



高速増殖炉サイクルに関する 国際的な研究開発の現状

平成17年1月13日



「国際的な研究開発の現状」の概観

- 原子力利用が本格化した後、原子力発電の急速な伸び、ウラン資源の制約などから、欧米各国では高速増殖炉実用化に向けた研究開発を開始。
 - ロシアにおいては、原型炉を22年間平均稼働率74%で運転。
 - フランスにおいては、原型炉による研究開発を継続しているが、1998年の政権交代に伴い、経済的理由から実証炉の放棄を政策決定。
 - 米国、英国、ドイツにおいては、70年代後半から90年代にかけて、エネルギー需給緩和、経済性、政治的理由、核拡散への懸念等により、実用化に向けた活動のスローダウンや開発の中断といった動きがあった。
- 活動のスローダウンや開発の中断を行った国の中でも、近年、原子力エネルギーの持続的利用の必要性や放射性廃棄物対策の観点から、高速炉サイクルの研究開発に前向きな進展が見られる。
- ロシアに加え、インド、中国では21世紀におけるエネルギー需要の急速な増加に備えて、高速増殖炉サイクルの実用化に向けた開発を積極的に推進している。
- こうした状況を踏まえて、GIF(第4世代原子力システムに関する国際的プログラム)に見られるように、日欧米を中心に高速炉の国際共同研究開発の動きが高まっている。



1 . 各国における高速炉開発の経緯と現状（米国）

【近年の状況】

米国では依然としてワンスルーの政策をとりつつも、燃料サイクルに関する研究開発を進めている。なお、MITレポートに見られるように、米国では2050年まではプルトニウム利用が不要との意見もある。

原子力に関する国際競争力、人材及び知的基盤の維持などを目的として1999年にNERI（原子力エネルギーイニシアチブ）を開始するとともに、2000年からGEN-IV（第4世代原子力システム計画）を開始した。

共和党ブッシュ政権になり、2001年には原子力を重要な国家戦略とするNEP（国家エネルギー政策）を発表した。2003年からは「処分する高レベル廃棄物（使用済燃料）を減容すること」、「毒性の高い元素の分離」及び「貴重なエネルギー源を再利用をすること」を目的として、燃料サイクルの研究開発を行うAFCI（先進的核燃料サイクルイニシアチブ）を開始した。

【過去の経緯】

世界で最も早く高速炉開発に着手しパイオニア的役割を果たし、各種の実験炉を建設、運転してきた（1951年にEBR-I:200kWe、1964年にEBR - II:2万kWe、1980年にFFTF:40万kWtなどの実験炉を運転開始）。

実験炉に続く原型炉「CRBR:38万kWe」を建設すべく準備を進めていたが、1977年に核不拡散政策の強化により計画を中止した。

1993年にはプルトニウムの民生利用の研究開発を行わないことを決定し、高速炉の設計研究を含めた高速炉サイクルに関わる研究開発は全て中止された。

米国DOEの原子力エネルギー拡大促進構想

Nuclear Power 2010

- 新規サイトの開拓
- 産業界の取引機会の拡大
- 第3世代原子炉+ 技術の開発
- 新しい許認可プロセスの実証

Advanced Fuel Cycle Initiative

- 使用済燃料からのエネルギー価値の回収
- 民生用Puインベントリの低減
- 廃棄物の毒性及び発熱量の低減
- 処分場の更なる有効活用



Nuclear Hydrogen Initiative

経済性に優れる商用規模の水素製造
技術の開発

Generation IV

下記を改良したより良い、より安全性の高い
より経済性に優れた原子力発電プラント

- 安全性と信頼性
- 核拡散抵抗性と核物質防護
- 経済的競争力
- 持続性

出典: B. Savage, USDOE, 1st COE-INES Int. Symp., Tokyo, Japan, Nov. 1, 2004.



1 . 各国における高速炉開発の経緯と現状（仏国）

【近年の状況】

1998年の政権交代に伴い、経済的理由からSuper-Phenixの放棄を政策決定した。しかしながら、Phenixを中心にマイナーアクチニド燃焼等の研究開発並びに、高温熱源の多目的利用（水素製造など）と、核燃料サイクルにおける次世代炉としてガス冷却高速炉の研究開発を推進している。ナトリウム冷却高速炉に関する研究開発は、日仏共同研究やGEN-IVの中で実施している。

また、1991年に放射性廃棄物法（バタイユ法）が制定され、2006年に廃棄物管理の実施に関する最善方策の結論を下すこととしている。放射性廃棄物による環境負荷低減及びエネルギー回収の観点から、全アクチニドを回収し、高速炉の燃料として利用するGAM（グローバルアクチニドマネージメント）計画を進めている。

【過去の経緯】

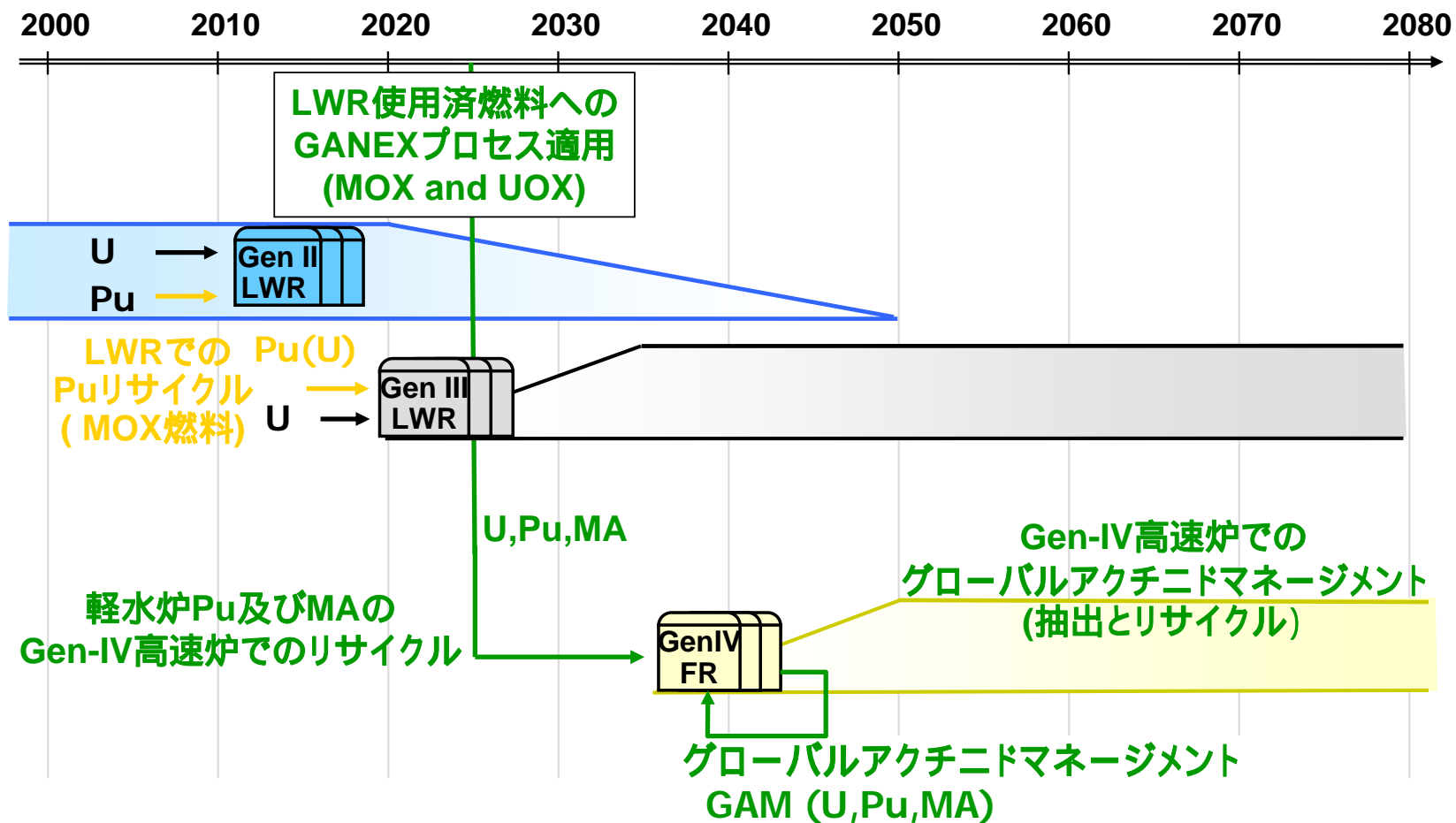
1967年に実験炉「Rapsodie：4万kWt」の運転を開始して以来、1974年に原型炉「Phenix：25万kWe」、1986年に実証炉「Super-Phenix：124万kWe」の運転を開始し、1988～1998年には欧州協力による欧州統合高速炉「EFR*：150万kWe」の開発計画を主導した。

1969年から1979年にかけてラ・アーグの再処理パイロットプラントで、1974年からはマルクールのパイロットプラントにて、「Rapsodie」や「Phenix」の燃料が処理された。

*：EFR（European Fast Reactor）は2010年代に商業用として使用することを目的として欧州各国が共同で開発。ナトリウム冷却タンク型。設計研究の段階で終了。

仏国におけるアクチニドマネージメント構想

- 軽水炉Puリサイクルから高速炉アクチニドリサイクルへ -



出典: P. Bernard, CEA, 4th Tsuruga Int. Energy Forum, Tsuruga, Japan, Apr. 26, 2004



1 . 各国における高速炉開発の経緯と現状（英国、独国）

英国

【近年の状況】

現在はPuを利用する具体的計画はないが、GEN-IVに参加している。現在の予算は、単独の開発を行っていた頃から大幅に低下している。

【過去の経緯】

実験炉「DFR:1.5万kWe」（1963～1977年）、原型炉「PFR:25万kWe」（1977～1994年）など長期にわたる運転実績と燃料再処理の実績を有する。しかし、北海の豊富なエネルギー資源の発見により、1988年に英国政府は高速炉開発予算の削減を決定した。

ドーンレイ研究所においてDFRの使用済燃料の再処理試験（1962～1979年）を行い、その後、PFR燃料を処理（1980～1996年）した。

原子力研究機関の民営化を機に、1992年には高速炉開発は民間で行うこととして、1993年以降の政府出資の停止を決定した。それ以降は、英国単独での高速炉開発を中止し、EFR計画に参加した。

独国

【近年の状況】

原子力発電そのものから撤退する政策を採用しているため、現在は、高速炉サイクルに関する研究開発はほとんど実施されていない。

【過去の経緯】

実験炉「KNK-II:2万kWe」（1979～1991年）の運転・改良に続き、原型炉「SNR-300:32.7万kWe」の建設を行うが、政治的・財政的理由から1991年に計画を中止した。それ以降は、産業界及びカールスルーエ原子力研究所（KfK:現FZK）はEFR計画の研究開発に参加した。

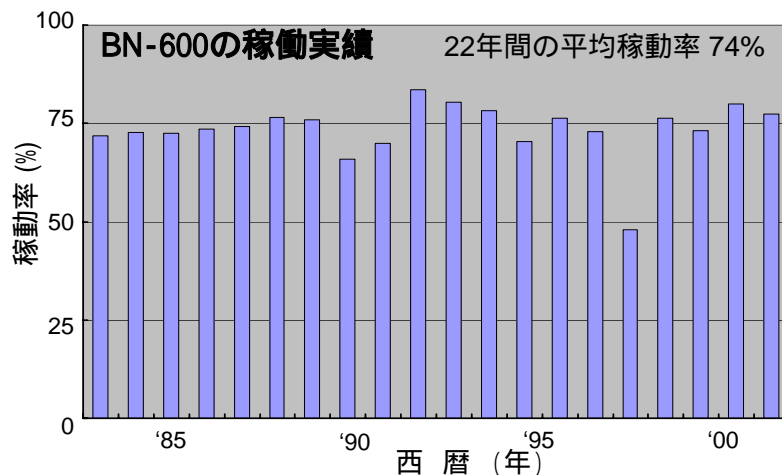
1 . 各国における高速炉開発の経緯と現状（ロシア）

1958年の実験炉「BR-5(10):0.5(0.8)万kWt」の運転開始を皮切りに、ロシア(旧ソ連)では「BOR-60:1.2万kWe」(実験炉)、「BN-350:13万kWe+脱塩」(原型炉、現カザフスタン共和国)、「BN-600:60万kWe」(原型炉)と立て続けに高速炉の建設・運転を進め、フランスとともに世界で最も熱心に高速炉開発に取り組んでいる。

「BN-350」及び「BN-600」は順調な運転実績を残し、また1986年に「BN-800:80万kWe」を着工するなど、現在も積極的な高速炉開発を進めている。BN-600は運転開始以降、多くのナトリウム漏えい、蒸気発生器の水漏えいを経験しているが、これらを含むトラブルによる稼働率の低下はわずか2%であり、以下に示すように良好な運転実績を残している。

マヤークにあるRT-1にて、高速炉(「BN-600」)使用済燃料の再処理を行っている。

2004年にロシア議会在、高速炉建設と核燃料サイクル開発計画の完結を基本とする持続的な経済発展のためのエネルギー戦略(2005～2010年)を承認した。





1 . 各国における高速炉開発の経緯と現状（中国、インド）

中国

原子力エネルギー研究開発の進め方は、人口に対してエネルギー源が不足している現状に鑑み、長期に亘って持続的エネルギーを供給する観点から核燃料サイクルを基本としている。

高速炉としてはナトリウム冷却炉の開発を進めており、現在、2008年臨界を目指し実験炉「CEFR:2.3万kWe」を建設している。

原型炉「PFBR:30～60万kWe」、実証炉「DFBR:100～150万kWe」、商用炉「CFBR:100～150万kWe」の計画がある。商用炉の運転開始目標は2030年としている。

インド

エネルギー成長のシナリオとして、「原子力エネルギーの持続的成長には高速増殖炉とクローズド燃料サイクルが不可避」との考えを提示している。

高速増殖炉としてはナトリウム冷却炉の開発を積極的に進めており、現在、実験炉「FBTR:1.3万kWe、1985年臨界」を運転している。

原型炉「PFBR:50万kWe」の2010年完成を目指して建設中であり、将来的には2020年までに4基の高速増殖炉プラントを建設する計画としている。

カルパッカムに、FBTRの使用済燃料の再処理も可能な再処理工場を建設中である。

2 . 国際協力における新たな動き

- 第4世代原子力システムに関する国際的プログラム(GIF) -

- 日仏米が中心となり、10カ国 + 1機関が参画した国際共同研究開発
- 2030年頃に初号機の導入を目標
- 検討対象6概念の内、3概念が高速炉

開発目標

(1) 持続可能性

資源有効利用性
環境負荷低減性
(廃棄物の最小化と管理)
核拡散抵抗性

(2) 経済性

コスト(資本費、運転費、燃料費)
投資リスク

(3) 安全性と信頼性

通常運転時の安全性と信頼性
炉心損傷防止
敷地外緊急時退避不要

検討対象の6概念

- ・ナトリウム冷却高速炉(SFR)
:日、仏、米等5カ国
- ・ガス冷却高速炉(GFR)
:仏、米、日等7カ国 + 1機関
- ・鉛冷却高速炉(LFR)
:2カ国 + 1機関

- ・超高温炉(VHTR)
- ・超臨界水冷却炉(SCWR)
- ・熔融塩炉(MSR)

参加国: 10カ国 + 1機関

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、イギリス、アメリカとEU