

## 総合講演・報告4「核燃料サイクルの成立性」研究専門委員会活動報告

## シナリオ・研究開発・人材育成を俯瞰した核燃料サイクルの成立性の検討状況

Study status on feasibility of nuclear fuel cycle by overlooking energy scenario, R&D and human resource development

## (4) 原子力需要の減少シナリオにおける評価

(4) Evaluation of scenarios with descending demand for nuclear power

\* 齊藤 拓巳<sup>1</sup>、西原 健司<sup>2</sup>、長谷川 秀一<sup>1</sup>、本間 俊司<sup>3</sup>、村上 朋子<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学、<sup>2</sup> 日本原子力研究開発機構、<sup>3</sup> 埼玉大学、<sup>4</sup> 日本エネルギー経済研究所

## 1. 緒言

2011年の福島第一原子力発電所事故後、安全性の確認のために一旦全ての原子力発電所が停止し、その後新規制に適合することで安全性が確認された発電所から設置変更許可を受け、再稼働を果たしているものの、その数は限られている<sup>1</sup>。また、国のエネルギー基本計画では、原子力発電を発電時にCO<sub>2</sub>排出の無い、重要なベースロード電源として位置づけているが、多くの原子炉が40年の運転期間を迎え、高経年化対策や追加の安全対策への費用が電力会社の経営に大きな負担となっている<sup>2</sup>。このような状況の下、将来の核燃料サイクルのために必要となる技術開発・人材育成を議論するために2017年に設立された「核燃料サイクルの成立性」研究専門委員会では、将来、原子炉の再稼働や新設が進まず、原子力の発電容量が減少するシナリオも含めて評価対象に含めることとした。本発表では、「(2) 多様な原子力発電シナリオに対する諸量評価」における原子力需要の減少シナリオに対する諸量評価結果に基づき、そのようなシナリオ下で顕在化するであろう核燃料サイクル上の技術的、社会・制度的な課題の抽出を行った結果を紹介する。

原子力発電は、他の発電方式、特に火力発電と比べて、使用済み燃料も含めた燃料の管理期間が長く、発電所の運転における燃料サイクルの重要性が高いことが特徴である。この点は、原子力発電の需要が減少する状況、あるいは、完全に需要が無くなり、発電が行われない状況においても、使用済み燃料や高レベル放射性廃棄物の管理、処分を含む多様な核燃料サイクル上の技術開発や施設の運転を長期間維持していく必要があるという点で重要である。

## 2. 評価手法

原子力需要の減少シナリオでは、まずシナリオ全体を廃止措置に入っている、あるいは、廃止措置を表明している原子炉を除く全ての原子炉が20年の運転期間の延長申請を行い、60年間の運転期間終了後、停止するシナリオ(シナリオC)と、現在、運転期間の延長申請が認可されている炉のみ60年間の運転期間とするシナリオ(シナリオC')に大別した。さらに、各シナリオにおいて、(1) 再処理無しシナリオ(ワンスルー、シナリオC-1、および、C'-1)、(2) 国内での軽水炉MOX燃料の利用によるPu消費量とバランスさせるように使用済み燃料の一部を再処理するシナリオ(シナリオC-1.5、および、C'-1.5)、(3) 使用済み燃料の全量を再処理するシナリオ(シナリオC-2、および、C'-2)を考え、それぞれ、ウラン需要や燃料貯蔵、Pu量、ガラス固化体本数などの諸量評価を行った。そのようにして得られた諸量評価結果を元に、各シナリオにおいて、主に、発生する使用済み燃料やガラス固化体、分離Puへの対策の点での核燃料サイクル上の技術的課題と社会・制度的な課題を抽出し、それらをまとめて、原子力需要の減少シナリオ下で、核燃料サイクルに求められる技術開発・人材育成を議論した。

## 3. 結果と考察

本シリーズ発表の「(3) 原子力需要の成長またはゼロ成長シナリオにおける評価」と比較した、原子力需要の減少シナリオの特徴は、使用済み燃料やガラス固化体の発生時期が明確に定まり、また、それらの発生量も限定されることが挙げられる。例えば、将来的な再処理を仮定しないシナリオC-1、C'-1では、全ての原

子炉の運転が終わる 2080 年、あるいは、2060 年に、それぞれ、48,000、34,000 tHM の軽水炉ウラン燃料由来の使用済み燃料が発生する (図 1)。また、使用済み燃料の一部の再処理を仮定するシナリオ (C、C'-1.5) や全量再処理を仮定するシナリオ (C、C'-2) では、軽水炉ウラン燃料由来の使用済み燃料の一部がプルサーマル由来の使用済み MOX 燃料に置き換わる。なお、ここで、原子力需要の減少シナリオでは、経済的、および、U 資源上のメリットが小さいことから、使用済み MOX 燃料の再処理は想定しなかった。さらに、発生するガラス固化体の本数は、シナリオ C-1.5、2 では、2080 年時点で、それぞれ、45,000、54,900 本となり、シナリオ C'-1.5、2 では 2060 年時点で、それぞれ、21,600、37,100 本となる。

このような各子シナリオにおいて抽出された個別の課題を整理した結果を以下にまとめる。なお、シナリオ C 群と C'群では、運転期間を延長する原子炉の基数が異なることで、使用済み燃料やガラス固化体の発生時期と発生量が異なるのみであり、抽出される課題は共通であることから、ここでは、全基 20 年間の運転延長を行うとしたシナリオ C 群に対する検討の結果の一例を紹介する。

#### (A) 使用済み燃料の管理・処分

原子力需要の減少シナリオでは、高速炉サイクルへの移行がないために、想定した 3 つの子シナリオいずれの場合も、量の大小の違いはあるものの、使用済みウラン燃料、使用済み MOX 燃料、ガラス固化体の管理、処分が求められることになる。特に、使用済み燃料の直接処分は、我が国では技術的な成熟度がガラス固化体の地層処分と比べて遅れていることから、先行しているスウェーデン、フィンランドなどの例を参考に、処分概念の確立や安全評価手法のための技術開発を進める必要がある。また、処分場の立地、建設は数十年以上の長期間を要することから、再処理工場から返却分も含めた使用済み燃料の長期保管の場所、方法に加えて、社会的合意を原子炉自体の廃止措置との関係から検討する必要がある。

#### (B) 分離 Pu 対策

シナリオ C-2 では、限られたプルサーマル容量の中で、使用済み燃料の全量再処理を行うことから、余剰の分離 Pu が発生する。また、Pu の分離と消費をバランスさせるシナリオ C-1.5 でも、プルサーマル対応の発電所の計画外の停止等により、Pu 消費のバランスが崩れ、分離 Pu が発生することも想定される。そのような分離 Pu への対策として、将来的な Pu 専焼炉とそれに付随した燃料サイクルの導入、あるいは、保管や直接処分、さらには、海外への譲渡に向けた技術開発や制度設計が求められる。また、そのような分離 Pu 対策に対する保障措置、国際政治上の懸念や社会による受容も課題である。

#### (C) 再処理工場の高経年化対策

シナリオ C-2 では、全量再処理を行うために再処理工場を 60 年以上操業する必要があるため、原子力プラントと化学プラントの両方の性質を有する再処理工場の高経年化の評価と対策、そして、社会の合意が求められる。

冒頭でも述べたように、原子力需要の減少シナリオでは、関連産業が縮小する中、さらには、完全に原子炉の運転がなくなった状況下で、使用済み燃料やガラス固化体の管理、処分のための技術開発、事業の推進、人材の維持が求められるという全体的な特徴がある。企画セッションにおける発表では、各子シナリオの特徴を諸量評価の詳細な結果を交えて説明すると共に、そこでの技術的、社会・制度的な課題を具体的に紹介

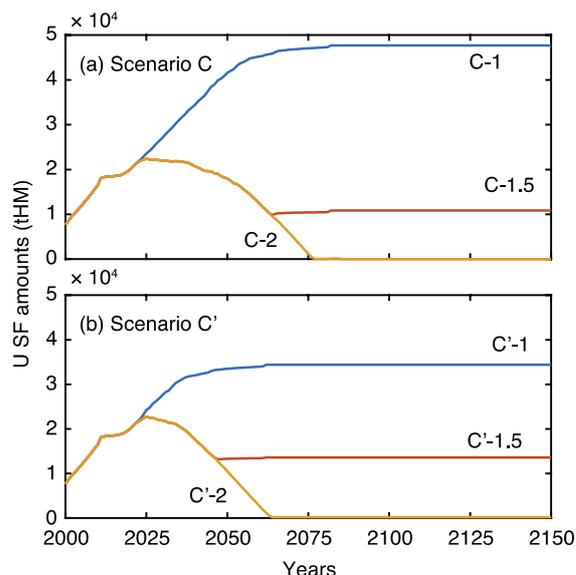


図 1. シナリオ C (a)、C' (b)における使用済みウラン燃料貯蔵量の推移。要差し替え

する。

#### 参考文献

- 1) 資源エネルギー庁、“日本の原子力発電所の状況”、

[https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/nuclear/001/pdf/001\\_02\\_001.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/001/pdf/001_02_001.pdf).

- 2) エネルギー基本計画（平成30年7月）

[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/pdf/180703.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf)

---

\*Takumi Saito<sup>1</sup>, Kenji Nishihara<sup>2</sup>, Shuuichi Hasegawa<sup>1</sup>, Shunji Honma<sup>3</sup>, Tomoko Murakami<sup>4</sup>

<sup>1</sup>The University of Tokyo, <sup>2</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>3</sup>Saitama University, <sup>4</sup>IEE Japan