

Japanese Experiment Module



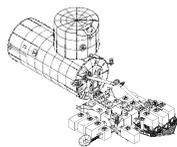
安全 2-1-4 (安全1-1-4)

国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM) 実験装置に関する安全検証結果について (水棲生物実験装置(AQH))

平成24年1月23日 改訂
平成24年1月10日

宇宙航空研究開発機構

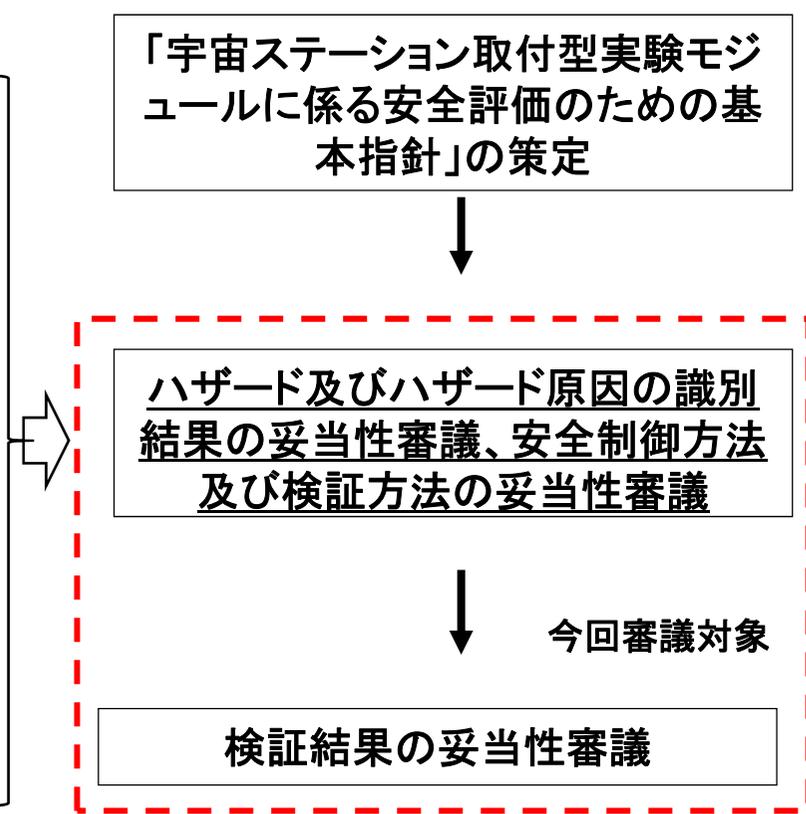
JEM : Japanese Experiment Module (「きぼう」はJEMの愛称)
AQH: Aquatic Habitat



5. 安全解析の方法 (2/2)

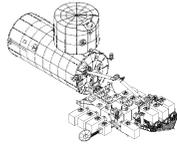
JAXAはハザードを網羅的に識別し、その制御方法を設定し、判断の妥当性を検証する一連の作業を行っている。

安全審査	安全審査のタイミング	安全審査の目的
フェーズ 0	概念設計終了時	<ol style="list-style-type: none"> 1. ハザード識別法、識別結果の確認 2. 適用すべき安全要求の識別結果の確認
フェーズ I	基本設計終了時	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基本設計における全ハザード及びハザード原因の識別結果の確認 2. ハザード制御方法の妥当性の評価 3. 検証方法の確立が妥当かの評価
フェーズ II	詳細設計終了時	<ol style="list-style-type: none"> 1. 詳細設計における全ハザード及びハザード原因の識別結果の確認 2. ハザード制御方法が設計上実現されていることの確認 3. 検証方法の詳細が設定されていることの確認
フェーズ III	認定試験終了時	<ol style="list-style-type: none"> 1. 製品が全ての安全要求に合致していることの確認 2. 検証が終了したことの確認 3. A/Iがすべてクローズしていることの確認



[JAXA及びNASA]

[宇宙開発委員会]



8. 安全設計・検証結果

8.2 ISS共通的な制御方法により検証した事項

ISS共通の制御方法により対応した項目 (つづき)

	ハザード内容 及び被害の度合い	想定されるハザードとその原因	ハザード制御方法	ハザード制御の有効性の検証 方法及び検証結果	宇宙ステーション 取付型実験 モジュール (JEM)に係る安全 評価のための 基本指針関 連項目
⑧	高温/低温部への接触 (船内活動員に対してク リティカルハザード)	•装置の高温部または低温部*に搭乗員が触れ、火傷または凍傷を負う。(※水棲生物実験装置については低温部はない。)	【1故障許容設計】 •外部環境の最悪条件下において、実験装置内の機器の故障によっても、搭乗員が許容できる外表面温度となる設計とするように設計する。 ※船内活動員に対する許容外表面温度:-18~49℃	•AQH内部の制御機器故障後(1故障後)であっても最高温度46℃であることを確認した。	6.(3)保全性 7.(1)搭乗員の保護
⑨	感電(コネクタ脱着) (カタストロフィックハ ザード)	•搭乗員が電カコネクタの脱着時に高電圧表面に触れることにより感電し、搭乗員の死傷にいたる。	【リスク最小化設計】 •コネクタの上流はソケットタイプとし、また適切に接地した。 •高電流(3A以上)のコネクタを脱着する場合は上流のスイッチを遮断する手順とした。	•コネクタのタイプを図面、現品検査により確認した •高電流コネクタを脱着する場合はラックの電源を遮断する手順が運用制御合意文書に反映されていることを確認した。 •一部接地抵抗要求を逸脱した箇所については上位機器及びAQHに影響がないこと(感電がないこと)を解析により確認した。	6.(3)保全性 7.(1)搭乗員の保護
⑩	回転機器の飛散 (カタストロフィックハ ザード)	•回転機器の破損により破片が飛散し、船内活動中の搭乗員へ衝突し、死傷に至る。	【リスク最小化設計】 •ISS共通の安全標準に基づき、回転機器(ファン、ポンプ、モータ)の運動エネルギーが規定値以内であり、金属筐体等で覆われる封入設計とする	•回転機器が金属筐体で覆われていることを図面及び現品検査により確認した •回転機器の仕様を確認し運動エネルギーが規定値以内であることを確認した。	7.(1)搭乗員の保護
⑪	鋭利な端部、突起物への接触、 (船内活動員に対してク リティカルハザード)	•装置の鋭利端部・突起物により、船内活動搭乗員の皮膚の裂傷に至る。	【リスク最小化設計】 •ISS共通の安全標準に基づき、装置は許容できない鋭利端部・突起物或いは隙間がない設計とする。	•面取り及び隙間に関する共通の要求に合致していることを現品検査により確認した。	7.(1)搭乗員の保護

注) 運用制御合意文書: 運用制御内容を装置開発担当部門から手順書を作成する運用部門に申し送るための文書

付表-1 基本指針に対する全体設計・検証結果 (9/13)

JEM 基本指針(平成 8 年)	【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日)	水棲生物実験装置安全検証結果
	る箇所にはカバー、電気コネクタへの保護キャップ、鋭利端部への保護カバー等が設けられている。	水棲生物実験装置に対しては該当機能がないため適用外とする。
	<p>⑤機器取付け及び取外しでの安全 ORU が無重力状態でハンドレール、シートラック、ベルクロ等を利用して一時的に固定して保管することができるなど、保全に伴う機器の取付け・取外しを安全かつ容易にする設計としている。 コネクタは、識別、結合・分離操作が容易にでき、誤った挿入・脱着ができない構造となっており、確実なロック機能を有している。 ORU 間の連結配管・ワイヤー・ケーブルは、取外し等のために長さに余裕を持たせている。</p> <p><関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0002 水の漏洩 NASDA-1JA/1J-0003 NASDA-2JA-0003 環境空気汚染 NASDA-1JA/1J-0011 NASDA-2JA-0011 固定されていない機器との衝突(軌道上) NASDA-1JA/1J-0016 NASDA-2JA-0016 感電 NASDA-1JA/1J-0017 NASDA-2JA-0017 接触面温度異常</p> <p>NASDA-ICS-0002 水の漏洩 NASDA-ICS-0003 環境空気汚染 NASDA-ICS-0011 固定されていない機器との衝突(軌道上) NASDA-ICS-0016 感電 NASDA-ICS-0017 接触面温度異常</p>	<p>⑤ 機器取付け及び取外しでの安全 保全時の作業については、十分な空間がある、ORU への電線・ケーブル等が取り外し等のために長さ、配置に問題のないことを、図面、実機確認、デモンストレーションにより確認した。 コネクタの着脱時は、多目的実験ラックの電源を遮断することで安全に着脱可能な設計であることを確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> STD-AQH-10 高温/低温部への接触(8.2 項⑧) STD-ESHAQH-10 高温/低温部への接触(8.2 項⑧)</p> <p>STD-AQH-14 感電 (32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑨) STD-ESHAQH-14 感電 (32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑨) ●AQH-002 飼育水配管系からの水の漏洩(8.3 項(1))</p>
(4)品質保証 安全に関わるシステムの機能、性能等を確認するため、製造管理及び十分な検証を行うとともに、その記録を保存すること。 また、JEM の安全確保に必要なデータは、その効率的な蓄積・利用に資するために、問題報告・是正処置、部品情報、材料・工程情報等についてデータベース化を図ること。	(4)品質保証 安全の要求を含む、機能・性能等を満足していることを確認するため、部品・材料レベル、コンポーネントレベル、サブシステムレベル、システムレベルの各段階において、試験・解析・検査・デモンストレーションにより十分な検証が実施されることとなっている。 また、JEMシステムの構成部品が仕様書の要求に合致していることを確認するため、製造工程が管理され、製造時に得られたデータを含む製造作業の記録が保存される。 なお、これらのデータのうち、次の安全確保に必要なデータの効率的な蓄積・利用を図るため、データベース化を目的として JEM S&PAデータ交換システム(SPADEシステム)が構築されている。 ・JEM 問題報告及び是正処置データ ・JEM 材料及び工程技術データ ・JEM 電気、電子、電気機械(EEE)部品データ ・JEM FMEA/クリティカルアイテムリスト(CIL)データ ・JEM ORUデータ ・JEM ハザード関連データ(ハザードレポート)	(4) 品質保証 安全の要求を含む、機能・性能等を満足していることを確認するため、部品・材料レベル、コンポーネントレベル、サブシステムレベル、システムレベルの各段階において、試験・解析・検査・デモンストレーションによる検証を実施し、各設計段階において、審査会等を開催し、各種記録類、解析書、試験データ、評価結果等のエビデンスの確認を通して、検証の妥当性を確認した。 また、水棲生物実験装置システムの構成部品が仕様書の要求に合致していることを確認するため、製造会社において製造工程が管理され、製造時に得られたデータを含む製造作業の記録が、水棲生物実験装置の運用期間中保存されている。さらに宇宙航空研究開発機構では、審査、監査等を行い、製造会社におけるデータ管理等の確認を実施してきた。 なお、これらのデータのうち、次の安全確保に必要なデータの効率的な蓄積・利用を図るため、データベース化を目的として JEM S&PA データ交換システム (SPADE システム)を構築し、データの入力を行っている。現在、ペイロード関連として約 1000 件程度のデータがまとめられており、関係者によるデータ検索、閲覧が可能である。 ・デビエーション・ウェイバリスト ・材料及び工程技術データ ・電気、電子、電気機械 (EEE) 部品データ ・MIUL,MUA データ ・安全審査議事録、アクションアイテム ・ペイロード SAR (ハザードレポート)
7.人間・機械系設計 JEM は、我が国初めての本格的な有人宇宙活動を提供する場であり、安全確保を図る上で人的要因を十分考慮しなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。	5.人間・機械インタフェース設計	5. 人間・機械インタフェース設計
(1)搭乗員の保護 搭乗員が触れる可能性のある部分は、適切な丸みを持たせるとともに、破損しても破片が飛散しないようにするなど、外傷、火傷、感電等が生じないようにすること。 また、足部固定具、取っ手等は、荷重に十分耐えられること。	(1)搭乗員の保護 構体・機器による外傷・火傷・感電等の傷害から JEM 内の搭乗員を保護するため、以下の対策が講じられている。 <関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0013 NASDA-2JA-0013 回転機器への接触又は回転機器破損による破片の衝突 NASDA-1JA/1J-0016 NASDA-2JA-0016 感電 NASDA-1JA/1J-0017 NASDA-2JA-0017 接触面温度異常 NASDA-1JA/1J-0018 NASDA-2JA-0018 鋭利端部及び突起物 NASDA-1JA/1J-0019 NASDA-2JA-0019 切断/挟み込み NASDA-1JA/1J-0026 NASDA-2JA-0029 不適切な船外活動(EVA)移動支援具 NASDA-ICS-0016 感電 NASDA-ICS-0017 接触面温度異常 NASDA-ICS-0018 鋭利端部及び突起物 NASDA-ICS-0019 切断/挟み込み	(1) 搭乗員の保護 構体・機器による外傷・火傷・感電等の傷害から搭乗員を保護するため、以下の対策を講じた。

付表-1 基本指針に対する全体設計・検証結果 (10/13)

JEM 基本指針(平成 8 年)	【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日)	水棲生物実験装置安全検証結果
	<p>ア 外傷の防止</p> <p>①回転機器に対する防護 ファン、ポンプ等の回転機器は、ハウジング等により覆い、不意の接触による外傷の防止が図られている。 また、回転機器自体は、破壊した場合、破片が飛び散らないよう、安全化設計が行われている。</p>	<p>ア 外傷の防止</p> <p>① 回転機器に対する防護 水棲生物実験装置に使用されているファン、ポンプ、モータ等の回転機器は、搭乗員が不意に接触しないように、金属筐体により覆われていることを、設計図面、製造図面、フライトハードウェアの検査で確認した。また、回転機器が、破壊し飛び散ることが無いことを、使用材料の選定、機能試験により確認した。 <u>回転機器の仕様を確認し、運動エネルギーが規定値以内であることを確認した。</u></p> <p><関連ハザードレポート> STD-AQH-13 回転機器の飛散(8.2 項⑩) STD-ESHAQH-13 回転機器の飛散(8.2 項⑩)</p>
	<p>②鋭利端部・突起物に対する防護 ISS の要求値に従って、構造・装置の角・鋭利端部に丸みを持たせる等の処置が行われ、性能の維持等のため取り除けない鋭利端部・突起物にはカバー等適切な保護が施されている。</p>	<p>② 鋭利端部・突起物に対する防護 搭乗員が接触する可能性のある水棲生物実験装置の構造・装置については、ISS 共通の安全要求に従って、角・鋭利端部に丸みを持たせる設計が行われており、設計図面、製造図面に反映され、製造中に発生する可能性のあるバリ等の有無も含めて最終的にフライトハードウェアに対し、目視、触診、R ゲージ等による検査を行い搭乗員に対する保護を確認した。さらに、クルーによるアクセスの方法については、搭乗員の手順書へ反映されることを確認した。また、ガラス機器に対しては封入設計がなされていることを図面検査により確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> STD-AQH-4 鋭利な端部、突起物への接触(8.2 項⑪) STD-AQH-5 ガラス破損(8.2 項⑫) STD-ESHAQH-4 鋭利な端部、突起物への接触(8.2 項⑪) STD-ESHAQH-5 ガラス破損(8.2 項⑫)</p>
	<p>③巻き込み・挟み込みに対する防護 機器は搭乗員が引っかかることのないような配置・大きさ・形状を考慮した設計とされ、ハッチ等搭乗員が挟まれる可能性のある機構は、警告表示により注意喚起されている。 さらに、可動部を持つ機器は、不意に稼働しないようにインヒットが設けられているとともに、緊急停止が可能な設計となっている。</p>	<p>③ 巻き込み・挟み込みに対する防護 搭乗員が触れる可能性のある機器については、引っかかることのないように、ISS 共通の安全要求に従って、穴、すきまに対する設計が行われており、設計図面、製造図面に反映され、最終的にフライトハードウェアに対する検査を行い搭乗員に対する保護を確認した。 また、水棲生物実験装置の HTV からきぼう内への移送時については、輸送用バッグに入れられているため適用外である。</p>
	<p>イ 火傷の防止 露出部の表面は、火傷や凍傷を生じない温度範囲(与圧区域内にあり連続的な接触のある箇所の温度は 4℃~45℃)となるように設計され、この温度範囲を超える機器は、ラックパネル、クロスアウトパネル等により直接の接触を防止し、又は警告ラベルにより搭乗員の注意を喚起する。</p>	<p>イ 火傷の防止 露出部の表面は、火傷や凍傷を生じない温度範囲(水棲生物実験装置は与圧区域内にあり連続的な接触のある箇所の温度は -18℃~49℃)にあることを熱解析により確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> STD-AQH-10 高温/低温部への接触(8.2 項⑧) STD-ESHAQH-10 高温/低温部への接触(8.2 項⑧)</p>
	<p>ウ 感電の防止 電気設備は、短絡・接続不良等による漏電を防止するため、電力リード線・接点・端子・コンデンサ等の露出を避け、また、電気機器は、感電を防止するための適切なボンディング・接地・絶縁が行われている。 電力ラインのコネクタは、搭乗員による装脱着時の感電等の防止のため、コネクタ上流に電流遮断機能をもたせるとともに、ピンが露出しないタイプのコネクタの採用、コネクタの接地の確保が行われている。 船外活動による電力ラインのコネクタは、熔融金属(Molten Metal)の飛散による宇宙服への損傷を防止する観点から、コネクタ上流に電流遮断機能をもたせるとともに、軌道上での手順書への遮断手順の反映を図面、解析、機能試験により確認した。コネクタは、上流側にはソケットタイプの使用、スクープブルーフトタイプの使用、着脱時にピンが露出しないようにハウジングをもったタイプのコネクタの使用、コネクタの適切な接地を部品リスト、図面、実機確認により確認した。</p>	<p>ウ 感電の防止 電力ラインについては、短絡・接続不良等による漏電を防止するため、電力リード線・接点・端子・コンデンサ等が露出していないことを実機検査にて確認した。電線・ケーブルについては、ISS の要求に従った被覆のされている部品を選定していることを部品リスト、実機検査により確認した。また、電気機器の接地が行われていることを確認するために、ハードウェアに対して絶縁抵抗試験、ボンディング・グラウンディング抵抗測定を実施した。 電力ラインのコネクタは、搭乗員による着脱時の感電防止のため、コネクタ上流に電流遮断機能をもたせるとともに、軌道上での手順書への遮断手順の反映を図面、解析、機能試験により確認した。コネクタは、上流側にはソケットタイプの使用、スクープブルーフトタイプの使用、着脱時にピンが露出しないようにハウジングをもったタイプのコネクタの使用、コネクタの適切な接地を部品リスト、図面、実機確認により確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> STD-AQH-11 電力系の損傷(地絡による機器損傷)(8.2 項⑦) STD-ESHAQH-11 電力系の損傷(地絡による機器損傷)(8.2 項⑦)</p> <p>STD-AQH-14 感電(32V 未満のコネクタの脱着)(8.2 項⑨) STD-ESHAQH-14 感電(32V 未満のコネクタの脱着)(8.2 項⑨)</p>
	<p>エ 作業等の安全 足部固定具(フットレスト)、取っ手(ハンドル)等の移動支援具は、荷重に十分耐えられるように適切な安全率(1.5)を持った構造設計が行わ</p>	<p>エ 作業等の安全 水棲生物実験装置に対しては該当機能がないため適用外とする。</p>

付表-1 基本指針に対する全体設計・検証結果 (11/13)

JEM 基本指針(平成 8 年)	【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日)	水棲生物実験装置安全検証結果
	れ、搭乗員の移動・作業場所を考慮した適切な位置に配置されている。	
(2)誤操作等の防止 安全に関わるシステムについては、搭乗員の負担を軽減するとともに、誤操作及び操作忘れの発生を防止するため、可能な限り自動化すること。 また、JEM の内部装飾、機器の操作手順、視野等については、誤操作等の生じにくいよう十分配慮すること。	(2)誤操作の防止 <関連ハザードレポート> 全般	(2) 誤操作の防止 搭乗員の誤操作及び操作忘れを防止するため、水棲生物実験装置は搭乗員とのインタフェースを十分確保した設計を行った。
	ア 自動化 搭乗員の誤操作・操作忘れの防止などのため、JEMRMS(ロボットアーム)コンソール電源投入時のアヒオクスファン・煙検知器の自動的始動等、可能な限りの自動化が図られている。	ア 自動化 水棲生物実験装置に対しては該当機能がないため適用外とする。
	イ 内部装飾 搭乗員の誤認を避けるため、室内の装飾、銘板、ラベル、マーキングに対し、次のような配慮がなされている。 ①JEM の内部装飾全体は、搭乗員に上下左右の方向感覚を持たせるような設計とされている。 ②配線束・流体配管は、両端及び 1m(非与圧領域は 5m)間隔でその機能が識別でき、また、バルブの開閉状態が容易に確認できるようにされている。 ③データ表示・操作手順表示・マーキングは、英語又は国際標準シンボルを使用し、日本語等他の言語を使用する場合には、並記することとされている。	イ 内部装飾 ①水棲生物実験装置に対しては該当機能がないため適用外とする。 ② 配線束は、バルブの開閉状態が容易に確認できるようにされていることを図面、実機検査により確認した。
	ウ 機器の操作手順 ①ハザードを発現させる可能性のあるコマンド(ハザード・コマンド)は、搭乗員又は地上要員が安全のための必要条件を満足していることを確認した後、発信されることとなっている。 ②安全上重要なシステム・装置は、独立したインピットにより保護されている。	ウ 機器の操作手順 水棲生物実験装置に対しては該当機能がないため適用外とする。
	エ 視野等 ①JEMRMS(ロボットアーム)によるペイロード等の受け渡しは、搭乗員が JEM 与圧部(船内実験室)内の JEMRMS(ロボットアーム)コンソールの TVカメラ、モニタを通して確認しながら遠隔操作で行われる。 ②搭乗員の作業面では、作業・操作・表示機器確認に支障がないように十分な照明(特に規定がない限り、白色光で 108Lux 以上)が確保されている。	エ 視野等 水棲生物実験装置に対しては該当機能がないため適用外とする。
(3)共通化 安全に関わるシステムについては、可能な限り国際的に共通化を図ること。	(3)共通化 ISS 全体の安全に関わる JEM の構成要素(ハードウェア・ソフトウェア・インタフェース)は、ISS 構成要素との間で共通化(全く同一であること)、標準化(設計標準、設計基準等を適用すること)が図られている。 この共通化・標準化には、次のとおり、特に直接搭乗員の安全に関わる表示・警告・警報の統一、避難・非常操作・緊急処置等に関わる手順・対応の統一、安全確保の面から重要な保全方法の統一が重点的に含まれている。 ①警告・警報等 共通化:音声端末、警告・警報パネル、ラベル、マーキング 標準化:警報のクラス分け ②火災検知/消火システム 共通化:煙センサ、可搬式消火器 ③マニピュレータ(ロボットアーム) 共通化:親アームの被把持部、把持機構、ハンドコントローラ、ラップトップコンピュータ(ハードウェアのみ) 標準化:ラップトップコンピュータの表示 ④その他 共通化:ハッチ、ハンドレール、足部固定具、窓組立 等 標準化:配管・配線等識別用シール、銘板 等 <関連ハザードレポート> 全般	(3) 共通化 ISS 全体の安全に関わる水棲生物実験装置の構成要素(ハードウェア・ソフトウェア・インタフェース)は、原則として ISS 構成要素との間で共通化(全く同一であること)、標準化(設計標準、設計基準等を適用すること)されていることを確認した。 なお、毒性物質に接する器材に貼付する毒性表示ラベルは NASA から入手次第、打上げ前までに貼付する。
8.緊急対策 火災、減圧、汚染等の異常が発生し、緊急を要するときにおいても、搭乗員の安全に重大な影響が及ばないようにしなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。	6.緊急対策 火災・減圧・汚染の発生等の緊急時においても、搭乗員の安全に重大な影響が及ばないようにするため、以下の対策が講じられている。	6. 緊急対策
(1)緊急警報 緊急警報は、人命に脅威となるような異常を識別でき、安	(1)緊急警報 JEM ではワークステーションラック及び RMSラックの 2 箇所に設置されている	(1)緊急警報 以下参照