

# 資料集

## 資料集の構成

資料 1	検討会の委員構成と検討の経緯 .....	1
資料 2	諸外国における可逆性・回収可能性に係る 論点や課題 .....	4
資料 3	諸外国における可逆性・回収可能性に係る 制度整備状況 .....	22
資料 4	諸外国における検討から示唆される可逆性・回収 可能性を必要とする動機 .....	25
資料 5	諸外国における回収概念や回収技術等 に係る検討状況 .....	27
資料 6	諸外国における回収後の廃棄体管理 に係る検討事例.....	37
資料 7	諸外国における可逆性・回収可能性に係る 戦略・計画の策定や進め方.....	42
資料 8	諸外国における可逆性・回収可能性とモニタリングの関係に係る検討状況 .....	58
資料 9	諸外国における回収費用に係る検討状況.....	66

注) 本資料集ではスライド整理情報等において以下の略語を使用している。

- 最終処分法： 特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律
- 最終処分基本方針： 特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針
- 廃棄物 WG： 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ワーキンググループ
- 処分技術 WG： 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地層処分技術ワーキンググループ
- 原子炉等規制法： 原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律
- 第一種廃棄物埋設規則： 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第一種廃棄物埋設の事業に関する規則

# 資料 1

## 検討会の委員構成と検討の経緯

## 可逆性・回収可能性の確保に向けた論点整理に係る検討会

### 委員名簿

(50音順、敬称略)

委員氏名	勤務先 役職名
芥川 真一	神戸大学大学院工学研究科 教授
小松崎 俊作	東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 講師
佐藤 正知	北海道大学 名誉教授
竹内 真司	日本大学文理学部地球システム科学科 准教授
(主査) 新堀 雄一	東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻 教授
三谷 泰浩	九州大学大学院工学府建設システム工学専攻 教授

注) 勤務先・役職は平成 28 年度当時のもの。

NUMO は議論に資する関連情報の提供など、実施主体の立場から本検討会の議論を支援した。

### 検討の経緯

#### ○第 1 回 (平成 27 年 9 月 18 日)

- 本検討会の設置について (背景、目的、議論の進め方)
- 総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物WGでの最近の議論の状況について
- 可逆性・回収可能性に関する海外の議論における主な論点について

#### ○第 2 回 (平成 27 年 11 月 17 日)

- 第 2 回以降の議題展開案等について
- わが国の現行の制度等について
- 可逆性・回収可能性の制度的位置付けについて

#### ○第 3 回 (平成 27 年 12 月 25 日)

- 諸外国の回収概念の検討・開発事例等について
- 回収概念の共有に向けた本検討会における「検討用シナリオ」について
- 回収可能性の維持に関する技術的な実現性と容易性について

#### ○第 4 回 (平成 28 年 1 月 20 日)

- 回収後の廃棄体管理について

○第5回（平成28年6月23日）

- 可逆性・回収可能性を必要とする動機の再整理について
- 回収可能性の維持に係る技術的な取組における留意事項について

○第6回（平成28年9月30日）

- 回収可能性の維持に係る技術的な取組に関する計画策定の考え方について（その1）
- 可逆性・回収可能性とモニタリングの関係について

○第7回（平成28年11月22日）

- 回収可能性の維持に係る技術的な取組に関する計画策定の考え方について（その2）
- その他留意すべき事項について

○第8回（平成29年2月14日）

- 回収可能性の維持に係る技術的な取組に関する計画策定の考え方について（その3）
- 検討会の最終取りまとめについて

## 資料 2

諸外国における可逆性・回収可能性に係る  
論点や課題

可逆性・回収可能性に関する考え方など、諸外国における先行的な議論や検討、特に国際機関が主導した意見集約の例として、これまでに表 2-1 に示すような資料が取りまとめられている。本文 2.1 節で紹介した OECD/NEA の R&R プロジェクトでは、表 2-1 に示す国際機関や諸外国におけるこれまでの検討経緯を踏まえ、地層処分事業を進めるうえで想定される将来の不確実性への対処の 1 つとして念頭に置かれている処分事業の段階的な進め方における可逆性・回収可能性の位置付けや考え方について、最新の加盟国の意見集約結果や考え方などが整理されている。

このような国際的な検討や取りまとめの経緯、更にこれまでの国内における検討経緯などを踏まえ、次の 3 つの先行的な検討事例から、そこで論点や課題とされた事項等を抽出した（本資料に後掲したスライドを参照）。

- 国際機関等が主導した検討事例
- 諸外国の先行的な導入・検討事例
- 国内における検討事例

これらを本検討会における 13 の検討項目として、表 2-2 のように整理した。同表には、このような先行的に行われた検討等から得られた示唆や国際的な共通理解等の内容についても整理している。

表 2-1 可逆性・回収可能性に関して国際機関等が主導した検討・取りまとめの例

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>● OECD/NEA (1982): Disposal of Radioactive Waste, An Overview of the Principles Involved</li><li>● OECD/NEA (1995): The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal A Collective Opinion of the NEA RWMC</li><li>● EC (2000): Concerted Action on the Retrievability of long-lived Radioactive Waste in deep Underground Repositories</li><li>● OECD/NEA (2001): Reversibility and Retrievability in Geologic Disposal of Radioactive Waste, Reflections at the International Level</li><li>● NAS (2001): Disposition of High-Level Waste and Spent Nuclear Fuel: The Continuing Societal and Technical Challenges</li><li>● NAS (2003): ONE STEP AT A TIME, The Staged Development of Geologic Repositories for High-Level Radioactive Waste</li><li>● OECD/NEA (2004): Stepwise Approach to Decision Making for Long-term Radioactive Waste Management Experience, Issues and Guiding Principles</li><li>● OECD/NEA (2006): The Roles of Storage in the Management of Long-lived Radioactive Waste</li><li>● OECD/NEA (2008): Moving Forward with Geological Disposal of Radioactive Waste</li><li>● IAEA (2009): Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability</li><li>● OECD/NEA (2011): Final Report of the NEA R&amp;R Project (2007-2011), “Reversibility and Retrievability (R&amp;R) for the Deep Disposal of High-level Radioactive Waste and Spent Fuel”</li></ul> |
|--|

表 2-2 本検討会で議論の対象とした 13 の検討項目

検討項目	これまでの国内外の先行的な検討からの示唆など (国際的な共通理解等を含む)
可逆性・回収可能性を必要とする動機	<p>○可逆性・回収可能性を必要とする動機の検討が行われ、具体的な動機が示されている。但し、これらは可逆性・回収可能性の導入検討に至る背景(理由)として、事実情報や分析結果として示されたものであり、この検討項目自体は主たる論点として挙げられているわけではない。</p> <p>○諸外国の個別の制度等を踏まえると、関連する幾つかの制度でこれらへの動機に対応している。</p>
可逆性・回収可能性を必要とする動機の事業段階に応じた変化	<p>○事業進展(時間経過)に伴う、処分技術への理解増進、技術の成熟や地層処分の技術的信頼性の向上などにより、当初の動機の重みが増える、或いは動機の種類そのものが変化する可能性がある。</p>
可逆性・回収可能性の実行に係る判断基準・判断指標	<p>○一般的には、可逆性・回収可能性の実行判断には、多様な事項に関する総合的な評価が必要。それぞれの項目に対する判断基準と重み付けが必要となるが、それらを予め予見することは不可能である。</p> <p>○一部の動機に関して、モニタリングなどの物理情報が、回収実行の判断の指標となり得る。</p>
回収の技術的な実現性	<p>○技術的な実現性に関して、重点化の方向性に関する意思決定が必要である。</p> <p>○閉鎖後であっても、一定の期間は回収が可能である。回収可能性の程度のレベルについては、考慮の余地がある。</p> <p>○回収の実現性は、技術的要件のみならず、回収作業の安全性、回収費用などにも考慮が必要。</p>
回収の容易性	<p>○技術的な実現性に関して、重点化の方向性に関する意思決定が必要である(回収技術の開発、或いは回収を容易とする処分場への設計変更)。</p> <p>○回収の容易性が(回収可能性の程度をどのレベルにするか)、ステークホルダーにとっての主要な問題である。</p> <p>○回収を容易にするための労力に影響する因子としては、処分場設計、時間スケール、回収時の状態(処分場の変遷状態)などがある。</p>
回収後の廃棄体の管理	<p>○可逆性・回収可能性の実行時には(判断指標や実現性にも関係)、回収後の廃棄体の管理方法を具体化しておく必要がある。</p>
処分場設計への技術的要求(設計への影響を含む)	<p>○技術的な実現性に関して、重点化の方向性に関する意思決定が必要である(回収技術の開発、或いは回収を容易とする処分場への設計変更)。</p> <p>○概念的ではあるが、幾つかの技術的要件や留意事項等が示唆されている。例えば、</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 閉鎖後に不必要に回収を困難にする設計とすべきではない</li> <li>2) 回収可能性の維持期間における廃棄体や坑道/ライニング等の健全性維持、など</li> </ol>
回収可能性に係る戦略・計画の策定	<p>○技術的な実現性に関して、重点化の方向性に関する意思決定が必要である(回収技術の開発、或いは回収を容易とする処分場への設計変更)。</p> <p>○上記の方向性を含め、回収可能性に関する戦略を早い段階から検討・策定する必要があり、それを定期的に見直すことが重要である。</p> <p>○戦略策定における検討/考慮事項等が示唆されている。</p>

検討項目	これまでの国内外の先行的な検討からの示唆など (国際的な共通理解等を含む)
研究開発・実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>○技術的な実現性に関して、重点化の方向性に関する意思決定が必要である(回収技術の開発、或いは回収を容易とする処分場への設計変更)。</li> <li>○可逆性・回収可能性の維持と同様に、そのための研究開発・実証の重要性が増している。</li> <li>○それらの研究開発や実証は、可逆性・回収可能性に信頼性を持たせるためにも継続が必要。</li> <li>○技術的な研究開発ニーズと同様に、社会科学的研究も重要。</li> </ul>
閉鎖せずに回収可能性を維持する場合の施設設計や安全性への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>○回収可能性の要件のために、処分場を開放したままにしておく期間が長くなる可能性がある。</li> <li>○その一方で、閉鎖を延期することはまったく価値がない(受動的な安全状態の達成が遅れる)。</li> <li>○例えば、アクセス坑道が回収概念の一部である場合、開放されている期間にわたり、健全性が維持されるように設計されなければならない。</li> <li>○長期的にみると、必要以上に長期間、開放したままにしておくことで、安全性を低下させる可能性がある。</li> </ul>
モニタリング等の役割	<ul style="list-style-type: none"> <li>○継続的なモニタリングや閉鎖後管理の継続が必要とする要求が、可逆性の要求に帰着している可能性がある(閉鎖段階或いはそれ以降も安全性を確認したいとする要求)。</li> <li>○一方で、モニタリングは建設・操業プロセスで通常に行われるものである(可逆性と回収可能性を取り入れているかどうかは関係ない)。</li> </ul>
費用	<ul style="list-style-type: none"> <li>○回収可能性の維持の導入にはベネフィットとリスクがある。</li> <li>○費用増はリスクの1つであり、回収可能性の維持/実行に係る具体的な費用項目が示唆されている(回収自体に係る費用と、回収可能性の維持に係る費用は区別される)。</li> <li>○コストを誰が負担するかは、重要な問題の1つである。</li> </ul>
意思決定のホールドポイントに係る留意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>○段階的アプローチにおける、各段階の節目(決定の重要度とインターバル)には、持続可能性と短期的効率の間にコンフリクトが発生する可能性がある。</li> <li>○インターバルを短くするメリット(社会的受容が高まる可能性、段階間の影響の程度の縮小化など)の反面、全体としての意思決定プロセスに係る時間増やコスト増、新たなリスクも想定される。</li> <li>○可逆性・回収可能性は、方針変更の可能性を排除しないという意味の反映であり、必ずしも方針変更が生じるということを期待しているわけではない。</li> </ul>

## 1. 海外の先行的な導入事例や検討事例(国内を含む)における論点や課題について

### (1) 国際機関等が主導した検討事例

- 1970年代以降の主要国における議論と並行して、国際機関でも、関係国の意見集約等に向けた検討等を主導(次ページを参照)。
- OECD/NEAが主導したR&R (Reversibility and Retrievability)プロジェクトでは、諸外国や国際機関のこれまでの検討経緯を踏まえた、最新の加盟国の意見集約結果や考え方などを整理。
- 国際機関等が主導した検討事例として、R&Rプロジェクトの最終報告を対象に、可逆性・回収可能性の運用上の論点や課題等に関連する情報を、本検討会での検討項目案として抽出。

#### ●国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA R&Rプロジェクト)における具体的な論点や課題(以下、検討項目案としての集約結果)

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| ①考慮すべき動機                 | ⑧回収可能性に係る戦略・計画の策定                                      |
| ②考慮すべき動機の事業段階に応じた変化      | ⑨研究開発・実証   |
| ③判断基準・判断指標               | ⑩閉鎖せずに回収可能性を維持する場合の施設設計や安全性への影響                        |
| ④実現性                     | ⑪モニタリング等の役割  |
| ⑤回収後の廃棄体の管理              | ⑫費用  |
| ⑥処分場設計への技術的要求(設計への影響を含む) | ⑬意思決定のホールドポイントに係る留意事項(内容の大きさや重要度、インターバル、段階的な意思決定の意味合い) |
| ⑦回収の容易性                  |  |

※安全性(特に安全規制制度)に係る事項は、個別論点の議論で共通的に留意するため、上記の整理から除外。

1

#### 【参考】国際機関が主導した意見集約例

OECD/NEA、全米科学アカデミー(NAS)、IAEA、欧州委員会(EC)等が、可逆性・回収可能性に関する考え方などを直接・間接的に報告書として取りまとめ。

- OECD/NEA(1977): Objectives, Concepts and Strategies for the Management of Radioactive Waste Arising from Nuclear Power Programmes. The NEA Group of Experts
- OECD/NEA(1982): Disposal of Radioactive Waste, An Overview of the Principles Involved
- OECD/NEA(1995): The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal A Collective Opinion of the NEA RWMC
- EC(2000): Concerted Action on the Retrievability of long-lived Radioactive Waste in deep Underground Repositories
- OECD/NEA(2001): Reversibility and Retrievability in Geologic Disposal of Radioactive Waste, Reflections at the International Level
- NAS(2001): Disposition of High-Level Waste and Spent Nuclear Fuel: The Continuing Societal and Technical Challenges
- NAS(2003): ONE STEP AT A TIME, The Staged Development of Geologic Repositories for High-Level Radioactive Waste
- OECD/NEA(2004): Stepwise Approach to Decision Making for Long-term Radioactive Waste Management Experience, Issues and Guiding Principles
- OECD/NEA(2006): The Roles of Storage in the Management of Long-lived Radioactive Waste
- OECD/NEA(2008): Moving Forward with Geological Disposal of Radioactive Waste
- IAEA(2009): Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability
- OECD/NEA(2011): Final Report of the NEA R&R Project (2007-2011), "Reversibility and Retrievability (R&R) for the Deep Disposal of High-level Radioactive Waste and Spent Fuel"

2

## (2) 諸外国の先行的な導入・検討事例

- 「回収可能性」については、諸外国において何らかの形で検討を実施(主に安全上の理由)。
- 可逆性・回収可能性を必要とする多様な動機や目的が検討されている。
- 「可逆性」については、フランスで明示的に採用されている(英国およびカナダがその可能性を示唆した考え方を示している)。
- 一方で、可逆性や回収可能性について、必ずしも具体的な要求や要件までは示されていないケースが多い(現時点では、運用上の扱いが具体化されていないケースが多い)。
- 参考とするうえでの上記制約があるものの、諸外国でのこれまでの検討経緯等から、可逆性・回収可能性の運用上の論点や課題等に関する情報を、本検討会での検討項目案として抽出。

### ● 諸外国の先行的な導入・検討事例における具体的な論点や課題(以下、検討項目案としての集約結果)

- ① 考慮すべき動機
- ② 考慮すべき動機の事業段階に応じた変化
- ③ 判断基準・判断指標
- ④ 実現性(技術面、費用面)
- ⑩ 閉鎖せずに回収可能性を維持する場合の施設設計や安全性への影響
- ⑫ 費用

※安全性(特に安全規制制度)に係る事項は、個別論点の議論で共通的に留意するため、上記の整理から除外。

3

### 【参考】 諸外国の先行的な導入・検討事例における具体的な論点や課題の抽出結果

国名	可逆性・回収可能性の扱い	検討経緯等における可逆性・回収可能性の運用上の課題や論点に関連する情報 ※各国で共通する事項は、最下段の「その他」に整理。 ※安全性(特に安全規制制度)に係る論点は下表の整理から除外。	検討項目
スウェーデン	実施主体が1990年代に初期操業(全体の5~10%を定置)後に評価し、評価次第では全量回収を行う計画を提示。※現行の規制規則では、定格処分(150体/年)の開始前に安全評価書の更新が求められているが、回収可能性に関する法的要件はない。	○技術面と資金面の両方において、燃料の回収が実際に実行可能であることが重要。 ○回収可能性の導入に伴う、利益(ベネフィット)と不利益(リスク)の比較考慮の必要性。示唆されたリスク: 設計変更のための追加コスト、回収コスト。 ○目的は、処分概念への支持の獲得、将来世代選択の自由など。	○実現性(技術面、費用面) ○費用 ○考慮すべき動機
フィンランド	1999年安全規則及び翌年の政府の原則決定は、一定期間における回収可能性の維持を要求。 ※安全規則の上記規定は2008年に廃止。	○(代替)技術が開発され適切となった場合に回収可能であるように最終処分が設計されること。(ボシヴァ社は回収技術に重点を置いている)	○考慮すべき動機
フランス	2006年法において、少なくとも100年間の可逆性の確保を要求するとともに、別途、可逆性の条件を定める法律を制定することを規定。	-(現時点では、可逆性の条件を定める法律は制定されていない) ○1990年の「パタユ報告」及び1998年の国家評価委員会(CNE)報告書において、将来の選択権の維持、科学技術的進歩、不適切なサイト選定への対応などが目的として示された。	○考慮すべき動機
ドイツ	(安全性の観点から議論が進められている)	-(今後、発生し得る欠陥を是正するための基準に関する提案が整備される)	
スイス	法律で閉鎖までの回収可能性を要求。監視付き長期地層処分概念を導入(定置後の一定期間まで、パイロット施設でのモニタリングを実施する概念)。	○主処分施設と別に設置されるパイロット施設でのモニタリング結果に応じて、主処分施設から廃棄物を回収するかどうかを判断。 ○多額の費用を要せず回収が可能な方法での廃棄物の定置を要求 ○2000年の専門家グループによる報告書で、回収の理由として安全性、資源利用、代替管理オプション、国際的な解決策の考案等を示唆。	○判断基準・判断指標 ○費用 ○考慮すべき動機
英国	2014年政府白書で、操業段階において定置された廃棄物の回収を行う理由が存在する場合、廃棄物を回収することを明示。	○定置後の廃棄物を「再利用」または「リサイクル」を目的として回収することは想定していない。 ○放射性廃棄物管理委員会による2006年報告書で、将来世代に廃棄物管理の選択権を与えることが技術的、倫理的な検討課題と指摘	○考慮すべき動機
カナダ	法令上の要件は無い。実施主体(NWMO)が、適応性のある段階的管理として(可能性のある概念として)、最大240年の間、必要に応じて回収のためのアクセスを維持する概念を提示。	○閉鎖後モニタリングの適切な形態及び期間決定までの延長された期間にわたる回収可能性 ○(回収可能性を支持しない)少数派意見: ● 使用済燃料は再利用目的で回収されるべきではない(危険な放射性物質と公衆及び作業員に対する危険性が增大) ● 費用が不必要に増大 ● アクセス管理の困難さ	○閉鎖せずに回収可能性を維持する場合の施設設計や安全性への影響 ○考慮すべき動機 ○費用
米国	法律で回収可能性を要求(安全規制制度では、定置開始から50年間の回収可能性を要求)	○使用済燃料中の経済的に重要な含有物回収のために回収可能性の維持を規定	○考慮すべき動機
その他	○各国それぞれに、可逆性・回収可能性を導入する幾つかの動機や目的が明確化、或いは議論されている。 ○フィンランドの回収可能性の扱いに関する変遷は、事業進展に伴い、可逆性・回収可能性を欲する動機や目的の変化の可能性が示唆される。		○考慮すべき動機 ○考慮すべき動機の事業段階に応じた変化

4

### (3) 国内における検討事例

※国内での検討事例からも諸外国と概ね同様の課題が認識されている。

- 国内でも、回収可能性に関する検討が行われてきた(下記ボックス)。
- 諸外国の事例から抽出した13の検討項目を基に、国内での可逆性・回収可能性に係る検討事例を整理し、国内で論点や課題とされてきた事項が概ね13の検討項目に包含されることを確認。

- 国内の可逆性・回収可能性に係る検討から伺える具体的な論点や課題の抽出結果(以下、検討項目案としての集約結果)
  - ①考慮すべき動機
  - ②考慮すべき動機の事業段階に応じた変化
  - ③判断基準・判断指標
  - ④実現性
  - ⑥処分場設計への技術的要求(設計への影響を含む)
  - ⑦回収の容易性
  - ⑧回収可能性に係る戦略・計画の策定
  - ⑨研究開発・実証
  - ⑩閉鎖せずに回収可能性を維持する場合の施設設計や安全性への影響
  - ⑪モニタリング等の役割
  - ⑫費用
  - ⑬意思決定のホールドポイントに係る留意事項(内容の大きさや重要度、インターバル、段階的な意思決定の意味合い)

※安全性(特に安全規制制度)に係る事項は、個別論点の議論で共通的に留意するため、上記の整理から除外。

【参考】可逆性・回収可能性に係る国内での検討経緯(可逆性或いは回収可能性に言及がある取りまとめ等を抜粋)

- 原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会(1998):高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について
- 原子力安全委員会(2000):高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について(第1次報告)
- 総合資源エネルギー調査会(2006):放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会
- 総合資源エネルギー調査会(2008):高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る安全規制について、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会
- 原子力安全委員会(2011):地層処分に係る安全コミュニケーションの考え方について、原子力安全委員会特定放射性廃棄物処分安全調査会報告
- 廃棄物WG(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)、第16回会合(2015.2)の審議など

5

## 2. 国内外の先行的な導入事例や検討事例における論点や課題について(抽出結果)

- 海外の議論における主な論点や課題の抽出結果を、本検討会での検討項目案として整理。
- 整理結果を参考に、わが国における今後の具体的な運用等に向けて、「検討が必要と考えられる論点」の観点から、意見交換を行う。

●海外の議論における主な論点や課題(検討項目案)の抽出結果

- ①考慮すべき動機
- ②考慮すべき動機の事業段階に応じた変化
- ③判断基準・判断指標
- ④実現性
- ⑤回収後の廃棄体の管理
- ⑥処分場設計への技術的要求(設計への影響を含む)
- ⑦回収の容易性
- ⑧回収可能性に係る戦略・計画の策定
- ⑨研究開発・実証
- ⑩閉鎖せずに回収可能性を維持する場合の施設設計や安全性への影響
- ⑪モニタリング等の役割
- ⑫費用
- ⑬意思決定のホールドポイントに係る留意事項(内容の大きさや重要度、インターバル、段階的な意思決定の意味合い)

※ここでは(今回の事務局素案では)、論点項目のグルーピングや論点間の関連性などの整理は施していない。

6

## 検討項目案①: 可逆性・回収可能性を必要とする動機

○可逆性・回収可能性を必要とする具体的な動機が示されている。

○それらの動機には、次のようなものがある。

- 1) 将来世代に対する倫理的課題への対処(管理方策の選択の権利など)
- 2) 現世代の地層処分概念への理解醸成のための期間確保
- 3) 安全性に係る課題／想定外の状況への対応
- 4) 現世代の安心感などの感情・要望等に係る動機、など

【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

諸外国の先行的な導入・検討事例より

- 目的は、処分概念への支持の獲得、将来世代の選択の自由など。【スウェーデン】
- (代替)技術が開発され適切となった場合に回収可能であるように最終処分が設計されること。【フィンランド】
- 可逆性の導入は、将来の選択権の維持、科学技術的進歩、不適切なサイト選定への対応などを目的。【フランス】
- 回収の理由として、安全性、資源利用、代替管理オプション、国際的な解決策の考案等を示唆。【スイス】
- 将来世代に廃棄物管理の選択肢を与えることが技術的、倫理的な検討課題と指摘。【英国】
- 使用済燃料中の経済的に重要な含有物回収のために回収可能性の維持を規定。【米国】

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 一部の国では、可逆性を求める社会的圧力は可逆性の容易さを求める方向ではなく、不可逆的な段階を避ける方向に向けられる傾向にある。…[略]…可逆性を求める強い社会的動機としては、この他に、資源に将来アクセスできるようにしておきたいという要望、および閉鎖の前に処分場の性能を可能な範囲内で確認または実証したいという要望があるように思われる。これらの関心と同時に、技術に関する理解度が十分でないこと(または技術の成熟度に対する信頼がないこと)と、管理を行わない受動的な安全性の概念への不安からくる動機もあるといえる。可逆性への要求は、継続的なモニタリングや管理を閉鎖後までも継続する必要があるとの認識からの論理的帰着とも考えられる。
- 回収能力は、長期性能に影響する可能性のある想定外の状況に対処する上で、最も重要なことであろう。そのような状況が起こり得ると考えられる理由はいくつもある。

国内での検討事例より

- …[略]…処分施設の立地段階から閉鎖に至るまで安全コミュニケーションを通じて、閉鎖後の長期的な安全性への影響に留意しつつ、回収可能性の備えの程度、あるいは逆に回収可能性の放棄の考え方等を検討し、最終処分法における段階的な意思決定にとって重要となる地層処分の安全性に関する信頼構築に対しても十分な責務を果たす必要がある。【原子力安全委員会(2011)】

7

国内での検討事例より(続き)

- …[略]…安全コミュニケーションを検討するうえでは、我が国における現行の法令等と可逆性や回収可能性の考え方との関係を明確にしておくことが重要である。例えば、安全コミュニケーションを通じて、処分事業の各段階で、具体的にどのような条件により、何を対象として可逆性を考えるか、あるいは、段階に応じて回収の必要性の程度をどのように減じていくかといった点について、処分事業の進展に応じて利用できるようになる技術的な情報の変化を踏まえて検討を行うことが考えられる。【原子力安全委員会(2011)】
- 可逆性や回収可能性に対する要求は、安全性や技術面のみによらないことを踏まえ、政策面や社会・経済的側面も含めて様々なステークホルダーによる地層処分の信頼を構築するに足る我が国全体での包括的議論が、別途、進められることが期待される。【原子力安全委員会(2011)】

8

## 検討項目案②: 可逆性・回収可能性を必要とする動機の事業段階に応じた変化

- 動機の種類や重みなどが、事業進展や段階の違いによって変化する可能性が示唆されている。
- 事業進展(時間経過)に伴う、処分技術への理解増進、技術の成熟や地層処分の技術的信頼性の向上などにより、当初の動機の重みが変わる、或いは動機の種類が変わる可能性がある。

【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

諸外国の先行的な導入・検討事例より

- フィンランド(安全規則からの回収可能性に係る要件の廃止)の変遷は、**事業進展に伴い、可逆性・回収可能性を欲する動機や目的の変化の可能性が示唆される。**

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 社会的圧力に対する動機付けとなっているのは、資源にアクセスすることと処分場の状態の直接的なモニタリングを継続する機能を持つことその他に、処分技術のことをよく知らない(あるいは、成熟していないと理解している)こと、および監視手段や能動的な管理手段のない純粋な受動的な安全性の概念への不安、並びに、将来における様々な行為を妨げるかもしれない意思決定を現時点で行うことを避けたいという要望が含まれる。これらの動機は時間が経過し、プログラムの信頼性のレベルが高まるに従っていずれ減ってくるかもしれない。また、長期間の管理も受動的な安全性/固有安全性を受け入れる親しみやすさや意欲を高めるかもしれない。

国内での検討事例より

- …[略]…、安全コミュニケーションを検討するうえで、我が国における現行の法令等と可逆性や回収可能性の考え方の関係を明確にしておくことが重要である。例えば、安全コミュニケーションを通じて、**処分事業の各段階で、具体的にどのような条件により、何を対象として可逆性を考えるか、あるいは、段階に応じて回収の必要性の程度をどのように減じていくかといった点について、処分事業の進展に応じて利用できるようになる技術的な情報の変化を踏まえて検討を行うことが考えられる。【原子力安全委員会(2011)】**

9

## 検討項目案③: 判断基準・判断指標

- 可逆性・回収可能性を必要とする一部の動機に関して、モニタリングなどの物理情報が、回収実行の判断の指標となり得る。
- 一方(一般的には)、可逆性・回収可能性の実行判断には、多様な事項に関する総合的な評価が必要。それぞれの項目に対する判断基準と重み付けが必要となるが、それらを予め予見することは不可能である。

【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

諸外国の先行的な導入・検討事例より

- 主処分施設と別に設置されるパイロット施設での**モニタリング結果に応じて、主処分施設から廃棄物を回収するかどうかを判断。**【スイス】

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 回収の意思決定は複雑なプロセスになる可能性が高い。ドイツのアッセサイトの例では、操業安全性、環境への影響、長期安全性、実現可能性、コスト、時間的・物的要件、新たな中間貯蔵・管理施設に関連した要件、回収中および回収した物質の処理中に発生する廃棄物のために新たに設置される可能性がある処分場、廃棄する物質の輸送といった様々な事項に対する**判断基準が必要になることを示している。**…[略]…、回収を行うための**基準に何らかの形で重み付けを行うことが必要となり、その重み付けは、回収する時点での安全に対する基準や考え方に依存する可能性が高いが、もちろん廃棄物を定置する時点でそれを予測することは不可能である。**

国内での検討事例より

- …[略]…、安全コミュニケーションを検討するうえで、我が国における現行の法令等と可逆性や回収可能性の考え方の関係を明確にしておくことが重要である。例えば、安全コミュニケーションを通じて、処分事業の各段階で、**具体的にどのような条件により、何を対象として可逆性を考えるか、あるいは、段階に応じて回収の必要性の程度をどのように減じていくかといった点について、処分事業の進展に応じて利用できるようになる技術的な情報の変化を踏まえて検討を行うことが考えられる。【原子力安全委員会(2011)】**

- …[略]…、安全性及び技術的な観点から、各段階において、どのように可逆性が確保され、**何が満足されると次の段階へ移行するための条件となるか**を検討するうえで、例えば、フランスのように建設・操業段階を区分し、各段階に関する現象論的な分析、モニタリング戦略の特定を行い、可逆性の確保にとって有利な処分施設の設計及び操業特性を明らかにするといったことも考えられる。【原子力安全委員会(2011)】

10

## 検討項目案④：回収の技術的な実現性

- 技術的な実現性に関して、重点化の方向性に関する意思決定が必要である(回収技術の開発、或いは回収を容易とする処分場への設計変更)。【項目④⑥⑦⑧⑨で共通する認識課題】
- 閉鎖後であっても、一定の期間は回収が可能である。回収可能性の程度のレベルについては、考慮の余地がある。
- 回収の実現性は、技術的要件のみならず、回収作業の安全性、回収費用などにも考慮が必要。  
⇒検討項目案⑥、⑦、⑧、⑨、⑫と関連。

### 【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

#### 諸外国の先行的な導入・検討事例より

- 技術面と資金面の両方において、**燃料の回収が実際に実行可能であることが重要**。【スイス】

#### 国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 回収可能性は、全体設計と開発プロセスのごく一部でしかないという点も認識しておく必要がある。処分場開発を進める中で、**回収可能性に関する戦略的な意思決定を行う必要がある**。つまり、**処分場の設計は変更せずに回収方法の開発に重点をおくのか、あるいは回収を容易にするために設計変更で重点を置くのか**という点である。
- 操業段階の後半、すなわち、多くの廃棄物が定置されているが、**処分坑道の埋戻し・閉塞がまだ実施されていないときには、回収はまだ比較的容易**であり、必要なことは定置プロセスを逆行する程度のことだけである。しかし、操業期間においてそれより後になると、回収は次第に困難かつ費用がかかるようになる。その理由は、単に後戻りのために必要となる作業(埋戻し材料の除去など)がますます多くなるからだけでなく、設備の老朽化と周囲の地質物質の好ましくない変化(例えば、クレープ)が生じるからでもある。
- 廃棄物を回収しようとする場合、回収を容易にするための労力に影響する因子は、(i)処分場概念、バリア、および場所、(ii)回収可能性が求められているとすると、その時間スケール、(iii)廃棄物の回収が行われるときに処分場がどの程度変化しているか、である。そのような回収が実際にできるかどうかについては、**作業者の安全性、費用の最小化、他の技術的要件を考慮しなければならない**。原則として、**処分場が廃棄物回収のための特別な措置を講じられているかどうかにかかわらず、廃棄物を特殊な採掘技術を用いて閉鎖した地層処分場から取り出すことは可能と考えられる**。回収可能性の管理戦略は、**回収可能性の程度をどのレベルにするか**、いろいろと考えることが可能である。

11

#### 国内での検討事例より

- …[略]…、閉鎖後の長期的な安全性への影響に留意しつつ、**回収可能性の備えの程度**、あるいは逆に回収可能性の放棄の考え方等を検討し、最終処分法における段階的な意思決定にとって重要となる地層処分場の安全性に関する信頼構築…[略]…。【原子力安全委員会(2011)】
- …[略]…、安全性及び技術的な観点から、各段階において、**どのように可逆性が確保**され、何が満足されると次の段階へ移行するための条件となるかを検討するうえで、例えば、フランス…[略]…。【原子力安全委員会(2011)】
- 立地段階から安全コミュニケーションを通じて**回収可能性がいかに確保されるかをあらかじめ論じ**、例えば、**回収可能性を反映した施設設計を提示する**、といったことを実施主体に求める事も考えられる。実際、諸外国においては、**一定期間の回収機能を処分施設の設計において求めている国もある**。このような施設設計については、**それが実現可能**であり、かつ操業時及び閉鎖後の長期的な安全性の両面をみたますものである事を示す必要があり、例えばフランスでは、実施主体が提示した一定期間におけるそのような技術的实现可能性を妥当としたうえで、法律でその具体的な期間を規定している。また、米国では、廃棄物の定置作業を開始してから50年間経過するまでは、合理的なスケジュールによって回収が可能になるように設計することが求められている。このような検討においては、回収可能性とモニタリングの関係についても論じておく必要がある。【原子力安全委員会(2011)】
- 定置終了までに不具合があった際に回収ができるということ、定置終了後にも将来世代の意思決定によって回収ができるという2つの側面が、これまでの議論では両方が混同して議論されてきた。後者については、**そのための技術があることを示せば良く、それを技術的に保証したり、その費用を賄っておくというの**は、また違う話ではないか。【廃棄物WG第16回会合(2015)】
- 地層処分は原理的には、基本的にどの段階においても回収可能性はある。ただ、その程度が、事業が進み、最終閉鎖やその後の時間経過に伴って回収可能性が徐々に減っていくとの理解のもとで、**ではどの程度まで、どのくらい回収可能であるということ念頭に置いてこの事業に取り組むのか。何か特別な準備をする必要があるのか、事前の今の時点の政策、制度で何らか特別な手当てをして技術開発をしたりコストの検討をしたりするのか**ということについては色々な議論がある。【廃棄物WG第16回会合(2015)】
- 可逆性は通常、政策とか事業には一定程度は備わっている。また、回収可能性も地層処分という技術そのものに固有の性質として一定程度ある。故に、基本方針において、それを確保する、担保するというだけでは余り大きな意味を持たないのではないか。それを具体的に、**どの程度どういう形で確保することが必要なのか**という部分まで、ある程度今の段階での考え方を示すことが必要である(進めながら、という部分もあるかと思われる)。【廃棄物WG第16回会合(2015)】

12

## 検討項目案⑤：回収後の廃棄体の管理

○可逆性・回収可能性の実行時には(判断指標や実現性にも関係)、回収後の廃棄体の管理方法を具体化しておく必要がある。

【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 回収が決定されるようなことがあった場合は、**回収した廃棄物を管理するための適切な代替方法、例えば、定置のやり直し、中間貯蔵施設への保管、別の処分場での定置なども必要**になる。

13

## 検討項目案⑥：処分場設計への技術的要求(設計への影響を含む)

○技術的な実現性に関して、重点化の方向性に関する意思決定が必要である(回収技術の開発、或いは回収を容易とする処分場への設計変更)。【項目④⑥⑦⑧⑨で共通する認識課題】

○概念的ではあるが、幾つかの技術的要件や留意事項等が示唆されている。例えば、

- 1)閉鎖後に不必要に回収を困難にする設計とすべきではない
- 2)回収可能性の維持期間における廃棄体や坑道／ライニング等の健全性維持、など

⇒検討項目案④、⑦、⑧、⑨、⑫と関連。

【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 回収可能性は、全体設計と開発プロセスのごく一部でしかないという点も認識しておく必要がある。処分場開発を進める中で、**回収可能性に関する戦略的な意思決定を行う必要がある。つまり、処分場の設計は変更せずに回収方法の開発に重点をおくのか、あるいは回収を容易するために設計変更で重点を置くのかという点である。**
- 閉鎖は、処分が適切な選択であって安全が保証されることを規制機関が確信するまで承認されることはないが、閉鎖後には、回収可能性の論理から、**不必要に回収を困難にする設計とすべきではない。**
- 廃棄物の定置段階では、廃棄体は人工バリア内に定置される。廃棄体と母岩の特性によって、バリアを設置する時期には様々なオプションがある。廃棄物の**回収可能性の要件がある場合には、これもオプションに影響を与えることがある。**
- このバリア(廃棄体)を回収が完了するまで保つことが好ましいと考えられる。さもなければ、燃料粒子が燃料棒から収納容器に放出され、回収中の放射線障害による危険性が高まるかもしれない。これが、**最終的な回収プロセスに対する制約となり、回収可能性を持たせるための設計に影響する可能性がある。**
- (処分容器に関して)検討が必要な別のパラメータとして、回収の容易さがあるかもしれない。…[略]…容器の健全性に加えて、容器外側のハンドリング特性も回収可能性が維持されている期間(設定されている場合)、維持されるように設計する必要がある。…[略]…回収の準備プロセスがある場合にはその間、構造健全性を維持するのに十分な頑健性を備えることが必要になる。ガスによる加圧を防ぐためにベント(ガス抜き)を行う場合もある(事務局注:使用済燃料の直接処分の場合など)。容器のガス抜きを行うと、気体状の放射性核種がガス抜きを通過して出ていき、埋戻し材を汚染させる可能性がある。**これが、回収作業に影響するかもしれない。**
- (定置セルについて)一部のプログラムでは、**回収の容易さが設計で考慮すべき要素として追加されている。**

14

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より (続き)

- アクセス用立坑が開放されている期間だけそのバリアを長く維持しなければならない。もし、廃棄物の回収可能性を維持する期間が、社会的、政治的な理由などから求められており、アクセス用立坑が回収概念の一部となっている場合には、使用されている岩盤支保、アクセス坑道、立坑ライニングは全て、その期間、十分な健全性を維持するように設計されなければならない。
- (母岩について)例えば、強度のある岩盤(…[略]…)は自立できるものであり、定置セルで岩盤壁の損傷を防ぐために必要な人工的な支保と維持管理は最小限なもので済む。…[略]…。岩盤特性によっては、処分場で掘削部の周りに掘削損傷領域(EDZ)を生じる場合がある。回収可能性を維持するためには機械的安定性を長期間持たせるために、鋼アーチ支保工、金網、吹き付けコンクリートやコンクリート坑道ライニングとロックボルトを組み合わせた岩盤支保が必要かもしれない。
- 設計での回収可能性の実現:回収計画で求められた基準を満たすために、処分場構成要素の設計に回収の機能が取り入れられる。
- 廃棄物パッケージ全体を回収するための能力(回収可能性)を確保する措置を講じようとする、処分場とその関連インフラの設計の観点から、避けることのできない技術的な課題が幾つかもたらされる。これらの課題の重要性は、処分場概念と処分場の場所により幾分変わってくる。
- 回収可能性の技術的課題についてみると、閉鎖の前でも後でも廃棄物処分のセーフティケースに必要な要素として回収可能性を要求しているプログラムを持っている国はどこにもない。…[略]…。これらのプログラムに対する規制は、回収を実際にも実証することを求めているわけではない。これらは、せいぜい、回収しようと思えばできる証拠を示すことを求めているだけである。しかし、規制とは別に、処分場に処分された容器を効率的に取り出す可能性を実験的に確認する傾向がある。それは、そのような確認が回収可能性を確保するとの約束の信頼性に貢献するためである。

国内での検討事例より

- …[略]…。安全性及び技術的な観点から、各段階において、どのように可逆性が確保され、何が満足されると次の段階へ移行するための条件となるかを検討するうえで、例えば、フランスのように建設・操業段階を区分し、各段階に関する現象論的な分析、モニタリング戦略の特定を行い、可逆性の確保にとって有利な処分施設の設計及び操業特性を明らかにするといったことも考えられる。【原子力安全委員会(2011)】
- 立地段階から安全コミュニケーションを通じて回収可能性がいかに確保されるかをあらかじめ論じ、例えば、回収可能性を反映した施設設計を提示する、といったことを実施主体に求める事も考えられる。実際、諸外国においては、一定期間の回収機能を処分施設の設計において求めている国もある。このような施設設計については、それが実現可能であり、かつ操業時及び閉鎖後の長期的な安全性の両面をみとめるものである事を示す必要があり、例えばフランスでは、実施主体が提示した一定期間におけるそのような技術的実現可能性を妥当としたうえで、法律でその具体的な期間を規定している。また、米国では、廃棄物の定置作業を開始してから50年間経過するまでは、合理的なスケジュールによって回収が可能になるように設計することが求められている。このような検討においては、回収可能性とモニタリングの関係についても論じておく必要がある。【原子力安全委員会(2011)】
- …[略]…。また、安全コミュニケーションを進めるにあたっては、1) …[略]…。2) 地層処分の安全性を社会が受け入れるという結論に至るためのひとつの要素である「処分施設を閉鎖すること」について、ステークホルダー間で納得され受け入れられるまでの期間は、セーフティケースとともに各段階における可逆性や回収可能性がどのように維持されているかを明確に示すことが重要である。【原子力安全委員会(2011)】
- 廃棄物を処分場から安全に回収するための工学的手法に関する調査研究、処分場を閉鎖せずに安全に管理することが可能な期間等に関する調査研究の実施は、下記の議論に資することを意図。【廃棄物WG第16回会合(2015)】
  - ・ 定置後の回収には、概念上のトレードオフがあり得る。また、工学的にも一定の制約なり限界があるのではないか。
  - ・ 回収可能性を概念として採用しても、どのように進めていくのか、どの程度確保するのかというのは今後の議論。

15

国内での検討事例より (続き)

- 地層処分の概念とのトレードオフをどこまで考えるべきか(概念とのコンフリクト)、その点でどういう問題が発生し得るのかということもよく理解した上で可逆性・回収可能性を議論すべき。【廃棄物WG第16回会合(2015)】
- 工学的手法に関する調査研究を進めていくことは大事だが、一方で、今までの地層処分は、いかに確実に処分するかという方向でやってきた技術。回収を考えると、いわゆる取り出しやすい形をあわせて検討しなければならないのは、トレードオフの関係にあり、そのことを念頭に置くべき。例えば、処分コンセプトやパッケージの変更など、そのレベルにまで影響が及ぶかもしれない。【廃棄物WG第16回会合(2015)】

16

## 検討項目案⑦: 回収の容易性

- 技術的な実現性に関して、重点化の方向性に関する意思決定が必要である(回収技術の開発、或いは回収を容易とする処分場への設計変更)。【項目④⑥⑦⑧⑨で共通する認識課題】
  - 回収の容易性が(回収可能性の程度をどのレベルにするか)、ステークホルダーにとっての主要な問題である。
  - 回収を容易にするための労力に影響する因子としては、処分場設計、時間スケール、回収時の状態(処分場の変遷状態)などがある。
- ⇒検討項目案④、⑥、⑧、⑨、⑫と関連。

### 【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- この段階(操業前段階)・・・[略]・・・最も重要な決定は、処分場構築の後の段階で可逆性や回収可能性を実現させる作業を容易にするために可逆性や回収可能性を持たせるための措置を設計に組み込むかどうかに関するものである。
- 操業中に、特定の建設方法、例えば、坑道掘削にトンネル掘削機を使用すると、閉鎖後の回収可能性が容易になることも指摘されている。
- 地層処分施設の受け入れを検討している地元の利害関係者が主に問題とするのは、廃棄物を容易に回収できるかということである。
- 廃棄物を回収しようとする場合、回収を容易にするための労力に影響する因子は、(i)処分場概念、バリア、および場所、(ii)回収可能性が求められているとすると、その時間スケール、(iii)廃棄物の回収が行われるときに処分場がどの程度変化しているか、である。・・・[略]・・・回収可能性の管理戦略は、回収可能性の程度をどのレベルにするか、いろいろと考えることが可能である。

国内での検討事例より

- 地層処分は原理的には、基本的にどの段階においても回収可能性はある。ただ、その程度が、事業が進み、最終閉鎖やその後の時間経過に伴って回収可能性が徐々に減っていくとの理解のもとで、ではどの程度まで、どのぐらい回収可能であるということを念頭に置いてこの事業に取り組むのか。何か特別な準備をする必要があるのか、事前の今の時点の政策、制度で何らか特別な手当をして技術開発をしたりコストの検討をしたりするのかということについては色々な議論がある。【廃棄物WG第16回会合(2015)】
- 工学的手法に関する調査研究を進めていくことは大事だが、一方で、今までの地層処分は、いかに確実に処分するかという方向でやってきた技術。回収を考えると、いわゆる取り出しやすい形をあわせて検討しなければならないのは、トレードオフとの関係にあり、そのことを念頭に置くべき。例えば、処分コンセプトやパッケージの変更など、そのレベルにまで影響が及ぶかもしれない。【廃棄物WG第16回会合(2015)】

17

国内での検討事例より(続き)

- 可逆性は通常、政策とか事業には一定程度は備わっている。また、回収可能性も地層処分という技術そのものに固有の性質として一定程度ある。故に、基本方針において、それを確保する、担保するというだけでは余り大きな意味を持たないのではないか。それを具体的に、どの程度どういう形で確保することが必要なのかという部分まで、ある程度今の段階での考え方を示すことが必要である(進めながら、という部分もあると思われる)。【廃棄物WG第16回会合(2015)】

18

## 検討項目案⑧：回収可能性に係る戦略・計画の策定

- 技術的な実現性に関して、重点化の方向性に関する意思決定が必要である(回収技術の開発、或いは回収を容易とする処分場への設計変更)。【項目④⑥⑦⑧⑨で共通する認識課題】
  - 上記の方向性を含め、回収可能性に関する戦略を早い段階から検討・策定する必要があり、それを定期的に見直すことが重要である。
  - 戦略策定における検討／考慮事項等が示唆されている。
- ⇒検討項目案④、⑥、⑦、⑨、⑫と関連。

### 【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

#### 国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 回収可能性は、全体設計と開発プロセスのごく一部でしかないという点も認識しておく必要がある。処分場開発を進める中で、**回収可能性に関する戦略的な意思決定を行う必要がある。つまり、処分場の設計は変更せずに回収方法の開発に重点をおくのか、あるいは回収を容易にするために設計変更に重点を置くのか**という点である。
- 可逆性が処分プログラムの一つの特性として位置付けられている場合には、処分施設の計画立案、設計、事業実施において**回収可能性に関する戦略を立てておくことも必要**である。特に、**処分プログラムの様々な段階でどのような回収作業が必要となるかを検討しておくことが重要**である。
- 利害関係者は、**不測の事態に対する計画を全く持たないよりは、これらのことを計画されたプロセスの結論として理解し、受け入れる可能性が高いと**考えられる。このことは、事業者は規制当局と協議した上で、**「略」**、法的な要件や規制上の要件がなくても、**設計の早い段階に検討する必要**があることを示唆している。
- 戦略を立てる際、様々な事業段階に対して考慮すべき幾つかの検討事項を表に示す(以下、計画作成に関連する部分を抜粋)。
  - ・ **回収計画で考慮すべき重要な要因**は、コスト、時間スケール、リスクの低減、障害の特定と軽減、経年した廃棄物と廃棄物パッケージの複雑さ、インベントリーに関する知識の程度、作業量(回収する廃棄物の量)、必要となる下流側プロセス(再パッケージ化、調整、処理、最終的な廃棄物の処分)である。
  - ・ 関心が集まるのは、母岩の特性と処分場設計の固有の内容、例えば、**処分場空洞ならびに処分場と地表との連絡坑道の埋戻しと閉塞の程度**である。さらに、**回収のタイミング、廃棄物を定置してからその回収までの時間遅れ**、その回収も回収の実現可能性と実際に行われるのかどうかに影響する。
  - ・ 回収戦略を進行中の或いは段階的に進める作業に基づいて**定期的に見直すことも作業の信頼性を高めること**になると考えられる

19

#### 国内での検討事例より

- 「略」…、安全コミュニケーションを検討するうえで、**我が国における現行の法令等と可逆性や回収可能性の考え方の関係を明確にしておくことが重要**である。例えば、安全コミュニケーションを通じて、処分事業の各段階で、具体的にどのような条件により、何を対象として可逆性を考えるか、あるいは、段階に応じて回収の必要性の程度をどのように減じていくかといった点について、処分事業の進展に応じて利用できるようになる技術的な情報の変化を踏まえて検討を行うことが考えられる。【原子力安全委員会(2011)】
- 「略」…、安全性及び技術的な観点から、各段階において、どのように可逆性が確保され、何が満足されると次の段階へ移行するための条件となるかを検討するうえで、例えば、フランスのように**建設・操業段階を区分し、各段階に関する現象論的な分析、モニタリング戦略の特定を行い、可逆性の確保にとって有利な処分施設の設計及び操業特性を明らかにする**といったことも考えられる。また、国際的には、回収に関する段階的な手順についての一般的な考え方の議論やステークホルダーの関与を踏まえたモニタリングの技術開発に関する国際共同研究も進められている。しかし、可逆性の維持を不要と判断して、最終的に後戻りを要しない処分に至る意思決定プロセスと、それに応じた回収可能性の程度をいかに関連づけるかについてはなお議論が進行中である。実際に回収を行うための具体的な技術やその安全性についても、**安全コミュニケーションの対象として考慮しておくことが必要**と考えられる。【原子力安全委員会(2011)】
- 「略」…、可逆性や回収可能性を具体的にどのように維持するかは、処分候補地の地質環境やそれに対応した処分施設の設計によって異なると考えられ、**処分地の選定にあたって考慮されるべき環境要件との関係を論じておく必要がある**。こうした検討は、地層処分の安全性に対する信頼を段階的に向上させていくセーフティケースのなかで体系的に位置づけられ、ステークホルダー間に透明性のある形で共有されることが重要である。【原子力安全委員会(2011)】
- **立地段階から安全コミュニケーションを通じて回収可能性がいかに確保されるかをあらかじめ論じ**、例えば、回収可能性を反映した施設設計を提示する、といったことを実施主体に求める事も考えられる。実際、諸外国においては、一定期間の回収機能を処分施設の設計において求めている国もある。このような施設設計については、それが実現可能であり、かつ操業時及び閉鎖後の長期的な安全性の両面をみたまものである事を示す必要があり、例えばフランスでは、実施主体が提示した一定期間におけるそのような技術的実現可能性を妥当としたうえで、法律でその具体的な期間を規定している。また、米国では、廃棄物の定置作業を開始してから50年間経過するまでは、合理的なスケジュールによって回収が可能になるように設計することが求められている。このような検討においては、回収可能性とモニタリングの関係についても論じておく必要がある。【原子力安全委員会(2011)】
- 「略」…、また、安全コミュニケーションを進めるにあたっては、1)「略」…、2) **地層処分の安全性を社会が受け入れるという結論に至るためのひとつの要素である「処分施設を閉鎖すること」**について、ステークホルダー間で納得され受け入れられるまでの期間は、セーフティケースとともに各段階における可逆性や回収可能性がどのように維持されているかを明確に示すことが重要である。【原子力安全委員会(2011)】

20

## 検討項目案⑨：研究開発・実証

- 技術的な実現性に関して、重点化の方向性に関する意思決定が必要である(回収技術の開発、或いは回収を容易とする処分場への設計変更)。【項目④⑥⑦⑧⑨で共通する認識課題】
  - 可逆性・回収可能性の維持と同様に、そのための研究開発・実証の重要性が増している。
  - それらの研究開発や実証は、可逆性・回収可能性に信頼性を持たせるためにも継続が必要。
  - 技術的な研究開発ニーズと同様に、社会科学的研究も重要。
- ⇒検討項目案④、⑥、⑦、⑧、⑫と関連。

### 【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 回収可能性は、全体設計と開発プロセスのごく一部でしかないという点も認識しておく必要がある。処分場開発を進める中で、**回収可能性に関する戦略的な意思決定を行う必要がある。つまり、処分場の設計は変更せずに回収方法の開発に重点をおくのか、あるいは回収を容易にするために設計変更に重点を置くのか**という点である。
- 利害関係者と一般公衆は、後戻りと回収が可能なオプションを残すことに、ますます関心が高まっているようである。コストがかかることは確かだが、希望すれば**回収が実現可能であることを実証できる研究**についても同様である。
- 回収可能性の実証：設計を進める過程で、回収可能性の機能を果たしている構成要素とサブシステムの試験が行われる。これらは、**要素技術や回収プロセスの実現可能性を確認するプロセスの最初に行われる予備的な試験**であり、操業前段階の終わりにはより包括的な試験が行われる。
- 部分的戻戻りの決定がなされた時に、**廃棄物を元に戻せることを実証**することが求められるかもしれない。
- 処分場の建設および廃棄物定置のための技術が、操業段階の開始時点と終了時点で全く同じではないと考えられる。従って、**ある時間の後、あるいは定期的に廃棄物パッケージを回収する機能の有効性を再評価することが有益**かもしれない。
- 回収可能性が処分場の持つ可能性のある特性の一つであれば、研究開発の成果の一部を回収可能性に適用しても良いと思われる。**研究開発活動の一部を以下の表4.5に示す(割愛)**。廃棄物管理に関する研究開発は、**可逆性に信頼性を持たせるためにも継続することが必要**と考えられる。
- **技術的な研究開発ニーズと同様に、社会科学的研究も、立地プロセスを進めている間に利害関係者(社会全般と地方共同体を含む)が効果的に、また持続的に関与できるようにするために重要である。**…[略]…安全解析、性能評価と並んで懸念事項となる可能性があるのが、地方の土地使用計画の立案、環境保全、技術経済的最適化、科学と技術の進展の統合、社会的受容性である。…[略]…社会的、技術的な進展を意思決定プロセスに関連させる研究開発活動と社会科学的研究は、この複雑さを扱うのに非常に有効といえる。

21

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より (続き)

- 研究開発作業についての計画を立案する際、**研究開発テーマの全体的な影響とその研究開発作業が全体的な成果に影響する時間枠の影響を考慮**する必要がある。
- 各処分プログラムで解決すべき重要な課題は、開発の様々な段階で可逆性と回収可能性に関する研究開発に振り向けるべき資源のレベルに関係する。回収可能性が求められている処分プログラムでは、回収可能性がオプションとなっている処分プログラムとは異なったニーズがある。
- 研究プログラムに対する動機についても考慮しなければならない。研究は受容性を向上させるために行うのか、**処分場の操業を支援するために行うのか、または処分プログラムに柔軟性を持たせるために行うのか?**…[略]…利害関係者の要望がきっかけとなっている研究開発は開発者の全体プログラムに組み込むべきであり、**単なる追加物として取り扱うことのないようにすべき**である。

国内での検討事例より

- …[略]…安全コミュニケーションを検討するうえでは、我が国における現行の法令等と可逆性や回収可能性の考え方との関係を明確にしておくことが重要である。例えば、安全コミュニケーションを通じて、処分事業の各段階で、具体的にどのような条件により、何を対象として可逆性を考えるか、あるいは、段階に応じて回収の必要性の程度をどのように減じていくかといった点について、**処分事業の進展に応じて利用できるようになる技術的な情報の変化を踏まえて検討を行うことが考えられる。**【原子力安全委員会(2011)】
- …[略]…安全性及び技術的な観点から、各段階において、どのように可逆性が確保され、何が満足されると次の段階へ移行するための条件となるかを検討するうえでは、例えば、フランスのように建設・操業段階を区分し、各段階に関する現象論的分析、モニタリング戦略の特定を行い、**可逆性の確保にとって有利な処分施設の設計及び操業特性を明らかにする**といったことも考えられる。また、国際的には、回収に関する段階的な手順についての一般的な考え方の議論やステークホルダーの関与を踏まえたモニタリングの技術開発に関する国際共同研究も進められている。しかし、可逆性の維持を不要と判断して、最終的に後戻りを要しない処分に至る意思決定プロセスと、それに応じた回収可能性の程度をいかに関連づけるかについてはなお議論が進行中である。実際に回収を行うための具体的な技術やその安全性についても、安全コミュニケーションの対象として考慮しておくことが必要と考えられる。【原子力安全委員会(2011)】
- 廃棄物を処分場から安全に回収するための工学的手法に関する調査研究、**処分場を閉鎖せずに安全に管理することが可能な期間等に関する調査研究の実施は、下記の議論に資することを意図。**【廃棄物WG第16回会合(2015)】
  - 定置後の回収には、概念上のトレードオフがあり得る。また、工学的にも一定の制約なり限界があるのではないか。
  - 回収可能性を概念として採用しても、どのように進めていくのか、どの程度確保するのかというのは今後の議論。
- 地層処分は原理的には、基本的にどの段階においても回収可能性はある。ただ、その程度が、事業が進み、最終閉鎖やその後の時間経過に伴って回収可能性が徐々に減っていくとの理解のもとで、ではどの程度まで、どのくらい回収可能であるということを念頭に置いてこの事業に取り組むのか。何か特別な準備をする必要があるのか、事前の今の時点の政策、制度で何らか特別な手当をして**技術開発**をしりコストの検討をしりするのかということについては色々な議論がある。【廃棄物WG第16回会合(2015)】

22

## 検討項目案⑩：閉鎖せずに回収可能性を維持する場合の施設設計や安全性への影響

- 回収可能性の要件のために、処分場を開放したままにしておく期間が長くなる可能性がある。
- その一方で、閉鎖を延期することはまったく価値がない(受動的な安全な状態の達成が遅れる)。
- 例えば、アクセス坑道が回収概念の一部である場合、開放されている期間にわたり、健全性が維持されるように設計されなければならない。
- 長期的にみると、必要以上に長期間、開放したままにしておくことで、安全性を低下させる可能性がある。

### 【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

#### 諸外国の先行的な導入・検討事例より

- 監視付き長期地層処分概念を導入(定置後の一定期間まで、パイロット施設でのモニタリングを実施する概念)【スイス】
- 閉鎖後モニタリングの適切な形態及び期間決定までの延長された期間にわたる回収可能性。【カナダ】

#### 国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 興味深いのは、閉鎖の遅延にかかわる点である。意思決定および回収可能性の要件によって坑道の閉塞や埋戻しの遅延が引き起こされた場合には、安全性に影響する可能性がある。
- 処分場を開放したままにしておく期間が、回収可能性の要件がない場合に必要開放期間よりも長くなる可能性がある。このように閉鎖時期を遅らせることが必要と考えられる理由は様々である。例えば、規制の遵守、廃棄物が出す熱の管理、性能確認計画(中略)を完了できるようにすること、実施された処分方法に対するさらなる社会的信頼構築の機会を与えることなどである。
- 例えば、アクセス立坑の最終的な埋戻しを延期するなどにより閉鎖を延期することはまったく価値がなく、処分場が受動的に安全であるという好ましい状況を達成するのが最終的に遅れることになる。
- アクセス用立坑が開放されている期間だけそのバリアを長く維持しなければならない。もし、廃棄物の回収可能性を維持する期間が、社会的、政治的な理由などから求められており、アクセス用立坑が回収概念の一部となっている場合には、使用されている岩盤支保、アクセス坑道、立坑ライニングは全て、その期間、十分な健全性を維持するように設計されなければならない。
- 一般には、まず安全を優先させるということに合意がある。非常に長期的にみると、処分場を必要以上に長期間、開放したままにしておくことで回収可能性を高めようとする、安全性を低下させる可能性がある(例:適切に閉塞し、閉鎖したときの状態が安全であるように設計された施設は、閉塞・閉鎖されずに放棄される場合において安全ではないといえる。そして、長期間、処分場を開放したままにしておく、これが発生するリスクを高めることになる。)

23

#### 国内での検討事例より

- 処分場の操業が終了し処分坑道が埋め戻された後も、主坑を一定期間閉鎖せずに維持しておくなどの措置が必要という考え方がある。例えば、アメリカでは現在50年から100年の間主坑を閉鎖しないこととされている。主坑を埋め戻さずに維持するのは、処分された廃棄物が予測通りの動静を示すかどうかモニターするとともに、万一の事故のさいの廃棄物の回収などの対応が容易であるという点で、周辺住民の「安心感」が増大するという考え方によるものである。他方で、長期にわたり主坑を埋め戻さずに維持しておく場合には主坑の構造を強化しておく必要があるため、建設・維持・管理のコストが増加し、これに対する手当てをしておく必要が生ずるだけでなく、長期間主坑が残されること地質環境への影響について技術的な配慮が必要となる。このように主坑の埋め戻しまでの期間については安全と安心のバランスを考慮して検討することが必要である。【原子力委員会(1998)】
- 廃棄物を処分場から安全に回収するための工学的手法に関する調査研究、処分場を閉鎖せずに安全に管理することが可能な期間等に関する調査研究の実施は、下記の議論に資することを意図。【廃棄物WG第16回会合(2015)】
  - ・ 定置後の回収には、概念上のトレードオフがあり得る。また、工学的にも一定の制約なり限界があるのではないか。
  - ・ 回収可能性を概念として採用しても、どのように進めていくのか、どの程度確保するのかというのは今後の議論。
- 「処分場を閉鎖せずに安全に管理することが可能な期間等に関する調査研究」については、今後の予定を含め、明確にしていきたい。【廃棄物WG第16回会合(2015)】

24

## 検討項目案⑪: モニタリング等の役割

- 継続的なモニタリングや閉鎖後管理の継続の必要性という認識が、可逆性の要求に帰着している可能性がある(閉鎖段階、或いはそれ以降も安全性を確認したいとする要求)。
- 一方で、モニタリングは工学的開発プロセスで通常に行われるものである(可逆性と回収可能性を取り入れているかどうかは関係ない)。

【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

諸外国の先行的な導入・検討事例より

- 監視付き長期地層処分概念を導入(定置後の一定期間まで、パイロット施設でのモニタリングを実施する概念)【スイス】
- 閉鎖後モニタリングの適切な形態及び期間決定までの延長された期間にわたる回収可能性。【カナダ】

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 段階的アプローチをとることによって、意思決定プロセスおよびその決定の際に、モニタリングから得られるデータが情報として徐々に提供される。
- 可逆性への要求は、継続的なモニタリングや管理を閉鎖後までも継続する必要性があるとの認識からの論理的帰着とも考えられる。
- 処分場を閉鎖する前の期間中には、追加のモニタリング、保障措置要件、制度的管理が必要になるという負の影響があることも無視できない。
- 閉鎖前においては、モニタリングは工学的開発プロセスで通常に行われるものであり、また、期待される部分でもある。その際、処分プログラムに可逆性と回収可能性を取り入れているかどうかは関係ない。どのようなプロジェクトでも期待されているモニタリングに加えて、モニタリングは処分場に対する性能確認要件を満たすためにも行われる。閉鎖前のモニタリングから得られる情報に対する公共機関の関心は非常に高い。そのような情報には、原位置のデータに基づいた透明性と追跡性のある情報を得たいという一般公衆の関心から来るものに加えて、性能確認への直接的な関心から来る情報と「直感的な認識に関わる」関心から来るもの(例・[略]・)がある。

国内での検討事例より

- 立地段階から安全コミュニケーションを通じて回収可能性がいかに確保されるかをあらかじめ論じ、例えば、回収可能性を反映した施設設計を提示する、といったことを実施主体に求める事も考えられる。実際、諸外国においては、一定期間の回収機能を処分施設の設計において求めている国もある。このような施設設計については、それが実現可能であり、かつ操業時及び閉鎖後の長期的な安全性の両面をみとめるものである事を示す必要があり、例えばフランスでは、実施主体が提示した一定期間におけるそのような技術的实现可能性を妥当としたうえで、法律でその具体的な期間を規定している。また、米国では、廃棄物の定置作業を開始してから50年間経過するまでは、合理的なスケジュールによって回収が可能になるように設計することが求められている。このような検討においては、回収可能性とモニタリングの関係についても論じておく必要がある。【原子力安全委員会(2011)】

25

## 検討項目案⑫: 費用

- 回収可能性の維持の導入にはベネフィットとリスクがある。
  - 費用の増加はリスクの1つであり、回収可能性の維持／実行に係る具体的な費用の積算項目が示唆されている(回収自体に係る費用と、回収可能性の維持に係る費用は区別される)。
  - コストを誰が負担するかは、重要な問題の1つである。
- ⇒検討項目案④、⑥、⑦、⑧、⑨と関連。

【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

諸外国の先行的な導入・検討事例より

- 回収可能性の導入に伴う、ベネフィットとリスクの比較考慮の必要性。示唆されたリスク:設計変更のための追加コスト、回収コスト。【スウェーデン】
- 多額の費用を要せず回収が可能な方法での廃棄物の定置を要求。【スイス】
- (回収可能性を支持しない少数派意見として)費用が不必要に増大。【カナダ】

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- これまでの経験から、回収の費用は、処分費用に匹敵するか、それを超えることさえある。
- 処分場から廃棄物を回収できるようにすることに伴うコストは以下のように分けることができる。
  - ・ 廃棄物の回収を容易にするために必要になる可能性のある処分場構成要素の品質を上げるためのコスト。
  - ・ 操業が延長された期間、安全を確保するために行うモニタリングと保守のためのコスト。
  - ・ 廃棄物の回収が行われる場合には、その回収コスト。
  - ・ 二次廃棄物を管理(残留汚染と修復措置)するためのコスト。
- コストを誰が負担するかの問題も重要である。元々の発生者が負担するコストと、最終的に廃棄物を回収する者が負担するコストを区別する必要がある。一般的に言えば、セーフティケースを支えるコストは元々の発生者の負担と考えられ、安全性とは無関係の単に回収可能性だけに係るコストは議論のあるところである。・[略]・。回収可能性が処分プログラムを社会が受け入れるための前提条件であれば、回収可能性に係るコスト(回収自体のコストと区別)は処分場計画の全体コストに組み入れられるべきだが、このことについてはしっかりと情報共有しておく必要がある。
- 回収のコストだけでなく、回収した物質を処理するための新しい施設の建設、運転のコスト(処分のやり直しも含める可能性がある)についても認識しておくことが重要である。回収は最終地点ではないことを理解しておかなければならない。
- 回収は元々の処分のコストを上回ることはないにしても、それと同程度はかかりそうだということ、そのコストを直接的に誰が負担するかにかかわらず、・[略]・最終的に負担するのは・[略]・一般公衆になることである。この観点から、処分場開発中に要する回収可能性のためのコストは、将来回収が決定された場合に発生するコストの節減と比較評価されなければならない。

26

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より (続き)

- 回収可能性のための措置は、設計において最初から考慮された場合に比べて、後になって行う方がコストが増加する可能性が高い。

国内での検討事例より

- 処分場の操業が終了し処分坑道が埋め戻された後も、主坑を一定期間閉鎖せずに維持しておくなどの措置が必要という考え方があり。例えば、アメリカでは現在50年から100年の間主坑を閉鎖しないこととされている。主坑を埋め戻さずに維持するのは、処分された廃棄物が予測通りの動静を示すのかわかるかモニターするとともに、万一の事故のさいの廃棄物の回収などの対応が容易であるという点で、周辺住民の「安心感」が増大するという考え方によるものである。他方で、長期にわたり主坑を埋め戻さずに維持しておく場合には主坑の構造を強化しておく必要があるため、建設・維持・管理のコストが増加し、これに対する手当をしておく必要が生ずるだけでなく、長期間主坑が残されること地質環境への影響について技術的な配慮が必要となる。このように主坑の埋め戻しまでの期間については安全と安心のバランスを考慮して検討することが必要である。【原子力委員会(1998)】
- 定置終了までに不具合があった際に回収ができるということ、定置終了後にも将来世代の意思決定によって回収ができるという2つの側面が、これまでの議論では両方が混同して議論されてきた。後者については、そのための技術があることを示せば良く、それを技術的に保証したり、その費用を賄っておくというのは、また違う話ではないか。【廃棄物WG第16回会合(2015)】
- 地層処分は原理的には、基本的にどの段階においても回収可能性はある。ただ、その程度が、事業が進み、最終閉鎖やその後の時間経過に伴って回収可能性が徐々に減っていくとの理解のもとで、ではどの程度まで、どのくらい回収可能であるということを念頭に置いてこの事業に取り組むのか。何か特別な準備をする必要があるのか、事前の今の時点の政策、制度で何らか特別な手当をして技術開発をしたりコストの検討をしたりするのかということについては色々な議論がある。【廃棄物WG第16回会合(2015)】

27

### 検討項目案⑬: 意思決定のホールドポイントに係る留意事項

- 段階的アプローチにおける、各段階の節目(決定の重要度とインターバル)には、持続可能性と短期的効率の間にコンフリクトが発生する可能性がある。
- インターバルを短くするメリット(社会的受容が高まる可能性、段階間の影響の程度の縮小化など)の反面、全体としての意思決定プロセスに係る時間増やコスト増、新たなリスクも想定される。
- 可逆性・回収可能性は、方針変更の可能性を排除しないという意味の反映であり、必ずしも方針変更が生じるということを期待しているわけではない。

【国内外の先行的な導入事例や検討事例等における論点や認識課題など(関連資料等から主要なものを抜粋)】

国際機関等が主導した検討事例(OECD/NEA, 2011)より

- 段階的な手順をとった場合、各段階の大きさとタイミングについて決定するときに、持続可能性と短期的効率とが相容れないことがしばしばある。多くの場合、個々の段階が小さいほど、社会に受け入れられる可能性は高くなる。…[略]…段階を小さくすれば、影響を受ける構成要素の数も、影響の規模も小さくなるので、予測できない対応が必要となる可能性は低くなる。…[略]…しかし、段階の数が増え、段階と段階の合間が長くなると、意思決定プロセスの期間とコストも増大し、場合によっては、段階と段階の間に新たなリスクが出てくる可能性がある。
- 可逆のプロセスにおいて次の段階に進むと決定することは、実質的には一つ以上前の段階に戻りたくないという決定であるということである。
- 回収可能性は、そのことが処分場の設計と実施計画に明示的に示されていれば、それは将来、方針を変更する可能性を排除しないという意味を反映しているのだから、そのような方針の変更が生じるということを必ずしも期待しているわけではない。

国内での検討事例より

- ホールドポイントをどういう形で設けるのか。原子力委員会の定期的なレビューは、効果的であり重要ではあるが、そこで必ず立ちどまって政策レベルの決定を改めて行うことは色合いが違う。他のオプションへの移行や後戻りも含めた検討の後でないと先に進まないという制度を、法律以下の、基本方針以下のレベルでどう組み込むかを、ここで議論すべき。柔軟性や段階の細かさの程度(程度によっては、事業の安定性が損なわれ着実な取組が進まないリスク)も、トレードオフの関係にある。【廃棄物WG第16回会合(2015)】

28

## 資料 3

諸外国における可逆性・回収可能性に係る  
制度整備状況

諸外国の法規制制度における可逆性・回収可能性に関する規定内容、及び事業者の自主的な取組について、可逆性・回収可能性を必要とする動機の観点から関連性が想定される他の制度（安全規制制度、地域の意向を尊重する制度）とともに、表 3-1 に要約整理した。

このような整理から、諸外国における可逆性・回収可能性に関する制度整備状況は次のように要約できる。

①事業規制制度（事業推進に係る制度）

- フランスが可逆性、スイス及び米国が回収可能性の維持を法律で明示的に要求。
- フィンランド、カナダが、事業推進の面から制度として回収可能性の維持を位置付け。
- 既にサイトを特定して建設許可申請段階にあるスウェーデンやフィンランドでは、回収可能性等の位置付けに変化が見られる。

②安全規制制度（回収可能性の維持を明示的に要求しているもの）

- ドイツ、スイス、米国が回収可能性の維持を明示的に要求（以前はフィンランドも安全規則で要求）。

③安全規制制度（回収可能性等のための措置が安全性に影響を及ぼしてはならないことを明示的に要求しているもの）

- ドイツ、スイス、米国以外の全ての主要国において明示的に要求。

④地域の意向を尊重する制度については、上記の可逆性・回収可能性に係る制度とは別の制度として位置付けられている（スウェーデン、フィンランド、英国など）。

⑤制度として可逆性・回収可能性の維持を位置付けることと実際の事業進展との関係性については制度整備状況のみからは判断できないものの、次のような事実がある。

- スウェーデン：1992年のサイト選定活動開始段階から、回収可能性に取り組むことを実施主体の研究開発計画として提示。
- フィンランド：オルキルオトへの処分場設置を決める原則決定手続きの前後（2000年前後）に回収可能性の維持を制度的に位置付け。
- フランス：1992年のサイト選定活動前から可逆性の導入の必要性を示唆。但し制度としての位置付けは、1998年のビュールへの地下研設置の決定段階。
- スイス：2008年からのサイト選定活動前の2004年の原子力法令の改正で回収可能性の維持を位置付け。
- 米国：1982年のサイト選定手続き等を定めた法律で回収可能性の維持を位置付け。

表 3-1 可逆性・回収可能性に関する諸外国の制度整備状況の整理結果一覧

国	可逆性・回収可能性の維持等を要求する規定の有無			地域の意向を尊重する制度の有無	制度整備状況に関する概要
	事業規制制度	安全規制制度			
		維持	影響		
スウェーデン	×	×	○	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●実施主体(SKB社)が1992年の研究開発計画より、本格操業の前に5年間の初期操業期間(実証定置処分:全体の5~10%を定置)の導入に関する調査研究を提案(併せて、実証定置処分の期間は、回収が必要であることを提示)。</li> <li>●サイトを決定して立地・建設許可申請段階にある現在では、実証定置処分の概念はなくなっている。</li> <li>●サイト選定段階(立地・建設許可申請段階まで)における地域の意向の反映を環境法典によって制度化。</li> </ul>
フィンランド	△ (回収可能性)	×	×	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●サイトの決定に関する原則決定に際して、環境影響評価(EIA)における議論も考慮して、<b>回収可能性</b>の維持を規定(政府が策定した1999年の一般安全規則、及び2000年の政府の原則決定文書)。</li> <li>●但し、2008年の安全規則改定に伴い、安全規制制度上の同規定は廃止(原則決定は現在も存続)。</li> <li>●サイト選定段階(原則決定段階まで)における地域の意向の反映を原子力法によって制度化。</li> </ul>
フランス	○ (可逆性)	×	○	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>●サイト選定プロセスを再考した1991年法で<b>可逆性</b>を示唆。現在の唯一の候補サイトへと繋がるピュールへの地下研設置を決めた1998年の省庁間委員会決定において<b>可逆性</b>のある地層処分を支持。</li> <li>●2006年および2016年の法で<b>可逆性</b>の維持を規定(少なくとも100年間)。可逆性の条件は、設置許可申請後に新法で規定する予定。</li> <li>●現在の安全指針は、<b>可逆性</b>のある地層処分を前提としている。但し、現時点では具体的な要求・要件に係る規程はない(可逆性の条件を定める新法制定を経て、安全指針への反映等が想定される)。</li> </ul>
ドイツ	×	○ (回収可能性)	○	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>●事業規制(事業推進)の観点から、現在検討中(2013年のサイト選定法に基づき委員会で検討中)。</li> <li>●安全規制制度(2010年の安全要件)では、操業期間中における<b>回収可能性</b>の維持を要求。併せて、閉鎖後の<b>回収の可能性</b>に備えて、廃棄体パッケージが500年間健全であることを要求。</li> </ul>
スイス	○ (回収可能性)	○ (回収可能性)	○	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>●2004年に改正した原子力法/原子力令、および安全規制制度(2009年の安全要件)の双方で、処分場の閉鎖まで<b>回収可能性</b>を要求(多額の費用を要せず回収が可能な方法で廃棄物の定置を要求)。</li> <li>●地域の意向の反映などはないが、サイト決定後に(地下特性調査施設の建設前)、憲法規定に基づき、条件を満たせば国民投票を行うことができる。</li> </ul>
英国	×	×	○	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●法規制制度(サイト選定に係る2014年の政府白書や安全規制に係る2009年のガイダンス)では、操業段階において回収を行うことができるとしているが、<b>回収可能性</b>の維持は要求していない。</li> <li>●サイト選定段階(詳細は、現在検討中)における地域の意向の反映を、サイト選定手続きを規定する政府白書(2014年)において規定。</li> </ul>
カナダ	△ (回収可能性)	×	○	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>●法規制文書としては、可逆性・回収可能性に関する規定はない。</li> <li>●但し、2005年に実施主体(NWMO)が政府に提案した、<b>回収可能性</b>を維持した「適応性のある段階的管理」※は、2007年の総督決定により、カナダの長期管理アプローチとなっている。その後の2010年よりサイト選定を開始。</li> <li>●NWMOが2010年に策定したサイト選定計画(9段階からなるプロセス)において、地下実証施設の建設・操業に係る許認可プロセスの前迄(第6段階迄)、地域の意向が反映できることを示している。</li> <li>※適応性のある段階的管理:サイト貯蔵や集中貯蔵等を組合せて最大240年の間、<b>回収のためのアクセス</b>を維持する概念が可能性のある概念として示されている。</li> </ul>
米国	○ (回収可能性)	○ (回収可能性)	×	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ユッカマウンテンの選定に至るサイト選定への着手段階より、事業規制(事業推進)(1982年NWPA)および安全規制制度(1981年NRC規則)の双方で、操業期間中における<b>回収可能性</b>の維持を要求。</li> <li>●安全規則が要求する<b>回収可能性</b>の維持については、その目的と期間が特定されている(安全性の観点から、NRC審査期間中における是正措置等の可能性を意図)。</li> <li>●サイト選定段階(大統領が処分場のためのサイトの推薦書を連邦議会に提出する際)に、サイト立地州の知事等が不承認通知を連邦議会に提出できる。ただし、連邦議会上下院の決議による立地承認決議により不承認を覆すことが可能。</li> </ul>

## 資料 4

諸外国における検討から示唆される可逆性・回収  
可能性を必要とする動機

諸外国の法規制文書（事業規制制度、安全規制制度）や制度の検討過程で示された公的な文書等で示される、可逆性・回収可能性を必要とする動機に関して、その意味や表現の類似するものを9つに統合・集約して表4-1に整理した。同表の整理から次のような傾向が窺える。

○出典文書における動機の記述に関する多様性には、次のような傾向がある。

法規制整備に資する事前の検討文書 > 事業規制制度 > 安全規制制度

○安全規制制度で明示的に示される動機は、主に安全性に係るものに限定されている。

○法規制文書では動機に関する記述までは示されないケースが多く、安全規制文書では安全性に係る事項であることを暗黙的な前提として、そのような動機が明記されないケースが多い。

表4-1 可逆性・回収可能性を必要とする動機の整理結果一覧

動機の種類(類似表現の統合・分類整理)	国内外の法規制文書や検討文書等で示された可逆性・回収可能性を必要とする動機 <small>赤: 法規制整備に資する検討文書、青: 法規制文書(事業規制) 緑: 法規制文書(安全規制)、【参考】: 黒: OECD/NEAの意見集約や国内検討</small>
①段階的意思決定プロセスへの信頼醸成	【スウェーデン】段階的な意思決定における後戻りの実現性 【フランス】段階的意思決定プロセスの担保(精神的保証、全てを一度に決めるリスクの回避、不可逆なプロセスの回避)、信頼醸成、段階的な意思決定プロセスを含む地層処分事業に対する信頼感 【ドイツ】段階的なプロセスに対する信頼構築 【英国】段階的で柔軟なプロセスへの信頼醸成 【カナダ】柔軟性のある段階的アプローチの支持 【NEA・国内検討】不可逆的な段階の回避
②決定変更の柔軟性確保	【フランス】決定(政策や方針など)変更の柔軟性確保 【スウェーデン】将来のより望ましい管理方策の選択可能性
③概念や技術への信頼獲得期間の確保 (地層処分概念や技術への信頼・理解獲得のための期間確保)	【スウェーデン】(回収可能性の)維持期間における管理方法や安全性に対する理解促進、信頼醸成 【NEA意見集約・国内検討】技術に関する理解度が十分でないこと
④代替技術への対応 (科学・技術の進歩や新たな望ましい管理方策の開発)	【フィンランド】新たな管理技術の進展、技術の進歩 【フランス】将来の科学や技術や他の処分方法の研究の進歩、処分実施者による継続的な最善技術等の探求に係る責任喚起、技術的進展、更なる最善技術の導入 【ドイツ】新たな改善技術や管理方策・方針 【スイス】科学・技術の進展(分離・変換、新固化技術、改良を含む新たな処分概念) 【英国】将来の技術的進展、より良い管理方法 【カナダ】将来の更なる改善技術や管理方法 【米国】処分場のコスト低減、操業改善
⑤社会環境変化への対応(国際的解決策実現などの社会環境変化への適用)	【フランス】社会的進展(変化/進展への適応) 【スイス】国際的な解決策の実現
⑥将来世代の選択の柔軟性 (将来世代による選択の自由・権利の維持、新たな倫理概念への適応)	【フランス】倫理を伴う将来世代の権利、選択の自由の確保、将来世代の選択の自由、将来世代の新たな倫理概念への適応、将来世代による決定の権利 【ドイツ】将来世代の選択の余地 【英国】将来世代の選択の自由 【カナダ】将来世代の選択の可能性
⑦廃棄物の資源価値への対応 (廃棄物に対する新たな資源価値等としての再利用)	【フィンランド】廃棄物のエネルギーとしての再利用 【フランス】廃棄物の資源利用、資源としての再利用 【ドイツ】将来の資源としての再利用 【スイス】資源としての再利用、地下(処分場)の新たな利用(地下資源、坑道工事など) 【英国】廃棄物の再利用 【カナダ】廃棄物のエネルギー利用、再利用 【米国】廃棄物の資源利用、使用済燃料中の経済的価値のある含有物の回収 【NEA意見集約・国内検討】資源に将来アクセスできるようにしておきたいという要望
⑧安全性に係る課題への対応 (安全性に係る課題や想定外の状態への対応)	【フランス】安全性 【ドイツ】安全性、不測の事態への対応、瑕疵修正 【スイス】安全性(長期安全性がもはや保証できないと判断される場合) 【英国】安全性(リスクへの対処) 【カナダ】安全性(問題発生時の対応) 【米国】安全性(住民の健康・安全、環境影響)、安全性(NRC審査期間中における是正措置等) 【NEA意見集約・国内検討】長期性能に影響する可能性のある想定外の状態への対処
⑨安全性や技術に対する不安 (処分概念や技術に対する不安)	【NEA意見集約・国内検討】技術の成熟度に対する信頼がないこと、管理を行わない受動的な安全性の概念への不安 【NEA意見集約・国内検討】地層処分の安全性に関する信頼構築、閉鎖の前に処分場の性能を可能な範囲内で確認または実証したいという要望

## 資料 5

諸外国における回収概念や回収技術等  
に係る検討状況

諸外国のなかで、回収概念の検討や関連する研究開発等が具体的に進められている海外主要国（フィンランド、スウェーデン、フランス、米国、スイス）について、回収概念の検討経緯や技術開発等に係る動向を次の3つの観点から整理した（これらの海外主要国における動向等を参照する際には、地質環境や処分概念の違いなどに留意が必要である）。

- ①地層処分概念
- ②可逆性・回収可能性に関する制度整備状況
- ③回収概念（回収工程や回収要素技術等の技術的な検討・開発動向）

これらの海外主要国における回収概念の検討・開発動向は次のように要約できる。

- フィンランドとスウェーデンでは、受動的な安全への速やかな移行を前提とした処分場の設計開発を先行させてきており、回収可能性に関する技術に関しては、回収実施の際に必要な回収方法（技術・装置）を開発していくアプローチを採っている。具体的には、回収におけるコア技術である緩衝材除去技術に着目した廃棄体回収の技術開発が行われている。
- フランスと米国では、処分概念や設計開発において回収の容易性を考慮している（例えば、廃棄物パッケージと処分坑道の隙間を埋戻さないような概念の導入など）。両国とも回収作業に関する机上検討がなされており、フランスでは、回収し易い廃棄体の形状や回収機器の装置開発や実証試験が行われている。
- スイスでは、主要な処分施設において廃棄体の定置後は速やかに埋戻すこととなっているが、一方で多大な出費を必要とせずに回収を可能とすることが法的要件として求められている。また、閉鎖前までは主要な処分施設へのアクセス坑道を開放した状態で、パイロット施設でモニタリングを行うことで、回収の意思決定に資する情報を提供することが考えられている。現時点における回収作業に係る技術開発として、机上検討が進められている。
- 処分概念や回収概念の開発に係る技術的なアプローチや回収の技術開発の進捗等に差異があるものの、取り上げた海外主要5ヶ国のいずれの国においても、閉鎖までの回収可能性を維持するための技術的な取組が進められている。
- 念頭に置かれている回収作業期間として、米国では操業期間の6割程度の期間が想定されている。
- 回収後の廃棄体の貯蔵施設に関する具体的な技術的検討報告書は公表されていない。

また、以上のような主要国の技術的な取組の動向を踏まえれば、本文3.2(1)で述べたR&Rプロジェクトで示された国際的に共有されている回収可能性の技術的な実現性を示していくうえで、の主要な2つの戦略（以下の2つの技術的アプローチ）、

**技術的アプローチ1**：回収方法（技術・装置）の開発に重点をおくアプローチ

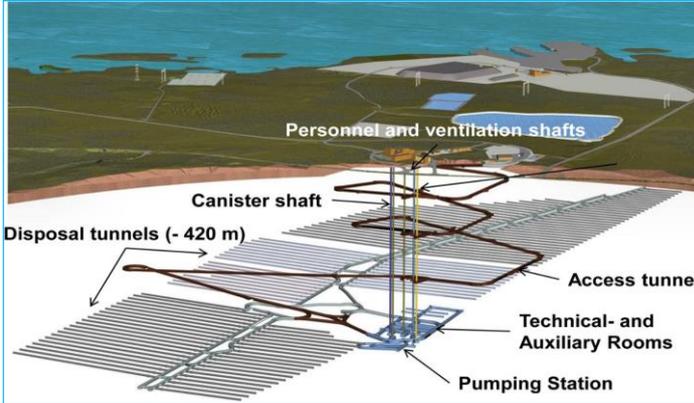
**技術的アプローチ2**：回収をより容易にするための方法を設計に考慮するアプローチ

との関係では、スウェーデンとフィンランドが技術的アプローチ1に相当する取組を、フランスと米国が技術的アプローチ2に相当する取組を進めていると整理できる。

# 1. フィンランドの回収概念の検討・開発事例等について

## ①地層処分概念(岩種:結晶質岩、処分深度:約400m)

使用済燃料をキャニスタに封入し、その周囲を緩衝材(ベントナイト)で取り囲んで、力学的及び化学的に安定した地層に定置(KBS-3概念)。

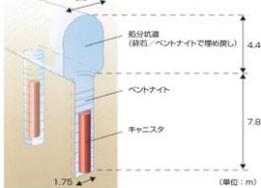


### 銅-鋳鉄キャニスタ

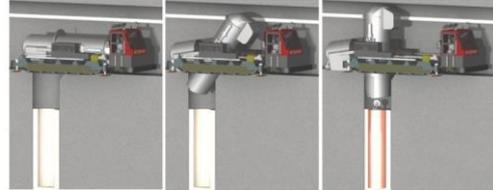
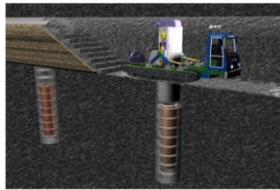
使用済燃料は、外側が銅製の容器、内側が鋳鉄製の容器という2重構造の容器(キャニスタ)に封入して処分。



### キャニスタの定置



### 専用車によるキャニスタの移送・定置



写真・イラスト：ポシヴァ社ホームページ等より

## ②可逆性・回収可能性に関する制度整備状況

可逆性・回収可能性の維持等を要求する規定の有無		制度整備状況に関する概要
事業規制制度	安全規制制度	
	維持	影響
△ (回収可能性)	×	×
(右欄参照)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>●サイトの決定に関する原則決定に際して、環境影響評価(EIA)における議論も考慮して、<b>回収可能性</b>の維持を規定(政府が策定した1999年の一般安全規則、及び2000年の政府の原則決定文書)。</li> <li>●但し、2008年の安全規則改定に伴い、安全規制制度上の同規定は廃止(原則決定は現在も存続)。</li> </ul>		

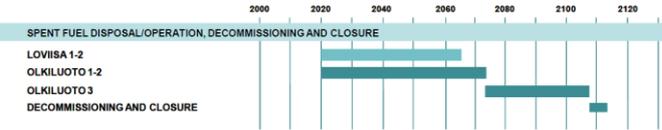
### 【可逆性・回収可能性に関する規定内容】

法令	(規定なし) 【注：以下、2008年に廃止された一般安全規則「使用済燃料処分の安全性に関する政府決定」での記載内容】 処分は、長期的な安全性を確保するために処分場サイトのモニタリングが必要とされず、また、廃棄物回収が望ましいオプションとなるような技術の進歩に備えて廃棄物のキャニスタの回収可能性が維持されるように計画されなければならない。
政府原則決定	<b>使用済燃料の最終処分場の建設に関するポシヴァ社の申請に対する政府による原則決定(2000年)</b> 政府の決定によれば、長期間の安全性を確保するのに最終処分場の監督を必要とせず、また技術が開発され適切となった場合には最終処分場を開くことができるように最終処分が設計されなければならない。計画によると、最終処分は、計画の全段階において最終処分されたキャニスタを地表に回収することが技術的に可能であるように計画されている。建設許可が発給される前に、プロジェクトの関係者は、最終処分場の掘り起こしとそれに影響を及ぼす要因ならびに掘り起こし技術と掘り起こしの安全性について、具体的で、十分に詳しい説明と計画を提出する必要がある。
安全基準・指針類	(規定なし) 【注：廃止された詳細安全規則「使用済燃料処分の長期安全性の指針」(YVL 8.4、2013年廃止)での記載内容】 閉鎖後の段階では、処分場からの廃棄物キャニスタの回収は、人工バリアが処分済み放射性物質を実際の見地から完全に閉じ込めることが要求されている期間中について実行可能であるものとする。処分施設は、廃棄物キャニスタの回収が必要な場合に、処分の時点において利用可能な技術と妥当な資源で実行可能であるように設計するものとする。回収可能性の容易化あるいは閉鎖後の潜在的サーベイランス活動は、長期的安全を損なわないものとする。

### ③回収概念(回収工程や回収要素技術等の技術的な検討・開発動向)

#### 【1. 概況】

- 処分概念(定置概念設計)は回収性を特に考慮していない(回収技術は定置装置を活用したもの)。
- 閉鎖後全量回収に係る工程は、アクセス坑道の再掘削、回収、埋戻しの作業で10年としている(Posiva社、1999年)(※1400本のキャニスタを回収。なお、最新(2012年)の検討では全工程の期間に関する情報は不明。(アクセス坑道の再掘削と1本の処分坑道におけるキャニスタ回収で70か月とみの情報)
- 回収に係る概算費用は、操業費用の30~50%(10~16.5億ユーロ(処分費用33億ユーロ))。



処分工程(建設・操業・閉鎖)の期間は約100年

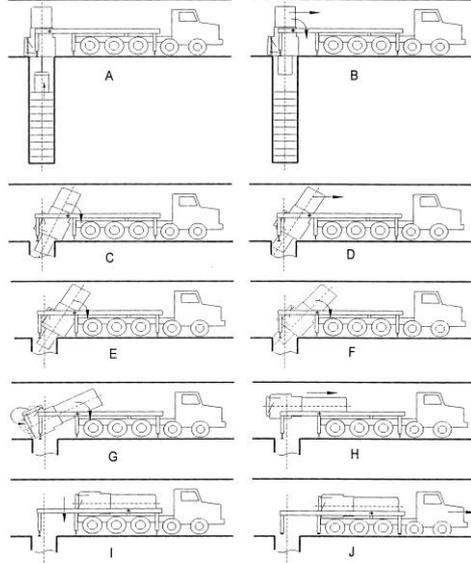
#### 【3. 技術的な検討・開発動向】

- 結晶質岩を対象として、スウェーデンSKB社とともにエスポ地下研究所において回収試験を実施。
- 縦置・横置方式の双方を対象とし、廃棄体定置後の初期段階(熱の影響が高い状況)における回収性を考慮した回収技術の開発を実施。

出典：使用済燃料キャニスタの回収可能性(Posiva社、1999年)  
使用済燃料向けオ尔基ルオト・キャニスタ封入施設及び最終処分施設の建設許可申請 申請書 附属書17 (Posiva社、2012年)

#### 【2. 回収概念】

- 処分場の閉鎖と密封の後でも、回収は長期にわたって可能である。
- 銅と鋼でできたキャニスタは、少なくとも数十万年の寿命を考慮して設計されているため、キャニスタの所在に関する情報が保たれている限りは、回収可能性は確保されることができると考えることができる。



## 2. スウェーデンの回収概念の検討・開発事例等について

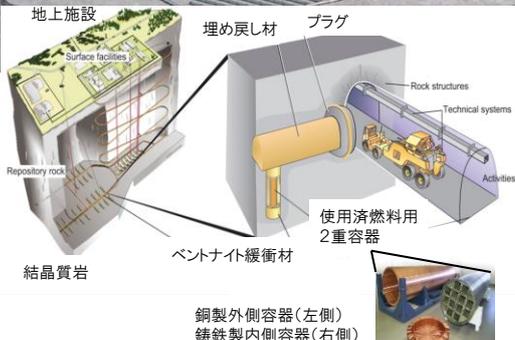
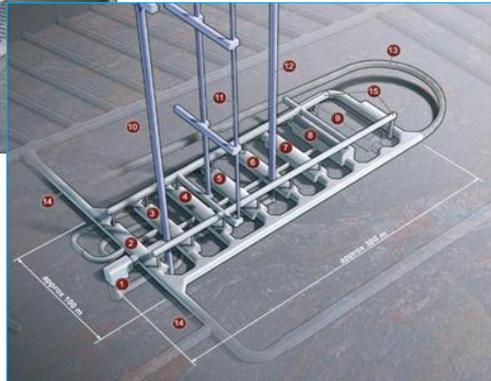
### ①地層処分概念(岩種:結晶質岩、処分深度:約500m)

使用済燃料をキャニスタに封入し、その周囲を緩衝材(ベントナイト)で取り囲んで、力学的及び化学的に安定した地層に定置(KBS-3概念:フィンランド同様)。



#### フォルスマルク地下施設設計レイアウト

下図は地上からのアクセス坑道の直下に設置される中央エリア。掘削した岩石の処理、移送ビークルの駐車エリア、エレベータホール、資材置き場などが設置される。



銅製外側容器(左側)  
铸铁製内側容器(右側)

## ②可逆性・回収可能性に関する制度整備状況

可逆性・回収可能性の維持等を要求する規定の有無			制度整備状況に関する概要
事業規制制度	安全規制制度		
		維持	影響
×	×	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●実施主体(SKB社)が1992年の研究開発計画より、本格操業の前に5年間の初期操業期間(実証定置処分:全体の5~10%を定置)の導入に関する調査研究を提案(併せて、実証定置処分の期間は、回収が必要であることを提示)。</li> <li>●サイトを決定して立地・建設許可申請段階にある現在では、実証定置処分の概念はなくなっている。</li> </ul>

### 【可逆性・回収可能性に関する規定内容】

法令	(規定なし)
安全基準・指針類	<p>「核物質及び原子力廃棄物の最終処分の安全性に関する放射線安全機関の規則及び一般勧告」(SSMFS 2008:21)第8条</p> <p>処分された核物質または原子力廃棄物のモニタリング、あるいは最終処分場からの回収を容易にするために講じられる措置、または最終処分場への侵入を困難にするために講じられる措置については、それらの措置が処分場の安全性に与える影響を解析し、放射線安全機関(SSM)に報告しなければならない。</p> <p>「核物質及び原子力廃棄物の処分の安全性に関する放射線安全機関の規則(SSMFS 2008:21)の適用に関する一般勧告」第8条に対する注釈</p> <p>建設中及び操業中において、閉鎖後の処分場の健全性や、バリアの性能をモニタリングするための措置を講じることができる。そのような措置は、保障措置を行うためにも講じることができる。操業期間中または閉鎖後に定置された核物質及び原子力廃棄物を処分場から回収することを容易にすることを主たる目的として、建設中及び操業中に措置を講じることができる。さらに、措置は処分場への侵入を困難とするためや侵入への注意を促すために講じることができる。これらの措置については、第9条に基づく施設に関する安全報告書に、措置が処分場の安全性に少しまたは無視できるほどの影響しかないこと、または措置が講じられなかった場合に比べ、措置が安全性の改善をもたらすことが示されるべきである。これらの規定は、放射線安全機関が規定している規則(SSMFS 2008:37)に合致する。</p>

5

## ③回収概念(回収工程や回収要素技術等の技術的な検討・開発動向)

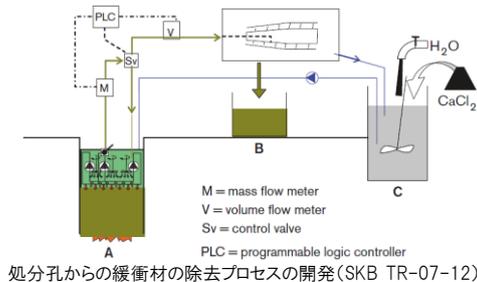
### 【1. 概況】

- 処分概念(定置概念設計)の設計には回収可能性の維持を考慮していない(回収技術は定置装置を活用したもの)。
- 結晶質岩を対象として、エスポ地下研究所において回収試験を実施。
- 処分場の操業期間(キャニスタ約6,000体を処分)は約43年(160体/年)。回収に係る工程期間は、未公表。
- 回収に係る概算費用は、未公表

The Nuclear Fuel Programme



### 【2. 回収概念】



### 【3. 技術的な検討・開発動向】



試験装置の概念図



緩衝材除去後の写真

エスポ島の地下研究所(HRL)で、2000年から2005年にかけて堅置方式の概念で緩衝材の再飽和・膨潤試験を実施。その後2006年1月から5月にかけて、緩衝材を塩水により除去し廃棄物を回収する試験が行われた。(SKB TR-11-10など)

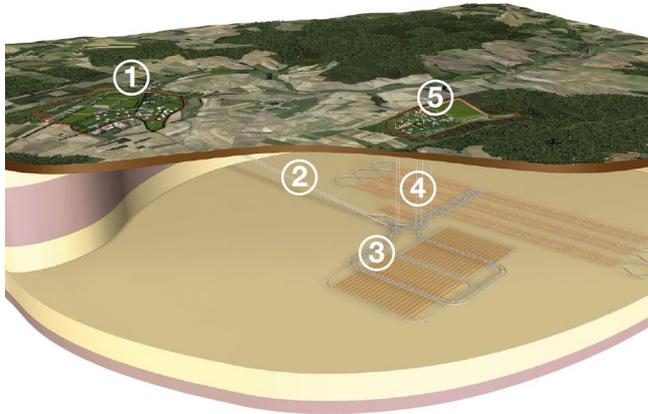
堅置方式を対象とした回収試験

6

### 3. フランスの回収概念の検討・開発事例等について

#### ①地層処分概念(岩種:粘土層、処分深度:約500m)

ガラス固化体をステンレス鋼製キャニスタに封入し、それを粘土層の天然バリアに設置した処分坑道内部に定置。

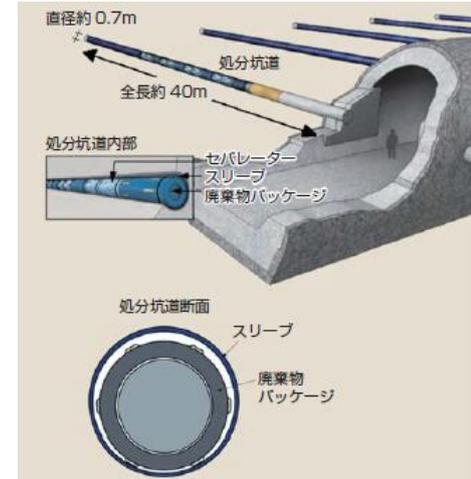


- ① 廃棄体の受取り・準備区域
- ② 斜坑
- ③ 地下施設
- ④ 立坑
- ⑤ 地下作業支援区域

出典: ANDRA、「公開討論会の終了後のANDRAによるCIGÉOプロジェクトの実施」(2014)

#### 廃棄物パッケージの定置イメージ

処分坑道に鋼製スリーブを設置、廃棄物パッケージはスリーブ内に複数定置、坑道入口はベントナイト/コンクリートプラグ設置。廃棄物パッケージとスリーブの隙間は埋戻しがされない。



#### ②可逆性・回収可能性に関する制度整備状況

可逆性・回収可能性の維持等を要求する規定の有無		安全規制制度	制度整備状況に関する概要
事業規制制度	維持		
○ (可逆性)	×	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●サイト選定プロセスを再考した1991年法で<b>可逆性</b>を示唆。現在の唯一の候補サイトへと繋がるピュールへの地下研設置を決めた1998年の省庁間委員会決定において<b>可逆性</b>のある地層処分を支持。</li> <li>●2006年法で<b>可逆性</b>の維持を規定(少なくとも100年間)。可逆性の条件は、設置許可申請後に新法で規定する予定。</li> <li>●現在の安全指針は、<b>可逆性</b>のある地層処分を前提としている。但し、現時点では具体的な要求・要件に係る規程はない(可逆性の条件を定める新法制定を経て、安全指針への反映等が想定される)。</li> </ul>

#### 【可逆性・回収可能性に関する規定内容】

法令	<p>「2006年放射性廃棄物等管理計画法」第12条(環境法典第L542-10-1条)</p> <p>処分場の設置許可申請については、第L542-3条に定める国家委員会の報告書、原子力安全に関する規制機関の意見書の作成、及びデクレに定める公衆意見聴取の対象区域内に全部又は一部が所在する地方公共団体の意見聴取を行う。</p> <p>同申請は、公開討論会報告書、第L542-3条に定める国家委員会の報告書、及び原子力安全に関する規制機関の意見書を添付のうえ、議会科学技術評価局(OPECST)に提出し、同局はこれを評価し、審議内容を下院及び上院の担当委員会に報告する。</p> <p>次に政府は可逆性の条件を定める法案を提出する。この法律の審議後、処分場の設置許可は公衆意見聴取後に制定されるコンセイユ・デタの議を経たデクレにより交付することができる。</p> <p>この法律に示された条件において放射性廃棄物の深地層処分場の可逆性が保証されていない場合には、処分場の設置認可が発給されることはない。</p> <p>設置許可申請の審査に際しては、当該施設の安全性をその最終的な閉鎖も含め、その管理の諸段階を踏まえて評価する。法律のみが最終的な閉鎖を許可することができる。許可には、<b>予防のため処分の可逆性を確保しなければならない最低期間を定める。この期間を100年未満とすることはできない。</b></p>
安全基準・指針類	<p>「深地層における放射性廃棄物の最終処分に関する安全指針」(2008年)3.5 処分の可逆性</p> <p>環境法典は、L542-1-1条において、放射性廃棄物の深地層処分は「可逆性の原則を順守して」行うと規定しており、また、第L542-10-1条では、可逆性の条件を法律によって定めると規定している。</p> <p>処分の可逆性は、適応した開発モード及び施設の監視手段を前提とするものである。監視の目的については5.6項に示す。</p> <p>処分の可逆性を確保するために講じられる措置は、処分施設の操業中の安全性及び閉鎖後の安全性を脅かすものであってならない。</p>

### ③回収概念(回収工程や回収要素技術等の技術的な検討・開発動向)

#### 【1. 概況】

- 処分概念(定置概念設計)は回収性を考慮している。
- 回収に係る工程は、未公表。
- 回収に係る概算費用は、2.7億~16.5億ユーロ(操業費用の2~10%)。(操業費用:地層処分場費用に関する作業グループ, 2005年、比率:ANDRA講演資料, 2015年)

#### 【3. 技術的な検討・開発動向】

- 廃棄体の回収を容易とするための廃棄体形状、定置方式を開発し、定置技術とともに回収技術も実証試験中
- 廃棄体へのアクセスを容易とするための段階的な埋戻し手順も検討中。

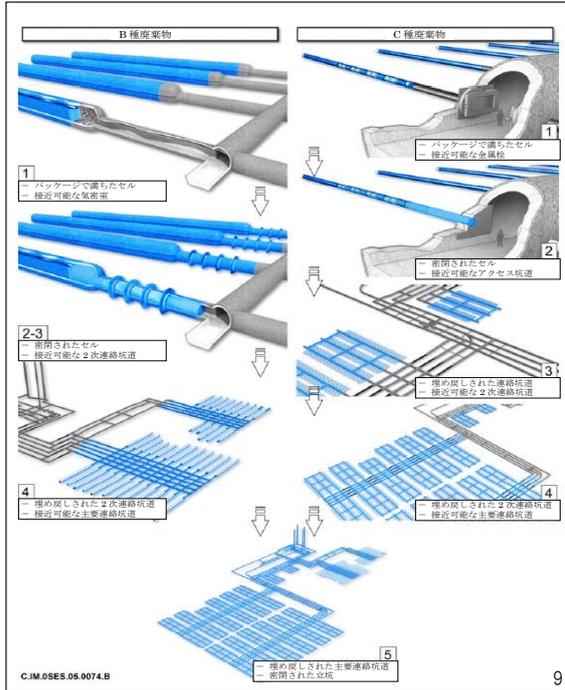


回収用牽引ロボット装置例(Dossier2005)

#### 【2. 回収概念】

Dossier2005 [粘土] 分冊 (Andra, 2005年)

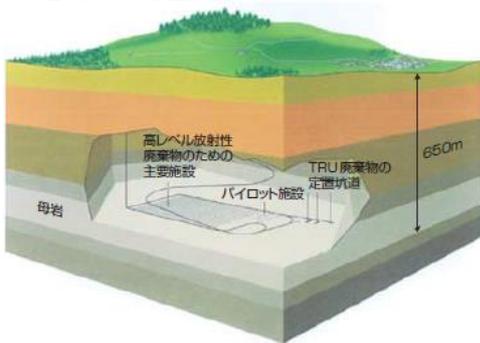
- 段階的手順(定置、密封、閉鎖の段階的な実施)により、2~3世紀の可逆性を確保。



### 4. スイスの回収概念の検討・開発事例等について

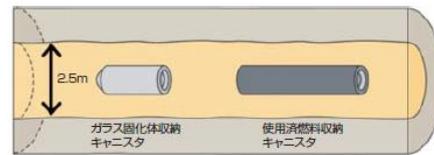
#### ①地層処分概念(岩種:粘土層、処分深度:約400 - 900m)

使用済燃料またはガラス固化体を鋼鉄製容器に封入し、それを粘土層の天然バリアに設置した処分坑道内部に定置。

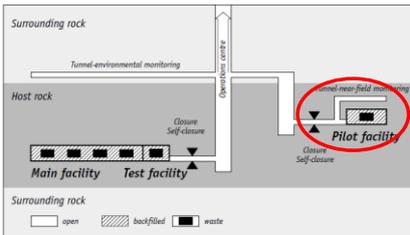


#### 廃棄物パッケージの定置イメージ

ガラス固化体または使用済燃料を収納したキャニスタを坑道内でベントナイトブロック製の台座の上に横置きに定置。残った空間を粒状ベントナイトで埋め戻し。



NTB 02-05オパリナス・クレイプロジェクト安全報告書: 使用済燃料、ガラス固化高レベル廃棄物及び長寿命中レベル廃棄物に関する処分の実現可能性の実証 (Nagra, 2002年)



EKRAの概念(長期監視付処分概念)

- パイロット施設でのモニタリング期間の終了後、廃棄物が主施設から回収されるか施設が閉鎖されるかが決定。

#### ガラス固化体の処分のためのキャニスタ



## ②可逆性・回収可能性に関する制度整備状況

可逆性・回収可能性の維持等を要求する規定の有無			制度整備状況に関する概要
事業規制制度	安全規制制度		
	維持	影響	
○ (回収可能性)	○ (回収可能性)	○ (回収可能性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●2004年に改正した原子力法／原子力令、および安全規制制度(2009年の安全要件)の双方で、処分場の閉鎖まで<b>回収可能性</b>を要求(多額の費用を要せず回収が可能な方法で廃棄物の定置を要求)。</li> <li>●地域の<b>撤退権</b>などはないが、サイト決定後に(地下特性調査施設の建設前)、憲法規定に基づき、条件を満たせば国民投票を行うことができる。</li> </ul>

### 【可逆性・回収可能性に関する規定内容】

法令	<p>「<b>原子力法</b>」(2005年発効)</p> <p>モニタリング段階: 地層処分場が閉鎖前にモニタリングされ、放射性廃棄物が多額の費用をかけずに回収可能な比較長い期間。&lt;第3条 用語&gt;</p> <p>地層処分場に対して、以下の場合、操業許可が発給される。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・放射性廃棄物の回収が、将来行われる可能性のある閉鎖まで、多額の費用をかけずに可能である場合。&lt;第37条 操業許可&gt;</li> </ul> <p>「<b>原子力令</b>」(2005年発効)</p> <p>処分場の閉鎖後、処分場の監視及び修理を容易にするため、または、廃棄物の回収のための措置が受動的な安全バリアの妨げとならないように設計する。&lt;第11条 地層処分場の設計についての原則&gt;</p> <p>地層処分場の操業開始の前に、安全関連技術を試験して、その機能を立証するものとする。これは特に次のものに関連する。</p> <p>a. 埋め戻し材の設置、b. <b>廃棄物パッケージの万一の回収のための埋め戻し材の撤去</b>、c. <b>廃棄物パッケージ回収技術</b>。&lt;第65条 試験エリア 第2項&gt;</p> <p>長期安全性が保証され、多大な出費なく廃棄物の回収が可能であるように、埋め戻しを実施するものとする。&lt;第67条 埋め戻し&gt;</p>
安全基準・指針類	<p>「<b>地層処分場の設計原則とセーフティケースに関する要件</b>」(ENSI-G03)</p> <p>5.1.4 多額の費用を発生させない廃棄物の回収</p> <p><b>将来的な処分場の閉鎖まで、多額の費用を発生させないで放射性廃棄物の回収が可能でなければならない。</b>したがって、処分容器は、機械的強度に関して、少なくともモニタリング期間の終わりまでは、多額の費用を伴わずに回収できるような方法で定置しなければならない。また、回収可能性を確保するために講じられる措置は、受動的な安全バリア及び長期安全性を損なうものであってはならない。</p> <p>廃棄物回収に関する計画は、審査及び許可を受けるため、地層処分場の許可申請書とともに、連邦原子力安全検査局(ENSI)に提出しなければならない。また、この回収に関する計画において、作業員及び住民において想定される放射線被ばくを評価しなければならない。</p> <p>5.2.6 多額の費用を発生させない回収</p> <p><b>操業段階にバリア・システムの欠陥を示す兆候が存在し、目的を達成するための修復が不可能であり、したがって地層処分場の長期安全性を保証できなくなった場合には、廃棄物を回収しなければならない。</b></p>

11

## ③回収概念(回収工程や回収要素技術等の技術的な検討・開発動向)

### 【1. 概況】

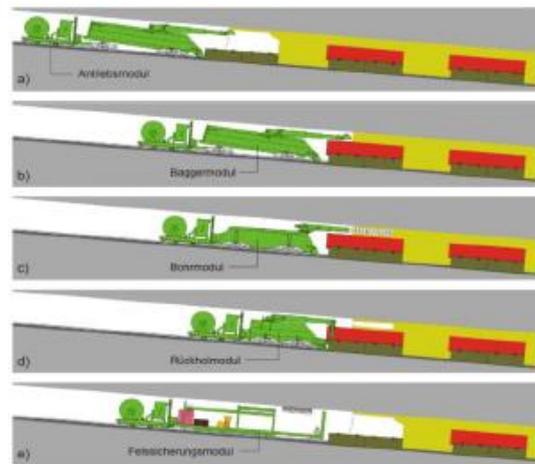
- 主要処分施設の処分概念(定置概念設計)では、廃棄体を定置した処分坑道を埋戻すこと、しかしながら多大な出費なく廃棄物の回収が可能であるよう要件として求められている。また、閉鎖前までは主要処分施設のアクセス坑道を解放した状態で、パイロット施設でモニタリングを行うことで回収の意思決定に資することが考えられている。
- 全量回収に係る工程は、未公表。
- 回収に係る概算費用は、未公表。

### 【3. 技術的な検討・開発動向】

- NAGRAは廃棄体の回収に係る机上検討を実施
- 連邦エネルギー庁(BFE)及びENSIが管理し、様々な研究機関との契約に基づいて実施している国家放射性廃棄物研究プログラム(RPRW)において、回収可能性技術の文献調査等を実施。

### 【2. 回収概念】

- NTB 02-02 オパリナス・クレイプロジェクト技術報告書 地層処分場の施設と操業の概念(Nagra, 2002年)
- ・ 浚渫モジュールを使って、粒状ベントナイトと土台ブロックを処分坑道から運び出し、浚渫モジュールの車両の中に運び込む(a~b)。
  - ・ 掘削モジュールを利用して、岩盤の内部に容器を取り出すために必要な空間を作り出す(c)。
  - ・ 回収モジュールを利用して処分容器の回収を行う(d)。
  - ・ 岩盤保全機器を投入(e)。



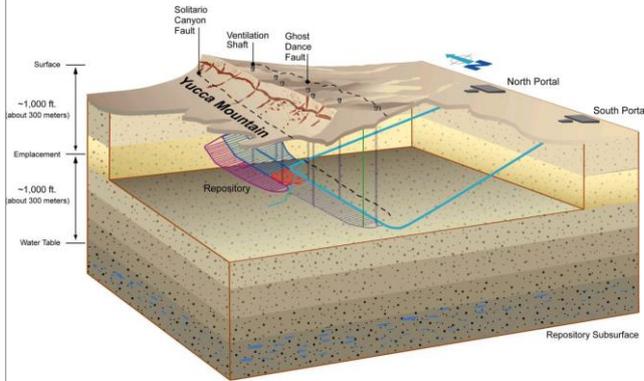
キャニスタ回収の概念

12

## 5. 米国の回収概念の検討・開発事例等について

### ①地層処分概念(岩種:凝灰岩、処分深度:約250m)

使用済燃料及びガラス固化体を、外側がAlloy22、内側がステンレス鋼製のキャニスタに封入し、それを凝灰岩に設置した処分坑道内部に定置。



### 廃棄物パッケージの定置イメージ

使用済燃料を封入した容器は坑道に定置される。廃棄物パッケージへの水滴の接触、及び坑道内部の落石による廃棄体の損傷を避ける目的で、閉鎖時にチタン製のドリップシールドが設置される。

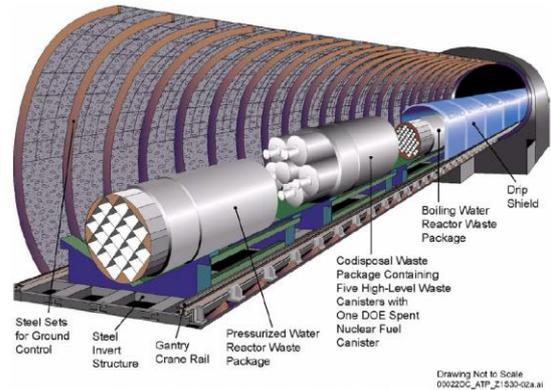


Figure 3. Schematic Illustration of the Emplacement Drift, with Cutaway Views of Different Waste Packages

### ②可逆性・回収可能性に関する制度整備状況

可逆性・回収可能性の維持等を要求する規定の有無		制度整備状況に関する概要
事業規制制度	安全規制制度	
	維持	影響
○ (回収可能性)	○ (回収可能性)	×

●ユッカマウンテンの選定に至るサイト選定への着手段階より、事業規制(事業推進)(1982年NWPA)および安全規制制度(1981年NRC規則)の双方で、操業期間中における回収可能性の維持を要求。  
 ●安全規則が要求する回収可能性の維持については、その目的と期間が特定されている(安全性の観点から、NRC審査期間中における是正措置等の可能性を意図)。  
 ●サイト選定段階(大統領が処分場のためのサイトの推薦書を連邦議会に提出する際)に、サイト立地州の知事等が不承認通知を連邦議会に提出できる。ただし、連邦議会上下院の決議による立地承認決議により不承認を覆すことが可能。

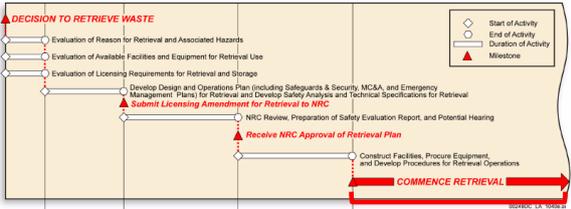
### 【可逆性・回収可能性に関する規定内容】

法令	<b>「1982年放射性廃棄物政策法(1987年修正)」第122条</b> 本章のいかなる規定にもかかわらず、本章に基づいて承認されたサイトに建設される処分場は、いかなるものも、当該施設の妥当な操業期間中、住民の健康及び安全または環境等に関する理由から、または、かかる使用済燃料中の経済的に重要な含有物の回収を図る目的で、かかる処分場に定置された使用済燃料を回収することができるよう設計・建設されなければならない。エネルギー長官は、いかなる処分場についてもその設計段階で、かかる処分場に関して回収のための妥当な期間を明示しなければならない。かかる処分場のかかる側面は、第114条の(b)項から(d)項までに基づく建設認可プロセスの一環として、原子力規制委員会(NRC)が承認または不承認とする際の対象とするものとする。
安全基準・指針類	<b>原子力規制委員会(NRC) 10 CFR Part 63「ネバダ州ユッカマウンテンで提案されている地層処分場における高レベル放射性廃棄物の処分」(2009年) § 63.111(e) (廃棄物の回収可能性)</b> (1) 地層処分場操業エリアの設計は、廃棄物の定置期間中及びその後の期間を通じて、性能確認プログラムや性能確認プログラムで得られた情報に関する原子力規制委員会(NRC)の審査が完了するまでの期間にわたり、廃棄物の回収可能性が保たれるものでなければならない。この目標を達成するため、地層処分場操業エリアは、定置された廃棄物のすべてまたはいずれかの回収が、廃棄物定置作業が開始されてから50年間経過するまでのいずれかの時点に始まる合理的なスケジュールによって可能になるように設計されなければならないが、NRCが当該期間について別の承認または指定を行った場合には、この限りではない。この別途定められる期間は、それぞれのケースごとに、定置スケジュール及び予定されている性能確認プログラムとの一貫性を保った形で設定することができる。

### ③回収概念(回収工程や回収要素技術等の技術的な検討・開発動向)

#### 【1. 概況】

- 処分概念（定置概念設計）では回収性を考慮している。（閉鎖までアクセス坑道や立坑の埋戻しをしない（※ドリフト内部は閉鎖においても埋め戻しをしない））
- 全量回収に係る工程は、約30年。（処分操業期間は約50年）
- 回収に係る概算費用は、計算されていない。

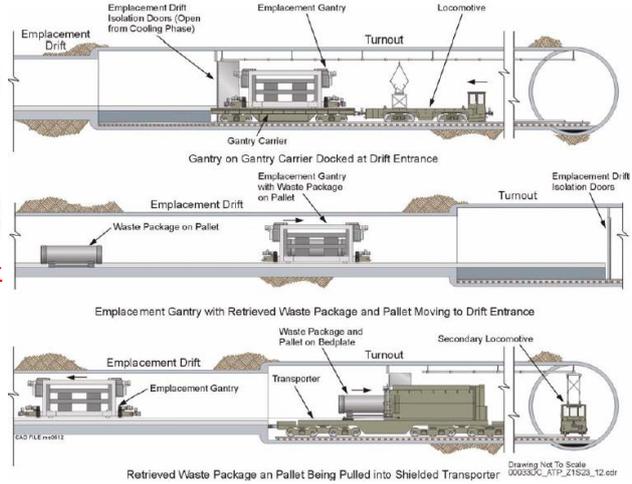


回収工程の概要 回収作業：約30年

ユッカマウンテン処分場許認可申請書安全解析報告書（DOE、2008年）

#### 【2. 回収概念】

- ユッカマウンテン処分場の建設認可に係る許認可申請書（DOE、2008年）
- 地下の処分坑道に定置した廃棄物パッケージの回収には、定置に使用した移送・定置車両、または、同様な移送装置を用いる
  - 処分坑道からの回収は定置作業の逆手順を踏んで実施



廃棄物の回収作業イメージ

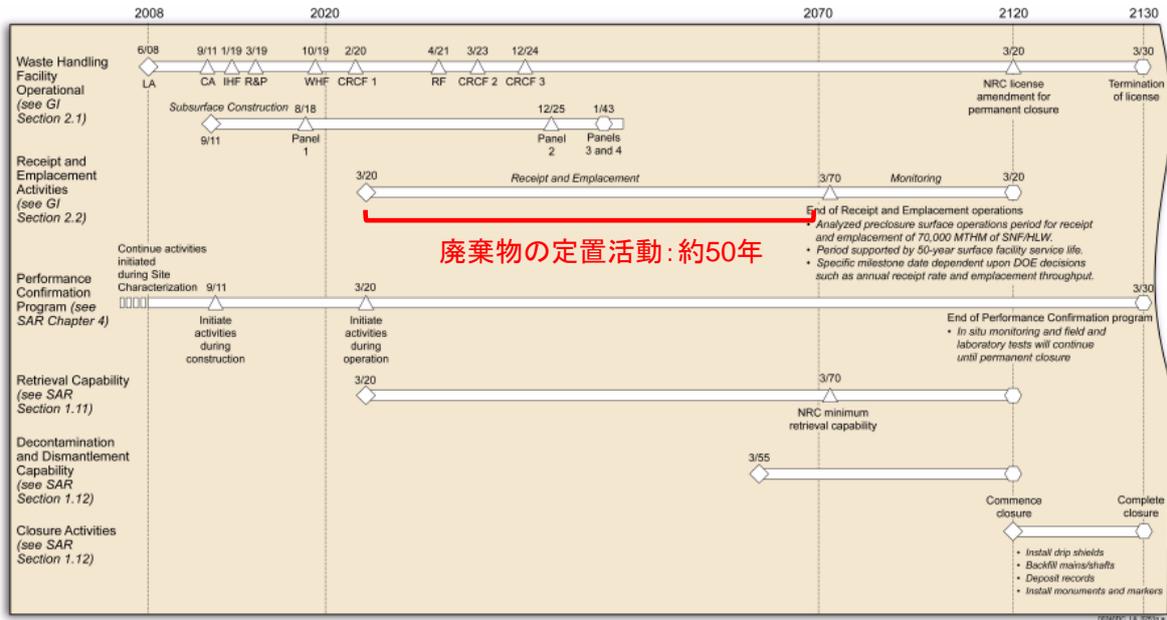
ユッカマウンテン科学・工学報告書（DOE、2002年）

15

#### 【3. 技術的な検討・開発動向】

- DOEは机上検討のみを実施

### (参考)ユッカマウンテン建設許可申請書における処分操業工程の概要



NOTE: CA = construction authorization; CRCF = Canister Receipt and Closure Facility; IHF = Initial Handling Facility; LA = license application; R&P = receive and possess; RF = Receipt Facility; WHF = Wet Handling Facility.

Figure 1-7. Repository Operations Summary Time Line

出典：ユッカマウンテン処分場許認可申請書 一般情報 DOE/RW-0573, Update No.1 Docket No. 63-001 (DOE、2008年)

16

## 資料 6

### 諸外国における回収後の廃棄体管理 に係る検討事例

回収後の廃棄体管理について実際に検討等を行った事例は多くないものの、許認可申請の要件への対応として予め回収後の管理に関する計画を検討した例（米国）や、安全規制上の是正措置として実際に回収を行うことを決定して回収後の廃棄体の管理についても検討している例（英国、ドイツ、米国）が、具体的な検討事例として挙げられる。これらの事例の背景や概要は以下のとおりである（詳細は次ページ以降のスライドに整理）。

① 予め回収後の管理に関する計画を検討した事例

事例(1)：米国ユッカマウンテン（高レベル放射性廃棄物処分場計画）

- ・ 許認可申請における安全規制要件に従い、回収した廃棄体の地上での貯蔵計画を検討。
- ・ 回収後の廃棄体管理として2つの方策を想定（長期の貯蔵、資源回収）。

② 安全規制上の是正措置として実際に回収を行う際に回収後の廃棄体管理を検討した事例

事例(1)：英国ドーンレイサイト（低中レベル放射性廃棄物処分場）

- ・ 安全規制上の是正措置の一環として、回収計画を策定し作業に着手。
- ・ 回収後、浅地中処分できるものは同サイト内の新たな浅地中処分施設で処分。
- ・ 浅地中処分できないものは長期貯蔵（本回収のための新たな方策ではなく、スコットランドで浅地中処分できない廃棄物の管理方策として定めている長期貯蔵の管理政策に乗せる）。

事例(2)：ドイツアッセⅡ研究鉱山（低中レベル放射性廃棄物処分施設〔試験的な処分施設〕）

- ・ 安全規制上の是正措置の一環として、他のサイトで処分することを前提に廃棄体の回収計画を検討中。
- ・ 検討では、作業員の安全性、回収作業に係る費用や期間、代替オプションの実現性など、地域のメンバーも入った委員会で、多様な観点から評価項目や基準等を検討。
- ・ 回収決定後に、地層処分では回収を意図しないことを明記していた当時の原子力法を、回収が可能となるように改正。

※その他に、米国の廃棄物隔離パイロットプラント（WIPP）で、定置した廃棄物の特性に関する情報漏れにより、回収して再度特性を確認した後、再定置された例がある。

これらの検討例等から、回収後の廃棄体管理に関する国際的な検討動向は、次のように要約整理できる。

○ 本文 3.1 節で整理したように、主要国の多くが可逆性や回収可能性を制度上で位置付けている一方で、予め回収後の廃棄体の管理方法を要求しているのは米国のみである。

○ 唯一要求している米国であっても、建設認可段階における実際の計画内容は次のような概念的なレベルである。

- ・ ユッカマウンテンの許可申請では、長期の貯蔵が決定された場合を想定して、回収後の廃棄体管理として、サイト内の地上貯蔵施設に関する計画（概念レベル）を示す程度であり、回収決定時に回収作業に係る操業安全や貯蔵施設の詳細設計が行われることとなっている。
- ・ 上記の許可申請書類では、資源回収が決定される場合（異なる管理ルートが開発されることが想定される）については、貯蔵の後の廃棄物管理方策については言及していない。

○ 実際に回収計画が策定・実施されている英国ドーンレイやドイツアッセⅡ研究鉱山では、実

際に廃棄物の回収が決定される段階で、回収後の管理方法を含めた具体的な回収計画を検討している。これらの事例では、予め回収後の管理方法を含めた回収計画があった訳ではなく、回収の検討が必要となった時点で、定置状況等を踏まえた適切な対処方法や方法に応じた具体的な計画（回収後の廃棄体管理を含めた回収計画）が検討され、必要な制度措置も行われている。

## (1) 米国(ユッカマウンテン計画)における回収後の廃棄体管理の検討例

### 【1. 概況】

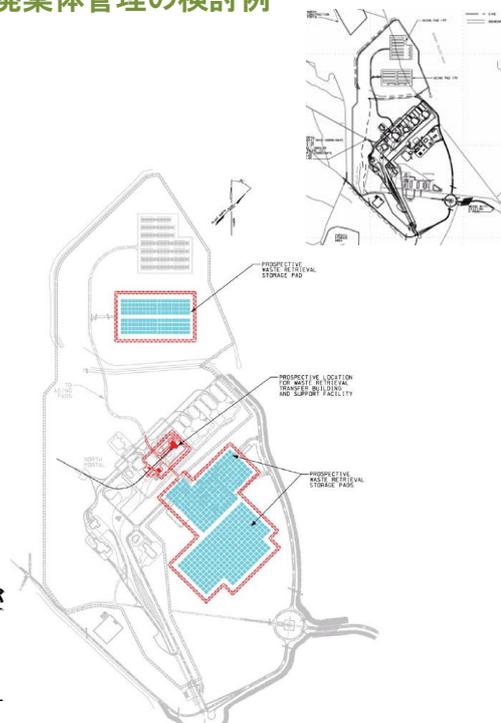
- 安全規制により、ユッカマウンテン処分場許認可申請書において、回収が必要となった場合に備えて回収と貯蔵(alternate storage)の計画を含めることが規定されている。
- 実施主体のDOEは許認可申請書において回収時の地上の貯蔵計画に関する概念を検討。
- 回収後の廃棄体管理に係る概算費用は計算されていない。

### 【2. 回収時の貯蔵施設の概念】

ユッカマウンテン処分場の建設認可に係る許認可申請書(DOE、2008年)

- 回収を考慮する要因として、以下を想定。
  - (a) 閉鎖前の性能確認プログラムにおいて処分施設のバリア性能が規制要件を満たさない場合
  - (b) 廃棄物に含まれる資源回収の政策決定
- 回収後の廃棄体管理として2つの政策変更に応じた地上貯蔵を想定。
  - (1) 長期の貯蔵が決定された場合
  - (2) 資源として回収する場合(この場合は別の場所への廃棄体の移動となることから、その後の管理については検討していない)
- 回収時の貯蔵施設に関する計画において、施設の位置の選定基準、施設の規模に関する検討項目、貯蔵施設の操業、公衆と作業員の安全性に関して記載。  
**但し、貯蔵施設の操業安全や詳細設計等の包括的な評価は、回収が決定した時点で行われる。**

- 貯蔵施設の目的は、作業員と公衆の健康と安全を防護し環境の品質を持続するように回収後の廃棄体を貯蔵すること。
- 長期の貯蔵が決定された場合の施設は、処分場の地上近傍エリア(サイト内)に貯蔵施設を建設し、処分容量である70,000MTHMの高レベル放射性廃棄物を貯蔵(右図)。



貯蔵施設のレイアウト概念  
(右上図は処分場の地上操業エリアを示す)

ユッカマウンテン処分場許認可申請書安全解析書 (DOE、2008年)

1

## (2) 英国・ドーンレイサイトにおける中レベル放射性廃棄物の回収計画

### (安全規制上の是正措置による回収)

#### 【1. 概況】

- スコットランド、ドーンレイサイトでは、1950年代および1970年代よりそれぞれ立坑(深さ65m)とサイロにて中レベル放射性廃棄物が当時の基準に従い処分された。その後、立坑での水素爆発や地下水汚染が発生。
- 1998年にスコットランド政府が回収を決定。
- ドーンレイサイトの廃止措置及び環境修復の事業者であるドーンレイサイト復旧会社(DSRL)は、中レベル放射性廃棄物は回収してセメント固化した後、長期貯蔵する計画(中高レベルの放射性廃棄物に関するスコットランドの管理政策に乗せる)。低レベル放射性廃棄物については、過去に同サイトで処分した廃棄物を回収し(33,000m<sup>3</sup>程度の見込み)、サイト内に建設する浅地中処分施設(6つのコンクリートポールト)に処分することを計画し、作業に着手。(合計175,000m<sup>3</sup>)
- 回収後の廃棄体管理に係る費用は不明



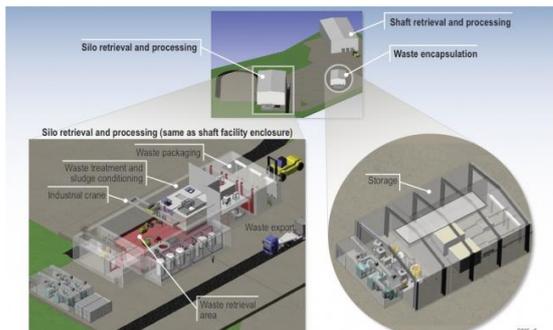
立坑への廃棄物搬入  
(DSRL社ウェブサイト)



サイロ内部の中レベル放射性廃棄物  
(DSRL社ウェブサイト)



中レベル放射性廃棄物のセメント固化模型  
(DSRL社ウェブサイト)



立坑とサイロからの廃棄物回収概念イメージ  
(DSRL社ウェブサイト)

2

## (3) ドイツ・アッセサイトにおける低中レベル放射性廃棄物の回収計画

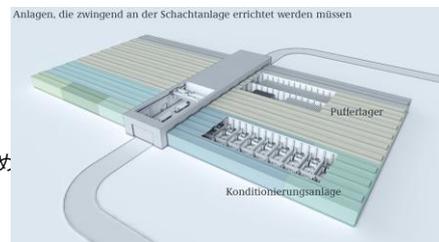
### (安全規制上の是正措置による回収)

#### 【1. 概況】

- ドイツのアッセⅡ研究鉱山では、1967年から1978年まで低中レベル放射性廃棄物が試験的に処分され、その後も地下研究所として利用された。その後、地下水の浸入により岩塩から成る処分坑道の安定性が確保できなくなる可能性が把握されたことから、2009年に同研究鉱山を閉鎖する方針が提案された。
- 閉鎖方法について、放射性廃棄物の回収、同研究鉱山のより深い地層への処分、特殊なコンクリートによる埋め戻しという3つのオプションが検討された結果、実施主体の連邦放射線防護庁(BfS)は2010年に放射性廃棄物の回収を選択(経緯については次ページを参照)。
- 2013年に、アッセⅡ研究鉱山の閉鎖と放射性廃棄物の回収に関する原子力法改正案が可決。
- 回収した廃棄体は今後選定される発熱性放射性廃棄物の処分場にて処分することが計画されているが、処分場は当面利用可能ではないため、BfSは中間貯蔵のための地上施設の建設を検討中。
- アッセサイトの閉鎖費用や、内訳となる回収費用については未検討。



廃棄物ドラム缶の処分状況(1975年)  
(BfSウェブサイト)



中間貯蔵施設概念  
(BfSウェブサイト)

#### 【2. 技術的な検討・開発動向】

- 廃棄物の回収に関して、今後以下に関する計画を検討する予定。
  - ・実施可能な回収計画の立案
  - ・処分坑道のデータを収集し、回収に係る不確実性を体系的に評価するための包括的方法を策定
  - ・坑道の安定化に必要な技術的措置の実施
  - ・浸水の影響を抑える緊急措置の実施
- BfSは、放射性廃棄物の回収計画の策定に先だて、ボーリングによる現状確認調査を実施。
- なお、放射性廃棄物の回収及び閉鎖のための作業が法令を順守できない場合には、代替となる閉鎖オプションの利点と欠点を比較評価した上で、最善と判断されたオプションにより閉鎖を行うことも原子力法に含まれている。

3

### 【3.閉鎖オプションの決定に至る検討の経緯】

#### ○背景

1967～1978年まで低中レベル放射性廃棄物が試験的に処分されたアッセⅡ研究鉱山では、2009年の閉鎖方針を受けて、3種類の閉鎖オプションについて、地域政治家、市民有志、環境グループ代表等から構成される市民団体と実施主体との協働により評価項目の設定等が行われた。

#### ○閉鎖オプションの決定に至る検討の経緯

1967～1978年まで低中レベル放射性廃棄物が試験的に処分されたアッセⅡ研究鉱山では、2009年の閉鎖方針を受けて、3種類の閉鎖オプションについて、地域政治家、市民有志、環境グループ代表等から構成される市民団体と実施主体との協働により評価項目の設定等が行われた。

- 連邦放射線防護庁(BFS)は2009年に、放射性廃棄物処分の地下研究所であったアッセⅡ研究鉱山の閉鎖に関する3種類のオプションを提示(①廃棄体の回収、②同鉱山のより深い地層への処分、③特殊なコンクリートによる埋め戻し)。
- BFSは、アッセ監視グループ(地域政治家、市民有志、環境グループ代表等から構成される市民団体)との協働によって、オプション比較のための評価項目を策定。
  - ・ 操業安全性
  - ・ 制御できない地下水浸入が生じた場合の環境影響
  - ・ 予備的な長期安全性
  - ・ 実現可能性
  - ・ 必要とされる期間
- BFSは2010年1月に、閉鎖オプションの比較評価結果を公表。
- BFSは、将来世代も考慮した長期安全性を重要視し、現状では①の廃棄体の回収が最良と評価して決定した。決定においては、点数のみによる当初の評価結果では③が最も評価が高かったが、評価基準による検討の他に以下に留意した。
  - ・ アッセⅡ研究鉱山の坑道の状態が不安定なため、いずれのオプションを講じるにしても時間的な猶予がない。
  - ・ 既に設置されている放射性廃棄物のインベントリと収納容器の状態についての情報が不足。
  - ・ 地下水(塩水)が浸入しているアッセⅡ研究鉱山の状態の推移を予測することは困難であり、原子力法で求められている処分場としての長期安全性の立証は困難。

4

### (4) 参考:米国の廃棄物隔離パイロットプラント(WIPP)における廃棄体の回収事例 (安全確保上の是正措置による回収)

- 米国・WIPPでは1999年より軍用TRU廃棄物の地層処分を開始。
- 2007年と2008年に安全確保上の是正措置として廃棄体を1体ずつ回収。
- 2007年の回収:  
アイダホ国立研究所(INL)から輸送・処分された廃棄物が、液体が浸入している可能性、及び要件として求められている廃棄体の特性評価がなされていないことが明らかとなった。  
ニューメキシコ州環境局(NMED)は、実施主体のDOEカールスバッド・フィールド事務所(CBFO)に回収を指示。  
回収した廃棄体はINLへ戻された。
- 2008年の回収:  
処分された廃棄物が、1%以下としている水分量の規定量を超えていることが明らかとなったことから、実施主体が自主的に廃棄体を回収。



廃棄体 (Standard Waste Box)  
(DOEウェブサイト)



WIPPの廃棄体定置室  
(DOEウェブサイト)



回収した廃棄物  
(SRICウェブサイト)

5

## 資料 7

諸外国における可逆性・回収可能性に係る  
戦略・計画の策定や進め方

## 7.1 諸外国における可逆性・回収可能性に係る戦略・計画の策定や進め方

資料2に整理したように、国内外におけるこれまでの議論の動向（示された論点や課題）として、次のような事項が国際的に認識されている。

- 処分場開発を進める中で、回収可能性に関する戦略的な意思決定を行う必要がある（ここで戦略とは、例えば資料5に示したような、どの様な技術的なアプローチを採用するかといったことが考えられる）。
- 回収可能性に関する戦略を早い段階から検討・策定し、処分場開発の進展とともに戦略や計画を定期的に見直すことが重要である。戦略や計画の立案・策定において、次のような考慮すべき事項がある（以下、主なものを抜粋）。
  - 処分事業の様々な段階で必要となる回収作業の検討の重要性：連絡坑道の埋戻しと閉塞の程度、回収のタイミング、廃棄物の位置から回収までの時間遅れに関心が集まる
  - 回収計画で考慮すべき要因：費用、時間スケール、リスクの低減、障害の特定と軽減、経年した廃棄物と廃棄物パッケージの複雑さ、インベントリに関する知識の程度、作業量（回収する廃棄物の量）、必要となる下流側プロセス（再パッケージ、調整、処理、最終的な廃棄物の処分）
- 可逆性・回収可能性の維持とともに、そのための継続的な研究開発・実証の重要性が増す。
  - 可逆性に対する信頼の醸成や維持には、回収可能性を含む関連研究の継続が必要となる。
  - ステークホルダーの関心は、回収が実現可能であることを実証する研究に向けられる。
  - 処分開始の決定時には、廃棄物回収の実証が求められる可能性もある。
- 研究開発においては以下に留意が必要である。
  - 操業技術の変化・改善に応じて、回収技術の有効性に関する定期的な評価が必要となる。
  - 事業段階に応じて異なる処分場開発の重要課題との相対的な関係に応じて、回収可能性に関する研究開発に割り当てる資源レベルの変化に留意が必要である。
  - 可逆性・回収可能性に関連する研究開発プログラムに対する動機と目的の明確化が必要である（例えば、社会的な受容性の向上、処分場の操業を支援（安全性確保の観点）、処分プログラムにおける柔軟性の提供、など）
  - 技術的な研究開発ニーズに加え、社会科学的な研究も重要となる。

同様に、これまでの国内における議論から、今後、次のような観点から更なる検討や技術的な取組を進める必要性が指摘されている。

- 立地段階から回収可能性がいかに確保されるかを示す。
- 現行制度と可逆性や回収可能性の考え方との関係を明確にする。
- 回収可能性の具体的な維持方法は、地質環境やそれに応じた処分場設計によって異なることから、サイト選定要件との関係性に関する議論も必要である。
- 回収の容易性を設計に考慮する場合には、その実現可能を示すとともに、操業及び閉鎖後長期の安全性の双方を満たす必要がある。
- 回収可能性の確保のあり方や次の段階へ移行するための条件など、各事業段階における要件等に係る検討も望まれる。そのような検討では、回収可能性の維持に有利となる処分場の設計や操業特性を明確にして、各段階に関する現象論的な分析やモニタリング等の戦略を具体

化していく必要もある。

以上のような国内外の検討動向に加えて、可逆性・回収可能性に係る主要国の技術的な取組に関する具体的な動向等は表 7-1 のように整理できる（主要国毎の詳細は本資料に後掲したスライドに整理）。これらの整理から、可逆性・回収可能性に係る戦略・計画の策定や進め方に関する各国毎の動向は次ページのように要約できる。

表 7-1 戦略・計画の策定や進め方等に関する主要国の動向

国	可逆性・回収可能性の維持等を要求する規定の有無			戦略・計画の策定や進め方に関する主な特徴	これまでの主な研究開発テーマ・課題（回収可能性の維持に関連する項目）
	事業規制制度	安全規制制度			
		維持	影響		
スウェーデン	×	×	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●実施主体が技術的な取組の方針を決定。</li> <li>●実施主体は3年毎に研究開発計画書を作成。（※）</li> <li>●国が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。</li> <li>●具体的な地質条件と方針（回収方法の開発に重点）のもと、SKBが概念や設計案を提示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●膨潤した緩衝材除去に焦点を当てた研究開発（工法選定に係る調査・分析、塩水スラリー化工法を用いた緩衝材除去実証試験）</li> <li>●（その他：プロトタイプ処分場の試験）</li> </ul>
フィンランド	△ 回収可能性	×	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>●国が技術的な取組の方針を決定。</li> <li>●実施主体は3年毎に研究開発計画書を作成。（※）</li> <li>●国が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。</li> <li>●具体的な地質条件と方針（回収方法の開発に重点）のもと、POSIVAが概念や設計案を提示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●回収可能性に係る概念検討（回収作業の工法、手順、費用等）</li> <li>●塩水スラリーによる緩衝材除去試験等、SKB社と共同で回収手法の開発を実施</li> </ul>
フランス	○ 少なくとも100年の可逆性	×	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●国（議会・政府・政府の諮問組織等）が技術的な取組の方針（可逆性の導入、回収容易性を設計に加味）を決定。</li> <li>●国が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。</li> <li>●戦略文書や計画文書は政府（関係省庁等）が策定するが、素案策定はANDRA（実施主体）が主体的に関与。</li> <li>●具体的な地質条件（地下研）と方針のもと、ANDRAが概念や設計案を提示。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●回収作業を容易にするための設計条件（定置作業と互換性のあるハンドリング装置、クリアランスの保持、セル内の環境条件を制御、処分段階の実施）</li> <li>●科学技術的実証（処分場の進展（変遷）の説明／把握、現象論的解析、廃棄体の回収工程に関する研究と試験）</li> <li>●処分施設の観察／モニタリング手法の開発</li> <li>●施設設計における留意点：バランスの収束（可逆性、安全性、運用の最適化、資金調達）</li> </ul>
スイス	○ 閉鎖段階までの回収可能性	○ 閉鎖段階までの回収可能性	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●国（政府、諮問組織）が技術的な取組の方針を決定。</li> <li>●州が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。</li> <li>●NAGRA（実施主体）は数年毎に研究開発計画書を作成。</li> <li>●具体的な地質条件（粘土層）と方針（パイロット施設を設けてモニタリングを実施）のもと、NAGRAが概念や設計案を提示。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●設計などの概念の検討が中心であり、回収可能性に係る研究開発はこれまで実施していない。</li> </ul>
ドイツ	○ 回収可能性	○ 回収可能性	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●国（諮問組織）が技術的な取組の方針を決定。</li> <li>※諮問委員会の勧告に基づき今後国が法制化。</li> <li>●具体的な地質条件が決まっていない状況、及び方針（回収可能性の維持）のもと、岩種に応じた回収概念を検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●岩塩層（ゴアレーベン）における回収可能性の概念検討。</li> <li>●岩種毎（岩塩層、粘土層、結晶質岩）の回収の実現可能性の検討</li> </ul>
英国	×	×	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●国（議会や関係省庁を含む政府等）が技術的な取組の方針を決定。</li> <li>●実施主体が研究開発計画を作成。</li> <li>●国が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。</li> <li>●具体的な地質条件が決まっていない状況、及び方針（回収可能性についての要件はない）のもと、実施主体が概念や設計案を提示する予定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●回収可能性に係る概念検討</li> <li>●回収可能性を延長する場合の操業安全性に及ぼす影響評価</li> </ul>
カナダ	△ 回収可能性	×	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>●実施主体が公衆対話を通じて長期管理アプローチを検討（政府へ提案）。</li> <li>●上記提案を踏まえ、連邦政府が国家方針として「適応性のある段階的管理」（APM）を決定。</li> <li>●実施主体が技術的な取組の方針（回収可能性の維持）を決定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●国内外の学術研究機関との協力を通じて、回収可能性、モニタリングの概念に関する学習と経験の蓄積に注力している段階</li> </ul>
米国	○ 回収可能性	○ 定置開始から50年間までの回収可能性	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>●国（連邦議会・規制機関・政府の諮問組織等）が技術的な取組の方針（法律、連邦規則）を決定。回収可能性は許認可事項。</li> <li>●国が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。</li> <li>●一般的に戦略文書や計画文書はDOE（実施主体）が策定。ただし、回収可能性に特化した戦略・計画はない。</li> <li>●ユッカマウンテンの地質条件と連邦規則（安全規制）の要求に基づき、DOEが放射性廃棄物の回収及び代替貯蔵に関する計画を許認可申請書に記載。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●設計、スケジュールなどの計画の検討が中心であり、研究開発を実施していない。</li> </ul>

（※）研究開発計画の一部として回収可能性維持に係る計画も提示

## 【戦略・計画の策定や進め方に関する諸外国の動向（要約）】

- 国（議会や関係省庁を含む政府等）が、可逆性や回収可能性に関する上位方針を提示（導入の可否や関連する技術的な取組の方向性を提示）
- 実施主体が主導的に戦略や計画を具体化（可逆性・回収可能性に特化した計画ではなく、包括的な処分場開発計画を策定するなかで、その一部として可逆性・回収可能性に係る戦略や計画を提示）
  - ・スウェーデン、フィンランド：制度に基づき3年毎に実施主体が研究開発計画を策定
  - ・フランス：計画策定の枠組み（政府が設置する委員会やワーキンググループ）に実施主体が関与
  - ・スイス、カナダ、英国：重要な政策・方針（法令や政府文書など）に基づき、実施主体が作成
- 国が実施主体や研究開発機関による技術的な取組や調査研究等の進捗等を評価するための枠組みを整備し、適時に評価等を実施
  - ・スウェーデン、フィンランド、フランス：実施主体が策定する研究開発計画（前計画に基づく取組の成果を含む）或いは研究開発の進捗状況の評価する枠組みを制度化
  - ・フランス：国家評価委員会（CNE）が毎年、研究や調査の進捗状況の評価
  - ・スウェーデン：原子力廃棄物評議会は、SKBが3年毎に作成するRD&Dプログラムを評価
  - ・米国：放射性廃棄物技術審査委員会（NWTRB）は、DOEが実施している活動のうち、技術面について毎年評価
  - ・第三者と位置付けられる組織の活用：スウェーデン：原子力廃棄物評議会（旧名KASAM）、フランス：国家評価委員会（CNE）、英国：放射性廃棄物管理委員会（CoRWM）、カナダ：核燃料廃棄物管理機関（NWMO）／諮問評議会、米国：放射性廃棄物技術審査委員会（NWTRB）
- 研究開発等の技術的な取組に係る戦略や計画は、回収可能性に関する方針及び地質条件を具体的に想定できる状況（候補サイト、地下研など）のもとで具体化される傾向
  - ・スウェーデン（及びフィンランド）：硬岩系の母岩環境を前提に、回収方法の実証的な研究開発に重点を置き、エスポ岩盤研究所で回収方法の開発（緩衝材除去）に焦点を当てた回収試験等を展開
  - ・フランス：粘土層を対象とした処分場の概念設計等において、回収の容易性を考慮した処分場の設計に重点を置いた取組を展開
  - ・英国（サイトや地質環境条件が決まっていない段階）：特有の地質条件に応用できる回収可能性のレベルを詳細に開発するには、サイトスペシフィックな調査が必要と認識

## 【回収可能性に係る研究開発に関する動向（要約）】

- 回収可能性に係る研究開発のうち、フランスとスウェーデン（共同研究としてフィンランドも参画）が実証的な研究を実施
  - スウェーデン：結晶質岩を対象として、定置したキャニスタ周辺の緩衝材除去に焦点をあてた、地下研での実証研究を実施（2000～2006年）

- フランス：粘土層・水平坑道処分概念を対象とした、室内の回収実証試験を実施（2009年頃）
- サイト選定が進んでいない国や地質条件（母岩）が決まっていない国は、回収可能性に係る概念検討レベル或いは上記のような先行的な研究に共同研究等として参画
- ドイツ：岩塩層における回収可能性の概念検討（岩塩層、粘土層、結晶質岩といった岩種毎の回収の実現可能性を検討）
  - 英国：共同研究への参画（フランスの実証研究に参画）
- サイト選定に進展がある、或いは地質条件が決まっている国であっても、概念・実現可能性の検討（机上検討）以外の研究開発に着手していないケースもある
- スイス：サイト選定が進行中で、候補母岩が粘土層に特定されているが、回収可能性に係る研究開発は実施していない（2060年頃の操業許可申請予定を踏まえて、HLWの場合は2040年頃、LILWの場合は2030年頃に実施予定）
  - カナダ：サイト選定が進行中であるが、回収可能性に係る研究開発は、国際的な動向を注視している状況
  - フィンランド：回収の概念検討以外は、同様の処分概念を有するスウェーデンの研究開発成果を活用（共同研究）。
  - 米国：ユッカマウンテン処分場の建設許可申請書で、回収及び代替貯蔵の概念検討が行われた、実証的な研究までは実施していない
  - スウェーデン：緩衝材除去技術に係る実証的な研究の実施以降は、時間的裕度があるとして、回収可能性を主要目的とした新たな研究開発は実施していない

## 7.2 回収可能性に関する技術的な取組において留意すべき事項

上記で整理した主要国で取り組まれている可逆性・回収可能性に係る研究開発テーマや課題から窺える着目点（本資料に後掲したスライドに整理）、及び資料5に整理した回収概念（回収工程や回収要素技術等）の検討・開発動向から、回収可能性に関する技術的な取組において留意すべき事項（技術的留意点）を、表7-2のように抽出・整理することができる。

それらの技術的に留意すべき個々の事項は、本文3.2(1)で述べたR&Rプロジェクトで示された国際的に共有されている回収可能性の技術的な実現性を示していくうえでの主要な2つの戦略（以下の2つの技術的アプローチ）によって異なることが表7-2の整理から窺える（表内に括弧書きで記した①と②は、技術的アプローチ1及び技術的アプローチ2のそれぞれで留意すべき事項であることを示している）。表7-2の整理結果を、技術的アプローチ1及び2のそれぞれで留意すべきものに再整理したものが表7-3となる。

**技術的アプローチ1**：回収方法（技術・装置）の開発に重点をおくアプローチ

**技術的アプローチ2**：回収をより容易にするための方法を設計に考慮するアプローチ

また、このような技術的留意点の整理をとおして、回収可能性を維持することに対して、次のようなトレードオフの関係が存在することが示唆される。

- 回収可能性維持期間の長さ ⇔ 回収作業の容易性、費用（回収費用、維持費用）  
⇒維持期間が長いほど回収の容易性が低下し、費用（回収費用／維持費用）も増加
- 採用する技術的アプローチの種類 ⇔ 費用（回収費用、維持費用）  
⇒技術的アプローチによって費用（回収費用／維持費用）が増加／低減
- 回収を容易にするための技術的アプローチ（その程度） ⇔ 安全性  
⇒回収を容易とする技術的アプローチにより、安全性（長期安全性、作業安全性）に影響を及ぼす

表 7-2 国内外の議論から抽出した回収可能性の維持に係る技術的留意点

分類	技術的留意点
処分場の設計・構成要素に係る技術的留意点	<b>【一般的事項】</b> ・回収の容易性向上に伴う処分施設の機能低下の回避 (②)
	<b>【廃棄体】</b> ・廃棄体の安定性（形状、核種閉じ込め機能） (①、②)
	<b>【廃棄体容器】</b> ・廃棄体容器の頑健性 (①、②) ・廃棄体容器のハンドリング (②) ・廃棄体容器の大きさ・重さ (②)
	<b>【処分坑／処分坑道】</b> ・回収容易性を考慮した処分概念設計 (②) - 廃棄体周囲の埋戻しの有無（空隙確保によるハンドリング容易性⇔処分坑／処分坑道の安定性、核種移行抑止機能への影響） - 廃棄体の大きさ・重さ（小さい廃棄体&廃棄体ハンドリングの容易さ⇔処分場の容量、面積） - 緩衝材、埋戻し材（除去が容易⇔止水機能、坑道安定性への影響、容器との化学反応性）
	<b>【処分場アクセスと処分場配置】</b> ・回収可能性維持期間における坑道安定性維持（岩盤、支保、維持対策） (②) ・処分プロセス中の意思決定の柔軟性を高める処分場配置（(例) 廃棄体容器の設計変更等の対応可能性） (②)
	<b>【母岩】</b> ・岩種に応じた坑道安定性維持対策（結晶質岩、堆積岩、岩塩） (①、②) ・回収可能性維持の対策における地質環境の考慮 (①、②)
	<b>【費用】</b> ・費用（回収可能性の維持や回収容易性を高める対策に係る費用） (①)
回収作業に係る技術的留意点	<b>【作業員の安全確保】</b> ・廃棄体ハンドリング (①、②) ・放射線防護 (①、②) ・故障状態に伴うリスク (①、②)

表 7-3 回収可能性の維持に係る技術的留意点（技術的アプローチ毎の整理）

<p><b>技術的アプローチ 1（回収方法の開発に重点をおくアプローチ）における技術的留意事項</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地下空間での施工適用性</li> <li>・ 装置の単純性・操作の容易性</li> <li>・ 遠隔操作</li> <li>・ 廃棄体損傷に対する安全性</li> <li>・ 必要とするエネルギー</li> <li>・ 副産物・廃棄物の発生・処理</li> <li>・ 廃棄体の安定性（形状、核種閉じ込め機能）、廃棄体容器（頑健性）</li> <li>・ 母岩             <ul style="list-style-type: none"> <li>岩種に応じた坑道安定性維持対策</li> <li>回収可能性維持対策における地質環境の考慮</li> </ul> </li> <li>・ 作業員の安全確保             <ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体ハンドリング</li> <li>放射線防護</li> <li>故障状態に伴うリスク（通常の処分作業にも関連）</li> </ul> </li> <li>・ 回収時に、埋戻した坑道の再利用を念頭においた坑道（支保等）の健全性</li> <li>・ 埋戻した坑道の再利用ではなく、新たに回収のための坑道掘削等を行う場合、定置・埋設した廃棄体の位置の正確な把握技術</li> <li>・ 回収した廃棄体を再度定置する場合における、処分孔・処分坑道等を含む地質環境への影響</li> <li>・ もれなく全ての廃棄物を回収したことを社会に証明するための方法（技術的アプローチ 2 と共通）</li> </ul>
<p><b>技術的アプローチ 2（回収をより容易にするための方法を設計に考慮するアプローチ）における技術的留意事項</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 開放坑道維持管理（作業リスク、環境影響、費用）</li> <li>・ 閉鎖後長期の処分システムの構成要素に割り当てた安全機能への影響（地下温度、力学的、地下水理、地下化学）</li> <li>・ 回収の作業リスク、環境影響、費用</li> <li>・ 回収の容易性向上に伴う処分施設の機能低下の回避</li> <li>・ 廃棄体容器（ハンドリング容易性、大きさ・重さ）</li> <li>・ 回収の容易性を考慮した処分設計             <ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体周囲の埋め戻しの有無</li> <li>廃棄体の大きさ・重さ（廃棄体が小さい（短い）／軽いと回収が容易）</li> <li>除去が容易な緩衝材・埋戻し材の使用（※一定の安全性が確保されていることが前提）</li> </ul> </li> <li>・ 費用（回収可能性の維持や回収容易性を高める対策に係る費用）</li> <li>・ 処分プロセス中の意思決定の柔軟性を高める処分場配置</li> </ul>

# 1. スウェーデン

## 主な特徴

- 実施主体が技術的な取組の方針(回収可能性を検討)を決定。
- 実施主体は3年毎に研究開発計画書を作成。計画の一部として回収可能性に係る研究開発計画も提示。
- 具体的な地質条件と方針(回収方法の開発に重点)の下、膨潤した緩衝材除去を中心とした回収技術の概念検討、実証試験を実施。
- 国が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。

## ① 主な経緯と関係組織の関与

**1992年:** SKBは、RD&D(研究開発実証プログラム)92で、実証処分フェーズの概念導入。その一環として、**将来世代の選択の自由を確保するための回収可能性の検討を表明**。

(回収可能性は法的要件でないが、社会の要請に配慮。なお、実証処分については、RD&D89に対する評価で勧告されていた)

**1993年:** KASAM(原子力廃棄物国家評議会)は、RD&D92に対する評価として、SKBが実施する研究開発実証活動の一つとして、**回収オプションを伴う実証規模での処分**に絞り込むことを勧告

**1998年:** SKBは、RD&D98にて、定置したキャニスタの回収に関する技術開発として、以下を記載。

- 機器と方法の開発
- エスポ研究所における実規模実証
- 地層処分場で用いられる回収方法の開発
- 回収したキャニスタの貯蔵の設計

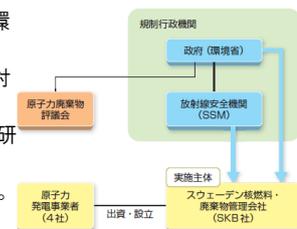
**1999年以降:** SKBはキャニスタ回収に係る技術開発を実施

**2011年:** SKBは使用済燃料最終処分場の立地・建設許可申請書を提出。現在SSM、土地・環境裁判所による安全審査中。

**2014年:** 原子力廃棄物評議会(旧KASAM)が、2013年度の原子力廃棄物現状報告書を公表。

(原子力廃棄物現状報告書は毎年公表されている)

- 回収可能性と回収が、最終処分場プロジェクトの実行の様々なフェーズにおいて、さらには安全解析報告書に及ぼす影響の面で検討することをSKBに勧告。



1

## ② 研究開発を含む可逆性・回収可能性の技術的な取組の特徴

○実施主体が3年毎に研究開発実証(RD&D)プログラムを策定(可逆性・回収可能性に特化したものではない)

- **1992年のRD&Dプログラム(RD&Dプログラム92):**
  - ・SKBは処分場の建設・操業を段階的に実施する、「実証処分」フェーズの導入を提示。
  - ・スウェーデンでは回収可能性に関する法的要件はないが、SKBは、**将来世代の選択の自由に関する社会的な要求に配慮**して、回収可能性の検討をすることをRD&Dプログラム92において表明。
- **1998年のRD&Dプログラム(RD&Dプログラム98):**
  - ・環境法典の制定を受けて、環境影響評価(EIA)の実施を念頭においた計画を策定。EIAにて説明する使用済燃料処分の「方法選択」問題の特徴の一つとして回収可能性を明示。回収は技術的に可能であるが、その維持には、処分場に関する情報が将来の人々に存続する必要があることを指摘。
  - ・SKBは定置したキャニスタの回収に関する段階的な技術開発を計画：**装置及び方法の開発→フルスケールの実証→処分場で使用できる方法の開発→回収キャニスタの貯蔵施設の設計**
  - ・1999年～2011年頃まで、技術開発を実施(次ページ以降参照)
- **2007年のRD&Dプログラム(RD&Dプログラム2007):**
  - ・**2000年にエスポ岩盤研究所内に定置したキャニスタの回収を2006年に実施し、成功**。
  - ・使用済燃料処分場の立地・建設の許可申請に向けて、技術開発を処分システム要素のプロダクションヘシフト。
  - ・試験操業段階でのキャニスタ回収は実現性があり、キャニスタ周囲の膨潤した緩衝材を除去する装置も開発可能であることを説明。実際の回収を行うまでに装置を製作する時間的余裕があり、また実証も可能であるため、この分野においては今後6年間**さらなる開発作業は計画しない**ことを説明。(現在も回収に係る新たな研究開発は実施していない)

2

### ③可逆性・回収可能性に係るこれまでの主な研究開発テーマ・課題

#### ○ベントナイト緩衝材除去工法選定に係る調査・分析(1999~2000年)

- キャニスタ回収試験(Canister Retrieval Test: CRT)実施の前に、容器周辺の膨潤した緩衝材を除去する方法について「力学的方法(掘削)」、「流体力学的方法(洗い流し)」、「熱を用いた方法(温度変化によるベントナイト容積変化)」、「電気を用いた方法(電気を用いて水をキャニスタに誘導)」の工法を対象に比較評価を実施
  - ・ 流体力学的方法(低圧の塩水注入によるベントナイトのスラリー化手法)を選定
  - ・ 埋設したキャニスタの位置測定に係る技術も評価
  - ・ 回収試験装置の概念設計(右図)も実施

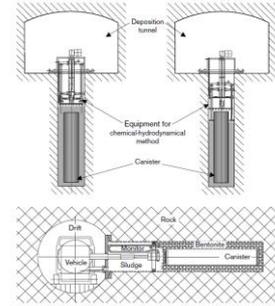


Figure 7-1. Schematics showing the principle of freeing operations in the case of vertical as well as horizontal disposal.

ベントナイト緩衝材撤去工法選定に係る調査・分析(1999~2000年)  
Techniques for freeing deposited canisters  
Final report, SKB TR-00-15 (2000)

#### ○エスポ岩盤研究所(HRL)における回収試験

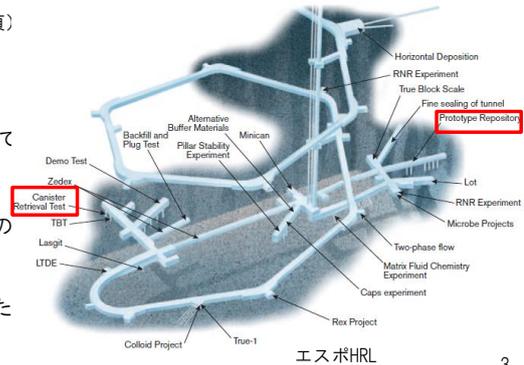
- エスポHRLの目的の一つとして、深地層処分場の建設・操業等の処分技術の開発及び実証のための利用
- キャニスタ回収に係る試験はエスポHRLの2か所で実施(詳細は次頁)

##### ①キャニスタ回収試験(Canister Retrieval Test: CRT)(2000-2006)

- 膨潤した緩衝材除去、キャニスタ回収技術の開発
- 併せて、緩衝材の熱・水理・力学的(THM)挙動プロセスについても調査

##### ②プロトタイプ処分場(2001-2011)

- 実規模スケール及び現実的条件の下で、処分場の構成要素の統合機能を試験・実証
- 模擬キャニスタを定置し、緩衝材、埋戻し材、プラグで処分坑、処分坑道を埋戻した後、それぞれの人工バリアの状態把握のため回収を実施(回収技術の開発が主目的ではない)



3

#### ○キャニスタ回収試験(Canister Retrieval Test: CRT)

- 緩衝材ブロックを設置して模擬キャニスタを定置し、ヒーターでキャニスタに継続的に熱を与え、また人工的に水を供給して緩衝材を飽和させる(飽和までの期間は約3~5年を見込み)
- 坑道は開放したままで、処分坑上部はコンクリートプラグを設置
- キャニスタ定置後、ベントナイトの飽和度、温度、膨潤圧、岩の応力等を設置したセンサーでモニタリング(約5年間)
- 5年後、塩水による緩衝材スラリー化による緩衝材除去、キャニスタ回収を実施

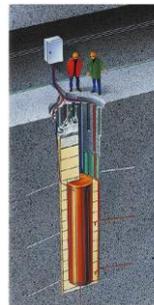
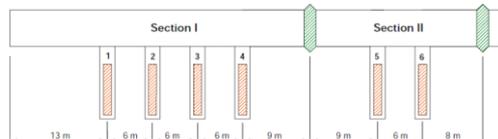


Figure 22. The buffer disintegration system in operation. The canister is visible in the center.

#### ○プロトタイプ処分場

- 緩衝材ブロックを設置した処分坑に模擬キャニスタを定置し、坑道を埋め戻し、さらにプラグで坑道を密封
- 坑道は2か所に区分し、(当初)5年間(セクション2)、20年間(セクション1)の予定でヒーターでキャニスタに継続的に熱を与えつつ、現場環境の状態が自然に再冠水。5年、20年の期間は、処分場の建設許可、操業許可のタイミングを念頭に設定。
- 処分坑に設置した緩衝材は、サンプリング、及び緩衝材ブロックの位置のずれ計測等のため、塩水を用いた除去ではなく、機械掘削によって除去
- 回収した後に、緩衝材サンプルは含水率、バリア性能等、キャニスタは腐食の状況等を分析。その他、埋戻し材等の特性もTHM挙動シミュレーション結果と比較して、その後のモデル改良に役立つ。
- セクション2のキャニスタ2本(No.5, 6)は2003年~2011年の間定置し、2011年にセクション2の坑道のプラグ、埋戻し材、緩衝材を解体し、キャニスタを回収。埋戻し材は飽和していたが、緩衝材は飽和してなかった。(セクション1のキャニスタは定置継続中)



プロトタイプ処分場の坑道概念図



緩衝材ブロックのサンプルボーリング跡

4

## 2. フィンランド

### 主な特徴

- 国が技術的な取組の方針(回収可能性の維持)を決定。
- 実施主体は3年毎に研究開発計画書を作成。計画の一部として回収可能性に係る計画を提示。
- 具体的な地質条件と方針(回収方法の開発に重点)のもと、POSIVAが回収概念を提示。POSIVAはスウェーデンSKBの回収に係る実証試験に参加。
- 国が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。

### ① 主な経緯と関係組織の関与

**1997～1999年**: 環境影響評価プロセスにおいて、将来世代による回収可能性が議論される

**1999年**: 政府による使用済燃料処分の一般安全規則の策定

- 回収可能性が維持されるよう処分計画を策定することが規定される

**1999年**: POSIVAは使用済燃料の回収作業に係る机上研究の報告書を公表

**2000年**: 使用済燃料処分場の建設に係る政府原則決定。

- 技術が開発され適切となった場合には処分場を開くことが可能であるよう要求
- 建設許可申請書において、掘り起こしとそれによる安全性への影響、及び費用に関する報告書を提出することを要求

**2000年以降**: POSIVAによる研究開発計画書の作成(2000、2003、2006、2009、2012、2015)

- 2008年原子力法令改正で、3年毎の研究開発計画書作成、及びSTUKと雇用経済省による意見書の提出を法的にも規定。

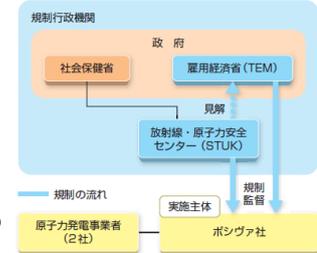
**2008年**: 処分における安全性に関する政令(2008/736)の策定。(政府一般安全規則(1999年)の廃止)

- 回収可能性に係る要件が削除される

**2012年**: POSIVAは建設許可申請書を提出。付属資料として回収可能性に係る報告書を提出。

**2015年**: STUKによる建設許可申請書に対する審査意見書の提出。POSIVAの回収可能性に係る報告書に関して、「回収は技術的に可能であり、回収オプションが処分の閉鎖後安全性を損なうことはない」と評価。

**2015年**: 政府による建設許可の発給



5

### ② 研究開発を含む可逆性・回収可能性の技術的な取組の特徴

○1999年にPOSIVAは回収概念を検討。(1997～1999年の環境影響評価活動における回収可能性の議論を踏まえて検討。検討の概要は参考資料①のフィンランドの項目参照)

○POSIVAは2000年以降、3年毎に研究開発プログラムを策定(可逆性・回収可能性に特化したものではない)

回収可能性については国際動向に留意することが記載されている程度であり、具体的な研究開発テーマは含まれていない

● 2000年: オルキルトにおける母岩への使用済燃料の処分～建設前段階の研究、開発、技術設計プログラム～

- ・回収方法の詳細な記述は、建設認可申請の背景として作成する。この記述は、Aspo HRLでの実地試験から得た経験にもとじ、国際レベルの他の工法も考慮する。これには、処分場の操業の各段階、および閉鎖後のキャニスタ回収にともなう費用の概算も含まれる。

● 2003年: TKS-2003, オルキルト及びロヴィーサ発電所の放射性廃棄物管理: 2004年-2006年の研究・開発・技術設計プログラム

- ・回収可能性に関する研究は、主としてスウェーデンにおける次の研究、及びこの研究段階に関連した国際協力計画への参加を通じてなされた。

● 2006年: TKS-2006, オルキルト及びロヴィーサ原子力発電所の原子力廃棄物管理: 2007～2009年の研究・開発・技術設計プログラム

- ・回収可能性に関する研究は、主としてスウェーデンにおける調査に参加し、この研究段階に関する国際協力活動に参加することから成る。キャニスタの回収可能性に関する設計作業は、建設許可申請の一環として実施される。

● 2009年: TKS-2009, オルキルト及びロヴィーサ原子力発電所の原子力廃棄物管理: 現状レビュー及び将来の計画(2010-2012年)

- ・キャニスタの回収可能性に関する開発は、実際の回収技術につながる国際的な開発作業を注視することによりなされる。…(中略)… 2013-2015年においては、次の3年間になされる研究開発の特定がなされる。しかしながら現在のフィンランドで必要な実施されるべき開発作業は無い。

● 2012年: YJH-2012: オルキルトおよびロヴィーサ原子力発電所における原子力廃棄物の管理/現状のレビューと2013年～2015年の計画

- ・(キャニスタに関して要求される試験の一つとして以下が挙げられている。)
- ✓ 処分場の全ての段階においてキャニスタを取り扱いセルまで回収する試験

6

### 3. フランス

#### 主な特徴

- 国(議会・政府・政府の諮問組織等)が技術的な取組の方針(可逆性導入、回収容易性を設計に加味)を決定。
- 国が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。
- 戦略文書や計画文書は政府(関係省庁等)が策定するが、素案策定はANDRA(実施主体)が主体的に関与。
- 具体的に地質条件(地下研)と方針のもと、ANDRAが概念や設計案を提示。

#### ① 主な経緯と関係組織の関与

**1991年:** 法律によって(議会)が15年にわたる3分野の研究実施の方針を決定

- 可逆性のある／可逆性のない地層処分の実施を規定
  - 研究進捗の評価体制を整備(国家評価委員会(CNE)の設置と毎年の進捗評価※)
- ※専門家／有識者12名で構成される国家評価委員会(CNE)は、1994年の設置以降、関係組織等からの情報提供(ヒアリング等)のもと、毎年、研究や調査の進捗状況の評価。

**1998年:** CNEが可逆性に関する特別報告(技術的取組の方針に関する政府への提言)

- 地層処分の固有安全性を減じずに出来る限り容易に可逆性を実現できる設計を行うことを勧告
- ⇒ 政府は本提言を省庁間決定として支持(併せてビュール地下研の設置を決定)

**2005～2006年:** 関係組織による3分野の研究成果の総括

- 2005年3月: 議会科学技術評価局(OPECST)
- 2006年1月: 国家評価委員会(CNE)
- 2006年1月: 国家討論委員会(CNDP)／専門委員会(OPDP)
- 2006年2月: 原子力安全当局(ASNおよびDGSNDR)

**2005年:** ANDRAは研究成果として、粘土層における2～3世紀の間の可逆性を有する処分概念を提示

**2006年:** 法律によって(議会)可逆性のある地層処分の事業実施方針とスケジュールを決定

- 可逆性の期間に関する定量的要件(少なくとも100年)を暫定的に規定
- 2つの立法予告: ①可逆性の条件(建設許可申請後)、②閉鎖の許可



7

#### ② 研究開発を含む可逆性・回収可能性の技術的な取組の特徴

○研究開発に係る国家的な戦略・計画文書を策定(可逆性・回収可能性に特化したものではない)

研究開発については、研究担当省(研究省)が、核燃料サイクル・バックエンド研究フォローアップ委員会(COSRAC)において研究計画の決定と実行に関する調整を実施。

● 1997～2006年の期間を対象とした戦略文書と計画文書:

- 『原子力発電サイクルのバックエンドに関する研究戦略』
- 『高レベルおよび長寿命放射性廃棄物の管理に関する研究計画』

- ・ 戦略・計画案は、政府(研究担当政務次官)の下に置かれた委員会(※)が提案し、国家評価委員会(CNE)に報告。
- ・ 地層処分については、ANDRAの責任のもとで、研究費用や人材面を含めて詳細な計画を取り扱っている。

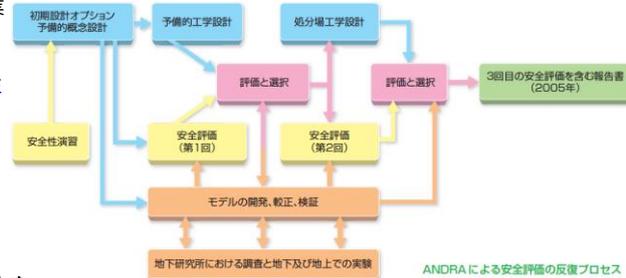
(※)当時の委員会(WG)の構成組織: ANDRA、CEA、CNRS、COGEMA、EDF、関連企業、研究省、環境省、産業省

(以上、1997年CNE第3回評価報告書より)

● 2001～2006年の期間を対象とした研究省発行文書:

- 『2001～2006年までの高レベル・長寿命放射性廃棄物管理についての研究戦略および計画』

- ・ 2005年の研究成果の取りまとめに向けた研究作業を計画(右図)。計画の内容は、処分場設計、地層環境(ビュール研究所の実験)、材料関連のデータの収集、安全性研究、処分場開発モデル、可逆性解析、など



○2006年以降は3年毎に国家計画(PNGMDR)を策定

● 2006年の法律により、政府が3年毎に国家計画を策定

- 『放射性物質及び放射性廃棄物の管理に関する国家計画(PNGMDR)2007～2009年』
- 『放射性物質及び放射性廃棄物の管理に関する国家計画(PNGMDR)2010～2012年』

- ・ 原子力安全機関(ASN)、エネルギー・気候変動局(DGEC)が幹事となるワーキンググループ(ANDRA、廃棄物発生者、国家評価委員会等が参画)により作成

8

## ANDRAによる可逆性・回収可能性に係る技術的取り組み

### ○可逆性を取り入れ、促進する処分場の設計

#### ➤ 単純かつロバスタな処分場概念

- 処分場変遷のモデル化の容易性

#### ➤ パッケージの潜在的な取出しを容易にする耐久性のある材料及び装置

- パッケージ及び構造物用として耐久性のある材料(コンクリート、ステンレス鋼等)とその保守を優先
- 標準化した容器の内部へのパッケージの再編成
- パッケージの定置と取出しに同一のハンドリング装置を使用

#### ➤ 柔軟な管理、及び概念形成の変化に適した地下施設のモジュール性

- 各段階に応じた建設・利用による、経験の取り込み容易性
- 処分場の各区域は、セルの連続的なサブアセンブリの形で段階的に建設・利用するよう計画  
(新しいサブアセンブリの作成と並行して行うセルのサブアセンブリの閉鎖、サブアセンブリへのアクセスの閉鎖、当該カテゴリの廃棄物用処分施設の閉鎖、施設全体の最終的な閉鎖)
- 各段階を経て行う処分場の開発につれて、すでに完成している施設の利用と観測によって獲得した経験及び知見、社会の期待、及び別のところで実現された技術的進歩の結果を活用しながら、新しい施設を計画(又は更新)

### ○後戻りすることの技術的実現可能性

- 後戻りすることの技術的実現可能性(技術的手段、操業条件、及び必要な予防対策について検討)

### ○処分場の可逆的管理を支持するモニタリング計画

- 処分場の各プロセスの途中において選択の可能性を保持するため、あらゆる時点における処分場の変遷及び状況を把握し、それを観測すると共に、必要な測定手段及び装置を整備
- 機能や安全性に擾乱を与えることなしに、構造物の中に測定用ピックアップを組み込む可能性について検討

(以上、「Dossier2005[粘土、総論]:粘土層における地層処分の実現可能性の評価」ANDRA(2005)より)

9

## ③可逆性・回収可能性に係るこれまでの主な研究開発テーマ・課題

### ○ANDRAによる可逆性のある地層処分場の設計

#### ● 定置工程の逆動線を前提とした回収作業を容易にするための設計条件

- 定置作業と互換性のあるハンドリングインターフェース(機器/装置)
- クリアランスの保持(残留空隙を最小限に抑える)
- セル内の環境条件を制御(物理パッケージの完全性およびクリアランスを維持に必要な環境の維持)
- 回収廃棄体の管理のための一定の貯蔵容量
- 処分の段階的实施(段階ごとの処分構造物の封鎖)

### ○設計に係る技術開発・研究開発

#### ● 可逆性(回収可能性)の実証

##### • 科学技術的実証:

- ✓ 処分場の進展(変遷)の説明/把握、現象論的解析

⇒ 地質環境による制約  
操業期間中(約100年)の過渡的变化

- ✓ 廃棄体の回収工程に関する研究と試験

⇒ 回収作業を容易にするための各構成要素間の空間の確保  
耐久性を確保するための地下構造物と処分容器の設計  
廃棄体の定置工程/回収工程

##### • 処分施設の観察/モニタリング手法の開発:

- ✓ 少なくとも当初100年間に対応できる観察/モニタリングシステムに係る戦略
- ✓ 観察/モニタリングのニーズ、実装上の制約、構造モニタリングに伴うコストとのバランスを取る必要性

### ○施設設計における留意点

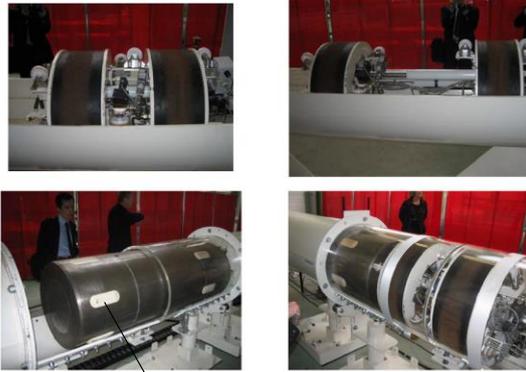
#### ● 施設設計におけるライフサイクルの分析には、社会経済的評価を含める必要性

⇒ バランスを収束させる必要性(可逆性、安全性、運用の最適化、資金調達)  
地下構造物等に関する将来の技術的進歩への考慮

(以上、「放射性廃棄物を管理可能にするには 深地層処分と可逆性の課題」ANDRA(2010)より) 10

○水平坑道定置処分概念での回収実証試験の実施

- 欧州委員会第6次枠組み計画で実施したESTREDプロジェクト(ENGINEERING STUDIES and DEMONSTRATION of REPOSITORY DESIGNS、2004~2009年)では、処分場設計の工学実証を検討。(AndraはESTREDプロジェクトのコーディネーターを担当)
- ESTREDプロジェクトの一環として、粘土層及び水平坑道定置処分を対象とした、廃棄体の定置・回収装置の開発を実施し、廃棄物パッケージの定置試験を実施。
- Andraは模擬キャニスタと廃棄体定置装置を製作。廃棄体容器外側にはスリーブ管との摩擦を小さくするためのセラミックランナーを装着
- 上記実証試験に関連して、Andraは(極端な例として)S字に曲がった坑道における定置(押し込み)・回収試験を実施。



ceramic (alumina) sliding runner

(写真) EC. ESDRED Project: Module 2 Final Report, MOD2-WP7-D8. (2009)より



Test to retrieve a waste package from a distorted disposal cell

(写真) Richard Poisson, Current status of the CIGEO project (2015)より

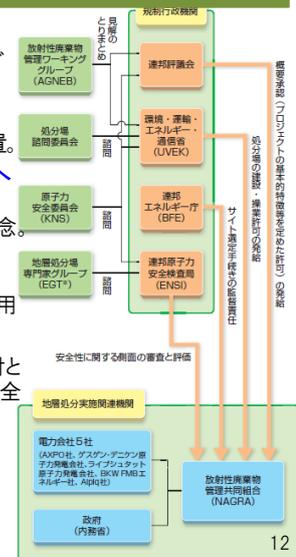
## 4. スイス

### 主な特徴

- 国(政府、諮問組織)が技術的な取組の方針(パイロット施設でのモニタリング)を決定。
- 州が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。
- NAGRA(実施主体)は数年毎に研究開発計画書を作成。
- 具体的な地質条件(地下研)と方針(パイロット施設を設けてモニタリングを実施)のもと、NAGRAが回収概念や設計案を提示。実証的研究開発は許可申請の時期を踏まえて今後実施予定。

### ① 主な経緯と関係組織の関与

- 1998年:** 連保評議会が原子力発電や再処理等について検討する「エネルギー対話」ワーキンググループを設置。
  - 放射性廃棄物管理に関して、**回収可能性に関する検討を継続することを勧告。**
- 1999年:** 環境・エネルギー・通信省(UVEK)が、処分概念に関する専門家グループ(EKRA)を設置。
- 2000年:** EKRAは、「監視付き長期地層処分」の概念を提案。(技術的取組の方針に関する**政府への提言**)
  - 地層処分の受動的安全性と、社会的要請や技術的不確実性に対処することを両立する概念。
  - 処分システムは試験施設、パイロット施設、主要施設から構成。
  - パイロット施設にて人工バリアとニアフィールドの長期モニタリングを実施。
  - 主要施設では、廃棄物定置後に直ぐに埋め戻しを実施。廃棄物は過大な技術的労力や費用をかけずに回収可能であること。
- 2002年:** NAGRAは、EKRAの勧告を受け、監視付き長期地層処分に基づく処分場システムの検討と安全評価を実施し、処分の実現可能性実証に関する報告書「オパリナス・クレイプロジェクト 安全報告書」を公表。
- 2005年:** 政府は原子力法を改正し、監視付き長期地層処分の方針を制度化。
- 2008年:** 連邦政府は、特別計画「地層処分場」を策定。NAGRAはサイト選定を開始。



## ②研究開発を含む可逆性・回収可能性の技術的な取組の特徴

○研究開発に係る戦略・計画文書を策定(可逆性・回収可能性に特化したものではない)

- 1985年:NAGRAは研究開発計画「**保証プロジェクト**」を策定(可逆性・回収可能性に係る内容は含まれない)
  - 保証プロジェクトでは、低中レベル廃棄物(L/ILW)、長寿命中レベル(長寿命L/ILW)、高レベル廃棄物(HLW)用地層処分場の概念開発及び安全評価を通じて、**処分の実現可能性を評価することを目的**。
  - 低中レベル放射性廃棄物処分場の計画が失敗したことを受けて、1998年に「エネルギー対話」ワーキンググループ、それに続く、放射性廃棄物の処分概念に関する専門家のグループ(EKRA)で検討がなされ、監視付長期地層処分の概念が提示される。(前ページ参照)
  - NAGRAは2002年に**オパリナス・クレイ報告書**を公表し、監視付長期地層処分の処分場システム概念を提示しつつ、**オパリナス粘土を母岩とする地層処分場の実現可能性を示す**。(回収可能性の概念も提示)
- 2009年:NTB 09-06「**スイスにおける放射性廃棄物の処分のためのNAGRAの研究開発実証プログラム**」
  - 2008年に特別計画「地層処分場」が策定され、サイト選定に係る要件が具体化されたこと、及びこれまでの研究開発の成果を踏まえて、NAGRAは2009年に上記プログラムを策定。
  - 研究開発実証プログラムは、**法律、規制要件、政策的要件、廃棄物発生者の要件、当局の勧告、公衆の期待、技術及び安全性の要件**を踏まえて策定されるとしている。
  - 回収可能性に関しては、処分場の操業許認可(2060年頃)において、合理的な労力において廃棄物の回収が実現可能であることを実証することが要求されている。
  - NAGRAは、処分場の操業許認可に先立つ期間において(HLWの場合で2040年頃、L/ILWの場合で2030年頃)、回収のための技術を開発し、回収可能性の実証も行う予定としている。(現在まで回収可能性に係る研究開発を実施していない)

13

## 5. ドイツ

### 主な特徴

○国(諮問組織)が技術的な取組の方針(回収可能性の維持)を決定。

※諮問委員会の勧告に基づき今後国が法制化

○具体的な地質条件が決まっていない状況、及び方針(回収可能性の維持)のもと、岩種に応じた回収概念を検討。

### ①主な経緯と関係組織の関与

**1970年代以降:**ニーダーザクセン州のゴアレーベンを処分場候補として探査活動を実施(2000~2010年の10年間探査は中断)

**2010年:**発熱性放射性廃棄物の最終処分に関する安全要件の改訂

- 閉鎖までの操業段階においては、廃棄物パッケージの回収が可能であること
- 廃棄物パッケージのハンドリング性が、500年の期間にわたり備わっていること

**2011年:**連邦政府及び州は、発熱性放射性廃棄物処分場の新たなサイト選定手続きを検討することを決定

**2013年:**発熱性放射性廃棄物処分場に関するサイト選定法が制定。

- 高レベル放射性廃棄物処分委員会**が可逆性・回収可能性の基準について提案することを規定
- ゴアレーベンが再度サイト候補となる可能性は残っているが、ゴアレーベンにおける探査は終了

**2014年:**高レベル放射性廃棄物処分委員会の発足。

- サイトを選定するための基準、選定手続き等について検討

**2016年:**高レベル放射性廃棄物処分委員会がサイト選定手続きに関する最終報告書を公表

- 回収可能性を有する地層処分を勧告**。今後サイト選定法を改訂予定。

14

## ②研究開発を含む可逆性・回収可能性の技術的な取組の特徴

放射性廃棄物の処分のための研究開発に関する政策は策定されていないが、大きく2つの枠組みで研究開発を実施

- ゴアレーベン・サイトに依存した研究(連邦環境・自然保護・建設・原子力安全省(BMUB(旧BMU))による資金)
  - ・2013年のサイト選定法により、現在はサイト固有の研究開発活動は推進されていない
- サイトに依存しない研究(連邦経済・技術省(BMWi)による資金)

○2010年に回収可能性に係る安全要件が規定されたことにより、関連する研究開発を開始

## ③可逆性・回収可能性に係るこれまでの主な研究開発テーマ・課題

### ○ゴアレーベン予備的安全評価(2013)

- 2010年に旧BMUが原子炉安全協会(GRS)に委託し実施
- ゴアレーベン・サイトに関するこれまでの知見と調査結果を取りまとめ
  - ・岩塩層における回収可能性を考慮した施設設計に関して、処分坑横置き、縦置き(ボーリング孔)それぞれについて検討

### ○回収可能性の安全要件が既存の処分概念と新しい概念の要件に及ぼす影響検討(ASTERIXプロジェクト)

- BMWiによる資金によりDBE Technology社が実施
  - ・岩塩層、粘土層、結晶質岩の異なる母岩における回収の実現可能性について検討

15

## 6. 英国

### 主な特徴

- 国(議会や関係省庁を含む政府等)が技術的な取組の方針を決定。
- 実施主体が研究開発計画を作成。
- 国が、技術的な取組や調査研究等の進捗評価の枠組みを整備。
- 具体的な地質条件が決まっていない状況、及び方針(回収可能性についての要件はない)のもと、実施主体が概念や設計案を提示する予定。

### ①主な経緯と関係組織の関与

**2001年:** 環境・食料・農村地域省(Defra)が放射性廃棄物管理のための政策策定に向けて提案

**2003年:** 独立した諮問機関「放射性廃棄物管理委員会」(CoRWM)を設置

**2006年:** CoRWMが廃棄物管理オプションに関して政府に勧告

**2006年:** 政府が放射性廃棄物管理方針を決定

**2007年:** 原子力廃止措置機関(NDA)が処分の実施主体となる。NDAは地層処分を担当する内部組織を設置し、その後、「放射性廃棄物管理会社」(RWM)として子会社化。

**2008年:** Defraが白書「地層処分の実施枠組み」を公表。

- 6段階によるサイト選定プロセスを提示
- 回収可能性については要求していないが以下のような考えを提示
  - 回収可能性のオプションを排除しないような方法で処分施設を開発
  - 廃棄物の定置作業が終了したら施設(またはその内部のボルト)を未閉鎖状態に維持すべきかどうかについての決定は、独立した規制機関と地域社会との協議に基づき後日決定しても構わない

**2008年:** 政府(エネルギー・気候変動省(DECC))による関心自治体の募集開始から始まるサイト選定を開始。カンブリア州西部の2自治体でサイト選定が進められていたが、2013年の自治体の議会投票によりサイト選定プロセスが中止。

16

## ②研究開発を含む可逆性・回収可能性の技術的な取組の特徴

### ○実施主体は研究開発戦略文書を作成

#### ●2009年:英国の高レベル放射性廃棄物等の地層処分を支援するためのNDAの研究開発戦略

- 2008年白書における回収可能性に関する記載(回収可能性のオプションを排除しないような方法で処分施設を開発)に基づき、NDA(RWM)は、取り組むべき固有のR&Dテーマの一つとして回収可能性を位置づけ

「回収可能性の技術的側面や、あらゆる種類の高レベル放射性廃棄物を単一の地層処分施設に処分することの意味について、R&Dを実施することにより、実施上の課題に取り組む」

### ○実施主体は技術プログラムを作成し定期的に更新

#### ●2014年:地層処分技術プログラム

- 回収可能性に係る研究開発は地層処分場の開発を支援するものとして位置づけ
- 「特有の地質条件に適用できる回収可能性のレベルを詳細に開発するには、サイトスペシフィックな調査が必要」と認識。
- 回収可能性を延長する場合の操業安全性に及ぼす影響評価が必要
- 技術プログラムでは各研究開発テーマについて「影響(Impact)」、「知識ギャップ(Knowledge Gap)」、「緊急性(Urgency)」の項目で3段階評価。回収可能性に係る研究開発は「影響:高」、「知識ギャップ:中」、「緊急性:中」と評価
- 2016年現在、回収可能性に係る研究開発に関する報告書は公表されていない

## 資料 8

諸外国における可逆性・回収可能性とモニタリング  
の関係に係る検討状況

モニタリングについては、OECD/NEA の R&R プロジェクトをとおして得られた国際的な共通理解、更に国際原子力機関（IAEA）による安全規制制度としての検討や諸外国における取組の動向など、国際的な観点からそれらを表 8-1 のように整理することができる（詳細は本資料に後掲したスライドに整理）。

表 8-1 IAEA や諸外国におけるモニタリングに関する検討や取組の動向

国際原子力機関（IAEA）による安全規制制度としての検討動向

- モニタリングは段階的な意思決定を支援する情報を得るものである。この観点から、モニタリングは工学的な開発プロセスで通常に行われるものである。
- 可逆性と回収可能性を取り入れているかどうかによらず、一般的なプロジェクトで期待されることに加えて、次のような安全性に関する懸念への対応として、処分場に対する性能確認に係る要件を満たすことに資することが期待されている。
  - 処分場の性能確認への直接的な関心
  - 原位置のデータに基づいた透明性と追跡性のある情報を得たいという一般公衆の関心
- 負の影響の可能性に対する措置としてモニタリングが期待されている（追加のモニタリング、保障措置要件、制度的管理の必要になる可能性）。

国際原子力機関（IAEA）による安全規制制度としての検討動向

- 次の階層で整備される IAEA 安全基準シリーズでモニタリングやサーベイランスを位置付けている。
    - 特定安全要件 SSR-5： 放射性廃棄物の処分
    - 特定安全指針 SSG-14：放射性廃棄物の地層処分施設
    - 特定安全指針 SSG-31：放射性廃棄物処分施設のモニタリング及びサーベイランス
  - 閉鎖後の安全に関する保証をもたらす目的のモニタリング（性能確認）を中心に文脈を展開している。
  - 特定安全指針 SSG-31 では、性能基準の不合格は必ずしも修復措置または防護対策の必要性を意味するわけではないことを明記している<sup>※1</sup>。
- ※1：このことは、単一のモニタリング項目や基準への不適合が、回収や是正措置に直結するわけではないことを意味する。

諸外国における検討や取組の動向

- モニタリングと関連した特別な施設や期間の創設を決定／検討している事例がある。
  - 事業が先行するスウェーデン、フィンランド、米国<sup>※2</sup>において、当面の期間（建設段階）を念頭においたモニタリング計画が具体化されつつある（段階的計画がアップデートされる予定）。
- ※2：米国ユッカマウンテン計画では、施設最終閉鎖までの操業期間中に取り組みされる処分場の性能確認プログラムとしての検討が行われた。

以上のようなモニタリングに関する諸外国の検討や取組の動向は、可逆性・回収可能性との関係で次のように要約できる。

- 処分事業の段階的なプロセスの節目において、閉鎖後の受動的安全な地層処分システムが構築されていることの確認に資するものの1つとして、主に安全性の観点から検討が進められている。
- 現状では、回収の直接的な判断に資するモニタリング項目（単一の項目や指標）という観点での議論や取組は見受けられない。例えば、国際原子力機関（IAEA）の安全基準シリーズでは、単一のモニタリング項目や基準への不適合が、回収や是正措置に直結するわけではないことを明示している。
- 事業が先行する国において、モニタリング計画が具体化されつつあるが、事業全体を包含した計画は未だ開発途上であるといえる。

以上のような動向を踏まえれば、閉鎖後長期の安全性を満たす処分場が構築されつつあることを確認するために、モニタリングを操業中に行われる取組の1つと位置付けた包括的なプログラム（性能確認プログラム：図8-1）としての開発が国際的に指向されていると言える。

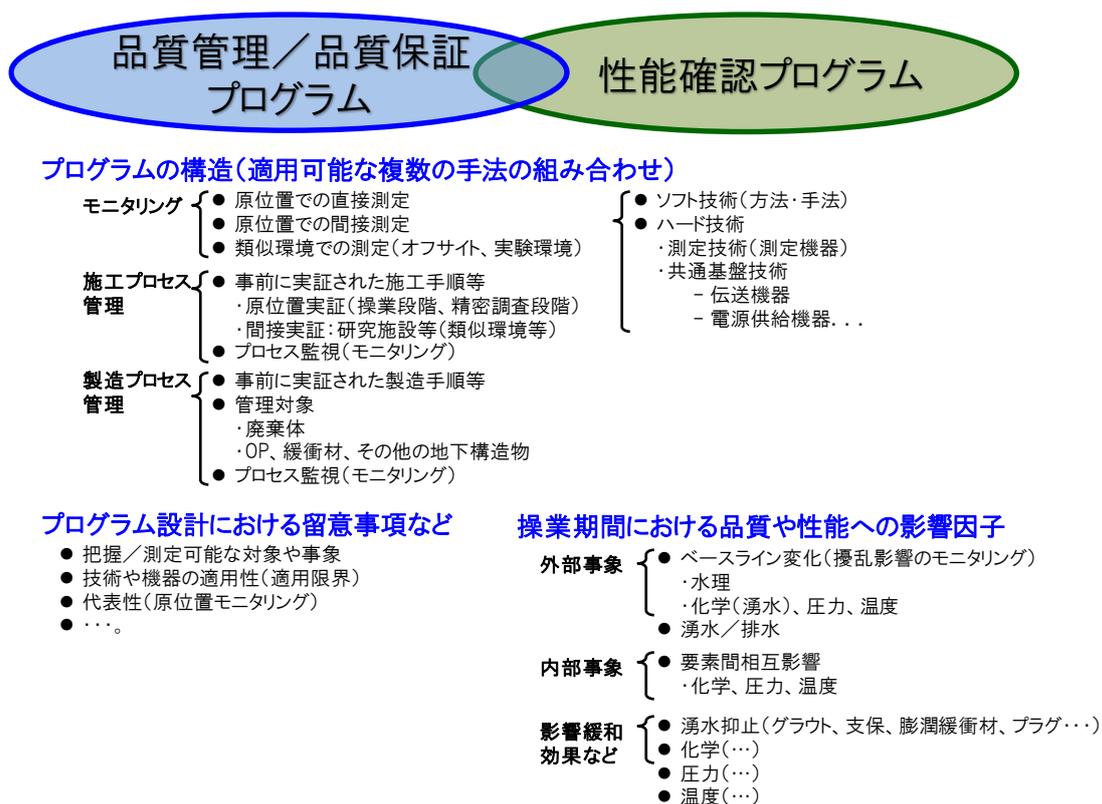


図8-1 国際的に開発が指向されている性能確認プログラムの概念（プログラム体系と構造）

## 1. モニタリングに関する諸外国の取組や検討動向（国際的な共通理解や認識課題など）

### (1) モニタリングに関する諸外国(国際機関等を含む)の取組や検討動向等からの示唆

#### ①国際的な検討動向に基づく共通理解(OECD/NEAのR&Rプロジェクトからの示唆)

- 1) モニタリングは**段階的な意思決定を支援する情報を得るもの**。  
上記観点から、モニタリングは**工学的開発プロセスで通常に行われる**。
- 2) 可逆性と回収可能性を取り入れているかどうかは関係ない。**一般的なプロジェクトで期待されることに加えて、処分場に対する性能確認要件を満たすこと(次の関心)**に資することを期待。
  - 性能確認への直接的な関心(⇒安全)
  - 原位置のデータに基づいた透明性と追跡性のある情報を得たいという一般公衆の関心(⇒安心)
- 3) **負の影響の可能性**(追加のモニタリング、保障措置要件、制度的管理の必要になる可能性)

#### ②国際原子力機関(IAEA)による安全規制制度としての検討動向（次ページ参照）

- 1) 次の階層で整備されるIAEA 安全基準シリーズで、モニタリングやサーベイランスを位置付け。
  - 特定安全要件SSR-5: 放射性廃棄物の処分(2011)
  - 特定安全指針SSG-14: 放射性廃棄物の地層処分施設(2011)
  - 特定安全指針SSG-31: 放射性廃棄物処分施設のモニタリング及びサーベイランス(2014)
- 2) **閉鎖後安全の保証をもたらす目的のモニタリング(性能確認)を中心に文脈を展開**。
- 3) 特定安全指針SSG-31では、**性能基準の不合格は必ずしも修復措置または防護対策の必要性を意味するわけではない**ことを明記。  
⇒単一のモニタリング項目や基準への不適合が、回収や是正措置に直結するわけではない。

1

#### ③諸外国における検討や取組の動向

- 1) **モニタリングと関連した特別な施設や期間の創設**を決定／検討している事例がある。
  - パイロット施設: スイスで導入が計画されている
  - パイロット操業段階: スウェーデンの試験操業期間やフランスで新たに検討されているパイロット操業フェーズ
- 2) 事業が先行するスウェーデン、フィンランド、米国※において、**当面の期間(建設段階)を念頭においたモニタリング計画が具体化されつつある(段階的計画がアップデートされる予定)**。  
※米国ユッカマウンテンに関して、処分場の性能確認プログラムがDOEで検討された。

#### 諸外国におけるモニタリングに係る規定とモニタリングに係る技術的取り組み

国	性能確認に係るモニタリングに関する規定	実施主体等によるモニタリング技術開発の動向
スウェーデン	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 性能確認に係るモニタリングに関する規定は未整備</li> <li>● モニタリングを実施する場合にはそれが安全性に及ぼす影響についての解析を要求(<i>SSMFS 2008:21</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● プロトタイプ処分場の実規模実証試験において、設置した模擬キャニスタ・人工バリアの状態に関してモニタリングを実施。</li> </ul>
フィンランド	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建設・操業期間中に、岩盤、人工バリアの性能に関するモニタリングプログラムの実施を要求(<i>STUK YVL D.5 506</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 処分場操業前の期間におけるモニタリング計画を検討</li> <li>● 無線通信技術に関する技術開発等を実施</li> </ul>
フランス	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 閉鎖前の段階まで、監視(<i>surveillance</i>)プログラムにより、処分施設・地質の構成要素の状態変遷に関する追跡調査を実施することを要求(<i>ASN, 放射性廃棄物の最終処分に関する安全指針 5.6(2008)</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 操業期間中におけるモニタリング手法の検討</li> <li>● 無線通信技術、光ファイバセンサ等に関する研究開発を実施</li> </ul>
米国	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 性能確認プログラムを要求(<i>10 CFR Part 63 サブパートF:性能確認プログラム § 63.131</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● DOEはユッカマウンテン処分場の建設許認可申請書において性能確認プログラムを記載。</li> </ul>
スイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>● パイロット施設において廃棄物、埋め戻し材及び母岩の挙動のモニタリングを要求(<i>原子力令第66条, ENSI-G03 5.1.5</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● グリムゼル試験場で弾性波トモグラフィーによるベントナイト飽和度のモニタリング試験を実施</li> </ul>

2

【参考】 モニタリングに関するIAEAによる安全規制制度としての検討動向

※以下、原典からモニタリング関連箇所を抜粋(操業安全に係る部分は割愛)

特定安全要件SSR-5: 放射性廃棄物の処分(2011)

5. 安全性の保証

要件21 処分施設でのモニタリング計画

5.4. モニタリングは、処分施設の開発及び操業における各段階で実施されなければならない。モニタリングプログラムの目的は、以下のものが含まれる。

(a) 後続の評価のための情報の取得。(b) 操業安全性の保証。(c) 施設での操業の条件が、安全評価と整合したものであることの保証。(d) 同条件が閉鎖後の安全性と整合したものであることの確認。ガイダンスは参考文献[20]に示されている。モニタリングプログラムは、閉鎖後における施設の安全性の全体水準を低下させないように計画し、実施されなければならない。

5.5. 閉鎖後における地層処分施設の安全性に関連したモニタリングの議論は、IAEAのTECDOC (技術文書TECDOC-1208)で行われている。閉鎖後における安全確保を目的とするモニタリング計画は、取り得るモニタリング方を提示するために、地層処分施設の建設に先立ち作成されなければならない。しかしながら、その計画は柔軟性を維持しなければならない。必要に応じて、施設の開発及び操業において改訂及び更新しなければならない。

特定安全指針SSG-14: 放射性廃棄物の地層処分施設(2011)

6. 地層処分施設の段階的アプローチの要素

モニタリングプログラム

6.60. モニタリングとは、放射線パラメータ又はその他のパラメータを連続的又は定期的に測定すること、あるいは構築物、システム又は機器の状態を確認することである。『モニタリングは、処分施設の開発及び操業の各ステップにおいて実行しなければならない』[1]。モニタリングによって安全評価に対する入力と合致していることの確認が得られる。

6.61. モニタリングプログラムは、建設に先立ちセーフティケースの開発に関連して定義するべきである。母岩の特性を含めてサイトのベースライン調査は、建設活動の開始の前に実施すべきである。モニタリングプログラムは、建設と操業で得られた新しい情報を反映して定期的に更新すべきである。操業前及び操業段階で運営されるモニタリング活動の議論を参考文献[20]に示す。

6.62. モニタリングプログラムは、セーフティケースの部分として含まれ、セーフティケースの更新で改良されるべきである。操業段階では、モニタリングプログラムは、環境及び放射線防護の安全要件を含めて、操業のために保証された規制の要件と認可条件に適合していることの実証に使用すべきである。

6.63. モニタリングプログラムは、規制機関あるいは認定された他の組織による検査と独立の認証に従うべきである。

6.64. 閉鎖後段階に対しては、地層処分施設は受動的な安全設計であるべきで、安全性の保証を提示するために閉鎖後のモニタリングプログラムを要求あるいは依存すべきではない。閉鎖後モニタリングは、もし政府あるいは規制機関から要求されるのであれば、公衆への保証の提供に対して実施されるかもしれないが、受動的な安全設計を危くすべきではない。

特定安全指針SSG-31: 放射性廃棄物処分施設のモニタリング及びサーベイランス(2014)

1. はじめに

範囲

1.13. 本安全指針では、セーフティケースの開発及び遵守に必要とされるモニタリング活動とサーベイランス活動との統合について強調する。セーフティケースには、処分プログラムの管理に関する決定のサポートに必要とされる立地、建設、操業、閉鎖及び閉鎖後期間に関する情報、並びに地元の当事者などのステークホルダー及びより幅広い公衆にとって特に興味深い情報が含まれる[2, 13]。モニタリング方法及びサーベイランス方法に関する技術的な詳細情報は、本安全指針の対象範囲に含まれない。しかし、参考文献[8-11]にはそのような情報が含まれており、付属書I及びIIでは、地層処分プログラム及び浅地中処分プログラムのためのモニタリングプログラムの例を示す。

1.15. 本安全指針では、処分システムの性能を確認するためのモニタリング、及び公衆の放射線防護と環境保護のためのモニタリングに焦点を当てる。

8. モニタリング及びサーベイランスに基づく情報の使用

予測される結果からの逸脱

8.12. モニタリングによる予期しない結果は必ずしも処分システムの安全が損なわれたことを示すわけではない。可能性のある測定エラーを排除した上でその情報を注意深く分析することによって、既存のセーフティケースにおけるその重要度を決定すべきである。安全評価が複雑であれば、モニタリング結果との比較により、直観に反する結果が生み出されることもある。例えば、安全評価において採用された保守的なバイアスを含む地下水移行モデルでは、汚染物質のプールの先端の重要性が無視される、あるいは強調されない可能性がある。セーフティケースにおいてはこのことを考慮しなければならないが、モデル結果との整合性のない汚染物質の早期到達というモニタリング観測については注意深い解釈が必要とされる場合がある。

8.14. パラグラフ8.12で示した例のような理由のために、性能基準の不合格は必ずしも修復措置または防護対策の必要性を意味するわけではない。例えば、定置された廃棄物の回収の決定が、被ばく状況が明白でないような要因(例えば、腐食指標)に関連している可能性があり、性能指標より他の要因の方がその決定にとって重要であることもある。

【参考】 スウェーデン・フィンランドで具体化されつつあるモニタリング計画(性能確認プログラム)

- 事業許可申請段階にあるスウェーデンやフィンランドでは、上位目的である“性能確認”を指向した取組の枠中で、モニタリング計画等を展開。

- 性能確認という上位目的のため、モニタリングは必ずしも原位置での直接測定だけで実現するのではなく、原位置での間接測定、実験(地下[原位置]あるいは他の研究所等での実験)など、多様な取り組みの組み合わせで目的を達成する。
- 操業段階を含む処分場の性能確認プログラムは、多様なモニタリングと品質保証等を組み合わせた統合プログラムである(性能確認プログラムは「品質管理と品質保証プログラム」の枠内で展開される)。
- 処分システムの構成要素が持つ「安全機能」が、モニタリングパラメータの選定における基盤となる：処分概念及びそれに基づく安全機能に影響を及ぼすプロセスを特定し、その挙動を把握する手法を組み合わせて展開する。

SKB, 『使用済燃料の最終処分場の建設と操業に関する詳細特性調査のフレームワークプログラム(R-11-14)』, 2010



1. 詳細特性調査 - 背景と目的
2. 情報ニーズとその流れ
3. 調査とモデリング技法
4. 建設と操業の各段階での詳細特性調査
  - 4.1 序論
  - 4.2 詳細特性調査 - 概論
  - 4.3 詳細特性調査 - アクセス坑道
  - 4.4 詳細特性調査 - 中央施設
  - 4.5 詳細特性調査 - 処分場区域
  - 4.6 処分場の安全評価を目的とした補足調査
5. 詳細特性調査の品質管理と品質保証
6. 詳細特性調査プログラム結果の報告
7. 継続的な計画立案と開発

Posiva, 『オルキオトにおけるモニタリング: 処分場操業開始前までの計画(Posiva 2012-01)』, 2012



1. はじめに
2. 背景・状況
3. モニタリング計画の開発
4. 岩盤力学面でのモニタリング計画
5. 水理学的モニタリング計画
6. 水理地球化学モニタリング計画
7. 地表環境のモニタリング計画
8. 外来物質のモニタリング計画
9. 人工バリア・システムのモニタリング計画
  - 9.2.1 キャピスタ
  - 9.2.2 ベントナイト緩衝材
  - 9.2.3 埋め戻し材
  - 9.2.4 プラグ及びシール
10. 運営及び報告

【参考】 米国における性能確認プログラムに関するNRC規則

- 地層処分に関する米国NRC規則は、「性能確認プログラム」を明示的に取り上げ、その実施を安全規制要件として要求。

サブパートF:性能確認プログラム

§ 63.131 一般要件

(a) 性能確認プログラムは、可能な場合に、以下の事項に関するデータを提供する。

- (1) 建設と廃棄物定置作業の間に遭遇する実際の地下条件と条件の変更が許認可審査において想定された限度内にあるかどうか。
- (2) 処分場操業に必要で、恒久閉鎖後にバリアとして動作するように設計または想定された地層および人工のシステムと構成要素が、意図および予期通りに機能しているかどうか。

(b) プログラムはサイト特性調査の間に開始され、恒久閉鎖まで継続する。

(c) プログラムは、本セクション(a)項によって必要とされるデータを提供するために適切であるかもしれない、**原位置監視、実験室および現場試験、原位置実験を含む。**

(d) プログラムは、以下のように実施される。

- (1) 性能目標を満たすために、地層処分場の地層および人工の要素の能力に悪影響を与えない。
- (2) サイト特性調査、建設、操業活動によって変更される可能性がある地質環境に関するパラメータおよび自然プロセスに関する基礎情報および情報解析を提供する。
- (3) 地層処分場の性能に影響する可能性があるパラメータの基礎条件からの変動を監視し、解析する。

\*\*\*\*\*

注) § 63.132~134において、具体的な実施要求事項を規定(内容割愛)。

§ 63.132 地質工学的なパラメータと設計パラメータの確認

§ 63.133 設計試験

§ 63.134 廃棄物パッケージのモニタリングおよび試験

(2) 「性能確認プログラム」を指向した国際共同研究における取組の動向

国際共同研究(MoDeRnプロジェクト、MoDeRn2020プロジェクト)

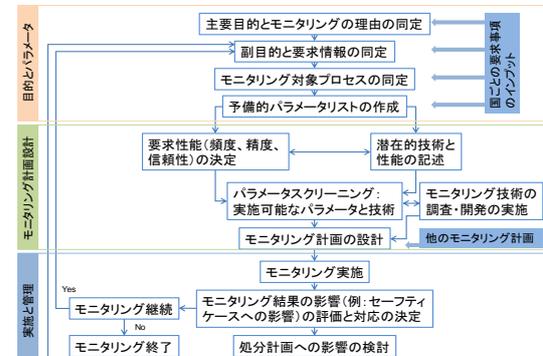
- EUのフレームワーク・プログラム「MoDeRn」※として2009年よりスタート。  
 ※ MoDeRn (Monitoring Developments for safe Repository operation and staged closure (2009~2013)  
 現在、MoDeRn2020が進行中。
- 地層処分事業の各段階におけるモニタリングに関する検討及び実施に向けた、参照すべきフレームワークの提供を目指す。  
 ⇒ **品質保証や性能確認プログラムを指向した取組**

【参考】 MoDeRnの主な検討対象(左図赤字)と、プログラム開発に向けた体系的なアプローチ(右図)

地層処分モニタリングの目標と分類

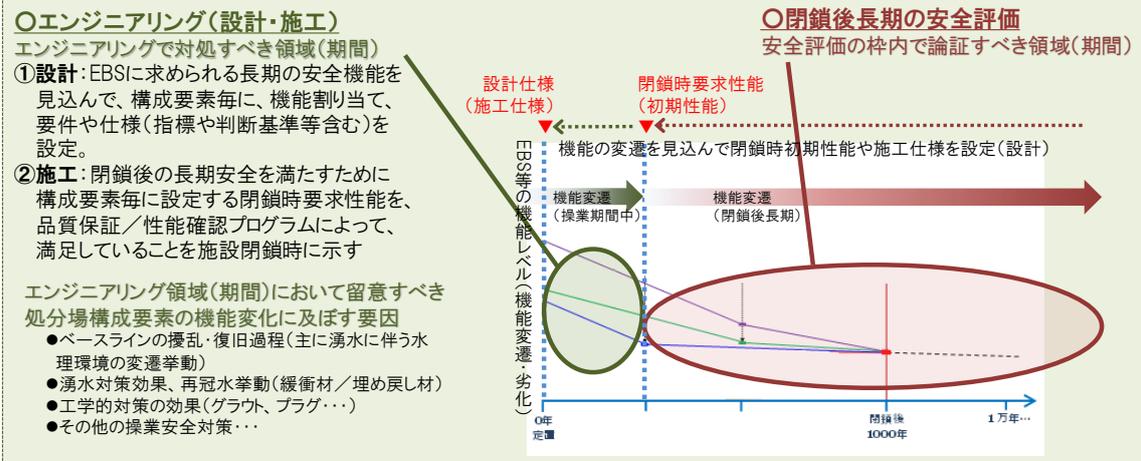
モニタリングの包括的目標			
・ 処分プロセスの段階的管理に関する意思決定への貢献			
・ 処分プロセスに対するステークホルダーの信頼の強化への貢献			
主要目的: 包括的目標に寄与するため、			
処分システムを以下の理由のためにモニタリング			
1. 処分システムの期待/予測された挙動の検証/確認 (閉鎖後安全、性能確認)	2. 操業安全性	3. 環境影響	4. 核保障措置(直接処分)
・ 長期の安全性に関するセーフティケースの根拠のサポート	・ 一般労働安全		
・ 閉鎖前の処分プロセスのマネージメントのサポート	・ 放射性安全		

性能確認モニタリングのフレームワーク



【参考】性能確認プログラムの概念(1/2):プログラムが対象とする領域

(諸外国の議論を参考に事務局で整理)



○安全評価(閉鎖後長期の安全性)

構築される処分場の初期性能(閉鎖時要求性能)

⇒ 閉鎖後の処分場の変遷挙動を踏まえて、その長期にわたる受動的な安全性を論証。

○エンジニアリング(設計・施工)

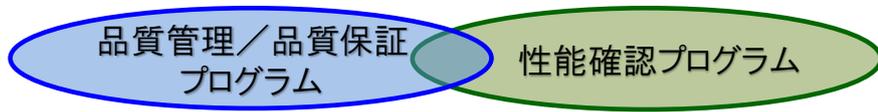
EBSに求められる長期の安全機能を見込んだ初期性能(設計仕様)を確保するための設計・施工

⇒ ①**設計**: 処分システムの成立性を満たすように設計(閉鎖時の初期性能等を設定・提示)

⇒ ②**施工**: 施設閉鎖までの能動的な活動によって、設計から示される閉鎖時の初期性能を確保するように施工(構築する処分場の品質保証/性能確認)

【参考】性能確認プログラムの概念(2/2):プログラム体系と構造

(諸外国の議論を参考に事務局で整理)



プログラムの構造(適用可能な複数の手法の組み合わせ)

- |   |  |
|---|--|
| <p><b>モニタリング</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 原位置での直接測定</li> <li>● 原位置での間接測定</li> <li>● 類似環境での測定(オフサイト、実験環境)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ソフト技術(方法・手法)</li> <li>● ハード技術                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・測定技術(測定機器)</li> <li>・共通基盤技術                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 伝送機器</li> <li>- 電源供給機器...</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> |
| <p><b>施工プロセス管理</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 事前に実証された施工手順等                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・原位置実証(操業段階、精密調査段階)</li> <li>・間接実証:研究施設等(類似環境等)</li> </ul> </li> <li>● プロセス監視(モニタリング)</li> </ul> |  |
| <p><b>製造プロセス管理</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 事前に実証された製造手順等</li> <li>● 管理対象                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄体</li> <li>・OP、緩衝材、その他の地下構造物</li> </ul> </li> <li>● プロセス監視(モニタリング)</li> </ul> |  |

プログラム設計における留意事項など

- 把握/測定可能な対象や事象
- 技術や機器の適用性(適用限界)
- 代表性(原位置モニタリング)
- ...

操業期間における品質や性能への影響因子

- |   |  |
|---|--|
| <p><b>外部事象</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ベースライン変化(擾乱影響のモニタリング)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・水理</li> <li>・化学(湧水)、圧力、温度</li> </ul> </li> <li>● 湧水/排水</li> </ul> |  |
| <p><b>内部事象</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 要素間相互影響                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・化学、圧力、温度</li> </ul> </li> </ul>   |  |
| <p><b>影響緩和効果など</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 湧水抑止(グラウト、支保、膨潤緩衝材、プラグ...)</li> <li>● 化学(...)</li> <li>● 圧力(...)</li> <li>● 温度(...)</li> </ul>  |  |

## 2. わが国の検討経緯とNUMOの考え方

○ NUMOは、自身の技術報告書において、法定要件やその時点までの国内外の検討動向等を踏まえて、地層処分事業におけるモニタリングに関する基本的考え方を提示。

- これまでの、特に安全規制制度に係る国の議論※として、閉鎖措置に処分事業としての重点を置き、それへのインプットとして操業段階におけるモニタリングを位置付けていることなどを紹介。

※総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会報告(2006, 2008)

- 上記の議論や国際的な動向を踏まえ、モニタリングの分類や段階的な役割を整理。

○ これらで着目されているポイントは、諸外国の取組や検討動向と整合的(性能確認に係る取組の重要性が意識されている)

○ このようなNUMOの考えは、「地層処分の安全確保(2010)」や現在取り組んでいる「包括的技術報告書」でも踏襲されている。

### 【参考】モニタリングと初期ベースラインに関するNUMOの基本的考え方(NUMO-TR-10-01)

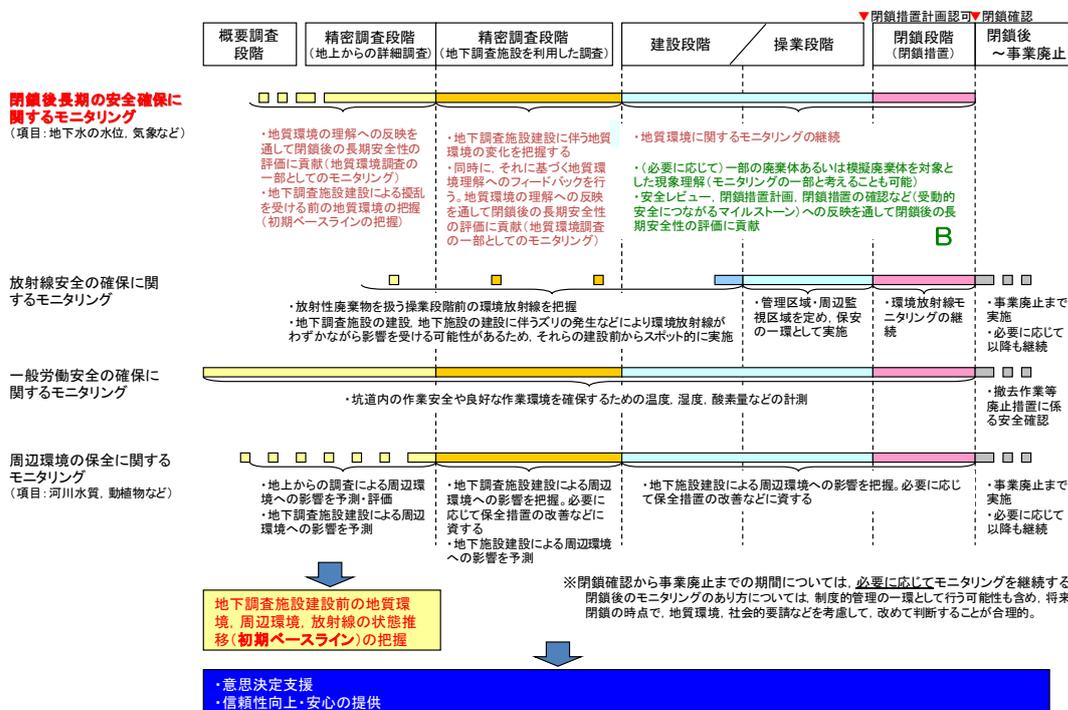


#### 目的に基づくモニタリングの分類

目的		モニタリングの分類
閉鎖後長期の安全確保		閉鎖後長期の安全確保に関するモニタリング
事業期間中の安全確保	放射線安全の確保	放射線安全の確保に関するモニタリング
	一般労働安全の確保	一般労働安全の確保に関するモニタリング
	周辺環境の保全	周辺環境の保全に関するモニタリング

9

### 【参考】NUMO-TR-10-01で整理されたモニタリングの段階的な役割



10

## 資料 9

諸外国における回収費用に係る検討状況

可逆性・回収可能性に関する費用については、可逆性・回収可能性を維持することに伴う費用と将来の回収作業に要する費用が想定される。誰が（どの世代が）その費用を負担するかということと併せて、これらの費用に関する諸外国の検討状況や国際的な議論は表 9-1 のように整理できる（詳細は本資料に後掲したスライドに整理）。これらの動向は、現時点における諸外国の制度整備状況と併せて、次のように要約できる。

- 具体的な回収費用の見積もりをしている国はない。
  - ・フィンランドのみ概算的な回収費用を見積もり
  - ・フランスは回収の容易性を加味した施設設計に伴う費用を処分費用に組み込み（将来の回収費用そのものは明示していない）
- 将来の廃棄物管理方策の変更（将来世代の選択柔軟性確保）に伴う回収費用を、現世代が積み立てている国は、現時点では存在しない。
- 回収の容易性を予め処分施設設計に考慮する場合と比較して、後になって回収可能性の措置を行う方が、費用が高くなる可能性が示唆されている。

表 9-1 諸外国における費用（回収費用）に関する検討動向

諸外国における回収費用に関する検討状況

- 廃棄物の回収費用の見積もり情報を公開しているのは、フィンランドのみ。
  - 実施主体のポシヴァ社は、回収費用について、最終処分場の建設、操業及び閉鎖にかかる費用の 30～50%と見積もり（処分費用は 33.2 億ユーロ（2009 年見積もり、約 4450 億円））
  - ポシヴァ社は回収可能性に関する費用の評価は不確実性が大きいことにも言及
- フランスは回収の容易性を加味した施設設計に伴う費用を評価。
  - 回収可能性を初期の設計段階から考慮する場合、回収可能性に係る費用は全費用を数%（2～10%）増加させる程度。（処分費用は 250 億ユーロ（2016 年見積もり、3.35 兆円））
- OECD/NEA R&R プロジェクト報告書では回収費用について定性的に評価。
  - 回収費用は処分費用に匹敵するかそれを超える可能性

回収／回収可能性に係る費用負担についての検討動向

- OECD/NEA R&R プロジェクト報告書では、回収可能性に係る費用負担については議論の余地があることを指摘。
- フランスの処分実施主体 ANDRA は、処分方策の変更、及びそれに伴う廃棄物の回収を将来世代が行使した場合は、そのための費用も将来世代が負担することと言及。

## 1. 可逆性・回収可能性と費用について

### (1) 諸外国における回収費用に関する検討状況について

#### フィンランド

- 閉鎖後に全キャニスタを地上に回収する決定がなされた場合、**作業費用は最終処分場の建設、操業及び閉鎖にかかる費用の30～50%**と見積もり。(処分費用は33.2億ユーロ(2009年見積もり、約4450億円))
- 回収可能性に関する費用の評価は不確実性が大きいことにも言及。  
(**回収可能性に関する費用の評価は将来行われうる回収の時期をあらかじめ設定しておく必要があるため、容易ではない。とりわけ、技術開発の規模が費用の大きさに影響を及ぼすことから、費用評価の許容誤差はかなり大きなものとなる。**)

出典: POSIVA「使用済燃料向けオルキオト・キャニスタ封入施設及び最終処分施設の建設許可申請 申請書: 附属書17 政府機関が必要とみなすその他の説明文書: 最終処分場の開削可能性、それに影響を与える要因、開削技術、開削の安全性に関する説明及び開削費用の評価。」(2012)

#### フランス

- 回収可能性が設計段階で考慮され、処分の設計の本質的な一部となるなら、回収可能性は高コストを意味するものではないと言及。回収可能性を初期の設計段階から考慮するなら、(**回収可能性に係る費用は全費用を数%(2-10%)増加させる程度**である。(処分費用は250億ユーロ(2016年見積もり、3.35兆円))

出典: Abadie「フランスにおける高レベル放射性廃棄物管理のための地層処分施設プロジェクトCigéoの立地経験」(2015年11月12日NUMO講演会資料)

#### OECD/NEA R&R最終報告書(2011)

- これまでの経験から、**回収の費用は、処分費用に匹敵するか、それを越えることさえある。**

1

### (2) 回収／回収可能性に係る費用負担について

#### OECD/NEA

- **コストを誰が負担するかの問題も重要である。**元々の発生者が負担するコストと、最終的に廃棄物を回収する者が負担するコストを区別する必要がある。一般的に言えば、セーフティケースを支えるコストは元々の発生者の負担と考えられ、**安全性とは無関係の単に回収可能性だけに係るコストは議論のあるところである。**・・・[略]・・・。回収可能性が処分プログラムを社会が受け入れるための前提条件であれば、回収可能性に係るコスト(回収自体のコストと区別)は処分場計画の全体コストに組み入れられるべきだが、このことについてはしっかりと情報共有しておく必要がある。
- 回収可能性のための措置は、**設計において最初から考慮された場合に比べて、後になって行う方がコストが増加する可能性が高い。**  
(R&Rプロジェクト最終報告書)

#### フランス

- **可逆性を確保するために講じられる技術的措置の費用(将来世代に選択肢を提供するための費用)はプロジェクトに組み込まれている。**現在の世代はこれにより、将来世代に処分プロセスに対する将来的な介入の可能性と能力を保証する。ただし**将来の世代がこの選択肢を行使し、例えば処分方法を変更し、処分場からパッケージを回収し、または最終的な閉鎖日を延期することに決めた場合には、かかる決定に関する財政負担は将来世代が負わなければならない。**(ANDRA、可逆性に関するポジションペーパー(2016))

2

### (3)回収／回収可能性に係る費用について

#### OECD/NEA

- 処分場から廃棄物を回収できるようにすることに伴うコストは以下のように分けることができる。
  - ・ 廃棄物の回収を容易にするために必要になる可能性のある処分場構成要素の品質を上げるためのコスト。
  - ・ 操業が延長された期間、安全を確保するために行うモニタリングと保守のためのコスト。
  - ・ 廃棄物の回収が行われる場合には、その回収コスト。
  - ・ 二次廃棄物を管理（残留汚染と修復措置）するためのコスト。
- 回収のコストだけでなく、回収した物質を処理するための新しい施設の建設、運転のコスト（処分のやり直しも含める可能性がある）についても認識しておくことが重要である。回収は最終地点ではないことを理解しておくなければならない。  
(OECD/NEA, R&Rプロジェクト最終報告書(2011))