



米国における緊急時措置レベル (Emergency Action Levels) に関する調査

Survey on Emergency Action Levels in the United States of America

木村 仁宣 渡邊 憲夫 本間 俊充

Masanori KIMURA, Norio WATANABE and Toshimitsu HOMMA

安全研究センター

原子力エネルギー関連施設安全評価研究ユニット

Nuclear Facility Safety Research Unit

Nuclear Safety Research Center

June 2010

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

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

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

© Japan Atomic Energy Agency, 2010

米国における緊急時措置レベル（Emergency Action Levels）に関する調査

日本原子力研究開発機構 安全研究センター
原子力エネルギー関連施設安全評価研究ユニット
木村 仁宣、渡邊 憲夫、本間 俊充

（2010年3月17日受理）

国際原子力機関（International Atomic Energy Agency: IAEA）は、安全要件GS-R-2にて緊急時計画の重要性について強調し、防護措置を効果的に実施するための対応を整備することを求めている。また、米国原子力規制委員会（Nuclear Regulatory Commission: NRC）は、緊急時計画の整備は事業者への許可発給条件の一つとし、緊急時計画に標準的な緊急事態分類及び緊急時措置レベル（Emergency Action Levels: EALs）のスキームを含めることを求めている。

本報告では、今後、我が国における防護対策の内容をさらに実効性の高いものにするため、緊急事態の準備と対応に緊急事態分類及びEALを導入する検討に資することを目的に、米国におけるEALのスキームを調査した。ここでは、米国原子力協議会（Nuclear Energy Institute: NEI）が作成したEALのガイドラインであるNEI 99-01「緊急時措置レベルの整備に対する方法論」の概要及び、これまでに米国で緊急事態宣言が発令された8件の事故事例を示すとともに、調査で得られた知見をまとめた。

Survey on Emergency Action Levels in the United States of America

Masanori KIMURA, Norio WATANABE and Toshimitsu HOMMA

Nuclear Facility Safety Research Unit
Nuclear Safety Research Center
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received March 17, 2010)

International Atomic Energy Agency (IAEA) emphasizes the importance of emergency planning and requires the development of emergency response to implement effectively protective measures in IAEA Safety requirement GS-R-2. In the United States of America (USA), Nuclear Regulatory Commission (NRC) requires licensees, as a condition of licensing, the development of emergency planning including emergency classification and Emergency Action Levels (EALs) scheme.

In order to consider incorporating emergency classification and EALs scheme into emergency preparedness and response in Japan, we surveyed the EALs scheme in the USA. This report provides the outline of EALs guideline, NEI99-01 “Methodology for Development of Emergency Action Levels”, developed by Nuclear Energy Institute (NEI) and the brief descriptions on 8 accidents where an emergency was declared in the USA. As well, the findings from the survey are summarized.

Keywords: Nuclear Emergency, Emergency Preparedness and Response, EAL, IAEA, NRC, NEI

目次

1. はじめに.....	1
1.1 背景.....	1
1.2 目的.....	3
2. 緊急事態分類及び緊急時措置レベルの概要.....	12
2.1 米国におけるEALガイドライン.....	12
2.2 緊急事態分類及びEALの設定方法.....	13
3. 緊急事態カテゴリと緊急時措置レベル.....	17
3.1 カテゴリA：放射線レベルの異常／放射性物質の流出.....	19
3.2 カテゴリC：冷態停止時／燃料取替時における設備の不具合.....	23
3.3 カテゴリD：恒久的に燃料を取り出した発電所での不具合.....	27
3.4 カテゴリE：独立の使用済燃料貯蔵施設に関する事象.....	31
3.5 カテゴリF：放射性物質障壁の損傷.....	31
3.6 カテゴリH：プラントの安全性に影響を及ぼすハザード及びその他の状態.....	35
3.7 カテゴリS：システムの不具合.....	40
4. サイト緊急事態が発令された事故事例.....	45
5. まとめ.....	48
謝辞.....	51
参考文献.....	52
用語集.....	53

Contents

1.	Introduction	1
1.1	Background	1
1.2	Objectives.....	3
2.	Outlines of emergency classification and emergency action level	12
2.1	EAL guideline in United States	12
2.2	Setting method of Emergency classification and emergency action level	13
3.	Recognition categories and emergency action level	17
3.1	Category A: Abnormal Rad Levels / Radiological Effluent.....	19
3.2	Category C: Cold Shutdown / Refueling System Malfunction.....	23
3.3	Category D: Permanently Defueled Station Malfunction.....	27
3.4	Category E: Events Related to Independent Spent Fuel Storage Installations.....	31
3.5	Category F: Fission Product Barrier Degradation	31
3.6	Category H: Hazards and Other Conditions Affecting Plant Safety.....	35
3.7	Category S: System Malfunction	40
4.	Examples of Site Area Emergency Declared in United States	45
5.	Summary	48
	Acknowledgment	51
	References.....	52
	List of abbreviation	53

表リスト

表1.1	脅威区分	4
表1.2	緊急事態分類	4
表1.3	緊急時措置レベル（EAL）の分類	5
表1.4	原子力施設等の異常時の通報基準及び緊急事態の判断の基準	8
表1.5	原子力発電所における施設の固有の事象	9
表3.1	BWR及びPWRプラントにおける運転モードと緊急事態カテゴリとの関係	18
表3.2	EAL設定事象の分類（A：放射線レベルの異常／放射性物質の流出）	22
表3.3	EAL設定事象の分類（C：冷態停止時／燃料取替時における設備の不具合）	26
表3.4	EAL設定事象の分類（D：恒久的に燃料を取り出した発電所の不具合）	30
表3.5	EAL設定事象の分類（E：独立の使用済燃料貯蔵施設に関する事象）	34
表3.6	EAL設定事象の分類（F：放射性物質障壁の損傷）	34
表3.7	EAL設定事象の分類（H：プラントの安全性に影響を及ぼすハザード及びその他の状態） ...	39
表3.8	EAL設定事象の分類（S：システムの不具合）	43

図リスト

図1.1	IAEA安全要件GS-R-2における緊急事態に対する準備と対応の基本的考え方	11
------	--	----

This is a blank page.

1. はじめに

1.1 背景

原子力発電所等の原子力施設で緊急事態が発生した際、施設を運用する原子力事業者等（以下、事業者）は、被害の拡大を防ぐ措置を実施しなければならない。また、国や地方自治体は、事故の進展に伴い放射性物質が環境に放出される事態が生じる可能性に備え、公衆の被ばくを低減させるための防護措置をできるだけ早急に実施できるよう防災体制を準備する必要がある。

我が国における原子力防災対策については、「災害対策基本法」及び「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（原子炉等規制法）」、そして、これらの特別法として、1999年に起きた株式会社ジェー・シー・オー（JCO）のウラン加工工場における臨界事故（以下、東海村臨界事故）を契機に制定された「原子力災害対策特別措置法（原災法）」に基づき、整備が進められてきた。原災法は、東海村臨界事故での教訓を基に、(1) 迅速な初期動作の確保、(2) 国と地方公共団体の有機的な連携の確保、(3) 国の緊急時対応体制の強化、(4) 事業者の責務の明確化を掲げ、制定されたものである。例えば、原子力施設において原災法第10条の通報基準に定める異常事象が発生した場合、事業者には国及び地方自治体の関係機関に通報することが義務付けられている。通報を受けた国は、原子力防災専門官や事業者に対する指示、専門的知識を有する職員の派遣等といった初期対応を実施する。さらに同法第15条に相当する原子力緊急事態に該当する事態に進展すると、内閣総理大臣による緊急事態宣言が発令され、災害対策本部が設置されるとともに、緊急事態応急対策拠点施設（オフサイトセンター）に関係機関の担当者や専門家が参集することによって、国及び地方自治体を含めた対応体制が取られる。この時、国は事業者を規制・監督するとともに、地方自治体が実施する諸対策を必要に応じて補完し、また、指示や助言を行う。さらに、原子力安全委員会の下に設置される緊急技術助言組織は、技術的側面から国に対して必要な助言を与える。このような活動をより円滑に行うため、例えば、原子力発電所での事故に対しては、現在の施設の状態に基づき今後の事故進展を解析、予測する緊急時対策支援システム（ERSS）やその予測結果を基に周辺地域への影響を計算する緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（SPEEDI）が使用され、オフサイトセンターに参集した関係者及び災害対策本部の関係者に対して、地方自治体への助言に必要な情報を与えることとしている。

一方、国際原子力機関（IAEA）は、2002年、緊急事態への準備と対応に関する新たな考え方を示した安全基準文書である安全要件GS-R-2「原子力または放射線緊急事態に対する準備と対応」（IAEA, 2002）を発行した。本文書での原子力発電所での緊急事態の初期における管理の基本的考え方については、2003年10月に開催された「第5回オフサイト原子力緊急事態管理に関する国際シンポジウム」でIAEAが発表した「初期段階における緊急事態管理」（M. Crick et al, 2004）と題する論文に述べられている。この中でIAEAは、これまでに発生した原子力施設での事故の経験や米国原子力規制委員会（NRC）によるシビアアクシデント研究を通じて、事故には様々な不確実さ（炉心損傷による放射性物質の放出量や放出時間、格納容器破損に伴う環境への放出割合、環境への放出による影響）が生じることを述べるとともに、以下の結論を示している。

- 主要な放出の開始、大きさ、継続時間、サイト外での影響について、いずれも事故の初期に予測することは不可能であり、さらなる情報を待っても多くの場合、評価の質が改善されることは期待できないと考えられる。
- いくつかのシビアアクシデントは、起因事象から数時間内に放出に至ることから、住民の防護には迅速さが求められる。

そのため、GS-R-2では、これまでのIAEA国際安全基準文書である安全シリーズ No. 115「電離放射

線に対する防護と放射線源の安全のための国際基本安全基準」(いわゆる、BSS)(IAEA, 1996)に示されるような緊急事態に対して単に実際の状況に対応する手法ではなく、目標を達成するために効果的に対応する計画に重点を置く管理的手法に基づく要件が示されている。つまり、GS-R-2では、緊急事態への対応の実際的な目標を掲げており(GS-R-2 2.3項)、その目標を達成するため、まず、原子力及び放射線関連の脅威区分(表1.1)に従い施設に対する脅威の評価を実施し、次に、緊急事態の規模に応じて分類された緊急事態分類(表1.2)に対し、脅威の評価結果を基に脅威のレベル(ハザードの潜在的な大きさと性質)に応じた準備と対応をあらかじめ整備することが求められている。この時、これらの緊急事態分類の判断基準は、施設や関連する行為の異常状態、セキュリティ関連事象、放射性物質の放出等、環境測定やその他の測定可能な指標に関連してあらかじめ定義された緊急時措置レベル(EAL)でなければならないとしている。また、緊急防護措置の実施に関連して、脅威区分I及びIIの施設に対し以下の2つのゾーンを定義し、その防護措置を効果的に実施するための整備を行うことが求められている。

- 脅威区分Iの施設に対し、確定的影響のリスクを低減するため、施設の状況(緊急事態分類)に基づき、放射性物質の放出前もしくは直後に予防的緊急防護措置を実施するための整備がなされなければならない予防的活動範囲(PAZ)
- 脅威区分I及びIIの施設に対し、国際基準に従って線量を回避するため、緊急防護措置を迅速に実施するための整備がなされなければならない緊急防護措置計画範囲(UPZ)

例えば、原子力発電所の場合、表1.1により、その脅威区分はサイト外で重篤な確定的影響が生じうる施設(脅威区分I)に区分されている。事業者は、まず、脅威の評価として、施設の設計において、あらゆる被ばく源を同定し、(施設の)作業員及び公衆が受ける放射線量、並びに環境への潜在的影響を評価するため、包括的な安全解析を実施する(GS-R-2 3.14項)。次に、この結果を基に表1.2に示される緊急事態分類の判断基準であるEALを設定するとともに、その分類に沿った準備と対応を整備する。さらに、予防的緊急防護措置または緊急防護措置を実施するための範囲(PAZ及びUPZ)を設定する。

そして、緊急事態での対応段階では、計画段階で整備した緊急事態に対する準備を基に、以下のような対応を行う。

1. EALに基づき、緊急事態分類を決定する。
2. 全面的緊急事態に分類された場合、PAZに対して、あらかじめ決めた防護措置を実施する。
3. UPZに対し、モニタリング測定を基に被ばく線量の推定を行い、介入レベルまたは運用上の介入レベル(OIL)に基づき適切な防護措置を実施する。
4. 事故後の防護措置の解除についても同様に、モニタリング測定に基づく被ばく線量の推定を行い、介入レベル(またはOIL)に従って解除措置を実施する。

これまでに述べたGS-R-2における緊急事態に対する準備と対応の基本的考え方を図1.1に示す。

このように、IAEAは、GS-R-2にて緊急時計画の重要性について強調し、防護措置を効果的に実施するための対応を整備することを求めている。米国では、GS-R-2が示される前からこのような考え方が既に整備されている。つまり、1979年3月に起きたスリーマイル島発電所2号機(TMI-2)での事故を契機に、NRCの定めた連邦規則(10 CFR) Part 50「生産と利用施設の国内許認可」にて50.47「緊急時計画」及び付録E「生産と利用施設に対する緊急時計画と準備」(1980年8月19日付)が示され、緊急時計画の整備は事業者への許認可発給条件の一つとされている。さらに、緊急時計画に標準的な緊急事態分類及びEALのスキームを含めることも求めている。NRCは、事業者がEALの整備にあたり参考とするガイドラインの一つとして、NUREG-0654「原子力発電所支援のための放射線緊急事態対応計画

及び準備の作成・評価の判断基準」(NRC, 1996)の中に緊急事態分類及びEALのスキームを示した(表1.3)。これには、各緊急事態分類における具体的なEAL、またその時の事業者や州・地方のサイト外当局の対応が示されている。

一方、我が国の場合、緊急時計画に緊急事態分類及びEALのスキームは含まれていないものの、緊急事態への対応については、前述したように原災法第10条には事業者による異常時の通報義務、また、同法第15条には国による緊急事態宣言の発令が規定されている。そして、同法施行令及び施行規則には、それらの判断基準として、施設のサイト境界付近での一定水準以上の放射線量の検出やその他の事象が示されている(表1.4)。例えば、原子力発電所における施設の固有の事象として、制御棒による緊急停止失敗、ECCS作動が必要となる原子炉冷却材の喪失、全交流電源が一定時間喪失、非常用直流電源系が一系統まで減少した状態が一定時間継続、使用済燃料が露出する燃料プールの水位低下、その他の類似事象が挙げられる(表1.5)。これらの事象は、放射性物質の環境への放出の可能性を考慮したものであり、可能な限り具体化・定量化を図ったとしている。しかし、米国の緊急事態分類及びEALのスキームを鑑みると、異常事象(Unusual Event)のような環境中への放射性物質の放出のない状況で既に対応が開始されていること、地震や火災といった自然現象の発生を考慮していること等、我が国では取り上げられていない特徴が挙げられる。我が国における防護対策の内容をさらに実効性の高いものにするためには、各事象に対する緊急事態分類とEALのスキームを調査し、それを参考に我が国における緊急事態の準備と対応について検討し、より迅速に防護対策を実施できる体制を整備しておくことが重要であると考えられる。

1.2 目的

本報告書は、今後、我が国における緊急事態の準備と対応に、緊急事態分類及びEALのスキームを導入するための検討に資することを目的に、米国における緊急事態分類及びEALの概要と、米国で実際に緊急事態宣言が発令された事例を調査、整理したものである。まず、第2章では、米国における緊急事態分類及びEALの設定の考え方を示す。第3章では、原子力発電所に対するEALを設定する際のガイドラインとして米国原子力協議会(NEI)が示したNEI 99-01の最新版NEI 99-01 Rev.5「緊急時措置レベルの整備に対する方法論」(NEI, 2008)での緊急事態分類とEALの概要を述べる。第4章では、米国で緊急事態宣言が発令された事例を取り上げる。最後に、第5章では、これらの調査で得られた知見をまとめる。

表1.1 脅威区分

脅威区分	内 容
I	原子力発電所のように、サイト外において重篤な確定的影響を生じ得る（極めて発生確率の低い事象を含む）サイト内事象の発生が想定される施設。
II	研究炉のように、国際基準に従って緊急防護措置の実施を必要とするようなサイト外の住民への線量を生じ得るサイト内事象の発生が想定される施設。
III	産業用放射線施設のように、サイト内の緊急防護措置の実施を必要とするような線量または汚染を生じ得るサイト内事象が想定される施設。
IV	予期されない場所で、緊急防護措置を必要とするような原子力または放射線緊急事態を生じ得る活動。これらには、違法に入手した危険線源に関連した活動のような許可されていない活動が含まれる。また、危険な移動線源が含まれた輸送も含まれる。
V	脅威区分IまたはIIの施設における事象の結果、国際基準に従って食物の迅速な制限が必要となるレベルの汚染を高い確率で生じる活動。

(IAEA, 2002, Table Iより)

表1.2 緊急事態分類

区 分	内 容
全面的緊急事態 (General Emergency)	脅威区分IまたはIIの施設において、サイト外の緊急防護措置の実施を必要とする放射性物質の放出や放射線被ばくの実質的なリスクが含まれる事態。このクラスの緊急事態宣言に基づき、事象の影響を緩和し、サイト内と予防的活動範囲（PAZ）及び緊急防護措置計画範囲（UPZ）内の人を適宜防護するための活動が迅速に行われなければならない。
サイト緊急事態 (Site Area Emergency)	脅威区分IまたはIIの施設において、サイト内及び施設近傍の人を対象とするが、防護のレベルは大幅に低い事態。このクラスの緊急事態宣言に基づき、事象の影響を緩和し、サイト内の人を防護し、必要ならサイト外の防護措置を準備するための活動が迅速に行われなければならない。
施設緊急事態 (Facility Emergency)	脅威区分I、IIまたはIIIの施設において、サイト内の人を対象とするが、防護のレベルは大幅に低い事態。このレベルの緊急事態宣言に基づき、事象の影響を緩和し、サイト内の人を防護するための活動が迅速に行われなければならない。このクラスの緊急事態は、決してサイト外への脅威を生じ得ない。
アラート (Alerts)	脅威区分I、IIまたはIIIの施設において、公衆あるいはサイト内の人を対象とした、防護のレベルが不確かか、大幅に低減した事態。このレベルの緊急事態宣言に基づき、事象の影響を評価し緩和し、サイト内外の対応機関の準備を適宜進めるための活動が迅速に行われなければならない。
その他 (Other Emergency)	線源が制御されていない緊急事態のような、その他の事態。これには、危険線源を搭載した衛星の再突入を含め、危険線源の紛失、盗難または制御喪失が含まれる。

(IAEA, 2002, 4.19項を基に整理)

表1.3 緊急時措置レベル (EAL) の分類

緊急事態分類	異常事象 (Unusual Event)	アラート (Alert)	サイト緊急事態 (Site Area Emergency)	全面的緊急事態 (General Emergency)
定義	プラントの安全レベルの低下の可能性を示す事象が進行中、または発生した場合。	プラントの安全レベルが低下あるいは実質的にその可能性のある事象が進行中、または発生した場合。	公衆を保護するために必要とされるプラントの機能が実際に喪失あるいはその可能性が高い事象が進行中、または発生した場合。	格納容器の健全性が喪失する可能性を伴う炉心損傷もしくは溶融が実際に発生あるいは、その可能性が逼迫した事象が進行中、または発生した場合。
具体的な事例	● 非常用炉心冷却システム (ECCS) の作動による冷却材注入、燃料の損傷指示 ● 設備機器の状態 (例：燃料や冷却材の温度や圧力) がプラントの技術仕様を超えた場合 ● 通常のレベルを超えるような自然現象の発生または発生が予想される場合、等	● 燃料被覆管の著しい損傷 ● 外部電源喪失時の蒸気発生器伝熱管1本の破損 ● 安全系統に影響を与える可能性のある火災 ● 厳しい自然現象の発生または発生が予想される場合 (例えば、運転基準地震 (OBE) の発生)、等	● 補給ポンプの容量を上回る冷却材の喪失 ● 炉心の冷却形状喪失 ● 外部電源喪失と15分以上にわたる所内交流電源の喪失 ● 悪天候下で、サイト境界での線量率が30分間に50 mrem/h (0.5 mSv/h) を検出 ● 厳しい自然現象の発生または発生が予想される場合 (例えば、安全停止地震 (SSE) の発生)、等	● 3つのうちの2つの放射線物質障壁が喪失し、3番目の障壁が喪失する可能性を有する場合 (例えば、一次冷却材バウンダリが喪失し、燃料被覆管が破損して、格納容器の喪失の可能性が高い場合) ● 短期間に多量の放射性物質の放出を引き起こすようなプラント状態 (例：炉心溶融) ● 施設の物理的管理の喪失 ● プラント設備の大規模な損傷を引き起こすような外部事象 (例えば、設計基準を超える火災や地震)、等
放射性物質の放出	安全系の機能がさらに低下しない限り、サイト外の対応やモニタリングが必要となるような放射性物質の放出はない。	放射性物質の放出量は、EPAの防護措置ガイドライン (PAG) の被ばくレベルに比べて十分低く制限されると予想される場合。	サイト境界近傍を除き、放射性物質の放出量は、EPAのPAGの被ばくレベルを超えないと予想される場合。	放射性物質の放出量は、サイト領域近傍以外のサイト外でも、EPAのPAGの被ばくレベルを超えると予想される場合。
事態通告の目的	(1) 後に必要となることが明らかに対応の第一段階が実施されることを保証すること。 (2) 運転スタッフを待機状態に置くこと。 (3) 異常事象に関する情報の体系的処理と意思決定を行うこと。	(1) 緊急時要員が、事態がさらに悪化した場合に迅速に対応でき、また必要に応じて放射線モニタリングを迅速に実施できることを保証すること。 (2) サイト外当局に最新の情報を提供すること。	(1) 対応センター (Response Center) に人が配置されることを保証すること。 (2) モニタリングチームが派遣されることを保証すること。 (3) 事態がさらに悪化した場合にサイト境界近傍の避難に必要な要員が所定の位置にいることを保証すること。 (4) サイト外当局と協議を行うこと。 (5) サイト外当局を通じて公衆に最新の情報を提供すること。	(1) 公衆に対してあらかじめ決定された防護活動を開始すること。 (2) 事業者及びサイト外当局の測定から得られる情報の継続的評価を実施すること。 (3) 実際の放出または可能性のある放出により示される追加対策を開始すること。 (4) サイト外当局との協議を行うこと。 (5) サイト外当局を通じて公衆に最新の情報を提供すること。

(NRC, 1996, Appendix Iを基に整理)

表1.3 緊急時措置レベル (EAL) の分類 (続き)

緊急事態分類	異常事象 (Unusual Event)	アラート (Alert)	サイト緊急事態 (Site Area Emergency)	全面的緊急事態 (General Emergency)
事業者の対応	1. 事象認識後直ちに、州及び/または地方のサイト外当局に異常事態の性質 (nature) を通報。	1. 事象認識後直ちに、州及び/または地方のサイト外当局へのアラートの現状及びその理由の通報。	1. 事象認識後直ちに、州及び/または地方のサイト外当局へのサイト緊急事態の現状とその理由の通報。	1. 事象認識後直ちに、州及び/または地方のサイト外当局への全面的緊急事態の現状とその理由の通報 (州/地方に並行して通報)。
	2. 必要に応じて当直要員の拡充。	2. サイト内技術支援センター (TSC) 及びサイト内運転支援センター (OSC) への要員の拡充と活動開始。緊急時運営施設 (EOF) や他の緊急事態要員の待機。	2. サイト内 TSC、サイト内 OSC、及びサイト近傍 EOF の活動に対する要員の拡充。	2. サイト内 TSC、サイト内 OSC、及びサイト近傍 EOF の活動に対する要員の拡充。
	3. 評価と対応。	3. 評価と対応。	3. 評価と対応。	3. 評価と対応。
	4. 適宜、より厳しい区分への格上げ。	4. サイト内のモニタリングチームの派遣及び関連する連絡。	4. サイト内外のモニタリングチームの派遣と関連する連絡。	4. サイト内外のモニタリングチームの派遣と関連する連絡。
	5. サイト外当局への口頭での概要報告による事態の終結: 24 時間以内に文書での概要報告の提出。	5. サイト外当局に対するプラントの最新状況の定期的な報告 (少なくとも 15 分毎)。	5. サイト外当局に対してプラントの最新状況を提供するための専門要員の配備と、定期的な記者会見の実施。 (おそらく、サイト外当局と合同報告で行う。)	5. サイト外当局に対してプラントの最新状況を提供するための専門要員の配備と、定期的な記者会見。 (おそらく、サイト外当局との合同で行う。)
		6. サイト外当局に対する気象状況の定期的な報告、及び、放射性物質の放出が起こっている場合の実際の放出量に対する線量の推定。	6. NRC 及び州との定期的な協議を行うためのサイト内の上級技術及び管理スタッフの確保。	6. NRC 及び州との定期的な協議を行うためのサイト内の上級技術及び管理スタッフの確保。
		7. 適宜、より厳しい区分への格上げ。	7. 専任スタッフもしくは自動データ送信による実際の放出に関する線量評価と気象条件のサイト外当局への提供。	7. 専任スタッフもしくは自動データ送信による実際の放出に関する線量評価と気象条件のサイト外当局への提供。
		8. サイト外当局への口頭での概要報告による事態の終結。もしくは、より低い緊急時区分への格下げの勧告と、8 時間以内の終結もしくはは区分格下げの文書による概要報告。	8. 入手可能なプラント状態の情報と予測可能な事態に基づいた放出量及び線量の予測結果の提供。	8. 入手可能なプラント状態の情報と予測可能な事態に基づいた放出量及び線量の予測結果の提供。
		9. EOF におけるサイト外当局への概要報告、または電話による事態の終結もしくはは緊急時区分格下げの勧告。8 時間以内の終結もしくはは区分格下げの文書による概要報告。	9. 適宜、全面的緊急事態分類への格上げ。	9. EOF におけるサイト外当局への概要報告、または電話による事態の終結もしくはは緊急時区分格下げの勧告。8 時間以内の終結もしくはは区分格下げの文書による概要報告。

(NRC, 1996, Appendix I を基に整理)

表1.3 緊急時措置レベル (EAL) の分類 (続き)

緊急事態分類	異常事象 (Unusual Event)	アラート (Alert)	サイト緊急事態 (Site Area Emergency)	全般的緊急事態 (General Emergency)
州・地方のサイト ト外当局の対応	1. 要請に応じて、消防または警備関係の支援の提供。 2. 適宜、より厳しい区分への格上げ。 3. 口頭での報告による事態の終結まで待機。	1. 要請に応じて、消防または警備関係の支援の提供。 2. 要員の拡充と、主要な対応センター及び緊急時放送システム (EBS) の待機。 3. モニタリングチームを含む主要な緊急時要員の待機と、関連する連絡。 4. 実際の放出量が技術仕様書の制限値を超える場合におけるサイト外放射線モニタリング及び摂取経路による被ばく線量予測。 5. 適宜、より厳しい区分への格上げ。 6. 口頭での報告による事態の終結あるいは緊急時区分の格下げまでの警戒体制の維持。	1. 要請された支援の提供。 2. サイト近傍の屋内退避が望ましい場合、少なくともプラントから 2 マイル以内の公衆通知システムの起動。 3. 少なくとも 10 マイル以内の公衆に対して、緊急事態に関する定期的な更新情報の伝達。 4. 主要な対応センターの活動に対する人員の拡充。 5. モニタリングチームを含む主要な緊急時要員の待機と、関連する連絡。 6. 他の緊急時要員 (例、避難に必要な要員) の待機、及びサイト近傍の担当部署への派遣。 7. 事業者や米国エネルギー省 (DOE) 等へのサイト外モニタリング結果の提供と、合同での評価。 8. 公衆及び動員された避難要員に対して既に開始された防護措置の変更に關して、事業者とサイト外モニタリングからの情報の継続的な評価。 9. 2 マイル以内の乳牛の保管飼料による飼育の勧告、及び、その範囲の拡大の必要性に関する評価。 10. 記者会見の実施 (おそらく、事業者と合同で)。 11. 適宜、全般的緊急事態への移行。 12. 緊急事態の終結あるいは緊急時区分の格下げまでのサイト緊急事態体制の維持。	1. 要請された支援の提供。 2. 緊急事態の迅速な公衆への通知、及び、定期的な更新情報の公表。 3. 半径 2 マイル、風下方向 5 マイルに對する屋内退避の勧告、及び、その範囲の拡大の必要性に関する評価。避難の有効性の評価 (予想される利用可能時間 vs 評価された避難時間)。 4. 主要な対応センターの活動に対する人員の拡充。 5. モニタリングチームを含む主要な緊急時要員の派遣と、関連する連絡。 6. 他の緊急時要員の 5 マイル以内の担当部署への派遣、及び、他の全要員の待機。 7. 事業者、DOE 等へのサイト外モニタリングの結果の提供と、合同での評価。 8. 公衆及び動員された避難要員に対して既に開始された防護措置の変更に關して、事業者とサイト外モニタリングからの情報の継続的な評価。 9. 10 マイル以内の乳牛の保管飼料による飼育の勧告、及び、その範囲の拡大の必要性に関する評価。 10. 記者会見の実施 (おそらく、事業者と合同で)。 11. 緊急事態の終結あるいは緊急時区分の格下げまでの全般的緊急事態体制の維持。

(NRC, 1996, Appendix Iを基に整理)

表1.4 原子力施設等の異常時の通報基準及び緊急事態の判断の基準

	通報 (原災法第10条)	原子力緊急事態 (原災法第15条)
判断基準	サイト境界付近の放射線量 (線量率) 1地点で10分以上5μSv/h以上を検出 - あるいは2地点以上で5μSv/h以上を検出 (ただし、落雷による検出は除く)	サイト境界付近の放射線量 (線量率) 1地点で10分以上500μSv/h以上を検出 - あるいは2地点以上で500μSv/h以上を検出 (ただし、落雷による検出は除く)
特定事象	① 排気筒等の通常放出部分で、一定以上の放射性物質が放出された場合 ② 管理区域で火災、爆発等があり、排気筒等の通常放出部分以外の部分の閉じ込め機能の異常が発生し、一定以上の放射性物質又は放射線が放出された場合 (輸送容器の場合は容器外に異常な放出があった場合) ③ 臨界事故の発生またはそのおそれ (原子炉 (臨界実験装置を含む) での臨界は除く) ④ 中央制御室等の施設の管理施設が運転不能になった場合 ⑤ その他、原子力発電所等事前の兆候を把握できる施設の固有の事象 (表1.5)	① 排気筒等の通常放出部分で、一定以上の放射性物質が放出された場合 ② 閉じ込め機能に異常が生じた場合において、一定以上の放射性物質又は放射線が放出された場合 ③ 臨界事故が発生した場合 ④ その他、原子力発電所等で外部への大量の放出に至る兆候を示す事象が発生した場合 (表1.5)

(原子力安全委員会, 2008, 付属資料6を基に整理)

表1.5 原子力発電所における施設の固有の事象

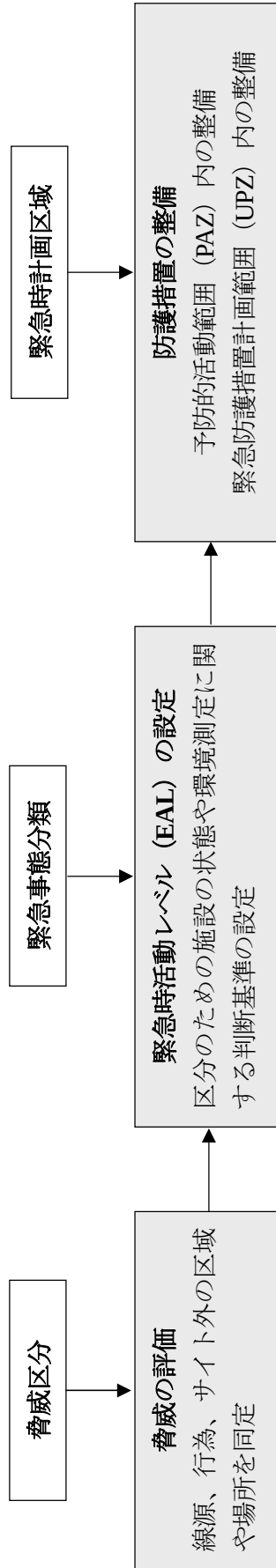
施設名	通報 (原災法第10条)	原子力緊急事態 (原災法第15条)
大規模原子炉施設* (共通事象)	原子炉の運転中に全ての交流電源からの電気の供給が停止し、かつ、その状態が5分以上継続すること。	(下記に包含)
	原子炉の運転中に非常用直流母線が一となった場合において、当該直流母線に電気を供給する電源が一となる状態が5分以上継続すること。	原子炉の運転中に全ての非常用直流電源からの電気の供給が停止し、かつ、その状態が5分以上継続すること。
	—	原子炉格納容器内の放射線量の変化等を検知し、炉心溶融を検知すること。
	—	原子炉の停止中に原子炉冷却材の液面の変化等を検知し、原子炉圧力容器内の照射済燃料集合体の露出を検知すること。
	—	原子炉制御室及び原子炉制御室外からの原子炉停止機能の喪失その他の原子炉を安全に停止することが不可能となること。
	照射済燃料集合体の貯蔵槽の液位が、当該燃料集合体が露出する液面まで低下すること。	(線量等で検知)
	原子炉の非常停止が必要な場合において、制御棒による原子炉の停止に失敗すること。	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すること。
	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喪失が発生すること。	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喪失が発生した場合において、全ての非常用炉心冷却装置の作動に失敗すること又は原子炉格納容器内の圧力が当該格納容器の設計上の最高使用圧力に達すること。
	原子炉の運転中に原子炉への全ての給水が喪失し、かつ、非常用炉心冷却装置 (原子炉へ高圧で注水する系に限る。) が作動しないこと。	原子炉の運転中に原子炉への給水が喪失し、かつ、全ての非常用炉心冷却装置の作動に失敗すること。
	原子炉の運転中に主復水器による原子炉からの熱除去が不可能になり、かつ、原子炉から残留熱を除去する機能が喪失すること。	原子炉の運転中に主復水器による原子炉からの熱除去が不可能となる場合において、原子炉から残留熱を除去する機能が喪失し、かつ、原子炉格納容器の圧力抑制機能が喪失すること
(共通事象)		原子炉の運転中に全ての交流電源が喪失し、かつ、炉心を冷却する全ての機能が喪失すること。
	原子炉の停止中に原子炉圧力容器内に照射済燃料集合体がある場合において、原子炉の水位が、非常用炉心冷却装置の作動水位等まで低下すること。	(共通事象)

PWR	原子炉の非常停止が必要な場合において、制御棒による原子炉の停止に失敗すること。	原子炉の非常停止が必要な場合において、原子炉を停止する機能が喪失すること。
	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喪失が発生すること。	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喪失が発生した場合において、全ての非常用炉心冷却装置の作動に失敗すること又は原子炉格納容器内の圧力が当該格納容器の設計上の最高使用圧力に達すること。
	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。	原子炉の運転中に蒸気発生器への給水機能が喪失した場合において、蒸気発生器による原子炉からの熱除去が不可能になり、かつ、原子炉への注水機能が喪失すること。
	(共通事象)	原子炉の運転中に全ての交流電源が喪失し、かつ、蒸気発生器への全ての給水機能が喪失すること。
	原子炉の停止中に原子炉圧力容器内に照射済燃料集合体がある場合において、原子炉冷却材の水面の低下により、原子炉から残留熱を除去する機能が喪失すること。	原子炉の停止中に原子炉圧力容器内に照射済燃料集合体がある場合において、原子炉冷却材の水面の低下により、原子炉から残留熱を除去する機能が喪失する状態が1時間以上継続すること。

*：沸騰水型軽水炉及び加圧水型軽水炉（実用発電用のものに限る。）、重水減速沸騰軽水冷却型原子炉並びにナトリウム冷却型高速炉に係る原子炉の運転等のための施設

（原子力安全委員会，2008，付属資料6 別添2を基に編集）

• 計画段階



• 対応段階

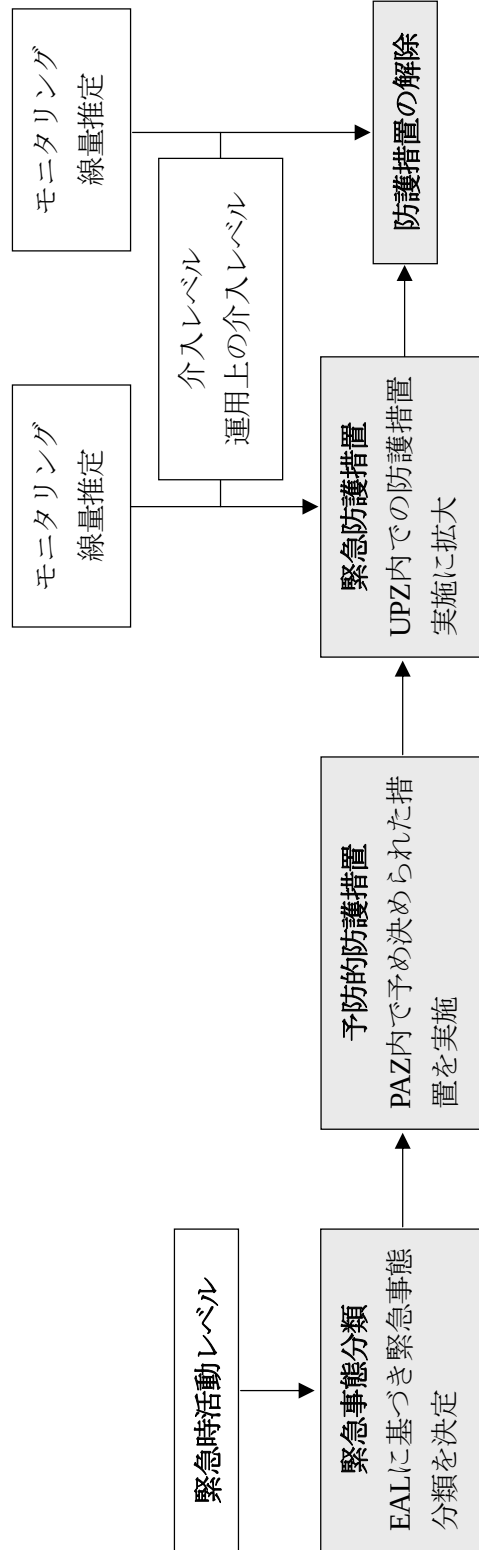


図1.1 IAEA安全要件GS-R-2における緊急事態に対する準備と対応の基本的考え方

2. 緊急事態分類及び緊急時措置レベルの概要

2.1 米国におけるEALガイドライン

米国では、1979年3月に起きたTMI-2事故以前、州政府及び地方自治体が放射線事故のための緊急時計画を策定することは明確に義務付けられておらず、また、連邦政府の役割も支援や指導にすぎなかった。しかし、TMI-2事故によって、NRCや公衆がサイト内外の緊急事態対応組織による緊急事態への準備や対応を信頼するようになるには、優れた調整力とより包括的な緊急時計画手順が必要となることが明らかになった。そこで、NRCは、原子力発電所の緊急時計画及び準備に関する大幅な変更を求めるため規則改定を行い、原子力発電所の緊急時計画に関する規則要件10 CFR 50.47「緊急時計画」を事故の翌年に公表した。本規則によれば、緊急時計画の作成にあたり、標準的な緊急事態分類及びEALのスキームを含めなければならないとしている（50.47(b)(4)）。

米国における緊急事態分類は、通常のプラント状態から逸脱した状態を（1）関連する放射線学上の重大さ、及び、（2）そのような状態への対応に必要な時間的制約のあるサイト内外での緊急事態への準備活動といった観点に従い分類するため、NRCが定めたものである。これには、その重大性の低い方から、異常事象（Unusual Event）、アラート（Alert）、サイト緊急事態（Site Area Emergency）及び全面的緊急事態（General Emergency）の4つが定義されている。そして、EALは、上記の緊急事態分類に相当する状態に対し、あらかじめ定義したサイト固有の観測可能な最低基準としてそれぞれ設定したものである。例えば、計測器の指示値、設備の状態表示、サイト内あるいはサイト外で計測できるパラメータ、観測可能な事象、解析結果、緊急時運転手順の開始、あるいは、特定の緊急事態分類に入るその他の現象が挙げられる。これらのレベルは、事態の可能性を迅速に識別し、サイト内緊急事態対応組織及びサイト外当局に緊急事態の発生を通報するための明確な根拠を与えるものである。事業者及び州・地方政府当局は、レベルについて討議の上、合意し、NRCはそれを承認しなければならない。

EALの整備または変更にあたり、NRCは事業者を支援するため、規制指針（Regulatory Guide）1.101「原子力発電所における緊急時計画と準備」を示し、その中でEALを整備するために使用できる文書として、以下の報告書を承認している（NRC, 2003）。

- NUREG-0654/FEMA-REP-1 Rev.1「原子力発電所支援のための放射線緊急事態対応計画及び準備の作成・評価の判断基準」（1980）
- NUMARC/NESP-007 Rev.2「緊急時措置レベルの整備に対する方法論」（1992）
- NEI 99-01 Rev.4「緊急時措置レベルの整備に対する方法論」（2003）

NUREG-0654は、NRCが1980年に公表したもので、その付属書Iに原子力発電所に対するEALのガイドラインが示されている。ここには緊急事態分類の定義や事例とともに、各緊急事態分類における事業者や州・地方自治体のサイト外機関での対応が述べられている（表1.3）。事業者はNUREG-0654に基づきEALの整備を行ってきたが、1988年、原子力エネルギー協会（NEI）の前身となる原子力管理人材協議会（NUMARC）がこれまでの運転経験に基づきEALの再評価プロジェクトを実施した結果、NUREG-0654には数多くの改良が必要であることが明らかとなった。そのため、NUMARCは、各施設で一貫性のある基準を使用できるEALのガイドラインとして、NUMARC/NESP-007のドラフト版を作成した。このガイドラインについては、第三者機関による評価やNRCによる法規制分析、官報でのパブリックコメントの募集等が行われた後、NRCによってNUREG-0654のEALガイドラインの代わりとして使用できることが承認され、1992年に正式版が公開された。その後も改訂が継続的に

行われ、2008年2月にその最新版として NEI 99-01 Rev.5 (NEI, 2008) が示された。NRC は、本報告書も EAL の整備のための文書として承認している (NRC ホームページ)。なお、2007 年の時点では、事業者の約 7 割が NEI 99-01、残りは NUREG-0654 を用いている (原子力安全委員会, 2007)。

ここでは、NEI 99-01 Rev.5 に記述されている緊急事態分類及び EAL の設定方法について、その概要を以下に示す。

2.2 緊急事態分類及び EAL の設定方法

(1) 緊急事態分類

原子力発電所で発生した緊急事態に対し、NRC が定義する緊急事態分類は、以下の 4 つである。

- 異常事象
プラントの安全レベルの低下の可能性を示す事象が進行中、または発生した場合。更なる安全系の機能低下がなければ、サイト外での対応やモニタリングを必要とするような放射性物質の放出が起こると予想されない。
- アラート
プラントの安全レベルが実際に低下、あるいは、実施的にその可能性がある事象が進行中、または発生した場合。米国環境保護庁 (EPA) の防護措置ガイドライン (PAG) (EPA, 1992) における少量の放射性物質の放出が予想される。
- サイト緊急事態
公衆を保護するために必要とされるプラントの機能が実際に喪失、あるいは、その可能性が高い事象が進行中、または発生した場合。サイト周辺を除き EPA の PAG における規定値を超えるような放射性物質の放出が予想されない。
- 全面的緊急事態
格納容器の健全性が喪失する可能性を伴う炉心損傷もしくは溶融が実際に発生、あるいは、その可能性が逼迫した事象が進行中、または発生した場合。サイト近傍より離れた場所で EPA の PAG における規定値を超えるような放射性物質の放出が予想される場合。

これらの緊急事態分類の境界を設定するにあたり最も一般的な基準となるのは、各プラントの技術仕様 (TS) や、設計基準の解析及び最終安全解析報告書 (FSAR) で定められた設定値である。容易に測定できる計測機器が備えられている状況において、緊急事態分類の境界は EAL (プラント職員が観察できるもの、測定器の指示値、アラーム設定点等) となりうる。例えば、主蒸気管放射線モニタでは、放射線高を検知してアラームを鳴動させることができる。また、放射線レベルは、主蒸気隔離弁 (MSIV) を閉じて原子炉の緊急停止 (トリップ/スクラム) を開始させる設定値にもなる。プラント固有のパラメータに依存するものの、この放射線レベルのしきい値も、緊急事態分類の適用に対して適切な EAL となる。また、FSAR には、設計基準事象、例えば、蒸気管破断や MSIV の不具合等、直接、緊急事態分類に適用されるものも示されている。

また、緊急事態分類の境界を設定するためのもう一つの方法は、確率論的安全評価 (PSA) の利用である。各プラントにおいては、既に個別プラント評価 (IPE、IPEEE) が行われており、これらの評価結果から得られる知見を緊急事態分類や EAL の設定に適用できる。具体的には、例えば、以下のような知見が挙げられる。

- 1) 多くの BWR における炉心損傷頻度 (CDF) は、全交流電源喪失を伴う事故シーケンスにより支

配される。加えて、PWRにおける全交流電源喪失は、極めて重要な事象である。従って、プラントの出力運転中に全交流電源喪失が起こり、交流電源が15分以内に復旧しなければ、「サイト緊急事態」以上の分類に入るのが適切である。これは、全交流電源喪失の前兆事象をEALの体系に適切に含めるべきであることを意味している。

- 2) 炉心損傷事象においては、格納容器破損に至る事故の進展にとって重要な現象の不確実さが存在するため、格納容器の健全性を予測することは困難である。これは、炉心損傷に至るシーケンス後に格納容器の健全性を維持するだけでは「全面的緊急事態」に発展しないようにするための基準として不十分であることを示している。
- 3) 潜在的な故障に対する主な寄与因子は、格納容器バイパス、早期格納容器破損を伴う大破断 LOCA、6時間以上に及ぶ発電所の停電、原子炉冷却系ポンプシールの破損であることがPSAによって示されている。これは、一般的なEAL手法がこれらのシーケンスを適時包含するのに十分厳密なものでなければならないことを示している。

緊急事態分類の境界を設定するための解析に関するもう一つの重要な要素は、プラントの状態がより上位の緊急事態分類に移行するまでの時間である。特にNRCの定めた連邦規則10 CFR 50.63（全交流電源喪失）及び規制指針RG 1.155「全交流電源喪失」に対応して実施される発電所停電への対処分析（coping analysis）は、プラントの緊急事態分類が「サイト緊急事態」あるいは「全面的緊急事態」に直接入るかどうか、また、「全面的緊急事態」に発展するのはいつなのか決めるために用いることができる。州や地方自治体の担当職員にとって、緊急事態分類の目的は緊急時対応に必要な動員レベルを把握することにあるため、EALに対し時間が非常に重要となる。特に、「サイト緊急事態」あるいは「全面的緊急事態」が差し迫った状況にある場合に重要となる。こうした状態に対するEALの設定では、避難が行われている間にプルームが通過する可能性を最小限に抑えるため、避難推定時間を考慮しなければならない。

(2) EAL

(1)で示した緊急事態分類に対し、EALは、以下に示すようにプラントの兆候、発生した事象あるいは障壁の状態に基づき設定される。

- プラントの兆候に基づくEAL
炉心温度、冷却材水位、格納容器圧力といった測定可能な指標に関連するものである。これらの「兆候」の重大さは、技術仕様をどの程度逸脱したか、同時に他の「兆候」や事象が起こったか、運転員が安全なレベルに戻ることができるかに依存する。
- 発生した事象に基づくEAL
高圧安全注入ポンプの故障や、安全弁の故障、複数の設備への電源の喪失など潜在的な安全上の重要性を有する事象を指す。これら「事象」の重大さは、その発生箇所、同時に発生した事象の数、残りのプラント安全裕度などに依存する。
- 障壁の状態に基づくEAL
燃料被覆管、原子炉冷却系圧力バウンダリ、格納容器といった放射性物質の主要な閉じ込め障壁の健全性に脅威となるレベルであり、損傷の程度（機能喪失もしくはその可能性）や同時に脅威を受けた障壁の数によってその重大さが決まる。例えば、燃料被覆管もしくは原子炉冷却材圧力バウンダリの損傷については「アラート」、これらいずれに対しても脅威が生じた場合には「サイ

ト緊急事態」、さらに3つ目の障壁である格納容器に脅威が生じた場合には「全面的緊急事態」となる。

全ての緊急事態分類は、根拠が確実な指示値、報告あるいは状態に基づくべきものである。これらの指示値、報告あるいは状態は、(1) 計装チャンネルのチェック、(2) 関連する指示計もしくは冗長性のある指示計の値、あるいは(3) プラント職員による直接の観察によって確認された場合において、根拠が確実なものとなされる。

緊急事態分類を明確にすることで各EALのしきい値を決めることができる。EALを設定するにあたっては、2つの基本的な方法がある。EALと緊急事態分類の境界条件は、放射能、炉心温度、冷却材水位など連続的に測定可能な状態に合致する。これらの指示値に対し、EALは緊急事態分類に最も密接に対応するしきい値となる。あるプラント状況下においては、パラメータの監視を助長するために代替もしくは仮設の計器が設置されることがある。また、パラメータの値がしきい値に近づきつつあるか、あるいは、既に達しているかを検知するのに目視による観察で十分な場合もある。こうしたケースでは、パラメータを監視するために通常使用されている計器が動作不能、あるいはしきい値の検知に失敗しても、事象に関する分類を適切に行うことができる。一方、連続でない事象については、幾分異なる手法となる。これには火災あるいは地震のようなハザードが含まれる。これらのハザードをEALに含める目的は、プラント職員とサイト外緊急時対応組織がハザードによる損傷への対処に備えることを担保することにある。もし、ハザードによって原子炉の安全機能や（核分裂生成物に対する）障壁に損傷が生じた場合、その兆候あるいはそのような損傷を観測することで確認すべきである。従って、運転基準地震（OBE）、設計基準風荷重（design basis wind loads）、重要区域（Vital Areas）での火災など、設計基準限度に近い、あるいはそれを超える事象に対して「アラート」とすることが適切な場合がある。これは、運転スタッフにとってはプラント損傷の程度を究明するのに必要な追加支援や能力の向上に結びつくものである。障壁の損傷もしくは重要な安全機能（CSF）への脅威が発生、あるいは同定された場合、状況に基づき緊急事態分類の段階を上げるか終結させるための追加支援を用いることができる。

プラントの緊急時運転手順書（EOP）は、重要な安全機能を維持し、回復させるよう設計されている。これら安全機能の名称はプラント間で異なるものの、一般的に、PWRでは以下のものが含まれる。

- 未臨界維持機能
- 炉心冷却機能
- 除熱機能
- 原子炉冷却系の健全性機能
- 格納容器の健全性機能
- 原子炉冷却材保持機能

EOPには、これらの機能の監視に関する詳細な指示が含まれており、機能への脅威に関する重要度を分類するためのスキームが示されている。これらのスキームに基づきEALを提示するにあたり、緊急事態分類をEOPの評価により行うことができる。これにより、事象の分類における曖昧さや必要な時間を低減することになる。例えば、ウェスチングハウス社製PWR所有者グループ（WOG）の緊急時対応ガイド（ERG）では、脅威を「黄」、「オレンジ」及び「赤」と分類している。炉心出口の熱電対が1200 F（約649℃）を超えるか、もしくは、原子炉圧力容器内水位が下がった状態で700 F（約372℃）を超える場合、「赤」の条件が存在する。ERGでは、「赤」を「公衆を保護するために必要な機能に対

する大きな脅威」と見なしている。これは、NRCの「サイト緊急事態」に関する記載「公衆を保護するために必要な機能の実際の故障あるいはその可能性」にほぼ匹敵する。炉心冷却機能が「赤」となり、EOPの機能復旧手順による炉心冷却の復旧が成功しなかった場合に、「全面的緊急事態」になるものと考えられる。

この他、緊急事態分類及びEALの設定にあたり、以下のような留意事項が示されている。

- 多重事象の取り扱いと緊急事態分類の格上げ

安全関連設備や機能を共用する複数基立地サイトに対する緊急事態分類の格上げでは、共用設備の喪失による影響を考慮しなければならない。例えば、多くの2基立地サイトでは、同一区画内の近接した場所に制御盤が置かれており、制御室からの避難は、両方の原子炉に影響を及ぼすことになる。従って、こうしたプラントにおける緊急事態宣言やEALの設定に当たってはこうした共用設備の影響を考慮する必要がある。

- 過渡事象の分類

EALのしきい値を超えたプラント状態がその発生時に認知されず発生後に明らかとなる場合があるが、こうした場合には緊急事態の宣言は行われない。

3. 緊急事態カテゴリと緊急時措置レベル

NEI 99-01 Rev.5では、EALの設定にあたって以下の7つの緊急事態カテゴリが用意されている。PWR及びBWRプラントにおける運転モードとこれらのカテゴリとの関係を表3.1に示す。

- A：放射線レベルの異常／放射性物質の流出
- C：冷態停止時／燃料取替時における設備の不具合
- D：恒久的に燃料を取り出した発電所の不具合
- E：独立の使用済燃料貯蔵施設に関する事象
- F：放射性物質障壁の損傷
- H：プラントの安全性に影響を及ぼすハザード及び他の状態
- S：システムの不具合

これらの各カテゴリに対して、2.2で述べた緊急事態分類である「異常事象」、「アラート」、「サイト緊急事態」、「全面的緊急事態」それぞれに相当する事象を適用する。この際、プラントの状態は、兆候ベースあるいは事象ベースで特定し、それに基づきEALを設定する。

「異常事象」に対するしきい値は、運転制限条件（LCO）などの技術仕様によって定義される状態外での運転となり、また、外部電源の喪失や地震などより重大な事象の前兆も含まれる。「アラート」については、プラントの安全機能に損傷を引き起こす可能性（例えば、竜巻、ハリケーン、重要区域における火災）あるいは制御室からの退避を必要とする可能性があり、プラント状態の監視を強化することが必要となるハザードに基づいて選定される。アラートの宣言により、支援及び更なる監視のために技術支援センター（TSC）に人員を配備させることとなる。「サイト緊急事態」及び「全面的緊急事態」を宣言する基準は、核分裂生成物への障壁に脅威が生じた場合となる。

以下では、各カテゴリに示されている具体的なEALについて述べる。また、表3.2～3.8に、7つのカテゴリそれぞれについて、「異常事象」、「アラート」、「サイト緊急事態」、「全面的緊急事態」に相当する事象の一般的な定義をまとめる。

表3.1 BWR及びPWWRプラントにおける運転モードと緊急事態カテゴリとの関係

運転モード	技術仕様		緊急事態カテゴリ*							
	BWR	PWR	A	C	D	E	F	H	S	
出力運転時 (Operating)	運転 (Run) モードスイッチ	原子炉出力>5%、 $k_{\text{eff}} \geq 0.99$	X				X	X	X	
起動時 (Startup)	起動時/高温待機時あるいは燃料取替停止モードスイッチ	原子炉出力 $\leq 5\%$ 、 $k_{\text{eff}} \geq 0.99$	X				X	X	X	
高温待機時 (Hot Standby)		$RCS \geq 350F$ (約177℃)、 $k_{\text{eff}} < 0.99$	X				X	X	X	
高温停止時 (Hot Shutdown)	停止モードスイッチ 平均炉心冷却温度>200F (約94℃)	200F (約94℃) < $RCS < 350F$ (約177℃)、 $k_{\text{eff}} < 0.99$	X				X	X	X	
冷態停止時 (Cold Shutdown)	停止モードスイッチ 平均炉心冷却温度 $\leq 200F$ (約94℃)	$RCS < 200F$ (約94℃)、 $k_{\text{eff}} < 0.99$	X	X				X		
燃料取替停止時 (Refueling)	停止時あるいは燃料取替停止モードスイッチ、原子炉圧力容器上部のボルト1つ以上が完全に締まっていない	原子炉圧力容器上部のボルト1つ以上が完全に締まっていない	X	X				X		
燃料取出し時 (Defueled)	原子炉圧力容器から全ての燃料を取り出し	原子炉圧力容器から全ての燃料を取り出し	X	X				X		
その他 (None)	燃料取替あるいは機能停止の間に炉心から全ての燃料を取り出し	燃料取替あるいは機能停止の間に炉心から全ての燃料を取り出し			X	X				

* カテゴリの種類

A：放射線レベルの異常／放射性物質の流出

C：冷態停止時／燃料取替時における設備の不具合

D：恒久的に燃料を取り出した発電所の不具合

E：独立の使用済燃料貯蔵施設に関する事象

F：放射性物質障壁の損傷

H：プラントの安全性に影響を及ぼすハザード及び他の状態

S：システムの不具合

(NEI, 2008, 3.13～3.15項を基に整理)

3.1 カテゴリA：放射線レベルの異常／放射性物質の流出

本カテゴリにおける EAL 設定事象の分類結果を表 3.2 に示す。

(1) 異常事象

AU1：60分以上にわたって技術仕様／サイト外線量計算マニュアル（ODCM）規定値の2倍を超える気体状もしくは液体状の放射性物質が環境中に計画外に放出された場合（全ての運転モード）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. いずれかの放射線モニタにおける指示値が 60 分以上にわたって規定される指示値を超えた場合
2. 現在の放射能放出許可によって規定されるアラーム設定値の 2 倍を超える流出モニタ指示値が 60 分以上にわたって認められた場合
3. 気体もしくは液体の放出に対するサンプル分析の結果により、放出が 60 分以上継続すると技術仕様の 2 倍を超える濃度もしくは放出率となることが示された場合（サンプル分析によって検知され、特に監視されていない経路における非管理放出がある場合で、例えば、雨水ドレンへの放射性液体の漏出、河川水への熱交換器漏洩など）
4. サイト境界の放射線モニタ指示値が、60 分以上にわたって通常のバックグラウンドレベル（過去 24 時間における最高値）より 0.10 mR/hr ($2.58 \times 10^{-8} \text{ C/kg hr}$) 以上高い値となった場合 (0.10 mR/hr は、年間 500 mrem (5 mSv) を超えない放出率に基づくもの： $(500/8766) \times 2 = 0.114$)
5. 自動のリアルタイム線量評価値が 60 分以上にわたってサイト固有の値より大きいことが示された場合

AU2：プラント内の放射線レベルが計画外に上昇した場合（全ての運転モード）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 燃料取替の経路（燃料取替キャビティ、使用済燃料プールもしくは燃料移送カナルなど）において水位が指示値よりも計画外に低下し、かつ、エリアモニタの指示値が計画外に上昇した場合
2. エリアモニタの指示値あるいはサーベイ結果が通常レベル（過去 24 時間における最高値）の 1000 倍以上上昇した場合

(2) アラート

AA1：15分以上にわたって技術仕様／ODCM規定値の200倍を超える気体状もしくは液体状の放射性物質が環境中に放出された場合（全ての運転モード）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. いずれかの放射線モニタにおける指示値が 15 分以上にわたって規定される指示値を超えた場合
2. 現在の放射能放出許可によって規定されるアラーム設定値の 200 倍を超える流出モニタ指示値が 15 分以上にわたって認められた場合
3. 気体もしくは液体の放出に対するサンプル分析の結果により、放出が 15 分以上継続すると技術仕様の 200 倍を超える濃度もしくは放出率となることが示された場合（サンプル分析によって検知され、特に監視されていない経路における非管理放出がある場合。例えば、雨水ドレンへの放射性液体の漏出、河川水への熱交換器漏洩など）
4. サイト境界の放射線モニタ指示値が、15 分以上にわたって通常のバックグラウンドレベル（過去 24 時間における最高値）より 10 mR/hr ($2.58 \times 10^{-6} \text{ C/kg} \cdot \text{hr}$) 以上高い値となった場合 (10.0 mR/hr は、年間 500 mrem (5 mSv) を超えない放出率に基づくもの： $(500/8766) \times 200 = 11.4$)

5. 自動のリアルタイム線量評価値が 15 分以上にわたってサイト固有の値より大きいことが示された場合

AA2 : 照射燃料が損傷した場合もしくは水位の低下により原子炉圧力容器外において照射燃料が露出したかあるいは露出する場合（全ての運転モード）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 燃料取替キャビティ、使用済燃料プールもしくは燃料移送カナルにおいて水位が低下し照射燃料が露出する場合
2. いずれかの放射線モニタ（燃料の露出や損傷を示すもの）におけるアラームあるいは指示値の上昇が認められた場合

AA3 : プラント内放射線レベルの上昇により、プラントの安全機能の維持に必要な設備の作動が阻害された場合（全ての運転モード）

EALの例

1. 安全機能を維持するために継続的な滞在が必要となる区画において線量率が 15 mR/hr (3.87×10^{-6} C/kg・hr) を超えた場合

(3) サイト緊急事態

AS1 : 実際もしくは差し迫った気体状放射性物質の放出により、放出期間中に、サイト外での線量が総実効線量当量 (TEDE) で 100 mrem (1 mSv) もしくは甲状腺の預託線量当量 (CDE) で 500 mrem (5 mSv) を超えた場合（全ての運転モード）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. いずれかの放射線モニタにおける指示値が 15 分以上にわたって示されている指示値を超えたか、あるいは、超えることが予想される場合（潜在的な全ての放出経路に関するモニタを含めるものとする）
2. 実際の気象条件を用いた線量評価により、サイト境界もしくはそれ以遠において TEDE で 100 mrem (1 mSv) あるいは甲状腺 CDE で 500 mrem (5 mSv) を超えた場合
3. サイト境界の放射線モニタにおける指示値が 15 分以上にわたって 100 mR/hr (2.58×10^{-5} C/kg・hr) を超えた場合
4. サーベイにより、窓を閉めた状態での線量率が 60 分以上にわたって 100 mR/hr (2.58×10^{-5} C/kg・hr) を超えていることが示される、あるいは、現場でのサンプル分析により、サイト境界もしくはそれより以遠において 1 時間の吸入に対し甲状腺 CDE で 500 mrem (5 mSv) であることが示された場合

(4) 全面的緊急事態

AG1 : 実際もしくは差し迫った気体状放射性物質の放出により、放出期間中に、サイト外での線量が総実効線量当量 (TEDE) で 1000 mrem (10 mSv) もしくは甲状腺の預託線量当量 (CDE) で 5000 mrem (50 mSv) を超えた場合（全ての運転モード）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. いずれかの放射線モニタにおける指示値が 15 分以上にわたって示されている指示値を超えたか、

あるいは、超えることが予想される場合（潜在的な全ての放出経路に関するモニタを含めるものとする）

2. 実際の気象条件を用いた線量評価により、サイト境界もしくはそれ以遠において TEDE で 1000 mrem (10 mSv) あるいは甲状腺 CDE で 5000 mrem (50 mSv) を超えた場合
3. サイト境界の放射線モニタにおける指示値が 15 分以上にわたって 1000 mR/hr (2.58×10^{-4} C/kg・hr) を超えた場合
4. サーベイにより、窓を閉めた状態での線量率が 60 分以上にわたって 1000 mR/hr (2.58×10^{-4} C/kg・hr) を超えていることが示される、あるいは、現場でのサンプル分析により、サイト境界もしくはそれより以遠において 1 時間の吸入に対し甲状腺 CDE で 5000 mrem (50 mSv) であることが示された場合

表3.2 EAL設定事象の分類 (A: 放射線レベルの異常/放射性物質の流出)

異常事象	アラート	サイト緊急事態	全面的緊急事態
AU1 60分以上にわたって技術仕様／ODCM規定値の2倍を超える気体状態もしくは液体状の放射性物質が環境中に計画外に放出された場合 (全ての運転モード)	AA1 15分以上にわたって技術仕様／ODCM規定値の200倍を超える気体状態もしくは液体状の放射性物質が環境中に放出された場合 (全ての運転モード)	AS1 実際もしくは差し迫った気体状態放射性物質の放出により、放出期間中に、サイト外での線量がTEDEで100 mrem (1 mSv) もしくは甲状腺CDEで500 mrem (5 mSv) を超えた場合 (全ての運転モード)	AG1 実際もしくは差し迫った気体状態放射性物質の放出により、放出期間中に、サイト外での線量がTEDEで1000 mrem (10 mSv) もしくは甲状腺CDEで5000 mrem (50 mSv) を超えた場合 (全ての運転モード)
AU2 プラント内の放射線レベルが計画外に上昇した場合 (全ての運転モード)	AA3 プラント内放射線レベルの上昇により、プラントの安全機能の維持に必要な設備の作動が阻害された場合 (全ての運転モード)		
	AA2 照射燃料が損傷した場合もしくは水位の低下により原子炉圧力容器外において照射燃料が露出したかあるいは露出する場合 (全ての運転モード)		

3.2 カテゴリC：冷態停止時／燃料取替時における設備の不具合

本カテゴリにおける EAL 設定事象の分類結果を表 3.3 に示す。

(1) 異常事象

CU1：原子炉冷却系（RCS）の漏洩が起こった場合（冷態停止時）

EALの例

BWR：15分以上にわたってRCS漏洩により原子炉保護系（RPS）の水位低作動設定点より上に原子炉圧力容器（RPV）内水位を維持あるいは回復できなかった場合

PWR：15分以上にわたってRCS漏洩により加圧器もしくはRCS/RPV内水位を維持あるいは回復できなかった場合

CU2：RCS/RPVインベントリが計画外に喪失した場合（燃料取替停止時）

EALの例（以下のいずれかの場合）

- 次のいずれかに示されるような RCS/RPV 水位の計画外低下
 - RCS/RPV の水位幅が RPV フランジより上に設定されている時に 15 分以上にわたって RCS/RPV 水位が RPV フランジより下まで低下した場合
 - RCS/RPV の水位幅が RPV フランジより下に設定されている時に 15 分以上にわたって RCS/RPV 水位が RCS 水位幅より下まで低下した場合
- サンプあるいはタンクの水位上昇により RCS/RPV インベントリの喪失が示され、RCS/RPV 水位が監視できない場合

CU3：15 分以上にわたって非常用母線への交流電源が単一の電源からの供給となり、更なる単一故障により発電所停電に至るような状況となった場合（冷態停止時、燃料取替停止時）

EALの例

- 15 分以上にわたって非常用母線への交流電源が単一の電源からの供給となった場合
- かつ
- 更なる単一電源の故障により発電所停電となる場合

CU4：RPV内に照射燃料が装荷された状態で崩壊熱除去機能が計画外に喪失した場合（冷態停止時、燃料取替停止時）

EALの例（以下のいずれかの場合）

- 計画外の事象により、RCS 温度が技術仕様における冷態停止温度制限値を超えた場合
- 15 分以上にわたって RCS 温度及び RCS/RPV 水位表示が全て喪失した場合

CU6：所内あるいは所外の通信機能が全て喪失した場合（冷態停止時、燃料取替停止時、燃料取出し時）

EALの例（以下のいずれかの場合）

- 通常の操作を行う能力に影響を及ぼすような所内通信機能が全て喪失した場合
- サイト外通報を行う能力に影響を及ぼすような所外通信機能が全て喪失した場合

CU7：15分以上にわたって要求されるDC電源が喪失した場合（冷態停止時、燃料取替停止時）

EALの例

- 15 分以上にわたり、要求されるバイタル DC 母線において電圧表示より電圧が低くなった場合

CU8：不用意に臨界状態になった場合（冷態停止時、燃料取替停止時）

EALの例

BWR：核計装において正のペリオドが計画外に保持されたと認められた場合

PWR：核計装において正の起動率が計画外に保持されたと認められた場合

(2) アラート

CA1：RCS/RPVインベントリが喪失した場合（冷態停止時、燃料取替停止時）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. BWR：ECCS の水位異常低起動設定点より水位が低下したことにより RCS/RPV インベントリの喪失が示された場合
PWR：RCS ループの配管内径底部より水位が低下したことにより RCS/RPV インベントリの喪失が示された場合
2. サンプあるいはタンクの水位上昇により RCS/RPV インベントリの喪失が示され、かつ、15 分以上にわたって RCS/RPV 水位が監視できない場合

CA3：非常用母線への所内及び所外の交流電源が15分以上にわたって全て喪失した場合（冷態停止時、燃料取替停止時、燃料取出し時）

EALの例

1. 非常用母線への所内及び所外の交流電源が15分以上にわたって全て喪失した場合

CA4：プラントを冷態停止状態に維持できない場合（冷態停止時、燃料取替停止時）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 計画外の事象により、下記の表に規定される期間よりも長い間、RCS温度が技術仕様の冷態停止温度制限値を超えた場合

RCSの再加熱期間のしきい値		
RCSの健全性	格納容器が閉止状態	期間
健全である（RCSインベントリが低下した状態ではない：PWR）	該当なし	60分*
健全でない、もしくは、RCSインベントリが低下した状態（PWR）	確保	20分*
	確保されていない	0分
*もしRCSの熱除去系がこの期間内に作動中で、RCSの温度が下がっていたら、EALは適用できない		

2. 計画外の事象により、RCS 冷却能力が喪失し、RCS 圧力上昇が 10psi より高くなった場合（PWR、この EAL は RCS がソリッドの状態には適用されない）

(3) サイト緊急事態

CS1：RCS/RPVインベントリが喪失し、崩壊熱除去機能に影響を及ぼした場合（冷態停止時、燃料取替停止時）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 格納容器が閉止状態になく、
BWR：RCS/RPV水位がECCS水位異常低作動設定点より6インチ（約15 cm）下に低下した場合

- PWR：RCS/RPV水位がRCSループの配管内径底部より6インチ（約15 cm）下に低下した場合
2. 格納容器が閉止状態にあり、RCS/RPV水位が有効燃料頂部より下に低下した場合
 3. 30分以上にわたってRCS/RPV水位が監視できず、以下のいずれかによりRCS/RPVインベントリの喪失が示された場合
 - 所定の設定点を超えた放射線モニタ指示値
 - 線源領域モニタの不安定な表示
 - サンプもしくはタンクの水位上昇

(4) 全面的緊急事態

CG1：格納容器の健全性が脅かされた状態でRCS/RPVインベントリが喪失し、燃料被覆管の健全性に影響を及ぼした場合（冷態停止時、燃料取替停止時）

EALの例（以下の全てを満たす場合）

1. RCS/RPV 水位が、30 分以上にわたって有効燃料頂部より下に低下し、
かつ
格納容器の健全性を脅かす指示がある場合（下表）
2. RCS/RPV 水位の監視ができず、以下のいずれかにより 30 分以上にわたる炉心の露出が示された場合
 - 所定の設定点を超えた放射線モニタ指示値
 - 線源領域モニタの不安定な表示
 - サンプもしくはタンクの計画外水位上昇
 - その他の所定の表示

かつ

格納容器健全性を脅かす指示がある場合（下表）

格納容器の脅威
- 格納容器の閉止状態が確保されなかった場合 - 格納容器内において爆発性の混合気体が存在した場合 - 格納容器圧力が計画外に上昇した場合 - 二次格納容器の放射線モニタが所定値を超えた場合（BWR）

表3.3 EAL設定事象の分類（C：冷態停止時／燃料取替時における設備の不具合）

異常事象	アラート	サイト緊急事態	全面的緊急事態
CU1 原子炉冷却系（RCS）の漏洩が起 こった場合 （冷態停止時）	CA1 RCS/RPVインベントリが喪失し た場合 （冷態停止時、燃料取替停止時）	CS1 RCS/RPVインベントリが喪失し、 崩壊熱除去機能に影響を及ぼし た場合 （冷態停止時、燃料取替停止時）	CG1 格納容器の健全性が脅かされた 状態でRCS/RPVインベントリが 喪失し、燃料被覆管の健全性に影 響を及ぼした場合 （冷態停止時、燃料取替停止時）
CU2 RCS/RPVインベントリが計画外 に喪失した場合 （燃料取替停止時）			
CU3 15分以上にわたって非常用母線 への交流電源が単一の電源から の供給となり、更なる単一故障に より発電所停電に至るような状 況となった場合 （冷態停止時、燃料取替停止時）	CA3 非常用母線への所内及び所外の 交流電源が15分以上にわたって 全て喪失した場合 （冷態停止時、燃料取替停止時、 燃料取出し時）		
CU4 RPV内に照射燃料が装荷された 状態で崩壊熱除去機能が計画外 に喪失した場合 （冷態停止時、燃料取替停止時）	CA4 プラントを冷態停止状態に維持 できない場合 （冷態停止時、燃料取替停止時）		
CU6 所内あるいは所外の通信機能が 全て喪失した場合 （冷態停止時、燃料取替停止時、 燃料取出し時）			
CU7 15分以上にわたって要求される DC電源が喪失した場合 （冷態停止時、燃料取替停止時）			
CU8 不用意に臨界状態になった場合 （冷態停止時、燃料取替停止時）			

3.3 カテゴリD：恒久的に燃料を取り出した発電所での不具合

本カテゴリにおける EAL 設定事象の分類結果を表 3.4 に示す。

(1) 異常事象

D-AU1：60分以上にわたって技術仕様の制限値の2倍を超える気体状あるいは液体状の放射性物質が環境中に放出された場合

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 放射線モニタ指示値が 60 分間以上に対して示されている指示値を超えた場合
2. 気体または液体の放出に対するサンプルの分析結果により、濃度もしくは放出率が 60 分間以上にわたって技術仕様の放出限度の 2 倍を超えた場合

D-AU2：プラント内放射線レベルが計画外に上昇した場合

EALの例

1. 使用済燃料プールの水位が計画外に低下し、
かつ
特定箇所でのエリアモニタ指示値が上昇した場合
2. エリアモニタ指示値もしくはサーベイの結果により、通常の放射線レベル（過去 24 時間における最高値）より 25 mR/hr (6.45×10^{-6} C/kg・hr) の計画外上昇が示された場合

D-SU1：使用済燃料プールの温度が計画外に上昇した場合

EALの例

1. 使用済燃料プールの水温が計画外に上昇し、プラント規定値を超えた場合

D-HU1：潜在的なプラントの安全レベルの喪失を伴うセキュリティ条件または脅威が確認された場合

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 当直警備長により、敵対行為を伴わない警備上の状況が報告された場合
2. サイト固有の警備上の脅威に関する通報があった場合

D-HU2：他の状態において緊急時責任者により「異常事象」の宣言が妥当であると判断された場合

EALの例

1. 当直長／緊急時責任者により、プラントの安全レベルが低下する可能性があったり、あるいは、施設の防護に対するセキュリティ上の脅威が既に始まっていることを示す事象が進行中もしくは既に起こっていると判断される状態が生じた場合。安全システムのさらなる低下が起これなければ、サイト外での対応やモニタリングが要求されるような放射性物質の放出はない。

D-HU3：防護区画内において自然現象もしくは破壊的現象が発生し、使用済燃料の健全性維持機能に影響を及ぼす場合

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 以下のいずれか 2 つにより特定された地震事象
 - サイト固有の方法により確認された地震
 - プラント内での有感地震

- 国立地震センターによる観測地震
- 2. 竜巻の襲来あるいは規定値以上の強風が防護区画内で観測され、使用済燃料の健全性維持に必要な設備に影響を及ぼす可能性のある場合
- 3. サイト内の所定の区画で内部浸水が起こり、使用済燃料の健全性維持に必要な設備に影響を及ぼす可能性のある場合
- 4. 防護区画内で車両が衝突し、使用済燃料の健全性維持に必要な設備に影響を及ぼす可能性のある場合
- 5. サイト内の所定の区画で火災が発生し制御室への通報もしくは制御室アラームによる確認から 15 分以内に消火されず、使用済燃料の健全性維持に必要な設備に影響を及ぼす可能性のある場合
- 6. 防護区画内で爆発が起こり、使用済燃料の健全性維持に必要な設備に影響を及ぼす可能性のある損傷が確認された場合
- 7. 防護区画内で有毒、腐食性、窒息性あるいは可燃性ガスが発生し、使用済燃料の健全性維持に必要な設備に影響を及ぼす可能性のある場合
- 8. 防護区画に影響を及ぼすサイト固有の事象が発生し、使用済燃料の健全性維持に必要な設備に影響を及ぼす可能性のある場合

(2) アラート

D-AA1: 15分間以上にわたって技術仕様／ODCMの制限値の200倍を超える気体状あるいは液体状の放射性物質が環境中に放出された場合

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 放射線モニタの指示値が 15 分間以上に対して示されている指示値を計画外に超えた場合
2. 気体もしくは液体の放出に対するサンプル分析により、濃度もしくは放出率が 15 分間以上にわたって技術仕様の規定値の 200 倍を超えた場合

D-AA2: プラント内放射線レベルが計画外に上昇し使用済燃料の健全性維持に必要なプラント区画へのアクセスが阻害された場合

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 所定の区画のいずれかにおいて線量率が計画外に 15 mR/hr ($3.87 \times 10^{-6} \text{ C/kg} \cdot \text{hr}$) を超え、放射性物質の管理機能の維持に必要となる滞在の継続あるいは使用済燃料の健全性維持に必要な系統の運転が阻害された場合
2. エリアモニタの指示値もしくはサーベイの結果により、計画外に通常の放射線レベル（過去 24 時間における最高値）よりも 100 mR/hr ($2.58 \times 10^{-5} \text{ C/kg} \cdot \text{hr}$) の上昇が認められ、放射性物質の管理機能の維持に必要となる所定区画へのアクセスあるいは使用済燃料の健全性維持に必要な系統の運転が阻害された場合

D-HA1: 燃料建屋あるいは制御室内において敵対行為が発生した場合

EALの例

1. 燃料建屋あるいは制御室内において敵対行為が発生しているか、あるいは、発生し、当直警備長により報告がなされた場合

D-HA2 : 他の状態において緊急時責任者により「アラート」の宣言が妥当であると判断された場合
EALの例

1. 緊急時責任者により、プラントの安全レベルが実際に低下したか、その可能性がを伴う事象が進行中あるいは既に発生したことを示すと判断されるか、もしくは、敵対行為によってサイト職員の生命を脅かすか、あるいはサイト設備の損傷を伴うセキュリティ上の事象が発生したと判断されるような状態が生じた場合。放出は EPA の PAG における被ばくレベルに比べて十分低く抑えられることが予想される。

表3.4 EAL設定事象の分類 (D：恒久的に燃料を取り出した発電所の不具合)

異常事象	アラート	サイト緊急事態	全面的緊急事態
D-AU1 60分以上にわたって技術仕様の制限値の2倍を超える気体状態あるいは液体状の放射性物質が環境中に放出された場合	D-AA1 15分以上にわたって技術仕様／ODCMの制限値の200倍を超える気体状態あるいは液体状の放射性物質が環境中に放出された場合		
D-AU2 プラント内放射線レベルが計画外に上昇した場合	D-AA2 プラント内放射線レベルが計画外に上昇し、使用済燃料の健全性維持に必要なプラント区画へのアクセスが阻害された場合		
D-SU1 使用済燃料プールの温度が計画外に上昇した場合			
D-HU1 潜在的なプラントの安全レベルの喪失を伴うセキュリティ条件または脅威が確認された場合	D-HA1 燃料建屋あるいは制御室内において敵対行為が発生した場合		
D-HU2 他の状態において緊急時責任者により「異常事象」の宣言が妥当であると判断された場合	D-HA2 他の状態において緊急時責任者により「アラート」の宣言が妥当であると判断された場合		
D-HU3 防護区画内において自然現象もしくは破壊的現象が発生し、使用済燃料の健全性維持機能に影響を及ぼした場合			

注：本緊急事態カテゴリには、「サイト緊急事態」と「全面的緊急事態」に該当する事象はない。

3.4 カテゴリE：独立の使用済燃料貯蔵施設に関する事象

本カテゴリにおける EAL 設定事象の分類結果を表 3.5 に示す。

(1) 異常事象

E-HU1：燃料が装荷されたキャスクの閉じ込めバウンダリが損傷した場合

EALの例

1. 燃料が装荷されたキャスクの閉じ込めバウンダリが損傷した場合

3.5 カテゴリF：放射性物質障壁の損傷

本カテゴリにおける EAL 設定事象の分類結果を表 3.6 に示す。

(1) 異常事象

FU1：格納容器の機能喪失もしくはその可能性が生じた場合（出力運転時、高温待機時、起動時、高温停止時）

(2) アラート

FA1：燃料被覆管もしくは原子炉冷却系（RCS）のいずれかの喪失もしくはその可能性が生じた場合（出力運転時、高温待機時、起動時、高温停止時）

(3) サイト緊急事態

FS1：2つの障壁の喪失もしくはその可能性が生じた場合（出力運転時、高温待機時、起動時、高温停止時）

(4) 全面的緊急事態

FG1：2つの障壁が喪失し、3つ目の障壁の喪失もしくはその可能性が生じた場合（出力運転時、高温待機時、起動時、高温停止時）

上記EALは、以下の3つの障壁の喪失もしくはその可能性が生じた場合の組合せとなる。

BWRの場合

- ・ 燃料被覆管障壁に関するEALの例（以下のいずれかの場合）
 1. 一次冷却材中の放射能が所定の値（ヨウ素 131 線量当量で $300 \mu \text{Ci/gm}$ ($1.1 \times 10^7 \text{ Bq/gm}$) に相当する) を超えた場合（障壁の喪失）
 2. 原子炉圧力容器内（RPV）水位を回復させることができず一次格納容器内浸水に対する要求に対応した RPV 水位（プラント規定値）より上に維持することもできない場合（障壁の喪失）、もしくは、RPV 水位を回復させることができず有効燃料頂部に対応した RPV 水位（プラント規定値）より上に維持することもできないか、あるいは、RPV 水位が判断できない場合（障壁喪失の可能性）
 3. 一次格納容器の放射線モニタ指示値がサイト固有の値を超えた場合（障壁の喪失）
 4. その他のサイト固有の状態が起こった場合（障壁の喪失あるいはその可能性）
 5. 緊急時責任者により、燃料被覆管障壁の喪失（障壁の喪失）あるいはその可能性（障壁喪失の可能性）を示すものと判断される状態が生じた場合
- ・ 原子炉冷却系障壁に関するEALの例（以下のいずれかの場合）
 1. 原子炉冷却系（RCS）の漏洩により一次格納容器の圧力が所定の値（ECCS あるいはそれに匹敵

- する補給水系を自動的に起動させるドライウェル圧力高設定点)を超えた場合(障壁の喪失)
2. RPV 水位を回復させることができず有効燃料頂部に対応した RPV 水位(プラント規定値)より上に維持することができないか、あるいは、RPV 水位が判断できない場合(障壁の喪失)
 3. 隔離できない主蒸気管、高圧注入系(HPCI)配管、給水管、原子炉冷却材浄化系(RWCU)配管あるいは原子炉隔離時冷却系(RCIC)配管の破断が示された場合、もしくは、非常用原子炉減圧が要求された場合(障壁の喪失)、あるいは、ドライウェル内において 50 gpm (約 189.3 L/min)を超える RCS 漏洩が発生した場合、もしくは、通常運転時の最高温度を超えるか、あるいは、エリアモニタが通常の最高値を超えたことにより一次格納容器外で隔離できない一次系の漏洩が示された場合(障壁喪失の可能性)
 4. 一次格納容器の放射線モニタ指示値がサイト固有の値を超えた場合(障壁の喪失)
 5. その他のサイト固有の状態が起こった場合(障壁の喪失あるいはその可能性)
 6. 緊急時責任者により、RCS 障壁の喪失(障壁の喪失)あるいはその可能性(障壁喪失の可能性)を示すものと判断される状態が生じた場合
- ・ 格納容器障壁に関するEALの例(以下のいずれかの場合)
1. 一次格納容器の圧力が上昇しその後一次格納容器の圧力が急低下した場合、もしくは、一次格納容器の圧力応答が LOCA 条件と整合していない場合(障壁の喪失)、あるいは、一次格納容器の圧力が規定値を超え更なる上昇が認められる場合、もしくは、一次格納容器内に爆発性混合気体が存在する場合、もしくは、RPV 圧力及びサプレッションプール水温が熱容量温度制限値(HCTL: サプレッションプールの最高温度)未満に維持できない場合(障壁喪失の可能性)
 2. 一次格納容器内浸水が起こった場合(適切な炉心冷却が行えず炉心溶融に至る可能性がある)(障壁喪失の可能性)
 3. 一次格納容器の隔離信号が発信された後に1つのラインにおいて2つの弁が閉失敗し、かつ、その下流が環境に直接繋がる経路が形成された場合、もしくは、緊急時運転手順書に従って一時格納容器のベント操作が意図的に行われた場合、もしくは、安全運転最高温度を超えるかあるいはエリアモニタが安全運転最高値を超えたことにより一次格納容器外で隔離できない一次系の漏洩が示された場合(障壁の喪失)
 4. 一次格納容器の放射線モニタ指示値がサイト固有の値を超えた場合(障壁喪失の可能性)
 5. その他のサイト固有の状態が起こった場合(障壁の喪失あるいはその可能性)
 6. 緊急時責任者により、格納容器障壁の喪失(障壁の喪失)あるいはその可能性(障壁喪失の可能性)を示すものと判断される状態が生じた場合

PWRの場合

- ・ 燃料被覆管障壁に関するEALの例(以下のいずれかの場合)
1. 炉心冷却「赤」(著しく過熱し、炉心が露出したことを示す)の条件が満足された場合(障壁の喪失)、もしくは、炉心冷却「オレンジ」(サブクールがなくなり、被覆管の一部が損傷する可能性があることを示す)の条件が満足された場合あるいはヒートシンク「赤」(最終的なヒートシンク機能が著しく脅かされていることを示す)の条件が満足された場合(障壁喪失の可能性)
 2. 冷却材中の放射能が所定の値を超えた場合(ヨウ素 131 線量当量で $300 \mu \text{Ci/gm}$ ($1.1 \times 10^7 \text{ Bq/gm}$)に相当する)(障壁の喪失)
 3. 炉心出口温度計の指示値が所定の値(1200 F (約 649 °C))を超えた場合(障壁の喪失)、あるいは、炉心出口温度計の指示値が所定の値(700 - 900 F (約 371 - 482 °C))を超えた場合(障壁喪失の可能性)

失の可能性)

4. RCS/RPV 水位が所定の値 (有効燃料頂部に対応する水位) を下回った場合 (障壁喪失の可能性)
5. 格納容器放射線モニタの指示値が所定の値を超えた場合 (障壁の喪失)
6. その他サイト固有の状態となった場合 (障壁の喪失あるいはその可能性)
7. 緊急時責任者により、燃料被覆管障壁の喪失 (障壁の喪失) あるいはその可能性 (障壁喪失の可能性) を示すものと判断される状態となった場合

・ 原子炉冷却系障壁に関するEALの例 (以下のいずれかの場合)

1. RCS 健全性「赤」の条件が満足された場合 (適切な計装計指示値により安全機能に対する著しい脅威が生じたことを示す) あるいはヒートシンク「赤」の条件が満足された場合 (障壁喪失の可能性)
2. RCS のサブクールがなくなったことによって RCS の漏洩率が補給水能力を超えたことが示された場合 (障壁の喪失)、あるいは、レットダウンが隔離された状態で RCS 漏洩率が通常充填モードでの充填ポンプ 1 台の容量を超えた場合 (障壁喪失の可能性)
3. 蒸気発生器 (SG) の伝熱管破損が発生し、ECCS が作動した場合 (障壁の喪失)
4. 格納容器放射線モニタの指示値が所定の値を超えた場合 (障壁の喪失)
5. その他サイト固有の状態となった場合 (障壁の喪失あるいはその可能性)
6. 緊急時責任者により、RCS 障壁の喪失 (障壁の喪失) あるいはその可能性 (障壁喪失の可能性) を示すものと判断される状態となった場合

・ 格納容器障壁に関するEALの例 (以下のいずれかの場合)

1. 格納容器「赤」(適切な計装計指示値やサンプリング分析結果により安全機能に対する著しい脅威が生じたことを示し、格納容器喪失の可能性を表す) の条件が満足された場合 (障壁喪失の可能性)
2. 格納容器圧力が上昇しその後急低下した場合、もしくは、格納容器圧力あるいはサンプ水位が LOCA 条件と整合しない場合 (障壁の喪失)、あるいは、格納容器圧力が規定値を超え更なる上昇が認められる場合、もしくは、格納容器内において爆発性混合気体の存在が認められた場合、もしくは、格納容器圧力が格納容器減圧の作動設定値を超え作動している減圧設備がない場合 (障壁喪失の可能性)
3. 炉心出口温度計が 1200 F (約 649 °C) を超え 15 分以内に復旧手順が有効とならなかったか、もしくは、炉心出口温度が 700 F (約 371 °C) を超え RPV 水位が有効燃料頂部より下にあり 15 分以内に復旧手順が有効とならなかった場合 (障壁喪失の可能性)
4. SG の伝熱管破損により格納容器外での放出に至った場合、あるいは、10 gpm (約 37.9 L/min) を超える一次系 - 二次系漏洩が起こり破損 SG から環境への隔離不能な蒸気放出が生じた場合 (障壁の喪失)
5. 格納容器隔離信号が発信された後に 1 つのラインにおける全ての弁が閉じず、その下流が環境に直接繋がる経路が形成された場合 (障壁の喪失)
6. 格納容器放射線モニタの指示値が所定の値を超えた場合 (障壁喪失の可能性)
7. その他サイト固有の状態となった場合 (障壁の喪失あるいはその可能性)
8. 緊急時責任者により、格納容器障壁の喪失 (障壁の喪失) あるいはその可能性 (障壁喪失の可能性) を示すものと判断される状態となった場合

表3.5 EAL設定事象の分類 (E：独立の使用済燃料貯蔵施設に関する事象)

異常事象	アラート	サイト緊急事態	全面的緊急事態
E-HU1 燃料が装荷されたキャスクの閉じ込めバウンダリが損傷した場合			

表3.6 EAL設定事象の分類 (F：放射性物質障壁の損傷)

異常事象	アラート	サイト緊急事態	全面的緊急事態
FU1 格納容器の機能喪失もしくはその可能性が生じた場合 (出力運転時、高温待機時、起動時、高温停止時)	FA1 燃料被覆管もしくは原子炉冷却系 (RCS) のいずれかの喪失もしくはその可能性が生じた場合 (出力運転時、高温待機時、起動時、高温停止時)	FS1 2つの障壁の喪失もしくはその可能性が生じた場合 (出力運転時、高温待機時、起動時、高温停止時)	FG1 2つの障壁が喪失し、3つ目の障壁の喪失もしくはその可能性が生じた場合 (出力運転時、高温待機時、起動時、高温停止時)

3.6 カテゴリH：プラントの安全性に影響を及ぼすハザード及びその他の状態

本カテゴリにおける EAL 設定事象の分類結果を表 3.7 に示す。

(1) 異常事象

HU1：防護区画に影響を及ぼすような自然現象もしくは破壊的な現象が発生した場合（全運転モード）
EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 以下のいずれか 2 つにより特定された地震事象
 - － サイト固有の方法により確認された地震
 - － プラント内での有感地震
 - － 国立地震センターによる観測地震
2. 防護区画内で竜巻の襲来、あるいは規定値以上の強風が観測された場合
3. プラント内の所定の区画で浸水が起こり、現在の運転モードに対して技術仕様により要求される安全関連設備に影響を及ぼす可能性のある場合
4. タービンが破損してケーシングを貫通したか、もしくは、タービンあるいは発電機の軸封に損傷が生じた場合
5. 防護区画に影響を及ぼすサイト固有の事象が発生した場合

HU2：防護区画内で火災が発生し検知から15分以内に消火ができなかった場合、もしくは、防護区画内で爆発が起こった場合（全運転モード）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 所定の区画で火災が発生し、制御室への通報もしくは制御室アラームによる確認から 15 分以内に消火されなかった場合
2. 防護区画内で爆発が起こった場合

HU3：プラントの通常運転を阻害すると見なされる有毒、腐食性、窒息性あるいは可燃性ガスが放出された場合（全運転モード）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 有毒、腐食性、窒息性あるいは可燃性ガスが発生し、通常のプラント運転に悪影響を及ぼしたか、あるいは、その可能性が生じた場合
2. 市町村、郡もしくは州の職員より、サイト外事象に基づきサイト職員の避難あるいは屋内退避に対する通知があった場合

HU4：プラントの安全レベルの低下の可能性を示すようなセキュリティ事象あるいは脅威が確認された場合（全運転モード）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 当直警備長により、敵対行為を伴わない警備上の状況が報告された場合
2. サイト固有の警備上の脅威に関する通報があった場合
3. NRC から航空機の脅威に関する情報提供の通知があった場合

HU5：緊急時責任者により「異常事象」の宣言が妥当と判断される状態が存在する場合（全運転モード）

EALの例

1. 緊急時責任者により、プラントの安全レベルが低下する可能性があった、あるいは、施設の防護に対するセキュリティ上の脅威が既に始まっていることを示す事象が進行中もしくは既に発生したと判断される状態が生じた場合。安全設備の更なる損傷が起これなければ、サイト外での対応やモニタリングを必要とするような放射性物質の放出は起こらないと予想される。

(2) アラート

HA1：プラントの重要区画に影響を及ぼすような自然現象もしくは破壊的な現象が発生した場合（全運転モード）

EALの例（以下のいずれか）

1. 地震計により運転基準地震（OBE）を超える地震が検知されかつ、
以下のいずれかにより確認された場合
 - プラントにおける有感地震
 - 国立地震センター
 - プラントの安全な停止に必要な系統の性能低下が制御室において認められた場合
2. 竜巻の襲来または規定値以上の強風により、安全設備あるいは機器を収納する構築物に損傷が認められるか、もしくは、それらの安全設備の性能低下が制御室において認められた場合
3. プラント内の所定の区画において内部浸水が起これ、安全設備を作動または監視するためのアクセスができなくなるような感電のハザードが生じたか、もしくは、制御室において安全系性能の低下が示された場合
4. タービンの破損により飛散物が発生し、安全設備や機器を収納する構築物に損傷が認められるか、もしくは、それら安全設備の性能低下が制御室において認められた場合
5. 車両の衝突により、安全設備や機器を収納する構築物に損傷が認められるか、もしくは、それら安全設備の性能低下が制御室において認められた場合
6. プラント固有の異常事象が発生し、安全設備や機器を収納する構築物に損傷が認められるか、もしくは、それら安全設備の性能の低下が制御室において認められた場合

HA2：プラントの安全停止の確立あるいは維持に必要な安全系の動作性に影響を及ぼす火災もしくは爆発が起こった場合（全運転モード）

EALの例

1. 火災もしくは爆発が起これ、かつ、安全設備や機器を収納する構築物に損傷が認められるか、もしくは、それら安全設備の性能の低下が制御室において認められた場合

HA3：有毒、腐食性、窒息性あるいは可燃性ガスの放出により重要区画へのアクセスが禁止され、原子炉の安全運転や安全停止に必要な設備の動作が危うくなった場合（全運転モード）

EALの例

1. 有毒、腐食性、窒息性あるいは可燃性ガスの放出により重要区画へのアクセスが禁止され、原子炉の安全運転や安全停止に必要な設備の動作が危うくなった場合

HA4：所有者管理区画内での敵対行為あるいは航空機衝突の脅威（全運転モード）

EALの例

1. 当直警備長により、所有者管理区画内で敵対行為が発生しているか、もしくは、既に発生したとの通報があった場合
2. NRC により、30 分以内のサイトへの航空機衝突の脅威に関する通知があった場合

HA5：制御室からの避難が開始された場合（全運転モード）

EALの例

1. 手順により制御室からの避難が求められた場合

HA6：緊急時責任者により「アラート」の宣言が妥当と判断される状態が存在した場合（全運転モード）

EALの例

1. 緊急時責任者により、プラントの安全レベルが実際に低下したか、その可能性を伴う事象が進行中あるいは既に発生したと判断されるか、もしくは、敵対行為によってサイト職員の生命を脅かすか、あるいは、サイト設備の損傷を伴うセキュリティ上の事象が発生したと判断されるような状態が生じた場合。放出は EPA の PAG における被ばくレベルに比べて十分低く抑えられることが予想される。

(3) サイト緊急事態

HS2：制御室からの避難が開始され、プラントの制御ができなくなった場合（全運転モード）

EALの例

1. 制御室からの避難が開始され、かつ、所定の時間内にプラントの制御を確立できなかった場合

HS3：緊急時責任者により「サイト緊急事態」の宣言が妥当と判断される状態が存在した場合（全運転モード）

EALの例

1. 緊急時責任者により、公衆を守るために必要なプラント機能が実際に故障したか、その可能性が高くなるような事象が進行中あるいは既に発生したと判断されるか、もしくは、敵対行為により、(1)サイト職員もしくは設備に向けて、あるいは、(2)公衆を守るために必要となる設備へのアクセスを妨げるような意図的な損傷や悪意の行動に至ると判断されるような状態が生じた場合。如何なる放出が起こっても、サイト境界より以遠において EPA の PAG における被ばくレベルを超えるような被ばくにはならないと予想される。

HS4：防護区画内での敵対行為が発生した場合（全運転モード）

EALの例

1. 当直警備長により、防護区画内において敵対行為が起こっているか、もしくは、既に起こったとの通報があった場合

(4) 全面的緊急事態

HG1：敵対行為により施設の物理的な制御機能が喪失した場合（全運転モード）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 敵対行為により、プラント職員が安全機能の維持に必要な設備の操作ができなくなった場合
2. 敵対行為により、使用済燃料冷却系が故障し、プール内において炉心から取り出されたばかりの燃料の損傷が差し迫った場合

HG2：緊急時責任者により全面的緊急事態の宣言が妥当と判断される状態が存在した場合（全運転モード）

EALの例

1. 緊急時責任者により、格納容器の健全性喪失の可能性がある、炉心の損傷や溶融を伴うか、それらが差し迫った事象が発生しているか、もしくは、既に発生したことを示すと判断されるか、あるいは、敵対行為により施設の物理的制御機能が実際に喪失したと判断されるような状態が生じた場合。放出が起これば、サイト近傍より以遠において EPA の PAG における被ばくレベルを超えるものと合理的に予想される。

表3.7 EAL設定事象の分類 (H: プラントの安全性に影響を及ぼすハザード及びその他の状態)

異常事象		アラート	サイト緊急事態	全面的緊急事態
HU1 防護区画に影響を及ぼすような自然現象もしくは破壊的な現象が発生した場合 (全運転モード)	HA1 プラントの重要区画に影響を及ぼすような自然現象もしくは破壊的な現象が発生した場合 (全運転モード)			
HU2 防護区画内で火災が発生し検知から15分以内に消火ができなかった場合、もしくは、防護区画内で爆発が起こった場合 (全運転モード)	HA2 プラントの安全停止の確立あるいは維持に必要な安全系の動作性に影響を及ぼす火災もしくは爆発が起こった場合 (全運転モード)			
HU3 プラントの通常運転を阻害すると思われる有毒、腐食性、窒息性あるいは可燃性ガスが放出された場合 (全運転モード)	HA3 有毒、腐食性、窒息性あるいは可燃性ガスの放出により重要区画へのアクセスが禁止され、原子炉の安全運転や安全停止に必要な設備の動作が危うくなった場合 (全運転モード)			
	HA5 制御室からの避難が開始された場合 (全運転モード)	HS2 制御室からの避難が開始され、プラントの制御ができなくなった場合 (全運転モード)		
HU4 プラントの安全レベルの低下の可能性を示すようなセキュリティ事象あるいは脅威が確認された場合 (全運転モード)	HA4 所有者管理区画内での敵対行為あるいは航空機衝突の脅威 (全運転モード)	HS4 防護区画内での敵対行為が発生した場合 (全運転モード)	HG1 敵対行為により施設の物理的な制御機能が喪失した場合 (全運転モード)	
HU5 緊急時責任者により「異常事象」の宣言が妥当と判断される状態が存在した場合 (全運転モード)	HA6 緊急時責任者により「アラート」の宣言が妥当と判断される状態が存在した場合 (全運転モード)	HS3 緊急時責任者により「サイト緊急事態」の宣言が妥当と判断される状態が存在した場合 (全運転モード)	HG2 緊急時責任者により「全面的緊急事態」の宣言が妥当と判断される状態が存在した場合 (全運転モード)	

3.7 カテゴリS：システムの不具合

本カテゴリにおける EAL 設定事象の分類結果を表 3.8 に示す。

(1) 異常事象

SU1：15分以上にわたって非常用母線への外部交流電源が全て喪失した場合（出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時）

EALの例

1. 15 分以上にわたって非常用母線への外部交流電源が全て喪失した場合

SU2：技術仕様の時間限度内に所定の停止状態に移行できなかった場合（出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時）

EALの例

1. 技術仕様における運転制限条件（LCO）対応時間内にプラントを所定の運転モードに移行できなかった場合

SU3：15分以上にわたって制御室における安全系のアナンシエータもしくは表示が計画外に喪失した場合（出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時）

EALの例

1. 15 分間以上にわたって、(a)制御室の安全系アナンシエータ、もしくは、(b)制御室の安全系表示の約 75%以上が計画外に喪失した場合

SU4：燃料被覆管が損傷した場合（出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 放射線モニタ（例えば、BWR におけるエアエジェクタモニタや PWR における破損燃料モニタ）の指示値が技術仕様の許容限度を超え、燃料被覆管の損傷が示された場合
2. 冷却材サンプルの放射能の値が技術仕様の許容限度を超え、燃料被覆管の損傷が示された場合

SU5：原子炉冷却系からの漏洩が起こった場合（出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 未特定の漏洩もしくは圧力バウンダリの漏洩が 10 gpm（約 37.9 L/min）を超えた場合
2. 特定された漏洩が 25 gpm（約 94.6 L/min）を超えた場合

SU6：所内及び所外の通信機能が計画外に喪失した場合（出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時）

EALの例（以下のいずれかの場合）

1. 所内の連絡手段（一般電話回線、無電池式電話機、ページング、携帯用無線電話機など）が全て喪失し、通常の運転能力に影響を及ぼした場合
2. 所外との通信手段（事象通報システム、一般電話回線、ファックス装置、専用電話回線など）が全て喪失し、所外通報能力に影響を及ぼした場合

SU8：不用意に臨界状態となった場合（高温待機時、高温停止時）

EALの例

1. BWR：核計装において正のペリオドが計画外に保持されたと認められた場合

1. PWR：核計装において計画外に正の起動率が計画外に保持されたと認められた場合

(2) アラート

SA2：原子炉の自動スクラム（トリップ）に失敗し、制御盤から手動で原子炉の停止に成功した場合（出力運転時、起動時）

EALの例

1. (a)原子炉の自動スクラム（トリップ）に失敗し、かつ、(b)制御盤からの手動操作によって原子炉の停止に成功した場合

もし、制御盤から手動で原子炉の停止に失敗すると、「サイト緊急事態」に格上げされる。

SA4：重大な過渡事象が進行中、もしくは代替の表示が利用できない状態で制御室における安全系のアナンシエータもしくは表示が計画外に喪失した場合（出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時）

EALの例

1. 15分間以上にわたって、制御室の安全系アナンシエータ、もしくは、制御室の安全系表示の約75%以上が計画外に喪失した場合
2. 重要なトランジェントが進行中、もしくは、代替の表示（安全パラメータ表示システム（SPDS）やプラント計算機を利用した情報表示など）が利用できない場合
この「アラート」は、運転員が進行中のトランジェントを監視できない場合、「サイト緊急事態」に格上げされる。

SA5：15分以上にわたって非常用母線への交流電源が1系統となり、更なる単一故障が生じた場合に発電所停電に至る可能性がある場合（出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時）

EALの例

1. 15分間以上にわたって、非常用母線への交流電源が単一の電源からの供給となり、かつ、他の単一電源の故障が重なると発電所停電に至る場合

(3) サイト緊急事態

SS1：15分以上にわたって非常用母線への外部電源及び所内交流電源が全て喪失した場合（出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時）

EALの例

1. 15分以上にわたって非常用母線への外部電源及び所内交流電源が全て喪失した場合

SS2：原子炉の自動スクラム（トリップ）に失敗し、制御盤から手動で原子炉の停止に成功しなかった場合（出力運転時、起動時）

EALの例

1. 原子炉の自動スクラム（トリップ）に失敗し、かつ、制御盤から手動操作により原子炉が停止しなかった場合

炉心冷却あるいは熱除去に脅威となる状態が長期化した場合には「全面的緊急事態」への格上げがなされる。

SS3：15分以上にわたって全てのバイタルDC電源が喪失した場合（出力運転時、起動時、高温待機時、

高温停止時)

EALの例

1. 15 分間以上にわたって、全てのバイタル DC 母線電圧が所定の電圧より低くなった場合
異常な放射線レベル／放射性物質の異常な流出、放射性物質障壁の損傷が生じた場合、「全面的緊急事態」に格上げされる。

SS6: 進行中の重大な過渡事象に関する監視ができなくなった場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)

EALの例 (以下のいずれも満たす場合)

- 15 分間以上にわたって、(a)制御室の安全系アナシエータ (エリアモニタ、プロセスモニタ、放出放射能モニタなど異常時運転手順や緊急時運転手順に記載されるアナシエータ) もしくは(b) 制御室の安全系表示 (公衆を守るために必要な安全機能の監視に要求される表示として、制御室表示、計算機による表示及び専用のアナシエータが含まれる) の約 75%以上が喪失し、

かつ、

- 重大な過渡事象が進行中であり、

かつ、

- 代替の表示 (SPDS のような計算機を利用した情報表示など) が利用できない場合

(4) 全面的緊急事態

SG1: 非常用母線への外部電源及び所内交流電源が全て喪失し、その状態が長期化した場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)

EALの例

1. 非常用母線への外部電源及び所内交流電源が全て喪失し、かつ、(a)所定の時間内に少なくとも 1 つの非常用母線の復旧が見込めないか、もしくは、(b)放射性物質障壁の監視に基づき炉心冷却の機能低下が継続していることが認められた場合

SG2: 原子炉の自動スクラム (トリップ) 及び手動での原子炉の停止に失敗し、炉心の冷却能力に重大な脅威が生じた場合 (出力運転時、起動時)

EALの例

1. 原子炉の自動スクラム (トリップ) に失敗し、かつ、手動操作による原子炉の停止に失敗し、さらに、継続的な発電により(a)炉心冷却に対する著しい脅威が示されるか (PWR においては、炉心出口温度が 1200 F (約 649℃) もしくはそれに近づきつつあるか、もしくは、RPV 水位が有効燃料頂部より下にあること、また、BWR においては、RPV 水位が回復できず緊急時運転手順書の基準に記載される最低蒸気冷却水位より上に水位を維持できないことを意味する)、もしくは、(b) 熱除去に対する著しい脅威が示された (PWR においては、非常用給水流量が不十分で少なくとも 1 基の蒸気発生器から設計で求められる熱量を除去できない場合、また、BWR においては、主復水器もしくはサブプレッションプールによる熱除去ができない場合などである) 場合

表3.8 EAL設定事象の分類 (S:システムの不具合)

異常事象	アラート	サイト緊急事態	全面的緊急事態
SU1 15分以上にわたって非常用母線への外部交流電源が全て喪失した場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)	SA5 15分以上にわたって非常用母線への交流電源が1系統となり、更なる単一故障が生じた場合に発電所停電に至る可能性がある場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)	SS1 15分以上にわたって非常用母線への外部電源及び所内交流電源が全て喪失した場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)	SG1 非常用母線への外部電源及び所内交流電源が全て喪失し、その状態が長期化した場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)
		SS3 15分以上にわたって全てのバイタルDC電源が喪失した場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)	
SU8 不用意に臨界状態となった場合 (高温待機時、高温停止時)	SA2 原子炉の自動スクラム (トリップ) に失敗し、制御盤から手動で原子炉の停止に成功した場合 (出力運転時、起動時、高温待機時)	SS2 原子炉の自動スクラム (トリップ) に失敗し、制御盤から手動で原子炉の停止に成功しなかった場合 (出力運転時、起動時)	SG2 原子炉の自動スクラム (トリップ) 及び手動での原子炉の停止に失敗し、炉心の冷却能力に重大な脅威が生じた場合 (出力運転時、起動時)
SU3 15分以上にわたって制御室における安全系のアナシエータもしくは表示が計画外に喪失した場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)	SA4 重大な過渡事象が進行中、もしくは代替の表示が利用できない状態で制御室における安全系のアナシエータもしくは表示が計画外に喪失した場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)	SS6 進行中の重大な過渡事象に関する監視ができなくなった場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)	
SU2 技術仕様の時間限度内に所定の停止状態に移行できなかった場合			

異常事象	アラート	サイト緊急事態	全面的緊急事態
(出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)			
SU4 燃料被覆管が損傷した場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)			
SU5 原子炉冷却系からの漏洩が起こった場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)			
SU6 所内及び所外の通信機能が計画外に喪失した場合 (出力運転時、起動時、高温待機時、高温停止時)			

4. サイト緊急事態が発令された事故事例

ここでは、米国において実際に緊急事態が発令された事故事例について示す。TMI-2の事故以降、米国では「全面的緊急事態」に該当する事象は発生していない。しかし、以下に示すように、「サイト緊急事態」に該当する事例については、少なくとも8件発生している。

原子力発電所

- ① Vogtle-1 号機 (PWR) における原子炉停止中の全交流電源喪失: 1990 年 3 月 20 日 (NRC, 1990-1996)
- ② Nine Mile Point-2 号機 (BWR) における変圧器の故障と計装用電源の喪失: 1991 年 8 月 13 日 (NRC, 1990-1996)
- ③ Three Mile Island-1 号機 (PWR) における無許可車両の違法進入: 1993 年 2 月 7 日 (NRC, 1990-1996)
- ④ LaSalle-1 号機 (BWR) における原子炉トリップ後の制御棒 3 本の状態表示失敗: 2006 年 2 月 20 日 (NRC, 2006a, 2006b, 2006c)

核燃料輸送

- ⑤ GE 社 Wilmington 燃料製造工場から Vermont Yankee への新燃料輸送車両の交通事故: 1991 年 12 月 16 日 (NRC, 1990-1996)

核燃料製造工場

- ⑥ Sequoyah 燃料会社 UF₆ 製造工場における硝酸煙霧の所外放出: 1992 年 11 月 17 日 (NRC, 1990-1996)
- ⑦ NFS 社ウラン燃料製造工場における火災とそれによる格納施設の破損及び放射性物質放出の可能性: 1996 年 4 月 2 日 (NRC, 1990-1996)
- ⑧ Honeywell 社 Metropolis 工場における UF₆ の所外放出: 2003 年 12 月 22 日 (NRC, 2004)

ここでは、これらの「サイト緊急事態」に該当する各事例について、その概要を示す。

原子力発電所

- ① Vogtle-1 号機の事象: 1990 年 3 月 20 日

燃料取替停止中、補助変圧器1基 (RAT-B) と非常用ディーゼル発電機1基 (EDG-B) が保守のため供用から外されており、プラント内設備への電源はもう1基の補助変圧器 (RAT-A) から供給されていた。8時20分、サイト内開閉所の支柱にトラックが衝突し、これによって補助変圧器 (RAT-A) の電源が喪失したため、非常用ディーゼル発電機 (EDG-A) に外部電源喪失信号が入った。EDG-Aは起動したものの直ぐにトリップした。そのため、8時40分、設置者は、「サイト緊急事態」を宣言した。8時41分、EDG-Aを再度起動させたが、ジャケット冷却水圧低によりトリップした。8時56分、ジャケット冷却水圧低の信号をバイパスし、現場からEDG-Aを緊急起動させて母線への電源を復帰させた。結果的に、36分間にわたって全交流電源が喪失した。

→この事象では、外部電源及び所内交流電源が15分以上喪失したため「サイト緊急事態」が宣言された (NEI 99-01におけるカテゴリSのSS1に相当する)。

- ② Nine Mile Point-2号機の事象: 1991年8月13日

定格出力運転中、5時48分、主変圧器において内部故障が発生し、発電機とタービンがトリップし、原子炉がスクラムした。ほぼ同時に、電氣的擾乱により5台の無停電電源装置 (UPS) が喪失し制御室の計測表示ができなくなった。原子炉の自動スクラム機能は適切に作動したが、運転員は制御棒位置

表示を確認できなかったため、手動でスイッチを「停止」に切り替え、手動スクラム信号を発信させた。6時0分、設置者は、「サイト緊急事態」を宣言した。スクラム後、運転員は、線源領域検出器を用いて原子炉出力が低下していることを確認した。6時22分、UPSからの電力を復旧させ、全てのアナログシミュレータによる表示が可能となった。

→この事象では、無停電電源の喪失によりプラントの状態監視ができなくなったために「サイト緊急事態」が宣言された（NEI 99-01におけるカテゴリSのSS6に相当する）。

③ Three Mile Island-1号機の事象：1993年2月7日

6時45分、未許可車両が北門を通過し防護区画内に侵入した。当該車両は、タービン建屋内で停止した。運転者は、車両から逃走した。そのため、7時5分、設置者は、「サイト緊急事態」を宣言した。NRCも、7時25分頃、待機対応モードに入ることを決定した。11時0分頃、侵入者は、タービン建屋内で、ペンシルベニア州警察とTMIサイトの防護官により逮捕された。この間、原子炉は、定格出力運転を継続したが、重要な区画については施錠がなされ防護された。

→この事象では、防護区画内に不審者が侵入したために「サイト緊急事態」が宣言された（NEI 99-01におけるカテゴリHのHS4に相当する）。

④ LaSalle-1号機の事象：2006年2月20日

午前12時23分、燃料取替に向けての停止操作中、全てのタービンバイパス弁が開いたことにより、原子炉は6%出力から自動停止した。しかし、原子炉計装設備により、3本の制御棒が炉心内に全挿入されなかったことが示された。3本の制御棒位置が確認できなかったため、設置者は、12時28分、「サイト緊急事態」を宣言した。その後、原子炉計装設備により、原子炉が停止して未臨界に移行したことが示されたが、1本の制御棒に対してはその位置表示が未確定のままであった。NRCは、監視モードに入り、Region IIIの事象対応センターと本部の運転センターにスタッフが配置された。その後の調査により、挿入確認ができなかった3本の制御棒のうちの2本は全挿入されていたことが判明した。残りの1本については、最初のトリップ信号では全挿入には至らなかったが、運転員による手動トリップ信号によって全挿入した。

→この事象では制御棒3本の全挿入失敗が表示され制御棒位置が確認できず公衆を守るために必要なプラント機能が故障したと判断されたために「サイト緊急事態」が宣言された（NEI 99-01におけるカテゴリHのHS3に相当する）。

核燃料輸送¹

⑤ 新燃料輸送車両の交通事故：1991年12月16日

4時16分、GE社Wilmington燃料製造工場からの新燃料を積載したトラックがVermont Yankeeに向けてルート91を走行中、マサチューセッツ州Springfieldにおいて交通事故に巻き込まれた。トラックには、木で梱包した金属コンテナ12個に燃料バンドル24個が積載されていた。この事故により、コンテナがトラックから落下してトラックの燃料に引火し、木の梱包物が燃えて炎上したが、新燃料を収納したコンテナへの影響はなかった。自治体の消防署と州警察が現場に駆けつけ、対応を取った。設置者は、この事故の報告を受け、現地の当局に連絡を取り、放射線上の重大性を評価するための支援を要請するとともに、「サイト緊急事態」を宣言した。

核燃料製造工場¹⑥ Sequoyah燃料会社六フッ化ウラン（UF₆）製造工場の事象：1992年11月17日

8時50分ごろ、電動弁の部分開固着によりイエローケーキ粉末が誤って移送されたタンクにおいて、バッチ処理を行うために手順に従って硝酸を投入し攪拌させたところ、反応が起こり、その結果、硝酸煙霧が放出された。9時12分、設置者は、「サイト緊急事態」を宣言し、事象対応に必要な職員以外を主プロセス建屋及びUF₆建屋から退避させた。9時20分ごろ、放出は止まった。この放出に伴う放射性物質の放出はなかった。

⑦ NFS社ウラン燃料製造工場の事象：1996年4月2日

11時58分、焼却炉室で火災が検知された。12時26分、火災が15分以内に鎮火せず、格納施設が破損し、放射性物質放出の可能性が生じたため、設置者は、「サイト緊急事態」を宣言した。火災は、焼却炉室から天井の換気ダクトを伝って拡がり、約150フィート（約45.7 m）にわたってダクトが焼損した。火災は、12時30分ごろに鎮火した。火災発生時、焼却炉では、放射性物質の焼却が行われており、放射性物質の放出の可能性があった。事象中及びその直後に行われた空気サンプリングと所内の汚染検査により、異常は認められなかった。また、消火活動に携わった職員に対して、鼻スミヤ、尿検査及び肺の線量測定が行われたが、その結果は全て陰性であった。

⑧ Honeywell社Metropolis工場の事象：2003年12月22日

午前0時過ぎ、供給物質建屋内のフッ素処理・汚染管理設備について配管構成の変更を行っていたところ、2つの弁（ダスト回収弁とシステム弁）の操作を誤り、その結果、フッ素処理装置と弁を繋ぐ設備と配管が液化空気とUF₆により加圧された。UF₆は、リサイクルモードにあった蒸留装置から流れ込んだ。午前2時ごろ、圧力が上昇しUF₆が制御弁から供給物質建屋内に漏れ出した。当直長がこの漏洩に気づき緊急時対応手順に入った。2時28分ごろ、ダスト回収弁を開きシステム弁を閉じることでUF₆の漏洩を止めようとしたが、ダスト回収弁を開いた際、配管及び設備内に入り込んでいたUF₆がダスト回収系を通して建屋から放出された。放出に伴って形成されたUF₆雲がサイト境界を越えていくのが観測されたため、設置者は、「サイト緊急事態」を宣言するとともに、2時34分ごろ、周辺地域の公衆を避難させるよう地域緊急時対応者（local emergency responder）に伝えた。約25名が避難し、約75名に対して屋内退避が勧告された。しかし、地域緊急時対応者との連絡が維持されず、追加情報を提供することができなかった。放出雲の移動経路にいた4人が病院に送られたが、3人は直ぐに解放された。もう1人については、皮膚の一部が赤くなっており、フッ化水素による低レベルの被ばくを受けた可能性があったことから治療が行なわれ、24時間後に解放された。

¹ NRC のホームページ及びNUREG-0728, Rev.4 によれば、核燃料製造工場に対する緊急事態分類は、「アラート」と「サイト緊急事態」の2つしか設定されていない。

5. まとめ

我が国における防護対策の内容をさらに実効性の高いものにするため、緊急事態の準備と対応に緊急事態分類及びEALのスキームを導入する検討に資することを目的に、米国における緊急事態分類及びEALの概要について、NEIが2008年に公表したNEI 99-01 Rev.5「緊急時措置レベルの整備に対する方法論」を基に整理した。また、TMI-2事故以降、サイト緊急事態が宣言された以下の8件の事例について、その概要を示し、原子力発電所においてはNEI 99-01 Rev.5の緊急事態カテゴリを明示した。

1. Vogtle-1号機における原子炉停止中の全交流電源喪失
2. Nine Mile Point-2号機における変圧器の故障と計装用電源の喪失
3. Three Mile Island-1号機における無許可車両の違法進入
4. LaSalle-1号機における原子炉トリップ後の制御棒3本の状態表示失敗
5. 新燃料輸送車両の交通事故
6. Sequoyah燃料会社UF₆製造工場における硝酸煙霧の所外放出
7. NFS社ウラン燃料製造工場における火災とそれによる格納施設の破損及び放射性物質放出の可能性
8. Honeywell社Metropolis工場におけるUF₆の所外放出

NEI 99-01では、7つのカテゴリ（放射線レベルの異常／放射性物質の流出、冷態停止時／燃料取替時における設備の不具合、恒久的に燃料を取り出した発電所の不具合、独立の使用済燃料貯蔵施設に関する事象、放射性物質障壁の損傷、プラントの安全性に影響を及ぼすハザード及び他の状態、システムの不具合）を設けて、それぞれについて「異常事象」、「アラート」、「サイト緊急事態」、「全面的緊急事態」に該当する事象が具体的に示されている。実際に各カテゴリに対してそれぞれの緊急事態分類に相当する事象を設定する際には、兆候ベースあるいは事象ベースで事象を特定することになる。

「異常事象」は、運転制限条件（LCO）などのプラント技術仕様によって定義される状態から外れた場合であり、また、「アラート」に相当する事象は、プラントの安全機能に損傷を引き起こす可能性あるいは制御室からの退避を必要とする可能性があり、プラント状態の監視を強化することが必要となるハザードに基づき設定される。「サイト緊急事態」及び「全面的緊急事態」に相当する事象は、核分裂生成物の障壁に脅威が生じた場合にその程度に応じて設定される。

NEI 99-01に示される具体的な事象を基に、時間経過あるいは状況の変化に伴って「異常事象」、「アラート」、「サイト緊急事態」、「全面的緊急事態」へと発展する可能性のある事象を各カテゴリ別に抽出すると、以下のようになる。

A：放射線レベルの異常／放射性物質の流出

- － 異常事象：60 分以上にわたって技術仕様規定値の 2 倍を超える気体状もしくは液体状の放射性物質が環境中に計画外に放出された場合（例：サイト境界の放射線モニタ指示値が、60 分以上にわたって通常のバックグラウンドレベルより 0.10 mR/hr ($2.58 \times 10^{-8} \text{ C/kg} \cdot \text{hr}$) 以上高い値となった場合)
- － アラート：15 分以上にわたって技術仕様規定値の 200 倍を超える気体状もしくは液体状の放射性物質が環境中に放出された場合（例：サイト境界の放射線モニタ指示値が、15 分以上にわたって通常のバックグラウンドレベルより 10 mR/hr ($2.58 \times 10^{-6} \text{ C/kg} \cdot \text{hr}$) 以上高

い値となった場合)

- サイト緊急事態：実際もしくは差し迫った気体状放射性物質の放出により、放出期間中に、サイト外での線量が総実効線量当量 (TEDE) 100 mrem (1 mSv) もしくは甲状腺の預託線量当量 (CDE) 500 mrem (5 mSv) を超えた場合 (例：サイト境界の放射線モニタにおける指示値が 15 分以上にわたって 100 mR/hr (2.58×10^{-5} C/kg・hr) を超えた場合)
- 全面的緊急事態：実際もしくは差し迫った気体状放射性物質の放出により、放出期間中に、サイト外での線量が総実効線量当量 (TEDE) 1000 mrem (10 mSv) もしくは甲状腺の預託線量当量 (CDE) 5000 mrem (50 mSv) を超えた場合 (例：サイト境界の放射線モニタにおける指示値が 15 分以上にわたって 1000 mR/hr (2.58×10^{-4} C/kg・hr) を超えた場合)

C：冷態停止時／燃料取替時における設備の不具合

- 異常事象：冷態停止時において原子炉冷却系 (RCS) の漏洩が起こった場合 (例：BWR において 15 分以上にわたって RCS 漏洩により原子炉保護系の水位低作動設定点より上に RPV 内水位を維持あるいは回復できなかった場合)
- アラート：冷態停止時、燃料取替停止時において RCS/RPV インベントリが喪失した場合 (例：BWR において ECCS の水位異常低起動設定点より水位が低下したことにより RCS/RPV インベントリの喪失が示された場合)
- サイト緊急事態：冷態停止時、燃料取替停止時において RCS/RPV インベントリが喪失し、崩壊熱除去機能に影響を及ぼした場合 (例：BWR において RPV 水位が ECCS 水位異常低作動設定点より 6 インチ下に低下したことにより RPV インベントリの喪失が示された場合)
- 全面的緊急事態：冷態停止時、燃料取替停止時において、格納容器の健全性が脅かされた状態で RCS/RPV インベントリが喪失し燃料被覆管の健全性に影響を及ぼした場合 (例：BWR において、RPV 水位が 30 分以上にわたって有効燃料頂部より下に低下し、さらに、格納容器の健全性を脅かす指示がある場合)

D：恒久的に燃料を取り出した発電所の不具合

サイト緊急事態、全面的緊急事態に相当する事象は定義されていないため、該当する事象はない。

E：独立の使用済燃料貯蔵施設に関する事象

異常事象に相当する事象のみ定義されているため、該当する事象はない。

F：放射性物質障壁の損傷

- 異常事象：格納容器の機能喪失もしくはその可能性が生じた場合
- アラート：燃料被覆管もしくは原子炉冷却系のいずれかの喪失もしくはその可能性が生じた場合
- サイト緊急事態：燃料被覆管、原子炉冷却系、格納容器という 3 つの障壁のうち 2 つの喪失もしくはその可能性が生じた場合
- 全面的緊急事態：燃料被覆管、原子炉冷却系、格納容器という 3 つの障壁のうち 2 つが喪失し 3

番目の障壁の喪失もしくはその可能性が生じた場合

H：プラントの安全性に影響を及ぼすハザード及びその他の状態

- 異常事象：緊急時責任者により、プラントの安全レベルが低下する可能性があった、あるいは、施設の防護に対するセキュリティ上の脅威が既に始まっていることを示す事象が進行中もしくは既に発生したと判断される状態が生じた場合（安全設備の更なる損傷が起これなければ、サイト外での対応やモニタリングを必要とするような放射性物質の放出は起こらないと予想される）
- アラート：緊急時責任者により、プラントの安全レベルが実際に低下したか、その可能性を伴う事象が進行中あるいは既に発生したと判断されるか、もしくは、敵対行為によってサイト職員の生命を脅かすか、あるいはサイト設備の損傷を伴うセキュリティ上の事象が発生したと判断されるような状態が生じた場合（放出はEPAのPAGにおける被ばくレベルに比べて十分低く抑えられることが予想される）
- サイト緊急事態：緊急時責任者により、公衆を守るために必要なプラント機能が実際に故障したか、その可能性が高くなるような事象が進行中あるいは既に発生したと判断されるか、もしくは、敵対行為により、(1) サイト職員もしくは設備に向けて、あるいは、(2) 公衆を守るために必要となる設備へのアクセスを妨げるような、意図的な損傷や悪意の行動に至ると判断されるような状態が生じた場合（如何なる放出が起こっても、サイト境界より以遠においてEPAのPAGにおける被ばくレベルを超えるような被ばくにはならないと予想される）
- 全面的緊急事態：緊急時責任者により、格納容器の健全性喪失の可能性があり、炉心の損傷や熔融を伴うか、それらが差し迫った事象が発生しているか、もしくは、既に発生したことを示すと判断されるか、あるいは、敵対行為により施設の物理的制御機能が実際に喪失したと判断されるような状態が生じた場合（放出が起こると、サイト近傍より以遠においてEPAのPAGにおける被ばくレベルを超えるものと合理的に予想される）

S：システムの不具合

- 異常事象：15分以上にわたって非常用母線への外部交流電源が全て喪失した場合
- アラート：15分以上にわたって非常用母線への交流電源が1系統となり、更なる単一故障が生じた場合に発電所停電に至る可能性がある場合（例：15分間以上にわたって、非常用母線への交流電源が単一の電源からの供給となり、かつ、他の単一電源の故障が重なりと発電所停電に至る場合）
- サイト緊急事態：15分以上にわたって非常用母線への外部電源及び所内交流電源が全て喪失した場合
- 全面的緊急事態：非常用母線への外部電源及び所内交流電源が全て喪失し、その状態が長期化した場合（例：非常用母線への外部電源及び所内交流電源が全て喪失し、かつ、所定の時間内に少なくとも1つの非常用母線の復旧が見込めないか、もしくは、放射性物質障壁の監視に基づき炉心冷却の機能低下が継続していることが認められた場合）

しかし、これらの事象は、常に、時間経過あるいは状況の変化を伴って発展するわけではない。例えば、Vogtle-1号機の事象にも見られるように、外部電源の喪失と所内電源の喪失が同時に起こり15分以上継続したことにより、「異常事象」も「アラート」も宣言されずに直接「サイト緊急事態」が宣言されている。このように、重大な事象は、徐々に発展するというよりも突発的に発生することもあるため、こうした状況（特に、実事例）を踏まえてEALを設定することが重要である。

今後、緊急事態分類とEALのスキームを導入するとした場合、まず、現在の原災法第10条と第15条で示される施設の固有の事象との違いを比較する必要がある。さらに、本報告書で取り上げたEALガイドラインNEI99-01は、米国の原子力プラントを対象としたものであるため、我が国の原子力プラントで想定される事象を整理した上で、導入の検討を進める必要があると考えられる。

謝辞

本報告は、科学技術基礎調査等委託費委託事業事務処理要領に基づき、日本原子力研究開発機構が内閣府から委託されて実施した「中間貯蔵施設の原子力防災に関する調査及び緊急事態の判断基準に係る調査」による研究成果の一部を使用するとともに、関連する最新の情報を整理して作成したものである。

参考文献

- EPA (1992). “Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents,” EPA 400-R-92-001.
- IAEA (1996). “International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources,” IAEA Safety Series No.115, IAEA, Vienna.
- IAEA (2002). “Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, Safety Requirements, Jointly sponsored by FAO, IAEA, ILO, OCHA, OECD/NEA, PAHO, WHO,” GS-R-2, IAEA Vienna.
- M. Crick, T. Mckenna, E. Buglova, G. Winkler and R. Martincic (2004). “Emergency management in the early phase,” Radiation Protection Dosimetry 109(1-2), pp. 7-17.
- NEI (2008). “Methodology for Development of Emergency Action Levels,” NEI 99-01 Rev.5.
- NRC (1990-1996). U.S. Nuclear Regulator Commission Operations Center Event Report (Event # 18024, 21602, 22468, 24616, 25035, 30220).
- NRC (1996). “Criteria for Preparation and Evaluation of Radiological Emergency Response Plans and Preparedness in Support of Nuclear Power Plants,” NUREG-0654, FEMA-REP-1, Rev. 1.
- NRC (2003). “Emergency Planning and Preparedness for Nuclear Power Reactors,” Regulatory Guide 1.101, Revision 4 (Draft was issued as DG-1075).
- NRC (2004). “UF-6 AIT Report,” Inspection Report No. 40-3392/2004-001.
- NRC (2006a). “LaSalle Unit 1/Exelon Generation Co.: LaSalle - Indication Failure for 3 Control Rods Following Reactor Trip,” Preliminary Notification Reports PNO-III-06-005.
- NRC (2006b). “Exelon Generation Co./LaSalle: Indication Failure for Three Control Rods Following Reactor Trip (Update),” Preliminary Notification Reports PNO-III-06-005A.
- NRC (2006c). “Exelon Generation Co./LaSalle: Unit 1 Restarts from Reactor Trip (Update),” Preliminary Notification Reports PNO-III-06-005B.
- NRCホームページ. “Emergency Action Level Development,” (<http://www.nrc.gov/about-nrc/emerg-preparedness/emerg-action-level-dev.html>).
- 原子力安全委員会 (2007). “諸外国における緊急時活動レベル (EAL) 及び実用上の介入レベル (OIL) に係る状況について,” 原子力安全委員会 原子力施設等防災専門部会 (第15回) 配布資料 (<http://www.nsc.go.jp/senmon/shidai/sisetubo/sisetubo015/siryo3-1.pdf>).
- 原子力安全委員会 (2008). “原子力施設等の防災対策について,” (<http://www.nsc.go.jp/shinsashishin/pdf/1/so001.pdf>).

用語集

CDE (Committed Dose Equivalent)	: 預託線量当量
CDF (Core Damage Frequency)	: 炉心損傷頻度
CSF (Critical Safety Functions)	: 重要な安全機能
DOE (Department of Energy)	: 米国エネルギー省
EAL (Emergency Action Level)	: 緊急時措置レベル
EBS (Emergency Broadcast System)	: 緊急時放送システム
ECCS (Emergency Core Cooling System)	: 非常用炉心冷却装置
EOF (Emergency Operations Facility)	: 緊急時運営施設
EOP (Emergency Operating Procedure)	: 緊急時運転手順書
EPA (Environmental Protective Agency)	: 米国環境保護庁
ERG (Emergency Response Guideline)	: 緊急時対応ガイド
ERSS (Emergency Response Support System)	: 緊急時対策支援システム
FSAR (Final Safety Analysis Report)	: 最終安全解析書
HPCI (High Pressure Coolant Injection)	: 高圧注入系配管
IPE (Individual Plant Evaluation)	: (内の事象に関わる) 個別プラント評価
IPEEE (Individual Plant Evaluation for External Events)	: 外的事象に関わる個別プラント評価
LCO (Limiting Conditions of Operation)	: 運転制限条件
MSIV (Main Steam Isolation Valves)	: 主蒸気隔離弁
NEI (Nuclear Energy Institute)	: 原子力エネルギー協会
NUMARC (Nuclear Management Resources Council)	: 原子力管理人材協議会
NRC (Nuclear Regulatory Commission)	: 原子力安全規制委員会
OBE (Operating Basis Earthquake)	: 運転基準地震
ODCM (Off-site Dose Calculation Manual)	: サイト外線量計算マニュアル
OIL (Operational Intervention Level)	: 運用上の介入レベル
OSC (Operational Support Center)	: 運転支援センター
PAG (Protective Action Guides)	: 防護措置ガイドライン
PAZ (Precautionary Action Zone)	: 予防的活動範囲
PSA (Probabilistic Safety Assessment)	: 確率論的安全評価
RCIC (Reactor Core Isolation Cooling)	: 原子炉隔離時冷却系配管
RCS (Reactor Coolant System)	: 原子炉冷却系
RPS (Reactor Protection System)	: 原子炉保護系
RPV (Reactor Pressure Vessel)	: 原子炉圧力容器
RWCU (Reactor Water Cleanup)	: 原子炉冷却材浄化系配管
SG (Steam Generator)	: 蒸気発生器
SPEEDI (System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information)	: 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム
SSE (Safe Shutdown Earthquake)	: 安全停止地震
TEDE (Total Effective Dose Equivalent)	: 総実効線量当量

TS (Technical Specifications) : プラントの技術仕様

TSC (Technical Support Center) : 技術支援センター

UPZ (Urgent Protective Action Planning Zone) : 緊急防護措置計画範囲

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
物質モル	mol	
光度	カンデラ	cd

表 2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速さ, 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
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 ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	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
セルシウス度 ^(e)	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光強度	ルーメン	lm		cd sr ^(c)
放射線量の放射能 ^(f)	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
吸収線量, ビエエネルギー分与, カーマ	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
	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付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 sA
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ sA
吸収線量率	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 ³ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表 5. SI 接頭語

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

表 6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=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/10800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648000) 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=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm 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。
ベベル	B	
デジベル	dB	

表 9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ボアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
フォトル	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm 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=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≐ (10 ³ /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=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フエルミ	f	1 フエルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15°C」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ) 4.184 J (「熱化学」カロリ)
ミクロン	μ	1 μ = 1 μm=10 ⁻⁶ m

