

# 高速増殖炉サイクルの研究開発の 現状について

文部科学省  
研究開発局  
原子力課

# 高速増殖炉サイクル研究開発の全体像※

## ＜高速増殖原型炉「もんじゅ」の目的・位置づけ＞

- 高速増殖炉サイクルの研究開発の場の中核
- 運転を通じて「発電プラントとしての信頼性の実証」と「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」を達成することを目的とした研究開発

昭和60年 建設着工  
平成6年 初臨界

原型炉「もんじゅ」



研究開発段階(国主体)

実験炉「常陽」



昭和45年 建設着工  
昭和52年 初臨界

高速増殖炉サイクル  
実用化戦略調査研究(FS)  
(1999年～2005年)

実用化候補概念  
の明確化

## ＜高速実験炉「常陽」の目的・位置づけ＞

- 高速増殖炉(FBR)の特長である燃料の増殖性能の実証など、FBRの研究開発の基盤となる試験データを取得

2025年頃

実証炉

実用炉の経済性、  
信頼性の実証

実証・実用段階(民間主体)

高速増殖炉サイクル  
実用化研究開発(FaCT)  
2006年～2015年

## ＜FaCTプロジェクトの目的・位置づけ＞

- 次世代のプラントが具備すべき安全性、経済性等の性能目標を達成する高速増殖炉サイクルの実用化像(実証・実用炉の概念設計)と実用化に至るまでの研究開発計画を2015年頃に提示することを目的とした研究開発
- エンドユーザーである電気事業者及びメーカの参画も得た実施体制
- 高速増殖炉サイクルの段階的な研究開発計画について2015年頃から国としての検討を行う。

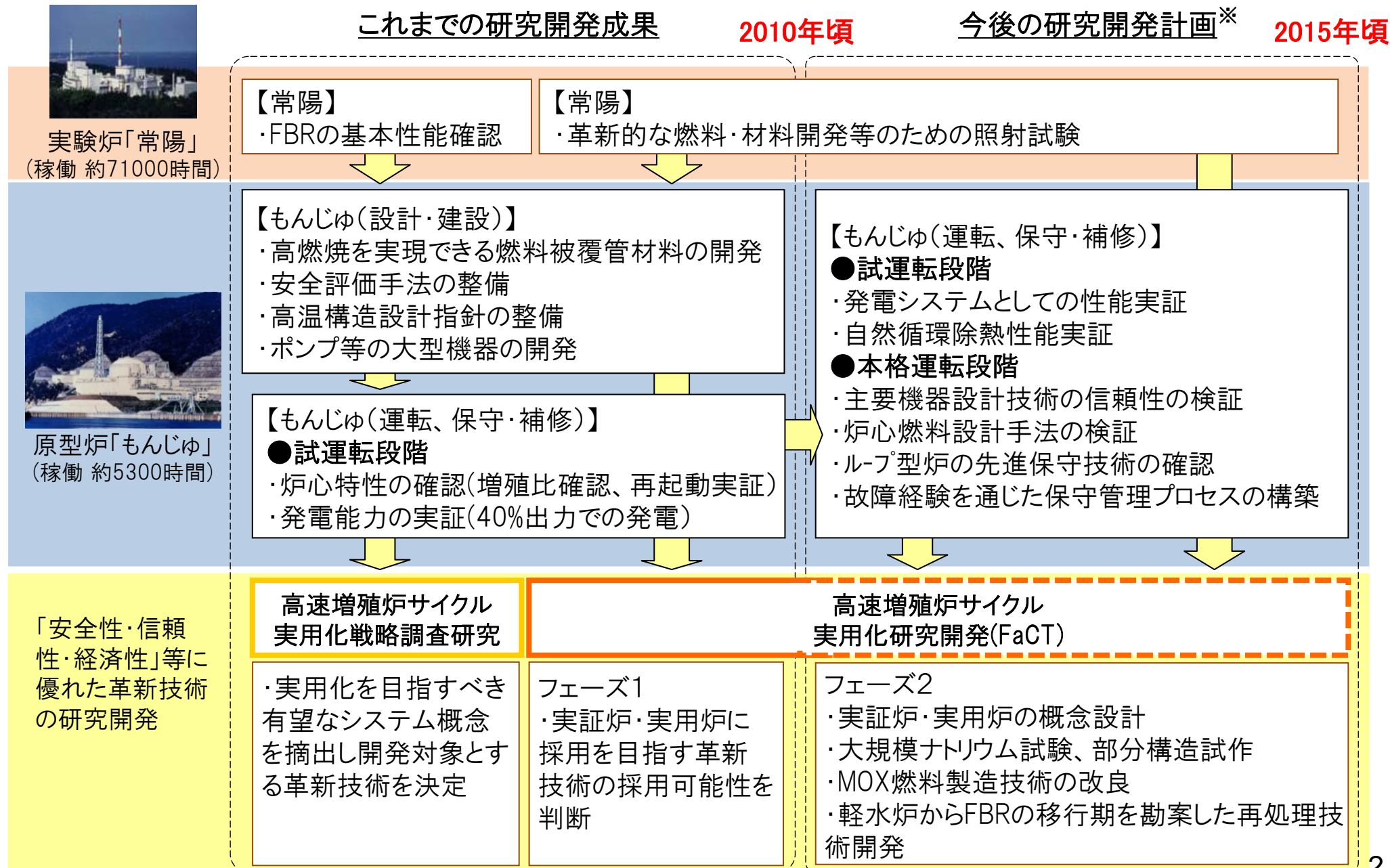


2050年頃

商業ベースでの導入

※従来のエネルギー基本計画、原子力政策大綱に沿った具体的な計画

# 高速増殖炉サイクル研究開発の成果と今後の計画



※従来のエネルギー基本計画、原子力政策大綱に沿った具体的な計画

# 高速増殖原型炉「もんじゅ」の経緯と現状

平成24年度予算額 175億円  
(平成23年度予算額 216億円)  
※運営費交付金中の推計額

## 1. 施設概要

特 徴: プルトニウムとウランを燃料とし、燃えた以上の燃料を生産できる我が国初の発電する研究開発段階  
の高速増殖炉(建設費約6千億円(うち民間出資約1千4百億円)、運転費約3千6百億円)

立地場所: 福井県敦賀市

電気出力: 28万KW(一般の原子力発電所は約100万KW)

位置付け: 実験炉と実証炉をつなぐ中間段階のもので、高速増殖炉の実用化のため開発が必要不可欠な原子炉

## 2. これまでの経緯

昭和58年 5月 27日 原子炉設置許可

平成 6年 4月 5日 初臨界

平成 7年 8月29日 初送電

平成 7年12月 8日 ナトリウム漏えい事故(以来、約14年間停止)

～もんじゅの位置付けや必要性に関する幅広い議論、

ナトリウム漏えい対策の強化、実施主体(動燃)の改革 等を実施～

平成22年 5月 6日 試運転再開(5月8日臨界達成)

平成22年 7月22日 データ取得を完了し、第一段階の試験完了

平成22年 8月26日 炉内中継装置の落下トラブル発生

平成23年 6月24日 炉内中継装置の引き上げ完了

平成24年 3月 9日 炉内中継装置落下トラブル法令報告(最終)提出



高速増殖原型炉「もんじゅ」

## 3. 現状について

○東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故を踏まえた安全対策に最優先に取り組むこととし、平成23年度末に実施する予定だった40%出力プラント確認試験については、今年度の夏を目途に策定される予定の革新的エネルギー環境戦略、原子力政策大綱やエネルギー基本計画等を踏まえ、その実施を判断。



# 高速増殖炉サイクル実用化研究開発の経緯と現状

文部科学省：平成24年度予算額 33億円  
(平成23年度予算額 100億円)  
※運営費交付金中の推計額  
経済産業省：平成24年度予算額 30億円  
(平成23年度予算額 74億円)

## 1. これまでの経緯

「もんじゅ」のナトリウム漏えい事故を踏まえ、再度、ゼロベースで冷却材の選択も含め幅広く高速増殖炉の炉型等を「高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究(FS)」において検討(1999年～2005年)。

その結果、実用施設として実現性が最も高いと考えられるシステム(主概念)として、「ナトリウム冷却炉(MOX燃料)＋先進湿式法再処理＋簡素化ペレット法燃料製造」を選定。

### ＜FS終了後に定められた研究開発方針＞

- 主概念を成立させるために必要な革新技术について、集中的に研究開発を行う
- 2015年頃までに高速増殖炉サイクルの実用化像と実用化に至るまでの研究開発計画を提示



## 高速増殖炉サイクル実用化研究開発(FaCT)を

### 2006年からスタート

～各フェーズの目標～

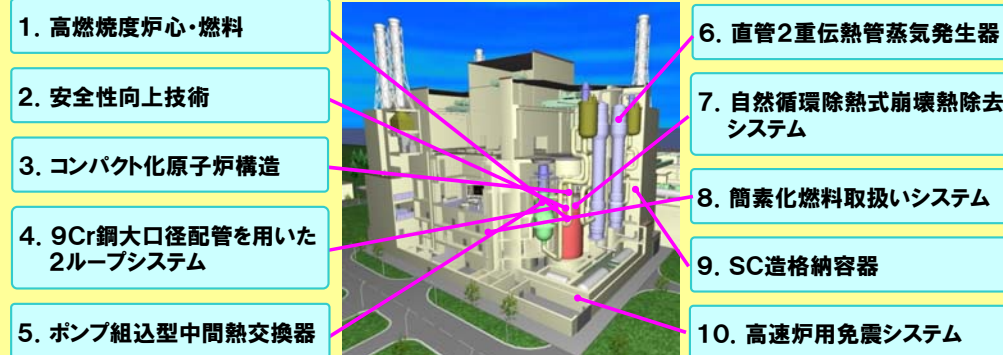
フェーズⅠ：研究開発を通じて革新技术の採否判断を行い、実証炉等のシステム全体が安全性・経済性等の性能目標を達成することを確認すること

フェーズⅡ：フェーズⅠの結果を踏まえ、2015年頃に高速増殖炉サイクルの適切な実用化像(概念設計)とそこに至るまでの研究開発計画を提示する

## 2. 現状について

- ◆ 原子力機構において、FaCTプロジェクトのフェーズⅠ(2006～2010年度)成果を取りまとめ公表したが、国の評価が中断中。
- ◆ FaCTプロジェクトのフェーズⅡへの移行は見送り。
- ◆ 平成24年度は、維持管理などの必要な取組を除いて、原則研究開発を凍結。
- ◆ 一方で、国際協力の枠組みを活用し、我が国主導の下、次世代高速炉の開発を進める諸国と連携し、安全設計クライテリアの国際標準化等の取組を実施中

### ナトリウム冷却炉に関する技術開発課題例

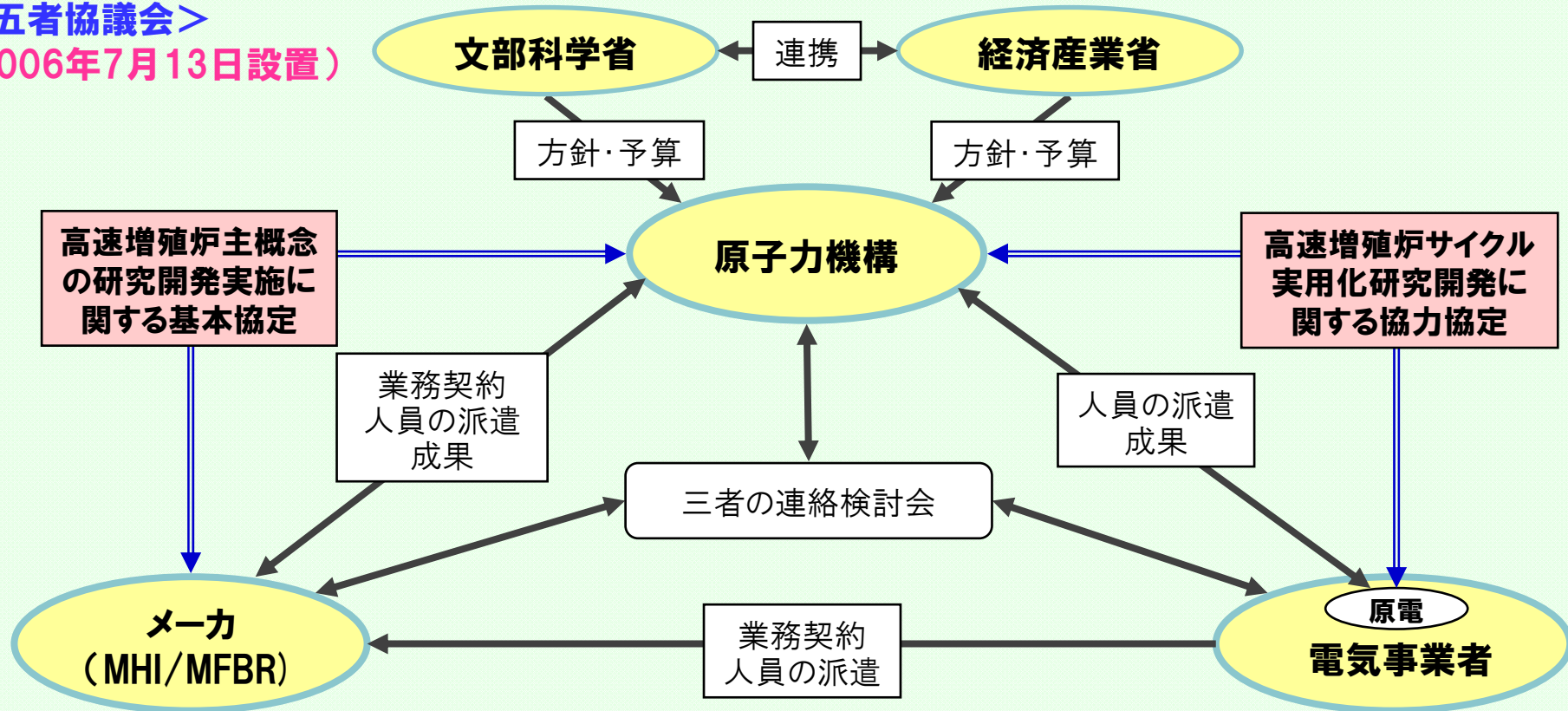


# FBRサイクル実証プロセスへの円滑移行に関する五者協議会

- 研究開発段階から実証・実用段階に円滑に移行するため、すみやかに研究開発側と導入者側とで円滑な移行に向けた協議を開始することが必要
- 経産省、文科省、電気事業者、メーカ、原子力機構の関係者により、実証プロセスへの移行にあたっての課題を具体的に検討し認識の共有を行うため、本協議会を開始

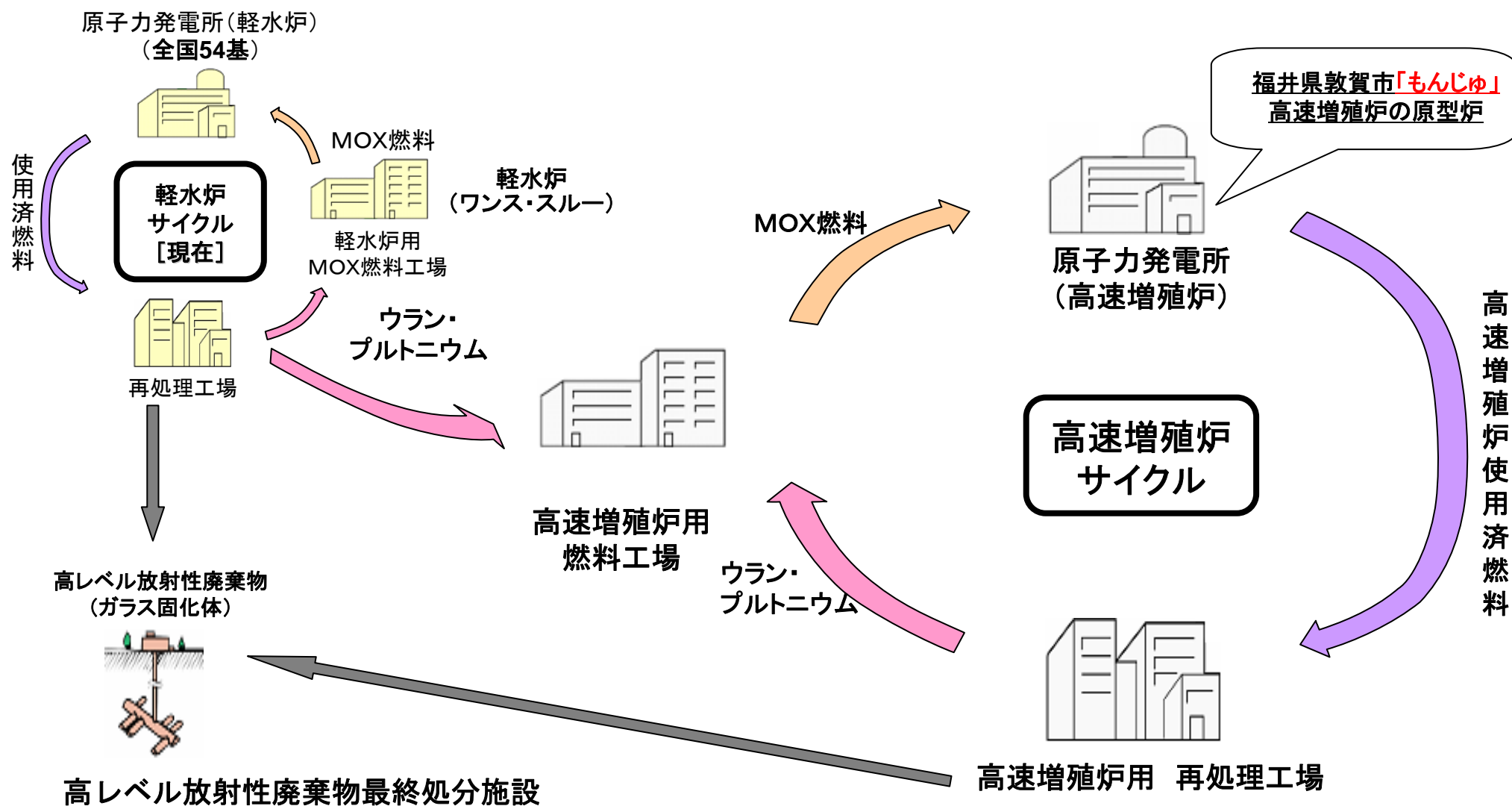
## <五者協議会>

(2006年7月13日設置)



# 参考資料

# 高速増殖炉サイクルの概要



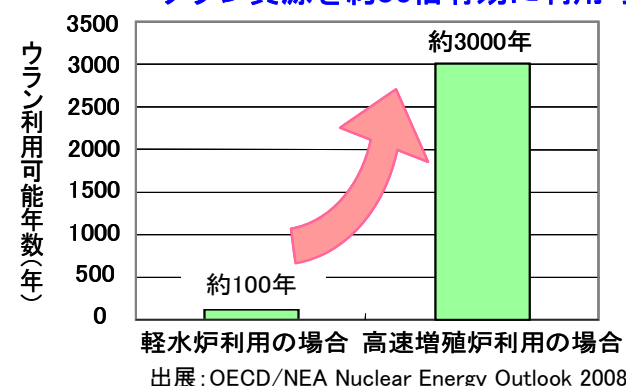


# 高速増殖炉サイクルの技術的特徴

## 1. ウラン資源の利用効率の向上

高速増殖炉は、発電しながら消費した燃料以上の燃料を生産することによりウラン資源の利用効率を飛躍的に高めることができる。

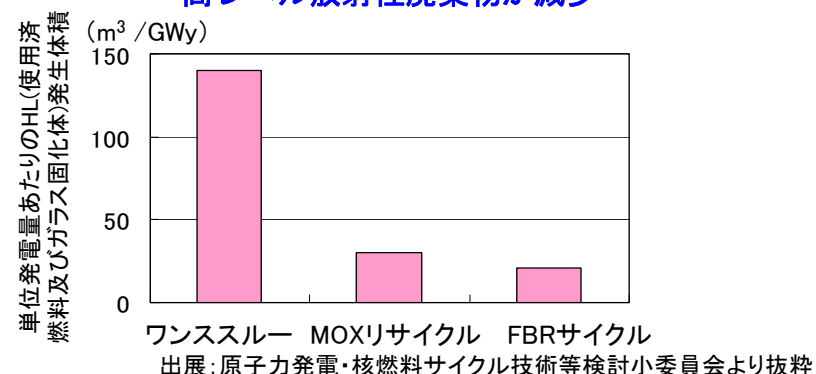
ウラン資源を約30倍有効に利用可能



## 2. 高レベル放射性廃棄物の低減

高レベル放射性廃棄物の発生量(単位出力当たり)を削減するとともに、半減期の長いマイナーアクチノイドの燃焼により、高レベル放射性廃棄物の管理期間の軽減を図ることができる。

高レベル放射性廃棄物が減少



## 3. 冷却材としてナトリウムを利用

中性子の速度を減速させずに核分裂を行うため、冷却材としてナトリウムを利用。ナトリウムは高い伝熱性を持ち、熱を効率よく取り出すことが可能である等の特徴を有する一方で、化学的に活性であり、水、蒸気と反応するため、十分な対策が必要である。

冷却材としての「水」と「ナトリウム」の比較

	高速増殖炉	加圧水型炉(軽水炉)
冷却材	ナトリウム	水
融点	98℃	0℃
沸点	882.9℃	100℃
熱伝導率	76W/cm・k (327℃)	0.5W/cm・k (15MPa, 327℃)
特徴	圧力を抑える必要がないので 薄い容器・配管がよい	沸騰を抑えるために加圧している ので圧力を抑えるために、 厚い容器・配管が必要

図: (独) 日本原子力研究開発機構ホームページより引用

# 高速増殖炉サイクルの位置付けの変遷

高速増殖炉サイクルの実用化に向けた取り組みについては、これまで原子力委員会が策定する「原子力長期計画(～2000年)」及び「原子力政策大綱(2005年～)」において方針が定められてきた。

## 1967年(昭和42年)長計

「昭和40年代後半に原型炉の建設に着手することを目途とする。」

「高速増殖炉は、昭和60年代の初期に実用化することを目途として開発をすすめる。」

## 1982年(昭和57年)長計

「電気出力28万キロワットの原型炉「もんじゅ」を1990年頃に臨界に至らしめるよう早急に建設を進める」

「出来るだけ早期に実用化されるべきであり、2010年頃の実用化を目途に開発を進めることとする。」

## 1987年(昭和62年)長計

「1992年の臨界を目途に原型炉「もんじゅ」の建設を進める。」

「高速増殖炉の実用化には、～(中略)～2020年代～2030年頃における高速増殖炉によるプルトニウム利用の技術体系の確立を目指すものとする。」

1977年  
「常陽」初臨界

天然ウラン確保の見通し、  
経済性向上への課題

## 1994年(平成6年)長計

「原型炉「もんじゅ」については、性能試験を着実に進め、1995年末の本格運転を目指します」

「2030年頃までには実用化が可能となるよう高速増殖炉の技術体系の確立を目指していきます。」

## 2000年(平成12年)長計

「原型炉「もんじゅ」は我が国における高速増殖炉サイクル技術の研究開発の中核として位置付け、早期の運転再開を目指す」

「実用化への開発計画については実用化時期を含め柔軟かつ着実に検討を進めていく。」

## 2005年(平成17年)大綱

「研究開発の場の中核と位置付けられる「もんじゅ」の運転を早期に再開し、」

「高速増殖炉については、～(中略)～2050年頃から商業ベースでの導入を目指す。」

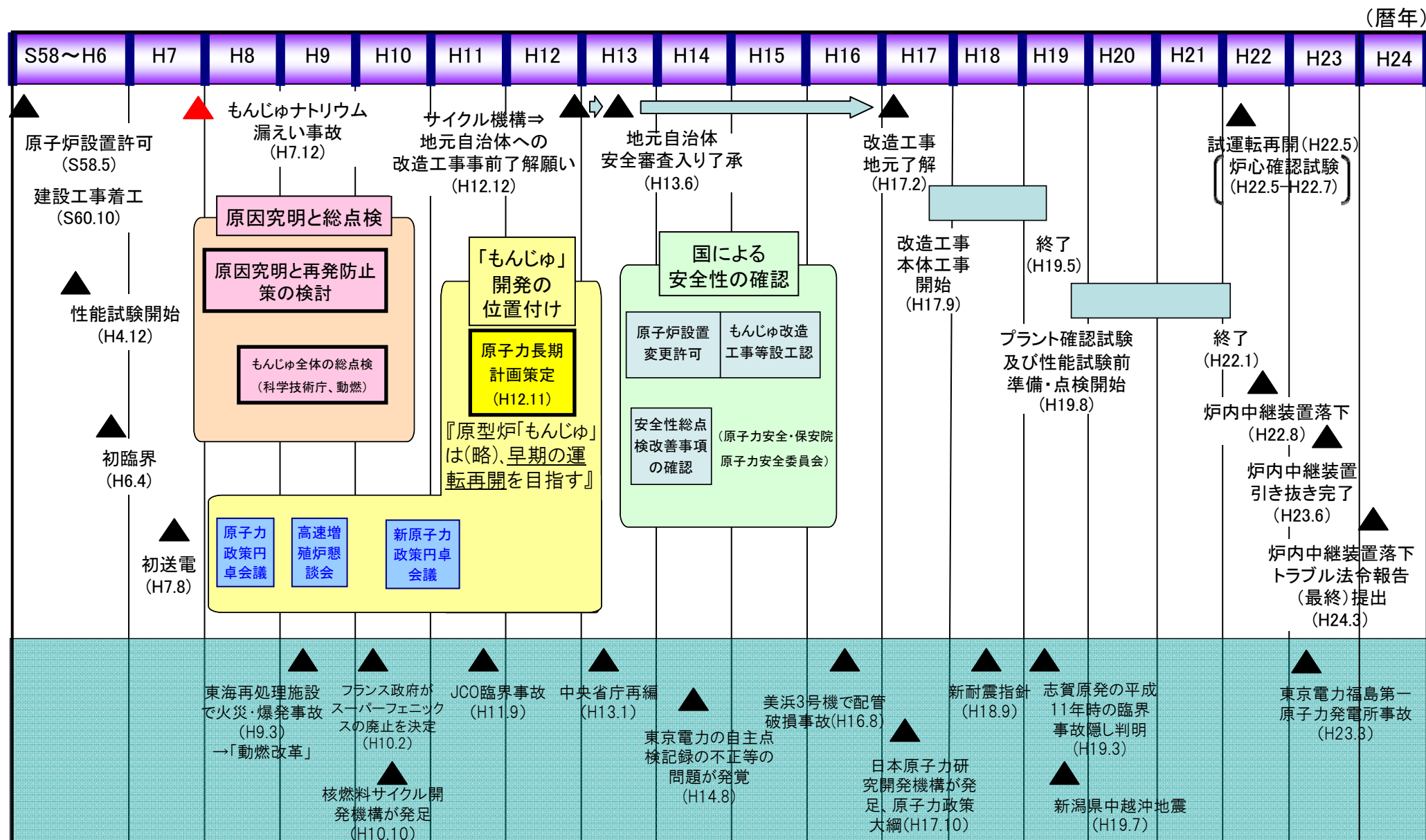
2010年(平成22年)  
エネルギー基本計画

「2010年5月に試運転が再開された高速増殖原型炉「もんじゅ」の成果等も反映しつつ、～(中略)～2050年より前の商業炉の導入に向け、～(中略)～研究開発を推進する。」

1995年「もんじゅ」  
ナトリウム漏えい事故

2005年「もんじゅ」  
改造工事地元了解

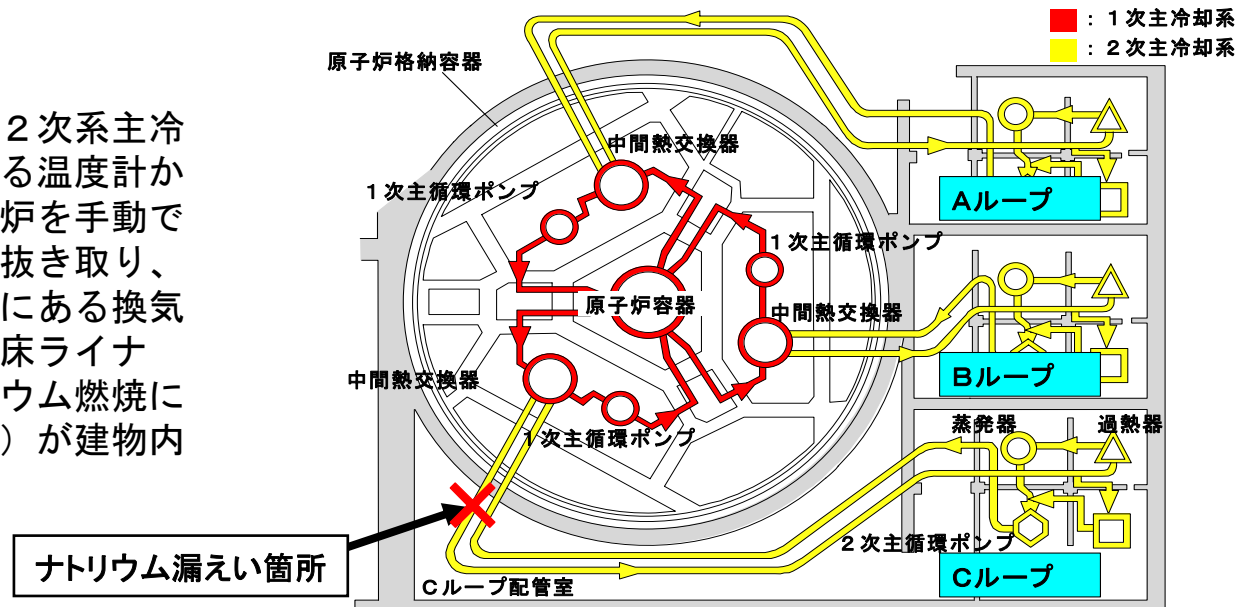
# 高速増殖原型炉「もんじゅ」のこれまでの経緯



# ナトリウム漏えい事故の概要

## 事故の概要

平成7年12月8日、放射性物質を含まない2次系主冷却系Cループの中間熱交換器出口側配管にある温度計から、2次系のナトリウムが漏えいした。原子炉を手動で停止した後、Cループ配管内のナトリウムを抜き取り、漏えいを止めた。漏れたナトリウムは、真下にある換気ダクト、足場（グレーチング）を破損させ、床ライナ（鋼製の板）上に堆積するとともに、ナトリウム燃焼により生成したナトリウム化合物（エアロゾル）が建物内に拡散し、一部が屋外に放出された。



## 事故の経緯

平成7年12月8日

- 19:47 事故発生。火災検知器発報。
- 19:48 ナトリウム漏えい検知器発報。  
現場にて煙の発生を確認。
- 20:00 小規模漏えいと判断し、通常停止  
操作開始
- 20:50 火災検知器の新たな発報（急増）  
と白煙の増加を確認。
- 21:20 原子炉手動トリップ操作。
- 22:55 Cループ配管部のドレン操作開始。
- 23:13 S G室換気装置が自動停止。

平成7年12月9日

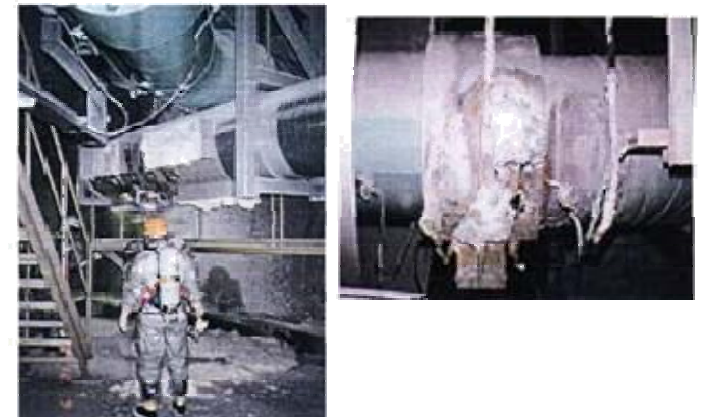
- 0:15 ナトリウム抜き取り完了。

火災検知器はCループの部屋を中心に66個発報

項目		データ
Na漏えい量 (漏えい時間)		640±42kg (3時間40分)
Na漏えい速度		約50～40g/sec
部屋容積 (壁材質)		約2300m <sup>3</sup> (コンクリート)
初期室温 (相対湿度)		～15℃ (40%*)
床 ライ ナ	床ライナ の減肉	床ライナの一部に 最大1.5mm程度の減 肉
	温度	最大650～750℃

\*外気温5℃の相対湿度より換算

## 冷却システムの配置



温度計取付部周辺の状況

# ナトリウム漏えい事故における対応の問題点

## (1) 事故発生第1報の遅れ

- ・事故発生：平成7年12月8日(金)19:47
- ・所外への通報連絡開始：同日 20:35頃  
関係機関の期待するような速やかさではなかった。

 (約50分)

### (原因)

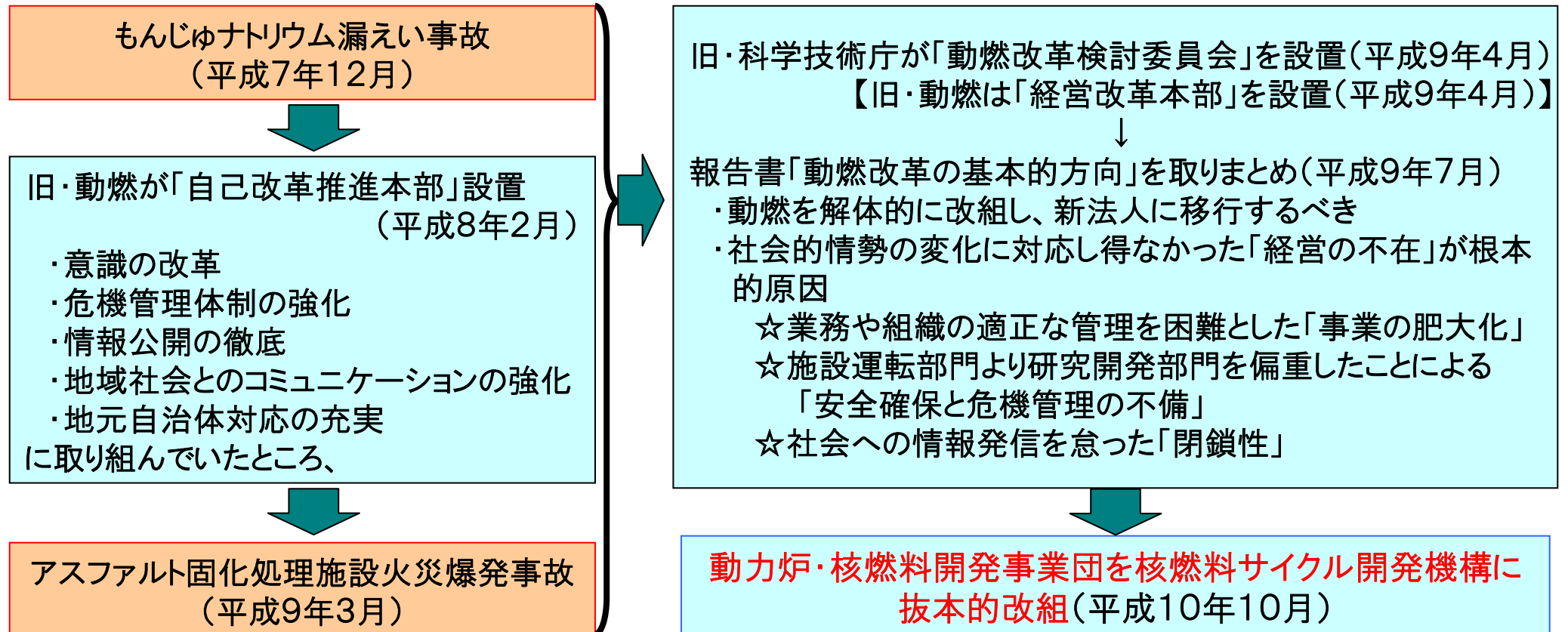
- ・関係機関への連絡は、本社を経由して行っていたため、連絡がなされるまでに何段階もの中継者やチェックが入る流れであった。
- ・時間外における事故時の体制が手薄であった。

## (2) 事故直後の不適切な情報提供

- ・事故直後の混乱から「事故現場への2時の入域時刻を10時であるとして偽っていた問題」、「ビデオを意図的に短く編集した問題」を起こし、虚偽報告や情報隠しの体質ありとの厳しい指摘を受けた。
- ・こうした不手際が、いわゆる「ビデオ問題」として総称され、社会全体に大きな影響を与える結果(事故が事件)となった。



# 再発防止に向けた改革・改善

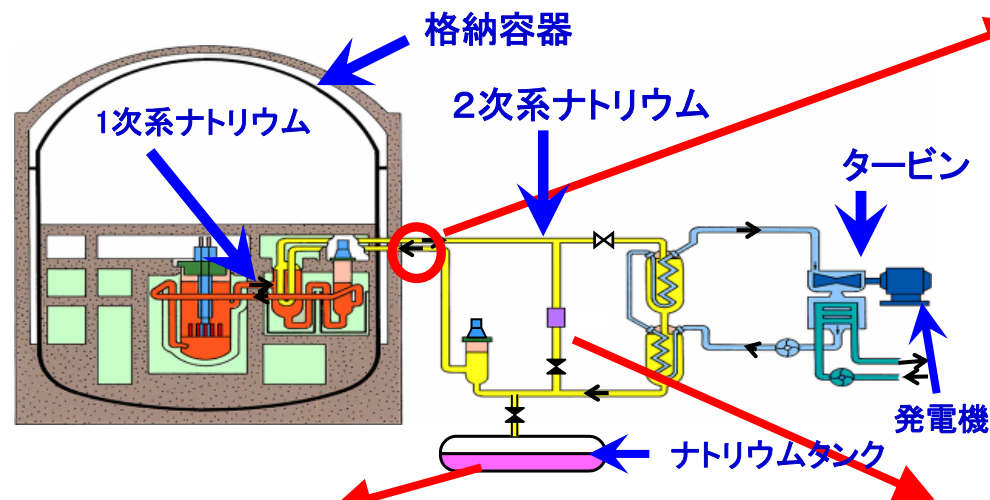


## 抜本的改組のポイント

- ◆事業の廃止を含め**業務のスリム化**(海外ウラン探鉱・ウラン濃縮研究開発、新型転換炉研究開発から撤退→高速増殖炉関連開発と放射性廃棄物の埋設処分に関する研究開発に集中)
- ◆各事業所に**運転管理・施設運営等に関する責任と裁量権を移譲**するとともに、本社の人員を4割減らして**施設運転部門等の施設の保全・管理に関わる部署に充当**
- ◆**広報・情報公開を徹底**し、公開シンポジウム等による国民と双方向の情報交流を推進
- ◆立地地元重視の観点から、**東海地区に本社を移し、敦賀地区に敦賀本部(本部長:副理事長)を設置**

# ナトリウム漏えい事故を受けたもんじゅの改造工事の概要

平成19年5月23日本体工事 終了

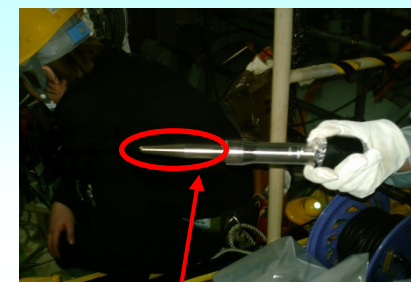


## 温度計の交換・撤去

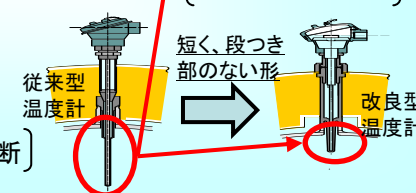
○短く、段つき部のない形の温度計に交換し、流力振動を防止する



〔事故のあった部分の配管を交換のため切断〕



〔改良型温度計〕



## ナトリウム漏えい対策に係る改造

○ナトリウム漏えいを早期に検出して、速くナトリウムを抜き取り、漏えいを止める



〔ナトリウム抜き取り(ドレン)配管の追加設置〕



〔総合漏えい監視システムの追加設置〕

既存のナトリウム漏えい検出器に加え、2次系の各部屋に監視カメラを新設し、その映像も含め、中央制御室にナトリウム漏えいに関する情報を一括して自動的に表示

## 漏えいナトリウムによる影響の抑制に係る改造

○窒素ガス注入設備の設置、壁・天井への断熱材の設置、換気空調設備の改造等により、ナトリウム漏えい時の施設への影響を抑制する



〔窒素ガス充填設備の設置工事〕

2次冷却系においてナトリウム漏えい時に漏えいをした部屋に窒素を注入

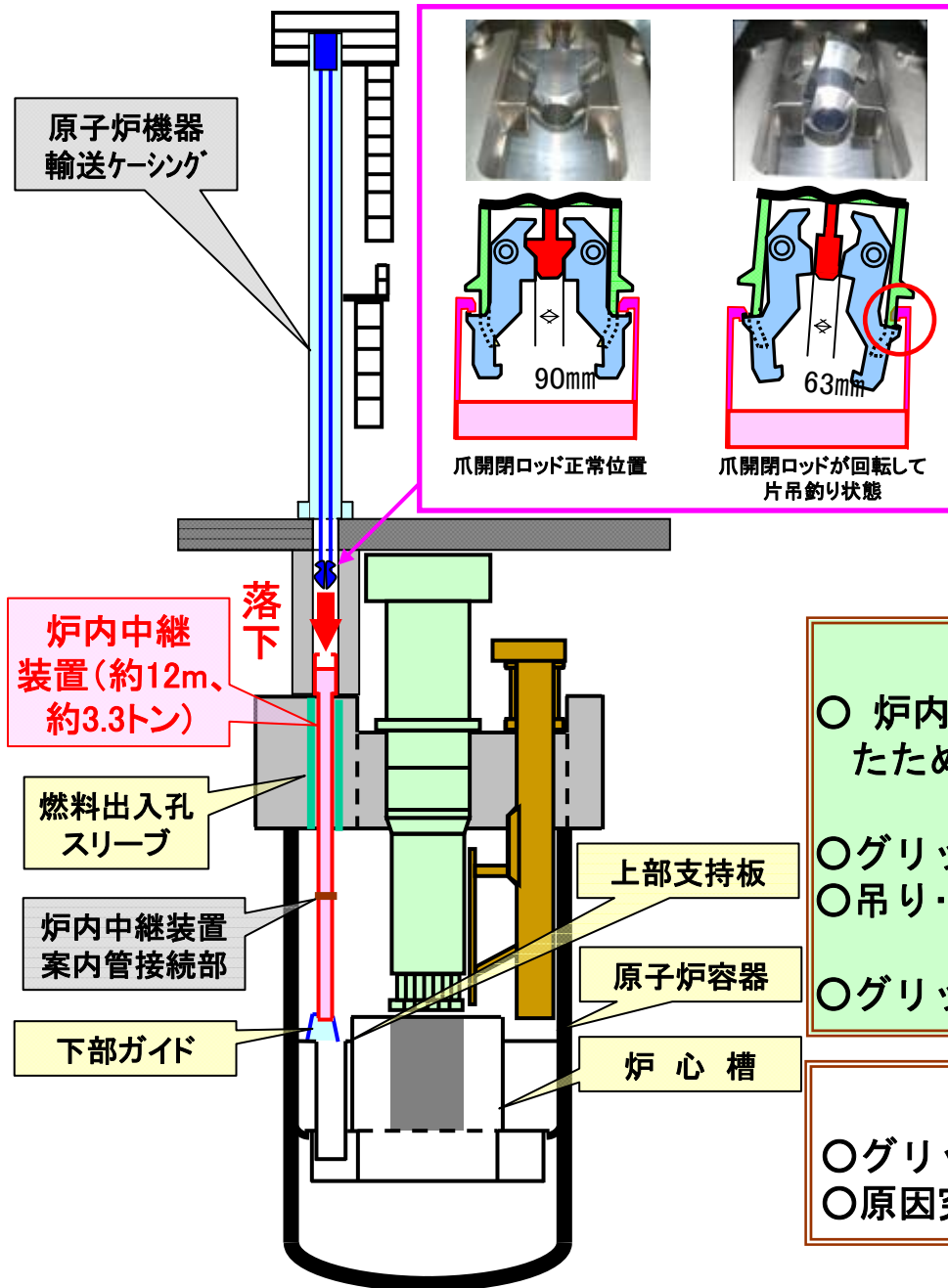


〔断熱材の取付工事〕

コンクリートは100℃を超えると、保有している水分が急激に放出されるので、壁・天井に断熱材を設置しコンクリートの温度上昇を抑制

この他にも安全性向上のため、蒸気発生器の水漏えいを確実に検知して早く水を抜き取るための工事等を実施

# 炉内中継装置落下トラブルの概要



## 落下、復旧に係る経緯

- H22. 8. 26 : 約2m吊り上げた位置から炉内中継装置が落下
- 10. 13 : 引抜き作業を実施したが、「荷重超過」の警報が発報し中断
- 11. 9 : 接続部のギャップが変化していることを確認
- H23. 6. 24 : 燃料出入孔スリーブとの一体引抜き作業完了
- 11. 11 : 原子炉上部における復旧作業終了

## 炉内中継装置等検討委員会において、有識者の意見を聴取

H23. 1. 18 (第1回) ~ H24. 1. 26 (第5回)

## 【落下の直接原因】

- 炉内中継装置を吊るグリッパの平板形状の爪開閉ロッドが回転したため、爪が正常に開かない状態となった。

## 【再発防止対策】

- グリッパを、爪開閉ロッドが回らない構造へ改良
- 吊り・不吊り判定機能強化、グリッパの爪開閉状態目視用点検窓設置

## 【水平展開】

- グリッパ機構を有する設備、安全上重要な機器を吊る設備の点検

## 今後の予定

- グリッパの改良、新規製作の炉内中継装置の機能試験
- 原因究明結果を踏まえ、本事象の責任問題に係るメーカーとの協議



# 東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた追加安全対策

## 緊急安全対策の実施について（平成23年3月30日保安院指示）

指示時点で判明している知見に基づき、全交流電源、炉心及び使用済燃料貯蔵槽の冷却機能が喪失した場合においても、炉心損傷及び使用済燃料の損傷を防止し、原子炉施設の冷却機能の回復を図る措置

（具体例）

電源車及び電源ケーブルの配備、緊急時対応計画の点検と訓練、  
代替空冷電源設備の設置（24年度中）等

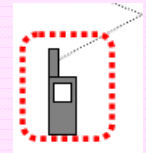
## シビアアクシデントへの対応に関する措置の実施について（平成23年6月7日保安院指示）

東電福島原発事故を踏まえ、万が一シビアアクシデントが発生した場合でも迅速に対応する観点から措置すべき事項のうち、直ちにに取り組むべき措置

（具体例）

中央制御室の作業環境の確保、緊急時の通信手段の確保、  
がれき撤去用の重機の配備等

配備したホイールローダ



## 原子炉施設の安全性に関する総合評価の実施について（平成23年7月22日保安院指示）

安全性にかかる総合評価（ストレステスト）を実施中。

## 更なる安全性向上への取り組み

文部科学大臣の指示により、原子力機構に第三者によるもんじゅの安全性を審議する場を設置。以下について検討を行い、その内容をもんじゅの更なる安全性向上に係る取組に反映

- ① ストレステストの計画、実施方法・内容、評価結果
- ② シビアアクシデントの対応方策