

分置

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16年度—
(技術報告)

2005年7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

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)
2005

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 16 年度-
(技術報告)

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

要 旨

国際技術センターでは、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、「もんじゅ」の運転員及び保守員などを対象とした教育研修を実施している。

この教育研修は、ナトリウム取扱研修施設及び保守研修施設において平成 12 年 9 月より実施しており、5 年目となる平成 16 年度においては、これまでに整備した研修を継続し、9 種類のナトリウム研修と 10 種類の保守研修を実施した。

平成 16 年度における各研修実績は、ナトリウム取扱研修においては、9 種類の研修コースを計 30 回開催し、211 名が受講した。保守研修施設においては、9 種類の研修コースを計 14 回開催し、87 名が受講した。双方の受講者は合わせて 298 名であった。

また、「もんじゅ」の職員等を対象とした上記の研修以外に、社外の技術者等を対象とした研修として、受託によるナトリウム取扱研修や防災訓練の一環としての福井県消防学校の学生を対象としたナトリウムの取扱研修、さらには文部科学省が主催する海外原子力交流制度に基づく中国技術者に対するナトリウム研修を実施した。

平成 12 年 9 月から平成 16 年度までの延べ受講者数は、ナトリウム取扱研修で 987 名、保守研修で 472 名の合計 1,459 名である。

*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 (高速炉技術サービス㈱)

Training Report of the FBR Cycle Training Facility in 2004FY

Toshio WATANABE^{*1}, Kazumasa OZAWA^{*2}, Jirou OHTSUKA^{*3},
Kazuichi SASAKI^{*1}, Makoto SAWADA^{*1}

Abstract

At International Cooperation and Technology Development Center, sodium handling and facility maintenance instruction and training are performed for operators and maintenance engineers at Monju.

The instruction and training began at the sodium handling training facility and the maintenance training facility on September 2000. In the fifth fiscal year i.e. 2004, the instruction and training were continued at the previous years, which consist of 9 sodium handling courses and 10 facility maintenance courses.

These sodium handling instructions for extra-Monju trainees include several entrusted instructions by other institutes, instructions for Fukui Prefectural Firemen's School as a part of its emergency drill, instructions for visiting Chinese engineers in a MEXT's framework for oversea nuclear interchange institution.

987 trainees took the sodium handling course and 472 took the facility maintenance technique courses, i.e. 1459 trainees finished each instruction in 2004FY.

*1 Operating and Maintenance Group International Cooperation and Technology Development Center

*2 Development Cooperative Supporter (Hitachi Ltd.)

*3 Development Cooperative Supporter (Fast Breeder Reactor Technology Engineering Service Ltd.)

目 次

1. 緒 言	1
2. 平成 16 年度における研修実績	1
3. 研修成果の分析・評価	2
3.1 ナトリウム研修	2
3.1.1 ナトリウム入門コース	2
3.1.2 ナトリウム基礎実験一般コース	3
3.1.3 ナトリウム基礎実験専門コース	4
3.1.4 ナトリウム消火訓練コース	4
3.1.5 ナトリウムループ純化系運転コース	6
3.1.6 ナトリウムループ供給系運転コース	6
3.1.7 ナトリウム配管漏えい対応訓練コース	7
3.1.8 ナトリウム取扱技能認定コース	8
3.1.9 ナトリウム伝熱流動入門コース	8
3.2 保守研修	9
3.2.1 燃料取扱及び貯蔵設備コース	9
3.2.2 制御棒駆動機構コース	10
3.2.3 2 次主ポンプメカニカルシール分解点検コース	10
3.2.4 水系ループ機器運転保守コース	11
3.2.5 電源盤点検コース	11
3.2.6 計測制御コース	12
3.2.7 非破壊検査コース	13
3.2.8 保守一般コース	14
3.2.9 「もんじゅ」系統設備学習コース	14
4. その他の研修実績	16
4.1 受託によるナトリウム取扱研修	16
4.2 福井県消防学校に対するナトリウム取扱研修	16
4.3 海外原子力交流制度に基づく中国の技術者に対するナトリウム研修	16
5. 結 言	17
6. 参考文献	17

図・表・写真リスト

表 1 : ナトリウム取扱研修一覧表	18
表 2 : 保守研修一覧表	19
表 3 : 平成 16 年度研修実績表	20
表 4 : 平成 16 年度研修実施回数・受講者数	21
表 5 : 平成 12~16 年度の研修実績（研修回数・受講者数）	22
表 6 : 高速増殖炉運転管理専門技能研修スケジュール	23
表 7 : 高速炉に関する短期ナトリウム技術研修スケジュール	24
表 8 : 中国技術者に対するナトリウム研修スケジュール	25
図 1 : 平成 12~16 年度の研修コース別受講者数	27
図 2 : ナトリウム入門コース チャレンジナトリウムクイズの成績	28
図 3 : ナトリウム基礎実験一般コース チャレンジナトリウムクイズの成績	28
図 4 : ナトリウム基礎実験専門コース チャレンジナトリウムクイズの成績	29
図 5 : ナトリウム消火訓練コース チャレンジナトリウムクイズの成績	29
図 6 : ナトリウム消火訓練コース（再研修）チャレンジナトリウムクイズの成績	30
図 7 : ナトリウムループ 純化系運転コース チャレンジナトリウムクイズの成績	30
図 8 : ナトリウムループ 供給系運転コース チャレンジナトリウムクイズの成績	31
図 9 : ナトリウム取扱技能認定コース チャレンジナトリウムクイズの成績	31
図 10 : ナトリウム伝熱流動入門コース チャレンジナトリウムクイズの成績	32
図 11 : 燃料取扱・貯蔵設備コース 物知り診断クイズの成績	32
図 12 : 制御棒駆動機構コース 物知り診断クイズの成績	33
図 13 : 電源盤点検作業コース 物知り診断クイズの成績	33
図 14 : 計測制御コース 物知り診断クイズの成績	34

1. 緒言

ナトリウム取扱研修施設と保守研修施設では、「もんじゅ」の運転員及び保守員などを対象として、ナトリウム取扱技術や保守技術の教育研修を実施している。

これらの研修施設での教育研修は、平成 12 年 9 月より実施しており、ナトリウム取扱研修施設では 6 種類の研修コースから開始し、毎年度 1 種類ずつの研修コースを追加して昨年度までに 9 種類の研修コースを合計 106 回開催し、受講者は述べ 776 名であった。一方、保守研修施設では 8 種類の研修コースから開始し、平成 14 年度と平成 15 年度にそれぞれ 1 種類の研修コースを追加して昨年度までに 10 種類の研修コースを合計 54 回開催し、受講者は述べ 385 名であった。^{(1),(2),(3)}

5 年目となる平成 16 年度においては、これまでに整備した研修を継続し、9 種類のナトリウム研修と 10 種類の保守研修を実施した。

研修の受講者は、ナトリウム取扱研修には 211 名、保守研修には 87 名の合わせて 298 名が参加した。また、今年度は文部科学省主催の海外原子力交流制度に基づいて中国の技術者を招き、新たに海外の FBR 技術者を対象としたナトリウム取扱研修を開催するとともに、社外の技術者等に対するさまざまな研修を実施した。

2. 平成 16 年度における研修実績

平成 16 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 1 、表 2 に示す。また、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 3 、表 4 に示す。さらに、平成 12 年度から平成 15 年度に実施した研修の回数及び受講者数を表 5 及び図 1 に示す。

ナトリウム取扱研修施設においては、「もんじゅ」の運転員と自衛消防隊に対して受講が義務付けられている「ナトリウム消火訓練コース」、さらには「ナトリウム取扱技能認定コース」の 2 つの研修については対象となる受講者が多いことから、それぞれ 13 回、9 回開催し、それ以外の研修については 1 、 2 回実施した。全体では 9 種類の研修コースを計 30 回開催した。また、保守研修においては、「計測制御コース」の研修が 2 回、「非破壊検査コース」と「もんじゅ系統学習コース」の研修が 3 回、その他の研修コースは 1 回開催し、全体では 9 種類の研修コースを計 14 回開催した。

研修の受講者は、ナトリウム取扱研修施設での研修にはサイクル機構の職員 149 名、協力会社の職員 62 名の合計 211 名が受講し、一方、保守研修施設での研修にはサイクル機構の職員 67 名、協力会社の職員 20 名の合計 87 名が受講し、双方の研修には述べ 298 名が受講した。

3. 研修成果の分析・評価

3.1 ナトリウム研修

3.1.1 ナトリウム入門コース

ナトリウム入門コースは1回実施し、受講者数は5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、事務や広報関連に従事している女性が多く受講している。

(1) 研修内容

講義、チャレンジナトリウムクイズ（講義内容の理解度を測るために実施するペーパーテスト）、及びナトリウム燃焼観察等

(2) 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

(3) 研修成果の分析・評価

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2及び以下に示す。

【総合得点】

(100点満点)

	最高点	最低点	平均点
研修前	66	22	44
研修後	98	84	91

【科目別平均正解率】

	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	48%	52%	42%	44%	40%
研修後	88%	100%	92%	96%	88%

チャレンジナトリウムクイズの研修前の平均点は44点であったが、研修後は91点まで大幅にアップした。

科目別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40～52%の正解率が研修後には88～100%に向上した。これらから受講生のナトリウムに関する基礎知識が大幅に向上したものと分析・評価できる。

3.1.2 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2回実施し、受講者は述べ9名であった。

(1) 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

(2) 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

(3) 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3及び以下に示す。

【総合得点】

(100点満点)

	最高点	最低点	平均点
研修前	82	12	55
研修後	100	82	94

【科目別平均正解率】

	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	76%	52%	60%	33%	68%	31%	56%
研修後	100%	92%	96%	93%	94%	96%	89%

本研修はナトリウムに関する基礎知識を8項目に分けて幅広く学習する他、基礎的な物性値の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、研修前には平均点で55点であったが研修後には94点まで向上している。

科目別の成績では、研修前には「Naと水の反応」や「核的性質」の正解率が他の科目より低くなっていたが、研修後ではそれぞれ96%、94%の正解率まで向上している。

3.1.3 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1回実施し、受講者は4名であった。

(1) 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

(2) 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

(3) 研修成果の分析・評価

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
研修前	43	8	25
研修後	91	57	81

【科目別平均正解率】

	Na 一般	Na 特長	Na 化学的性質	Na 物理的性質	Na 核的性質	Na 材料腐食	Na 純度管理	Na 取扱法規
研修前	25%	47%	20%	33%	13%	15%	17%	13%
研修後	98%	88%	94%	82%	88%	68%	60%	50%

本研修では、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研修前の平均正解率は25%であったが、研修後には81%まで大幅に向上した。

3.1.4 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、「もんじゅ」の運転員や自衛消防隊員を対象として毎年実施している再研修コースと初めての受講者向けの初心者コースの2種類を行っている。

本年度は研修を13回実施し、述べ103名が受講した。このうち8回は再研修コースとして行い60名が受講した。

(1) 研修内容

講義、チャレンジナトリウムクイズ、防護服の着用と消火器取扱方法、ナトリウム自然発火実験の観察、ナトリウム消火訓練、ナトリウム洗浄処理など

(講義内容)

初心者コース	再研修コース
<ul style="list-style-type: none"> ・第1講：ナトリウム一般 ・第2講：ナトリウム燃焼とその特徴 ・第3講：ナトリウムと水との反応 ・第4講：ナトリウムの自然発火と危険性 ・第5講：人体への影響と応急措置 ・第6講：防護具と消火器 ・第7講：ナトリウム燃焼の消火方法 ・第8講：ナトリウム処理方法と注意事項 	<ul style="list-style-type: none"> ・第1講：ナトリウム漏えい検出設備の概要 ・第2講：ナトリウム漏えいに対する安全設計 ・第3講：ナトリウム漏えい事故の概要と経緯 ・第4講：ナトリウム漏えい事故の原因究明 ・第5講：ナトリウム漏えい対策

(2) 研修成果の分析・評価

① 初心者コース

5回の初心者コース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
研修前	98	0	47
研修後	100	44	81

【科目別平均正解率】

	Na一般	Na燃焼の特徴	Na-水,アルコールとの反応	Naの自然発火と危険性	人体への影響	防護具と消火器	Na燃焼の消火方法	Na処理上の注意事項
研修前	60%	59%	39%	55%	61%	59%	51%	26%
研修後	89%	93%	77%	78%	85%	84%	72%	74%

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平均点で52点であったが、研修後では81点まで向上している。

② 再研修コース

「もんじゅ」の運転員や自衛消防隊員を対象として8回の再研修コースで実施した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
研修前	98	9	47
研修後	100	23	82

【科目別平均正解率】

	Na 漏えい検出 設備概要	Na 漏えいに 対する安全設計	Na 漏えい事故	Na 漏えい対策
研修前	62%	44%	38%	42%
研修後	89%	85%	76%	81%

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に示すように平均点で 47 点であるが、研修後では 82 点まで大きく向上している。

3.1.5 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、2 名が参加して 1 回実施している。

(1) 研修内容

講義、及びナトリウムループ運転実習

(2) 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

(3) 研修成果の分析・評価

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
研修前	34	30	32
研修後	92	62	77

【科目別平均正解率】

	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	23%	20%	70%	48%
研修後	90%	80%	80%	60%

講義前に実施したチャレンジナトリウムクイズの結果では、平均点は 32 点であったが、研修後では 77 点まで向上した。

3.1.6 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、3 名が参加して 1 回実施している。

(1) 研修内容

講義、及びナトリウムループ運転実習

(2) 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
- ・第5講：ナトリウム特有の計装機器

(3) 研修成果の分析・評価

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
研修前	66	42	52
研修後	94	82	88

【科目別平均正解率】

	Na 冷却系 の分類	もんじゅ 設備仕様	もんじゅ 設計根拠	自然循環	電磁 ポンプ	計装機器
研修前	77%	47%	27%	80%	87%	47%
研修後	93%	100%	75%	100%	100%	93%

講義前に実施したチャレンジナトリウムクイズの結果では、平均点は52点であったが、研修後では、88点まで向上した。

科目別では、正解率は6科目とも研修前より研修後の値が向上している。

3.1.7 ナトリウム配管漏えい対応訓練コース

ナトリウム配管漏えい対応訓練コースは3名の受講者で1回実施した。

(1) 研修内容

講義、ナトリウム漏えい実験、及びナトリウム漏えい配管の解体・処理

(2) 講義の内容

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

(3) 研修成果の分析・評価

本研修では、ナトリウム漏えいに関する講義も行ってはいるが、実際のナトリウム漏えい状況の観察やその後の配管の分解、さらにはナトリウムの燃焼残渣等の処理など、観察と実習を主な研修の内容としているため、他の研修のように研

修前後に実施しているチャレンジナトリウムクイズは行っていない。

このため、研修成果の分析・評価の手段としては、研修後に受講者に行ってい
るアンケート結果から見てみることとする。アンケートは研修全体の評価や講
義・実習内容、さらには講師等について 5 段階評価をしてもらっている。これら
のアンケートを受講者に行ったところ、一部を除いて 4 ないしは 5 の評価を受け
ており、大部分の受講者は研修に満足した評価を行っていると思われる。

3.1.8 ナトリウム取扱技能認定コース

ナトリウム取扱技能認定コースは 9 回開催し、受講者は述べ 74 名であった。

(1) 研修内容

講義、実習、及び技能認定試験

(2) 講義内容

- ・第1講：ナトリウム一般
- ・第2講：ナトリウム燃焼とその特徴
- ・第3講：ナトリウムと水、アルコール等との反応
- ・第4講：ナトリウムの自然発火と危険性
- ・第5講：人体への影響と応急処置
- ・第6講：防護具と消火器
- ・第7講：ヒヤリハット事例と事故事例
- ・第8講：ナトリウム処理上の注意事項

(3) 研修成果の分析・評価

本研修は、ナトリウム取扱いの技能認定のための研修として行っており、研修
の最後には、講義の内容から問題を出す学科試験を実施している。

この学科試験の結果を図 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
研修後	100	76	95

【科目別平均正解率】

	Na 一般	Na 燃焼	Na 化学 反応	自然発火	応急 処置	防護 装備	Na 処 理方法	取扱上 の注意
研修後	95%	93%	93%	93%	97%	97%	98%	95%

研修後に実施した学科試験の結果では、全体の平均点は 95 点であり、科目別
の正解率は 8 科目とも平均している。

3.1.9 ナトリウム伝熱流動入門コース

本研修は 8 名の受講者で 1 回実施している。

(1) 研修内容

講義、実習、及びチャレンジナトリウムクイズ

(2) 講義内容

- ・第1講：伝熱の基本原理
- ・第2講：伝熱の基本法則
- ・第3講：熱交換器の伝熱
- ・第4講：原子炉プラントにおける自然循環力（「常陽」自然循環試験結果）
- ・第5講：流体の流動（圧力損失の評価）
- ・第6講：冷却材としてのナトリウムの諸性質

(3) 研修成果の分析・評価

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
研修前	47	0	23
研修後	94	57	74

【科目別平均正解率・標準偏差】

	伝熱の 基本原理 1	伝熱の 基本原理 2	伝熱の 基本法則	熱交換器の 伝熱	原子炉プラントの 自然循環力
研修前	44%	30%	25%	16%	15%
研修後	90%	75%	74%	77%	49%

研修の開始時に実施したチャレンジナトリウムクイズの結果では、平均点で23点であったが、研修後の結果では74点まで向上した。

3.2 保守研修

3.2.1 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5名の受講者で1回実施した。

(1) 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

(2) 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

(3) 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
研修前	84	20	57
研修後	100	40	81

【科目別平均正解率】

	燃取全般	燃取機器	燃取機器名称
研修前	54%	61%	56%
研修後	76%	86%	82%

ものしり診断テストでは、全体の平均として研修前が 57 点であったが、研修後は 81 点まで向上した。

3.2.2 制御棒駆動機構コース

本研修は 7 名の受講者数を対象に 1 回実施した。

(1) 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

(2) 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

(3) 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 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
研修前	58	22	39
研修後	90	64	77

【科目別平均正解率】

	反応度と原子炉出力	反応度制御	制御棒駆動機構の概要	制御棒駆動機構の名称	駆動機構各部分の名称
研修前	74%	33%	31%	62%	2%
研修後	90%	63%	92%	74%	56%

物知り診断クイズについては、平均点が研修前の39点から研修後は77点に向上了した。

3.2.3 2 次主ポンプメカニカルシール分解点検コース

本研修は、5 名の受講者を対象に 1 回実施した。

(1) 研修内容

講義、及び実習

(2) 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

(3) 研修成果の分析・評価

これまで外部の専門家に講師を依頼して実施してきたが、今回からは内部の者が講師を担当して研修を実施した。

研修の終了時に受講者に対して実施したアンケート結果のなかで、研修結果の評価を5段階（数字が大きいほうが評価がよい結果）で行ってもらっているが、全員が「5」のあるいは「4」の評価であった。

3.2.4 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、5名の受講者を対象に1回実施した。

(1) 研修内容

講義、及び実習（水ループの運転及び横型ポンプ分解点検）

(2) 講義内容

- ・第1講：水系ループの概要
- ・第2講：運転要領の説明
- ・第3講：横型ポンプ分解点検実施要領の説明

(3) 研修成果の分析・評価

本研修においてもこれまで外部の専門家に講師を依頼して実施してきたが、今回からは内部の者が講師を担当して研修を実施した。

研修の終了時に受講者に対して実施したアンケート結果のなかで、研修結果の評価を5段階（数字が大きいほうが評価がよい結果）で行ってもらっているが、全員が「5」のあるいは「4」の評価であった。

3.2.5 電源盤点検コース

電源盤点検コースは1回実施し、受講者数は4名であった。

(1) 研修内容

講義、実習、及び物知り診断クイズ

(2) 講義内容

- ・第1講：三相交流回路
- ・第2講：配電方式
- ・第3講：配電盤と盤用機器

- ・第4講：保護協調
- ・第5講：電気回路図
- ・第6講：遮断器（ACB、VCB）
- ・第7講：繼電器（OCR、他）

(3) 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13及び以下に示す。

【総合得点】

(100点満点)

	最高点	最低点	平均点
研修前	80	47	65
研修後	95	46	75

【科目別平均正解率】

	三相交流回路	配電方式	配電盤と盤用機器	保護協調	電気回路図	遮断器	過電流继電器
研修前	14%	58%	88%	54%	88%	71%	50%
研修後	36%	75%	81%	79%	83%	88%	42%

研修の開始時に実施した物知り診断クイズの結果では、平均点で 65 点であったが、研修の最後に実施した結果では 75 点になった。

3.2.6 計測制御コース

計測制御コースは計 2 回実施し、受講者数は全部で 9 名であった。

(1) 研修内容

講義、実習、及び物知り診断クイズ

(2) 講義内容

1 回目の研修では、従来のカリキュラムに沿って主に PID 制御を中心とした講義と実習を行ったが、2 回の研修では、計測・制御の基礎として信号の伝送方法やさまざまな検出器の動作原理と特性等を新たに講義内容として盛り込んだ。

(3) 研修成果の分析・評価

2 回目の研修では、講義内容などの見直しに伴い、従来より研修の初めと終わりに実施していた物知り診断クイズを行わなかった。

従って図 14 及び以下に示す物知り診断クイズの結果は、1 回目の研修時に実施したものである。

【総合得点】

(100点満点)

	最高点	最低点	平均点
研修前	11	2	6
研修後	87	20	51

【科目別平均正解率】

	自動制御の基礎等	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 設定方法等
研修前	12%	8%	5%	0%	0%
研修後	63%	40%	48%	35%	58%

物知り診断クイズは、研修前の平均点が 6 点であったが、研修後には 51 点まで大幅に向上している。

3.2.7 非破壊検査コース

今年度は浸透探傷試験 (PT)、放射線透過試験 (RT)、及び超音波探傷試験 (UT) の 3 種類の非破壊検査研修をそれぞれ各 1 回ずつ実施し、受講者は合計で 13 名であった。

(1) 浸透探傷試験 (PT)

① 講義内容

- ・第1講：原子炉規制法の概要
- ・第2講：電気事業法の概要
- ・第3講：非破壊検査の概論
- ・第4講：浸透探傷試験全般

② 実習内容

- ・浸透探傷試験の実施方法と合否判定

(2) 放射線透過試験 (RT)

① 講義内容

- ・第1講：放射線透過試験の原理
- ・第2講：使用器材
- ・第3講：撮影条件
- ・第4講：溶接の種類と欠陥

② 実習内容

- ・溶接欠陥の撮影フィルムの観察
- ・合否判定の手順

(3) 超音波探傷試験 (UT)

① 講義内容

- ・第1講：対象欠陥
- ・第2講：使用器材
- ・第3講：撮影条件
- ・第4講：溶接の種類と欠陥

② 実習内容

- ・溶接欠陥の撮影フィルムの観察
- ・合否判定の手順

(4) 研修成果の分析・評価

浸透探傷試験、放射線透過試験、及び超音波探傷試験のいずれの非破壊検査研修も講師は外部の専門家により実施した。

浸透探傷試験の研修は 5 名の受講者を対象に実施し、講義の 1.5 日と実習の半日の 2 日間で行った。講義の内容から出題したテストを研修の最後に実施した結果、平均正解率は 65 点であった。

放射線透過試験の研修は 4 名の受講者を対象に、1 日目に講義と 2 日目に実習の日程で行った。研修後の理解度テストでは平均点で 73 点であった。

超音波探傷試験の研修は 4 名の受講者を対象に 1.5 日の講義と 0.5 日の実習の 2 日間にわたって行った。研修後の理解度テストでは平均点で 57 点であった。

3.2.8 保守一般コース

本年度は 7 名の受講者を対象に 1 回実施した。

(1) 研修内容

講義、及び実習（計器の校正、電源盤の取扱、水ループの運転等）

(2) 講義内容

- ISI の概要
- 計測制御設備の概要
- 計装保守
- 設備点検概要
- 機械設備の保守点検
- ナトリウム計装の概要
- 電気設備の概要
- 三相交流回路

(3) 研修成果の分析・評価

前回までの研修結果を踏まえ、「電気取扱い安全教育」の項目を設ける等、大幅に講義内容を変更した。

研修終了時には受講者に研修内容の全体について、講義内容について、および講師の説明の仕方などについて 5 段階で評価してもらっている。その結果、各項目ともに 3 の評価が多かった。

3.2.9 「もんじゅ」系統設備学習コース

本年度は 3 回実施し、延べ受講者数は 32 名であった。

(1) 講義内容

- 「もんじゅ」の概要
- 原子炉構造
- 1 次主冷却系設備
- 2 次主冷却系設備

- ・「もんじゅ」の起動・停止操作
- ・工学的安全施設
- ・水・蒸気系、タービン・発電機設備
- ・放射性廃棄物処理設備
- ・計測制御設備
- ・換気空調設備
- ・原子炉・タービン補助設備
- ・電気設備
- ・燃料取扱及び貯蔵設備

(2) 研修成果の分析・評価

本研修は、「もんじゅ」の系統設備概要について、プラント第一課初級運転員、もんじゅ技術系職員及びFBR部門の技術系職員として必要な知識を習得することを目的として実施している。また、本研修は講義範囲が広いことから研修期間は7日間となっており、プラント第一課初級運転員以外の人が受講しやすくなる様に、希望する講座のみを選択して受講できるようにしている。

研修終了時には受講者に研修内容に関して、「講義内容」、「講師の説明の仕方」、「知見の向上」、および「全体の評価」の4項目について、5段階で評価してもらっている。その結果、それぞれの項目ともに、受講者の7割以上から「5」ないしは「4」の高い評価が得られた。

4. その他の研修実績

研修施設では、「もんじゅ」の職員等を対象とした研修以外に、社外の技術者等を対象としたさまざまな研修を行っている。

4.1 受託によるナトリウム取扱研修

(1) 原子力安全・保安院の専門官に対する研修

高速増殖炉運転管理専門技能研修として平成17年2月に2日間の日程で原子力安全・保安院の専門官3名を対象としたナトリウム研修を実施した。

2日間の研修スケジュールを表6に示す。

(2) 原子力安全基盤機構の技術者に対する研修

高速炉に関する短期ナトリウム技術研修として、平成16年8月に2日間の日程で原子力安全基盤機構の技術者4名を対象としたナトリウム研修を実施した。

2日間の研修スケジュールを表7に示す。

4.2 福井県消防学校に対するナトリウム取扱研修

平成16年12月に福井県消防学校の防災訓練の一環として初級幹部科21名を対象に講義と実習によるナトリウムの取扱研修を実施した。

研修の前には「もんじゅ」施設等の見学を行い、ナトリウムの取扱研修は2班に分け、講義と実習を交替で実施した。講義と実習の実施内容を以下に示す。

(1) 講義内容

- ・ナトリウムの一般知識と化学的性質
- ・人体への影響と応急処置
- ・ナトリウム消化剤と消火方法並びに防護具
- ・高速増殖炉の冷却材にナトリウムを使用する理由

(2) 実習の内容

- ・消火器とその使用方法
- ・防護具の着用
- ・ナトリウム消火の体験

4.3 海外原子力交流制度に基づく中国の技術者に対するナトリウム研修

文部科学省主催の海外原子力交流制度に基き、中国原子能科学研究院より応募のあった技術者2名に対してナトリウム研修を実施した。

研修は、約1ヶ月の期間に渡ってナトリウムの化学的性質などに関する一般知識や腐食・純度管理、FBRプラントシステムやナトリウム機器の設計、世界の高速炉情報など多岐に渡る幅広い分野を対象とした専門知識の机上學習を行うとともに、ナトリウム取扱技術やナトリウムループ運転技術、及びナトリウム漏えい時の対応訓練、ナトリウムバウンダリ開放作業などの体験学習を実施した。これらの研修のスケジュールを表8に示す。

5. 結言

平成 16 年度における研修実績として、ナトリウム取扱研修に関しては 9 コースの研修を 30 回開催し、延べ受講者数は 211 名であった。また、保守研修に関しては 9 コースの研修を 14 回開催し、延べ受講者数は 87 名であった。双方の合計として、18 コースの研修を 44 回開催し、受講者数は 298 名となった。

ナトリウム取扱研修と保守研修は平成 12 年 9 月より運用を開始し、毎年 1 つか 2 つの研修コースを新たに整備しつつ、年間に 200 名から 300 名の受講者を受け入れてきた。

これまでの受講者の受け入れ実績では、ナトリウム取扱に関する研修の受講者として 987 名、保守に関する研修の受講者として 472 名、合計 1,459 名となった。

6. 参考文献

- (1) 澤田、渡辺他、TN 4410 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) 一平成 12 年度一」

- (2) 渡辺、小澤他、TN 4410 2002 - 002

「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) 一平成 13 年度一」

- (3) 渡辺、小澤他、TN 4410 2003 - 010

「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) 一平成 14 年度一」

- (4) 渡辺、小澤他、TN 4410 2004 - 003

「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) 一平成 15 年度一」

表1 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	◇運転員 (保守員にも有益)
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
⑧	ナトリウム取扱技 能認定コース (1日)	ナトリウムの基礎知識や人体への影響、自然発火機構等の机上学習の他、ナトリウムの拭取り作業を体験学習	◇ナトリウム 取扱作業者
⑨	ナトリウム伝熱流 動入門コース (1日)	冷却材としてのナトリウムはどのような伝熱性と流動性を有しているかを基礎的に学習する。	◇技術系職員 ◇業務協力員

表2 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觀察學習	◇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觀察學習	◇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)、放射線透過試験(RT)、及び超音波探傷試験(UT)の実習	◇保守課職員 ◇業務協力員
⑨	保守一般コース (3日)	機械、電気、計測に係る基礎知識を學習し、各學習モデル等を用いて體驗學習	◇運転員 ◇保守員
⑩	もんじゅ系統学習コース (1日)	高速増殖炉「もんじゅ」の系統設備概要について、プラント第1課初級運転員、もんじゅ技術系職員及びFBR部門の技術系職員として必要な知識を習得する。	◇運転員 ◇技術系職員

表3 平成16年度研修実績表

研修項目	実施年月日	平成16年												平成17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	
ナトリウム入門		5/28 ▼												
ナトリウム基礎実験一般		5/25 ▼												
ナトリウム基礎実験専門					7/21-22 ▼							12/14 ▼		
ナトリウムループ純化系運転				6/24-25 ▼										
ナトリウムループ供給系運転					7/29-30 ▼									
ナトリウム配管漏洩対応訓練			5/19-20 ▼											
ナトリウム消防訓練		5/14 ▼	6/3 ▼	6/29 ▼		8/27 ▼	9/17 ▼	10/29 ▼	11/16 ▼	11/30 ▼	12/2 ▼	12/8 ▼	1/26 ▼	2/8 ▼
ナトリウム取扱技能認定	4/16 ▼	5/11 ▼	6/17 ▼				9/15 ▼		11/18 ▼	12/21 ▼			2/10 ▼	3/7 ▼
ナトリウム伝熱流動入門					7/8 ▼									
燃料取扱及び貯蔵設備						8/25 ▼								
制御棒駆動機構							9/16 ▼							
燃料交換準備後始末作業									10/26-27 ▼					
メカニカルシール分解点検														
水系機器運転保守							8/3-4 ▼							
電源盤点検														
計測制御				5/17-18 ▼										
非破壊検査(PT,RT,UT)					†/6-7 (PT) ▼	7/27-28 ▼						2/25-25 (UT) ▼		3/15-16 ▼
保守一般												1/11-13 ▼		
もんじゅ系統設備学習					6/4-14 ▼			8/30-9/7 ▼				2/9-18 ▼		

表4 平成16年度研修実施回数・受講者数

研修コース名	実施回数	研修受講者数(人)		
		職員	協力会社職員	計
ナトリウム入門コース	1	2	3	5
ナトリウム基礎実験一般コース	2	8	1	9
ナトリウム基礎実験専門コース	1	3	1	4
ナトリウムループ純化系運転コース	1	2	0	2
ナトリウムループ供給系運転コース	1	3	0	3
ナトリウム消防訓練コース	13	100	3	103
ナトリウム配管漏えい対応訓練コース	1	2	1	3
ナトリウム取扱技能認定コース	9	22	52	74
ナトリウム伝熱流動入門コース	1	7	1	8
計	30	149	62	211
燃料取扱及び貯蔵設備コース	1	5	0	5
制御棒駆動機構コース	1	6	1	7
燃料交換準備・後始末作業コース	0	0	0	0
メカニカル分解点検作業コース	1	4	1	5
水系機器運転・保守コース	1	5	0	5
電源盤点検作業コース	1	3	1	4
計測制御コース	2	2	7	9
非破壊検査コース	3	12	1	13
保守一般コース	1	4	3	7
もんじゅ系統設備学習コース	3	26	6	32
計	14	67	20	87
合計	44	216	82	298

表5 平成12年度～16年度の研修実績(研修回数、受講者数)

研修コース名	受講者数					研修実施回数					合計	
	H12年度	H13年度	H14年度	H15年度	H16年度	合計	H12年度	H13年度	H14年度	H15年度	H16年度	
ナトリウム入門コース	10	25	10	17	5	67	2	5	2	2	1	12
ナトリウム基礎実験一般コース	14	15	20	12	9	70	2	2	3	3	2	12
ナトリウム基礎実験専門コース	16	11	3	7	4	41	2	2	1	1	1	7
ナトリウムループ純化系運転コース	5	8	5	3	2	23	1	2	1	1	1	6
ナトリウムループ供給系運転コース	4	7	0	3	3	17	1	2	0	1	1	5
ナトリウム消火訓練コース	88	82	88	95	103	456	10	10	10	12	13	55
ナトリウム配管漏洩対応訓練コース	-	9	16	9	3	37	-	2	2	2	1	7
ナトリウム取扱技能認定コース	-	-	105	83	74	262	-	-	11	10	9	30
ナトリウム伝熱流動入門コース	-	-	-	6	8	14	-	-	-	1	1	2
計	137	157	247	235	211	987	18	25	30	33	30	136
燃料取扱及び貯蔵設備コース	9	7	20	2	5	43	1	2	4	1	1	9
制御棒駆動機構コース	6	5	6	6	7	30	1	1	1	1	1	5
燃料交換準備・後始末作業コース	7	4	0	0	0	11	1	1	0	0	0	2
メカニカルシール分解点検作業コース	5	6	3	6	5	25	1	1	1	1	1	5
水系機器運転・保守コース	14	7	6	5	5	37	2	1	1	1	1	6
電源盤点検作業コース	22	13	17	6	4	62	2	2	2	2	1	9
計測制御コース	25	14	17	10	9	75	2	2	3	2	2	11
非破壊検査コース	5	7	36	13	13	74	1	1	3	3	3	11
保守一般コース	-	-	11	5	7	23	-	-	2	1	1	4
もんじゅ系統設備学習コース	-	-	-	60	32	92	-	-	-	3	3	6
計	93	63	116	113	87	472	11	11	17	15	14	68
合計	230	220	363	348	298	1459	29	36	47	48	44	204

表6 高速増殖炉運転管理専門技能研修スケジュール

日	研修項目	時間	研修内容
第一日目	挨拶&研修スケジュールの説明	9:00~9:15	
	【チャレンジナトリウムクイズ】	9:15~9:45	研修前のナトリウム知識度を各自で把握
	【ナトリウムの観察】 ◇ナトリウムの切断 ◇ナトリウム燃焼、流動の観察	9:45~10:10	研修に先立ち実物ナトリウムの特徴等を体験、観察
	【ナトリウム講義】 第1講：ナトリウム一般と 冷却材としての特徴 第2講：ナトリウムの化学的性質 第3講：ナトリウム取扱上の 注意事項と消火方法	10:10~12:00 (適宜休憩)	〔第1講〕 ◇ナトリウムの特徴と基礎物性値、放射性ナトリウムの分類 ◇高速炉冷却材への使用理由 〔第2講〕 ◇ナトリウム化合物と燃焼の特徴 ◇ナトリウムと水との反応、他 〔第3講〕 ◇ナトリウムの人体への影響と防護具 ◇ナトリウム燃焼の消火方法
	第4講：金属材料との共存性と 純度管理 第5講：高速炉でのナトリウムに 関するトラブル事例	13:00~14:30 (適宜休憩)	〔第4講〕 ◇ナトリウムによる材料の腐食機構 ◇プラントにおけるナトリウムの純度管理 〔第5講〕 ◇主なFBRトラブル事例（公開）
	【ナトリウム取扱実習】 ◇消火器の取扱&防護具の着用 ◇ナトリウムエアロゾル刺激臭の体験 ◇ナトリウム燃焼消火の体験	15:10~17:00 (適宜休憩)	ナトリウム取扱技術としてナトリウム消火技術を体験学習
	【ナトリウム取扱実習】 ◇ナトリウム自然発火事象の観察 ◇ナトリウム拭取り作業体験 ◇ナトリウム-水反応事象の観察 ◇Na燃焼物の洗浄処理体験	9:00~11:10 (適宜休憩)	ナトリウム取扱技術としてナトリウム自然発火事象と拭取り作業、ナトリウム-水反応事象並びにナトリウム処理技術について体験学習
	【研修施設の見学】 ◇ナトリウムループ設備 ◇保守研修棟	11:20~12:00	研修施設の見学
	【ナトリウム測定実習】 ◇ナトリウム物性値の測定体験	13:00~15:50 (適宜休憩)	ナトリウムの密度、比熱／融点、粘性、表面張力の測定
	【チャレンジナトリウムクイズ】 ◇クイズ&解答の説明	16:00~17:00	研修前のクイズと同一内容を出題 (研修成果を個人で定量的に把握)

表7 高速炉に関する短期ナトリウム技術研修スケジュール

日	研修項目	時間	研修内容
第一日目	挨拶&研修スケジュールの説明	9:00~9:10	ご挨拶
	【チャレンジナトリウムクイズ】	9:10~9:50	研修前のナトリウム知識度を各自で把握
	【ナトリウムの観察】 ◇ナトリウムの切断 ◇ナトリウム燃焼、流動の観察	9:50~10:10	研修に先立ち実物ナトリウムの特徴等を体験、観察
	【ナトリウム講義】 第1講：ナトリウムの一般 第2講：ナトリウムの化学的性質 第3講：ナトリウム燃焼の特徴と消火方法 第4講：人体への影響と応急処置	10:10~12:00 (適宜休憩)	〔第1講〕 ◇ナトリウムの特徴と基礎物性値 ◇放射性ナトリウムの分類 〔第2講〕 ◇ナトリウムの反応生成物 ◇ナトリウムと水との反応、他 〔第3講〕 ◇ナトリウム燃焼の特徴、消火方法と防護具 〔第4講〕 ◇ナトリウム燃焼の特徴と人体への影響
	第5講：高速炉冷却材としての特長 第6講：金属材料との共存性と純度管理 第7講：高速炉でのナトリウムに関するトラブル事例	13:00~14:30 (適宜休憩)	〔第5講〕 ◇高速炉冷却材への使用理由 〔第6講〕 ◇ナトリウムによる材料の腐食機構 ◇プラントにおけるナトリウムの純度管理 〔第7講〕 ◇主要なナトリウム関連トラブル事例
	【ナトリウム取扱実習】 ◇消火器の取扱&防護具の着用 ◇ナトリウムエアロゾル刺激臭の体験 ◇ナトリウム燃焼消火の体験	15:10~17:00 (適宜休憩)	ナトリウム取扱技術としてナトリウム消火技術を体験学習
	【ナトリウム取扱実習】 ◇ナトリウム自然発火事象の観察 ◇ナトリウム拭取り作業体験 ◇ナトリウムー水反応事象の観察 ◇ナトリウム燃焼物の洗浄処理体験	9:00~11:10 (適宜休憩)	ナトリウム取扱技術としてナトリウム自然発火事象と拭取り作業、ナトリウムー水反応事象並びにナトリウム処理技術について体験学習
	【研修施設の見学】 ◇ナトリウムループ設備 ◇保守研修棟	11:20~12:00	研修施設の見学
	【ナトリウム測定実習】 ◇ナトリウム物性値の測定体験	13:00~15:50 (適宜休憩)	ナトリウムの密度、比熱／融点、粘性、表面張力の測定
	【チャレンジナトリウムクイズ】 ◇クイズ&解答の説明	16:00~16:40	研修前のクイズと同一内容を出題(研修成果を個人で定量的に把握)
	【質疑応答&記念撮影】	16:40~17:00	アンケート調査含む

表8 中国技術者に対するナトリウム研修スケジュール (1/2)
【1~2週目】

日程		項目	研修内容
1日目	午前	◇挨拶、オリエンテーション ◇もんじゅの概要（講義）	・原子力長計、核燃料サイクル計画等 ・もんじゅプラント構成とNa水反応対応設備
	午後	◇施設見学	MC、もんじゅ、ISI、研修施設
2日目	午前	◇Naに関する基本知識（講義）	・Naの性質、特性、危険性、燃焼理論等 ・高速炉の冷却材に使用される理由
	午後	◇Na物性値測定実験（実習）	・密度、融点、粘性、表面張力、比熱の測定
3日目	午前	◇Na消火訓練（実習）	・消火器の操作・消火服の着用 ・Na消火訓練・一般消火剤の危険性
	午後	◇燃焼物の洗浄処理&Na燃焼（実習）	・洗浄処理 ・窒素ガス雰囲気下でのNa燃焼の観察 ・燃焼Na付着時の防護具の耐燃焼性確認
4日目	午前	◇Na取扱上の基本知識（講義）	・Na自然発火機構・Na取扱注意事項 ・事故事例
	午後	◇Na取扱作業（実習） ◇Na一水反応実験（実習） ◇断熱材との反応実験（〃）	・Na自然発火現象の実演・Na拭取作業 ・Na一水反応現象の観察 ・ペーライトボードとの反応現象の観察
5日目	午前	◇Naループ運転の準備	・研修Naループ系統設備の説明 ・ループ運転制御装置の説明
	午後	◇現場チェック&ループ運転制御装置の操作予備実習 ◇模擬漏洩配管組立準備作業	・現場チェック&排煙設備の現場説明 ・操作盤操作予備体験 ・模擬漏洩配管の組立経験
6日目	午前	◇予熱操作（実習） ◇充填操作方法の検討（実習）	・運転操作実習 ・充填方法の検討
	午後	◇充填操作（実習） ◇流量計校正 ◇ドレン操作（〃）	・充填・ドレン操作実習 ・液面計レベル変化を基に流量計を校正
7日目	午前	◇Na腐食と純度管理（講義）	・Naによる金属材料の腐食機構 ・Na不純物濃度の測定原理（プロビング計） ・原子炉プラントにおけるNaの純度管理
	午後	◇充填操作（実習） ◇Na純度測定（〃） ◇サンプリング操作（〃）	・プロビング計（PL計）によるNa純度測定 ・サンプリング管にNaを流し、フリーズさせる。
8日目	午前	◇Naサンプリング管回収（実習） ◇サンプリング管回収Na取出（〃）	・Naサンプリングチューブの取外&取付 ・Naサンプリング状況確認（Na取出し）
	午後	◇Naドレン・ガス導通（実習） ◇リークチェック（実習）	・サンプリング管前後の残留Naドレン ・新規サンプリング管取付後のリークチェック
9日目	午前	◇もんじゅNa漏洩事故（講義） ◇Na漏洩時の安全対策（〃）	・事故の経緯・事故の原因 ・事故の対策 ・ライナー腐食機構（溶融塩型腐食の防止）
	午後	◇世界の高速炉情報（講義）	・各国FBRの稼動状況と開発状況 ・トラブル事故事例（公開情報）
10日目	午前	◇予熱操作（実習） ◇充填操作（〃）	・漏洩量の検討
	午後	◇漏洩前準備作業（実習） ◇Na配管漏洩操作（〃） ◇ドレン操作（〃）	・配管漏洩前確認（温度分布、弁状態確認） ・Na配管漏洩状況の観察

表8 中国技術者に対するナトリウム研修スケジュール (2/2)
【3~5週目】

日程		項目	研修内容
11日目	午前	◇漏洩配管の解体(実習)	・配管内Na付着状況の観察
	午後	◇反応生成物の洗浄処理(実習)	
12日目	午前	◇Naバウンダリ開放作業(実習)	・作業バンダリ形成(プラバック養生) ・Naループガスライン・ベーパトラップ(V/T)の取外し・洗浄・取付け作業
	午後		
13日目	午前	◇Na伝熱流動に関する基礎知識(講義)	・伝熱の基本法則 ・熱交換器の伝熱 ・流体の流動(圧損の評価) ・冷却材としてのNa諸性質
	午後	◇FBRプラントシステム設計とその特徴(講義)	・FBRプラントシステム設計の特徴(軽水炉との比較等)
14日目	午前	◇Na一コンクリート反応実験準備作業 ◇Na充填操作(実習)	・配管予熱、Naループ形成等 ・Na供給量の調整
	午後	◇コンクリートへのNa供給操作 ◇反応実験周辺の後始末(実習) ◇ドレン操作(実習)	・Na一コンクリート反応現象の観察 ・コンクリートへの浸食状況の確認(過去試験例)
15日目	午前	◇Naポンプ軸封部分分解点検(実習)	・Naポンプ軸封部の取外し作業
	午後		
16日目	午前	◇Naポンプ軸封部分分解点検(再組立)(実習)	・Naポンプ軸封部の取付け作業 ・分解点検後の動作確認
	午後		
17日目	午前	◇高速炉の反応度制御(講義)	・高速炉における反応度制御 ・高速炉におけるフィードバック反応度
	午後	◇シミュレータ模擬運転(通常運転操作)(実習)	・シミュレータの概要説明 ・臨界操作・出力上昇運転 ・タービン併入操作
18日目	午前	◇シミュレータ模擬運転(異常時運転対応)(実習)	・2次系Na漏洩事故対応 ・SG伝熱管破損事故対応 ・外部電源喪失時運転対応
	午後	◇Na機器設計とその特徴(講義)	・Na機器の設計と特徴 ・Naポンプ構造設計の特徴
19日目	午前	大洗工学センターへの移動	
	午後		
20日目	午前	◇高速実験炉「常陽」の施設見学	・実験炉部長との懇談
	午後	◇大洗Na取扱施設の見学	・中国研修生との会食(昼食)
21日目	午前	◇「ふげん」発電所の見学	・PWRの施設見学
	午後		
22日目	午前	◇高浜原子力発電所の見学	

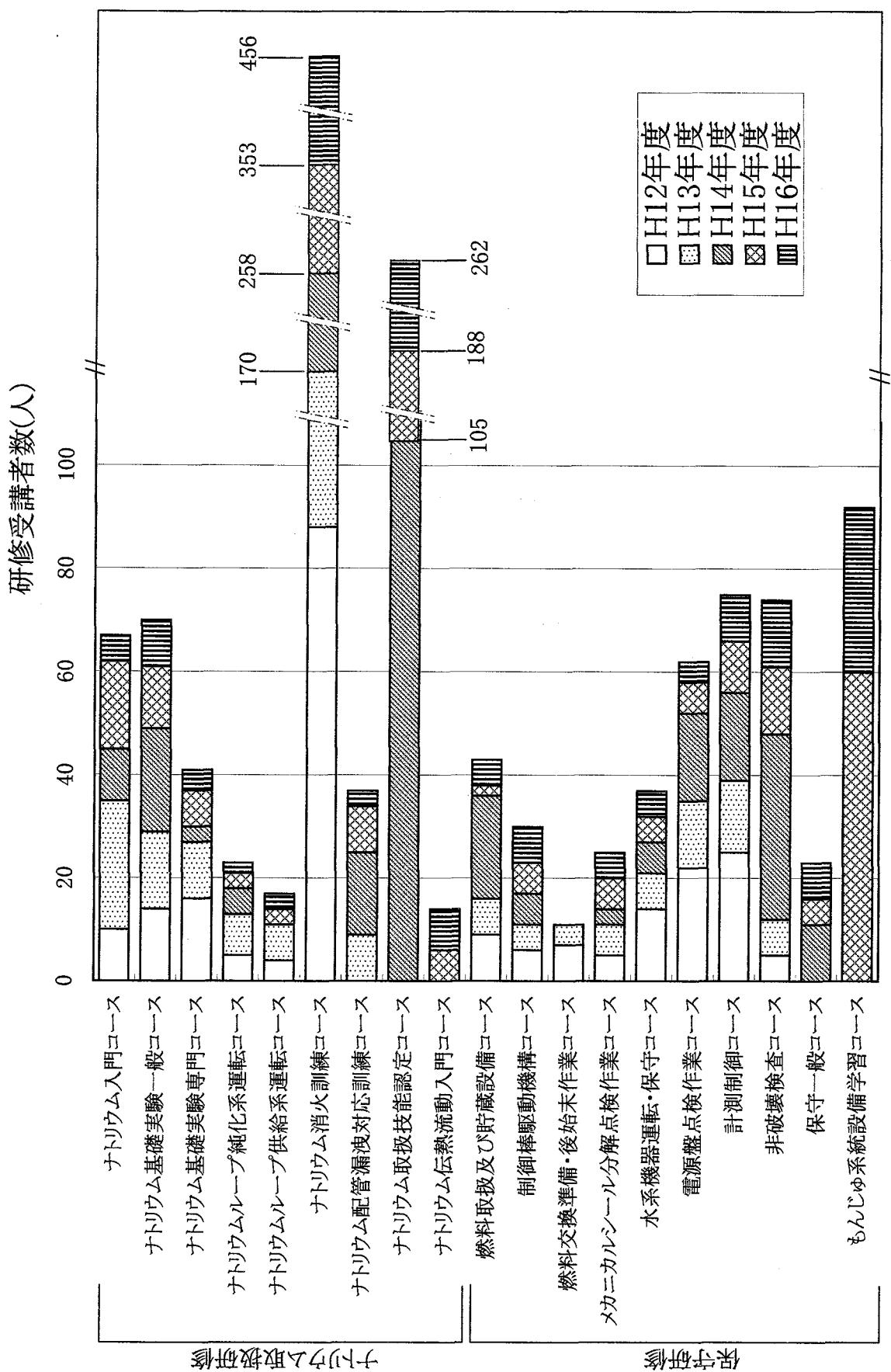


図1 平成12～16年度の研修コース別受講者数

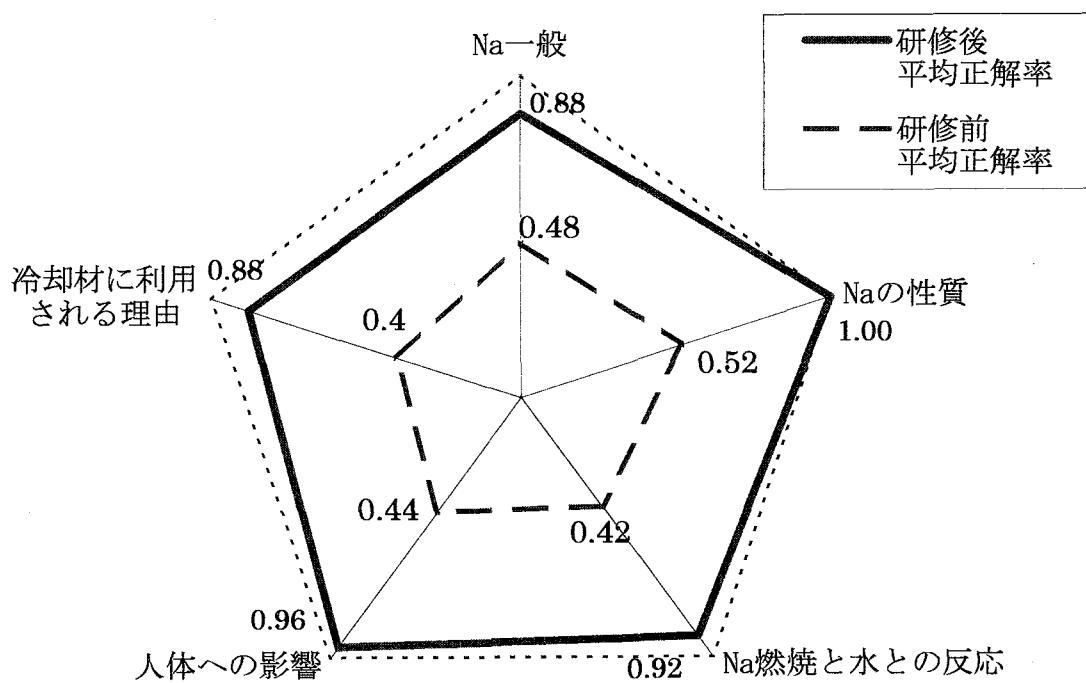


図2 ナトリウム入門コース チャレンジナトリウムクイズの成績

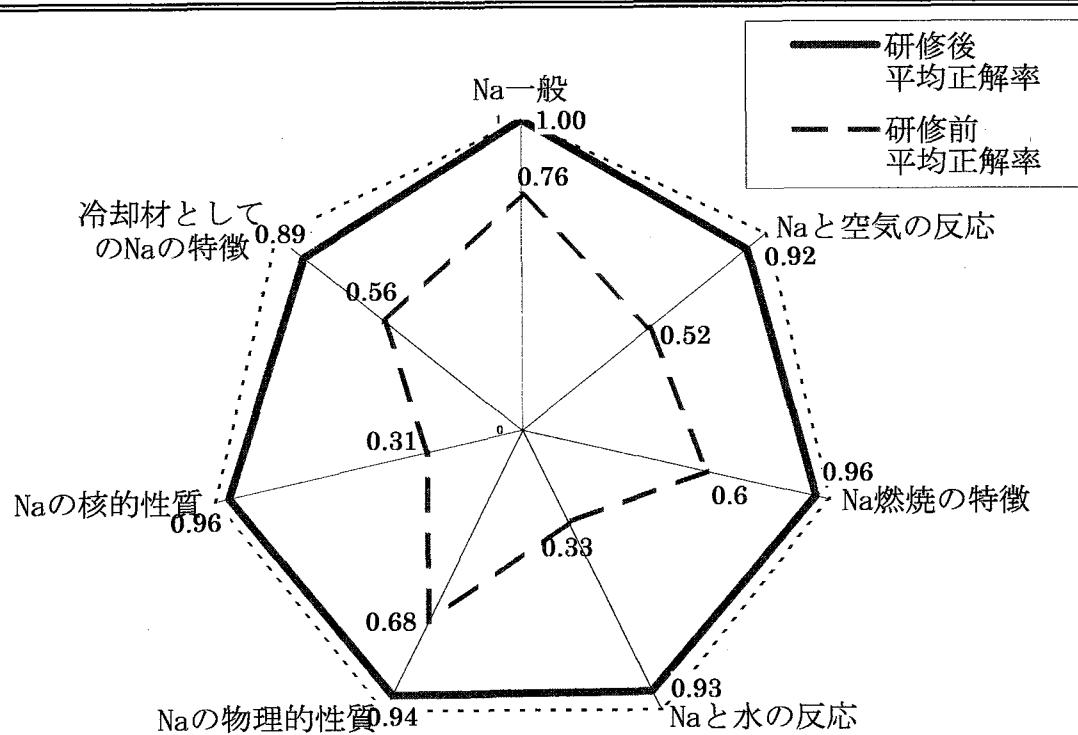


図3 ナトリウム基礎実験一般コース チャレンジナトリウムクイズの成績

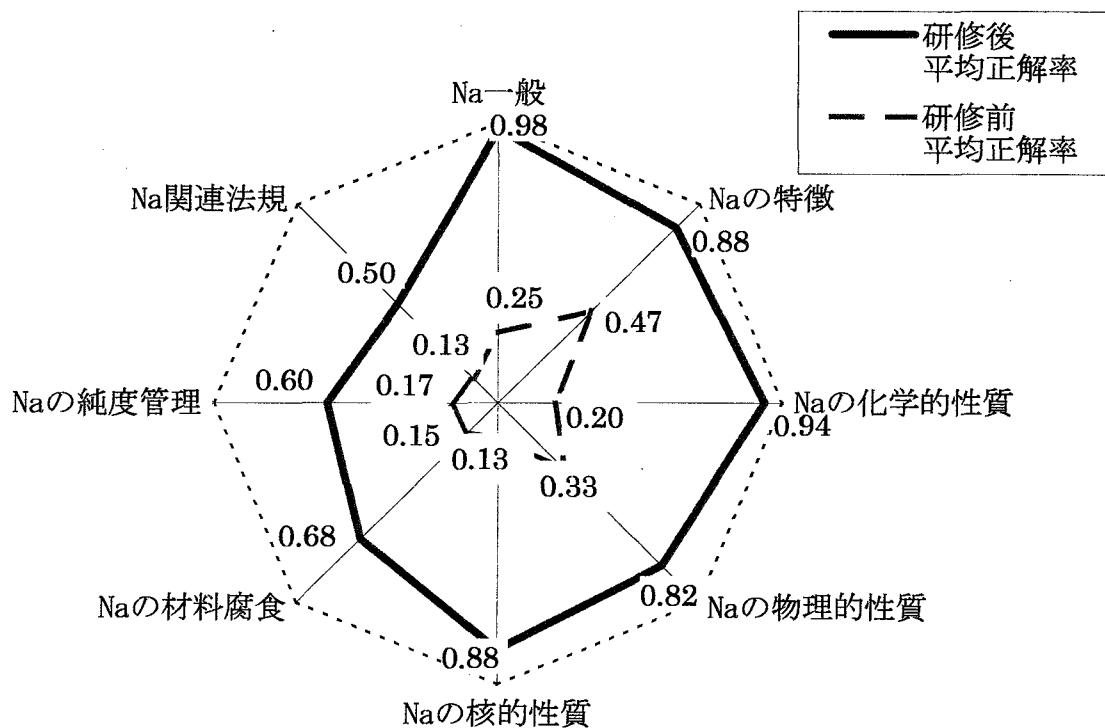


図4 ナトリウム基礎実験専門コース チャレンジナトリウムクイズの成績

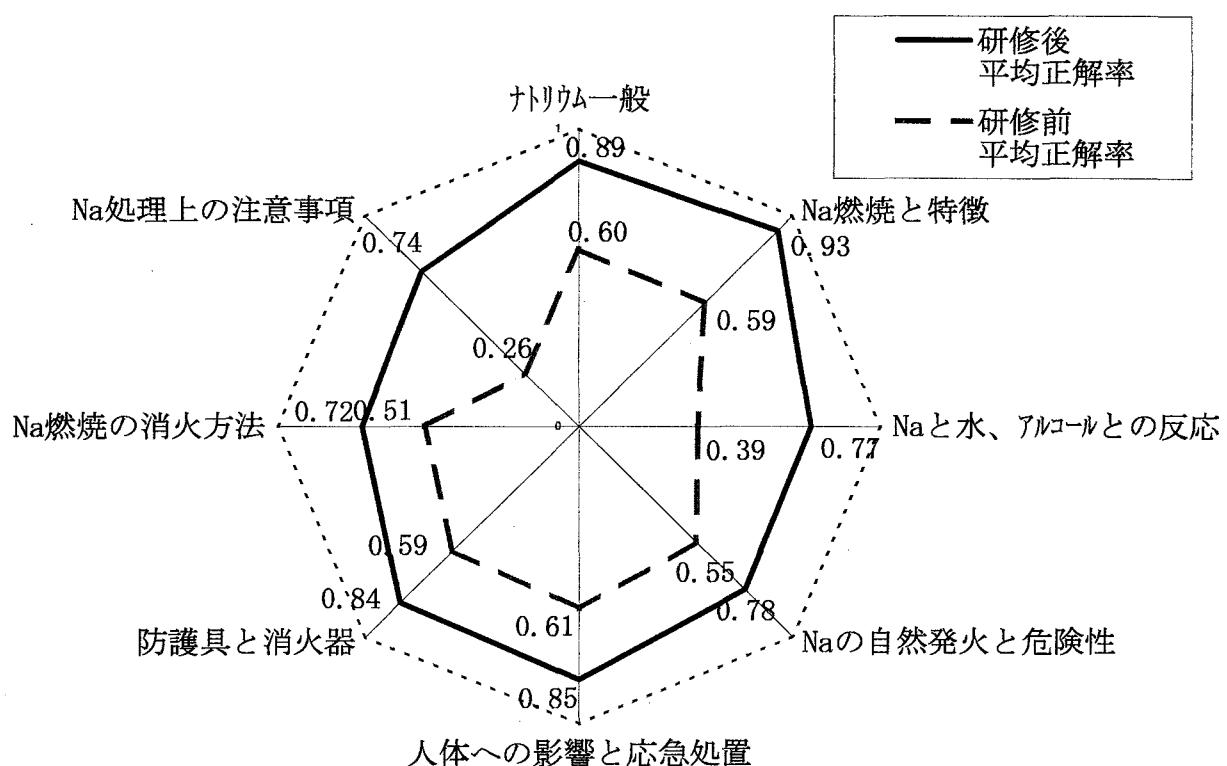


図5 ナトリウム消火訓練コース チャレンジナトリウムクイズの成績

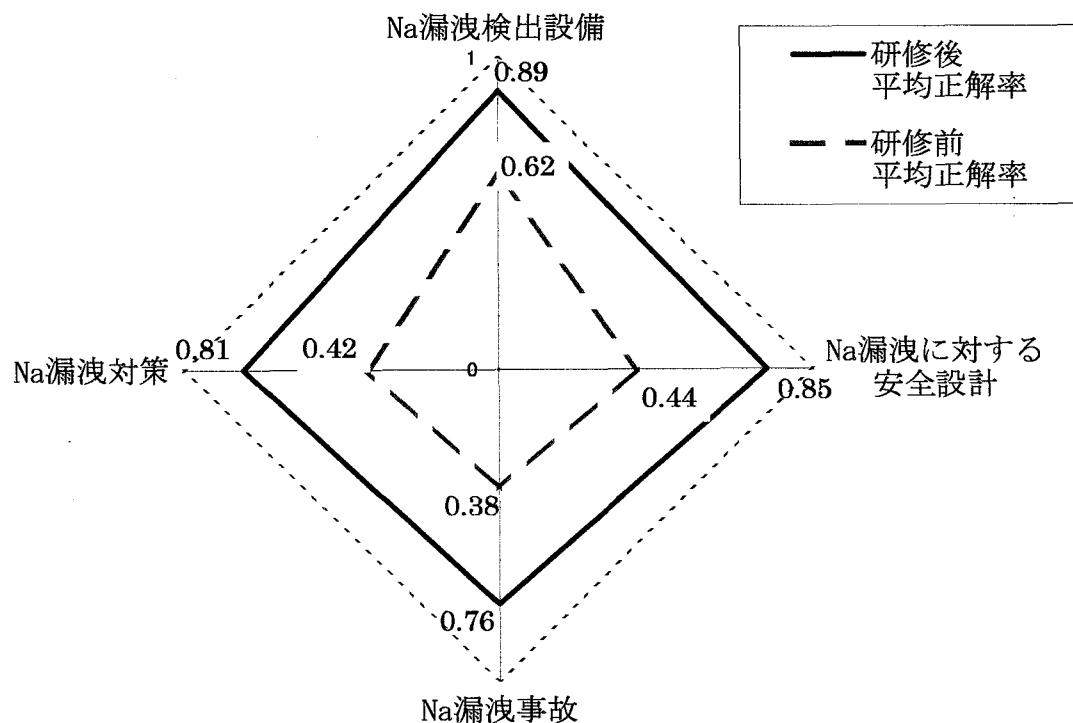


図6 ナトリウム消火訓練コース チャレンジナトリウムクイズの成績
(「もんじゅ」運転員や自衛消防隊員の再研修)

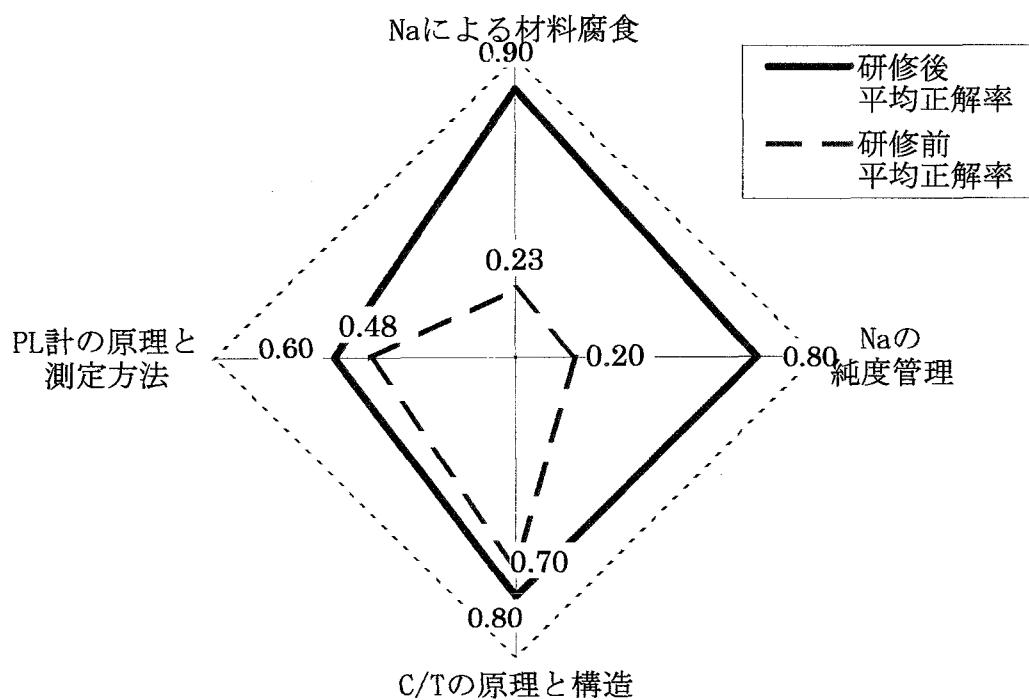


図7 ナトリウムループ純化系運転コース チャレンジナトリウムクイズの成績

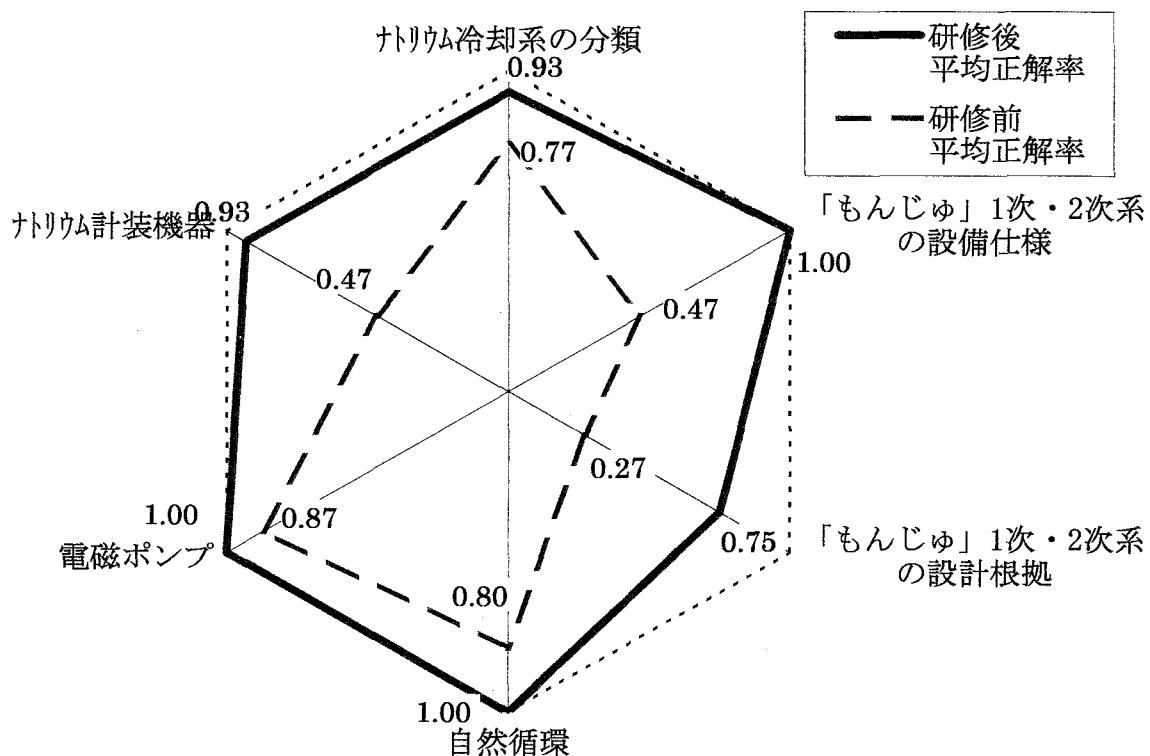


図8 ナトリウムループ供給系運転コース チャレンジナトリウムクイズの成績

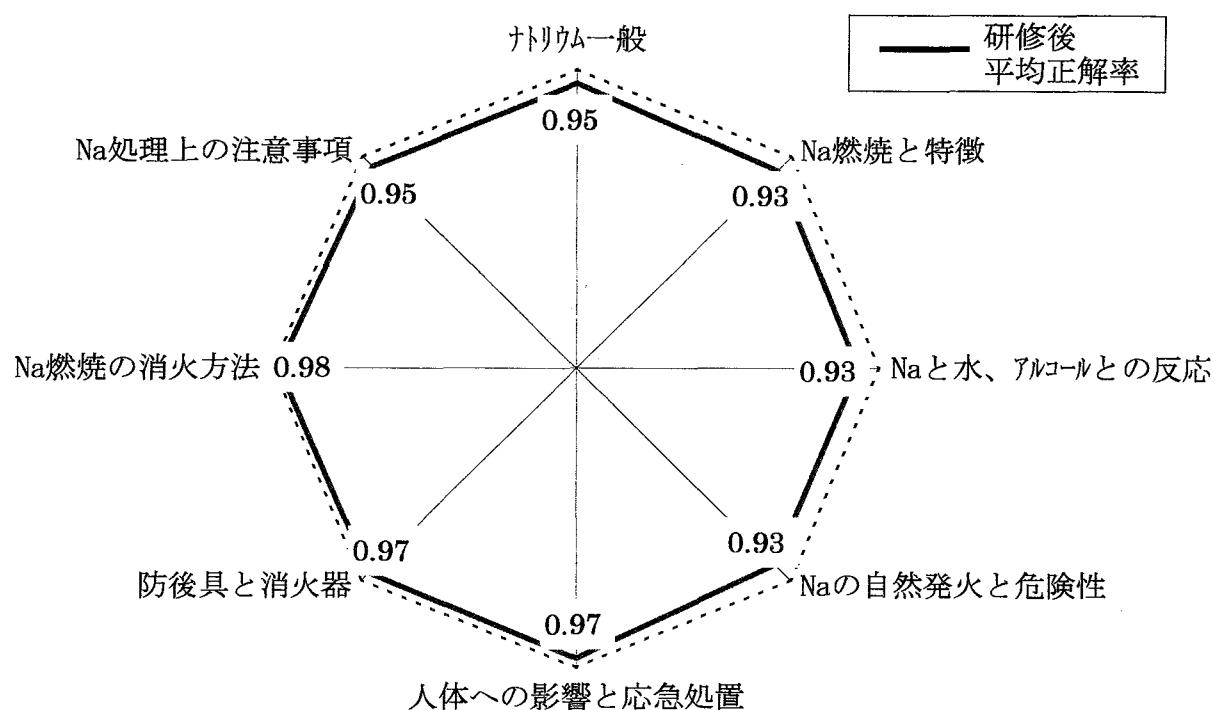


図9 ナトリウム取扱技能認定コース チャレンジナトリウムクイズの成績

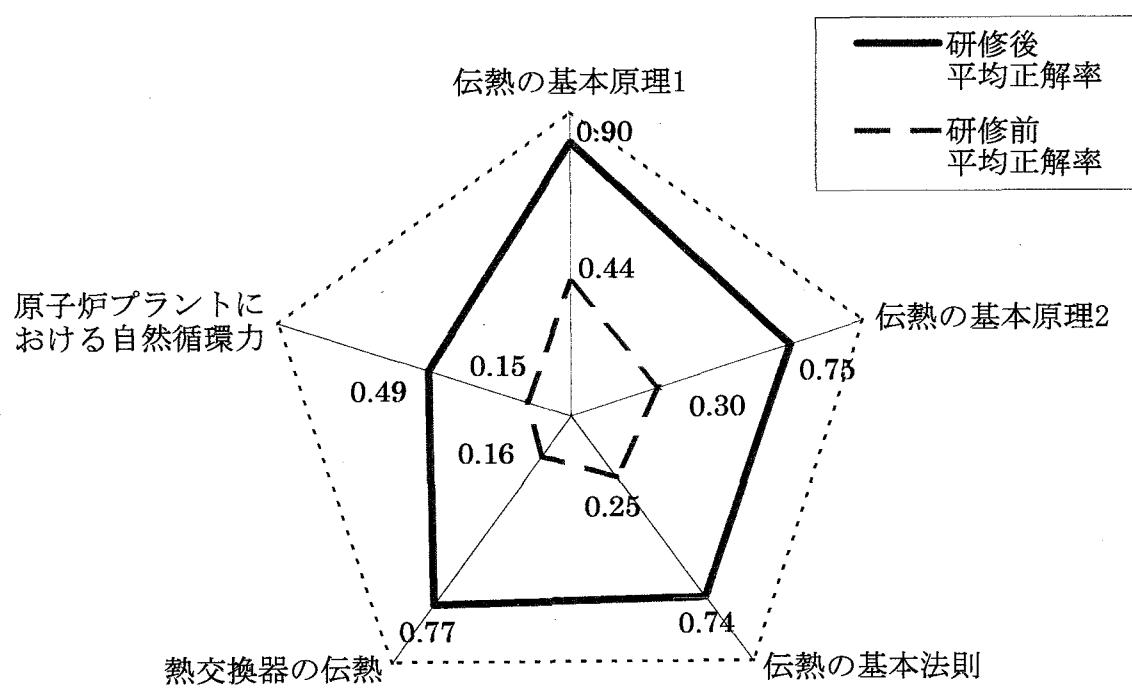


図10 ナトリウム伝熱流動入門コース チャレンジナトリウムクイズの成績

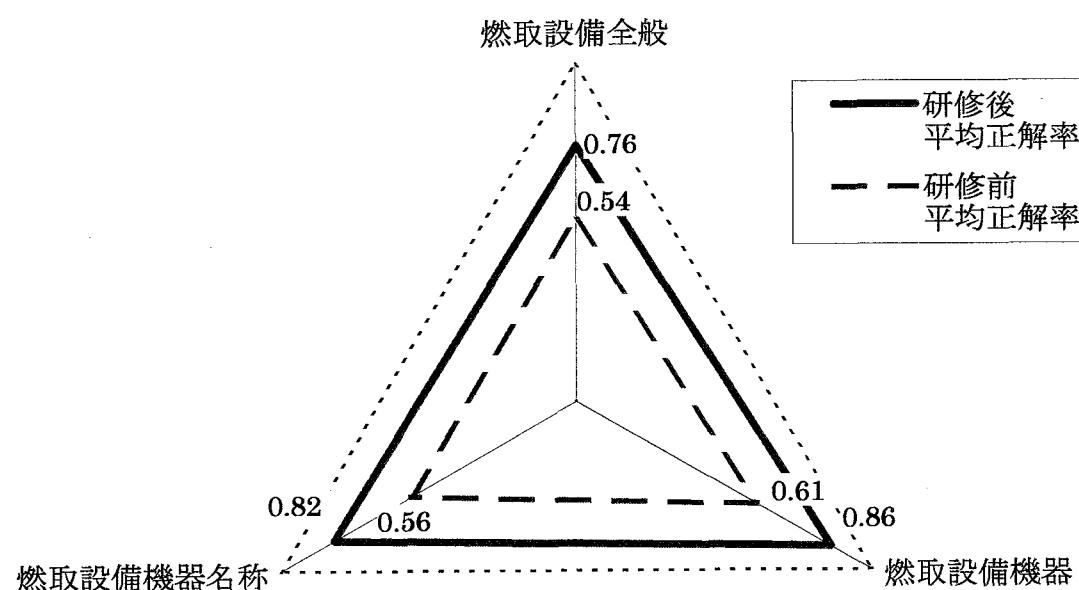


図11 燃料取扱・貯蔵設備コース 物知り診断クイズの成績

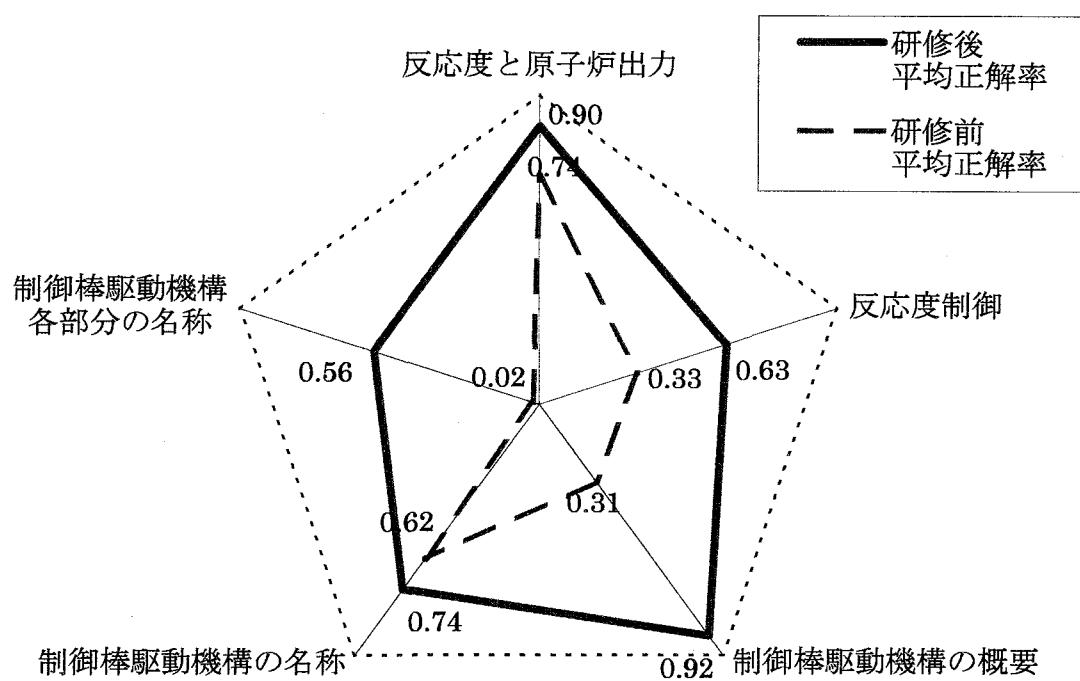


図12 制御棒駆動機構コース 物知り診断クイズ成績

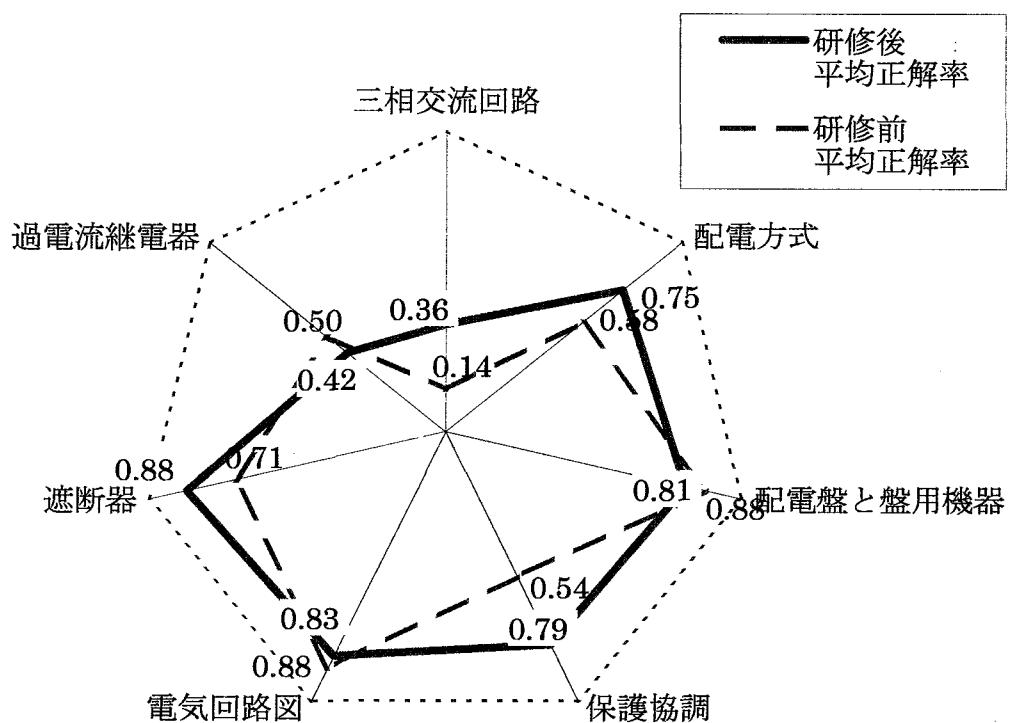


図13 電源盤点検作業コース 物知り診断クイズの成績

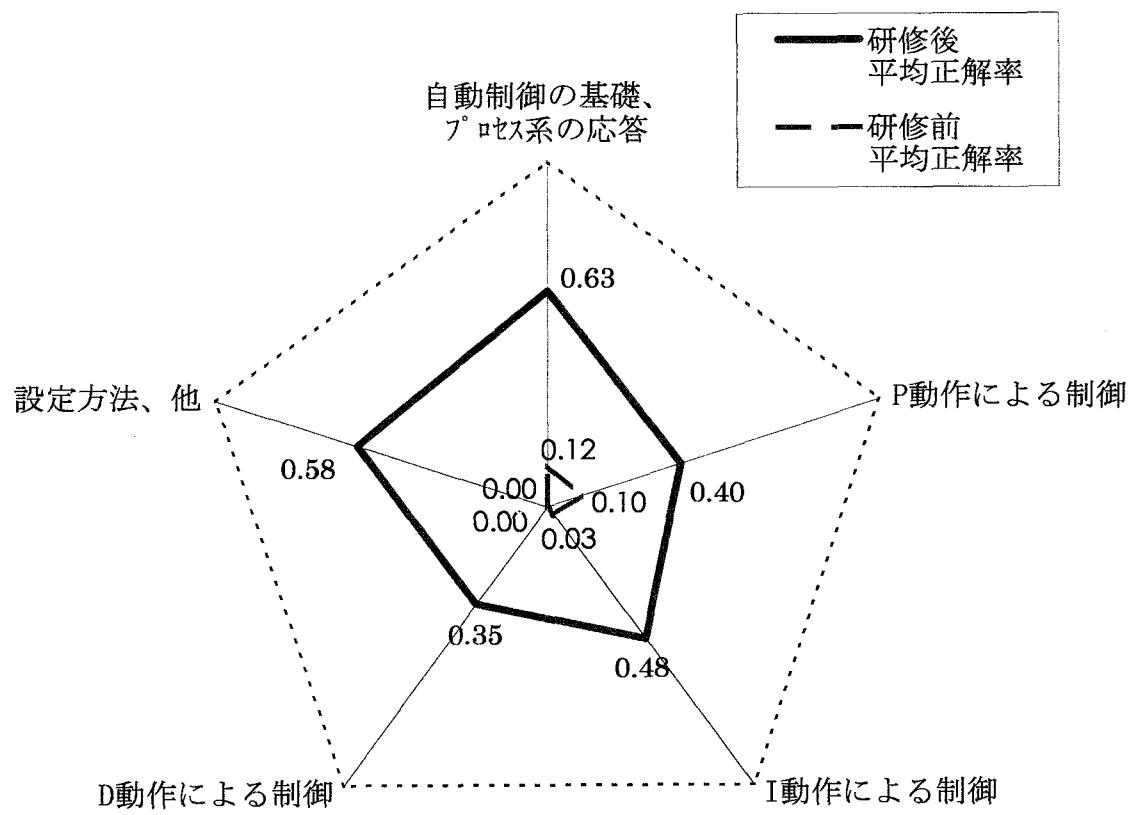


図14 計測制御コース 物知り診断クイズ成績