

本資料は~~2001年~~6月20日付で登録区分、
変更する。

[技術情報室]

本資料は2002年7月/日付で登録区分、
変更する。

[技術情報室]

TRU廃棄物の廃棄体品質保証調査研究

—廃棄体の品質保証項目の予備的検討—

1994年6月

動力炉・核燃料開発事業団
東 海 事 業 所

本資料は、核燃料サイクル開発機構の開発業務を進めるために作成されたものです。

し
く
特

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒

319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

In

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2002

TRU廃棄物の廃棄体品質保証調査研究

— 廃棄体の品質保証項目の予備的検討 —



須黒 寿康、加川 昭夫

福本 雅弘、宮本 陽一

中西 芳雄

要旨



平成3年7月30日 原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会がとりまとめた「TRU核種を含む放射性廃棄物の処理処分について」のなかで、固化体の品質保証技術開発が具体的研究課題として示されたことなどからも明らかのように、TRU廃棄物の処分の観点から廃棄体（固型化した廃棄物及びその容器）の品質保証技術を確立することが現在重要なとなっている。

よって、ここでは、TRU廃棄物の廃棄体品質保証項目（案）を内外の処分場の受入れ基準の文献調査を基に提案した。さらに、実施設として、プルトニウム廃棄物処理技術開発施設及びアスファルト固化処理技術開発施設に対して、各工程で行う品質保証項目（案）を検討した。

目 次

1. はじめに	1
2. TRU廃棄物の廃棄体品質保証についての文献調査	2
2.1 調査対象処分場	2
2.2 Nirex 処分場	2
2.3 Konrad処分場	4
2.4 WIPP(Waste Isolation Pilot Plant) 処分場	6
2.5 六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター	9
3. TRU廃棄物の廃棄体品質保証項目（案）の検討	13
4. 実施設の各工程で行う廃棄体品質保証項目（案）の検討	14
4.1 TRU系廃棄物の品質保証項目（プルトニウム廃棄物処理技術開発施設） （案）	15
4.2 TRU系廃棄物の品質保証項目（アスファルト固化処理技術開発施設） （案）	17
5. まとめ	19
6. 引用文献	20
添付	21

邦訳：「Quality Assurance of waste packages to be disposed of at the
Nirex deep repository」

1. はじめに

平成3年7月30日 原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会がとりまとめた「T R U 核種を含む放射性廃棄物の処理処分について」のなかで、固化体の品質保証技術開発が具体的な研究課題として示されたことなどからも明らかなように、T R U廃棄物の処分の観点から廃棄体（固型化した廃棄物及びその容器）の品質保証技術を確立することが現在重要なとなっている。

よって、ここでは、T R U廃棄物の廃棄体品質保証項目（案）を内外の処分場の受入れ基準の文献調査を基に提案した。さらに、実施設として、プルトニウム廃棄物処理技術開発施設及び、アスファルト固化処理技術開発施設に対して、各工程での品質保証項目（案）を検討した。

2. TRU廃棄物の廃棄体品質保証についての文献調査

2.1 調査対象処分場

国外 イギリス Nirex 処分場受入れ基準

ドイツ Konrad処分場受入れ基準

アメリカ WIPP(Waste Isolation Pilot Plant) 処分場受入れ基準

国内 六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター受入れ基準

2.2 Nirex 処分場

イギリス、Nirex 処分場における廃棄物パッケージの要求項目としては、1)の12項目があげられているが、その具体的な内容については、文献⁽¹⁾から読み取ることができなかった。（添付、邦訳：「Quality Assurance of waste packages to be disposed of at the Nirex deep repository」参照）より具体的な品質保証項目等は現在検討されている段階と考えられる。

1) 要求項目

① はじめに

② パッケージングプロセスの明確化

プロセス及び品質保証ホールドポイントを示し、かつ、廃棄物保存量、ドラム、収納容器、最終製品の明確化をカバーするフローダイヤグラムによる明確化。

③ 責任及び組織の明確化

(1) 権限及び責任

(2) 中間編成

(3) 任命

(4) 幹部及び訓練

(5) QAプログラムの実行

(6) 計画の安全性及び保証

(7) 幹部の安全

(8) 保守

④ 設計管理

(1) 境界

(2) 検証

(3) 改造

⑤ 手続き、教育及び品質計画

⑥ 文書管理

(1) 準備、再調査及び認可

(2) 公開及び配布

(3) 変更コントロール

⑦ 調達、購買者項目及びサービスの調整

(1) 調達記録管理

(2) 項目の証明（ドラム等）

⑧ プロセス管理

(1) 任命

(2) 操作

(3) 改造

⑨ 検査試験及び監視

(1) 受入れ検査

(2) 供用中検査

(3) ホールドポイントでの検査

(4) 検査プログラム及び実行

(5) 校正

⑩ 非従属項目

(1) 放射性廃棄物の保存量

(2) ドラム

(3) 容器供給保存量

(4) 容器物質

⑪ 調整的行動

⑫ 記録

- (1) 前処理
 - (2) 収集
 - (3) 貯蔵及び保守
- ⑬ 再調査及び検査
- (1) 内部
 - (2) 外部
 - (3) 管理の再調査

2.3 Konrad処分場

ドイツ、Konrad処分場における廃棄物パッケージに対する要求項目としては、1)の4項目があげられている⁽²⁾。そのうち特に重要であると思われるものについて網かけし、要求項目に対する廃棄体の満たすべき要求の内容を記す。

1) 要求項目	廃棄体の満たすべき要求の内容
① 基本的要求	
(1) 局所的放射線量率	<ul style="list-style-type: none"> ・表面で平均値 $2 \times 10^{-3} \text{ Sv/h}$、局所的最大値で 10^{-2} Sv/h以下。 ・廃棄物パッケージ表面から1m、コンテナーで2mの距離で 10^{-4} Sv/h以下
(2) 表面汚染	<p>100 cm^2の広さの平均の非固定性表面汚染は、 α放射体に対し $3.7 \times 10^{-1} \text{ Bq/cm}^2$以下。</p> <p>($\alpha$放射体に対して $3.7 \times 10^3 \text{ Bq}$ という許容限度を確保するため)</p> <p>他の放射性核種に対しては、3.7 Bq/cm^2 以下。</p>
(3) 廃棄物パッケージの輸送	
(4) 許可	<p>廃棄物パッケージの輸送に伴う要求許可項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物パッケージの総放射能 ・重要な放射性核種の放射能

- 表面と1mあるいは2mの距離の局所的放射線量率
- 廃棄物パッケージの表面汚染
- 廃棄物パッケージング
- 廃棄物パッケージの重量
- 廃棄物フォームグループ
- 廃棄物クラス

(5) 廃棄物パッケージのマーキング

② 固型化廃棄物

(1) 基本的要求

- 固型化廃棄物は、固体若しくは固型化されなければならない。
- 腐ったり発酵してはならない。
- 自由液体を含んではならない。
- 自己発火性物質も含んではならない。
- 固型化材料は、完全に固まるか、固化しなければならない。
- グループ01：アスファルトとプラスチック

物質

- グループ02：固体物質
- グループ03：金属廃棄物
- グループ04：減容廃棄物
- グループ05：セメント／コンクリート廃棄物

物

- グループ06：凝縮物
- 局所的放射線量率の限界値が満たされる。
- 固型化廃棄物による容器損傷が防止される充填方法。
- 残留空隙低減をはかる充填方法。

(3) 廃棄物容器の充填

- ・できるかぎり重量の配分均一化。

③ 廃棄物容器

(1) 基本的 requirement

- ・充填後の廃棄物容器の気密性、完全性の確保。
(6m以上積み重ね可能)
- ・ハンドリング、積み重ね時の気密性、完全性の確保。

(2) 内側容器

④ 放射能限度値

コンラート処分場の運転後初期の総放射能

- α 放射能量 : 約 2.4×10^{16} Bq以下
- β / γ 放射能量 : 約 9.8×10^{17} Bq以下
- ^{129}I の放射能量 : 1.5×10^{11} Bq以下

2.4 WIPP(Waste Isolation Pilot Plant) 処分場

アメリカ、WIPP処分場における廃棄物パッケージに対する要求項目としては、1)の19項目があげられている⁽²⁾。そのうち特に重要であると思われるものについて網かけし、要求項目に対する廃棄体の満たすべき要求の内容を記す。

1) 要求項目

WAC ^{*1}	直接ハンドリング (CH) ^{*2} (表面線量率が、200mrem/hr ^{*4} 以下にパッケージされたもの)	遠隔ハンドリング (RH) ^{*3} (表面線量率が、200mrem/hr ^{*4} を超え、1000rem/hr ^{*5} 以下に パッケージされたもの)
①廃棄物 コンテナー	不燃性で、49CFR173.412のタ イプAパッケージング 20年の設計寿命を持たねばな らない。	不燃性で、49CFR173.412のタ イプAパッケージング 20年の設計寿命を持つという WIPP承認仕様に対して、確認さ れねばならない。

* 1 : The Waste Acceptance Criteria

* 4 : SI単位では 2mSv/hr

* 2 : Contact-Handled TRU Waste

* 5 : SI単位では 10 Sv/hr

* 3 : Remote-Handled TRU Waste

W A C	直接ハンドリング	遠隔ハンドリング
②廃棄物パッケージサイズ ③廃棄物パッケージハンドリング		
④固定	廃棄物マトリックスが、径 10μ 以下の粒子形態で1重量%以上、あるいは、径 $200\mu m$ 以下の粒子形態で15重量%以上存在する場合は、固定化しなければならない。	
⑤液体廃棄物	自由水の形態は、受入れ否。 (ボトル、缶及び他のコンテナーの中のわずかな残留液体は、受入れ可)	
⑥発火性物質	放射性核種以外の発火性物質は、化学的に安定な物質との混合又は、それらを除去するよう処理する。	
⑦爆発性及び圧縮ガス	爆発性あるいは圧縮ガスを含んではならない。	
⑧放射性混合廃棄物	T R U廃棄物は、既に危険性にある物質が含まれてしまっている場合を除き、危険性物質を含んではならない。 T R Uで汚染した腐食性物質は、中和し非腐食性とする。	
⑨廃棄物の比放射能	廃棄物マトリックスg当たり100nCi (SI単位では3.7kBq)。	
⑩廃棄物パッケージ重量 ⑪核的臨界 ⑫Pu-239当量放射線		
⑬表面線量率	200mrem/hr以下。 (SI単位では2mSv/hr)	1000rem/hr以下。 (SI単位では10Sv/hr)
⑭表面汚染 ⑮熱出力		

WAC	直接ハンドリング	遠隔ハンドリング
⑩ガス発生	加圧と爆発性混合物の組み合わせによる、ガス発生に対して廃棄物パッケージは、適切な圧力放出方法を備えること。	すべてのRH TRU廃棄物キャニスターは、通気孔が開けられねばならない。
⑪ラベリング		
⑫データ パッケージ	<p>廃棄物パッケージが、これら の基準に合致するという事実に 対する証拠となるデータパッケージ／確認が輸送に先だってWIPP の運転者に送られねばならない。 このデータパッケージ／確認は、 検査と確認を必要とする品質保証プログラムに基づくべきであ り、以下に特定された項目につ いての情報を提供しなければな らない。</p> <ul style="list-style-type: none"> • パッケージ証明番号 • パッケージアッセンブリー証明番号（もし適用可能ならば） • WAC 除外番号（もし可能ならば） • 廃棄物発生サイト • パッケージングの日付け（閉口した日） • 最大表面線量率 (mrem/hr)、もし20mrem/hr (SI単位では 200 μSv/hr)より大きいならば、特定中性子線量率 • 重量 (kg) • コンテナータイプ • 廃棄物フォームの物理的記述（内容物コード） • PE-Ci 、 αCi 及びPu-239核分裂グラム当量含有量を含む評価情報 • 放射性核種記号、量及び単位（グラムあるいはCi） • 放射性混合廃棄物（毒性廃棄物特性の同一性と量） • 有機物含有量の重量と体積% • 測定されたあるいは計算された熱出力 (もし0.1W/ft³をこえれば) 	<p>次の例外を除き、CH TRU廃棄物の輸送に対するものと同じで ある。</p> <ul style="list-style-type: none"> • パッケージアッセンブリー証 明要求は、RH TRU廃棄物の輸 送には適用されない。 • キャスク番号は、TRUPACT 番 号の場所に用いねばならない。 • 有機物質の情報は必要ない。

W A C	直接ハンドリング	遠隔ハンドリング
⑧データ パッケージ	<ul style="list-style-type: none"> ・輸送番号 ・輸送の日付 ・輸送車のタイプ ・TRUPACT 番号 ・輸送者による他の重要と考えられる情報 ・廃棄物パッケージを確認した確認者の名前 ・輸送が、TRUPACT の認知された有料荷重承諾計画に合致していることを確認した人の名前 <p>廃棄物内容物とパッケージングがWIPP WACに従っており、廃棄物が機密に属さない物であることを確認した署名と日付の記された文書のハードコピー1部が、WACCC 検査者のために各サイトで記録され保管されねばならない。</p>	
⑨RH TRU放射能濃度	基準無し。	最大放射能濃度は、 $23\text{Ci}/\ell$ (SI単位では $851\text{GBq}/\ell$) 以下。 (1つの廃棄物コンテナーの平均でもよい)

2.5 六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター

六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センターにおける廃棄物パッケージの要求項目としては、1)の7項目があげられている⁽²⁾。そのうち特に重要であると思われるものについて網かけし、要求項目に対する廃棄体の満たすべき要求の内容を記す。

1) 要求項目

廃棄体の満たすべき要求の内容

① 固型化の方法

① 基本的方法

固型化材料、又は固型化材料及び骨材、添加物等の混和材料による固型化。

② 固型化材料

①セメント

②アスファルト

③スチレンに溶解した不飽和ポリエステル

■(3) 容器の強度及び気密性	金属製容器又はこれと同等以上の強度及び気密性を有するもの。
■(4) 一軸圧縮強度	15kg/cm ² 以上 (セメントで固型化する場合)
■(5) 廃棄体中の固型化材料の重量(混合比)	50%以上 (アスファルトで固型化する場合) 30%以上 (不飽和ポリエステルで固型化する場合)
■(6) 優さ値	2.5以上 (不飽和ポリエステルで固型化する場合、 JISK7215に定める方法により)
■(7) 均一混合及び有害空隙	均一な混合で有害な空隙無。
■② 放射能濃度	最大放射能濃度*1以下。
③ 表面の放射性物質の密度	
④ 健全性を損なうおそれのある物質の含有	
⑤ 強度	
⑥ 破損	
⑦ 標識	

*1： 最大放射能濃度を表1及び表2に又、それらの放射能濃度の決定方法を表3に示す。

表1 原子炉施設を設置した工場又は事業所において生じた廃棄物で容器に固型化したもののが埋設を行う時以後の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
炭素14	3.7×10^{10} Bq/t
コバルト60	1.11×10^{13} Bq/t
ニッケル63	1.11×10^{12} Bq/t
ストロンチウム90	7.4×10^{10} Bq/t
セシウム137	1.11×10^{12} Bq/t
アルファ線を放出する放射性物質	1.11×10^8 Bq/t

表2 日本原燃株式会社六ヶ所濃縮・埋設事業所において、埋設を行う放射性廃棄物に含まれる主要な放射性物質の受入れ時における最大放射能濃度

放射性物質の種類	最大放射能濃度
トリチウム	3.07×10^{11} Bq/t
炭素14	8.51×10^8 Bq/t
コバルト60	2.78×10^{12} Bq/t
ニッケル59	8.88×10^8 Bq/t
ニッケル63	1.11×10^{12} Bq/t
ストロンチウム90	1.67×10^{10} Bq/t
ニオブ94	8.51×10^7 Bq/t
テクネチウム99	1.85×10^7 Bq/t
ヨウ素129	2.78×10^5 Bq/t
セシウム137	1.04×10^{11} Bq/t
アルファ線を放出する放射性物質	5.55×10^8 Bq/t

表3 各放射性物質の生成機構及び放射能濃度の決定方法

放射性物質の種類	生成機構	半減期(年)	決定方法	*4 key核種
H-3	三体核分裂 $^2\text{H}(\text{n}, \gamma)$, $^{10}\text{B}(\text{n}, 2\alpha)$ $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha)$, $^7\text{Li}(\text{n}, n\alpha)$	1.23×10^1	平均放射能濃度法*1	—
C-14	$^{17}\text{O}(\text{n}, \alpha)$	5.73×10^3	PWR:スケーリングファクタ法*2	Co-60
			BWR:平均放射能濃度法	—
Co-60	$^{59}\text{Co}(\text{n}, \gamma)$	5.27×10^0	非破壊外部測定	—
Ni-59	$^{68}\text{Ni}(\text{n}, \gamma)$	7.5×10^4	理論計算法*3	—
Ni-63	$^{62}\text{Ni}(\text{n}, \gamma)$	1.00×10^2	スケーリングファクタ法	Co-60
Sr-90	核分裂生成	2.88×10^1	スケーリングファクタ法	Cs-137
Nb-94	$^{93}\text{Nb}(\text{n}, \gamma)$	2.0×10^4	スケーリングファクタ法	Co-60
Tc-99	$^{98}\text{Mo}(\text{n}, \gamma)$ $^{99}\text{Mo}(\beta-)$ 核分裂生成	2.14×10^5	平均放射能濃度法	—
I-129	核分裂生成	1.6×10^7	スケーリングファクタ法	Cs-137
Cs-137	核分裂生成	3.02×10^1	非破壊外部測定	—
全 α	中性子多重捕獲	—	スケーリングファクタ法	Cs-137

*1 平均放射能濃度法：代表サンプルの放射化学分析から得られる平均的な放射能濃度から放射能濃度を決定する。

*2 スケーリングファクタ法：代表サンプルの放射化学分析から得られる難測定核種*5とkey核種の相関関係と、個々の非破壊測定結果より、濃度を決定する。

*3 理論計算法：原子炉燃焼計算等により、理論的に濃度を決定する。

*4 key核種：難測定核種と相関関係にあり、非破壊測定で測定しやすいもの。

*5 難測定核種：非破壊測定で測定困難なもの。

3. T R U 廃棄物の廃棄体品質保証項目（案）の検討

2.で述べたT R U廃棄体品質保証についての文献調査の結果より、Konrad処分場、WIPP処分場、六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センターの廃棄体品質保証項目を網羅する形でまとめ、これをT R U廃棄体の品質保証項目（案）とした。

T R U廃棄体の品質保証項目（案）を以下に示す。

- | | |
|--------------------|---------------|
| ① 放射性核種濃度 | ⑪ 爆発性 |
| ② 放射性核種含有量 | ⑫ 著しい破損 |
| ③ 表面線量率 | ⑬ 有毒、腐食性物質の有無 |
| ④ 表面汚染密度 | ⑭ 化学的耐久性 |
| ⑤ 力学的安定性、強度及び応力耐久性 | ⑮ 尺寸及び重量 |
| ⑥ 熱耐久性 | ⑯ 核的臨界 |
| ⑦ 可燃性物質含有量 | ⑰ 指揮性物質の有無 |
| ⑧ ガス発生量 | ⑲ 自然発火性物質の有無 |
| ⑨ 有害空隙量 | ⑳ 標識／整理番号 |
| ⑩ 自由水量 | ㉑ 容器材料証明 |

4. 実施設の各工程で行う廃棄体品質保証項目（案）の検討

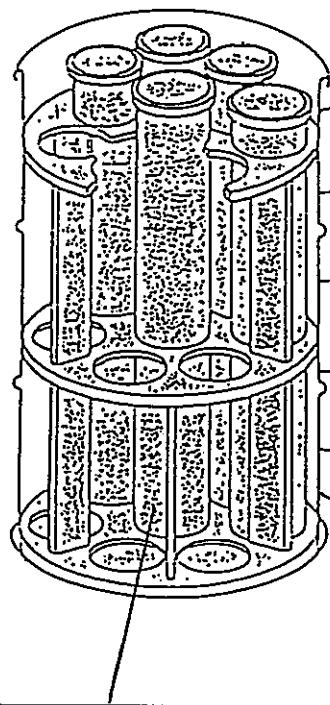
ここでは、プルトニウム廃棄物処理技術開発施設及びアスファルト固化処理技術開発施設を重要かつ代表的なTRU廃棄物の廃棄体製造施設と考え、これら2施設の中の各工程ごとに適切と考えられる品質保証項目（案）を検討し示した。

4.1 TRU系廃棄物の品質保証項目（プルトニウム廃棄物処理技術開発施設）（案）

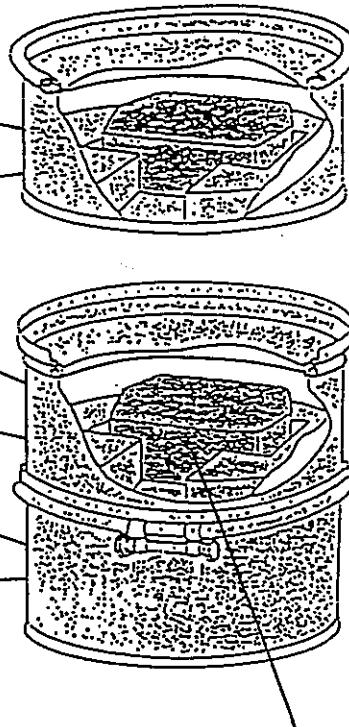
固体系廃棄物発生元	貯 藏 (Pu廃棄物貯蔵施設：PWSF 屋外固体廃棄物貯蔵庫)	前 处 理
• α ・ β (γ) 測定値 ①		• 有害物質の有無 ⑪、⑬ ⑯、⑰ (爆発性、有害性、 揮発性、等)

処 理	貯 �藏	処 分
<p>[固化体] (人工鉱物、金属鋳塊)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 放射性核種濃度 ① • 放射性核種含有量 ② • 力学的安定性、強度及び 応力耐久性 ⑤ • 熱耐久性 ⑥ • 可燃性物質含有量 ⑦ • ガス発生量 ⑧ • 有害空隙量 ⑨ • 自由水量 ⑩ • 爆発性 ⑪ • 有毒、腐食性物質の有無 ⑬ • 化学的耐久性 ⑭ • 核的臨界 ⑯ • 挥発性物質の有無 ⑰ • 自然発火性物質の有無 ⑲ 	<p>[廃棄体]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 放射性核種濃度 ① • 表面線量率 ③ • 表面汚染密度 ④ • 荷重強度 ⑤ • 著しい破損 ⑫ • 尺寸及び重量 ⑮ • 標識／整理番号 ⑯ • 容器材料証明 ⑰ 	<ul style="list-style-type: none"> • 表面汚染密度 ④ • 著しい破損 ⑫ • 尺寸及び重量 ⑮

人工鉱物保管状態



金属鋳塊保管状態



- | | | |
|-----------------|--------------|-------------|
| ①放射性核種濃度 | ⑧ガス発生量 | ⑭化学的耐久性 |
| ②放射性核種含有量 | ⑨有害空隙率 | ⑯核的臨界 |
| ⑤力学的安定性、強度及び耐久性 | ⑩自由水量 | ⑰揮発性物質の有無 |
| ⑥熱耐久性 | ⑪爆発性 | ⑱自然発火性物質の有無 |
| ⑦可燃性物質含有量 | ⑬有毒、腐食性物質の有無 | |

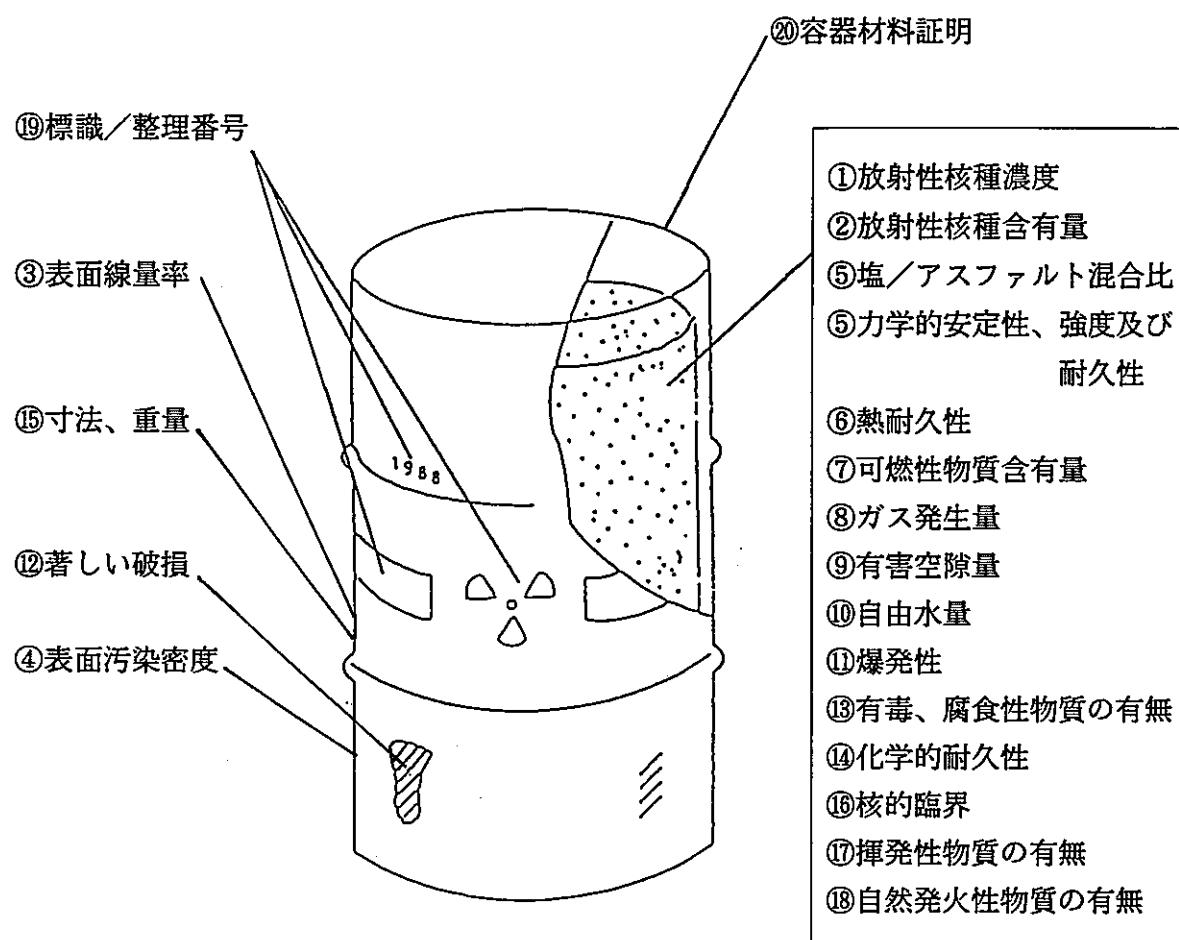
(注) 上記の保管形態のドラムの形態が廃棄体となると仮定して記述したが、空隙をセメント系充填材で埋める、ドラム以外のく形容器に詰め替えて廃棄体とする、といった処理を施して廃棄体となることも考えられるが、ここでは言及しない。

P W T F (プルトニウム廃棄物処理技術開発施設) からの
廃棄体の品質保証項目 (案)

4.2 TRU系廃棄物の品質保証項目（アスファルト固化処理技術開発施設）（案）

液体系廃棄物発生元	廃液受入	給液調整
<p>[低レベル濃縮廃液]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射性核種濃度 ① ・放射性核種含有量 ② ・成分 ⑤ 	<ul style="list-style-type: none"> ・放射性核種濃度 ① ・放射性核種含有量 ② ・成分 ⑤ ・有害物質の有無 ⑪、⑬ ⑯、⑰ <p>(爆発性、有害性、揮発性、等)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・添加試薬量 ⑤、⑭ ・添加剂量 ⑤、⑭ ・液pH ⑤、⑭

脱水・混合	固化体貯蔵	処分
<p>[アスファルト固化体]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射性核種濃度 ① ・放射性核種含有量 ② ・熱耐久性 ⑥ ・可燃性物質含有量 ⑦ ・ガス発生量 ⑧ ・有害空隙量 ⑨ ・自由水量 ⑩ ・爆発性 ⑪ ・有毒、腐食性物質の有無 ⑬ ・化学的耐久性 ⑭ ・核的臨界 ⑯ ・揮発性物質の有無 ⑰ ・自然発火性物質の有無 ⑱ ・塩／アスファルト混合比 ⑤、⑭ 	<p>[廃棄体]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射性核種濃度 ① ・表面線量率 ③ ・表面汚染密度 ④ ・荷重強度 ⑤ ・著しい破損 ⑫ ・寸法及び重量 ⑯ ・寸法及び重量 ⑯ ・標識／整理番号 ⑯ ・容器材料証明 ⑳ 	<ul style="list-style-type: none"> ・表面汚染密度 ④ ・著しい破損 ⑫ ・寸法及び重量 ⑯



アスファルト固化体の品質保証項目（案）

5. ま　　と　　め

日本の浅地中処分及び国外の処分場に関する受入れ基準を基に、日本におけるTRU廃棄体品質保証項目（案）を設定し、プルトニウム廃棄物処理技術開発施設及びアスファルト固化処理技術開発施設を例にとり、施設の各工程ごとに適切と考えられる品質保証項目（案）を設定した。

今後は、品質保証をより具体化していくため、品質保証項目に対応した品質保証値の設定及び具体的な品質保証方法（例えばサンプリング箇所、分析方法等）を設定していくことが重要である。

その上で、品質保証のシステムを確立するには以下の点についても検討を進める必要があると考えられる。

① 品質保証計画の作成

処分場に持ち込まれる廃棄体が定量的に廃棄物受入基準に適合していることの実証及び記録のプログラム化。

② 処理工程の管理

処理工程における廃棄体及び廃棄体に要求される品質を保証するための測定と記録のための機器設置の検討。

③ 廃棄体の検査

廃棄体の検査方法の検討。

④ 品質保証データの記録

発生元から処理、更に処分場までに関するデータの完全な記録化の検討。

⑤ 廃棄体の基準の適合管理

廃棄体が適切な基準に適合していることの証明。

6. 引用文献

- (1) A. R. Davies, M. J. S. Smith, 「Quality Assurance of waste packages to be disposed of at the Nirex deep repository」 : Eng Solut Manage Solid Radioact Waste, P. 43~50 (1991)
- (2) 福本 雅弘、宮本 陽一、中西 芳雄、「T R U固化体等品質保証海外技術調査研究報告書」 : PNC PN8420 92-017 (1992)

添付

邦訳：「Quality Assurance of waste packages to be disposed of at the Nirex deep repository」

N I R E X深部貯蔵場における処分予定の廃棄物パッケージの品質保証

概要

UK Nirexは低及び中レベル放射性廃棄物の安全な処分のための開発及び手法の構築を行うために設立されている。規制要求と同様に、品質保証は廃棄物処分に関するすべての活動に適応されるというのがNirexの方針である。

本報告書は、Nirexの研究として、

- 処分のための放射性廃棄物のパッケージに適応される品質保証、
 - 承認保証、
 - 各廃棄物パッケージの性質及び内容物に関する情報を含むデータベースの確立、
 - データベース中の放射性核種インベントリーのためのしきい記録レベル、
 - 各廃棄物パッケージの同一性のためのシステム
- をまとめたものである。

1. 緒言

UK Nirex (Nirex) では、原子力工業界によって発生する低及び中レベル放射性廃棄物 (LLOW、ILW) の安全な処分の開発及び構築を行うために設立されている。

品質保証は廃棄物の処分に関するすべての活動に適応されるということがNirexの方針であり規制要求でもある。

本報告書は、Nirexによって進められた処分のための放射性廃棄物のパッケージの品質保証、及び承諾保証のシステムをまとめたものである。

報告書に加えて、処分のための廃棄物の各パッケージの種類及び成分についてのデータベースを確立するための研究をまとめたものになっている。

情報としては、放射性核種インベントリーの記録及びNirexが開発したしきい記録レベル

ル (TRL)である。

TRL は規制、操業及び安全理由のためのとるに足らないとなるであろうレベルを明確にするものである。

TRL 概念の適応の例及び各廃棄物に与えられるであろう同一性を認めるためのNir e x システムの詳細を述べる。

2. 規制要求

Her Majesty's Nuclear Installations Inspectorate(HMNII) の保健及び安全委員会は、廃棄物パッキング 施設のライセンス 条件を整え、現在操業している。

HMNII はNir e x によって開発されるであろう深部貯蔵所を含む将来の原子力施設における運転のライセンス に責任がある。

HMNII は手引き記録書として、(1)品質保証として、ライセンス 品質保証の準備及び HMNII での安全評価手法及び可能なモニタリングによりカバーされるべき詳細な設備に関するこれらの位置づけをあたえられている。

サブ 操業のライセンス のほかに、放射性廃棄物の処分に関する要求を公認している。

これは環境部門及び農業、漁業、食物、あるいはスコットランド 事務局と同一の省により、共同で認めたものである。

これらの公認部門の見解は、浅地中処分のために適応する安定な形態としての低放射性廃棄物の処理の品質保証に関係しており、1984年に情報が初めてまとめられた。

(2)その頃のこれらの要求は廃棄物の処分として品質保証が関連し、分かれたまとめ方として確立していた。

深地層の許可が承諾される前に、許可部門では必要品質保証の準備を満たすことを行っていた。

輸送部門は輸送のために国務大臣の代行ができ、主権限のためのすべての物質に関する放射性物質の移動に関係している。国際的な管理としての規制としては(3)概念、製造、試験、記録、使用、保守、及びすべてのパッケージの検査を確立する品質保証プログラムの仕様要件が含まれていることが合意された。

輸送部門の輸送機関の品質保証記録の定期的な検査は、検査官の作業及びその他多く

の品質保証プログラムに関する判定及び今後の規定承認の証拠として準備される。

3. 品質保証に関するNIREXの政策

NIREXの政策

- (a) すべての項目及びシステムがLWとILWのための廃棄物管理技術サービスであり、概念から処分の完了までにおけるすべての段階において品質を保証する手段の適切な取り決めを実施するように構成されている。
- (b) 取り決めは処分における項目とシステムの保証に役立つものであり、いずれの原子力施設でも適切な総合的品質保証プログラムとして、BS5882の原則の明示を満足するものである。
- (c) 廃棄物発生者はNIREXの要求に応ずる必要があり、会社では廃棄物の安全な調整及びその後のNIREXへの輸送に影響を及ぼす廃棄物発生者により実行された多くの処理とパッキングの操作の種類と正式な方法に関する方法が決定されている。この政策はBS5882の要件に従うように構築した品質保証によるNIREX内で遂行したものである。特に、会社の品質保証マニュアルは準備する会社の品質保証管理システムの全てを記載するように準備されている。これは会社の進行のシリーズによって援助している。

認定されたプロジェクト及び施設のための品質保証プログラムはその会社の品質保証マニュアル及びプロジェクトあるいは施設の種類に関する会社の事務手続きを要求するものとなる。

もし必要であれば、このようなプログラムは装置及び特定プロジェクトあるいは施設のための手続きであり、廃棄物の輸送のケースは既に用意されているであろう。

そして、関係箇所、品質保証のための要件はBS5750の適切な受入に従うことを中心でおり、NIREXに代わって請負業者の仕事のために明記されている。

4. 廃棄物パッケージに関するNIREX品質保証必要条件

4.1 主要必要条件

廃棄物受入基準はNIREXによって特定されることになるであろうが、一度処分

場は規制当局によって承認している。一時的方法として、NIREXは、廃棄物パッケージ製造者が彼らの廃棄物パッケージを始められるように廃棄物パッケージと共同して、廃棄物パッケージのためのガイドラインとパッケージ自身のための技術的仕様を用意している。

NIREX廃棄物パッケージの設計書は廃棄物パッケージとその設計及び処分場の安全ケースや共同する輸送システム間にまたがる抜粋を準備している。

表-1はNIREX廃棄物パッケージ設計書記録の提案項目である4つの標準LLWカバー及び4つの標準ILWコンテナー（500ℓドラムの設計書の詳細、ILW用の主要コンテナー）である。

表-1 NIREX廃棄物パッケージ設計書記録の提案項目

- 1章 はじめに
 - 2章 品質保証必要条件
 - 3章 廃棄物コンテナー仕様
 - 4章 データ必要条件
 - 5章 その他仕様
 - 6章 補助的情報
 - 7章 説明的材料及び設計のガイドライン
 - －廃棄物コンテナー仕様
 - 8章 材料物質及び設計ガイドライン
 - －その他設計仕様
 - 9章 指針文書－種々雑多
- 9.1 品質保証

品質保証要求を記載しているこの文章の2章は廃棄物パッケージ製造者にむけて発行されており、この文章の主要部はより詳細にここで検討される。

必要条件

廃棄物パッケージ製造者はBS5882の適応可能な要素に従って、品質システムを確立することが求められる。この英国規格の適切な基準はパッケージされた廃棄物の品質に関係を持つべき活動に適応されるべきである。

これらの活動範囲プロセスの開発は、コンテナー、設計、廃棄物特性、施設試験、任命、操業及びこれらの製品保証の影響に関する範囲の施設設計となっている。

品質保証プログラムはシステムとして生産される品質に影響する活動の場所となる。

プログラムは品質計画で使われるであろうし適切な手続きとなって、これらの活動を明確に証明している。

品質計画は品質に関する活動の段階毎に連続することを記載するように要求されている。これらはどのように廃棄物パッケージを保証するのかあるいは記録するかについてを詳細にまとめたもので、その技術必要条件はその活動の内に合うようにしている。

廃棄物発生の明細の品質（特徴及び構成物）及び特性挙動は各廃棄物パッケージタイプの必要条件として記載されている。そして、パッキングプラントは異なる供給の流れ及び異なるパッケージ廃棄物の流れの製品として使用する予定であり、そして、十分な詳細が準備されることが必要であり、これなしでは同意は得られない。

システムは製品個性とは無関係であり、適切な廃棄物パッケージの品質記録のサンプルの検証である。

これは梱包者が製品の品質の適性を検証し、パッケージとしての品質記録が製品詳細書及び承認された品質計画で構成されることを保証するものである。

提 出

品質保証プログラムは、品質計画及びNIREXの受入に関する廃棄物パッケージにより役に立つように作られた廃棄物製品明細書である。

特に、すべての必要な記録は保存され、そして論証として役立つように作られ、適切な必要条件に従うようにしており、すべての必要情報は処分場へパッケージが移動される前に、NIREXへ伝達される。

評 価

廃棄物パッケージはその場所において品質保証設備を検証する必要があり、これら装置は調整や条件を満たす必要がある。NIREXが保証する評価、装置の検査（廃棄物梱包者により行われるほかに）及び指定されたLRQAは、これらの目的にかわって実行する独立した外部検査である。それは梱包計画の最小限の複数外部検査の独立した検査官が使用するものである。

廃棄物梱包者はこれら品質システムの検証を選定する唯一のものとなるかもしれない。これはB S 5 8 8 2 のこれらと同等の必要条件を検証するものであり、また同様に検証体及び放射性廃棄物を含むまでに拡張されたスコープを満足するように準備している。N I R E X は検証体により作製した関係書類のコピー及び問題が発生すると必要となる追加検査を実行することが要求されるだろう。

4. 2 指 針

N I R E X 廃棄物パッケージ設計書書類の第 9 章では指針と廃棄物パッキングシステムの適応として、品質保証のより詳しい説明が準備される。

表－2 に放射性廃棄物パッキング計画としての品質保証プログラムの代表的な項目リストを示す。

表－2 廃棄物パッケージングプラントに対する品質保証プログラムの代表的内容

1. はじめに
2. パッケージングプロセスの明確化
プロセス及び品質保証ホールドポイントを示し、かつ、廃棄物保存量、ドラム、収納容器、最終製品の明確化をカバーするフローダイヤグラムによる明確化。
3. 責任及び組織
 - (1) 権限及び責任
 - (2) 中間編成
 - (3) 任命
 - (4) 幹部及び訓練
 - (5) Q A プログラムの実行
 - (6) 計画の安全性及び保障
 - (7) 幹部の安全
 - (8) 保守
4. 設計管理
 - (1) 境界

(2) 検証

(3) 改造

5. 手続き、教育及び品質計画

6. 書類管理

(1) 準備、再調査及び認可

(2) 公開及び配布

(3) 変更コントロール

7. 調達、購買者項目及びサービスの調整

(1) 調達記録管理

(2) 項目の証明（ドラム等）

8. プロセス管理

(1) 任命

(2) 操作

(3) 改造

9. 検査試験及び監視

(1) 受入検査

(2) 供用中の検査

(3) ホールドポイントでの検査

(4) 試験プログラム及び実行

(5) 校正

10. 非従属項目

(1) 放射性廃棄物の保存量

(2) ドラム

(3) 容器供給保存量

(4) 容器物質

11. 調整的行動

12. 記録

(1) 前処理

- (2) 収集
- (3) 貯蔵及び保守

13. 再調査及び検査

- (1) 内部
- (2) 外部
- (3) 管理の再調査

5. 品質に関する合致要求

5.1 一 般

プロセスから生産される多くの工業製品は詳細な検査及び試験において両者とも非破壊検査及びより少ない範囲の破壊検査に従っている。けれども、ルーチンベースにおける詳細な検査は廃棄物を固定とするに適した技術ではない。なぜならそれらの放射性廃棄物の種類は処分の適正な廃棄物パッケージの影響に反するものである。

特定な品質のパッケージを保証するため、廃棄物パッケージは記録番号が登録される。最初に、広範囲の研究及び開発はプロセスパラメータの封入の特性を保証しており、パッケージミーティングの必要条件の生産である。第2に保証システムは、パッケージ廃棄物の品質に関する活動をカバーするように紹介されており、廃棄物は規定したパラメータの範囲内で梱包されることを保証している。

これら品質システムは検査及びパッケージの非放射性成分の試験等、その廃棄物の成分及び封入する供給物質で、最終製品の質量の比重を提供する際の最も重要なケースである。その上、パッキング後の主要な廃棄物の放射性成分を正確に測定する有能な技術ではなく、詳細なインベントリー測定はパッキングする前の廃棄物（あるいはそれ自身の廃棄物比重）のサンプリングによる。

廃棄物パッケージのその他の特性として、それら自身の健全性が重要であり、同様に品質保証提案のための情報として準備され、使用することにある。

例えば、

一番号確認は廃棄物パッキング間の場所、時間及び計画パラメータの検証の記録となる。

- －重量は正確な充填を確認する記録となる。
- －表面汚染レベルはミスファイルあるいは不幸な事態におけるダメージをチェックするひとつとなる。
- －放射能レベルの範囲は、予想される量及び検証されたであろう確かな γ 線放射能量の実存を可能にする。

これらすべてのパラメータが決められ、また、パッキング、輸送、処分までの経路の間の異なる段階において記録することになる。

この規制の権限は、いくつかの保証する非破壊検査試験及びすべてのパッケージとしての追加の保証に従うことが望まれている。

もし、破壊検査が引き受けられ、この時それがパッケージの少量のパーセントであるならば、多くの試験パッケージのためにNIREXによる処分をするための廃棄物パッケージの仕様の中で持ち運ばなければならない。

5.2 廃棄物パッケージデータベース

認定部門は廃棄物及び処分場内でのこれらの位置の詳細な記録を適切に用意しなければならなく、これらの記録は同意された書式で保存管理される。

NIREXは各々のパッケージにおける情報を明らかにし、記録しなければならない。

図-1に物質のインプット、パッケージパラメータのプロセス及び処分を示す。

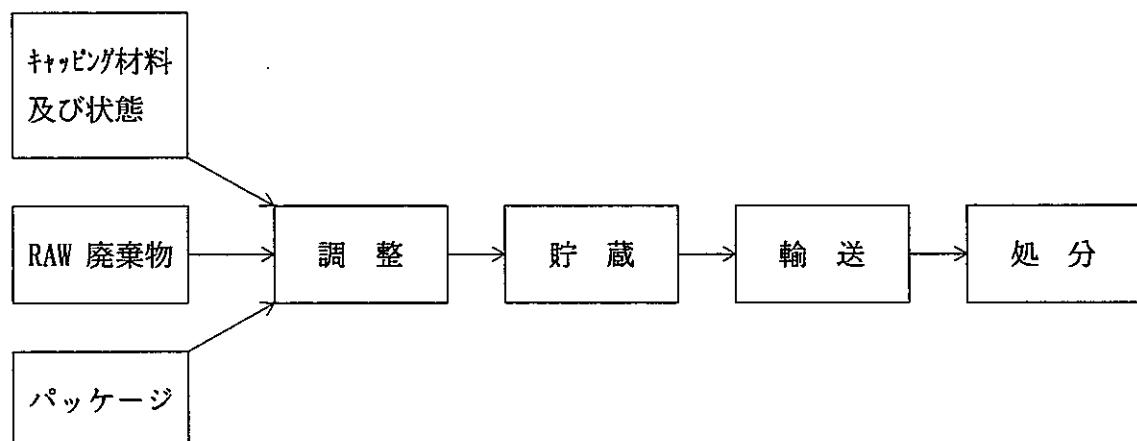


図-1 物質のインプット、パッケージパラメータのプロセス及び処分

パッケージでもっとも重要なデータはパッキング段階での廃棄物パッケージ 製造による製品である。これは、パッケージの性質及び内容物、放射性核種インベントリ並びに承認保証の確認が含まれることになる。この記録は同様にパッケージの履歴を含むことになり、貯蔵と輸送に関する情報も含まれる。

NIREXはパッケージの受け取りに関する幾つかの測定を行い、廃棄物パッケージ 製造者による情報の承認を証明することに使用されることになる。

最後に処分場内に設置するパッケージの位置も記録されることになる。

NIREXの意向は、すべての関係情報を保持することについてのデータベース（廃棄物パッケージデータベース）をコンピュータ処理する準備をしている。これは操業の要求とおなじぐらい長期間の記録の準備に応ずるために使用される。

各パッケージデータの最終のソース及び処分場でのすべての処分廃棄物の核種濃度量が計算される。その情報を明らかにすることが必要な時に応じて検証され記録される。

データの多くは処分場の封鎖の時間以上に管理することが必要であり、例えば容器の表面汚染レベル及び処分場の操作情報などは貯蔵室の封鎖まで必要となるであろう。

パッキング計画の操業及び廃棄物梱包者によって行われる貯蔵の詳細な記録は重複する必要がある。製品の仕様付きのパッケージの承諾は確立されており、これら廃棄物パッケージはNIREXの唯一例外的な状況に関係するものは記録される。同様に伝統的な記録様式はNIREXにより一時的な封鎖を守るためのデータとなる。ある意味では記録の保守は修正の準備と幾つかの特別な記録の紛失を防止することであり、また、これらの記録は環境への最小限の悪化と損傷を保存することになる。

6. しきい記録レベル

すべての放射性核種に関する各パッケージ成分の放射性濃度を保証するために、重要なレベルの表示、重要なレベル以下である放射性核種の不必要的データの要求を避けること等、NIREXは各放射性核種と各パッケージタイプの境界記録レベルを明確にするプロセスである。

廃棄物梱包者は特別なパッケージについては特別な放射性核種の品質あるいは全アル

ファあるいは全ガンマ放射能量について 3 種類の方法を選定することになる。

これらは、

－非提出（例えば、成分あるいは物質の処理のための提出がどうしてもできない場合）

－ T R L 以下の場合

－数量化、測定あるいは推定による要求の正確な達成

I L W の 5 0 0 リットルドラムの各放射性核種の濃縮に関する T R L は、以下の手順で明確にされている。

(a) 範囲の広いターム状況は廃棄物輸送の安全性のドラムの影響の放射性核種の濃度、ハンドリング及び処分あるいはその逆の重要な確認。

(b) 安全評価基準、操作限度あるいは各状況についての他の適当な係数の確立。

(c) 各状況について、個々の放射性核種の予想量及び濃縮量を予想して書き出し、仮に一つも提出されなければ、限界量となる。

(d) 各状況において、評価と適応係数は十分に考慮した濃度の結果のために限界量は減少することになる。N I R E X は輸送中の危険と照射のための目的を設計し、ハンドリングと貯蔵は規制レベルの中で十分であり、このような放射性核種のレベルは N I R E X については重要な検討をすることができ、同様に無条件以下のようなものである。

(e) これら重要な濃縮の最も下の重要な各放射性核種を明らかにする T R L 模擬のアプローチとして各放射性核種の放射性量を正確に確認することが要求される。

これは必ず T R L に関係するその濃度に依存する。

T R L では 8 つの状況は考慮されており、これらは安全基準と確認済の限界量に関係する。この手順は廃棄物処分の長期間の安全に関するこれら状況について、3つを記載している。予備的な評価はセラフィールドあるいはドンレイに位置する深地層処分場について、長期間の人間による侵入の危険、地下水の浸透及びガスの放出が N I R E X により実施されている。

これらの評価から、被曝、制限、量の 3 モードの各関係から放射性核種濃度を求めている。もし、一つも見いだすことができない場合は、0. 1 mSv の照射として評価されている個々の年間平均を適当な照射線量としている。約半分の放射性核種の地下水中

での濃度については、今後、加えての危険となり処分場の条件下でのこれらの溶解度制限される。もっとも危険な放射性核種は廃棄物ではこれらの放射性核種の濃度に関しては無制限になり廃棄物の処分の長期間の安全性の照射基準の千分の1より少ないと同等となる。

その他5つの状況として輸送、熱発生、核燃料物質の臨界管理、通常パッケージのハンドリング及びパッケージの取扱時の事故について検討が行われている。

個々の関係する放射性物質のすべての状況について濃度限度に達すると、複合係数は特別な状況に起因しそうな放射性物質の量を考慮しており、同様に濃度限度に起因する不正確性を考慮している。

放射線評価は可能な限り放射性核種インベントリーを完全に厳密に検討しており、確かに予想されるマイナーな放射性核種の上限値を予想するのは可能ではない。

このようにもし、放射性核種が低いならば濃度限度の0.01と同じぐらい高く設定される意味がなく、評価は限度の30%の最小の影響をもたらす30の計量ができるない放射性核種を含み、主要な放射性核種からの濃度量及び不正確性が含まれている。

このような議論が異なる状況として濃度限度の0.001から0.01までの暫定的な不十分な係数が導かれ、このように不十分な濃度計算及び段階(d)の完了が計算されている。これらの値は安全ケースとして改良することが可能であるよう開発されることになる。段階(e)は、素直である、なぜならTRLは不十分な濃度の最小としての各放射性核種が確認されている。

それより、TRLは正確に大きな量を引用する必要がなく、それは量が大体近ければ便利である。

70種類に近い放射性核種としての計算の予備的結果は、ガス透過に関係し、処分後に発生し、H-3、C-14の限度は最高になるがために、8種類の他の放射性核種としてのTRLは処分後、地下水として浸透することが示された。

放射性核種の半分以上としてのTRLは輸送の状況となり、侵入及び熱発生状況は多くのTRLでは設定されず、唯一のTRLが基準状況として設定される。

防護状況の放射性核種の約1/4のTRLが設定され、高いガンマエネルギーを保持することが予想され、代表的には0.6 meV以上である。

ハンドリング事故時の状況では、Th-232、U-238の放射性核種の最も低いTRLの2つが設定される。

TRLより引用される量及び種々の廃棄物中の放射性核種の濃度を比較することにより、確認改良のために国際インベントリーが与える詳細なデータで方法論を作成することができる。今後の仕事として、TRL概念をNIREXにより検討し、すべての廃棄物パッケージの標準としてのTRLを明らかにする計画である。

7. 廃棄物パッケージ確認者

廃棄物パッケージデータベースの主要項目は廃棄物パッケージ確認者であり、各廃棄物コンテナーへのマーキングである。

確認者は各廃棄物及び多くの廃棄物とデータベース間との重要な連結であり、唯一の検証を用意する設計となっている。確認者は廃棄物パッケージに関して処理、貯蔵、ハンドリング、輸送並びに処分のすべての段階の記録を正確に承認することを許可するものである。

廃棄物確認者は3つのデータ分野において10の電算機文字特徴から成っている。

最初2つの特徴は16進数及び廃棄物発生者が明らかにするために使用するものである。16進数番号は256通りの組み合わせができ、個別の確認が発生する主要なサイトでも十分である。

6つの特徴は数字と000001から999999までのパッキング番号に従っている。最後の2つの特徴は数字と自動チェックキング許可として設計されたチェック数字であり、番号は正確にそして有効な番号として記入される。

チェック数字システムはそれ自身詳細な評価を保証することを条件としており、一般的な読み間違え、例えば転写や置き換えのいろいろなタイプも正確に検出することができる。

OCR-A（工学的特性認識タイプ-A）特性は、廃棄物パッケージに確認者がマーク用のフォーマットとして明記することになる。このシステムの便利な点は、例えばバーコードであり、人間と機械が確認者として読み、許可することである。

いろいろな技術は廃棄物パッケージについて付属する確認者であり、たとえばレーザ

エッティングあるいはラベルがあるが、すべての確認者は長期性と確認を容易にすること
が厳重に要求されなければならない。

8. 結論

NIREX方針では廃棄物処分に関してすべての放射性に関係し、適応する品質保証
を要求するものである。企業は処分のための放射性廃棄物パッキング及び保証を承諾す
るシステムの確立の品質保証要件を明記することにある。NIREXでは深地層処分場
での廃棄物処分する各パッケージの種類、成分及び位置に関する情報を保持しており、
また、プロセスにおける廃棄物パッケージのデータベースの情報も保持している。この
情報は各パッケージ中の放射性核種濃度を含んでおり、方法論は不十分と思う各放射性
核種の発生がTRL濃度以下であることを明らかにする開発となり、そのため、データ
ベースの記録は不要となる。

NIREXは同様に各廃棄物パッケージの唯一の確認するシステムとして確立してい
る。

以上