資料-1

ウラン濃縮工場バックエンド、MOX燃料加工事業等について

平成15年12月16日

電気事業連合会

目　　次

1. ウラン濃縮工場のバックエンドについて

(1)遠心機等撤去及び廃止措置における人工数の算定

(2)廃棄物発生量の算定

(3)ウラン濃縮工場バックエンド費用の変動要因

2. MOX 燃料加工事業について

(1)廃止措置費用の算定

(2)MOX 燃料加工事業費用の変動要因

3. 中間貯蔵及び返還廃棄物管理事業の変動要因について

(1)中間貯蔵施設のスケールメリット

(2)返還廃棄物管理の点検保守費

1. ウラン濃縮工場のバックエンドについて

第3回コスト等検討小委員会において提示した「資料-3 ウラン濃縮工場バックエンド費用の見積もりについて」(以下、「濃縮バックエンド費用見積もり」という。)における、遠心機等撤去及び廃止措置に必要な人工数の算定根拠について補足説明する。

また、あわせて、ウラン濃縮工場の操業及び廃止措置に伴い発生する廃棄物発生量の算定根拠について補足説明する。

さらに、バックエンド費用見積もりに影響を与える、主な変動要因について説明する。

(1)遠心機等撤去及び廃止措置における人工数の算定

遠心機等撤去及び廃止措置における必要人工数は、核燃料サイクル開発機構(以下、「JNC」という。)の実績等に基づく評価式により算定した。

①金属胴遠心機の撤去(表-7)

JNC 人形峠パイロットプラントの解体実績に基づく評価式を参考とし、グリーンハウス設置・撤去、配管・サポート撤去、遠心機搬出等の作業人工数を評価した。

評価にあたっては、パイロットプラントに対して六ヶ所ウラン濃縮工場の金属胴遠心機は構造上、複数台をまとめて撤去することが可能であるため、配管切断・養生等の作業箇所が少なく、搬出回数が少ないこと等、作業が簡易となることを考慮して、評価式を設定した。

②新型遠心機の撤去(表-7)

開発中の新型遠心機は、JNC 人形峠パイロットプラントと同様に、複数台をまとめて撤去することはできないが、重量当たりの配管切断・養生等の作業箇所が少なく、作業が簡易となること等を考慮して評価式を設定した。

③周辺設備の撤去(表-7)及び廃棄物処理設備の廃止措置(表-11)

JNC の評価式は、再処理施設(ウラン系)及び製錬転換施設等の解体実績を基に設定しているが、製錬転換施設は再処理施設(ウラン系)よりも若干人工数が少ない。

濃縮工場の周辺設備等は比較的汚染が少なく、製錬転換施設の作業に近いと考えられるため、製錬転換施設の解体実績に合うように評価式を設定した。

④廃止措置時における第1種管理区域の床壁等のはつり(表-11)

JNC の評価式を参考とし、本作業は、汚染した機器の撤去後に作業を行うため、作業環境の汚染レベルは低く、施設の特性に依存しないことを考慮して、評価式を設定した。

なお、床壁等のコンクリートも汚染レベルは低いと考えられるが、ライニング等の表

面処理を施していないため、コンクリート表面のはつりを想定した。

11月5日 コスト等検討小委員会 資料-3

表-7 遠心機等撤去作業における必要人工数評価式

	評価式	備　考
金属胴遠心機	Y＝3.5W＋400	凡例） Y:作業人工数[人日] W:設備重量[ton]※
新型遠心機	Y＝6W＋400	
周辺設備	Y＝24W＋150	

表-11 廃止措置時における設備解体及び床壁等はつりの作業人工数評価式

	評価式	備　考
廃棄物処理設備	Y＝24W＋150	凡例） Y:作業人工数[人日] W:設備重量[ton] S:第1種管理区域内表面積[m^2]
第1種管理区域の床壁等（はつり）	Y＝0.87S	

※ 遠心機の設備重量は、運転単位毎の重量の合計。

ここで、はつり対象となる第1種管理区域が含まれる建屋のはつり対象面積を下表に示す。既設建屋については建設実績から算定、将来設置する建屋については、はつり対象面積を床面積から求めた。

各建屋のはつり面積

	ウラン濃縮建屋※（既設）	廃遠心機処理建屋（将来設置）	可燃物処理建屋（将来設置）
はつり対象面積[m^2]	50,500	12,900	3,500

※ウラン濃縮建屋第1種管理区域 ： 発生回収室、均質室等

(2)廃棄物発生量の算定

ウラン濃縮工場から発生する廃棄物について、発生する廃棄物のフローを仮定するとともに、JNC 及び六ヶ所ウラン濃縮工場実績等を基に物量を算定した。

①ウラン濃縮工場から発生する廃棄物

ウラン濃縮工場の遠心機等撤去、ウラン濃縮工場操業、廃棄物処理運転、廃止措置において発生する廃棄物について、発生源、廃棄物分類、処理方法、処分形態を考慮した廃棄物フロー及び物量を添付 1 に示す。

②ウラン濃縮工場操業に伴う雑固体廃棄物の発生量

ｉ)2002 年度までの発生量実績

ウラン濃縮工場から発生した雑固体廃棄物の実績は、約 3,800 本。年度毎の発生量は以下の通り。

雑固体廃棄物の年間発生量実績

年度	1991 H3	1992 H4	1993 H5	1994 H6	1995 H7	1996 H8	1997 H9	1998 H10	1999 H11	2000 H12	2001 H13	2002 H14
発生量 (本)	30	171	256	240	238	464	623	472	344	378	379	190

注)発生量は 200 リットル入りドラム缶の本数。

ⅱ)2003 年度以降の発生量予測

現在の金属胴遠心機運転中の発生量は、上記の運転実績と同程度とし、新型遠心機導入以降は、金属胴遠心機と新型遠心機それぞれの設備規模を考慮し、雑固体廃棄物の発生量を求める。その結果は、約 18,000 本である。

したがって、ウラン濃縮工場から発生する雑固体廃棄物の合計は、約 21,800 本と仮定した。

(3)ウラン濃縮工場バックエンド費用の変動要因

①技術進歩により廃止措置に係る人工数が 10%削減される場合

廃止措置の費用について、今後の技術進歩により解体工数及び廃棄物処理工数が10%減少した場合を評価すると、廃止措置費用 3.8 百億円に対し、0.2 百億円の減少となる。

②廃棄物発生量が±10%変動した場合

ｉ)操業廃棄物

操業廃棄物の内、余裕深度処分対象の廃棄物発生量が±10%変動した場合を評価すると、操業廃棄物輸送・処分費 3.9 百億円に対し、±0.4 百億円の変動となる。

ii)解体廃棄物

廃止措置廃棄物の内、余裕深度処分対象の廃棄物発生量が±10%変動した場合を評価すると、解体廃棄物輸送・処分費 1.6 百億円に対し、±0.1 百億円の変動となる。

③放射能濃度、クリアランスレベルにより処分形態が異なる場合

ｉ)第 1 種管理区域のはつりコンクリートを簡易処分とした場合

建屋解体廃棄物のうち、汚染の可能性のある建屋の表面はつりコンクリートについては、全て余裕深度処分と想定した。

表面はつりコンクリートの全てが素掘りトレンチ処分※できるとした場合を評価すると、廃止措置に係る廃棄物輸送・処分費 1.6 百億円に対し、0.6 百億円の減少となる。

はつり作業を全く行わないとした場合を評価すると、廃止措置に係る解体工事費 1.8 百億円、廃棄物輸送・処分費 1.6 百億円に対し、1 百億円の減少となる。

※ 素掘りトレンチ処分の廃棄物輸送費単価:0.4 百万円／m^3
素掘りトレンチ処分の廃棄物処分費単価:0.3 百万円／m^3
(総合エネルギー調査会原子力部会中間報告「商業用原子力発電施設解体廃棄物の処理処分に向けて」(平成 11 年 5 月 18 日)に基づく)

ii)余裕深度処分対象廃棄物のうち 50%を素掘りトレンチ処分とした場合

放射性廃棄物のうち除染してもクリアランスできないものについては全て余裕深度処分と想定した。

余裕深度処分と想定した廃棄物の 50%が素掘りトレンチ処分できるとした場合を評価すると、操業及び廃止措置における廃棄物輸送・処分費 5.5 百億円に対し、2 百億円の減少となる。

④その他の変動要因

ｉ)廃棄物処理設備の点検保守費を設備費の 2%とした場合

ウラン濃縮工場の廃棄物処理設備の点検保守費については、年間点検保守費を『建屋建設費×1%＋機械装置費×3%』とし、2.2 百億円と見積もっている。

年間点検保守費を『建屋建設費×1%＋機械装置費×2%』とした場合を評価すると、0.5 百億円の減少となる。

ⅱ)ウラン廃棄物処理方法の変更

ウラン濃縮工場から発生する金属類の廃棄物については、IF_7による一次除染、硫酸による二次除染を行うことでクリアランス以下にできるものとして評価しているが、第 5 回コスト等小委員会の資料-5「規制の動向によるコストへの影響」で記載の通り、ウラン廃棄物のクリアランスを考慮せず素掘りトレンチ処分とした場合、5 百億円の増加と評価している。

一方、このケースにおいて、二次除染を行わずに、素掘りトレンチ処分する場合を評価すると、操業廃棄物処理費用のうち二次除染に係わる費用及び二次除染設備の廃止措置費用が不要となり、操業廃棄物処理費 13.8 百億円及び廃止措置費用 3.8 百億円に対し、3 百億円の減少となる。

2. MOX 燃料加工事業について

第 4 回コスト等検討小委員会資料において提示した「資料-2 MOX 燃料加工事業費用の見積もりについて」における、廃止措置費用の算定について補足説明する。

また、MOX 燃料加工事業費用の見積もりに影響を与える、主な変動要因について説明する。

(1)廃止措置費用の算定

①解体手順の考え方

MOX 燃料加工施設は、放射線業務従事者を被ばくから保護するため、施設の管理区域内を汚染の可能性により区分し、以下の区域を設定する。

C3 区域:わずかな汚染の可能性がある区域で、放射線業務従事者に係る放射能濃度限界以下の区域。

C2 区域:通常の操作で空気汚染及び表面汚染が発生する可能性が極めて少ない設備のある区域。

C1 区域:放射性物質を取扱わない区域で、外部放射線に係る線量のみの管理を行う区域。

W 区域 :非管理区域

ⅰ)汚染拡大防止の観点から、グローブボックス(以下、GB とする)とその内部機器→C3 区域→C2、C1 区域→W 区域の順に解体する。

ⅱ)GB とその内部機器の解体作業は、汚染拡大防止の観点から、グリーンハウスを設置して行う。

ⅲ)建屋は汚染部分を除去した後に管理区域の解除を行う。その後は、一般の建物と同様な方法で解体を行う。

②解体工数

ⅰ)GB 及び GB 内機器の解体工数の算出

MOX 燃料加工施設特有の機器等は、GB 内に設置されている。

GB の解体工数は、先行施設の実績より以下の式で算定した。

$Y = 46 \times V$　　Y : GB 及び GB 内機器の解体工数(人日)

V : GB 容積(m^3)

ⅱ)その他の機器解体工数の算出

GB を除く解体対象廃棄物量は、原子炉施設と同等の解体となるため、原子炉施設の解体工数算定式と同様のものを用いた。

算定式の一覧を添付 2-1 に示す。

iii)建屋解体工数の算出

建屋解体は原子炉施設と同等の解体となるため、原子炉施設の解体工数算定式と同様のものを用いた。解体工数算出式を下記に示す。

$Y=1.7\times W$　　Y ： 建屋の解体工数(人日)

W ： 建屋解体重量(ton)

ただし、MOX 燃料加工施設の解体では、原子炉施設に比べ建屋の単位体積当たりに含まれる鉄筋量が多いこと、及び、冬季に作業効率が低下することを考慮し、原子炉施設の解体工数算定式の 1.2 倍になるとする。

MOX 燃料加工建屋における解体工数の積算例を添付 2-2 に示す。

③解体廃棄物量

i)解体撤去廃棄物量

建設設計物量から、機器・配管等及び建屋の物量を集計し、解体撤去廃棄物量を算出する。施設全体の物量を添付 2-3 に示す。

解体撤去廃棄物のうち、機器等については、施設のエリア区分(C3、C2、C1、W)によって、放射性廃棄物(C3 区域)、クリアランスレベル以下廃棄物(C2、C1 区域)、非放射性廃棄物(W 区域)に区分、更に、放射性廃棄物については、その物量に、先行事例を基に設定した処分区分比率を乗じることで、処分方法(地層、余裕深度、浅地中コンクリートピット処分)毎の物量を設定した。一方、建屋については、非放射性廃棄物とした。

解体撤去廃棄物量の集計を添付 2-4 に示す。

ii)二次廃棄物量

解体に伴って発生する固体廃棄物は、解体撤去廃棄物中の放射性廃棄物量に、先行事例を基に設定した発生比率を乗じることにより、可燃物、不燃物、難燃物廃棄物の発生量を求め、更にこれに処分区分比率を乗じることで、処分方法毎の物量を設定した。

二次廃棄物量の集計を添付 2-5 に示す。

iii)廃棄物処理

MOX 燃料加工施設廃止措置に伴い発生した放射性廃棄物は、放射性廃棄物の種類及び処分区分毎に切断、圧縮、焼却、溶融の処理を行い、処分容器に固型化する。

廃棄物処理フローを、解体撤去廃棄物に関しては添付 2-6、二次廃棄物に関しては添付 2-7 に示す。

また処理の結果発生する総廃棄物量を添付 2-8 に示す。

(2)MOX 燃料加工事業費用の変動要因

①技術進歩により廃止措置に係る人工数が 10%削減した場合

廃止措置費用について、今後の技術進歩により解体工数が 10%減少した場合を評価すると、廃止措置費用 8 百億円に対し、0.2 百億円の減少となる。

②廃棄物発生量が±10%変動した場合

ｉ)操業廃棄物

MOX燃料加工施設から発生する操業廃棄物は雑固体廃棄物であり、地層処分対象となるものは、GB 内機器等限られた範囲であることより、地層処分対象の廃棄物量が変動する可能性は小さいと考えられる。このため、余裕深度処分・浅地中コンクリートピット処分対象となる廃棄物について、処分対象物量が±10%変動した場合を評価すると、操業廃棄物輸送・処分費用 0.5 百億円に対し、±0.1 百億円未満の変動となる。

ⅱ)解体廃棄物

地層処分対象となるものは、GB 内機器等限られて範囲であり、廃棄物量が変動する可能性は小さいと考えられる。このため、余裕深度処分・浅地中コンクリートピット処分対象となる廃棄物について、処分対象物量が±10%変動した場合を評価すると、廃止措置費用 8 百億円に対し、±0.3 百億円の変動となる。

③その他

- リサイクルスクラップの処理は再処理施設で行うことを想定しているが、これを MOX 燃料加工施設に新たな設備を設置して行うこと想定すると、新たな費用が発生する。
- 機器更新費用及び点検保守費については、再処理同様、費用が変動することが想定される。

3. 中間貯蔵及び返還廃棄物管理事業の変動要因について

中間貯蔵及び返還廃棄物管理事業費用の見積もりに影響を与える、主な変動要因について説明する。

(1) 中間貯蔵施設のスケールメリット

使用済燃料 2.4 万トンの金属キャスク方式中間貯蔵施設について、10,000 トン規模が 2 サイト(同一サイトで増設)、5,000 トン規模が 1 サイト建設されると想定し、試算を行った。

「Reduction of Capital Costs of Nuclear Power Plants.OECD,2000.」によると、原子力発電所では、同規模の施設を 2 基建設した場合の建設コスト低減効果は 80～85%程度となる。ここでは、同一サイトで 5,000 トン規模の中間貯蔵施設が増設される場合の建設コスト低減効果を 80%と想定した。(表-1 参照)

また、港湾施設は 3 サイトになること、敷地造成必要面積の減少等も考慮すると、中間貯蔵費用 101 百億円は、4 百億円～6 百億円の減少となる。(表-2 参照)

表-1 中間貯蔵施設のスケールメリットによる費用効果

項目		原子力部会試算値 (5,000 トン規模)	スケールメリット補正 (10,000 トン規模)	補 正 方 法
資本費	建設費	105 億円	168 億円	建設費×0.8
	キャスク費	1,195 億円	2,390 億円	キャスク 1 基あたりの費用は一定
	解体・処分費	10 億円	20 億円	処分費は倍増
運転費		238 億円	381～476 億円	(運転費×2) ×0.8～1.0

表-2 スケールメリットを想定した中間貯蔵費用 (単位:百億円)

費 目		5,000 トン×5 サイト	10,000 トン×2 サイト 5,000 トン×1 サイト
資本費	建設費	5	4
	キャスク費	57	57
	解体・処分費	<1	<1
運転費		12	10～12
敷地造成・港湾施設費		10	6
貯蔵用キャスクの解体・処分費		17	17
合計		101	95～97

(2)返還廃棄物管理の点検保守費

①返還高レベル廃棄物管理

返還高レベル廃棄物貯蔵管理施設の点検保守費については、2018 年度までは操業実績に基づいて、また、2019 年度以降は年間の点検保守費を『建屋建設費×1%＋機械装置費×1.5%』として、総額を 4.9 百億円と見積もっている。

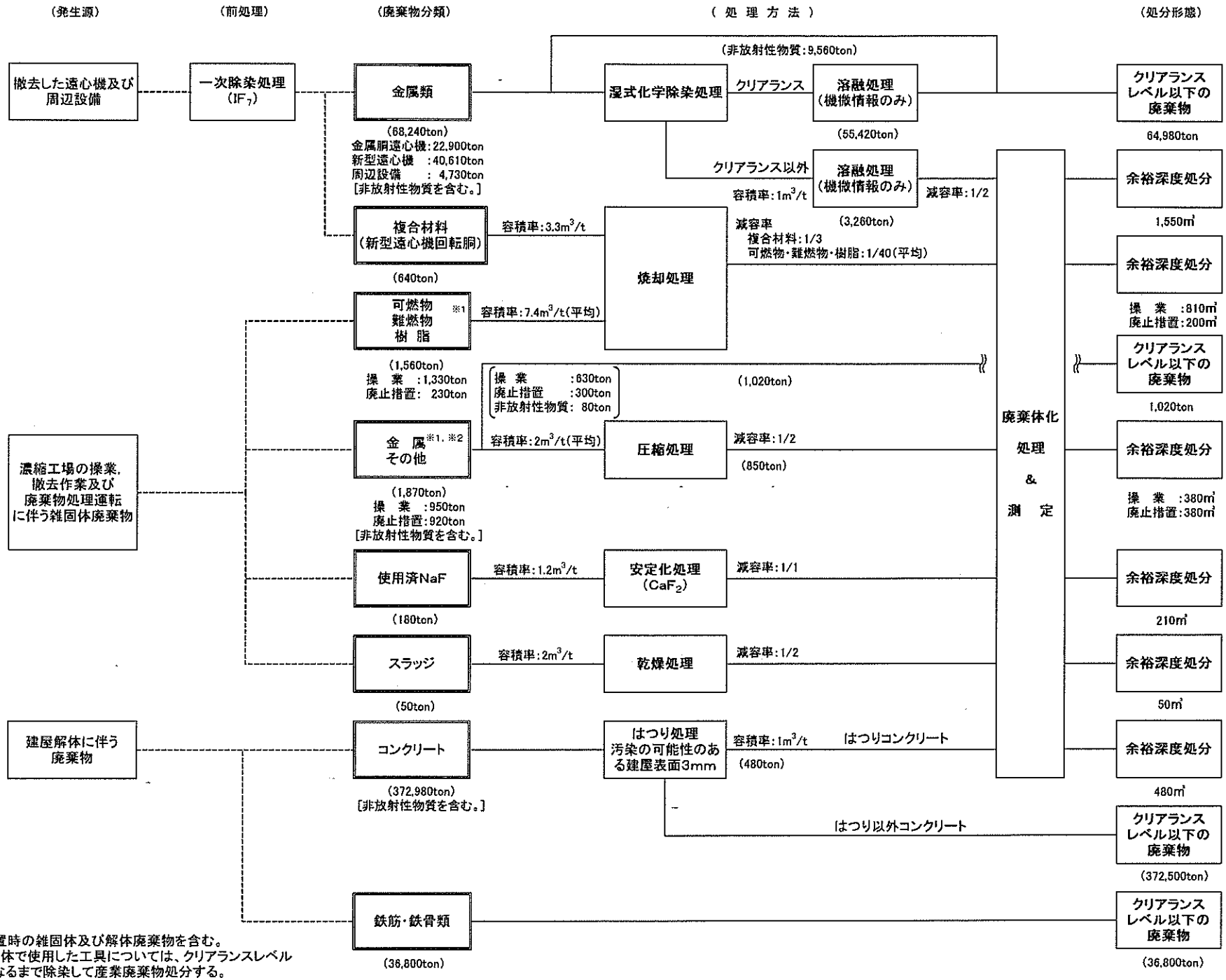
点検保守費に係る振れ幅として、2018 年度までは操業実績に基づいて見積もり、2019 年度以降の年間の点検保守費を『建屋建設費×1%＋機械装置費×1%』とした場合を評価すると、0.8 百億円の減少となる。

②返還低レベル廃棄物管理

返還低レベル廃棄物貯蔵管理施設の点検保守費については、将来の事業であり、今後、設計を行う施設であることから、個別の機器に係る点検保守費用の積み上げが難しいこと等により、年間費用を『建屋建設費×1%＋機械装置費×1.5%』として、総額を 5 百億円と見積もっている。

点検保守費に係る振れ幅として、全期間を通じて、年間の点検保守費を『建屋建設費×1%＋機械装置費×1%』とした場合を評価すると、1.3 百億円の減少となる。

以 上



※1：廃止措置時の雑固体及び解体廃棄物を含む。
※2：撤去・解体で使用した工具については、クリアランスレベル以下になるまで除染して産業廃棄物処分する。

添付1　ウラン濃縮工場から発生する廃棄物の物量について

添付2-1 GB以外の積算に用いた解体工数算定式

作業項目	直接作業時間算出	
準備作業	原子炉の実績を使用する。	Y=8.0W+130b
換気設備解体	原子炉の実績を使用する。	Y=49W+44b
配管設備解体　C1～C3区域	原子炉の実績を使用する。	Y=27W+51b
W区域	原子炉の実績を使用する。	Y=(27W+51b)／1.2
サポート解体　C1～C3区域	原子炉の実績を使用する。	Y=27W+6b
W区域	原子炉の実績を使用する。	Y=(27W+6b)／1.2
機器解体　C1～C3区域	原子炉の実績を使用する。	Y=42W+19a
W区域	原子炉の実績を使用する。	Y=(42W+19a)／1.2
ケーブル解体	原子炉の実績を使用する。	Y=48W+9.5b
盤類解体	原子炉の実績を使用する。	Y=16W+23b
後片付け	原子炉の実績を使用する。	Y=11W+120b
表面線量測定	原子炉の実績を使用する。	Y=0.19s+11

備考：式中のYは人工数、Wは機器・配管等の重量、aは機器員数、bは部屋数、sは建屋管理区域の壁床表面積を示す。

添付2-2 燃料加工建屋における解体工数の積算

		工数算出方法	(W)重量(ton)	(b)部屋数	(a)機器員数	作業時間(h)	人工(人日)
準備作業		Y=8.0W+130b	7,478	276	−	95,704	15,951
グローブボックス		Y=46V　*	2,680	←容積(m3)	−	−	123,280
換気設備解体		Y=49W+44b	1,432	276	−	82,322	13,720
配管設備解体	C1～C3区域	Y=27W+51b	59	222	−	12,911	2,152
	W区域	Y=(27W+51b)/1.2	9	54	−	2,498	416
サポート解体	C1～C3区域	Y=27W+6b	52	222	−	2,735	456
	W区域	Y=(27W+6b)/1.2	13	54	−	563	94
機器解体	C1～C3区域	Y=42W+19a	2,010	−	1,426	111,504	18,584
	W区域	Y=(42W+19a)/1.2	411	−	137	16,554	2,759
ケーブル解体		Y=48W+9.5b	642	276	−	33,434	5,572
盤類解体		Y=16W+23b	342	276	−	11,826	1,971
後片付け		Y=11W+120b	7,478	276	−	115,379	19,230
表面線量測定		Y=0.19s+11	101,344	←表面積(m2)	−	19,266	3,211
合計							207,396

Y ： 作業時間 (h)
W ： 重量 (ton)
V ： 容積 (m3)
a ： 機器員数
b ： 部屋数
s ： 表面積(建屋管理区域の壁床表面積) (m2)

＊:グローブボックスの工数算出式の(Y)は、作業人工数(人日)を表す。

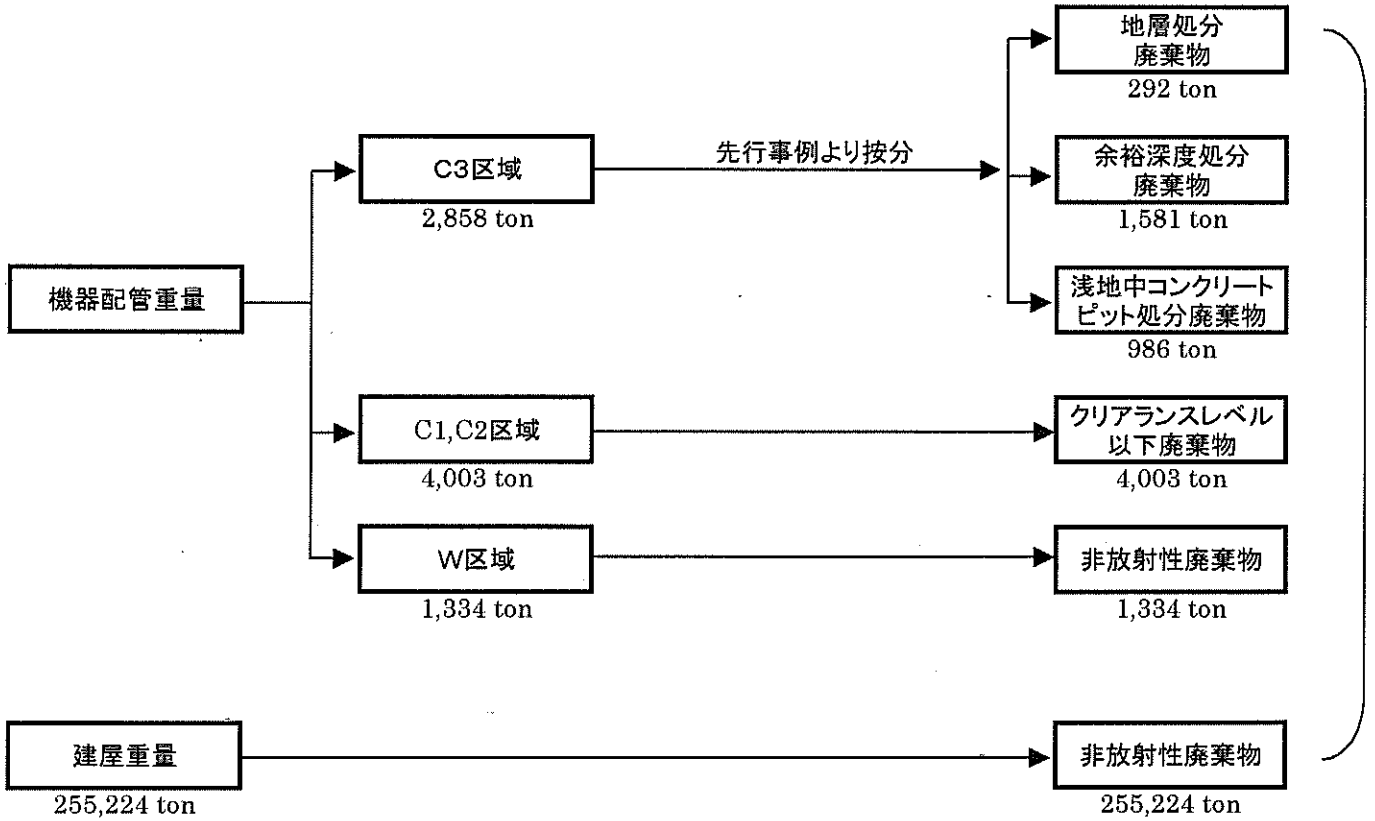
添付2-3 廃止措置物量集計表

建屋	機器重量(t)				配管重量(t)			ケーブル重量(t)	ダクト重量(t)	機器サポート重量(t)			配管サポート重量(t)			ダクトサポート重量(t)	盤重量(t)(クリアランス)	盤重量(t)(非放射性)	コンクリート(t)	鉄筋重量(t)	合計(t)
	C3(機器)	C3 (*)(GB)(m3)	C1,C2	W	C3	C1,C2	W			C3	C1,C2	W	C3	C1,C2	W						
燃料加工建屋	309	2,680(*)	1,701	411	20	39	9	642	955	14	17	10	7	14	3	477	158	184	213,667	22,400	236,067
エネルギー管理建屋	—	—	—	463	—	—	13	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	61	7,117	540	7,657
資材・管理建屋	—	—	—	128	—	—	31	—	—	—	—	5	—	—	11	—	—	—	10,750	750	11,500
合計	309	2,680(*)	1,701	1,002	20	39	53	642	955	14	17	15	7	14	19	477	158	245	231,534	23,690	255,224

	建屋管理区域壁床表面積(m2)
燃料加工建屋	101,344

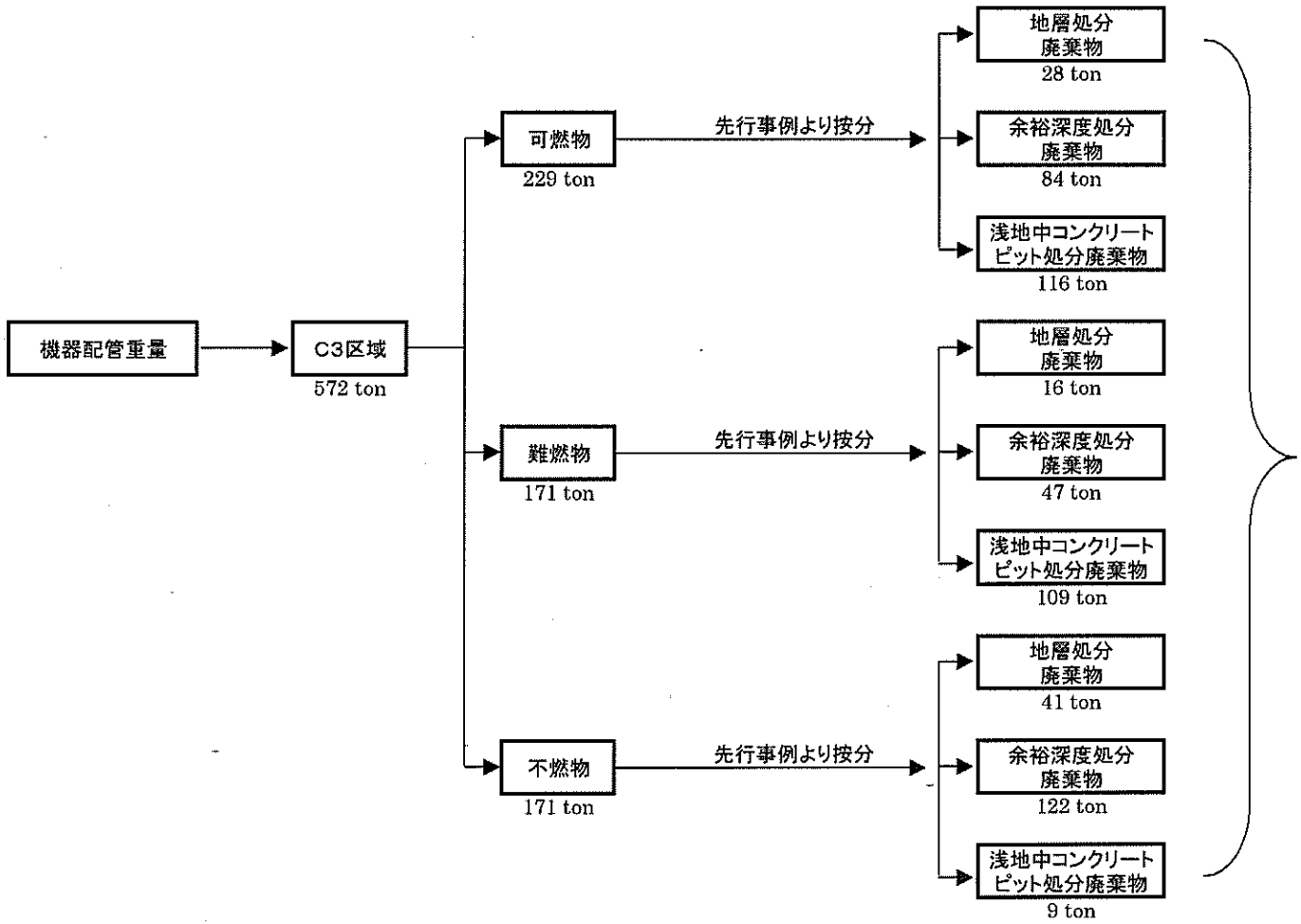
(*) グローブボックス容積　ただし、グローブボックス及びグローブボックス内機器重量　2,508 ton

添付2-4 解体撤去廃棄物の処分区分毎の物量



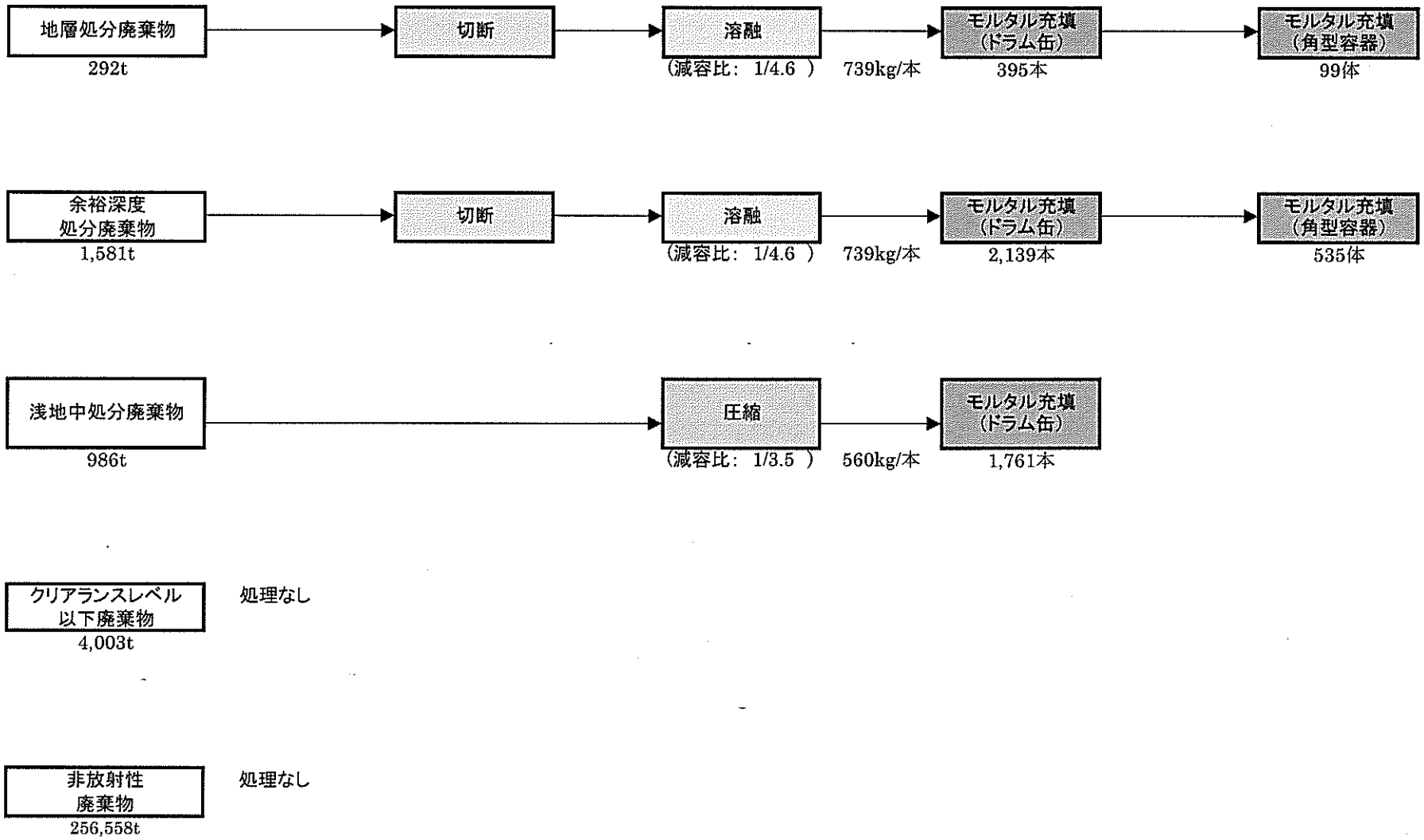
地層処分廃棄物	292 ton
余裕深度処分廃棄物	1,581 ton
浅地中コンクリートピット処分廃棄物	986 ton
クリアランスレベル以下廃棄物	4,003 ton
非放射性廃棄物	256,558 ton

添付2-5 二次廃棄物の処分区分毎の物量

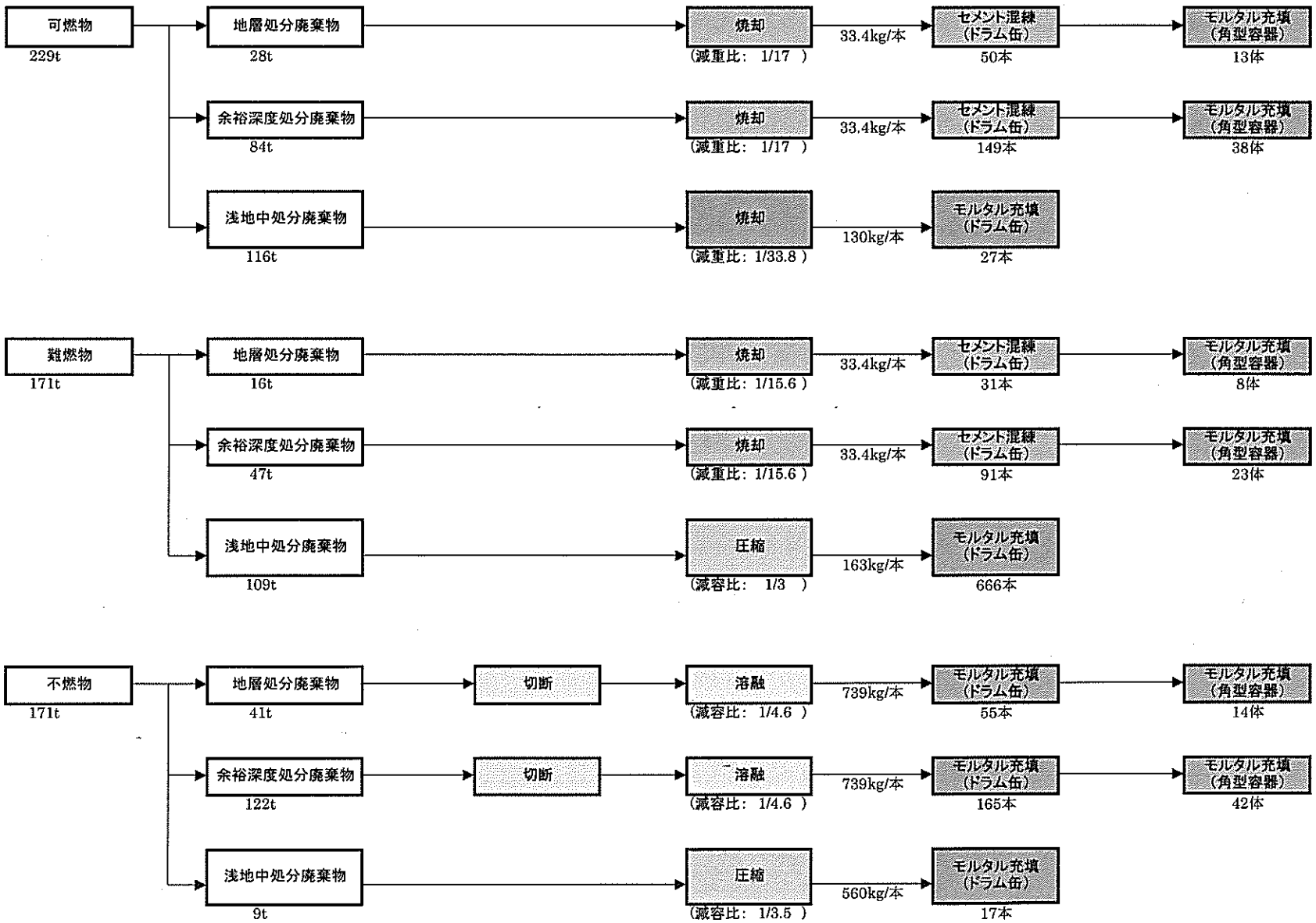


地層処分廃棄物	可燃物	28 ton
	難燃物	16 ton
	不燃物	41 ton
余裕深度処分廃棄物	可燃物	84 ton
	難燃物	47 ton
	不燃物	122 ton
浅地中コンクリートピット処分廃棄物	可燃物	116 ton
	難燃物	109 ton
	不燃物	9 ton

添付2-6 解体撤去廃棄物の処理



添付2-7　二次廃棄物の処理



添付2-8 廃止措置 総廃棄物量

		廃棄体数
解体廃棄物 撤去廃棄物	地層処分	99 体
	余裕深度処分	535 体
	浅地中コンクリートピット処分	1,761 本
二次廃棄物	地層処分	35 体
	余裕深度処分	103 体
	浅地中コンクリートピット処分	710 本

	廃棄体数	容積換算
地層処分	134 体	263 m3
余裕深度処分	638 体	1,250 m3
浅地中コンクリートピット処分	2,471 本	494 m3

	廃棄物量
クリアランスレベル以下廃棄物	0.4 万トン
非放射性廃棄物	26万トン

地層処分、余裕深度処分は角型容器（1.96m3）
浅地中コンクリートピット処分は200Lドラム缶