

# 原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT CENTER TOPICS

1998.12.NO.47

## 目次

放射性金属の再利用について.....	①
センターのうごき.....	③

## 放射性金属の再利用について

### 1. はじめに

平成6年6月に原子力委員会が決定した「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」で示された放射性廃棄物処理処分に係わる基本的考え方によれば、「放射性廃棄物は、その多様性を十分踏まえた適切な区分管理と、区分に応じた合理的な処理処分を行う」とされ「資源の有効利用の観点から再利用についての検討も進めること」とされている。また、「規制除外・規制免除についても国際動向を踏まえ適切に対処すること」などの考え方が示されている。更に、平成9年1月の総合エネルギー調査会原子力部会報告では、再利用について「原子炉の廃止措置に伴い発生する解体廃棄物については、適切に処分を実施していくことが大原則であるが、環境負荷の低減、資源の有効利用の観点から再利用が技術的に可能であり、かつ合理的なものについては有効利用を図っていくことが重要である。このため、我が国についてもその具体的な推進方法を検討するとともに、原子炉設置者自ら実績を積み重ねる等により、国民の

理解を得つつ廃棄物の有効利用を進めていくことが重要である。」としている。

放射性廃棄物を再利用する方法には、一般社会に放出するいわゆる非限定再利用と、再利用先を原子力施設などに制限するいわゆる限定再利用などの形態があり、このトピックスでは放射性金属の再利用について述べるものである。

### 2. 海外の再利用実績

諸外国における放射性金属の再利用は、1980年代から海外では既に溶融処理を基本とした再利用がドイツを皮切りに実用化され、スウェーデン、フランス及びアメリカが続いて実用化している。

これらの国の再利用の実施状況及び再利用基準の整備状況は以下のとおりである。

#### (1) ドイツ

ドイツは、1982年世界で最初に再利用を実用化し、1997年までに10,000トン以上の放射性金属を溶融・再利用している。放射性金属の再利用を運用しているのは放射性金属管理会社であるGNS

(Gesellschaft für Nuklear-Service mbH) 社と溶融・  
 鋳造加工会社である Siempelkamp (Siempelkamp  
 Nuclear-und Umwelttechnik GmbH & Co) 社である。

再利用製品として MOSAIK という廃棄物容器等  
 を鋳造・加工している。MOSAIK の種類、仕様及  
 び用途を図-1 及び表-1 に示す。

このほかに、1989 年以降、放射性核種濃度の比  
 較的高い金属を低レベルの金属で製造した容器に  
 収納して、容器と詰められた廃棄物の間に低レベ  
 ルの金属を溶融した溶湯で鋳造する、いわゆるオ  
 ニオン鋳造廃棄物の開発が Siempelkamp 社により  
 行われている。廃棄体の大きさはコンラッド・タ  
 イプ IV の半分のサイズ (2,000×1,600×850h mm)  
 を基準としている。

ドイツの放射性廃棄物の再利用に係わる規制は、  
 連邦政府（環境省）の下で各州政府が実施してい  
 る。一般に、設定された基準に対し、各州政府が  
 独自にファクタ（安全係数に相当）を掛けた値を  
 各州政府の基準値とし、各州政府の責任の下に担  
 当地域の施設を管理している。また、各州政府の  
 基準値を超える金属廃棄物の処理を行うかどうか  
 の判断も、各州政府が独自に行なう制度になって  
 いる。

a. 再利用に関する原子力法令

ドイツでは「原子力の平和利用及びその危険の防  
 護に関する法律（原子力法）」が、放射性廃棄物の  
 再利用の基本となっており、関連する安全目標を記  
 載したものと放射線防護令 (ORP: Ordinance on  
 Radiological Protection-Strahenschutzverordnung) があ  
 る。数値は、ドイツ放射線防護委員会 (German  
 commission on radiological protection-SSK :

Strahleschutzkommission) の「原子力発電所からの  
 鉄スクラップの再利用に係わる勧告」に記載されて  
 おり、再利用に関連するおもな基準値は以下のと  
 おりである。

・放射性核種濃度が 100Bq/g 未満の放射性物質は、  
 放射性物質としての取扱許可を必要としない。  
 以下のレベルのものは、措置を講ずる必要がない。

- ・  $\beta \gamma$  : 0.5Bq/cm<sup>2</sup> 以下
- ・  $\alpha$  : 0.05Bq/cm<sup>2</sup> 以下

b. 再利用に適用されている基準

Siempelkamp 社に於いて、運用されている基準値  
 は以下の通りである。

① 限定再利用基準

放射性核種濃度が 200Bq/g 未満の放射性物質は、  
 ライセンスを取得した原子力用途に限定した製品  
 に再利用する。

② 非限定再利用基準

放射性核種濃度が 0.1Bq/g 未満の物質は、非限  
 定再利用する。ただし、 $\beta \cdot \gamma$  表面汚染密度は平  
 均 0.5Bq/cm<sup>2</sup> を超えてはならない。

(2) スウェーデン

スウェーデンでは、1987 年から放射性金属の溶  
 融・再利用を実用化しており、溶融処理は、電力  
 庁の所有である Studsvik Nuclear から 1992 年に廃  
 棄物処理部門が分離・子会社化した Studsvik Rad-  
 Waste 社が実施している。ここでの溶融・再利用  
 は、非限定再利用のみを対象にしており、溶融に  
 よって製造されたインゴットが一般市場に売却さ  
 れている。したがって、ドイツのような限定再利  
 用製品の製造は行われていない。

表-1 MOSAIK の種類、仕様及び用途

	MOSAIK I	MOSAIK II	MOSAIK III
寸法 (mm)	900φ×1,150h	1,060φ×1,365h~1,500h	1,000φ×1,240h
壁厚み (mm)	150	120~215	120
最大収納量 (ℓ)	200	290~590	400
最小重量 (kg)	3,350	5,000~6,530	4,290
使用目的	放射化した炉内構造物 (切断片) の貯蔵と輸送	中レベル廃棄物 (イオン 交換樹脂、蒸発濃縮液の 凝固体、フィルタスラッ ジ) の貯蔵	蒸発濃縮液の貯蔵
設計基準	Co-60/200Ci を収納可能	500Ci/m <sup>3</sup> 以下のイオン 交換樹脂が収納可能	Co-60/300Ci を収納可能
その他	鉛遮へい体設置可能	鉛遮へい体設置可能	鉛遮へい体設置可能

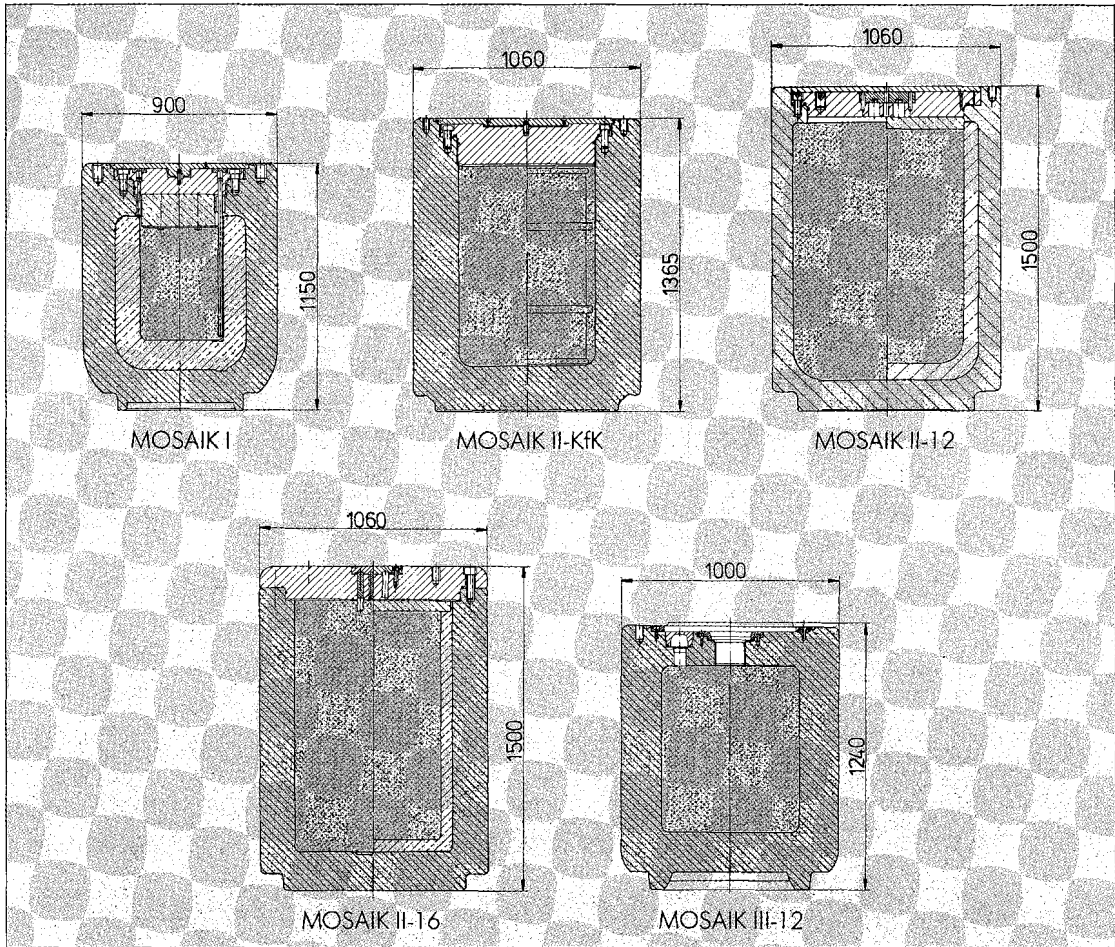


図-1 モザイクの例  
(ドイツに於ける限定再利用製品)

再利用対象金属は、当初、炭素鋼及びステンレス鋼のみであったが、1992年秋以降アルミの溶融を開始し、有効利用の対象を非鉄金属の領域にまで広げている。

1996年8月までに溶融した処理量は、鉄、ステンレス鋼及びアルミニウムの合計で約2,600トンの実績がある。

スウェーデンでは、再利用について、コストの制約が重要であると考えており、処分場容量の節約等を総合的に最適化して処理方針を決定している。

スウェーデンでは、放射性金属の限定再利用は行わず「非限定再利用するか、非限定再利用できないものは処分する」というのが方針である。現実には、放射性金属は発電所で汚染レベルごとに

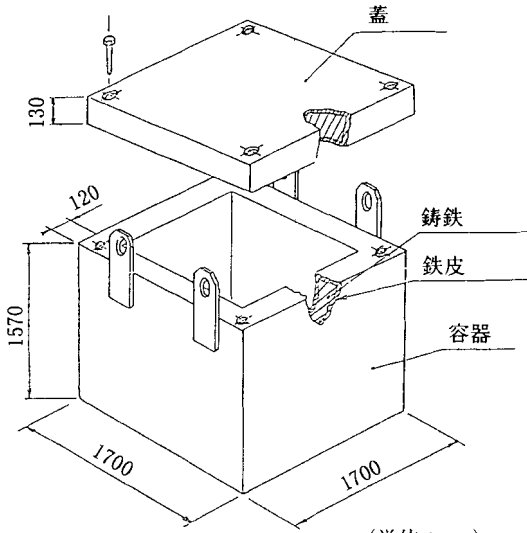
区分され、溶融を行う必要があると判断された物が溶融に回される。

a. 再利用に関する原子力法令

再利用に係る法令は放射線防護法及び放射線防護令 (Radiation Protection act and ordinance) にまとめられており、 $0.5(\alpha \text{ は } 0.1)\text{Bq/g}$  以下であれば無条件に利用できるとされている。 $0.5(\alpha \text{ は } 0.1)\text{Bq/g}$  を超える場合は、従来から、金属廃棄物の再利用の都度、ケースバイケースで規制当局が許可を与えている。

b. 非限定再利用の運用基準

Studsvik RadWaste 社では、専門家のケースバイケースの判断によって、 $0.5(\alpha \text{ は } 0.1)\text{Bq/g}$  を超える放射性金属を溶融し、非限定再利用のためにインゴット状で一般市場に放出している。これまで



(単位：mm)  
 図-2 フランスで限定再利用が検討されている  
 廃棄物容器の例

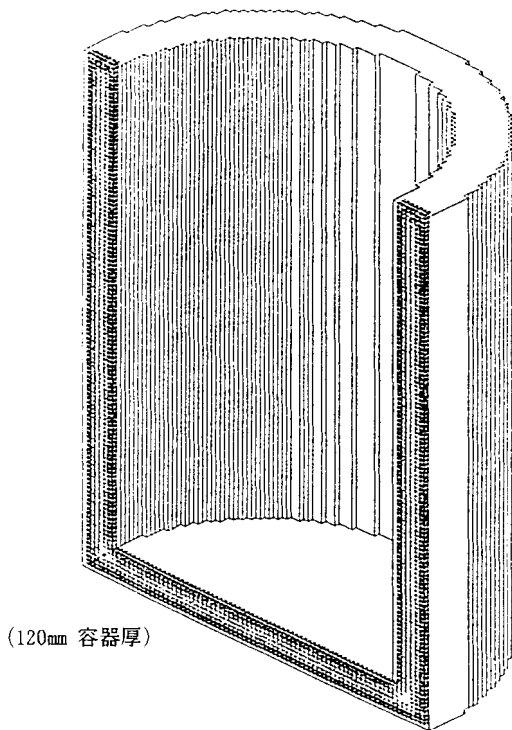


図-3 フランスで限定再利用が検討されている  
 廃棄物容器の例

の上限の実績は、1.0Bq/gである。

この他の放射性金属の溶融による再利用のための運用基準条件は、以下のとおりである。

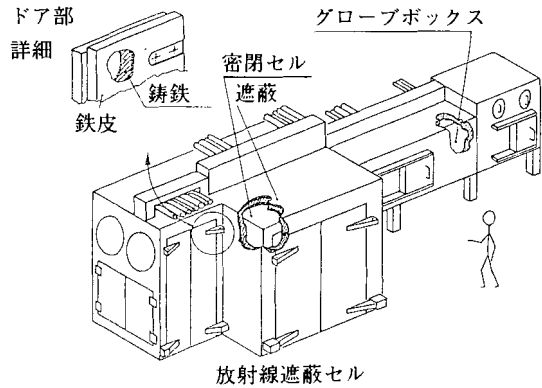
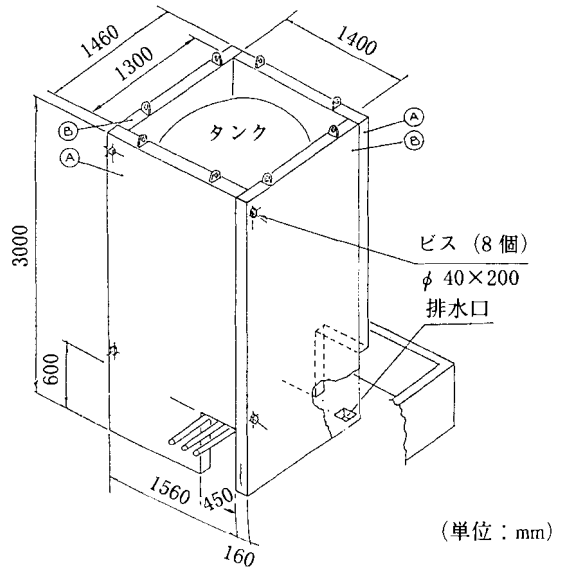


図-4 フランスで限定再利用が検討されている  
 遮へい体の例



(単位：mm)  
 図-5 フランスで限定再利用が検討されている  
 遮へい体の例

- ・規制当局からの個別の許認可を取得すること
- ・放射性核種の濃度及び総量が明確なこと
- ・決定グループにおける個人線量が 0.1mSv/年以下であること
- ・集団線量が 0.1manSv 以下であること

(3) フランス

フランスでは、マルクール原子力センターのガス炉の解体を契機として溶融・再利用の実用化を開始している。

ここでの溶融・再利用は、原子力分野における限定利用と一般での非限定利用の両者を考慮している。再利用製品としては、当初、普通鑄鉄に成分調整し、鑄鉄機により、低い汚染レベルのもの

は将来、一般産業スクラップとして放出が容易なように小型のインゴット（通称ナマコ、25kg、300mm×150mm×30mm）とし、レベルの高いものについては、貯蔵に適した大型のインゴット（2～5トン）としていた。しかし、小型インゴットの一般産業への放出はPA（パブリックアクセプタンス）上の問題から困難になり、原子力産業内での限定再利用を前提とする方針に変更し、ナマコの製造は中断された。

現在は、原子力施設内での限定再利用製品として、普通鋳鉄製の遮へい機能付き廃棄物コンテナの鋳造が進められており、これまでに、蓋とセットで150個程鋳造された。製品形状は、ドイツに於いてSiempelkamp社で砂型鋳造されているモザイクに類似した底付円筒形状である。限定再利用品として検討されている廃棄物容器、遮へい体などを図-2～図-5に示す。

これまでの処理実績は、ラブソディーG1の鉄系廃棄物、軍用施設からのウラン汚染廃棄物等を合わせた約5,200トンである。この内、ステンレス鋼の処理実績は数十トン程度であり、また、非鉄金属の溶融実績は無い。

#### a. 再利用に関する原子力法令

フランスでは、原子力に関連する規制は一般的な法律ではなく、オールドナンスと呼ばれる政府の命令書、デクレと呼ばれる大統領又は首相の命令書、アレテと呼ばれる各担当大臣の命令書などにより規制が行なわれる。

#### b. 非限定再利用の基準

これらの各種命令書中には、放射性金属の再利用に関する基準は存在せず、ケースバイケースの判断で再利用を許可しているのが現状である。

#### (4) アメリカ

アメリカでは、GTS Duratek社が、低レベル放射性廃棄物を処理して溶融・再利用を本格的に実施している。ここでは全米から放射性廃棄物を受入れ、焼却、圧縮、除染等の処理を行っており、その処理の一環として溶融・再利用を行い、1992年の溶融処理開始以来、1997年3月までに27,000トン以上の金属を処理している。

現在のところ限定利用品は、角形の遮へいブロック（図-6）のみであり、モジュール化された4種類の鋳鉄製遮へいブロック（1、4、8、16トン）などに金型鋳造・加工して限定再利用することで、大量溶融処理による経済的な再利用システムを実現している。利用先は、高エネルギー物理関連の

研究所である。

今後は、遮へいブロックより要求品質の高い厚肉廃棄物容器（図-7）等への再利用が計画されている。

#### a. 再利用に関する原子力法令

アメリカでは厳密な意味での再利用に係る法規制はなく、原子力発電所から発生する金属の再利用に際しては、原子力規制委員会（NRC：Nuclear

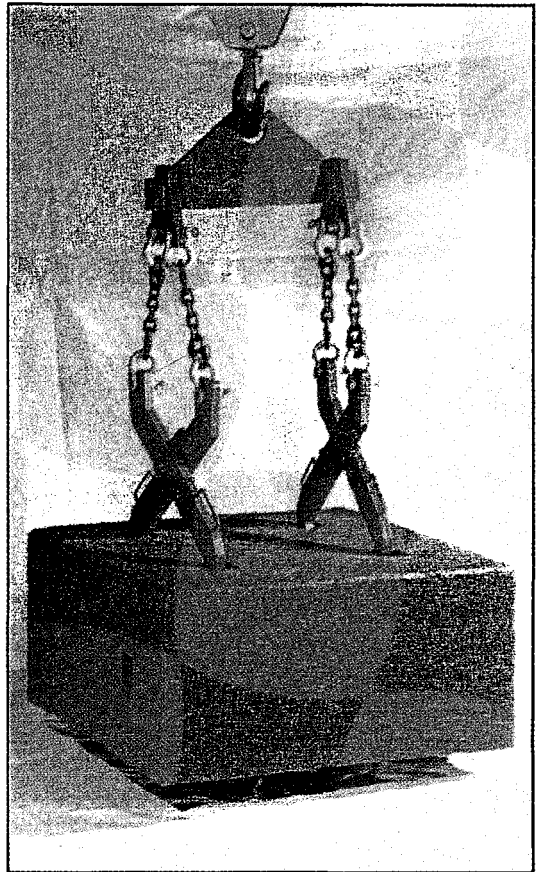


図-6 SEG社で製造された遮へい体

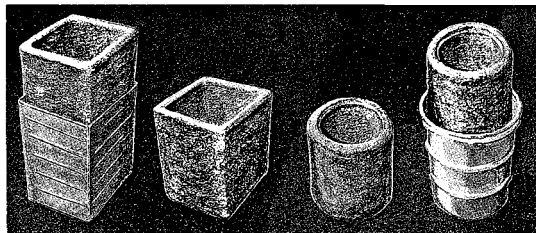


図-7 SEG社で検討されている遮へい用厚肉廃棄物容器

Regulatory Commission) 又は州のケースバイケースの判断による許可を取得して実施しなければならない。この際適用される非限定放出の基準は、以下のとおりである。

#### b. 非限定放出の基準

非限定放出の基準として、放射性核種濃度の基準は定められていないが、表面汚染密度による基準は以下のとおり定められている。

#### ①原子力発電所廃止措置時の許容表面汚染密度の基準

$\beta\gamma^*$ : 平均 5000dpm/100cm<sup>2</sup> 以下  
最大 15000dpm/100cm<sup>2</sup> 以下  
非固着性 1000dpm/100cm<sup>2</sup> 以下

\* $\alpha$ 、自発核分裂核種、Sr-90 を除く

(上記  $\beta\gamma$  以外に、ウラン、トリウム他核種別に許容表面汚染密度の基準が幾つか分類されているが、ここでは省略する。)

#### c. 非限定放出基準の動向

前項で述べた、原子力発電所廃止措置時の許容表面汚染密度の基準は、自然放射線とサーベイメータの検出下限値に基づいて定められた経緯がある。このため、線量またはリスクに基づいた基準にするための見直しが行われている。

### 3. わが国における再利用の検討状況

原子炉施設の解体等によって発生する放射性金属を有用な資源として有効的に再利用していくためには、クリアランスレベルの設定と品質保証要件を整備していく必要がある。現在、クリアランスレベルにあつては、原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会で検討が進められている。

放射性金属の取扱では、放射性核種濃度がクリアランスレベルを下回るか上回るかで次のように再利用の方法が異なる。

#### (1) 非限定再利用

海外では、クリアランスレベルを下回った金属は、法的規制から外れることになり、原子力施設解体サイトから一般市場へ放出され、様々な製品に加工される。

#### (2) 限定再利用

海外では、クリアランスレベルを上回った放射性金属は、一般市場へ放出せず、幾つかの放射性核種濃度ごとに分類して、適した製品に加工され、原子力関連施設内で再利用する。以下に限定再利用を具体的に進めていくための検討状況を述べる。

#### a. 廃炉スケジュール

1966年に運転を開始した、わが国初の商業用原子炉である日本原子力発電株式会社の東海発電所(炉型:GCR、出力:16.6万kW)が1998年3月に運転を停止し、密閉管理期間を経て解体することになった。このガス炉(GCR)の運転期間が約30年間であるのに対し、軽水炉(BWR及びPWR)の寿命は、一般に約40年といわれていることから、1970年以降相次いで運転を開始した原子炉も2010年頃から運転を停止し、密閉管理期間を経て順次解体を始めることが予想される。

#### b. 解体金属の年間発生量

限定再利用を検討する上で1年間に発生する原子炉施設の解体金属量を把握しておく必要がある。そこで通商産業大臣の諮問機関である総合エネルギー調査会原子力部会の原子炉廃止措置対策小委員会報告書ベース(平成9年1月)でまとめられた廃棄物発生量を基に推定した。放射性核種濃度ごとの年間発生量を表-2に示す。

#### c. 検討している限定再利用品例

限定再利用用品を選定する上で安全性及びPAを除く要件として、

- ・原子力分野において利用できる製品であり
- ・安定的継続的な需要が見込め
- ・経済性が成立する

ことが挙げられる。実用化の高い具体的な製品例には、

- ・比較的レベルが高い廃棄物を対象とした廃棄体用(処分用)金属充填材
- ・比較的レベルが低い廃棄物を対象とした廃棄物処分容器及び構造用鉄筋

が検討されている。

廃棄体用金属充填材は、現行政令濃度上限値を超える低レベル雑固体廃棄物を処分する場合の廃棄体に利用することが考えられ、廃棄体の作製時に空隙部をモルタルで充填する代わりに、金属を溶融状態またはショット(ノジュール)状にして充填する。浅地中処分対象の放射性金属の処分量がそのまま低減できる効果があり、遮へい効果も期待できる。なお、この廃棄体は、オニオン廃棄体とも呼ばれドイツでも検討されている。

廃棄物処分容器は、廃棄体用の肉厚容器や遮へい容器に使用する。

廃棄体の概要図を図-8に示す。

構造用鉄筋は、鉄筋コンクリート構造用として、原子炉施設及び廃棄物処分施設に使用するもので

表-2 再利用対象とする放射性核種濃度ごとの金属発生量

(単位；t/年)

放射性核種濃度 (Bq/t)	金 属		再利用の考え方	
	炭素鋼	ステンレス鋼		
C-1	$3.7 \times 10^{10}$ 、 $> 3.7 \times 10^9$	240	1,570	オニオン廃棄体充填材
C-2	$> 3.7 \times 10^8$	1,380	780	オニオン廃棄体容器
C-3	$> 3.7 \times 10^7$	4,310	900	オニオン廃棄体容器、構造用鉄筋 (炭素鋼)
D	$> 3.7 \times 10^6$	1,950	230	構造用鉄筋 (炭素鋼)
E	$> 3.7 \times 10^5$	1,780	130	
小 計		9,660	3,610	—
F	$> 3.7 \times 10^4$	15,140	3,680	非限定再利用
G	$< 3.7 \times 10^4$	3,210	830	
小 計		18,350	4,510	—
非放射性廃棄物		40,080	2,830	—
合 計		68,090	10,950	—
総 合 計		79,040		—

注) 100 万 kWe 級の PWR、BWR から発生すると予想される金属発生量の合計  
 廃炉小委ベースの廃棄物発生量をベースに設定した物量

あり、需要が多いと見込まれるため、有望な再利用用途である。

#### 4. おわりに

放射性金属の限定再利用を実用化するためには、再利用製品の安全性や法規制面はもとより、製造施設や廃棄物の運搬等について安全性、経済性及び法規制面について、それぞれ検討する必要がある。

経済性の観点からは、限定再利用の対象となる廃棄物量を基にして合理的な製造施設の建設や運搬方法等について、原子力発電技術機構、エネルギー総合工学研究所等の機関で検討されている。

法規制面では、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」の中で放射性廃棄物に関連するものに「廃棄の事業に関する規制」があり、更にもその中で廃棄物の処分については「廃棄物埋設の事業に関する規則」が該当し、廃棄物の管理については「廃棄物管理の事業に関する規則」が該当する。放射性廃棄物を再利用する行為に対して、現行の法律や規則の中で行えるのか、新たな規則を設ける必要があるのかは、今後の検討課題である。  
 (加藤 貢)

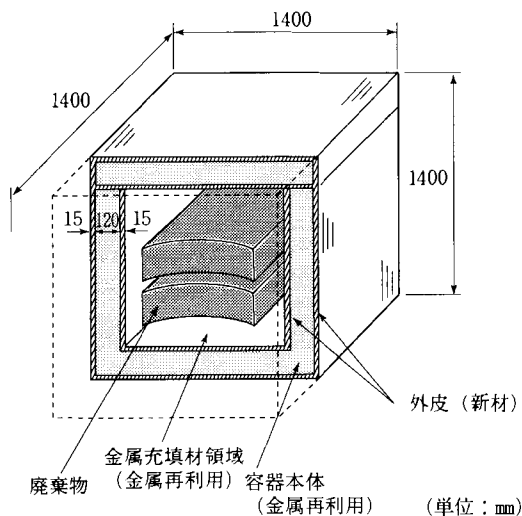


図-8 廃棄体の概要図

## センターのうごき

### 研究発表会の開催

平成 10 年 11 月 17 日（火）に開催し、「地下利用と処分場の検知について」、「TRU 廃棄物の処分概念のとりまとめ状況」及び「コラ半島における超深度試錐掘削の成果」の 3 テーマについて発表を行うとともに講演「英国セラフィールド処分計画のその後の動向等」を行いました。

### 平成 10 年度調査研究受託状況

平成 10 年 9 月 1 日以降、平成 10 年 11 月末までの間で、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	・放射性廃棄物地層処分事業管理システム調査	10.10. 1
核燃料サイクル開発機構	・地層処分技術高度化の観点からの一般産業界における開発技術適用性の調査研究	10.10.26

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