ ＯＫ －

(4) たわみ

・ 活荷重によるたわみ量

w ＝ 28.03 kN/m ＝ 28.03 N/mm

L ＝ 300 mm (支間長)

E ＝ $2.0\times10^{5}$ $N/mm^{2}$ (鋼材のヤング係数)

Ix ＝ 7.33 $cm^{4}$ (断面2次モーメント)
(1/12×100×0.32^3+床板補強L型鋼I=3.53×2)

$$\delta = \frac{5\cdot w\cdot L^{4}}{384\cdot E\cdot I_x} = \frac{5\times28.03\times300^{4}}{384\times2.0\times10^{5}\times7.33\times10^{4}}$$

$$= 0.2 \text{ mm}$$

$$\therefore \quad \frac{\delta}{L} = \frac{0.2}{300} = \frac{1}{1488} < \frac{1}{400}$$

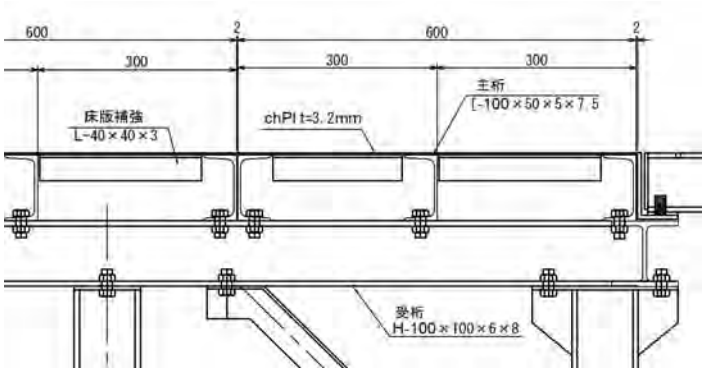
－ O K －

§4. 主桁の設計

L ＝ 1.00 m

α ＝ 1.0

(1) 作用荷重




・ 活荷重

等分部荷重（特殊車両）

w ＝ 28.03 kN/m$^2$

主桁ピッチ 0.30 m より主桁1本当りに作用する荷重として

w ＝ 28.03×0.300 ＝ 8.41 kN/m

・ 死荷重

縞鋼板板自重（t ＝ 3.2 mm）

d1 ＝ 0.26 KN/m2×0.300 ＝ 0.08 kN/m

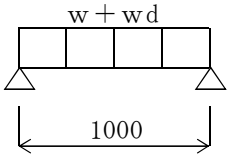
主桁自重 [－100×50×5×7.5

d2 ＝ 0.09 kN/m

∴ wd ＝ d1＋d2 ＝ 0.17 kN/m

(2) 断面力

(曲げモーメント)




Mmax ＝ 1/8×( 8.41 ＋ 0.17 ) × 1.00$^2$

＝ 1.07 kN･m

(せん断力)

Smax ＝ 1/2×( 8.41 ＋ 0.17 ) × 1.00

＝ 4.29 kN

(3) 応力度

使用鋼材　　[－100×50×5×7.5

断面係数　　Ｚx ＝　37.8　$cm^3$

せん断抵抗面積　　Ａw ＝　(10.0－2×0.75)×0.5 ＝　4.25　$cm^2$

・ 許容曲げ応力度

l/b ＝　20.00　→ 4.5＜l/b≦30 より

$\sigma ba$ ＝　{140－2.4×(l/b－4.5)} ×　1.0　＝　102.8　$N/mm^2$

（曲げ応力度）

$$\sigma b = \frac{Mmax}{Zx} = \frac{1.07 \times 10^6}{37.8 \times 10^3} = 28.4 \ N/mm^2$$

$< \sigma ba = 102.8 \ N/mm^2$

－ 0 K －

（せん断応力度）

$$\tau = \frac{Smax}{Aw} = \frac{4.29 \times 10^3}{4.25 \times 10^2} = 10.1 \ N/mm^2$$

$< \sigma ba = 80 \ N/mm^2$

－ 0 K －

(4) たわみ

・ 活荷重によるたわみ量

$w = 8.41$ kN/m $= 8.41$ N/mm

$L = 1000$ mm （支間長）

$E = 2.0\times10^{5}$ N/mm$^2$ （鋼材のヤング係数）

$I_x = 189$ cm$^4$ （断面2次モーメント）

$$\delta = \frac{5\cdot w\cdot L^4}{384\cdot E\cdot I_x} = \frac{5\times8.41\times1000^4}{384\times2.0\times10^5\times189\times10^4}$$

$$= 0.3 \text{ mm}$$

$$\therefore \quad \frac{\delta}{L} = \frac{0.3}{1000} = \frac{1}{3452} < \frac{1}{400}$$

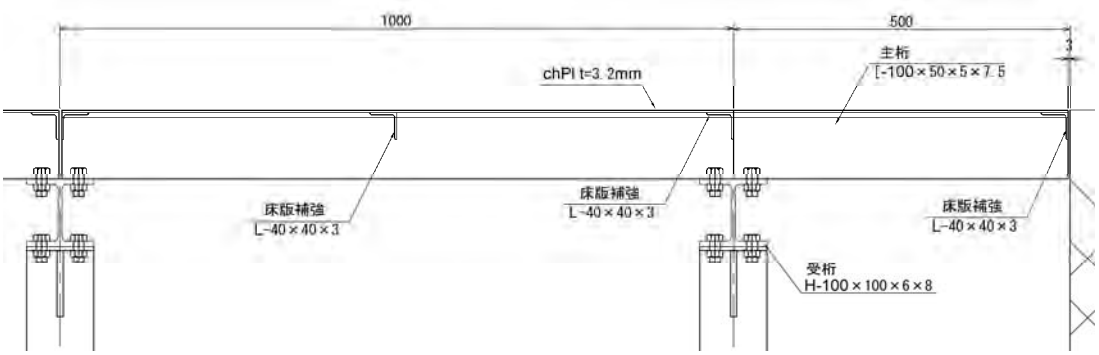
－ O K －

§5.　主桁片持部の設計

L　＝　0.50　m

α　＝　1.0

(1) 作用荷重




・ 活荷重

等分部荷重（特殊車両）

w ＝ 28.03 kN/m$^2$

主桁ピッチ 0.30 m より主桁1本当りに作用する荷重として

w ＝ 28.03×0.300 ＝　　8.41　kN/m

・ 死荷重

縞鋼板板自重（t ＝ 3.2 mm）

d1 ＝　　0.26 KN/m2×0.300 ＝　　0.08　kN/m

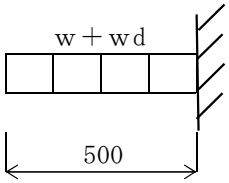
主桁自重　　[－100×50×5×7.5

d2 ＝　0.09　kN/m

∴ wd ＝　d1＋d2　＝　0.17　kN/m

(2) 断面力

(曲げモーメント)




Mmax ＝ 1/2×(　8.41　＋　0.17　) ×　0.50$^2$

＝　1.07　kN･m

(せん断力)

Smax ＝　　(　8.41　＋　0.17　) ×　0.50

＝　4.29　kN

(3) 応力度

使用鋼材　　[－100×50×5×7.5

断面係数　　Ｚx ＝　37.8　$cm^3$

せん断抵抗面積　　Ａw ＝　(10.0－2×0.75)×0.5 ＝　4.25　$cm^2$

・ 許容曲げ応力度

l/b ＝　10.00　→ 4.5＜l/b≦30 より

$\sigma ba$ ＝　{140－2.4×(l/b－4.5)} ×　1.0　＝　126.8　$N/mm^2$

（曲げ応力度）

$$\sigma b = \frac{Mmax}{Zx} = \frac{1.07 \times 10^6}{37.8 \times 10^3} = 28.4 \ N/mm^2$$

$< \sigma ba = 126.8 \ N/mm^2$

－ 0 K －

（せん断応力度）

$$\tau = \frac{Smax}{Aw} = \frac{4.29 \times 10^3}{4.25 \times 10^2} = 10.1 \ N/mm^2$$

$< \sigma ba = 80 \ N/mm^2$

－ 0 K －

(4) たわみ

・ 活荷重によるたわみ量

$w = 8.41$ kN/m $= 8.41$ N/mm

$L = 500$ mm （支間長）

$E = 2.0\times10^{5}$ N/mm$^2$ （鋼材のヤング係数）

$I_x = 189$ cm$^4$ （断面2次モーメント）

$$\delta = \frac{w\cdot L^4}{8\cdot E\cdot I_x} = \frac{8.41\times500^4}{8\times2.0\times10^5\times189\times10^4}$$

$$= 0.2 \text{ mm}$$

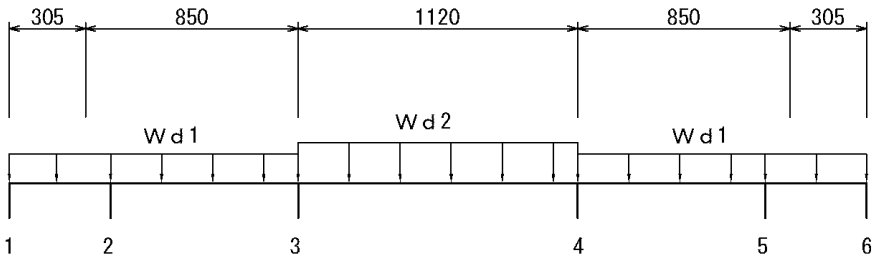
$$\therefore \quad \frac{\delta}{L} = \frac{0.2}{500} = \frac{1}{2877} < \frac{1}{400}$$

－ O K －

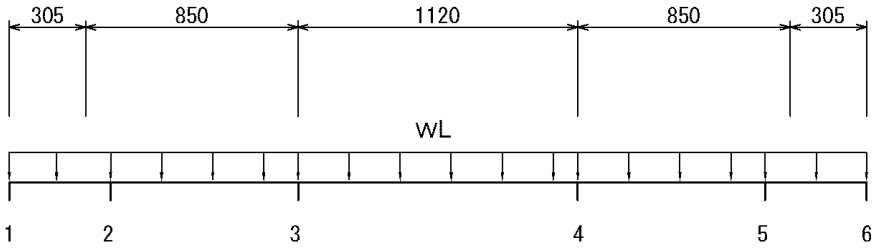
§6.　受桁の設計

(1) 作用荷重

死荷重




活荷重




・ 活荷重　ＷＬ

特殊車両　2.0ｔ車　形状（1000×700）

w ＝ 28.05 kN/m$^2$

単位幅 @1.00 m 当りに作用する荷重として

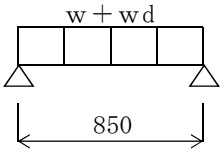
WL ＝ 28.05×1.00= 28.05 kN/m

・ 死荷重　ｗｄ1

chPL-3.2mm
　w1=7850×0.0032×1.00×9.807/1000=　0.246
[-100×50×5×7.5
　w2=9.36×1.00×5/1.20×9.807/1000=　0.382
L-40×40×4
　w3=1.83×3×9.807/1000=　0.054
H-100×50×5×7.5
　w4=16.9×9.807/1000=　0.166

∴ wd1 ＝W1+W2+W3+W4=　0.85　kN/m

(2) 断面力




(曲げモーメント)

$$Mmax = 1/8 \times ( 28.05 + 0.85 ) \times 0.85^{2}$$

$$= 2.61 \ kN \cdot m$$

(せん断力)

$$Smax = 1/2 \times ( 28.05 + 0.85 ) \times 0.85$$

$$= 12.28 \ kN$$

使用鋼材　　H－100×100×6×8

断面係数　　$Z_x$ ＝　75.6　$cm^3$

せん断抵抗面積　　$A_w$ ＝　(10.0－2×0.8)×0.6 ＝　5.04　$cm^2$

・ 許容曲げ応力度

l/b ＝　8.50　→ 4.5＜l/b≦30 より

$\sigma_{ba}$ ＝　{140－2.4×(l/b－4.5)} ×　1.0　＝　130.4　$N/mm^2$

（曲げ応力度）

$$\sigma_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{2.61 \times 10^6}{75.6 \times 10^3} = 34.5 \ N/mm^2$$

$< \sigma_{ba}$ ＝　130.4　$N/mm^2$

－ O K －

（せん断応力度）

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{12.28 \times 10^3}{5.04 \times 10^2} = 24.4 \ N/mm^2$$

$< \sigma_{ba}$ ＝　80　$N/mm^2$

－ O K －

(4) たわみ

・ 活荷重によるたわみ量

$w = 28.05$ kN/m $= 28.05$ N/mm

$L = 850$ mm （支間長）

$E = 2.0\times10^{5}$ N/mm$^2$ （鋼材のヤング係数）

$I_x = 378$ cm$^4$ （断面2次モーメント）
（1/12×100×0.32^3+3.53）

$$\delta = \frac{5\cdot w\cdot L^4}{384\cdot E\cdot I_x} = \frac{5\times28.05\times850^4}{384\times2.0\times10^5\times378\times10^4}$$

$$= 0.3 \text{ mm}$$

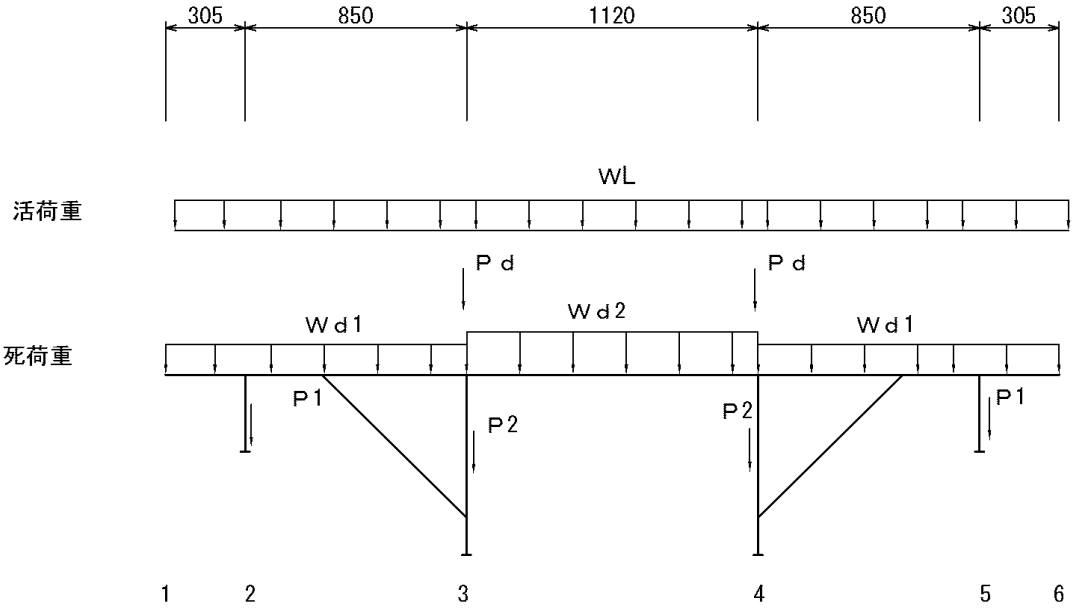
$$\therefore \quad \frac{\delta}{L} = \frac{0.3}{850} = \frac{1}{3370} < \frac{1}{400}$$

－ O K －

§７.支柱の設計

| | | | |
|---|---|---|---|
| h | ＝ | 0.77 | m |
| l | ＝ | 0.77 | cm |
| α | ＝ | 1.0 | |

強軸方向




(1) 支柱反力　3，4支点　　N

| | | |
|---|---|---|
| ＲＬ=42.03×（0.300×1/2+0.55+1.120×1/2） | ＝ | 52.96 kN |
| Ｒｄ=1.160×（0.300×1/2+0.55）+1.854×1/2×1.120） | ＝ | 1.85 kN |
| Ｐ2=16.9×0.77×9.807×1/1000 | ＝ | 0.13 kN |
| Ｐｄ=16.9×1.50×9.807×1/1000 | ＝ | 0.25 kN |
| | Ｎ＝ | 55.19 kN |

受桁の反力より

Ｎ ＝　55.19　kN

（曲げモーメント）

水平力は鉛直荷重の5%を考慮する

Ｈ ＝ 55.19×0.05＝　　2.76　kN

突出長　ｈ ＝　0.77　m

Ｍ ＝　Ｈ×ｈ　＝　　2.12　kN･m

(2) 応力度

使用鋼材　　H－100×100×6×8

断面積　　A ＝ 21.59 $cm^2$

断面係数　　Zx ＝ 75.6 $cm^3$

断面２次半径　　ix ＝ 4.18 cm

座屈長　　l ≒ 0.77 cm

・ 許容圧縮応力度

l/ix ＝ 0.18 → 18＜l/ix≦92 より

$\sigma ca = \{140-0.82\times(l/ix-18)\}\times 1.0 = 154.6$ $N/mm^2$

(圧縮応力度)

$$\sigma c = \frac{N}{A} = \frac{55.19\times10^3}{21.59\times10^2} = 25.6 \quad N/mm^2$$

$< \sigma ca = 154.6 \quad N/mm^2$

－ O K －

(曲げ応力度)

$$\sigma b = \frac{M}{Zx} = \frac{2.12\times10^6}{75.6\times10^3} = 28.1 \quad N/mm^2$$

$< \sigma ba = 140 \quad N/mm^2$

－ O K －

(合成応力度)

$$\left(\frac{\sigma c}{\sigma ca}\right) + \left(\frac{\sigma b}{\sigma ba}\right) = 0.37 < 1.00$$

－ O K －

支柱の設計　　弱軸方向

| | | | |
|---|---|---|---|
| N | ＝ | 55.19 | kN |
| h | ＝ | 0.77 | m |
| l | ＝ | 0.77 | cm |
| α | ＝ | 1.0 | |

(1) 断面力

（支柱軸力）

受桁せん断力より

N ＝ 55.19 kN

（曲げモーメント）

水平力は鉛直荷重の5%を考慮する

H ＝ 55.19×0.05＝ 2.76 kN

突出長 h ＝ 0.77 m

M ＝ H×h ＝ 2.12 kN･m

(2) 応力度

使用鋼材　　H－100×100×6×8

断面積　　A ＝ 21.59 $cm^2$

断面係数　　Zy ＝ 26.7 $cm^3$

断面２次半径　　iy ＝ 2.49 cm

座屈長　　l ≒ 0.77 cm

・ 許容圧縮応力度

l/iy ＝ 0.31 → 18＜l/iy≦92 より

σca ＝ {140－0.82×(l/iy－18)}× 1.0 ＝ 154.5 $N/mm^2$

（圧縮応力度）

$$\sigma c = \frac{N}{A} = \frac{55.19 \times 10^3}{21.59 \times 10^2} = 25.6 \ N/mm^2$$

$$< \sigma ca = 154.5 \ N/mm^2$$

－ 0 K －

（曲げ応力度）

$$\sigma b = \frac{M}{Zy} = \frac{2.12 \times 10^6}{26.7 \times 10^3} = 79.6 \ N/mm^2$$

$$< \sigma ba = 140 \ N/mm^2$$

－ 0 K －

（合成応力度）

$$\left(\frac{\sigma c}{\sigma ca}\right) + \left(\frac{\sigma b}{\sigma ba}\right) = 0.73 < 1.00$$

－ 0 K －

(3) アンカーボルトの設計

アンカーボルトに作用するせん断力

H（S）＝ 2.76 KN

使用ボルト M12 (SD-345)

公称断面積 A ＝ $0.843 \times 10^2$ $mm^2$

ボルト本数 n ＝ 2 本

・ ボルト許容せん断応力度（割増係数 α＝1.00）

$\tau a = 80 \times 1.0 = 80 \ N/mm^2$

（せん断応力度）

$$\tau = \frac{S}{A \times n} = \frac{2.76 \times 10^3}{0.843 \times 10^2 \times 2} = 16.4 \ N/mm^2$$

$$< \tau a = 80 \ N/mm^2$$

－ 0 K －

§8.　ブレスの設計

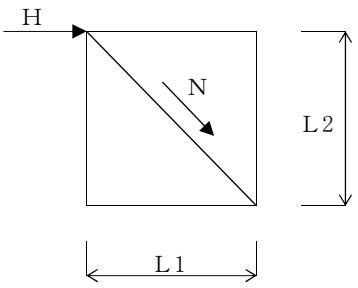
(1) 作用荷重

水平力は鉛直荷重の5%を考慮する。

$H =$　　2.76　kN

(2) 断面力

(圧縮力)




$$\begin{pmatrix} L1 = & 0.60 & m \\ L2 = & 0.50 & m \end{pmatrix}$$

$$N = 2.76 \times \frac{\sqrt{(L1^2 + L2^2)}}{L1}$$

$$= 3.59 \quad kN$$

(3) 応力度

| | | | |
|---|---|---|---|
| 使用鋼材 | L－50×50×4 | | |
| 断面積 | A ＝ | 3.892 | $cm^2$ |
| 断面２次半径 | i ＝ | 1.53 | cm |
| 座屈長 | l ＝ | 78.1 | cm |

・ 許容圧縮応力度

$l / i = 51.05 \rightarrow l/i > 92$ より

$$\sigma c = \left\{ \frac{1200000}{6700 + (l/i)^2} \right\} \times 1.0 = 129.0 \quad N/mm^2$$

(圧縮応力度)

$$\sigma c = \frac{N}{A} = \frac{3.59 \times 10^3}{3.892 \times 10^2} = 9.2 \quad N/mm^2$$

$$< \sigma ca = 129.0 \quad N/mm^2$$

－ O K －

(3) ボルトの設計

ボルトに作用するせん断力

Ｔ（Ｓ）＝　　3.59　KN

使用ボルト　　普通ボルト－M16

公称断面積　　Ａ ＝ $1.57\times10^{2}$ ㎟

ボルト本数　　ｎ ＝ 1 本

・ ボルト許容せん断応力度（割増係数 α＝1.00）

$\tau a = 80\times1.0 = 80$ N/㎟

(せん断応力度)

$$\tau = \frac{S}{A\times n} = \frac{3.59\times10^{3}}{1.57\times10^{2}\times1} = 22.9 \text{ N/㎟}$$

$< \tau a = 80$ N/㎟

－ 0 K －

§9.　グレーチングの設計

特殊荷重　２ｔ　車

ＷＬ＝2.0/（1.00×0.70）×9.807＝28.05ＫＮ/㎜2

1) 形式　　グレーチング（ＵＨＲ　溝幅900）

使用用途　特殊車両　　28.03　KN/m2　用

2) 設計条件

溝幅　900mm

荷重　2.0ｔ/（1.0×0.7）=2.86ｔ/ｍ2　=28.03KN/m2

主部材のﾋﾟｯﾁ　　P=35.3ｍｍ

主部材の断面二次モーメント　　Ｉ　=　8.22×4.5=36.99cm4

主部材の断面係数　　Ｚ=8.22　ｃｍ3

載荷寸法　　1本当たり作用幅　0.0353m

載荷荷重　　Ｐｗ＝28.03×0.0353＝0.99ＫＮ/m

3) 主桁の荷重

M=1/8×Ｐｗ×Ｌ＾2＝1/8×0.99×0.95^2＝0.112KN・m

4) 応力度

σ=　M/Ｚ=0.112×10^6/（8.22×10^2）=136.3<180Ｎ/mm2

たわみ

Ｗ　=　　0.99 ＫＮ/ｍ＝　　0.99 Ｎ/ｍｍ

Ｉ　=　　36.99 ｃｍ4

Ｅ　=　　2.0 ×10＾5Ｎ/mm

Ｌ　=　　950 ｍｍ

$$\delta = \frac{5\times W\times L^{\wedge}4}{384\times E\times I} = \frac{5\times 0.99\times 950^{\wedge}4}{384\times 2.0\times 10^{\wedge}5\times 36.99\times 10^{\wedge}4}$$

＝　　0.014 mm＜δｂ

許容たわみ　　δｂ=　950/500=　　1.9 mm

# 組立台構造計算

1. 設計条件

1) 適用基準

(社)日本道路協会、道路土工、擁壁工指針　平成24年7月

(社)日本道路協会、道路橋示方書、Ⅳ下部構造編　平成24年3月

2) 形式

『U型-A(直接基礎)』

3) 使用材料

【鉄筋コンクリート】　竪壁（コンクリート設計基準強度）：σc= 24 (N/mm$^2$)

底版（コンクリート設計基準強度）：σc= 24 (N/mm$^2$)

鉄筋異形棒鋼 = SD345

【単位体積重量】

(kN/m$^3$)

| | | |
|---|---|---|
| 躯体 | 鉄筋コンクリート | 24.500 |

4) 安定計算の許容値及び部材の許容応力度

(1) 組立台（一般部材）

(N/mm$^2$)

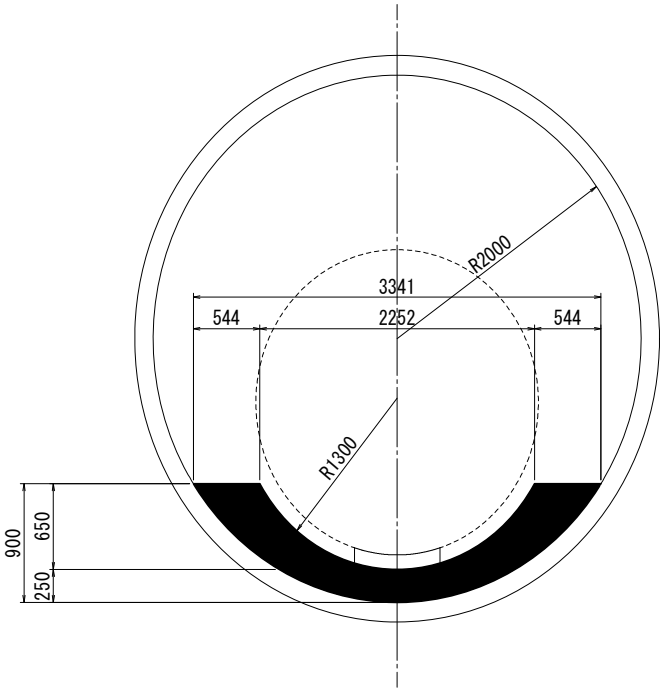
| 荷重状態 | 割増係数 | コンクリートの圧縮応力度 $\sigma_{ca}$ | 鉄筋の引張応力度 $\sigma_{sa}$ | せん断応力度 $\tau_{a1}$ | $\tau_{a2}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 常時 | 1.000 | 8.000 | 160.000 | 0.230 | 1.700 |

5) 地山条件

| | |
|---|---|
| 岩盤等級CM-H(Hr) | |
| 変形係数 | 2000 (Mpa) |
| ポアソン比 | 0.186 |
| 粘着力 | 1.6 (Mpa) |
| 内部摩擦角 | 25 (° ) |

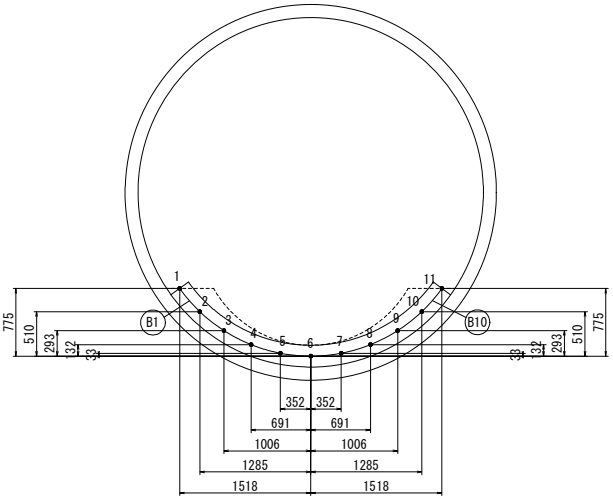
## 2. 形状寸法及び骨組軸線図

### (1) 一般形状



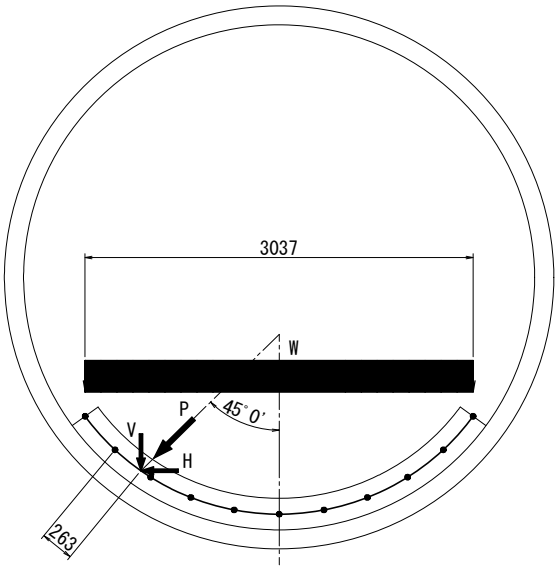

### (2) 骨組軸線図

簡易的に下図の骨組とする。

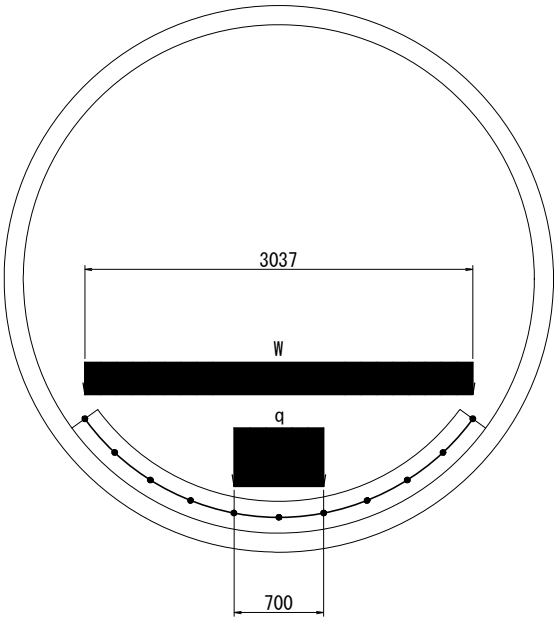


3. 荷重図

(1) 作業時




(2) 完成時



4. 荷重計算

(1) 自重

底版

W= 0.250×24.5 = 6.13 kN/m2

(2) 作業時荷重

PEM重量（ 42t =411.6kN）が45°の角度で集中荷重として作用すると考える。

P= 42.0×9.8 / L

= 42.0×9.8 / 3.343 = 123.12 kN/m

(LはPEM延長)

V= 123.12×cos(45) = 87.06 kN/m

H= 123.12×sin(45) = 87.06 kN/m

(3) 完成時荷重

q= 123.12 / 0.700 = 175.89 kN/m2

## 5. 地盤ばね

### 5.1 ばね定数計算式

地盤のばね定数は下式にて算出する。（「道示Ⅳ 9.6」）

(1) ばね定数

地盤反力係数

$$Kv = Ko \cdot (BV / 0.3)^{-3/4} \quad (kN/m^3)$$

$$Kh = Ko \cdot (BH / 0.3)^{-3/4} \quad (kN/m^3)$$

ばね定数

$$KV = Kv \cdot B$$

$$KH = Kh \cdot B$$

Kv(Kh) ：地盤反力係数 $(kN/m^3)$

Ko ：直径30cmの円形剛板における地盤反力係数 $(kN/m^3)$

$Ko = 1/0.3 \cdot \mu \cdot E0$

$\mu$ ：E0の算出に関わる係数

孔内水平載荷試験より得た変形係数を用いる場合常時$\mu = 4$，地震時$\mu = 8$

BV ：換算載荷幅 (m)　　$BV = A^{1/2}$

E0 ：地盤の変形係数 $(kN/m^3)$

B ：計算部材幅 (m)

(2) せん断ばね定数

$$KS = \lambda \cdot KV(KH)$$

KS ：せん断ばね定数 $(kN/m^2)$

$\lambda$ ：地盤反力係数とせん断地盤反力係数の比

$\lambda = 1/3 \sim 1/4$　　（$\lambda$=0.3とする）

次頁に地盤ばね計算表を示す。

5.2 地盤ばねの計算

| 方向 | 項　目 | 記号 | 算　式 | 単位 | 常　時 | 地震時 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 鉛直方向（底面） | 地盤のN値 | N | | （回） | － | |
| | 変形係数 | E0 | 2800・N | ($kN/m^2$) | 2000000 | |
| | 載荷幅 | B1 | （荷重載荷幅） | (m) | 3.037 | |
| | 載荷長 | L1 | （底版長辺長） | (m) | 10.000 | |
| | 換算載荷幅 | BV | $(B1・L1)^{1/2}$ | (m) | 5.511 | |
| | 反力係数比 | λ | 1/3～1/4 | － | 0.3 | |
| | 計算部材幅 | B | | (m) | 1.000 | |
| | 算出係数 | μ | 常時:4 ， 地震時:8 | － | 4 | 8 |
| | 単位鉛直反力係数 | Kvo | 1/0.3・μ・E0 | ($kN/m^3$) | 26666667 | 53333333 |
| | 鉛直地盤反力係数 | Kv | $Kvo・(BV / 0.3)^{-3/4}$ | ($kN/m^3$) | 3005293 | 6010587 |
| | 鉛直ばね定数 | KV | Kv・B | ($kN/m^2$) | 3005200 | 6010500 |
| | せん断ばね定数 | KS | λ・KV | ($kN/m^2$) | 901600 | 1803200 |

6. 骨組計算

(1) 部材定数

| 部材番号 | 部材名 | 部材幅<br>B<br>(m) | 部材高<br>H<br>(m) | 断面積<br>A<br>(m2) | 断面二次<br>ﾓｰﾒﾝﾄ<br>I<br>(m4) | 弾性係数<br>E<br>(kN/m2) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| B1～B10 | 組立台 | 1.000 | 0.250 | 0.250 | 0.00130 | 2.5×10^7 |

(2) 荷重ケース

| 荷重CASE | | 作業時 | 完成時 |
|---|---|---|---|
| | | 4 | 5 |
| 1 | 自重 | ○ | ○ |
| 2 | 作業時荷重 | ○ | |
| 3 | 完成時荷重 | | ○ |

以上のデータにより、平面骨組解析を行う。

7. 断面計算

PEM42t

(1) 抽出断面力

骨組計算による各部材の最大断面力を下記に抽出する。

| 部材 | 引張側 | 部材名 | 決定CASE | i端からの距離 (m) | 軸力 N (kN) | せん断力 S (kN) | 曲げﾓｰﾒﾝﾄ M (kNm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 組立台 | 上面 | B4 | 作業時 | 0.353 | 15.43 | 1.33 | -3.20 |
| | 下面 | B2 | 作業時 | 0.263 | 10.69 | -64.89 | 14.07 |

(2) 断面照査

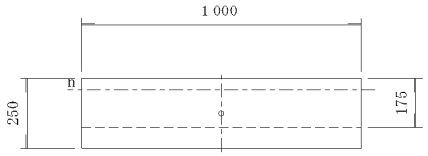
上記断面力を用い、応力度の照査を行う。
照査結果を下表に示す。

| 部材 | | 配筋 径 - ﾋﾟｯﾁ | 曲げ圧縮 σc (N/mm2) | 曲げ引張 σs (N/mm2) | 判定 | せん断 τ (N/mm2) | せん断 許容値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 組立台 | 上面 | D16-250 | 0.8 | 38.4 | O.K | 0.008 | 0.372 | O.K |
| | 下面 | D16-250 | 3.3 | 121.3 | O.K | 0.371 | 0.372 | O.K |
| 許容値 | | | 8.0 | 160 | | | - | |

※ せん断応力度の許容値は基準値を補正した値。

次頁に応力度計算書及び配筋要領図を示す。

| タイトル | 組立台 組立台上面 |
|---|---|



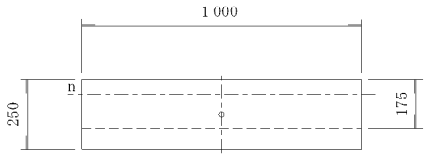

| | | |
|---|---|---|
| A | (m²) | 0.2500 |
| A' | (m²) | 0.0000 |
| yu | (m) | 0.1250 |
| yl | (m) | -0.1250 |
| Iz | (m⁴) | 0.00130 |
| Iy | (m⁴) | 0.02083 |
| Wu | (m³) | 0.01042 |
| Wl | (m³) | -0.01042 |
| J | (m⁴) | 0.00439 |
| Ao | (m²/m) | 2.5000 |
| Ai | (m²/m) | 0.0000 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 断面力 | M | (kN.m) | 3.210 |
| | N | (kN) | -15.430 |
| | S | (kN) | 1.330 |
| ウェブ幅 | bw | (m) | 1.0000 |
| 有効高さ | d | (m) | 0.1750 |
| せん断スパン | s | (m) | 0.0000 |
| 応力度 | σc σca | (N/mm²) | 0.756 < 8.000 |
| | σs σsa | (N/mm²) | 38.411 < 160.000 |
| 中立軸 | X | (m) | 0.0399 |
| ヤング係数比 | | | n = 15.00 |
| 許容 | τa | (N/mm²) | 0.230 |
| 平均 | τm | (N/mm²) | 0.008 < 0.372 |
| Ce | | | 1.400 |
| Cpt | | | 1.154 |
| CN | | | 1.000 |
| Cdc | | | 1.000 |
| 平均τamax | | (N/mm²) | 1.700 |

| 鋼種 | 位置 (m) | 鉄筋径 (mm) | 本数 (本) | 鉄筋量As (cm²) |
|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.1750 | 16.00 | 4.000 | 7.944 |
| | | 鉄筋量の合計 Σ | | 7.944 |

《鋼種の説明》
D:鉄筋(φ:丸鋼) P:PC鋼材1 R:PC鋼材2
S:鋼板 Q:外ケーブル C:炭素繊維
1:上縁～高さ 0:全周
-1:上下かぶり -2:左右かぶり

| タイトル | 組立台 組立台下面 |
|---|---|



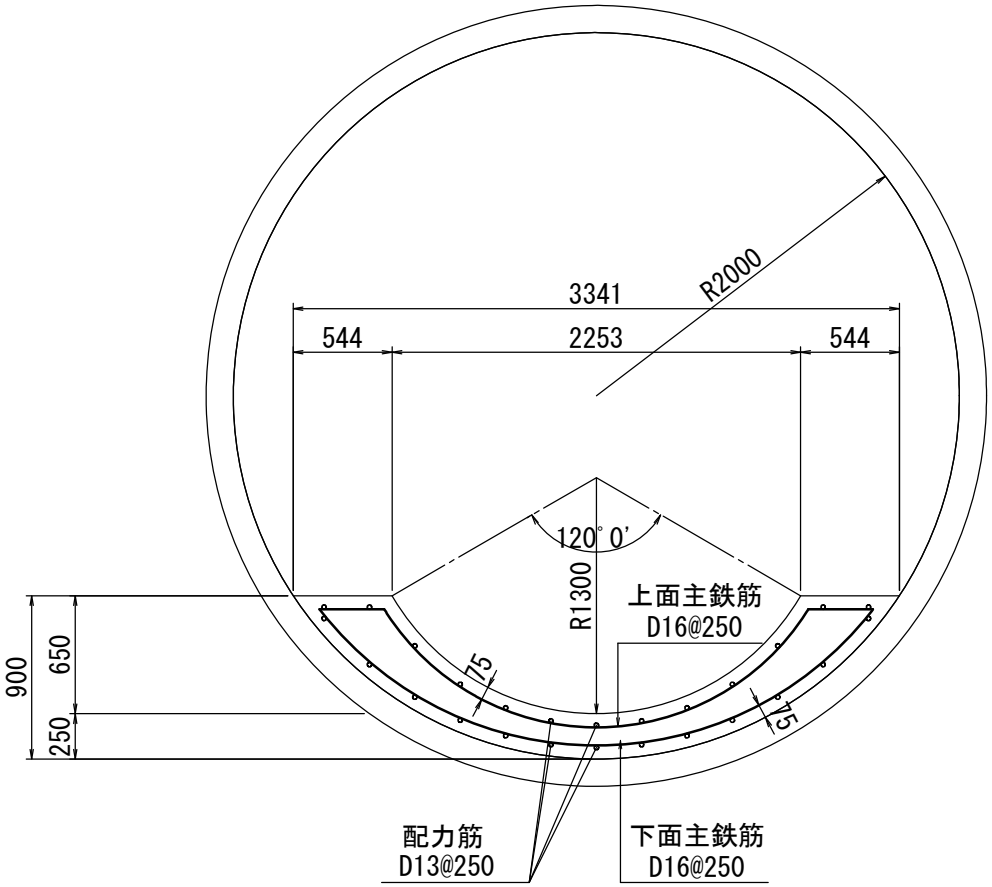

| | | |
|---|---|---|
| A | ($m^2$) | 0.2500 |
| A' | ($m^2$) | 0.0000 |
| yu | (m) | 0.1250 |
| yl | (m) | -0.1250 |
| Iz | ($m^4$) | 0.00130 |
| Iy | ($m^4$) | 0.02083 |
| Wu | ($m^3$) | 0.01042 |
| Wl | ($m^3$) | -0.01042 |
| J | ($m^4$) | 0.00439 |
| Ao | ($m^2$/m) | 2.5000 |
| Ai | ($m^2$/m) | 0.0000 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 断面力 | M | (kN.m) | 14.070 |
| | N | (kN) | -10.690 |
| | S | (kN) | 64.890 |
| ウェブ幅 | bw | (m) | 1.0000 |
| 有効高さ | d | (m) | 0.1750 |
| せん断スパン | s | (m) | 0.0000 |
| 応力度 | σc σca | | 3.347 < 8.000 |
| ($N/mm^2$) | σs σsa | | 121.330 < 160.000 |
| 中立軸 | X | (m) | 0.0512 |
| ヤング係数比 | | | n = 15.00 |
| 許容 | τa | ($N/mm^2$) | 0.230 |
| 平均 | τm | ($N/mm^2$) | 0.371 < 0.372 |
| Ce | | | 1.400 |
| Cpt | | | 1.154 |
| CN | | | 1.000 |
| Cdc | | | 1.000 |
| 平均τamax | | ($N/mm^2$) | 1.700 |

| 鋼種 | 位置 (m) | 鉄筋径 (mm) | 本数 (本) | 鉄筋量As ($cm^2$) |
|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.1750 | 16.00 | 4.000 | 7.944 |
| | | 鉄筋量の合計 Σ | | 7.944 |

《鋼種の説明》
D:鉄筋(φ:丸鋼) P:PC鋼材1 R:PC鋼材2
S:鋼板 Q:外ケーブル C:炭素繊維
1:上縁～高さ 0:全周
-1:上下かぶり -2:左右かぶり

8. 配筋要領図


3341
R2000
544
2253
544
120° 0'
R1300
上面主鉄筋
D16@250
900
650
250
75
75
配力筋
D13@250
下面主鉄筋
D16@250

# 9. 骨組計算出力

# 目次


1章 入力データ 1
1.1 モデル設定 2
1.1.1 基本設定 2
1.1.2 オプション設定 2
1.2 モデル表示 3
1.2.1 ソリッド表示 3
(1) モデル 3
1.2.2 節点番号 3
(1) モデル 3
1.2.3 部材番号 4
(1) モデル 4
1.3 節点座標 5
1.4 支点条件 6
1.4.1 一覧 6
(1) 支点ケース 1 6
1.5 分布ばねの条件 7
1.5.1 一覧 7
(1) 常時地盤バネ 7
1.6 部材データ (1) 8
1.7 部材データ (2) 9
1.8 部材とM－Φ特性の一覧 10
1.9 部材データ (質量) 10
1.10 断面データ (一覧) 10
1.11 断面データ (詳細) 11
1.11.1 RC組立台 11
(1) 寸法データ 11
(2) 材料 11
1) コンクリート 11
1.12 入力荷重ケース 12
1.12.1 組合せ荷重ケース 12
1.12.2 支点・分布ばねケース 12
1.12.3 基本荷重ケース 12
(1) 死荷重 (St.) 12
1) 荷重図 12
2) 部材荷重 12
3) 部材荷重偏心量 13
(2) 死荷重 (Non St.) 14
1) 荷重図 14
(3) 作業時荷重 14
1) 荷重図 14
2) 部材荷重 15
3) 部材荷重偏心量 15
(4) 完成時荷重 15
1) 荷重図 15
2) 部材荷重 15
3) 部材荷重偏心量 15
2章 結果 16
2.1 フレーム計算 17

2.1.1 標準出力(基本/組合せ荷重ケース) 17
(1) 節点の結果 17
1) 変位 17
a) 基本荷重ケースの結果 17
1.死荷重 (St.) 17
1.表 17
2.作業時荷重 18
1.表 18
3.完成時荷重 19
1.表 19
b) 組合せ荷重ケースの結果 20
1.作業時 20
1.表 20
2.完成時 21
1.表 21
2) 反力 22
a) 基本荷重ケースの結果 22
1.死荷重 (St.) 22
1.表 22
2.作業時荷重 23
1.表 23
3.完成時荷重 24
1.表 24
b) 組合せ荷重ケースの結果 25
1.作業時 25
1.表 25
2.完成時 26
1.表 26
(2) 部材の結果 27
1) 断面力 27
a) 基本荷重ケースの結果 27
1.死荷重 (St.) 27
1.グラフ 27
1.軸力 N 27
2.せん断力 Syp 27
3.曲げモーメント Mzp 28
2.表 28
2.作業時荷重 30
1.グラフ 30
1.軸力 N 30
2.せん断力 Syp 30
3.曲げモーメント Mzp 31
2.表 31
3.完成時荷重 33
1.グラフ 33
1.軸力 N 33
2.せん断力 Syp 33
3.曲げモーメント Mzp 34
2.表 34
b) 組合せ荷重ケースの結果 36

1.作業時 36
1.グラフ 36
1.軸力 N 36
2.せん断力 Syp 36
3.曲げモーメント Mzp 37
2.表 37
2.完成時 39
1.グラフ 39
1.軸力 N 39
2.せん断力 Syp 39
3.曲げモーメント Mzp 40
2.表 40
2.2 断面力 42
2.2.1 荷重ケース 42
(1) グループなし 部材B1 42
(2) グループなし 部材B2 42
(3) グループなし 部材B3 42
(4) グループなし 部材B4 43
(5) グループなし 部材B5 43
(6) グループなし 部材B6 44
(7) グループなし 部材B7 44
(8) グループなし 部材B8 44
(9) グループなし 部材B9 45
(10) グループなし 部材B10 45
2.2.2 限界状態荷重ケース 46
(1) グループなし 部材B1 46
(2) グループなし 部材B2 46
(3) グループなし 部材B3 46
(4) グループなし 部材B4 46
(5) グループなし 部材B5 46
(6) グループなし 部材B6 46
(7) グループなし 部材B7 46
(8) グループなし 部材B8 47
(9) グループなし 部材B9 47
(10) グループなし 部材B10 47

# 1章 入力データ

## 1.1 モデル設定

### 1.1.1 基本設定

| | |
|---|---|
| 材料特性 | : 線形 |
| 幾何学的特性 | : 微小変位 |
| 荷重載荷方法 | : ケース載荷 |
| 動的用質量モデル | : 整合質量 |
| 静的用質量モデル | : 分布荷重 |
| 死荷重ケースを自動的に作成する | : [ON] |
| 活荷重ケースを使用する（影響線解析） | : [OFF] |
| 水平震度荷重 khX' | : [OFF] |
| 水平震度荷重 khZ' | : [OFF] |
| X軸とX'軸の角度 | : 0 ° |
| 部材変位の座標系 | : 全体座標系 |

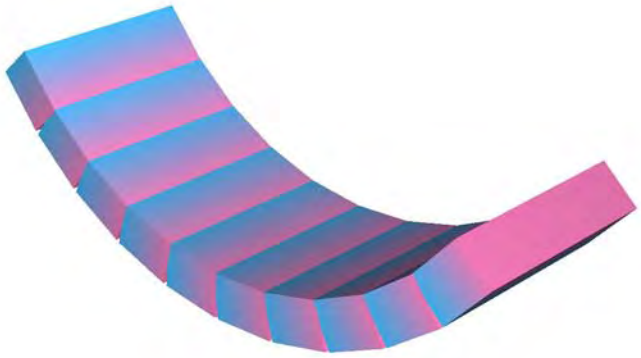
### 1.1.2 オプション設定

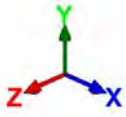
| | |
|---|---|
| M-φ特性を自動作成するための荷重ケース | : なし |
| 橋の耐震性能と橋種の設定 | : 耐震性能2 ( B種 ), 一般の橋 |
| 限界状態荷重ケースを使用する | : [ON] |
| 最小鉄筋量を計算する | : [OFF] |

## 1.2 モデル表示

### 1.2.1 ソリッド表示

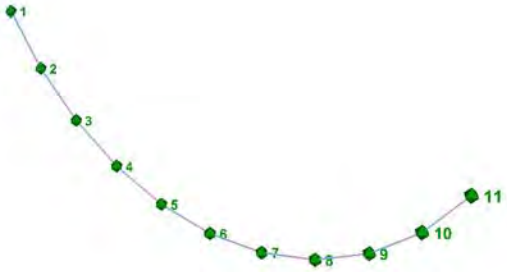
(1) モデル

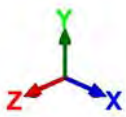





### 1.2.2 節点番号

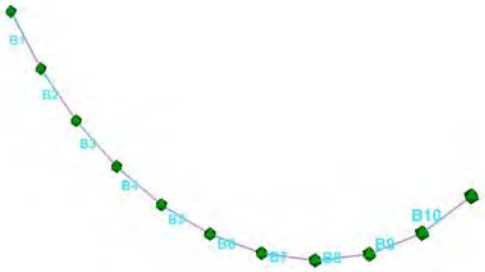
(1) モデル

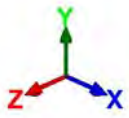


1.2.3 部材番号

(1) モデル



## 1.3 節点座標

| 名称 | X(m) | Y(m) | Z(m) |
|---|---|---|---|
| 1 | -1.518 | 0.775 | 0.000 |
| 2 | -1.285 | 0.510 | 0.000 |
| 3 | -1.006 | 0.293 | 0.000 |
| 4 | -0.691 | 0.132 | 0.000 |
| 5 | -0.352 | 0.033 | 0.000 |
| 6 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

| 名称 | X(m) | Y(m) | Z(m) |
|---|---|---|---|
| 7 | 0.352 | 0.033 | 0.000 |
| 8 | 0.691 | 0.132 | 0.000 |
| 9 | 1.006 | 0.293 | 0.000 |
| 10 | 1.285 | 0.510 | 0.000 |
| 11 | 1.518 | 0.775 | 0.000 |
| | | | |

## 1.4 支点条件

### 1.4.1 一覧

注 ) 単位　　: kN/m,kNm/rad,kN/rad

(1) 支点ケース 1

| 節点 | $x_1$ | $y_1$ | $z_1$ | $\theta_{x1}$- $z_1$ |
|---|---|---|---|---|
| | $\theta_{x1}$ | $\theta_{y1}$ | $\theta_{z1}$ | $\theta_{z1}$- $x_1$ |
| 1 | 1.00000E-004 | 1.00000E-004 | 固定 | |
| | 固定 | 固定 | 自由 | |
| 11 | 1.00000E-004 | 1.00000E-004 | 固定 | |
| | 固定 | 固定 | 自由 | |

## 1.5 分布ばねの条件

### 1.5.1 一覧

注) 単位 : kN/m²

(1) 常時地盤バネ

| 部材名称 | $K_{xp}$ | $K_{yp}$ | $K_{zp}$ |
|---|---|---|---|
| B1 | 901600.00 | 3005200.00 | 0.00 |
| B2 | 901600.00 | 3005200.00 | 0.00 |
| B3 | 901600.00 | 3005200.00 | 0.00 |
| B4 | 901600.00 | 3005200.00 | 0.00 |
| B5 | 901600.00 | 3005200.00 | 0.00 |
| B6 | 901600.00 | 3005200.00 | 0.00 |
| B7 | 901600.00 | 3005200.00 | 0.00 |
| B8 | 901600.00 | 3005200.00 | 0.00 |
| B9 | 901600.00 | 3005200.00 | 0.00 |
| B10 | 901600.00 | 3005200.00 | 0.00 |

## 1.6 部材データ (1)

| 名称 | タイプ | 配置 | 節点 名称 | | 断面 No. | | 境界条件(剛結:－) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 角度(°) | i端側 | j端側 | i端側 | j端側 | i端側 | | | j端側 | | |
| B1 | 弾性梁 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | － | － | － | － | － | － |
| B2 | 弾性梁 | 0 | 2 | 3 | 1 | 1 | － | － | － | － | － | － |
| B3 | 弾性梁 | 0 | 3 | 4 | 1 | 1 | － | － | － | － | － | － |
| B4 | 弾性梁 | 0 | 4 | 5 | 1 | 1 | － | － | － | － | － | － |
| B5 | 弾性梁 | 0 | 5 | 6 | 1 | 1 | － | － | － | － | － | － |
| B6 | 弾性梁 | 0 | 6 | 7 | 1 | 1 | － | － | － | － | － | － |
| B7 | 弾性梁 | 0 | 7 | 8 | 1 | 1 | － | － | － | － | － | － |
| B8 | 弾性梁 | 0 | 8 | 9 | 1 | 1 | － | － | － | － | － | － |
| B9 | 弾性梁 | 0 | 9 | 10 | 1 | 1 | － | － | － | － | － | － |
| B10 | 弾性梁 | 0 | 10 | 11 | 1 | 1 | － | － | － | － | － | － |

断面

| No. | 名称 |
|---|---|
| 1 | RC組立台 |

## 1.7 部材データ (2)

| 名称 | 分割 No. | グループ名称 | 鉄筋の許容応力度に必要な部材条件 |
|---|---|---|---|
| B1 | 1 | * グループなし | 一般部材 |
| B2 | 1 | * グループなし | 一般部材 |
| B3 | 1 | * グループなし | 一般部材 |
| B4 | 1 | * グループなし | 一般部材 |
| B5 | 1 | * グループなし | 一般部材 |
| B6 | 1 | * グループなし | 一般部材 |
| B7 | 1 | * グループなし | 一般部材 |
| B8 | 1 | * グループなし | 一般部材 |
| B9 | 1 | * グループなし | 一般部材 |
| B10 | 1 | * グループなし | 一般部材 |

## 1.8 部材とＭ－Φ特性の一覧

| 部材 | M-φ指定方法 | M-φ特性の名称 |
|---|---|---|

M-φ指定方法

1 ： i端側断面を使う

2 ： j端側断面を使う

3 ： M-φ特性を選択する

## 1.9 部材データ（質量）

| 名称 | 死荷重 | 水平震度荷重 | 動的荷重 | 質量（t） |
|---|---|---|---|---|
| B1 | 0n | 0n | 0n | 0.220 |
| B2 | 0n | 0n | 0n | 0.221 |
| B3 | 0n | 0n | 0n | 0.221 |
| B4 | 0n | 0n | 0n | 0.221 |
| B5 | 0n | 0n | 0n | 0.221 |
| B6 | 0n | 0n | 0n | 0.221 |
| B7 | 0n | 0n | 0n | 0.221 |
| B8 | 0n | 0n | 0n | 0.221 |
| B9 | 0n | 0n | 0n | 0.221 |
| B10 | 0n | 0n | 0n | 0.220 |

## 1.10 断面データ（一覧）

| No. | 名称 | 面積($m^2$) | Izp($m^4$) | Iyp($m^4$) | J($m^4$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RC組立台 | 2.5000E-001 | 1.3021E-003 | 2.0833E-002 | 4.2381E-003 |

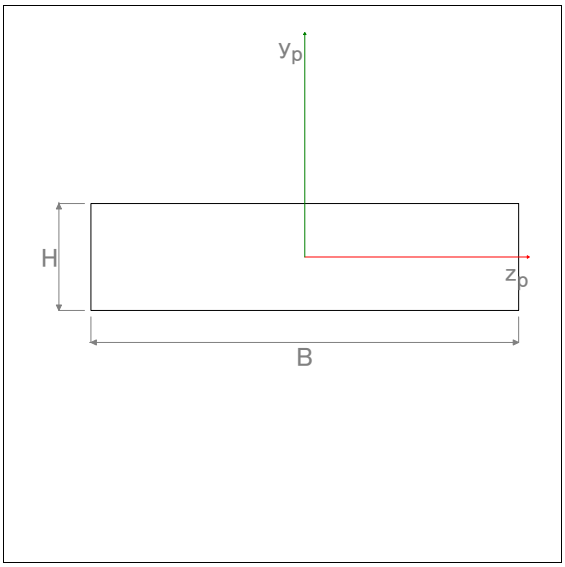
| No. | E($N/mm^2$) | G($N/mm^2$) | α(1/℃) | Cz(m) | Cy(m) | θ(°) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.50E+004 | 1.07E+004 | 1.0E-005 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 |

# 1.11 断面データ（詳細）

## 1.11.1 RC組立台

### (1) 寸法データ

| | |
|---|---|
| 断面全幅B (m)<br>断面全高H (m) | 1.000<br>0.250 |
| 鋼材全断面積(mm²) | 0.0 |




| | | | |
|---|---|---|---|
| A(m²) | 2.5000E-001 | A'(m²) | --- |
| yu(m) | 0.125 | yl(m) | 0.125 |
| zr(m) | 0.500 | zl(m) | 0.500 |
| $I_{zp}$(m⁴) | 1.3021E-003 | $I_{yp}$(m⁴) | 2.0833E-002 |
| Wzu(m³) | 0.010 | Wzl(m³) | 0.010 |
| Wyr(m³) | 0.042 | Wyl(m³) | 0.042 |
| Ao(m) | 1.500 | Ai(m) | 0.000 |
| J(m⁴) | 4.2381E-003 | θ(°) | 0 |

A' ： 総ホロー面積

Ao ： 外側型枠の長さ

Ai ： 内側型枠の長さ

$$Wzu=\frac{I_{zp}}{yu},\quad Wzl=\frac{I_{zp}}{yl},\quad Wyr=\frac{I_{yp}}{zr},\quad Wyl=\frac{I_{yp}}{zl}$$

### (2) 材料

#### 1) コンクリート

| 名称 | $\sigma'_{ck}$(N/mm²)<br>$\sigma_{br}$(N/mm²)<br>一軸曲げ $\sigma_{cab}$(N/mm²)<br>二軸曲げ $\sigma_{cab}$(N/mm²)<br>$\sigma_{ca1}$(N/mm²) | $\tau_{a1}$(道示-IV)(N/mm²)<br>$\tau_{a2}$(道示-IV)(N/mm²)<br>$\tau_c$(道示-III)(N/mm²)<br>$\tau_c$(道示-IV, V)(N/mm²)<br>$\tau_{max}$(N/mm²)<br>$\sigma_{la}$(N/mm²) | $E_c$(N/mm²)<br>$\gamma_c$(kN/m³)<br>$\nu_c$<br>$\alpha$(1/℃)<br>$\tau_o$(N/mm²)<br>$G_c$(N/mm²) |
|---|---|---|---|
| 24 MPa | 24.00<br>1.91<br>8.00<br>9.00<br>6.50 | 0.23<br>1.70<br>0.39<br>0.35<br>3.20<br>0.80 | 2.50E+004<br>24.5<br>0.167<br>1.0E-005<br>1.60<br>1.07E+004 |

## 1.12 入力荷重ケース

### 1.12.1 組合せ荷重ケース

| 組合せ荷重ケース名称 | 全体割増 | 荷重ケース名称 | 部分割増 |
|---|---|---|---|
| 作業時 | 1.000 | 死荷重 (St.)<br>作業時荷重 | 1.000<br>1.000 |
| 完成時 | 1.000 | 死荷重 (St.)<br>完成時荷重 | 1.000<br>1.000 |

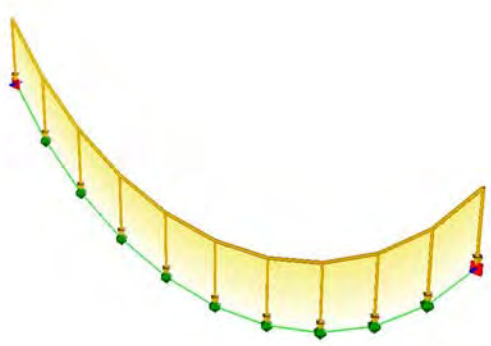
### 1.12.2 支点・分布ばねケース

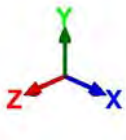
| 荷重ケース名称 | 支点ケース | 分布ばねケース |
|---|---|---|
| 死荷重 (St.) | 支点ケース 1 | 常時地盤バネ |
| 死荷重 (Non St.) | 支点ケース 1 | なし |
| 作業時荷重 | 支点ケース 1 | 常時地盤バネ |
| 完成時荷重 | 支点ケース 1 | 常時地盤バネ |

### 1.12.3 基本荷重ケース

(1) 死荷重 (St.)

1) 荷重図






2) 部材荷重

| 部材 | 距離 | | 値 | | ベクトル | 荷重タイプ | 名称 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 節点 | (m) | | | | | |
| B1 | i<br>i | 0.000<br>0.353 | -6.125<br>-6.125 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |
| B2 | i<br>i | 0.000<br>0.353 | -6.125<br>-6.125 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |

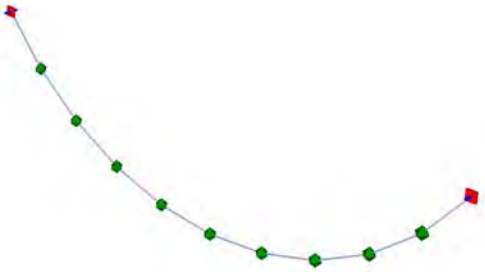
| 部材 | 距離 | | 値 | | ベクトル | 荷重タイプ | 名称 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 節点 | (m) | | | | | |
| B3 | i<br>i | 0.000<br>0.354 | -6.125<br>-6.125 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |
| B4 | i<br>i | 0.000<br>0.353 | -6.125<br>-6.125 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |
| B5 | i<br>i | 0.000<br>0.354 | -6.125<br>-6.125 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |
| B6 | i<br>i | 0.000<br>0.354 | -6.125<br>-6.125 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |
| B7 | i<br>i | 0.000<br>0.353 | -6.125<br>-6.125 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |
| B8 | i<br>i | 0.000<br>0.354 | -6.125<br>-6.125 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |
| B9 | i<br>i | 0.000<br>0.353 | -6.125<br>-6.125 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |
| B10 | i<br>i | 0.000<br>0.353 | -6.125<br>-6.125 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |

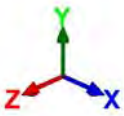
3) 部材荷重偏心量

| 部材 | 偏心量 (m) |
|---|---|
| B1 | 0.000 |
| B2 | 0.000 |
| B3 | 0.000 |
| B4 | 0.000 |
| B5 | 0.000 |
| B6 | 0.000 |
| B7 | 0.000 |
| B8 | 0.000 |
| B9 | 0.000 |
| B10 | 0.000 |

(2) 死荷重 (Non St.)

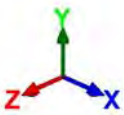
1) 荷重図






(3) 作業時荷重

1) 荷重図



2) 部材荷重

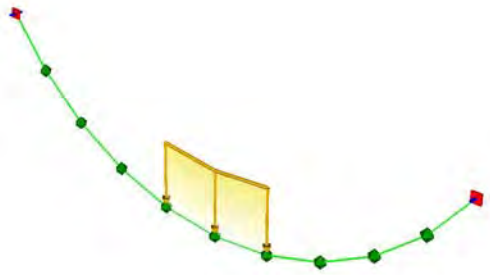
| 部材 | 距離 | | 値 | | ベクトル | 荷重タイプ | 名称 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 節点 | (m) | | | | | |
| B2 | i | 0.263 | -87.06 | kN | 全体座標系 Y | 集中荷重 | |
| B2 | i | 0.263 | -87.06 | kN | 全体座標系 X | 集中荷重 | |

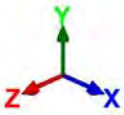
3) 部材荷重偏心量

| 部材 | 偏心量 (m) |
|---|---|
| B2 | 0.000 |
| B2 | 0.000 |

(4) 完成時荷重

1) 荷重図






2) 部材荷重

| 部材 | 距離 | | 値 | | ベクトル | 荷重タイプ | 名称 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 節点 | (m) | | | | | |
| B6,B5 | i<br>j | 0.000<br>0.000 | -175.890<br>-175.890 | kN/m<br>kN/m | 全体座標系 Y | 分布荷重(単独) | |

3) 部材荷重偏心量

| 部材 | 偏心量 (m) |
|---|---|
| B6,B5 | 0.000 |

# 2章 結果

## 2.1 フレーム計算

### 2.1.1 標準出力(基本/組合せ荷重ケース)

(1) 節点の結果

1) 変位

a) 基本荷重ケースの結果

1.死荷重 (St.)

1.表

| 名称 | δX(mm) | δY(mm) | δZ(mm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

2. 作業時荷重

1. 表

| 名称 | δX(mm) | δY(mm) | δZ(mm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

3. 完成時荷重

1. 表

| 名称 | δX(mm) | δY(mm) | δZ(mm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

b) 組合せ荷重ケースの結果

1. 作業時

1. 表

| 名称 | δX(mm) | δY(mm) | δZ(mm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

2. 完成時

1. 表

| 名称 | δX(mm) | δY(mm) | δZ(mm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

2) 反力

a) 基本荷重ケースの結果

1.死荷重 (St.)

1.表

| 名称 | RX(kN) | RY(kN) | RZ(kN) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

2.作業時荷重

1.表

| 名称 | RX(kN) | RY(kN) | RZ(kN) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

3. 完成時荷重

1. 表

| 名称 | RX(kN) | RY(kN) | RZ(kN) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

b) 組合せ荷重ケースの結果

1. 作業時

1. 表

| 名称 | RX(kN) | RY(kN) | RZ(kN) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

2. 完成時

1. 表

| 名称 | RX (kN) | RY (kN) | RZ (kN) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

(2) 部材の結果

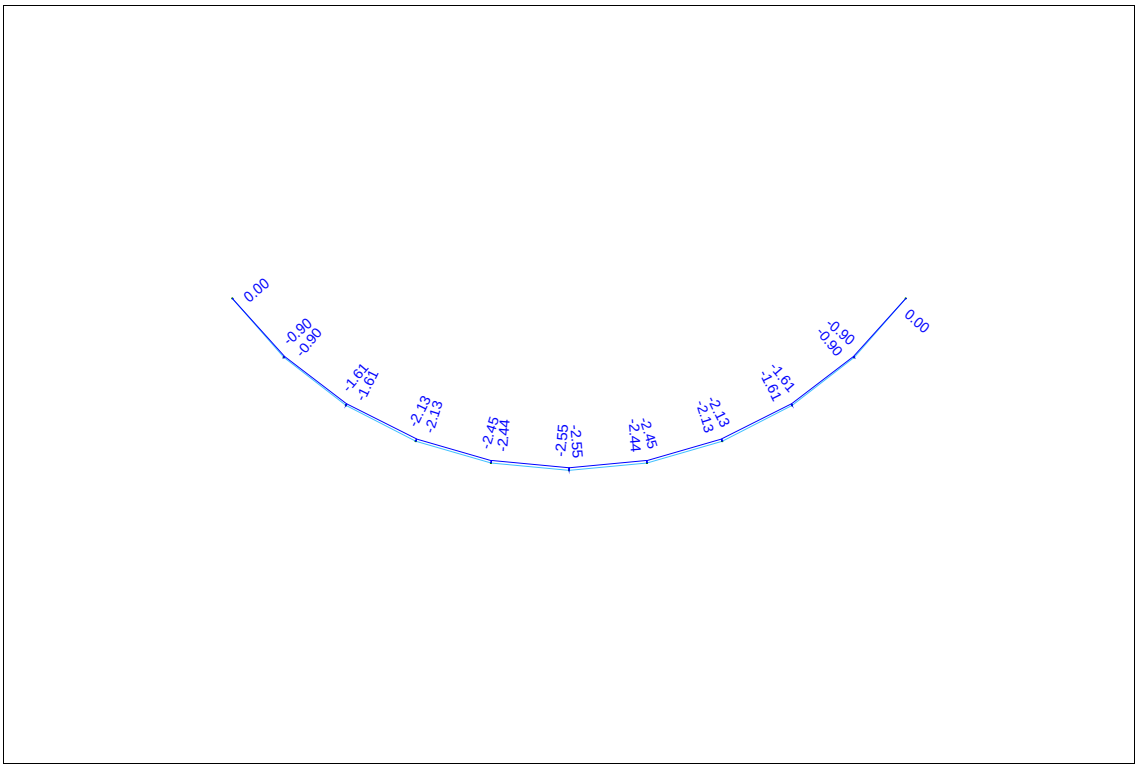
1) 断面力

a) 基本荷重ケースの結果

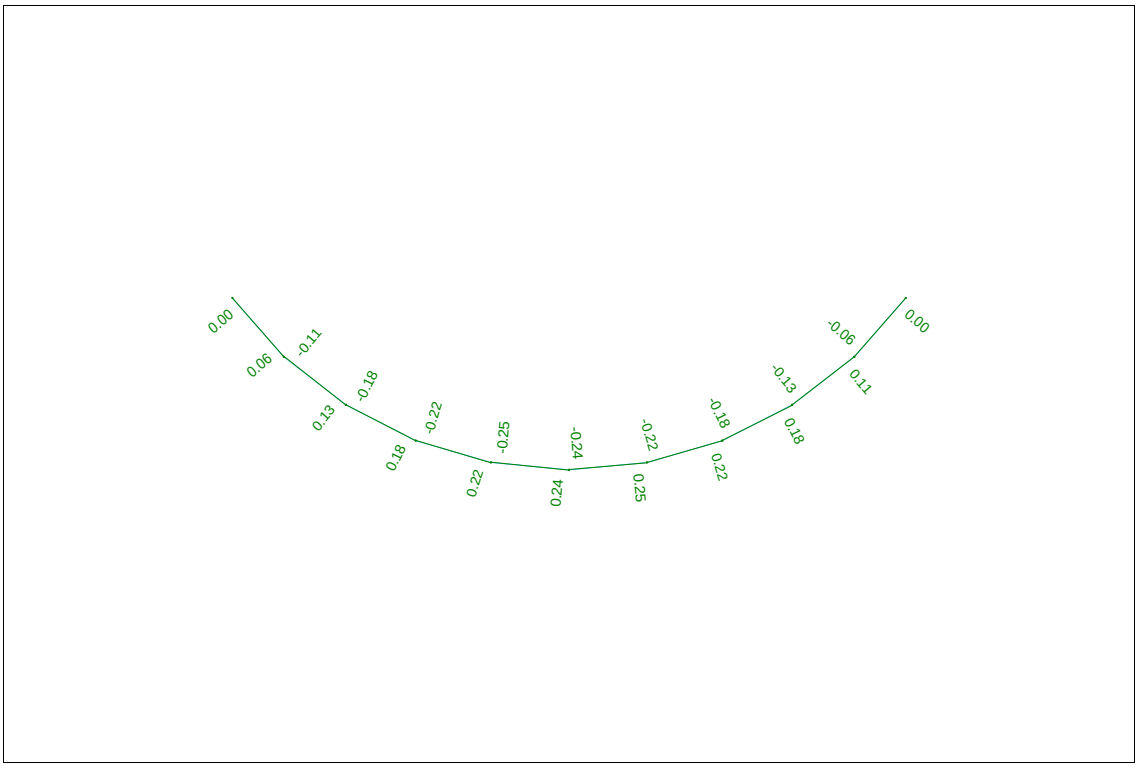
1. 死荷重 (St.)

1. グラフ

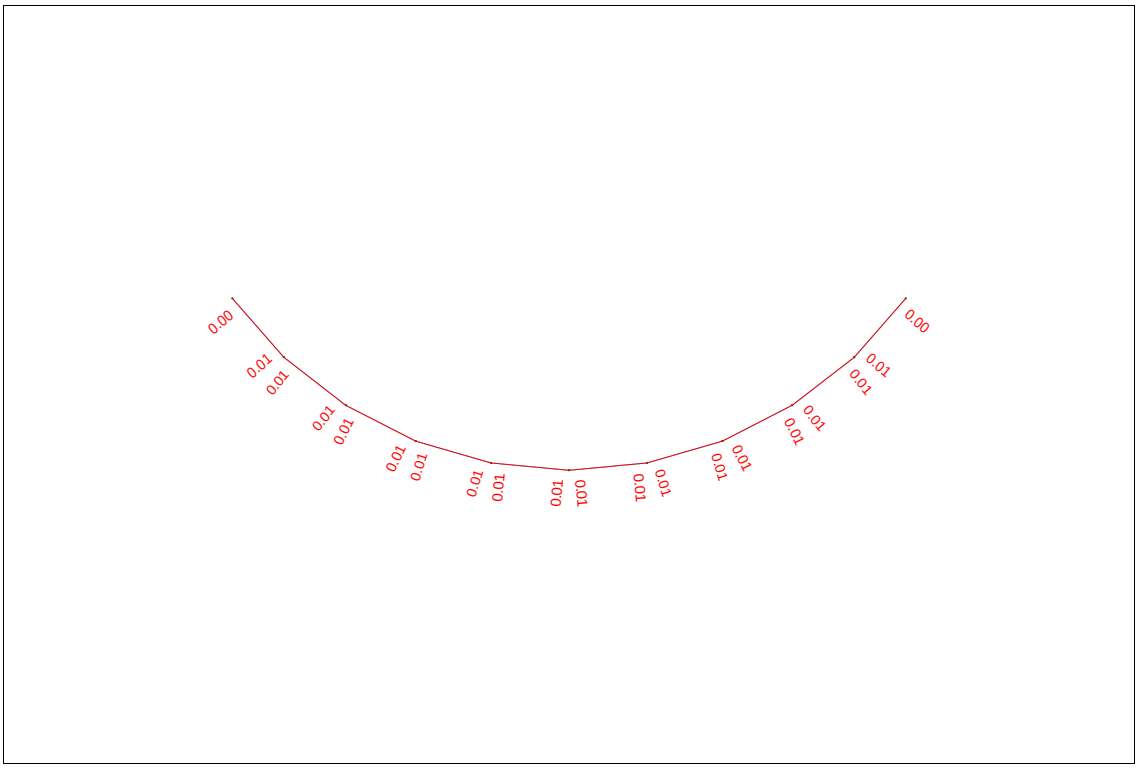
1. 軸力 N




2. せん断力 Syp



3. 曲げモーメント Mzp




2. 表

X:部材のi端からの距離

N　　:軸力

Syp, Szp　　:せん断力

T　　:ねじりモーメント

Myp, Mzp　　:曲げモーメント

εa :軸ひずみ

ϕyp, ϕzp :曲率

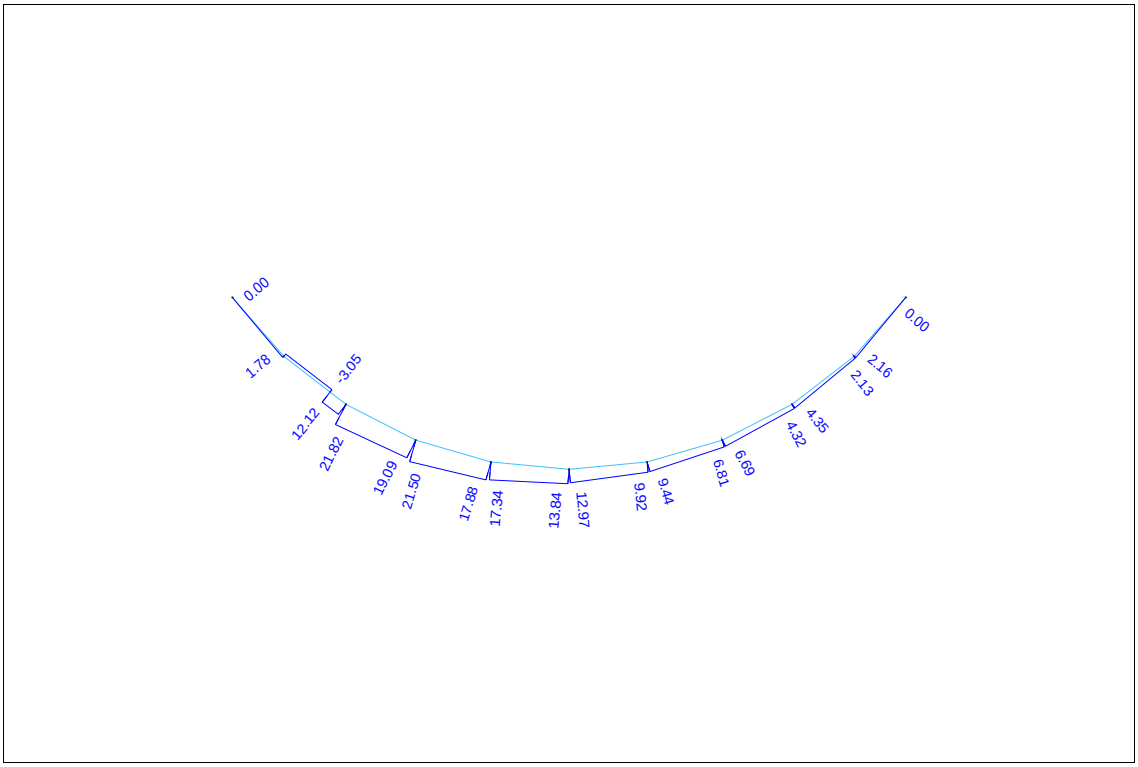
| 名称 | X(m) | N(kN) | Syp(kN) | Mzp(kNm) |
|---|---|---|---|---|
| B1 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| B1 | 0.353 | -0.90 | 0.06 | 0.01 |
| B2 | 0.000 | -0.90 | -0.11 | 0.01 |
| B2 | 0.353 | -1.61 | 0.13 | 0.01 |
| B3 | 0.000 | -1.61 | -0.18 | 0.01 |
| B3 | 0.354 | -2.13 | 0.18 | 0.01 |
| B4 | 0.000 | -2.13 | -0.22 | 0.01 |
| B4 | 0.353 | -2.45 | 0.22 | 0.01 |
| B5 | 0.000 | -2.44 | -0.25 | 0.01 |
| B5 | 0.354 | -2.55 | 0.24 | 0.01 |
| B6 | 0.000 | -2.55 | -0.24 | 0.01 |
| B6 | 0.354 | -2.44 | 0.25 | 0.01 |
| B7 | 0.000 | -2.45 | -0.22 | 0.01 |
| B7 | 0.353 | -2.13 | 0.22 | 0.01 |
| B8 | 0.000 | -2.13 | -0.18 | 0.01 |
| B8 | 0.354 | -1.61 | 0.18 | 0.01 |

| 名称 | X(m) | N(kN) | Syp(kN) | Mzp(kNm) |
|---|---|---|---|---|
| B9 | 0.000 | -1.61 | -0.13 | 0.01 |
| B9 | 0.353 | -0.90 | 0.11 | 0.01 |
| B10 | 0.000 | -0.90 | -0.06 | 0.01 |
| B10 | 0.353 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

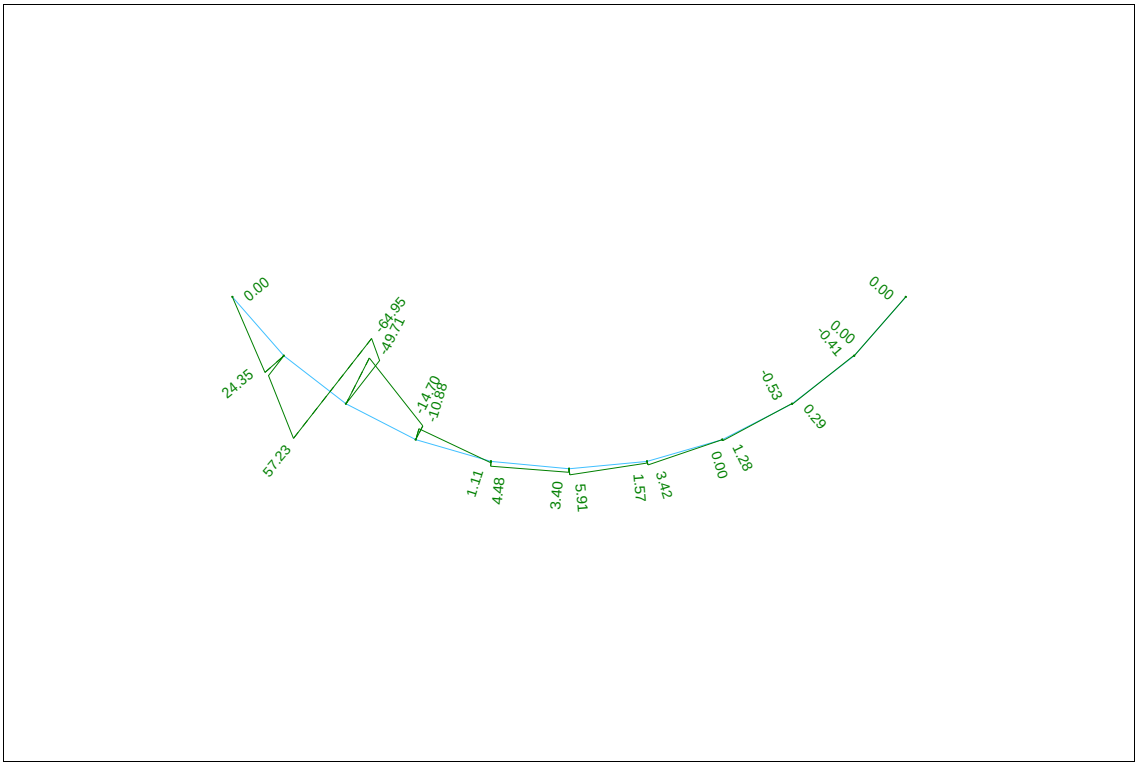
2. 作業時荷重

1. グラフ

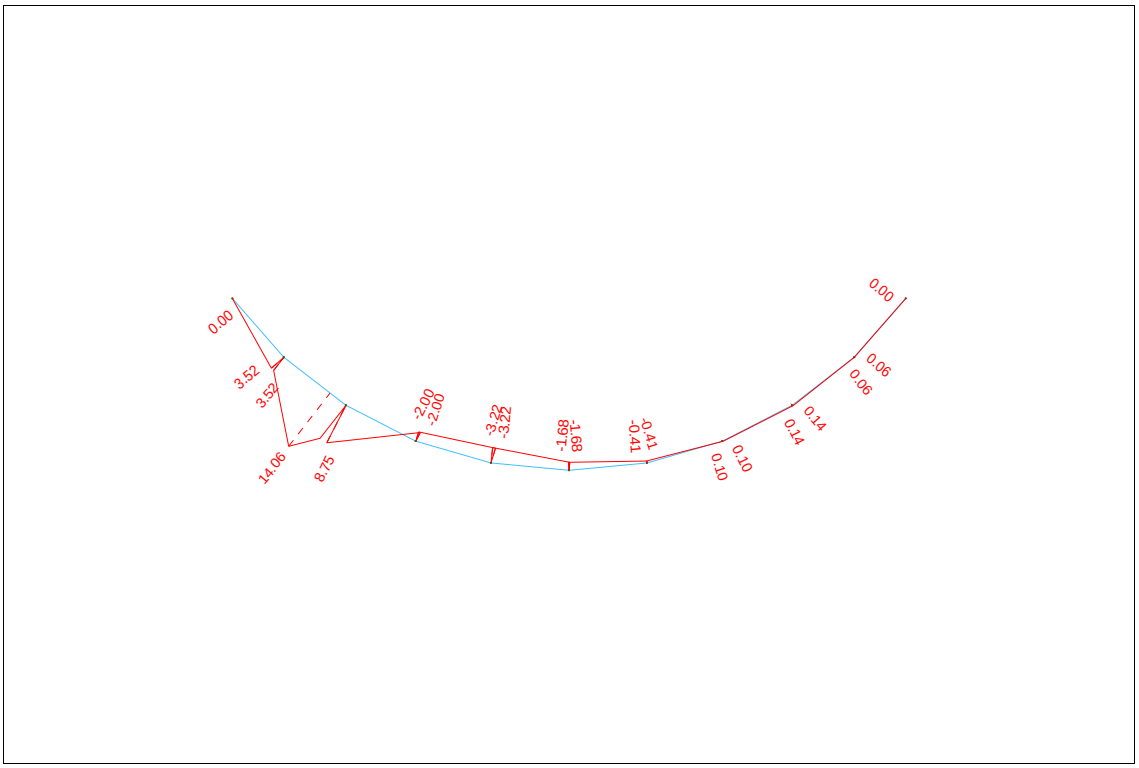
1. 軸力 N




2. せん断力 Syp



3. 曲げモーメント Mzp




2. 表

X:部材のi端からの距離

N　　:軸力

Syp, Szp　　:せん断力

T　　:ねじりモーメント

Myp, Mzp　　:曲げモーメント

εa :軸ひずみ

ϕyp, ϕzp :曲率

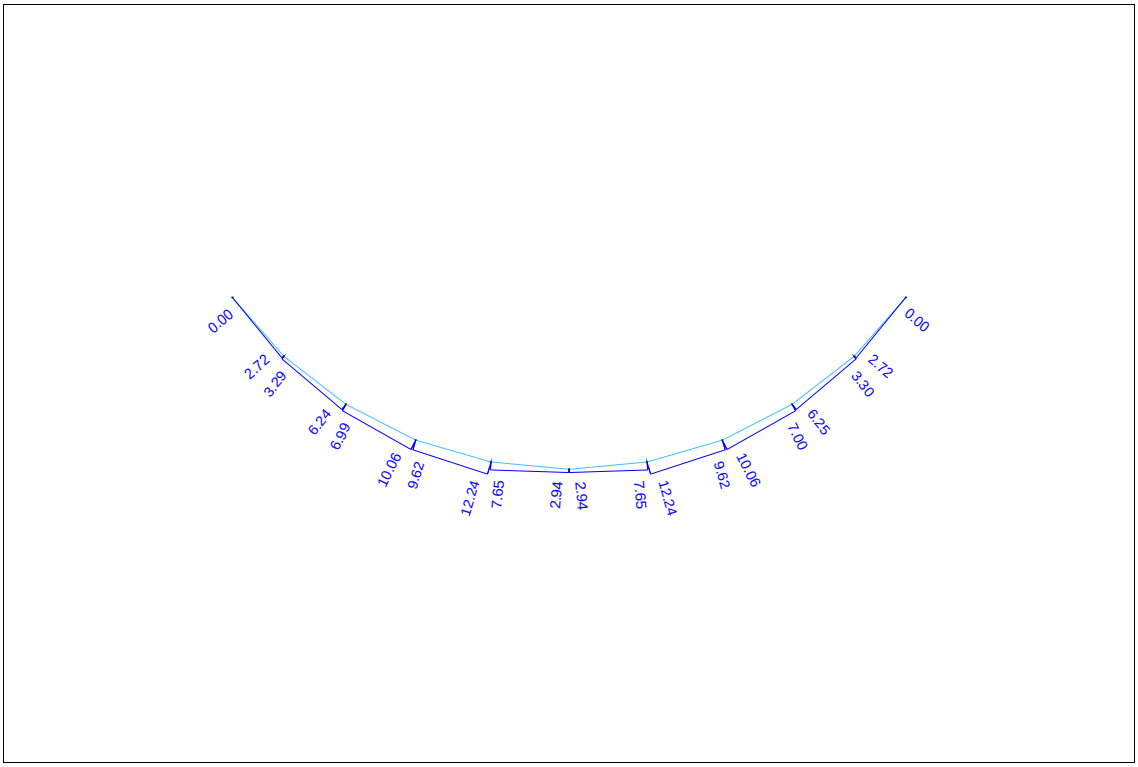
| 名称 | X(m) | N(kN) | Syp(kN) | Mzp(kNm) |
|---|---|---|---|---|
| B1 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| B1 | 0.353 | 1.78 | 24.35 | 3.52 |
| B2 | 0.000 | -2.79 | 24.26 | 3.52 |
| B2 | 0.263 | -3.05 | 57.23 | 14.06 |
| B2 | 0.263 | 12.12 | -64.95 | 14.06 |
| B2 | 0.353 | 12.03 | -52.93 | 8.75 |
| B3 | 0.000 | 21.82 | -49.71 | 8.75 |
| B3 | 0.354 | 19.09 | -14.70 | -2.00 |
| B4 | 0.000 | 21.50 | -10.88 | -2.00 |
| B4 | 0.353 | 17.88 | 1.11 | -3.22 |
| B5 | 0.000 | 17.34 | 4.48 | -3.22 |
| B5 | 0.354 | 13.84 | 3.40 | -1.68 |
| B6 | 0.000 | 12.97 | 5.91 | -1.68 |
| B6 | 0.354 | 9.92 | 1.57 | -0.41 |
| B7 | 0.000 | 9.44 | 3.42 | -0.41 |
| B7 | 0.353 | 6.81 | 0.00 | 0.10 |

| 名称 | X(m) | N(kN) | Syp(kN) | Mzp(kNm) |
|---|---|---|---|---|
| B8 | 0.000 | 6.69 | 1.28 | 0.10 |
| B8 | 0.354 | 4.32 | -0.53 | 0.14 |
| B9 | 0.000 | 4.35 | 0.29 | 0.14 |
| B9 | 0.353 | 2.13 | -0.41 | 0.06 |
| B10 | 0.000 | 2.16 | 0.00 | 0.06 |
| B10 | 0.353 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

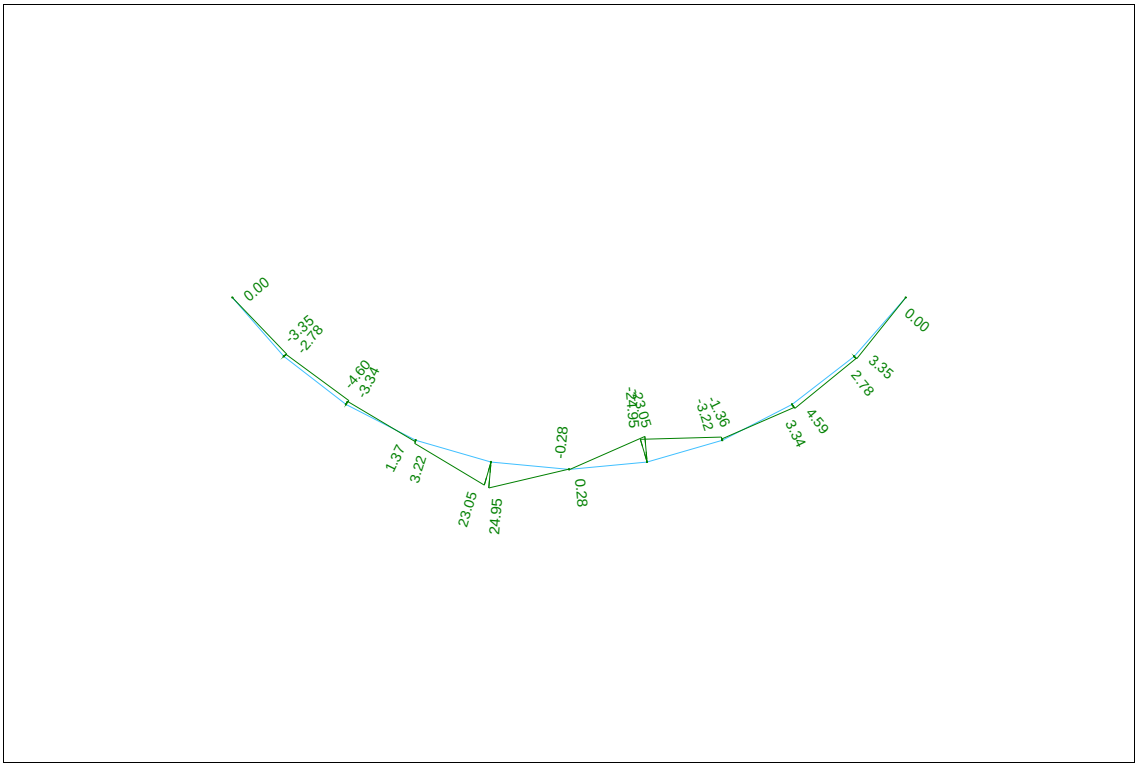
3. 完成時荷重

1. グラフ

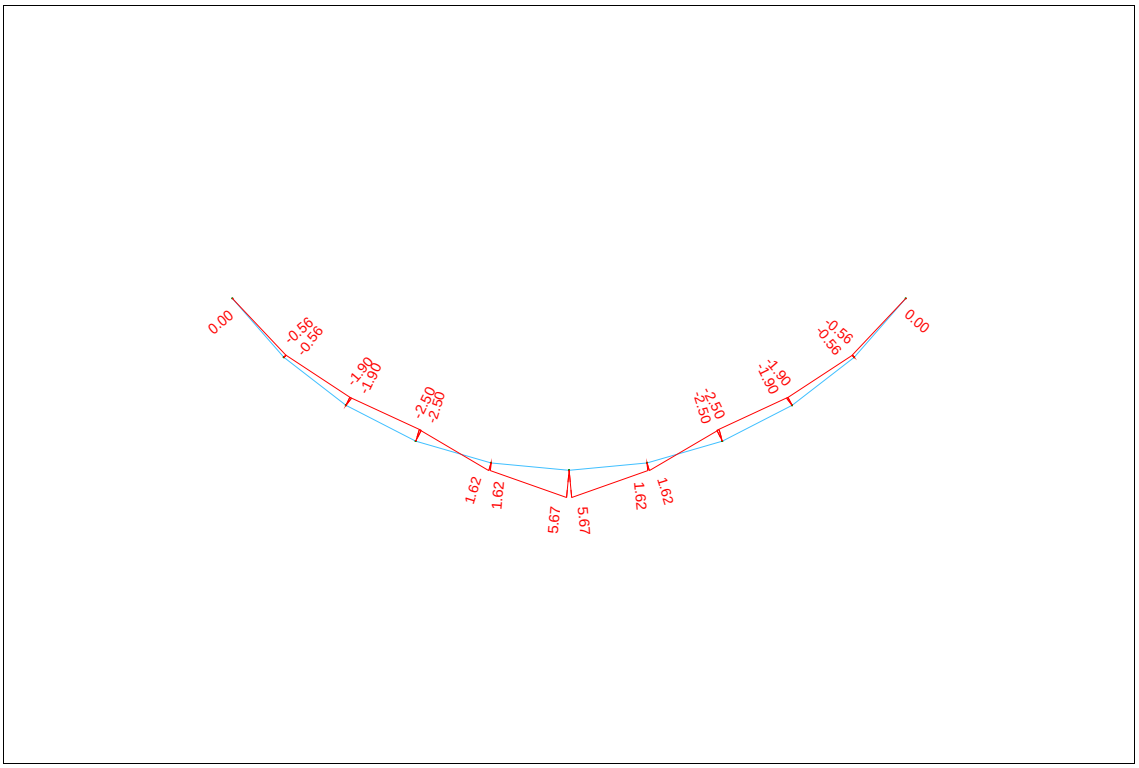
1. 軸力 N




2. せん断力 Syp



3. 曲げモーメント Mzp




2. 表

X:部材のi端からの距離

N　　:軸力

Syp, Szp　　:せん断力

T　　:ねじりモーメント

Myp, Mzp　　:曲げモーメント

εa :軸ひずみ

ϕyp, ϕzp :曲率

| 名称 | X(m) | N(kN) | Syp(kN) | Mzp(kNm) |
|---|---|---|---|---|
| B1 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| B1 | 0.353 | 2.72 | -3.35 | -0.56 |
| B2 | 0.000 | 3.29 | -2.78 | -0.56 |
| B2 | 0.353 | 6.24 | -4.60 | -1.90 |
| B3 | 0.000 | 6.99 | -3.34 | -1.90 |
| B3 | 0.354 | 10.06 | 1.37 | -2.50 |
| B4 | 0.000 | 9.62 | 3.22 | -2.50 |
| B4 | 0.353 | 12.24 | 23.05 | 1.62 |
| B5 | 0.000 | 7.65 | 24.95 | 1.62 |
| B5 | 0.354 | 2.94 | -0.28 | 5.67 |
| B6 | 0.000 | 2.94 | 0.28 | 5.67 |
| B6 | 0.354 | 7.65 | -24.95 | 1.62 |
| B7 | 0.000 | 12.24 | -23.05 | 1.62 |
| B7 | 0.353 | 9.62 | -3.22 | -2.50 |
| B8 | 0.000 | 10.06 | -1.36 | -2.50 |
| B8 | 0.354 | 7.00 | 3.34 | -1.90 |

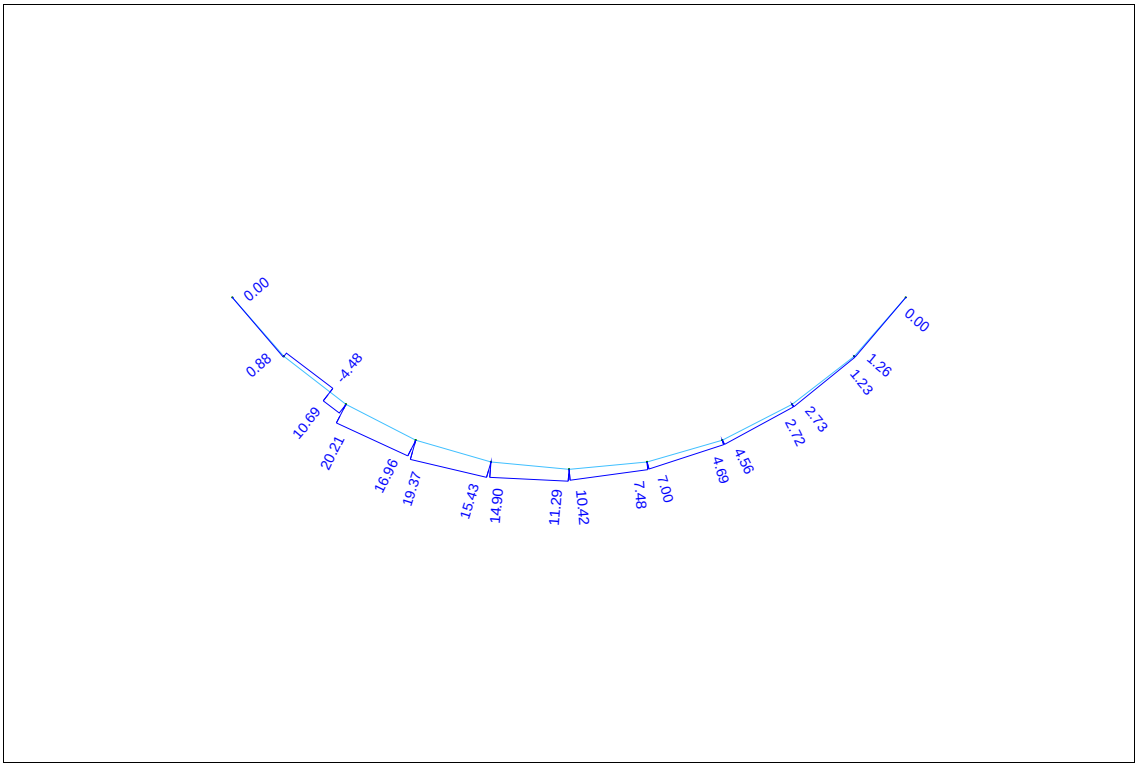
| 名称 | X(m) | N(kN) | Syp(kN) | Mzp(kNm) |
|---|---|---|---|---|
| B9 | 0.000 | 6.25 | 4.59 | -1.90 |
| B9 | 0.353 | 3.30 | 2.78 | -0.56 |
| B10 | 0.000 | 2.72 | 3.35 | -0.56 |
| B10 | 0.353 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

b) 組合せ荷重ケースの結果

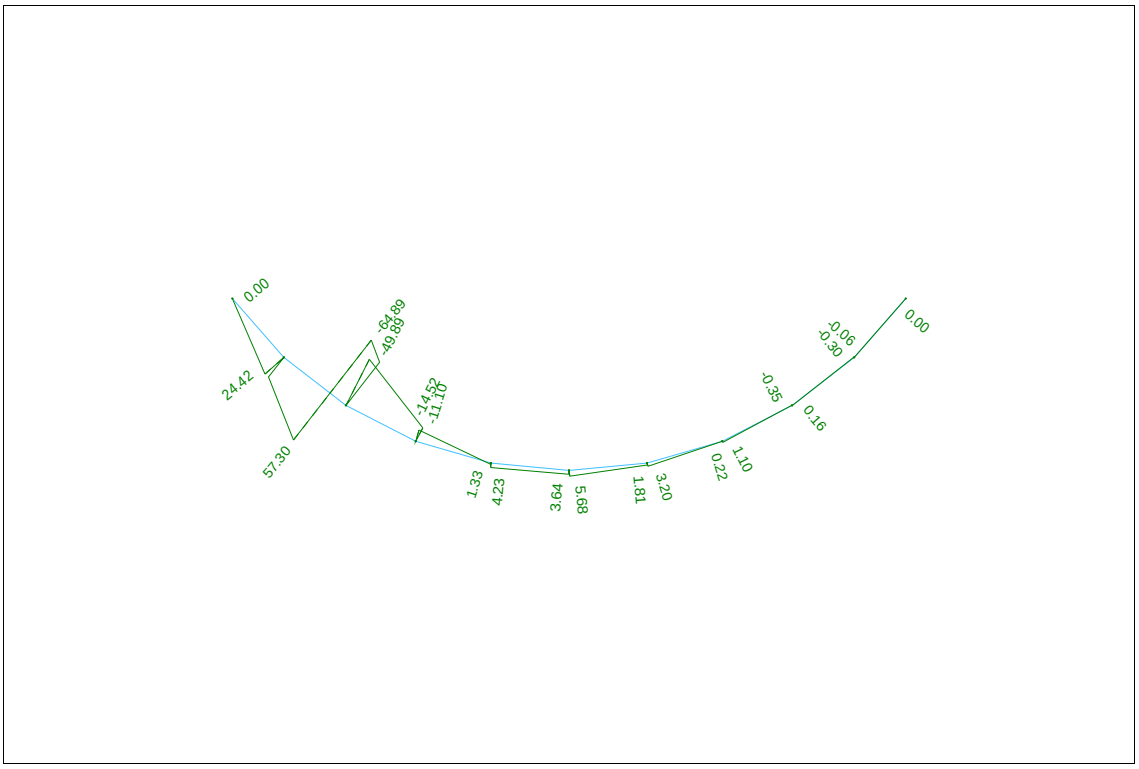
1. 作業時

1. グラフ

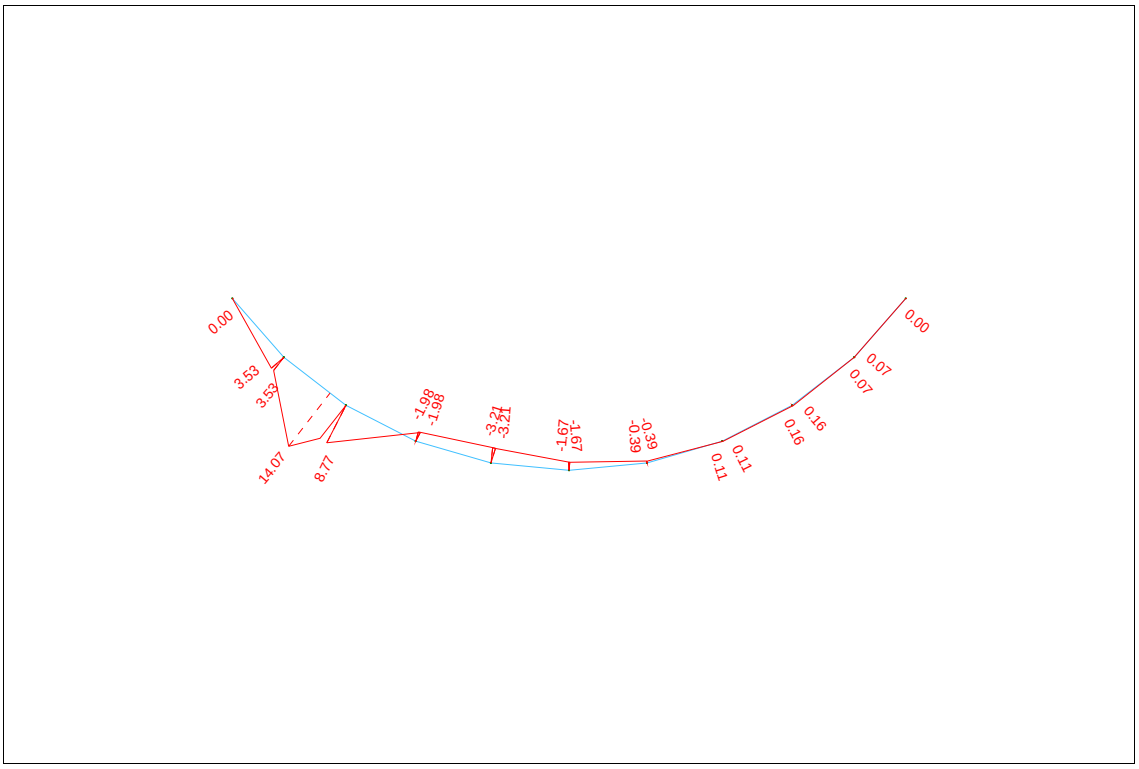
1. 軸力 N




2. せん断力 Syp



3. 曲げモーメント Mzp




2. 表

X:部材のi端からの距離

N　　:軸力

Syp, Szp　　:せん断力

T　　:ねじりモーメント

Myp, Mzp　　:曲げモーメント

εa :軸ひずみ

ϕyp, ϕzp :曲率

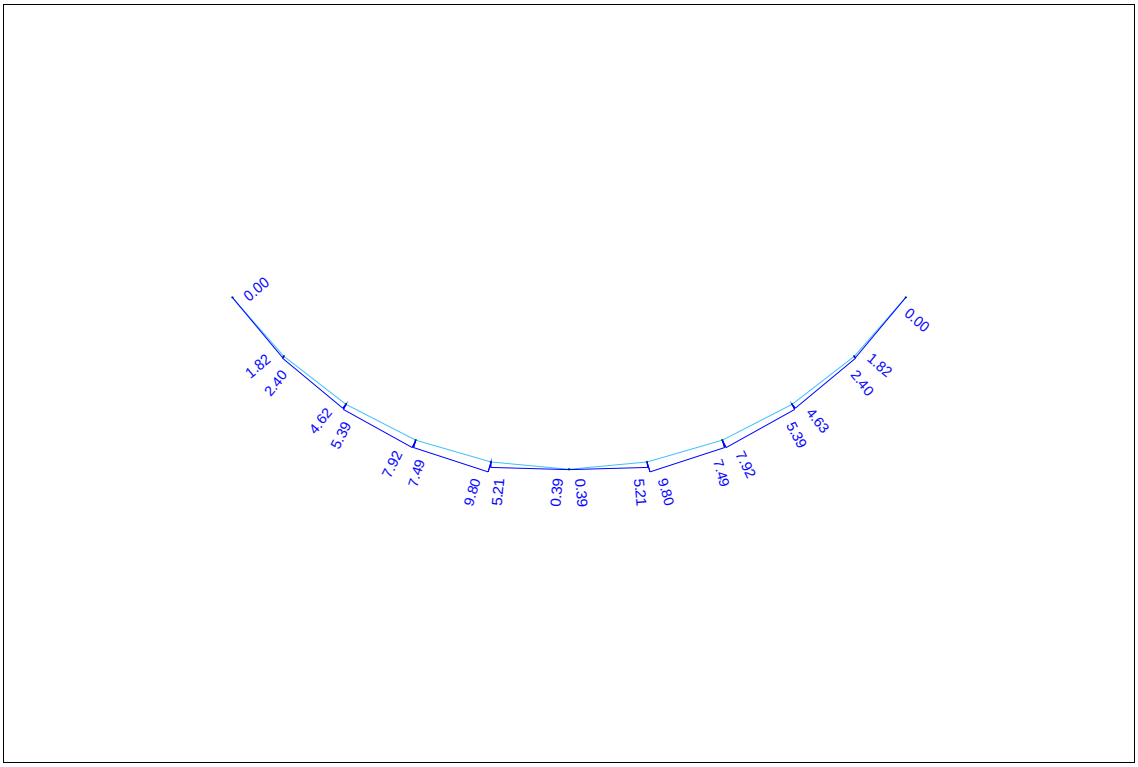
| 名称 | X(m) | N(kN) | Syp(kN) | Mzp(kNm) |
|---|---|---|---|---|
| B1 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| B1 | 0.353 | 0.88 | 24.42 | 3.53 |
| B2 | 0.000 | -3.69 | 24.15 | 3.53 |
| B2 | 0.263 | -4.48 | 57.30 | 14.07 |
| B2 | 0.263 | 10.69 | -64.89 | 14.07 |
| B2 | 0.353 | 10.42 | -52.81 | 8.77 |
| B3 | 0.000 | 20.21 | -49.89 | 8.77 |
| B3 | 0.354 | 16.96 | -14.52 | -1.98 |
| B4 | 0.000 | 19.37 | -11.10 | -1.98 |
| B4 | 0.353 | 15.43 | 1.33 | -3.21 |
| B5 | 0.000 | 14.90 | 4.23 | -3.21 |
| B5 | 0.354 | 11.29 | 3.64 | -1.67 |
| B6 | 0.000 | 10.42 | 5.68 | -1.67 |
| B6 | 0.354 | 7.48 | 1.81 | -0.39 |
| B7 | 0.000 | 7.00 | 3.20 | -0.39 |
| B7 | 0.353 | 4.69 | 0.22 | 0.11 |

| 名称 | X(m) | N(kN) | Syp(kN) | Mzp(kNm) |
|---|---|---|---|---|
| B8 | 0.000 | 4.56 | 1.10 | 0.11 |
| B8 | 0.354 | 2.72 | -0.35 | 0.16 |
| B9 | 0.000 | 2.73 | 0.16 | 0.16 |
| B9 | 0.353 | 1.23 | -0.30 | 0.07 |
| B10 | 0.000 | 1.26 | -0.06 | 0.07 |
| B10 | 0.353 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

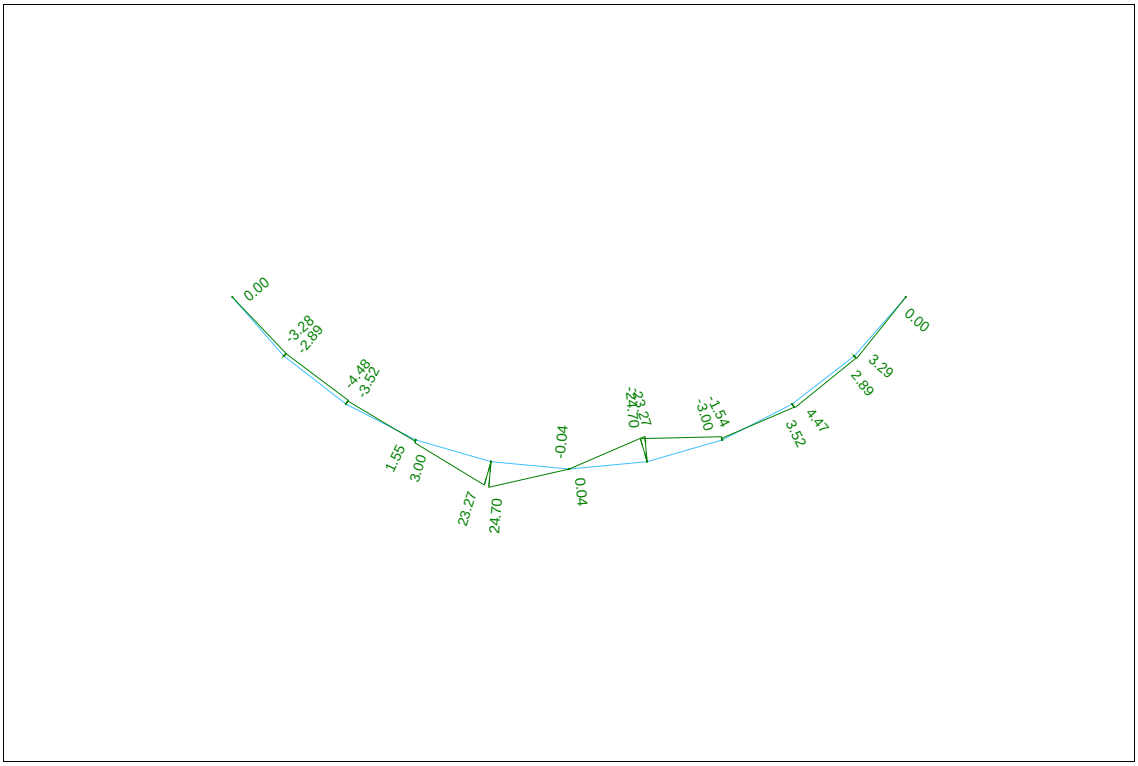
2. 完成時

1. グラフ

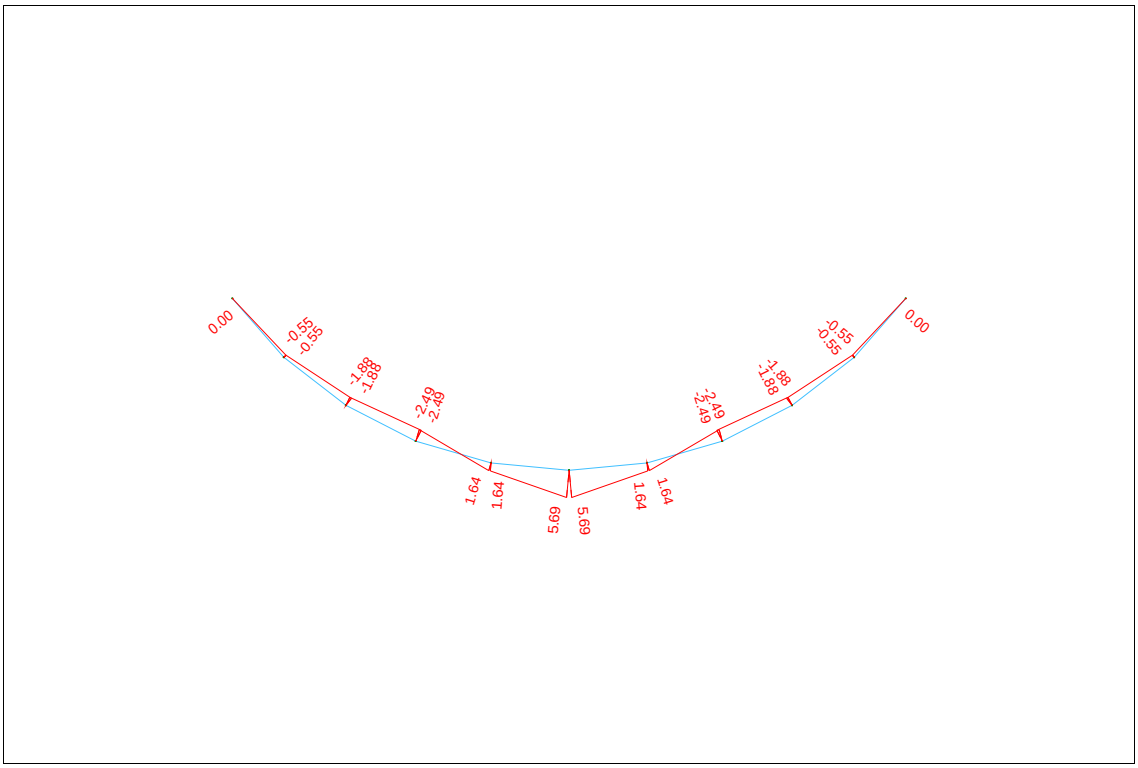
1. 軸力 N




2. せん断力 Syp



3. 曲げモーメント Mzp




2. 表

X:部材のi端からの距離

N　　:軸力

Syp, Szp　　:せん断力

T　　:ねじりモーメント

Myp, Mzp　　:曲げモーメント

εa :軸ひずみ

ϕyp, ϕzp :曲率

| 名称 | X(m) | N(kN) | Syp(kN) | Mzp(kNm) |
|---|---|---|---|---|
| B1 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| B1 | 0.353 | 1.82 | -3.28 | -0.55 |
| B2 | 0.000 | 2.40 | -2.89 | -0.55 |
| B2 | 0.353 | 4.62 | -4.48 | -1.88 |
| B3 | 0.000 | 5.39 | -3.52 | -1.88 |
| B3 | 0.354 | 7.92 | 1.55 | -2.49 |
| B4 | 0.000 | 7.49 | 3.00 | -2.49 |
| B4 | 0.353 | 9.80 | 23.27 | 1.64 |
| B5 | 0.000 | 5.21 | 24.70 | 1.64 |
| B5 | 0.354 | 0.39 | -0.04 | 5.69 |
| B6 | 0.000 | 0.39 | 0.04 | 5.69 |
| B6 | 0.354 | 5.21 | -24.70 | 1.64 |
| B7 | 0.000 | 9.80 | -23.27 | 1.64 |
| B7 | 0.353 | 7.49 | -3.00 | -2.49 |
| B8 | 0.000 | 7.92 | -1.54 | -2.49 |
| B8 | 0.354 | 5.39 | 3.52 | -1.88 |

| 名称 | X(m) | N(kN) | Syp(kN) | Mzp(kNm) |
|---|---|---|---|---|
| B9 | 0.000 | 4.63 | 4.47 | -1.88 |
| B9 | 0.353 | 2.40 | 2.89 | -0.55 |
| B10 | 0.000 | 1.82 | 3.29 | -0.55 |
| B10 | 0.353 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

## 2.2 断面力

### 2.2.1 荷重ケース

(1) グループなし 部材B1

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 完成時荷重 | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時 | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 完成時 | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| X = 0.353 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 0.90 | 0.06 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -1.78 | 24.35 | 3.52 |
| 完成時荷重 | --- | -2.72 | -3.35 | -0.56 |
| 作業時 | --- | -0.88 | 24.42 | 3.53 |
| 完成時 | --- | -1.82 | -3.28 | -0.55 |

(2) グループなし 部材B2

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 0.90 | -0.11 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | 2.79 | 24.26 | 3.52 |
| 完成時荷重 | --- | -3.29 | -2.78 | -0.56 |
| 作業時 | --- | 3.69 | 24.15 | 3.53 |
| 完成時 | --- | -2.40 | -2.89 | -0.55 |
| X = 0.353 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 1.61 | 0.13 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -12.03 | -52.93 | 8.75 |
| 完成時荷重 | --- | -6.24 | -4.60 | -1.90 |
| 作業時 | --- | -10.42 | -52.81 | 8.77 |
| 完成時 | --- | -4.62 | -4.48 | -1.88 |

(3) グループなし 部材B3

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 1.61 | -0.18 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -21.82 | -49.71 | 8.75 |

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| 完成時荷重 | --- | -6.99 | -3.34 | -1.90 |
| 作業時 | --- | -20.21 | -49.89 | 8.77 |
| 完成時 | --- | -5.39 | -3.52 | -1.88 |
| X = 0.354 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 2.13 | 0.18 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -19.09 | -14.70 | -2.00 |
| 完成時荷重 | --- | -10.06 | 1.37 | -2.50 |
| 作業時 | --- | -16.96 | -14.52 | -1.98 |
| 完成時 | --- | -7.92 | 1.55 | -2.49 |

(4) グループなし 部材B4

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 2.13 | -0.22 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -21.50 | -10.88 | -2.00 |
| 完成時荷重 | --- | -9.62 | 3.22 | -2.50 |
| 作業時 | --- | -19.37 | -11.10 | -1.98 |
| 完成時 | --- | -7.49 | 3.00 | -2.49 |
| X = 0.353 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 2.45 | 0.22 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -17.88 | 1.11 | -3.22 |
| 完成時荷重 | --- | -12.24 | 23.05 | 1.62 |
| 作業時 | --- | -15.43 | 1.33 | -3.21 |
| 完成時 | --- | -9.80 | 23.27 | 1.64 |

(5) グループなし 部材B5

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 2.44 | -0.25 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -17.34 | 4.48 | -3.22 |
| 完成時荷重 | --- | -7.65 | 24.95 | 1.62 |
| 作業時 | --- | -14.90 | 4.23 | -3.21 |
| 完成時 | --- | -5.21 | 24.70 | 1.64 |
| X = 0.354 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 2.55 | 0.24 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -13.84 | 3.40 | -1.68 |

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| 完成時荷重 | --- | -2.94 | -0.28 | 5.67 |
| 作業時 | --- | -11.29 | 3.64 | -1.67 |
| 完成時 | --- | -0.39 | -0.04 | 5.69 |

(6) グループなし 部材B6

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 2.55 | -0.24 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -12.97 | 5.91 | -1.68 |
| 完成時荷重 | --- | -2.94 | 0.28 | 5.67 |
| 作業時 | --- | -10.42 | 5.68 | -1.67 |
| 完成時 | --- | -0.39 | 0.04 | 5.69 |
| X = 0.354 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 2.44 | 0.25 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -9.92 | 1.57 | -0.41 |
| 完成時荷重 | --- | -7.65 | -24.95 | 1.62 |
| 作業時 | --- | -7.48 | 1.81 | -0.39 |
| 完成時 | --- | -5.21 | -24.70 | 1.64 |

(7) グループなし 部材B7

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 2.45 | -0.22 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -9.44 | 3.42 | -0.41 |
| 完成時荷重 | --- | -12.24 | -23.05 | 1.62 |
| 作業時 | --- | -7.00 | 3.20 | -0.39 |
| 完成時 | --- | -9.80 | -23.27 | 1.64 |
| X = 0.353 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 2.13 | 0.22 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -6.81 | 0.00 | 0.10 |
| 完成時荷重 | --- | -9.62 | -3.22 | -2.50 |
| 作業時 | --- | -4.69 | 0.22 | 0.11 |
| 完成時 | --- | -7.49 | -3.00 | -2.49 |

(8) グループなし 部材B8

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | | |

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| 死荷重 (St.) | --- | 2.13 | -0.18 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -6.69 | 1.28 | 0.10 |
| 完成時荷重 | --- | -10.06 | -1.36 | -2.50 |
| 作業時 | --- | -4.56 | 1.10 | 0.11 |
| 完成時 | --- | -7.92 | -1.54 | -2.49 |
| X = 0.354 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 1.61 | 0.18 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -4.32 | -0.53 | 0.14 |
| 完成時荷重 | --- | -7.00 | 3.34 | -1.90 |
| 作業時 | --- | -2.72 | -0.35 | 0.16 |
| 完成時 | --- | -5.39 | 3.52 | -1.88 |

(9) グループなし 部材B9

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 1.61 | -0.13 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -4.35 | 0.29 | 0.14 |
| 完成時荷重 | --- | -6.25 | 4.59 | -1.90 |
| 作業時 | --- | -2.73 | 0.16 | 0.16 |
| 完成時 | --- | -4.63 | 4.47 | -1.88 |
| X = 0.353 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 0.90 | 0.11 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -2.13 | -0.41 | 0.06 |
| 完成時荷重 | --- | -3.30 | 2.78 | -0.56 |
| 作業時 | --- | -1.23 | -0.30 | 0.07 |
| 完成時 | --- | -2.40 | 2.89 | -0.55 |

(10) グループなし 部材B10

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | | |
| 死荷重 (St.) | --- | 0.90 | -0.06 | 0.01 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | -2.16 | 0.00 | 0.06 |
| 完成時荷重 | --- | -2.72 | 3.35 | -0.56 |
| 作業時 | --- | -1.26 | -0.06 | 0.07 |
| 完成時 | --- | -1.82 | 3.29 | -0.55 |
| X = 0.353 | | | | |

| 荷重ケース名称 | 許容割増 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|---|
| 死荷重 (St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 死荷重 (Non St.) | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時荷重 | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 完成時荷重 | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 作業時 | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 完成時 | --- | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

2.2.2 限界状態荷重ケース

(1) グループなし 部材B1

| 限界状態荷重ケース名称 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | |
| X = 0.353 | | | |

(2) グループなし 部材B2

| 限界状態荷重ケース名称 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | |
| X = 0.353 | | | |

(3) グループなし 部材B3

| 限界状態荷重ケース名称 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | |
| X = 0.354 | | | |

(4) グループなし 部材B4

| 限界状態荷重ケース名称 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | |
| X = 0.353 | | | |

(5) グループなし 部材B5

| 限界状態荷重ケース名称 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | |
| X = 0.354 | | | |

(6) グループなし 部材B6

| 限界状態荷重ケース名称 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | |
| X = 0.354 | | | |

(7) グループなし 部材B7

| 限界状態荷重ケース名称 | N' (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | |
| X = 0.353 | | | |

(8) グループなし 部材B8

| 限界状態荷重ケース名称 | N’ (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | |
| X = 0.354 | | | |

(9) グループなし 部材B9

| 限界状態荷重ケース名称 | N’ (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | |
| X = 0.353 | | | |

(10) グループなし 部材B10

| 限界状態荷重ケース名称 | N’ (kN) | $S_{yp}$ (kN) | $M_{zp}$ (kNm) |
|---|---|---|---|
| X = 0.000 | | | |
| X = 0.353 | | | |

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　10 月　3 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 川林 | | 橋本 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台鋼製型枠

2．　検　査　項　目：　工場検査

3．　検　査　場　所：　岐阜工業株式会社協力工場内
（岐阜県不破郡垂井町）

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　9 月 16 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　橋本和幸

検査結果　合格

その他

## 1．はじめに

「地下実証試験設備の整備」のうち、組立台構築に使用する鋼製型枠を工場で仮組立し、事前検査（工場検査）を実施した。検査内容および検査結果について、以下に示す。

## 2．日時

平成 28 年 9 月 16 日

メーカー：岐阜工業（本社　岐阜県瑞穂市）

組立台鋼製型枠検査：日時　平成 28 年 9 月 16 日　10:00～

場所　岐阜工業株式会社協力工場（岐阜県不破郡垂水町）

## 3．検査員

原環センター殿：塚原氏、橋本氏

大成・大林・三井住友 JV：南出（工事担当者）

## 4．検査内容および検査結果

検査内容：寸法確認、外観検査

検査結果：「合格」

※詳細は別紙、工場仮組立立会検査報告書に記載

2016-0116

工事名称　平成28年度地層処分技術調査等事業

可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

客先名

大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体　殿

製品名　組立台鋼製型枠

仕様　R=1300mm　L=6000mm

# 工場仮組立立会検査報告書

平成28年9月16日

岐阜工業株式会社

| 課長 | 係長 | 担当 |
| --- | --- | --- |
| 後藤 | 服部 | 宮崎 |

製　造　No.　….　2016-0116

製　品　名　….　組立台鋼製型枠

図　面　No.　….　GIF150769

納　入　先　….

大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体　殿

検査場所　….　協力工場

検査日　….　平成28年9月16日

検査立会者御署名

| 所　属 | 御氏名 |
|---|---|
| (公財)原環センター | 塚原誠樹 |
| (公財)原環センター | 橋本和幸 |
| 大成・大林・三井住友JV | 南出賢司 |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

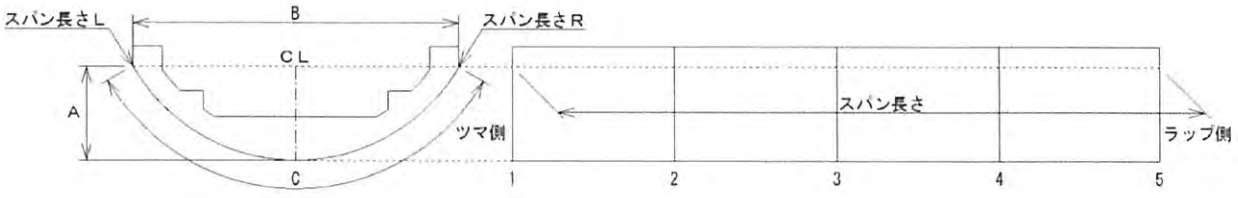
# 検 査 報 告 書

| 検査年月日 | | 平成28年 9月16日 | | | 製造番号 | | 2016-0116 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 製造側立会者 | | 宮崎 | | | | | | |
| 検査項目 | 設計寸法 | 実測値（社内検査） | 誤差 | 実測値（立会検査） | 誤差 | 社内基準値 | 合否判定 | 記 事 |
| 全高 A | 650 | T 650 | ±0 | 650 | ±0 | ± 5 | | |
| | | L 650 | ±0 | 650 | ±0 | | | |
| 全巾 B | 2252 | T 2251 | +1 | 2251 | +1 | ± 10 | | |
| | | L 2251 | +1 | 2251 | +1 | | | |
| 周長 C | 2723 | 1 2723 | ±0 | 2722 | +1 | ± 15 | | |
| | | 2 2723 | ±0 | 2723 | ±0 | | | |
| | | 3 2723 | ±0 | 2723 | ±0 | | | |
| | | 4 2723 | ±0 | 2724 | -1 | | | |
| | | 5 2724 | -1 | 2724 | -1 | | | |
| スパン長さ | 6000 | R 6001 | -1 | 6001 | -1 | ± 10 | | |
| | | L 6001 | -1 | 6001 | -1 | | | |
| | | | | | | | | |

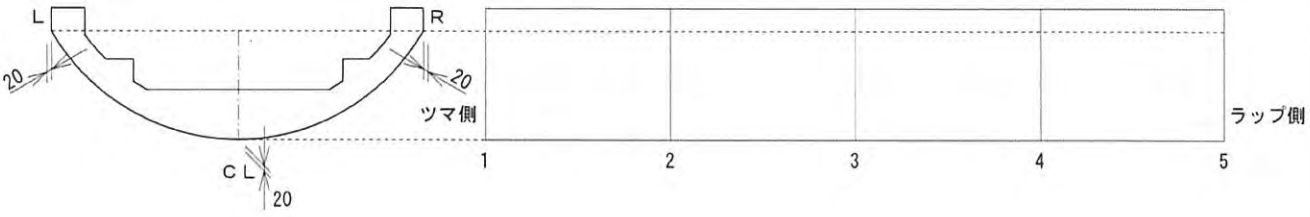
ツマ側
より見て

T:ツマ側
L:ラップ側

ツマ側 R:右側
より見て L:左側



フォーム真直度　　設定寸法W＝20MM　　許容誤差　±5MM




| | L | | | | CL | | | | R | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 社内値 | 誤差 | 立会値 | 誤差 | 社内値 | 誤差 | 立会値 | 誤差 | 社内値 | 誤差 | 立会値 | 誤差 |
| 1 | 20 | — | 20 | — | 20 | — | 20 | — | 20 | — | 20 | — |
| 2 | 20 | ±0 | 20 | ±0 | 20 | ±0 | 20 | ±0 | 20 | ±0 | 20 | ±0 |
| 3 | 20 | ±0 | 20 | ±0 | 20 | ±0 | 20 | ±0 | 20 | ±0 | 20 | ±0 |
| 4 | 20 | ±0 | 20 | ±0 | 20 | ±0 | 21 | +1 | 20 | ±0 | 20 | ±0 |
| 5 | 20 | — | 20 | — | 20 | — | 20 | — | 20 | — | 20 | — |

| 検査項目 | 社内基準値 | 社内検査 | 立会検査 |
|---|---|---|---|
| e）外観検査 | へこみ・傷等無き事 | 合格 | 合格 |

| 総合判定 | 合格 | 合格 |
|---|---|---|

# 検 査 資 料



2016 － 116

A 寸法　　図面より

650　MM

B 寸法　　図面より

2252　MM

C 寸法　　$2600 \times \pi \times \left( \frac{120}{360} \right)$

$=$　2723　MM

No. 1

妻側

全高A

No. 2

妻側

全巾B

No. 3

ラップ側

全高A

No. 4

ラップ側

全巾B

No. 5

計測点1

周長

No. 6

計測点2

周長

No. 7

計測点3

周長

No. 8

計測点4

周長

No. 9

計測点5

周長

No. 10

R側

スパン長さ

No. 11

L側

スパン長さ

No. 12

全体

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　12 月　12 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 橋本 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　台座コンクリート

2．　検　査　項　目：　工場検査

3．　検　査　場　所：　株式会社旭ダンケ　愛別工場内
（北海道上川郡愛別町）

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　12 月 9 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　　橋本和幸

検査結果　　合格

その他

## 1．はじめに

「地下実証試験設備の整備」のうち、台座コンクリート（2 次製品）の事前検査（工場検査）を実施した。検査内容および検査結果について、以下に示す。

## 2．日時

平成 28 年 12 月 9 日

メーカー：株式会社　旭ダンケ

台座コンクリート検査：日時　平成 28 年 12 月 9 日

場所　株式会社　旭ダンケ　愛別工場（北海道上川郡愛別町）

## 3．検査員

原環センター殿：橋本氏

大成・大林・三井住友 JV：南出（工事担当者）

## 4．検査内容および検査結果

検査内容：圧縮強度、寸法検査

検査結果：「合格」

※詳細は別紙、立会試験報告書に記載

（参考資料）

・寸法検査表－自主管理（全数）

※通常、JIS 工場はロッド管理であるため、寸法等の確認は任意の製品を抜取り、それに対して検査を行う。抜取検査の結果をもって、ロッド内の製品検査を完了とする。基本的に全数検査を行う事はない。

・使用コンクリート品質管理記録－自主管理（スランプ、空気量、圧縮強度）

# 立 会 試 験 内 訳 書

1. 発 注 先　　公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター　　殿

2. 納 入 先　　大成・大林・三井住友　特定建設工事共同企業体　　殿

3. 工 事 名　　地層処分技術調査等事業
（可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発）のうち（2/3）
地下環境での搬送定置・回収技術の高度化開発一実証実験
（地下実証試験設備の整備）

4. 製 品 名　　台座コンクリート　700×110×1000
台座コンクリート　700×110×1500

5. 検査場所　　株式会社　旭ダンケ　愛別工場

6. 検査日時　　平成28年12月9日

7. 検査項目
1）　圧縮強度試験
2）　寸法検査
3）
4）
5）

8. 添付書類
1）　立会検査要領書
2）　圧縮強度試験表
3）　寸法検査表
4）　製品図
5）

株式会社　旭ダンケ　愛別工場

# 検査要領書

(株)旭ダンケ 旭川支店 愛別工場

検査内容　：　圧縮強度試験、寸法検査の実施

(1)圧縮強度

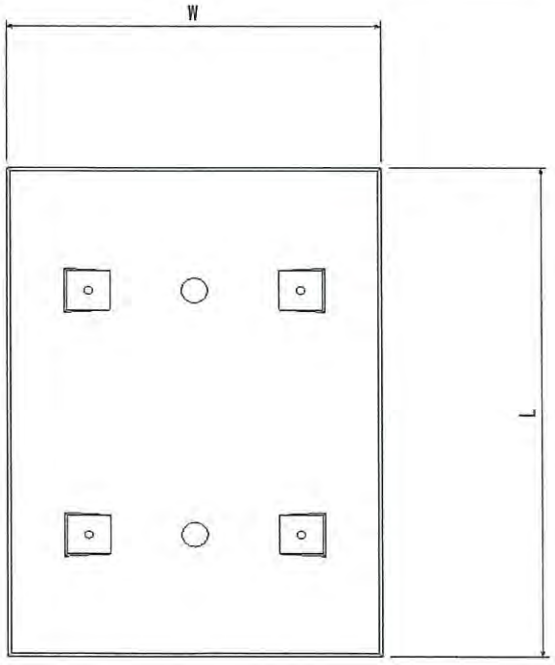
圧縮強度は、JIS　A　1115　まだ固まらないコンクリートの試料採取方法
により採取した供試体を材齢14日以上で試験し設計基準強度以上あれば合格とする。

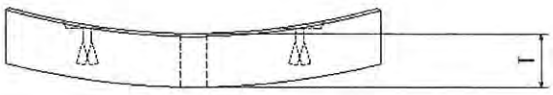
設計基準強度は、30 $N/mm^2$
供試体は任意の3個とする。

(2)寸法検査

寸法検査は、1組から任意に2個を抜き取って検査を行い規格に適合していれば合格とする。
検査ロットは、1000個を1組とする。

| 記号 | 記号の意味 | 測定方法 | 許容差(mm) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | L=1000 | L=1500 |
| W | 幅 | 直尺、スケール<br>を用いて測定する。 | +4、-4 | +4、-4 |
| T | 厚さ | | +4、-2 | +4、-2 |
| L | 長さ | | +5、-5 | +6、-6 |



# 圧縮強度試験成績表

株式会社 旭ダンケ
愛別工場

製品名　台座コンクリート

| 供試体寸法 | | テストピース　φ 10.0 × 20 cm | | | | 養生方法 | 製品同一 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No | 採取年月日 | 試験年月日 | 材齢 | 供試体質量 kg | 破壊荷重 kN | 圧縮強度 $N/mm^2$ | 備考 |
| 1 | H28.10.27 | H28.12.9 | 43 | 3.56 | 336 | 42.8 | 平均値 |
| 2 | | | | 3.54 | 328 | 41.8 | 42.6 |
| 3 | | | | 3.57 | 340 | 43.3 | $N/mm^2$ |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |

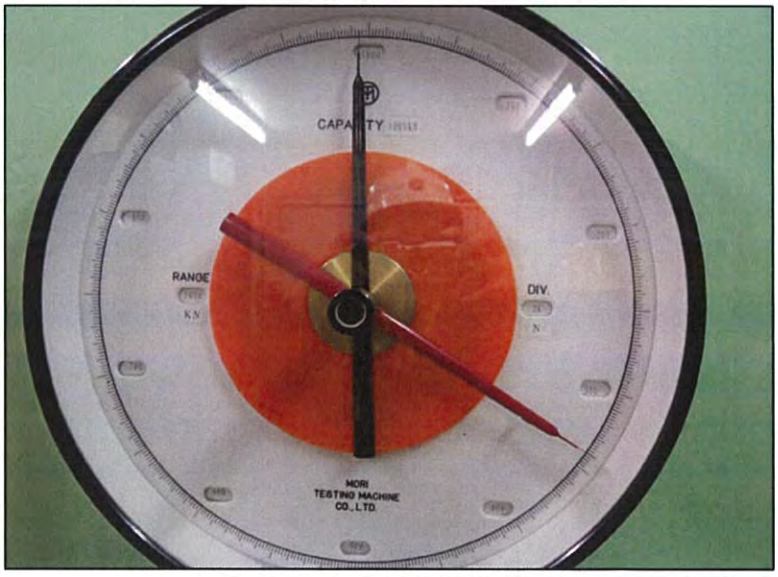
備考

設計基準強度　30 $N/mm^2$

No. 圧縮強度試験

台座コンクリート

No.




No.

# 寸　法　検　査　表

株式会社旭ダンケ

試験日　平成28年12月9日　　愛別工場

| 製品名 | | 台座コンクリート 700×110×1000 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 規格寸法(mm) | | W | T | L | | | | |
| | | 700 | 110 | 1000 | | | | |
| 許容差(mm) | | +4 | +4 | +5 | | | | |
| No. | 成形日 | -4 | -2 | -5 | | | | |
| 1 | H28.10.27 | 700 | 110 | 1000 | | | | |
| | | 700 | 110 | 1000 | | | | |
| 2 | H28.10.28 | 700 | 110 | 1000 | | | | |
| | | 700 | 111 | 1000 | | | | |
| | | | | | | | | |
| 製品抜き取り検査 | | | | | | | | |
| | 28.11.10 | 700 | 110 | 1000 | | | | |
| | | 700 | 111 | 1001 | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

備　考

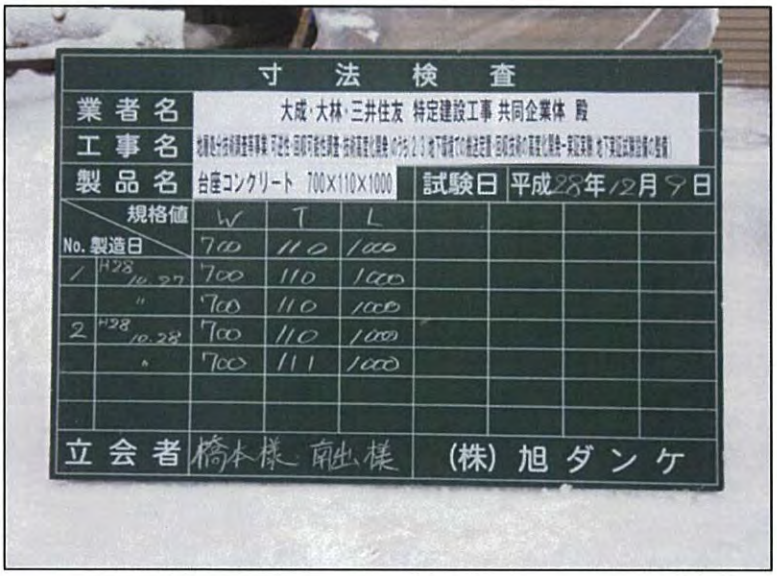
指摘事項

・製品の裏面が型枠の穴を塞いだ跡が飛び出ているので平滑にする。

No. 寸法検査

台座コンクリート

700×110×1000




No.

No.

余 白

# 寸　法　検　査　表

株式会社旭ダンケ

試験日　平成28年12月9日　　愛別工場

| 製品名 | | 台座コンクリート 700×110×1500 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 規格寸法(mm) | | W | T | L | | | | |
| | | 700 | 110 | 1500 | | | | |
| 許容差(mm) | | +4 | +4 | +6 | | | | |
| No. | 成形日 | -4 | -2 | -6 | | | | |
| 1 | H28.11.19 | 700 | 111 | 1500 | | | | |
| | | 700 | 111 | 1500 | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

備考

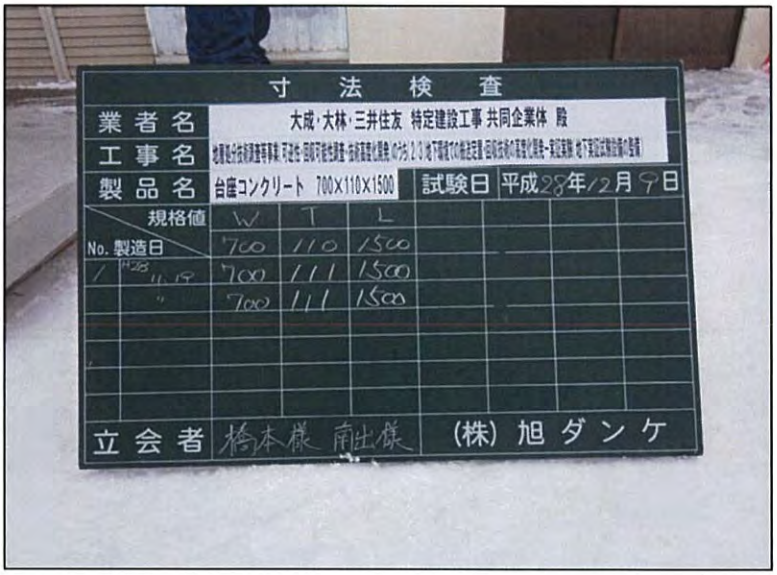
指摘事項

・製品の裏面が型枠の穴を塞いだ跡が飛び出ているので平滑にする。

No. 寸法検査

台座コンクリート

700×110×1500




No.

No.

余 白

# 参考資料

・寸法検査表

・コンクリート品質管理

# 寸　法　検　査　表

株式会社旭ダンケ
愛別工場

| 製品名 | | 台座コンクリート 700×110×1000 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 規格寸法(mm) | | W | T | L | T1 | T2 | 備考 |
| | | 700 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| 許容差(mm) | | +4 | +4 | +5 | +4 | +4 | |
| No. | 成形日 | -4 | -2 | -5 | -2 | -2 | |
| 1 | H28.10.27 | 700 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| | | 700 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| 2 | H28.10.28 | 700 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| | | 700 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| 3 | H28.10.29 | 701 | 110 | 1000 | 117 | 117 | |
| | | 700 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| 4 | H28.11.1 | 700 | 110 | 1001 | 116 | 117 | |
| | | 700 | 111 | 1001 | 116 | 117 | |
| 5 | H28.11.2 | 700 | 110 | 1000 | 117 | 116 | |
| | | 701 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| 6 | H28.11.3 | 700 | 110 | 1001 | 115 | 116 | |
| | | 700 | 110 | 1001 | 115 | 116 | |
| 7 | H28.11.4 | 700 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| | | 700 | 110 | 1000 | 117 | 117 | |
| 8 | H28.11.5 | 701 | 110 | 1001 | 116 | 117 | |
| | | 701 | 110 | 1001 | 116 | 116 | |
| 9 | H28.11.7 | 700 | 110 | 1001 | 117 | 116 | |
| | | 700 | 111 | 1000 | 117 | 116 | |
| 10 | H28.11.8 | 700 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| | | 701 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| 11 | H28.11.9 | 700 | 111 | 999 | 117 | 116 | |
| | | 700 | 110 | 999 | 117 | 116 | |
| 12 | H28.11.10 | 700 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| | | 701 | 110 | 1000 | 115 | 115 | |
| 13 | H28.11.11 | 700 | 110 | 1000 | 115 | 116 | |
| | | 700 | 110 | 1000 | 116 | 116 | |
| 14 | H28.11.14 | 700 | 109 | 1001 | 116 | 116 | |
| | | 700 | 109 | 1001 | 116 | 116 | |
| 15 | H28.11.15 | 700 | 110 | 1001 | 116 | 116 | |
| | | 700 | 110 | 1000 | 117 | 117 | |
| 16 | H28.11.16 | 701 | 110 | 999 | 116 | 116 | |
| | | 701 | 109 | 1000 | 116 | 116 | |
| 17 | H28.11.17 | 700 | 110 | 1000 | 117 | 116 | |
| | | 700 | 110 | 1001 | 117 | 116 | |
| 18 | H28.11.18 | 700 | 111 | 1001 | 116 | 117 | No.19切欠 |
| | | 700 | 111 | 1001 | 116 | 117 | |

※T1・T2の寸法については参考記録とする。

# 寸　法　検　査　表

株式会社 旭ダンケ
愛別工場

| 製　品　名 | | 台座コンクリート　700×110×1500 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 規格寸法(mm) | | W | T | L | T1 | T2 | 備　考 |
| | | 700 | 110 | 1500 | 116 | 116 | |
| 許　容　差(mm) | | +4 | +4 | +6 | +4 | +4 | |
| No. | 成　形　日 | -4 | -2 | -6 | -2 | -2 | |
| 1 | H28.11.19 | 700 | 110 | 1500 | 116 | 116 | |
| | | 700 | 111 | 1500 | 117 | 116 | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

※T1･T2の寸法については参考記録とする。

| コンクリート工程検査　スランプ(30N/mm2) | 検印欄 | | |
|---|---|---|---|
| | 工場長 | 検 | 係 |
| 範囲　　-2.5～ 2.5 (cm) | | | |
| 対象期間　平成28年10月27日～平成28年11月19日 | | | |

| No. | 日付 | 設定値 | 実測値 | 差 | 合否 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10/27 | 8.0 | 7.5 | -0.5 | ㊎ |
| 2 | 10/28 | 8.0 | 7.0 | -1.0 | ㊎ |
| 3 | 10/29 | 8.0 | 8.5 | 0.5 | ㊎ |
| 4 | 11/ 1 | 8.0 | 8.0 | 0.0 | ㊎ |
| 5 | 11/ 2 | 8.0 | 9.0 | 1.0 | ㊎ |
| 6 | 11/ 3 | 8.0 | 8.0 | 0.0 | ㊎ |
| 7 | 11/ 4 | 8.0 | 8.5 | 0.5 | ㊎ |
| 8 | 11/ 5 | 8.0 | 7.0 | -1.0 | ㊎ |
| 9 | 11/ 7 | 8.0 | 8.0 | 0.0 | ㊎ |
| 10 | 11/ 8 | 8.0 | 7.5 | -0.5 | ㊎ |
| 11 | 11/ 9 | 8.0 | 9.0 | 1.0 | ㊎ |
| 12 | 11/10 | 8.0 | 7.5 | -0.5 | ㊎ |
| 13 | 11/11 | 8.0 | 8.5 | 0.5 | ㊎ |
| 14 | 11/14 | 8.0 | 8.0 | 0.0 | ㊎ |
| 15 | 11/15 | 8.0 | 7.0 | -1.0 | ㊎ |
| 16 | 11/16 | 8.0 | 8.5 | 0.5 | ㊎ |
| 17 | 11/17 | 8.0 | 8.0 | 0.0 | ㊎ |
| 18 | 11/18 | 8.0 | 7.5 | -0.5 | ㊎ |
| 19 | 11/19 | 8.0 | 8.0 | 0.0 | ㊎ |

| No. | 日付 | 設定値 | 実測値 | 差 | 合否 |
|---|---|---|---|---|---|

データ数n＝ 19　　実測平均値x̄＝ 7.95

| 摘要欄 | |
|---|---|

| コンクリート工程検査　空気量(30N/mm2) | 検印欄 | | |
|---|---|---|---|
| | 工場長 | 検 | 係 |
| 範囲　　-1.5～ 1.5 (%) | | | |
| 対象期間　平成28年10月27日～平成28年11月19日 | | | |

| No. | 日付 | 設定値 | 実測値 | 差 | 合否 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10/27 | 4.5 | 5.0 | 0.5 | ㊆ |
| 2 | 10/28 | 4.5 | 3.9 | -0.6 | ㊆ |
| 3 | 10/29 | 4.5 | 4.9 | 0.4 | ㊆ |
| 4 | 11/ 1 | 4.5 | 4.5 | 0.0 | ㊆ |
| 5 | 11/ 2 | 4.5 | 4.9 | 0.4 | ㊆ |
| 6 | 11/ 3 | 4.5 | 3.8 | -0.7 | ㊆ |
| 7 | 11/ 4 | 4.5 | 4.5 | 0.0 | ㊆ |
| 8 | 11/ 5 | 4.5 | 4.3 | -0.2 | ㊆ |
| 9 | 11/ 7 | 4.5 | 5.3 | 0.8 | ㊆ |
| 10 | 11/ 8 | 4.5 | 4.2 | -0.3 | ㊆ |
| 11 | 11/ 9 | 4.5 | 4.6 | 0.1 | ㊆ |
| 12 | 11/10 | 4.5 | 4.1 | -0.4 | ㊆ |
| 13 | 11/11 | 4.5 | 4.8 | 0.3 | ㊆ |
| 14 | 11/14 | 4.5 | 5.1 | 0.6 | ㊆ |
| 15 | 11/15 | 4.5 | 3.6 | -0.9 | ㊆ |
| 16 | 11/16 | 4.5 | 4.6 | 0.1 | ㊆ |
| 17 | 11/17 | 4.5 | 3.8 | -0.7 | ㊆ |
| 18 | 11/18 | 4.5 | 4.6 | 0.1 | ㊆ |
| 19 | 11/19 | 4.5 | 4.1 | -0.4 | ㊆ |

| No. | 日付 | 設定値 | 実測値 | 差 | 合否 |
|---|---|---|---|---|---|

データ数 n = 19　　実測平均値 $\bar{x}$ = 4.45

| 摘要欄 | |
|---|---|

| 圧縮強度管理図（工程管理）　30N/mm2 | 検印欄 | | |
|---|---|---|---|
| | 工場長 | 検 | 係 |
| 呼び強度 30.0　材齢　14日 30N/mm2 | | | |
| 対象期間　平成28年10月27日 ～ 平成28年11月19日 | | | |

| No. | 日付 | 測定値 | | | 合計 | 平均 | R | 合否 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10/27 | 39.1 | 38.2 | 40.5 | 117.8 | 39.3 | 2.3 | ㊆ |
| 2 | 10/28 | 35.3 | 36.9 | 36.4 | 108.6 | 36.2 | 3.1 | ㊆ |
| 3 | 10/29 | 37.1 | 35.4 | 37.6 | 110.1 | 36.7 | 0.5 | ㊆ |
| 4 | 11/ 1 | 39.1 | 36.8 | 38.1 | 114.0 | 38.0 | 1.3 | ㊆ |
| 5 | 11/ 2 | 36.0 | 37.1 | 35.0 | 108.1 | 36.0 | 2.0 | ㊆ |
| 6 | 11/ 3 | 37.9 | 36.2 | 37.1 | 111.2 | 37.1 | 1.1 | ㊆ |
| 7 | 11/ 4 | 40.0 | 38.1 | 40.4 | 118.5 | 39.5 | 2.4 | ㊆ |
| 8 | 11/ 5 | 39.0 | 37.8 | 35.9 | 112.7 | 37.6 | 1.9 | ㊆ |
| 9 | 11/ 7 | 35.8 | 34.6 | 37.2 | 107.6 | 35.9 | 1.7 | ㊆ |
| 10 | 11/ 8 | 37.8 | 37.8 | 38.1 | 113.7 | 37.9 | 2.0 | ㊆ |
| 11 | 11/ 9 | 39.7 | 42.1 | 41.1 | 122.9 | 41.0 | 3.1 | ㊆ |
| 12 | 11/10 | 37.2 | 38.5 | 38.8 | 114.5 | 38.2 | 2.8 | ㊆ |
| 13 | 11/11 | 39.3 | 39.3 | 37.4 | 116.0 | 38.7 | 0.5 | ㊆ |
| 14 | 11/14 | 38.5 | 35.4 | 34.9 | 108.8 | 36.3 | 2.4 | ㊆ |
| 15 | 11/15 | 38.5 | 37.1 | 36.5 | 112.1 | 37.4 | 1.1 | ㊆ |
| 16 | 11/16 | 38.3 | 39.0 | 39.5 | 116.8 | 38.9 | 1.5 | ㊆ |
| 17 | 11/17 | 35.4 | 36.4 | 37.4 | 109.2 | 36.4 | 2.5 | ㊆ |
| 18 | 11/18 | 37.4 | 38.1 | 36.9 | 112.4 | 37.5 | 1.1 | ㊆ |
| 19 | 11/19 | 39.0 | 36.8 | 38.5 | 114.3 | 38.1 | 0.6 | ㊆ |
| 合計 | | | | | | 716.7 | 33.9 | |

データ数 n = 19　　標準偏差 s = 1.358　変動係数 v = 3.60

| | |
|---|---|
| $\bar{x}$ = 37.72 | UCL・LCL= $\bar{x} \pm 2.659\bar{R}$ |
| | UCL=42.45 LCL=32.99 |
| $\bar{R}$ = 1.78 | UCL= $3.267\bar{R}$ = 5.82 |

| 摘要欄 | |
|---|---|

# 報　告　書

## （　鉄筋　検査証明書　）

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　10 月 17　日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 橋本 |

工　　事　　名：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

組立台に使用する鉄筋の納品書および検査証明書を提出致します。

# 納　品　書



納品書No. MI-1610-0040

〒059－1372 苫小牧市字勇払145番地13
清水鋼鐵株式会社
苫小牧製鋼所
電 話 (0144) 56－1111(代)
FAX (0144) 56－1783

注文書No. MI1600833

2016 年 10 月 06 日

種　類 SD345

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 商社名 | 伊藤忠丸紅住商テクノスチール（株） 殿 | 荷受人 | 株式会社　カナモト　発寒倉庫 殿 | | |
| 特約店 | （株）カナモト　札幌鉄鋼部 殿 | 仕向地 | 札幌 | | |
| 需要家 | 大成・大林・三井住友　特定建設工事ＪＶ 殿 | 受渡条件 | 持込 | 運送会社 | 北振運輸 |
| 工事名 | 「地下実証試験設備の整備」 | | | トラックNo. | 2987 |

| 寸法 | 本数 | 質量 | 質量合計 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| D13 × 6.00 | 120 | 716 | | |
| ＊小計＊ | | | 716 | |
| D16 × 4.00 | 170 | 1,061 | | |
| ＊小計＊ | | | 1,061 | |

2-164

清水鋼鐵(株) 苫小牧製鋼所 SD345

寸法・本数 D13 x 6.00 M 65 本

JIS JICQA -CON345 SD345
G 3112 認証番号 QA0106004

| | |
|---|---|
| 寸法 | D13 x 6.00 M |
| 製鋼番号 | 8-1634 |
| 検査番号 | 160710950 |
| 本数 | 65 |
| 検査 | 合 |

清水鋼鐵(株)苫小牧製鋼所

清水鋼鐵(株) 苫小牧製鋼所 SD345

寸法・本数 D13 x 6.00 M 55 本

JIS JICQA -CON345 SD345
G 3112 認証番号 QA0106004

| | |
|---|---|
| 寸法 | D13 x 6.00 M |
| 製鋼番号 | 8-1634 |
| 検査番号 | 160710956 |
| 本数 | 55 |
| 検査 | 合 |

清水鋼鐵(株)苫小牧製鋼所

清水鋼鐵(株) 苫小牧製鋼所 SD345

寸法・本数 D16 x 4.00 M 120本

JIS JICQA -CON345 SD345
G 3112 認証番号 QA0106004

| | |
|---|---|
| 寸法 | D16 x 4.00 M |
| 製鋼番号 | 8-1411 |
| 検査番号 | 160700993 |
| 本数 | 120 |
| 検査 | 合 |

清水鋼鐵(株)苫小牧製鋼所

清水鋼鐵(株) 苫小牧製鋼所 SD345

寸法・本数 D16 x 4.00 M 50 本

JIS JICQA -CON345 SD345
G 3112 認証番号 QA0106004

| | |
|---|---|
| 寸法 | D16 x 4.00 M |
| 製鋼番号 | 8-1939 |
| 検査番号 | 160810732 |
| 本数 | 50 |
| 検査 | 合 |

清水鋼鐵(株)苫小牧製鋼所

上記の通り納品申し上げます。

# 検 査 証 明 書

注文番号　MI1600833　(MI-1610-0040)

発行番号　MI-2-1610-00027 -1

需 要 家　大成・大林・三井住友　特定建設工事ＪＶ　殿

JIS番号　JIS G3112

発 行 日　2016 年 10 月 06 日

商　　社　伊藤忠丸紅住商テクノスチール（株）　殿

品　名　DEFORMED BAR

特 約 店　（株）カナモト　札幌鉄鋼部　殿

種　類　SD345

出 荷 日　2016 年 10 月 06 日

清水鋼鐵株式会社
苫 小 牧 製 鋼 所
北海道苫小牧市字勇払145番地13
電　話（0144）56－１１１１(代)

工 事 名　「地下実証試験設備の整備」

| 納入明細 | | | 製鋼番号 | 化学成分 | | | | | | | | 機械的性質 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | C ×100 | Si ×100 | Mn ×100 | P ×1000 | S ×1000 | V ×1000 | | C+Mn/6 ×100 | 降伏点 N/mm² | 引張強さ N/mm² | ※伸び % | 曲げ半径 | 曲げ角度 |
| 寸法(mm)×長さ(m) | 本数(本) | 質量(kg) | | MAX 27 | MAX 55 | MAX 160 | MAX 40 | MAX 40 | | | MAX 50 | 345-440 | MIN 490 | 2号 18min 14A号 19min | | 180° |
| D13 × 6.00 | 120 | 716 | 8-1634 | 22 | 22 | 75 | 25 | 34 | | | 34 | 389 | 539 | 2号 26 | 1.5D | GOOD |
| 小計 | | 716 | | | | | | | | | | | | | | |
| D16 × 4.00 | 120 | 749 | 8-1411 | 21 | 21 | 95 | 27 | 29 | | | 37 | 388 | 568 | 2号 20 | 1.5D | GOOD |
| | 50 | 312 | 8-1939 | 21 | 22 | 94 | 28 | 30 | | | 37 | 398 | 577 | 2号 21 | 1.5D | GOOD |
| 小計 | | 1,061 | | | | | | | | | | | | | | |
| ＊合計＊ | | 1,777 | | | | | | | | | | | | | | |

※化学成分において、Vを添加した場合は含有量を付記する。
※機械的性質において、寸法が呼び名D32を超えるものについては呼び名3を増すごとに伸び値からそれぞれ2%減じる。但し、減じる限度は4%とする。

上記注文品は検査の結果、ご指定の規格に合格したことを証明します。

検査承認：品質保証室　室長　佐々木賢一

# 検　査　証　明　書

注文番号　MI1600833　(MI-1610-0040)

需 要 家　大成・大林・三井住友　特定建設工事ＪＶ　殿

商　　社　伊藤忠丸紅住商テクノスチール（株）　殿

特 約 店　（株）カナモト　札幌鉄鋼部　殿

出 荷 日　2016 年 10 月 06 日

工 事 名　「地下実証試験設備の整備」

JIS番号　JIS G3112

品　名　DEFORMED BAR

種　類　SD345

発行番号　MI-2-1610-00027 -1

発 行 日　2016 年 10 月 06 日

清水鋼鐵株式会社
苫小牧製鋼所
北海道苫小牧市字勇払145番地13
電　話（0144）56－１１１１(代)

| 納入明細 | | | 製鋼番号 | 化学成分 | | | | | | | | 機械的性質 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | C ×100 | Si ×100 | Mn ×100 | P ×1000 | S ×1000 | V ×1000 | | $C+\frac{Mn}{6}$ ×100 | 降伏点 N/mm² | 引張強さ N/mm² | ※伸び % | 曲げ半径 | 曲げ角度 |
| 寸法(mm)×長さ(m) | 本数(本) | 質量(kg) | | MAX 27 | MAX 55 | MAX 160 | MAX 40 | MAX 40 | | | MAX 50 | 345-440 | MIN 490 | 2号 18min 14A号 19min | | 180° |
| D13 × 6.00 | 120 | 716 | 8-1634 | 22 | 22 | 75 | 25 | 34 | | | 34 | 389 | 539 | 2号 26 | 1.5D | GOOD |
| 小計 | | 716 | | | | | | | | | | | | | | |
| D16 × 4.00 | 120 | 749 | 8-1411 | 21 | 21 | 95 | 27 | 29 | | | 37 | 388 | 568 | 2号 20 | 1.5D | GOOD |
| | 50 | 312 | 8-1939 | 21 | 22 | 94 | 28 | 30 | | | 37 | 398 | 577 | 2号 21 | 1.5D | GOOD |
| 小計 | | 1,061 | | | | | | | | | | | | | | |
| ＊合計＊ | | 1,777 | | | | | | | | | | | | | | |

※化学成分において、Vを添加した場合は含有量を付記する。
※機械的性質において、寸法が呼び名D32を超えるものについては呼び名3を増すごとに伸び値からそれぞれ2%減じる。但し、減じる限度は4%とする。

上記注文品は検査の結果、ご指定の規格に合格したことを証明します。

検査承認：品質保証室　室長　佐々木賢一

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　11 月　9 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 鈴木 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　鉄筋検査（１スパン目）

3．　検　査　場　所：　試験坑道２

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 8 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　塚原成樹　岡島尚司
検査結果　合格
その他

# 鉄筋検査　測定結果表

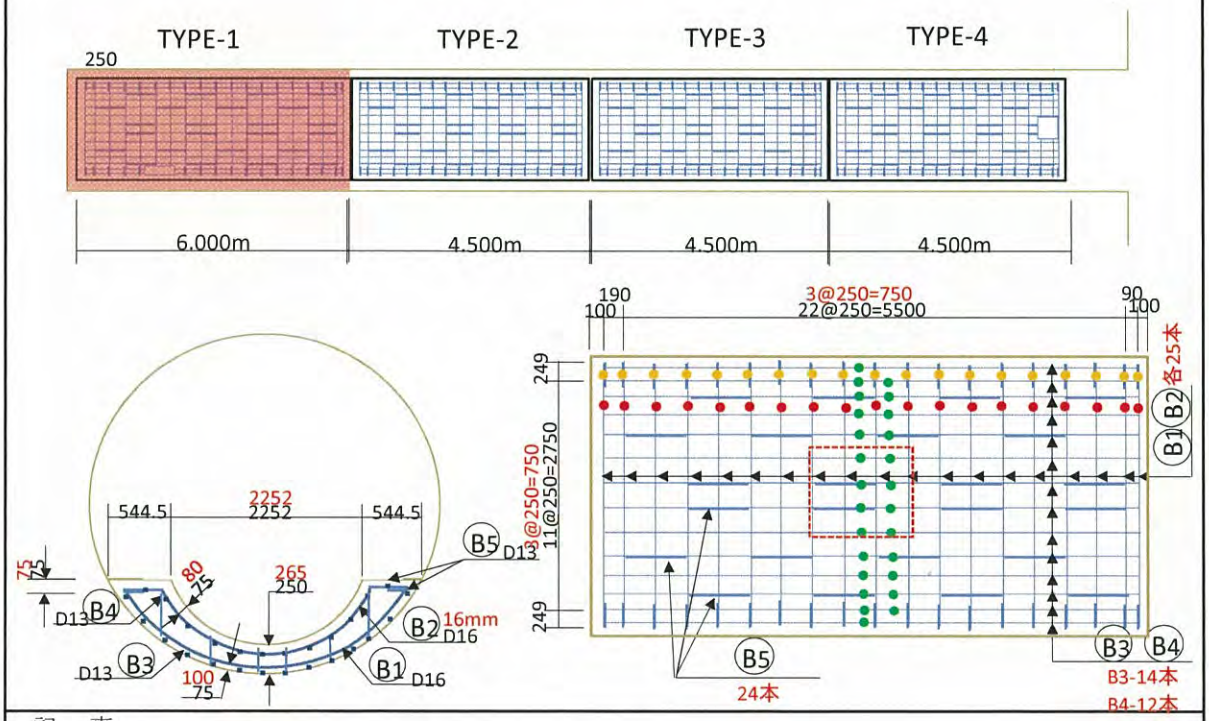
測 定 項 目　鉄筋出来形測定 （TYPE 1）　　測定者　南 出 賢 司 ㊞

検 査 日 時　2016/11/8 15:00～

立会監督員　RWMC 塚 原　氏

検 査 方 法　テープ・ロット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 鉄筋CL | B1-D16-黄 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| | B2-D16-赤 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| | B3-D13-緑 | 3@250=750 | 3@250=760 | +10 | 合 |
| | B4-D13-緑 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| 本数確認 | B1-D16-黄 | 25本 | 25本 | ±0 | 合 |
| | B2-D16-赤 | 25本 | 25本 | ±0 | 合 |
| | B3-D13-緑 | 14本 | 14本 | ±0 | 合 |
| | B4-D13-緑 | 12本 | 12本 | ±0 | 合 |
| 鉄筋径 | B1・B2 | D16 | D16 | ±0 | 合 |
| 鉄筋かぶり | 各　所 | 75mm | 75～80mm | ±0～+15mm | 合 |



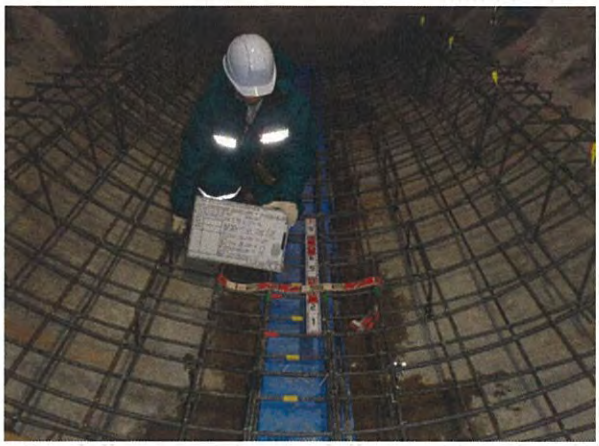

記　事

【基準値】 配筋ピッチ　（± φ）
本数　（設計以上）
かぶり　（± φ かつ最小かぶり以内）

注） イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
その結果を （ ） で記入する。

設 計 図 等

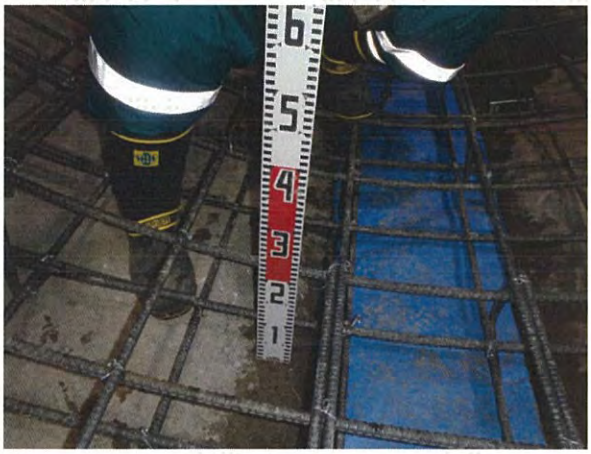
① 鉄筋ピッチ及び本数確認



② 鉄筋径(B1・B2)確認

③ 鉄筋かぶり確認

※吹き付けコンからのかぶりは参考値

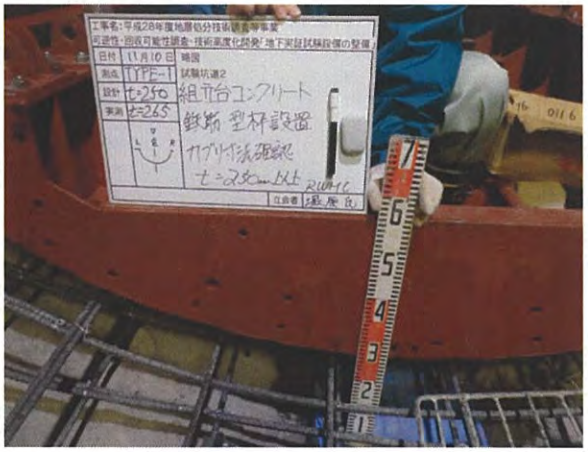


〔備 考〕

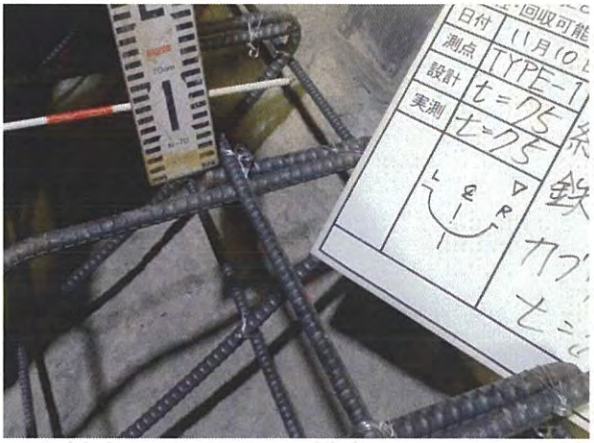
記事

設 計 図 等

④ 鉄筋かぶり及び型枠設置寸法の確認




⑤ 型枠からの鉄筋かぶりの確認




〔備 考〕

記事

設 計 図 等

⑥ 型枠から（点検口）の鉄筋かぶりの確認

〔備 考〕

記事

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　11 月 11 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 川林 | | 塚原 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　型枠検査（1 スパン目）

3．　検　査　場　所：　試験坑道 2

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 10 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　塚原成樹，須藤正大
検査結果　合格
その他

# 型枠検査　測定結果表

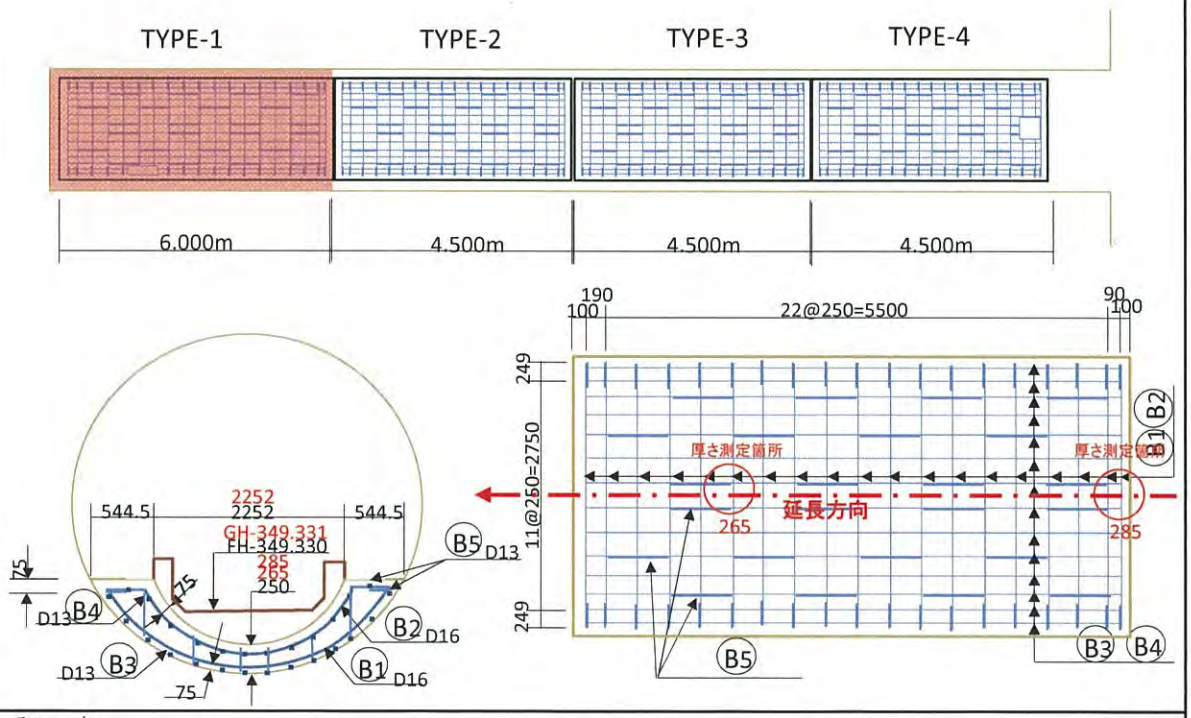
測定項目　型枠設置寸法確認（TYPE 1）　　測定者　南 出 賢 司 ㊞

検査日時　2016/11/10 15:00～

立会監督員　RWMC 塚 原　氏

検査方法　テープ・ロット・レベル・トランシット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 型枠奥側CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 265mm | +15mm | 合 |
| 型枠前側CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 285mm | +35mm | 合 |
| 型枠中間 | 型枠設置寸法(幅) | 2252m | 2252m | ±0 | 合 |
| 型枠天端(奥) | 型枠CL高さ | -349.330 | -349.331 | -1 | 合 |
| 型枠天端(中) | 型枠CL高さ | -348.330 | -349.330 | ±0 | 合 |
| 型枠天端(前) | 型枠CL高さ | -347.330 | -349.331 | -1 | 合 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |




記　事

【基準値】　厚さ　（設計値以上）
清掃状況　（異物混入がない事）

※型枠設置後の高さ確認及び延長方向の確認(追加)
基準高　（±24mm）
延長方向　（目視）

注）　イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
その結果を（　）で記入する。

設 計 図 等

① 吹き付けコン～型枠まで(厚さ)の寸法の確認

吹き付けコン～型枠まで(厚さ)の寸法の確認

② 型枠設置(幅)寸法の確認

〔備 考〕

記事

設 計 図 等

③ 型枠設置(基準高)の確認

④ 型枠設置(延長方向)の確認

④ 型枠設置(清掃状況)の確認

〔備 考〕

記事

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　11 月　14 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 鷲 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　コンクリート品質管理（１スパン目）

3．　検　査　場　所：　東立坑建屋内

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 11 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　塚原成樹　　JAEA 兼平英幸
検査結果　合格
その他

# コンクリート品質管理　測定結果表

組立台（１スパン目）

測定項目　　40-21-20N

測定日　　平成28年11月11日　　測定者　　南出　賢司　㊞

| 測　点 | 設計値 Ⓐ | 測定値 Ⓑ | 設計値との差 Ⓒ=Ⓑ-Ⓐ | 監督員記事 |
|---|---|---|---|---|
| SL(cm) | 21.0 | 20.0 | -1.0 | |
| Air(%) | 4.5 | 6.0 | 1.5 | |
| CT(℃) | — | 21.0 | — | |
| | | | | |
| 塩化物総量規制(kg/m3) | 0.3 | 0.04 | — | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

記事

〔基　　準〕スランプ21±2.5cm、Air4.5±1.5%
塩化物総量規制　0.3kg/m3以下

〔測定結果〕　　合格

注）　イ．この様式は主として出来形管理の取りまとめに使用するものとする。

ロ．監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合はその結果を（　）で記入する。

ハ．差の欄には測定値－設計値を記入すること。

検査状況写真

工事名
平成28年度 地層処分技術調査等
可逆性・回収可能性・技術高度化
「地下実証試験設備」整備
配合 40-21-20
スランプ 20.0 cm
空気量 6.0 %
温度 21.0 ℃
11月11日
立会 RWMC 塚原氏

工事名
平成28年度 地層処分技術調査等
可逆性・回収可能性・技術高度化
「地下実証試験設備」整備
配合 40-21-20
スランプ 20.0 cm
空気量 6.0 %
温度 21.0 ℃
11月11日
供試体採取 12本
立会 RWMC 塚原氏

〔備　　考〕

検査状況写真

工事名
平成28年度 地層処分技術調査等
可逆性・回収可能性・技術高度化
「地下実証試験設備の整備」
配合
40-21-20
スランプ
20.0 cm
空気量
6.0 %
温度
21.0 ℃
11月11日
塩化物測定
1.16 0.028
2.20 0.053
3.18 0.040
X = 0.04

〔備　　考〕

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　12 月　12 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 城 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　コンクリート圧縮強度試験（１スパン目）

3．　検　査　場　所：　藤コンクリート　豊富工場

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　12 月 9 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　白瀬　光泰

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　城まゆみ　JAEA 保安建設課 岡島尚司
検査結果　合格
その他

# コンクリート強度試験成績書

平成28年12月 9日

大成・大林・三井住友　特定建設工事共同企業体　殿

藤コンクリート株式会社
豊富工場
天塩郡豊富町字上サロベツ
TEL82-1388

| | |
|---|---|
| 工事名称 | 地下実証試験設備の整備工事 |
| 打込箇所 | 組立台コンクリート |

| 呼び方 | コンクリートの種類による記号 | 呼び強度 | スランプ cm | 粗骨材の最大寸法 mm | ｾﾒﾝﾄの種類による記号 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 普通 | 40 | 21 | 20 | N |

| | |
|---|---|
| 指定事項 | 呼び強度を保証する材齢28日　単位水量上限175kg/m³ Air=4.5%<br>塩化物含有量0.30kg/m³以下 |

| 採取月日 | 試験月日 | 材齢(日) | 番号 | ｽﾗﾝﾌﾟ(cm) | 空気量(%) | 温度(℃) | 質量(kg) | 最大荷重(kN) | 強度(N/mm²) | 平均強度(N/mm²) | 摘要 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11/11 | 12/ 9 | 28 | 1 | 20.0 | 6.0 | 21.0 | 3.781 | 536 | 68.2 | 70.3 | 標準養生 |
| | | | 2 | | | | 3.769 | 564 | 71.8 | | |
| | | | 3 | | | | 3.786 | 556 | 70.8 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

備　考　　供試体寸法　φ10×20

| 担当者 | 西川　彰 |
|---|---|

検査状況写真

工事名
地下実証試験
設備の準備工事
採取年月日
平成28年11月11日
試験年月日
平成28年12月9日
材令
No.1
No.2
No.3
単位
標準
KN
現場
N/㎟

〔備　　考〕

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　11 月　17 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 塚原 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　鉄筋検査（2 スパン目）

3．　検　査　場　所：　試験坑道 2

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 15 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　塚原成樹　JAEA 保安・建設課　兼平英幸
検査結果　合格
その他

# 鉄筋検査　測定結果表

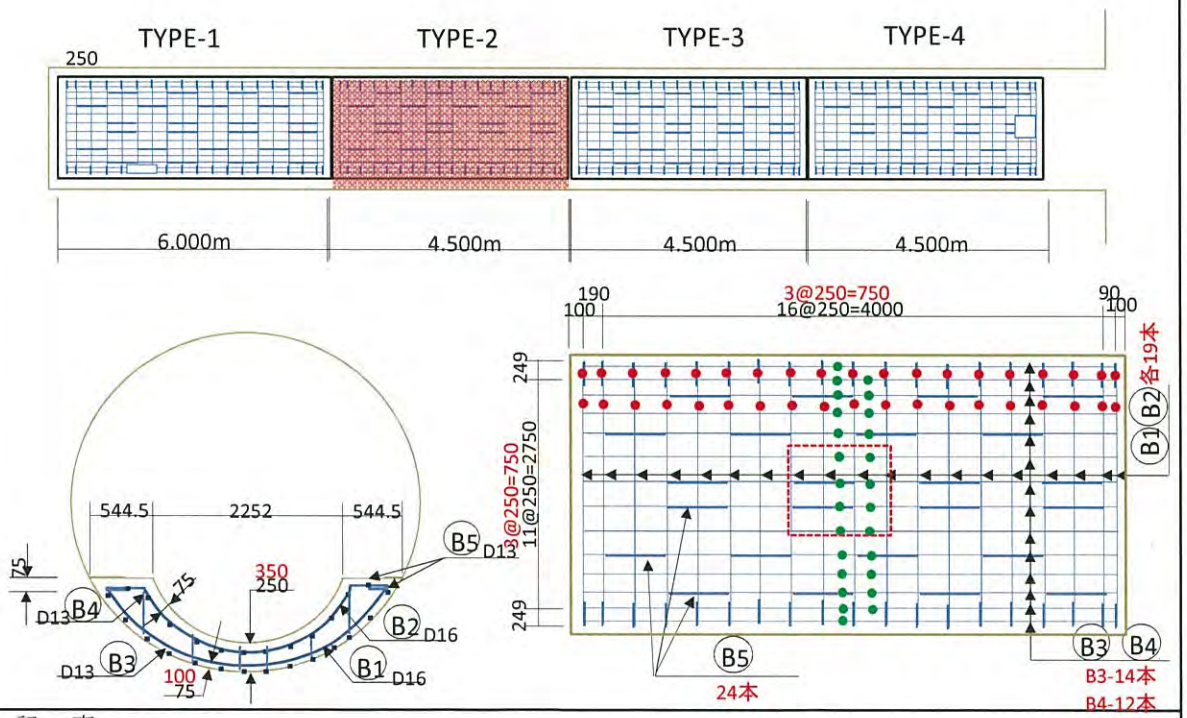
測 定 項 目　鉄筋出来形測定 (TYPE 2)　　測定者　南 出 賢 司 ㊞

検 査 日 時　2016/11/15 15:00～

立会監督員　RWMC 塚 原　氏

検 査 方 法　テープ・ロット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 鉄筋CL | B1-D16-黄 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| | B2-D16-赤 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| | B3-D13-緑 | 3@250=750 | 3@250=760 | +10 | 合 |
| | B4-D13-緑 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| 本数確認 | B1-D16-赤 | 19本 | 19本 | ±0 | 合 |
| | B2-D16-赤 | 19本 | 19本 | ±0 | 合 |
| | B3-D13-緑 | 14本 | 14本 | ±0 | 合 |
| | B4-D13-緑 | 12本 | 12本 | ±0 | 合 |
| 鉄筋径 | B1・B2 | D16 | D16 | ±0 | 合 |
| 鉄筋かぶり | 各 所 | 75mm | 75～80mm | ±0～+15mm | 合 |




記　事

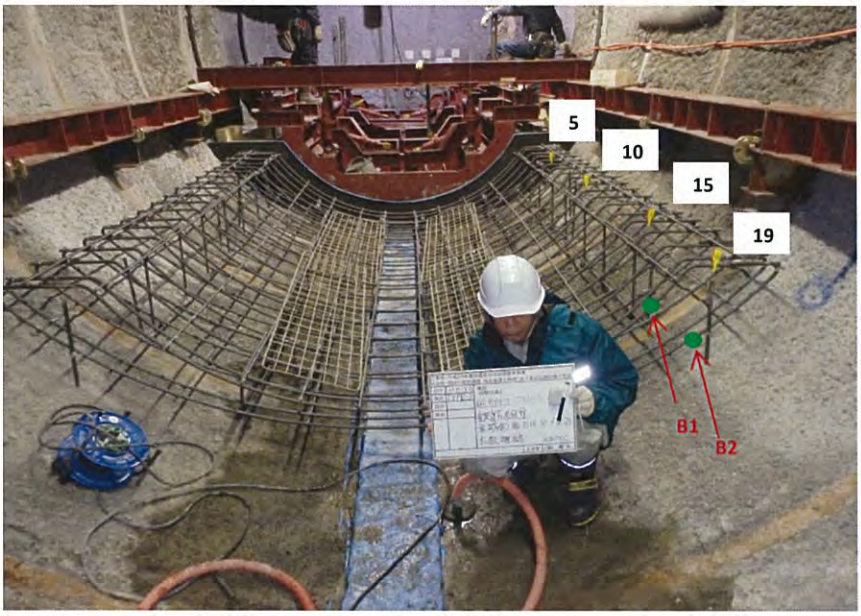
【基準値】 配筋ピッチ　(± φ)
本数　(設計以上)
かぶり　(± φかつ最小かぶり以内)

注) イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
その結果を ( ) で記入する。

設 計 図 等

① 鉄筋ピッチ確認

② 鉄筋本数確認




〔備 考〕

記事

設 計 図 等

## ③ 鉄筋かぶり寸法の確認

〔備 考〕

記事

設 計 図 等

⑥ 型枠から(点検口)の鉄筋かぶりの確認

〔備 考〕

記事

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　11 月 17 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 塚原 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　型枠検査（2 スパン目）

3．　検　査　場　所：　試験坑道 2

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 16 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　塚原成樹　JAEA 保安建設課 岡島尚司
検査結果　合格
その他

# 型枠検査　測定結果表

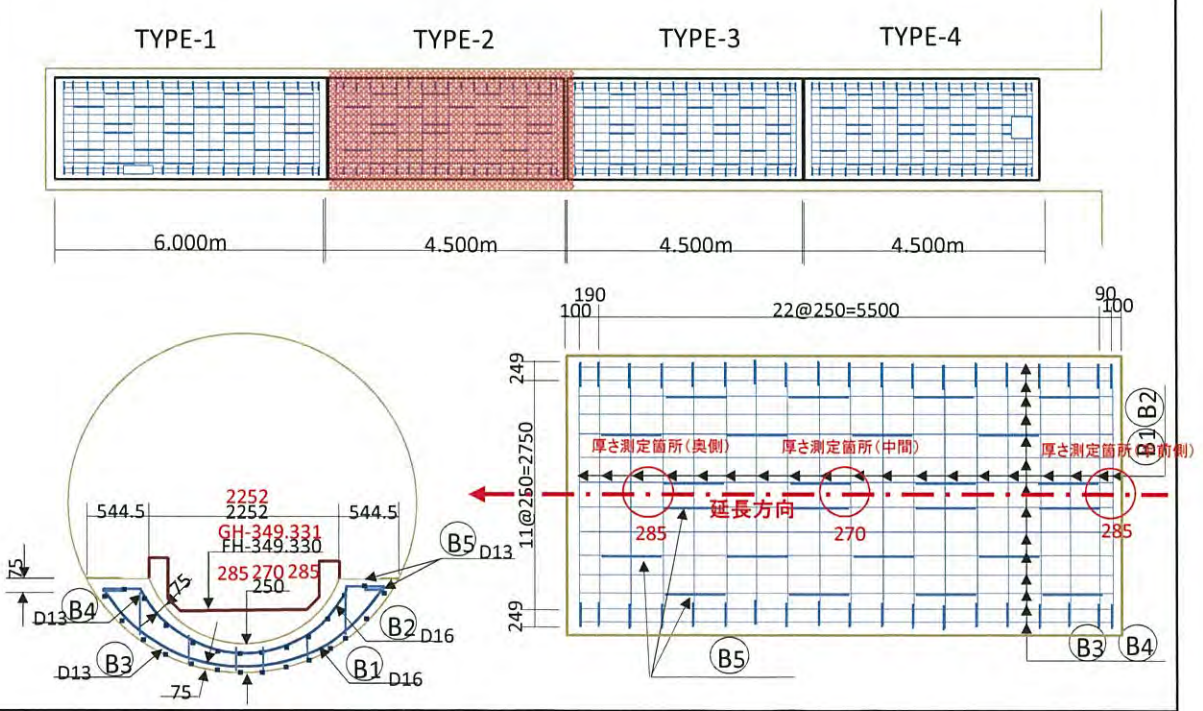
測定項目　型枠設置寸法確認（TYPE 2）　　測定者　南 出 賢 司 ㊞

検査日時　2016/11/16 15:00～

立会監督員 RWMC 塚 原　氏

検査方法　テープ・ロット・レベル・トランシット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 型枠奥側CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 285mm | +35mm | 合 |
| 型枠中間CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 270mm | +20mm | 合 |
| 型枠前側CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 285mm | +35mm | 合 |
| 型枠中間 | 型枠設置寸法(幅) | 2252m | 2252m | ±0 | 合 |
| 型枠天端(奥) | 型枠CL高さ | -349.330 | -349.330 | ±0 | 合 |
| 型枠天端(中) | 型枠CL高さ | -348.330 | -349.331 | -1 | 合 |
| 型枠天端(前) | 型枠CL高さ | -347.330 | -349.331 | -1 | 合 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |




記　事

【基準値】 厚さ　（設計値以上）
清掃状況　（異物混入がない事）

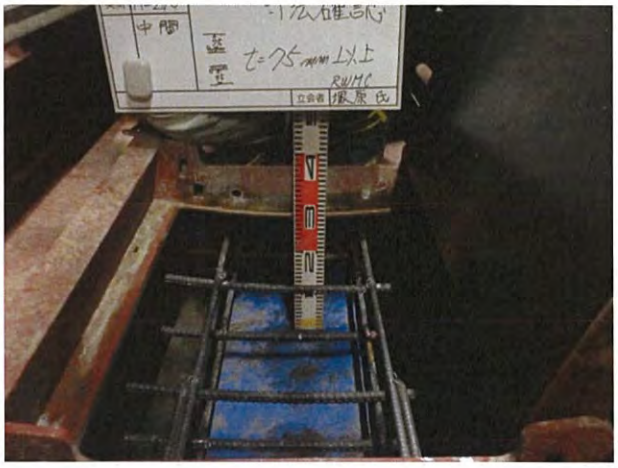
※型枠設置後の高さ確認及び延長方向の確認(追加)
基準高　（±24mm）
延長方向　（目視）

注）イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
その結果を（ ）で記入する。

設 計 図 等

① 暗渠排水材～型枠まで(厚さ)の寸法の確認(奥側)

② 暗渠排水材～型枠まで(厚さ)の寸法の確認(中間)

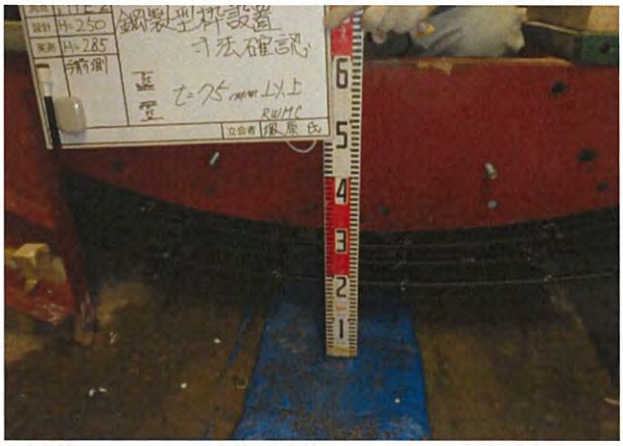



〔備 考〕

記事

設 計 図 等

③ 暗渠排水材～型枠まで(厚さ)の寸法の確認(手前側)




〔備 考〕

記事

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　11 月　21 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小森 | | 塚原 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　コンクリート品質管理（２スパン目）

3．　検　査　場　所：　東立坑建屋内

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 18 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　塚原成樹　JAEA 保安・建設課 兼平英幸
検査結果　合格
その他

# コンクリート品質管理　測定結果表

組立台（２スパン目）

測定項目　　40-21-20N

測定日　　平成28年11月18日　　測定者　　南出　賢司　㊞

| 測　点 | 設計値 Ⓐ | 測定値 Ⓑ | 設計値との差 Ⓒ=Ⓑ-Ⓐ | 監督員記事 |
|---|---|---|---|---|
| SL(cm) | 21.0 | 22.0 | 1.0 | |
| Air(%) | 4.5 | 4.7 | 0.2 | |
| CT(℃) | — | 14.0 | — | |
| | | | | |
| 塩化物総量規制 (kg/m3) | 0.3 | 0.03 | — | |

記事

〔基　　準〕スランプ21±2.5cm、Air4.5±1.5%
塩化物総量規制　0.3kg/m3以下

〔測定結果〕　　合格

注）　イ．この様式は主として出来形管理の取りまとめに使用するものとする。
ロ．監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合はその結果を（　）で記入する。
ハ．差の欄には測定値－設計値を記入すること。

検査状況写真

工事名
平成28年度 地層処分技術調査等
可逆性・回収可能性・技術高度化
「地下実証試験設備の整備」
配合 40-21-20
スランプ 22.0 cm
空気量 4.7 %
温度 14.0 ℃
11月18日
塩化物濃度
測定中
RWMC
鍋原氏

工事名
平成28年度 地層処分技術調査等
可逆性・回収可能性・技術高度化
「地下実証試験設備の整備」
配合 40-21-20
スランプ 22.0 cm
空気量 4.7 %
温度 14.0 ℃
11月18日
塩化物濃度
0.03 kg/m3
供試体9本
RWMC 遠原氏

〔備　　考〕

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　12 月　19 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 塚原 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　コンクリート圧縮強度試験（２スパン目）

3．　検　査　場　所：　藤コンクリート　豊富工場

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　12 月 16 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　福嶋　正四十

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　塚原成樹　JAEA保安・建設課 小野寺正典

検査結果　合格

その他

# コンクリート強度試験成績書

平成28年12月16日

大成・大林・三井住友　特定建設工事共同企業体　殿

藤コンクリート株式会社
豊富工場
天塩郡豊富町字上サロベツ
TEL82-1388

| | |
|---|---|
| 工事名称 | 地下実証試験設備の整備工事 |
| 打込箇所 | 組立台コンクリート |

| 呼び方 | コンクリートの種類による記号 | 呼び強度 | スランプ cm | 粗骨材の最大寸法 mm | ｾﾒﾝﾄの種類による記号 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 普通 | 40 | 21 | 20 | N |

| | |
|---|---|
| 指定事項 | 呼び強度を保証する材齢28日　単位水量上限175kg/m$^3$ Air=4.5%<br>塩化物含有量0.30kg/m$^3$以下 |

| 採取月日 | 試験月日 | 材齢(日) | 番号 | ｽﾗﾝﾌﾟ(cm) | 空気量(%) | 温度(℃) | 質量(kg) | 最大荷重(kN) | 強度(N/mm$^2$) | 平均強度(N/mm$^2$) | 摘要 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11/18 | 12/16 | 28 | 1 | 22.0 | 4.7 | 14.0 | 3.715 | 492 | 62.6 | 60.5 | 標準養生 |
| | | | 2 | | | | 3.707 | 462 | 58.8 | | |
| | | | 3 | | | | 3.707 | 472 | 60.1 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

備　考
高性能ＡＥ減水剤使用

供試体寸法　φ10×20

| 担当者 | 西川　彰 |
|---|---|

検査状況写真

〔備　　考〕

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　11 月　24 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | | | |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　鉄筋検査（3 スパン目）

3．　検　査　場　所：　試験坑道 2

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 22 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　塚原成樹　JAEA 保安建設課 岡島尚司
検査結果　合格
その他

# 組立台　測定結果表

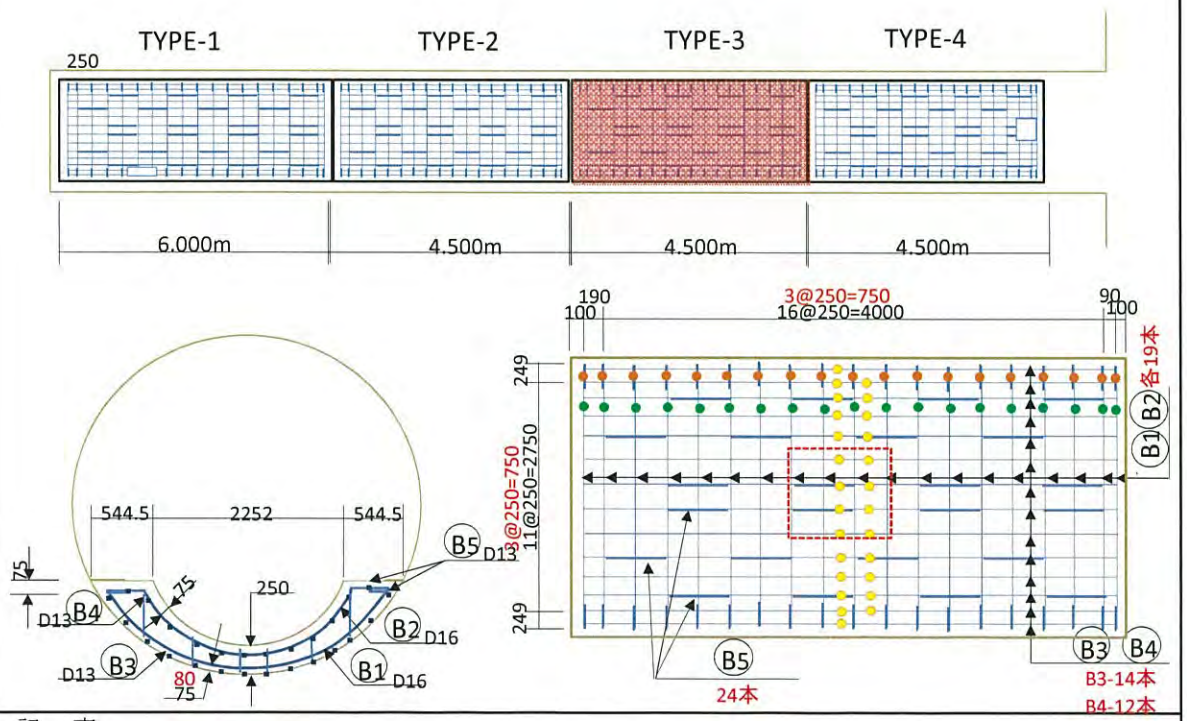
測定項目　鉄筋出来形測定　（TYPE　3）　　測定者　　南　出　賢　司　㊞

検査日時　2016/11/22　15:00～

立会監督員RWMC　塚　原　　氏

検査方法　テープ・ロット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　　計 | 実　　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 鉄筋CL | B1-D16-緑 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| | B2-D16-橙 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| | B3-D13-黄 | 3@250=750 | 3@250=760 | +10 | 合 |
| | B4-D13-黄 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| 本数確認 | B1-D16-緑 | 19本 | 19本 | ±0 | 合 |
| | B2-D16-橙 | 19本 | 19本 | ±0 | 合 |
| | B3-D13-緑 | 14本 | 14本 | ±0 | 合 |
| | B4-D13-緑 | 12本 | 12本 | ±0 | 合 |
| 鉄筋径 | B1・B2 | D16 | D16 | ±0 | 合 |
| 鉄筋かぶり | 吹付けコン～B1・B2 | 75mm以上 | 80mm | +5mm | 合 |



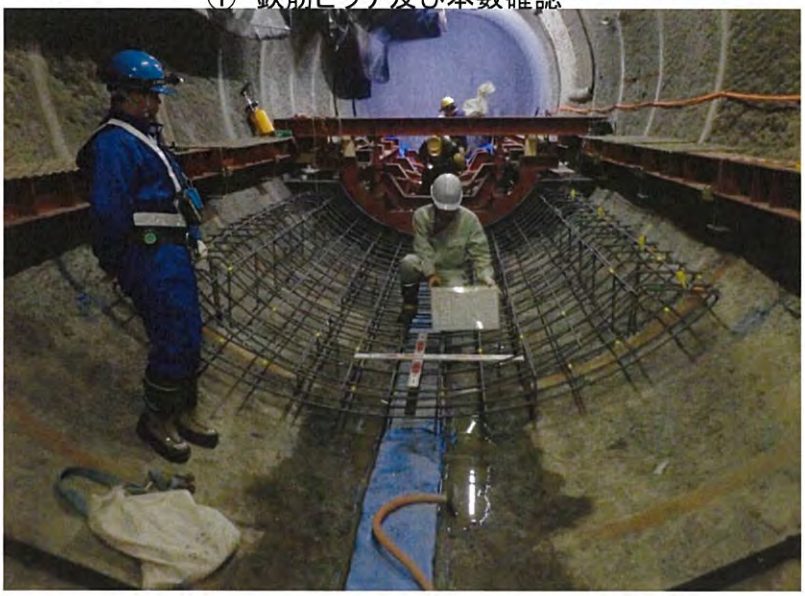

記　事

【基準値】　配筋ピッチ　（± φ）
　　本数　　（設計以上）
　　かぶり　　（± φかつ最小かぶり以内）

注）　イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
　　ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
　　その結果を（　）で記入する。

設 計 図 等

① 鉄筋ピッチ及び本数確認



② 鉄筋寸法確認 （3@250=750）

〔備 考〕

記事

設 計 図 等

③ 鉄筋かぶり確認

〔備 考〕

記事

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　11 月 24 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人 ㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | ㊞ | | ㊞ |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　型枠検査（3 スパン目）

3．　検　査　場　所：　試験坑道 2

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 23 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　塚原成樹
検査結果　合格
その他

# 型枠検査　測定結果表

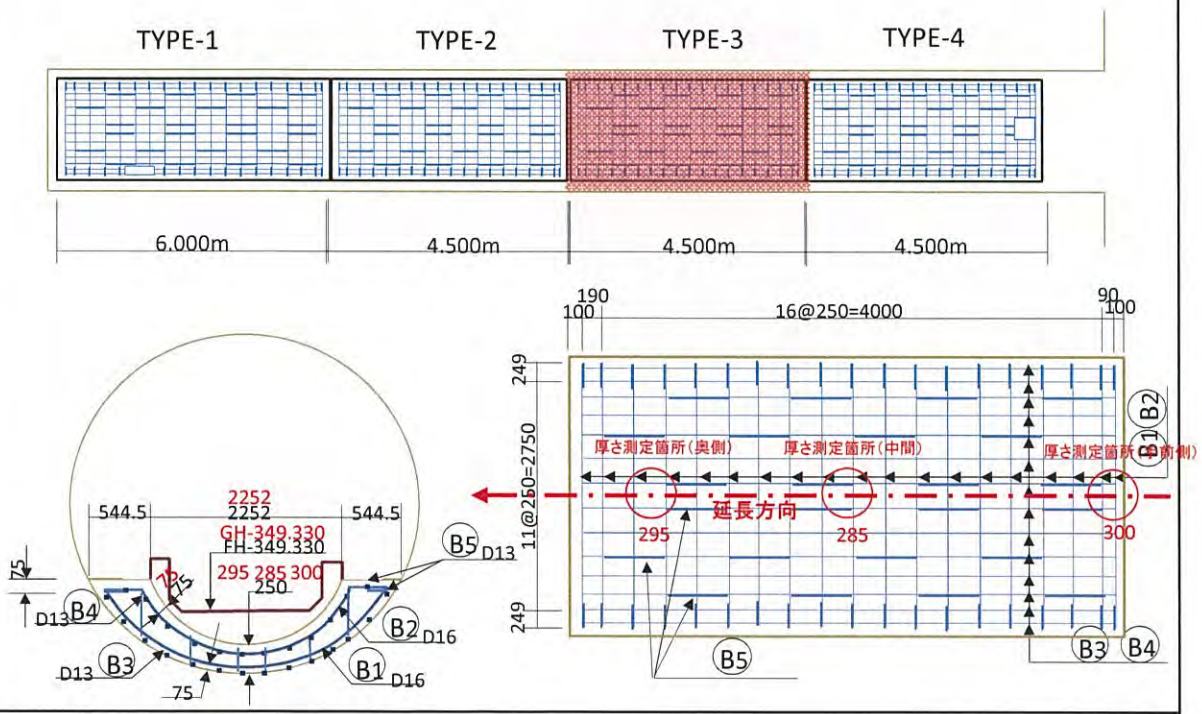
測定項目　型枠設置寸法確認（TYPE 3）　　測定者　南 出 賢 司 ㊞

検査日時　2016/11/23 15:00～

立会監督員 RWMC 塚 原　氏

検査方法　テープ・ロット・レベル・トランシット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 型枠奥側CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 290mm | +40mm | 合 |
| 型枠中間CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 285mm | +35mm | 合 |
| 型枠前側CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 300mm | +50mm | 合 |
| 型枠中間 | 型枠設置寸法(幅) | 2252m | 2252m | ±0 | 合 |
| 型枠天端(奥) | 型枠CL高さ | -349.330 | -349.330 | ±0 | 合 |
| 型枠天端(中) | 型枠CL高さ | -348.330 | -349.330 | ±0 | 合 |
| 型枠天端(前) | 型枠CL高さ | -347.330 | -349.330 | ±0 | 合 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |




記　事

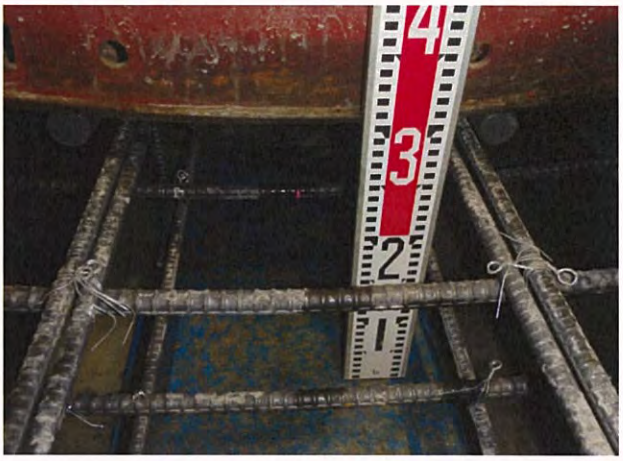
【基準値】　厚さ　（設計値以上）
清掃状況　（異物混入がない事）

※型枠設置後の高さ確認及び延長方向の確認(追加)
基準高　（±24mm）
延長方向　（目視）

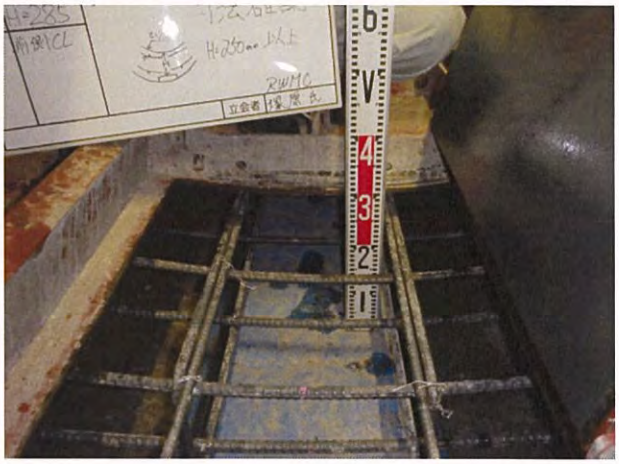
注）　イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
その結果を（　）で記入する。

設 計 図 等

① 暗渠排水材～型枠まで(厚さ)の寸法の確認(奥側)



② 暗渠排水材～型枠まで(厚さ)の寸法の確認(中間)



〔備 考〕

記事

設 計 図 等

③ 暗渠排水材～型枠まで(厚さ)の寸法の確認(手前側)

④ 主筋から鋼製型枠のカブリ寸法の確認(中間)

〔備 考〕

記事

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　11 月　28 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 岩谷 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　コンクリート品質管理（３スパン目）

3．　検　査　場　所：　東立坑建屋内

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 25 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　岩谷　隆文　JAEA 保安建設課　岡島　尚司

検査結果　合格

その他

# コンクリート品質管理　測定結果表

組立台（3スパン目）

測定項目　　40-21-20N

測定日　　平成28年11月25日　　測定者　　南出　賢司　㊞

| 測　点 | 設計値 Ⓐ | 測定値 Ⓑ | 設計値との差 Ⓒ=Ⓑ-Ⓐ | 監督員記事 |
|---|---|---|---|---|
| SL(cm) | 21.0 | 21.0 | 0.0 | |
| Air(%) | 4.5 | 5.3 | 0.8 | |
| CT(℃) | — | 13.0 | — | |
| | | | | |
| 塩化物総量規制 (kg/m3) | 0.3 | 0.03 | — | |

記事

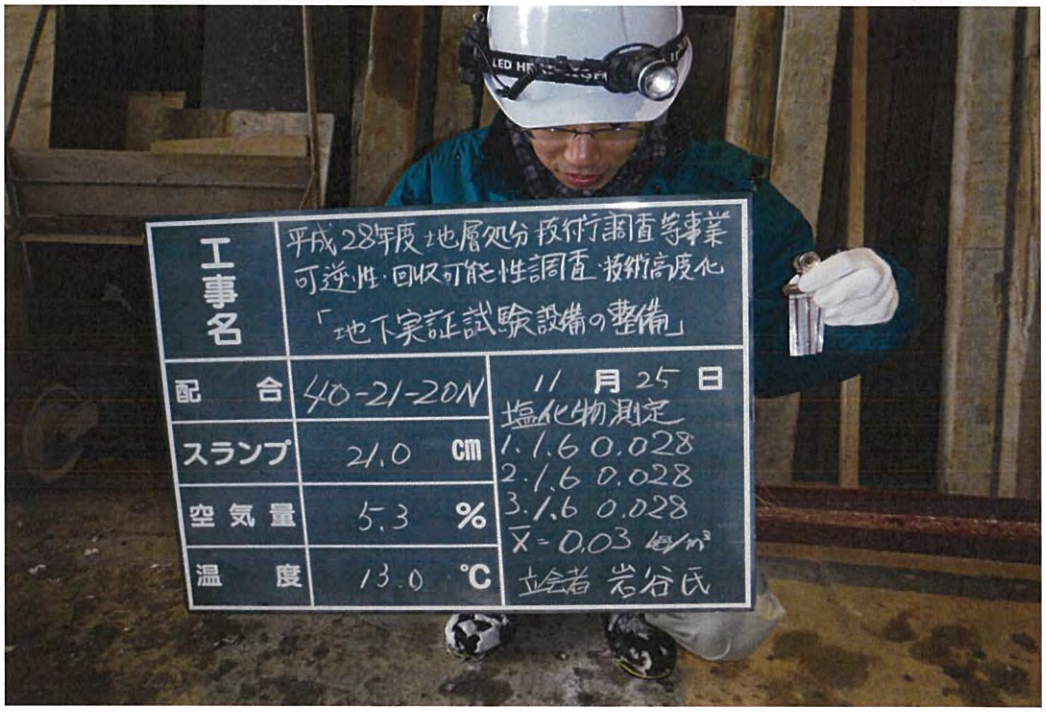
〔基　　準〕スランプ21±2.5cm、Air4.5±1.5%
塩化物総量規制　0.3kg/m3以下

〔測定結果〕　　合格

注）　イ．この様式は主として出来形管理の取りまとめに使用するものとする。
ロ．監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合はその結果を（　）で記入する。
ハ．差の欄には測定値－設計値を記入すること。

検査状況写真

工事名
平成28年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査技術高度化
「地下実証試験設備の整備」
配合 40-21-20N
スランプ 21.0 cm
空気量 5.3 %
温度 13.0 ℃
11月25日
塩化物量
現定中
RWMC岩谷氏


工事名
平成28年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査技術高度化
「地下実証試験設備の整備」
配合 40-21-20N
スランプ 21.0 cm
空気量 5.3 %
温度 13.0 ℃
11月25日
塩化物測定
1. 1.6 0.028
2. 1.6 0.028
3. 1.6 0.028
X = 0.03 kg/m³
立会者 岩谷氏

〔備　　考〕

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　12 月　26 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 塚原 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　コンクリート圧縮強度試験（3 スパン目）

3．　検　査　場　所：　藤コンクリート　豊富工場

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　12 月 23 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　福嶋　正四十

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名
（書類確認）　塚原成樹
検査結果
合格
その他

# コンクリート強度試験成績書

平成28年12月23日

大成・大林・三井住友　特定建設工事共同企業体　殿

藤コンクリート株式会社
豊富工場
天塩郡豊富町字上サロベツ
TEL82-1388

| | |
|---|---|
| 工事名称 | 地下実証試験設備の整備工事 |
| 打込箇所 | 組立台コンクリート　Type3（3スパン用） |

| 呼び方 | コンクリートの種類による記号 | 呼び強度 | スランプ cm | 粗骨材の最大寸法 mm | ｾﾒﾝﾄの種類による記号 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 普通 | 40 | 21 | 20 | N |

| | |
|---|---|
| 指定事項 | 呼び強度を保証する材齢28日　単位水量上限175kg/m³　Air=4.5%<br>塩化物含有量0.30kg/m³以下 |

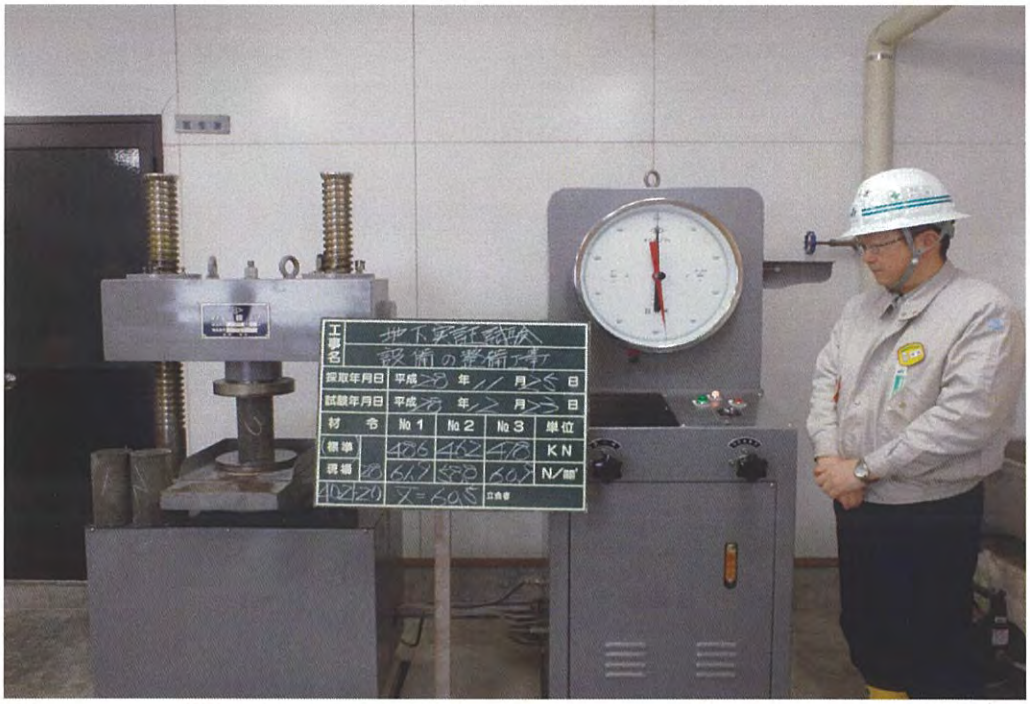
| 採取月日 | 試験月日 | 材齢(日) | 番号 | ｽﾗﾝﾌﾟ(cm) | 空気量(%) | 温度(℃) | 質量(kg) | 最大荷重(kN) | 強度(N/mm²) | 平均強度(N/mm²) | 摘要 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11/25 | 12/23 | 28 | 1 | 21.0 | 5.3 | 13.0 | 3.733 | 486 | 61.9 | 60.5 | 標準養生 |
| | | | 2 | | | | 3.711 | 462 | 58.8 | | |
| | | | 3 | | | | 3.702 | 478 | 60.9 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

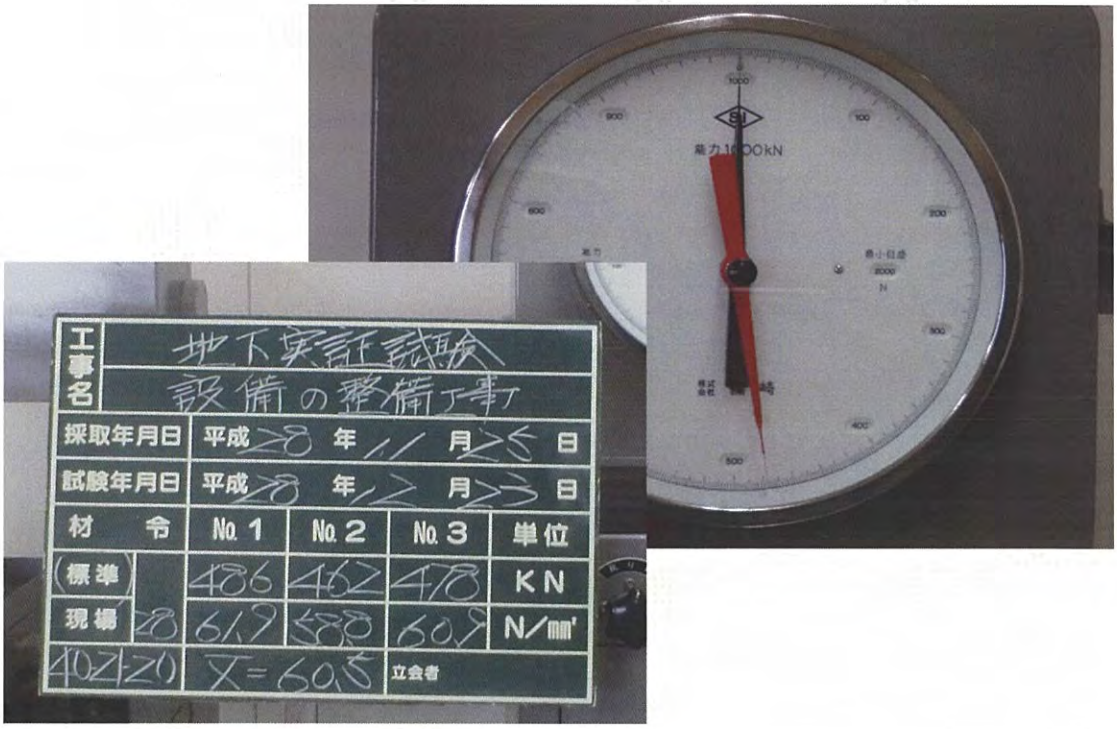
備　考
高性能ＡＥ減水剤使用

供試体寸法　φ10×20

| 担当者 | 西川　彰 |
|---|---|

検査状況写真


工事名
地下実証試験
設備の整備工事
採取年月日
試験年月日
材令
No.1
No.2
No.3
単位
標準
現場
KN
N/mm²
立会者


工事名
地下実証試験
設備の整備工事
採取年月日
試験年月日
材令
No.1
No.2
No.3
単位
標準
現場
KN
N/mm²
立会者

〔備　　考〕

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　11 月　30 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 岩谷 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　鉄筋検査（4 スパン目）

3．　検　査　場　所：　試験坑道 2

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 29 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　岩谷 隆文　　JAEA 保安・建設課 兼平 英幸
検査結果　合格
その他

# 組立台　測定結果表

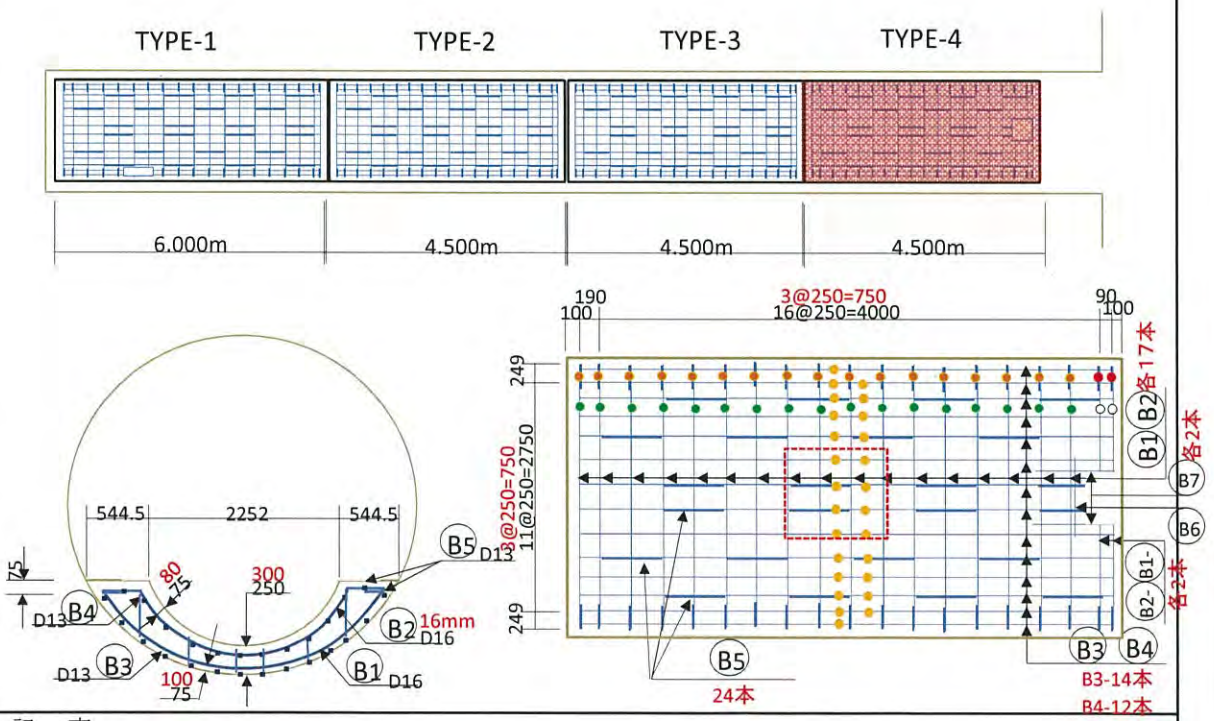
測定項目　鉄筋出来形測定　(TYPE　4)　　測定者　　南　出　賢　司　印

検査日時　2016/11/29　15:00～

立会監督員RWMC　岩　　谷　　氏

検査方法　テープ・ロット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　　計 | 実　　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 鉄筋CL | B1-D16-橙 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| | B2-D16-緑 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| | B3-D13-白 | 3@250=750 | 3@250=760 | +10 | 合 |
| | B4-D13-赤 | 3@250=750 | 3@250=750 | ±0 | 合 |
| 本数確認 | B1-D16-橙 | 17本 | 17本 | ±0 | 合 |
| | B2-D16-緑 | 17本 | 17本 | ±0 | 合 |
| | B3-D13-白 | 12本 | 12本 | ±0 | 合 |
| | B4-D13-赤 | 10本 | 10本 | ±0 | 合 |
| 鉄筋径 | B1・B2 | D16 | D16 | ±0 | 合 |
| 鉄筋かぶり | 吹付けコン～B1・B2 | 75mm以上 | 100mm | +25mm | 合 |




記　事

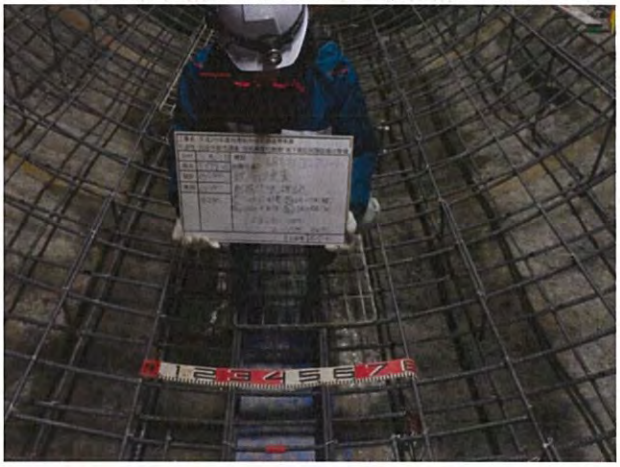
【基準値】　配筋ピッチ　　(± φ)
　　本数　　(設計以上)
　　かぶり　　(± φかつ最小かぶり以内)

注)　イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
　　ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
　　その結果を　(　)　で記入する。

設 計 図 等

① 鉄筋ピッチ及び本数確認

② 配筋寸法確認(B3,B4)@250



③ 配筋寸法確認(B1,B2)@250

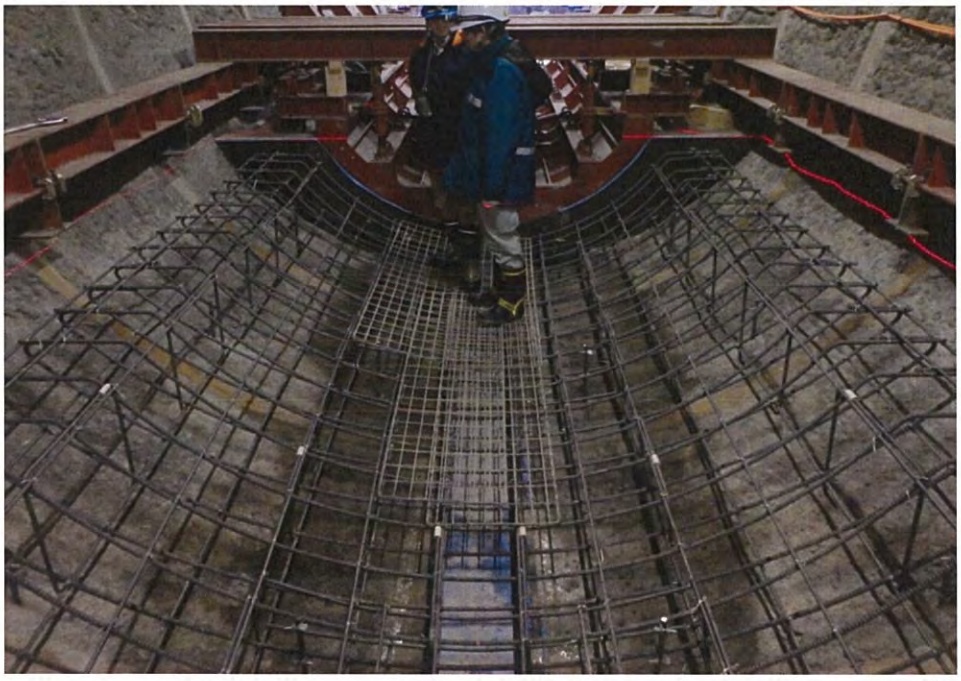
〔備 考〕

記事

設 計 図 等

④ かぶりの確認（H=300・t=100）

⑤ 結束状態及びかぶりの確認



〔備 考〕

記事

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　12 月　1 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 岩谷 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　型枠検査（4 スパン目）

3．　検　査　場　所：　試験坑道 2

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　11 月 30 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　岩谷　隆文　JAEA 保安建設課 岡島 尚司

検査結果　合格

その他

# 型枠検査　測定結果表

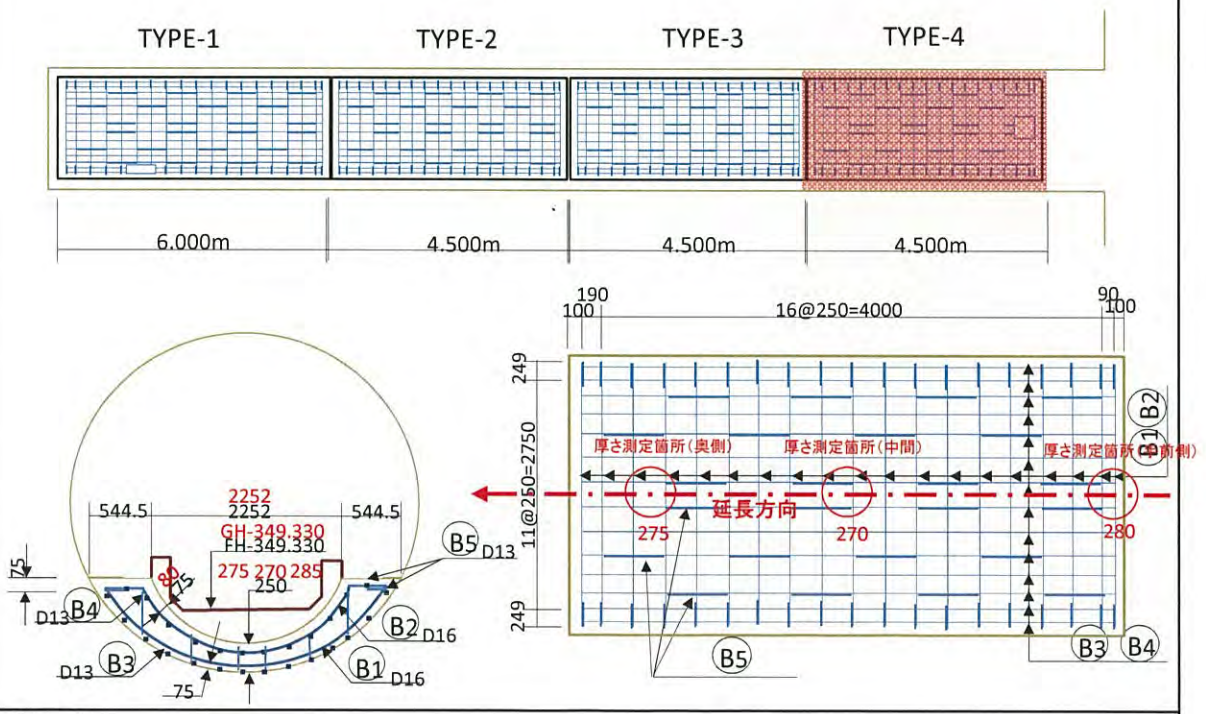
測定項目　型枠設置寸法確認（TYPE 4）　　測定者　南 出 賢 司 印

検査日時　2016/11/30 15:00～

立会監督員 RWMC 岩 谷　氏

検査方法　テープ・ロット・レベル・トランシット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 型枠奥側CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 275mm | +25mm | 合 |
| 型枠中間CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 270mm | +20mm | 合 |
| 型枠前側CL | 吹付けコン～型枠(厚さ) | 250mm以上 | 285mm | +35mm | 合 |
| 型枠中間 | 型枠設置寸法(幅) | 2252m | 2252m | ±0 | 合 |
| 型枠天端(奥) | 型枠CL高さ | -349.330 | -349.331 | -1 | 合 |
| 型枠天端(中) | 型枠CL高さ | -348.330 | -349.330 | ±0 | 合 |
| 型枠天端(前) | 型枠CL高さ | -347.330 | -349.330 | ±0 | 合 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |




記　事

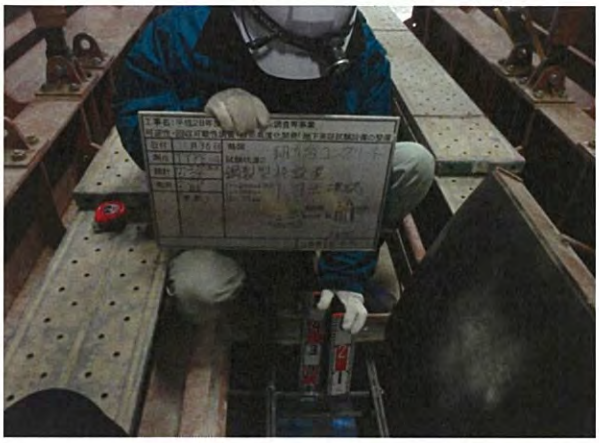
【基準値】　厚さ　（設計値以上）
清掃状況　（異物混入がない事）

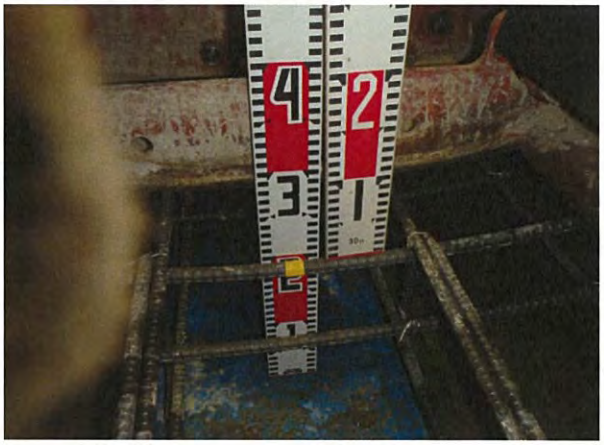
※型枠設置後の高さ確認及び延長方向の確認(追加)
基準高　（±24mm）
延長方向　（目視）

注）　イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
その結果を「( )」で記入する。

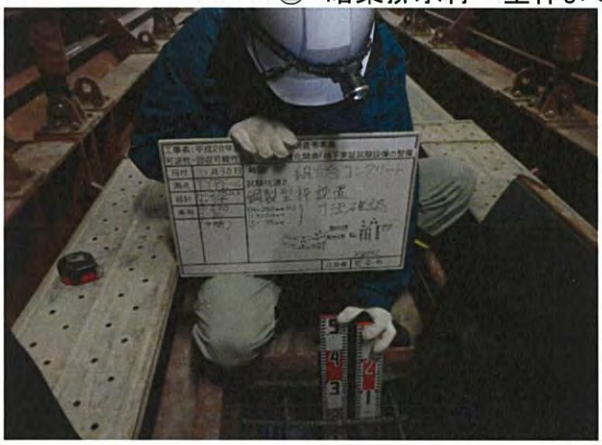
設 計 図 等

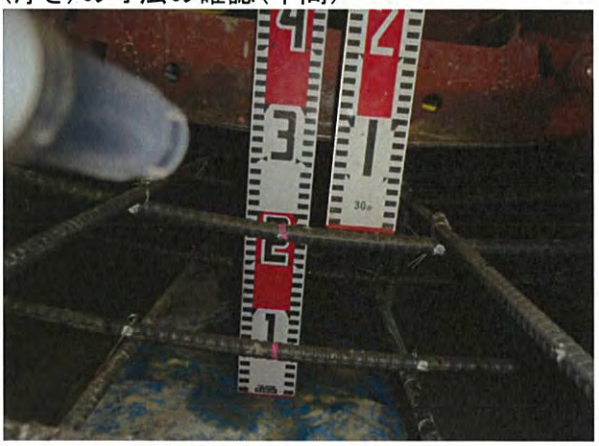
① 暗渠排水材～型枠まで(厚さ)の寸法の確認(奥側)





② 暗渠排水材～型枠まで(厚さ)の寸法の確認(中間)



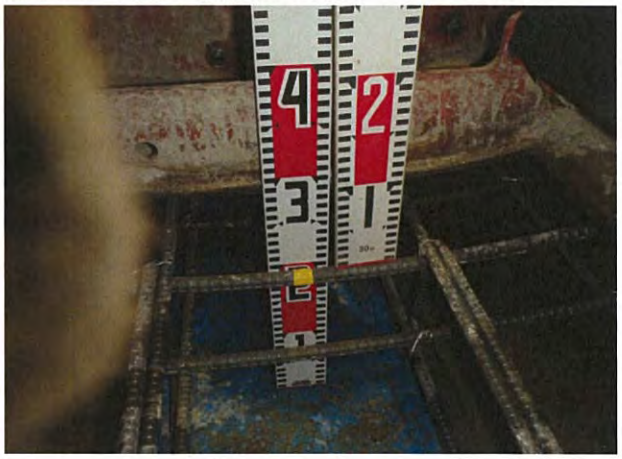


〔備 考〕

記事

設 計 図 等

③ 暗渠排水材～型枠まで(厚さ)の寸法の確認(手前側)




④ 型枠偏心確認・型枠高さ確認

〔備 考〕

記事

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　12 月　6 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | | | 城 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　コンクリート品質管理（４スパン目）

3．　検　査　場　所：　東立坑建屋内

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　12 月 5 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　城 まゆみ　JAEA 保安・建設課 兼平 英幸
検査結果　合格　中山真理子
その他

# コンクリート品質管理　測定結果表

組立台（4スパン目）

測定項目　40-21-20N

測定日　平成28年12月5日　　測定者　南出　賢司　㊞

| 測　点 | 設計値 Ⓐ | 測定値 Ⓑ | 設計値との差 Ⓒ=Ⓑ-Ⓐ | 監督員記事 |
|---|---|---|---|---|
| SL(cm) | 21.0 | 22.0 | 1.0 | |
| Air(%) | 4.5 | 4.8 | 0.3 | |
| CT(℃) | — | 12.0 | — | |
| | | | | |
| 塩化物総量規制(kg/m3) | 0.3 | 0.05 | — | |

記事

〔基　準〕スランプ21±2.5cm、Air4.5±1.5%
塩化物総量規制　0.3kg/m3以下

〔測定結果〕　合格

注）　イ．この様式は主として出来形管理の取りまとめに使用するものとする。
ロ．監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合はその結果を（　）で記入する。
ハ．差の欄には測定値－設計値を記入すること。

検査状況写真

工事名
平成28年度
地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査技術
高度化開発「地下実証試験設備の
配合
40-21-20(N)
12月5日
スランプ
22.0 cm
塩化物
測定中
空気量
4.8 %
温度
12.0 ℃
立会者
RWMC
中山氏

工事名
平成28年度
地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査技術
高度化開発「地下実証試験設備の
配合
40-21-20(N)
12月5日
スランプ
22.0 cm
塩分濃度
0.05 kg/m3
空気量
4.8 %
温度
12.0 ℃
立会者
RWMC
中山氏

〔備　　考〕

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28 年　12 月　27 日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | 小林 | | 塚原 |

工　事　名　　：平成 28 年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　コンクリート圧縮強度試験（4 スパン目）

3．　検　査　場　所：　藤コンクリート　豊富工場

4．　検　査　日　時：　平成　28 年　12 月 26 日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　福嶋　正四十

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名
(書類確認) 塚原成樹
検査結果
合格
その他

# コンクリート強度試験成績書

平成28年12月26日

大成・大林・三井住友　特定建設工事共同企業体　殿

藤コンクリート株式会社
豊富工場
天塩郡豊富町字上サロベツ
TEL82-1388

| | |
|---|---|
| 工事名称 | 地下実証試験設備の整備工事 |
| 打込箇所 | 組立台コンクリート　4スパン目 |

| 呼び方 | コンクリートの種類による記号 | 呼び強度 | スランプ cm | 粗骨材の最大寸法 mm | セメントの種類による記号 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 普通 | 40 | 21 | 20 | N |

| 指定事項 | |
|---|---|

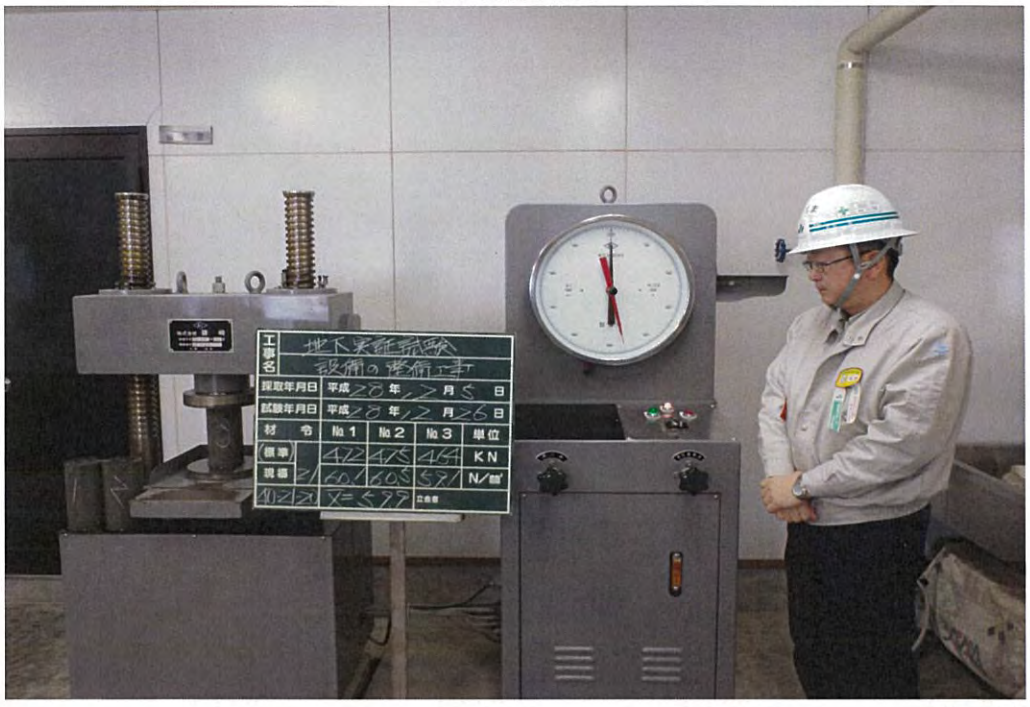
| 採取月日 | 試験月日 | 材齢(日) | 番号 | スランプ(cm) | 空気量(%) | 温度(℃) | 質量(kg) | 最大荷重(kN) | 強度(N/mm²) | 平均強度(N/mm²) | 摘要 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12/ 5 | 12/26 | 21 | 1 | 22.0 | 4.8 | 12.0 | 3.741 | 472 | 60.1 | 59.9 | 標準養生 |
| | | | 2 | | | | 3.729 | 475 | 60.5 | | |
| | | | 3 | | | | 3.738 | 464 | 59.1 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

備　考
高性能ＡＥ減水剤使用

供試体寸法　φ10×20

| 担当者 | 西川　彰 |
|---|---|

検査状況写真


工事名
地下実証試験
設備の整備工事
採取年月日
平成28年12月5日
試験年月日
平成28年12月26日
材令
No.1
No.2
No.3
単位
(標準)
422
475
464
KN
現場
2/
60.1
68.5
57.1
N/mm²
40-21-20
X=≦77
立会者

工事名
地下実証試験
設備の整備工事
採取年月日
平成28年12月5日
試験年月日
平成28年12月26日
材令
No.1
No.2
No.3
単位
(標準)
422
475
464
KN
現場
2/
60.1
68.5
57.1
N/mm²
40-21-20
X=≦77
立会者

〔備　　考〕

公益財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター殿

平成 28 年度　地層処分技術調査等事業

（可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発）のうち

（2／3）地下環境での搬送定置・回収技術の高度化開発

－実証試験－

「地下実証試験設備の整備」

# 竣工検査成績書

平成２９年３月

大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体

－ 目 次 －

1. 適用 ..... 1
2. 対象物 ..... 1
3. 関連図書 ..... 1
4. 竣工検査項目 ..... 1
5. 検査結果 ..... 1

添付資料-1　竣工検査成績書
添付資料-2　竣工図書一覧（参考）

1. 適用

本書は、『平成２８年度　地層処分技術調査等事業（可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発）』のうち（2/3）地下環境での搬送定置・回収技術の高度化開発－実証試験－「地下実証試験設備の整備」業務の竣工に伴い、対象物の外観及び施工段階における出来形に関する検査成績を取りまとめたものである。

2. 対象物

(1) 組立台
(2) 台座
(3) 作業台

3. 関連図書

関連図書を表 1 に示す。

表 1　関連図書

| 図書名称 | 備考 |
|---|---|
| 設計図 | （公財）原環センター殿より貸与 |
| 仕様書 | |
| 竣工検査要領書 | |
| 国土交通省土木工事共通仕様書（平成 27 年版） | 設計図及び仕様書に記載のない場合に準用 |
| 国土交通省公共建築工事標準仕様書（平成 28 年版） | 設計図及び仕様書に記載のない場合に準用 |

4. 竣工検査項目

検査項目を表 2 に示す。

表 2　検査項目

| 検査項目 | 内容 |
|---|---|
| 外観検査 | 検査記録（様式-1）参照 |
| 組立台出来形検査 | 書類確認（様式-2）参照 |
| 台座出来形検査 | 書類確認（様式-3）参照 |
| 作業台出来形検査 | 書類確認（様式-4）参照 |

5. 竣工検査結果

上記の検査成績書を添付資料-1 に示す。

# 竣工検査成績書

・竣工検査成績書
・各種検査記録
　様式-1　　外観検査
　様式-2　　組立台出来形検査
　様式-3　　台座出来形検査
　様式-4　　作業台出来形検査

# 竣工検査成績書

| | | | |
|---|---|---|---|
| 顧　客 | （公財）原子力環境整備促進・資金管理センター　殿 | 検査年月日 | 平成29年 3 月16 日 |
| | | （公財）原環センター　殿 | 朝野英一 |
| 工事名称 | 地下実証試験設備の整備 | 検査年月日 | 平成29年 3月16日 |
| | | 大成・大林・三井住友<br>特定建設工事共同企業体 | 萩原健司 |
| 名　称 | 竣工検査 | | |
| 検査場所 | 幌延 URL 試験坑道２ | | |

| 検査項目 | 検査結果 |
|---|---|
| 外観検査 | (合)・不 |
| 組立台出来形検査 | (合)・不 |
| 台座出来形検査 | (合)・不 |
| 作業台出来形検査 | (合)・不 |

注記）各検査項目に対する記録は次項以降の様式-1、添付資料-1 を参照

総合判定：合格

# 外観検査

検査項目：　対象物の外観

検査日時：　平成 29 年 3 月 16 日

監理員：　上家[illegible]　橋本和幸

施工担当者：　日瀬[illegible]　南出賢司

検査方法：スケール及び目視による

| 検査箇所 | 検査要領 | 判定基準 | 検査結果 | 判定 |
|---|---|---|---|---|
| ① 組立台 | 組立台が実証試験の対象として維持*1 されていることを目視により確認する | 組立台が実証試験の対象として維持*1 されていること | 実証試験の対象として維持されている。 | 合・不 |
| ②台座 | 台座ブロックに欠損が無いことを目視により確認する | 台座ブロックに欠損が無いこと | 欠損無し。 | 合・不 |
| ③作業台 | 作業台の床面や手摺にガタツキが無いことを目視等により確認する | 作業台の床面、手摺にガタツキが無いこと | ガタツキ無し。 | 合・不 |
| ④その他<br>1）排水 | 湧水等の集水や排水機能が確保されていることを目視により確認する | 湧水等の集水や排水機能が確保されていること | 機能が確保されている。 | 合・不 |
| 2）通路 | 周回坑道⇔作業台⇔台座⇔組立台上部への通路が確保されていることを目視により確認する。 | 適切な通路が確保されていること | 通路が確保されている。 | 合・不 |

記事

＊1「維持されている」とは、組立台が鉄筋コンクリート構造物として、適切な管理がなされている状態であること

# 組立台出来形検査

様式-2

## ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28年　12月　15日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | | | |

工　事　名　　：平成28年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　組立台

2．　検　査　項　目：　コンクリート出来形確認

3．　検　査　場　所：　試験坑道2

4．　検　査　日　時：　平成　28年　12月14日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　瑞原成樹　保安・建設課　兼平英章
検査結果　合格
その他

# 組立台　測定結果表

測定項目 コンクリート出来形測定　　測定者　南 出 賢 司

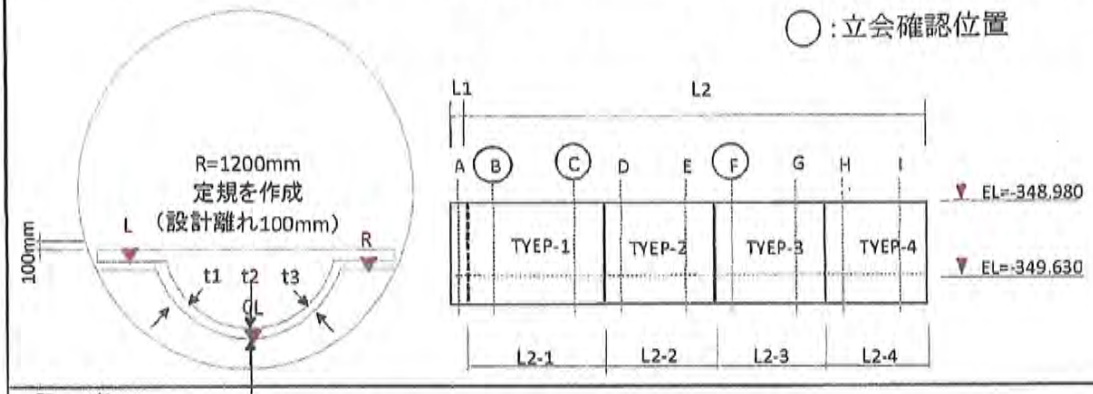
検査日時　12月14日

立会監督員RWMC　塚原　氏

検査方法　テープ・ロット・レベル・トランシット・目視による

| 位　置 | 測定項目 | 設　　計 | 実　　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| A断面 | R | -348.980 | -348.964 | -0.016 | 合 |
| | CL | -349.630 | -349.628 | -0.002 | 合 |
| | L | -348.980 | -348.977 | -0.003 | 合 |
| B断面 | R | -348.980 | -348.984 | 0.004 | 合 |
| | CL | -349.630 | -349.632 | 0.002 | 合 |
| | L | -348.980 | -348.979 | -0.001 | 合 |
| C断面 | R | -348.980 | -348.980 | 0 | 合 |
| | CL | -349.630 | -349.633 | 0.003 | 合 |
| | L | -348.980 | -348.975 | -0.005 | 合 |
| D断面 | R | -348.980 | -348.978 | -0.002 | 合 |
| | CL | -349.630 | -349.629 | -0.001 | 合 |
| | L | -348.980 | -348.972 | -0.008 | 合 |
| E断面 | R | -348.980 | -348.963 | -0.017 | 合 |
| | CL | -349.630 | -349.628 | -0.002 | 合 |
| | L | -348.980 | -348.968 | -0.012 | 合 |
| F断面 | R | -348.980 | -348.980 | 0 | 合 |
| | CL | -349.630 | -349.628 | -0.002 | 合 |
| | L | -348.980 | -348.977 | -0.003 | 合 |
| G断面 | R | -348.980 | -348.979 | -0.001 | 合 |
| | CL | -349.630 | -349.628 | -0.002 | 合 |
| | L | -348.980 | -348.981 | 0.001 | 合 |
| H断面 | R | -348.980 | -348.980 | 0 | 合 |
| | CL | -349.630 | -349.629 | -0.001 | 合 |
| | L | -348.980 | -348.977 | -0.003 | 合 |
| I断面 | R | -348.980 | -348.978 | -0.002 | 合 |
| | CL | -349.630 | -349.630 | 0 | 合 |
| | L | -348.980 | -348.984 | 0.004 | 合 |

◯：立会確認位置




記　事

【基準値】 延長　（-50mm以上）　段差　（1mm以内）

基準高　（±30mm）

厚さ　（設計値以上

# 組立台　測定結果表

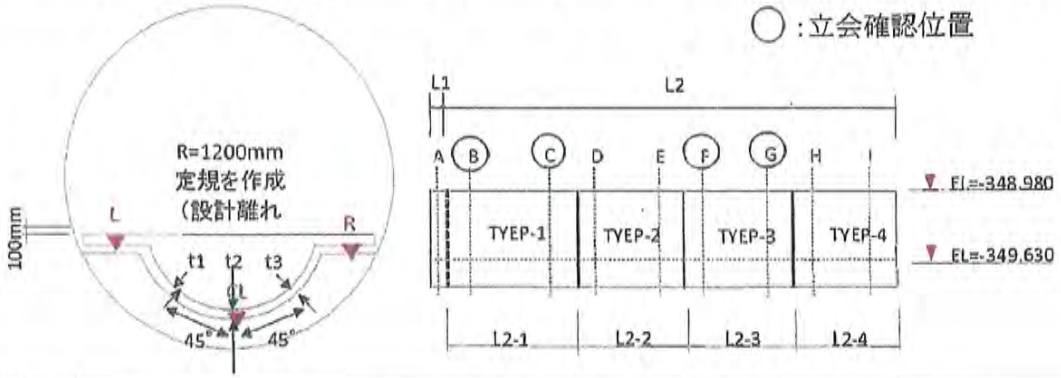
測定項目　コンクリート出来形測定　　測定者　南 出 賢 司

検査日時　12月14日

立会監督員RWMC　塚原　氏

検査方法　テープ・ロット・レベル・トランシット・目視による

| 位　置 | 測定項目 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| A断面 | t-1 | 100 | 98 | 2 | 合 |
| | t-2 | 100 | 98 | 2 | 合 |
| | t-3 | 100 | 98 | 2 | 合 |
| B断面 | t-1 | 100 | 100 | 0 | 合 |
| | t-2 | 100 | 100 | 0 | 合 |
| | t-3 | 100 | 100 | 0 | 合 |
| C断面 | t-1 | 100 | 103 | -3 | 合 |
| | t-2 | 100 | 104 | -4 | 合 |
| | t-3 | 100 | 105 | -5 | 合 |
| D断面 | t-1 | 100 | 100 | 0 | 合 |
| | t-2 | 100 | 99 | 1 | 合 |
| | t-3 | 100 | 100 | 0 | 合 |
| E断面 | t-1 | 100 | 100 | 0 | 合 |
| | t-2 | 100 | 98 | 2 | 合 |
| | t-3 | 100 | 99 | 1 | 合 |
| F断面 | t-1 | 100 | 98 | 2 | 合 |
| | t-2 | 100 | 97 | 3 | 合 |
| | t-3 | 100 | 98 | 2 | 合 |
| G断面 | t-1 | 100 | 99 | 1 | 合 |
| | t-2 | 100 | 99 | 1 | 合 |
| | t-3 | 100 | 101 | -1 | 合 |
| H断面 | t-1 | 100 | 101 | -1 | 合 |
| | t-2 | 100 | 99 | 1 | 合 |
| | t-3 | 100 | 101 | -1 | 合 |
| I断面 | t-1 | 100 | 101 | -1 | 合 |
| | t-2 | 100 | 100 | 0 | 合 |
| | t-3 | 100 | 101 | -1 | 合 |




記　事

【基準値】　延長　（-50mm以上）　段差　（1mm以内）

基準高　（±30mm）

厚さ　（設計値以上

# 組立台 測定結果表

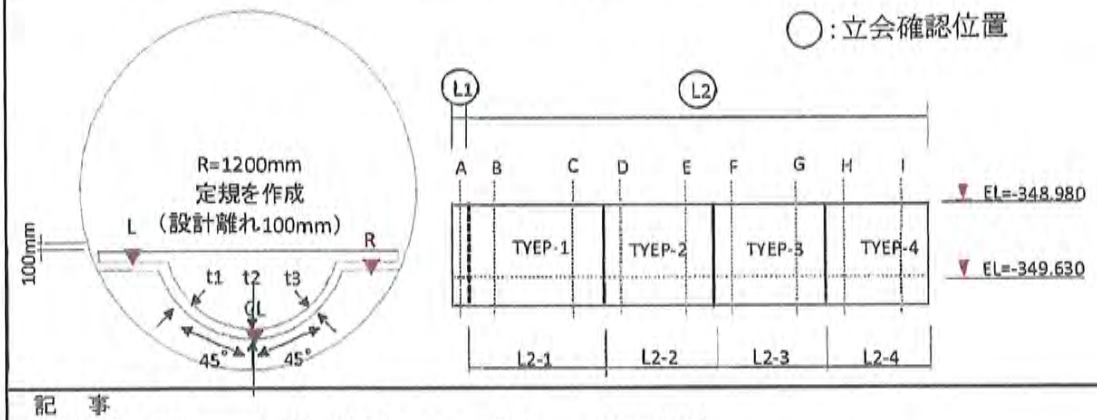
測定項目 コンクリート出来形測定　　測定者　南 出 賢 司

検査日時　12月14日

立会監督員RWMC　塚原　氏

検査方法　テープ・ロット・レベル・トランシット・目視による

| 位 置 | 測定項目 | 設 計 | 実 測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| L1 | 延長 | 0.32 | 0.32 | 0 | 合 |
| L2 | 延長 | 19.50 | 19.51 | 0.01 | 合 |
| 組立台 | 段差確認<br>（目視、触診） | 1mm以内 | 1mm以内 | — | 合 |




記 事

【基準値】 延長 （-50mm以上） 段差 （1mm以内）

基準高 （±30mm）

厚さ （設計値以上

## 設 計 図 等

① 断面形状確認

② 断面形状確認(塚原氏追加立会 ： Type3+1.5m)

設計t-1=100 t-2=100 t-3=100

実測t-1=99 t-2=99 t-3=101

〔備 考〕

記事

設 計 図 等

③ 延長の確認

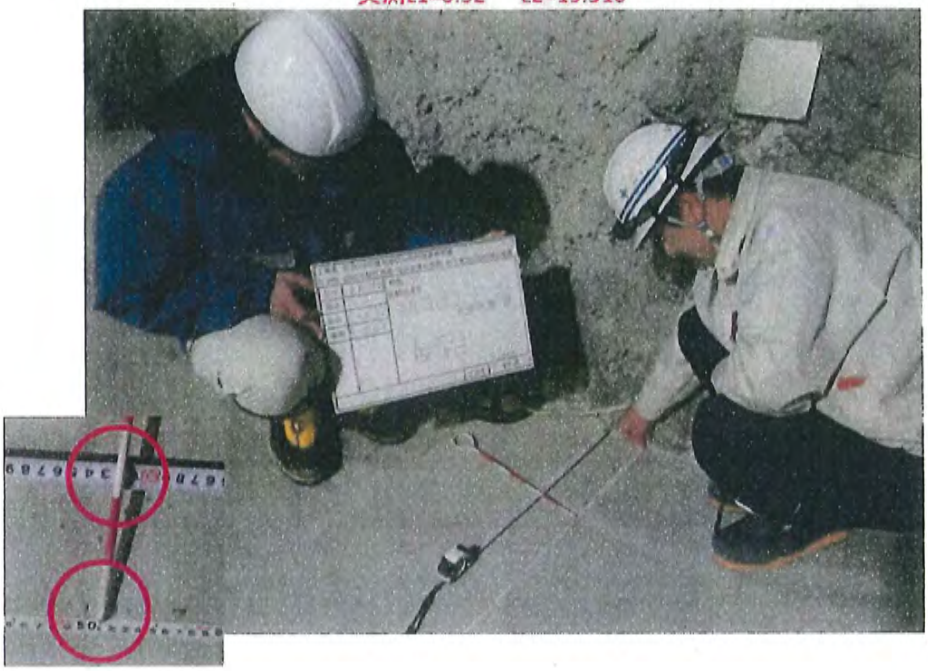
設計L1=0.320　L2=19.500

実測L1=0.32　　L2=19.510

③ 延長の確認

設計L1=0.320　L2=19.500

実測L1=0.32　　L2=19.510



〔備 考〕

記事

設 計 図 等

④ 目視による段差の確認

〔備 考〕

記事

# コンクリート出来形検査　測定結果表

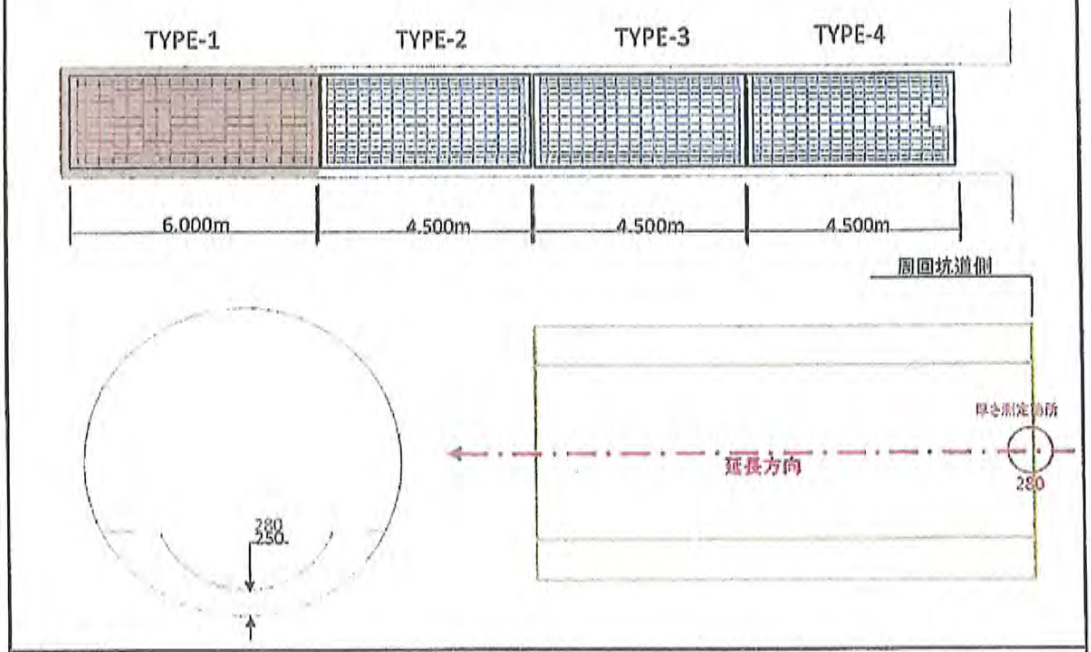
測定項目　組立台コンクリート出来形確認（TYPE 1）　　測定者　南出賢司 ㊞

検査日時　2016/11/14 15:00～

立会監督員 RWMC 塚原　氏

検査方法　ロット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 周回坑道側 | コンクリート厚さ | 250mm以上 | 280mm | +30mm | 合 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |




記　事

【基準値】 厚さ　　(設計値以上)　　※型枠設置後の高さ確認及び延長方向の確認(追加)

注）イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
その結果を（ ）で記入する。

設 計 図 等

コンクリート出来形（厚さ）寸法の確認
設計t=250mm 実測t=280mm

コンクリート出来形（厚さ）寸法の確認

〔備 考〕

記事

# コンクリート出来形検査　測定結果表

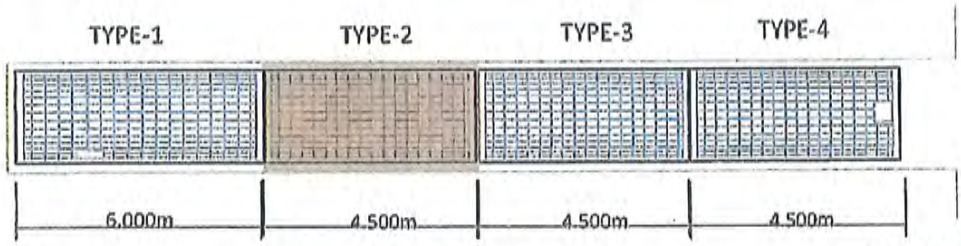
測定項目　組立台コンクリート出来形確認（TYPE 2）　　測定者　南 出 賢 司 ㊞

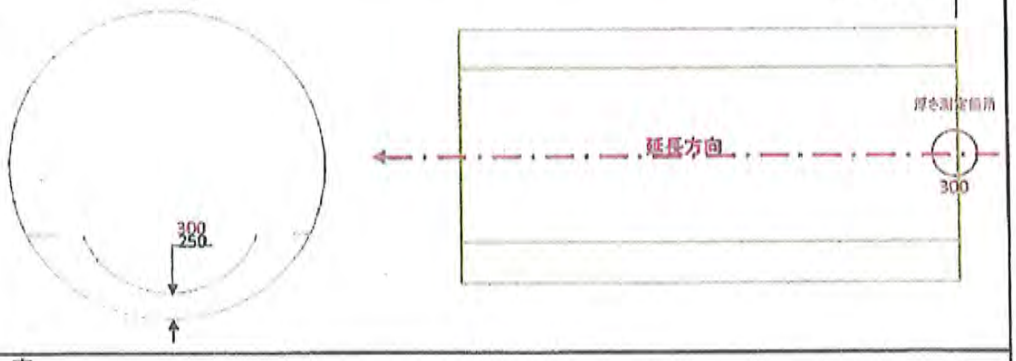
検査日時　2016/11/21 11:00～

立会監督員 RWMC 塚 原　氏

検査方法　ロット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 周回坑道側 | コンクリート厚さ | 250mm以上 | 300mm | +50mm | 合 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



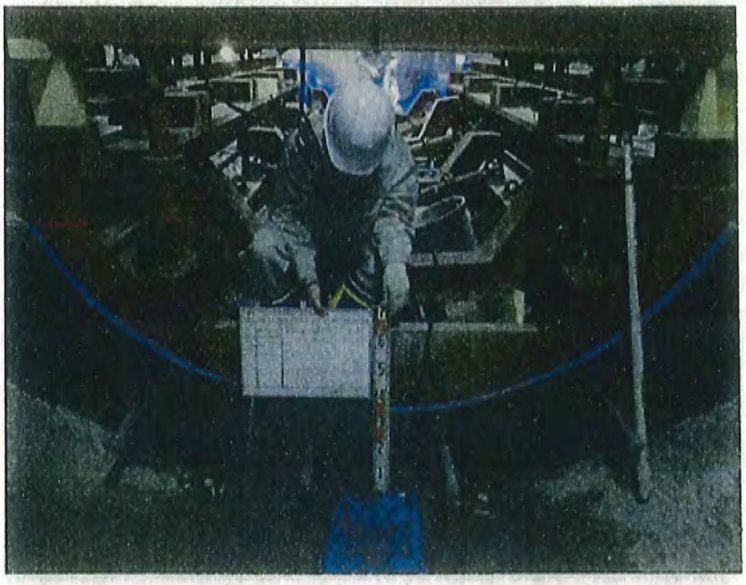

記　事

【基準値】 厚さ　　（設計値以上）　　※型枠設置後の高さ確認及び延長方向の確認（追加）

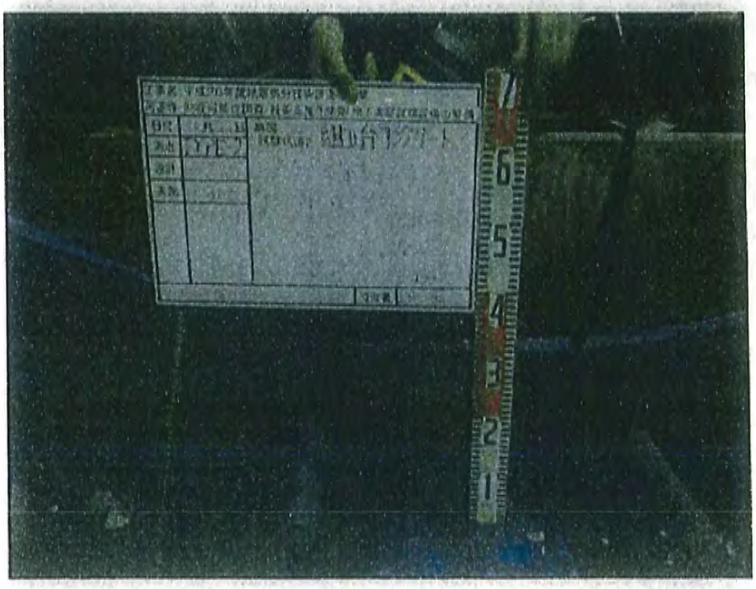
注）イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
その結果を（ ）で記入する。

設 計 図 等

コンクリート出来形（厚さ）寸法の確認
設計t=250mm 実測t=300mm



コンクリート出来形（厚さ）寸法の確認



〔備 考〕

記事

# コンクリート出来形検査　測定結果表

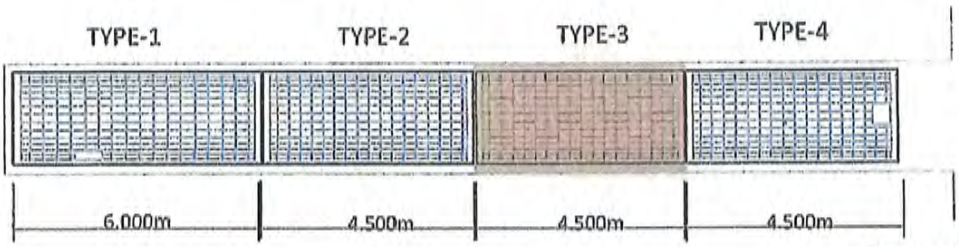
測定項目　組立台コンクリート出来形確認（TYPE 3）　　測定者　南 出 賢 司 ㊞

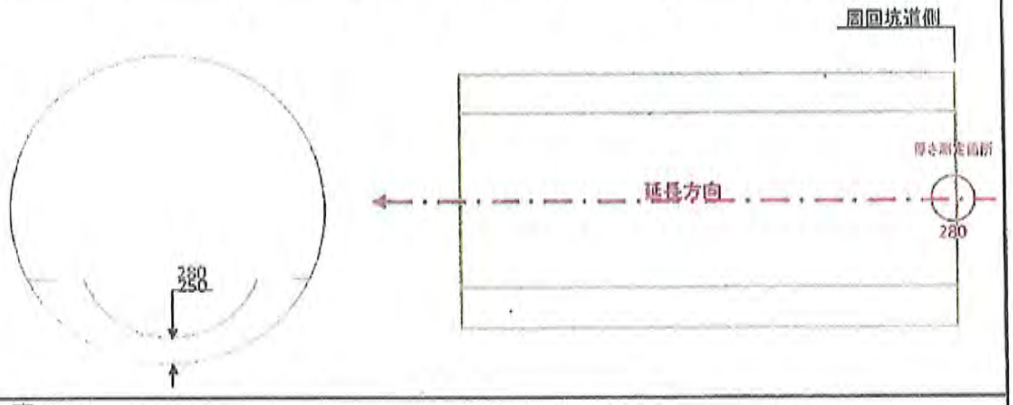
検査日時　2016/11/27 15:00～

立会監督員 RWMC 岩 谷　氏

検査方法　ロット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 周回坑道側 | コンクリート厚さ | 250mm以上 | 280mm | +30mm | 合 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |




記　事

【基準値】 厚さ　　（設計値以上）　　※型枠設置後の高さ確認及び延長方向の確認（追加）

注）イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
その結果を（ ）で記入する。

設 計 図 等

コンクリート出来形（厚さ）寸法の確認
設計t=250mm 実測t=280mm

コンクリート出来形（厚さ）寸法の確認

〔備 考〕

記事

# コンクリート出来形検査　測定結果表

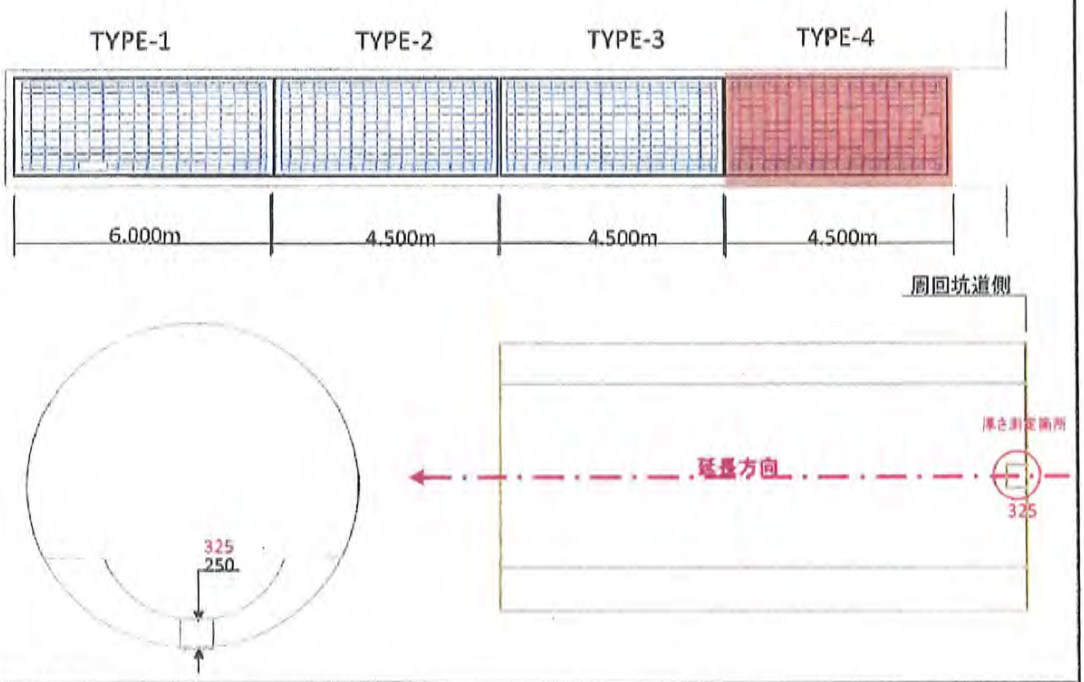
測定項目　組立台コンクリート出来形確認（TYPE 4）　　測定者　南 出 賢 司 ㊞

検査日時　2016/12/15 15:00～

立会監督員 RWMC 塚 原　氏

検査方法　ロット・目視による

| 検査箇所 | 検査対象 | 設　計 | 実　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| 周回坑道側 | コンクリート厚さ | 250mm以上 | 325mm | +75mm | 合 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



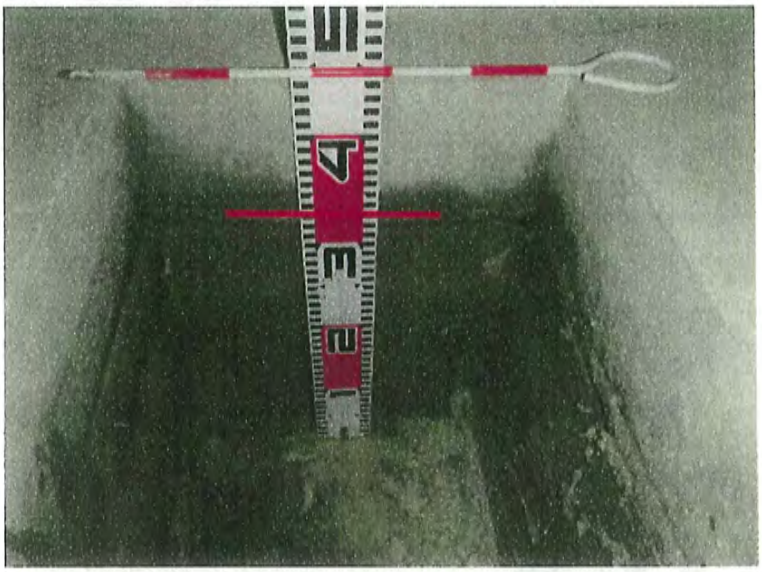

記　事

【基準値】 厚さ　（設計値以上）　※型枠設置後の高さ確認及び延長方向の確認（追加）

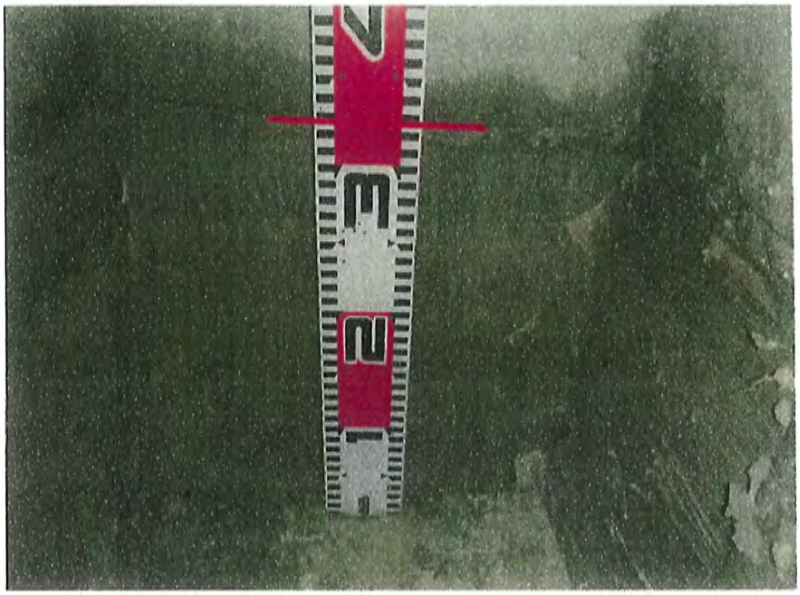
注）イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合は
その結果を（ ）で記入する。

設 計 図 等

コンクリート出来形（厚さ）寸法の確認
設計t=250mm 実測t=325mm



コンクリート出来形（厚さ）寸法の確認



〔備 考〕

記事

台座出来形検査

様式-3

# ~~試験~~ ・ 検 査 報 告 書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　28年　12月21日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | | | |

工　事　名　　：平成28年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　台座

2．　検　査　項　目：　台座ブロック

3．　検　査　場　所：　試験坑道2

4．　検　査　日　時：　平成　28年　12月20日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名　塚原成樹，保安建設課　岡島尚司
検査結果　合格
その他

# 台座ブロック　測定結果表

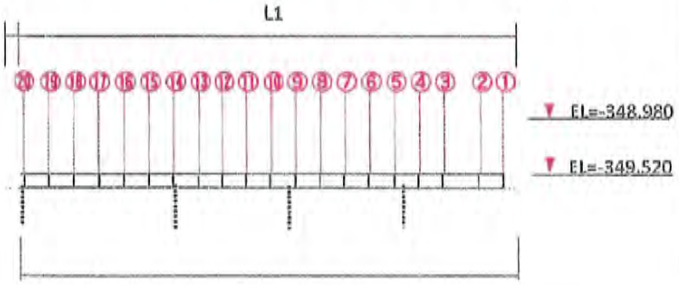
測定項目　台座コンクリートブロック　　測定者　　南 出 賢 司 ㊞

検査日時　12月20日

立会監督員 RWMC　塚原 氏

検査方法　テープ・ロット・レベル・トランシット・目視による

| 位　置 | 測定項目 | 設　　計 | 実　　測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | ブロック天端高(※参考値) | -349.520 | -349.517 | 0.003 | 合 |
| ② | 〃 | -349.520 | -349.517 | 0.003 | 合 |
| ③ | 〃 | -349.520 | -349.516 | 0.004 | 合 |
| ④ | 〃 | -349.520 | -349.517 | 0.003 | 合 |
| ⑤ | 〃 | -349.520 | -349.516 | 0.004 | 合 |
| ⑥ | 〃 | -349.520 | -349.516 | 0.004 | 合 |
| ⑦ | 〃 | -349.520 | -349.515 | 0.005 | 合 |
| ⑧ | 〃 | -349.520 | -349.515 | 0.005 | 合 |
| ⑨ | 〃 | -349.520 | -349.516 | 0.004 | 合 |
| ⑩ | 〃 | -349.520 | -349.516 | 0.004 | 合 |
| ⑪ | 〃 | -349.520 | -349.517 | 0.003 | 合 |
| ⑫ | 〃 | -349.520 | -349.518 | 0.002 | 合 |
| ⑬ | 〃 | -349.520 | -349.518 | 0.002 | 合 |
| ⑭ | 〃 | -349.520 | -349.519 | 0.001 | 合 |
| ⑮ | 〃 | -349.520 | -349.520 | 0 | 合 |
| ⑯ | 〃 | -349.520 | -349.519 | 0.001 | 合 |
| ⑰ | 〃 | -349.520 | -349.519 | 0.001 | 合 |
| ⑱ | 〃 | -349.520 | -349.520 | 0 | 合 |
| ⑲ | 〃 | -349.520 | -349.519 | 0.001 | 合 |
| ⑳ | ブロック天端高(※参考値) | -349.520 | -349.516 | 0.004 | 合 |
| | | | | | |
| L1 | 施工延長 | 19.500 | 19.54 | 0.040 | 合 |
| | | | | | |
| | 段差 | 段差なし | | | 合 |




記　事

【基準値】 延長　　(-50mm以上)　　段差　　(1mm以内)

基準高(天端) ※基準高は参考値

# 台座ブロック　測定結果表

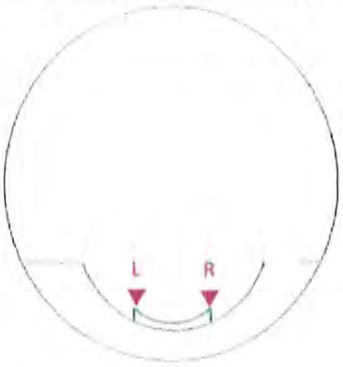
測定項目　台座コンクリートブロック　　測定者　南 出 賢 司㊞

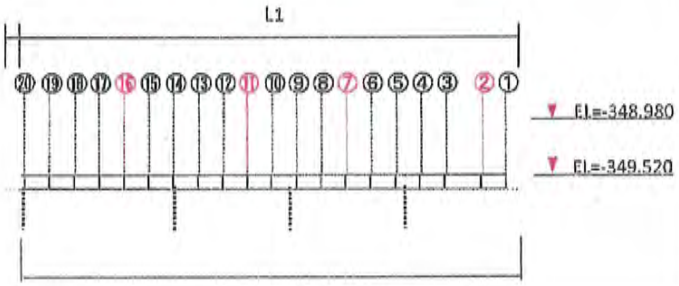
検査日時　12月20日

立会監督員 RWMC　塚原 氏

検査方法　テープ・ロット・レベル・トランシット・目視による

| 位 置 | 測定項目 | 設 計 | 実 測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| ② L | ブロック天端高(※参考値) | -349.467 | -349.465 | 0.002 | 合 |
| ② R | 〃 | -349.467 | -349.465 | 0.002 | 合 |
| ⑦ L | 〃 | -349.467 | -349.463 | 0.004 | 合 |
| ⑦ R | 〃 | -349.467 | -349.463 | 0.004 | 合 |
| ⑪ L | 〃 | -349.467 | -349.467 | 0.000 | 合 |
| ⑪ R | 〃 | -349.467 | -349.466 | 0.001 | 合 |
| ⑯ L | 〃 | -349.467 | -349.467 | 0.000 | 合 |
| ⑯ R | ブロック天端高(※参考値) | -349.467 | -349.467 | 0.000 | 合 |




記　事

【基準値】　延長　　(-50mm以上)　　段差　　(1mm以内)

基準高(天端) ※基準高は参考値

設 計 図 等

① 台座ブロック(基準高)確認

② 台座ブロック(段差)確認

〔備 考〕

記事

設 計 図 等

③ 台座ブロック(通り)固定前確認

④ 台座ブロック(延長)確認

〔備 考〕

記事

作業台出来形検査　　様式-4

# ~~試験~~・検査報告書

原子力環境整備促進・資金管理センター　殿

平成　29年　1月　23日
請負人　大成・大林・三井住友
特定建設工事共同企業体
総括責任者　名合　牧人　㊞

| 処分工学調査研究プロジェクト | | | |
|---|---|---|---|
| CPM | PM | PL | 担当者 |
| | | | |

工　事　名　　：平成28年度地層処分技術調査等事業
可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発「地下実証試験設備の整備」

記

1．　検　査　対　象：　作業台

2．　検　査　項　目：　作業台組立完了

3．　検　査　場　所：　試験坑道2

4．　検　査　日　時：　平成　29年　1月20日

5．　検査実施責任者：　大成・大林・三井住友ＪＶ　　南出　賢司

6．　検　査　要　領：　添付資料の通り

【検査立会者記入欄】
検査立会者名
　　JAEA 保安建設課
　　須藤 正大
　　井之浦 隆志
検査結果
　　合格
その他

# 作業台　測定結果表

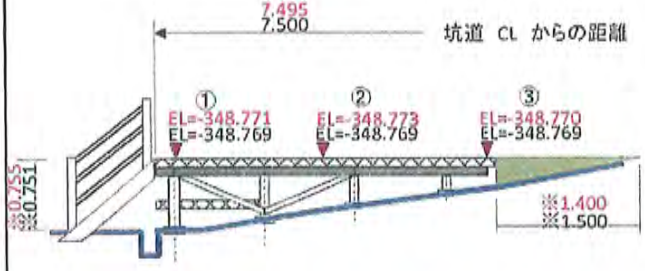
測定項目　作業台出来形測定　　測定者　南出賢司㊞

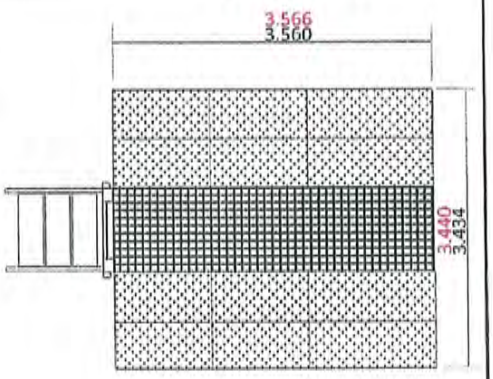
検査日時　2017/ 1 / 20　10:30 ～

立会監督員RWMC　井ノ浦　氏

検査方法　レベル・テープ・ロッド・目視による。

| 検査箇所 | 検査対象 | 設計 | 実測 | 差 | 測定結果 |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | 基準高 | EL=-348.769 | EL=-348.771 | - 2mm | 合格 |
| ② | 〃 | EL=-348.769 | EL=-348.773 | - 4mm | 合格 |
| ③ | 〃 | EL=-348.769 | EL=-348.770 | - 1mm | 合格 |
| L1 | 延長(縦) | 3.560 | 3.566 | + 6mm | 合格 |
| L2 | 延長(横) | 3.434 | 3.440 | + 6mm | 合格 |
| ※高さ | 台座からの高さ | 0.751 | 0.755 | + 4mm | |
| ※延長 | 坑道CLからの距離 | 7.500 | 7.495 | - 5mm | |
| ※延長 | 擦り付けの距離 | 1.500 | 1.400 | -100mm | |




※印は、参考値

記　事

【基準値】　延長　(-50mm以上)
基準高　(±30mm)
外観　(傷、段差等が無いこと)

注)　イ、この様式は主として出来形管理のとりまとめに使用するものとする。
ロ、監督員の検査を受け、請負者の測定値の誤りが発見され、再仕上げを行って測定した場合はその結果を（　）で記入する。

設 計 図 等

① 作業台延長(縦)の寸法確認

L1設計=3.560　　L1実測=3.566

② 作業台延長(横)の寸法確認

L2設計=3.434　　L2実測=3.440

〔備　考〕

記事

設 計 図 等

③ レベルによる基準高の確認

④ 目視による外観の確認

〔備 考〕

記事

# 竣工図書一覧（参考）

（１）竣工図書（別冊）

・竣工図
・工事写真
・出来形記録（出来形管理集計表、測定結果表）
・品質管理記録（コンクリート強度試験成績書等）
・実績工程表
・参考資料（組立台コンクリートのクラック調査報告）

（２）検査記録類（別冊）

・使用材料等の承認願（承認願 1～11）
・試験・検査計画書
・検査証明書（鉄筋、スリップバー）
・表面仕上げ範囲調査
・検査報告書（1～22）

（３）その他の提出書類（別冊）

・実施計画書（施工計画書）
・総括責任者届け
・情報セキュリティ対策
・災害時の緊急連絡先及び対応策
・施工体制台帳
・施工体系図
・作業日報
・作業手順書
・月間工程表及び週間工程表

# 第3章　定置・回収技術

## 3.1　目的

平成 24 年度までの処分システム工学要素技術高度開発「遠隔操作技術高度化開発」において、処分坑道横置き定置方式 PEM の定置技術としてエアベアリング方式の選定、実規模スケールでの要素試験が実施された。本事業ではエアベアリング方式の定置設備を、処分坑道横置き定置方式 PEM 方式の回収技術として、定置の逆動線での実施を計画している。

本章では平成 27 年度[4]に引き続き、地下環境での PEM の回収試験に使用するエアベアリング方式の定置設備の製作について述べる。

### 3.1.1　実証試験の工程

(1)　全体計画、年度展開

第 1 章に示した実証試験の全体計画のうち、定置・回収技術の部分を具体化したものを表 3.1.1-1 に示す。

表 3.1.1-1　定置・回収設備の整備計画

| | H27 | H28 | H29 | H30 | H31 |
|---|---|---|---|---|---|
| 設計・製作（本体） | ■ | | | | |
| 設計・製作（遠隔化） | | ■ | | | |
| 地上実証試験<br>（地下実坑道面への適用性確認） | | | ■ | | |
| 地上実証試験<br>（充填材除去後坑道面への適用性確認） | | | | ■ | |
| 地下実証試験 | | | | | ■ |

図 3.1.1-1 に平成 31 年度地下での実証試験までの定置装置整備計画展開図を示す。

本年度までは既往検討の知見を反映した定置（エアベアリング）部と、走行用駆動部、遠隔操作・監視のための装置を設計・製作し機能確認を行った。また、平成 29 年度以降に地下実坑道面への適用性や充填材除去後坑道面への適用性を地上にて確認すると共に、幌延地下における作業安全処置について検討、対策を行った上で、地下での実証試験は平成 31 年度の実施を計画している。

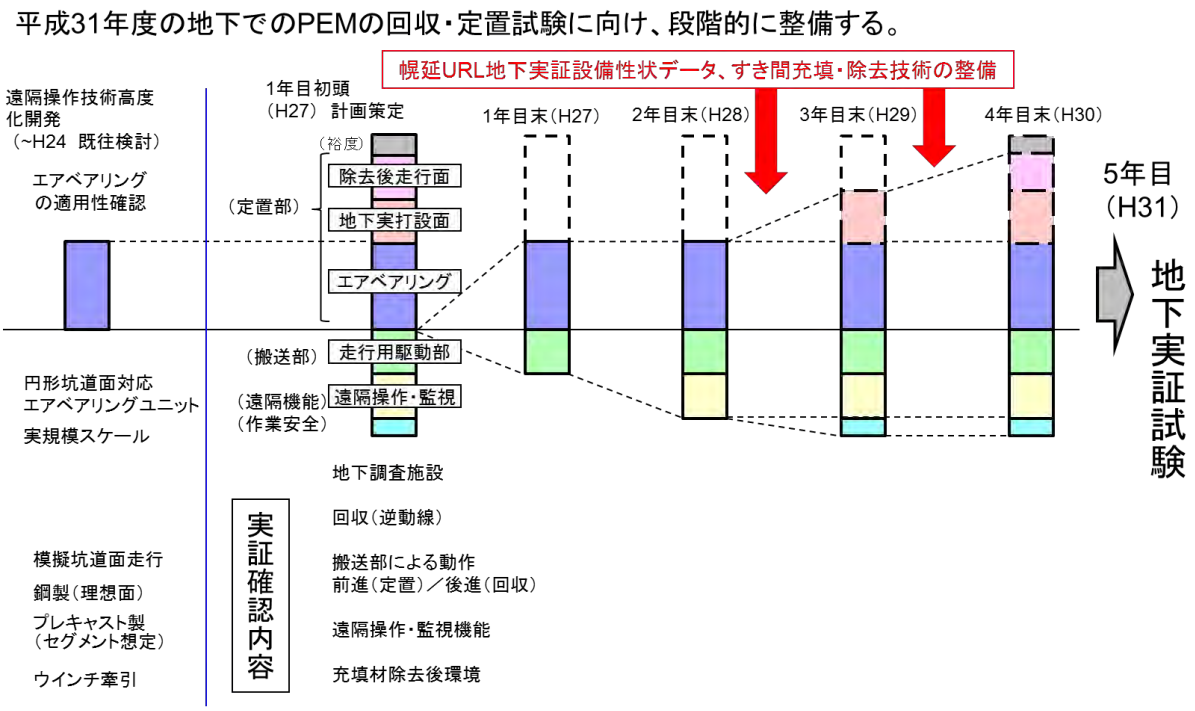



図 3.1.1-1　定置装置整備計画展開図

### 3.1.2　昨年度までの整備状況

#### (1)　装置の設計・製作

処分坑道横置き定置方式 PEM 方式に対し、直径 2.6m の円形坑道での定置技術としてエアベアリング方式を採用した。昨年度は 10 枚のエアベアリングを搭載し PEM を積載する定置部と、駆動用のモータと車輪を有し定置部を移動させる搬送部について、定置装置としての要求仕様を整理し、設計・製作を行った。[4]

表 3.1.2-1 に定置装置の諸元、図 3.1.2-1 に装置概念図、図 3.1.2-2 に製作した設備を示す。

#### (2)　動作の確認

製作した定置装置が要求仕様を満たしているか確認試験を実施した。[4]

確認試験では、鋼製の模擬坑道上にウエイトで重量を 33.4t に調整した模擬 PEM を設置して動作確認を実施し、エアベアリングによる浮上量、PEM に加わる力、動力台車による牽引力を記録した。図 3.1.2-3～図 3.1.2-5 に一例を示す。

表 3.1.2-1　定置装置の諸元

| 機器名称 | | 定置装置 |
|---|---|---|
| 基数 | | 1 台 |
| 基本仕様 | 定格荷重 | 36.5 ton |
| | 自重 | 約 6 ton |
| | 全長 | 9.5 m |
| 取扱対象物 | 名称 | 模擬 PEM |
| | 重量 | 36.5 ton |
| | 寸法 | $\phi$2,316 mm × 3,343 mm |
| 使用条件 | 設置場所 | 屋内（風雨に晒されない環境） |
| | 走行範囲 | 約 5m |
| 定置部 | 把持・浮上 | 空圧支持（エアベアリング方式） |
| | エアベアリング | AeroGo 社 K21NHD　特殊品 curved type |
| | 供給エア | コンプレッサによる圧縮空気<br>・メインモータ出力：　37 kW 型×3 台<br>・吐出圧力：　0.6～0.85 $m^3$/min<br>・吐出空気量：　6.05～6.95 $m^3$/min<br>・台数：　3 台 |
| 搬送部 | 速度 | （高速）5 m/min<br>（低速）1 m/min |
| | 電動機 | 1.5 kW×4 基　インバータ制御 |
| | 走行位置検出 | 目視による確認<br>（平成 28 年度以降は検出器による検出） |
| 運転方式 | | 遠隔操作スイッチによる手動運転<br>（平成 28 年度以降は操作卓からの操作） |
| 運転監視方式 | | 直接目視による監視<br>（平成 28 年度以降はカメラ画像による監視） |
| 給電方式 | | キャプタイヤケーブル |
| 電源 | | 3 相 AC 200V、50 Hz、240 kVA |

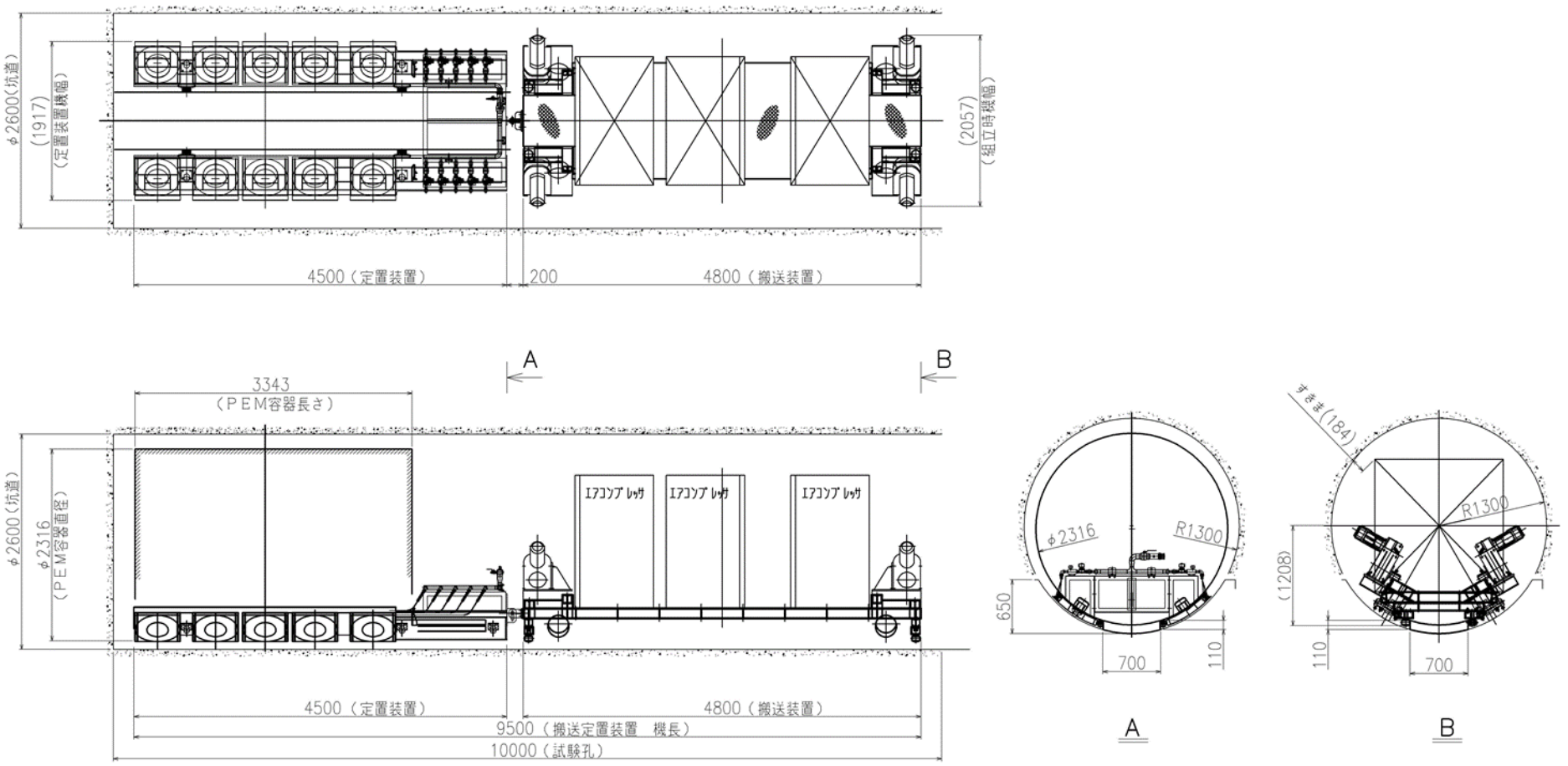



図 3.1.2-1　定置装置の概念図（図面）

図 3.1.2-2　平成 27 年度までの定置装置整備状況（写真）

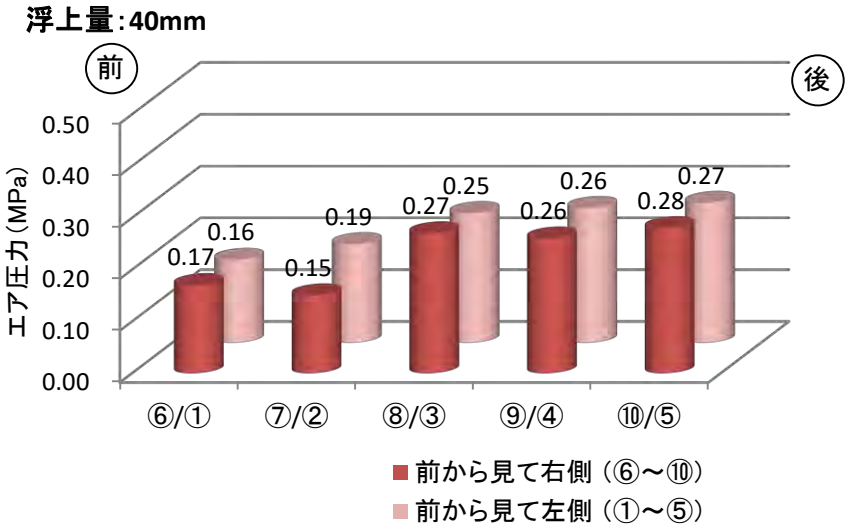



図 3.1.2-3　定置装置のエア圧力（浮上量 40ｍｍ）

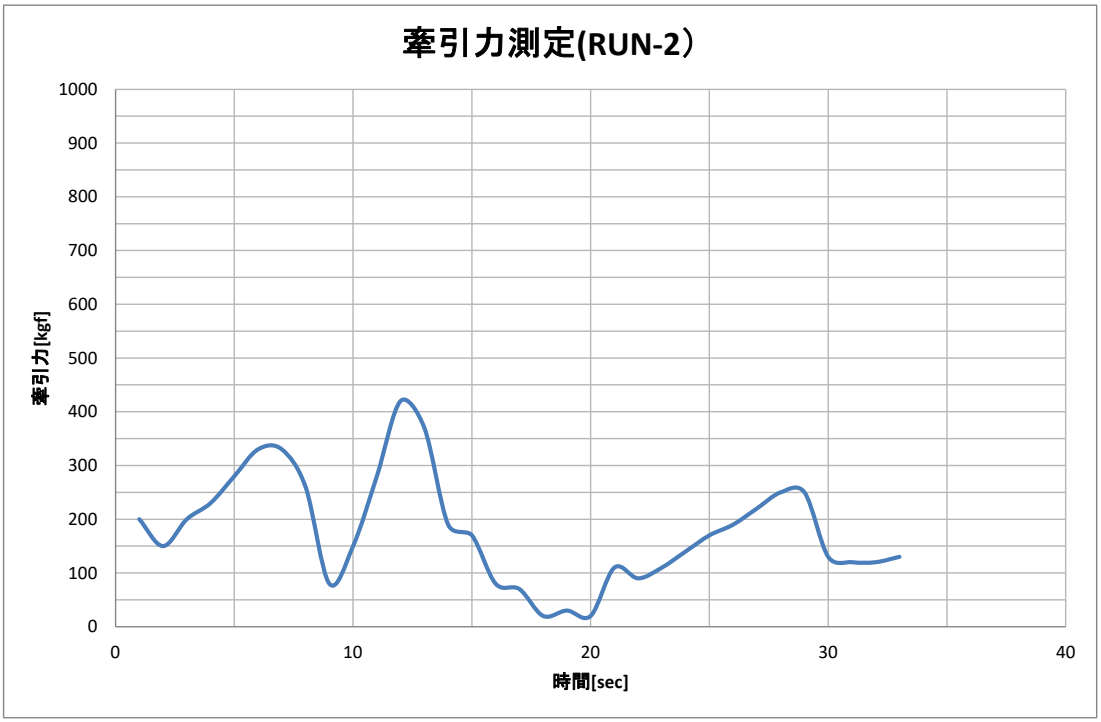



図 3.1.2-4　装置後進（回収動作）時の牽引力（エアベアリング 10 枚、速度 5m/min、浮上量 40 mm）

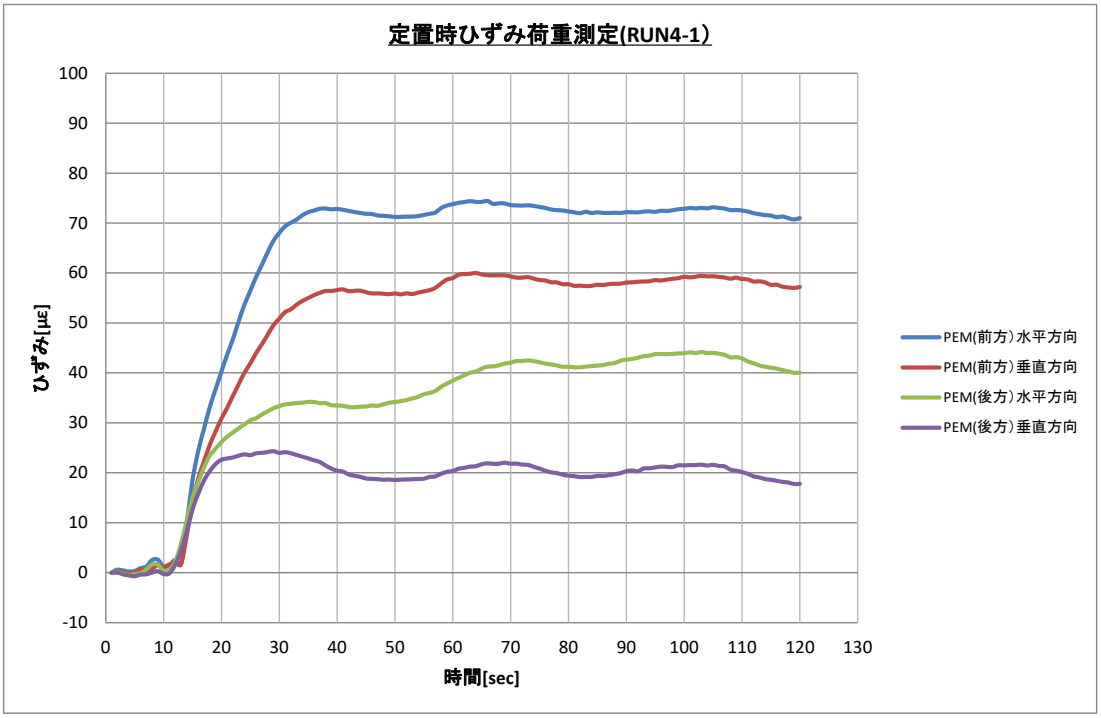



図 3.1.2-5　定置動作時の PEM に加わる力

### 3.1.3　本年度の整備内容

平成 31 年度の地下環境での PEM の回収試験および定置試験に向け、本年度は表 3.1.1-1 の計画に基づき、以下の項目を実施した。

・制御装置の詳細設計、製作（3.2 項）
・定置装置の動作確認（3.3 項）
・回収・定置動作に係るデータ取得と機能確認（3.3 項）
・地下実証に向けた課題の整理と計画の検討（3.4 項）
・模擬 PEM の設計（3.5 項）

本年度は、定置動作の逆動線での回収作業のために定置装置の製作を進め、遠隔操作のための検出器類や監視用カメラ、制御盤等の制御装置を取り付けた。

また、整備した装置を用いて動作確認試験を実施した後、平成 27 年度に引き続き地上で鉄鋼製の模擬坑道面を使用した理想的な坑道面状態において、上記制御装置と組み合わせた回収・定置動作を確認し各データを取得して機能確認を行った。

さらに、第 2 章で詳細を述べた、幌延 URL 試験坑道 2 における地下実証試験設備の整備の成果を踏まえ、実際に現場施工された試験サイトの性状調査の結果および充填材の除去後の回収動作を考慮し、次年度以降に実施すべき課題を検討、整理した。

また、幌延 URL の制約条件を考慮し、実証試験で使用する模擬 PEM の設計を行った。

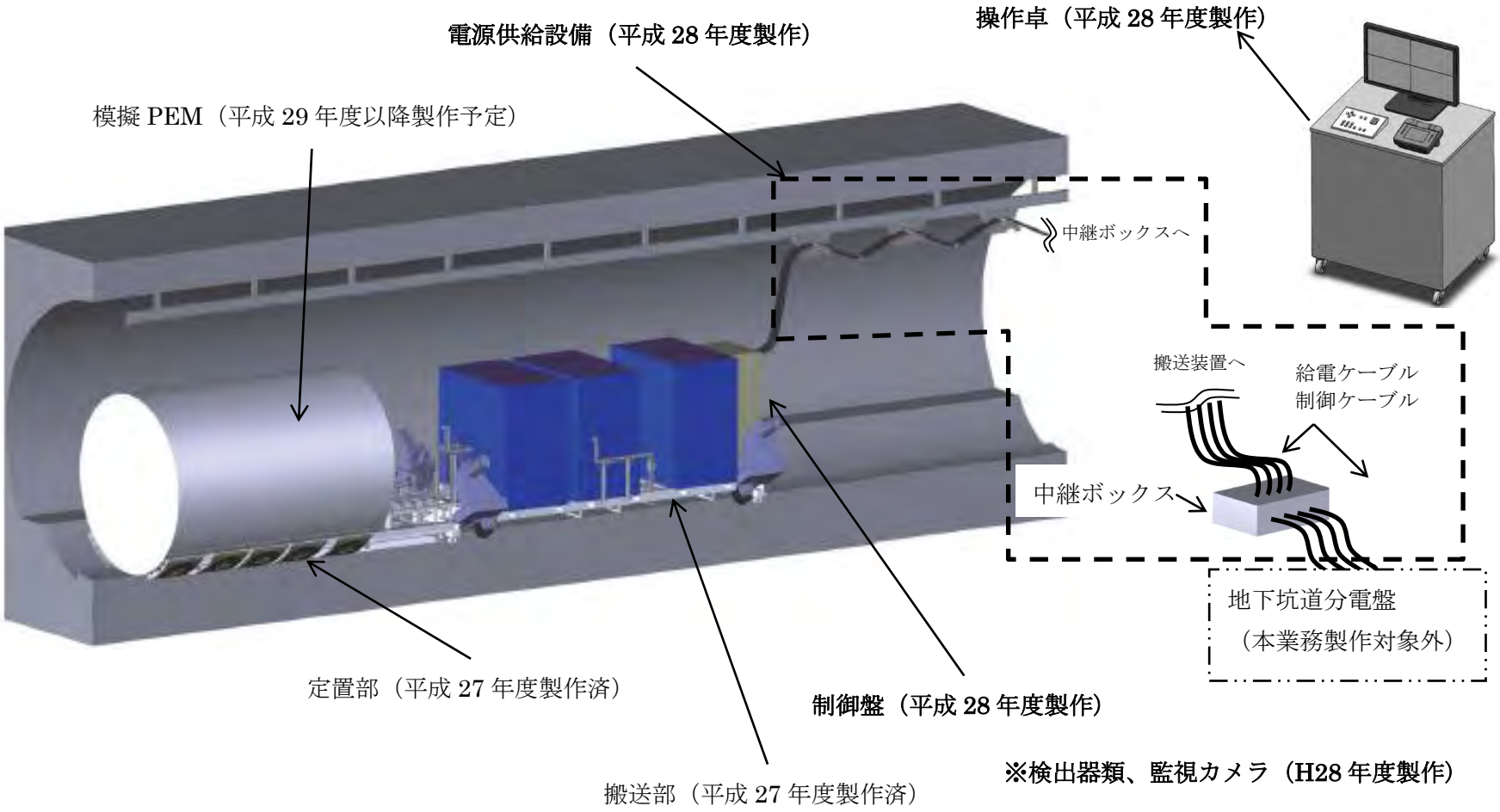



図 3.1.3-1　定置装置および遠隔操作設備の模式図

## 3.2　定置装置の詳細設計、製作

処分坑道横置き定置方式 PEM 方式の定置作業においてエアベアリング方式の定置技術が適用されるのは、十数 cm 程度の僅かな隙間があれば PEM の定置が可能というエアベアリング方式の利点が大きくはたらく断面が小さい坑道と考えられる。処分坑道横置き定置方式は坑道そのものが定置場所となるため、そのような狭隘な坑道において定置装置の前方に人が作業の監視、安全管理のために立ち入ることが出来ない。また PEM の表面線量にもよるが、廃棄体近傍は無人とすることが望ましい。このような点から、遠隔による操作が必要になると考えられる。本節では、平成 27 年度に製作した定置部と駆動部からなる設備に、遠隔操作の観点から検討した結果を踏まえた検出器、カメラ等の状態監視設備、および遠隔での操作卓等の製作を示す。

また、地下実証試験実施のための定置装置の保護について一部設計・製作を実施した。

### 3.2.1　遠隔化に向けた検討

遠隔操作の場合、以下の項目に係わる情報を離れた場所で操作するオペレータに適切に伝達しなければならない。

・装置のステータスの監視
・取り扱う PEM の状態の監視
・装置前後の坑道の状態の監視
・坑道に対する装置の位置関係の把握
・適切に定置作業が実施されたことの確認

上記項目を適切に伝達した上で、かつ装置を離れた場所から適切に操作するために、定置装置に必要な遠隔操作機能として、以下を抽出した。

① 必要情報を検出、監視する機能。
② 装置を（手動もしくは自動）で動作させ、制御する機能。
③ 情報を集約、整理、表示、記録する機能。
④ 情報、データを転送する機能。

本年度は定置、回収に必要な動作フローを検証した上で、①から④の機能を満たすために以下の機器を設計製作して、各機能を確認した。なお、本装置では下記機器類をまとめて「制御装置」と総称する。

・各検出器、カメラ類（①に対応）
・装置動作、制御するための機器（制御盤、中継ボックス、操作卓）（②に対応）
・情報、データの転送（有線方式）するため機器（ケーブル、中継ボックス）（③に対応）
・装置状態を集約整理し、オペレータに伝達、表示、記録するための機器（制御盤、操作卓）（④に対応）

(1)　定置装置の実証試験範囲

本事業では、図 3.2.2-1 に示す横置き PEM 方式における操業フローの中から、図中点線部内で示す処分坑道内における PEM の搬送定置、回収を実証試験範囲としている。また、回収動作については同一装置により搬送定置動作の逆動線で行うこととする。

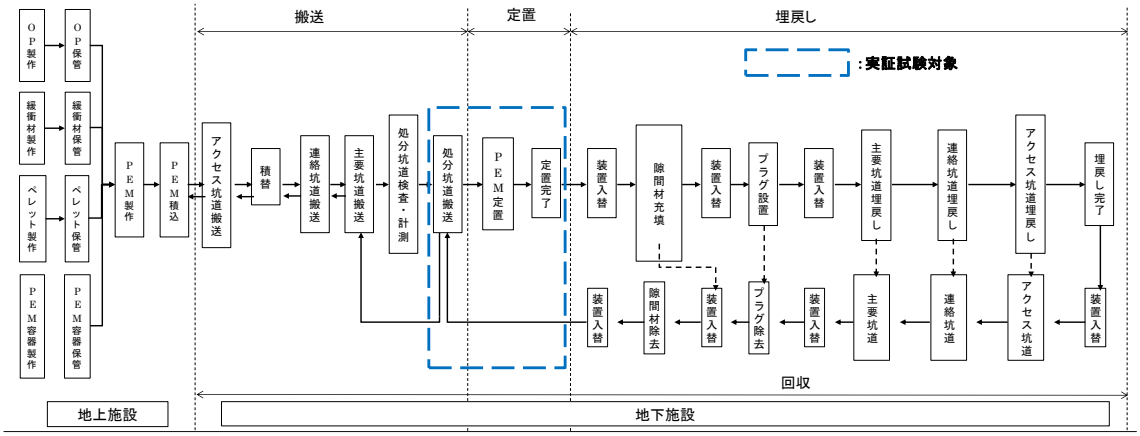



図 3.2.1-1　　横置き PEM 方式による操業フロー（RWMC, 2005[1]　一部加筆）

(2)　実証試験で使用する PEM の要求機能

本業務の実証試験で使用する PEM（以下、模擬 PEM）は、既往検討[1]で提示された鋼殻リング方式を対象（図 3.2.1-2 参照）とした模擬 PEM とし、その要求機能を表 3.2.2-1 に示す。

本事業では横置き PEM の定置、回収と PEM－坑道間の隙間充填、並びに充填材除去の実証を行うため、PEM の外形と重量、重心を模擬した構造とするが、オーバーパック、緩衝材等の PEM 内部構造については模擬しない。

表 3.2.1-1　模擬 PEM の要求機能

| 項目 | 要求機能 |
|---|---|
| 寸法 | φ2,316mm×3,343mm |
| 重量 | 36.5ton |
| 重心 | PEM 容器中心 |
| 構造 | オーバーパック、緩衝材等、PEM 内部構造については模擬しない。 |

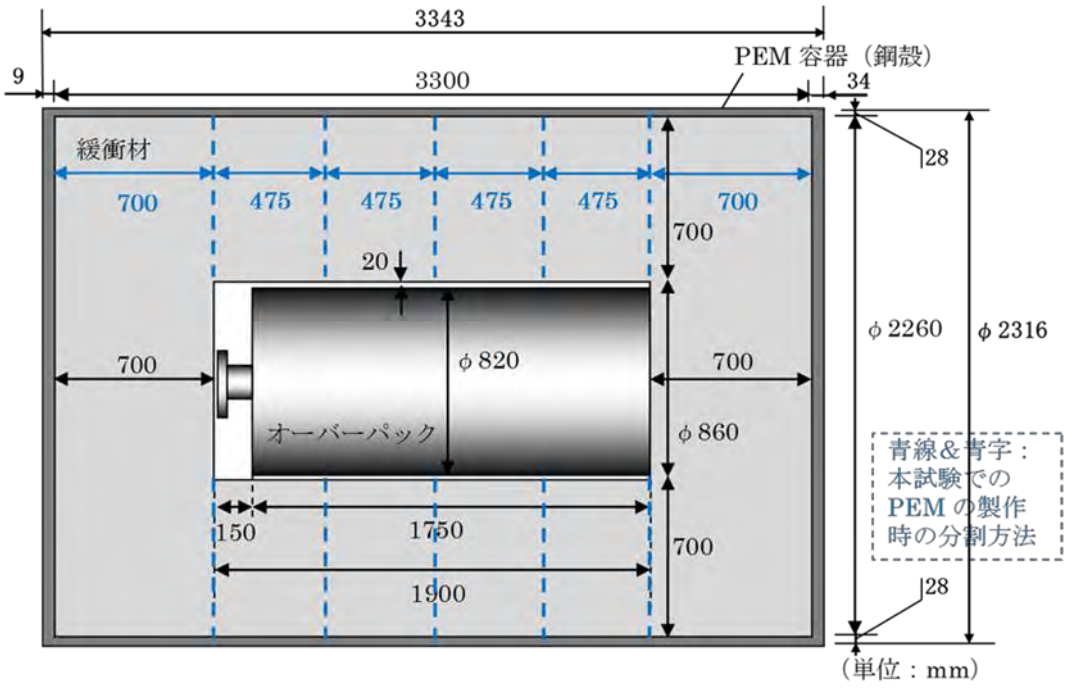



図 3.2.1-2　対象とした鋼殻リング方式 PEM

本事業では、平成 24 年度までの処分システム工学要素技術高度開発「遠隔操作技術高度化開発」[2][3]における製作 PEM（鋼殻リング方式）を対象にして、PEM の構成要素であるオーバーパックや緩衝材、鋼殻の各重量を精査し、模擬 PEM 重量を計 36.5 ton に設定した。

平成 27 年度は、製作した定置装置（定置部エアベアリング）の妥当性を確認するために、上記既往検討の成果と同条件（33.4ton、製作 PEM（鋼殻リング方式）重量）で確認試験、性能データ取得した。本年度は、地下実証試験で実施する 36.5 ton に設定し、確認試験、性能データ取得を実施する。

(3)　地下実証試験設備からの制約

回収・定置試験の地下実証試験設備詳細は、2 章に記載した。定置装置の検討における地下実証試験設備の条件を表 3.2.1-2 に示す。

表 3.2.1-2　地下実証試験設備の条件

| 項目 | 条件 | 備考 |
|---|---|---|
| 試験坑道<br>組立台<br>台座<br>作業台 | ・幌延 URL　試験坑道 2<br>25m、直径φ4000mm（内径）<br>組立台、作業台で構成<br>・組立台は場所打ちコンクリート施工<br>・組立台上に、幅 700mm×高さ 110mm<br>×長さ 19.5m の台座（コンクリート製 2 次製品）を設置。<br>・揚重：トロリー　2t×1 基 | 2 章参照 |
| 地上施設から地下（試験坑道 2）への搬入路 | ・最小断面となる幌延 URL 立坑開口部（φ2550mm）、東周回坑道の風門（W1800mm、H2000mm）を搬入可能<br>・揚重：トロリー　2t／2 基 | |
| 地下環境 | ・湿度 100%、温度 20℃ | |
| 火気制限 | ・内燃機関の使用不可<br>・バッテリ使用不可<br>・溶接機の使用不可 | 定置装置の構造や、地下での装置、試験設備の組立調整、試験準備作業等に適用 |

3.2.2　制御装置の詳細設計

3.2.1 に示した通り、定置装置を遠隔操作、制御するために、以下に示す機器類の詳細設計を実施した。

・制御盤
・操作卓
・電源供給機器
・検出器類
・監視カメラ

遠隔による装置運転を想定し、位置・数量・検出項目の考え方を整理した上で、検出器類、監視カメラを選定し、定置装置に据え付ける計画とした。

また、地下試験坑道内では、電源は既設の東周回坑道内の分電盤から供給される計画とし、本年度は同分電盤に接続する給電ケーブルから定置装置までを製作した。

(1)　定置装置に必要となる検出器類・監視カメラの検討

1)　定置装置の動作フロー

検出器類・監視カメラの検討にあたり、操業時に想定される処分坑道における定置装置の動

作フローを設定した。地下処分場のレイアウトは決定していないが、本検討における想定として、地下坑道における定置・回収対象である PEM は地上施設から連絡坑道、主要坑道と経由して処分坑道に搬送されるものとした。また、連絡坑道、主要坑道の搬送は様々な方法があるが、本検討では既往検討（例えば[4]）で一例として示されている、連絡坑道や主要坑道における搬送は定置装置自体を搬送する親台車による搬送を前提として設定した。なお、操業時の装置メンテナンスは地上施設で実施し、定置装置についても上記搬送台車により地上へ搬送した後にメンテナンスを行う想定とした。

図 3.2.2-1 に実際の地下処分場における主要坑道・処分坑道での定置・回収動作のフロー及び各動作に必要となる機能を示す。また、定置動作、回収動作におけるフロー図を図 3.2.2-2、図 3.2.2-3　に示す。

| 横置型 PEM 定置動作フロー | | | 必要となる検出器・監視機能 |
|---|---|---|---|
| 主要坑道 | 1 | PEM 浮上（親台車上、原点位置） | PEM の浮上状態確認① |
| 処分坑道 | 2 | 在荷前進（PEM 搬送） | 処分坑道内の状況確認② |
| | | | 走行時の装置状態確認③ |
| | | | 所定位置の停止確認④ |
| | 3 | PEM 着床 | 台座上への PEM 着床確認⑤ |
| | 4 | 空荷後進 | 処分坑道内の状況確認② |
| | | | 走行時の装置状態確認③ |
| 主要坑道 | 5 | 原点位置戻り（親台車格納） | 所定位置の停止確認④ |

| 横置型 PEM 回収動作フロー | | | 必要となる検出器・監視機能 |
|---|---|---|---|
| 主要坑道 | 1 | 空荷前進 | 処分坑道内の状況確認② |
| | | | 走行時の装置状態確認③ |
| | | | 所定位置の停止確認⑥ |
| 処分坑道 | 2 | PEM 浮上 | PEM の浮上状態確認① |
| | 3 | 在荷後進（PEM 搬送） | 処分坑道内の状況確認② |
| | | | 走行時の装置状態確認③ |
| 主要坑道 | 4 | 原点位置戻り（親台車格納） | 所定位置の停止確認④ |
| | 5 | PEM 着床（親台車内） | 台座上への PEM 着床確認⑤ |

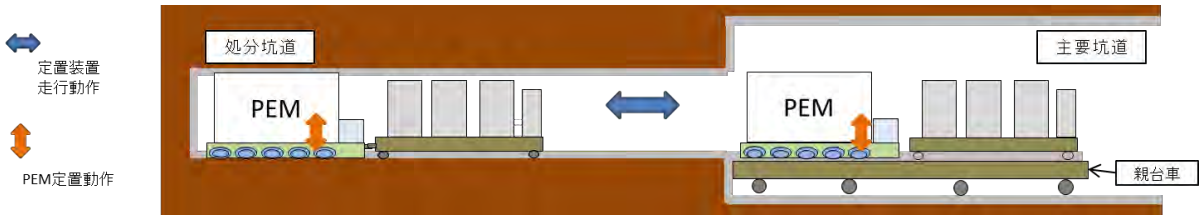



図 3.2.2-1　地下処分場における主要坑道・処分坑道での PEM 定置・回収動作イメージ

図 3.2.2-1~図 3.2.2-3 より、定置装置による PEM の定置・回収動作には以下の機能が必要となる。

①PEM の浮上状態確認機能
②処分坑道内の状況確認機能
③走行時の装置状態確認機能
④所定位置での停止確認機能
⑤台座上への PEM 着床確認機能
⑥PEM と定置装置の相対位置検出機能

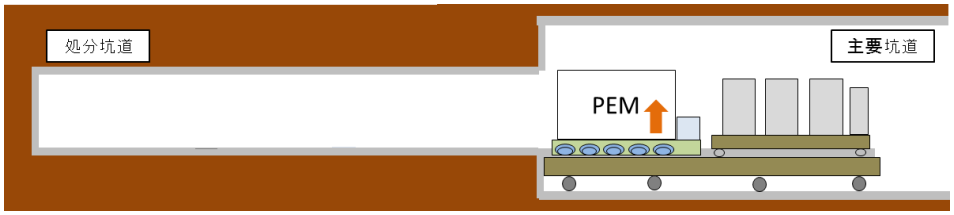
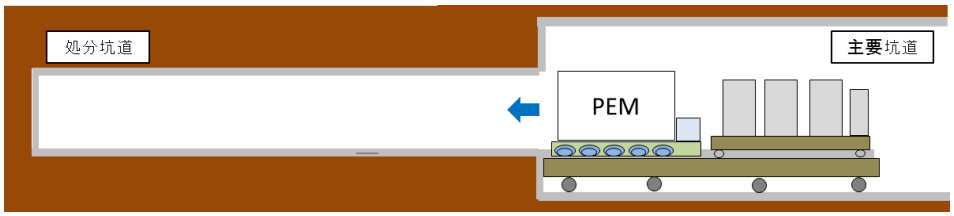
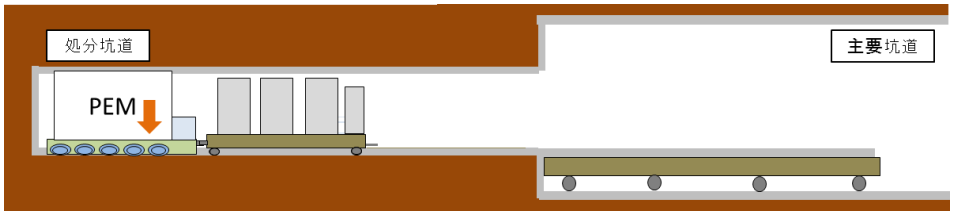
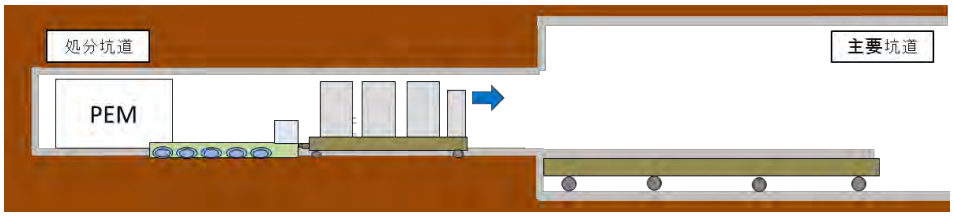
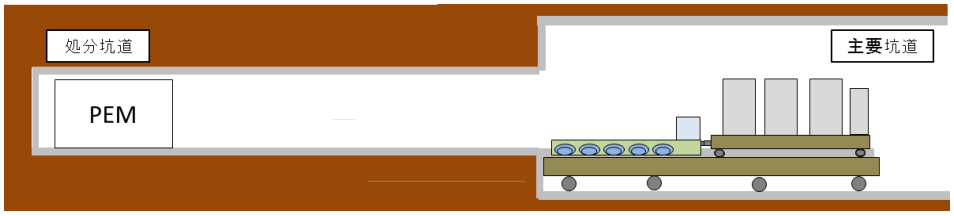
| | | |
|---|---|---|
| 1 | PEM 浮上<br>（親台車上、<br>原点位置） |  |
| 2 | 在荷前進<br>（PEM 搬送） |  |
| 3 | PEM 着床 |  |
| 4 | 空荷後進 |  |
| 5 | 原点位置戻り<br>（親台車格納） |  |

図 3.2.2-2　PEM 定置動作フロー

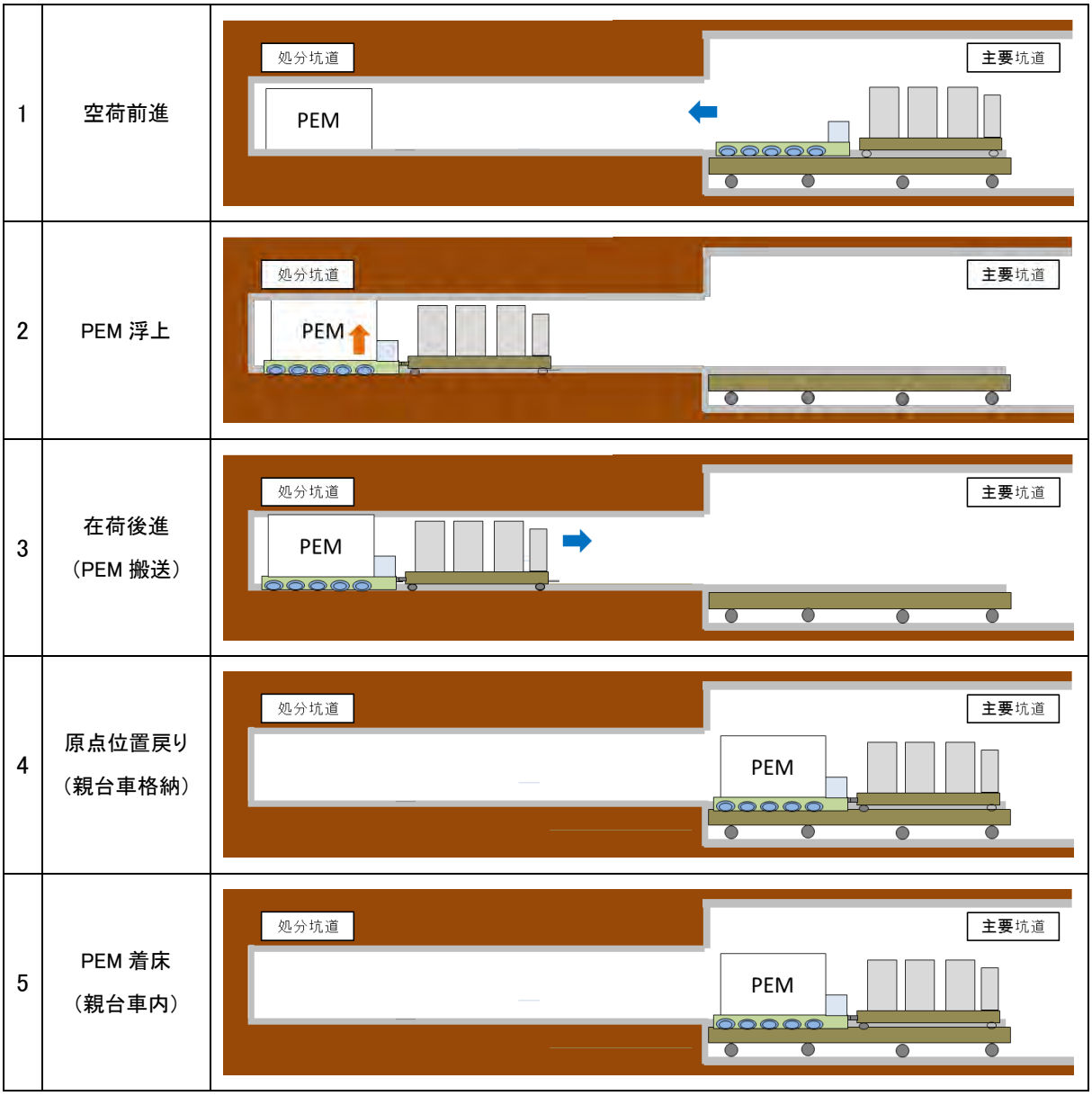



図 3.2.2-3　PEM 回収動作フロー

2)　定置装置に必要となる検出・監視機能

1)項で示した①から⑥の機能と安全機能を満たすための確認項目、確認方法を以下に示す。

①PEM の浮上状態確認機能

・PEM の浮上量確認

：定置装置 4 隅に距離センサを設置し、定置装置の浮上量（所定の値）を検出する。

：エアベアリングへの供給圧力計が所定の値（試験時に確認）で信号を発信する。

・PEM の在荷確認

：PEM と定置装置の距離を近接センサにて検知し、PEM の把持有無を確認する。

・PEM の状態確認

：カメラにて PEM 把持時の PEM 上端と坑道の隙間を確認する。

②処分坑道内の状況確認機能（走行面の異物等）

・前進時の前方確認

：前進時の走行路（台座含む）の状態をカメラにより確認する

：前進時の走行路の異物を画像処理により検知し確認する。

・後進時の後方確認

：後進時の走行路の状態をカメラにより確認する。

：後進時の走行路の異物を画像処理により検知し確認する。

③走行時の装置状態確認機能

・定置装置の位置確認

：坑道に走行位置確認用の印をマーキングしておき、カメラで印を確認する。

：モータに設置のエンコーダにより走行距離を検出する。

：走行位置（前方 PEM や後退限との相対位置）を距離検出器により検出する。

④所定位置での停止確認機能

・定置装置の停止（減速）確認

：定置装置の定置位置、回収位置を距離検出器により検知し確認する。

⑤台座上への PEM 着床確認機能

・PEM の浮上量確認

：定置装置 4 隅に距離センサを設置し、定置装置の浮上量を検出する

：エアベアリングへの供給圧力計が所定の値で信号を発信する。

・PEM の在荷確認

：PEM と定置装置の距離を近接センサにて検知し、PEM の把持有無を確認する。

⑥所定位置での停止確認機能

・定置装置の停止（減速）確認

：定置装置の回収位置を距離検出器により検知し確認する。

⑦安全機能

・PEM の引きずり防止確認

：PEM が浮上していない状態で搬送し、PEM が引きずられることを防止する。

上記確認のために必要な検出器類、監視カメラを表 3.2.2-1、表 3.2.2-2 に抽出した。本定置装置では、表 3.2.2-1、表 3.2.2-2 に示す操業時（想定）検出器を参考とし、各機器を選定した。

前進/後進方向の距離検出器は、検出器の故障時等を考慮して二重化する設定とした。

表 3.2.2-1　遠隔操作に必要な検出器、およびカメラの抽出（1/2）

| 必要となる検出・監視機能 | | 確認項目 | 確認方法 | 監視方法 | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 操業時 | | | 本事業 | | | |
| | | | | カメラ | センサ | 機器 | 機器 | 個数 | 個数の妥当性 | |
| ① | PEM の浮上状態確認 | PEM の浮上量確認 | 定置装置 4 隅に距離センサを設置し、定置装置の浮上量（所定の値）を検出する。 | ― | ○ | 浮上量検出器（レーザ変位計） | 浮上量検出器（レーザ変位計） | 4 | 浮上用を 4 箇所検出することで定置部がバランスよく浮上していることを確認する必要がある。 | |
| | | | エアベアリングへの供給圧力計が所定の値（試験時に確認）で信号を発信する。 | ― | ○ | 圧力計 | 圧力計 | 10 | エアベアリング 10 枚に対してそれぞれ圧力計が必要となる。 | 各エアベアリングの供給圧力計 |
| | | PEM の在荷確認 | PEM と定置装置の距離を近接センサにて検知し、PEM の把持有無を確認する。 | ― | ○ | 在荷検出器（近接センサ） | 在荷検出器（近接センサ） | 2 | PEM の在荷検出のため、定置部左右に 1 個ずつ配置する必要がある。 | 近接センサ（PEM と検出器が一定距離（0mm）で信号を発信）を使用 |
| | | PEM の状態確認 | カメラにて PEM 把持時の PEM 上端と坑道の隙間を確認する。 | ○ | ― | 中腹カメラ（上） | 中腹カメラ（上） | 1 | PEM 上端と坑道の隙間確認には、カメラ 1 台の視認性が有れば問題ない。 | |
| ② | 処分坑道内の状況確認（走行路の異物等） | 前進時の前方確認 | 前進時の走行路（台座含む）の状態をカメラにより確認する。 | ○ | ― | 前方確認カメラ（※1） | 前方確認カメラ（※1） | 2 | 坑道台座を 2 方面から視認するため 2 台設置する必要がある。 | ※1：走行路はカメラにて状況確認するが、すき間充填除去後の PEM 直下、直上の状態（すきま充填除去具合）を確認できることを地上試験で確認する。<br>※2：画像処理による走行路の異物確認は、対象外とする。 |
| | | | 前進時の走行路の異物を画像処理により検知し確認する。 | ○ | ― | 画像処理 | ―（※2） | ― | ― | |
| | | 後進時の後方確認 | 後進時の走行路の状態をカメラにより確認する。 | ○ | ― | 後方確認カメラ | 後方確認カメラ | 2 | 坑道台座を 2 方面から視認するため 2 台設置する必要がある。 | |
| | | | 後進時の走行路の異物を画像処理により検知し確認する。 | ○ | ― | 画像処理 | ―（※2） | ― | ― | |

表 3.2.2-2　遠隔操作に必要な検出器、およびカメラの抽出（2/2）

| 必要となる検出・監視機能 | | 確認項目 | 確認方法 | 監視方法 | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 操業時 | | | 本事業 | | | |
| | | | | カメラ | センサ | 機器 | 機器 | 個数 | 個数の妥当性 | |
| ③ | 走行時の装置状態確認 | 定置装置の位置確認 | 坑道に走行位置確認用の印をマーキングしておき、カメラで印を確認する。 | ○ | — | 前方カメラ<br>後方カメラ | 前方カメラ<br>後方カメラ | 2<br>2 | 坑道台座を2方面から視認する必要があるため2台設置する必要がある。 | |
| | | | モータに設置のエンコーダにより走行距離を検出する。 | — | ○ | エンコーダ（シンクロ） | — | — | — | 本事業では定置・回収の内、PEM 定置場所直近の 5～10m の動作を確認するため、走行距離検出器は設定しない。 |
| | | | 走行位置（前方 PEM や後退限との相対位置）を距離検出器により検出する。 | — | ○ | 前方検出器<br>後方検出器<br>（レーザ変位計） | 前方検出器<br>後方検出器<br>（レーザ変位計） | 2<br>2 | 前方 PEM（坑道端部含む）と機器の衝突防止のため、故障時の安全対策として 2 個設置。（OR 条件） | |
| ④ | 所定位置での停止確認 | 定置装置の停止（減速）確認 | 定置装置の定置位置、回収位置を距離検出器により検知し確認する。 | — | ○ | 前方検出器<br>後方検出器<br>（レーザ変位計） | 前方検出器<br>後方検出器<br>（レーザ変位計） | 2<br>2 | 前方 PEM（端部含む）と機器の衝突防止のため、故障時の安全対策として2個設置。（OR 条件） | 前方 PEM、後端との距離（停止位置）を検出 |
| ⑤ | 台座上への PEM 着床確認 | PEM の浮上量確認 | 定置装置 4 隅に距離センサを設置し、定置装置の浮上量（0 mm）を検出する | — | ○ | 浮上量検出器（レーザ変位計） | 浮上量検出器（レーザ変位計） | 4 | 浮上用を4箇所検出することで定置部がバランスよく浮上していることを確認する。 | |
| | | | エアベアリングへの供給圧力計が所定の値（0Pa）で信号を発信する。 | — | ○ | 圧力計 | 圧力計 | 10 | エアベアリング 10 枚に対してそれぞれ圧力計が必要となる。 | 各エアベアリングの供給圧力計 |
| | | PEM の在荷確認 | PEM と定置装置の距離を近接センサにて検知し、PEM の把持有無を確認する。 | — | ○ | 在荷検出器（近接センサ） | 在荷検出器（近接センサ） | 2 | — | 近接センサ（PEM と検出器が一定距離で信号を発信）を使用 |
| ⑥ | 所定位置での停止確認 | 定置装置の停止（減速）確認 | 定置装置の回収位置を距離検出器により検知し確認する。 | — | ○ | PEM 検出器（レーザ変位計） | PEM 検出器（レーザ変位計） | 2 | PEM と機器の衝突防止のため、故障時の安全対策として 2 個設置。（OR 条件） | PEM の定置装置上での停止位置を検出 |
| ⑦ | 安全機能 | PEM の引きずり防止 | PEM が浮上していない状態で搬送し、PEM が引きずられることを防止する。 | — | ○ | ロードセル | ロードセル | 1 | — | 定置部、搬送部間の接続部に牽引力検出用のロードセルを設置 |

3)　検出器の性能の検討

前方/後検出器や PEM 検出器は、前方 PEM との相対位置など定置装置近傍の情報を検出する目的のため、水平方向検出距離は定置装置 5m/min の速度で走行中に約 1 分前から操作卓に検出距離を表示、伝達し走行位置を把握することを想定し、検出距離を 5ｍと設定した。

前方/後検出器や PEM 検出器、浮上量検出器は距離を計測する検出器であるが、距離検出器には主にレーザタイプと超音波タイプがある。本装置では、一般産業用の台車等で広く使用され、精度が高いレーザタイプの距離検出器を選定した。

また、定置装置の走行時の要求停止精度は、坑道の距離や各坑道に定置される PEM 本数や PEM 定置間距離等に依存する。本装置では、表 3.2.2-3 に示す装置各部の精度やガタを積み上げた値を目標停止精度とし、±20mm と設定した。この中で前方/後方検出器、PEM 検出器の精度については、一般産業におけるレーザ検出器の性能を踏まえ、上記検出距離 5ｍの 0.1%となる±5ｍｍ以内として設定した。

表 3.2.2-3　定置装置の目標停止精度

| | |
|---|---|
| 一般的な台車の停止精度 | ±10mm |
| 連結部のガタ | ±5mm |
| 検出器の精度 | ±5mm 以内 |
| 合計 | ±20mm |

また、浮上検出器については、浮上量 35ｍｍの場合に、定置装置本体や検出器の組立誤差、台座の据付誤差を積み上げても PEM と台座（設計上の距離：11mm）が接触しない検出誤差を考慮し、検出器の要求精度を±2mm 以内に設定した。

さらに、隙間充填材除去後の水や泥（水分を含んだ充填材残渣）の環境にも耐えることができるように、検出器の人体・固形物体や水に対する保護構造は、IP(*)規格による保護等級を設定した。

(*)IP（International Protection）とは、異物と水の浸入に対する保護を規格化しているもので､IEC 規格で規定されている機器の保護等級を記号で示している｡IEC（International Electrotechnical Commission）とは、北米、南米、欧州、アジア各国が加盟している国際電気標準会議のこと。

各検出器について、それぞれの要求機能を表 3.2.2-4 から表 3.2.2-6 に示す。

a 前方／後方検出器

表 3.2.2-4　前方/後方検出器要求仕様

| 項目 | 要求仕様 |
|---|---|
| 検出距離 | PEM 間の設定距離 150mm を検出できること。<br>かつ、5000mm を検出できること。 |
| 精度 | ±5mm 以内 |
| 保護構造 | IP67（完全な防塵構造で、規定の圧力・時間で水中に没しても水が浸入しない） |

b PEM 検出器

表 3.2.2-5　PEM 検出器要求仕様

| 項目 | 要求仕様 |
|---|---|
| 検出距離 | PEM と検出器の距離 180mm（PEM 停止位置。本年度使用する模擬 PEM では 266.5mm）を検出できること。<br>かつ、5000mm を検出できること。 |
| 精度 | ±5mm 以内 |
| 保護構造 | IP67（完全な防塵構造で、規定の圧力・時間で水中に没しても水が浸入しない） |

c 浮上量検出器

表 3.2.2-6　浮上量検出器要求仕様

| 項目 | 要求仕様 |
|---|---|
| 検出距離 | 浮上量 40mm までの範囲が検出できること。<br>⇒検出器取付位置の関係から、以下の距離が検出可能なこと<br>58mm（0ｍｍ浮上時）～80mm（40ｍｍ浮上時） |
| 精度 | ±2mm 以内 |
| 保護構造 | IP67（完全な防塵構造で、規定の圧力・時間で水中に没しても水が浸入しない） |

d 在荷検出器

PEM の在荷（有/無）を検知するものであるため、一般的な搬送設備で使用される近接センサ(*)を選定した。

(*)非接触で検出物体が近づいたことを検出するセンサで、検出対象の移動情報や存在情報を電気的信号に置き換えるセンサの総称。電気的信号に置き換えるための検出方式には、電磁誘導により検出対象となる金属体に発生する渦電流を利用する方式、検出体の接近による電気的な容量の変化を捉える方式、磁石やリードスイッチを利用する方式などがある。

e 牽引力検出器

平成 27 年度に実施した定置装置の試験では、牽引力（駆動部がエアベアリング部を押し引きする力）が最大 600kgf（約 6kN）であった。さらに、平成 23 年度に実施したコンクリート模擬架台上での要素試験においては、牽引力が最大 900kgf（約 9kN）であることから、最低でも 900kgf（約 9kN）以上のロードセル荷重が可能な検出器が必要となる。ただし、検出器の分解能や設定レンジも考慮し、検出値の上限として上記 9kN の 2 倍強である 20ｋN まで測定できる（9kN が、レンジのほぼ中間値となる）設定とした。

また、平成 27 年度に製作した定置装置駆動部とエアベアリング部間の接続ピンをピン型ロードセルにすることにより、定置装置の全長を長くすることなく前進、後進時の牽引力を測定することが可能になるため、ピン型のロードセルを選定した。

上記の要求機能を元に検討し、選定した検出器の諸元を表 3.2.2-7 に示す。

表 3.2.2-7　選定検出器の諸元

| No. | 取付部 | 検出器名 | 数量 | 種類 | 仕様 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | エアベアリング部 | 前方検出器<br>KEYENCE<br>LR-TB5000 | 2 | レーザ変位計 | 計測範囲:60mm～5000mm<br>計測精度:±5mm<br>保護構造:IP67 | |
| 2 | | PEM検出器<br>KEYENCE<br>LR-TB5000 | 2 | レーザ変位計 | 計測範囲:60mm～5000mm<br>計測精度:±5mm<br>保護構造:IP67 | |
| 3 | | 浮上量検出器<br>KEYENCE<br>IL-065 | 4 | レーザ変位計 | 計測範囲:55mm～105mm<br>計測精度:±0.5mm<br>保護構造:IP67 | |
| 4 | | 在荷検出器<br>KEYENCE<br>EH416 | 2 | 近接センサ | 計測範囲:0mm～12mm<br>安定計測範囲:0mm～6mm<br>保護構造:IP67 | |
| 5 | | 接点付き圧力計 | 10 | デジタル圧力スイッチ | 表示:0～1MPa | |
| 6 | 駆動部 | 後方検出器<br>KEYENCE<br>LR-TB5000 | 2 | レーザ変位計 | 計測範囲:60mm～5000mm<br>計測精度:±5mm<br>保護構造:IP67 | |
| 7 | | 牽引力検出器 | 1 | ピン型ロードセル | 定格容量:20kN<br>保護構造:IP67 | |

4)　監視カメラ性能の検討

監視カメラ性能の検討にあたり、例えば、定置装置の前方への走行時に想定される障害物として定置台座上の異物が挙げられる。この場合、8mm 径より大きい異物が落下していると、PEM が着床した際に PEM が傾き、定置装置と PEM が干渉するため、定置装置の引抜きおよび PEM 直下への定置装置（定置部）差込み動作ができなくなる。異物（8mm）と異物（9mm）の場合の装置への影響を図 3.2.2-5 と図 3.2.2-6 に各々示す。すなわち、定置装置の前方側に設置するカメラは、運転中に操作者が 8ｍｍ程度の異物があることを認識できる性能が必要となる。

上記のように、監視カメラ性能の検討にあたり、対象とする障害物を想定し、各カメラで確認する必要がある障害物のサイズを表 3.2.2-8 と図 3.2.2-4 ~図 3.2.2-9 に示す。

表 3.2.2-8 の黄色着色部に示す通り、想定異物の大きさが最も小さいケースが前方カメラ、後方カメラに必要な性能となる。各カメラに必要な性能を以下に示す。

・前方カメラ：2m先の 8ｍｍの異物を確認できること。
・後方カメラ：2m先の 18ｍｍの異物を確認できること。

なお、本試験用に定置装置全体を後方から俯瞰する全体監視カメラを試験用に作業台上へ配置し、試験時の装置全体を監視する計画とした。

表 3.2.2-8　カメラで視認する障害物サイズ

| 工程 | 想定される障害物 | 想定される大きさ | 装置安全性への影響 | 必要となるカメラ性能 | 検知カメラ |
|---|---|---|---|---|---|
| 定置 | 台座上の異物<br>（ex.坑道壁コンクリート片） | 1㎜～ | 8mm径の異物が落下していると、PEMが着床した際に<br>PEMが傾き、定置装置とPEMが干渉するため、定置装置の引抜きおよび差込み動作が不可能となる。 | 2m先の8mmの異物を確認できること。 | 前方カメラ |
| | 走行面の異物<br>（ex.坑道壁コンクリート片） | 1㎜～ | ①定置装置への影響<br>前進（PEM把持）：<br>定置装置（PEM把持）と走行面の距離40mm（40mm浮上時）程度の異物があると、定置装置が乗り上げる可能性がある。 | 2m先の40mmの異物を確認できること。 | 前方カメラ |
| | | | 後進（空荷）：<br>定置装置（空荷）と走行面の距離18mm（図面寸法）程度の異物があると、定置装置が乗り上げる可能性がある。 | 2m先の18mmの異物を確認できること。 | 後方カメラ |
| | | | ②搬送装置への影響<br>50mm程度の大きさの異物が走行面に落下し、<br>走行車輪が乗り上げると水平ガイドが脱輪する。 | 2m先の50mmの異物を確認できること。 | 前方カメラ<br>後方カメラ |
| 回収 | 台座上の異物<br>（ex.坑道壁コンクリート片） | 1㎜～ | 台座上の異物（50mm程度）があると、搬送装置が異物上に乗り上げる可能性がある。 | 2m先の50mmの異物を確認できること。 | 前方カメラ |
| | 走行面の異物<br>（ex.坑道壁コンクリート片） | 1㎜～ | ①定置装置への影響<br>前進（空荷）：<br>定置装置（空荷）と走行面の距離18mm（図面寸法）程度の異物があると、定置装置が乗り上げる可能性がある。 | 2m先の18mmの異物を確認できること。 | 前方カメラ |
| | | | 後進（PEM把持）：<br>定置装置（PEM把持）と走行面の距離40mm（40mm浮上時）程度の異物があると、定置装置が乗り上げる可能性がある。 | 2m先の40mmの異物を確認できること。 | 後方カメラ |
| | | | ②搬送装置への影響<br>50mm程度の大きさの異物が走行面に落下し、<br>走行車輪が乗り上げると水平ガイドが脱輪する。 | 2m先の50mmの異物を確認できること。 | 前方カメラ<br>後方カメラ |

● カメラ(ライト付)

| No. | 名称 | 個数 | 機能 |
|---|---|---|---|
| A | 前方確認カメラ | 1 | 走行面、台座上の確認 |
| B | 前方確認カメラ | 1 | |
| C | 中腹カメラ(上) | 1 | PEMと坑道の接触確認 |
| D | 中腹カメラ(下) | 1 | エアベアリング部のPEM接地面の確認 |
| E | 後方確認カメラ | 1 | 走行面、台座上の確認 |
| F | 後方確認カメラ | 1 | |
| G | 全体監視カメラ | 1 | 定置装置を後方から俯瞰的に確認(試験用) |

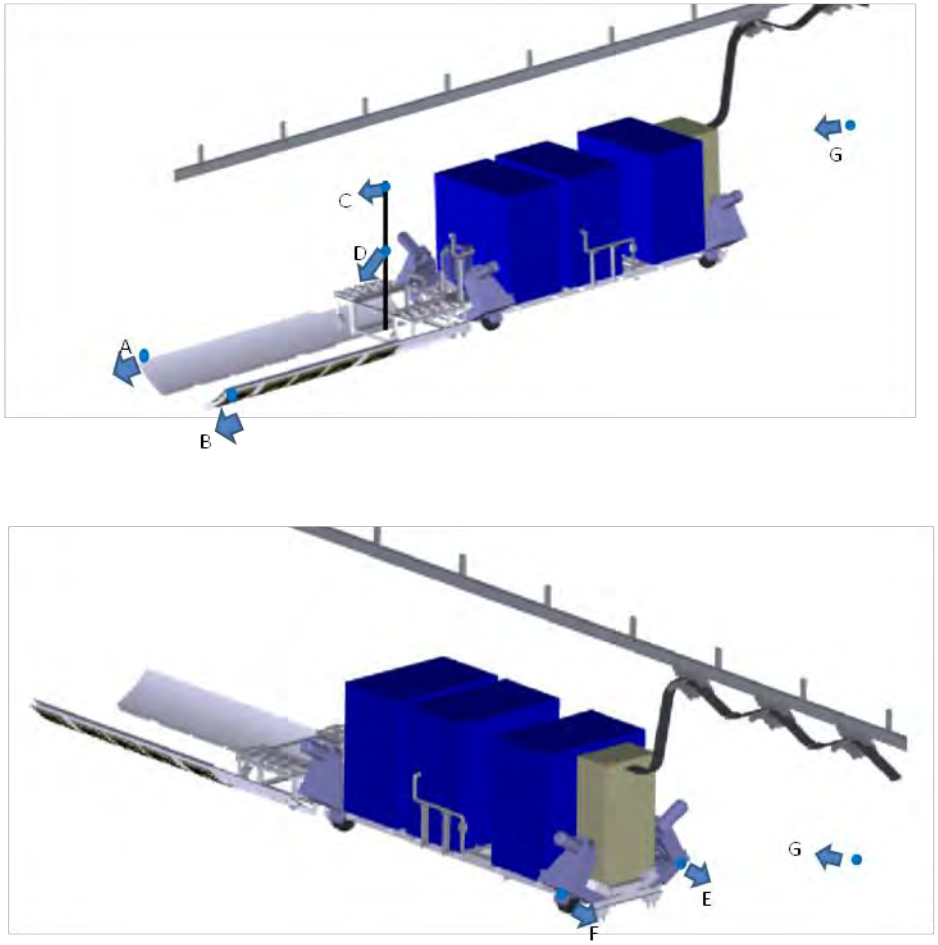



図 3.2.2-4　カメラ位置

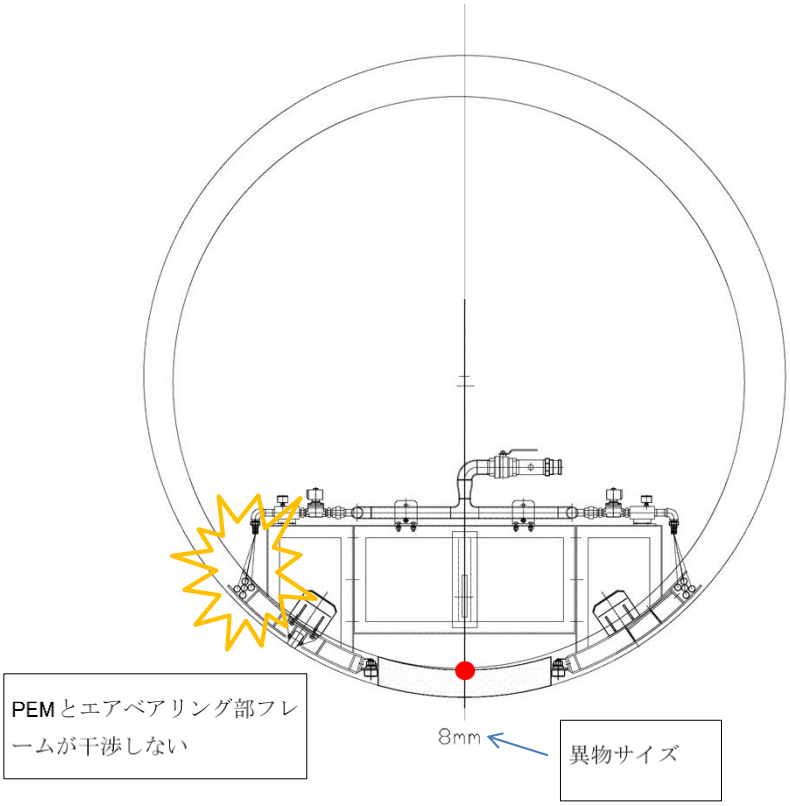



図 3.2.2-5　異物（8mm）による装置への影響

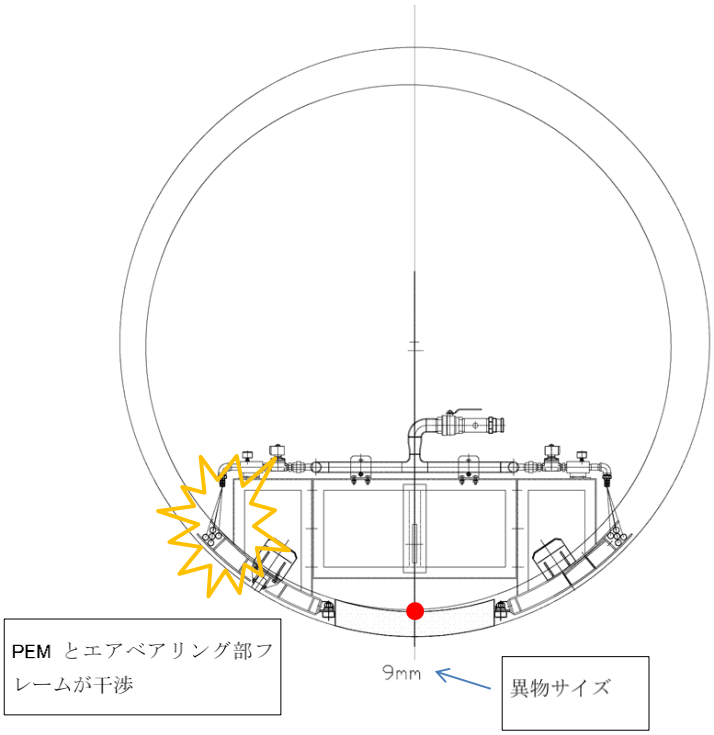



図 3.2.2-6　異物（9mm）による装置への影響

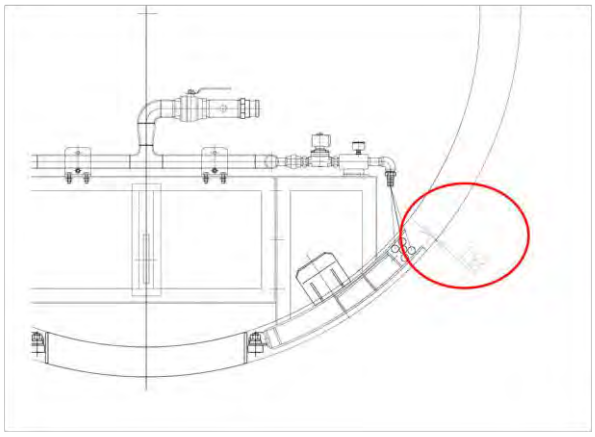


図 3.2.2-7　異物（18mm）による装置への影響

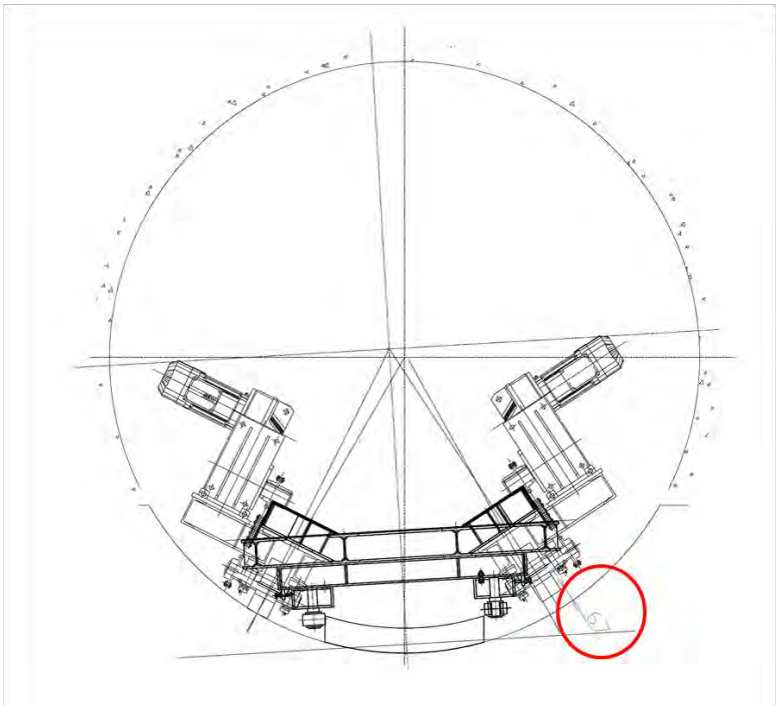


図 3.2.2-8　異物（67mm）による装置への影響

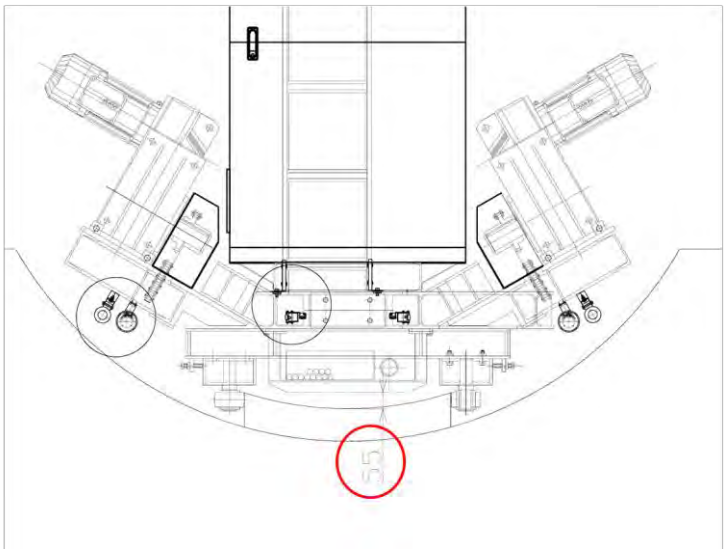



図 3.2.2-9　異物（55mm）による装置への影響

また、カメラの視認範囲要求仕様の設定根拠を、以下の表 3.2.2-9 に示す。(定格速度 5m/min 走行時)

表 3.2.2-9　カメラの視認範囲要求仕様の設定根拠

| | | | |
|---|---|---|---|
| 高速走行時に緊急停止した際の停止距離 | 415mm | 停止するまでの時間 | 10s |
| 定格速度運転時に異物を発見し、非常停止ボタンを押すまでの装置移動距離 | 417mm | 定格速度運転時に異物を発見し、非常停止ボタンを押すまでの時間 | 5s |
| 計（最低視認範囲） | **832mm** | | 15s |

表 3.2.2-9 に示す通り、定格速度（5m/min）で運転時に、異物を発見し非常停止ボタンを押すまでの時間を 5 秒とすると、停止までに 832mm 装置が移動する。したがって、裕度を考慮し 2000mm（2m）先まで見えること（視認範囲）を要求仕様とした。

上記の検討結果を踏まえた、監視カメラへの要求仕様を表 3.2.2-10 に示す。

表 3.2.2-10　カメラ要求仕様

| カメラ | 要求仕様 |
|---|---|
| 前方カメラ | 台座上の 2m 先の 8mm の異物を確認できること。 |
| 中腹カメラ（上） | PEM と坑道の隙間を確認できること。 |
| 中腹カメラ（下） | エアベアリング部の PEM 接触面を確認できること。 |
| 後方カメラ | 台座上の 2m 先の 18mm の異物を確認できること。 |
| 全体監視カメラ | 定置装置全体を後方から確認できること。 |

表 3.2.2-10 に示す要求仕様を検討し、選定したカメラの諸元を表 3.2.3-10 に示す。隙間充填材除去後の水や泥（水分を含んだ充填材残渣）の環境にも耐えることができるように、IPX7 以上の防水保護等級（IPX8）のものを選定した。

表 3.2.2-11　選定カメラの諸元

| カメラ | 仕様 | 照明 |
|---|---|---|
| 前方カメラ | WATEC 製　WAT-2200DW | KDS 製<br>KWM10<br>（LED 投光器）<br>保護等級：IP68 |
| | 有効画素数：1920（H）×1080（V） | |
| | 防水保護等級：IPX8 | |
| 中腹カメラ（上） | WATEC 製　WAT-400D2 | |
| | 有効画素数：976（H）×494（V） | |
| | 防水保護等級：IPX8 | |
| 中腹カメラ（下） | WATEC 製　WAT-400D2 | |
| | 有効画素数：976（H）×494（V） | |
| | 防水保護等級：IPX8 | |
| 後方カメラ | WATEC 製　WAT-400D2 | |
| | 有効画素数：976（H）×494（V） | |
| | 防水保護等級：IPX8 | |
| 全体監視カメラ | WATEC 製　WAT-400D2 | |
| | 有効画素数：976（H）×494（V） | |
| | 防水保護等級：IPX8 | |

### 3.2.3　定置装置のシステム構成

3.2.2 で示した検出器やカメラと平成 27 年度までに製作した定置装置を組み合わせた定置装置のシステム構成（電源、制御系統及びエア系統）を図 3.2.3-1 に示す。また、検出器やカメラの配置イメージを図 3.2.3-2 に示す。

定置装置の電源は、東周回坑道内の作業用分電盤（AC200V）から供給され、試験坑道 2 の作業台上にある中継ボックスで一部を変圧し AC100V や検出器用の DC24V の電源をとる計画とした。また、中継ボックスから定置装置や操作卓へ電源を供給する。本装置ではケーブルキャリア方式（カーテンケーブル）による電源供給とした。

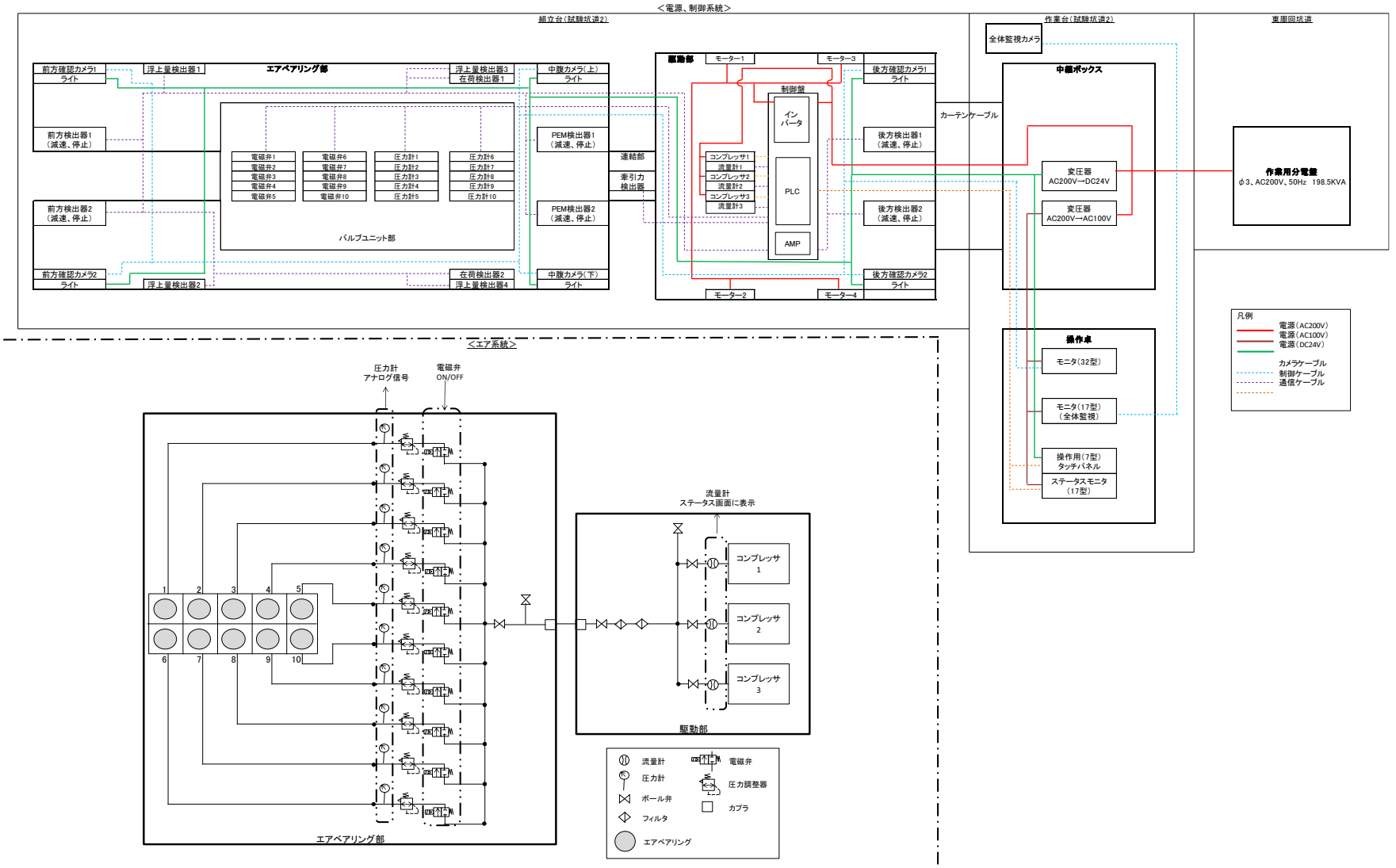


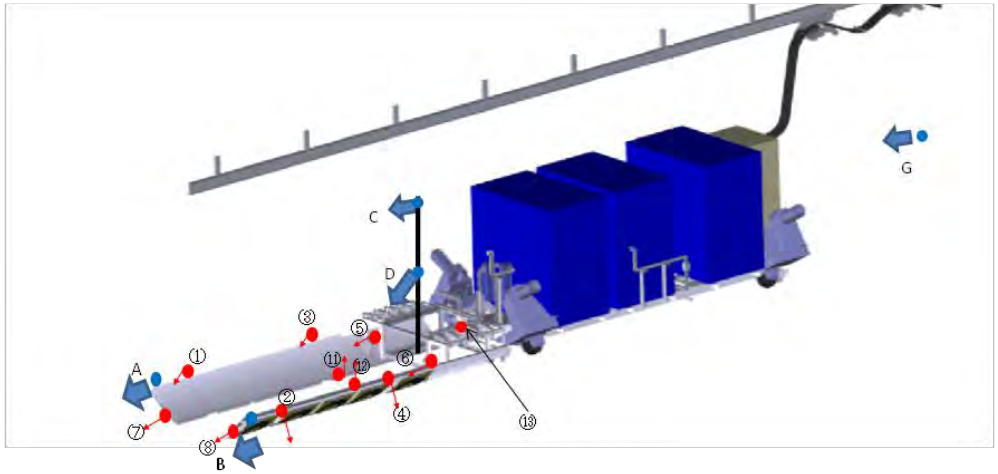

図 3.2.3-1　定置装置　システム構成図

● カメラ(ライト付)

| No. | 名称 | 個数 | 機能 |
|---|---|---|---|
| A | 前方確認カメラ1 | 1 | 走行面、台座上の確認 |
| B | 前方確認カメラ2 | 1 | |
| C | 中腹カメラ(上) | 1 | PEMと坑道の接触確認 |
| D | 中腹カメラ(下) | 1 | エアベアリング部のPEM接地面の確認 |
| E | 後方確認カメラ1 | 1 | 走行面、台座上の確認 |
| F | 後方確認カメラ2 | 1 | |
| G | 全体監視カメラ | 1 | 定置装置を後方から俯瞰的に確認(試験用) |

● 検出器

| No. | 名称 | 個数 | 機能 |
|---|---|---|---|
| ① | 浮上量検出器1 | 1 | 坑道面からの浮上量を検出 |
| ② | 浮上量検出器2 | 1 | |
| ③ | 浮上量検出器3 | 1 | |
| ④ | 浮上量検出器4 | 1 | |
| ⑤ | PEM検出器1 | 1 | PEMの把持位置を検出 |
| ⑥ | PEM検出器2 | 1 | |
| ⑦ | 前方検出器1 | 1 | 前方(壁面、PEM)との距離を検出 |
| ⑧ | 前方検出器2 | 1 | |
| ⑨ | 後方検出器1 | 1 | 後方停止位置を検出 |
| ⑩ | 後方検出器2 | 1 | |
| ⑪ | 在荷検出器1 | 1 | PEM把持状態を検出 |
| ⑫ | 在荷検出器2 | 1 | |
| ⑬ | 牽引力検出器 | 1 | 牽引力確認用の検出器 |



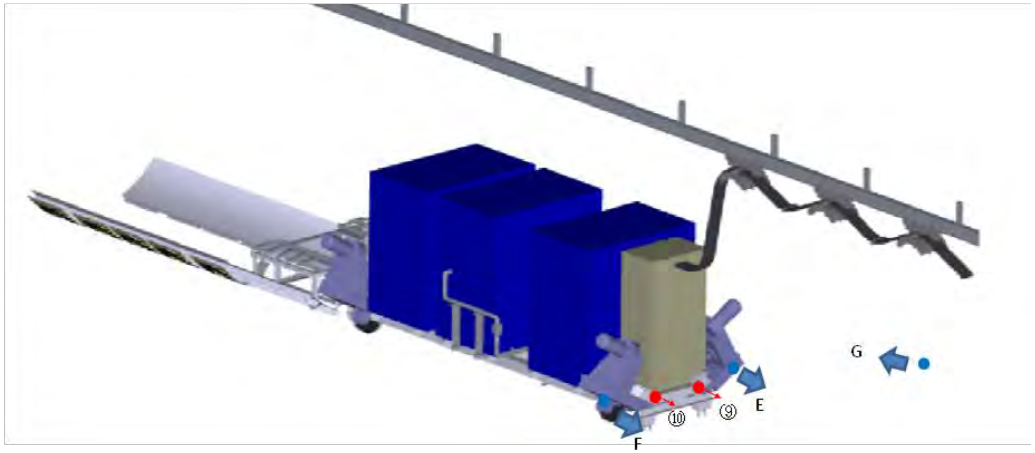




図 3.2.3-2　検出器、カメライメージ図

(1)　定置装置の制御フロー

3.2.2 で検討した定置・回収の動作フローと設計、選定した各検出器を元に、各運転条件により定置装置を動作、制御するために、制御フローを以下に検討した。

定置装置の運転モードは、実証試験の操作に使用する自動運転、手動運転と、設定値変更等に使用するメンテナンスの 3 つのモードとした。

また、定置装置の動作フロー（図 3.2.2-2、図 3.2.2-3 参照）に対応した制御フローを図 3.2.3-3～図 3.2.3-9 に示す。

1)　自動運転

自動運転は、以下に示す 6 つの基本動作ごとにホールドポイントを設けられ、各種検出器にて設定された値により定置装置の停止位置や PEM 浮上動作等にインターロックが設けられており、各インターロックの設定を図 3.2.3-4~図 3.2.3-9 に示す。

①空荷前進（図 3.2.3-4 参照）
②PEM 浮上（図 3.2.3-5 参照）
③在荷前進（PEM 把持状態での前進）（図 3.2.3-6 参照）
④在荷後進（PEM 把持状態での後進）（図 3.2.3-7 参照）
⑤PEM 着床（図 3.2.3-8 参照）
⑥空荷後進（図 3.2.3-9 参照）

定置動作、回収動作は①～⑥の基本動作の組合せとなる。
定置動作：②PEM 浮上→④在荷前進→⑤PEM 着床→⑥空荷後進
回収動作：①空荷前進→②PEM 浮上→④在荷後進→⑤PEM 着床

なお、自動運転モード、手動運転モード、メンテナンスモード共に、専用タッチパネルによる操作、運転時はカメラによる監視を行い、装置の異常時には緊急停止ボタンにより停止させる設定とした。

2)　手動運転

手動運転はボタン操作中に装置の各種動作が実行される運転モードで、実証試験の他に、各種調整用の運転時にも使用される運転モードである。

3)　メンテナンス

メンテナンスモードでは、各検出器の減速位置や停止位置の設定値を変更することができる運転モードである。

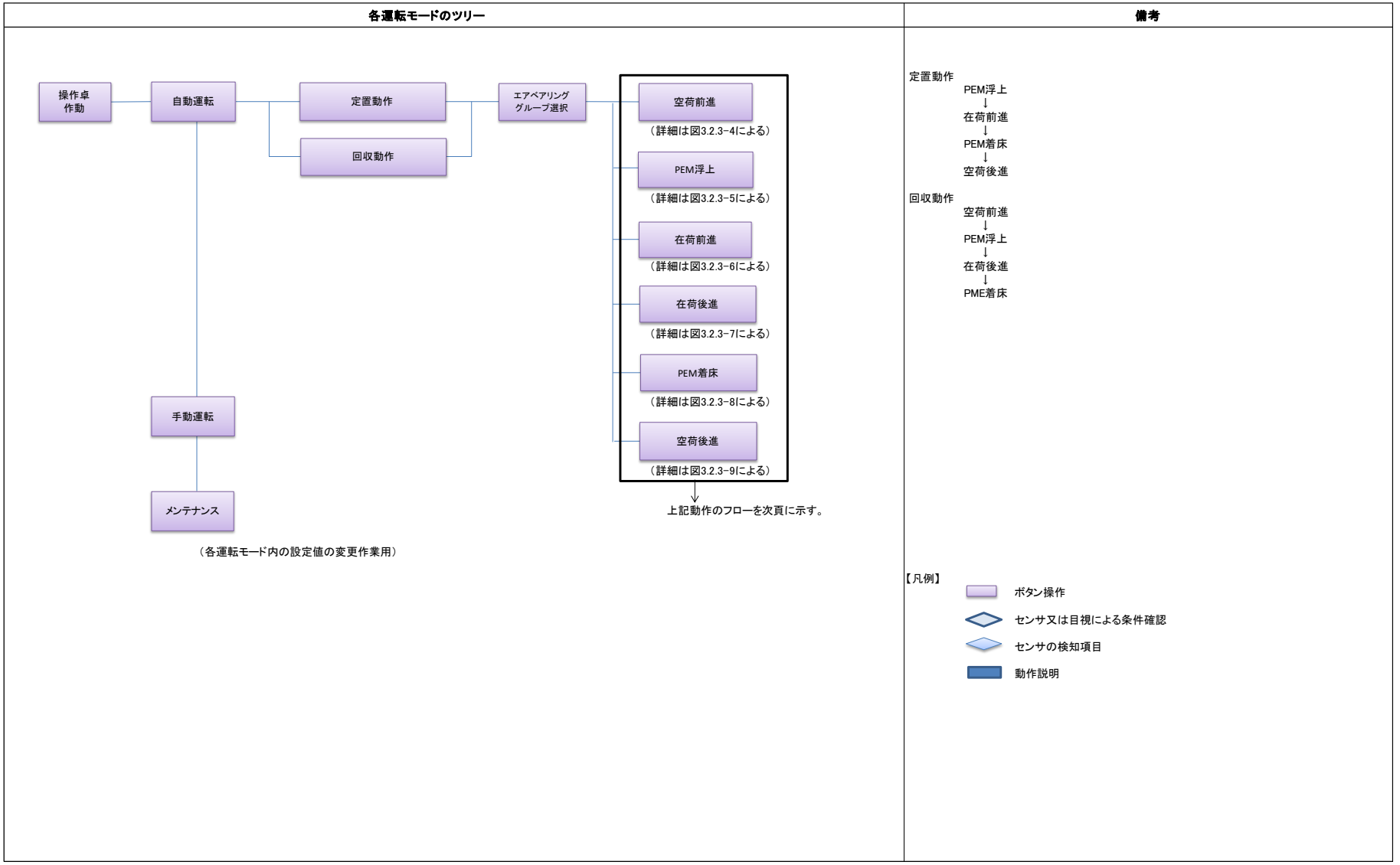



図 3.2.3-3　定置装置の制御フロー：各運転モードのツリー

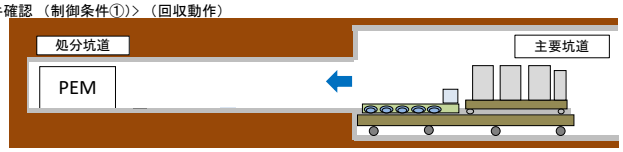
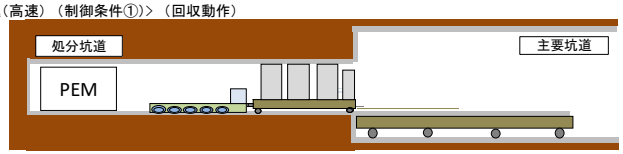
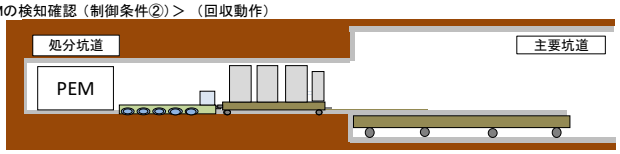
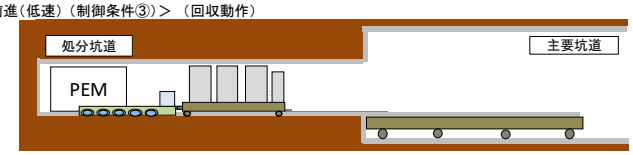
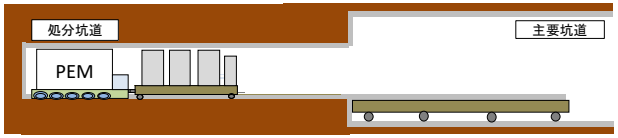
| 工程 | 操作及び動作 | 備考 |
|---|---|---|
| 空荷前進 | 空荷前進ボタンON<br>↓<br>条件確認<br>↓<br>カメラによる状況確認<br>↓<br>空荷前進開始ボタンON<br>↓<br>前進（高速）<br>速度:5m/min<br>↓<br>PEM検知確認①<br>↓<br>前進（低速）<br>速度:1m/min<br>↓<br>PEM検知確認②<br>↓<br>空荷運転停止<br>↓<br>空荷運転完了が表示 | <条件確認、前進（高速）（制御条件①）><br>検出器 / 個数 / 条件<br>a 浮上量検出器 / 4 / AND / 浮上量が設定値((①-a)以下であること。<br>b PEM検出器 / 2 / OR / PEM検出器の測定値が設定値((①-b)以上(※1)であること。<br>c 前方検出器 / 2 / OR / 前方検出器の測定値が設定値((①-c)以上(※1)であること。<br>d 後方検出器 / 2 / OR / 後方検出器の測定値が設定値((①-d)以上(※1)であること。<br>e 在荷検出器 / 2 / AND / 在荷検知が「無」であること。<br>f 牽引力検出器 / 1 / - / 牽引力が設定値((①-f)以下であること。<br>g 圧力計 / 10 / AND / 各圧力計が設定値((①-g-1～10)以下であること。<br>h モータサーマル / 4 / OR / モータに異常のないこと<br>※1： 検出限界以上(Non-Ditect)も含まれる。<br><br><カメラによる状況確認><br>1)前方確認カメラ及び中腹カメラ(下)で異常がないこと。<br><br><前進（高速）（制御条件①）><br>検出器 / 個数 / 条件<br>a～h — / — / （制御条件①）と同じ<br><br><PEM検知確認①（制御条件②）><br>検出器 / 個数 / 条件<br>c 前方検出器 / 2 / OR / 前方検出器の測定値が設定値((②-c)であること。<br>a,b,d～h その他 / — / （制御条件①）と同じ<br><br><前進（低速）（制御条件③）><br>検出器 / 個数 / 条件<br>b PEM検出器 / 2 / OR / （制御条件①）と同じ<br>c 前方検出器 / 2 / — / —<br>a,d～h その他 / — / （制御条件①）と同じ<br><br><PEM検知確認②（制御条件④）><br>検出器 / 個数 / 条件<br>b PEM検出器 / 2 / OR / PEM検出器の測定値が設定値((④-b)であること。<br>c 前方検出器 / 2 / — / —<br>a,d～h その他 / — / （制御条件①）と同じ | 【動作説明図】<br><条件確認（制御条件①）>（回収動作）<br>  <br><br><前進（高速）（制御条件①）>（回収動作）<br>  <br><br><PEMの検知確認（制御条件②）>（回収動作）<br>  <br><br><前進（低速）（制御条件③）>（回収動作）<br>  <br><br><PEMの検知確認（制御条件④）>（回収動作）<br>  <br> |

図 3.2.3-4　定置装置の制御フロー：空荷前進

| 工程 | 操作及び動作 | 備考 |
|---|---|---|
| PEM浮上 | PEM浮上ボタンON<br>↓<br>条件確認<br>↓<br>PEM浮上開始ボタンON<br>↓<br>エアベアリングON<br>↓<br>コンプレッサーON<br>↓<br>条件確認①<br>↓<br>カメラによる状況確認<br>↓<br>PEM浮上完了が表示 | 【動作説明図】<br>＜条件確認①②（制御条件①②）＞（回収動作） |

＜条件確認、浮上（制御条件①）＞

| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| a | 浮上量検出器 | 4 | AND | 浮上量が設定値(①-a)以下であること。 |
| b | PEM検出器 | 2 | OR | PEM検出器の測定値が設定値(①-b)であること。 |
| c | 前方検出器 | 2 | OR | — |
| d | 後方検出器 | 2 | OR | — |
| e | 在荷検出器 | 2 | AND | 在荷検知が「無」であること。 |
| f | 牽引力検出器 | 1 | — | 牽引力が設定値(①-f)以下であること。 |
| g | 圧力計 | 10 | AND | 各圧力計が設定値(①-g-1～10)以下であること。 |
| h | モータサーマル | 4 | OR | モータに異常のないこと |

※1： 検出限界以上(Non-Ditect)も含まれる。

＜条件確認①、浮上（制御条件②）＞

| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| a | 浮上量検出器 | 4 | AND | 浮上量が設定値(②-a)の範囲であること。 |
| e | 在荷検出器 | 2 | AND | 在荷検知が「無」であること。 |
| g | 圧力計 | 10 | AND | 各圧力計が設定値(②-g-1～10)以上であること。 |
| b,c,d,f,h | その他 | — | | （制御条件①）と同じ |

＜カメラによる状況確認＞
1） 中腹カメラ(上)で天井との接触がないこと。

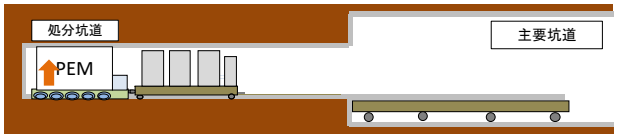
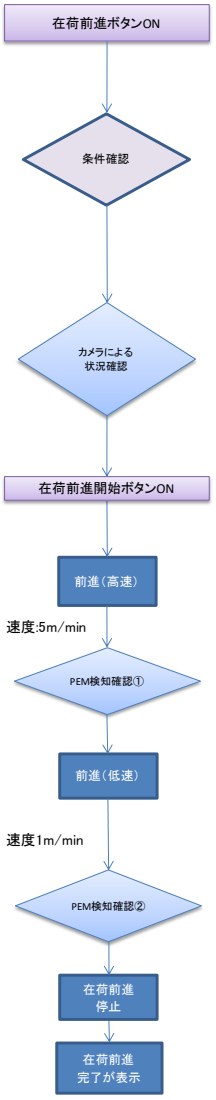



図 3.2.3-5 定置装置の制御フロー：PEM 浮上

| 工程 | 操作及び動作 | 備考 |
|---|---|---|
| 在荷前進 | | |




<条件確認、前進(高速)(制御条件①)>

| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| a | 浮上量検出器 | 4 | AND | 浮上量が設定値(①-a)の範囲であること。 |
| b | PEM検出器 | 2 | OR | PEM検出器の測定値が設定値(①-b)であること。 |
| c | 前方検出器 | 2 | OR | 前方検出器の測定値が設定値(①-c)以上(※1)であること。 |
| d | 後方検出器 | 2 | OR | 後方検出器の測定値が設定値(①-d)以上(※1)であること。 |
| e | 在荷検出器 | 2 | AND | 在荷検知が「有」であること。 |
| f | 牽引力検出器 | 1 | — | 牽引力が設定値(①-f)以下であること。 |
| g | 圧力計 | 10 | AND | 各圧力計が設定値(①-g-1～10)以上であること。 |
| h | モータサーマル | 4 | OR | モータに異常のないこと |

※1： 検出限界以上(Non-Ditect)も含まれる。

<カメラによる状況確認>
1) 前方確認カメラで異常がないこと。
2) 中腹カメラ(上)で天井との接触がないこと。

<前進(高速)(制御条件①)>

| | 検出器 | 個数 | 条件 |
|---|---|---|---|
| a～h | — | — | (制御条件①)と同じ |

<PEM検知確認①(制御条件②)>

| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| c | 前方検出器 | 2 | OR | 前方検出器の測定値が設定値(②-c)であること。 |
| a,b,d～h | その他 | — | | (制御条件①)と同じ |

<前進(低速)(制御条件③)>

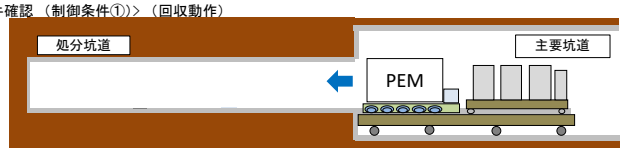
| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| b | PEM検出器 | 2 | OR | PEM検出器の測定値が設定値(③-b)であること。 |
| c | 前方検出器 | 2 | OR | 前方検出器の測定値が設定値(③-c)以下であること。 |
| a,d～h | その他 | — | | (制御条件①)と同じ |

<PEM検知確認②(制御条件④)>

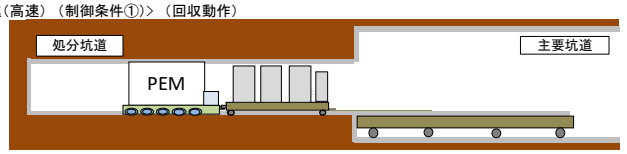
| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| b | PEM検出器 | 2 | OR | PEM検出器の測定値が設定値(④-b)であること。 |
| c | 前方検出器 | 2 | — | 前方検出器の測定値が設定値(④-c)以下であること。 |
| a,d～h | その他 | — | | (制御条件①)と同じ |

【動作説明図】

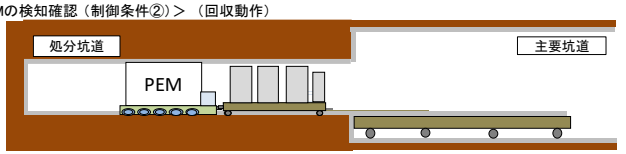
<条件確認 (制御条件①)> (回収動作)



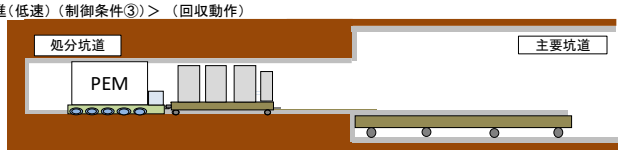

<前進(高速) (制御条件①)> (回収動作)




<PEMの検知確認 (制御条件②)> (回収動作)




<前進(低速) (制御条件③)> (回収動作)




<PEMの検知確認 (制御条件④)> (回収動作)

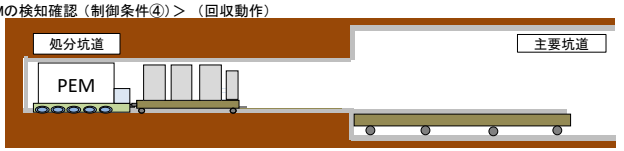
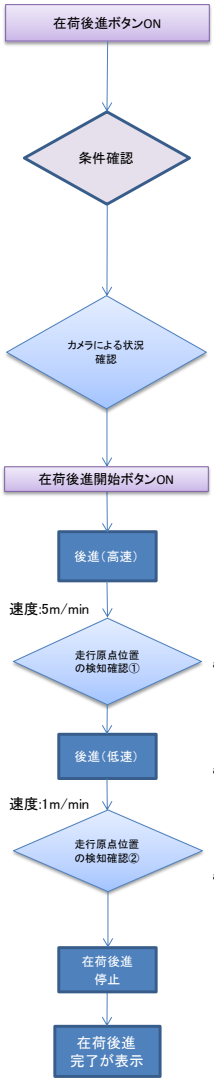



図 3.2.3-6 定置装置の制御フロー：在荷前進

| 工程 | 操作及び動作 | 備考 |
|---|---|---|

**在荷後進**




<条件確認、後進 (制御条件①)>

| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| a | 浮上量検出器 | 4 | AND | 浮上量が設定値(①-a)の範囲であること。 |
| b | PEM検出器 | 2 | OR | PEM検出器の測定値が設定値(①-b)であること。 |
| c | 前方検出器 | 2 | OR | 前方検出器の測定値が設定値(①-c)以上(※1)であること。 |
| d | 後方検出器 | 2 | OR | 後方検出器の測定値が設定値(①-d)以上(※1)であること。 |
| e | 在荷検出器 | 2 | AND | 在荷検知が「無」であること。 |
| f | 牽引力検出器 | 1 | — | 牽引力が設定値(①-f)以下であること。 |
| g | 圧力計 | 10 | AND | 各圧力計が設定値(①-g-1～10)以上であること。 |
| h | モータサーマル | 4 | OR | モータに異常のないこと |

※1： 検出限界以上(Non-Ditect)も含まれる。

<カメラによる状況確認>
1) 後方確認カメラで異常がないこと。

<後進(高速) (制御条件①)>

| | 検出器 | 個数 | 条件 |
|---|---|---|---|
| a～h | — | — | (制御条件①)と同じ |

<走行原点位置の検知確認 (制御条件②)>

| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| d | 後方検出器 | 2 | OR | 後方検出器の測定値が設定値(②-d)であること。 |
| a～c,e～h | その他 | — | | (制御条件①)と同じ |

<後進(低速) (制御条件③)>

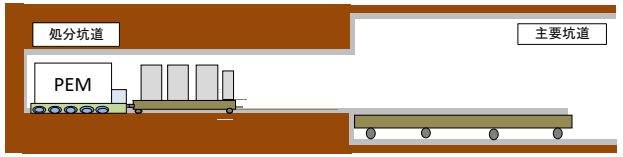
| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| d | 後方検出器 | 2 | OR | 後方検出器の測定値が設定値(③-d)であること。 |
| a～c,e～h | その他 | — | | (制御条件①)と同じ |

<走行原点位置の検知確認② (制御条件④)>

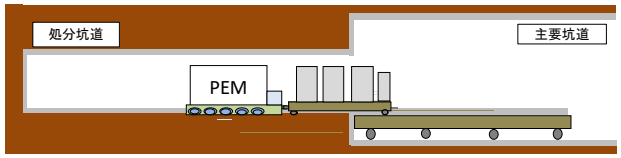
| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| d | 後方検出器 | 2 | OR | 後方検出器の測定値が設定値(④-d)であること。 |
| a～c,e～h | その他 | — | | (制御条件①)と同じ |

【動作説明図】

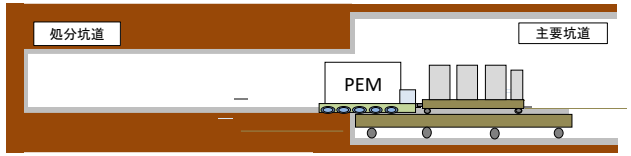
<条件確認 (制御条件①)> (回収動作)



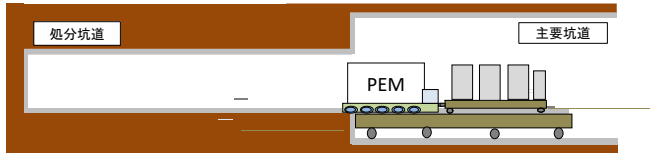

<前進(高速) (制御条件①)> (回収動作)




<走行原点位置の検知確認 (制御条件②)> (回収動作)




<後進(低速) (制御条件③)> (回収動作)




<走行原点位置の検知確認 (制御条件④)> (回収動作)

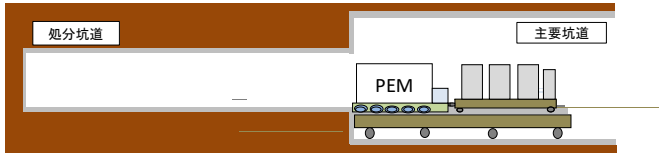



図 3.2.3-7 定置装置の制御フロー：在荷後進

| 工程 | 操作及び動作 | 備考 |
|---|---|---|
| PEM着床 | PEM着床ボタンON<br>↓<br>条件確認<br>↓<br>PEM着床開始ボタンON<br>↓<br>コンプレッサーOFF<br>↓<br>エアベアリングOFF<br>↓<br>条件確認①<br>↓<br>PEM着床<br>完了が表示 | 【動作説明図】<br>〈条件確認、着床 （制御条件①）（制御条件②）〉（定置動作） |

〈条件確認、着床 （制御条件①）〉

| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| a | 浮上量検出器 | 4 | AND | 浮上量が設定値(①-a)の範囲であること。 |
| b | PEM検出器 | 2 | OR | PEM検出器の測定値が設定値(①-b)以下であること。 |
| c | 前方検出器 | 2 | OR | — |
| d | 後方検出器 | 2 | OR | — |
| e | 在荷検出器 | 2 | AND | 在荷検知が「有」であること。 |
| f | 牽引力検出器 | 1 | — | 牽引力が設定値(①-f)以下であること。 |
| g | 圧力計 | 10 | AND | 各圧力計が設定値(①-g-1～10)以上であること。 |
| h | モータサーマル | 4 | OR | モータに異常のないこと |

※1： 検出限界以上(Non-Ditect)も含まれる。

〈条件確認①、着床 （制御条件②）〉

| | 検出器 | 個数 | | 条件 |
|---|---|---|---|---|
| a | 浮上量検出器 | 4 | AND | 浮上量が設定値(②-a)以下であること。 |
| e | 在荷検出器 | 2 | AND | 在荷検知が「無」であること。 |
| g | 圧力計 | 10 | AND | 各圧力計が設定値(②-g)以下であること。 |
| b,c,d,f,h | その他 | — | | （制御条件①）と同じ |

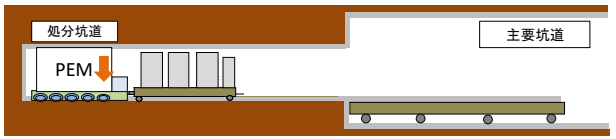



図 3.2.3-8 定置装置の制御フロー：PEM 着床

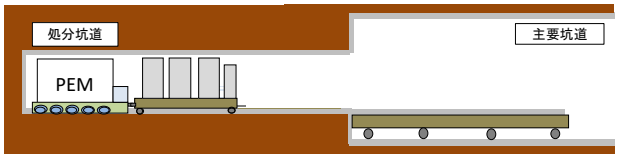
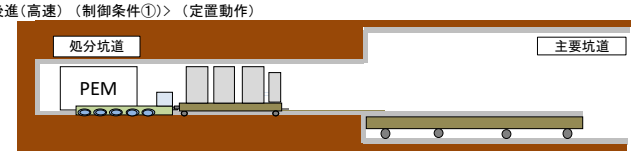
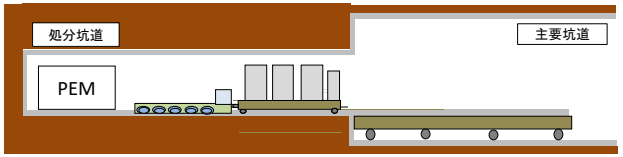
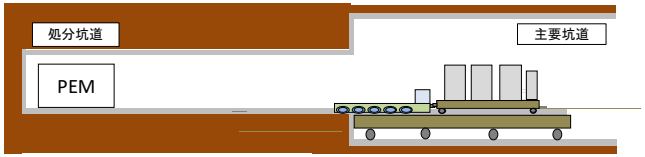
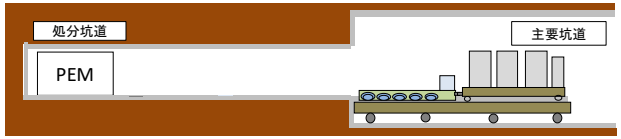
| 工程 | 操作及び動作 | 備考 |
|---|---|---|
| 空荷後進 | 空荷後進ボタンON<br>↓<br>条件確認<br>↓<br>後方カメラへ切り替え<br>↓<br>カメラによる状況確認<br>↓<br>空荷後進開始ボタンON<br>↓<br>後進（高速）<br>速度:5m/min<br>↓<br>走行原点位置の検知確認①<br>↓<br>後進（低速）<br>速度:1m/min<br>↓<br>走行原点位置の検知確認②<br>↓<br>移動完了<br>↓<br>空荷後進完了が表示 | 〈条件確認、後進（制御条件①）〉<br>検出器 / 個数 / 条件<br>a 浮上量検出器 / 4 / AND 浮上量が設定値(①−a)以下であること。<br>b PEM検出器 / 2 / OR PEM検出器の測定値が設定値(①−b)であること。<br>c 前方検出器 / 2 / OR 前方検出器の測定値が設定値(①−c)以上(※1)であること。<br>d 後方検出器 / 2 / OR 後方検出器の測定値が設定値(①−d)以上(※1)であること。<br>e 在荷検出器 / 2 / AND 在荷検知が「無」であること。<br>f 牽引力検出器 / 1 / − 牽引力が設定値(①−f)以下であること。<br>g 圧力計 / 10 / AND 各圧力計が設定値(①−g−1～10)以下であること。<br>h モータサーマル / 4 / OR モータに異常のないこと<br>※1： 検出限界以上(Non-Ditect)も含まれる。<br><br>〈カメラによる状況確認〉<br>1）後方確認カメラで異常がないこと。<br><br>〈後進（高速）（制御条件①）〉<br>検出器 / 個数 / 条件<br>a～h — / — / （制御条件①）と同じ<br><br>〈走行原点位置の検知確認①（制御条件②）〉<br>検出器 / 個数 / 条件<br>d 後方検出器 / 2 / OR 後方検出器の測定値が設定値(②−d)であること。<br>a～c,e～h その他 / — / （制御条件①）と同じ<br><br>〈後進（低速）（制御条件③）〉<br>検出器 / 個数 / 条件<br>d 後方検出器 / 2 / OR 後方検出器の測定値が設定値(③−d)以下であること。<br>a～c,e～h その他 / — / （制御条件①）と同じ<br><br>〈走行原点位置の検知確認②（制御条件④）〉<br>検出器 / 個数 / 条件<br>d 後方検出器 / 2 / OR 後方検出器の測定値が設定値(④−d)以下であること。<br>a～c,e～h その他 / — / （制御条件①）と同じ | 【動作説明図】<br>〈条件確認後進（制御条件①）〉（定置動作）<br>  <br>〈後進（高速）（制御条件①）〉（定置動作）<br>  <br>〈走行原点位置の検知確認（制御条件②）〉（定置動作）<br>  <br>〈後進（低速）（制御条件③）〉（定置動作）<br>  <br>〈走行原点位置の検知確認（制御条件④）〉（定置動作）<br>  |

図 3.2.3-9　定置装置の制御フロー：空荷後進

(2)　制御装置の詳細設計

1)　制御盤

平成 27 年度製作分の定置装置試験は仮設品の制御盤を準備し実施した。本年度は検出器等の追加により制御盤内部の機器が変更となるため、本設品として製作した。

制御盤の要求仕様を整理し、表 3.2.3-1 に示す。

表 3.2.3-1　制御盤の要求仕様

| 項目 | 仕様 |
|---|---|
| 必要機能 | ・走行モータのインバータや PLC、遮断器等の機器が収まること。 |
| 制限寸法 | ・坑道径 φ2600mm に収まること。<br>・幌延 URL 立坑開口部（φ2550mm）東周回坑道の風門<br>（1800mm（幅）×2050mm（高さ））を通過できる寸法であること。 |
| 制限重量 | ・最少分割単位での重量が 2ton 以下であること。 |

2)　中継ボックス

中継ボックスは、幌延 URL の東周回坑道内の作業用分電盤（AC200V、3φ）から供給される電源の定置装置や操作卓への分配、制御機器用に変圧する機能が要求される。

中継ボックスの要求仕様を整理し、表 3.2.3-2 に示す。

表 3.2.3-2　中継ボックスの要求仕様

| 項目 | 仕様 |
|---|---|
| 必要機能 | ・作業用分電盤からの受電、定置装置や操作卓への給電ができること。<br>・AC200V を変圧できること。 |
| 制限寸法 | ・試験坑道 2 の作業台に設置可能な寸法であること。<br>・幌延 URL 立坑開口部（φ2550mm）東周回坑道の風門<br>（1800mm（幅）×2050mm（高さ））を通過できる寸法であること。 |
| 制限重量 | ・最少分割単位での重量が 2ton 以下であること。 |

3)　操作卓

操作卓の要求仕様を整理し、表 3.2.3-3 に示す。

表 3.2.3-3　操作卓の要求仕様

| 項目 | 仕様 |
|---|---|
| 必要機能 | ・定置装置を操作可能なこと。<br>・カメラ映像が表示されること。<br>・定置装置の状態が表示できること。<br>・非常停止できること。 |
| 制限寸法 | ・試験坑道 2 の作業台に設置可能な寸法であること。<br>・幌延 URL 立坑開口部（φ2550mm）東周回坑道の風門<br>（1800mm（幅）×2050mm（高さ））を通過できる寸法であること。 |
| 制限重量 | ・最少分割単位での重量が 2ton 以下であること。 |

(3)　制御装置の諸元

(4)項で示した要求仕様を満たす制御盤、中継ボックス及び操作卓を設計した。各機器の諸元を以下の表 3.2.3-4~表 3.2.3-6 に、図面を図 3.2.3-10~図 3.2.3-12 に示す。

1)　制御盤

表 3.2.3-4　制御盤の諸元

| | | |
|---|---|---|
| 寸法 | | 800mm（L）×500mm（W）×1450mm（H） |
| 重量 | | 約 230kg |
| 主要構成 | ブレーカ | ブレーカ ON で定置装置に給電 |
| | 受電灯（白色） | ブレーカ 1 次側受電で点灯 |
| | 送電灯（白色） | ブレーカ ON で点灯 |
| | PLC | 型式：KV-7500（KEYENCE 製） |
| | モータ制御 | モータ 4 台に対し以下の制御を行う<br>モータの駆動・停止<br>ブレーキの作動・解除<br>インバータ制御 |
| | コンプレッサ制御 | コンプレッサ 3 台の ON/OFF 制御 |
| | 電磁弁制御 | 電磁弁 10 台の ON/OFF 制御 |
| | 警報機能 | 異常を検知しでブザー発報する。 |

2)　中継ボックス

表 3.2.3-5　中継ボックスの諸元

| | | |
|---|---|---|
| 寸法 | | 600 mm（L）×1000mm（W）×1570 mm（H） |
| 重量 | | 約 190kg |
| 主要構成 | ブレーカ | ブレーカ ON で定置装置、操作卓に給電 |
| | 変圧器（AC200V 用） | 作業用分電盤からの AC200V を AC100V に変圧 |
| | 変圧器（DC24V 用） | 作業用分電盤からの AC200V を DC24V に変圧 |

3)　操作卓

表 3.2.3-6　操作卓の諸元

| | | |
|---|---|---|
| 寸法 | | 1800mm（L）×700mm（W）×1223 mm（H）<br>（テーブル高さ 700mm） |
| 重量 | | 約 90kg |
| 主要構成 | 前方後方監視モニタ | 32 型モニタ（1 台） |
| | 全体監視モニタ | 17 型モニタ（1 台） |
| | ステータスモニタ | 17 型モニタ（1 台） |
| | 操作用タッチパネル | 7 型タッチパネルディスプレイ（1 台） |
| | カメラ映像分割表示コントローラ | 複数台のカメラを 1 台のモニタに分割表示 |
| | その他 | 緊急停止ボタン、警報リセットボタン等 |

上記 3 機器について、計画している幌延地下試験坑道 2 での実証試験時に組立てるために、上記制限寸法、制限重量の要求仕様を満たしていることを確認した。

4)　電源仕様

本装置は、給電ケーブルによる電源供給とした。供給する電源は、東周回坑道に設置されている作業分電盤から中継ボックスを介して給電される。

また、給電方式はケーブルキャリア方式やカーテンケーブル方式が考えられるが、坑道断面形状の寸法や試験坑道 2 の天井に設置されているレールを利用できることから、カーテンケーブル方式を採用した。

本装置の電源仕様を表 3.2.3-7 に示す。

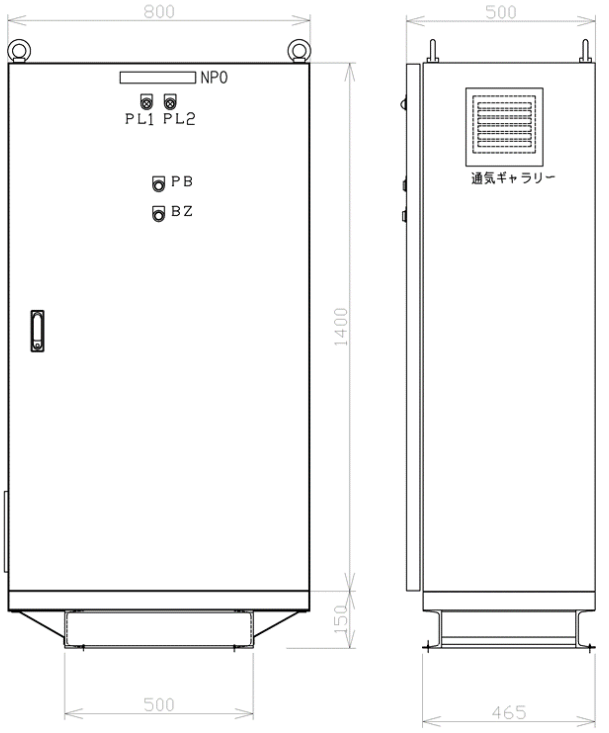
表 3.2.3-7　電源仕様

| | |
|---|---|
| 制御盤 | |
| コンプレッサ | 519A（173A×3 台） |
| インバータ | 44.2A |
| その他（表示灯等） | 2.2A |
| 中継ボックス（制御盤内機器以外） | |
| その他（変圧器等） | 3.6A |
| 合計 | **569A** |

表 3.2.3-7 より、制御盤のブレーカ容量を 569A 以上とする必要があることから裕度を考慮し 700A とした。したがって電源ラインの各相の許容電流は 700A 以上である必要があるため、325sq-1c（許容電流 796A）×3 本+接地線が給電ケーブルとして必要となる。しかし、325sq-1c のケーブルは外径が 39mm となり、カーテンケーブル方式に必要なケーブルの曲げが難しくなることから、100sq（許容電流 390A）×6 本+接地線とした。

また、設計した制御装置を含めた定置装置全体図及び幌延 URL 試験坑道 2 での配置案を図 3.2.3-13、図 3.2.3-14 にそれぞれ示す。

さらに、定置装置全体の 3D モデル図を図 3.2.3-15、図 3.2.3-16 に示す。




機器銘板表

| 記号 | 名称 | 数 | 寸法(形状) |
|---|---|---|---|
| NP0 | 搬送装置制御盤 | 1 | 300×30×2.0t |
| PL1 | 電源一次 | 1 | φ30エプロン |
| PL2 | 電源二次 | 1 | φ30エプロン |
| PB | ブザー停止 | 1 | φ30エプロン |
| BZ | ブザー | 1 | φ30エプロン |

ボックス仕様

| | | |
|---|---|---|
| 型式 | 屋内自立 (E50-814A) | |
| 塗装色 | 外面 | ライトベージュ(5Y7/1) |
| | 内面 | ライトベージュ(5Y7/1) |
| 材質 | 扉 | 鉄(2.3t) |
| | ボディ | 鉄(2.3t) |
| ハンドル | 防水平面ハンドル(キーNo.200) | |
| 構造 | 防塵・防水 | |

図 3.2.3-10　制御盤外形図

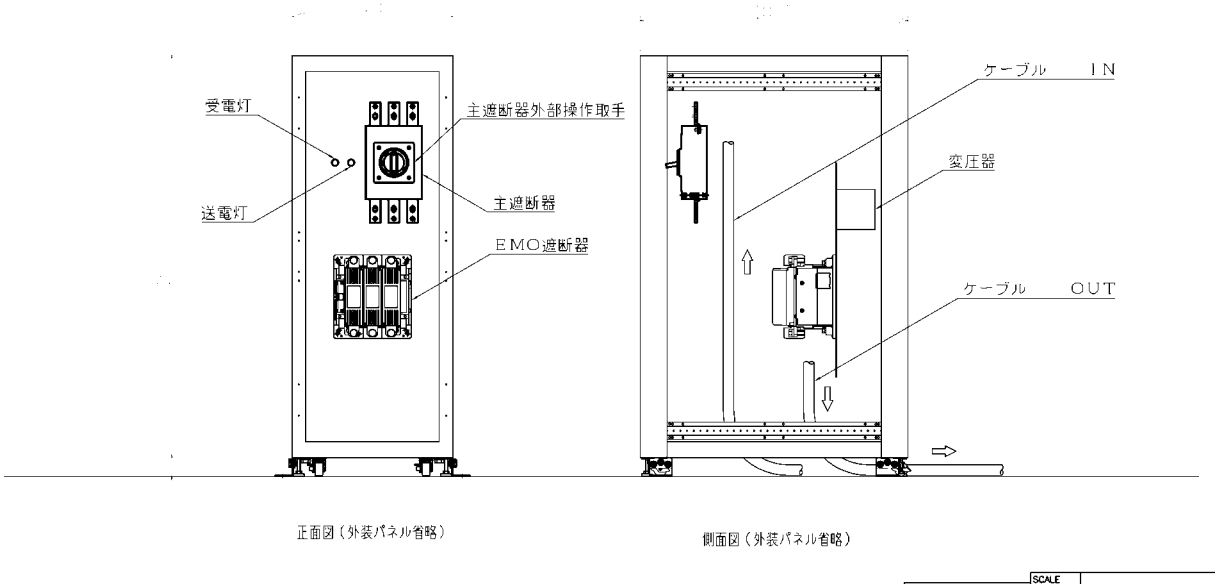



図 3.2.3-11　中継ボックス外形図

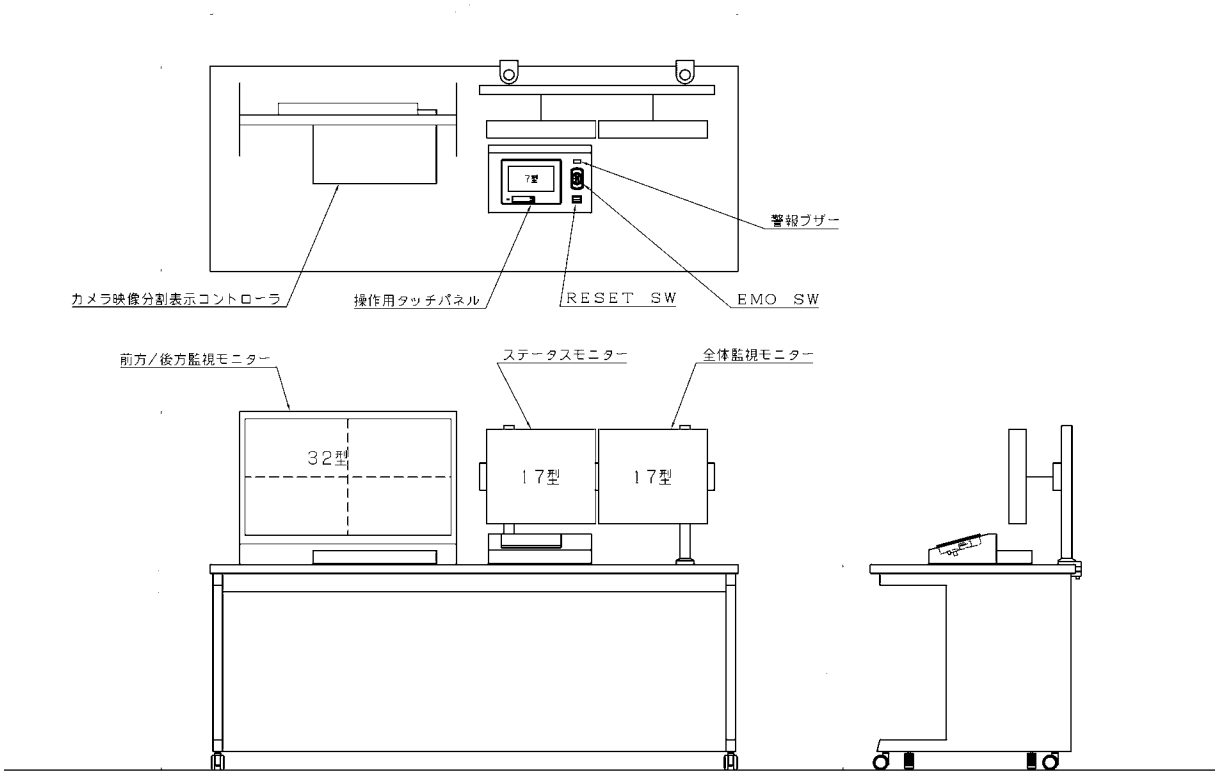
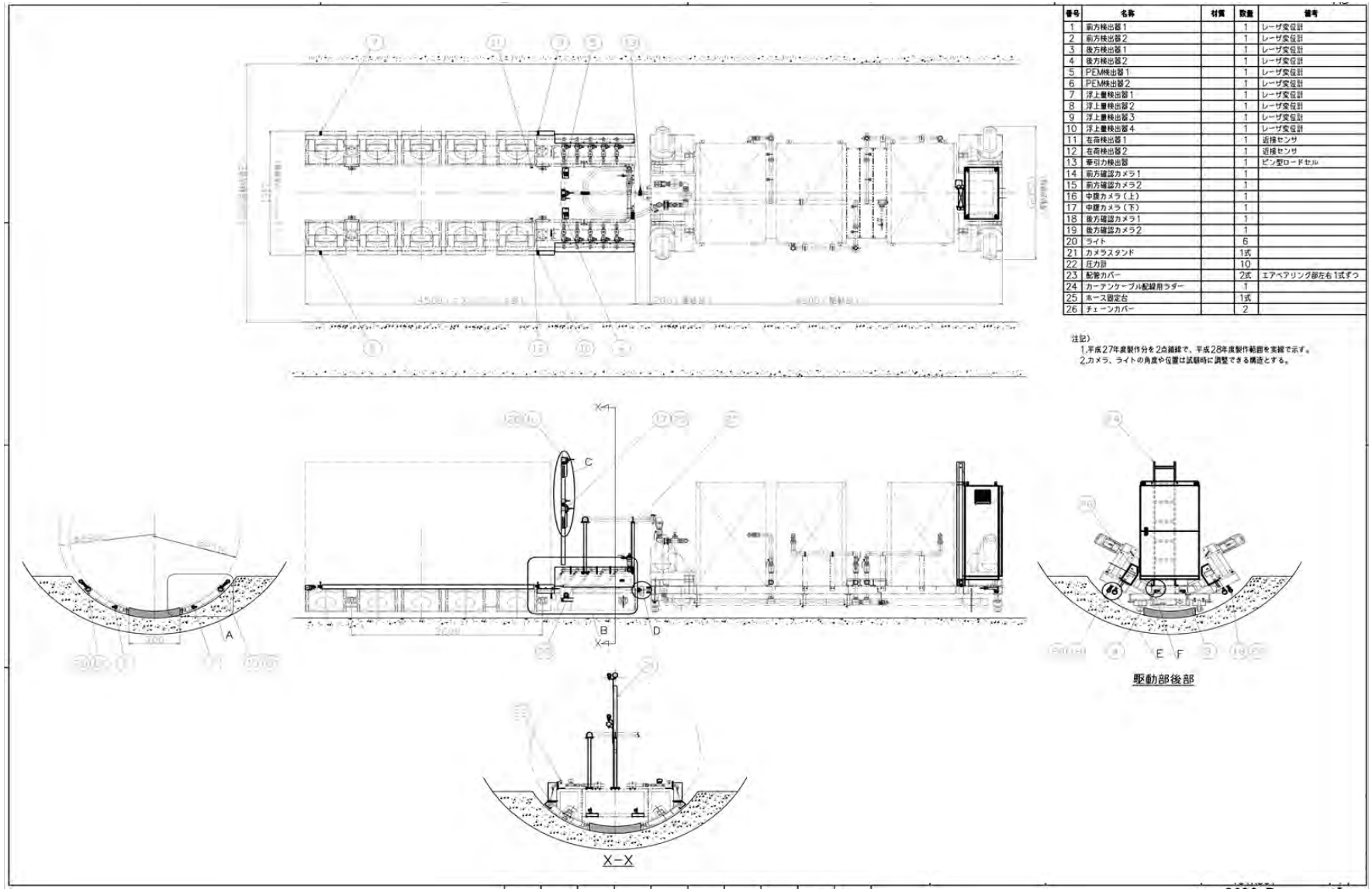



図 3.2.3-12　操作卓外形図




| 番号 | 名称 | 材質 | 数量 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 前方検出器1 | | 1 | レーザ変位計 |
| 2 | 前方検出器2 | | 1 | レーザ変位計 |
| 3 | 後方検出器1 | | 1 | レーザ変位計 |
| 4 | 後方検出器2 | | 1 | レーザ変位計 |
| 5 | PEM検出器1 | | 1 | レーザ変位計 |
| 6 | PEM検出器2 | | 1 | レーザ変位計 |
| 7 | 浮上量検出器1 | | 1 | レーザ変位計 |
| 8 | 浮上量検出器2 | | 1 | レーザ変位計 |
| 9 | 浮上量検出器3 | | 1 | レーザ変位計 |
| 10 | 浮上量検出器4 | | 1 | レーザ変位計 |
| 11 | 左荷検出器1 | | 1 | 近接センサ |
| 12 | 左荷検出器2 | | 1 | 近接センサ |
| 13 | 牽引力検出器 | | 1 | ピン型ロードセル |
| 14 | 前方確認カメラ1 | | 1 | |
| 15 | 前方確認カメラ2 | | 1 | |
| 16 | 中腹カメラ（上） | | 1 | |
| 17 | 中腹カメラ（下） | | 1 | |
| 18 | 後方確認カメラ1 | | 1 | |
| 19 | 後方確認カメラ2 | | 1 | |
| 20 | ライト | | 6 | |
| 21 | カメラスタンド | | 1式 | |
| 22 | 圧力計 | | 10 | |
| 23 | 配管カバー | | 2式 | エアベアリング部左右1式ずつ |
| 24 | カーテンケーブル配線用ラダー | | 1 | |
| 25 | ホース固定台 | | 1式 | |
| 26 | チェーンカバー | | 2 | |

注記）
1.平成27年度製作分を2点鎖線で、平成28年度製作範囲を実線で示す。
2.カメラ、ライトの角度や位置は試験時に調整できる構造とする。

3.2.3-13　定置装置　全体図

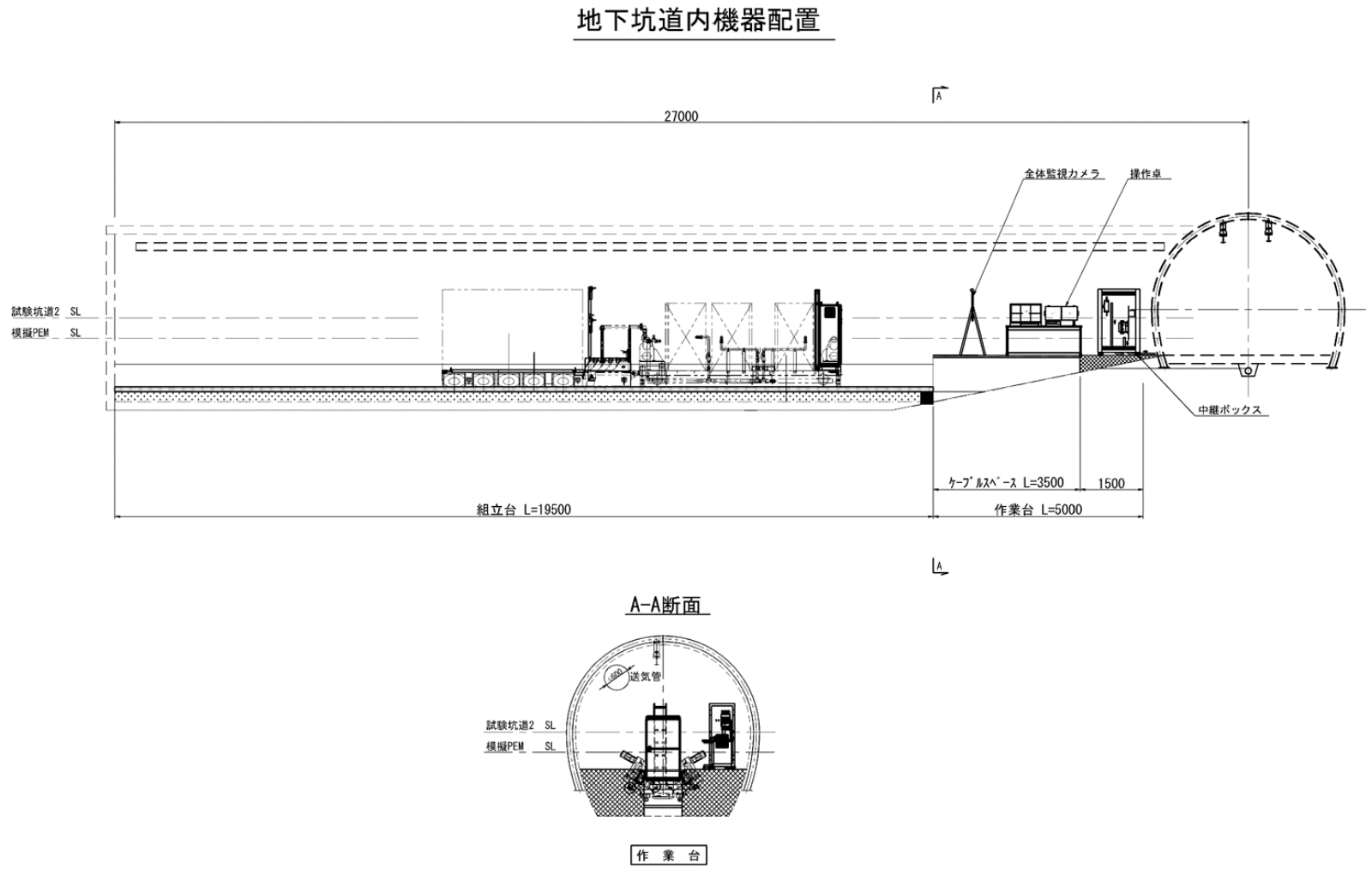



図 3.2.3-14　幌延 URL 試験坑道 2 での配置案

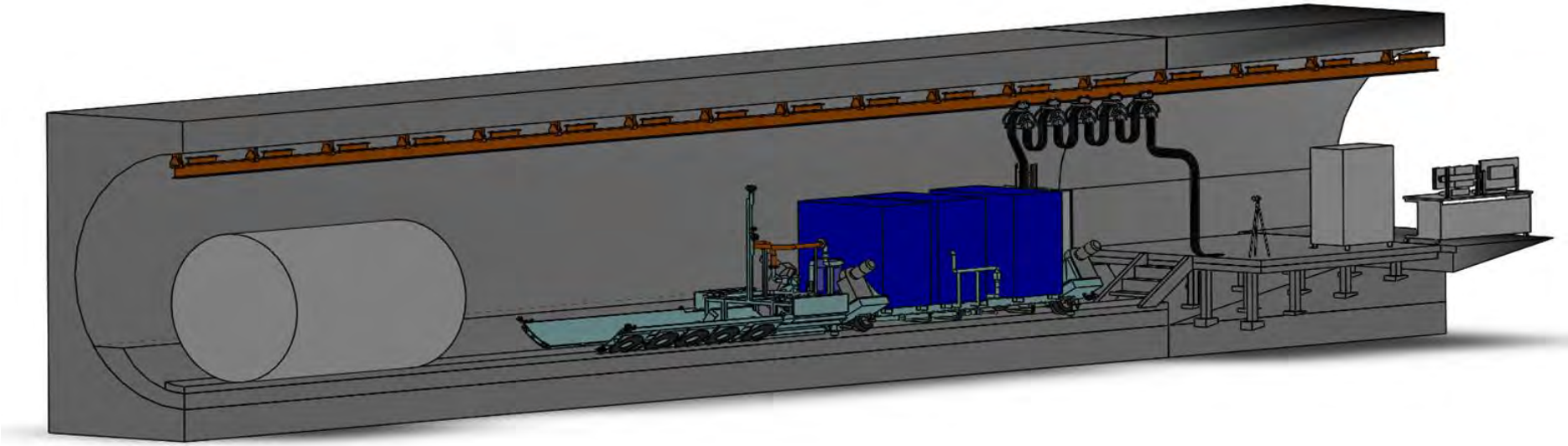


図 3.2.3-15　定置装置　3D モデル（1/2）

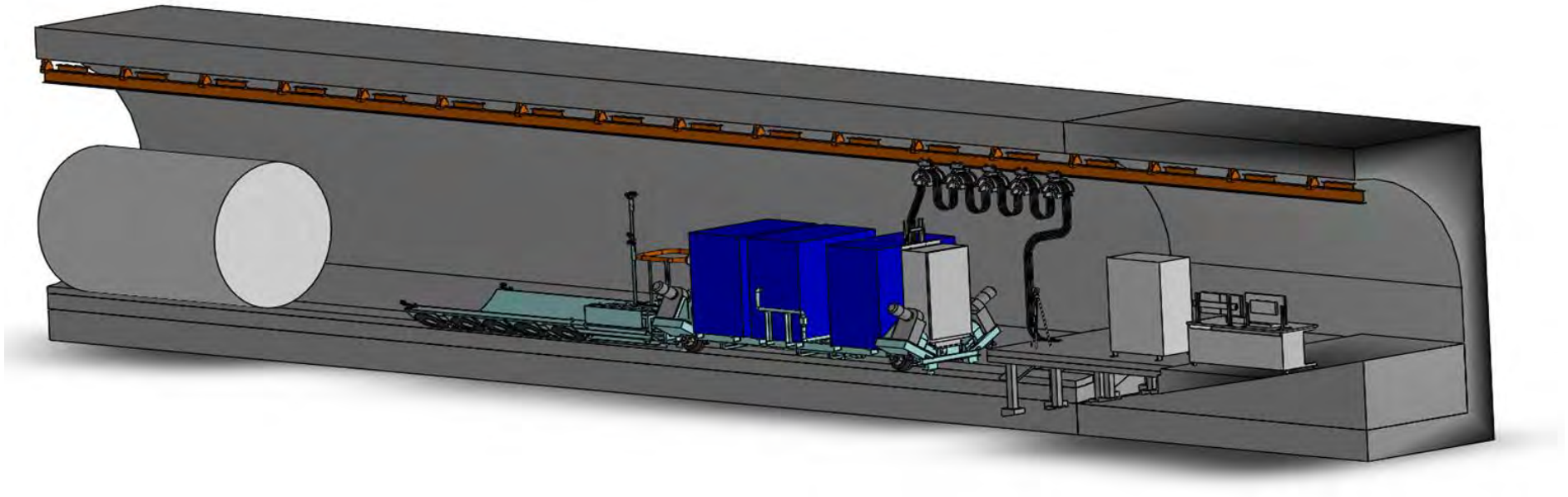


図 3.2.3-16　定置装置　3D モデル（2/2）

### 3.2.4　制御装置の製作

図 3.2.3-10 に示すシステム構成、外形図に基づき、定置装置を製作した。制御盤、中継ボックス、操作卓の各完成写真を、図 3.2.4-1 から図 3.2.4-3 に各々示す。

また、その他の定置装置の製作状況を添付資料（添付図 3-1~添付図 3-19）に示す。

図 3.2.4-1　制御盤　完成写真（内部）

図 3.2.4-2　中継ボックス　完成写真

図 3.2.4-3　操作卓　完成写真（全体）

### 3.2.5　定置装置の保護

平成 27 年度までの試験結果を反映し抽出した安全対策の中の定置装置の保護について、本年度は以下の対策を実施した。

#### (1)　エアホースのカバー

搬送部搭載のコンプレッサから定置部エアベアリングへエア供給するホースは、挟まれや外部との接触等で破損した場合、エア漏れにより装置が正常に動作せず、またエアが噴出して装置や坑道を損傷させる危険性もある。そのため、本年度はホースが剥き出しなっている搬送部～定置部間にあるバルブユニットと定置部外周にあるホースにカバーを取り付けた。バルブユニット外側に取り付けたカバーを図 3.2.5-1 に示す。

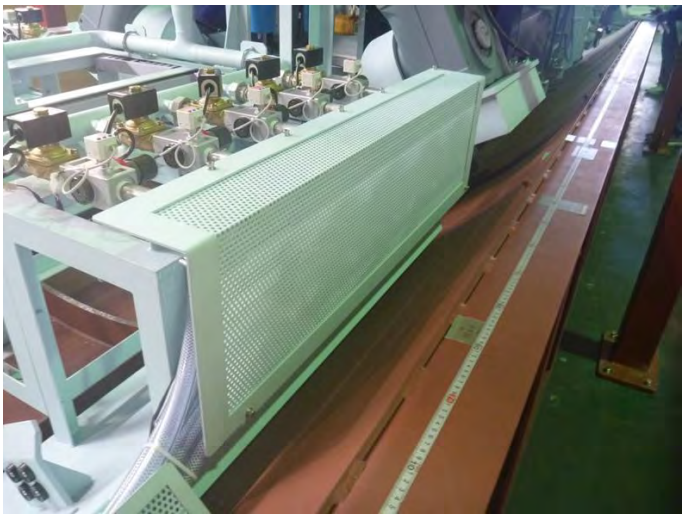


図 3.2.5-1　エアホースのカバー

#### (2)　回転部への誤接触防止

搬送部に搭載している走行モータ用ギアユニットは回転駆動機構にベルトを使用しており、試験時に誤って物を落としたり回転部に巻き込まれた場合、試験員や装置を損傷させる危険がある。そのため、本年度は同ギアユニットのベルト剥き出し部に直接接触しない様、安全カバーを設置した。設置した安全カバーを図 3.2.5-2 に示す。

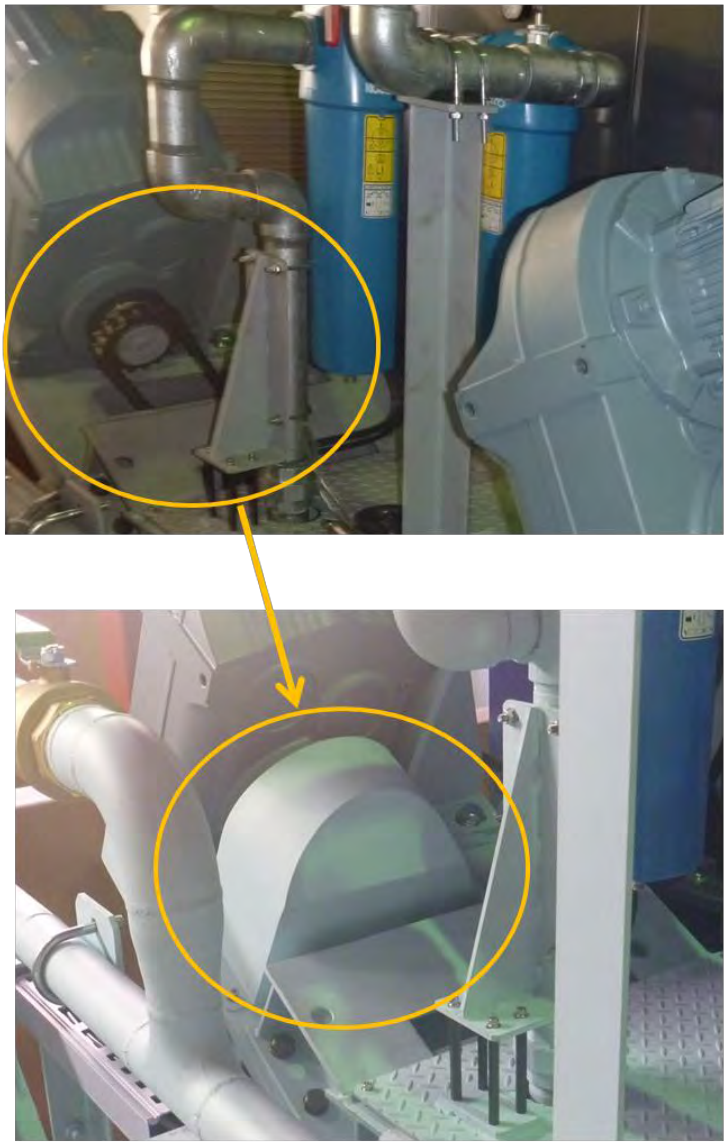


図 3.2.5-2　回転部のカバー

なお、本年度は定置装置の保護を目的とした安全カバーを設置したが、3.4.3 に記載の通り、本年度整備した幌延 試験坑道 2 を踏まえた安全処置、対策について、今後、地下実証試験前までに網羅的に検討し実施する計画である。

3.3　　確認試験

3.3.1　　試験計画

(1)　製作確認、機能確認試験

3.2 で設計製作した定置装置について製作確認し、定置装置を使用した鉄鋼製模擬坑道上での動作確認により、装置が要求仕様通りに動作することを確認する。

表 3.3.1-1 に確認試験の項目と目的、表 3.3.1-2 に確認試験の条件を示す。

表 3.3.1-1　試験項目と目的

| No. | 試験項目 | | 試験目的 |
|---|---|---|---|
| 1 | 確認試験 | 員数確認試験 | 員数の確認 |
| 2 | | 外観確認試験 | 図面照合、外観異常有無の確認 |
| 3 | データ取得 | .予備試験 | 本年度は PEM 重量が 36.5ton に設定しているため、走行条件を変えてけん引力、モータ電流等を計測し最適条件を求める。 |
| 4 | 確認試験 | 機能確認試験（共通）<br>・カメラ視認性確認<br>・緊急停止確認<br>・タッチパネル画面確認 | PEM 把持から定置までの一連の動作の確認実施と共に、各種機能の確認を実施する。 |
| | | 機能確認試験（遠隔手動）<br>・定置動作<br>・回収動作 | 遠隔手動操作における動作の確認試験を実施する。 |
| | | 機能確認試験（遠隔自動）<br>・定置動作<br>・回収動作 | 遠隔自動操作における動作の確認試験を実施する。 |

表 3.3.1-2　試験条件

| 試験条件 | |
|---|---|
| 走行面 | 鋼製面 |
| 走行ストローク | 約 5000mm |
| 試験場所 | 地上 |

(2)　回収・定置動作に係るデータ取得と定置部・搬送部、遠隔機能の検証

平成 29 年度以降の実証試験計画に向けて、本年度は理想的な平滑面である鉄鋼製模擬坑道上で回収・定置動作に係る各データを取得し、平成 24 年度までの「処分システム工学要素技術高度開

発（遠隔操作技術高度化開発）」で取得した要素試験データとも比較し、製作した定置部・搬送部、遠隔機能が設計通り製作されていることの検証を行う。

定置部・搬送部及び遠隔機能における検証内容を以下に示す。

1)　定置部

・模擬 PEM（重量 36.5t）を把持（浮上）できること。

　鋼製坑道面（理想状態）での空気消費量（流量）、上昇量の確認

・搬送時の抵抗を低減できること。

　把持状態での前進（定置）、後進（回収）動作時の力の確認

・PEM を回収作業で想定される環境へ対応できること。

　除去後の回収試験の実施環境に対する余裕度の確認

2)　搬送部

・PEM を把持した定置部を移動させることができること。

　走行用モータの選定方法の妥当性の確認

3)　遠隔機能

・遠隔操作卓から装置（定置部＋搬送部）を運転し、定置／回収動作ができること

・装置の姿勢、位置情報、動作状況等の監視ができること。

・模擬坑道上の障害に支障となる異物を確認できること。

定置装置の平成 28 年度までの整備状況と確認項目の模式図を図 3.3.1-1 に示す。

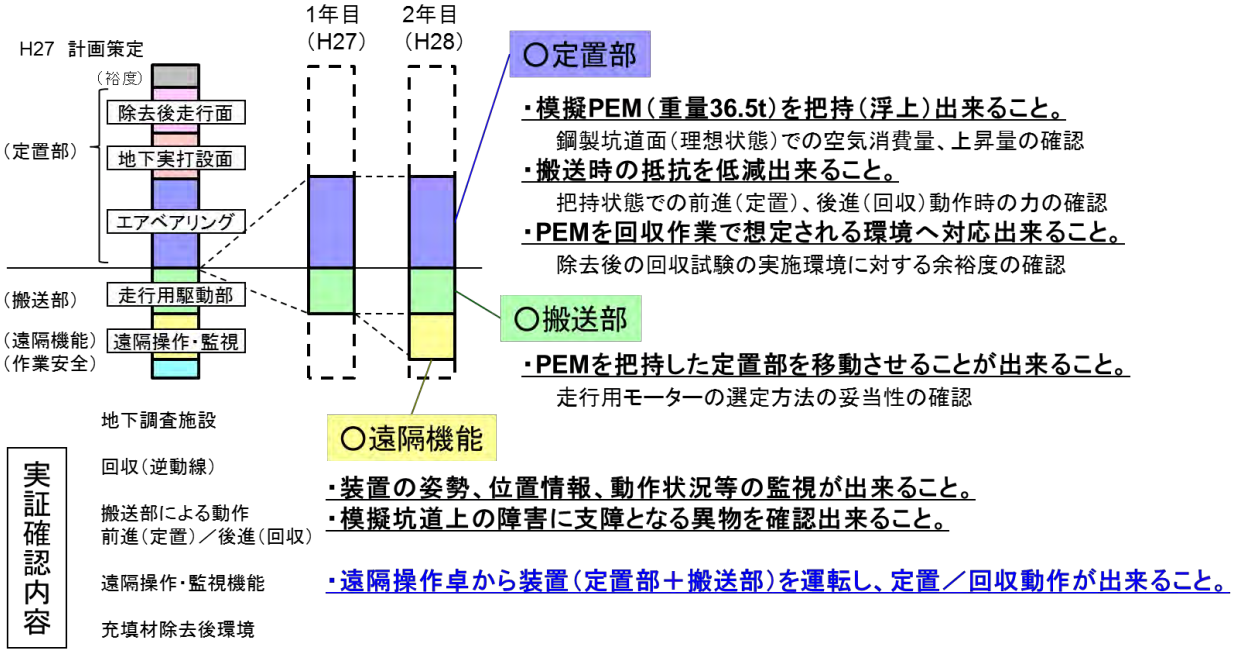



図 3.3.1-1　定置装置　平成 28 年度までの整備状況と確認項目

3.3.2　試験結果および考察

(1)　製作確認、機能確認試験

表 3.3.1-1 に示す試験項目に沿い、本年度製作した定置装置の製作確認、機能確認試験を実施した。添付資料 3-3 に員数、外観、機能確認試験の各試験要領と試験結果を示す。

添付資料 3-3 より、本年度までに製作された定置装置が、仕様、図面通り製作されていることを確認した。

また、機能確認試験の内、回収動作（遠隔手動）試験の確認要領と確認基準、及び試験結果を表 3.3.2-1、表 3.3.2-2 に示す。表 3.3.2-1、表 3.3.2-2 の試験結果より、装置が遠隔手動操作において確認基準通りに動作することを確認した。

表 3.3.2-1　機能確認試験（遠隔手動）結果　回収動作（１／２）

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| ①　定置位置までの移動確認（空荷前進）<br>・坑道模擬架台上に設定した定置位置（走行停止定点位置）に模擬 PEM を配置する。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を定置位置方向に前進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が定置位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ①定置位置までの移動確認<br>（空荷前進）<br>・定置装置が定置位置に停止すること。 | 良 |
| ②　模擬 PEM の把持確認（PEM 浮上）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給する。<br>・定置装置が浮上を開始し坑道模擬架台上の台座に置かれた模擬 PEM を正常に把持していることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。<br>・定置装置 4 隅の浮上量が表示値および実測値にて 35 mm 以上(*1)であることを確認する。 | ②模擬 PEM の把持確認<br>（PEM 浮上）<br>・定置装置が模擬 PEM を正常に把持していること。<br>・定置装置 4 隅の浮上量が表示値および実測値にて 35 mm 以上(*1)であること。<br><br>(*1)<br>H27 の試験結果により装置の移動が可能であることが確認された値。 | 良<br><br>（表示値）<br>mm<br>(前右)40.8<br>(前左)46.0<br>(後右)43.9<br>(後左)40.5<br><br>（計測値）<br>mm<br>(前右)42<br>(前左)47<br>(後右)43<br>(後左)41 |
| ③回収位置までの移動確認（在荷後進）<br>・回収位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を回収位置方向に後進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が回収位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ③定置位置までの移動確認<br>（在荷後進）<br>・定置装置が回収位置に停止すること。 | 良 |
| ④模擬 PEM の定置確認（PEM 着床）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止する。<br>・定置装置が下降、着床動作を開始し模擬 PEM が坑道模擬架台上の台座に正常に定置されることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ⑤　模擬 PEM の定置確認<br>（PEM 着床）<br>・模擬 PEM が坑道模擬架台上の台座に正常に定置されること。 | 良 |

表 3.3.2-2　機能確認試験（遠隔手動）結果　定置動作（２／２）

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| ④模擬 PEM の定置確認（PEM 着床）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止する。<br>・定置装置が下降、着床動作を開始し模擬 PEM が坑道模擬架台上の台座に正常に定置されることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ④模擬 PEM の定置確認<br>（PEM 着床）<br>・模擬 PEM が坑道模擬架台上の台座に正常に定置されること。 | 良 |
| ⑤原点位置までの移動確認（空荷後進）<br>・原点位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を原点位置方向に後進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が原点位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ⑤原点位置までの移動確認<br>（空荷後進）<br>・定置装置が原点位置に停止すること。 | 良 |

また、回収動作（遠隔手動）試験の確認要領と確認基準、及び試験結果を表 3.3.2-3 に示す。表 3.3.2-3 の試験結果より、装置が遠隔自動操作においても、確認基準通りに動作することを確認した。

表 3.3.2-3　機能確認試験（遠隔自動）結果　回収動作

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| ①定置位置までの移動確認（空荷前進）<br>・坑道模擬架台上に設定した定置位置（走行停止定点）に模擬 PEM を配置する。<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を定置位置方向に前進移動させる。<br>・定置装置上の検出器により坑道模擬架台上の模擬 PEM を検知し、定置装置が定置位置にて自動的に減速、停止することを操作卓の表示により確認する。 | ①定置位置までの移動確認（空荷前進）<br>・定置装置が定置位置にて自動的に減速、停止すること。 | 良 |
| ②模擬 PEM の把持確認（PEM 浮上）<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給し定置装置を浮上、坑道模擬架台上の模擬 PEM を把持させる。<br>・定置装置上の検出器により模擬 PEM を正常に把持していることを検知し、模擬 PEM の浮上が完了することを操作卓の表示により確認する。 | ②模擬 PEM の把持確認（PEM 浮上）<br>・模擬 PEM の浮上が完了すること。 | 良 |
| ③原点位置までの移動確認（在荷後進）<br>・原点位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を原点位置方向に後進移動させる。<br>・定置装置上の検出器により坑道模擬架台上の原点位置を検知し、定置装置が原点位置にて自動的に減速、停止することを操作卓の表示により確認する。<br>・自動停止による停止精度をデータとして採取する。 | ③定置位置までの移動確認（在荷後進）<br>・定置装置が原点位置にて自動的に減速、停止すること。 | 良<br>（表示値）<br>mm<br>① 247<br>② 252<br>（計測値）<br>mm<br>① 249<br>② 252<br>（目標値：250） |
| ④模擬 PEM の定置確認（PEM 着床）<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止し、定置装置を着床、坑道模擬架台上の台座に模擬 PEM を定置させる。<br>・定置装置上の検出器により、模擬 PEM が正常に坑道模擬架台上の台座に定置されていることを検知し、模擬 PEM の着床が完了することを操作卓の表示により確認する。 | ④模擬 PEM の定置確認（PEM 着床）<br>・模擬 PEM の着床が完了すること。 | 良 |

なお、以下の用語について、以降は呼称を変更するものとする。

・既往検討等で「浮上量」と呼称した定置装置フレームの下端から円形坑道面間の法線距離について、PEM の台座からの浮上量と明確に区別するために、以降は「上昇量」と呼称する。

・既往検討等で「牽引力」と呼称した定置部と駆動部間に掛かる水平力は、定置装置が PEM 搬送、回収時に前進、後進双方向に移動することから、以降は「押引力」と呼称する。

(2)　回収・定置動作に係るデータ取得と定置部・搬送部、遠隔機能の機能検証

製作した定置装置について、鉄鋼製模擬坑道上でエアベアリングの浮上や搬送に必要な力等、回収・定置動作に係る各データを取得した。表 3.3.2-4、表 3.3.2-5 に、各取得データの星取表を示す。

表 3.3.2-4　取得データ星取表（1/2）

| RUN | log No. | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | |
| | | | | 4か所設定 | – | – | – | – | |
| | | | | （平滑面走行試験） | | | | | |
| 1 | log009～log012 | 前進<br>後進 | 36.5 | 45 | 10 | 5 | 0 | 0 | |
| 2 | log001～log004 | 前進<br>後進 | | 40 | 10 | 5 | 0 | 0 | |
| 3 | log013～log016 | 前進<br>後進 | | 35 | 10 | 5 | 0 | 0 | |
| 4 | log005～log008 | 前進<br>後進 | | 40 | 10 | 1 | 0 | 0 | |
| 5 | log017～log020 | 前進<br>後進 | | | 8 | 5 | 0 | 0 | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ③⑧を休止 |
| 6 | log021～log024 | 前進<br>後進 | | | 8 | 1 | 0 | 0 | |
| 7 | – – | 前進<br>後進 | | | 6 | エアベアリングの最大圧である0.42 MPaまで供給圧力を上昇したが浮上せず。 | | | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ②④⑦⑧を休止 |
| 8 | – – | 前進<br>後進 | | | 6 | | | | |
| | | 前進<br>後進 | | | | | | | |
| | | | | 休止するエアベアリング位置（2個）を変化 | | | | | |
| 101 | – – | 前進<br>後進 | 36.5 | 40 | 8 | エアベアリングの最大圧である0.42 MPaまで供給圧力を上昇したが浮上せず。 | | | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ①⑥を休止 |
| 102 | – – | 前進<br>後進 | | | 8 | | | | |
| 103 | log025～log026 | 前進<br>後進 | | | 8 | 5 | 0 | 0 | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ②⑦を休止 |
| 104 | log027～log028 | 前進<br>後進 | | | 8 | 1 | 0 | 0 | |
| 105 | log029～log030 | 前進<br>後進 | | | 8 | 5 | 0 | 0 | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ④⑨を休止 |
| 106 | log031～log032 | 前進<br>後進 | | | 8 | 1 | 0 | 0 | |
| 107 | – – | 前進<br>後進 | | | 8 | エアベアリングの最大圧である0.42 MPaまで供給圧力を上昇したが浮上せず。 | | | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ⑤⑩を休止 |
| 108 | – – | 前進<br>後進 | | | 8 | | | | |
| | | | | | | | | | |

ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ
位置番号

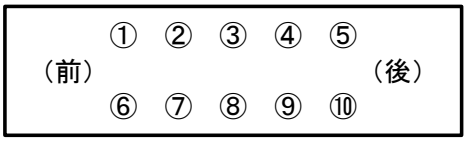


表 3.3.2-5　取得データ星取表（2/2）

データ採取試験パターン（星取表）（2/2）　　（Rev2）2017.1.12：試験実績を反映

| RUN | log No. | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | |
| | | | | 4か所設定 | － | － | － | － | |
| | | | | | （遠隔自動運転） | | | | |
| － | log033 | 前進 | 36.5 | 40 | 10 | 5/1 | 0 | 0 | 定置動作 |
| | | 後進 | | | | | | | |
| － | log034 | 前進 | | | 10 | 5/1 | 0 | 0 | 回収動作 |
| | | 後進 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ位置番号

（前）　①　②　③　④　⑤　（後）

⑥　⑦　⑧　⑨　⑩

取得したデータを元に、平成 24 年度までの既往検討「処分システム工学要素技術高度開発（遠隔操作技術高度化開発）」[2][3]で取得した要素試験データとも照らし合わせ、既往検討の成果を反映した設計、製作となっていることを確認することで、本事業で製作した定置部・搬送部の機能の確認を行った。確認内容を以下に示す。

1)　定置部

a 上昇量

平成 22 年度[3]並びに平成 23 年度「処分システム工学要素技術高度開発（遠隔操作技術高度化開発）」[2]では、以下を考慮して適正な上昇量を検討している。

・PEM の浮上有無
・押引力（牽引力）が相対的に小さいこと
・エア流量（コンプレッサによる総吐出量）が相対的に小さいこと

上記既往検討における PEM 重量は本事業と異なるため、重量がより近い条件のデータで比較検討する必要がある。

本事業における模擬 PEM 重量は 36.5ton であり、計 10 枚ある定置部エアベアリング一枚あたりの重量は、以下となる。

36.5/10=3.65 ton /枚

一方、既往検討でエアベアリング一枚あたりの重量が 36.5ton 以上でかつ値が最も近いのは、重量 22.4ton エアベアリング 6 枚使用した場合で、1 枚当たりの重量は以下となる。

22.4/6=3.73 ton /枚

上記の場合、10 枚換算の重量は 37.3ton となり、36.5ton 以上でかつ値が最も近い条件と言える。また、既往検討では、PEM が浮上する且つ押引力とエア流量が少ない上昇量を検討し、40ｍｍもしくは 45ｍｍが適切な上昇量としている。

よって、エアベアリング 6 枚の条件で上昇量 40ｍｍ、走行速度 2.35m/min と 1.4 m/min の場合のエア流量と比較対象とし、検証した。

図 3.3.2-1 に、本事業で製作した定置装置において、エアベアリング 10 枚で上昇量 40ｍｍ、走行速度 1m/min 、手動操作で回収作業を実施した時（添付表 3-17　RUN4　log005）のエア流量と上昇量の経時変化を示す。

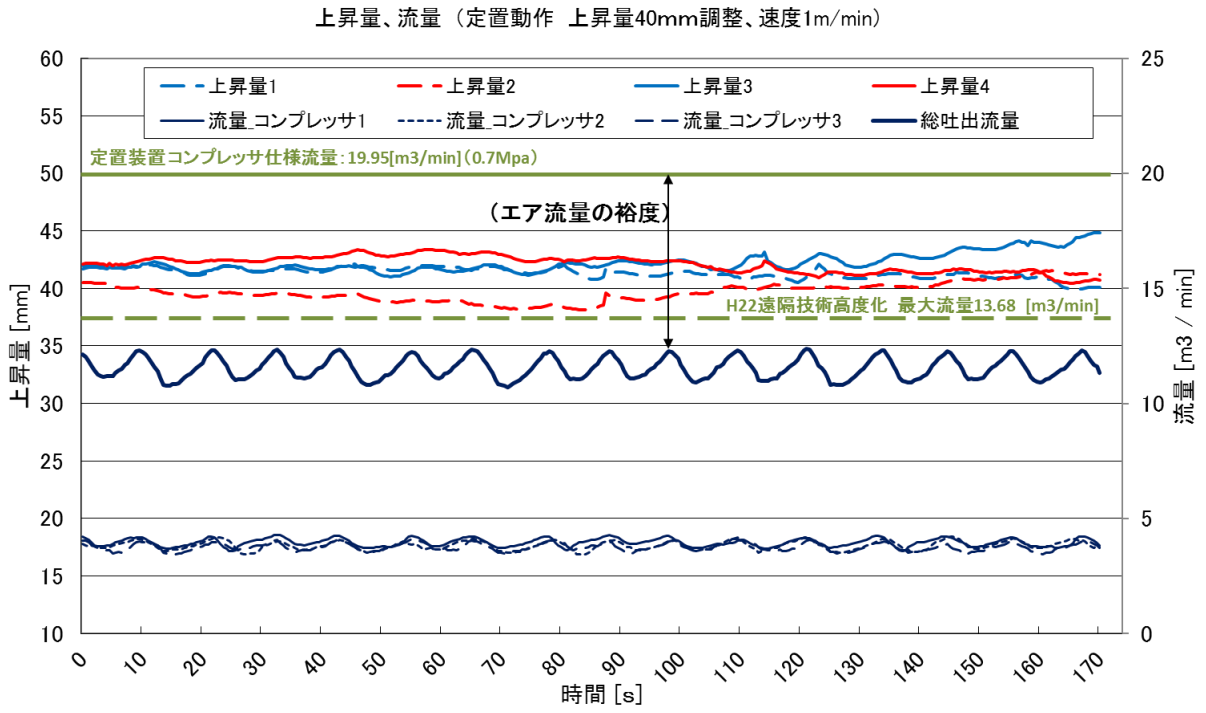



図 3.3.2-1　上昇量とエア流量（定置動作、上昇量 40ｍｍ調整、速度 1m/min）

既往検討[3]における PEM 搬送試験データを図 3.3.2-2 示す。図 3.3.2-2 より、アベアリング 6 枚で上昇量 40ｍｍ、走行速度 2.35m/min と 1.4 m/min の場合、最大 8.21m³/min（平均 6.51m³/min）のため、10 枚換算では最大 13.68m³/min（平均 10.85m³/min）となるのに対し、本年度試験データでは最大 12.39 m³/min（平均 11.55m³/min）となる。よって、本年度製作した定置装置が既往検討における知見と同程度の消費流量であること、かつコンプレッサ 3 台の最大流量 19.95 m³/min（圧力 0.7Mpa）との差分が 8.4m³/min あり、現状のエア総流量の除去後の回収試験の実施環境に対する余裕度があることを確認した。

また、本年度試験における上昇量 40ｍｍとした時の定置、回収時の各押引力データ（添付表 3-17　RUN4　log005）を、図 3.3.2-3 に示す。図 3.2.2-3 より、定置動作時の押引力は最大 2.77kN、平均 1.24kN であり、また回収動作時は最大-2.63kN、平均-1.08kN となる。この際の平均における摩擦係数（動摩擦係数）は、定置動作時で 0.0035、回収動作時で 0.003 となる。

一方、既往検討（平成 22 年度「遠隔操作高度化」[3]）において上記と同じ条件の場合、押引力の（静止摩擦力に相当する）初動値は最大 2.78kN、（動摩擦力に相当する）中間値は最大 0.88kN となる。この際の動摩擦係数は、中間値の時で 0.004 となる。

よって、本年度試験の平均摩擦係数との比較から、本年度までに製作した定置装置（定置部エアベアリング）エアベアリングの潤滑効果は、既往検討とほぼ同等の成果となっていることを確認した。

| RUN | PEM重量 ton | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ稼動数 | 走行面条件（上敷き材の有無） | 牽引距離 m | 牽引速度 m/min | 浮上量 mm | 牽引力 kgf 初動値 | 牽引力 kgf 中間値 | 静止摩擦係数 | 動摩擦係数 | 流量計測 m3/min | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ停止位置*1 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13.9 低重量 | 4 | 上敷き材・有 ﾄﾀﾝ板（0.25mm） | 4.5 | 2.73 | 43 | 192 | 30 | 0.014 | 0.002 | 4.81 | ②③④⑦⑧⑨ | |
| 2 | | | | 4.5 | 2.92 | 43 | 271 | 30 | 0.019 | 0.002 | 4.81 | ②③④⑦⑧⑨ | |
| 3 | | 6 | | 4.5 | 4.04 | 44 | 148 | 30 | 0.011 | 0.002 | 4.81 | ②④⑦⑨ | |
| 4 | | | | 4.5 | 2.62 | 44 | 166 | 40 | 0.012 | 0.003 | 4.81 | ②④⑦⑨ | |
| 5 | | 10 | | 4.5 | 2.61 | 47 | 165 | 50 | 0.012 | 0.004 | 8.78 | | |
| 6 | | | | 4.5 | 2.65 | 47 | 152 | 50 | 0.011 | 0.004 | 8.78 | | |
| 7 | 22.4 中重量 | 6 | 上敷き材・有 ﾄﾀﾝ板（0.25mm） | 5.5 | 1.40 | 45 | 211 | 70 | 0.009 | 0.003 | 8.21 | | 移動不可 |
| 8 | | | | 5.5 | 2.30 | 46 | 200 | 90 | 0.009 | 0.004 | 8.21 | | |
| 9 | | | | 5.5 | 1.39 | 50 | 226 | 80 | 0.010 | 0.004 | 9.35 | | |
| 10 | | | | 5.5 | 2.27 | 49 | 198 | 90 | 0.009 | 0.004 | 9.35 | | |
| 11 | | | | — | — | 35 | — | — | — | — | 1.98 | | |
| 12 | | | | 5.5 | 1.46 | 41 | 251 | 80 | 0.011 | 0.004 | 4.81 | | |
| 13 | | | | 5.5 | 2.35 | 41 | 283 | 90 | 0.013 | 0.004 | 4.81 | | |
| 14 | | | | 5.5 | 1.42 | 45 | 194 | 70 | 0.009 | 0.003 | 8.78 | ②⑨ | |
| 15 | | 8 | | 5.5 | 2.10 | 45 | 193 | 80 | 0.009 | 0.004 | 8.78 | ②⑨ | |
| 16 | | | | 5.5 | 1.42 | 45 | 134 | 60 | 0.006 | 0.003 | 9.35 | ①⑩ | |
| 17 | | | | 5.5 | 2.16 | 45 | 190 | 70 | 0.008 | 0.003 | 9.35 | ①⑩ | |
| 18 | | 10 | | 5.5 | 1.38 | 44 | 182 | 90 | 0.008 | 0.004 | 9.06 | | |
| 19 | | | | 5.5 | 2.29 | 45 | 224 | 110 | 0.010 | 0.005 | 9.06 | | |
| 20 | 33.4 Full重量 | 6 | 上敷き材・有 ﾄﾀﾝ板（0.25mm） | 5.5 | 1.38 | 43 | 229 | 90 | 0.007 | 0.003 | 9.35 | ②④⑦⑨ | |
| 21 | | | | 5.5 | 2.04 | 44 | 323 | 120 | 0.010 | 0.004 | 9.35 | ②④⑦⑨ | |
| 22 | | 8 | | 5.5 | 1.38 | 40 | 212 | 90 | 0.006 | 0.003 | 9.35 | ①⑩ | |
| 23 | | | | 5.5 | 2.13 | 40 | 327 | 130 | 0.010 | 0.004 | 9.35 | ①⑩ | |
| 24 | | | | 5.5 | 1.38 | 44 | 266 | 80 | 0.008 | 0.002 | 9.63 | ②⑨ | |
| 25 | | | | 5.5 | 1.82 | 44 | 271 | 100 | 0.008 | 0.003 | 9.63 | ②⑨ | |
| 26 | | | | 5.5 | 1.40 | 45 | 241 | 70 | 0.007 | 0.002 | 9.63 | ③⑧ | |
| 27 | | | | 5.5 | 2.04 | 45 | 315 | 100 | 0.009 | 0.003 | 9.63 | ③⑧ | |
| 28 | | 10 | | 5.5 | 1.37 | 45 | 247 | 100 | 0.007 | 0.003 | 9.91 | | |
| 29 | | | | 5.5 | 1.91 | 45 | 275 | 120 | 0.008 | 0.004 | 9.91 | | |
| 30 | | | | 5.5 | 1.37 | 45 | 228 | 90 | 0.007 | 0.003 | 9.91 | | |
| 31 | | | | 5.5 | 2.11 | 45 | 306 | 100 | 0.009 | 0.003 | 9.91 | | |
| 32 | 13.9 | 10 | 上敷き材・無 ｺﾝｸﾘｰﾄ面 | — | — | 44 | — | — | — | — | | | 継ぎ目部で移動不可 |
| 33 | | 4 | | 0.4 | 1.47 | 44 | 219 | 30 | 0.016 | 0.002 | 5.95 | ①③⑤⑥⑧⑩ | |
| 34 | | 4 | | 0.4 | 2.00 | 44 | 162 | 50 | 0.012 | 0.004 | 5.95 | ①③⑤⑥⑧⑩ | |
| 35 | 13.9 | 10 | 上敷き材・無 溝・△部材設置（樹脂製△棒挿入、ｱﾙﾐﾃｰﾌﾟで固定） | 5.5 | 1.44 | 46 | 160 | 50 | 0.012 | 0.004 | 7.08 | — | 溝部に断面△の樹脂製棒を嵌め、ｱﾙﾐﾃｰﾌﾟで固定 |
| 36 | | | | 5.5 | 1.46 | 46 | 186 | 60 | 0.013 | 0.004 | 7.08 | | |
| 37 | 22.4 | | | 5.5 | 1.39 | 44 | 202 | 70 | 0.009 | 0.003 | 8.50 | | |
| 38 | | | | 5.5 | 1.77 | 45 | 149 | 90 | 0.007 | 0.004 | 8.50 | | |
| 39 | 33.4 | | | 5.5 | 1.30 | 44 | 266 | 100 | 0.008 | 0.003 | 9.63 | | |
| 40 | | | | 5.5 | 1.96 | 44 | 305 | 100 | 0.009 | 0.003 | 9.63 | | |
| 41 | 17.9 | 10 | 上敷き材・無 溝ﾓﾙﾀﾙ充填 | 2.0 | 1.42 | 45 | 193 | 60 | 0.011 | 0.003 | 8.21 | — | 継ぎ目部で移動不可 |
| 42 | | | | 2.5 | 1.36 | 44 | 170 | 80 | 0.009 | 0.004 | 7.65 | | |
| 43 | 33.4 | 10 | 上敷き材・有 溝・ﾓﾙﾀﾙ充填 | 5.5 | 1.31 | 45 | 167 | 120 | 0.005 | 0.004 | 9.63 | — | |
| 44 | | | | 5.5 | 2.08 | 46 | 331 | 130 | 0.010 | 0.004 | 9.63 | | |
| 45 | | | | 5.5 | 3.00 | 45 | 483 | 130 | 0.014 | 0.004 | 10.20 | | |
| 46 | | | | 5.5 | 4.98 | 45 | 746 | 130 | 0.022 | 0.004 | 10.20 | | |

*1：ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ位置番号

⑩ ①
⑨ ②
⑧ ③
⑦ ④
⑥ ⑤

図 3.3.2-2　平成 22 年度　処分システム工学要素技術高度化開発　PEM 搬送試験結果（[3]より抜粋）

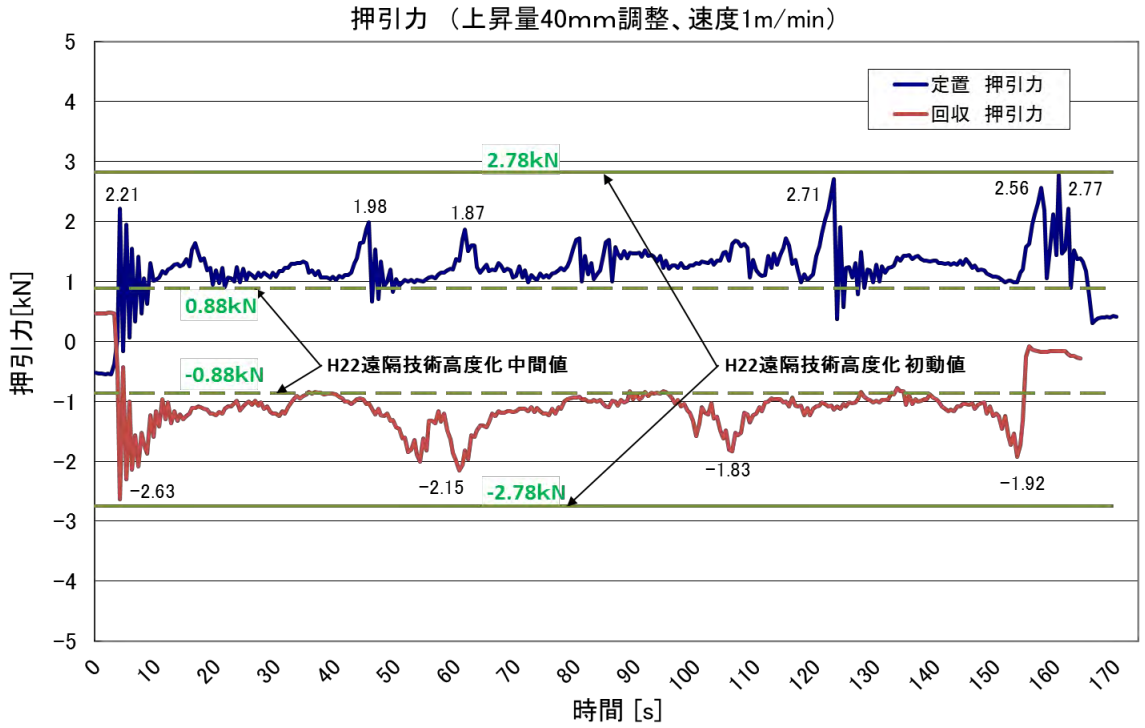



図 3.3.2-3　押引力（定置動作、上昇量 40mm調整、速度 1m/min）

以上より、既往検討における知見を反映した設計により本年度製作した定置装置が、想定通り既往検討と同程度の押引力であることを確認した。すなわち、エアベアリングの潤滑効果によるとして、移動時の水平方向の摩擦力が低減できることを確認した。

2)　搬送部

1)より、搬送部の駆動能力として PEM を把持した定置部が移動できることを確認した。また、操業時は湧水を考慮した坑道勾配が想定される。本事業では幌延試験坑道 2 では試験坑道に勾配は設けていないが、坑道勾配 1%を考慮して搬送部を設計製作した。図 3.3.2-3 の搬送部を用いた前進／後進時の必要な力である押引力のデータより、坑道勾配（1%）を想定した時の押引力は、以下の通りとなる。

坑道勾配(1%)から、定置部と模擬 PEM 重量の斜面方向の分力を考慮すると、分力の計算式は以下の通りとなる。

(0.9+36.5) ×1000 ×9.8×sin(tan-1 (1/100)) ≒3.7kN

上記に地上試験での押引力最大値を加えると、6.47 kN（=F’）が必要な力となる。
また、定置部＋搬送部の移動に必要な力：F”は以下となる。

F”=F’+5ton(*1) ×1000 ×9.8×cos(tan-1(1/100)) ×0.03(η) (*2) ≒7.91 kN

(*1)搬送部重量

(*2)搬送部車輪（ウレタンゴム製）の転がり係数

PEM を把持して定置装置全体で搬送するためには、上記力 F”が搬送部スリップ力以下であることと、F”による所用動力が駆動源（本装置では走行モータ）仕様出力以下である必要がある。

搬送部がスリップする力：F(slip)は以下となる。

F(slip)=5ton(*3) ×1000 ×9.8 ×cos(tan-1(1/100)) ×0.4(μ) (*4)=19.6 kN　＞　7.91kN

(*3)搬送部重量

(*4)搬送部車輪（ウレタンゴム製）の摩擦係数

よって、スリップ力については、坑道勾配(1%)でも定置装置は移動可能である。

また、電動機の所用動力 P についても、以下の通り設計製作範囲で所用動力の余裕を検証した。

所要動力：P=F”　×V=7500 (N) ×5 (m/min)/60 (sec/min)/0.8（機械効率）

=0.78 kW <（電動機 1.5kW x 4 台）

以上より、本年度実施した理想的な坑道表面（鋼製模擬坑道）において、坑道勾配（1%想定）の場合でも PEM を把持した定置部を前後に移動可能、かつ押引力や電動機出力に十分余裕があり、走行用電動機の選定方法の妥当性を確認した。

3)　遠隔機能

本年度は、設置した各検出器、カメラ、制御盤、操作卓を使用し、遠隔操作卓から装置（定置部＋搬送部）を運転した。図 3.3.2-4 に使用した操作卓を、図 3.3.2-5 に装置の状態を表示するステータスモニタを示す。

図 3.3.2-4　操作卓（全体）

図 3.3.2-5　操作卓（ステータスモニタ）

遠隔操作で自動運転した時の例として、回収の一連動作における押引力、鉛直上昇量のログデータ記録を図 3.3.2-6 に、エア総流量、各距離検出器のログデータ記録を図 3.3.2-7 にそれぞれ示す。

図 3.3.2-6 の経時変化から、定置部（エアベアリング）の上昇、着床 PEM 浮上量の上下動作と、押引力による水平方向動作を監視できることを確認した。

また、図 3.3.2-7 のログデータと経時変化から、以下を確認した。

・前方検出器、PEM 検出器、後方検出器の各 2 個の検出データはほぼ同じ値を示しており、片方が故障もしくは機能不全となった場合でも、もう一方の検出値で確認ができる。
・15S~75S 間の PEM 検出器の値から、装置が空荷停止状態から前進し、定置部が PEM 下の所定位置まで移動した後に停止する。
・130S~200S 間の後方検出器の値から、装置が PEM を把持した状態から後進し、所定位置まで移動した後に停止する。
・100S~120S 間のエア総吐出流用の値から、コンプレッサが正常に起動し、エアベアリングを浮上させるまでエア流量が増加する。

上記より、装置の水平方向位置や PEM と装置の相対位置、エア流量の状態を監視できることを確認した。

以上のログデータ記録と本年度製作、設置したカメラによるモニタ監視を組合わせて操作することで、以下を確認した。

・遠隔による装置の位置、ステータス等、回収や定置動作の監視ができること
・検出器の検出位置に対応した始動・減速・停止等の装置状態を確認できること

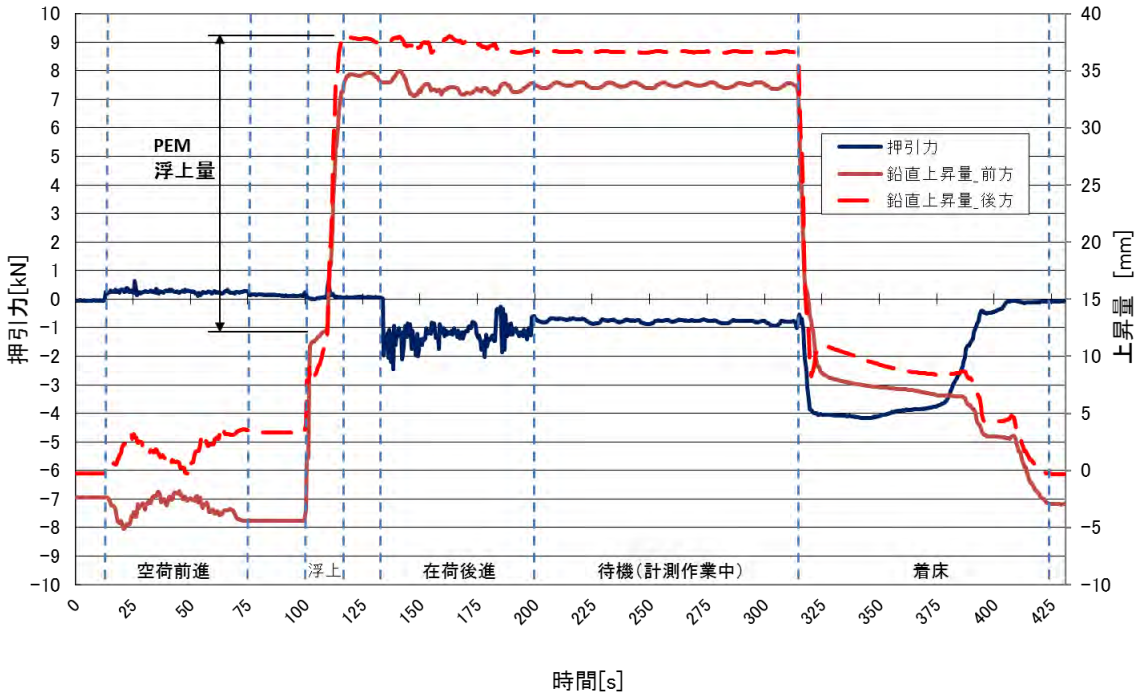



図 3.3.2-6　押引力と上昇量（回収動作、自動運転、上昇量 40ｍｍ調整）

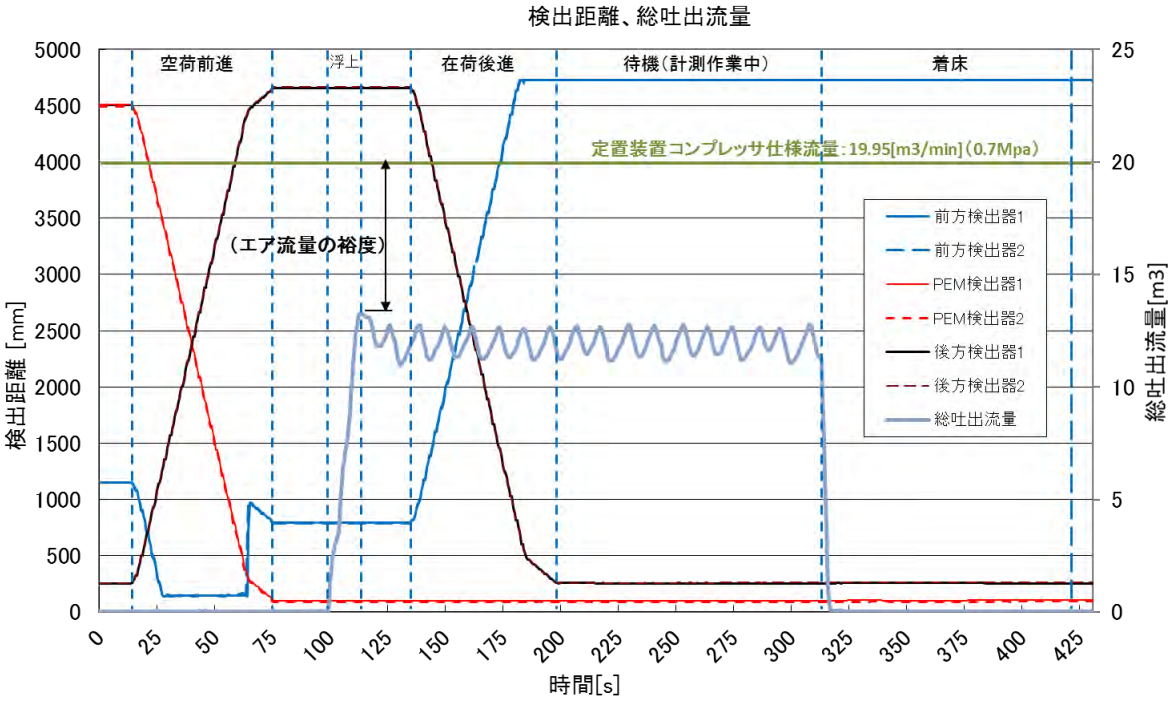



図 3.3.2-7　検出距離と総吐出流量（回収動作、自動運転、上昇量 40ｍｍ調整）

## 3.4　地下実証試験に向けた次年度以降の課題整理と実施内容

第２章で記載した幌延 URL 試験坑道２における地下実証試験設備の整備の成果を踏まえ、実際に現場施工された試験サイトの性状調査の結果および充填材の除去後の回収動作を考慮し、以下の観点から課題を再整理し、次年度以降の回収・定置試験のための整備計画を検討した。

### 3.4.1　地下実打設面への見通し

既往検討[2][3]では、コンクリート 2 次製品（セグメントのような滑らかなコンクリート面）とトタン面（金属）との押引力を比較し、同レベルの押引力で搬送可能なことが分かっている。よって、コンクリート 2 次製品程度の粗度、表面であれば、定置装置による走行は可能である。

一方、第 2 章に記載の通り、幌延 URL 試験坑道 2 へ設置した組立台は、鋼製型枠を使用し一般的な土木技術での現場打設コンクリート表面としては可能な限り平滑性を保つ様に施工した。

回収・定置の地下実証試験において、現状定置装置の機能裕度、制御、運用方法での実地下打設面における性能は、これまでの知見では判断、評価ができない。よって、今後、以下の確認と評価が必要である。

・現場打設コンクリート面での粗度への適用性
・コンクリート気泡面（あばた）への適用性
・モルタル等、表面仕上げ施工の粗度への適用性

上記の確認に必要なデータ取得、評価し、機器、制御方法、運用等、装置への改善を検討するため、以下を実施する計画とした。

・試験坑道 2 地下実打設面でのエアベアリングを使用した要素試験によるデータ取得、評価
・機器、制御、運用等、装置への反映と、地上実証試験による確認

### 3.4.2　除去後の坑道面への見通し

平成 15 年度 「遠隔操作技術高度化調査」では、PEM 重量の 2/5 スケールにおけるエアベアリングの要素試験を行い、鋼製模擬坑道下面から水深約 75mm 水没（冠水）した状態で、エアベアリングは水が無い状態と同じ牽引力（押引力）となることを確認している。すなわち、現状知見では、走行面に清浄な水が溜まっている場合でも、エアベアリングの動作に影響は無く、走行可能である。

一方、第 4 章に記載した隙間充填材除去については、現在ウォータージェットによる充填材除去を検討している。除去後の走行面については、これまでの知見では判断、評価ができないため、今後、充填材除去技術の開発と並行した検証と評価が必要である。充填材、坑道、経時変化や定置装置への影響などの検証、確認事項を以下に示す。次年度以降、適用性確認に必要なデータ取得、評価し、機器、制御、運用等、必要な装置への最適な改善を検討する。

・充填材の残存（付着、取り残し）
・分離した随伴鉱物（砂含む）の影響
・除去作業による坑道面への影響
・泥（充填材残渣）の付着による遠隔監視機能の喪失
・乾燥した粘土系材料の粉塵　など

### 3.4.3　安全措置のための装置による対応

本年度整備した幌延 試験坑道 2 にて安全に作業、試験を実施するための処置、対策を地下実証試験前までに実施する。次年度以降の検討にあたり、定置装置保護や作業安全の観点からの検討、対策の一例を以下に示す。

【定置装置保護についての対策例】
・作業安全用カバー類の設置
　露出可動部（H28 までに一部対策済み）
　防滴、防塵対策（H28 までに一部対策済み）
・機内配線（露出部等）
　整線
　養生
【作業安全についての対策例】
・装置故障時の救援方法
　救援用ウィンチによる牽引
　設置 PEM の倒れ防止　（つっかえ棒）

上記例も踏まえ、作業全般を通した安全確保、装置故障時の対策、作業動線の確保等、搬送、組立から試験までの想定作業を考慮し、装置での対策と現場での対策を整理し、平成 31 年度の地下実証試験前までに必要な処置を実施する。

## 3.5　模擬 PEM の設計

### 3.5.1　模擬 PEM の構造検討

平成 29 年度以降に製作する計画の模擬 PEM について、表 3.2.1-1 の模擬 PEM 要求機能を踏まえた制約条件を整理し模擬 PEM 構造の検討を実施した。（組立手順等、詳細検討内容は、添付 3－2 参照。）

(1)　設計条件の整理

表 3.2.1-1 に示す模擬 PEM の要求機能を踏まえた設計条件の整理を行った。整理に当たっては、幌延 URL 特有の条件（搬入時の寸法制限、揚重機など）、地下坑道内での組立作業性、またすき間充填材除去装置側から想定される要求等を考慮し、設計条件を抽出した。表 3.5.1-1 に模擬 PEM 容器の設計条件を示す。

表 3.5.1-1　模擬 PEM 容器の設計条件

| 項目 | | 設計条件 |
|---|---|---|
| 分割型模擬 PEM 容器 | 重量 | 36.5t |
| | 外形寸法 | φ2,316 mm ×L3,343 mm |
| | 板厚 | 28 mm（参考値） |
| | PEM 内部構造 | 重量合わせ用ダミーウエイト搭載 |
| | 重心 | 容器の中心部 |
| | 材質 | 特になし（SS 材など炭素鋼） |
| | 塗装 | 防錆塗装 |
| 幌延 URL 特有の条件 | 搬入開口 | ・立坑部開口：　φ2,550 mm<br>・地下坑道風門：　幅 1,800 mm×高さ 2050 mm |
| | 搬入用揚重機 | ・立坑：　吊上げ荷重 9.7 ton（リフター）<br>・地下坑道：　定格 2 ton（ホイスト） |
| | 搬入路床耐力 | 2 t/m$^2$（地下搬入路） |
| | 使用制限品 | 溶接機使用不可（バッテリ、内燃機関も） |
| 地下坑道内での組立 | ホイスト吊り代・作業空間 | 2t ホイスト吊り代：　Min. 417mm |
| | 締結 | ボルト締結（人手での締結・分解用） |
| すきま充填材除去装置側からの条件 | 外面 | 円筒側面部φ2,316mm の面上に有意な突起物（フランジ等）無し |
| | 水侵入防止 | 内部への水侵入を防ぐ締結（ガスケット等の利用）<br>水の侵入時に備え、ドレン口を円板底部に設備 |

(2)　模擬 PEM の構造

表 3.5.1-1 に示す設計条件に対して、模擬 PEM 容器の構造を検討した。構造の検討結果と、設計条件および制約条件との比較を表 3.5.1-2 に示す。

表 3.5.1-2　模擬 PEM 容器本体の構造

| 項目 | 設計条件 | 検討結果 |
|---|---|---|
| 重量 | 36.5ton | 36.5ton |
| 寸法 | φ2,316 mm　×L3,343 mm | φ2,316 mm　×L3,343 mm |
| 板厚 | 28 mm（参考値） | 50mm |
| 内部構造 | 重量合わせ用ダミーウエイト搭載 | 内部は支持板等の構造部材 |
| 重心 | 容器の中心部 | 容器中心 |
| 材質 | 特になし（SS 材など炭素鋼） | SM400 または同等材 |
| 塗装 | 防錆塗装 | 防錆塗装 |
| 外面構造 | 円筒側面部φ2,316mm の面上に有意な突起物（フランジ等）無し | 外面に突起物なし |
| 水侵入防止 | 内部への水侵入を防ぐ締結（ガスケット等の利用）<br>水の侵入時に備え、ドレンロを円板底部に設備 | 外面に露出する部品締結部はゴムシートを挟むことでシールする構造とした<br>ドレン構造で検討する |

表 3.5.1-2 の検討結果を踏まえた模擬 PEM の主要寸法と重量、重心を表 3.5.1-3 に示す。

表 3.5.1-3　主要寸法と重量

| | | |
|---|---|---|
| 全長　mm | | 3343 |
| 外径　mm | | φ2316 |
| 板厚　mm | 胴板 | 50 |
| | 側板 | 100 |
| | 仕切り板 | 100 |
| 総重量　ton | | 36.5 |
| 重心 | | 模擬 PEM 中央（図 3.5.2-3　参照） |

### 3.5.2　模擬 PEM の設計

3.5.1 に示す模擬 PEM 構造の検討結果を踏まえ、設計を実施した。模擬 PEM の外観図を図 3.5.2-1 に、各 Unit の分解図を図 3.5.2-2 に示す。模擬 PEM は、Unit A, B, C および側板から成る。組立は各部品をボルトにより締結する。円筒軸方向の結合は、作業方向を考慮し、全て坑道褄側に向かって行う。各 Unit は、基本的に同一の構造を持っている。

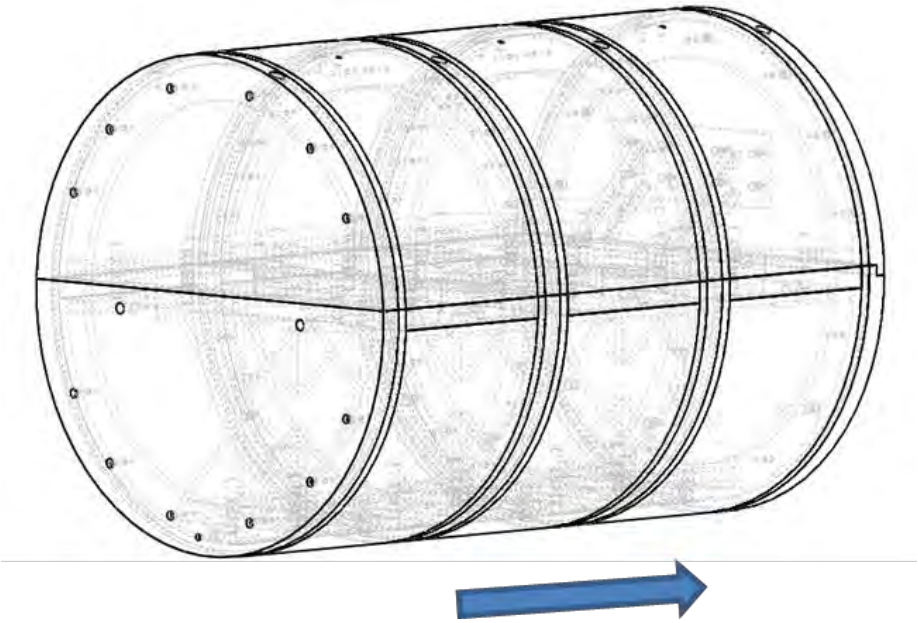


図 3.5.2-1　模擬 PEM　外観図（ボルトは表示していない）

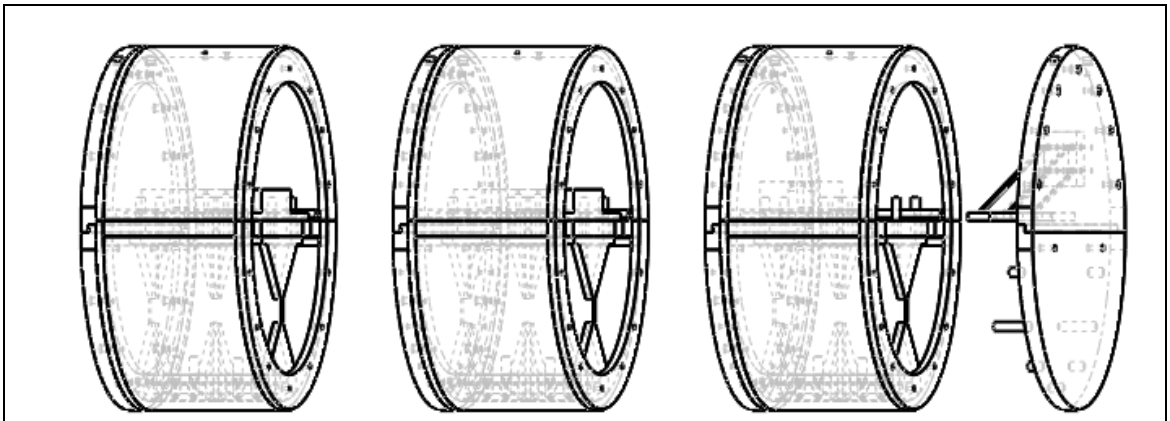



図 3.5.2-2　 Unit 分解図（ボルトは表示していない）

また、模擬 PEM の主要寸法図を図 3.5.2-3 に示す。

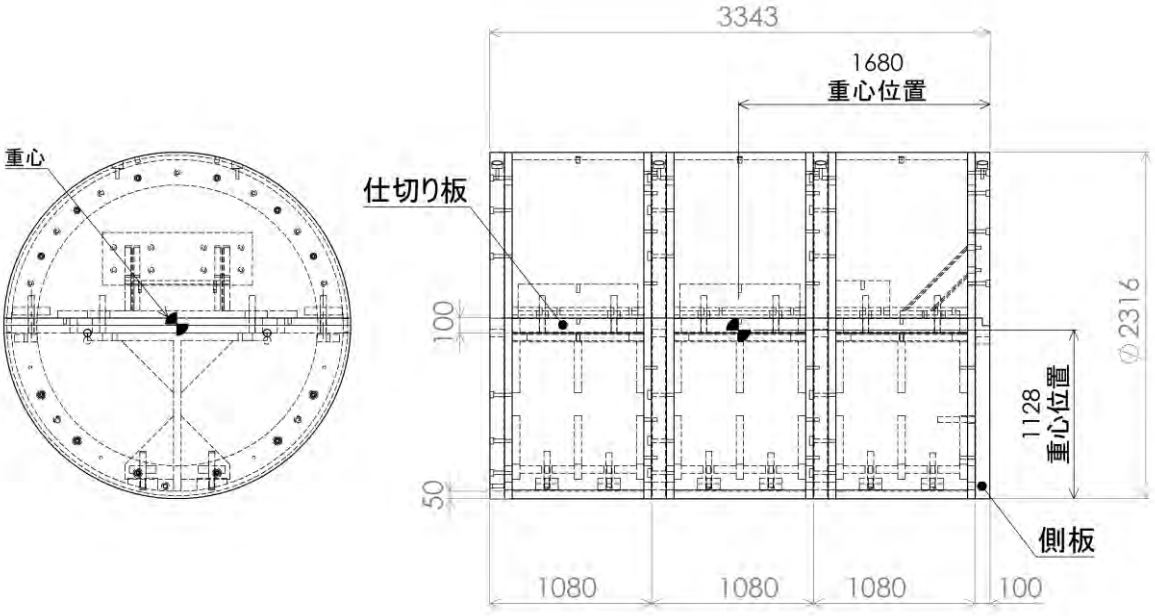



図 3.5.2-3　模擬 PEM 主要寸法図　(mm)

なお、重量については、製作時の板厚公差、溶着量により前後することが想定される。この場合はダミーウエイトの寸法にて調整する。

## 3.6　まとめ

本事業では、地下実環境における横置き PEM の回収実証試験、搬送定置実証試験を平成 31 年度に計画しており、実証試験で使用するための定置設備の整備を進めている。

本年度までに、エアベアリング方式による横置き PEM の定置装置を製作し、地上において機能確認試験を実施した。また、機能確認のための各データを取得し、既往検討での知見、データとも対比しながら、製作した定置部・搬送部・遠隔機能について、以下を確認した。

定置部について、エアベアリングにより模擬 PEM（重量 36.5t）を把持（浮上）できること、エアベアリングの潤滑効果により移動時の力を低減することを確認した。

搬送部について、PEM を把持した定置部を前後に移動できることを確認した。

遠隔機能について、装置の姿勢、位置情報、動作状況等の監視ができること、模擬坑道上の障害に支障となる異物を視認できること、遠隔操作卓から装置（定置部＋搬送部）を運転し定置／回収動作ができることを確認した。

次年度以降は、定置装置の現場打設コンクリート上（地下実打設面）での適用性に係わるデータの取得、装置の改良等を実施し、坑道の施工技術とエアベアリングによる狭隘空間での PEM の定置／回収技術の成立性を、実証試験を通じて提示していく。

第３章　参考文献

[1]　（財）原子力環境整備促進・資金管理センター；平成 17 年度地層処分技術調査等遠隔操作技術高度化調査報告書( 2 / 3)、2006 年 3 月.

[2]　（公財）原子力環境整備促進・資金管理センター；平成 23 年度地層処分技術調査等事業 高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－遠隔操作技術高度化開発－、2012 年 3 月.

[3]　（財）原子力環境整備促進・資金管理センター；平成 22 年度地層処分技術調査等委託費 高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－遠隔操作技術高度化開発－、2011 年 3 月.

[4]　（公財）原子力環境整備促進・資金管理センター；平成 27 年度地層処分技術調査等事業 地層処分技術調査等事業（高レベル放射性廃棄物処分関連：可逆性・回収能調査技術高度化開発）
報告書（第２分冊）－ 地下環境での搬送定置・回収技術高度化開発－、2016 年 3 月.

# 添付資料

第３章　添付資料

添付資料 3-1　定置装置　製作状況写真 ..... 3-81
添付資料 3-2　模擬 PEM の詳細検討 ..... 3-91
添付資料 3-3　製作確認、機能確認試験結果 ..... 3-117

添付資料 3-1　定置装置　製作状況写真

定置装置製作途中の写真を添付図 3-1～添付図 3-5 に示す。

添付図 3-1　装置分解（駆動部）

添付図 3-2　装置分解（エアベアリング部）

添付図 3-3　中継ボックス取付け

添付図 3-4　操作卓製作

添付図 3-5　ケーブルカッシャ製作

装置完成後の写真を添付図 3-6 ~添付図 3-19 に示す。

添付図 3-6　エアベアリング部　完成写真 1（エアベアリング部全体）

添付図 3-7　エアベアリング部　完成写真 2（前方カメラ）

添付図 3-8　エアベアリング部　完成写真 3（バルブユニット部）

添付図 3-9　エアベアリング部　完成写真 4（連結部）

添付図 3-10　駆動部　完成写真 1（駆動部全体）

添付図 3-11　駆動部　完成写真 2（後部詳細）

添付図 3-12　制御盤　完成写真（外観）

添付図 3-13　制御盤　完成写真（内部）

添付図 3-14　中継ボックス　完成写真

添付図 3-15　操作卓　完成写真 1（全体）

添付図 3-16　操作卓　完成写真 2（監視モニタ）

添付図 3-17　操作卓　完成写真 2（全体監視モニタ）

添付図 3-18　操作卓　完成写真 3（操作用タッチパネル）

添付図 3-19　操作卓　完成写真 2（ステータスモニタ）

添付資料 3-2　模擬 PEM の詳細検討

1.　　条件の整理

平成 29 年度に製作する模擬 PEM の構造検討に先立ち、表 3.2.2-1 に示す模擬 PEM の要求機能を踏まえた設計条件の整理を行った。整理に当たっては、幌延 URL 特有の条件（搬入時の寸法制限、揚重機など）、地下坑道内での組立作業性、またすき間充填材除去装置側から想定される要求等を考慮し、設計条件を抽出した。添付表 3-1 に模擬 PEM 容器の設計条件を示す。

添付表 3-1　模擬 PEM 容器の設計条件

| 項目 | | 設計条件 |
|---|---|---|
| 分割型模擬 PEM 容器 | 重量 | 36.5t |
| | 外形寸法 | φ2,316 mm ×L3,343 mm |
| | 板厚 | 28 mm（参考値） |
| | PEM 内部構造 | 重量合わせ用ダミーウエイト搭載 |
| | 重心 | 容器の中心部 |
| | 材質 | 特になし（SS 材など炭素鋼） |
| | 塗装 | 防錆塗装 |
| 幌延 URL 特有の条件 | 搬入開口 | ・立坑部開口：　φ2,550 mm<br>・地下坑道風門：　幅 1,800 mm×高さ 2050 mm |
| | 搬入用揚重機 | ・立坑：　吊上げ荷重 9.7 ton（リフター）<br>・地下坑道：　定格 2 ton（ホイスト） |
| | 搬入路床耐力 | 2 t/m$^2$（地下搬入路） |
| | 使用制限品 | 溶接機使用不可（バッテリ、内燃機関も） |
| 地下坑道内での組立 | ホイスト吊り代・作業空間 | 2t ホイスト吊り代：　Min. 417mm |
| | 締結 | ボルト締結（人手での締結・分解用） |
| すきま充填材除去装置側からの条件 | 外面 | 円筒側面部φ2,316mm の面上に有意な突起物（フランジ等）無し |
| | 水侵入防止 | 内部への水侵入を防ぐ締結（ガスケット等の利用）<br>水の侵入時に備え、ドレン口を円板底部に設備 |

2.　模擬 PEM 構造の検討

(1)　構造検討の概要

模擬 PEM 容器の要求仕様（設計条件）および作業上の制約（制約条件）に対して、模擬 PEM 容器の構造を検討した。構造の概略と、設計条件および制約条件との比較を添付表 3-2、添付表 3-3 に示す。

添付表 3-2　模擬 PEM 容器本体の構造

| 項目 | 設計条件 | 検討結果 |
|---|---|---|
| 重量 | 36.5ton | 36.5ton |
| 寸法 | φ2,316 mm　×L3,343 mm | φ2,316 mm　×L3,343 mm |
| 板厚 | 28 mm（参考値） | 50mm |
| 内部構造 | 重量合わせ用ダミーウエイト搭載 | 内部は支持板等の構造部材 |
| 重心 | 容器の中心部 | 容器中心 |
| 材質 | 特になし（SS 材など炭素鋼） | SM400 または同等材 |
| 塗装 | 防錆塗装 | 防錆塗装 |
| 外面構造 | 円筒側面部φ2,316mm の面上に有意な突起物（フランジ等）無し | 外面に突起物なし |
| 水侵入防止 | 内部への水侵入を防ぐ締結（ガスケット等の利用）<br>水の侵入時に備え、ドレンロを円板底部に設備 | 外面に露出する部品締結部はゴムシートを挟むことでシールする構造とした<br>ドレン構造で検討する |

添付表 3-3　容器組立作業の要領

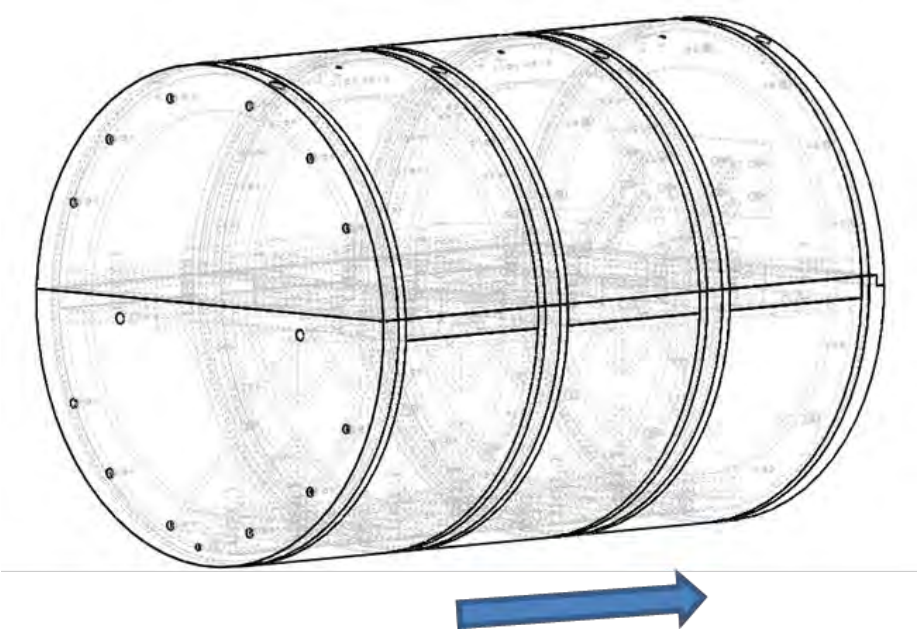
| 項目 | 制約条件 | 検討結果 |
|---|---|---|
| 搬入開口 | ・立坑部開口：　φ2,550 mm<br>・地下坑道風門：　幅 1,800 mm×高さ 2050 mm | 部品の最大寸法：<br>2316×1658×980mm<br>（添付表 3-7　A11 胴下参照） |
| 搬入用揚重機 | ・立坑：　吊上げ荷重 9.7 ton（リフター）<br>・地下坑道：　定格 2 ton（ホイスト） | 部品の最大重量：1.95ton<br>（添付表 3-6　側板上（端）G20 参照） |
| 搬入路床耐力 | 2 t/m 2（地下搬入路） | 全部品が 2ton 以下であるため、搬入路の移動をホイスト行うことが可能(*) |
| 使用制限品 | 溶接機使用不可<br>（バッテリ、内燃機関も） | 現場組立はボルト締結のみで実施可能な構造とした |
| ホイスト吊り代・作業空間 | 2t ホイスト吊り代：<br>Min. 417mm | 組立作業の成立性を机上検討にて確認した |
| 締結 | ボルト締結（人手での締結・分解用） | 現場組立はボルト締結のみで実施可能な構造とした |

（注記＊）ケージ（台車）で移動する際は、使用するケージと床面の接点による。

3. 模擬 PEM 容器の構造

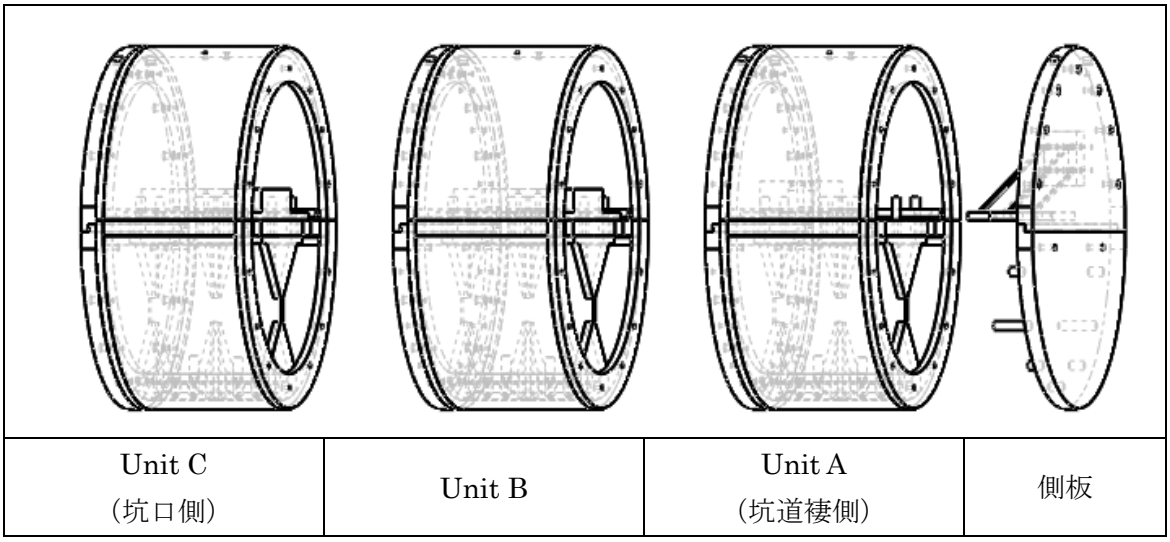
(1) 構造

模擬 PEM 容器の外観図を添付図 3-20 に示す。模擬 PEM 容器は、定置装置上での組立、解体を想定しており、組立後の吊り上げ（移動）、転置は想定されていない。自重以外の大きな荷重は想定されないこと、特異な構造（突起部や重心の偏り）はなく、自重を均一に設置面で支えること、胴板厚は添付表 3-2 に示す通り、参考板厚値に対して十分大きいことから、強度計算は実施していない。



添付図 3-20　模擬 PEM　外観図（ボルトは表示していない）

模擬 PEM は、Unit A, B, C および側板から成る。（添付図 3-21 参照）組立は各部品をボルトにより締結する。円筒軸方向の結合は、作業方向を考慮し、全て坑道裾側に向かって行う。各 Unit は、基本的に同一の構造を持っている。



| Unit C<br>（坑口側） | Unit B | Unit A<br>（坑道棲側） | 側板 |
|---|---|---|---|

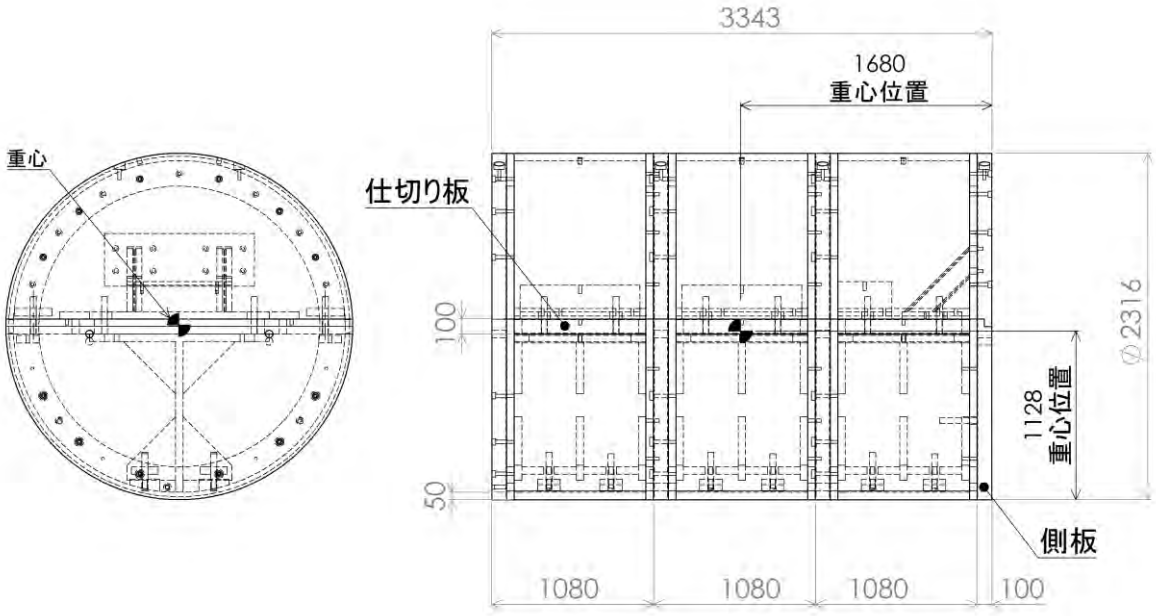
添付図 3-21　Unit 分解図（ボルトは表示していない）

1)　主要寸法および重量

添付表 3-4 および添付図 3-22 に主要寸法および重量を示す。重量については、製作時の板厚公差、溶着量により前後することが想定される。この場合はダミーウエイト（添付表 3-9 参照 A22/B22/C22）寸法にて調整する。

添付表 3-4　主要寸法と重量

| | | |
|---|---|---|
| 全長　mm | | 3343 |
| 外径　mm | | φ2316 |
| 板厚　mm | 胴板 | 50 |
| | 側板 | 100 |
| | 仕切り板 | 100 |
| 総重量　ton | | 36.5 |
| 重心 | | 模擬 PEM 中央（添付図 3-22 参照） |




添付図 3-22　模擬 PEM 主要寸法図 （mm）

2)　塗装

模擬 PEM の塗装仕様を添付表 3-5 に示す。塗装は、鋼板表面の汚れ、油脂、酸化スケール等を除去した後実施する。また、必要に応じて下地処理としてサンドブラストを実施する。

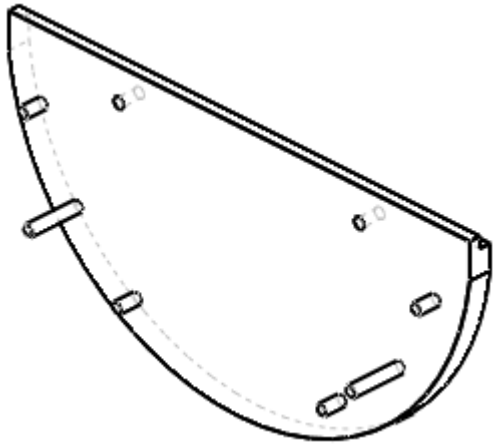
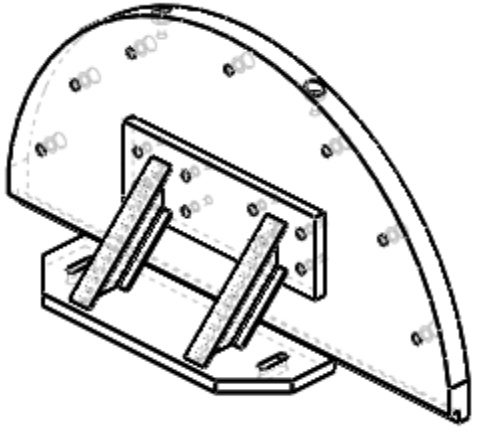
添付表 3-5　模擬 PEM の塗装仕様

| | |
|---|---|
| 銘柄 | カラーヘルゴン（日本ペイント、特殊合成樹脂カラー錆止め塗料）又は相当材 |
| 対象範囲 | 模擬 PEM の外面全面を対象範囲とする。<br>ただし、容器シール面（各部品接触面）ねじ穴内面部、アイボルト用ネジ部は除く |

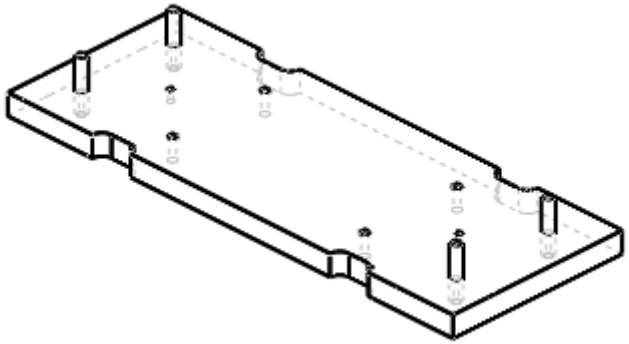
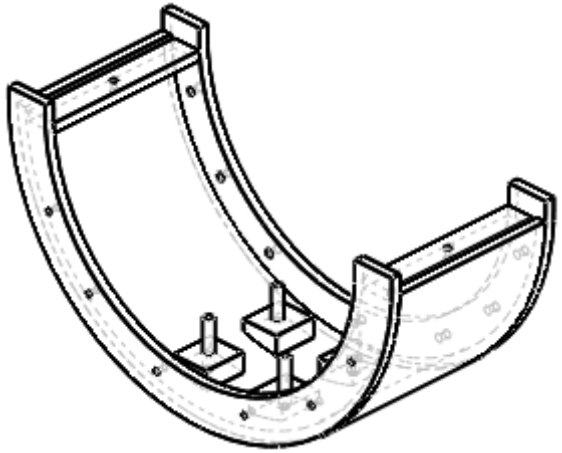
(2)　主要部品一覧

添付表 3-6~添付表 3-10 に主要部品を一覧する。ただし、ボルト接合に用いるボルトおよびナットは省略している。材質はいずれも炭素鋼（SM400 もしくは同等材）であり、各部品は工場にて溶接接合で組み立てる計画とした。

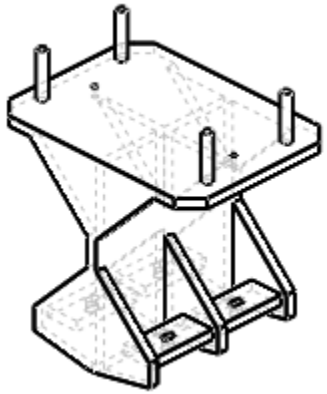
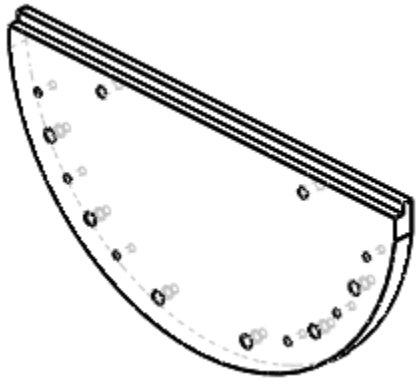
添付表 3-6　主要部品（1／5）

| 部品番号 | 名称 | 単重量：ton | 個数 | 寸法：mm | 形状 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| G10 | 側板下（端） | 1.65 | 1 | 2316×1208<br>(板厚 100) |  | 6 x M20<br>（スタッドボルト）<br>2 x φ36<br>（ガイドスタッド）<br>2 x φ50<br>（ハンドリング用）<br>止水テープ用溝加工<br>左図スタッドボルト<br>取り付け後 |
| G20 | 側板上（端）<br><br>G20 取付治具 | 計 1.95<br><br>（G20 取付治具<br>重量 325kg） | 1 | 2316×1208<br>(板厚 100)<br><br>520×1300<br>×740 高さ |  | 7 x φ24（ザグリ φ42）<br>2 x M20<br>（アイボルト、ザグリ φ72）<br>2 x φ40<br>（G20 治具部長穴）<br>G20 取付治具との接合は<br>M20 ボルト x 8<br>止水テープ用溝加工 |

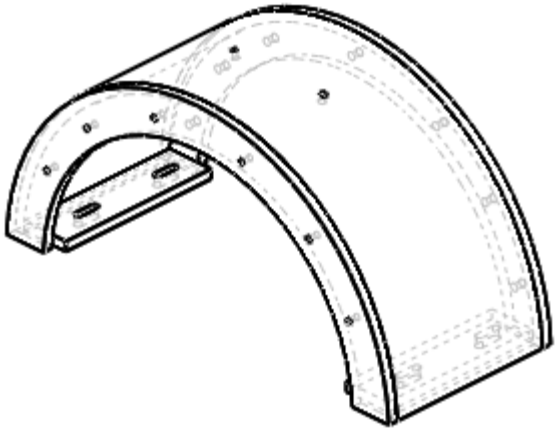
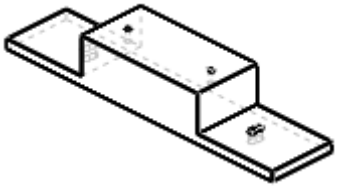
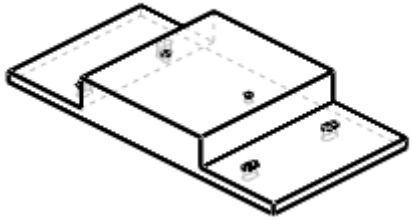
添付表 3-7　主要部品（2／5）

| 部品番号 | 名称 | 単重量：ton | 個数 | 寸法：mm | 形状 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A01<br>B01<br>C01 | 仕切り板 | 1.56 | 3 | 2316×880<br>(板厚 100) |  | 4 x M36<br>（スタッドボルト）<br>4 x φ40<br>（ガイド穴）<br>2 x M20<br>（アイボルト）<br>止水テープ用溝加工<br>左図スタッドボルト<br>取り付け後 |
| A11<br>B11<br>C11 | 胴下 | 1.93 | 3 | 2316×980L<br>（板厚 50） |  | 6 x φ24<br>（A11 ガイド穴のみφ48）<br>6 x M20<br>4 x M36<br>（スタッドボルト）<br>2 x M20<br>（アイボルト用）<br>左図スタッドボルト<br>取り付け後 |

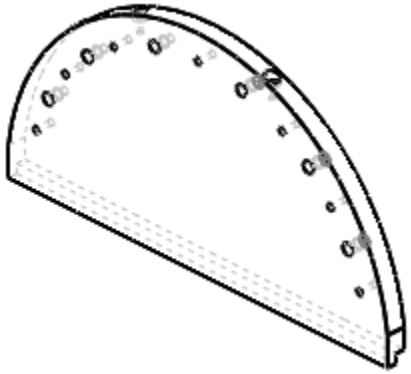
添付表 3-8　主要部品（3／5）

| 部品番号 | 名称 | 単重量：ton | 個数 | 寸法：mm | 形状 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A12<br>B12<br>C12 | 支持架台 | 1.24 | 3 | 1200×880<br>×1060 高さ<br>(板厚 50) |  | 44 x M36<br>（スタッドボルト）<br>4 x φ40<br>（長穴）<br>2 x M30<br>（アイボルト用）<br>左図スタッドボルト<br>取り付け後 |
| A13<br>B13<br>C13 | 側板下 | 1.63 | 3 | 2316×1208<br>(板厚 100) |  | 6 x M20<br>6 x φ24<br>2 x φ50<br>（ハンドリング用）<br>止水テープ用溝加工 |

添付表 3-9　主要部品（4／5）

| 部品番号 | 名称 | 単重量：ton | 個数 | 寸法：mm | 形状 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A21<br>B21<br>C21 | 胴上 | 1.86 | 3 | 2316×980L<br>(板厚 50) |  | A21　　7 x M20<br>B21/C21　7 x φ24<br>6 x M20<br>4 x φ40<br>（長穴）<br>2 x M20<br>（アイボルト用）<br>B21/C21　それぞれ A23/B23 と接触するフランジ部にφ60 のボルト頭逃げ溝 |
| A22 | ダミー<br>ウエイト A | 0.61 | 1 | 1600×560<br>×250 高さ |  | 2 x φ40<br>（長穴）<br>2 x M30<br>（アイボルト用） |
| B22<br>C22 | ダミー<br>ウエイト B<br><br>ダミー<br>ウエイト C | 1.28 | 2 | 1600×800<br>×225 高さ |  | 4 x φ40<br>（長穴）<br>2 x M30<br>（アイボルト用） |

添付表 3-10　主要部品（5／5）

| 部品番号 | 名称 | 単重量：ton | 個数 | 寸法：mm | 形状 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A23<br>B23<br>C23 | 側板上 | 1.63 | 3 | 2316×1108<br>(板厚 100) |  | 6 x φ24（C23 のみザグリ φ42）<br>7 x M20<br>（A23/B23 のみ）<br>2 x M30<br>（アイボルト）<br>止水テープ用溝加工 |

(3)　主要部品の接合

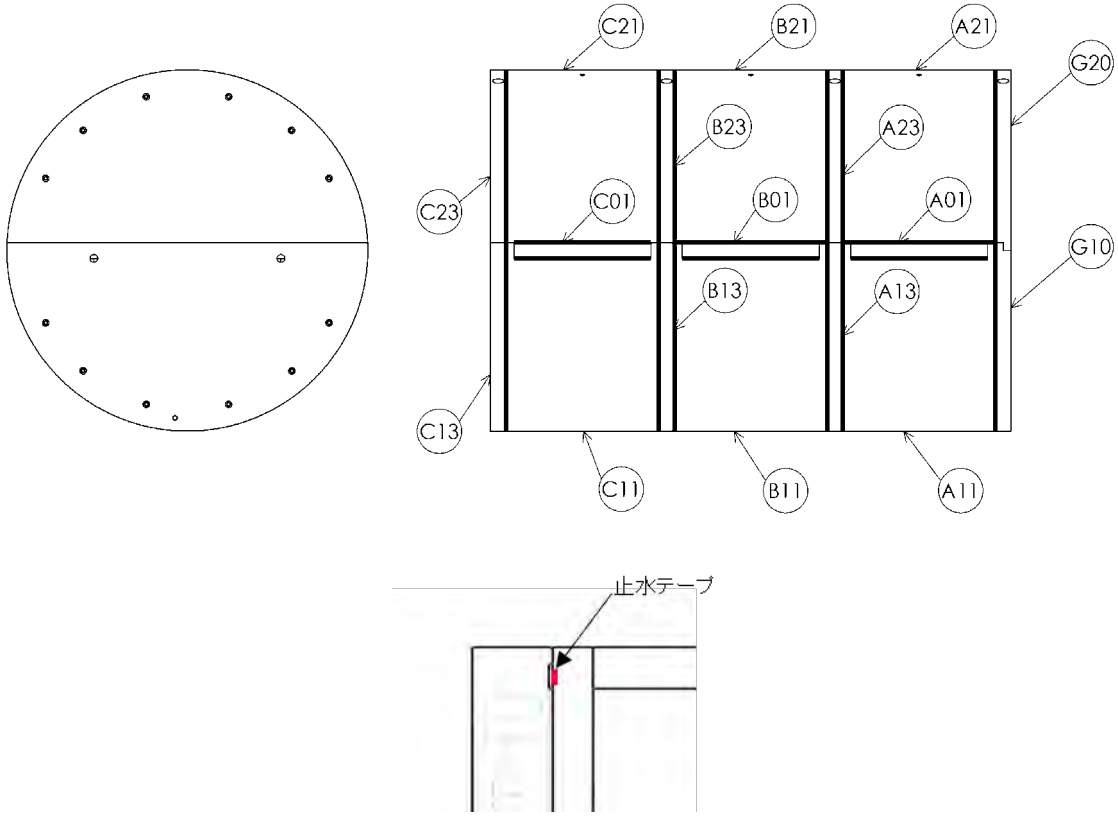
接触部品とその接合方法を添付表 3-12 に、ボルトサイズと数量を添付表 3-13 に示す。

1)　止水構造

外面に露出する接合部については、水密構造とするため、接合面にゴム止水テープ（ゴムスポンジタイプ、接合面への取り付けは接着剤）を用いる。

添付図 3-23 に太線で示す適用部位（胴フランジ部・仕切り板/胴の接触部）に溝を設け、止水テープを取り付ける。この時、組立時の寸法精度への影響は抑えるため、部材同士が直接接触する当たり面を設ける。

外面に露出するボルト穴や組立時の隙間への止水が必要な場合には、アクセス可能な範囲でシリコンシーラント等の止水材を塗布する。




（C21-C23 接合部断面）

添付図 3-23　ゴム止水テープ適用接合部

ゴム止水テープ仕様は、金属ガスケット等の金属シール材ではなく、ゴムタイプ（または他の有機系シール材）を候補として検討した。候補材を、添付表 3-11 に示す。

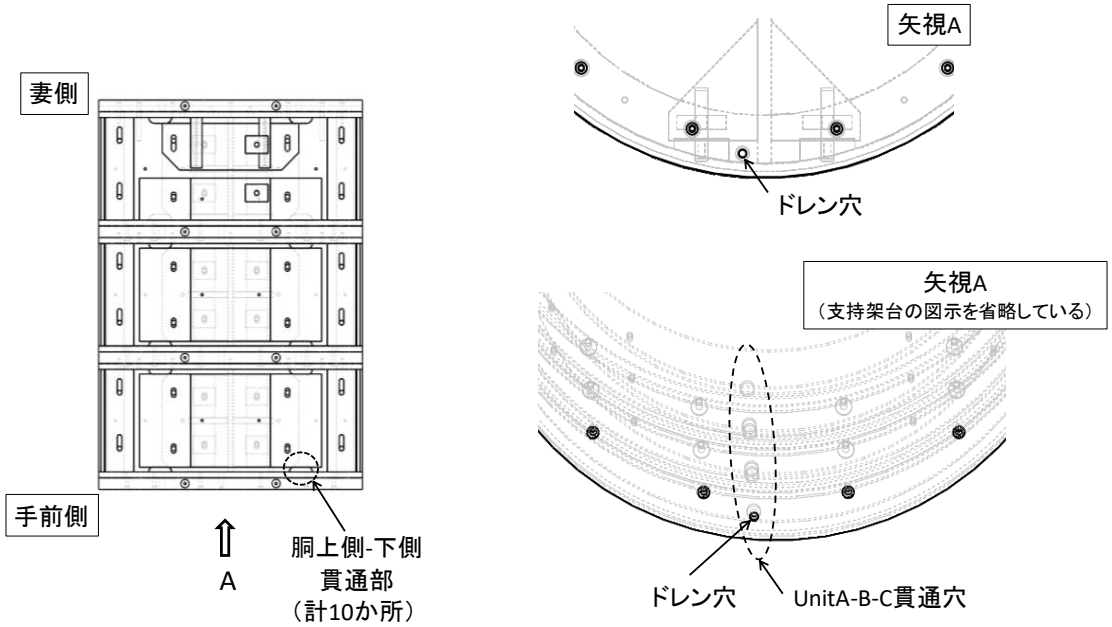
添付表 3-11　ゴム止水テープの候補材

| | | |
|---|---|---|
| 止水材 | 水膨張スポンジテープ　EP-EWS | CRK 株式会社 |
| 接着剤 | CRK ボンド　C-41B | CRK 株式会社 |

また、ハンドリング用穴、アイボルト用ネジに対しては、組立時に外面からキャップ（プラスチック等の作業性の高いもの）をはめ込むことで防護する。

(4)　ドレン構造

止水構造に加えて、容器内部に水がたまった場合を想定してドレン構造を設ける。各 Unit の内部空間は、上部と下部に分けられる。添付図 3-24 に示す上下貫通部、（仕切り板に設けられた切欠き部）により、上部の水は下部へ流れる。側板下および胴下フランジ部に設けられた貫通穴により Unit A-B-C は空間的に接続され、手前側 Unit C 側板下のドレン穴から排水が可能である。




添付図 3-24　ドレン構造

添付表 3-12　主要部品の接合方法一覧　（Unit A）

| | | G10 | G20 | A01 | A11 | A12 | A13 | A21 | A22 | A23 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 側板下（端） | 側板上（端） | 仕切り板 | 胴下 | 支持架台 | 側板下 | 胴上 | ダミーウエイト | 側板上 |
| G10*1 | 側板下（端） | | G20 自重で接触<br>締結なし | 締結なし | **G10 スタッドボルトにて締結（止水構造）** | 締結なし | 接触なし | 締結なし | 接触なし | 接触なし |
| G20*2 | 側板上（端） | | | 締結なし | 締結なし | 締結なし | 接触なし | **G20 側からボルト接合（止水構造）** | 接触なし | 接触なし |
| A01*3 | 仕切り板 | | | | A01 自重で接触<br>締結なし<br>（止水構造） | **A12 スタッドボルトにて締結** | 接触なし | **A01 スタッドボルトにて締結（止水構造）** | **A12 スタッドボルトにて締結** | 接触なし |
| A11 | 胴下 | | | | | **A11 スタッドボルトにて締結** | **A13 側からボルト接合（止水構造）** | 端部のみ A21 自重で接触<br>（止水構造） | 接触なし | 接触なし |
| A12*3 | 支持架台 | | | | | | 接触なし | 接触なし | **A12 スタッドボルトにて締結** | 接触なし |
| A13*3 | 側板下 | | | | | | | 接触なし | 接触なし | A23 自重で接触<br>接合なし |
| A21 | 胴上 | | | | | | | | 接触なし | **A23 側からボルト接合（止水構造）** |
| A22*3 | ダミーウエイト | | | | | | | | | 接触なし |
| A23*3 | 側板上 | | | | | | | | | |

注記：

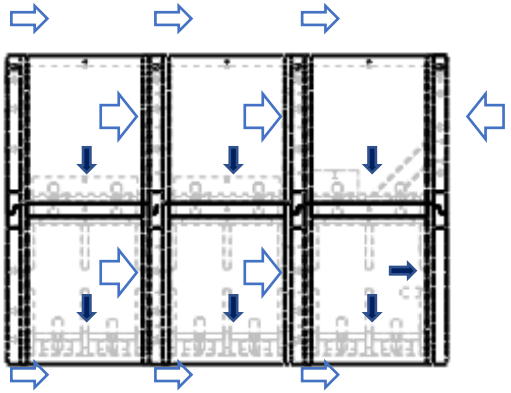
*1:　Unit B,C においては G10 を A13, B13 に、表中の A をそれぞれ B,C に読み替える。胴下 B/C11 との接合は、胴下側からのボルト接合となる。

*2:　Unit B,C においては G20 を A23, B23 にそれぞれ読み替える。胴上 B/C21 との接合は、胴上側からのボルト接合となる。

*3:　Unit B,C においても同様の構造となる。表中の A をそれぞれ B,C に読み替える。

添付表 3-13　模擬 PEM 使用ボルトまとめ

| 結合部材 | サイズ | 穴数 | 対象箇所数 | 計 | |
|---|---|---|---|---|---|
| G10＋A11 | M20 スタッドボルト | 4 | 1 | 4 | |
| G20＋A21 | M20 | 7 | 1 | 7 | |
| 側板＋胴上　胴→側板方向 | M20 | 7 | 2 | 14 | |
| 側板＋胴上　側板→胴方向 | M20 | 6 | 3 | 18 | |
| 側板＋胴下　胴→側板方向 | M20 | 6 | 2 | 12 | |
| 側板＋胴下　側板→胴方向 | M20 | 6 | 3 | 18 | |
| 支持架台＋胴 | M36 スタッドボルト | 4 | 3 | 12 | |
| 支持架台＋仕切り板＋ダミーウエイト | M36 スタッドボルト | 4 | 3 | 12 | Unit A はダミーウエイト及び G20 と接合する |
| 仕切り板＋胴上 | M36 スタッドボルト | 4 | 3 | 12 | |

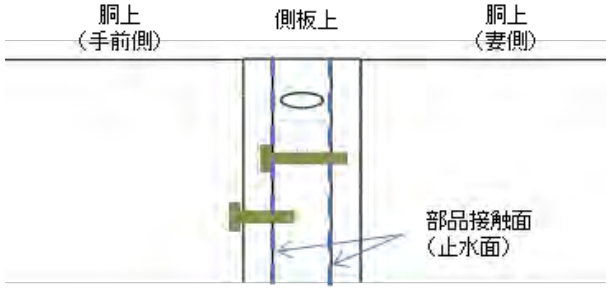


ボルト締結　側板→胴

ボルト締結　胴→側板

スタッドボルト・ナット締結

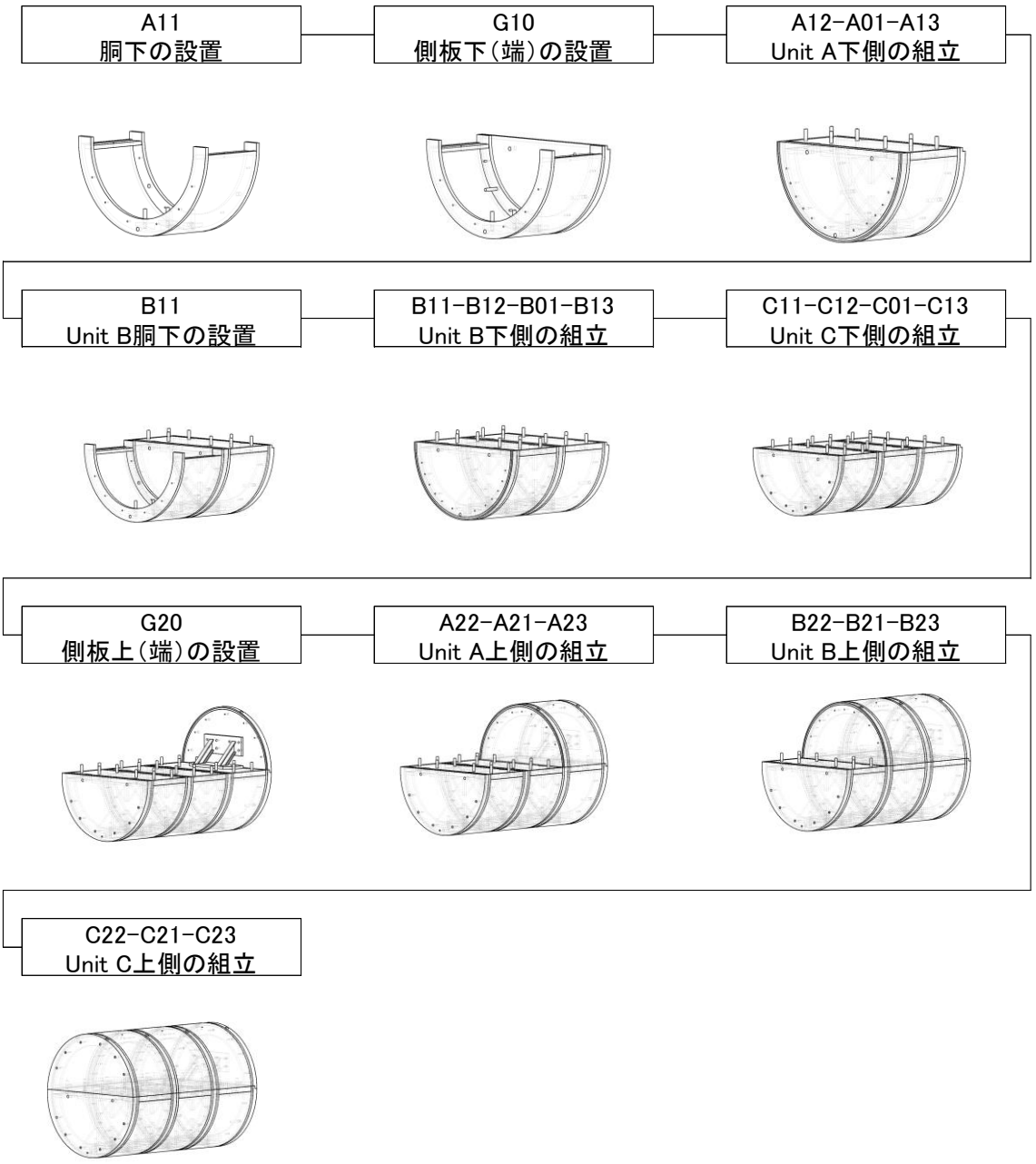
接続部拡大



4. 模擬 PEM の組立手順の検討

(1) 組立手順概要

添付図 3-25 に模擬 PEM の組立手順を示す。(2)以降で、組立の詳細について記す。



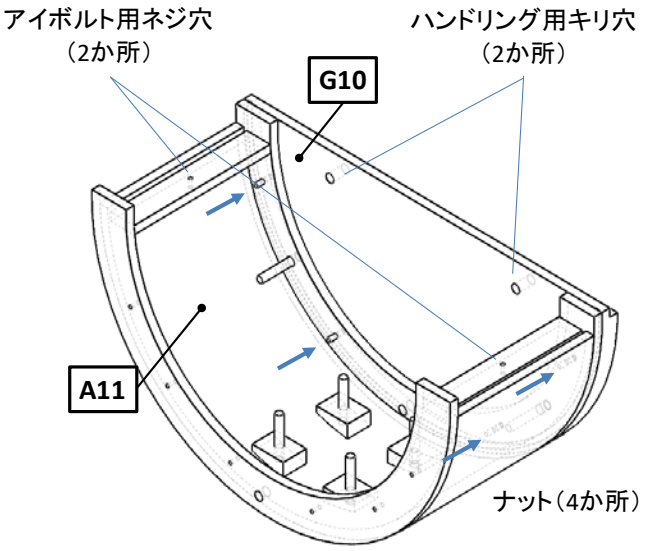

添付図 3-25　模擬 PEM の組立手順

(2) Unit A 下側の組立

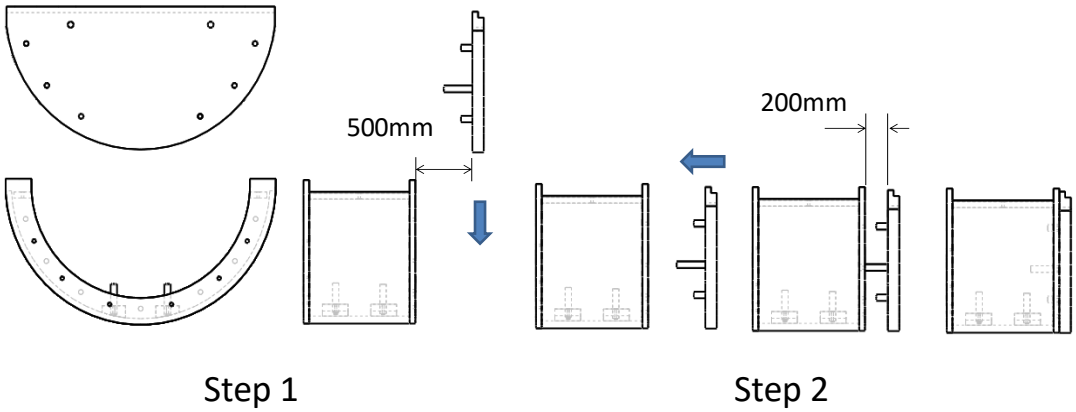
1)　A11 胴下・G10 側板下（端）の設置

模擬 PEM 設置位置、組立台座上に、A11 胴下を配置する。A11 のハンドリングはアイボルト（2 か所）を用いる。

G10 側板下（端）を取付位置に移動し、A11 とボルトにて締結する。G10 のハンドリングは添付図 3-26 に示す穴を用いる。G20 の移動を添付図 3-27 に示す。2 つのガイドスタッドを用いて位置決めをし、A11 内部側からナットにより締結する。G10 設置後は、ハンドリング用キリ穴に外面側からキャップを取り付け、穴を塞ぐ。




添付図 3-26　A11 と G10 の組立




添付図 3-27　G20 の取付

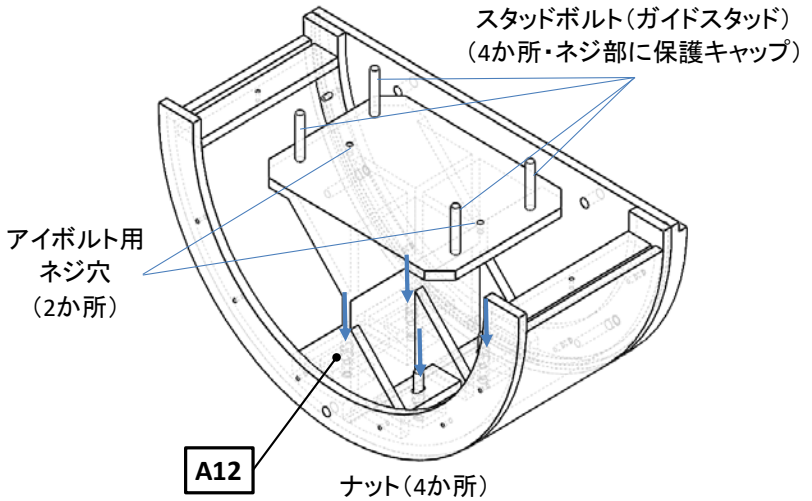
2)　Unit A 下側の組立

A12 支持架台を A11 に設置し、A11 スタッドボルトに対してナットで固定する。A12 のハンドリングはアイボルトを用いて行う。設置後に A12 スタッドボルトを取り付ける。スタッドボ

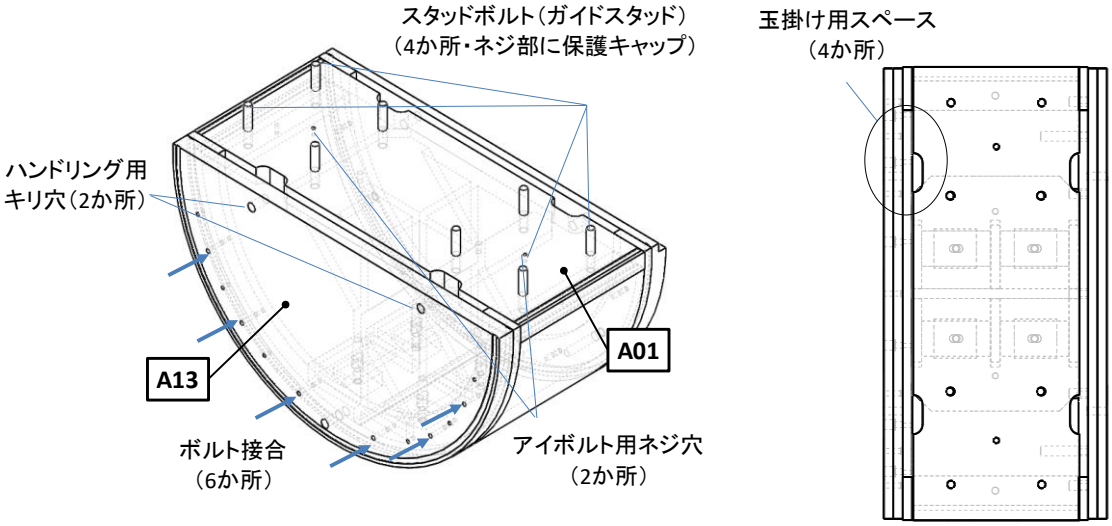
ルトのネジ部にはキャップを取りつけ、ガイドスタッドとする。（添付図 3-28 参照）

A01 仕切り板を A12 の上に設置する。この時、A12 スタッドボルト（ガイドスタッド）を用いて位置決めを行う。A01 のハンドリングはアイボルトを用いて行う。スタッドボルトのネジ部にはキャップを取りつけ、ガイドスタッドとする。

A13 側板下を取付位置に移動し、A11 とボルトにて締結する。A13 のハンドリングは添付図 3-29 に示す穴を用いる。（G10 と同様）




添付図 3-28　A11 と A12 の組立

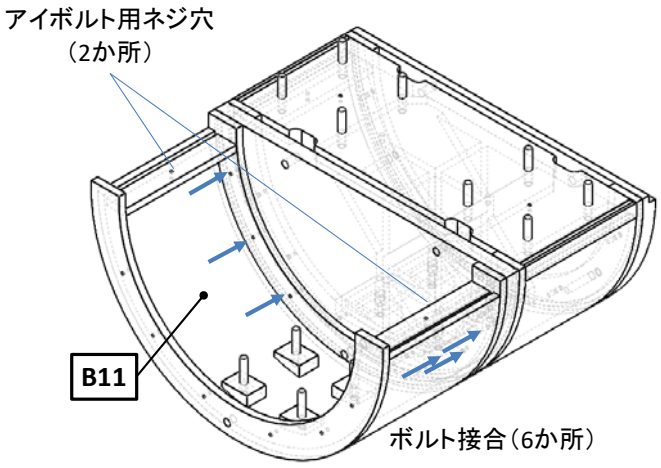



添付図 3-29　A01 および A13 の組み付け

(3) Unit B、C 下側の組立

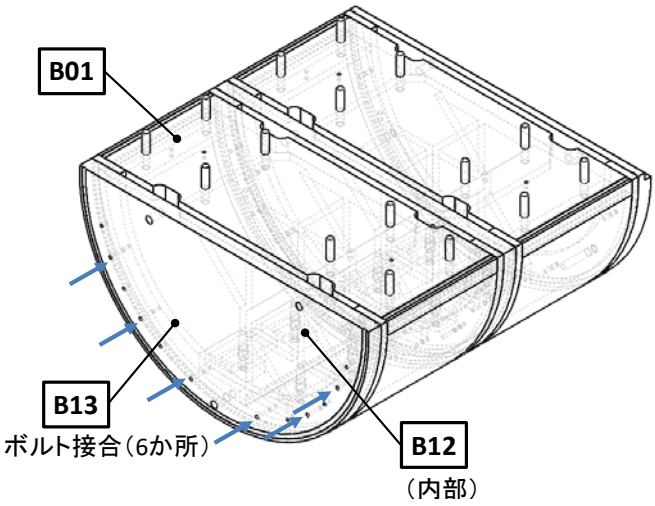
1) Unit B 下側の組立

B11 胴下（Unit B）を設置する。B11 のハンドリングはアイボルト（2 か所）を用いる。B11 を A13 に対してボルトを用いて接合する。（
添付図 3-30　参照）




添付図 3-30　　B11 の設置

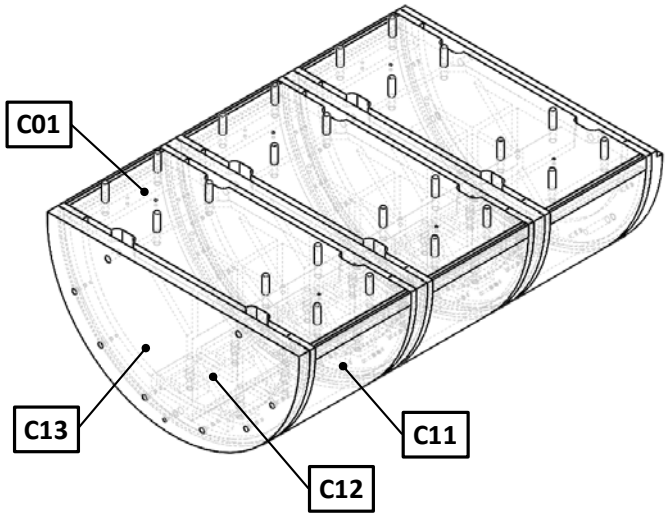
B12 支持架台（Unit B）、B01 仕切り板（Unit B）、B13 側板下（Unit B）を Unit A と同様の手順で組み立てる。（添付図 3-31 参照）




添付図 3-31　　Unit B 下側の設置

(4) Unit C 下側の組立

C11 胴下（Unit C）、C12 支持架台（Unit C）、C01 仕切り板（Unit C）、C13 側板下（Unit C）を UnitB と同様の手順で組み立てる。（添付図 3-32 参照）



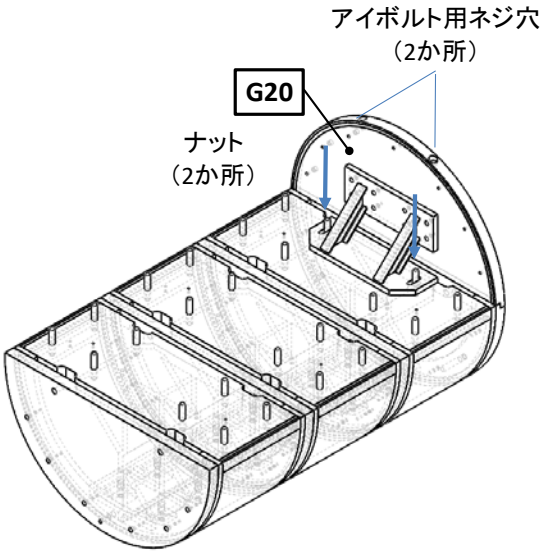

添付図 3-32　Unit C 下側の設置

(5) Unit A 上側の組立

1) G20 側板上（端）の設置

G20 側板上（端）を G10 の上に設置する。G20 のハンドリングはアイボルト（2 か所）を用いる。G20 取付治具の長穴を用いて、A12 スタッドボルト（ガイドスタッド）で位置決めをする。（添付図 3-33 参照）

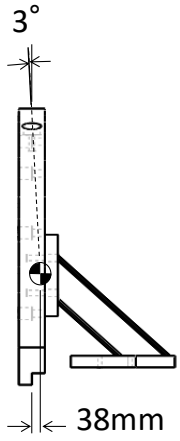
設置後に A12 スタッドボルト（ガイドスタッド）のネジ部キャップを除去し、ナットで締結する。組立後は、アイボルト用ネジ穴に外面側からキャップを取り付け、穴を塞ぐ。




添付図 3-33　G20 の設置

G20 は取付治具を一体とした際に、重心位置が G20 板厚中心から 38mm の位置となる。この状態でアイボルトを用いて吊上げた際、下図に示すように 3° 傾くため、設置組立時に注意を要する。（添付図 3-34 参照）

G10 と G20 の接触部は、二つの部品を同一面に配置するための面だし機能、および組立時に隙間が生じた場合の止水のため、カギ型としている。

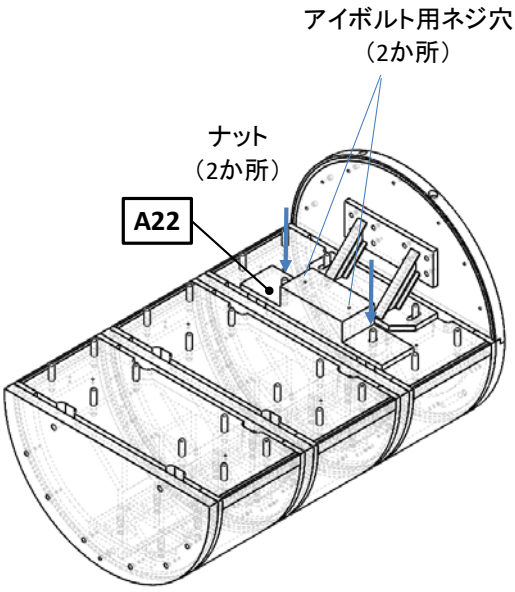



添付図 3-34　G20 の重心位置

2)　Unit A 上側の組立

A22 ダミーウエイト A を A01 上にガイドスタッドを用いて設置する。A22 のハンドリングは添付図 3-35 に示すアイボルトを用いて行う（設置後にアイボルトは外さなくてもよい）。

設置後に A12 スタッドボルト（ガイドスタッド）のネジ部キャップを除去し、ナットで締結する。



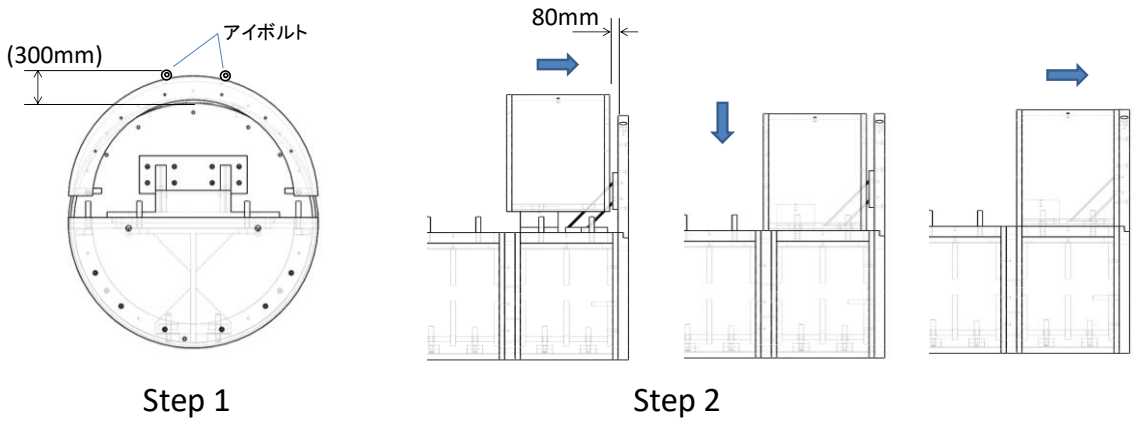

添付図 3-35　A22 の組立

A21 胴上を組み立てる。A21 のハンドリングはアイボルト（2 か所）を用いる。

坑道内の作業範囲の高さ（ホイストの吊上げ高さ）制限に対しては、添付図 3-36 に示す通り、300mm 程度の吊上げで組立可能であることが確認できる。取り付け位置への設置は以下の手順による。

Step 1：　200mm 程度の吊上げ状態で移動する（アイボルト高さを含めて 300mm 程度吊上げ）

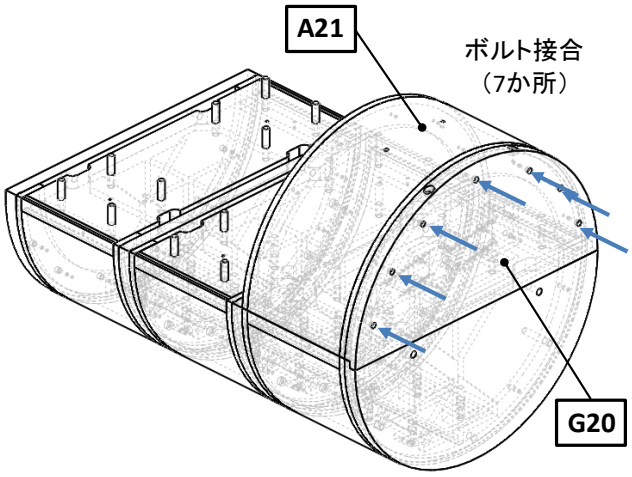
Step 2：　ガイドスタッドを用いて地切り状態で円筒軸心を合わせ、取付位置に設置する



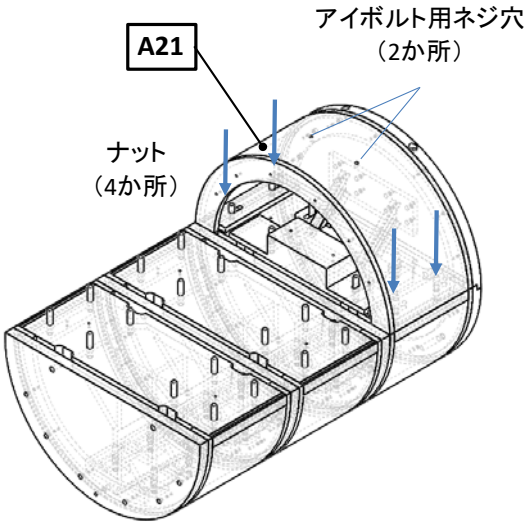

添付図 3-36　A21 の設置手順

A21 と G20 を 6 か所のボルトで接合する。次に A01 スタッドボルト（ガイドスタッド）のネジ部キャップを除去し、ナットで A01 と締結する。（添付図 3-37 参照）

組立後は、アイボルト用ネジ穴に外面側からキャップを取り付け、穴を塞ぐ。

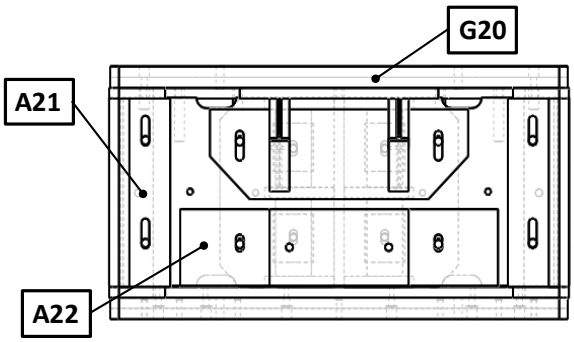



G20との接合

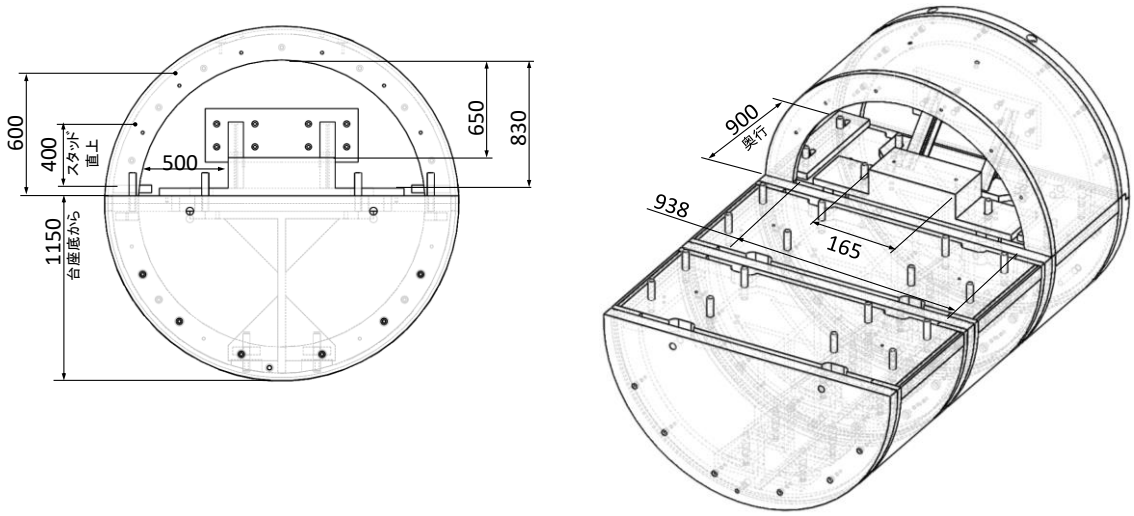



A01との接合

添付図 3-37　A21 の組立

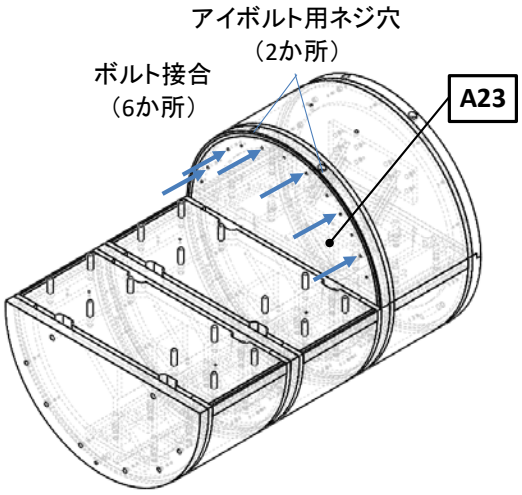



添付図 3-38　A21 内部の配置




添付図 3-39　作業スペース参考寸法（mm）

A23 側板上を取付位置に移動し、A21 とボルトにて締結する。A23 のハンドリングはアイボルト（2 か所）を用いる。組立後は、アイボルト用ネジ穴に外面側からキャップを取り付け、穴を塞ぐ。（添付図 3-40　参照）




添付図 3-40　A23 の組立

締結作業は、A01 天板の上に乗り、胴内部での作業となる。組立途中の Unit A が回転しないよう、必要に応じて固定治具を用いる。

(6) Unit B、Unit C の組立

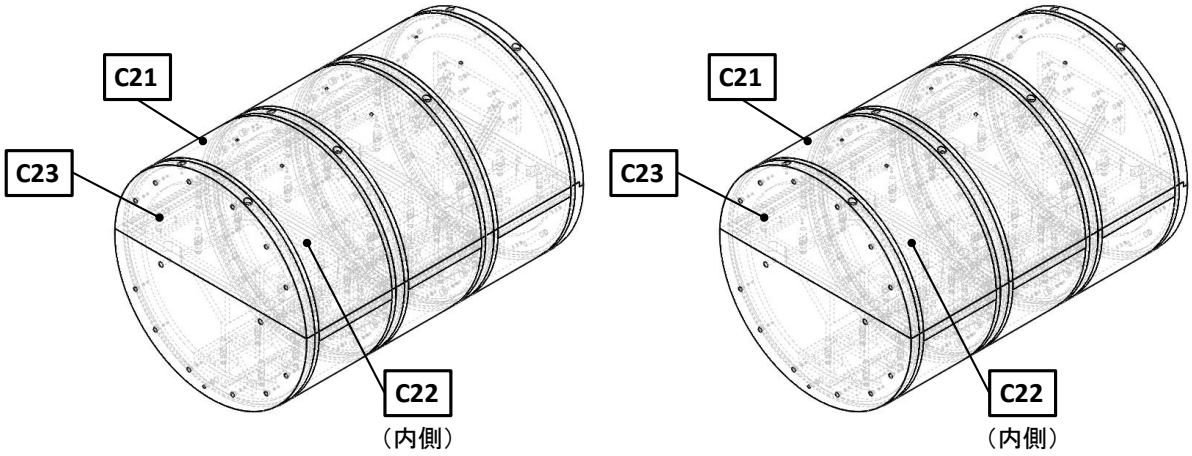
Unit B および Unit C の組立は、Unit A の組立と同様の手順で実施する。

B22 ダミーウエイト（Unit B）、B21 胴上（Unit B）、B23 側板上（Unit B）の順で組み立てる。

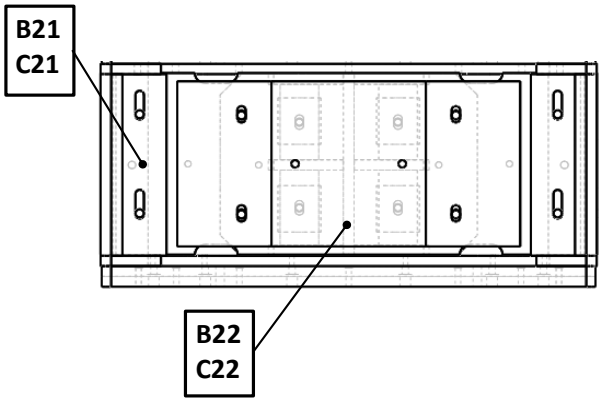
同様に、C22 ダミーウエイト（Unit C）、C21 胴上（Unit C）、C23 側板上（Unit C）の順で組み立てる。

ただし B22 ダミーウエイト B および C22 ダミーウエイト C は A22 と形状が異なり、スタッドボルトとの締結部が 4 か所となる。

添付図 3-41 に組立形状、添付図 3-42 に胴上内部の配置を示す。




添付図 3-41　Unit B/Unit C 上側の組立




添付図 3-42　Unit B/Unit C 胴上内部の配置

(7) 止水の確認

分割型模擬 PEM の組立完了後、以下を確認する。

・アクセス可能な範囲で、外面に露出している部材継目において、水が浸入する隙間のないこと。隙間のある場合にはシリコンシーラントを塗布する。
・ドレン穴及び全ての外面に開口した穴部（ハンドリング用ネジ/キリ穴）にキャップがされていること。

(8) 分割型模擬 PEM 容器の解体

解体は、組立と逆の手順で実施する。

添付資料 3-3　製作確認、機能確認試験結果

1. 試験計画

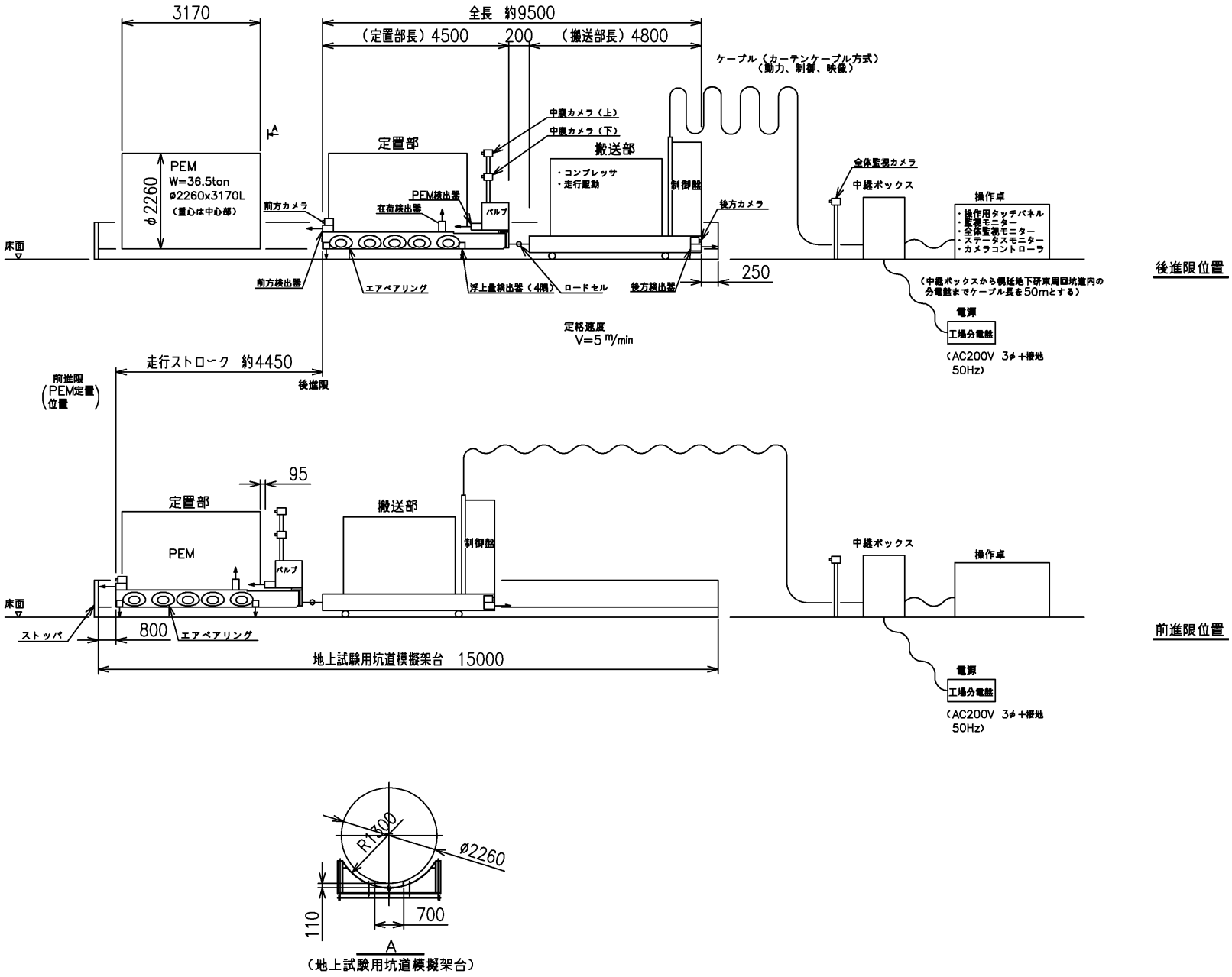
搬送定置装置の本年度及び来年度以降の試験計画概要を添付表 3-14 に示す。

本年度の試験は鋼製の坑道模擬架台上で定置装置を走行させ試験を実施する。

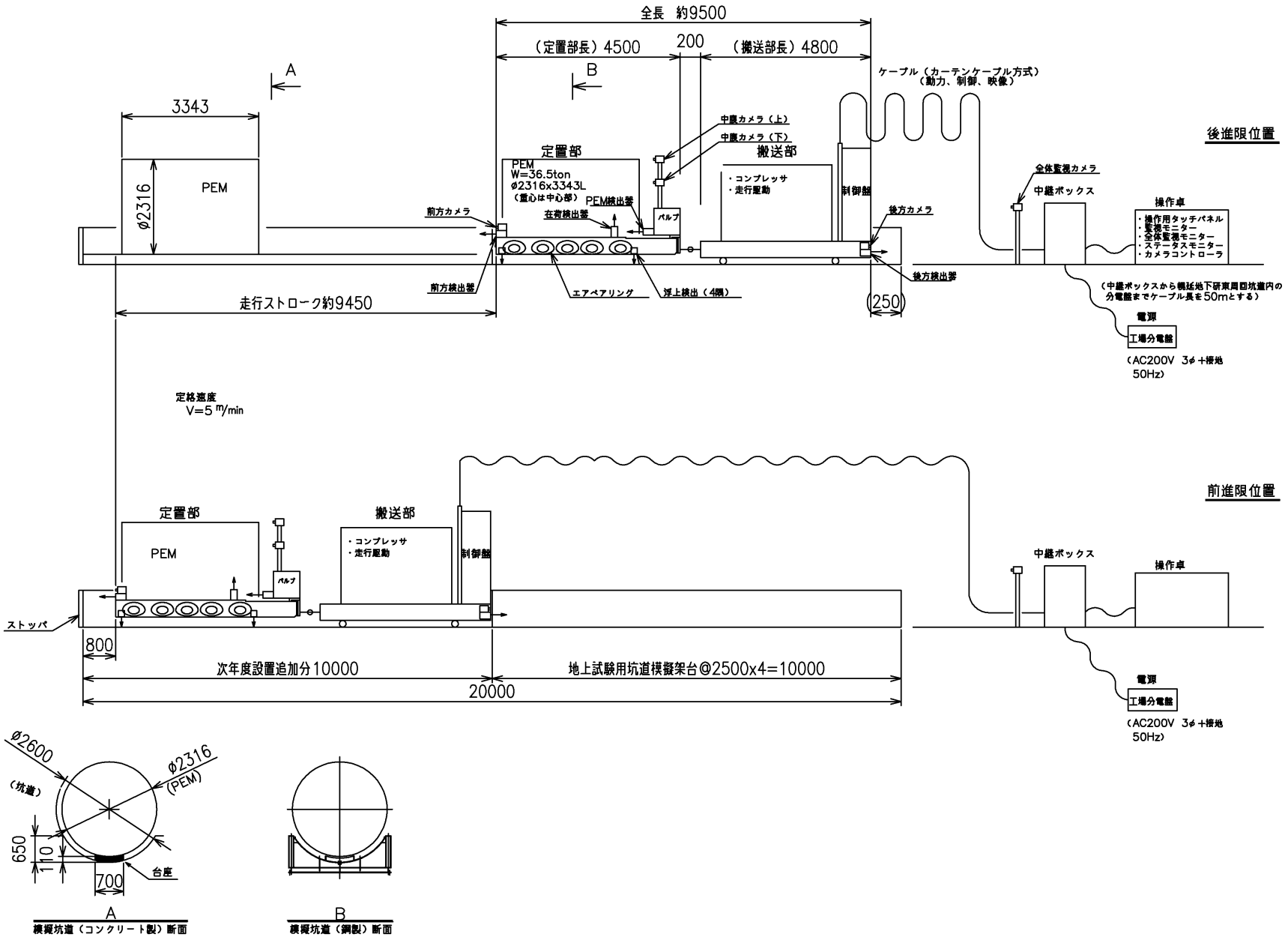
なお、平成 29 年度は添付図 3-44 に示すコンクリート製の坑道模擬架台上（一部鋼製模擬架台あり）で走行試験し、最終的には添付図 3-45 に示すとおり幌延 URL で試験を実施する計画とする。

添付表 3-14　搬送定置装置 試験計画概要

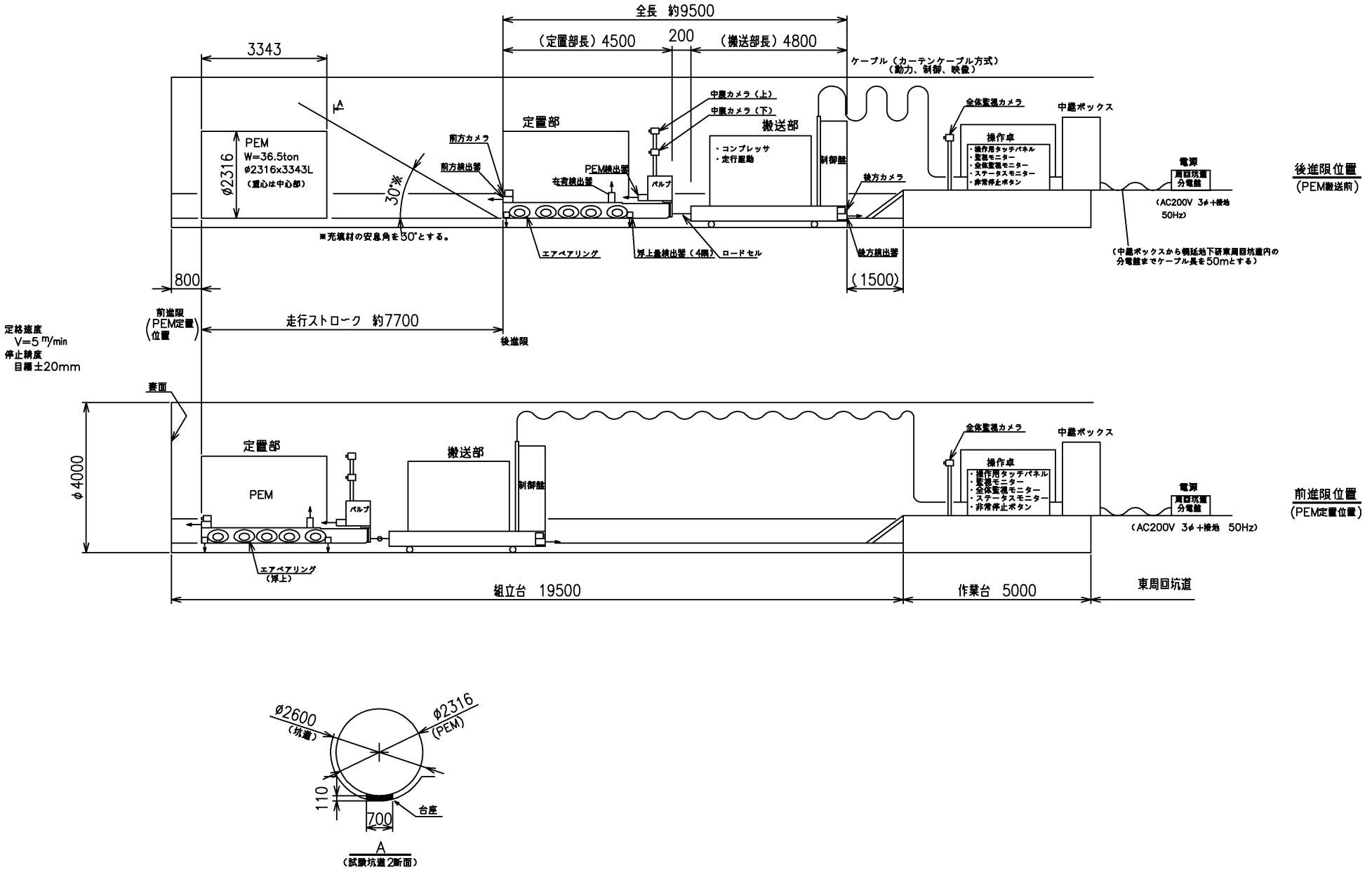
| 項目 | 試験計画<br>（平成 28 年度） | 試験計画<br>（平成 29 年度以降） | 試験計画<br>（幌延 URL） |
|---|---|---|---|
| 概要図 | 添付図 3-43 | 添付図 3-44 | 添付図 3-45 |
| 走行ストローク | 約 5000mm | 約 10000mm（仮）<br>幌延 URL の走行ストローク（約 7700mm（仮）を確保 | 約 7700mm（仮） |
| 坑道模擬架台 | 長さ：15000mm<br>材質：鋼板<br>端部：保護ストッパあり | 長さ：20000mm<br>材質：コンクリート<br>端部：保護ストッパあり | 長さ：19500mm（組立台）<br>長さ：5000mm（作業台）<br>材質：コンクリート<br>端部：坑道妻面 |
| 定格速度 | 5 m/min | 5 m/min | 5 m/min |
| 停止精度 | 目標：±20mm | 目標：±20mm | 目標：±20mm |
| 位置検知 | 目視確認 | 検出器による検知 | 検出器による検知 |
| 操作器 | 有線式液晶タッチパネル | 有線式液晶タッチパネル | 有線式液晶タッチパネル |




添付図 3-43　試験計画図（平成 28 年度）




添付図 3-44　試験計画図（平成 29 年度以降）




添付図 3-45　試験計画図（幌延 URL）

2. 確認試験フロー

確認試験フローを添付表 3-15 に示す。確認試験は、搬送定置装置が本年度の要求機能・性能を満足していることを確認するための確認試験を 3 項目実施する

・試験項目

【予備試験】

a.走行データ取得

（2016 年度から PEM 重量の使用が 33.4ton から 36.5ton に変更となったため、パラメータ設定の確認を実施した。）

【確認試験】

a.員数確認試験

b.外観確認試験

c.機能確認試験

上記試験項目を、添付表 3-15 に示す試験フローにより確認試験を実施する。

添付表 3-15　試験フロー

| No. | 試験項目 | | 試験目的 |
|---|---|---|---|
| 1 | 確認試験 | b 員数確認試験 | 員数の確認 |
| 2 | | c 外観確認試験 | 図面照合、外観異常有無の確認 |
| 3 | データ取得 | a.予備試験 | 本年度は PEM 重量が 36.5ton に設定しているため、走行条件を変えてけん引力、モータ電流等を計測し最適条件を求める。 |
| 4 | 確認試験 | d.機能確認試験（共通）<br>・カメラ視認性確認<br>・緊急停止確認<br>・タッチパネル画面確認 | PEM 把持から定置までの一連の動作の確認実施と共に、各種機能の確認を実施する。 |
| | | d.機能確認試験（遠隔手動）<br>・定置動作<br>・回収動作 | 遠隔手動操作における動作の確認試験を実施する。 |
| | | d.機能確認試験（遠隔自動）<br>・定置動作<br>・回収動作 | 遠隔自動操作における動作の確認試験を実施する。 |

(1) 試験条件・方法

本年度の試験は、以下条件のもと実施するものとする。（添付表 3-16 参照）

添付表 3-16　平成 28 年度試験条件

| 試験条件 | |
|---|---|
| 走行面 | 鋼製面 |
| 走行ストローク | 約 5000mm |
| 試験場所 | 地上 |

以下に各試験の試験要領、判定基準を示す。

1) 予備試験（データ採取）

予備試験の実施項目を添付表 3-17、添付表 3-18 の星取表に示す。

添付表 3-17　試験パターン星取表（1/2）

| RUN | log No. | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | |
| | | | | 4か所設定 | – | – | – | – | |
| | | | | （平滑面走行試験） | | | | | |
| 1 | log009～log012 | 前進<br>後進 | 36.5 | 45 | 10 | 5 | 0 | 0 | |
| 2 | log001～log004 | 前進<br>後進 | | 40 | 10 | 5 | 0 | 0 | |
| 3 | log013～log016 | 前進<br>後進 | | 35 | 10 | 5 | 0 | 0 | |
| 4 | log005～log008 | 前進<br>後進 | | 40 | 10 | 1 | 0 | 0 | |
| 5 | log017～log020 | 前進<br>後進 | | | 8 | 5 | 0 | 0 | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ③⑧を休止 |
| 6 | log021～log024 | 前進<br>後進 | | | 8 | 1 | 0 | 0 | |
| 7 | – – | 前進<br>後進 | | | 6 | エアベアリングの最大圧である0.42 MPaまで供給圧力を上昇したが浮上せず。 | | | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ②④⑦⑧を休止 |
| 8 | – – | 前進<br>後進 | | | 6 | | | | |
| | | 前進<br>後進 | | | | | | | |
| | | | | 休止するエアベアリング位置（2個）を変化 | | | | | |
| 101 | – – | 前進<br>後進 | 36.5 | 40 | 8 | エアベアリングの最大圧である0.42 MPaまで供給圧力を上昇したが浮上せず。 | | | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ①⑥を休止 |
| 102 | – – | 前進<br>後進 | | | 8 | | | | |
| 103 | log025～log026 | 前進<br>後進 | | | 8 | 5 | 0 | 0 | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ②⑦を休止 |
| 104 | log027～log028 | 前進<br>後進 | | | 8 | 1 | 0 | 0 | |
| 105 | log029～log030 | 前進<br>後進 | | | 8 | 5 | 0 | 0 | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ④⑨を休止 |
| 106 | log031～log032 | 前進<br>後進 | | | 8 | 1 | 0 | 0 | |
| 107 | – – | 前進<br>後進 | | | 8 | エアベアリングの最大圧である0.42 MPaまで供給圧力を上昇したが浮上せず。 | | | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ ⑤⑩を休止 |
| 108 | – – | 前進<br>後進 | | | 8 | | | | |
| | | | | | | | | | |

ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ
位置番号

（前）　①　②　③　④　⑤　（後）
　　⑥　⑦　⑧　⑨　⑩

添付表 3-18　試験パターン星取表（2/2）

データ採取試験パターン（星取表）（2/2）　　（Rev2）2017.1.12：試験実績を反映

| RUN | log No. | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 浮上量 (mm) | ｴｱﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | |
| | | | | 4か所設定 | － | － | － | － | |
| | | | | | （遠隔自動運転） | | | | |
| － | log033 | 前進 | 36.5 | 40 | 10 | 5/1 | 0 | 0 | 定置動作 |
| | | 後進 | | | | | | | |
| － | log034 | 前進 | | | 10 | 5/1 | 0 | 0 | 回収動作 |
| | | 後進 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

エアベアリング位置番号

（前）　①　②　③　④　⑤　（後）
　　⑥　⑦　⑧　⑨　⑩

2)　員数確認試験

添付表 3-19　員数確認試験　実施要領

| 試験項目 | 実施要領 | 判定基準 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 員数確認試験 | (1)定置装置が仕様通りの員数であることを目視により確認する。 | (1)定置装置が仕様通りの員数であること。 | |

3) 外観確認試験

添付表 3-20　外観確認試験　実施要領

| 試験項目 | 実施要領 | 判定基準 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 外観確認試験 | (1)定置装置、制御盤、中継ボックスが図面通りに組み立てられていることを目視により確認する。 | (1)定置装置、制御盤、中継ボックスが図面通りに組み立てられていること。 | |
| | (2)可動部、回転部などに適切に保護カバーが取り付けられていることを目視により確認する。 | (2) 可動部、回転部などに適切に保護カバーが取り付けられていること。 | |
| | (3)定置装置、制御盤、中継ボックスに有害な傷、変形がないことを目視により確認する。 | (3)定置装置、制御盤、中継ボックスに有害な傷、変形がないこと。 | |
| | (4)操作卓が図面通りであることを目視により確認する。<br>・操作卓本体<br>・前方／後方監視モニタ<br>・カメラ映像分割表示コントローラ<br>・ステータスモニタ<br>・全体監視モニタ<br>・操作用タッチパネル | (4)操作卓が図面通りであること。<br>・操作卓本体<br>・前方／後方監視モニタ<br>・カメラ映像分割表示コントローラ<br>・ステータスモニタ<br>・全体監視モニタ<br>・操作用タッチパネル | |
| 外観確認試験 | (5)操作卓に有害な傷、変形がないことを目視により確認する。<br>・操作卓本体<br>・前方／後方監視モニタ<br>・カメラ映像分割表示コントローラ<br>・ステータスモニタ<br>・全体監視モニタ<br>・操作用タッチパネル | (5)操作卓に有害な傷、変形がないこと。<br>・操作卓本体<br>・前方／後方監視モニタ<br>・カメラ映像分割表示コントローラ<br>・ステータスモニタ<br>・全体監視モニタ<br>・操作用タッチパネル | |

4) 機能試験

添付表 3-21　機能確認試験　実施要領（１／８）

| 試験項目 | 実施要領 | 判定基準 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 機能確認試験（共通） | | |
| 機能確認試験（共通） | (1)カメラ視認機能確認<br>前方／後方監視カメラの画像を監視モニタ画面にて視認できることを確認する。<br>①前方確認カメラ<br>カメラの前方２ｍの位置にて台座上に置かれた５ｍｍ角相当の物体を視認できること。<br>②後方確認カメラ<br>カメラの前方２ｍ位置にて走行面上に置かれた１８ｍｍ角相当の物体を視認できること。<br>③中腹カメラ（上、下）／全体監視カメラ<br>定置装置上のＰＥＭの状態を視認できること。 | (1)カメラ視認機能確認<br>前方／後方監視カメラの画像を監視モニタ画面にて視認できること<br>①前方確認カメラ<br>カメラの前方２ｍの位置にて台座上に置かれた５ｍｍ角相当の物体を視認できること。<br>②後方確認カメラ<br>カメラの前方２ｍ位置にて走行面上に置かれた１８ｍｍ角相当の物体を視認できること。<br>③中腹カメラ（上、下）／全体監視カメラ<br>定置装置上のＰＥＭの状態を視認できること。<br><br>参考記録として、走行時のカメラ画像を動画にて記録する。 | |
| | (2)緊急停止確認<br>定置装置を遠隔自動運転中に緊急停止ボタンを押下し、定置装置が運転停止することを確認する。 | (2)緊急停止確認<br>定置装置を遠隔自動運転中に緊急停止ボタンを押下し、定置装置が運転停止することを確認する。 | |
| 機能確認試験（共通） | (3)タッチパネル画面確認<br>タッチパネルの各画面が選択ボタン通りに遷移することを確認する。<br>【タッチパネル画面】<br>自動運転画面<br>・「定置運転」<br>・「回収運転」<br>手動運転画面<br>・「搬送」<br>・「エアベアリング作動」<br>・「コンプレッサ運転」<br>・「エアベアリング設定」<br>メンテナンス画面<br>・「メンテナンス」<br>・「ALARM」 | (3)タッチパネル画面確認<br>タッチパネルの各画面が選択ボタン通りに遷移すること。<br>【タッチパネル画面】<br>自動運転画面<br>・「定置運転」<br>・「回収運転」<br>手動運転画面<br>・「搬送」<br>・「エアベアリング作動」<br>・「コンプレッサ運転」<br>・「エアベアリング設定」<br>メンテナンス画面<br>・「メンテナンス」<br>・「ALARM」 | |

添付表 3-22　機能確認試験　実施要領（２／８）

| 試験項目 | 実施要領 | 判定基準 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 機能確認試験（遠隔手動運転） | | |
| 機能確認試験（遠隔手動） | (1)定置動作<br>①把持位置までの移動確認（空荷前進）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔手動運転操作により定置装置を無負荷にて運転し、定置装置が模擬 PEM の把持位置に移動、停止することを目視にて確認する。 | (1)定置動作<br>①把持位置までの移動確認（空荷前進）<br>・坑道模擬架台上に設定した把持位置（走行停止定点位置）に模擬 PEM を配置する。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を把持位置方向に前進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が把持位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | |
| | ②模擬 PEM の把持確認（ＰＥＭ浮上）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給し、定置装置が浮上し坑道模擬架台上の台座に置かれた模擬 PEM を把持し、移動可能な状態となることを浮上量の計測により確認する。 | ②模擬 PEM の把持確認（ＰＥＭ浮上）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給する。<br>・定置装置が浮上を開始し坑道模擬架台上の台座に置かれた模擬 PEM を正常に把持していることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。<br>・定置装置４隅の浮上量が表示値および実測値にて 35 mm 以上(*1)であることを確認する。 | (*1)<br>平成 27 年度の試験結果により装置の移動が可能であることが確認された値。 |
| | ③定置位置までの移動確認（在荷前進）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔手動運転操作により定置装置を模擬 PEM 把持状態にて運転し、定置装置が坑道模擬架台上の定置位置に移動、停止することを目視により確認する。 | ③定置位置までの移動確認（在荷前進）<br>・定置位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を定置位置方向に前進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が定置位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | |

添付表 3-23　機能確認試験　実施要領（３／８）

| 試験項目 | 実施要領 | 判定基準 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 機能確認試験（遠隔手動） | ④模擬 PEM の定置確認（ＰＥＭ着床）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔手動運転操作により定置装置を模擬 PEM 把持状態にて運転し、エアベアリングへのエア供給を停止し、定置装置が着床し模擬 PEM を坑道模擬架台上の台座に定置できることを目視により確認する。 | ④模擬 PEM の定置確認（ＰＥＭ着床）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止する。<br>・定置装置が下降、着床動作を開始し模擬 PEM が坑道模擬架台上の台座に正常に定置されることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | |
| | ⑤原点位置までの移動確認（空荷後進）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔手動運転操作により定置装置を無負荷にて運転し、定置装置が原点位置に移動、停止することを目視により確認する。 | ⑤原点位置までの移動確認（空荷後進）<br>・原点位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を原点位置方向に後進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が原点位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認。 | |
| | (2)回収動作<br>①定置位置までの移動確認（空荷前進）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔手動運転操作により定置装置を無負荷にて運転し、定置装置が模擬 PEM の定置位置に移動、停止することを目視にて確認する。 | (2)回収動作<br>①定置位置までの移動確認（空荷前進）<br>・坑道模擬架台上に設定した定置位置（走行停止定点位置）に模擬 PEM を配置する。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を定置位置方向に前進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が定置位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | |

添付表 3-24　機能確認試験　実施要領（４／８）

| 試験項目 | 実施要領 | 判定基準 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 機能確認試験（遠隔手動） | (2)回収動作（続き）<br><br>②模擬 PEM の把持確認（ＰＥＭ浮上）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給し、定置装置が浮上し坑道模擬架台上の台座に置かれた模擬 PEM を把持し、移動可能な状態となることを浮上量の計測により確認する。 | (2)回収動作（続き）<br><br>②模擬 PEM の把持確認（ＰＥＭ浮上）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給する。<br>・定置装置が浮上を開始し坑道模擬架台上の台座に置かれた模擬 PEM を正常に把持していることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。<br>・定置装置４隅の浮上量が表示値および実測値にて 35 mm 以上(*1)であることを確認する。 | (*1)<br>H27 の試験結果により装置の移動が可能であることが確認された値。 |
| | ③回収位置までの移動確認（在荷後進）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔手動運転操作により定置装置を模擬 PEM 把持状態にて運転し、定置装置が坑道模擬架台上の回収位置に移動、停止することを目視により確認する。 | ③回収位置までの移動確認（在荷後進）<br>・回収位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を回収位置方向に後進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が回収位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | |
| | ④模擬 PEM の定置確認（ＰＥＭ着床）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔手動運転操作により定置装置を模擬 PEM 把持状態にて運転し、エアベアリングへのエア供給を停止し、定置装置が着床し模擬 PEM を坑道模擬架台上の台座に定置できることを目視により確認する。 | ④模擬 PEM の定置確認（ＰＥＭ着床）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止する。<br>・定置装置が下降、着床動作を開始し模擬 PEM が坑道模擬架台上の台座に正常に定置されることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | |

添付表 3-25　機能確認試験　実施要領（５／８）

| 試験項目 | 実施要領 | 判定基準 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 機能確認試験（遠隔手動） | (2)回収動作（続き）<br><br>⑤原点位置までの移動確認（空荷後進）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔手動運転操作により定置装置を無負荷にて運転し、定置装置が原点位置に移動、停止することを目視により確認する。 | (2)回収動作（続き）<br><br>⑤原点位置までの移動確認（空荷後進）<br>・原点位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を原点位置方向に後進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が原点位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | |

添付表 3-26　機能確認試験　実施要領（６／８）

| 試験項目 | 実施要領 | 判定基準 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 機能確認試験（遠隔自動運転） | | |
| 機能確認試験（遠隔自動） | (1)定置動作<br>①模擬 PEM の把持確認（ＰＥＭ浮上）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給し、定置装置が浮上し坑道模擬架台上の台座に置かれた模擬 PEM を把持し、移動可能な状態となることを検出器により検知し操作卓の表示により確認する。 | (1)定置動作<br>①模擬 PEM の把持確認（ＰＥＭ浮上）<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給し定置装置を浮上、坑道模擬架台上の模擬 PEM を把持させる。<br>・定置装置上の検出器により、模擬 PEM を正常に把持していることを検知し、模擬 PEM の浮上が完了することを操作卓の表示により確認する。 | |
| | ②定置位置までの移動確認（在荷前進）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔自動運転操作により定置装置を模擬 PEM 把持状態にて運転し、定置装置が坑道模擬架台上の定置位置に移動し、停止位置を検出器により検知し自動的に停止することを操作卓の表示により確認する。 | ②定置位置までの移動確認（在荷前進）<br>・定置位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を定置位置方向に前進移動させる。<br>・定置装置上の検出器により坑道模擬架台上の坑道妻面（模擬）を検知し、定置装置が定置位置にて自動的に減速、停止することを操作卓の表示により確認する。<br>・自動停止による停止精度をデータとして採取する。 | |

添付表 3-27　機能確認試験　実施要領（７／８）

| 試験項目 | 実施要領 | 判定基準 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 機能確認試験（遠隔自動） | (1)定置動作（続き）<br><br>③模擬 PEM の定置確認（ＰＥＭ着床）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔自動運転操作により定置装置を模擬 PEM 把持状態にて運転し、エアベアリングへのエア供給を停止し、定置装置が着床し模擬 PEM を坑道模擬架台上の台座に定置されることを検出器により検知し、操作卓の表示により確認する。 | (1)定置動作（続き）<br><br>③模擬 PEM の定置確認（ＰＥＭ着床）<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止し、定置装置を着床、坑道模擬架台上の台座に模擬 PEM を定置させる。<br>・定置装置上の検出器により、模擬 PEM が正常に坑道模擬架台上の台座に定置されていることを検知し、模擬 PEM の着床が完了することを操作卓の表示により確認する。 | |
| | ④原点位置までの移動確認（空荷後進）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔自動運転操作により定置装置を無負荷にて運転し、定置装置が原点位置に移動し、停止位置を検出器により検知し自動的に停止することを操作卓の表示により確認する。 | ④原点位置までの移動確認（空荷後進）<br>・原点位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を原点位置方向に後進移動させる。<br>・定置装置上の検出器により坑道模擬架台上の原点位置を検知し、定置装置が原点位置にて自動的に減速、停止することを操作卓の表示により確認する。 | |
| | (2)回収動作<br>①定置位置までの移動確認（空荷前進）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔自動運転操作により定置装置を無負荷にて運転し、定置装置が模擬 PEM の定置位置に移動し、停止位置を検出器により検知し自動的に停止することを操作卓の表示により確認する。 | (2)回収動作<br>①定置位置までの移動確認（空荷前進）<br>・坑道模擬架台上に設定した定置位置（走行停止定点）に模擬 PEM を配置する。<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を定置位置方向に前進移動させる。<br>・定置装置上の検出器により坑道模擬架台上の模擬 PEM を検知し、定置装置が定置位置にて自動的に減速、停止することを操作卓の表示により確認する。 | |

添付表 3-28　機能確認試験　実施要領（８／８）

| 試験項目 | 実施要領 | 判定基準 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 機能確認試験（遠隔自動） | (2)回収動作（続き）<br><br>②模擬 PEM の把持確認（ＰＥＭ浮上）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給し、定置装置が浮上し坑道模擬架台上の台座に置かれた模擬 PEM を把持し、移動可能な状態となることを検出器により検知し操作卓の表示により確認する。 | (2)回収動作（続き）<br><br>②模擬 PEM の把持確認（ＰＥＭ浮上）<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給し定置装置を浮上、坑道模擬架台上の模擬 PEM を把持させる。<br>・定置装置上の検出器により模擬 PEM を正常に把持していることを検知し、模擬 PEM の浮上が完了することを操作卓の表示により確認する。 | |
| | ③原点位置までの移動確認（在荷後進）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔自動運転操作により定置装置を模擬 PEM 把持状態にて運転し、定置装置が坑道模擬架台上の原点位置に移動し、停止位置を検出器により検知し自動的に停止することを操作卓の表示により確認する。 | ③原点位置までの移動確認（在荷後進）<br>・原点位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を原点位置方向に後進移動させる。<br>・定置装置上の検出器により坑道模擬架台上の原点位置を検知し、定置装置が原点位置にて自動的に減速、停止することを操作卓の表示により確認する。<br>・自動停止による停止精度をデータとして採取する。 | |
| | ④模擬 PEM の定置確認（ＰＥＭ着床）<br>操作卓からのカメラ画像、状態表示による監視および遠隔自動運転操作により定置装置を模擬 PEM 把持状態にて運転し、エアベアリングへのエア供給を停止し、定置装置が着床し模擬 PEM を坑道模擬架台上の台座に定置されることを検出器により検知し、操作卓の表示により確認する。 | ④模擬 PEM の定置確認（ＰＥＭ着床）<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止し、定置装置を着床、坑道模擬架台上の台座に模擬 PEM を定置させる。<br>・定置装置上の検出器により、模擬 PEM が正常に坑道模擬架台上の台座に定置されていることを検知し、模擬 PEM の着床が完了することを操作卓の表示により確認する。 | |

(2) 確認試験結果

予備試験の結果及び確認試験（員数、外観、機能確認）の結果を以降に示す。

1) 予備試験（データ採取）

予備試験結果を添付表 3-29～添付表 3-34 に示す。

# 添付表 3-29　データ採取結果（RUN1～3）

計測日：2016.12.23

採取データ（RUN 1-3）（1/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 停止位置 | 浮上量（実測値） (mm) (*1) | | | | | 圧力 (MPa) | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | － | － | － | － | － | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 平均 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ | | |
| 1 | 前進 | 36.5 | 45 | 10 | 5 | 0 | 0 | － | 47 | 46 | 46 | 47 | 46.5 | 0.26 | 0.26 | 0.27 | 0.35 | 0.35 | 0.27 | 0.27 | 0.26 | 0.33 | 0.33 | | |
| | 後進 | | | | | | | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |
| 2 | 前進 | | 40 | 10 | 5 | 0 | 0 | － | 42 | 42 | 40 | 43 | 41.8 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.31 | 0.31 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.30 | 0.30 | | |
| | 後進 | | | | | | | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |
| 3 | 前進 | | 35 | 10 | 5 | 0 | 0 | － | 36 | 36 | 34 | 37 | 35.8 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.28 | 0.28 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.28 | 0.28 | | |
| | 後進 | | | | | | | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |

(*1) 浮上後、走行開始前に計測

採取データ（RUN 1-3）（2/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | 流量 (m3/min) | | | | 押引力 (kN) | | 走行モータ電流 (A) | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | — | － | － | － | COMP 1 | COMP 2 | COMP 3 | 合計 | 起動時 | 定常時 | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 合計 | | | | | | | |
| 1 | 前進 | 36.5 | 45 | 10 | 5 | 0 | 0 | 4.9～5.1 | 5.1～5.3 | 4.9～5.1 | 14.9～15.5 | 4.0 | 1.8 | 2.8 | 2.7 | 2.6 | 2.9 | 11.0 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | 4.9～5.1 | 5.1～5.3 | 4.9～5.1 | 14.9～15.5 | 4.0 | 1.5 | 2.8 | 3.3 | 2.7 | 3.0 | 11.8 | | | | | | | |
| 2 | 前進 | | 40 | 10 | 5 | 0 | 0 | 3.7～4.2 | 3.6～4.1 | 3.4～4.0 | 10.7～12.3 | 3.0 | 1.5 | 3.1 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 12.0 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | 3.5～4.2 | 3.5～4.1 | 3.5～4.0 | 10.5～12.3 | 3.3 | 1.5 | 3.1 | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 11.9 | | | | | | | |
| 3 | 前進 | | 35 | 10 | 5 | 0 | 0 | 1.7～2.4 | 1.7～2.4 | 1.7～2.4 | 5.1～7.2 | 3.5 | 1.5 | 2.8 | 2.9 | 3.1 | 3.0 | 11.8 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | 1.7～2.5 | 1.7～2.5 | 1.7～2.4 | 5.1～7.4 | 3.5 | 1.5 | 3.0 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 12.3 | | | | | | | |

# 添付表 3-30　データ採取結果（RUN4～6）

計測日：2016.12.23

採取データ（RUN 4-6）（1/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 停止位置 | 浮上量(実測値) (mm) (*1) | | | | | 圧力 (MPa) | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | － | － | － | － | － | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 平均 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ | | |
| 4 | 前進 | 36.5 | 40 | 10 | 1 | 0 | 0 | － | 42 | 42 | 40 | 43 | 41.8 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.31 | 0.31 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.30 | 0.30 | | |
| | 後進 | | | | | | | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |
| 5 | 前進 | | 40 | 8 | 5 | 0 | 0 | ③,⑧ | 44 | 42 | 41 | 42 | 42.3 | 0.31 | 0.31 | － | 0.37 | 0.38 | 0.31 | 0.31 | － | 0.38 | 0.38 | | |
| | 後進 | | | | | | | ③,⑧ | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |
| 6 | 前進 | | 40 | 8 | 1 | 0 | 0 | ③,⑧ | 44 | 42 | 41 | 42 | 42.3 | 0.31 | 0.31 | － | 0.37 | 0.38 | 0.31 | 0.31 | － | 0.38 | 0.38 | | |
| | 後進 | | | | | | | ③,⑧ | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |

(*1) 浮上後、走行開始前に計測

採取データ（RUN 4-6）（2/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | 流量 (m3/min) | | | | 押引力 (kN) | | 走行モータ電流 (A) | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | ― | － | － | － | COMP 1 | COMP 2 | COMP 3 | 合計 | 起動時 | 定常時 | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 合計 | | | | | | | |
| 4 | 前進 | 36.5 | 40 | 10 | 1 | 0 | 0 | 3.6～4.2 | 3.5～4.0 | 3.5～4.0 | 10.6～12.2 | 3.0 | 1.3 | 3.7 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 14.5 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | 3.7～4.2 | 3.5～4.1 | 3.5～4.0 | 10.7～12.3 | 2.9 | 1.2 | 3.7 | 3.6 | 3.7 | 3.6 | 14.6 | | | | | | | |
| 5 | 前進 | | 40 | 8 | 5 | 0 | 0 | 3.9～4.4 | 3.6～4.2 | 3.7～4.1 | 11.2～12.7 | 2.9 | 1.5 | 3.1 | 3.3 | 3.2 | 2.9 | 12.5 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | 3.9～4.4 | 3.8～4.3 | 3.7～4.2 | 11.4～12.9 | 3.0 | 1.3 | 3.1 | 3.1 | 2.9 | 2.9 | 12.0 | | | | | | | |
| 6 | 前進 | | 40 | 8 | 1 | 0 | 0 | 3.8～4.4 | 3.8～4.3 | 3.7～4.1 | 11.3～12.8 | 2.0 | 1.4 | 3.7 | 3.6 | 3.7 | 3.6 | 14.6 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | 3.8～4.3 | 3.9～4.2 | 3.8～4.2 | 11.5～12.7 | 3.5 | 1.2 | 3.6 | 3.6 | 3.7 | 3.5 | 14.4 | | | | | | | |

# 添付表 3-31　データ採取結果（RUN7～8）

計測日：2016.12.23

採取データ（RUN 7-8）（1/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エアベアリング稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | エアベアリング停止位置 | 浮上量（実測値） (mm) (*1) | | | | | 圧力 (MPa) | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | － | － | － | － | － | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 平均 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ | | |
| 7 | 前進 | 36.5 | 40 | 6 | 5 | 0 | 0 | ②,④,⑦,⑨ | | | | | #DIV/0! | 0.42 | － | 0.42 | － | 0.42 | 0.42 | － | 0.42 | － | 0.42 | | 浮上せず |
| | 後進 | | | | | | | ②,④,⑦,⑨ | | | | | #DIV/0! | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | 浮上せず |
| 8 | 前進 | | 40 | 6 | 1 | 0 | 0 | ②,④,⑦,⑨ | | | | | #DIV/0! | 0.42 | － | 0.42 | － | 0.42 | 0.42 | － | 0.42 | － | 0.42 | | 浮上せず |
| | 後進 | | | | | | | ②,④,⑦,⑨ | | | | | #DIV/0! | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | 浮上せず |
| | 前進 | | | | | | | | | | | | #DIV/0! | | | | | | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | | | | | | #DIV/0! | | | | | | | | | | | | |

エアベアリングの最大圧である0.42 MPaまで供給圧力を上昇したが浮上せず。

（*1）浮上後、走行開始前に計測

採取データ（RUN 7-8）（2/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エアベアリング稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | 流量 (m3/min) | | | | 押引力 (kN) | | 走行モータ電流 (A) | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | ー | － | － | － | COMP 1 | COMP 2 | COMP 3 | 合計 | 起動時 | 定常時 | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 合計 | | | | | | | |
| 7 | 前進 | 36.5 | 40 | 6 | 5 | 0 | 0 | | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | |
| 8 | 前進 | | 40 | 6 | 1 | 0 | 0 | | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | |
| | 前進 | | | | | | | | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | |

エアベアリングの最大圧である0.42 MPaまで供給圧力を上昇したが浮上せず。

# 添付表 3-32　データ採取結果（RUN101～103）

計測日：2016.12.27

採取データ（RUN 101-103）（1/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 停止位置 | 浮上量（実測値） (mm) (*1) | | | | | 圧力 (MPa) | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | － | － | － | － | － | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 平均 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ | | |
| 101 | 前進 | 36.5 | 40 | 8 | 5 | 0 | 0 | ①,⑥ | 28 | 28 | 44 | 48 | 37.0 | － | 0.42 | 0.40 | 0.24 | 0.23 | － | 0.41 | 0.41 | 0.30 | 0.30 | | |
| | 後進 | | | | | | | ①,⑥ | 浮上せず。 | | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |
| 102 | 前進 | | 40 | 8 | 1 | 0 | 0 | ①,⑥ | 28 | 28 | 44 | 48 | 37.0 | － | 0.42 | 0.40 | 0.24 | 0.23 | － | 0.41 | 0.41 | 0.30 | 0.30 | | |
| | 後進 | | | | | | | ①,⑥ | 浮上せず。 | | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |
| 103 | 前進 | | 40 | 8 | 5 | 0 | 0 | ②,⑦ | 43 | 39 | 39 | 40 | 40.3 | 0.36 | － | 0.36 | 0.31 | 0.31 | 0.35 | － | 0.35 | 0.30 | 0.30 | | |
| | 後進 | | | | | | | ②,⑦ | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |

(*1) 浮上後、走行開始前に計測

採取データ（RUN 101-103）（2/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | 流量 (m3/min) | | | | 押引力 (kN) | | 走行モータ電流 (A) | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | ― | － | － | － | COMP 1 | COMP 2 | COMP 3 | 合計 | 起動時 | 定常時 | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 合計 | | | | | | | |
| 101 | 前進 | 36.5 | 40 | 8 | 5 | 0 | 0 | 浮上せず。 | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | |
| 102 | 前進 | | 40 | 8 | 1 | 0 | 0 | 浮上せず。 | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | |
| 103 | 前進 | | 40 | 8 | 5 | 0 | 0 | 3.2～3.8 | 3.0～3.7 | 3.0～3.6 | 9.2～11.1 | 3.0 | 2.0 | 3.3 | 3.3 | 3.1 | 3.1 | 12.8 | | | | | | | 押引力の変動大 継目で10kN超 |
| | 後進 | | | | | | | 3.2～3.8 | 3.1～3.7 | 3.1～3.6 | 9.4～11.1 | 3.0 | 1.5 | 3.1 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 12.0 | | | | | | | 押引力の変動大 継目で6.5kN |

# 添付表 3-33　データ採取結果（RUN104～106）

計測日：2016.12.27

採取データ（RUN 104-106）（1/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 停止位置 | 浮上量(実測値) (mm) (*1) | | | | | 圧力 (MPa) | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | － | － | － | － | － | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 平均 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ | | |
| 104 | 前進 | 36.5 | 40 | 8 | 1 | 0 | 0 | ②,⑦ | 43 | 39 | 39 | 40 | 40.3 | 0.36 | － | 0.36 | 0.31 | 0.31 | 0.35 | － | 0.35 | 0.30 | 0.30 | | |
| | 後進 | | | | | | | ②,⑦ | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |
| 105 | 前進 | | 40 | 8 | 5 | 0 | 0 | ④,⑨ | 54 | 53 | 35 | 38 | 45.0 | 0.30 | 0.30 | 0.41 | － | 0.42 | 0.31 | 0.31 | 0.41 | － | 0.42 | | |
| | 後進 | | | | | | | ④,⑨ | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |
| 106 | 前進 | | 40 | 8 | 1 | 0 | 0 | ④,⑨ | 54 | 53 | 35 | 38 | 45.0 | 0.30 | 0.30 | 0.41 | － | 0.42 | 0.31 | 0.31 | 0.41 | － | 0.42 | | |
| | 後進 | | | | | | | ④,⑨ | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |

(*1) 浮上後、走行開始前に計測

採取データ（RUN 104-106）（2/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エア ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | 流量 (m3/min) | | | | 押引力 (kN) | | 走行モータ電流 (A) | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | ー | － | － | － | COMP 1 | COMP 2 | COMP 3 | 合計 | 起動時 | 定常時 | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 合計 | | | | | | | |
| 104 | 前進 | 36.5 | 40 | 8 | 1 | 0 | 0 | 3.0～3.7 | 2.9～3.7 | 3.0～3.6 | 8.9～11.0 | 2.8 | 1.3 | 3.8 | 3.7 | 3.7 | 3.8 | 15.0 | | | | | | | 継目で押引力大 7kN |
| | 後進 | | | | | | | 3.1～3.8 | 3.0～3.7 | 3.1～3.6 | 9.2～11.1 | 2.8 | 1.1 | 3.7 | 3.6 | 3.7 | 3.8 | 14.8 | | | | | | | 継目で押引力大 4kN |
| 105 | 前進 | | 40 | 8 | 5 | 0 | 0 | 4.9～5.1 | 4.5～4.8 | 4.7～4.9 | 14.1～14.8 | 3.5 | 1.5 | 3.3 | 3.1 | 2.9 | 2.9 | 12.2 | | | | | | | 押引力の変動大 |
| | 後進 | | | | | | | 4.8～5.0 | 4.4～4.8 | 4.6～4.8 | 13.8～14.6 | 2.1 | 1.5 | 2.7 | 3.0 | 2.9 | 2.8 | 11.4 | | | | | | | 押引力の変動大 |
| 106 | 前進 | | 40 | 8 | 1 | 0 | 0 | 4.9～5.1 | 4.5～4.7 | 4.7～4.9 | 14.1～14.7 | 2.8 | 1.8 | 3.6 | 3.6 | 3.5 | 3.7 | 14.4 | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | 4.9～5.1 | 4.7～4.9 | 4.7～4.9 | 14.3～14.9 | 2.0 | 1.5 | 3.6 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 14.3 | | | | | | | |

# 添付表 3-34　データ採取結果（RUN107～108）

計測日：2016.12.27

採取データ（RUN 107-109）（1/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エア ベアリング 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | エア ベアリング 停止位置 | 浮上量（実測値） (mm) (*1) | | | | | 圧力 (MPa) | | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | － | － | － | － | － | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 平均 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ | | |
| 107 | 前進 | 36.5 | 40 | 8 | 1 | 0 | 0 | ⑤,⑩ | 58 | 58 | 22 | 25 | 40.8 | 0.24 | 0.24 | 0.41 | 0.41 | － | 0.24 | 0.24 | 0.41 | 0.41 | － | | |
| | 後進 | | | | | | | ⑤,⑩ | － | － | 浮上せず。 | | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |
| 108 | 前進 | | 40 | 8 | 5 | 0 | 0 | ⑤,⑩ | 58 | 58 | 22 | 25 | 40.8 | 0.24 | 0.24 | 0.41 | 0.41 | － | 0.24 | 0.24 | 0.41 | 0.41 | | | |
| | 後進 | | | | | | | ⑤,⑩ | － | － | 浮上せず。 | | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | | |
| | 前進 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(*1) 浮上後、走行開始前に計測

採取データ（RUN 107-109）（2/2）

| RUN | 方向 | 荷重条件 (ton) | パラメータ | | | | | 計測データ | | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 浮上量 (mm) | エア ベアリング 稼働数 | 牽引速度 (m/min) | すきま (mm) | 段差 (mm) | 流量 (m3/min) | | | | 押引力 (kN) | | 走行モータ電流 (A) | | | | | | | | | | | | |
| | | | 基準値 | ー | － | － | － | COMP 1 | COMP 2 | COMP 3 | 合計 | 起動時 | 定常時 | 前-右 | 前-左 | 後-右 | 後-左 | 合計 | | | | | | | | |
| 107 | 前進 | 36.5 | 40 | 8 | 1 | 0 | 0 | | 浮上せず。 | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | | |
| 108 | 前進 | | 40 | 8 | 5 | 0 | 0 | | 浮上せず。 | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | | |
| | 後進 | | | | | | | | | | 0.0～0.0 | | | | | | | 0.0 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2) 員数確認試験

員数確認試験結果を添付表 3-35～添付表 3-37 に示す。

添付表 3-35　員数確認試験結果

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 | 備考 |
|---|---|---|---|
| (1)<br>定置装置が仕様通りの員数であることを目視により確認する。 | (1)<br>定置装置が仕様通りの員数であること。 | 良 | |

添付表 3-36　装置リスト（1/2）

| 番号 | 名称 | 員数 | 結果 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| - | 定置装置（定置部） | 1 | 良 | |
| - | 定置装置（搬送部） | 1 | 良 | |
| - | 制御盤 | 1 | 良 | |
| - | 中継ボックス | 1 | 良 | |
| - | 操作卓<br>（操作卓本体、前方／後方監視モニタ、カメラ映像分割表示コントローラ、ステータスモニタ、全体監視モニタ、操作用タッチパネル） | 1 | 良 | |

添付表 3-37　装置リスト（2/2）

| 番号 | 名称 | 員数 | 結果 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 前方検出器 1 | 1 | 良 | |
| 2 | 前方検出器 2 | 1 | 良 | |
| 3 | 後方検出器 1 | 1 | 良 | |
| 4 | 後方検出器 2 | 1 | 良 | |
| 5 | ＰＥM検出器 1 | 1 | 良 | |
| 6 | ＰＥM検出器 2 | 1 | 良 | |
| 7 | 浮上量検出器 1 | 1 | 良 | |
| 8 | 浮上量検出器 2 | 1 | 良 | |
| 9 | 浮上量検出器 3 | 1 | 良 | |
| 10 | 浮上量検出器 4 | 1 | 良 | |
| 11 | 在荷検出器 1 | 1 | 良 | |
| 12 | 在荷検出器 2 | 1 | 良 | |
| 13 | けん引力検出器 | 1 | 良 | |
| 14 | 前方確認カメラ 1 | 1 | 良 | |
| 15 | 前方確認カメラ 2 | 1 | 良 | |
| 16 | 中腹カメラ（上） | 1 | 良 | |
| 17 | 中腹カメラ（下） | 1 | 良 | |
| 18 | 後方確認カメラ 1 | 1 | 良 | |
| 19 | 後方確認カメラ 2 | 1 | 良 | |
| 20 | ライト | 6 | 良 | |
| 21 | カメラスタンド | 1 式 | 良 | |
| 22 | 圧力計 | 10 | 良 | |
| 23 | 配管カバー | 2 式 | 良 | |
| 24 | カーテンケーブル配線用ラダー | 1 | 良 | |
| 25 | ホース固定台 | 1 式 | 良 | |
| 26 | チェーンカバー | 4 | 良 | |

3) 外観確認試験

外観確認試験結果を添付表 3-38 に示す。

添付表 3-38　外観確認試験結果

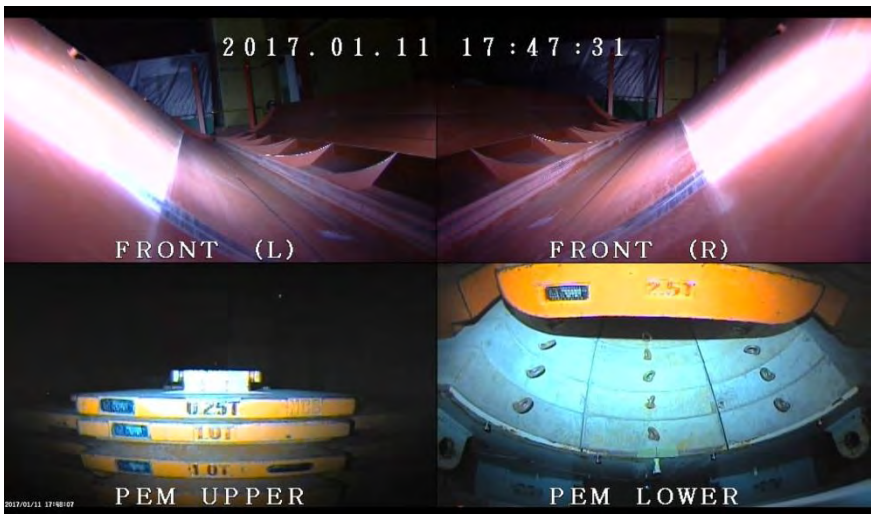
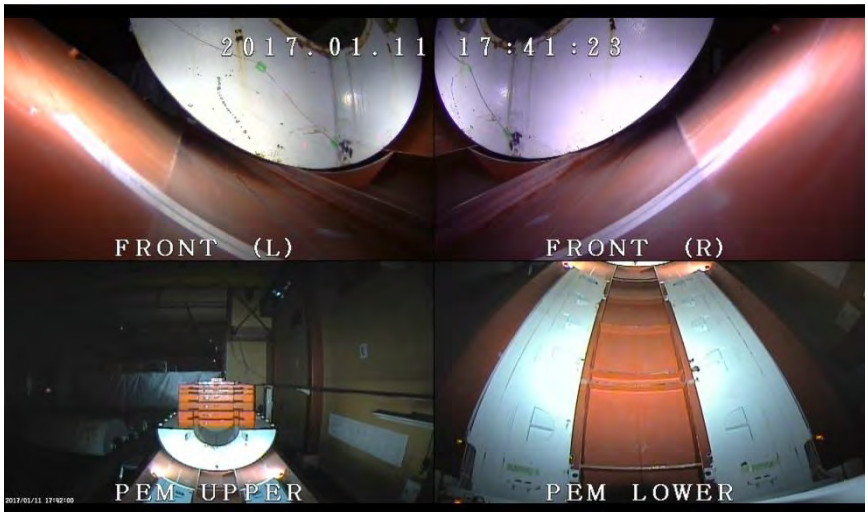
| 確認要領 | 確認基準 | 結果 | 備考 |
|---|---|---|---|
| (1)<br>定置装置、制御盤、中継ボックスが図面通りに組み立てられていることを目視により確認する。 | (1)<br>定置装置、制御盤、中継ボックスが図面通りに組み立てられていること。 | 良 | |
| (2)<br>可動部、回転部などに適切に保護カバーが取り付けられていることを目視により確認する。 | (2)<br>可動部、回転部などに適切に保護カバーが取り付けられていること。 | 良 | |
| (3)<br>定置装置、制御盤、中継ボックスに有害な傷、変形がないことを目視により確認する。 | (3)<br>定置装置、制御盤、中継ボックスに有害な傷、変形がないこと。 | 良 | |
| (4)<br>操作卓が図面通りであることを目視により確認する。<br>・操作卓本体<br>・前方／後方監視モニタ<br>・カメラ映像分割表示コントローラ<br>・ステータスモニタ<br>・全体監視モニタ<br>・操作用タッチパネル | (4)<br>操作卓が図面通りであること。<br>・操作卓本体<br>・前方／後方監視モニタ<br>・カメラ映像分割表示コントローラ<br>・ステータスモニタ<br>・全体監視モニタ<br>・操作用タッチパネル | 良 | |
| (5)<br>操作卓に有害な傷、変形がないことを目視により確認する。<br>・操作卓本体<br>・前方／後方監視モニタ<br>・カメラ映像分割表示コントローラ<br>・ステータスモニタ<br>・全体監視モニタ<br>・操作用タッチパネル | (5)<br>操作卓に有害な傷、変形がないこと。<br>・操作卓本体<br>・前方／後方監視モニタ<br>・カメラ映像分割表示コントローラ<br>・ステータスモニタ<br>・全体監視モニタ<br>・操作用タッチパネル | 良 | |

4) 機能確認試験

機能確認試験結果を添付表 3-39～添付表 3-47 と添付図 3-46 に示す。

添付表 3-39　カメラ視認機能確認結果

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| 前方／後方監視カメラの画像を監視モニタ画面にて視認できることを確認する。<br>①前方確認カメラ<br>カメラの前方 2mの位置にて台座上に置かれた 5mm角相当の物体を視認できること。<br>②後方確認カメラ<br>カメラの前方 2m位置にて走行面上に置かれた 18mm角相当の物体を視認できること。<br>③中腹カメラ（上、下）／全体監視カメラ<br>定置装置上の PEM の状態を視認できること。 | 前方／後方監視カメラの画像を監視モニタ画面にて視認できること。<br><br>①前方確認カメラ<br>カメラの前方 2mの位置にて台座上に置かれた 5mm角相当の物体を視認できること。<br>②後方確認カメラ<br>カメラの前方 2m位置にて走行面上に置かれた 18mm角相当の物体を視認できること。<br>③中腹カメラ（上、下）／全体監視カメラ<br>定置装置上の PEM の状態を視認できること。<br><br>参考記録として、走行時のカメラ画像を動画にて記録する。（添付図 3-46 に参考としてカメラでの視認性を示す） | 良 |

| | |
|---|---|
|  | PEM定置動作時 |
|  | PEM回収動作時 |
| | 定置装置後進動作時 |

添付図 3-46　各カメラの視認性

添付表 3-40　緊急停止確認

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| 定置装置を遠隔自動運転中に緊急停止ボタンを押下し、定置装置が運転停止することを確認する。 | 定置装置を遠隔自動運転中に緊急停止ボタンを押下し、定置装置が運転停止すること。 | 良 |

【備考】

緊急停止ボタン押下後に走行停止（制動時間　３秒／制動距離（実測値）１６０ｍｍ）緊急停止ボタン押下後４秒後に電源遮断（動力、制御）カメラ画像のみ生きた状態となる。

添付表 3-41　タッチパネル画面確認

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| タッチパネルの各画面が選択ボタン通りに遷移することを確認する。<br><br>【タッチパネル画面】<br>自動運転画面<br>・「定置運転」<br>・「回収運転」<br><br>手動運転画面<br>・「搬送」<br>・「エアベアリング作動」<br>・「コンプレッサ運転」<br>・「エアベアリング設定」<br><br>メンテナンス画面<br>・「メンテナンス」<br>・「ALARM」 | タッチパネルの各画面が選択ボタン通りに遷移すること。<br><br>【タッチパネル画面】<br>自動運転画面<br>・「定置運転」<br>・「回収運転」<br><br>手動運転画面<br>・「搬送」<br>・「エアベアリング作動」<br>・「コンプレッサ運転」<br>・「エアベアリング設定」<br><br>メンテナンス画面<br>・「メンテナンス」<br>・「ALARM」 | 良 |

添付表 3-42　機能確認試験（遠隔手動）結果　定置動作（１／２）

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| ①把持位置までの移動確認（空荷前進）<br>・坑道模擬架台上に設定した把持位置（走行停止定点位置）に模擬 PEM を配置する。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を把持位置方向に前進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が把持位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ①把持位置までの移動確認<br>（空荷前進）<br>・定置装置が把持位置に停止すること。 | 良 |
| ②模擬 PEM の把持確認（PEM 浮上）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給する。<br>・定置装置が浮上を開始し坑道模擬架台上の台座に置かれた模擬 PEM を正常に把持していることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。<br>・定置装置 4 隅の浮上量が表示値および実測値にて 35 mm 以上(*1)であることを確認する。 | ②模擬 PEM の把持確認<br>（PEM 浮上）<br>・定置装置が模擬 PEM を正常に把持していること。<br>・定置装置 4 隅の浮上量が表示値および実測値にて 35 mm 以上(*1)であること。<br><br>(*1)<br>H27 の試験結果により装置の移動が可能であることが確認された値。 | 良<br><br>（表示値）<br>mm<br>(前右)40.8<br>(前左)44.4<br>(後右)40.6<br>(後左)43.6<br><br>（計測値）<br>mm<br>(前右)42<br>(前左)45<br>(後右)40<br>(後左)44 |
| ③定置位置までの移動確認（在荷前進）<br>・定置位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を定置位置方向に前進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が定置位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ③定置位置までの移動確認<br>（在荷前進）<br>・定置装置が定置位置に停止すること。 | 良 |

添付表 3-43　機能確認試験（遠隔手動）結果　定置動作（２／２）

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| ④模擬 PEM の定置確認（PEM 着床）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止する。<br>・定置装置が下降、着床動作を開始し模擬 PEM が坑道模擬架台上の台座に正常に定置されることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ④模擬 PEM の定置確認<br>（PEM 着床）<br>・模擬 PEM が坑道模擬架台上の台座に正常に定置されること。 | 良 |
| ⑤原点位置までの移動確認（空荷後進）<br>・原点位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を原点位置方向に後進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が原点位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ⑤原点位置までの移動確認<br>（空荷後進）<br>・定置装置が原点位置に停止すること。 | 良 |

添付表 3-44　機能確認試験（遠隔手動）結果　回収動作（１／２）

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| ①定置位置までの移動確認（空荷前進）<br>・坑道模擬架台上に設定した定置位置（走行停止定点位置）に模擬 PEM を配置する。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を定置位置方向に前進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が定置位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ①定置位置までの移動確認<br>（空荷前進）<br>・定置装置が定置位置に停止すること。 | 良 |
| ②模擬 PEM の把持確認（PEM 浮上）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給する。<br>・定置装置が浮上を開始し坑道模擬架台上の台座に置かれた模擬 PEM を正常に把持していることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。<br>・定置装置 4 隅の浮上量が表示値および実測値にて 35 mm 以上(*1)であることを確認する。 | ②模擬 PEM の把持確認<br>（PEM 浮上）<br>・定置装置が模擬 PEM を正常に把持していること。<br>・定置装置 4 隅の浮上量が表示値および実測値にて 35 mm 以上(*1)であること。<br><br>(*1)<br>H27 の試験結果により装置の移動が可能であることが確認された値。 | 良<br><br>（表示値）<br>mm<br>(前右)40.8<br>(前左)46.0<br>(後右)43.9<br>(後左)40.5<br><br>（計測値）<br>mm<br>(前右)42<br>(前左)47<br>(後右)43<br>(後左)41 |
| ③回収位置までの移動確認（在荷後進）<br>・回収位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を回収位置方向に後進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が回収位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ③定置位置までの移動確認<br>（在荷後進）<br>・定置装置が回収位置に停止すること。 | 良 |
| ④模擬 PEM の定置確認（PEM 着床）<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止する。<br>・定置装置が下降、着床動作を開始し模擬 PEM が坑道模擬架台上の台座に正常に定置されることを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ④模擬 PEM の定置確認<br>（PEM 着床）<br>・模擬 PEM が坑道模擬架台上の台座に正常に定置されること。 | 良 |

添付表 3-45　機能確認試験（遠隔手動）結果　回収動作（２／２）

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| ⑤原点位置までの移動確認（空荷後進）<br>・原点位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔手動運転操作により定置装置を原点位置方向に後進移動させる。<br>・操作卓の表示を確認し定置装置の減速・停止操作をする。<br>・定置装置が原点位置に停止することを操作卓の表示および実機の目視により確認する。 | ⑤原点位置までの移動確認<br>（空荷後進）<br>・定置装置が原点位置に停止すること。 | 良 |

添付表 3-46　機能確認試験（遠隔自動）結果　定置動作

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| ①模擬 PEM の把持確認（PEM 浮上）<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給し定置装置を浮上、坑道模擬架台上の模擬 PEM を把持させる。<br>・定置装置上の検出器により、模擬 PEM を正常に把持していることを検知し、模擬 PEM の浮上が完了することを操作卓の表示により確認する。 | ①模擬 PEM の把持確認<br>（PEM 浮上）<br>・模擬 PEM の浮上が完了すること。 | 良 |
| ②定置位置までの移動確認（在荷前進）<br>・定置位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を定置位置方向に前進移動させる。<br>・定置装置上の検出器により坑道模擬架台上の坑道妻面（模擬）を検知し、定置装置が定置位置にて自動的に減速、停止することを操作卓の表示により確認する。<br>・自動停止による停止精度をデータとして採取する。 | ②定置位置までの移動確認<br>（在荷前進）<br>・定置装置が定置位置にて自動的に減速、停止すること。 | 良<br>（表示値）<br>mm<br>① 806<br>② 801<br>（計測値）<br>mm<br>① 805<br>② 802<br>（目標値：800） |
| ③模擬 PEM の定置確認（PEM 着床）<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止し、定置装置を着床、坑道模擬架台上の台座に模擬 PEM を定置させる。<br>・定置装置上の検出器により、模擬 PEM が正常に坑道模擬架台上の台座に定置されていることを検知し、模擬 PEM の着床が完了することを操作卓の表示により確認する。 | ③模擬 PEM の定置確認<br>（PEM 着床）<br>・模擬 PEM の着床が完了すること。 | 良 |
| ④原点位置までの移動確認（空荷後進）<br>・原点位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を原点位置方向に後進移動させる。<br>・定置装置上の検出器により坑道模擬架台上の原点位置を検知し、定置装置が原点位置にて自動的に減速、停止することを操作卓の表示により確認する。 | ④原点位置までの移動確認<br>（空荷後進）<br>・定置装置が原点位置にて自動的に減速、停止すること。 | 良 |

添付表 3-47　機能確認試験（遠隔自動）結果　回収動作

| 確認要領 | 確認基準 | 結果 |
|---|---|---|
| ①定置位置までの移動確認（空荷前進）<br>・坑道模擬架台上に設定した定置位置（走行停止定点）に模擬 PEM を配置する。<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を定置位置方向に前進移動させる。<br>・定置装置上の検出器により坑道模擬架台上の模擬 PEM を検知し、定置装置が定置位置にて自動的に減速、停止することを操作卓の表示により確認する。 | ①定置位置までの移動確認（空荷前進）<br>・定置装置が定置位置にて自動的に減速、停止すること。 | 良 |
| ②模擬 PEM の把持確認（PEM 浮上）<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングにエアを供給し定置装置を浮上、坑道模擬架台上の模擬 PEM を把持させる。<br>・定置装置上の検出器により模擬 PEM を正常に把持していることを検知し、模擬 PEM の浮上が完了することを操作卓の表示により確認する。 | ②模擬 PEM の把持確認（PEM 浮上）<br>・模擬 PEM の浮上が完了すること。 | 良 |
| ③原点位置までの移動確認（在荷後進）<br>・原点位置（走行停止定点）は模擬架台上にマーキングする。<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を原点位置方向に後進移動させる。<br>・定置装置上の検出器により坑道模擬架台上の原点位置を検知し、定置装置が原点位置にて自動的に減速、停止することを操作卓の表示により確認する。<br>・自動停止による停止精度をデータとして採取する。 | ③定置位置までの移動確認（在荷後進）<br>・定置装置が原点位置にて自動的に減速、停止すること。 | 良<br>（表示値）<br>mm<br>① 247<br>② 252<br>（計測値）<br>mm<br>① 249<br>② 252<br>（目標値：250） |
| ④模擬 PEM の定置確認（PEM 着床）<br>・操作卓からの遠隔自動運転操作により定置装置を運転し、エアベアリングへのエア供給を停止し、定置装置を着床、坑道模擬架台上の台座に模擬 PEM を定置させる。<br>・定置装置上の検出器により、模擬 PEM が正常に坑道模擬架台上の台座に定置されていることを検知し、模擬 PEM の着床が完了することを操作卓の表示により確認する。 | ④模擬 PEM の定置確認（PEM 着床）<br>・模擬 PEM の着床が完了すること。 | 良 |

# 第4章　隙間充填材の施工・除去技術の検討

## 4.1　目的

処分坑道横置き定置方式 PEM 方式では、坑道への PEM の定置後、PEM-坑道間の隙間を適切な材料で充填する。本事業での回収実証試験では、この充填材を除去した後に第３章で詳細を述べた定置装置を用い、PEM を逆動線で回収する計画である。PEM を拘束する充填材の除去は PEM の回収でも重要な要素であり、除去試験では適切な充填材を除去する必要がある。

本章では、回収実証試験のうち、隙間充填材、充填材の除去技術の検討について述べる。

## 4.2　隙間充填技術の検討

### 4.2.1　充填部の設定

平成 27 年度に選定した地下実証試験サイトとして幌延 URL 試験坑道２[1]に対し、本年度はエアベアリング方式の定置装置の試験を実施するため、坑道内に組立台や台座の設置を実施した（詳細は第２章参照)。整備後の試験坑道２の概要を図 4.2.1-1 に示す。

図 4.2.1-1　試験坑道２の概要

(1)　充填部の形状

図 4.2.1-1 の坑道に PEM を定置した場合、隙間の形状は図 4.2.1-2 下部と上部に分けられる。下部は PEM と円形坑道の間に形成される幅 110~150mm 程度の狭隘な空間であり、直径 2.6m の円形断面坑道に PEM を定置した場合と同じである。以下、狭隘部という。一方、上部は PEM と直径 4m の試験坑道２の坑道間の空間で、幅は最大で 1.3m 程度である。以下、開放部という。

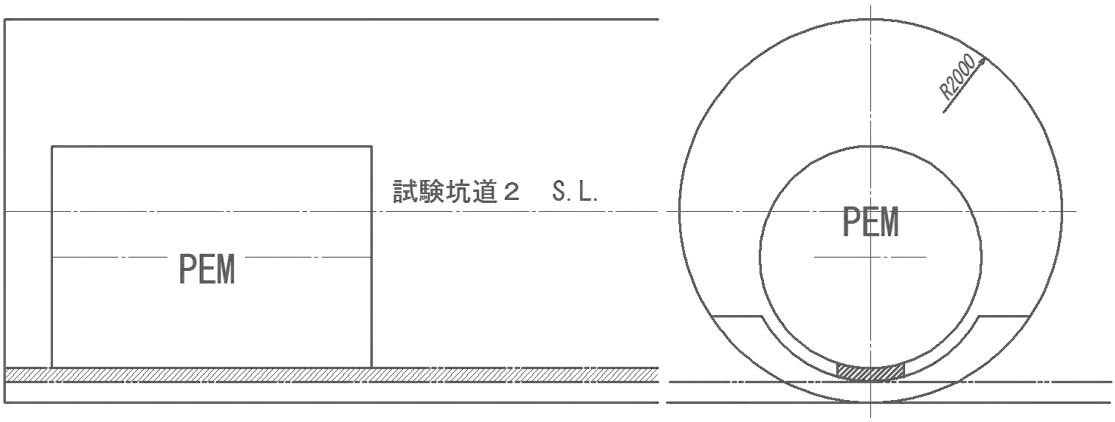



図 4.2.1-2　PEM の定置によって坑道内に生じる隙間

(2)　充填部の要件と仕様

処分坑道横置き定置方式 PEM 方式の場合、PEM の定置作業で隙間が生じる。PEM 鋼殻内の緩衝材の膨出による密度低下、坑道長手方向の有意な水みちの抑制の観点から、適切な材料を充填する必要がある。これまでの基盤研究では、充填材に緩衝材相当の膨潤圧を持たせ、鋼殻内の緩衝材の膨出を抑制する方式について検討が進められ、充填部の乾燥粘土密度を緩衝材相当である 1.37Mg/m3 を目標値に設定した。

充填材は PEM を回収する際の拘束力となるため、回収実証試験の第一工程である除去試験において、除去の対象となる。充填材料の性状、施工品質、除去試験までの湧水による飽和・膨潤挙動が除去対象の初期状態に影響を及ぼす。本試験では、充填から除去試験までの期間が短いこと、また力学プラグといった充填材の膨出を抑制するための対策を講じることが幌延 URL の制約上できないことを考慮し、人工注水は行わないこととした。

4.2.2　　隙間充填技術の選定

基盤研究では、4.2.1(2)の要件を満足する PEM-坑道間の充填技術として、ペレット方式、エタノールスラリー方式、吹付方式などの種々の検討を進めてきた。エアベアリング方式の定置装置を適用する狭隘坑道に対しては、予め圧縮成形したベントナイトペレットを隙間へ供給、充填するペレット方式の検討が進められてきた。ペレット方式はペレットの性状、供給方法を適切に設定することで、4.2.1(1)に示すような狭隘空間から解放空間まで充填部位の形状に因らず適用が可能である。例として、ペレット方式による緩衝材の施工試験や狭隘部への充填要素試験[2]（図 4.2.2-1）がある。

図 4.2.2-1　これまでに実施されたペレット方式の要素試験の例[2]

### 4.2.3　充填材料の製造、充填技術の文献調査・整理

本事業で実施する PEM-坑道間の隙間充填は、PEM の回収実証試験における、充填材除去技術の実証試験のための試験対象を構築することを主目的として実施する。そのため、適用する技術については新規の技術開発は実施せず、諸外国の事例を含め実績のある方法を基本とした。充填技術の検討のため、諸外国の検討事例を調査し、整理した。

#### (1)　モンテリ岩盤試験場における FE 試験

高レベル放射性廃棄物処分を想定したベントナイト・ペレット充填を実施した、最新の原位置試験として、2015 年 3 月にブリュッセルで開催された Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement, 6th International conference での発表論文から、表 4.2.3-1 を FE 試験の充填方法（充填材含む）を扱ったものとして抜粋した。

表 4.2.3-1　モンテリ FE 試験に関する参考文献

| 著者／所属 | 文献名 |
|---|---|
| H.R.Mueller, T.Vogt, B.Garrite, S.Koehler, T.Sakaki, H.Weber, T.Vietor/ Nagra | The Full-Scale Emplacement Experiment Implementation of a multiple heater experiment at the Mont Terri URL |
| T.Sakaki, S.Koehler, H.R.Mueller/Nagra | FE Experiment: Density measurement of granulated bentonite mixture in a 2D pre-test using a dielectric moisture profile probe |
| T.Sakaki, S.Koehler, M.Hertrich, H.R.Mueller /Nagra | FE Experiment: Density measurement of granulated bentonite mixture in a 3D 1:1 scale mockup test using dielectric tools |
| B.Garitte, F.Kober, H.R.Mueller, S.Koehler, H.Weber, I.Blechschmidt/ Nagra | Stability of compacted bentonite blocks and block pedestals under changing climatic in tunnels and long-term loads |
| B.Garitte, H.R.Mueller, H.Weber / Nagra | FE experiment/LUCOEX: Production of bentonite based backfill materials |
| H.Jenni/ROWA, Sven Koehler, H.R.Mueller/Nagra | Development of a prototype machine for backfilling horizontal emplacement tunnels with granulated bentonite |

1)　試験目的

FE 試験は、スイスにおける高レベル放射性廃棄物（使用済燃料含む）処分の、施設建設、廃棄体定置、埋戻し及び閉鎖後初期の状況変化をできるだけ現実的に模擬し、取得データを基に、既存の熱－水－応力連成モデルを検証することを主たる目的としている。さらに、標準的な工業設備による処分坑道の技術的建設可能性検証、ベントナイト緩衝材製造方法の最適化及び地下環境下での廃棄体・緩衝材定置手順の検証も目的とされた。

2)　試験概要

本プロジェクトは、EC の欧州原子力エネルギー委員会（ユーラトム）FP7 から資金提供を受けた、LUCOEX（Large Underground Concept Experiments）プロジェクト（EC の他に、スイス Nagra、スウェーデン SKB、フィンランド Posiva、フランス ANDRA がメンバー）の下で実施中の試験であるが、同時にモンテリ岩盤試験場における国際共同試験として、他のモンテリにおける共同試験と同様に、EC の資金に加えて参加機関（上記 4 機関に加えて、ドイツ BGR、アメリカ DOE、ドイツ GRS、カナダ NWMO）の出資もなされて運営されている。

原位置試験は、スイス・ジュラ州に設置されている、モンテリ岩盤試験場で実施されている。試験全体を主導しているのは、スイス Nagra である。現地での作業は、2010 年の作業用空洞掘削で開始され、2015 年 3 月現在では、埋戻を含むすべての定置が完了し、2015 年 1 月より模擬廃棄体ヒーターの加温が開始され､観測を継続している段階である。人工的な注水は実施しない。この試験は、少なくとも 2022 年まで継続される。モンテリ岩盤研究場における試験坑道概要を図 4.2.3-1 に示す。

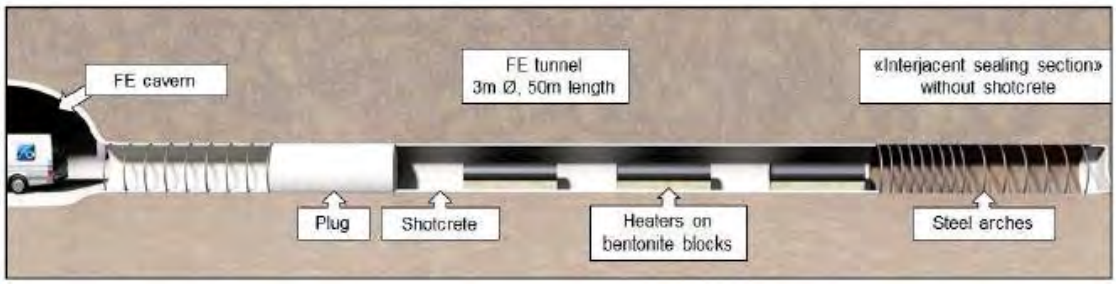



図 4.2.3-1　モンテリ岩盤試験場における FE 試験坑道概要

（※埋戻しとモニタリングシステムは図中に表示されていない）

3)　充填材

充填材はベントナイトを高圧縮した粒状体を粒度調整したものが使用されている。使用されたベントナイト素材は、Na 型のワイオミング・ベントナイトである．これまでも、欧州では（商品名 MX-80 としては）多くの知見が蓄積されている。充填材の製造手順は次のとおりである。

- 素材の粒度分布及び含水量を調整する
- 高圧縮してペレットへ加工する
- ミキサーでペレットを揉んで粒度分布を調整する

この 3 段階を経ることにより、できるだけ高い乾燥密度かつ低い空隙率のペレットを製

造する。製造量は、350ton である。スイスの処分概念からの要求（主に微生物活動の抑制）により、充填後の飽和湿潤密度 1.90t/m3（乾燥密度 1.45t/m3）を目標とした。ペレットの粒径分布は、フラー（・トンプソン）曲線（骨材の最密充填が得られるような粒径分布曲線、経験則）にできるだけ沿うように調整している。その結果、ペレットの乾燥密度平均 2.18t/m$^3$ を達成することができた。製造品からの試料採取による乾燥密度分布結果を図 4.2.3-2 に示す。

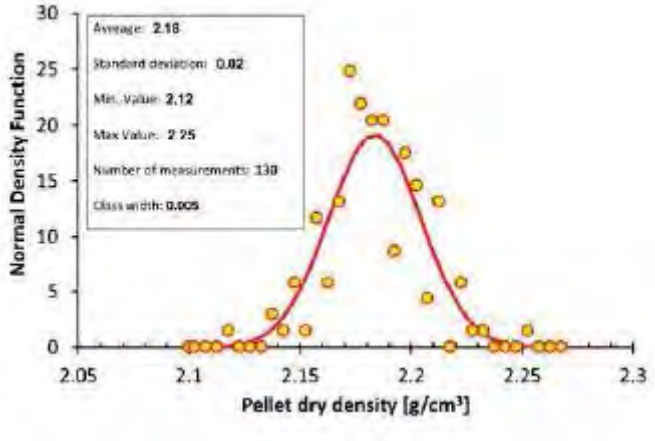



図 4.2.3-2　乾燥密度の分布

（平均 2.18Mg/m$^3$、標準偏差 0.02、最少 2.12Mg/m$^3$）

なお、前出の図 4.2.1-1 に示すように、模擬廃棄体はベントナイトブロックで構成された構台（pedestal）上にいったん定置された後、充填材で埋め戻されている。

4)　充填方法・設備

本試験で使用する充填装置は、同じく国際共同試験として実施されたモンテリでのＥＢ試験（例えば J.C.Mayor ら 2008）で Nagra が開発した充填装置を改良して使用することとした。通常「スクリュー・フィーダー」と呼ばれる装置で、円筒形のアームの中に回転するスパイラル状のスクリューを設置して、ベントナイト・ペレットを回転により前方へ運搬してアームの先端より排出して定置するものである。この際に、スクリューからの排出力に対する充填済みペレットから受ける反力を利用して、充填密度を高くするための「押し込む」効果も利用する。

FE 試験で開発・製作された充填装置を図 4.2.3-3、充填材を装備した状況を図 4.2.3-4、充填中のアームと充填材の様子を図 4.2.3-5 に示す。設計は Nagra、製作はスイス ROWA 社（トンネル関連の機械メーカー）である。

図 4.2.3-3　FE 試験で製作された充填装置

図 4.2.3-4　充填材を装填した状況（3D 試験）

図 4.2.3-5　充填中のアーム先端付近と予備試験（3D 試験）における充填状況

5)　試験

FE 試験は、地上での 2 段階の予備試験と現地での本試験の 3 段階で実施された。予備試験の目的は主に充填材の充填性の確認、充填装置の作動確認、達成密度の確認及び密度モニタリング手法の確認である。

第一段階の予備試験は、直方体（幅が狭いことから 2D と呼ばれている）の水槽にペレットを充填し、密度を測定するものであった。FE 試験では、原位置での充填後の乾燥密度の測定は、充填後の水分量の測定から密度を推定する手法が採用されており、設備・センサーとも簡易なものながら、充填材の含水量が正確に制御されていれば、間接的ではあるが比較的高い精度で値が得られるという新しい試みがされている。図 4.2.3-6 に 2D 試験の状況写真を示す。水槽の寸法は深さ 1m×幅 0.8m×長さ 5m で、片面のみ観察が可能なようにガラス貼りとなっている。

2D 試験の結果、このフィーダーを利用した充填によって、目標とした密度が達成され得ること、新しい測定方法で水分量の測定が可能（充填密度の推定が可能）及び深さ方向に密度のばらつきが認められる（さらにそれを評価できるだけの測定が可能なこと）ことがわかっている。

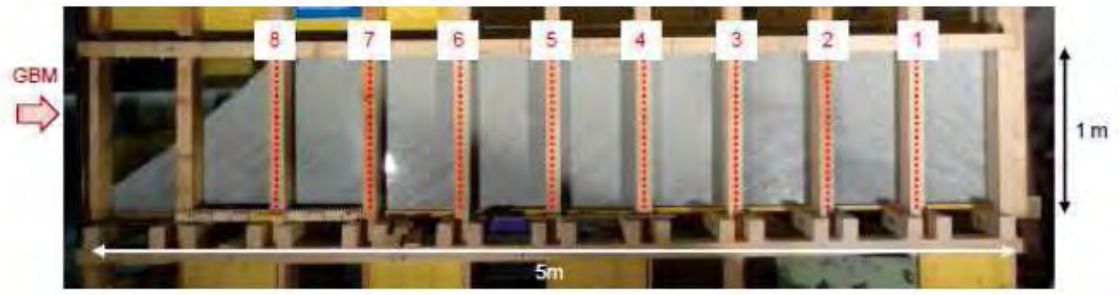



図 4.2.3-6　2D 試験実施状況

第二段階の予備試験は、実寸大の鋼製模擬坑道を製作し、模擬廃棄体・模擬構台を設置した後に、地上で充填を実施している（3D 試験と呼ばれている）。なお、模擬廃棄体は、原位置試験では 3 体設置の予定であるが、予備試験では 1 体のみとしている。

ここでも、2D 試験と同様に、水分から密度を推定する手法が採用されており、3 種類のセンサーが採用されている。3D 試験施設における水分計配置を図 4.2.3-7 に示す。

3D 試験の結果、2D 試験同様に模擬廃棄体の奥側も含むすべての領域で目標とした密度が達成され得ること、新しい測定方法（複数）で水分量の測定が可能（3 次元的に充填密

度の推定が可能）なこと、3 次元的にも密度のばらつきが認められる（さらにそれを評価できるだけの測定が可能なこと）ことがわかっている。

充填装置については、３D 試験の結果が目標を満足することが判明したため、大きな改造をすることなく、モンテリでの本試験に充当することとなった。また、本試験での押し込み力の設定の参考とするために、反力（＝ブレーキ力）の測定も行われている。

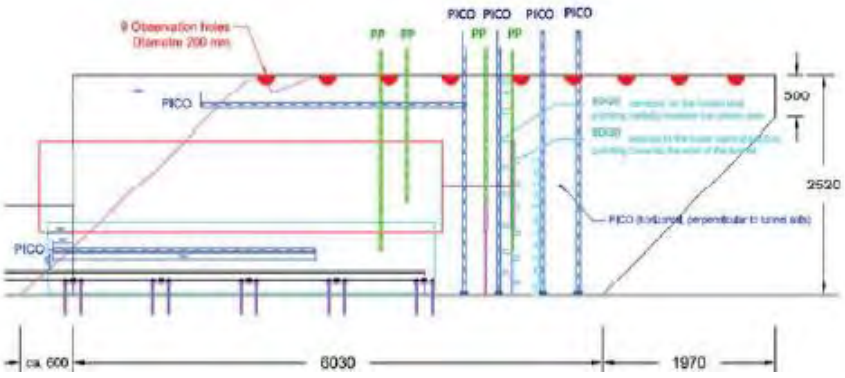



図 4.2.3-7　3D 試験における水分計配置

本試験は、前述のようにモンテリ岩盤試験場で実施された。試験場における FE 試験の位置を図 4.2.3-8 に示す。

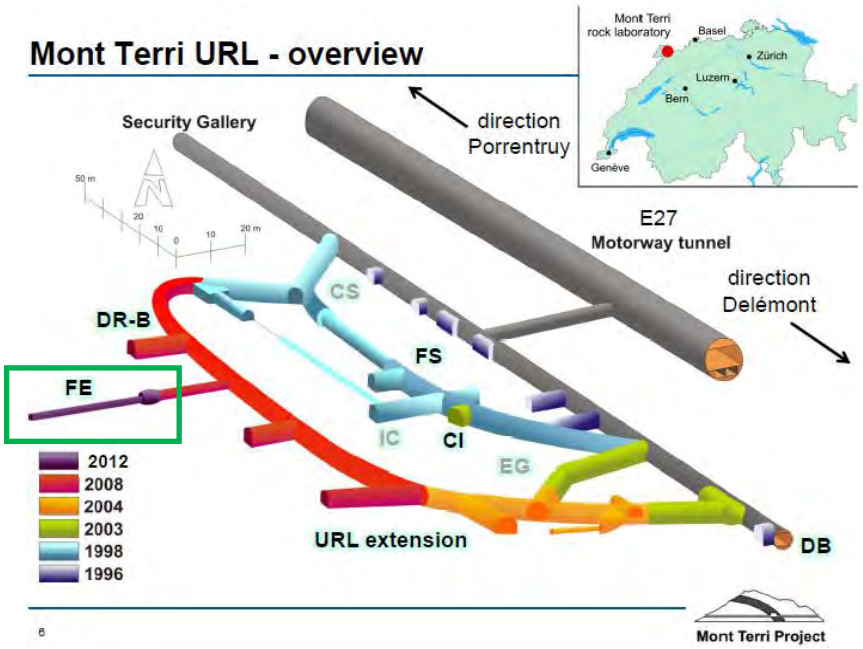



図 4.2.3-8　モンテリ岩盤試験場における FE 試験の位置（モンテリ HP 資料に一部追記）

図 4.2.1-1 に示すように、試験坑道の直径は 3.0m、延長は 50m である。延長 50m のうち、最奥部 12m は、スイスの概念で要求されている中間シーリングセクションを模擬したもので、構成支保工のみを設置しており、最終的にはベントナイトブロックで埋め戻されている。掘削は、ミニ・ロードヘッダーをリモコン操作で稼働させて行っている。したがって、掘削後の壁面は TBM 掘削などと比較して、多くの凹凸が残ることとなった。

他の区間にはすべて吹付コンクリートが施行されており、最も入口に近いアクセス・エリアには、長期間の解放を考慮して、吹付コンクリートに合わせて鋼製支保工も設置されている。

中間シーリング区間に引き続いての試験区間は延長 24m で、ここに模擬廃棄体（ヒーター）が 3 基設置される（つまり 1 基あたりの試験区間は 8m)。試験区間の端部からアクセス区間までは 5m のコンクリートプラグが設置されている。

コンクリート路盤が設置されて、その上にレールが設置され、充填設備はこの軌道を利用して移動する。ベントナイトブロック、模擬廃棄体などの重量物の運搬・定置にも使用され、充填埋戻後も残置される。

充填方法については、基本的には 3D 試験と同様の手法が用いられている。本試験では、模擬廃棄体ヒーターが 3 基設置されることから、①構台（ベントナイトブロック）設置、②模擬廃棄体設置、③模擬廃棄体背後及び周囲埋戻、①構台（ベントナイトブロック）設置…、という手順で①～③まで繰り返す。模擬廃棄体③の埋戻が終了した後、コンクリート製プラグを設置して、定置作業は完了となる。

充填用ベントナイト・ペレットは、大型土嚢に収納されて図 4.2.3-4 に示すように充填設備の後部に吊るされて、手動で前へ送られて、ホッパー上で手動破袋されて、充填設備へ投入される。充填のみに要する期間は、模擬廃棄体 1 体当たり約 3 日であった。その他には、構台・模擬廃棄体の設置及びモニタリング機器（センサー）設置などが行われて、1 模擬廃棄体あたり数週間を要した。

### (2) Forsmark サイト等における Backfill 試験（SKB）

高レベル放射性廃棄物処分場でのベントナイト・ペレットの Backfill や隙間充填材料としての利用に関して実施した Backfill 試験について、SKB で発表された論文を調査して、Backfill 試験で用いたベントナイト・ペレットの充填方法等に関する留意点について整理した。SKB や Posiva で基本としている処分場概念(KBS-3V)の中で、充填材として使用す

るベントナイトペレットの長期的安定性を確認するために、隣接する充填材や岩盤とどのような相互作用をするか、予測することが重要であり、既存の研究を調査した[4]。

1)　ペレットの製造

ペレットの製造方法には主に 2 種類ある。一つは押出し造粒法、もう一つはブリケッティング法である。押出し造粒法は、主に動物の食糧の製造に用いられてきたため、通常高密度のペレットは求められず、また大きさも不安定であるが、安定して製造でき、取り扱いも容易である。

ブリケッティング法については、過去 20 年以上数多くの研究がなされてきた。この方法では高密度のペレットが得られ、充填材製造に適している。また粒径の製造精度が良いため、異なる粒径の材料と混合させることにより、圧縮に適した粒度分布の混合体が得られ、充填後の密度を高くすることが可能であり、埋戻し材として高い可能性がある。

高圧縮したベントナイト(HCB)の塊を破砕して製造する粒状ベントナイトはトンネルの床部分への使用や、岩盤と埋戻し材との隙間部分への吹付けに使用され、有用な材料である。しかし、運搬などにより望ましい粒度分布が変化する、施工時に多くのダストが発生するなどの課題がある。また、施工中に水分を含むとペレットが施工機械に詰まり、湿気のある環境ではペレットが予定する施箇所に届かないことがあるなど使用可能性には課題がある。

表 4.2.3-2　ベントナイト・ペレット一覧

**Table 2-1. Clay pellet manufacturing experiences.**

| Material Tested | Force on Rollers | Pellet Size (mm) | Water Content (%) | Pellet Dry Density (kg/m³) | Pellet EMDD (kg/m³) | Notes |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MX-80 | 16.4 kN/cm | 13×13×6 | 10 | 1,910 | 1,749 | Unpublished data; Clay Technology |
| MX-80 | 16.4 kN/cm<br>7.8 kN/cm | * ** * | 18<br>18 | NI* 1,740 | 1,562 | * * |
| MX-80 | 7.8 kN/cm | * * | 10 | 1,850 | 1,682 | * * |
| MX-80 | 16.4 kN/cm | 13×13×6 | 14 | NI* | – | * * |
| MX-80 | 16.4 kN/cm | 30×20×12 | 10 | NM* | – | * * |
| MX-80 | 16.4 kN/cm | 30×20×12 | 14 | 1,750 | 1,573 | * * |
| MX-80 | 16.4 kN/cm | 16×16×8 | 12 | 1,700 | 1,520 | Martino and Dixon 2007 |
| MX-80 | 16.4 kN/cm | 13×13×6 | 10 | 1,900 | 1,738 | Gunnarsson et al. 2001; Buffer gap fill BaPT |
| MX-80 | 16.4 kN/cm | 13×13×6 | 13 | 1,760 | 1,584 | * *CRT: Dh1 |
| MX-80 | 16.4 kN/cm | 13×13×6 | 13.5 | 1,750 | 1,573 | * *CRT: Dh2 |
| MX-80 | 16.4 kN/cm | 13×13×6 | 13.1 | 1,740 | 1,562 | * *CRT: Dh3 |
| MX-80 | 16.4 kN/cm | 13×13×6 | 12.8 | 1,770 | 1,593 | * *CRT: Dh4 |
| MX-80 | 150–200 MPa | | 5 | 2,000–2,100 | 1,850–1,966 | Kamland et al. 2008 |
| MX-80 | | | 1.9<br>4.4 | 2,320<br>2,170 | 2,230<br>2,048 | Pellets subsequently crushed, sized and blended Bl0miling and Adams 2008 |
| 70% MX-80<br>30% sand | 150–200 MPa | | 5 | 2,000–2,100 | 1,850–2,100 | Kamland et al. 2008 |
| MX-80 | 150–200 MPa | | 2 | 2,060–2,160 | 1,919–2,037 | Pusch et al. 2002 |
| MX-80 | | 18×18×8 | 11.3 | 1,780 | 1,606 | Sandén et al. 2008 |
| Wyom. | 10.3–17.2 MPa | 25×10×5 | 10.7–11.4 | 1,840–1,860 | 1,671–1,693 | #16 and #30 mesh clay; Martino and Dixon 2007 |
| Wyom. | 10.3–17.2 MPa | 25×10×5 | 11.6–11.9 | 1,860–1,880 | 1,963–1,715 | Martino and Dixon 2007 |
| Wyom. | 10.3–17.2 MPa | 25×10×5 | 13.2 | 1,900 | 1,738 | 10% crushed pellets; Martino and Dixon 2007 |
| Wyom. | Commercial Products | ½" tablets<br>½" tablets<br>3/8" tablts | | 1,420–1,620<br>1,490<br>1,550 | 1,230–1,435<br>1,301<br>1,363 | Martino and Dixon 2007 |
| Serrata | Roller | 0.4–2 | 3.3 | 2,130 | 2,000 | Mayor et al. 2005 |
| Serrata | Roller | > 7 | 3.3 | 2,130 | 2,000 | Mayor et al. 2005 |
| Friedland | Roller | | 14.4 | 1,810 | 1,638 | |
| Friedland | Granules/flakes | ~8×8×4 | 7.1 | 1,995–2,075 | 1,521–1,627 | Sandén et al. 2008/Unpublished data; Clay Technology |
| Cebogel | Extruded | Rods, d=6.5, L=5-20 | 18.9 | 1,720 | 1,541 | Sandén et al. 2008/Unpublished data; Clay Technology |
| Cebogel | Extruded | | | 2,100 | 1,966 | Keto et al. 2009a |
| Cebogel | Extruded | | 16 | 1,810 | 1,638 | Dixon et al. 2008a, b |
| Kunigel VI | Isostatic 200–600 MPa | 1-11 | | 2,000–2,250 | 1,850–2,144 | Spheroids from blocks (Wada et al. 2002) |
| Minelco | Crushed | | 19.1 | 1,670 | 1,488 | Sandén et al. 2008 |
| FoCa | Roller | | | 2,100 | | Volckaert 2000 |
| FoCa | Roller | 25×25×15 | | 1,890 | | Imbert and Villar 2006 |
| Boom Clay | Roller | | | 2,100 | ? | Volckaert 2000 |

* Pellets could not be produced, raw material was too wet or tended to split along axis.

NM Property not measured; BaPT Backfill and Plug Test; CRT – Canister Retrieval Test; PR – Prototype Repository Test; Dh – Deposition hole.

? Mineralogy uncertain or smectite content too low for EMDD parameter to be useful.

図 4.2.3-9　製造されたベントナイトペレット

上段：ブリケット法下段左：押出し造粒法　下段右：粒状化ベントナイト(破砕された HCB)

2)　埋戻し計画に影響を与える Forsmark および Olkiluoto のサイト条件

処分場の自然環境条件は、処分場の計画に大きく影響する。各サイトの条件を表 4.2.3-3 に示す。これらの 2 サイトの各条件は同様な傾向を示しており、対応する埋戻し条件も類似している。

表 4.2.3-3　Forsmark および Olkiluoto のサイト条件

| Parameter | Forsmark | Olkiluoto |
|---|---|---|
| Nominal repository depth (m). | 470 | 420 |
| Hydraulic head at repository depth (MPa). | 4.7 (SKB 2010) | 4.2 |
| Rock type. | Granitic | Granitic |
| Groundwater TDS at repository depth, estimated<br>Design basis (DB) (%). | 1.0–1.2<br>(Gimeno et al. 2008, SKB 2010)<br>3.5 (Svensson 2006) | 1.5–2.5<br>(Posiva 2010, Hellä et al. 2009)<br>3.5 |
| Maximum potential groundwater salinity (%) | ~3.5 | 7.0 (Posiva 2010, Hellä et al. 2009) |
| Tunnel over-excavation volume (%) | < 30 | 10–20 (Hansen et al. 2010) |
| Estimated achievable maximum block filling degree (%) | Not defined<br>(> 80%) | 71.5–78.0 (Hansen et al. 2010) |
| Anticipated average water inflow to each 300-m of deposition tunnel (l/min) | ~0.3<br>Limit of 5 l/min<br>(SKB 2010) | Not defined<br>Limit of 5 l/min<br>(Hansen et al. 2010) |

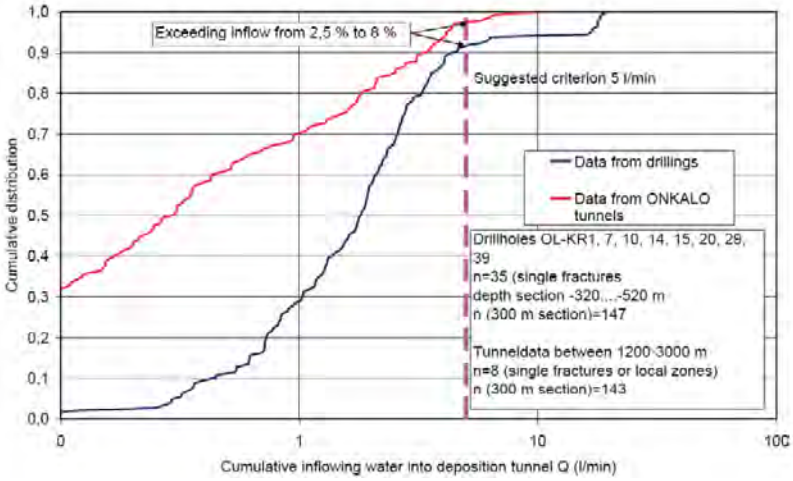



図 4.2.3-10　Olkiluoto のトンネル内の浸透水量

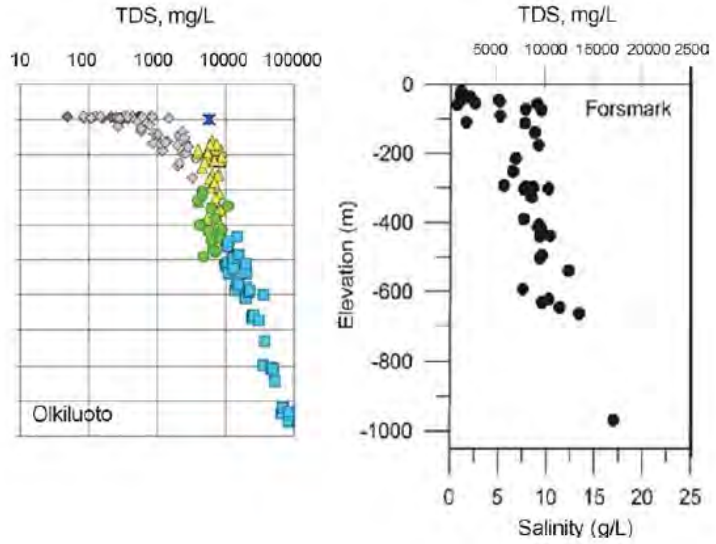



図 4.2.3-11　各サイトの塩分濃度の分布状況

現在利用可能な材料・方法による密度は予想される地下水状況(流量、塩分)から潜在的に問題がある。埋戻しに使用されるペレットはトンネルに浸透する地下水によりエロージョンに影響を受けやすく、地下水の塩分や水流の増加により敏感に影響される。ペレットの量を正確に見積るため、トンネルの過堀りの程度の定量化が必要とされる。トンネルが完全には乾燥していない場合、充填ブロックと周囲の岩盤との隙間はブロックが配置されたら、ただちに充填する必要がある。ブロック充填がどの程度達成できるか、またどの程度充填ペレットの密度が必要とされるか明確に決める必要がある。

150mm の環状隙間のあるトンネルでは、30%の過掘り分も考慮し、構成ブロックは十

分に膨潤し、埋戻しの要求を満たすようにする必要がある。長期的には充填ブロック全体は均一に膨潤する。これは数%の変化であるが、初期の段階では外側のブロックはペレットが所定の密度を満たすよう数%以上膨張する必要がある。

SKB タイプの埋戻しで使用する材料は商業的に利用可能な押出し造粒法、解砕造粒法、ブリケッティング法に限定されていた。解砕造粒法を除けば、SKB や Posiva の実験で使用された多くの材料は基本的に均一に造粒され、見かけ密度を改善可能な粒度分布のある材料ではなかった。カナダ、スイスおよびベルギーのチームによる試行試験により、粒度分布の良い材料の使用で、実質的に見かけの密度が増加した。

粒度分布の良い材料を用いても見かけの密度には限界がある。ペレット製造時により高い圧縮をすることにより、個々のペレットの乾燥密度を 1,900kg/m$^3$ から 2,200kg/m$^3$ 以上にすることは可能である。これはわずか 10～15%の増加である。

今までの実験ではペレットの形状や大きさは、市販品使用のため規格が限定されていた。ペレットの形状や大きさを変更すること、また充填時に振動を与えるにより充填隙間部のみかけの密度は改善されることが示唆された。

3)　岩盤と埋戻しブロックとの隙間へのペレット充填[5]

岩盤と埋戻しブロックとの隙間にペレットを充填するためにはどのような特性を持つペレットが望ましいか調査する必要がある。

本報告の主な目的は、KBS-3V 処分場の埋戻し材として最適なベントナイトペレットの特性を調査し、その製造方法を検討することである。そこで、トンネルの床面と同様、トンネル壁面の岩盤と埋戻しブロックとの間の隙間を地下水が流入しないように充填する材料としての特性を調査し、そのペレットの製造・設置方法を検討した。さらに、ペレット設置の際の地下水の流入に対する時間的許容限界を検討した。既知の情報を取りまとめるための文献調査を行い、これらの情報から埋戻しのペレットあるいはペレットと顆粒との混合体の利用についての可能性のある選択肢と限界についてまとめた。

最適な保水能力やエロージョン耐性特性を得るために、種々の埋戻し用ペレット材料の室内試験を実施した。ペレット材料(ASHA, IBECO, and MX-80)やペレットタイプ(押出し造粒法やブリケッティング法)の試験を行った。(図 4.2.3-12)ペレット製造法としては、直径 6mm の押出し造粒法によるペレットが、耐エロージョン性を含め、全ての特性項目で優れていた。他のペレットタイプも、Sandénand Börgesson によるエロージョンの理論モ

デルの限界の範囲内にあった。ただし全ての材料で最適含水比に調整する必要があった。材料の特性は、ASHA と IBECO が MX-80 よりも優れていた。

図 4.2.3-12　製造されたペレット

左：押出し造粒法（φ6mm IBECO）　右：ブリケッティング法　(ASHA)

またペレットの安定した製造を行うためには、ベントナイト材料の含水比の調整が重要であることがわかった。

実際の保水能力を検討するため大型のペレット実験が実施された。実験は処分場と同様の地質の TASS トンネル(Äspö HRL)で行った。実験中、作製した人工亀裂から 0.5 L/min で 1%濃度の塩水を注入した。室内実験から 6mm に押出し造粒されたペレットを選択して大型実験で使用し、このタイプのペレットがエロージョンや保水能力の点から望ましい性質を持つことが確認された。

図 4.2.3-13　大型実験での模擬埋戻しブロックの設置状況

図 4.2.3-14　人工亀裂(左)と充填前のトンネル頂部付近(右)

(3)　国内文献（ベントナイト・ペレットの特性について）

高レベル放射性廃棄物処分を想定したベントナイト・ペレットの材料特性について、学会での複数の発表論文を調査して、ベントナイトの材料特性や製造手法に関する留意点について整理した。高レベル放射性廃棄物処分は処分地点の選定から処分場の完成までを考えると、作業段階を建設・操業・埋戻しの 3 段階に大別することができる。このうち、埋戻しは処分場に廃棄体を定置した後、処分場の空間を埋戻し材及びプラグで充填し、処分場の安全性を長期にわたり担保することであるが、これまでの埋戻し概念の研究において埋戻しの効果を具体的に議論したものは少なかった。今回挙げた参考資料は、高レベル廃棄物処分における埋戻し概念を候補材料に対する実験的評価を基に検討したものである。

1)　埋戻し材の要求性能[6]

埋戻し材に要求される性能は、「核種の移行遅延性」であり、この要求性能を満足させるためには、埋戻し材の選定と下記に示す 3 つの要素技術を合理的に組み合わせることが重要である。

埋戻し材によるアクセス立坑・処分坑道の充填

低透水性材料によるプラグの設置

グラウトによる周辺岩盤緩み域の透水性の改善

埋戻しのシステムが要求性能を満足するためには、埋戻し材料の選定が極めて重要となる。埋戻し材への要求性能としては、まず「核種移行遅延性」に直接関係する、

① 長期健全性（物理的、化学的）

② 低透水性（自己シール性を含む）

③ 核種吸着性

が挙げられる。さらに、埋戻しのシステムを設計するにあたっては、埋戻し候補材料に対し、以下の事項を評価し、設計に反映させる必要がある。

① 力学特性

② 熱伝導性（廃棄体近傍）

③ 化学的影響

④ 施工性　等

2) 隙間充填材としてのベントナイト特性[7][8]

隙間を充填する場合としない場合では、廃棄体の定置間隔に差が生じ、隙間を充填しない場合には廃棄体の定置間隔が広くなることが報告されている。また、隙間を充填しない場合には、隙間に地下水が流入することによる緩衝材の剥離等、人工バリアの安全性を評価する上での懸念事項が多くなると考えられる。以上のことから、施工上生じる隙間には何らかの方法により充填される必要があると考えられる。そこで、隙間充填材料の選定及び隙間充填装置に要求される機能を明確にするための検討をおこなった。

隙間充填材料の熱特性値（熱伝導率、比熱）を取得した結果および熱伝導率について計算による推定値との比較検討を行っている。

熱伝導率はベントナイトについては粒状ベントナイトがクニゲル V1 の約 2 倍の値となり、珪砂については粒混合砂が 6 号珪砂の約 1.5 倍の値となった。この理由は、粒状ベントナイトの密度、約 1,200kg/m3 に対しクニゲル V1 の密度が 800kg/m3、混合珪砂の密度 1,665 kg/m3 に対し 6 号珪砂の密度が 1,350 kg/m3 であることから、試料密度の違いによる差から出てくるものと考えられた。

3) ベントナイトペレットを用いた緩衝材の隙間充填性[9][10]

緩衝材をブロックで施工した場合等に考えられるブロック間や岩盤あるいはオーバーパックとの隙間の充填性に関して、ベントナイト（クニゲル V1）を材料に製作したペレットを使用した場合のその止水性に関して検討した。

製作にあたって、設定した条件は以下の通りとした。

① 目標乾燥密度≧2.0g/cm3

② 製作時の飽和度≦97%

③ 初期含水比 10%

④ 含水比管理精度±1.5%

⑤ 秤量精度±0.005g

⑥ リバウンド体積 5%

製作したペレットから 20 個取り出して計測した結果、1 個当たりの平均値は、質量 1.24g、体積 0.59cm3、初期含水比 9.5%、湿潤密度 2.09g/cm3、乾燥密度 1.91g/cm3 であった。今回、ペレットの乾燥密度は製作目標値を下回る結果となってはいるが 95%以上は確保することができた。

表 4.2.3-4 ペレット製作結果

| 試験ケース | 試料 | ﾍﾟﾚｯﾄ個数/重量 | ｸﾆｹﾞﾙV1 重量 (g) | 湿潤密度(g/cm³) | 乾燥密度(g/cm³) |
|---|---|---|---|---|---|
| T-1-1 | ﾍﾟﾚｯﾄ | 55/68.43g | 0 | 1.16 | 1.057 |
| T-2-1 | ﾍﾟﾚｯﾄ+ｸﾆｹﾞﾙV1 | 55/68.43g | 21.77 | 1.53 | 1.396 |
| T-3-1 | ｸﾆｹﾞﾙV1 | 0/0 | 45.75 | 0.78 | 0.711 |

製作したベントナイトペレットを使用した場合の止水性に関して検討を行った。通水開始当初はペレット間の隙間を水が通るため通水量は大きくなっている。しかし、通水開始 1 日後には透水係数は 10-9cm/s 程度となっており、20 日程度経過すれば透水係数はほぼ定常に達している。

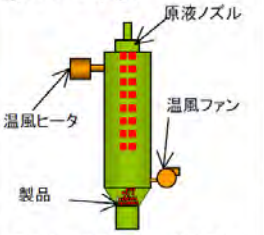
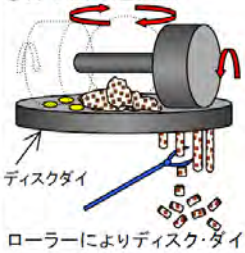
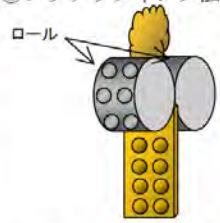
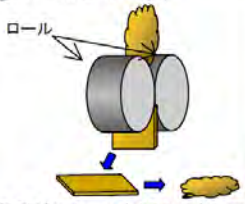
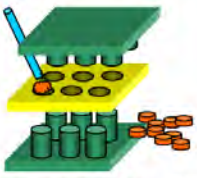
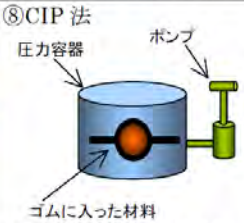
4) ベントナイトペレットの製作方法[11][13]

ベントナイトペレットを製作するためにペレットの製作方法を調査し、比較的密度の高いベントナイトを製作する方法について検討をおこなった。

表 4.2.3-5 に示す 8 つのペレット製作方法のうち、比較的高い密度を達成可能な方法は、②押出し造粒法、③ブリケッティング法、④ロールプレス法、⑥打錠法、⑦解砕造粒法、⑧CIP 法である。このうち、③と⑦の方法を用いてベントナイトペレットを試作した。また、サイクル機構(当時)で使用実績のある粒状ベントナイトも併せて製作し、各材料に対して粒度試験（地盤工学会基準(JSF T131-1990)に準拠したふるい分析）を行った。

その結果、図 4.2.3-15 に示す通り粒状ベントナイトが最も粒度分布が広く（粒度が良い）、③の方法によるベントナイトペレットが最も粒度分布が狭い（粒度が悪い）ことがわかった。

表 4.2.3-5　代表的なベントナイトペレット製造法

| | | | |
|---|---|---|---|
| ①スプレイ法<br>  <br><br>スラリー状原料を乾燥室内に噴霧し、乾燥させると同時に液滴の表面張力により顆粒を得る方法 | ②押し出し造粒法<br>  <br><br>ローラーによりディスク･ダイの孔から粘ちゅう原料を押し出し、所定の長さの円柱状のペレットを得る。これを乾燥させ、粒状製品を得る方法。 | ③ブリケッティング法<br>  <br><br>2対の凹みのあるロールを密着回転させ、このロール圧により粉体を圧縮成型する方法 | ④ロールプレス法<br>  <br><br>表面がスムースな凹みのないロールを用いる。2個のロールを相対的に回転させ、ロール間の圧力で粉体を密度の高い強固な板状(フレーク)に成形したのち、フレークを解砕する方法 |
| ⑤ドラム造粒 or パン造粒<br> <br>回転する容器に原料粉体を連続供給し、原料層間の転がり転動により粒体を成長させる方法 | ⑥打錠法<br>  <br>ダイ(外型)内の材料を上パンチおよび下パンチにより圧縮成型する方法 | ⑦解砕造粒<br> <br><br>機械的なインパクト作用により大塊より所定の粒度まで解砕して、粒状製品を得る方法 | ⑧CIP 法<br>  <br><br>CIP(Cold Isostatic Pressing:等方圧加圧法)により、圧縮成型する方法 |

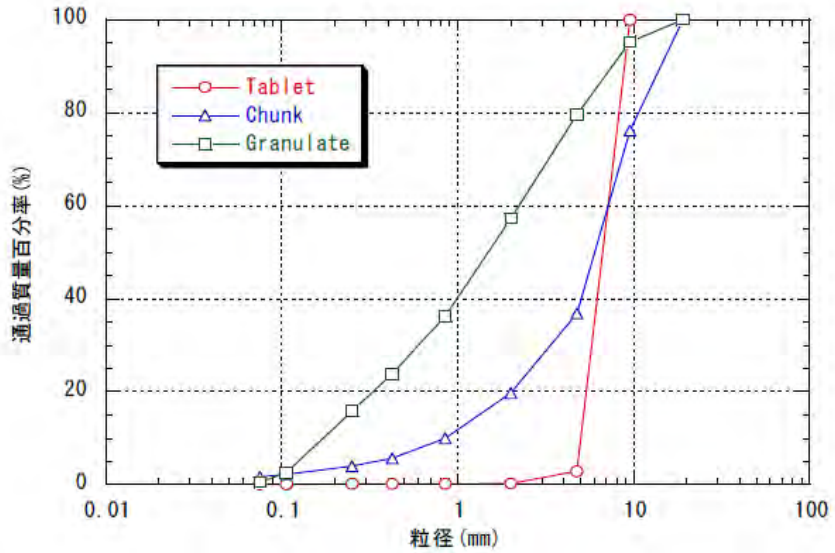



図 4.2.3-15　粒度分布

### 4.2.4　充填材の製作試験

本項では、PEM－坑道間の隙間の充填に使用するペレット充填材の検討、および製作について述べる。また、実際の地層処分場における充填部の品質確保の観点から、充填完了までの各工程についても検討の対象とした。

(1)　充填材料の製造から充填までの工程

PEM―坑道間の充填作業の行程は、図 4.2.4-1 のように、充填材料製造工程、輸送工程（ペレット製造地から処分場）、処分場での充填工程からなる。

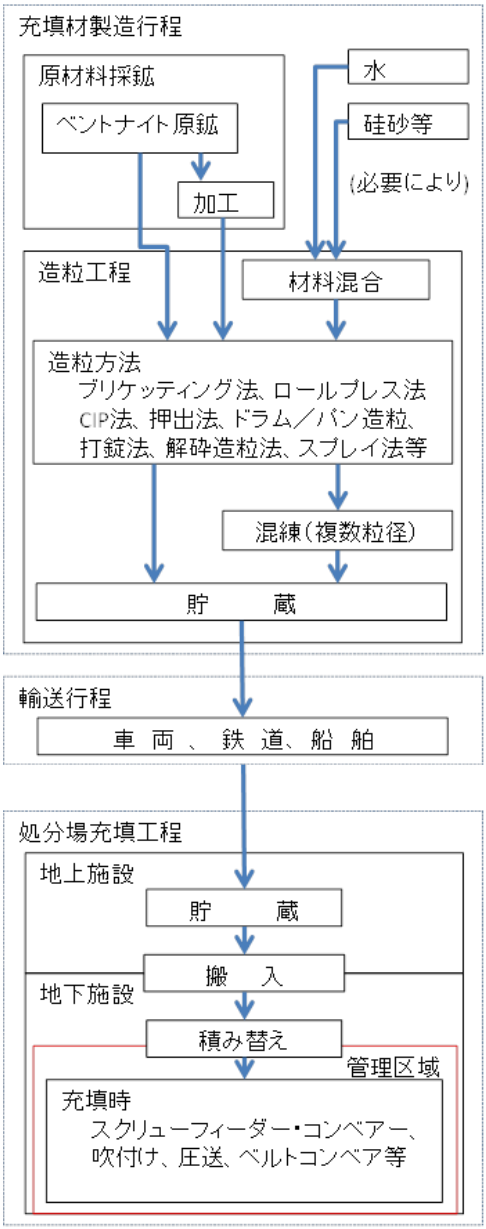



図 4.2.4-1　隙間充填材の製造、輸送、充填工程の一例

(2)　品質におよぼす影響因子の分析

原材料の製造工程から隙間充填までの工程で、隙間充填材の性能である透水係数と膨潤圧を支配する“かさ密度”(有効粘土密度)に影響を与える因子について、フィッシュボーンダイアグラムを用いて分析を行った例を図 4.2.4-2 示し、各要因と因子の関係を表 4.2.4-1 に示す。

ペレットが処分坑道内の PEM 周囲に適正な状態で充填された状態として「透水係数」と「膨潤圧」が発揮される状態と定義した。また、これらの「透水係数」と「膨潤圧」は現場で直接把握することは時間を要し、品質管理の項目とすることは実用的ではないことより、現場で比較的データの得やすい“かさ密度”を代替パラメータとして測定することにより、これらの要求される項目または条件を満たすこととした。この”かさ密度；透水係数、膨潤圧、有効粘土密度（図 4.2.4-2 の右端)”の品質に影響を与える要因としては、充填するペレット自体の品質（図 4.2.4-2 の①）と、ペレットの充填方法（図 4.2.4-2 の②）およびペレットが充填される隙間の形状・寸法・状態（図 4.2.4-2 の③）がある。さらにこれらの要因に対しては、材料製造時、保管時、施工時などの各ステージで、充填部の品質に影響を及ぼす因子を抽出した。例えば図 4.2.4-2 のフィッシュボーンダイアグラムの上部は「①ペレットの品質に影響」の要因に関係する因子の関係を示している。ペレットの品質に影響を受けると「ペレットの密度・寸法・形状」があるが、この「ペレットの密度・寸法・形状」には「材料混合」、「造粒方法」、「混練」などが影響を与える因子である。さらにそれらの因子に対しては、「材料混合」であれば「原材料」や原材料に混合する「硅砂」の特性と、必要により加えられる「水」の特性や量が影響を与えることを示している。

これらの各因子に対して、実際の充填作業に際しては各因子の品質に与える影響を極力小さくするような作業手順を選定する必要がある。

表 4.2.4-1　フィッシュボーンダイアグラムの因子の関係例

| 品質管理対象 | | 要　因 | | 因　子 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| かさ密度 | 透水係数<br>膨潤圧<br>有効粘土密度 | ①ペレットの品質に影響 | ペレットの状態 | ペレット密度・寸法・形状 | 造粒方法 | ブリケッティング法<br>打錠法　・・・・ |
| | | | | | 材料混合 | 原材料 |
| | | | | | | 硅砂等 |
| | | | | | | 水（加水） |
| | | | | | 混練 | 造粒体種類 |
| | | | | | | 混練方法 |
| | | | | 輸送時 | 材料分離 | |
| | | | | | 自重による圧縮 | |
| | | | | 貯蔵時 | 自重による圧縮 | |
| | | ②ペレットの充填方法による影響 | 充填方法 | 移送距離 | 材料分離 | |
| | | | | 落下距離 | 材料分離 | |
| | | | | 押し込み | 圧力・面積 | |
| | | ③隙間の形状、寸法、状態に影響 | ペレットの充填率 | 充填する場 | 壁面状態 | 壁面濡れ |
| | | | | | 隙間の形状 | 壁面形状・寸法 |
| | | | | | | PEM 形状・寸法 |
| | | | | 粒度分布 | | |

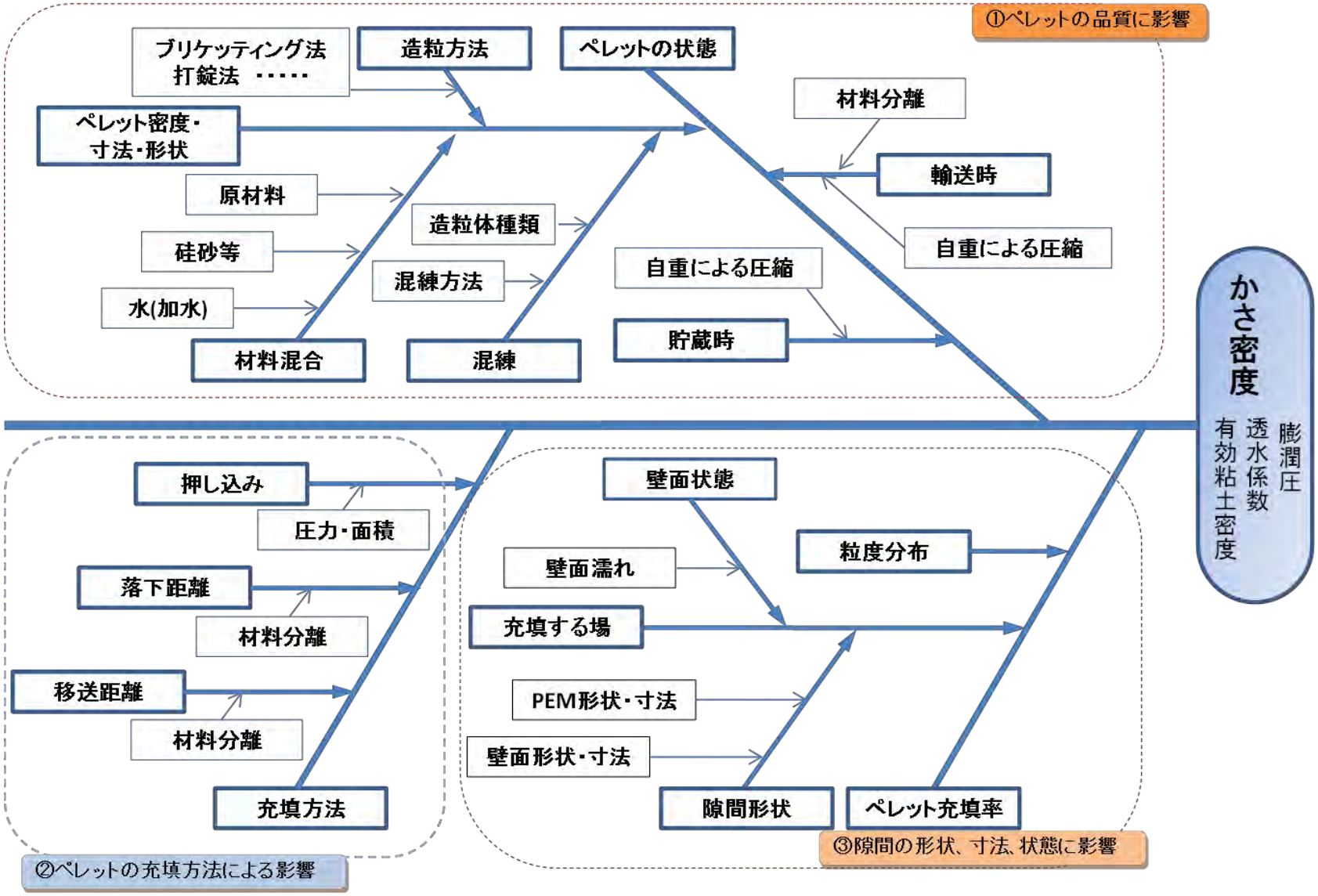



図 4.2.4-2　隙間充填のかさ密度への影響因子の分析例

(3)　配合設定方法、品質管理方法の提示

1)　影響因子の整理

充填材（ペレット）を空間に充填していく際の、充填部分の有効粘土密度に影響する因子として、以下の 3 項目が想定される。

- ペレットの粒子密度　　：$\rho_p$
- 充填率　　：**N**
- 砂混合率　　：R$s$

さらに、それぞれの項目に対して影響を及ぼす因子としては、表 4.2.4-2 に示すような内容が想定される。

表 4.2.4-2　影響因子の整理表

| 項目 | 材料側 | 空間側 |
|---|---|---|
| ペレット粒子密度 | 含水比：高い・低い<br>（最適含水比存在？）<br>（粘土含有量：多い・少ない） | ― |
| 充填率 | 形状：丸・角等<br>寸法：粒径・分布<br>強度：硬い・柔らかい<br>粒度：単一粒径・分布<br>（最適粒度分布） | 広さ：狭い・広い<br>空間形状：ボトルネック、凹凸等<br>水分：有・無<br>安息角<br>装置との取り合い |
| 砂混合率 | 混合率：多い・少ない（設定値） | |

2)　各因子に対する目標値の設定方法

充てんされたペレットの有効粘土密度の ρ$e$の考え方について以下に整理する。

仮に、砂混合率 R$s$が 0 の場合、有効粘土密度 ρ$e$は以下の式 1 で表される。

式 1　：　$\rho e = N \times \rho p$

例えば、ペレット粒子密度 ρ$p$が 2.0Mg/m3 で、空間充填率**N**が 50%の場合、空間に充填された有効粘土密度は 2.0×50% = 1.0 Mg/m3 である。

また、既往検討において導出されているベントナイト混合土の有効粘土密度の算出式を式 2 に示す。

式 2　：　$\rho e = \rho d 100 - Rs 100 - \rho d Rs \rho s$

ここで、ρ$d$は混合土の乾燥密度であり、本検討における　$N \times \rho p$　に相当する。式 2 に同項を代入して、有効粘土密度の換算式として、式 3 を得る。

式 3　：　$\rho e = N\rho p 100 - Rs 100 - N\rho p Rs\rho s$

式 3 を用いて、充填後の有効粘土密度 1.37Mg/m3 を達成できる、充填率 N とペレット粒子密度 ρp の関係を図 4.2.4-3 に示す。図中の 2 本のラインはそれぞれ、砂混合率 $R_s$ が 0%の場合と 20%の場合を示している。

図中のラインを境界として、原点側（左下側）は 1.37Mg/m3 を達成できない領域であり、図中の右上側は達成できる領域である。また、図中の緑点線は、既往検討等から現実的に想定される、充填率・ペレット粒子密度の上限値のラインである。すなわち、現実的な想定ラインを考慮すると、緑点線と例えば Rs=0%の青ラインで囲まれた、図中の黒点線内の領域が目指すべき品質ラインと言える。

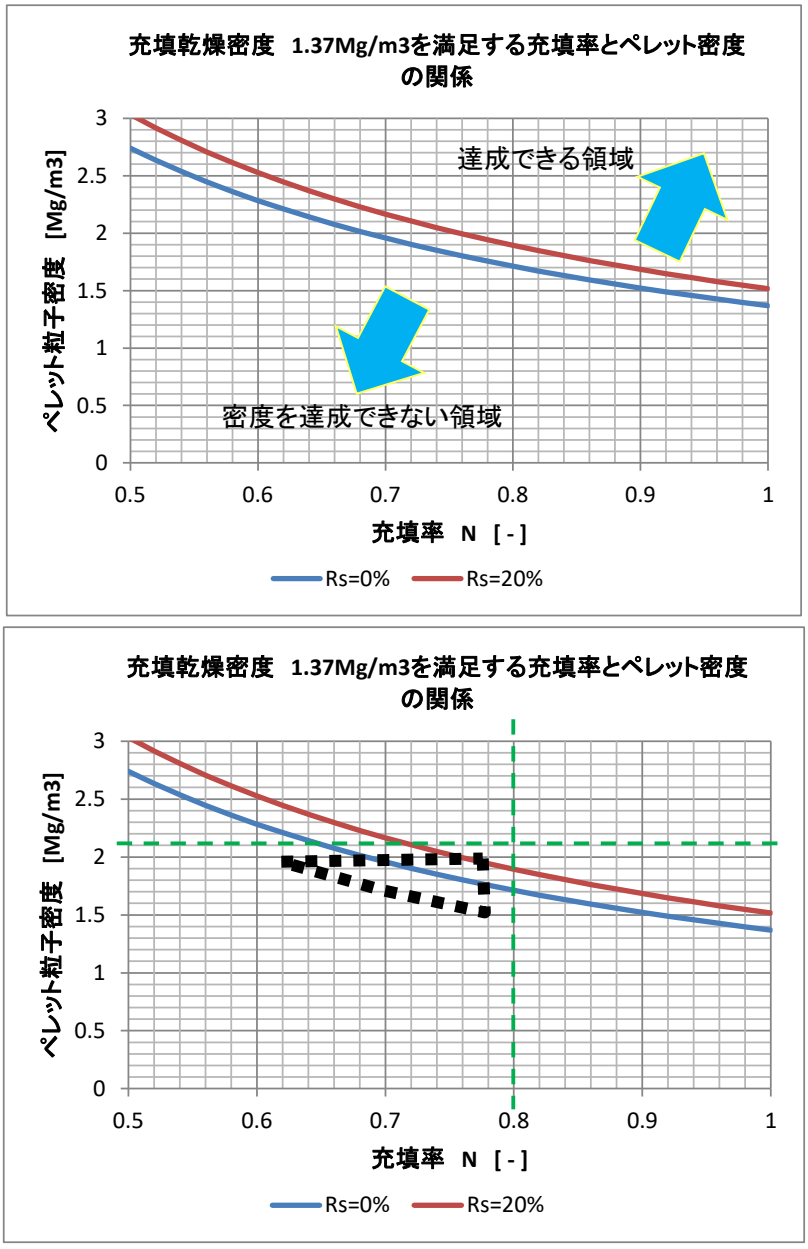



図 4.2.4-3　充填乾燥有効粘土密度 1.37Mg/m3 を満足する充填率とペレット密度の関係

(4)　材料製造の効率化・高品質化を目標とした充填材製造要素試験

実証試験において、最大幅 1300mm 程度、奥行き 4m 程度の円弧状狭隘部に対して粘土系材料を充填して仕様の有効粘土密度を達成するため、充填材の設計、製作と品質管理に必要な要素試験を実施し、隙間充填材の設計、製造、施工、品質管理方法の検討に反映する。実施した予備試験項目を以下に示す。

- ✓　材料製造の効率化・高品質化を目標とした充填材製造予備試験
  - ➢　ブリケッティングマシン等を使用した高密度ベントナイトペレット製造
- ✓　充填材物性確認試験
  - ➢　製造した材料物性の確認試験（乾燥密度、含水比等の物性を確認する）

1)　ブリケッティング法

高密度のペレットを効率よく製造するための要素試験を実施した。本試験では製造したペレットの乾燥密度、粒度分布、形状等を確認した。

ペレット製造試験に使用するブリケッティングマシンの写真を図 4.2.4-4 に示す。ホッパーに供給された原料が、縦型の押し込みスクリューにより脱気と予備圧縮されながら、互いに同一速度で逆方向に回転する 2 本のロールの間に効率よく送り込まれて圧縮成型されることで高密度のペレットが製造される原理である。本要素試験に用いた設備は新東工業製の BMS シリーズ　コンパクターで、ロール直径は 520mm、ロール圧縮力は 1.5MN である。

図 4.2.4-4　ブリケッティングマシン

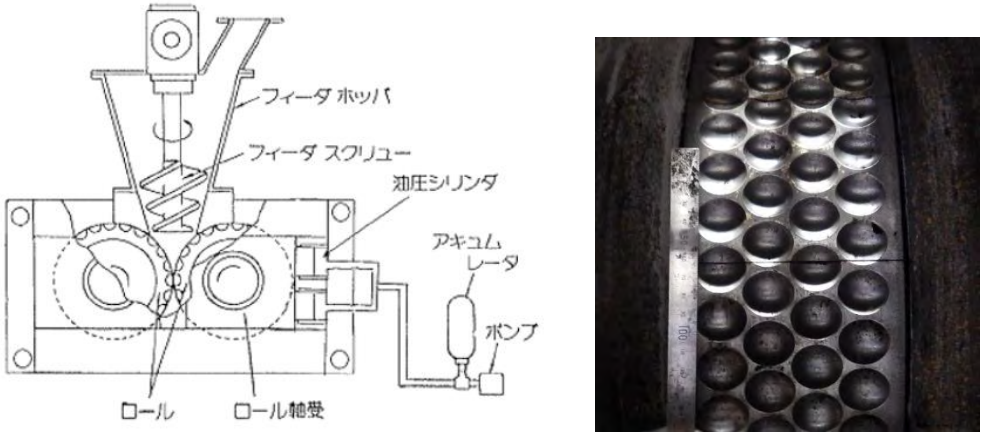



図 4.2.4-5　ブリケッティングマシンの構造図と使用したロール

2)　使用材料

ペレット製造にはクニゲルＶ１を使用し、自然含水状態のものを造粒材料として使用した。含水率を調整する必要が生じた場合は上水を配合することとした。ペレットの造粒試験の実施に先立ち、充填材料製作の事前試験として、以下の物性に関する試験を実施した。

- ベントナイトの物理化学試験
  - ①　土の含水比：JIS A 1203
  - ②　ベントナイト（粉末）の膨潤力測定（蒸留水と地下水）：JBAS-104-77
  - ③　ベントナイト（粉末）のメチレンブルー吸着量測定：JBAS-107-91

  ②、③：出荷材料元の品質試験で代替

3)　造粒試験

空間への充填率を考慮し、ブリケッティングで製造するペレットの目標密度を 2.0~2.2Mg/m$^3$ と設定した。図 4.2.4-5 に示したロールで成型した場合、30×20mm のアーモンド形のペレットとなる。造粒条件はロール圧縮力：460kN（46.9t）、ロール回転数：4.5rpm、材料供給のフィーダースクリューの回転数：50rpm とした。造粒後の粒状物に対して、密度試験 JIS A1225（パラフィン法）を実施し、粒状体としての密度を測定した。またペレットの粒度分布を JIS A1102 粒度試験のふるい分け法、含水比を JIS A1202 で測定した。

造粒後はロールの隙間から落ちて混ざった原材料が混入しているため，ふるいにより原材料とペレットに分けた。分けた原材料分は再度ブリケッティングマシンのホッパーに投入し造粒材料として使用した。図 4.2.4-6 に造粒直後とふるい分け後のベントナイトペレットを示す。

(a) 造粒直後　　(b) ふるい後のペレット

図 4.2.4-6　製造したベントナイトペレット

無作為に抽出したペレットに対し、パラフィン法により粒状体としての密度を測定した。表 4.2.4-3 に示すように、製造したペレットは 2.0Mg/m$^3$ 以上の高密度ペレットであることを確認した。

表 4.2.4-3　ペレットの密度結果

| ケース No. | 含水比(%) | 湿潤密度(Mg/m$^3$) | 乾燥密度(Mg/m$^3$) |
|---|---|---|---|
| 1 | 8.51 | 2.241 | 2.065 |
| 2 | 8.36 | 2.216 | 2.045 |
| 3 | 8.20 | 2.217 | 2.043 |
| 4 | 8.35 | 2.216 | 2.046 |
| 5 | 7.37 | 2.207 | 2.044 |

造粒したペレットは図 4.2.4-6 のような形状をしている。目標の密度を達成し易くするため、原鉱石を破砕したクニゲル GX と重量比で７：３となるように混合充填し、かさ密度を測定した。結果、1.389Mg/ m3 であり、目標とした 1.37Mg/m3 が達成出来ることを確認した。

図 4.2.4-7　カサ密度測定の様子

4.2.5　隙間充填部の施工品質

ペレットを充填後､PEM-坑道間の隙間の粘土密度が所定の値を満足しているか確認する必要がある。また、除去試験の実施に際し、除去対象の性状を把握しておく意味もある。本項では充填部の品質確認方法について述べる。

(1)　充填部の品質確認方法

1)　かさ密度の測定による密度

ペレット方式による充填では、投入したペレットが安息角を形成し、坑道内にある角度の法面を形成する。充填部に供給したペレットの重量を予め計測しておき、充填後に形成された法面の形状を三次元計測して取得した体積で除すことで、全体の平均密度とする。図 4.2.5-1 に平成 16 年度に実施した、ペレット充填方式による緩衝材の施工試験時の密度測定の結果を示す。この方法では投入重量と法面形状の計測である範囲のかさ密度の平均値として取得されるが、部位ごとの充填性の程度すなわち密度分布については判断することが出来ない。

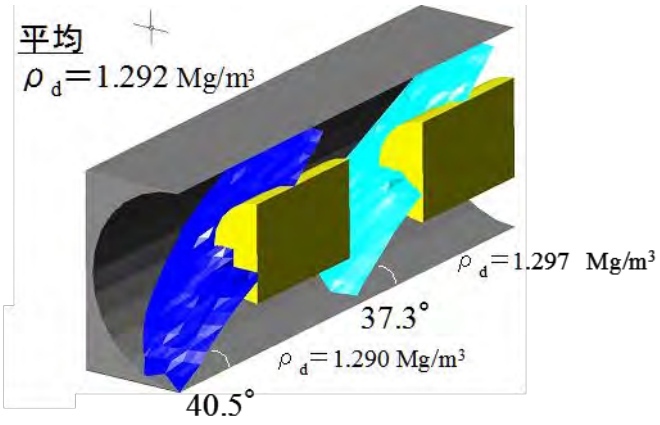



図 4.2.5-1　ペレット充填方式による緩衝材施工試験時の密度測定の例

2)　部分的な密度の測定

1)では取得が困難な密度のバラつきを取得する方法として、抜取り試験や代替パラメータによる密度測定が考えられる。抜取り試験は体積が既知の容器を用いて任意の位置から試料を採取する方法であり、任意の位置の密度取得することが出来る一方で、試料採取方法では充填部を抜き取るため、充填部の品質を損なう恐れもあり適用には制約がある。代替パラメータによる密度測定法は、密度と相関する他のパラメータを測定する方法である。本項で詳細を述べる。

3)　プロセス管理による密度の確保

実際の処分事業ではすべての部位に対し抜取り試験を実施すると施工した部位の品質を損なうことにもなり、また操業工程上困難になることが懸念される。そのため充填材、充填設備、充填方法などを適切に管理することで目的の密度が達成されていることを担保するプロセス管理が実施されると考えられる。プロセス管理では、事象の再現性、反復性が重要であり、実証試験等で予めそれらを確認し品質管理の基準を作成する必要があるが、その際には 1)や 2)の手法で検証デ

ータを取得することが想定される。

### 4.2.6　誘電率計を利用した品質管理計測

ある密度で製作したペレット材の含水比が既知であれば、ある空間の水分量は充填した材料の量（密度）に比例する。この原理に基づき、空間の誘電率を計測することで計測プローブ周辺の部分的な密度を取得する方法について検討した。

#### (1)　検討の対象とした水分計

原理が異なる ADR 法（振幅領域反射率測定法）と TDR 法（時間領域反射率測定法）の 2 種類の水分計について密度測定への適用性を検討した。いずれも一定周波数の電磁波を発振し試料に入射させ、その反射波を測定することで試料の誘電率を求める方式である。

- ADR 法（振幅領域反射率測定法）

Delta-T 社製の Profile Probe PR2 を要素試験に使用した。直径 25.4mm、長さ 1350mm の円柱状のプローブを有する土壌水分計である。プローブには対になっているセンサーリングが所定の間隔で 6 カ所に巻きつけてあり、6 点で同時に計測可能である。また、PR2 のプローブにはセンタリングスプリングと呼ばれるバネがセンサーリングを上下から挟み込むように埋め込まれている。センタリングスプリングはプローブをアクセスチューブの中央に挿入するためのガイドとなっている。PR2 は電磁波が往復する際に発生する電圧の差を測定して誘電率を求めるため、出力値として体積含水率の他に電圧値（V）も取得可能である。なお、出力値はプローブとケーブルで接続されたハンディモニターで読み取る。

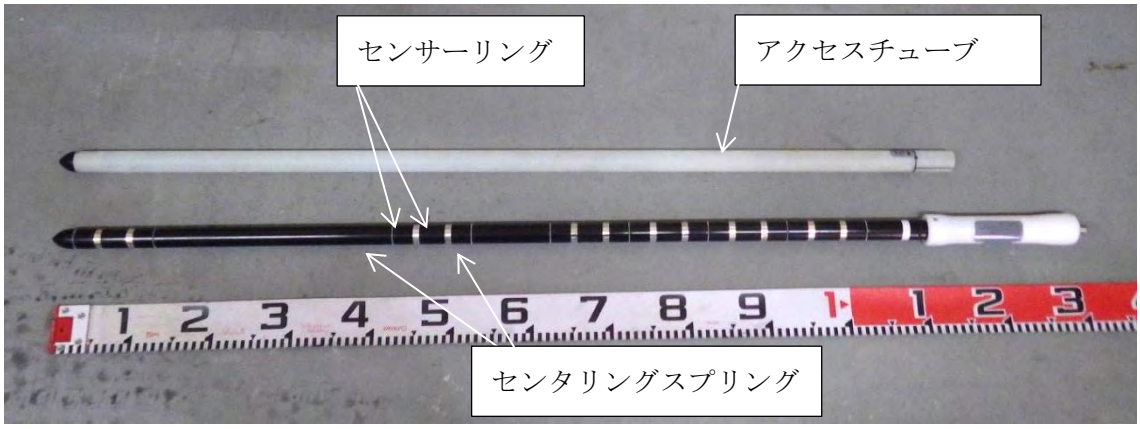



図 4.2.6-1　水分計の外形（PR2）

- TDR 法（時間領域反射率測定法）

IMKO 社製の TRIME-PICO IPH を要素試験に使用した。直径が 37mm、長さ 220mm の円柱状で、プローブ両側面には 200mm の範囲に導波管が配置されている。またアクセスチューブ内を移動させることで 160mm～3000mm の任意の深さで計測可能な水分計である（計測可能な最大深度はアクセスチューブ長に依存する）。一定周波数の電磁波がプローブを往復する際の時間を測定して誘電率を求めるため、出力値として体積含水率の他にみかけの伝播時間（ps：1/10ns）も取得可能である。なお出力値はプローブとケーブルで接続されたデータロガーにより 3～5 秒ご

とに自動で記録される。

図 4.2.6-2　水分計の外形（PICO）

(2)　測定原理

基本的な原理は、一定周波数の電磁波を発振し試料に入射させ、その反射波を測定することで試料の誘電率を求めるものである。PR2、PICO ともに発生させた一定周波数の電磁波を水分計プローブへ通過・往復させる。プローブのセンサー周囲には図 4.2.6-3 に示すように電磁場が生成され、プローブ周囲の試料の誘電率の影響より反射波の伝播速度、振幅が減衰する（図 4.2.6-5）。これによって反射波の伝播速度や振幅差を測定することによりプローブ周囲の試料の誘電率を評価することができる。また、PICO は反射波の伝播速度を時間領域で測定し誘電率を求める TDR 法（時間領域反射率測定法）による水分計であり、PR2 は反射波の振幅差を振幅領域で測定し誘電率を求める ADR 法（振幅領域反射率測定法）による水分計である。空気の誘電率を 1 としたとき、水の比誘電率は 81、土壌は 3～8 程度であり水の比誘電率は土壌や空気に比べはるかに大きな値となっている。このため試料の誘電率は試料中の含水量に依存し大きく影響を受ける。

図 4.2.6-4 に示すように一定の体積含水率の試料のかさ密度を増加させると、それに伴い体積含水率も増加し、誘電率も変化する。これにより試料の誘電率を測定することで試料のかさ密度を評価することが出来る。

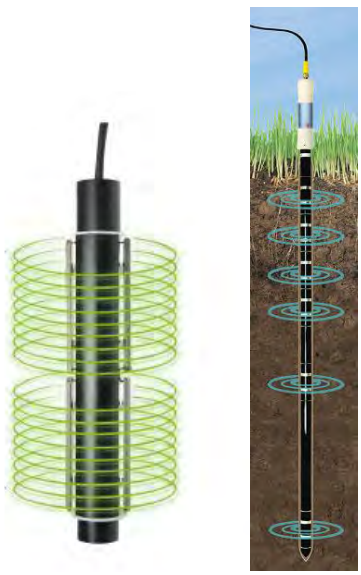


図 4.2.6-3　水分計プローブ周囲の電磁場
右が PICO、左が PR2

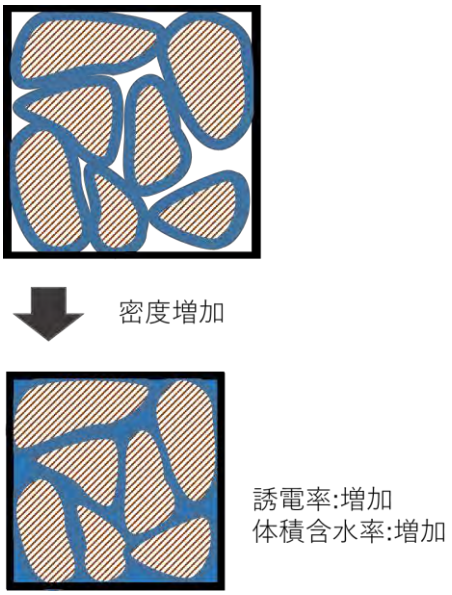



図 4.2.6-4　密度増加イメージ図

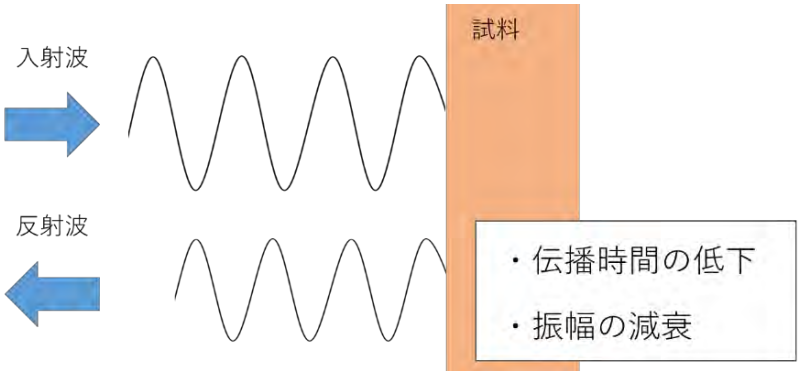



図 4.2.6-5　電磁波模式図

(3)　水分計の影響範囲の測定

水分計を用いた計測では、プローブ周囲に生じる電磁場が影響を受ける領域の水分量からかさ密度に換算するため、その電磁場の影響範囲（測定体積）を把握する必要がある。また、測定値に充填材以外の空気や容器などの影響が及ばないよう、影響範囲に含まれるものを考慮した上で設置位置を検討する必要がある。今回使用する水分計である Profile Probe PR2 に関しては、影響範囲について多くの文献があるが、文献ごとに記載されている影響範囲が異なり、販売企業の公表している値とも異なる。また同様に今回使用する水分計である TRIME PICO IPH については文献も少なく、企業の公表値についても鉛直方向の影響範囲は不明である。このためセンサ部の影響範囲を測定した。なお、両水分計ともに図 4.2.6-6 に示すように影響範囲が円柱状に分布しており、鉛直方向と水平方向の 2 方向の影響範囲を測定した。鉛直方向は内径 310mm、高さ 500mm、肉厚 5mm のアクリル容器に水を満たし、水面からプローブを徐々に水没させた場合の出力値を記録した（図 4.2.6-7）。水平方向は内寸幅 475mm、奥行き 310mm、高さ 295mm のポリプロピレン製角型コンテナに水を満たし、プローブを容器上面に固定した状態を距離 0mm として水位を徐々に低下させた場合の出力値を記録した（図 4.2.6-8）。

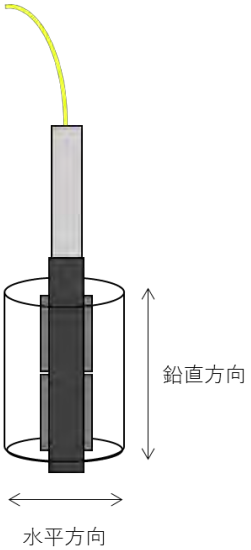



図 4.2.6-6　水分計影響範囲の方向

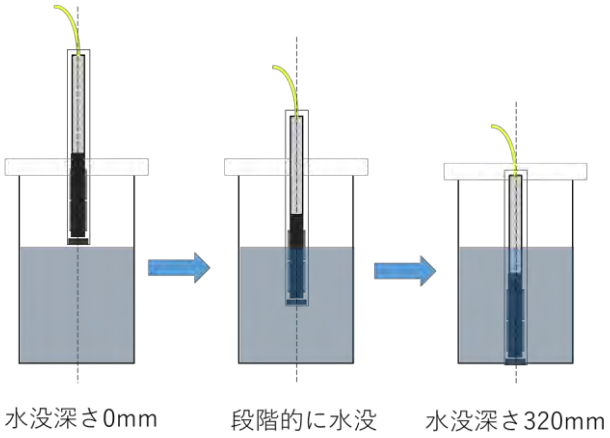



図 4.2.6-7　測定方法（鉛直方向）

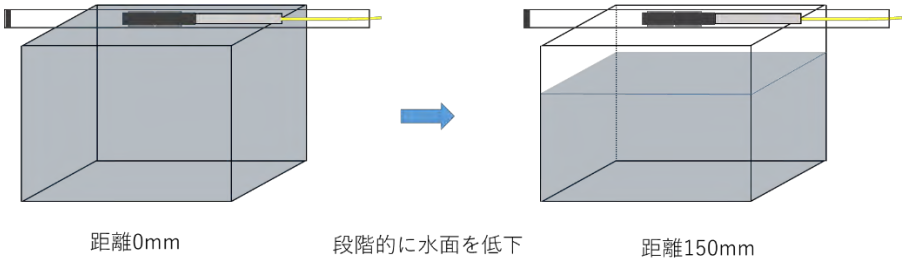



図 4.2.6-8　計測方法（水平方向）

(4)　測定結果

- Profile Probe PR2 の場合

鉛直方向の計測状況を図 4.2.6-9、計測結果を図 4.2.6-10 に示す。下部センタリングスプリング(水没深さ 78mm)までは空気中での出力値 80mV と値が同程度となり、センターリング上方向に位置する上部センタリングスプリング(水没深さ 178mm)まで出力値は上昇した。それ以降の距離における出力値は水中での出力値 1100mV と同程度となった。これより PR2 の鉛直方向の影響範囲は下部センタリングスプリングから上部センタリングスプリングまでの 100mm であることが分かった。

図 4.2.6-9　PR2 計測状況
（鉛直方向）

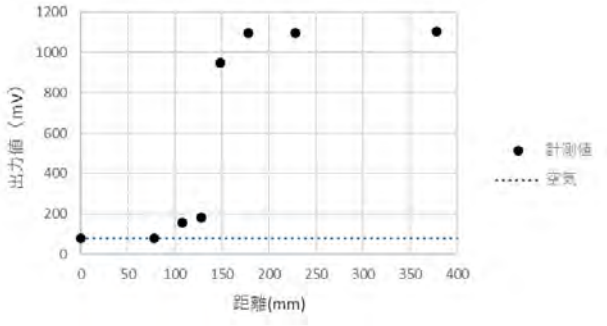



図 4.2.6-10　PR2 計測結果（鉛直方向）

水平方向の計測状況を図 4.2.6-11、計測結果を図 4.2.6-12 に示す。水分計と水面との距離が 0～20mm では出力値は 300mV から 90mV 程度まで急減した。その後、距離 40mm まで出力値は空気中での値 81mV 付近まで緩やかに減少し、40mm 以降では値が安定した。これより PR2 の水平方向の影響範囲は水分計側面から 40mm 程度であることが分かった。

図 4.2.6-11　PR2 計測状況
（水平方向）

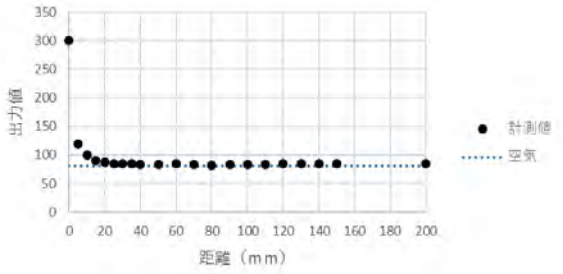



図 4.2.6-12　PR2 計測結果
（水平方向）

- TRIME-PICO IPH の場合

鉛直方向の計測状況を図 4.2.6-13、計測結果を図 4.2.6-14 に示す。水没深さ 0mm から導波管下端（水没深さ 30mm）までは空気中における出力値 20ps と値が同程度であった。以降水没深さ 230mm 程度まで出力値は増加し、導波管上端（水没深さ 230mm）以降で出力値は 850pt 程度で一定となった。鉛直方向の影響範囲はアクセスチューブ先端より 30mm～230mm 間であり、導波官が配置されている範囲と一致した。よって鉛直方向の影響範囲は導波管が配置されている 200mm の範囲であることが分った。

図 4.2.6-13　PICO 計測状況
（鉛直方向）

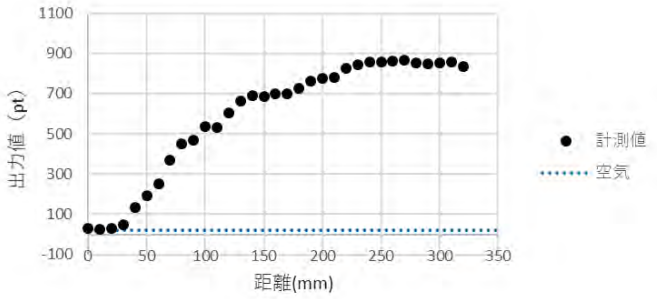



図 4.2.6-14　PICO 計測結果（鉛直方向）

水平方向の計測状況を図 4.2.6-15、計測結果を図 4.2.6-16 に示す。水分計と水面との距離が 0～15mm では出力値は 65pt から 25pt 程度まで急減した。その後、距離 40mm まで出力値は空気中での値 20pt 付近まで緩やかに減少し、40mm 以降では値が安定した。これより PR2 の水平方向の影響範囲は水分計側面から 40mm 程度ということが分った。

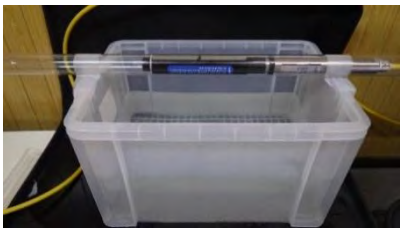


図 4.2.6-15　PICO 計測状況（水平方向）

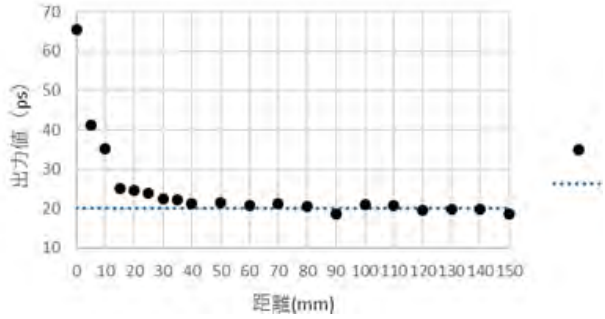



図 4.2.6-16　PICO 計測結果（水平方向）

1)　水分計の影響範囲

今回の計測より、PR2 の影響範囲は鉛直方向が下部センタリングスプリングから上部センタリングスプリングまでの 100mm、水平方向は水分計側面から 40mm 程度、また PICO の影響範囲は鉛直方向が導波管の位置している 200mm の範囲、水平方向が水分計側面から 40mm 程度であった。この結果を水分計の仕様書の影響範囲を比較したものを表 4.2.6-1 に示す。水平方向についてはプローブ側面からの影響範囲である。

表 4.2.6-1　水分計の影響範囲の計測結果

| 使用した誘電率計 | 水平方向 | | 鉛直方向 | |
|---|---|---|---|---|
| | 実験値 | メーカー値 | 実験値 | メーカー値 |
| PR2 | 40mm | 85mm | 100mm | 100mm |
| PICO | 40mm | 50mm | 200mm | 180mm |

PICO は水平方向、鉛直方向ともに実験結果と規格値はほぼ同等な値となったが、PR2 の影響範囲については鉛直方向では一致しているものの、水平方向の規格値は実験値の二倍以上となっている。これより水分計により充填材の密度管理を行う際は、充填材以外の物質の影響を避けるため、安全側を考慮し規格値を参考に坑道壁や模擬 PEM 等外部から 100mm 以上程度離した方が良いと考えられる。水平方向の結果より PR2、PICO ともに同じ影響範囲内でも水分計近傍ほど感度が高い。このため測定の際は水分計近傍に空隙などが生じると測定値に大きな影響が及ぶことを考慮する必要がある。

2)　検量線の取得

様々な密度に充填した充填材の誘電率を測定し、充填材の充填密度と誘電率の関係からなる検量線を取得した。試験実施状況を図 4.2.6-17 に示す。アクリル製容器中央にアクセスチューブを設置し、その周りにベントナイトペレット、ベントナイト原鉱石の順に交互に充填し供試体を製作した。その後、アクセスチューブ内に誘電率計を挿入し、供試体内の複数点で誘電率計出力値を取得した。また PICO による計測においてはアクセスチューブ内からケーブル付 CCD カメラを

使用して供試体内部の状況を観察した（図 4.2.6-18）。

図 4.2.6-17　誘電率による密度測定のための検量線取得の試験の様子

図 4.2.6-18　アクセスチューブ内からみた充填材の様子

(5)　検量線

1)　ADR 方式（振幅領域反射率測定法）

ADR 方式である、PR2 の体積含水率と出力値の検量線を図 4.2.6-19 に示す。PR2 の体積含水率と出力値の関係式は、決定係数 0.87 で$\theta$=0.000321×mV-0.076571 となった。また検量線から推測される体積含水率の予測値の 95%信頼区間は図中の青点線で挟まれた範囲であり平均 5%程度である。これは含水比 8.48%の材料において、乾燥密度が最大±0.08Mg/m$^3$ 変化しうることを示している。

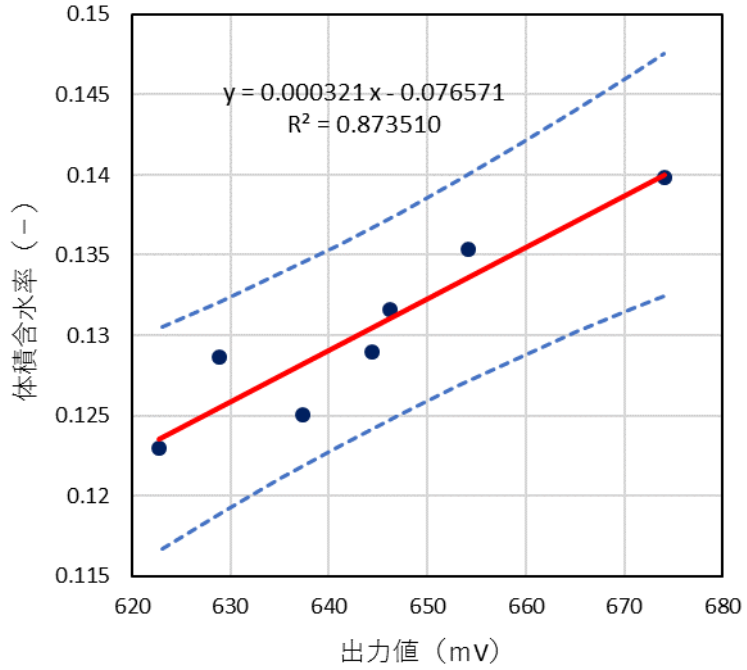



図 4.2.6-19　ADR 方式（PR2）の体積含水率 vs.出力値の検量線

2)　TDR 方式（時間領域反射率測定法）

TDR 方式である PICO の体積含水率と出力値の検量線を図 4.2.6-20 に示す。PICO の乾燥密度と出力値の関係式は決定係数 0.87 で、$\theta$ = 0.000611×tp-0.084095 となった。検量線から推測される体積含水率の予測値の 95%信頼区間は図中の青線で挟まれた範囲であり平均 4%程度である。これは含水比 8.48%の材料において、乾燥密度が最大±0.05Mg/m$^3$ 変化しうることを示している。

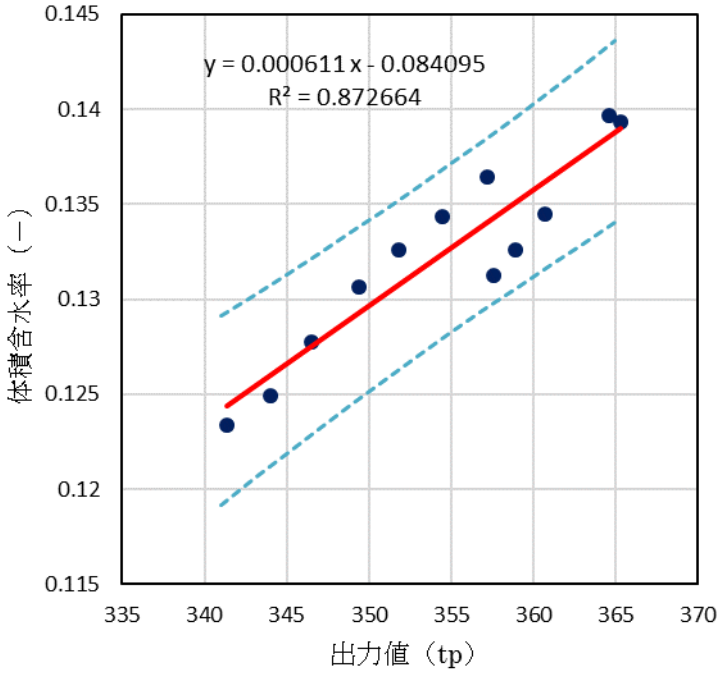



図 4.2.6-20　TDR 方式（PICO）の体積含水率 vs.出力値の検量線

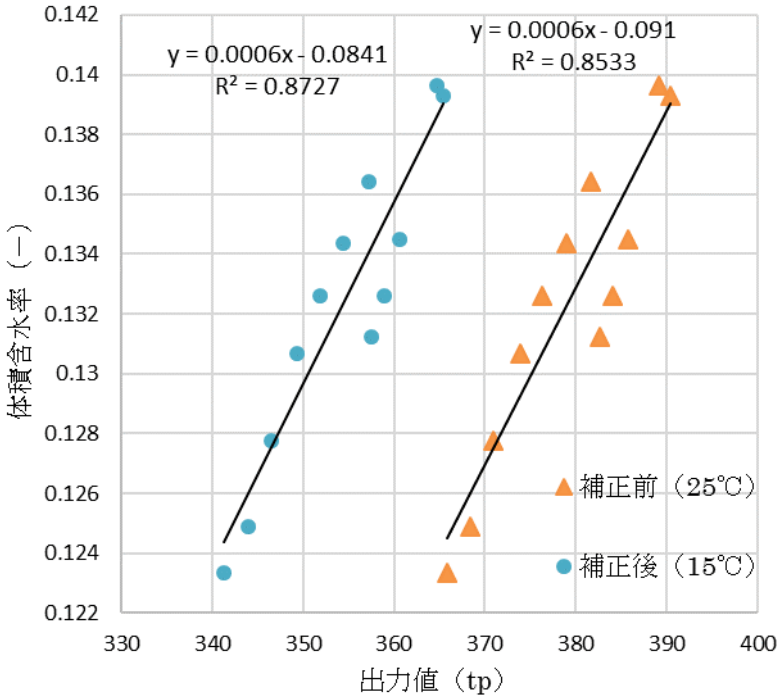



図 4.2.6-21　TDR 方式（PICO）の体積含水率 vs.出力値の検量線の温度補正

また、検量線取得時の PICO センサー内蔵温度計による平均温度は 29℃であり、出力値を基準温度 15℃に補正したものを図 4.2.6-21 に示す。

本試験より、誘電率と密度の検量線の式として以下を得た。

ADR 法（PR2）：$\theta$=0.000321×mV－0.07657　（信頼区間±0.08Mg/m$^3$）

TDR 法（PICO）：$\theta$= 0.000611×tp-0.084095　（信頼区間±0.05Mg/m$^3$）

各試験で作成した供試体内で測定値にばらつきが見られたが、これらは充填材の分布が偏っていたこと、試料と誘電率計センサー間に生じた空隙の影響で出力値が低くなったことが要因として考えられる。

センサーと試料の密着度の影響について、誘電率計と試料の間に隙間が生じていると計測含水率が過小評価されることが知られており、PICO ではアクセスチューブ周りに 1mm の隙間があると、体積含水率 15%の土壌において測定される体積含水率が 1－2%過小評価され、体積含水率が 25%の土壌において測定される体積含水率が 5%過小評価され、体積含水率が 50%の土壌において測定される体積含水率が 10%過小評価される [5]。今回の試料において体積含水率 1%の差は乾燥密度 0.06Mg/m$^3$ に相当する。

供試体内で見られた測定値のばらつきの要因のひとつはアクセスチューブ周囲に生じた空隙の影響によるものだと考えられる。

### 4.2.7　充填材の充填予備試験

開放部の断面形状は図 4.2.7-1 の赤枠の部分であり、PEM の側面側で幅約 700mm、PEM の上側で約 1,300mm である。本節ではこの部位にペレットを充填する要素試験を実施した。

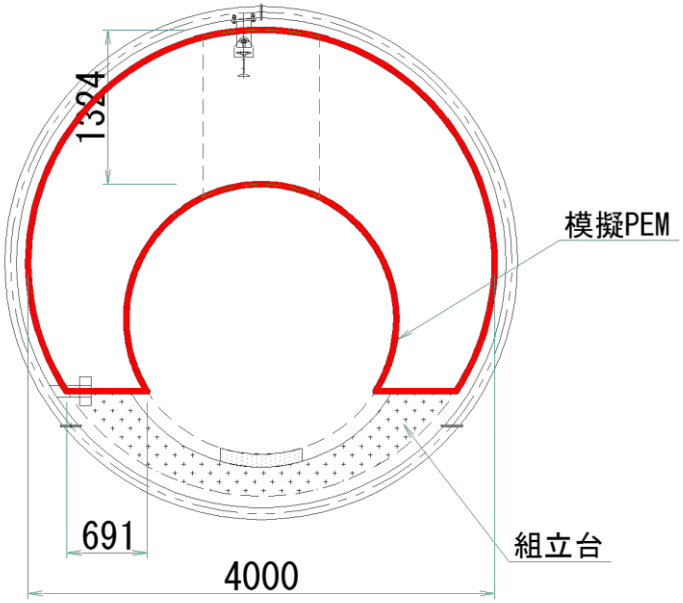



図 4.2.7-1　実証試験における試験断面（開放部）

#### (1)　試験用の土槽

充填装置はスクリューコンベアによる自然落下充填を基本とし、スクリューの押込み力はペレット充填の補助として考えた。重力による自然充填を期待しているため、空間の下側については比較的密に充填されると想定されるものの、空間の上部については、密度が相対的に低くなる、もしくは充填されない空間が残るといった事象が発生することが想定される。本年度は、最も充填が困難となると予想される天端付近（図 4.2.7-1 中の緑点線範囲）を模擬した土槽を用い、天端空間に対してどの程度の充填が可能か確認することを目的に充填予備試験を実施し、天端部分の充填状況、機械的に確認すべき部分を抽出し、実証試験装置の製作に向けて確認した。図 4.2.7-2 に試験土槽の形状、外観を示す。土槽の壁面には、4.2.6 に示した密度測定のための誘電率計の設置、または誘電率計を挿入するための鞘管を設置するため穴が設けてある。図 4.2.7-3 に誘電率計および鞘管の設置状況を示す。土槽奥下に設置した容器は、充填材の密度を測定するためにサンプリングのための容器である。

#### (2)　試験材料

4.2.4 で製作したブリケッティング法のよる高密度ペレットとベントナイト原鉱石を破砕したクニゲル GX（0.85~2mm）を 7：3 の割合で混合したものを使用した。充填前の材料を図 4.2.7-4 に示す。材料自体の含水比は 8.48%であった。

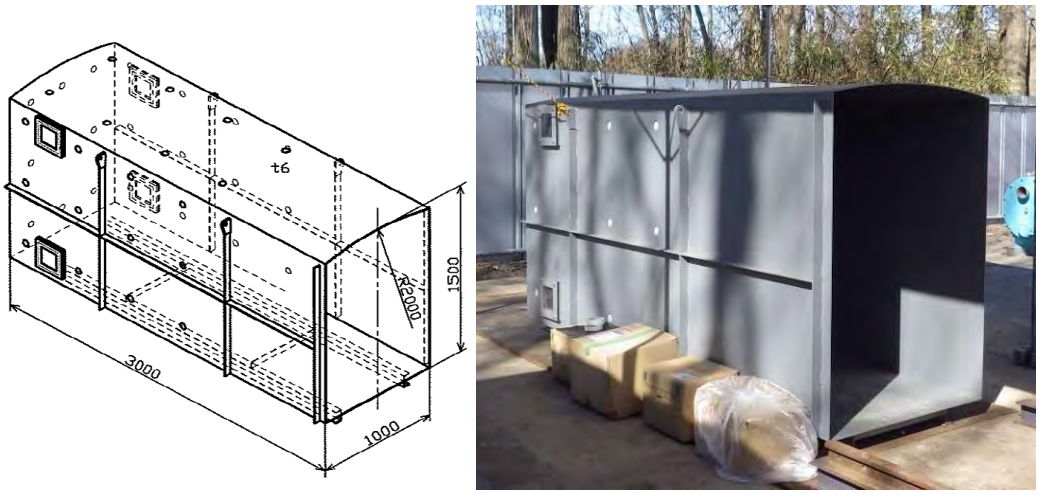



図 4.2.7-2　試験土槽図面、土槽全景および計測器挿入配置位置

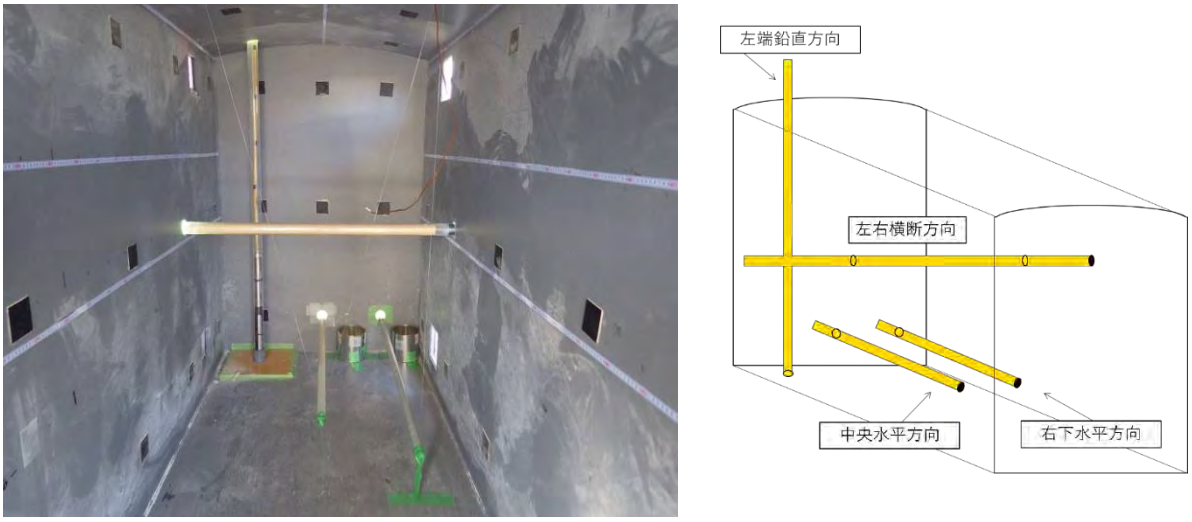



図 4.2.7-3　誘電率計設置状況

図 4.2.7-4　ペレットと粒状ベントナイト混合材料

(3)　試験手順

試験土槽内に移送用のスクリューフィーダを図 4.2.7-5 の位置にように固定し、充填の確認試験を実施した。スクリューフィーダは直径 197mm、スクリュー軸径 60mm、ピッチは 180mm である。24rpm で運転したときの移送量は 7m³/h である。投入重量を計測し、投入後に形成される法面形状を 3D レーザースキャナ（型式：Focus³ᴰX330）で測定し、かさ密度を算出した。

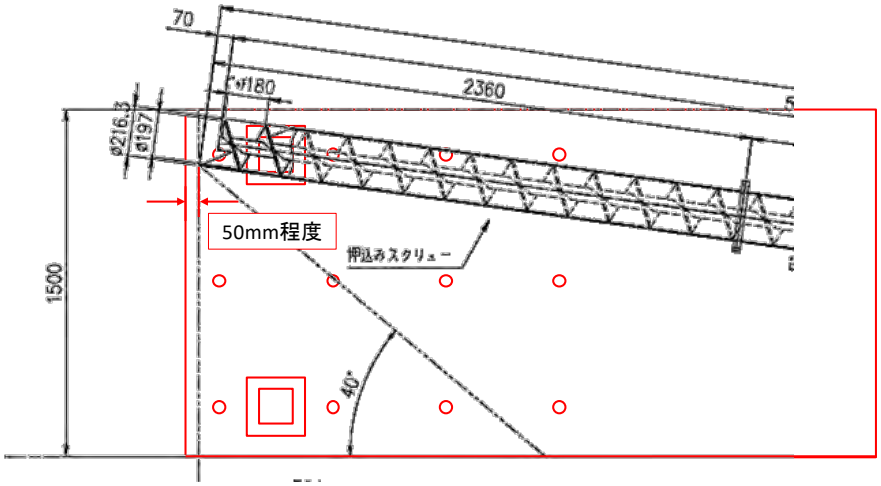


図 4.2.7-5　試験開始時のスクリューの位置

| 項目 | 仕様 |
|---|---|
| モデル | Focus³ᴰX330 |
| 測定範囲（m） | 0.6 – 330 |
| 範囲誤差（mm） | ±2 |
| 垂直視（°） | 300 |
| 水平視野（°） | 360 |

図 4.2.7-6　法面の形状計測に使用した 3D スキャナ

(4)　試験結果

1)　材料の移送

充填試験ではペレットと粒状ベントナイトを 70：30 で混合した材料を投入し、先端スクリューから排出される際のカサ密度を測定した。使用した容器容積は 1825cm$^3$、材料の含水比は 8.49%にて計測を行った。表 4.2.7-1 に示す試験結果、より先端スクリュー先にて計測したカサ密度はいずれも 1.37Mg/m$^3$ 以上を達成していることを確認した。

表 4.2.7-1　カサ密度測定結果

| ペレット(kg) | 粒状ベントナイト(kg) | 合計重量(kg) | 乾燥密度(Mg/m$^3$) | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1.39 | 1.49 | 2.88 | 1.46 | |
| 1.72 | 1.34 | 3.06 | 1.55 | |
| 1.84 | 1.08 | 2.92 | 1.48 | |
| 1.66 | 1.36 | 3.02 | 1.53 | |
| 1.52 | 1.36 | 2.88 | 1.46 | |

図 4.2.7-7　カサ密度サンプルの採取

図 4.2.7-8　カサ密度サンプルの計量

2)　土槽内の充填密度と材料の分離

土槽内の充填された体積について、図 4.2.7-9 に示すように土槽下部から 6 カ所をメジャーで計測してブロックごとの体積を算出して簡易的に求めた場合 1.859m$^3$ であった。一方、3D レーザースキャナで充填後の法面の形状を計測した結果、図 4.2.7-10 に示すような形状となり、充填部の体積は、1.781m$^3$ となった。この時の投入重量は 2.521t、充填材の含水比 8.48%であったことから、充填部全体の平均の乾燥密度は計測方法それぞれで、1.250Mg/m$^3$、1.305Mg/m$^3$ となる。

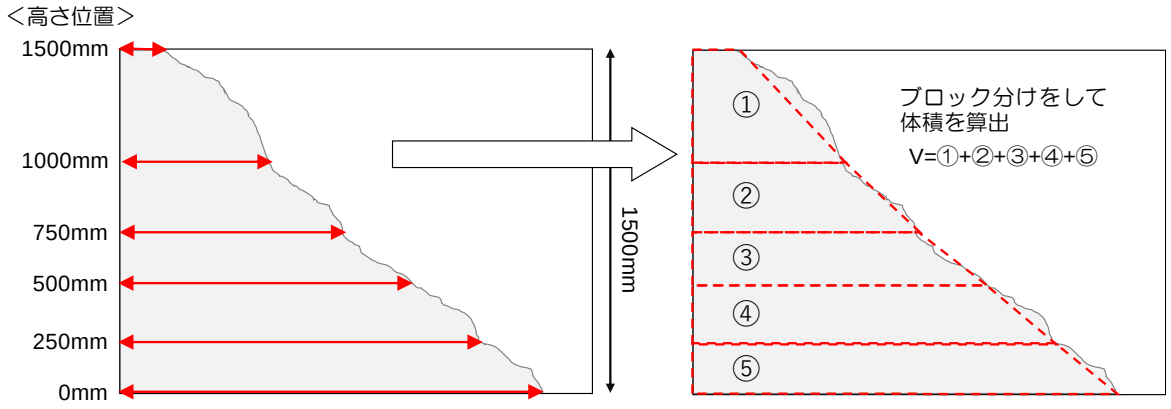



図 4.2.7-9　簡易的な計測による体積の算出方法

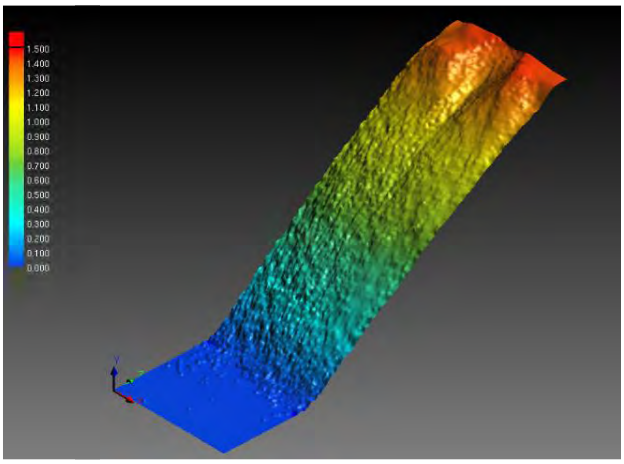


図 4.2.7-10　3D スキャナによる充填後の法面形状の測定結果

充填ではブリケッティング法で製作したペレットとクニゲルＧＸを混合して移送したが、粒径の違いから分離することが懸念される。そのため充填時に各部位ごとにサンプリングを行った。図 4.2.7-11 は充填後の法面の状況と各部位の配合比である。充填後の法面の写真は坑口側から妻部側を向いた場合に相当するが、法面の特徴として右側に細粒であるクニゲルＧＸ、左側にブリケッティングによるペレット分布している。各部位の充填材の配合比を求めると観察結果と対応するように、法面での材料分離が生じた。ブリケッティングとＧＸの分布が分かれている要因として図 4.2.7-12 に示すように細粒分はスクリューの右側から流れ落ちるのに対し、ペレットはスクリューに残留し、先端で押し出されて左側へ積ることが挙げられる。

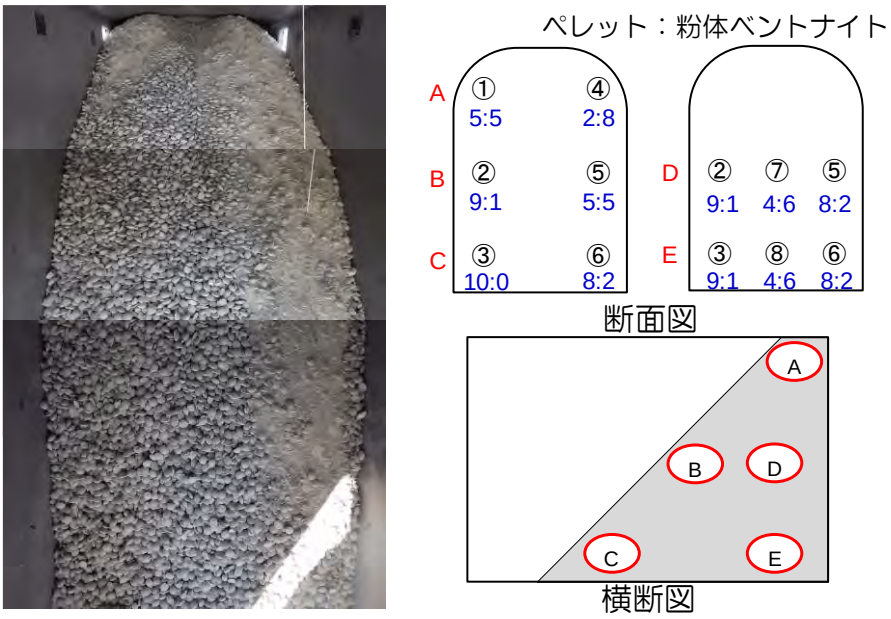



図 4.2.7-11　充填部の位置よる充填材料の混合率の分布

■排出状況の観察

■平面視図

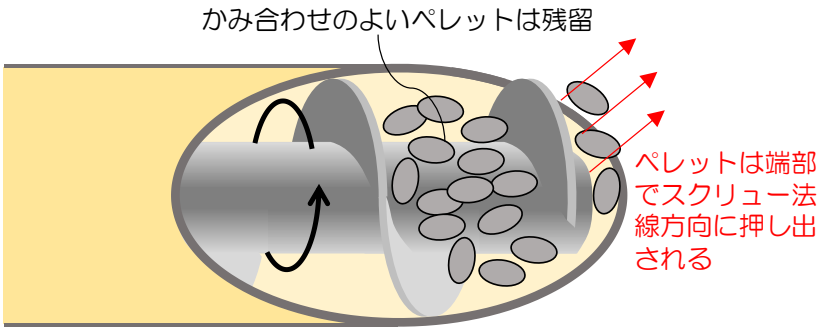



図 4.2.7-12　ペレットと粒状ベントナイトの片寄り発生現象

充填する土槽に対しスクリューフィーダを固定した状態で充填材を移送すると、図 4.2.7-13 の模式図のように、材料が手前側にあふれる現象が生じるため、天端部の充填に不具合が生じることが分かった。

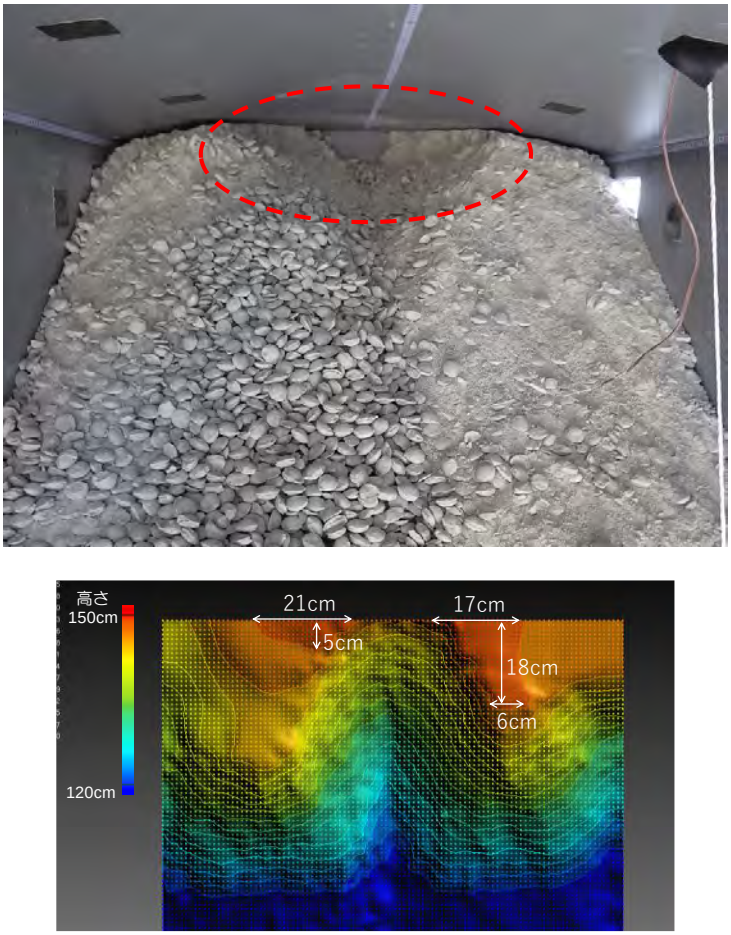



図 4.2.7-13　充填後の天端部の様子と形状計測結果

試験用土槽には図 4.2.7-14 のようにチューブを配した状態で充填を実施した。充填後チューブ内に誘電率計を挿入し、水分量の値から局所的な密度を測定した。表 4.2.7-2 に誘電率計による充填密度の計測手順を示す。

表 4.2.7-2　誘電率計による充填密度の計測手順

| | | 試験手順 | 手順詳細 | 注意事項 |
|---|---|---|---|---|
| 充填前 | ① | 土槽内へのアクセスチューブの設置 | ・PICO のアクセスチューブを 1 本、鉛直方向に配置<br>・PR2 のアクセスチューブを 1 本、水平方向に配置 | |
| | ② | アクセスチューブの追加設置 | ・必要に応じて各誘電率計のアクセスチューブの予備を配置 | ・必要に応じて、左記のアクセスチューブを充填後の計測に用いる |
| | ③ | 誘電率計の配置 | ・誘電率計を挿入する<br>・PICO は任意の深さに配置 | ・誘電率計のセンサー部分が全ケースで同じ方向を向くよう配置する<br>・PICO は、全ケースで同深さに配置する。 |
| 充填中 | ④ | 誘電率計の出力値の取得 | ・充填中は連続して出力値を取得する | ・誘電率計は移動させず、任意の点を測定する |
| | ⑤ | 充填状況の撮影 | ・充填状況をビデオ撮影する | |
| | ⑥ | 充填中のイベントの時間を記録 | ・充填開始、終了、一時停止、再開した時刻を記録<br>・その他状況が変化した際は、時刻と状況を記録 | |
| 充填後 | ⑦ | 充填後の計測 | ・鉛直方向は 20cm 間隔、水平方向は 10cm 間隔で複数の位置で測定 | |

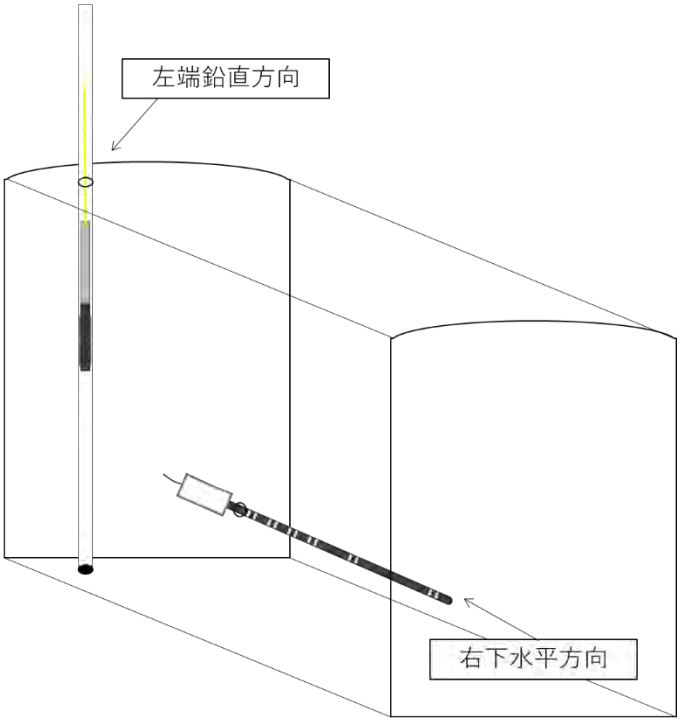


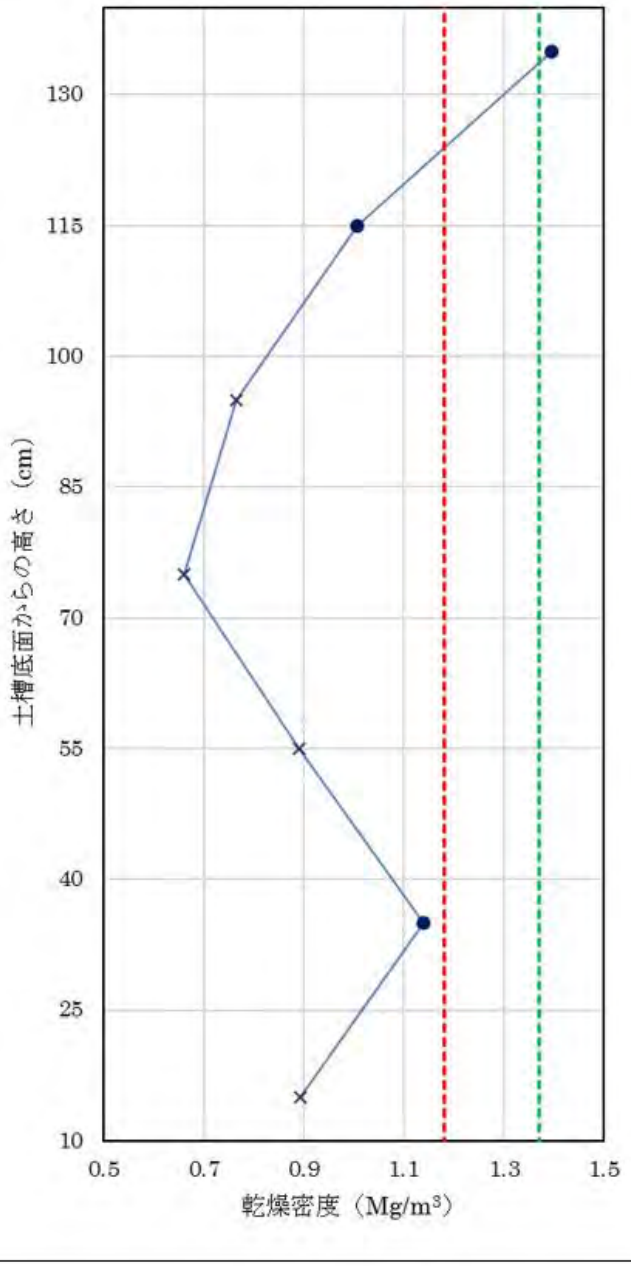

図 4.2.7-14　誘電率計の配置箇所

計測結果を表 4.2.7-3 に示す。

表 4.2.7-3　誘電率計を用いた密度測定結果との比較

| 測定箇所 | 測定原理 | 使用機材 | 誘電率計から求めた密度 | 3D 計測から求めたかさ密度 | 誤差 |
|---|---|---|---|---|---|
| 左端鉛直方向 | TDR 法 | PICO | 1.18 | 1.305 | -9.5 |
| 右下水平方向 | ADR 法 | PR2 | 1.16 | 1.305 | -8.0 |

表 4.2.7-4　アクセスチューブ周りの充填状況（左端・鉛直）

| 土槽底面からの高さ（cm） | アクセスチューブ周囲の充填状況 | 誘電率計結果 |
|---|---|---|
| 135 | |  |
| 115 | | |
| 95 | | |
| 75 | | |
| 55 | | |
| 35 | | |
| 15 | | |

3)　充填密度について

最終的な開放部充填試験では目標とする乾燥密度 1.37Mg/m³ を達成することができなかったものの、条件設定用試験においては乾燥密度 1.37Mg/m³ を上回る試験ケースも存在した。また表 4.2.7-1 に示したように、土槽背面のサンプリングによるカサ密度の測定結果ではすべて 1.44Mg/m³ 以上であり、回収時にも土槽背面は密実であったことから、充填した土槽の深部は目標乾燥密度以上であることが想定される本試験では充填量が土層体積に対して少量であったため、深部の高密度域が全体に対して小さく、表面の低密度域との平均によって目標乾燥密度が低下したと考えられる。

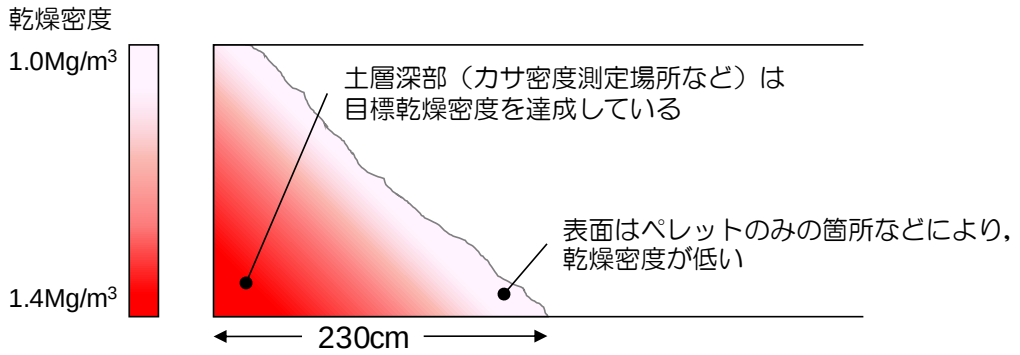



図 4.2.7-15　ペレット・粉体ベントナイトの充填模式図

4.2.8　実証試験装置の配置計画および施工方法

(1)　スクリューの配置計画

開放部充填試験の結果より、本試験に使用した材料をスクリューで充填すると、安息角は約38°を得られた。この結果を用いて、H30年度の実証試験に向けたスクリューの配置計画を行う。

図 4.2.8-1 にスクリュー配置の考え方を示す。まずスクリューは坑道天端部に 1 本設置することから、天端部スクリューによる充填では材料の安息角により両端にボイドが発生する（図 4.2.8-1 (a)参照）。そのため、ボイドの発生が予想される箇所を充填するためのスクリューを設置する（図 4.2.8-1 (b)参照）。本試験で実施した充填時の材料落下高さ 1.5m 以下となるように、(b)で設置したスクリューの下にそれぞれ両側各 1 本ずつ設置する（図 4.2.8-1 (c)参照）。(c)の箇所に示したスクリューは、水平方向を壁面と PEM の中央の位置とし、組立台からの高さも 1.5m 以下となる位置とする。合計 5 本のスクリューを、図 4.2.8-2 に示すように坑道内に設置する。

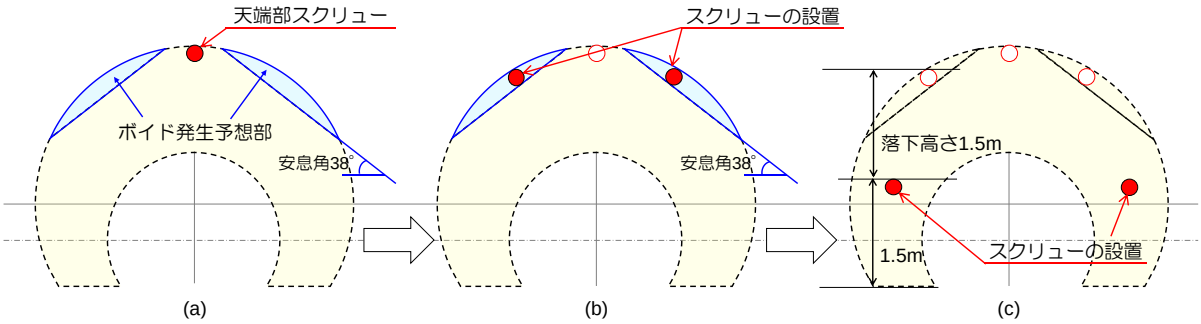



図 4.2.8-1　スクリュー配置位置の考え方

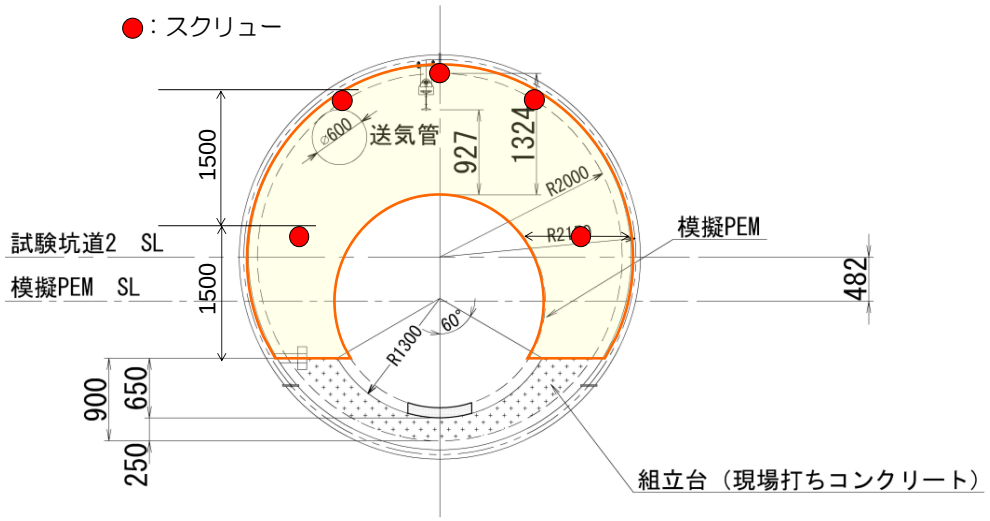



図 4.2.8-2　スクリュー配置図案

(2)　充填手順の案

図 4.2.8-3 にスクリューによる充填手順（案）を示す、図 4.2.8-2 で示したスクリューの配置で充填を行う場合、図 4.2.8-3 (2)の赤丸で示す下部スクリューからの充填を行う。下部スクリュー先端が投入した材料で被るまで充填した後、(3)の赤丸で示す中段のスクリューによる充填を開

始する。このスクリューによる充填では、坑道中央部に向かって安息角 38° で充填されるため、開放部上部は(4)の赤丸で示す天端部スクリューにより充填を行う。天端部までの充填が確認できたら、装置を徐々に後退させながら充填作業を継続することにより、効果的に開放部の充填を行うことが可能である。

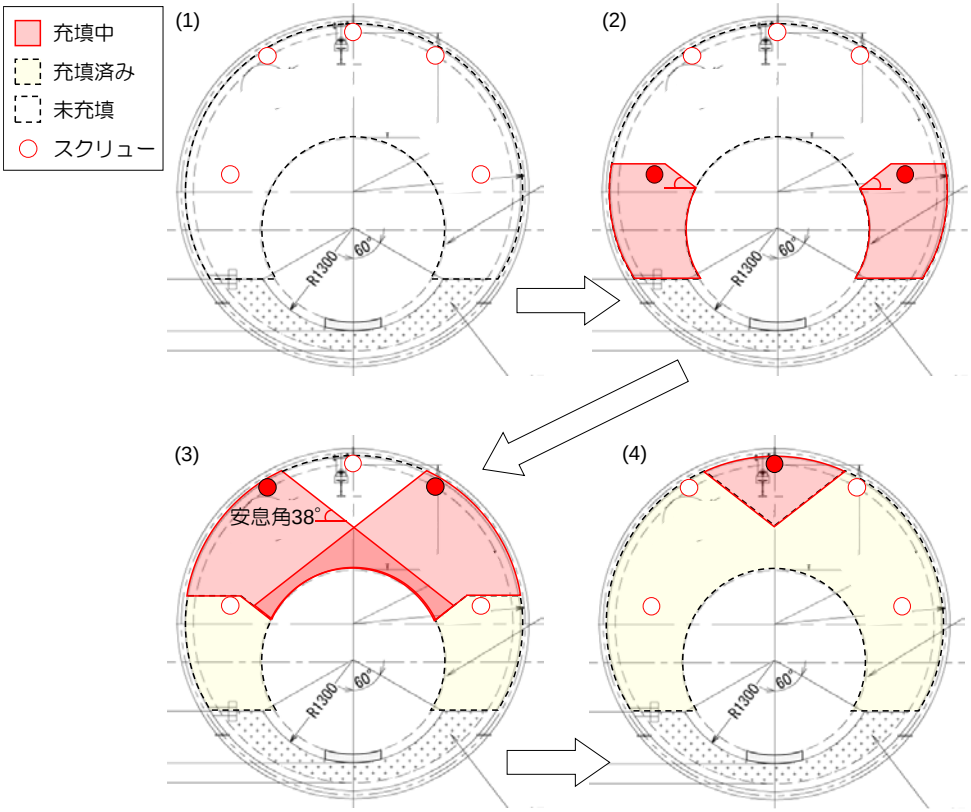



図 4.2.8-3　スクリューによる充填手順（案）

また 3)で記述した充填時表面の低密度域を低減させるための対策として、① 充填量によってスクリューとともに後退する押し板等の設置、② PEM 周辺の充填において坑道入り口側の PEM 先端が充填されたのち、低密度域を超えるまで充填を行う等の施工方法の規定が必要になると考えられる。

## 4.3　　隙間充填材の除去技術の検討

廃棄体の回収は、回収可能性が維持される状態によって作業工程が異なる。『第３分冊　回収可能性維持に関わる検討』では、処分孔竪置き定置方式、処分坑道横置き定置方式（PEM 方式）に対して、操業工程の進捗に応じた維持の状態を示している。いずれの定置概念においても、維持形態のオプション２以降では緩衝材、もしくは隙間充填材が施工されている。廃棄体を回収できる状態にするためには、廃棄体を拘束するものを除去するとともに、回収作業を行う装置や設備が進入、動作出来る環境を実現することが求められる。

本事業では PEM の鋼殻の健全性は保たれており、オーバーパックと緩衝材が鋼殻に包まれた PEM の状態で回収することを前提条件としている。この場合、PEM を拘束しているものは PEM－坑道間の充填材であり、これらを除去し PEM が自由になれば、何らかの方法で PEM を回収（運搬）することが出来るようになる。さらに、本事業では第３章で示した定置設備を用いて、定置作業の逆動線での PEM の回収を計画している。

本節では 4.2 節で示した充填技術で施工された隙間充填材に対し、除去技術の検討結果を述べる。

### 4.3.1　　隙間充填材除去技術の要件と除去技術の選定

充填材の除去技術の選定は、本事業で考慮する要件と、既往検討を基に実施した。

(1)　本事業で考慮する要件

本事業でスコープとする定置装置による逆動線での PEM の回収工程に対し、充填材の除去技術には以下の要件が求められる。

- PEM を拘束する力を除去すること。

  PEM-坑道間に施工された隙間充填材を破砕、切削、スラリー化等の方法で解した後、施工された空間から取り除くことで、坑道内で PEM が運搬可能な状態を実現する。

- 回収装置（定置装置）が可動出来る環境を実現すること。

  運搬可能な状態となった PEM を定置された位置から坑口側へ運搬するために使用する、装置が進入する空間の確保、および動作環境を整える。本事業ではエアベアリング方式の回収装置が進入出来る空間を確保するとともに、PEM を把持してエアベアリングの機能によって摩擦抵抗が低減する程度に、坑道面上の充填材を取り除くことに対応する。

また、上記に付随する以下の要件も考慮する必要がある。

- 除去作業で発生した副産物の処理

  除去作業では、隙間充填材を解す際に発生するもの（以下、副産物という。）を坑道内から運び出す必要がある。副産物として、解された隙間充填材、流体を用いた除去では廃液などが挙げられるが、それらの取り扱いについても考慮する必要がある。

- 地下での作業性、労働安全

  隙間充填材の除去作業は地下の坑道内で実施することになる。限られた空間での資機材の取り回し、粉塵や騒音などの労働安全、さらに副産物の搬出も含む物流などについても考慮する必要がある。

- 極端に長い作業時間とならないこと。

  除去工程は、廃棄体に影響に与える影響を最小限に留め、次の回収工程が安全に行えるようにすることが最も重要である。しかしながら除去作業に極端に時間を要する場合、作業安全や回収作業の全体工程に影響が及ぶ。『第３分冊』では定置作業と同程度の時間で回収作業を実施することを回収維持に係る検討の前提としていることから、定置と同程度の１日５体程度のペースで回収作業が行えることが望ましい。ただし、このペースは処分場全体で達成するべきものである。

(2)　本事業での検討から除外する項目

実際の地層処分事業における回収作業での充填材除去では、廃棄体からの発熱や放射線、処分場のレイアウトなども検討に含む必要がある。しかしながら、本事業では可逆性・回収可能性を担保する工学技術の地下での実証的整備を第一の目標とし、以下の項目は検討から除外した。

- PEM 鋼殻の健全性の確認

  処分孔竪置き定置方式、処分坑道横置き定置方式に因らず、PEM 方式の回収作業では、廃棄体を PEM ごと回収する場合と、鋼殻を開封し内部のオーバーパックを回収する場合が考えられる。前者は PEM 鋼殻が健全であることが前提となる。本事業では PEM 鋼殻の健全性が保たれていることを前提条件とし、PEM の搬出前に把持の可／不可に係る鋼殻の健全性の確認、評価の検討は行わない。

- 作業環境を考慮した装置の仕様や、遠隔操作

  実際の地層処分事業における回収作業は、廃棄体からの発熱や放射線環境下での実施となり、装置の耐放化や遠隔操作などが必要となるが、本事業での検討から除外する。

- 処分場の設計との関係

  作業を行う装置や設備と処分場のレイアウトなどは、操業の工程や安全管理の観点から密に関連している。例えば、動力源の配置（装置に搭載、ステーションからの供給、など)、装置自体、廃棄体、除去副産物などを含む物流マネジメント、装置の保守・点検方法などが挙げられる。現段階で地層処分場の具体的な設計は示されていないため、本事業での検討から除外する。ただし、地下実証試験サイトである幌延 URL の制約を例として検討する。

(3)　隙間充填材の除去の工程

本事業で実証する除去技術の選定に際し、隙間充填材の除去工程を具体化し、必要となる技術について検討した。

PEM-坑道間の隙間充填材を除去する工程は、①隙間充填材のほぐし工程、②副産物の撤去工程、③副産物の積込み工程、④副産物の搬出工程の４つに大きく分類できる。また除去対象となる隙間充填材の性状とほぐし方、ほぐした後の副産物の性状により、それぞれの工程で必要となる技術は異なる。充填材の除去技術の選定にあたっては、これらの工程の流れを考慮することが重要である。以下に、４つの主な工程の詳細を示す。

①隙間充填材のほぐし工程

充填材は施工技術または充填後の地下水の浸潤によっては充填部で結着した状態となる。

この充填材をほぐし、充填部から撤去出来る状態にする工程である。技術としては、斫り、切削、破砕等の機械的な方法、ウォータージェットによる切削や塩水によるスラリー化等の流体を使用する方法が考えられる。隙間充填材が粉体やペレット等で地下水の浸潤による膨潤が生じていない状態であれば、隙間充填材は既に粉粒体の状態のためほぐしの工程は不要となる。ほぐした後の充填材を本節では副産物と呼称する。ほぐし行程については、充填材の性状と用いる技術ごとの必要特性を把握するための試験データの収集が必要である。

②副産物の撤去工程

PEM の周囲に残存する副産物を撤去し、PEM 周囲に空間を設けるための工程である。撤去工程で用いられる技術は、副産物の性状と PEM 周囲の空間の広さが技術選定の重要な要素となる。副産物が比較的径の大きな場合にはローダー、バケット、ブラシなど機械的な収集・撤去方法が考えられるが、粉粒体またはスラリー状の場合には吸引による撤去も有効である。一方、撤去に使用する資機材が PEM 周囲の空間に挿入可能なことが求められる。吸引による撤去を例にとれば、空間広さと吸引ノズルの大きさ、副産物の性状（粉粒体の大きさ、スラリー状、など）の違いと、撤去すべき副産物の量により、整備する装置の能力が異なるため、それらに関する試験データの収集が必要である。

③副産物の積込み工程

副産物の積込みは、副産物を安全に効率よく坑外へ搬出する状態を実現するための工程である。副産物を直接取扱う工程となるため、撤去工程と同様の技術が用いられると考えられる。破砕、切断等により副産物が大割の場合、専用台車への積込みや、フレコンパックへの封入等、搬出が容易な状態とするものである。粉粒体を吸引で撤去した場合は、粉末分離機（サイクロン）等で固体と空気を分離した後、同様の処置が必要となる。一方、ほぐし工程に流体を用いた場合やスラリー状としたものを吸引した場合、固液分離槽での固形物の分離や、排水の処理が必要となる。本事業では対象としないが、PEM や廃棄体が破損し汚染が懸念される場合、副産物をドラム缶やタンク等の密閉性を持たせた容器に封入する作業が必要となる。

④副産物の搬出工程

副産物の積込み後に坑外へ搬出することで、坑道内から充填材が除去される。専用台車への積込まれた状態、または封入された状態の副産物を、PEM の回収工程に支障が出ない場所まで搬出する工程である。搬出工程での必要設備は、廃棄物の搬送・定置工程との関係等を考慮して設定する必要がある。また、廃棄物がドラム缶やタンク等へ封入されていれば、それらを地下から地上への搬送については現状の技術で対応可能と考えられる。

(4)　隙間充填材の除去技術

1)　ほぐし技術の評価基準

ほぐし技術充填材の除去工程でコアとなる技術である。隙間充填材を含む結着した粘土材料をほぐす技術の検討例として、SKB の緩衝材除去技術の検討がある[14]。機械的除去技術、水理的除去技術、熱的除去技術、電気的除去技術の４分野に技術を大別している。また、以下の７項目を各技術の評価対象とし、各判定基準に対してスコアを付けて技術が選定されている。

A：処分孔から完全にベントナイトを取り除くことが出来るか？

判定基準：完全に取り除けること。

B：装置や作業は複雑か、または煩雑か？

判定基準：簡素で容易であること。

C：必要な電力や動力は多大なものか？

判定基準：微少であること。

D：副産物や汚染物は発生するか？

判定基準：発生しないこと。

E：副産物や汚染物の追加処理は必要か？それは複雑か？

判定基準：追加処理が不要、または容易であること。

F：廃棄体への潜在的な影響はあるか？

判定基準：影響がないこと。

G：廃棄体の位置に大きく影響される技術か？

事前に廃棄体の位置を正確に把握することが必要か？

判定基準：位置に影響を受けず、廃棄体の位置の把握が不要であること。

これらの基準の下、将来性が高い技術、低い技術、推奨しない技術と評価した。

表 4.3.1-1　除去技術の比較評価[14]

| 技術 | | | スコア | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 技術の大分類 | 個別技術 | | A | B | C | D | E | F | G |
| 機械的除去 | 全断面掘削 | | − | − | − | − | + | − | + |
| | 粉砕除去 | | + | − | − | − | ± | − | + |
| | コアボーリング | | + | − | − | − | − | − | + |
| 水理的除去 | 高圧水 | Pressure 10−100 bar | + | ± | ± | − | − | + | + |
| | | Pressure ≥ 100 bar | + | − | + | − | − | ± | + |
| | 低圧水 | < 10 bar | + | + | − | − | ± | + | + |
| 熱的除去 | 加熱冷却なし | | − | − | + | + | + | ± | − |
| | 加熱 | Buffer 50° C | − | − | − | + | + | − | + |
| | 冷却 | Buffer 50° C | − | − | − | + | + | ± | − |
| | | Buffer Canister gable 50° C | − | + | − | + | + | ± | − |
| 電気的除去 | 直流電流 | | − | ? | ? | − | − | + | − |
| | マイクロ波 | | + | − | − | − | − | + | − |

その結果、SKB は 10bar 以下の低水圧での除去を有効な方法と選定した。そして塩水を低い圧力で噴射し、緩衝材をスラリー化して除去することで廃棄体に加わる拘束力を解放し、廃棄体が回収可能となることを実証試験で示している。

2)　副産物の性状と拘束力の開放

ほぐし技術によって、拘束力が解放される状態と発生する副産物の性状が異なる。SKB の報告書では各技術で緩衝材を除去した場合の副産物の性状について以下のように示している。

○機械式除去

| | |
|---|---|
| ・全断面ボーリング法 | 乾いた緩衝材（小片、破片、塊） |
| ・切削法 | より細かい緩衝材（小片、破片、塊） |
| ・コアドリル法 | 湿った緩衝材（小片、破片、塊） |

○水理的除去

| | |
|---|---|
| ・<10bar (<1MPa) | 固形物の含有量が多いスラリー |
| ・10-100bar (1-10MPa) | 固形物の含有量が少ない泥 |
| ・>100bar (>10MPa) | 固形物の含有量が少ない泥<br>ゲルに覆われた大小塊と切断に使った液体 |

○熱的除去

※加熱／冷却により、廃棄体周囲に隙間を作るため副産物は発生しない。

○電気的除去

通電や加熱による緩衝材の拘束圧の低下や収縮を期待。副産物は生じないがガスが発生する。

| | |
|---|---|
| ・直流法 | ガス（水蒸気を含む水素、酸素ガス） |
| ・マイクロ波法 | 水蒸気 |

熱的除去や電気的除去は、廃棄体周囲の材料の収縮等の効果により隙間を作る原理のため、拘束力の開放という目的そのものや、副産物が少ない若しくは発生しないという観点では有効な技術である。しかしながら廃棄体を加熱／冷却する、可燃性の水素ガスが発生するなどの安全性について課題がある。処分孔竪置き定置方式では拘束力を解いた後の廃棄体を上方に引き上げる動作で廃棄体の回収が可能である。一方、横置き定置方式のでは拘束力解放後、廃棄体を回収する設備が進入する空間が必要となる。以上より、熱的除去方法と電気的除去方法は、本事業で対象とする横置き PEM 方式に対するほぐし技術として適さないと判断した。

(5)　除去技術の選定

水理的除去は、使用する液体の種類や除去対象への噴射圧により、原理や副産物の性状が異なる。平成２３年度から平成２６年度までに実施された「地層処分回収技術高度化開発」では、処分孔竪置き定置方式の実規模スケールの模擬人工バリアを用いた緩衝材除去の実証試験が実施された[15]。この試験ではオーバーパックを拘束する緩衝材に対して塩水を 0.6MPa で噴射し、スラリー化した緩衝材を吸引してオーバーパックが引上げ可能な状態を実現した。処分孔竪置き定置方式の為オーバーパック周囲の緩衝材を効率よく除去する方法や、塩水による緩衝材の崩壊効

果の利用、さらに地下での運用を想定し少ない塩水で緩衝材の除去を可能とする塩水リユース設備等の適用性が実証的に検証された。

図 4.3.1-1　処分坑道竪置き定置方式に対する緩衝材除去技術の実証試験[15]

処分坑道横置き定置方式 PEM 方式においては、拘束力の解放と共に回収設備が進入できる環境とするため、竪置き方式に比べて除去する充填材の量が多くなる。また NUMO ではこれまで基盤研究で検討を進めてきた円形坑道から坑道断面を拡張した概念も検討されており[16]、充填材の量も多くなる。また坑道断面を拡張した概念での PEM の回収手順を図 4.3.1-2 のように示しており、充填材のほぐし技術の例として、PEM を損傷する懸念がない坑道周辺を自由断面掘削機等の機械的な方法での除去にて、PEM 近傍は流体による除去を挙げている[17]。本事業では NUMO が提案する PEM の回収手順と回収する設備は異なるが、処分坑道横置き定置方式 PEM 方式における充填材の除去工程は概ね一致する。

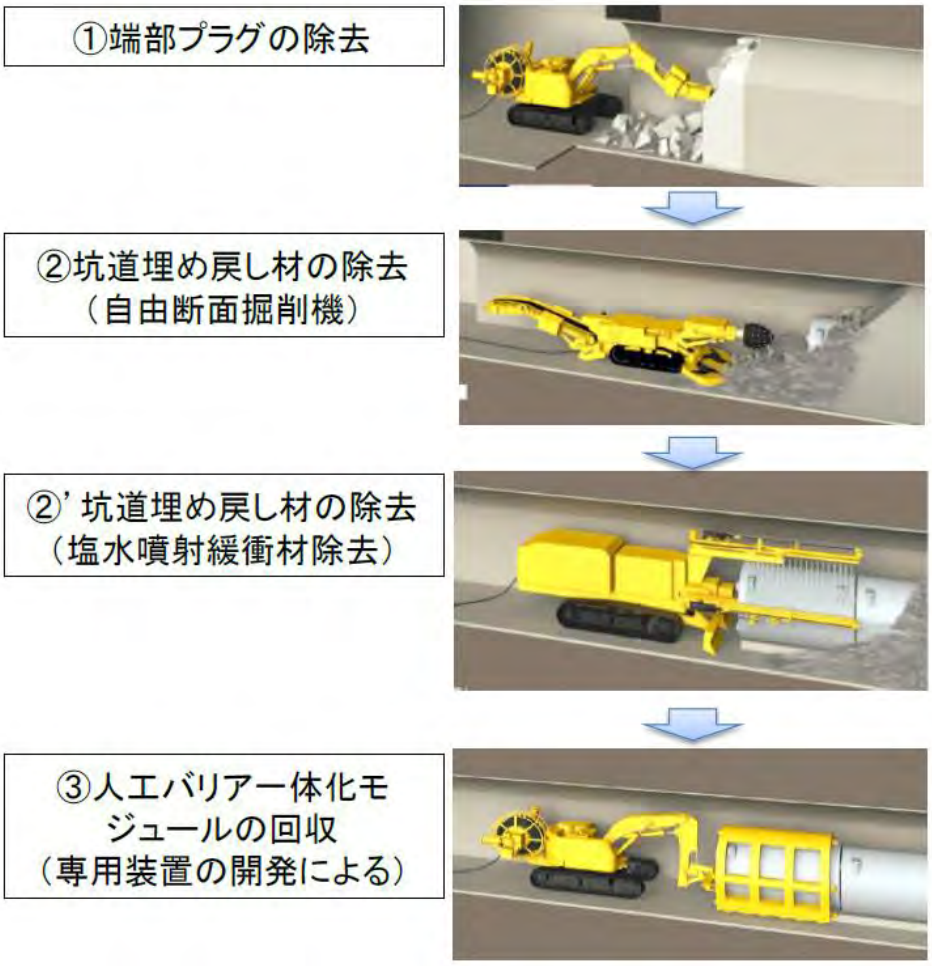



図 4.3.1-2　回収手順と適用する回収技術の例（横置き・PEM 方式の場合）[17]

図 4.3.1-2 に示された回収手順では、充填材の除去を構成する４つの主要な工程のうち、ほぐし工程が示されているが、充填材除去の実証試験を実施する上では、その後に続く副産物の撤去工程、積込み工程、搬出工程も含めて具体化する必要がある。図中②の機械的除去では副産物の性状は概ね大小の充填材の塊となり、バケット等での掻き出しや積込みが可能である。一方②’の PEM 近傍の充填材除去では、前述のとおり、用いる液体や噴射圧によって副産物の性状が異なるため、撤去工程から搬出工程までも考慮した上で選定する必要がある。塩水を用いた低圧噴射の場合は、H26 年度までに実施した回収技術高度化開発の成果がそのまま適用可能である。一方、塩水ではなく真水を用いた場合、緩衝材の崩壊効果やスラリー化、固液分離の効果は期待出来ず、高い噴射圧で物理的に充填材を削る方式となる。そのため、充填材の切削性、副産物の撤去、切削水の処理、積込み・搬出方法などを検討する必要が生じるが、塩水スラリー方式とは異なる除去技術の整備による技術オプションの提示や、それによる塩水が利用出来ない系での回収技術の確保といった重要な意味を持つ。

本事業では、機械的除去と水理的除去を併用した充填材の除去技術を実証の対象とする。除去工程の 4 つの主工程と充填材の性状の関係を表 4.3.1-2 に示す。この表より課題を抽出し、地下での実証のための要素試験や、必要な設備、除去工程の検討を実施した。

表 4.3.1-2　除去工程と各工程での副産物の性状の関係の例

| 隙間充填 | | ほぐす | | | 撤去 | 積込み | | 搬出 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 施工方法 | 充填施工直後の性状 | 搬送可能な大きさ | | ほぐし後の性状 | 撤去方法 | 積込み | 積込み時の性状 | |
| 締め固めた緩衝材 | 固体 | 機械的 | 斫り、切削、破砕等 | 固体＋粉粒体 | 機械的回収 | ローダー、バケット、ブラシ等 | 固体＋粉粒体 | ドラム缶、タンク等（今後検討要） |
| | | 水理的 | ウォータージェット | 固体＋破砕体＋スラリー | 機械的回収＋吸引 | ローダー、バケット、ブラシ等 ＋吸引器 | 固体＋粉粒体＋スラリー | |
| 吹きつけ | | | 塩水除去 | スラリー | スラリー吸引 | 固液分離→固体 | 固体／スラリー | |
| 粉体 | 粉粒体 | 機械的 | － | 粉粒体 | 粉体吸引 | 集塵機等 | 粉粒体 | |
| | | 水理的 | ウォータージェット | 固体＋粉粒体+スラリー | 機械的回収＋吸引 | ローダー、バケット、ブラシ等 ＋吸引器 | 固体＋粉粒体＋スラリー | |
| | | | 塩水除去 | スラリー | スラリー吸引 | 固液分離 | 固体 | |
| ペレット | 粉粒体 | 機械的 | － | 粉粒体 | ペレット吸引 | 集塵機等 | 粉粒体 | |
| | | 水理的 | ウォータージェット | 固体＋粉粒体+スラリー | 機械的回収＋吸引 | ローダー、バケット、ブラシ等 ＋吸引器 | 固体＋粉粒体＋スラリー | |
| | | | 塩水除去 | スラリー | スラリー吸引 | 固液分離 | 固体 | |
| ベントナイトスラリー | スラリー | 機械的 | 斫り、切削、破砕等 | 固体(スラリー、ゲル状) | 機械的回収＋吸引 | ローダー、バケット、ブラシ等 ＋吸引器 | 固体 | |
| | | 水理的 | ウォータージェット | スラリー | 機械的回収＋吸引 | ローダー、バケット、ブラシ等 ＋吸引器 | 固体＋粉粒体＋スラリー | |
| | | | 塩水除去 | スラリー | スラリー吸引 | 固液分離 | 固体 | |

※塩水を用いた除去では、過年度に検討・実施された塩水リユース設備による固液分離を行うことを考慮した。

4.3.2　充填材除去設備の概念検討

選定結果を踏まえた上で、幌延 URL を考慮した条件下での充填材除去装置の概念設計を実施した。幌延 URL での実証試験の実施に際し、以下の項目に留意した。

・充填材除去装置 主要仕様（装置主要部の構成）
・稼働に必要な主要ユーティリティ（インフラ、スペース）
・狭隘部と開放部、双方の充填材除去が可能な装置構成、施工方法
・地下実証試験時、除去完了の状態の確認方法

幌延 URL を考慮した条件下での充填材除去装置の設計に先立ち、一般的な土木工事等で用いられている技術や既往の報告例を参考に、装置の概念を検討した。また、幅広い隙間条件への対応を前提とした実際の処分場での隙間除去装置の概念を検討し、その実際の処分場での除去装置概念を検討した。

- 実機例：実際の地層処分事業で使用される装置。地下の充填材除去から、地上施設への副産物の搬出までの一連の動線、品質管理方法も含む。
- 処分技術実証装置例：地層処分場の候補地の地下調査施設での技術的信頼性を実証するための装置。実証する必要があると考えられる装置、機構を抜き出したもの。
- 原位置実証装置例：幌延 URL を考慮した条件下での隙間充填材除去試験に用いる装置。

(1)　実証対象技術の具体化

1)　ほぐし工程の技術

前項では PEM-坑道間の隙間充填材をほぐす技術について、除去する部位に応じた機械的除去と水理的除去の２つの方式を挙げた。機械的除去方法としては、一般の土木分野にて、トンネル掘削などで多くの技術が実用化されている。これらの技術について、一般社団法人日本トンネル技術協会の掘削機械分類[18]をもとにまとめたものを表 4.3.2-1 に示す。これら既往の機械的除去方法から坑道壁面側の充填材の除去技術として、充填材の性状、地下坑道内で確保される動作空間、回収作業時に求められる除去具合などを考慮して選定する。水理的除去は液体を対象物に噴射する方法であり基本的な装置構成は、流体の貯液槽、圧送設備、噴射ノズル、それらを接続するホース、噴射ノズルの支持物などである。ただし、噴射する流体の圧力、用いる流体の性状（塩水／真水）、除去対象への噴射方法などで、ほぐしの原理や副産物の性状が異なる。これに対しては塩水による効果以外の知見に乏しいため、4.3.3 にて詳細を述べる要素試験の結果を踏まえて設定することとした。

幌延 URL に整備した実証試験設備の坑道断面を対象としたほぐし技術の組み合わせを表 4.3.2-2～表 4.3.2-4 に示す。

表 4.3.2-1　トンネル掘削技術の例[18]

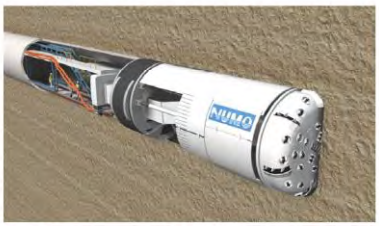
<table>
<tr><th>区分</th><th>機械</th><th>機械例</th></tr>
<tr><td rowspan="5">掘削機械</td><td>削孔機械</td><td rowspan="5"> （ドリルジャンボ例；T1AM ホイール式ドリルジャンボ、古河ロックドリル(株)HP）</td></tr>
<tr><td>空圧削岩機</td></tr>
<tr><td>油圧削岩機</td></tr>
<tr><td>ドリルジャンボ</td></tr>
<tr><td>クローラドリル</td></tr>
<tr><td rowspan="4">自由断面掘削機</td><td>自由断面トンネル掘削機</td><td rowspan="4"> （自由断面トンネル掘削機例；MRH-S65型、(株)三井三池製作所 HP）</td></tr>
<tr><td>油圧切削機</td></tr>
<tr><td>トレンジャ</td></tr>
<tr><td>その他</td></tr>
<tr><td colspan="2">トンネルボーリングマシン</td><td>  TBM[19]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ブレーカ</td><td>空圧ブレーカ</td><td rowspan="2"> （油圧ブレーカ例；ブレーカ部アタッチメント、(株)小松製作所 HP）</td></tr>
<tr><td>油圧ブレーカ</td></tr>
<tr><td colspan="2">割岩</td><td> （油圧圧搾機の例；油圧圧搾機アタッチメント、古河ロックドリル(株)HP）</td></tr>
<tr><td colspan="2">その他　アースオーガー方式（通常、トンネル掘削には用いない）</td><td> アースオーガーの例；スクリュー部、基礎建販株式会社 HP）</td></tr>
</table>

表 4.3.2-2　断面位置に対する適応技術例(1/3)

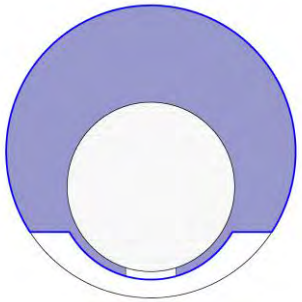
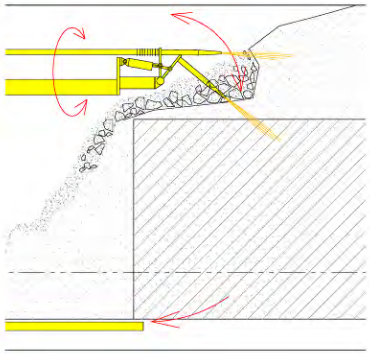
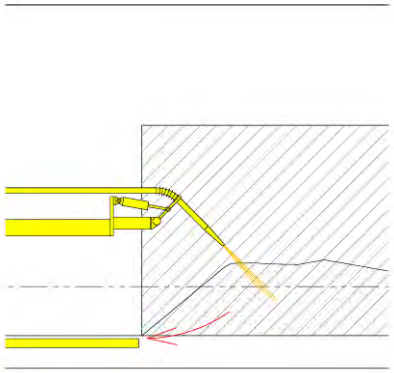
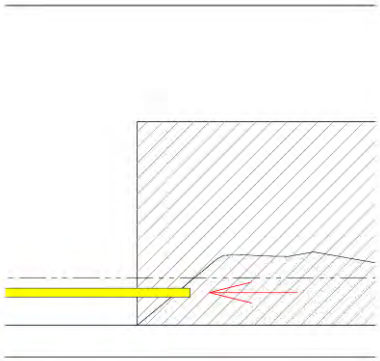
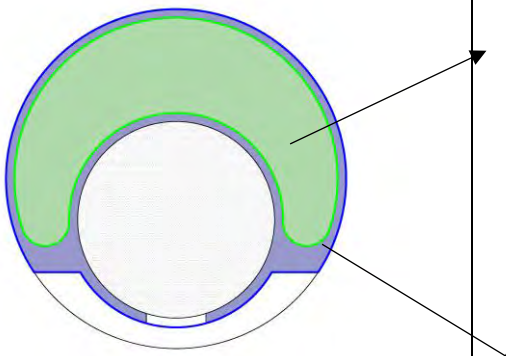
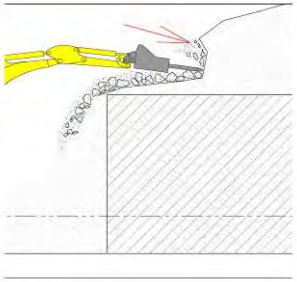
| 試験対象領域の案 | 想定適応技術 |
|---|---|
|  | 【ウォータージェット適用範囲】<br>  <br>PEM 上部ウォータージェット<br>＋副産物のバキューム吸引<br>  <br>PEM 下部狭隘部ウォータージェット<br>＋副産物のバキューム吸引 |
| | 【バキューム技術適用範囲例】－隙間充填材が粉粒状＋飽和前<br> <br>  |

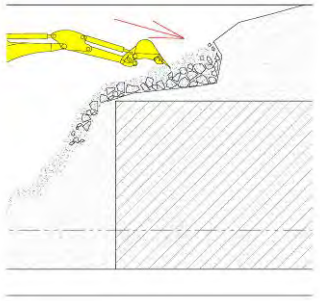
表 4.3.2-3　断面位置に対する適応技術例(2/3)

【ブレーカ＋バケット技術適用範囲例】

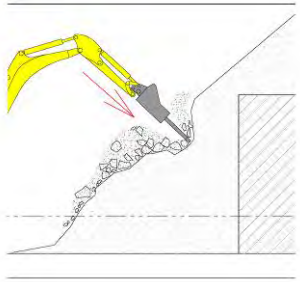




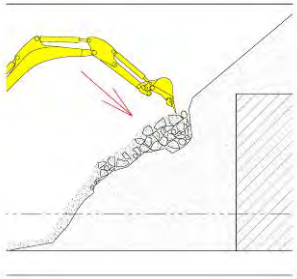
PEM 上部ブレーカ斫り、破砕



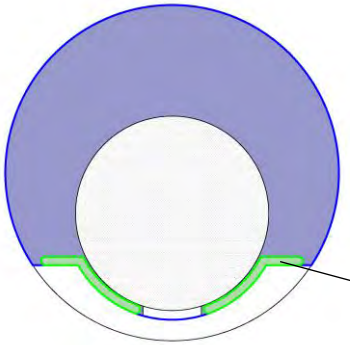
PEM 上部バケット副産物除去

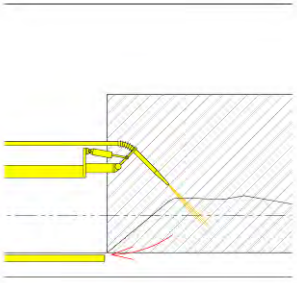


PEM 側部、下部ブレーカ斫り、破砕



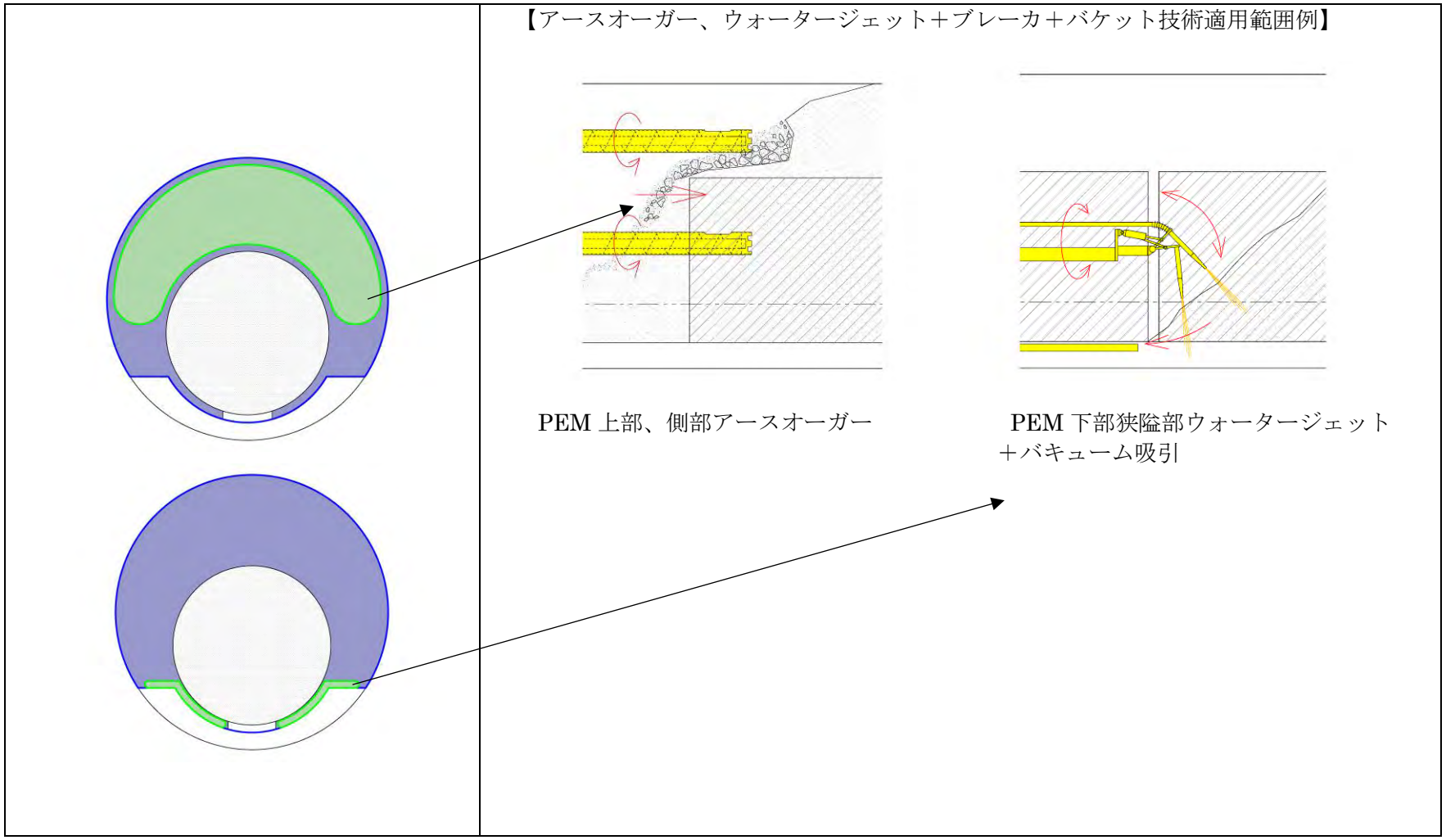
PEM 側部、下部バケット副産物除去





PEM 下部狭隘部ウォータージェット
＋副産物のバキューム吸引

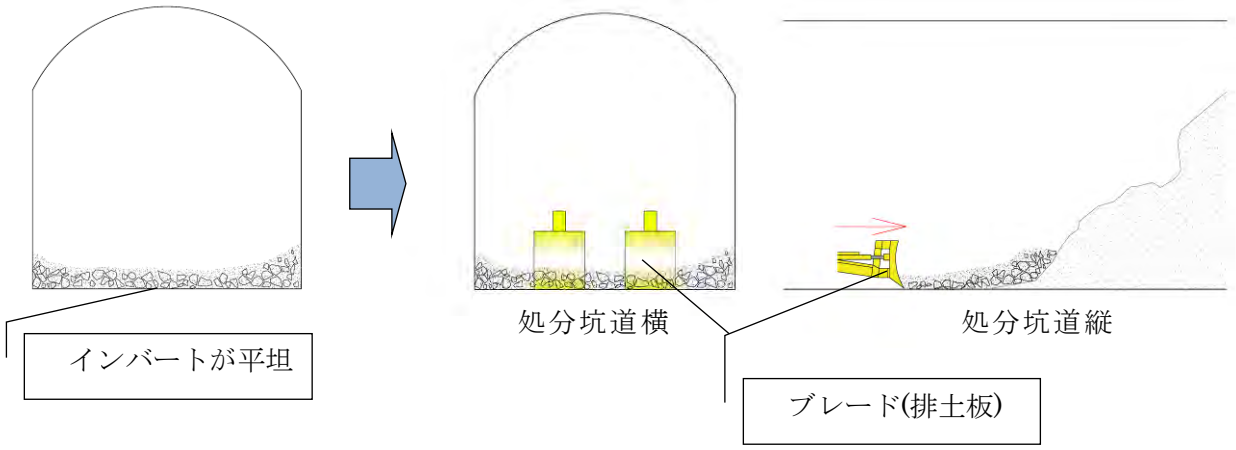
表 4.3.2-4　断面位置に対する適応技術例(3/3)



2)　撤去・積込み技術

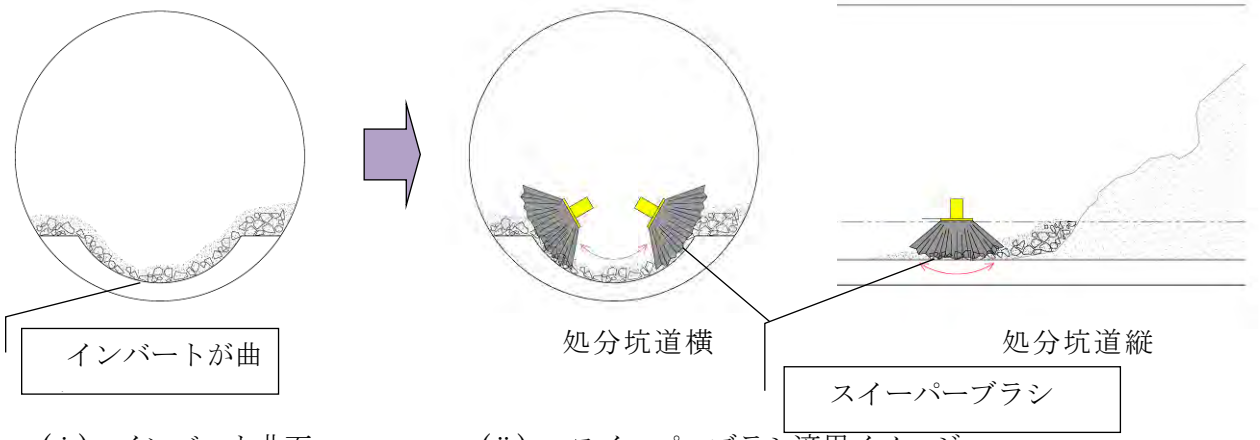
撤去、積込み工程で必要な技術を検討するためには、ほぐし工程後の隙間充填材の性状とともに、処分坑道の形状を考慮する必要がある。

例えば、除去工程後の隙間充填材が固体または粉粒体の場合には、図 4.3.2-1 (a)に示すように、処分坑道インバート部が比較的平坦な場合には機械的に可動式のブレード（排土板；ブルードーザー等で使用）を用いたり、バケットにより副産物を回収したり、スイーパーブラシ等により回収するなど各種の技術が転用できる。これに対して図 4.3.2-1(b)に示すように、処分坑道インバート部が平坦ではなく曲面形状を有する場合には、ブレードやバケットの使用は適さず、スイーパーブラシ等の曲面に対応した機構が必要になる。またズリが小径であれば曲面部に対しては吸引等も可能である。処分坑道インバート部が曲面形状であったり、狭隘部からの撤去が必要であったりした場合には、適応できる技術は吸引技術が適応可能であるが、作業効率等も考慮した技術開発が必要である。




（ｉ） インバート平坦　　（ii） ブレード（排土板）適用イメージ

(a)　処分坑道インバート部が比較的平坦のブレード（排土板）の適用イメージ




（ｉ） インバート曲面　　（ii） スイーパーブラシ適用イメージ

(b)　処分坑道インバート部に曲面を有する場合のスイーパーブラシの適用イメージ

図 4.3.2-1　処分坑道インバート形状による適応技術の例

撤去・積込み技術のうち、副産物の撤去に係る機構は、処分坑道横断面方向の作業空間の制約と処分坑道縦断方向に数メートルの距離に対応する機構を備えている必要がある。

3)　PEM 位置の検出

4.3.1 に示したほぐし技術の 7 つの評価項目には、“G：廃棄体の位置に大きく影響される技術か？事前に廃棄体の位置を正確に把握することが必要か？”が含まれており、廃棄体の位置検出は技術選定上でも 1 つの要素となっている。SKB の判定では表 4.3.1-1 のように、機械的除去、水理的除去ともに(+)となっている。隙間充填材の除去前には、除去対象の把握や PEM への影響を与えない手順の検討などの観点から、PEM 位置を正確に把握することが重要であるが、隙間充填材に埋もれている PEM の位置を直接把握することは困難である。PEM の定置は処分坑道長手方向に順次行われるため、定置誤差の累積が大きくなりやすい。また定置後ある程度時間が経過し、隙間充填材が地下水による膨潤挙動によって PEM の位置が移動する可能性がある。

定置した後の廃棄体の位置検出については SKB での検討例があり、精度は十分ではないが音波探査の技術が最も有望としている[14]。飽和した圧縮ベントナイト中で 500kHz の周波数では、深さ 65mm であれば 100dB の減衰で超音波が到達することが確認され、またエミッタとレシーバを試料の反対側に設置した場合、130mm まで探査が実施出来たと報告されている。より低い周波数の超音波を使用すればより深い探査が可能となるが、その場合には解像度は低くなる。SKB の試験はキャニスタに対してであり、PEM の外殻の厚さが遙かに薄く、飽和ベントナイトとキャニスタとの密度差に比べ、隙間充填材と PEM との密度差が小さいため、その検出には SKB に比べ技術的ハードルが高いことが予想される。このため PEM と隙間充填材の条件を加味した装置開発が必要である（図 4.3.2-2）。

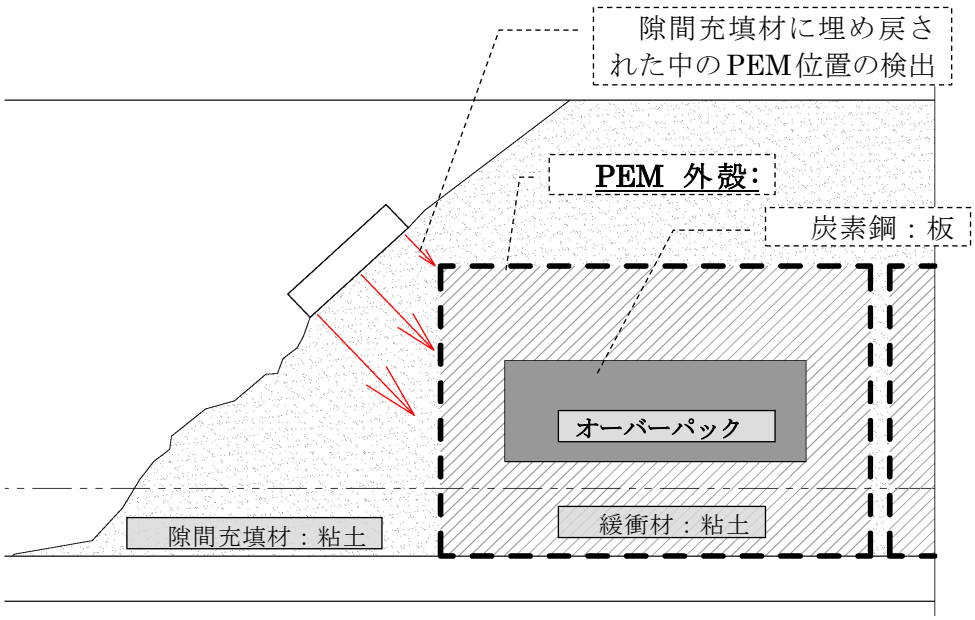



図 4.3.2-2　PEM の位置検出の概念

PEM 位置の検出が不十分な場合は、隙間充填材の除去により PEM 表面に悪影響を与える技術は、使用に制限が生じる。例えば、機械的な除去技術であるコアボーリングは、コアボーリング部の

先端が PEM 表面に接触した場合、PEM 表面にダメージを与える可能性があるため、想定される PEM 位置に対して、ある程度の距離を確保した領域での使用に制限される。PEM の位置が特定出来ない場合は水理的な除去の採用などの対応が必要である。

4)　除去後の坑道表面状態、PEM の状態の確認

充填材の除去は、廃棄体の拘束力の解放とともに回収装置の動作環境を実現することが目的である。これら 2 つの観点から充填材の除去が完了したことを確認することが必要である。

本事業では、第 3 章で詳細を述べたエアベアリング方式の搬送・定置装置を定置動作の逆動線で使用して PEM を回収する実証試験を計画している。このため定置装置が進入し走行できる環境となっていることを確認する必要がある。確認する場所は PEM 下部の幅 150mm 程度の狭隘箇所で、かつ処分坑道長手方向に数メートルの距離に対しての状態把握が必要となるため、光ファイバーを用いた目視確認を候補とした。

本事業では PEM 鋼殻は健全であり把持に差し支えないことを実証試験の前提としている。実際の処分事業においては、PEM 自体の健全性を評価する技術も必要となる。

5)　その他の技術

以上の技術の他に、遠隔操作技術等も実際の処分事業では必要となると考えられる。

(2)　本事業での実証対象の設定

表 4.3.2-3 や表 4.3.2-4 に例示した、機械的除去と水理的除去の組み合わせに対し、実機例（実際の地層処分事業で使用される装置）と、処分技術実証装置例（地層処分場の候補地の地下調査施設での技術的信頼性を実証するための装置）の概念を図 4.3.2-3 に示す。図には機械的除去法としてアースオーガー方式、水理的除去としてウォータージェット方式を例として示した。この図で示すように、隙間充填材除去装置では装置先頭に位置する各方式による隙間充填材のほぐし機構が重要である。機械的除去に対し、水理的除去の粘土系材料への適用事例や知見を少ないため、水理的除去の隙間間充填材への適用性を検証するための要素試験を本年度実施した。

平成３１年度の地下での実証試験に向けた、充填材除去技術の検討、装置の製作および試験のフローを図 4.3.2-4 に示す。

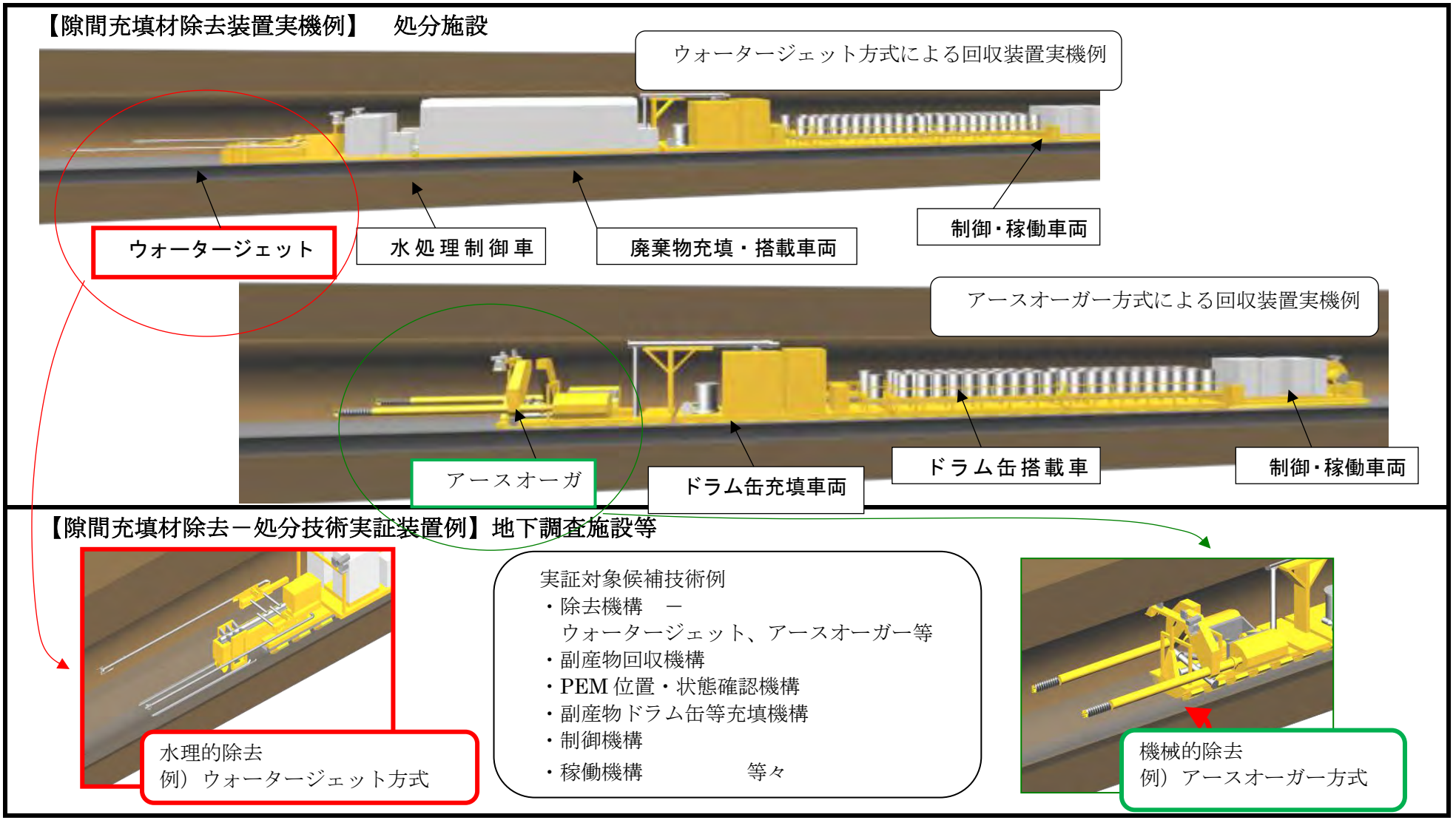



図 4.3.2-3　実処分場での実機と地下調査施設の試験用除去装置の位置付け

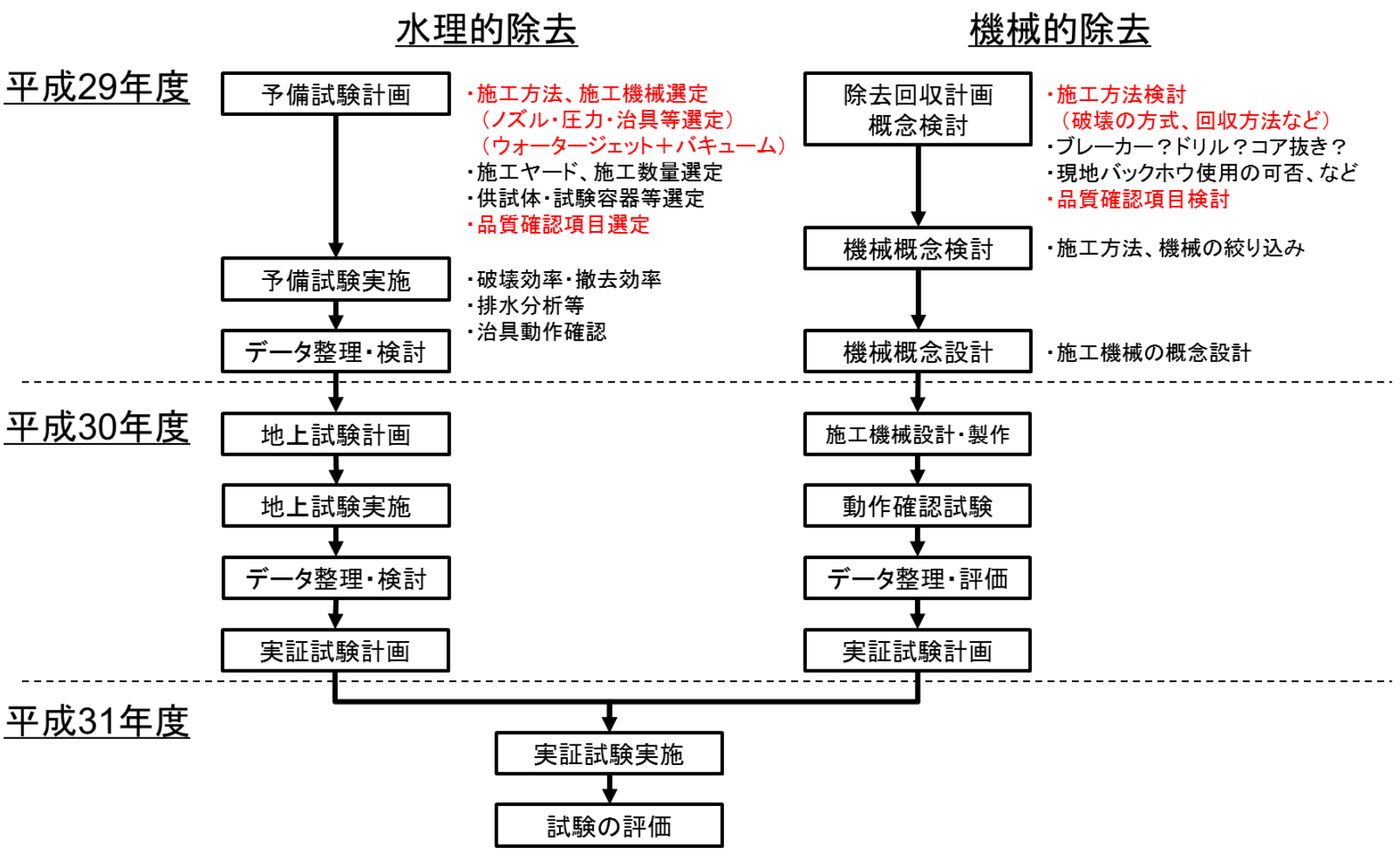



図 4.3.2-4　隙間充填材の除去技術　検討フローと工程（平成２９年度～平成３１年度）

4.3.3　充填材除去装置の要素試験

充填材除去装置の技術選定、概念検討、試作に必要な要素試験を実施した。オーガやバキューム方式に比べ、ウォータージェット方式による粘土系材料の切削に係わる知見は少ない。本年度は、ウォータージェットによる充填材の切削性について要素試験を実施した。

(1)　試験フロー

ウォータージェットによる除去について、隙間充填材を模擬した供試体を用いウォータージェットによる切削状況の確認試験を行った。

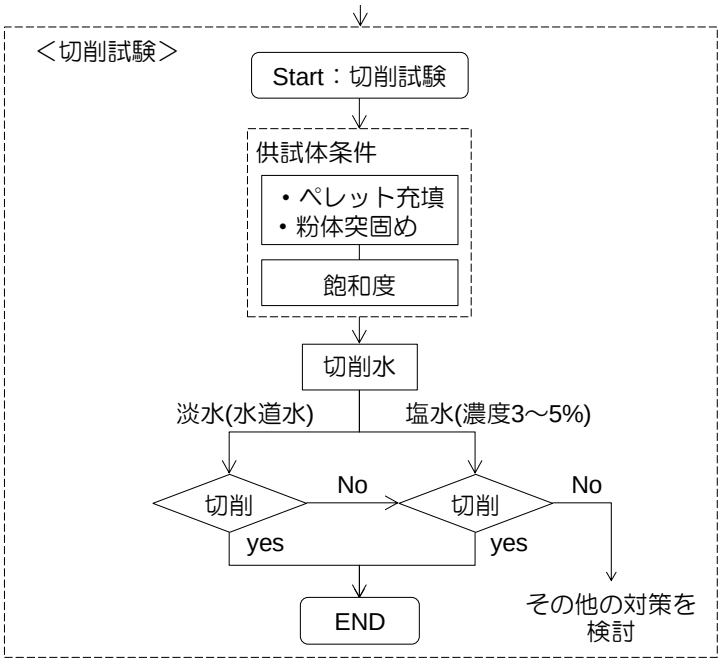



図 4.3.3-1　切削試験フロー図

(2)　供試体

切削試験で用いる供試体は, ベントナイトペレット+粒状ベントナイトおよび粉体ベントナイトを用いてそれぞれ所定の乾燥密度 1.37Mg/m3 以上となるようにした。ベントナイトペレットは 4.2.4 で製作したものを使用した。供試体サイズは直径 30cm×高さ 10cm 程度の円柱状とし、図 4.3.3-2 に示す鋼製のモールドを使用して成型した。供試体条件を表 4.3.3-1 に示す。

表 4.3.3-1　供試体作製条件

| 材料 | 作製方法 | 目標乾燥密度 | 初期含水比 | 通水 | 飽和度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 粉体ベントナイト | 動的締固め | 1.37Mg/m$^3$ | 15～20% | なし | 45%程度 |
| | | | 35%程度 | | 95%程度 |
| ベントナイトペレット<br>＋クニゲルＧＸ(2mm 以下) | 自由落下 | | 自然含水比<br>（7～9%） | あり | 90%以上 |
| 破砕ベントナイトペレット | 自由落下 | | 自然含水比<br>（7～9%） | あり | 90%以上 |

図 4.3.3-2　切削用供試体の成型用鋼製モールド
（左上：胴体、左下：底板および蓋）

各供試体の作製工程を以下に示す。

1)　粉体突固め

土の締固め試験法[20]を参考に、4 層動的締固め（一層 2.5cm）により製作した。高さ 30cm の位置から自重は 10kg のランマーを落下させ、投入材料の高さ管理より、目標とした 1.37Mg/m3 の乾燥密度となるように突き固めで作製した。製作の様子を図 4.3.3-3 に、製作した切削供試体の初期条件の一覧を表 4.3.3-2 に示す。成型後の飽和度が 45%と 95%の 2 種類を作製し、切削性に与える飽和度の影響を評価した。

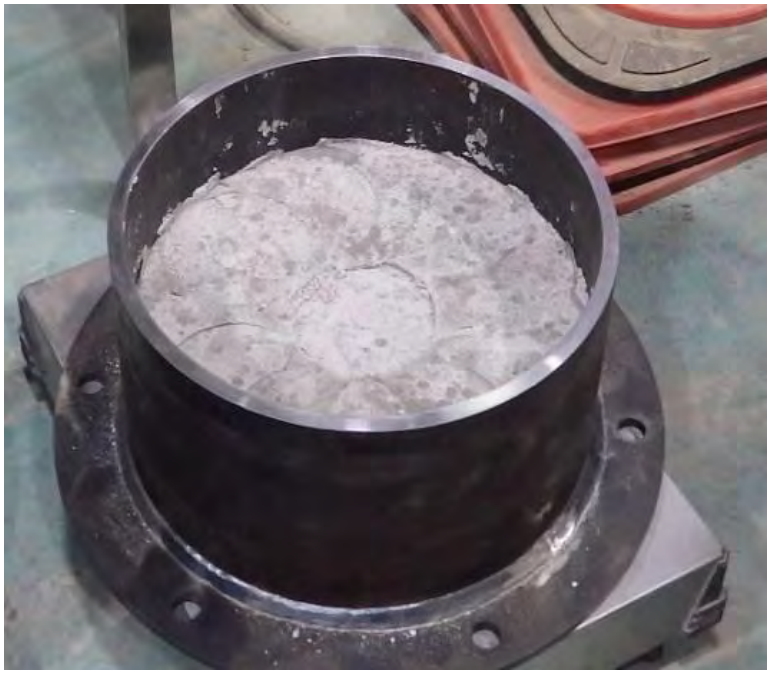


図 4.3.3-3　突固めによる作製状況と、供試体外観

表 4.3.3-2　突固め供試体のごとの初期条件

| 供試体 No. | 供試体直径 (cm) | 供試体高さ (cm) | 初期含水比 (%) | 乾燥密度 (Mg/m3) | 飽和度 (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 29.74 | 10.3 | 35 | 1.371 | 95.1 |
| 2 | 29.74 | 10.0 | 35 | 1.391 | 97.8 |
| 3 | 29.74 | 9.9 | 35 | 1.407 | 100.0 |
| 4 | 29.74 | 10.0 | 35 | 1.393 | 98.1 |
| 5 | 29.74 | 10.1 | 35 | 1.374 | 95.4 |
| 6 | 29.74 | 9.9 | 35 | 1.404 | 99.6 |
| 7 | 29.74 | 10.2 | 15 | 1.381 | 41.3 |
| 8 | 29.74 | 9.7 | 15 | 1.436 | 44.7 |
| 9 | 29.74 | 9.8 | 15 | 1.426 | 44.1 |
| 10 | 29.74 | 9.6 | 15 | 1.455 | 46.0 |
| 11 | 29.74 | 9.6 | 15 | 1.447 | 45.4 |
| 12 | 29.74 | 9.6 | 15 | 1.453 | 45.9 |

2)　ペレット充填供試体

4.2.4 にてブリケッティング法で製作したペレットを用いて、２種類の切削用供試体を作製した。１つはブリケッティング材とクニゲル GX を重量比７：３で混合したもので、交互に充填して目標とする乾燥密度の供試体を作製した。もう一方はブリケッティング材を破砕したものを鋼製モールドに目標の乾燥密度となるように充填した。図 4.3.3-4、図 4.3.3-5 に製作状況を示す。

図 4.3.3-4　ペレット充填供試体の作製状況
（左：ブリケッティング材充填，右：クニゲル GX 充填）

図 4.3.3-5　破砕ペレット充填供試体の作製状況

乾燥した粉粒体の供試体はウォータージェットでの切削の必要性が無いため、体積を拘束した状態で通水し飽和度を上方させた。通水後の飽和度は図 4.3.3-6 に示す方法で算出した。図 4.3.3-7 に通水の状況を示す。

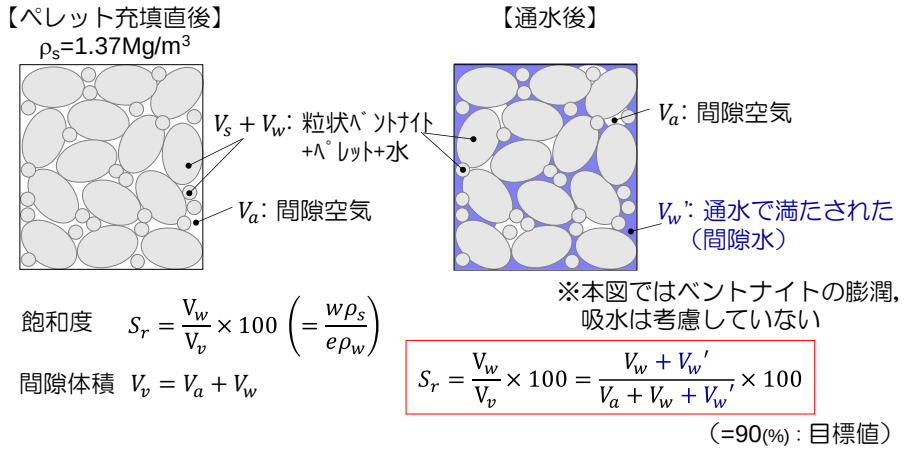



図 4.3.3-6　通水後の供試体の飽和度の考え方

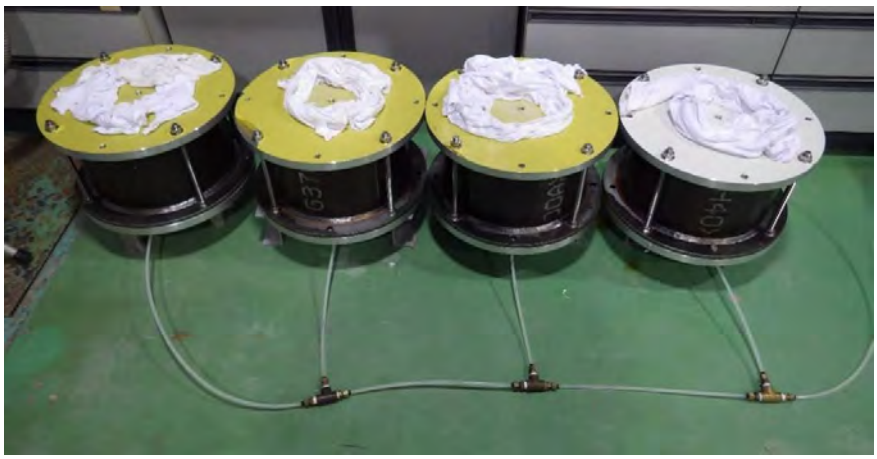


図 4.3.3-7　ペレット充填供試体の通水状況

表 4.3.3-3 と表 4.3.3-4 にペレット充填供試体の初期値を示す。

表 4.3.3-3　ペレット充填供試体の初期条件一覧

| No. | 供試体直径 (cm) | 供試体高さ (cm) | 初期含水比 (%) | 乾燥密度 ($Mg/m^3$) | 初期飽和度 (%) | 通水後飽和度 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 29.74 | 10 | 8.51 | 1.370 | 23.6 | 73.7 |
| 2 | 29.74 | 10 | 8.51 | 1.370 | 23.6 | 73.7 |
| 3 | 29.74 | 10 | 8.51 | 1.370 | 23.6 | 73.7 |
| 4 | 29.74 | 10 | 8.51 | 1.370 | 23.6 | 73.7 |

表 4.3.3-4　破砕ペレット充填供試体の初期条件一覧

| No. | 供試体直径 (cm) | 供試体高さ (cm) | 初期含水比 (%) | 乾燥密度 ($Mg/m^3$) | 初期飽和度 (%) | 通水後飽和度 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 29.74 | 10 | 7.81 | 1.398 | 22.6 | 74.9 |
| 2 | 29.74 | 10 | 7.81 | 1.398 | 22.6 | 74.9 |
| 3 | 29.74 | 10 | 7.81 | 1.398 | 22.6 | 74.9 |
| 4 | 29.74 | 10 | 7.81 | 1.398 | 22.6 | 74.9 |

(3)　ウォータージェット

1)　ウォータージェット設備

ウォータージェットによる充填材切削の要素試験では、図 4.3.3-8 高圧洗浄車の設備を利用した。動力源となるエンジン、高圧ポンプ、発電機等のユニット一式が普通トラックの荷台に搭載されたものである。ここから耐圧チューブで作業位置まで高圧水を導き、手持ちのノズルから噴射される。今回の試験で使用した高圧洗浄車の能力は、30MPa、120L/min である。

図 4.3.3-8　高圧洗浄車

ジェットが噴射されるノズルは多種多様なものが出回っており、目的に合わせて選択することが出来る。図 4.3.3-9 にノズルの一例を示す。図 4.3.3-10 はノズルの違いによるジェットの違いであるが、図中左は直噴射ノズルで圧力が一点に集中するため、切断や斫り作業などに用いられる。図中右は扇形ノズルで、扇形状に高圧水が広がり、対象物に線状に当たるため、対象物への影響を抑えた洗浄に向く。

土質材料に対する高圧水の噴射の例として、高圧噴射撹拌工法という土質改良の方法が一般的に用いられており、充填材の除去に適したノズルや選定方法については、知見が利用できる。

図 4.3.3-9　ノズル形状の種類

直射ノズル

扇形ノズル

図 4.3.3-10　ノズル形状の違いによるジェット形状

2)　噴射方法

供試体は含水用の鋼製容器のままで試験に供し、水が溜まらないように傾けて設置した。除去作業はハンドガンを持った作業員が実施した。ハンドガンー供試体間距離は約30cm、供試体面に対し垂直にジェットが入射するようにした。

図 4.3.3-11　ハンドガン

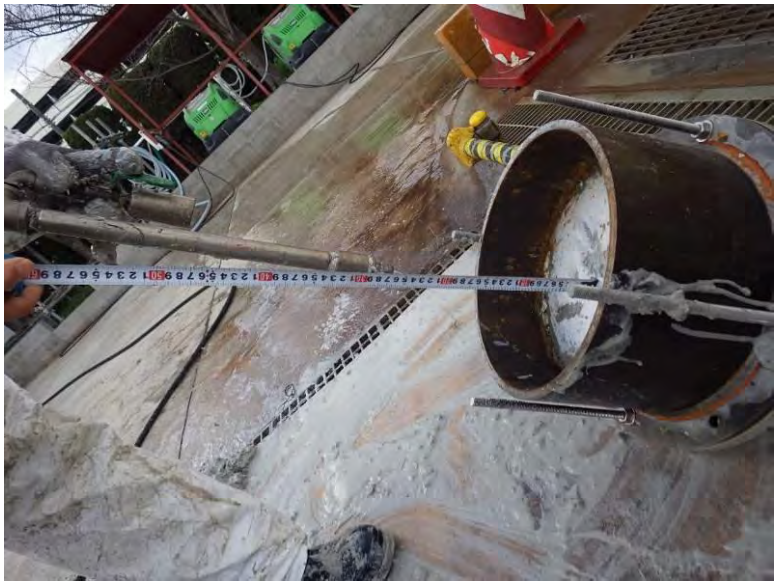


図 4.3.3-12　ノズルと供試体の距離

3)　噴射圧選定試験

ウォータージェットによるコンクリートのはつり作業を行う場合、噴射圧の目安として、一般にコンクリートの一軸圧縮強度の 2~4 倍程度の圧力が選定される。密度、飽和状態および圧密状況によって変わるものの､圧縮したベントナイトの一軸圧縮強度は大きくとも数 MPa 程度であり、コンクリートとベントナイトのような粘性土ではウォータージェットによる破壊挙動が異なる部分はあるものの、ベントナイトの一軸圧縮強度を最大で 5MPa と想定して、その 4 倍の 20MPa を最小噴射圧として選定した。また、一般的にコンクリートを傷つけず切削する圧力として 20MPa が用いられる点も考慮した。

表 4.3.3-5 に示すように、最小噴射圧 20MPa で 3 パターンの供試体の切削がいずれも可能であったことから、本試験の噴射圧としても 20MPa を採用することを確認した。

なお、幌延にて施工中した組立台のコンクリート供試体を用いて、試験に使用した噴射圧による影響がないことを確認した結果については、4)に詳細を示す。

表 4.3.3-5　噴射圧選定試験の状況

| 供試体条件・No | 噴射圧<br>MPa | 試験状況・観察内容 |
|---|---|---|
| 粉体突固め<br>（Sr=45%）<br>供試体 No.:突固め 6 | 20MPa | ● 直射ノズル使用でライン状に切削できることを確認（所要時間 5 秒、ノズルー供試体距離 30cm）<br>● 扇形ノズルに変更したところ､ノズルと供試体が接する程度まで近づけないと切削できない<br>● 再度直射ノズルに変更し切削<br>● 切削時間 20 秒程度で切削終了<br>● 鋼製容器の損傷なし |
| 粉体突固め<br>（Sr=95%）<br>供試体 No.:突固め 1 | 20MPa | ● 直射ノズル使用し切削<br>● Sr=45%よりも切削時間が長くかかり、50 秒程度で終了<br>● 鋼製容器の損傷なし |
| ベントナイトペレット充填<br>（Sr=90%）<br>供試体 No.:ペレット 1 | 20MPa | ● 直射ノズル使用<br>● ノズル-供試体距離：30cm<br>● 切削開始 10 秒程度でペレット飛散，その後は小割りや容器からの除去状況を時間をかけて確認（合計 50 秒程度）<br>● 鋼製容器の損傷なし |

4)　切削水

ウォータージェットは高圧流体の運動エネルギーで対象物を破砕、切削する技術である。そのため使用する切削水の性状が切削効率に及ぼす影響は小さいと考えられる。一方、副産物の性状や排水処理方法などの下工程への影響を調査するため、真水と塩水(3~5%)の 2 種類を使用した。

(4)　試験ケース

ウォータージェットによる充填材の切削性に及ぼす、供試体の製作方法、飽和度、切削水の違いを評価するため、表 4.3.3-6 に示す組合せ条件とした。

表 4.3.3-6　切削試験の条件

| ケース名 | 供試体作製方法 | 飽和度（%） | 切削水(淡/塩) |
|---|---|---|---|
| F1 | 粉体突固め | 45 | 淡水 |
| F2 | 粉体突固め | 95 | 淡水 |
| F3 | ペレット充填 | 73.7 | 淡水 |
| F4 | 破砕ペレット充填 | 74.9 | 淡水 |
| S1 | 粉体突固め | 45 | 塩水 |
| S2 | 粉体突固め | 95 | 塩水 |
| S3 | ペレット充填 | 73.7 | 塩水 |
| S4 | 破砕ペレット充填 | 74.9 | 塩水 |

※F: Fresh water, S: Sea water

噴射圧は 20MPa で直射ノズルを用いた。供試体は成型・含水用の鋼製容器のままで試験に供し、水が溜まらないように傾けて設置した。除去作業はハンドガンを持った作業員が実施した。評価項目として、充填材の切削の状況確認、切削所要時間、切削後の鋼製モールドの傷の有無や、副産物の性状等を記録した。

(5)　切削試験の結果

1)　ウォータージェットによる切削の状況

突固め供試体に、20MPa の淡水を直射ノズルで 30cm 離れた位置から噴射した場合の、切削の状況を図 4.3.3-13 に示す。噴射を一旦止め、供試体の様子を確認すると図 4.3.3-14 のように、高圧水流が突き固めた充填材を貫通し、鋼製モールド底板で反射して表面へ吹き出す。このように 20MPa の噴射圧では容易に充填材を切削出来ることが確認できた。この状態でハンドガンを動かすことで鋼製モールド内の充填材を剥ぎ取ることが出来る。

図 4.3.3-13　突固め供試体の切削状況

切削前

切削中

図 4.3.3-14　突固め供試体の切削前後の様子（淡水）

2)　供試体の性状と切削条件による切削効率への影響

各性状の切削供試体に対しウォータージェットによる切削を実施した。表 4.3.3-7 に試験結果の一覧を示す。供試体への噴射開始から鋼製モールドから充填材が完全に剥がれるまでの時間を切削時間とした。今回使用した直射ノズルは 20MPa で使用した場合、29.14 $L$ / min の水を消費するため、切削時間から理論水量を算出した。

供試体条件が切削へ及ぼす影響が、粉体突固め（飽和度 45%）≒破砕ペレット充填+通水＞ペレット充填+通水＞粉体突固め（飽和度 95%）となった。飽和度が高い条件は飽和度が低い条件よりも切削時間を多く要する。

切削水を塩水と淡水で実施した場合、双方の除去時間に有意な差は見られない。ウォータージェットは、高圧流体の物理エネルギーで対象物を機械的に砕るもので、電解質溶液の浸潤による崩壊効果の寄与度が低いことによると考えられる。

表 4.3.3-7　各条件における切削試験の結果

| ケース名 | 供試体作製方法 | 飽和度（%） | 供試体 No. | 切削水 | 切削時間 | 理論水量 | 気温／湿度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F1-1 | 粉体突固め | 45 | 突固め 10 | 淡水 | 18 | 8.7 | 9.7 / 45 |
| F1-2 | 粉体突固め | 45 | 突固め 12 | 淡水 | 24 | 11.7 | 9.7 / 45 |
| F1-3 | 粉体突固め | 45 | 突固め 11 | 淡水 | 31 | 15.1 | 11.4 / 36 |
| F2-1 | 粉体突固め | 95 | 突固め 4 | 淡水 | 48 | 23.3 | 9.7 / 45 |
| F2-2 | 粉体突固め | 95 | 突固め 5 | 淡水 | 38 | 18.5 | 9.7 / 45 |
| F2-3 | 粉体突固め | 95 | 突固め 6 | 淡水 | 39 | 18.9 | 11.4 / 36 |
| F3-1 | ペレット充填 | 73.7 | ペレット 3 | 淡水 | 39 | 18.9 | 9.7 /45 |
| F3-2 | ペレット充填 | 73.7 | ペレット 4 | 淡水 | 51 | 24.8 | 11.4 / 36 |
| F4-1 | 破砕ペレット充填 | 74.9 | 破砕ペレ 3 | 淡水 | 21 | 10.2 | 16.0 / 64 |
| F4-2 | 破砕ペレット充填 | 74.9 | 破砕ペレ 4 | 淡水 | 21 | 10.2 | 16.0 / 64 |
| S1-1 | 粉体突固め | 45 | 突固め 8 | 塩水 | 21 | 10.2 | 9.7 / 45 |
| S1-2 | 粉体突固め | 45 | 突固め 9 | 塩水 | 21 | 10.2 | 9.7 / 45 |
| S2-1 | 粉体突固め | 95 | 突固め 3 | 塩水 | 57 | 27.7 | 9.7 / 45 |
| S2-2 | 粉体突固め | 95 | 突固め 2 | 塩水 | 42 | 20.4 | 9.7 / 45 |
| S3 | ペレット充填 | 73.7 | ペレット 2 | 塩水 | 43 | 20.9 | 9.7 / 45 |
| S4-1 | 破砕ペレット充填 | 74.9 | 破砕ペレ 1 | 塩水 | 24 | 11.7 | 16.0 / 64 |
| S4-2 | 破砕ペレット充填 | 74.9 | 破砕ペレ 2 | 塩水 | 20 | 9.7 | 16.0 / 64 |

3)　切削後の副産物、および鋼製モールドの状況

塩水/淡水それぞれの切削後の供試体状況を図 4.3.3-15～図 4.3.3-17 に示す。

図 4.3.3-15 に示す突固め供試体において、塩水を使用した場合、切削後の供試体がスラリー化しており、切削後のモールドではスラリー化したベントナイトのこびりつきが確認できた。一方、淡水を使用した場合、供試体の切削後の形状は 2～3cm 程度の塊状であり、モールド内には切削時の小さい塊状の飛散物が付着していた。

切削前突固め供試体

塩水で切削した供試体

淡水で切削した供試体

塩水で切削後のモールド

淡水で切削後のモールド

図 4.3.3-15　切削後の供試体およびモールド状況（塩水・淡水：突固め供試体）

図 4.3.3-16 に示すペレット充填供試体では、切削後の形状はペレットの形状や粒状ベントナイトの粒状体の形であり、通水により付着したペレット同士がほぐされ回収されたと考えられる。塩水で切削した場合のモールドにはスラリー化したベントナイトたが確認され、淡水で切削した場合はモールド内への粉体ベントナイトの付着が確認された。

切削前ペレット充填供試体

塩水で切削した供試体

淡水で切削した供試体

塩水で切削後のモールド

淡水で切削後のモールド

図 4.3.3-16　切削後の供試体およびモールド状況（塩水・淡水：ペレット充填供試体）

図 4.3.3-17 に示す破砕ペレット充填供試体は、塩水/淡水それぞれ切削後の供試体を同じ方法で取り出し、その状態を比較した。破砕ペレット充填供試体には細粒分が 10%程度含まれており，ペレット充填供試体よりも切削水に触れた際の膨潤が早い。そのため塩水で除去した場合の供試体は、スラリー化が進むため天辺が垂れてきているが、淡水で除去した場合はモールドの形を保った状態で取り出された。

切削前破砕ペレット充填供試体（表面ろ紙残り）

塩水で切削した供試体

淡水で切削した供試体

塩水で切削後のモールド

淡水で切削後のモールド

図 4.3.3-17　切削後の供試体およびモールド状況（塩水・淡水：破砕ペレット充填供試体）

何れの作製方法による供試体においても、切削後の副産物の状態に切削水の影響が大きく表れた。淡水では充填材がブロック状になり容器内にも粒状に付着しているのに対し、塩水の場合スラリー化してしまうため、ブロック状に切出したものが崩れやすく、ウォータージェットの利点が活かせない可能性がある。

4)　ウォータージェットによる周辺への影響

除去の要素試験後の鋼製容器を図 4.3.3-18 に示す。直射ノズルの噴射による底板、側部の損傷は認められなかった。今回の噴射条件である 20MPa での充填材の除去では、PEM 鋼殻へ与える影響は無いと考えられる。

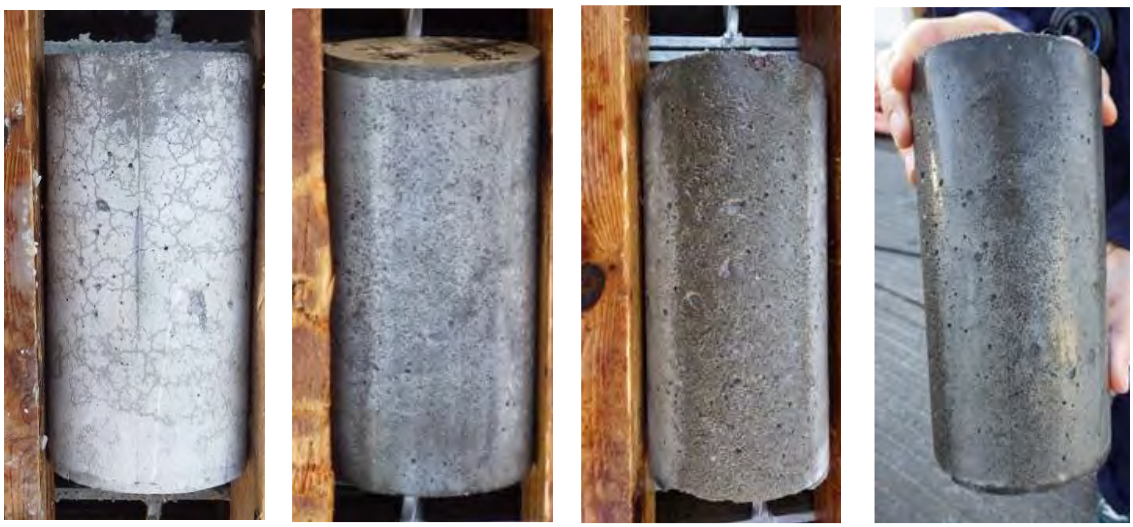
図 4.3.3-18　除去試験後の鋼製容器の状態

PEM-坑道間の充填材をウォータージェットで切削する場合、コンクリート坑道、特に回収作業に使用するエアベアリング方式の定置設備が走行する坑道面の表面性状に影響を与える可能性がある。コンクリートへの影響を確認するため、柱状供試体側面への噴射試験を行った。用いた供試体は幌延 URL の試験坑道２に整備した組立台と同じ配合のコンクリートで製作したものである。

噴射は以下の３条件で実施し、円柱状供試体側面に掃くようにジェットを当てた。

条件１：直射ノズル、20MPa、垂直噴射、１分間
条件２：直射ノズル、30MPa、垂直噴射、１分間
条件３：扇射ノズル、20PMa、垂直噴射、１分間

図 4.3.3-19　コンクリート供試体　切削状況



切削前　　直射ノズル 20MPa　　直射ノズル 30MPa　　扇形ノズル 20MPa

図 4.3.3-20　コンクリート供試体　切削前後の表面の様子

図 4.3.3-20 に切削前後のコンクリート供試体の表面の様子を示す。直射ノズルからの水流を直接当てた条件１と２では、コンクリート表面のセメント成分が抜け、細骨材が剥き出しの状態となった。一方、扇形ノズルを用いた条件３では若干のセメント成分の抜けはあるもの、他の条件と比較してもその程度は小さい。コンクリート表面の粗度の上昇は、エアベアリング方式の PEM 定置設備の走行性に影響する。除去試験時のノズル種類、向きや動きを検討し、切削効率は確保しつつも、坑道面への影響を可能限り低く抑える噴射方法を設定する必要がある。

(6)　バキュームによる隙間充填材除去の要素試験

4.2.4 で製作したブリケッティング材と原鉱石を破砕したクニゲル GX の混合体に対し、吸引による吸引試験を実施した。図 4.3.3-21 が充填試験時の模擬土槽に充填したペレットを取り出す際に使用したバキューム回収装置であり、出力 12.5kW×真空度 700mmHg×空気量 6.3m³/min である。

バキューム装置　　回収タンク

図 4.3.3-21　バキューム回収装置

真空ポンプによる負圧でペレットはノズルから吸引される。青色の回収タンク内に大粒径のものは重力で空気から分離され、微粒子は茶色の円筒状の粉体分離機で捕集される。

表 4.3.3-8 に単位時間当たりの回収量を示す。本試験で使用したバキュームノズルは直径 5cm であり、回収量は吸い込みの条件によるが 15～20kg/min であった。実証試験で除去する充填材の量に合わせ、適切な能力吸引設備を選定することが必要である。

表 4.3.3-8　バキュームによる回収量

| 回収重量(kg) | 所要時間(min) | 回収量 (kg/min) |
|---|---|---|
| 170 | 10’11 | 16.7 |
| 339 | 21’28 | 15.8 |
| 361 | 18’25 | 19.6 |

図 4.3.3-22　バキューム吸い口

ウォータージェットにより切削した副産物や排水についても、吸引方式による撤去が可能である。機械的またはウォータージェットによる切削と吸引による撤去を、本実証試験での充填材の除去技術として検討を進める。

### 4.3.4　充填材除去装置の概念設計

本項では要素試験の結果を踏まえ、次年度以降に整備する除去設備の概念について述べる。

機械的除去と水理的除去によるほぐし工程と、バキュームによる副産物の撤去の組み合わせを本実証試験における隙間充填材の除去技術の基本形とした。本事業では図 4.3.2-3 の下段に示す充填材除去設備の中核を担う技術を実証の対象とした。幌延 URL に整備した地下実証試験設備の坑道断面形状は、上部が大空間、下部が狭隘空間とであり、表 4.3.2-3 や表 4.3.2-4 に示すように機械的な方法と水理的な方法を使い分けることを検討した。

#### (1)　ウォータージェットによる狭隘空間の充填材の除去機構

上部開放部の充填材の除去は、機械的な除去と水理的な除去の組み合わせであるが、空間が広いため既存の土木作業機の適用や、ウォータージェットのノズルのハンドリング装置の設計などへの制約は小さい。一方下部の狭隘空間はウォータージェットによる切削となる上、定置／回収設備が進入し動作する環境を実現しなければならない。狭隘部の充填材を除去するための噴射機構について検討した。

狭隘部へのウォータージェットの概念図を図 4.3.4-1 に示す。噴射ノズルはランス先端に取り付けられている。前方ノズルガイド部が PEM 曲面に沿って移動する。前方ノズルガイドは、グリップアンカーにて台座上に設けたレールに固定する方式とした。前方ノズルガイドとランスは固定せず鞘管にし、ランス出し入れができるようにする（図 4.3.4-2)。ランスの抜け防止のため、ノズルとランスの接続部は鞘よりも大きい径の管とする（図 4.3.4-3)。

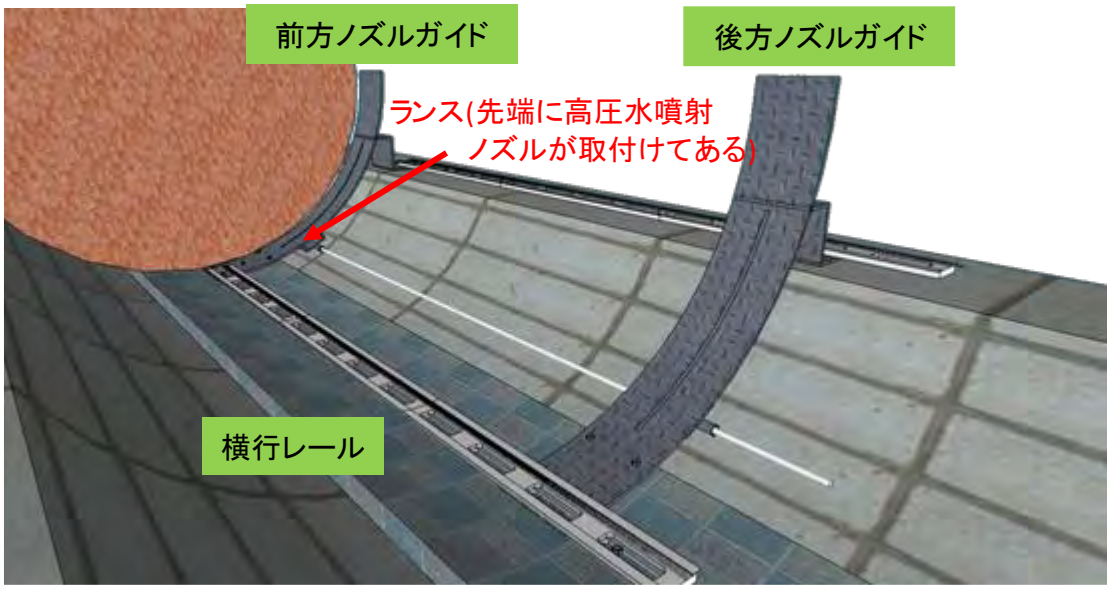



図 4.3.4-1　狭隘部ガイド概念図

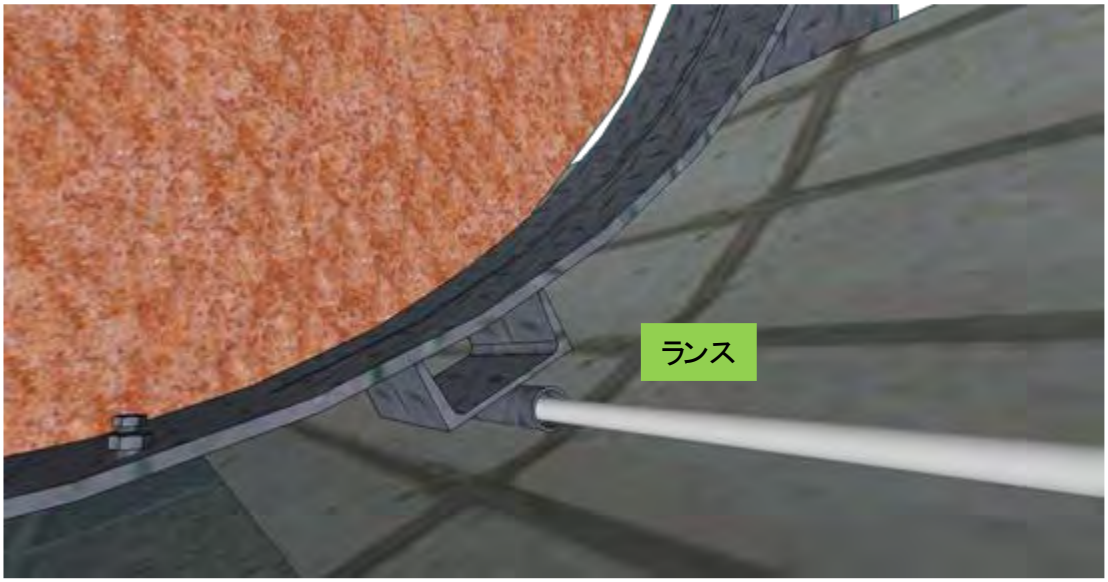



図 4.3.4-2　前方ノズルガイド拡大イメージ図

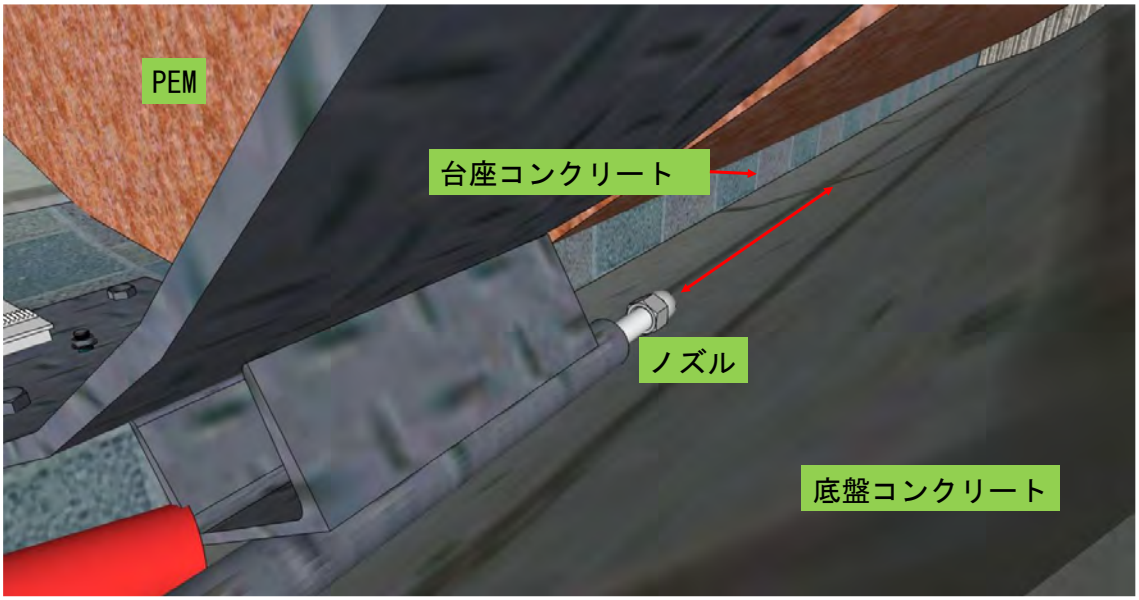



図 4.3.4-3　ノズル先端のイメージ図

後方ノズルガイドは、前方ノズルガイドと後方ノズルガイドを結び、後方ノズルガイドを横行させてノズルを PEM 底面に出し入れし、充填材を除去する（**エラー! 参照元が見つかりません。**）。前方ノズルガイド、後方ノズルガイド、横行レールの制御に関して、油圧・電気・エアー等の使用を含めて今後具体化する。

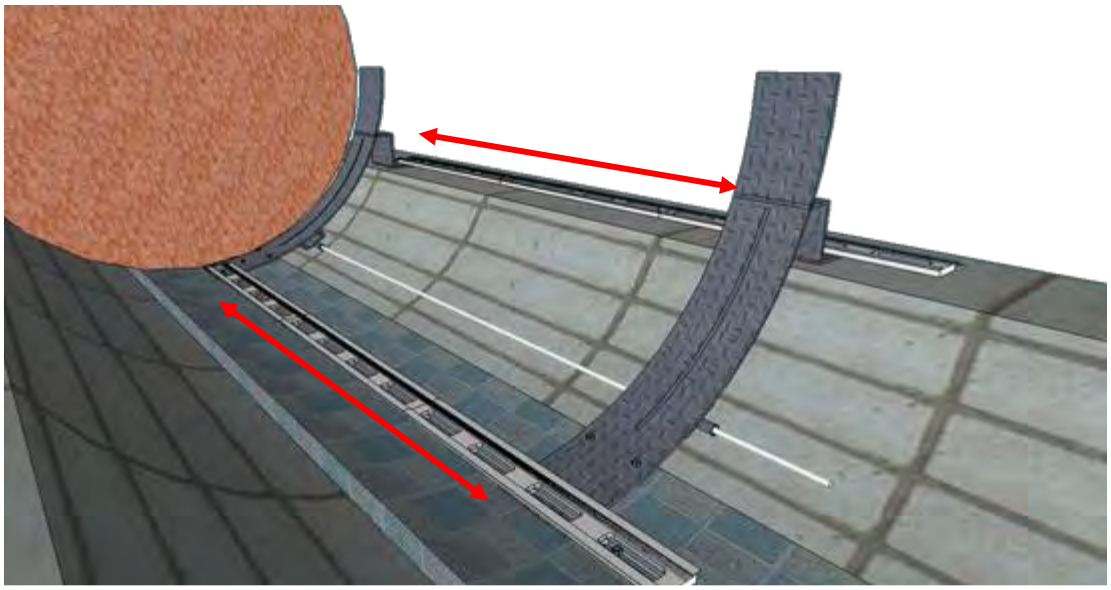


図 4.3.4-4　横行レールと後方ノズルガイド

(2)　充填材切削の実証試験（地上）

地下での実証試験に先立ち、地上で確認試験を行う場合の設備全体の概念を図 4.3.4-5、図 4.3.4-6 に示す。地上での試験では高圧ポンプ関連設備を搭載した既存のトラック車両が利用出来る。

幌延 URL における実証試験では、狭隘な坑道内に試験員が立ち入り、36.5t の模擬 PEM の近傍で除去作業を実施することは作業安全上避ける必要があり、遠隔化についても検討を行う必要がある。

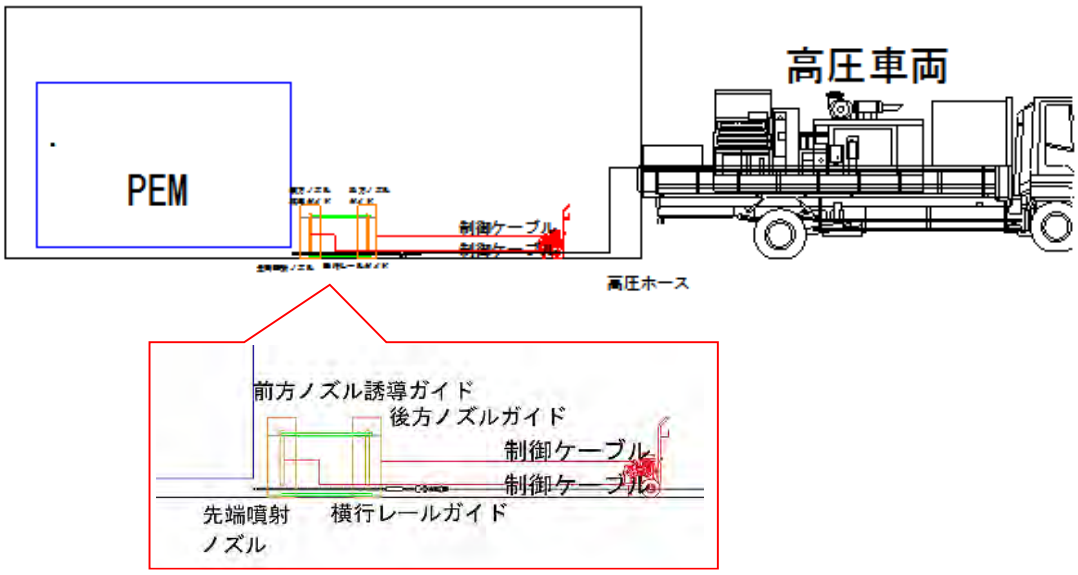



図 4.3.4-5　地上での充填材除去試験（狭隘部）の装置構成

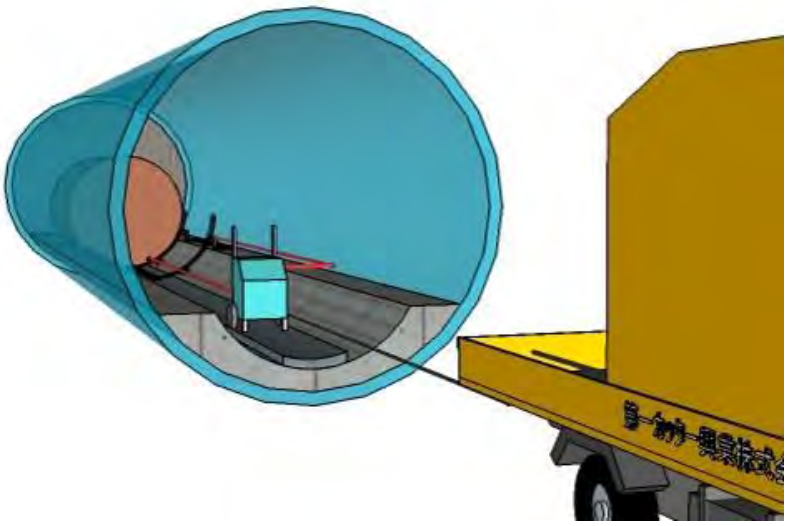


図 4.3.4-6　除去全体概案図（側面と全体イメージ図）

(3)　副産物、排水の処理

機械的またはウォータージェットでの切削により生じた副産物、および切削水の撤去方法として、要素試験の結果より吸引が有効であると考えられる。

図 4.3.4-7 に示す高圧吸引車は実績があり吸引能力が高い。地上での試験ではが使用できるが、幌延 URL における実証試験では､吸引車に相当する機械を坑内へ搬入して使用する必要がある。

図 4.3.4-7　強力吸引車

高圧吸引車による副産物の撤去方法は、図 4.3.4-8 に示すように強力吸引車よりホースを延ばし 2 又にした状態で副産物を吸引する。タンク容量を超えた場合は、いったん仮水槽へ水を排出し，再度吸引作業を行うこととなる。

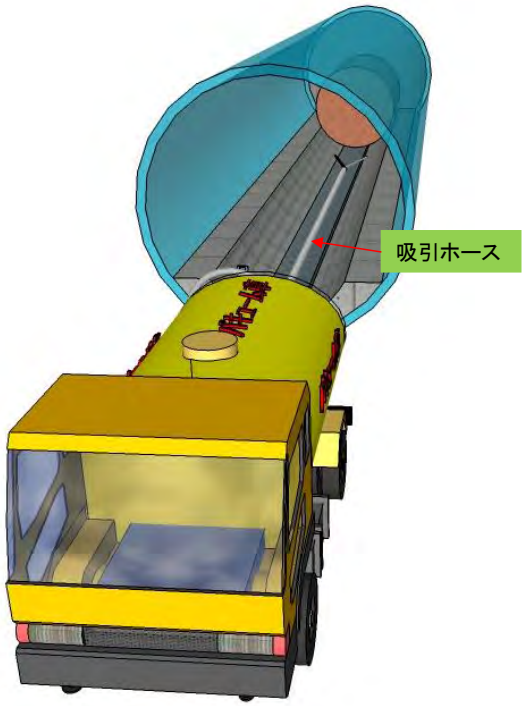



図 4.3.4-8　強力吸引車での副産物の撤去（地上での確認試験イメージ）

吸引による副産物等の撤去方法としてエアー式ダイヤフラムポンプも候補技術として選定した。

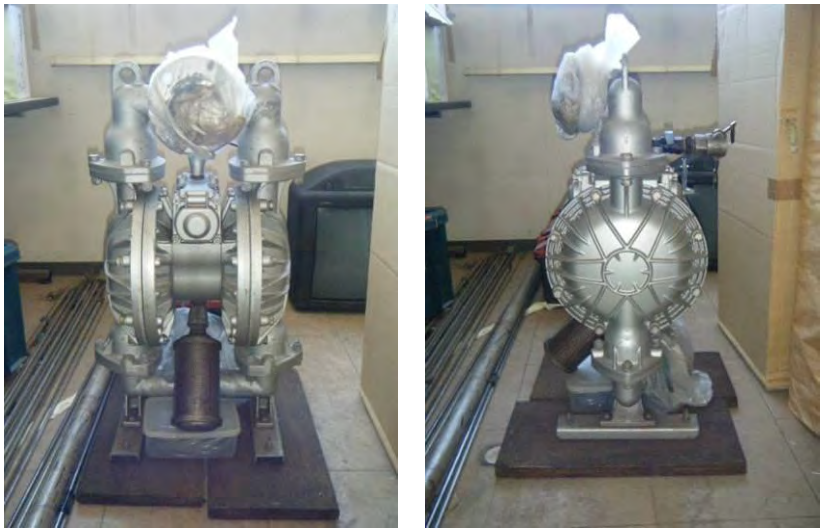


図 4.3.4-9　エアー式ダイヤフラムポンプ

土木工事でよく使用されるインペラ型（渦巻き型、とか羽根車型などと言われるもの）やギア型のポンプは回転するインペラ部分・ギア部分が直接流体に接触するため、スラリーのような粘性の高い流体は閉塞が生じやすい。また、スラリーを高圧で移送するとスラリー中の固形分によってインペラやギアなどの部品が磨耗し、リークや移送能力の低下が生じやすい。一方、ダイヤフラムポンプは、駆動部分がダイヤフラム（隔膜）を介して流体に接触するため、上記ポンプに比べて構造的に閉塞やリークに強いポンプであるといえる。よって除去・回収で対象としている、ベントナイトと切削水が混在した状態、もしくはスラリー化した排水のような、固形分が多く、

粘度が高い流体の吸引・移送には、ダイヤフラムポンプは有効な機構であると言える。さらに、エアー駆動であるため、電気式のポンプに比べてメタン雰囲気環境でも使用が可能であるという特性もある。

エアー式ダイヤフラムポンプによる副産物の撤去については、図 4.3.4-10 に示すように、ポンプからホースを延ばし、排出付近に置く。排水用ホースを借り受けタンクへ一旦排出する機構とする。

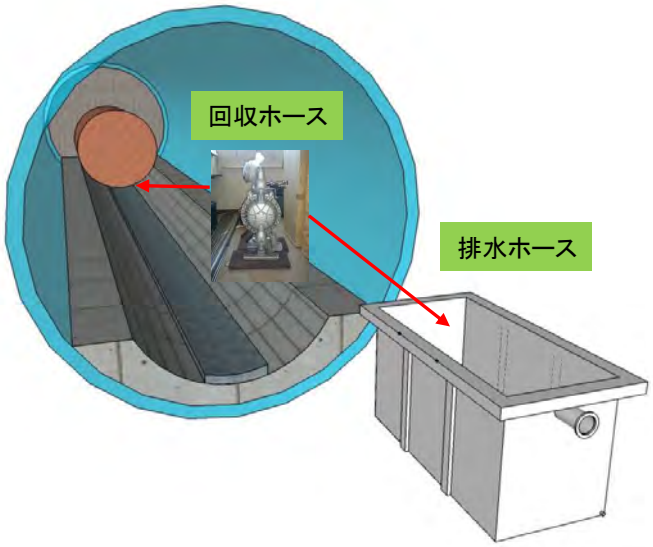



図 4.3.4-10　エアー式ダイヤフラムポンプによる副産物の撤去

副産物の吸引方法については、①隙間充填材のほぐし工程の後に続く、②副産物の撤去工程、③副産物の積込み工程、④副産物の搬出工程の関連だけでなく、幌延 URL での制約条件等も考慮する必要がある。次年度以降、選定・試験設備の製作を進めていく。

## 4.4　　充填材の除去工程からの充填材施工技術の検討

4.2 に示したように、処分坑道横置き定置方式 PEM 方式における PEM-坑道間の隙間充填材について、これまでの基盤研究では、充填材に緩衝材相当の膨潤圧を持たせ、鋼殻内の緩衝材の膨出を抑制する方式について、ペレット方式の検討が進められてきた。一方、幌延 URL での制約より緩衝材の膨出抑制のためのプラグが施工できないこと、ペレットを十分に飽和させる期間が本事業では確保できないことより、ペレットが乾いた状態が除去試験の対象となる。しかしながら乾いたペレットはそのまま吸引撤去出来るため、除去工程で重要となる“隙間充填材のほぐし工程”が実証試験上不要となる。回収の実証試験の意義の観点からも、充填材の施工技術を見直し除去の実証試験内容が適切なものになるようにする必要がある。

## 4.5　　隙間充填・除去技術の検討　まとめ

### 4.5.1　隙間充填材、隙間充填装置の設計、製作

(1)　充填材・充填技術についての選定技術の提示

これまでに実施されてきた基盤研究開発では円形坑道狭隘部を対象とし、ペレット方式による検討が進められており、本事業でも平成 27 年度の検討において狭所・高密度の観点から、高密度ベントナイトによるペレット充填方式を採用することとした。一方、平成 28 年度以降の坑道断面は、平成 27 年度に検討した PEM-組立台間の断面隙間が狭隘部のみの形状から、狭隘部とそれ以外の部分（以下、「開放部」）の構成に変更となっている。

処分坑道の断面形状は様々な条件から総合的に設定され、それに伴い充填部分の形状や幅等も変化するため、隙間充填技術の柔軟性確保の観点からも、充填対象の隙間形状を網羅的に分析する為、整理する必要がある。

そこで、隙間充填材、隙間充填装置の設計、製作に先立ち、処分坑道の断面形状として国内外の文献を幅広く調査し、処分坑道横置き定置方式の処分坑道の断面形状の情報について調査を行った。これらにより、処分坑道の寸法および PEM または人工バリアと処分坑道の間に発生する隙間等の情報を整理した。

隙間充填装置の設計、製作では、幌延 URL を考慮した条件下での充填材除去装置の概念設計を実施するが、幌延 URL の充填材装置検討に先立ち、幅広い隙間条件への充填装置の対応を前提とした実際の処分場での隙間充填装置の概念を検討し概念設計例を提示した。この概念設計例を構成する種々の装置のうち、処分候補地の地下調査施設での処分技術実証等で、技術的信頼性を実証する必要がある考えられる装置機構を抜き出した実証試験用の隙間充填装置概念を検討した。

この実証試験用の隙間充填装置概念の装置機器構成のうち、幌延 URL を考慮した条件下で隙間充填試験に用いる試験装置の概念設計を行った。

(2)　充填材（ペレット）の配合設定方法、品質管理方法の提示

平成 27 年度の狭隘部を対象とした充填の予備試験の成果を踏まえ､試験坑道 2 の充填部に適用する材料、材料製造方法、施工・品質管理方法を検討、整理し提示した。

さらに、ペレット充填材の配合、製作、保管、輸送、充填時の品質管理項目を提示することを目的に、ペレットの品質に影響を与える因子を抽出した。

隙間充填材料の品質管理項目を抽出するためには、ペレットが隙間に充填された後に基本となる要求性能を満たす状態を定義する必要がある。ここでは、ペレットが処分坑道内の PEM 周囲に適正な状態で充填された状態として「透水係数」と「膨潤圧」が発揮される状態と定義した。ただし､「透水係数」と「膨潤圧」は現場で直接把握することは時間を要し、品質管理の項目とすることは実用的ではない。このため、現場で比較的データの得やすい”かさ密度”を代替特性として測定することにより、これらの要求される項目または条件を満たすこととした。

続いて、材料製造時、保管時、施工時などの各ステージで、充填部の品質に影響を及ぼす因子（例えば、配合、密度、粒径、粒形、含水率、など）を抽出し、施工時の品質管理項目との関係

を分析した。

(3)　充填材予備試験の実施

1)　材料製造について

ブリケッティングマシンを用いたペレット製造（原材料クニゲル V1：100%）により、粒子密度として 2.0Mg/m3 以上のペレットの安定的な製造を実現した。製造能力は選定機械に大きく依存し、本試験の条件の中では最大 991kg/hr の製造能力を確認した。製造試験の結果、高密度かつ品質の安定したペレットを効率よく製造可能であるという結果が得られた。

2)　空間充填を想定したかさ密度の測定について

製造したペレットを用いて、試験室にてかさ密度測定を実施した。ペレット 70%とクニゲル GX(2mm～0.85mm 粒調品)30%を混合した材料で、仕様の 1.37Mg/m3 を上回る乾燥密度を達成した。

(4)　隙間充填装置の予備試験

開放部の隙間充填方法としてスクリューコンベアによる自然落下充填を基本とし、スクリューの押込み力による充填を補助として設定し、本年度は押込みスクリューを製作した。

実証試験サイトの特性として PEM 上方の空間が広いこと、および落下充填という充填方法との組み合わせから、坑道天端部分の充填が困難であるとの想定に基づき、坑道天端部分を模擬した試験土槽を準備して、製作したスクリューコンベアによって天端部分の充填が可能か否か充填試験によって検証した。

昨年度と同様に装置の移送性能の確認、シリンダによる押込みをパラメータとした最適な充填方法の確認を実施した。充填材料はペレット 70%と GX30%の材料配合を使用した。3D レーザーと重量管理による全体の平均密度としては、最大 1.37Mg/m3 との結果となった。目視および土槽表面のペレットと GX の分布状況の確認から、特に充填後の形成斜面の表面や土槽端部においてはペレットと GX が分離し、ペレットのみが存在する箇所があり、それらの箇所では充填密度が低いものと想定された。一方、ペレットと GX が当初配合である 70 : 30 を中心に 80 : 20～60 : 40 程度に程よく分布している箇所では仕様の 1.37Mg/m3 以上を十分に達成しているものと考えられる。分離が生じる原因として、スクリューコンベアによる移送中ではなく、スクリューコンベア吐出部（筒先）の形状に起因して吐出時に GX とペレットが分離する現象が確認された。さらに、自然落下充填で材料が斜面を形成していく過程において、ペレットのほうが GX よりも転がりやすいことから、特に斜面の表面や試験土槽端部には GX に先行してペレットが行き渡ってしまうことで材料分離が生じているものと考えられる。一方、スクリューコンベア吐出部の直下から 1m 程度の範囲ではペレットと GX が分離せずに高密度で充填されていた。

以上のような状況から、実証試験サイトでの隙間充填に向けては、複数本配置するスクリューコンベアの配置箇所を工夫すること（筒先間距離を分離が生じない距離とすること）、筒先形状を分離が生じない形状に変更すること、および坑道断面の中で下側に位置するスクリューコンベアから稼動させてペレットの落下距離が過大（ペレットが過度に転がらない）とならないような対策を実施することが有効であると考えられ、それらの対策によって全体としての充填密度を確保

できる見込みである。

### 4.5.2　隙間充填材除去装置の設計、製作

#### (1)　充填材除去技術の選定

充填財除去技術の選定に当たっては、これまでの基盤研究開発の成果や平成 27 年度に検討した除去技術の調査検討結果を踏まえ、既往検討で提示されている除去技術を相対比較するための評価項目を抽出し、定性的または定量的な評価方法について分析を加えた. 具体的には SKB における除去技術比較の既往検討を参考に各除去技術の比較評価を行った。

#### (2)　充填材除去装置の概念設計

除去技術の比較・選定結果を踏まえた上で、幌延 URL を考慮した条件下での充填材除去装置の概念設計を実施し、以下の内容について提示した.

- 充填材除去装置 主要仕様（装置主要部の構成）
- 稼働に必要な主要ユーティリティ（インフラ、スペース）
- 地下実証試験までの装置設計、製作、試験実施詳細工程

検討の手順としては、幌延 URL を考慮した条件下での充填材除去装置の検討に先立ち、幅広い隙間条件への対応を前提とした実際の処分場での隙間除去装置概念を例示し、続いて実際の処分場での除去装置概念に備えられる種々の装置のうち、処分候補地の地下調査施設等の地下研究施設で、処分技術実証等で技術的信頼性を実証する必要があると考えられる候補技術を抽出した。

抽出した候補技術として以下の 4 技術を例示している。

- ウォータージェットを使用する除去技術
- バキュームを使用する除去技術
- ブレーカ＋バケットを使用する除去技術
- アースオーガー、ウォータージェット＋ブレーカ＋バケットによる除去技術

また、これらの技術のうち、ウォータージェットによる除去技術について幌延 URL 試験坑道 2 での適用を想定した試験系の検討を示した。

#### (3)　充填材除去装置の予備試験

充填材除去装置の予備試験として淡水および塩水を使用し、塩水は海水相当濃度の 3%となるよう塩化ナトリウムを用いて作製した。対象とした供試体は、施工方法や飽和度が異なる 4 種を用いた。ウォータージェットで用いるノズルは、切削のしやすさから直射ノズルを使用した。また、噴射圧は一般的にコンクリートを気づ付けず切削する圧力として 20MPa が用いられること、供試体の切削が可能であったことから、噴射圧は 20MPa として試験を実施した。

切削時間は切削水による影響はなく、塩水/淡水ともに同程度の時間であり、両者の差は明確には現れなかった。これは、塩水によるベントナイトの崩壊やスラリー化の効果よりもウォータージェットの水圧による直接的な破壊効果が上回っているためと想定される。塩水を用いた除去技術は、使用できる水量に制限があって水のリユースが必要な場合や、オーバーパックの破損等が

疑われる状況など、PEM・オーバーパックに極力衝撃を与えない必要がある場合などに非常に有効な技術であると考えられる。一方、本検討での試験のように、高圧水を用いたウォータージェットが使用できる場合には、淡水による切削方法も有望である。さらに、鋼材の腐食など坑道周辺への影響を考慮する場合には淡水による切削方法が望ましく、淡水利用も状態に応じた回収時の選択肢として適用が見込める。

また、供試体条件による削りやすさでは以下の順に切削時間が短く、切削しやすい傾向にあった。切削時間は、切削しやすい条件では約 20 秒、切削しにくい条件では約 50 秒要した。

① 粉体突固め（飽和度 45%）≒破砕ペレット充填+通水

② ペレット充填+通水

③ 粉体突固め（飽和度 95%）

これより，飽和度が高い条件は飽和度が低い条件よりも切削しにくく、切削時間を要することが分かった。

ウォータージェットによる切削は、対象物に衝突したときに作用する衝突圧力によるマクロな力学的破壊と材料中の空隙あるいはクラックに衝突圧力が浸透して生じるミクロな力学的破壊（水くさび作用）が主なものと考えられているため、圧縮強度および引張強度と関係している[i]。既往の研究[ii]より、粉体ベントナイトを初期含水比 15%で作製した供試体の一軸圧縮強度は約 0.5MPa、初期含水比 25%で一軸圧縮強度は約 0.4MPa であり、本試験の条件に当てはめると初期含水比 15%の方が一軸圧縮強度は大きいがウォータージェットによる切削時間は早かった。

一方で破壊ひずみは初期含水比 15%では 1.7%、初期含水比 25%では 3.4%とほぼ倍であり、初期含水比 25%では粘り強く水くさび作用に対する抵抗が大きくなるため、本試験で使用した条件では、粉体突固め（飽和度 95%）の切削に時間を要し、切削時間の違いとなって表れたと考えられる。今後は対象とする供試体初期の力学特性を把握し、切削状態および切削時間（切削しやすさ）との関係について調べる予定である。

第４章　参考文献


[1]　（公財）原子力環境整備促進・資金管理センター、平成２７年度　地層処分技術調査等事業　可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発報告書、2016 年 3 月.

[2]　（財）　原子力環境整備促進・資金管理センター、平成 19 年度　地層処分調査等　遠隔操作技術高度開発報告書、平成 20 年 3 月.

[3]　H.Jenni 他，Development of a prototype machine for backfilling horizontal emplacement tunnels with granulated bentonite, Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement,　2015.

[4]　David Dixon, Torbjörn Sandén, Esther Jonsson, Johanna Hansen, Oy Backfilling of deposition tunnels: Use of bentonite pellets,

[5]　Anna Johnsson, Torbjörn Sandén, System design of backfill Pellet optimization, R-13-47

[6]　古市光昭、奥津一夫、田中俊行、棚井憲治、高レベル放射性廃棄物処分場の埋戻し(シーリング)概念に関する検討 土木学会論文集　No.594／Ⅶ-7, May, 1998.

[7]　高尾肇、竹ヶ原竜大、佐藤由子、和田英孝、荒岡邦明、中嶋幸房、植田浩義、木元崇宏、すきま充填材としてのベントナイト特性に関する研究（その 1）―すきま充填材の充填特性評価―　土木学会第 55 回年次学術講演会, September, 2000.

[8]　竹ヶ原竜大、高尾肇、佐藤由子、和田英孝、荒岡邦明、中嶋幸房、幾世橋広、植田浩義、木元崇宏、すきま充填材としてのベントナイト特性に関する研究（その 2）―すきま充填材の熱物性値評価―　土木学会第 56 回年次学術講演会, September, 2001.

[9]　杉田裕、千々松正和、雨宮清、ベントナイトペレットを用いた緩衝材の隙間充填性に関する検討（その 1）－ベントナイトペレット膨潤後の止水性に関する検討－　土木学会第 56 回年次学術講演会, September, 2001.

[10]　千々松正和、雨宮清、杉田裕、ベントナイトペレットを用いた緩衝材の隙間充填性に関する検討（その 2）－楔形状の隙間に対する充填性に関する検討－　土木学会第 57 回年次学術講演会, September, 2002.

[11]　高尾肇、増田良一、上坂文哉、竹ヶ原竜大、雨宮清、千々松正和、ベントナイトペレットの特性試験（その 1）－ベントナイトペレットの製作方法の検討及び製作－　土木学会第 57 回年次学術講演会, September, 2002.

[12]　高尾肇、増田良一、雨宮清、千々松正和、竹ヶ原竜大、ベントナイトペレットの特性試験（その 2）－ベントナイトペレットの熱物性および膨潤特性－　土木学会第 57 回年次学術講演会, September, 2002.

[13]　丸石正美、川口光夫、竹ヶ原竜大、高尾肇、緩衝材の膨潤・透水特性－隙間の影響－　土木学会第 60 回年次学術講演会, September, 2005.

[14]　Techniques for freeing deposited canisters, SKB, TR-00-15, June, 2000.

[15]　（公財）原子力環境整備促進・資金管理センター、平成２６年度　地層処分技術調査等事業 地層処分回収技術高度化開発　報告書、2015 年 3 月.

[16] 原子力発電環境整備機構、NUMO 技術開発成果報告会 2013～地層処分の技術的信頼性を支える技術～　特別報告「地層処分事業の技術開発計画」配布資料、2013.
[17] 原子力発電環境整備機構、NUMO 技術年報 2014 年度版、NUMO-TR-15-01、2015.
[18] 一般社団法人日本トンネル技術協会の掘削機械分類
[19] 原子力発電環境整備機構、地層処分事業の安全確保（2010 年度版）、NUMO-TR-11-01、2011.
[20] 地盤工学会、地盤材料試験の方法と解説-二分冊の 1、2009.

# 第5章　地層処分実規模試験施設の活用

## 5.1　実施概要

資源エネルギー庁の委託事業で整備した地層処分実規模試験施設において、地層処分の操業技術である搬送定置・回収技術に関わる実証試験計画に基づく施設内整備を実施した。また、施設内での緩衝材定置試験、展示物の説明などによる国民への理解促進活動を平成 27 年度に引き続き実施した。

5.2、5.3、5.4 に「地層処分実規模試験設備の整備」「緩衝材除去システムの整備」「理解促進活動」について報告する。

## 5.2　地層処分実規模試験施設の整備

平成 27 年度までに、国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究センター内において、高レベル放射性廃棄物地層処分に関して、実規模・実物を基本として（実際の放射性廃棄物は使用しない）、緩衝材定置技術など操業に係る工学技術の実現性の検証、地層処分の安全確保の考え方、地層処分に使用される材料の性質を実感・体感し、理解を促進する「地層処分実規模試験施設」を整備してきた。（図 5.2.1-1、図 5.2.1-2）

本年度においては、実規模試験施設での H27 年度に検討した実証試験計画に基づき、計画の見直し、検討及び検討結果に基づく整備を実施した。5.2.1、5.2.2、5.2.3 に「地層処分実規模施設」「地層処分実規模施設のこれまでの経緯」「実証試験計画の見直し、検討」の概要を説明する。

### 5.2.1　地層処分実規模試験施設

実規模施設内は、図 5.2.1-2 に示すように地下 1 階（B1F）から地上 2 階（2F）建てとなっており、地上 1 階（1F）から B1F には模擬処分孔が設定されている。1F には、図 5.2.1-3 に示す実物大の人工バリアのカットモデル、緩衝材ブロック、オーバーパックなどを展示している。

また、実規模スケールの模擬緩衝材ブロックを用いた緩衝材定置試験、回収技術が整備されていることを理解促進するため、緩衝材除去システム（噴射・吸引設備）を一般公開している。

（a）実規模施設　外観

（b）実規模施設内　全景

図 5.2.1-1　地層処分実規模試験施設

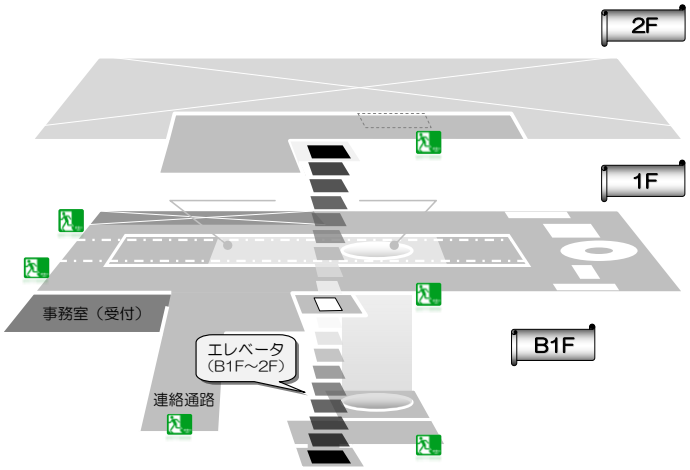
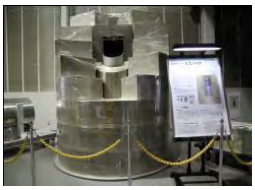



図 5.2.1-2　地層処分実規模施設内　全体図

緩衝材の止水体験



人工バリアカットモデル

緩衝材（1/8ブロック）

オーバーパック

緩衝材除去装置

緩衝材定置試験装置

模擬処分孔

図　5.2.1-3　公開状況

### 5.2.2　地層処分実規模施設のこれまでの経緯

これまで、資源エネルギー庁の委託事業として、平成 21 年度～平成 25 年度地層処分実規模設備整備事業では、処分孔竪置き定置方式において緩衝材ブロックを真空把持で定置する緩衝材定置試験装置の整備、地層処分の操業技術に係る研究開発及びわが国の地層処分事業の理解促進を促進することを目的とした「地層処分実規模試験施設」（以下、実規模施設という）の整備を実施した[1][2][3][4][5][6]。回収技術では、平成 19 年度～平成 24 年度処分システム工学要素技術高度化開発[7][8][9][10][11]、平成 23 年度～平成 26 年度地層処分回収技術高度化開発[12][13][14][15]において、緩衝材除去を中核技術として、塩水を用いた緩衝材除去技術の装置開発を実施した。

本事業では、実規模試験施設において、これら既往の搬送定置・回収技術の知見を活用した実証試験を実施する計画である。

### 5.2.3　実証試験計画の見直し、検討

(1)　年度計画

平成 27 年度に策定した実規模施設の活用に関する年度別計画表を表 5.2.3-1 に示す。平成 28 年度は、地下での実証に注力することとなったため、実証試験を見送り、理解促進活動に活用するための整備を実施することとした。

表 5.2.3-1　年度計画表

| 項目 | | H27 | H28 | H29 | H30 | H31 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 実証試験計画の検討 | | ― | ― | ― | ― | |
| 緩衝材定置試験装置 | 装置改良 | ― | | ― | 平成 28 年度は、本項目は見送り | |
| | 実証試験 | | | ― | ― | ― |
| 緩衝材除去システム | 施設内整備 | ― | ― | ― | | |
| | 緩衝材除去システムの移設 | ― | ― | | | |
| | 実証試験 | | | ― | ― | ― |
| 理解促進活動 | | ― | ― | ― | ― | ― |

(2)　平成 28 年度実施項目

上記の実証試験計画を基に、本年度は以下の項目を実施した。

① 緩衝材除去システムの整備

・理解促進活動に活用するための整備のため、緩衝材除去システムを構成する主要設備である、塩水リユース設備（図 5.3.1-1　緩衝材除去システム概要図）のうち固液分離水槽の移設を行った。

② 理解促進活動

・施設の一般公開
・緩衝材定置試験
・緩衝材可視化試験
・広告等
・来館者へのアンケート

以下に、本年度実施した実施項目の詳細について示す。

## 5.3　緩衝材除去システムの整備

### 5.3.1　緩衝材除去システム

緩衝材除去システムは、図 5.3.1-1　緩衝材除去システム概要図に示すよう塩水リユース設備、遠隔操作設備、噴射・吸引設備から構成され、H27 年度に主要設備のうち、遠隔操作設備と噴射・吸引設備を実規模試験施設に移設している。H28 年度は、緩衝材除去システムの主要設備の 1 つである、塩水リユース設備のうち、固液分離水槽の移設を行った。この移設により、緩衝材除去システムを構成する主要設備を実規模試験施設に設置することができた。5.3.1,5.3.2 に移設計画、移設詳細を示す。

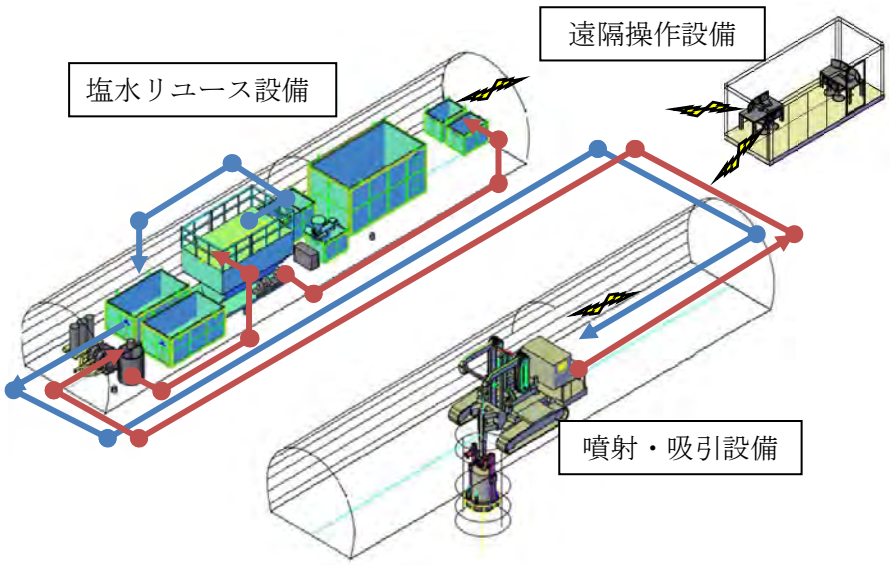



図 5.3.1-1　緩衝材除去システム概要図

### 5.3.2　移設計画

実規模試験室内での配置については、見学者へ効果的に見せる配置とし、施設内の見学者への安全に十分配慮し必要な立入禁止措置を講じる計画とした。固液分離水槽周りは、設備紹介用の LED パネルや動画再生用モニター等の展示物を活用した立入禁止措置とした。図 5.3.2-2　塩水リユース設備（固液分離水槽）の配置計画図に移設を考慮した配置図を示す。本年度は、塩水リユース設備のうち固液分離水槽を移設した。固液分離水槽の全体図を図 5.3.2-1　固液分離水槽の全体図に示す。

図 5.3.2-1　固液分離水槽の全体図

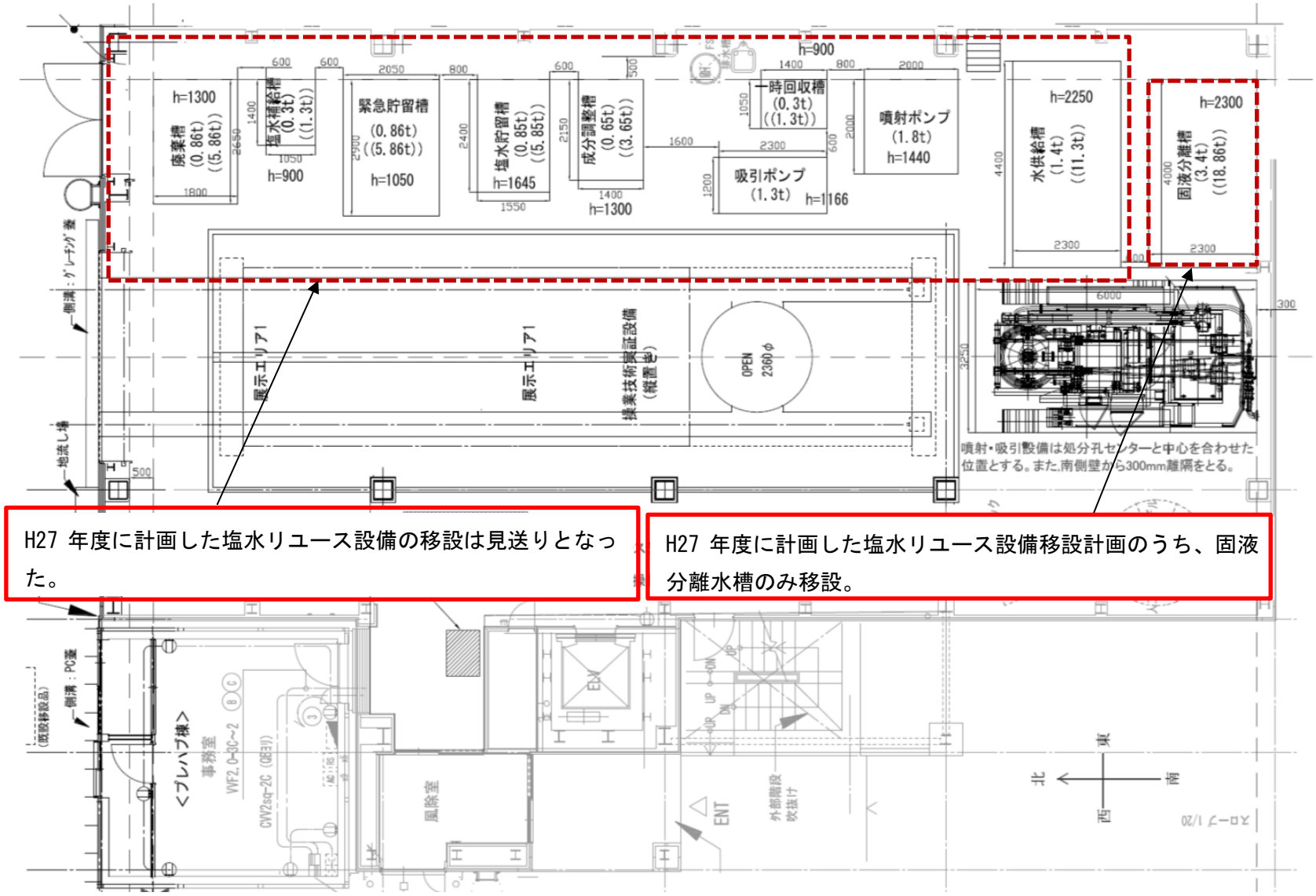


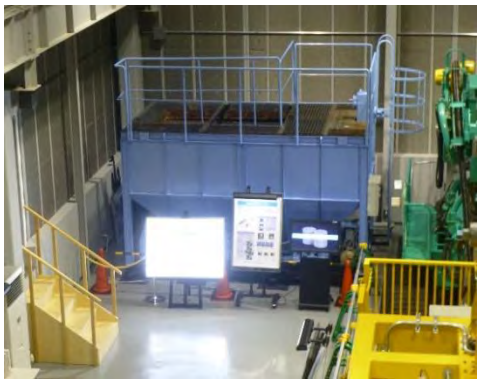

図 5.3.2-2　塩水リユース設備（固液分離水槽）の配置計画図

### 5.3.3　固液分離水槽の移設

平成 26 年度回収技術高度化開発[15]で緩衝材除去試験に使用した緩衝材除去システムのうち固液分離水槽を保管場所から実規模施設へ移設した。配置については、見学者への見せ方を考慮し、噴射・吸引設備近傍に設置し、駆動部や大きさが確認できる配置とした（図 5.3.3-2 右図参照）。

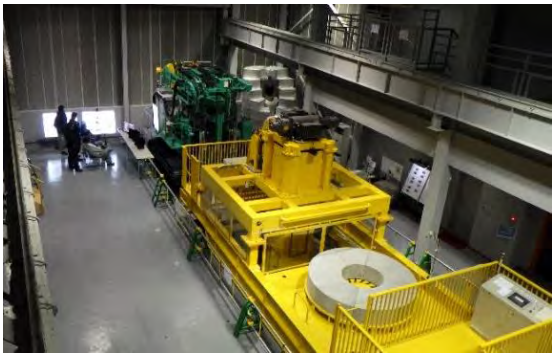
図 5.3.3-1　固液分離水槽の積み込み状況

固液分離水槽移設時



設備紹介用パネルの設置状況

図 5.3.3-2　固液分離水槽の移設状況



移設前の施設内全景

移設後の施設内全景

図 5.3.3-3　移設前後の施設内全景

## 5.4　　理解促進活動

施設内での緩衝材定置試験、展示物の説明などによる国民への理解促進活動を平成 27 年度に引き続き実施した。これまでの地層処分研究開発成果を活用した実規模試験施設の運営を実施した。本年度は、以下の項目について実施した。

- 施設の一般公開
- 緩衝材定置試験
- 緩衝材可視化試験
- 広告等
- 来訪者へのアンケート

### 5.4.1　　施設の一般公開

実規模試験施設は、国民への高レベル放射性廃棄物地層処分への理解を深めることを目的に、施設内を一般公開している。以下にその詳細について述べる。

(1)　開館日

幌延深地層研究センター「ゆめ地創館」と同様に、以下の様に実施した。

- 開館期間　平成 28 年 4 月 1 日～平成 29 年 3 月 31 日
- 開館時間　9:00～16:00
- 休館日　毎週月曜日
  （休館日が祝日または振替休日の場合は水曜日）
- 年末年始（12 月 29 日～1 月 3 日）

(2)　「おもしろ科学館 2016 in ほろのべ」への協賛

地層処分実規模試験施設にて、以下のとおり実施した。

主催　経済産業省北海道経済産業局、幌延町

開催日時　平成 28 年 7 月 30 日（土）、31 日（日）
両日とも 9:30～16:00

会場　第 2 会場：地層処分実規模試験施設
（天塩郡幌延町北進 432 番地 2）

主な実施項目

・緩衝材定置試験
・緩衝材可視化試験
・回収技術に関する実証試験設備の公開
・人工バリアの公開

(3)　来館者への対応

来館者を受け入れる体制として、試験員を常時 2 名配置して、来館者に対し、本事業の概要、地層処分の概要、施設内の展示物や試験内容について説明を行った。

平成 28 年度の来館者数は 5,374 人で、平成 22 年 4 月 28 日開館以来の延べ来館者数は 43,501 人となった。（平成 29 年 2 月 28 日現在）

平成 28 年度の施設来館者の推移を図 5.4.1-1 に示す。来館者の推移では、上半期（4 月～9 月）で多くの来館者が訪問し、下半期（10 月～3 月）は来館者が徐々に減少傾向になっている。7 月に急激に来館者が増加しているのは北海道経済産業局が主催した「おもしろ科学館 2016 in ほろのべ」の影響である。

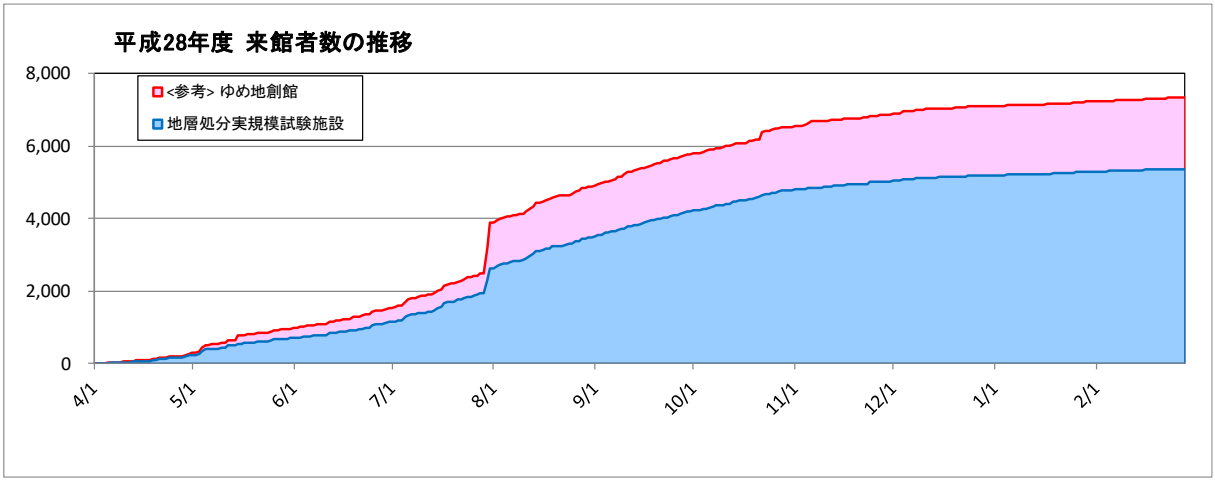



図 5.4.1-1　平成 28 年度来館者推移

## 5.4.2　緩衝材定置試験の公開

緩衝材定置装置にて、模擬緩衝材ブロック（8 個）を一括して模擬処分孔に把持・搬送及び定置し、その状態を確認する緩衝材定置試験を実施した。来館者に本施設に対する理解を深めてもらう事を目的に、「おもしろ科学館　2016　in　ほろのべ」の開催日に併せ、7 月 30 日（土）及び 31 日（日）に実施した。

(1)　試験内容

本試験の装置動作を図 5.4.2-1～図 5.4.2-4 に示す。また、「おもしろ科学館　2016　in　ほろのべ」の様子を図 5.4.2-5　おもしろ科学館 2016in 幌延

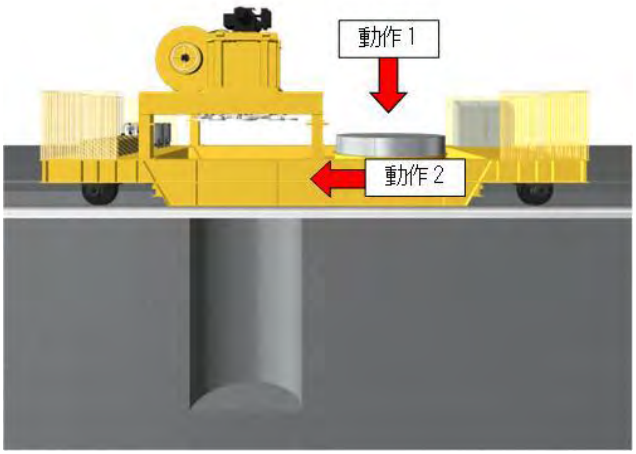



図 5.4.2-1　緩衝材定置運転動作（その１）

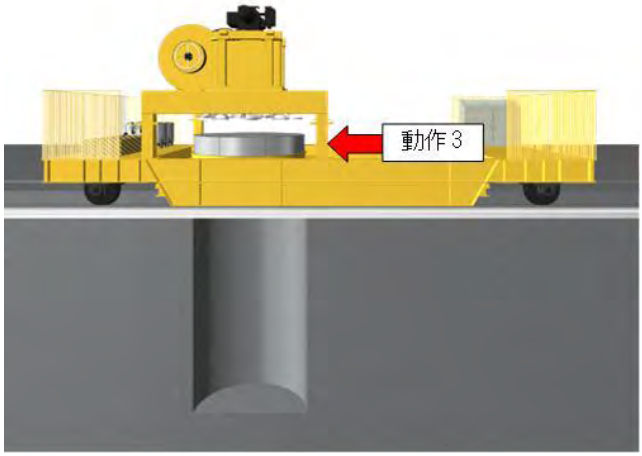



図 5.4.2-2　緩衝材定置運転動作（その２）

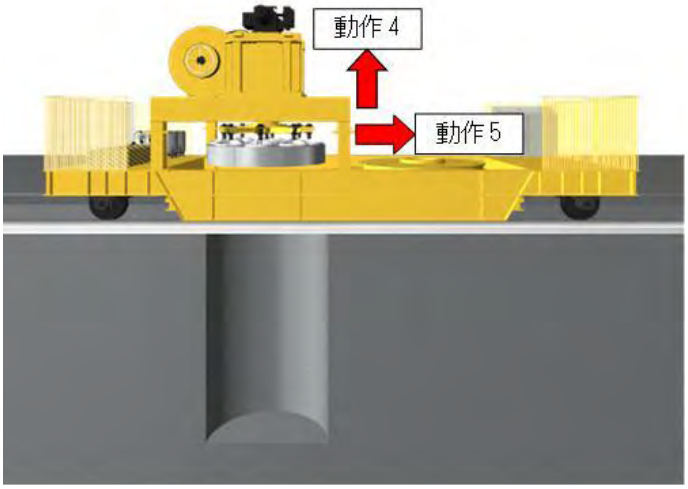



図 5.4.2-3　緩衝材定置運転動作（その３）

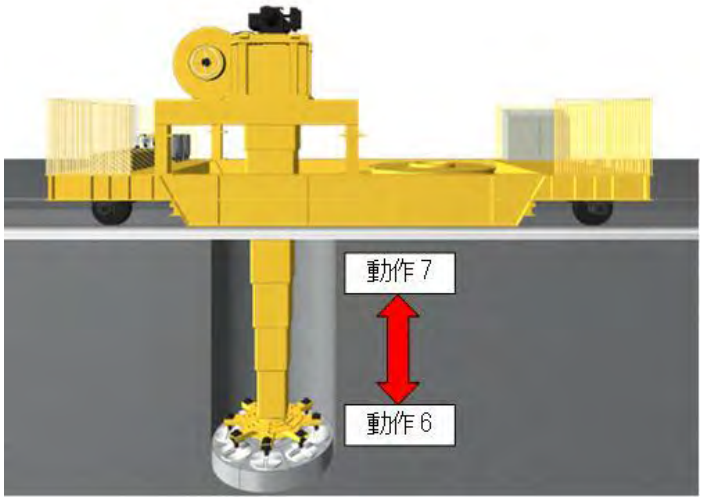



図 5.4.2-4　緩衝材定置運転動作（その４）

図中の動作 1～動作 7 を以下に示す。

- 動作 1：天井クレーンを使用して、緩衝材台車へ模擬緩衝材ブロックを乗せる（手動）
- 動作 2：緩衝材台車をテレスコピック下部へ移動させる。（自動運転）
- 動作 3：緩衝材台車に乗せた模擬緩衝材ブロックをテレスコピックの下で停止させる。（自動運転）
- 動作 4：テレスコピックにて模擬緩衝材ブロックを真空把持する。（自動運転）
- 動作 5：緩衝材台車を定位置（始動位置）へ移動する。（自動運転）
- 動作 6：模擬処分孔に模擬緩衝材ブロックを定置する。（自動運転）
- 動作 7：緩衝材定置後にテレスコピックを上部へ移動させる。（自動運転）

本試験で使用する模擬緩衝材ブロックは、以下のものを使用した。

- 材質：コンクリート製
- 形状：1/8 ブロック
- 数量：1/8 ブロック：8 個（1 段@8 個）

本試験では、4 段目の模擬緩衝材ブロックを模擬処分孔へ定置した。試験スケジュールを表 5.4.2-1 に示す。

表 5.4.2-1　試験スケジュール

| 実施日時 | | 試験回数 | 定置位置 | 模擬緩衝材ブロック個数 |
|---|---|---|---|---|
| 2016 年 7 月 30 日 | AM | 3 回 | 4 段目 | 8 個 |
| | PM | 3 回 | 4 段目 | 8 個 |
| 2016 年 7 月 31 日 | AM | 3 回 | 4 段目 | 8 個 |
| | PM | 3 回 | 4 段目 | 8 個 |

図 5.4.2-5　おもしろ科学館 2016in 幌延での緩衝材定置試験の様子

### 5.4.3　緩衝材可視化試験

緩衝材可視化試験は、地層処分の人工バリアの主要構成要素である緩衝材を対象として以下の目的で実施した。

- 来館者に対して、緩衝材の性質や利用方法の理解促進
- 緩衝材の挙動の把握・理解および理解促進のための資料作成

(1)　緩衝材の機能と可視化試験の検討

「緩衝材の隙間」について、緩衝材の性質を利用した機能および要件から試験の背景を示す。

緩衝材は人工バリアを構成する一つであり、「放射性物質の移行抑制」のため安全機能が設定されている[22]。

- 移流による移行の抑制（低透水性）
- コロイド移行の防止・抑制（コロイドろ過能）
- 吸着による放射性物質の移行遅延（吸着性）

さらに人工バリアの長期健全性の維持の観点から、以下の技術要件が設定されている[22]。

- 自己修復性
- 耐熱性
- 対放射線性
- 緩衝材流出の抑制
- 残置物との相互作用の影響の低減
- バリア材料間の相互作用の影響の低減
- ガラス固化体の過熱防止

- オーバーパックの保護
- オーバーパックの沈下防止
- 施工時の隙間の充填（自己シール性）

本事業では、上記の緩衝材の技術要件うち「緩衝材の隙間」に関わる事項と考えられる「自己修復性」、「自己シール性」について、緩衝材可視化試験において試験・検証と試験状況の展示を実施している。

本年度は、緩衝材の挙動をより視覚的に確認できるよう、試験装置である鋼製モールドをアクリル製モールドへ変更し、水平方向の隙間の浸潤試験（以下、単に緩衝材可視化試験）を実施した。アクリル製モールドへの変更により、可視化試験の状況をより把握できるようになった。

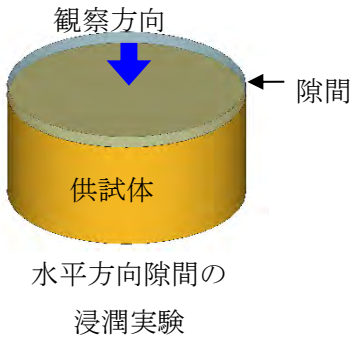



図 5.4.3-1　水平方向の浸潤試験概念

1)　供試体作製方法

水平方向の隙間を持つ供試体の作製の流れを以下に示す。供試体は 2 種類作製し、乾燥密度 1.6Mg/m$^3$ で飽和度 50%（含水比 12.6%）、1.8Mg/m$^3$ で飽和度 80%（含水比 14.6%）および乾燥密度 1.9Mg/m$^3$ で飽和度 45%（含水比 6.90%）の供試体を設定した（表 5.4.3-1）。

① ベントナイト混合土の含水比を調整した。
② ベントナイト混合土を隙間分の厚さのスペーサーを設置したモールドに詰め、静的圧入機により締固めを行い、緩衝材供試体を作製した。（図 5.4.3-2）
③ 緩衝材を上下反転し、緩衝材可視化試験装置を組み立てる。

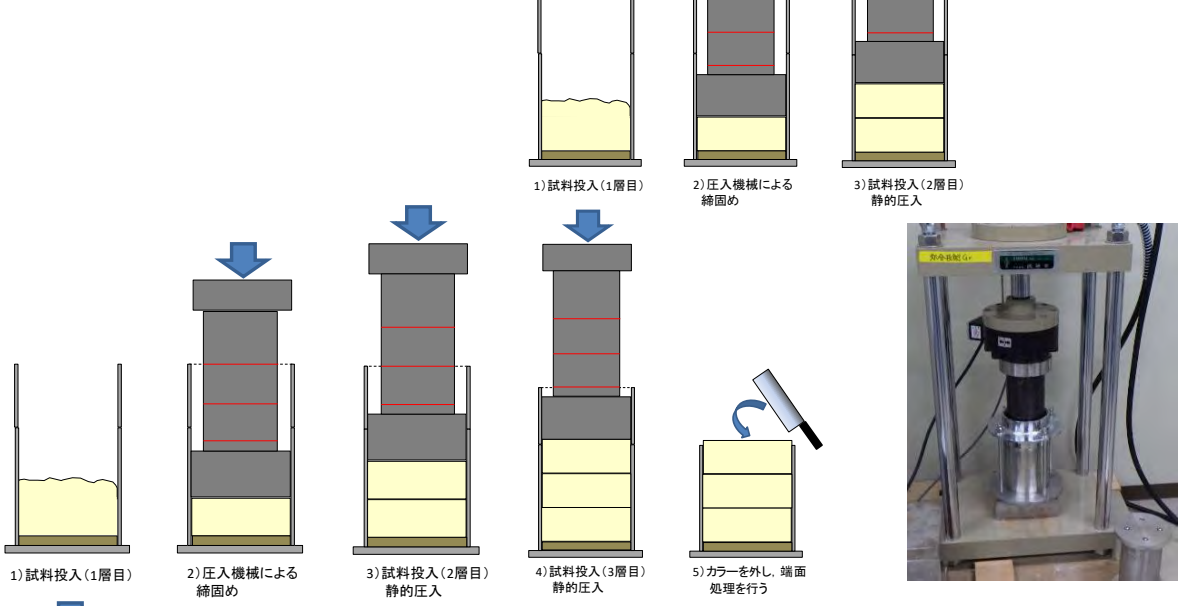



図 5.4.3-2　供試体作製方法

2　　験方法

　　衝材可視化試験の概要を図 5.4.3-3 に示す。緩衝材を設置したモールドを水中に投入し、
　リル板にあけられた孔を通じて緩衝材上面に設けた隙間に注水し試験を開始した。水の
　状況お　　の状況は供試体上・側面から観察した。
　試体中　　ヤルゲージを設置し、緩衝材の膨潤による鉛直変位を測定した。

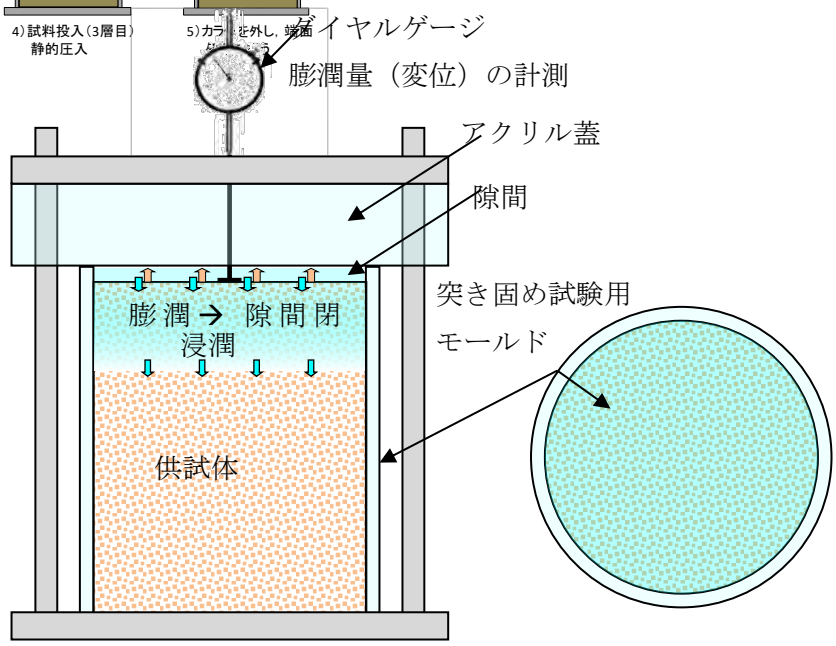


図 5.4.3-3　緩衝材可視化試験の概要

3)　試験ケース

試験ケースを表 5.4.3-1 に示す。表中の EX1、2 は平成 27 年度に設置したものである。試験ケースは、EX1、2 は初期乾燥密度が 1.9Mg/m³、Case1、2 は 1.6 Mg/m³、Case3、4 は 1.8 Mg/m³ とした。緩衝材供試体上面の隙間はすべてのケースで 2.0cm とした。なお、Case3、4 は、今年度は製作・設置し計測中となっている。

表 5.4.3-1　試験ケース

| 試験ケース | EX1 | EX2 | Case1 | Case2 | Case3 | Case4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 初期乾燥密度$\rho_{d0}$ (Mg/m$^3$) | 1.9 | | 1.6 | | 1.8 | |
| 初期含水比 $w_0$ (%) | 6.90 | 6.90 | 12.6 | 12.6 | 9.13 | 9.13 |
| 飽和度 Sr (%) | 45 | 45 | 50 | 50 | 80 | 80 |
| 隙間 (cm) | 2.0 | | | | | |
| 設置期間 (日) | 225 | 225 | 97 | 97 | 計測中 | 計測中 |

4)　試験状況と取得データ

試験状況を図 5.4.3-4 に示す。Case1（乾燥密度 1.6Mg/m3、飽和度 50%）の緩衝材側面の経時変化を図 5.4.3-5 に示す。

各試験ケースにより得られた変位量の結果を図 5.4.3-6 に示す。図中に示す変位収束日とは、一日一回の計測回数に対する変位量の変化率を算出し、変化率が 1%以下になった日とした。供試体上面の変位は、乾燥密度 1.6Mg/m3、飽和度 50%よりも乾燥密度 1.9Mg/m3、飽和度 45%の方が早く収束している。また、変位量は、隙間 2.0cm（緩衝材が膨潤し変位できる最大変位量が 2.0cm）に対して、0.1～0.3cm 程度とバラつきがあった。

次に、各試験ケースにより得られた供試体の深さと含水比、乾燥密度の関係を図 5.4.3-8 に示す。緩衝材可視化試験の概要を

図 5.4.3-7（a)、(b）の横軸は、各試験によって得られた含水比 wi、乾燥密度□di を各試験ケースの初期含水比 w0、乾燥密度□d0 で除して基準化したものである。含水比は、各試験ケースともに緩衝材上部（隙間を埋めた緩衝材）が最も高くなった。乾燥密度は、隙間の膨潤挙動により供試体上部が各試験ケースとも最も密度が低くなった。

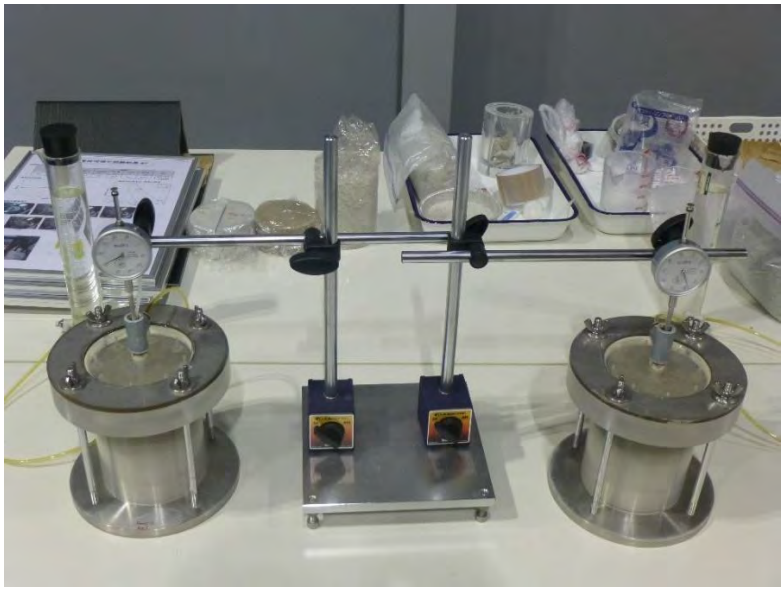


図 5.4.3-4　緩衝材可視化試験状況

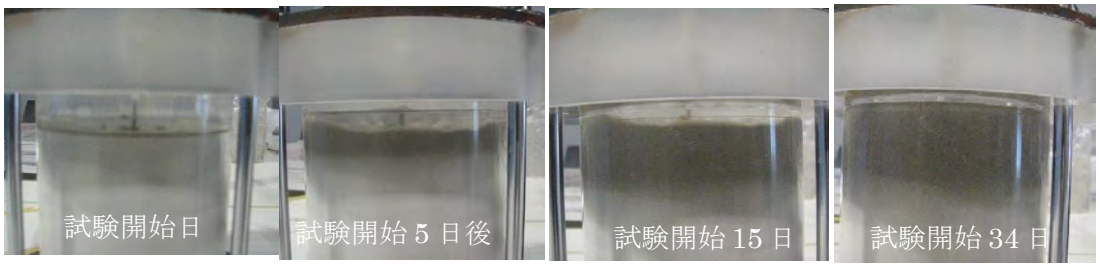
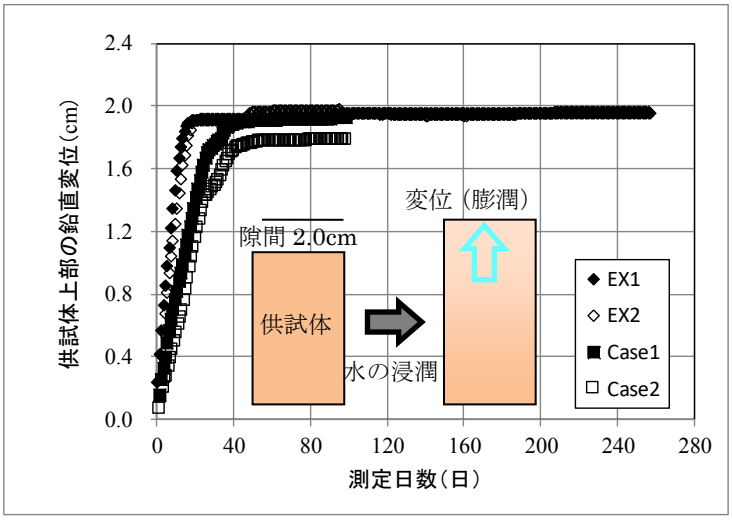
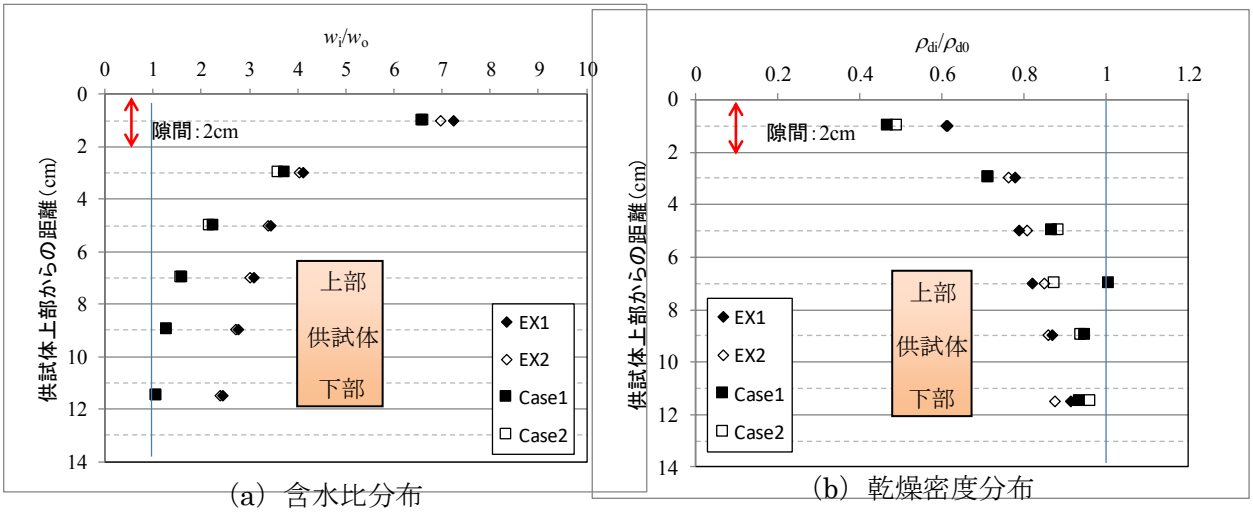



図 5.4.3-5　緩衝材可視化試験状況（Case1）




| | 変位収束日（日） |
|---|---|
| EX1 | 19 |
| EX2 | 20 |
| Case1 | 37 |
| Case2 | 42 |
| Case3 | 計測中 |
| Case4 | 計測中 |

図 5.4.3-6　緩衝材供試体の変位（膨潤）




（a）含水比分布　　（b）乾燥密度分布

図 5.4.3-7　含水比の深さ方向分布と乾燥密度分布

5)　観察事項

各試験ともに緩衝材の上面に隙間（20mm）を設け、水の浸潤による挙動を観察した。変位量は、乾燥密度 1.9Mg/m³、飽和度 45%では、試験開始から 19、20 日程度、乾燥密度 1.6Mg/m³、飽和度 50%は約 37～42 日程度で収束した。乾燥密度の 1.9Mg/m³ と 1.6Mg/m³ では変位量の収束日数に 2 倍程度の違いが生じていることを確認した。なお、収束判定は、変位量に対する経過日数の変化率を算出し、変化率 1%以下を収束日とした。

図 5.4.3-7 に示す緩衝材の深さ方向の含水比分布を確認すると、最大 225 日程度の浸潤では、垂直方向の含水比分布は上面と下端部で含水比が均一になることはなかった。一方、試験ケース EX1、2 では、$w_i/w_0$＝3.0 となっており、緩衝材底部まで水が浸潤していることが確認できた。

緩衝材の深さ方向の乾燥密度分布では、すべての試験ケース（Case3、4 を除く）で、$\rho_{di}/\rho_{d0}$＝1.0 以下となっていることから、緩衝材下端部まで密度低下が生じており、上部の膨潤挙動を受けていると考えらえる。

## 5.4.4　認知度向上のための活動

前事業の成果である、平成 20 年度に製作したオーバーパック・緩衝材の実物・人工バリア（実際の放射性破棄物は使用しない）、平成 21 年度及び平成 25 年度に製作した緩衝材可視化試験装置、平成 20 年度から平成 24 年度に製作した緩衝材定置装置、平成 23 年度から平成 26 年度に製作した緩衝材除去システム（噴射・吸引設備）の一般公開について、以下に示す広告等を行った。

(1)　実規模試験施設のパンフレット

実規模試験施設では経済産業省資源エネルギー庁および原環センターが製作した以下のパンフレットを常備し、来館者が自由に持ち帰ることを可能とした（図 5.4.4-1）。

- 諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について
  （経済産業省資源エネルギー庁発行 2016 年 2 月）
- 地層処分実規模試験施設三つ折りチラシ（図 5.4.4-1）

パンフレット（表）　　パンフレット（裏）

図 5.4.4-1　地層処分実規模試験施設パンフレット

(2)　ホームページ（http://www.rwmc.or.jp/institution/）

平成 28 年 4 月 1 日～平成 29 年 2 月 28 日間期間での地層処分実規模試験施設ホームページのアクセス数を下記に示す。

アクセス数：訪問者数 2,196、訪問数*1 3,172

*1：訪問数は、訪問者が最初の閲覧から 24 時間以内に再度閲覧を行った場合の数値

(3)　情報誌への掲載

理解促進活動の一貫として実規模試験施設の認知度向上のため、一般紙などの情報誌に実規模試験施設の情報を掲載した。以下に、掲載した情報誌及び広告を示す。

1)　地元ラジオ局のエフエムわっかない作成の番組表（図 5.4.4-2 参照）

主な設置先は以下の通り

稚内市内 40~50 ヶ所（空港、フェリーターミナル、高速バス乗り場、観光施設、病院・スーパ・ドラッグストアー等）及び道の駅 3 ヶ所（天塩、猿払、塩別）

2)　2016 年度版　今の大ヒットはこれだ‼（発行：（株）ミスターパートナー）

平成 28 年 7 月に発刊。10,000 部販売。図 5.4.4-3 参照。

北海道新聞折り込み冊子「宗谷管内公共交通ブック時刻表」広告

（

図 5.4.4-4 参照）。平成 28 年 4 月に発刊。14,000 部。

図 5.4.4-2　認知度向上のための活動（コミュニティ FM 番組表への掲載）

図 5.4.4-3　認知度向上のための活動（情報誌（全国誌）への掲載[24]）

図 5.4.4-4　北海道新聞折り込み冊子「宗谷管内公共交通ブック時刻表」の広告

### 5.4.5　来館者へのアンケート

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構　幌延深地層研究センターと共同で実施している来館者へのアンケート結果を集計した。アンケートの回答については、平成 29 年 2 月末現在で 3,040 通の協力を頂いた。アンケートの集計結果を以下に示す。

(1)　アンケート回答者諸元

1)　性別、年代、住まい

施設（ゆめ地創館及び実規模施設）への来館者の約 54%が北海道内、約 46%が北海道外からとなっている。来館者分布をみると、性別では男性が女性の約 2 倍、年齢層は 60 代以上が多い分布となっている。今後、理解促進を進めるうえで、女性や若年層を考慮した活動が重要となる。

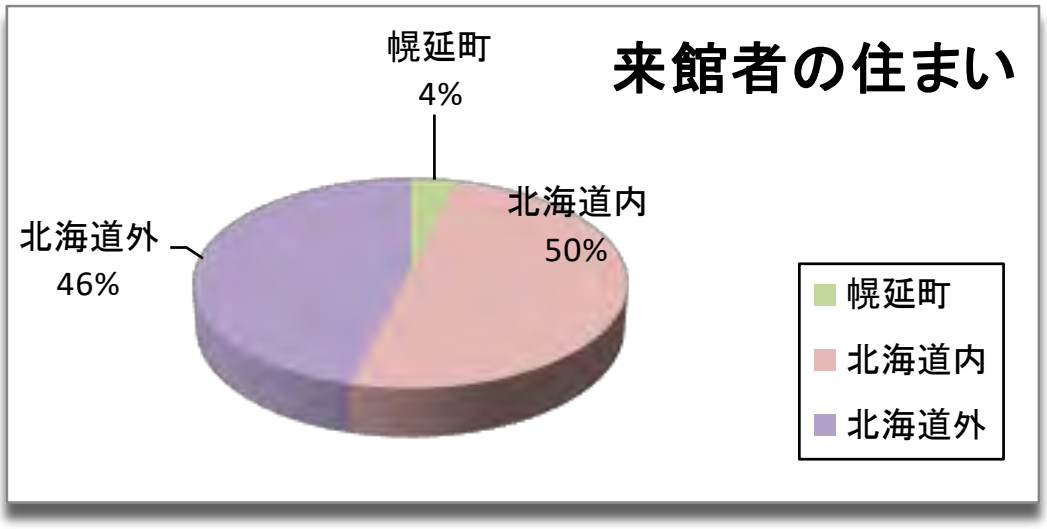



図 5.4.5-1　来館者の住まい

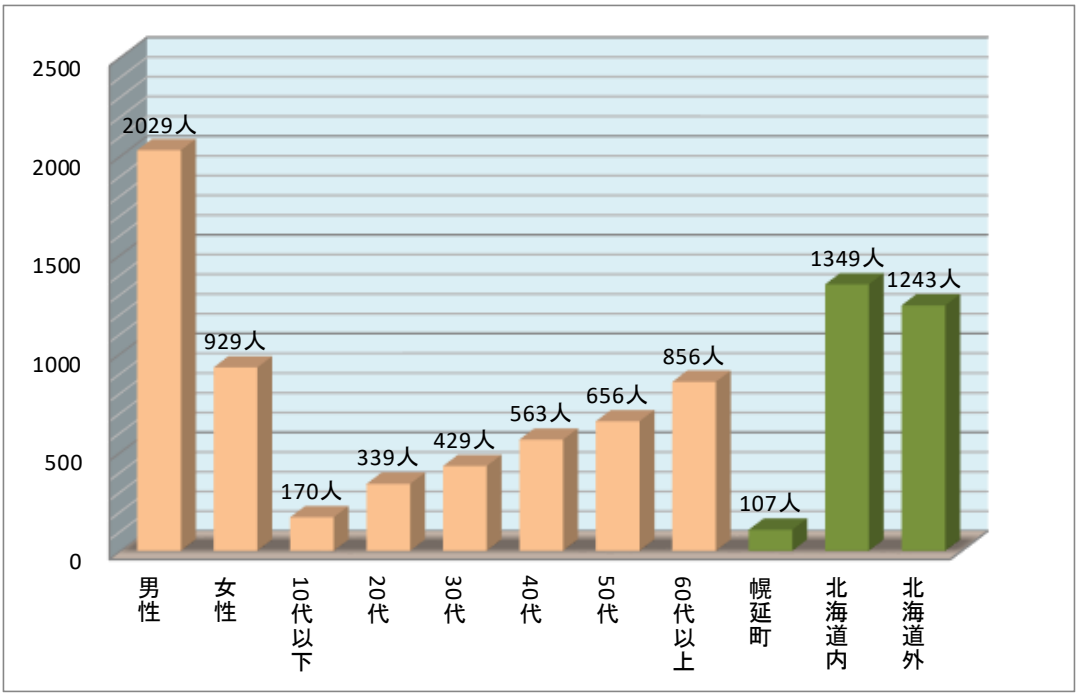



図 5.4.5-2　回答者諸元

2)　当施設の情報取得

インターネット、パンフレット、広告等で知ったという回答が 25.2%を占めた。

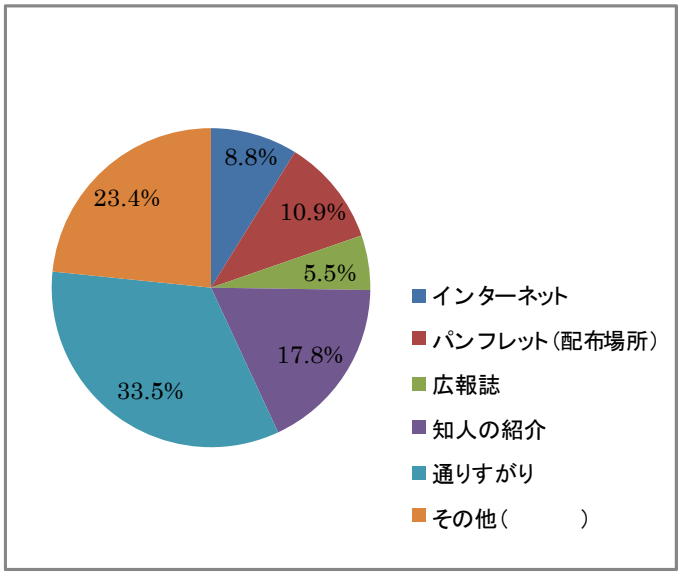



図 5.4.5-3　アンケート結果 1

（当施設について何で知りましたか）

(2)　アンケート集計結果

施設の見学後の感想について、アンケート集計結果を図 5.4.5-4～図 5.4.5-9 に示す。

・来館者の 87.6%が高レベル放射性廃棄物を地層中に処分(地層処分)する計画を知っている結果となった。

・来館後地層処分や展示物である人工バリアについて「わかった（よくわかった、だいたいわかった）」との回答がそれぞれ 82.8%以上を占めている。

・高レベル放射性廃棄物の処分が必要と考える人が来館者の約 95.3%を占める結果となった。

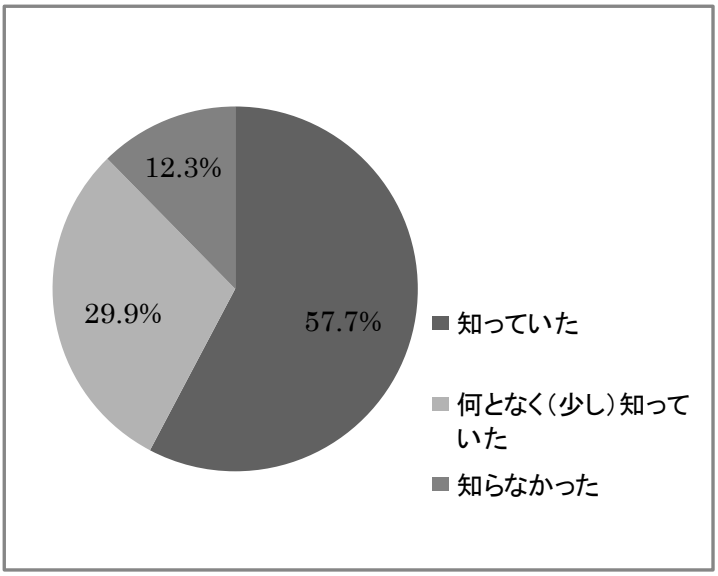



図 5.4.5-4　アンケート結果 2

（日本では、高レベル放射性廃棄物を地層中に
処分(地層処分)する計画があることを御存じでしたか?）

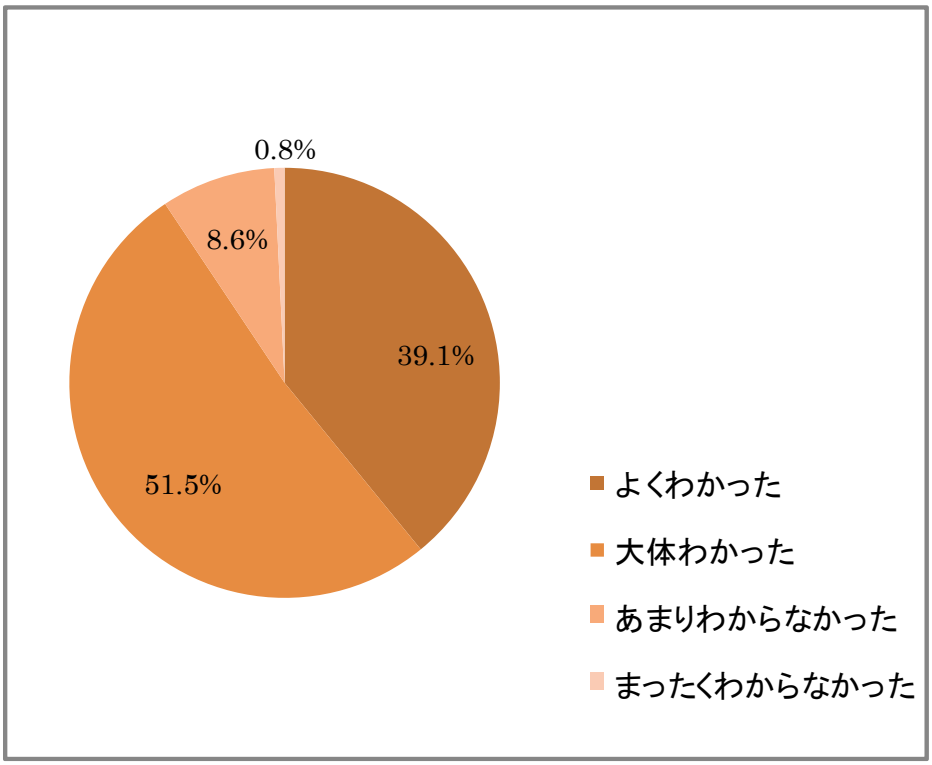



図 5.4.5-5　アンケート結果 3
（地層処分について）

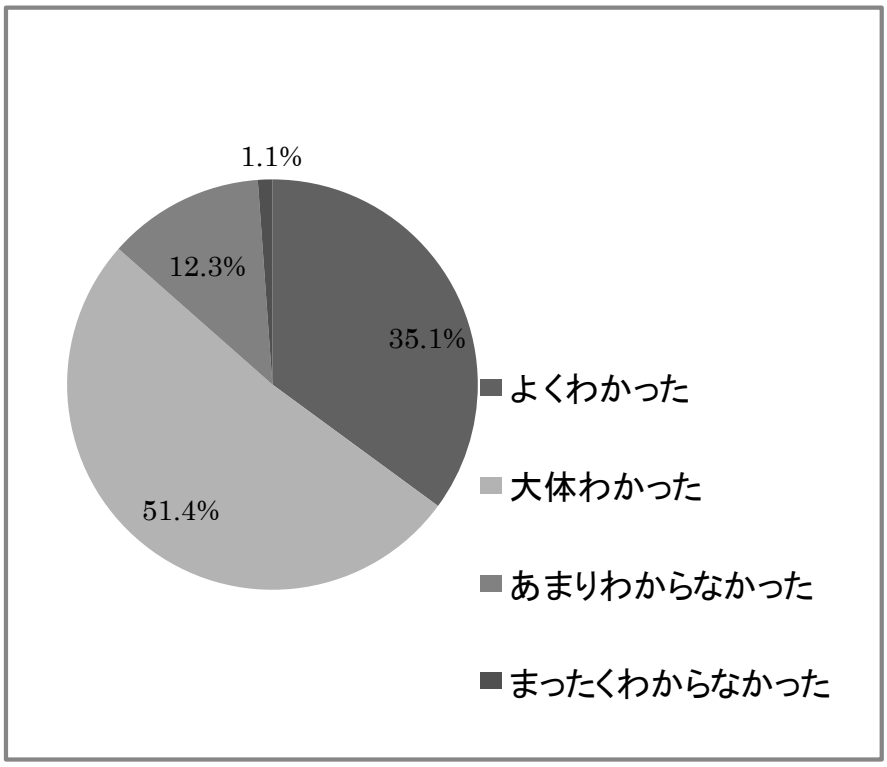



図 5.4.5-6　アンケート結果 4
（高レベル放射性廃棄物について）

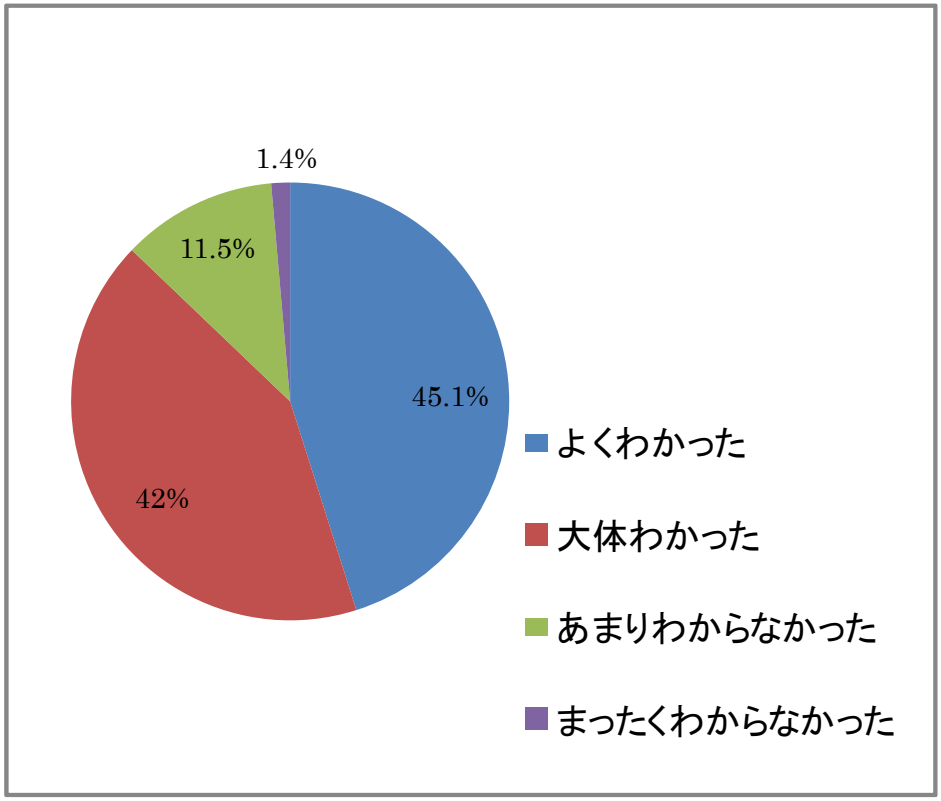



図 5.4.5-7　アンケート結果 5
（実物大の人工バリアについて）

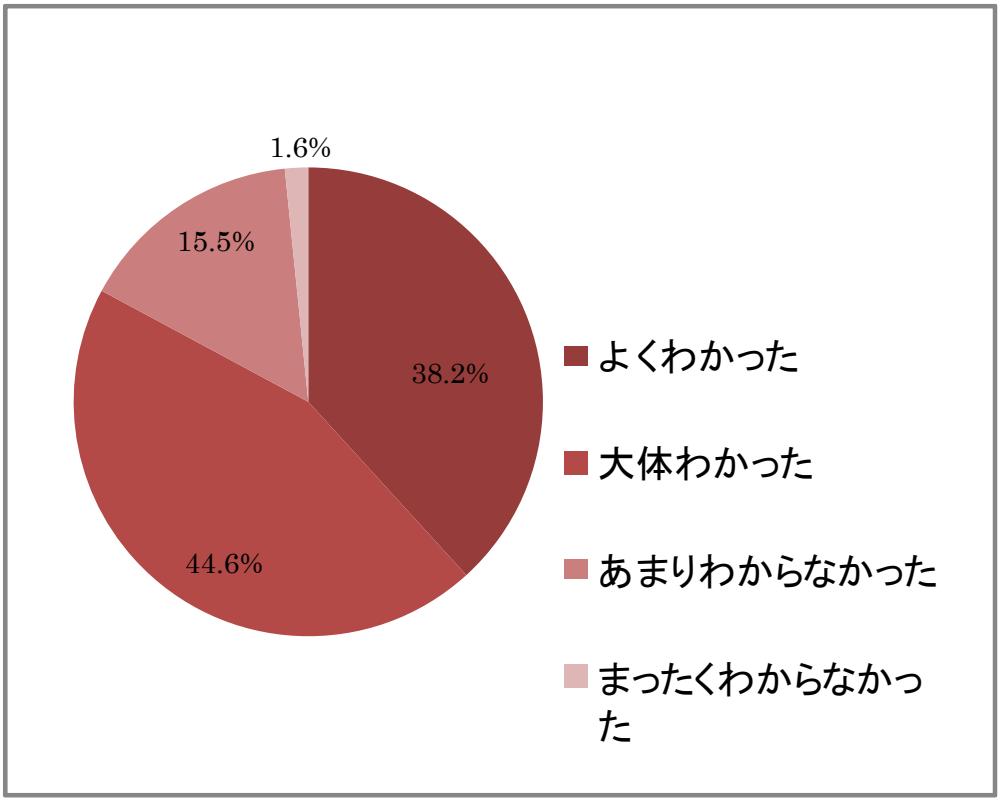



図 5.4.5-8　アンケート結果 6
（実物大の人工バリアを使った試験について）

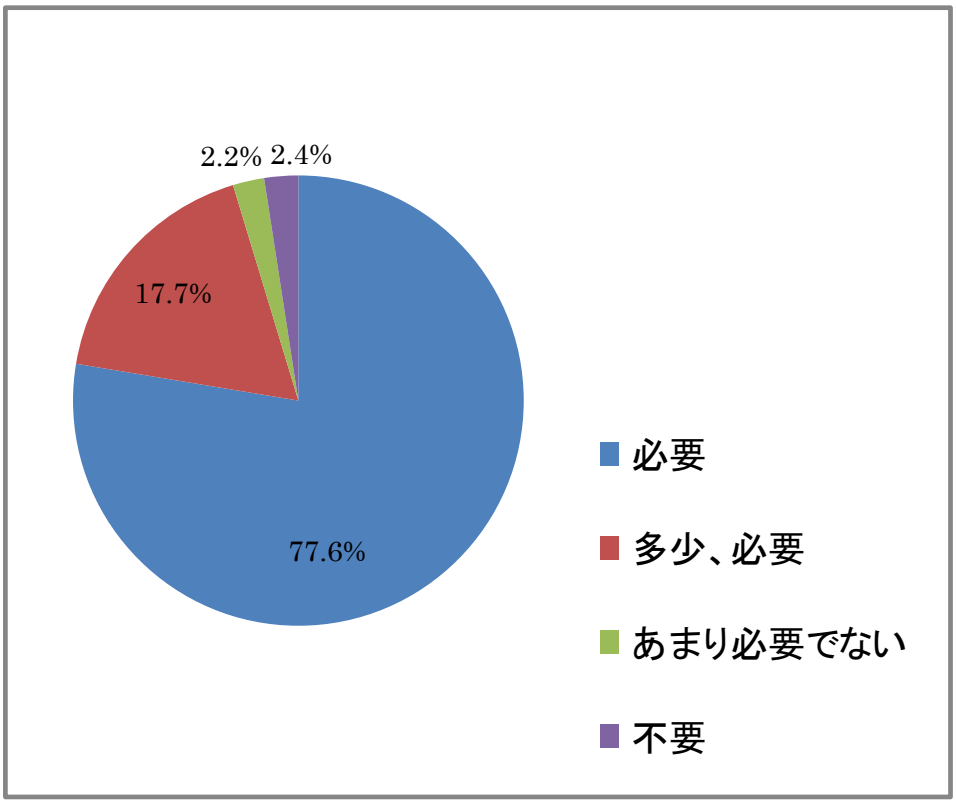



図 5.4.5-9　アンケート結果 7
（高レベル放射性廃棄物の処分の必要性についてどう感じましたか?）

## 5.5　まとめ

### 5.5.1　地層処分実規模試験施設の整備

平成 28 年度は、平成 27 年度に策定した実証試験サイトとして活用するための整備計画の見直しを行った。主に地層処分実規模試験施設の施設内に関する整備（模擬処分孔の補強、400V 電源設備の整備等）を見送り、以下に示す緩衝材除去システムの整備と理解促進活動を実施した。

### 5.5.2　緩衝材除去システムの整備

地層処分実規模試験施設における回収技術の整備について、これまでに開発した緩衝材除去システムのうち塩水リユース設備の主要設備である固液分離水槽を移設した。平成 27 年度に移設した塩水噴射設備と合わせ、緩衝材除去に関する実規模スケールの実証試験設備の公開を開始した。これにより、我が国における回収技術の整備状況を一般の方や専門家の方たちに体感、実感してもらうことが可能となった。

### 5.5.3　理解促進活動

平成 28 年度は、これまでの地層処分研究開発結果を活用した地層処分実規模試験施設の運営とともに、以下の項目について実施した。

・実規模試験施設内にある緩衝材定置装置による緩衝材定置試験を「おもしろ科学館 2016in ほろのべ」にて実施した。

・緩衝材の隙間に関する挙動を観察できるように供試体の上端に隙間を設け、水の浸潤により緩衝材が隙間を閉塞する挙動を確認できる緩衝材可視化試験を実施した。

・地層処分実規模試験施設の認知度向上のため、一般情報誌ミスターパートナー「2016 年版　今の大ヒットはこれだ！」や地元ラジオ局エフエムわっかない作成の番組表への掲載など、広告活動を実施した。

・国立研究法人日本原子力研究開発機構が運営するゆめ地創館と共同で、施設の来館者へのアンケートを実施した。アンケート結果では、来館者の年齢層や性別等の傾向を把握した。来館者の地層処分に対する認知度は 8 割以上であった。また、施設内見学後の来館者の感想は、地層処分や人工バリアに関して「よくわかった、だいたいわかった」と回答した人が 8 割以上となった。

### 5.5.4　今後の予定

今度、来館者記録を分析することで、より実規模試験施設を活用できるように、来館者への説明マニュアルの更新、パネル等の説明資料の改良検討を実施する。

参考文献


[1] (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 21 年度核燃料サイクル関係推進調整等委託費（地層処分実規模設備整備事業）報告書、2010 年 3 月

[2] (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 22 年度核燃料サイクル関係推進調整委託費（地層処分実規模設備整備事業）報告書、2011 年 3 月

[3] (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 23 年度原子力発電施設広聴・広報等事業委託費（地層処分実規模設備整備事業）報告書、2012 年 3 月

[4] (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 24 年度原子力施設立地推進調整事業等委託費（地層処分実規模設備整備事業）報告書、2013 年 3 月

[5] (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 25 年度原子力発電施設広聴・広報等事業委託費（地層処分実規模設備事業）報告書、2014 年 3 月

[6] (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 26 年度原子力発電施設広聴・広報等事業委託費（地層処分実規模設備運営等事業）報告書、2015 年 3 月

[7] (財)原子力環境整備促進・資金管理センター;平成 17 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－処分システム高度化－（２／２）、2006 年 3 月

[8] (財)原子力環境整備促進・資金管理センター;平成 19 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－遠隔操作技術高度化開発－（２／２）、2008 年 3 月

[9] (財)原子力環境整備促進・資金管理センター;平成 20 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－遠隔操作技術高度化開発－（２／２）、2009 年 3 月

[10] (財)原子力環境整備促進・資金管理センター;平成 21 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－遠隔操作技術高度化開発－（２／２）、2010 年 3 月

[11] (財)原子力環境整備促進・資金管理センター;平成 22 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－遠隔操作技術高度化開発－（２／２）、2011 年 3 月

[12] （公財）原子力環境整備促進・資金管理センター：平成23 年度 地層処分技術調査等事業（高レベル放射性廃棄物処分関連：地層処分回収技術高度化開発）報告書、2012 年3月

[13] （公財）原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 24 年度地層処分技術調査等事業（地層処分回収技術高度化開発）報告書、2013 年 3 月

[14] （公財）原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 25 年度地層処分技術調査等事業（地層処分回収技術高度化開発）報告書、2014 年 3 月

[15] （公財）原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 26 年度地層処分技術調査等事業（地層処分回収技術高度化開発）報告書、2015 年 3 月

[16] （財）原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 12 年度高レベル放射性廃棄物処分事業推進調査（遠隔操作技術高度化調査）報告書、2001 年 3 月
[17] （財）原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 13 年度高レベル放射性廃棄物処分事業推進調査（遠隔操作技術高度化調査）報告書（第 2 分冊）、2002 年 3 月
[18] (財)原子力環境整備促進・資金管理センター;平成 14 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－処分システム高度化－（２／２）、2003 年 3 月
[19] (財)原子力環境整備促進・資金管理センター;平成 15 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－処分システム高度化－（２／２）、2004 年 3 月
[20] (財)原子力環境整備促進・資金管理センター;平成 16 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－処分システム高度化－（２／２）、2005 年 3 月
[21] (財)原子力環境整備促進・資金管理センター;平成 18 年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）－処分システム高度化－（２／２）、2007 年 3 月
[22] NUMO：地層処分事業の安全確保（2010 年度版），NUMO-TR-11-01 (2011)
[23] （公財）原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 27 年度地層処分技術調査等事業（可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発）報告書、2016 年 3 月
[24] 「2016 年度版　今の大ヒットはこれだ！」; ミスター・パートナー出版部、2016 年 7 月

# 第6章　まとめ

## 6.1　本年度の実施内容のまとめと次年度以降の計画

### 6.1.1　実証試験計画の見直し

平成２７年度に立案した当初計画では、平成２９年度に模擬 PEM を地下に搬入し、PEM の搬送定置試験、PEM-坑道間の隙間充填試験、隙間充填材の除去試験、PEM の回収試験という実際の工程に合わせたものであった。地下での実証試験を確実に実施するため、地上での確認試験を十分に行うこととし、計画を見直した。

見直し後では、地下坑道内への模擬 PEM の設置を平成３０年度とした。PEM の定置試験の前に、模擬 PEM 周囲の隙間充填試験を実施する。隙間充填材の除去試験は、平成３１年度初頭に変更した。PEM の搬送定置試験は、当初計画では、実証試験の初めに実施する予定であったが、平成３１年度の回収試験の後に実施することとし、装置の入替回数を減らし試験に充てる期間を確保するように見直した。

地層処分実規模試験施設の活用について、当初計画では、処分孔竪置き定置方式の回収試験を地層処分実規模試験施設で実施する予定であった。事業全体の方針を地下での実証試験の実施に重点を置いたものに見直したため、本事業では処分孔竪置き定置方式に対する回収実証試験は見送ることとした。実規模試験施設については、これまでに引き続き基盤研究の成果を公開する試験施設として、施設内の整備ならびに試験の公開を続けていく。

### 6.1.2　地下実証試験設備の整備

処分坑道横置き定置　PEM 方式の回収実証試験を実施するため、幌延 URL の深度 350m にある試験坑道 2 の坑内に、PEM 定置装置の走行面である組立台（鉄筋コンクリート製)、PEM の設置場所である台座（鉄筋コンクリート製)、および各実証試験で使用する操作卓の設置場所である作業台（鋼製）を構築した。いずれの構造物も、実証試験を行うために原環センターが特別に設定した品質規格を満足している。また、次年度、定置装置を対象に、コンクリート表面の仕上がり状態の違いによる走行性能を確認するため、組立台の表面を異なる方法（全面モルタルと打放し）で仕上げた。

本事業は、平成 31 年度に地下環境で実証試験の実施を計画している。その際、既設構造物も含めた周辺環境に与える影響を計測し、評価することで、将来の処分事業操業時において想定される現象の理解に資する。今年度は、準備段階として組立台の中にコンクリート応力計と温度計、および試験坑道 2 施工時に建て込んだ鋼製支保工表面に鋼製支保工応力計を設置した。設置から数か月経過した現在までに、コンクリート打設から養生中におけるコンクリートと鋼製支保工に応力変化のデータが順調に取得できており、測定器が正常に稼働していることを確認している。

### 6.1.3　定置技術の実証的整備

本事業では、地下実環境における横置き PEM の回収実証試験、搬送定置実証試験を平成 31 年度に計画しており、実証試験で使用するための定置設備の整備を進めている。

本年度までに、エアベアリング方式による横置き PEM の定置装置を製作し、地上において機

能確認試験を実施した。また、機能確認のための各データを取得し、既往検討での知見、データとも対比しながら、製作した定置部・搬送部・遠隔機能について、以下を確認した。

定置部について、エアベアリングにより模擬 PEM（重量 36.5t）を把持（浮上）できること、エアベアリングの潤滑効果により移動時の力を低減することを確認した。

搬送部について、PEM を把持した定置部を前後に移動できることを確認した。

遠隔機能について、装置の姿勢、位置情報、動作状況等の監視ができること、模擬坑道上の障害に支障となる異物を視認できること、遠隔操作卓から装置（定置部＋搬送部）を運転し定置／回収動作ができることを確認した。

次年度以降は、定置装置の現場打設コンクリート上（地下実打設面）での適用性に係わるデータの取得、装置の改良等を実施し、坑道の施工技術とエアベアリングによる狭隘空間での PEM の定置／回収技術の成立性を、実証試験を通じて提示していく。

### 6.1.4　隙間充填・除去技術の実証的整備

地下での回収実証試験に向け、PEM-坑道間の隙間充填技術、回収のための充填材の除去技術について概念検討、要素試験を実施した。

PEM-坑道間の隙間充填技術については、充填材となるペレットの製造試験、充填材の配合、充填部へのペレットの移送試験、および充填部の品質管理方法の検討を実施した。実証試験サイトである試験坑道２内に定置した PEM の周囲の充填体積は大きく、大量のペレットが必要になる。そのためブリケッティング法による高圧縮ペレットの製造試験を実施した。その結果、大きさ 20mm×30mm、乾燥密度 2.0Mg/m$^3$ のペレットを効率よく製造出来ることを確認した。充填材の配合については確実に充填部の密度を達成するため、ブリケッティング法により造粒したペレットに 2mm 以下のクニゲル GX を重量比で 30%混合させた材料配合案を得た。このペレットを用い、スクリューフィーダによる模擬土槽への移送試験を実施した。移送中の粒径や配合比等の充填材性状の変化、投入姿勢による材料の分離に係るデータを取得し、充填設備のフィーダの配置計画に反映した。充填部が目標の密度を達成していることを非破壊で確認するため、誘電率計を用い水分量から密度を計測する技術の検討を実施し、適用の見通しを得た。

回収作業のための隙間充填材の除去技術については、除去作業を具体化し、①結着した充填材をほぐす技術、②ほぐした充填材の撤去技術、③積込み技術、④坑道外への搬出技術の４つの主要工程を抽出した。その上で、除去作業の要となる①について、坑道形状と廃棄体への影響を考慮し、機械的除去と水理的除去の組合せによる除去作業を提案した。水理的除去については、流体の圧力を高めたウォータジェットによる充填材の切削要素試験を実施し、飽和度の高い充填材の除去が可能であることを確認するとともに、切削に用いる水の性状が切削効率に影響しないことを確認した。①により生じた副産物について、②～④の工程で確実に坑道外へ搬出する技術について検討を進め、充填材の除去の実証に向けた整備を進めていく。

PEM-坑道間の隙間充填材について、除去の実証試験の観点より、飽和度の高い充填材を除去する必要性が示された。回収の実証試験の意義の観点からも、充填材の施工技術を見直し除去の実証試験内容が適切なものになるようにする必要がある。

### 6.1.5　地層処分実規模試験施設の活用

本年度は、地層処分の操業技術である搬送定置・回収技術に関わる実証試験計画に基づく施設内整備、衝材定置試験、展示物の説明などによる国民への理解促進活動を平成 27 年度から引き続き実施した。

施設内整備として、これまでに開発した緩衝材除去システムのうち塩水リユース設備の主要設備である固液分離水槽を移設した。このことにより、緩衝材除去システムを構成する主要設備である、塩水リユース設備、遠隔操作設備、噴射・吸引設備を実規模試験施設内に揃えることができた。

理解促進活動として、これまでの地層処分研究開発結果を活用した地層処分実規模試験施設の運営とともに、以下の項目を実施した。

・実規模試験施設内にある緩衝材定置装置による緩衝材定置試験を「おもしろ科学館 2016in ほろのべ」にて実施

・緩衝材の隙間に関する挙動を観察できるように供試体の上端に隙間を設け、水の浸潤により緩衝材が隙間を閉塞する挙動を確認できる緩衝材可視化試験を実施

・地層処分実規模試験施設の認知度向上のため、一般情報誌や地元ラジオ局エフエムわっかない作成の番組表への掲載など、広告活動を実施

・国立研究法人日本原子力研究開発機構が運営するゆめ地創館と共同で、施設の来館者へのアンケートを実施

・実規模試験施設内の展示物の説明、来館者との対話活動

アンケート結果では、来館者の地層処分に対する認知度は 8 割以上であり、施設内見学後の来館者の感想は、地層処分や人工バリアに関して「よくわかった、だいたいわかった」と回答した人が 8 割以上であった。このことから、実規模試験施設内に実施している取組みは、理解促進活動に活用できていると考えられ、来年度以降も引き続き実施する。

今後、より実規模試験施設を活用できるように、来館者記録を分析することで、来館者への説明マニュアルの更新、パネル等の説明資料の改良検討を実施する。