

- 参考資料 -

- 1 海外の動向（フランス原子力庁の放射性物質の持続可能な管理に関する報告書）
- 2 技術の達成度の評価
- 3 研究開発に利用する施設

平成25年5月1日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

1. CEA2012年報告書の概要

① 報告書の位置づけ

- 放射性物質及び廃棄物の持続的管理に係る2006-739法(2006年6月28日)では、使用済燃料管理方針を定義、以下2原則を補足；
 - 適切に処理した最終放射性廃棄物の量及び毒性を低減する使用済燃料処理・リサイクル政策の妥当性を確認する
 - 高レベル且つ長寿命の最終廃棄物については深地層処分をレファレンスとする
- また、政令PNG-MDR(2008年4月16日, 2012年4月23日)により2006-739法(2006年6月28日)を補完。CEAに対し、以下の方針のもと「長寿命放射性元素の分離・核変換研究を取り纏めること」を要請。
 - 2005-781法(2005年7月13日)第5条 に述べる次世代原子炉に係る研究及び廃棄物核変換に特化した加速器駆動未臨界原子炉研究と関連して実施する
 - 2012年までに産業化見通しを評価する
 - 2020年12月31日までに原型施設(プロトタイプ施設)を運開する、このため2012年報告書によってオプション選択が可能であるように取り纏める
- 同要請に従いCEAは報告書を取り纏めた。
- 現在フランス政府が、本報告書のレビューを実施中。



1. CEA2012年報告書の概要

② 報告書の構成

- CEAが放射性廃棄物管理機関(ANDRA)、国立科学研究センター(CNRS)、大学、アレバ社、フランス電力(EDF)と共同でまとめた
- 報告書は5巻構成
 - 第1巻: 第4世代原子炉による放射性物質の持続可能な管理
 - 第2巻: 長寿命放射性核種の分離・変換
 - 第3巻: 第4世代ナトリウム冷却高速中性子炉—技術実証炉ASTRID
 - 第4巻: 第4世代ガス冷却高速中性子炉—実験炉ALLEGRO
 - 第5巻: まとめと勧告

1. CEA2012年報告書の概要

③ 第5巻「まとめと勧告」の概要(1/2)

1. 使用済燃料に含まれるU,Puのリサイクルをベースとした第4世代システムの開発により、核物質の持続可能な管理に応え、温室効果ガスを排出せず、安全かつ経済競争力のある電力生成を行うという将来の見通しを描くことができる。
2. 持続可能なエネルギー供給安全保障だけでなく、雇用・経済の観点で、第4世代型原子炉(高速炉)の開発はフランスにとって有益である。
3. フランスでは、2種類の第4世代型高速炉システム(ナトリウム冷却型とガス冷却型)を研究中。ナトリウム冷却型は、今世紀前半に開発されており、豊富な実績に基づく産業成熟度及び将来開発への道筋が明確にされていることから、今日の最良のレファレンスである。一方、ガス冷却型は様々な側面から興味深い代替選択肢ではあるものの、技術を実証するにはまだ多くの研究努力が必要である。
4. 60万kWeのナトリウム冷却型高速炉プロトタイプモデルの技術実証施設ASTRID(Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration)は、産業化に向けて必須のステップである。今後、研究開発を展開していくことで、特に安全性及び運用性に関する革新的オプションの選択が可能となる。
5. ASTRIDプロジェクトは幅広い協力体制の下で進められている。フランス国内ではフランス電力(EDF)、アレバ社、アルストム社、ブイグ社、コメックス・ニュークレエール社など、国外では東芝、ロールスロイス社、アストリウム社などが参加している。2017年までに詳細設計検討を完了し、2020年代前半頃に運転開始を目指した建設フェーズ開始を判断する。

1. CEA2012年報告書の概要

④ 第5巻「まとめと勧告」の概要(2/2)

6. エネルギーの安定供給が求められる国では、短期的に高速炉の運用が進められる可能性がある。フランスでも様々なオプションを検討中である。第一段階として、高速炉を基数を限定して導入し軽水炉と併用する段階的アプローチが適切である(大規模導入は第二段階に予定)。一方、高速炉の導入計画が遅れるケース(2080年から導入)の検討結果から、2040年頃に予定される第一段階の導入開始時期を遅らせるべきではない。
7. 高速炉は(核)物質管理の観点から柔軟性が極めて高い。必要に応じて、外部資源の天然Uに頼らず電力供給する。また、原子炉閉鎖後に残される核物質を(燃焼炉または転換炉モードで)減らすことができる。
8. MAの核変換は、深地層処分の必要性をすべて排除することはできないが、長期的には有望な道筋となる可能性がある。長寿命の高レベル放射性廃棄物の貯蔵領域を1/10に縮小することが期待できる他、数世紀後に廃棄物に含まれる放射性毒性(有害度)を1/100にまで減少することが期待できる。
9. MAの分離技術は、実験室レベルで実証済。産業化までに基本的な障害はない。
10. Amの核変換技術は、フェニックス炉でのSUPERFACT試験等で実証されている。
11. 核変換専用の施設としての加速器駆動システム(ADS)を産業として成熟させるために必要な研究開発は、臨界炉に比べ遥かに大きな規模になると考えられる。
12. 高速炉による核変換オプションを産業規模で実施した場合の影響が評価されている。最終廃棄物特性の観点から重要なメリットをもたらす一方、特に核物質サイクルの運用の観点からはデメリットにつながる。高速炉のkWh当たりの発電原価に対する、核変換実施による影響は、5%から10%程度である(kWh当たりの発電原価は原子炉型によって大きく左右されるが、核変換実施による影響は小さい)。産業規模での(核変換)実施については、種々の側面、特にMA含有燃料の製造及び取扱いの側面から評価し、研究開発を持続的に進める必要がある。

2. 技術の達成度の評価

- 主概念(ナトリウム冷却高速炉、酸化物燃料、ペレット燃料製造、湿式再処理による均質サイクル)を対象として、今後の研究開発により期待される開発効果を評価

【2009年時点の評価】(注)

【研究開発により期待される効果】

<p>炉特性・ 炉システム</p>	<p>MOX燃料炉心:「工学研究段階」への移行段階 MA含有MOX燃料炉心:核データの精度は不十分、重要な積分量評価のための積分実験も課題 Na冷却プラント:「工学研究段階」への移行段階</p>	<p>MOX燃料炉心:「もんじゅ」データにより「工学研究段階」へ移行 MA含有MOX燃料炉心:「もんじゅ」データによりAm含有炉心は「工学研究段階」へ移行 Na冷却プラント:「もんじゅ」データにより「工学研究段階」へ移行</p>
<p>燃料開発及び 照射試験</p>	<p>MOX燃料:「工学研究段階」への移行段階 MA含有MOX燃料研究:「基礎研究段階」から「準工学研究段階」への移行段階</p>	<p>MOX燃料:「もんじゅ」データにより「工学研究段階」へ移行 MA含有MOX燃料研究:「もんじゅ」、「常陽」照射試験及び照射後試験により、Am,Np含有MOX燃料については、「準工学研究段階」から「工学研究段階」への移行段階</p>
<p>燃料製造技術</p>	<p>MOX燃料製造:「工学研究段階」 MA含有MOX燃料製造:Np,Am含有は実験室規模で基本的成立性確認済み。Cm含有は未着手。 簡素化ペレット法:「準工学研究段階」</p>	<p>MOX燃料製造:「工学研究段階」 MA含有MOX燃料製造:「もんじゅ」照射試験燃料製造により、Am,Np含有は、「準工学研究段階」への移行段階に入る 簡素化ペレット法:「準工学研究段階」としての研究を概ね終了し、「工学研究段階」の計画検討に入る</p>
<p>再処理技術</p>	<p>U, Pu分離:「実用段階」への移行段階 U, Pu, Np共抽出:「準工学研究段階」から「工学研究段階」 MA分離(SETFICS):「準工学研究段階」 MA分離(抽出クロマト):「基礎研究段階」</p>	<p>U, Pu分離:六ヶ所再処理施設稼働により「実用段階」へ移行 U, Pu, Np共抽出:抽出基盤研究により「準工学研究段階」としての研究を概ね終了し、「工学研究段階」の計画検討に入る MA分離(SETFICS及び抽出クロマト):抽出クロマトの基盤研究、両者の性能比較により「準工学研究段階」に移行</p>

(注)原子力委員会 研究開発専門部会 分離変換技術検討会:「分離変換技術に関する研究開発の現状と進め方」(2009年4月)を参考に原子力機構にて評価。上記検討会では、技術の達成度を示す指標として、「フィージビリティ研究段階」、「基礎研究段階」、「準工学研究段階」及び「工学研究段階」が使用されており、本表ではこれに「実用段階」を追加した。

3. 研究開発に利用する施設

