

## 2. 「もんじゅ」改造工事の状況とFBRサイクル技術の将来展望

### (1) 核燃料サイクル

鉱山から掘り出されたウラン鉱石は、抽出、精錬、転換、分離、濃縮、再転換、成型加工などの工程を経て、燃料集合体に組み立てられ、原子力発電所で使用される。この使用済燃料は、再処理工場で、核分裂しなかったウランや新たに生じたプルトニウムを取り出し、再び燃料に加工して使用することができる。これらの過程から発生した放射性廃棄物が処理処分される。この一連の流れを核燃料サイクルという。

### (2) 高速増殖炉 (FBR : Fast Breeder Reactor)

核分裂の際に出る高速中性子を次の核分裂に利用し、連鎖反応を維持する装置を高速 (中性子) 炉という。連鎖反応に寄与しない中性子を核分裂し難いウラン238にあてると放射性崩壊を経てプルトニウム等になる。プルトニウムには核分裂し易いものがあり、この仕組みを利用して、炉心全体として核分裂した核物質の量より多く、新たに核分裂性の核物質を作ることができる原子炉を高速増殖炉という。「もんじゅ」は我が国唯一の高速増殖発電炉の原型炉である。

### (3) 高速増殖炉サイクル

核分裂し難いウランは「高速増殖炉」でプルトニウムに変え、「再処理」によりこれを取り出し、新たな燃料として、再び「高速増殖炉」で燃やすことができる。ウランをプルトニウムに変換し、資源の流れが輪のようにまわることから「核燃料サイクル」と呼び、高速増殖炉を中心としたサイクルを「高速増殖炉サイクル」と呼ぶ。これによりウラン資源を非常に効率よく利用し節約することができ、ウラン資源を可採可能な期間を現状の約85年から数千年に延ばすことができる。

### (4) MOX燃料 (Mixed Oxide Fuel)

ウラン酸化物とプルトニウム酸化物を混合して作った燃料。我が国では新型転換炉「ふげん」、高速実験炉「常陽」、高速増殖炉原型炉「もんじゅ」で使用されている。軽水炉で用いるMOX燃料は「プルサーマル燃料」と呼ばれ、仏国、独国などで2,000体を超える使用実績がある。

### (5) TRU (TRansUranium : 超ウラン元素)

原子番号がウラン (原子番号92) より大きい元素。ネプツニウム (Np, 93)、プルトニウム (Pu, 94)、アメリシウム (Am, 95)、キュリウム (Cm, 96) などの人工の放射性元素で、現在112番元素までが知られている。これらの中には核燃料として利用できる元素が含まれている。高速炉では、これらを効率的に核分裂させることが可能であり、環境への影響を低減することができる。

#### (6) マイナーアクチニド (MA : Minor Actinide)

使用済燃料中でウラン、プルトニウムに比べ存在量が少ないアメリシウム (Am)、キュリウム (Cm) およびネプツニウム (Np) などのアクチニド元素を言い、高速炉の燃料の一部として核分裂させることを計画している。

#### (7) 低除染燃料

使用済燃料から再利用可能な核物質を回収する再処理において、核物質に付随する核分裂生成物の除去 (除染) の程度を低め、これを原料として製造される燃料である。高速炉の炉心は軽水炉に比べて不純物の許容量 (含有量) を高くとることができるため、核分裂生成物を徹底的に除染する必要はなく、除染のための工程を簡素化することが可能である。

#### (8) 高除染燃料

再処理での核分裂生成物の除去の程度の高い再処理製品を原料として製造される燃料である。

#### (9) GIF (第4世代原子力システム国際フォーラム) プロジェクト

第4世代 (Generation IV、GEN-IV) 原子炉とは、米国エネルギー省 (DOE) が2030年頃の実用化を目指して提唱した次世代の原子炉の一般的な概念である。第4世代原子炉は、燃料の効率的利用、放射性廃棄物の最小化、核拡散抵抗性の確保などエネルギー源としての持続可能性、炉心損傷頻度の飛躍的低減と敷地外への緊急時対応の必要性排除など安全性／信頼性の向上、及び他のエネルギー源とも競合できる高い経済性の3項目の目標を満足する必要がある。このプログラムを国際的な枠組みで推進するため、アルゼンチン、ブラジル、カナダ、フランス、日本、韓国、南アフリカ、スイス、英国の10カ国と1機関 (EU) で2001年7月に第4世代国際フォーラム (Generation IV International Forum : GIF) が結成された。現在は中国、ロシアが加わり12カ国となり、6つの原子炉概念に絞って研究開発を進めてゆくこととしている。

#### (10) GNEP (Global Nuclear Energy Partnership)

2006年2月にDOEが発表した米国の先進エネルギー戦略構想の一環となる包括的な戦略。目標として、1) 米国の国外化石燃料への依存度を下げ経済成長を促進する、2) 核拡散抵抗性を高める先進的技術を活用して核燃料リサイクルを行い、より多くのエネルギーを再生産するとともに、放射性廃棄物を低減する、3) 世界の成長と繁栄、クリーンな開発を奨励する、4) 世界の核拡散リスクを減らすための最新の技術を利用する、の4項目を掲げており、この目標を実現するため、米国は単独または国際的パートナーと共に、7つの事業・技術開発に取り組むこととしている。

#### (11) 日米共同行動計画 (日米原子力エネルギー共同行動計画)

世界的な原子力回帰の動きの中で、米国は原子力推進や核燃料サイクル開発

に方針を転換した。日米共同行動計画は、日米が適切な原子力利用を協力して推進するための枠組みを確立するものであり、長い日米の原子力協力の歴史の中で極めて画期的な位置付けとされている。安全な原子力エネルギーの利用拡大と核不拡散の両立を図り、世界のエネルギー安全保障と地球温暖化対策に貢献していくこととしている。

#### (12) 先進湿式法再処理

現在稼働している再処理施設で広く使われている湿式法再処理技術をベースとし、さらに経済性、環境負荷に対して優れた特徴をもつ先進技術を適用した湿式法再処理技術である。例えば、ウラン・プルトニウムの共回収物の製品化(精製工程の削除)、晶析法の適用による処理液量低減、無機塩を使用しない試薬(ソルトフリー試薬)の利用による中レベル放射性廃棄物の発生工程削除などの研究がおこなわれている。

#### (13) 簡素化ペレット法

MOX燃料製造コストの低減を目的に、原料溶液の段階でプルトニウムの富化度を調整し、高流動性のMOX粉への転換を行うとともに、ペレット加工工程で粉末を取扱う工程を大幅に削除したペレット加工の方法。燃料加工に必要な工程数を大幅に合理化によりでき、現行のペレット法を用いた工程の約1/3の工程で燃料を加工できる見通しが示されている。

#### (14) ガラス固化

高レベル放射性廃棄物の処分のために、液体状の高レベル放射性廃棄物をガラス原料と共に高温(約1,200℃)で溶かし合わせたものを、ステンレス製の容器(キャニスタ)内に冷やし入れて固めることをガラス固化(処理)という。

#### (15) 共除染

再処理において、使用済燃料の溶解液からプルトニウムとウランを分離することなく(共存している状態で)有機溶媒に抽出し、大部分の核分裂生成物から分離すること。

#### (16) FP (Fission Product、核分裂生成物)

ウランやプルトニウムなど核分裂に伴って生じた核種の一連の放射性崩壊で生じる核種のこと。原子炉停止直後のFPの大部分は放射性であり、その半減期は1秒以下のものから数百万年に及ぶものまで幅広い。

#### (17) Pu富化度

MOX燃料中におけるプルトニウム濃度を示すもので、PuのUとPuの重量に対する割合【Pu/(Pu+U) : wt%】で定義される。

## (18) ダイ潤滑方式

ペレットの成型の際、粉末と金型の上に強い摩擦が発生すると、成型時の圧力が不均一となって製品の歪み発生や、金型が破損するなどの不具合の原因となる。このため、通常は粉末中に潤滑剤を混合させるという方法がとられる。ダイ潤滑方式とは、金型の内壁への潤滑剤の塗布と成型を交互に行い、形を崩さずにスムーズに金型から製品を大量に抜き出す方法である。この方式の採用により、従来必要であった潤滑剤添加や混合の工程を省略できる。簡素化ペレット法のペレット成型工程ではこの方法を採用している。

## (19) 晶析法

溶液を過飽和状態にして溶質を結晶として取り出す操作をいう。温度変化による溶解度変化の小さなものは蒸発濃縮により過飽和状態を作り出す。温度変化により溶解度が急激に減少するものは冷却法を用いる。一般産業分野では、薬の精製等に利用されている。旧西ドイツ・カールスルーエ原子力研究所でウランを精製するために晶析法を適用した例はある。

使用済燃料の溶解液から晶析法でウランを回収する技術は実験室レベルであり、今後、ウラニル晶析条件の把握をはじめプルトニウム及び核分裂生成物との分離性の確認が必要である。