

2021年7月29日

日本原燃株式会社

軽量充填固化体とセメント破砕物充填固化体の飛散量について

1号廃棄体の飛散量に関し、審査基準の確認項目「廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大の高さからの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量」及び埋設事業規則の確認項目「廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大の高さからの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量が極めて少ないこと」の説明については、電気事業者及び日本原燃が共同で実施した模擬廃棄体の落下試験（※添付資料）により得られた漏出率が添付書類七に記載した飛散率「 1×10^{-5} 」よりも十分小さいことにより説明している。

今回の事業変更許可に伴い新たに1号埋設設備7,8群の埋設対象となる軽量充填固化体及びセメント破砕物充填固化体についても、下記の点から前述の模擬廃棄体の落下試験の条件に包含できると考える。このため、他の充填固化体と同様に「1. 固型化の方法」を廃棄確認時の確認項目とすることにより、添付書類七に示した飛散率を超えないことを確認できる。

- ・ 廃棄体重量もほぼ同等であること。
（重量の増加と漏出率の増加に相関関係は認められないこと、基準である飛散率「 1×10^{-5} 」に比べ落下試験の漏出率が一桁以上小さいことから若干の重量変動は影響しないとみなせること）
- ・ 1号埋設施設での廃棄体吊り上げの最大高さ7mは落下試験での高さ8mよりも小さいこと。

別添

- ・ 日本原燃株式会社(2020年4月3日)：廃棄物埋設施設における保安規定審査基準への適合性について 第二種埋設規則第20条第1項第14号 放射性廃棄物の受入れの基準 廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大の高さからの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量

以上

廃棄物埋設施設における
保安規定審査基準への適合性について

第二種埋設規則第 20 条第 1 項第 14 号 放射性廃棄物の受入れの基準

廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大の高さからの落下による
衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量

2020 年 4 月
日本原燃株式会社

- ・ 7 ページ目の記載（1 号廃棄体が落下した場合の漏出率に関する考察）を修正。←赤字で表記

目 次

1. 第二種廃棄物埋設事業に係る廃棄物埋設施設における保安規定の審査基準 第二種埋設規則第 20 条第 1 項第 14 号
2. 第二種廃棄物埋設の事業に関する規則 第 8 条第 2 項第 7 号
3. 保安規定変更認可申請書で定める廃棄物受入基準案
4. 審査基準及び技術基準に対する廃棄物受入基準案の考え方について
5. 廃棄体落下試験について
6. 「1. 固型化の方法」全体を確認することで良いとする根拠

1. 第二種廃棄物埋設事業に係る廃棄物埋設施設における保安規定の審査基準 第二種埋設規則第20条第1項第14号

第二種廃棄物埋設事業に係る廃棄物埋設施設における保安規定の審査基準
第二種埋設規則第20条第1項第14号 放射性廃棄物の受入れの基準 ○廃棄体に係る廃棄物受入基準は、少なくとも以下の事項を含むこと。 10. 廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大の高さからの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量

2. 第二種廃棄物埋設の事業に関する規則 第8条第2項第7号

第二種廃棄物埋設の事業に関する規則
第8条 放射性廃棄物等の技術上の基準 第2項第7号 廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大の高さからの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量が極めて少ないこと

3. 保安規定変更認可申請書で定める廃棄物受入基準案

別表2 1号廃棄体に係る廃棄物受入基準と埋設規則の関連付け

確認項目	受入基準	埋設規則条項
1. 固型化の方法	放射線障害防止のため、廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大の高さ(7m)からの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量が極めて少なくなるよう、事業許可において廃棄を許可された放射性廃棄物を以下に定める方法により容器に固型化してあること。	第8条第2項第1号 第8条第2項第7号
(1) 固型化材料	次のいずれかであること。 イ JIS R 5210 (1992) 若しくは JIS R 5211 (1992) に定めるセメント又はこれらと同等以上の安定性及び圧縮強さを有するセメント ロ JIS K 2207 (1990) に定める石油アスファルトで針入度が100以下のもの又はこれと同等以上の品質を有するアスファルト ハ スチレンに溶解した不飽和ポリエステル(以下「不飽和ポリエステル樹脂」)	第8条第2項第1号 第8条第2項第7号
(2) 容器	埋設の終了までの間に受けるおそれのある荷重(0.5tonの廃棄体を8段積みで定置する際の荷重)に耐える強度を有するよう、JISZ1600(1993)に定める金属製容器又はこれと同等以上の強度及び密封性を有するものであること。	第8条第2項第6号 第8条第2項第7号
(3) 一軸圧縮強度	セメントを用いて放射性廃棄物を固型化する場合は、固型化された放射性廃棄物の一軸圧縮強度が1,470kPa以上であること。	第8条第2項第1号 第8条第2項第7号
(4) 配合比	アスファルト又は不飽和ポリエステル樹脂を用いて放射性廃棄物を固型化する場合は、廃棄体中の固型化材料の重量が廃棄体の重量から容器の重量を差し引いた重量のそれぞれ50%以上又は30%以上となるようにすること。	第8条第2項第1号 第8条第2項第7号
(5) 硬さ値	不飽和ポリエステル樹脂を用いて放射性廃棄物を固型化する場合は、固型化された放射性廃棄物の JISK7215 に定める方法により測定した硬さ値が25以上であること。	第8条第2項第1号 第8条第2項第7号

確認項目	受入基準	埋設規則条項
(6)練り混ぜ・混合	固型化にあたっては、試験等により固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料と放射性廃棄物を均質に練り混ぜ、又はあらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料と放射性廃棄物を均一に混合できることが確認された固型化設備及び運転条件によって固型化してあること。	第8条第2項第7号
(7)有害な空げき	容器内に有害な空げき※が残らないようにすること。 ※上部空げきが体積で30%（固型化した廃棄物の上面から容器の蓋の下面までの長さが約25cm）を超えないこと	第8条第2項第7号
2. 最大放射能濃度	次のいずれかの方法により、受入れ時の放射能濃度が別表2の3に示す1号廃棄体の最大放射能濃度を超えないことを確認されたものであること。 (1)スケーリングファクタ法 (2)平均放射能濃度法 (3)非破壊外部測定法 (4)理論計算法 (5)原廃棄物分析法 スケーリングファクタ等については別紙のとおりとする。	第8条第2項第3号 第8条第2項第7号
9. 廃棄体重量	0.5ton/本を超えないこと。	第8条第2項第7号

別表2の2 2号廃棄体に係る廃棄物受入基準と埋設規則の関連付け

確認項目	受入基準	埋設規則条項
1. 固型化の方法	放射線障害防止のため、埋設の終了までの間に受けるおそれのある荷重（1tonの廃棄体を9段積みで定置する際の荷重）に耐える強度を有するよう及び廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大の高さ（8m）からの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量が極めて少なくなるよう、事業許可において廃棄を許可された放射性廃棄物を以下に定める方法により容器に封入し、又は容器に固型化してあること。	第8条第2項第2号 第8条第2項第6号 第8条第2項第7号
(1)固型化材料	JIS R 5210（1992）若しくはJIS R 5211（1992）に定めるセメント又はこれらと同等以上の安定性及び圧縮強さを有するセメントであること。	第8条第2項第2号 第8条第2項第6号 第8条第2項第7号
(2)容器	JIS Z 1600（1993）に定める金属製容器又はこれと同等以上の強度及び密封性を有するものであること。	第8条第2項第6号 第8条第2項第7号
(3)固型化方法	試験等により均質に練り混ぜられることが確認された固型化設備及び運転条件によってあらかじめ固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料が練り混ぜられてあること及び試験等により容器内の放射性廃棄物と一体となるように充てんできることが確認された方法によって固型化されてあること。 また、ゴム片等（強度分類が不明な固体状廃棄物を含む。）を収納する廃棄体は、廃棄物と容器との隙間を30mm以上確保してあること。	第8条第2項第6号 第8条第2項第7号
(4)有害な空げき	容器内に有害な空げき※が残らないようにすること。 ※上部空げきが体積で10%（充てん面から容器の蓋の下面までの長さが約8cm）を超えないこと	第8条第2項第6号 第8条第2項第7号

確認項目	受入基準	埋設規則条項
2. 最大放射能濃度	<p>次のいずれかの方法により、受入れ時の放射能濃度が別表 2 の 3 に示す 2 号廃棄体の最大放射能濃度を超えないことを確認されたものであること。</p> <p>(1) スケーリングファクタ法 (2) 平均放射能濃度法 (3) 非破壊外部測定法 (4) 理論計算法 (5) 原廃棄物分析法</p> <p>スケーリングファクタ等については別紙のとおりとする。</p>	<p>第 8 条第 2 項第 3 号 第 8 条第 2 項第 7 号</p>
9. 廃棄体重量	1ton/本を超えないこと。	第 8 条第 2 項第 7 号

4. 審査基準及び技術基準に対する廃棄物受入基準案の考え方について

まず、審査基準が要求する「廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大高さからの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量」および技術基準が要求する「廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大の高さからの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量が極めて少ないこと」について、「極めて少ない量」と判断する基準は、事業許可申請書添付書類七において事故時の影響評価で用いている内容物の飛散率「 1×10^{-5} 」とする。この評価の結果では、事業許可を受けた最大放射能濃度で、保守的に想定される最大重量の廃棄体が落下したと想定し、前述した飛散率によって放出された放射性物質を一般公衆が吸入摂取した場合の被ばく評価を行い、著しい放射線被ばくのリスクはないことが示されていることから、基準は妥当であると考えられる。

しかし、受け入れる廃棄体を実際に落下させて飛散率を確認することは現実的ではないため、受け入れる廃棄体と同様の方法で容器に固型化することで同等の性状を有すると考えられる模擬廃棄体を用いて 8mから落下させた試験において、模擬廃棄体からの漏出が 1×10^{-5} を大きく下回る量であったことから、廃棄物受入基準のうち、「1. 固型化の方法」を確認することで当該技術基準の適合性を判断できると考える。また、落下時の衝撃が試験の状況から大きく逸脱しないよう、想定される最大の高さについても条件として明示し、「9. 廃棄体重量」により事業許可申請において想定されている廃棄体の最大重量を超えないことも確認する。

なお、要求事項は「飛散又は漏えいする放射性物質の量が極めて少ないこと」であることから「2. 最大放射能濃度」も当該技術基準に関連する項目と位置付ける。

5. 廃棄体落下試験について

電気事業者および日本原燃は 1995 年に共同で充填固化体の廃棄体落下試験（以下、「落下試験」）を実施している。落下試験に用いた実大模擬廃棄体は、埋設規則の技術基準や告示の廃棄体仕様を踏まえた「廃棄体製作マニュアル」（現在の充填固化体の標準的製作方法）に基づき製作したものである。具体的な製作条件は以下のとおり。

【固型化材料】

- ・ JIS R 5210 (1992) 若しくは JIS R 5211 (1992) に定めるセメント

【容器】

- ・ JIS Z1600 に定める 200 リットルドラム缶（H級）
- ・ 内張厚さまたはドラム缶内壁と内籠の間隔は 30 mm を目標に製作
- ・ 内籠は鋼製網目状の容器を使用。

【固型化方法】

- ・ 強制練りパン型混練機またはグラウト用ミキサーにより練り混ぜ
- ・ モルタルの P ロートによる流下時間は約 50 秒（高性能減水を使用しているため。落下試験に注入条件は直接影響しない。）
- ・ 固型化材料等の注入速度が約 25L/min

落下試験を行う模擬廃棄体の種類は、耐衝撃強度に影響すると考えられる収納容器種類と、落下衝撃に影響すると考えられる廃棄体重量の観点から以下の 5 種類を選定している。

- ・ A型非圧縮物ドラム缶収納（ドラム缶収納ケース、平均的な重量のケース）
- ・ B型非圧縮物内張容器収納（内張容器収納ケース）
- ・ B型非圧縮物内籠容器収納（内籠容器収納ケース）
- ・ B型圧縮物内籠収納（重量の小さいケース）
- ・ A型溶融体ドラム缶収納（重量の大きいケース）

補足：廃棄体の型式設定

[A廃棄体]：廃棄物自体の強度が十分であり、内部空隙を有する場合は前処理（切断、圧縮、溶融）を行った廃棄物で、容器に直接収納した廃棄体

[B廃棄体]：廃棄物自体の強度が低く、内部空隙を有する場合は前処理（切断、圧縮）を行った廃棄物で、内籠又は内張容器に収納した廃棄体

落下試験は充填固化体が埋設される2号埋設施設に定置する際のクレーンによる最大吊り上げ高さ（8m）から床面に自由落下させ、廃棄体外へ漏出した内容物の量を確認した。結果は下表のとおり 漏出率は最大で 6.4×10^{-7} であり、基準と考える飛散率「 1×10^{-5} 」に対し一桁以上小さかった。

なお、この試験では漏出物が散乱しないよう模擬廃棄体をビニルシートで巻いて落下させており、漏出物はほぼ全量回収できていると考えられる。落下後の模擬廃棄体の開口部は変形により生じた蓋と本体の隙間（蓋とバンドにも隙間あり）の他、A型溶融体ドラム缶収納のケースについてはドラム缶胴体部に生じた亀裂があり、長さは～200mm程度、開口幅は～5mm程度であった。漏出物の粒径は最大3mm程度であり、空気中に浮遊しないサイズのものも含めて重量を測定していることから、実際に飛散した場合に浮遊し、従事者の放射線障害や作業環境の著しい悪化につながるような粒子の割合は、この漏出率よりもさらに小さくなるものと考えられる。

（型式情報を除き、1-3号事業変更許可申請の安全審査資料でも引用）

型式	収納廃棄物	収納状態	収納容器	廃棄体重量 [kg]	漏出物重量 [mg]	漏出率*1 [-]
A	非圧縮物	普通	ドラム缶	583	0	0
B	非圧縮物	密	内張容器	461	104	2.3×10^{-7}
B	非圧縮物	密	内籠容器	477	0	0
B	圧縮体	—	内籠容器	389	249	6.4×10^{-7}
A	溶融体	—	ドラム缶	870	87	1.0×10^{-7}

*1：（漏出率[-]）＝（漏出物重量[kg]）／（廃棄体重量[kg]）

6. 「1. 固型化の方法」全体を確認することで良いとする根拠

- ・ 収納容器種類、廃棄体重量の違いによって漏出率に特に傾向は見られず、収納廃棄物、収納状態の違いを含めても漏出率に影響する特定要因は見られないことから、落下試験における製作方法（固型化の方法）から大きく逸脱しない限りは、実際に埋設される廃棄体も同等の結果が得られるものと考えられる。
- ・ 固型化材料、容器はJIS規格に適合したものであれば、品質のばらつきや製作公差も規格に定める範囲内であることから模擬廃棄体と実際の廃棄体の性能に大きな違いが出るとは考えにくい。また、廃棄物種類（圧縮/非圧縮/溶融）、収納状態に関

して模擬廃棄体は実際に埋設される廃棄体を網羅した設定となっている。固型化方法については落下試験時よりも、一体となるように充填する方法（固型化設備の練り混ぜ性能の確認、固型化材料の流動性、注入速度の管理など）が確立されているため、模擬廃棄体に比べ実際の廃棄体は同等以上の耐衝撃性を有していると考えられる。

- ・ 廃棄体重量については、2号廃棄体の最大重量は1ton（2020年2月末時点での2号廃棄体の受入実績によると最大で約950kg）であるため落下試験の模擬廃棄体の最大重量を10%程度超過しているが、重量の増加と漏出率の増加に相関関係は認められないこと、基準である飛散率「 1×10^{-5} 」に比べ落下試験の漏出率が一桁以上小さいことを考えると 模擬廃棄体と実際の廃棄体の重量差は十分許容できる範囲と考える。
- ・ したがって、落下試験に使用した廃棄体と同様に製作された廃棄体については、飛散率 1×10^{-5} を超えることはなく、（廃棄体の最大吊り上げ高さの想定条件を明示した上で、）廃棄物受入基準での「1. 固型化の方法」全体を確認することにより、審査基準の要求である「廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大高さからの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量」および 技術基準の要求である「廃棄物埋設地に定置するまでの間に想定される最大の高さからの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量が極めて少ないこと」は 担保されるものと考える。
- ・ また、均質・均一固化体（1号廃棄体）については、セメント固化体に関しては固型化材料、容器が充填固化体と共通であることから落下時の衝撃によって充填固化体と同様な形態で破損し、内容物が漏出する可能性があると考えられる。固型化方法の違いによって、内容物が破砕した際の粒径分布は充填固化体とは異なる可能性が考えられるが、粒径が小さい破片が増えたとしても容器の開口面積は十分小さいことから充填固化体の落下試験結果と比べ 漏出量が大きく増加するとは考えにくい。
- ・ なお、固型化材料の異なるドラム缶廃棄体を落下させた海外の文献によると、プラスチック固化体、ビチューメン（アスファルト）固化体の飛散率はセメント固化体よりも小さい結果となっている。
- ・ 以上より、均質・均一固化体落下時についても、廃棄物受入基準の「1. 固型化の方法」全体を確認することにより 当該技術基準は担保されるものと考える。

以上

参考文献

- ・ 受託研究報告書 雑固体廃棄体の型式設定・評価に関する研究 平成7年度（最終報告書） 平成8年3月 財団法人 原子力環境整備センター
- ・ U. S. NRC(1981):NUREG-0683 Final Programmatic Environmental Impact Statement related to decontamination and disposal of radioactive waste resulting from March 28, 1979, accident Three Mile Island Nuclear Station, Unit 2