

日本における OMEGA 計画：国際協力の基盤

日本の核種分離・消滅処理計画の概観

川原田 信市¹⁾

原子力発電所の安全性の保証とならんで、使用済み燃料の再処理から発生する高レベル放射性廃棄物 (HLW) の管理は、将来の原子力発電開発に影響する最も重要な要素の一つに位置づけられている。

日本では、この高レベル廃棄物の管理に関する政策では、高レベル廃棄物を安定した形に固化し、30年～50年の間冷却し、その後、深地層処分することになっている。それに加え、日本の原子力委員会では、高レベル廃棄物を有用な資源に変換し、廃棄物処理の効率を最大にするための技術開発に関心を示している。この計画を進めるために、1988年10月に「核種分離・消滅処理 (P-T) の研究開発のための長期計画」および「核種分離・消滅処理の開発」という2つの報告書を出された。この計画では2000年までの技術開発の道筋を示している。この計画は、“Options for Making Extra Gains from Actinides and Fission Products”の頭文字をとり、「オメガ (OMEGA) 計画」と呼ばれている。

同計画は、日本原子力研究所 (JAERI) と動力炉・核燃料開発事業団 (PNC) の両機関の研究成果を相互に組み合わせて行われる。また、民間では、電力中央研究所 (CRIEPI) がこのテーマについて研究開発を進めてきている。

1989年1月には、日本政府 (科学技術庁が代表) は核種分離・消滅処理技術に関する情報

交換について国際的な共同研究作業を提案した。これは経済協力開発機構・原子力機関 (OECD/NEA) の枠組の下で提案された。そして、1990年11月には日本でこのテーマに関する初会合が開かれた。同計画には、OECD加盟11カ国と国際原子力機関 (IAEA) および欧州共同体委員会 (CEC) の2国際機関が参加した。

日本における OMEGA 計画

OMEGA 計画は2つのフェーズに分けて行われる。フェーズ1は1997年までの期間、フェーズ2は1997年から2000年までである。フェーズ1では各種の概念を評価し、必要な技術の開発を目的とした基礎研究と試験を行う。フェーズ2では、技術の工学試験および／もしくは概念の実証が計画されている。さらに、2000年以降には、核種分離・消滅処理技術を実証するためのパイロット施設が建設される予定である。

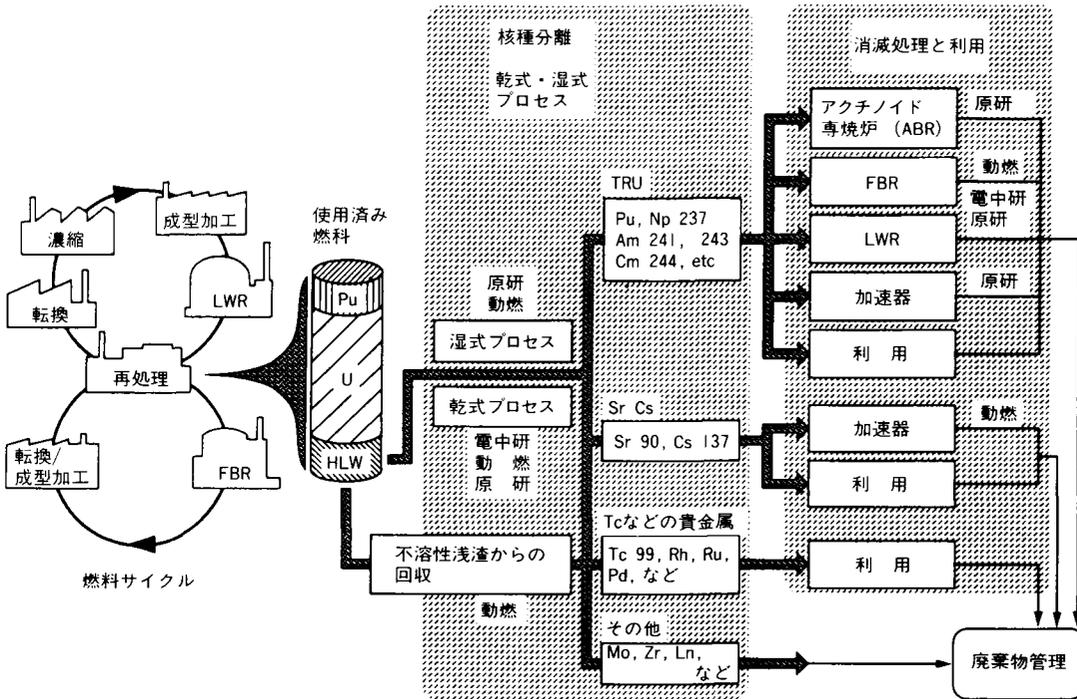
核種分離 開発すべき主要技術は次の3つである：

- 高レベル廃棄物の核種分離技術
- 再処理工程での不溶性の残渣から有用金属を回収する技術、および
- 分離された有用金属の利用技術

核種分離は、高レベル廃棄物を超ウラン元素 (TRU)、ストロンチウム/セシウム元素、テクネチウム/パラジウム元素、その他の元素、の4つのグループに分類することである。

核種分離技術をピューレクス法と統合し、使用済み燃料に含まれる有用金属を最大限に利用

1) 川原田氏は日本の科学技術庁原子力局バックエンド推進室長である。



OMEGA 計画における核種分離・消滅処理の研究開発

・管理するために、調和のとれた最適システムの研究が行われる。また、溶融塩による乾式法や昇華／揮発法による再処理での実施、適用可能性についても研究される。

ルテニウム、ロジウム、パラジウムなどの有用金属を再処理溶液の不溶性残渣から得るための回収技術が開発される。このほか、清澄・分離技術も開発される。これはたとえば回収されたパラジウム元素からの長寿命核種であるパラジウム 107 の分離などである。

分離された TRU 元素と核分裂生成物 (FP) の加工技術も、これらの将来における利用と処分のために開発される。分離されたストロンチウムとセシウムの固定化は、それらの利用・処分のために必要である。

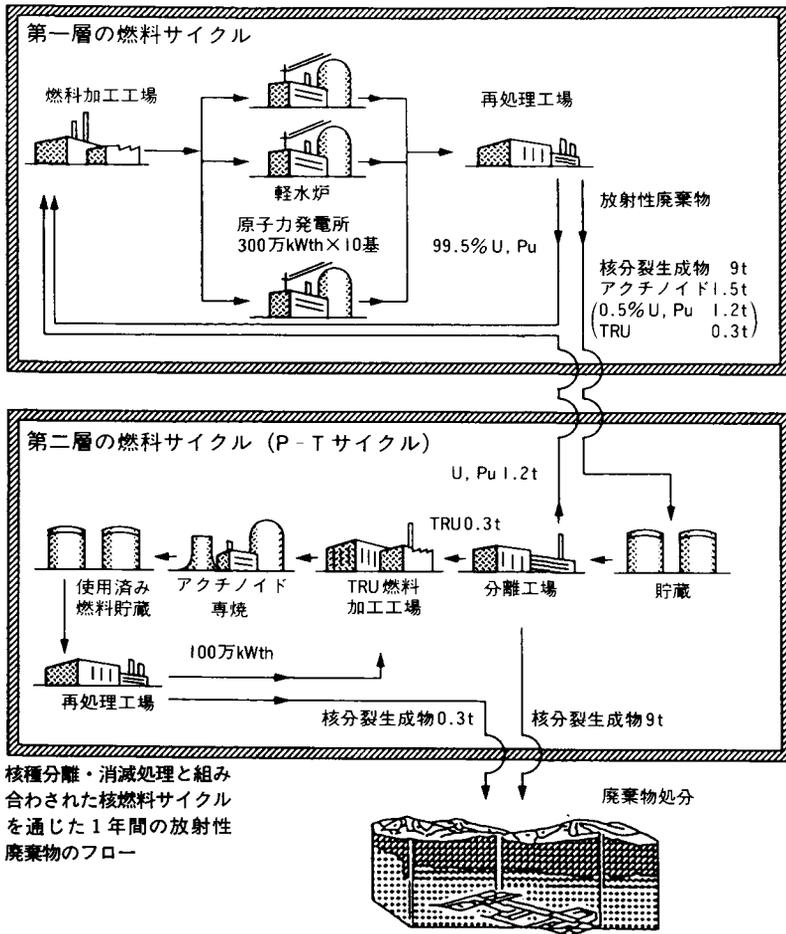
消滅処理 開発すべき主要技術は原子炉と加速器の適用の分野である。

原子炉は、TRU 核種の消滅処理の早期実現のために極めて合理的な手段を提供する。混合酸化物 (MOX) 燃料もしくは金属燃料を装荷したナトリウム冷却の高速増殖炉は、その相対的に大きい高エネルギーの核分裂のため、多くの TRU 核種の消滅処理に適用できる。TRU を燃焼する高速炉 (TRU 専焼炉) は、従来の

高速炉と比べてより効率的な消滅処理の能力があるため、技術開発の一つの候補である。プルトニウムを燃料とした熱中性子炉も代替候補の一つである。

最近のいちじるしい加速器技術の開発を考えると、加速器の適用は、消滅処理の手段としてより魅力的なものになりつつある。TRU 核種と長寿命の核分裂生成物を核破砕反応とそれとともに大量に放出される中性子によって消滅処理を行うために、陽子加速器が開発される。さらに、ストロンチウム 90 やセシウム 137 などの中性子断面積の小さい核種を光核反応で消滅処理するための電子加速器も開発される。消滅処理システムの全体のエネルギー・バランスを改善するため、加速器と未臨界燃料集合体 (未臨界炉) を組み合わせたハイブリット・システムの研究も行われる。

関連基礎研究 TRU 核種と核分裂生成物についての信頼できるデータベースは、OMEGA 計画にとって不可欠である。TRU や核分裂生成物の物理的・化学的特性に関する基礎的研究は、高レベル廃棄物からのこれらの核種の回収・分離、消滅処理を行うための原子炉もしくは加速器システムでリサイクルするための TRU



燃料の製造、ならびにこれら核種の利用のための科学技術的な理解を向上させる。これら核種の核データおよび熱力学データが、炉物理と材料開発のため計測、編集、評価される。(図参照)

OECD/NEAの活動

経済協力開発機構・原子力機関 (OECD/NEA) は、日本の OMEGA 計画の提案にしたがい、1990年にアクチノイド核分裂生成物分離と消滅処理のための国際情報交換計画を作成した。NEAの原子力開発委員会は、NEA加盟国間での核種分離・消滅処理に関する情報交換の促進について特に力を注いできた。これは核種分離・消滅処理の基礎研究の追求とこれらの研究の効率化が重要であるためである。NEA加盟各国における計画と活動は、地球規模の枠組みでの情報の共有と財源のプールにより、組織的に連結できる。

1990年に行われた最初の情報交換会議に続き、専門家会合が1991年11月と1992年3月に開催されたほか、いくつかが予定されている。第2回目の情報交換会議は、1992年11月に米国で開催が予定されている。

これに加え、従来あった3つの委員会を発展させ新たに設置されたNEA核科学委員会は、1991年12月に初会合を開き、核種分離・消滅処理の基礎科学面での研究を行うための新計画を採択した。

主要国での研究活動

日本を初めとする各国で、この国際協力の枠組みによる各種の研究開発活動が進められている。

日本 日本原子力研究所は以下の分野について、核種分離・消滅処理に関する研究を行っている：すなわち、核種分離技術、アクチノイド専焼炉の研究、高出力の陽子線加速器による消滅処理システムの研究、およびTRU技術に関する基礎的研究などである。また、二層構造の核燃料サイクルの概念も検討されている。(図参照) これは第1サイクルが従来の燃料サイクルで、第2サイクルが核種分離・消滅処理サイクルになっている。

動力炉・核燃料開発事業団では以下の分野について、核種分離・消滅処理に関する研究を行っている：すなわち、核種分離技術 (乾式および湿式法)、MOX燃料を使用した液体金属高速増殖炉による消滅処理研究、加速器を使った消滅処理システムの研究、および関連基礎研究などである。

フランス 仏原子力庁 (CEA) は1970年代からアクチノイド元素の核種分離の研究を進めてきている。ここではCECとの共同プロジェクトとして、特に高レベル廃液からのネプツニウムおよび他の長寿命核種の抽出を目標としてきている。CEAではまた、軽水炉および高速増殖炉『フェニックス』の燃料要素中のアクチノイドの消滅処理の研究を進めている。

ドイツ カールスルーエにある原子力研究センターは、使用済み燃料からアクチノイドを抽出するための研究計画を進めている。この研究もまた、熱中性子炉でのアクチノイドの燃焼の様々な可能性を検討するのが目的である。

英国 英国核燃料公社 (BNFL) では、リサイクルされるウランとプルトニウムからのネプツニウム、アメリシウム等のアクチノイド元素の除去を内容とした同社の商業用再処理工程の改善に力を入れている。

米国 オークリッジ国立研究所 (ORNL) は、酸化物燃料の照射によるアクチノイド元素の特性に関する基礎研究を進めている。一方、アルゴンヌ国立研究所では、金属燃料による一体型燃料サイクル炉 (IFR) 利用の研究を行っている。この金属燃料サイクルの特徴の一つは、ここでは全てのアクチノイド元素が回収され、リサイクルされ、消費されることにある。いくつかの大学では、高エネルギー粒子加速器を用いたアクチノイドと核分裂生成物の消滅処理の概念を打ち出している。

長期にわたる研究努力

OMEGA 計画の枠組の下、これまでに各国で種々の研究開発活動が行われている。核種分離・消滅処理技術は、長期間にわたる放射性廃棄物処分の負担の軽減、そして、資源の有効利用の一層の促進という観点からますます価値あるものとなってきている。

しかし、OMEGA 計画がすでに確立もしくは計画されている燃料サイクルのバックエンド政策の短期的な代替手段を見つけることを目標にしているのではないことを肝に命じておかななくてはならない。それどころか、OMEGA 計画は、長期間の基礎研究開発を通じて、将来の世代への利益を追求する研究努力であると考えられる。また、核種分離・消滅処理技術は、将来における高レベル放射性廃棄物の管理・処分の必要性にとって代わるものでないことが強調されなくてはならない。OMEGA 計画は、原

子力関連の研究開発の再活性化に貢献するとともに、健全な状態の下、先端技術を 21 世紀にもたらす助けとなろう。