

表9 高レベル廃液ガラス固化プラントについての外国からの設計レビュー

契約先	期間	レビュー内容
REMOTEC Oak Ridge, USA	1982年(S.57年) 7月～10月	固化プラント基本設計に対するレビュー ●設計コンセプト、プロセス及び機器デザイン、レイアウト、運転コンセプト、保守コンセプト、換気システム等に対するレビュー REMOTEC案(大型遠隔セル)の作成
NUKEM	1982年(S.57年)8月～ 1983年(S.58年)1月	固化プラント基本設計のプロセス評価 ●プロセス材料、高レベル廃液移送、ガラス供給システム、二次廃液供給システム及び機器性能、オフガス処理システム及び機器性能、脱硝濃縮システム及び機器性能、サンプリングシステム、予備の考え方、固化体の保管及びハンドリング、キャニスターハンドリング機器、遠隔搬手、安全設計
DOE Batelle PNL, West Valley USA	1983年(S.58年)4月～ 1983年(S.58年)11月	ガラス溶融設備の設計評価 ●メルト形状と運転、オフガスコントロール、遠隔デザインと保守、電極、高レベル放射性廃液とフリットの供給システム、流下システム、スタートアップ/再スタート技術

2. 低レベル廃棄物処理技術開発

2.1 プルトニウム廃棄物処理技術開発

(1) はじめに

MOX 燃料製造施設、再処理施設等から発生するプルトニウムを含むいわゆる TRU 廃棄物が年々増加の傾向を示しており、その処理処分技術開発が重要な課題となっている。東海事業所プルトニウム燃料部においては、昭和40年に MOX 燃料に関する研究開発に着手し、今日までに約86t の MOX 燃料を製造している。この間に発生した TRU 廃棄物は廃棄物貯蔵施設において適切に管理するとともに、昭和52年4月にはプルトニウム燃料部に廃棄物処理課を発足させ、これら廃棄物発生量低減化及び減容処理等の研究開発の強化を図った。その後、昭和61年4月からは新設の環境工学開発部減容技術開発室において、再処理施設からの TRU 廃棄物も含めた総合的な低レベル廃棄物処理技術開発体制をとっている。

特に TRU 廃棄物の減容安定化のための処理技術開発については、処理処分時の安全性、経済性の観点から、減容性、固化体の長期健全性等に加えて、設備の包蔵性、操作性、保守性、小型化等が要求され、これらの要件を踏まえて開発を進めてきた。そしてこれまでの技術開発成果は、これと並行して昭和53年より進めてきたプルトニウム廃棄物処理開発施設の設計に反映され、高減容、安定化が期待できる総合的な TRU 廃棄物処理施設として昭和62年10月に完成予定である。

(2) TRU 廃棄物処理技術開発

MOX 燃料製造施設から発生する TRU 廃棄物は、Pu と U で汚染されたものがほとんどで、放射線レベル及び発熱も小さく近接して取扱えるが、気密を保持して長期間管理する必要があるという特徴を有

している。したがって発生量低減化、減容安定化技術開発が必要とされている。一方廃棄物対策の観点からは、TRU 廃棄物中の TRU 核種の濃度により区分し合理的に処分する考え方が原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会報告に示されている。この考え方に沿って TRU 廃棄物を合理的に管理するためには、廃棄物中の TRU 核種含有量を少なくする除染技術並びに非破壊測定技術が必要となる。TRU 廃棄物処理に当っては発生元での発生量を少なくすることはもとより、処理に際して減容効果が高く、また処理設備については操作が容易で、かつコンパクト化が図れ安全性の高いことなどを考慮し、それぞれの廃棄物に適した技術を選定する必要がある。このような観点から以下の技術開発を進めてきた。

1) 発生量低減化技術

① グローブボックス解体撤去技術開発

プルトニウム燃料第一開発室、第二開発室には、現在約1000m³のグローブボックス(以下 G.B と略す)が設置されている。設置後約20年を経過し、この間に使用目的の達成や変更、装置の老朽化等により G.B の解体撤去を行ってきた。安全性の高い G.B の現場解体法として、図22に示すグリーンハウス方式による解体撤去技術が開発され実証化されている。本方式は、G.B を設置している現場で G.B を覆うようにグリーンハウスを設置し、作業者の出入に伴う汚染管理用の小さなグリーンハウスを2～3室接続するもので、作業者は汚染防護のためエアラインスーツを着装してグリーンハウス内に入室し、電動工具等を使用して解体作業を行うものである。さらに、遠隔化、自動化をとり入れた新しい解体撤去技術開発を進めているところである。既に内装機器解体設備及び大型 G.B 分割法については、モックアップ試験を行い、そ

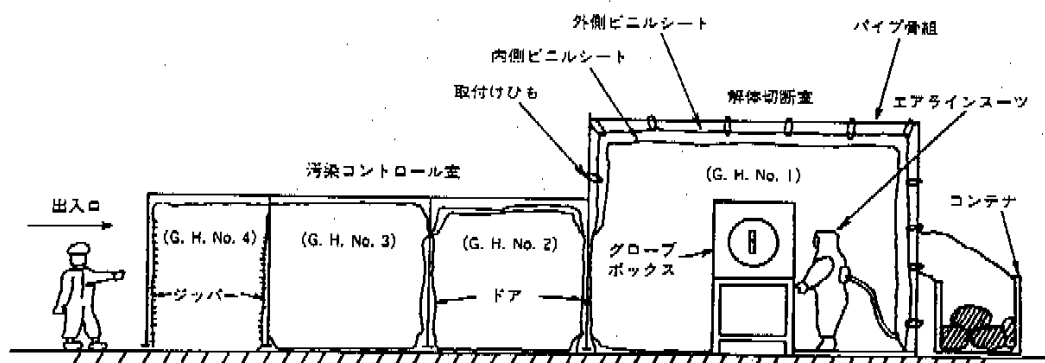


図22 グリーンハウス方式の概略図

の安全性、信頼性について確認されている。

2) 減容処理技術

① 放射性液体廃棄物処理技術開発

MOX 燃料製造施設から発生する放射性液体廃棄物は、主に湿式回収工程、直接脱硝工程からの微量の Pu、U を含む廃液である。

MOX 施設操業以来、廃液処理は凝集沈殿処理及び活性炭吸着法により処理してきたが、昭和58年から設備の更新を実施し処理量の増大を図り、以下のような一貫した廃液処理システムを確立した。本設備に受入れた廃液は、廃液受入工程において廃液中の放射性物質濃度等を確認し、凝集沈殿処理工程に移送される。凝集沈殿槽に移送された

廃液は、塩化第2鉄、ポリ塩化アルミニウム、高分子凝集剤により含有する Pu、U を凝集沈殿処理する。処理された廃液は、さらに微量浮遊するフロック等を除去するため活性炭吸着処理を行い、後処理工程へ移送される。移送された廃液は、吸着効率を向上させるため PH 調整後、亜鉛電着及びキレート樹脂吸着処理により極低レベル ($1 \times 10^{-7} \mu\text{u}/\text{cm}^3$) まで除染可能である。

② 可燃性固体廃棄物焼却処理技術開発

可燃性廃棄物焼却法として固定床式焼却炉による焼却減加処理技術開発を進め現在ホットでの実証化運転を行っている。

本設備は、焼却炉本体、高温フィルタ等で構成

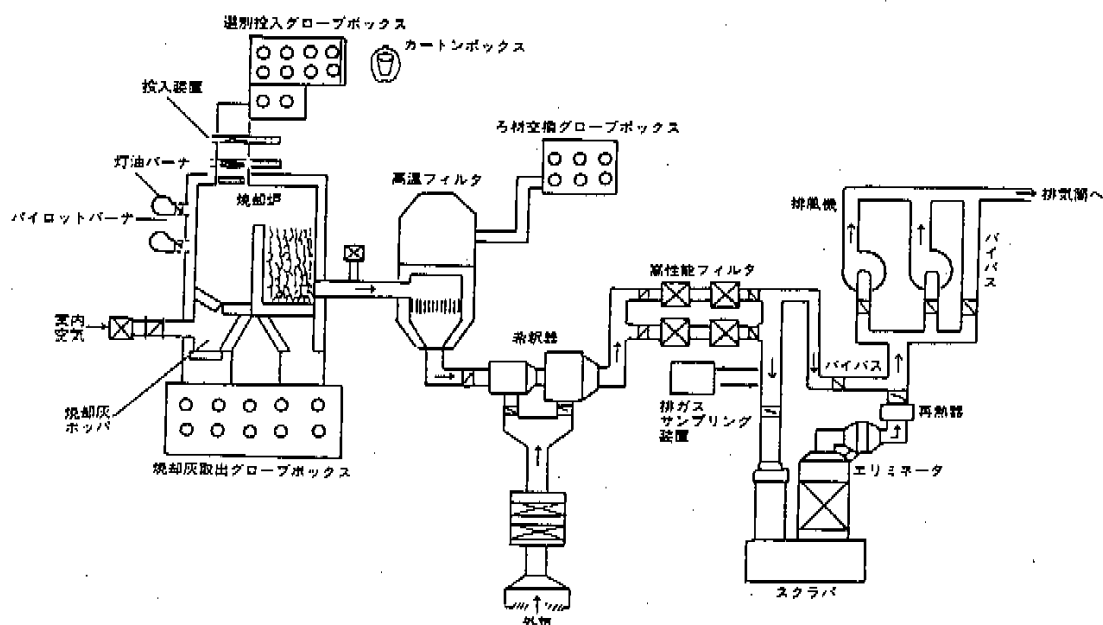


図23 アルファ可燃性廃棄物焼却設備概要図

されており焼却炉本体、高温フィルタ等で構成されており焼却炉は鋼板製ケーシング内に耐火レンガを積み上げた構造で2つの焼却室から成る。概略図を図23に示す。高温フィルタは222本のキャンドルフィルタ(SUS製多孔円筒内面にろ材をプレコートしたもの)から成っており、排ガス中に同伴する未燃カーボンを捕集し再燃焼浄化する機能を有している。またろ材の充填量が約2kgと少量であること、圧力損失も $10\sim 20\text{mmHg}$ と非常に小さいという特徴がある。一方、汚染物を取扱う作業はすべてG.B内で行っており、設備全体が気密構造となっている。廃棄物により焼却量は、昭和62年3月現在、約 85m^3 であり、全体の減重比は1/30、減容比は1/100である。

③ マイクロ波溶融固化技術開発

可燃性廃棄物の焼却灰、HEPAフィルタの焼却灰、エレクトロスラグ溶融炉の廃スラグ、焙焼した酸消化残渣等の無機物の減容安定化法として、添加物を要しないことから他処理法に比べ減容効果が高く、装置が小型でかつ操作が簡単等の特徴を有するマイクロ波溶融法について技術開発を進めてきた。このマイクロ波溶融法は、マグネトロンで発生させたマイクロ波を導波管により導き、チューナズマイクロ波を整合し焼却灰等に印加し、誘電加熱により約 1400°C まで焼却灰を加熱溶融するものである。焼却灰等をるつば内に連続供給していくと溶融面が上昇するに伴って下部から順次冷却固化できる。装置概略図を図24に示す。また湯面検知システム及び放電検知システム等の安全システムも併せて確立した。焼却灰等はマイク

ロ波溶融固化により約1/5の減容化が可能であり、また固化体は、高レベルガラス固化体と同等の浸出性能を有していることが確認され、安全性に優れたものであることが推測される。

④ エレクトロスラグ溶融技術開発

G.B等の解体撤去及び内装設備の更新時に発生する廃棄物は主に金属廃棄物であり、約30cmの大きさに切断し約20kgの重量に調整後、ビニールバッグ等で密封した状態で保管容器に収納されている。このため、発生割合が多く重量物で取扱が困難な金属廃棄物に対して装置が簡単で二次廃棄物の発生量も少なく、また除染効果の期待できるエレクトロスラグ溶融法について技術開発を進めている。

本溶融法は、2本の電極を用いスラグ通電時のジュール熱によりスラグを約 1600°C に加熱制御し、溶融スラグの熱量によって金属を溶融するものであり、金属投入量に伴い溶融面が上昇し下部から順次冷却固化され、溶融処理後はスラグ及び金属の2層の固化体となり、約1/20に減容安定化される。概略図を図25に示す。

本設備は二次廃棄物低減化のため非消耗タイプのタングステン電極を採用している。また、工学規模でのモックアップ試験を行い、スラグ着火方法、スラグ組成、廃棄物処理速度、スラグ再利用限界等の運転条件等を確立した。除染性についても模擬汚染物を用いた除染試験を行い、除染効果が期待できることを確認している。

⑤ 難燃性廃棄物処理技術開発

発生割合の多い難燃性廃棄物は、廃棄物中に含

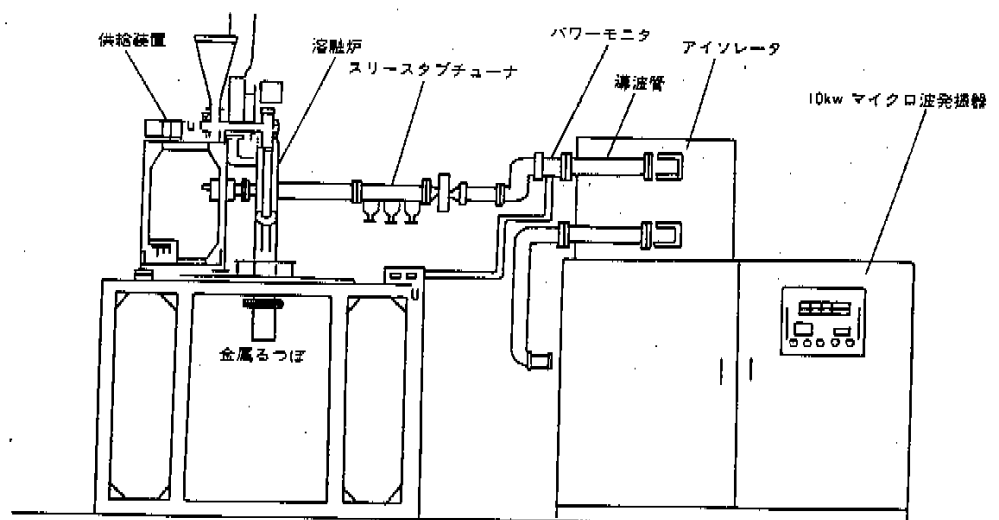


図24 マイクロ波溶融設備概略図

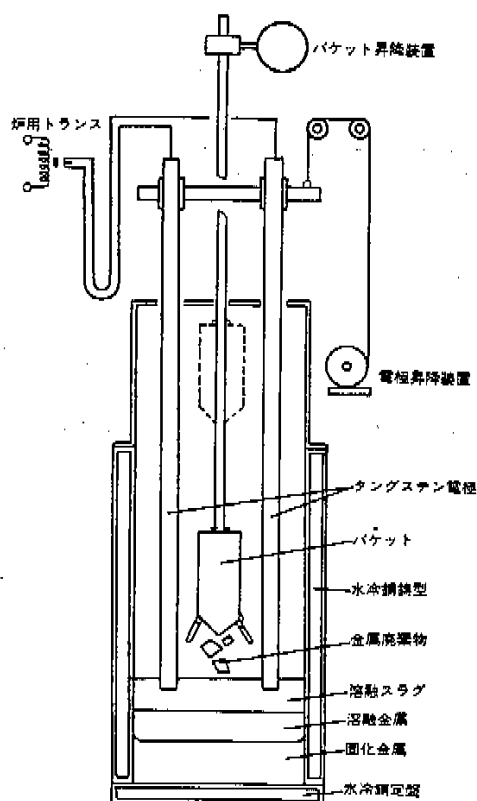


図25 エレクトロスラグ溶融炉の概要図

まれる塩素による構造材への腐食等の問題から既存の焼却炉の適用が困難であるため、処理温度の低い(約260°C)酸消化法及び装置がコンパクト化でき、かつ操作が簡単であるサイクロン焼却法について、主要部の耐食構造設計が可能な処理法について技術開発を進めてきた。酸消化法は、反応槽及び排ガス吸収塔等で構成され、コールド試験により硫酸の分解作用、硝酸の酸化作用の2段階

理方式を開発し、また反応槽を小型化するために濃酸(硫酸、硝酸)処理方式を確立した。一方、図26に示すホットスケールモデル試験設備により、 UO_2 、 PuO_2 、 $\text{UO}_2\text{-PuO}_2$ の3種類の核燃料物質を用いた反応槽から排ガス系への移行率評価試験を行い、PWTFの設計条件となっていた 1×10^{-3} の移行率を十分下廻ることを確認した。

サイクロン焼却設備は、図27に示すように焼却炉、急冷塔、排ガス処理塔から成り、廃棄物は炉内を浮遊旋回し約1,000°Cで完全燃焼する。これまでのコールド試験により、細断された難燃物の供給方法、空気、酸素混合ガス供給条件等の燃焼条件を確認するとともに炉壁内面のセラミック材(アルミナ製)の耐食性についても優れたものであることが確認されている。

3) 区分管理技術

① 除染技術

除染技術として、1つはG.B等の大型設備及び機器の解体、再新時の二次廃棄物発生が少なく、かつ作業性のよいフロンスプレー除染法、もう1つは区分管理の観点から金属廃棄物に対して高い除染効果が期待できる電解研磨除染法について開発を進めてきた。フロン除染法については、フロン回収も含めたシステムを検討するため、模擬汚染物を用いたモックアップ試験を実施し、フロン使用量、噴射圧力、除染効果等の最適洗浄条件を求め、フロン除染設備の基本設計を行った。一方電解研磨除染法については、MOX燃料製造施設から発生した実金属廃棄物を用いて除染性評価を行い、図28に示すように短時間の除染でパッシブ線での Am^{241} の検出限界レベル付近まで除染できる見通しが得られた。

② 非破壊測定技術開発

区分管理技術開発の一環として、廃棄物中に含

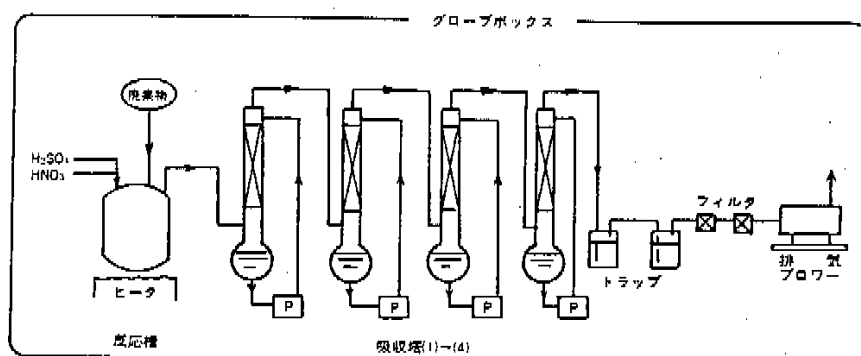


図26 酸消化ホット試験設備概要図

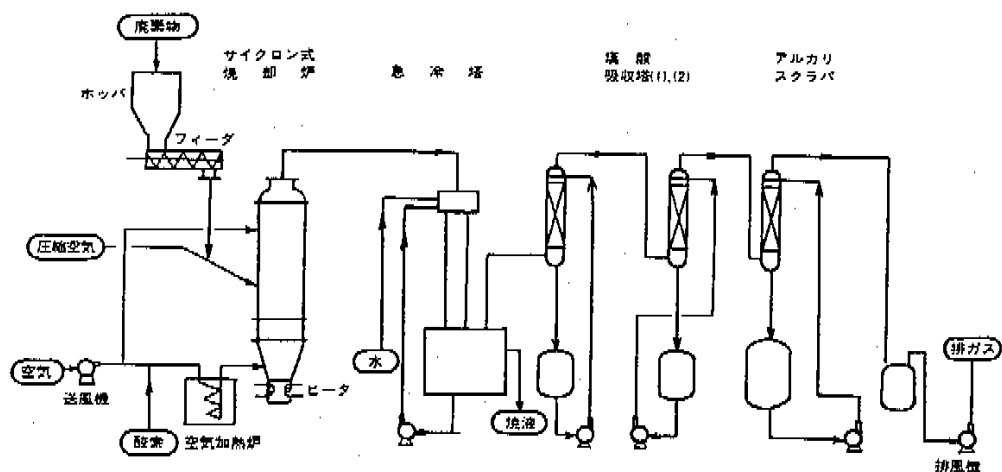


図27 サイクロン焼却装置概要図

まれる TRU 核種等から放出される γ 線や中性子線を捕えて測定する、パッシブ γ 線法とパッシブ中性子法について技術開発を進めてきた。パッシブ γ 線法では、標準線源を使って 200 l ドラム缶での ^{239}Pu 量を 30mg (150nci/g) まで測定できる見通しを得ている。一方パッシブ中性子法については、同時計数法での Pu 標準線源を使って 20 l カートンボックスでの Pu fustile が 5mg (300nci/g) まで測定できた。なお余中性子法では、軽元素による (α , n) 反応による影響が大きく、廃棄物組成 (マトリックス) が明らかでないものには適用が難しい。

用が難しい。

(3) プルトニウム廃棄物処理開発施設 (PWTF)

PWTF は、前記 TRU 廃棄物処理技術開発に基づいて昭和53年から施設設計を行い、昭和59年から建設を開始し、昭和62年度完成を目指した TRU 廃棄物減容処理技術開発施設である。

PWTF では、プルトニウム燃料製造施設、再処理施設等から発生する固体状の TRU 廃棄物を総合的に減容・安定化処理し、処理後の人工鉱物及び金属塊は、長期貯蔵する計画である。

また、PWTF の運転により、減容処理技術の実証化を図る施設でもある。

1) 建家

建家は、地下1階、地上3階の鉄筋コンクリート造、耐震耐火構造である。建家面積約2,000 m^2 、建家床面積約7,000 m^2 であり、そのうち管理区域は、約5,000 m^2 である。

2) 内装設備

PWTF で処理を行う対象廃棄物は、可燃物(紙布、ポリエチレン、HFPA フィルタ等)、難燃物(塩化ビニル、ネオプレン等)、金属、不燃物(焼却灰、酸消化残渣、廃スラグ等)である。以下に、対象廃棄物ごとの処理設備について述べる。

① 可燃物処理設備

可燃物処理設備として、固定床式焼却法を採用している。焼却設備の主要な構成は、焼却炉本体(1次・2次燃焼室、高温フィルタ等)、廃ガス処理装置(焼却灰切出機等)等から成り、処理能力約50kg/hr である。

② 難燃物処理設備

難燃物処理設備として、湿式焼却法(酸消化法)

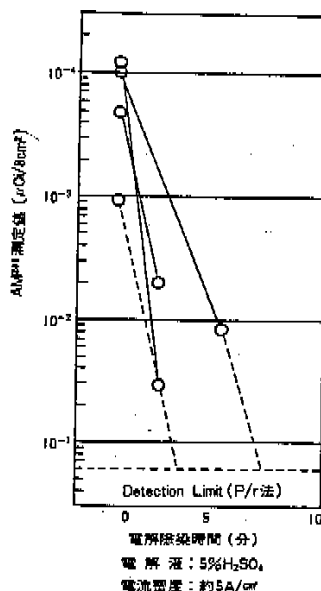


図28 SUS試料の電解除染試験結果

と乾式焼却法（サイクロン式焼却法）を採用している。

酸消化法は、硫酸、硝酸を用いて、難燃物を分解・酸化し、残渣と CO_2 、 HCl 、 H_2O 、 SO_x 、 NO_x 等のガスに処理する湿式焼却法である。酸消化設備の主な構成は、反応槽、廃ガス処理装置（吸収塔、スクラバ等）、酸回収装置（濃縮塔、蒸留塔等）、残渣処理装置（ろ過機、焙焼炉等）等から成り、処理能力約5kg/hrである。

サイクロン焼却設備の主な構成は、焼却炉、廃ガス処理装置（急冷塔、分縮塔、吸収塔、スクラバ等）、酸回収装置（蒸留塔、蒸発缶等）等から成り、処理能力約5kg/hrである。

③ 金属処理設備

金属処理設備としては、鉄鋼業界で使用されているエレクトロスラグ溶融法を採用している。金属処理設備の主な構成は、溶融炉（水冷銅鑄型）、廃ガス処理装置（サイクロン集塵機、ダストフィルタ等）等から成り、処理能力約100kg/バッチである。

④ 不燃物処理設備

不燃物処理設備には、マイクロ波溶融法を採用している。不燃物処理設備の主な構成は、溶融炉（金属ルツボ型）、廃ガス処理装置（吸収塔、スクラバ等）、マイクロ波発振装置等から成り、処理能力約5kg/hrである。

以上述べたように、PWTFでは、ドラム缶等に収納されている TRU 廃棄物を受け入れ、可燃物、難燃物、金属廃棄物別に選別し、廃棄物に適したプロセスにより減容・安定化処理を行う。焼却灰等の不燃物は、溶融し安定な固化体に変換する。これらの固化体は、適当な収納容器に入れて、プルトニウム廃棄物貯蔵施設で、再び長期間保管されることになる。

PWTFにおける TRU 廃棄物の処理技術を実証化するに当たっては、当面 TRU 廃棄物を年間約450m³使用する計画である。予想される減容率は、施設全体として約1/20である。

現在各設備の総合試験を実施中で、その後、施設総合試験を行い試運転後、ホット運転に入る予定である。

一方、国の施設検査については、全体で約35回を予定しており、現在までに31回を終了している。

(4) 国際協力

TRU 廃棄物処理、処分技術に関し、昭和55年以来、米国エネルギー省との協力協定の基に、専門家会議、相互の施設訪問、情報交換等を主体とした2国間協力を進めてきた。

西独 KfK との間にも、再処理及び廃棄物に関する協力協定があり、TRU 廃棄物に関する情報交換を進めている。

一方、多国間協力としては、IAEA 及び NEA の主催する各種会議に参加し、積極的な情報交換を行っている。

(5) まとめ

MOX 燃料製造施設より発生する TRU 廃棄物については現在、発生元で極力低減化を図り、その貯蔵・保管に支障をきたさないように努めている。しかし、その発生量は年々増加している。今後さらにプルトニウム取扱施設及び民間再処理工場等が建設されることにより、PWTF のような TRU 廃棄物の総合的な処理施設の必要性が、ますます増大することが予想される。また、我が国の核燃料サイクルの円滑な推進及び TRU 廃棄物の発生量の増大に対応するため、原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会報告の方針に従い、主たる発生元である動燃が発生者の立場から、その処理、処分技術開発、管理技術の確立などの役割を担うことは当然であるが、一方、産、官、学の協調並びに国際協力を行いつつ、具体的な処分方策の策定に寄与することが重要である。

2.2 アスファルト固化処理技術開発

(1) はじめに

再処理工場から発生する低放射性の液体廃棄物としては、オフガス洗浄廃液、溶媒洗浄廃液、酸回収精留塔凝縮液、床ドレンなどがあるが、これら廃液を蒸発濃縮または凝集沈殿などの一次処理することによって濃縮廃液や化学ヘフッソが発生する。さらに分離精製工程からは廃溶媒（廃希釈剤を含む）が発生する。これら廃液を長期間にわたって安定的に貯蔵管理するために、再処理工場ではアスファルトによる廃液の固化処理技術並びにリン酸付加法による廃溶媒の処理技術の開発を進めてきた。この目的で設置したアスファルト固化技術開発施設（Asp 施設）はエクストルーダを採用した廃液の固化処理設備として、また廃溶媒処理技術開発施設（ST 施設）は廃溶媒の処理設備として、いずれも世界最大規模の設備能力を有する実証プラントであり、昭和57年に Asp 施設竣工、また59年に ST 施設竣工後、それぞれコールド試験、ホット試験を実施し、現在開発試験を継続している。この間、運転条件の把握、施設及びプロセスの性能確認、製品の品質特性評価などを行っており、以下にそれぞれの施設について、その概要と開発の成果を記述する。

(2) 施設の概要

アスファルト固化技術開発施設は、再処理工場が

ら発生する低レベル放射性廃液をアスファルト固化処理し、貯蔵するための施設である。主工程は次の4工程に大別される(図29)。

- 廃液受入れ、調整工程
- 混合脱水工程
- 充填工程
- 固化体輸送・貯蔵工程

以下に各工程の概要を述べる。

1) 廃液受入れ、調整工程

廃棄物処理場などからの廃液を放射能濃度に応じて、2系統の廃液受入貯槽に受入れ、一時貯蔵する。次に回分式に反応槽に移送し、ここで水素イオン濃度の調整及び主要な放射性核種を対象とした、アスファルト固化体からの浸出性を低減化させるための硫酸バリウム、フェロシアン化ニッケルによる共沈効果を利用した不溶化処理を実施する。

2) 混合脱水工程

調整した廃液及び溶融アスファルトを、定量的に混合脱水機(エクストルーダ)に供給する。廃液中の水分は、エクストルーダ中で蒸発し、残留した塩分及び放射性物質は、アスファルト中に均一に分散しアスファルト混合物となり排出管より排出される。

3) 充填工程

アスファルト混合物は、ターンテーブル上に配置している鋼製200ℓドラム缶に充填し、充填室内で自然冷却させて固化体とする。その後、ドラム上部の空間部に純アスファルトを充填し、キャッピング装置で蓋をする。このドラム缶は、貯蔵施設への輸送のために4本ずつ鋼製フレームに収納する。充填室内には、パワーマニピレータと交換して使用出来るドラムハンドリングマニピレ

ータを設置し、遠隔操作を可能することによって運転員の被ばく量低減化を図っている。

4) 固化体輸送・貯蔵工程

ドラム缶を充填したフレームは、キャスクに収納し、運搬トラックで貯蔵施設へ輸送する。貯蔵施設は、地下と地上部に各々2つの貯蔵セルを持ち、全体で約1万5千本の固化体を貯蔵出来る。この施設では、フレームをオーバーヘッドクレーン方式によって6段に積み重ね、貯蔵操作はコンピュータによって自動制御され、運転員はモニターテレビで監視することが出来る。

現在、第2貯蔵施設を建設中である。この施設では、地下1階、地上2階に貯蔵セルを持ち、約3万本の貯蔵容量を有している。固化体の搬送システムとしては、自動フォークリフトによるパレット3段積み方式を採用している。

(3) アスファルト固化処理技術の開発実績

1) 設計から運転に至る経緯

本施設の設計から現存に至る経緯は、以下の通りである。

- 詳細設計 昭和51年3月～昭和52年7月
- 許認可 昭和51年4月～昭和54年12月
- 建設工事 昭和54年12月～昭和57年4月
- コールド試験 昭和57年4月～昭和57年9月
- ホット試験 昭和57年10月～昭和60年4月
- 使用前検査合格 昭和60年5月10日
- 開発運転 昭和60年5月開始

2) 廃液処理実績

処理した廃液の代表的組成を表10に示す。

3) 試験運転概要

① コールド試験

実廃液を模擬した廃液をアスファルト固化することによって、エクストルーダの運転条件と固化

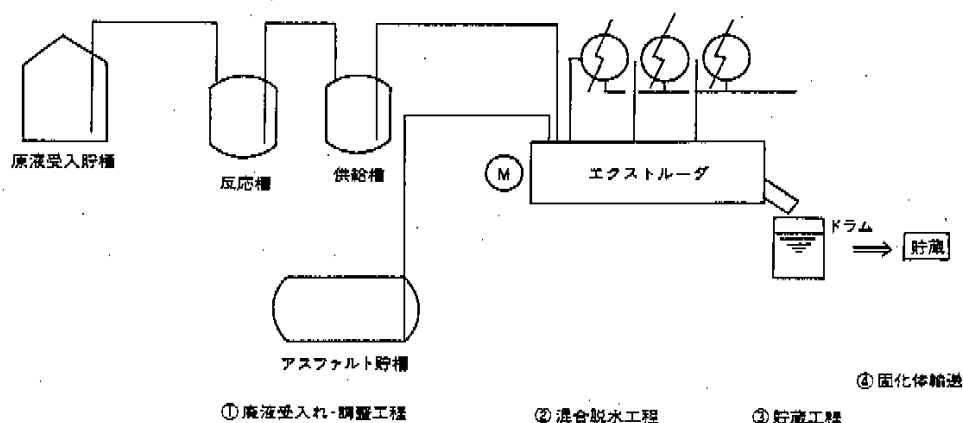


図29 工程概要図

表10 処理廃液の組成

種 別	放射能濃度 (Ci/m ³)	含有塩濃度 (g/l)	塩 の 種 類	備 考
中レベル廃液	1-20	400	NaNO ₃ , NaNO ₂ , Na ₂ CO ₃	
低レベル廃液	10 ⁻² ~1	400	NaNO ₃ , NaNO ₂ , Na ₂ CO ₃	
リン酸塩廃液	10 ⁻² ~1	400	NaH ₂ PO ₄ , Na ₂ CO ₃	上記2種の 廃液と 混合処理 する

の品質等の関連性を明らかにすることを目的として実施した。試験の結果、エクストルーダの運転性能、固化体の品質が設計値を満足するものであることを確認した。

本試験で確認した固化体の品質については、概略以下のとおりである。

- 固化体の比重：固化体の塩分の含有比に依存しており、塩分含有比が40～50wt %の範囲で1.3～1.4に分布している。
- 含水率：固化体中の放射性物質の浸出率を低く保つ要因の1つとして含水率は重要である。このために、エクストルーダの運転条件（温度条件、廃液供給量）も含水率を1%以下に保つよう設定している。
- 針入度：固化体の機械的外力による変形の目安として、25℃における針入度を測定した。純アスファルトの場合は38～40、アスファルト固化体の場合は、15～20に分布し、硬化していることが判る。
- 軟化点：純アスファルトの場合は、80～90℃に分布、アスファルト固化体では、90～140℃に分布し、固形分濃度が高くなると軟化点は上昇する。

② ホット試験

放射性核種の挙動、エクストルーダの運転性能などを、実廃液を処理することによって確認した。エクストルーダの除染効果は、十分高く、廃液中の放射性核種の殆どがアスファルト固化体中に塩分とともに固定化されることを確認した。

化学前処理による放射性核種の低減化に対する効果は、化学前処理を実施せずに固化したものと比較して、浸出比が1～2桁低いことをピーカースケール試験で確認した。また、リン酸塩を含有する廃液については、リン酸バリウムによる共沈効果が期待出来るため、硫酸根の添加を省略しても浸出比の低減化が図れることを確認した。

また、放射性核種の大気への放出量、エクストルーダの処理能力など、本施設が使用前検査に合格するために必要な、国の定めた技術基準を満足することを確認するための試験を実施した。

開発運転

開発運転は、廃液処理技術開発施設から発生するリン酸塩液のアスファルト固化処理の実証、並びに長期安定運転の実証、処理能力の確認などを主目的としている。

2.3 廃溶媒処理技術開発

(1) 施設の概要

廃溶媒処理技術開発施設（以下 ST 施設という）では再処理工場から発生する廃溶媒を「リン酸付加体法（西独 KfK 開発）」により TBP（トリブチルリン酸）とドデカンに分離回収する。回収ドデカンはシリカゲルで不純物を除去し再利用可能な方向で、また回収した TBP は PVC 固化法またはエポキシ固化法による安定な固化体とし、安全に貯蔵する方向で技術開発を行う。

ST 施設は以下に示す 5 つの工程から構成されている。（図30参照）

- 洗浄工程
- TBP・ドデカン分離工程
- 希釈剤精製工程
- 固化処理工程
- 廃液処理工程

1) 洗浄工程

ST 施設に受入れた廃溶媒・廃希釈剤を受入れ貯蔵から回分式に洗浄槽へ送り、炭酸ナトリウム溶液で洗浄することにより、廃溶媒・廃希釈剤中の放射性核種等の不純物を除去し、低減する。

2) TBP・ドデカン分離工程

洗浄した廃溶媒・廃希釈剤に85%リン酸を加え、混合攪拌・静置し、ドデカン相、付加体相（xTBP・yH₃PO₄・ZH₂O）及び余剰リン酸相の3相に分離する。分離後のドデカン相は、再度85%リン酸を加え、若干残っている TBP を分離した後、ドデカン精製工程へ送る。

一方、付加体相と余剰リン酸相に純水を加えることにより付加体を分解し、TBP 相と希リン酸相に分離する。分離後の TBP 相は水酸化ナトリウム溶液で中和した後、TBP 貯槽へ送り、希リン酸相は廃液処理工程へ送る。

3) ドデカン精製工程

TBP を分離した後のドデカン相をシリカゲル吸着塔へ供給し、ドデカン相中に微量含まれる放射性物質、TBP、リン酸等を除去する。処理後のドデカンは貯槽に一時貯蔵した後、焼却処分するか、再処理工場で再利用する。

4) 固化処理工程

TBP と PVC（ポリ塩化ビニル）樹脂またはエポ

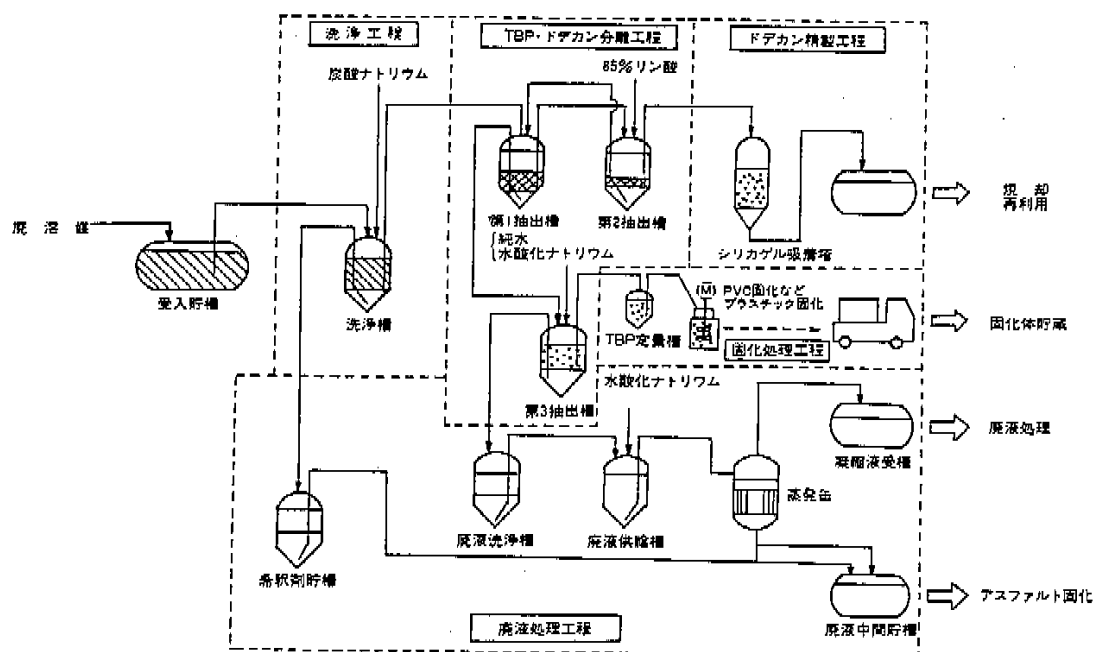


図30 廃溶媒処理技術開発施設工程概要図

キシ樹脂を100 lドラム缶内で混合攪拌した後、PVC樹脂の場合は外部加熱により、またエポキシ樹脂の場合は自己発熱により、プラスチック固化体とする。固化処理後200 lの貯蔵用のドラム缶に収納し、アスファルト固化体貯蔵施設に搬送し、貯蔵する。

5) 廃液処理工程

洗浄工程の洗浄廃液は、ドデカンでTBPを除去した後、廃液中間槽へ送る。TBP・ドデカン分離工程のリン酸廃液は、ドデカンでTBPを除去した後、水酸化ナトリウム溶液で中和する。中和後、蒸発缶で濃縮減容し、廃液中間貯槽へ送る。これらの廃液はアスファルト固化処理施設へ送り、再処理工場の濃縮廃液とともに固化処理する。

(2) 運転実績

1) コールド試験

昭和59年5月から60年11月までコールド試験（総合作動試験）を実施した。コールド試験では、試薬のTBP、ドデカンを調整した模擬溶液を使用し、TBP・ドデカン分離特性等を確認した他、PVC固化法の改良及びエポキシ固化法の開発を行った。以下に主な結果及び実績を示す。

① 模擬溶液35m³を使ってTBP・ドデカンの分離試験を行い、分離性能のうち一例としてドデカン中のTBP含有量についてはドデカン再利用の観点で設計値を満足することが確認できた。（図31

参照）

② 従来のPVC固化法ではTBP中に含まれるドデカン及び水分の影響により固化体中心部まで十分熱が伝達されず、もろい固化体しかできなかった。そこで水分を除くための吸湿剤及びドデカンを吸収させる弾性ポリマーをPVC樹脂と同時に

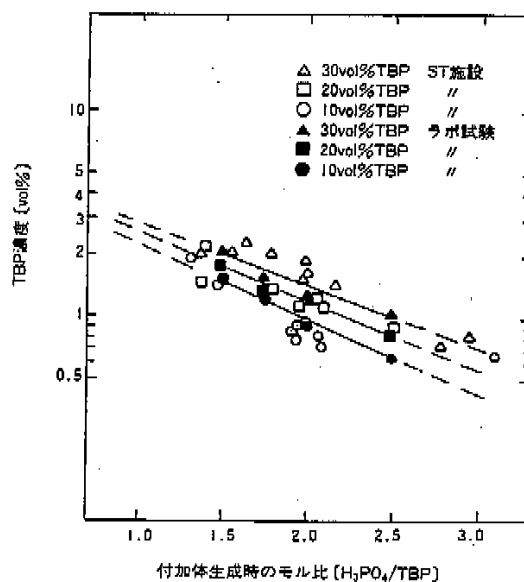


図31 第1抽出槽上相中のTBP濃度

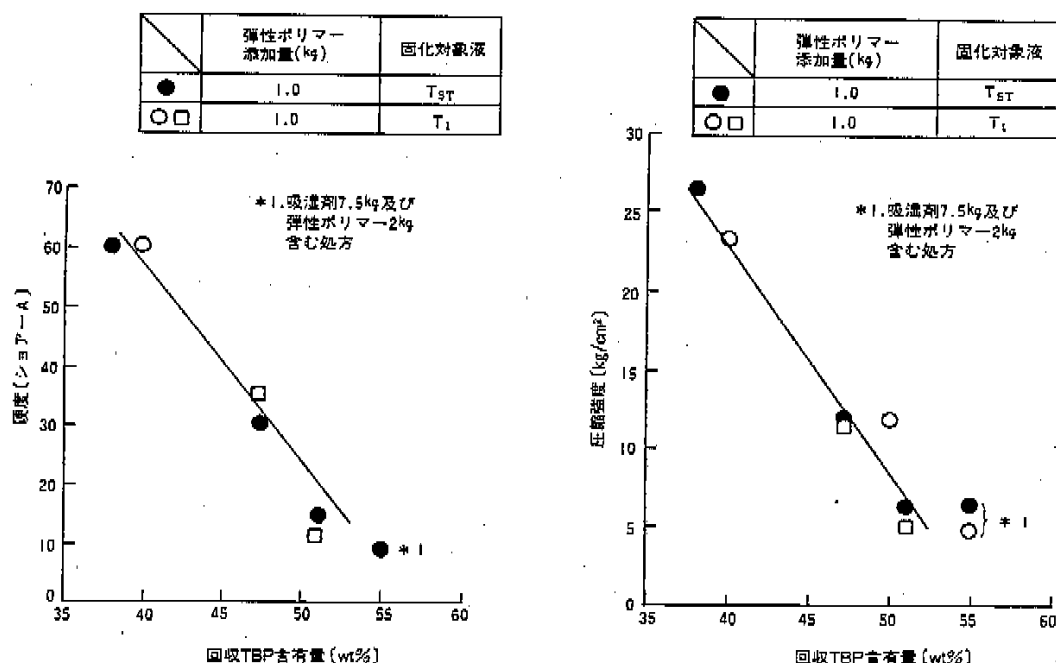


図32 回収TBP含有量とPVC固化体中心部の硬度・圧縮強度

に加える改良を行い、均質で強度の持つ固化体を作成する技術を開発した。(図32)

③ 同様な経緯で開発したエポキシ固化法についても本施設内で実設備による試験を行い図33に示

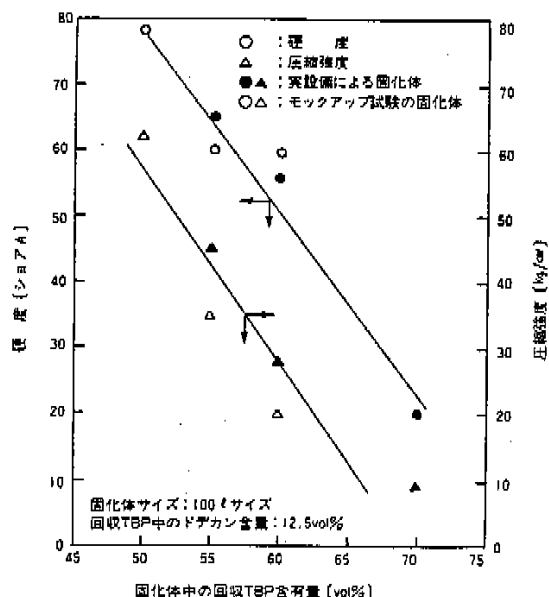


図33 回収TBPの含有量とエポキシ固化体中心部の硬度及び圧縮強度

すようなエポキシ固化体の作成技術が確認できた。

2) ホット運転

昭和60年12月から62年2月までホット試験を行い、62年3月に使用前検査合格証を取得し、以後開発運転としてホットの運転を継続している。ホット試験では、実廃溶媒を使用して放射性物質の挙動、物質収支などについて確認した。

以下に主な結果及び実績を示す。

- ① 実廃溶媒約50m³を使用して、各プロセスでの除染効果の試験を実施した結果設計値を満足していることが確認できた。
- ② 実廃溶媒の放射能濃度は設計値より約2桁低いものではあったが、施設内での放射性物質の挙動の概略を確認できた。
- ③ 分離したTBPを使用しコールド試験での固化条件に基づきPVC固化体及びエポキシ固化体を作成し、表面硬度の測定により条件通りの固化体が出来ていることを確認した。

(3) むすび

再処理工場で採用したアスファルト固化技術及び廃溶媒処理技術は、いずれも海外で開発された技術であるが、この導入技術を出発点として実規模スケールでのプロセスの実証化と実用化に当たって必要な技術の改良開発をこれまで実施して来た。その結果、開発試験を通じてプロセスの改良、新規技術の

開発、運転性能及び安全性の改善などが図られ、今や独自性の高い技術として多くのノウハウを蓄積するに到った。これまでに実施した開発試験などの結果から Asp 施設及び ST 施設のプロセス性能、製品の品質特性などは設計値をほぼ満足するものであることが確認され、現在、上記の性能、品質、操作性などをさらに向上させるための技術開発を継続して実施している。今後さらに Asp 施設エクストルーダエレメントの耐用性評価と保守技術の確立、アスファルト難燃化技術の開発を計画しているほか回収ドデカンの精製技術の開発と再利用のための評価などを実施している。また昭和61年5月に原子炉等規制法が改正され、放射性廃棄物の廃棄の事業が法制度化された。これに関連して今後、再処理施設から発生する低放射性固体廃棄物の取扱いが注目されることである。当面アスファルト固化体及びプラスチック固化体の長期貯蔵時における健全性評価を急ぐ一方、処理対象廃液中の長半減期核種等の分離除去技術の開発、回収 TBP の安定化処理または固化技術の開発、貯蔵工学センター計画に関連する輸送システムの開発など、低レベル廃棄物の処理処分の安全性、合理性、経済性の観点に立って、技術開発計画を進めていく予定である。

2.4 気体廃棄物処理技術開発

(1) 放射性希ガス除去技術開発の経緯

再処理施設から大気中に放出量を実用可能な限り低減化するという ALARA (As Low As Reasonably Achievable) の考え方にに基づき放出低減化技術の研究開発を進めてきた。回収プロセスについては、広範囲な調査研究を実施した結果、液化蒸留法を採用したクリプトン回収技術の開発を目指すこととなった。液化蒸留法は、沸点の違いを利用してクリプトンを精留分離する方法である。

そこで、昭和48年度から基礎試験装置を製作し、クリプトン分離試験と再処理オフガス中の不純物除去を目的とした、前処理試験を実施した。その後、前処理工程における安全性評価試験を実施するなど基礎技術の蓄積を図ってきた。これらの実績に加えクリプトン回収プロセスの実証を図る目的で、クリプトン回収技術開発施設（以下、クリプトン施設という）を建設し、現在コールド試験を進めている。

(2) クリプトン回収技術開発施設

1) 施設の概要

クリプトン施設は、再処理工場における使用済燃料のせん断及び溶解オフガスを受入れ、以下の工程によりクリプトンを分離回収し、貯蔵シリンダに充填貯蔵する。（工程概要図を図34に示す）

① 受入れ調整系

銀-ゼオライトを吸着材に用い、オフガス中のヨウ素を除去するとともに、流量変動を吸収し、一定量の処理を送り出す。

② 脱酸素処理系

原料ガスに水素ガスを添加し、触媒の充填された反応器で、酸素、窒素酸化物等の不純物を水素と反応させ除去する。

③ 吸着処理系

活性アルミナ、モレキュラシーブ、シリカゲルを充填した吸着器に処理ガスを供給し、低温部において配管や装置の閉塞の原因となる水分、二酸化炭素、キセノンを吸着分離する。

④ クリプトン精留系及びクリプトン貯蔵系

この系は、主精留塔とクリプトン精留塔からなり、前者はガス中に含まれる微量のクリプトンを連続的に分離回収する。回収蓄積されるクリプトンを含む液は、バッチ操作によりクリプトン精留塔に送られ、濃縮減容される。濃縮されたクリプトンは加熱気化し、ステンレス製の貯蔵シリンダに充填貯蔵する。

⑤ キセノン精留系及びキセノン貯蔵系

キセノン吸着器で分離したキセノンを含むガスをキセノン液化塔に受け入れ、キセノン及び微量に含まれるクリプトンを凍結させ窒素と分離する。分離したキセノンは融解しキセノン精留塔に送り、同伴するクリプトンを分離する。回収されたキセノンは気化した後、圧縮機を用いてステンレス製の貯蔵シリンダに充填貯蔵する。

2) 試験運転の概要

昭和58年度より開始したコールド試験運転では、制御系の追従性等各工程毎のプロセス特性を確認した。60年度は、再処理工程の運転パターンを模擬した総合連続試験を実施し、施設全体の特性を確認した後、再処理工場との取合い工事を完了し、61年2月17日にクリプトン施設の管理区域を設定した。続いて、取合い部の圧力、流量バランス等を確認した後、非定常時の運転試験及びコールドでの総合的機能確認試験を実施した。また、クリプトン施設は、高圧ガス取締法の適用施設でもあり、57年6月の充成検査合格以来毎年1回の保安検査を受験してきている。

これら一連の試験運転、保安検査の実績に基づき、操作性、安全性の向上等を目的とした改良工事を実施するとともに、運転操作技術の向上を計り、クリプトン施設の安全な運転及びクリプトンの安定した回収等の見通しを得るに至っている。

3) 回収クリプトン固定化技術の開発

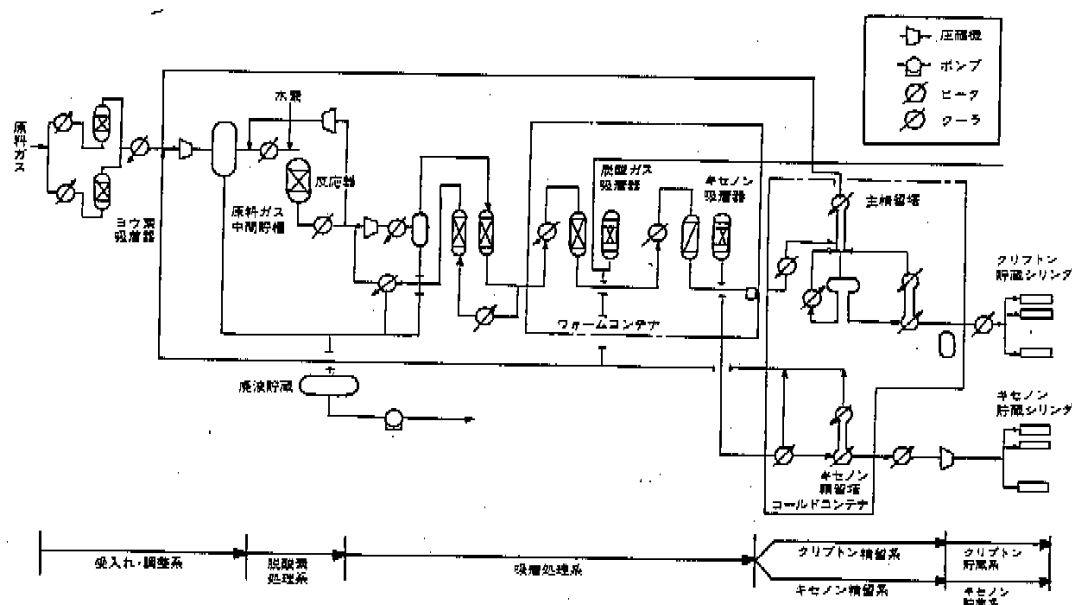


図34 工程概要図

クリプトン施設で回収されるクリプトンの貯蔵には、現状では一般高圧ガス工業界で実績のあるシリンダを用いて貯蔵する方法を採用している。

クリプトン-85は化学的に不活性のガスであるが、 β 線を放出しルビジウム(アルカリ金属)に元素変換するため、ルビジウムによるシリンダ材料への腐食及び応力腐食割れ等の健全性評価の試験を実施している。

また、シリンダ貯蔵法と並行してクリプトンを安定固化体とし、より管理の容易でかつ安全性の高い貯蔵及び処分技術を目指し、

- ゼオライトの細孔内のクリプトンを封入固定化するゼオライト封入法
- クリプトンをイオン化し、金属内の加速注入し固定化するイオン注入法

2つの方法について開発を行っている。

前者は、52年から封入条件、封入安定性等に関する基礎試験を開始し、すでに非晶化質ゼオライトを用いた封入システムの実用化の見通しを得ており、後者は、58年から技術調査を開始し、現在、注入条件、熱的安定性等の基礎試験を進めている。

(3) まとめ

クリプトン施設では、予定されている再処理工場のせん断及び溶解オフガスを使用してのホット試験により、クリプトンの放出放射能を10分の1以下に低減する回収、貯蔵技術及び保守技術の実証を図るとともに、回収クリプトンの固定化技術の確立を図

りクリプトンの回収から貯蔵及び処分までのトータル経済性を評価していく。

また、これらと並行し、オフガスに含まれる有用元素の利用及び廃棄物減容化の観点から

- 遠心分離法等によるキセノンの分離技術の開発
- レーザー同位体分離法によるC-14、C-13の分離技術
- レーザー同位体分離法によるクリプトン-85の濃縮技術

等の新しい技術の開発を進め、気体廃棄物処理のコストの低減化、一元化を目指していく。

2.5 高度化処理技術開発

(1) はじめに

再処理工程で発生する低レベル固体廃棄物は可燃性、難燃性、不燃性の3種に大別される。

可燃性廃棄物は、専用の焼却設備によって焼却して灰化減容し、不燃性廃棄物として保管している。しかし、現有の焼却施設は、昭和49年に試運転を開始以来既に12年近く運転しており炉の老朽化が進んでいるため、新規焼却施設の建設を計画している。新規焼却施設については、59、60年度に詳細設計、61年度に調整設計を実施し、66年度運転開始を目指し計画を進めている。

難燃性及び不燃性廃棄物は、200ℓドラム缶またはコンテナに収納し、未処理のまま保管している。しかし、廃棄物の今後の発生量の増加を勘案すると保

管スペース、保管庫の立地及び安全確保などの観点から、その減容化、安定化を図る必要がある。このため難燃性・不燃性廃棄物の減容・安定化処理技術の実証を目的に、低レベル廃棄物処理開発施設の建設を計画し、57年度に概念設計を実施した。その後、難燃性・不燃性廃棄物の減容を目的に、圧縮押出法、セメント固化法及びプラスチック固化法等の要点技術に関する試験研究を行い、60年度に概念設計II、61、62年度に基本設計I・IIを実施してきた。

また、液体廃棄物のうち低レベル濃縮廃液に対しては、アスファルト固化処理技術の代替としてセメント固化法、プラスチック固化法及び水熱固化法に関する試験研究を57～59年度に実施するとともに、濃縮廃液の大幅な減容を目的とした核種分離技術並びに現在未処理のまま保管されている化学スラッジの減容を目的とした遠心薄膜蒸発缶と横型パドル乾燥機を組合わせた処理技術に関する研究開発を61年度に実施した。

(2) 不燃性残渣等安定化処理技術開発

再処理工場等から発生する固体廃棄物の減容処理技術として、可燃物については過去の運転実績に基づき、焼却炉、ダイリュータ、高温フィルタ及びスクラバ等から構成される焼却設備を新規に建設する予定であり、難・不燃物については高圧縮法により減容できる見通しが得られている。しかし、これらの処理により発生する焼却灰及び圧縮固化体並びに現在発生形態のまま保管されている廃シリカゲル廃砂、廃ヨウ素フィルタ（これら焼却灰等を、以下「不燃性残渣」と称す）については、将来の輸送・処分に適した固化体にする必要があり、各種固化処理技術に関する試験研究・評価を行った結果、有望な技術としてセメントガラス固化法、低含水セメント固化法、水熱固化法及びセメント固化法を選定し固化処理試験を実施している。

また、液体廃棄物のうち低レベル濃縮廃液についてはアスファルト固化体として保管されているものの、低レベル濃縮廃液は多量の硝酸塩分を含有しているため固化処理時の減容性が著しく悪い。このため、低レベル廃液中から核種を分離し、残る硝酸塩含有廃液を排水として海洋放出することにより大幅な減容を図る技術として吸着、限外ろ過及びイオン交換を組合わせた処理技術を選定し、模擬廃液を用いた試験によりプロセスの核種除去性能並びにカルシウム、ケイ素等の不純物の影響等を把握するとともに実廃液に対する核種分離性能を確認するためのホット試験設備の設計を行った。現在までの試験により、①ヨウ素は活性炭に吸着させ除去できる見通しを得た、②ジルコニウム、ルテニウム及びウラン

等の水酸化物の溶解度の低い核種は水酸化鉄と共沈させ、沈殿物を限外ろ過することにより除去できる見通しを得た、③ストロンチウム、セシウム等の水酸化物の溶解度の高い核種は、それぞれチタン酸及びフェロシアン化金属塩にイオン交換吸着させ除去できる見通しを得た等、除去対象元素について、それぞれの分離手段の基本除染性能を把握した。

さらに、現在未処理のまま保管されている化学スラッジの減容処理技術としては、7種類の技術を評価した結果、化学スラッジの蒸発乾燥を目的とした「遠心薄膜式蒸発機+横型パドル式乾燥機」（以下「二段乾燥法」と称す）を選定し、模擬廃液による蒸発乾燥特性並びに廃砂、廃活性炭、TBP等不純物挙動の把握を行うとともに、乾燥粉体の流動性指数、噴流性指数及び乾燥粉体ペレットの物性を把握するための試験を行った。試験の結果、①二段乾燥法は廃液供給量の変化に対して、乾燥粉体含水率を1%以下とできる範囲が広く、かつ塩濃度の異なる廃液を同一供給量で処理することができることから廃液性状の変動に対して比較的フレキシビリティが高いことが確認された、②二段乾燥法における除染係数は $10^3 \sim 10^4$ と高いこと（遠心薄膜乾燥機だけの場合の除染係数は 10^2 オーダー）が確認された等、化学スラッジ乾燥に対する二段乾燥法の特徴を把握した。

(3) まとめ

上記の低レベル $\beta\gamma$ 難・不燃性固体廃棄物、化学スラッジ、廃シリカゲル、廃砂及び廃ヨウ素フィルタを対象とした減容・安定化処理技術の実証並びに低レベル濃縮廃液を対象とした減容・安定化処理技術の高度化については、低レベル廃棄物処理開発施設にて行う予定であり、現在、本施設に関する設計を進めている。また、本施設では、減容安定化処理により発生する固化体の特性評価試験及び健全性評価試験並びに、最適処分体策定に関する研究開発も併せて行う予定である。

3. 除染・解体技術の開発

3.1 はじめに

核燃料サイクル施設の多くは、運転開始後10～20年を経過し、初期の目的達成やあるいは老朽化のため施設の解体撤去や内装する大型設備の改造撤去が必要となってきた。

そのため、大型固体廃棄物の除染・解体技術の開発が、廃棄物の低減化、減容化を図り合理的経済的な処理処分技術を確立するために重要である。

これらの課題に対応するため大洗工学センターに固体廃棄物前処理施設(WDF)を建設し、センター内で発生する大型廃棄物の除染・解体処理を実施し、

大型施設のアコミッシングのための技術開発を進めている。

核燃料サイクル施設のアコミッシング技術は原子炉のアコミッシング技術と異なり以下に示す固有の特徴を考慮した技術開発が必要である。

- ① TRU 核種による汚染
- ② 汚染形態が多様多様
- ③ 構造、形状、材質が多様多様

アコミッシング技術の開発は①解体前後の除染技術、②解体技術、③高線量下での遠隔操作技術の要素技術を有機的に組合せたシステム化が重要となる。そのため、当面はアコミッシング技術の基盤技術の確立を目指し技術開発を進めるとともに、個々の核燃料サイクル施設、設備の更新、解体計画に合わせアコミッシングシステムを確立させていく予定である。

3.2 除染技術開発

TRU 廃棄物の除染技術は、廃棄物表面に汚染した TRU 核種等を分離・除去し、TRU 廃棄物の発生量を低減化することによって、その後の貯蔵・処分に係る費用を削減するとともに、分離した TRU 廃棄物をよりコンパクトで安定な形態とすることを目的とするものである。

実際の除染においては、ルーズな汚染を取り除き取扱時の被ばく線量の低減及び核種の拡散を防止することを目的とした「1次除染」並びに区分管理に資するため、絶対的な放射線量の低減を目的とした「徹底除染」とに分類される。

WDF では、1次除染法として「アイスブラスト除染法」、徹底除染法として「電解研摩除染法」及び「レドックス除染法」の開発を進めており、高速炉燃料等の照射後試験施設から発生した実際の廃棄物を対象として試験評価を行っている。

(1) アイスブラスト除染法

アイスブラスト除染法は、氷粒、ドライアイス粒またはそれらの混合粒子を圧縮空気等の搬送媒体を用いて被除染物に投射し、表面汚染を取り除く除染法である。

本法の特徴は、粒子投射時の衝撃力と低温効果を利用して核種及び塗膜、油分等を除去するところであり、スプレー除染同等以上の除染効果をより少ない2次廃棄物で達成できるものである。

WDF では昭和58年度より本除染技術開発を進めており、ブラスト装置構造、ブラスト粒子性状及びブラスト条件等の課題を解決し、昭和59年度にブラスト試験装置の製作、60年度にブラスト粒子製造装置を製作し、現在ホット試験を継続中である。

図35にアイスブラスト除染システム概念を示す。

ブラスト装置部は、粒子供給系のタンク類と搬送系の配管、弁類から構成され、セル内に設置する機器はフレキシブル耐圧ホースと噴射用ノズルに限られる。

粒子製造装置部は、液化炭酸ガスを断熱膨脹により微細粉末に転換して、これを押し固めることにより $\phi 4 \times 8$ (mm) 程度の円柱状のブラスト粒子を約 200kg/h の能力で製造する。また、本装置には水の供給系があり、約20%までの範囲内でブラスト粒子中に水(氷)を混入させることができる。

現在までに行った試験評価の結果から、本除染法は圧水除染法と比較して、数十分の一程度の廃液発生量で、より高い除染効果を達成できることを確認し、効果的な1次除染法として、今後適用範囲の拡大、除染効果向上等の観点から開発を展開する予定である。

(2) 電解研摩除染技術

一般工業界で金属の表面処理に利用されている電解研摩技術を除染に応用したものである。

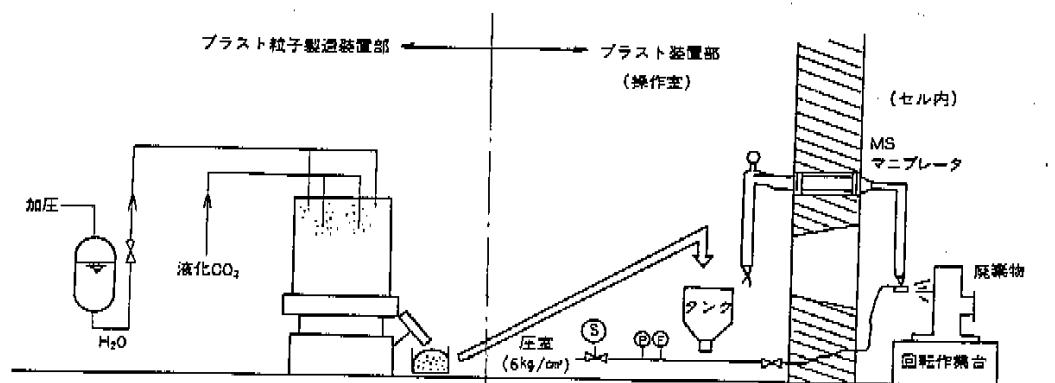


図35 アイスブラスト除染システム概念図

本除染法は、汚染金属の表面の溶解に伴い汚材核種を電解液中に移行させるもので、理論的には汚染をゼロにすることが期待できるため区分管理技術の除染技術として有望な方法と考えられ、WDFでは昭和57年度より本除染法の開発に着手し、研摩効率、均一溶解性等の電解特性及び劣化電解液の再生の観点から電解液として5%硫酸を採用し、昭和58年度固体廃棄物前処理施設の除染ホールにホット用除染設備を設置した。

電解研摩システムの基本的な概念を図36に示す。金属で構成される廃棄物に導電性を示す電解液中で正の電荷を加えると金属表面が、陽イオン形態で電解液中に移行し、除染される。また、電解研摩を継続して行うことにより、電解液中の金属イオン濃度が上昇し、これが30g/l以上に達すると研摩効率が3～4分の1に低下するとともに最終的には、劣化電解液が2次廃棄物となる。そのため、劣化電解液の再利用技術として電解過程と逆のメッキの原理を利用して劣化電解液中から金属イオンを回収し、電解液の再生・長寿命化を図る電着再生法の開発を実施している。本技術は、特に再生時のPH制御が重要であり、再生が行われる陰極と陽極の間には硫酸イオン(SO_4^{2-})を選択的に透過する電解隔膜を配している。

一方、電解研摩除染法は、塗装等の絶縁物を施した廃棄物表面は研摩できない欠点を有するが、これらを効果的に剝離除去する技術として溶剤を用いた方法について試験検討を行い、メチレンクロライド

溶剤を利用した前処理工程の可能性を確認した。

WDFにおいて現在までに行ってきた照射後燃料等により汚染された実廃棄物の除染結果から本除染法の高い除染効果を確認するとともに、超音波洗浄法等との比較評価(図37)並びに汚染分布(写真2)及び研摩金属相の観察(写真3)から、金属結晶粒界中にまで入り込んだ強固な汚染に対しても、硫酸系電解除染には高い効果が達成できることが明らかとなった。

今後、区分管理の一環として本除染技術を利用することが、経済的、安全性確保等の観点からも有効であることを、試験評価、解析を行う中で実証していく所存である。

3.3 レドックス除染法

本方法は電気化学的な除染法の1つであり硝酸に強酸化剤として4価のセリウム塩 Ce(IV) を添加して、金属や汚染物質の溶解を促進し、一方還元された Ce(III) を電解によって4価に酸化することにより酸化剤を再生する法である。

本除染法では電解操作と除染工程は、電解研摩除染法とは異なり基本的に別と考えられるので、除染液が被対象物に接触すれば除染は進行し電解研摩よりも高い均一溶解性を期待できる。(図38)

WDFでは本除染法に着目し、昭和60年度より中規模(100 l 除染槽)でのゴールド除染試験を開始しており、表面粗さの異なる平板及びバルブ等の研摩試験において高い均一溶解特性等の有効性を確認し

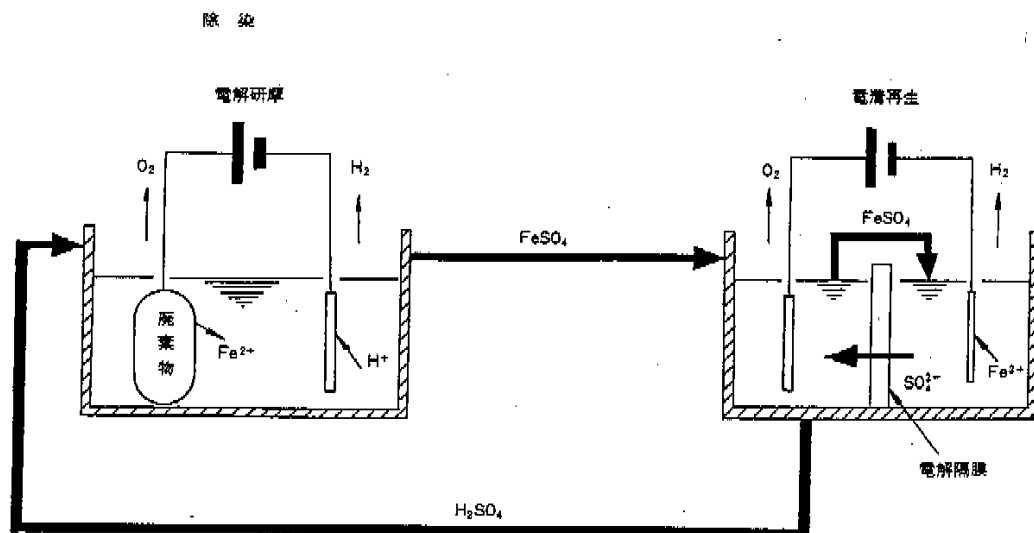


図36 電解研摩除染システム概念

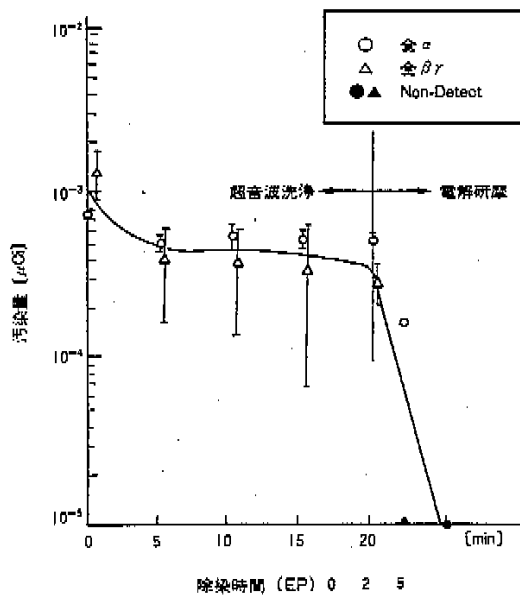


図37 超音波洗浄除染後電解除染

ている。

しかしながら、本除染法は、セリウムの強酸化性故に除染装置を構成する材料の選定・評価並びに劣化除染液の処理等の重要な課題も残っており、今後これらを解決し実廃棄物を用いてホット試験を行っていく予定である。

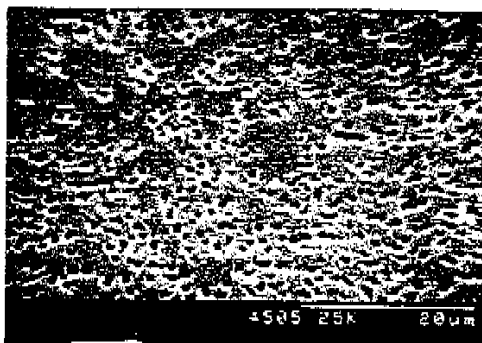
3.4 解体技術開発

核燃料サイクルを形成する各施設は、その構造・形状・材質等が多種多様であることから内装する設備を解体する場合、必要な解体技術も多岐にわたる。

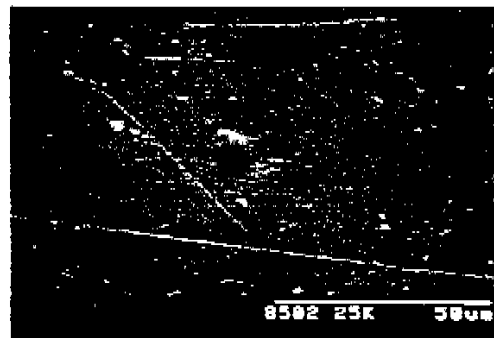
そのため、WDFにおいては解体技術の開発として多種多様な廃棄物の解体適用性が高いプラズマ溶断技術を中心とし、解体技術、周辺技術、遠隔操作技術の開発を実施している。また、将来の施設デコミッションingを想定し、解体技術の高度化を目指しレーザー解体技術の研究開発も実施している。

3.5 プラズマ溶断技術の開発

プラズマ溶断法は、一般産業界では広く利用され



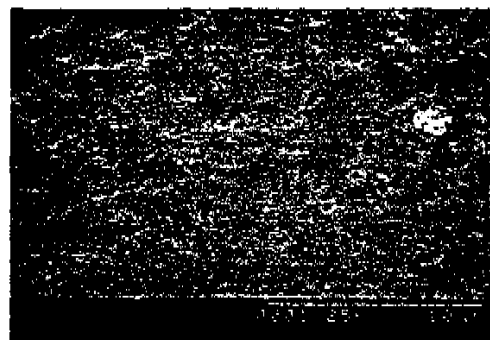
除染前



電解研磨後



超音波洗浄後

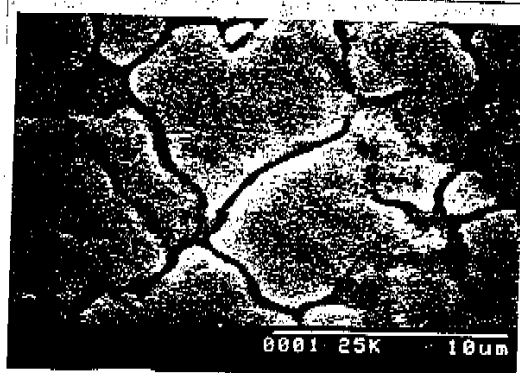


電解液浸漬後

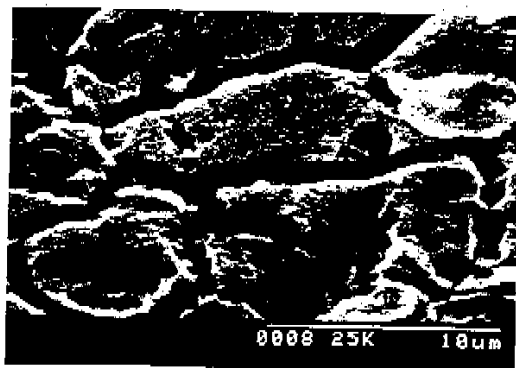
評価(αトラック法、CN-85フィルム)

写真2 汚染分布計

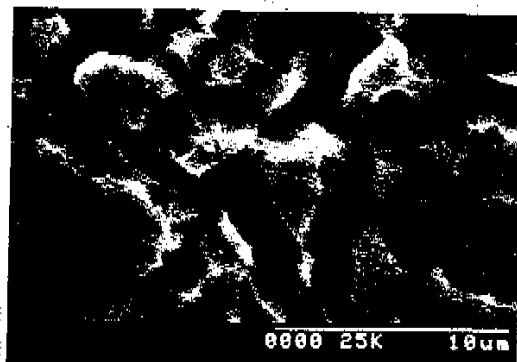
ており多種多様な金属に対してその適用範囲が広く溶断能力が高いことが特徴の1つである。そこで大型廃棄物の解体への適用にあたっては、プラズマ溶断技術の適用性、遠隔操作性及び安全性確認のための試験研究を実施し、その成果をもとにWDFにおける解体プロセスとして採用した。さらに、現在までの3年間、実廃棄物による実証運転を継続し基本



研磨前



研磨後(平均研磨厚0.9μm)



研磨後(平均研磨厚1.7μm)

写真3 電解研磨前後の金属表面状態

的な溶断特性を把握した。

さらに、プラズマ溶断法に係る技術開発として、プラズマ溶断時に発生するヒューム及びドロスの発生量低減化及び発生ヒューム回収系の小型等、周辺技術の開発を現在進めている。

一方、今後、解体撤去あるいは解体が必要な設備として、MOX加工施設のTRU廃棄物焼却炉、高レベル廃液のガラス溶融炉等の高汚染あるいは高線量の耐火材で構成されるものもあり、これらの解体にあたっては遠隔操作をも考慮した解体工法の開発が必要となっている。WDFでは、これら廃棄物の解体技術として非金属の溶断が可能なプラズマジェット切断法の適用性を検討するため耐火材の基礎的な溶断試験を実施している。これまでに得られた結果を表11に示す。これより耐火レンガの解体にもプラズマ溶断が有効であることが確認できた。今後は、溶断試験と合わせて溶断時に発生するヒューム等の評価を行う一方、その他の適用技術の検討を行い、特殊材料の解体技術開発を継続していく。

この他、プラズマ溶断技術として、水中で溶断を実施する水中プラズマ溶断法がある。本溶断法は、気中法に対して溶断能力が約1/2程度である反面、ヒューム・ドロスの2次廃棄物の発生量が少なく、水による遮蔽効果が利用できる等のメリットがある。そこで、この溶断技術を実廃棄物に適用する上で必要な、発生ヒューム・ドロスの特性評価及びそれらの回収技術、並びに複雑形状対象物を溶断の際の最適条件等の確認試験を実施し、得られた結果は、気中プラズマ法と比較評価しながら高線量廃棄物の解体処理技術の検討へ反映させていく計画である。

さらに、これら確立された技術は遠隔技術開発の成果とともに将来予想される核燃料サイクル施設で

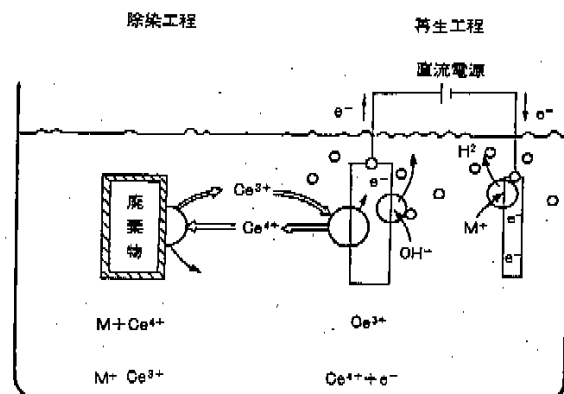


図38 Redox除染法の原理

表11 プラズマジェット溶断による特殊材質溶断試験結果の一例

		[単位: mm]					
耐火物名	イソライトレンガ	耐火レンガ	高アルミナ質レンガ	ジルコニア系レンガ	ジルコニア系レンガ	クロム系レンガ	SS材
項目		SK-34		CS-3	CS-5	K-3	
溶断物形状	230 × 114 × 65 t	225 × 110 × 60 t	230 × 113 × 65 t	260 × 200 × 50 t	247 × 110 × 74 t	233 × 116 × 102 t	300 × 200 × 20 t
溶断性	溶断速度 62.5mm/min において	板厚65mmは十分に溶断可能	板厚60mmは十分に溶断可能	板厚65mmは十分に溶断可能	溶断によって碎ける (但し K-3 はどではない)	溶断によってバラバラに碎ける	板厚20mmは溶断可能 (但し 25mm は不可)
孔開性	耐火物上でのアーク発生時間 10秒	29.2φ × 58.8D	17.8φ × 31D	13.9φ × 28.5D	13.9φ × 30.6D	18.7φ × 27.6D	15.4φ × 31.9D
	耐火物上でのアーク発生時間 30秒	33.8φ × 84.2D	30.1φ × 40.5D	19.8φ × 43.8D	19.8φ × 39.4D	23.2φ × 39.6D	20.1φ × 57.8D

溶断電流 230A

孔開性: 耐火物上でアークを発生させその状態 (一定位置) で待機して孔の開いた寸法を測定した。(φ: 耐火物表面の径 D: 深さ)

デコミッションングに反映させる予定である。

3.6 遠隔解体技術の開発

高放射線、高汚染環境下に設置されている大型設備や複雑な形状の機器等を解体するためには、遠隔で自動的に効率良く、そして安全に解体撤去する必要がある。

このためこれまでのWDFでの実証運転等の成果を踏まえて、プラズマ溶断法を利用した可搬設置型の自動溶断解体装置の開発を実施している。

プラズマ溶断の遠隔化に伴う開発課題としては小型可搬型は当然ながら、一パス方式の倣い溶断、軌跡演算の高速化、高熱環境下でのセンシング技術等の制御方式の確立にある。

59年度遠隔技術開発の一環として、産業用ロボット技術を活用したプラズマ解体ロボットをWDF内に設置し、実廃棄物の解体に供しながら遠隔解体特性等のデータの取得に努めてきた。この解体ロボットは、処理対象物の溶断軌跡をあらかじめロボットに教示してから溶断を行うティーチングプレイバック方式を採用している。しかしながら、本方式は、被処理物が複雑形状化するとそのティーチングに費やす時間が多大であるという欠点がある。このため、溶断時の電圧の変化をロボットにフィードバックして自動的に溶断を行う電圧アークセンサーを始めとする各種センサの開発を実施中である。

これらのセンシング技術開発の成果を基にWDFα解体ホールに設置しているプラズマ溶断用ロボットを改良する予定である。

この改良では、①ロボットの操作 (任意位置へトーチの移動) をこれまでの押ボタン方式を変え、ジョイスティック及びマスターアームの双方で行えるものとする、②被処理物とトーチ間の距離設定 (スタンドオフ) は光センサーによって自動化する、③

複雑形状物溶断時のスタンドオフを自動的に制御する電圧アークセンサー等の自動溶断機能を付加させ、その機能確証する予定である。

さらに、これら改良によって得られる成果を自動溶断解体装置の設計・製作に反映してより確実な自動化・遠隔化等を図り、効率の良い解体技術の確立を目指すものである。図39に開発中の自動溶断解体装置の概念を示す。

本装置は⑧プラズマ用トーチを持ち溶断を行うためのロボット本体 (軽量・小型可搬型) これを 작동及び自動溶断させる⑨制御装置セル外からロボットを動作させるため⑩マスターアーム及び⑪ジョイスティック、さらにロボット本体を他のセルへ移動するための⑫収納容器等から構成される。

これらの技術はWDFαセルで実証を図り、その後他施設における設備、機器の更新撤去に適用していく予定である。

3.7 WDFでの実証

以上の技術開発成果は適宜、実廃棄物による実証を経て技術の確立に繋がるものである。

WDFは、βγ廃棄物やTRU廃棄物のうち特に大型の固体廃棄物をその後の取扱い及び減容処理を容易にするため、除染・解体等の前処理を行うとともに大型固体廃棄物の除染・解体技術の開発実証を行う施設として建設された。

59年3月のホットイン以降62年5月末現在まで、大洗工学センター内の照射後試験施設から発生した廃棄物の処理を通しアイスブラスト、電解研摩等の除染技術開発項目のホットデータを取得することができた。また、解体技術に関しても、主プロセスであるプラズマ溶解技術やその周辺技術及びロボットによる解体を通じ遠隔解体技術開発に必要なデータの取得ができた。

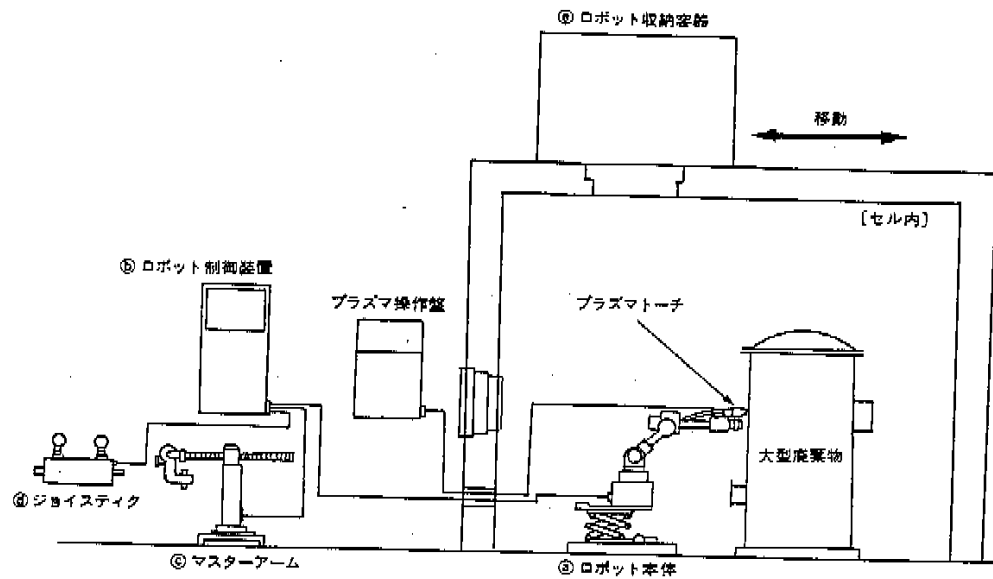


図39 自動溶断解体装置概念図

3.8 おわりに

除染・解体技術の確立は、核燃料サイクル施設のデコミッショニングはもとより TRU 廃棄物の低減化を含めた TRU 廃棄物処理処分技術開発における必要不可欠な課題である。

特に70年代には下北において民間再処理工場が操業開始するように、今後増々TRU 廃棄物の発生量

は増大する傾向にあり区分管理技術の確立は重要となる。また、東海再処理工場、MOX 加工施設等の事業団核燃料サイクル施設の大型設備の更新・撤去も今後、頻繁に実施されることが予想される。

そのため、WDF における除染解体技術の開発を継続的に進めるとともに実廃棄物の処理の経験を蓄積し将来予想される核燃料サイクル施設のデコミッショニングに反映する予定である。