

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT CENTER TOPICS

1995.12.NO.35

目次

地中処分政策と研究開発の現状—英国	①
センターのうごき	⑧

地中処分政策と研究開発の現状—英国

低レベル放射性廃棄物の浅地中処分は、既に多くの国で実施段階にある。一方、高レベル放射性廃棄物やTRU廃棄物など長寿命放射性廃棄物の地中処分*については、各国とも精力的な取り組みがなされている。本トピックスでは最近の各国の総括的な報告書に基づき、それぞれの国の取り組みの特徴を紹介していきたいと考えている。ここでは第1回として、まず高レベル廃棄物は50年間は貯蔵し、その後どのような処分をするかは決めていなかった国、英国について紹介する。

1994年、英国の原子力学会誌Nuclear Energy 33, No.1に“The Nirex Repository”（原子力産業放射性廃棄物管理会社処分場）の特集があり、英国の地中処分の政策と研究開発の概要を知ることができる。最近の政策を知る資料としては、1995年6月に白書(White Paper)“Review of Radioactive Waste Management Policy”が出版されている。これらの文書に基づき重要と思われる内容を簡単に紹介する。

1. 概要

1) 廃棄物のカテゴリー

低レベル廃棄物とは、 β 、 γ 核種の含有量400kBq/0.1m³以上で、 α 核種の含有量4GBq/t、 β 、 γ 核種の含有量が12GBq/tを超さない廃棄物をいう。中レベル廃棄物とは低レベル廃棄物より高い放射能濃度で、貯蔵あるいは処分施設の設計において発熱を考慮する必要のない廃棄物をいう。高レベル廃棄物とは、施設設計で発熱を考慮する必要のある廃棄物をいう。

2) 地中処分の対象廃棄物

Nirexが設立された1982年当時は、長半減期中レベル廃棄物の地中処分と短寿命中レベル廃棄物及び低レベル廃棄物の浅地中処分が目的であった。しかし、1987年に政策変更があり、BNFL(英国核燃料会社)のDrigg処分場で計画のない低・中レベル廃棄物の地中処分が目的となった。実際には大容量の低レベル廃棄物はDriggで処分され、比較的小容積の廃棄物のみがSellafieldで処分さ

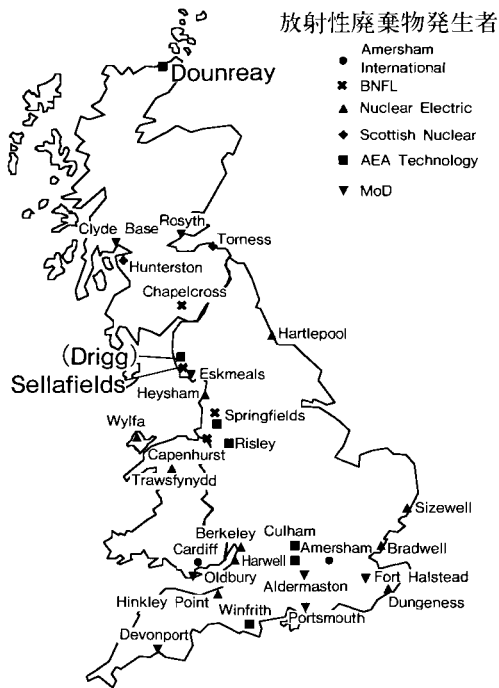


図1 主な放射性廃棄物発生サイトと処分候補サイトとの位置関係

れることになると予測されている。

高レベル廃棄物を地層処分するかどうかを決める前に、Sellafieldの貯蔵施設で50年間貯蔵するとの方針であり、NirexのSellafieldでの処分計画の対象廃棄物には高レベル廃棄物は含まれていない。しかし、Nirexが高レベル廃棄物の処分の準備をしていないということではない。処分対象が高レベル廃棄物でも低・中レベル廃棄物でも長寿命廃棄物である点は同じであるので、Nirexの進めている研究開発は高レベル廃棄物の地層処分にも価値があり、有用である。

表1 Nirexの標準型廃棄物コンテナ

中レベル廃棄物	
500ℓ drum	直径0.8m、高さ1.2m
3m ³ box	底面1.72m×1.72m、高さ1.225m
3m ³ drum	直径1.72m、高さ1.225m
4mbox	底面4.013m×2.438m、高さ2.2m
低レベル廃棄物	
4mbox	底面4.013m×2.438m、高さ2.2m
2mbox	底面1.969m×2.438m、高さ2.2m

3) Sellafieldに決めた経緯

1987年Nirexは白紙状態でサイト選定を開始し、国土の30%範囲が地質からは適しているとの分類となった。1989年20候補サイトに絞り、そのうちからDounreayとSellafieldが選出され1990年から1991年にかけてボーリング調査が行われた。地層状態からは両者に優劣はないが、公衆情報や関係機関の意見も入れて1991年からSellafieldの調査に予算を集中した。理由は、BNFLの再処理施設に近く、ここを処分場にすれば40%の廃棄物を輸送するだけで済み、Dounreayの場合より50年間で輸送費用が£1 billion (約1,600億円)節約できる。参考までに放射性廃棄物の発生場所と処分場との関係を図1に示す。

廃棄物容器については、コンテナ(入れ物)とパッケージ(梱包)が明確に区別されている。パッケージは輸送前の各サイトでの長期の貯蔵、輸送及び取扱いを考慮して厳しい規格ができています。但し、輸送基準に合致したコンテナはパッケージを兼ねることができ(図2参照)。

4) 多重バリアの構成

1991年12月時点で提案されている処分場の概念を図3に示す。また、多重バリアの構成を図4に示す。ここで着目したいのは埋め戻し材にセメントを使うことにしていることである。この埋め戻し材は次の要件を満たすように決められている。
①地下水の流れと地下水の化学的特性が定常状態になった状態で、間隙水を長期にわたって、主

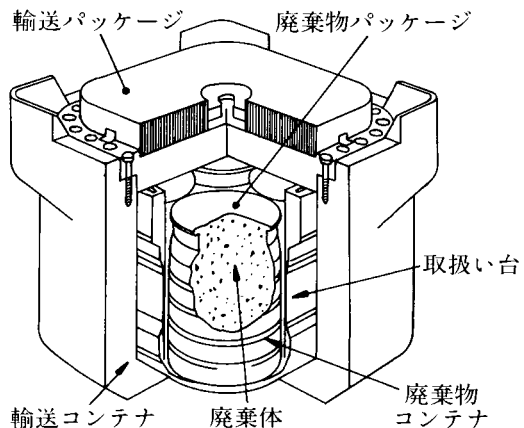


図2 中レベル廃棄物の再利用型輸送コンテナの例

要核種の溶解度を抑制するアルカリ状態を維持できる。

②主要核種の活性吸着表面積を長期にわたって維持できる。

③比較的高い透水係数と間隙率がある。このことにより、廃棄物中の物質濃度のかたよりで好ましくない化学状態にならず、閉じ込め機能が局部的に弱まることなく。

これらにより、水に溶ける放射性核種のソースタームが比較的単純になり、わかりやすくなる。

5) 安全評価モデル

Nirexが開発している主な安全評価モデルは次の3つの経路である。

- a) 地下水による放射性核種の移行
- b) ガスによる放射性核種の移行
- c) 自然の破壊現象または人間の無意識侵入による放射性核種の環境への戻り

評価における時間枠としては表2のように考えられている。10⁴年以上では個人の被ばく線量を計算するのは賢い方法ではないと考えられる。特に²³⁵Uの娘核種が被ばくの主な原因になるようなケースでは天然に存在するものと比較する方がよいと考えられている。

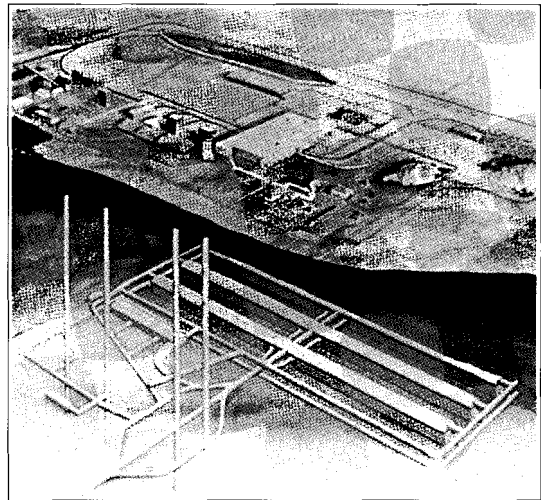


図3 地層中の処分場の概念

表2 評価における時間の枠組み

期間	考えられる前提条件
0 - 10 ² 年	制度的管理の継続 温室効果による気候変化の可能性
10 ² - 10 ⁴ 年	制度的管理の失効 間氷期の気候状態の持続
10 ⁴ - 10 ⁶ 年	氷期と間氷期の繰り返し 海水面レベルの変動 (140m程度)
10 ⁶ 年 以上	氷期サイクル現象の消失 大きな地殻変動の可能性

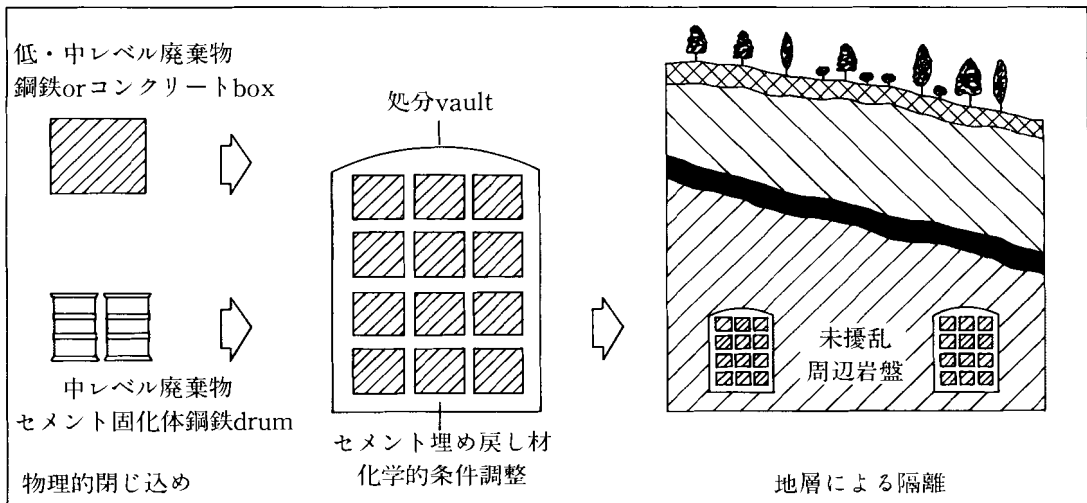


図4 多重バリアの構成

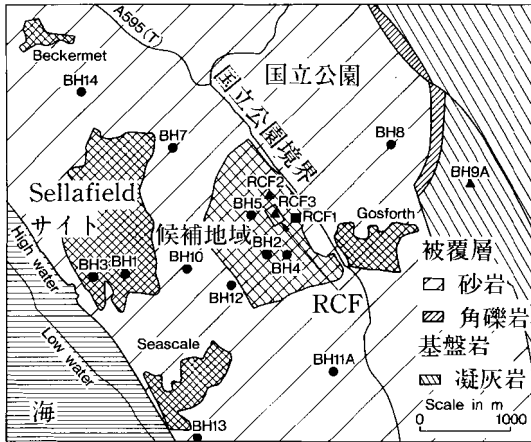


図5 岩盤特性調査施設 (RCF) とボーリング調査位置

6) 岩盤特性調査施設 (RCF)

RCFの位置付け

処分場の建設を開始する前に地下特性調査施設を造ることが必要であるとしている点はいずれの国も同じであるが、処分候補地を決め、その場所に施設を造り直接的な特性調査を行うとの方針をとっている国と、処分候補地のおおよその地質環境は決めているものの、処分候補地での特性調査とは切り離して参照サイトに地下研究施設を建設

する方針をとっている国がある。

前者の代表的な国が米国である。英国のRCFも前者の立場を明確にしている。後者の代表的な国がカナダである。わが国も地下研究施設は処分場計画とは明確に区別して進めるとし、後者の方針であることが明確に示されている。

サイトの地質学的状況

BNFLのSellafield施設の350-550m東方の位置を予定している。地表近くの被覆砂岩層は300-550mの厚さであり、その下には凝灰岩質の厚い岩盤が分布している。この凝灰岩層は約4.6億年の古さであり、水を通し難い層である。処分場の候補サイトはこの凝灰岩層の中の約900mより浅い位置が予定されている。

周辺地下水の特性

候補処分場の深さの地下水は海水の約0.8倍の濃度の塩水である。この位置は2種類の地下水の広がり領域である。一つは上層の淡水地下水である。国立公園側の丘の方向からEast Irish海方向に浅地中地下水が流れている。もう一つはIrish海の海底にある岩塩層の溶解で生じたBrine (濃厚塩水) である。海岸近くのボーリング孔での測定値によるとBrineの塩水濃度は海水の約5倍である。

処分場の候補サイトの下の1500m深さの水頭圧は上部の地下水の水位より90m高い。このことは

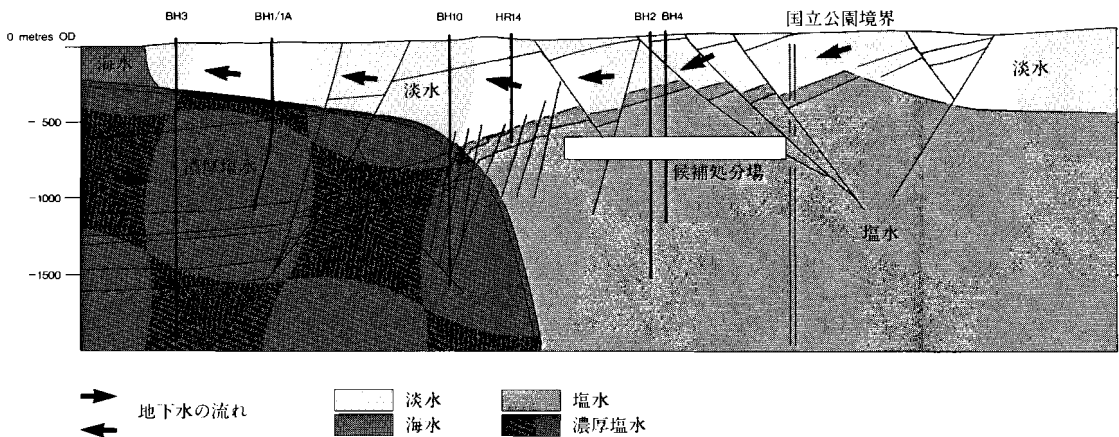


図6 Sellafieldサイトの地下水系

潜在的には上昇流があることを示している。しかし、同時に加圧状態の地下水が閉じ込められていることも示している。凝灰岩岩盤の透水係数が低いので地下水の流れは割れ目に限られ、非常にわずかであるためである。

塩水は上層の淡水より明らかに比重が大きいため、上部の流れとははっきり別れる。アイソトープによる年代測定によると、凝灰岩層の地下水は、最後の氷期（1万年以上前）より古い滞留水であることがわかっている。

RCF計画の目的と施設の概要

次の目的を達成できる計画にする。

- 長期安全評価をよりしっかりさせるための岩盤特性についての情報を得る
- 処分場の詳細な場所、設計及び配置を決めるための情報を得る
- 処分場の建設方法を決めるための岩盤力学データを得る

RCFの立坑を掘削する前にまず周辺にいくつかのボーリングを掘削し、地下水の初期状態、地下水に及ぼす立坑掘削の影響を調べる。

地下施設の構造は次のように計画されている。

- ・ 5m径の立坑2本を50m離して掘削する
- ・ まず650mレベルに実験場所を造る
- ・ 掘削孔を延長して900mレベルにも実験場所を造る

実験計画

主な実験項目としては表3に示す項目が計画されている。

表3 主な実験項目

- ・ 岩盤中の割れ目や断層の分布を調査するための横及び斜めの小径ボーリング孔の掘削
- ・ 母岩中の割れ目を選んでの地下水流の測定
- ・ 母岩中の地下水流の特徴を知るための地下水理学上の測定
- ・ 拡散メカニズムについての情報を得るためのトレーサ実験
- ・ 地下水の年代測定及び起源を推定するための地球化学実験
- ・ 地下空洞建設技術の確証のための岩盤力学実験
- ・ RCFから割れ目網を経てのガスの流れを研究するためのガス移動実験
- ・ 岩盤の化学的及び熱特性の調査実験

次の3フェーズからなっている。

フェーズ1

2本の立坑を掘削する。

掘削に先立ち多くのモニタリング孔を設け、掘削工事期間を通じて岩盤の状態変化、地下水流などを測定し、掘削による影響を調べる。

フェーズ2

650mレベルの実験場を建設する。

表3に示す実験を行う。横及び斜めの小径ボーリング孔調査は処分場候補区域の約60%の範囲を調べるのに使える。

フェーズ3

900mレベルの実験場を建設し、調査を完成させる。この期間での小径ボーリング孔調査は約90%の範囲を調べるのに使える。

1995年4月現在周辺での深さ2000m程度のものも含めて21本のボーリング孔の掘削による調査が完了している。RCFでの研究は約10年間で予定されている。ここでの調査・実験の結果を基に1998-1999年頃に処分場の建設申請が出され、2010年頃操業が開始される予定である。

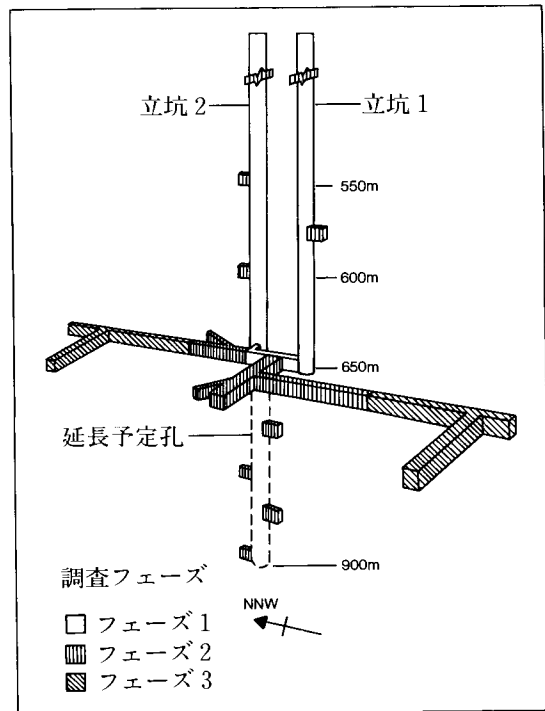


図7 岩盤特性調査施設(RCF)の調査フェーズ

2. 処分基準

1) 枠組み

放射線防護に関するICRP 1990年勧告 Pub60は既に、国立放射線防護委員会 (NRPB) の見解をとりいれて、放射性物質法Radioactive Substances Act 1993 (RSA93) に適用されている。放射性廃棄物の処分基準もRSA93に基礎をおいている。固体廃棄物の処分基準については通称“Green Book”に示されている。最新版は1994年8月に改定出版された“Disposal Facilities on Land for Low and Intermediate Level Radioactive Wastes: Guidance on Requirements for Authorisation”である。

2) 気体及び液体廃棄物の排出基準

基本的には1990年のICRP勧告 (Pub60) に準拠している。即ち、一般公衆に対する線量当量限度 (Dose limit) 1mSv/y の値がもとになっている。放射線被ばくの原因になる線源は1つだけではないので、1施設の放射性廃棄物の排出については 0.5mSv/y とする。さらにALARAの原則に従い、新設の施設については 0.3mSv/y を制限値 (Dose constraint) としている。

最適化が必要な低限リスクは、 $10^{-6}/\text{y}$ とされている。この値を線量当量に換算すると生涯 0.03mSv/y 被ばくし続けることに相当する。しかし、安全側をみて 0.02mSv/y の値が採用されている。即ちこの値で制限されていれば、さらに減らすことは要求されない。

3) 固体廃棄物処分の安全基準

固体廃棄物の処分については、気体、液体廃棄物処分に比べ評価しなければならない期間が長いこともあって別の基準を設けるべきであるなど議論があった。検討の結果結論として、致死がんによるリスクで考え、一般の原子力施設と同じレベルであるべきであるとされ、**潜在的な事象も考慮した公衆の個人のリスク $10^{-6}/\text{y}$ の値を施設の設計目標とすることになっている。**

4) 評価の期間

10,000年を超す期間については、サイト固有の生物圏や人間の挙動を使うのではなく、参照的な生物圏と人間の挙動を使った簡単なモデルを使うことが認められている。10⁶年を超す期間について

は、定性的な検討を主体にすべきであるとされている。しかし、ある期間以後は評価しないとの考え方はとるべきではないとの見解が示されている。この件については、安全評価でのサイトの特殊性によって、いろいろ考慮の余地がある。

3. 1995年放射性廃棄物白書

1) 経緯と白書のねらい

1994年8月に放射性廃棄物処理処分政策の中間的な検討結果が報告された。約250件の関係方面の回答とグリーンピースが行った宣伝の結果としての一般公衆からの5000通以上の手紙を検討し、最終的結論として、本白書“Review of Radioactive Waste Management Policy” (Cm2919) が出版された。一方、原子力白書 (Cm2860 1995年5月) もほぼ同時期に出版された。

この白書のねらいは、1984年に出された“National Strategy”に基づいて実施されてきた政策の再検討にある。規制政策を明確にするとともに、IAEA、Euratomなどの機関での討議における英国の対応の仕方を示し、ここ数年間の政府の研究開発計画策定に役立てるところにこの白書のねらいがある。

わが国の政策にも関係のありそうな点を次に紹介する。

2) 環境局 (Environment Agency) の新設

環境法 (Environment Bill) に基づいて来年 (1996) に環境局が新設される。このことによって放射性廃棄物の規制の責任が一本化し、許認可手順が明確になる。ただし、白書では枠組みのみが示され、個々の詳細な指針は今後補足されることになっている。

3) Nirexの所有権の分担率

現在の分担率はBNFL (英国核燃料会社) 42.5%、NE (原子力発電会社) 42.5%、SNL (スコットランド原子力会社) 7.5%、UKAEA (英国原子力公社) 7.5%である。

Nirexを完全に国が所有するケースから、国が入らない合弁にするケースまで、いろいろなケースが検討された。事業者が所有することは、発生者責任として廃棄物の取扱いに責任を持ち、またNirexが効率よく操業することを確認するために重要である。一方、国はこの種のことを完全に市

場にまかせることはできない。国の政策が実行されていることを確認する必要がある。それ故、国も一定の割合で分担し、分担協定には国の政策を守る特別条項を設けるべきであるとされている。

4) 長期の貯蔵か、早期処分か

白書の基本思想として1992年Rio de Janeiro会議での「持続可能な開発」の原則を打ち出しており、現代の世代で出した廃棄物は、将来世代の人間が関与しなくても安全が保てるように処分することが基本方針となっている。

Nirexの処分場については、処分を直ちに実施に移すのではなく、調査計画を続ける。処分場としての最終決定は安全性確認の進み具合により決めることとし、調査計画に終了期限は設けない方針である。

Sellafieldでの低中レベル廃棄物の処分時期についての経済性評価では、50年程度の遅れでは即時処分とほとんど変わらないとの結果が示されている。非可逆の処分方法をとってしまうと将来Optionの選択がなくなる。現在の科学的情報だけでは安全確保上不十分であり、さらに時間をかけて研究開発をすべきであるとの意見もある。これらの意見を踏まえた上で、英国の方針としては出来るだけはやく処分するとの方針が示されている。処分を開始するまでには約15年間が必要であるし、操業期間が約50年間見込まれているので実際には約65年間は回収可能状態にある。この間はOptionを選択できる期間になる。

5) 使用済燃料

使用済燃料は廃棄物と考えるべきではないとしている。再処理をするかどうかは完全に使用済燃料の所有者の経済的判断で決められるべきことであるとされている。ただし、貯蔵は永久的なものとは考えていないとの考え方は明確である。

乾式集中貯蔵、発電所サイトでの貯蔵等いろいろな提案がなされているが、安全性が確保できれば、どの貯蔵方式にするかは経済的判断で決められるべきこととされている。

6) 高レベル廃棄物の地層処分

使用済燃料を直接処分することになっても、臨界の問題を除いては、処分の技術上の課題は高レ

ベル廃棄物の処分と本質的な違いはないと認識されている。

高レベル廃棄物は50年間貯蔵し、放射能を減衰させることとし、その後のことは決めていない。しかし、最終的な行き先を積極的に考える段階にきているとされ、近い将来に高レベル廃棄物の処分の研究開発計画を策定するとの方針が示されている。いずれの処分方式も排除されていないが、地層処分は最も好ましい方法と認識されている。

国際的な研究や中レベル廃棄物の地中処分の結果をみて計画が立案されることになるが、高レベル廃棄物の地層処分はこれらとは独立した計画として策定される。

7) 廃棄物の等価交換

1976年以来外国との契約により使用済燃料の再処理を行っている。この再処理により生じる廃棄物を委託国に返還するかは再処理事業者のOptionになっている。

低・中レベル廃棄物を返還する代わりに評価上等価な高レベル廃棄物を返還する（等価交換）政策が認められている。現時点で、低レベル廃棄物はDrigg処分場に処分できるが、中レベル廃棄物はNirex処分場の操業が開始しなければ処分できない。そこで、低レベル廃棄物の等価交換は直ぐに実施に移すが、中レベル廃棄物については、廃棄物が発生してから25年間以内にNirex処分場での受入れが開始されない場合は、中レベル廃棄物は等価交換なしに返還される。

8) 群分離・消滅処理及び海洋処分

長半減期核種を分離して原子炉や加速器を使い核反応で短半減期核種に変換する研究については、諸外国の研究の結果には関心を持ち続けるが、さらなる研究を開始する計画は持っていない。

海洋処分についてはいつでも条約の審議を再開する用意があるとし、25年以内に予定されている再評価に積極的貢献できるよう、独自のモニタリング計画及び研究を続けることを明かにしている。

(中村治人)

* ここでは、地中処分とは浅地中処分を除き、処分場所の上部に天然の岩盤または地層を残した地中への処分のことをいう。

センターのうごき

平成7年度調査研究受託状況

平成7年10月1日以降、12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	・放射性廃棄物埋設施設の確率論的安全評価手法に係る調査研究 ・海洋処分の規制免除に関する調査研究	7. 10. 2 7. 10. 2
通商産業省	・低レベル放射性廃棄物施設貯蔵安全性実証試験	7. 10. 17
電力各社等	・TRU廃棄物処分における人工バリア特性評価に関する研究 ・高レベル廃棄物処分技術に関する研究	7. 10. 6 7. 10. 9
高レベル事業 推進準備会	・HLW処分費用の確保方策に関する研究（その3）	7. 10. 20

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