

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT CENTER TOPICS

2000.6.NO.53

目次

極低レベル放射性コンクリート廃棄物の埋設処分の安全性について	
センターのうごき	

極低レベル放射性コンクリート廃棄物の 埋設処分の安全性について

1. はじめに

我が国では、2000年5月現在、51基の発電用原子炉が稼働している。これらの原子炉も一般の生産施設と同様に、長年の運転による機能の低下等があり、建設後数十年程度で運転を停止するものとしている。そして1998年には、発電用原子炉の第一号機（日本原子力発電(株)東海発電所）が停止した。我が国では、このように運転を終えた原子炉は、解体・処分する方針であるが、原子炉を解体するとコンクリートや金属などの廃棄物が発生する。これらの廃棄物の中には、放射性廃棄物が1～2%存在し、その大半が放射性物質濃度が極めて低い廃棄物であると言われている。このうち放射性物質濃度が極めて低いコンクリート等廃棄物は、平成5年2月の「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の廃棄物埋設事業に関する規則（以下、「埋設規則」と記す）」の改正により、固型化等の処理をせず、素掘りトレンチ等の人工構築物を設置しない埋設施設での処分（以下「簡易処分」と記す）が可能であるとされた。

本稿は、このようなコンクリート等廃棄物の簡易処分の安全性を実証することを目的に通商産業

省資源エネルギー庁より委託を受け、「低レベル放射性廃棄物施設貯蔵安全性実証試験」の一環として平成5年度から平成11年度まで7年間に実施した「低レベル放射性コンクリート廃棄物処分実証試験」の試験結果を取りまとめたものである。簡易処分の概念図を図-1に示す。

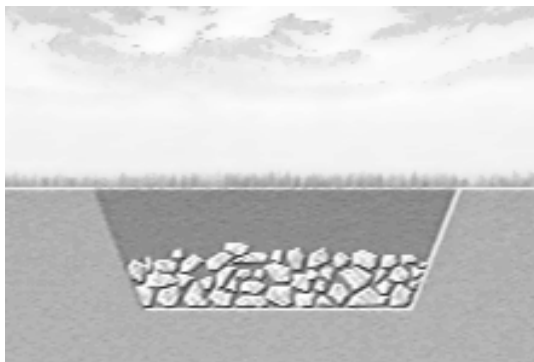


図-1 簡易処分の概念図（一例）

2. 試験概要

放射性物質濃度の低いコンクリート等廃棄物を簡易処分する場合、埋設規則により「放射性物質濃度等の制限」、「放射性物質の飛散防止」等の7つの要件が定められている。

このうち、本実証試験では技術的な検証が可能な

- 放射性物質の飛散防止
- 埋設地の有害な空隙の排除

さらに、放射性廃棄物の埋設に際して、安全上最も重要な

放射性物質による一般公衆への影響防止について試験を実施した。

試験は、一般土木工事等で利用されている既存の技術を使用すること及び放射性物質に代わる安定元素を使用した「実規模埋設試験」を柱として、図-2に示す試験フローに従って実施した。各試験の概要は以下の通りである。

2.1 要素試験

実規模埋設試験の試験条件や試験方法を設定す

るために、以下の試験を実施した。

空隙充てん・埋戻し試験

一般土木工事で利用されている方法を検討し、廃棄物埋設地に有害な空隙を発生させない方法を選定するための小規模な廃棄物埋設試験

放射性物質吸着性確認試験

試験に使用する土壌や模擬コンクリート廃棄物などへの核種の吸着特性（分配係数）の測定

2.2 室内補完試験

実規模埋設試験を補完し、安全性総合評価に必要な以下の試験を実施した。

地下水パターンの影響試験

実規模試験施設を模擬した小型の試験装置により、降雨強度等をパラメータとした核種の浸出状況確認試験

放射化コンクリートの浸出試験

放射化コンクリート等の実廃棄物と試験に用いた模擬廃棄物からの核種浸出挙動の違いを確認するためのバッチ試験

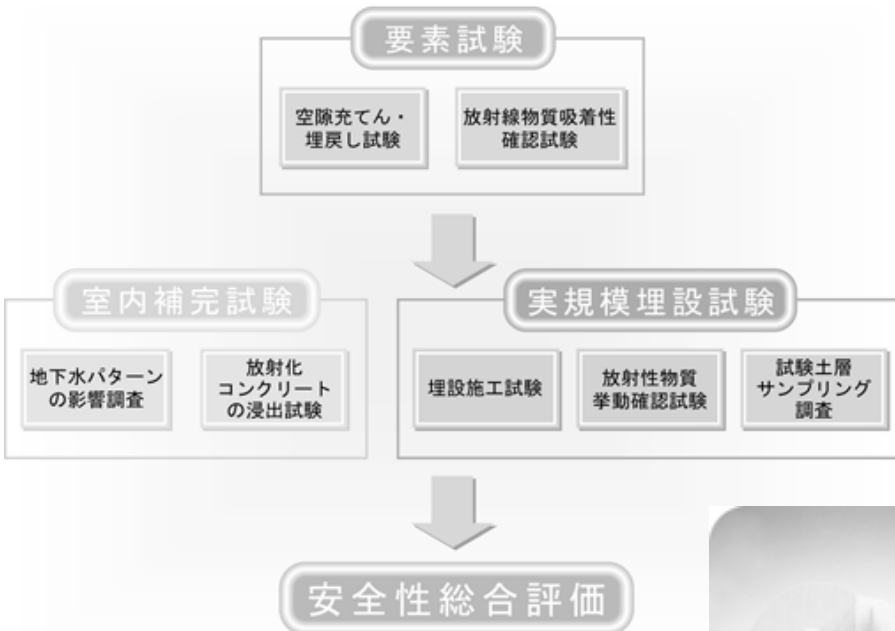


図-2 実証試験フロー図



図-3 仮設テント全景

(幅約 15m × 奥行き約 18m × 高さ約 7m)

2.3 実規模埋設試験

図-3 に示す仮設テント内に実規模の試験施設（素堀トレンチを模擬した試験土層図-4）を設置するために、模擬地下水を流すための流入槽、流出槽を備えたコンクリート製のプールを建設し、その内部でダンプトラック、振動ローラなどの実機を使用して以下の実規模埋設試験を実施した。

埋設施工試験

要素試験（空隙充填・埋戻し試験）で選定した廃棄物の埋設方法により、模擬コンクリート廃棄物を上・中・下の3段に埋設する

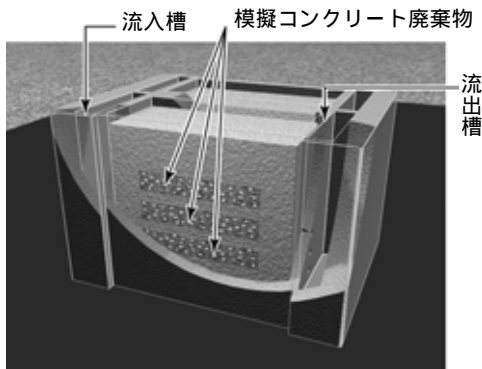


図-4 試験土層概念図

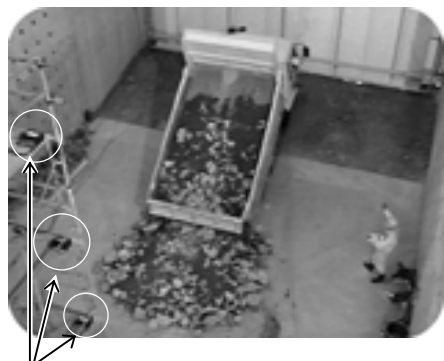
（幅 10m × 奥行き 4m × 高さ 7m × 2 槽）

とともに、仮設テント内及び仮設テントに取り付けた集じん機出口で模擬廃棄物定置時の粉じん量を測定した。

試験状況を図-5 に示す。

放射性物質挙動確認試験

埋設施工試験時に3段に埋設した模擬コンクリート廃棄物の中にトレーサを含浸させたコンクリートブロックを同時に埋設（図-6）し、流入槽・流出槽を使用して流した模擬地下水及び降雨装置（図-7）を使用した人工降雨によるトレーサの移行状況を定期的な模擬



粉じん量測定器

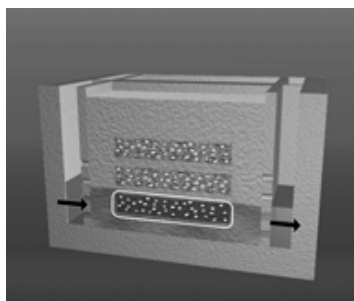
図-5 粉じん量測定状況



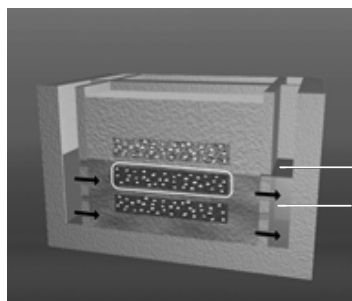
図-6 模擬トレーサ（含浸コンクリート片）埋設状況



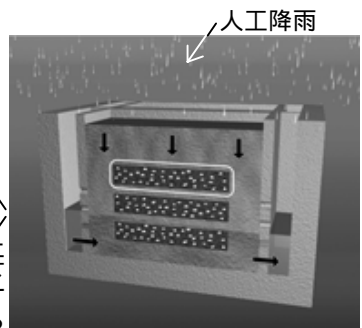
図-7 降雨装置



地下水埋没試験
（下段廃棄物層対象）



地下水位変動試験
（中段廃棄物層対象）



降雨浸透試験
（上段廃棄物層対象）

図-8 実規模埋設試験 地下水条件

地下水採取・分析により測定した。

試験は、3段に埋設した模擬コンクリート廃棄物を利用し、廃棄物が常に地下水に接している状態、間欠的に地下水に接する状態、降雨浸透水のみに接する状態の3形態について順に行った。試験概念を図-8に示す。

試験土層サンプリング調査

放射性物質挙動確認試験終了後、図-9に示すように試験土層を14層に分割して解体・サンプリングし、土層内の空隙の有無、模擬コンクリート廃棄物内への覆土材の侵入状況等を観察するとともに、中間覆土や模擬コンクリート廃棄物などを採取・分析し、トレーサの移行状況を調査した。

2.4 安全性総合評価

要素試験、室内補完試験、実規模埋設試験を総合的に評価し、コンクリート廃棄物の簡易処分の安全性を評価した。

3. 試験結果

3.1 埋設施工試験

放射性物質の飛散防止

コンクリート廃棄物の埋設に伴う放射性物質の飛散は、コンクリート廃棄物を埋設施設内に定置する時に発生する。

放射性物質の飛散防止効果については、要素試験で有害な空隙を排除する方法として選定した「事前混合方式（後述）」及びコンクリート廃棄物のみをダンプトラックから落下させた場合の粉塵の発生状況を比較することによって調査した。

その結果、コンクリート廃棄物をそのまま落下させた場合の粉じん発生量が最大 $6.0\text{mg}/\text{m}^3$ であるのに対し、ダンプトラック上のコンクリート廃棄物上を湿った土砂で覆う事前混合方式を採用することにより、最大 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ と大幅に低減した。

また、コンクリート廃棄物をそのまま落下させても一般的な集じん機により、粉じんの大半は捕集され、外部への粉じん飛散量は、最大で $0.6\text{mg}/\text{m}^3$ となった。

以上から、コンクリート廃棄物を簡易処分する場合、埋設方法の工夫や一般的な集じん機の設置により、放射性物質の飛散防止が図れると推定された。

図-10に、粉じん量測定結果を示す。

有害な空隙の排除

埋設規則による「埋設地の空隙の排除」は、発生した空隙により、廃棄物埋設後に地表面の陥没や地盤沈下、さらに陥没等により降雨浸透が増加し、放射性物質の移行が促進されることを懸念したものと考えられる。したがって、単なる空隙ではなく、地盤沈下等が発生させるような有害な空隙の発生を防止することにある。

有害な空隙の排除については、要素試験の「空隙充てん・埋戻し試験」により、有害な空隙を排除する方法として選定した「事前混合方式」と「フィルター材方式」の2つの方法で模擬コンクリート廃棄物を埋設し、試験土層を造成するとともに、後述の核種移行試験期間中の試験土層の沈下・陥没の観察を行う

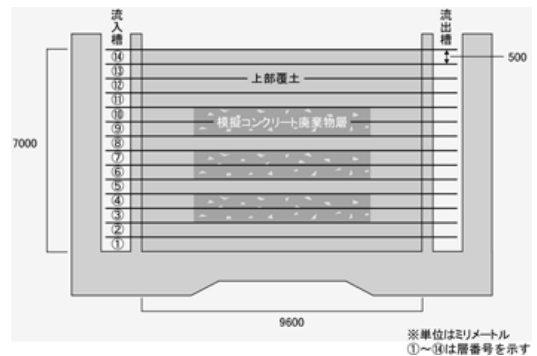


図-9 試験土層解体断面図

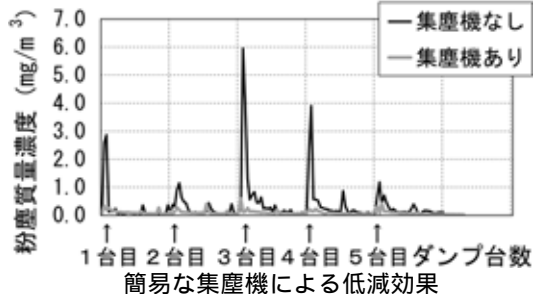
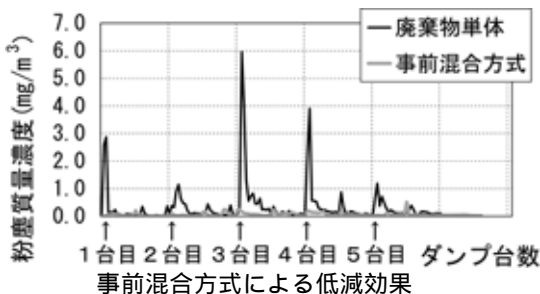


図-10 粉じん量測定結果

ことにより調査した。

その結果、試験土層の沈下・陥没は発生せず、有害な空隙の無い良好な埋設ができたと推定された。「事前混合方式」と「フィルター材方式」の概念を図-11,12 及び図-13 に示す。

3.2 放射性物質挙動確認試験

コンクリート廃棄物を簡易処分した場合、放射性物質による一般公衆への影響は、埋設時の粉じん発生と埋設後に放射性物質が降雨浸透水などの移行媒体と接することによって、水とともに、一般環境へ移行する場合とが考えられる。それゆえ、コンクリート等廃棄物の簡易処分は、地下水面よ

り上の通気層中に埋設することを前提として、埋設濃度上限値等が設定されている。

放射性物質移行確認試験では、常に廃棄物が地下水に接している状態を模擬した「地下水埋没試験」、異常気象などにより地下水位が急激に上昇し、一時的に廃棄物が地下水中に水没する状態を模擬した「地下水位変動試験」、並びに本来の簡易処分の状態である降雨浸透水のみに廃棄物が接する状態を模擬した「降雨浸透試験」の3形態の試験を実施した。

その結果、地下水との接触割合が大きいほど、放射性物質の移行が大きい、土壌や廃棄物そのものが持つ核種の吸着性能により吸着・保持され、一般環境への移行が抑制されることが示された。

空隙に土砂が詰まっている

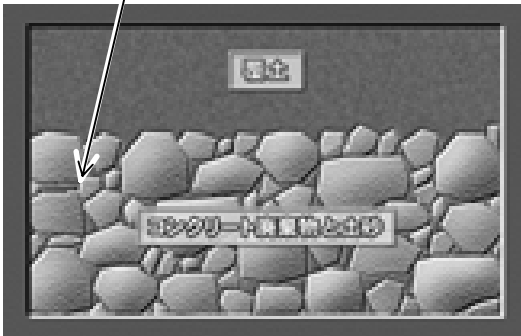


図-11 事前混合方式の概念

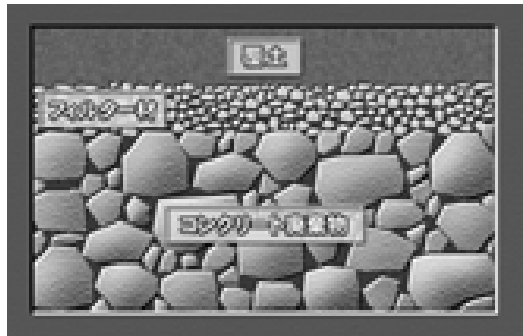
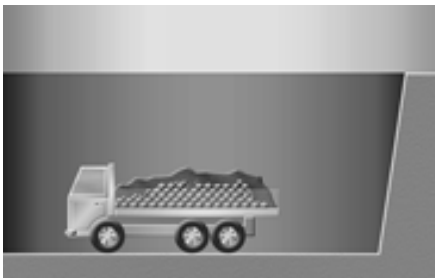


図-13 フィルター材方式の概念



廃棄物・土砂 積載状況



排出による混合状況

図-12 事前混合材料製造概念

- ・事前混合方式……………コンクリート廃棄物をダンプトラックに載せる際、その上部に比較的湿った土砂を載せ、同時に排出することで埋設作業前に混合され、埋設時には廃棄物と廃棄物の間に土砂が充てんされ、空隙を排除する方式である。
このような混合方法は非常に簡単であり、前述の粉じん量を抑制する効果（土砂に含まれる水分に粉じんが吸着される）も兼ね備えており、コンクリート廃棄物の埋設には、特に有効な方式であることがわかった。
- ・フィルター材方式……………コンクリート廃棄物と埋め戻す土砂の間に、粒子の大きさが中間的な材料（本実証試験では比較的細かいコンクリートの破片）をフィルター材として敷き詰める方式である。
この方法は「パイピング則粒径比」として示され、ダムなどで長期にわたって用いられており、粒の大きな排水層に周辺の層から小さな粒子が入り込むこと（目詰まり）を防止する方法である。コンクリート廃棄物の埋設においては、周辺土壌などが廃棄物層へ入り込むことを防止することで、周辺の沈下・陥没を防止するという機能を持つ。

特に、通気層に埋設した場合は、放射性物質の移行抑制効果は大きく、放射性物質のほとんどが埋設地周辺に止まっていると推定された。降雨浸透試験結果を図-14 に示す。

3.3 試験土層のサンプリング調査

放射性物質挙動確認試験終了後、試験土層内の空隙発生等の観察や土壌や模擬コンクリート廃棄物などの採取・分析によるトレーサの移行状況の調査を行った。その結果、要素試験の結果と同様に、土層内での空隙の発生や模擬コンクリート廃棄物内への覆土の侵入等も認められず、埋設施工試験結果が裏付けられ、有害な空隙の排除が可能であることが、確認された。

また、トレーサの移行状況の調査結果からも埋設した模擬廃棄物近傍にトレーサが保持されており、放射性物質移行確認試験の結果が裏付けられた。

放射性物質移行確認試験の結果を図-15 に示す。

4. 安全性総合評価

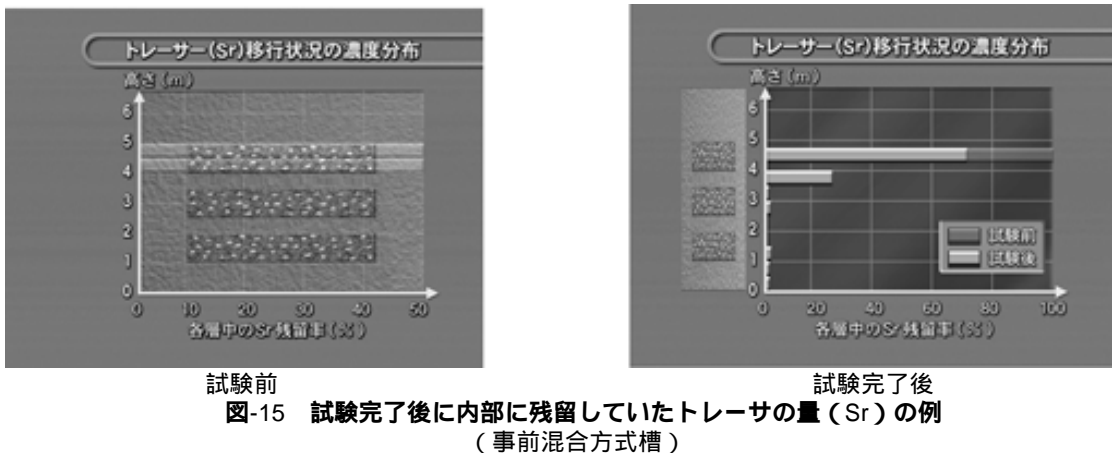
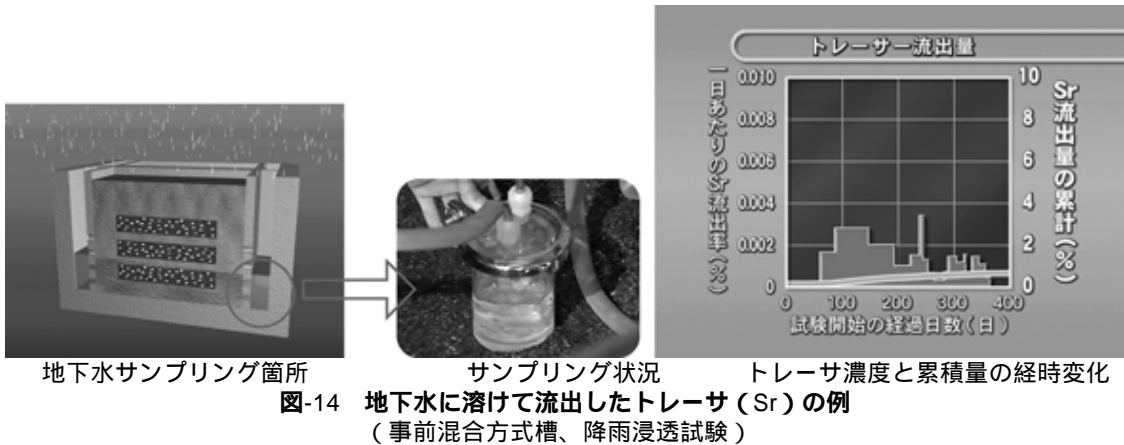
放射性物質の飛散防止

埋設施工試験の結果、コンクリート廃棄物を簡易処分する場合、埋設方法の工夫や一般的な集じん機の設置により、放射性物質の飛散防止が図れることが確認された。

さらに、埋設するコンクリート等廃棄物が埋設濃度上限値の放射性核種濃度であったとして、集じん機の設置などにより低減された粉じん量から吸引による被ばく線量を評価した結果、集じん機のみで約 2.6 μ Sv/y、事前混合方式と併用した場合に約 0.1 μ Sv/y となり、一般公衆の被ばく限度よりも低く、十分な飛散防止対策が取れていることが評価された。

有害な空隙の排除

埋設施工試験及び試験土層サンプリング調査の結果、要素試験によって選定した「事前混合方式」、「フィルター材方式」のいずれでも、有害な空隙の排除が可能であることが



確認された。

特に「事前混合方式」は、飛散防止の観点からも効果が期待され、集じん機の設置が必要な「フィルター材方式」よりも経済的に優れた方策であると評価される。

放射性物質による一般公衆への影響

埋設した放射性物質の地下水移行に伴う一般公衆への影響は、埋設地の地質環境や地下水環境等によって変わる。

そのため、放射性物質による一般公衆への影響は、コンクリート等廃棄物の簡易処分濃度上限値の設定に際して使用された核種の放出係数（TECDOC-401 から引用）と試験土層サンプリング調査から算出した放出係数とを比較することにより安全性を評価することとした。

その結果、放出係数はほぼ同程度であった。

表-1 に試験によって得られた放出率と TECDOC-401 に示される放出係数から本実証試験条件に換算した放出率を示す。

さらに、室内補完試験で実施した放射化コンクリート等の実廃棄物と模擬廃棄物からのトレーサの浸出試験結果を比較すると模擬廃棄物の方が浸出速度が早く、実際の廃棄物の処分では、放出係数は、さらに小さい値になることが予測される。

室内補完試験で得られた放射化コンクリートからの核種（H-3）の浸出率の最大値と模擬廃棄物からの核種の浸出率を図-16に示す。

以上から、トレーサを使用した実規模埋設試験は、大きな安全裕度を持った試験であったにもかかわらず、ほぼ同程度の放出係数が得られ、実際の処分に際しては TECDOC-401 に示された核種の放出係数を使用して安全評価をすることにより、放射性物質による一般公衆への影響は防止され、安全な処分が可能であると評価された。

表-1 放出率の比較

（実規模試験実測値と TECDOC 放出係数からの換算値）

単位：%

トレーサの種類	実規模試験実測値		TECDOC からの計算値	
	事前混合	フィルター材	事前混合	フィルター材
Sr	5.3	5.9	4.5	4.5
Cs	3.2	5.4	6.3	9.4

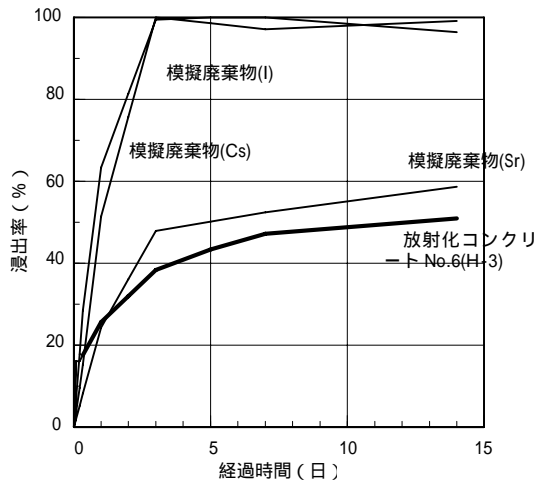


図-16 模擬廃棄物と放射化コンクリートからの核種浸出率の経時変化

5. おわりに

本安全性実証試験により、放射性物質濃度の低いコンクリート等廃棄物を簡易処分しても既存の土木技術等により、放射性物質の飛散防止や埋設地内の有害な空隙の排除が可能であるとともに放射性物質による一般公衆への影響も防止できることが確認された。

しかしながら、埋設する廃棄物の放射性物質濃度の制限や周辺土壌より透水性の大きくない土壌で埋め戻す等の人の判断や行為に基づく、埋設規則に定められた他の要件を遵守することが前提になる。

また、放射性物質による一般公衆への影響は処分場から一般公衆の生活の場までの地質や地下水環境等によっても影響される。

今回の試験は、廃棄物からの放射性物質の放出係数を比較・評価したものであり、放射性物質の移行の面からは、処分施設出口での評価に相当する。したがって、実際の処分にあたっては、周辺の地質・地下水環境の違いにより、被ばく評価が変わるため、処分地の地質・地下水条件に則した個別の評価が必要である。

（大西 利満）

センターのうごき

第4回評議員会開催

平成12年3月10日(金)第4回評議員会が開催され、「平成12年度事業計画及び収支予算」及び任期満了に伴う「役員を選任」について付議し、提案のとおり承認されました。
この役員の変更において、次の方々が交替されました。

区 分	退 任 (12.3.31付)	新 任 (12.4.1付)	役 職
常勤理事	田代 晋吾	坪谷 隆夫	核燃料サイクル開発機構特別技術参与
同	濱田 茂宏		
非常勤理事	秋山 喜久	石川 博志	関西電力(株)取締役社長
同	近藤 耕三	大西 淳	四国電力(株)取締役社長
同	山田 圭藏	新木富士雄	北陸電力(株)取締役社長
同	荒木 浩	南 直哉	東京電力(株)取締役社長
同	森 誠二	南山 英雄	北海道電力(株)取締役社長
同	泉澤 基吉	吉崎 清	(社)大日本水産会専務理事
非常勤監事	阿比留 雄	鷲見 禎彦	日本原子力発電(株)取締役社長

第48回理事会開催

平成12年3月17日(金)第48回理事会が開催され、「平成12年度事業計画及び収支予算」、「理事長及び専務理事の選任」及び任期満了に伴う「評議員の選出」について付議し、提案のとおり承認されました。この評議員の変更において、次の方々が交替されました。

区 分	退 任 (12.3.31付)	新 任 (12.4.1付)	役 職
評 議 員	浜田 邦雄	川村 隆	(株)日立製作所取締役副社長
同	上之園 博	鮫島 薫	(財)電力中央研究所専務理事
同	佐々木鞆彦	庭野 征夫	(株)東芝電力システム社原子力事業部長

平成12年度に推進する調査研究等の課題

当センターは平成12年度事業計画に基づき

低レベル放射性廃棄物の処理処分に関する調査研究	10件
高レベル放射性廃棄物、TRU廃棄物等の処理処分に関する調査研究	10件
ウラン廃棄物の処理処分に関する調査研究	4件
放射性廃棄物の処理処分全般にわたる調査研究等	5件

計、29件の調査研究等を実施する予定です。

特許紹介

発明の名称 廃棄物を地下に階層的に積重ねることにより処理処分するための方法
発 明 者 (財)原子力環境整備センター 川人武樹
日本国土開発(株) 瀬尾雄一
出 願 日 平成10年10月30日
特 許 番 号 特許第3023410号
登 録 日 平成12年1月14日

湘南学園高等学校生来訪

去る5月17日(水)湘南学園高等学校生7名が、当センターに「核燃料サイクル及び放射性廃棄物等」についての学習のため来訪した。



編集発行

財団法人 原子力環境整備センター

〒105-0001 東京都港区虎ノ門2丁目8番10号 第15森ビル

TEL 03-3504-1081 (代表) FAX 03-3504-1297

<http://www.rwmc.or.jp/>