

高速増殖炉開発の進め方について

関西電力（株）

取締役副社長 鷺見禎彦

1. 高速増殖炉（以下FBR）開発の意義

FBR開発につきましては、原子力を取り巻く社会情勢が非常に厳しいこと、もんじゅ事故を真摯に受け止めること、経済性について社会の要求が強まってきており、研究開発も従来にまして経済性を重視しなければならないこと等を十分踏まえる必要があります。しかしながら、資源・環境問題の観点から、長期的にみて、FBRの研究開発を行っていく必要があると考えております。

人口の爆発的增加やアジアの経済成長により、世界の長期的なエネルギー需給、地球環境問題は素観視できず、エネルギー選択肢の一つとして原子力の重要性は高まるものと予測され、FBRが実用化されれば、大幅にウラン資源の有効利用がはかれるものと期待しております。

資源小国である我が国は、再処理・FBRを中核とした核燃料サイクルの確立に向け、着実に開発を進めていくことが肝要であると考えております。

21世紀中頃にはウラン等エネルギー資源の内の幾つかは枯渇する恐れがあり、長期的なエネルギー需要予測は不確定ですが、必要な時にFBRが電源の選択肢として技術的、経済的に成り立ち得るよう、2030年頃の実用化技術の確立時期など目標を持って着実に研究を進めることが重要と考えております。

2. もんじゅについて

FBRを実用化するには着実な技術の積み重ねが必要であり、そのためにはもんじゅから実証炉へ続く開発が極めて重要と考えております。

もんじゅは、増殖性などFBR技術だけでなく、発電システムとしての安全性・信頼性を検証するためにも必要不可欠と考えております。

このため、運転体制・組織を立て直していただき、地元・国民の理解のもとに再起動し、慎重な運転をすべきと考えております。

さらに、発電システムとしての安全性・信頼性の検証が済んだ後には、新たな研究開発計画をたてて活用していくことも考えられます。

もんじゅの再起動にあたっては、動燃の事故で判明した運転管理体制等の不備を改め、社会的信頼を回復し得る体制とすることが重要と考えており、動燃の抜本的改革を行っていただき、新たな体制で進めることが必要と考えております。

実証炉の具体化には、もんじゅの再開とそれによって得られる経験が必要不可欠なことから、実証炉開発の工程は現行の原子力長計の計画より遅延するものと判断しております。

3. 実証炉開発の現状

ナショナルプロジェクトであるFBR開発において、電気事業者は昭和60年FBR実証炉の研究開発・建設主体を日本原子力発電（株）とし、実証炉の炉型をトップエントリ方式ループ型炉（出力：約66万kW）と定め、その概念設計及びそれを支える要素技術研究を実施し、水等を用いて信頼性を確認してまいりました。

今後、ナトリウムを用いた大型実証試験等の技術開発項目はありますが、ほぼ、次の段階の設計のステップに入れるぐらいの相当な技術レベルに達しております。

現在実施しております研究開発については、もんじゅのナトリウム火災に鑑み、実証炉におけるナトリウム火災対策の更なる強化や、安全性向上・要素・革新技術研究等を主体に研究を継続して行く予定であります。

我が国を取り巻く情勢は大きな変革期を迎え、国大においては行財政改革が実施されつつあり、電気事業者については国際競争力のある適切な電気料金水準にすることが求められております。

FBR開発に関してもこの観点から研究開発費・建設費低減、および開発リスクの低減が必須であります。

今後これらの観点も踏まえトップエントリループ型炉の開発を基本とし、今後の動燃改革の成果を十分に把握するとともに、もんじゅの運転経験、保守・補修経験を十分生かし、さらに革新技術も取り入れ、実用化にむけて安全性と経済性が達成しうる方策を幅広く検討していく所存であります。

実証炉開発が具体化するまでは、所要の準備にまだ相当期間が必要と予想され、研究開発の効率化を図りながらFBRの技術力の更なる向上が必要と考えております。

その先の実用化に向けた開発の進め方については、今後のウラン需給の見通しや、FBRに対する社会的受容性、技術開発の進捗度をもとに、適宜チェック＆レビューを行い、柔軟に対応することとしています。

また、我が国は欧米先進国に遅れること約20年、やっと原型炉が臨界に達した状況であります。先進諸国の技術レベルに達するまでは海外運転経験の反映や、機器の共同開発など先進諸国の優れた技術をキャッチアップしながら国際協力を実施し、今後更に強化することを考えております。

FBRを実用化するためには炉のみではなく燃料サイクルの実用化も必須であります。実証炉については電気事業者が主体となって開発することにしておりますが、FBR燃料サイクル研究については、基礎基盤的研究開発要素が多々あり、今後とも国が主導で実施していただくことをお願いいたします。

FBR研究開発の様な総合技術開発は、実際に実物を設計・建設・運転・保守する経験を積まなければ、現実のものとはなり得ません。従って我が国としては、資源・環境問題の観点より、着実にこの研究開発を継続していくことが必要と考えております。

以 上

FBR開発の進め方について

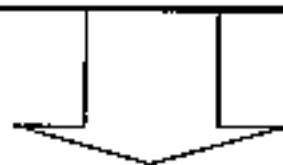
関西電力(株)取締役副社長
鷲見禎彦

平成9年 8月27日

高速増殖炉開発を巡る状況

FBR開発で踏まえるべき状況

- ・ 原子力を取り巻く社会情勢が非常に厳しいこと
- ・ 「もんじゅ事故」を真摯に受け止めること
- ・ 研究開発も従来にもまして経済性を重視しなければならないこと



しかし、資源・環境問題の観点から、
長期的にみて高速増殖炉の研究開発が必要

FBR開発の必要性

人口の爆発的増加、アジアの経済成長等



エネルギー需給、地球環境問題は楽観視できません。

- ・軽水炉は天然ウラン中0.7%しかないU235を核分裂させ、発電します。
- ・FBRは軽水炉で利用できない天然ウラン中99.3%を占めるウラン238をプルトニウムに転換し燃料とします。
- ・FBRは自らの運転に必要なプルトニウムは自ら賄うとともに更に元より多くのプルトニウムを生成します。→(増殖)
(軽水炉では燃焼により燃料は減少します)
- ・従って、FBRは軽水炉に比べ約60倍もウラン資源の有効活用がはかれます。

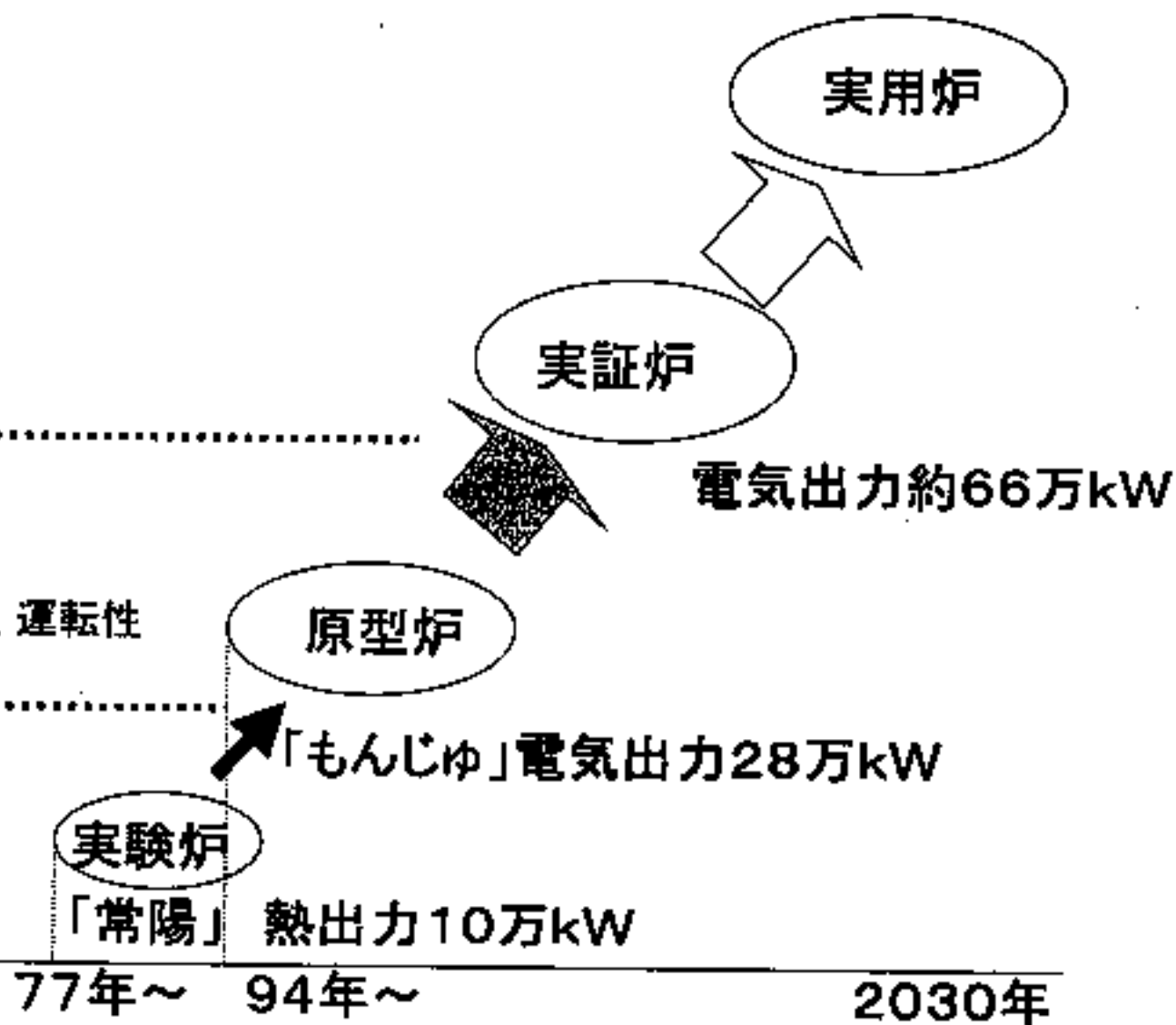
高速増殖炉の開発ステップ

開発目的

- ・経済性の向上
- ・信頼性の向上

- ・高速炉プラントの成立性
- ・所期の性能、安全性、信頼性、運転性の検証

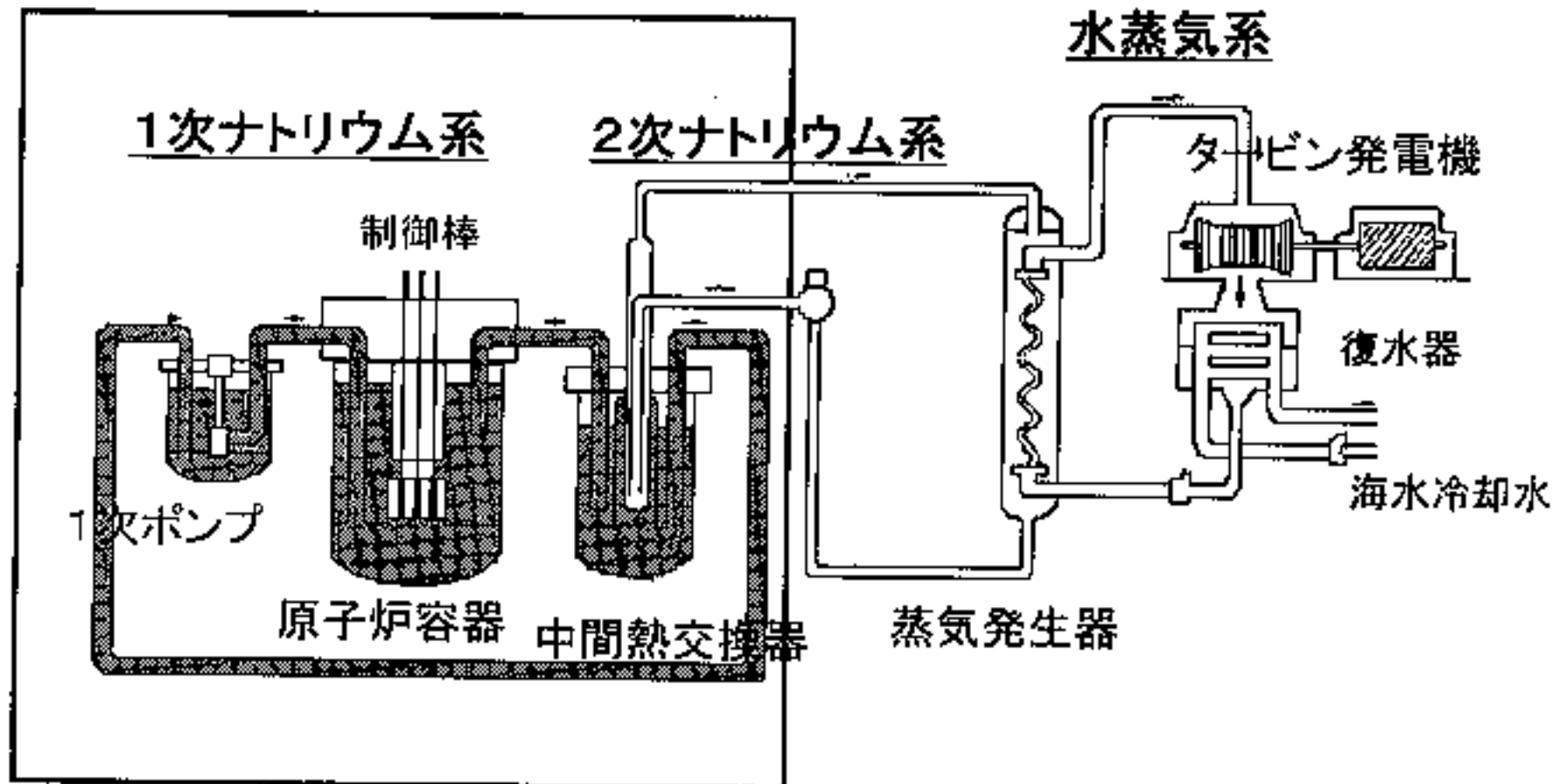
- ・燃料・材料照射データ蓄積



FBR実証炉開発の現状

年度	1986～1989	1990～1993	1994～1996	1997～1999	2000年以降
	S61～H1	H2～H5	H6～H8	H9～H11	H12以降
研究 フェーズ	炉型選定 研究	基本仕様 選定研究	最適化研究	最適化研究 Ⅱ	基本設計 ↓ 詳細設計 ↓ 実証炉 ↓ 2030年頃 実用化
研究 内容	設計研究				
	炉型評価 研究	炉型、出力 ループ数等 仕様選定	・トップエントリループ型炉 の成立性 ・炉心安全性向上 ・格納容器耐性向上 ・水平免震建屋適用	・もんじゅ事故 の反映 ・更なる信頼性、 経済性の向上	
	要素技術研究				
	・実証炉のための要素技術研究 ・実用化に向けた革新技术研究 ・調査研究				

トップエントリー方式ループ型炉



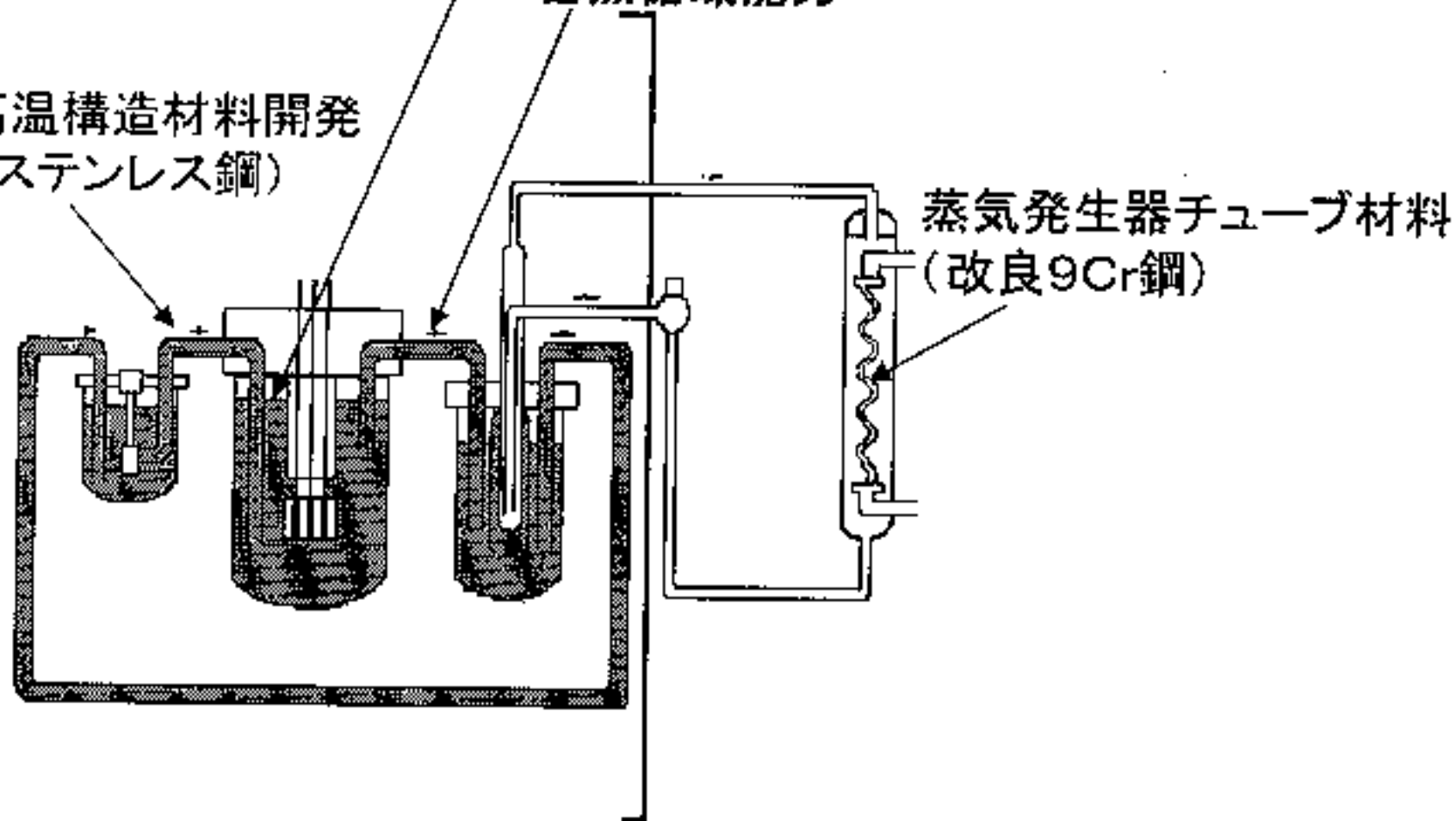
- ・電気出力: 約66万kW
- ・ループ数: 3ループ
- ・原子炉出口温度: 550℃
- ・主蒸気温度/圧力: 495℃/169kg/cm²
- ・燃焼度: 約9万MWd/トン
- ・増殖比: 1.2

格納施設

電気事業者の高速増殖実証炉研究開発項目例

- ・ナトリウム液面揺動防止
- ・トップエントリ配管サイフォン切れ防止
- ・自然循環能力

- ・1次系高温構造材料開発
(改良ステンレス鋼)

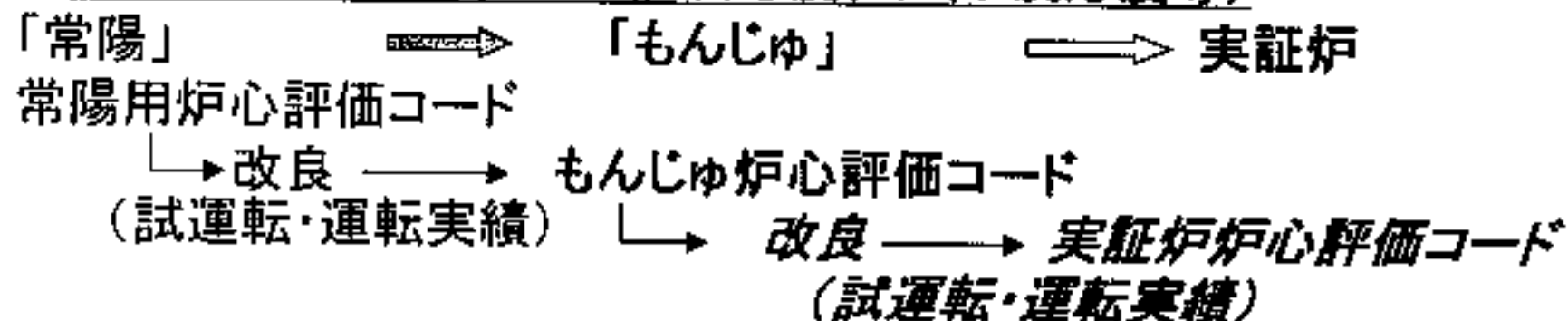


- ・大型機器要素開発(原子炉、制御棒等)
- ・ナトリウム炉固有の検査技術、補修技術開発
- ・免震技術開発

原型炉もんじゅの必要性

FBRシステムとしての検証

1.炉心特性挙動(臨界性、燃焼反応度、ボイド反応度等)



2.「もんじゅ」でのナトリウム取り扱い技術・経験

3.実用化に向けて大型機器の開発

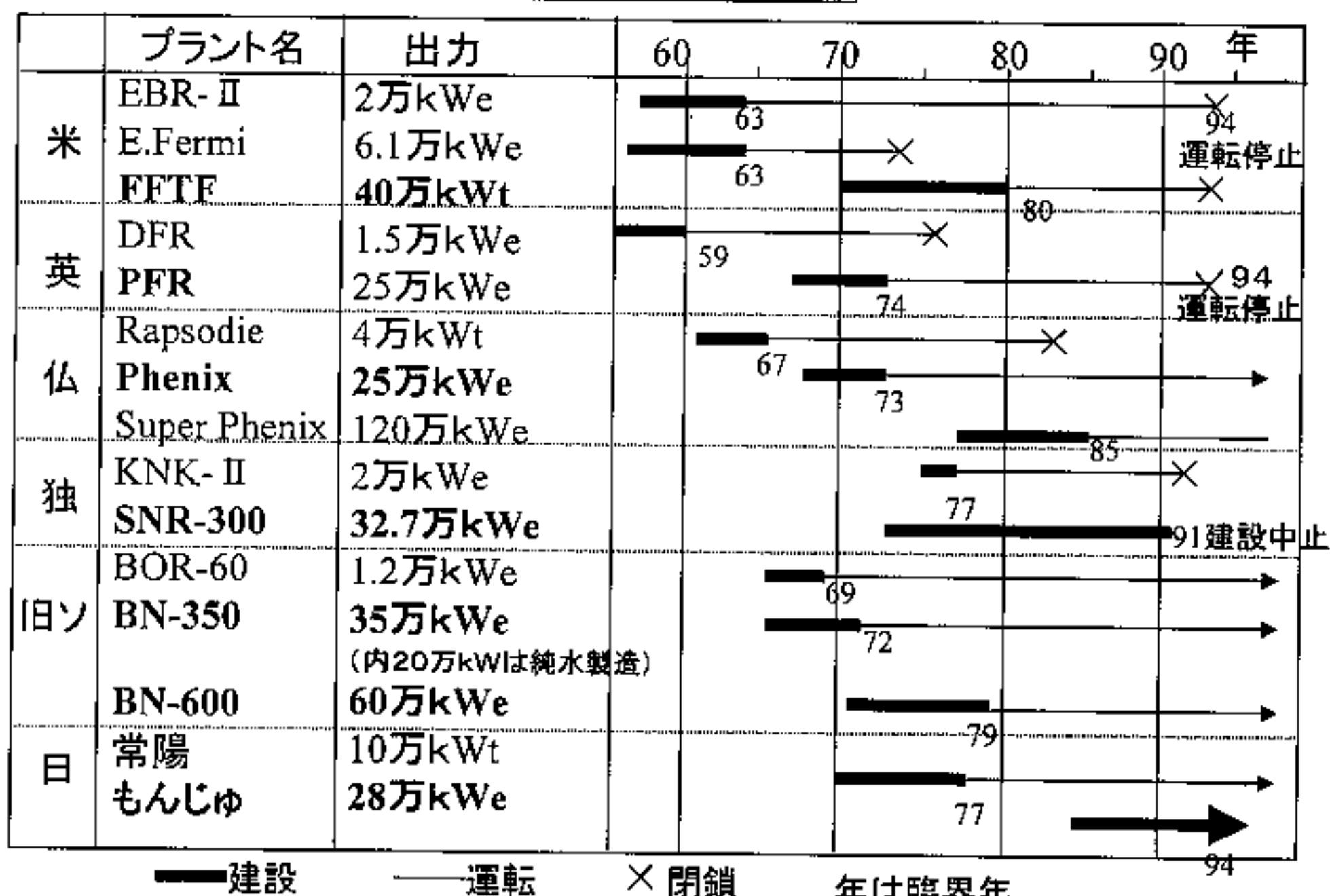
もんじゅの設計、建設、試運転、運転・保守経験の反映

4.今後の「もんじゅ」での運転、保守・補修経験



このため、動燃の抜本的改革を行っていただき、地元・国民の理解のもとに再起動し、慎重な運転をお願いいたします。

世界のFBR開発状況



英、仏、旧ソの20万kWから30万kWの原型炉は1970年代に運転開始

国際協力

海外運転経験の反映、機器の共同開発など先進技術を
キャッチアップしながら国際協力を強化

電気事業者の実施してきた国際協力

情報交換会合：欧州高速炉電気事業者（仏、英、独、伊、スペイン）
と日本の電気事業者（電気事業連合会）間

研究協力：

- ・米国：二重管蒸気発生器の開発、大型電磁ポンプの開発
乾式再処理技術開発、コストダウン提案
- ・英国：PFR炉の運転経験、炉心安全性向上研究
コストダウン提案
- ・仏国：スーパフェニックス炉の運転経験、構造設計基準調査
コストダウン提案
- ・ロシア：BN-600炉の運転経験、低ボイド反応度炉心調査

FBR燃料サイクル

実用化するためには炉のみではなく燃料サイクルの実用化も必須



実証炉については電気事業者が主体となって開発

FBR燃料サイクル研究については、
基礎基盤的研究開発要素が多々あり、今後とも国が主導で
実施していただくことをお願いいたします。

ポイド反応度について

参考資料

ポイド反応度が $(+)$

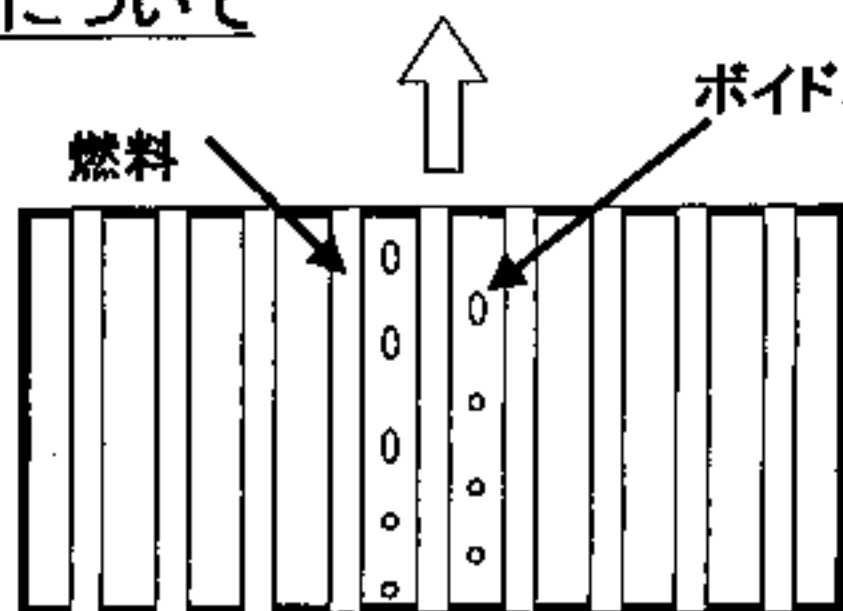


ポイドが炉心に入らないよう設計

(1) 液面でのナトリウム波立ち防止板

(2) ガス抜きを設置

(3) ナトリウムの沸騰防止(全ての事故時に沸点以下)



出力係数

$$\begin{array}{ccccccc} \text{ポイド係数} & + & \text{燃料反応度係数} & + & \text{炉心支持板膨張係数} & = & \text{負の反応度} \\ (+) & & (-) & & (-) & & (-) \\ & & \text{(ドップラー)} & & & & \end{array}$$

ナトリウム取り扱い技術

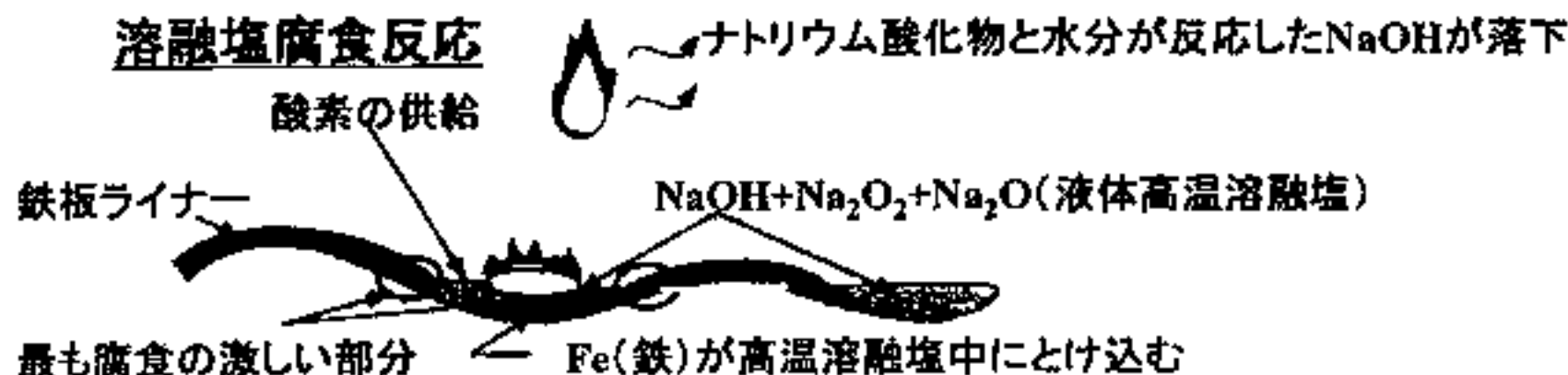
日本の金属ナトリウム生産量:4377トン(平成8年度)
用途:有機化学工業、染料、医薬、その他、輸出

高温のナトリウムは水や酸素と激しく反応する。

- ・水との反応例: $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + 1/2\text{H}_2 + 45.7\text{Kcal/mol}$
- ・酸素との反応例: $2\text{Na} + \text{O}_2 = \text{Na}_2\text{O}_2 + 124\text{Kcal/mol}$

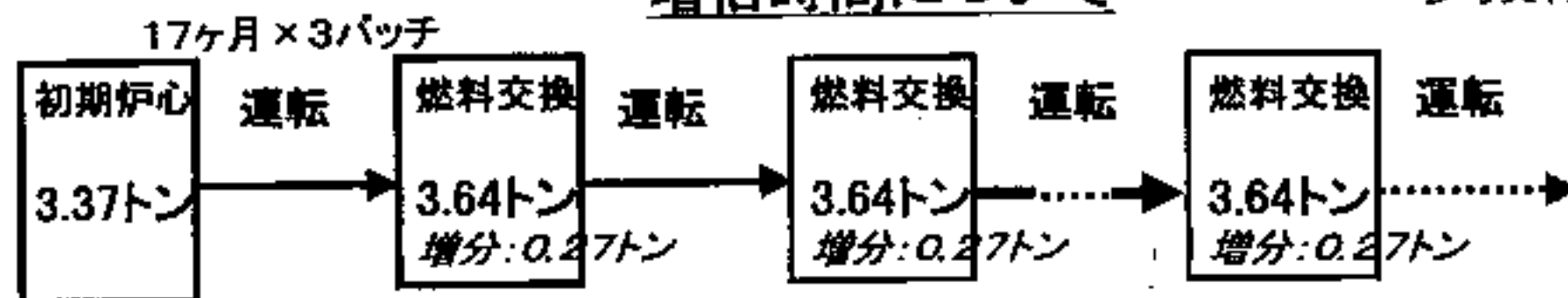


今回の事故の熔融塩腐食反応等ナトリウムの持つ欠点を十分踏まえ
高速増殖炉で利活用する技術を経験的に確立することにより、克服可能



増倍時間について

参考資料



取り出し使用済燃料: 3.64トン
 新たに入れる燃料 : 3.37トン
 増分燃料 : 0.27トン

$$1 \text{ 炉心} + \text{流通在庫} = 3.37 \text{ トン} \times 1.7 \text{ 炉心分} = 5.73 \text{ トン}$$

流通在庫とは再処理、成形加工過程の在庫量(0.7炉心分)

$$\frac{\text{初期炉心必要量} + \text{流通在庫量}}{\text{増分燃料}} = \frac{5.73 \text{ トン}}{0.27 \text{ トン}} = 21 \text{ 運転サイクル} = 90 \text{ 年}$$

将来50基のFBRが稼働すれば、流通在庫は全体で1炉心程度で済み

$$\frac{\text{初期炉心必要量} + \text{流通在庫量}}{\text{増分燃料}} = \frac{3.37 \text{ トン} + 3.37 \text{ トン} / 50 \text{ 基}}{0.27 \text{ トン}} = \frac{12.7 \text{ 運転}}{\text{サイクル}} = \text{約} 50 \text{ 年}$$

(将来は現在の増殖比1.2より高い1.3以上可能で、約30年で1基新設可能)

プルトニウムの毒性について

1. 毒 性

- (1) Puからは α 線が出る $\Rightarrow$ 紙1枚で止まる
- (2) Puは水に溶けにくい $\Rightarrow$ 食べたとしてもそのまま排泄される
- (3) Puが肺に入ると $\Rightarrow$ 外に出にくい $\Rightarrow$ 生涯の被ばくとなる

2. 取り扱い

上記第(3)項より、作業はグローブボックスで閉じ込め吸入しないように完全防護する



安全に取り扱える

核不拡散のための保障措置活動

保障措置とは

原子燃料物質が核兵器に使われたり平和目的以外のことに使われていないことを国際的に確認・証明すること



国及びIAEAの行う保障措置活動

1. 保有・受入れ・出荷量の管理記録の確認
2. 貯蔵室の扉、貯蔵容器等に封印
3. カメラ等の監視機器の設置
4. 原子燃料物質の分析・組成確認