

JMTR 運転管理活動報告 (2010 年度)

Annual Report of JMTR FY2010

材料試験炉部

Department of JMTR Operation

大洗研究開発センター

照射試験炉センター

Neutron Irradiation and Testing Reactor Center Oarai Research and Development Center

March 2012

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 7319-1195 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

© Japan Atomic Energy Agency, 2012

JMTR 運転管理活動報告(2010年度)

日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター 照射試験炉センター 材料試験炉部

(2011年12月22日 受理)

2007 年度から 2010 年度までの予定で JMTR (Japan Materials Testing Reactor) の一部更新 を進め、予定通り更新工事を終了した。

原子炉の運転管理では、施設定期検査の受検、施設定期自主検査等の安全を確保するための保守管理、原子炉施設の一部更新を行った。燃料の管理においては、2011 年度からの JMTR の再稼働に向けて燃料の製作を行っており、受け入れは、2011 年 4 月の予定である。 照射設備の運転管理では、照射施設の施設定期自主検査及び定期点検、照射設備の整備及び一部更新を行った。ホットラボでは、ホットラボ施設の施設定期自主検査、JMTR で照射された材料試料の照射後試験等を行った。放射線管理に関しては、本体施設、照射施設及びホットラボ施設において、保安規定に定める線量限度を十分に下回り、安全に作業を行うことができた。

また、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による設備、機器等への被害の状況について調査、確認等を行った。

本報告は、2010年度に行ったこれらの活動についてまとめたものである。

大洗研究開発センター:〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002

Annual Report of JMTR FY2010

Department of JMTR Operation

Neutron Irradiation and Testing Reactor Center Oarai Research and Development Center Japan Atomic Energy Agency

Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received December 22, 2011)

Refurbishment works of the JMTR was carried out in plans from FY2007 to FY2010 and

finished all refurbishment work on schedule in this year.

Regarding the management and operation of the JMTR, the periodical inspection of facilities

based on the law, voluntary periodical inspection, maintenance and partial renewal works of

facilities were carried out, and the fabrication of the fuel for restart has been carried out. As for the

management and operation of irradiation facilities, voluntary periodical inspection, maintenance

and partial renewal works of facilities were also carried out. In the hot laboratory, voluntary

periodical inspection, maintenance and post-irradiation examinations of irradiated materials were

carried out. As for the radiation control at the JMTR facility, irradiation facility and hot laboratory facility, the limit of the radiation exposure dose defined by the safety regulation works were carried

out safely under far below.

An investigation was carried out about the situation of the damage to the facilities and the

devices caused by the Great East Japan Earthquake happened in March 11, 2011.

This report describes the FY2010 activities on above mentions.

Keywords: JMTR, Refurbishment, Hot Laboratory, Post-irradiation Examination

ii

目 次

1.	はじめに							
2.	原子炉施設の運転管理							
3.	照射設備の運転管理							
4.	ホットラボの運転管理11							
5.	放射線管理							
6.	環境管理22							
7.	あとがき							
付銀	录1 原子炉施設管理部の組織							
付銀	录 2 外部発表							
付銀	录 3 研究開発報告書類							
付銀	录 4 官庁申請許認可一覧							
	Contents							
1.	Introduction							
2.	Reactor Facility							
3.	Irradiation Facility							
<i>3</i> .	Hot Laboratory							
5.	Radiation Monitoring							
6.	Environmental Management							
7.	Summary							
App	pendix1 Organization of Department of JMTR Operation							
App	pendix2 Publication and Presentations							
App	pendix3 JAEA Publication Reports							
App	pendix4 License and Approval Granted by the Regulatory Authority							

JMTR 運転管理活動報告(2010年度)図及び表一覧

図一覧

- 図 2.1 JMTR 運転及び保守作業工程
- 図 4.1 ホットラボ 1 階平面図

表一覧

- 表 2.1 JMTR の液体廃棄物の放射能濃度及び放射能量
- 表 2.2 JMTR 原子炉施設の放射性固体廃棄物(β・γ)の発生量
- 表 2.3 大洗研究開発センター(北地区)原子炉施設保安規定第 5 編第 38 条に係る修理及び改造(本体施設等)
- 表 2.4 その他の修理及び改造(本体施設等)
- 表 3.1 JMTR 照射装置の諸元
- 表 3.2 キャプセル照射装置の保有台数
- 表 3.3 大洗研究開発センター(北地区)原子炉施設保安規定第 5 編第 38 条に係る修理及び改造(照射設備)
- 表 3.4 大洗研究開発センター(北地区)核燃料物質使用施設等保安規定第 5 編第 18 条に係る修理及び改造(照射設備)
- 表 4.1 放射性固体廃棄物($\beta \cdot \gamma$)の発生量(2010年度)
- 表 4.2 セル内汚染除去作業実績(2010年度)
- 表 5.1 放射線業務従事者の実効線量の状況(本体施設及び照射設備:2010年度)
- 表 5.2 放射性気体廃棄物の放出状況(本体施設及び照射設備:2010年度)
- 表 5.3 JMTR から廃棄物管理施設へ移送した放射性液体廃棄物の状況 (2010 年度)
- 表 5.4 放射線業務従事者の実効線量の状況 (ホットラボ施設:2010年度)
- 表 5.5 放射性気体廃棄物の放出状況 (ホットラボ施設:2010年度)
- 表 5.6 ホットラボ施設から廃棄物管理施設へ移送した放射性液体廃棄物の状況(2010年度)

1. はじめに

JMTR (Japan Materials Testing Reactor) は、熱出力 50MW の高中性子束の材料試験炉であり、照射後試験施設(ホットラボ)を併設している。動力炉国産化技術の確立と国産動力炉の開発のための原子炉材料及び燃料の照射試験、RI の生産を主な目的として JMTR は設置され、1970年(昭和 45 年)の利用運転開始以来、国内唯一の炉内照射試験専用の原子炉として、軽水炉燃料・材料、核融合炉材料等の研究開発、材料基礎研究、RI の生産等に日本原子力研究開発機構内外に広く利用されてきた。

2010 年度は前年度に引き続き施設の改修のため JMTR の利用運転は行わなかった。

原子炉施設の運転管理では、主に保守管理、燃料管理、施設の一部更新を行った。保守管理については、施設定期検査、施設定期自主検査、日常点検等を実施した。燃料の管理では、2011 年度の再稼働に向けて、新たな燃料を仏国 CERCA 社において製作中である。使用済燃料の対米国輸送については行なわなかった。施設の一部更新では、予防保全の観点から一次冷却設備の一部更新等を行った。

照射設備の運転管理では、保守管理、施設の整備及び一部更新を行った。保守管理については、キャプセル照射装置、水力ラビット照射装置及び BOCA/OSF-1 照射装置の長期停止期間中維持管理 点検、照射設備に係る施設定期自主点検及び定期点検を実施した。施設の整備及び一部更新については、ヘリウムー3出力制御型沸騰水キャプセル照射設備の一部の製作・更新、OSF-1 照射装置の一部更新等を行った。

ホットラボの運転管理では、ホットラボ施設の安全な運転及び照射後試験の円滑な遂行を目的として、施設定期自主検査を実施した。また、施設の一部更新、微細組織解析室(TEM)の整備のための作業、セルの内の汚染除去等を行った。照射後試験利用状況としては、2010年度は6件の利用申し込みがあり、延べ29項目の照射後試験を実施した。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の直後に商用系電源が停止したが、運転中であった非常用発電設備は運転を継続し、施設の状態監視等、安全確保のための設備への給電を行った。商用系電源復帰後に各建家等の点検を行った。また、この地震の影響により、予定されていた使用前検査等の日程については変更を行った。

2. 原子炉施設の運転管理

2.1 運転

(1) 実績

JMTR は 165 サイクル (2006 年 8 月) をもって運転を停止して以降、2011 年までの予定で原子 炉施設を更新中である。このため、2010 年度は運転を実施していない。

2010年度の JMTR 運転及び保守作業工程を図 2.1 に示す。

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
運転 施設定期検査期					期間((2006 年	9月1	日より))			
	本体施設											
施設定期自主検査						照	中施設 射施設 定施設					
口工队五												

図2.1 JMTR運転及び保守作業工程

(2) 水質管理

プールカナル系統(純水を使用)は、精製系統を有しており、その水質は、定期的にポンプで循環させることにより、管理目標値である pH 5.5~7.0 、電気伝導度 $2\,\mu$ S/cm 以下に管理することができた。

原子炉の二次冷却系統及び UCL (Utility Cooling Loop) 系統では、系内の腐食防止のため防食剤を添加したろ過水を使用している。さらに藻等の発生防止のため次亜塩素酸ナトリウム、スケールの付着防止のため硫酸を注入している。水質は管理目標値である pH 7.5~8.0 、電気伝導度 $300\sim400~\mu$ S/cm、残留塩素 0.5ppm 以上に管理することができた。

(3) 液体廃棄物の発生量

JMTR から排出される放射性廃液は、タンクヤードにある廃液タンクに貯留され、ここから廃棄物管理施設へ移送する。

2010年度に発生した液体廃棄物の放射能濃度及び放射能量を表 2.1に示す。

表 2.1 JMTR の液体廃棄物の放射能濃度及び放射能量

系統名	項目	第1,2廃液	第4,5廃液	第6,7廃液	合計
		タンク	タンク	タンク	
液体廃棄物A	廃液量(m³)	_	_	_	_
A系統	最高濃度(Bq/m³)	_	_	_	_
	放射能(MBq)	_	_	_	_
液体廃棄物A	廃液量(m³)	_	_	26. 0	26. 0
B系統	最高濃度(Bq/m³)	_	_	2.0×10^6	2.0×10^{6}
	放射能(MBq)	_	_	3.51×10^{1}	3.51×10^{1}
液体廃棄物B	廃液量(m³)	_	_	_	_
	最高濃度(Bq/m³)	_	_	_	_
	放射能(MBq)			_	_
合計	廃液量(m³)		_	26. 0	26. 0
	放射能(MBq)	_	_	3.51×10^{1}	3.51×10^{1}

(4) 気体廃棄物の発生量

原子炉施設の排気口から放出された放射性塵埃及び放射性ガスの年間平均濃度及び年間放出量を表 5.2 に示す。

(5) 固体廃棄物の発生量

JMTR から発生した放射性固体廃棄物は、分別して各々指定の容器に収納し、適時廃棄物管理施設へ引き渡した。なお、第4四半期については、廃棄物管理施設において生じた「不適切な廃棄物管理」の対応のため、廃棄物管理施設への廃棄物搬出は行なわなかった。放射性固体廃棄物の発生量を表2.2に示す。

表2.2 JMTR原子炉施設の放射性固体廃棄物(β・γ)の発生量

廃棄物種別	可燃	不燃	フィルタ
第1四半期	7. 620	4. 880	0. 115
第2四半期	7. 680	3. 440	0
第3四半期	3. 080	3. 440	0
第4四半期	0	0	0
合計	18. 380	9. 440	0. 115

(単位: m³)

2.2 保守管理

JMTR の安全を確保するため、JMTR 本体施設及び特定施設に係る保守管理を行った。

(1) 施設定期検査

JMTR は、第 165 サイクル運転をもって、一旦停止し、2011 年度の運転再開に向けた原子炉施設の更新を念頭に置きつつ、今後の施設維持に必要な工事に着手した。長期停止となることから、2006 年度の検査においては継続的に機能を維持する必要のある設備について受検した。2006 年度以降の施設定期検査は、検査の基準に達していると確認された施設について、1 年を超えない期間ごとに再度個別の検査を実施し、検査の基準に達していることを確認する。第 5回検査は、2010 年 12 月 16、17 日に受検した。

(2) 施設定期自主検査

原子炉施設保安規定及び核燃料物質使用施設等保安規定に基づく施設定期自主検査として、 JMTR本体施設及び特定施設について点検整備を行うとともに、所要の検査を実施し、全て合格 した。

(3) 月例点檢·日常点檢

クレーン、エレベーター、気密扉(年 6 回)、バッテリー(年 3 回)について、月例点検等により定期的に健全性を確認した。また、クレーン及びボイラ施設について、法令に基づく性能検査を受験し、合格した。

(4) 炉心要素管理

JMTRでは、反射体等の各炉心要素の使用限界を中性子照射量及び変形量(曲がり量)から定め、要素の管理を行っている。反射体要素については、外観検査によって有害な変形及び損傷がないことを確認した。また、今後の運転予定期間を考慮し、予防保全のため、2010年2月24日から実施しているベリリウム枠、ガンマ線遮へい板の更新を、2010年5月27日に終了した。

(5)-1 原子炉保安規定に係る修理及び改造

大洗研究開発センター(北地区)原子炉施設保安規定第 5 編第 38 条に係る修理及び改造を表 2.3 に示す。

計測制御系統施設の一部更新に係る使用前検査が2011年3月1日から3月11日までの予定で実施されていたが、東北地方太平洋沖地震により、使用前検査を延期した。

表 2.3 大洗研究開発センター(北地区)原子炉施設保安規定第 5 編第 38 条 に係る修理及び改造(本体施設等)

設備の名称	期間	修理及び改造理由	修理及び改造方法
○原子炉冷却系統のうち	2010年11月15日	予防保全	更新
一次冷却設備の一部	~		
	2011年2月28日		
装置の名称	2011 2), 20 H		
充填ポンプ			

(5)-2 その他の修理及び改造

その他の修理及び改造等を行った設備について、理由及び方法を表 2.4 に示す。

表 2.4 その他の修理及び改造(本体施設等)

設備の名称	期間	修理及び改造理由	修理及び改造方法			
○給排気設備						
給気系フィルタ交換作業	2010年5月31日~	予防保全	一部交換			
	6月10日					
チャコールフィルタ再生	2010年6月7日~	予防保全	一部交換			
	10月5日					
排気系フィルタ交換作業	2010年10月19日	予防保全	一部交換			
	~10月5日					
○空気設備						
空調用空気圧縮機クランク	2010年8月30日~	予防保全	一部交換			
軸交換作業	9月1日					
○UCL 冷却系統設備						
UCL 冷却塔補修	2010年11月17日	予防保全	一部更新			
	~12月16日					
○CF 冷却系等設備	○CF 冷却系等設備					
CF 循環ポンプ点検整備	2010年9月1日~	予防保全	一部交換			
	9月9日					

2.3 燃料管理

(1) 受け入れ

2010 年度の燃料の受け入れは無かった。また、2011 年度の JMTR 再稼働に向けて、仏国 CERCA 社において燃料製作を開始している。受け入れは、2011 年 4 月の予定である。

(2) 払い出し

2010年度における使用済燃料の対米国輸送は無かった。

(3) 査察

2010 年度の IAEA 査察は、ランダム査察が 3 回実施され、2010 年度のフォローアップ査察が 2010 年 7 月 9 日に実施された。また、年 1 回の PIV(実在庫検認)が 2010 年 8 月 19、20 日に 実施された。

2.4 震災に係る施設の状況

3月11日(金)14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により商用系電源が停止したが、非常用発電設備のディーゼル発電機を運転している独立2系統送電状態であったため、D系ラインの電源の供給状態は維持された。それにより、原子炉建家換気設備の構成設備である非常用排気設備の運転が継続され、炉室の負圧は維持された。電源系統については、3月13日に商用系電源が復旧したため、翌3月14日に復電作業を行い、同日13:19に独立2系統送電から商用系送電へ切替えた。東北地方太平洋沖地震後のJMTR原子炉施設の点検については、地震後パトロール点検表により点検を行い、重大な異常がないことを確認した。また、復電後に再度施設の点検を行った。

3. 照射設備の運転管理

3.1 運転

JMTR には、照射設備として、キャプセル照射装置、水力ラビット照射装置及び BOCA (<u>Boiling</u> Water <u>Capsule</u>) /OSF-1 (<u>Oarai Shroud Irradiation Facility</u>) 照射装置があり、これらを用いて種々の照射試験を行うことができる。各照射装置の諸元を表 3.1 に示す。

各照射装置の状況は、以下のとおりである。

(1) キャプセル照射装置

キャプセル照射装置は、長期停止期間中維持管理点検を実施した。計測付キャプセルの照射装置として、真空温度制御とヒータ温度制御の両方の機能を併せ持つ併用型キャプセル温度制御装置9台、BFT (<u>B</u>lanket <u>F</u>unctional <u>T</u>est) キャプセル制御装置1台がある。なお、真空温度制御・ヒータ温度制御併用装置は、1台当たり標準的な温度制御キャプセル2本を同時に照射する能力がある。キャプセル照射装置の保有台数を表 3.2 に示す。

(2) 水力ラビット照射装置

水力ラビット照射装置は、長期停止期間中維持管理点検を実施した。

(3) BOCA/OSF-1 照射装置

BOCA 照射装置は 2001 年度から運転を休止している。 OSF-1 照射装置は, 炉内管を冷却する 炉内管頂部にシールプラグを装着した状態で、長期停止期間中維持管理点検を実施した。

表 3.1 JMTR 照射装置の諸元

四针壮罕	√A ±π++	冷却材温度	冷却材圧力	最大高速中性子束	最大熱中性子束
照射装置	冷却材	(\mathcal{C})	(MPa)	$(\mathbf{m}^{-2} \cdot \mathbf{s}^{-1})$	$(\mathbf{m}^{-2} \cdot \mathbf{s}^{-1})$
キャプセル	軽水	約 50	約1.4	2.1×10^{18}	3.7×10^{18}
水力ラビット	軽水	約 40	約2.0(最大)	4. 3×10^{16}	7.7×10^{17}
BOCA/OSF-1	軽水	約 273*	7. 2	1.3×10^{17}	2.0×10^{18}

^{*}沸騰水キャプセル本体

照射装置	試料最大外径 (mm)	特長
. → L- 1	30、40、60、65、	照射目的に応じて中性子東密度・照射温度の柔軟な
キャプセル	78	設定が可能
水力ラビット	32	照射時間を制御して目的の照射量を得ることが可
水ガブビッド	32	能
BOCA/OSF-1	32	正確な出力評価に基づく BWR 燃料の出力急昇試験
DOCA/ USF-1	32	が可能

表 3.2 キャプセル照射装置の保有台数

キャプセル照射装置	計
併用型キャプセル	0
温度制御装置	9
BFT キャプセル制御装置	1

3.2 保守管理

2010年7月21日から同年12月28日までに、照射設備に係る施設定期自主検査及び定期点検を実施した。

(1) 施設定期自主検査

原子炉施設保安規定及び核燃料物質使用施設等保安規定に基づき、各照射装置の施設定期自主検査を実施し、全て合格した。ただし、BOCA/OSF-1 照射装置の一部は、修理及び改造中のため検査可能な項目についてのみ実施した。

(2) 定期点検

キャプセル照射装置、BOCA/OSF-1 照射装置、水力ラビット照射装置及び照射設備の共通設備について、運転に使用する機器や治具等の定期点検を実施し、BFT キャプセル照射装置の工業計器の流量調節計に指示不良が確認された(2011 年度に計器の交換を予定)。その他についての結果は良好であった。ただし、BOCA/OSF-1 照射装置の一部は、修理及び改造中のため点検可能な項目についてのみ実施した。

(3)-1 原子炉保安規定及び核燃料物質使用施設等保安規定に係る修理及び改造

大洗研究開発センター (北地区)原子炉施設保安規定第 5 編第 38 条に係る照射装置の修理及び改造を表 3.3 に示す (修理及び改造計画は、2009 年に承認を得、2011 年 3 月に終了予定であったが、2011 年 3 月 11 日に起きた東北地方太平洋沖地震により工事計画等の変更があり予定期間の延長を行った)。大洗研究開発センター (北地区)核燃料物質使用施設等保安規定第 5 編第 18 条に係る照射装置の修理及び改造を表 3.4 に示す (修理及び改造計画は、2010 年 7 月に承認を得、2011 年 3 月に終了予定であったが、2011 年 3 月 11 日に起きた東北地方太平洋沖地震により工事計画等の変更があり予定期間の延長を行った)。

(3)-2 その他の修理・改造及び整備

その他に修理・改造及び整備を行った装置等について以下に示す。

- ①併用型キャプセル温度制御装置9台のうち7台を予防保全の観点から更新した。本装置は、 平成21年度に2台の更新を行っていることから、9台全ての更新が終了した。
- ②現在のキャプセル関係の電源容量では、今後の照射利用の観点から容量不足となることから、 併用型キャプセル温度制御装置の計装及びヒータ系統に電力を供給するためのキャプセル 電源設備等の整備を行った。
- ③水力ラビット照射装置について、予防保全の観点から(a)循環ポンプの分解点検、(b)挿入装置・取出し装置及び通過検出器の分解点検、(c)三方弁、安全弁の分解点検を実施した。
- ④0SF-1 照射装置で使用するキャプセル交換機について、2011 年度からの原子炉再稼働に向けて点検・整備を行った。
- ⑤2012 年度に予定されている軽水炉実機水環境模擬照射装置の設置のため、旧 0GL-1 キュービ クルの整備を行った。

⑥2012 年度に予定されている高精度照射時間制御型汎用照射設備の設置のため旧 HR-2 の整備を行った。

⑦原子力安全・保安院からの受託事業で、材料試験炉(JMTR)を活用した軽水炉用材料の中性子照射試験を計画しており、「材料照射試験装置」は平成20年度から平成24年度の5年間で整備している。本装置は、BWR及びPWRの炉水条件を模擬した環境を作り出して材料試験を行うための炉外装置である。

今年度は、BWR の炉水条件を摸擬するための炉外装置である BWR 用照射環境制御装置を 2 基 6 系統(最大照射キャプセル 6 本の照射試験が可能)の現地据付・調整が完了した。

表 3.3 大洗研究開発センター(北地区)原子炉施設保安規定第 5 編第 38 条 に係る修理及び改造(照射設備)

設備の名称	期間	修理及び改造理由	修理及び改造方法
ヘリウムー3出力制御型沸騰	2009年4月22日~	照射試料の変更に	製作
水キャプセル照射設備のうち	2011年6月30日	伴う対応	
沸騰水キャプセル本体			
OSF-1 照射装置のうち集中操	2009年8月17日~	予防保全	更新
作盤	2011年5月31日		
ヘリウムー3出力制御型沸騰	2010年2月1日~	照射試験への対応	更新
水キャプセル照射装置のうち	2011年5月31日	及び予防保全	
キャプセル制御装置、ヘリウ			
ムー3出力可変装置の一部			

表 3.4 大洗研究開発センター(北地区)核燃料物質使用施設等保安規定第 5 編第 18 条 に係る修理及び改造(照射設備)

設備の名称	期間	修理及び改造理由	修理及び改造方法
BOCA 照射装置のうち沸騰水キ	2010年7月30日~	照射試料の変更に	製作
ャプセル本体	2011年6月30日	伴う対応	
OSF-1 照射装置のうち集中操	2010年7月30日~	予防保全	更新
作盤	2011年5月31日		
キャプセル制御装置、	2010年7月30日~	照射試験への対応	更新
計測制御系及び警報装置	2011年5月31日		

4. ホットラボの運転管理

4.1 運転管理

4.1.1 照射後試験

JMTR のホットラボは、1971 年から、原子力分野で使用される燃料や材料の研究・開発のため、 主に JMTR で照射された試料の非破壊試験や破壊試験を含む広範囲な照射後試験を行っている。 また、照射された RI 試料の搬出等も行っている。

ホットセルは、付属する顕微鏡鉛セルを含む β ・ γ 取扱い施設であるコンクリートセル、材料試験用鉛セル及び材料試験用鉄セルの 3 つのラインで構成されている。これらの配置を図 4.1 に示す。

2010 年度は、6 件の利用申し込みがあり、延べ 29 項目の照射後試験を実施した。主な照射後試験として、「高経年化 BWR プラントの維持基準策定のための IASCC データ整備に関する研究」として、SUS304 材のき裂進展試験、試験後疲労破壊、SEM 観察、試料調整、超微小硬さ試験、EBSD 観察等を行った。また、「高経年化対策強化基盤整備事業」として、圧力容器鋼材 A533B のミニシャルピー試験、破壊靭性試験、引張試験、硬さ試験等を行った。

4.1.2 特定施設の運転

本体施設の運転に伴い運転する特定施設(給排気設備、空調設備、給排水衛生設備)について、 正常に運転した。本年度は、高圧受電設備に係る受電盤、変圧器、遮断器及びバスバーの更新を 行った。

4.1.3 遮へい容器の搬入、搬出状況

遮へい容器を使用した事業所外輸送については、A 型輸送物 3 件 (RGM-98H, 99H, 100H) 及び L 型輸送物 1 件 (H22-07HL) の搬入があった。

4.1.4 放射性廃棄物の管理

ホットラボ施設の照射後試験等に伴って放出された放射性塵埃・ガスについては特に異常は認められなかった。また、発生した放射性液体廃棄物 33 m³は、JMTR タンクヤードへ送水した。放射性固体廃棄物については、大洗研究開発センター廃棄物管理施設へ搬出した。放射性固体廃棄物の発生量を表 4.1 に示す。放射性固体廃棄物については、第3四半期に廃棄物 Bを搬出後廃棄物管理施設において生じた「不適切な廃棄物管理」の対応のため、ホットラボ施設から廃棄物管理施設への廃棄物搬出は行なわなかった。

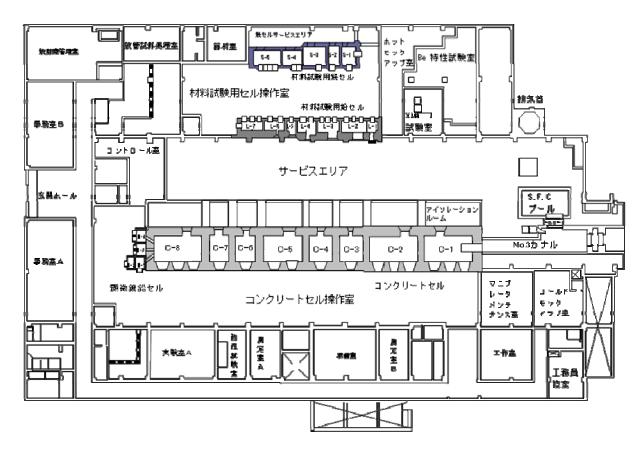


図 4.1 ホットラボ 1 階平面図

表 4.1 放射性固体廃棄物 (β ・ γ) の発生量 (2010 年度)

区分	廃棄物 A(n	n ³)	廃棄物 B (m³)		
四半期	可燃	不 燃	フィルタ	キャン	その他
第1四半期	3. 18	4. 16	1. 98	0.04	0.00
第2四半期	1. 46	0.78	0. 19	0.04	0.00
第3四半期	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
第4四半期	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合 計	4. 64	4. 94	2. 17	0. 12	0.00

4.2 保守管理

4.2.1 概要

ホットラボ施設の安全な運転及び照射後試験の円滑な遂行を目的として、施設定期自主検査を 毎年度実施している。2010年度の施設定期自主検査は、本体施設について2010年8月19日から 10月1日、特定施設について2010年8月12日から2011年2月22日の間に適時実施した。

4.2.2 施設定期自主検査

核燃料物質使用施設等保安規定及び放射線障害予防規程に基づく施設定期自主検査及び定期自 主検査として、ホットラボ施設の本体施設及び特定施設について点検整備を実施し全て合格した。

4.2.3 月例点検·日常点検

定期的に本体施設及び特定施設の健全性を確認するため、本体施設に関してはセル安全装置の 監視盤、インセルモニタ、セルの警報装置、負圧計についての月例点検、また特定施設に関して はセル及び排風機差圧の月例点検を実施した。

設備の安全を確保しつつ、照射後試験業務を遂行するため、日常点検によりセルの安全装置、電源設備、廃棄設備(気体・液体)等の点検を実施した。

4.2.4 建家の補修、機器・設備の更新、購入及び整備

(1) 特定施設

特定施設では、変圧器、遮断器及び受電盤を含む高圧受電設備の更新、給気第4系統ダクトの 更新を実施した。

(2) 本体施設

本体施設では、保安院事業で製作したキャプセル試料組込装置の設置作業、施設検査申請を行い、文科省の立会検査を受検し、これに合格した。

(3) 保安院事業

燃料照射試験のための試料を輸送する国内輸送容器 (JMHL-78Y15T型) について密封容器 (R) 及び密封内容器 (R)、試料スペーサー (R) の製作を行った。製作後文科省の立会検査を受検したが、製作物の一部に不適合が生じたため、不適合措置を実施して再加工後、受入れを行った。その後、容器承認補正申請を行いこれに合格した。

(4) 最先端基盤事業

最先端基盤事業として、ベリリウム特性試験室に微細組織観察装置(TEM)を設置するためベリリウム特性試験室に係る RI 変更申請を行い 2 月に承認を得た。承認後、ブランケット照射開発グループによりベリリウム試験室の貯蔵庫、グローブボックスの撤去作業を行った後、微細組織解析室の整備として、壁・天井等の補修作業、排気系統の整備、電源盤等の整備を行った。その後微細組織観察装置(TEM)の製作、微細組織試料移送用遮へい容器の製作及び放射線エリアモニ

タ、TEM 用試料ホルダ、電解研磨装置、TEM 試料用外観観察装置、イオン研磨装置、ダストモニタ及びハンドフットモニタ、TEM 試料用局所観察装置、画像処理装置の購入等を行った。また、RI 抽出作業セルの整備として、材料試験用鉛No2セル低歪速度引張試験装置の鉄No5セルへの移設、装置移設後の鉛No2セル内のライニング及びRI 抽出用試料のセル間移送容器の整備を行った。

(5) 人材育成事業

人材育成事業としては、最先端研究基盤 JMTR 及び関連施設を用いた研修講座の中でホットラボを利用して行う「照射後試験講座」において使用する引張試験片(ラビット照射用試験片)、試験冶具等の製作、解体用模擬パイプ等の購入を行った。

4.2.5 震災による施設の保全措置

(1) 地震時の措置

2011年3月11日(金)14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により、商用系電源が停止し機器への電源供給が困難となったが、コンクリートセル、材料セル排風機はJMTRから独立2系統(非常用発電機)で受電しての連続運転中であったため、セルの負圧を維持することができた。地震後も余震が続く中、ホットラボ施設の点検を行い異常のないことを確認すると共に安全対策としてセルに目張り等を実施した。一方、浄水場からの上水が断水したため高架水槽に貯留水が少なくなり、空気圧縮設備の冷却が不可能となるため、17時38分に空気圧縮設備並びに給排気設備を停止した。

商用系電源については、3月14日11時05分、上水、濾過水については3月15日(火)に復帰し、復帰後あらためて施設保全のためのホットラボ点検を実施した。その後余震の発生状況をみながら3月23日(水)11時05分コンクリートセル、材料セルの排風機を起動した。給気については、福島第一原子力発電所からの飛来による放射性物質の影響を考慮し停止したままの状態とした。

(2) 照射後試験の停止

地震時に実施中の照射後試験は、コンクリートNo6 セルでの連続通電によるき裂進展試験だけであった。本試験は地震時の停電により自動停止となった。その他のセルについては、JMTR 再稼働に向けての施設整備等の作業に人員を多く配していたこともあり、照射後試験は行っていなかった。地震後の照射後試験については、セルの給排気設備を停止したこと及び照射後試験機器の点検が完了するまですべて停止することにした。セル排風機起動後、き裂進展試験装置の点検を実施し異常の無いことを確認しき裂進展試験を再開したが、大きな余震が頻発したため安全面を考慮し試験を停止することにした。

4.2.6 汚染除去作業

ホットラボでは、本体施設、特定施設の定期自主検査及び内装機器の保守点検整備に備え、セル内汚染の蓄積による作業者の被ばくを低減させるため、毎年汚染除去作業を実施している。汚染除去作業は、遠隔除染作業と立ち入り除染作業があり、遠隔除染作業は、マスタースレーブマ

ニプレータ等を使用し、セル内架台面、内装機器等に汚染剥離材を塗布・剥離する方法と濡れウエスを用いての拭き取り法により実施した。立ち入り除染作業は、作業者がセル内に立ち入り、セル内架台面、セル内壁面、内装機器等を噴霧器、洗剤、ナイロンタワシ、紙、濡れウエス等を用いての拭き取り法により実施した。なお、立ち入り除染作業時には、内部被ばく防止のため、自給式加圧服または全面マスク等を装備し作業を行った。

2010 年度の汚染除去作業は、鉛セル及び鉄セルの遠隔除染作業を皮切りに、2010 年 7 月から 2010 年 11 月にかけて実施した。2010 年度の染除去作業は、すべての作業を職員のみで実施して おり、業者への作業依頼は行わなかったが、計画通りの日程で終了することができ、且つ各セル の表面密度は除染目標値以下とすることができた。

立ち入り除染における作業員の被ばく管理については、施設放管との協議により決定している。 今回のコンクリートセルの計画被ばくは 0.2 mSv/日、0.6 mSv/作業に設定した。随時作業エリアの 線量当量率を把握し不要な被ばくを避けたこと、毎日被ばく線量を集計し計画被ばくを超えない ように管理し被ばくが偏らないよう配慮したこと、全体的にコンクリートセル内に高線量部が少 なかったこと、1 回あたりの作業時間として 2 時間を目安に短縮したことにより、作業員の被ば く量はすべて計画被ばく内とすることができた。

セルの汚染除去作業の主な実績を表 4.2 に示す。

表 4.2 セル内汚染除去作業実績(2010年度)

項	目	No1	コンク No4	7 リート No5	セル No7	No8	顕微鏡 鉛セル No1	鉛セル No1, 2	鉄セル No1~5	合計
実 施	期間	8/5 ~ 8/9	10/14	7/13	11/18	8/10 ~ 8/23	-	7/30 ~ 8/5	7/30 ~ 8/6	-
実施日数	遠隔除染等	2	-	-	1	5	_	1	1	10
人	立入除染	1	1	1	1	1	_	1	2	8
立入除染	職員	4	3	3	3	4	_	7	7	31
作業人数	業者	_	-	-	_	_	_	_	_	0
最大	遠隔除染後	3. 3	47. 2	55. 9	29	216. 9	_	69	29.8	-
表面密度 (Bq/cm ²)*1	立入除染後	<40	<40	<40	<40	<40	_	< 40	< 40	-
	可燃	0.02	0.04	0.02	0. 10	0.08	_	0. 14	0. 26	0.66
廃棄物量 (m³)* ²	不燃	-	0.02	0.02	0.02	0.02	-	-	0.06	0. 14
	フィルタ	_	0. 13	0. 26	-	0. 26	_	0. 10	0. 20	0. 95
実効線量	最大	0. 01	0.01	0. 01	0.04	0.09	_	0.	03	0. 19
(mSv)*3	平 均	0. 01	0. 01	0. 01	0. 01	0.05	_	0.	01	0. 10
主な		自給式加 半面マス タイベッ	ク,PVC [*]		ケ		-	全面マス 半面マス PVC* ⁴ 上下 タイベッ	ク ·	-

^{*1:}スミヤ測定値

^{*2:}カートンボックス 1 個 0.02 (m³), コンクリートセルフィルタ 1 組 0.13 (m³), 鉄セルフィルタ 1 組 0.02 (m³) で計算

^{*3:}ポケット線量計の値

^{*4:}PVC (ポリ塩化ビニル)

4.3 照射後試験利用状況

ホットラボでは主に JMTR で照射した燃料・材料試料の照射後試験を実施している。 2010 年度は、JMTR 再稼働へ向けてホットラボにおいてもセル内整備が本格化したため、照射後試験については例年に比べ利用申し込みが少なく、総数 6 件であった。コンクリートセル、顕微鏡鉛セル、鉛セル、鉄セルにおいて約 700 本の試料について、29 項目の照射後試験を実施した。すべて材料試料の照射後試験であった。

4.3.1 軽水炉関係

軽水炉構造機器の健全性に関する研究、原子力プラント用材料の信頼性・安全性に関する研究、 軽水炉プラントの寿命評価に関する研究、原子炉内構造材の照射誘起応力緩和に関する研究等の ため、引張試験、破壊靭性試験、き裂進展試験、ミニシャルピー試験、硬さ試験、超微小硬さ試 験、き裂長さ測定、試験後疲労破壊、試験後外観写真撮影、試料調整、AFM 観察、EBSD 観察、破 面観察等の照射後試験を実施した。

4.3.2 基礎基盤研究

耐熱セラミックス複合材料の照射効果研究に関する研究において、照射済 CC 複合試料の超音波 測定、照射済超塑性ジルコニア試料の三点曲げ試験、試験後外観写真撮影等の照射後試験を実施 した。

5. 放射線管理

5.1 原子炉施設の放射線管理

原子炉施設の更新・保守並びに施設定期検査等に係る放射線管理を実施した。管理区域内の 線量当量率、空気中の放射性物質の濃度、表面密度、放出放射能及び放射線業務従事者の被ばく について、放射線管理上問題となる点はなかった。

10月5日に管理区域外にあるホット実験室脇埋設塩ビ配管フランジ部に亀裂が発見され、土壌の測定を実施したところ 60 Co 及び 137 Cs が検出されたため、その対応を行った。

(1) 放射線作業時の管理

定常業務以外の主な放射線作業は、Be 枠及びガンマ線遮へい板交換作業、一次冷却系統点検整備作業並びに照射設備のための環境整備作業であった。これらを含む全作業による個人の最大実効線量及び集団実効線量は、本体施設においては 0.2mSv 及び 0.6 人・mSv、照射施設においては 0.0mSv 及び 0.0 人・mSv であり、保安規定に定める線量限度を下回り、問題はなかった。

(2) 管理区域の一時指定

保安規定に基づき一時的に管理区域を指定した件数は 7 件であった。その内訳は、ホット機械室の廃液マンホール点検(1 件)、ホット機械室廃液タンク埋設配管フランジ亀裂確認、確認修復のための延長(3 件)、フィルタバンクの排気系フィルタ交換作業(1 件)、及び第 3 排水系貯槽(I)(II)液面計の点検校正(2 件)であった。

(3) 個人被ばくの管理

放射線業務従事者に対する年間の実効線量を本体施設と照射施設とに区分して表 5.1 に示す。その結果、保安規定に定める線量限度を下回っていた。また、体外計測法による内部被ばく検査では、受検者の全てが検出下限値(0.1mSv)未満であった。

(4) 排気及び排水の管理

1) 放射性気体廃棄物の管理

原子炉施設の排気口から放出された放射性塵埃及び放射性ガスの年間平均濃度及び年間放出量を表 5.2 に示す。放射性塵埃の放出が認められたが、施設に起因する放射性塵埃の放出ではなく、東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所(以下、福島第一原発という。)から放出された放射性物質による影響である。同様に、放射性ガス(4¹Ar)は2007年度に JMTR 原子炉の運転を終了し、更新作業に着工したため年間を通して施設に起因する放出はなく、東電福島第一原発から放出された放射性物質による影響である。

2) 放射性液体廃液の管理

JMTR で発生した液体廃棄物は全て廃棄物管理施設へ移送している。移送した液体廃棄物の 廃液量及び放射能量を表 5.3 に示す。

表 5.1 放射線業務従事者の実効線量の状況

(本体施設)

(2010年度)

	放射線業務		実 効 絹	泉量分布	(人)		平 均	最 大	集団
作業者区分	従事者	検出下限	0.1mSv 以上	1.0mSv 超え	5.0mSv 超え	15mSvを	実効線量	実効線量	実効線量
	(X)	線量未満	1.0mSv 以下	5. 0mSv 以下	15mSv 以下	超える者	(mSv)	(mSv)	(人・mSv)
職員等	60	60	0	0	0	0	0.00	0.0	0.0
外来研究員等	0	0	0	0	0	0	0.00	0.0	0.0
請負業者	510	505	5	0	0	0	0.00	0.2	0.6
全作業者	570	565	5	0	0	0	0.00	0.2	0.6

(照射設備)

(2010年度)

	放射線業務		実 効 糺	泉量分布	(人)		平均	最 大	集団
作業者区分	従事者	検出下限	0.1mSv 以上	1.0mSv 超え	5.0mSv 超え	15mSvを	実効線量	実効線量	実効線量
	(人)	線量未満	1.0mSv 以下	5. 0mSv 以下	15mSv 以下	超える者	(mSv)	(mSv)	(人・mSv)
職員等	43	43	0	0	0	0	0.00	0. 0	0. 0
外来研究員等	0	0	0	0	0	0	0.00	0. 0	0. 0
請負業者	66	66	0	0	0	0	0.00	0. 0	0. 0
全作業者	109	109	0	0	0	0	0.00	0. 0	0. 0

注)職員等:職員、出向職員をいう。

外来研究員等:外来研究員、共同利用研究者をいう。

全作業者数は、同一人が異なる作業者区分で放射線作業登録を行っている場合があるので、一致しないことがある。

表 5.2 放射性気体廃棄物の放出状況

(2010年度)

		放射性塵場	矣 ¹⁾		放射性ガン	ス 1)
排気口名	核種又は	平均濃度	年間放出量	核 種	平均濃度	年間放出量
	測定線種	(Bq/cm^3)	(Bq)	4次 4里	(Bq/cm^3)	(Bq)
	全 α	$<3.1\times10^{-1}$	_	^{4 1} Ar	$<2.9\times10^{-3}$	2. 1×10 ^{10 2)}
	全 β	$<1.1\times10^{-10}$	_	ЗH	$<3.1\times10^{-5}$	4. 4×10 ⁹
	^{6 O} Co	$<3.9\times10^{-10}$	0			
主排気口	¹³¹ I	²⁾ 1. 1×10 ⁻⁸	²⁾ 8. 9×10 ⁶			
土排风口	^{1 3 4} Cs	$<3.0\times10^{-9}$	²⁾ 7. 3×10 ⁴			
	¹³⁷ Cs	$<3.6\times10^{-9}$	²⁾ 5. 5×10 ⁴			
	^{8 9} Sr	$<1.5\times10^{-12}$	0			
	⁹⁰ Sr	$<1.8\times10^{-12}$	0			
	全 β	$<1.1\times10^{-10}$	_			
十1字睑	^{6 O} Co	$<2.9\times10^{-10}$	0			
ホット実験 室排気口	¹³¹ I	$<2.0\times10^{-10}$	²⁾ 1. 1×10 ⁴	_	_	_
王 191- X 口	^{1 3 4} Cs	$<1.7\times10^{-10}$	²⁾ 3. 4×10 ³			
	^{1 3 7} Cs	$<1.9\times10^{-10}$	²⁾ 5. 1×10 ³			

注1) 平均 濃度:年間放出量を年間総排気量で除した値。ただし、その値が検出下限濃度より 小さい場合は、「<(検出下限濃度)」と記す。

年間放出量:検出下限濃度以上の放出量を1年間集計した値である。

注2) 福島第一原発の放射能による影響

表 5.3 JMTR から廃棄物管理施設へ移送した放射性液体廃棄物の状況 (2010 年度)

廃棄物管理施設への移送方法	廃液量 (m³)	放射能量 (Bq)	主な核種
廃 液 輸 送 管	5.8×10^{2}	6. 1×10^{10}	³ H
無似 糊 	0.0 ^ 10	5.6×10^{7}	⁶ OCo
廃液運搬車	1. 4×10 ¹	0	3Н
	1.4~10	0	⁶ OCo

注)HLで発生しJMTRを経由して廃棄物管理施設へ移送したものを除く。

5. 2 ホットラボ施設の放射線管理

放射線管理の対象となった主な項目は、各セル内での放射性物質等の取扱い、施設定期自主 検査期間中に実施されたセル除染・内装機器の保守点検、放射性物質等の搬出、放射線業務従事 者の被ばく、排気及び排水の管理であった。

管理区域内の線量当量率、空気中放射能濃度、表面密度、環境への放出放射能濃度及び放射線業務従事者の被ばくについて、放射線管理上問題となる点はなかった。

(1) 放射線作業時の管理

ホットラボ施設における主な作業は、セル立入り除染、内装機器の保守点検、キャプセル組込装置の整備、パワーマニプレータの整備、ベリリウム特性試験設備(G. B)の撤去作業等であった。これらの作業のうちで特に放射線管理上注意が必要であったのは、C-No. 8 セルの立入除染作業であった。作業に際しては、事前に放射性物質の移動及びマニプレータによる遠隔除染及びセル内立入り除染を行った。さらに、外部被ばくの低減のために作業時間の管理、内部被ばく防止のために適切な防護具の着用、表面汚染の拡大防止のためにバリアの設置等を行った。その結果、これらを含む全作業による個人の最大実効線量は 0.9 mSv、集団実効線量は7.2人・mSv で保安規定に定める線量限度を十分に下回り、問題はなかった。

(2) 搬出放射性物質等の管理

ホットラボ施設から搬出した RI 用照射済試料、核燃料物質に係る線量当量率及び表面密度は、全て搬出基準値以下であった。

(搬出基準値) 線量当量率: L 型輸送物 表面 5 μ Sv/h A 型、B 型輸送物等 表面 2 mSv/h 表面 次ら 1m 100 μ Sv/h 表面 密 度: α 線を放出する放射性物質 0.04 Bq/cm²

「密度:lpha緑を放出する放射性物質 $0.04~{
m Bq/cm^2}$ lpha線を放出しない放射性物質 $0.4~{
m Bq/cm^2}$

(3) 個人被ばくの管理

放射線業務従事者に対する年間の実効線量の集計を表 5.4 に示す。その結果、保安規定に 定める線量限度を十分に下回っていた。また、体外計測法による内部被ばく検査では、受検 者の全てが検出下限値 (0.1mSv) 未満であった。

(4) 排気及び排水の管理

1) 排気中放射性塵埃及び放射性ガスの管理

排気口から放出された放射性塵埃及び放射性ガスの年間平均放射能濃度及び年間放出量を表5.5 に示す。放射性塵埃は、¹³¹I, ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs が放出された。原因は、福島第一原発の事故による放射能の影響である。放射性ガスは検出下限濃度未満であり、いずれも保安規定に定める放出管理基準値(法令で定める周辺監視区域外の空気中濃度限度値の10倍)を十分に下回っていた。

2) 放射性廃液の管理

ホットラボ施設の廃液貯槽から、JMTR タンクヤードの廃液貯槽経由で廃棄物管理施設へ移送した放射性廃液の廃液量及び放射能を表 5.6 に示す。

表 5.4 放射線業務従事者の実効線量の状況

(ホットラボ施設)

(2010年度)

	放射線業務		実 効 総	泉量分布	(人)		平均	最大	集団
作業者区分	従事者(人)	検出下限 線量未満	0. 1mSv 以上 1. 0mSv 以下	1.0mSv 超え 5.0mSv 以下	5.0mSv 超え 15mSv 以下	15mSv を 超える者	実効線量 (mSv)	実効線量 (mSv)	実効線量 (人・mSv)
職員等	26	24	2	0	0	0	0.02	0.3	0.6
外来研究員	4	4	0	0	0	0	0.00	0.0	0.0
請負業者	142	130	12	0	0	0	0.05	0.9	6. 6
全作業者	172	158	14	0	0	0	0. 04	0.9	7. 2

注)職員等:職員、出向職員をいう。

外来研究員等:外来研究員、共同利用研究者をいう。

全作業者数は、同一人が異なる作業者区分で放射線作業登録を行っている場合があるので、一致しないことがある。

表 5.5 放射性気体廃棄物の放出状況

(2010年度)

	放射性塵埃			放射性ガス	
核種又は 測定線種	平 均 濃 度 (Bq/cm³)	年間放出量 (B q)	核 種	平均濃度 (Bq/cm³)	年間放出量 (B q)
全 α	$<3.1\times10^{-1}$	_	^{8 5} Kr	$<1.3\times10^{-3}$	0
全 β	<1.1×10 ⁻¹⁰	_	³ H	$<4.0\times10^{-5}$	0
^{2 3 9} Pu	$<3.1\times10^{-1}$	0			
^{1 3 7} Cs	<6.6×10 ⁻¹⁰	1) 4.7×10 ⁴			
^{1 3 4} Cs	<1.2×10 ⁻⁹	1) 2. 7×10 ⁵			
¹³¹ I	1) 3.8×10 ⁻⁸	1) 2. 0×10 ⁷			
^{8 9} Sr	<1.6×10 ⁻¹²	0			
^{9 0} Sr	<1.8×10 ⁻¹²	0			

注1) 福島第一原発の事故による放射能の影響

注 2) 平均 濃度:年間放出量を年間総排気量で除した値。ただし、その値が検出下限濃度より 小さい場合は、「<(検出下限濃度)」と記す。

年間放出量:検出下限濃度以上の放出量を1年間集計した値である。

表 5.6 ホットラボ施設から廃棄物管理施設へ移送した放射性液体廃棄物の状況

(2010年度)

廃液量 (m³)	放射能 (Bq)	主な核種等
	β (γ): 3.9×10 ⁷	^{1 3 7} Cs
2.9×10^{1}	$\alpha : 7.6 \times 10^4$	全α
	3 H: 1.6×10 7	$^3\mathrm{H}$

6. 環境管理

環境管理に関しては、大洗研究開発センターの環境管理規則に従って活動している。

平成 22 年度の原子炉施設管理部の環境目的・目標は、「(1)放射線被ばく線量を合理的に低減し、計画被ばく線量の 80%以下に抑制する(2)放射性固体廃棄物を計画的に削減し、年間計画値の 5%以上の削減を図る(3)省エネルギー、省資源を適切に維持管理し、照明、OA 機器、空調設備の省電力活動は計画値の 1%を削減し、コピー用紙使用量を予定数量の 2%削減を図る」であり、これらの削減率を十分に満足し、目的・目標を達成した。

また、平成 22 年 6 月 17 日及び 18 日の 2 日間に渡り、㈱日本環境認証機構(JACO)による ISO14001 環境マネジメントシステムのサーベイランス審査を受験し、当該マネジメントシステム要求事項に適合していると認証された。

緊急時の対応及び準備に関する改善事項として、以下の手順書を整備した。

- (1) 使用済燃料要素からの FP (核分裂生成物)等の漏洩時に対応する有害な環境影響を予防 または緩和する具体的な手順書として、
 - ① 「破損燃料収納容器取扱手順書、平成22年9月1日制定、10大更新(手順書)第5号
 - ② 「破損燃料検出装置取扱手順書、平成22年9月1日制定、10大更新(手順書)第6号

を整備した。

- (2) 重油または化学物質貯蔵施設へ貯蔵物質のタンクローリーによる供給時の手順として、
 - ① 「タンクローリーによる A 重油の補給に関する手順書、平成 22 年 8 月 31 日制定、10 大更新 (手順書) 第 1 号」
 - ② 「タンクローリーによる苛性ソーダの補給に関する手順書、平成22年8月31日制定、 10大更新(手順書)第2号」
 - ③ 「タンクローリーによる硫酸の補給に関する手順書、平成 22 年 8 月 31 日制定、10 大 更新(手順書)第 3 号」
 - ④ 「タンクローリーによる塩酸の補給に関する手順書、平成 22 年 8 月 31 日制定、10 大 更新(手順書)第 4 号」

を整備した。

7. あとがき

利用者からの強い要望に応えるため、2011年度からのJMTRの再稼働を目指して、前年度に引続きJMTRの一部更新を実施し、予定した更新工事を終了した。今年度も昨年度と同様に、更新作業、JMTR施設及びホットラボ施設の維持管理を計画通り行った。

JMTR の再稼働に向けて、今後、東北地方太平洋沖地震に係る施設の点検を計画的に行うとともに、原子炉施設及び照射施設の使用前検査を引続き進める。また、施設定期検査及び施設定期自主検査を実施して施設の安全確保に努め、照射後試験等を安全かつ確実に実施していく。

本報の作成に際しましては、関係各位からのご助言・ご指導をいただきましたこと、ここに謝意を表します。

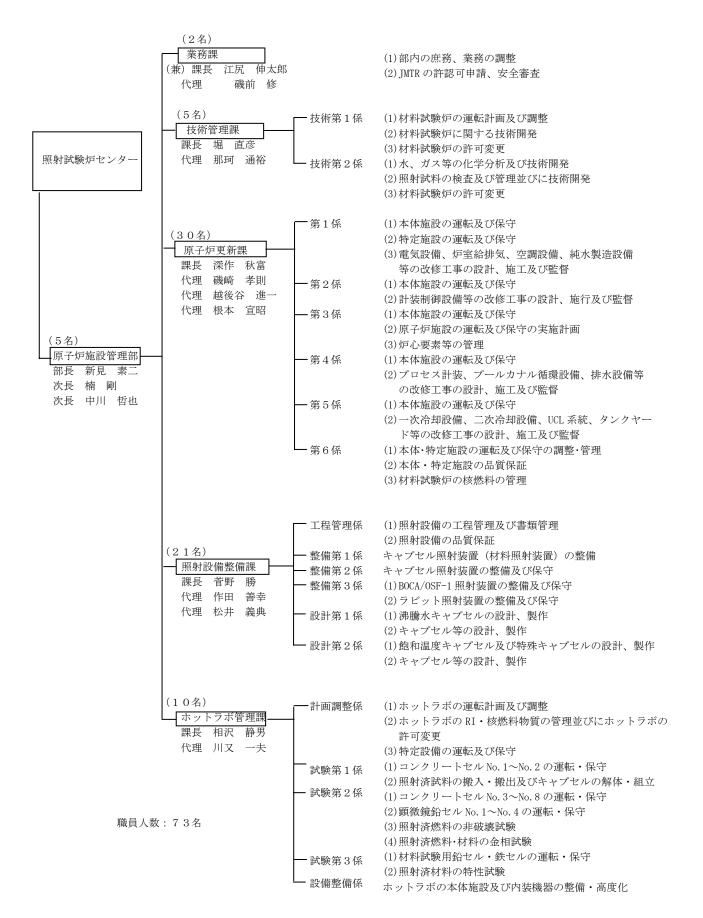
JMTR 運転管理活動報告編集委員会

JMTR 運転管理活動報告編集委員会名簿

委員長	楠	岡川	(材料試験炉部)
副委員長	齋藤	順市	(技術課)
委 員	井手	広史	(技術課)
委 員	川俣	貴則	(原子炉第1課)
委 員	綿引	俊介	(原子炉第1課)
委 員	高田	文樹	(ホットラボ課)
委 員	加藤	佳明	(ホットラボ課)
委 員	後藤	一郎	(照射課)
委 員	島田	浩	(放射線管理第2課)
事務局	戸井田:	宣太郎	(業務課)

(所属は2011年5月現在)

付録1 原子炉施設管理部の組織



付録 2 外部発表

論文投稿・講演・学会口頭発表

*印:原子力機構以外

近藤 啓悦、加治 芳行、宇賀地 弘和、中野 純一、塚田 隆、加藤 佳明、高田 文樹 "JMTR で照射した SUS304 ステンレス鋼の機械的特性変化に及ぼす照射速度影響に関する研究" International Cooperative Group on Environmentally Assisted Cracking 2010 (ICG-EAC 2010) (2010.4)

井手 広史、木村 明博、三浦 洋、長尾 美春、堀 直彦、神永 雅紀: "JMTR原子炉 圧力容器の健全性評価" 18th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-18) (2010.5)

小沼 勇一、岡田 祐二、塙 博、土谷 邦彦、菅野 勝: "JMTR における照射設備の解体技術" 3rd International Symposium on Material Testing Reactors (2010.6)

根本 浩喜、海老沢 博幸、高橋 正義*、伊原 由久*、小笠原 靖史、越後谷 進一 "JMTR の計測制御系統の更新" 3rd International Symposium on Material Testing Reactors (ISMTR) (2010.6)

堀 直彦 "原子炉 (JMTR) による Mo-99 製造"第2回シンポジウム RI 国内製造に向けての 開発研究 (2010.6)

相沢 静男、加藤 佳明、中川 哲也、楠 剛"三次元 X 線撮影による非破壊試験" 3rd International Symposium on Material Testing Reactors (ISMTR) (2010.6)

尾上 龍次、海老沢 博幸、深作 秋富、楠 剛"一次冷却系熱交換器及びタンク類の健全性調査"3rd International Symposium on Material Testing Reactors (ISMTR-3) (2010.6)

大戸 勤、木村 正、深作 秋富、楠 剛 "JMTR 原子炉建家の健全性評価" 3rd International Symposium on Material Testing Reactors (ISMTR-3) (2010.6)

竹本 紀之、北岸 茂、土谷 邦彦、長尾 美春、石原 正博、河村 弘 "ベリリウム微小球充填型キャプセルホールダの開発" 3rd International Symposium on Material Testing Reactors (ISMTR-3) (2010.6)

北岸 茂、飯村 光一、井上 修一、斎藤 隆、近江 正男、土谷 邦彦"材料照射試験のための計測機器の開発" 3rd International Symposium on Material Testing Reactors (ISMTR-3) (2010.6)

木村 明博、堀 直彦、土谷 邦彦、石原 正博、山林 尚道*、棚瀬 正和*、藤崎 三郎*、佐藤 裕一* "(n,γ)反応で得られた ⁹⁹Mo からの ^{99m}Tc 抽出技術" 3rd International Symposium on Material Testing Reactors (ISMTR-3) (2010.6)

土谷 邦彦、北岸 茂、長尾 美春、竹本 紀之、那珂 通裕、木村 明博、佐野 忠史*、宇根崎 博信*、義本 孝明*、中島 健*、藤原 靖幸*、奥村 清*、山本 修二* "チェレンコフ光を利用した炉内監視システムに関する開発" KURRI Progress Report 2009 (2010.6)

石原 正博、楠 剛、新見 素二、河村 弘"JMTR改修プロジェクトの進捗状況と再稼動計画" 3rd International Symposium on Material Testing Reactors (ISMTR-3) (2010.6)

加治 芳行、近藤 啓悦、中野 純一、宇賀地 弘和、塚田 隆、加藤 佳明、高田 文樹 "照射材の SCC き裂先端の変形挙動に及ぼす照射速度の影響に関する検討"日本金属学会 2010 年秋期大会(2010.9)

楠 剛 "研究炉、特に長期停止している研究炉の安全管理で要求される支援" International conference on challenges faced by technical and scientific support organizations in enhancing nuclear safety and security (2010.10)

石塚 悦男、北岸 茂、青山 征司、川又 一夫、長尾 美春、石原 正博"JMTR を用いた人材開発プログラム" 1st Asian Symposium on Material Testing Reactors (2011.2)

河村 弘、新見 素二、楠 剛、長尾 美春、廣井 博"JMTRの改修状況と将来計画" 1st Asian Symposium on Material Testing Reactors (2011.2)

出雲 寛互、木村 明博、堀 直彦、土谷 邦彦、石原 正博、棚瀬 正和*、藤崎 三郎*、太田 朗生* "JMTR における Mo98 (n,γ) 法による Mo99 の製造計画 1^{st} Asian Symposium on Material Testing Reactors (2011.2)

吉永 英雄、掛井 貞紀、谷本 政隆、木村 明博、土谷 邦彦 "JMTR 再稼動に向けた照射技術開発(2) ^{99m}Tc ジェネレータからのモリブデンの回収と放射性廃棄物の減容化"日本原子力学会 2011 年春の年会 (2011.3)

付録3 研究開発報告書類

*印:原子力機構以外

木村 明博、出雲 寛互、土谷 邦彦、堀 直彦、石原 正博、Bannykh Valentina*、Gluschenco Natalia*、Chakrova Yelena*、 Chakrov Petr*: (n, γ) 法用モリブデン吸着材の 99Mo 吸着及び 99mTc 溶離特性の再確認試験—RI 製造に関する照射技術(STC No. 2-II)に関する共同実験報告書—(共同研究) JAEA-Testing 2010-002

柴田 晃、木村 正、永田 寛、青山 征司、菅野 勝、近江 正男: "インパイル水ループ2号 (OWL-2) 用 SUS316 鋼の照射後試験": JAEA-Testing 2010-003

小池 須美男: "JMTR 一次冷却系統主熱交換器の健全性評価" JAEA-Review 2010-007

宮内 優、木村 正、大戸 勤、根本 宣昭、飛田 健治、深作 秋富、高橋 邦裕: "JMTR コンクリート構造物の健全性調査" JAEA-Review 2010-008

大戸 勤、木村 正、宮内 優、根本 宣昭、飛田 健治、深作 秋富、高橋 邦裕: "カナルエキスパンドジョイントの健全性調査" JAEA-Review 2010-017

根本 浩喜、海老沢 博幸、小笠原 靖史、越後谷 進一: "JMTR 一次冷却系統の圧力サージタンク、脱気タンク及び処理水タンクの健全性調査" JAEA-Review 2010-018

細川 甚作、飯村 光一、小川 光弘、冨田 健司、山浦 高幸:"燃料異常過渡試験装置の系統設計"JAEA-Technology 2010-018

線引 俊介、浅野 典一、塙 善雄、五来 滋、西山 裕、坪井 一明: "JMTR 二次冷却系統の健全性調査「配管及び冷却塔の健全性調査」" JAEA-Review 2010-019

小川 光弘、飯村 光一、細川 甚作、菅野 勝: "燃料高負荷環境照射試験装置の設計検討" JAEA-Technology 2010-019

ジュン ビュン ジン、Lee Byung Cheol、木村 明博、堀 直彦、出雲 寛互、土谷 邦彦: "HANARO での (n, γ) 法による 99 Mo 製造に関する再評価" JAEA-Review 2010-032

井手 広史、飛田 健治、遠藤 泰一、堀 直彦: "JMTR 原子炉施設における経年変化に関する技術的評価に関する検討" JAEA-Review 2010-043

Jun, B. J、谷本 政隆、木村 明博、堀 直彦、出雲 寛互"(n, γ) 法による 99Mo 大量製造に関する研究"JAEA-Research 2010-046

北岸 茂、谷本 政隆、飯村 光一、井上 修一、斎藤 隆、近江 正男、土谷 邦彦: "材料照射試験用計測機器の開発" JAEA-Review 2010-046

小沼 勇一、岡田 祐次、塙 博、土谷 邦彦、菅野 勝: "JMTR における照射設備の解体技術" JAEA-Review 2010-047

米川 実、相沢 静男、加藤 佳明、柴田 晃、中川 哲也、楠 剛: "三次元 X 線撮影装置による非破壊検査" JAEA-Review 2010-049

原子炉施設管理部: "JMTR 運転管理活動報告 (2009 年度)" JAEA-Review 2010-052

木村 明博、堀 直彦、土谷 邦彦、石原 明博、山林 尚道*、棚瀬 正和*、藤崎 三郎*、佐藤 裕一*: " (n, γ) 法により製造した 99 Mo から得られる 99 Tc の抽出技術開発" JAEA-Review 2010-053

尾上 龍次、海老沢 博幸、深作 秋富、楠 剛: "一次冷却系熱交換器及びタンク類の健 全性調査" JAEA-Review 2010-059

大戸 勤、木村 正、深作 秋富、楠 剛:"JMTR 原子炉施設建家の健全性評価" JAEA-Review 2010-066

谷本 政隆、田口 剛俊、岡田 学、塙 善雄、土谷 邦彦、池田 昌之、藤本 洋一、 Vladimir Kotov、Yergazy Kenzhin: "研究用照射済ベリリウム試料の外国輸送(受託研究)" JAEA-Technology 2011-001

谷本 政隆、Daniel AMAYA、青山 征司、木村 明博、出雲 寛互、土谷 邦彦: "低濃縮ウラン (LEU) からの ⁹⁹Mo 製造プロセスに関する調査" JAEA-Review 2011-002

谷本 政隆、Daniel AMAYA、青山 征司、木村 明博、出雲 寛互、土谷 邦彦: "低濃縮ウラン照射による 99mTc 抽出に関する調査" JAEA-Review 2011-012

付録4 官庁申請許認可一覧

4. 1 許可(承認)

申請年月日	件名	許可(承認) 年月日
2010. 12. 15	原子炉設置変更許可申請 (二 使用の目的)	2011. 1. 31
2010. 11. 15	容器承認申請 (JMHL-78Y15T 型)	_
2011. 3. 30	核燃料物質使用変更許可申請	_

4. 2 設計及び工事の方法の認可

申請年月日	内容	認可年月日
2010. 7. 9	NaK 封入型温度制御型キャプセルの製作(ヒータピン用)	2010. 7. 27
2010. 7. 9	第7次キャプセル用保護管の製作)	2010. 7. 27
2010. 10. 6	NaK 封入型温度制御型キャプセルの製作(燃料試料用)	2010. 10. 22
2010. 10. 6	閉止フランジ及び接続ユニットの製作	2010. 10. 22
2011. 1. 13	JMTR 取替用燃料体 (第 37 次~第 42 次低濃縮ウラン燃料要素)の製作	2011. 2. 24
2011. 3. 30	水力ラビット照射装置(水力ラビット2号機)の改造	-

4. 3 使用前検査

申請年月日	件名	合格年月日
2009. 2.12	原子炉本体の一部、原子炉冷却系統施設の一部	2010. 6. 10
2009. 3.27	ヘリウム-3 出力制御型沸騰水キャプセル照射装置のうち沸騰水キャプセルの製作	_
2009. 6.10	充填ポンプの更新	2011. 2. 23
2009. 6.30	JMTR取替用燃料体(第 33 次低濃縮ウラン燃料要素)の 製作	_
2009. 7.23	シュラウド照射装置「OSF-1 (大洗シュラウド照射装置 1号)」の計測制御系のうち集中操作盤の更新	_
2009. 8.5	計測制御系統施設の一部	_
2009. 9.10	接続ユニットの構成部品の一部製作	2011. 1. 4
2009. 10. 30	JMTR取替用燃料体(第 34 次低濃縮ウラン燃料要素)の 製作	_

2009. 11. 19	第6次キャプセル用保護管の製作	2010. 6. 3
2010. 1.27	ヘリウムー3 出力制御型沸騰水キャプセル照射装置の一部更新 (キャプセル制御装置、ヘリウムー3 出力可変装置の一部)	_
2010. 5. 28	JMTR 取替用燃料体 (第 35 次及び第 36 次低濃縮ウラン燃料 要素)の製作	_
2010. 8. 6	NaK 封入型温度制御型キャプセルの製作(ヒータピン用)	_
2010. 10. 27	第7次キャプセル用保護管の製作	_
2010. 11. 5	閉止フランジ及び接続ユニットの製作	_
2010. 12. 22	NaK 封入型温度制御型キャプセルの製作(燃料試料用)	_

4. 4 施設検査

申請年月日	件名	合格年月日
2009. 7.23	核燃料物質の使用施設等の施設検査(沸騰水キャプセルの製作)	_
2010. 3.29	核燃料物質の使用施設等の施設検査(沸騰水キャプセルのうち、キャプセル制御装置、計測制御系及び警報装置)	_
2010. 5. 14	核燃料物質の使用施設等の施設検査(0SF-1 照射装置の計測制 制御系のうち、集中操作盤の製作)	_
2011. 1. 11	核燃料物質の使用施設等の施設検査(キャプセル試料組込装 置)	2011. 3. 31
2011. 3. 11	核燃料物質の使用施設等の施設検査(NaK 封入型温度制御型 キャプセルの製作【燃料試料用】)	-

4.5 施設定期検査

申請年月日	件	名	合格年月日
2006. 8.25	施設定期検査(第35回)		(継続中)
2010.10.5 (変更届出)	施設定期検査(第35回)の第5	5回検査	2010. 12. 17

国際単位系(SI)

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本i	単位
本半里	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	
和立里	名称	記号
面	積 平方メートル	m^2
体	積 立法メートル	m^3
速 さ , 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	m³/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 透 磁 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
- (albatine concentration) ともよばれる。 (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

衣 3.	直有の名称と記す	アじ衣さ		
			SI 組立単位	
組立量	名称	記号	他のSI単位による	SI基本単位による
		記り	表し方	表し方
	ラジアン ^(b)	rad	1 (p)	m/m
	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
	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	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンス	s	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$
磁東	ウエーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁 束 密 度	テスラ	Т	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
	ヘンリー	Н	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
	セルシウス度 ^(e)	$^{\circ}$ C		K
· ·	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
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,	グレイ	Gy	J/kg	$m^2 s^{-2}$
カーマ	-	Су	o/Kg	III S
線量当量, 周辺線量当量, 方向	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
性線量当量,個人線量当量	シーベルト、。	NG	J/Kg	
	カタール	kat		s ⁻¹ mol
(.)CT松高部以田士の女好1.97日かん	- ~ 40 -> H (-> 1. 40 7. A	1- 11 4 E	ト田 - ペキッ 1 J. 1 4次元章	キャルトリ モガルルショルル

- 酸素活性|カタール kat | s¹mol (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。
 (e) 池外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) へルソは周頻現象についてのみ、ペクレルは放射性接種の統計的過程についてのみ使用される。(d) 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なは同である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はと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 単位の由に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

表 4 . 単位 0)中に固有の名称と記号を含		立の例
	S	I 組立単位	
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方
粘 度	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
表 面 張 力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角 速 度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
角 加 速 度	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		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
	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ sA
	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⁻¹sA
吸 収 線 量 率	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 ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s
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									
ľ	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	₹ <i>リ</i>	m				
	10^{15}	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ				
	10^{12}	テラ	Т	10-9	ナーノ	n				
	10^{9}	ギガ	G	10-12	ピコ	р				
	10^{6}	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f				
	10^{3}	丰 口	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	у				

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	1h =60 min=3600 s				
目	d	1 d=24 h=86 400 s				
度	۰	1°=(п/180) rad				
分	,	1'=(1/60)°=(п/10800) rad				
秒	"	1"=(1/60)'=(п/648000) rad				
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²				
リットル	L, l	1L=11=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、SI単位で

名称				記号	SI 単位で表される数値			
電	子力	ベル	ト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J			
ダ	ル	卜	ン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg			
統-	一原子	質量单	单位	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 記号 SI 単位で表される数値 名称 1 bar=0.1MPa=100kPa=10⁵Pa bar 水銀柱ミリメートル nmHg 1mmHg=133.322Pa オングストローム $1 \text{ Å=0.1nm=100pm=10}^{-10} \text{m}$ Å 海 里 1 M=1852m Μ $1 b=100 \text{fm}^2=(10^{-12} \text{cm})2=10^{-28} \text{m}^2$ バ b kn 1 kn=(1852/3600)m/s ネ Np SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。 11 В 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
ガル	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 ≙ (10³/4π)A m ⁻¹

(c) 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に届さないその他の単位の例

	表10. SIに属さないその他の単位の例							
名称 記号					記号	SI 単位で表される数値		
牛	ユ		IJ	ĺ	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq		
ν	ン	卜	ゲ	ン	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$		
ラ				ド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy		
ν				ム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv		
ガ		ン		7	γ	1 γ =1 nT=10-9T		
フ	x		ル	3		1フェルミ=1 fm=10-15m		
メー	ートル	系	カラ:	ット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg		
卜				ル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa		
標	準	大	気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa		
力	口		IJ	ı	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)		
3	ク		U	ン		1 u =1um=10 ⁻⁶ m		