

新型炉部会・企画セッション 高速炉の国際会議FR26報告

[2K_PL01]

(1) FR26の概要と各国の高速炉開発状況

久保 重信
高速炉サイクルプロジェクト推進室
日本原子力研究開発機構

本報告は経済産業省からの受託事業である「令和5年度高速炉実証炉開発事業（基盤整備と技術開発）JPMT007143」の一環として実施した成果の一部を含む。

1. 高速炉の国際会議FR-XXの概要

2. FR-26の概要

3. 各国の高速炉開発状況

3-0. 概要

3-1. 中国



3-2. ロシア



3-3. フランス



3-4. 韓国



3-5. その他

4. おわりに



FROM INNOVATION TO IMPLEMENTATION

以下から論文、発表資料がダウンロードできます。

<https://conferences.iaea.org/event/436/>

1. 高速炉の国際会議FR-XXの概要

● 「高速炉と関連する燃料サイクルに関する国際会議（FR）」

International Conference on Fast Reactors and Related Fuel Cycles

- 主催：国際原子力機関（International Atomic Energy Agency）
- 高速炉と関連する燃料サイクルに関する情報が集まる最も大きな国際会議の一つ
- 各国の研究機関、規制機関、電力事業者、メーカー、大学、国際機関が参加
- 開催履歴（4年間隔で開催）

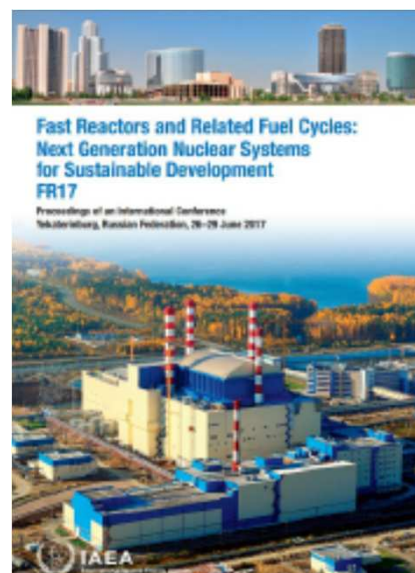
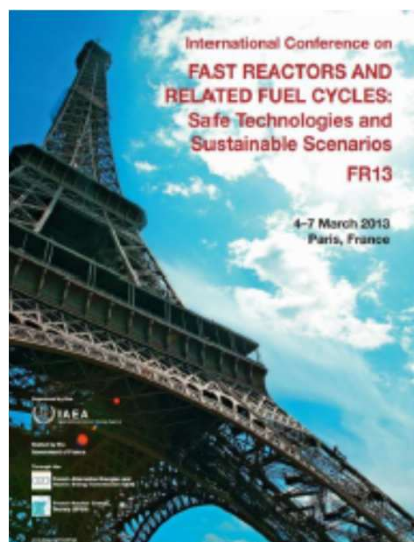
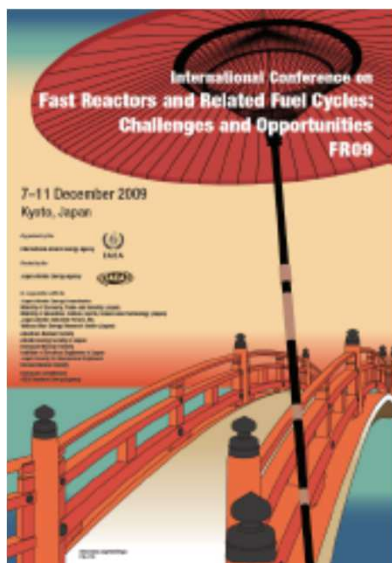
2009年（FR09）日本・京都

2013年（FR13）フランス・パリ

2017年（FR17）ロシア・エカテリンブルグ

2022年（FR22）オーストリア・ウィーン（Web併用）

2026年（FR26）中国・北京



● FR26 : 2026年5月18日～21日、中華人民共和国（北京）で開催

- ホスト国機関：中国国家原子力機構（China Atomic Energy Authority）、中国原子能科学研究院（China Institute of Atomic Energy）
- 参加者：中国、ロシア、フランス、日本、韓国、東欧諸国、イタリア、IAEA、GIF、欧州連合、高速炉開発に関心を示すエジプト等の新興国から550名以上（インドは不参加）
- 発表件数：オープニング、プレナリ、パネルを含めて約250件（中国63件、ロシア50件、フランス34件、日本9件、韓国5件、米国2件）、ポスターセッション約100件



- プレナリセッション：各国（中国、ロシア、フランス、韓国、日本）、国際機関（IAEA、GIF、OECD NEA、EC-JRC）の活動状況
- テクニカルセッション：9テーマ（9トラック）

1：革新高速炉設計	6：モデリングとシミュレーション
2：高速炉の安全性と許認可	7：経済性、統合システム、非電力用途
3：燃料サイクル技術と持続可能性	8：試運転、運転、廃止措置
4：高速炉燃料と材料	9：市民参加、知識管理、教育・研修
5：試験設備と実験	
- パネルセッション：高速炉とサイクルシステムの導入戦略（コロケーションか集中配置か）、開発と導入を加速するための技術移転
- オープニング：
 - ◆ ラファエル・グロッシ氏（IAEA）
 - ◆ 名誉議長エフゲニー・アダモフ氏（ロシア） 他

「高速炉と閉じた燃料サイクルは、原子力エネルギーの長期的な持続可能性、安全性、および責任ある利用に不可欠であると、ますます認識されつつある」

- 革新的な高速炉の設計に関するトラック1では、ナトリウム冷却高速炉（SFR）に関するセッションが4つ、鉛冷却高速炉（LFR）に関するセッションが1つ、ガス冷却高速炉（GFR）に関するセッションが1つ開催された。
 - ✓ 今回の参加国が国家プロジェクトとして取組んでいる炉型はいずれもSFR
 - ✓ LFRについてはロシアだけでなく中国やルーマニアやイタリア、ベルギーでも開発されている。
 - ✓ GFRについては、EUプログラムの一環としてスロバキアを中心とする東欧で実証炉ALLEGROの開発が進められている。
 - ✓ 溶融塩炉の設計概念に関するプレゼンが行われなかったが、フランスと韓国は開発の意向を示しており、フランスと中国から関連技術の発表があった。
 - ✓ 日本からは、プレナリセッションにおいて高速炉実証炉と燃料サイクル技術の概念設計プロジェクトの概要が紹介され、SFRに関するセッションの一つを使って高速炉実証炉の概念設計の計画と進捗状況に関する5件のシリーズ発表を行った。
- これらのセッションから得られた各国の高速炉の開発状況を、SFRを中心として以下に示す。
- なお、今回数名の参加にとどまった米国、参加を見合わせたインドも高速炉開発を進める主要国であり、米国ではテラパワー社の小型SFRであるNatrium炉が、米国原子力規制委員会から建設許可を取得して建設を開始しており、インドでは、中型SFRであるPFBRが臨界に達している。



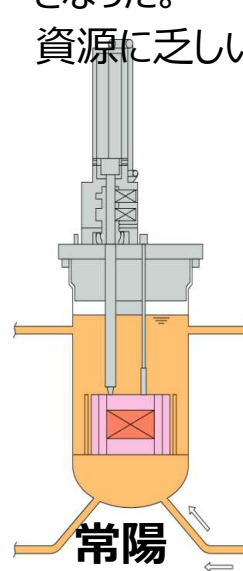
- 1980年の原子力エネルギー法に従い開発を進めている。1983年に戦略策定し、軽水炉→高速炉→核融合と導入を進める計画。
- 2026年3月のパリで開催された原子力エネルギーサミットでは、原子力発電容量は、2035年頃には150GW、2050年までには300GWとなる見込みと発表。
- CFRは2011年にグリッド接続を完了し、CFR600一号機は2023年に運転開始したと説明された。
- CFR1000は酸化物燃料だが、CiFR1000は金属燃料として酸化物燃料から金属燃料へ転換する計画が示された。建設費についてはCFR1000は<3000\$/kWeだが、CiFR1000は<2500\$/kWeと評価しており、金属燃料が有利と見ている模様。CiFR1000はサイクル施設と併設とし6ユニットを集中配置する計画。
- サプライチェーンに関しては、多くの製造業者が会場で展示を行っており、強力な印象。高速炉向けアライアンスを組んでおり、元受け300社、下請け5000社が参加しているとのこと。

- 軽水炉サイクルと高速炉サイクルの2コンポーネント戦略で軽水炉サイクルから高速炉サイクルに移行して閉じた核燃料サイクルを目指している。
- BN-1200は2034年運開を目指してベロヤルスクサイトに建設する計画。2027年にコンクリート打設開始する予定。建設費の最適化を検討中であり、軽水炉と同等を目指している。燃料は酸化物か窒化物としているが本命は酸化物で、燃料はBN-600、BN-800に供給している施設で製造する計画。
- 一方、窒化物燃料のBREST-OD-300は2028年運開を目指して建設中であり、これを大型化したBR-1200を窒化物燃料サイクル施設と併設させる計画もある。2042年までに9基の1200MWe級の高速炉を建設する計画。
- BN-600とBN-800は運転中であり、BN-800ではウラン燃料とMOX燃料のハイブリッド炉心を経てフルMOX炉心への移行を完了した。ハイブリッド炉心では、振動充填燃料とペレット燃料の両者を照射し、ペレットを選択している。Am入り燃料の照射も行っており、これもペレット燃料とのこと。

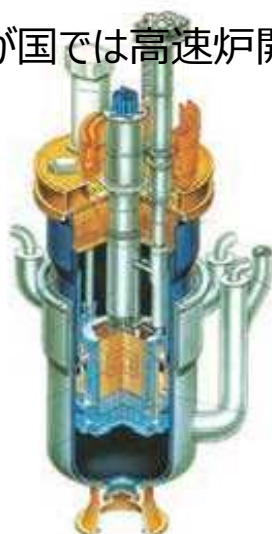
- SFRの第4世代炉の実証炉であるASTRIDのプロジェクトは基本設計段階まで進み2019年に凍結されたが、多年度計画PPE3で 原子力リバイバルを表明している。
- 今年3月にマクロン大統領による原子力政策に関する声明があり、次世紀までに高速炉の閉じた燃料サイクルを確立するとされている。
 - ✓ 現在、高速炉サイクルを実現するための計画を策定中であり、2026～2030年は予備設計フェーズ、2030年頃次のフェーズへの移行を判断し、2045年運開を目指すような計画を検討中の模様。
 - ✓ CEA、Framatome、EdF、Oranoが参加する予定。
- スタートアップ企業を支援するFrance2030ではSTEP2でCalogenaとJimmyの2社を選定し資金援助する。これらは高速炉ではなく軽水炉とガス炉である。国が主導する開発とすみ分けているようにも見えるが、SFRであるOtrera、Hexanaも民間資金を得て活動を継続する模様である。
- EdFは1000MWeのナトリウム冷却高速炉の設計概念の検討を継続している。

- ナトリウム冷却高速炉と溶融塩炉の開発を進める計画であり、前者についてはKAERIのSALUS-100（U-Zr燃料）が開発されており、ヒュンダイ社を中核とする民間プロジェクトに移行する計画である。溶融塩炉については、原子力を動力とする貨物船の動力源として開発する計画。

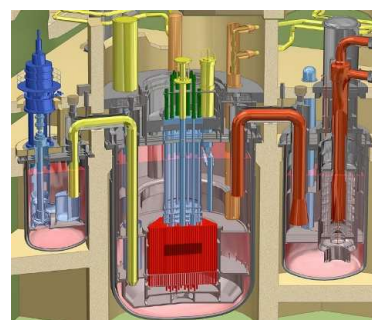
- 世界の高速炉の開発の歴史は古く、1950年代の開始から70年を超え、ようやく実用化の域に達しようとしている。
- 開発初期には米国、欧州各国が開発をけん引し、日本もこれに続いて開発を始めた。
- 高速炉国際会議FRは、今世紀に入ってから世界の高速炉とサイクル技術開発の進展を俯瞰するものとなっている。
- FR09では日本のJSFR開発ともんじゅの再稼働に向けた活動、FR13ではフランスの第4世代実証炉ASTRID、FR17ではロシアのBN-800の運転開始、FR22では産業界のSMR開発が着目され、今回のFR26では中国の開発意欲がアピールされる場となった。
- 資源に乏しい我が国では高速炉開発の意義は昔から変わっておらず、引き続き開発に取り組んでいきたい。



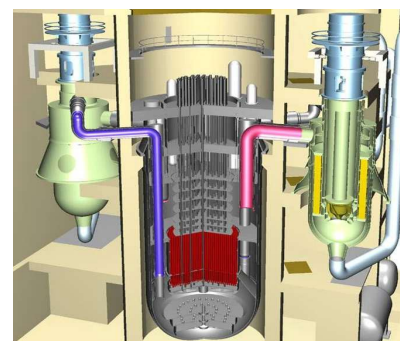
常陽
1977
初臨界



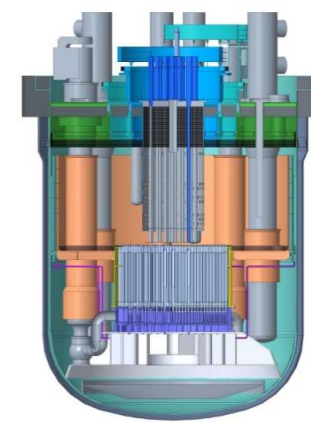
もんじゅ
1994
初臨界



電力実証炉
1990年代
概念設計



JSFR
2000年代
概念設計



高速炉実証炉
2024～
概念設計

以下から論文、発表資料がダウンロードできます。

<https://conferences.iaea.org/event/436/>

画面左のリストから、Contribution Listを選択し、発表者名を入力するとでできます。

#668 Aline des Cloizeaux (IAEA) IAEA Introduction: Fast Reactors for Sustainable Nuclear Energy

#669 Donghui Zhang (XNPC/CNNC) Development of Fast Reactor and Closed Fuel Cycle in China

#700 Evgeny Adamov (Proryv JSC) Video Welcome by FR26 Honorary Chair

#269 Roman Beltyukov (JSC Concern Rosenergoatom) EXPERIENCE IN OPERATING THE BN-800 REACTOR CORE

#244 Andrey Smelov (JSC Rosenergoatom) BN-1200M Power Unit Optimization

#51 Sergei Rogozhkin (OKBM, Russia) BN-1200 NEW GENERATION REACTOR PLANT PROJECT

#664 Stephane Sarrade (CEA) French Nuclear Strategy

#673 Sylvain Takenouti (EDF,France) France: A renewed national commitment to closing the fuel cycle

#665 Sangji Kim (Rep. of Korea) R&D Status and Prospects of Fast Reactor Technology in Korea: SFR & MSR

#658 Marco Caramello (Ansaldo Nucleare) A path towards LFRs by 2040: the EAGLES-300 roadmap

#419 Boris Kvizda (Slovak Republic) PROJECT TREASURE: TOWARDS RELIABLE AND SAFE GFR