JAEA-Review
2018-031
DOI:10.11484/jaea-review-2018-031

JMTRにおけるEALの設定

Setting of EAL in JMTR

川俣 貴則　小沼 勇一　花川 裕規

Takanori KAWAMATA, Yuichi ONUMA and Hiroki HANAKAWA

高速炉・新型炉研究開発部門
大洗研究所
環境技術開発センター
材料試験炉部

Department of JMTR
Waste Management and Decommissioning Technology Development Center
Oarai Research and Development Institute
Sector of Fast Reactor and Advanced Reactor Research and Development

February 2019

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, 2019

JAEA-Review 2018-031

JMTR における EAL の設定

日本原子力研究開発機構　高速炉・新型炉研究開発部門
大洗研究所　環境技術開発センター　材料試験炉部

川俣　貴則、小沼　勇一、花川　裕規

（2018 年 12 月 26 日受理）

平成 29 年度の「原子力災害対策特別措置法に基づき原子力防災管理者が通報すべき事象等に関する規則」の改正・施行に伴い、大洗研究所の原子力事業者防災業務計画の見直しを行うこととなり、材料試験炉（JMTR）において緊急時活動レベル（Emergency Action Level（以下「EAL」という。））の作成が新たに必要となった。JMTR のような試験研究炉では、その特性が炉型で異なる。そのため、JMTR の特性と発電用原子炉施設の EAL を踏まえた上で、JMTR における EAL を設定した。

本報告では、JMTR における EAL 設定の基本方針及び選定結果について報告する。

大洗研究所：〒311-1393　茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002

JAEA-Review 2018-031

Setting of EAL in JMTR

Takanori KAWAMATA, Yuichi ONUMA and Hiroki HANAKAWA

Department of JMTR
Waste Management and Decommissioning Technology Development Center
Oarai Research and Development Institute
Sector of Fast Reactor and Advanced Reactor Research and Development
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received December 26, 2018)

As “Regulations on events to be reported by nuclear disaster prevention manager based on act on special measures concerning nuclear emergency preparedness” was revised and enfored in 2017, Nuclear operator emergency action plan at Oarai Research and Development Institute was reconsidered, and Emergency Action Level (EAL) in JMTR was newly set. In setting the EAL, characteristics of the JMTR and EAL in nuclear power reactors were considerd because the characteristics of research reactors are different in reactor types.

This report shows the basic policy and the selection result of the EAL setting in the JMTR.

Keywords：EAL, JMTR, Nuclear Operator Emergency Action Plan, Research Reactor

目　次

1. はじめに 1
2. JMTR の概要 2
2.1 原子炉建家 2
2.2 原子炉施設 3
2.2.1 JMTR の性能 3
2.2.2 原子炉圧力容器 4
2.2.3 炉心 6
2.2.4 冷却系統 8
2.2.5 計測制御系統 8
2.2.6 JMTR の特徴 11
3. EAL の設定 13
3.1 JMTR における EAL の概要 13
3.2 基本方針 13
3.3 EAL の設定 13
3.3.1 警戒事象の設定 13
3.3.2 敷地緊急事態の設定 14
3.3.3 全面緊急事態の設定 15
3.3.4 JMTR における EAL 事象の種類及びその推移 16
4. まとめ 16
参考文献 17

Contents

1. Introduction 1
2. Outline of JMTR 2
2.1 Reactor Building 2
2.2 Reactor Facilities 3
2.2.1 Performance of JMTR 3
2.2.2 Reactor Pressure Vessel 4
2.2.3 Reactor Core 6
2.2.4 Cooling System 8
2.2.5 Instrumentation and Control Systems 8
2.2.6 Characteristics of JMTR 11
3. Setting of EAL 13
3.1 Outline of EAL 13
3.2 Basic Policy 13
3.3 Setting of EAL in JMTR 13
3.3.1 Setting of Alert 13
3.3.2 Setting of Site Emergency 14
3.3.3 Setting of General Emergency 15
3.3.4 Types and Transition of EAL in JMTR 16
4. Summary 16
References 17

1. はじめに

日本原子力研究開発機構高速炉・新型炉研究開発部門大洗研究所の材料試験炉（JMTR）は、定格熱出力 50MW の試験研究炉である。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や放射性同位元素の生産を主な目的として、1968 年（昭和 43 年）3 月の初臨界達成から 2006 年（平成 18 年）8 月まで延べ運転サイクルで、第 165 サイクルの共同利用運転を行ってきた（累積運転時間 85809 時間 39 分、累積積算出力 166612.8 MWd）。しかしながら、日本原子力研究開発機構が 2017 年（平成 29 年）4 月 1 日に策定した施設中長期計画において、JMTR は廃止施設に選別されたことから、廃止措置計画認可申請書の作成等、廃止措置を行うための準備を進めている。

このような背景の下、原子力規制庁より新たに EAL を作成し、通報、運用を開始すること、さらに、原子力事業者防災業務計画を見直す旨の指示がなされた。原子力事業者防災業務計画は、原子力事業者自ら作成するものであり、事故が発生した際に、原子力事業者防災業務計画に記載した EAL により原子力事業者が状況を判断し、法令に基づいて通報等を行い、EAL により判断される「緊急事態区分」に従って対策を実施する必要がある。

本報告書では、JMTR の概要、JMTR における EAL の設定の基本方針及び設定結果についてまとめた。

2. JMTR の概要 [1)2)]

2.1 原子炉建家

原子炉建家は、図 2.1 に示すように、円筒形の鉄筋コンクリート建物で、これを囲んで南側にホットラボ施設、西側に機械室を含む特定施設、北側及び東側は照射準備室、居室、実験室等の建家が配置されている。また、地上 1 階（一部 3 階）、地下 4 階の鉄筋コンクリート造り、屋根は鋼管造鉄板貼球面構造であって、直径 41.4m、高さ地上 20.4m、地下 23.5m の大きさの円筒形建家である。この建家天井には 30t/5t の旋回クレーンが設けられ、重量物の移動に使用されている。

炉プールの躯体は厚さ 2.5m の普通コンクリートで、原子炉からの放射線を遮蔽しており、内部はステンレス鋼でライニングされている。

カナルは、幅 3m、深さ 6.2m の水路でホットラボ建家に接続していて、使用済燃料要素、照射済のキャプセル等の移動及び保管に使われる。

原子炉建家内は、常時大気圧より 50～98Pa 低く自動的に減圧維持されており、万一、放射性物質が原子炉建家内に洩れた場合でも、建家外に直接放散することを防止している。なお、常時人が出入りする扉は、負圧維持のため相互インターロック方式の二重扉を採用している。

原子炉建家内を通過した空気は、排気設備により浄化された後、排風機によって高さ 80m の排気用スタックから放出される。排気設備は、通常排気設備、照射実験用排気設備及び非常用排気設備で構成される。また、各設備には、排気を浄化するためのフィルタバンクを設けており、放射性物質の環境への放出を抑制する。通常排気設備は、原子炉建家内各室の排気を行うための設備であり、非常用排気設備は、商用電源喪失時及び事故時に原子炉建家内の排気を行い、放射性物質の環境への放出を抑制するための設備である。

特定施設は、原子炉建家の西側に位置し、機械室を中心にポンプ室、排風機室、二次冷却塔、タンクヤード等の建家がある。これらの特定施設は、原子炉施設等へ純水（一般純水、脱気純水）、浄水、ろ過水、電源（交流、直流）、圧縮空気（一般用、弁用）、二次冷却水、窒素ガス等を安定的に供給している。また、原子炉施設等からの放射性廃液を安全に一時貯留している。

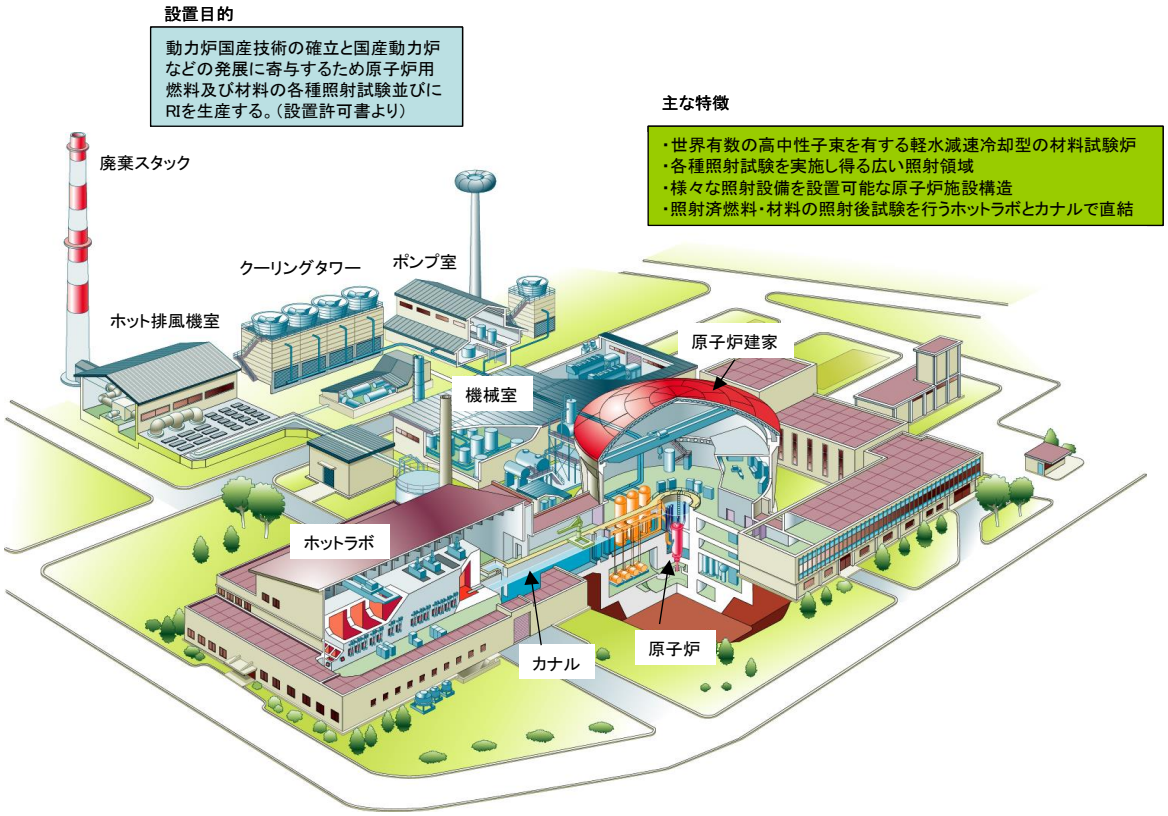

図 2.1 JMTR とその関連施設

2.2 原子炉施設

2.2.1 JMTR の性能

JMTR は、軽水減速冷却タンク型で定格熱出力 50MW、最大中性子束が高速中性子、熱中性子とも約 4×10^{18}n/m^2/s と世界でも最高レベルの汎用照射試験炉である。

表 2-1 に JMTR の諸元を示す。

表 2-1 JMTR 諸元

本体施設						
炉型式	軽水減速冷却タンク型			制御棒	形式	下方挿入駆動方式
原子炉出力	連続最大熱出力（MW）		50			燃料フォロワ付き
中性子束					員数	5
燃料領域	ϕ_{th}	（n/m²/s）	最大 4×10^{18}		吸収体	ハフニウム
	ϕ_{f}	（n/m²/s）	最大 4×10^{18}		形状（mm）	63.0×63.0×800
反射体領域	ϕ_{th}	（n/m²/s）	最大 4×10^{18}			ボックス型
	ϕ_{f}	（n/m²/s）	最大 1×10^{18}			
				燃料要素	^{235}U 濃縮度 （%）	約 20
一次冷却水	冷却水入口温度 （℃）		最高 49		燃料芯材	U_3Si_2-Aℓ 分散型合金
	冷却水出口温度 （℃）		約 56		燃料板厚さ（mm）	1.27
	圧力 （MPa）		約 1.5		燃料被覆材	アルミニウム合金
	流量 （m³/h）		約 6,000		可燃性吸収体	カドミウムワイヤ
反射材	ベリリウム			標準燃料要素		
キャプセルホルダ	ベリリウム、アルミニウム				形状（mm）	76.2×76.2×1,200
					燃料板枚数（枚）	19
					炉心装荷本数	24
				燃料フォロワ		
					形状（mm）	63.6×63.6×890
					燃料板枚数（枚）	16
					炉心装荷本数	5

2.2.2 原子炉圧力容器

JMTR の原子炉圧力容器は、図 2.2 に示すように、全高 9.5m、胴径 3m、厚さ 34mm のステンレス鋼（SUS304L）製で、全体は深さ約 13m の炉プール中に据え付けられている。

圧力容器の上蓋には、5 個の小上蓋とループ、キャプセル、水力ラビット等の照射設備のために多数のノズルが取り付けられており、炉心構成のための作業はこれらの小上蓋から行っている。

圧力容器胴中央部には、使用済燃料要素等を炉プールへ取り出すためのシュートが取り付けられている。

冷却水は、圧力容器の上部から入り、炉心部で 4 領域に分かれて下向きに流れ、下部プレナムを通り圧力容器外に流出する。炉心部の上下には厚い水の層があり、放射線遮蔽の役目を果たしている。

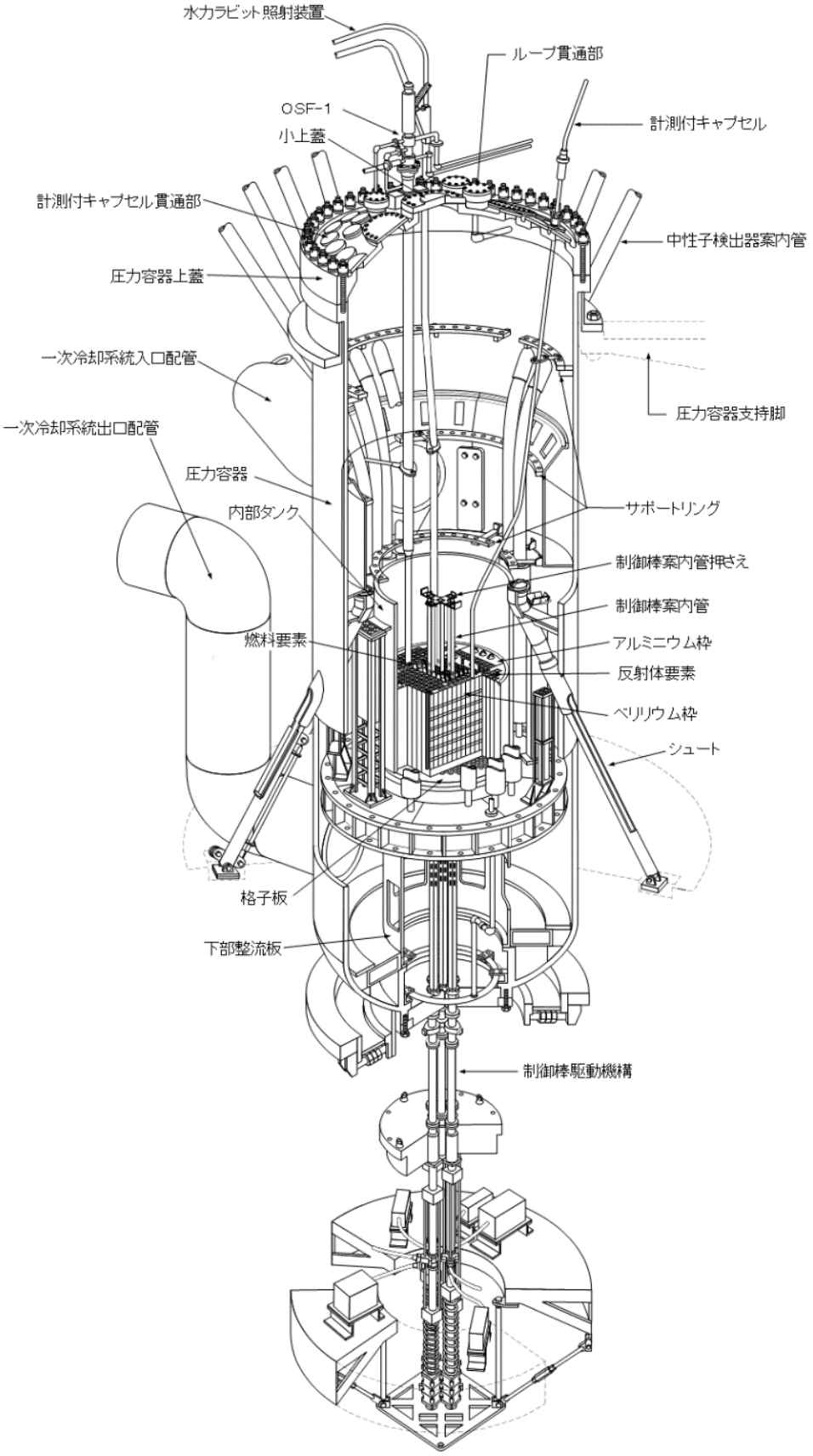

図 2.2 原子炉圧力容器構造図

2.2.3　炉心

炉心部は、直径 1,560mm、実効高さ 750mm の円筒形状で、H 型をしたベリリウム枠で 4 領域に区切られ、77.2mm 角を単位とする合計 204 の格子がある。その格子には、燃料要素、制御要素、ベリリウム、アルミニウム反射体要素等が垂直に挿入され、配列されている。JMTR の炉心配置例を図 2.3 に示す。

ベリリウム枠、ベリリウム及びアルミニウム反射体要素には垂直孔が設けられ、キャプセルが装荷できる照射孔となっており、キャプセル等が装荷されない場合には同材質のプラグが挿入される。

ベリリウム及びアルミニウム反射体要素は、キャプセル等の照射条件に応じて格子の任意の位置に配置される。また、炉心部には、ガンマ線束の低い領域を作るため、ベリリウム枠の北側に沿ってジルコニウム合金製のガンマ線遮蔽板が設けられている。H 型のベリリウム枠はベリリウム反射体要素と組み合わせ、燃料領域内で発生する中性子を効果的に反射・減速している。

制御棒は 5 本（SH-1、SH-2、SH-3、SR-1、SR-2）装荷されるが、SR-1 と SR-2 のうち 1 本が微調整棒として、他の 1 本が安全棒として使用される。制御棒駆動機構は、炉心上部での燃料要素、キャプセル等の取扱いを容易にするため、圧力容器の下に配置している。

燃料要素には、標準燃料要素と燃料フォロワがあり、ともにウラン・シリコン・アルミニウム分散型合金（U_3Si_2-Aℓ）をアルミニウム合金で被覆した板状燃料（通称：シリサイド燃料、^{235}U の濃縮度：約 20%）である。可燃性吸収体として、φ0.3mm のカドミウム製ワイヤが標準燃料要素には 18 本、燃料フォロワには 16 本が取り付けられており、冷却水流路はチャンネル部で若干広くなっている改良 ETR 型が使用されている。板状燃料は、熱伝導率が良いこと、燃料板の厚さが 1.27mm と薄いこと、燃料板表面を約 10m/s の流速で冷却水を流して除熱できること等の特色がある。

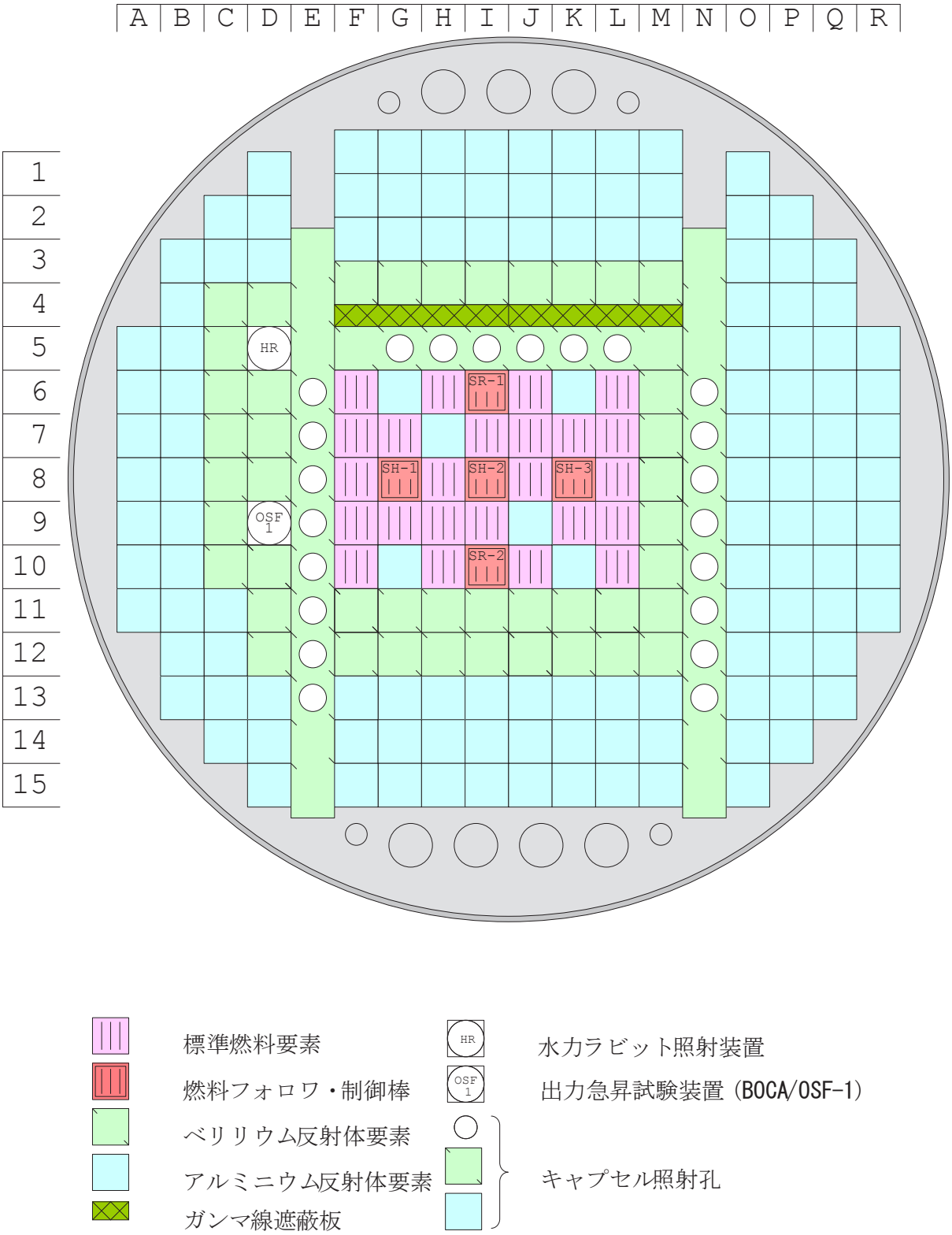
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
HR
OSF 1
SR-1
SH-1
SH-2
SH-3
SR-2
標準燃料要素
燃料フォロワ・制御棒
ベリリウム反射体要素
アルミニウム反射体要素
ガンマ線遮蔽板
HR
水力ラビット照射装置
OSF 1
出力急昇試験装置（BOCA/OSF-1）
キャプセル照射孔

図 2.3 炉心配置例

2.2.4　冷却系統

冷却系統は、一次冷却系統、二次冷却系統、プールカナル循環系統、SFC プール循環系統及び UCL 系統から構成されている。図 2.4 に冷却系統概要図を示す。

一次冷却系統は、主循環系及び精製系から構成されている。原子炉運転中において、主循環系は、主循環ポンプ 3 台、緊急ポンプ 1 台が運転され、その電源は主循環ポンプ 2 台が商用電源、主循環ポンプ 1 台及び緊急ポンプが非常用電源である。そのため、商用電源停電時においても非常用電源駆動のポンプによる冷却が可能である。また、精製系は、圧力容器出口部において一次冷却水の一部を取り出し、脱気タンクにより溶存ガス及び分解ガスを除去した後、イオン交換塔を通して腐食生成物の除去等の水質調節を行い、充填ポンプにより主循環系に戻される。

二次冷却系統は、炉心で発生した熱を熱交換器を介して一次冷却系統から受け、この熱を二次冷却系冷却塔で大気に放散するものである。原子炉運転中は、循環ポンプが 3 台、二次冷却系冷却塔ファンは一次冷却水温度により、常時運転される。補助ポンプは、商用電源の停電時に備えて原子炉崩壊熱除去を目的として設置されている。

プールカナル循環系統は、炉プール及び No.1、No.2 カナル内で発生する熱を除去し、併せて炉プール及び No.1、No.2 カナル内の腐食生成物の除去と水の汚染を低減するように水質を維持するためのものである。原子炉運転中は、循環ポンプ 2 台が商用電源で運転される。

SFC プール循環系統は SFC プール及び No.3 カナルの水質浄化､維持を図るためのものである。循環系の運転には、循環ポンプ 1 台が商用電源で運転される。

UCL 系統は、照射設備の二次系、炉外試験設備、ディーゼル発電機、空気圧縮機、空調機器、制御棒駆動装置リラクタンス電動機等に必要な冷却水を供給するものである。

また、非常用冷却系統として、一次冷却水流出事故時に漏えいして排水貯槽に達した一次冷却水を炉プールに戻すための漏えい水再循環設備が設置されている。本設備の第 1 排水系ポンプ 2 台及び第 2 排水系ポンプ 2 台は、非常用電源で運転される。

2.2.5　計測制御系統

計測制御系統は、核計装、プロセス計装、安全保護回路、制御装置から構成されている。

核計装は、原子炉の起動、運転、停止に必要な炉心内の中性子レベル、原子炉ペリオドの計測を行うものである。この核計装は、起動系、対数出力系、線形出力系からなり、それぞれ独立した同一の 3 チャンネルから構成されている。対数出力系及び線形出力系は、3 チャンネルの出力を相互に比較して、チャンネル間の出力偏差を監視するとともに、その平均値が指示される。図 2.5 に計測制御系統の概要図を示す。

プロセス計装は、原子炉プラント全体の立場から安全かつ合理的に各冷却系　（一次冷却系統、二次冷却系統、非常用冷却系統等）の運転管理を行うためのものであり、原子炉の運転に直接関係するものは原子炉制御室のプロセス計装制御盤に設置されている。また、一次冷却系統のプロセス計装における安全動作を行うための信号は、主に“1 out of 1”方式を採用し、系内の圧力等が異常に変化した場合や、計測機器に異常が生じた場合には信号を発し、安全保護回路に伝えられる。

安全保護回路には、警報、制御棒引抜停止、セットバック、制御棒挿入及びスクラムがあり、それぞれ原子炉の異常の程度に応じて作動する。図 2.6 に安全保護回路概要図を示す。

警報は、運転要員の注意を喚起し、運転要員が適切な対策を講ずるためのものである。

制御棒引抜停止は、原子炉の出力上昇速度が速過ぎる時に、制御棒の引抜きを一時停止させるもので、その信号は核計装等から発信される。

セットバックは、自動制御運転中において、原子炉出力を 30 秒のペリオドで自動的に低下させ、信号が解除されるまで低下させ続けるものである。なお、信号が解除されないときには、原子炉出力は自動制御範囲である定格出力の 1%（500kW）まで低下し、その状態で運転が継続される。

制御棒挿入は、全制御棒が一定の順序に従って 1 本ずつ挿入され、信号が解除されるまで挿入され続けるものである。原子炉が自動制御運転中は、自動的に手動運転に切り替わり上記の挿入操作が行われる。

スクラムは、励磁電流を遮断して制御棒を自重及び水流力による落下により挿入させ、運転を停止させるものである。その他の安全保護回路として、原子炉起動や制御棒操作に関するインターロック回路があり、原子炉の起動及び運転の安全を確保している。

また、JMTR には工学的安全設備に準ずるものとして、燃料破損検出系と一次冷却系統配管破損検出系が設けられている。燃料破損検出系は燃料が破損した場合に原子炉建家外への放射性物質の放出を防止するため、遅発中性子を検出する一次冷却水モニタとガンマ線を検出する脱気ガスモニタの信号によって原子炉を停止させ、給排気系統を非常系のみの運転とする。一次冷却系統配管破損検出系は、一次冷却水の流出に伴う炉心入口圧力低下の信号によって原子炉を停止させ、炉心を冠水維持させるためにサイフォンブレーク弁、炉プール連通弁、漏えい水再循環設備等の非常用冷却設備を作動させる。

制御装置は、5 本の制御棒と非常用炉停止装置から構成される。5 本の制御棒は 3 本の粗調整棒と 2 本の微調整安全棒からなる。原子炉運転においては、2 本の微調整安全棒のうち 1 本が微調整棒として使用される。制御棒駆動機構は圧力容器の下方から駆動され、上下駆動には、密封型リラクタンス電動機が用いられる。密封型リラクタンス電動機の回転は、電源周波数に同期しているため、駆動速度の制御は電源周波数の制御により行われ、その回転に必要な電源周波数は、低周波発生装置（LFGR）により制御される。スクラム機構は、リンク・ラッチ機構であり、電磁石の電流を切ると支えていたリンクの形状が変わり、制御棒が自重及び水流力により落下する。

非常用炉停止装置（液体ポイズン型）は、何本かの制御棒が事故により落下不能になった場合に、キセノン崩壊による再臨界を防止し、原子炉を停止状態にするためのホウ酸ソーダをポイズンタンクに貯蔵している。このポイズンタンクは、常時、約 2.5MPa に加圧されており、非常時には手動操作によって液体ポイズンを炉心内に注入する。

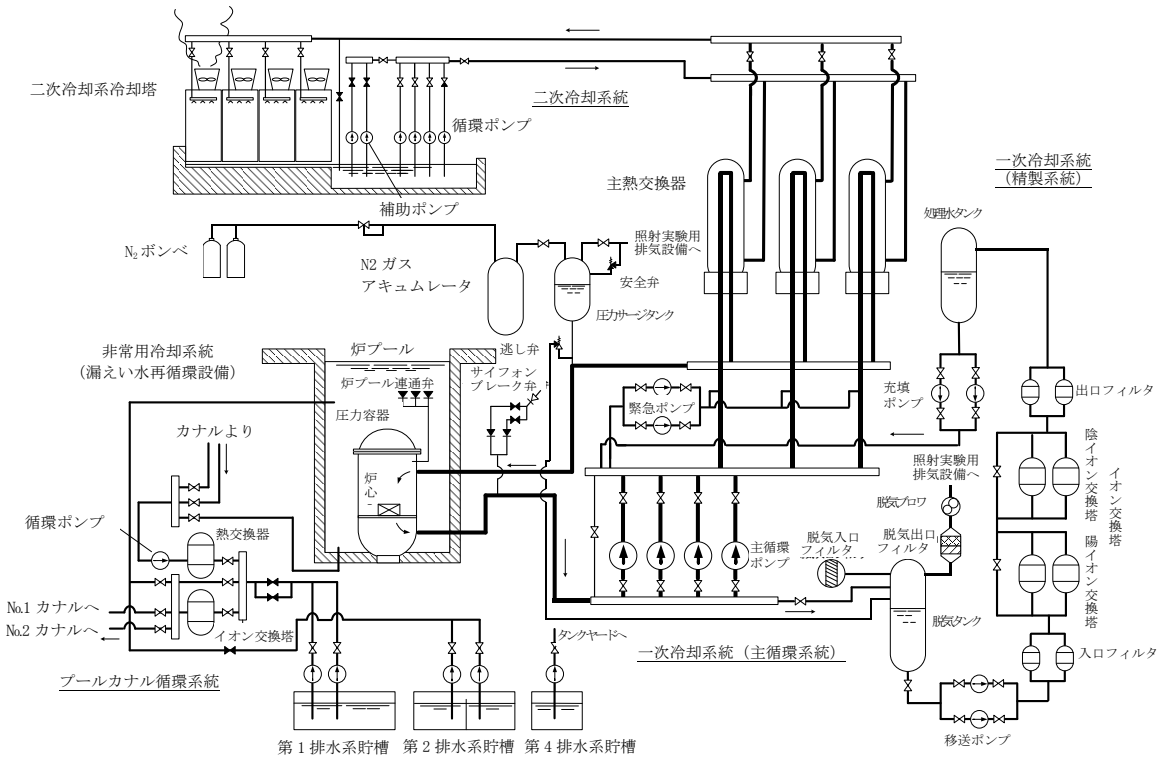

図 2.4 冷却系統概要図

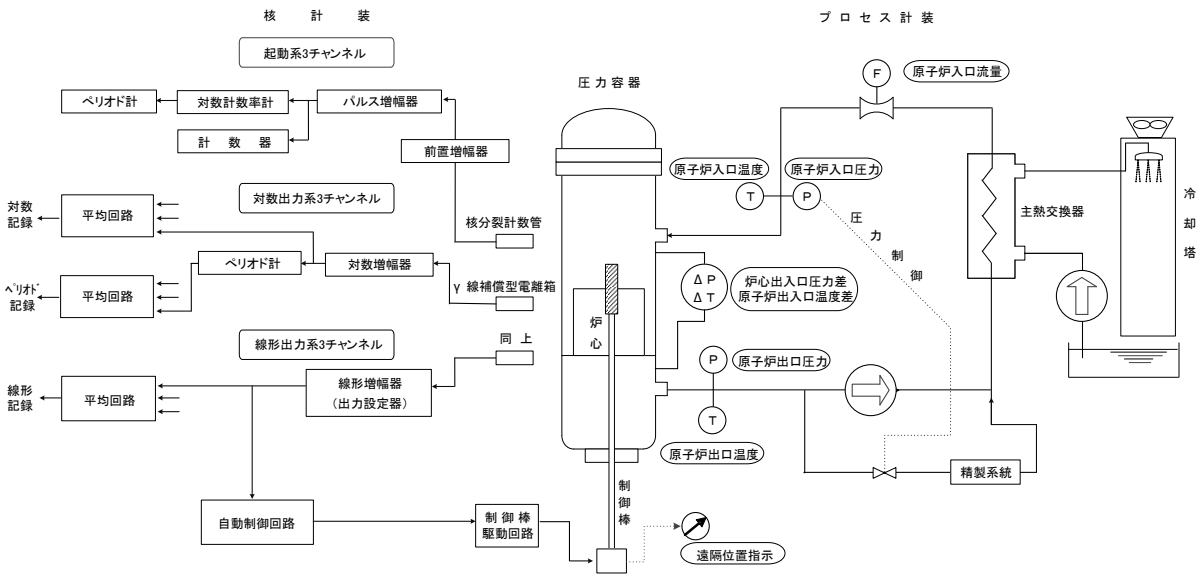

図 2.5 計測制御系統概要図

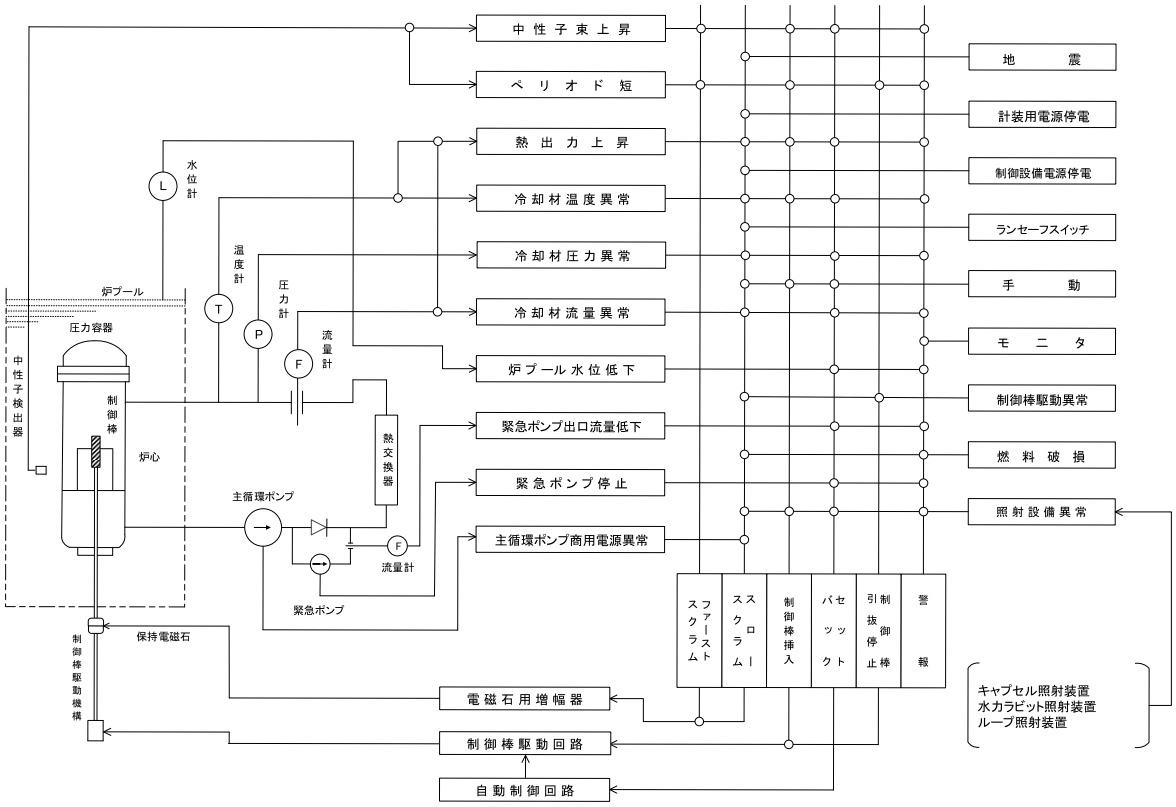

図 2.6 安全保護回路概要図

2.2.6 JMTR の特徴 3)4)

JMTR は、発電用原子炉（動力炉）と比較して低出力（約 1/60）であり、事故の進展も穏やかであり、環境への影響も小さい。JMTR における、安全上の特徴、固有の安全性及び安全機能の特徴について、以下に記載する。

（1）JMTR の特徴

・タンク型の水冷却型研究炉である。

・出力密度を高くし、かつ、除熱性能を高めるため、燃料は非常に薄く伝熱面積が広い燃料板が用いられている。

・原子炉運転中、非常用電源設備であるディーゼル発電機は、常時運転し安全上重要な機器へ給電している。

（2）JMTR における固有の安全性

・水冷却型研究炉であることから、減速材温度係数、ボイド係数及びドプラ係数の反応度係数は全て負であり、自己制御性を有している。

・非常に薄い板状燃料を使用しており、かつ、燃料芯材であるウラン・シリコン・アルミニウム分散型合金は熱伝導度が良いことから、燃料板の温度が低く安全性が高い。

・一次冷却水は常温、低圧であるためその保有エネルギーは小さく、配管の大規模な破損

は起こり得ない。

・JMTR は、燃料要素が健全であり、遮蔽がなされていれば、公衆に過度な放射線被ばくを与えることはない。

(3) JMTR における安全機能の特徴

・停止機能

1) 計測制御系統施設の安全保護回路により、原子炉施設の異常を検知し、必要な場合に原子炉のスクラムを開始させる。

2) 制御棒によるスクラム機構は単純で、自重及び下向流の水流力により落下する。

・冷却機能

1) 原子炉停止後の崩壊熱は、動力炉に比べ小さいため、停止後の炉心の強制冷却は長時間を要さず、その後は自然循環による冷却で燃料の健全性は維持される。

2) 作動が要求される場合における起動失敗の問題を回避するため、非常用電源給電の主循環ポンプ及び緊急ポンプ各々1 台が原子炉運転中は常時稼働している。

3) 使用済燃料はカナル水中にあり、崩壊熱による蒸発で遮蔽機能が低下するまでに十分な時間的余裕がある。

・放射性物質の閉じ込め機能と低減機能

1) 燃料板は燃料芯材をアルミニウム合金により被覆し、核分裂生成物を密封する。

2) 燃料被覆材が破損しても、一次冷却水中に漏えいした核分裂生成物は、圧力容器及び一次冷却系統内に保持する。

3) 設計基準事故時において、原子炉建家内に移行した核分裂生成物は、非常用排気設備により原子炉建家内の負圧を維持して核分裂生成物が原子炉建家外に漏えいすることを抑制し、非常用排気設備を介して高さ 80m の排気筒から大気に放出する。

3. EAL の設定 [5)]

3.1 EAL の概要

2011 年（平成 23 年）3 月 11 日に発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故を踏まえ、放射性物質放出事故の発生前から、住民等の防護措置の実施を講じるため、緊急事態を警戒事態、施設敷地緊急事態及び全面緊急事態の 3 つに区分し、原子力施設の状態がどの事態に該当するのかを運転員が判断する具体的な基準として、EAL を設定する。

原子力事業者は、緊急事態区分に従い、各原子力施設の特性及び立地地域の状況に応じた具体的な EAL の設定を行い、その内容を原子力事業者防災計画に反映し原子力規制委員会に届け出なければならない。また、原子力事業者は、各原子力施設の設備の状況を踏まえ、設定した EAL の内容の見直しを行い、必要に応じ、原子力事業者防災業務計画に反映する必要がある。

3.2 基本方針

試験研究用原子炉施設における EAL は、原子力災害対策指針表 2 において、「その特性が多種多様であることから、具体的な EAL の設定については、施設の通報規則第 7 条第一号の表二又はホ及び第 14 条の表二又はホに掲げる事象に加え、当該施設の特性及び発電用原子炉施設に掲げる施設の EAL の枠組みを踏まえて、原子力事業者が行う。」となっている。このため、各原子力事業者は、各施設の特徴を踏まえ、原子力事業者防災業務計画の中で具体的に EAL を設定し、その内容について原子力規制庁による確認を受ける必要がある。以下に、JMTR における EAL の設定の基本方針を記載する。

(1) 原子力災害対策特別措置法及び原子力災害対策特別措置法に基づき原子力防災管理者が通報すべき事象等に関する規則、原子力事業者防災業務計画に則り、EAL を検討する。
(2) 原子力災害対策指針の緊急事態区分を判断する基準等の解説を参考に EAL を検討する。
(3) JMTR は、施設中長期計画（2017 年（平成 29 年 4 月 1 日））により廃止する施設に分類されているが、廃止措置計画認可申請書が認可されるまでは、原子炉が運転された状態での EAL を設定する。
(4) 原子力災害対策特別措置法に基づき原子力防災管理者が通報すべき事象等に関する規則の第 7 条及び第 14 条を EAL 事象に包含させる。

3.3 JMTR における EAL の設定 [6)]

3.3.1 警戒事象の設定

警戒事象とは、公衆への放射線による影響やそのおそれが緊急のものではないが、原子力施設における異常事象の発生又はそのおそれがあるため、情報収集や、緊急時モニタリングの準備、施設敷地緊急事態要避難者の避難等の防護措置の準備を開始する必要がある段階である。

JMTR における警戒事象を設定するにあったて、原子力災害対策指針に示されている BWR 及び PWR で警戒事象として考えるべき事象を表 3-1 に示すようにまとめた。表 3-1 の事象を参考にしたうえで、JMTR の特徴を考えて同様の事象が生じるかどうかを考えた。なお、震度 6 以上の地

震、大津波警報、火山活動等については、これらの事象自体が通報事象であるため、EAL の設定には考慮しないこととした。

原子力災害対策指針に示されている警戒事象例は震度 6 以上の地震、大津波警報、火山活動等を除くと 12 事象があった。この 12 事象のうち、8 事象について JMTR でも類似の事象が起こると判断し、表 3-1 の No.2、No.6～12 の 8 事象を参考にして JMTR の警戒事象を設定した。なお、表 3-1 の No.1 の事象については、JMTR では原子炉停止信号が発信された場合は制御棒を保持している励磁電流が強制的に遮断され、制御棒は自重及び水流力で落下すること、またスクラム後も動的な対応が必要な事象は少なく、発信された原因を特定できなくても大きな問題はないことから警戒事象に設定しなかった。

表 3-1 の No.3 の事象については、JMTR では原子炉の運転中に純水補給設備等の注水による冷却は期待されておらず、純水補給設備等による給水が全て喪失しても問題はないため警戒事象に設定しなかった。

表 3-1 の No.4、5 の事象については、JMTR には蒸気発生器及び主復水器に該当する設備はないため警戒事象に設定しなかった。

これらの以外の事象については、JMTR でも類似の事象が発生しうるので警戒事象とした。選択した JMTR の警戒事象と原子力災害対策指針に示されている事象を表 3-2 に示す。さらに、表 3-3 に各事象の詳細を示す。

3.3.2 敷地緊急事態の設定

敷地緊急事態とは、原子力施設において公衆に放射線による影響をもたらす可能性のある事象が生じたため、原子力施設周辺において緊急時に備えた避難等の主な防護措置の準備を開始する必要がある段階である。

JMTR における敷地緊急事態は、警戒事象を設定した方法と同様に、原子力災害対策指針に示されている BWR 及び PWR における事象を表 3-4 に示すようにまとめ、JMTR の特徴を考えて同様の事象が生じるかどうかを考慮した。さらに、原子力災害対策特別措置法（以下「原災法」という。）第 10 条（原子力事業所の区域の境界付近において、政令で定める基準以上の放射線量が検出され場合の通報義務）で設定されている事象については敷地緊急事態に設定した。

原子力災害対策指針に示されている敷地緊急事態例は震度 6 以上の地震、大津波警報、火山活動等を除くと 17 事象があった。この 17 事象のうち、10 事象について JMTR でも類似の事象が起こりうると考え、表 3-4 の No.1、No.7～11 及び No.14～17 の 10 事象を参考にして JMTR の警戒事象を設定した。なお、表 3-4 の No.2 の事象については、原子炉運転中に純水補給設備等の注水による冷却は期待されておらず、純水補給設備等による給水が全て喪失しても問題はない。また、高圧で注水する非常用炉心冷却装置等は存在しないことから、敷地緊急事態とはしなかった。

表 3-4 の No.3 の事象については、JMTR には復水器がなく炉心の燃料の冠水を維持できれば崩壊熱の除去は可能であるため、敷地緊急事態に設定しなかった。

表 3-4 の No.4 の事象については、JMTR には蒸気発生器がないため、敷地緊急事態に設定しなかった。表 3-4 の No.5 の事象については、原子炉運転中に全交流母線を喪失した場合、原子炉はスクラムし、全冷却ポンプは停止するが、崩壊熱の除去は自然対流で可能であるため、敷地緊急

事態に設定しなかった。

表 3-4 の No.6 の事象については、JMTR には、直流電源に接続されている安全機器等がないため、敷地緊急事態に設定しなかった。

表 3-4 の No.12 の事象については、JMTR には、原子炉格納容器がないため、敷地緊急事態に設定しなかった。

表 3-4 の No.13 の事象については、JMTR には、原子炉格納容器圧力逃し装置がないため、敷地緊急事態に設定しなかった。

これらの事象以外については、JMTR でも類似の事象が発生しうるので敷地緊急事態に設定した。設定した JMTR の敷地緊急事態と原子力災害対策指針に示されている事象を表 3-5 に示す。さらに、表 3-6 に各事象の詳細を示す。

3.3.3 全面緊急事態の設定

全面緊急事態とは、原子力施設において公衆に放射線による影響をもたらす可能性が高い事象が生じたため、確定的影響を回避し、確率的影響のリスクを低減する観点から、迅速な防護措置を実施する必要がある段階である。

JMTR における全面緊急事態は、警戒事象及び敷地緊急事態と同様の方法で設定を行った。BWR 及び PWR における原子力災害対策指針に示されている事象（震度 6 以上の地震、大津波警報、火山活動等を除く。）を表 3-7 に示す。さらに原災法 15 条（原災法 10 条で検出された放射線量が、異常な水準の放射線量の基準として政令で定めるもの以上である場合に出される原子力緊急事態宣言等）で設定されている事象については、全面緊急事態として設定を行った。

原子力災害対策指針に示されている全面緊急事態例は、震度 6 以上の地震、大津波警報、火山活動等を除くと 15 事象あった。この 15 事象のうち、6 事象について JMTR でも類似の事象が起こりうると考え、表 3-7 の No.9～No.11、及び表 3-7 の No.13～No.15 の 6 事象を参考にして JMTR の全面緊急事態を設定した。なお、表 3-7 の No.1～No.3 及び No.12 の事象については、原災法 10 条事象として、敷地緊急事態として設定していることから全面緊急事態とはしなかった。表 3-7 の No.4 の事象については、JMTR には蒸気発生器がないため、全面緊急事態とはしなかった。表 3-7 の No.5 の事象については、JMTR には原子炉格納容器がないため、全面緊急事態とはしなかった。表 3-7 の No.6 の事象については、JMTR には復水器は存在せず、炉心の冠水を維持することによる崩壊熱の除去が可能であるため、全面緊急事態とはしなかった。表 3-7 の No.7 の事象については、原子炉運転中に全交流母線を喪失した場合は、原子炉はスクラムし、全冷却ポンプは停止するが、崩壊熱の除去は自然対流で可能であるため、全面緊急事態とはしなかった。表 3-7 の No.8 の事象については、JMTR には直流電源に接続されている安全機器等がないことから、全面緊急事態とはしなかった。

これら以外の事象については、JMTR でも類似の事象が発生しうるので全面緊急事態に設定した。選択した JMTR の全面緊急事態と原子力災害対策指針に示されている事象を表 3-8 に示す。さらに、表 3-9 に各事象の詳細を示す。

3.3.4　JMTR における EAL 事象の種類及びその推移

3.3.1 から 3.3.3 において設定した警戒事象、敷地緊急事態及び全面緊急事態を表 3-10 に示す。表 3-10 は警戒事象が敷地緊急事態、全面緊急事態へと推移していくものについては同じ行を用いて表している。この表から、JMTR の EAL 事象は、13 種類あり、プラント状態の変化に応じて EAL 区分（警戒事象、敷地緊急事態及び全面緊急事態）が推移していくものは、7 事象あることが分かる。

4.　まとめ [7)]

「原子力災害対策特別措置法に基づき原子力防災管理者が通報すべき事象等に関する規則」の施行に伴い、原子力事業者防災業務計画の見直す旨、指示がなされた。大洗研究所においては、原子力事業者防災業務計画の見直しが平成 29 年度に実施されることとなり、この中で JMTR においても新たに緊急時活動レベル（EAL）を設定した。

JMTR では、燃料要素が健全であり、遮蔽がなされていれば、公衆に過度な放射線被ばくを与えることはない。そのためには、原子炉運転時以外でも使用済燃料要素の冠水を維持する必要がある。このような JMTR の特徴を考慮して EAL を選定した結果、原子力災害対策指針に基づく警戒事象が 8 事象、原災法第 10 条第 1 項に基づく通報基準及び EAL が 10 事象、原災法第 15 条第 1 項に基づく報告基準及び EAL が 6 事象となり、BWR 及び PWR に比べ事象数が減少した。

今回、設定した EAL は、2018 年（平成 30 年）1 月から運用を開始している。一方、JMTR は、施設中長期計画に基づき廃止措置の準備を進めており、今後、廃止措置計画認可申請書が認可された後、施設の実情にあった EAL の設定を新たに行い、大洗研究所における原子力事業者防災業務計画の変更を行う予定である。

参考文献

1) 照射試験炉センター,「JMTR 照射試験・照射後試験に関する技術レビュー」, JAEA-Review 2017-016,（2017）170p.
2) 独立行政法人日本原子力研究開発機構, 「独立行政法人日本原子力研究開発機構大洗研究開発センター（北地区）原子炉設置許可申請書　平成 24 年 3 月」,（2012）.
3) 田畑俊夫他,「JMTR 改良 LEU 炉心の熱水力解析」, JAERI-Tech 2002-100,（2002）108p.
4) 小向文作他,「JMTR 改良 LEU 炉心の核特性解析」, JAERI-Tech 2002-067,（2002）75 p.
5) 佐藤宗平他,「我が国の新たな原子力災害対策の基本的な考え方について; 原子力防災実務関係者のための解説」, JAEA-Review 2013-015,（2013）89p.
6) 原子力規制委員会,「原子力災害対策指針」　平成 30 年 10 月 1 日一部改正（平成 29 年 8 月 1 日原子力規制委員会告示第 10 号）,（2018）.
7) 国立行政法人日本原子力研究開発機構大洗研究センター, 「国立行政法人日本原子力研究開発機構大洗研究センター原子力事業者防災業務計画　平成 30 年 1 月」,（2018）.

表 3-1　原子力防災指針に示されている BWR 及び PWR の警戒事象例（1/2）

No.	BWR 警戒事象例	PWR 警戒事象例
1	原子炉の運転中に原子炉保護回路の 1 チャンネルから原子炉停止信号が発信され、その状態が一定時間継続された場合において、当該原子炉停止信号が発信された原因を特定できないこと。	原子炉の運転中に原子炉保護回路の 1 チャンネルから原子炉停止信号が発信され、その状態が一定時間継続された場合において、当該原子炉停止信号が発信された原因を特定できないこと。
2	原子炉の運転中に原子炉冷却材の漏えいが起こり、定められた時間内に定められた措置を実施できないこと。	原子炉の運転中に原子炉冷却材の漏えいが起こり、定められた措置を実施できないこと。
3	原子炉の運転中に当該原子炉への全ての給水機能が喪失すること。	
4		原子炉の運転中に蒸気発生器への全ての主給水が停止した場合において、電動補助給水ポンプ又はタービン動補助給水ポンプによる給水機能が喪失すること。
5	原子炉の運転中に主復水器による当該原子炉から熱を除去する機能が喪失した場合において、当該原子炉から残留熱を除去する機能の一部が喪失すること。	
6	全ての非常用交流母線からの電気の供給が停止すること。	
7	原子炉の停止中に当該原子炉容器内の水位が水位低設定値まで低下すること。	原子炉の停止中に当該原子炉から残留熱を除去する機能の一部が喪失すること。
8	使用済燃料貯蔵施設の水位が一定の水位まで低下すること。	使用済燃料貯蔵施設の水位が一定の水位まで低下すること。
9	原子炉制御室その他の箇所からの原子炉の運転や制御に影響を及ぼす可能性が生じること。	原子炉制御室その他の箇所からの原子炉の運転や制御に影響を及ぼす可能性が生じること。
10	原子力事業所内の通信のための設備の一部の機能が喪失すること。	原子力事業所内の通信のための設備の一部の機能が喪失すること。

表 3-1　原子力防災指針に示されている BWR 及び PWR の警戒事象例（2/2）

No.	BWR 警戒事象例	PWR 警戒事象例
11	重要区域（原子力災害対策特別措置法に基づき原子力事業者が作成すべき原子力事業者防災業務計画等に関する命令（平成 2 年文部科学省･経済産業省令第 4 号）第 2 条第 2 項第 8 号に規定する重要区域をいう。以下同じ。）において、火災又は溢水が発生し、同号に規定する安全上重要な構築物、系統又は機器（以下「安全機器等」という。）の機能の一部が喪失するおそれがあること。	重要区域において、火災又は溢水が発生し、安全機器等の機能の一部が喪失するおそれがあること。
12	燃料被覆障壁若しくは原子炉冷却系障壁が喪失するおそれがあること、又は、燃料被覆障壁若しくは原子炉冷却系障壁が喪失すること。	燃料被覆障壁若しくは原子炉冷却系障壁が喪失するおそれがあること、又は、燃料被覆障壁若しくは原子炉冷却系障壁が喪失すること。

表 3-2　JMTR の警戒事象と原子力災害対策指針に示されている事象

JMTR における警戒事象	BWR 警戒事象例	PWR 警戒事象例
原子炉冷却材の漏えい	原子炉の運転中に原子炉冷却材の漏えいが起こり、定められた時間内に定められた措置を実施できないこと。	原子炉の運転中に原子炉冷却材の漏えいが起こり、定められた措置を実施できないこと。
全交流電源喪失	全ての非常用交流母線からの電気の供給が停止すること。	
停止中の原子炉冷却機能の一部喪失	原子炉の停止中に当該原子炉容器内の水位が水位低設定値まで低下すること。	原子炉の停止中に当該原子炉から残留熱を除去する機能の一部が喪失すること。
使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失のおそれ	使用済燃料貯蔵施設の水位が一定の水位まで低下すること。	使用済燃料貯蔵施設の水位が一定の水位まで低下すること。
原子炉制御室他の機能喪失のおそれ	原子炉制御室その他の箇所からの原子炉の運転や制御に影響を及ぼす可能性が生じること。	原子炉制御室その他の箇所からの原子炉の運転や制御に影響を及ぼす可能性が生じること。
所内通信連絡機能の一部喪失	原子力事業所内の通信のための設備の一部の機能が喪失すること。	原子力事業所内の通信のための設備の一部の機能が喪失すること。
重要区域での火災・溢水による安全機能の一部喪失の恐れ	重要区域（原子力災害対策特別措置法に基づき原子力事業者が作成すべき原子力事業者防災業務計画等に関する命令（平成 24 年文部科学省・経済産業省令第 4 号）第 2 条第 2 項第 8 号に規定する重要区域をいう。以下同じ。）において、火災又は溢水が発生し、同号に規定する安全上重要な構築物、系統又は機器（以下「安全機器等」という。）の機能の一部が喪失するおそれがあること。	重要区域において、火災又は溢水が発生し、安全機器等の機能の一部が喪失するおそれがあること。
単一障壁の喪失	燃料被覆障壁若しくは原子炉冷却系障壁が喪失するおそれがあること、又は、燃料被覆障壁若しくは原子炉冷却系障壁が喪失すること。	燃料被覆障壁若しくは原子炉冷却系障壁が喪失するおそれがあること、又は、燃料被覆障壁若しくは原子炉冷却系障壁が喪失すること。

表 3-3　JMTR における警戒事象の具体的なプラント状態（1/2）

JMTR における警戒事象	具体的なプラント状態
原子炉冷却材の漏えい	原子炉の運転中に一次冷却系配管破損検出系が作動した場合において、運転手引に定められた一次冷却系配管破損検出系が作動した場合の措置のうち一次冷却系統の停止ができない場合。 ・「原子炉運転中」とは、「保安規定に定める「運転開始命令」が出された後から、保安規定に定める「運転停止後の措置」が確認されるまでの間」をいう（以下この表において同じ。）。
全交流電源喪失	原子炉運転中、全ての交流母線からの電気の供給が停止した場合。 ・全交流電源喪失が発生しても燃料要素が破損することはないが、時間経過により監視装置のバッテリーが使用不能となり、監視機能が喪失する可能性があるため AL とする。
停止中の原子炉冷却機能の一部喪失	原子炉停止中に、炉心に燃料要素が装荷された状態で、炉心液面が-700mm に達した場合。 ・「原子炉の停止中」とは、「原子炉の運転中以外の状態」をいう。
使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失のおそれ	基準水位から-500mm に達した場合。ただし、点検等により水位を-500mm 以下にする期間を除く。
原子炉制御室他の機能喪失のおそれ	原子炉運転中に、放射線レベルの上昇等により、運転員が原子炉制御室の操作が容易にできなくなった場合。
所内通信連絡機能の一部喪失	原子炉の運転中において、「JMTR から緊急時対策所へ通信する手段が、どれか 1 つの手段のみとなった場合。 ・「どれか 1 つの手段のみとなった場合」とは、設備的に異なる公衆回線、専用回線、ネットワーク回線等の通信回線において、どれか 1 つの手段のみとなった場合をいう。

表 3-3　JMTR における警戒事象の具体的なプラント状態（2/2）

JMTR における警戒事象	具体的なプラント状態
重要区域での火災・溢水による安全機能の一部喪失の恐れ	重要区域において、火災又は溢水が発生し、安全機器等の機能の一部が喪失するおそれがある場合。 ・「重要区域」とは、安全上重要な構築物、系統又は機器が設置されている場所をいう。 ・「安全機器等」とは、安全上重要な構築物、系統又は機器をいう。 ・「安全機器等の機能の一部が喪失するおそれ」とは、火災又は溢水により、安全機器等の機能に支障が生じ、同一の機能を有する系統又は機器が 1 系統のみとなることをいう。 ・「火災」とは、JMTR 内に施設される設備や仮置きされた可燃性物質（難燃性を含む）が燃焼し、この状態を解消するために消火器、消火設備等を使用することが必要なものをいう。 ・「溢水」とは、JMTR に施設される機器の破損による漏水又は消火栓等の系統の作動による放水が原因で、系統外に放出された液体をいう（滞留水、流水、蒸気を含む。）。
単一障壁の喪失	原子炉運転中に、以下の障壁が喪失した場合。（いずれか一つが該当した場合。） ①燃料被覆障壁が喪失 ・「燃料破損」信号が発報した場合。 ②原子炉冷却系障壁が喪失 ・「原子炉入口圧力低低」信号が発報した場合。

表 3-4　原子力防災指針に示されている BWR 及び PWR の敷地緊急事態例（1/2）

No.	BWR 敷地緊急事態例	PWR 敷地緊急事態例
1	原子炉の運転中に非常用炉心冷却装置の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生した場合において、非常用炉心冷却装置等のうち当該原子炉へ高圧又は低圧で注水するもののいずれかによる注水が直ちにできないこと。	原子炉の運転中に非常用炉心冷却装置の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生した場合において、非常用炉心冷却装置等で注水が直ちにできないこと。
2	原子炉の運転中に当該原子炉への全ての給水機能が喪失した場合において、非常用炉心冷却装置等のうち当該原子炉へ高圧で注水するものによる注水が直ちにできないこと。	
3	原子炉の運転中に主復水器により当該原子炉から熱を除去できない場合において、残留熱除去系装置等により当該原子炉から残留熱を直ちに除去できないこと。	
4		原子炉の運転中に蒸気発生器への全ての給水機能が喪失すること。
5	全ての交流母線からの電気の供給が停止し、かつ、その状態が 30 分以上継続すること。	全ての交流母線からの電気の供給が停止し、かつ、その状態が 30 分以上継続すること。
6	非常用直流母線が一となった場合において、当該直流母線に電気を供給する電源が一となる状態が 5 分以上継続すること。	非常用直流母線が一となった場合において、当該直流母線に電気を供給する電源が一となる状態が 5 分以上継続すること。
7	原子炉の停止中に圧力容器内の水位が非常用炉心冷却装置（当該原子炉へ低圧で注水するものに限る。）が作動する水位まで低下した場合において、全ての非常用炉心冷却装置による注水ができないこと。	原子炉の停止中に当該原子炉から残留熱を除去する機能が喪失すること。
8	使用済燃料貯蔵施設の水位を維持できないこと又は当該貯蔵施設の水位を維持できていないおそれがある場合において、当該貯蔵施設の水位を測定できないこと。	使用済燃料貯蔵施設の水位を維持できないこと又は当該貯蔵施設の水位を維持できていないおそれがある場合において、当該貯蔵施設の水位を測定できないこと。
9	原子炉制御室の環境が悪化し、原子炉の制御に支障が生じること、又は原子炉若しくは使用済燃料貯蔵施設に異常が発生した場合において、原子炉制御室に設置する原子炉施設の状態を表示する装置若しくは原子炉施設の異常を表示する警報装置の機能の一部が喪失すること。	原子炉制御室の環境が悪化し、原子炉の制御に支障が生じること、又は原子炉若しくは使用済燃料貯蔵施設に異常が発生した場合において、原子炉制御室に設置する原子炉施設の状態を表示する装置若しくは原子炉施設の異常を表示する警報装置の機能の一部が喪失すること。

表 3-4　原子力防災指針に示されている BWR 及び PWR の敷地緊急事態例（2/2）

No.	BWR 敷地緊急事態例	PWR 敷地緊急事態例
10	原子力事業所内の通信のための設備又は原子力事業所内と原子力事業所外との通信のための設備の全ての機能が喪失すること。	原子力事業所内の通信のための設備又は原子力事業所内と原子力事業所外との通信のための設備の全ての機能が喪失すること。
11	火災又は溢水が発生し、安全機器等の機能の一部が喪失すること。	火災又は溢水が発生し、安全機器等の機能の一部が喪失すること。
12	原子炉格納容器内の圧力又は温度の上昇率が一定時間にわたって通常の運転及び停止中において想定される上昇率を超えること。	原子炉格納容器内の圧力又は温度の上昇率が一定時間にわたって通常の運転及び停止中において想定される上昇率を超えること。
13	原子炉の炉心（以下単に「炉心」という。）の損傷が発生していない場合において、炉心の損傷を防止するために原子炉格納容器圧力逃がし装置を使用すること。	炉心の損傷が発生していない場合において、炉心の損傷を防止するために原子炉格納容器圧力逃がし装置を使用すること。
14	燃料被覆の障壁が喪失した場合において原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがあること、燃料被覆の障壁及び原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがあること、又は燃料被覆の障壁若しくは原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがある場合において炉家内の負圧が喪失すること。	燃料被覆の障壁が喪失した場合において原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがあること、燃料被覆の障壁及び原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがあること、又は燃料被覆の障壁若しくは原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがある場合において炉家内の負圧が喪失すること。
15	その他原子炉施設以外に起因する事象が原子炉施設に影響を及ぼすおそれがあること等放射性物質又は放射線が原子力事業所外へ放出され、又は放出されるおそれがあり、原子力事業所周辺において、緊急事態に備えた防護措置の準備及び防護措置の一部の実施を開始する必要がある事象が発生すること。	その他原子炉施設以外に起因する事象が原子炉施設に影響を及ぼすおそれがあること等放射性物質又は放射線が原子力事業所外へ放出され、又は放出されるおそれがあり、原子力事業所周辺において、緊急事態に備えた防護措置の準備及び防護措置の一部の実施を開始する必要がある事象が発生すること。
16	原子炉の非常停止が必要な場合において、制御棒の挿入により原子炉を停止することができないこと又は停止したことを確認することができないこと。	原子炉の非常停止が必要な場合において、制御棒の挿入により原子炉を停止することができないこと又は停止したことを確認することができないこと。
17	原子炉の運転中に非常用炉心冷却装置の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生した場合において、全ての非常用炉心冷却装置等による注水が直ちにできないこと。	原子炉の運転中に非常用炉心冷却装置の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生した場合において、全ての非常用炉心冷却装置等による注水が直ちにできないこと。

表 3-5　JMTR の敷地緊急事態と原子力災害対策指針に示されている事象（1/2）

JMTR における敷地緊急事態	BWR 敷地緊急事態例	PWR 敷地緊急事態例
原子炉冷却材漏えいによる非常用原子炉冷却装置作動	原子炉の運転中に非常用炉心冷却装置の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生した場合において、非常用炉心冷却装置等のうち当該原子炉へ高圧又は低圧で注水するもののいずれかによる注水が直ちにできないこと。	原子炉の運転中に非常用炉心冷却装置の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生した場合において、非常用炉心冷却装置等で注水が直ちにできないこと。
停止中の原子炉冷却機能の喪失	原子炉の停止中に圧力容器内の水位が非常用炉心冷却装置（当該原子炉へ低圧で注水するものに限る。）が作動する水位まで低下した場合において、全ての非常用炉心冷却装置による注水ができないこと。	原子炉の停止中に当該原子炉から残留熱を除去する機能が喪失すること。
使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失	使用済燃料貯蔵施設の水位を維持できないこと又は当該貯蔵施設の水位を維持できていないおそれがある場合において、当該貯蔵施設の水位を測定できないこと。	使用済燃料貯蔵施設の水位を維持できないこと又は当該貯蔵施設の水位を維持できていないおそれがある場合において、当該貯蔵施設の水位を測定できないこと。
原子炉制御室の機能喪失・警報喪失 【10 条事象】	原子炉制御室の環境が悪化し、原子炉の制御に支障が生じること、又は原子炉若しくは使用済燃料貯蔵施設に異常が発生した場合において、原子炉制御室に設置する原子炉施設の状態を表示する装置若しくは原子炉施設の異常を表示する警報装置の機能の一部が喪失すること。	原子炉制御室の環境が悪化し、原子炉の制御に支障が生じること、又は原子炉若しくは使用済燃料貯蔵施設に異常が発生した場合において、原子炉制御室に設置する原子炉施設の状態を表示する装置若しくは原子炉施設の異常を表示する警報装置の機能の一部が喪失すること。
所内通信連絡機能の全て喪失	原子力事業所内の通信のための設備又は原子力事業所内と原子力事業所外との通信のための設備の全ての機能が喪失すること。	原子力事業所内の通信のための設備又は原子力事業所内と原子力事業所外との通信のための設備の全ての機能が喪失すること。

表 3-5　JMTR の敷地緊急事態と原子力災害対策指針に示されている事象（2/2）

JMTR における敷地緊急事態	BWR 敷地緊急事態例	PWR 敷地緊急事態例
火災・溢水による安全機能の一部喪失	火災又は溢水が発生し、安全機器等の機能の一部が喪失すること。	火災又は溢水が発生し、安全機器等の機能の一部が喪失すること。
2 つの障壁の喪失	燃料被覆の障壁が喪失した場合において原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがあること、燃料被覆の障壁及び原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがあること、又は燃料被覆の障壁若しくは原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがある場合において炉家内の負圧が喪失すること。	燃料被覆の障壁が喪失した場合において原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがあること、燃料被覆の障壁及び原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがあること、又は燃料被覆の障壁若しくは原子炉冷却系の障壁が喪失するおそれがある場合において炉家内の負圧が喪失すること。
防護措置の準備及び一部実施が必要な事象発生	その他原子炉施設以外に起因する事象が原子炉施設に影響を及ぼすおそれがあること等放射性物質又は放射線が原子力事業所外へ放出され、又は放出されるおそれがあり、原子力事業所周辺において、緊急事態に備えた防護措置の準備及び防護措置の一部の実施を開始する必要がある事象が発生すること。	その他原子炉施設以外に起因する事象が原子炉施設に影響を及ぼすおそれがあること等放射性物質又は放射線が原子力事業所外へ放出され、又は放出されるおそれがあり、原子力事業所周辺において、緊急事態に備えた防護措置の準備及び防護措置の一部の実施を開始する必要がある事象が発生すること。
原子炉停止の失敗または停止確認不能 【10 条事象】	原子炉の非常停止が必要な場合において、制御棒の挿入により原子炉を停止することができないこと又は停止したことを確認することができないこと。	原子炉の非常停止が必要な場合において、制御棒の挿入により原子炉を停止することができないこと又は停止したことを確認することができないこと。
原子炉冷却材漏えい時における非常用炉心冷却装置による注水不能 【10 条事象】	原子炉の運転中に非常用炉心冷却装置の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生した場合において、全ての非常用炉心冷却装置等による注水が直ちにできないこと。	原子炉の運転中に非常用炉心冷却装置の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生した場合において、全ての非常用炉心冷却装置等による注水が直ちにできないこと。

表 3-6　JMTR における敷地緊急事態の具体的なプラント状態（1/2）

JMTR における敷地緊急事態	具体的なプラント状態
原子炉冷却材漏えいによる非常用原子炉冷却装置作動	原子炉の運転中に一次冷却系配管破損検出系が作動した場合において、漏えい水再循環設備により圧力容器内に注水できない場合。
停止中の原子炉冷却機能の喪失	原子炉停止中に炉心に燃料要素が装荷された状態で、炉心液面が-3000mm に達した場合。
使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失	基準水位から-2000mm に達した場合、又は当該貯蔵施設の水位を維持できていないおそれがある場合において、直接的又は間接的な手段によって当該貯蔵施設の水位を測定できない場合。
原子炉制御室の機能喪失・警報喪失 【10 条事象】	原子炉制御室に火災等の事象が発生し、計測制御系統が正常に作動しない場合。又は原子炉若しくは使用済燃料貯蔵施設に異常が発生した場合において、計測制御系統の一部が喪失した場合。
所内通信連絡機能の全て喪失	原子炉施設に何らかの異常が発生した場合において、原子炉制御室あるいは緊急時対策所から所内又は所外への通信手段が使用不能となったとき全ての通信手段が喪失した場合。
火災・溢水による安全機能の一部喪失	火災又は溢水により、「安全上重要な構築物、系統又は機器」の機能に支障が生じ、同一の機能を有する系統が全て使用できなくなったとき。
2 つの障壁の喪失	原子炉運転中に、以下の障壁が喪失、又は喪失のおそれがある場合。（いずれか一つが該当した場合。） ①燃料被覆障壁が喪失し、かつ原子炉冷却系障壁が喪失した場合。 ・燃料破損検出系が作動し、水漏れ監視プログラム発報、漏水検知器発報及び排水貯槽の上昇を確認した場合。 ②燃料被覆障壁が喪失し、かつ炉室内負圧が喪失した場合。 ・燃料破損検出系が作動し、炉室内負圧値が 59Pa 以下の場合。 ③原子炉冷却系障壁が喪失し、かつ炉室内負圧が喪失した場合。 ・一次冷却系配管破損検出系が作動し、炉室内負圧値が 59Pa 以下の場合。 ・「原子炉運転中」とは、「保安規定に定める「運転開始命令」が出された後から、保安規定に定める「運転停止後の措置」が確認されるまでの間」をいう（以下この表において同じ。）。

表 3-6　JMTR における地緊急事態の具体的なプラント状態（2/2）

JMTR における敷地緊急事態	具体的なプラント状態
防護措置の準備及び一部実施が必要な事象発生	原子炉施設の安全を損なうおそれがある「原子炉施設以外に起因する事象（地震、竜巻、テロ）」が発生した場合。
原子炉停止の失敗または停止確認不能 【10 条事象】	原子炉の非常停止が必要な場合において、制御棒の挿入が確認できない場合、又は停止したことを確認することができない場合。
原子炉冷却材漏えい時における非常用炉心冷却装置による注水不能 【10 条事象】	原子炉の運転中に一次冷却系配管破損検出系が作動した場合で、漏えい水再循環設備で圧力容器に注水できず、かつ純水補給設備等による給水ができない場合。

表 3-7　原子力防災指針に示されている BWR 及び PWR の全面緊急事態例（1/2）

No.	BWR 全面緊急事態例	PWR 全面緊急事態例
1	原子炉の非常停止が必要な場合において、制御棒の挿入により原子炉を停止することができないこと又は停止したことを確認することができないこと。	原子炉の非常停止が必要な場合において、制御棒の挿入により原子炉を停止することができないこと又は停止したことを確認することができないこと。
2	原子炉の運転中に非常用炉心冷却装置の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生した場合において、全ての非常用炉心冷却装置等による注水が直ちにできないこと。	原子炉の運転中に非常用炉心冷却装置の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生した場合において、全ての非常用炉心冷却装置及びこれと同等の機能を有する設備による注水が直ちにできないこと。
3	原子炉の運転中に当該原子炉への全ての給水機能が喪失した場合において、全ての非常用炉心冷却装置等による注水が直ちにできないこと。	
4		原子炉の運転中に蒸気発生器への全ての給水機能が喪失した場合において、全ての非常用炉心冷却装置及びこれと同等の機能を有する設備による注水が直ちにできないこと。
5	原子炉格納容器内の圧力又は温度が当該格納容器の設計上の最高使用圧力又は最高使用温度に達すること。	原子炉格納容器内の圧力又は温度が当該格納容器の設計上の最高使用圧力又は最高使用温度に達すること。
6	原子炉の運転中に主復水器により当該原子炉から熱を除去できない場合において、残留熱除去系装置等によって当該原子炉から残留熱を直ちに除去できないときに、原子炉格納容器の圧力抑制機能が喪失すること。	
7	全ての交流母線からの電気の供給が停止し、かつ、その状態が 1 時間以上継続すること。	全ての交流母線からの電気の供給が停止し、かつ、その状態が 1 時間以上継続すること。
8	全ての非常用直流母線からの電気の供給が停止し、かつ、その状態が 5 分以上継続すること。	全ての非常用直流母線からの電気の供給が停止し、かつ、その状態が 5 分以上継続すること。
9	炉心に燃料要素が装荷されている状態で、燃料要素の冠水が維持できないこと。	

表 3-7　原子力防災指針に示されている BWR 及び PWR の全面緊急事態例（2/2）

No.	BWR 全面緊急事態例	PWR 全面緊急事態例
10	原子炉の停止中に圧力容器内の水位が非常用炉心冷却装置（当該原子炉へ低圧で注水するものに限る。）が作動する水位まで低下した場合において、全ての非常用炉心冷却装置等による注水ができないこと。	蒸気発生器の検査その他の目的で一時的に原子炉容器の水位を下げた状態で、当該原子炉から残留熱を除去する機能が喪失し、かつ、燃料取替用水貯蔵槽からの注水ができないこと。
11	使用済燃料貯蔵施設の水位が照射済燃料集合体の頂部から上方 2 メートルの水位まで低下すること、又は当該水位まで低下しているおそれがある場合において、当該貯蔵施設の水位を測定できないこと。	使用済燃料貯蔵施設の水位が照射済燃料集合体の頂部から上方 2 メートルの水位まで低下すること、又は当該水位まで低下しているおそれがある場合において、当該貯蔵施設の水位を測定できないこと。
12	原子炉制御室が使用できなくなることにより、原子炉制御室からの原子炉を停止する機能及び冷温停止状態を維持する機能が喪失すること又は原子炉施設に異常が発生した場合において、原子炉制御室に設置する原子炉施設の状態を表示する装置若しくは原子炉施設の異常を表示する警報装置の全ての機能が喪失すること。	原子炉制御室が使用できなくなることにより、原子炉制御室からの原子炉を停止する機能及び冷温停止状態を維持する機能が喪失すること又は原子炉施設に異常が発生した場合において、原子炉制御室に設置する原子炉施設の状態を表示する装置若しくは原子炉施設の異常を表示する警報装置の全ての機能が喪失すること。
13	燃料被覆の障壁及び原子炉冷却系の障壁が喪失した場合において、原子炉格納容器の負圧が喪失すること。	燃料被覆の障壁及び原子炉冷却系の障壁が喪失した場合において、原子炉格納容器の負圧が喪失すること。
14	その他原子炉施設以外に起因する事象が原子炉施設に影響を及ぼすおそれがあること等放射性物質又は放射線が原子力事業所外へ放出され、又は放出されるおそれがあり、原子力事業所周辺において、緊急事態に備えた防護措置の準備及び防護措置の一部の実施を開始する必要がある事象が発生すること。	その他原子炉施設以外に起因する事象が原子炉施設に影響を及ぼすおそれがあること等放射性物質又は放射線が原子力事業所外へ放出され、又は放出されるおそれがあり、原子力事業所周辺において、緊急事態に備えた防護措置の準備及び防護措置の一部の実施を開始する必要がある事象が発生すること。
15	原子炉の非常停止が必要な場合において、原子炉を停止する全ての機能が喪失し、かつ、原子炉を冷却する全ての機能が喪失すること。	

表 3-8　JMTR の全面緊急事態と原子力災害対策指針に示されている事象

JMTR における敷地緊急事態	BWR 敷地緊急事態例	PWR 敷地緊急事態例
炉心損傷のおそれ	炉心に燃料要素が装荷されている状態で、燃料要素の冠水が維持できないこと。	
停止中の原子炉冷却機能の完全喪失	原子炉の停止中に圧力容器内の水位が非常用炉心冷却装置（当該原子炉へ低圧で注水するものに限る。）が作動する水位まで低下した場合において、全ての非常用炉心冷却装置等による注水ができないこと。	蒸気発生器の検査その他の目的で一時的に原子炉容器の水位を下げた状態で、当該原子炉から残留熱を除去する機能が喪失し、かつ、燃料取替用水貯蔵槽からの注水ができないこと。
使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失・放射線放出	使用済燃料貯蔵施設の水位が照射済燃料集合体の頂部から上方 2 メートルの水位まで低下すること、又は当該水位まで低下しているおそれがある場合において、当該貯蔵施設の水位を測定できないこと。	使用済燃料貯蔵施設の水位が照射済燃料集合体の頂部から上方 2 メートルの水位まで低下すること、又は当該水位まで低下しているおそれがある場合において、当該貯蔵施設の水位を測定できないこと。
2 つの障壁喪失及び 1 つの障壁の喪失	燃料被覆の障壁及び原子炉冷却系の障壁が喪失した場合において、原子炉格納容器の負圧が喪失すること。	燃料被覆の障壁及び原子炉冷却系の障壁が喪失した場合において、原子炉格納容器の負圧が喪失すること。
屋内退避を開始する必要がある事象発生	その他原子炉施設以外に起因する事象が原子炉施設に影響を及ぼすおそれがあること等放射性物質又は放射線が原子力事業所外へ放出され、又は放出されるおそれがあり、原子力事業所周辺において、緊急事態に備えた防護措置の準備及び防護措置の一部の実施を開始する必要がある事象が発生すること。	その他原子炉施設以外に起因する事象が原子炉施設に影響を及ぼすおそれがあること等放射性物質又は放射線が原子力事業所外へ放出され、又は放出されるおそれがあり、原子力事業所周辺において、緊急事態に備えた防護措置の準備及び防護措置の一部の実施を開始する必要がある事象が発生すること。
停止機能及び冷却機能の喪失 【15 条事象】	原子炉の非常停止が必要な場合において、原子炉を停止する全ての機能が喪失し、かつ、原子炉を冷却する全ての機能が喪失すること。	

表 3-9　JMTR における全面緊急事態の具体的なプラント状態

JMTR における敷地緊急事態	具体的なプラント状態
炉心損傷のおそれ	炉心に燃料要素が装荷されている状態で、燃料要素の冠水が維持できない場合。
停止中の原子炉冷却機能の完全喪失	原子炉停止中に、炉心に燃料要素が装荷された状態で、炉心液面が-3000mm に達し、かつ、純水補給設備等による給水ができない場合。 ・「原子炉の停止中」とは、「原子炉の運転中以外の状態」をいう。
使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失・放射線放出	基準水位から-2000mm に達した場合、又は当該貯蔵施設の水位を維持できていないおそれがある場合において、直接的又は間接的な手段によって当該貯蔵施設の水位を測定できない場合に、純水補給設備等による給水ができない場合。
2 つの障壁喪失及び 1 つの障壁の喪失	原子炉の運転中に、以下の障壁が喪失したとき。 ①燃料被覆障壁の喪失し、かつ原子炉冷却系障壁の喪失及び炉室内の負圧が喪失した場合。 ・燃料破損検出系が作動し、水漏れ監視プログラム発報、漏水検知器発報及び排水貯槽の上昇を確認した状態で炉室内負圧値が 59Pa 以下になった場合。 ・「原子炉運転中」とは、「保安規定に定める「運転開始命令」が出された後から、保安規定に定める「運転停止後の措置」が確認されるまでの間」をいう。
屋内退避を開始する必要がある事象発生	「その他原子炉施設以外に起因する事象（地震、竜巻、人的行為）」が発生し、プラントの安全を維持する機能に著しい不具合を引き起こすような事象が発生し、原子力事業所周辺の住民の屋内退避を開始する必要がある場合。 ・「屋内退避を開始する必要がある事象」とは、影響範囲が敷地外に及ぶと原子力防災管理者が判断した事象をいう。
停止機能及び冷却機能の喪失 【15 条事象】	原子炉の非常停止が必要な場合において、原子炉を停止する全ての機能が喪失し、かつ、原子炉を冷却する全ての機能が喪失すること。

表 3-10　JMTR における警戒事象、敷地緊急事態及び全面緊急事態の一覧

警戒事象	敷地緊急事態	全面緊急事態
原子炉冷却材の漏えい	原子炉冷却材漏えいによる非常用原子炉冷却装置作動 原子炉冷却材漏えい時における非常用炉心冷却装置による注水不能 【10 条事象】	
全交流電源喪失		
停止中の原子炉冷却機能の一部喪失	停止中の原子炉冷却機能の喪失	停止中の原子炉冷却機能の完全喪失
使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失のおそれ	使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失	使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失・放射線放出
原子炉制御室他の機能喪失のおそれ	原子炉制御室の機能喪失・警報喪失 【10 条事象】	
所内通信連絡機能の一部喪失	所内通信連絡機能の全て喪失	
重要区域での火災・溢水による安全機能の一部喪失の恐れ	火災・溢水による安全機能の一部喪失	
単一障壁の喪失	2 つの障壁の喪失	2 つの障壁喪失及び 1 つの障壁の喪失
	防護措置の準備及び一部実施が必要な事象発生	
	原子炉停止の失敗または停止確認不能 【10 条事象】	
		停止機能及び冷却機能の喪失 【15 条事象】
		炉心損傷のおそれ
		屋内退避を開始する必要がある事象発生

This is a blank page.

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 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	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	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（substance concentration）ともよばれる。
(b) これらは無次元量あるいは次元１をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の１は通常は表記しない。

表３．固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン[b]	rad	1 [b]	m/m
立体角	ステラジアン[b]	sr[c]	1 [b]	m^2/m^2
周波数	ヘルツ[d]	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m\ kg\ s^{-2}$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
仕事率，工率，放射束	ワット	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
電荷，電気量	クーロン	C		s A
電位差（電圧），起電力	ボルト	V	W/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
磁束	ウエーバ	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]	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd sr[c]	cd
照度	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，カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
線量当量，周辺線量当量，方向性線量当量，個人線量当量	シーベルト[g]	Sv	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
酸素活性	カタール	kat		$s^{-1}\ mol$

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

表４．単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	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	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	$m^{-3}\ s\ A$
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}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表６．SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=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 $hm^2=10^4m^2$
リットル	L，l	1 L=1 l=1 $dm^3=10^3cm^3=10^{-3}m^3$
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=10^5Pa
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
バーン	b	1 b=100fm^2=$(10^{-12}cm)^2$=$10^{-28}m^2$
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベル	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}=10^4cd m^{-2}
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm^{-2} =10^4lx
ガル	Gal	1 Gal =1cm s^{-2}=$10^{-2}ms^{-2}$
マクスウエル	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[a]	Oe	1 Oe ≙ $(10^3/4\pi)$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		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
カロリー	cal	1 cal=4.1858J（「15℃」カロリー），4.1868J（「IT」カロリー），4.184J（「熱化学」カロリー）
ミクロン	μ	1 μ =1μm=10^{-6}m

（第8版，2006年）