

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT CENTER TOPICS

1992.9.NO.24

目次

原子力発電施設の廃止措置に伴う廃棄物の処理・処分方策	①
センターのうごき	⑧

原子力発電施設の廃止措置に伴う 廃棄物の処理・処分方策

1. はじめに

原子力発電施設(原子炉)の寿命は一般に30~40年と考えられている。使命を終えた原子力発電施設その後の取扱いを廃止措置(デコミッションング)という。廃止措置の内容としては、運転を終了した原子炉等に対して行われる管理、解体、放射性物質による汚染の除去、放射性廃棄物の処理、運搬及び最終的な処分がある。

わが国の廃止措置の基本方針は、安全の確保を前提に地域社会との協調を図りつつ進め、敷地を原子力発電用として引き続き有効に利用するために、最終的には解体撤去するものとされている。

廃止措置には実に様々の課題がある。放射能を帯びた重厚長大な機器、建屋等の安全で効率的な解体技術、解体前又は後に行われる除染技術、非常に低いレベルから非常に高いレベルにわたる放射線計測技術、解体廃棄物の処理処分技術、金属等の再利用技術等の開発・実証などが挙げられる。このように、対象とする領域が非常に幅広いことが廃止措置の一つの特徴となっていると考えられ

る。

廃止措置に伴って発生する廃棄物には、炉心構成材等のように非常に高いレベルの放射化金属類から、非常に低いレベルにしか汚染及び/又は放射化していない金属、コンクリート等の廃棄物、さらに、汚染・放射化がほとんどなく通常の金属・コンクリート廃棄物と同様に扱ってよい(放射性廃棄物としての管理が、その処理・処分を考える上で必要とならない、あるいは重要とならない)と考えられる廃棄物にいたる非常に多種多様なものがある。

これらの廃棄物の処理・処分方法としても、例えば「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(炉規法)施行令」で指定された廃棄物埋設に関する濃度上限値を上回る放射能レベルの高いものは遮へい付きの容器に封入して地下ある程度の深度に、濃度上限値を下回る廃棄物は低レベルの廃棄物の埋設施設に、非常に放射能濃度の低い廃棄物は素掘りのトレンチにそれぞれ処分し、放射性廃棄物に当たらないものは、一般産

業からの廃棄物と同様に処分又は再利用するなどの方策が考えられている。

今回のトピックスでは、これらのうち特に廃棄物の処理・処分方策に関する検討などの状況、並びに、今年の4月に放射性廃棄物安全基準部会から原子力安全委員会に報告され、6月に原子力安全委員会決定された「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について（第2次中間報告）」に記述された、「原子炉施設の解体等に伴って発生する放射性コンクリート廃棄物等」の埋設に関する放射能濃度の上限値について概要を報告する。

2. 原子力発電施設の廃止措置の標準工程

我が国の商業用原子力発電施設の廃止措置の基本的な考え方については、「商業用原子力発電施設の廃止措置のあり方」（総合エネルギー調査会原子力部会報告：昭和60年7月）に、以下のように示されている。

① 原子力発電施設の廃止措置については、原子力委員会の「原子力開発利用長期計画（1982年6月）」にも示されているように、安全の確保を前提に地域社会との協調を図りつつ進めるべきであり、さらに敷地を原子力発電所用地として引き続き有効に利用することが重要である。

② 運転を終了した原子力発電施設は、最終的には解体撤去することを基本的な方針とする。

なお、原子力発電施設の解体撤去に当たっては、引き続き使用できる施設等の利用、解体作業の効率化を図るための技術開発、廃棄物の合理的な処理等を図ることにより、効率的に実施することが重要である。

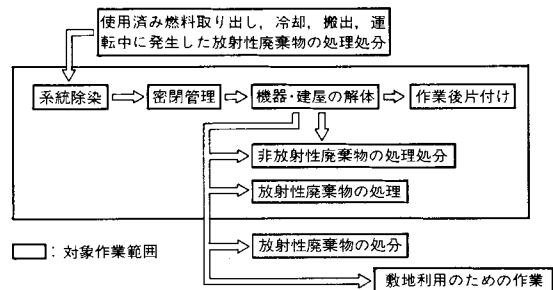
③ 廃止措置に係る対策の確立を図るため、上述の点を踏まえ、標準工程を策定し、これに基づき費用対策、廃棄物の処分等の課題の検討を行っていくことが重要である。

これに基づいて策定された商業用原子力発電施設の廃止措置の標準工程は、以下のようなものである。

① 原子力発電施設の規模、炉型等に関係なく廃止措置方式は密閉管理—解体撤去方式とする。

② 密閉管理による安全貯蔵期間は5～10年程度とするのが適当である。

これを導くために、モデル原子力発電施設の廃止措置についての費用、作業者の被ばく線量、廃棄物発生量等を算出するケーススタディが行われ



第1図 廃止措置の参照手順及びケーススタディの範囲

[松尾清一、「商業用原子力発電施設の廃止措置のあり方」、原子力工業第31巻第11号（1985）より]

ている。その前提となった廃止措置対象設備は、原子炉建屋（ベースマツトは除く）、タービン建屋及び排気筒の範囲である。また、ケーススタディの作業範囲及び参照された廃止措置の手順を第1図に示す。

原子力発電施設の廃止措置の基本的な方式としては、

①密閉管理方式：使用済燃料等の搬出、系統除染の後、原子力発電所施設全体を閉鎖して適切な管理下におく方式、

②遮へい隔離方式：使用済燃料等の搬出、系統除染の後、原子炉建屋内の放射能の高い部分を遮へい隔離（開口部はコンクリート等を充填して封鎖）して、適切な管理下におき、他の部分は解体撤去する方式、

③解体撤去方式：使用済燃料等の搬出、系統除染の後、原子力発電所施設のすべてを解体撤去する方式の3方式（第2図）及びこれらの適切な組み合わせが考えられるが、我が国の国情等を考慮した結果望ましい方式として、密閉管理から解体撤去へ移行する方式が望ましいと結論されたものだが、敷地利用の緊急性等の特殊な事情がある場合については原子炉設置者個々の総合判断によって安全貯蔵期間を変更するなどの自由度を与えるものとなっている。

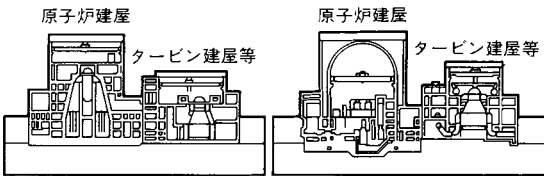
このような廃止措置を実施するために必要な対策としては、①費用対策、②廃棄物処分対策、③技術開発が挙げられている。①の費用対策については、平成元年5月25日通商産業省令第30号「原子炉等廃止措置引当金に関する省令」によって引

第1表 廃止措置に関する主要プロジェクトのスケジュール

プロジェクト\西暦年度	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
[廃炉設備確認試験]																	
・原子炉圧力容器切断技術確認試験																	
・生体遮へい壁表層はく離技術確認試験																	
・炉内構造物切断技術確認試験																	
・解体廃棄物処理システム技術確認試験																	
・解体前放射能低減技術確認試験																	
・建屋残存放射能等評価技術確認試験																	
[JPDR解体実施試験等]																	
・原子炉解体技術開発																	
・JPDR解体実施試験																	
・極低レベル固体廃棄物合理的処分安全性実証試験																	

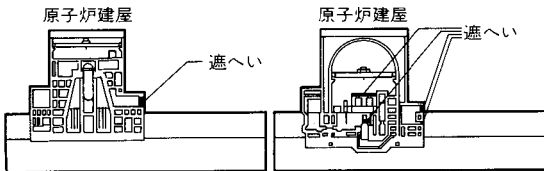
密閉管理方式

使用済み燃料等の搬出、系統除染の後、原子炉発電施設全体を閉鎖して適切な管理下に置く方式。



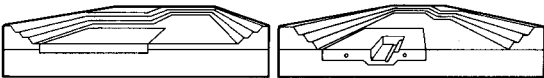
遮へい隔離方式

使用済み燃料等の搬出、系統除染の後、原子炉建屋内の放射能の高い部分を遮へい隔離（開口部はコンクリート等を充填し封鎖する）して、適切な管理下に置き他の部分は解体撤去する方式。



解体撤去方式

使用済み燃料等の搬出、系統除染の後、原子炉発電施設のすべてを解体撤去する方式。

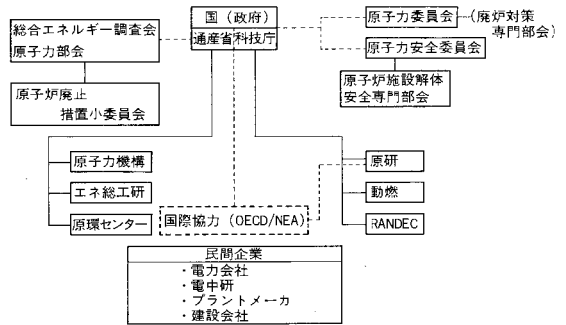


第2図 廃止措置方式の概要

[松尾清一、「商業用原子炉発電施設の廃止措置のあり方」、原子力工業第31巻第11号（1985）より]

当金制度が整備され、②及び③については専門機関による技術開発が進められている（第3図）。

これらの機関によって行われた調査・試験・研究・技術開発の主要プロジェクトの流れをみると、



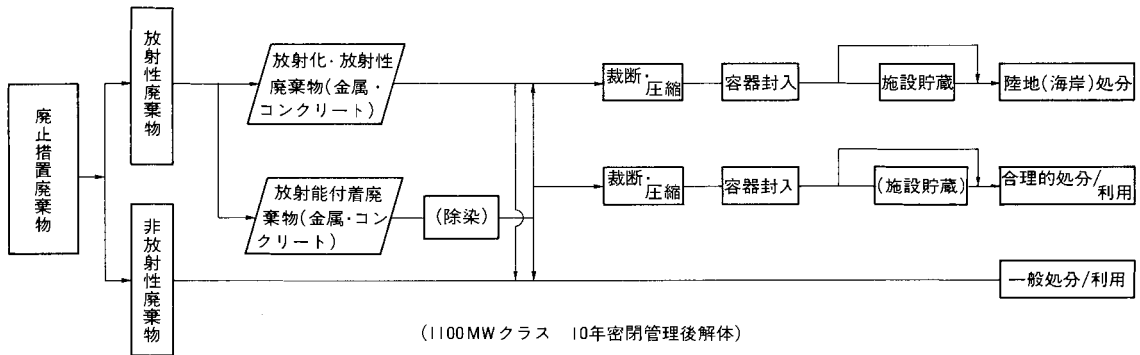
第3図 解体技術、解体廃棄物処理処分技術に関する研究開発体制

[秋山守、「我が国における原子力施設のデコミに関する研究開発（英文：1991年SMIRT会議講演原稿）」による]

基本的には第1図の手順に沿った研究開発が順次進められてきていることがわかる。当初は、解体技術に関する試験・研究が主体であったが、現在はほぼ解体技術については仕上げの段階にあり、廃棄物の処理・処分に関する試験・研究が本格化している段階にあると考えられる（第1表）。

3. 廃止措置によって発生する廃棄物

商業用原子炉発電施設の廃止措置によって発生する廃棄物は、基本的には建屋・設備の解体物であり、その全体量は、第4図に示すようなものとされている。運転期間中に発生する廃棄物と特に異なる点は、大量の廃棄物が比較的短期間に集中して発生すること、炉心構成材等の放射能レベルの高い廃棄物がまとまって発生すること等である。



放射能レベル	BWR			PWR		
	金属	コンクリート	計	金属	コンクリート	計
10 ⁻³ Bq/g以上	0.5%	0.1%	0.6%	0.3%	0.2%	0.5%
10 ⁻³ Bq/g未満 10 ⁻⁴ Bq/g以上	0.6%	0.1%	0.7%	1.9%	0%	1.9%
10 ⁻⁴ Bq/g未満	5.7%	93.0%	98.7%	6.1%	91.5%	97.6%

廃止措置廃棄物 BWR約54万トン PWR約50万トン (試算例)

第4図 原子炉廃止措置時発生廃棄物処理処分基本フロー

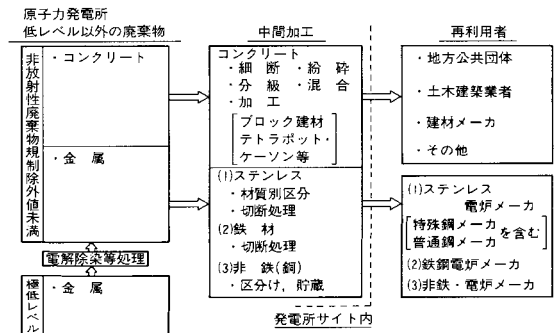
[太田邦弘、「原子炉廃止措置に伴う廃棄物の処理・処分」、原子力工業第31巻第11号より]

運転期間中でも設備の交換等によって廃止措置時に発生するものと同様の廃棄物が発生することがあり、また、除染廃液、気体フィルタ、足場材等運転期間中に発生するものと共通する廃棄物もある。

廃止措置廃棄物の大部分は汚染レベルが極めて低く実質的に汚染がないものと同様に扱えるもの、また実際に汚染がないものに分類される。その物量は、濃度境界を10⁻⁴Ci/tにとった場合、PWR、BWRを平均化すれば、約98重量%となる。現在の廃棄物埋設の濃度上限値等の検討状況を参考に、この濃度境界が仮に2桁低い10⁻⁶Ci/tに設定された想定しても、同じく約96重量%がこのカテゴリに分類されると推定される。

4. 廃止措置廃棄物の処理処分

廃止措置によって発生する物量の大部分は、非放射性廃棄物ないし放射能汚染が実質的にないと考えられるものである。したがって、それが廃棄物として扱われる場合には、原子力以外の一般産業から発生する廃棄物と同様の処分技術が適用できるものと考えられている。また、これらを廃棄物としないで積極的に再利用を図ることも有効な方策として考えられている(第5図)。したがっ

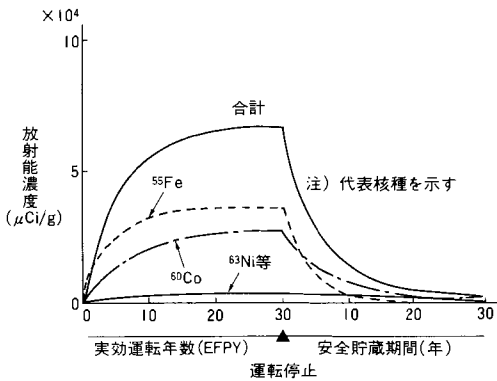


第5図 廃止措置廃棄物再利用基本フロー概念図

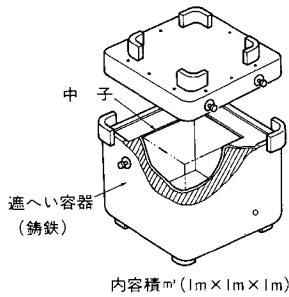
[太田邦弘、「原子炉廃止措置に伴う廃棄物の処理・処分」、原子力工業第31巻第11号より]

て、この種の廃棄物の処理処分技術に関しては特に問題とされる点はないと考えられるが、大量の廃棄物が比較的短期間に発生することから、処分場の確保及び処分場までの運搬に関するPA問題に対する配慮が必要と考えられる。また、一般産業から発生する廃棄物と同様の扱いでよいとする際には、汚染がないことを確認しなければならないと考えられ、大量に発生する廃棄物の効率的な確認システムが必要である。

放射性廃棄物として扱うべき物量については、



第6図 炉心シュラウドの放射化放射能の変化

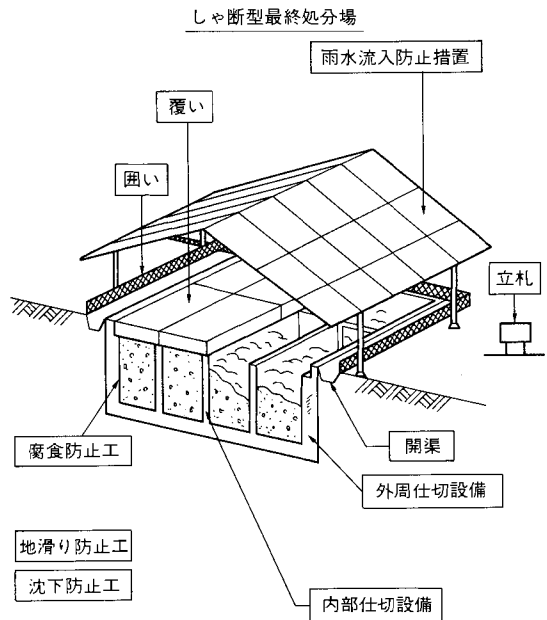


第7図 廃棄物収納容器概念図(例)

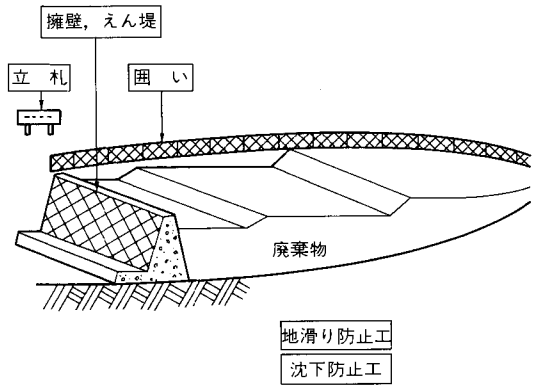
[いずれも、北川宏治、「沸騰水型原子力発電所の廃止措置」原子力工業第31巻第11号より]

上述のとおり廃止措置廃棄物の2~4%であるが、その大部分は金属廃棄物であり、廃止措置によって発生する金属廃棄物に対する割合では25~50%となる。この中には、原子炉の炉心構成材等の放射能レベルの高い廃棄物があり、廃棄物埋設の濃度上限値を超えていると考えられる(第6図)。したがって、濃度上限値を超える廃棄物に関する処分技術開発が必要となり、すでに日本原子力研究所等で検討が開始されている。しかし、放射能レベルの高いものの物量自体は相対的に小さく(放射性廃棄物として扱うべき物量の1重量%程度)、当面貯蔵等で凌ぐことも考えられる。貯蔵等に当たっては、放射能レベルが高いため、遮へい付容器に封入して取り扱うことになる。そのための容器の概念例を第7図に示す。

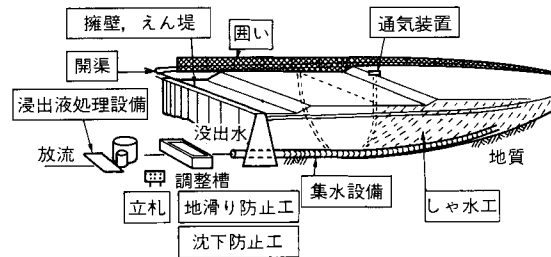
廃棄物埋設の濃度上限値を下回る廃棄物については、日本原燃株式会社六ヶ所埋設センターが今年12月に操業を開始する予定であり、廃棄物埋設方式による処分が可能と考えられる。また、今般



安定型最終処分場



管理型最終処分場



第8図 一般産業からの廃棄物の最終処分場の技術基準

[厚生省生活衛生局水道環境部産業廃棄物対策室編集「産業廃棄物処理ハンドブック」より]

原子力安全委員会決定された、容器に固型化しないで処分できる放射性廃棄物の濃度上限値を下回る廃棄物については、放射能汚染が実質的にほとんどないと考えてもよいほど濃度が低いものもあり、一般産業からの廃棄物の処分方式に準じた処分が可能と考えられる（第8図）。

放射能汚染が金属表面の汚染を主体とするものであれば、徹底した除染を行うことによって、より低い濃度カテゴリの処分技術を適用することが可能と考えられる。しかし、この場合も、特に複雑な形状の廃棄物については除染の確認が課題となる。

5. 解体コンクリート廃棄物等の埋設濃度上限値

現在の炉規法施行令に規定されている廃棄物埋設に係る濃度上限値は、原子炉施設から発生し、容器に固型化されたものを対象としている。これは、昭和61年12月に原子力安全委員会放射性廃棄物安全規制専門部会によって報告された「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について(中間報告)」(以下、「第1次中間報告」という。)の検討結果を政令に取り入れたものである。

したがって、現在の法令上、廃棄物埋設に関する基準が整備されている廃棄物は、原子炉施設から発生し、容器に固型化されたもののみである。しかも、容器に固型化する際の技術基準は、均質又は均一混合固化について規定されているのみであり、現行の法令上廃棄物埋設が可能なのは、濃縮廃液等の均質/均一固化体のみであった。

原子炉施設から発生する雑固体廃棄物や、解体に伴って発生するコンクリート廃棄物等についても埋設処分が可能となるように、これらの廃棄物についての埋設濃度上限値の検討が、原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会において行われ、平成4年4月23日に原子力安全委員会に対して報告され、6月18日に原子力安全委員会決定された。「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について(第2次中間報告)」

また、原子力施設の解体等に当たって発生する廃棄物の中には放射能汚染が実質的にない廃棄物があると想定され、これは放射性廃棄物には該当しないことから、放射性廃棄物と「放射性廃棄物でない廃棄物」を区分するための基本的な考え方についてもこの報告において検討されている。

第2表 「金属、塩化ビニル等の不燃物、難燃物を容器に固型化したもの及び解体等に伴って発生する金属製の大型機械等で容器に固型化することが困難なもの」の放射能濃度上限値

放射性物質の種類	上限値 (Bq/t)
^{14}C	3.7×10^{10}
^{60}Co	1.11×10^{13}
^{63}Ni	1.11×10^{12}
^{90}Sr	7.4×10^{10}
^{137}Cs	1.11×10^{12}
アルファ線を放出する放射性物質	1.11×10^9

- (注) 1. 放射性廃棄物中に含有されるアルファ線を放出する放射性核種は、類似の挙動を示し、被ばく経路も同じであるので、「アルファ線を放出する放射性物質」としてまとめた。また、アルファ線を放出する放射性物質の値は、線量当量評価上、最も厳しい ^{241}Am の値を用いて上限値を設定した。
2. ^{60}Co については、処分場管理期間中において処分場周辺の一般公衆の被ばくに最も大きく寄与すると考えられるスカイシャイン放射線による線量当量を基に上限値を設定した。

以下はその概要を示すものである。

(1) 廃棄物のカテゴリ

検討対象の廃棄物のカテゴリは以下の3種類である。

- ① 原子炉施設において発生する金属、塩化ビニル等の不燃物、難燃物を固型化材料を用いて容器に固型化したもの
- ② 原子炉施設の解体等に伴って発生する金属製の大型機械等で、容器に固型化することが困難なもの
- ③ 原子炉施設の解体等に伴って発生する放射性コンクリート廃棄物(一体的に含まれる鉄筋類を含む。)

(2) 対象核種及び濃度上限値

上記各廃棄物カテゴリについて、濃度上限値を設定すべき核種が検討された。

上記①及び②のカテゴリの廃棄物については、原子炉冷却材等の付着による二次的な汚染と中性子線による放射化汚染が考えられるが、いずれも第1次中間報告で検討対象とされた核種の範囲でカバーされると考えられた。処分の方法、処分後の管理期間等についても、第1次中間報告の想定と変わるものではなく、したがって濃度上限値の設定値及び対象核種は、現行の政令に規定されているものとまったく同じとなる(第2表)。

第3表 「放射性コンクリート廃棄物のうち、容器に固型化していないもの」の放射能濃度上限値

放射性物質の種類	放射能濃度 (Bq/t)
^3H	3.0×10^9
^{14}C	1.1×10^8
* ^{41}Ca	1.5×10^8
^{60}Co	8.1×10^9
^{63}Ni	7.2×10^9
^{90}Sr	4.7×10^6
^{137}Cs	1.0×10^8
* ^{152}Eu	3.6×10^8
アルファ線を放出する放射性物質	1.7×10^7

*： ^{41}Ca 及び ^{152}Eu については、原子炉内の中性子線的作用によって放射化の汚染があったコンクリート廃棄物を含む場合にのみ適用する。

上記③のカテゴリの廃棄物、すなわち解体放射性コンクリート廃棄物の大部分については、原子炉施設の供用期間中の使用状態等から判断して、放射能濃度が極めて低いと考えられ、物理的・化学的にも安定なものであるため、処分に当たってコンクリートピット等の人工構築物を設置すること、容器に固型化することは必ずしも必要ではないと考えられる。したがって、放射能濃度が極めて低いものについては、解体時の形態のまま、直接埋設処分することも可能であり、処分後の管理期間についても第1次中間報告で想定した管理期間よりも短い設定が可能と考えられる。

この場合の対象核種は、放射線防護上相対的に重要となる核種を選定するという考え方に基いて選定された。

濃度が極めて低く解体時の形態のまま直接埋設処分される放射性コンクリート廃棄物については、現行濃度上限値の対象核種 (^{14}C 、 ^{60}Co 、 ^{63}Ni 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 及びアルファ線を放出する核種)に加えて、 ^3H 、 ^{41}Ca 及び ^{152}Eu の3核種が選定された。ただし、 ^{41}Ca 及び ^{152}Eu は、放射化の汚染があったコンクリート廃棄物を含む場合にのみ対象とされる。上限値設定の前提とされる処分の方法は、地中直接埋設で処分後の管理期間も50年と短く想定された。結果として設定された濃度上限値は、第3表に示すようなものとなり、現行の濃度上限値との比較では2～3桁程度低い値となっている。

比較的濃度が高く容器に固型化する必要があると考えられるコンクリート廃棄物については、現行濃度上限値の対象核種に加えて ^{41}Ca が選定され

第4表 「放射性コンクリート廃棄物のうち、容器に固型化したもの」の放射能濃度上限値

放射性物質の種類	放射能濃度 (Bq/t)
^{14}C	3.7×10^{10}
* ^{41}Ca	3.1×10^9
^{60}Co	1.11×10^{13}
^{63}Ni	1.11×10^{12}
^{90}Sr	7.4×10^{10}
^{137}Cs	1.11×10^{12}
アルファ線を放出する放射性物質	1.11×10^9

*： ^{41}Ca については、原子炉内の中性子線的作用によって放射化の汚染があったコンクリート廃棄物を含む場合にのみ適用する。

た。同様に ^{41}Ca は、放射化の汚染があったコンクリート廃棄物を含む場合にのみ対象とされる。この場合も、処分の方法、処分後の管理等については、第1次中間報告の想定と変わるものではなく、現行の濃度上限値に ^{41}Ca の濃度上限値が新たに追加された形となる(第4表)。

容器に固型化されたものと固型化されないものとで対象核種が異なるのは、処分の方法及び管理期間の想定が異なることによる。

(3) 放射性廃棄物でない廃棄物の範囲

以下の判断基準を満足する廃棄物については放射性廃棄物でないとする見解が示された。ただし、ここで示されているのは基本的な考え方のみであり、実際の区分けの手順等に関しては今後の事例の集積によって一般化を図ることが重要とされている。

① 二次的な汚染を考慮した場合

- ・使用履歴、設置状況等から、放射性物質の付着、浸透等による二次的な汚染がないことが明らかであるもの

- ・使用履歴、設置状況から、放射性物質の付着、浸透等による二次的な汚染部分が限定されていることが明らかであって、当該汚染部分が分離されたもの

② 放射化の汚染を考慮した場合

- ・十分なしゃへい体によりしゃへいされていた等、施設の構造上、中性子線による放射化の影響を考慮する必要がないことが明らかであるもの

- ・計算等により、中性子線による放射化の影響が、一般的に存在する同じ材質のものとの間に有意な

差を生じさせていないと評価されたもの
・計算等により、中性子による放射化の影響を評価し、一般的に存在する同じ材質のものとの間に

有意な差がある部分が分離されたもの
(山本正史)

センターのうごき

第33回 理事会 開催

平成4年6月12日(金)開催し、平成3年度事業報告及び決算が承認されました。また、志岐監事の退任に伴い、後任に猪熊時久氏((社)日本電機工業会会長)が選任されました。

電力各社等との業務連絡会議

平成4年7月22日(水)開催し、平成4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4年度調査研究受託状況

平成4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	・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	4.6.1
	・天然バリア安全性実証試験	4.6.16
	・廃棄体性能評価	4.7.24
	・返還廃棄物の輸入確認手法調査	4.8.12
通商産業省	・放射性廃棄物処理最適化調査	4.7.28
	・放射性廃棄物処理処分経済性調査	4.7.28
	・低レベル放射性廃棄物施設貯蔵安全性実証試験	4.8.13
	・TRU廃棄物処理貯蔵対策調査	4.8.13
	・再処理技術高度化調査	4.8.13
	・ウラン廃棄物処理処分システム開発調査	4.8.13
	・放射性廃棄物有効利用システム開発調査	4.8.13
	・低レベル放射性廃棄物処分可視画像化調査	4.8.13
	・放射性廃棄物処分高度化システム確証試験	4.8.31

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