

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT CENTER TOPICS

1993.9.NO.27

目次

- 海外における低レベル放射性廃棄物処分施設（フィンランドVLJ処分場，スウェーデンSFR1）……………①
RADWASS 安全実施細目「原子力施設からの物資のリサイクル及び再利用の際の規制除外原則の適用」について……………⑥

海外における低レベル放射性廃棄物処分施設 —— フィンランドVLJ処分場，スウェーデンSFR1 ——

1. はじめに

原子力発電ともなつて発生する低レベル放射性廃棄物等の処分施設として，米国のバーンウェル，リッチランド，英国のドリッグ，フランスのラ・マンシェなどが永年にわたつて運転されている。最近，これらの施設に加えて，スウェーデン，フィンランド，フランス，スペインで新しい処分場の運転が開始された。本号で紹介するスウェーデンのSFR1（1988年4月運開）とフィンランドのVLJ処分場（1992年5月運開）は，北欧の自然条件と立地条件を考慮して設計，建設された処分施設であり，中低レベル放射性廃棄物を中深度の岩盤中に処分している。両者は図1に示すようにボスニア湾を隔てて，ほぼ向いあつて位置している。

2. VLJ処分場（フィンランド）

（1）背景

現在，フィンランドには，西部にTVO（産業電力会社）のオルキルオト（Olkiluoto），東部にIVO（イマトラン電力会社）のロビイーサ（Lovi-

isa）の2ヶ所の原子力発電所があり，全電力発電量の約1/3を生産している。これらの原子力発電によって発生する放射性廃棄物の管理は，フィンランドの原子力法にしたがつて，廃棄物の発生者である電力会社に義務づけられている。なかでも，原子力発電所の運転及び廃止措置ともなつて発生する中低レベル放射性廃棄物は，原子力発電所サイトに処分する計画となつており，まず，オルキルオトに中低レベル放射性廃棄物処分場（VLJ処分場）が建設された。一方，ロビイーサの中低レベル放射性廃棄物処分場は，まだ計画段階である。

（2）処分場の運営者

VLJ処分場は，TVOの一部門として運営されている。TVOは，フィンランドの公営，民間の企業が出資して1969年に設立した電力会社で，出資額に応じて電力を供給している。全社員約500名のうち，そのほとんどがオルキルオト発電所で働いている。

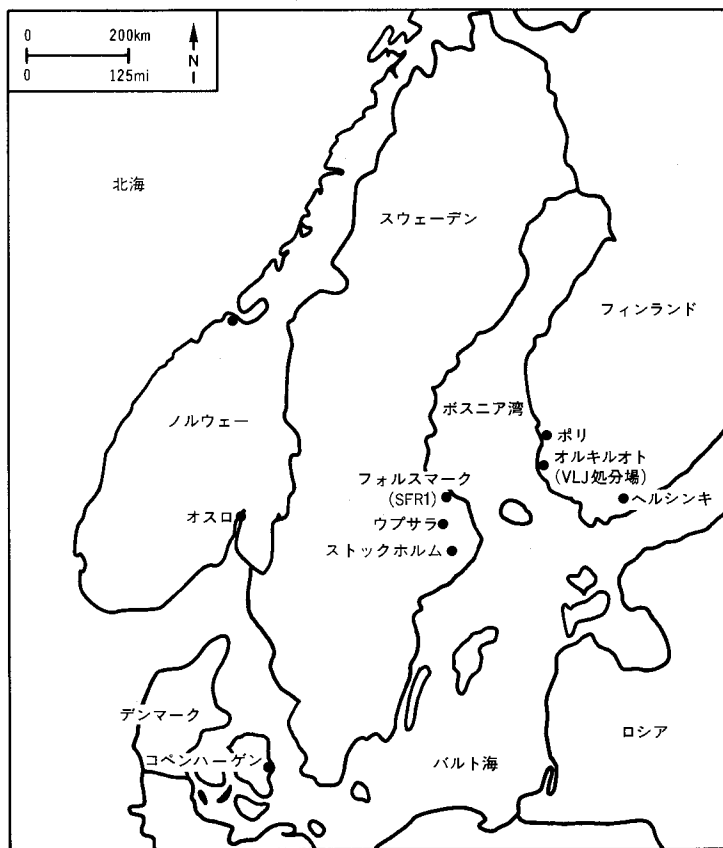


図1 SFR1 (フォルスマーク) とVLJ処分場 (オルキルト) の位置

表1 オルキルト発電所 (TVO I, TVOII) の
運転に伴う廃棄物発生量の予測

廃棄物容器種類		低レベル 放射性廃棄物	中レベル 放射性廃棄物	合計
200Lドラム	(本)	17,600	17,300	34,900
	(容量 m^3)	3,520	3,460	6,980
鉄製コンテナ (1.4 m^3)	(箱)	616	0	616
	(容量 m^3)	862	0	862
コンクリート製コン テナ(5.8 m^3)	(箱)	171	0	171
	(容量 m^3)	992	0	992
容量合計		(m^3) 5,374	3,460	8,834

(3) 処分場の規模

VLJ処分場は、低レベル放射性廃棄物用の岩盤サイロと中レベル放射性廃棄物用のコンクリートサイロ各1基で構成されている。前者の処分容量は、200Lドラムに換算して、24,800本で、後者は、17,360本、合計で42,160本である。この処

分容量は、表1に示すオルキルト発電所の2基の原子炉 (TVO I, TVOIIいずれも710MW) を40年間運転した時に発生する廃棄物量に相当する。原子炉の増設や廃止措置によって発生する廃棄物増加分を処分するためには、サイロを増設する計画である。

(4) サイトの状況

VLJ処分場が建設されているオルキルト島は、起伏の緩やかな島で、最高地で海拔10mである。島とその周囲の海底の土壌は、氷河作用によって生成した氷礫土で最大の厚さで10mで、大部分は3~5mの厚さである。したがって、土壌中の浅地中処分は考慮されなかった。VLJ処分場は島の西側の半島部中央の地下に建設されており、発電所からの距離は700mである。その深度は、サイロ上端で地表から約60m、サイロ底部で約100m

である。処分場の母岩は石英閃緑岩の一種のトナール岩である。岩中に存在する亀裂の密度は、1本/m以下で、亀裂の隙間は、二次鉱物で充填されている。母岩の透水係数は、最高で、 10^{-8} m/sである。

(5) 施設の概要

VLJ処分場は、運搬坑道、クレーンホール、建設坑道、コンクリートサイロ、岩盤サイロ、立坑から構成されている。それらの配置を、図2に、概要の寸法を表2に示す。

表2 VLJ処分場の主要構造物の寸法

構造物	概要寸法
岩盤サイロ	直径23.6m, 高さ33.6m
コンクリートサイロ	内空直径19.9m, 内空高さ32.3m 側壁厚さ0.6m
クレーンホール	長さ65.0m, 幅23.4m, 高さ10.8m
立坑	長さ60.0m, 断面積36.4㎡
運搬坑道	長さ665m, 勾配1/10
建設坑道	長さ400m, 勾配1/7

(6) 対象廃棄物

VLJ処分場には、前記の様にオルキルト発電所の運転に伴って発生する廃棄物が処分される。低レベル放射性廃棄物用サイロ（岩盤サイロ）に処分されるのは、メンテナンス廃棄物と称されるスクラップ金属、フィルター・カートリッジ、衣類等である。これらのほとんどは、圧縮処理され、200Lドラムに封入される。非圧縮性の廃棄物は、鉄製またはコンクリート製のコンテナに封入される。岩盤サイロに処分される放射能量は、現実的な見積もりで、 2.0×10^8 GBqである。中レベル放射性廃棄物用サイロ（コンクリートサイロ）に処分されるのは、主に、廃イオン交換樹脂と蒸発缶の濃縮残渣で、200Lドラムに封入されたピチューメン固化体である。コンクリートサイロに処分される放射能量は、保守的な見積もりで、 2.4×10^8 GBq、現実的な見積もりで、 2.6×10^8 GBqである。中レベル放射性廃棄物の主要な核種ごとの濃度は、表3のようになる。保守的な見積もりと現実的な見積もりのそれぞれで、Co-

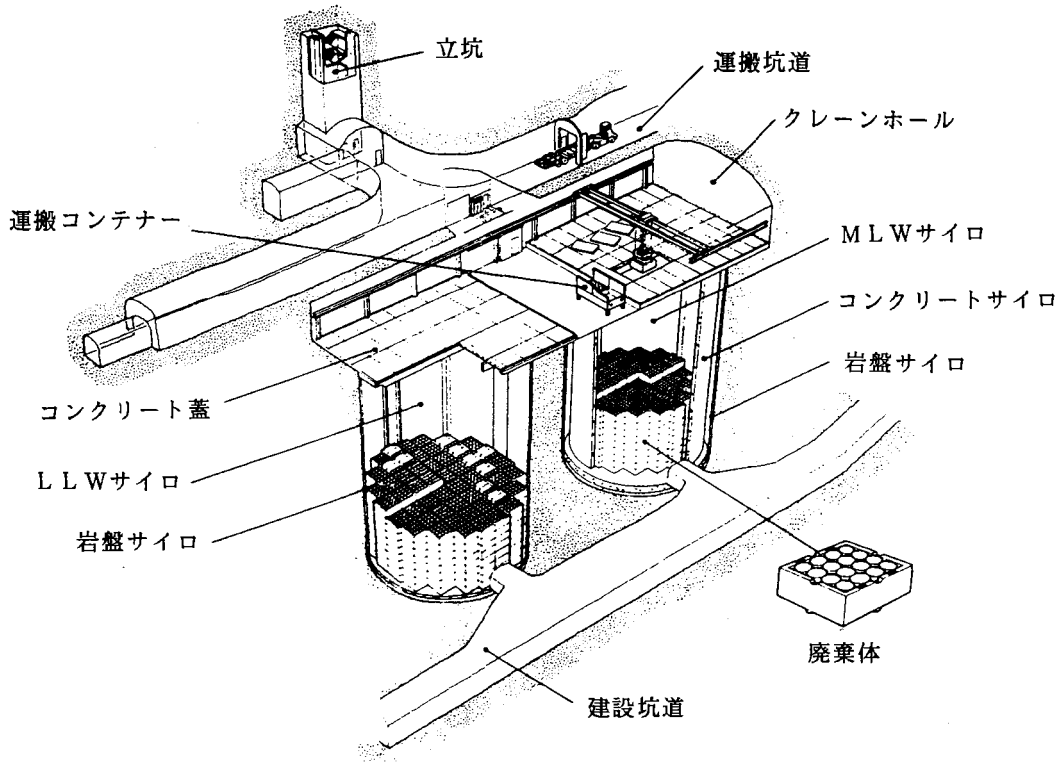


図2 VLJ処分場のサイロ配置

60濃度は、 $4.0 \times 10^8 \text{Bq/m}^3$ と $2.0 \times 10^8 \text{Bq/m}^3$ 、Ni-63濃度は、 $1.4 \times 10^{10} \text{Bq/m}^3$ と $6.4 \times 10^9 \text{Bq/m}^3$ 、Cs-137濃度は、 $4.9 \times 10^{10} \text{Bq/m}^3$ と $5.8 \times 10^8 \text{Bq/m}^3$ である。

これらの200Lドラムは、16本ずつコンクリート製の蓋のない容器に収納され、トレーラーで、クレーンホールに搬入され、天井クレーンでサイロに定置される。定置作業は、中央制御室から、遠隔操作で行われる。

表3 放射性廃棄物の放射能濃度
(濃度の単位 Bq/m³)

	VJL 処分場 MLWサイロ	
	保守的濃度	現実的濃度
C-14	4.6×10^7	4.6×10^8
Co-60	4.0×10^8	2.0×10^9
Ni-59	1.0×10^8	4.6×10^7
Ni-63	1.4×10^{10}	6.4×10^9
Sr-90	4.6×10^9	4.9×10^7
Tc-99	8.4×10^6	1.0×10^8
I-129	4.9×10^4	6.1×10^2
Cs-135	4.9×10^5	6.1×10^3
Cs-137	4.9×10^{10}	5.8×10^8
全α	1.1×10^7	1.3×10^5

(7) コンクリートサイロの設計と施工

VJL処分場のコンクリートサイロの設計、施工は、今後、わが国のTRU廃棄物等の処分施設を検討する上で、参考になると考えられるので紹介する。

表4 コンクリートサイロの設計条件

水圧	0.47MPa
土圧	0.05MPa
曲げひびわれ	側壁下端から1m以内
鉄筋かぶり	5cm

設計の前提条件を表4に示す。閉鎖直前に、サイロ内を水没させることを前提としているので、水圧は、サイロの高さの水頭のみを見込んである。また、底版近くの側壁には、曲げひびわれの発生を許容し、発生したひびわれは、充填材の目詰り効果で塞ぐ考えである。コンクリートの施工に使われた各種材料の仕様を、表5にまとめる。セメントは、耐硫酸塩セメントが使用されている。

建設は、次のとおり行われた。地下空洞の岩盤上に20cmの砂利層とベントナイト(10%)と破

表5 材料の仕様

コンクリート	K40-1(フィンランド規格:強度40MPa)
セメント	耐硫酸塩セメント
水・セメント比	0.40-0.43
骨材	最大32mm
添加剤	PARMITEX(商品名)
鉄筋	A500H(フィンランド規格)

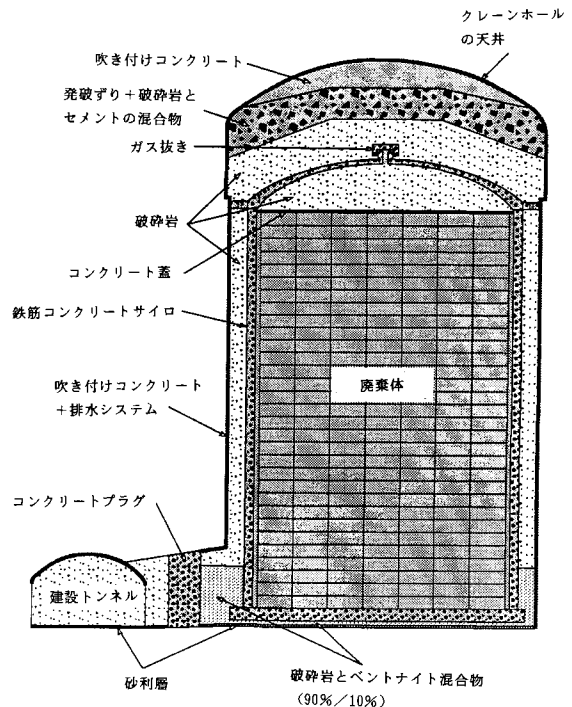


図3 VJL処分場のコンクリートサイロ(閉鎖時)

砕岩(90%)の混合物層(30cm)を締固め施工し、その上にサイロの底版を打設し、ついでスリップフォーム工法(型枠を移動しながら、コンクリートを連続的に打設することによって、打継目を造らない施工法)で、側壁を施工した。施工速度は、20cm/hで、打設は8日間で完了した。現在考えられているコンクリートサイロの閉鎖の概念は、図3に示すとおりである。サイロ躯体と岩盤の間隙は、底部から数メートルまでは、側壁に発生するひびわれへの目詰り効果を期待して、ベントナイトと破砕岩の混合物を使用する。その上は、破砕岩で充填する。サイロの天版は、ドーム形状とし、ガス抜きを設置する。なお、サイロ内部は、充填しない。

(8) 安全解析

TVOが実施したVLJ処分場の安全解析では、各種のシナリオに基づいて解析が行われた。その結果は、表6のとおりで、いずれもフィンランドの基準を下回っている。また、処分によって発生する10,000年間の総線量預託は、現実的シナリオの場合、0.001man Svで、安全基準（約1man Sv）を大幅に下回っている。

表6 VLJ処分場の安全解析結果

シナリオ種類	最大予測線量率 (Sv/年)	安全基準 (Sv/年)
保守性の大きい標準シナリオ	3×10^{-5}	1×10^{-4}
現実的なシナリオ	2×10^{-7}	
事故または擾乱発生シナリオ	3×10^{-4}	5×10^{-3}
500年後コンクリートサイロ崩壊シナリオ	1×10^{-3}	

3. SFR1 (スウェーデン)

SFR1は、原子力発電所から発生する中低レベル放射性廃棄物の処分場として、SKB（スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社）が建設し、運営する施設である。建設場所は、フォルスマーク（Forsmark）原子力発電所の沿岸（水深5-6m）の海底下（深度60m）である。現在、第1期の建設が終了し、廃棄物を受け入れている。その構成は、コンクリートサイロ1基と長さ160mの岩盤ボールド6基で、処分容量は、それぞれ、17,000

m³と43,000m³である。今後、第2期の建設が行なわれ、最終的には、90,000m³の処分が計画されている。

SFR1の施設の中で、コンクリートサイロは、全放射エネルギーの90%が処分される重要な施設であるので、その概要を紹介する。コンクリートサイロ（図4）は、高さ70m、直径30mの岩盤空洞のなかに、締固められた厚さ1.5mのベントナイト・砂混合物（ベントナイト10%）層を基礎として建設されている。その寸法は、高さ50m、直径25m、側壁厚さ0.8m、底版厚さ1.0mである。岩盤と側壁の間隙1.0mは、粒状ベントナイトが低密度で充填されている。内部は、厚さ20cmのコンクリート壁で、77個のコンパートメントに区画されている。処分される廃棄物は、主に廃イオン交換樹脂で、コンクリートサイロ1基に処分される放射エネルギーは、 9.2×10^6 GBq（Co-60 1.8×10^6 GBq, Cs-137 4.9×10^6 GBq）である。これらは、1.2m×1.2m×1.2mのコンクリート製容器等に収納され、セメント充填された後、ポーラクレーンで定置される。コンパートメント内部の充填は、廃棄体を3段定置ごとに、低粘性のセメントモルタルで行なわれる。サイロが満杯になった後は、コンクリート製の蓋が打設され、上部の空洞は、ベントナイト・砂混合物で埋め戻され、閉鎖される。

（藤原 愛）

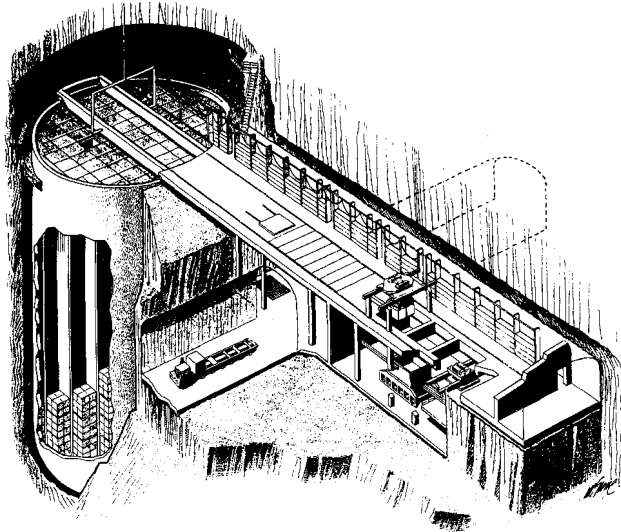


図4 SFR1のコンクリートサイロ

RADWASS 安全実施細目

「原子力施設からの物資のリサイクル及び再利用の際の規制除外原則の適用」について

IAEAでは1991年放射性廃棄物安全基準策定計画 (RADWASS) が開始され、表1に示す予定でSafety Series No.111シリーズ策定のための検討が進められている。このシリーズは次の4レベルからなっている。

- 111-F 安全原則 (Safety Fundamental)
- 111-S 安全基準 (Safety Standards)
- 111-G 安全指針 (Safety Guides)
- 111-P 安全実施細目 (Safety Practices)

これらの内、解体廃棄物の規制除外レベルについての安全実施細目「111-P-1.1 原子力施設からの物資のリサイクル及び再利用の際の規制除外原則の適用」が1992年12月に出版されたので簡単に紹介する。

規制除外原則については既にIAEA Safety Series No.89で定められている。その原則を原子力施設の廃止措置に伴って生じる物資のリサイクル及び再使用に適用する具体的方法を示している。

原子力施設からの全リサイクル量及び再利用量について、国境を越えて、クリティカルグループ及び人間集団を考え、個人線量当量が $10 \mu\text{Sv/y}$ 、集団集積線量当量が 1man Sv/y を超えないようにすることが原則である。

リサイクル及び再使用の種類としては、鉄鋼、アルミニウム及びコンクリートの3種の材料としてのリサイクル並びに部屋及び道具機器の2種の再使用が取り上げられている。

放射性核種としては、放出する主な放射線から α 線、 γ 線、非 γ 線及びその他の4種類に分類され、表2第1欄に示す16核種が取り上げられている。

計算の手順として、放射能濃度が 1Bq/g 、表面汚染濃度が 1Bq/cm^2 の汚染物をリサイクル又は再使用するとして、再生作業従事者及び再製品の使用者の外部放射線被ばく、吸入被ばく、摂取被ばく線量当量を計算する。その結果を使って $10 \mu\text{Sv/y}$ 又は 1man Sv/y となる放射能濃度又は表面汚染濃度を求め規制除外レベルとしている。

次に、鉄鋼のリサイクルを例にここで採用されている計算の前提条件について説明する。

リサイクル量は100トン、再製品の耐用年数は10年間とし、その都度20%がリサイクルされ、40年間4回繰り返されるとする。溶融炉の処理容量は100トン又は10トンとし、原料輸送、投入、炉の運転、鋳型注入等の中間製品と自動車、フライパン、スプーン等の製品の製造過程の作業従事者並びに製品の使用者について線量当量が計算されている。

このような基本ケース以外に前提条件を変え感度解析が行われている。その結果得られた規制除外レベルが表2中の値にまとめられている。銅、鉛等の金属材料については計算されていないが鉄鋼の評価に保守的な値を使っているため、これら他の金属のリサイクルにも適用が可能であろうとされている。

その他のリサイクル及び再使用についても同様な手順で規制除外レベルが計算され、表2に示す値にまとめられている。

(中村治人)

表2 規制除外レベルについての計算結果

核種グループ	リサイクル、再使用の種類	規制除外レベル
α 線放射体 ^{238}U , ^{239}Pu ^{241}Am	鉄鋼	0.3-1 Bq/g
	アルミニウム	1-5 Bq/g
	コンクリート	0.9-3 Bq/g
	部屋 (表面)	0.2-1 Bq/cm ²
	(体積)	0.3-1 Bq/g
	道具機器	0.7-4 Bq/cm ²
γ 線放射体 ^{60}Co , ^{94}Nb , ^{152}Eu , ^{54}Mn ^{65}Zn , ^{137}Cs	鉄鋼	0.1-0.6Bq/g
	アルミニウム	0.3-2 Bq/g
	コンクリート	0.3-2 Bq/cm ²
	部屋 (表面)	0.1-0.6Bq/cm ²
	(体積)	1-6 Bq/g
	道具機器	10-50 Bq/cm ²
非 γ 線放射体 ^{90}Sr , ^{241}Pu	鉄鋼	10-50 Bq/g
	アルミニウム	70-200Bq/g
	コンクリート	50-300Bq/g
	部屋 (表面)	10-100Bq/cm ²
	(体積)	20-70 Bq/g
	道具機器	40-100Bq/cm ²
その他 ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^{55}Fe , ^{63}Ni , ^{99}Tc	鉄鋼	$7 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4 \text{Bq/g}$
	アルミニウム	$1 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^4 \text{Bq/g}$
	コンクリート	$2 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^5 \text{Bq/g}$
	部屋 (表面)	$9 \cdot 10^1 - 3 \cdot 10^3 \text{Bq/cm}^2$
	(体積)	$9 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^4 \text{Bq/g}$
	道具機器	$5 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^4 \text{Bq/cm}^2$

表1 RADWASS 整備スケジュール

1993. 2. 12 現在

111-F 1 放射性廃棄物管理 (処理処分) の原則					
111-S-1 1 廃棄物管理国内システムの確立	111-S-2 1 1 処分前管理	111-S-3 1 浅地中処分	111-S-4 2a 地層処分	111-S-5 1/2a U/Th鉱滓の管理	111-S-6 2b/3 原子力施設の廃止措置
111-G-1.1 1 廃棄物の区分	111-G-2.1 2a LILWの収集と処理	111-G-3.1 1 処分施設のサイト選定	111-G-4.1 1 処分施設のサイト選定	111-G-5.1 2b 管理サイトの選定設計建設運転	111-G-6.1 2a 発電炉大型研究炉の廃止措置
111-G-1.2 2a 廃棄物管理国内計画立案と適用	111-G-2.2 1 医療等の廃棄物の処分前管理	111-G-3.2 2a 処分施設の設計建設操業閉鎖	111-G-4.2 3 処分施設の設計建設操業閉鎖	111-G-5.2 2b 地表施設の廃止鉱山閉鎖	111-G-6.2 2a 医療産業小研究施設の廃止措置
111-G-1.3 2a 廃棄物管理施設の許認可	111-G-2.3 2a LILWの調整と貯蔵	111-G-3.3 2a 処分の安全評価	111-G-4.3 2b 地層処分の安全評価	111-G-5.3 3 鉱滓管理の安全評価	111-G-6.3 2b 核燃料サイクル施設の廃止措置
111-G-1.4 2b 廃棄物の安全管理の品質保証	111-G-2.4 2b HLWの処理調整貯蔵				111-G-6.4 2a 原子力施設廃止措置の安全評価
111-G-1.5 1 個体物質の無条件規制除外	111-G-2.4 2b 処分のための使用済燃料の調整				111-G-6.5 2b 旧使用施設事故施設の環境修復
111-G-1.6 3 廃棄物管理施設の放出限度	111-G-2.6 2b 処分前処理施設の安全評価				111-G-6.6 3 汚染地域の除染勧告レベル
111-G-1.7 2a 放射性廃棄物管理語彙集					
111-P-1.1 1 規制除外原則の再利用への適用	111-P-2.1 3 排気処理と換気システム	111-P-3/4.1 3 廃棄物処分施設の長期安全評価モデルの検証		111-P-5.1 3 鉱山鉱滓置場の閉鎖手順	111-P-6.1 3 原子力施設の安全貯蔵技術
111-P-1.2 1 医療等の廃棄物の規制除外	111-P-2.2 3 未処理廃棄物の特性評価	111-P-3/4.2 3 処分施設の閉鎖手順		111-P-5.2 3 鉱滓管理施設のモニタリング等	111-P-6.2 3 原子力施設の廃止措置技術手順
111-P-1.3 3 廃棄物管理記録保持	111-P-2.3 3 廃棄物処理プロセス管理	111-P-3.3 2b 処分廃棄物受入れ要件	111-P-4.3 3 地層処分廃棄物の受入れ要件		111-P-6.3 2a 汚染地域の除染レベルの設定法
	111-P-2.4 3 廃棄物パッケージの試験	111-P-3.4 3 処分施設の評価シナリオの選定	111-P-4.4 3 処分施設の評価シナリオ選定		111-P-6.4 3 レベルに応じたモニタリング
		111-P-3.5 3 操業中と閉鎖後のモニタリング			

整備予定 1 : Phase I (1991-1994), 2a : Phase II (1995-1996), 3 : Phase III (1999-)
2b : Phase II (1997-1998)

センターの動き

第35回 理事会 開催

平成5年6月11日（金）開催し、平成4年度事業報告及び決算が承認されました。

電力各社等との業務連絡会議

平成5年7月20日（火）開催し、平成5年度に推進する調査研究の内容等につき説明しました。

平成5年度調査研究受託状況

平成5年4月1日以降8月末までの間に、次の受託契約が行われました。

委託者	調査研究課題	契約年月日
科学技術庁	・廃棄体性能評価	5. 6. 21
	・天然バリア安全性実証試験	5. 6. 21
	・放射性廃棄物の海洋環境に対する影響評価に関する調査研究	5. 6. 30
	・アルファ廃棄物処分基準整備調査	5. 8. 2
	・放射性廃棄物の処理処分に関する広報	5. 8. 2
通商産業省	・原子力発電施設解体放射性廃棄物基準調査	5. 8. 4
	・放射性廃棄物有効利用システム開発調査	5. 8. 10
	・再処理技術高度化調査	5. 8. 11
	・TRU廃棄物処理貯蔵対策調査	5. 8. 11
	・ウラン廃棄物処理処分システム開発調査	5. 8. 11
	・放射性廃棄物処理最適化調査	5. 8. 11
電力各社等	・TRU廃棄物の品質保証方法に関する研究	5. 7. 29
	・TRU廃棄物の処理・処分システムに関する研究	5. 8. 12
動燃事業団	・放射性廃棄物処分におけるモニタリングの調査研究	5. 8. 2

編集発行

財団法人 原子力環境整備センター
〒105 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