

高速実験炉「常陽」第13回定期検査における 被ばく管理報告

(放射線管理課報告)

(技術報告)

2004年3月

核燃料サイクル開発機構
大洗工学センター

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（代表）

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)

2004

高速実験炉「常陽」第 13 回定期検査における被ばく管理報告
(放射線管理課報告)
(技術報告)

叶野 豊*、干場 英明*、江森 修一*、樋口 常久**

要 旨

高速実験炉「常陽」では、平成 12 年 6 月 1 日から平成 15 年 11 月 27 日の期間にかけて、第 13 回定期検査が実施された。本定期検査は、通常の点検、補修等を行う定検作業の他、安全総点検に係る各種の安全対策工事(以下まとめて「定検等作業」という。)、さらには原子炉建家原子炉格納容器床下区域(以下「床下区域」という。)等において、高性能照射炉心移行に伴う原子炉冷却系の改造工事および関連工事(以下「MK-Ⅲ改造工事」という。)が併せて実施されたため、これまでの作業期間とは異なり、約 3.5 年の長期的なものとなった。

本期間中において、特に放射線管理上重要な作業は、MK-Ⅲ改造工事のうち、1 次冷却系機器である主中間熱交換器(以下「主 IHX」という。)A,B および付帯する配管の交換工事であり、放射線管理の中心は、主 IHX 交換工事に係る外部被ばく管理であった。このため、計画線量は、作業件名毎に作業内容、作業員数、作業期間、作業場所の γ 線量率等を考慮し推定した。まず、定検等作業は、平成 12 年度(H12.6.1～)から平成 15 年度(～H15.11.27)について単年度毎に推定し、総計画線量を 1156 人・mSv とした。また、主 IHX 交換工事は、平成 12 年 6 月 1 日から平成 13 年 11 月 30 日までの期間一括推定し、総計画線量を 7135 人・mSv とした。なお、主 IHX 交換工事に際しては、高線量率部位への鉛遮蔽、熟練作業員選任による作業時間の短縮など、極力被ばく低減化を図るよう作業担当課に要請し、対策に努めた。

その結果、総実績線量は、定検等作業は 633 人・mSv、主 IHX 交換工事は 2386 人・mSv であり、いずれの作業においても計画値の 3～5 割内で、また、個人線量についても管理基準値以内で管理することができた。

以上のことから第 13 回定期検査は、放射線作業計画等に基づき適切に実施されたことが確認できた。

* : 大洗工学センター 安全管理部 放射線管理課

* * : 大洗工学センター 安全管理部

Report of Radiation Exposure Control
on the 13th Annual Inspection at the Experimental Fast Reactor JOYO
(Reported by Radiation Control Section)
(Technical Document)

Y.Kanou*, H.Hoshiba*, S.Emori*, T.Higuchi**

Abstract

The 13th annual inspection at the experimental fast reactor JOYO had been executed from June 1, 2000 to November 27, 2003. While this inspection, in addition to the regular maintenance and repair, some countermeasure works based on safety overhaul and works relevant to the heat transport system modification for upgrading the irradiation performance (MK-III modification) in the under floor of reactor building were implemented. Duration of the inspection was about 3.5 years, longer than past inspections.

While the inspection, the replacement of the internal heat exchanger (IHX) A, B, in primary coolant system, and relevant pipes was considered important in radiation control. The point of radiation control of this work was external exposure to workers.

The expectation of exposure dose in the annual inspection and the MK-III modification were made for every work subject in consideration of procedure, number of workers, period and place of the work. The expectation of total exposure in the annual inspection, summed up the yearly expectation from 2000 to 2003, was 1156 man·mSv. While In the MK-III modification from June 1, 2000 to November 30, 2002, the expectation of total exposure was 7135 man·mSv.

Furthermore, all the while in the MK-III modification, We call for work end department that workers exposure was as low as practical.

As a result, total exposure was 633 man·mSv in the annual inspection, and 2386 man·mSv in the MK-III modification. Both of total result exposure was about 30~50% of the expectation, and every worker's exposure were controlled under the criteria of exposure control.

Finally, the works in the 13th annual inspection was properly executed.

*) Radiation Control Section, Health and Safety Division, O-arai Engineering Center

***) Health and Safety Division, O-arai Engineering Center

目 次

1.	はじめに -----	1
2.	外部被ばくの管理方法 -----	3
2.1	管理基準値 -----	3
2.2	総計画線量の推定 -----	3
2.2.1	定検等作業に係る総計画線量の推定 -----	4
2.2.2	主 IHX 交換工事に係る総計画線量の推定 -----	4
2.3	管理努力目標値の設定 -----	13
2.4	管理方法 -----	13
2.4.1	個人線量計の着用 -----	13
2.4.2	被ばく線量の監視 -----	13
2.4.3	管理努力目標値の監視 -----	13
3.	外部被ばくの管理結果 -----	17
3.1	被ばく線量結果 -----	17
3.2	総計画線量に対する実績 -----	17
3.3	主 IHX 交換工事に係る総計画線量と総実績線量の差の主な要因 -----	18
3.4	作業区分別の被ばく線量結果 -----	18
3.5	作業区域別の被ばく線量結果 -----	33
3.6	特殊放射線作業における被ばく線量結果 -----	33
3.6.1	定検等作業 -----	33
3.6.2	MK-III改造工事 -----	34
4.	被ばく低減化対策 -----	42
5.	まとめ -----	43
5.1	被ばく線量管理結果 -----	43
5.2	定期検査全体に係るまとめ -----	44
6.	おわりに -----	45

表 ・ 図 目 次

表-1. 外部被ばく線量に係る管理基準値 -----	3
表-2. 第 13 回定期検査期間中作業の外部被ばく線量計算書 -----	8
表-3. 個人線量計の種類、着用目的 -----	13
表-4. 第 13 回定期検査期間中の被ばく線量結果 -----	17
表-5. 第 13 回定期検査期間中の被ばく線量分布結果 -----	17
表-6. 放射線作業計画別被ばく線量 -----	19
表-7. 第 13 回定期検査の各年度における作業区分別の計画および実績被ばく線量について ---	30
表-8. 第 13 回定期検査期間中の特殊放射線作業(定検等作業)の被ばく線量結果について -----	38
表-9. 第 13 回定期検査期間中の特殊放射線作業(MK-Ⅲ改造工事)の被ばく線量結果について --	40
表-10. 作業区域別の総実績線量の内訳 -----	43
図-1. 第 13 回定期検査期間中の定検等作業に係る総計画線量の推定方法 -----	6
図-2. 第 13 回定期検査期間中の主 IHX 交換工事に係る総計画線量の推定方法 -----	7
図-3. 原子炉建家床下区域地下 1 階の γ 線量率測定結果 -----	9
図-4. 原子炉建家床下区域地下中 2 階の γ 線量率測定結果 -----	10
図-5. 既設主 IHX(A),(B)の機器表面等の γ 線量率測定結果 -----	11
図-6. 「常陽」床下区域線量率の推移 -----	12
図-7. 管理努力目標値に係る予想総被ばく線量推移曲線の作成方法(例) -----	15
図-8. 第 13 回定期検査期間における総被ばく線量の推移(例) -----	16
図-9. 総計画線量と総実績線量の推移曲線(平成 12 年度) -----	20
図-10. 総計画線量と総実績線量の推移曲線(平成 13 年度) -----	21
図-11. 総計画線量と総実績線量の推移曲線(平成 14 年度) -----	22
図-12. 総計画線量と総実績線量の推移曲線(平成 15 年度) -----	23
図-13. 総計画線量と総実績線量の推移曲線(MK-Ⅲ改造工事) -----	24
図-14. 第 13 回定期検査における全作業区分別被ばく線量 -----	25
図-15. 第 13 回定期検査に係る定検等作業における作業区分別被ばく線量(平成 12 年度) -----	26
図-16. 第 13 回定期検査に係る定検等作業における作業区分別被ばく線量(平成 13 年度) -----	27
図-17. 第 13 回定期検査に係る定検等作業における作業区分別被ばく線量(平成 14 年度) -----	28
図-18. 第 13 回定期検査に係る定検等作業における作業区分別被ばく線量(平成 15 年度) -----	29
図-19. MK-Ⅲ改造工事を含めた作業区分別の総実績線量の推移と分布 -----	31
図-20. MK-Ⅲ改造工事を除いた作業区分別の総実績線量の推移と分布 -----	32
図-21. MK-Ⅲ改造工事を含めた作業区域別の総実績線量の推移と分布 -----	36
図-22. MK-Ⅲ改造工事を除いた作業区域別の総実績線量の推移と分布 -----	37

1. はじめに

高速実験炉「常陽」の第13回定期検査は、平成12年6月1日から平成15年11月27日までの約3.5年の期間で実施された。過去の「常陽」定期検査（第1～12回）の作業は、機器、設備等の点検・補修作業が主であり、次に改造・R&Dなどの作業が数多く実施されてきた。

第13回定期検査においては、これらの作業の他、前回（第12回）の定期検査時から新たに加わった安全総点検に係る各種の安全対策工事が継続して実施された。また、今回の定期検査の特徴は、照射試験のニーズの多種多様化や増加に対応するため、高性能照射炉心（MK-III）移行に伴う改造工事として、主に床下区域において主 IHX(A),(B)および付帯する配管の交換など、高速炉に関しては、これまで海外でも実施例がほとんどない1次冷却系の改造工事が、本定期検査期間中の平成12年10月末から平成13年9月にかけて実施されたことである。

「常陽」における被ばく線量は、外部被ばくに係るもので、その大半は定期検査期間中に集中しており、これまで特に主 IHX および1次系配管等が設置されている床下区域と燃料洗浄設備、廃棄物処理設備での点検等作業で、その多くの割合を占めている。第13回定期検査は、原子炉冷却系のうち床下区域での1次冷却系機器である主 IHX(A),(B)および付帯する配管の交換工事が主であり、過去の定期検査（第1～12回）の総実績線量（0.03～0.77人・Sv）を大幅に上回ることが予想された。このため、定期検査期間中の被ばく管理強化、被ばく低減化対策の推進などが最重要課題となった。

放射線管理課では、こうした状況を考慮し、外部被ばく管理にあたって、作業環境の放射線状況を測定、評価し、各課の協力を得て定期検査期間中に計画されている放射線作業の項目、内容、計画線量等を調査した。次に、定期検査担当課である実験炉部原子炉第二課と協議し、総計画線量を推定するとともに、総計画線量の80%を管理努力目標値として設定した。

定期検査期間中の外部被ばく管理は、警報付きポケット線量計（以下「APD」という。）およびAPD作業被ばく管理システム（以下「APDシステム」という。）を活用し、作業者の被ばくの抑制、監視に努めた。また、作業に伴う計画および実績線量の推移を「常陽」各課に週単位で周知することにより被ばく低減に関する意識の高揚に努めるとともに、作業に際しては、各作業担当者等に対し、作業場所雰囲気等の線量率低減や汚染拡大防止などの放射線管理について指導・助言した。

一方、定期検査期間中の内部被ばく管理として、1次冷却系配管の切断、配管内のNa除去など、表面・空気汚染等の発生が考えられる作業については、グリーンハウス、グローブ付きシールバック*（*：表面・空気汚染の拡大防止ばかりではなく系統内への酸素や異物混入を防止するための約0.5～1m³のグローブ付き不燃製バック）および局所排気装置等を設置するとともに、作業者の放射性物質による

経口、吸入摂取または身体汚染などの内部被ばく防護用として、作業環境の表面密度、空气中放射性物質濃度に応じ半面マスク、全面マスク、エアラインマスクなどの呼吸保護具とタイベックスーツ（可燃、難燃）などの身体防護衣を装着した。また、全作業者について、定期的（1回以上/年）にホールボディカウンタ（WBC）による内部被ばく線量を測定した。その結果、有意な値は検出されず異常のないことが確認できた。なお、本報告書においては、内部被ばく管理結果の詳細について特筆すべき事項がないため割愛した。

以上のことから第13回定期検査は、約3.5年の長期間かつ大規模放射線作業が数多くあったものの、放射線管理全般については、放射線作業計画等に基づき良好に管理された。

本報告書は、放射線管理課において実施した第13回定期検査に係る外部被ばくの管理方法、管理結果および被ばく低減化対策のうち放射線管理課または作業担当課で実施した内容等についてまとめたものであり、各実績線量は、APDの値である。なお、MK-III改造工事に関する放射線管理の詳細は、別に作成済の技術報告資料（JNC TN9410 2002-009 「主 IHX 交換工事およびその他関連工事に係る放射線管理報告書」）のとおりである。

2. 外部被ばくの管理方法

2.1 管理基準値

「常陽」における放射線管理業務従事者の外部被ばく線量に係る管理基準値は、表-1 に示すとおりであり、保安規定、マニュアル等に基づき管理しているとともに、自主管理値については、定期検査期間中における作業者の過度の被ばく防止や被ばく低減に対する意識の高揚を図ることを目的として、管理基準値または作業計画値の 8 割を目標に定めた値とした。

表-1. 外部被ばく線量に係る管理基準値

項目	管理基準値	根拠
・実効線量*1 限度	・100mSv/5年*2, 50mSv/年	・原子炉施設保安規定
・実効線量の要警戒	・20mSv/年*3, 13mSv/3か月	・原子炉施設保安規定
・日線量	・1mSv/日	・労基署通達の準用
・日線量(管理目標値)	・0.8mSv/日または週*4	・自主管理値
・作業別線量	・各作業項目毎に設定	・自主管理値 (事前打合せにより決定)

*1：実効線量は、外部被ばくと内部被ばくによる線量の合計について定めたもの。

*2：平成 13 年 4 月 1 日以降 5 年ごとに区分した各期間（法令改正により新たに定められた）。

*3：平成 13 年 4 月 1 日以降 1 年ごと（法令改正により新たに定められた）。

*4：特殊放射線作業に従事した場合、当該作業の基準値を 0.8mSv/日とするが、特殊放射線作業以外に従事した場合、当該作業の基準値を 1 週間につき 0.8mSv 以下（各作業項目毎に任意設定：0.1～0.8mSv）とする。

2.2 総計画線量の推定

通常の定期検査では、定期検査開始前に当該定期検査期間中に計画されている放射線作業について各課に調査を依頼し、その結果をもとに作業担当者と放射線管理課担当者による協議を行い、各課作業別計画線量および総計画線量を推定してきた。また、計画線量を推定する際、必要となる各作業区域の線量率測定データについては、放射線管理課で測定した直近のデータを整理し、前回定期検査時の各作業別被ばく線量結果と併せて、事前に関係各課に配布した。なお、過去の定期検査の被ばく実績から床下区域、燃料洗浄設備、廃棄物処理建家での作業に伴う被ばくが全作業区域の約 8～9 割（床下区域：約 5 割、燃料洗浄設備：約 2 割、廃棄物処理建家：約 1.5 割）を占めていたことから、これまで定期検査開始前にこれらの区域の線量率測定を重点的に実施してきた。

第 13 回定期検査については、平成 12 年 6 月 1 日から開始され、燃料洗浄設

備と廃棄物処理建家の作業については、従来の手法で計画線量を推定したが、本定期検査期間中の主要作業場所である床下区域への入域可能時期が、原子炉第35サイクル運転後の崩壊熱除去冷却により平成12年7月以降となった。このため、床下区域での被ばくを評価する際重要となる床下区域の線量率測定が同月以降にずれこみ、かつ同区域の線量率測定結果を参考として実施した主 IHX 交換工事等の計画線量の推定に多大な時間を要したことから、第13回定期検査における定検等作業および主 IHX 交換工事に係る総計画線量の推定が、定期検査開始後の平成12年9月（所安全衛生委員会報告：原子炉第二課）となった。なお、平成12年9月以前の床下区域での作業については、こうした事情から前回定期検査時の線量率データ等を用いて計画線量を推定し、それらの計画線量は、第13回定期検査の総計画線量に含めて管理した。定検等作業および主 IHX 交換工事に係る総計画線量の推定方法を次項に示す。

2.2.1 定検等作業に係る総計画線量の推定

本定期検査は、当初約3年の長期にわたる計画であったため、定検等作業においては被ばく線量をより正確に評価するため、平成12年度から平成15年度にかけて単年度評価（平成12年度は平成12年9月実施、平成13年度以降は各当該年度の1ヶ月前に実施）とし、単年度の計画線量を合計することにより定期検査期間中の総計画線量を1156人・mSvと推定した。

推定の方法は、当該年度に計画されている放射線作業の件名、期間、内容、計画線量等について各課に調査を依頼し、その結果をもとに各課作業担当者と放射線管理課担当者間で協議し、単年度の各課作業別計画線量を推定した。定検等作業に係る総計画線量の推定方法を図-1に示す。

2.2.2 主 IHX 交換工事に係る総計画線量の推定

主 IHX 交換工事は、当初1年数ヶ月の計画であったため、被ばく線量は作業期間の一括評価とし、総計画線量を7135人・mSvと推定した。

推定の方法は、定期検査期間中に計画されている主 IHX 交換工事およびその他関連工事について各作業項目毎に、主要作業場所である床下区域の線量率測定結果をもとに作業内容、期間、作業数等を考慮し、作業担当課である原子炉第二課担当者と放射線管理課担当者間で詳細に協議し、計画線量の積み上げを行い、総計画線量を推定した。主 IHX 交換工事に係る総計画線量の推定方法の詳細を図-2に示す。

なお、床下区域における主 IHX(A),(B)および付帯する配管の交換工事に際しては、高線量率雰囲気中のこれまで作業実績のない大規模放射線作業が長期にわたって実施されることから、床下区域での被ばく評価を行う際の線量率

データについては、平成 12 年 9 月に測定したデータを参考とした。また、測定するにあたっては、これまで以上に詳細な測定データとするため、以下に示すように測定ポイントの追加や線量率の傾向を調査した。

- (1) 主 IHX(A),(B)および 1 次冷却系配管等については、当該作業区域の γ 線量率をより正確に把握することが放射線管理上重要である。従って、これまで実施してきた測定点と本作業で主要作業場所となる機器等表面および 1m 離れた位置の測定点を新たに加えた。主な作業場所となる床下区域地下 1 階、地下中 2 階の γ 線量率測定結果を図-3,4 に示す。また、主 IHX(A),(B)および配管等表面の γ 線量率測定結果を図-5 に示す。測定時のプラント状態は、原子炉停止後 95 日であり、1 次系ナトリウムはドレン状態（床下区域地下 2 階ダンプタンクに保管）である。
- (2) 今回の測定した床下区域の主な場所の線量率結果とこれまで定期検査開始前毎に測定した結果を比較した。「常陽」床下区域線量率の推移を図-6 に示す。図-6 から床下区域の主な場所の γ 線量率は、第 10 回定期検査以降ほぼ同様な傾向を示しており、飽和状態であることが確認できた。

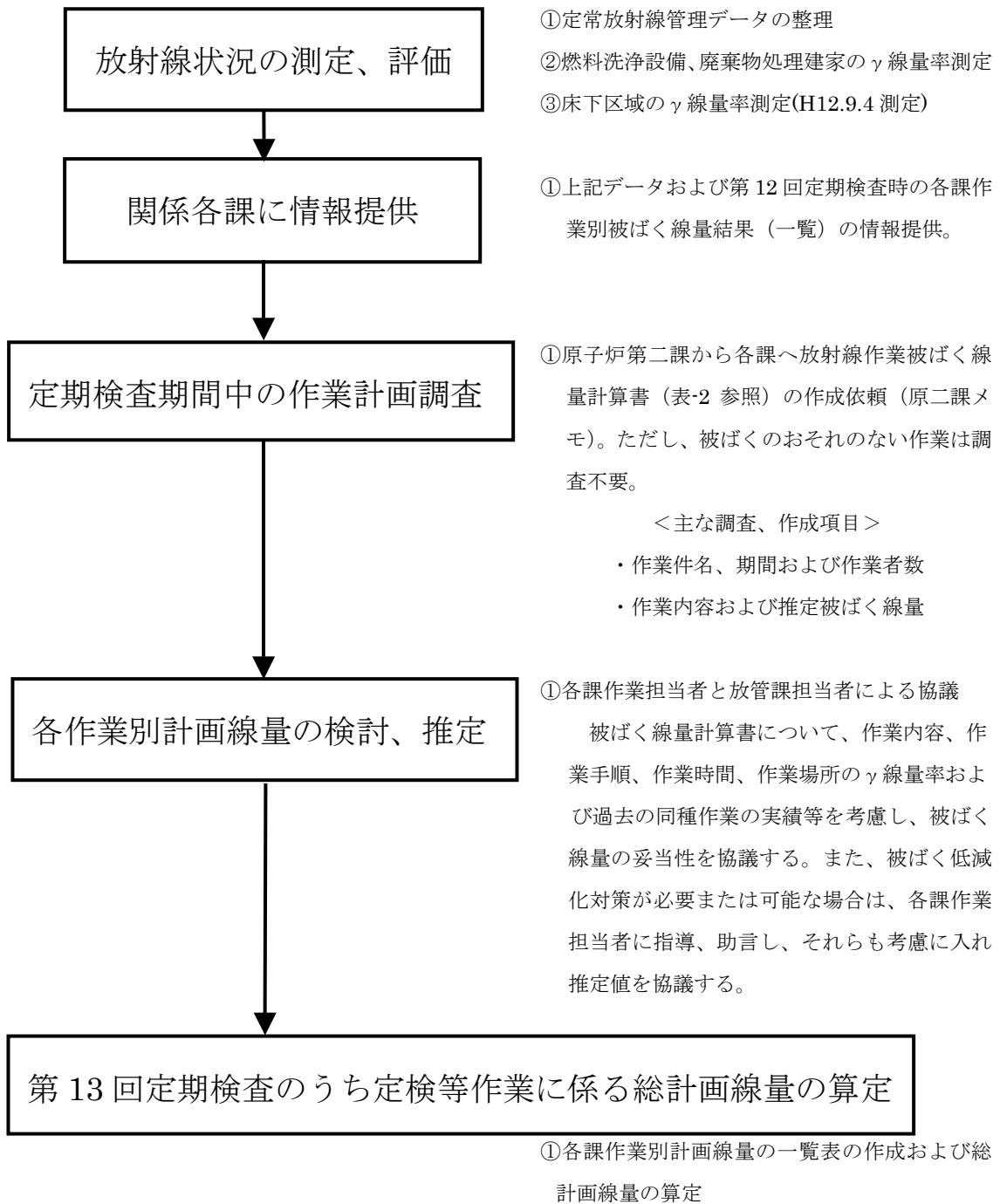


図-1. 第13回定期検査期間中の定検等作業に係る総計画線量の推定方法

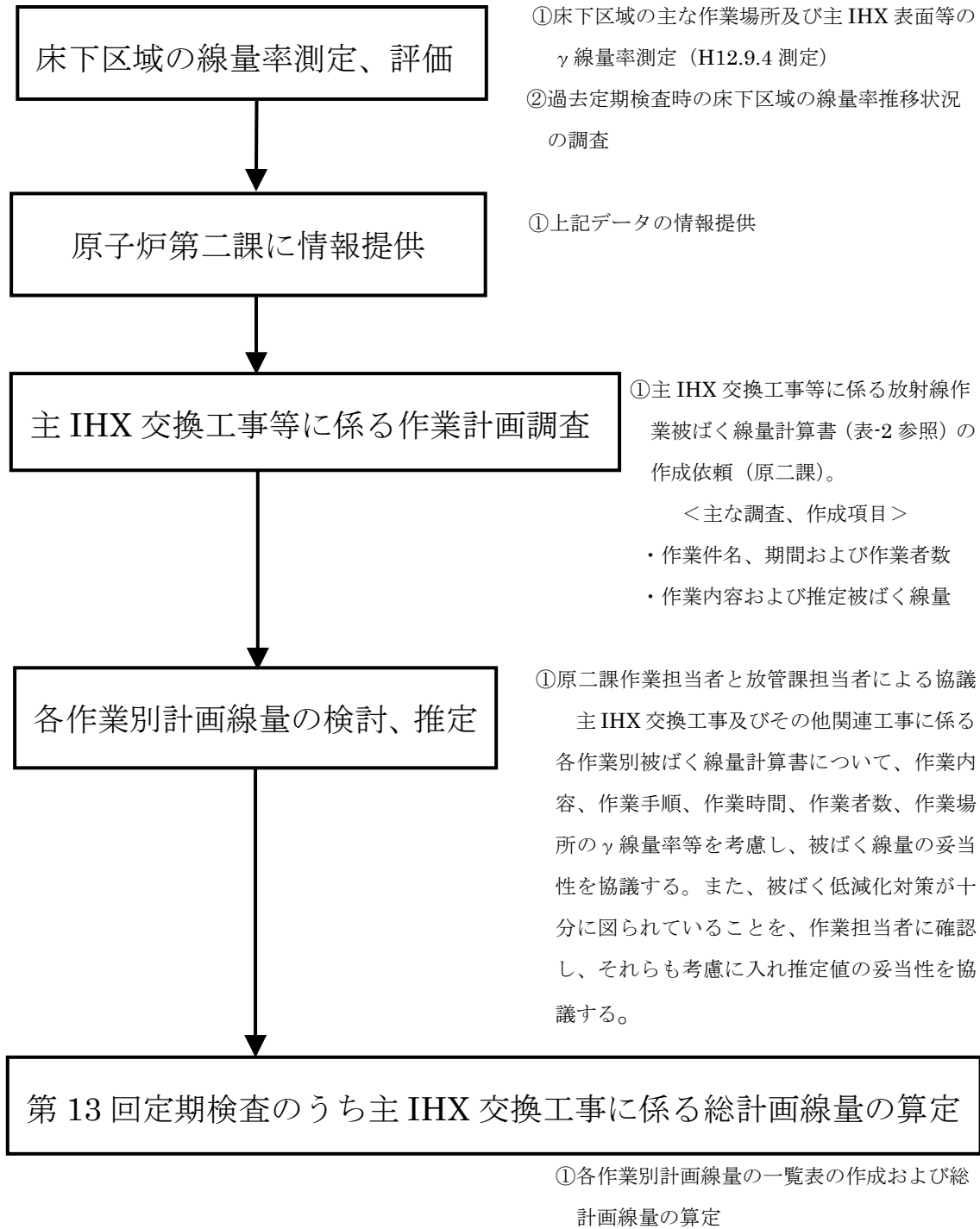


図-2. 第 13 回定期検査期間中の主 IHX 交換工事に係る総計画線量の推定方法

表-2. 第13回定期検査期間中作業の外部被ばく線量計算書

作業件名								
作業分類注)		<input type="checkbox"/> 定検作業(□点検、□補修、□改造、□R&D、□その他) <input type="checkbox"/> MK-Ⅲ工事(□IHX交換、□関連機器点検・交換等、□その他) <input type="checkbox"/> 安全対策工事(□安全総点検に係る工事、□その他)						
作業期間		平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日						
経験の有無		<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 (H 年 月 ~ H 年 月に実施) 被ばく実績値(合計: 人・mSv、個人最大 mSv)						
作業担当者	J N C	課 _____ Tm _____ 担当者: _____ TEL: _____		作業場所				
	業者名	_____	: 名		_____	: 名	_____	: 名
		_____	: 名		_____	: 名	_____	: 名
外部被ばく線量計算								
区 分			線量率(推定) (mSv/h)	作業時間 (hr)	線量 (mSv)	人数 (人)	総線量 (人・mSv)	
場所	作業内容	経験						
備考[メモ]				合 計				
注)作業分類 定検作業:MK-Ⅲ作業以外の点検、補修、改造等の作業 MK-Ⅲ工事:IHX交換、関連機器点検・交換等の作業 安全対策工事:JNC安全総点検に係る機器・設備等の点検、補修、交換等の作業 ※ B.Gレベル(1μSv/h)以下の線量率エリアで行われる作業内容については、総線量の評価は不要。								

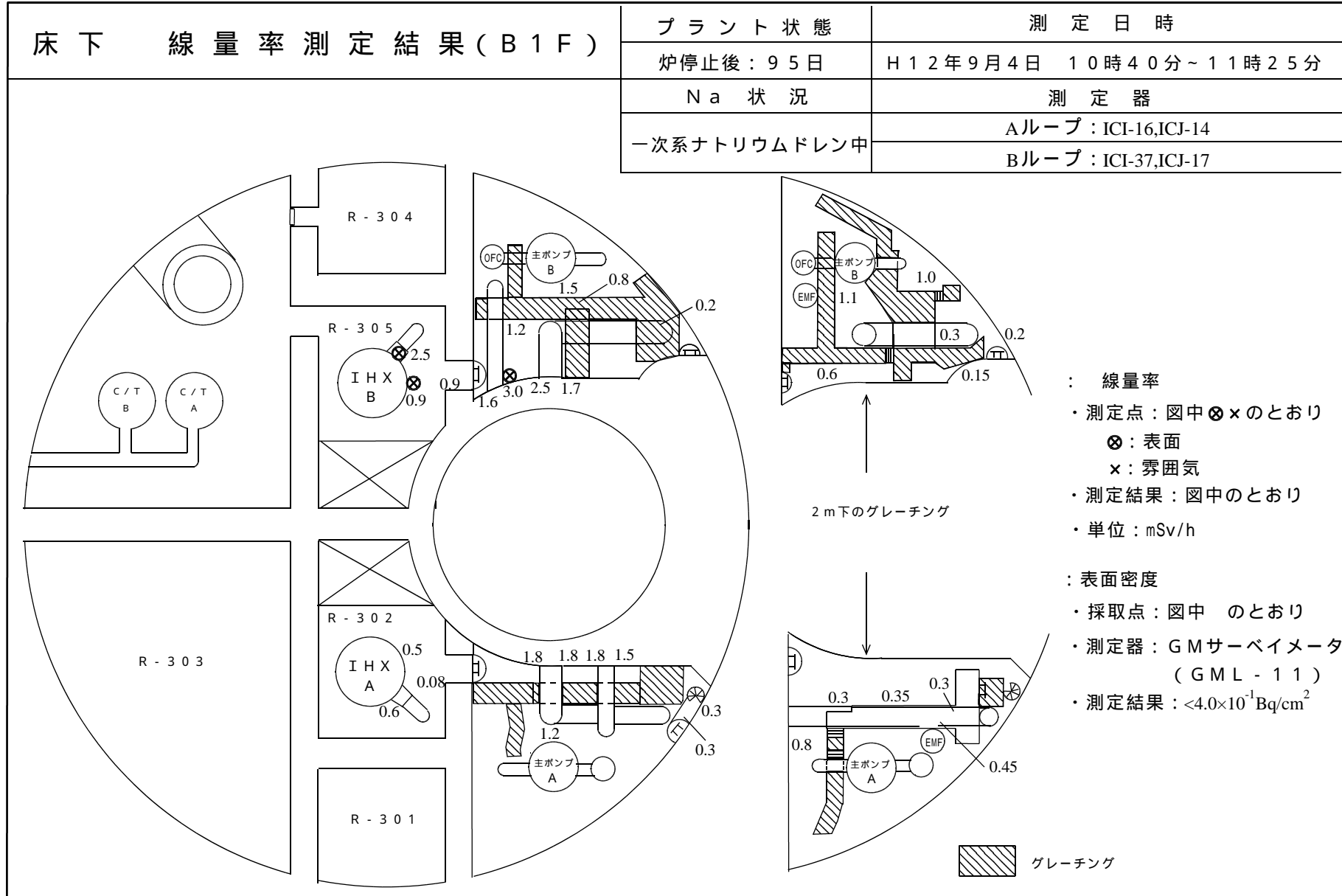


図 - 3 原子炉建家床下区域地下1階の 線量率測定結果

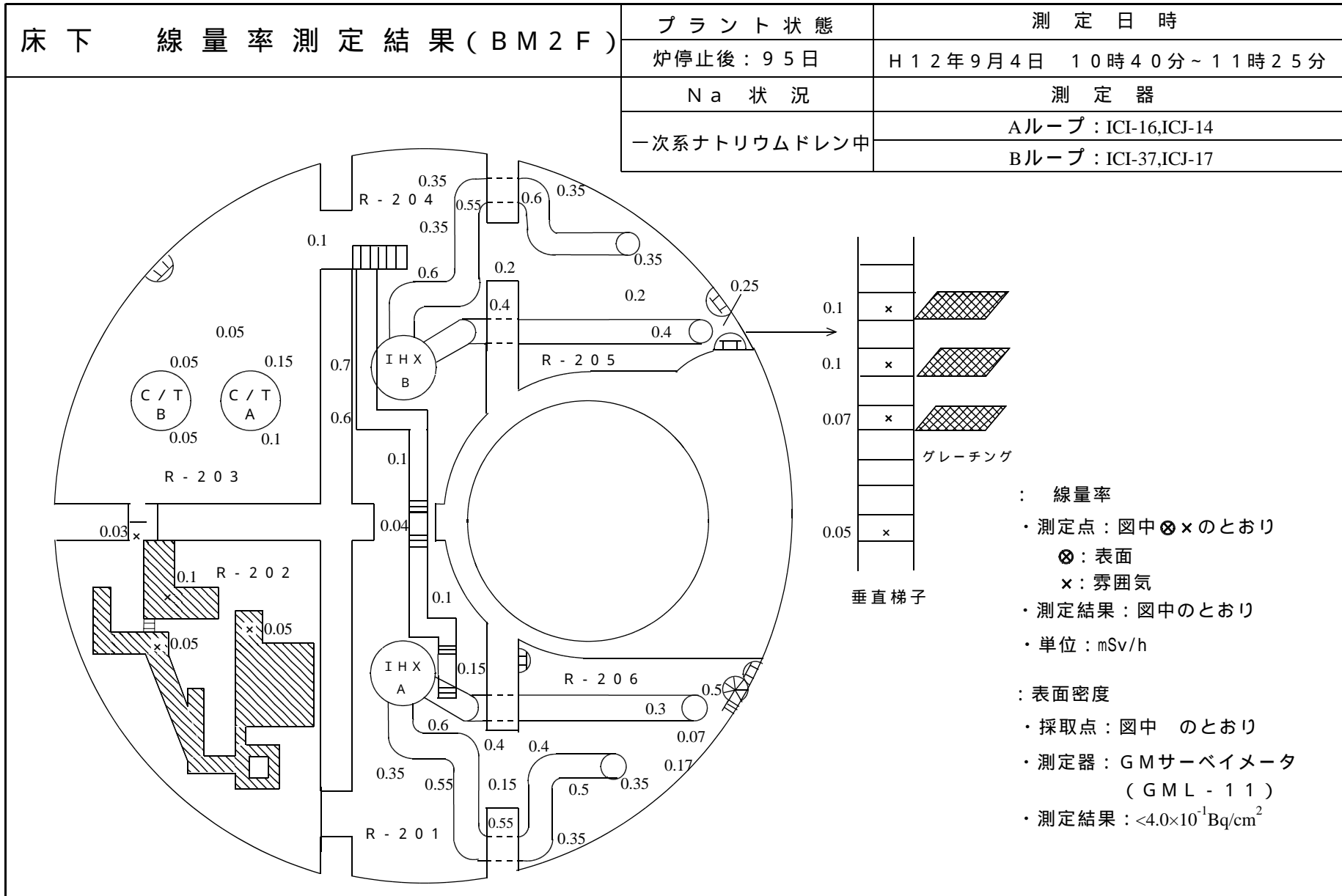


図 - 4 原子炉建家床下区域地下中2階の 線量率測定結果

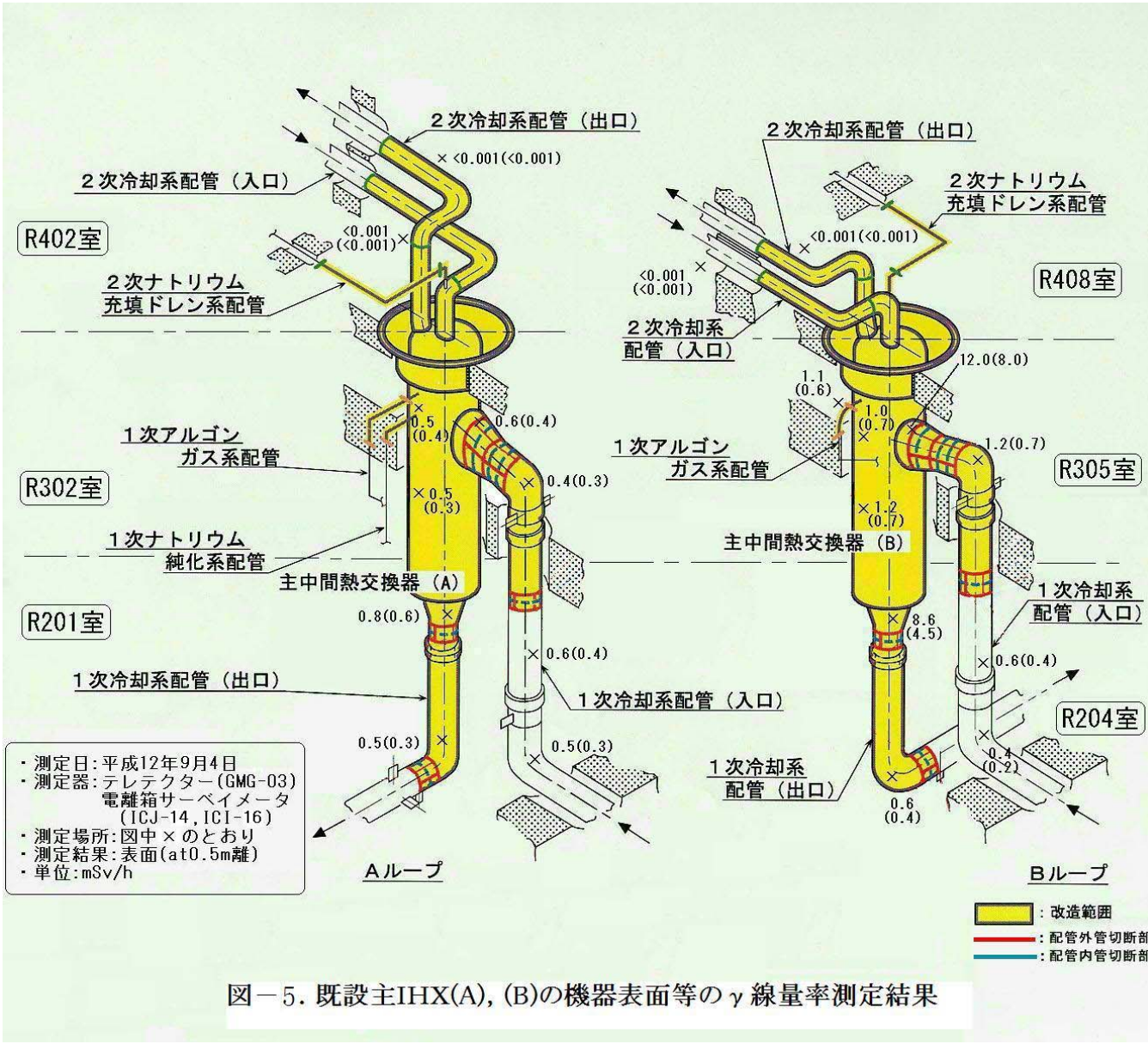


図-5. 既設主IHX(A), (B)の機器表面等のγ線量率測定結果

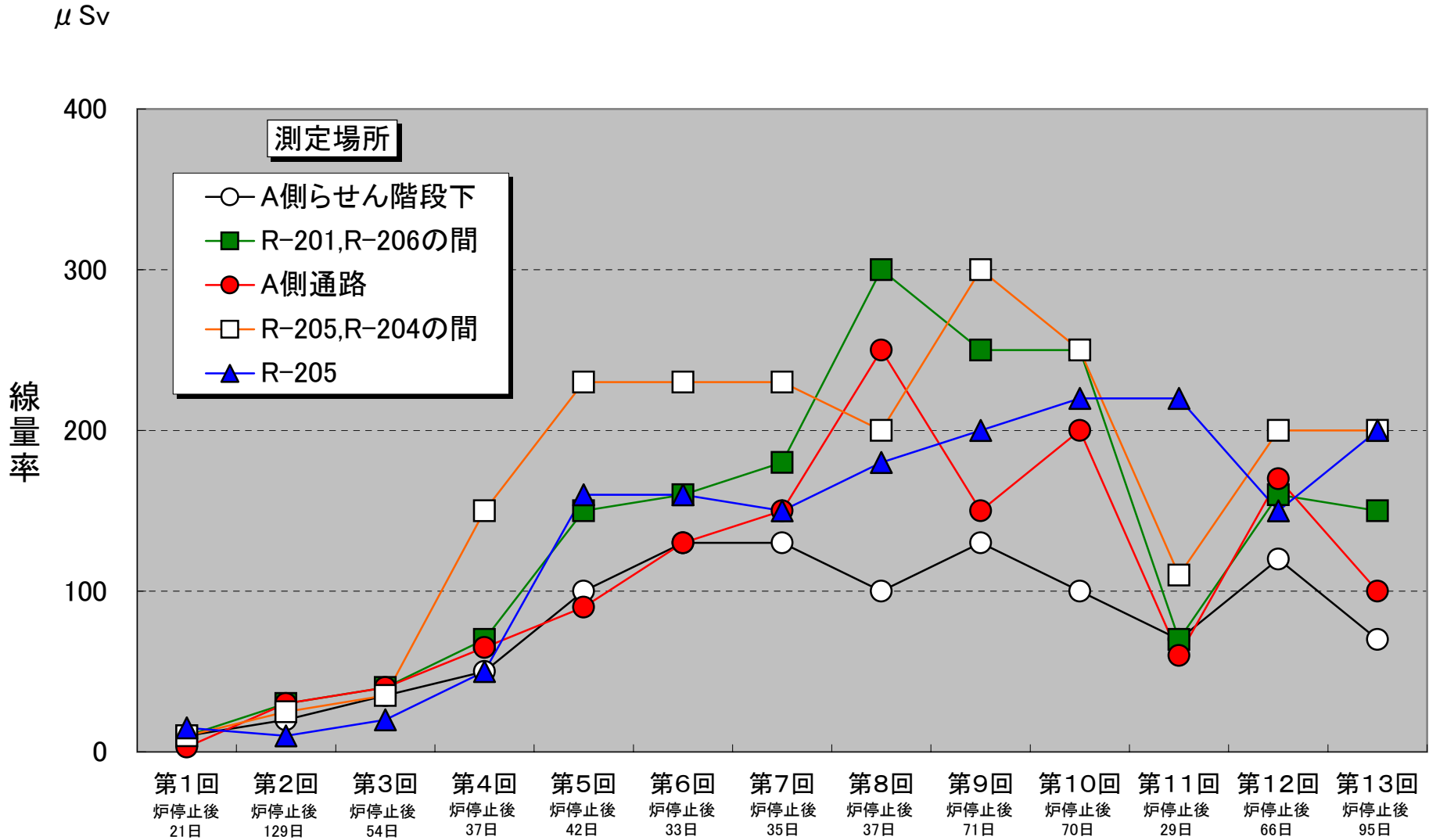


図-6. 「常陽」床下区域線量率の推移

2.3 管理努力目標値の設定

定検等作業および主 IHX 交換工事で推定した総計画線量とは別に、定期検査関係者の被ばく低減に対する意識の高揚による効果を期待して、被ばく管理上の目標値として管理努力目標値を定めている。また、管理努力目標値は、過去の定期検査の経験に基づき、計画線量を超えて作業することを防止するために、自主的に設定した値（計画線量の 80%）である。

第 13 回定期検査の管理努力目標値として、定検等作業は 925 人・mSv、主 IHX 交換工事は 5708 人・mSv（合計 6633 人・mSv）とした。

2.4 管理方法

2.4.1 個人線量計の着用

管理区域に入域する際は、放射線業務従事者に個人線量計として TLB（熱蛍光線量計バッジ）と補助線量計として APD の着用を義務づけ、作業者の被ばく線量を管理した。個人線量計の種類、着用目的等について表-3 に示す。

表-3. 個人線量計の種類、着用目的

個人線量計の種類	着用基準	着用目的	評価担当
TLB(熱蛍光線量計バッジ)	管理区域への立入りの都度(被ばく線量評価用)	四半期毎の放射線業務従事者の被ばく線量の評価	線量計測チーム
APD(警報付きポケット線量計)	管理区域への立入りの都度(作業被ばく管理用)	管理区域立入り毎の被ばく線量の測定および警報機能による制限。また、日、週、作業期間等の被ばく線量の監視	第 2 チーム

2.4.2 被ばく線量の監視

被ばく線量の監視は、計算機を使用した APD システムで実施した。本システムは、作業計画に基づく個人推定線量の約 8 割を APD の警報設定値とし、作業者の被ばく線量の抑制と監視を行った。また、作業者の立入り毎の測定結果を集積することにより要警戒線量、日線量および作業別線量等の各管理基準値を超えることのないよう管理した。さらに、定期検査期間中の各作業件名、作業者個人、各課毎の総実績線量等の管理に活用した。

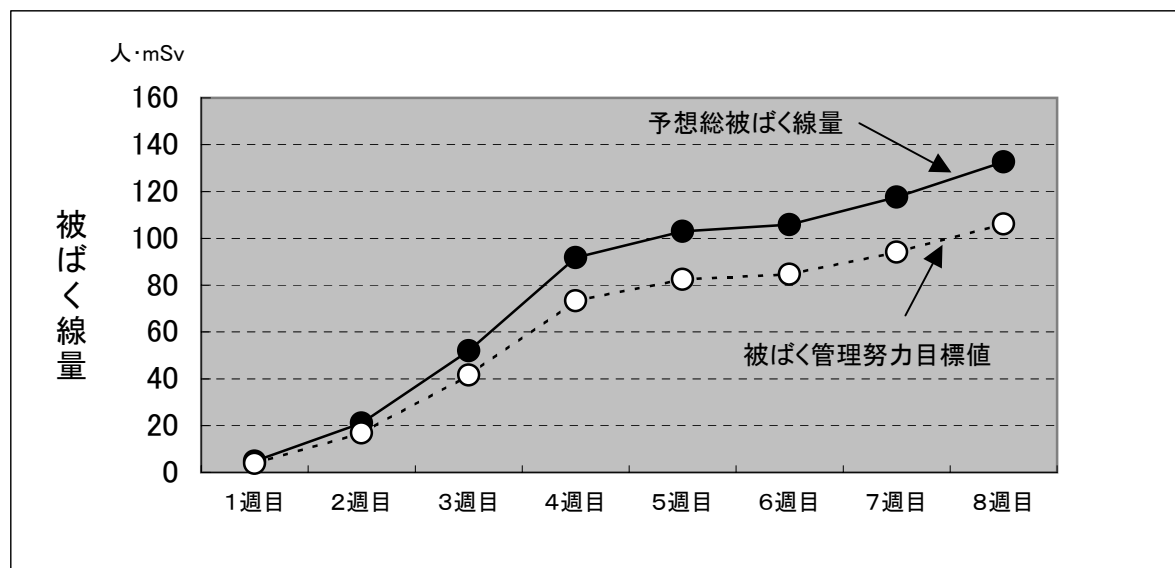
2.4.3 管理努力目標値の監視

管理努力目標値の監視については、まず総計画線量の調査結果をもとに、作業予定期間に合わせ週単位で被ばく線量（計画線量の 80%）を積算していくことにより予想総被ばく線量推移曲線を作成した。この曲線を基に APD システムで収集される定期検査期間中の総実績線量の推移を監視し、特異な

被ばくがないことを随時管理してきた。参考として、管理努力目標値に係る予想総被ばく線量推移曲線の作成方法（例）を図-7に示す。

第 13 回定期検査は、これまで実施されてきた定期検査とは異なり、床下区域での主 IHX(A),(B)の交換工事およびその他関連工事に係る特殊放射線作業が数多く実施されたため、計画線量に対する実績値の割合を随時評価し、作業者の被ばく管理の強化に努めた。また、これらの結果は、毎週行われる実験炉部内の管理職会議に提示し、各課長に対して推移状況の確認および各課員への周知を依頼し、作業者全体の被ばく低減に係る意識の高揚を図った。実験炉部内の管理職会議に提示した資料「第 13 回定期検査の総被ばく線量の推移」（例）を図-8に示す。

作業件名	計画被ばく線量 (人・mSv)	作業期間							
		1週目	2週目	3週目	4週目	5週目	6週目	7週目	8週目
A	13.0		2.0 11.0						
B	22.5		2.5	18.0	2.0				
C	16.5			5.0	11.5				
D	24.0			5.0	15.0	0.0	0.0	4.0	
E	17.0				8.5	8.5			
F	17.2							5.0	12.2
上記20%	22.4	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
各週の被ばく線量の合計		4.8	16.3	30.8	39.8	11.3	2.8	11.8	15.0
管理努力目標値(80%)		3.84	13.04	24.64	31.84	9.04	2.24	9.44	12.00



- ① 1人・mSv以上およびその他の作業を20%と推定し、放射線作業一覧を上図に示すように工程に合わせて整理する。
- ② 各週ごとに放射線作業の推定被ばく線量を集計する。各放射線作業の推定被ばく線量は、作業期間中の被ばく線量を作業内容および工程を考慮し、各週に重み付けを行い分配する。
- ③ 各週ごとの被ばく線量を集計し、集計値の80%を週ごとの管理努力目標値とする。
- ④ 週ごとの管理努力目標値を積算し、グラフを作成する。

図-7. 管理努力目標値に係る予想総被ばく線量推移曲線の作成方法(例)

第13回定検(12年度)およびMK-III改造工事の総被ばく線量の推移 (H13.3.25~H13.3.31)

1. 各課別被ばく線量(定検開始 H12.6.1~)

(単位:人・mSv)

	実験炉部	技術課	原一課	原二課		照射課	環境課	放管課	12年度 合計	MK-III
	定検	定検	定検	定検	安全対策工事	定検	定検	定検		
予想被ばく線量	1.00	4.19	43.52	113.54	78.24	1.00	28.79	4.33	274.61	7134.59
被ばく管理努力目標値	0.80	3.35	34.82	90.83	62.59	0.80	23.03	3.46	219.69	5707.67
先週の被ばく線量 (H13.3.25~H13.3.31)	0.00	0.06	0.70	0.00	0.00	0.00	0.24	0.04	1.04	69.12
実績総被ばく線量	0.00	1.72	29.64	57.20	59.04	0.04	16.54	1.62	165.80	1575.34

(注)MK-IIIについては、主IHX(A, B)の交換工事に係る平成12年度および13年度分の集計である。

2. 個人最大被ばく線量(定検+MK-III) 単位:mSv

	職員	職員外
個人最大被ばく線量	18.09	15.60

4. MK-III工事の個人平均被ばく線量^{*2}(原子炉床下区域入域時)

作業期間	H12.6.1~ H13.3.31	H13.3.25~ H13.3.31
全体	0.19 mSv	0.17 mSv
JNC	0.13 mSv	0.08 mSv
日立	0.20 mSv	0.19 mSv

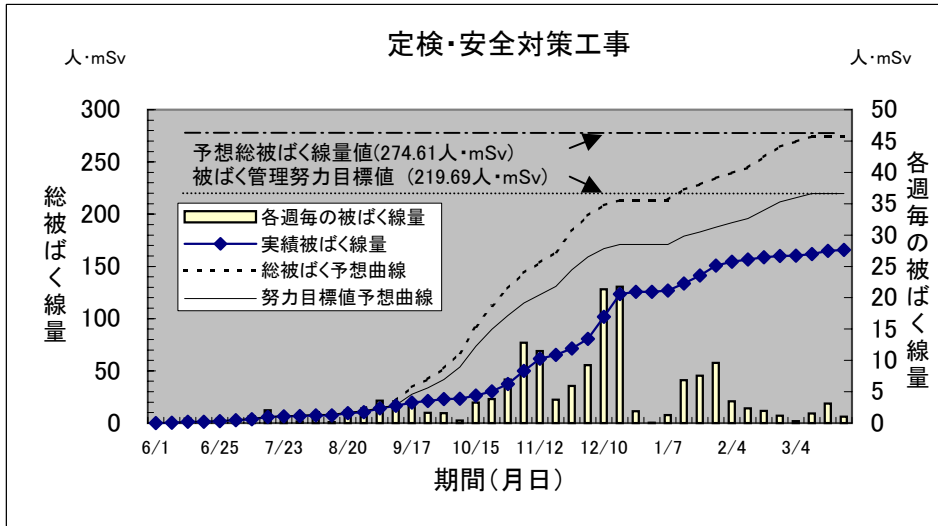
3. 先週の主な放射線作業

3.1 定検作業

*2:0.01mSv以上被ばくした個人の平均

作業件名	作業区分	作業担当課	作業期間	被ばく線量 (人・mSv)	
				計画値	先週実績(累積)
燃料取扱設備制御系の更新・改造(第2種)	第2種放射線作業	原一課	H13.2.1~H13.3.31	3.00 ^{*1}	0.45 (2.85)

*1:予想値



3.2 MK-III改造工事

作業件名	作業区分	作業担当課	作業期間	被ばく線量 (人・mSv)	
				計画値	先週実績(累積)
1次系改造工事に係る現場管理作業	特殊放射線作業	原二課	H12.11.1~H13.8.31	1419.80	13.94 (286.73)
主IHX交換に係る切断・撤去助勢作業	特殊放射線作業	原二課	H13.1.4~H13.3.31	1101.32	49.50 (499.59)
1次系改造工事に係る機械および溶接作業	特殊放射線作業	原二課	H12.12.21~H13.6.30	759.58	5.47 (317.88)

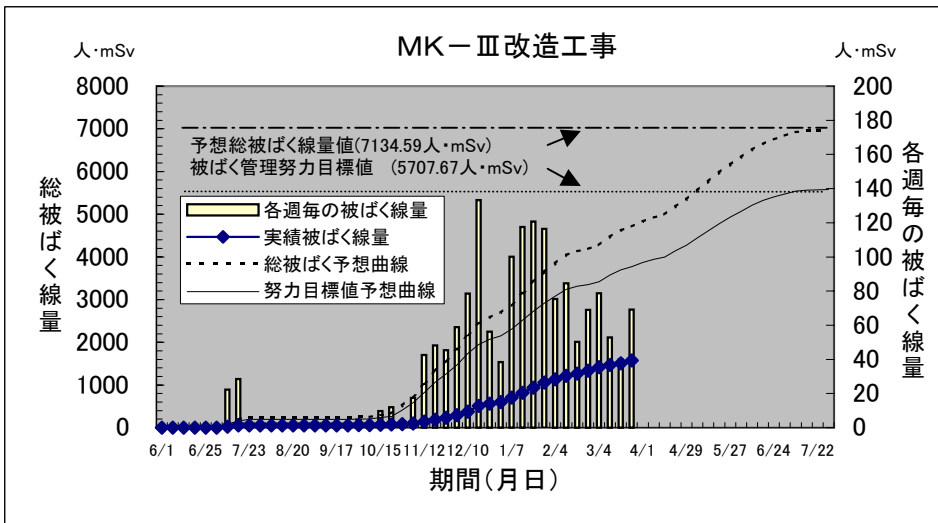


図-8. 第13回定期検査期間における総被ばく線量の推移(例)

3. 外部被ばくの管理結果

3.1 被ばく線量結果

第 13 回定期検査期間中における外部被ばく線量は、総計画線量 8290.60 人・mSv に対し総実績線量は 3018.70 人・mSv であった。総実績線量のうち約 8 割 (2385.59 人・mSv) が主 IHX 交換工事によるものであり、約 2 割 (633.11 人・mSv) が定検等作業によるものであった。また、本期間中の被ばく管理対象の放射線業務従事者数は 2012 人で、作業者個人の最大線量は 26.32mSv、平均線量は 1.50mSv であり表-1 に示す管理基準値を超えることはなかった。第 13 回定期検査期間中の外部被ばく線量およびその分布結果を表-4,5 に示す。

表-4. 第 13 回定期検査期間中の被ばく線量結果

区分	放射線業務従事者数 (人)	総線量 (人・mSv)	個人平均線量 (mSv)	個人最大線量 (mSv)
職員	194	225.85	1.16	26.32
職員外	1818	2792.85	1.54	23.13
合計	2012	3018.70	1.50	—

表-5. 第 13 回定期検査期間中の被ばく線量分布結果

線量 mSv 区分	5 以下	5 を超え 15 以下	15 を超え 25 以下			25 を超え 50 以下	50 以上	合計
			15 を超え 20 以下	20 を超え 25 以下	小計			
職員	182	6	4	1	5	1	0	194
職員外	1634	153	27	4	31	0	0	1818
合計	1816	159	31	5	36	1	0	2012

(単位：人)

3.2 総計画線量に対する実績

第 13 回定期検査期間中に係る総実績線量のうち、定検等作業は 633.11 人・mSv であり、総計画線量(1156.01 人・mSv)に対して 54.8%であった。また、主 IHX 交換工事に係る総実績線量は 2385.59 人・mSv であり、総計画線量(7134.59 人・mSv)に対して 33.4%であった。定検等作業に係る各年度(平成 12~15 年度)毎の総計画線量と総実績線量の推移曲線を図-9~図-12 に、また、MK-III 改造工事に係る総計画線量と総実績線量の推移曲線を図-13 に示す。

過去 5 回(第 8~12 回)の定期検査における総計画線量に対する総実績線量の割合は、約 6~9 割であり、第 13 回定期検査のうち定検等作業は、概ねその

範囲内であった。主 IHX 交換工事については約 3 割であり、総計画線量と総実績線量の差の主な要因について次項に示す。

3.3 主 IHX 交換工事に係る総計画線量と総実績線量の差の主な要因

主 IHX 交換工事に係る総計画線量と総実績線量の差の主な要因について以下に示す。

- (1) 既設主 IHX、1 次系配管等の高線量率部位への鉛遮蔽の強化および既設主 IHX 撤去後の主要作業場所の空間 γ 線量率が予想以上に低減(計画時約 1/10 \Rightarrow 実績最大約 1/30) したこと。
- (2) 特に高線量率部位での作業時は、効率的な作業、作業者のローテーションに心掛け、主作業以外は低線量率エリアに待避するなどの作業管理について、毎朝夕の作業打合せ等において徹底したこと。
- (3) 1 次系配管の切断、溶接等の作業は、高線量率部位において短時間かつ正確な作業を要求される最重要作業であったことから、事前に作業場所、機器、配管等を模擬したモックアップ装置を製作し、作業予定者全員が配管の切断、溶接等の訓練を繰り返し行ったことにより熟練度合が向上し、作業時間の短縮に繋がったこと。
- (4) 長期にわたる初の大規模放射線作業であったことから、作業の不具合等を考慮し、作業者を多めに登録したことにより、結果的に総計画線量が多く設定された。しかし、作業は比較的順調に行われ、約 2~3 割の作業者が作業に従事しなかったこと。

以上のような要因が考えられるが、本工事は、床下区域における高線量率雰囲気での長期にわたる作業で、かつ 1 次系バウンダリを開放したこれまで経験のない大規模放射線作業であったことから、モックアップ訓練、遮蔽の強化、作業管理の徹底など色々な被ばく低減化対策が実施され、大きな効果が得られた。しかし、作業計画段階ではこれらの被ばく低減対策の効果をある程度評価したが、計画線量の積み上げに十分反映できなかったことが総計画線量と総実績線量の差の大きな要因であると考えられる。今後、類似作業が計画された場合は、今回の事例を参考にしてより詳細に評価する必要がある。

3.4 作業区分別の被ばく線量結果

定検等作業の外部被ばく線量の内訳として、定検作業が 411.29 人・mSv、安全対策工事が 221.82 人・mSv であり、総実績線量に占める割合は、定検作業が 13.6%、安全対策工事が 7.4%であった。一方、主 IHX 交換工事の外部被ばく線量の内訳として、1 次系配管の切断、Na 除去等の直接作業が 433.25 人・mSv、

干渉物撤去・復旧、各種助勢等の間接作業が 1468.42 人・mSv、指導、検査、放射線管理等の管理作業が 483.92 人・mSv であり、総実績線量に占める割合は、直接作業が 14.4%、間接作業が 48.6%、管理作業が 16.0%であった。

次に、本定期検査期間中に実施された放射線作業件数および総実績線量に占める割合は、特殊放射線作業 26 件 (89.5%(定検等作業 10.8%,MK-III改造工事 78.7%))、放射線作業 806 件 (10.4%)、管理区域内作業届 672 件 (0.1%) であり、また、定検等作業における作業区分別総実績線量の割合は、点検：43.9%、改造：2.6%、補修：17.1%、R&D：1.4%、その他：35.0%であった。結果の詳細として、放射線作業計画別被ばく線量について表-6 に、第 13 回定期検査における全作業区分別被ばく線量 (内訳) について図-14 に、各年度 (平成 12~15 年度) における作業区分別被ばく線量について図-15~図-18 にそれぞれ示す。また、各年度における作業区分別の計画および実績被ばく線量の詳細について表-7 に示す。

さらに、これまでの定期検査毎の作業区分別の総実績線量の推移等について、MK-III改造工事を含めた結果を図-19 に、MK-III改造工事を除いた結果を図-20 に示す。第 13 回定期検査の総実績線量は結果的には過去最大であるが、これは定期検査期間が、これまで実施された各期間より約 2~3 倍長く設定され、かつ、床下区域の作業が数多く実施されたことによるものと思われる。その他、被ばく線量は、床下区域の作業を除けば大きな差はなく推移している。

表-6. 放射線作業計画別被ばく線量

放射線作業計画書	総被ばく線量 (人・mSv)	件数 (件)	作業 1 件当りの平均被ばく 線量(人・mSv/件)
特殊放射線作業	全作業：2703.00	26	定検期間全作業 (26 件)： 103.96
	内 定検等作業： 訳 327.69	—	定検等作業(15 件)：21.85
	MK-III改造工 事：2375.31	—	MK-III改造工事(11 件)： 215.94
放射線作業	312.83	806	0.39
管理区域内作業届	2.87	672	0.004
合計	3018.70	1504	—

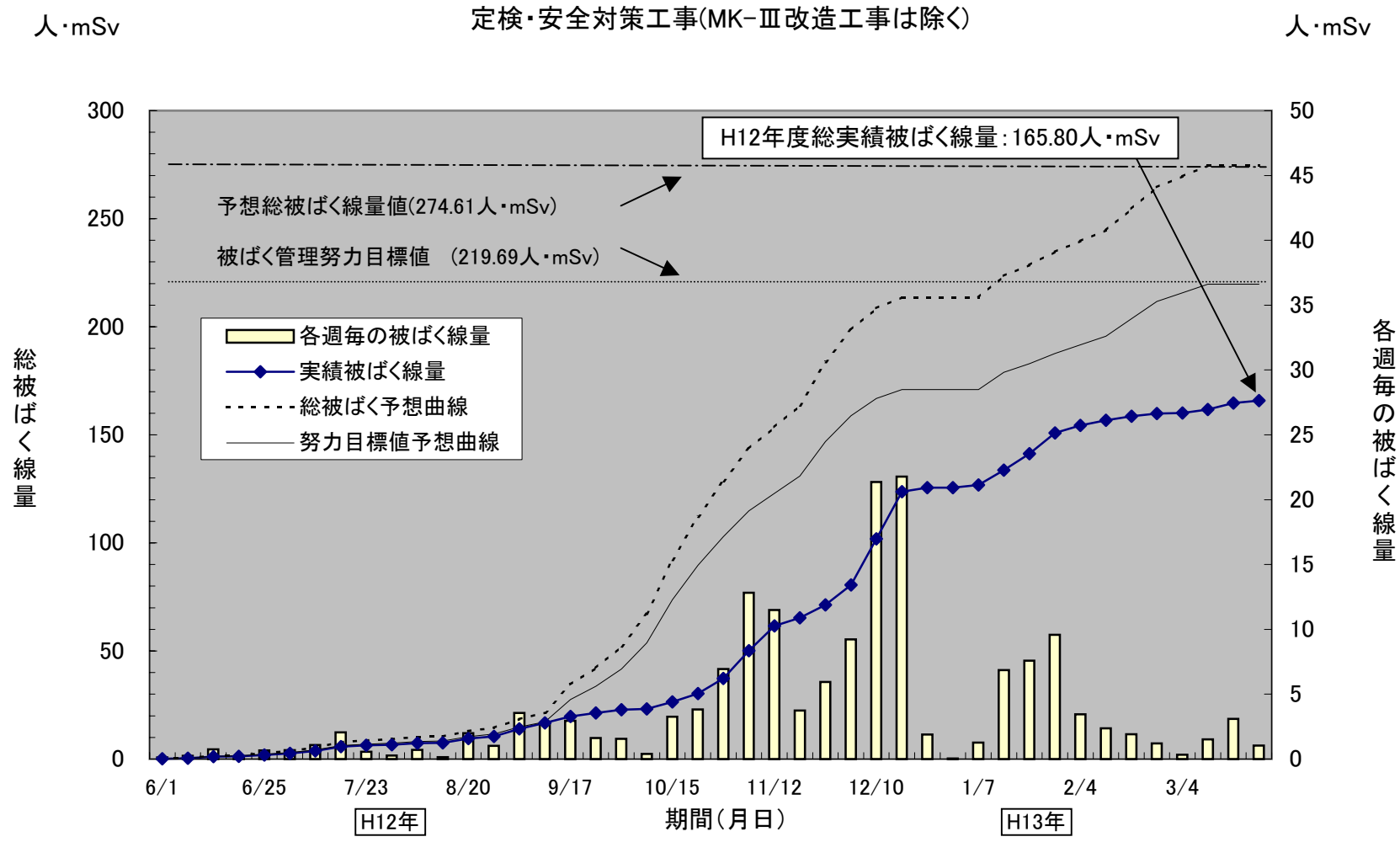
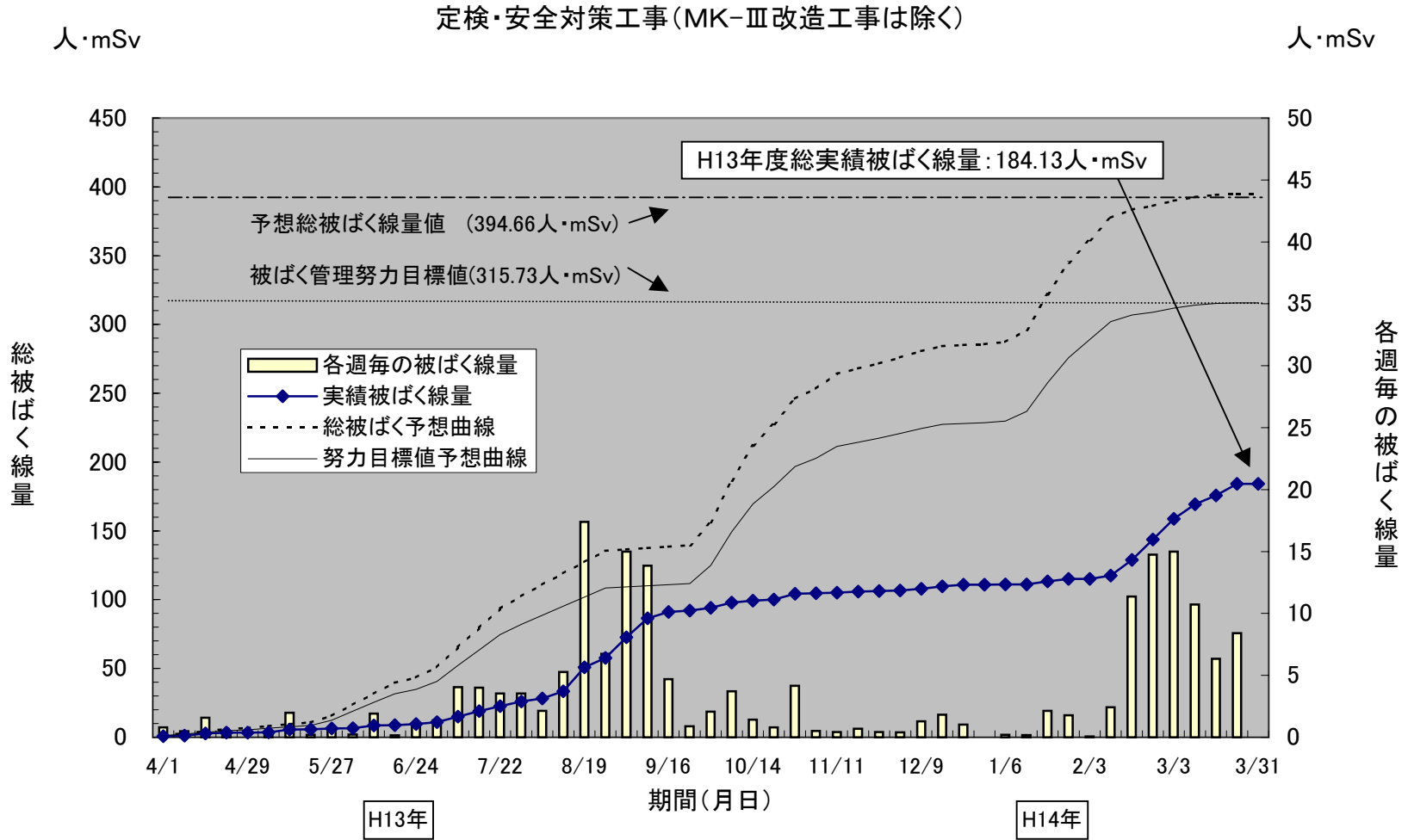
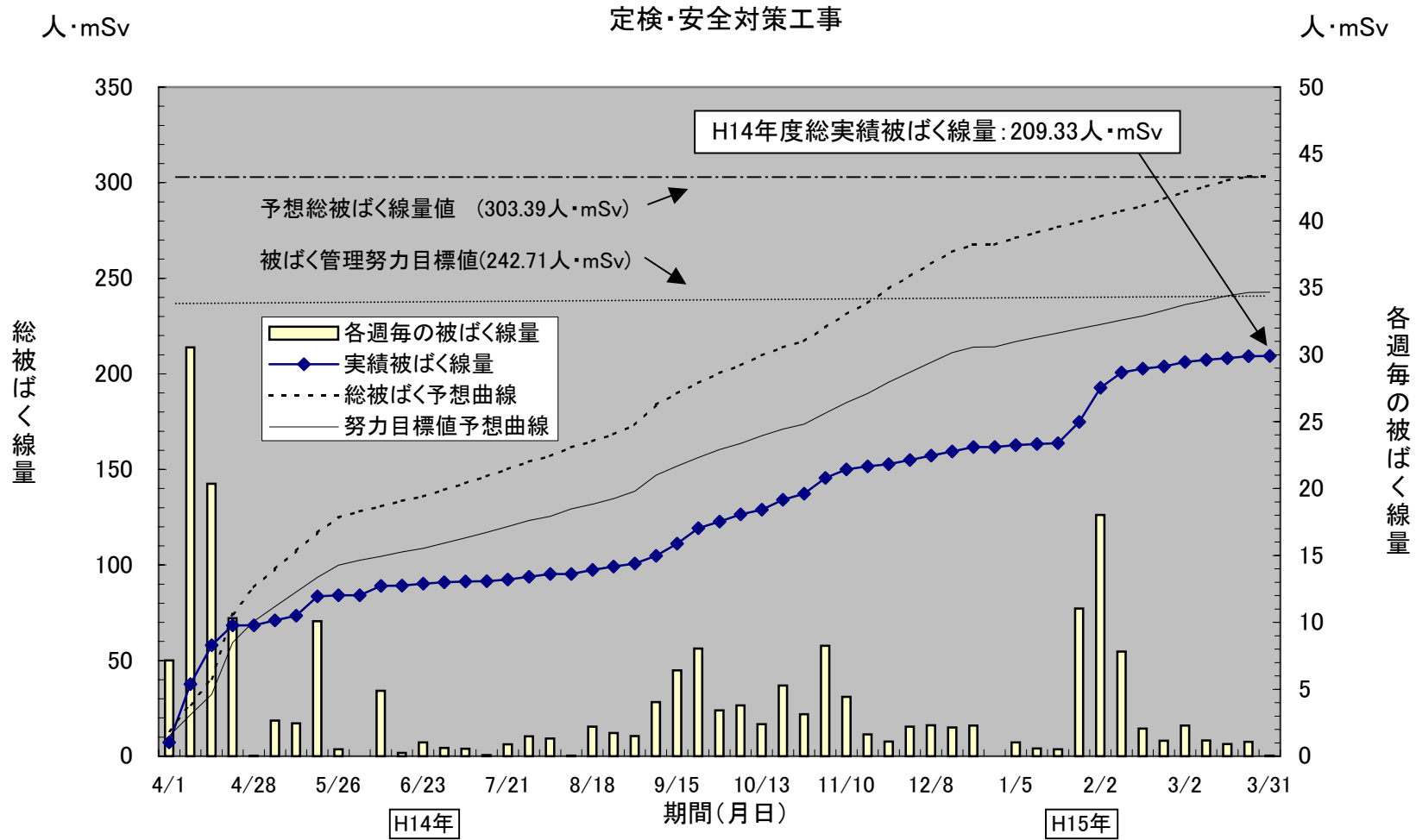


図-9. 総計画線量と総実績線量の推移曲線(平成12年度)



図一10. 総計画線量と総実績線量の推移曲線(平成13年度)



図一11. 総計画線量と総実績線量の推移曲線(平成14年度)

定検作業

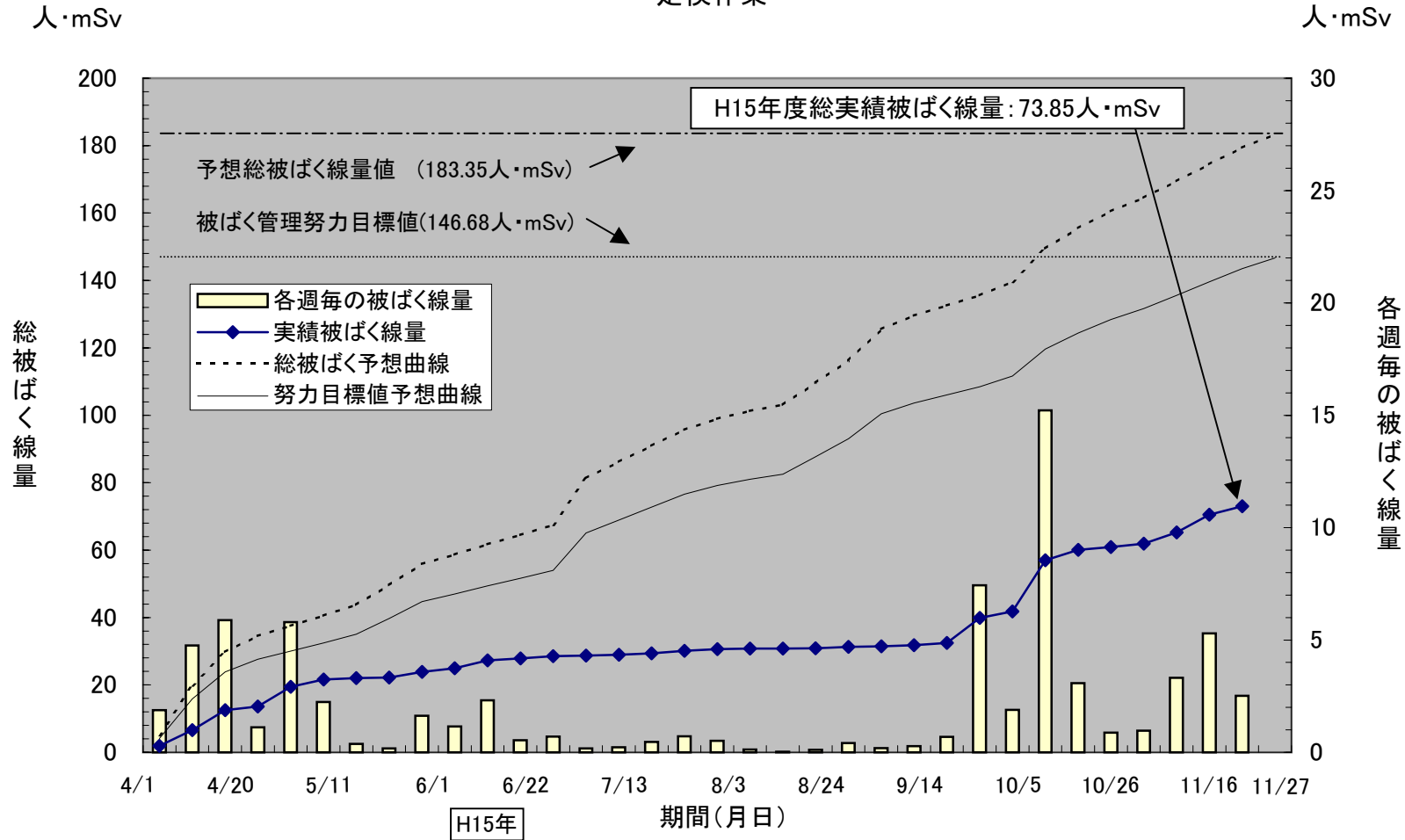


図-12. 総計画線量と総実績線量の推移曲線(平成15年度)

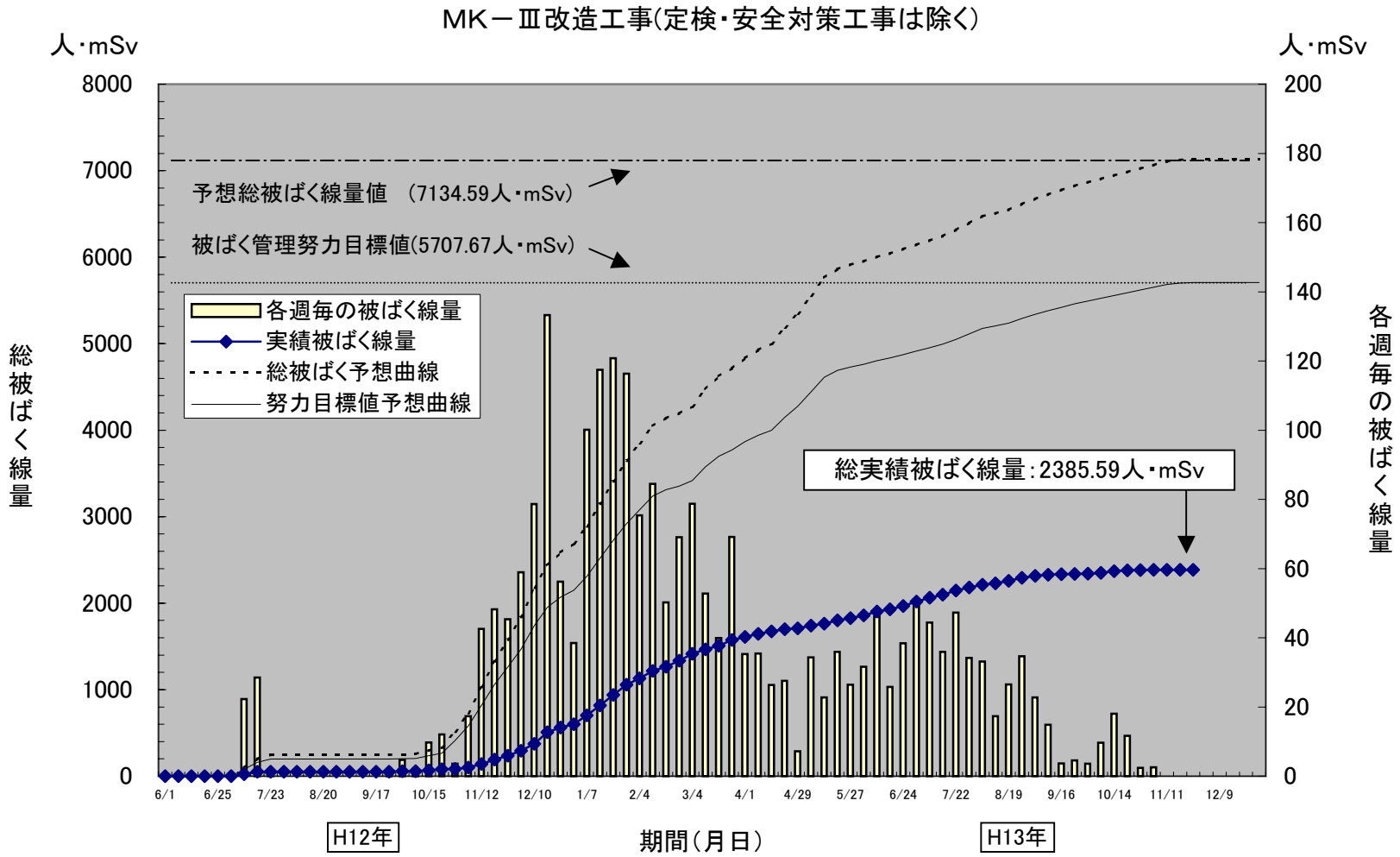
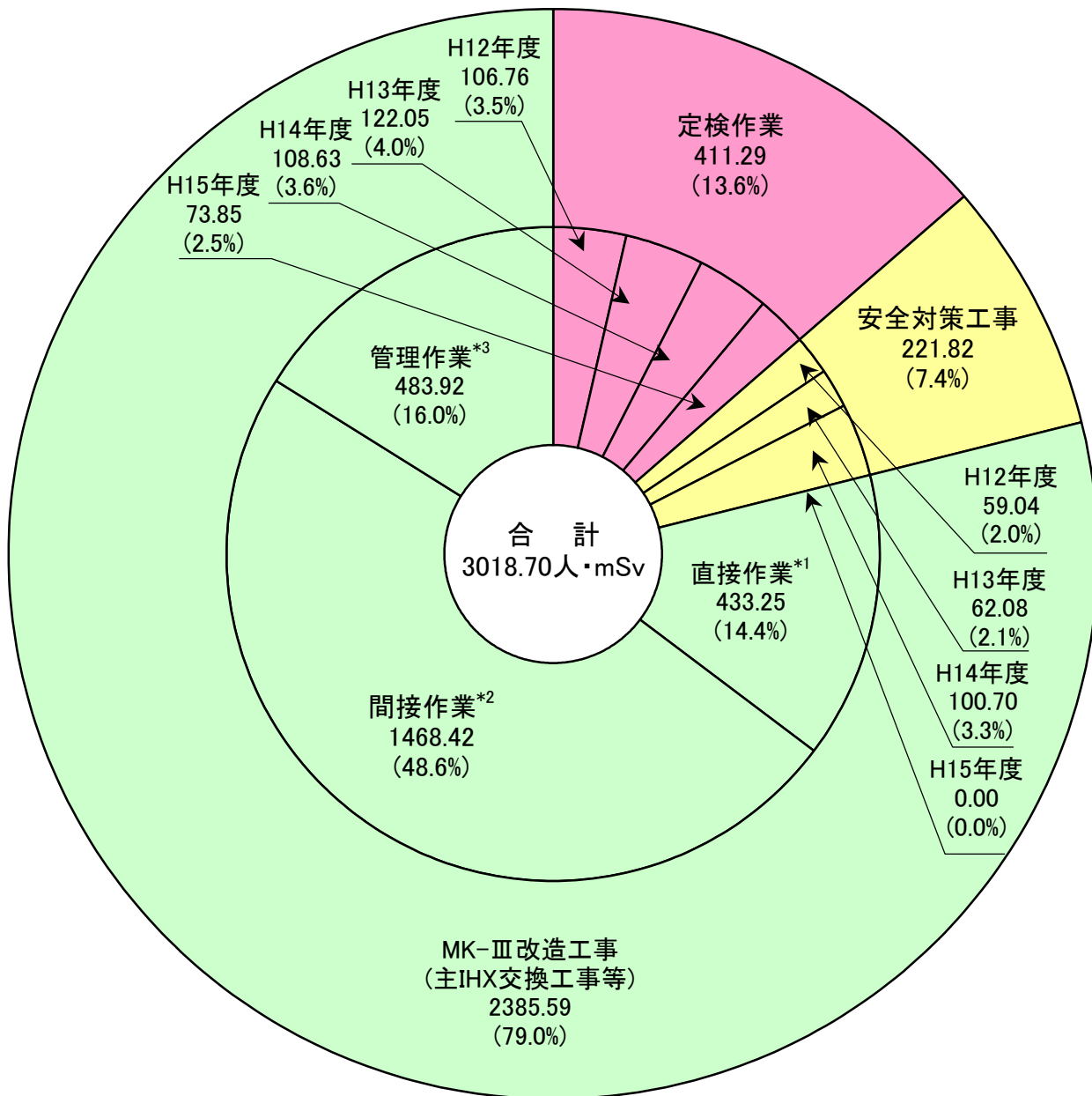


図-13. 総計画線量と総実績線量の推移曲線(MK-Ⅲ改造工事)



[人・mSv]

- *1 直接作業: 1次系配管切断、配管内Na除去、溶接等作業である。
- *2 間接作業: 干渉物撤去・復旧、GH設置・解体、各種助勢等作業である。
- *3 管理作業: 指導、監督、放射線管理、試験・検査等作業である。

図-14. 第13回定期検査における全作業区分別被ばく線量

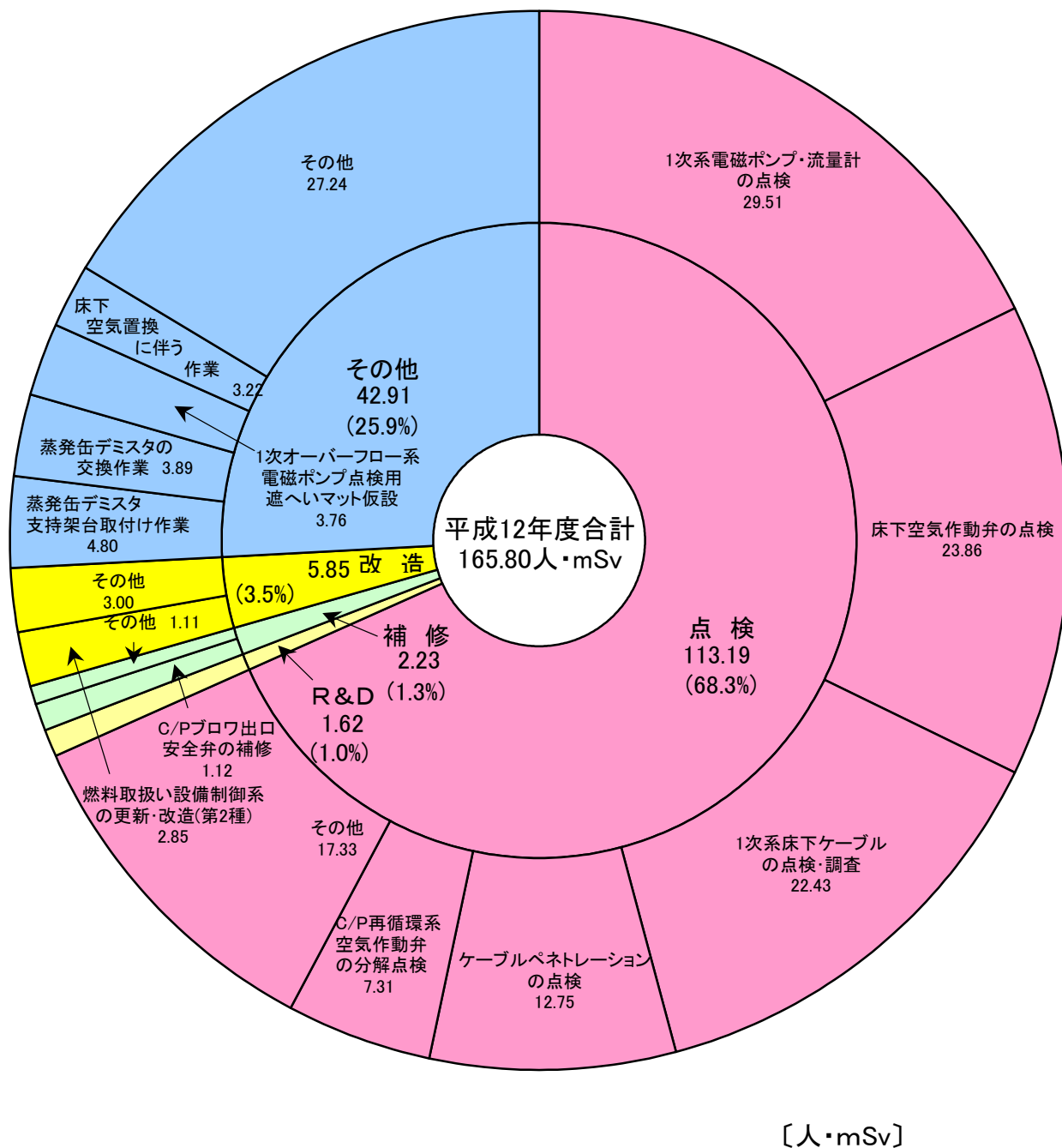


図-15. 第13回定期検査に係る定検等作業における作業区分別被ばく線量(平成12年度)

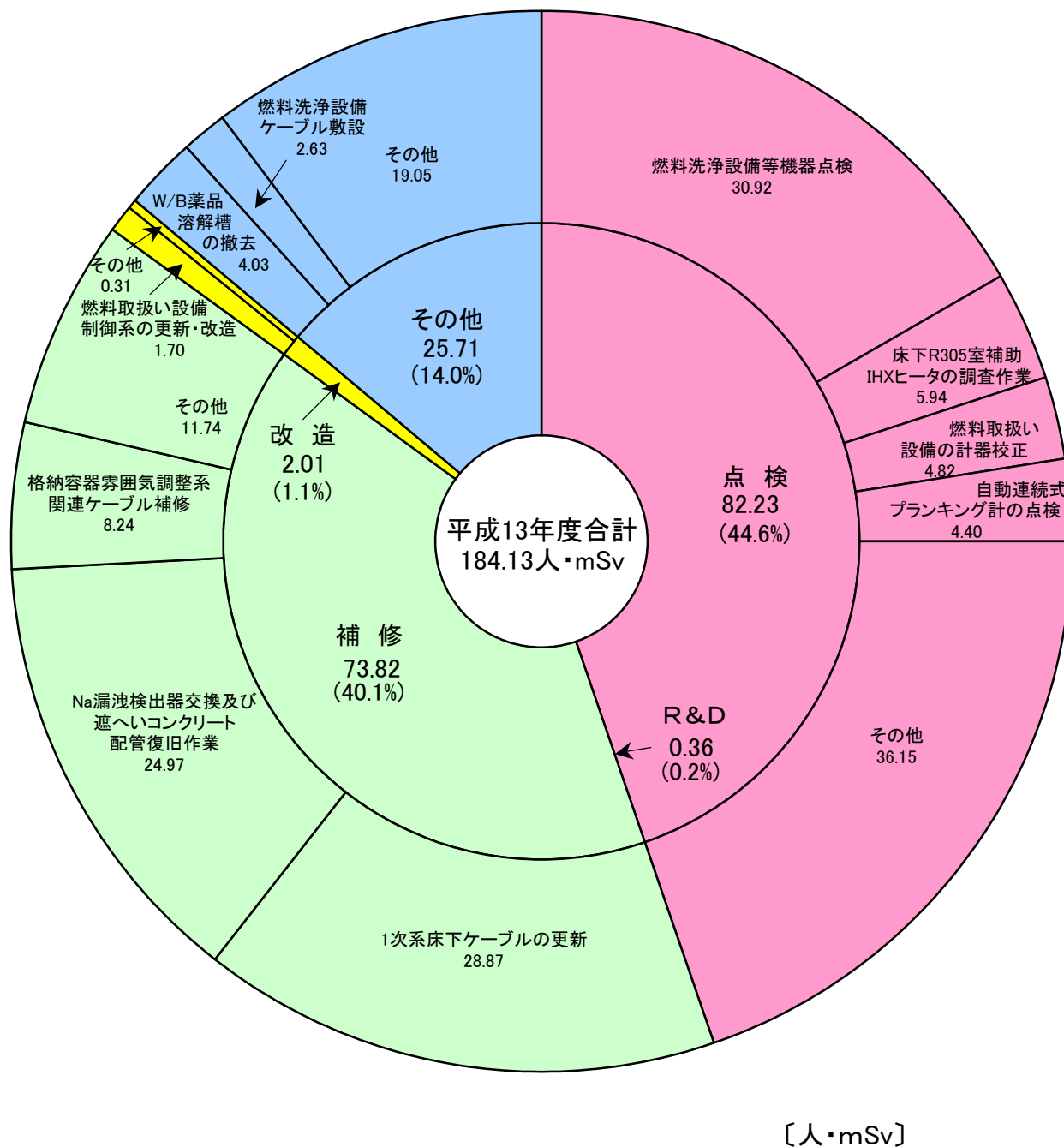
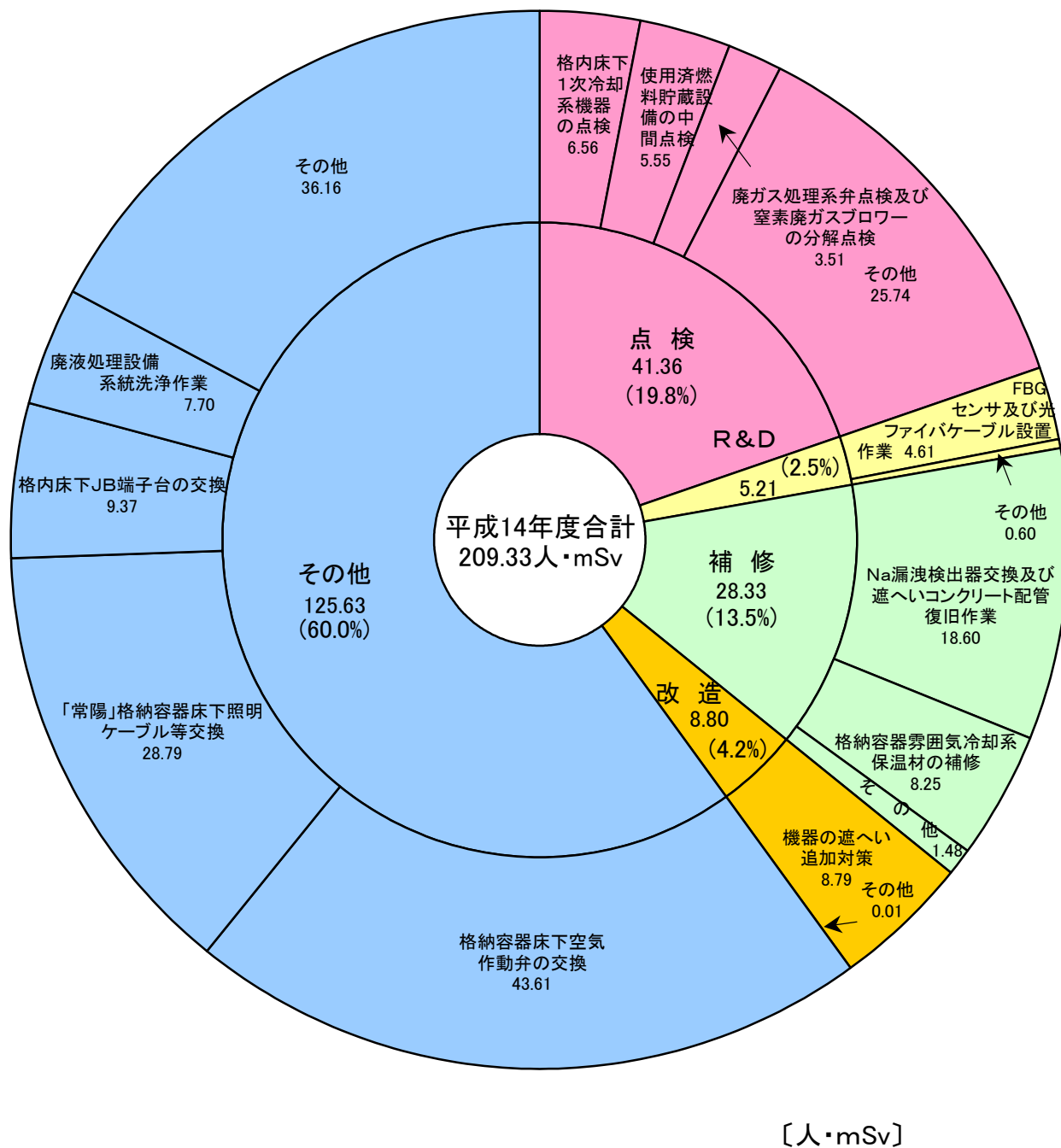


図-16. 第13回定期検査に係る定検等作業における作業区分別被ばく線量(平成13年度)



図一17. 第13回定期検査に係る定検等作業における作業区分別被ばく線量(平成14年度)

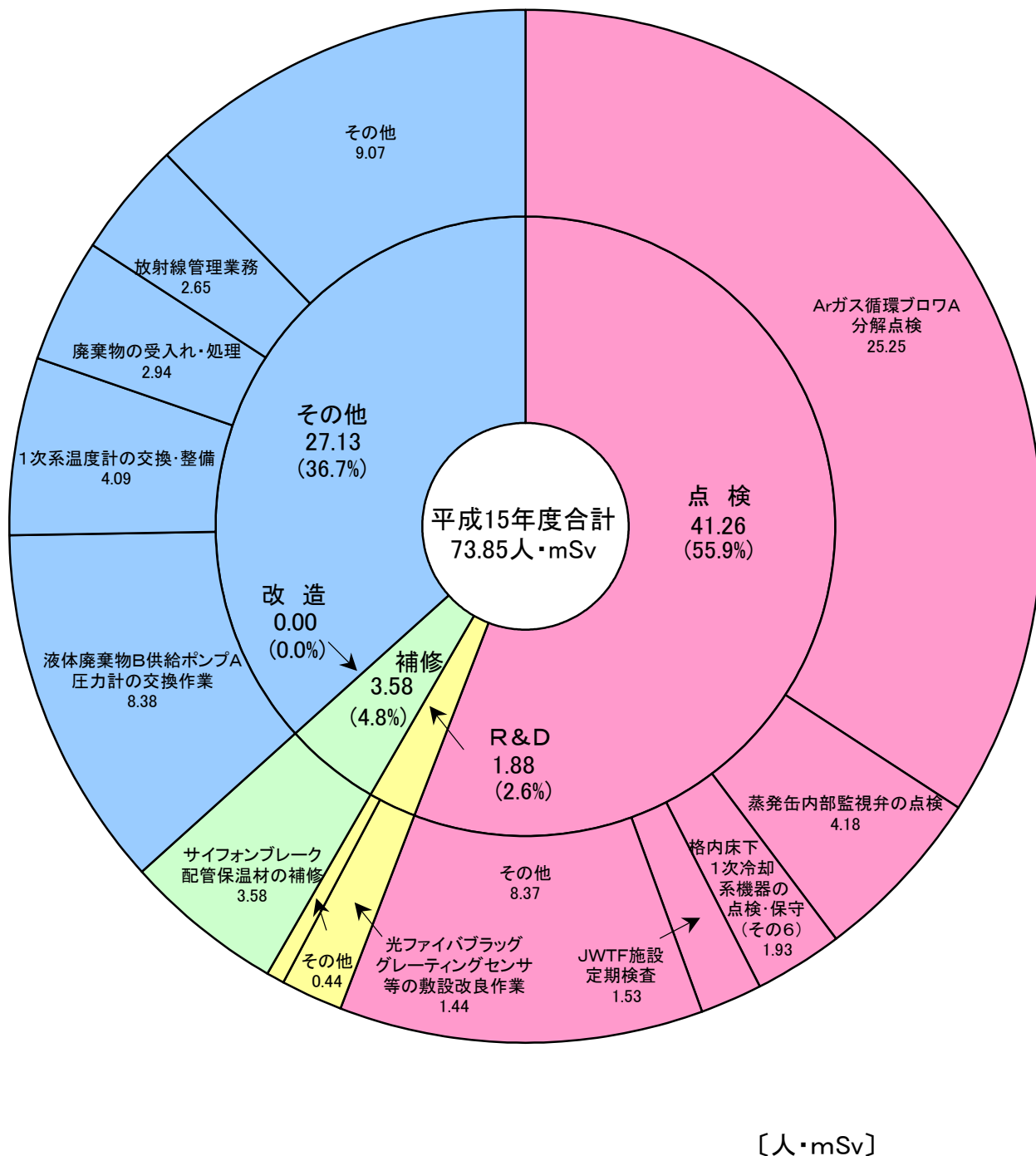


図-18. 第13回定期検査に係る定検等作業における作業区分別被ばく線量(平成15年度)

表-7. 第13回定期検査の各年度における作業区分別の計画および実績被ばく線量について

作業別 年度別	計画線量*1	点検作業	改造等作業		その他作業		定検作業実績 (計画)		MK-Ⅲ工事*3	
	実績線量*2		改造	補修	R&D	その他	安対工事实績 (計画)			
H12年度 (H12.6/1～ H13.3/31)	274.61	148.71	5.40	6.36	1.59	112.55	106.76 (186.37)		(計画線量*3) 7134.59	
	(186.37) (88.24)	(127.51) (21.20)	(5.40) (0.00)	(6.36) (0.00)	(1.59) (0.00)	(45.51) (67.04)	59.04 (88.24)			
	165.80	113.19	5.85	2.23	1.62	42.91				
H13年度 (H13.4/1～ H14.3/31)	394.66	133.91	14.14	145.78	1.92	98.91	122.05 (198.33)		(実績線量*3) 2385.59	
	(198.33) (196.33)	(120.11) (13.80)	(9.54) (4.60)	(36.85) (108.93)	(1.92) (0.00)	(29.91) (69.00)	62.08 (196.33)			
	184.13	82.23	2.01	73.82	0.36	25.71				
H14年度 (H14.4/1～ H15.3/31)	303.39	77.88	1.54	105.90	11.33	106.74	108.63 (160.23)		/	
	(160.23) (143.16)	(57.88) (20.00)	(1.54) (0.00)	(51.50) (54.40)	(11.33) (0.00)	(37.98) (68.76)	100.70 (143.16)			
	209.33	41.36	8.80	28.33	5.21	125.63				
H15年度 (H15.4/1～ H15.11/27)	183.35	103.23	0.00	18.60	15.00	46.52	73.85 (183.35)			
	(183.35) (0.00)	(103.23) (0.00)	(0.00) (0.00)	(18.60) (0.00)	(15.00) (0.00)	(46.52) (0.00)	0.00 (0.00)			
	73.85	41.26	0.00	3.58	1.88	27.13				
H12.6/1～ H15.11/27	1156.01	463.73	21.08	276.64	29.84	364.72	定検作業	411.29	総計画値*4	8290.60
	633.11	278.04	16.66	107.96	9.07	221.38	安対工事	221.82	総実績値*4	3018.70

(単位：人・mSv)

*1：計画線量は、定検作業と安全対策工事の合計である。上段()は定検作業、下段()は安全対策工事の計画線量である。

*2：実績線量は、定検作業と安全対策工事の合計である。

*3：MK-Ⅲ工事の計画および実績線量は、H12年6月1日からH13年11月30日までの合計である。

*4：第13回定期検査期間の総計画および総実績線量である。

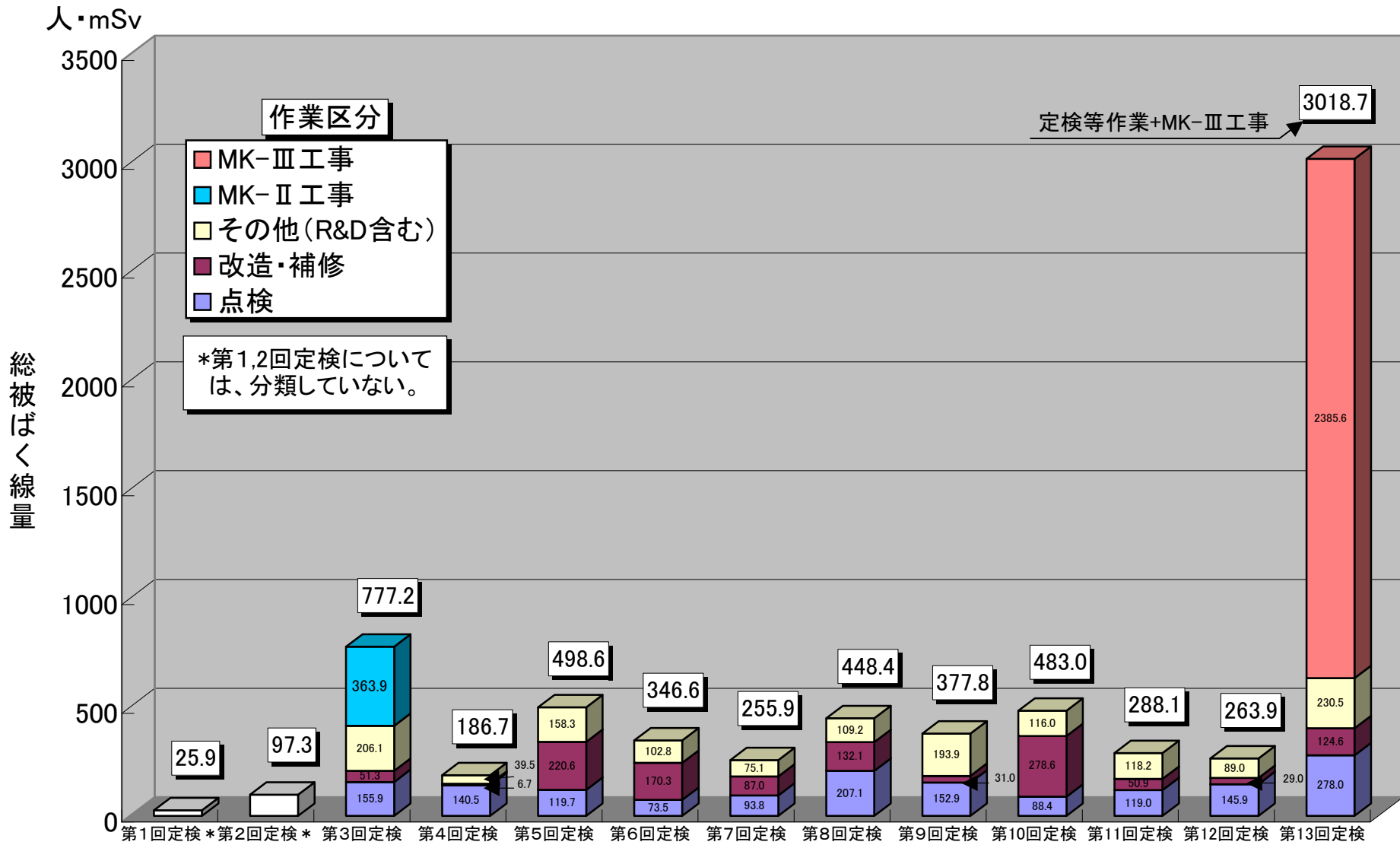


図-19. MK-Ⅲ改造工事を含めた作業区分別の総実績線量の推移と分布

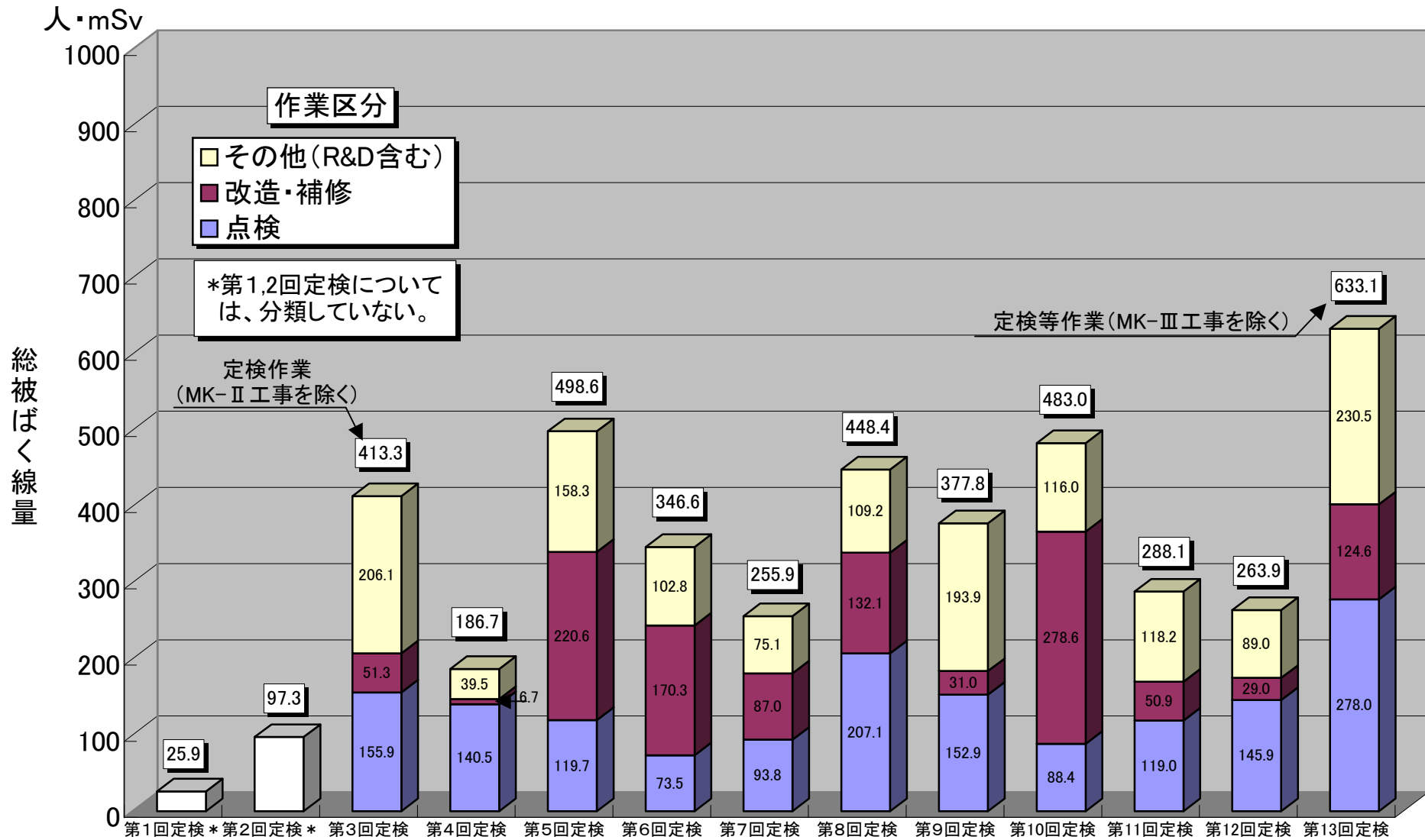


図-20. MK-III改造工事を除いた作業区分別の総実績線量の推移と分布

3.5 作業区域別の被ばく線量結果

第13回定期検査の特徴は、これまで述べてきたとおりMK-Ⅲ改造工事のうち、床下区域等で実施された主IHX交換工事に係る被ばく線量が全体の約8割を占め、また、定常的に実施された定検等作業での床下区域作業（全体の約1割）も含めると全体の約9割が床下区域での作業による被ばくであった。各定期検査毎の作業区域別の総実績線量の推移等について、MK-Ⅲ改造工事を含めた結果を図-21に、MK-Ⅲ改造工事を除いた結果を図-22に示す。従来の定期検査の被ばく線量は、床下区域での作業に伴うものが大半を占めており、「常陽」の定期検査における総実績線量の大きな特徴であったが、第13回定期検査においては、初の1次系バウンダリを開放した大規模放射線作業となったことから、その値は突出し、これまでの結果との比較評価は一概にできないものとなった。なお、被ばく線量は、床下区域での作業を除けば大きな差はなく推移している。

第13回定期検査以降は、MK-Ⅲでの140MW運転が本格的に実施されることとなっており、今後、燃料交換作業等に伴うCPによる燃料洗浄設備および廃棄物処理建家の廃棄物処理設備等の線量率の上昇が予想されるため、随時被ばく低減のための措置を施し、全体的に被ばく線量を低減させる努力が必要である。

3.6 特殊放射線作業における被ばく線量結果

第13回定期検査期間中において、特殊放射線作業として計画実施された作業は合計26件あり、作業区域別でみると、床下区域（21件：80.8%）が圧倒的に多く、次に燃料洗浄設備（2件：7.7%）、廃棄物処理建家（2件：7.7%）、その他（メンテナンス建家1件：3.8%）の順で、いずれも作業場所雰囲気の高線量率が高い場所での作業あるいは高線量率の機器等を取扱う作業であった。これらの作業は、被ばくの観点から特殊放射線作業として作業内容、作業工程、被ばく低減化対策を含め詳細に検討した上で計画、実施した。第13回定期検査期間中の定検等作業およびMK-Ⅲ改造工事に係る主な特殊放射線作業における被ばく線量結果の詳細を次項に示す。

3.6.1 定検等作業

定検等作業については、床下区域における作業が11件あり、いずれも原子炉第二課が担当で、1次系関連機器である空気作動弁、電磁ポンプ、ケーブル（接続端子台含む）、保温材等の点検、補修、交換等の整備作業であった。これらの作業は、主に主IHX交換工事期間中に並行して実施されたため、作業当該場所の放射線状況が事前により正確に把握できたことから、総実績線量は、計画線量に対し十分に低く管理することができた。

原子炉第一課担当の燃料洗浄設備における作業2件については、計画的に実

施されている作業であることから、前回の実績等も考慮し計画線量を推定した。いずれの作業においても、総実績線量は、計画線量以下で管理することができた。これらは、過去の作業経験や作業前後の綿密な打合せおよび適切な被ばく低減化対策等が作業に十分活かされ、効率的に作業を進めることができたことによるものと思われる。

環境保全課担当の廃棄物処理建家における廃液処理設備関連の作業 2 件については、蒸発缶デミスタおよび液体廃棄物 B 供給ポンプ A 圧力計の交換作業であり、作業場所の線量率および作業時間を基に計画線量を推定した。いずれの作業においても、作業は順調に進み総実績線量は、計画線量以下で管理することができた。これらは、作業前後の綿密な打合せおよび適切な被ばく低減化対策等が作業に十分活かされ、効率的に作業を進めることができたことによるものと思われる。なお、廃棄物処理建家は、今後、放射性廃液の取扱い量の増加に伴い、各設備および作業場所の線量率の上昇が予想されるが、同種作業実施の際は、今回の経験を十分に活かし、より精度の良い計画線量での管理のもと、更なる被ばく低減に努める必要がある。

定検等作業に係る特殊放射線作業毎の概要および被ばく線量結果等について、表-8 に示す。

3.6.2 MK-Ⅲ改造工事

MK-Ⅲ改造工事については、床下区域における作業が 10 件および関連する作業としてメンテナンス建家で 1 件の計 11 件あり、いずれも原子炉第二課が担当で、主 IHX 交換工事が主であった。

主 IHX 交換工事の概要としては、干渉物撤去、主要作業場所の高線量率部位への鉛遮蔽の設置等の準備作業から開始され、グリーンハウス内での 1 次系配管（外管、内管）切断作業、既設主 IHX の独立・移動作業、残存配管の開先加工・Na 除去作業、新主 IHX の据付・残存配管との溶接作業、配管溶接部等の漏洩検査（非破壊検査）、干渉物等の復旧作業が行われた。また、関連する作業として、撤去した 1 次系配管一部の余寿命評価をするために、メンテナンス建家において 1 次冷却系配管サーベランス材取出し作業が行われた。

これらの作業にあたっては、作業の特殊性から放射線管理を円滑に実施していくことが最重要課題であったため、放射線管理課 2 チーム内で MK-Ⅲ改造工事を主としたグループ（MK-Ⅲ放管対応グループ：4 名）を編成し、対応した。主な対応として、作業担当課、請負業者等を含めた作業打合せ（当日の作業内容や放射線管理に関する被ばく実績、放射線状況に対する注意事項など朝夕 2 回）および作業立会い業務（作業環境管理や各種放射線管理用モニタの監視など作業中連続）ならびに被ばく管理等を行った。また、各作業に伴う計画

線量については、作業内容、作業者数、作業期間、作業場所の線量率等を考慮し詳細に推定した。

線量結果の詳細は、3.1 項および 3.2 項でも述べたとおり、総実績線量は計画線量に対し約 3 割であり、十分に低く管理することができた。これは、モックアップ訓練、遮蔽の強化、作業管理の徹底など、作業に対し色々な被ばく低減化対策が図られ、大きな効果が得られた。こうした効果が 3.3 項でも述べたとおり、作業計画時の線量積み上げ段階において十分に反映できず、結果的には総実績線量と総計画線量の差の主な要因になったものと考えられる。

今回実施した主 IHX 交換工事を除いた特殊放射線作業は、今後の定期検査においても実施が予想されるため、今回の経験を十分に活かし、より精度の良い計画線量での管理のもと、更なる被ばく低減に努める必要がある。

主 IHX 交換工事に係る特殊放射線作業毎の概要および被ばく線量結果等について、表-9 に示す。

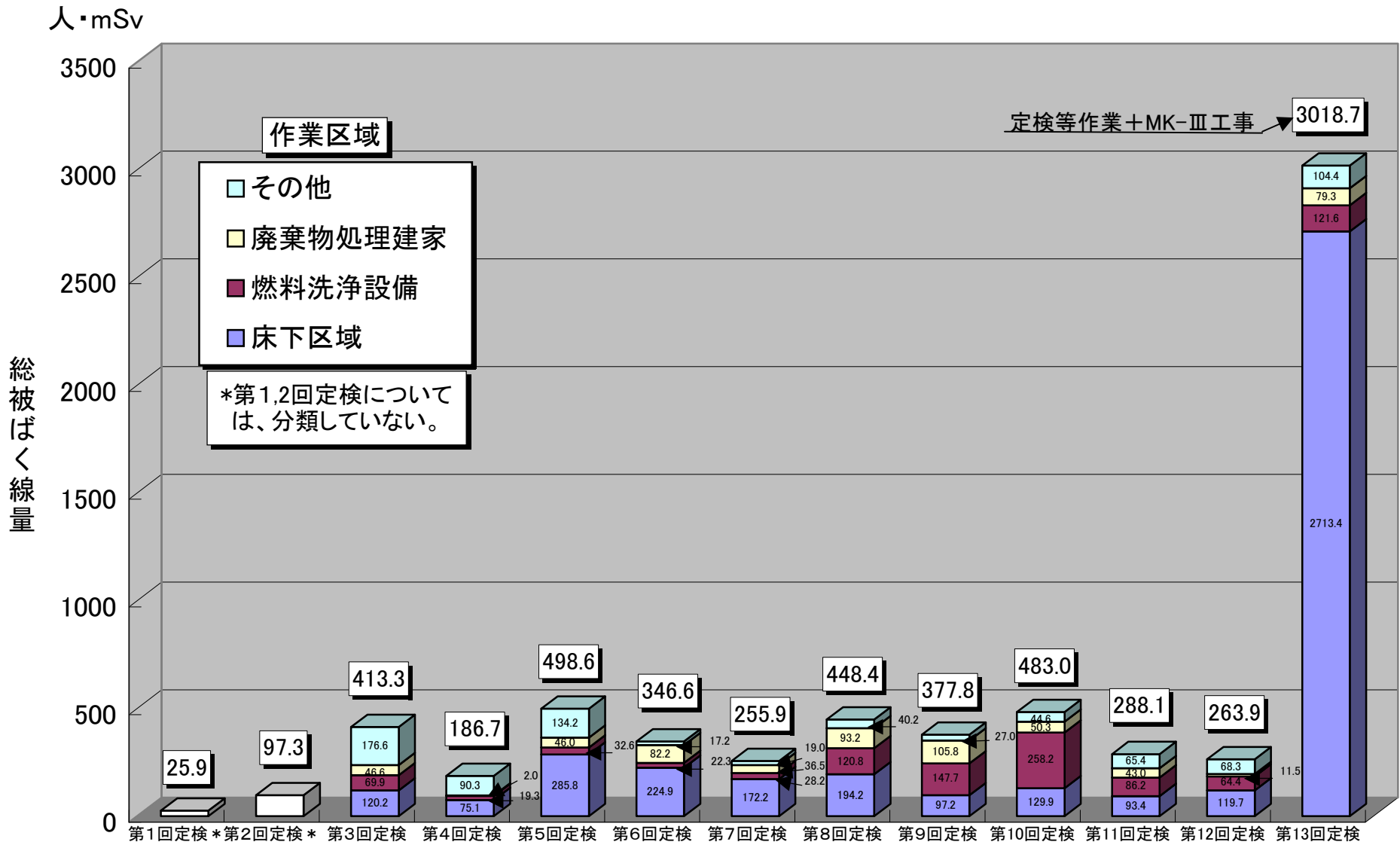


図-21. MK-Ⅲ改造工事を含めた作業区域別の総実績線量の推移と分布

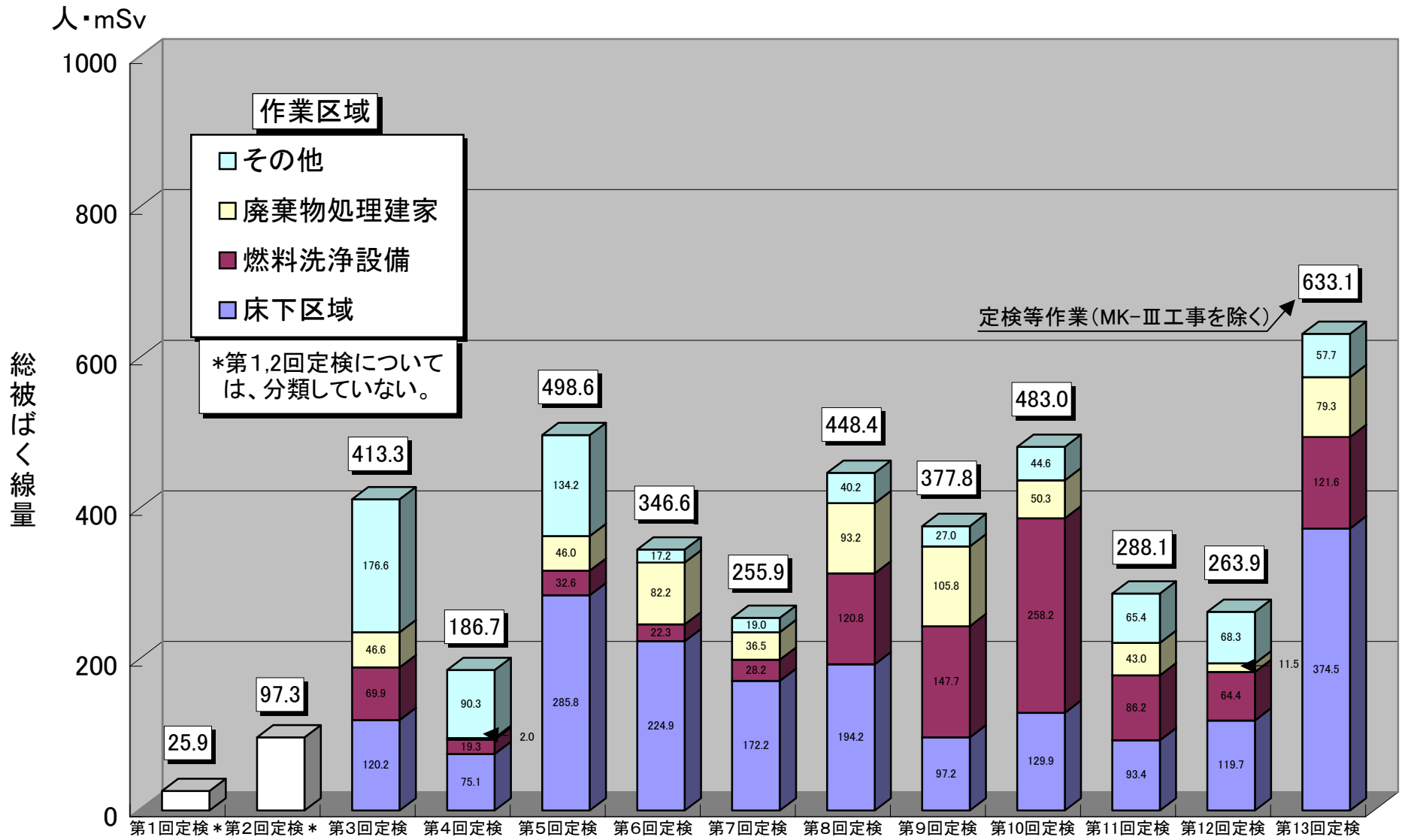


図-22. MK-Ⅲ改造工事を除いた作業区域別の総実績線量の推移と分布

表-8. 第13回定期検査期間中の特殊放射線作業（定検等作業）の被ばく線量結果について

作業件名 (作業区分)	作業期間	作業担当課	主な作業場所	作業概要	総被ばく線量(人・mSv)		主な作業場所の線量率(mSv/h)
					計画線量 (個人最大)	実績線量 (個人最大)	
蒸発缶デミスタの交換作業 (定検作業)	H12.9.20 ～ H12.9.27	環境保全課	JWTF (W201,301)	蒸発缶の上部に設置しているデミスタの交換作業を実施した。	11.00 (2.10mSv)	3.89 (0.95mSv)	・蒸発缶室作業場所雰囲気：0.1～0.25 ・蒸発缶室デミスタ設置部：1.3
床下空気作動弁の点検 (安全対策工事)	H12.10.26 ～ H12.11.16	原子炉第二課	床下区域 (R201,206 他)	空気作動弁の分解点検および駆動部構成部品の交換等を実施した。	41.00 (3.15mSv)	23.86 (2.80mSv)	・R201,206 室作業場所雰囲気：0.04～0.15
ケーブルペネトレーションの点検 (安全対策工事)	H12.12.4 ～ H12.12.27	原子炉第二課	床下区域 (R202,203 他)	ケーブルペネトレーション 29 箇所のケーブルおよび接続端末処理部等の点検を実施した。	28.00 (3.00mSv)	12.75 (1.47mSv)	・R202 室作業場所雰囲気：0.06～0.1 ・R203 室作業場所雰囲気：0.02
1次系電磁ポンプ・流量計の点検 (定検作業)	H12.12.8 ～ H12.12.28	原子炉第二課	床下区域 (R105,106 他)	オーバーフロー系電磁ポンプを分解し、内部部品の点検を行った。	69.00 (6.30mSv)	29.51 (2.71mSv)	・R105,106 室作業場所雰囲気：0.2～0.5
1次系床下ケーブルの点検・調査 (安全対策工事)	H13.1.9 ～ H13.2.9	原子炉第二課	床下区域 (R205,206 他)	1次系床下ケーブルの劣化等の点検・調査および安全保護系ケーブルの外観点検等を行った。	23.20 (3.30mSv)	22.43 (3.20mSv)	・R205 室作業場所雰囲気：0.1～0.15 ・R206 室作業場所雰囲気：0.1～0.15 ・R302 室作業場所雰囲気：0.1～0.12 ・R305 室作業場所雰囲気：0.25～0.3
燃料洗浄設備等機器点検 (定検作業)	H13.7.4 ～ H13.9.30	原子炉第一課	燃料洗浄設備 (A209,210,211, 212,308)	燃料洗浄機器（空気作動弁等）および水処理設備機器（水冷却器等）の分解点検を行った。	64.80 (6.00mSv)	30.92 (3.96mSv)	・A209 室 GH 内作業場所雰囲気：0.01 ・A211 室作業場所雰囲気：0.1～0.3 ・A212 室作業場所雰囲気：0.2～0.6 ・A308 室作業場所雰囲気：0.4～1.0
1次系床下ケーブルの更新 (安全対策工事)	H13.8.15 ～ H13.9.28	原子炉第二課	床下区域 (R205,206,302, 305 他)	原子炉出入口、オーバーフロー系等の熱電対、端子部、補償導線の交換、補修等を行った。	70.30 (6.00mSv)	28.87 (5.24mSv)	・R205 室作業場所雰囲気：0.1～0.15 ・R206 室作業場所雰囲気：0.1～0.15 ・R302 室作業場所雰囲気：0.03～0.12 ・R305 室作業場所雰囲気：0.02～0.05
Na 漏洩検出器交換および遮蔽コンクリート配管復旧作業 (安全対策工事)	H14.2.18 ～ H14.5.31	原子炉第二課	床下区域 (R201,204,206)	新主 IHX 等に設置している Na 漏洩検出器(6 台)の交換および遮蔽コンクリート配管を復旧した。	134.00 (4.50mSv)	43.57 (3.39mSv)	・R201 室作業場所雰囲気：0.1～0.2 ・R204 室作業場所雰囲気：0.1～0.4 ・R206 室作業場所雰囲気：0.3～0.4

作業件名 (作業区分)	作業期間	作業担当課	主な作業場所	作業概要	総被ばく線量(人・mSv)		主な作業場所の線量率(mSv/h)
					計画線量 (個人最大)	実績線量 (個人最大)	
格納容器雰囲気調整系関連のケーブル補修 (安全対策工事)	H14.3.4 ～ H14.3.20	原子炉第二課	床下区域 (R201,204,205, 206,305 他)	遮コン冷却ブロウ、各種弁等に使用しているケーブルを交換、補修した。	35.00 (3.00mSv)	8.24 (1.12mSv)	・ R205 室作業場所雰囲気：0.05～0.25 ・ R206 室作業場所雰囲気：0.1～0.5 ・ R305 室作業場所雰囲気：0.05
格納容器床下空気作動弁の交換 (安全対策工事)	H14.4.1 ～ H14.4.26	原子炉第二課	床下区域 (R205,206 他)	格納容器床下の遮コン冷却系空気作動弁の交換を行った。	58.00 (7.00mSv)	43.61 (6.59mSv)	・ R205 室作業場所雰囲気：0.2 ・ R206 室作業場所雰囲気：0.2～0.6
格納容器雰囲気冷却系保温材の補修(その2) (定検作業)	H14.5.20 ～ H14.5.27	原子炉第二課	床下区域 (R204,205,206, 305 他)	遮コン冷却系ダクトおよび空気作動弁の保温材の取付け、補修を行った。	52.30 (3.50mSv)	8.25 (1.85mSv)	・ R204 室作業場所雰囲気：0.4 ・ R205 室作業場所雰囲気：0.3～0.5 ・ R206 室作業場所雰囲気：0.1～0.6
格内床下 JB 端子台の交換 (安全対策工事)	H14.9.18 ～ H14.10.11	原子炉第二課	床下区域 (R201,204,206, 302,305 他)	床下に設置しているジャンクションボックス(JB)について、破損の著しい端子台等を交換した。	19.50 (3.00mSv)	9.37 (1.73mSv)	・ R201 室作業場所雰囲気：0.05～0.1 ・ R204 室作業場所雰囲気：0.1～0.15 ・ R302 室作業場所雰囲気：0.1 ・ R305 室作業場所雰囲気：0.05
「常陽」格納容器床下照明ケーブル等交換 (安全対策工事)	H15.1.27 ～ H15.2.14	原子炉第二課	床下区域 (R104,105,203, 302,305 他)	床下に設置している照明、コンセント器具等の交換および電源ケーブルの引換えを行った。	56.20 (3.80mSv)	28.79 (3.08mSv)	・ R104 室作業場所雰囲気：0.1～0.15 ・ R105 室作業場所雰囲気：0.15～0.5 ・ R302 室作業場所雰囲気：0.15～0.3 ・ R305 室作業場所雰囲気：0.1～0.25
Ar ガス循環ブロア A 分解点検 (定検作業)	H15.9.24 ～ H15.10.20	原子炉第一課	燃料洗浄設備 (A209,211,212)	A212 に設置している Ar ガス循環ブロア A を、A209 室 GH 内で分解点検した。	33.00 (3.10mSv)	25.25 (2.84mSv)	・ A212 室作業場所雰囲気：0.6～0.8 ・ Ar ガス循環ブロア A 底部：0.08 ・ A209 室作業場所雰囲気：0.0011
液体廃棄物 B 供給ポンプ A 圧力計の交換作業 (定検作業)	H15.11.4 ～ H15.11.14	環境保全課	JWTF (W108)	JWTF W108 室において、液体廃棄物 B 供給ポンプ A 圧力計の交換作業を行った。	19.75 (3.16mSv)	8.38 (1.62mSv)	・ W108 室入口仮遮蔽衝立外側：0.1 ・ ポンプ A 圧力計作業場所雰囲気：10～20 ・ ポンプ A 圧力計フランジ部：40

表-9. 第13回定期検査期間中の特殊放射線作業（MK-III改造工事）の被ばく線量結果について

作業件名	作業期間	作業担当課	主な作業場所	作業概要	総被ばく線量(人・mSv)		主な作業場所の線量率(mSv/h)
					計画線量 (個人最大)	実績線量 (個人最大)	
遮蔽コンクリート冷却系給気・還気弁撤去および閉止フランジ取付け作業	H12.7.10 ～ H12.7.25	原子炉第二課	床下区域 (R205,206 他)	MK-III工事に先立ち、遮コン系給気弁等の撤去および閉止フランジ取付け作業を実施した。	247.00 (10.20mSv)	51.60 (4.08mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・R204 室作業場所雰囲気：0.65 ・R205 室作業場所雰囲気：0.45 ・R206 室作業場所雰囲気：1.1
配管熱変位測定装置ケーブル敷設作業	H12.10.16 ～ H12.11.2	原子炉第二課	床下区域 (R201,204 他)	1次系配管熱変位測定装置のケーブル敷設等作業を実施した。	90.50 (5.30mSv)	24.47 (2.81mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・R201 室作業場所雰囲気：0.6 ・R203 室作業場所雰囲気：0.15 ・R204 室作業場所雰囲気：0.6
1次系改造工事に係る現場管理作業	H12.11.1 ～ H13.11.30	原子炉第二課	R501及び床下区域 (R201,204,302,305 他)	1次系改造工事に係る作業管理、QA管理、安全管理等の現場管理作業を実施した。	1464.10 (27.24mSv)	483.92 (21.71mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・R501 室作業場所雰囲気：<0.001 ・R201,302 室作業場所雰囲気：0.5～0.05* ・R204,305 室作業場所雰囲気：0.9～0.05* (※：遮蔽、主 IHX 移動等による線量率変動)
主 IHX 交換に係る準備作業	H12.11.1 ～ H12.12.28	原子炉第二課	床下区域 (R201,204,302,305 他)	主 IHX 交換に係る準備作業として、干渉機材の撤去、作業区域養生、GH等を設置した。	1369.04 (12.27mSv)	383.66 (8.02mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・R201 室作業場所雰囲気：0.4～0.2(遮蔽前～後) ・R302 室作業場所雰囲気：0.5～0.3(遮蔽前～後) ・R204 室作業場所雰囲気：0.9～0.4(遮蔽前～後) ・R305 室作業場所雰囲気：0.8～0.3(遮蔽前～後)
工食用監視カメラシステムの据付け	H12.12.13 ～ H12.12.19	原子炉第二課	R501及び床下区域 (R201,204,302,305 他)	主 IHX 交換に係る主要作業場所に、工事監視用カメラシステムを設置した。	21.30 (2.10mSv)	1.42 (0.42mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・R501 室作業場所雰囲気：<0.001 ・R201,204 室カメラ設置場所雰囲気：0.6 ・R302 室カメラ設置場所雰囲気：0.1 ・R305 室カメラ設置場所雰囲気：0.9
1次系改造工事に係る機械および溶接作業	H12.12.21 ～ H13.9.29	原子炉第二課	床下区域 (R201,204,302,305 他)	主 IHX(A,B)の配管切断、Na 除去および新主 IHX と既設配管の溶接作業等を実施した。	759.58 (24.83mSv)	433.25 (19.42mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・R201,302 室主 IHX(A)配管切断 GH：0.2～0.3 ・主 IHX(A)本体部雰囲気：0.5～1.0(最大 3.7) ・主 IHX(A)撤去配管雰囲気：0.1～0.6(最大 2.5) ・R204,305 室主 IHX(B)配管切断 GH：0.3 ・主 IHX(B)本体部雰囲気：1.0～4.0(最大 25) ・主 IHX(B)撤去配管雰囲気：0.1～1.0(最大 10)
主 IHX 交換に係る切断・撤去助勢作業	H13.1.4 ～ H13.3.31	原子炉第二課	床下区域 (R201,204,302,305 他)	主 IHX(A,B)の配管切断および本体撤去に係る助勢作業を実施した。	1101.32 (11.59mSv)	499.59 (9.59mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・R201,204,302,305 室新主 IHX(A,B)作業場所雰囲気：0.1～0.2 ・メンテナンス建家 M103 室既設主 IHX(A,B)保管場所雰囲気：0.45
主 IHX 交換に係る固定・溶接助勢作業	H13.4.2 ～ H13.6.30	原子炉第二課	床下区域 (R201,204,302,305 他)	新主 IHX の据付、固定および既設配管との溶接に係る助勢作業を実施した。	821.64 (9.36mSv)	210.12 (6.49mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・R201,204,302,305 室新主 IHX(A,B)作業場所雰囲気：0.1～0.2 ・メンテナンス建家 M103 室既設主 IHX(A,B)保管場所雰囲気：0.45

作業件名	作業期間	作業担当課	主な作業場所	作業概要	総被ばく線量(人・mSv)		主な作業場所の線量率(mSv/h)
					計画線量 (個人最大)	実績線量 (個人最大)	
主 IHX 交換に係る復旧等 助勢作業	H13.7.2 ～ H13.9.29	原子炉第二課	床下区域 (R201,202,204, 302,305 他)	新主 IHX の据付完了 に伴い GH の撤去、作 業区域・干渉機材の復 旧等作業を実施した。	853.36 (7.00mSv)	234.24 (5.93mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・ R201,302 室作業場所雰囲気：0.05 ・ R204 室作業場所雰囲気：0.05 ・ R202 室作業場所雰囲気：0.1 ・ R202 室 Ar ガス系隔離弁：0.04
1 次系配管保温材の補修	H13.8.27 ～ H13.9.14	原子炉第二課	床下区域 (R204,205,206, 305 他)	1 次系配管の外装板お よび保温材の一部を交 換または補修した。	50.00 (5.00mSv)	10.30 (2.62mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・ R204,205,206 室配管雰囲気：0.1～0.2 ・ R305 室配管雰囲気：0.02～0.05
1 次冷却系配管サーベラ ンス材取出し作業	H13.9.20 ～ H13.11.30	原子炉第二課	メンテナンス 建家 (M301)	撤去した 1 次系配管の 細断、Na 洗浄および 寿命評価のための配管 一部を取出した。	100.00 (6.40mSv)	42.74 (5.21mSv)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既設主 IHX(B)入口配管内熱遮へい板：40 ・ 既設主 IHX(A)出口配管エルボ部：5.0 ・ GH 内主作業場所雰囲気：0.05～0.3 ・ GH 外作業監視場所雰囲気：0.01～0.05

4. 被ばく低減化対策

定期検査の際は、作業者の被ばく低減化のために種々の対策が実施されるとともに、場合によっては、施設・設備に対する恒久的な措置（第9,10回定期検査時の燃料洗浄設備の改造(高線量率配管への遮蔽体設置やミストトラップ設置)など）が実施されるケースがある。

第13回定期検査における被ばく低減化対策としては、施設・設備に対する恒久的な措置は特に実施していないが、以下に示す実施方法に従い、これまでの定期検査時と同様に作業担当課または放管課において被ばく低減化対策を行った。なお、被ばく低減化対策にあたっては、作業前の各種放射線作業計画書の作成段階または受付時に、作業担当課と十分協議した。

【被ばく低減化対策の実施項目】

- (1) 放射線作業計画書の立案による被ばく管理 (①：作業担当課および放管課*)
- (2) 放射線作業実施前の教育および現場調査 (②③：作業担当課)
- (3) 放射線安全チェックリストの活用 (①：作業担当課)
- (4) 1次系Naドレンによる床下区域の線量率の低減 (①：作業担当課)
- (5) 床下区域の線量率測定結果(放管課測定)の周知徹底 (①②：放管課)
- (6) 高線量率機器、配管等への鉛遮蔽等の設置および当該作業場所の線量率測定結果の表示またはγ線量率表示計の設置 (①③：作業担当課および放管課)
- (7) 廃液配管等のフラッシングによる線量率の低減 (①②：作業担当課)
- (8) モックアップ装置の製作および訓練実施 (③：作業担当課)
- (9) 熟練作業経験者選任による被ばく時間の短縮 (②③：作業担当課)
- (10) 作業担当者への被ばく線量情報の提供 (①②：放管課)
- (11) 定期検査期間中の総計画線量に対する総実績線量の推移の周知 (①：放管課)

*：()内は、被ばく低減化対策の実施方法と実施担当課を示したもの

【被ばく低減化対策の実施方法】

- ① 定常的に実施している
- ② 作業手順の一環として作業前、作業中に実施している
- ③ 作業場所および内容等に応じて実施している

5. まとめ

第13回定期検査は、平成12年6月1日から実施され、平成15年11月27日をもって無事終了した。この間の被ばく線量管理結果と定期検査全体に係るまとめについて以下に示す。

5.1 被ばく線量管理結果

- (1) 第13回定期検査に係る外部被ばく線量（APDによる値）は、総計画線量8290.60人・mSvに対し総実績線量は3018.70人・mSvであり、このうちMK-III改造工事による被ばくが全体の約8割を占め、2割が定検等作業によるものであった。次に、作業区域別の総実績線量について、MK-III改造工事を含めた場合と除いた場合の内訳を表-10に示す。表-10の結果から、作業区域別においては、床下区域での被ばくがMK-III改造工事を含めた場合は全体の約9割を占め、また、MK-III改造工事を除いた場合でも全体の約6割を占めるなど、床下区域での被ばくが圧倒的なものであった。

表-10. 作業区域別の総実績線量の内訳

作業区域別	MK-III工事を含む総線量	MK-III工事を除く総線量
床下区域	2713.4人・mSv(89.9%)	374.5人・mSv(59.2%)
燃料洗浄設備	121.6人・mSv(4.0%)	121.6人・mSv(19.2%)
廃棄物処理建家	79.3人・mSv(2.6%)	79.3人・mSv(12.5%)
その他	104.4人・mSv(3.5%)	57.7人・mSv(9.1%)
合計	3018.7人・mSv	633.1人・mSv

- (2) 床下区域や燃料洗浄設備などの高被ばく線量が予想される作業については、毎日APDシステムの作業個人別被ばく線量実績（日報）をチェックし、残線量について抑制・監視を行った。その結果、全作業員の被ばく線量は、定期検査期間中を通して管理基準値以下であった。なお、本期間中の個人被ばく線量管理結果の詳細は、次のとおりである。

- ① 第13回定期検査中の全期間（H12.6.1～H15.11.27）の個人最大線量
 - ・職員：26.32mSv
 - ・職員外（業者）：23.13mSv
- ② 第13回定期検査中の各年度毎の個人最大線量
 - ・平成12年度（H12.6.1～H13.3.31）
 - 職員：18.09mSv
 - 職員外（業者）：15.60mSv
 - ・平成13年度（H13.4.1～H14.3.31）
 - 職員：7.61mSv
 - 職員外（業者）：10.23mSv

- ・平成 14 年度 (H14.4.1～H15.3.31)
 - 職員 : 3.30mSv
 - 職員外 (業者) : 6.65mSv
 - ・平成 15 年度 (H15.4.1～H15.11.27)
 - 職員 : 2.00mSv
 - 職員外 (業者) : 4.35mSv
- ③ 第 13 回定期検査中の 1 日の個人最大線量
- ・ 0.81mSv
- ④ 第 13 回定期検査中の四半期の個人最大線量
- ・ 職員 : 10.0mSv (平成 12 年度第 4 四半期)
 - ・ 職員外 (業者) : 11.39mSv (平成 12 年度第 4 四半期)

5.2 定期検査全体に係るまとめ

MK-Ⅲ改造工事のうち主 IHX 交換工事であるが、本作業は、床下区域における高線量率雰囲気での長期間を要した作業で、かつ 1 次系バウンダリを開放したこれまで経験のない大規模放射線作業であった。従って、作業計画書の作成段階から、請負業者も含めた原子炉第二課担当者と作業内容、計画線量等について十分に協議するとともに、詳細なモニタリング計画、周到な事前準備等を行い、作業に反映した。その結果、総実績線量は、総計画線量に対して約 1/3 であり、今回行った種々の外部被ばく低減化対策が有効であることが確認できた。また、1 次冷却系配管の切断、配管内の Na 除去等作業では、グリーンハウス、シールバックおよび局所排気装置等の設置により表面・空気汚染等の拡大防止が図れたことや作業環境の空气中放射性物質濃度等に応じた適切な呼吸保護具の使用により、作業者の内部被ばくの発生はなく、適切な放射線管理が実施できた。

定検等作業については、今回主 IHX 交換工事に関連して床下区域において種々の整備作業が実施されたため、作業区域別の実績線量は、床下区域がこれまで実施された定期検査のうち最大となった。なお、燃料洗浄設備および廃棄物処理建家での実績線量は、ほぼ横倍で推移したが、これらの区域については、燃料洗浄廃液等の取扱い作業による被ばくの増加が顕著となっている。特に、廃棄物処理建家については、放射性廃液の受入れ量の増加に伴い機器配管等への CP 沈着により作業場所の線量率が上昇し、蒸発缶室、タンク室等については、立入り制限区域として管理するとともに、その他の作業場所についてもその都度、鉛遮蔽等の設置や機器配管内のフラッシング、線量率測定結果の表示などの被ばく低減化に係る措置を実施し、異常のないことを確認した。

6. おわりに

第13回定期検査は、主に床下区域において主 IHX 交換工事や関連する機器の点検、補修等の作業が長期にわたって実施されたため、被ばく線量は過去最大であった。

次回の定期検査は、今回ほどの被ばく線量は考えられないものの、被ばく低減にあたっては、被ばく低減化対策のノウハウの蓄積等の充実化、作業担当部門と支援部門の組織的連携強化などに努める必要がある。また、今回のような大規模放射線作業が長期にわたって継続される際の被ばく管理を行う場合は、より精度の高い被ばく管理を実施していくことが重要であるとともに、定期検査業務に係る全ての作業者の被ばく低減意識のより一層の向上が、必要不可欠であると考えている。