



「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び
設備の基準に関する規則第十三条
(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)
第1項第三号及び第四号への適合性について」の概要

埋設する廃棄物の種類及び放射エネルギーの設定

2022年 11月4日

日本原子力発電株式会社

埋設対象とする廃棄物(以下「廃棄物」という。)の種類及び数量, 放射性物質の種類ごとの**最大放射能濃度及び総放射能量(区画別放射能量を含む)**について説明する。

- ✓ 「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」第二条第1項第一号では, 申請書に記載する事項の一つとして, 「第二種廃棄物埋設を行う放射性廃棄物の種類及び数量、当該放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類ごとの最大放射能濃度、総放射能量及び区画別放射能量(廃棄物埋設地を物理的に区画する場合において区画ごとの放射性物質に含まれる放射能量をいう。以下同じ。)並びに当該放射性廃棄物が有する廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を防止し、又は低減する性能(廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出に関する評価を行うために必要な場合に限る。)を記載すること。」と規定されている。
- ✓ 「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第十三条第1項第三号及び第四号, 「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」第13条への適合性を確認するための評価パラメータとして, 総放射能量及び区画別放射能量を設定する必要がある。

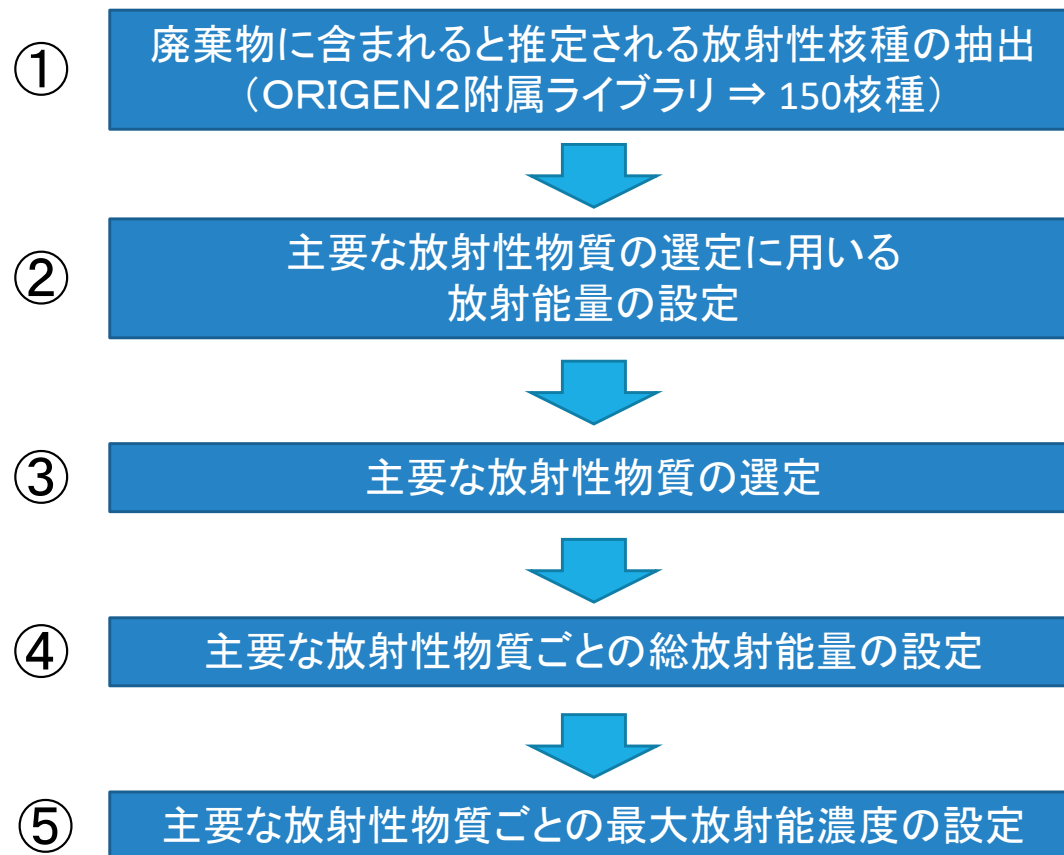
廃棄物の種類及び数量

廃棄物は、東海発電所から発生する固体状の廃棄物であって、中性子線的作用によって放射化されたもの（以下「放射化放射性物質」という。）、原子炉冷却材等で汚染されたもの（以下「汚染放射性物質」という。）又はその両方を含むものである。東海発電所における汚染移行経路としては、気体が循環する原子炉冷却系（以下「ガス系」という。）と廃液が循環する廃液系がある。廃棄物の種類は、これらの汚染形態に応じて分類された金属類及びコンクリート類がある。

第1表 廃棄物の種類及び数量

廃棄物の種類	汚染形態	物量(t)		埋設時荷姿
		小計	合計	
金属類	放射化放射性物質	約600	約6,100	 (鉄箱内に砂を充填) 鉄箱
	汚染放射性物質	約5,500		
コンクリート類	ブロック	放射化放射性物質	約9,400	 プラスチックシート
	ガラ	放射化放射性物質	約100	
		汚染放射性物質	約400	
				約9,900
			約16,000	

最大放射能濃度及び総放射エネルギーの設定フロー

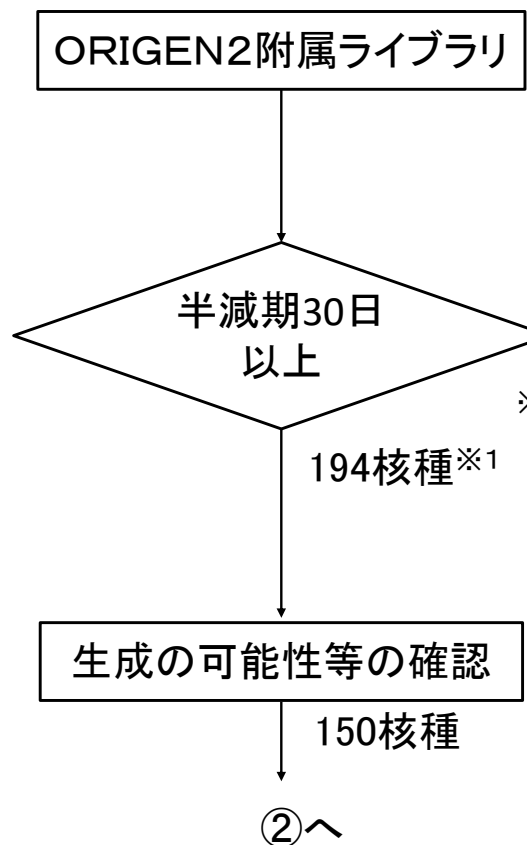


第1図 最大放射能濃度及び総放射エネルギーの設定フロー

① 廃棄物に含まれると推定される放射性物質の抽出

廃棄物に含まれると推定される放射性物質の抽出に当たっては、第2図に示すフローに基づき以下のとおり実施する。

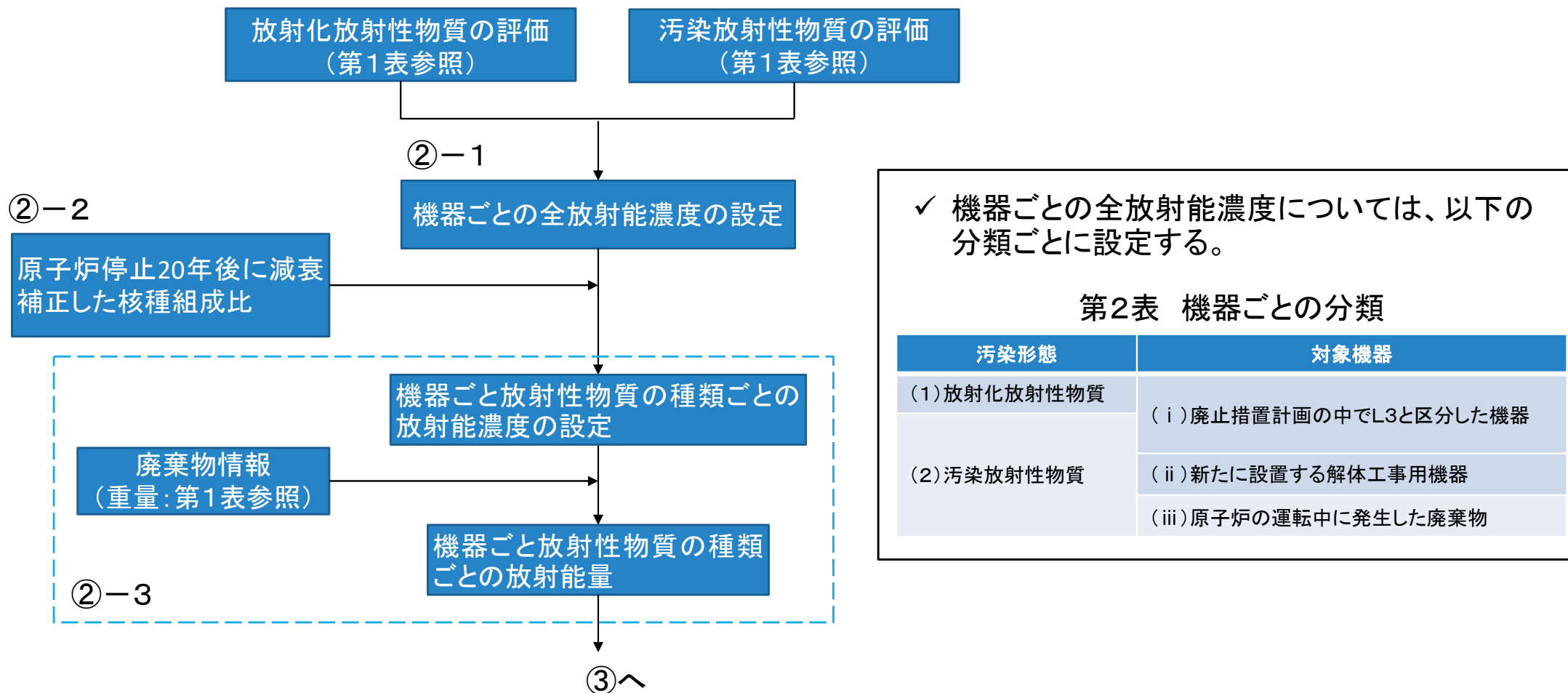
- ✓ 原子炉内で生成する半減期30日以上の放射性核種をORIGEN2コードの附属ライブラリより抽出する。
(194核種)
- ✓ 上記で抽出した194核種には、生成量が少ないものが含まれているため、生成の可能性等の確認により、考慮する必要のない核種として44核種を除外した。
(194核種 ⇒ 150核種)
- ✓ 以上より、L3廃棄物に含まれると推定される放射性核種を150核種とした。



※1 「JAEA-Data/Code2012-014 Tables of Nuclear Data (JENDL/TND-2012)」の半減期30日以上で抽出された17核種を含む。

第2図 廃棄物に含まれると推定される放射性物質の抽出フロー

② 主要な放射性物質の選定に用いる放射能量の設定

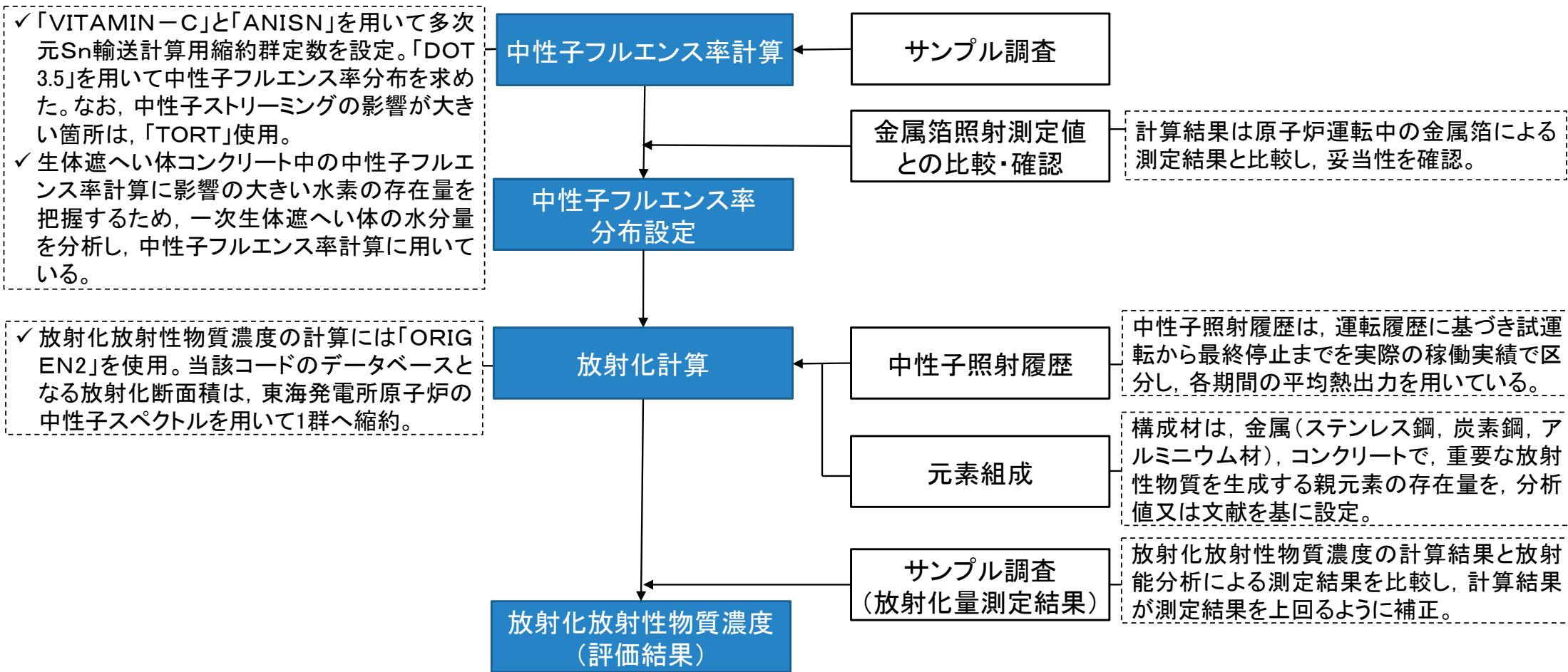


第3図 主要な放射性物質の選定に用いる放射能量の設定フロー



② 主要な放射性物質の選定に用いる放射エネルギーの設定

②-1 機器ごとの全放射能濃度の設定：(1)放射化放射性物質



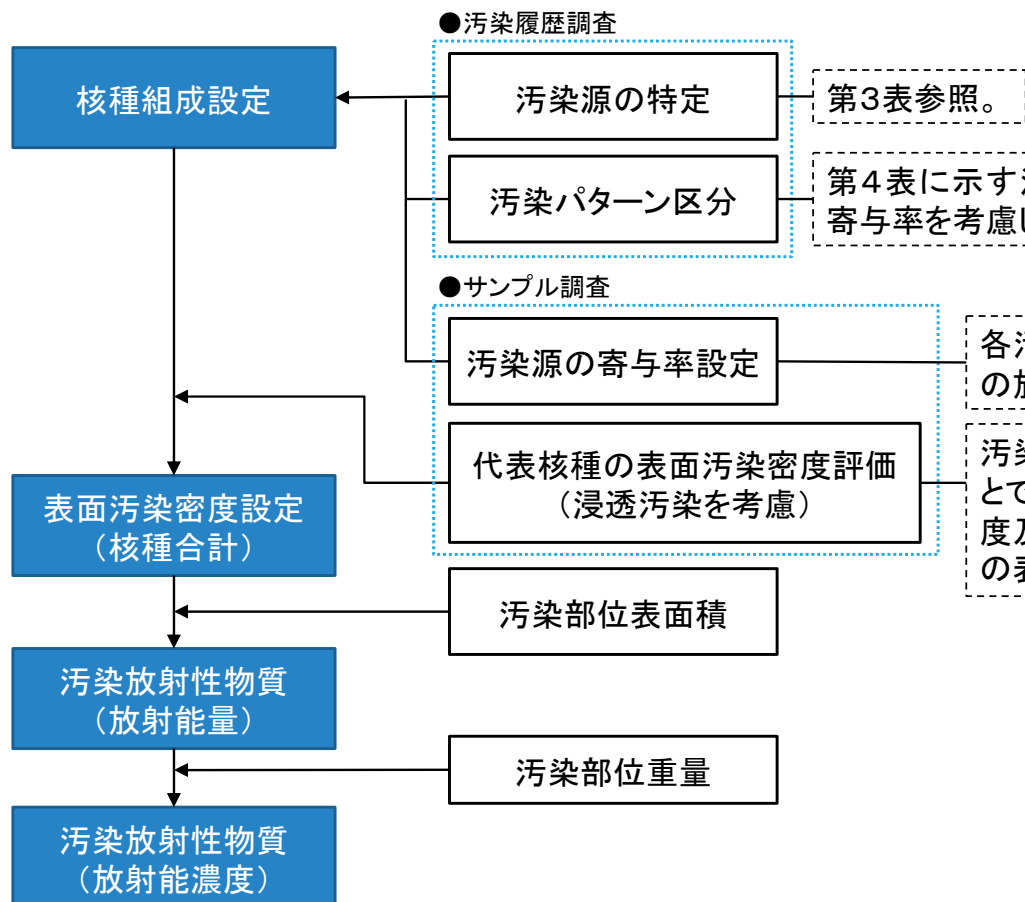
第4図 放射化放射性物質の放射能濃度の設定フロー



② 主要な放射性物質の選定に用いる放射能量の設定

②-1 機器ごとの全放射能濃度の設定：(2)汚染放射性物質

(i) 廃止措置計画の中でL3と区分した機器



第5図 汚染放射性物質の放射能濃度の設定フロー

第3表 汚染源ごとの代表放射性物質

汚染源	代表放射性物質
燃料	Cs-137
燃料構造材	Co-60, Ni-63
炭素鋼	Co-60, Ni-63
黒鉛	C-14

各汚染源のサンプル測定において代表的な放射性物質の存在比率と、各汚染源の放射化計算結果(放射化放射性物質濃度の評価と同様)の組成比から設定。

汚染パターン別にサンプル採取し、代表核種(Co-60, Cs-137)を測定することで設定。また、汚染頻度の高い代表箇所コアボーリング等を行い、表面汚染密度及び汚染浸透深さを測定。なお、サンプル採取等ができない箇所は、類似箇所の表面汚染密度等の測定結果等を参考に設定。

第4表 汚染放射性物質の汚染パターン

廃棄物の種類	汚染移行経路	汚染パターン
金属類	ガス系	ガス系金属
	廃液系	廃液系金属
コンクリート類	ガス系	ガス系コンクリート
	廃液系	廃液系コンクリート



② 主要な放射性物質の選定に用いる放射能量の設定

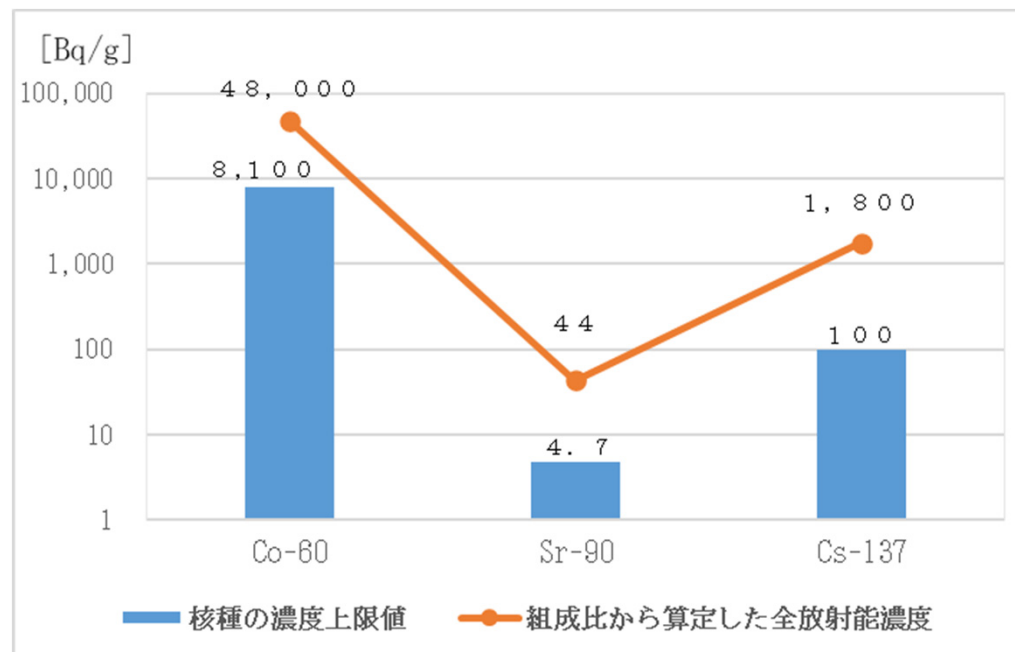
②-1 機器ごとの全放射能濃度の設定：(2)汚染放射性物質

(ii)新たに設置する解体工事用機器

- ✓ 廃止措置中に新たに設置する解体工事用機器は、一部については埋設対象とすることを想定。
- ✓ 放射能濃度は、事業規則で濃度上限値が定められているCo-60, Sr-90, Cs-137の3種類の放射性物質で、濃度上限値は事業規則と比較して保守的に低い旧政令「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」で定められた値を使用し、4.4 Bq/gを全放射能濃度として設定(第6図参照)。

(iii)原子炉の運転中に発生した廃棄物

- ✓ 廃棄物発生時に測定した容器の外部表面線量から算定したCo-60の放射能量から、発生年度ごとに放射性物質の放射能濃度を、ガス系金属及びガス系コンクリートのそれぞれの組成から算定し、原子炉停止20年後まで、放射性物質の種類ごとの減衰を考慮して設定。
- ✓ 外部表面線量が測定下限以下のものは、廃棄物のサンプルから測定したCo-60の分析データを用いて、原子炉停止20年後まで、放射性物質の種類ごとの減衰を考慮した放射能濃度を設定。



第6図 濃度上限値に基づく全放射能濃度



② 主要な放射性物質の選定に用いる放射能量の設定

②-2 原子炉停止20年後に減衰補正した核種組成比

(1) 放射化放射性物質

放射化については「炭素鋼」、「ステンレス鋼」、「アルミニウム」、「コンクリート」で分類された材質ごとの組成比(原子炉停止20年後)を使用。

(2) 汚染放射性物質

汚染については「ガス系金属」、「ガス系コンクリート」、「廃液系金属及びコンクリート」で分類された組成比(原子炉停止20年後)を使用。ただし、運転中に発生した廃棄物は、「ガス系金属」、「ガス系コンクリート」で分類された組成比(原子炉停止直後)を用いて、廃棄物の発生から原子炉停止20年後までの期間を放射性物質ごとで減衰評価。

- ✓ 汚染放射性物質におけるH-3は、金属類においては、これまでに収集した原子炉冷却材等による汚染の分析データから評価した放射能量が、組成比から評価した結果と比較して一桁以上高いため、分析値の算術平均値を用いて設定する(第5表参照)。
- ✓ 汚染放射性物質におけるCl-36は、これまで取得した最新の分析データを基にCo-60との組成比から設定(次ページ参照)。

第5表 H-3の分析値の算術平均値(金属類)

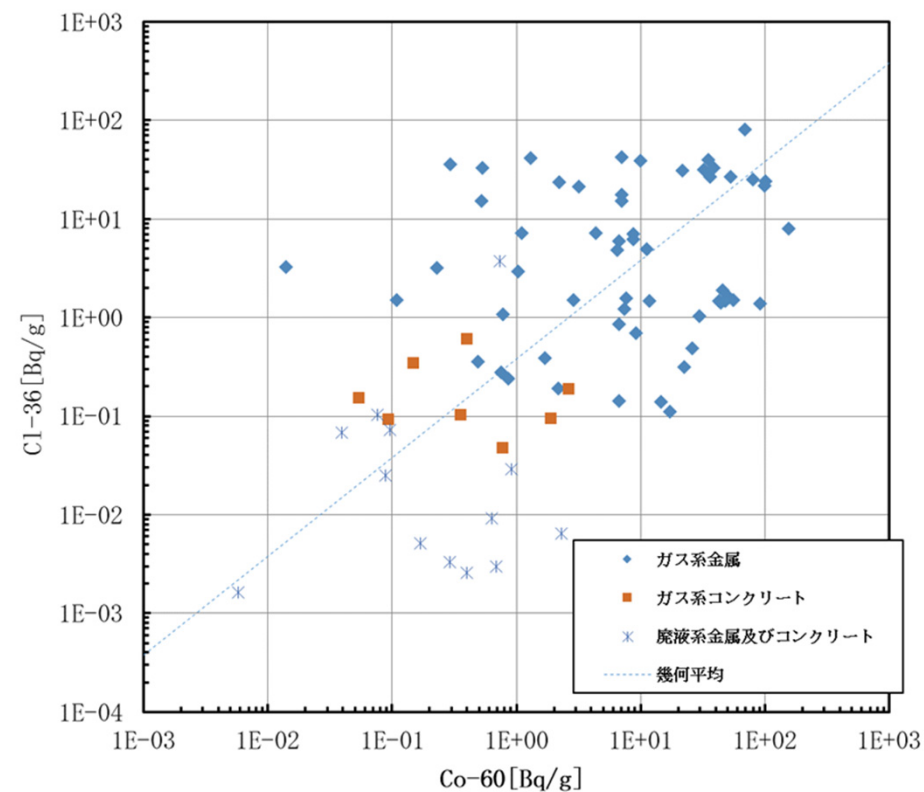
廃棄物の性状		原子炉停止時 (Bq/t)	原子炉停止20年後 (Bq/t)
金属類	ガス系	2.2×10^8	7.5×10^7
	廃液系	5.9×10^5	2.0×10^5

② 主要な放射性物質の選定に用いる放射能量の設定

②-2 原子炉停止20年後に減衰補正した核種組成比

放射能量の設定におけるCl-36の核種組成比について

- ✓ 汚染放射性物質におけるCl-36は、これまで取得した最新の分析データを基にCo-60との組成比から設定。Cl-36は減速材に使用される黒鉛中の不純物塩素が放射化することで発生し、原子炉の運転中に原子炉冷却材によって移行する。これまでに収集した原子炉冷却材等による汚染の分析データから評価したCl-36の汚染放射性物質の放射能量は、汚染放射性物質の組成比から評価した結果と比較して1桁以上異なるため、他の放射性物質と比較してより多く移行すると考えられる。
- ✓ 主要な放射性物質の選定におけるCl-36が最重要核種となった場合、Cl-36の放射能量が過度に保守的な設定になることで、主要な放射性物質の選定で他の放射性物質の相対重要度を下げ、選定される放射性物質の種類が少なくなるといった非保守的な選定とならないように考慮。放射化による生成放射性物質の種類として代表的なCo-60との比から、幾何平均値(0.38)を用いて評価。



第7図 Cl-36とCo-60の分析データ(原子炉停止時点)



② 主要な放射性物質の選定に用いる放射エネルギーの設定

②-3 機器ごとの放射性物質の種類ごとの放射エネルギー

廃棄物の放射性物質の種類ごとの放射能濃度から、機器ごとの重量を用いて放射性物質の種類ごとの放射エネルギーを算定し、これを主要な放射性物質の選定に用いる。

第6表 主要な放射性物質の選定に用いる放射エネルギー

No.	放射性物質の種類	金属類(Bq)	コンクリート類(Bq)
1	H-3	4.3×10^{11}	6.7×10^{11}
2	Be-10	3.3×10^5	6.2×10^3
3	C-14	2.3×10^9	2.2×10^9
4	Si-32	2.1×10^0	8.0×10^{-2}
5	S-35	1.7×10^{-11}	3.6×10^{-9}
⋮			
146	Cm-250	2.9×10^{-12}	4.8×10^{-14}
147	Cf-249	4.3×10^{-4}	4.5×10^{-6}
148	Cf-250	2.0×10^{-3}	2.4×10^{-5}
149	Cf-251	2.0×10^{-5}	3.4×10^{-7}
150	Cf-252	8.7×10^{-5}	6.0×10^{-7}



③ 主要な放射性物質の選定

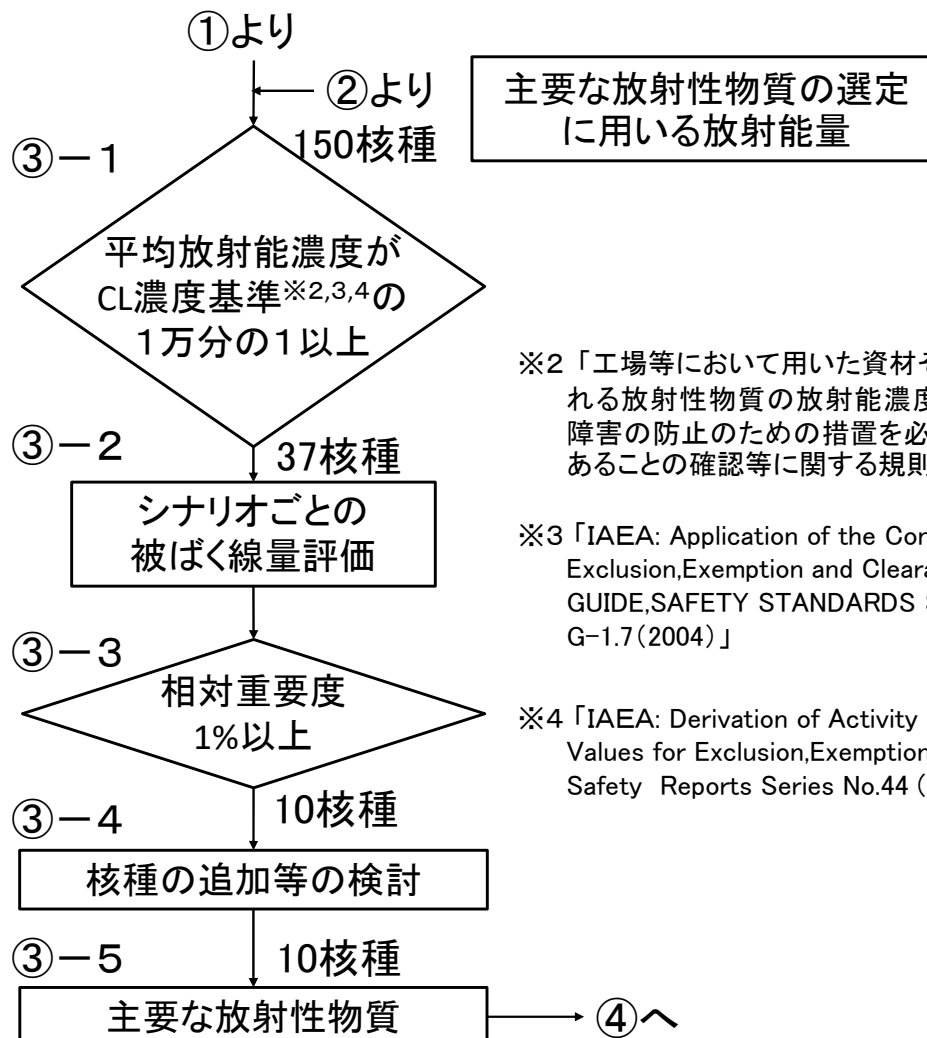
③-1 クリアランス(CL)濃度基準に基づく放射性物質の選定

- ✓ **CL濃度基準**には被ばく線量への寄与が無視できる放射性物質の濃度が示されており、これと**比較して十分小さい放射性物質は、被ばく線量への寄与が小さい**と考える。
- ✓ 低レベル放射性廃棄物の中でもL3は、**CL濃度基準より濃度が低い放射性物質が多く存在**する。
- ✓ 主要な放射性物質の選定に用いる放射エネルギー(②)を基に金属類とコンクリート類に分類して算定した**放射性物質の放射能濃度が、CL濃度基準の1万分の1以上となる放射性物質を選定対象として抽出**。(150核種 ⇒ 37核種)



(選定された37核種)

H-3, Be-10, C-14, Cl-36, K-40, Ca-41, Fe-55, Co-60, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Zr-93, Nb-93m, Nb-94, Mo-93, Ag-108m, Cd-113m, Sb-125, I-129, Cs-134, Cs-137, Ba-133, Sm-147, Eu-152, Eu-154, Eu-155, Ho-163, Ho-166m, Ir-192, Ir-192m, Tl-204, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241, Am-242m



主要な放射性物質の選定に用いる放射エネルギー

※2 「工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度が放射線による障害の防止のための措置を必要としないものであることの確認等に関する規則」

※3 「IAEA: Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance SAFETY GUIDE, SAFETY STANDARDS SERIES No. RS-G-1.7 (2004)」

※4 「IAEA: Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Reports Series No.44 (2005)」

第8図 主要な放射性物質の選定に用いる放射エネルギーの設定フロー

③ 主要な放射性物質の選定

③-2 シナリオごとの被ばく線量評価

- ✓ ②で算出した核種ごとの放射エネルギーを使用して、③-1にて選定された37核種の線量評価を以下のとおり実施。
- ✓ 線量評価シナリオは、廃棄物埋設地及びその周辺で想定される公衆被ばくに関する全てのシナリオとして、第7-1表及び第7-2表に示した自然事象シナリオ及び人為事象シナリオを選定する。
- ✓ 上記シナリオそれぞれの廃止措置の開始後の線量評価を行う。
- ✓ 線量評価パラメータについては、基本的に「廃止措置の開始後の評価パラメータ」を使用する。
- ✓ ただし、以下のパラメータについては下記のとおりとする。
 - 選定対象の放射性物質の放射エネルギー：
第6表の主要な放射性物質の選定に用いる放射エネルギー(②)を使用。
 - 放射性物質又は元素ごとに設定する線量評価パラメータ：
各シナリオにおける「内部被ばく線量換算係数」、「外部被ばく線量換算係数」、「収着分配係数」、「海産物への濃縮係数」、「放射性核種の移行係数」、「遮蔽係数」及び「半減期」については、「主要な放射性物質の選定用パラメータ設定」に示す37核種ごとの値を使用。



③ 主要な放射性物質の選定

③-2 シナリオごとの被ばく線量評価

第7-1表 自然事象シナリオにおける被ばく経路

被ばく経路	評価対象個人	被ばく経路の補足説明	最も可能性が高い	最も厳しい			
			居住者	漁業従事者	農業従事者	建設業従事者	居住者
水利用	海産物摂取[内]	東海村沿岸海域で水揚げされた海産物の摂取による内部被ばく	○	○	○	○	○
	海面活動[外]	東海村沿岸海域での漁業における海面からの外部被ばく	—	○	—	—	—
	漁網整備[外]	東海村沿岸海域での漁業に用いた漁網からの外部被ばく	—	○	—	—	—
	灌漑農産物摂取[内]	水理(地下水の流れ)上あり得ないが、仮の想定として、廃棄物埋設地から漏出した放射性物質を含む地下水を灌漑用水として利用された場合の農産物の摂取による内部被ばく及び農作業による内部被ばく並びに外部被ばく	△	—	○	○	○
	灌漑農作業[外,内]	水道の利用状況から井戸水の飲用の可能性は極めて低いですが、仮の想定として、井戸を設置して井戸水を飲用水として摂取することによる内部被ばく	△	—	○	○	○
土地利用	建設作業[外,内]	放射性物質を含む地下水に接した土壌(以下「汚染土壌」という。)を掘削して利用する人間活動で、住宅の建設作業での内部被ばく及び外部被ばく	—	—	—	○	—
	居住[外,内]	汚染土壌の掘削後の土壌を利用する人間活動で、掘削土壌上での居住による内部被ばく及び外部被ばく	○	—	○	○	○
	農産物摂取(家庭菜園)[内]	汚染土壌を掘削して利用する人間活動で、掘削土壌上での居住に伴う家庭菜園で生産される農産物の摂取による内部被ばく	○	—	○	○	○

※:10/4審査会合にて本被ばく経路の追加を指摘されたため、今後評価に反映する。

③ 主要な放射性物質の選定

③-3 相対重要度1%以上の放射性物質

- ✓ ③-2でシナリオごとに評価した線量評価結果を基に以下のとおり対象核種の相対重要度を算出し、1%以上を選定する。

$$\text{相対重要度} = \frac{\text{対象核種の線量}(\mu\text{Sv/y})}{\text{最大の線量を与える核種の線量}(\mu\text{Sv/y})}$$

- ✓ 上記に加え、事業規則で放射能濃度の制限が定められている、Co-60, Sr-90, Cs-137を選定する。

第8表 シナリオごとの相対重要度1%以上の主要な放射性物質の種類

シナリオ	金属類	コンクリート類
最も可能性が高い自然事象	H-3, C-14, Cl-36	H-3, C-14, Cl-36, K-40
最も厳しい自然事象	C-14, Cl-36 , Sr-90	H-3, C-14, Cl-36, K-40, Ca-41
人為事象	H-3, C-14, Cl-36, Co-60, Sr-90, Cs-137	H-3, C-14, Eu-152 , Eu-154

赤字は、相対重要度100% (最重要核種)

③-4 核種の追加等の検討

- ✓ コンクリート類の廃棄物中に含まれる**K-40**の濃度は、不純物元素として含まれるK元素の天然存在比率から推定されるK-40の濃度と比較して二桁程度低いため、天然起源由来のものが大部分を占めることから主要な放射性物質の対象からは除外。
- ✓ α 線を放出する放射性物質(以下「全 α 」という。)は、いずれも相対重要度で1%未満であるが、ウランの放射性物質の濃度及び放射エネルギーの管理が必要であると考えため、「全 α 」として主要な放射性物質として追加。

③-5 主要な放射性物質

- ✓ ③-3で選定した放射性物質の種類に、③-4の検討結果を反映し主要な放射性核種を設定した。

第9表 主要な放射性物質の種類

廃棄物の種類	主要な放射性物質の種類
金属類	H-3, C-14, Cl-36, Co-60, Sr-90, Cs-137, 全 α
コンクリート類	H-3, C-14, Cl-36, Ca-41, Co-60, Sr-90, Cs-137, Eu-152, Eu-154, 全 α



④ 主要な放射性物質ごとの総放射エネルギーの設定

第10表 主要な放射性物質の放射エネルギー設定の考え方

放射性物質	設定の考え方
Ca-41	第6表の主要な放射性物質の選定に用いる放射エネルギー(②)を用いて設定する。
Co-60	
Cs-137	
Eu-152	
Eu-154	
H-3	第6表の主要な放射性物質の選定に用いる放射エネルギー(②)を用いて設定するが、このうち「汚染放射性物質」の放射エネルギーについては、将来の廃棄確認の際に分析データを基に評価することを想定し、現時点までに収集された放射能濃度の分析データを用いて保守的に再設定する。
C-14	
Cl-36	
Sr-90	
全α	
全α	Po-210より原子量が多い放射性物質のうち、Pu-241とAm-242mを除いた合計を用いて設定する。

第11表 汚染放射性物質(5種類)の再設定方法

放射性物質	再設定方法
H-3	廃棄物の汚染性状に応じて、「ガス系金属」、「ガス系コンクリート」及び「廃液系」に分類し、 <u>分析値の算術平均値を用いて設定</u> する。
C-14	放射化生成する放射性物質として代表的な <u>Co-60との比から設定</u> する。
Cl-36	<u>「ガス系金属」における汚染の分析データの一部で$1 \times 10^8 \text{Bq/t}$※の1/10を超える。</u> これらは除染による濃度低減ののち埋設するため、代表的な機器の <u>SRU伝熱管の分析値の算術平均から、除染試験結果を踏まえ設定</u> する。 なお、「 <u>ガス系コンクリート</u> 」及び「 <u>廃液系</u> 」については、 <u>分析値の算術平均値を用いて設定</u> する。
Sr-90	核分裂生成する放射性物質として代表的な <u>Cs-137</u>
全α	<u>との比から設定</u> する。

※「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」(原子力安全委員会)に示されたトレンチ処分の区分値充足性の評価の値



④ 主要な放射性物質ごとの総放射能量の設定

- ✓ 各設定値(第11表に基づく設定値)は原子炉停止からの期間を考慮して原子炉停止20年後に減衰補正した算術平均値を用いる。
- ✓ ただし、「運転中に発生した廃棄物」分については、「均質・均一固化体及び充填固化体の廃棄のための確認方法について(一部改正)JNES-SSレポート」(2008年4月)に示される値を用いて、原子炉停止20年後まで発生年度ごとに減衰補正している。

第12表 C-14, Sr-90, 全αの設定値

放射性物質	種類	原子炉停止時	原子炉停止20年後	原子炉停止時 (運転中廃棄物)
C-14	金属/コンクリート	2.6×10^{-1}	3.6×10^0	3.0×10^{-1}
Sr-90	金属/コンクリート	1.9×10^0	1.9×10^0	2.1×10^0
全α	金属	4.6×10^{-2}	7.3×10^{-2}	8.2×10^{-2}
	コンクリート	5.8×10^{-1}	9.3×10^{-1}	

第14表 CI-36の設定値

放射性物質	廃棄物の性状		原子炉停止時 (Bq/t)	原子炉停止20年後 (Bq/t)
CI-36	ガス系	金属	3.0×10^6	3.0×10^6
		コンクリート	1.0×10^6	1.0×10^6
	廃液系	金属/コンクリート	1.0×10^6	1.0×10^6

第13表 H-3の設定値

放射性物質	廃棄物の性状		原子炉停止時 (Bq/t)	原子炉停止20年後 (Bq/t)	原子炉停止時 (Bq/t) (運転中廃棄物)
H-3	ガス系	金属	2.2×10^8	7.5×10^7	2.2×10^8
		コンクリート	3.3×10^6	1.1×10^6	
	廃液系	金属/コンクリート	5.9×10^5	2.0×10^5	—

④ 主要な放射性物質ごとの総放射エネルギーの設定

- ✓ 廃棄確認における分析・測定精度など、今後の評価における放射エネルギーの変動を踏まえて1.2倍(全αについてはビルドアップを考慮して更に1.2倍)し、有効数字2桁となるように切り上げた値で設定。
- ✓ Cl-36はガス系金属が大部分であり、除染によって低減を行うため、一定の放射能濃度を上限として管理することが可能であることから、裕度を見込まない。

第15表 主要な放射性物質の総放射エネルギー(区画別放射エネルギーを含む)

放射性物質	総放射エネルギー(Bq)	区画別放射エネルギー	
		金属類の放射エネルギー(Bq)※	コンクリート類の放射エネルギー(Bq)
H-3	1.4×10^{12}	5.3×10^{11}	8.2×10^{11}
C-14	1.2×10^{10}	8.6×10^9	2.8×10^9
Cl-36	1.8×10^{10}	1.8×10^{10}	4.5×10^8
Ca-41	3.4×10^9	—	3.4×10^9
Co-60	1.3×10^{11}	1.2×10^{11}	9.7×10^9
Sr-90	1.7×10^9	1.5×10^9	1.2×10^8
Cs-137	9.1×10^8	8.1×10^8	1.0×10^8
Eu-152	5.5×10^{10}	—	5.5×10^{10}
Eu-154	2.5×10^9	—	2.5×10^9
全α	1.4×10^8	7.1×10^7	6.4×10^7

※「—」は主要な放射性物質に選定されないため、設定なし。

⑤ 主要な放射性物質ごとの最大放射能濃度の設定

- ✓ 主要な放射性物質の最大放射能濃度は、廃棄確認における外部非破壊測定の精度など、今後の評価における放射エネルギーの変動を踏まえて、機器ごとの最大の放射能濃度を10倍にして設定。

第16表 主要な放射性物質の最大放射能濃度

放射性物質	最大放射能濃度(Bq/t)
H-3	3.0×10^9
C-14	5.0×10^7
Cl-36	1.0×10^8
Ca-41	2.0×10^7
Co-60	8.0×10^9
Sr-90	1.0×10^7
Cs-137	7.0×10^6
Eu-152	3.0×10^8
Eu-154	9.0×10^6
全 α	4.0×10^6

- ✓ Cl-36については、放射能濃度が高いものは、ガス系金属の汚染放射性物質であり、除染により放射能濃度の低減を図ったうえで、埋設する計画であるため、一部の機器に極端に高い放射能濃度が含まれるものではない。
- ✓ このため、「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」(原子力安全委員会)に示されたトレンチ処分の区分値充足性の評価の値を参考として、最大放射能濃度を 1×10^8 Bq/tと設定。