

FBR サイクル総合研修施設の研修結果報告
(ナトリウム取扱研修及び保守研修)
—平成13年度—
(技術報告)

2002年8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

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184

Japan.

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

2002

**FBR サイクル総合研修施設の研修結果報告
(ナトリウム取扱研修及び保守研修)
—平成 13 年度—
(技術報告)**

渡辺 智夫^{*1}、小澤 一雅^{*2}、永井 文夫^{*3}
佐々木 和一^{*1}、澤田 誠^{*1}

要 旨

国際技術センターでは、平成 12 年 9 月より FBR サイクル総合研修施設の本格的運用を開始し、平成 12 年度においては、「もんじゅ」や「ふげん」などの従業員、さらには地元自治体の消防署員などを対象に、6 種類のナトリウム取扱研修を計 22 回、保守研修については 8 種類の研修を計 11 回開催し、延べ 305 名が受講した。

平成 13 年度は、平成 12 年度の研修実績を踏まえ、「もんじゅ」の運転再開に向けてナトリウム取扱技術と保守技術に関する研修の一層の充実と強化を目指して、研修項目の追加や研修内容の一部見直し等を行った。

具体的には、ナトリウム取扱研修について「もんじゅ」事故を教訓として新たに「ナトリウム配管漏洩対応訓練」コースを新規に追加した他、「もんじゅ」運転員及び自衛消防隊員が年 1 回必須で受講する「ナトリウム消火訓練」の講義内容を一新し、かつ実習内容をより充実するなどマンネリ防止化と知識の拡充化に努めた。また、国際技術センター内に組織されている「教育研修検討委員会」(大洗の専門家を含む)において研修テキストの内容検討を受け、コメントに沿ってテキスト内容の一部見直しを実施した。

平成 13 年度の研修実績は、7 種類のナトリウム取扱研修を計 25 回、また保守研修は、7 種類の研修コースを計 11 回開催し、受講者数はナトリウム取扱研修が 157 名、保守研修が 63 名、合わせて 220 名であった。

この他、平成 13 年 10 月 31 日に発生した「常陽」の建物火災事故に係る水平展開として平成 14 年度から新たに「ナトリウム取扱技能認定コース」を導入することとなつたが、これに対応して大洗側と連携を図りつつ、ナトリウムの自然発火機構の説明やナトリウム取扱実習などを盛込んだ研修カリキュラムやテキスト、並びに技能試験問題作成などの準備を進めた。

*1：国際技術センター 実技訓練グループ

*2：開発協力員（日立製作所㈱）

*3：開発協力員（高速炉サービス㈱）

Training Report of the FBR Cycle Training Facility in 2001

Toshio Watanabe^{*1}, Kazumasa Ozawa^{*2},
Humio Nagai^{*3}, Kazuichi Sasaki^{*1}, Makoto Sawada^{*1}

Abstract

The FBR Cycle Training Facility has been operating since Sep. 2000 for staff of FBR "Monju" and ATR "Fugen" and fireman of the local community, etc.. In 2000, 6 courses of the sodium handling training were held 22 times and also eight courses of the maintenance training were 11 times and total participants were 305.

In order to grade up the trainings for providing restarting of "Monju", the corresponding training course on sodium piping leakage accident was added as newly sodium handling training course and partial contents of some courses were devised based on some comments by the training discussing committee organized in our center. In 2001, seven sodium handling training courses were carried out 25 times and eight maintenance courses were conducted 11 times and total participated number was 220, i.e. 157 trainees for sodium training courses and 63 trainees for maintenance training courses.

Additionally, since a new licensed sodium training course for sodium handling workers included head of worker will be introduced from next year owing to the fire accident of maintenance building in the experimental fast reactor "JOYO" occurred Oct. in 2001, which was caused by sodium spontaneous combustion due to inefficient handling on tidy up of the sodium handling working, training curriculum, training text and questions for examination are provided as for preparing its course cooperated with Oarai Engineering Center.

*1: Operating and Maintenance Group in I.C.T.D.C

*2: Development Cooperative Supporter (Hitachi ,Ltd.)

*3: Development Cooperative Supporter (Fast Technology Engineering Co.)

目 次

1. 緒 言	1
2. 研修の充実化	2
2.1 新規研修の追加 (ナトリウム配管漏洩対応訓練コース)	3
2.3 「ナトリウム取扱技能認定コース」の立上げ準備	3
3. 平成 13 年度における研修実績	4
3.1 研修コース一覧	4
3.2 研修実績工程と受講者数	4
4. 研修成果の分析・評価	5
4.1 ナトリウム研修	5
4.1.1 ナトリウム入門コース	5
4.1.2 ナトリウム基礎実験一般コース	6
4.1.3 ナトリウム基礎実験専門コース	7
4.1.4 ナトリウム消火訓練コース	8
4.1.5 ナトリウムループ供給系運転コース	9
4.1.6 ナトリウムループ純化系運転コース	10
4.1.7 ナトリウム配管漏洩対応訓練コース	11
4.2 保守研修	12
4.2.1 制御棒駆動機構コース	12
4.2.2 燃料取扱及び貯蔵設備コース	12
4.2.3 計測制御コース	13
4.2.4 電源盤点検コース	14
4.2.5 非破壊検査コース	15
4.2.6 2次主ポンプメカニカルシール分解点検コース	15
4.2.7 燃料交換準備・後始末コース	16
4.2.8 水系ループ機器運転保守コース	17
5. 結 言	18
6. 謝 辞	18
7. 参考文献	18

図・表・写真リスト

表 1 : 「ナトリウム配管漏洩対応訓練コース」研修カリキュラム	19
表 2 : 「ナトリウム取扱監督者・作業者コース」研修カリキュラム	20
表 3 : ナトリウム取扱研修一覧表	21
表 4 : 保守研修一覧表	22
表 5 : 平成 13 年度研修工程実績表	23
表 6 : 平成 13 年度研修受講者数実績表	24
図 1 : 模擬ナトリウム漏洩配管断面図	25
図 2 : 模擬配管からのナトリウム漏洩系統図	26
図 3 : 平成 12, 13 年度ナトリウム及び保守研修受講者数	27
図 4 : ナトリウム入門コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績	28
図 5 : ナトリウム一般コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績	29
図 6 : ナトリウム専門コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績	30
図 7 : ナトリウム消火訓練コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績	31
図 8 : ナトリウムループ供給系運転コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績	32
図 9 : ナトリウムループ純化系運転コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績	33
図 10 : 制御棒駆動機構コースにおける物知り診断クイズの成績	34
図 11 : 燃料取扱・貯蔵設備コースにおける物知り診断クイズの成績	35
図 12 : 計測制御コースにおける物知り診断クイズの成績	36
写真 1 : 模擬配管からのナトリウム漏洩状況	37
写真 2 : ナトリウム漏洩研修実験後の模擬配管解体状況	37

1. 緒言

ナトリウム取扱技術と保守技術の一層の充実強化を図るため、ナトリウム取扱研修施設と保守研修施設から成る FBR サイクル総合研修施設を平成 12 年 9 月より運用している。

ナトリウム取扱研修施設では、高速炉特有の技術研修としてナトリウム消火訓練をはじめ、観察や測定実験を通してナトリウムの化学的性質や物理的性質の学習、さらにはナトリウムループの運転技術の習熟など幅広い分野に亘ってのナトリウム取扱技術の習得を目指して研修を実施している。

一方、保守研修施設では「もんじゅ」特有のナトリウム機器や設備の点検技術をはじめ、ポンプの分解点検や電源盤点検、計測制御技術などの汎用技術についても技術の習熟を図るために研修を実施している。

平成 12 年 9 月の運用開始から翌 13 年 3 月までの平成 12 年度においては、「もんじゅ」や「ふげん」などの従業員、さらには地元消防署員などを対象に、ナトリウム取扱研修施設では 6 種類の研修コースを計 22 回、保守研修施設では 8 種類の研修コースを計 11 回開催し、延べ 305 名に対して研修を実施した。⁽¹⁾

平成 13 年度においては、平成 12 年度の研修実績を踏まえ、「もんじゅ」の運転再開に向けてナトリウム取扱技術と保守技術に関する研修の一層の充実と強化を目指して、研修項目の追加や研修内容の一部見直し等を行った。

具体的には、各研修施設で実施した研修項目として、ナトリウム取扱研修施設では前年度の開催実績のある 6 種類に、「もんじゅ」事故を教訓として新たに「ナトリウム配管漏洩対応訓練」コースを新規に追加し、7 種類の研修コースを実施した。また保守研修施設においては、水系に関わる設備の運転研修と保守研修を分けて実施していたものを 1 つの研修のなかで実施するように変更した。

さらに、国際技術センター内に組織されている「教育研修検討委員会」（大洗の専門家を含む）において研修テキストの内容検討を受け、コメントに沿ってテキスト内容の一部見直しを実施した。

各研修コースの開催回数は、ナトリウム取扱研修施設においては、受講者が多い「ナトリウム入門コース」は 5 回、「ナトリウム消火訓練コース」は 10 回、その他の 5 種類の研修コースはそれぞれ 2 回開催し、全体では 7 種類の研修コースを計 25 回開催した。また、保守研修施設においては、「計測制御コース」、「電源盤点検コース」、及び「燃料取扱及び貯蔵コース」が各 2 回、その他の 5 種類の研修コースはそれぞれ 1 回開催し、全体では 8 種類の研修コースを計 11 回開催した。

研修の受講者は、主に「もんじゅ」、「ふげん」の職員及び協力会社職員であり、ナトリウム取扱研修施設での研修には 157 名、保守研修施設での研修には 63 名の合わせて 220 名が参加した。

2. 研修の充実化

2. 2 新規研修の追加（ナトリウム配管漏洩対応訓練コース）

(1) 研修の概要

ナトリウム取扱研修施設では、平成 12 年度に実施した 6 種類の研修と新たに「ナトリウム配管漏洩対応訓練コース」を追加し、7 種類の研修を実施した。

「ナトリウム配管漏洩対応訓練コース」の研修では、模擬ナトリウム配管からナトリウム漏洩を生じさせ、漏洩するナトリウムの燃焼状況の観察や、漏洩後に模擬配管の保温材や内外装板を解体しながら損傷の状況や保温材へのナトリウムの付着・浸透状況などを観察する。さらには配管外に漏洩して燃焼したナトリウム化合物や模擬配管内に残留している未燃焼ナトリウムの処理などを行い、模擬配管の解体処理を行う研修内容である。

(2) 研修のカリキュラム

表 1 に本研修のカリキュラムを示す。

研修は 2 日間で行い、1 日目の午前中には「もんじゅ」でのナトリウム漏洩事故の概要と漏洩対策等の講義を実施し、午後にはナトリウムを漏洩させるための条件を整えた後、ナトリウムループからナトリウムを模擬配管に導く操作によりナトリウム漏洩を実施する。

研修の 2 日目はナトリウムを漏洩させた模擬配管の解体・観察とナトリウムの燃焼残渣や残留ナトリウム等を水蒸気洗浄による処理等の実習を行う。

写真 1、写真 2 には模擬配管からのナトリウム漏洩状況と実験翌日に行われる模擬配管の解体状況を示す。

(3) ナトリウム配管漏洩実験設備

図 1 に模擬ナトリウム配管の製作断面図を示す。

模擬配管は口径 2B の配管を使用し、実プラントのナトリウム配管と同様の保温構造とし、ナトリウム漏洩検知のために配管と保温材の間に設けた空間部の雰囲気を RID によってサンプリングしている。ナトリウムはこの模擬配管と保温材との間に空間に接続された配管によって導びき、そこから保温材に浸透し外部に漏洩する。

図 2 に模擬配管にナトリウムを供給するための系統図を示す。

ナトリウムはナトリウムループの供給系に充填して所定の温度に昇温し、供給タンクより予定した漏洩量を配管を通して模擬配管に供給する。

ナトリウム漏洩量を制御するために、ナトリウムを供給するタンクに予め充填するナトリウム量を制限することで、必要以上のナトリウムが供給されないようにしている。また、タンク内に設置しているナトリウム液位計の出力を監視し、所定量以上のナトリウム供給量になった場合には、ナトリウムの供給弁が自動で閉止するようなインターロックを設定している。これらによって、ナトリウムの漏洩量を確実に制御できるようにしている。またナトリウムを供給するタンクから模擬配管までのナトリウム配管の途中に、ナトリウムを貯留しているダンプタンクに接続されている分枝配管を接続し、この分枝配管を使用することで万一模擬配管内でナトリウムが閉塞した場合には供給したナトリウムを配管内に残留したままとせず、ダンプタンクに回収で

きる系統とした。さらに確実にナトリウムを模擬配管から漏洩させるためには、漏洩部付近がナトリウムの酸化物等によって閉塞させないための方策が必要となる。このために重要なことは模擬配管内部を不活性雰囲気とすることが必要であり、内部が空気雰囲気の場合は供給したナトリウムが模擬配管内で燃焼することとなり、この中で生じる燃焼酸化物によって本来ナトリウムを漏洩させるための貫通穴が閉塞してナトリウムが漏れない状態となる可能性がある。このための対策として、ナトリウムの供給配管の途中から不活性ガスが供給できる配管を接続し、ナトリウムを供給する直前までは配管内に窒素ガスを流し、模擬配管内部の空気を窒素ガスにより排出する状態としておく。次にタンクよりナトリウムを配管内に流す直前に窒素ガスの供給を止め、直ちにナトリウムを漏洩配管に導くような運転手順としている。

2. 2 既存研修内容の充実

(1) ナトリウム消火訓練コース

ナトリウム消火訓練コースでは、もんじゅ運転直員と自衛消防隊員が所規則等により毎年本訓練を受講することが義務付けられている。昨年度から本研修施設での訓練を受け、平成13年度は2度目となることから、ナトリウムの消火と装備の装着等を行う実習訓練は変更せずに毎年繰り返しによる訓練の習熟を行うが、マンネリ化を防止する観点とより幅広い知識の習得を目指して講義内容は前年度とは異なったものを準備することとした。

このため、世界の高速炉においてこれまで発生した事故事例についての資料をまとめたテキストに基づいた講義を行うこととした。さらに、ナトリウムの全般的な知識として前年度の講義で使用したテキストに記載した内容は、研修前後に実施したチャレンジクイズの出題として取り上げ、反復復習を行いながら進めた。

(2) 計測制御コース

「計測制御コース」においては、前年度実施された1回目と13年度の初めに実施された2回目については、外部より講師を招聘してテキストもその講師が用意するものを準備したが、13年度の2度目に実施した第3回目の研修では、内部で講師を行い、テキストは計測関連の学習資料として日本能率協会が作成した計算機学習システム(CAI)の内容に基づいて作成した。外部の講師による講義では検出器の種類や構造等のハード面が中心であったが、CAI教材によりPIDの理論や調整方法に講義内容を絞ってテキストや実習の内容を策定した。

(3) 研修テキストの見直し

大洗の専門家を含んだ「教育研修検討委員会」において、ナトリウム取扱研修及び保守研修に係る研修テキストの検討が行われ、各委員のコメントに沿って一部研修の見直しを行った。

2. 3 「ナトリウム取扱技能認定コース」の立上げ準備

平成13年10月31日に大洗工学センター高速実験炉「常陽」のメンテナンス建屋において発生したナトリウムの自然発火が原因と思われる火災事故の教訓を踏ま

えて、再発防止対策としてナトリウム取扱い作業の監督者等に対しては技能認定制度を平成14年度より導入すべく、大洗工学センターと連携を図りつつ、研修カリキュラムやテキスト、並びに技能試験問題作成などの準備を進めた。

研修は1日間で講義を半日間、実習を半日間で行うスケジュールとし、講義ではナトリウムの物性や危険性などの一般的な内容から、「常陽」のメンテナンス建屋で発生した火災原因の解説などを行い、実習ではナトリウム自然発火実験の観察やナトリウム処理作業を行い、最後に技能認定試験を実施する内容とした。

表2に研修カリキュラムを示す。

3. 平成13年度における研修実績

3.1 研修コース一覧

平成13年度において実施したナトリウム取扱研修及び保守研修の一覧を表3、表4に示す。

3.2 研修実績工程と受講者数

平成13年度におけるナトリウム取扱研修及び保守研修の実績工程及び受講者数一覧をそれぞれ表5、表6に示す。また、平成12年年度、平成13年年度の受講者数の累計を図3に示す。

ナトリウム研修では今年度より新たに追加した「ナトリウム配管漏洩対応訓練コース」も含めて7種類の研修コースを25回、また保守研修では昨年度と同様に8種類の研修コースを9回実施した。総受講者数は220名で、内訳はもんじゅ職員120名、ふげん職員14名、国際技術センター職員12名、大洗工学センター職員1名、敦賀本部職員3名、もんじゅ及びふげん協力会社職員70名であった。

4. 研修成果の分析・評価

4.1 ナトリウム研修

4.1.1 ナトリウム入門コース

ナトリウム入門コースは計5回実施し、各回の受講者数は3名～6名で全体の受講者数は24名であった。

本研修では、ナトリウムに関する知識を分りやすく説明する講義内容としていることから、2回の研修を女性向けとし、事務や広報関連の女性に積極的に参加してもらっていることもあり、24名の受講者のうち20名が女性の受講者であった。

(研修内容)

講義、チャレンジナトリウムクイズ、及びナトリウム燃焼観察等

(講義内容)

- ・第1講：ナトリウムとは
- ・第2講：ナトリウムの歴史と用途
- ・第3講：ナトリウムの製法
- ・第4講：ナトリウムの性質
- ・第5講：ナトリウムの燃焼
- ・第6講：ナトリウムと水との反応
- ・第7講：人体への影響
- ・第8講：ナトリウムを利用する理由

(研修成果の分析・評価)

5回の研修で実施した研修前後のチャレンジナトリウムクイズの結果を図4及び以下に示す。

【総合得点】

(100点満点)

	最高点	最低点	平均点	標準偏差
研修前	80	14	43	20
研修後	98	42	87	13

【科目別平均正解率・標準偏差】

	Na一般	Naの性質	Na燃焼と水との反応	人体への影響	冷却材に利用される理由
研修前	平均正解率	53%	44%	49%	43%
	標準偏差	23%	30%	24%	27%
研修後	平均正解率	95%	96%	89%	91%
	標準偏差	7%	10%	12%	13%

前表に示すように、研修前の平均点は43点であったものが研修後は87点にアップし、標準偏差も20から13に下がった。

科目別に見ると、5つの科目全ての研修前後の正解率は、どの科目も平均しており、研修前には40～50%の正解率が研修後には80～90%に向上了。正解率の標準偏差の結果からも、どの科目についても研修前の20%台の値が10%台まで下がっており、参加者間の理解度にバラツキが少ないことが認められる。これらから

研修によって受講生のナトリウムに関する基礎知識が大幅に改善できたものと分析・評価できる。

なお、研修後に実施しているアンケート調査では、25人中22名が「大いに有益であった」、残り3名が「まあまあ有益」との感想であった。

4.1.2 ナトリウム基礎実験一般コース

ナトリウム基礎実験一般コースは平成13年4月と平成13年8月の2回実施した。受講者はそれぞれ7名と8名であった。

(研修内容)

講義、チャレンジナトリウムクイズ、ナトリウム燃焼観察、及びナトリウム物理特性測定実験

(講義内容)

- ・第1講：ナトリウム一般
- ・第2講：ナトリウムの特徴
- ・第3講：ナトリウムと空気の反応
- ・第4講：ナトリウム燃焼の特徴
- ・第5講：ナトリウムと水の反応
- ・第6講：ナトリウムの物理的性質
- ・第7講：ナトリウムの放射性同位元素
- ・第8講：冷却材に利用される理由

(研修成果の分析・評価)

2回の研修で実施した研修前後のチャレンジナトリウムクイズの結果を図5及び以下に示す。

【総合得点】

(100点満点)

	最高点	最低点	平均点	標準偏差
研修前	80	14	43	19
研修後	98	42	87	10

【科目別平均正解率・標準偏差】

	Naの性質	Naと空気の反応	Na燃焼の特徴	Naと水の反応	Naの物理的性質	Naの核的性質	冷却材に利用される理由
研修前	平均正解率	34%	49%	21%	49%	39%	15%
	標準偏差	27%	30%	26%	37%	28%	24%
研修後	平均正解率	94%	87%	79%	79%	88%	80%
	標準偏差	10%	13%	15%	26%	12%	17%

本コースはナトリウムに関する基礎知識を8講に分けて幅広く学習する他、物性値の基礎測定実験も体験学習している。

チャレンジナトリウムクイズの成績では、研修前には平均点が43点であったが研修後には87点まで向上し、標準偏差の値も19から10に下がっている。

科目別の成績を見ると、研修前には「燃焼の特徴」や「核的性質」の正解率が

他の科目より低くなっていたが、研修後では80%前後の正解率まで向上している。また、標準偏差では全ての科目において研修前に比べて研修後の値が下がっており、特に「Naの性質」、「Naと空気の反応」、及び「Naの物理的性質」について大きく向上している。

なお、アンケート調査では「大いに有益」との感想を寄せてくれた受講生は10名に止まり、「まあまあ有益」との感想が6名であった。

4.1.3 ナトリウム基礎実験専門コース

ナトリウム基礎実験専門コースは平成13年6月と平成13年11月の2回実施し、それぞれの研修には6名と5名が受講した。

(研修内容)

講義、チャレンジナトリウムクイズ、ナトリウム燃焼観察、及びナトリウム物理特性測定実験

(講義内容)

- ・第1講：ナトリウム一般
- ・第2講：冷却材ナトリウムの特長
- ・第3講：ナトリウムの化学的性質
- ・第4講：ナトリウムの物理的性質
- ・第5講：ナトリウムの核的性質
- ・第6講：ナトリウムによる材料腐食
- ・第7講：ナトリウムの純度管理
- ・第8講：ナトリウム取扱法規

(研修成果の分析・評価)

2回の研修で実施した研修前後のチャレンジナトリウムクイズの結果を図6及び以下に示す。

【総合得点】

(100点満点)

	最高点	最低点	平均点	標準偏差
研修前	79	19	44	18
研修後	97	48	75	13

【科目別平均正解率・標準偏差】

	Na一般	Na特長	Na化学的性質	Na物理的性質	Na核的性質	Na純度管理	Na材料腐食	Na取扱法規
研修前	平均正解率	58%	46%	44%	42%	26%	38%	45%
	標準偏差	27%	26%	14%	20%	36%	31%	28%
研修後	平均正解率	88%	79%	70%	72%	73%	68%	77%
	標準偏差	15%	13%	20%	17%	33%	25%	28%

本コースでは、ナトリウムに関する知識を幅広く且つある程度深く学習する他、ある程度専門的なナトリウム物性測定実験を実施している。チャレンジナトリウムクイズの科目別平均正解率に見られるように、研修前の結果から正解率5割を

超えているものは「ナトリウム一般」に関する科目のみで、特に「ナトリウムの核的性質」に関する科目では正解率が26%と極端に低い結果となった。研修後の結果では、全ての科目において約7割以上の正解率となり、研修前の結果で低かった「ナトリウムの核的性質」に関する科目でも73%の正解率と大幅な向上が見られた。標準偏差では全体の結果では研修前の18より13に低下しているが、科目別では研修前後で変わらなかつたり、あるいは研修後の方が大きい値になっているものもあり、受講者間で理解度に開きが生じていることが伺える。

アンケート調査では「大いに有益」との感想者は11名中7名で残りの4名は「まあまあ」との感想に留まった。

4.1.4 ナトリウム消火訓練コース

ナトリウム消火訓練コースは平成13年6月から平成14年2月にかけて計10回実施し、1回の訓練には5名から10名の受講者で述べ80名が参加した。

(研修内容)

- ・講 義：チャレンジナトリウムクイズの結果に基づく反復学習、世界の高速増殖炉事故情報、「常陽」火災事故の概要（年度途中より実施）
- ・実 習：ナトリウム燃焼消火訓練、ナトリウム-水反応観察、洗浄処理作業

(反復学習の講義内容)

- ・第1講：ナトリウム一般
- ・第2講：ナトリウムの化学反応
- ・第3講：ナトリウム燃焼の特徴
- ・第4講：人体への影響
- ・第5講：ナトリウムの洗浄処理

(研修成果の分析・評価)

10回の研修で実施したチャレンジナトリウムクイズの結果を図7及び以下に示す。

【総合得点】

(100点満点)

最高点	最低点	平均点	標準偏差
86	2	45	20

【科目別平均正解率・標準偏差】

	Na一般	Naの化学反応	Na燃焼の特徴	人体への影響	Naの洗浄処理
平均正解率	42%	43%	57%	44%	46%
標準偏差	24%	21%	33%	24%	34%

本コースは、「もんじゅ」自衛消防隊員と「もんじゅ」運転員を対象として実施しており、年1回必須の研修コースである。当該年度の研修を開始するに当たり、前述の対象者に対してアンケート調査を実施し、研修内容の見直しを行った。アンケート調査の結果では、「平成12年度と同一講義内容で良い」という意見と「新規内容による講義を実施する」という意見に二分された。これらのことから研修内容として、まず昨年度の研修で実施した講義のなかから出題したクイズを研修開始前に実施し、その結果の傾向を見ながら反復学習として、昨年と同様の

講義を実施する。その後、新たな講義として「世界の高速炉事故情報」についての講義を実施した。また、平成13年末からは、「常陽」で起きた火災事故の概要の紹介も新たに加えている。

研修前に実施しているチャレンジナトリウムクイズの結果は前述の表のとおり平均点は45点であったが、標準偏差が20と比較的大きかった。この原因には、

「もんじゅ」自衛消防隊員と「もんじゅ」運転員は前年度も同一の出題からなる問題を研修の中で実施しているが、今回新たに研修を受講する者もいたため、研修への参加経験の有無がこのような結果になっていると思われる。従って、当初の予定ではクイズの結果を見て点数が低いところを重点的に講義する予定であったが、初参加者がどの研修にも数名参加していたため、講義はクイズの成績に関わらず全ての範囲をある程度詳細に説明するようにした。

研修後に参加者に記入してもらったアンケート結果では、研修全般の印象として、「大いに有益」との感想者は80名中31名で半数を下回った。

4.1.5 ナトリウムループ供給系運転コース

ナトリウムループ供給系運転コースは平成13年7月と平成14年1月に計2回実施した。受講者数は7名である。

(研修内容)

講義、及びナトリウムループ(供給系)運転実習

(講義内容)

- ・第1講：ナトリウム冷却系の分類
- ・第2講：「もんじゅ」1次・2次冷却系の設備仕様
- ・第3講：「もんじゅ」1次・2次冷却系の設計根拠
- ・第4講：ナトリウム特有の機器(電磁ポンプ)
- ・第5講：ナトリウム特有の計装機器(電磁流量計、NaK圧力計、Na液面計)

(研修成果の分析・評価)

2回の研修で実施したチャレンジナトリウムクイズの結果を図8及び以下に示す。

【総合得点】

(100点満点)

	最高点	最低点	平均点	標準偏差
研修前	40	14	27	8
研修後	84	44	65	16

【科目別平均点数】

	Na冷却系 の分類	もんじゅ 系統仕様	もんじゅ系 統設計根拠	自然循環	電磁 ポンプ	Na計装 機器
研修前	平均正解率	54%	17%	4%	43%	63%
	標準偏差	28%	21%	5%	27%	34%
研修後	平均正解率	79%	80%	49%	83%	83%
	標準偏差	12%	16%	26%	18%	18%

平成 13 年 7 月に行った今年度の最初の研修では、Na に関する知識も殆どない受講生を対象にしたため、先ず Na に関する基礎知識と Na 系統運転に当たっての基礎注意事項を教えるための特別講義を実施した後、Na ループ運転実習を行い、通常講義は最終日に変更して行った。5 名中、4 名の研修生がループ運転実習より講義の方が有益であったとの感想が得られたが、原子力プラントの運転に携わっていた研修生にとっては Na と水の違いはループ運転より物理的性質や化学的性質の違いなどの方が新鮮であったようだ。

また、平成 14 年 1 月に行った今年度 2 回目の研修では、参加者が 2 名であったため、ナトリウムループの運転実習においては、本来であれば役割分担により操作指示・監視と現場操作の作業を交互に行うやり方ができなかつた等の不都合が若干あった。研修後に回収したアンケート結果では、研修に対する感想は概ね良好であったように思われるが、参加者が少なかったことは、研修の周知不足ではないかとの意見もあり、受講者のニーズを確認し、研修内容（研修項目、日程等）の見直しが必要と思われる。

研修前に実施したチャレンジ・ナトリウムクイズの結果については、特に“1 次・2 次系の仕様／設計根拠”に関する正解率が低調であったが、研修後においては前者の正解率は 17% から 80% に、後者は 4% から 49% へと大きく向上したと思われる。

4.1.6 ナトリウムループ純化系運転コース

ナトリウムループ純化系運転コースは平成 13 年 6 月と 12 月（施設の停電のために中断し、翌 1 月に再度実施）に計 2 回実施し、受講者は各 4 名、計 8 名であった。

(研修内容)

講義、及びナトリウムループ運転実習

(講義内容)

- ・ 第 1 講：ナトリウムによる材料の腐食
- ・ 第 2 講：「もんじゅ」ナトリウムの純度管理
- ・ 第 3 講：コールドトラップの原理と構造
- ・ 第 4 講：プラギング計の原理と測定方法
- ・ 第 5 講：「常陽」ナトリウム純化系の運転経験
- ・ 第 6 講：ナトリウム純度管理に係る海外炉での事故例

(研修成果の分析・評価)

2 回の研修で実施したチャレンジナトリウムクイズの結果を図 9 及び以下に示す。

【総合得点】

(100 点満点)

	最高点	最低点	平均点	標準偏差
研修前	60	12	28	16
研修後	88	10	57	27

【科目別平均点数】

		Na による 材料腐食	Na の 純度管理	C/T の 原理と構造	PL 計の原理と 測定方法
研 修 前	平均正解率	32%	28%	35%	22%
	標準偏差	19%	17%	26%	19%
研 修 後	平均正解率	59%	56%	50%	57%
	標準偏差	29%	34%	26%	26%

受講生全員がナトリウムループ運転の経験が全くないという状況で研修を実施したが、ループへのナトリウム充填操作やC/T運転、PL計による不純物濃度測定、ドレン操作などループ運転を極めてスムーズにこなすことができた。12月に行った今年度2回目となる研修では、研修施設が停電になったため、研修を中断し翌1月に再度開催し、研修を2回に分けることとなった。このため、従来は2日半の研修スケジュールの最初と最後にそれぞれ実施するはずの「チャレンジナトリウムクイズ」が約1ヶ月の間隔をおいて実施した。このため、従来よりクイズの正解率があまり向上しなかった。

4. 1. 7 ナトリウム配管漏洩対応訓練コース

本研修は、配管からのナトリウム漏洩状況の観察とその後の対応を主体とした研修であるが、ナトリウム充填操作などナトリウム漏洩までの準備作業も研修の一部として行った。また、「もんじゅ」ナトリウム漏洩事故に対する造詣を深めつつ研修の意義を認識してもらう観点から、講義において「もんじゅ」のナトリウム漏洩に対する安全設計の考え方や漏洩事故の原因、対策などについて説明を行った。

(研修内容)

講義、ナトリウム漏洩実験、及び模擬漏洩配管の解体・処理

(講義の内容)

- ・第1講：Na漏洩検出設備（冷却系）の概要
- ・第2講：Na漏洩に対する安全設計（安全審査）
- ・第3講：Na漏洩事故の概要と経緯
- ・第4講：外部への影響とトラブル後の処置
- ・第5講：Na漏洩事故の原因
- ・第6講：事故の反省と教訓
- ・第7講：Na漏洩の対策

(研修成果の分析・評価)

本研修は平成13年9月と平成14年2月に実施したが、2月に行った研修では受講者とのスケジュールが調整できず、ナトリウム漏洩時の観察のみの内容となつた。9月に行った研修では、4名の受講者に対して2日半の日程で講義、ナトリウム漏洩実験、及び模擬漏洩配管の解体・処理の研修を実施した。研修後のアンケート結果は、「大変有益」が1名、「まあまあ有益」が3名との感想であった。特記事項として時間配分にゆとりが有り過ぎ余った時間が多かったとの意見が

三件ほど寄せられたが、研修の反省材料として他のコメントも考慮に入れつつ次回の研修に反映する所存である。

4.2 保守研修

4.2.1 制御棒駆動機構コース

本研修は平成13年6月に1回実施した。受講者数は5名であった。

(研修内容)

講義、動作メカニズム学習、及び物知り診断クイズ

(講義内容)

- ・第1講：反応度と原子炉出力
- ・第2講：制御棒駆動機構の概要
- ・第3講：微調整棒駆動機構の動作メカニズム
- ・第4講：粗調整棒駆動機構の動作メカニズム
- ・第5講：後備炉停止棒駆動機構の動作メカニズム

(研修成果の分析・評価)

研修で実施した物知り診断クイズの結果を図10及び以下に示す。

【総合得点】 (100点満点)

	最高点	最低点	平均点	標準偏差
研修前	66	24	46	16
研修後	90	74	86	7

【科目別平均点数】

	反応度と 原子炉出力	反応度制御	制御棒駆動機 構の構造	制御棒駆動機 構の構造
研 修 前	平均正解率	88%	22%	37%
	標準偏差	9%	25%	17%
研 修 後	平均正解率	96%	60%	92%
	標準偏差	8%	12%	21%

講義では、原子炉の運転を行うに当たって習得しておくべき炉物理現象の基礎を中心として説明を行った。また実習では「制御棒駆動機構学習モデル」を活用して駆動機構の動作メカニズムや構造の学習を実施したが、それらをより易しく理解するための補助学習システムとして「計算機画像学習ソフト」を実習研修に導入した。

アンケート調査では受講生全員が「大いに有益」な研修であったと評価した。また、物知りクイズは研修前の平均点を46点から研修後は85.6点と大幅にアップさせることができた。

4.2.2 燃料取扱及び貯蔵設備コース

燃料取扱及び貯蔵設備コースは平成13年8月と平成14年1月に計2回実施した。受講者数は各3名である。

(研修内容)

講義、模型による燃料取扱及び貯蔵作業の解説、及び物知り診断クイズ

(講義内容)

- ・第1講：燃料取扱及び貯蔵設備の概要
- ・第2講：燃料取扱及び貯蔵設備機器の概要

(研修成果の分析・評価)

2回の研修で実施した物知り診断クイズの結果を図11及び以下に示す。

【総合得点】

(100点満点)

	最高点	最低点	平均点	標準偏差
研修前	38	10	30	10
研修後	78	58	68	8

【科目別平均点数】

	燃取全般	燃取機器	燃取機器名称
研修前	平均正解率 24%	27%	48%
	標準偏差 17%	13%	23%
研修後	平均正解率 77%	54%	77%
	標準偏差 14%	13%	12%

平成13年8月に実施した研修では、設計の考え方や運転実績による所要時間の評価及び事故時の対応等を聞く目的で受講したいとの希望があり、設備の説明をやや簡略化し、受講生の希望に添う方向での説明と質疑応答を主とした研修となつた。

14年1月に実施した研修では、参加した技術課員は、業務で燃料交換計画を担当しており、プラント1課員は、燃取系の担当になって日が浅いとの事での受講となつたため、実務に関連した質疑が多くなされた。

物知り診断テストは、研修前が平均点30点であったのに対し、研修後は平均点68点であった。

アンケート調査では、「大いに有益であった」と「まあまあであった」、「良く理解できた」との回答であった。概要の説明、模型による実習、各機器の説明の流れは、理解しやすかったとの感想があった。

4.2.3 計測制御コース

計測制御コースは平成13年8月と12月に計2回実施し、受講者数はそれぞれ9名、5名であった。

(研修内容)

講義、実習、及び物知り診断クイズ

(講義及び実習内容)

8月に開催した研修では、計測制御の基本構成と制御方式、計測制御の基本用語と記号、測定方法・制御方式、及び発信器・受信器の構造・動作原理を講義内容とし、また計測ループのPID調節パラメータの算出、自動運転による制御特性

確認を実習内容とした。

一方、12月に開催した研修では、フィードバック制御の講義を中心に行い、また計測制御ループ（圧力、流量、液位）を使用した運転実習を行った。さらには研修前後に物知り診断クイズを実施した。

(研修成果の分析・評価)

12月に開催した研修で実施した物知り診断クイズの結果を図12及び以下に示す。

【総合得点】

(100点満点)

	最高点	最低点	平均点	標準偏差
研修前	44	11	26	14
研修後	92	42	75	20

【科目別平均点数】

	自動制御系の基礎	プロセス系の応答	P動作による制御	I動作による制御	D動作による制御	PID設定方法とまとめ
研修前	平均正解率	39%	40%	20%	22%	4%
	標準偏差	30%	31%	20%	15%	9%
研修後	平均正解率	79%	83%	76%	66%	52%
	標準偏差	21%	18%	34%	21%	30%

8月に開催した研修では、前年度に実施した要領と同様に「富士電機技術サポートセンター」より講師を招聘し講義及び実習を行った。12月に開催した研修では、これまで2回にわたって外部より講師を招聘して開催していた方法を見直し、内部で実施する方法に変更した。これに伴い、研修内容、特に講義内容を一新した。

従来の講義は、検出器の種類とか構造等のハード面が中心であったものを、PID理論とPID調整方法を中心とした講義内容に一新したとともに、研修効果をより高めるために新たに「物知りクイズ」を導入した。

講義は計算機学習システム(CAI)を使用し、学習途中に適宜解説を入れるという方法で進めたが、この方法は研修生には概ね好評であった。

初回となる今回は、研修前の平均点を26点から研修後は75点に大幅アップさせることができた。

4.2.4 電源盤点検コース

電源盤点検コースは日立製作所より専門の講師を招聘し、平成13年7月と8月に計2回実施し、受講者数はそれぞれ10名、3名であった。

(研修内容)

講義、実習、及び物知り診断クイズ

(講義内容)

- ・所内電源系統の構成
- ・電源盤(M/C、P/C、C/C)の一般説明(構造、設計概要等)
- ・遮断器の構成、構造及び取扱方法等

(実習の内容)

- ・遮断器の出入操作、試験、保守点検
- ・保護継電器の試験、保守点検

(研修成果の分析・評価)

7月に開催した研修では、実習は充実した研修ができたものと考えるが、電源概説については、研修終了時に実施した物知り診断クイズの結果では遮断器機能に関する出題の正解率が約8割だったのに対して、シーケンスの読解に関するテストの正解率が1名が約5割、他の7名は無得点であったことから判断すると別途研修を充実させる必要があるようである。

8月に開催した研修では、研修内容は前回と同じカリキュラムであり、研修効果は同等に良いと判断する。講師の話は前回のものより内容を詳細にした丁寧なものであった。実習は前回同様に充実した研修ができたものと考える。

電源概説については、前回の反省を踏まえ原子力発電所電源構成の考え方比重を置いた内容とした。その効果があったと判断できる。

物知り診断クイズは研修開始前と終了時に同一の問題で遮断器機能、電源シーケンスに関する基本的な出題を行ったが、遮断器機能に関する出題の正解率は研修前では約40点、であったが、研修後には約90点に向上した。また、電源シーケンスに関する出題の正解率は研修前では無得点であったが、研修後は約33点(最高60点)になった。

4.2.5 非破壊検査コース

非破壊検査コースは非破壊検査㈱より専門の講師を招聘し、平成13年10月に7名の受講者により実施した。

(研修内容)

講義、及び実習

(講義内容)

- ・第1講：溶接検査の法体系
- ・第2講：非破壊検査概論
- ・第3講：浸透探傷試験(PT)
- ・第4講：放射線透過試験(RT)

(実習の内容)

- ・浸透探傷試験(PT)
- ・放射線透過試験(RT)

(研修成果の分析・評価)

講義では第1講は、法体系の歴史的経緯や、実例経験談などを含めた講義がなされ有意義であった。第2講以降は、非破壊検査㈱技術本部技術教育グループの専門家が担当したが、教育を専門にしているだけに研修をする側も大変参考になった。

講義の中で講師は、何度も質問を督促したが、殆ど質問が出ず、アンケートに質問しづらい雰囲気であったとの回答があったのは残念である。

4. 2. 6 2次主ポンプメカニカルシール分解点検コース

2次主ポンプメカニカルシール分解点検コースは製作元である荏原バイロンジャクソン㈱より講師を招聘し、平成13年10月に6名の受講者により実施した。

(研修内容)

講義、及び実習

(講義内容)

- ・第1講：機能・構造
- ・第2講：分解・組立て作業手順
- ・第3講：点検・試験等作業管理において留意すべき事項
- ・第4講：組立て前の注意事項
- ・第5講：単体漏洩試験
- ・第6講：総合機能確認

(実習の内容)

- ・第1講：分解及び各部測定
- ・第2講：組立て

(研修成果の分析・評価)

研修者全員が極めて意欲的であり、作業行動は、すでに身についているため、メカシール点検の注意事項やノウハウを吸收しようとする姿勢が見られた。

実習作業は、作業者と補助者を適宜交代して行っていたが、研修者が6名であったため十分でなかった人もいたようだ。

アンケート調査は、講義実習とも全員が「大いに有益であった」との回答であった。

4. 2. 7 燃料交換準備・後始末コース

燃料交換準備・後始末コースは㈱東芝より講師を招聘し、平成13年11月に4名の受講者により実施した。

(研修内容)

講義、及び実習

(講義内容)

目的、燃料股間作業の流れ、機器の構造

(実習の内容)

第1日：準備作業、研修初期状態への復旧

第2日：A HMドアバルブ模擬体取付・取外、F HM本体駆動部模擬体据付等

第3日：昇降駆動装置移動・据付、昇降駆動装置運転操作

第4日：F HM昇降駆動装置の取外、F HM本体取外、接続筒取付、A HMドアバルブ模擬体取付

(研修成果の分析・評価)

研修は4日間で行われた。初めに、もんじゅ実機との相違点、本研修の作業の流れを1.5時間説明し、後は全て実習とした。実習作業の説明や本体との対比説明は、実習作業の中でも行なわれた。本研修は、重量物を取り扱うため作業量

が多い。今回の参加者は4名であったため講師陣がかなり手を出す結果となった。

アンケートでは、ほぼ満足したとの回答であったが、受講者の研修目的がユーザーの立場としての受講と実作業をするとしての受講とでは、少しずれがあるようであった。

4.2.8 水系ループ機器運転保守コース

水系ループ機器運転保守コースは㈱東芝より講師を招聘し、平成13年9月に7名の受講者により実施した。

(研修内容)

講義、及び実習

(講義内容)

- ・第1講：「もんじゅ」水蒸気系設備の点検・運用
- ・第2講：水系ループの概要
- ・第3講：運転要領の説明
- ・第4講：横型ポンプ分解点検実施要領の説明

(実習の内容)

- ・第1講：ループ運転実習
- ・第2講：横型ポンプ分解点検実習

(研修成果の分析・評価)

横型ポンプの分解点検では、計器の取り外し、取り付け、各種測定器による寸法測定及び各種工具の使用等、ほとんど未経験と思われる受講者が多く、よい経験になったと思われる。

アンケート調査は、講義については、「大いに有益であった」と「まあまあ有益であった」に意見が分かれた。実習については、十分、満足のいくものだったようだ。

アンケートのコメントには、講師がメーカーの方だったので、非常に細かいところまで説明があり、よい経験となった。又、期間が短くあわただしかった。(分解部品のPT検査ができなかった。) 等があった。

5. 結言

「もんじゅ」の運転再開に向けてナトリウム取扱技術と保守技術の一層の充実強化を図るため、平成 13 年度においては「もんじゅ」事故を教訓とした「ナトリウム配管漏洩対応訓練コース」を追加整備した他、一部研修内容及びテキストの見直しを実施した。

また、平成 13 年 10 月に発生した「常陽」建物火災事故の水平展開の一環として、ナトリウム取扱技能認定コースの立上げ準備として、研修カリキュラム、テキスト、試験問題などの整備を行った。

各研修コースの開催回数は、ナトリウム取扱研修施設においては、受講者が多い「ナトリウム入門コース」は 5 回、「ナトリウム消火訓練コース」は 10 回、その他の 5 種類の研修コースはそれぞれ 2 回開催し、全体では 7 種類の研修コースを計 25 回開催した。また、保守研修施設においては、「計測制御コース」、「電源盤点検コース」、及び「燃料取扱及び貯蔵コース」が各 2 回、その他の 5 種類の研修コースはそれぞれ 1 回開催し、全体では 8 種類の研修コースを計 11 回開催した。

研修の受講者は、主に「もんじゅ」、「ふげん」の職員及び協力会社職員であり、ナトリウム取扱研修施設での研修には 157 名、保守研修施設での研修には 63 名の合わせて 220 名が参加した。

6. 謝辞

ナトリウム学校の施設運転については高速炉技術サービス(株)の浜野宏治氏、宮本厚氏、壇野正和氏に、保守学校の施設運転は同社の上杉隆徳氏及び前田寛和氏に多大なる助勢を頂いた。

ここに記して、厚くお礼を申し上げる。

7. 参考文献

- (1) 澤田、渡辺他、TN4410 2001-006 「FBR サイクル総合研修施設の研修結果報告（ナトリウム研修及び保守研修）－平成 12 年度－」

表1 「ナトリウム配管漏洩対応訓練コース」研修カリキュラム

講座No.	講 座 名		
10	ナトリウム配管漏えい対応訓練コース		
実施日	①H14年 6月26日～27日 ②H14年12月11日～12日	所要日数	2日／回
実施場所	ナトリウム取扱研修棟		
目的	高速炉プラントの運転・保守に携わる者が習得すべきナトリウム漏えい時の対応技術のうちナトリウム配管漏えい時の対応について、漏えい挙動の観察及び措置対応作業を通して学習する。		
対象者	もんじゅ運転員、保守員 他事業所のナトリウム取扱施設運転員、保守員 等		
定員	8名		
内 容	1日目	AM	講義 ・「もんじゅ」ナトリウム漏洩対策について ・ナトリウムループの概要
		PM	実習 ・ナトリウムループ充填操作 ・ナトリウム配管漏えい操作 (供給タンクから模擬配管へのNa注入) ・配管ナトリウム漏えい状況の観察 ・漏えいナトリウム燃焼の消火(必要に応じて) ・ナトリウムドレン操作(ガス導通確認含む)
	2日目	AM	実習 ・漏えい配管の保温材撤去 ・ナトリウム付着状況の観察とナトリウムの除去
		PM	実習 ・漏えい配管の撤去 ・漏えい配管とナトリウム化合物の洗浄処理
備 考			

表2 「ナトリウム取扱監督者・作業者コース」－研修カリキュラム－

目的	ナトリウム取扱作業に従事する者として習得しておくべきナトリウムの基礎知識や自然発火機構、並びに人体への影響などを机上學習とともに、ナトリウム自然発火現象の観察やナトリウム拭取り作業等を体験學習する。また、研修後に「研修成績確認試験」を実施し、ナトリウム取扱作業を行うに当たって必要な知識を習得できたか否かを判定する。		
対象者	ナトリウム取扱作業関係者（JNC 関係者含む）		期間
研修内容	時間	分類	研修項目
午前	【試験】	事前確認試験（研修成果確認のため）	研修前におけるナトリウムに関する知識度の自己確認
			◇ナトリウム元素、金属ナトリウムの特徴
			◇ナトリウムの基礎物性値（融点、沸点、密度、他）
			◇放射性ナトリウム（ナトリウム 22 とナトリウム 24 の特徴）
			◇空気との化学反応（反応生成物の色々） ◇燃焼時の特徴
			◇ナトリウム－水の化学反応とその特徴
			◇自然発火メカニズム（化学反応と発火環境条件）
	【講義】	第1講：ナトリウム一般	◇ビデオ学習（自然発火実験の色々）
			◇アルカリ火傷、エアロゾルの危険性
			◇ビデオ学習（応急処置法）
			◇ナトリウム取扱作業時の防護具
			◇消火剤、消火方法、ABC 消火器の危険性
			◇ヒヤリハット事例
			◇海外事例（仏国 Rapsodie 炉での事故例）
午後	【講義】	第8講：ナトリウム処理上の注意事項	◇ナトリウム洗浄時、ナトリウム付着除去時の注意事項
			◇「もんじゅ」での管理区域内ナトリウム処理方法
			◇ビデオ学習（脱落、逸散、発火防止対策）
	【実習】	☆ナトリウムの切断と燃焼観察	○ナトリウムの切断体験と燃焼の観察
		ナトリウム自然発火実験の観察	○ナトリウムと濡れ紙タオル、酢酸ビニールとの反応 ○開放性の重要性(保温性と水素濃度の関係)
		ナトリウム処理作業の体験	○複雑構造物（太径ボルト）の拭取り作業（水、アルコール処理） ○小口径配管残ナトリウム処理の危険性（アルコール処理後の水処理の危険性）
		☆ナトリウム－水反応の観察	○不活性ガス下でのナトリウム－水反応の観察
		☆ナトリウム洗浄処理作業の体験	○ナトリウム化合物の水・蒸気洗浄処理
【試験】	技能認定試験		・事前確認試験と同一内容（全問記述方式） ・合格点：70 点以上（100 点満点）

表3 ナトリウム取扱研修一覧表

No	コース名称	研修のポイント	主たる対象者
①	ナトリウム入門コース（1日）	ナトリウムとはどんなものか、何故高速炉の冷却材に適しているのかを易しく学習	◇事務系職員 ◇女性職員
②	ナトリウム基礎実験一般コース（1日）	「もんじゅ」に携わる技術系職員として知っておくべきナトリウムの基本的知識（化学的・物理的特性や燃焼の特徴等）等を極簡単な測定実験を交えながら学習	◇技術系職員 ◇業務協力員
③	ナトリウム基礎実験専門コース（2日）	より専門的にナトリウムを学習するコースで、物理特性や化学特性、燃焼の特徴などに加えてナトリウムによる腐食機構やナトリウムの純度管理技術などを幅広く学習	◇技術系職員 ◇業務協力員 (Na 取扱作業に深く係る者)
④	ナトリウムループ純化系運転コース（3日）	ナトリウム充填・ドレン操作はもとより特にナトリウム純度管理技術などの体験実習の他、ナトリウムによる腐食機構や「もんじゅ」純度管理の設計根拠、「常陽」の経験を交えながらナトリウム純度管理技術を机上学習	◇運転員 (保守員にも有益)
⑤	ナトリウムループ供給系運転コース（3日）	ナトリウム充填・ドレン操作の他、ナトリウム機器の温度特性確認などの体験実習の他、「もんじゅ」冷却系の仕様や設計根拠、ナトリウム機器などを机上学習	"
⑥	ナトリウム消火訓練コース（1日）	ナトリウムの基礎知識や人体への影響、消火の仕方などを学習（机上学習+体験実習）	◇運転員 ◇自衛消防隊員
⑦	ナトリウム配管漏洩対応訓練コース（3日）	配管からの漏洩挙動の観察や漏洩後のナトリウム化合物処理などの体験実習の他、「もんじゅ」漏洩事故の原因・対策等を机上学習	◇技術系職員 ◇業務協力員

表4 保守研修一覧表

No	コース名称	研修のポイント	主たる対象者
①	燃料取扱及び貯蔵設備コース (1日)	設備構成や交換スケジュール、燃料移送順序など設備全体の基本的知識を机上學習する他、學習モデルを使用して燃料取扱を観察學習	◇保守課職員 ◇業務協力員 (燃料交換作業担当等)
②	制御棒駆動機構コース (1日)	反応度と原子炉出力との関係など基礎的な炉物理知識も織り交ぜながら制御棒駆動機構の構造や動作メカニズムを机上學習する他、學習モデルと計算機學習システムを用いて駆動機構の構造や動作を観察學習	◇保守課職員 ◇業務協力員 (CRD 担当等)
③	燃料交換準備後始末作業コース (4日)	炉上部での大型キャスクの取扱や FHM 本体と昇降駆動装置の接続・切離などを作業管理・安全管理上の実務ポイントを體驗學習(燃料交換作業だけでなく大型重量物取扱作業管理に係る研修としても有益)	◇保守課職員 ◇業務協力員 (燃料交換作業担当等)
④	メカニカルシール分解点検作業コース (2日)	2次主ポンプメカシール部の構造を机上學習する他、メカシールの分解点検作業を実機を模擬した學習モデルを用いて実機環境に近い状況下で體驗學習	◇保守課職員 ◇業務協力員 (2次系担当等)
⑤	水系機器運転保守コース (3日)	ポンプの基礎理論を机上學習する他、水系ループの運転やポンプの分解・組立・試験を実際に學習モデルを用いて體驗學習	◇保守課職員 ◇業務協力員 (機械系)
⑥	電源盤点検コース (2日)	電源盤の構造や遮断器、保護継電器の構造・原理を机上學習する他、遮断器・保護継電器の保守点検を學習モデルを用いて體驗學習	◇保守課職員 ◇業務協力員 (電気系)
⑦	計測制御コース (2日)	PID 制御の基礎理論を机上學習する他、學習モデルを用いて PID 制御装置の運転や最適調整方法などを體驗學習	◇保守課職員 ◇業務協力員 (計測制御系)
⑧	非破壊検査コース (3日)	非破壊検査方法の種類と概要や適用法令などの机上學習の他、液体浸透探傷試験(PT)の體驗學習と放射線透過試験(RT)の判読技術の體驗學習	◇保守課職員 ◇業務協力員

表5 平成13年度研修工程実績表

実施年月日 研修項目		平成13年										平成14年		
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
ナトリウム研修	ナトリウム入門	(4/25) ▼	(5/17) ▼		(7/24) ▼			(10/3) ▼			(1/22) ▼			
	ナトリウム基礎実験一般	(4/18) ▼				(8/1) ▼								
	ナトリウム基礎実験専門			(6/26-27) ▼					(11/6-7) ▼					
	ナトリウムループ純化系運転			(6/19-21) ▼						(12/17-19) ▼				
	ナトリウムループ供給系運転				(7/17-19) ▼						1/29-31) ▼			
	ナトリウム配管漏洩対応訓練						(9/11-13) ▼					(2/13) ▼		
	ナトリウム消火訓練			(6/6) ▼	(7/4) ▼		(9/27) ▼	(10/11,25) ▼	(11/13) ▼	(12/4) ▼	(1/10,17) ▼	(2/6) ▼		
保守研修	計測制御					(8/20-21) ▼					(12/11-13) ▼			
	電源盤点検				(7/9-10) ▼	(8/27-28) ▼								
	燃料取扱及び貯蔵設備					(8/22) ▼						(1/16) ▼		
	制御棒駆動機構			(6/13) ▼										
	非破壊検査							(10/2-4) ▼						
	メカニカルシール分解点検							(10/17-18) ▼						
	燃料交換準備後始末作業								(11/26-29) ▼					
	水系機器運転保守						(9/3-5) ▼							

表6 平成13年度研修受講者数実績表

実施日	研修コース名	研修受講者数(人)						計
		もんじゅ職員	ふげん職員	国際技術センター職員	協力会社職員	敦賀本部職員	大洗工学センター職員	
4月18日	ナトリウム基礎実験 一般コース	1		1	5			7
4月25日	ナトリウム入門コース(女性向け)	3			1	2		6
5月17日	ナトリウム入門コース(女性向け)				4			4
6月6日	ナトリウム消火訓練コース	2			3			5
6月19日～6月21日	ナトリウムループ純化系運転コース	2			2			4
6月26日～6月27日	ナトリウム基礎実験 専門コース	4			2			6
7月4日	ナトリウム消火訓練コース	7			1			8
7月17日～7月19日	ナトリウムループ供給系運転コース	5						5
7月24日	ナトリウム入門コース	2		1				3
8月1日	ナトリウム基礎実験 一般コース	5			3			8
9月11日～9月13日	リナトリウム配管漏えい対応訓練コース	3			1			4
9月27日	ウムナトリウム消火訓練コース	5			1			6
10月3日	ナトリウム入門コース	4			1	1		6
10月11日	取扱ナトリウム消火訓練コース	10						10
10月25日	ナトリウム消火訓練コース	9			1			10
11月6日～11月7日	研修ナトリウム基礎実験 専門コース	3			2			5
11月13日	ナトリウム消火訓練コース	9			1			10
12月4日	ナトリウム消火訓練コース	8						8
12月17日～12月19日	ナトリウムループ純化系運転コース				4			4
1月10日	ナトリウム消火訓練コース	8						8
1月17日	ナトリウム消火訓練コース	8			1			9
1月22日	ナトリウム入門コース	1		2	3			6
1月29日～1月31日	ナトリウムループ供給系運転コース	1			1			2
2月6日	ナトリウム消火訓練コース	5			1	2		8
2月13日	ナトリウム配管漏えい対応訓練コース	3		2				5
	小計	108	0	7	39	3	0	157
6月13日	保守制御棒駆動機構コース	4		1				5
7月9日～7月10日	電源盤点検作業コース	1	2		6		1	10
8月20日～8月21日	計測制御コース	1	3		5			9
8月22日	燃料取扱及び貯蔵設備コース			3				3
8月27日～8月28日	電源盤点検作業コース		2		1			3
9月3日～9月5日	水系機器 運転・保守コース	1	3		3			7
10月2日～10月4日	非破壊検査コース			4		3		7
10月17日～10月18日	メカニカルシール分解点検作業コース	1			5			6
11月26日～11月29日	燃料交換準備・後始末作業コース	1			3			4
12月11日～12月13日	計測制御コース				1	4		5
1月16日	燃料取扱及び貯蔵設備コース	3			1			4
	小計	12	14	5	31	0	1	63

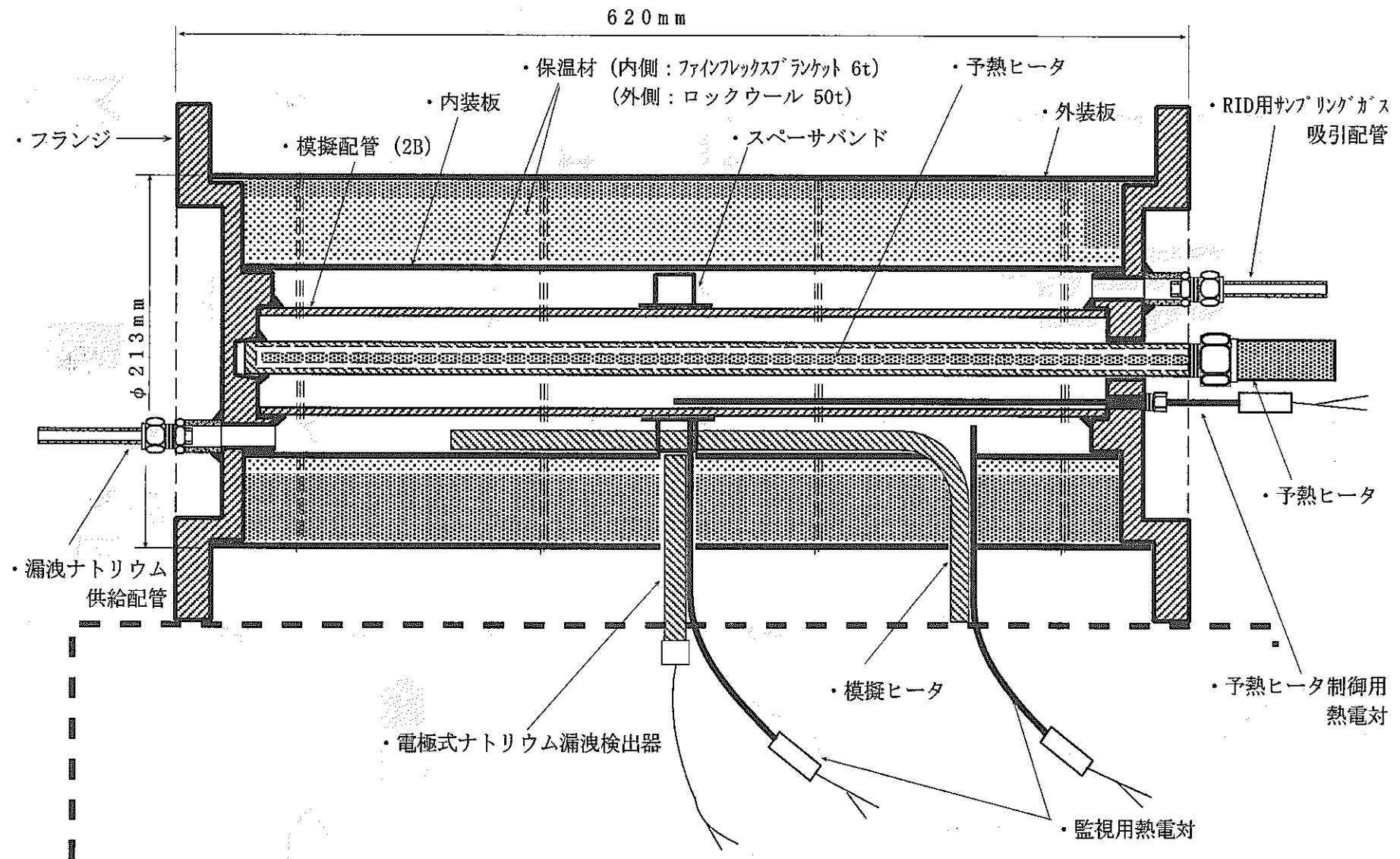


図1 模擬ナトリウム漏洩配管断面図

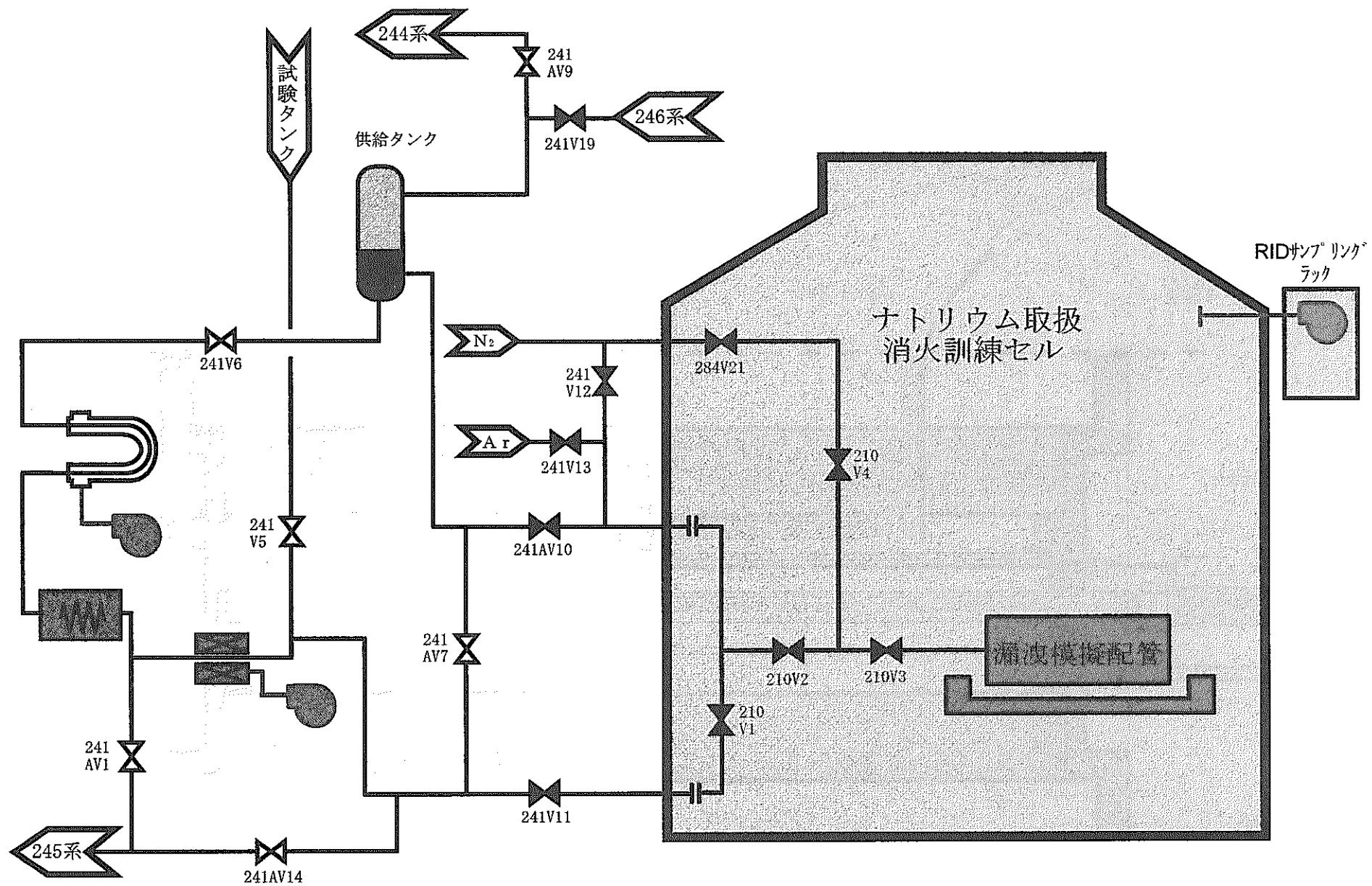
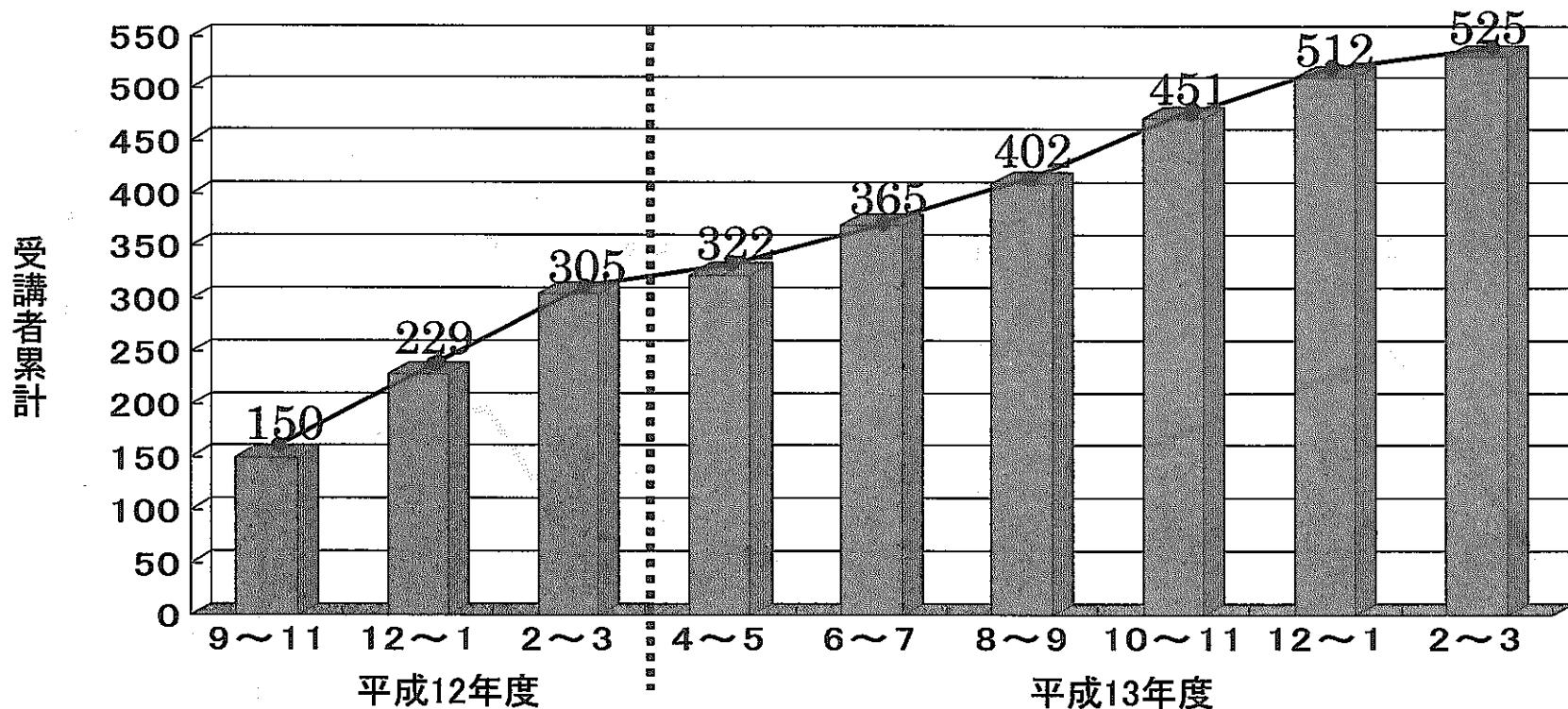


図2 模擬配管からのナトリウム漏洩系統図



	平成12年度	平成13年度	合計	総合計
ナトリウム研修	212(22回)	157(25回)	369(47回)	525(69回)
保守研修	93(11回)	63(11回)	156(22回)	

図3 平成12,13年度ナトリウム及び保守研修受講者数

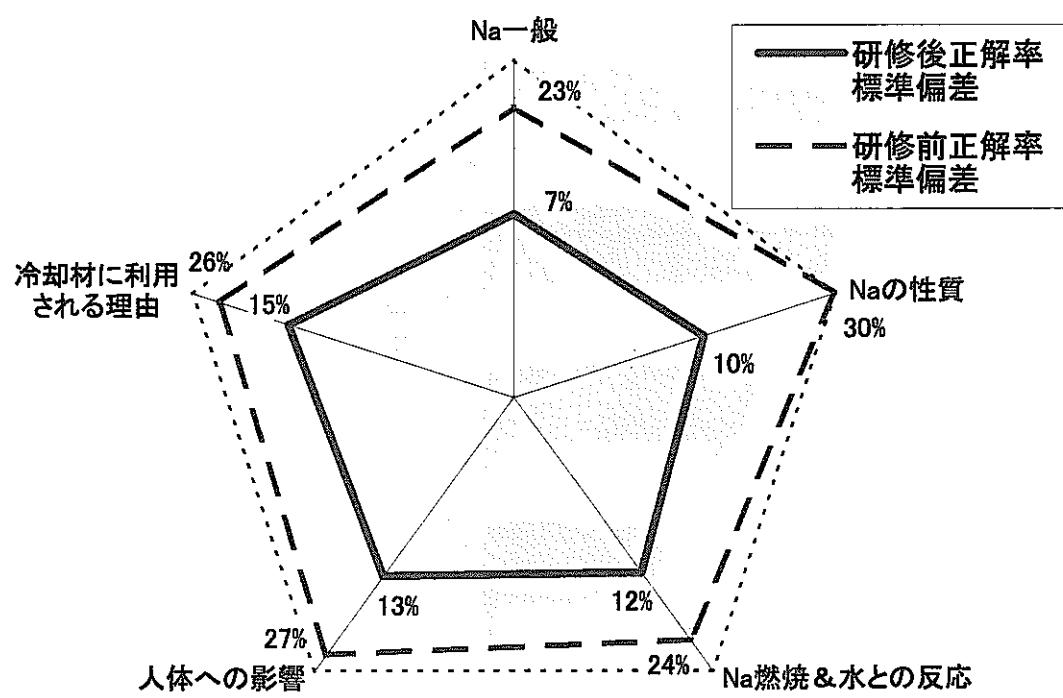
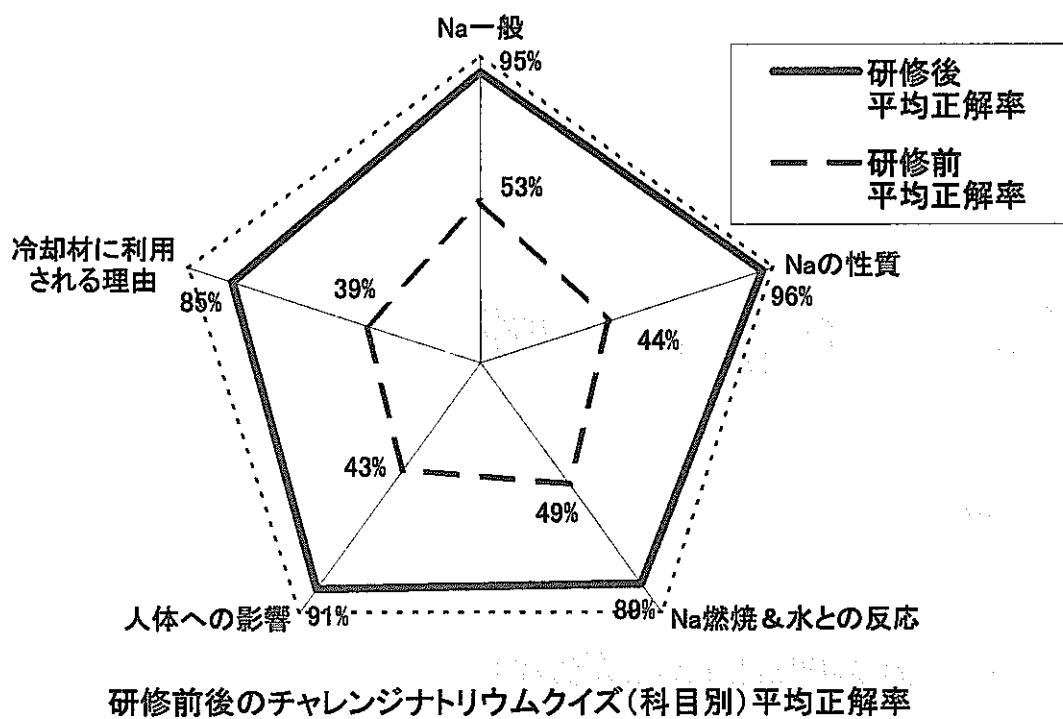


図4 ナトリウム入門コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績

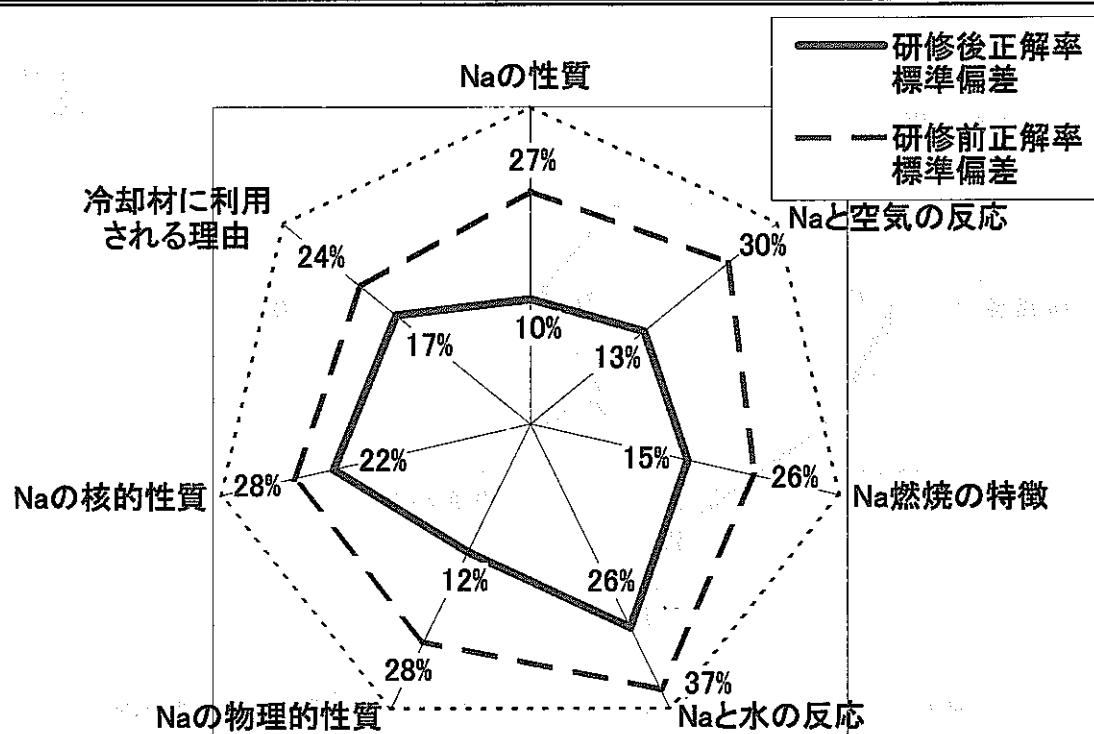
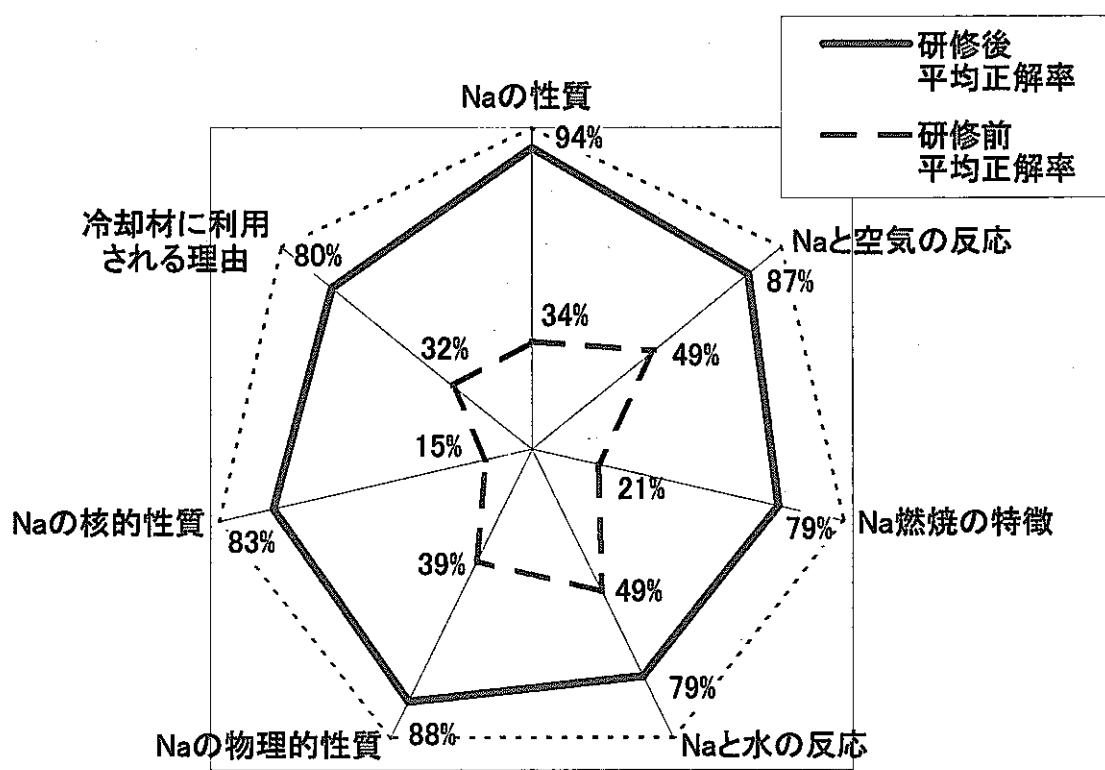


図5 ナトリウム一般コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績

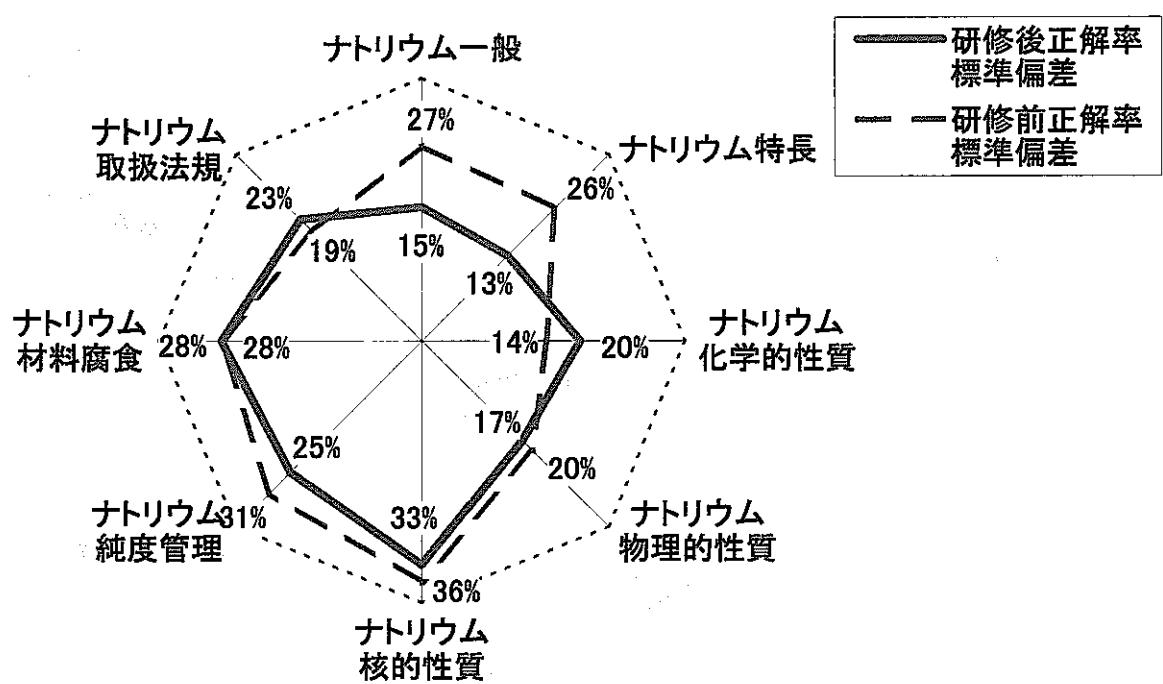
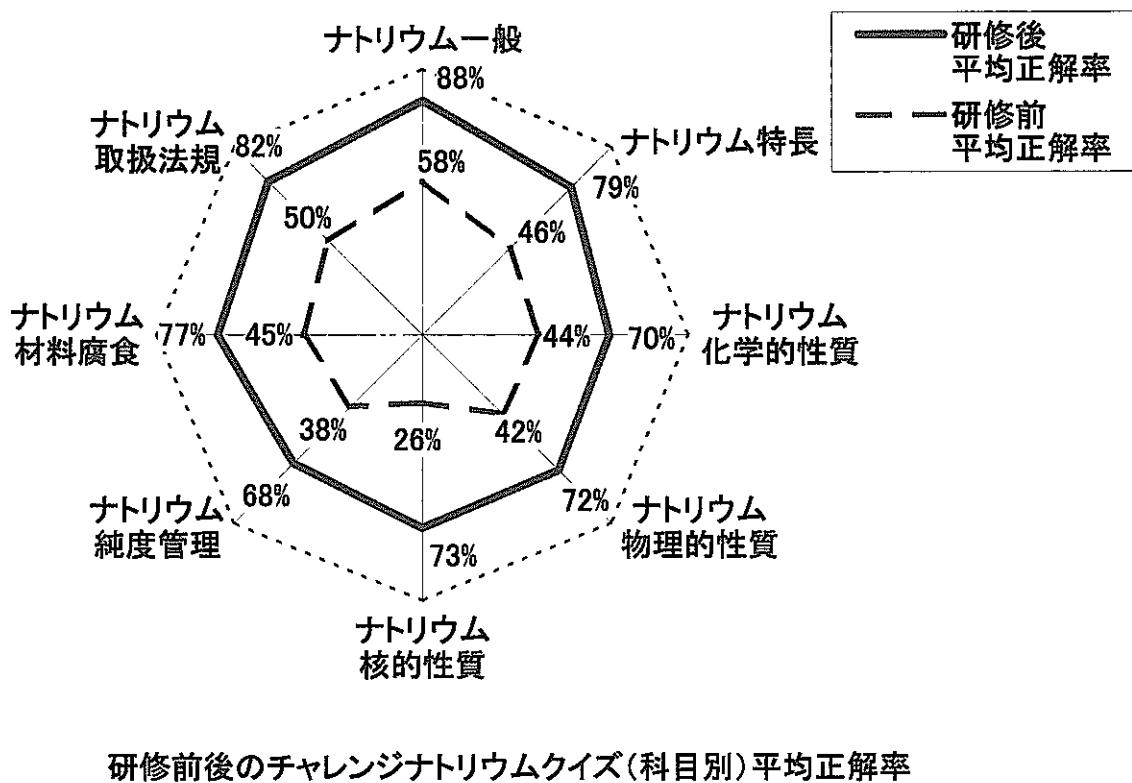
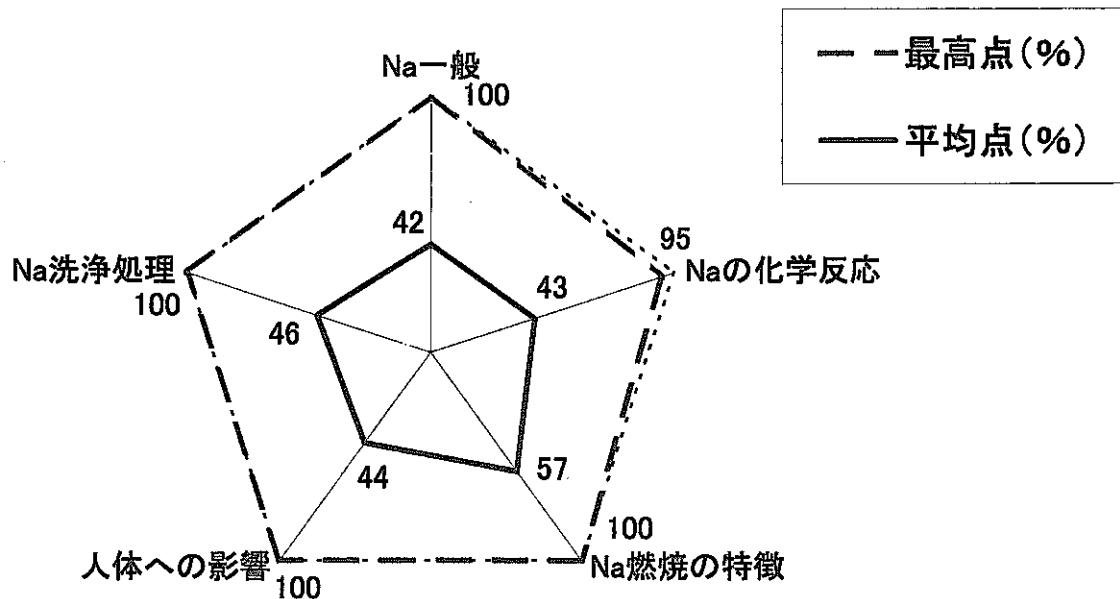
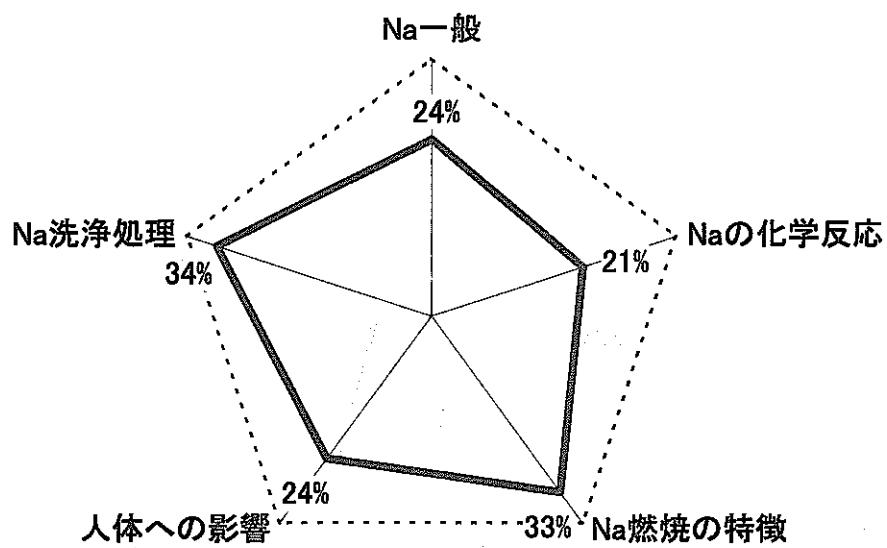


図6 ナトリウム専門コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績

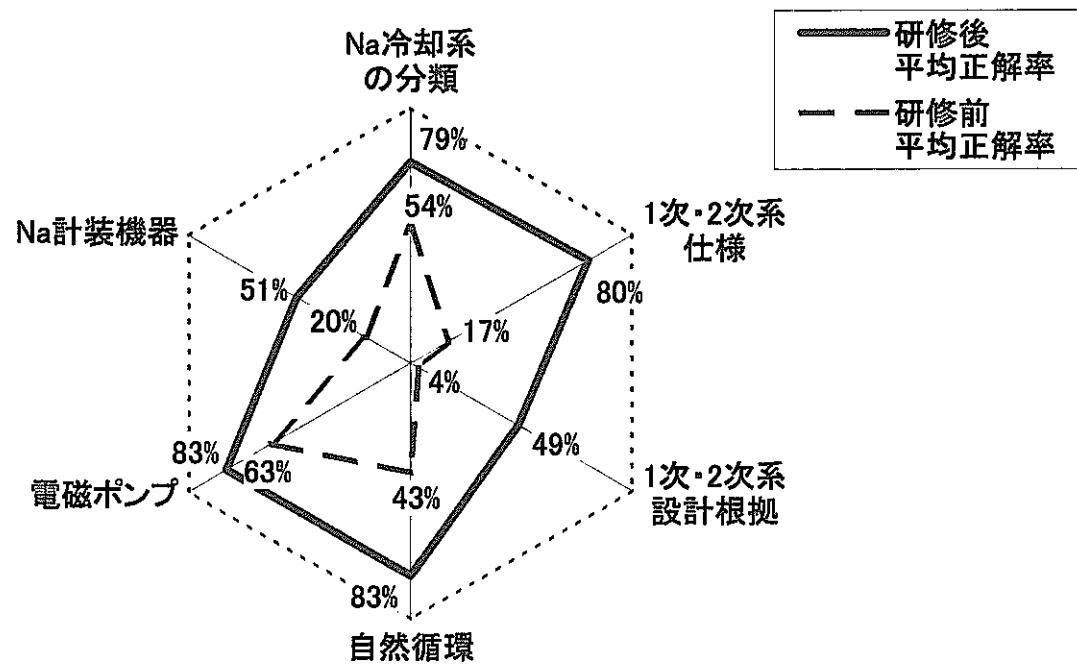


研修前のチャレンジナトリウムクイズ(科目別)平均正解率

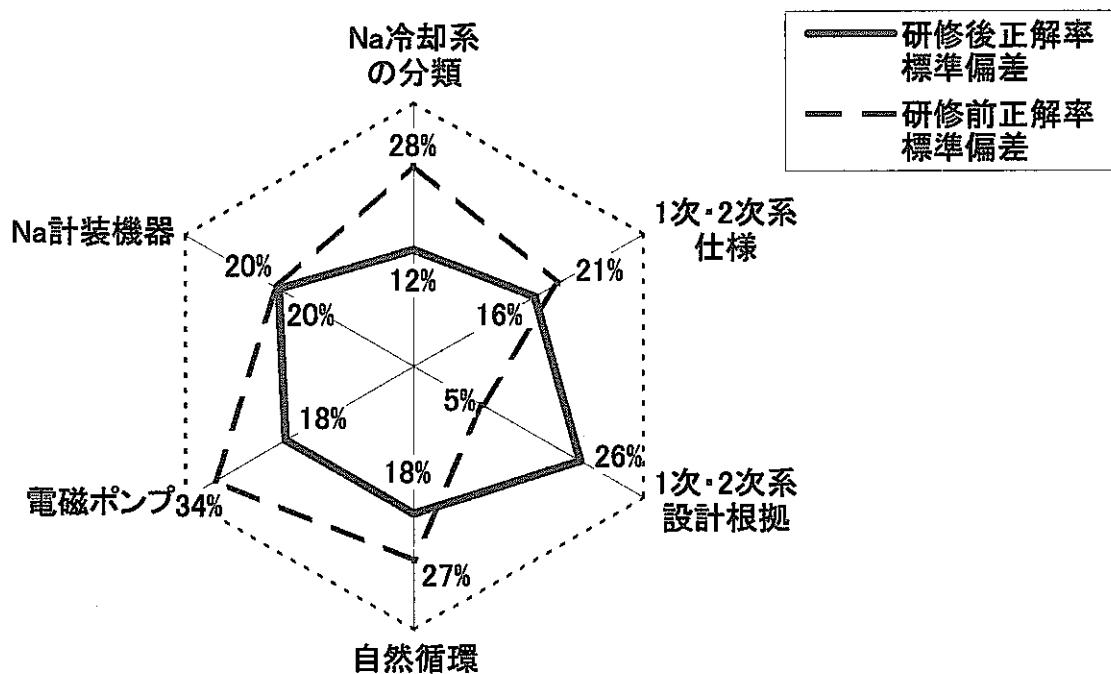


研修前のチャレンジナトリウムクイズ(科目別)正解率の標準偏差

図7 ナトリウム消火訓練コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績



研修前後のチャレンジナトリウムクイズ(科目別)平均正解率



研修前後のチャレンジナトリウムクイズ(科目別)正解率の標準偏差

図8 ナトリウムループ供給系運転コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績

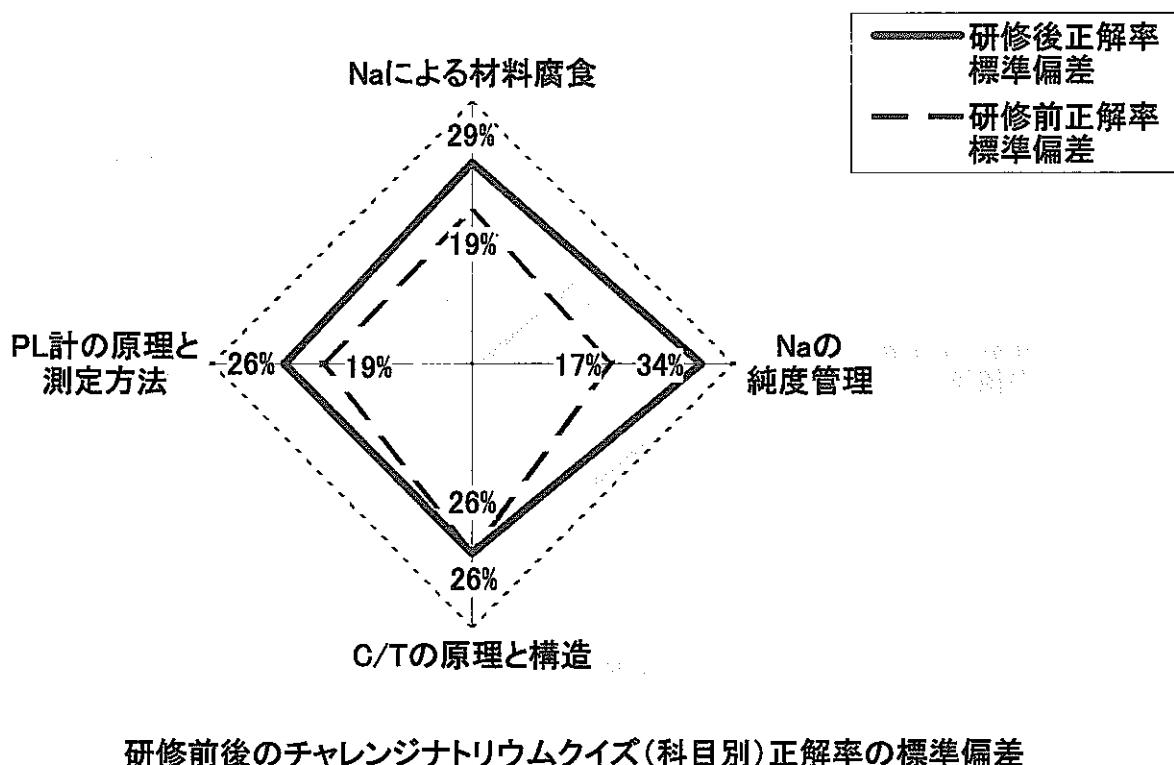
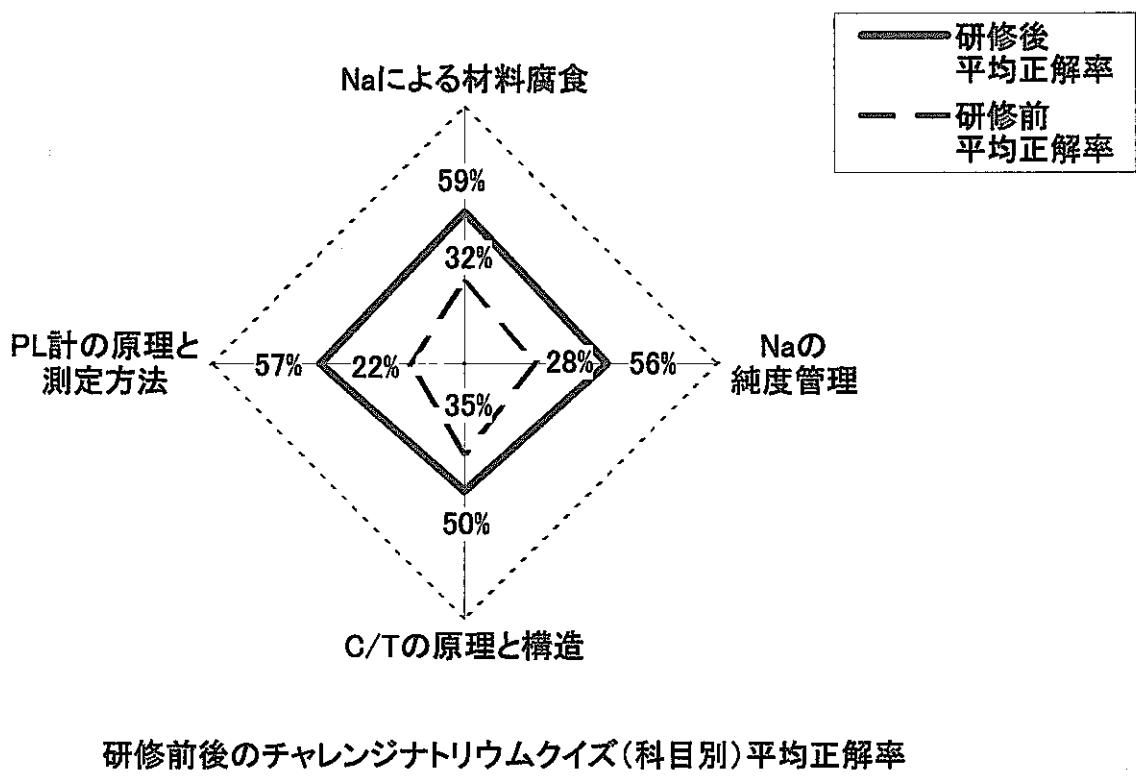


図9 ナトリウムループ純化系運転コースにおけるチャレンジナトリウムクイズの成績

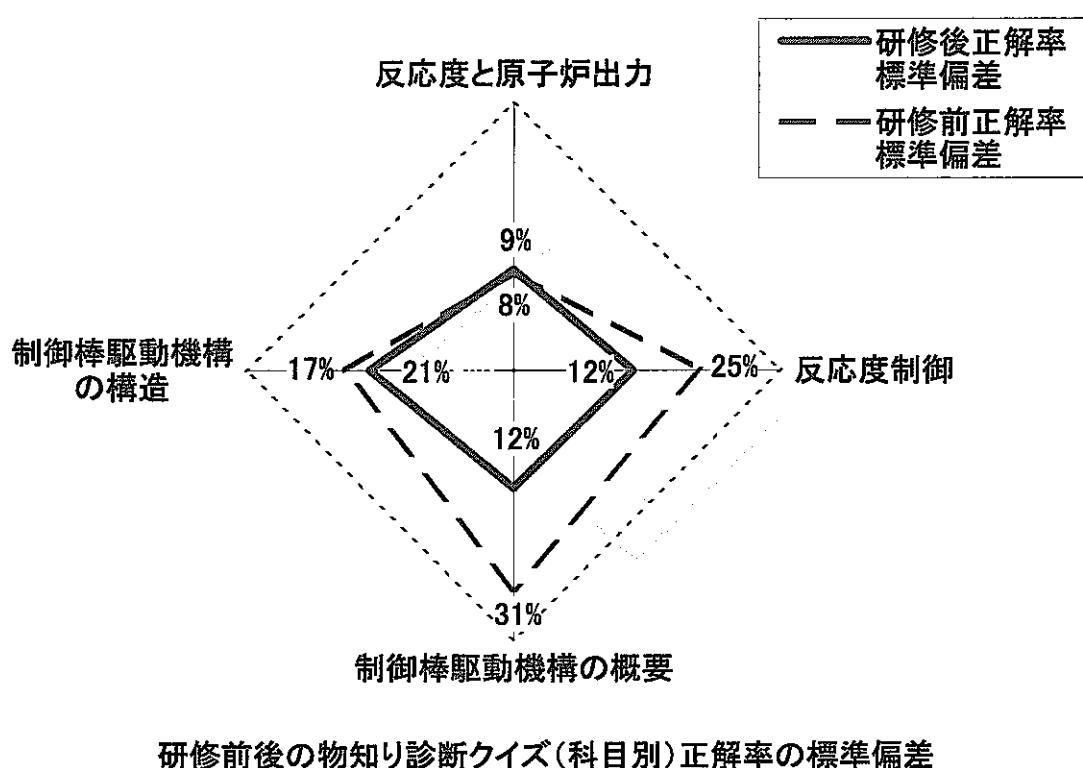
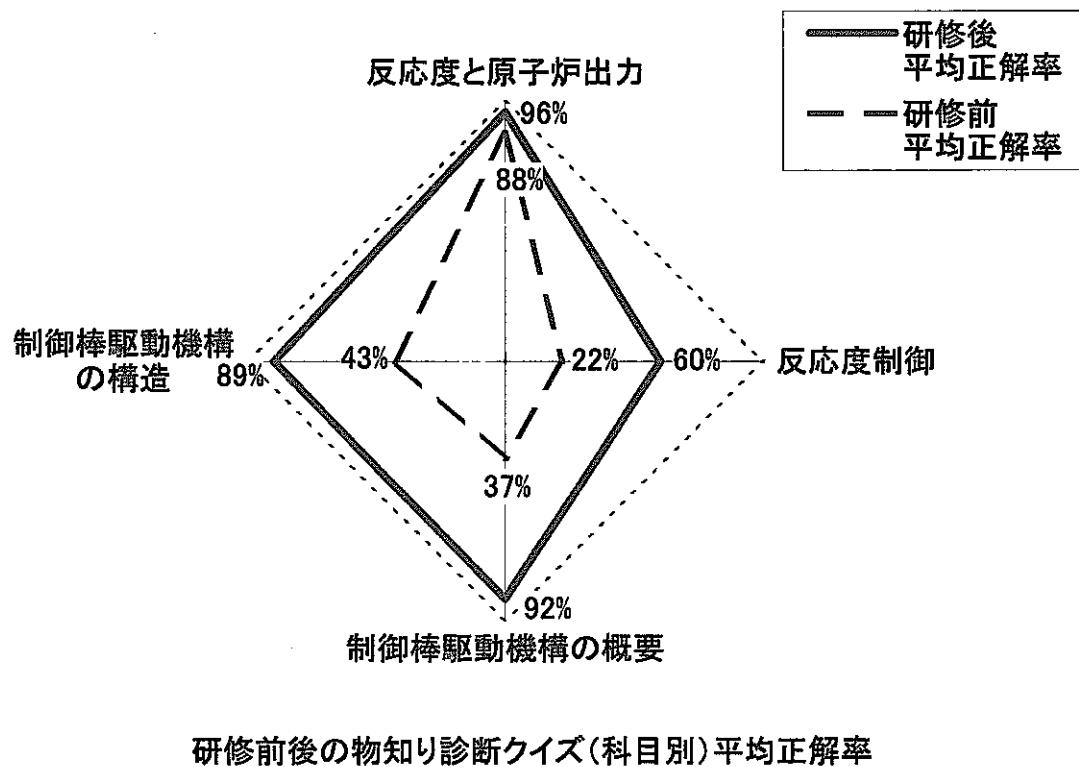


図10 制御棒駆動機構コースにおける物知り診断クイズの成績

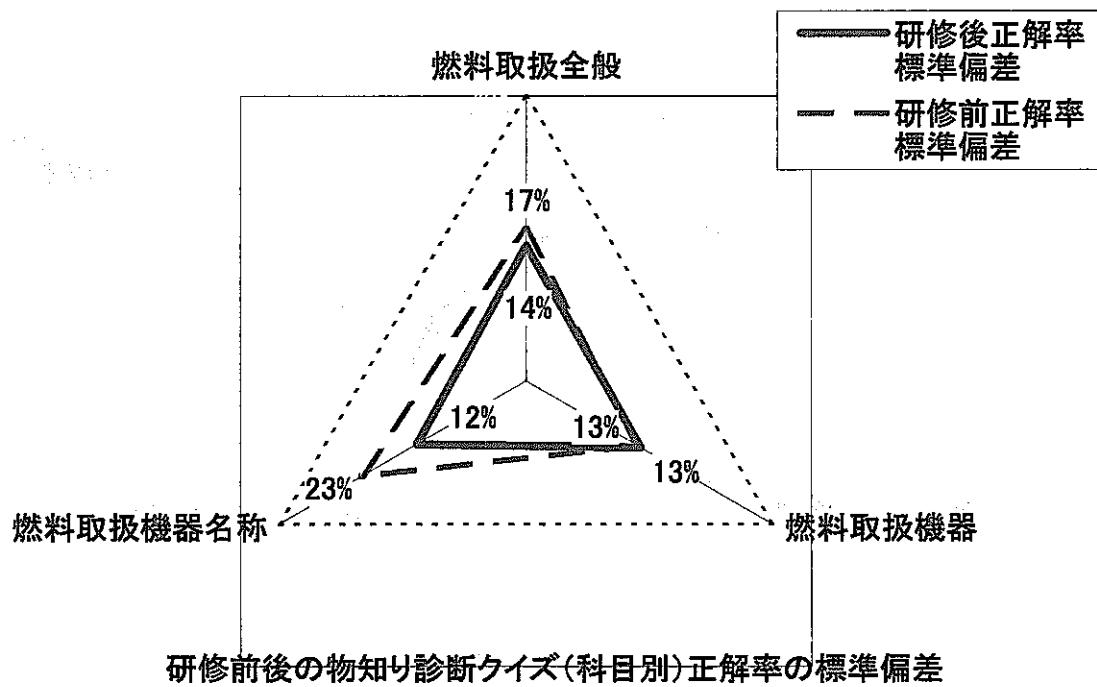
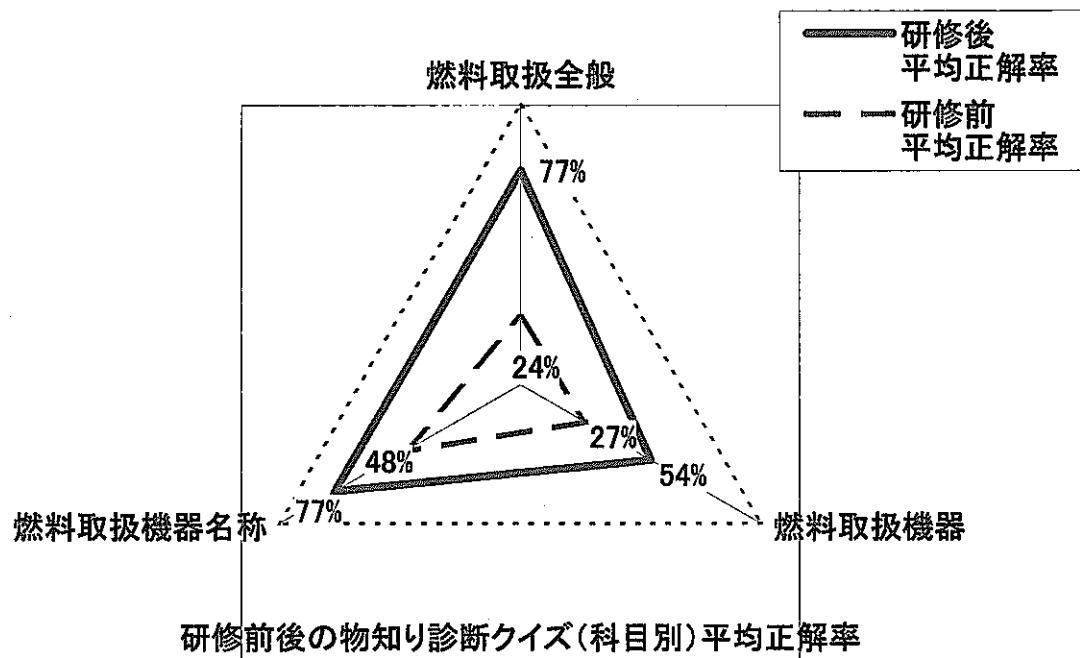


図11 燃料取扱・貯蔵設備コースにおける物知り診断クイズの成績

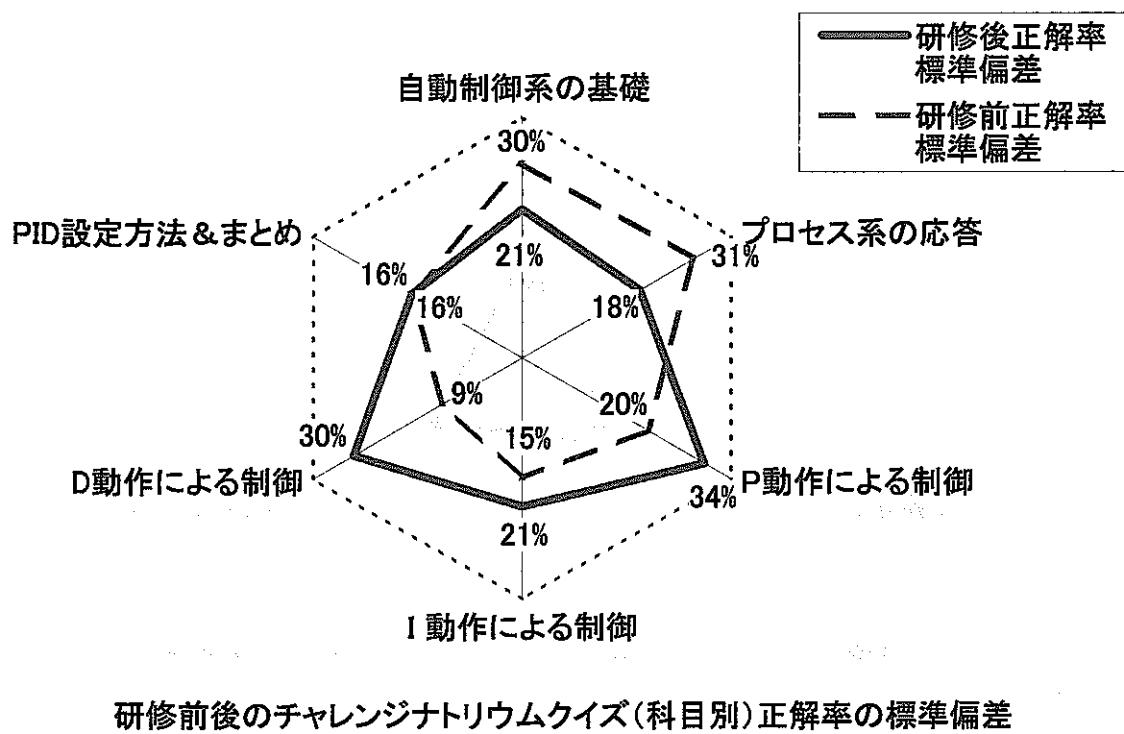
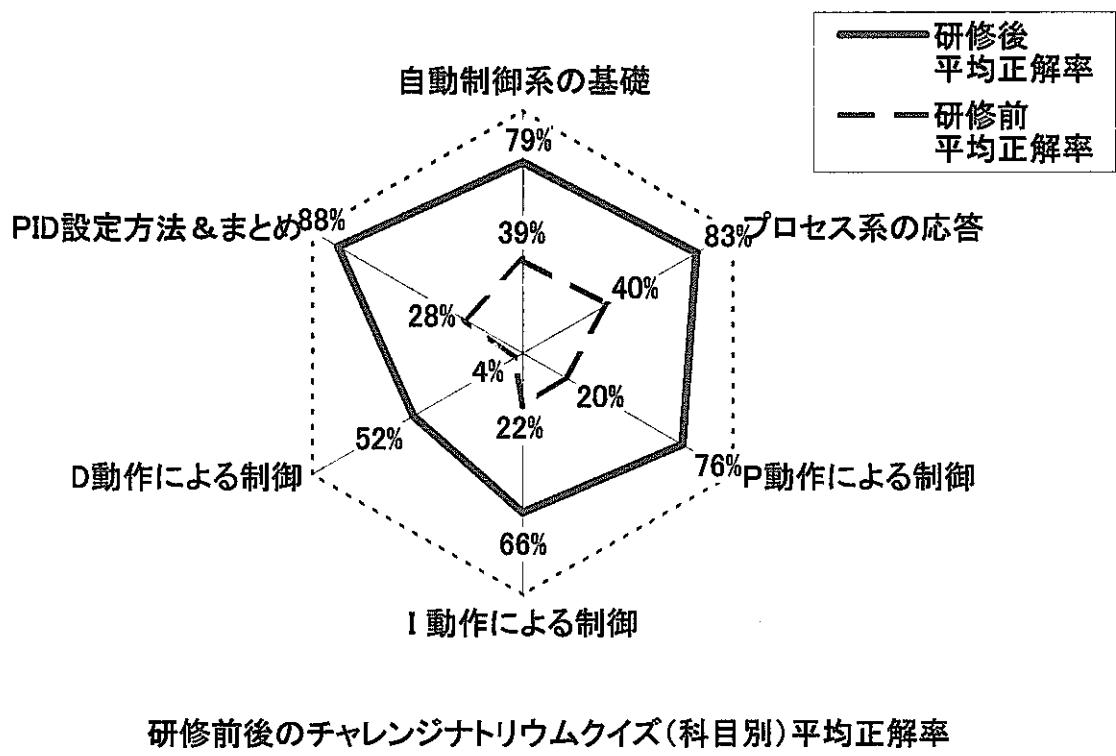


図12 計測制御コースにおける物知り診断クイズの成績

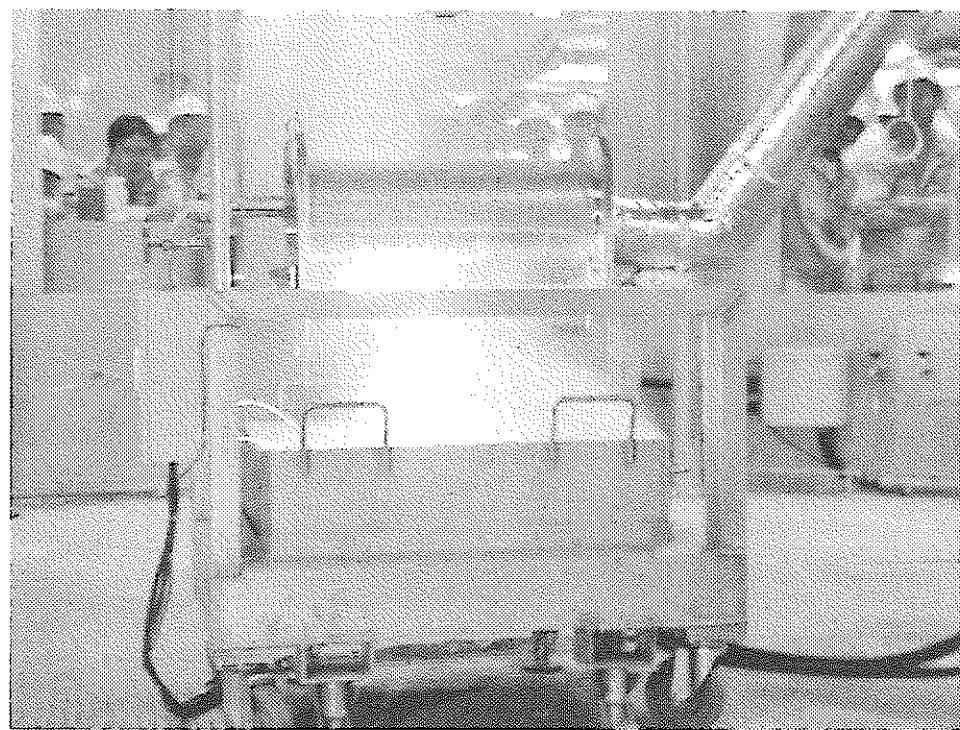


写真1 模擬配管からのナトリウム漏洩状況



写真2 ナトリウム漏洩実験後の模擬配管解体状況