

# 「もんじゅ」運転員研修結果報告

## —平成 15 年度訓練結果とシミュレータ高度化の報告—

2004年9月

核燃料サイクル開発機構  
敦賀本部 国際技術センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課  
電話：029-282-1122  
ファックス：029-282-7980  
電子メール：[jserv@jnc.go.jp](mailto:jserv@jnc.go.jp)

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構  
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2004

## 「もんじゅ」運転員研修結果報告

### —平成15年度訓練結果とシミュレータの高度化の報告—

小屋越 直喜<sup>\*1</sup> 佐々木 和一<sup>\*1</sup> 澤田 誠<sup>\*1</sup>  
川西 伴岳<sup>\*2</sup> 吉田 和生<sup>\*2</sup>

#### 要 旨

「もんじゅ」では、運転員に必須となる保安規定に定められた「保安教育」と、それ以外の自主教育訓練に分けて運転員の教育訓練を実施している。これらの教育訓練に於いて、運転訓練シミュレータ（MARS:Monju Advanced Reactor Simulator）を用いた訓練は、重要な役割を担っており、「もんじゅ」運転再開に向けた運転員の教育訓練に大いに貢献している。

本報告書は、「もんじゅ」運転員に対する平成15年度の教育・訓練実績と、平成11年度から段階的に実施している「シミュレータの高度化」の平成15年度改造分について報告する。

- (1) 「シミュレータ訓練」として8コースの訓練を計35回実施し、150名が受講した。平成14年度実績は、46回/180名であり、今年度と比較し11回/30名減少したことによる。これは、運転員の異動や構成年齢の変化により必要な教育内容が変わったためで、各運転員に必要な教育は不足無く行われている。
- (2) 運転員の教育は、国から指定されている「保安教育」と「もんじゅ」教育体系で規定されている「保安規定以外の教育」に分類されている。今年度の「保安教育」は、124回、633人で、「保安教育以外の教育」については247回、1392人であった。前年度は、「保安教育」が、136回、719人、「保安教育以外の教育」は258回、1829人であり、前年度と比べて「保安教育」が12回/86人の減少、「保安教育以外の教育」が11回/437人の減少になった。これは、各クラスの運転員数が変動したためで、各運転員の訓練が不足したわけではない。
- (3) 平成15年度の「シミュレータの高度化」工事により、炉心モデルの高度化や緊急ドレンや総合漏えい監視盤といったナトリウム漏えい対策機能の対応がはかられた。これにより、平成11年度から計画的に行われてきたシミュレータの高度化作業は終了し、「もんじゅ」再起動に向けた教育訓練を実施する準備が整った。

\*<sup>1</sup> 国際技術センター 実技訓練グループ

\*<sup>2</sup> 高速炉技術サービス（株）

## Monju operator training Report

- Training Results and Upgrade of the Operation Training Simulator in 2003 YF -

Naoki Koyagoshi<sup>\*1</sup>, Sasaki Kazuichi<sup>\*1</sup>, Makoto Sawada<sup>\*1</sup>  
Tomotake Kawanishi<sup>\*2</sup>, Kazuo Yoshida<sup>\*2</sup>

### Abstract

The prototype fast breeder reactor, Monju, has been performing deliberately the operator training which is composed of the regulated training required by the government and the self-training. The training used a full scope type simulator (MARS: Monju Advanced Reactor Simulator) plays an important role among of the above mentioned trainings and greatly contributes to the Monju operator training for Monju restarting.

This report covers the activities of Monju operator training in 2003 FY, i.e. the training results and the remodeling working of the MARS in progress since 1999.

- (1) Eight simulator training courses were carried out 35 times and 150 trainees participated. Compared with the preceding year, the number of times of training became fewer 11 times, and 30 trainees decreased in number.
- (2) Above training data was reduced compare with the last year's data due to the indispensable training courses in Monju operator training were changed by reorganized operator's number and decreasing of training times owing to remodeling working of the simulator was conducted.
- (3) By means of upgrading of the MARS completed in 2003 FY, the reactor core model was converted to the detailed model, and the sodium leakage measures was reflected.

---

\*<sup>1</sup> Operation and maintenance training group in International cooperation and Technology development center

\*<sup>2</sup> FBR technical service Co.

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 「もんじゅ」運転員の教育訓練 .....	1
(1) 平成 15 年度 運転員教育スケジュール .....	1
(2) 平成 15 年度 訓練実績 .....	1
(3) その他訓練 .....	3
(4) シミュレータ年間稼働率及び見学者数 .....	4
(5) シミュレータの利活用 .....	4
3. 運転訓練設備高度化 .....	4
(1) 経緯 .....	4
(2) 高度化工事工程 .....	5
(3) 総合漏えい監視盤模擬盤の新規追加 .....	5
(4) ナトリウム緊急ドレン機能の追加 .....	7
(5) 炉心モデルの高度化 .....	8
4. まとめ .....	10

## 表目次

表－1 平成15年度 運転員教育スケジュール .....	11
表－2 総合漏えい監視盤模擬盤仕様 .....	14
表－3 盤面改造機器リスト .....	16

## 図目次

図－1 教育人数比較（机上）	19
図－2 教育人数比較（シミュレータ訓練）	20
図－3 教育人数比較（実技訓練）	21
図－4 平成15年度 シミュレータ稼動率	22
図－5 平成15年度 シミュレータ見学者数	23
図－6 総合漏えい監視盤模擬盤システム構成図	24
図－7 総合漏えい監視盤模擬盤	24
図－8 ITV画面表示例	25
図－9 警報サマリ画面例	25
図－10 液位計表示例	26
図－11 改造後の盤面	26
図－12 詳細炉心モデル（S-COPDベース）の概要	27

## 1. はじめに

実技訓練グループは、「もんじゅ」運転員及び保守員等の高速増殖炉技術者育成のために発足し、教育・訓練を着実に実施している。

本報告書では、実技訓練グループが所掌する教育・訓練の内、運転員に対する平成15年度の教育・訓練の実績と「もんじゅ」シミュレータ(MARS:Monju Advanced Reactor Simulator)の高度化について報告する。

## 2. 「もんじゅ」運転員の教育訓練

### (1) 平成15年度 運転員教育スケジュール

表1に「平成15年度 運転員教育スケジュール」を示す。

平成15年度は、「もんじゅ」ナトリウム漏えい対策にかかる改造をシミュレータへ反映するために12月から3月までの期間、シミュレータを用いた訓練が出来なかった。

しかし、運転員は、「保安教育」として必要な教育時間が定められており、この規定時間を満足させるように訓練計画の立案が必要であった。

### (2) 平成15年度 訓練実績

平成15年度における訓練実績は、「保安教育」が124回、633人（平成14年度実績：136回/719人）で、保安教育以外の教育については247回、1392人（平成14年度実績：258回/1829人）であった。

各コースの概要を以下に示す。

#### <集合机上教育>

- ・系統設備学習コース：13人（3回）

「もんじゅ」全体の系統設備について机上で教育する。

- ・初級机上教育：13人（3回）

過去の事故事例や保安規定等の必要な知識を習得する。

- ・安全評価教育：7人（2回）

設置許可申請書の安全解析をもとに「もんじゅ」で起こる異常事象を机上で教育する。

- ・事業所規則教育：3人（2回）

上級運転員試験の受験に必要な「もんじゅ」建設所事業所規則（運転に係わる所のみ）を机上で教育する。

- ・法令教育：1人（1回）

当直長補佐試験の受験に必要な法令（運転に係わる法令のみ抜粋）を机上で教育する。

- ・運転管理者教育：11人（2回）  
当直長、当直長補佐を対象に保安規定の内運転管理上遵守しなければならない事項について教育する。
- ・保安教育等反復教育：0人（0回）  
国で定められた「保安教育」について、反復教育を実施する。
- ・F B R基礎講座：7人（2回）  
高速炉の構造や材料、炉物理について机上で教育する。

#### <シミュレータ訓練>

- ・初級コース：9人（2回）  
「もんじゅ」の起動・停止操作をシミュレータで教育する。
- ・中級コース：7人（2回）  
主に機器の機械的故障によって引き起こされる異常事象の対応訓練をシミュレータで行う。
- ・上級コース：3人（2回）  
「もんじゅ」の制御系が原因で発生する異常事象をシミュレータで模擬し、対応訓練を行う。
- ・当直長補佐コース：1人（1回）  
当直長補佐を育成するため、異常事象対応操作の指揮訓練をシミュレータで実施する。
- ・運転責任者コース：0人（0回）  
当直長の育成のため、シミュレータを用いて「通常操作訓練」「異常事象判定訓練」「異常事象指揮訓練」を実施する。
- ・直内連携コース：97人（13回）  
運転班のチームワーク維持・向上のため、シミュレータで異常時対応訓練を実施する。
- ・直間連携コース：5人（3回）  
異なる運転班から同レベルの運転員を集めて、過去に「もんじゅ」が経験したトラブル事象をシミュレータで再現し、対応訓練を実施する。
- ・リフレッシュ操作訓練：28人（12回）  
1回／年／人の頻度で、シミュレータを用いて「通常起動・停止操作」の反復教育を実施する。

### <実技訓練>

- ・現場実技訓練：83人（17回）  
「もんじゅ」の現場で空気呼吸器の着脱訓練及びNa漏えい検出器のフィルターフィルター分析訓練を実施する。
- ・巡回点検実習：13人（3回）  
訓練運転員を対象に、パトロール時の経路、注意点を教育する。
- ・巡回点検直内実習：11人（7回）  
訓練運転員を対象に、所属運転班員がOJTでパトロールの実習を行う。
- ・異常時模擬訓練：46人（5回）  
運転班ごとに、「もんじゅ」実機を用いて異常時対応訓練を実施する。
- ・Na消火訓練：50人（7回）  
運転員を対象に年1回の頻度で、Na研修棟で消火訓練を実施する。

### <実技訓練>

- ・G内研鑽会：1381人（242回）  
当直長が教育テーマを決め、班ごとに知識レベルの維持・向上を図るため実施する。

机上教育、シミュレータ訓練および実技訓練の教育人数について、図1～3に示す。

H15年度はH14年度同様、約3ヶ月のシミュレータ改造期間があり前年度と比べても訓練日数としては変わらない。図1～3を考察するとH15年度は、前年度に比べて訓練人が減少している。減少の原因としては、初級運転員教育が増加したものの中級以上の訓練回数及び人数が減少したためである。これは「もんじゅ」運転員の上位クラスの運転員がプロパー職員に変わりつつあり、入替えが少ないため訓練項目が減少したためと新入職員及び出向者の年齢の減少により、初級以上の訓練受講資格が得られていないためであると考えられる。

つまり、H15年度の「もんじゅ」運転員の構成は、若年層と上級層の隔たりが大きく中間層の運転員が減少しているため、上級クラスの運転員が出向解除となると同クラスの運転員の補充が難しくなってくる。

今後は、「ふげん」からの中堅プロパー職員が「もんじゅ」へ異動する予定である事から、この様な状況は解消されると思われる。

### (3)その他訓練

従来からシミュレータの有効活用法として運転員の教育訓練だけにとどまらず、要望があれば受講者に合わせた訓練内容を策定し「特別訓練コース」を実施している。

平成15年度は、「京大生への特別訓練」を1回、「もんじゅ体験コース」を13回実施した。

訓練生は、京都大学 原子力物理専攻の学生及び敦賀市役所職員、JNC広報担当者で、訓練内容は、シミュレータを用いた臨界操作、発電機の併入操作、異常時対応操作である。

#### (4) シミュレータ年間稼働率及び見学者数

平成 15 年度は、前年度に比べてシミュレータ稼働率が年間で 3%ほど低下している。前年度もシミュレータの高度化工事を実施しており条件は同じであるが、運転員人員構成の変化により訓練スケジュールが変わるため誤差の範囲と考えられる。高度化工事を除いた平成 15 年度の年間稼働率は、53%（前年度：56%）であった。

また、平成 14 年度からシミュレータの見学者の数が増加している。これは、テロ対策で「もんじゅ」中央制御室への立入りが制限された事から、代替え処置としてシミュレータ訓練室の見学が増加したものである。過去の実績では、シミュレータへの見学者は年間 180～200 名程度だったものが、平成 14 年度は一気に増加し、902 名になった。平成 15 年度は、さらに見学者が伸びて 1460 名になった。これに伴い、5 月 8 日に MARS 見学者が延べ 1 万人となった。

今後とも、もんじゅ再開への理解活動の一環として、運転員教育に支障がない範囲で出来る限り見学者の方にシミュレータを「触れて、見て、「もんじゅ」の安全性を感じて」いただき、シミュレータの利活用を図って行く予定である。

図 4 に「平成 15 年度 シミュレータ稼働率」と図 5 に「平成 15 年度 シミュレータ見学者数」を示す。

#### (5) シミュレータの利活用

シミュレータの設計時点では、運転員訓練とは別に実機の制御性確認や手順書の確認等の利活用が想定されていた。現状では、運転員訓練がほとんどを占めているが、平成 15 年度は、11/7～11/11 の間、プラント 2 課によるシミュレータの利用があった。

利用目的は、「もんじゅ」再起動に向けた改造工事の検証作業で、具体的には「水・蒸気系自動化プログラムの動作検証」であった。

シミュレータは、水・蒸気系の自動化運転を実機同様に模擬しており、また、実際に使われている計算機と同じ計算機で自動化プログラムも実機と同様のものを使用している。このため、シミュレータの自動化計算機に実機のプログラムをインストールすれば、実機と同様な動作が可能である。

さらに、シミュレータはプラント条件を迅速に変更出来るために、効率的なプログラムの検証が可能である。

### 3. 運転訓練設備高度化

#### (1) 経緯

「もんじゅ」シミュレータは平成 3 年 4 月に完成し、その後、運転員訓練や性能試験手順の事前検証など様々な役割を果たしてきた。「もんじゅ」Na 漏えい事故以降は運転員訓練を続けながら、より実践的な訓練が行えるように機能高度化を図ってきた。

平成 11 年度に「火災報知盤」、「送電盤」、「換気空調盤」の各模擬盤を増設し、「現場操作盤」「中央制御室補助盤」等をパソコンのモニター上に仮想表示する「バーチャル盤」を作製した。

平成 12 年度では、これまでの機能強化により計算機負荷が 100% を超えた事から、今後の高度化に対応出来るように動特性演算用計算機を新型のエンジニアリングワークステーション(EWS)に更新して計算機の能力向上を図った。また、これに合わせて動特性模擬ソフトウェアを EWS へ移植した。

平成 14 年度に実施した機能高度化では、「もんじゅ」の各インターロックを模擬している「ロジックモデル」を EWS 用に製作するとともに、シミュレータの進行管理を行っている「インストラクターシステム」についても次世代型のマンマシンインターフェイスを持つシステムへ変更した。

さらに、今後のシミュレータ設備の高度化が容易に行えるようにシミュレータ計算機とシミュレータ構成機器間のデータ転送を Ether-Net を用いて LAN 化する事でデータ通信方法を汎用化した。

これにより、より実時間に近い模擬と柔軟な訓練ストーリー構築が可能となるとともに、より効率的なシステム開発が可能となった。

平成 15 年度は、「総合漏えい監視盤模擬盤」「ナトリウム緊急ドレン機能」の追加及び「炉心モデルの高度化」を行った。

## (2) 高度化工事工程

平成 15 年度における改造期間は 12 月 1 日～3 月 9 日までの約 3 ヶ月間で、内訳は以下の通りである。

- ・炉心モデルの高度化に伴う調整：12 月 1 日～1 月 30 日（詳細炉心モデル導入のための計算機調整作業含む）
- ・総合漏えい監視盤の現地搬入、据付：2 月 9 日～2 月 13 日
- ・緊急ドレン機能の追加に伴う盤面改造：1 月 29 日～2 月 13 日
- ・総合漏えい監視盤及び緊急ドレン機能の追加に伴う調整：2 月 12 日～3 月 9 日

これまでの高度化作業では、1 月から 3 月末までの工程で行う事が多かったが、今回は、シミュレータの基本モデルである「炉心モデル」を作り直したため既存モデルとの調整時間を多く取り、12 月から開始している。

現地試験では通常起動・停止操作試験を手順書に沿って行い、マルファンクション試験は 181 項目（A～C ループあるものは 1 ループのみ立会い実施）について検証した。

検証は、プラントの基本推移となる原子炉トリップ、タービントリップや計算機処理能力が問われる外部電源喪失等について初めに検証する事で各機器のインターロック動作やプラント挙動の問題点を洗い出した。

これをもとに他試験へ影響を及ぼす可能性がある不具合箇所を事前に対応する事で、以後の通常起動停止試験及び個別マルファンクション試験での不具合の発生を最小限に抑え、試験を効率的に進める事が出来た。

## (3) 総合漏えい監視盤模擬盤の新規追加

実機ナトリウム漏えい対策のシミュレータへの反映として、シミュレータへ新たに「総合漏えい監視盤模擬盤（以下 漏えい監視盤）」を製作して据え付けた。実機は、設計までは日

立製作所が実施していたが、まだ最終仕様が確定していない事及び制作会社が決定していない事から、シミュレータでは、シミュレータ計算機と漏えい監視盤の信号の取り合いを考慮して東芝で製作する事にした。

漏えい監視盤は、CRT4台で構成されている盤であり、各々のCRTに各ナトリウム機器設置室の「ITV 模擬画像表示」、漏えい検出器信号、火災検知器等の検出・動作状況を確認する「警報サマリ表示」、ナトリウム液位の推移を把握するための「液位計表示」が表示され、中央制御室内からナトリウム漏えいの監視が可能となっている。監視盤については、15年7月時点での最新実機設計に基づき製作し、制御盤内部にはシミュレータ計算機とLANで接続されたパソコンが4台設置され、それぞれCRT1~3及びITV用表示制御を行っている（総合漏えい監視盤模擬盤仕様を表-2に示す）。

制御盤の操作は、CRTごとに設置されている操作用マウスにより運転員が画面の切替えやITVカメラの視点変更が可能になっている。

図-6にシステム構成図、図-7に完成した模擬盤写真を示す。

実機と同様に、遠方よりITV画像等を確認するための50inch大型ディスプレイを設置した。

ただし、実機では制御盤上部に大型ディスプレイを配置する設計となっているが、シミュレータ室内の天井高さの関係から横に専用のスタンドを設けて設置する事とした。

以下に各機能の詳細を示す。

#### a) ITV 模擬映像表示

2次系ナトリウム漏えい模擬信号により各ナトリウム配管室の映像を自動で表示する（図-8 ITV画面表示例）。

今回はA~CループのうちCループの

- ・ A-338 EV出口配管室
- ・ A-440 2次主循環ポンプ室
- ・ A-539 SH入り口配管室
- ・ A-446 IHX2次側出口配管室

の4箇所について、それぞれのマルファンクションに連動して画像を表示する機能として製作し、今後は模擬表示箇所を追加して行く予定である。

今回模擬範囲をCループにした理由は、既設の漏えい模擬映像表示機能（EWS AS4085にて動作）がAループを対象として製作されており、訓練において現場で確認する事を重点的に行う場合はマルファンクションをAループで発生させ既設漏えい模擬映像表示機能を行い、今後の実機設備に対応した訓練を行う場合は、マルファンクションをCループで発生させ漏えい監視盤を用いるという使い分けが必要なためである。

ITV画面は、漏えい信号により映像に煙のアニメーション表示を行う仕様としており、漏えい規模が0~0.1cm<sup>2</sup>未満の場合は煙の表示は行わず0.1~1cm<sup>2</sup>未満の場合は発生箇所からの煙を表示し、1cm<sup>2</sup>以上の場合は部屋全体に煙が広がる表示を行う（ただし、2次主循環ポンプ室の漏えいについては、小漏えい〔発生箇所からの煙〕、大漏えい〔部屋全体の煙〕の2種類となる）。

また、画像については、実機監視カメラでは撮影方向をリモートによりコントロール出来る事から漏えい監視盤では角度を持った画像を複数枚撮影して、画像処理を行い1枚に合成する事により、模擬的に画面内のカメラ方向をコントロール出来るよう工夫した。これにより実際と同じ操作感で漏えい箇所を特定する訓練が可能となった。

#### b) 警報サマリ表示

実機設計にあわせて火災報知器やRID、CLD、セルモニタの検出器信号の動作状況及び各部屋の空調設備に関する動作状況も併せて表示する警報サマリ画面を作成した（図-9参照）。

表示画面のうち模擬範囲は火災報知器、RID及び各空調設備の動作状況とし、シミュレータからの信号に伴い個々の表示色を変えるものとした。ただし、画面レイアウトについては実機設計図書として仕様がかたまっていない事から、独自で画面を検討、設計、製作した。実機製作時点では画面レイアウト等が大幅に変更になる恐れがある事から、今回はA、Bループについては、画面選択した際にデフォルト画面が表示するのみとし、各検出器状態表示は模擬範囲外としている。今後の実機仕様決定に伴う改造に合わせて模擬範囲を追加する予定である。

#### c) 液位計表示

シミュレータからの信号に基づきA～Cループの各オーバーフロータンク液位及びA、Bループのダンプタンク液位についてトレンドグラフ表示を行う（図-10 液位計表示例）。

ただし、ダンプタンク液位については、シミュレータ模擬範囲外である事から通常時は固定値表示とし、緊急ドレン時は簡易計算値を表示する事にした。

各液位については、予め定められた高低側設定値を逸脱した場合にフリッカ表示する機能を設けてある。また、この設定値はデフォルトの値以外にユーザー側で任意に変更、設定が可能である。

なお、液位計表示についても警報サマリと同じく実機詳細設計がかたまっていない事から、独自で画面レイアウトを検討し設計、製作した。

#### d) 火災情報表示

実機の総合漏えい監視盤には、火災と煙の範囲拡大が監視できるように「火災情報表示機能」が装備される。しかし、シミュレータの改造工事時点では、実機の仕様が決まっていかなかったために今回の改造工事には含まれていない。

今後、実機仕様が決定次第、シミュレータへの反映工事を行う必要がある。

### （4）ナトリウム緊急ドレン機能の追加

2次系ナトリウム緊急ドレン機能の追加工事で、緊急ドレン手動操作関連スイッチ、ドレン状態表示用グラフィックパネル等をシミュレータ制御盤に追加し、それに伴い既設計器類の配置変更を行った。ハードウェア改造に併せてドレン時の動きをシミュレータで再現出来るよう動特性モデルの改造を行った。

なお、ハードウェア改造は三菱電機、ソフトウェア改造は東芝で分担し作業を実施した。以下に各改造内容の詳細を示す。

### a) ハードウェア改造

シミュレータの補助冷却・原子炉補助設備中央制御盤模擬盤（C-C003）に緊急ドレン一括操作スイッチを設け、ドレン動作が確認出来るグラフィックパネル及び、記録計を新規追加した。

また、使用頻度の少なかった計器類も実機改造計画に従って、撤去、配置変更を行った（図-11に改造後の盤面写真）。

撤去対象となった計器類については、実機改造計画で監視場所を補助盤に移動する事になっている事から、シミュレータでは、補助盤を模擬しているバーチャル盤の改造を実施した。

今工事の改造対象計器類は以下の通りである（詳細機器リストは表-3に示す）。

撤去計器類 : 10 点

新規追加計器類 : 39 点（グラフィックパネル除く）

移設、取替計器類 : 31 点

グラフィックパネルについては A～C ループ 1 枚のパネルとし、各々 2 次系共通状態表示（24 個）、2 次主冷却系緊急ドレン時状態表示（14 個）、2 次補助 Na 系緊急ドレン時状態表示（5 個）が配置されている。

### b) ソフトウェア改造

ソフトウェアについては盤面に改造に併せて、新規追加した機器について入力点の追加を行い、緊急ドレン時における各機器の動作を模擬するために動特性モデル（一括ドレン操作により 2 次系 Na の液面変化を計算するサブプログラム）の追加を実施した。

2 次主冷却系（210 系）、2 次ナトリウムオーバーフロー系（220 系）、2 次ナトリウム充填ドレン系（240 系）を対象とし、2 次主冷却系緊急ドレン手動操作 CS1、2 または 2 次補助 Na 計緊急ドレン手動操作 CS1、2 による緊急ドレン一括操作により、2 次系液面（EV、SH、ポンプ、POFC）とオーバーフロータンク、ダンプタンク液位を時間関数で模擬する。関数設定値は実機設計で想定されるドレン時間（20 分）をもとに線形に設定した。

なお、ドレンモデルは簡易模擬モデルのため、温度挙動、圧力挙動（Na、Ar ガス）は計算上考慮せず、個々のドレンバルブについても詳細模擬していない事から、バルブ不動作等によるドレン時間の変動は発生しない。

今回、盤面より撤去した計器類については実機では補助盤に移設する予定である事から、シミュレータでも同様に補助盤に移設する必要がある。このため、既設バーチャル盤に 2 次ナトリウム充填ドレン操作盤（A～C ループ計 3 面）を追加し模擬範囲とした。

ただし、移設した計器類が設置される補助盤の計器類の内、移設計器については動作するが、その他の計器については、動作せず計器の外形を表示するだけになっている。

## （5）炉心モデルの高度化

緊急時運転手順書を用いた訓練をシミュレータで実施するために、既存の炉心モデルについて燃料領域やプランケット燃料領域、制御棒、反射体を考慮した多チャンネルモデル化及び軸方向の計算をより詳細に行うために多ノード化した詳細炉心モデルをシミュレータに組み込んだ（図-12 炉心詳細モデル（S-COPD ベース）の概要）。

詳細炉心モデルは実機解析コード「S-COPD」の詳細炉心解析モジュール（RX 計算モジュール）をベースにインターフェイス部分等を改造したものである。

具体的に詳細炉心モデルは、

- ・炉心を同心円状に分割し、各層の平均燃料集合体をモデル化
- ・ホットスポット温度評価用のチャンネルをモデル化
- ・炉心バイパスは S-COPD の熱輸送遅れ計算モジュールでモデル化

したものとして、以下の分割に基づいたモデルとなっている。

径方向	燃料ペレット	クラッド	ナトリウム	ラッパ管
	1~10 分割	1~3 分割	1 領域	1 領域
軸方向	炉心燃料；10 分割 軸方向ブランケット；3 分割			

改造に際して、従来のシミュレータ挙動を変えない事が前提のため、従来モデルを使用した計算結果と詳細炉心モデルでの計算結果が比較出来るように炉心モデル起動ロジックを追加した。

これは、既存炉心モデルは削除せずに詳細炉心モデルを別モデルとして新たに追加し、インストラクターコンソールからの指令によって使用する炉心モデルの切替えを行う機能である。

ただし、原子炉液位や中性子検出器等の模擬をしている原子炉モデルは、今回の改造で変更の必要がなかったため既存モデルを用いている。さらに、炉心モデルと他の動特性モデルとのパラメータの受渡しについては、追加、変更を行わず従来通りとしている。

マルファンクションに関しては、

- ・気泡通過（大規模）
- ・気泡通過（小規模）
- ・FCR2 ロッドワース減少
- ・FCR3 ロッドワース減少
- ・CCR3 ロッドワース減少
- ・CCR6 ロッドワース減少

の 6 項目について、炉心モデルで異常原因を発生させる必要がある。今回の改造で詳細炉心モデルにより模擬を行う事にし、既存炉心モデルによる原因発生ロジック処理は削除した。

本改造に伴い、燃料被覆管温度、被覆管最高温度についてシミュレータで燃料破損限界値までの計算が可能となった事から、既設のインストラクター機能にあったシミュレーション模擬限界表示機能について、成立パラメータを変更した。

- ・燃料被覆管温度：2650°C以上
- ・被覆管最高温度：830°C以上
- ・原子炉容器ナトリウム温度：920°C以上

以上の3つのパラメータのいずれかが設定値を超えた場合、燃料破損条件が成立した事を示すシミュレーション限界表示画面が表示され、限界値を超えたパラメータを赤色で表示を行う。

以下に詳細炉心モデルのプログラム仕様を示す。

- ・演算周期：0.01秒～0.5秒周期
- ・モデル計算機負荷：SPECfp95で25程度
- ・実行プログラムサイズ：約7MB
- ・モデルの追加インクルードファイルサイズ：定数、変数合計230,000個

#### 4. まとめ

平成15年度の教育訓練は、従来、運転員向けに「もんじゅ」の設備について教育する「系統教育」を「もんじゅ系統設備学習コース」として再編成し、運転員に限らず各課員が自由に受講できる講座にした。本コースは、他課の新入職員や出向者から受講申し込みが多く、要望の高さが伺えた。

「もんじゅ」運転員の教育については受講回数と人数が減少しているが、各人の教育内容が減少したわけではなく、運転員全体の人数、構成が変化したためである。

今後は、運転員の体制が5班3交替勤務から6班3交替勤務へ移行する事が検討されているため、さらに訓練内容と受講人数が変化していくものと考えられる。

シミュレータシステムの高度化については、総合漏えい監視盤模擬盤を追加、緊急ドレン機能模擬の追加、炉心模擬の詳細化を行い、平成11年から続いてきた「ナトリウム漏えい対策工事」のシミュレータへの反映を終了した。

今後は、「もんじゅ」再起動に向けて新設の設備と改訂された手順書を含めた総合的なシミュレータ訓練を実施すべく、訓練内容、頻度を順次見直していく計画である。

表-1 平成15年度 運転員教育スケジュール (1/3)

表－1 平成15年度 運転員教育スケジュール (2/3)

		8月		9月		10月		11月																								
		1 金	2 土	3 日	4 月	5 火	6 水	7 木	8 金	9 土	10 日	11 月	12 火	13 水	14 木	15 金	16 土	17 日	18 月	19 火	20 水	21 木	22 金	23 土	24 日	25 月	26 火	27 水	28 木	29 金	30 土	31 日
机上教育																																
シミュレータ訓練																																
国技共通研修	もんじゅく 依頼団体																															
国技Na研修																																
国技保守研修																																
その他																																
机上教育																																
シミュレータ訓練																																
国技共通研修	もんじゅく 依頼団体																															
国技Na研修																																
国技保守研修																																
その他																																
机上教育																																
シミュレータ訓練																																
国技共通研修	もんじゅく 依頼団体																															
国技Na研修																																
国技保守研修																																
その他																																

表-1 平成15年度 運転員教育スケジュール (3/3)

		1月		2月		3月																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土
月上 教育																																	
シミュ レータ訓 練																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	
国技 共通研修																																	
国技 Na研修																																	
国技 保守研修																																	
その他																																	
シミュレータ改造期間中																																	

表－2 総合漏えい監視盤構成仕様 (1/2)

No.	機器	仕様	数量
1	パソコン	型式 東芝 EQUUM5100 EQ28P/N プロセッサ Intel Pentium4 プロセッサ 2.8GHz 主メモリ 512MB HDD 40GB グラフィックボード AOpen Aeolus FX5200-DV128LP 通信機能 LAN 100Base-TX/10Base-T (自動認識) CD-ROM 装置 48倍速 CD-ROM キーボード・マウス 日本語キーボード(本体付属), PS/2 マウス 外寸 W96mm×D367mm×H311mm 8.5kg	4式
2	CRT モニター	型式 三菱 Diamondcrysta L182R4 パネル 液晶 18.1inch カラーTFT 表示画素数 1280 ドット×1024 ライン (画素ピッチ 0.2805mm) 外寸 W398×D200mm×H402.8mm 6.2kg	4式
3	スイッチング HUB	型式 コレガ CG-FSW8MA ポート 100BASE-TX/10BASE-T 8ポート サポート規格 IEEE802.3/IEEE802.3u/IEEE802.3x アドレス エントリーナンバー : 2000 個, 保留時間 : 300 秒 外寸 W161mm×D102mm×H30mm 540g	1式
4	ビデオ切替器	型式 イメージニクス DS-611 チャンネル数 アナログ RGB 用 6 入力 1 出力 外寸 W622mm×D300mm×H300mm 5.5kg	1式
5	ビデオ分配器	型式 イメージニクス CIF-12D チャンネル数 2 チャンネル分配 外寸 W130mm×D130mm×H50mm 900g	4式
6	ビデオ切替スイッチ	型式 特注 チャンネル数 6 チャンネル 外寸 W160mm×D90mm×H54mm 約 500g	1式

表－2 総合漏えい監視盤/模擬盤仕様 (2/2)

No.	機器	仕様	数量
7	警報用スピーカー	型式 定格出力 外寸 アンプ BOSE 705 II, スピーカー BOSE 101MM 20W+20W (4Ω, 1kHz, 0.1%THD) アンプ: W218mm×D157mm×H60mm 2.6kg スピーカー: W232mm×D157mm×H154mm 2.1kg	1式
8	筐体	型式 据付 外寸 特注 チャンネルベース固定 W1400mm×D1100mm×H1900mm	1式
9	大型ディスプレイ装置	型式 サイズ 画素数 映像入力 外寸 ペイオニア PDP-503CMX, PDA-5002 50inch (16:9) プラズマ型 水平1280×垂直768 (1280×1024を圧縮表示可能) 入力1: Mini D-sub15pin, 入力2: BNC×5, 入力3: S端子 入力4: BNC, 入力5: DVI-D W1218mm×D98mm×H714 39.2kg	1式
10	大型表示装置スタンド	型式 高さ調整機能 内田洋行 PDP ラック付スタンド 6-162-2033 (Pモデル) 画面中央までの高さ 2段階 (1600, 1800mm) 調整可能	1式
11	プリンタ	型式 印字方式 解像度 用紙サイズ 給紙量 インターフェイス 外寸 リコー IPSI0 COLOR 2200N 半導体レーザー乾式成分電子写真式 1200dpi×600dpi A4 普通紙 250枚 (普通紙) 100BASE-T W500mm×D520mm×H410 39kg	1式

表一 3 艤面改造機器リスト (1/3)

No.	器具番号	器具名称	型式	区分	備考
1	SR087S1B	250BAV25B 2 次 Ar ガス系 D/T 呼吸系ループ間止め弁 B	スイッチ	撤去	
2	250A-PIC003	A2 次 Ar ガス系呼吸タンク圧力設定	指示計	撤去	
3	250A-FIC001	A2 次 Na 純化系流量設定	指示計	撤去	
4	250B-PIC003	B2 次 Ar ガス系呼吸タンク圧力設定	指示計	撤去	
5	250B-FIC001	B2 次 Na 純化系流量設定	指示計	撤去	
6	250C-PIC003	C2 次 Ar ガス系呼吸タンク圧力設定	指示計	撤去	
7	250C-FIC001	C2 次 Na 純化系流量設定	指示計	撤去	
8	250A-LIC051	SH-A 液位設定	指示計	撤去	
9	250B-LIC051	SH-B 液位設定	指示計	撤去	
10	250C-LIC051	SH-C 液位設定	指示計	撤去	
11	-	A ACS 起動阻止手動操作 I	スイッチ	新規追加	
12	-	A ACS 起動阻止手動操作 II	スイッチ	新規追加	
13	-	A2 次主冷却系緊急ドレン手動操作 I	スイッチ	新規追加	
14	-	A2 次主冷却系緊急ドレン手動操作 II	スイッチ	新規追加	
15	-	A2 次補助 Na 系緊急ドレン手動操作 I	スイッチ	新規追加	
16	-	A2 次補助 Na 系緊急ドレン手動操作 II	スイッチ	新規追加	
17	-	B ACS 起動阻止手動操作 I	スイッチ	新規追加	
18	-	B ACS 起動阻止手動操作 II	スイッチ	新規追加	
19	-	B2 次主冷却系緊急ドレン手動操作 I	スイッチ	新規追加	
20	-	B2 次主冷却系緊急ドレン手動操作 II	スイッチ	新規追加	
21	-	B2 次補助 Na 系緊急ドレン手動操作 I	スイッチ	新規追加	
22	-	B2 次補助 Na 系緊急ドレン手動操作 II	スイッチ	新規追加	
23	-	C ACS 起動阻止手動操作 I	スイッチ	新規追加	
24	-	C ACS 起動阻止手動操作 II	スイッチ	新規追加	
25	CJ370S6	C ACS 手動起動 2	スイッチ	新規追加	
26	-	C2 次主冷却系緊急ドレン手動操作 I	スイッチ	新規追加	
27	-	C2 次主冷却系緊急ドレン手動操作 II	スイッチ	新規追加	
28	-	C2 次補助 Na 系緊急ドレン手動操作 I	スイッチ	新規追加	

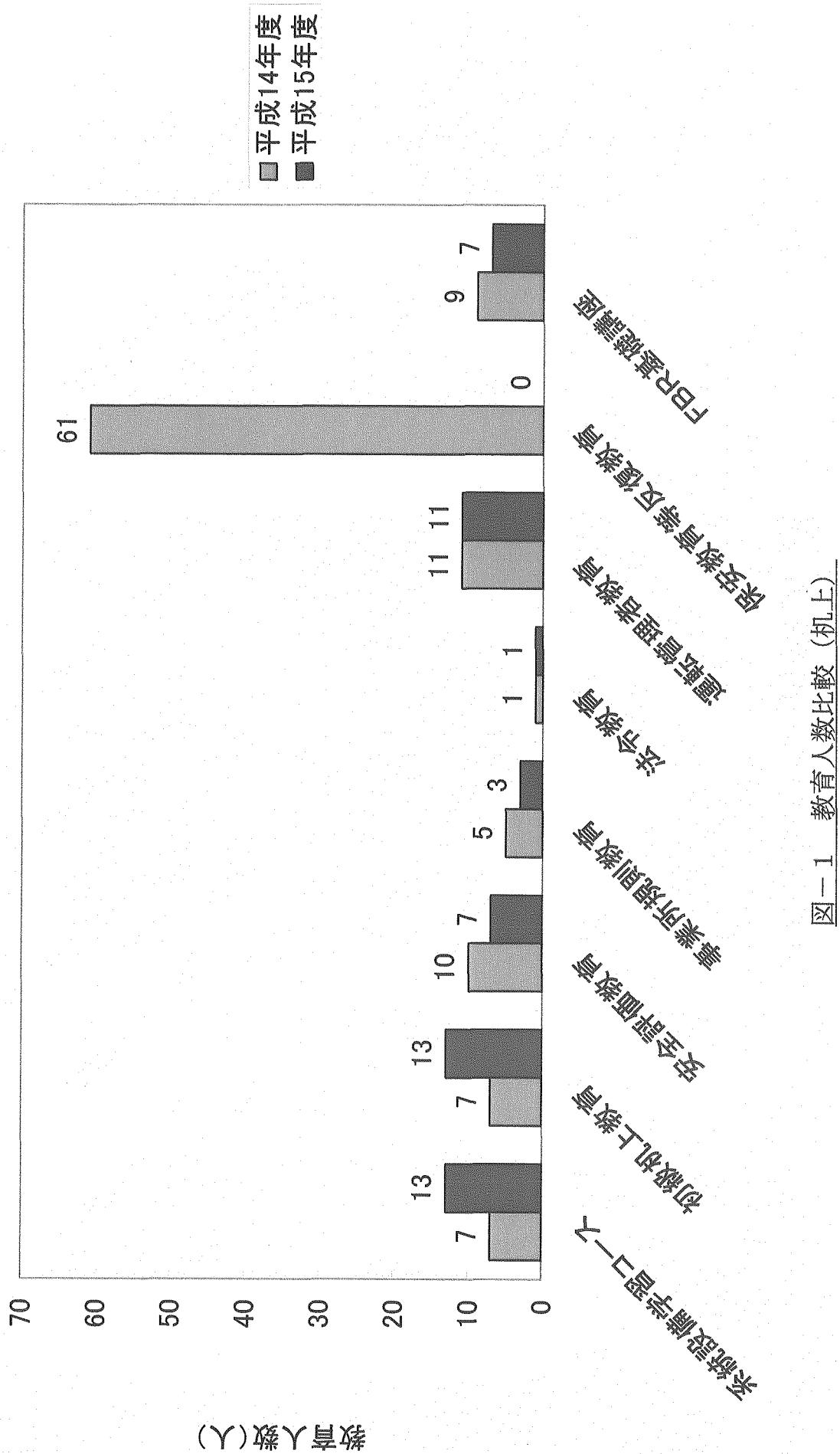
表-3 盤面改造機器リスト (2/3)

No.	器具番号	器具名称	型式	区分	備考
29	-	C2 次補助Na系緊急ドレン手動操作II	スイッチ	新規追加	
30	-	A ACS Na漏えい、	表示灯	新規追加	
31	-	A ACS 起動完了	表示灯	新規追加	
32	-	A2 次系緊急ドレン状態表示	表示灯	新規追加	
33	-	A2 次系主冷却系Na漏えい、	表示灯	新規追加	
34	-	A2 次系補助Na系Na漏えい、	表示灯	新規追加	
35	-	B ACS Na漏えい、	表示灯	新規追加	
36	-	B ACS 起動完了	表示灯	新規追加	
37	-	B2 次系緊急ドレン状態表示	表示灯	新規追加	
38	-	B2 次系主冷却系Na漏えい、	表示灯	新規追加	
39	-	B2 次系補助Na系Na漏えい、	表示灯	新規追加	
40	-	C ACS Na漏えい、	表示灯	新規追加	
41	-	C ACS 起動完了	表示灯	新規追加	
42	-	C2 次系緊急ドレン状態表示	表示灯	新規追加	
43	-	C2 次系主冷却系Na漏えい、	表示灯	新規追加	
44	-	C2 次系補助Na系Na漏えい、	表示灯	新規追加	
45	-	A2 次系Na漏えい、	表示灯(2個)	新規追加	
46	-	B2 次系Na漏えい、	表示灯(2個)	新規追加	
47	-	C2 次系Na漏えい、	表示灯(2個)	新規追加	
48	-	2次系Na漏えいループ識別表示灯テストトレインC	銘板	新規追加	
49	-	トレインC	銘板	新規追加	
50	-	A A/C 室温度高1ch動作	ANN銘板	取替	銘板のみの変更
51	-	A A/C 室温度高Na漏えい、	ANN銘板	取替	
52	-	A ACS 起動阻止	ANN銘板	取替	
53	-	B A/C 室温度高1ch動作	ANN銘板	取替	銘板のみの変更
54	-	B A/C 室温度高Na漏えい、	ANN銘板	取替	
55	-	B ACS 起動阻止	ANN銘板	取替	
56	-	C A/C 室温度高1ch動作	ANN銘板	取替	銘板のみの変更
57	-	C A/C 室温度高Na漏えい、	ANN銘板	取替	

表-3 盤面改造機器リスト(3/3)

No.	器具番号	器具名称	型式	区分	備考
58	-	C ACS 起動阻止	ANN 銀板	取替	
59	SA033S1A	210AMV3 SG 入口止め弁バイパス弁 A	スイッチ	取替	銘板のみの変更
60	SA135S1B	210BMV3 SG 入口止め弁バイパス弁 B	スイッチ	取替	銘板のみの変更
61	SA235S1C	210CMV3 SG 入口止め弁バイパス弁 C	スイッチ	取替	銘板のみの変更
62	SP011S1A	230AAV8 2 次 Na 純化系主冷却系戻し止め弁 A	スイッチ	取替	
63	SP011S1B	230BAV8 2 次 Na 純化系主冷却系戻し止め弁 B	スイッチ	取替	
64	SP011S1C	230CAV8 2 次 Na 純化系主冷却系戻し止め弁 C	スイッチ	取替	
65	250A-FR008	EV-A CG 圧力	記録計	取替	
66	250B-PR008	EV-B CG 圧力	記録計	取替	
67	250C-PR008	EV-C CG 圧力	記録計	取替	
68	-	1 次系入口配管 2 次系 Ar ガス系 OF/T 呼吸系止め弁	銘板	取替	
69	SR033S1A	250AAV24 2 次 Ar ガス系 OF/T 呼吸系止め弁 A	スイッチ	移設, 取替	250AAV66 に変更 (スイッチは撤去)
70	SR035S1A	250BAV25 2 次 Ar ガス系 D/T 呼吸系止め弁 A	スイッチ	移設, 取替	250BAV66 に変更 (スイッチは撤去)
71	-	250AAV66 2 次 Ar ガス系主系統 CG 止め弁バイパス弁 A	スイッチ	移設, 取替	スイッチは新規追加
72	SR083S1B	250BAV24 2 次 Ar ガス系 OF/T 呼吸系止め弁 B	スイッチ	移設, 取替	
73	SR085S1B	250BAV25 2 次 Ar ガス系 D/T 呼吸系止め弁 A	スイッチ	移設, 取替	250BAV66 に変更 (スイッチは撤去)
74	-	250BAV66 2 次 Ar ガス系主系統 CG 止め弁バイパス弁 B	スイッチ	移設, 取替	スイッチは新規追加
75	SR133S1C	250CAV24 2 次 Ar ガス系 OF/T 呼吸系止め弁 C	スイッチ	移設, 取替	250CAV66 に変更 (スイッチは撤去)
76	SR135S1C	250CAV25 2 次 Ar ガス系 D/T 呼吸系止め弁 C	スイッチ	移設, 取替	スイッチは新規追加
77	-	250CAV66 2 次 Ar ガス系主系統 CG 止め弁バイパス弁 C	スイッチ	移設, 取替	
78	CJ370S2	A ACS 手動起動 2	スイッチ	移設	
79	CJ370S4	B ACS 手動起動 2	スイッチ	移設	
80	CJ370S6	C ACS 手動起動 2	スイッチ	移設	

# 機上教育訓練人數



## シミュレータ訓練人數

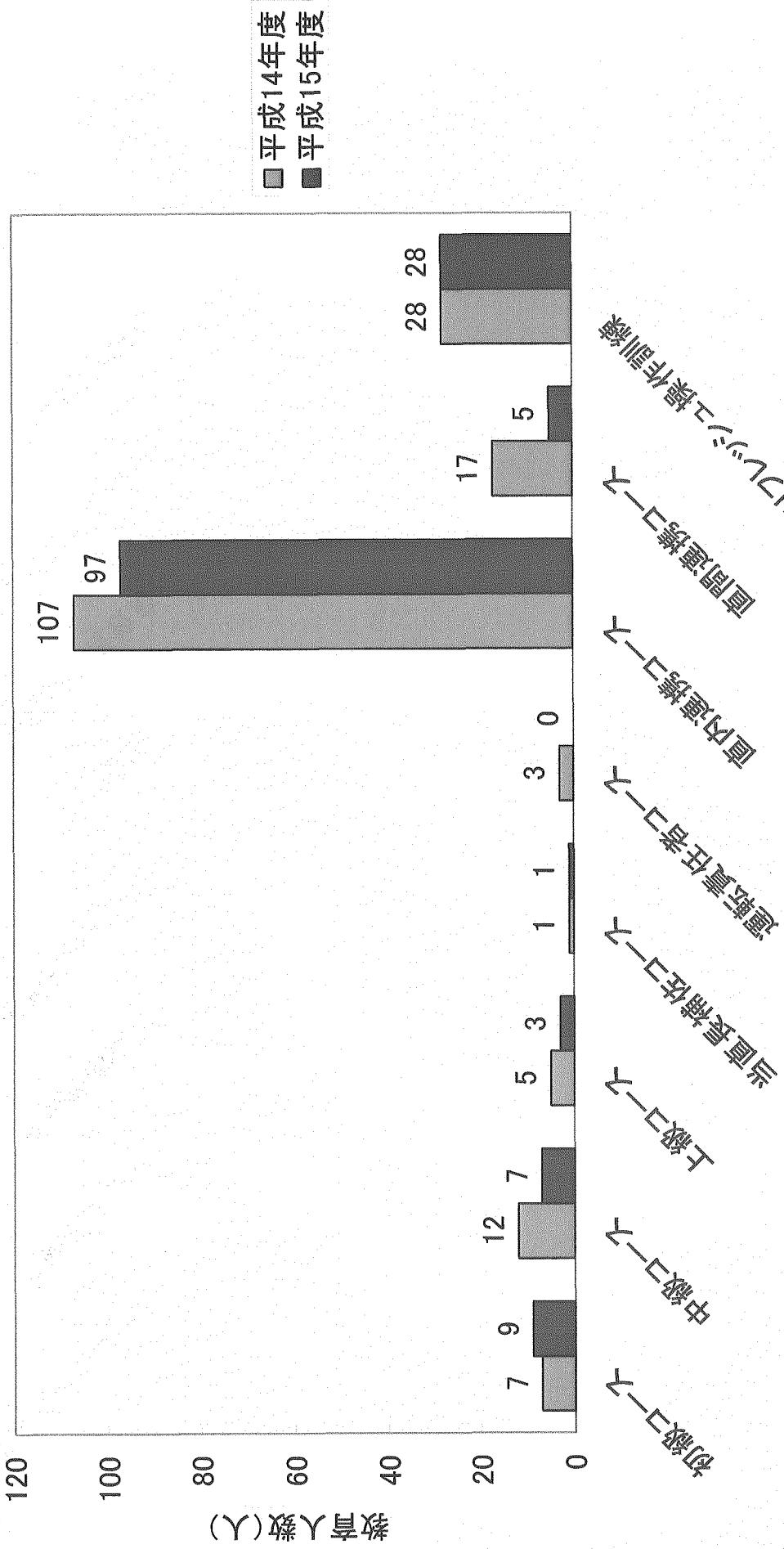


図-2 教育人數比較（シミュレータ訓練）

## 実技訓練人數

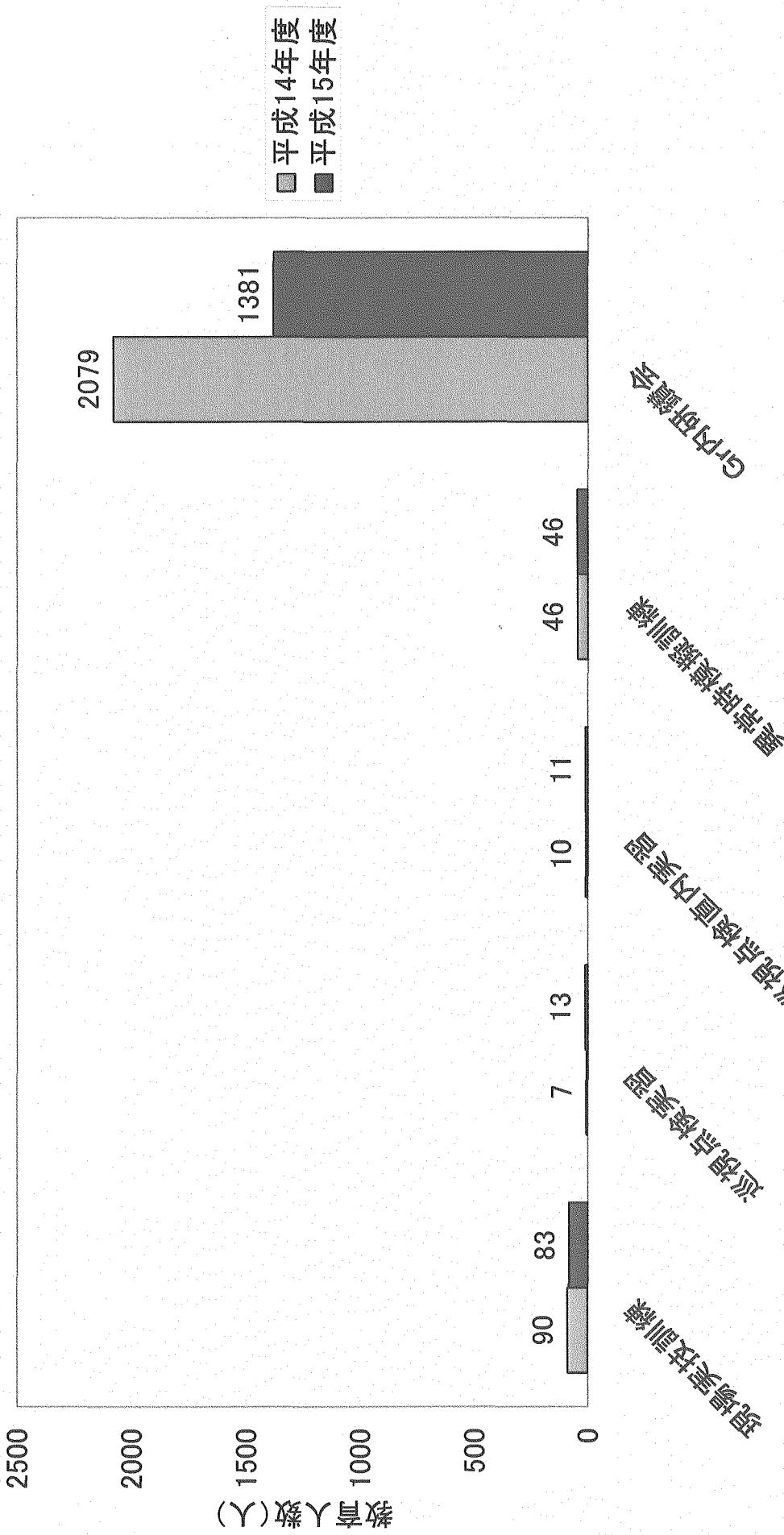


図-3 教育人數比較（実技訓練）

## 平成15年度 MARS稼働率

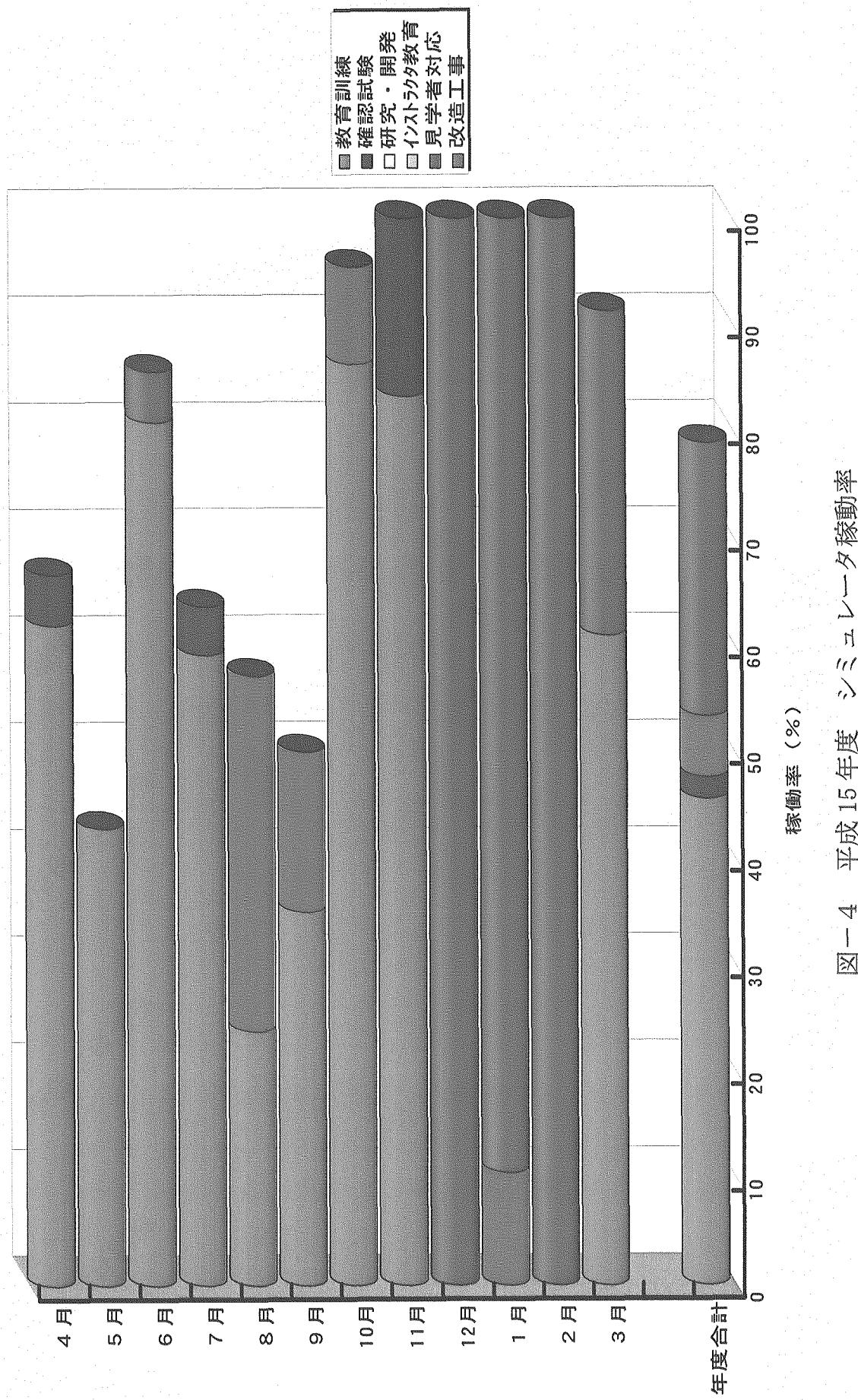


図-4 平成15年度 シミュレータ稼動率

## 平成15年度 MARS見学者数

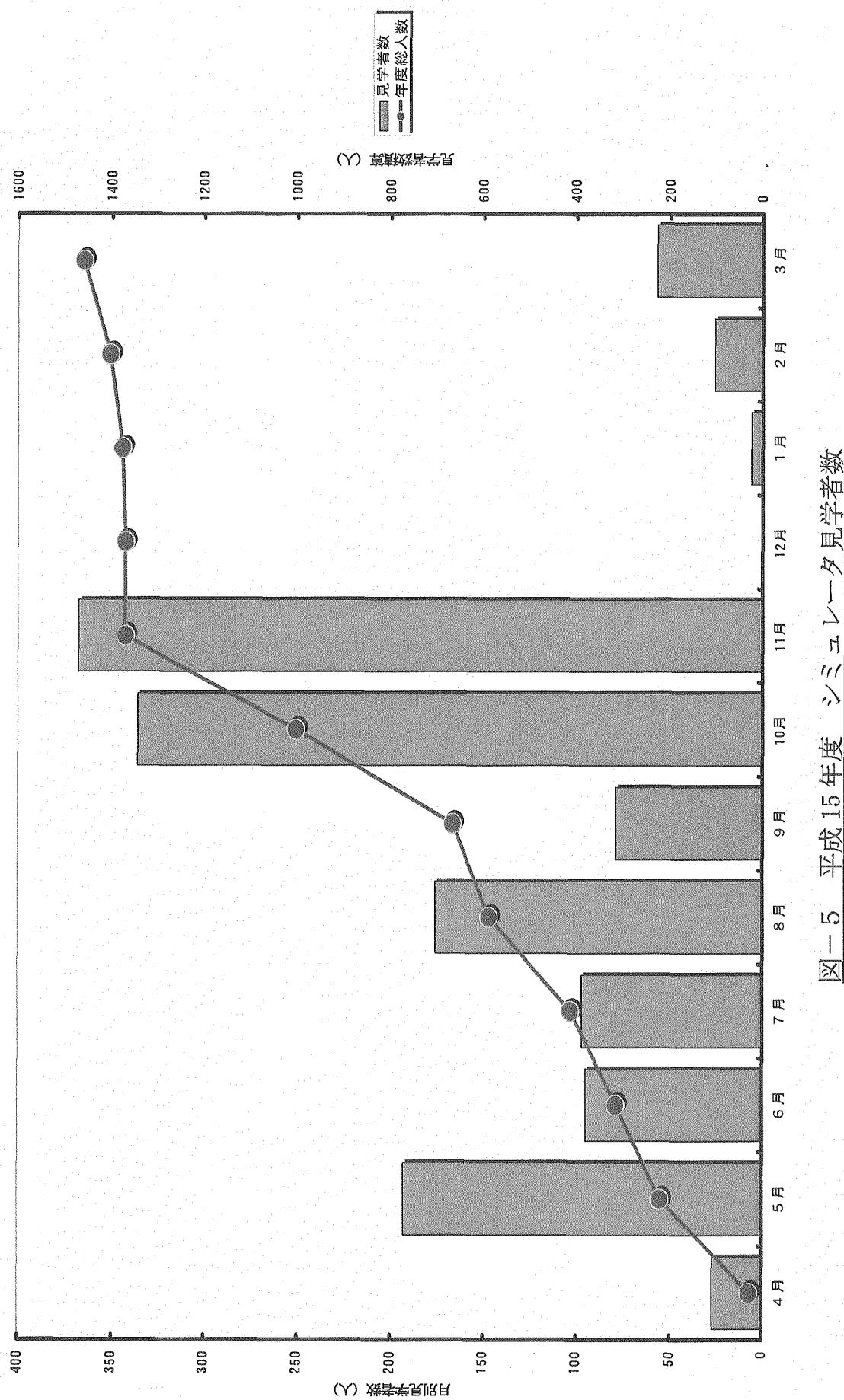


図-5 平成15年度 シミエレーダ見学者数

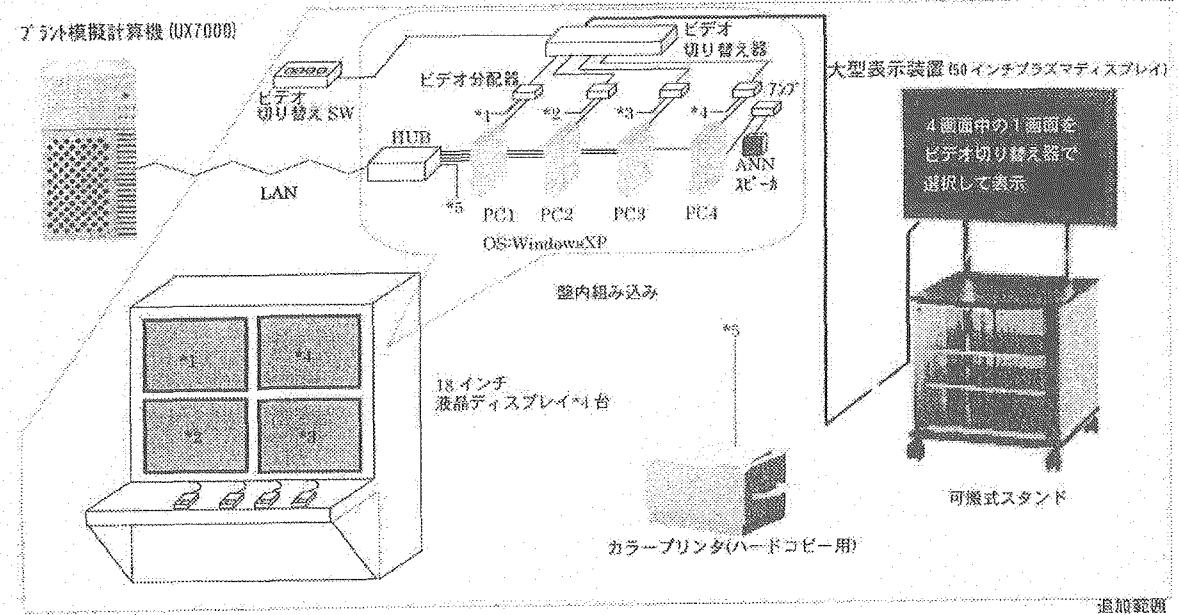


図-6 総合漏えい監視盤模擬盤システム構成図



図-7 総合漏えい監視盤模擬盤（向かって右側直立盤及び大型ディスプレイ装置）

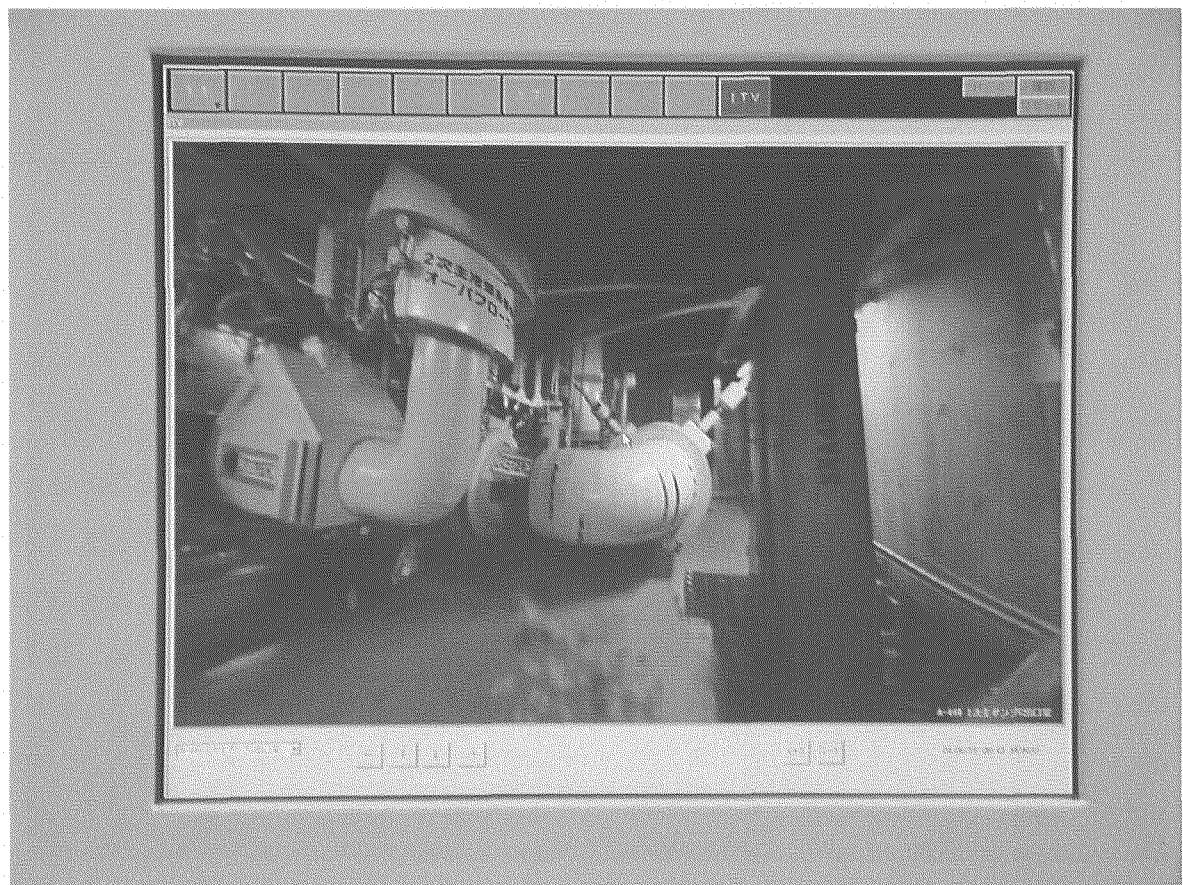


図-8 ITV 画面表示例

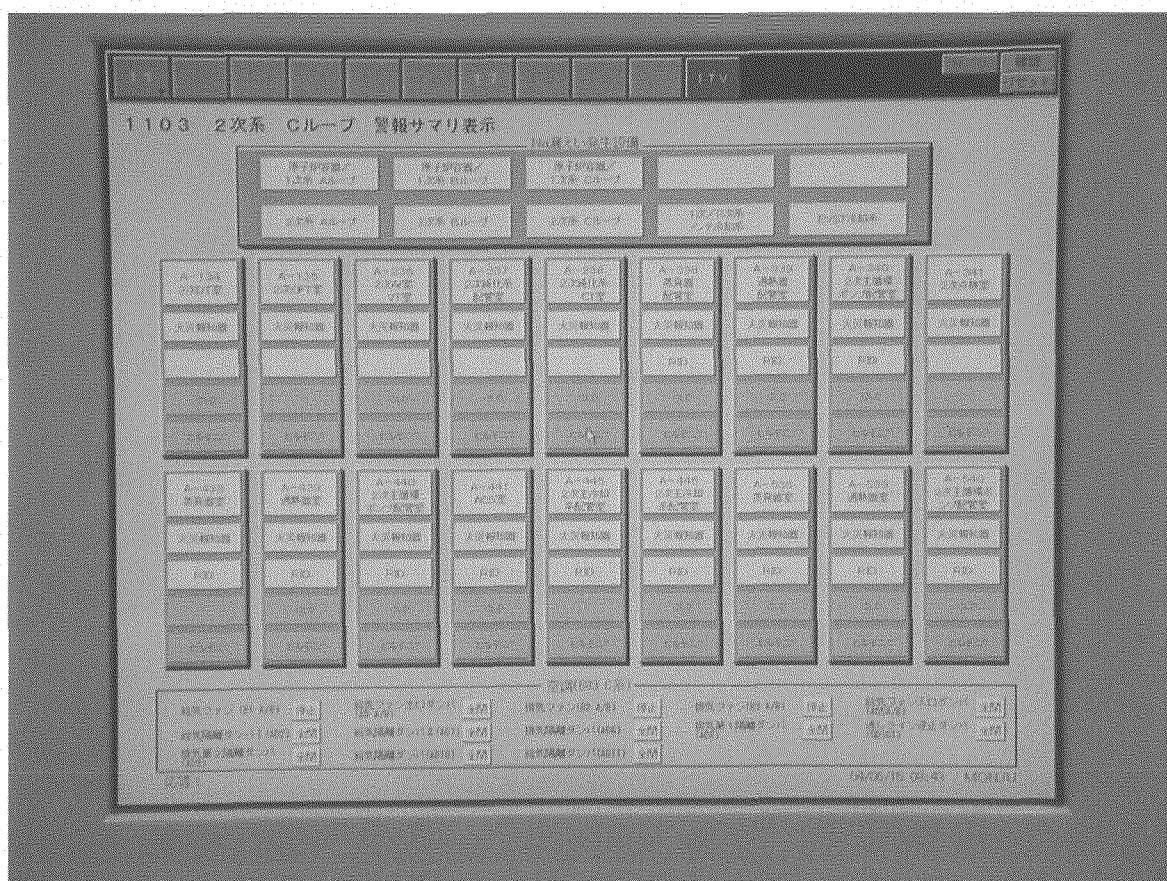


図-9 警報サマリ画面例

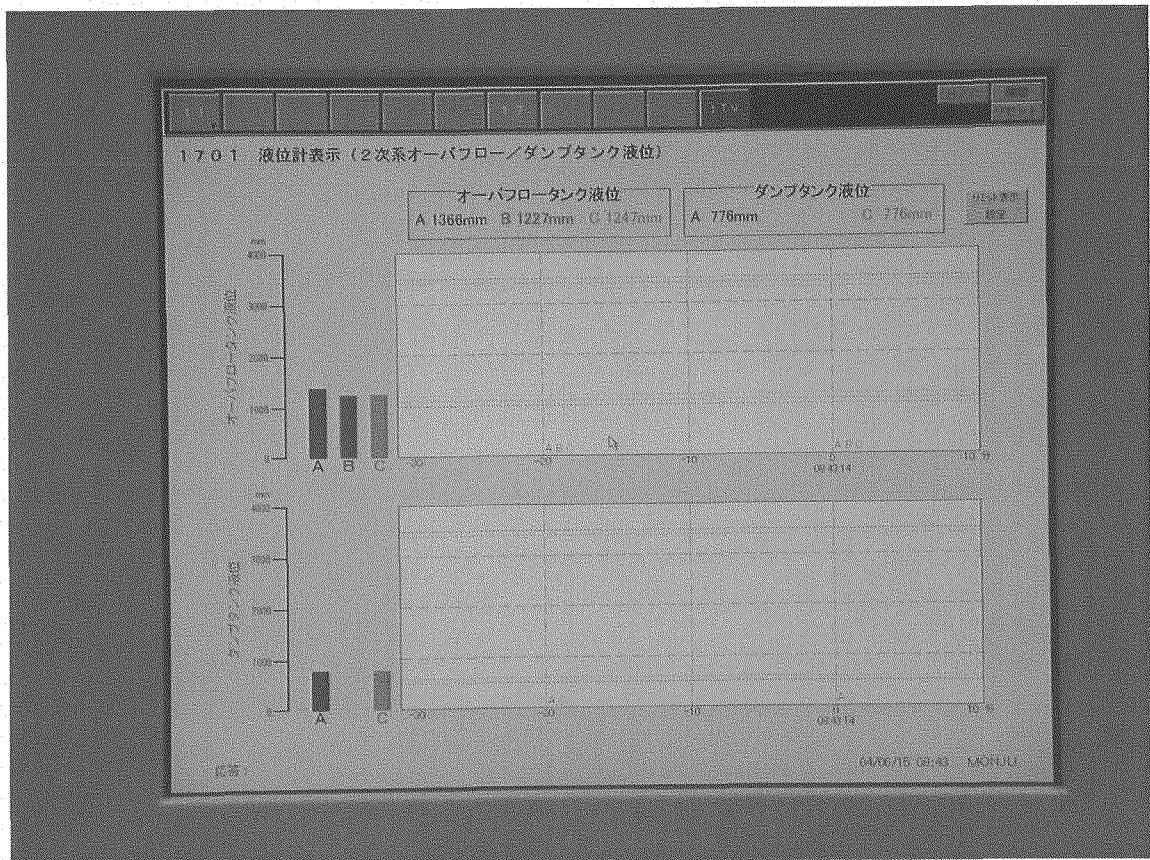


図-10 液位計表示例

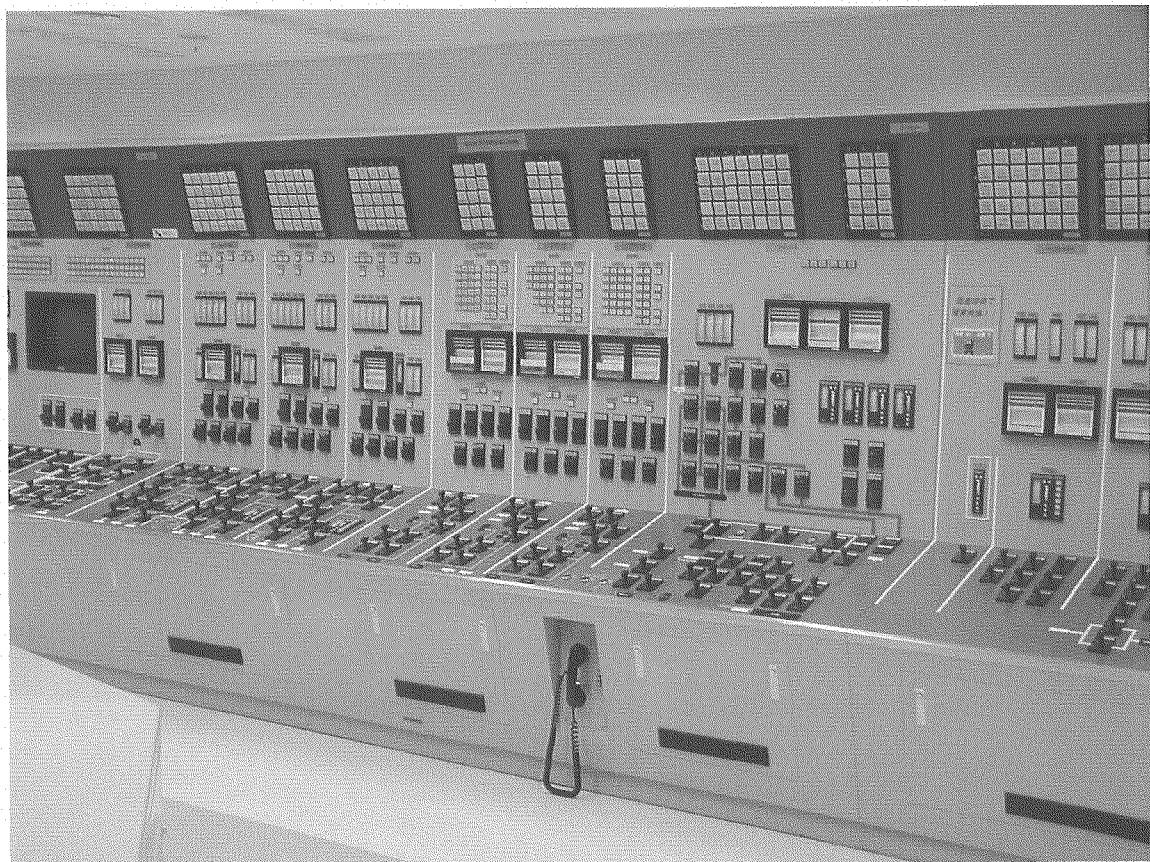


図-11 改造後の盤面 (C-C003 補助冷却・原子炉補助設備中央制御盤模擬盤)

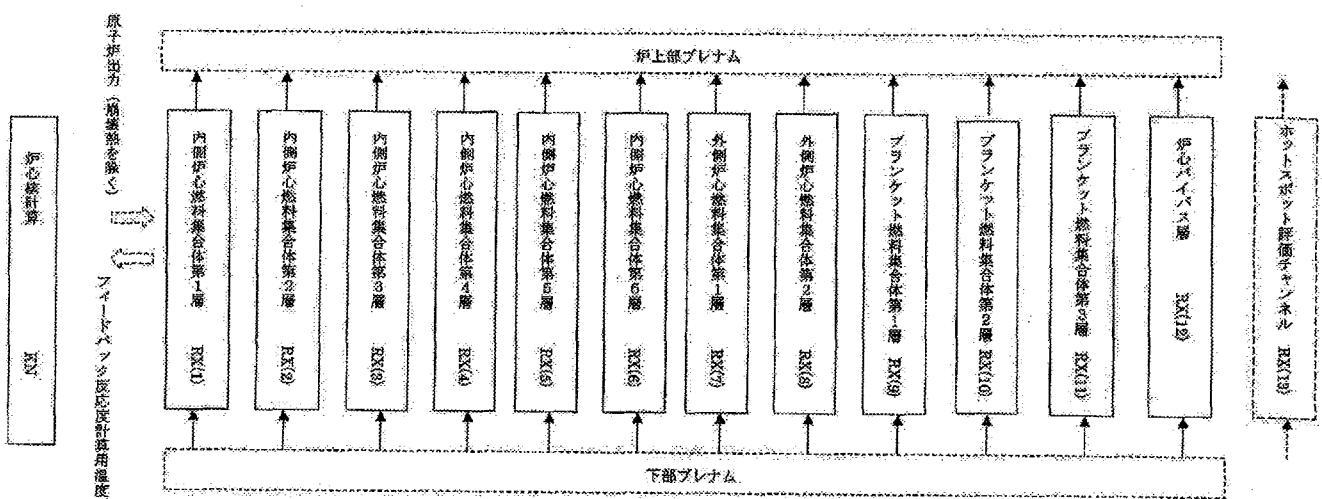


図-12 詳細炉心モデル (S-COPD ベース) の概要