

「コンディショニングした廃棄物ドラムにおけるゲル形成」 1次スクリーニング補足情報

平成 30 年 11 月 1 日
原子力規制企画課

「コンディショニングした廃棄物ドラムにおけるゲル形成」は、2013 年に発見され、2015 年に FINAS に報告(発行は 2018 年 3 月)された事例である。公開情報[1][2]を使って最新状況を報告する。

1. 経緯

Belgoprocess 社(ベルギー廃棄物管理組織 ONDRAF/NIRAS の子会社)では、最終処分に備えて、コンディショニングされた放射性廃棄物(低、中、高レベル廃棄物とアルファ放出物質汚染廃棄物)を貯蔵建屋に一時的に保管している。低レベル廃棄物用の貯蔵建屋では現在、400Lドラム缶を 36 千本を一時的に保管している[3]。



図 1 低レベル廃棄物用貯蔵建屋のドラム缶保管状況[3] 図 2 ドラム缶のコンクリート表面上に見られたゲル層[2]

この低レベル廃棄物貯蔵建屋内で、2013 年 2 月、定期目視検査中に放射性廃棄物のゲル状の噴出物が見つかった。Belgoprocess 社と ONDRAF/NIRAS によるドラム缶の調査により、以下のことがわかった[1]。

- 蒸発濃縮廃棄物が含まれる多数のドラムでは、ゲル状噴出物がコンクリート混合物表面にゲル層が見られる。
- コンディショニング(表 1 参照)されたコンクリート中に使用済みイオン交換樹脂が含まれる多数のドラム缶でも、同様な影響が見られる。
- ゲル形成やその量は、廃棄物生成バッチごとに大きな違いがある。

表 1 コンディショニングとは[4]

コンディショニングとは、厳密には放射性廃棄物を処分に適した形態にして廃棄物パッケージにする処理の一工程である。コンディショニング工程の前には、以下のように、前処理、本処理工程があるが、本報告では、これらの二工程も含めて、コンディショニングと呼ぶ。

- (1) 前処理: 廃棄物の収集、分別、化学調整、除染などの工程。化学調整は、中間貯蔵や輸送、廃棄物の処理を容易にするために行われる工程。
- (2) 本処理: 廃棄物の特性を変化させる減容、放射能除去、組成の変更などの工程。具体的には、可燃物の焼却、乾燥固形物の凝固(減容)、液体物の蒸発、ろ過、イオン交換、あるいは含有化学物質の中和・沈殿・凝集などの操作である。これらの操作では、汚染されたフィルターやイオン交換体、スラッジなどの二次放射性廃棄物が発生することもある。
- (3) コンディショニング(狭義): 放射性核種を固体中に固定化して、容器に封入し、必要なら二次的な外部容器を追加する工程である。固定化方法として、低、もしくは中レベル放射性廃液のセメント、アスファルト、またはガラス固化が知られている。高レベル廃液では、ガラス化が知られている。生成される廃棄物形態は、放射能に応じて一般的な 200L ドラム缶から分厚い壁を持つ容器にわたるパッケージに封入される。

なお、コンディショニングされた廃棄物の放射線学的・機械的・物理的・化学的・生物学的特性など(放射能濃度、熱出力、形態など)は、廃棄物受け入れ基準に適合している必要がある。それらの特性は、コンディショニングの過程で変化するので、それぞれの工程が管理され、品質保証されなければならない。

Belgoprocess 社と ONDRAF/NIRAS による調査から、以下の結論が導出されている。

- ドエル原子力発電所(PWR×4基)にて、蒸発濃縮廃棄物、もしくはイオン交換樹脂を含み、コンクリートでコンディショニングされた合計約 9000 本のドラム缶が影響を受けている可能性がある。
- 原因とみられる蒸発濃縮廃棄物、もしくはイオン交換樹脂を含むコンディショニング工程は停止した。それらの工程の認定は、NIRAS/ONDRAF により取り消された。
- 事業者の分析(国際的パネルで確認済み)により、ゲルは、ケイ酸ナトリウムであり、アルカリ・シリカ反応(ASR)により形成されたと考えられる。ゲルは親水性で水を含むことで膨張する(化学式: $\text{Na}_x\text{Si}_y\text{O}_z \cdot n\text{H}_2\text{O}$)。膨張により、ドラム缶からこぼれ出たと考えられる。
- ゲル形成に関わるその他のプロセスがないことを確認する必要がある。(既に、NIRAS/ONDRAF により調査されている。)

2. 安全性影響

当該低レベル廃棄物用貯蔵建屋における運転安全性に関わる課題は以下である。

- 建屋内壁・床の表面汚染
- 非影響ドラム缶への汚染拡大
- 空気汚染の潜在的リスク(現在まで未検出)

事業者は対策を求められ、以下のアクションプランを立てている。なお、これまでのところ、ASR 影響ドラム缶の取扱いに伴う被ばくの懸念以外は、Belgoprocess 社の従事者、および、公衆、環境への安全性影響はない。

- ウォークダウンと空気汚染管理の強化
- ASR 影響ドラム缶を取り扱う際の保護具の着用
- 汚染拡大防止のため ASR 影響ドラム缶を一か所に分離配置
- 潜在的影響ドラム缶の外観目視検査(適合性検査)
- ASR 影響ドラム缶専用の貯蔵施設の開発

ASR 影響ドラム缶を最終処分した場合は、以下のような長期的安全性課題があることから、NIRAS/ONDRAF は、ASR 影響ドラム缶を当初計画の地上処分にあてる意思はない。それらドラム缶の長期管理オプションについて検討が開始された。

- 隣接場への機械的制約リスク
- 放射性核種の移行が増加する可能性

3. 今後の対応

最終処分に備え、以下のオプションを可能にするため、研究開発プログラムが NIRAS/ONDRAF により立ち上げられた[1][5]。

- 地上処分に備えて、ゲル形成を阻止する
- 反応物質を消費し、ゲル生成反応を止める
- ゲルが処分施設の工学的境界の安全機能に影響せず、処分施設の安全性を損なわないことを示す
- 影響ドラム缶の再処理可能性と再処理後の形態と最終処分の両立性を評価する

本事案は、廃棄物管理の 3 つの段階、つまり、廃棄物コンディショニング段階(化学的不安定)、廃棄物貯蔵段階(汚染)、廃棄物処分段階(長期管理)が、それぞれに影響を及ぼすことを示している。ベルギー規制当局により得られたキーとなる教訓は、「廃棄物管理の各段階の影響管理を強化すべき。」である。管理強化すべき対象は、以下の項目である。

- 廃棄物受け入れ基準(WAC)は、廃棄物管理の段階に応じて定義されるべき。例えば、ASR のように貯蔵段階や処分段階へ悪影響を与える反応を避けるために、廃棄物原料に対する基準を設けること。例えば、廃棄物固化に用いる砂利が、ASR により有害な膨張を引き起こさないこと。

- コンディショニング施設において、廃棄物原料に対する品質と適合性を適切に検証する仕組み(管理)を強化する必要がある。(例:化学組成分析、品質保証認証、破壊検査など)後段の、貯蔵段階や処分段階へ悪影響を与える可能性があるため。
- 規制当局によるオンサイト管理は、廃棄物管理の全段階の観点で行わなければならない。例えば、廃棄物処分段階への影響可能性を管理強化する。廃棄物管理の各段階への影響に重きをおいた規制当局向け訓練も必要である。

4. 参考文献

- [1] Gel formation in conditioned waste drums: overview of the issue and lessons learned by the Regulatory Body, EUROSAFE 2017, https://www.eurosafe-forum.org/sites/default/files/Eurosafe2017/Seminars/3_07_Presentation_Detilleux.pdf
- [2] STORA News, Drums with gel formation not suitable for storage (英訳), 9 January, 2014, <https://www.stora.org/en/node/602>
- [3] Belgprocess 社ホームページ、<https://www.belgoprocess.be/eng/TempStorage.htm>
- [4] 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター、放射性廃棄物処分の原則と基礎、https://www.rwmc.or.jp/library/file/RWMC_GensokuKiso_170809.pdf
- [5] ベルギー-FINAS ナショナルコーディネーター情報