

高速増殖炉開発の現状（原型炉まで）

動力炉・核燃料開発事業団

1. 動燃における高速増殖炉開発の経緯

（1）高速増殖炉開発の基本方針と動燃の設立

我が国では、1956年の原子力委員会発足以来、国産動力炉の自主開発に関する議論が進められ、1966年には高速増殖炉の基礎研究並びに実験炉、原型炉の建設を推進するとの基本方針が定められました（「動力炉開発の基本方針について」）。

1967年の長期計画の改定では上記方針が折り込まれ、高速増殖炉を「国のプロジェクト」として強力に推進すること、研究開発の中核として動燃事業団を設立すること、炉型としてはナトリウム冷却型の高速増殖炉を開発の目標とし、開発のステップとして実験炉の建設を経て原型炉を建設することなどが定められました。

1967年の国会における全党一致の決議を受けて、同年に動燃事業団が設立され、

- 1) 高速中性子を利用する、
- 2) プルトニウムを燃料とする、
- 3) ナトリウムを冷却材として使用する、

などの高速増殖炉の特徴に着目した、炉物理、プルトニウム燃料、ナトリウム技術、構造・材料、機器、計測・制御、安全性、等の多面的な研究、並びに「常陽」の建設準備と「もんじゅ」の概念設計などの高速増殖炉の開発業務を開始しました。

（2）ナトリウム技術をはじめとした各種技術開発

ナトリウム取扱い技術に関しては、1950年代から日本原子力研究所（原研）やメーカーにおいて基礎的な研究が行われてきました。動燃では、これらの成果を引き継いで研究を進め、1970年に茨城県大洗町に大洗工学センターを開所して、ナトリウム技術の実用化に関する本格的な研究を開始しました。

大洗工学センターではナトリウムと構造材との共存性に係わる試験やナトリウムの流動伝熱特性に係わる試験・解析などのナトリウムの物理・化学的性質に関する研究、循環ポンプ、バルブ、熱交換器、蒸気発生器などのナトリウム用の機器開発に関連した研究、また、ナトリウム取扱いに伴う安全性研究としてナトリウムの漏えいや燃焼、蒸気発生器伝熱管破損に伴うナトリウムと水との反応などに関する研究を実施してきています。これらの研究を

通じて、高速増殖炉の冷却材としてのナトリウムの優秀性を確認してきています。

また、高速増殖炉用の高性能なウラン・プルトニウム混合酸化物燃料(MOX)の開発や高速増殖炉の特徴を勘案した炉心安全性研究などの安全研究に関しても、精力的に取り組んできました。

これらの研究開発に当たっては、現象を把握するための小規模な試験による基礎的研究をまず行い、基本的な特性を把握した上で、性能確認や信頼性確認のための縮小モデルや実規模モデルでの実証的な大型試験を行うなど、段階的にステップを踏んで現象の確認や設計への反映を行いつつ研究を進めてきました。また、実験と併せて、解析手法の開発・高度化にも精力的に取り組んできました。

さらに、欧米諸国でもナトリウム技術に関する研究開発が精力的に行われていたことから、協定を締結し、国際共同研究や情報交換等を通じて多くの情報・経験を得、これらを動燃の研究開発に反映してきました。

2.高速実験炉「常陽」

(1) 役割と概要

我が国初の高速増殖炉である高速実験炉「常陽」は、日本原子力研究所による概念設計の成果を引き継ぎ、動燃により大洗工学センターに建設されました。1970年に建設工事に着工し、1977年に初臨界を達成しています。

「常陽」の主目的としては、増殖性の確認や運転・保守技術の確認などを行うことで高速増殖炉プラントの基本的成立性を実証することと、燃料・材料の照射データを蓄積することがあります。

「常陽」は、発電を目的としないことから、蒸気発生器や水・蒸気系などの発電のための設備は有りませんが、高速増殖炉プラントとして必要な基本的機器類は全て有しています。

(2) これまでの成果

「常陽」は1977年に熱出力5万kWで運転を開始し、高速増殖炉プラントの成立性を実証した後、1982年からは熱出力を10万kWに増加させた照射試験を主目的とする高速炉として、高性能な燃料や材料の開発のための照射試験を実施してきています。

この間、約20年間に亘って運転を継続してきており、総運転時間は5万時間を越えていますが、これまでに大きな事故・トラブルはなく安全に運転実績を積み重ねてきています。

これまでに、増殖性の確認を含めた **FBR** プラントの成立性を実証した他、「もんじゅ」や実証炉用の燃料・材料の開発などを行ってきました。また、高速炉の運転・保守技術の確認・高度化や照射試験技術の開発・高度化などを行ってきました。

「常陽」は、世界的にも数少ない高速中性子照射炉であり、フランスの高速原型炉であるフェニックス炉との間でお互いの燃料を交換して照射するなど、国際協力にも積極的に参画しています。

また、原研や大学との協力の下に、先進的な高速炉用燃料材料や新しい材料などの開発を目的としたような将来へ向けての照射試験も実施しています。

(3) 現在の状況

現在、「常陽」では、炉心の発熱領域を少し広げることによって照射試験のできる場所を増やし、照射に使う高速中性子の数を増やすことで照射効率を上げるなどし、全体として現状の約4倍の照射能力とする計画 (**M-III** 計画) を進めています。この改造により、熱出力は 10 万 kW から 14 万 kW に増加する予定です。

3.高速増殖原型炉「もんじゅ」

(1) 概要

「もんじゅ」は、我が国初の高速増殖炉発電プラント (電気出力 28 万 kW) であり、実験炉「常陽」に続く原型炉として、福井県敦賀市に建設されました。1985 年 10 月に本格着工し、1994 年 4 月に初臨界を達成しました。

「もんじゅ」は基本的には「常陽」をスケールアップしたプラントですが、熱出力が約7倍に増加しているほか、発電を行うことから「常陽」にない蒸気発生器、タービン発電機などの水・蒸気系設備を有しています。

開発に当たっては、「常陽」の設計・建設等の各段階で得られた研究成果・経験を活用した上で、蒸気発生器のような「常陽」にない開発項目や、機器の大型化、燃料の高燃焼度化、高温化などについては、大洗工学センターを中心に国際協力等も活用しつつ、対応するための研究開発を進めてきました。

また、軽水炉や火力発電所と共通の技術である水・蒸気系などについては、これらの技術的知見を活用しています。開発に当たっては、産・官・学の協力の下、ナショナルプロジェクトとして進めました。

(2) 目的

「もんじゅ」は、高速増殖炉発電プラントを自主開発することにより、その設計・製作・建設・運転の各段階で得られる経験や成果を蓄積するとともに技術の評価・確認を行い、実証炉や実用炉へ反映していくことを目的としています。

具体的な目的としては、以下のようなものがあります。

- ・燃料や炉心の特性などの確認を行う。
- ・発電用高速増殖炉としての運転・保守技術の確立を図る。
- ・安全・安定な運転を継続することにより、信頼性を実証する。
- ・プルトニウム利用技術体系を確立する。
- ・得られた成果及び技術を実証炉や実用炉の設計・建設・運転に反映する。

(3) 状況

「もんじゅ」は1991年5月から試運転を開始し、1994年4月の初臨界達成後、1995年8月には初送電を行いましたが、その後、1995年12月に2次主冷却系からのナトリウム漏えい事故を起こしたため停止中です。現在は、原因究明と安全性総点検を実施しているところです。

これまでにナトリウム漏えい事故以外に、「もんじゅ」で発生した主なトラブルとして、1) 2次主冷却系配管の熱変位(1991年6月)、2) フラッシュタンク(起動時にのみ用いる水・蒸気を分離するためのタンク)の圧力低下(1995年2月)、3) 給水制御系試験中における原子炉自動停止(1995年5月)を経験していますが、いずれもトラブルの原因を究明して対策を施すことにより、解決しています。

(4) 国内外(FBR)での事故・トラブルの「もんじゅ」への反映

「もんじゅ」の設計・建設に当たっては、我が国独自の研究開発の成果並びに海外の関係国における高速増殖炉の研究開発情報等に基づいて設計を行ってきました。また、海外の経験に学ぶとの視点から、海外の高速増殖炉におけるトラブル情報の入手に努め、これらを基に原因等の分析を行い、同じ原因によるトラブル発生を防止するよう設計・製作に反映してきました。

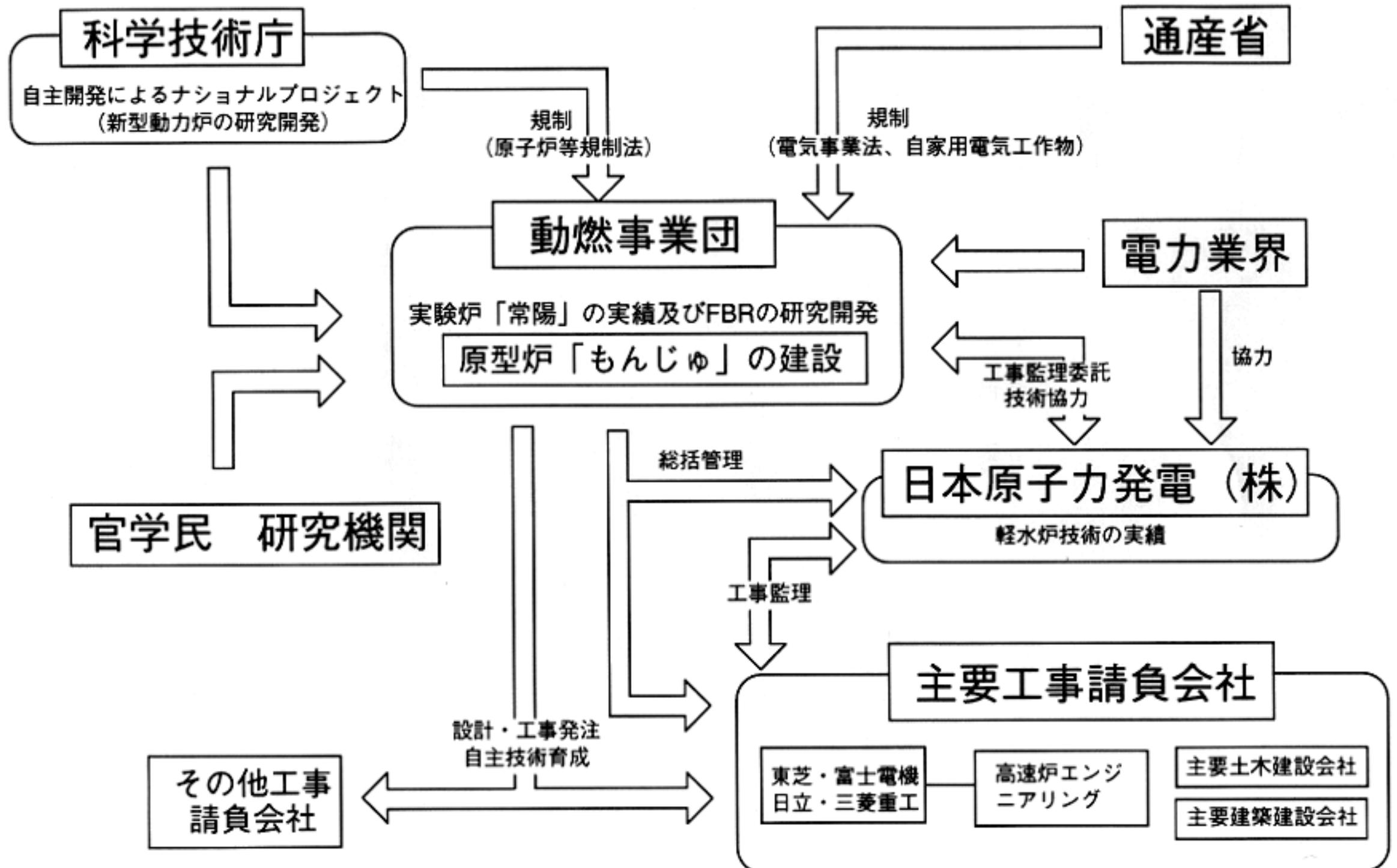
なお、1991年の米国機械学会(ASME)の基準改訂については、限られた情報しか入手し得ず、結果として「もんじゅ」の温度計設計に反映できなかったということがあり、これを教訓として防護基準案の検討を進めております。

現在実施しております「もんじゅ」安全性総点検においては、国内外のトラブル事例の反映という観点からも点検を行い、安全性の一段の強化を図り、「もんじゅ」の安全性を再確認していくこととしています。

4. おわりに

以上、動燃が実施してきました高速増殖炉開発の経緯を簡単に述べてきましたが、動燃としては高速増殖炉は日本の将来を考えていく上で必要不可欠なものであるとの信念をもって開発を進めてきております。今回の事故の発生に関連して謙虚に反省すべきことが多々見い出されましたが、こうした反省を強力なばねとして、研究開発の体制や意識を初心に戻って再確認し、国民の皆様の理解を得つつ、高速増殖炉開発に役職員一丸となって邁進してゆく所存であります。

「もんじゅ」建設体制



「常陽」、「もんじゅ」の開発経緯と関連研究開発

