



J-PARC 放射線管理年報 (2011 年度)

Annual Report for FY 2011 on the Activities of Radiation Safety in J-PARC

J-PARC センター 安全ディビジョン 放射線安全セクション

Radiation Safety Section, Safety Division, J-PARC Center

February 2013

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail: ird-support@jaea.go.jp

J-PARC放射線管理年報（2011 年度）

日本原子力研究開発機構 高エネルギー加速器研究機構
J-PARCセンター 安全ディビジョン 放射線安全セクション

（2012 年 12 月 14 日受理）

本報告書は、大強度陽子加速器施設（J-PARC）の放射線安全管理について、2011 年度の活動を中心にまとめたものであり、施設及び周辺環境の放射線管理、個人線量の管理、放射線安全管理設備の維持・管理等の業務の概要と関連する技術開発・研究について記述している。

当該年度において、大強度陽子加速器施設（J-PARC）放射線障害予防規程及び同細則に定められた線量限度及び被ばく管理目標値を超える個人被ばくはなかった。また、各施設から環境中に放出された気体及び液体廃棄物の量は、上記予防規程及び同細則に定められた放出管理基準値及び放出管理値を下回っていた。

なお、当該年度においては、通常の実務業務に加え、震災復旧及び東京電力福島第 1 原子力発電所事故の影響への対応を重点項目として取組んでおり、これらの活動についても概要を記述した。

KEK Internal 2012-7

JAEA-Review 2012-050

Annual Report for FY 2011 on the Activities of Radiation Safety in J-PARC

Radiation Safety Section, Safety Division,
J-PARC Center

High Energy Accelerator Research Organization, Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 14 , 2012)

This annual report describes the activities of radiation safety of Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC) for FY 2011. The activities described are radiation protection in workplaces, environmental monitoring, individual monitoring, maintenance of monitoring instruments, and the technological developments of radiation protection.

Occupational exposures have not exceeded the prescribed dose limit. No effluent releases were recorded exceeding the prescribed limits on the amount and concentration of radioactivity for gaseous release and liquid waste.

J-PARC was suffered from the Great East Japan Earthquake and the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. The report also covers the activities for the recovery of J-PARC and the environmental monitoring of radioactivity from the accident.

Keywords: J-PARC, Radiation Protection, Radiation Control, Effluent Release, Radioactive Wastes, Environmental Monitoring, Individual Monitoring, External Exposure, Internal Exposure, Radiation Monitoring System, The Great East Japan Earthquake, Education and Training

目 次

1. はじめに	1
1.1 放射線安全管理体制	2
1.2 業務内容	2
2. 施設の放射線管理	4
2.1 リニアック施設	5
2.2 3 Ge Vシンクロトロン施設	7
2.3 50 Ge Vシンクロトロン施設	9
2.4 物質・生命科学実験施設	10
2.5 ハドロン実験施設	11
2.6 ニュートリノ実験施設	12
2.7 排気及び排水の管理データ	13
2.8 放射性同位元素等の管理データ	23
2.9 放射化物の管理データ	25
2.10 放射性廃棄物の管理データ	26
3. 周辺環境の放射線管理	27
3.1 環境放射線のモニタリング	28
3.2 環境試料のモニタリング	34
4. 個人線量の管理	38
4.1 外部被ばく線量の測定	39
4.2 内部被ばく線量の測定	40
4.3 個人被ばく状況	41
4.4 放射線業務従事者の登録管理	45
5. 放射線安全管理設備の管理	47
5.1 放射線安全管理設備の概要	48
5.2 放射線安全管理設備の点検・保守	50
5.3 放射線安全管理設備の整備	52
5.4 震災からの復旧	53
6. 関連業務	57
6.1 放射線障害防止法等に係る申請・届出	58
6.2 内部規程等の改訂	61
6.3 委員会活動	62
6.4 放射線安全教育	65
7. 技術開発及び研究	67
7.1 リニアック施設におけるビームライン残留放射能による放射線の推移	68
7.2 3 Ge Vシンクロトロン施設の加速器トンネル内空气中放射能濃度	71

7.3	50 GeVシンクロトロントンネル内の空間線量率分布と運転中の空气中濃度の変化	73
7.4	水銀ターゲット容器交換及びPIE試験片切出作業時の放射線管理	76
7.5	ハドロン実験施設一次ビームラインにおける被ばく管理	78
7.6	加速器周辺に生成するトリチウムの測定	79
7.7	土壌からのセシウム溶出試験	81
7.8	放射線管理用試料の測定に使用する液体シンチレータの性能比較	83
7.9	個人被ばく管理システムの整備	84
7.10	中性子線エリアモニタの校正用線源の変更に係る検討	86
編集後記		88
謝辞		88
編集委員		88

Contents

1. Preface	1
1.1 Organization	2
1.2 Mission	2
2. Radiation Control in Facilities	4
2.1 Linac	5
2.2 3GeV Synchrotron	7
2.3 50GeV Synchrotron	9
2.4 Materials and Life Science Experimental Facility	10
2.5 Hadron Experimental Facility	11
2.6 Neutrino Experimental Facility	12
2.7 Release of Radioactive Gaseous and Liquid Wastes	13
2.8 Radioisotopes	23
2.9 Induced Radioactive Materials	25
2.10 Radioactive Wastes	26
3. Environmental Monitoring	27
3.1 Monitoring for Environmental Radiation	28
3.2 Monitoring for Environmental Samples	34
4. Individual Monitoring	38
4.1 Measurement on External Exposure	39
4.2 Measurement on Internal Exposure	40
4.3 Circumstance of Personnel Exposure	41
4.4 Registration of Radiation Worker	45
5. Maintenance of Radiation Monitoring System, etc.	47
5.1 Outline of Radiation Monitoring System	48
5.2 Periodic Inspection and Repair	50
5.3 Additional Installation	52
5.4 Effect of the Great East Japan Earthquake	53
6. Other Activities	57
6.1 Applications and Notifications Based on the Law Concerning Prevention of Radiation Hazards	58
6.2 Internal Regulations for the Prevention of Radiation Hazards	61
6.3 Activities of the Radiation Safety Committee of J-PARC	62
6.4 Education and Training for Radiation Protection	65
7. Research and Technological Development	67
7.1 Trend of the Residual Radioactivities along the Beam Line in Linac	68

7.2	Radioactive Concentration in Air at Accelerator Tunnel for 3GeV Synchrotron	71
7.3	The Dose Equivalent Rate Distribution in MR Tunnel and the Concentration of Radioactive Substances in the Air	73
7.4	Radiation Control of the Mercury Target Exchange and the Specimen Cutting for Post Irradiation Examination	76
7.5	Radiation Exposure Managements for Radiation Worker Working in Primary Beamline Tunnel of Hadron Experimental Facility	78
7.6	Measurement of Tritium Amount Produced by J-PARC Accelerator	79
7.7	Cs Dissolution Test from Soil	81
7.8	The Performance Comparison of the Liquid Scintillator used for Measurement of the Sample for Radiation Control	83
7.9	Development of J-PARC Personal Dose Management System	84
7.10	Application of Radiation Calibration Source Change for Neutron Rem Monitor	86
	Editorial Postscript	88
	Acknowledgements	88
	Editors	88

1. はじめに

大強度陽子加速器施設（J-PARC）は、独立行政法人日本原子力研究開発機構（JAEA）と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（KEK）が共同で管理・運営する国際的共同利用研究施設である。J-PARCは、リニアック施設、3 GeVシンクロトロン施設、50 GeVシンクロトロン施設からなる加速器施設群と物質・生命科学実験施設、ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設からなる実験施設群から構成されており、2006年度にビーム試験を開始し、2008年度からは供用運転を実施している。現在は、世界最高クラスの大強度陽子ビームにより生成された中性子、ミュオン、K中間子、ニュートリノなどの多彩な2次粒子ビームを用いて、物質科学、生命科学、素粒子物理、原子核物理、原子力など幅広い分野の最先端研究が実施されている。

J-PARCの放射線安全管理については、「大強度陽子加速器施設の運営に関する基本協力協定」及び「大強度陽子加速器施設の放射線安全管理に関する実施協定」に基づき、J-PARCセンターが一体的かつ一元的に実施しており、「大強度陽子加速器施設（J-PARC）放射線障害予防規程」（予防規程）に規定された「放射線管理室」がその実務を担当している。

2011年度においては、東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）からの復旧作業とその後の供用運転が、J-PARCセンターの主要な活動であった。2011年3月11日に発生した東日本大震災により、J-PARCは激しい揺れ（東海村：震度6弱）と大きな地盤沈下（1m以上の沈下箇所が多数）に見舞われ、負傷者や放射線トラブルはなかったものの、一部の建家、ユーティリティ設備及び周辺インフラ等に大きな被害を受けた。震災直後は、復旧には年単位の期間を要するものと思われ、早期のビーム運転再開はとても不可能と判断される状況だった。しかし、その後の調査で、幸いにして加速器本体の損傷が軽微であったことが判明し、安全確保を大前提とした上で、年度内の供用運転再開を目指してJ-PARCセンター全体で復旧作業に全力を挙げることとなった。このような状況の中、放射線安全管理業務においても、通常の実務に加え、震災復旧及び東京電力福島第1原子力発電所事故（福島第1原発事故）の影響への対応を重点項目として取組んだ。そして、関係者の努力の結果、2011年12月9日にビーム調整試験を開始し、2012年1月24日には施設供用運転再開に漕ぎつけることができた。

本報告書においては、J-PARCの放射線安全管理について、震災復旧等への対応を含め、2011年度の活動状況をまとめるとともに、2010年度以前の主要事項についても概要を記述した。

（宮本 幸博）

1.1 放射線安全管理体制

J-PARCの放射線安全管理体制を図1.1-1に示す。J-PARCにおいて、放射線管理の実務を担当する組織が放射線管理室である。この放射線管理室は、ライン上の組織ではなく予防規程上の組織であり、J-PARCセンター長により安全ディビジョン員の中から指名されたJAEA及びKEK職員等で構成される。また、施設毎に、放射線管理室員から管理区域責任者が指名され、当該施設の放射線管理業務を管理・監督している。

周辺環境の放射線管理、放射線業務従事者の管理、放射線安全管理設備の保守など、施設放射線管理以外の業務については、これら業務の実施主体として、3つのサブグループ（SG）を放射線管理室内に置いて実施している。2011年度における放射線取扱主任者及び放射線管理室の人員体制を表1.1-1に示す。

1.2 業務内容

J-PARCにおける放射線取扱主任者及び放射線管理室の主要な業務内容は以下のとおりである。

（放射線取扱主任者）

- ① 放射線障害の発生の防止に係る監督
- ② 法令に基づく申請、届出、報告、検査、自主点検、記録等に関する業務
- ③ 予防規程及び関連規則等の制定及び改廃に関する業務
- ④ 放射線安全関係の委員会に関する業務
- ⑤ 放射線安全教育・訓練の実施に関する業務

（放射線管理室）

- ① 放射線取扱主任者業務の補助
- ② 施設の放射線管理
 - 管理区域に係る設定・解除、区分指定、保安上の指示等
 - 管理区域における放射線の量及び汚染の状況の測定
 - 管理区域に係る排気、排水中の放射能の監視
 - 管理区域への出入管理及び被ばく線量の監視
 - 放射線作業の安全に係る技術的事項に関する業務
- ③ 周辺環境の放射線管理
 - 管理区域周辺における放射線及び放射能の監視
 - 事業所境界における放射線の量の測定
- ④ 放射線業務従事者の管理
 - 放射線業務従事者の認定・解除に関する業務
 - 外部被ばく線量及び内部被ばく線量の測定・評価に関する業務
- ⑤ 放射性同位元素及び放射化物等の管理の総括
- ⑥ 放射線安全管理設備の保守管理
- ⑦ 放射線安全管理に関する技術指導・助言

（宮本 幸博）

表 1.1-1 2011 年度における放射線取扱主任者及び放射線管理室の人員体制

放射線取扱主任者	三浦太一（安全ディビジョン長；KEK）	
同代理	中島 宏（安全ディビジョン 副ディビジョン長；JAEA）	
放射線管理室（JAEA職員等 11 名，KEK職員 5 名）		
放射線管理室長	宮本幸博（放射線安全セクションリーダー；JAEA）	
同代理	沼尻正晴（放射線安全セクションサブリーダー；KEK）	
管理区域責任者	リニアック施設	増川史洋（JAEA）
	3GeVシンクロトロン施設	関 一成（JAEA）
	50GeVシンクロトロン施設	沼尻正晴（KEK）
	物質・生命科学実験施設	仲澤 隆（JAEA）
	ハドロン実験施設	齋藤 究（KEK）
	ニュートリノ実験施設	萩原雅之（KEK）
	放射線測定棟	高橋朝子（KEK）
環境・RI 管理 SG	責任者；関 一成（JAEA）	
放射線業務従事者管理 SG	責任者；吉野敏明（JAEA）	
放射線安全管理設備 SG	責任者；佐藤浩一（JAEA），齋藤 究（KEK）	

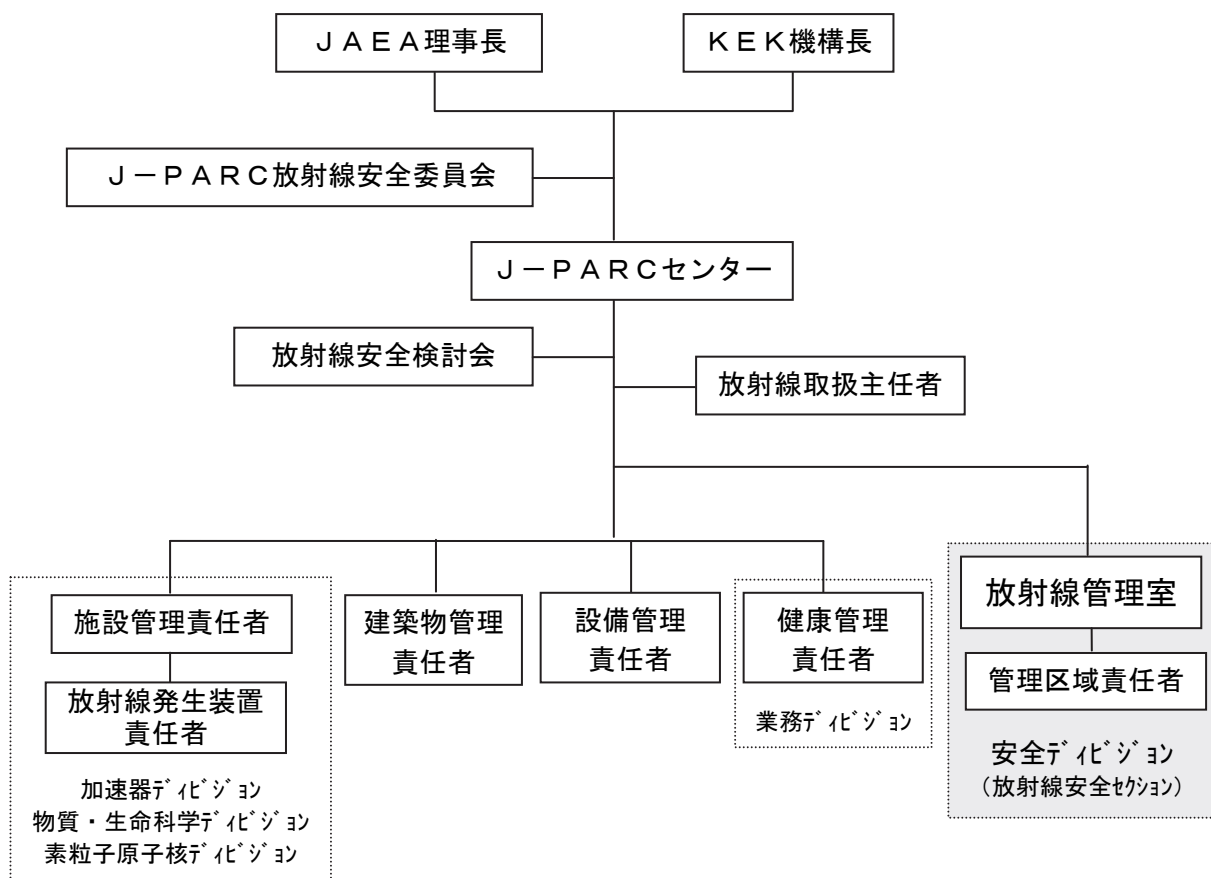


図 1.1-1 J-PARC の放射線安全管理体制

2. 施設の放射線管理

J-PARC各施設の放射線管理を管理区域責任者の管理・監督のもと実施した。また、排気・排水及び放射性同位元素・放射化物等の管理データに係る総括業務を環境・RI 管理 SG を中心に実施した。

2011 年度における施設放射線管理業務としては、定常的な放射線モニタリングに加え、東日本大震災の被害からの復旧作業、大出力化・二次ビームライン増設等のための各種作業・工事及び 12 月以降のビーム運転への対応が主要なものだった。

東日本大震災からの復旧作業においては、効率的に作業が実施できるよう、予防規程及び同細則に基づく管理区域の一時的区分変更などを随時行い、汚染管理、出入管理の最適化に努めた。

また、福島第 1 原発事故の影響で施設周辺の環境放射能レベルが上昇したことを受け、「放射線安全の手引き」に定められた持出物品に係る表面密度の管理目標値 ($<0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$) を予防規程細則に定められた値 ($<4\text{Bq}/\text{cm}^2$) に一時的に緩和した。その後、 ^{131}I が減衰し ^{134}Cs 、 ^{137}Cs の影響もある程度落ち着いたことから、12 月 1 日付けで管理目標値をもとの値に戻しビーム運転再開に備えた。

なお、各施設から環境に放出された気体及び液体廃棄物の量は、予防規程及び同細則に定められた放出管理基準値及び放出管理値を下回っていた。

(宮本 幸博)

2.1 リニアック施設

リニアック施設には、J-PARC初段に位置する直線加速装置（リニアック）が設置されており、負水素イオン（ H^- ）を高周波四重極型リニアック（RFQ）、ドリフトチューブリニアック（DTL）及び機能分離型ドリフトチューブリニアック（SDTL）にて181MeVまで加速し、3GeVシンクロトロンへビームを供給する。リニアックは、2006年11月よりビーム加速を開始し、2007年1月に181MeVまでの加速に成功、その後2007年10月より3GeVシンクロトロンへビームを供給している。

リニアック施設は、東日本大震災により施設全体に多大な被害を受けたため、その後約8ヶ月をかけてビーム運転に必要な復旧が行われた。2011年12月9日にはビーム運転を再開し、所要の調整を経て震災前と同じビーム出力まで回復することができた。ここでは復旧作業時の放射線管理及び震災後のビーム運転による影響について述べる。

(1) 震災復旧作業時の放射線管理

(a) 加速器トンネル

震災により加速器トンネルの床、壁に生じた亀裂から地下水が流入し、長期停電に伴う排水設備の停止と相まって、床上最大10cmの浸水に至った。そのため発電機を確保してトンネル内の排水作業が行われ、3月25日から28日の間に合計170m³を7回に分けて排水した。この排水はアルカリ性であったため、排水の都度、中和作業が行われるとともに、放射能測定を実施し、管理基準値以下であることを確認した。その後の止水工事により、地下水の流入は止められた。リニアック施設の被害状況を図2.1-1～2に示す。

加速器トンネルの空調に関しては、排気側ダクトの健全性は確認されたが、給気側ダクトは著しく破損したため、復旧するまでの期間、クライストロンギャリ上流側の搬入口ハッチにフィルタを設置し、排気側のみを運転して加速器トンネル内の換気を確保した。

止水工事終了後、線量当量率、表面密度測定を実施し、加速器トンネル及び中間トンネルを一時的に第2種管理区域に区分変更し、復旧作業における汚染管理の最適化を行った。その際、福島第1原発事故により環境中に飛散した放射性セシウム等でトンネル内を汚染させないため、靴の履き換えなど屋外からの汚染防止措置を行った。

震災により加速器トンネルは、最大40mm沈下し、水平方向に最大25mm（西方向）変位していた。加速器トンネルの変位が大きいため、加速器機器配置の再設計計算・アライメントが行われ、12月1日に終了した。

(b) ホット機械室等地上部

地上部は床の亀裂・沈下、壁・扉の破損、クレーンレールの湾曲など多大な被害があった。これらの復旧作業に際しては、各現場の線量当量率、表面密度等の状況に応じ、予防規程を遵守する範囲内で、極力、弾力的な放射線管理を行うことにより、復旧作業がスムーズに行えるよう対応を図った。

(2) 震災復旧後のビーム運転

運転再開前に放射線取扱主任者によるインターロック検査が12月8日に行われ、12月9日よりビーム運転を開始した。ビーム運転に伴い、震災前とは違ったポイントで顕著なビームロスが発生し、中間エネルギー輸送系2（MEBT02）、環状結合型空洞設置予定位置（ACS10）のポンプ部

などの残留放射能による線量率が上昇した。放射線管理室では、施設側担当者へ残留放射能による線量率のデータを随時提供することで、必要なビーム調整等に協力しており、この結果、徐々にロスが減少してきている。

ビーム運転に伴う漏洩放射線の状況は、0 度ダンプへの調整運転時にクライストロンギャリ最下流貫通孔部で中性子線が最大 $0.27 \mu\text{Sv/h}$ であったが、震災前のデータと相違なかった。また、放射線モニタの指示値は、福島第1原発事故の影響で地上階 γ 線エリアモニタのバックグラウンドが若干上昇したが、ビーム運転による指示値上昇は認められなかった。

(吉野 敏明)



図 2.1-1 リニアック施設の被害状況(加速器トンネル内地下水流入)



図 2.1-2 リニアック施設の被害状況(リニアック玄関前)

2.2 3 GeVシンクロトロン施設

3 GeVシンクロトロン施設は、リニアック施設で定格エネルギー181MeVまで加速されたH⁻ビームを荷電変換膜により陽子ビームに変換し、この陽子ビームを最大3GeVまで加速し物質・生命科学実験施設及び50 GeVシンクロトロン施設に出射する。

放射線発生装置は、陽子を周回させるための電磁石、陽子ビームを加速するための高周波加速空洞、陽子ビームの通り道であるセラミックス真空ダクト及び陽子ビームを入射あるいは出射するための電磁石等からなる。これらの機器は、土壌の遮蔽効果を見込んで地下に建設された3 GeVシンクロトロン主トンネル及び3-NBTトンネル等に設置されている。

3 GeVシンクロトロン施設は、2007年10月2日にビーム運転を開始し、2008年5月19日に50 GeVシンクロトロン施設に、2008年5月30日に物質・生命科学実験施設に、それぞれビーム供給を開始した。なお、震災前の3 GeVシンクロトロン施設は、物質・生命科学実験施設に約200kW、50 GeVシンクロトロン施設に約15kWの陽子ビーム(3GeV)を供給していた。

震災において、3 GeVシンクロトロン施設では、トンネルを覆っている土盛り、特に入射部付近及び3-NBT(物質・生命科学実験施設近傍)の土盛りが大きく崩落した。入射部付近の周回道路の写真を図2.2-1、物質・生命科学実験施設近傍の3-NBTの土盛りの写真を図2.2-2に示す。

復旧作業において、全ての土盛りを完全に震災前の状態に戻すには長期間を要し、運転再開の大幅な遅延が予想された。このため、各崩落地点について、線源から遮蔽評価した評価点までの距離を確保できる土盛りの高さとすること、つまり放射線安全上必要な遮蔽厚を担保するのに必要な復元を行うことを必須要件として土木工事等を行った。

3 GeVシンクロトロン棟の周辺に設置されていた受電ヤード設備等は、震災により土砂が崩落し、受電ヤード設備等が大きく傾斜してしまい、受電することができず復旧作業の足かせとなってしまった。復旧作業は、コンクリート基礎の下からジャッキアップする工法等を用い、ヤード内設備を水平にする工事を行った。3-NBTトンネル内では、エクспанションジョイント部のコンクリートが地震により大きく破損したため、一部のコンクリートを削り、エクспанションジョイント部の止水工事を含めたコンクリート打設等の復旧工事を行った。

震災復旧作業において、3 GeVシンクロトロン施設内の第1種管理区域については、作業状況、放射線環境等に応じ、随時、管理区域の区分を第2種管理区域に変更し、汚染管理を最適化することで作業の効率化を図った。

震災による加速器トンネル内の機器のずれについては、シミュレーションの結果、電磁石の補整によりビーム軌道が修正できることを確認した。ビーム試験再開までの時間もなかったため、機器の再アライメントは実施しなかった。

3 GeVシンクロトロン施設は、震災復旧後、運転再開前にインターロックのセンター内検査が2011年12月8日に、加速器全体の主任者による運転前確認が12月9日に行われ、2011年12月17日からビーム試験を再開し、2012年第4四半期中には、物質・生命科学実験施設に約200kW、50 GeVシンクロトロン施設に約15kWの陽子ビーム(3GeV)を供給するまで回復した。なお、上記ビーム出力において、管理区域境界等でのγ線及び中性子の漏洩線量は、震災前及び震災後とも有意な検出はなかった。(関 一成)



図 2.2-1 3 Ge Vシンクロトロン施設の被害状況（入射部付近の周回道路）



図 2.2-2 3 Ge Vシンクロトロン施設の被害状況
（物質・生命科学実験施設近傍の3-NBTの土盛り）

2.3 50GeVシンクロトロン施設

50GeVシンクロトロンは、3GeVシンクロトロンから入射された陽子を加速し、ハドロン実験施設およびニュートリノ実験施設に陽子ビームを供給している。50GeVシンクロトロンは、2008年5月に3GeV陽子のビーム入射およびリング周回に成功し、12月にビーム加速、アポルトビームダンプへの取り出しを行った。2009年1月には30GeVまで加速しハドロン実験施設にビームを取り出し、4月にはニュートリノ実験施設にビームを取り出した。

(1) 震災による被害状況及び復旧作業

東日本大震災による被害としては、トンネル本体では主に漏水（地下水の流入）とサブトンネル側の接合部に沈下があり、ビームライン軌道にゆがみが生じた。当初、停電によって排水ポンプが停止したためトンネル内の漏水により、ニュートリノ1次ビームライン下流部（ターゲットステーション棟との隔壁付近）は電磁石部分まで浸水した。周回リング部分とスイッチヤードについては、電磁石の設置してある床面までは浸水しなかった。排水ポンプ稼働後にDPタンクからの排水が可能となったが、2011年度の排水回数が65回となり、前年度の19回に比べ約3倍となった。トンネル内については主に天井部分からの漏水が続いていたため、漏水対策として液剤注入による止水工事が行われた。ビームライン軌道のずれを修正するため、全周にわたり測量が行われ再度電磁石の据え付けが行われた。トンネル止水工事や電磁石再設置のための床アンカー打設時には、ダストサンプラにより作業場所付近のダスト採取および放射能測定を行った。運転再開前にインターロックのセンター内検査が2011年12月8日に、加速器全体の主任者による運転前確認が12月14日に行われた。12月22日にニュートリノ実験施設までビーム取り出しを行い、2012年1月よりニュートリノ実験施設への供用運転を再開した。

(2) 作業環境の測定結果

運転停止後のトンネル内の空間線量率は入射部が最も高く、震災前には機器表面線量率が20mSv/hの場所があった。運転再開後は入射コリメータ付近周辺に遮蔽体が設置されたこともあり、2012年3月時点では機器表面線量率は最大で約7mSv/hとなっている。機械室等の管理区域内の人が常時立入る場所の線量当量率は $0.2\mu\text{Sv/h}$ 以下（BG含む）、表面密度は 0.4Bq/cm^2 以下であり管理基準値以下であった。

(3) 管理区域設定等

補修工事等を効率的に実施するため、5月20日から6月8日と6月21日から7月4日にトンネル内を第1種管理区域から第2種管理区域へ一時的な区分変更を行った。また、5月20日から12月19日（M2は9月30日）にホット機械室（M1, M2, M3）を第1種管理区域から第2種管理区域へ一時的な区分変更を行った。また、放射化した冷却水、空気などの試料測定を実施するため、放射線測定棟の管理区域を5月9日に第2種管理区域から第1種管理区域に区分変更した。

（沼尻 正晴）

2.4 物質・生命科学実験施設

物質・生命科学実験施設は、3 GeVシンクロトロン施設で加速した高エネルギー陽子をターゲットに入射し、発生した中性子やミュオンを利用して物質科学、生物科学などの研究を行う施設である。2008年5月に初ビームを受けてから2012年3月末現在までに、中性子ビームラインは23本中18本、ミュオンラインは4本中1本が利用されており、2012年度以後も順次設置される。供用実験を行うための実験ホールを第2種管理区域、水銀ターゲット、冷却設備、気体廃棄物処理設備等の運転に必要な設備のエリアを第1種管理区域として管理を行っている。

(1) 震災による被害状況及び復旧作業

東日本大震災により、実験ホールの各ビームラインを構成する遮蔽体（前置遮蔽体を含む）のずれ、ガイド管の破損、水銀ターゲット容器シールベローズの変形、施設周辺の道路や増設建家の沈下等の被害があったが、環境への放射性物質の漏えい、負傷者等はなかった。復旧作業としては、ビームライン遮蔽体の組み直し、ビームライン機器の再アライメント、水銀ターゲット容器の交換などが実施された。また、沈下した増設建家については薬液の注入圧によりリフトアップする工法で復旧を行った。

ビームラインの遮蔽体、安全装置について放射線取扱主任者による検査を実施し合格後、2011年12月22日にビームを受入れ、2012年1月24日より供用運転を開始した。

(2) 管理区域設定等

3-NBT ホット冷却水機械室はミュオン標的等の冷却水を循環し、熱交換器により冷却を行っている。ビーム運転に伴う冷却水の放射化により放射性核種が生成され、機械室内の線量が上昇する。サージタンク表面で $440\ \mu\text{Sv/h}$ 、空間線量で $150\ \mu\text{Sv/h}$ であるため、運転中は立入制限区域の指定を行い作業者の立入を制限している。また、He ベッセル内に挿入されている水銀ターゲット容器振動計測用ミラー等の腐食を防ぐために、運転中のHe ベッセル内のHe の循環を行っている。これに伴い、大型機器取扱室（3F）He ベッセルガス循環設備室内において、モレキュラシーブ表面線量が 1.6mSv/h 、空間線量で $45\ \mu\text{Sv/h}$ であるため、当該区域を立入制限区域に指定した。

ミュオンUライン新設に伴う準備作業では、M2 トンネルと第2実験ホールの気密蓋を開放しビームライン遮蔽体の設置を行うために、第2種管理区域の一部を第1種管理区域に一時的に区分変更した。

(3) 作業環境の放射線監視結果

管理区域内の人が常時立入る場所における作業環境の線量当量率、表面密度及び空气中放射性物質濃度の測定の結果は、管理基準値未満であり、異常は認められなかった。

(4) 変更許可申請による施設検査

ミュオンUライン設置に伴う遮蔽体の変更及びBL09の新設に伴う、放射性同位元素の許可使用に係る変更許可申請を行い、2011年11月25日に許可された。変更許可に伴う施設検査が原子力安全技術センターにより2012年2月6日、7日に行われ、2012年2月14日付けで合格となった。また、前年度の変更許可申請で震災により受けられなかった中性子ビームライン BL-02, BL-11, BL-15, BL-17, BL-18 の施設検査についても、同日に受検し、合格した。

（仲澤 隆）

2.5 ハドロン実験施設

ハドロン実験施設は、50 GeVシンクロトロンから取り出された陽子ビームを、50 GeVシンクロトロンと接続したスイッチャード一次ビームラインによってハドロン実験ホールに輸送し、二次粒子生成標的に入射させることにより中間子等を発生させ、それらを使って基礎物理等の実験を行う施設である。2009年1月27日からビーム運転を開始した。

東日本大震災により、ハドロン実験施設も被害を受けた。ハドロンホール周辺が若干陥没し、舗装していたアスファルトに亀裂が入った。屋外に設置してある電磁石冷却水設備も影響を受け、補修が必要であった。また、ビームライン機器の再アライメントが必要となった。亀裂がはいったアスファルトは、はつり工事を行い撤去した。再舗装工事の一部は未実施である。

地震の影響の有無・機器の健全性を確認するため、ビームラインに設置してある静電セパレータを取り出し、ハドロン搬入棟で通電試験を行った。静電セパレータの通電試験を行う場合、印加する電圧と機器の状況によっては、エックス線が発生する場合があるため、通電試験時には、「センター長の指定する発生装置の指定」（発生装置指定）をしている。発生装置指定をする際には、発生装置を区画する遮蔽の状態及び人が出入りする扉のインターロックを確認した。扉のインターロックは静電セパレータに通電中、扉が開くと電圧をシャットダウンするものである。通電試験後は指定を解除し、ビームラインに戻している。発生装置指定を受けたのは、K1.8BR 第一セパレータ、K1.8 下流側セパレータ、K1.1 静電セパレータである。

2011年度にはユーザーが使用するCd-109の規制免除密封微量線源を受け入れた。

米国 Energy Solutions 社が供給するリサイクル鉄（放射化鉄）については、2012年3月2日に20個の鉄ブロックが搬入された。

東日本大震災後の機器の健全性の確認、ビームライン機器の再アライメント等が完了した後、2011年12月8日にPPS（Personnel Protection System；人の安全を確保するためのインターロックシステム）の検査を行い、放射線取扱主任者がその復旧を確認した。また、2012年1月27日には中間子実験装置のPPS検査と後述する施設検査に向けた遮蔽体の確認が放射線取扱主任者によって行われ、2012年1月28日より施設検査に向けた調整運転が開始された。

2010年12月に申請した変更許可申請の施設検査が2012年2月21日に原子力安全技術センターにより行われ、2012年2月27日付けで合格となった。なお、申請の内容は使用最大粒子数の 3.75×10^{15} 個/hから 3.75×10^{16} 個/hへの変更と一次ビームラインの遮蔽体の増強である。

（齋藤 究）

2.6 ニュートリノ実験施設

ニュートリノ実験施設は、J-PARC敷地では50GeVシンクロトロン施設の内側北半分位置し、管理区域部分は、主として、ターゲットステーション棟(TS)、第2設備棟及び第3設備棟からなる。50GeVシンクロトロンの速い取り出しから、ニュートリノ1次ビームラインに30GeVの陽子ビームが供給され、最終収束部を経てニュートリノ実験施設に導かれる。当該施設は2009年3月に完成し、試験運転を開始した。同年4月にはニュートリノビームの生成を確認した。2010年1月から本格的なニュートリノビームの生成を行っている。

J-PARCの他施設同様ニュートリノ実験施設も東日本大震災で、機械室周辺の陥没などの被害を受けた。応急的であるが2011年12月までに復旧工事を行い、2011年12月24日にビームを受け入れ、ニュートリノの生成を確認した。以降2012年1月及び2月の運転で順調にビームを受け入れ、3月末には140kWのビーム強度で連続運転を行った。

加速器運転中に、管理区域内の常時人が立ち入る場所で最も空間線量率が高かったのは、TS地上階の可動シールド上（ニュートリノターゲット斜め前方）で、 γ 線： $0.4\mu\text{Sv/h}$ 、中性子線： $0.4\mu\text{Sv/h}$ であった。施設設計時の加速器周辺空間線量率の評価においても当該個所が最大の線量率となる場所であり、計算と実測が一致している。また、加速器運転中に汚染検査室で最大 $0.5\mu\text{Sv/h}$ 程度の線量率の上昇があったが、これは機械室を循環している冷却水からの γ 線が、比較的遮へいの薄い部分の近くを通るためである。汚染検査室には作業者の入退を管理するゲートモニタがあるが、空間線量の上昇のため使用不可能になるなどの不都合が生じたため、今後のビーム強度増強に向けて対策が必要である。

加速器停止時は、発生装置室内に人が立入り作業を行うため、発生装置室内の放射化部分や、装置周辺の冷却水・Heガス配管のフィルター等に詰まった放射化したダスト等からの放射線が主に被ばく原因となる。特にターゲットやビームラインから離れた、機械室のプレフィルターユニットで表面の線量率が高く、TS機械室B1Fのプレフィルターユニットで表面線量率 $320\mu\text{Sv/h}$ 、第3設備棟B1Fのプレフィルターユニットで $90\mu\text{Sv/h}$ となっている。線源から1m程度離れても $20\mu\text{Sv/h}$ を超える線量率があり、周辺作業空間に対する影響も考慮する必要がある。

また、運転中の加速器施設では、発生装置室内の空気や冷却水中に放射性物質が生成する。He容器内のHeガスや冷却水中に生成する放射性物質は寿命の長い ^3H と ^7Be が非常に多い。 ^3H は γ 線を出さないため、空間線量への影響は ^7Be が支配的である。 ^{41}Ar やそれより短い半減期の放射性物質については、運転中は発生装置室内に封じ込められており、運転停止後には速やかに減衰するため空間線量率や排水・排気には大きな影響を与えない。ただし、封じ込めが完全でない場合には、生成量が大きく排気中濃度限度が厳しいことから、濃度限度比としては影響が大きくなる。

施設からの排水については、イオン交換樹脂で除去可能な ^7Be よりも ^3H からの影響が排水中濃度限度比としては大きい（濃度限度比： ~ 0.7 ）。しかし、 ^7Be に関しては、茨城県原子力安全協定（原子力施設周辺の安全確保及び環境保全に関する協定書）等により放出量の制限が ^3H よりも小さく設定されており、放出量管理が重要となっている。2011年6月には、 ^7Be 濃度 7.5Bq/cm^3 の廃液 32m^3 （放出量 0.24GBq ；年間放出上限の約20%）を一度に排水したが、この際には、第二排水溝の排水モニタで指示値が上昇するなどの影響が発生した。（高橋 一智）

2.7 排気及び排水の管理データ

(1) 気体廃棄物(放射性ガス及び放射性塵埃)について

2011年度に各施設から大気中に放出された放射性ガス及び放射性塵埃の核種別の3月間の放出量及び平均濃度を表2.7-1及び表2.7-2に、各施設の放出管理値を表2.7-3に示す。各施設からの ^{41}Ar の3月間放出量は放出管理値を下回っており、その他の核種の3月間平均濃度は、排気中濃度限度を各々下回っていた。

(2) 液体廃棄物について

各施設の廃液貯留槽に貯留されている液体廃棄物は、廃液中の放射能濃度を測定し、排水中濃度限度を超えないことを確認した後、JAEA原子力科学研究所(原科研)の第2排水溝から太平洋に放出している。各施設の3月間の放出量及び平均濃度を表2.7-4に、各施設の放出管理値を表2.7-5に示す。各施設の年間放出量は、放出管理値を十分に下回っていた。

(3) 気体廃棄物及び液体廃棄物の放出量の推移について

過去5年間の放射性ガス及び放射性塵埃の放出量並びに液体廃棄物の放出量について、表2.7-6、表2.7-7及び表2.7-8に示す。加速器の出力増強に伴って有検出核種が増えてきているが、過去5年間においても放出管理値を十分に下回っていた。

(沼里 一也)

表 2.7-1 各施設からの放射性ガス放出記録(2011 年度)

施設名	排気筒名	核種	2011 年度							
			第 1 四半期		第 2 四半期		第 3 四半期		第 4 四半期	
			放出量*1 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*1 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*1 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*1 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)
リニアック 施設	リニアック棟	⁴¹ Ar	0.0E+00	<8.9E-04	0.0E+00	<8.9E-04	4.0E+09	<1.1E-03	1.7E+10	<1.1E-03
		³ H (HTO) *2					0.0E+00	<9.0E-05	0.0E+00	<6.4E-05
	L3BT 棟	⁴¹ Ar	0.0E+00	<1.0E-03	0.0E+00	<1.0E-03	4.7E+08	<1.3E-03	2.4E+09	<1.3E-03
		³ H (HTO) *2					0.0E+00	<9.1E-05	0.0E+00	<6.4E-05
3GeV シンクロトロン 施設	3GeV シンクロトロン棟	⁴¹ Ar*2			0.0E+00	<6.7E-04	2.2E+09	<6.9E-04	6.5E+09	<6.9E-04
		³ H (HTO) *2					0.0E+00	<7.9E-05	0.0E+00	<6.4E-05
	3NBT 棟	⁴¹ Ar*2					3.5E+08	<7.6E-04	2.6E+09	<7.6E-04
		³ H (HTO) *2					0.0E+00	<7.1E-05	0.0E+00	<6.4E-05
50GeV シンクロトロン 施設	MR 第 1 機械棟	⁴¹ Ar	0.0E+00	<2.5E-04	0.0E+00	<2.3E-04	9.0E+06	<2.2E-04	1.0E+08	<2.1E-04
		³ H (HTO)	0.0E+00	<1.2E-04	0.0E+00	<5.2E-04	0.0E+00	<1.1E-04	0.0E+00	<1.1E-04
	MR 第 2 機械棟	⁴¹ Ar	0.0E+00	<2.5E-04	0.0E+00	<2.4E-04	0.0E+00	<2.4E-04	2.9E+07	<2.2E-04
	MR 第 3 機械棟	⁴¹ Ar	0.0E+00	<2.5E-04	0.0E+00	<2.3E-04	4.4E+06	<2.2E-04	0.0E+00	<2.2E-04
	HD 第 1 機械棟	⁴¹ Ar	0.0E+00	<2.2E-04	0.0E+00	<3.5E-04	3.1E+07	<2.2E-04	2.1E+07	<2.2E-04
	放射線 測定棟	³ H (HTO)	0.0E+00	<1.2E-04	0.0E+00	<1.1E-04	0.0E+00	<1.1E-04	0.0E+00	<1.1E-04
物質・生命科学 実験施設		⁴¹ Ar	4.7E+10	<6.0E-04	3.7E+10	<6.0E-04	7.8E+09	<6.0E-04	9.5E+10	<6.4E-04
		⁸⁵ Kr*3	—	—	—	—	1.3E+11	<1.0E-03	—	—
		³ H (HTO)	0.0E+00	<5.3E-04	0.0E+00	<6.8E-05	1.9E+11	5.2E-04	0.0E+00	<6.5E-05
		³ H (HT)	9.3E+10	2.6E-04	2.1E+11	6.0E-04	0.0E+00	<6.7E-05	5.1E+11	1.4E-03
ハトリオン 実験施設	HD 第 2	⁴¹ Ar	0.0E+00	<2.4E-04	0.0E+00	<2.3E-04	1.9E+06	<2.5E-04	0.0E+00	<2.5E-04
	機械棟	³ H (HTO) *2							0.0E+00	<2.4E-04
ニュートリノ 実験施設	第 2 設備棟	⁴¹ Ar	0.0E+00	<2.3E-04	0.0E+00	<2.5E-04	7.6E+06	<2.4E-04	3.3E+07	<2.4E-04
		³ H (HTO)	0.0E+00	<9.8E-05	0.0E+00	<1.1E-04	0.0E+00	<1.1E-04	0.0E+00	<1.1E-04
	TS 棟	⁴¹ Ar	0.0E+00	<2.2E-04	0.0E+00	<2.2E-04	7.0E+06	<2.2E-04	0.0E+00	<2.2E-04
		³ H (HTO)	0.0E+00	<3.0E-04	6.0E+09	1.9E-04	3.2E+09	<1.0E-04	0.0E+00	<2.2E-04
	第 3 設備棟	⁴¹ Ar	0.0E+00	<2.4E-04	0.0E+00	<2.4E-04	2.3E+08	<2.5E-04	7.9E+06	<2.5E-04
		³ H (HTO)	0.0E+00	<1.4E-04	0.0E+00	<1.1E-04	0.0E+00	<8.8E-05	0.0E+00	<1.1E-04

*1 検出下限以上の放出量の合計。検出下限未満の場合は 0 とした。

*2 施設の状況から放出のおそれがなく、モニタリングを必要としなかった期間を斜線で示した。

*3 ⁴¹Ar 放出のおそれがなく、主要核種が ⁸⁵Kr と確認された期間のみ ⁸⁵Kr として評価した。

表 2.7-2 各施設からの放射性塵埃*1 放出記録(2011 年度)(1/2)

施設名	排気筒名	核種	2011 年度							
			第 1 四半期		第 2 四半期		第 3 四半期		第 4 四半期	
			放出量*2 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*2 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*2 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*2 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)
リニアック 施設	リニアック棟	全 β *3	－	<5.1E-09	－	<2.6E-09	－	<1.7E-09	－	<4.1E-10
		⁷ Be	0.0E+00	<6.8E-08	0.0E+00	<2.7E-08	0.0E+00	<7.7E-09	0.0E+00	<2.0E-09
	L3BT 棟	全 β *3	－	<2.5E-09	－	<2.5E-09	－	<1.7E-09	－	<4.1E-10
		⁷ Be	0.0E+00	<2.7E-08	0.0E+00	<8.5E-09	0.0E+00	<7.5E-09	0.0E+00	<1.9E-09
3GeV シンクロトロン 施設	3GeV シンクロトロン棟	全 β *3	－	<5.7E-10	－	<4.1E-10	－	<4.1E-10	－	<4.1E-10
		⁷ Be	0.0E+00	<1.8E-09	0.0E+00	<1.5E-09	0.0E+00	<1.8E-09	0.0E+00	<2.0E-09
	3NBT 棟	全 β *3	－	<5.8E-10	－	<5.8E-10	－	<4.0E-10	－	<4.1E-10
		⁷ Be	0.0E+00	<5.9E-09	0.0E+00	<6.2E-09	0.0E+00	<1.9E-09	0.0E+00	<1.9E-09
50GeV シンクロトロン 施設	MR 第 1 機械棟	全 β *3	－	<5.8E-09	－	<5.8E-09	－	<4.1E-09	－	<4.1E-09
		⁷ Be	0.0E+00	<6.8E-08	0.0E+00	<1.9E-08	0.0E+00	<1.9E-08	0.0E+00	<2.0E-08
	MR 第 2 機械棟	全 β *3	－	<5.8E-09	－	<1.9E-07	－	<4.1E-09	－	<4.1E-09
		⁷ Be	0.0E+00	<7.6E-08	0.0E+00	<5.3E-07	0.0E+00	<2.0E-08	0.0E+00	<2.1E-08
	MR 第 3 機械棟	全 β *3	－	<6.6E-09	－	<4.1E-09	－	<4.1E-09	－	<4.1E-09
		⁷ Be	0.0E+00	<7.4E-08	0.0E+00	<1.9E-08	0.0E+00	<1.9E-08	0.0E+00	<2.2E-08
	HD 第 1 機械棟	全 β *3	－	<5.8E-09	－	<5.8E-09	－	<4.1E-09	－	<4.1E-09
		⁷ Be	0.0E+00	<6.2E-08	0.0E+00	<6.7E-08	0.0E+00	<7.2E-08	0.0E+00	<6.5E-08
	放射線 測定棟	全 β *3	－	<5.7E-09	－	<5.7E-09	－	<4.1E-09	－	<4.1E-09
		⁷ Be	0.0E+00	<6.6E-08	0.0E+00	<6.9E-08	0.0E+00	<6.9E-08	0.0E+00	<7.0E-08
物質・生命科学 実験施設		全 β *3	－	<5.8E-10	－	<5.8E-10	－	<4.1E-10	－	<4.1E-10
		⁷ Be	0.0E+00	<6.7E-09	0.0E+00	<8.2E-09	0.0E+00	<7.8E-09	0.0E+00	<7.1E-09
		⁸² Br *4	－	－	－	－	－	－	2.5E+04	<5.8E-10
		¹²¹ I *4	－	－	－	－	－	－	2.0E+05	<3.7E-09
		¹²³ I *4	－	－	－	－	－	－	8.3E+05	2.3E-09
		¹²⁵ I *4	2.1E+05	1.1E-09	－	－	9.1E+05	2.6E-09	1.2E+06	3.2E-09
		¹⁹⁷ Hg *4	－	－	－	－	－	－	1.9E+06	5.3E-09
ハートマン 実験施設	HD 第 2 機械棟	全 β *3	－	<5.8E-09	－	<5.7E-09	－	<4.1E-09	－	<4.1E-09
		⁷ Be	0.0E+00	<6.8E-08	0.0E+00	<6.4E-08	0.0E+00	<6.8E-08	0.0E+00	<6.5E-08
ニュートリノ 実験施設	第 2 設備棟	全 β *3	－	<5.8E-09	－	<5.8E-09	－	<4.1E-09	－	<4.1E-09
		⁷ Be	0.0E+00	<7.4E-08	0.0E+00	<7.7E-08	0.0E+00	<6.2E-08	0.0E+00	<6.7E-08

*1 揮発性核種を含む。

*2 検出下限以上の放出量の合計。検出下限未満の場合は 0 とした。

*3 全 β は参考値として扱っているため放出量の評価を行っていない。

*4 検出下限以上の場合のみ評価した。

表 2.7-2 各施設からの放射性塵埃*1 放出記録(2011 年度) (2/2)

施設名	排気筒名	核種	2011 年度							
			第 1 四半期		第 2 四半期		第 3 四半期		第 4 四半期	
			放出量*2 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*2 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*2 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*2 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)
ニュートリノ 実験施設	TS 棟	全 β *3	－	<5. 8E-09	－	<5. 8E-09	－	<4. 1E-09	－	<4. 1E-09
		⁷ Be	0. 0E+00	<6. 5E-08	0. 0E+00	<6. 9E-08	0. 0E+00	<7. 1E-08	0. 0E+00	<7. 3E-08
		¹⁹² Hg*4	－	－	－	－	－	－	3. 2E+05	<1. 2E-07
		^{193m} Hg*4	－	－	－	－	－	－	3. 7E+05	1. 3E-08
		¹⁹⁵ Hg*4	－	－	－	－	－	－	6. 7E+05	<1. 7E-07
		^{195m} Hg*4	－	－	－	－	－	－	4. 3E+05	1. 5E-08
		¹⁹⁷ Hg*4	－	－	－	－	－	－	1. 1E+07	3. 8E-07
		^{197m} Hg*4	－	－	－	－	－	－	3. 0E+05	<1. 8E-08
		²⁰³ Hg*4	5. 9E+05	2. 6E-08	－	－	－	－	8. 2E+04	<4. 7E-09
	第 3 設備棟	全 β *3	－	<5. 8E-09	－	<5. 7E-09	－	<4. 1E-09	－	<4. 1E-09
		⁷ Be	0. 0E+00	<8. 3E-08	0. 0E+00	<7. 9E-08	0. 0E+00	<6. 5E-08	0. 0E+00	<6. 7E-08
		¹⁹⁷ Hg*4	－	－	－	－	－	－	9. 4E+05	<7. 3E-08
		²⁰³ Hg*4	2. 3E+04	<2. 2E-08	－	－	－	－	－	－

*1 揮発性核種を含む。

*2 検出下限以上の放出量の合計。検出下限未満の場合は 0 とした。

*3 全 β は参考値として扱っているため放出量の評価を行っていない。

*4 検出下限以上の場合のみ評価した。

表 2.7-3 各施設における気体廃棄物の放出管理値(2011 年度)

2011 年度			
施設名	排気筒名	核種	放出管理値
リニアック施設	リニアック棟	⁴¹ Ar	320GBq/3 月
	L3BT 棟		300GBq/3 月
3GeV シンクロトン施設	3GeV シンクロトン棟		330GBq/3 月
	3NBT 棟		500GBq/3 月
50GeV シンクロトン施設	第 1 機械棟		300GBq/3 月
	第 2 機械棟		360GBq/3 月
	第 3 機械棟		380GBq/3 月
	HD 第 1 機械棟		300GBq/3 月
物質・生命科学実験施設			2900GBq/3 月
ハドロン実験施設	HD 第 2 機械棟		1200GBq/3 月
ニュートリノ実験施設	第 2 設備棟		460GBq/3 月
	TS 棟		39GBq/3 月
	第 3 設備棟		460GBq/3 月

表 2.7-4 各施設からの液体廃棄物放出記録(2011 年度)

施設名	核種	2011 年度								
		第 1 四半期		第 2 四半期		第 3 四半期		第 4 四半期		年間
		放出量*1 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*1 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*1 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*1 (Bq)	平均濃度 (Bq/cm ³)	放出量*1 (Bq)
リニアック施設	³ H (HTO)	0. 0E+00	<2. 7E-01	0. 0E+00	<1. 8E-01	0. 0E+00	<1. 4E-01	0. 0E+00	<1. 4E-01	0. 0E+00
	⁷ Be	0. 0E+00	<5. 9E-02	0. 0E+00	<4. 6E-02	0. 0E+00	<2. 7E-02	0. 0E+00	<2. 5E-02	0. 0E+00
3GeV ^{*2} シンクロトロン施設	³ H (HTO)	0. 0E+00	<1. 7E-01			0. 0E+00	<1. 4E-01			0. 0E+00
	⁷ Be	0. 0E+00	<4. 4E-02			0. 0E+00	<2. 8E-02			0. 0E+00
50GeV シンクロトロン施設	³ H (HTO)	3. 0E+07	<2. 6E-01	3. 0E+07	<2. 0E-01	9. 6E+06	<1. 4E-01	0. 0E+00	<1. 3E-01	7. 0E+07
	⁷ Be	0. 0E+00	<7. 9E-02	0. 0E+00	<4. 6E-02	0. 0E+00	<3. 1E-02	0. 0E+00	<1. 8E-02	0. 0E+00
物質・生命科学 ^{*2} 実験施設	³ H (HTO)			2. 2E+08	1. 9E+01	2. 0E+08	3. 0E+00	7. 8E+07	9. 7E+00	5. 0E+08
	⁷ Be			0. 0E+00	<2. 8E-02	0. 0E+00	<5. 2E-02	0. 0E+00	<2. 7E-02	0. 0E+00
ハドロン ^{*2} 実験施設	³ H (HTO)	0. 0E+00	<1. 6E-01	3. 4E+07	3. 7E-01	6. 3E+06	2. 1E-01			4. 0E+07
	⁷ Be	0. 0E+00	<3. 5E-02	0. 0E+00	<2. 8E-02	0. 0E+00	<2. 1E-02			0. 0E+00
ニュートリノ 実験施設	³ H (HTO)	2. 9E+09	1. 0E+01	2. 1E+10	3. 2E+01	1. 7E+09	7. 7E+00	1. 1E+09	5. 5E+00	2. 7E+10
	⁷ Be	2. 5E+08	8. 9E-01	1. 3E+08	2. 0E-01	1. 7E+07	7. 7E-02	5. 4E+06	<2. 8E-02	4. 0E+08
	²² Na	8. 6E+05	<3. 5E-03	2. 9E+06	<5. 1E-03	8. 2E+05	<5. 1E-03	3. 0E+05	<3. 2E-03	4. 9E+06
	⁵⁴ Mn ^{*3}	2. 7E+04	<1. 8E-03	1. 3E+05	<3. 2E-03	-	-	-	-	1. 6E+05

*1 検出下限以上の放出量の合計。検出下限未満の場合は 0 とした。

*2 排水のなかった期間は斜線で示した。

*3 検出下限以上の場合のみ評価した。

表 2.7-5 各施設における液体廃棄物の放出管理値(2011 年度)

施設名	2011 年度		
	核種		
	³ H、 ¹⁴ C 以外の核種*	³ H	¹⁴ C
リニアック	0. 4GB q / 年	0. 8TB q / 年	3. 6GB q / 年
3GeV シンクロトロン施設	0. 4GB q / 年	0. 8TB q / 年	3. 6GB q / 年
50GeV シンクロトロン施設	0. 4GB q / 年	0. 8TB q / 年	3. 6GB q / 年
物質・生命科学実験施設	0. 6GB q / 年	0. 8TB q / 年	3. 6GB q / 年
ハドロン実験施設	0. 6GB q / 年	0. 8TB q / 年	3. 6GB q / 年
ニュートリノ実験施設	1. 2GB q / 年	0. 8TB q / 年	3. 6GB q / 年

* ⁶⁰Co および ¹³⁷Cs については、それぞれ 0. 12GBq/年とする。

表 2.7-6 各施設からの放射性塵埃*1 年間放出記録(2006 年度～2010 年度) (1/2)

施設名	排気筒名	核種	2006 年度*2	2007 年度*2	2008 年度*2	2009 年度	2010 年度
			放出量*4 (Bq)				
リニアック施設	リニアック棟	^7Be	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	L3BT 棟	^7Be	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
3GeV シンクロトン施設	3GeV シンクロトン棟	^7Be		0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	3NBT 棟	^7Be		0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
50GeV シンクロトン施設	MR 第 1 機械棟	^7Be			0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	MR 第 2 機械棟	^7Be			0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	MR 第 3 機械棟	^7Be			0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	HD 第 1 機械棟	^7Be			0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	NU 第 2 設備棟*3	^7Be			0.0E+00	0.0E+00	—
物質・生命科学実験施設		^7Be			0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
		$^{82}\text{Br}^{*5}$			—	1.3E+05	4.9E+05
		$^{120}\text{I}^{*5}$			—	7.6E+06	2.3E+07
		$^{121}\text{I}^{*5}$			—	3.6E+06	4.1E+07
		$^{123}\text{I}^{*5}$			—	5.6E+06	2.1E+07
		$^{125}\text{I}^{*5}$			—	—	1.7E+06
		$^{195\text{m}}\text{Hg}^{*5}$			—	—	4.7E+05
		$^{197}\text{Hg}^{*5}$			—	2.7E+06	8.6E+06
ハドロン実験施設	HD 第 2 機械棟	^7Be			0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
ニュートリノ 実験施設	第 2 設備棟*3	^7Be				0.0E+00	0.0E+00
		$^{197}\text{Hg}^{*6}$				—	4.6E+04
	TS 棟	^7Be				0.0E+00	0.0E+00
		$^{82}\text{Br}^{*6}$				—	1.7E+05
		$^{125}\text{I}^{*6}$				—	7.8E+03
		$^{192}\text{Hg}^{*6}$				—	1.5E+07
		$^{193\text{m}}\text{Hg}^{*6}$				—	5.0E+06
		$^{193}\text{Hg}^{*6}$				—	4.8E+06
		$^{195\text{m}}\text{Hg}^{*6}$				—	2.1E+06
		$^{195}\text{Hg}^{*6}$				—	1.4E+07

*1 揮発性核種を含む。

*2 当該施設の管理区域設定前の年度は斜線で示した。

*3 2009 年 4 月 13 日までは 50GeV シンクロトン施設として、それ以降はニュートリノ実験施設として管理した。

*4 検出下限以上の放出量の合計。検出下限未満の場合は 0 とした。

*5 検出下限以上の場合のみ評価した。

*6 モニタリング対象外としていた年度は—で示した。

表 2.7-6 各施設からの放射性塵埃*1 年間放出記録(2006 年度～2010 年度) (2/2)

施設名	排気筒名	核種	2006 年度*2	2007 年度*2	2008 年度*2	2009 年度	2010 年度
			放出量*3 (Bq)				
ニュートリノ実験施設	TS 棟	$^{197}\text{Hg}^{*5}$				－	3.6E+07
		$^{203}\text{Hg}^{*5}$				－	3.5E+05
	第3設備棟	^7Be				0.0E+00	0.0E+00
		$^{192}\text{Hg}^{*5}$				－	7.4E+05
		$^{193\text{m}}\text{Hg}^{*5}$				－	1.4E+05
		$^{195\text{m}}\text{Hg}^{*5}$				－	4.3E+04
		$^{197}\text{Hg}^{*5}$				－	3.6E+06
		$^{203}\text{Hg}^{*5}$				－	5.8E+05

*1 揮発性核種を含む。

*2 当該施設の管理区域設定前の年度は斜線で示した。

*3 検出下限以上の放出量の合計。検出下限未満の場合は0とした。

*4 検出下限以上の場合のみ評価した。

*5 モニタリング対象外としていた年度は－で示した。

表 2.7-7 各施設からの放射性ガス年間放出記録(2006 年度～2010 年度)

施設名	排気筒名	核種	2006 年度 ^{*1}	2007 年度 ^{*1}	2008 年度 ^{*1}	2009 年度	2010 年度
			放出量 ^{*2} (Bq)				
リニアック施設	リニアック棟	⁴¹ Ar	1.0E+10	3.6E+10	3.3E+10	7.4E+10	6.2E+10
		³ H (HTO)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	L3BT 棟	⁴¹ Ar	1.3E+09	6.0E+09	5.8E+09	1.0E+10	8.4E+09
		³ H (HTO)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
3GeV シンクロトロン施設	3GeV シンクロトロン棟	⁴¹ Ar		9.8E+09	9.1E+09	2.5E+10	3.4E+10
		³ H (HTO)		0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	3NBT 棟	⁴¹ Ar		3.1E+09	3.3E+09	6.6E+09	6.1E+09
		³ H (HTO)		0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
50GeV シンクロトロン施設	MR 第 1 機械棟	⁴¹ Ar			0.0E+00	2.6E+09	3.0E+09
		³ H (HTO) ^{*3}			—	—	0.0E+00
	MR 第 2 機械棟	⁴¹ Ar			1.4E+07	9.2E+09	1.3E+10
	MR 第 3 機械棟	⁴¹ Ar			1.2E+07	6.8E+09	3.7E+08
	HD 第 1 機械棟	⁴¹ Ar			0.0E+00	2.8E+07	9.5E+07
	NU 第 2 設備棟 ^{*4}	⁴¹ Ar			0.0E+00	9.1E+07	—
物質・生命科学実験施設		⁴¹ Ar			3.5E+10	1.1E+11	3.2E+11
		³ H (HTO)			0.0E+00	0.0E+00	5.5E+09
ハドロン実験施設	HD 第 2 機械棟	⁴¹ Ar			0.0E+00	4.5E+09	2.4E+08
ニュートリノ実験施設	第 2 設備棟 ^{*4}	⁴¹ Ar				1.0E+09	9.2E+08
	TS 棟	⁴¹ Ar				1.0E+10	1.3E+10
		³ H (HTO) ^{*3}				—	7.4E+09
	第 3 設備棟	⁴¹ Ar				1.5E+09	8.5E+08

*1 当該施設の管理区域設定前の年度は斜線で示した。

*2 検出下限以上の放出量の合計。検出下限未満の場合は 0 とした。

*3 モニタリング対象外としていた年度は—で示した。

*4 2009 年 4 月 13 日までは 50GeV シンクロトロン施設として、それ以降はニュートリノ実験施設として管理した。

表 2.7-8 各施設からの液体廃棄物年間放出記録(2006年度～2010年度)

施設名	核種	2006 年度*1	2007 年度*1	2008 年度*1	2009 年度	2010 年度
		放出量*2 (Bq)				
リニアック施設	^3H (HT0)	0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00
	^7Be	0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00
3GeV シンクロトロン施設	^3H (HT0)		0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00
	^7Be		0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00
50GeV シンクロトロン施設	^3H (HT0)			0. 0E+00	7. 2E+06	3. 9E+07
	^7Be			0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00
物質・生命科学実験施設	^3H (HT0)			0. 0E+00	2. 2E+08	1. 0E+09
	^7Be			0. 0E+00	1. 1E+06	0. 0E+00
ハドロン実験施設	^3H (HT0)			0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00
	^7Be			0. 0E+00	0. 0E+00	0. 0E+00
ニュートリノ実験施設	^3H (HT0)				4. 1E+07	2. 6E+10
	^7Be				3. 5E+06	6. 3E+08
	$^{22}\text{Na}^{*3}$				－	6. 2E+06
	$^{54}\text{Mn}^{*3}$				－	7. 5E+04

*1 当該施設の管理区域設定前の年度は斜線で示した。

*2 検出下限以上の放出量の合計。検出下限未満の場合は 0 とした。

*3 検出下限以上の場合のみ評価した。

2.8 放射性同位元素等の管理データ

J-PARCで2011年度までに使用許可を取得した放射性同位元素は、物質・生命科学実験施設における「密封された放射性同位元素」（密封放射性同位元素）のみである。

J-PARCでは、予防規程等に基づき、密封放射性同位元素の定期自主点検（数量及び保管状況の確認）を年2回実施している。2011年度においては、2011年9月26日及び2012年3月12日に放射線管理室立会いの下で定期自主点検を実施し、いずれも異常はなかった。なお、密封放射性同位元素の保有数は、2012年3月31日現在で16個であった。保有する密封放射性同位元素の内訳（種類及び数量）を表2.8-1に示す。

表示付認証機器および規制免除密封微量線源については、「放射線安全の手引き」に基づき、J-PARCが保有している表示付認証機器及びJ-PARCセンターが保有している規制免除密封微量線源の保管状況等の確認を年1回実施している。表示付認証機器及び規制免除密封微量線源の保有数量は2011年12月31日現在で15個及び126個であった。表示付認証機器の種類及び台数を表2.8-2に示す。

（田島 考浩）

表 2.8-1 J-PARCが保有する密封放射性同位元素の種類及び数量

使用許可			期首在庫 (2011. 4. 1)	期末在庫 (2012. 3. 31)	受入日	備 考
種類	数量					
核種	1 個あたりの数量	個数				
⁹³ Zr	47 MB q	1	1	1	2009. 11. 13	
¹²⁹ I	3 MBq	1	1	1	2009. 6. 5	
⁹⁹ Tc	37 MB q	1	1	1	2009. 6. 5	
⁹⁹ Tc	50 MB q	1	1	1	2009. 6. 5	
²³⁷ Np	26 MB q	1	0	0	－	
²³⁷ Np	5.2 MB q	1	1	1	2009. 6. 5	
²³⁷ Np	1 MBq	1	1	1	2009. 6. 5	
²⁴¹ Am	0.95 GB q	1	1	1	2009. 11. 13	
²⁴³ Am	0.95 GB q	1	0	0	－	
²⁴⁴ Cm	1.8 GB q	6	6	6	2009. 6. 5	
²⁴⁴ Cm+ ²⁴⁶ Cm	1.8 GBq+15 MBq	4	2	2	2009. 11. 13	
²⁵² Cf	3.7 MB q	1	1	1	2008. 5. 15	
合計個数			16	16	－	

表 2.8-2 J-PARCが保有する表示付認証機器の種類及び台数

No.	表示付認証機器の 認証番号	表示付認証機器の名称	台数（核種別台数）		最終 届出日
1	☎ 017	放射線標準ガンマ線源 401CE	5 台	^{60}Co (3 台)	2010. 11. 24
				^{137}Cs (2 台)	
2	☎ 077	ベータ線源 303CE	9 台	^{90}Sr (9 台)	2010. 11. 24
3	☎ 041	照射線量率ガンマ線源 456CE	1 台	^{137}Cs (1 台)	2010. 11. 24
合計台数			15 台	-	-

2.9 放射化物の管理データ

J-PARCにおける放射化物の管理は、「放射線発生装置使用施設における放射化物の取扱いについて」(平成10年10月30日 科学技術庁原子力安全局放射線安全課長通知)で示された「放射線発生装置使用施設における放射化物の取扱いに係るガイドライン」に基づき2011年度まで実施してきた。

J-PARCでは、予防規程等に基づき、放射化物の受入測定及び確認測定を行っている。2011年度までに各施設がJ-PARC外から受入れた放射化物及び各施設で発生した放射化物の数量を表2.9-1に示す。なお、受入れた放射化物(加速器機器、遮蔽体等)は、放射線発生装置等への組み込みの都度、放射化物の管理対象から外している。

(田島 考浩)

表 2.9-1 J-PARC 外から受入れた放射化物及び J-PARC で発生した放射化物の数量

年度 施設名		2005年度*	2006年度*	2007年度*	2008年度*	2009年度	2010年度	2011年度
リニアック施設	受入 (個)	19	32	44	264	0	0	0
	発生 (個)	0	0	0	0	0	1	0
3GeVシンクロtron 施設	受入 (個)			0	1	0	0	0
	発生 (個)			0	0	0	0	0
物質・生命科学 実験施設	受入 (個)				1	0	0	0
	発生 (個)				0	1	0	0
50GeVシンクロtron 施設	受入 (個)				1	0	0	5
	発生 (個)				0	0	7	21
ハドロン実験施設	受入 (個)				0	185	43	76
	発生 (個)				0	2	24	21
ニュートリノ実験施設	受入 (個)					0	0	0
	発生 (個)					0	0	10

* 当該施設の管理区域設定前の年度は斜線で示した。

2.10 放射性廃棄物の管理データ

J-PARCにおいて放射性廃棄物を処理する方法としては、JAEA原子力科学研究所バックエンド技術部（原科研処理場）に引渡す方法と公益社団法人日本アイソトープ協会（RI協会）に引渡す方法の2つがある。リニアック施設、3GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設においては、各施設でカートンボックス等に封入した放射性廃棄物の引取りを原科研処理場に依頼し、廃棄している。50GeVシンクロトロン施設、ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設においては、各施設で発生した廃棄物を収集しRI協会指定の容器へ封入してRI協会に引渡している。2011年度までに各施設から廃棄された放射性廃棄物を表2.10-1及び表2.10-2に示す。

（高橋 一智）

表 2.10-1 J-PARCから原科研処理場に引渡しを行った廃棄物

引渡年度	施設名	区分等	主な内容物	発生量 (m ³)
2008 年度	リニアック施設	A-1 不燃（非金属）	HEPA フィルタ	1.50
2009 年度	3 GeVシンクロトロン施設	A-1 不燃（非金属）	HEPA フィルタ	0.70
	物質・生命科学実験施設	A-1 可燃	紙、布、ゴム手 等	2.28
2010 年度	3 GeVシンクロトロン施設	A-1 可燃	紙、布、ゴム手 等	0.50
		A-1 不燃（非金属）	PRE、HEPA フィルタ	2.75
	物質・生命科学実験施設	A-1 可燃	紙、布、ゴム手 等	3.78
		A-1 不燃（非金属）	PRE、HEPA フィルタ	4.30
2011 年度	リニアック施設	A-1 不燃（非金属）	HEPA フィルタ	5.02
	3 GeVシンクロトロン施設	A-1 可燃	紙、布、ゴム手 等	1.50
		A-1 不燃（非金属）	PRE、HEPA フィルタ	4.40
	物質・生命科学実験施設	A-1 可燃	紙、布、ゴム手 等	3.84
		A-1 不燃（非金属）	PRE、HEPA フィルタ	15.11

表 2.10-2 J-PARCからRI協会に引渡しを行った廃棄物

引渡年度	内容物	発生量
2010 年度	可燃	50ℓ ×3 本
	難燃	50ℓ ×10 本
	不燃	50ℓ ×8 本
	非圧縮	50ℓ ×1 本
	焼却型 HEPA フィルタ	1962 ℓ
	通常型 PRE フィルタ	37ℓ
2011 年度	可燃	50ℓ ×22 本
	難燃	50ℓ ×86 本
	不燃	50ℓ ×17 本
	非圧縮	50ℓ ×7 本

3. 周辺環境の放射線管理

J-PARC周辺の環境放射線及び環境試料のモニタリングとして、事業所境界における中性子線及び γ 線測定、事業所内における地下水及び雨水の測定を実施した。なお、事業所境界における中性子線及び γ 線測定の一部については、JAEA原子力科学研究所放射線管理部環境放射線管理課（環境放管課）に依頼して実施した。

2011年度においては、福島第1原発事故による放射性ヨウ素及び放射性セシウムの環境汚染で放射線レベルが大きく上昇し、環境放射線及び環境試料のモニタリング結果に大きな影響を及ぼした。また、J-PARC施設からの大気放出に起因すると予想される雨水及び地下水中の ^3H 濃度変動が観測された。

（宮本 幸博）

3.1 環境放射線のモニタリング

J-PARCは、高エネルギーの陽子を加速する放射線発生装置と3つの実験施設から構成されており、ビームの輸送距離が約3kmと大規模な複合施設である。J-PARCの運転に伴い、放射線発生装置で加速された陽子がターゲット及び加速器構成機器との相互作用によりハドロンカスケードを起こし、パルス状の中性子及びガンマ線等が発生する。J-PARCの環境放射線モニタリングにおいては、これらのパルス状放射線が主要な測定対象となる。

パルス状放射線を数え落とすことなく、また、広域の環境放射線モニタリングを経済的に行うためには、積算型の放射線測定器が優れている。そこで、J-PARCでは積算線量計による事業所境界等のモニタリングを行っている。2005年5月、施設稼働前のバックグラウンドを把握するため、モニタリングを開始した。このデータは、施設稼働後のJ-PARCからの環境に対する影響を確認する上で貴重なデータである。2006年10月、J-PARCは放射線発生装置の稼働を開始したが、それ以降もモニタリングを継続的に行っている。

原科研と事業所境界を同一とするJ-PARCが、合理的に環境モニタリングを行うため、J-PARC及び原科研双方の予防規程に基づき、環境放管課に環境に係る線量測定の一部を依頼している。具体的には、月毎の事業所境界線量の測定（2006年3月からγ線測定、2006年10月から中性子線及びγ線測定）を依頼している。測定は、積算線量計、モニタリングポスト等によって実施されており、積算線量計としては、エッチピット線量計（千代田テクノル製TH-1199；中性子用）及びガラス線量計（東芝硝子製SC-1；γ線用）が使用されている。環境放管課に依頼している線量測定点（積算線量計）を図3.1-1に、2007年度から2011年度の測定結果を表3.1-1に示す。

一方、放射線管理室では、エリアモニタや管理区域周辺サーベイなどで異常な放射線レベル上昇を検出したときに、近傍の事業所境界で速やかな線量評価ができるよう、上記とは別に積算線量計によるモニタリングを行っている。中性子線測定はエッチピット線量計（千代田テクノル製TH-1199）とモデレータ（中性子線量当量モニタケース；長瀬産業製UDS893P-1型）に収納した熱ルミネセンス線量計（TLD；パナソニック製UD-813LiF）の併用により、γ線測定はTLD（パナソニック製UD-804PQ）により、各々、事業所境界における3月間の積算線量測定を実施している。放射線管理室が実施している線量測定点を図3.1-1に示す。2005年度から2011年度のエッチピット線量計での測定結果は、全ての測定点で検出下限（100μSv）未満であった。2005年度から2011年度のTLDによる中性子線の測定結果を表3.1-2及び図3.1-2に、γ線の測定結果を表3.1-3及び図3.1-3に示す。

2011年3月の福島第1原発事故の影響で測定点付近の松葉に放射性物質が付着したことなどにより環境中のγ線レベルが大きく上昇したため、2011年度はTLDによるγ線積算線量測定についても、通常の3月間測定に加え1月間測定を実施した。1月間測定の結果を表3.1-4及び図3.1-4に示す。最も線量上昇の大きかった測定点D-15では、3月間の積算線量が事故前の約16倍まで上昇した。線量は、¹³¹Iが減衰した6月以降、¹³⁴Csの減衰とウェザリング効果によりゆっくりと減少している。

（関 一成）

表 3.1-1 環境放管課に依頼した事業所境界の線量測定結果

年度	設置期間	日数	新川東		新川北		八間道路		MP-18-J	
			γ 線 ^{*1}	中性子線 ^{*2}	γ 線 ^{*1}	中性子線 ^{*2}	γ 線 ^{*1}	中性子線 ^{*2}	γ 線 ^{*1}	中性子線 ^{*2}
			(μSv)							
2007年度	4/3 ~ 5/2	29	56	×	52	×	49	×	42	×
	5/2 ~ 6/1	30	63	×	49	×	52	×	45	×
	6/1 ~ 7/6	35	70	×	56	×	57	×	54	×
	7/6 ~ 8/1	26	49	×	47	×	45	×	40	×
	8/1 ~ 9/4	34	63	×	56	×	54	×	56	×
	9/4 ~ 10/2	28	54	×	45	×	50	×	47	×
	10/2 ~ 11/1	30	61	×	45	×	50	×	45	×
	11/1 ~ 12/4	33	59	×	50	×	54	×	52	×
	12/4 ~ 1/8	35	71	×	59	×	56	×	56	×
	1/8 ~ 2/1	24	45	×	35	×	37	×	35	×
2008年度	2/1 ~ 3/4	32	64	×	45	×	52	×	42	×
	3/4 ~ 4/1	28	59	×	50	×	47	×	45	×
	4/22 ~ 5/1	9	23	×	17	×	19	×	17	×
	5/1 ~ 6/4	34	75	×	59	×	59	×	52	×
	6/4 ~ 7/1	27	50	×	47	×	45	×	42	×
	7/1 ~ 8/1	31	66	×	61	×	59	×	56	×
	8/1 ~ 9/2	32	61	×	54	×	59	×	50	×
	9/2 ~ 10/1	29	50	×	44	×	52	×	42	×
	10/1 ~ 11/5	35	68	×	54	×	59	×	59	×
	11/5 ~ 12/2	27	54	×	44	×	45	×	47	×
2009年度	12/2 ~ 1/6	35	66	×	52	×	52	×	50	×
	1/6 ~ 2/3	28	50	×	37	×	38	×	35	×
	2/3 ~ 3/3	28	49	×	42	×	42	×	38	×
	3/3 ~ 4/1	29	52	×	44	×	42	×	37	×
	4/1 ~ 5/1	30	66	×	50	×	52	×	47	×
	5/1 ~ 6/2	32	68	×	54	×	54	×	45	×
	6/2 ~ 7/1	29	56	×	50	×	49	×	45	×
	7/1 ~ 8/4	34	59	×	54	×	52	×	49	×
	8/4 ~ 9/1	28	56	×	47	×	50	×	45	×
	9/1 ~ 10/1	30	54	×	49	×	52	×	45	×
2010年度	10/1 ~ 11/5	35	66	×	57	×	61	×	59	×
	11/5 ~ 12/1	26	47	×	38	×	44	×	45	×
	12/1 ~ 1/5	35	64	×	52	×	49	×	49	×
	1/5 ~ 2/2	28	50	×	38	×	40	×	38	×
	2/2 ~ 3/2	28	54	×	44	×	44	×	42	×
	3/2 ~ 4/1	30	56	×	47	×	45	×	40	×
	4/1 ~ 5/7	36	64	×	52	×	52	×	50	×
	5/7 ~ 6/1	25	45	×	37	×	37	×	35	×
	6/1 ~ 7/1	30	54	×	44	×	44	×	42	×
	7/1 ~ 8/3	33	59	×	49	×	49	×	47	×
2011年度	8/3 ~ 9/1	29	52	×	44	×	45	×	42	×
	9/1 ~ 10/1	30	54	×	44	×	47	×	45	×
	10/1 ~ 11/2	32	57	×	47	×	47	×	45	×
	11/2 ~ 12/1	29	50	×	42	×	44	×	42	×
	12/1 ~ 1/5	35	64	×	52	×	54	×	50	×
	1/5 ~ 2/1	27	49	×	38	×	40	×	38	×
	2/1 ~ 3/1	28	47	×	42	×	42	×	40	×
	3/1 ~ 4/1	31	733	×	626	×	767	×	823	×
	4/1 ~ 5/6	35	799	×	639	×	820	×	971	×
	5/6 ~ 6/1	26	465	×	348	×	480	×	586	×
2012年度	6/1 ~ 7/1	30	519	×	383	×	550	×	689	×
	7/1 ~ 8/2	32	531	×	385	×	564	×	712	×
	8/2 ~ 9/1	30	473	×	343	×	517	×	630	×
	9/1 ~ 10/4	33	525	×	372	×	578	×	724	×
	10/4 ~ 11/1	28	409	×	292	×	472	×	578	×
	11/1 ~ 12/1	30	423	×	303	×	489	×	604	×
	12/1 ~ 1/5	35	505	×	346	×	566	×	713	×
	1/5 ~ 2/1	27	390	×	264	×	430	×	548	×
	2/1 ~ 3/1	29	397	×	271	×	440	×	555	×
	3/1 ~ 4/3	33	466	×	315	×	524	×	649	×

*1 5cm 厚鉛箱内に設置したガラス線量計 (SC-1) の値を差し引いた値を測定結果として示した。

*2 中性子線の×は、検出下限 (100μSv) 未滿を示す

表 3.1-2 放射線管理室による事業所境界の中性子線の積算線量測定結果（3 月間積算）

測定期間	日数	D-11	D-11	D-12	D-12	D-13	D-13	D-14*	D-14*	D-14*	D-14*	D-15	D-15
			91日換算		91日換算		91日換算		91日換算	(a)	(a)		91日換算
		(μSv)											
2005/5/16 ~ 2005/8/16	92	46	46	36	36	72	71	15	15			37	37
2005/8/16 ~ 2005/11/17	93	34	33	34	33	37	36	46	45			33	32
2005/11/17 ~ 2006/2/16	91	36	36	54	54	53	53	26	26			48	48
2006/2/16 ~ 2006/5/16	89	6	6	27	28	51	52	37	38			36	37
2006/5/16 ~ 2006/8/16	92	36	36	17	17	47	46			29	29	44	44
2006/8/16 ~ 2006/11/21	97	38	36	33	31	33	31			44	41	46	43
2006/11/21 ~ 2007/2/21	92	44	44	45	45	47	46			23	23	31	31
2007/2/21 ~ 2007/5/22	90	53	54	41	41	47	48			49	50	42	42
2007/5/22 ~ 2007/8/16	86	33	35	27	29	56	59			46	49	28	30
2007/8/16 ~ 2007/11/21	97	32	30	27	25	62	58			37	35	38	36
2007/11/21 ~ 2008/2/19	90	24	24	46	47	89	90			29	29	49	50
2008/2/19 ~ 2008/5/21	92	39	39	28	28	56	55			51	50	31	31
2008/5/21 ~ 2008/8/19	90	41	41	30	30	55	56			19	19	47	48
2008/8/19 ~ 2008/11/19	92	21	21	25	25	47	46			40	40	33	33
2008/11/19 ~ 2009/2/18	91	32	32	20	20	70	70			36	36	57	57
2009/2/18 ~ 2009/5/20	91	37	37	45	45	27	27			33	33	25	25
2009/5/20 ~ 2009/8/18	90	48	49	48	49	51	52			35	35	62	63
2009/8/18 ~ 2009/11/20	94	37	36	29	28	42	41			63	61	24	23
2009/11/20 ~ 2010/2/16	88	40	41	24	25	49	51			12	12	32	33
2010/2/16 ~ 2010/5/18	91	19	19	49	49	28	28			33	33	65	65
2010/5/18 ~ 2010/8/19	93	48	47	38	37	44	43			27	26	40	39
2010/8/19 ~ 2010/11/18	91	8	8	34	34	48	48			71	71	32	32
2010/11/18 ~ 2011/2/16	90	48	49	34	34	57	58			27	27	44	44
2011/2/16 ~ 2011/3/31	43	35	74	42	89	16	34			39	83	0	0
2011/3/31 ~ 2011/6/30	91	82	82	99	99	102	102			54	54	52	52
2011/6/30 ~ 2011/9/30	92	38	38	36	36	21	21			50	49	13	13
2011/9/30 ~ 2011/12/28	89	58	59	13	13	110	112			26	27	41	42
2011/12/28 ~ 2012/3/30	93	0	0	55	54	16	16			28	27	0	0

* 測定点変更のため測定を実施していない期間を斜線で示した。

表 3.1-3 放射線管理室による事業所境界の γ 線の積算線量測定結果*¹ (3 月間積算)

測定期間	日数	測定点									
		D-11	D-11	D-12	D-12	D-13	D-13	D-14*2	D-14*2	D-14*2	D-15
			91日 換算		91日 換算		91日 換算		91日 換算	(a)	91日 換算
2005/5/16 ~ 2005/8/16	92	150	148	146	144	150	148	144	142		138
2005/8/16 ~ 2005/11/17	93	160	157	152	149	154	151	153	150		144
2005/11/17 ~ 2006/2/16	91	164	164	151	151	155	155	149	149		145
2006/2/16 ~ 2006/5/16	89	153	156	139	142	147	150	149	152		138
2006/5/16 ~ 2006/8/16	92	180	178	167	165	173	171			164	166
2006/8/16 ~ 2006/11/21	97	188	176	172	161	179	168			182	170
2006/11/21 ~ 2007/2/21	92	169	167	161	159	171	169			161	146
2007/2/21 ~ 2007/5/22	90	155	157	144	146	148	150			156	145
2007/5/22 ~ 2007/8/16	86	147	156	141	149	145	153			142	130
2007/8/16 ~ 2007/11/21	97	163	153	153	144	154	144			161	149
2007/11/21 ~ 2008/2/19	90	155	157	143	145	150	152			144	141
2008/2/19 ~ 2008/5/21	92	156	154	148	146	152	150			157	146
2008/5/21 ~ 2008/8/19	90	153	155	148	150	156	158			149	137
2008/8/19 ~ 2008/11/19	92	172	170	158	156	158	156			169	156
2008/11/19 ~ 2009/2/18	91	165	165	164	164	173	173			161	156
2009/2/18 ~ 2009/5/20	91	164	164	164	164	165	165			167	158
2009/5/20 ~ 2009/8/18	90	146	148	146	148	151	153			147	145
2009/8/18 ~ 2009/11/20	94	163	158	158	153	157	152			175	157
2009/11/20 ~ 2010/2/16	88	148	153	147	152	153	158			153	137
2010/2/16 ~ 2010/5/18	91	160	160	155	155	156	156			159	153
2010/5/18 ~ 2010/8/19	93	160	157	163	159	166	162			171	153
2010/8/19 ~ 2010/11/18	91	166	166	163	163	163	163			169	154
2010/11/18 ~ 2011/2/16	90	158	160	165	167	168	170			163	153
2011/2/16 ~ 2011/3/31	43	853	1805	614	1299	653	1382			580	996
2011/3/31 ~ 2011/6/30	91	2174	2174	1201	1201	1377	1377			1204	2398
2011/6/30 ~ 2011/9/30	92	2047	2025	915	905	1116	1104			964	1938
2011/9/30 ~ 2011/12/28	89	1893	1936	821	839	1075	1099			840	1633
2011/12/28 ~ 2012/3/30	93	1974	1932	822	804	1094	1070			901	1699

*1 自己照射線量等の寄与の差し引きは行っていない。

*2 測定点変更のため測定を実施していない期間を斜線で示した。

表 3.1-4 放射線管理室による事業所境界の γ 線の積算線量測定結果* (1 月間)

測定月	測定期間	測定 日数	D-11	D-12	D-13	D-14(a)	D-15
			1月 積算 (30日 換算)	1月 積算 (30日 換算)	1月 積算 (30日 換算)	1月 積算 (30日 換算)	1月 積算 (30日 換算)
2011年	4月	3/31 ~ 4/27	27	822	530	582	516
	5月	4/27 ~ 5/31	34	710	362	435	791
	6月	5/31 ~ 6/30	30	657	336	389	717
	7月	6/30 ~ 8/1	32	649	306	398	645
	8月	8/1 ~ 8/30	29	623	306	397	681
	9月	8/30 ~ 9/30	31	604	292	366	650
	10月	9/30 ~ 10/31	31	669	293	386	574
	11月	10/31 ~ 11/30	30	647	283	379	610
2012年	12月	11/30 ~ 12/28	28	648	270	383	560
	1月	12/28 ~ 1/31	34	611	277	377	552
	2月	1/31 ~ 3/1	30	596	259	359	528
	3月	3/1 ~ 3/30	29	578	263	358	570

* 自己照射線量等の寄与の差し引きは行っていない。

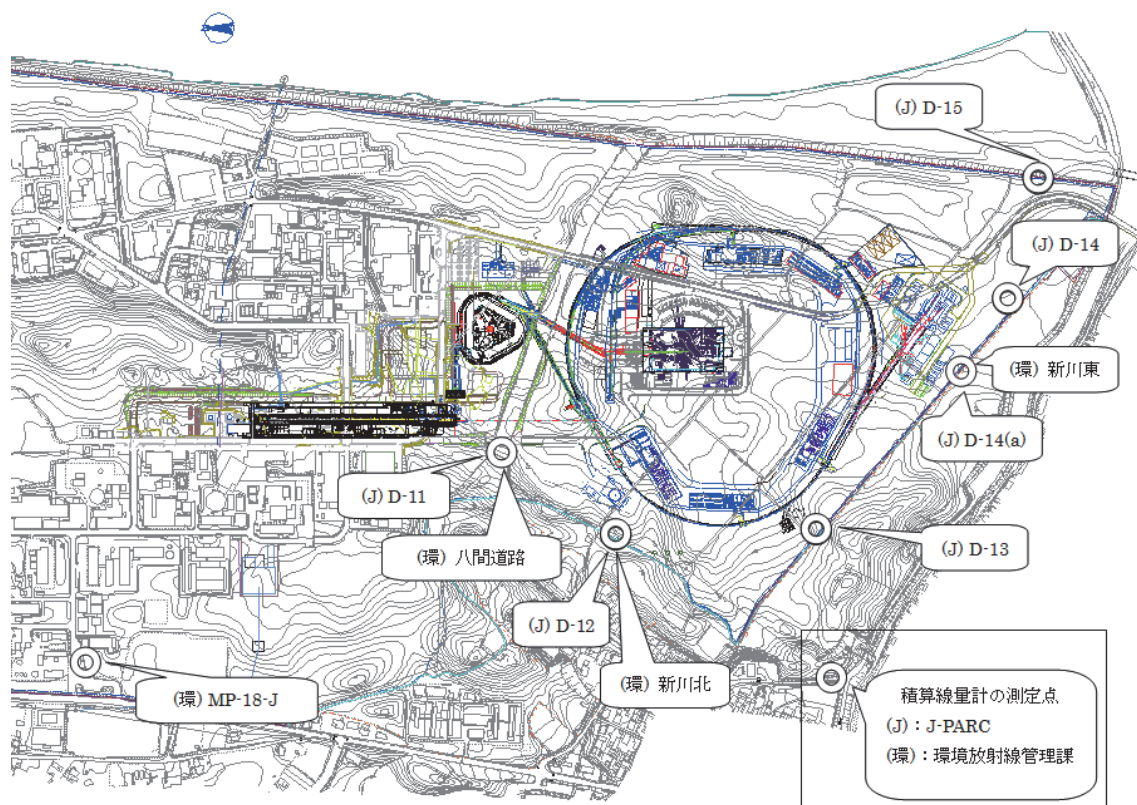


図 3.1-1 事業所境界積算線量計測定点

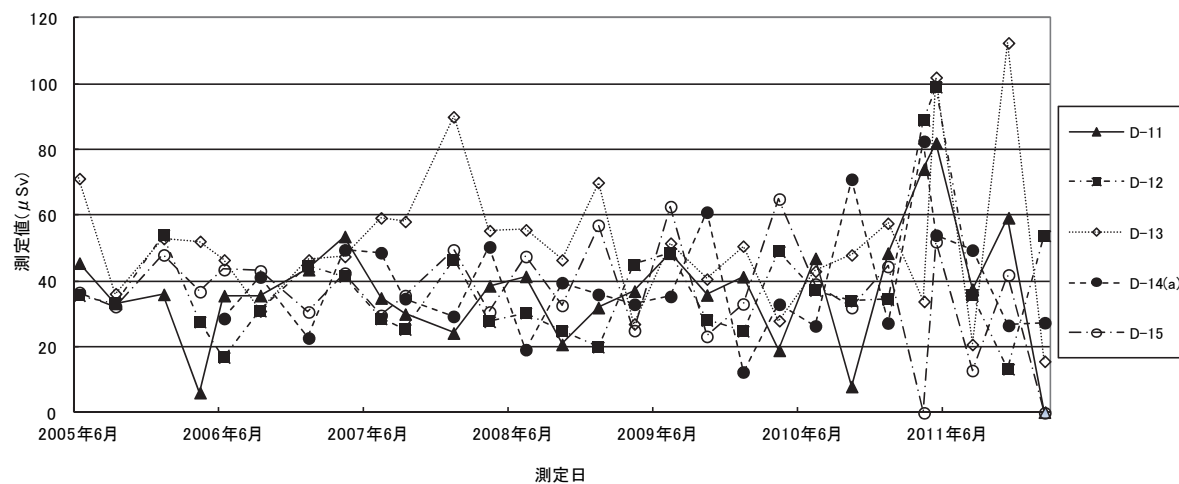


図 3.1-2 放射線管理室による事業所境界の中性子線の積算線量測定結果（3 月間積算）

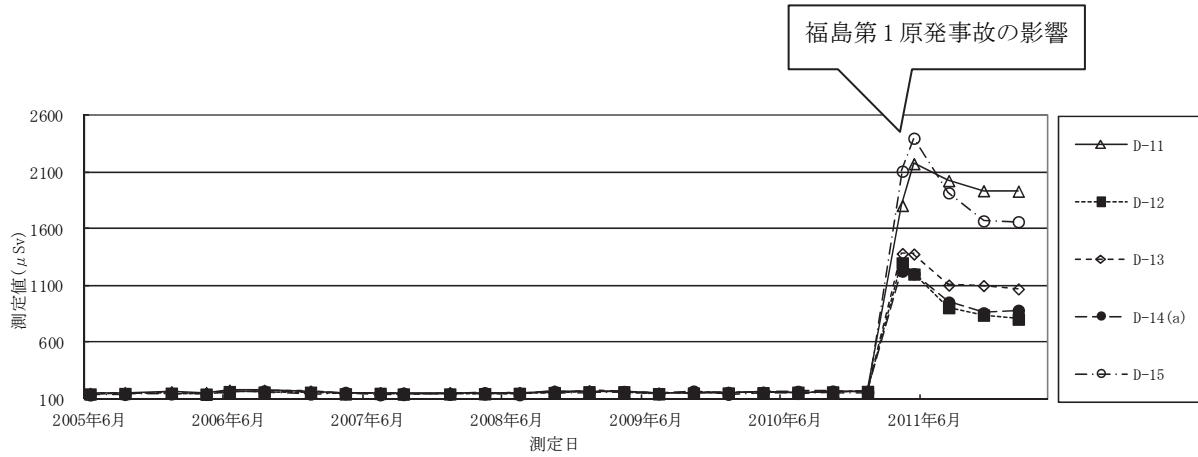


図 3.1-3 放射線管理室による事業所境界の γ 線の積算線量測定結果 (3 月間積算)

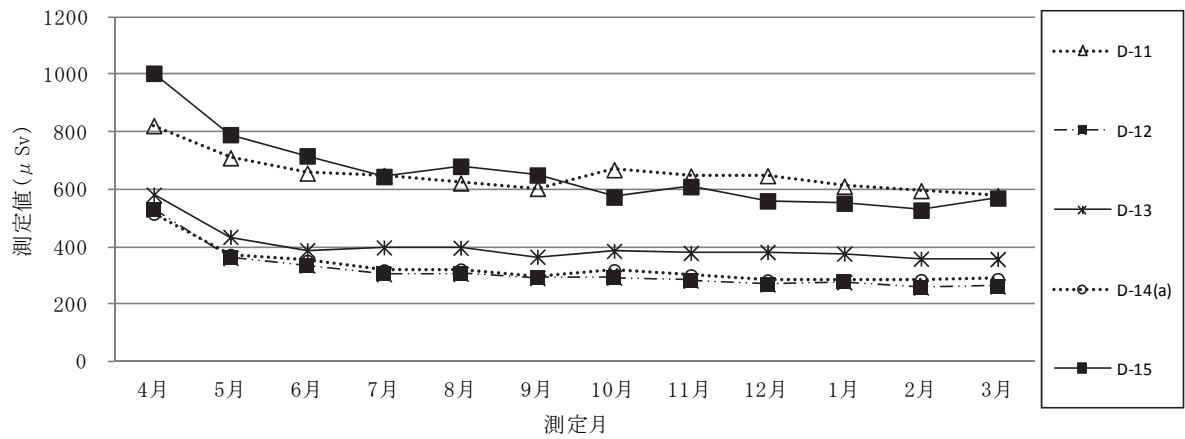


図 3.1-4 放射線管理室による事業所境界の γ 線の積算線量測定結果 (1 月間積算)

3.2 環境試料のモニタリング

J-PARCの50GeVシンクロトロン施設や各実験施設等が建設されたエリア（八間道路より南側）は、旧日本原子力研究所の東海研究所（旧原研東海）と旧核燃料サイクル開発機構の東海事業所からの放射能影響を受ける可能性があることなどから、J-PARC建設チームでは、施設建設中からJ-PARC周辺の環境放射能モニタリングを実施してきた。特に加速器トンネルからの影響が考えられる地下水については、J-PARC施設稼働前のバックグラウンドを把握し、施設稼働後の影響を確認するため、継続的に採取・測定を実施しており、現在は、放射線管理室が当該業務と取得したデータを引き継いでいる。

環境試料の測定は2003年度に予備調査を開始し、2005年度から継続的に地下水試料の ^3H 測定及び γ 線波高分析等を実施してきた。放射線管理室が採取している地下水等の測定点（観測用井戸）を図3.2-1に示す。また、地下水中の ^3H 濃度変動の大きな要因として雨水からの移行があることから、地下水の一部の採取地点においては、雨水中の ^3H 濃度の測定も併行して実施してきた。

^3H 測定では、採取した地下水及び雨水をトリチウム分析法¹⁾に準拠して試料処理（蒸留）を行った。測定試料は、145cm³バイアルに蒸留後の試料40cm³と液体シンチレータ（ウルチマゴールドLLT）60cm³を加えて作製した。測定は、日立アロカメディカル製の低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ（LB-5）を用い、1試料あたり30分測定を12サイクル実施した。そのときの検出下限濃度は、約 $8 \times 10^{-4} \text{ Bq/cm}^3$ であった。

施設稼働前後（2005年度～2007年度）の地下水中の ^3H 濃度を表3.2-1に（J-PARCにおける放射線発生装置の稼働は2006年10月からである。）、2008年度～2010年度の地下水中の ^3H 濃度を表3.2-2示す。なお、2003年度における予備調査で、11月と2月に、測定点「W-3」の地下水で ^3H 濃度 $\sim 2 \times 10^{-2} \text{ Bq/cm}^3$ という高い値が検出されているが、継続測定において、これを超えるような値は検出されていない。地下水中の ^3H 濃度は、日本各地における環境中における ^3H 濃度より比較的高い濃度であるが、J-PARC稼働に伴う環境影響はなかった。

2011年度に採取した雨水中 ^3H 濃度は、5月と11月に採取した試料の濃度が通常の値より高く、その後、地下水中濃度もある程度の相関を持って上昇する傾向が認められた。その理由は、当該月に物質・生命科学実験施設の排気筒から比較的大きな ^3H の放出があり、降雨によるウォッシュアウトとして雨水及び地下水に移行したものと考えられる。2011年度の雨水中の ^3H 濃度を図3.2-2に、2010年度及び2011年度の地下水中の ^3H 濃度を図3.2-3に示す。

γ 線波高分析では、採取された地下水を2リットルのマリネリ容器に移し、Ge半導体検出器で80,000秒測定した。測定対象核種は、J-PARCの建設場所を考慮し、J-PARCで生成されと思われる核種（ ^7Be , ^{22}Na , ^{46}Sc , ^{48}V , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{56}Co , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{126}I , ^{203}Hg ）に原子力安全委員会安全審査指針集の環境放射線モニタリングに関する指針に記載されているフィッシュンブロダクト（ ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce ）を加えたガンマ線放出核種とした。

環境試料のモニタリングを開始した2005年6月から2011年3月の福島第1原発事故前までに採取した地下水試料の γ 線波高分析の結果は、測定対象核種全てについて未検出であった。しかし、福島第1原発事故後においては、J-PARC周辺の環境試料からも ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 等を有意に検出した。地下水中の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の放射能濃度を表3.2-3に示す。

（関 一成）

参考文献

- 1) 文部科学省 科学技術・学術政策局原子力安全課防災環境対策室, トリチウム分析法, 財団法人日本分析センター, 2002, 127p, (放射能測定法シリーズ9)

表 3. 2-1 地下水中 ^3H 濃度 (2005 年度～2007 年度)

	2005/6/24	2005/10/13	2005/12/19	2006/5/25	2006/7/14	2006/10/13	2007/1/12	2007/5/16	2007/7/18	2007/10/16	2008/1/15
W-1	4.4E-03	4.5E-03	1.7E-02	1.3E-03	1.2E-03	3.9E-03	3.5E-03	3.2E-03	4.1E-03	3.6E-03	2.2E-03
W-2	3.6E-03	4.4E-03	5.2E-03	1.0E-03	1.0E-03	3.6E-03	3.2E-03	3.4E-03	4.0E-03	3.6E-03	1.5E-03
W-3	4.7E-03	4.5E-03	4.1E-03	2.4E-03	3.2E-03	4.2E-03	3.4E-03	3.1E-03	4.6E-03	2.9E-03	1.7E-03
W-4	2.9E-03	3.6E-03	5.9E-03	< 7.6E-04	< 7.8E-04	3.3E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.6E-03	2.2E-03	1.2E-03
W-5	4.4E-03	3.7E-03	4.9E-03	1.9E-03	1.6E-03	4.3E-03	4.0E-03	3.7E-03	4.3E-03	3.6E-03	2.1E-03
W-6	2.9E-03	3.9E-03	4.6E-03	1.4E-03	1.7E-03	4.0E-03	3.6E-03	3.8E-03	4.2E-03	3.4E-03	1.9E-03
W-7	6.6E-03	4.9E-03	6.2E-03	1.4E-03	1.2E-03	3.6E-03	1.5E-02	9.6E-03	5.5E-03	4.1E-03	3.3E-03
W-8	8.0E-03	9.7E-03	1.1E-02	5.5E-03	8.0E-04	1.3E-02	9.3E-03	6.5E-03	5.0E-03	5.1E-03	1.8E-03
W-9	4.0E-03	4.6E-03	5.1E-03	2.3E-03	3.4E-03	4.7E-03	4.3E-03	4.3E-03	4.7E-03	3.6E-03	2.1E-03
W-10	4.2E-03	3.3E-03	4.9E-03	1.5E-03	1.3E-03	3.6E-03	3.7E-03	4.3E-03	5.6E-03	4.1E-03	2.1E-03
W-11	9.6E-03	8.2E-03	8.2E-03	7.5E-03	8.2E-03	8.1E-03	6.9E-03	6.3E-03	8.2E-03	6.3E-03	4.5E-03

単位 : Bq/cm³表 3. 2-2 地下水中 ^3H 濃度 (2008 年度～2010 年度)

	2008/5/15	2008/7/22	2008/10/15	2009/1/14	2009/6/3	2009/8/20	2009/11/19	2010/1/13	2010/6/7	2010/8/23	2010/11/8	2011/1/17
W-1	7.5E-03	4.2E-03	4.2E-03	3.0E-03	1.1E-03	1.5E-03	1.4E-03	1.3E-03	1.3E-03	1.2E-03	2.3E-03	2.3E-03
W-2	6.7E-03	3.6E-03	4.3E-03	2.8E-03	1.6E-03	1.9E-03	1.4E-03	1.4E-03	1.0E-03	1.2E-03	2.1E-03	1.7E-03
W-3	6.5E-03	3.3E-03	3.4E-03	1.8E-03	1.1E-03	8.9E-04	1.0E-03	< 6.7E-04	1.1E-03	8.4E-04	2.2E-03	1.6E-03
W-4	6.5E-03	3.3E-03	2.7E-03	1.8E-03	< 7.0E-04	< 6.9E-04	< 7.0E-04	< 6.8E-04	< 8.3E-04	< 7.7E-04	< 7.9E-04	< 7.7E-04
W-5	7.0E-03	3.1E-03	3.5E-03	2.4E-03	1.2E-03	8.6E-04	9.8E-04	1.1E-03	< 8.3E-04	< 7.7E-04	2.1E-03	1.4E-03
W-6	6.7E-03	3.2E-03	2.8E-03	1.2E-03	8.4E-04	< 7.0E-04	1.0E-03	8.6E-04	< 8.0E-04	< 7.7E-04	1.8E-03	1.3E-03
W-7	7.2E-03	3.3E-03	3.6E-03	1.8E-03	< 7.1E-04	1.5E-03	< 6.9E-04	7.7E-04	< 8.1E-04	8.8E-04	1.6E-03	1.2E-03
W-8	5.7E-03	2.9E-03	2.3E-03	1.6E-03	7.9E-04	< 7.1E-04	< 7.0E-04	< 6.9E-04	< 8.5E-04	< 7.7E-04	1.4E-03	9.2E-04
W-9	6.8E-03	3.2E-03	3.6E-03	1.8E-03	< 7.3E-04	7.3E-04	< 7.0E-04	7.4E-04	< 8.1E-04	< 7.7E-04	1.7E-03	1.3E-03
W-10	7.4E-03	3.3E-03	3.5E-03	2.5E-03	1.6E-03	1.3E-03	1.2E-03	1.3E-03	1.7E-03	1.3E-03	2.3E-03	1.6E-03
W-11	8.5E-03	4.9E-03	4.5E-03	3.9E-03	2.2E-03	2.6E-03	2.3E-03	2.3E-03	1.9E-03	2.3E-03	2.8E-03	3.2E-03

単位 : Bq/cm³

表 3.2-3 地下水中の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度(2011 年度)

	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	W-7	W-8	W-9	W-10	W-11
採取日	2011/4/6	2011/4/11	2011/4/12	2011/4/13	2011/4/14	2011/4/15	2011/4/18	2011/4/20	2011/4/21	2011/4/22	2011/4/26
^{134}Cs	1.8E-3	3.1E-4	1.4E-3	4.1E-4	4.0E-4	8.3E-4	4.5E-4	9.3E-4	2.4E-4	7.2E-4	<2.0E-4
^{137}Cs	1.9E-3	3.0E-4	1.6E-3	5.4E-4	4.1E-4	8.4E-4	4.6E-4	1.1E-3	4.0E-4	9.4E-4	<2.7E-4
採取日	2011/8/5										
^{134}Cs	2.4E-4	2.3E-4	<1.7E-4	1.8E-4	2.4E-4	<1.7E-4	4.1E-4	1.7E-3	<1.8E-4	2.8E-4	<1.7E-4
^{137}Cs	<2.4E-4	<2.4E-4	<1.9E-4	<2.4E-4	<2.4E-4	<2.5E-4	3.7E-4	1.9E-3	<2.4E-4	3.9E-4	<2.5E-4
採取日	2011/11/9										
^{134}Cs	<1.7E-4	<1.7E-4	<1.7E-4	<1.6E-4	<1.7E-4	<1.5E-4	<1.6E-4	3.2E-4	<1.7E-4	<1.6E-4	<1.7E-4
^{137}Cs	<1.8E-4	<1.8E-4	2.6E-4	<1.7E-4	2.1E-4	<1.7E-4	<1.7E-4	3.9E-4	<1.7E-4	<1.8E-4	<1.7E-4
採取日	2012/1/17										
^{134}Cs	<1.6E-4	<1.6E-4	<1.7E-4	<1.6E-4	<1.7E-4	<1.7E-4	<1.5E-4	<1.6E-4	<1.7E-4	<1.7E-4	<1.7E-4
^{137}Cs	<1.7E-4	<1.7E-4	<1.7E-4	<1.7E-4	<1.8E-4	<1.7E-4	2.6E-4	1.8E-4	<1.7E-4	<1.6E-4	<1.7E-4

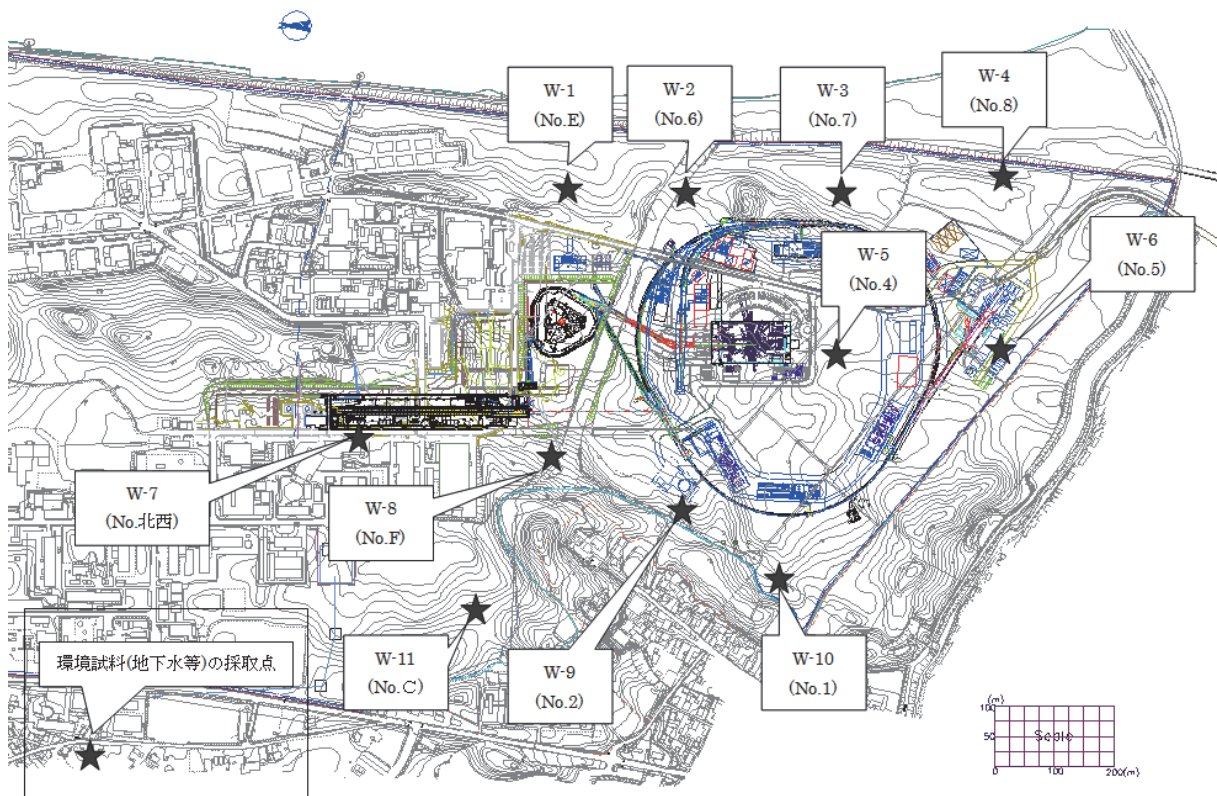
単位: Bq/cm³

図 3.2-1 地下水等の測定地点

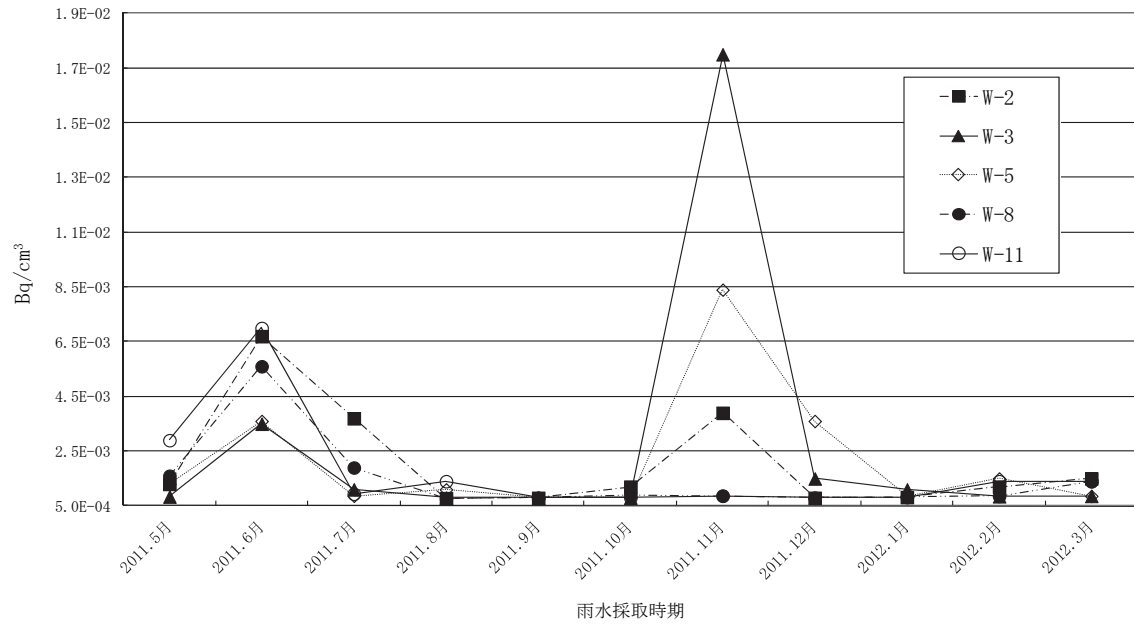


図 3.2-2 雨水中 ^3H 濃度(2011 年度)

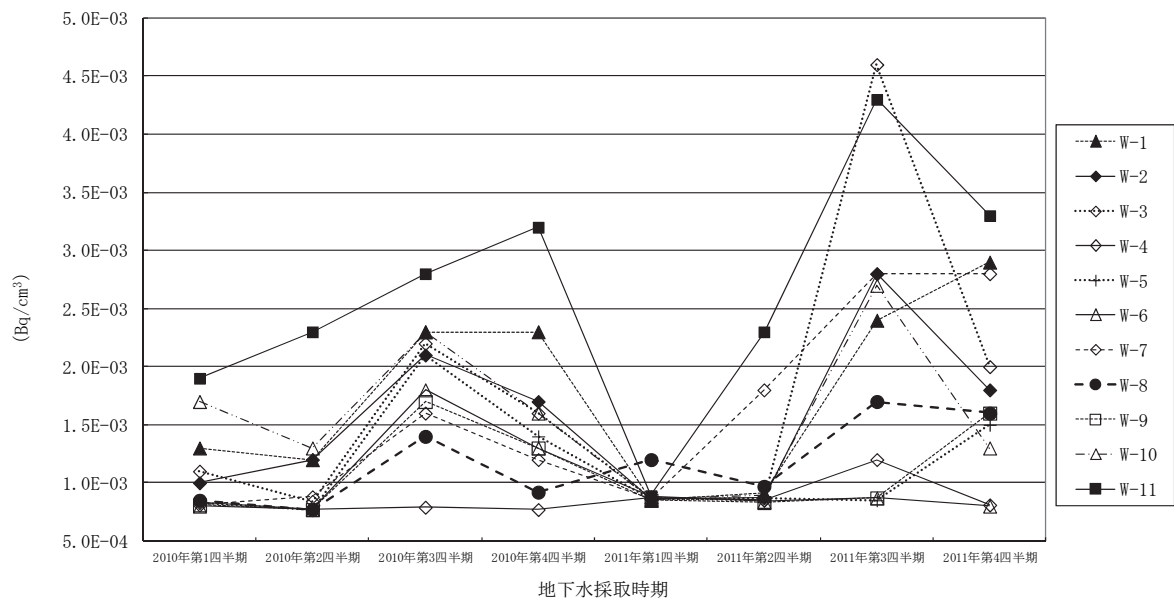


図 3.2-3 地下水中 ^3H 濃度(2010 年度及び 2011 年度)

4. 個人線量の管理

J-PARCの放射線業務従事者について、登録管理を行うとともに、外部被ばく及び内部被ばくによる個人線量の測定評価、記録の保管及び通知を実施した。2011年度の全管理対象者数は2,633人で、予防規程に定められた線量限度（放射線障害防止法に定められた限度）及び予防規程細則に定められた年間被ばく管理目標値（実効線量で男子7mSv、女子5mSv）を超える被ばくはなかった。なお、ガラスバッジによる外部被ばく線量の測定及びバイオアッセイ法、体外計測法による内部被ばく線量の測定については、JAEA原子力科学研究所放射線管理部線量管理課（線量管理課）に依頼して実施した。

（宮本 幸博）

4.1 外部被ばく線量の測定

放射線業務従事者に対する外部被ばく線量の測定は、ガラスバッジ（ガラス線量計＋エッチピット線量計）により、4月1日を始期とする3月毎（女子は1月毎）に1cm線量当量（実効線量及び妊娠中の女子の腹部表面の等価線量）及び70 μ m線量当量（皮膚の等価線量）について実施した。線量計の測定は、線量管理課に依頼して実施している。眼の水晶体の等価線量については、1cm線量当量又は70 μ m線量当量のうち大きい方の測定値を記録している。

2011年度における外部被ばくの年間測定対象実人員は、2,633人（測定評価件数7,963件）であった。なお、妊娠中の女子の腹部表面の測定対象者は1人（11件）で有意な被ばくはなかった。

ガラスバッジによる測定が困難な場合に行う線量の推定評価件数は37件で、その内訳は、後述する福島第1原発事故の影響による誤検出が32件、ガラスバッジの破損が2件、ガラス線量計の紛失が2件、胸部X線誤照射が1件であった。推定評価は、警報付ポケット線量計等の補助線量計の値及び作業場の放射線データを基に実施した。ガラスバッジの破損、紛失等については、ガラスバッジ用ストラップの配布、教育訓練における取扱方法の周知などにより再発防止に努めている。2011年度における外部被ばく測定件数を表4.1-1に示す。

また、J-PARC外で放射線作業を行うJ-PARCセンター職員等に対し、必要に応じて、所外用ガラスバッジの貸与を行っている。2011年度の所外用ガラスバッジの貸与・測定者は24人（33件）で、全て有意な被ばくはなかった。

2011年度の第1四半期は、福島第1原発事故の影響により事業所内に点在するガラスバッジ保管場所でバックグラウンドが不均一に上昇したため、適切にバックグラウンド線量を減算することができず、誤検出が多数発生した。このため、¹³¹Iが十分に減衰した第2四半期以後、J-PARC放射線業務従事者のガラスバッジ保管場所を全て調査し、各保管場所の線量当量率をNaI（Ti）シンチレーション式サーベイメータで測定・把握することで、適切なバックグラウンド減算が可能となり、誤検出をほぼ根絶することができた。

（吉野 敏明）

表 4.1-1 外部被ばく測定件数(2011年度)

部位	区分	職員等	外来業者	ユーザー	全作業員
胸部	定期	2113	4513	805	7431
	推定	17	20	0	37
	小計	2130	4533	805	7468
腹部	定期	244	136	104	484
腹部表面	定期	11	0	0	11
合計	定期	2368	4649	909	7926
	推定	17	20	0	37
	合計	2385	4669	909	7963

4.2 内部被ばく線量の測定

内部被ばく線量の測定は、作業状況及び作業環境中の空气中放射能濃度等から計算評価を行い、有意な内部被ばく線量（3月間につき2mSv）を超えるおそれのある場合に実施することとしている。内部被ばく線量測定の対象とならなかった者については、各施設の作業員から代表者を選定し、有意な内部被ばくがなかったことを確認する確認検査を実施している。また、外来業者等に対し、必要に応じて、J-PARCにおける作業前後の体内汚染を確認する入退域検査を実施している。これらの内部被ばく測定及び検査は、一括して線量管理課に依頼して実施している。2011年度における内部被ばく測定及び検査件数を表4.2-1に示す。

(1) 内部被ばく線量測定

内部被ばくに係る放射線作業状況調査を四半期毎(女子は毎月)に実施した結果、2011年度において、有意な内部被ばく線量を超えるおそれがあるものはいなかったため、内部被ばく線量測定対象者は0人(0件)であった。

(2) 確認検査

内部被ばく線量測定の対象とならなかった者について、有意な内部被ばくがなかったことを確認するため、各施設の代表者に対して確認検査を実施した。確認検査は、バイオアッセイ法(尿サンプルのトリチウム、全β線測定)を15人(80件)、体外計測法(ホールボディカウンタによるγ線測定)を15人(56件)実施した。検査の結果、有意な内部被ばく線量を超えるおそれのある者はいなかった。

(3) 入退域検査

J-PARC入域前の作業・被ばく状況とJ-PARCで予定している作業の内容から、予め体内汚染を確認しておくべきと判断される外来業者がいたため、入退域検査を体外計測法により5人実施した。その結果、入退域前後で有意な内部被ばくはなかった。

(吉野 敏明)

表 4.2-1 内部被ばく測定及び検査件数(2011年度)

管理期間	線量測定	確認検査		入退域検査	合計
		バイオアッセイ	体外計測		
第1四半期	0	20	14	0	34
第2四半期	0	20	14	0	34
第3四半期	0	20	14	5	39
第4四半期	0	20	14	0	34
年間	0	80	56	5	141

4.3 個人被ばく状況

2011 年度の実効線量に係る被ばく状況は、総線量が 56.7 人・mSv、平均実効線量が 0.02mSv であった。年間の最大実効線量は 3.0mSv で、ハドロン実験施設における放射化したビームライン機器近傍でターゲット装置設置作業に従事した外来業者であった。2011 年度の実効線量に係る被ばく状況を表 4.3-1 に示す。

四半期別の被ばく状況については、総線量は第 2 四半期が最大で 28.9 人・mSv、最大実効線量は第 3 四半期が最大で 1.9mSv であった。なお、第 1、第 2 四半期は震災復旧作業によりユーザーが少なかったが、年間の放射線業務従事者数は 2010 年度とほぼ同じで 2,633 人であった。実効線量に係る四半期別の被ばく状況を表 4.3-2 に示す。

施設別の被ばく状況は、ハドロン実験施設が最大で、総線量は 28.3 人・mSv、最大実効線量は 3.0mSv であった。50GeV シンクロトロン施設は、入射部の線量が高くなっていることから被ばくも徐々に多くなっており、ハドロン実験施設及び物質・生命科学実験施設では、高レベルに放射化したターゲット周辺の作業などで被ばくが多くなっている。施設別の被ばく状況を表 4.3-3 に示す。

J-PARC の放射線業務従事者数は、管理区域が設定された 2005 年度以来、年々増加してきたが、2011 年度は震災の影響で増加が頭打ちとなり、2010 年度とほとんど変わらなかった。作業区分別の推移は、2010 年以降、職員数はほぼ一定となっているのに対し、外来業者は年々増加している。2011 年度の四半期別でみると震災復旧作業が本格化した第 2 四半期より外来業者が急増し、第 4 四半期からの利用運転に伴いユーザー数が増加している。作業区分別放射線業務従事者数の推移を表 4.3-4 及び表 4.3-5 に示す。

総線量の推移は、2010 年度が 8.6 人・mSv だったのに比べ約 6 倍に増加している。J-PARC 放射線業務従事者数と総線量の推移を図 4.3-1 に示す。これは、震災復旧作業などにより、ターゲット周辺などの高放射線環境下での作業が集中したことによるものと考えられ、実際、復旧作業が一段落した第 4 四半期には被ばく線量が明らかに減少している。作業区分別の総線量の推移は、2010 年度に比べ職員が約 8 倍、外来業者が約 6 倍に増加している。2011 年度の四半期別でみると震災復旧作業が本格化した第 2 四半期に職員、外来業者ともに最大となっている。作業区分別被ばくの推移を表 4.3-6 及び表 4.3-7 に示す。

今後もビーム出力増強により放射線環境がより厳しくなり、被ばく線量も多くなると予想されるため、日々の被ばく管理の強化を図る必要がある。

(北川 潤一)

表 4.3-1 実効線量に係る被ばく状況（2011 年度）

作業者区分	放射線業務従事者数（人）	線量分布（人）					総線量（人・mSv）	平均実効線量（mSv）	最大実効線量（mSv）
		0.1mSv未満	0.1mSv以上 1mSv以下	1mSvを超え 5mSv以下	5mSvを超え 15mSv以下	15mSvを超えるもの			
JAEA 職員等	278	267	11	0	0	0	6.9	0.02	1.0
KEK 職員等	304	280	24	0	0	0	5.4	0.02	1.0
外来業者	1,650	1,559	82	9	0	0	44.4	0.03	3.0
ユーザー	401	401	0	0	0	0	0.0	0.00	0.0
全作業者	2,633	2,507	117	9	0	0	56.7	0.02	3.0

表 4.3-2 実効線量に係る四半期別被ばく状況（2011 年度）

管理期間	放射線業務従事者実員（人）	線量分布（人）					総線量（人・mSv）	平均実効線量（mSv）	最大実効線量（mSv）
		0.1mSv未満	0.1mSv以上 1mSv以下	1mSvを超え 5mSv以下	5mSvを超え 15mSv以下	15mSvを超えるもの			
第 1 四半期	1,342	1,318	24	0	0	0	6.0	0.00	0.9
第 2 四半期	1,805	1,710	92	3	0	0	28.9	0.02	1.6
第 3 四半期	2,021	1,958	62	1	0	0	19.6	0.01	1.9
第 4 四半期	2,156	2,146	10	0	0	0	2.2	0.00	0.5
年 間 *	2,633 (2,653)	2,507 (2,612)	117 (41)	9 (0)	0 (0)	0 (0)	56.7 (8.6)	0.02 (0.00)	3.0 (0.9)

* カッコ内の数値は、2010 年度の値を示す。

表 4.3-3 施設別被ばく状況（2011 年度）

作業施設名	有意者数（人）	総線量（人・mSv）	最大実効線量（mSv）
50GeVシンクロトン施設	63	19.9	1.1
物質・生命科学実験施設	12	4.4	1.3
ハドロン実験施設	42	28.3	3.0
その他	9	1.2	0.3

表 4.3-4 作業者区分別放射線業務従事者数の推移(2005 年度～2011 年度)

作業者区分	放射線業務従事者数 (人)						
	2005 年度	2006 年度	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度	2011 年度
職員等	28	152	284	482	516	552	579
外来業者	33	255	416	1245	1161	1443	1657
ユーザー	0	1	4	137	477	658	397
合計	61	408	704	1864	2154	2653	2633

表 4.3-5 作業者区分別放射線業務従事者数の推移(2011 年度)

作業者区分	放射線業務従事者数 (人)			
	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期
職員等	551	549	552	553
外来業者	682	1092	1281	1207
ユーザー	109	164	188	396
合計	1342	1805	2021	2156

表 4.3-6 作業者区分別被ばく線量の推移(2005 年度～2011 年度)

作業者区分	総線量 (人・mSv)						
	2005 年度	2006 年度	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度	2011 年度
職員等	0	0	0	0.3	0.2	1.5	12.3
外来業者	0	0.9	2.6	0.4	0	7.1	44.4
ユーザー	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0.9	2.6	0.7	0.2	8.6	56.7

表 4.3-7 作業者区分別被ばく線量の推移(2011 年度)

作業者区分	総線量 (人・mSv)				合計
	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期	
職員等	0.9	6.2	3.8	1.4	12.3
外来業者	5.1	22.7	15.8	0.8	44.4
ユーザー	0	0	0	0	0
合計	6.0	28.9	19.6	2.2	56.7

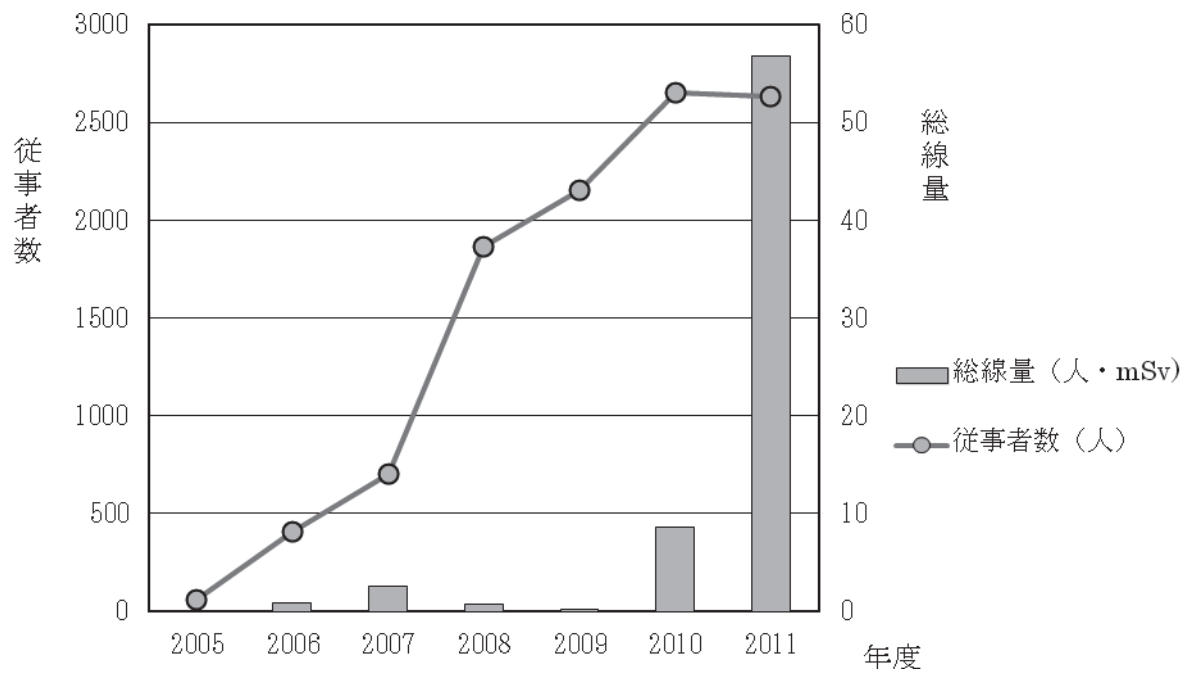


図 4.3-1 J-PARC 放射線業務従事者数と総線量の推移 (2005 年度～2011 年度)

4.4 放射線業務従事者の登録管理

(1) 認定登録時の管理

J-PARCの管理区域内で放射線作業に従事する職員等、外来業者及びユーザーについて、J-PARCの放射線業務従事者として認定登録手続きを行った。登録に際しては、放射線管理室に提出された「認定登録依頼書兼管理区域立入許可願」により、放射線業務従事者としての要件を満たしていることを確認の上、放射線管理室長が従事者に認定し放射線取扱主任者の確認を受けている。なお、職員等及び外来業者については、認定登録時にガラスバッジを自動的に発給しているが、ユーザーについては、その利便性等を考慮し、予め認定を受け実験時に別途ガラスバッジの発給を受けることを可能としている。ガラスバッジ発給にあたっては、入退出管理システムへデータを入力し、ガラスバッジ内の個人識別用素子に入域場所、入域許可コードなどのデータを書込むことで入退出管理に対応している。

(2) 認定解除時及び年度更新時の管理

提出された「認定解除依頼書」に基づき、従事者認定の解除手続きを行った。なお、放射線業務への従事予定が3ヶ月以上ない職員等及び外来業者については、原則として従事者認定を解除するよう指導している。

外来業者及びユーザーについては、認定登録手続きの有効期間を単年度としているため、「認定解除依頼書」が提出されなくとも、年度末には自動解除の手続きを行っている。翌年度も継続で作業を行う場合は、「認定登録更新依頼書」の提出を受けて年度更新手続きを実施している。

(3) 放射線業務従事者登録数の推移等

2011年度の放射線業務従事者認定件数を表4.4-1、解除件数を表4.4-2に示す。外来業者については、短期作業に伴い、登録・解除を繰り返す作業者が多いため、登録・解除件数が非常に多くなっている。ユーザーとしては、海外を含め多くの施設(国内：26の大学、10の研究機関、14の企業、海外：20の大学・研究機関)からの実験者を受け入れている。2011年度は震災の影響で登録者数の傾向がつかみにくなっているが、今後は、職員等と外来業者の登録者数は頭打ちとなり、ユーザー数は増加するのではないかと予想している。

(沼里 一也)

表 4.4-1 放射線業務従事者認定件数(2011年度)

四半期毎 登録者区分	第1四半期		第2四半期	第3四半期	第4四半期	合 計
	新規者	更新者				
職員等	33		4	9	8	54
ユーザー	60	51	57	29	209	406
外来業者等	402	314	583	513	314	2126
合 計	495	365	644	551	531	2586

表 4.4-2 放射線業務従事者解除件数(2011 年度)

四半期毎 登録者区分	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期	年間合計
職員等	7	9	11	36	63
ユーザー	2	5	0	1	8
外来業者等	107	310	459	205	1081
合 計	116	324	470	242	1152

5. 放射線安全管理設備の管理

J-PARCの放射線安全管理設備及び放射線管理用測定機器について、JAEAとKEKの所掌分担に応じて、必要な点検、保守、修理及び整備を実施した。2011年度においては、東日本大震災により被害を受けた設備の復旧と健全性確認を最重点項目として取組み、J-PARCのマスター工程に影響を与えることなく業務を完遂することができた。なお、一部機器の線源校正などについては、線量管理課又はKEKつくばキャンパス放射線科学センター（放射線科学センター）に依頼して実施した。

また、物質・生命科学実験施設において、2010年度より整備を進めていた実験ホール用IDリーダーの増設が完了し、2011年6月より運用を開始した。

（宮本 幸博）

5.1 放射線安全管理設備の概要

J-PARCは、JAEAとKEKが共同で建設し、運営を行っている施設である。建設予算の関係から、リニアック施設、3 GeVシンクロトロン施設及び物質・生命科学実験施設はJAEAが、50 GeVシンクロトロン施設、ハドロン実験施設及びニュートリノ実験施設はKEKが建設を担当した。放射線安全管理設備に関しても同様の区分によって製作された。しかしながら、一体的運用を行うため、統一した基本的な設計思想、放射線安全管理の考え方にに基づき、放射線安全管理設備は製作されている。

放射線安全管理設備は、放射線監視設備、放射線集中監視システム、入退出管理設備から成る。

放射線監視設備は放射線・放射能を測定する機器から成り、放射線集中監視システムは放射線監視設備で測定されたデータを収集、記録する。放射線監視設備には、空間線量率を測定する線量当量率モニタリング設備、排気中のガス状及びダスト状の放射性物質を測定する排気モニタリング設備、トンネル内あるいは作業環境中の放射性ガスを測定する室内空気モニタリング設備がある。線量当量率モニタリング設備の中には、加速器運転中の異常なビーム損失に伴う放射線レベルの上昇を検出し、所定のレベルで加速器を自動的に停止させる機能を持つ、インターロックモニタも含まれる。

放射線集中監視システムは、上記のモニタからの測定データを収集・記録し、集中監視するとともに、一定期間のデータを保存する。

入退出管理設備は、管理区域へのアクセス制限、立入記録の作成・保存を行う。アクセス制限とは、放射線業務従事者又は見学者等の要件を満たした者以外の管理区域への入域を禁止するものである。特に、放射線発生装置室への出入口にはインターロック扉が設定されており、PPS (Personnel Protection System; 人の安全を確保するためのインターロックシステム) に組込まれたパーソナルキー(PK)と入退出管理設備により厳密な入退管理が行われている。PPSは放射線管理室とは別のグループにより管理されている。また、放射線発生装置室では高レベルの残留放射能が存在するため、入域者全員に警報付ポケット線量計(APD)の着用を義務づけている。よって、放射線発生装置室への入域には通常のアkses制限に加え、APD、PKを連動させた入退管理が行われる。さらに、放射線発生装置室など汚染が予想されるエリアの出入口には体表面モニタ、搬出物品モニタ、ハンドフットモニタ等の汚染検査装置が設置され、退域する場合、あるいは物品をエリアから搬出したい場合には上記の機器にて、自動で体表面・物品の汚染を検査することができる。

表5.1-1に2007年度から2011年度までに発生した放射線安全管理設備に係わる故障・トラブルの発生件数を示す。放射線監視・入退管理設備及び放射線集中監視システム共に初期不良の時期から安定期に推移しつつあるが、KEKの入退管理設備はトラブルが多く、さらなる改善の必要がある。また、JAEAの放射線集中監視システムには経年劣化の兆候とも考えられる故障の増加もみられ、今後注視していく必要がある。

(齋藤 究)

表 5.1-1 放射線安全管理設備に係わる故障・トラブルの発生件数

	放射線監視設備		入退出管理設備		放射線集中監視システム	
	JAEA	KEK	JAEA	KEK	JAEA	KEK
2007 年度	20	—	30	—	36	—
2008 年度	13	5	42	237	23	12
2009 年度	9	37	17	319	9	52
2010 年度	2	22	23	192	12	6
2011 年度	9	11	21	144	12	5

5.2 放射線安全管理設備の点検・保守

J-PARCにおける放射線安全管理設備及び放射線管理用測定機器の点検・保守は、維持管理予算などの制約から、「当該設備・機器を整備した側が担当する」という原則に基づいて、JAEAとKEKが分担して実施している。

(1) 放射線安全管理設備

放射線安全管理設備は、放射線監視設備、入退出管理設備、放射線集中監視システムにより構成されている。これらの設備は、原則として連続稼働設備であるため、各機器の健全性が確保され、機能が維持されていることを毎年度1回の定期点検で確認している。なお、放射線エリアモニタの線源校正などについては、所掌区分に応じて、線量管理課又は放射線科学センターに依頼して実施している。

放射線監視設備、放射線集中監視システムなどのビーム運転中に稼働が必要な設備の点検は、夏期の長期ビーム停止期間中に実施している。

入退出管理設備については、管理区域への入退出が少なくなるビーム運転中に計画して実施している。

2011年度の放射線安全管理設備の保守・点検については、2011年3月11日に発生した東日本大震災により被害が及んだ設備の復旧作業を行うとともに、周辺機器等の健全性確認を含めた定期点検を行い、放射線安全管理設備の継続的な使用に問題のないことを確認し再稼働を行った。

2011年度において点検又は保守の対象とした放射線安全管理設備の種類及び保有台数を表5.2-1に示す。

(2) 放射線管理用測定機器

サーベイメータ、放射能自動測定装置、液体シンチレーション式計数装置、 γ 線核種分析装置等の放射線管理用測定機器は、使用頻度に関係なく常に正常な測定が行えるよう維持する必要がある。これらの測定機器については、日常点検を随時行うとともに、定期点検・校正を毎年度1回の頻度で実施している。なお、サーベイメータの定期点検については、所掌区分に応じて、線量管理課又は放射線科学センターに依頼して実施している。

2011年度においては、6月にJAEAが所有するNaI (Tl) シンチレーション式サーベイメータ2台が所在不明となる事象が発生した。J-PARCセンター及び関係部署において、調査・搜索を行なったが発見には至らず、資産亡失の手続きを行なうとともに、再発防止のため管理を強化した。

2011年度において点検又は保守の対象とした放射線管理用測定機器の種類及び保有台数を表5.2-2に示す。

(佐藤 尚武)

表 5.2-1 2011 年度に点検・保守の対象とした放射線安全管理設備

設備・装置		種類	保有台数	
			JAEA	KEK
放射線監視設備	線量当量率モニタリング設備	中性子線用エリアモニタ	20	17
		γ線用エリアモニタ	30	17
	排気モニタリング設備	排気ガスモニタ	5	8
		排気ダストモニタ	7	0
		トリチウム捕集装置	5	8
	室内空気モニタリング設備	室内ガスモニタ	8	5
	空気サンプリング設備	ルーツブロワ	10	0
		排気ガスサンプラ	0	16
		排気ダストサンプラ	0	9
入退出管理設備	汚染管理装置	体表面モニタ	4	6
		搬出物品モニタ	4	6
		ハンドフットモニタ	10	6
	被ばく管理装置	警報付ポケット線量計（APD）	256	280
		APD 自動貸出装置	5	5
放射線集中監視システム		サーバ計算機	2	3
		放射線管理用端末	3	3
		入退出管理用計算機	3	4

表 5.2-2 2011 年度に点検・保守の対象とした放射線管理用測定機器

種類			保有台数	
			JAEA	KEK
サーベイメータ	表面汚染検査用 (α 線用)		4	0
	表面汚染検査用 (β 線用)		31	15
	γ ・X 線用	電離箱式	15	7
		NaI (Tl) シンチレーション式	14	6
		GM 管式	12	3
		GM 管式 (高線量率計)	5	1
	中性子線用	比例計数管式 (レムカウンタ)	14	3
放射能自動測定装置			2	1
液体シンチレーション式計数装置			2	1
γ 線核種分析装置			2	3
放射能測定装置			3	2

5.3 放射線安全管理設備の整備

J-PARCにおいて、放射線安全管理設備及び放射線管理用測定機器は既設のものを保守・点検するだけでなく、施設の状況などに応じて機器類を新規に整備し、設備を適切なものに維持管理している。

J-PARCの放射線管理業務においては、施設の円滑な運営に必要な設備・機器等について、2010年度までに大半が整備済みであり、追加される物品の大半はサーベイメータや補助被ばく線量計などの小物、消耗した機器の追加補充が主であるが、2010年度から2011年6月にかけて、第2種管理区域である物質・生命科学実験施設の実験ホール出入口扉を電気錠扉に改修し、IDリーダーを増設して、出入管理を強化するような比較的大きな整備も行っている。

放射線安全管理設備の整備についても、リニアック施設、3GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設についてはJAEAが、50GeVシンクロトロン施設、ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設についてはKEKがそれぞれ所掌し、整備・補充を行っている。

表 5.3-1 に 2011 年度に整備した放射線安全管理設備及び放射線管理用測定機器を示す。

(高橋 一智)

表 5.3-1 2011 年度に整備した放射線安全管理設備及び放射線管理用測定機器

	設備・機器名	型式	台数
JAEA	ID リーダ等出入管理装置	—	1
	ハンドフットモニタ	MBR-201H ^{*1}	1
	GM 管式表面汚染検査用サーベイメータ	TGS-146B ^{*1}	4
	電子式ポケット線量計	PDM-122 ^{*1}	12
	APD 設定器	TK7N2783P2 ^{*2}	1
	トリチウム捕集装置	S-1878TND ^{*3}	1
	熱ルミネセンス線量計	UD-813PQ4 ^{*4}	50
KEK	電離箱式サーベイメータ	AE-133V ^{*3}	2
	NaI (Tl) シンチレーション式サーベイメータ	TCS-172B ^{*1}	4
	CsI (Tl) シンチレーション式サーベイメータ	PA-1100 ^{*5}	3
	中性子線サーベイメータ	TPS-451C ^{*1}	3
	中性子線サーベイメータ	FHT762 ^{*6}	1
	GM 管式表面汚染検査用サーベイメータ	TGS-146B ^{*1}	3
	ルームガスモニタ	DGM-233B ^{*1}	2
	ハンディダストサンプラ	DSM-55 ^{*1}	3

*1 日立アロカメディカル製

*2 富士電機製

*3 応用光研工業製

*4 パナソニック製

*5 堀場製作所製

*6 Thermo Fisher Scientific Inc. 製

5.4 震災からの復旧

東日本大震災により、J-PARCの各施設も大きな被害を受けたが、当該施設に設置された放射線安全管理設備についても被害が認められた。設備を構成する機器自体に顕著な損傷が確認されたものはほとんどなかったが、機器が設置された壁、基礎の破損、傾斜、沈下や電源・信号ケーブルの損傷などが多数認められ、設備の連続運転に支障のあるものも多かった。当該設備の復旧にあたっては、早期のビーム運転再開に対応するため、震災前の状態を完全に復元するのではなく必要に応じて代替措置を講じることで、短期間での機能回復に対応した。放射線安全管理設備の主要な被害状況と復旧概要を表 5.4-1 及び図 5.4-1～6 に示す。

また、震災による振動や復旧工事に伴う長期間の停電により電子機器などの劣化が懸念されたため、必要に応じて保護措置や部品交換を行うとともに、連続通電試験及び定期点検により設備の健全性を確認した上で再稼動をした。

(佐藤 浩一)

表 5.4-1 放射線安全管理設備の主要な被害状況と復旧概要

施設	被害状況	復旧概要
リニアック施設	リニアック棟の ID リーダ周辺の壁の破損、崩落	ID リーダを取外し、壁や電気錠扉の復旧後に再設置
	L3BT 棟のルーツブロワの傾斜	チャンネルベースにスペーサを挿入し、ルーツブロワの水平度を調整
3 GeV シンクロトロン施設	RF 部、出射部、3NBT ダンプ付近の屋外モニタ用プルボックスから電源及び光ケーブル用埋設管が最大 70cm 脱落し、ケーブルが露出	陥没した埋設管を掘り起こし、可能な限り寄り戻した上で埋設管を補修し、プルボックスに再接続
	出射部屋外モニタ用プルボックス内で光ケーブルが余長のない状態でテンション（張力）がかかる（光ケーブルの損傷）	光ケーブルを新規の露出管路で引き直し、露出管を接続するための伝送器ボックス用チャンネルベースを製作、据付
	3NBT ダンプ付近屋外モニタ用プルボックス内で電源ケーブルの被覆が破損（電源ケーブルの損傷）	電源ケーブルを新規の露出管路で引き直し
	3NBT ダンプ付近屋外モニタ用コンクリート基礎ベースが約 50cm 沈下	検出器筐体及び伝送器ボックスの必要箇所のみコンクリート基礎を嵩上げ（打ち増し）
50 GeV シンクロトロン施設	第二搬入棟設置の屋内モニタが転倒（モニタ本体の損傷なし）	モニタを起こし、転倒防止策として、ロープで固定
物質・生命科学実験施設	3NBT 水平偏向部屋外モニタ用の電源及び光ケーブル用埋設管が約 100cm 脱落し、電線管が露出	陥没した埋設管を掘り起こし、可能な限り寄り戻した上で埋設管を補修し、プルボックスに再接続
	ミュオン科学実験施設屋外モニタ用プルボックスから電源及び光ケーブル用埋設管が約 20cm 露出	外溝工事により、埋設管の埋め戻し
	ミュオン科学実験施設屋外モニタ用コンクリート基礎ベースが約 1.8cm 傾斜	検出器筐体及び伝送器ボックスにスペーサを挿入し傾斜を補正した上で防水処置
ハドロン実験施設	ハドロン実験ホール北側フロアレベルに設置の屋内モニタが転倒、電離箱検出器が破損	破損部分を交換後、転倒防止策としてロープで固定
ニュートリノ実験施設	NU3 屋外設置モニタにおいて、建家にケーブルを引き込むボックス内で電源及び信号ケーブルの被覆が破損	電源及び信号ケーブルを引き直し



図 5.4-1 ID リーダ周辺の壁の崩落
(リニアック施設)

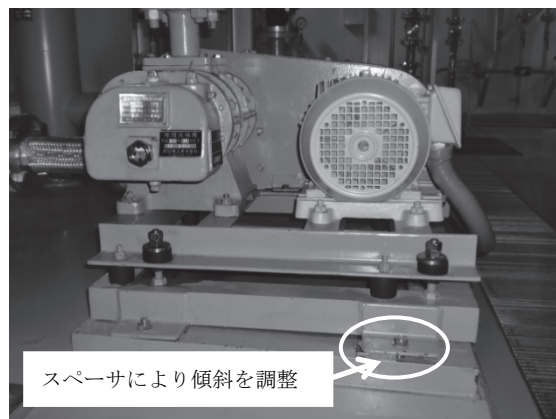
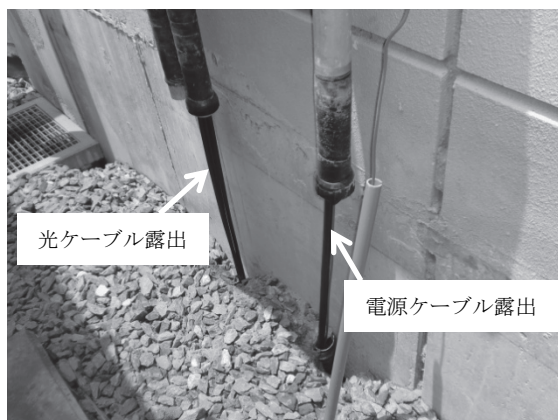


図 5.4-2 L3BT 棟ルーツブロワの傾斜
(リニアック施設)



(復旧前)

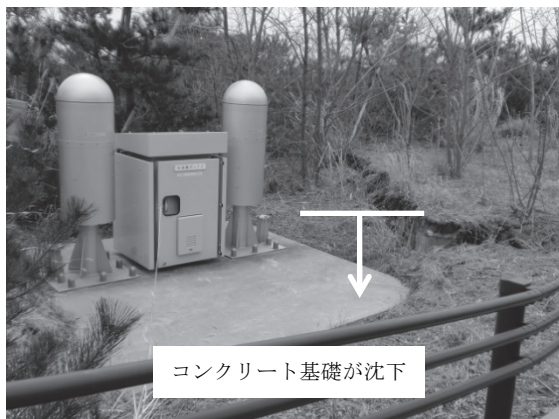


(復旧後)

図 5.4-3 ケーブル用埋設管の脱落 (3 GeVシンクロトロン施設)



図 5.4-4 電源ケーブルの損傷
(3 GeVシンクロトロン施設)

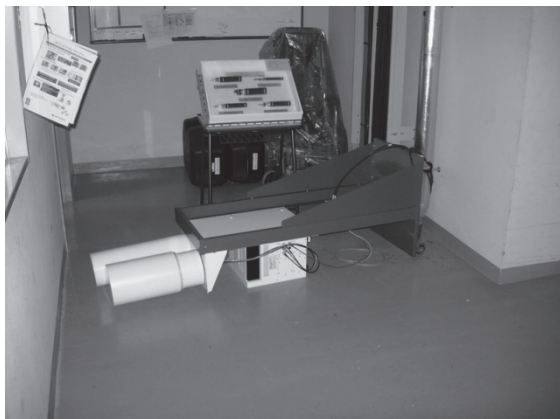


(復旧前)

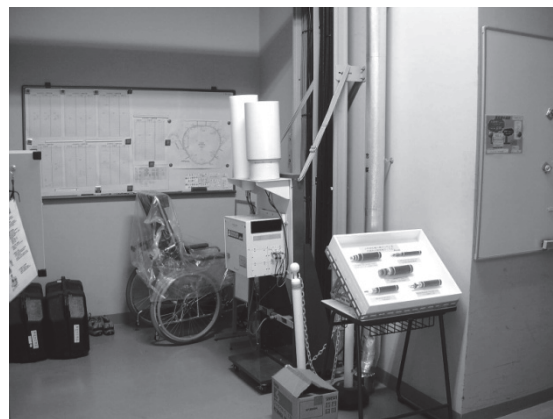


(復旧後)

図 5.4-5 屋外モニタの沈下 (3 GeVシンクロトン施設)



(復旧前)



(復旧後)

図 5.4-6 放射線モニタの転倒 (50 GeVシンクロトン施設)

6. 関連業務

放射線管理室が行っている関連業務については、放射性同位元素等による放射性障害の防止に関する法律(放射線障害防止法)等に係る申請・届出、内部規程等の改訂、委員会活動、放射線安全教育がある。

放射線障害防止法等に係る申請・届出については、2010年度までは年2回行われていたが、2011年度の変更申請は震災の影響もあり1回であった。本年報では、2011年度の申請内容について記述するとともに、2005年度から2010年度までの使用許可申請、変更許可申請、軽微な変更に係る届出についてまとめた。

内部規程等の改訂では、放射線障害予防規程、同細則等についてまとめている。2011年度は、新たに放射線管理要領を作成した。

委員会活動では、J-PARC放射線安全委員会、放射線安全検討会について2005年度から2011年度の活動内容をまとめた。

放射線安全教育では、管理区域入域前に行う入域前教育訓練、職員等に対し年1回行う再教育訓練、関連資料(ハンドブック、教育用ビデオ)の整備についてまとめた。

(沼尻 正晴)

6.1 放射線障害防止法等に係る申請・届出

放射線障害防止法に係る申請・届出については、2005 年度に初段加速器であるリニアックの申請を、JAEA と KEK の二者申請で実施して以来、施設・設備などの建設進捗にしたがって、随時、変更許可申請を行っている。2011 年度においては、9 月 16 日に物質・生命科学実験施設における中性子実験装置 (BL09) の新設、M2 ビームラインに係る遮蔽体の一部変更について変更許可申請が行われ、2011 年 11 月 25 日に許可された。

表 6.1-1 に、J-PARC 各施設の 2005 度から 2010 年度までの使用許可申請、変更許可申請、軽微な変更に係る届出についてまとめた。

(増川 史洋)

表 6.1-1 各施設の放射線障害防止法等に係る申請・届出の変遷 (1/2)

(表中の数値は、1時間当たり粒子数：ビーム行先)

申請 (届出) 年月 [許可年月]	リニアック施設 (Li)	3 GeV シンクロトロン施設 (RCS)	50 GeV シンクロトロン施設 (MR)
2005.09 補 ^{*1} 06.02 [2006.3]	新設 7.1×10^{16} : 0° BD ^{*2} 1.2×10^{16} : 30° BD スイッチヤード管理区域設定		
2006.8 軽微変更	スイッチヤード管理区域拡張		
2007.01 補 07.05 [2007.06]	6.3×10^{17} : 30° BD 1.1×10^{18} : RCS 管理区域設定 (ハドロン実験ホール、崩壊表面ミュオン2次ライン、ニュートリノ前段部)	新設 6.5×10^{16} : 90° BD 2.3×10^{17} : 100° BD 4.7×10^{17} : H0 BD 4.7×10^{17} : 出射 BD (181MeV) 3.0×10^{16} : 出射 BD (3GeV)	
2007.07 軽微変更	スイッチヤード管理区域拡張	変更無し	
2007.09 補 08.03 [2008.03]	管理区域 (スイッチヤード、ニュートリノ前段部、崩壊表面ミュオン2次ライン) の移管	9.0×10^{14} : MR 3.0×10^{16} : MLF	新設 9.0×10^{14} : 入射 BD (3GeV、周回)
2008.07 [2008.10]	管理区域 (ハドロン実験ホール) の移管	7.5×10^{17} : MLF	9.0×10^{14} : γ ボート BD (3, 30GeV) 9.0×10^{14} : HD
2009.01 [2009.03]	1.9×10^{18} : RCS	1.9×10^{18} : MLF	9.0×10^{14} : NU
2009.06 [2009.09]	変更無し	7.5×10^{16} : MR	2.25×10^{16} : 入射 BD 5.6×10^{15} : γ ボート BD 3.75×10^{15} : HD 7.5×10^{16} : NU
2010.01 [2010.04]	変更無し	変更無し	変更無し
2010.07 [2010.10]	2.9×10^{18} : RCS	9.5×10^{17} : 出射 BD (181MeV) 6.0×10^{16} : 出射 BD (3GeV) 2.4×10^{18} : MLF 2.3×10^{17} : MR I/L ^{*3} : 3-NBT 電流モニタ	2.3×10^{17} : NU 遮蔽体追加 : 3-50BT コリメータ
2011.01 [2011.03]	変更無し	変更無し	入射 BD 廃止 3.75×10^{16} : HD

*1 補正申請

*2 ビームダンプ

*3 インターロック

表 6.1-1 各施設の放射線障害防止法等に係る申請・届出の変遷 (2/2)
(1 時間当たり粒子数、又は申請項目)

申請 (届出) 年月 [許可年月]	物質・生命科学 実験施設 (MLF)	ハドロン 実験施設 (HD)	ニュートリノ 実験施設 (NU)
2005. 09 補*1 06. 02 [2006. 3]			
2006. 8 軽微変更			
2007. 01 補 07. 05 [2007. 06]			
2007. 07 軽微変更			
2007. 09 補 08. 03 [2008. 03]	新設 ←RCS 中性子実験装置：7 台 密封 RI：20 個 20GBq		
2008. 07 [2008. 10]	←RCS 中性子実験装置：5 台 ミュオン実験装置：1 台		
2009. 01 [2009. 03]	←RCS 遮蔽体の追加	変更無し	新設 ←MR
2009. 06 [2009. 09]	中性子実験装置の変更	←MR 遮蔽体の変更 中間子実験装置：2 台	←MR
2010. 01 [2010. 04]	遮蔽体変更 ミュオン実験装置：I/L 変更	中間子実験装置：遮蔽体の変更 中間子実験装置：1 台	変更無し
2010. 07 [2010. 10]	←RCS 中性子実験装置：2 台 中性子実験装置：遮蔽体変更 ミュオン実験装置：ビーム 軌道偏向	BD：遮蔽体の追加 遮蔽体の変更方法	←MR
2011. 01 [2011. 03]	中性子実験装置：3 台	←MR 遮蔽体増強	変更無し

*1 補正申請

6.2 内部規程等の改訂

J-PARCの放射線安全に係る内部規程のうち、放射線管理室が改訂案などの取りまとめを行っているものを以下に示す。

- ① 大強度陽子加速器施設（J-PARC）放射線障害予防規程
- ② 大強度陽子加速器施設（J-PARC）放射線障害予防規程細則
- ③ 大強度陽子加速器施設（J-PARC）放射性物質等事業所内運搬規則
- ④ 大強度陽子加速器施設（J-PARC）エックス線装置保安規則
- ⑤ 大強度陽子加速器施設（J-PARC）放射線安全検討会運営規則

これらの内部規程は、J-PARCの変更許可申請の状況、管理区域の拡大、施設の運用状況及び法令改正等に合わせて、適宜、見直し、改訂を行なっている。また、管理区域内作業を行なう上で、作業者の安全確保に必要な手続き及び様式類についても、必要に応じて、随時改訂を行っている。

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律に基づき、2006年3月にリニアック施設に対する放射線発生装置の使用の許可を受け、管理区域を設定するにあたって、同月、「大強度陽子加速器施設（J-PARC）放射線障害予防規程」（予防規程）を制定し、施行した。

また、予防規程以外の内部規程類についても、2006年3月に「大強度陽子加速器施設（J-PARC）放射線障害予防規程細則」（予防規程細則）、「大強度陽子加速器施設（J-PARC）放射性物質等事業所内運搬規則」（運搬規則）及び「大強度陽子加速器施設（J-PARC）放射線安全検討会運営規則」（運営規則）を、同年4月には「大強度陽子加速器施設（J-PARC）エックス線装置保安規則」を制定し、施行した。

J-PARCにおける放射線作業等の実運用を行なう上で必要な手続き及び様式等については、2006年10月に「放射線安全の手引き」を制定し、J-PARCセンター内への周知を図った。さらに、J-PARCの放射線管理に関する実務内容を2011年度に「放射線管理要領」に取り纏めて、2012年4月に制定した。

2011年度末までに内部規程を改訂した回数は、予防規程7回、予防規程細則14回、運搬規則2回、運営規則2回、放射線安全の手引き2回である。うち、2011年度の改訂は、予防規程細則2回であった。

（佐藤 浩一）

6.3 委員会活動

J-PARCは、JAEA・KEKの二者申請による事業所である。J-PARCの放射線安全に関する重要な事項を両機関で一元的に検討するために、JAEA理事長及びKEK機構長の諮問会議としてJ-PARC放射線安全委員会が組織されている。またJ-PARCセンター内で放射線安全に関する事項を検討するためには、放射線安全検討会が設置されている。

2011年度における放射線安全関係の委員会活動については、J-PARC放射線安全委員会が2回、放射線安全検討会が3回（うち2回はメールによる回議）開催された。

表6.3-1に、これらの委員会の開催日と審議事項等を示す。また、2006年度～2010年度の放射線安全関係の委員会活動を表6.3-2にまとめた。

（増川 史洋）

表 6.3-1 2011 年度 放射線安全関係委員会の開催状況

J-PARC放射線安全委員会		
回	開催日	主な内容
第11回	2011.07.29	物質・生命科学実験施設変更許可申請審議
第12回	2011.12.02	物質・生命科学実験施設報告、ニュートリノ実験施設報告、実験施設視察
放射線安全検討会		
第25回	2011.05.26	MLF 運転手引改訂審議（メール回議）
第26回	2011.07.20	物質・生命科学実験施設変更許可申請審議、MLF 運転手引改訂審議、ハドロン実験施設中間子実験装置の粒子数制限方法・HD 運転手引改訂審議、予防規程細則改訂審議
第27回	2011.12.09	MLF 運転手引改訂審議（メール回議）

表 6.3-2 2006 年度～2010 年度 放射線安全関係委員会の開催状況（1/3）

2006 年度

J-PARC放射線安全委員会（2回）		
回	開催日	主な内容
第1回	2006.07.04	補正申請における変更点、放射線障害予防規程及び細則の変更点等報告、使用許可条件とその対応に関する審議
第2回	2006.12.07	リニアック施設、3GeVシンクロトロン施設（新規）の変更許可申請審議
放射線安全検討会（3回）		
第1回	2006.08.23	補正申請における変更点、放射線障害予防規程及び細則の変更点等報告、加使用許可条件とその対応に関する審議
第2回	2006.09.21	放射線障害予防規程細則改訂、加速器運転手引制定に関する審議
第3回	2006.11.28	リニアック施設、3GeVシンクロトロン施設（新規）の変更許可申請審議

表 6.3-2 2006 年度～2010 年度 放射線安全関係委員会の開催状況 (2/3)

2007 年度

J-PARC放射線安全委員会 (1 回)		
回	開催日	主な内容
第 3 回	2007. 07. 30	3 GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設（新設）、50 GeVシンクロトロン施設（新設）の変更許可申請審議、放射線障害予防規程及び細則の改訂審議
放射線安全検討会 (4 回 (うちメール回議 2 回))		
第 4 回	2007. 07. 20	3 GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設（新設）、50 GeVシンクロトロン施設（新設）の変更許可申請審議、放射線障害予防規程及び細則の改訂審議
第 5 回	2007. 09. 21	加速器運転手引改訂審議 (メール回議)
第 6 回	2007. 10. 25	放射線障害予防規程細則、事業所内運搬規則の改訂審議 (メール回議)
第 7 回	2008. 02. 27	加速器運転手引改訂、事業所内運搬規則改訂、エックス線装置保安規則制定に関する審議

2008 年度

J-PARC放射線安全委員会 (3 回)		
回	開催日	主な内容
第 4 回	2008. 05. 01	3 GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設、50 GeVシンクロトロン施設、ハドロン実験施設（新設）の変更許可申請審議、放射線障害予防規程及び細則の改訂審議
第 5 回	2008. 10. 06	リニアック施設、3 GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設、50 GeVシンクロトロン施設、ニュートリノ実験施設（新設）の変更許可申請審議
第 6 回	2009. 03. 26	放射線障害予防規程及び細則の改訂審議
放射線安全検討会 (5 回 (うちメール回議 3 回))		
第 8 回	2008. 04. 23	3 GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設、50 GeVシンクロトロン施設、ハドロン実験施設（新設）の変更許可申請審議、放射線障害予防規程及び細則の改訂審議
第 9 回	2008. 09. 30	リニアック施設、3 GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設、50 GeVシンクロトロン施設、ニュートリノ実験施設（新設）の変更許可申請審議
第 10 回	2008. 11. 21	放射線障害予防規程及び細則の改訂審議 (メール回議)
第 11 回	2009. 01. 09	HD 運転手引審議 (メール回議)
第 12 回	2009. 03. 19	放射線障害予防規程及び細則の改訂審議 (メール回議)

表 6.3-2 2006 年度～2010 年度 放射線安全関係委員会の開催状況 (3/3)

2009 年度

J-PARC放射線安全委員会 (2 回)		
回	開催日	主な内容
第 7 回	2009. 06. 02	物質・生命科学実験施設、50GeVシンクロトロン施設、ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設の変更許可申請審議、放射線障害予防規程及び細則の改訂審議
第 8 回	2010. 12. 15	物質・生命科学実験施設、ハドロン実験施設の変更許可申請審議、放射線障害予防規程及び事業所内運搬規則の改訂審議
放射線安全検討会 (6 回 (うちメール回議 3 回))		
第 13 回	2009. 04. 09	加速器運転手引、MLF 運転手引改訂、NU 運転手引 (案) の審議
第 14 回	2009. 05. 27	物質・生命科学実験施設、50GeVシンクロトロン施設、ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設の変更許可申請審議、放射線障害予防規程及び細則の改訂審議
第 15 回	2009. 09. 02	放射線障害予防規程細則の改訂審議 (メール回議)
第 16 回	2009. 10. 09	HD 運転手引、NU 運転手引の改訂審議 (メール回議)
第 17 回	2009. 11. 30	物質・生命科学実験施設、ハドロン実験施設の変更許可申請審議、放射線障害予防規程及び事業所内運搬規則の改訂審議
第 18 回	2010. 03. 26	放射線障害予防規程細則の改訂審議 (メール回議)

2010 年度

J-PARC放射線安全委員会 (2 回)		
回	開催日	主な内容
第 9 回	2010. 05. 27	全施設の変更許可申請審議、放射線障害予防規程及び細則の改訂審議
第 10 回	2010. 12. 07	50GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設、ハドロン実験施設の変更許可申請審議
放射線安全検討会 (6 回 (うちメール回議 4 回))		
第 19 回	2010. 05. 14	全施設の変更許可申請審議、放射線障害予防規程及び細則の改訂審議、MLF 運転手引改訂審議
第 20 回	2010. 09. 17	HD 運転手引、MLF 運転手引の改訂審議 (メール回議)
第 21 回	2010. 10. 04	加速器運転手引改訂審議 (メール回議)
第 22 回	2010. 11. 15	50GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設、ハドロン実験施設の変更許可申請審議、加速器運転手引、MLF 運転手引改訂審議
第 23 回	2010. 12. 13	加速器運転手引改訂審議 (メール回議)
第 24 回	2011. 02. 08	放射線障害予防規程細則改訂審議 (メール回議)

6.4 放射線安全教育

(1) 入域前教育訓練

J-PARCでは、放射線業務従事者として管理区域に入域する者を対象とした「J-PARC管理区域入域前教育訓練」（入域前教育）を実施している。入域前教育は、予防規程及び関連する内部規則やJ-PARCの安全設備等について実施しており、法令で定められているその他の教育訓練項目については、事前に所属元で受講することになっているため省略している。職員及び外来業者への入域前教育は、原則として毎週月曜日及び水曜日に定期的に行っている。また、ユーザーへの入域前教育については、ユーザーの利便性を考慮し、ユーザーズオフィスに依頼して適宜実施している。なお、外来業者及びユーザーについては、入域前教育の有効期間を年度内としており、年度毎に必ず入域前教育を受講することとしている。

入域前教育では、放射線管理室が用意したビデオを用いている。職員・外来業者とユーザーでは立入目的や立入場所が異なるため、ビデオは職員・外来業者用とユーザー用をそれぞれ用意している。また、2010年度に「J-PARC放射線作業ハンドブック」（図 6.4-1 参照）を作成し、2011年度から入域前教育受講時の配布を開始した。

2011年度の入域前教育受講者数は、J-PARCセンター構成員が47名、J-PARCセンター構成員以外の職員等が54名、外来業者が1742名、ユーザーが360名であった。2011年度の月別受講者数を表 6.4-1 に、2011年度までの年度別受講者数を図 6.4-2 に示す。

(2) 再教育訓練

J-PARC放射線業務従事者のうち、JAEA・KEK職員等を対象として「再教育訓練」を実施している。2011年度の再教育訓練の内容は、「KEKつくばキャンパスにおける放射線管理」、「放射線の防護と影響」、「放射線取扱主任者からの報告」、「放射線管理室からの注意事項等」で、法令に定められた全ての教育訓練項目を含むものになっている。2011年度再教育は、8/25と10/5の2回実施した。さらに、再教育訓練を実施した際にその模様をビデオに録画し、2回のいずれにも参加できなかった者の再教育訓練にそのビデオを用いる事により、受講対象者全員が漏れなく年度内に再教育訓練を受講するよう対応している。2011年度に再教育訓練を受講した職員等は394名であった。

(3) 関連資料の整備

J-PARCは国際的共同利用研究施設であることから、外国人ユーザーへの対応を充実させるため、前述の日本語版ハンドブックに次いで、2011年度には英語版ハンドブック“J-PARC Radiation work handbook”を作成し、2012年度から外国人ユーザー等への配布を開始している。

入域前教育で使用するビデオは毎年度更新しているが、2010年度までは放射線管理室内で製作していたため、音声聞き取りにくいなどの問題があり、受講者のアンケートでも頻繁に指摘されていた。このため、2011年度のビデオ更新作業では、ナレーション、映像構成を外注化した。作成したビデオは2012年度版の職員・外来業者用（日本語版）、ユーザー用（日本語版、英語版）で、聞き取りやすさ、見やすさなどは大きく改善されている。今後も、受講者により理解してもらえる内容になるよう、アンケートなどを通じて収集した意見を参考にしてビデオの改善を図っていく予定である。

（大塚 憲一）

表 6.4-1 月別入域前教育受講者数（2011 年度）

受講者身分	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
J-PARCセンター構成員	9	1	3	0	0	1	2	27	2	0	2	0	47
J-PARCセンター構成員 以外の職員等	6	0	2	2	1	0	4	22	2	6	1	8	54
外来業者	523	140	131	199	103	154	131	123	34	50	130	24	1742
ユーザー	83	17	8	14	24	22	9	7	5	20	57	94	360
月計	538	141	136	201	104	155	137	172	38	56	133	32	1843

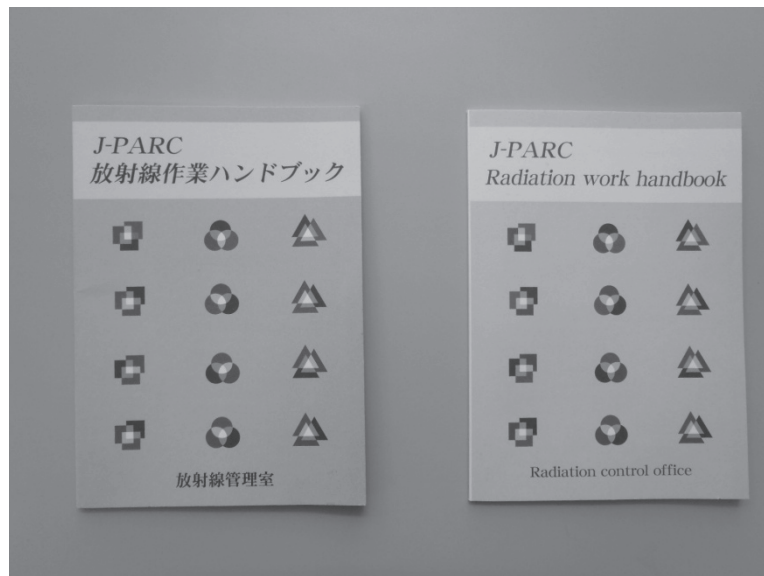


図 6.4-1 J-PARC放射線作業ハンドブック

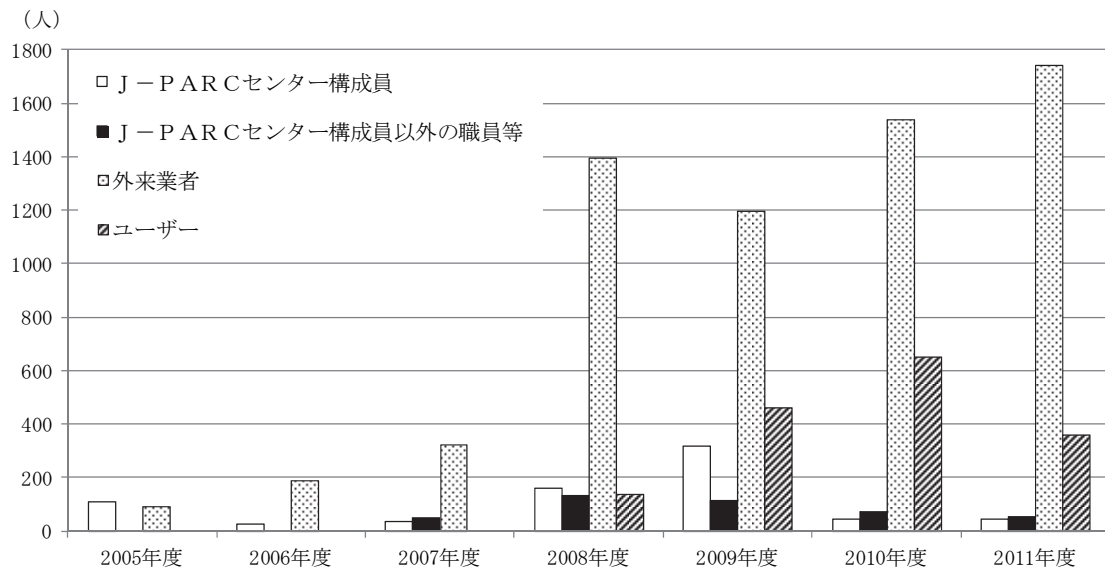


図 6.4-2 年度別入域前教育受講者数（2005 年度～2011 年度）

7. 技術開発及び研究

技術開発及び研究については、J-PARCのビーム出力上昇に向け、ビームロスによる放射化状況の把握やターゲット等の高放射能インベントリ機器の取扱いに係る放射線管理データの取得、蓄積及び解析に取り組んでいる。

また、個人被ばく管理に係るシステム開発、使用する化学物質や放射線源の変更に係る技術的検討などを進めることで、放射線管理業務の信頼性や作業安全性を向上させるとともに、業務の効率化を推進している。

さらに、2011年度においては、福島第1原発事故がJ-PARCの放射線管理に及ぼす影響を把握するため、環境中のセシウム挙動に係る基礎的データの取得を試みた。

(宮本 幸博)

7.1 リニアック施設におけるビームライン残留放射能による放射線の推移

東日本大震災により、リニアック施設の加速器トンネルは多大な被害が生じた。加速器トンネル床基準の状況は、最大 40mm 沈下し、ビームライン機器のベースプレートでの調整は数 mm が限界であったため、イオン源から 50m までは下方、それ以降は上向きの V 字型に再設計・アライメントを行った。ここでは上記再設計・アライメントとその後の調整で、ビーム損失の傾向がどう変化したかを一次ビームライン残留放射能による線量率を指標として述べる。

(1) 震災前の残留放射能による放射線

ビーム運転開始からの一次ビームライン残留放射能による放射線の推移を図 7.1-1 に示す。図に示す線量率の推移は、デバンチャー1,2 (DB1,DB2)、環状結合型空洞設置予定位置 (ACS10)、ゲートバルブ 2 (BLGV2) が主な線量率上昇箇所、運転開始から Run14 (2008. 2. 12~2. 24) までは緩やかに減少していたが、Run15 (2008. 4. 18~4. 25) 以降は徐々に上昇している。線量率の最大は Run33 (2010. 5. 7~5. 31 後の BLGV2 で 1mSv/h であったが、2 ヶ月後は約 1/3 に減衰し、300 μ Sv/h 程度となった。

0 度ビームダンプ (最大ビーム出力 600W、最大ビーム強度 7.1×10^{16} 個/時間) については、運転初期の Run8 (2007. 6. 11~6. 29) において最大 18mSv/h (ビーム窓表面) まで上昇している。その後は徐々に低下し、Run15 で一時 7mSv/h に上昇したが、それ以降は 2mSv/h 前後で推移している。同じように 30 度ビームダンプ (最大ビーム出力 5400W、最大ビーム強度 6.3×10^{17} 個/時間) は、Run15 で一時 20mSv/h (ビーム窓表面) まで上昇し、その後は 2mSv/h 前後で推移している。しかし、Run36 (2010. 11. 4~12. 26) では 30 度ビームダンプにおいてビームスタディを行ったため 40mSv/h まで上昇した。ビーム運転開始からのビーム窓の残留放射能による放射線の推移を図 7.1-2 に示す。

(2) 震災後の残留放射能による放射線

アライメントを行った後、2011 年 12 月よりビーム運転を再開したが、震災前とは違ったポイントの線量率が上昇した。Run39 (2011. 12. 9~12. 27) 後に中間エネルギー輸送系 2 (MEBT2-2) や ACS10 の真空ポンプ部で線量率が上昇し、Run40 (2012. 1. 7~2. 22) 後では最大で 10mSv/h まで上昇した。そのため、Run40-41 間でダクトの再アライメントを実施し、Run41 (2012. 2. 26~3. 22) 後には 2.5mSv/h まで低下した。震災前後の残留放射能による放射線の推移を図 7.1-3 に示す。また、ビームダンプについては、0 度でビームスタディを行っていたため、Run39 後に 0 度ビーム窓で 6mSv/h まで上昇したが、その後は徐々に低下し、30 度ビーム窓は 1mSv/h 前後で推移している。

(3) まとめ

トンネル内の残留放射能による放射線上昇ポイントは、ビームラインのダクト径が変わる箇所であり、ほぼ同じ個所が上昇していたが、震災後は、ビームラインを V 字型にアライメントしたことで、以前と違った箇所の線量率が上昇し、放射線レベルも高くなった。しかし、その後の再アライメントで徐々に線量率は低下している。

ビームロスの変動には、ビーム出力 (パルス幅、繰返し、ピーク電流) の変化や空洞の真空度におけるビームの広がりなど多くのパラメータが影響している。2013 年後半からは加速エネルギーを 400MeV に増強する出力増強運転が予定されており、ビームロスの増加も予想されるため、ビームライン残留放射能による放射線の推移を注視し、施設側への情報提供及び被ばく低減の助言

を行っていく必要がある。

(吉野 敏明)

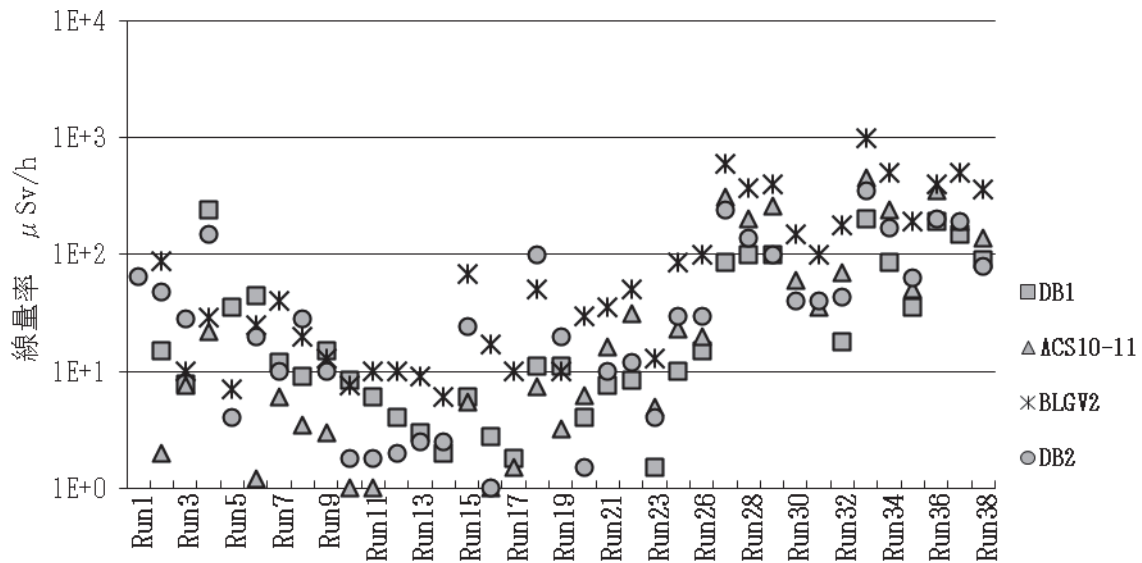


図7.1-1 震災前の残留放射線の推移

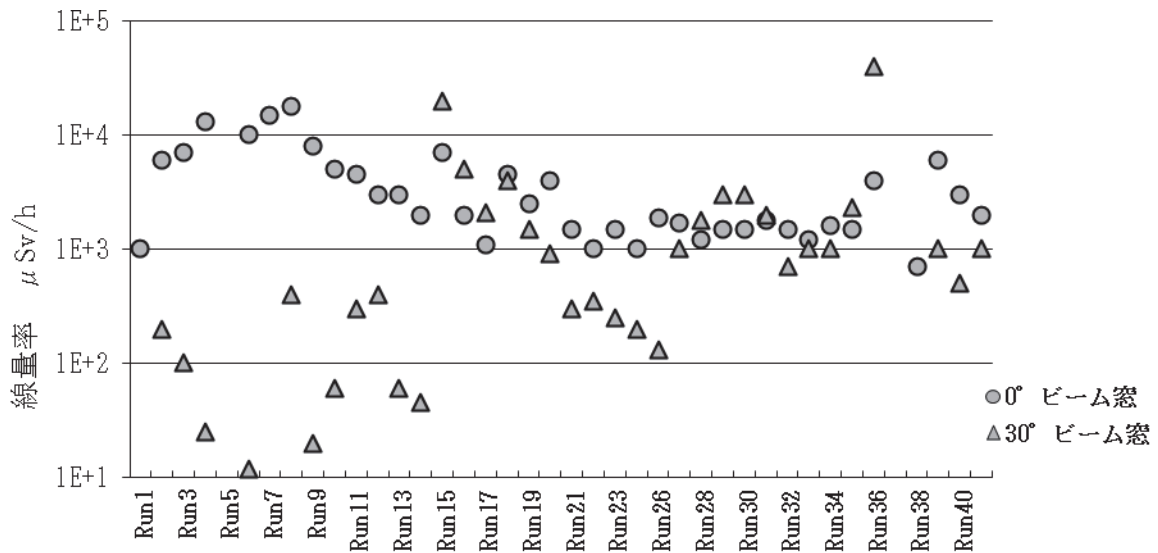


図7.1-2 ビーム窓の残留放射線の推移

注) Run5、Run37、Run38 (0° のみ実施) の残留測定は実施できなかった。

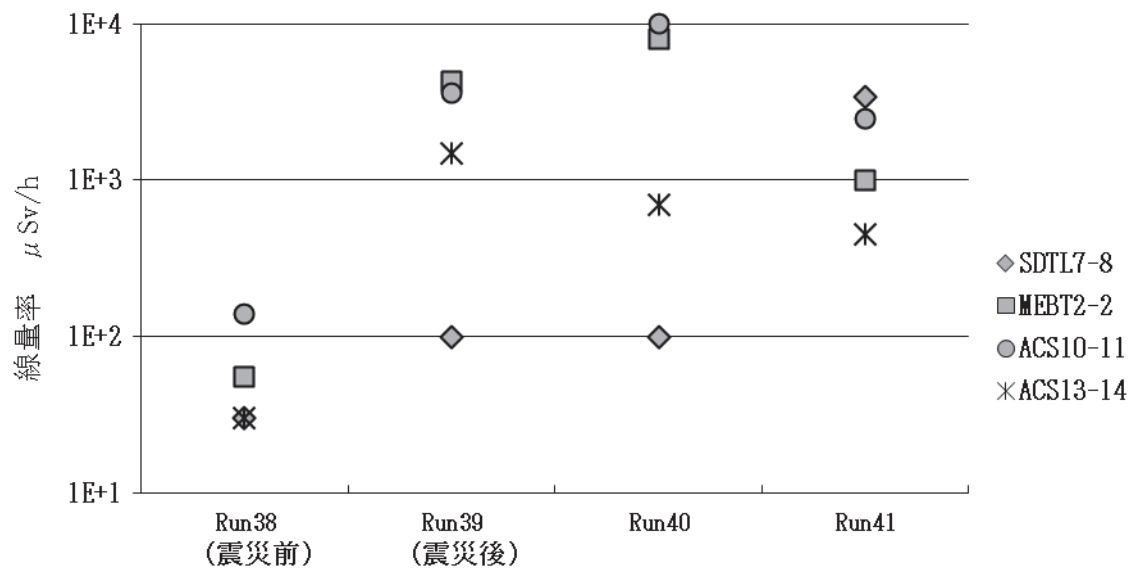


図7.1-3 震災前後の残留放射線の推移

7.2 3 Ge Vシンクロトロン施設の加速器トンネル内空气中放射能濃度

3 Ge Vシンクロトロン施設では、加速器運転に伴い加速器トンネル内の空気および加速器構成機器等が放射化する。加速器運転により加速器トンネル内の空気中に生成される放射性核種は主に短半減期のガス状核種であるため、加速器運転中は加速器トンネル内を排気せず循環空調を行うとともに、室内ガスモニタで放射性ガス濃度を連続監視している。また、加速器トンネル内の空气中放射性塵埃濃度を把握するため、循環空気をダストフィルタにより1週間ずつ連続サンプリングしている。サンプリングした試料は、ラドン・トロンの減衰を待って、サンプリングから4日後にプラスチックシンチレーション式計数装置による全 β 線測定を行い、その結果が有検出の試料についてGe半導体検出器による核種分析を行っている。

物質・生命科学実験施設に120kW及び220kWのビーム出力で加速器を運転した時の加速器トンネル内の空气中放射性塵埃濃度を図7.2-1に示す。加速器運転により生成された主な放射性核種は、 ^7Be 、 $^{44\text{m}}\text{Sc}$ 、 ^{48}V 、 ^{52}Mn 、 ^{58}Co であった。この他にも ^{47}Sc 、 ^{51}Cr 、 ^{56}Co 、 ^{57}Co が検出された。また、1ヵ月に1回、短半減期核種の確認のため、試料採取当日に核種分析を実施しており、上記以外に ^{24}Na 、 ^{44}Sc 、 ^{48}Cr 、 ^{52}Fe 、 ^{55}Co 、 ^{57}Ni が検出された。 ^7Be は、空气中的窒素、酸素から生成され、その他の核種は、加速器構成機器に使用されている鉄、ニッケル、チタンなどの金属類から生成される。主な核種の予想される生成反応を表7.2-1に示す。

^7Be の放射能濃度が最大となった2010年12月の測定データについて、主な放射性核種の放射能濃度と空气中濃度限度の比を表7.2-2に示す。主要核種の放射能濃度は、空气中濃度限度を十分下回っているが、放射能濃度が最も高い ^7Be よりも、 $^{44\text{m}}\text{Sc}$ 、 ^{48}V 、 ^{52}Mn 、 ^{58}Co の方が濃度限度比では2~4倍程度大きくなっていることに注意が必要である。

メンテナンス等のため加速器トンネルに入域する場合は、加速器運転停止の2時間後に排気を開始しており、排気中及び排気完了後の加速器トンネル内空気中では、上記の放射性核種は全て検出下限濃度未満であった。今後もこの測定を継続しデータを蓄積していくことは、3 Ge Vシンクロトロン施設の放射線管理において、今後のビーム出力上昇に対応するために重要となる。

(大塚 憲一)

表 7.2-1 主な核種の予想される生成反応

生成核種	予想される生成反応
${}^7\text{Be}$	${}^{14}\text{N}$ (n, sp) ${}^7\text{Be}$ 、 ${}^{14}\text{N}$ (p, sp) ${}^7\text{Be}$ ${}^{16}\text{O}$ (n, sp) ${}^7\text{Be}$ 、 ${}^{16}\text{O}$ (p, sp) ${}^7\text{Be}$
${}^{44\text{m}}\text{Sc}$	${}^{48}\text{Ti}$ (p, sp) ${}^{44\text{m}}\text{Sc}$
${}^{48}\text{V}$	${}^{48}\text{Ti}$ (p, n) ${}^{48}\text{V}$
${}^{52}\text{Mn}$	${}^{56}\text{Fe}$ (p, sp) ${}^{52}\text{Mn}$
${}^{58}\text{Co}$	${}^{58}\text{Ni}$ (n, p) ${}^{58}\text{Co}$ ${}^{59}\text{Co}$ (n, 2n) ${}^{58}\text{Co}$

sp：核破碎反応

表 7.2-2 生成された主な放射性核種の放射能濃度と空气中濃度限度の比

核種	${}^7\text{Be}$	${}^{44\text{m}}\text{Sc}$	${}^{48}\text{V}$	${}^{52}\text{Mn}$	${}^{58}\text{Co}$
RCS主トンネル内空气中 放射能濃度 (Bq/cm ³)	5.9×10^{-8}	7.6×10^{-9}	5.7×10^{-9}	1.0×10^{-8}	5.7×10^{-9}
空气中濃度限度 (Bq/cm ³)	2.0×10^{-3}	8.0×10^{-5}	5.0×10^{-5}	1.0×10^{-4}	8.0×10^{-5}
濃度限度比	3.0×10^{-5}	9.5×10^{-5}	1.1×10^{-4}	1.0×10^{-4}	7.1×10^{-5}

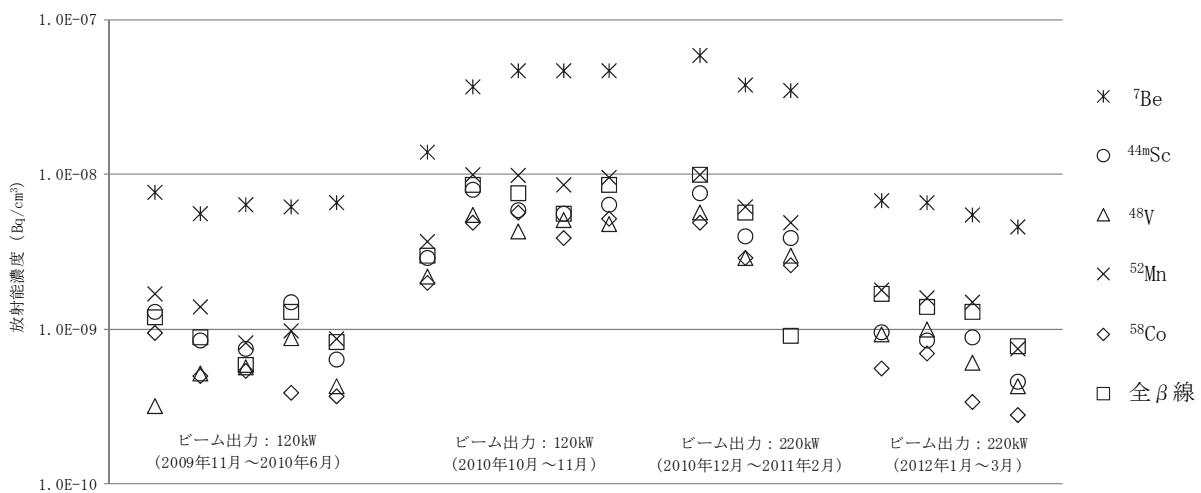


図 7.2-1 加速器運転中の主トンネル内空气中放射能濃度 (2009 年 11 月～2012 年 3 月)

7.3 50GeVシンクロトロントンネル内の空間線量率分布と運転中の空气中濃度の変化

(1) 空間線量率の運転停止後の時間変化

50GeVシンクロトロンは、東日本大震災当日の朝5時に保守作業のため運転を停止し、震災後も復旧作業のため12月まで長期間運転を停止した。本格的なビーム供用運転は2012年1月からであった。入射部付近の機器表面線量率の停止期間中における変化を図7.3-1に示す。機器表面線量率は、停止直後は明らかな低下がみられるが、200日以降はあまり減少しなかった。

(2) トンネル内（周回部分）の線量率分布

運転停止後のトンネル内の空間線量率は入射部が最も高く、震災前の2011年2月には機器表面線量率が20mSv/hの場所があった。運転再開後は、入射コリメータ付近周辺に遮蔽体が設置されたこともあり、2012年3月時点では機器表面線量率は最大で約7mSv/hとなっている。震災前の2011年2月と運転再開後の2012年3月の周回部分の線量率分布を図7.3-2に示す。機器表面線量率は、入射点から50m付近の入射コリメータが最も高い分布となっている。運転再開後の線量率は、追加された遮蔽体以外の部分で徐々に震災前の値に近づいてきている。なお、入射点から500m付近はハドロン実験施設への遅い取り出し部、1100m付近はニュートリノ実験施設への速い取り出し部を示す。

(3) トンネル内空气中濃度

運転時のトンネル内空气中濃度は運転停止後に排気を行うまでの時間を推定する等のため有用であり、トンネル内空气中濃度とビーム強度との関係を調べた。ビーム運転再開後の2012年1～3月の期間について、第1機械棟にあるトンネル循環系空調の空气中濃度とビーム強度（1時間平均）との関係を図7.3-3に示す。第1機械棟では、ビーム損失の大きい入射部付近のトンネル内空気が循環している。トンネル内空气中濃度は、ビーム強度が120kWを超えたあたりから比例関係よりも増加する傾向を示している。

（沼尻 正晴）

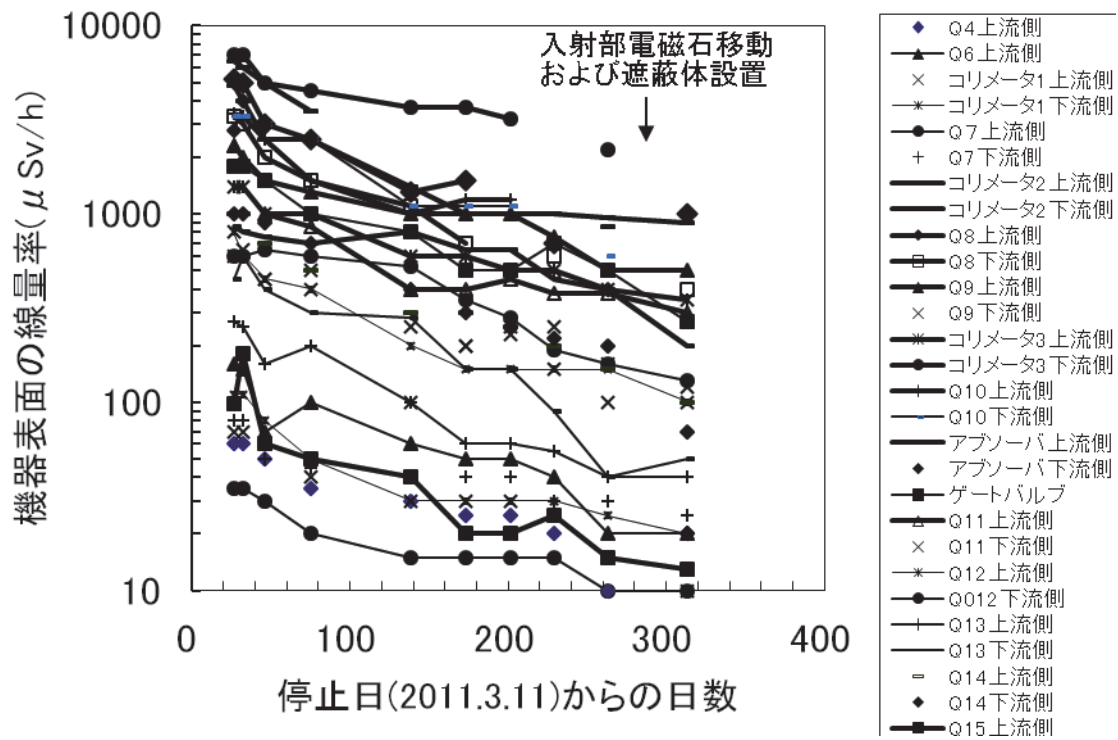


図 7.3-1 入射部の機器表面線量率の時間変化

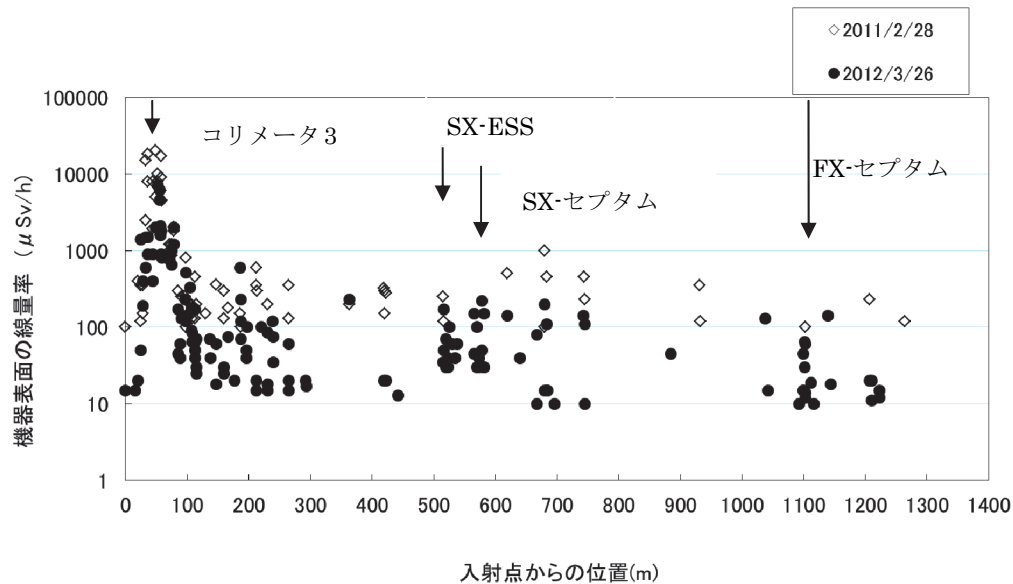


図 7.3-2 周回部分の機器表面線量率分布

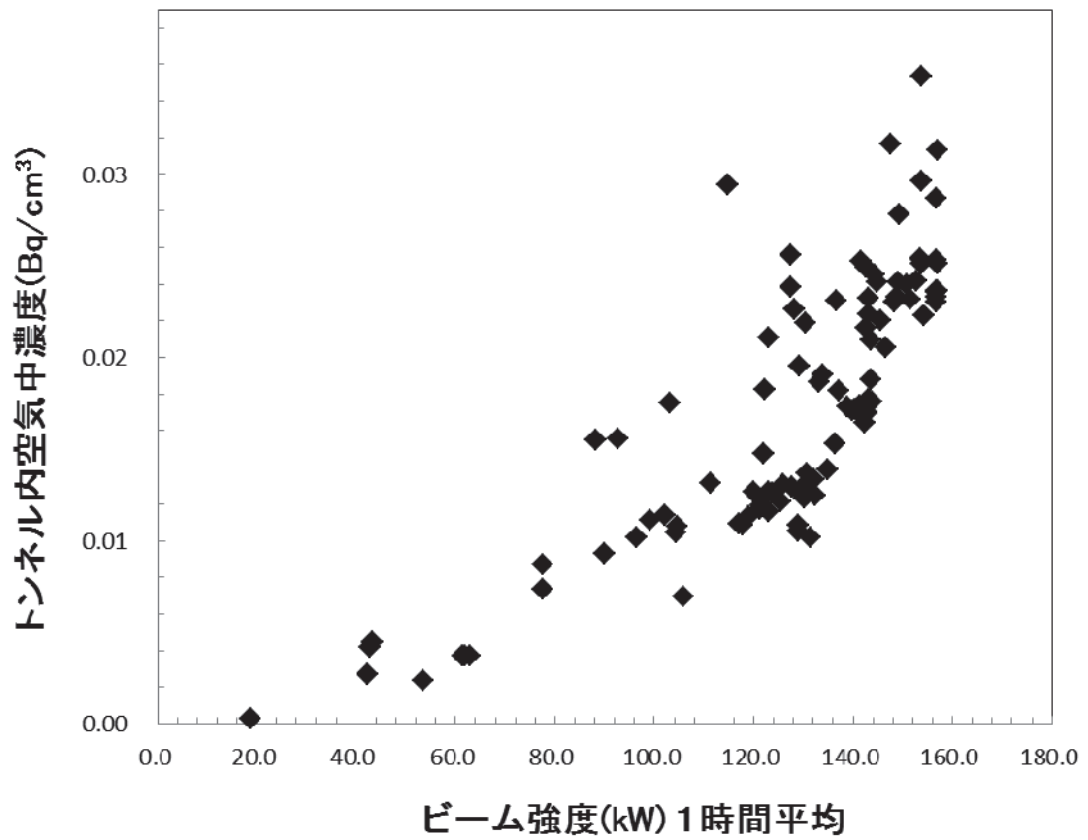


図 7.3-3 トンネル内空気中濃度

7.4 水銀ターゲット容器交換及びPIE 試験片切出作業時の放射線管理

物質・生命科学実験施設では、中性子源として水銀ターゲットを使用している。水銀ターゲットはターゲット容器中を水銀が循環する構造となっており、水銀自体は継続使用するが、ターゲット容器は使用により損傷を受けるため定期的に交換する設計としている。ターゲット容器については、2008年5月に初ビームを受けてからビーム強度を段階的に上昇させ使用してきたが、2011年3月11日に起きた東日本大震災によりシールベローズ部が損傷したため、交換作業を前倒しで行うことが必要となった。これに先立ち、今後の出力上昇に備えてピッチングによるターゲット容器の損傷状態を確認するため、ターゲット容器先端部分の切出作業を実施した。図 7.4-1 に水銀ターゲット及び水銀循環設備を示す。

試験片切出作業及びターゲット容器交換作業は、放射化機器取扱室（ホットセル）において、すべて遠隔操作により行われた。作業前にターゲット容器内の水銀をターゲット台車のドレンタンクに移送し、系統内の放射性ガス濃度を下げるために、水銀循環系統内のヘリウムフラッシングによる浄化を行った。

試験片切出作業においては、切出装置によりターゲット容器先端部の切出しを行い、開口部はシール閉止措置を行うことで容器内の放射性ガス放出を抑えた。また、試験片切出装置はカッター部分にカバーを付けセル内の汚染拡大防止を行っている。切出し後の試料はマニプレータで回収し、超音波洗浄後、専用容器に収納した。試験片収納後の容器表面は 9.0mSv/h あり、ホットセルに保管し照射後試験(PIE)測定を実施した。作業によりホットセルに放出された放射性ガスの主な核種は ^{85}Kr 、 ^3H であり、ホットセル経由で排気筒から放出された放射エネルギーは ^{85}Kr : $4.9 \times 10^{10}\text{Bq}$ 、 ^3H : $1.5 \times 10^{11}\text{Bq}$ であった。図 7.4-2 に試験片切出し時のホットセル内の放射性ガス濃度 (^{85}Kr 換算)を示す。試験片切出作業時のモニタリング結果によると ^3H の濃度は当初の予想より 3 桁程度高く、これはヘリウムフラッシングを行っても配管壁等に ^3H の大部分が吸着していたためと思われる。

切出作業後、ターゲット容器交換作業を実施した。ターゲット容器交換時には切出作業時よりも水銀循環系の開放される面積が大きく、系内に残る放射性ガスの放出も大きくなることが予想された。このためターゲット容器交換時は放出を抑えるため、気体廃棄処理設備で系統内の空気をガスホルダーに引き込みながら作業を行った。ターゲット交換作業時にホットセル経由で排気筒から放出された放射エネルギーは、 ^{85}Kr : $4.1 \times 10^{10}\text{Bq}$ 、 ^3H : $3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ であった。

交換作業終了後、ホットセル内の表面密度の測定を行った結果、切出作業を行ったエリアが最も高かったが、その値はスミア法で $\beta(\gamma)$: $3.6 \times 10^{-1}\text{Bq/cm}^2$ (主な核種 : ^{185}Os 、 ^{57}Co 、 ^{75}Se 等)、 ^3H : $1.8 \times 10^1\text{Bq/cm}^2$ であり、切出装置の飛散防止用のカバーにより汚染があまり広がらなかったものと思われる。

今後、物質・生命科学実験施設では、ビーム強度を 1MW に向けて段階的に上昇させていく予定である。 1MW では水銀ターゲット容器の交換頻度も半年に 1 回程度と予想され、供用運転中に交換する可能性もある。運転直後の水銀循環系では短半減期核種の影響で放射性ガスの濃度も非常に高くなることから、循環系開放時の放出核種、放射能濃度について評価を行っていくとともに放射性ガスの放出を抑えるような作業手順を確立していく必要がある。

(仲澤 隆)

放射性ガス濃度 (Bq/cm³)

1.4E-01

1.2E-01

1.0E-01

8.0E-02

6.0E-02

4.0E-02

2.0E-02

0.0E+00

9:16 13:43 18:09 22:41 3:07 7:34 12:01 16:27 20:54 1:21 5:47 10:14 14:44 19:11 23:37 4:04 8:31 12:57 17:24

2011/11/8 2011/11/9 2011/11/10 2011/11/11

サンプリング位置切替 (セル入口付近)

点線は、サンプリング位置を切り替えなかった場合の予測値

サンプリング位置切替 (インセルフィルタ付近)

気廃システムへの空気引き開始 (1回目)

14:30 3層目開放

シール閉止

14:10 切断開始

シール開放

気廃システムへの空気引き終了

シール閉止

シール開放

シール閉止

シール開放

気廃システムへの空気引き開始 (2回目)

シール開放

– 77 –

7.5 ハドロン実験施設一次ビームラインにおける被ばく管理

ハドロン実験施設の一次ビームラインは通常は鉄及びコンクリート遮へい体によって覆われており、通常、人の出入りは出来ない。よって、ビームラインのメンテナンスが必要な場合には、遮へい体を一時的に移動させることによって、ビームラインの中に人が入っていくことになる。一次ビームラインには二次粒子を発生させるためのターゲット、ビーム形状を成形するためコリメータなどが設置され、残留放射能が高い機器が多い。

上記のように、一次ビームラインには通常口がないため、ネットワークで監視可能な入退出管理機器は常設していない。よって、一次ビームラインで作業する際には、単体運用の警報付ポケット線量計（APD）とハンドフットクロスモニタを設置、運用している。

APD の値は入退域ごとに本人に記帳してもらう。特に、作業期間が長い業者については集計が容易にできるような専用の用紙を用意し、一週間ごとに管理区域責任者に送ってもらい、被ばくの状況を把握できるようにしている。

2011 年度は、東日本大震災の被害により、ビームライン機器のアライメントをやり直すなど、高度に放射化した一次ビームライン機器近傍での作業が多く、上記のような手法による作業員の被ばくの状況の把握は必要不可欠であった。2011 年度における主要な作業と被ばく状況を表 7.5-1 に示す。

（齋藤 究）

表 7.5-1 主要な作業と被ばく状況（2011 年度）

作業内容	一次ビームライン機器等再アライメント作業
作業人数	13 人
総線量*	21 人・mSv
最大線量*	3.2mSv
平均線量*	1.7mSv

* APD による測定値

7.6 加速器周辺に生成するトリチウムの測定

高エネルギー加速器では、加速された粒子及びその二次粒子が、周辺の構成要素と核破砕反応を起こすことにより、多様な放射性物質を生成する。こうして生成される核破砕片には比較的軽い元素が多く含まれ、その中でもトリチウム (T 若しくは ^3H と表わす) は比較的長い半減期 (12.3 年) を持ち、主に HTO という水の化学形を取ることから、放射線管理上非常に重要な放射性物質のひとつである。しかし、 ^3H は低エネルギーの β 線 (最大エネルギー 18.6 keV) しか放出しないことから、サーベイメータ等を使った簡便な測定が困難である。このため、試料封入型の電離箱や液体シンチレーションカウンタ (LSC) を使った測定が行われる。

物質・生命科学実験施設においては、水銀ターゲットのカバーガスに使われている He ガス内の ^3H 濃度測定を行った。水銀ターゲット内では核破砕反応により大量の ^3H が発生し、 HTO や HT の化学形で He ガスに含まれる。この試料には希ガスの ^{133}Xe , ^{85}Kr 等が含まれていたため、電離箱による測定では ^3H との弁別を行うことが出来ず、濃度評価が困難である。また、通常の大気に比べて HT の化学形で存在する ^3H の量が無視し得ないため、化学形弁別を行うためにも電離箱での測定は不十分であった。このため、希ガス成分を分離可能で化学形弁別が可能な LSC を使った測定を行った。

ニュートリノ実験施設においては、ターゲットを含む容器内における、陽子ビームや 2 次粒子による空気の放射化を極力少なくするため、容器を He ガスで満たしている。しかし、He 容器や、それに連なるディケイボリュームは体積が大きく、不純物として空気が混入し、この空気の核破砕反応により ^3H が生成する。また、コンクリートなど周辺の物質表面に発生した ^3H も He ガスに含まれる。そのため、ここでは、運転開始直後は ^3H 濃度が低く、電離箱では測定不可能であることから、物質・生命科学実験施設と同様に LSC を用いた測定を行った。その後、ビーム強度が順調に増加し、ターゲット容器やディケイボリューム内では電離箱を用いても十分測定可能な濃度となっているが、 ^3H が低濃度のガス領域もあることと、これまでの測定結果と比較を行うため、LSC で継続して測定をしている。

LSC による測定では、最初に、ガス中の ^3H 濃度を測定するために、ガス中から水の凝固作用を利用して HTO を抽出する。概略図を図 7.6-1 に示す。抽出にはドライアイスで冷却したエタノールでガラス製のトラップ管 (コールドトラップ) を使う。また、このトラップを通過した試料ガスは、酸化触媒 ($\text{Pd-Al}_2\text{O}_3$) で HT を HTO に酸化し、同様のコールドトラップによって抽出される。 HTO の化学形でコールドトラップ内に抽出されたトリチウム試料は液体シンチレータとコールドトラップ内で混合し、測定用のバイアルに取りだされる。このバイアルを密封し、LSC 用の測定試料とした。

最後に、LSC を用いて行った、物質・生命科学実験施設及びニュートリノ実験施設における HTO と HT に関する代表的な測定結果を表 7.6-1 に示す。

(高橋 一智)

表 7.6-1 加速器周辺に生成するトリチウム濃度の代表例

	試料詳細	HTO 濃度 (Bq/cm ³)	HT 濃度 (Bq/cm ³)
物質・生命科学実験施設	気体廃棄物処理設備 TK3100 (2011 年 6 月サンプリング)	9000	1.5
	気体廃棄物処理設備 TK3200 (2011 年 6 月サンプリング)	540	0.033
ニュートリノ実験施設	He 容器 (2010 年 2 月サンプリング)	3.37	0.189
	ビーム窓 (2010 年 2 月サンプリング)	7.51	0.073
	ターゲット容器 (2010 年 2 月サンプリング)	22.6	0.087

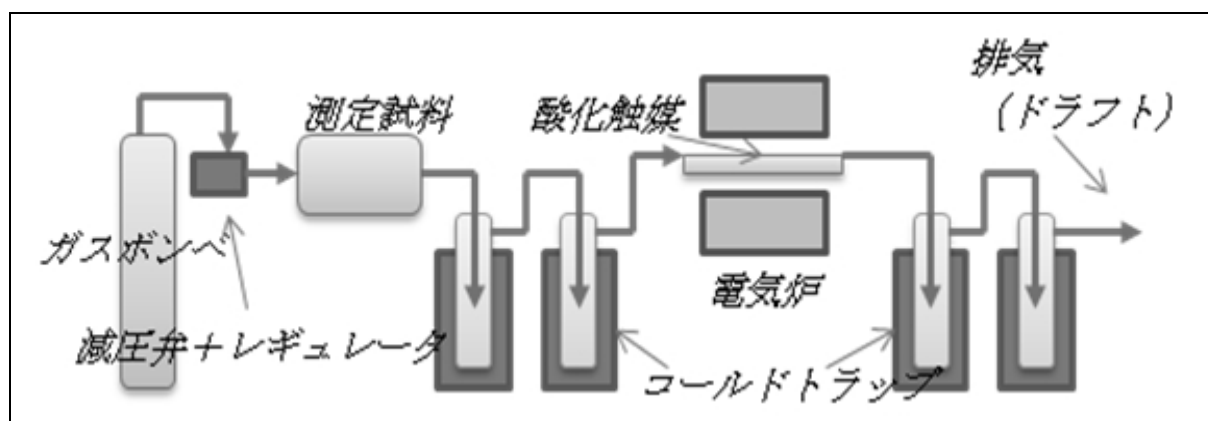


図 7.6-1 ガス試料中トリチウム試料抽出のためのコールドトラップ概略

7.7 土壌からのセシウム溶出試験

2011 年 3 月の福島第一原発事故により、J-PARC 事業所内の環境試料中からも ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 等の放射性物質が検出された。

土壌に沈着したこれら放射性物質がウェザリングによりどの程度減少するかを推定するため、J-PARC 付近の土試料を用いて溶出試験を行った。

土試料は、空間線量が比較的高い、積算線量測定点 D-11（八間道路）と測定点 D-15（仮設門付近）から採取した。測定試料としては、500ml のポリビンに土試料を約 500g ずつ入れたものを採取地点毎に 3 試料作製した。

測定試料をゲルマニウム半導体検出器（以下「Ge 検出器」という。）で 1,000sec 測定し、その試料に蒸留水（約 300cm³）を加えよく攪拌した後、保管した。保管した測定試料から上澄み水を除き、測定試料を Ge 検出器で 1,000 秒間測定し、土壌中に残留する放射性物質を定量した。その後、測定済試料に新たに蒸留水を加え、よく攪拌した後保管した。これを繰り返し行った。

保管期間は、採取した土試料に蒸留水を加える前に測定した日を基準日として、基準日から 1 日後、4 日後、7 日後、10 日後、15 日後、30 日後とした。

その溶出試験の結果、測定点 D-15 の保管 1 日後の試料では、基準日に測定された放射能濃度が最大で約 19%減少したものの、それ以降の保管期間においては、放射能濃度がさほど減少せず、保管期間 30 日後の試料で基準日に測定された放射能濃度で約 25%減少しただけであった。測定点 D-11 から採取した試料も同様の結果であり、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の溶出試験に有意な差がなかった。溶出試験結果を表 7.7-1 及び図 7.7-1 に示す。

以上のことから、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs で汚染した土壌は、蒸留水による溶出で 20%弱の放射能が低減されるが、同一条件で溶出を繰り返しても低減効果が頭打ちになってしまうことが確認できた。本試験で実施した攪拌、溶出の低減効果がウェザリングと同等以上であると仮定すると、J-PARC 事業所におけるウェザリングによる土壌中放射能濃度の減少は、今後大きくは期待できないと考えられる。

（関 一成）

表 7.7-1 保管期間毎の土壌中の放射能濃度

測定点	核種	基準日	1 日後	4 日後	7 日後	10 日後	15 日後	30 日後
D-11	^{134}Cs	4.6 ± 0.082	4.0 ± 0.094	4.0 ± 0.094	3.8 ± 0.0	3.8 ± 0.094	3.6 ± 0.082	3.5 ± 0.13
	^{137}Cs	5.6 ± 0.047	4.9 ± 0.14	4.9 ± 0.047	4.7 ± 0.047	4.7 ± 0.047	4.5 ± 0.082	4.4 ± 0.13
D-15	^{134}Cs	1.6 ± 0.0	1.3 ± 0.082	1.3 ± 0.047	1.2 ± 0.0	1.3 ± 0.047	1.2 ± 0.047	1.2 ± 0.0
	^{137}Cs	1.9 ± 0.047	1.6 ± 0.094	1.5 ± 0.047	1.5 ± 0.0	1.5 ± 0.0	1.5 ± 0.0	1.5 ± 0.047

単位 Bq/g

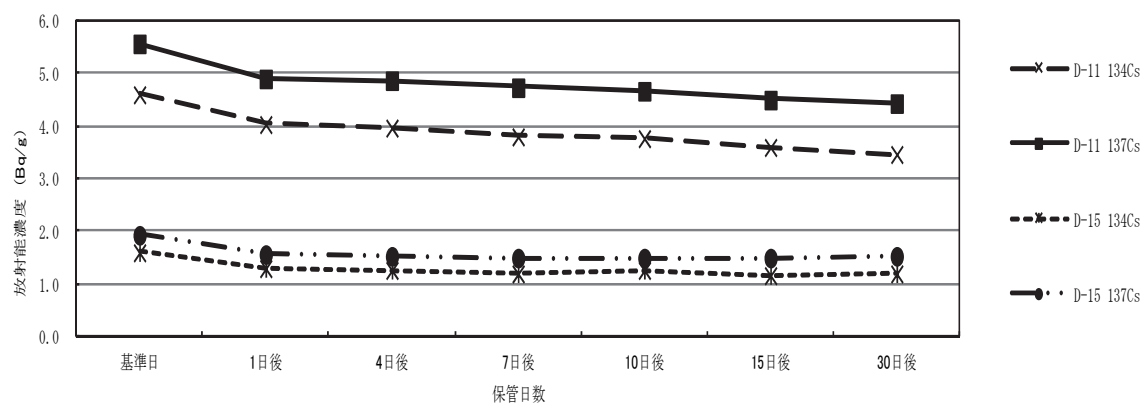


図 7.7-1 保管期間毎の土壌中の放射能濃度

7.8 放射線管理用試料の測定に使用する液体シンチレータの性能比較

J-PARCの水試料に含まれる³H等軟β線放出核種の放射能濃度測定には、液体シンチレーションカウンタを使用している。J-PARC稼働初期に使用していた液体シンチレータAquasol-2 (PerkinElmer Japan) は、キシレンが含まれており、有機溶剤中毒予防規則に従い管理する必要がある。

少しでも有毒性が低く管理が容易な液体シンチレータに移行するため、有機溶剤中毒予防規則適用外のULTIMA GOLD LLT (PerkinElmer Japan) (ULTIMA) とAquasol-2の比較測定を実施した。

比較測定のためにトリチウム濃度が異なる水試料を2試料用意した。測定試料は、トリチウム濃度が既知である試料1cm³に液体シンチレータ(ULTIMAもしくはAquasol-2)を14cm³加え、各3本作製した。測定器は、日立アロカメディカル製の液体シンチレーションカウンタ(LSC6101)を用い、Aquasol-2で作製された標準線源で校正した。測定は、液体シンチレータがULTIMA若しくはAquasol-2で作製された試料を1試料あたり10分間測定した。ULTIMAで作製された試料は、Aquasol-2で作製された試料と比べ両試料とも7%過小評価となった。表7.8-1にトリチウム測定における液体シンチレータ比較測定結果を示す。

このことから、ULTIMAの液体シンチレータを使用するためには、ULTIMAを用いて作製された標準線源にて測定器を校正する必要があると判断した。そこで、ULTIMAの標準線源を購入して校正することで液体シンチレータをULTIMAに移行した。

なお、上記の測定条件で、測定したときの検出下限濃度は、バックグラウンド試料(水試料)と標準線源に使用する液体シンチレータを同一とした場合、いずれの液体シンチレータとも約 1.5×10^{-1} Bq/cm³でありほとんど差がないことを確認している。

(田島 考浩)

表 7.8-1 トリチウム測定における液体シンチレータ比較測定結果

測定試料	AQUASOL-2試料			ULTIMA GOLD LLT試料			放射能濃度比 [B/A]
	平均 計数率 (min ⁻¹)	平均 計数効率 (%)	平均 放射能 濃度 (Bq/cm ³) [A]	平均 計数率 (min ⁻¹)	平均 計数効率 (%)	平均 放射能 濃度 (Bq/cm ³) [B]	
試料 1	2.6E+02	46.3	8.9E+00	2.6E+02	50.8	8.2E+00	0.93
試料 2	1.7E+05	46.2	6.3E+03	1.8E+05	50.7	5.8E+03	0.93

7.9 個人被ばく管理システムの整備

2005年度の管理区域設定以降、J-PARCにおける放射線従事者の被ばくデータ等の処理はMS-Excelを用いて行ってきたが、従事者数の増加やセキュリティ確保の点で問題が生じてきた。それらの問題への対応を目的として、2009年度より、従事者情報と被ばく記録の管理のためのデータベース整備を行い、2011年度から試験運用を開始した。構築したシステムの概略図を図7.9-1に整備、導入状況を図7.9-2に示す。

(1) 設計方針

下記の3点を重視して、システムを設計している。

- ①個人情報扱うデータベースであることから、セキュリティを優先する。
- ②複数のユーザーが、施設の複数の場所でデータ検索を行う。
- ③移植性等を考慮し、汎用的なオープンソースソフトウェア^{注1)}を利用する。

また、業務とデータが定型化されたものであるため、SQLベースのDBMS^{注2)}を利用することとしている。なお、設計時に想定したデータ量等を表7.9-1に示す。

(2) ソフトウェア構成

移植性やハードウェア変更への対応を重視し、webベースの3階層システムを採用した。データ管理のバックエンド部には、実績のあるオープンソースDBMSのMySQLを用い、アプリケーション部（業務ロジック処理）には、JAVAアプリケーションサーバ^{注3)}を用いた。

(3) ハードウェア構成

システムは、施錠されたラック内に設置したサーバ計算機とユーザー操作の端末（クライアント）から構成され、所内ネットワーク（J-LAN）を経由して接続されている。この構成でセキュリティ上の問題となる点は、クライアントの安全確保とサーバへのネットワーク経由での攻撃の防止となる。このうち、クライアントの安全性については、端末上にデータを保持しないシンクライアント^{注4)}を専用端末とし、「IDカードによる個人認証」を利用する事で確保した。また、サーバ計算機と所内ネットワーク間には、FireWall^{注5)}を置き、端末以外からの接続を拒否する事で、ネットワーク接続の安全を確保した。

（高城 徹也）

注1) プログラムの内容を公開し、誰でも使用、改良、再配布が行えるようにしたソフトウェア。

注2) SQL:データベースを操作するための言語の一つ。標準規格化されている。

DBMS: database management system (データベース管理システム)

注3) 「プログラミング言語の一つであるJAVA」で記述したプログラムの実行環境・開発環境。

注4) ユーザーが使う端末には必要最小限の処理（入力と表示）をさせ、以外の処理をサーバ側に集中させたシステム。ここでは狭義のシンクライアントを用い、予め認証された端末から、認証済トークンを利用して初めてシステムに接続できる形式をとっている。

注5) コンピュータネットワークへ侵入されるのを防ぐシステム。また、そのようなシステムが組みこまれたハードウェア。

表 7.9 - 1 設計時に想定したデータ量等-

総従事者数	2 万人
年度毎の延べ登録従事者数	1 万人
年度毎の被ばく記録数	4 万件
所属組織数	5000 件
同時操作者の人数	3 人

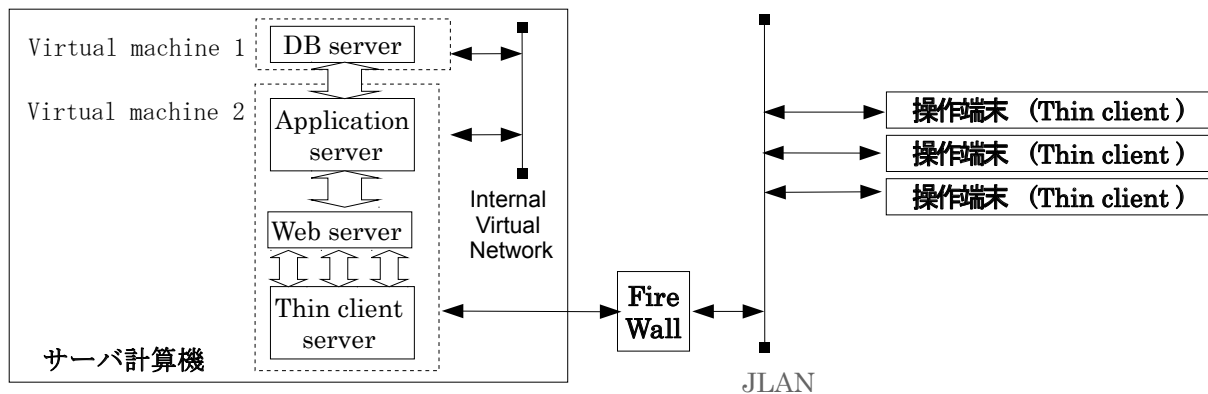


図 7.9-1 システム構成

項 目	2009 年度	2010 年度	2011 年度
データベースの要件定義等	■		
ハードウェアの選定と導入	■		
DBMS の選定	■		
DBMS 及び web アプリの基本機能実装	■		
追加機能・帳票等の作成及び動作試験		■	
従事者データ入力開始			■

図 7.9-2 システムの整備、導入状況

7.10 中性子線エリアモニタの校正用線源の変更に係る検討

リニアック施設、3 GeVシンクロトロン施設、物質・生命科学実験施設の中性子線エリアモニタには、J-PARC向けに新規設計された通常型レムモニタ(レムモニタ;富士電機製:NCN10001)と広域エネルギー用レムモニタ(鉛レムモニタ;富士電機製:NCN20001)の2種類がある。中性子線エリアモニタの主な仕様と保有台数を表7.10-1に示す。

本モニタの製作にあたっては、検出器感度などの特性データが ^{252}Cf 線源(Cf)で得られているため、原科研の放射線標準施設棟(FRS)で実施している定期校正においても同種の線源により検出器性能を確認してきた。しかし、FRSの定期校正において、将来的にCfの入手が困難となる可能性が危惧され、また照射装置の故障などが発生した際に継続的な校正データが取得できなくなる懸念があるため、2010年7月から8月にかけて、 $^{241}\text{Am-Be}$ 線源(Am-Be)を代替の校正用線源として使用した場合の補正方法などについて、照射試験を実施の上、検討を行った。

(1) 試験方法

J-PARC納入時にFRSにおいてCfによる感度試験データが得られているレムモニタと鉛レムモニタの実機の中から、機種及び機差を考慮し、中性子感度の高い検出器と感度の低い検出器を機種毎に選定し、Am-Beでの照射を行った。

照射は、FRS第4照射室のグレーチング上で、37GBqのAm-Be(速中性子)を検出器実効中心より400mmになるよう配置して行なった。この時の中性子放出率は、 $2.38 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ であり、基準線量当量率は、1cm線量当量率($H^*(10)$)で $1.67 \times 10^2 \mu\text{Sv/h}$ であった。

検出器信号の計数は、スケーラタイマで積算計数を計測する方法により行なった。線源照射時間及びバックグラウンド測定時間は1分間及び10分間で、それぞれ3回繰り返し、この計数値を基に中性子感度を求めた。

(2) 測定結果

測定の結果、Am-Beによるレムモニタに対する中性子感度は $1.93 \sim 2.04 (\text{s}^{-1}/\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1})$ 、鉛レムモニタに対する中性子感度は $1.31 \sim 2.13 (\text{s}^{-1}/\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1})$ の範囲であった。なお、モニタ納入時に取得したCfでの中性子感度は、レムモニタに対して $1.91 \sim 2.13 (\text{s}^{-1}/\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1})$ 、鉛レムモニタに対して $1.39 \sim 2.17 (\text{s}^{-1}/\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1})$ の範囲である。

これらの結果から、Cfに対するAm-Beの中性子感度比を求めると、 $0.95 \sim 1.02$ の範囲であり、 $\pm 5\%$ 以内で一致した。中性子線エリアモニタのCf線源に対するAm-Beの中性子線の感度比を表7.10-2に示す。

(3) まとめ

現行のCfをAm-Beで代用した際の感度補正の必要性について検討した結果、レムモニタ及び鉛レムモニタに対して、CfとAm-Beの中性子感度は誤差の範囲で一致した。

よって、Am-BeをCfの代替用線源として使用した場合に、Am-BeとCfの中性子感度の補正比を1.0としても、すなわち補正を行わなくとも、「検出器性能が適切に維持されていることの確認」という定期校正の目的から、運用上は問題ないと考えられる。

なお、2011年3月に発生した東日本大震災により、FRS建家及び照射校正装置に被害が発生し、定期校正までに校正装置の復旧が間に合わなかったことから、2011年度については、実際にAm-Beを代用線源として使用した。

(佐藤 浩一)

表 7.10-1 中性子線エリアモニタの主な仕様と保有台数

機器名及び型式	主な仕様	保有台数
通常型レムモニタ (NCN10001)	1. 測定線種：中性子線 2. 検出器： ^3He 比例計数管 3. エネルギー範囲：0.025eV～15MeV 4. 寸法及び重量 ： $\phi 257 \times 388$ (H) $\times \phi 250$ (基底部) ： 15kg	8 台 (予備品を含む)
広域エネルギー用 レムモニタ (NCN20001)	1. 測定線種：中性子線 2. 検出器： ^3He 比例計数管 3. エネルギー範囲：0.025eV～150MeV 4. 寸法及び重量 ： $\phi 283 \times 419$ (H) $\times \phi 250$ (基底部) ： 31kg	14 台 (予備品を含む)

表 7.10-2 中性子線エリアモニタの ^{252}Cf 線源に対する ^{241}Am -Be 線源の中性子線の感度比

機器名及び型式	中性子 感度	^{241}Am -Be 感度 ($\text{s}^{-1}/\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$) ①	^{252}Cf 感度*1 ($\text{s}^{-1}/\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$) ②	感度比 ①/②	感度比 平均値
通常型レムモニタ (NCN10001)	高	2.01～2.04 平均値：2.03	2.13	0.95	0.99
	低	1.93～1.97 平均値：1.95	1.91	1.02	
広域エネルギー用 レムモニタ (NCN20001)	高	2.09～2.13 平均値：2.10	2.17	0.97	0.96
	低	1.31～1.32 平均値：1.32	1.39	0.95	

*1 モニタ納入時の感度試験データ

編集後記

本年報は、J-PARC放射線管理室として初めての報告書となりました。そのためJ-PARC発足から前年度の事項も記述しています。また2011年度の放射線管理の状況としては、震災の影響もあり例年とは異なった内容であったと思います。

前年度となる2011年1月には施設設置に伴う施設検査後の初めての定期検査・定期確認に合格し、その後加速器運転も順調で実験施設へのビーム強度が増加し、3月にはMLFの施設検査が行われる予定でした。しかし、3月に東日本大地震が起これ、人的被害はありませんでしたが、施設全体に被害が生じました。2011年度は12月のビーム運転再開まで復旧作業を行い、2012年1月には利用運転ができるようになりました。

本年報の原稿作成は過去の事項の収集から始めたため時間がかかりましたが、このように報告書として完了することができました。次年度以降も発行したいと思います。

(沼尻 正晴)

謝 辞

本年報の作成にあたり、原稿を通読し貴重なコメントを頂いた安全ディビジョン三浦太一ディビジョン長、同中島宏副ディビジョン長、同中根佳弘研究主幹に感謝の意を表します。

編集委員

委員長	宮本 幸博 (放射線安全セクションリーダー; JAEA)
副委員長	沼尻 正晴 (放射線安全セクションサブリーダー; KEK)
委員	仲澤 隆 (放射線安全セクション; JAEA)
	関 一成 (")
	吉野 敏明 (")
	佐藤 浩一 (")
	齋藤 究 (放射線安全セクション; KEK)
事務局	沼里 一也 (放射線安全セクション; JAEA)

国際単位系（SI）

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	数メートル	m ⁻¹
密度、質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
電界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) 、濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比誘電率 ^(b)	(数字の) 1	1

- (a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
(b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力、応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率、工率、放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷、電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧)、起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束密度	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
光照射度	ルーメン	lm		K
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq	cd sr ^(c)	m ² cd s ⁻¹
吸収線量、比エネルギー分与、カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量、周辺線量当量、方向性線量当量、個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

- (a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
(b)ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
(c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
(d)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
(g)単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度、放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱容量、エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量、比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎平方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電荷密度	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ sA
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
電束密度、電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ⁻³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー、モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ sA
吸収線量	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁻¹ m ² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ⁻² m ² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1L=1l=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ⁻¹² cm ²)2=10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
ベベル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St =1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb =1cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
フォトリ	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal =1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx = 1G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G =1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≐ (10 ⁷ /4π)A m ⁻¹

- (c) 3 元素のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「≐」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ =1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1フェルミ≐1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	1cal=4.1858J (「15℃」カロリー) , 4.1868J (「IT」カロリー) 4.184J (「熱化学」カロリー)
ミクロン	μ	1 μ =1μm=10 ⁻⁶ m

