



JAEA-Review

2020-072

DOI:10.11484/jaea-review-2020-072

平成 28 年度研究炉加速器管理部年報

(JRR-3, JRR-4, NSRR, タンデム加速器, RI 製造棟及び
トリチウムプロセス研究棟の運転、利用及び技術開発)

Annual Report of Department of Research Reactor and Tandem Accelerator, JFY2016
(Operation, Utilization and Technical Development of JRR-3, JRR-4, NSRR,
Tandem Accelerator, RI Production Facility and Tritium Process Laboratory)

研究炉加速器技術部

Department of Research Reactor and Tandem Accelerator

原子力科学研究部門

原子力科学研究所

Nuclear Science Research Institute
Sector of Nuclear Science Research

March 2021

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Review

本レポートは国立研究開発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 (<https://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方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
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, 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

© Japan Atomic Energy Agency, 2021

平成 28 年度研究炉加速器管理部年報
(JRR-3, JRR-4, NSRR, タンデム加速器, RI 製造棟及びトリチウムプロセス研究棟
の運転、利用及び技術開発)

日本原子力研究開発機構
原子力科学研究部門 原子力科学研究所
研究炉加速器技術部

(2020 年 12 月 7 日受理)

研究炉加速器管理部は、JRR-3 (Japan Research Reactor No.3)、JRR-4 (Japan Research Reactor No.4)、NSRR (Nuclear Safety Research Reactor) の研究炉、タンデム加速器、RI 製造棟及びトリチウムプロセス研究棟を運転管理し、それらを利用に供するとともに関連する技術開発を行っている。

本年次報告は平成 28 年度における当部の実施した運転管理、利用、利用技術の高度化、安全管理、国際協力について業務活動をまとめたものである。

さらに、論文、口頭発表一覧、官庁許認可及び業務の実施結果一覧を掲載した。

Annual Report of Department of Research Reactor and Tandem Accelerator, JFY2016
(Operation, Utilization and Technical Development of JRR-3, JRR-4, NSRR,
Tandem Accelerator, RI Production Facility and Tritium Process Laboratory)

Department of Research Reactor and Tandem Accelerator

Nuclear Science Research Institute, Sector of Nuclear Science Research
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 7, 2020)

The Department of Research Reactor and Tandem Accelerator is in charge of the operation, utilization and technical development of JRR-3 (Japan Research Reactor No.3), JRR-4 (Japan Research Reactor No.4), NSRR (Nuclear Safety Research Reactor), Tandem Accelerator, RI Production Facility and Tritium Process Laboratory).

This annual report describes the activities of our department in fiscal year of 2016. We carried out the operation and maintenance, utilization, upgrading of utilization techniques, safety administration and international cooperation.

Also contained are lists of publications, meetings, granted permissions on laws and regulations concerning atomic energy, outcomes in service and technical developments and so on.

Keywords: Research Reactor, Annual Report, Reactor Operation, JRR-3, JRR-4, NSRR,
Reactor Utilization, Radioisotopes, Heavy Ion Accelerator, Tandem, TPL, JAEA

(Eds.) Akihiko OSA, Yuji TAGUCHI, Yusuke YAMADA, Shun HAKAMATSUKA,
Masahiko NAKAMURA, Mami SAKATA, Itaru TAMURA, Masayuki YAMADA,
Daisuke USHIJIMA and Atsuko KOBAYASHI

目次

まえがき	1
1. 概要	3
2. 研究炉の運転再開に向けた取組み	7
2.1 JRR-3 の運転再開に向けた取組み	9
2.2 NSRR の運転再開に向けた取組み	9
3. 研究炉及び加速器等の運転管理	11
3.1 JRR-3 の運転管理	13
3.1.1 運転	13
3.1.2 保守・整備	13
3.1.3 燃料・炉心管理	17
3.1.4 放射線管理	17
3.1.5 水・ガス管理	19
3.1.6 使用済燃料貯蔵施設の管理	21
3.2 JRR-4 の運転管理	23
3.2.1 運転	23
3.2.2 保守・整備	23
3.2.3 燃料・炉心管理	24
3.2.4 放射線管理	25
3.2.5 水・ガス管理	26
3.2.6 使用済燃料貯蔵施設の管理	26
3.3 NSRR の運転管理	27
3.3.1 運転	27
3.3.2 保守・整備	27
3.3.3 燃料・炉心管理	28
3.3.4 放射線管理	29
3.4 タンデム加速器の運転管理	31
3.4.1 運転	31
3.4.2 保守・整備	34
3.4.3 高圧ガス製造施設	36
3.4.4 放射線管理	37
3.5 ラジオアイソトープ製造棟の管理	38
3.5.1 施設の管理	38
3.5.2 放射線管理	38

3.6	トリチウムプロセス研究棟の管理	40
3.6.1	施設の管理	40
3.6.2	放射線管理	42
3.7	その他の施設の管理	43
3.7.1	JRR-1 の管理	43
3.7.2	FEL 研究棟の管理	43
3.8	主な技術的事項	44
3.8.1	カラム電圧の動的測定法の開発	44
4.	研究炉及び加速器の利用	47
4.1	利用状況	49
4.2	実験利用	55
4.2.1	タンデム加速器における実験	55
4.2.2	実験室の利用状況	57
4.3	保守・整備	58
4.3.1	JRR-3 照射設備等の保守・整備	58
4.3.2	JRR-4 照射設備等の保守・整備	58
4.3.3	NSRR 実験設備等の保守・整備	59
4.4	施設供用	61
4.4.1	中性子ビーム利用専門部会	61
4.4.2	炉内中性子照射等専門部会	61
4.4.3	研究炉医療照射専門部会	62
4.4.4	タンデム加速器専門部会	62
4.5	JRR-3 ユーザーズオフィス	65
4.6	加速器 BNCT プロジェクトへの協力	66
4.6.1	患者被ばく線量最適化のための測定技術開発	66
5.	研究炉及び加速器利用技術の高度化	67
5.1	中性子ミラーにおける加熱の影響を調査するための反射率測定について	69
6.	施設の廃止措置対応	73
6.1	JRR-4 の廃止措置対応	75
7.	研究炉加速器管理部の安全管理	77
7.1	研究炉加速器管理部の安全管理体制	79
7.2	安全点検状況	81
7.3	訓練	83

8. 国際協力	85
8.1 文部科学省原子力研究交流制度等	87
8.2 外国人招へい制度	87
9. あとがき	89
付録	93
付録 1 研究炉加速器管理部の組織と業務	95
付録 2 JAEA-Research 等一覧	96
付録 3 口頭発表一覧	97
付録 4 外部投稿論文一覧	98
付録 5 官庁許認可一覧	99
付録 6 表彰、特許	102

Contents

Preface	1
1. Overview	3
2. Action for Re-Operation of Research Reactors	7
2.1 Action for Re-Operation of JRR-3	9
2.2 Action for Re-Operation of NSRR	9
3. Operation and Maintenance of Research Reactors and Tandem Accelerator	11
3.1 Operation and Maintenance of JRR-3	13
3.1.1 Operation	13
3.1.2 Maintenance	13
3.1.3 Reactor Core Management	17
3.1.4 Radiation Monitoring	17
3.1.5 Water and Gas Managements	19
3.1.6 Management of Spent Fuel Storage Facility	21
3.2 Operation and Maintenance of JRR-4	23
3.2.1 Operation	23
3.2.2 Maintenance	23
3.2.3 Reactor Core Management	24
3.2.4 Radiation Monitoring	25
3.2.5 Water and Gas Managements	26
3.2.6 Management of Spent Fuel Storage Facility	26
3.3 Operation and Maintenance of NSRR	27
3.3.1 Operation	27
3.3.2 Maintenance	27
3.3.3 Reactor Core Management	28
3.3.4 Radiation Monitoring	29
3.4 Operation and Maintenance of Tandem Accelerator Facility	31
3.4.1 Operation	31
3.4.2 Maintenance	34
3.4.3 High-pressure Gas Handling System	36
3.4.4 Radiation Monitoring	37
3.5 Maintenance of RI Production Facility	38
3.5.1 Management of Facility	38
3.5.2 Radiation Monitoring	38

3.6	Maintenance of Tritium Process Laboratory	40
3.6.1	Management of Facility	40
3.6.2	Radiation Monitoring	42
3.7	Maintenance of Other Facility	43
3.7.1	Maintenance of JRR-1	43
3.7.2	Maintenance of FEL Laboratory	43
3.8	Major Topics of Technical Development	44
3.8.1	Development of Dynamic Measurement Method of Column Voltage	44
4.	Utilization of Research Reactors and Tandem Accelerator	47
4.1	Status of Utilization	49
4.2	Experiments	55
4.2.1	Experiments in the Tandem Accelerator Facility	55
4.2.2	Status of Utilization in Laboratory	57
4.3	Maintenance	58
4.3.1	Maintenance of Utilization Apparatuses in JRR-3	58
4.3.2	Maintenance of Utilization Apparatuses in JRR-4	58
4.3.3	Maintenance of Utilization Apparatuses in NSRR	59
4.4	Common Utilization of JAEA's Research Facilities	61
4.4.1	The Specialist Committee for Neutron Beam Utilization	61
4.4.2	The Specialist Committee for Neutron Irradiation	61
4.4.3	The Specialist Committee for Medical Irradiation at Research Reactor	62
4.4.4	The Specialist Committee for Tandem Accelerator	62
4.5	JRR-3 Users Office	65
4.6	Cooperation in Accelerator-based BNCT Project	66
4.6.1	Development of Measurement Technique for Optimization of Patient Exposed Dose	66
5.	Upgrading of Utilization Techniques of Research Reactors and Tandem Accelerator	67
5.1	On Reflectance Measurements to Investigate Heating Effects in Neutron Mirrors	69
6.	Decommissioning	73
6.1	Decommissioning Activity for JRR-4	75
7.	Safety Administration for Department of Research Reactor and Tandem Accelerator	77
7.1	Organization of Safety Administration	79
7.2	Present Status of Safety Inspection	81
7.3	Training	83

8. International Cooperation	85
8.1 MEXT Scientist Exchange Program	87
8.2 Foreign Specialist Invitation	87
9. Postscript	89
Appendices	93
Appendix 1 Organization of the Department of Research Reactor and Tandem Accelerator	95
Appendix 2 List of JAEA-Research Reports	96
Appendix 3 List of Papers Presented at Meetings	97
Appendix 4 List of Published Papers	98
Appendix 5 List of Granted Permissions on the Laws and Regulations Concerning Atomic Energy	99
Appendix 6 Commendations and Patents	102

まえがき

研究炉加速器管理部は、平成 17 年 10 月 1 日に日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）発足に伴い設立された。JRR-3、JRR-4、NSRR、タンデム加速器、RI 製造棟及びトリチウムプロセス研究棟等の各施設を運転管理し、原子力機構内外の利用に供するとともに、運転及び利用に関する技術開発を行い、また、ラジオアイソトープ利用に関する技術開発を実施する部である。

JRR-3 は、低濃縮ウラン軽水減速冷却プール型、定格出力 20,000kW、1 次冷却水炉心出口平均温度 42°Cの研究炉である。JRR-4 は、低濃縮ウラン軽水減速冷却スイミングプール型、定格出力 3,500kW、1 次冷却水炉心出口平均温度 47°Cの研究炉である。これらの研究炉は、原子力の研究・開発と利用のための大型研究施設として、原子力機構内利用だけでなく、大学、産業界等の外部利用に供し、学術研究、基礎・基盤研究、医療等の科学技術の発展及び人材育成、また、シリコン半導体製造や RI 製造に貢献してきた。NSRR は、発電用軽水炉の数倍の出力（23,000MW）を瞬時に出し、軽水炉燃料の反応度事故時の挙動を調べる実験を実施する研究炉である。この炉での実験成果を基に、原子力安全委員会によって、反応度投入事象に関する安全評価指針が策定された。タンデム加速器は、世界最大級の静電加速器であり、原子力機構内利用だけでなく、大学、産業界等の外部利用に供し、重イオンによる原子核物理、核化学、物性物理の基礎的研究に貢献してきた。また、当部は今年度から原子力機構改革に基づく組織改正に伴いトリチウムプロセス研究棟の管理を実施した。トリチウムプロセス研究棟は、核融合炉のトリチウムプロセス技術及び安全取扱技術の研究開発を目的とした国内唯一のグラムレベルのトリチウムを取り扱う施設である。

当部としては、今後も原子力を含めた幅広い科学技術分野において、最先端の独創的・先導的な研究開発が国際的な最高水準の研究環境で行えるよう、研究炉及びタンデム加速器の安定・安全運転及び安全確保に努めるとともに、施設の特長を活かした性能向上と利用の高度化を図るための技術開発を進めることを基本方針としている。この基本方針に基づき、平成 28 年度に実施した業務を年報としてまとめる。

This is a blank page.

1. 概要

Overview

This is a blank page.

研究炉加速器管理部において実施した平成 28 年度の運転、利用、技術開発を主として 4 項目に分類してまとめた。各項目の概要は以下の通りである。

(1) 研究炉及び加速器の運転管理

運転管理では、各施設の運転、保守・整備状況等をまとめた。平成 28 年度は、原子炉施設のうち JRR-3 は、東日本大震災の影響に対する施設の復旧及び健全性確認は完了しており、運転再開に向けて準備を進めている段階であるが、平成 25 年 12 月に原子力規制委員会より新規制基準が示され、設置変更許可申請により適合性を確認するとされたことから、平成 28 年度の施設供用運転の実績はなく、施設定期自主検査期間を延長して運転再開に向けて設備・機器の保守・整備を進めた。JRR-4 は、「日本原子力研究開発機構の改革計画」（平成 25 年 9 月 26 日）において廃止措置計画を策定する施設となったため、平成 27 年 12 月 25 日に原子力規制委員会に対して原子炉廃止措置計画認可申請を行い、廃止措置に向けた準備を進めた。NSRR は、年間運転計画に基づき点検・保守、施設定期自主検査及び自主検査を実施し、原子炉の運転は実施しなかった。タンデム加速器では、110 日の実験利用運転を行った。主な技術的事項においては、タンデム加速器の診断技術としてカラム電圧の動的測定法の開発についてまとめた。

(2) 研究炉及び加速器の利用

施設の利用では、各施設の利用状況、利用設備及び実験室の保守・整備状況、専門部会の開催についてまとめた。JRR-3、NSRR は、原子力規制委員会より新規制基準が示され、設置変更許可申請による適合性確認のため、運転再開に向けた対応を進めた。また、JRR-4 は廃止措置に向けた準備を進めた。

このため、平成 28 年度は JRR-3、JRR-4、NSRR とともに、研究炉の運転を取り止めたので、施設利用はなかった。タンデム加速器では、111 日の利用があった。

(3) 研究炉及び加速器利用技術の高度化

利用技術の高度化では、JRR-3 の中性子ミラーにおける加熱の影響を調査するための反射率測定についてまとめた。中性子導管は中性子源近くの中性子ミラーにおいて照射損傷や発熱による破断及び中性子輸送能力の低下が想定される。このため、核発熱による中性子ミラーの反射率に及ぼす影響の評価として、温度を変えた試料を用いて反射率に影響する多層膜の膜厚、密度、表面や界面の粗さ等を X 線による反射率測定により調査した。

(4) 研究炉及び加速器の安全管理

安全管理では、研究炉加速器管理部内安全審査会の審議状況、部安全衛生会議及び各建家でいう建家安全衛生連絡協議会の実績等をまとめた。

This is a blank page.

2. 研究炉の運転再開に向けた取組み

Action for Re-Operation of Research Reactors

This is a blank page.

2.1 JRR-3 の運転再開に向けた取組み

新規制基準への適合性確認のための原子炉設置（変更）許可申請については、原子炉施設等安全審査委員会及び中央安全審査・品質保証委員会による審査を経て、平成 26 年 9 月 26 日に原子力規制委員会への申請を行い、審査を受けている。

2.2 NSRR の運転再開に向けた取組み

平成 27 年 3 月 31 日付けで申請した新規制基準への適合性確認のための原子炉設置（変更）許可申請書について、原子力規制委員会による審査を受けている。

This is a blank page.

3. 研究炉及び加速器等の運転管理

Operation and Maintenance of Research Reactors and Tandem Accelerator

This is a blank page.

3.1 JRR-3の運転管理

3.1.1 運転

東日本大震災の影響に対する施設の復旧及び健全性確認は完了しており、運転再開に向けて準備を進めている段階であるが、平成 25 年 12 月に原子力規制委員会より新規制基準が示され、設置変更許可申請により適合性を確認するとされたことから、平成 28 年度の施設供用運転の実績はなかった。

本年度の積算運転時間と出力量累計を表 3.1.1 に示す。

表 3.1.1 JRR-3 運転実績表

サイクル No.	運転期間	運転時間 (hr : min)	出力量 (MWh)	出力量累計 (MWh)	計画外停止
年度当初	—	80,907 : 07	—	1,530,146.6	—
—	運転実績なし				—
年度累計	—	—	—	—	—
累計	—	80,907 : 07	—	1,530,146.6	—

3.1.2 保守・整備

(1) 概要

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災の影響により、施設定期自主検査の期間を延長して運転再開に向けて準備を進め、いつでも運転再開できるような状況を維持した。また、11 月 1, 2 日に、原子炉停止中において継続的に機能を維持する必要がある施設について施設定期検査を受検し合格した。その他の主な保守・整備を以下に示す。

(2) 主な保守整備

1) 原子炉制御操作卓用計算機の更新

JRR-3 原子炉制御操作卓は、原子炉制御操作卓及び原子炉制御操作卓用計算機（以下、「ASTMAC」という。）等により構成され、制御棒の操作信号の入力及び原子炉の出力調整などを行う設備である。また、各設備から原子炉運転に関するパラメータを入出力し、インターロックを行うものである。

ASTMAC は、H28 年に製作メーカーによるメンテナンス保証が終了することから、ASTMAC 本体に不具合が発生した場合、修理等を受けることができなくなるため、高経年化対策として、ASTMAC の更新及び既設機からのソフトウェア、アプリケーション、データ等の移行並びに

ソフトウェアのバージョンアップを行い、機器の機能維持を確実に行った。ASTMAC 本体について、図 3.1.1 に示す。



図 3.1.1 ASTMAC 本体

2) 線形出力計テスト信号発生器の更新

中性子計装設備は、原子炉内で発生した中性子束を測定し、原子炉の運転制御及び安全保護動作に必要な情報を得るための設備である。JRR-3 では、中性子計装盤が使用開始から約 30 年経過しているため、高経年化対策として更新計画を立案し、毎年度ごとに順次更新を行っている。平成 28 年度は、平成 27 年度に引続き線形出力計の校正に必要な原子炉出力を模擬した電流信号を発生させる線形出力計テスト信号発生器（以下、「テスト信号発生器」という。）1 台の更新を実施した。

今回製作したテスト信号発生器は、工場試験を行った後、中性子計装盤へ実装して性能試験を実施し、要求される仕様を満足したことから更新を完了した。

次年度以降も、計画的に更新を進める予定である。

3) CRDM 計装制御盤及び CRDM 計装変換器盤低圧電源ユニットの更新

CRDM 計装制御盤及び CRDM 計装変換器盤は、反応度制御系からの制御信号を受け、制御棒駆動機構の一部である可動コイル駆動モータに駆動信号を出力し、制御棒の引抜及び挿入駆動を行う盤である。また、制御棒の操作に必要な各種信号の変換及び増幅を行い、各制御機器に出力している。

本更新は、CRDM 計装制御盤及び CRDM 計装変換器盤内の各制御信号等に使用する直流電源（DC+5V、DC±15V、DC+24V）を供給する低圧電源ユニットについて更新を行った。

既設電源ユニットはマグアンプ方式を採用した電源であったが、使用する主要部品が生産中止となり、また製作メーカーの撤退に伴い、同方式で設計、製作を行うことが困難であったため、一般汎用品化されたスイッチング方式を採用し、既設電源と同性能、同構造で製作した。また、本電源ユニットは冗長化（電源ユニット 1、2 は並列運転）されているため、電源ユニットは 2 台ともに同じものを製作した。交換した電源ユニットの性能試験として、施設定期自主検査で行う制御棒駆動速度試験を行った。制御棒駆動速度試験中は、中性子計装設備など微弱な電流を制御する機器の指示値を確認し、電源から発するスイッチングノイズが機器に影響を及ぼしていないことを確認した。電源ユニットブロック図について、図 3.1.2 に示す。

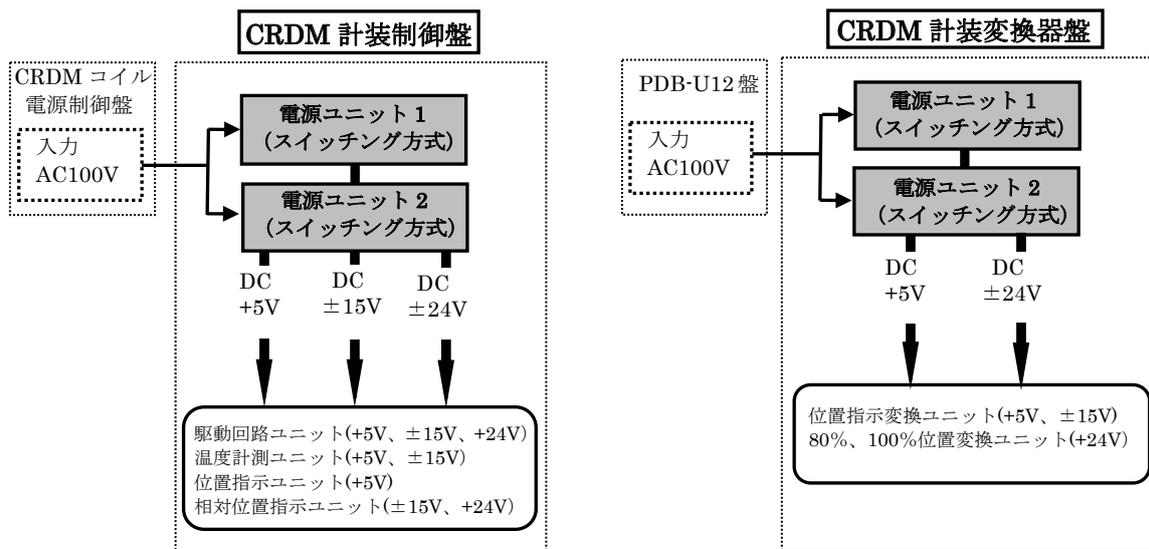


図 3.1.2 電源ユニットブロック図

4) 工学的安全施設監視盤の点検

JRR-3 管理課の工学的安全施設は、JRR-3 の特徴、機能に応じ設計された設備で原子炉施設の破損及び故障等に起因して原子炉内の燃料の破損等による多量の放射性物質の放散の可能性がある場合に、これらを抑制又は防止するための機能を備えた施設である。工学的安全施設監視盤は、異常時及び事故時において冠水維持設備及び非常用排気設備を作動させるためのものであり、原子炉の運転において非常に重要な設備である。原子炉の安全運転に供することを目的に工学的安全施設監視盤のもつ性能及び機能等が健全に維持されていることを確認するために部品の交換、点検及び試験等を実施した。

点検作業として、部品（ヒューズ、リレー等の消耗部品）の交換を行い、交換実施の有無を識別するため、交換した部品には識別表示を行った。

終了後に工学的安全施設監視盤の制御回路の性能が維持されていることの確認として模擬信号を入出力し、リレーの動作確認、表示ランプの点灯確認、制御回路（106 ループ）のインターロック検査、プロセス制御計算機システムを連動させた I/O チェック及び工学的安全施設作動設備（冠水維持設備及び非常用排気設備等）の性能確認試験を実施し、工学的安全施設はすべて正常に動作し、性能が維持されていることを確認した。

5) プロセス放射能監視設備の定期点検

プロセス放射能監視設備は、原子炉施設内の必要な系統における放射能の測定・監視、燃料破損の検知及び事故時における異常状態の検知等を行う。放射能の異常な上昇時に原子炉を自動停止させる機能、工学的安全施設の作動信号を出力する機能を有しており、原子炉の安全・安定運転にとって最も重要な設備の一つである。本設備は、プロセスモニタ、破損燃料検出装置及び燃料事故モニタの 3 つの系統で構成されている。

JRR-3 では、プロセス放射能監視設備の機能維持を図ることを目的として、計器の単体試験を行い、系統として信頼性が確保されていることを確認するため定期的に点検及び検査等を実施している。

プロセスモニタ（水・ガスモニタ）については、外観検査、測定系動作試験、濃度換算係数安定性確認試験、エネルギー分解能試験、測定下限濃度確認試験を実施し異常のないことを確認した。

プロセスモニタ（ダスト・よう素モニタ）については、外観検査、測定系動作試験、プラトー特性試験、計数効率試験を実施し、プラトー特性試験の結果、GM 計数管に経年劣化が確認されたため予備品と交換し、再度試験を実施し異常のないことを確認した。

破損燃料検出装置（遅発中性子測定系）については、外観検査、ビン電源試験、高圧電源試験、プリアンプ性能試験、ディスクリレベル測定、測定系動作試験、プラトー特性試験、濃度換算係数安定性確認試験を実施し異常のないことを確認した。

破損燃料検出装置（ γ 線測定系）については、外観検査、ビン電源試験、プリアンプ性能試験、ディスクリレベル測定、測定系動作試験、濃度換算係数安定性確認試験、エネルギー分解能試験、エネルギー直線性試験を実施し異常のないことを確認した。

燃料事故モニタについては、外観検査、測定系動作試験、計器単体試験、線源校正試験を実施し異常がないことを確認した。

6) 補機冷却ポンプの分解点検

補機冷却系は補機冷却ポンプ及び主要弁で構成されており、原子炉停止中の使用済燃料及び制御棒駆動装置のコイルから発生する熱を、熱交換器を介して冷却する設備である。原子炉停止中においても適切に使用済燃料等を冷却するために重要な設備であるが、ポンプの分解点検は前回実施した平成 17 年以来行っていないため、分解点検を実施し、保守及び機能の維持を図る。

分解点検においては、各部品の外観、寸法、PT 検査を実施し、それぞれの部品に異常のないことを確認した。また、ベアリング、パッキン、O リング等の消耗品については交換を行った。その他、前回点検時にも交換したシャフトスリーブについても摩耗が発生することを確認しているため、新規品と交換した。点検後には、試験運転を行い、定格運転時の流量、圧力、温度、振動、電流等を測定し異常のないことを確認した。分解点検の作業写真を図 3.1.3 に示す。



図 3.1.3 補機冷却ポンプ分解点検の状況

3.1.3 燃料・炉心管理

(1) 使用済燃料の管理

1) 使用済燃料の収支

平成28年度は、炉心から使用済燃料プール、使用済燃料プールから使用済燃料貯槽No.1、使用済燃料貯槽No.1から使用済燃料貯槽No.2への使用済燃料（板状燃料）の移動はなかった。また、使用済燃料貯槽No.1で貯蔵中の旧JRR-3の使用済燃料である二酸化ウラン燃料体、金属天然ウラン燃料体、同要素及び使用済燃料貯蔵施設（DSF）で貯蔵中の金属天然ウラン燃料要素の在庫変動はなかった。

2) 放射能濃度の監視

使用済燃料の健全性を確認するため、貯槽水及び保管孔内空気の放射能濃度を定期的に監視して異常のないことを確認した。各貯蔵設備の放射能濃度は、年度を通じて次のとおりであった。

使用済燃料貯槽No.1：検出限界以下（検出限界 $4.43 \times 10^{-1} \sim 5.10 \times 10^{-1}$ Bq/mL）

使用済燃料貯槽No.2：検出限界以下（検出限界 $4.49 \times 10^{-1} \sim 5.62 \times 10^{-1}$ Bq/mL）

保管孔（DSF）： $1.00 \times 10^{-2} \sim 8.35 \times 10^{-3}$ Bq/mL

3.1.4 放射線管理

(1) 概況

平成 28 年度に実施された放射線作業において、いずれの作業も適切な放射線管理が行われ、作業員の異常な被ばく及び身体汚染はなかった。

(2) 放出放射性物質

JRR-3 から放出された放射性物質の年間放出量及び年間平均濃度を表 3.1.2 に示す。なお、使用済燃料貯蔵施設における放射性廃液（廃液量：2.8m³）の放出については、検出下限濃度未満での放出であった。放出気体状放射性物質については、3月に実施されたヘリウムチャージ作業（ヘリウム系のガス入替）に伴う³Hの計画的な放出があった。放出量は 7.0×10^9 Bqであり、放出管理目標値 7.4×10^{12} Bq/年を大きく下回っている。なお、⁴¹Arの放出はなかった。

(3) 実効線量

JRR-3における放射線業務従事者の実効線量を表 3.1.3 に示す。

表 3.1.2 JRR-3 から放出された放射性物質の年間放出量及び年間平均濃度

	放射性ガス		放射性塵埃		放射性廃液		
	⁴¹ Ar	³ H	⁶⁰ Co	¹³¹ I	³ H	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs
年間放出量 (Bq/y)	0	7.0×10 ⁹	0	0	2.6×10 ⁸	1.6×10 ⁵	0
年間平均濃度 (Bq/cm ³)	<1.2×10 ⁻³	5.7×10 ⁻⁶	<3.6×10 ⁻¹⁰	<2.0×10 ⁻⁹	2.8×10 ⁰	1.7×10 ⁻³	<3.1×10 ⁻³

表 3.1.3 JRR-3 における放射線業務従事者の実効線量

	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期	年間
放射線業務 従事者数 (人)	200	256	216	208	327
総線量 (人・mSv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
平均線量 (mSv)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
最大線量 (mSv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(個人線量計 : OSL バッジ)

3.1.5 水・ガス管理

JRR-3の冷却系設備では、JRR-3 本体施設運転手引に基づき各冷却設備から冷却水等のサンプリング及び分析を行い、水質を確認している。平成 28 年度は、施設供用運転を行わなかったことから、表 3.1.4 に示す各系統について、JRR-3 本体施設運転手引により規定されている分析項目を、原子炉停止中における分析頻度として規定されている頻度で分析を行った。これらの分析の結果に異常は見られず、JRR-3 の冷却水等は適切に管理された。主な分析結果を表 3.1.4 に示す。

(1) 1 次冷却材

1 次冷却水浄化系入口の水素イオン濃度指数 (pH) は管理基準値 (5.0 ~ 7.5) に対し 5.56 ~ 6.71 であった。導電率は管理基準値 (5.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下) に対し 0.15 ~ 1.22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。pH と導電率ともに年度を通して管理基準値を満足する状態であることを確認した。また、1 次冷却水中のトリチウム濃度は、 2.75×10^2 ~ 2.89×10^2 Bq/cm^3 であった。

(2) 2 次冷却材

2 次冷却水浄化系入口の水素イオン濃度指数 (pH) は管理基準値 (6.0 ~ 9.0) に対し 6.92 ~ 7.56 であった。導電率は濃縮倍数の管理基準値 (7.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下) に対し 0.56 ~ 1.83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。pH と導電率ともに年度を通して管理基準値を満足する状態であることを確認した。

(3) 使用済燃料プール水 (SF プール水)

使用済燃料プール水浄化系入口の水素イオン濃度指数 (pH) は管理基準値 (5.0 ~ 7.5) に対し 5.54 ~ 6.22 であった。導電率は管理基準値 (10.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下) に対し 0.77 ~ 1.44 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。pH と導電率ともに年度を通して管理基準値を満足する状態であることを確認した。

(4) ヘリウムガス

ヘリウム系のヘリウムガス濃度の管理基準値 (90vol%以上) に対し 93.75 ~ 93.92 vol%であった。年度を通して管理基準値を満足する状態であることを確認した。

(5) 重水

重水系の重水の水素イオン濃度指数 (pH) は管理基準値 (5.0 ~ 8.0) に対し 5.76 ~ 6.22 であった。導電率は管理基準値 (2.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下) に対し 0.02 ~ 0.11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。重水系の重水濃度は高濃度に維持するという規定に対し 99.50 ~ 99.52 mol%であった。pH、導電率及び重水濃度ともに年度を通して管理基準値又は規定を満足する状態であることを確認した。トリチウム濃度は 1.27×10^8 Bq/cm^3 であった。

JRR-3 で使用している重水には、国際規制物資として管理すべき重水が含まれていることから、すべての重水を国際規制物資に準じた計量管理方法で管理している。JRR-3 で計量管理を行っている重水には、重水系で使用している「装荷重水」、購入したが使用していない「未使用重水」、JRR-3 又は他の研究炉で使用し、現在は重水保管タンク等に保管状態にある「回収重水」が存在する。重水の管理状況を表 3.1.5 から表 3.1.7 に示す。

1) 装荷重水

平成 28 年度のプロセス計装の点検に伴い 2.20 kg を重水系に補給した。装荷重水量は、平成 27 年度末の 7,351.44 kg から平成 28 年度末の 7,353.64 kg へとなった。

2) 未使用重水

平成 28 年度は、新たな重水の購入はなかった。プロセス計装の点検に伴い、2.20 kg を重水系に補給した。未使用重水の在庫量は、平成 27 年度末の 214.56 kg から平成 28 年度末の 212.36 kg となった。

3) 回収重水

回収重水の在庫量は、重水系からの重水の回収を実施しなかったため、平成 27 年度末の 16,458.53 kg から変動はなかった。

表 3.1.4 JRR-3 水・ガス測定結果

系統	項目		管理基準値	測定結果
1 次冷却材	水素イオン濃度指数 (pH)	浄化系入口	5.0 ~ 7.5	5.56 ~ 6.71
	導電率 (μS/cm)	浄化系入口	5.0 以下	0.15 ~ 1.22
	トリチウム濃度 (Bq/cm ³)		—	2.75×10 ² ~ 2.89×10 ²
2 次冷却材	水素イオン濃度指数 (pH)		6.0 ~ 9.0	6.92 ~ 7.56
	濃縮倍数		7.0 以下	0.56 ~ 1.83
SF プール水	水素イオン濃度指数 (pH)	浄化系入口	5.0 ~ 7.5	5.54 ~ 6.22
	導電率 (μS/cm)	浄化系入口	10.0 以下	0.77 ~ 1.44
ヘリウムガス	ヘリウムガス濃度 (vol%)		90vol%以上	93.75 ~ 93.92
重水	水素イオン濃度指数 (pH)		5.0 ~ 8.0	5.76 ~ 6.22
	導電率 (μS/cm)		2.0 以下	0.02 ~ 0.11
	濃度 (mol%)		高濃度	99.50 ~ 99.52
	トリチウム濃度 (Bq/cm ³) *1)		—	1.27×10 ⁸

*1) 平成 29 年 1 月 23 日測定

表 3.1.5 JRR-3 の装荷重水量

平成 27 年度末 装荷重水量 (kg)	補給重水量 (kg)	回収重水量 (kg)	廃棄重水量 (kg)	平成 28 年度末 装荷重水量 (kg)
7,351.44	2.20	0.00	0.00	7,353.64

表 3.1.6 JRR-3 未使用重水保管量

平成 27 年度末 未使用重水量 (kg)	受入れ (kg)		払出し (kg)		平成 28 年度末 未使用重水量 (kg)
	購 入	計量調整	装 荷	計量調整	
214.56	0.00	0.00	2.20	0.00	212.36

表 3.1.7 JRR-3 の回収重水量

平成 27 年度末 回収重水量 (kg)	受入れ (kg)			払出し (kg)			平成 28 年度末 回収重水量 (kg)
	重水系	その他	小 計	移 動	その他	小 計	
16,458.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16,458.53

3.1.6 使用済燃料貯蔵施設の管理

使用済燃料貯蔵施設の運転・保守を行うとともに、施設定期自主検査を実施した。

(1) 貯蔵設備の管理

1) 貯蔵設備及び取扱設備の管理

JRR-3原子炉建家、使用済燃料貯蔵室及び燃料管理施設に設置されている使用済燃料移送装置、使用済燃料貯蔵ラック、使用済燃料貯槽水浄化系設備について、施設定期自主検査及び自主検査を行い、機能及び性能を維持した。

2) 貯槽の水質管理

JRR-3使用済燃料貯槽No.1及びNo.2の水質は、年度を通じて維持管理基準値以内に管理し、適切な管理を行った。平成28年度における各貯槽の水質及びトリチウム濃度等を表3.1.8に示す。各貯槽においては、水素イオン濃度指数 (pH)、導電率、トリチウム濃度等に大きな変動はなかった。

3) 循環系設備の管理

使用済燃料貯蔵施設 (DSF) 内に設置されている循環系設備機器類 (循環ブロー、空気作動弁、プロセス放射線モニタ等) に対して、自主点検及び施設定期自主検査を行い、機能及び性能を維持した。

(2) JRC-80Y-20T型核燃料輸送容器の定期自主検査

核燃料輸送物設計承認書及び容器承認書に基づき、JRC-80Y-20T型核燃料輸送容器2基の定期自主検査 (外観検査、気密漏えい検査、吊上荷重検査、未臨界検査、伝熱検査、遮蔽検査) を実施し、当該輸送容器の健全性を確認した。

表 3.1.8 JRR-3の使用済燃料貯槽の水質測定値

	維持管理値	貯槽No.1	貯槽No.2
水素イオン濃度指数 (pH)	5.0~7.5	5.7~6.1	5.6~6.1
導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	10.0 以下	1.00~1.30	1.00~1.30
トリチウム濃度 (Bq/cm^3)	—	3.51~4.29	2.40~2.77
温度 ($^{\circ}\text{C}$)	—	13.5~24.0	16.0~23.5

3.2 JRR-4の運転管理

3.2.1 運転

JRR-4は、原則として週4日間、1日7時間の運転を行い、年間約40週の施設供用運転を実施している。平成28年度については、平成23年3月11日に発生した東日本大震災の影響により、平成23年度から平成27年度に引き続き運転を取り止めた。

なお、JRR-4は、廃止措置に向けて、平成27年12月25日に廃止措置計画を申請している。平成28年度におけるJRR-4運転実績を表3.2.1に示す。

表 3.2.1 JRR-4 運転実績表

年・月 (year. month)	運転日数 (day)	運転時間 (hr:min)	月間積算出力 (kWh)	積算出力 (kWh)	計画外 停止回数
前年度末積算値	—	38,820:06	—	79,534,282	—
2016 .4	0	0	0	79,534,282	0
.5	0	0	0	79,534,282	0
.6	0	0	0	79,534,282	0
.7	0	0	0	79,534,282	0
.8	0	0	0	79,534,282	0
.9	0	0	0	79,534,282	0
.10	0	0	0	79,534,282	0
.11	0	0	0	79,534,282	0
.12	0	0	0	79,534,282	0
2017 .1	0	0	0	79,534,282	0
.2	0	0	0	79,534,282	0
.3	0	0	0	79,534,282	0
本年度計	0	0	0	—	0
本年度末積算値	—	38,820:06	—	79,534,282	—

平成 29 年 3 月 31 日現在

3.2.2 保守・整備

(1) 概況

平成28年度研究炉運転・管理計画に基づき、点検・保守及び施設定期自主検査を実施した。主なものは以下の通りである。

- ① JRR-4 特定施設自動制御機器点検等作業
- ② 通常排気設備除去効率測定
- ③ 廃液中和装置弁交換作業
- ④ 薬液充てん作業
- ⑤ 冷却系計測制御設備点検

⑥ 非常用照明交換

(2) 主な保守整備

1) JRR-4 特定施設自動制御機器点検等作業

施設定期自主検査に基づき、JRR-4 の原子炉建家（炉室、散乱実験室）、付属建家機械室、排風機室、廃液貯槽室及び屋外共同溝に設置されている自動制御盤、動力制御盤、自動制御機器並びに計器類の点検作業を実施した。なお、今回の作業では高経年化対策の一環としてデジタル指示計 13 台、アイソレータ 8 台、PT/I 変換器 1 台、モータードライバ 13 台の部品交換を実施した。

2) 通常排気設備除去効率測定

施設定期自主検査に基づき、JRR-4 の原子炉建家及び排風機室に設置された排気フィルタ装置（排気フィルタチャンバ及び排気フィルタユニット）の除去効率の測定を実施し、健全性の確認を行った。

3) 廃液中和装置弁交換作業

廃液中和用循環弁及び排水弁に不具合が生じたことから循環弁及び排水弁の交換を実施した。

4) 薬液充てん作業

純水製造装置を運転する際に使用する薬液（塩酸及び苛性ソーダ）の在庫量が少なくなったので、JRR-4 薬液貯槽タンク内へ薬液を補充した。

5) 冷却系計測制御設備点検

JRR-4 原子炉タンク及び No.1、No.2 プールの水質、水位等を適切に管理するため、JRR-4 冷却系計測制御設備の一部であるプロセス監視制御装置の点検、記録計の点検校正及び伝送器関係の点検校正を実施した。

6) 非常用照明交換

JRR-4 原子炉建家 1 階の非常用照明に不具合が生じたため、高経年化対策の一環として非常用照明の交換を実施した。

3.2.3 燃料・炉心管理

(1) 新燃料の管理

1) JRR-4 の燃料製作

本年度、新燃料の製作はなかった。

2) JRR-4 の未使用燃料貯蔵量及び計量管理

JRR-4 の計量管理においては、平成 28 年 10 月に実在庫検査を行い、原子力規制庁（核物質管理センター）及び国際原子力機関（IAEA）による検認を受けた。

(2) 燃料交換

使用済燃料要素については、すべて搬出しているため、燃料交換は実施していない。

(3) 反応度管理

東日本大震災の影響から、平成 27 年度に引き続き施設定期自主検査期間を延長したことから、本年度は原子炉を運転していない。また、炉心内の燃料要素はすべて平成 27 年度に JRR-3 へ搬出済のため、炉心内に燃料要素はない。

(4) 使用済燃料の管理

使用済燃料要素についてはすべて平成27年度にJRR-3へ搬出済のため、JRR-4における使用済燃料の在庫はない。

3.2.4 放射線管理

(1) 概要

本年度に実施された主な放射線作業は、施設の定期自主検査に係る設備の点検維持作業であった。これらの作業はいずれも適切な放射線防護処置を行ったため、作業者の異常な被ばく及び汚染はなく、放射線管理上特に問題はなかった。

(2) 放出放射性物質の管理

JRR-4 から放出された放射性物質の年間放出量及び年間平均濃度を表 3.2.2 に示す。本年度は、原子炉の運転がなかったため、気体状放射性物質の ^{41}Ar の放出はなかった。

(3) 実効線量

JRR-4 における放射線業務従事者の実効線量を表 3.2.3 に示す。

表 3.2.2 JRR-4 から放出された放射性物質の年間放出量及び年間平均濃度

核種	放射性ガス	放射性塵埃		放射性廃液		
	^{41}Ar	^{60}Co	^{131}I	^{60}Co	^{137}Cs	^3H
年間放出量 (Bq/y)	0	0	0	—	—	7.1×10^6
年間平均濃度 (Bq/cm ³)	$< 1.4 \times 10^{-3}$	$< 1.3 \times 10^{-9}$	$< 9.3 \times 10^{-9}$	$< 2.4 \times 10^{-3}$	$< 2.4 \times 10^{-3}$	1.4×10^{-1}

表 3.2.3 JRR-4 における放射線業務従事者の実効線量

	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期	年 間
放射線業務 従事者数 (人)	7	7	23	9	34
総線量 (人・mSv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
平均線量 (mSv)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
最大線量 (mSv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(個人線量計 : OSL バッジ)

3.2.5 水・ガス管理

(1) 重水の計量管理

平成 28 年度末における装荷重水量は、14.18kg (100%重水量) であった。

(2) 水・ガス管理

平成 28 年度において、3,500kW 定常運転時における水質分析は、運転がなかったため行わなかった。

3.2.6 使用済燃料貯蔵施設の管理

JRR-4 の使用済燃料貯蔵施設におけるプールの水質は、導電率が 1.14 μ S/cm~1.86 μ S/cm、水素イオン濃度指数 (pH) が 5.79~6.11 であり、年間を通して、維持管理基準値 (導電率 : 10 μ S/cm 以下、pH : 5.5~7.0) を満足していた。

3.3 NSRR の運転管理

3.3.1 運転

(1) 概況

平成 28 年度は、年間運転計画に基づき施設定期自主検査及び自主検査を実施し、原子炉の運転は実施しなかった。

(2) 水の管理

NSRR のプール水精製系は適宜、原子炉プール又は燃料貯留プールに切替えて運転し、水質を管理している。プール水測定の結果を表 3.3.1 に示す。結果に異常は見られず、水は適切に管理されている。

1) 原子炉プール

原子炉プール水の pH 測定値は 5.99～6.95 の範囲であり、管理目標値 (5.5～7.0) の範囲であった。導電率の測定結果は 0.11～0.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であり、管理目標値 (0.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下) の範囲であった。また、脱塩塔出口の導電率は 0.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

2) 燃料貯留プール

燃料貯留プール水の pH 測定値は 6.10～6.54 の範囲であり、管理目標値 (5.5～7.5) の範囲であった。また、導電率の測定結果は 0.21～0.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であり、管理目標値 (1.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下) の範囲であった。

表 3.3.1 NSRR プール水測定結果

項目	管理目標値	測定結果
原子炉プール水pH	5.5 ～ 7.0	5.99～6.95
原子炉プール水導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0.5 以下	0.11～0.33
脱塩塔出口導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	プール水導電率より低いこと	0.06
燃料貯留プール水pH	5.5 ～ 7.5	6.10～6.54
燃料貯留プール水導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1.0 以下	0.21～0.60

3.3.2 保守・整備

(1) 概況

平成 28 年度年間運転計画に基づき点検・保守を実施した。平成 26 年 12 月 1 日から期間未定として第 35 回施設定期自主検査及び自主検査を実施している。

上記以外の主な保守整備としては、原子炉プール水精製系空気作動弁の点検整備、原子炉プールライニングの調査、プール水精製ポンプの分解点検、NSRR 通信連絡設備の点検及び特定化学設備等の定期自主検査を実施している。

(2) 本年度に実施した主な保守整備

1) 原子炉プール水精製系空気作動弁の点検整備

高経年化対策の一環として、原子炉プール水精製系に設置されている空気作動弁のうち1台(V2-2R)について点検整備を実施した。点検整備の内容としては、弁の分解点検、消耗品の交換及び作動試験を実施し、空気作動弁に異常はなく、正常に動作することを確認した。昨年度と今年度の作業で原子炉プール水精製系に設置されている2台の空気作動弁の分解点検が終了したため、次年度以降は燃料プール水精製系に設置されている空気作動弁(2台)の点検整備を予定している。

2) 原子炉プールライニングの調査

NSRR 原子炉施設保全計画に基づく作業として、原子炉プールライニングの調査作業を実施した。測定箇所として、平成20年度と平成25年度の調査結果を比較し、数値に変化が見られた箇所を選定した。調査には従来使用している超音波探傷装置及び走行装置を用いた。調査の結果、前回の測定結果と比較して大きな数値の変化は見られず、原子炉プールライニングの健全性が維持されていることを確認した。今回測定した箇所については毎年度測定を実施し、データを蓄積していくことを予定している。

3) プール水精製ポンプの分解点検

高経年化対策の一環として、プール水精製系で使用しているポンプ(P2-1C)の分解点検作業を実施した。作業として、ポンプの分解点検、軸受、パッキン等の消耗品交換及び分解点検後の性能試験を実施し、ポンプに異常はなく、正常に動作することを確認した。

4) NSRR 通信連絡設備の点検

高経年化対策の一環として、NSRR 制御室に設置している一斉指令設備主装置及び操作卓内ユニットについて構成部品の点検を行い、健全性の確認及び機能維持を図るための点検を実施した。点検作業として、外観点検、端子部点検、各パネル・ユニットの点検、絶縁抵抗測定及び機能試験を実施した。点検の結果、一斉指令設備主装置及び操作卓内ユニットに異常はなく、健全性が維持されていることを確認した。

5) 特定化学設備等の定期自主検査

NSRR には、特定化学設備として排液中和装置と純水製造装置が設置されているが、本年度は年1回の実施が義務付けられている排液中和装置の定期自主検査及び2年に1回の実施が義務付けられている純水製造装置の定期自主検査を実施した。本定期自主検査においては、塩酸貯槽の開放点検を含めた、配管、弁の外観検査及び漏えい検査、ポンプ、制御回路の絶縁抵抗検査、作動検査、警報検査及びインターロック検査を実施した。本検査の結果、設備の性能が維持されていることを確認した。

3.3.3 燃料・炉心管理

(1) NSRR の燃料製作

本年度は、新燃料の製作を行わなかった。

(2) NSRR の燃料の交換

本年度は、燃料交換を実施しなかった。

(3) NSRR の燃料貯蔵量及び計量管理

NSRR 炉心用燃料の計量管理においては、原子炉プール内ラック及び燃料貯留プールで貯蔵中の使用済燃料要素の在庫変動はなかった。また、平成 28 年 10 月に実在庫検査（棚卸し）を行い、原子力規制庁（核物質管理センター）及び国際原子力機関（IAEA）の検認を受けた。

3.3.4 放射線管理

(1) 概況

本年度に実施した主な放射線作業は、炉心燃料の燃料検査等であった。これらの作業において作業者の有意な被ばく及び汚染はなく、放射線管理上、特に問題はなかった。

(2) 放出放射性物質

NSRR から放出された気体状放射性物質の平均濃度と放出量及び放射性廃液の放出量と廃液量を表 3.3.2 に示す。放出気体状放射性物質の ^{41}Ar の年間放出量は 0Bq であり、放出管理目標値 ($4.4 \times 10^{13}\text{Bq/年}$) を下回る値であった。放射性塵埃についてはすべて検出下限濃度未満であった。

(3) 実効線量

NSRR における放射線業務従事者の実効線量を表 3.3.3 に示す。

表 3.3.2 NSRR における気体状放射性物質及び放射性廃液の年間放出量と年間平均濃度

	放射性ガス (原子炉建家)	放射性塵埃			放射性廃液
	⁴¹ Ar	原子炉棟		燃料棟	⁶⁰ Co
		⁶⁰ Co	¹³¹ I	⁶⁰ Co	
年間放出量 (Bq/y)	0	0	0	0	1.9×10 ⁵
年間平均濃度 (Bq/cm ³)	<3.4×10 ⁻³	<6.0×10 ⁻¹⁰	<7.5×10 ⁻⁹	<6.4×10 ⁻¹⁰	2.6×10 ⁻³

表 3.3.3 NSRR における放射線業務従事者の実効線量

	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期	年間
放射線業務 従事者数 (人)	34	41	70	58	96
総線量 (人・mSv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
平均線量 (mSv)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
最大線量 (mSv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(個人線量計： OSL バッジ)

3.4 タンデム加速器の運転管理

3.4.1 運転

(1) 概況

平成 28 年度のタンデム加速器の実験利用運転（以下、「マシンタイム」という。）は、第 1 回を平成 28 年 5 月 30 日から 7 月 18 日まで、第 2 回を平成 28 年 10 月 3 日から平成 29 年 1 月 25 日まで行った。

平成 28 年度（平成 28 年 4 月 1 日～平成 29 年 3 月 31 日）のタンデム加速器の運転・保守、中止日数等を表 3.4.1 に、タンデム加速器を使用したマシンタイムの利用形態別の日数を表 3.4.2 に、マシンタイムにおける利用分野別の日数を表 3.4.3 に示す。なお、同一日に違う利用形態・分野の複数の課題を実施した日があるため、実験利用運転日数とは合致しない。

表 3.4.1 平成 28 年度タンデム加速器の運転・保守状況

運転・保守項目	日数
実験利用運転日数	110 日 (30%)
定期整備日数	116 日 (31%)
保守日数	9 日 (3%)
調整運転 (含コンディショニング)	32 日 (9%)
休止日	91 日 (25%)
実験中止	7 日 (2%)

() 内の数字は、全運転・保守別の割合を示す。

表 3.4.2 平成 28 年度タンデム加速器の利用形態

利用形態	日数
共同研究	80 日 (72%)
機構内利用	25 日 (23%)
施設供用	6 日 (5%)

() 内の数字は、利用形態別の割合を示す。

表 3.4.3 平成 28 年度タンデム加速器の利用分野

利用分野	日数
核物理	40 日 (36%)
核化学	25 日 (23%)
原子・固体物理、照射効果	42 日 (37%)
加速器開発	4 日 (4%)

() 内の数字は、利用分野別の割合を示す。

(2) タンデム加速器の運転

平成 28 年度におけるタンデム加速器のマシントイム中の加速電圧の分布を表 3.4.4 に示す。運転割合は、1 日間の実験中に加速電圧の変更を行うこともあるため、その分も含めた値としている。

表 3.4.4 平成 28 年度タンデム加速器の加速電圧分布

加速電圧 (MV)	運転割合 (%)
19-20	0.0
18-19	0.0
17-18	0.0
16-17	6.6
15-16	16.1
14-15	32.1
13-14	10.2
12-13	1.5
11-12	9.5
10-11	5.1
9-10	2.9
8-9	4.4
7-8	5.1
6-7	3.6
5-6	0.7
4-5	0.0
3-4	1.5
2-3	0.0
1-2	0.0
0-1	0.0

マシントイム中に実験及び加速器開発のために使用した加速イオン種を表 3.4.5 に示す。イオンの供給は負イオン源が全体の 57%、ターミナル ECR イオン源が 43%を占めている。

表 3.4.5 平成 28 年度加速イオン種

加速イオン種	
^1H	^{28}Si
^2H	^{30}Si
^3He	^{34}S
^6Li	^{36}Ar
^7Li	^{40}Ar
^{11}B	^{58}Ni
^{12}C	^{82}Kr
^{15}N	^{136}Xe
^{18}O	^{197}Au
^{19}F	$^{12}\text{C}_3(\text{分子})$
^{24}Mg	$^{12}\text{C}_2(\text{分子})$

3.4.2 保守・整備

(1) 定期整備

平成 28 年度に行った定期整備は加速管の洗浄作業を含め 3 回である。

1 回目の定期整備は、前年度の平成 28 年 3 月 7 日に SF₆ ガス回収作業を行い、平成 28 年 5 月 19 日にガス充填作業を行った。平成 28 年 4 月からの整備作業では、主に以下の項目について実施した。

- ① ローテータリングシャフト及びターミナルギアボックス整備、シャフト回転テスト
- ② GVM、新型コロナプローブの整備、作動テスト
- ③ 加速管の交換
- ④ 分割抵抗の点検
- ⑤ D1 発電機のベルト交換
- ⑥ チャージングチェーンの整備、回転テスト
- ⑦ 分析電磁石のアライメント
- ⑧ ショーティングロッド接点の整備

平成 27 年 12 月の運転時にフルスパークを繰り返したことにより、Low-Energy (LE) 側の Middle-6 (M6) セクションにおいて加速管の性能悪化が発生したため、加速管を新品 8 本、再生品 4 本へ交換作業を行った。また、交換作業に併せて LE 側加速管を合成空気でベントし、チタン蒸着膜を酸化させることによる絶縁の回復を図った。

電圧コンディショニングを実施したが 15MV 程度までの回復に留まった。

2 回目の定期整備は、7 月 19 日にガス回収作業を行い、9 月 21 日にガス充填作業を行った。この間の整備作業では、主に以下の項目について実施した。

- ① ゴンドラ油圧ジャッキの交換
- ② ローテータリングシャフト回転テスト
- ③ チャージングチェーン回転テスト
- ④ GVM、コロナプローブの作動テスト
- ⑤ 液体窒素貯槽施設の定期検査
- ⑥ SF₆ 高圧ガス製造施設の定期検査及び保安検査
- ⑦ ベーパライザー性能検査
- ⑧ ゴンドラ整備 (ASP、CSP) 及び性能検査

液体窒素貯槽施設の定期検査を 8 月 8 日に受検し、指摘事項はなかった。タンデム加速器高圧ガス製造施設の保安検査を 9 月 8 日に受検し、指摘事項はなかった。ベーパライザーの性能検査を 9 月 13 日に受検し、指摘事項はなかった。ゴンドラの性能検査を 9 月 15 日に受検し、指摘事項はなかった。そのほか冷凍機の施設検査を 12 月 6 日に受検し、指摘事項はなかった。

3 回目の定期整備は、2 月 7 日にガス回収作業を行った。整備作業は、主に以下の項目について実施した。

- ① ローテータリングシャフト整備、回転テスト
- ② チャージングチェーン回転テスト
- ③ GVM、コロナプローブの作動テスト
- ④ 分割抵抗の点検
- ⑤ 加速管の取外し及び洗浄

(2) 故障と修理

12 月 13 日の電圧コンディショニング運転中に真空トラブルが発生し、大放電と加速管内部への空気の流入が起き発生電圧は最大 12MV 程度の状況となった。このため電圧回復のためのコンディショニング運転と低い電圧で実施できる利用実験のマシントイムに組替えて 1 月 25 日まで運転を行った。1 月 26 日から 2 月 3 日の間にキャストリング 1 段ごとに電圧を印加し、加速管の診断を行った結果、エックス線のベースが上昇する段が多く、真空度の変化から主に空気の流入が起きた高エネルギー側加速管からのエックス線であると推測した。放電によりエックス線が消えることがあり、破損したストリッパフォイルや加速管内部に入り込んだ微小ゴミにより発生電圧が低下していると判断し、加速管全数 80 本の洗浄を計画し、取外し作業を実施した。

加速管の洗浄に当たり、すべての加速管を取り外すことになるが、加速管の抵抗チェック、絶縁チェック、タンク内のクリーニング、ラベリング、機器類の落下防止措置を行い、取外し作業を開始した。取り外した加速管は線量測定の後、ファイバースコープによる内部観察を行い、汚れの状況や放電跡の写真撮影を行った。

加速管の洗浄方法は、主に高圧水や超音波による洗浄であるが、汚れを拡散させないようにまず外側の洗浄を開始した。その後、内部の洗浄作業に入る予定である。

(3) 施設管理

平成 28 年度は、7 月の所内停電以外に、以下に示すタンデム建家独自の停電作業があった。

- ・受変電設備の定期点検のための停電（9 月 3 日、4 日）
- ・附属建家系統定期点検のための一部停電（10 月 18 日、19 日）

10 月に軽イオンターゲット室、第 1 重イオンターゲット室、第 2 重イオンターゲット室のクレーンワイヤーの交換を行った。

12 月に第 2 重イオンターゲット室の天井照明器具を LED 型に更新した。

3.4.3 高圧ガス製造施設

(1) タンデム加速器高圧ガス製造施設

本施設はタンデム加速器の絶縁ガスとして使用している六フッ化硫黄（SF₆）ガスの移送に使用されているものである。本施設は第一種製造者として高圧ガス保安法の適用を受けるため、年1回の定期自主検査の実施と保安検査の受検が義務付けられている。本年度は定期自主検査、保安検査及び施設の運転保守のための各種整備作業を以下のように実施した。

平成28年7～9月

定期自主検査に係る各種検査作業（気密検査、肉厚測定、貯槽の不同沈下測定、温度計比較検査、圧力計比較検査、安全弁作動検査、液面計止め弁作動検査、高圧リミットスイッチ作動試験）を実施した。開放検査は、1st インタークーラー、2nd インタークーラー、デイトank、配管、フレキシブルチューブについて実施した。これらの検査で特異な異常等はなかった。保安検査は平成28年9月8日に行われ合格した。

平成28年9月

第一種圧力容器（ベーパーライザー）の定期自主検査を実施した。性能検査は平成28年9月13日に実施され合格した。

(2) 液体窒素貯槽

本施設は、タンデム加速器の運転保守や加速器を利用した実験のために液化窒素及び乾燥窒素ガスを供給するための設備である。本年度の液化窒素総受入量は、15,012Lであった。

本施設は、定期自主検査に係る各種検査作業（気密検査、肉厚検査、貯槽の不同沈下測定、圧力計比較検査、安全弁作動検査、真空度測定）を平成28年8月8日に実施し合格した。

(3) ヘリウム冷凍機

ヘリウム冷凍機は超電導ブースターの加速空洞、全46台を約4Kの極低温に冷却するための施設であり、同型の冷凍装置2台（前段部、後段部）が設置されている。本装置は第1種製造者として高圧ガス保安法の適用を受け、冷凍保安規則により年1回の定期自主検査の実施を義務付けられている。そのため、定期自主検査を10～11月の期間に実施し、安全弁・圧力計の試験、バッファタンクの不同沈下測定、断水リレーの試験、圧力・温度保護スイッチ作動検査、気密試験、制御盤点検等を行い異常のないことを確認した。12月6～8日には施設検査を受検し合格した。また、ヘリウム冷凍機の運転については、平成28年度は行わなかった。

3.4.4 放射線管理

(1) 概況

平成 28 年度に実施された主な放射線作業は 5 月と 7～9 月及び 2～3 月に行われた加速器定期整備である。これらの作業での異常な被ばく及び汚染の発生はなく、放射線管理上特に問題はなかった。

(2) 放出放射性物質

タンデム加速器建家から放出された放射性物質の年間放出量及び年間平均濃度を表 3.4.6 に示す。放射性廃液の総排出量は 17m³であった。廃液中の ⁶⁰Co、¹³⁷Cs、²³⁷Np の平均濃度は例年とほぼ同じであった。また上記以外の核種の検出はなかった。放出された放射性塵埃の量はいずれも検出限度未満であった。

(3) 実効線量

タンデム加速器における放射線業務従事者の実効線量を表 3.4.7 に示す。

表 3.4.6 タンデム加速器における放射性塵埃及び放射性廃液の年間放出量と年間平均濃度

核種	放射性塵埃		放射性廃液			
	⁶⁰ Co	²³⁷ Np	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	²³⁷ Np	その他
年間放出量 (Bq/y)	0	0	4.2×10 ⁴	4.4×10 ⁴	4.7×10 ³	0
年間平均濃度 (Bq/cm ³)	<8.8×10 ⁻¹¹	<5.7×10 ⁻¹¹	2.5×10 ⁻³	2.6×10 ⁻³	2.8×10 ⁻⁴	0

表 3.4.7 タンデム加速器における放射線業務従事者の実効線量

	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期	年間
放射線業務 従事者数 (人)	110	135	142	114	168
総線量 (人・mSv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
平均線量 (mSv)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
最大線量 (mSv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(個人線量計：OSL バッジ)

3.5 ラジオアイソトープ製造棟の管理

3.5.1 施設の管理

平成 28 年度のラジオアイソトープ製造棟における主な作業は、定常的な医療用 RI の製造及び開発である。海外の研究炉で照射し生成した RI をラジオアイソトープ製造棟に搬入し試験検査した後、医療用 RI・工業用 RI として国内に頒布している。平成 28 年度は、医療用 RI として 986 個の ^{198}Au (1.1GBq/個) 及び 411 個の ^{192}Ir (370GBq/個) の検査を行った。工業用 RI の製造実績はなかった。これらの作業は、いずれも適切な防護処置が施され、異常な被ばく及び汚染の発生もなく、問題なく実施された。

また、核燃料物質の使用に係る保管廃棄施設の新設に伴い、平成 27 年 2 月に申請した使用変更許可申請の補正を平成 29 年 1 月に申請した。

3.5.2 放射線管理

ラジオアイソトープ製造棟では、平成 28 年度放射線管理上特に問題なかった。平成 28 年度の排気中の気体状放射性物質の年間平均濃度及び年間放出量を表 3.5.1 及び表 3.5.2 に、放射性廃液の年間放出量及び年間廃液量を表 3.5.3 に示す。また、放射線業務従事者の実効線量を表 3.5.4 に示す。

表 3.5.1 ラジオアイソトープ製造棟における排気中の気体状放射性物質年間平均濃度
(放射性塵埃) と年間放出量

放射性塵埃				
場所	200 エリア排気口	300 エリア排気口	400 エリア排気口	600 エリア排気口
核種	^{60}Co	^{60}Co	^{32}P	^{60}Co
年間平均濃度 (Bq/cm ³)	$<3.5 \times 10^{-10}$	$<3.5 \times 10^{-10}$	$<3.5 \times 10^{-10}$	$<3.5 \times 10^{-10}$
年間放出量 (Bq)	0	0	0	0

表 3.5.2 ラジオアイソトープ製造棟における排気中の気体状放射性物質年間平均濃度
(放射性ガス) と年間放出量

気体状放射性物質(放射性ガス)			
場所	200 エリア排気口	300 エリア排気口	400 エリア排気口
核種	^3H		
年間平均濃度 (Bq/cm ³)	$<2.0 \times 10^{-4}$	$<2.0 \times 10^{-4}$	$<2.0 \times 10^{-4}$
年間放出量 (Bq)	0	0	0

表 3.5.3 ラジオアイソトープ製造棟における放出放射性廃液の年間放出量と年間廃液量

放射性廃液			
年間放出量 (Bq)			年間廃液量 (m ³)
³ H	⁶⁰ Co	²¹⁰ Po	
2.0×10 ⁶	—	—	10

「 — 」: 不検出

表 3.5.4 ラジオアイソトープ製造棟における放射線業務従事者の実効線量

	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期	年間
放射線業務 従事者数* (人)	54	95	77	68	181
総線量 (人・mSv)	0.0	0.2	0.1	0.1	0.4
平均線量 (mSv)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
最大線量 (mSv)	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3

* : 各四半期内に同一人が複数回の指定登録を行った場合には、1人として算出

3.6 トリチウムプロセス研究棟の管理

3.6.1 施設の管理

原子力機構の核融合部門等の業務は、平成 28 年 4 月 1 日に国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下、「QST」という。）へ分離、移管された。原子力機構及び QST が効果的かつ効率的に研究開発を実施することができるよう、原子力機構及び QST 間における研究開発成果の最大化のための研究活動の連携協力に加え、研究施設、研究設備、その他各種インフラ設備等の相互利用を推進し、原子力機構及び QST の緊密な相互連携協力の枠組みを構築すべく、原子力機構と QST との連携協力に係る包括協定が締結された。この包括協定に基づきトリチウムプロセス研究棟（以下、「TPL」という。）の利用等に関する協力についての覚書について原子力機構及び QST 間で合意がなされた。

原子力機構の実施する TPL の施設管理及びトリチウム貯蔵用ウランベッドの安定化処理技術開発、QST の実施する国際熱核融合実験炉（ITER）トリチウム除去系の性能確認及びトリチウム耐久性研究開発を実施するため、研究炉加速器管理部に TPL 管理技術課が新設され、QST との連携協力体制の下、業務を開始した。

平成 28 年度の TPL 管理技術課の主な業務は、TPL 内装設備の運転・保守管理及び QST の実施する研究開発実験のためのトリチウム分取・供給並びにトリチウム貯蔵用ウランベッドの安定化処理技術開発の検討である。

(1) 内装設備の運転・保守管理

TPL 内装設備は、3 重の閉じ込め系毎に設置しているトリチウム除去設備（排出ガス処理設備（ERS）、不活性ガス精製設備（GPS）、空気浄化設備（ACS））を中核とした 12 の設備から構成されており、これら設備の昼夜連続運転を実施した。

平成 28 年度は、トリチウム除去設備に設置しているモレキュラーシーブ乾燥塔（ERS:2 塔、GPS:1 塔、ACS:1 塔）の再生操作を実施しトリチウム水を回収した。

また、法令及び所内規定に基づく定期自主検査及び定期検査を計画的に実施し、TPL 内装設備の安全性を確保した。

(2) 実験用トリチウムの分取・供給

QST の実施する研究開発として ITER トリチウム除去系の性能確認である触媒酸化塔及びスクラバー塔の検証実験を実施している。

平成 28 年度は、実験に使用するトリチウムガス（1 容器当たり約 11.1 GBq：最大 6 本）をトリチウム貯蔵設備（TSS）から分取する作業を 2 回実施した。分取したトリチウムガスは、実験スタンドであるケイソン（ステンレス板内張りのグローブボックス）への計画的な導入を 15 回実施した。ケイソンに導入されたトリチウムガスは、ITER 触媒酸化塔の実証実験に用いられ、酸化実験により生成されたトリチウム水の一部を ITER スクラバー塔の実験試料として用いている。

また、TPL におけるトリチウムの計量管理及び TSS 校正作業を実施し、我が国及びトリチウム供給国であるカナダ政府への計量管理報告を行った。

(3) トリチウム貯蔵用ウランベッドの安定化処理技術開発

原子力機構の組織改正（核融合研究開発部門からの一部業務の移管）に伴う TPL の利用等に関する覚書の締結を前に、TPL の核燃料物質使用許可（政令 41 条非該当施設）の廃止が検討されたが、ウランは資源であり廃棄処分することは妥当ではないとのバックエンド部門の最終判断に基づき、分離後に設立された TPL 管理技術課の業務テーマとして、「トリチウム貯蔵用ウランベッドの安定化処理技術開発」が設けられた。

平成 28 年度は、TPL でウランの安定化処理の全作業を実施する場合、核燃料物質の使用目的や設備を含め、新規規制基準対応準拠で変更申請が必要であり、許可取得までの工程リスクが大きいため、原科研内での実現性について検討を行った。

原子力基礎工学研究センターとの打合せを持ち、処理すべきウランベッドに吸蔵しているトリチウム量が、第 4 研究棟のトリチウム取扱許容量以下にできれば、第 4 研究棟にてウランの安定化処理を行うことが可能であることが確認された。

これにより、TPL では、放射性同位元素使用施設のトリチウム貯蔵設備であるウランベッドを廃止するための変更許可申請についての検討、及び安定化処理するためにウランを第 4 研究棟に引き渡すための作業としてトリチウム貯蔵用ウランベッドに残留するトリチウムの除去方法についての検討を開始した。

3.6.2 放射線管理

TPLでは、平成28年度の放射線管理上において問題はなかった。平成28年度の排気中の気体状放射性物質の年間平均濃度及び年間放出量を表3.6.1に、放射性廃液の年間放出量及び年間廃液量を表3.6.2に示す。また、放射線業務従事者の実効線量を表3.6.3に示す。

表 3.6.1 TPL における排気中の気体状放射性物質の年間平均濃度
(放射性ガス) と年間放出量

気体状放射性物質 (放射性ガス)			
スタック			
核種	³ H (HT)	³ H (HTO)	³ H (HT+HTO)
年間平均濃度 (Bq/cm ³)	3.9×10 ⁻⁵	7.5×10 ⁻⁵	
年間放出量 (Bq)	2.2×10 ⁹	2.3×10 ¹⁰	2.5×10 ¹⁰

表 3.6.2 TPL における放出放射性廃液の年間放出量と年間廃液量

放射性廃液	
年間放出量 (Bq)	年間廃液量
³ H	(m ³)
1.6×10 ⁹	116.1

表 3.6.3 TPL における放射線業務従事者の実効線量

	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	年間
放射線業務 従事者数* (人)	18	31	39	33	58
総線量 (人・mSv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
平均線量 (mSv)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
最大線量 (mSv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

* : 各四半期内に同一人が複数回の指定登録を行った場合には、1人として算出

3.7 その他の施設の管理

3.7.1 JRR-1 の管理

JRR-1 の管理としては JRR-1 残存施設である地階の実験室並びに JRR-1 展示室内にある JRR-1 旧炉体及び地階のサブパイル室の点検及び保守を行っている。実験室は非密封の放射性同位元素使用施設及び政令 41 条非該当の核燃料使用施設で、JRR-1 旧炉体及びサブパイル室は政令 41 条非該当の核燃料使用施設である。現在、JRR-1 は放射性同位元素使用施設及び核燃料使用施設ともに放射性物質の保有はなく、今年度の使用もなかった。

3.7.2 FEL 研究棟の管理

平成 28 年 4 月に、量子ビーム応用研究センターの一部が国立研究開発法人放射線医学総合研究所と移管統合され、それまで FEL 研究棟の施設管理を行っていたレーザーコンプトンガンマ線研究グループも新しい組織、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構に移管された。5.5 MV V.d.G. 加速器残存部分の分任管理を行っていた経緯から、EFL 研究棟の施設管理を研究炉加速器管理部加速器管理課が行うこととなった。

FEL 研究棟は、加速器管理課の他に、先端基礎研究センター 2 グループ、原子力基礎工学センター 1 グループ、核不拡散・核セキュリティ総合支援センター 1 グループ、量子科学技術研究開発機構が利用している。

FEL 研究棟は密封された放射性同位元素の使用施設であり、半導体検出器の校正線源 ^{137}Cs 、7.4 MBq を貯蔵箱で貯蔵している。平成 28 年度における放射性同位元素の使用はなかった。

その他、平成 28 年度の FEL 研究棟における主な事項を次に示す。

- ・浄化槽排水ポンプフロートスイッチの修理（5 月）
- ・所内一斉停電に伴う機器の停止及び復電作業（7 月）

3.8 主な技術的事項

3.8.1 カラム電圧の動的測定法の開発

タンデム加速器の高電圧端子電圧が上昇しないというトラブルが発生したときに、加速器圧力容器の開閉をせずに加速器カラムの不具合箇所を特定する診断技術があれば、加速器タンク開放後の整備時間の短縮、運転時間の確保に繋がる。また、イオンビーム通過時の電圧変動を測定することが可能になれば、局所的な過電圧の発生を抑制するビーム光学条件を得ることができる。

加速器診断技術開発として、ロードセルを用いた加速器カラム電圧測定器を考案した。タンデム加速器タンク内の負圧、加圧環境に耐えること、設置できる寸法を考慮しロードセルを選定した。ロードセルとは、荷重が加わることで発生した歪みを電気抵抗の変化に変換するためのセンサである。電気抵抗の変化を電圧の変化に変換して出力することで歪みの大きさを数値化できる。タンデム加速器のカラムモジュールへのロードセルの設置イメージを図 3.8.1 に示す。タンデム加速器には 20 個のカラムモジュールが存在するが、図 3.8.1 には 2 カラム分を示した。東海タンデム加速器の各カラムキャストには直径約 10 cm の穴が空いているため、この穴に平板電極を取り付けたロードセルを設置する予定である。

ロードセルを用いたカラム電圧測定の概要を図 3.8.2 に示す。タンデム加速器の高電圧端子に電圧が印加されると、カラムキャスト間に平行電界が生じる。ロードセルの平板電極は平行電界から静電気力を受け、ロードセルに歪みが生じる。歪みを信号変換器で電気信号に変換することで加速器各カラムの電圧を測定できる。

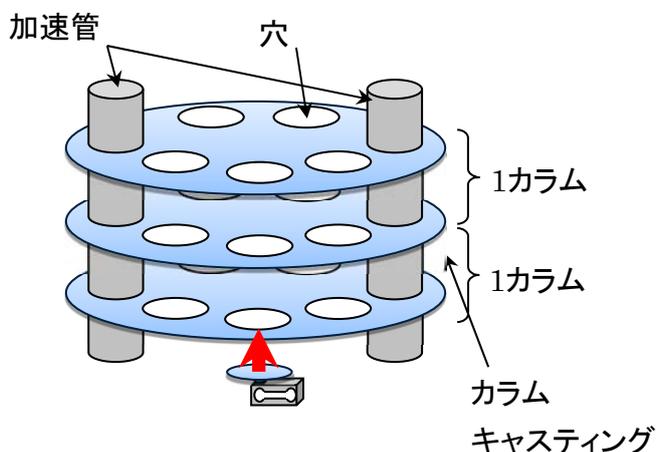


図 3.8.1 タンデム加速器の各カラムモジュールへのロードセル設置イメージ

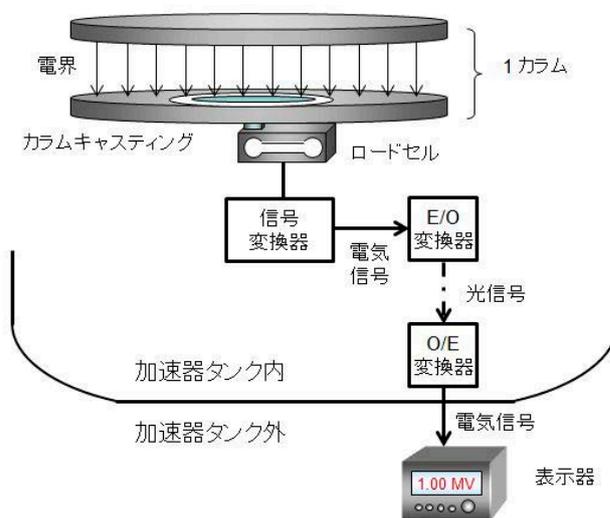


図 3.8.2 ロードセルを用いたカラム電圧測定概要

加速器カラムモジュールの平行平板電極モデルを図 3.8.3 に示す。電極間に働く静電気力は次式で表される。

$$F = \frac{\epsilon S V^2}{2d^2} \approx 96.58 \times 10^{-15} \cdot V^2 \quad [N] \tag{3.8.1}$$

この式により、平行平板電極に 1 MV の電圧が印加されたとき、ロードセルに取り付けた平行電極に加わる静電気力は約 9.85 gf となることがわかる。

ロードセルに取り付けた平板電極と加速器カラムを模擬した電極間に電圧を印加してロードセルの動作試験を行った。極板間の距離を 0.6、1.1、1.9、2.5 cm と変化させ、極板間の電界を最大 1.75 MV/m まで加えた。実際の加速器カラムの電界は、高電圧端子電圧が 20 MV のとき 1.64 MV/m 程度である。ロードセルは定格 300 g (TEDEA 製)、高圧電源は定格 24 kV (Glassman 製) のものを使用した。結果を図 3.8.4 に示す。静電気力は電界の 2 乗に比例することを示しており (3.8.1) 式を満たす。結果より、使用したロードセルはタンデム加速器のカラム電圧を測定するに足る感度を持つことが分かった。今後、タンデム加速器にロードセルを用いた電圧測定器を設置し、加速器各カラムの電圧を測定できるようにする予定である。

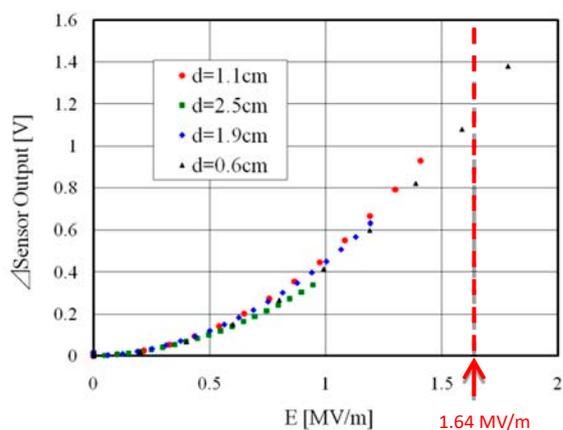
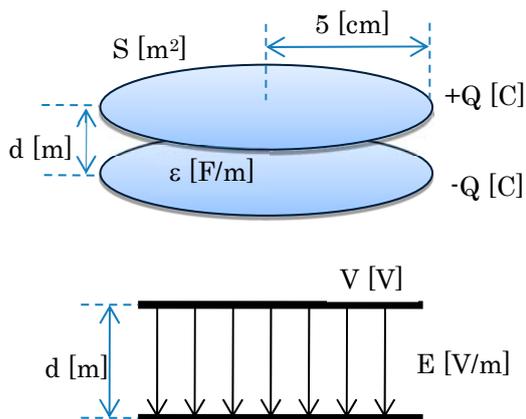


図 3.8.3 タンデム加速器のカラムモジュールに設置予定のロードセル電極の電界計算

図 3.8.4 ロードセル電極に加えた電界とセンサ出力電圧

This is a blank page.

4. 研究炉及び加速器の利用

Utilization of Research Reactors and Tandem Accelerator

This is a blank page.

4.1 利用状況

JRR-3 の平成 28 年度の施設供用運転については、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の影響のため、施設定期自主検査期間を延長して運転再開に向けての設備・機器の保守・整備を進めている。

JRR-4 は、東日本大震災による影響で再稼働の見通しが立たず、かつ「日本原子力研究開発機構の改革計画」（平成 25 年 9 月 26 日）において廃止措置計画を策定する施設となったため、平成 27 年 12 月 25 日に原子力規制委員会に対し、原子炉廃止措置計画認可申請を行っており、運転を取り止めている。

タンデム加速器の運転状況および利用形態・分野別の日数を図 4.1.1 に示す。平成 28 年度のタンデム加速器の実験利用運転では 2 回のマシンタイムを実施した。第 1 回を 5 月 30 日から 7 月 18 日まで、第 2 回を 10 月 3 日から平成 29 年 1 月 25 日まで行った。年間の合計では 110 日の利用運転を実施することができた。なお、同一日に違う利用形態・分野の複数の課題を実施した日があるため、利用運転日数と利用形態・分野別の合計日数は合致しない。

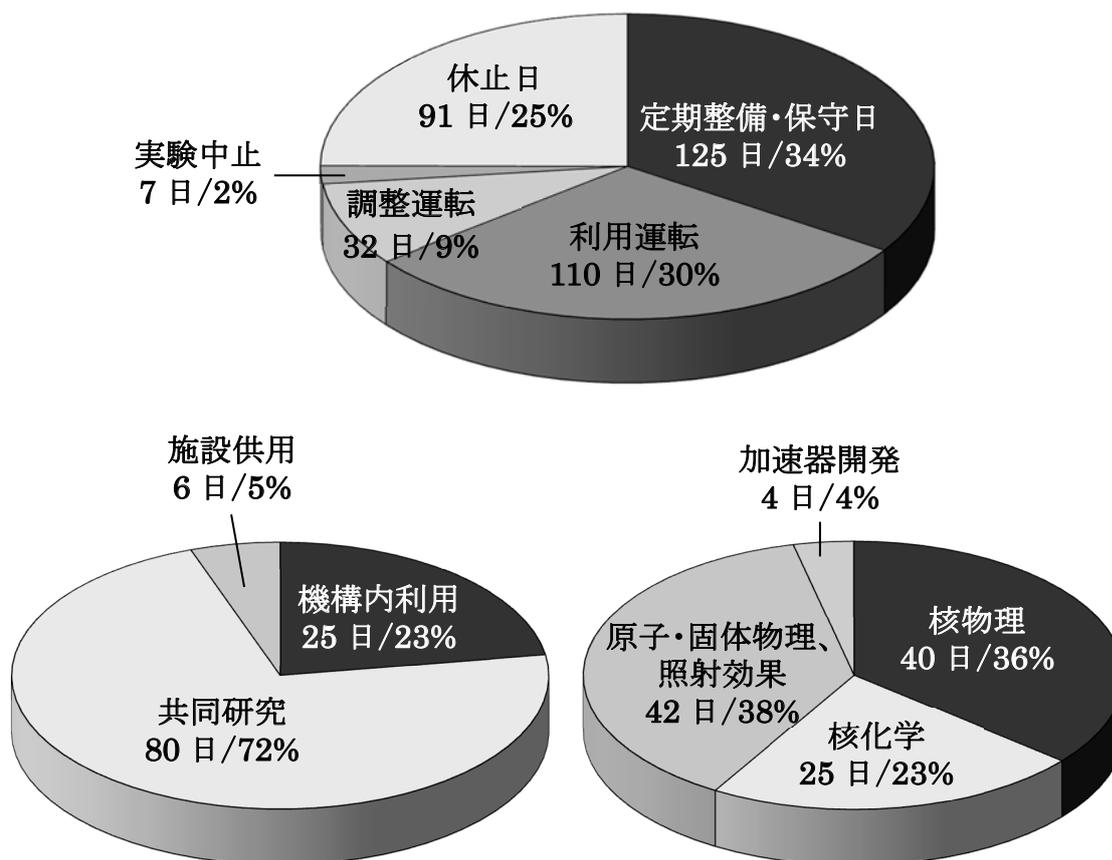


図 4.1.1 タンデム加速器の運転状況

東日本大震災による福島第一原発事故を受け、新たに定められた新規制基準への適合性確認への対応のため、JRR-3 の運転を取り止めたことから、平成 28 年度の照射及び実験の利用は行われなかった。

参考として、平成 2 年度からの研究炉における照射キャプセル数の推移を図 4.1.2 に、平成 2 年度からの研究炉における実験利用状況の推移を図 4.1.3 に、平成 2 年度からの JRR-3 中性子ビーム実験利用者数の推移を図 4.1.4 に、平成 10 年度からの JRR-4 実験利用者数の推移を図 4.1.5 に示す。

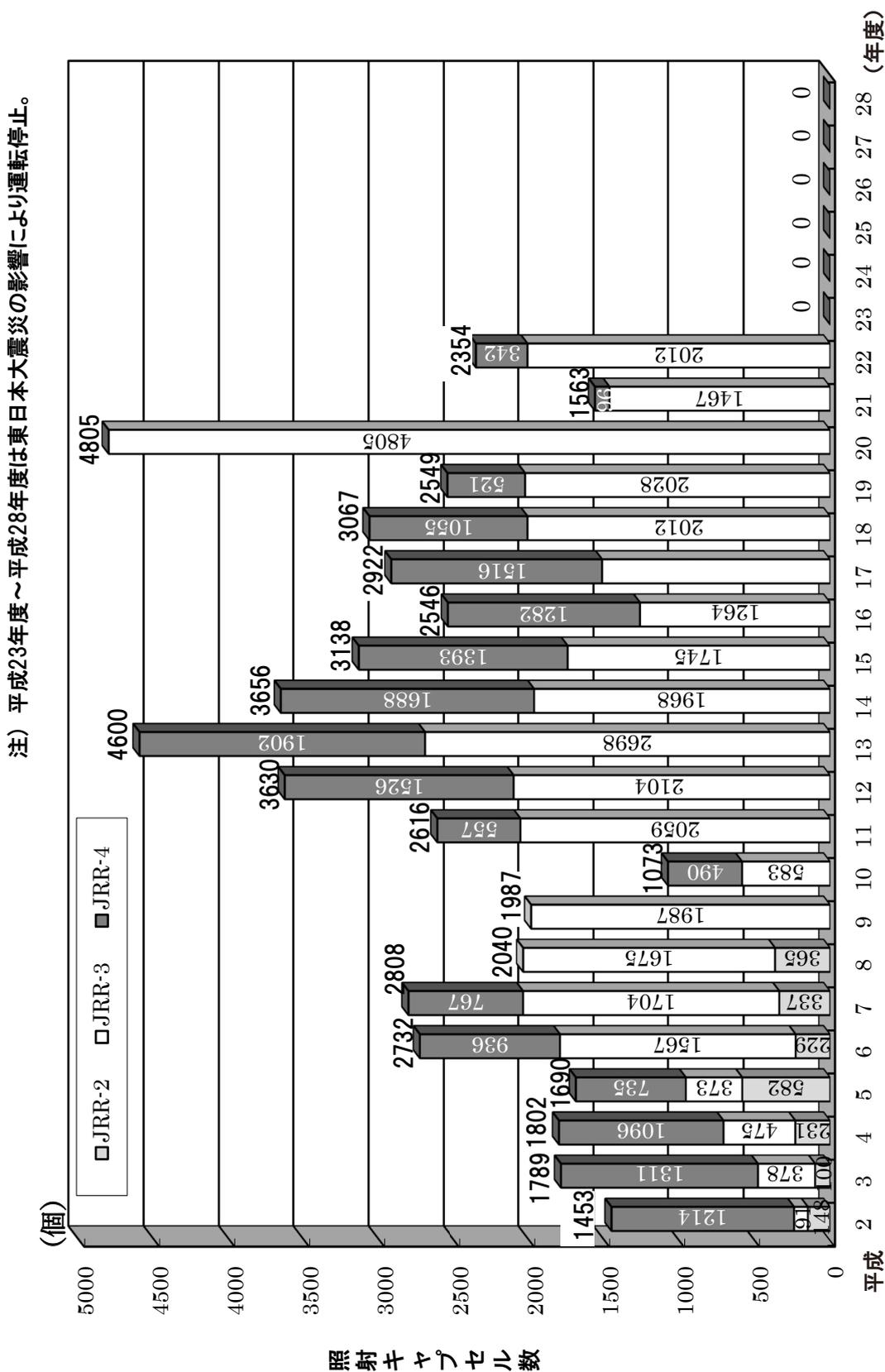


図4.1.2 研究炉における照射キャプセル数の推移

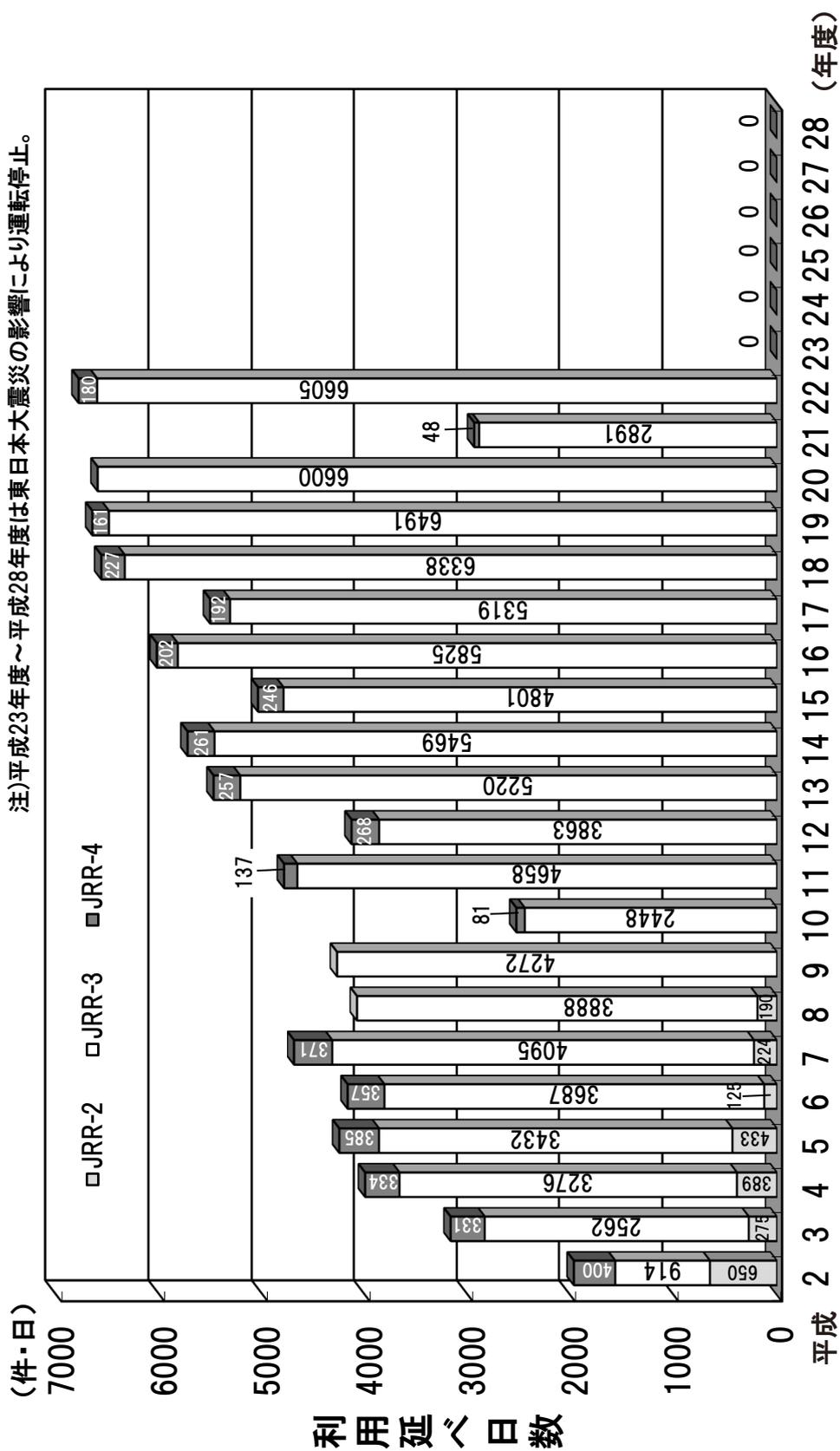


図4.1.3 研究炉における実験利用状況の推移

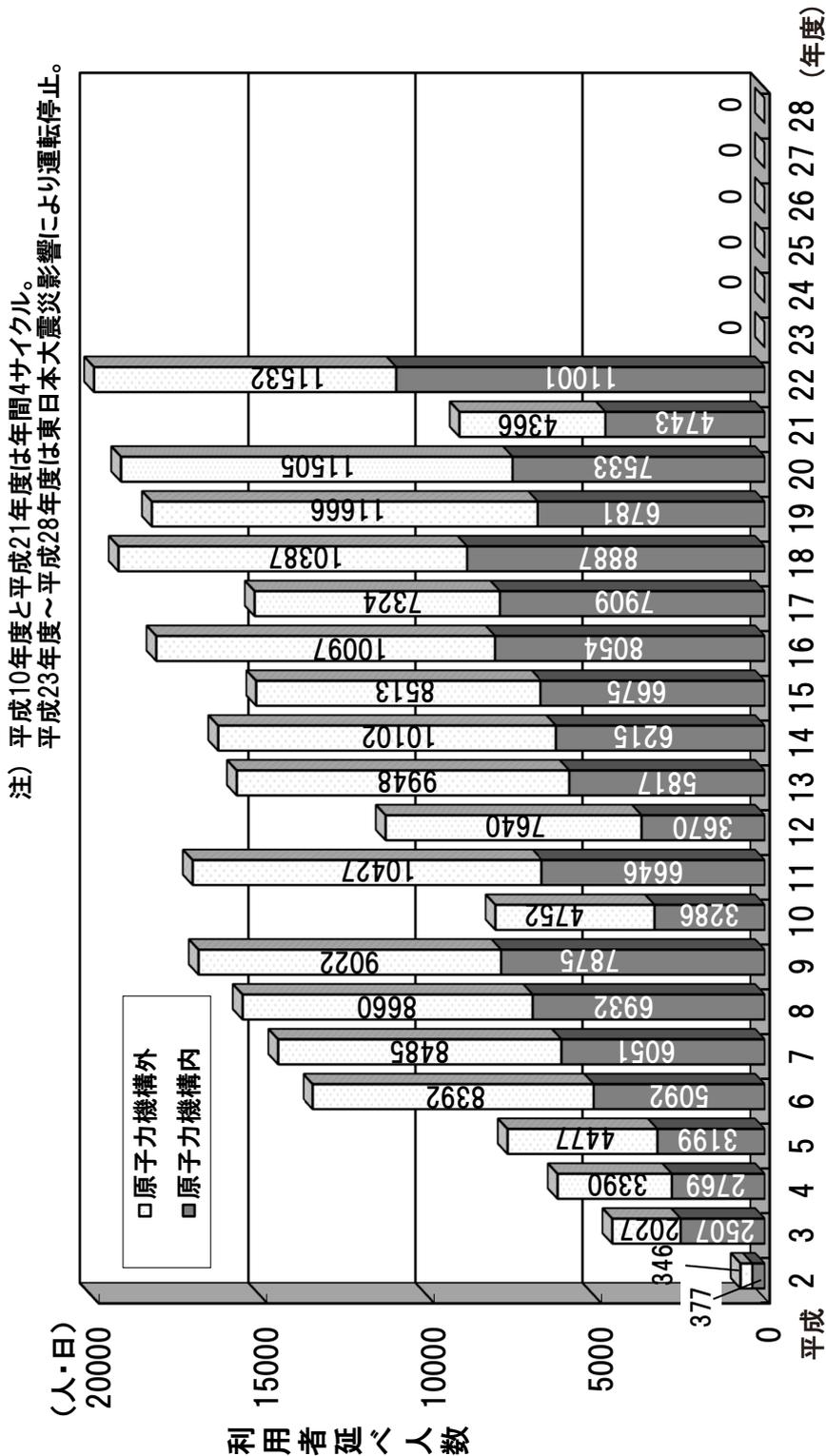


図4.1.4 JRR-3中性子ビーム実験利用者数の推移

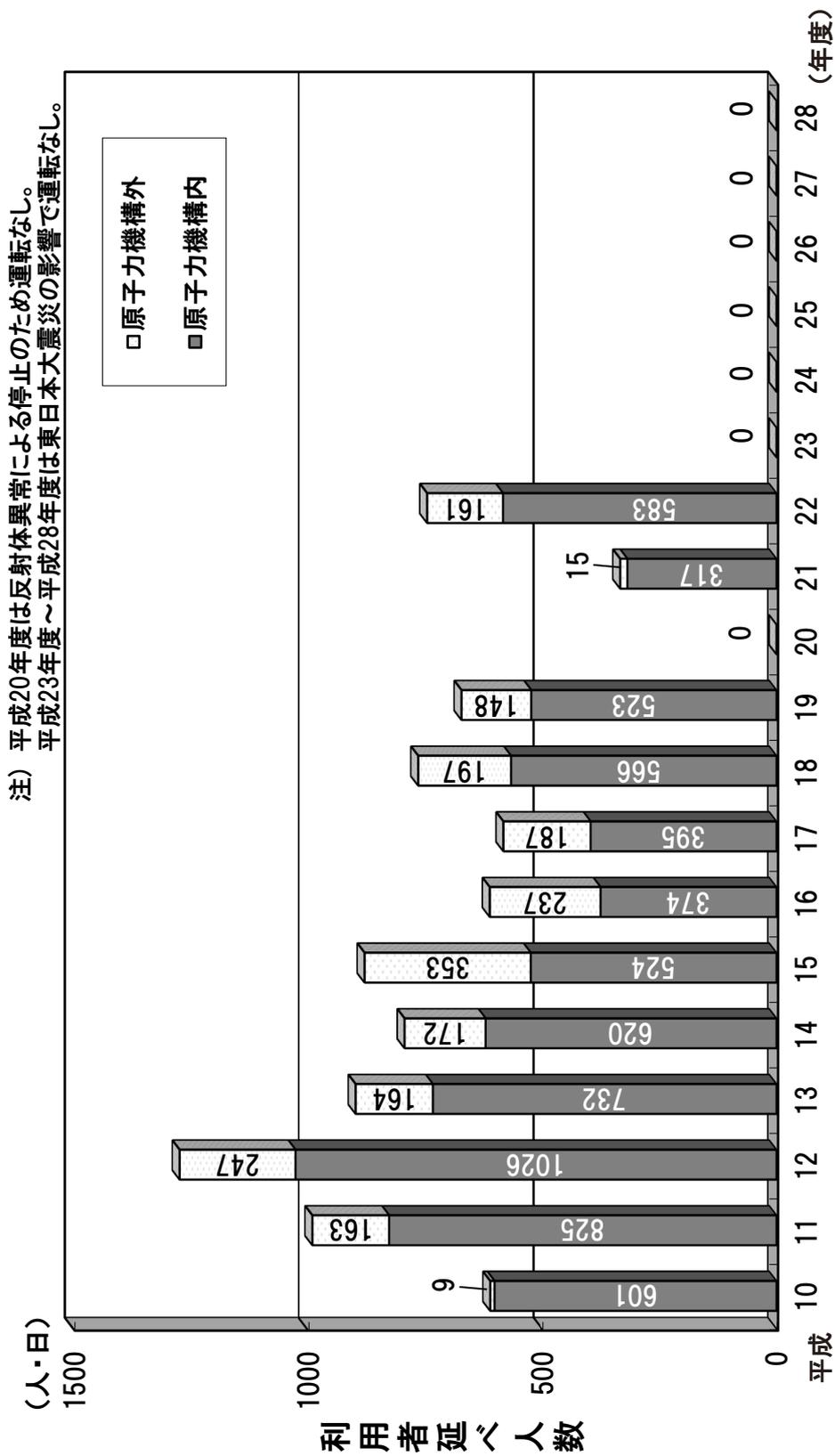


図4.1.5 JRR-4実験利用者数の推移

4.2 実験利用

JRR-3、JRR-4は、東日本大震災の影響により、前年度に引き続き、平成28年度も研究炉の運転を取りやめた。従って、実験の利用は行われなかった。

NSRRは、平成28年度の年間運転計画に基づき施設定期自主検査及び自主検査を実施し、原子炉の運転は実施しなかった。

タンデム加速器は、110日の実験利用運転が行われ、多くの実験が実施された。

4.2.1 タンデム加速器における実験

(1) 利用概況

平成28年度のタンデム加速器の全体的な利用申込状況は表4.2.1のとおりである。研究分野別および利用形態別の利用実施状況を表4.2.2、表4.2.3に示す。

表 4.2.1 平成28年度のタンデム加速器の利用申込状況

課題審査会採択課題数	
機構内利用	5
共同研究・施設供用	16
実験課題申込件数	36
機構外利用者延べ人数	104
機構内利用者延べ人数	28
利用機関の数	28

注) 実験課題申込件数とは、マシンタイム毎に実験の実施計画書を採択課題利用者から提出してもらっており、その年度内合計。

表 4.2.2 分野別利用実施状況

研究分野	利用日数 [日]	利用率 [%]
核物理	40	36.0
核化学	25	22.5
原子・固体物理、照射効果	42	37.9
加速器開発	4	3.6
合計	111	100

表 4.2.3 利用形態毎の利用件数と比率

利用形態	利用日数 [日]	利用率 [%]
施設供用	6	5.4
共同研究	80	72.1
機構内利用	25	22.5

(2) 研究分野別発表件数

研究分野別の発表件数を表 4.2.4 に示す。

表 4.2.4 研究分野別発表件数

研究分野	論文掲載件数	関連刊行物等	学会・研究会口頭発表
核物理	27	0	25
核化学	4	0	22
原子物理・固体物理・材料の照射効果	6	0	24
加速器の運転・開発	0	0	2
合計	37	0	73

(3) 研究分野別主な実験成果

1) 核物理研究

- 重イオン入射による多核子移行反応を $^{18}\text{O}+^{249}\text{Cf}$ 反応に適用することにより、中性子過剰核を含む原子核 $^{248,249,250,251}\text{Cf}$, $^{249,250,251,252}\text{Es}$, $^{250,251,252,253}\text{Fm}$ の核分裂片質量数分布を取得する実験を行った。現在、解析を進めている。
- $^{30}\text{Si}+^{248}\text{Cm}$, $^{34}\text{S}+^{248}\text{Cm}$ 反応系で生成される核分裂片の測定を行った。複合核 ($^{278}\text{Ds}^*$, $^{282}\text{Cn}^*$) を形成してからの核分裂と、これを形成せずに崩壊する準核分裂が混在して観測された。解析から、入射核が重いほど複合核が生成されにくいことがデータから示された。

2) 核化学研究

- 103 番元素ローレンシウムのイオン化エネルギー実験の結果から類推できた最外殻電子の電子配置の特異性に関して、この最外殻電子が化学結合へどのように影響するか、同ローレンシウムの金属表面への吸着挙動の観測を試みた。その結果、その挙動の観測に初めて成功し、金属表面における吸着エンタルピーが同族であるランタノイドの Lu および Tb と同等であることを見出した。現在、論文執筆に向けて理論研究者とその解釈について議論を進めている。
- 近年、医療用 RI として利用が期待されている ^{211}At について、 $^{211}\text{Rn}/^{211}\text{At}$ ジェネレータ開発を進め、同ジェネレータを利用して精製した At トレーサーを用いて、ジェネレータの応用可能性に関する研究を行った。

3) 固体物理・原子物理・照射損傷研究

- 蛍石型構造をもつセラミックスについて、高速重イオン照射した表面にナノ粒子が形成されることは知られていたが、そのナノ粒子の結晶構造が母材基板と同じであり、さらに、母材基板と同じ結晶方位に揃っていることを初めて明らかにした。

4) 加速器開発

- 垂直実験室の運用を開始した。

(4) 参考資料 [実験装置一覧]

表 4.2.5 はタンデム加速器施設で利用されている実験装置である。

表 4.2.5 タンデム加速器施設の主な実験装置

ターゲット室	ビームライン	実験装置名	装置の概要・利用目的
軽イオンターゲット室 〔第2種管理区域〕	L-1	照射チェンバー	固体材料への均一照射（大口径試料照射可能）
	L-2	照射チェンバー	固体材料への均一照射 （室温から 1200 度まで試料温度可変）
	L-3	重イオンスペクトロメーター（ENMA）	重イオン核反応生成粒子を高分解能で検出できる角分布測定装置
	L-4	照射チェンバー	固体材料への均一照射（極高真空装置）
第2重イオンターゲット室 〔第2種管理区域〕	H-1	低温照射チェンバー、照射チェンバー	固体材料への均一照射 （極低温から数 100 度まで試料温度可変）
	H-2	重イオンビーム荷電変換測定装置	入射イオンビームからの電子分光用 0 度電子分光装置で原子物理用
ブースターターゲット室 〔第2種管理区域〕	H-3 BA	照射チェンバー、核分光測定装置	高エネルギーイオン単純照射、核分光研究用ガンマ線測定装置
	H-3 BB	反跳生成核分離装置（RMS）	核反応で 0 度方向付近に放出される生成粒子の高性能質量分離装置
	H-3 BC	多重ガンマ線検出装置	ビームによる核反応で生成される多重ガンマ線を測定する核分光実験装置
第1重イオンターゲット室 〔第2種管理区域〕	H-4	現在使用していない	
	H-5	レーザー核分光装置	レーザーによる核構造研究装置
垂直実験室 〔第2種管理区域〕	V-1	垂直イオン照射装置	固体・熔融液体金属界面への照射影響評価
照射室 〔第1種管理区域〕	R-1	オンライン質量分析装置	核反応で生成した放射性核種をイオン化し高分解能で質量分析する装置
	R-2	照射チェンバー	主に核化学研究で使用
第2照射室 〔第1種管理区域〕	R-5	代理反応測定装置	代理反応研究用測定装置

4.2.2 実験室の利用状況

施設供用実験室として開放している JRR-3 炉室実験室、JRR-3 実験利用棟 1 階の実験室 1 及び実験室 2、JRR-4 ホット実験室の利用はなかった。

4.3 保守・整備

4.3.1 JRR-3 照射設備等の保守・整備

(1) 施設定期自主検査

平成 28 年度の JRR-3 利用施設の施設定期自主検査として、水力照射設備、気送照射設備、実験利用棟詰替セル設備及び炉室詰替セル設備、均一照射設備、回転照射設備、垂直照射設備、水平実験孔設備及び中性子ビーム実験装置、放射化分析用照射設備について検査（校正検査等を除く）を実施し、設備の性能に異常がないことを確認した。

冷中性子源装置に係る施設定期自主検査は実施していない。ただし、自主検査として、外観検査、絶縁抵抗検査、警報検査、作動検査、耐圧検査及び漏えい検査を実施し、設備の性能に異常がないことを確認した。

(2) 保守・整備

1) JRR-3 照射設備の運転及び保守・整備

JRR-3 利用設備の保守・整備として主に実施した内容は次のとおりである。

①照射利用設備放射線モニタの点検、②実験利用棟及び炉室詰替セル負圧維持装置の点検、③均一照射設備の点検、④放射化分析装置の点検、⑤照射利用設備の計装制御系及び安全保護系計装機器の点検、⑥垂直照射設備の点検、⑦水力照射設備、気送照射設備及び放射化分析用照射設備の電磁弁の点検、⑧放射化分析装置の移設（JRR-4 ホット実験室から実験利用棟実験室Ⅱ）

これら設備について保守・整備を行い、設備の性能に異常がないことを確認した。

長期停止中における水力・気送照射設備の健全性を確認するため、連続運転を平成 28 年 11 月 7 日から 11 月 11 日までの 5 日間実施した。その結果、設備に異常はなく、安定して運転できることを確認した。

2) 冷中性子源装置の運転及び保守・整備

冷中性子源装置の保守・整備として、本体設備については安全弁の分解点検及び屋外モジュールに設置される手動弁及び流量調整弁の分解点検を実施し、ヘリウム冷凍設備については、安全弁及び空気圧調整弁の分解点検、冷却等ファン用モーターの更新を実施した。各々の設備点検後、単体での作動検査等を実施し、各機器が正常に作動することを確認した。

3) 中性子導管設備の運転及び保守・整備

中性子導管設備の保守・整備として、中性子導管真空装置の運転を定期的実施し、真空装置が正常に作動することを確認した。また、真空装置の運転に併せ、各中性子導管の真空状態の確認を行い、真空状態に異常がないことを確認した。

4.3.2 JRR-4 照射設備等の保守・整備

平成 28 年度の JRR-4 利用施設の施設定期自主検査として、簡易照射筒、中性子ビーム設備、プール実験設備、気送管照射設備、散乱実験室について外観検査を実施し、異常がないことを確認した。自主検査として、制御盤等の絶縁抵抗測定を実施し、異常がないことを確認した。

4.3.3 NSRR 実験設備等の保守・整備

(1) 施設定期自主検査

核燃料物質使用施設の第 22 回施設定期自主検査及び NSRR 本体施設自主検査を平成 26 年 12 月 1 日から実施している。平成 28 年度は、平成 28 年 9 月 6 日から平成 29 年 3 月 3 日の期間で以下の検査を実施し、各機器について異常のないことを確認した。

1) カプセル装荷装置 A 型

懸吊室及び胴部の遮蔽体について目視により外観検査を行い、昇降装置、ロードセル等については外観検査、校正検査、作動検査及び絶縁抵抗測定検査を行い、それぞれ異常のないことを確認した。

2) カプセル装荷装置 B 型

胴部の遮蔽体（高圧、大気圧共通）について目視により外観検査を行い、異常のないことを確認した。

① 大気圧水カプセル用

懸吊室について目視により外観検査を行い、昇降装置、ロードセル等については作動検査、校正検査及び絶縁抵抗測定検査を行い、それぞれ異常のないことを確認した。

② 高圧水カプセル用

懸吊室について目視により外観検査を行い、昇降装置、ロードセル等については作動検査、校正検査及び絶縁抵抗測定検査を行い、それぞれ異常のないことを確認した。

3) セミホットケーブル上部台座

γ ゲート用鉛シャッターについて外観検査、作動検査、インターロック作動確認及び絶縁抵抗測定検査を行い、異常のないことを確認した。

4) グローブボックス

グローブボックス本体及びグローブについて目視により外観検査を、機器、装置については作動検査を、制御盤については絶縁抵抗測定検査を行い、それぞれ異常のないことを確認した。

5) フード

H-1（原子炉棟地下 1 階）、H-2（制御棟分析室）について目視により外観検査を行い異常のないことを確認した。

H-3（カプセル解体用フード；原子炉棟地下 1 階）の本体及びグローブについて目視により外観検査を、負圧計については校正検査を、操作盤については絶縁抵抗測定検査を行い、それぞれ異常のないことを確認した。

6) セミホットケーブル

セミホットケーブル内の除染作業を行った後、遮蔽体、装置、遮蔽扉及び貯蔵ピットについて外観検査を、遮蔽扉については作動検査を、電気設備については絶縁抵抗測定検査を行いそれぞれ異常のないことを確認した。

7) セミホットセル

セミホットセル内の除染作業を行った後、遮蔽体、装置、遮蔽扉及び貯蔵ピットについて外観検査を、遮蔽扉については作動検査を、電気設備については絶縁抵抗測定検査を行いそれぞれ異常のないことを確認した。

8) 貯留タンク設備

貯留タンク設備について、ポンプの外観検査及び作動検査、タンクの漏洩検査、警報装置の作動検査、液面計の校正検査及び制御盤の絶縁抵抗測定検査を行いそれぞれ異常のないことを確認した。

4.4 施設供用

4.4.1 中性子ビーム利用専門部会

当専門部会が対象とする供用施設は、JRR-3 に設置されている原子力機構保有の中性子ビーム利用実験装置（即発ガンマ線分析装置、中性子ラジオグラフィ装置、中性子光学装置、高分解能粉末中性子回折装置等）である。専門部会の事務局は、物質科学研究センター研究推進室、研究炉利用課を中心とした JRR-3 ユーザーズオフィスが担当した。

(1) 平成 28 年度の活動状況

平成 28 年度第 2 回及び平成 29 年度第 1 回の施設供用課題公募については、JRR-3 運転計画が未定であったため、供用課題公募の実施を見送ることとした。このため、今年度の専門部会の開催は実施しなかった。

(2) 平成 29 年度の計画

今後の JRR-3 運転再開の見通しを勘案して、平成 29 年度第 2 回及び平成 30 年度第 1 回の施設供用課題として応募される供用課題の審査などを行うため、年 1 回以上の専門部会を開催する予定である。また、随時枠に応募される利用課題については、その都度適切に審査を実施する。

4.4.2 炉内中性子照射等専門部会

当専門部会が対象とする供用施設は、燃料・材料照射や放射化分析等を目的とする照射利用及び照射後試験のための施設であり、JRR-3、JMTR、「常陽」及び燃料試験施設の 4 施設である。専門部会の幹事は研究炉加速器管理部研究炉利用課、福島燃料材料試験部燃料技術管理課、福島技術開発試験部実用燃料試験課及び照射試験炉センター計画推進課が務め、当該幹事の協力の下で、研究炉加速器管理部が事務局の主担当としてその取り纏めを行った。

(1) 平成 28 年度の活動状況

平成 28 年度第 2 回（5 月）の定期募集については、新規制基準への適合性確認のための原子炉設置変更許可に係る安全審査中である JRR-3 及び原子炉設置変更許可申請の準備中である「常陽」が具体的な運転再開時期を示すことができなかつたため募集を見合わせ、照射後試験などの利用を行う JMTR、「常陽」及び燃料試験施設のみ募集を行った。また、平成 29 年度第 1 回（11 月）の定期募集においても、運転予定がない研究炉である JRR-3 及び「常陽」の募集を行わず、照射後試験などの利用を行う JMTR、「常陽」及び燃料試験施設のみ募集を行った。なお、JMTR については、平成 28 年 10 月 18 日に発表された「施設中長期計画案」において廃止検討施設として位置づけられたため、利用課題の募集及び随意の利用申込の受付は見合わせた。

しかし、平成 28 年度に実施した定期募集において、当専門部会に係る供用施設への応募がなかったため、専門部会の開催は行わなかった。

(2) 平成 29 年度の計画

各研究炉の運転再開の見通しを勘案して、対象供用施設において平成 29 年度第 2 回及び平成

30年度第1回の施設供用利用課題（成果公開分）として応募される課題の審査を行うために、年度内2回の専門部会を開催する予定である。また、随時として応募される課題については、採否判断の迅速化と効率化を図るために、専門部会の審査要領に基づく電子メールを用いた審査などにより適切に対応する。

4.4.3 研究炉医療照射専門部会

JRR-4については、文部科学省日本原子力研究開発機構改革本部が決定した「日本原子力研究開発機構の改革の基本的方向」（平成25年8月8日）を受け、原子力機構が策定した「日本原子力研究開発機構の改革計画」に基づき、廃止措置計画を策定する施設となった。このため、JRR-4は廃止措置計画を平成27年12月25日に原子力規制委員会に対して申請したことに伴い、平成28年1月13日に原子力機構の供用施設としての指定が解除されたので、今後、当専門部会の活動は行わないこととなった。

4.4.4 タンデム加速器専門部会

(1) 第23回タンデム加速器専門部会

平成28年度下期施設供用課題の募集が研究連携成果展開部により実施され、1件の応募があった。内訳は表4.4.1の通りである。第23回タンデム加速器専門部会は平成28年7月8日に開催された。課題審査では応募のあった施設供用の成果公開型1課題について口頭説明を含めた審査を行い、審議の結果、1課題が採択された。

(2) 第24回タンデム加速器専門部会

平成29年度施設供用課題の募集が研究連携成果展開部により実施され、3件の応募があった。内訳は表4.4.2の通りである。第24回タンデム加速器専門部会は平成29年1月16日に開催された。課題審査では応募のあった施設供用の成果公開型3課題について口頭説明を含めた審査を行い、審議の結果、3課題が採択された。

(3) 施設供用以外の課題審査について〔共同研究と機構内単独利用〕

平成28年度下期追加申込み並びに平成29年度申込みの共同研究・自己使用枠研究課題について、タンデム加速器専門部会の専門委員に依頼し、書類審査並びに口頭説明を伴う課題審査会を行った。

平成28年度下期募集については共同研究7課題・機構内単独利用4課題の審査を行った。内訳は表4.4.3の通りである。審議の結果、11課題が採択された。

平成29年度募集については共同研究5課題・機構内単独利用1課題の審査を行った。内訳は表4.4.4の通りである。審議の結果、6課題が採択された。

表 4.4.1 平成 28 年度下期タンデム加速器施設供用課題

No.	研究代表者	所属	課題名	装置
2016BD01	川上智彦	株式会社化研	陽子線を利用した難測定核種分析の有用性 評価試験	R2 照射チェンバ ー

表 4.4.2 平成 29 年度タンデム加速器施設供用課題

No.	研究代表者	所属	課題名	装置
2017AD01	Kyungyuk Chae	Sungkyunkwan Univ.	Performance test of ionization chamber and PPAC for the KoBRA@RAON experiments	L1 照射チェンバ ー
2017AD02	末吉哲郎	熊本大学	重イオン照射欠陥を用いた高温超伝導薄膜 の ab 面方向における高臨界電流密度化	H1 照射チェンバ ー
2017AD03	雨倉宏	物質・材料研究機 構	高速重イオン照射で YAG 結晶の屈曲率は増 加するか？	H1 照射チェンバ ー

表 4.4.3 平成 28 年度下期タンデム加速器共同研究・機構内単独利用課題

No.	研究代表者	所属	課題名
2016SC03	今井誠	京都大学	高速重イオン荷電変換衝突断面積測定
2016SC04	木村健二	京都大学	高速重イオン照射により生じる熱スパイクの温度測定
2016NC03	嶋達志	大阪大学核物理研 究センター	超新星元素合成に関わる $^{40}\text{Ca}(\alpha,\gamma)^{44}\text{Ti}$ 断面積の測定
2016NC04	森本幸司	理化学研究所	新元素合成のための核融合反応における入射核依存性
2016NC05	浅井雅人	先端基礎研究セン ター	Gamma-ray spectroscopy of neutron-deficient americium isotopes
2016NC06	西中一朗	量子科学技術研究 開発機構	$^{211}\text{Rn} / ^{211}\text{At}$ ジェネレーター開発と応用
2016NC07	塚田和明	先端基礎研究セン ター	加速器中性子による医療用 RI の合成・分離研究
2016NP02	正木信行	原子力人材育成セ ンター	タンデム加速器利用による中性子放射化分析実習
2016NP03	西尾勝久	先端基礎研究セン ター	代理反応によるマイナーアクチノイド核分裂の即発中性子測定 技術と中性子エネルギースペクトル評価
2016NP04	西尾勝久	先端基礎研究セン ター	多核子移行反応を用いたフェルミウム領域原子核の核分裂特性 の測定
2016NP05	R. Orlandi	先端基礎研究セン ター	Multi-nucleon transfer reactions on actinide targets: spectroscopy of ^{252}Fm and heavier actinides

表 4.4.4 平成 29 年度タンデム加速器共同研究・機構内単独利用課題

No.	研究代表者	所属	課題名
2017SC01	安田和弘	九州大学	セラミックス材料の高密度電子励起損傷とその重畳効果
2017SC02	松波紀明	名古屋大学	高速重イオンによるセラミックス材料の電子励起効果と物性改質
2017NC01	佐藤哲也	先端基礎研究センター	ローレンシウム原子のスピン決定に向けた原子ビーム発生法の開発
2017NC02	浅井雅人	先端基礎研究センター	Fm 領域の核分裂機構の解明に向けて $-^{258}\text{No}$ の自発核分裂測定
2017NC03	Igor Tsekhanovich	Bordeaux Univ.	Exploring borders of the new island of asymmetric fission
2017NP01	小川達彦	原子力基礎工学研究センター	核子移行反応を利用した核蒸発過程の観測

4.5 JRR-3 ユーザーズオフィス

JRR-3 ユーザーズオフィスは、原子力機構の組織上、物質科学研究センター、研究連携成果展開部、原子力科学研究所研究炉加速器管理部の3つの部署にまたがる、JRR-3の施設供用に関わる業務の外部利用者の窓口として、これら3部署の協働の下、平成22年4月に開設された。ユーザーズオフィスは、利用者からみた窓口を一元化することで利便性の向上を図るとともに、利用相談、利用申込手続き、課題採択、利用支援、新規需要掘り起こし、アウトリーチ活動、成果発信など、JRR-3中性子ビーム外部利用に関する業務において中心的な役割を果たしている。

ユーザーズオフィスでは、JRR-3の長期間の停止による利用者の研究炉への関心の低下を防ぐためのアウトリーチを中心とした活動を行った。図4.5.1は、「日本中性子科学会第16回年会、12/1～12/2」でのブース出展の様子である。

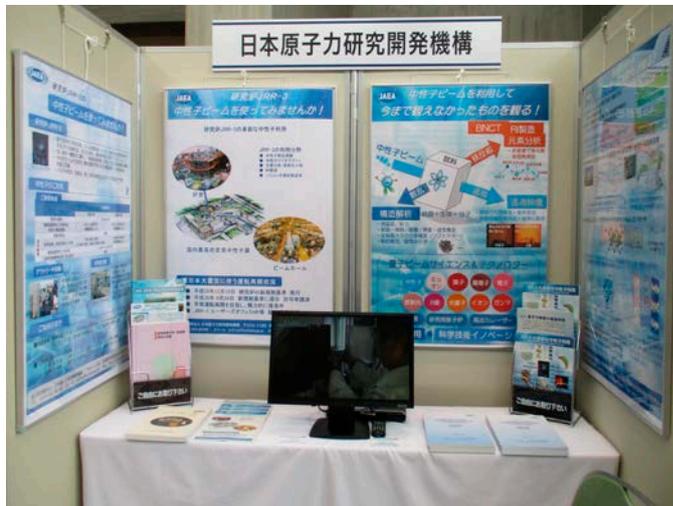


図 4.5.1 「日本中性子科学会第16回年会」ブース出展の様子

4.6 加速器 BNCT プロジェクトへの協力

2011年、内閣府により、国際競争力のある産業の育成を目的として、つくば市を中心とした「つくば国際戦略総合特区」(以下、「つくば特区」という。)が選定された。つくば特区における4研究開発テーマの1つが、「次世代がん治療(BNCT)の開発実用化」である。本研究を実施するため、筑波大学を中心に原子力機構、高エネルギー加速器研究機構(KEK)、北海道大学、茨城県との研究開発連携プロジェクトチームが2012年に発足した。(ホウ素中性子捕捉療法の研究開発・実用化に関する協力合意書の締結)

がん治療装置は、主に加速器、中性子発生装置及び治療計画システムから構成される。加速器としては、リニアックを用い、大強度陽子加速器施設(J-PARC)の技術を応用し、主にKEKが開発している。中性子発生装置は、中性子を発生するベリリウム標的、発生した中性子を医療用に調整するモデレータ、そして中性子を病巣に集中するためのコリメータ等からなる。原子力機構は、KEK、筑波大学等と協力し、この中性子発生装置の設計・製作を実施している。また、治療計画システムについては、臨床研究に向けて、主に筑波大が検討を行っている。原子力機構は、このシステムにおいて、正確な照射量を測定するため、On-line 中性子検出器の開発を並行して行っている。平成28年度における原子力機構の主な活動を以下にまとめる。

4.6.1 患者被ばく線量最適化のための測定技術開発

小型リアルタイム中性子検出器に係る光ファイバー型リアルタイム中性子モニタの中性子に対する劣化・損傷に関する実験データを解析することで、リアルタイム中性子モニタの耐放射性について検証した。

5. 研究炉及び加速器利用技術の高度化

Upgrading of Utilization Techniques of Research Reactors and
Tandem Accelerator

This is a blank page.

5.1 中性子ミラーにおける加熱の影響を調査するための反射率測定について

(1) 序論

JRR-3の高度化の技術開発として、中性子輸送の高効率化および耐放射線高性能スーパーミラー中性子導管の開発を進めている。JRR-3では、発生した熱および冷中性子を実験装置まで効率的に輸送するために中性子導管を使用している。この中性子導管は中性子源となる重水タンク及び冷中性子源の近傍から実験装置まで設置されている。そのため、中性子源近くの中性子導管の中性子ミラー及びスーパーミラーは、燃料及び構造材料からの中性子線及びガンマ線に照射され、照射損傷及び発熱により破断及び中性子輸送能力が低下している^{1),2),3),4),5)}。また、この中性子スーパーミラーに使用されているNiとTiの多層膜は加熱によって543Kが擬似的な転移温度となるような性能の低下が知られている⁶⁾。

核発熱による中性子ミラーの反射率に及ぼす影響を詳細に調べるために、膜厚が一定であるNiとTiの多層膜をイオンビームスパッタリング法で成膜し、温度を変えた試料を準備して、反射率に影響する多層膜の膜厚、密度、表面や界面の粗さ等を調べるために、X線による反射率を測定することとした。

(2) 実験準備について

温度変化による測定では、シリコン基板にNiとTiの多層膜ミラーを成膜した試料を用意した。スーパーミラーのように異なる膜厚の膜が積層していると、温度変化に対して膜とその界面がどのような挙動を示すのかが明確にならないため、すべての層の厚みをそろえるように成膜した多層膜を作成した。測定する試験片が同じ特性を持つようにするために、5インチのシリコンウェファに多層膜を成膜した後、ダイヤモンドカッターで切断して試験片を作成した。そのため、同じシリコンウェファから切り出された試料の膜の構造は同じと考えられる。

温度変化の測定方法であるが、界面における拡散が不可逆的現象であるため、測定したい温度を保って測定する必要はなく、測定前に温度処理した試料を用意して室温での反射率を測定した。

室温と120℃に加熱した2つの試料を用意した。室温は加熱せずに室温のまま保存していた試料であり、今後「室温試料」と表記する。120℃に加熱した試料であるが、120℃までゆっくり昇温した後、120℃を2時間保った後、室温までゆっくり降温した試料である。今後は「120℃試料」と表記する。試料を加熱する装置はホットプレートを使用した。測定試料が平板の形状をしており、かつ、このシリコン基板の片面のみに多層膜が非常に薄く成膜されているので、成膜された面をホットプレート側にして加熱することで、多層膜全体が十分加熱できると考えたためである。

測定装置はJ-PARCセンターのX線反射率計（試料水平型）を使用した。X線反射率計の特性波長はCuのK α_1 であり、出力は1.5kW（50kV×30mA）であった。入射スリットは0.05mmであり、ビームの幅は5mmであった。なお、「室温試料」及び「120℃試料」は室温で反射率を測定している。

(3) 測定結果

反射率の測定結果を図5.1に示す。それぞれの試料の反射率をプロットしている。十字の記号が「室温試料」の測定結果であり、白丸が「120℃試料」の測定結果である。それぞれ表面のNi

層による全反射の反射率及び多層膜からのブラッグ反射が観測されている。また、「室温試料」と「120°C試料」の比較から、ブラッグ反射の角度が変化していることがわかる。

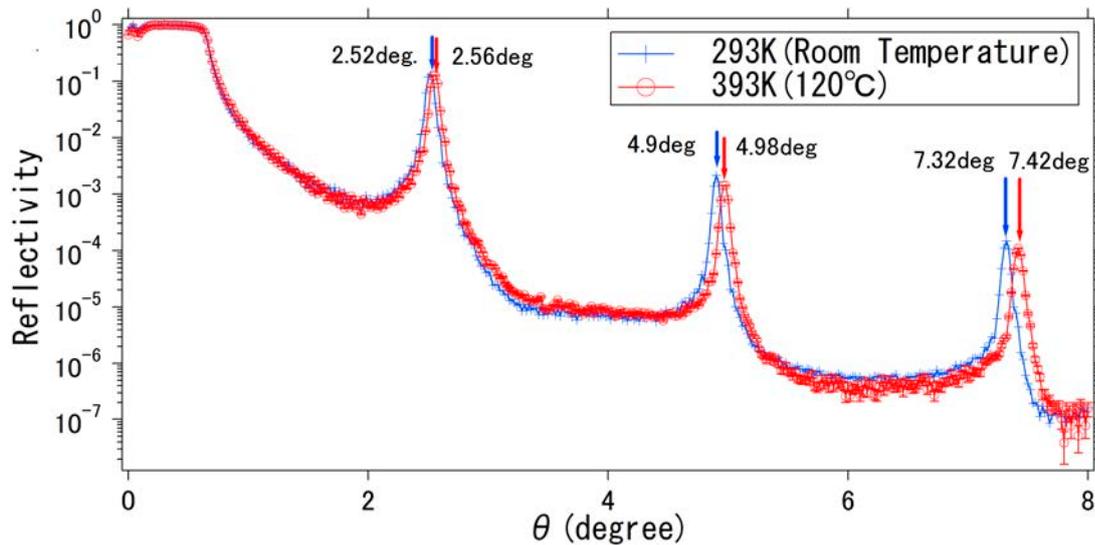


図 5.1 室温及び 120°Cでの多層膜による反射率の測定結果

実験の結果、「室温試料」と比較して「120°C試料」では多層膜の周期が 1.6%縮むことを確認した。また、「120°C試料」における第一ブラッグ反射の強度は室温の試料とほぼ変わらないことを確認した。

この結果から、120°C以下の温度領域において、加熱が反射率に与える影響は少ないと考えられる。今後は加熱する温度領域を広げて温度に対する多層膜の反射率を測定し、得られた反射率のデータから各層の膜厚、密度、表面や界面の粗さ等の薄膜の構造パラメーターを求め、温度に対する多層膜の構造パラメーターへの影響を評価する計画である。

参考文献

- 1) 小林哲也, JRR-3 中性子導管ガラス母材の機械的強度に関する検討, JAERI-Tech 2003-001, 2003, 21p.
- 2) 鈴木正年, 私信.
- 3) Rowe, J. M., Analysis of the Causes and Consequences of Neutron Guide Tube Failures, <https://www.igorr.com/Documents/2005-WASHINGTON/Rowe%20-%20Analysis%20of%20the%20Causes%20and%20Consequences%20of%20Neutron.pdf>, (accessed 2021-2-10).
- 4) Link, P., Neutron Guides, not always perfect, FRM II News 8, 2012, 10, https://www.frm2.tum.de/fileadmin/w00bnv/www/_migrated_content_uploads/frm-ii_news_8_hr.pdf, (accessed 2021-2-10).
- 5) Pullen, S., Davidson, G., Pangelis, S., Klose, F., and Kennedy, S., Repair of the OPAL neutron beam transport system, Joint IGORR 2013 and IAEA Technical meeting 2013,

<https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=45103462>, (accessed 2019-3-15).

- 6) Mâaza, M. et al., Thermal stability of [Ni-Ti] multilayers, SPIE 1738, 1992, p42-52.

This is a blank page.

6. 施設の廃止措置対応

Decommissioning

This is a blank page.

6.1 JRR-4 の廃止措置対応

JRR-4 は、平成 25 年 9 月 26 日に策定した「原子力機構改革計画」に基づく事業合理化の一環として、平成 27 年 12 月 25 日に原子炉施設に係る廃止措置計画認可申請を行った。

平成 28 年度については、平成 29 年 2 月 7 日に原子炉施設に係る廃止措置計画認可申請書の補正申請を行った。

This is a blank page.

7. 研究炉加速器管理部の安全管理

Safety Administration for Department of Research Reactor
and Tandem Accelerator

This is a blank page.

研究炉加速器管理部の安全管理は、各課で行う課安全衛生会議のほか、部内安全審査会及び部安全衛生会議を組織して行っている。また、共同利用建家では、建家安全衛生連絡協議会により、安全管理の調整を図っている。

部内安全審査会は、部長の諮問機関として、原子炉施設及び使用施設等の設置及び変更並びに工事認可に関すること、保安規定、基準、手引等の制定及び変更等に関すること、保安活動又は品質保証活動に関する重要事項に関すること、その他部長が指示した事項に関すること等について、平成 28 年度において 19 回開催され、42 項目について審査を行った。

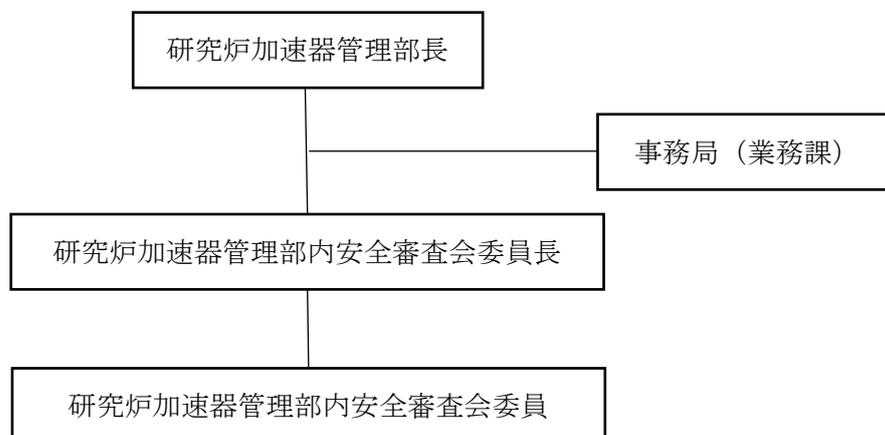
部安全衛生会議では、四半期ごとに実施する部長による部内安全衛生パトロールの結果について周知し、改善等の指示を行うとともに、各担当課長による所掌施設の安全衛生パトロールについて毎月実施した結果を部長に報告する等、部内の安全衛生管理に努めた。また、職員等に対し、保安教育訓練として消火訓練、通報訓練、総合訓練等を実施するとともに、管理区域内で実験・研究を行う利用者及び作業を実施する業者等に対し、管理区域の立入りに係る保安教育訓練を随時実施した。

7.1 研究炉加速器管理部の安全管理体制

研究炉加速器管理部の安全管理は、各課で行われているほか、部内において以下の管理体制で行われた。

(1) 研究炉加速器管理部内安全審査会

部内安全審査会は、原子力科学研究所原子炉施設保安規定に基づく安全審査機関として、また、原子力科学研究所品質保証計画に基づく品質保証審査機関として、原子炉施設及び使用施設等の設置及び変更並びに工事認可に関すること、保安規定、基準、手引等の制定及び変更等に関すること、原子炉施設及び使用施設等の運転に伴う問題に関すること、品質保証活動に関する施設の基本的な事項に関すること、保安活動又は品質保証活動に関する重要事項に関すること、原子炉施設の定期的な評価に関すること、照射キャプセルに関すること、一時管理区域の設定又は解除に伴う作業要領に関すること、核燃料物質の事業所外運搬に用いる輸送容器の設計・開発、製作、取扱い及び保守に関すること、その他部長が指示した事項に関することについて安全審査を行う組織である。以下に組織図を示す。



7.2 安全点検状況

(1) 研究炉加速器管理部内安全審査会

平成 28 年度における研究炉加速器管理部内安全審査会の開催状況及び安全審査状況は、次のとおりである。

開催日	審査事項
平成 28 年 4 月 19 日 (第 1 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原子力科学研究所核燃料物質使用施設等保安規定の一部開催について (第 9 編) 2. 原子力科学研究所原子炉設置変更許可申請書 (JRR-3 原子炉施設等の変更) 本文及び添付書類の一部補正について 3. 医薬用外毒物劇物管理マニュアル (JRR-3 管理課) の廃止について 4. 医薬用外毒物劇物管理マニュアル (JRR-4、NSRR、加速器管理課、研究炉技術課、研究炉利用課、TPL 管理技術課) の一部改正について
平成 28 年 5 月 23 日 (第 2 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 業務の計画及び実施に関する要領の一部改正について 2. 教育・訓練管理要領の一部改正について
平成 28 年 5 月 27 日 (第 3 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設計及び工事の方法の認可申請書 (制御棟、燃料棟、機械棟、照射物管理棟の耐震改修) について (NSRR)
平成 28 年 5 月 30 日 (第 4 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 核燃料物質の使用に係る新許可基準の施行に伴う報告のうち NSRR について
平成 28 年 6 月 17 日 (第 5 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原子力科学研究所核燃料物質使用施設等保安規定の一部改正について (第 9 編)
平成 28 年 6 月 22 日 (第 6 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. トリチウムプロセス研究棟内装設備等の運転手引の制定について 2. JRR-3 本体施設運転手引及び JRR-3 使用施設等本体施設使用手引の一部改正について 3. JRR-3 利用施設運転手引の一部改正について
平成 28 年 7 月 4 日 (第 7 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原子力科学研究所原子炉設置変更許可申請の補正について
平成 28 年 8 月 26 日 (第 8 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 停電時・復電時の点検実施要領の一部改正について
平成 28 年 9 月 20 日 (第 9 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. NSRR 本体施設使用手引の一部改正について 2. 教育・訓練管理要領の一部改正について
平成 28 年 10 月 5 日 (第 10 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. NSRR 原子炉設置変更許可の補正申請について
平成 28 年 10 月 18 日 (第 11 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. JRR-3 本体施設運転手引の一部改正について 2. 業務の計画及び実施に関する要領の一部改正について

開催日	審査事項
平成 28 年 11 月 18 日 (第 12 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原子力科学研究所放射線障害予防規程変更について 2. 廃止措置計画に関連する保安規定へ反映すべき項目のうち、事前検討が必要な項目の方針について
平成 28 年 11 月 29 日 (第 13 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. JRR-4 廃止措置計画申請の補正について 2. 原子炉施設保安規定 (第 2, 6 編) の一部改正について
平成 28 年 12 月 5 日 (第 14 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原子炉施設保安規定 (第 2, 6 編) の一部改正について (継続審議) 2. 核燃料物質の使用の変更の許可申請書 (JRR-1, JRR-3, JRR-4, NSRR, タンデム加速器, TPL, RI 製造棟) の一部補正について
平成 28 年 12 月 12 日 (第 15 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原子炉施設保安規定 (第 1, 5, 6 編) の一部改正について 2. 核燃料物質使用施設等保安規定 (第 1, 6, 11 編) の一部改正について
平成 29 年 1 月 25 日 (第 16 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 文書及び記録の管理要領の一部改定について 2. NSRR 本体施設運転手引及び NSRR 本体施設使用手引の一部改定について
平成 29 年 2 月 14 日 平成 29 年 2 月 17 日 平成 29 年 2 月 20 日 (第 17 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. タンデム加速器建家における放射性同位元素等の許可使用に係る変更の許可申請について 2. 原子力科学研究所核燃料物質使用施設等保安規定の一部改定について (第 6 編 JRR-3 の管理、第 9 編 NSRR の管理、第 11 編 JRR-4 の管理) 3. 制御棒、燃料棟、機械棟、照射物管理棟の耐震改修に係る修理及び改造計画並びに設計及び工事の方法の認可申請書の変更について (NSRR) 報告 4. 原子炉本体、放射性廃棄物の廃棄施設及びその他試験研究用等原子炉の付属施設の構造及び設備の一部変更に係る修理及び改造計画並びに設計及び工事の方法の認可申請書について (NSRR)
平成 29 年 3 月 10 日 (第 18 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. JRR-4 冷凍高圧ガス製造施設運転要領の一部改定について 2. 品質保証体制の理事長トップマネジメントへの変更、組織改正及び職制変更等に伴う文書の改定・廃止について
平成 29 年 3 月 17 日 (第 19 回)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原子炉施設保安規定 (第 6 編) の一部改正について (再審議) 2. JRR-3 使用施設等本体施設使用手引の一部改正について 3. JRR-4 使用施設本体施設等使用手引の一部改正について 4. NSRR 本体施設使用手引の一部改正について 5. JRR-3 利用施設運転手引の一部改正について 6. JRR-4 利用施設運転手引の一部改正について 7. NSRR 本体施設運転手引の一部改正について

(2) 安全衛生パトロール

平成 28 年度における部内の安全衛生パトロールは、次のとおり実施された。

1) 部長による安全衛生パトロール

四半期ごとに実施した。

2) 課長による安全衛生パトロール

課ごとに毎月実施した。

3) 建家安全衛生管理者による安全衛生パトロール

研究炉実験管理棟建家、JRR-3 建家、JRR-4 建家、NSRR 建家、タンデム加速器建家、RI 製造棟及び FEL 研究棟の建家安全衛生管理者による安全衛生パトロールは、四半期ごとに実施した。

7.3 訓練

(1) 研究炉加速器管理部が実施した保安教育訓練

実施年月日	教育訓練件名	教育訓練内容	参加人数
平成 28 年 9 月 13 日	消火訓練	消火器及び消火栓を用いた消火訓練 を実施した。	146 名
平成 28 年 9 月 14 日			131 名

This is a blank page.

8. 国際協力

International Cooperation

This is a blank page.

8.1 文部科学省原子力研究交流制度等

(1) 文部科学省原子力研究交流制度

今年度は、文部科学省原子力研究交流制度に基づく受け入れがなかった。

(2) 国際機関研修制度

JRR-3 管理課では、IAEA からの依頼に基づき、IAEA 技術研修員としてインドネシア原子力庁の研修員 1 名を平成 28 年 9 月 3 日～10 月 5 日までの約 1 ヶ月間受け入れた。研修テーマは「研究炉における点検保守業務について」で、目的は講義と見学を通じて設備・機能等について学び、基礎的な原子炉施設の保守管理について理解を深めることである。本研修では、JRR-3 の保守管理に関する講義や実際の保守作業の点検の見学を実施した。また、JRR-3 以外の原子炉施設（JRR-4、NSRR）や原子力科学研究所内の加速器施設（タンデム加速器、J-PARC）の見学の他、大洗研究所の原子炉施設（HTTR、常陽）の見学を行った。

8.2 外国人招へい制度

今年度は、外国人研究者招へい制度に基づく招へいがなかった。

This is a blank page.

9. あとがき

Postscript

This is a blank page.

あとがき

本報告書は、研究炉加速器管理部各課、放射線管理第 1 課及び放射線管理第 2 課の関係者が平成 28 年度の活動について分担執筆し、研究炉加速器管理部年報編集委員会で編集したものです。

関係者の協力を深く感謝します。

令和 2 年 12 月 編集委員長

研究炉加速器管理部年報編集委員会メンバー

委員長	長	明彦（加速器管理課）
委員	田口	祐司（JRR-3 管理課）
	山田	佑典（JRR-4 管理課）
	袴塚	駿（NSRR 管理課）
	中村	暢彦（加速器管理課）
事務局	坂田	茉美（利用施設管理課）
	田村	格良（研究炉技術課）
	山田	正行（TPL 管理技術課）
	牛島	大介（計画調整課）
	小林	淳子（計画調整課）

※ 所属は執筆又は編集担当時の所属である。

This is a blank page.

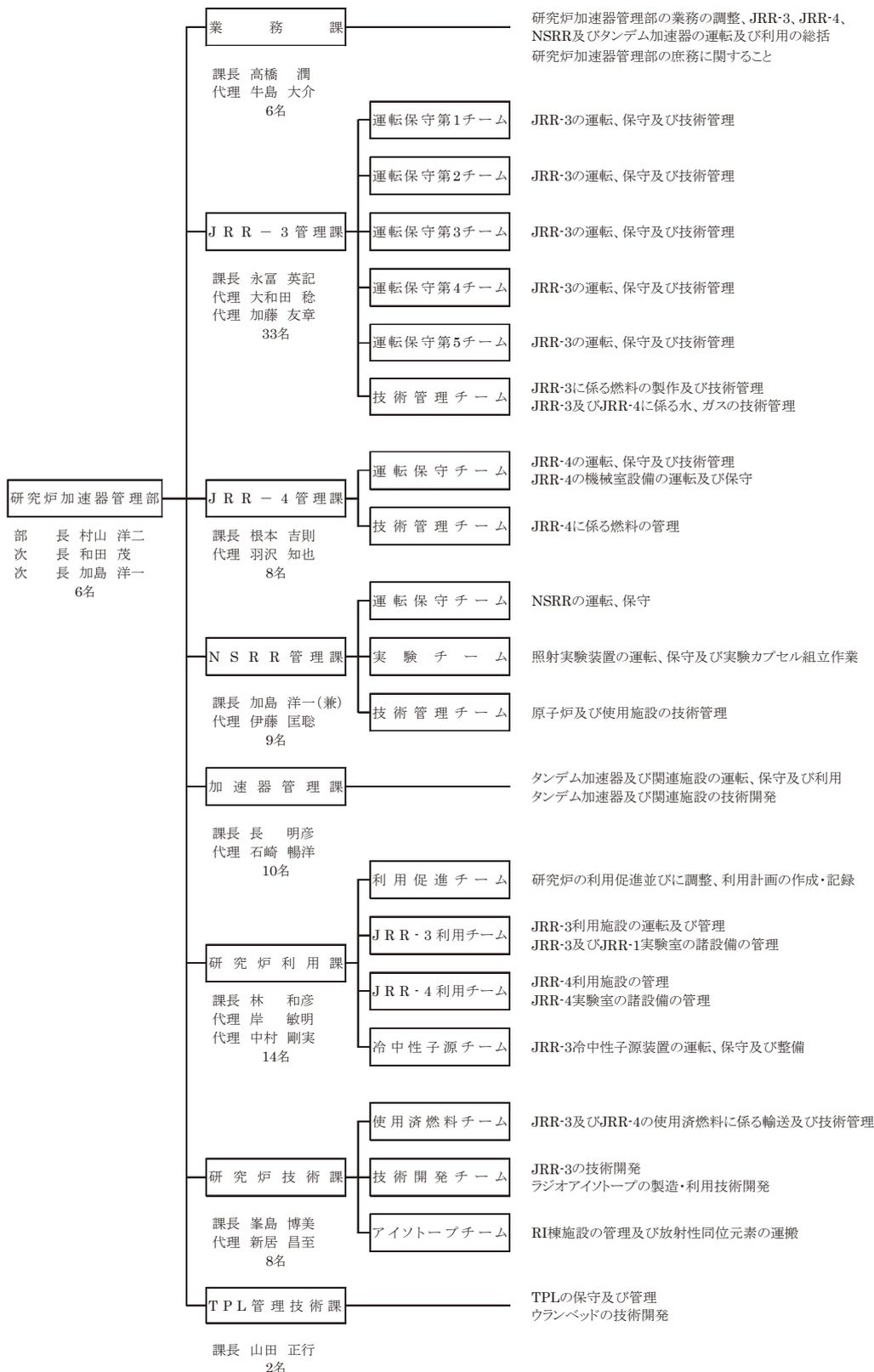
付録

Appendices

This is a blank page.

付録1 研究炉加速器管理部の組織と業務

平成29年3月31日現在



付録2 JAEA-Research 等一覧

著者	標題	レポート No.
研究炉加速器管理部	平成 26 年度研究炉加速器管理部年報; JRR-3, JRR-4, NSRR, タンデム加速器及び RI 製造棟の運転、利用及び技術開発	JAEA-Review 2016-028
研究炉加速器管理部	JAEA-Tokai tandem annual report 2013 April 1, 2013-March 31, 2014	JAEA-Review 2016-025
大内(諭)、車田、 上石、佐藤、池 亀、和田	JRR-3 制御棒駆動装置 100%位置検出器の更新	JAEA-Technology 2016-015

付録3 口頭発表一覧

発表者	標題	発表会議名
		発表月
遊津、松田、 中村(暢)、長、 石崎、田山、 仲野谷、株 本、杓掛、乙 川	原子力機構-東海タンデム加速器の現状	平成 28 年度日本原子 力学会北関東支部若手 研究者発表会 (H28.4)
杓掛、長、石 崎、田山、松 田、仲野谷、 株本、中村 (暢)、乙川、遊 津	原子力機構東海タンデム加速器の現状	第 29 回タンデム加速 器及びその周辺技術の 研究会 (H28.6)
新居、津村、 ほか	次期試験研究炉 (JRR-3 後継炉) の炉心設計,1; 燃料 及び炉心配置の検討	日本原子力学会 2016 年秋の大会 (H28.9)
津村、新居、 ほか	次期試験研究炉 (JRR-3 後継炉) の炉心設計,3; 熱的 余裕の検討	日本原子力学会 2016 年秋の大会 (H28.9)
中村(剛)、坂 佐井、ほか	Development of a moderator-based spherical neutron detector for BNCT	17th International Congress on Neutron Capture Therapy (ICNT-17) (H28.10)
田村(格)、新 居、曾山	JRR-3 中性子導管における据え付け誤差による輸送 効率への影響	日本原子力学会 2017 年春の年会 (H29.3)
求、村尾	NSRR 燃料貯蔵庫の臨界評価	日本原子力学会 2017 年春の年会 (H29.3)

付録4 外部投稿論文一覧

発表者	標題	発表誌名
石黒、和田	JRR-4 の廃止措置について	平成 28 年度弥生研究会「研究炉等の運転・管理及び改良に関する研究会」,P.6_1 - 6_14,2017/03
松田、長、石崎、田山、仲野谷、株本、中村(暢)、沓掛、乙川、遊津	原子力機構-東海タンデム加速器の現状	Proceedings of 13th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan (インターネット), p.1413 - 1417, 2016/11
中村(剛)、坂佐井、ほか	Characteristics of radiation-resistant real-time neutron monitor for accelerator-based BNCT	Journal of Radiation Protection and Research, 41(2), p.105 - 109, 2016/06
米田、新居、ほか	Design and burn-up analyses of new type holder for silicon neutron transmutation doping	Applied Radiation and Isotopes, 113, p.60 - 65, 2016/07

付録5 官庁許認可一覧

炉名	件名		設置変更	設工認・RI	使用前検査等	
J R R 3	JRR-3 取替用燃料体 (第 L22 次) の製作	申請	年月日 番号			平成 22 年 6 月 18 日 22 原機 (科研) 007
		変更	年月日 番号			平成 22 年 8 月 31 日 22 原機 (科研) 012
						平成 23 年 10 月 31 日 23 原機 (科研) 028
						平成 24 年 3 月 6 日 23 原機 (科研) 044
						平成 24 年 9 月 11 日 24 原機 (科研) 005
						平成 25 年 5 月 31 日 25 原機 (科研) 001
						平成 25 年 6 月 18 日 25 原機 (科研) 012
						平成 26 年 4 月 22 日 26 原機 (科研) 003
						平成 27 年 4 月 23 日 27 原機 (科研) 006
	認可 合格	年月日 番号			—	
	JRR-3 原子炉施設 の変更に係る設計 及び工事の方法の 認可申請 (制御棒案 内管の製作)	申請	年月日 番号		平成 23 年 8 月 19 日 23 原機 (科研) 020	
		変更	年月日 番号		—	
		認可 合格	年月日 番号		—	
	施設定期検査申請 書 (JRR-3)	申請	年月日 番号			平成 22 年 10 月 18 日 22 原機 (科研) 019
		変更	年月日 番号			平成 23 年 6 月 1 日 23 原機 (科研) 010
					平成 23 年 9 月 27 日 23 原機 (科研) 025	
					平成 24 年 10 月 18 日 24 原機 (科研) 006	

炉名	件名		設置変更	設工認・RI	使用前検査等	
					平成25年5月31日 25原機(科研)002	
					平成25年6月18日 25原機(科研)011	
					平成25年10月18日 25原機(科研)017	
					平成26年4月22日 26原機(科研)001	
					平成26年10月21日 26原機(科研)006	
					平成27年4月23日 27原機(科研)003	
					平成27年10月6日 27原機(科研)008	
					平成28年9月30日 28原機(科研)002	
		認可合格	年月日 番号			—
J R R 4	施設定期検査申請書(JRR-4)	申請	年月日 番号			平成22年12月1日 22原機(科研)021
		変更	年月日 番号			平成23年5月31日 23原機(科研)008
						平成25年5月31日 25原機(科研)003
						平成25年6月18日 25原機(科研)010
						平成26年4月22日 26原機(科研)002
						平成26年11月6日 26原機(科研)008
						平成27年4月23日 27原機(科研)004
						平成27年10月23日 27原機(科研)009

炉名	件名		設置変更	設工認・RI	使用前検査等
					平成28年10月25日 28原機(科研)003
		認可 合格	年月日 番号		—
N S R R	施設定期検査申請 書(NSRR)	申請	年月日 番号		平成26年11月14日 26原機(科研)007
		変更	年月日 番号		平成27年4月23日 27原機(科研)005
					平成28年1月8日 27原機(科研)010
					平成29年1月5日 28原機(科研)004
		認可 合格	年月日 番号		—
JRR- 3 及び JRR- 4用	核燃料輸送物(JRC- 80Y-20T型)の設計 変更承認申請につ いて	申請	年月日 番号		平成28年6月24日 28原機(科研)001
		変更	年月日 番号		—
		認可 合格	年月日 番号		—

付録6 表彰、特許

[表彰]

・平成28年度原子力科学研究所長表彰

創意工夫功労賞

「タンデム加速器シミュレータの開発による運転効率性の向上」

受賞者	加速器管理課	遊津	拓洋
	加速器管理課	松田	誠
	加速器管理課	中村	暢彦
	加速器管理課	杳掛	健一
	加速器管理課	田山	豪一
	加速器管理課	仲野谷	孝充
	加速器管理課	株本	裕史
	加速器管理課	乙川	義憲

受賞年月日 平成28年12月21日

[特許]

なし

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량	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 組立単位	
	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	毎メートル	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
磁界の強さ	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	キログラム毎立方メートル	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
比透磁率 ^(b)	(数字の)	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 ^(e)	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	S	A/V	m ² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照射度	ルーメン	lm	cd sr ^(e)	cd
放射線量	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		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
酸素活性化	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
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ = s ⁻¹
角加減	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² = s ⁻²
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	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 s A
電表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
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 s A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ 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	名称	記号	乗数	名称	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	ヘクタ	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=60 s
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/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI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	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=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=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=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単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	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	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=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π)A m ⁻¹

(a) 3元系の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=0.2 g=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	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

