

資料センター			
分類 コード	第1	03	
	第2	09	
	第3	01	第4
ファイルNo	1016		

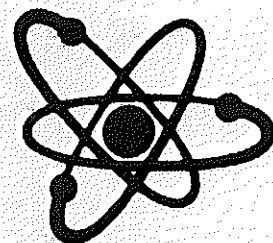
32-C3

「もんじゅ」報告会

本資料は2001年8月20日付けで登録区分
変更する。

[もんじゅ建設所 技術課]

試運転計画の概要



平成2年11月7日

於：アトムプラザ

動力炉・核燃料開発事業団
高速増殖炉もんじゅ建設所

本資料は、核燃料サイクル開発機構の開発業務を進めるために作成されたものです。したがって、その利用は限られた範囲としており、その取扱には十分な注意を払ってください。この資料の全部又は一部を複写・複製・転載あるいは引用する場合、特別の許可を必要としますので、下記にお問い合わせください。

〒919-1279 福井県敦賀市白木2-1
核燃料サイクル開発機構 敦賀本部
高速増殖炉もんじゅ建設所 技術課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Reactor and Systems Engineering Section
Monju Construction Office
TSURUGA HEAD OFFICE
Japan Nuclear Cycle Development Institute
2-1 Shiraki, Tsuruga-shi, Fukui-ken, 919-1279, JAPAN

試運転計画の概要

——「もんじゅ」報告会——



平成3年3月

運転準備室長 佐藤 勲 雄

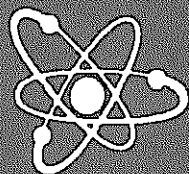
本報告書は、平成2年11月7日(水)福井県敦賀市の動燃アトムプラザで行われた「もんじゅ」報告会に、運転準備室から報告したスライドとオーラルペーパーをまとめたものである。その構成は

- (1) 「もんじゅ」試運転計画の概要 (P.1~9)
- (2) 総合機能試験について (P.10~32)
- (3) 性能試験について (P.33~49)

となっており、軽水炉の試運転との対比をおりませながら、高速増殖炉の分野以外の技術者にもできるだけ理解がすすむようにした。(1)では、「もんじゅ」試運転の組み立て方を軽水炉の起動試験などと比較しながら説明し、高速増殖炉としての試運転の特徴を踏まえた総合機能試験、性能試験の概要を紹介している。(2)では、燃料取扱設備・ナトリウム設備などの特徴的な設備について、空気中からナトリウム中までの試験を紹介し、臨界に至るまでの高速炉の機能試験内容を詳しく説明している。(3)では、燃料装荷以降の炉心、プラント廻りの種々の性能試験を説明し、さらにその後の試験結果の評価反映、「もんじゅ」データベースシステムの構築等についても紹介して、高速増殖原型炉「もんじゅ」試運転の目指すところについて報告した。

本報告書の作成は建設所の運転準備室・技術課・電機課および技術広報各担当の協力により行われたものである。

「もんじゅ」報告会



平成2年11月7日

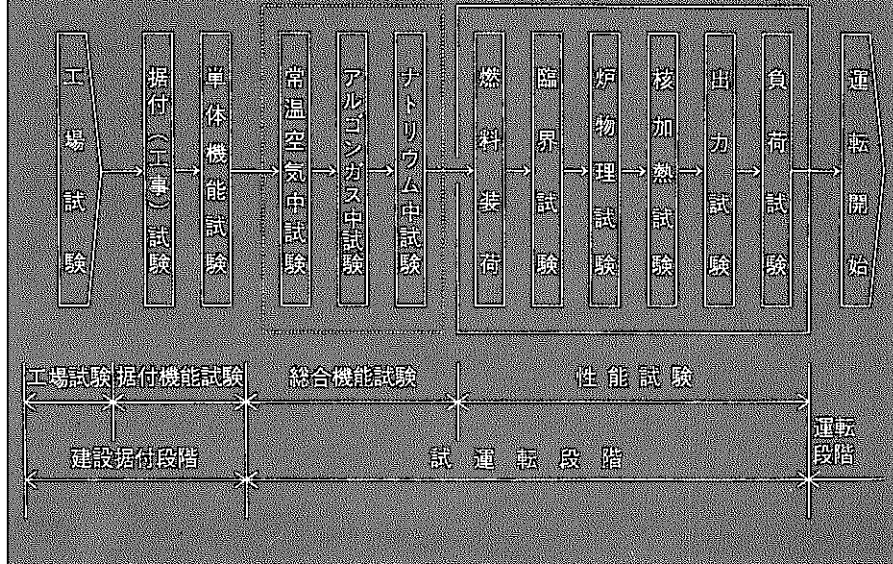
動力炉・核燃料開発事業団
高速増殖炉もんじゅ建設所

「もんじゅ」 試運転計画の概要

運転準備室長
佐藤 勲雄

もんじゅ建設所運転準備室の佐藤でございます。お陰様で先に説明しましたように、もんじゅの建設は順調な進捗を、とげているところであります。このままいりますと、平成3年4月末には無事据付が、完了する見通しとなっております。もんじゅはFBR原型炉ということで、FBRとして日本で初めて発電を行いますことから、失敗をしますと、世界への影響も大きいということから、慎重に工程を進めていく必要があります。それでは、試験・試運転の概要ということで少し御説明を、させていただきます。

もんじゅ試験・試運転手順

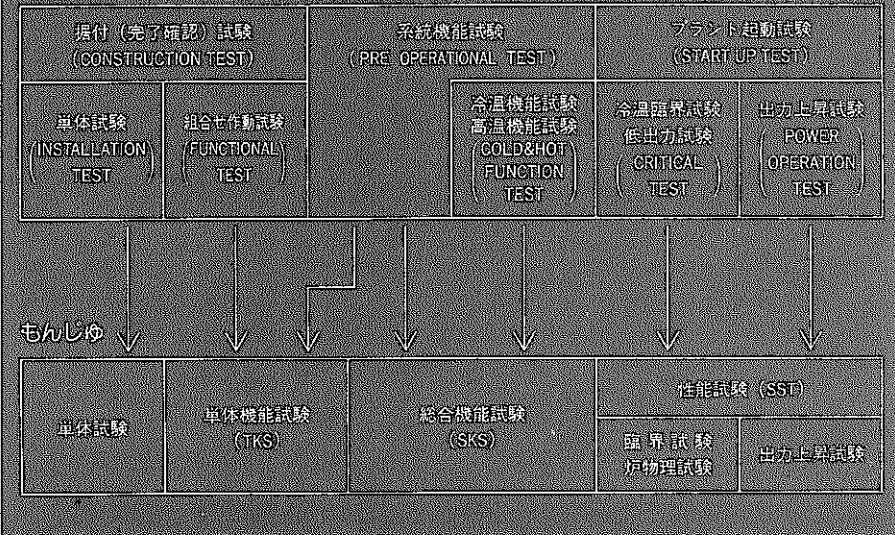


もんじゅの試験・試運転手順は、左の図に示します通り、軽水炉の手順とは、あまり大きく変わることなく工場試験、据付試験、単体機能試験、そして総合機能試験、性能試験と推移するわけではありますが、この中で少し耳なれない言葉ですが、総合機能試験及び性能試験、という名称が入っております。右の図で示しますように、軽水炉の敦賀2号炉と、もんじゅの試験名称の対比を見ていただきますとおわかりいただけるかと思いますが、総合機能試験は、ほぼ軽水炉で言う、いわゆる系統機能試験に相当し、我々はこれをJoyoの時に名付けられた、SKS、という言葉を使っております。SKSとは日本語で総合、機能、試験、の頭文字をとってSKSと呼んでおります。

SKSはナトリウム炉では、三つのフェーズに分かれております。ナトリウムが入る前の常温空気中での燃料取扱系統や制御棒駆動機構のテスト、系統にナトリウムを注入するために、まずArガスに入れかえての予熱、昇温を行う、アルゴンガス中試験、そして冷却材であるナトリウムを系統に注入した後の冷却系統、制御系統、燃料取扱系統などのテストであります。

軽水炉(PWR)ともんじゅ試験・試運転名称の対比

軽水炉(PWR)の例



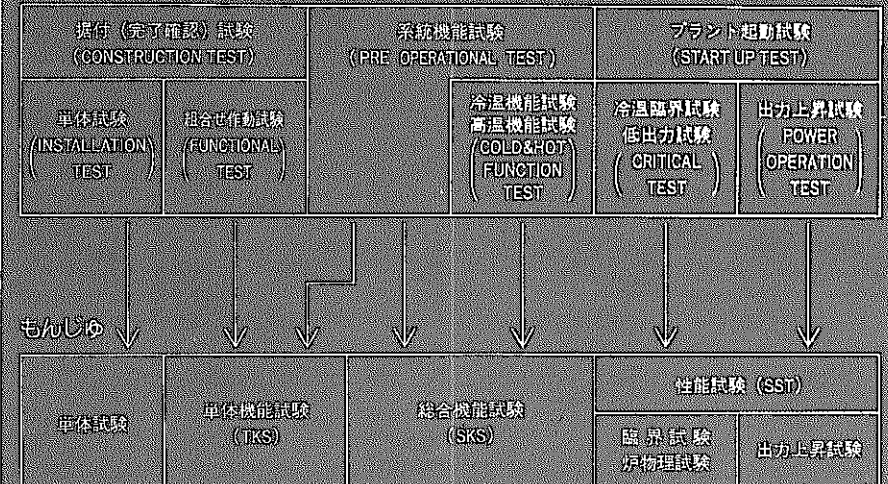
次に性能試験であります、軽水炉で言う、いわゆるスタートアップテスト(起動試験)のことでありまして、燃料装荷以降の系統やプラント全体の性能を確認する試験であります。もんじゅではこれをシステム、スタートアップ、テスト、SSTと呼んでおります。もんじゅでは性能試験を軽水炉とほぼ同様に臨界試験、炉物理試験、出力上昇試験、というフェーズで進めることにしています。このあと坂井と西田がそれぞれ総合機能試験及び性能試験について詳細な御説明をさせていただきます。

試運転の目的

- ① プラント構成系統設備の機能（設計要求事項）確認と安全性、信頼性の立証
- ② 試運転データに基づく設計検証及び裕度評価
- ③ わが国FBR開発のための実機データの提供
- ④ 運転員の運転操作習熟
- ⑤ FBR総合技術力の充実

軽水炉（PWR）ともんじゅ試験・試運転名称の対比

軽水炉（PWR）の例



もんじゅ試運転の目的は大きく分けて5項目ございます。

- 第1にプラント構成系統設備の機能確認と、安全性、信頼性の立証
- 第2に試運転データに基づく設計検証、及び裕度評価
- 第3にわが国FBR開発のための実機データの提供
- 第4に運転員の運転操作習熟
- 第5にFBR総合技術力の充実

であります。もんじゅはわが国初のFBR原型炉として発電をすることから、いわゆる原子力発電所における使用前検査項目の他に、動燃が自主的に行う設計裕度の確認試験、プラントを活用しての、高速炉研究開発を行なうという観点からのもんじゅの運転、及び設計に関する基礎データの測定試験を始め、実証炉設計に資するための試験、が含まれる所が特色といえましょう。

軽水炉とほぼ同等な試験

- ・据付試験
(寸法、外観、据付確認等試験、絶縁抵抗、導通試験等)
- ・単体機能試験
(単体機器作動試験、インターロック試験、警報試験等)
- ・系統機能試験
(水・蒸気・タービン発電機設備、電気設備、計測制御設備、制御用及び所内圧縮空気供給設備、補機冷却系設備、換気空調設備、放射線管理設備、廃棄物処理系設備等)

据付機能試験、総合機能試験関連データ

もんじゅ試験系統数	約140
単体機能試験項目総数	約500
総合機能試験項目総数	約300
(FBR特有総合機能試験項目数)	約240)
八項相当法定試験項目数	約40

比較データ	もんじゅ	軽水炉(PWR) (100万kWクラス)
電動機(基)	約700	約600
弁(個)	約10000	約15000
盤(面)	約2300	約1100
検出器(個)	約12000	約5000

しかしながら軽水炉とほぼ同じ試験項目も多く、据付段階での種々な試験、例えば寸法、外観、据付確認試験、絶縁抵抗導通試験などがそうであります。また単体機能試験におきましても、単体機器作動試験、インターロック試験、警報試験等については軽水炉と全く同じであります。

系統機能試験におきましても、水・蒸気・タービン発電機設備、電気設備、計測制御設備等、ここに上げられた設備はほぼ軽水炉と同様の試験が行われます。

ここで少しもんじゅの据付機能試験、総合機能試験関連の項目数について、見てみたいと思います。図にあります様に、もんじゅ試験系統数は、約140系統、単体機能試験項目総数約500項目、総合機能試験項目総数約300項目、そのうちFBR特有の総合機能試験項目数は約240項目にも昇ります。

参考までに、もんじゅと軽水炉110万kWeクラスの例ですが、比較しますと、電動機でもんじゅは約700基、軽水炉で約600基、バルブ数は約10000個、軽水炉で約15000個、盤面で約2300面、軽水炉で約1100面、検出器数も約12000個と約5000個とバルブを除いて非常に数が多いということが言えます。これはもんじゅが3ループで1次、2次のナトリウム系を有し、3次系が水蒸気系であり、さらに燃料取扱系やアルゴンガス系など、軽水炉にない設備がいろいろあることによるものです。このように28万kWeにもかかわらず、大型炉並みのプラントサイズと言えらると思います。

F B R 発 電 炉 の 試 運 転 の 特 徴

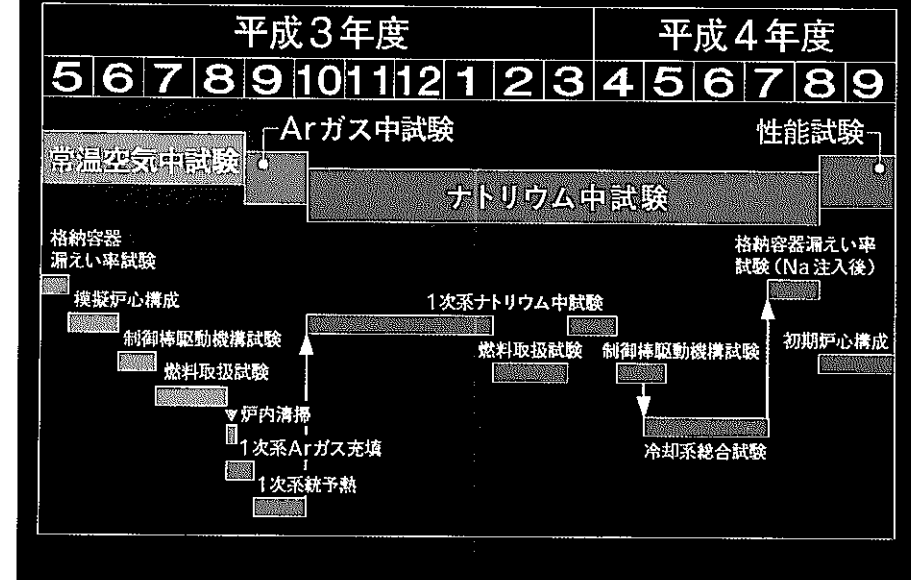
1. 模擬炉心構成
2. F B R 特有設備の総合機能試験
 常温空気中試験
 アルゴンガス中試験
 ナトリウム中試験
3. 系統機器の予熱とNaの充填
4. 原子炉格納容器漏洩率試験
5. 臨界近接
6. 炉物理試験

それではF B R 発電炉の試運転の特徴について少し説明させていただきます。
 左の図に特徴的な試験項目、右の図に主要工程を示します。

まず模擬炉心構成ですが、これは軽水炉の燃料集合体がグリッドサポートによって支持されており、グリッド板があれば単体で燃料交換が、可能であるのに対して、高速炉では、燃料集合体はパッド同志で相互に支持されている関係で、燃料交換機の試験をするためには総合機能試験開始の初期の段階で、集合体を炉容器に装荷しておく必要があります。もんじゅでは 316体の反射体と、172体のブランケット集合体と、炉心燃料 198体になるダミー集合体など、全部で 715体の集合体を装荷する作業であります。特にブランケット集合体については、放射能レベルが極低レベルであることから、入れかえの手間を省くため実機が装荷され、いわゆる炉心燃料ゾーンにのみ、ステンレスのダミー集合体が装荷されます。これらは全て人間が炉内に入って確認しながら行われます。

次に常温空気中の試験に入ります。これは主に燃料取扱系統の試験、及び制御棒駆動機構の確認でありまして、F B R の炉心集合体を取り扱う燃料取

総合機能試験主要工程



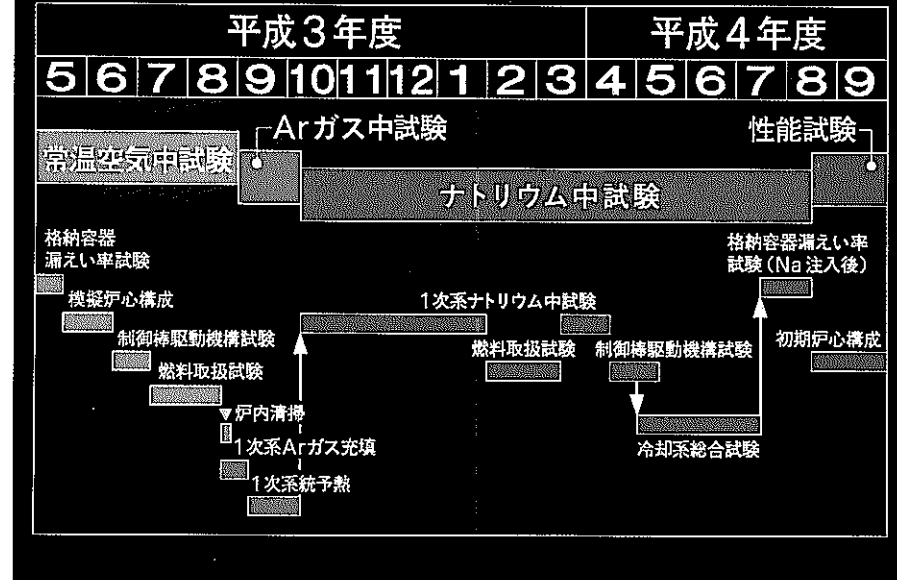
扱設備は、軽水炉とは大きく違い炉内ではアルゴンガス中、及び不透明なナトリウム中において、回転プラグ、燃料交換機、炉内中継機構、を用いて、一体ずつ炉心への挿入、引抜きが行われます。また炉外への搬出は、炉内中継機構、燃料出入機を用いて行われ、炉外燃料貯蔵槽を経て、最終的には、集合体に付着したナトリウムを蒸気、水で洗浄し、水プールに運んで貯蔵するという、非常に複雑な機器を有する系統で全て遠隔自動で行われますメカトロニクスのかたまりのような設備でありますことから、十分なテストが必要になります。万一トラブルがあった場合、軽水炉では、水をドレンし乾燥すれば良いのですがナトリウム炉では、ドレンしても系統内を洗浄することは容易なことではありません。このためナトリウムの入る前に十分な確認をしておこうというものであります。

次に系統へのナトリウムの充填の準備として、原子炉容器、中間熱交換器、ポンプ、炉外燃料貯蔵槽などのナトリウムを内包する大型機器については配管、弁を含めて不活性なアルゴンガスに置換し、ナトリウムの融点97℃から余裕を見て約 150℃～ 200℃まで電気ヒーターによる予熱を、長時間かけて

FBR 発電炉の試運転の特徴

1. 模擬炉心構成
2. FBR特有設備の総合機能試験
常温空気中試験
アルゴンガス中試験
ナトリウム中試験
3. 系統機器の予熱とNaの充填
4. 原子炉格納容器漏洩率試験
5. 臨界近接
6. 炉物理試験

総合機能試験主要工程



行います。ナトリウムのタンクへの充填後、一次冷却系統及び原子炉容器への充填、ナトリウムの純化運転を継続して行い、ナトリウム中での燃料取扱系統の試験、冷却系の総合試験へと続いていくものであります。冷却系の総合試験ではポンプ性能、配管の伸び測定、ポンプトリップ試験等の確認試験が行われます。

次に原子炉格納容器漏洩率試験ですが、これは総合機能試験の最初に行われる格納容器の漏洩率試験とは異なり、系統にナトリウムを充填させたままの状態即ち、一次系統、二次系統、アルゴンガス系、格納容器内空調設備を動かした状態で、万一のナトリウムの漏洩時に対処出来るよう格納容器内約10万m³を、窒素ガスにて置換して行われます。これらリークレイトテストのやり方は軽水炉とほぼ同じで、全体漏洩率試験A種、及び局部漏洩率試験B種、C種を行うことになっております。許容リークレイトはナトリウム注入前で、A種では0.1%/day、ナトリウム注入後では1%/dayとしております。

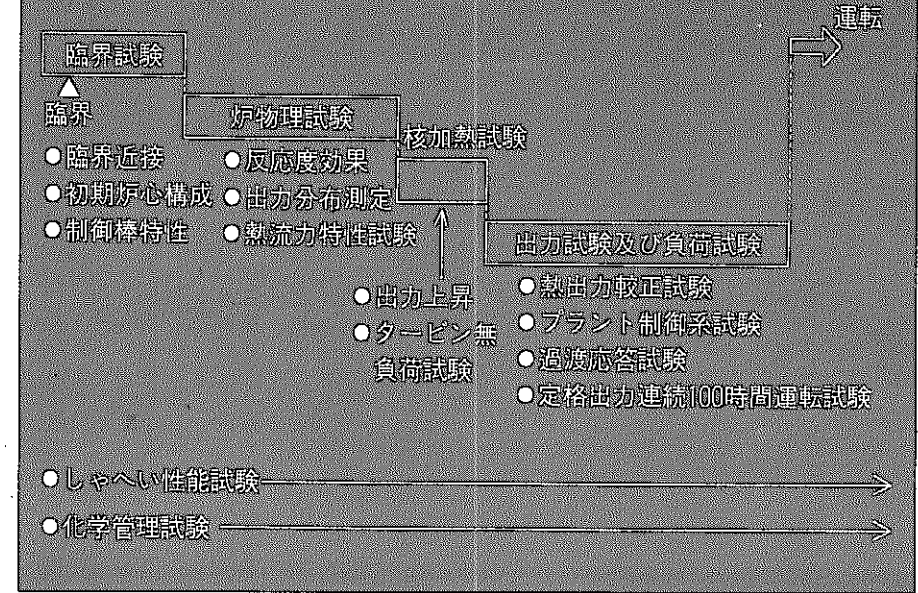
その後、性能試験である臨界近接試験へと移ってゆきます。この作業に先

立ってあらかじめ搬入されていた炉心燃料を、総合機能試験で確認された燃料取扱系統設備を用いて1体ずつ模擬炉心構成要素と入れかえつつ、最小臨界量の測定を行います。現在の検討では最小臨界到達は平成4年10月を予定しております。

F B R 発 電 炉 の 試 運 転 の 特 徴

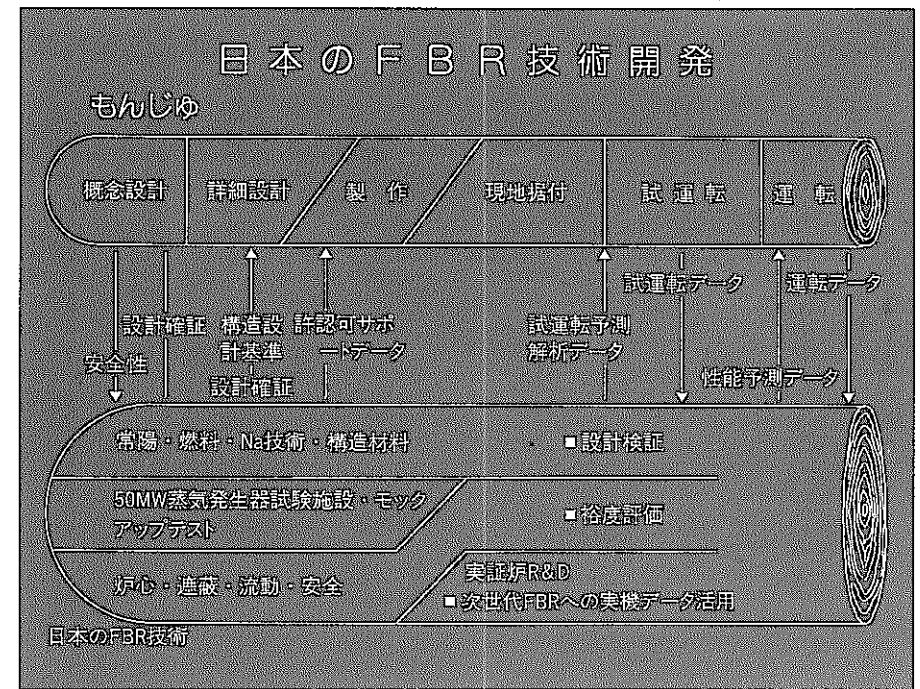
1. 模擬炉心構成
2. F B R 特 有 設 備 の 総 合 機 能 試 験
 常 温 空 気 中 試 験
 アルゴンガス中試験
 ナトリウム中試験
3. 系 統 機 器 の 予 熱 と Na の 充 填
4. 原 子 炉 格 納 容 器 漏 洩 率 試 験
5. 臨 界 近 接
6. 炉 物 理 試 験

性 能 試 験 の 計 画



その後右の図に示しますように、炉物理試験、核加熱試験、出力試験及び負荷試験と各種試験を約1年から2年慎重に行い、性能確認、安全性評価、設計裕度確認等を行う予定であります。この間にしゃへい性能試験やナトリウム成分分析、水分析、ガス分析等化学管理試験を、全体を通じて行い、バックアップデータの蓄積等を行う予定です。これ等のうち特筆すべきものとして軽水炉と異なる試験として、試験用集合体を使った出力分布測定があります。これは炉内の中性子束分布を測定するために、特殊な中性子検出用金属箔を、試験用集合体の中に組み込み、低出力で金属箔をあぶり炉外に持ち出して、ガンマー線を測定するものでありまして、これを炉心領域、ブランケット領域、中性子しゃへい体領域で測定することにより、炉心の中性子束分布の設計値の確認や、運転管理基本データの取得を行うものであります。この試験は1つの領域の照射に、準備を含めて約20日間程度を要するため、手間と時間のかかる測定となっております。このほかに試験用の集合体流量測定装置を使用し、炉心の流量分布を詳細に測定して、炉心核熱設計の評価を行っていく予定です。その後核加熱に入ってはじめてタービンが動き出すということになり、我が国初めての高速増殖炉発電プラントとしての性能の確認を行ってまいります。

もんじゅ発電所で得られる主な技術成果	
1. もんじゅプロジェクト技術の集約	<ul style="list-style-type: none"> もんじゅプロジェクト総合評価 <ul style="list-style-type: none"> (Ⅰ) 技術性能評価結果 (Ⅱ) 安全性評価結果 (Ⅲ) 経済性評価データ 許認可経験集約 炉心設計・管理技術集約
2. 運転・保守技術の確立	<ul style="list-style-type: none"> ISI技術 運転・点検・保守・補修技術データ 廃棄物等管理データ
3. R&Dデータの提供	<ul style="list-style-type: none"> 燃料、材料確性照射データ CP等被曝管理データ



ではもんじゅの試運転段階で得られる主な技術成果について御説明申し上げます。

まず、もんじゅプロジェクトの技術の集約としてここに書かれておりますような項目について言えるかと思います。

具体的な例をあげますと、

- ・機能・性能確認と設計裕度の評価
- ・プラント全般の安全評価
- ・許認可経験の集約

等によるもんじゅプロジェクト総合評価を行うことが可能となります。

2番目の運転保守技術の確立については

- ・ISI技術の取得
- ・運転保守要領類の妥当性の実証
- ・廃棄物処理管理データの蓄積評価

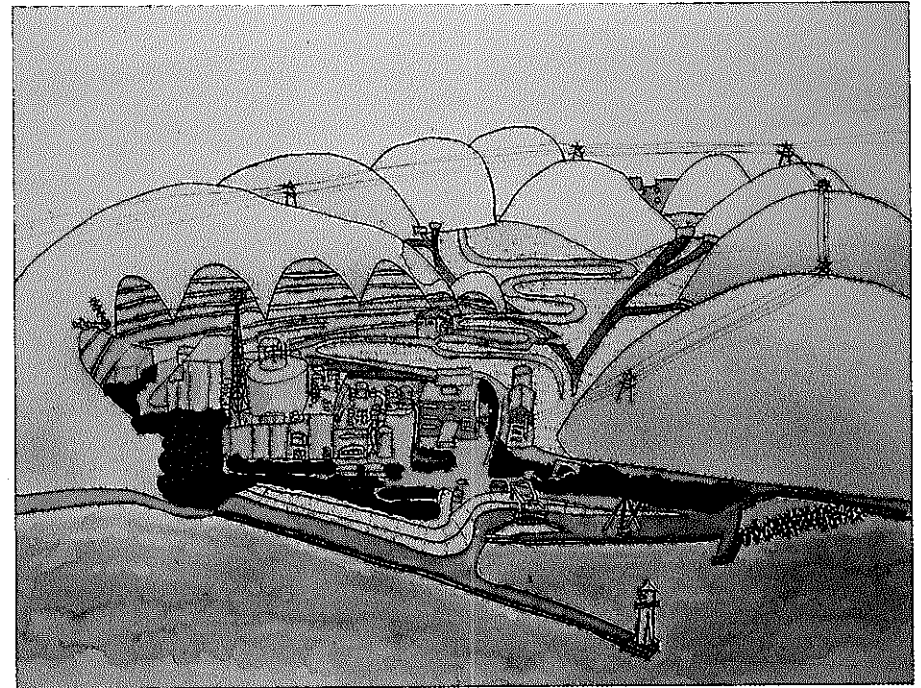
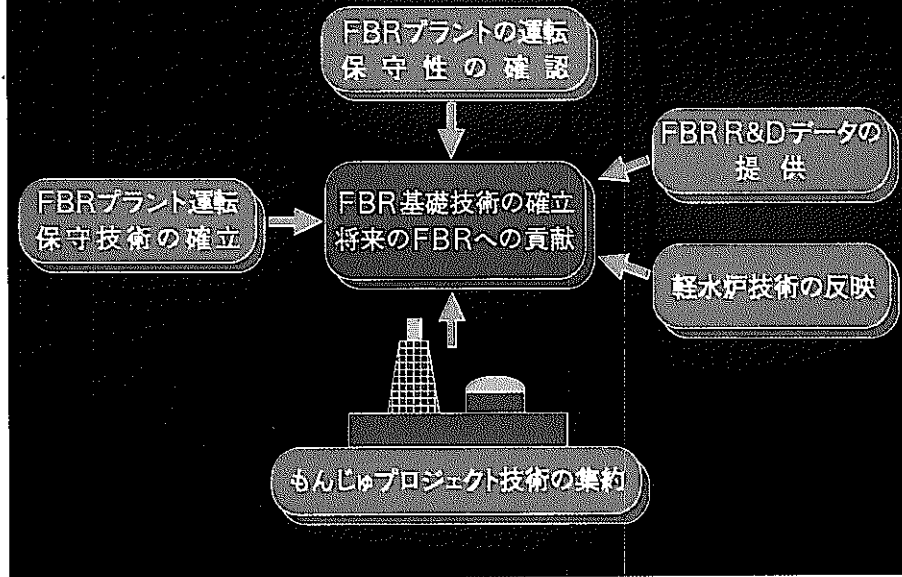
が期待されます。

3番目にFBR、R&Dデータの提出として

・試運転期間中の試験からの炉物理データ、しゃへいデータ、CP等被ばく管理データの採取が考えられます。

右の図にもんじゅの開発経緯とそれぞれの段階での日本のFBR技術の開発過程におけるR&Dの、それぞれのデータのやりとりを示します。この図でもんじゅのそれぞれの過程で常にR&D側のチェックを受け、またR&D側へのデータの提供を行いながら開発が行われてきていることが御理解いただけるものと思います。

もんじゅ技術開発の成果とねらい

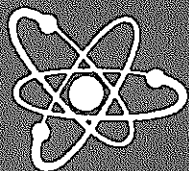


このように、もんじゅの技術は大洗工学センターにおける運転保守技術、その他世界のFBRプラントの運転保守性の確認データ、東海、大洗等のFBR・R&Dデータの提供、従来の軽水炉技術等を反映しつつ、日本のFBR基礎技術の確立と将来のFBR技術への貢献に向けて大きな役割をはたすものと信じております。

このあと総合機能試験と性能試験についての説明をおききいただきたいと思います。今後共温かい目で「もんじゅ」のサポートを、よろしくお願ひしたいと思います。御静聴ありがとうございました。

以上

「もんじゅ」報告会



平成2年11月7日

動力炉・核燃料開発事業団
高速増殖炉もんじゅ建設所

総合機能試験について

運転準備室担当役
坂井 茂

もんじゅ建設所の坂井です。

私の方からは、試験・試運転の概要について御説明させて頂きましたその中の総合機能試験計画について御報告させて頂きます。

総合機能試験

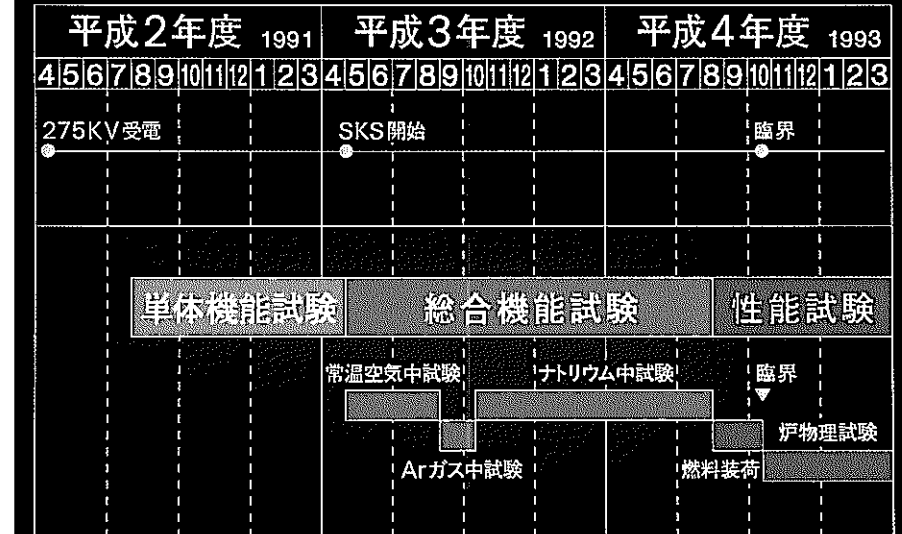
試験段階

1. 常温空気中試験
2. アルゴンガス中試験
3. ナトリウム中試験

試験期間

機器据付完了後の平成3年5月から開始される
常温空気中試験以降、燃料装荷前まで

試 運 転 工 程



試運転計画の概要でも御説明しましたが、総合機能試験は、「常温空気中試験」「アルゴンガス中試験」「ナトリウム中試験」の3段階に分けて実施する計画です。また、試験期間は、試運転工程にあります様に、機器の据付が完了した後の、来年5月からの常温空気中試験以降、燃料装荷開始までとしております。

常温空気中試験は、ナトリウム充填に先立って系統の機能・性能を確認するもので、特にナトリウム注入後は目視による確認が不可能となる系統について、燃料取扱設備、制御棒駆動機構等ですが、これらの系統について、充分確認しておく必要があります。

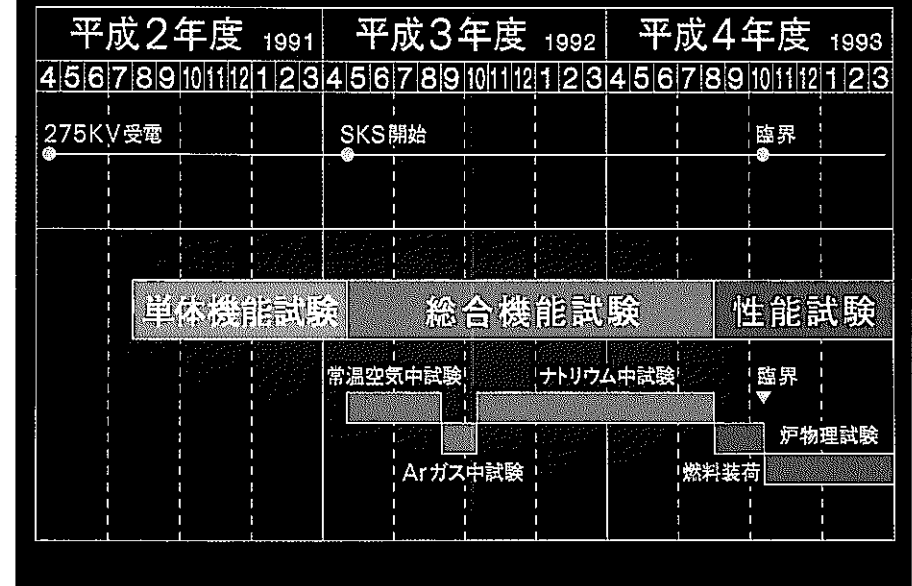
アルゴンガス中試験では、ナトリウム系統内の雰囲気を実験室から、アルゴンガスに置換し、電気ヒータで約 200℃まで予熱しますが、この高温状態における系統の気密性、機器の動作、変位等を確認し、ナトリウム充填に備えるものです。

ナトリウム中試験では、ナトリウム充填状態における系統の機能、機器の動作・性能を確認し、さらに、プラントとしての機能・性能を確認するものです。

目 的

1. プラントとしての系統機能が十分に確保された状態にあることの確認
2. 連続運転, また, 起動停止を繰り返すことによって初期故障を出し尽くす。
3. プラントの習熟
4. 系統相互間の取合点の確認および組み合わせ試験

試 運 転 工 程



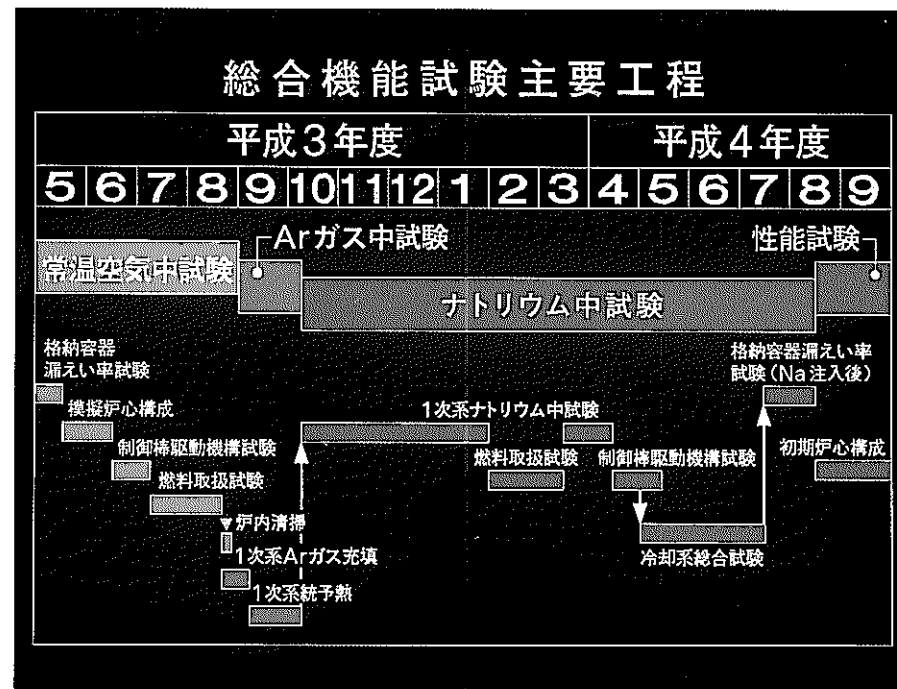
総合機能試験の目的ですが、「プラントとしての系統機能が十分に確保された状態にあることの確認」即ち、炉心燃料の装荷が可能となる条件の立証・確認をこの段階で行うこととしています。

「連続運転、また、起動停止を繰り返すことによって初期故障を出し尽くす」とありますが、試運転の概要でも御説明しましたが、ナトリウム注入後、万一、トラブルが生じた場合、修復のため、ナトリウムをドレンして、温度を下げ、アルゴンガスから空気へ置換し、洗浄することは容易なことではなく、特にナトリウムに関する系統について初期故障を出し尽くしておく必要があります。また、合わせて、運転操作上の問題点の摘出、誤動作、異常時の対策の確認を含め、プラントの習熟を図ることを目的としています。

「系統相互間の取り合い点の確認及び組合せ試験」については、もんじゅの場合、F B E Cを含め5社の協力体制の基に建設を進めていることから、特に、組合せ試験によって、各社の取り合い部における不都合をこの段階で是正しておく必要があることによるものです。

試験項目の選定

1. 設計性能の確認
2. 法令に基づく使用前検査
3. 運転性等の確認
4. 研究開発のためのデータの取得



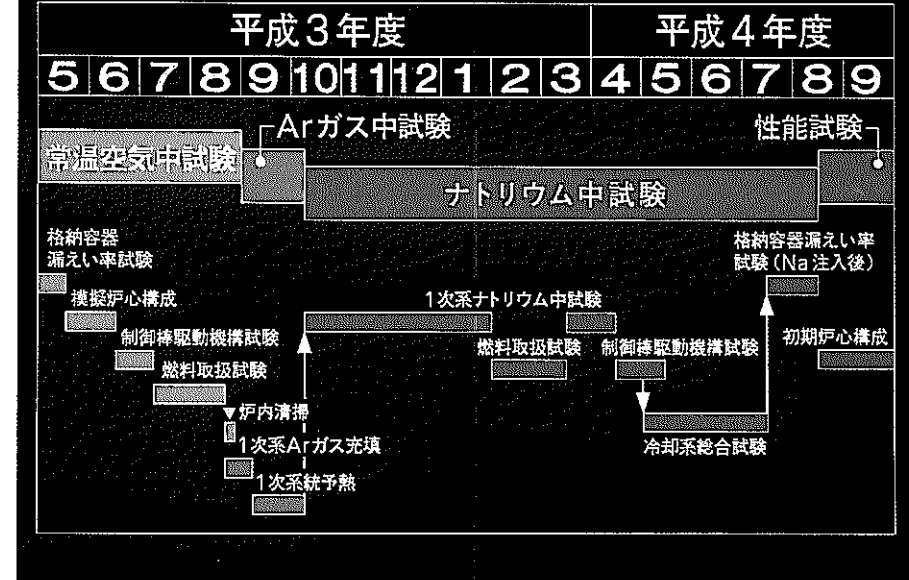
総合機能試験項目の選定については、「各系統の設計性能の確認」「法令に基づく使用前検査」「もんじゅ」の場合、科学技術庁及び通産省の双方の規制下に入りますので、科学技術庁については“性能に係る使用前検査”また、通産省については“八項使用前検査”が項目としてあげられます。「運転性能等の確認」、また、「もんじゅ」が開発段階にあるFBR原型炉ということから「研究開発のためのデータ取得」の観点からも項目の選定を行っています。

試験項目

総合機能試験項目数：約300項目
 (FBR特有試験項目：約240項目)

大分類〔設備分類〕	主要試験項目
原子炉構造	原子炉容器・S1機器作動試験、制御棒駆動機構機能試験
原子炉格納容器	原子炉格納容器漏えい率試験、パネュームブレイカー試験
プラント総合	冷却系総合試験、安全性確認試験
1次、2次冷却系設備	予熱試験、ナトリウム充填・ドレン試験、ナトリウム補助設備機能試験、アルゴンガス系運転試験、配管振動試験、S1機器作動試験、補助冷却設備機能試験
水・蒸気、タービン発電機設備	蒸気発生器連り水・蒸気系機能試験
燃料取扱及び貯蔵設備	燃料交換試験、燃料移送試験、燃料浄化設備機能試験
放射性廃棄物処理設備等	廃棄物処理設備機能試験、共通廃修設備機能試験
計測制御設備	原子炉保護系試験、フロント制御系設備機能試験

総合機能試験主要工程

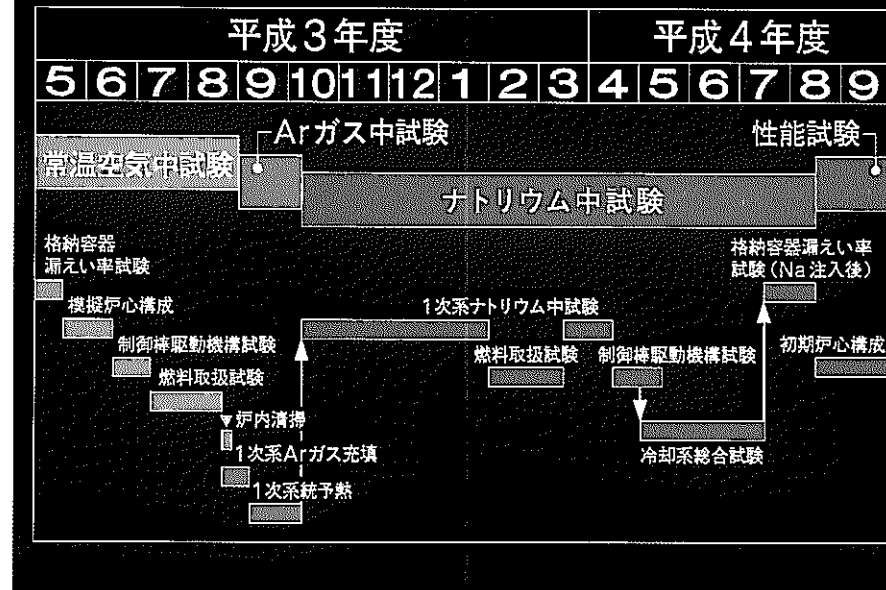


試験項目は、「原子炉構造」、「原子炉格納容器」、「1次冷却系設備、2次冷却系設備」、「水・蒸気・タービン発電機設備」、「燃料取扱及び貯蔵設備」、「計測制御設備」等の「もんじゅ」の設備を大分類として、各設備の系統・機器の機能・性能についての確認項目、更に、ナトリウムに関する系統については、常温空気中、アルゴンガス中、ナトリウム中の各段階での確認項目を小項目に、総合機能試験全体で約300項目、その内、FBR特有試験項目は約240項目にのぼっています。

試験工程

1. 常温空気中試験
 - (1) 模擬炉心構成
 - (2) 制御棒駆動機構試験および燃料取扱試験
2. アルゴンガス中試験
 - (1) 1次系アルゴンガス充填
 - (2) 予熱試験（原子炉容器および1次、2次冷却系）
3. ナトリウム中試験
 - (1) 1次、2次冷却系ナトリウム充填および運転試験
 - (2) 制御棒駆動機構試験および燃料取扱系総合試験
 - (3) 冷却系総合試験
 - (4) 格納容器全体漏えい率試験（ナトリウム注入後）

総合機能試験主要工程



次に試験工程ですが、クリティカルパス工程を中心に御説明しますと、まづ、原子炉格納容器漏洩率試験を行います。この段階の試験は、ナトリウム注入前の試験として、原子炉格納容器全体漏えい率試験では許容値である0.1%/day以下の漏えい率であることを確認するものです。

次に、模擬炉心構成を行います。常温空気中試験初期の段階に行いますが、この模擬炉心を組むことによって燃料取扱系試験及び制御棒駆動機構試験等の原子炉容器内での条件が整い、試験の実施が可能となります。これらのシステムの常温空気中での機能を充分確認した後、原子炉容器内の清掃を行います。その後、ナトリウム充填に向け、原子炉容器、1次冷却系、2次冷却系内の雰囲気気を空気から真空置換によりアルゴンガスに切り換え、電気ヒータにより、目標 200℃までの予熱を行います。この段階をアルゴンガス中試験と呼んでいます。これで系統へのナトリウム充填準備が完了したことになります。ナトリウム中試験では、原子炉容器、1次冷却系、2次冷却系へのナトリウム充填・ドレン試験、系統運転試験を行い、ナトリウム温度、流量等の条件がそろった所で、燃料取扱系試験及び制御棒駆動機構試験等のナトリウム中試験を行います。各システムの機能が確認された後、冷却系総合試験と呼んでいますが、実際の運転条件に近い形で、冷却系システム全体についての試験を行います。引続き行うナトリウム注入後の格納容器全体漏洩率試験での“放射性物質封じ込め機能”の確認を最後に総合機能試験を完了する計画です。

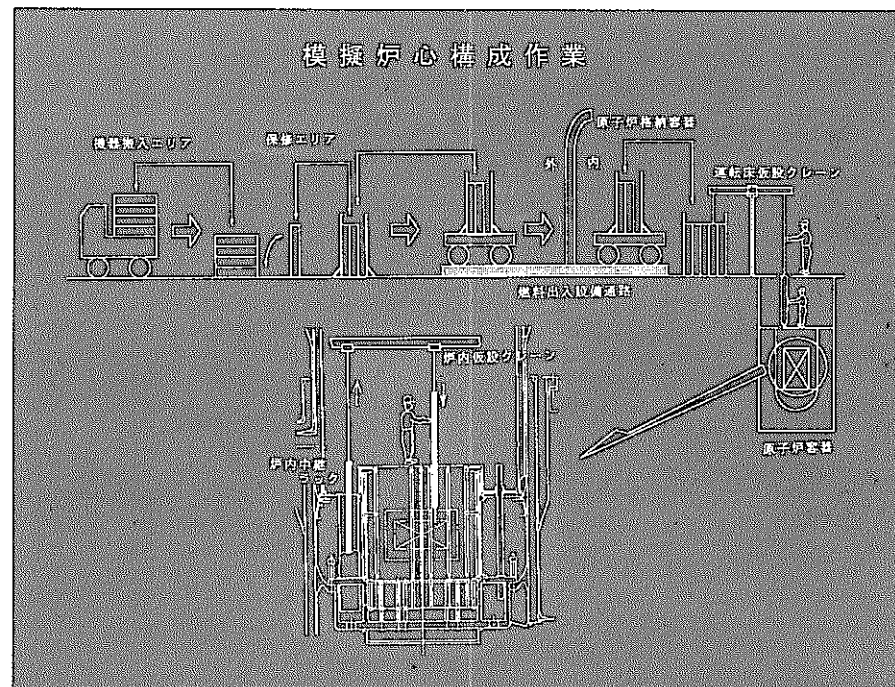
模擬炉心構成

目的

- (1) 燃料取扱設備試験のための条件設定
- (2) 冷却系実流動試験のための流路形成

内容

炉心燃料集合体および中性子源集合体について模擬体を用い炉心の仮組を行う。



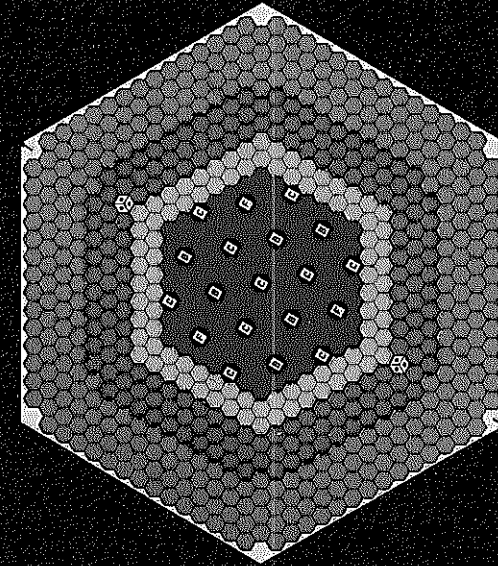
さて、クリティカルパス工程で試験の流れを御説明しましたが、FBRとして、特徴的ないくつかの項目について御紹介します。

まず、模擬炉心構成ですが、その目的は“燃料取扱系設備の原子炉容器内での試験のための条件設定”及び“冷却系実流動試験のための流路形成”にあります。試運転の概要でも御説明しましたが、FBRでは燃料集合体が集合体パッド同志で相互に支持されている関係で、燃料交換機の原子炉容器内での燃料取扱試験にあたって炉心を構成しておく必要があることによるものです。模擬炉心構成は、炉心燃料集合体及び中性子源集合体について模擬集合体を用い仮組みを行うものです。作業は、スライドにありますように、保守エリアへ模擬集合体を含む炉心構成要素を搬入し、燃料出し入れ設備通路上をメンテナンス台車に乗せ、原子炉格納容器内に運びます。原子炉格納容器内では、運転床に設けられた仮設のクレーンにより、原子炉容器内の炉内中継ラック内に炉心構成要素を挿入します。原子炉容器内では、更に、仮設のクレーンを設け、このクレーンを用い炉内中継ラックから炉心の所定の位置に模擬炉心を組むための構成要素を装荷するものです。これらの作業は、全て人間の手で、原子炉容器内に作業員が入って、慎重に、確認確認しながら行うこととしています。

模擬炉心と実炉心の構成要素

模擬炉心			実炉心		
模擬体	200体		炉心燃料集合体	内側炉心	108体
				外側炉心	90体
			中性子源集合体	2体	
ブロンケット燃料集合体	172体		ブロンケット燃料集合体	172体	
制御棒集合体	微調整棒	3体	制御棒集合体	微調整棒	3体
	粗調整棒	10体		粗調整棒	10体
	後備炉停止棒	6体		後備炉停止棒	6体
中性子しゃへい体 (サーベランス集合体を含む)	324体		中性子しゃへい体 (サーベランス集合体を含む)	324体	

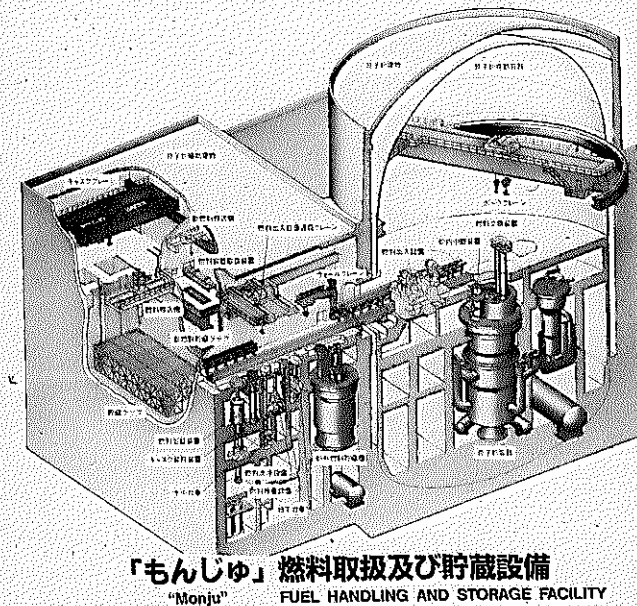
炉心水平断面図



模擬集合体は、全炉心構成要素数 715体の内、炉心燃料集合体及び中性子源集合体2体を合わせた分、200体について、使用します。右のスライドに炉心配置を示していますが、模擬体の装荷位置は、“赤とピンク”の部分です。模擬集合体は形状ばかりでなく、1次冷却系実流動試験のための流路形成、また、炉心圧損を実炉心と合わせることから、炉心燃料集合体圧損をもある程度模擬したものとしています。

燃料取扱試験

1. 燃料交換設備炉内燃料移送試験
2. 燃料出入設備燃料移送試験
3. 炉外燃料貯蔵槽内燃料取扱試験
4. 燃料洗浄設備燃料洗浄試験
5. 燃料取扱総合試験



模擬炉心を組むことによって、原子炉容器内での燃料交換機試験を行うにあたっての条件ができることになります。

ここで、燃料取扱試験の概要について御説明させていただきます。

燃料取扱試験は、①炉内での燃料交換機能を確認する“燃料交換設備炉内燃料移送試験”②燃料出入機の機能を確認する“燃料出入設備燃料移送試験”③EVSTと呼んでいますが、新燃料及び使用済燃料を一旦貯蔵しておく炉外燃料貯蔵槽の中での燃料取扱試験、④使用済燃料に付着したナトリウムを取り除くための“燃料洗浄設備燃料洗浄試験”、⑤燃料取扱総合試験から成ります。

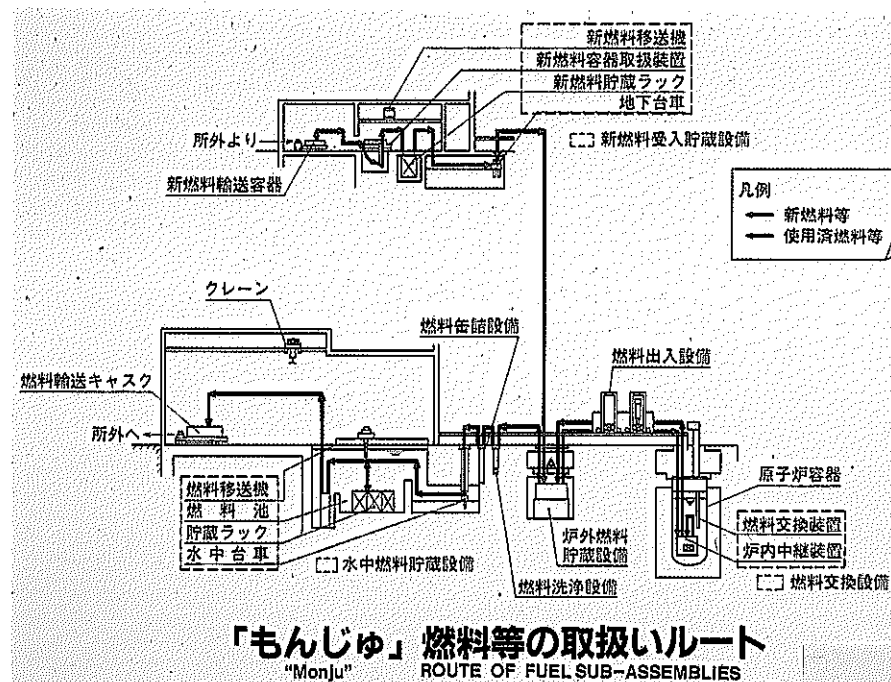
燃料取扱総合試験

1. 燃料交換試験

炉心と炉外燃料貯蔵槽間の燃料交換に係る機能を総合的に確認する。

2. 燃料処理貯蔵試験

炉外燃料貯蔵槽と水中燃料貯蔵設備間の燃料移送に係る機能を総合的に確認する。

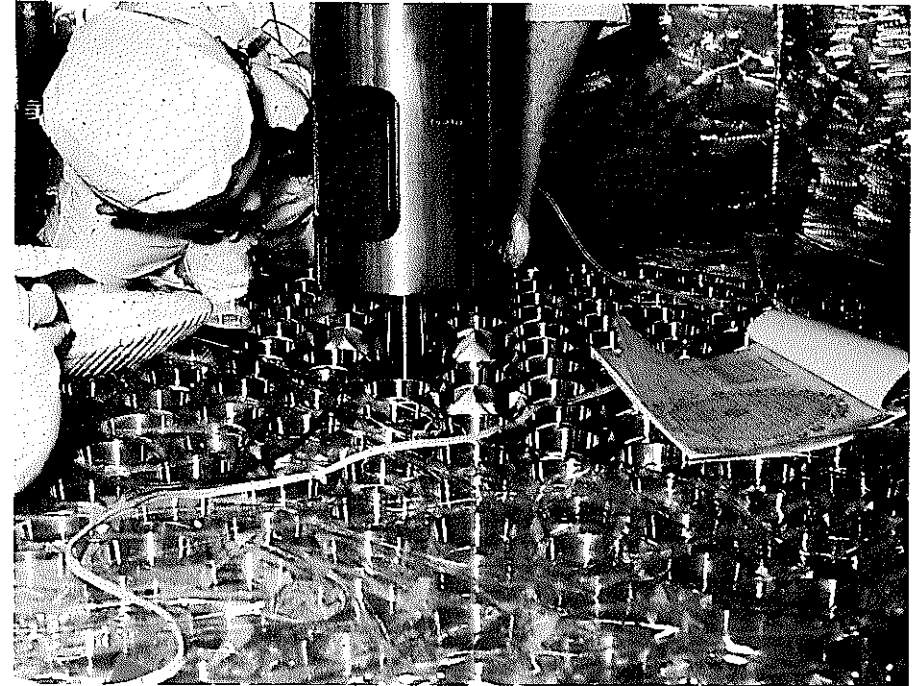


燃料取扱総合試験は、燃料取扱設備の個々の系統の機能・性能の確認が完了した段階で、各系統を組み合わせて行う試験で、燃料交換試験と燃料処理貯蔵試験とがあります。

燃料交換試験は、燃料交換装置、炉内中継装置、燃料出入機、炉外燃料貯蔵設備を組み合わせ炉心と炉外燃料貯蔵槽間の燃料交換機能を総合的に確認するものです。燃料処理貯蔵試験は、炉外燃料貯蔵設備、燃料出入機、燃料洗浄設備、燃料缶詰設備、水中台車燃料移送機等の水中燃料貯蔵設備を組み合わせ、炉外燃料貯蔵設備と水中燃料貯蔵ラック間の燃料処理貯蔵機能を総合的に確認するものです。

燃料交換設備炉内燃料移送試験

1. 作動ストローク調整試験
2. 偏心試験
3. アドレス確認試験
4. セルフオリエンテーション試験
5. 炉内移送試験



さて、模擬炉心構成後、原子炉容器内で行う燃料交換機試験について後説明します。写真は動燃大洗工学センターのFBR実験炉「常陽」の総合機能試験時のもので、丁度、燃料交換機の試験を行っている所の写真です。「もんじゅ」においても、「常陽」の試験経験を生かし、炉内燃料の取扱について、燃料交換機の作動ストローク調整、偏心試験、これは燃料交換機グリッパ軸心をずらしながら燃料をつかむ試験を行い、グリッパの許容偏心量を求めるものですが、その他、アドレス確認試験、挿入する燃料に偏心と回転角を与えても燃料のセルフオリエンテーション機構により回転角が修正され挿入できることを確認するセルフオリエンテーション試験等、試験員が原子炉容器の中に入り、燃料交換機の機能の確認、燃料交換設備の数々の運転データの採取を行うこととしています。ナトリウム注入後の燃料交換自動運転を支障なく行うには、この常温空気中での試験を確実に行うことが重要です。

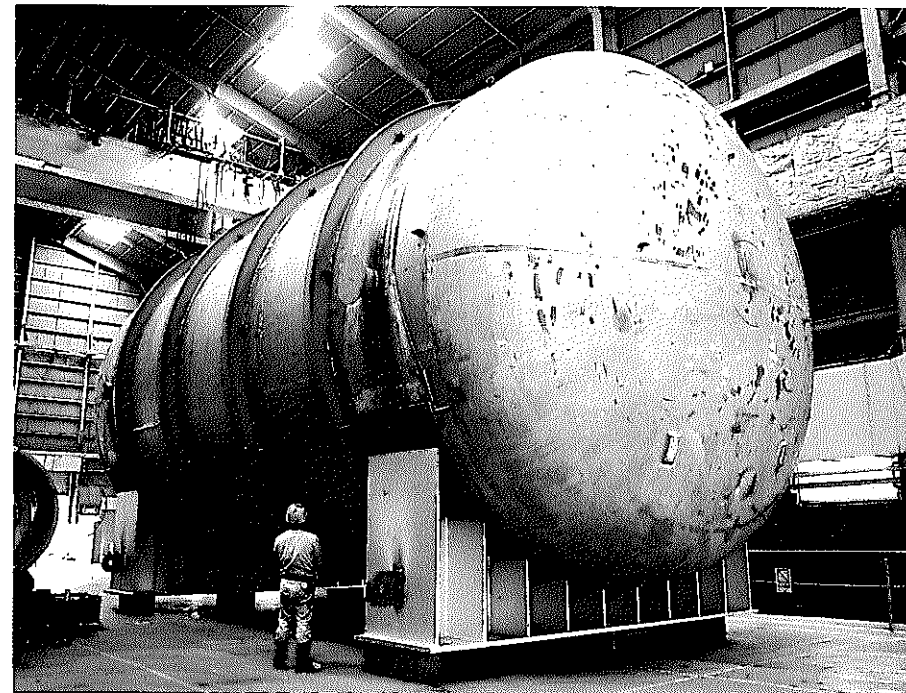
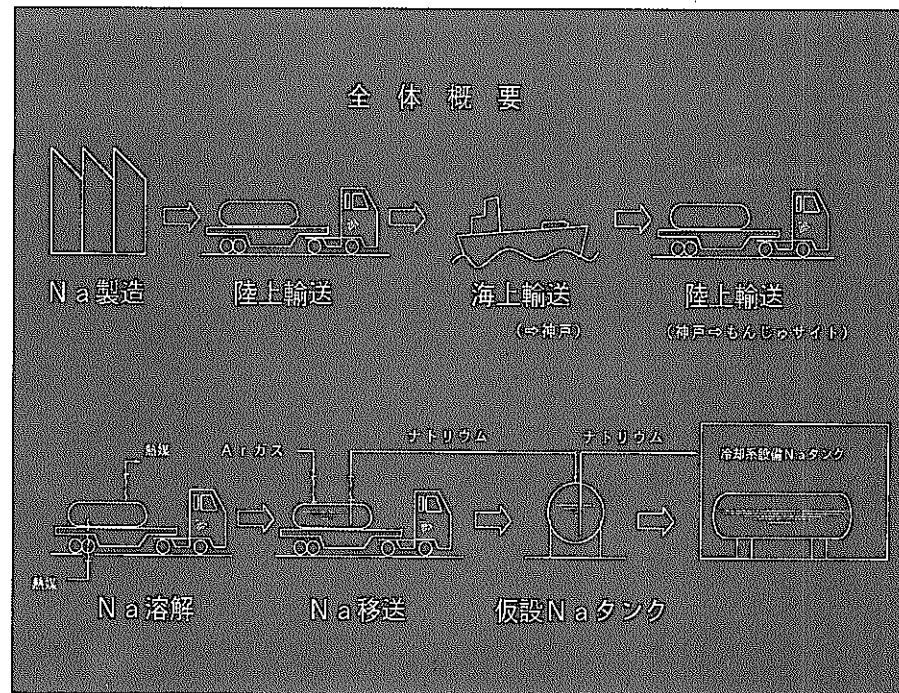
ナトリウム供給

1. ナトリウム量 : 約1670ton
2. 製造メーカー : メトール・スペシオー (仏国)
3. 輸送容器 : タンクコンテナ (約18.5ton)
4. 仮設Naタンク : 約280ton×2基
5. 系統への供給 : アルゴンガスによる加圧移送



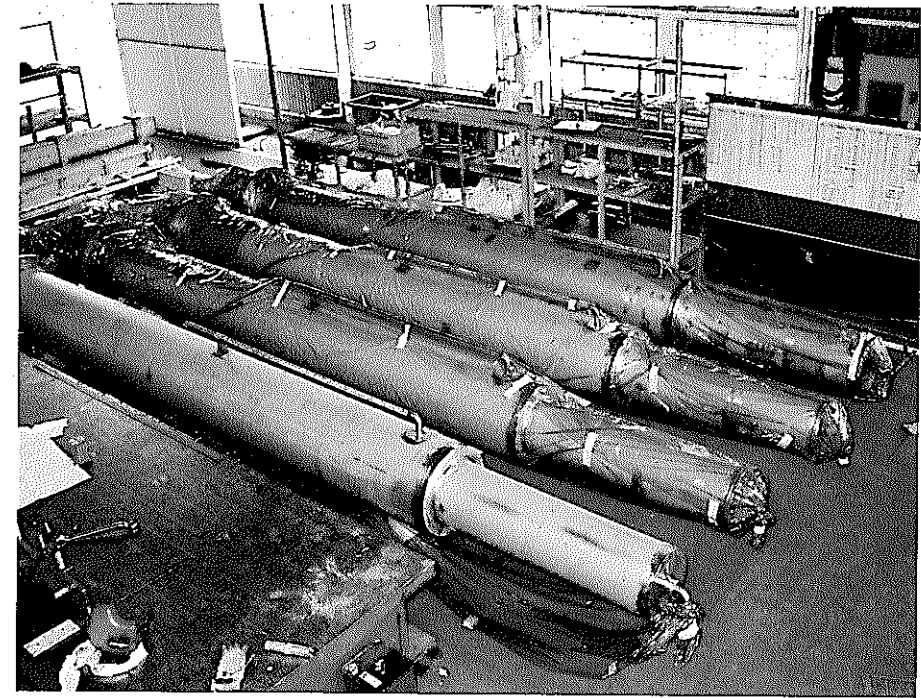
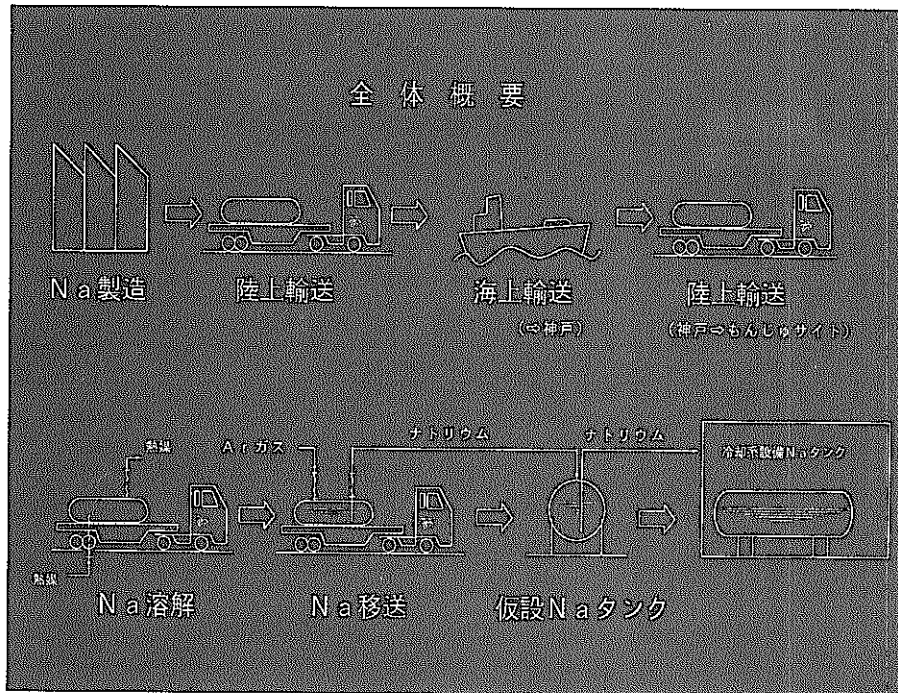
次に、ナトリウム供給について御説明します。

「もんじゅ」が必要とするナトリウムは約1700tonです。実験炉「常陽」が約2000tonですから量の多さがお分かり頂けると思います。ナトリウム製造メーカーはメトール・スペシオー、フランスのメーカーで、「もんじゅ」サイトまでの輸送は写真にあります輸送容器、タンクコンテナを使用し、ナトリウムを固化した状態で行います。タンクコンテナの容量は約18.5tonです。ナトリウム量が多いこともあり、「もんじゅ」のナトリウム系統への充填の前に、「もんじゅ」サイト内に仮設のナトリウムタンクを設置して備蓄をします。この備蓄用のナトリウムタンクとして、約280ton容量のものを2基設置しています。

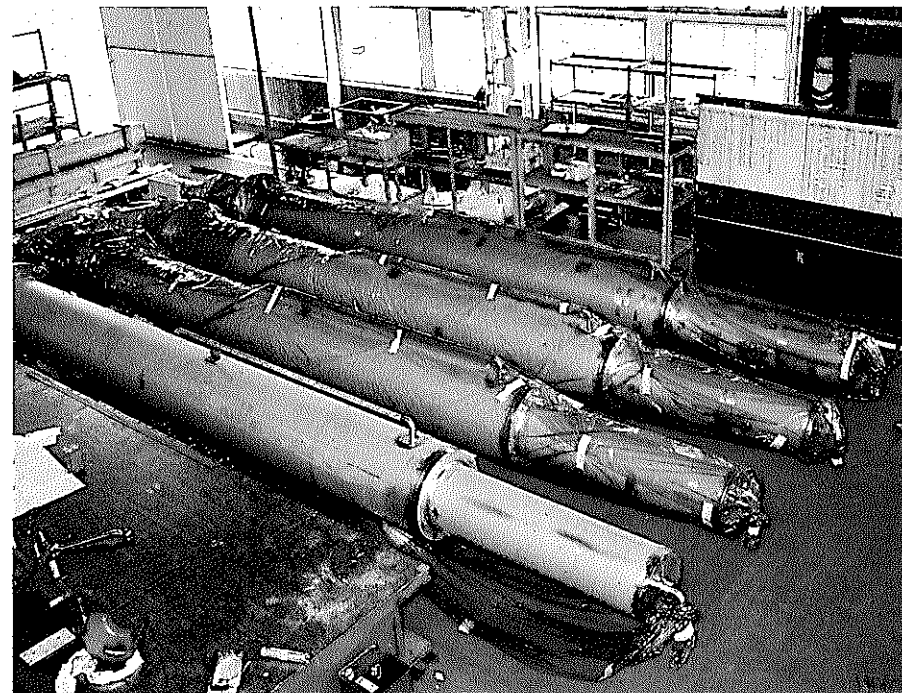
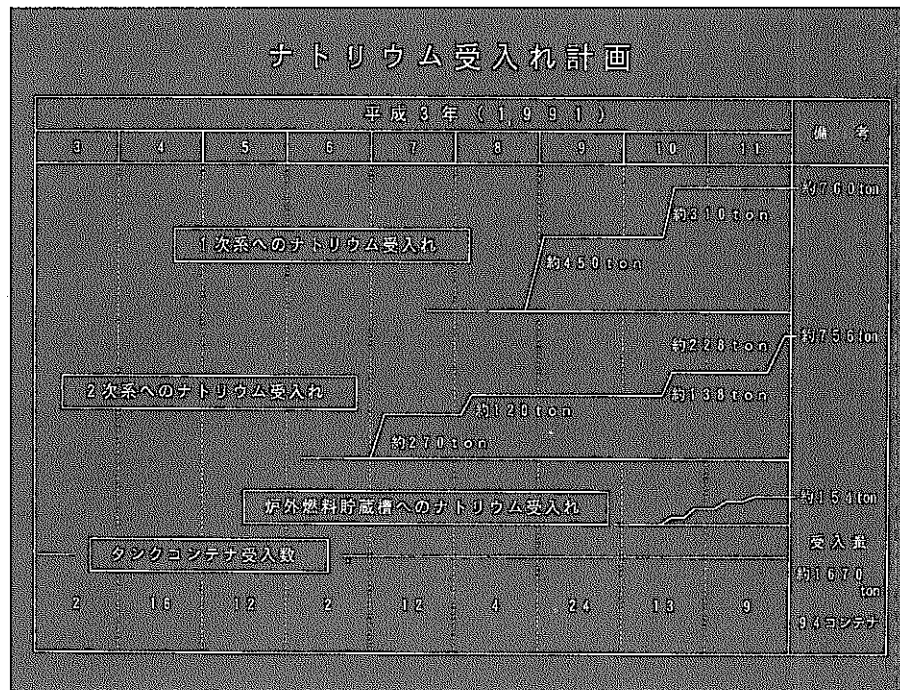


写真は、仮設ナトリウムタンクの工場製作段階のものです。

「もんじゅ」のナトリウム系統へのナトリウム受入れまでの流れを御紹介しますと、メー・スペンサー社でのナトリウム製造後、タンクコンテナへナトリウムを注入、固化します。日本までの輸送は、陸上及び海上輸送により行います。海上輸送は、定期貨物船で一般貨物と混積で行います。「もんじゅ」サイトへは陸上輸送で行います。サイト内でタンクコンテナ内のナトリウムを溶解し、アルゴンガスによる加圧移送で一旦、仮設のナトリウムタンクに受入れ備蓄します。



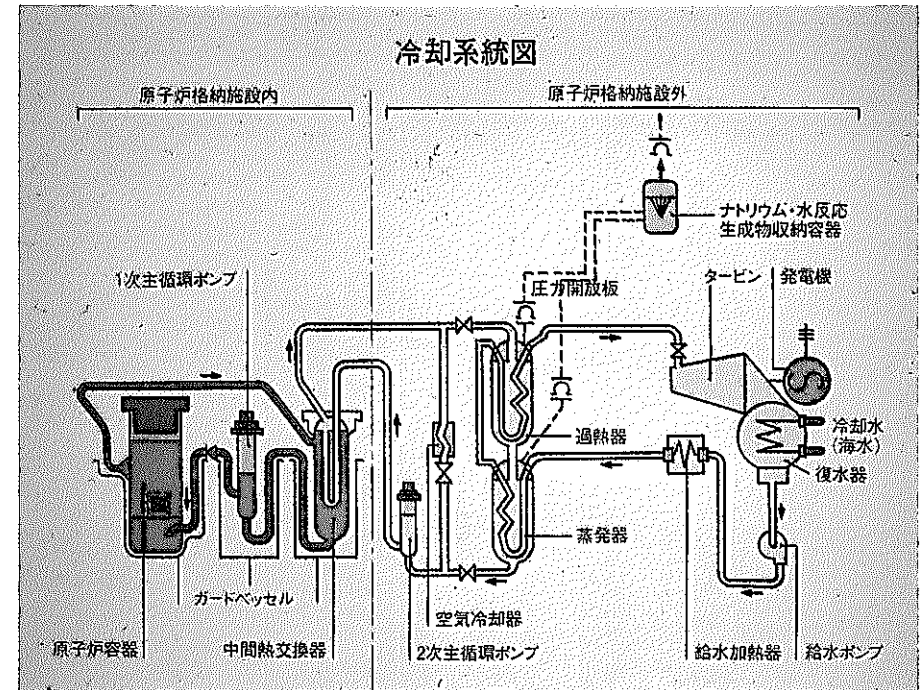
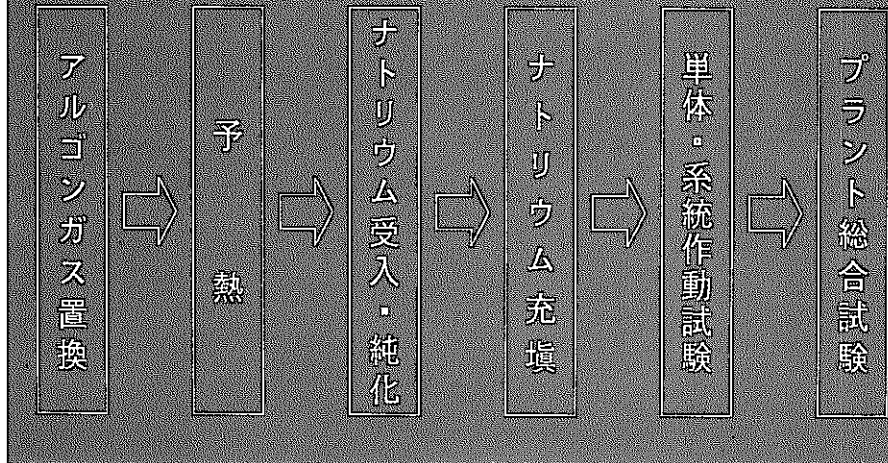
仮設ナトリウムタンク内には内挿型のコールドトラップを設け、受け入れたナトリウムをタンク内にて純化します。写真は、仮設ナトリウムタンク内の内挿型のコールドトラップの工場製作段階のもので、「もんじゅ」のナトリウム系統へは、試験工程に合わせ、順次、充填することとしています。



ナトリウム受入れ工程ですが、「もんじゅ」サイトへは、来年3月からナトリウム受入れを開始する計画です。また、系統へのナトリウム充填は、来年7月からの2次冷却系への充填を始めとして、1次冷却系、炉外燃料貯蔵槽と行われ、来年11月には系統へのナトリウム充填を完了する計画です。

従って、工程的には、約1700tonのナトリウム受入れを、サイト備蓄から約9ヶ月で、系統への充填開始から約5ヶ月で完了することとなります。

原子炉冷却系試験フロー



次に、原子炉冷却系試験について御紹介します。原子炉冷却系試験はスライドにあります様に、①アルゴンガス置換②予熱③ナトリウム受入れ・純化④ナトリウム充填⑤単体・系統作動試験⑥プラント総合試験の順に行われます。アルゴンガス置換は原子炉容器、1次、2次冷却系等の原子炉冷却系について、Arガス系の機能を確認の後、系内の雰囲気気を空気からアルゴンガスに置き換えるもので、真空置換によっておこないます。予熱は、ナトリウムを冷却系内へ受け入れるにあたり系統を電気ヒータにて 150°C 以上に温めるもので、目標温度を 200°C としています。系統へのナトリウム受入れは、一旦、各系統のダンプタンク、オーバフロータンクに受け入れられます。その後純化系を運転状態とし、タンク内での初期純化をおこなった後、系統内へナトリウムを充填、合わせて充填ドレン試験、フリーズシールバルブのフリーズシール性能、ナトリウム計装品の較正を行います。単体・系統作動試験では、ナトリウムポンプの起動、ポンプ運転性能、Na漏洩検出器、水漏洩検出器の作動状況確認、また、配管振動試験を行い、系統としての機能・性能を確認した後、実際の運転状態に近い形で、プラント総合試験を行います。

プラント総合試験

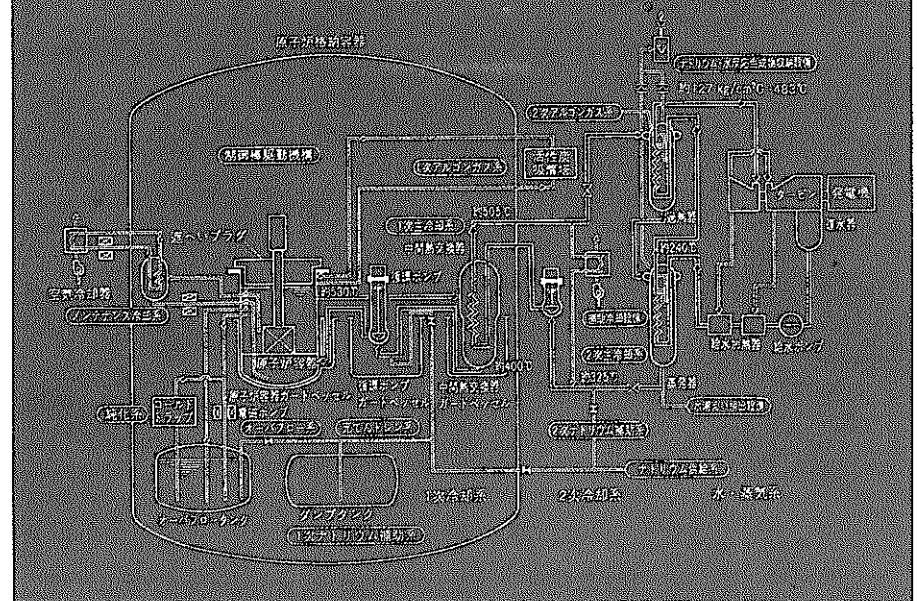
1. 冷却系総合試験

- (1) 補助冷却設備起動試験
- (2) モード運転試験

2. 安全性確認試験

- (1) 1次、2次主循環ポンプトリップ模擬試験
- (2) 1次主冷却系配管破損模擬試験
- (3) 外部電源喪失想定試験

原子炉冷却系系統図



プラント総合試験として、冷却系総合試験、安全性確認試験を行います。

安全性確認試験は、①1次、2次主循環ポンプトリップ、②1次主冷却系配管破損、③外部電源喪失等の異常状態を模擬して、警報、インタロックによる所定の安全動作、主循環ポンプトリップの場合ですと、冷却材流量低信号による原子炉トリップ、主循環ポンプモーターの起動、主モーターからの引継ぎ運転、補助冷却設備の自動起動等ですが、これらが確実に実行されることを確認するものです。

プラント総合試験

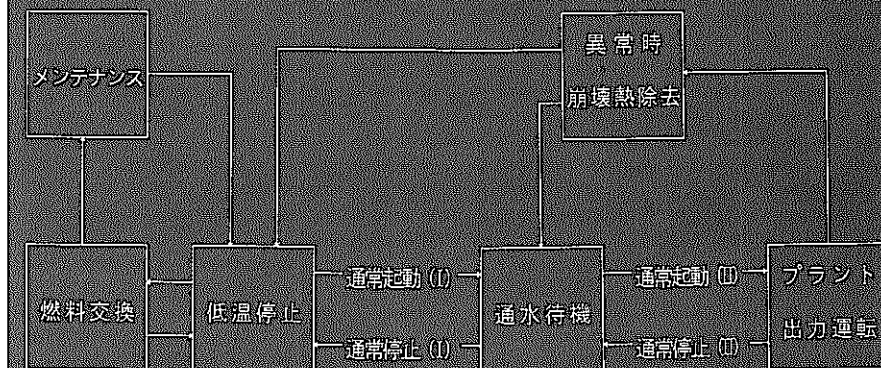
1. 冷却系総合試験

- (1) 補助冷却設備起動試験
- (2) モード運転試験

2. 安全性確認試験

- (1) 1次, 2次主循環ポンプトリップ模擬試験
- (2) 1次主冷却系配管破損模擬試験
- (3) 外部電源喪失想定試験

プラント運転モード



冷却系総合試験のモード運転試験ですが、右のスライドは、「もんじゅ」プラントの運転サイクルを示したものです。

プラントの通常起動は、メンテナンスまたは燃料交換後、プラントの運転状態を低温停止とした状態で行います。

起動は、低温停止、通水待機、プラント出力運転の順で定格運転とします。低温停止は補助冷却設備により崩壊熱除去を行っている状態、通水待機は給水流量約10%で蒸発器へ通水がなされている状態で、この通水待機モードから原子炉を起動することとしています。

モード運転試験は、総合機能試験段階で状態を設定することが出来ないプラント出力運転状態を除く、各運転モードについて、通常起動(I)と呼んでいますが、低温停止モードから通水待機モードへの移行操作、その逆の通水待機モードから低温停止モードへの停止操作、低温停止モードから燃料交換モード、更に、メンテナンス対象ループ内ナトリウムをドレンしてのメンテナンスモードへの移行操作等、「もんじゅ」の運転計画に従って操作し、運転手順通り各運転モードの設定が可能であること、また、合わせて、運転所要時間の確認等、運転操作上の数々のデータを得るために行なうものです。

1次主冷却系配管破損模擬試験

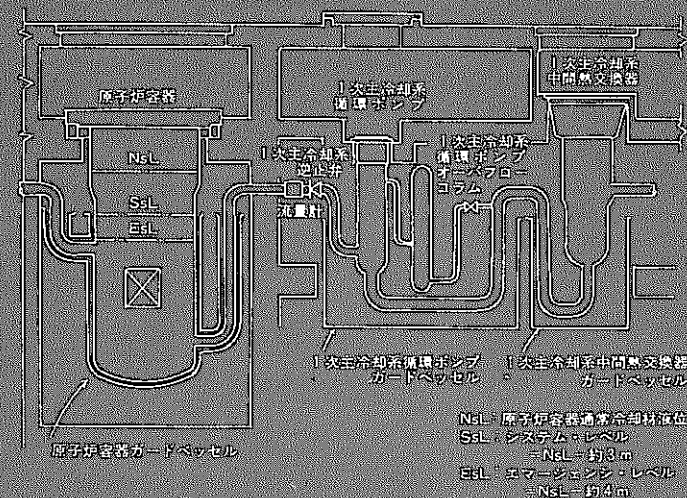
1. 目的

関連系統が所定の安全動作を行うことを確認する。

2. 内容

- (1) ナトリウムドレンにより漏えいを模擬する。
- (2) 原子炉トリップ、ポニーモータ起動及び補助冷却設備起動を確認する。
- (3) 液位低下時のナトリウム汲み上げ機能を確認する。
- (4) 液位低下状態でのポニーモータによるポンプ運転性能を確認する。

1次主冷却系レベル関係



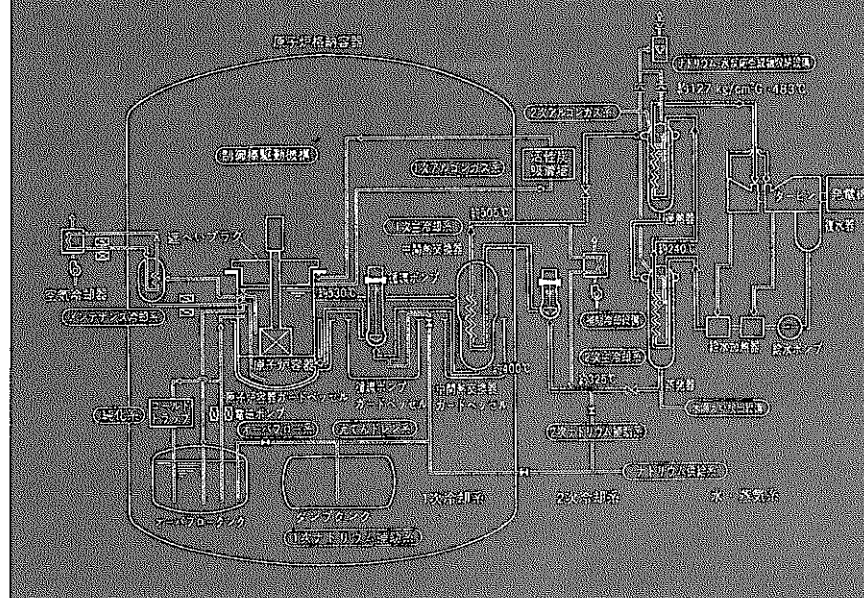
次に、1次冷却系配管破損模擬試験について御説明します。試験は、ナトリウムをドレンすることにより漏洩を模擬して行います。

「もんじゅ」の配管破損の冷却材保持、ナトリウムの液位を確保するということですが、その考え方としては、炉心を冷却するという観点から、①燃料集合体頂部の露出防止、②原子炉容器出口ノズルの露出防止、③ポンプを運転するために、ポンプ軸受の露出防止を基本条件として、冷却材漏洩時にESL(エマージェンシーレベル)を確保する設計としています。このため、配置上の考慮として、配管の高所配置、低所に配置される機器についてはガードベッセル内に配置する等のナトリウム漏洩量の制限を行う訳ですが、この試験では、それ以外のナトリウム漏えい量制限のための安全動作である、①ポンプ吐出圧によるナトリウムの流出防止、これはナトリウム漏洩時に主循環ポンプが自動で停止する動作の確認ですが、それから、②炉心冷却のためのポニーモータ及び補助冷却設備の自動起動及び起動後の原子炉容器液位が低い状態での安定運転の確認、また、③温度低下に伴うナトリウム熱収縮によるナトリウム液位低下時の原子炉容器ナトリウム液位確保のためのオーバーフロー系によるナトリウム汲み上げ機能の確認を行うものです。

2. 試験実施にあたっての特徴

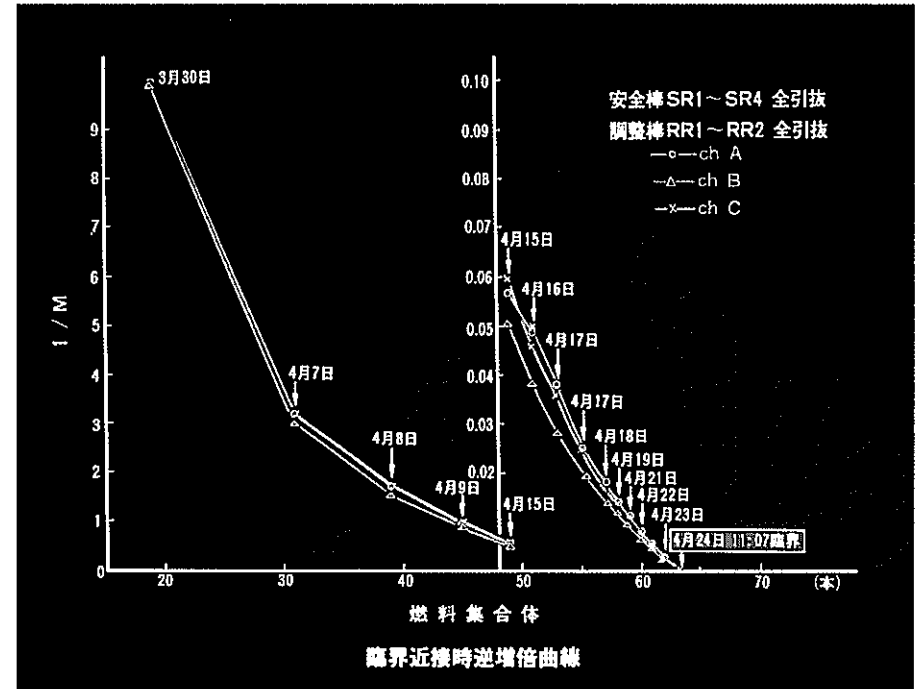
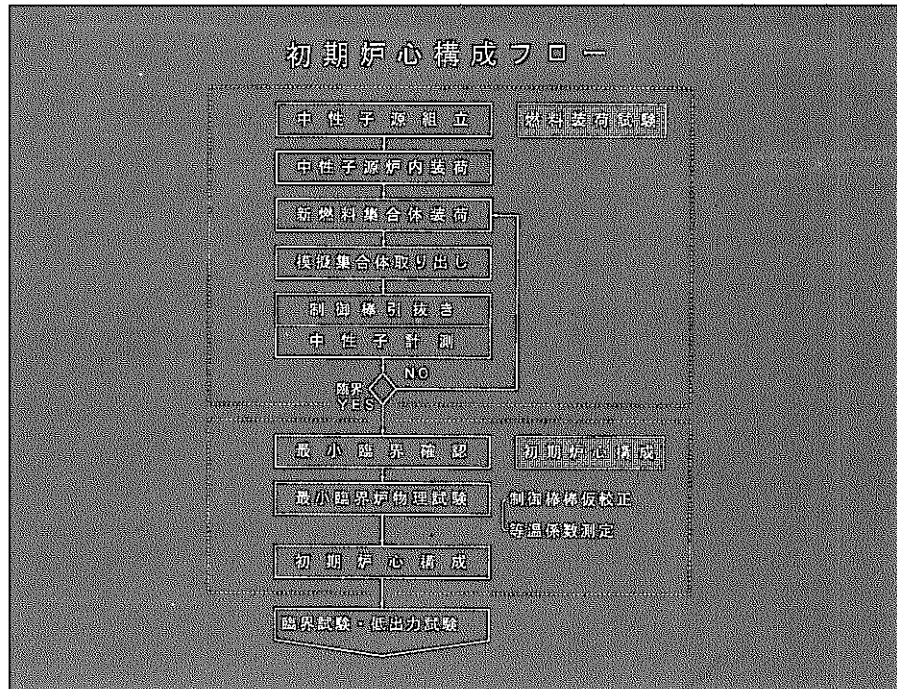
- (1) 格納容器内を窒素ガスで加圧
- (2) プラント状態（試験中、次のシステムを運転状態に置く）
 - ・ 1次、2次冷却系
 - ・ 1次アルゴンガス系
 - ・ 機器冷却系
 - ・ 格納施設換気空調設備
- (3) 結果について試験中、運転状態においたシステムからのインリーク量の補正を行う。

原子炉冷却系系統図



この、原子炉格納容器全体漏洩率試験を行うにあたって、「もんじゅ」が冷却材としてナトリウムを使用していることから、軽水炉と異なるいくつかの特徴があります。1つは、加圧を窒素ガスで行うという点です。これは、試験中、万一、ナトリウム漏洩があった場合のナトリウム燃焼を抑制するための安全上のものです。2点目は、試験中、いくつかのシステムを運転状態にして置くということです。その1つは、炉心を冷却するため1次及び2次冷却系を運転状態にするということです。このためNa液面を不活性なアルゴンガスでおおうためのカバーガス系また、ポンプ軸シールガスを確保するため1次Arガス系を運転する必要があります。また、1次冷却系循環ポンプ等を運転することから、これらの機器を冷却するための機器冷却系を運転する必要があります。また、冷却材がナトリウムということで、システム温度を約 200°Cに維持しますが、このため、格納容器内雰囲気冷却する必要があり、試験中格納容器内の空調設備を運転状態とします。

冷却材漏洩事故時、1次アルゴンガス系及び格納容器換気空調設備の隔離弁は閉状態になりますが、試験は運転状態で行うため、試験結果については、このシステムからのインリーク量の補正を行うこととしています。



最後に、燃料装荷・臨界試験について紹介させていただきます。

写真は、動燃、大洗工学センター、FBR実験炉「常陽」の臨界近接試験データである逆増倍曲線です。「もんじゅ」の臨界近接試験も「常陽」と同じような手順で行います。

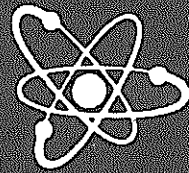
まず、中性子源を組み立て、すでに組まれている模擬炉心から中性子源集合体を模擬集合体と置き換え、炉内に装荷します。その後、模擬集合体と炉心燃料集合体を置き換え、炉心燃料集合体を炉内に装荷します。ある程度装荷がなされたところで、制御棒を引抜き、中性子計測を行い、これを数段階にかけて行い、最小臨界を確認することになります。

総合機能試験はこの臨界を確実にものとするを目的に行うものと言えます。平成4年10月には、「もんじゅ」でも写真にあるような逆増倍曲線が描けるものと思います。

これで、私の報告を終らせて頂きます。

御静聴ありがとうございました。

「もんじゅ」報告会



平成2年11月7日

動力炉・核燃料開発事業団
高速増殖炉もんじゅ建設所

性能試験について

運転準備室担当役

西田 優顕

性能試験の目的

実験炉「常陽」などの研究開発成果に基づき設計された

炉心、プラント各系統、発電所全体性能の確認評価

設計目的に沿った発電所安全運転の実証

原型炉「もんじゅ」の成果を次の開発ステップに反映

運転準備室の西田でございます。性能試験計画の概要について、ご報告させていただきます。

〔性能試験の目的〕

性能試験は、総合機能試験に引き続く、燃料装荷から 100%出力までの、試運転中の試験をいいます。

性能試験の目的は、

- ・高速実験炉「常陽」などで行ってきた、もんじゅ及び高速増殖炉の研究開発成果に基づいて設計をおこなった、炉心、プラント各系統及び発電所全体の性能を、確認評価すること

並びに

- ・全出力において、設計目的に沿った発電所の安全運転を実証して、発電所としての性能を確認すること

であり、更に最終的には

- ・高速増殖原型炉としての設計検証を行って、その成果を次の高速増殖炉開発ステップに反映していくことです。

試験計画の着眼点

FBRの設計、規格、基準、解析コード等の妥当性の検証

高速増殖発電炉の信頼性、経済性向上のための研究開発課題、開発ニーズの発掘

高速増殖炉技術の高度化

次期炉への反映

性能試験の試験項目、試験工程の組み方の考え方などは、軽水炉の起動試験とそれほど大きく変わるものではありません。

〔試験計画の着眼点〕

試験項目の選定、試験内容・方法などの試験計画上の着眼点は

- ・ナトリウム機器などの設計、高温構造規格、基準、炉心燃料解析コードなどの妥当性の検証を行うこと

- ・機器の信頼性、システムの経済性向上のための研究開発課題、開発ニーズの発掘をおこなうこと

- ・プルトニウム炉心設計、ナトリウム取扱などの高速増殖炉技術の高度化をめざすこと

などであり、次期炉開発、設計への反映を重点にしています。

性能試験の分類体系

炉心性能試験	燃料装荷、臨界近接及び各種の炉心核熱特性測定
しゃへい性能試験	放射性物質内包設備、機器のしゃへい特性測定
化学及び放射化学試験	Na等化学分析及び放射性物質挙動測定
プラント性能試験	プラント各設備の運転制御特性測定、各種性能特性測定

〔性能試験の分類体系〕

まず、性能試験の試験項目の選定について御説明いたします。

試験項目を選定する上で、表に示しましたように、試験内容別に4分類の体系に分けております。

- ・炉心性能試験では、燃料装荷、臨界近接、炉心核熱特性の測定をおこないます。
- ・しゃへい性能試験では、原子炉、1次冷却系などの放射性物質内包設備、機器のしゃへい特性の測定を行っていきます。
- ・化学、放射化学試験では、ナトリウム、カバーガスであるアルゴンなどの分析、1次ナトリウム中の放射性物質の測定などを行います。
- ・プラント性能試験では、設備毎の運転制御特性の測定、通常、異常時の設備の性能特性測定を行っていきます。

性能試験項目数

試験用燃料、装置を用いた 出力分布測定、流量分布測定 等	約30項目
放射線検出器、放射化箔を用いた 高速炉心、1次Na系、Pu燃料取扱系 等 しゃへい性能測定	約15項目
サンプリング・分析装置を用いた Na、Ar純度測定、1次Na放射性物質測定 等	約5項目
Na系、蒸気発生系などの系統別運転制御試験、 過渡応答確認試験 等	約70項目

〔性能試験項目数〕

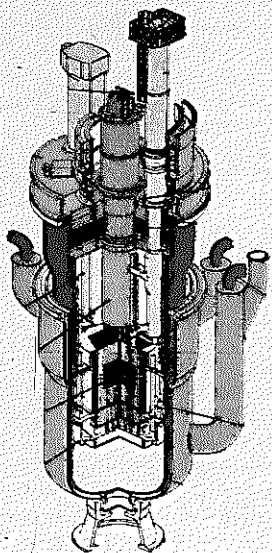
試験項目の選定は、まず

- ・もんじゅの性能確認に必要な試験
 - ・もんじゅの設計の確認に必要な試験
- を選び、これらに加えて
- ・これまで開発された、高速炉技術の検証を行って行くための試験
 - ・さらに今後の高速炉技術の開発に有用な試験
- などを選定して
- ・軽水炉の試運転の例、使用前検査項目のレビューなどを行って検討を進めております。
 - ・炉心性能試験では、試験用燃料、装置を使った炉廻りの試験を30項目
 - ・各種の放射線検出器、放射化箔を使用するしゃへい性能測定試験は15項目
 - ・化学、放射化学試験は5項目
 - ・プラント性能試験は70項目を選定し、それぞれの試験についての詳細化を行っているところです。

原子炉の性能試験

制御棒・駆動機構試験

- 較正試験
- 干渉効果測定 等



出力分布測定試験

- 中性子束分布測定
- 増殖比測定 等

化学試験

- ナトリウム分析
- アルゴン分析 等

しゃへい性能試験

- 炉体廻り測定
- プラグ廻り測定

熱流力特性試験

- 流量分布測定
- 機器振動測定 等

反応度測定

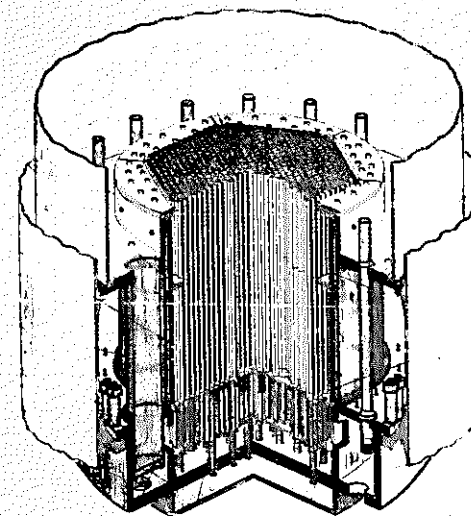
- 温度係数測定
- 燃料等価反応度測定 等

つぎに、各試験の内容を原子炉廻りの試験とプラント廻りの試験に分けてご説明をしていきます。

原子炉の性能試験を計画していく上で考慮すべき設計上の特徴は、

- ・ 高速中性子、高出力、高燃焼炉心を制御していくこと
 - ・ ナトリウム中で各機器が動作し、運転状態では 500℃ の高温となっていること
 - ・ 反応度制御は、化学制御や流量制御を加えない、制御棒の組み合わせによる制御であること
 - ・ 制御系、計測系を回転プラグ上に搭載していること
- などがあります。

炉内構造



スライドでは、左側に原子炉の概略構造と主要な試験、右側は参考に炉内構造を示しております。

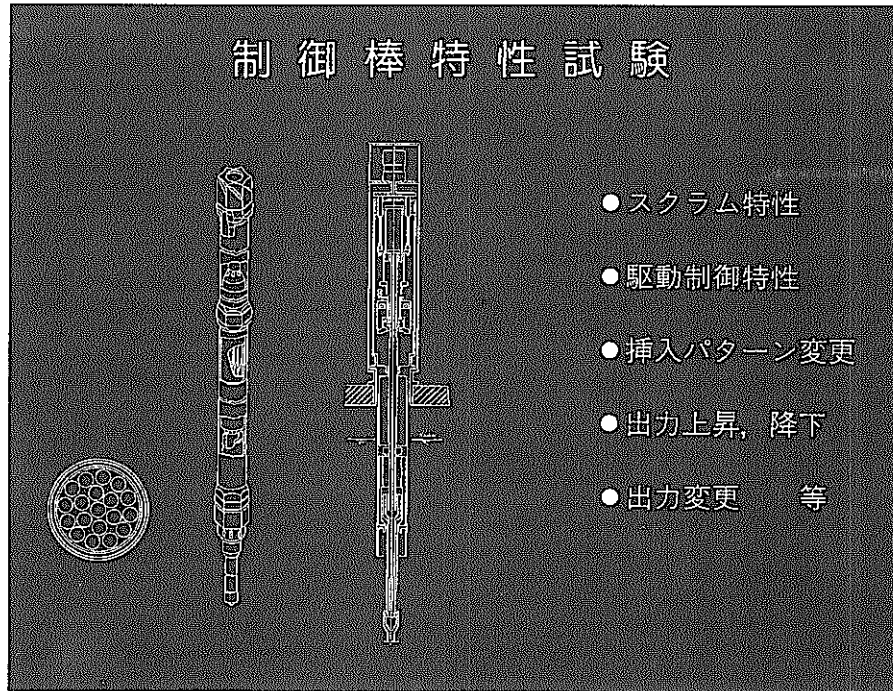
制御棒及び駆動機構では通常の較正試験の他、制御棒間の干渉効果による反応度測定などを行います。

炉心部については、試験用燃料を用いた中性子束分布の測定、これは後ほど詳しく説明をおこないますが、較正済の制御棒を使った各種の反応度測定を行なっていきます。また炉心熱流力設計の評価をおこなうために、集合体毎の流量分布測定なども行なっていきます。

そのほか、中性束レベルが軽水炉と比べて、ほぼ1桁高い高速炉心の、炉体、プラグ廻りのしゃへい性能測定や化学分析などを行います。

これらの試験は、さきほど述べました高速炉の特徴を踏まえて、試験手順、計測方法など工夫しながら計画を進めております。

制御棒特性試験



〔制御棒特性試験〕

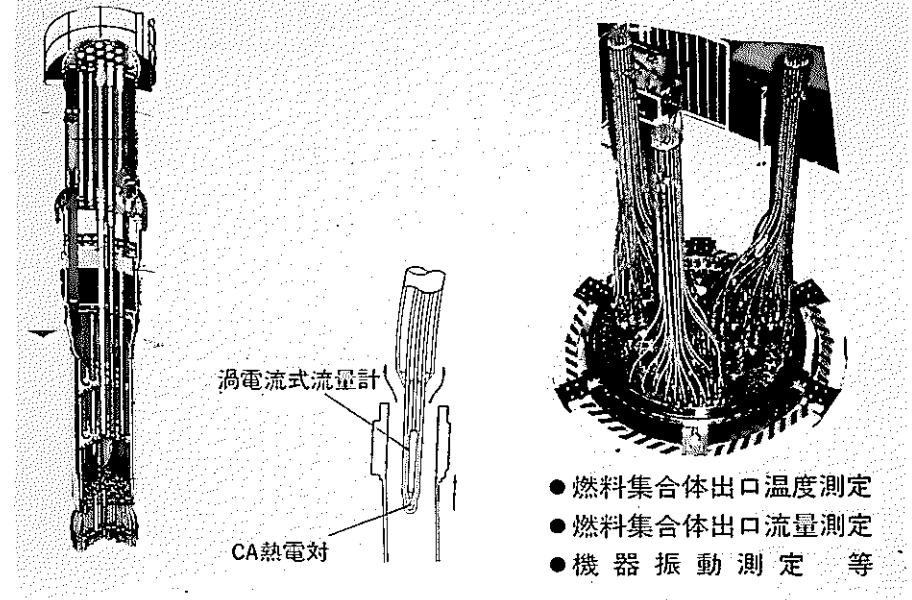
次のスライドは、試験項目の詳細例として、回転プラグに搭載されている制御棒と計装系の試験について示したものです。

左のスライドは制御棒と駆動機構の概略構造図と主な試験、右のスライドは制御棒駆動機構と温度・流量計装を内蔵した炉心上部機構の構造図です。

上部機構のスライドには、計装案内管の取付け状況の写真と、検出端が集合体上部の整流筒に挿入されている状態の、拡大図を示しております。

制御棒特性の試験では、プラント側の流量、温度などの各種のプロセス制御機構とあまった炉心の出力制御、安全保護動作などの試験を、制御棒単独、あるいはプラント全体の試験として行って、高温ナトリウム、高速炉中での制御性能を確認していきます。

炉心上部機構の試験



炉心上部機構に組み込まれている炉心出口計装は、温度計が炉心燃料集合体全数とブランケット集合体の一部、渦電流式流量計が炉心の代表集合体34体に本設設備として設置してあります。

このほかに試験用の集合体流量測定装置を炉上部に取りつけ、燃料集合体1体ずつの出口流量を計測し、炉心の流量分布を詳細に測定評価していく計画です。

また炉心上部機構に加速度計を取りつけ、微小振動を測定し、制御棒を通した中性子束のゆらぎの有無などを確認していきます。

中性子束（出力）分布測定

- 「常陽」で設計開発した試験用集合体使用
- 金属箔を炉内に装荷、放射化法により測定

- もんじゅ炉心体系における
- 中性子束、出力分布データ
 - 増殖比データ
 - しゃへい性能データ

- 実験炉から原型炉へ引き継がれた
- ① 炉心解析手法の検証
 - ② 炉心設計ロジック（手順）の確認
 - ③ 大型炉設計への反映

〔中性子束分布測定〕

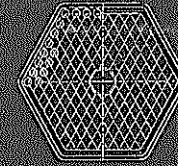
次に実用炉では、あまり実施されていない、試験用燃料集合体を使った中性子束分布測定試験について、少し詳しく御説明致します。

この試験は、常陽で設計開発された、試験用集合体を使用し、金属箔を炉内に装荷し、放射化法により中性子束分布を測定する試験です。

発電プラント規模のもんじゅ炉心体系における、中性子束分布、出力分布データ、増殖比を評価するためのデータ、しゃへい性能試験のための基礎データなどを金属箔の放射化強度より求め、実験炉より原型炉へ引き継がれた、炉心解析手法の検証、炉心設計ロジックの確認を行い、今後のFBR開発にその設計手法を反映していくことを目的として試験をおこなっていきます。

もんじゅでこの試験を特に行う理由は、実炉心データにもとづく設計コードなどの検証、裕度評価をおこなうことにより、ウランとかなり特性の異なる、多くの同位元素を有するプルトニウム炉心の、燃料・炉心設計に大きな反映が期待できるからです。

試験用集合体の構造



- 箔ホルダー
約 20cm × 3m
ステンレス製
- 放射化箔
Pu、U、Au、Ni等
約20枚/ホルダー



右のスライドは、試験用集合体の構造を示したものです。

スライド中の左の絵に示しましたように、この集合体は、実際の炉心燃料と全く同じ構造をしております。

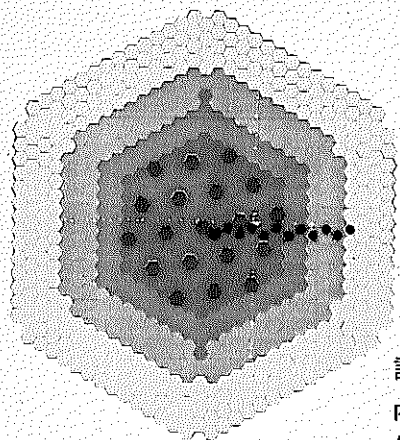
燃料要素も同じであり、実燃料との違いは、中央部の燃料ピン7本を、照射用の箔ホルダーと呼びます試験ロッドに置き換えたものであることです。

箔ホルダーは、放射化させるプルトニウムや、金などの箔をおよそ20枚ほどはさめる構造となっています。

このロッドは、集合体を炉心から取り出した後に、治具をつかって、出し入れができるようになっています。

試験用集合体はほぼ零出力で照射しますので、箔ホルダーの種類をいろいろ換えることによって、同じ集合体で数回試験に使うことができます。

試験用集合体装荷例



試験用集合体数：

- 内側炉心燃料用 6体
- 外側炉心燃料用 2体
- ブランケット燃料用 3体
- 中性子しゃへい体用 1体

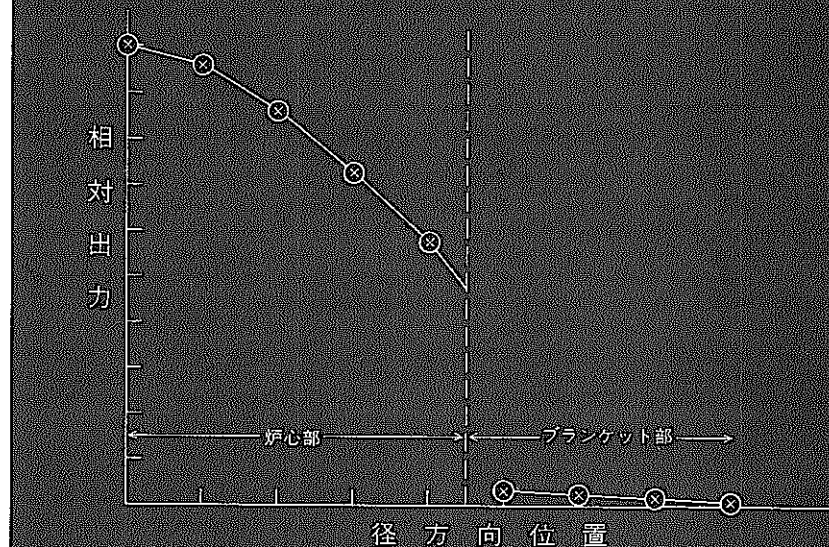
〔試験用集合体装荷例〕

次のスライドは、もんじゅでの試験装荷計画の一例と、常陽での試験結果の例です。

この例では、プルトニウム富化度の低い内側炉心に6体、富化度の高い外側炉心に2体、ブランケット3体、しゃへい領域1体の装荷状態を示しております。

この装荷状態では、炉心の縦断面に沿った中性子束分布を測定していますが、このほか、円周方向の分布、対象位置での分布、制御棒の効果、各エリア毎の詳細分布などを測定していく計画です。

「常陽」における測定結果例



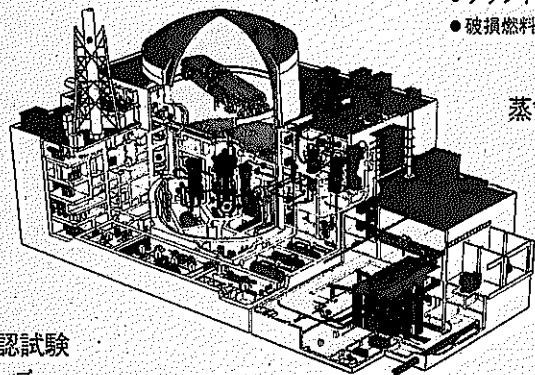
常陽の図は、縦軸が炉中心を1とした相対出力、横軸が炉中心から外側に向かった径方向位置を示しており、○印が放射化箱の測定結果、実線が試験後解析による出力分布値です。

常陽の試験では、炉心周辺領域の裕度評価などに重要なデータが得られています。

プラントの性能試験

冷却系運転制御試験

- ナトリウム冷却系
- カバーガス系
- 純化系 等



計測制御設備試験

- 中性子計装
- プラント制御
- 破損燃料検出 等

蒸気発生器廻り試験

- 水蒸気系運転制御
- 漏えい検出装置
- 補助冷却設備 等

過渡応答確認試験

- プラントトリップ
- 負荷遮断
- 外部電源喪失 等

タービン・発電機設備試験

〔プラントの性能試験〕

次にプラントの性能試験について、説明していきます。

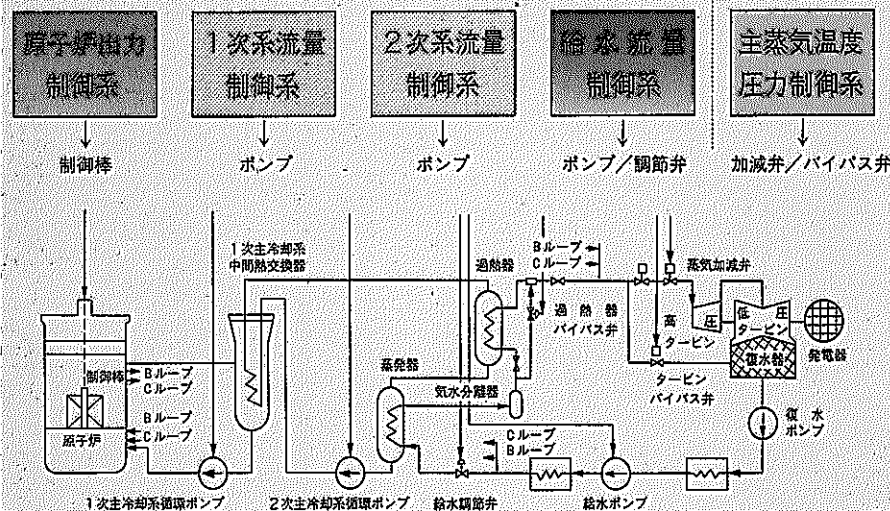
スライドには、左にプラント全体の鳥瞰図と代表的な試験例、右にプラント制御系の種別と制御対象機器を示しております。

- ・もんじゅのプラント性能試験を計画していく上での設計上の特徴は、1次冷却系と中間冷却系である2次冷却系をもち、さらにナトリウム加熱による蒸気・タービン系があること、
- ・高温のナトリウムを冷却材とするため、カバーガス系、ナトリウム純化系液位調整のためのオーバーフロー系などの補助系統を持っていること
- ・熱膨張吸収のために、長配管構造となっていることなどです。

タービン・発電機設備の試験は、軽水炉とほぼ同様な試験をおこなっていきませんが、もんじゅは過熱器を持つため、蒸気条件は127気圧、480℃と火力発電所にやや近いものとなっています。

プラント制御系

出力指令装置



〔プラント制御系〕

プラントの制御は、出力指令装置からの信号を受けて、原子炉出力、1次冷却系・2次冷却系の流量、給水流量、主蒸気系の温度・圧力がそれぞれ調和されて制御されるシステムとなっています。

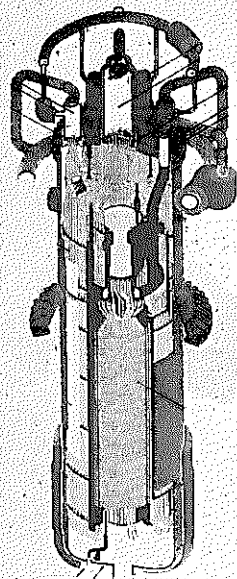
制御の対象は、炉出力を制御する制御棒位置、流量を制御する1次・2次主冷却系ポンプの回転数、給水ポンプの回転数と調節弁開度、蒸発器・タービン廻りの弁開度です。

給水流量は蒸発器出口蒸気温度が一定値に保たれるように制御されます。

蒸気圧力の制御は一定方式で、BWRの制御方式に近いものとなっています。

設備の運転制御試験では、それぞれの系統の定常状態、過度状態での制御性能と、2次系など1部配管レイアウトの異なっているスリープの制御の安定性を確認していきます。

蒸気発生器の試験



- 水蒸気系起動試験
- 主蒸気温度・
圧力制御試験
- 漏えい検出器特性試験
- 蒸気発生器ブロー試験 等

〔蒸気発生器の試験〕

次にプラント性能試験のうち、幾つかのもんじゅに特徴的な例をご説明していきます。

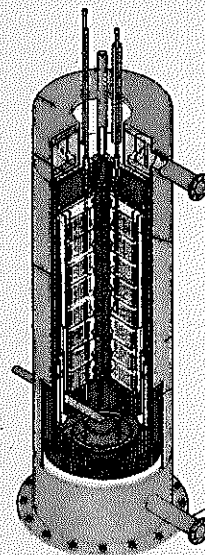
右のスライドは、蒸気発生器の構造図と試験例を示しております。

性能試験を計画していく上でのこの設備の特徴は、

- ・胴側ナトリウム、管側水・蒸気のナトリウム・水の熱交換システムであること。
- ・伝熱管が万一損傷した場合の、水リーク時安全保護設備が設置してあることなどです。

通常の系統起動、運転、制御試験の他、水漏洩時に発生する水素を検出するための漏洩検出器の、バックグラウンド特性の測定、プラントの長期停止や漏洩発生時に蒸気器の水を抜くブロー試験などを行っていきます。

ナトリウム純化装置の試験



- 不純物（酸素・水素）除去
特性試験
- ナトリウム分析 等

〔ナトリウム純化装置の試験〕

右のスライドは、コールドトラップと呼ばれます、金属メッシュ濾過方式のナトリウム純化装置の構造図を示しております。

ナトリウムの純度維持は、これまでの研究開発経験から、高速炉の運転、保守上重要な管理項目であります。その管理手法はほぼ確立されておりますが、もんじゅではおよそ1700トンの大量のナトリウムを純化し、維持管理していく必要がありますので、このコールドトラップによる酸素、水素などの不純物除去特性を、ナトリウムのサンプリング分析などと組み合わせながら、確認していきます。

FBR計装の開発

大洗工学センターを中心とした

FBR用計装，計測システムの開発
もんじゅ用計装の開発，較正試験

Na電磁流量計

Na液位計

Na中水漏えい検出計

プラグング計 (Na純度計)

破損燃料検出装置

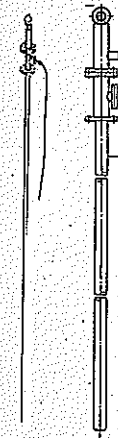
〔FBR計装の開発〕

性能試験では、試験の実施とともに重要なものとして、各種計装の確認があります。

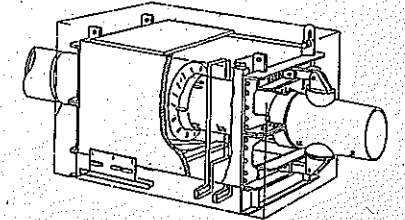
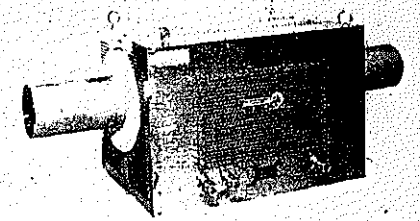
ここでは、高速炉の特有な計装の、いくつかの例を紹介いたしております。

FBR用の計装は、汎用性のある計装、計測システムの開発と、もんじゅを特定した装置の開発、較正試験などを、おこなってまいりました。

もんじゅ用計装の較正



誘導式ナトリウム液位計：56本



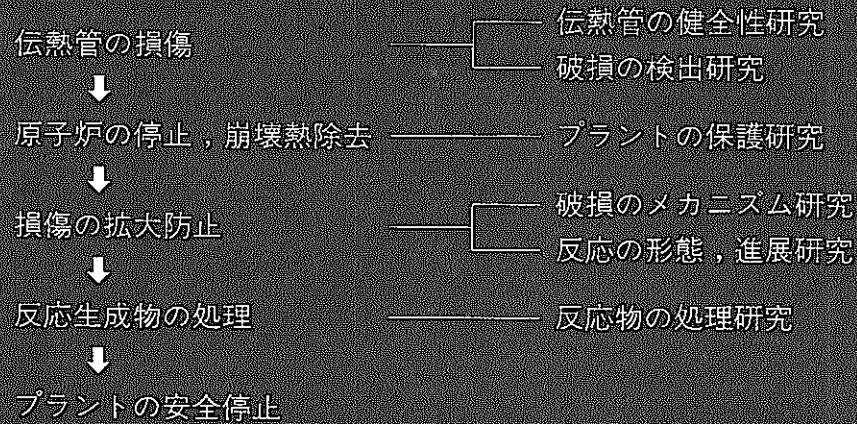
ナトリウム電磁流量計：9基

右のスライドには、誘導式ナトリウム液位計と、大口径配管用の電磁流量計を示しております。

これらについては、設計値のみでは試験に十分な精度が得られないため、大洗工学センターの試験設備で、それぞれ56本、9基について実液較正したものを、もんじゅの系統に設置いたしました。

蒸気発生器水漏えい対策

- 蒸気発生器伝熱管損傷を想定
- プラント安全保護動作機能の確認



〔蒸気発生器水漏えい対策〕

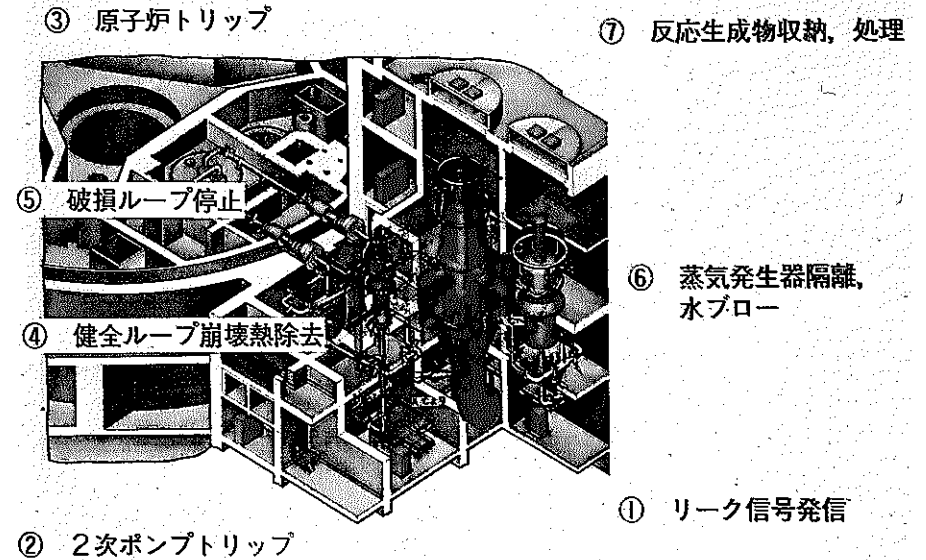
つぎに高速炉発電プラントの安全設計上重要な、蒸気発生器水漏洩対策と水漏洩発生を想定したインターロック試験について、説明してまいります。

この試験は、蒸気発生器の伝熱管が損傷した場合の、2次系への水漏洩を仮定し、プラントの安全保護動作が計画通り機能することを、確認するものです。

左のスライドには、水漏洩時の事象の進展と、それに対応するこれまでの研究テーマを示しております。

漏洩の発生防止、発生メカニズム、ナトリウム・水反応の進展・終息などの研究成果を、もんじゅの設計に反映してきております。

プラント安全保護動作



性能試験では、実際の破損は模擬できませんので、水リーク信号発生以降の、2次ポンプトリップ、原子炉トリップから破損した蒸気発生器の隔離、反応物の処理にいたる、インターロックの動作確認をおこなっていきます。

使用前検査 (科技厅)

準拠法規：「原子炉等規制法」(第28条、規則第3条「使用前検査」)

- 原子炉の停止装置，非常用装置等の動作
- 連動装置，警報装置の動作
- 反応度抑制効果，過剰反応度
- 冷却材温度
- 放射線線量率，放射性物質濃度
- 核燃料物質の取扱施設，貯蔵施設の能力
- 放射性廃棄物の処理能力 など

使用前検査 (通産省)

準用法規：「電気事業法」(第74条「準用」、規則第37条「使用前検査」)

- (1) 原子炉が臨界に達する時
 - 原子炉の核的特性
 - 核加熱初期までに確認すべき機能及び性能
- (2) 工事の計画に係るすべての工事が完了した時
 - 原子炉廻りの系統等の性能
 - プラント全体に係る機能及び性能
 - 原子炉廻り以外の系統等の機能及び性能

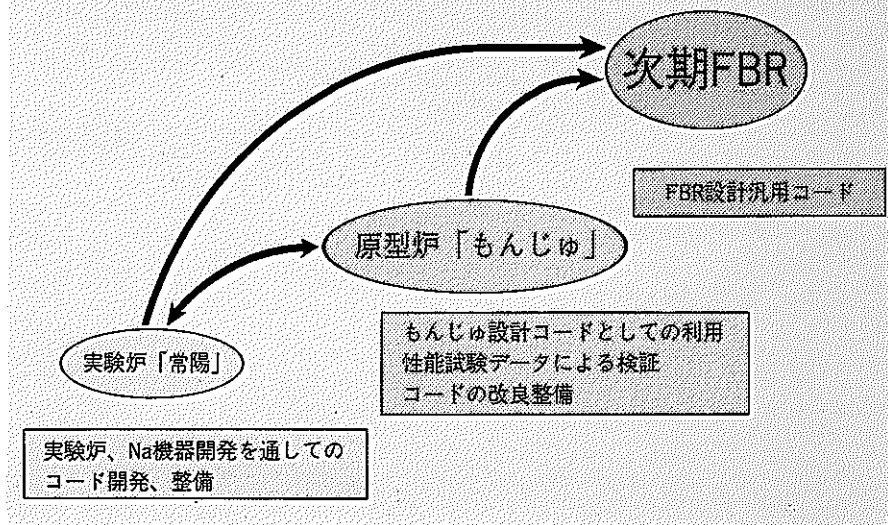
〔使用前検査〕

ここで、試験期間中の使用前検査について、述べさせていただきます。

使用前検査は、スライドに示しましたように、原子炉等規制法にもとずきます、科学技術庁所管の検査、並びに、電気事業法の自家用電気工作物としての準用規定にもとずきます、通商産業省所管の検査を受検してまいります。

検査の内容、時期などにつきましては、今後両ご省庁のご判断、ご指導を頂きながら、計画をすすめてまいります。

FBRコードの開発、検証



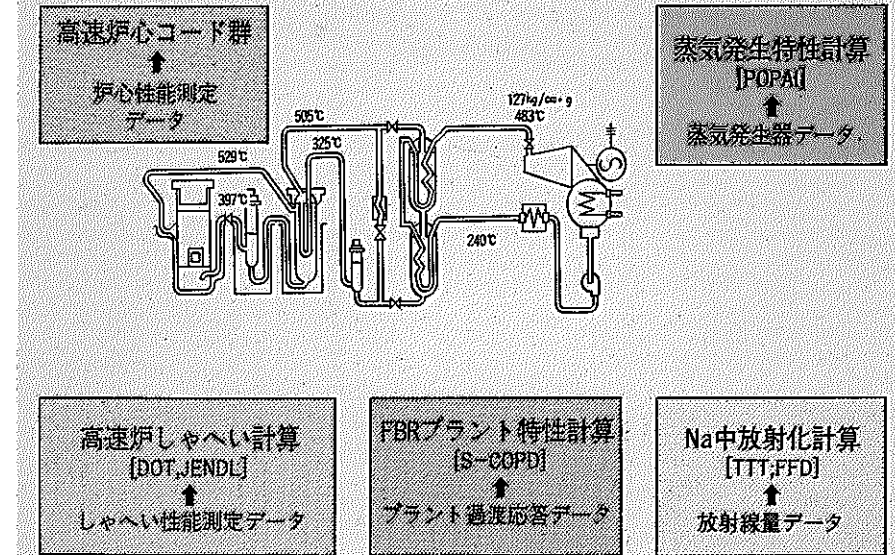
〔FBRコードの開発、検証〕

機器設備に関する試験の説明は、終わらせていただき、つぎに試験データの利用について、説明してまいります。

性能試験の重要な目的の1つに、設計コードの検証があります。

実験炉などの研究施設で、開発されてきた設計コード、あるいは、もんじゅ用に整備したコードを、もんじゅの性能試験データにより検証し、さらに改良整備をおこなって、次期のFBR設計に反映していくことが重要だと考えております。

性能試験のコード反映



右のスライドには、もんじゅで使用している、事業団が開発してきました代表的なコード群と、それぞれの解析対象分野をしめています。

例えば、プラント特性解析を行うスーパーコードは、安全解析のみならずプラントトリップなどの過渡事象の試験予測解析に、使っていく予定です。

性能試験で得られる、さまざまな試験データを予測解析、あるいは検証解析することによって、より精度の高い、高度化された設計コード開発を進めていくことができるものと、考えております。

もんじゅデータの利活用システム

試験、運転、保守の計画、実施及び実績の評価集約

試験、運転、保守技術の信頼性向上、高度化

FBR開発技術の計画、実施、評価

R&D、設計、建設等を含めた技術情報の整理、集約、評価

技術成果のタイムリーな集約、発表、移転

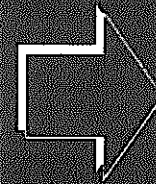
各種業務の効率化、インテリジェント化

〔もんじゅデータの利活用システム〕

次に、設計から、製作、建設、試運転さらに将来の運転、保守を含めた、もんじゅ全体の、技術データ・情報の利活用システムの計画について、紹介させていただきます。

- ・もんじゅの試験、運転、保守の計画、実施、評価さらにそれらの高度化
- ・今後のFBR開発のための、もんじゅでの技術開発の計画、実施
- ・これまでの研究開発、設計、建設などの技術情報の整理・集約
- ・また、これらの技術情報のタイムリーな集約、発表、移転

など、高速増殖原型炉である、もんじゅは行っていく必要があります。

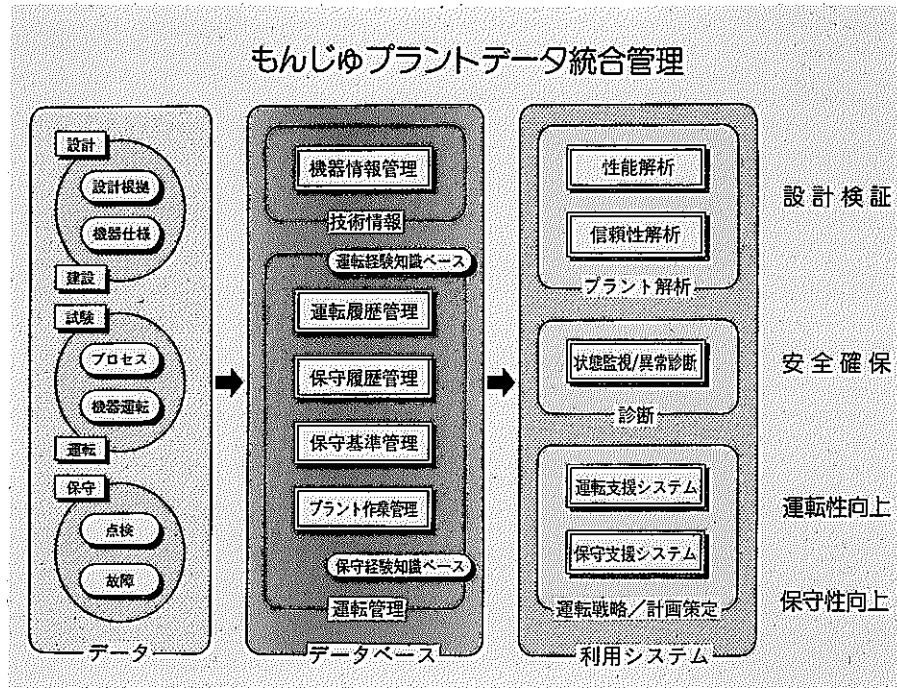


- 膨大な情報の収集、記録保存
- 各種技術データ、業務データ等を統合するデータベース構築
- データを蓄積、活用する計算機システム
- 研究開発部門、外部機関へのデータ提供・高度情報化利用

このためには、

- ・膨大な情報の収集、保存システム
- ・多種、多様なデータを統合するデータベースシステム
- ・そのデータを、目的に合ったかたちで活用していく、計算機システム

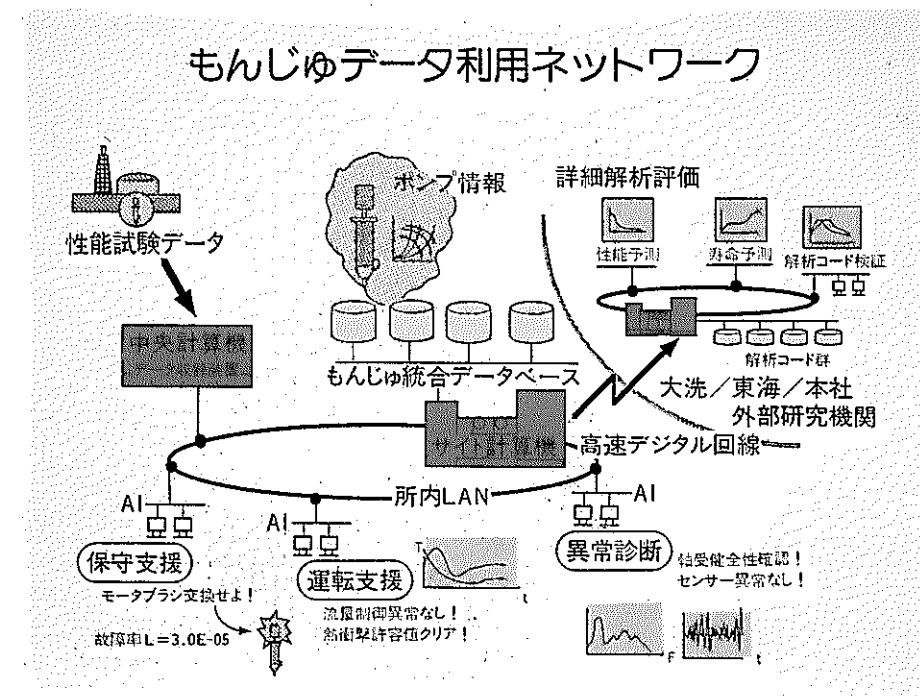
を構築していく必要があり、また社内、あるいは外部の研究開発機関とシステムを連携させた、もんじゅデータの高度情報化利用を行っていくことが、重要であると考えております。



〔もんじゅプラントデータ統合管理〕

スライドに示しましたものは、現在もんじゅで計画しております、プラントデータの統合システムの基本構成と、利用形態を図式的にあらわしたものです。

このシステムの、基本データは、設計、建設／試験／運転、保守から生まれてきます技術データ群であり、これらをそれぞれの目的にあった、データベースとして整理統合管理し、今後のFBR開発やもんじゅ自身の安全確保、運転・保守の向上、高度化に利用していきます。



〔もんじゅデータ利用ネットワーク〕

右のスライドは、ネットワーク用計算機システムを中心とした、データ利用システムを示したものです。

もんじゅのデータは、プラントからのオンラインデータを含め、設計データなどとともに、一旦データベースを統括する計算機にたくわえられます。

そこから所内ネットワーク、あるいは事業団ネットワークを通じて、それぞれの研究開発業務に必要なデータが、提供利用されていきます。

このようにプラント側と、研究開発部門が密接な連携を持って、今後のFBR開発が行えるように、していきたいと考えております。

このシステムの構築は、試運転開始時より着手し、順次規模を拡大していき、試運転の終了までには、基本的なデータベースと、利用システムを整備していく計画です。

もんじゅ試運転の評価

FBR発電システム設計の妥当性確認

実験炉等の開発技術の応用検証

安全システムの妥当性、余裕確認

〔もんじゅ試運転の評価〕

これで、性能試験のご説明を終わりますが、最後にもんじゅ試運転のまとめをさせていただきます。

もんじゅの試運転は、これまで長年にわたり、日本の自主開発としておこなってまいりました、FBR研究開発の成果を確認、検証する場でもあります。

次期FBRの設計あるいは建設、運転に向かって、もんじゅの安全な設計通りの運転を確認し、国内的にも国際的にも、有用な実データを提供していきたいと考えております。

そしてプルトニウム炉心、ナトリウム冷却系に代表される、わが国のエネルギー戦略上重要な、高速増殖炉の技術開発に貢献していくことが、その使命であると、試験にたずさわるもの一同、認識しております。

成果の反映

FBR炉心の設計、燃料の製造

ナトリウム機器の設計、開発及び取扱

大型高温機器設備の設計、開発

FBR安全設計手法の確立

ナトリウム計装、制御システムの設計、開発

システムの合理化、高度化

今後とも一層の御指導を賜りますよう、お願い申し上げますとともに、ご静聴を感謝申しあげまして、発表を終わらせて頂きます。

ありがとうございました。