部会活動 再処理・リサイクル部会

再処理・リサイクル部会の活動

開発支援と情報発信を目指して

2001年3月の設立以来、再処理・リサイクル部会はセミナー、国際ワークショップ、学会企画セッション等を通して、関係各機関の研究技術開発と若手技術者育成を支援し、燃料サイクル分野の社会的な理解度を深めるために、中立公平な情報を外部に向けて発信している。米国の国際原子力エネルギーパートナーシップ(GNEP)に代表されるグローバルな燃料サイクル分野の活動にも取り組み、今後もタイムリーかつ積極的な情報発信および理解獲得を目指していく。

I. 部会の歩み

設立から現在までに至る主要な活動内容をふり返る。

1. 設立

(1) 設立趣旨

再処理・リサイクル技術に関し、基礎的知見と工学的経験の整理・評価・適用、安全で信頼性／効率性のある管理手法、安全性・リスク評価、設計から廃止措置に至る望ましい規制システム、新しい再処理システム等の研究を活発化させ、国内に留まらず世界をリードするとともに、社会に発信し、産業活動と地球環境の調和に貢献する。また、国内外の研究機関、大学との連携、海外の学会への情報発信も含め、過去の経験と最新技術開発動向を議論し、今後の再処理のあり方を提言していく。

(2) 活動理念

論理的かつ中立公平に国内外へ情報発信すること、常にオープンで透明性を保つこと、研究者に学習・経験の場を与え次の世代を育てること、を基本理念とする。

設立総会の写真を第1図に示す。

2. 活動経緯

(1) 学会での企画セッション

第1図 設立記念総会の集合写真

Activities of Reprocessing and Recycle Technology Division:
Reprocessing and Recycle Technology Division
(2008年 10月31日 受理)

年に1～2回、原子力学会において、主に原子力の専門家に向けた講演会、技術討論会を主催している。

(2) 再処理リサイクルセミナー

毎年、主に一般向けにサイクル技術開発状況および方針の説明と議論を行うため、セミナーを開催している。開催地は日本各地で、2004年の青森では一般参加者からの全質問に誠実に回答し、原子力と燃料サイクルの理解に努めた。また、2005年の敦賀では地元高校生が授業の一環として参加し、開催後の討論会も含めて熱心な議論を展開した(第2図)。

(3) 国際ワークショップ

ほぼ2年に1回、世界各国の技術研究者を招いて、国際的な技術開発動向と将来展望を議論している。特に、2008年は「アジアの原子力展望」と題してアジアと欧米の研究者による討論会とし、今後2年ごとに日印中韓の4ヶ国持ち回りで開催することとなった。

国際ワークショップ以外にも、海外との協調に積極的に、2001年11月に米国原子力学会燃料サイクル・廃棄物処理部会と、2004年2月に欧州原子力学会と協力協定を締結した。また、2005年つくばでのGLOBAL国際会議は当部会が中心となって開催した。

(4) ぎんぎん技術セミナー

第2図 敦賀セミナーでの会場風景

若手研究者の育成と純技術論の探求を目的に、泊り込みで徹底的に議論する場である。

(5) 部会表彰

2005年度より部会表彰を開始した。燃料サイクル分野で功績、業績のあった会員、優秀論文を発表した研究者を毎年表彰し、栄誉をたたえている。また、セミナーやワークショップの優秀ポスター発表者も表彰している。

II. 再処理・リサイクル技術

再処理・リサイクル部会が対象としている技術・研究の進展の現状と将来展望を俯瞰する。

1. 再処理・リサイクル事業

燃料サイクル(再処理・リサイクル)の概要を第3図に示す。国内の原子力発電所(軽水炉)で発生する使用済燃料は、再処理工場で化学的に処理され、回収されたウランとプルトニウムは再利用される計画である。当面、回収プルトニウムは軽水炉燃料となるが、将来的には高速増殖炉(FBR)の燃料となる。

我が国の再処理事業は、東海再処理工場本格操業開始の1981年1月(ウラン試験は1975年9月)に始まり、約30年の実績がある。六ヶ所再処理工場(第4図)の建設が1993年4月から始まり、近い将来の運転開始を目指している。処理能力は800 t/yrで、国内原子力発電所の使用済燃料の大半を処理できる。このことは、我が国の本格的なリサイクル路線の到来を意味し、将来のエネルギー危機に対する大きな備えが構築されることを意味する。

日本原子力研究開発機構(JAEA)の東海再処理工場は、いくつかのトラブルを乗り越え、安定運転を確保し、再処理運転保守技術を国産レベルに到達させた。また、ウラン脱硝、混合転換、ガラス固化、種々保障措置など、数々の優位技術を開発してきた。こうした過去30年に及

ぶ成果は、六ヶ所再処理工場や次世代再処理技術開発に活かされている。

日本原燃(JNFL)六ヶ所再処理工場の主工程技術は、上記技術を除いては、フランス(主工程など)、英国(廃液蒸発)、ドイツ(排ガス処理)から導入されている。主工程は国内外で実績のあるピューレックス法を用い、使用済燃料の一時貯蔵、せん断、溶解、分離、精製、脱硝の各工程を経て、ウラン酸化物およびウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)を回収する。現在、アクティブ試験の最終段階にあり、2009年竣工の予定である。

2. 再処理・リサイクル研究開発

JAEAが中心となって、FBRサイクル実用化研究開発(FaCT)を推進中である。FaCTでは、将来の基幹電源としての核燃料サイクルに求められる安全性、経済性、資源有効利用性、環境負荷低減性、核拡散抵抗性に対する目標を定め、FBRサイクル、すなわち、FBR、FBR再処理、FBR燃料製造の主候補概念として、酸化物燃料ナトリウム冷却型FBR、先進湿式法再処理、簡素化ペレット法燃料製造の各技術を開発している。

FBRの課題は、ポンプ組込型中間熱交換器開発等による建屋容積・物量削減、ナトリウム取扱技術の開発、炉心安全性・耐震性の向上などである。先進湿式法再処理のプロセスフローを第5図に示す。再処理の課題は、晶析による効率のウラン回収技術の開発、アクチノイド元素(U/Pu/Np, Am/Cm)の回収技術開発などである。燃料製造の課題は、脱硝・転換・造粒一元処理技術や遠隔製造技術の開発などである。以上の課題解決により、安全性、信頼性、経済性、資源有効利用性、環境負荷低減性、核拡散抵抗性に優れた次世代システムの確立を目指している。

FaCTの副概念として、金属燃料FBRと乾式再処理・

第3図 再処理・リサイクルの概要

第4図 六ヶ所再処理工場

第5図 先進湿式法再処理のプロセスフロー

燃料製造技術も開発されている。電中研と JAEA が中心となり、更なる経済性、核拡散抵抗性の向上を目指している。

一方、FBR 平衡時代の前に到来する軽水炉から FBR への移行期の検討も開始されている。原子力政策大綱で FBR の導入開始は2050年頃と予想されており、軽水炉の寿命を考えると、FBR に完全に移行するには60年以上の年月が必要となる。この移行期間の再処理工場(六ヶ所再処理工場の次の第二再処理工場)は、軽水炉、プルサーマル炉、FBR の使用済燃料を処理するため、柔軟性が要求される。第二再処理工場の検討にあたっては、これまでの運転、補修および改善等の実績を十分反映することがまず必要である。さらに、原子力燃料サイクルのトータルコスト低減、環境負荷の低減、固有の安全性の確保も不可欠であり、日本の国情に適合した燃料サイクル(再処理・リサイクル)システムの確立が望まれる。

3. 各国の再処理技術開発状況

日本国内においては、前章で記載した技術以外に、次の技術が開発されており、現在移行期への適用性を国の検討会で評価中である。コプロセスング法は、核拡散抵抗性向上を目的に検討した U/Pu 共抽出技術である。Pu を単離しないこと以外は現行の再処理技術(PUREX 法)と同じである。FLUOREX 法は、フッ化物揮発法で U を粗分離した後、先進湿式法で U/Pu を回収するハイブリッド再処理技術である。超臨界直接抽出法は、PUREX 法の溶媒 TBP と超臨界二酸化炭素を用いて固体から直接アクチノイドを回収する技術である。NCP 沈殿法は、U 粗分離と U/Pu 共回収を沈殿法(沈殿剤：NCP)で行う技術である。イオン交換法は、イオン交換/抽出クロマトグラフィによりアクチノイドを選択的に分離回収する技術である。

米国では、GNEP 計画において、軽水炉使用済燃料の削減(高レベル廃棄物処分場の有効活用)を目的に、アクチノイド燃焼用の高速炉とアクチノイドと Cs/Sr の再処理(分離回収)システム(第6図)を開発している。

GNEP は国際原子力エネルギーパートナーシップで、米国以外の国々も協調しており、現在4企業グループが設計提案している。

フランスは、ラアーグに800 t/yr 規模の再処理施設を2基有している再処理先進国である。2006年の廃棄物管理法に基づき、高レベル廃棄物の分離変換、地層処分、中間貯蔵の3選択肢の研究開発を継続している。次世代の再処理技術としては、まず U/Pu を共抽出する COEX 法を開発し、次に、全アクチノイドを回収する GANEX 法(第7図)を開発する計画である。

アジアでは、インド、中国、韓国が積極的な原子力計画を打ち出している。インドは、2010年に高速原型炉の運転開始を目指しており、再処理技術として当面、改良 PUREX 法(Pu 非単離、アクチノイド・Cs/Sr/Pd 回

第6図 GNEP 計画における再処理フロー

第7図 GANEX 法の概略フロー

収)、将来的に乾式法の開発を進める計画である。中国は、2020年の高速原型炉の運転開始を目指し、再処理技術として当面、PUREX 法ベースの大型湿式再処理施設の建設を計画している。韓国は、2028年の高速原型炉の運転開始を目指し、再処理は容認されていないが、使用済燃料処理を目的に乾式法技術開発を推進中である。

Ⅲ. 課題と将来の取組み

日本では、今まで首相が原子力について言及することはなかったが、福田総理が原産大会での挨拶で「産官学が連携して、原子力分野の技術力を強化し、安全を確保しながら国民の理解協力のもとに、原子力の利用を進めていくことが大変重要である。」と述べた。

また、北海道洞爺湖サミットの共同宣言で「我々は、気候変動とエネルギー安全保障上の懸念に取り組むための手段として、原子力計画への関心を示す国が増大していることを目の当たりにしている。これらの国々は、原子力を、化石燃料への依存を減らし、したがって温室効果ガスの排出量を減少させる不可欠の手段と見なしている。我々は、保障措置(核不拡散)、原子力安全、核セキュリティ(3S)が、原子力エネルギーの平和利用のための根本原則であることを改めて表明する。」とうたわれた。

ウラン資源も、石油と同様に有限であり、原子力エネルギーの持続的な平和利用には、燃料サイクルが必須となる。技術力強化、安全(3S)確保、国際的理解協力を

進める上での、課題と取組みを示す。

1. 課題

燃料サイクル事業の技術的課題は、高速原型炉「もんじゅ」の運転再開と六ヶ所再処理工場の竣工、および両施設の安定・安全運転の継続である。

研究開発の技術的課題は、開発中の技術の実用化プロセスの構築と考えられる。次世代再処理技術は、FaCTプロジェクト、軽水炉からFBRへの移行サイクル検討、公募研究、米GNEPを初めとする国際的枠組み等の中で、種々開発されている。これらは、現状小規模、実験室レベルのものが多く、実規模、工学レベルへの展開に際し、改めて技術選択と資源集中が必要になる。実用化上の課題を十分調査し、専門家の英知を結集して解決策を提示する戦略が重要になる。

3Sを確保するための課題は、非核保有国で唯一再処理を許されている日本の権益の確保、国際原子力機関(IAEA)への積極的な協力、開発済みの各種保障措置・安全技術を維持・拡張、更なる核物質管理、放射性物質閉じ込め技術を開発、と考える。

国際的理解協力の課題は、幅広くかつ地道な情報発信活動の継続と考えられる。再処理リサイクルセミナー等の活動から、まだまだ国民、特に次代を担う学生の理解は十分でないと感じる。原子力界全体で理解活動に取り組む必要がある。

2. 再処理・リサイクル部会の取組み

高速原型炉「もんじゅ」の運転再開と六ヶ所再処理工場の竣工、および両施設の安定・安全運転の継続は、我が国のリサイクル路線を堅持するため重要である。JAEAとJNFLには、技術基盤を維持・向上させ、建設や運転で得られる知見を継承し、既存技術の改良や次世代技術へ発展させることが期待される。再処理・リサイクル部会も技術的観点で全面的に支援していく。

軽水炉からFBRへの移行期に稼動することとなる第二再処理工場では、当初は大部分軽水炉使用済燃料を処理するので、現行軽水炉再処理技術の高度化適用を視野に入れることとなる。一方、FaCTプロジェクトではFBR平衡期を対象に革新技術を開発しているが、第二再処理工場への適用性も考慮する必要がある。当部会では、昨年度よりサイクル技術検討ワーキングを開催し、現行の再処理技術およびFaCTで開発中の革新技術に対して率直な意見を交換している。今後も、この活動を中心として忌憚ない技術的議論を展開して、移行期および平衡期に適した再処理技術の確立に提言を行う。

3Sの確保に関しても、関係諸機関、関係者との議論を繰り返すことにより、日本の国情に適した技術開発を支援していく。特に、東海再処理工場で開発・確立された保障措置関連技術は、IAEAに高く評価されており、

その維持発展に協力する。エネルギーの大半を海外に依存する我が国は、その備え(U, Puのリサイクル利用)の手段を持つことは必須である。今後の再処理工場運転に伴う種々不具合を未然に防止する方策など、各種の具体的技術課題についても学会として客観的な立場から検討し、必要に応じて提案を行っていく。3Sの課題解決には、日本全体での取組みが必要であり、原子力学会およびバックエンド部会、核燃料部会、原子力発電部会、原子力安全部会、核不拡散・保障措置・核セキュリティ連絡会とも協調を図る。

国内外における理解活動促進には、冒頭に記載した各種部会活動を活用していく。再処理リサイクルセミナーを原子力に関係する地域で一般市民・学生を対象として開催し、わかりやすく説明して議論することにより、国内におけるパブリックアクセプタンス獲得を目指す。国際ワークショップでは、諸外国の研究者を招聘して理解活動の情報交換と国際協力を深める。2008年10月に開催したワークショップはアジアおよび欧米諸国の賛同を得て、今後「アジアの原子力展望」と題して、燃料サイクル分野を中心に、これ以外の分野にも範囲を拡張して継続していく。

第8図 第1回「アジアの原子力展望」会議

(執筆担当：日立 GE・深澤哲生，東京大学・田中 知，電中研・井上 正，電中研・天野 治，JAEA・野村茂雄)

—参考資料—

- 1) 原子力学会再処理・リサイクル部会ホームページ <http://www.soc.nii.ac.jp/aesj/division/recycle/top.html>
- 2) 再処理・リサイクル部会，“再処理・リサイクル技術開発と我が国の開発への提言”，日本原子力学会誌，50[9]，562(2008)。
- 3) 天野 治，“再処理・リサイクル部会(RRTD)の活動”，日本原子力学会誌，50[9]，567(2008)。
- 4) 佐賀山 豊，他，“高速増殖炉サイクルの技術開発”，日本原子力学会誌，50[6]，363(2008)。
- 5) 船坂英之，他，“高速炉の変遷と現状；第9回再処理関連の歴史と現状”，日本原子力学会誌，50[4]，247(2008)。
- 6) 小島久雄，核燃料サイクル工学概論，JAEA-Review 2008-020，(2008)。