



「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

放射エネルギー及び最大放射能濃度の設定

2022年 10月24日

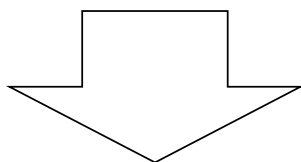
日本原子力発電株式会社

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。

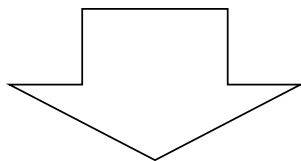
- ✓ 「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」第二条第1項第一号では, 申請書に記載する事項の一つとして, 「第二種廃棄物埋設を行う放射性廃棄物の種類及び数量、当該放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類ごとの最大放射能濃度、総放射能量及び区画別放射能量(廃棄物埋設地を物理的に区画する場合において区画ごとの放射性物質に含まれる放射能量をいう。以下同じ。)並びに当該放射性廃棄物が有する廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を防止し、又は低減する性能(廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出に関する評価を行うために必要な場合に限る。)を記載すること。」と規定されている。
- ✓ 「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。

1 最大放射能濃度及び総放射エネルギーの設定フロー

廃棄物に含まれる放射性物質の放射エネルギーの設定



廃棄物に含まれる主要な放射性物質の選定



廃棄物に含まれる主要な放射性物質の最大放射能濃度及び総放射エネルギーの設定

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
5 Cl-36の放射能濃度の設定方法

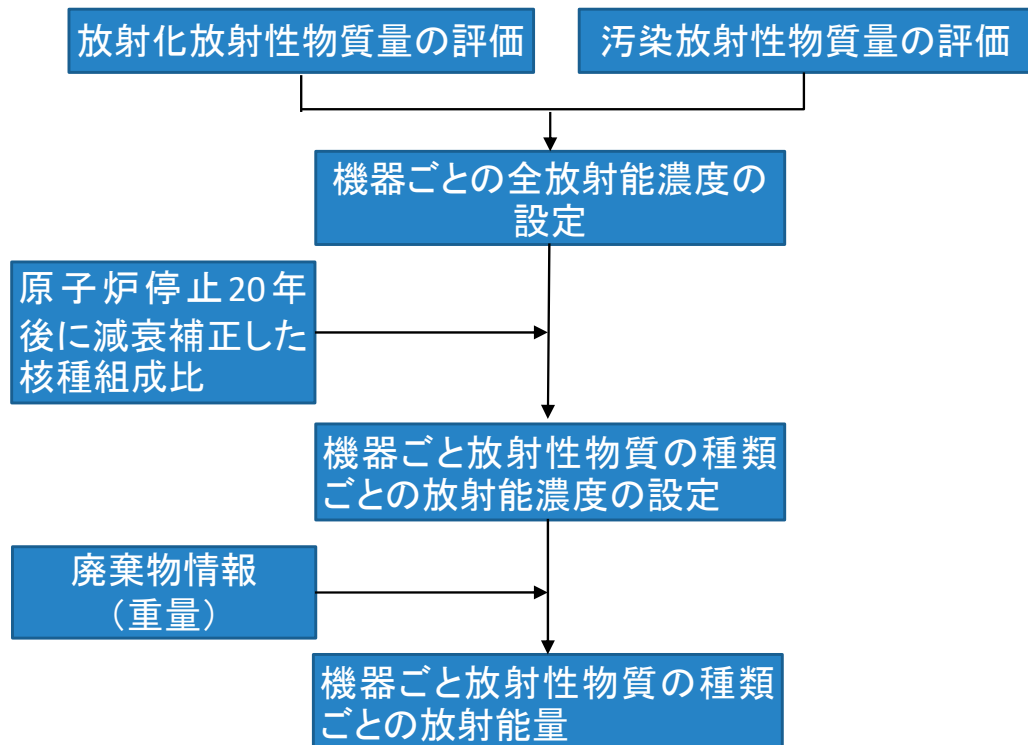
3 主要な放射性物質の選定
✓ 平均放射能濃度がCL濃度基準の1万分の1以上
✓ 相対重要度1%以上
✓ 追加等の検討

4 主要な放射性物質の放射エネルギーの設定方法
5 Cl-36の放射能濃度の設定方法
6 主要な放射性物質の最大放射能濃度及び総放射エネルギーの設定

第1図 廃棄物の主要な放射性物質の最大放射能濃度及び総放射エネルギーの設定フロー

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

- ✓ 廃棄物に含まれる主要な放射性物質の種類は、原子炉内外で生成する半減期30日以上のもので、生成する量が極めて少ないと考えられるものを除いた150種類を考慮。
- ✓ 東海発電所の廃止措置に伴い発生する廃棄物は、「東海発電所廃止措置計画認可申請書」(令和3年3月31日認可)において、残存放射性物質を評価している。この残存放射性物質の評価を用いて、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放射エネルギーとして設定。

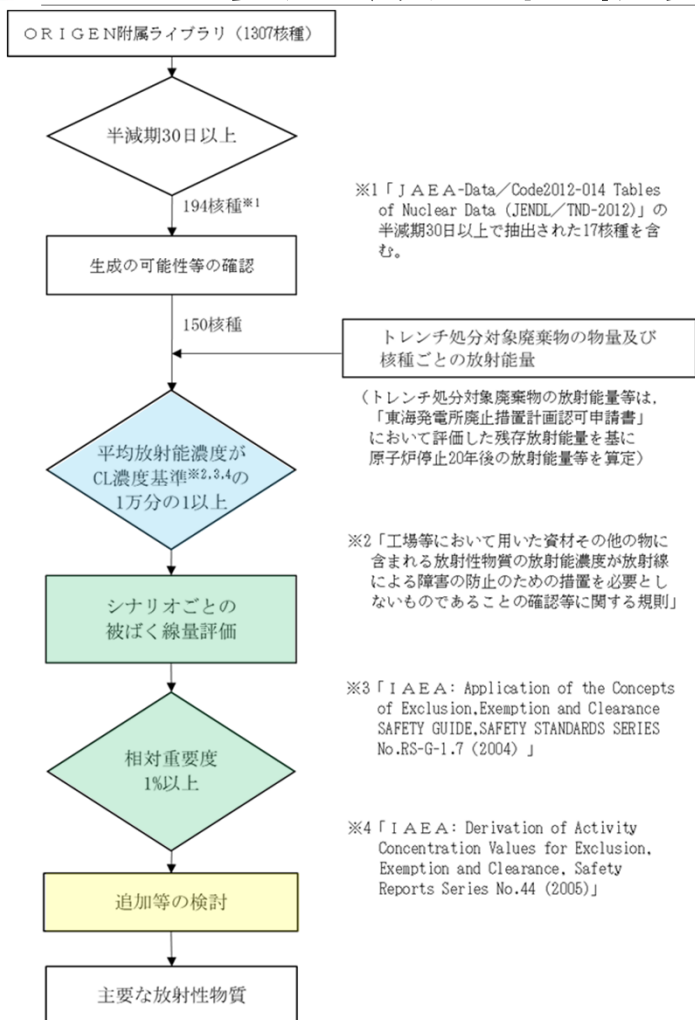


第2図 廃棄物の放射エネルギーの設定フロー

第1表 放射能濃度の設定方法の分類

種類	設定方法の分類	物量(t)
金属類	放射化放射性物質	約600
	汚染放射性物質	約5,500
コンクリート類	放射化放射性物質	約9,500
	汚染放射性物質	約400

3 主要な放射性物質の選定 (CL濃度基準による選定)



- ✓ CL濃度基準には被ばく線量への寄与が小さいと判断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極めて放射能濃度の低い廃棄物は、CL濃度基準より濃度が低い放射性物質が多く存在する。
- ✓ 廃棄物に含まれる放射性物質の放射エネルギーを基に、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。

(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

第3図 主要な放射性物質を選定する核種選定フロー

3 主要な放射性物質の選定(相対重要度による選定)

- ✓ 廃棄物の主要な放射性物質は、「評価対象個人」の線量に基づき選定。線量評価は、被ばく経路の重畳を考慮。
- ✓ 選定を行う線量評価シナリオは、最終覆土完了後の廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいに起因するシナリオとし、線量評価シナリオ及び線量評価モデルは「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」に示すものを用いる。
- ✓ 線量評価パラメータについては、補足説明資料5「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 線量評価パラメータ」に示すものを使用。ただし、線量評価パラメータのうち、選定対象の放射性物質の放射エネルギーについては、添付資料3「第9表 主要な放射性物質の選定に用いる放射性物質の放射エネルギー」に示すものを、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については、添付資料4「主要な放射性物質の選定用パラメータ設定」に示すものを使用。
- ✓ 廃止措置の開始後の評価に係る線量評価において、複数の移行経路からの被ばくの重ね合わせを考慮した評価対象個人の線量を評価し、その合計線量に基づいて、金属類及びコンクリート類でそれぞれの主要な放射性物質を選定。
- ✓ 主要な放射性物質は、最大の線量値を持つ放射性物質の線量の最大値と比較して、当該放射性物質の線量の最大値が1%以上であるものを選定。
- ✓ また、「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」の「トレンチ処分」において放射能濃度の制限が定められている放射性物質を主要な放射性物質として選定。

3 主要な放射性物質の選定結果

➤ 相対重要度による選定結果

第2表 シナリオごとの相対重要度1%以上の放射性物質の種類

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1(最重要核種)

➤ 主要な放射性物質の種類

第3表 主要な放射性物質の種類

廃棄物種類	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

➤ 追加検討

- ✓ コンクリート類の廃棄物中に含まれるK-40の濃度は、放射化放射能評価において 3.2×10^{-3} (Bq/g)と評価しており、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、実際に廃棄物に含まれるK-40は、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。

4 主要な放射性物質の放射エネルギーの設定方法

- ✓ 主要な放射性物質ごとの放射エネルギーの設定は、添付資料3「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」で示した設定方法に基づくが、汚染放射性物質のうちH-3, C-14, Cl-36, Sr-90, 全αの5種類については、廃棄物の外部からの直接の放射能濃度の測定が難しいことから、将来の廃棄確認の際には分析データを基に評価することが考えられる。このため、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設定。
- ✓ C-14は、放射化により生成する放射性物質として代表的なCo-60との比から設定。
- ✓ Sr-90及び全αは、核分裂によって直接生成する放射性物質として代表的なCs-137の比から設定。
- ✓ H-3は、廃棄物の汚染の性状に応じて一定濃度の範囲になる特徴があることから「ガス系金属」、「ガス系コンクリート」、「廃液系」に分類し、分析値の算術平均値を用いて設定。
- ✓ 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が、運転中に発生した廃棄物は「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た。(Cl-36の設定値は次ページの第4表に示す。H-3, C-14, Sr-90, 全αの設定値は参考に示す。)
- ✓ 放射エネルギーの設定は、廃棄確認における分析・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1.2倍し(全αについてはビルドアップを考慮して更に1.2倍)、有効数字2桁となるように切り上げた値を放射性物質の種類ごとの放射エネルギーとして設定。ただし、Cl-36は、裕度は見込まない。

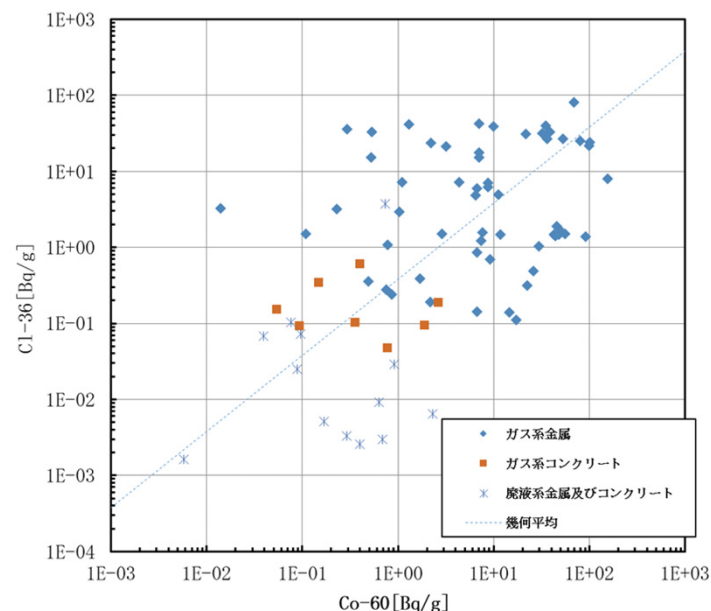
5 CI-36の放射能濃度の設定方法

➤ 主要な放射性物質の選定に用いる放射能濃度

- ✓ 汚染放射性物質におけるCI-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。CI-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CI-36の汚染放射性物質の放射エネルギーは、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。
- ✓ 汚染放射性物質の中において、主要な放射性物質の選定におけるCI-36の重要度を踏まえるとともに、分類された組成比によらず全ての廃棄物について一律に評価できるように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。

➤ 被ばく線量評価に用いる放射能濃度

- ✓ 「ガス系金属」の汚染は、代表的な機器であるSRU伝熱管の分析値の算術平均から、除染試験の結果を踏まえて設定。「ガス系コンクリート」、「廃液系」は、「ガス系金属」と比較して低く、一定濃度の範囲にあることから分析値の算術平均値を用いて設定。



第4図 CI-36とCo-60の分析データ(原子炉停止時点)

第4表 CI-36の設定値

廃棄物の性状		原子炉停止時 (Bq/t)	原子炉停止20年後 (Bq/t)
ガス系	金属類	3.0×10^6	3.0×10^6
	コンクリート類	1.0×10^6	1.0×10^6
廃液系	金属類/コンクリート類	1.0×10^6	1.0×10^6



6 主要な放射性物質の最大放射能濃度及び総放射エネルギーの設定

➤ 廃棄物の主要な放射性物質ごとの放射エネルギー

第5表 主要な放射性物質の放射エネルギー

放射性物質の種類	放射エネルギー (Bq)
H-3	1.4×10^{12}
C-14	1.2×10^{10}
Cl-36	1.8×10^{10}
Ca-41	3.4×10^9
Co-60	1.3×10^{11}
Sr-90	1.7×10^9
Cs-137	9.1×10^8
Eu-152	5.5×10^{10}
Eu-154	2.5×10^9
全 α	1.4×10^8

第6表 主要な放射性物質の区画別放射エネルギー

放射性物質の種類	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	5.3×10^{11}	8.2×10^{11}
C-14	8.6×10^9	2.8×10^9
Cl-36	1.8×10^{10}	4.5×10^8
Ca-41	—	3.4×10^9
Co-60	1.2×10^{11}	9.7×10^9
Sr-90	1.5×10^9	1.2×10^8
Cs-137	8.1×10^8	1.0×10^8
Eu-152	—	5.5×10^{10}
Eu-154	—	2.5×10^9
全 α	7.1×10^7	6.4×10^7



6 主要な放射性物質の最大放射能濃度及び総放射エネルギーの設定

➤ 廃棄物の主要な放射性物質ごとの最大放射能濃度

- ✓ 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。ただし、Cl-36については、「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 1×10^8 Bq/tとした。**

第7表 主要な放射性物質の最大放射能濃度

放射性物質の種類	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

7 ウラン(U-234,U-235,U-238)の放射能濃度

要求事項	適合性
<p>三 埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質(ウラン二三四、ウラン二三五及びウラン二三八に限る。)について、その総放射エネルギーをメガベクレル単位で表した数値を当該放射性廃棄物、人工バリア、土砂その他の廃棄物埋設地に埋設し、又は設置する物の重量をトン単位で表した数値で除して得た値が一を超えず、かつ、当該廃棄物埋設地内における当該放射性物質の分布がおおむね均一であること。</p> <p><第二種埋設許可基準解釈></p> <p>7 第1項第3号の「廃棄物埋設地内における当該放射性物質の分布がおおむね均一」とは、廃棄物埋設地内を体積が同程度である複数の区域に区分した場合にそのいずれにおいても、ウラン(ウラン二三四、ウラン二三五及びウラン二三八に限る。)の放射能濃度が10メガベクレル毎トンを超えないことをいう。</p>	<p>埋設する放射性廃棄物に含まれるウラン二三四、ウラン二三五及びウラン二三八の総放射エネルギーは、金属類が8.7×10^{-1} MBq、コンクリート類が1.8×10^0 MBqであり、当該廃棄物の重量が金属類が6,100トン、コンクリート類が9,800トンである。人工バリア、土砂を含まない当該廃棄物の重量のみでそれぞれを除いた数値は、金属類が1.5×10^{-4}、コンクリート類が1.8×10^{-4} となり、いずれも一を超えない。</p> <p>廃棄物埋設地に埋設する廃棄物の放射能濃度の分布はおおむね均一(放射能濃度の最大は、平均から2桁以内)であるものを、金属類及びコンクリート類で埋設トレンチの区画を分けて埋設するため、区画ごとの放射能濃度もおおむね均一となる。</p> <p>なお、<u>ウラン二三四、ウラン二三五及びウラン二三八を含む全αの最大放射能濃度は4 MBq/t (機器ごとの最大の放射能濃度を10倍にして設定しており、主要な放射性物質はAm-241など)であることから、埋設する放射性廃棄物に含まれる<u>ウラン二三四、ウラン二三五及びウラン二三八の放射能濃度は10 MBq/tを十分に下回るもの</u>である。</u></p>

第8表 放射性物質の放射エネルギー及び平均放射能濃度

放射性物質の種類	金属類(MBq)	コンクリート類(MBq)	金属類(MBq/t)	コンクリート類(MBq/t)
U-234	6.0×10^{-1}	8.6×10^{-1}	9.8×10^{-5}	8.8×10^{-5}
U-235	1.1×10^{-2}	3.8×10^{-2}	1.8×10^{-6}	3.8×10^{-6}
U-238	2.5×10^{-1}	8.2×10^{-1}	4.2×10^{-5}	8.4×10^{-5}
合計	8.7×10^{-1}	1.8×10^0	1.5×10^{-4}	1.8×10^{-4}

参一第1表 C-14, Sr-90, 全 α の設定値

代表放射性物質の種類との比	原子炉停止時	原子炉停止 20年後
C-14/Co-60	2.6×10^{-1}	3.6×10^0
Sr-90/Cs-137	1.9×10^0	1.9×10^0
全 α (金属)/Cs-137	4.6×10^{-2}	7.3×10^{-2}
全 α (コンクリート)/Cs-137	5.8×10^{-1}	9.3×10^{-1}

参一第2表 H-3の設定値

廃棄物の性状		原子炉停止時 (Bq/t)	原子炉停止 20年後 (Bq/t)
ガス系	金属類	2.2×10^8	7.5×10^7
	コンクリート類	3.3×10^6	1.1×10^6
廃液系	金属類/コンクリート類	5.9×10^5	2.0×10^5

参一第3表 C-14, Sr-90, 全 α の設定値
(運転中に発生した廃棄物)

代表放射性物質の種類との比	原子炉停止時
C-14/Co-60	3.0×10^{-1}
Sr-90/Cs-137	2.1×10^0
全 α /Cs-137	8.2×10^{-2}

参一第4表 H-3の設定値
(運転中に発生した廃棄物)

廃棄物の性状		原子炉停止時 (Bq/t)
ガス系	金属類	2.2×10^8
	コンクリート類	