

高速増殖炉から高速炉、そして無用の長物へ



松久保 肇

原子力資料情報室

はじめに

現在、次世代革新炉が話題になっている。それは岸田文雄首相肝いりの会議体である第2回 GX（グリーントランスフォーメーション）実行会議で岸田首相が原発再稼働促進や原発の運転期間制限の撤廃などと並び、次世代革新炉の開発・建設の検討を指示したからだ。ただ、次世代革新炉の中身について、GX 実行会議では明らかにされなかった。

では次世代革新炉とは何だろうか。実は、経済産業省は 2022 年 4 月に「革新炉ワーキンググループ（以下 WG）」を立ち上げ、革新炉の開発や革新炉の社会的価値などについて議論を開始していた。なお、筆者はこの WG に 13 人いる委員のなか、唯一の脱原発派として参加している。同年 7 月に、WG は中間論点整理「カーボンニュートラルやエネルギー安全保障の実現に向けた革新炉開発の技術ロードマップ（骨子案）」を取りまとめた。

これによれば、次世代革新炉とは、革新軽水炉、小型軽水炉、高速炉、高温ガス炉、核融合炉の 5 種類の炉型を指すようだ。経産省は、この骨子案の別添としてそれぞれの炉型の開発スケジュールを示した「導入に向けた技術ロードマップ」を公表した（表 1）。これによれば、最も早い革新軽水炉は 2030 年代半ばに運転開始することになっている。またこれまで、日本の新型炉開発の本命とされてきた高速炉は実証炉（技術的信頼性や経済性の見

通しを得たるために建設・運転される原子炉、一般に原子炉の開発は実験炉、原型炉、実証炉の 3 段階を経て商用炉に向かう）が 2040 年代半ば運転開始とされた。これは、2050 年頃の実用化を目指してきた、これまでの高速炉開発を前倒すものだ。この前倒しの根拠は定かではない。

表1 次世代革新炉の概要と経済産業省の導入見込み

炉型 ^①	内容 ^②	建設開始 ^③	運転開始 ^④
革新軽水炉 ^⑤	新しい技術を導入した大型軽水炉 ^⑥	2030 年代前半 ^⑦	2030 年代半ば ^⑧
小型軽水炉 ^⑨	おおむね電気出力 30 万 kW 以下の原子炉 ^⑩	2030 年代半ば ^⑪	2040 年代前半 ^⑫
高速炉 ^⑬	高速中性子を利用する原子炉。炉心を取り巻くブランケット領域に燃料（ブランケット燃料）を装荷すれば、その中でプルトニウムが増殖する。核分裂で使用した量よりプルトニウムが増えるため、高速増殖炉と呼ばれる。 ^⑭	2040 年 ^⑮	2040 年代半ば ^⑯
高温ガス炉 ^⑰	冷却材にヘリウムガスを用いた原子炉。炉心にセラミックなどを使うため、軽水炉に比べて高温を利用できる ^⑱	2030 年 ^⑲	2030 年代半ば ^⑳
核融合炉 ^㉑	核融合反応を用いた原子炉 ^㉒	2030 年代半ば ^㉓	未定 ^㉔

出所：革新炉ワーキンググループ資料などをもとに筆者作成

通しを得たるために建設・運転される原子炉、一般に原子炉の開発は実験炉、原型炉、実証炉の 3 段階を経て商用炉に向かう）が 2040 年代半ば運転開始とされた。これは、2050 年頃の実用化を目指してきた、これまでの高速炉開発を前倒すものだ。この前倒しの根拠は定かではない。

トラブルとしがみつき歴史

日本の原子力開発はその当初から、将来、高速増殖炉を開発することを目標に掲げてきた。例えば、原子力委員会が 1956 年に取りまとめた最初の原子力長期計画ですでに、「原子炉開発の将来の目標は、増殖動力炉の国産化」とされていた。増殖動力炉とは高速増殖炉のことだ。

日本の原子力導入黎明期、原子力開発先進国は、こぞって高速増殖炉開発に邁進していた。当時、ウラン資源は希少でいずれ枯渇するとみられたため、高速増殖炉によって、資源量の懸念を拭こうとしたためだ。だが、各国ともに開発は難航した。様々に課題があったが、特に、冷却材として用いられた液体ナトリウムが大きな問題だった。ナトリウムは水と激しく反応するからだ。たとえば、ロシアの高速増殖原型炉 BN-600 では、1997 年までに 27 回のナトリウム漏洩が発生、内 14 回は火災に至っている。ロシアだけではない。フランスや米国などでもナトリウムをめぐるトラブルが発生した。懸念されていたウラン資源の枯渇も起きなかった。

高速増殖炉が核拡散に繋がりにかぬことも問題になった。高速増殖炉では炉心の周りにブランケット燃料を装荷し、高速中性子を吸収させることでプルトニウムを増やしている。プルトニウムには核分裂性のものとそうでないものがあるが、ブランケット燃料のなかで増えているプルトニウムは核分裂性が極めて高くなるからだ。こうしたことが重なり、多くの国で高速炉開発は下火になった。今も開発に取り組んでいるのは、フランス、ロシア、中国、米国、英国などの核兵器保有国と日本だ。日本は、高速増殖原型炉「もんじゅ」をおよそ 2 兆円かけて開発してきたが、1995 年のナトリウム漏洩事故など、トラブルを繰り返し、2016 年に廃止となった。「もんじゅ」は 1994 年の運転開始から廃止までの 22 年で稼働したのはわずか 250 日だった。それでも日本は高速増殖炉開発をあきらめなかった。だが、すぐに国内で高速増殖炉を建設するめどがあるわけでもない。

そこで飛びついたのが、フランスの高速炉 ASTRID 計画だった。ASTRID (Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration) は、プルトニウムを増殖させることを目標とせず、高速中性子で長寿命の放射性物質を短寿命化することを目的とした炉だ。だが、それも都合がよかった。ウランの市場価格が極めて安価で推移する一方、日本でもフランスでも民生用のプルトニウム余剰は深刻な状況になりつつあったからだ。ところが、相乗りしたはずの ASTRID 計画を 2019 年、フランスが中止した。コスト高な高速炉は少なくとも 2050 年まで開発を検討しないという。

次に日本が飛びついたのは米国の VTR (Versatile Test Reactor、多目的試験炉) 計画だった。VTR は各種高速炉の材料試験に使うための炉として、2018 年、米エネルギー省が GE 日立に発注した。建設費は最大 60 億ドルで全額を政府が提供する。VTR に発電機能はないものの、基本となるデザインは GE 日立が以前設計した高速増殖炉 PRISM だ。2019 年には日米両政府の間で、VTR に関する協力覚書が締結されたが、この VTR 計画もまた窮地に追い込まれている。

これは皮肉なことに、GE 日立が原子力ベンチャー企業 Terra Power (テラパワー、創業者はビル・ゲイツ) と組んで始めた高速炉 Natrium の開発と関係している。現在 Terra Power はエネルギー省の支援を受けて、2028 年までの Natrium の建設を目指しているが、これも基本のデザインは PRISM だ。VTR の当初の運転開始目標は 2026 年だったが、建設開始が遅れ 2027 年着工、竣工は 2032 年まで計画がずれていた。Natrium で必要な研究を VTR で行うはずが、VTR の完成は Natrium より後になる。であれば VTR に意味はない。そこで、米議会は VTR の予算を削除

した。そして、日本が次にしがみついたのは、この高速炉 Natrium だ。2022 年 1 月、日本原子力研究開発機構、三菱重工業、三菱 FBR システムズが Terra Power と協力覚書を締結した。

いったい何のための高速炉？

日本が高速増殖炉路線を選択したのはエネルギー安全保障のためだった。日本には商業規模のウラン資源は存在しないが、原発の使用済み燃料にはプルトニウムが含まれる。このプルトニウムを高速増殖炉で増やせばエネルギー安全保障に資するという発想だ。このためには、使用済み燃料を化学的に処理してプルトニウムを分離する「再処理」と呼ばれる過程を経なければならない。ただ、プルトニウムは核兵器に転用できる物質であり、再処理技術は、核拡散に繋がるものだ。そのため、Terra Power 社は Natrium の使用済み燃料を再処理しない方針を示している。

高速増殖炉の実用化に成功しないまま、核燃料リサイクル技術の確立のためとして、日本では、使用済み燃料の再処理を国内外で続けてきた。分離されたプルトニウムはウランと混ぜた MOX(混合酸化物)燃料に加工して原発で用いる計画だった。だが、2010 年度までに 16~18 基で導入する計画が、実際には 4 基(玄海 3 号機、伊方 3 号機、福島第一 3 号機、高浜 3 号機)にとどまった。2022 年現在でも 4 基(玄海 3 号機、伊方 3 号機、高浜 3・4 号機)でしかない。消費が進まない中で再処理を進めた結果、プルトニウム保有量は 2020 年末現在 46.1 トンとなった。プルトニウムの有意量(1個の核爆発装置の製造の可能性を排除し得ない核物質のおおよその量)を 8kg としている国際原子力機関(IAEA)の基準で考えれば、約 5800 発分に相当する量だ。

有り余るプルトニウム、実用化のめどのない高速増殖炉という現実の前に、国は、プルトニウム増殖をメリットとして打ち出しにくくなった。そこで、日本の中期的なエネルギー政策指針である「エネルギー基本計画」は 2014 年から、高速増殖炉から増殖をとって高速炉と呼び変えるようになった。目的も増殖から放射性廃棄物の「減容化・有害度低減」へと変化させた。使用済み燃料を再処理すれば、使用済み燃料単体で地層処分する場合に比べ、処分体の体積や有害度を減らすことができる。当然だ。再処理すれば、プルトニウム・ウランは燃料に再利用され、再処理の過程で使用済み燃料のなかに閉じ込められていたヨウ素・希ガス・トリチウムといった放射性物質を環境中に放出する。また使用済み燃料の外側にあるジルコニウム製のさや管などは別途放射性廃棄物として分離される。そして残った高レベル放射性廃棄物がガラスに固められて地層処分されることになる。つまり「有害度低減」とは、地中に処分する前に分離するか、環境中に放出してしまうということを意味している。

さらに問題となるのは、取り出したプルトニウムを加工した MOX 燃料の使用後の取り扱いだ。使用済み MOX 燃料は通常のウラン燃料に比べて、発熱量や放射エネルギーがかなり多いため、現在、青森県六ヶ所村で建設中の再処理工場では処理できない。また、使用済み MOX 燃料に含まれるプルトニウムは核分裂性以外のものを多く含み、燃料として効率的に使えなくなっている。地層処分の処分場面積を決定する要因は処分体の体積ではなく発熱量になるため、使用済み MOX 燃料を処分する場合、結局処分場の面積はほとんど減らない。では「減容化・有害度低減」を実現するにはどうすればよいか。第一に高速炉の実用化、第二に六ヶ所再処理工場ではない新しい再処理工場で使用済み燃料に含まれる放射性物質をより細かく分離することが求められる。

しかし、高速炉に実用化の見込みはあるのか。原子炉の実用化に必要なのは、経済性だ。Natrium は経済性に優れた高速炉というふれこみだが、初号機ということもあって、初期投資に必

要な費用は 40 億ドル(1ドル 140 円換算で約 6000 億円)と見込まれる。出力は 34.5 万 kW なので、kW 当りに換算すると 170 万円になる。一般的な原発の建設費は日本では kW 当り 40 万円とされているので、およそ 3 倍ということになる。

高速炉は建設費が高いだけではない。燃料費も飛躍的に高くなる。なぜなら燃料はすべて再処理が必要になるからだ。軽水炉用 MOX 燃料とウラン燃料の価格を比較したところ、国産 MOX 燃料はトン当たりでウラン燃料の 20~50 倍高いことが分かった(図1)。高速炉用の MOX 燃料は軽水炉用 MOX 燃料よりも含まれるプルトニウム量が多くなり、結果、燃料代はより高くなる。

原子力発電は一般に初期投資が高く、燃料費が安いいため、出力一定で運転し続けられ、比較的安価な電源になりうるとされている。ところが、高速炉は初期投資が通常の原発よりも大幅に高く、燃料費も数十倍高い。仮に原発が新設できたとしても、あえて高速炉を選択する原子力事業者がでてくるだろうか。新しい再処理工場もそうだ。現在建設中の六ヶ所再処理工場の総コストは約 14.4 兆円と見積もられている。これをさらにもう 1 つ建設しうのだろうか。

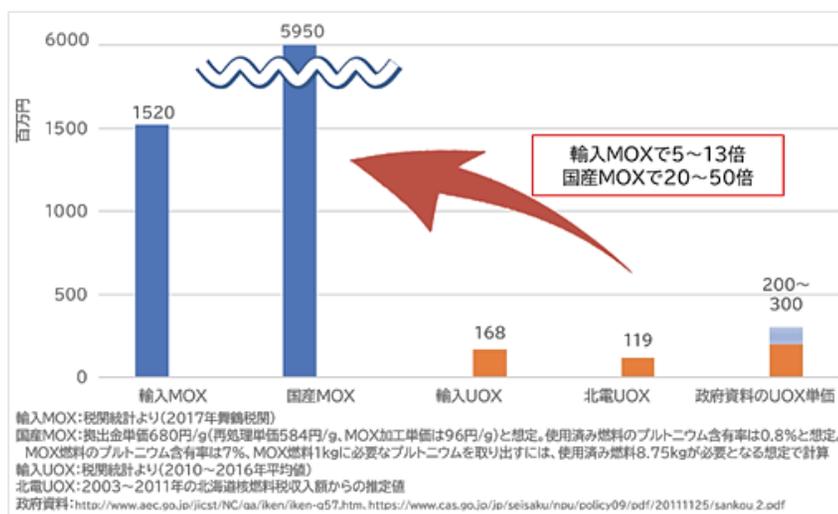


図1 MOX燃料とウラン燃料(UOX)の単価(1トンあたり)
出所:筆者作成

おわりに

高速増殖炉はかつて、日本のエネルギー安全保障の切り札としてみなされてきた。しかし、技術的困難性から開発は難航、増殖の夢は遠ざかり、核のゴミの後始末の解決へとその存在意義を切り替えた。しかし、看板を掛けかえたところで、技術的な難しさが変わるわけではない。また経済性の面でも優位性は存在しない。原子力を開始した 60 年前であれば、自然エネルギーを有効利用する技術は遠い未来だったかもしれない。だが、今日、太陽光や風力は非常に安価に電源として利用できるようになった。もはや、原子力でエネルギー安全保障を考えるのは時代遅れそのものだ。

■松久保肇(まつくぼ・はじめ)

原子力資料情報室事務局長。1979 年、兵庫県生まれ。2003 年国際基督教大学卒、2016 年法政大学大学院公共政策研究科修士課程修了。金融機関勤務をへて 2012 年より原子力資料情報室スタッフ。経産省の総合資源エネルギー調査会原子力小委員会委員なども務める。共著に「検証 福島第一原発事故」(七つ森書館)、「原発災害・避難年表」(すいれん舎)など。

編集・発行:新外交イニシアティブ(ND/New Diplomacy Initiative)

〒160-0022 東京都新宿区新宿 1-15-9 さわだビル 5F
 TEL:03-3948-7255 / Email:info@nd-initiative.org