

別図 1-8 溢水評価 (E.L. - 1.6m)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

I S－L O C A時の雰囲気温度評価

1. 評価条件

原子炉補助建屋における雰囲気温度については、I S－L O C A時に機能維持が必要な機器に対する健全性評価を実施するため、別紙－1で述べた各区画の漏えい量データを用いて、解析コードG O T H I Cにより解析評価を実施した。

【評価条件】

- ・ 美浜3号炉の原子炉補助建屋のうち、扉、階段、機器ハッチ等の開口を介して漏えいの影響が及ぶ範囲を評価対象範囲とする。評価モデルを別図2-1に示す。
- ・ 余熱除去系のA系とB系の2系で漏えいが発生するものと仮定する。
- ・ 漏えいは、電動弁の閉止完了時間(事象発生後30分後)まで継続するものとする。
- ・ コンクリート壁をヒートシンクとして考慮する。

2. 雰囲気温度評価結果

(1) 充てん／高圧注入ポンプ

充てん／高圧注入ポンプは原子炉補助建屋E.L.+17.0mに設置されており、E.L.+20.0mからの漏えいと下階層からの蒸気の影響により、美浜3号炉では別図2-2に示すとおり雰囲気温度は約71℃まで上昇するが、事象発生後30分で電動弁の閉操作が完了することにより漏えいが停止し雰囲気温度は低下する。充てん／高圧注入ポンプ及び関連計装品について、雰囲気温度に対し機能維持されることを確認している。なお、ポンプ本体には、低温の原子炉補機冷却水が供給されており、ポンプ運転中、メカニカルシール及び軸受部の冷却がなされることから問題とはならない。

(2) 補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁

補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁は区画として分離されている非管理区域に設置されており、関連計装部品も含め漏えいの影響は無く、補助給水ポンプ等の機能は維持される。

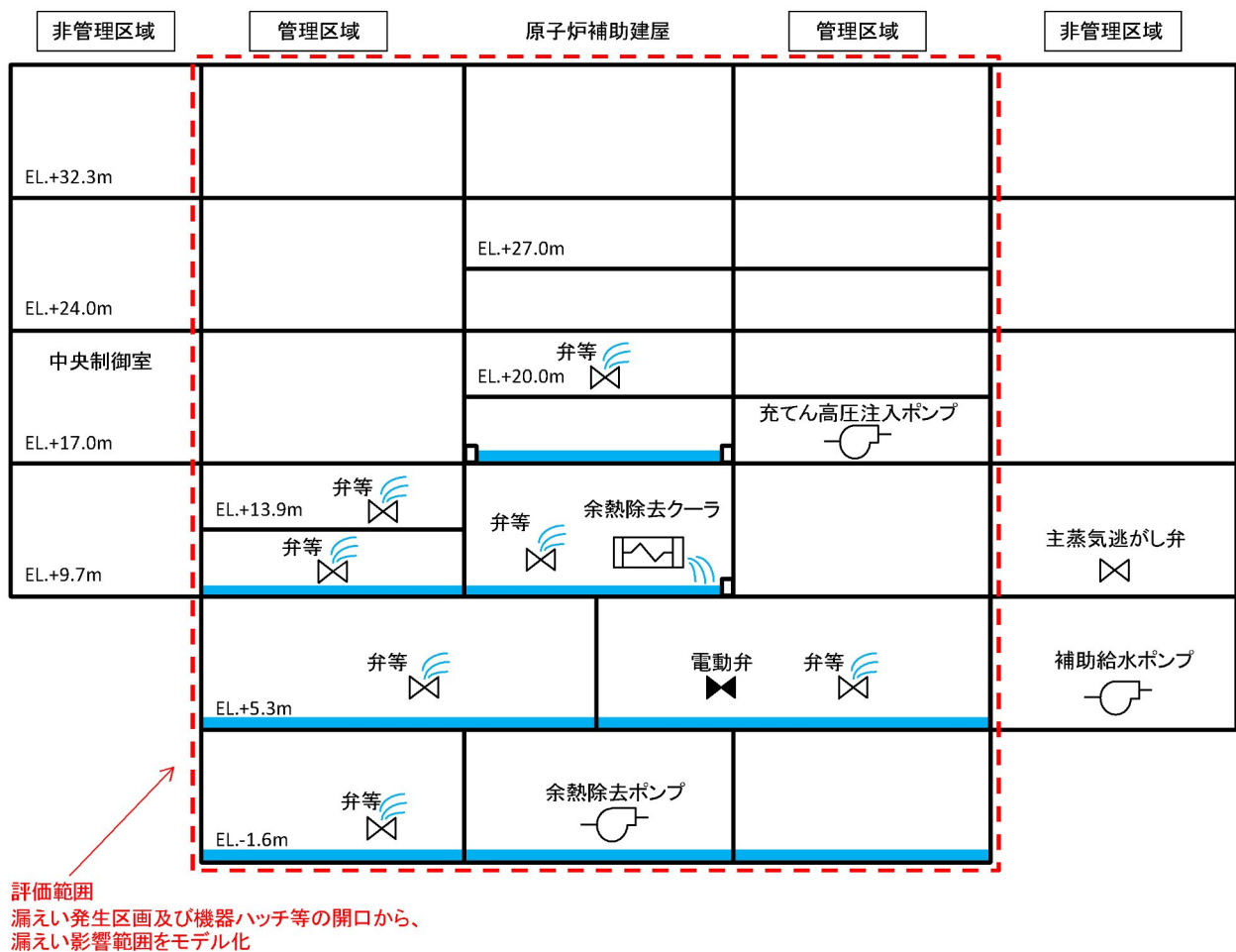
(3) 加圧器逃がし弁

加圧器逃がし弁は原子炉格納容器内に設置されているが、関連計装部品も含め、

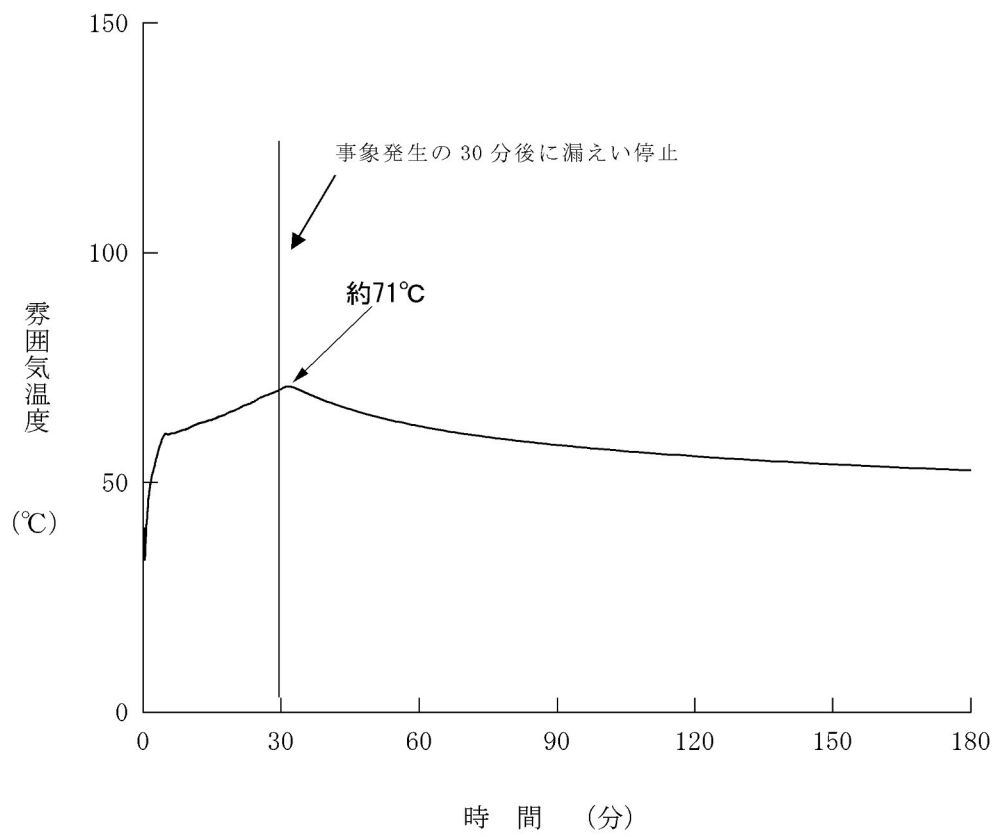
漏えい箇所である加圧器逃がしタンクと離れていることから、影響は少ない。

(4) 電動弁

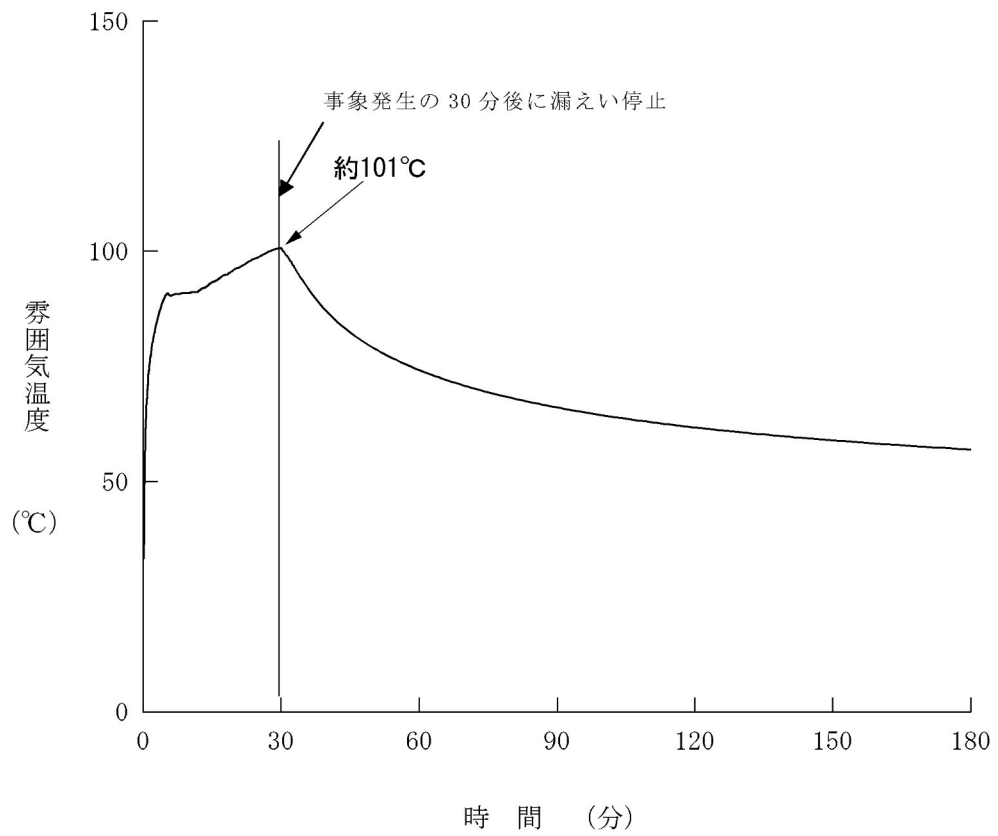
電動弁は原子炉補助建屋 E.L.+5.3m に設置されており、I S - L O C A に伴う高温の水及び高温の蒸気漏えいの影響により、美浜 3 号炉では別図 2-3 に示すとおり雰囲気温度は約 101℃まで上昇するが、事象発生後 30 分で電動弁の閉操作が完了することにより漏えいが停止し雰囲気温度は低下する。電動弁の駆動装置の耐熱性は雰囲気温度評価結果以上であることから、駆動に問題ない。また、電動弁操作場所は中央制御室であり、漏えい影響を受けないため、その操作は可能である。



別図 2-1 美浜 3 号機 I S - L O C A 雰囲気温度評価モデル概念図



別図 2-2 充てん／高圧注入ポンプ設置区画雰囲気温度評価結果



別図 2-3 電動弁設置区画の雰囲気温度評価結果

余熱除去ポンプ入口弁として電動弁を採用する理由について

弊社のプラントでも高浜3，4号炉においては余熱除去ポンプ入口弁としてはツインパワー弁を採用し遠隔操作を可能としたが、美浜3号炉においては以下の理由から電動弁を採用する。

1. 建屋構造の違いによる機器健全性の確保について

美浜3号炉と高浜3，4号炉との大きな相違点としては、I S - L O C A時の漏えい発生箇所である安全補機室の区画分離の有無が挙げられる。高浜3，4号炉については安全補機室が扉等により区画分離されているのに対し、美浜3号炉については区画が分離されているものの扉については格子状の扉で区画分離されているだけであり、I S - L O C A時においては、安全補機室内に拡散した蒸気は原子炉補助建屋全域に蒸気が拡散することとなる。したがって、美浜3号炉は、蒸気放出に伴う雰囲気温度上昇が多区画に及ぶこととなるため、機器の健全性確保の観点からも早期の隔離を実施することが望ましい。

ツインパワー弁による遠隔操作においては、高浜3，4号炉同様に非管理区域に遠隔操作場所を確保できたとしても、遠隔操作場所までの移動時間、遠隔操作場所における作業時間及び弁閉止時間がかかることから、作業開始から弁閉止までの時間についてはある程度の時間がかかることとなる（高浜3，4号炉においては30分を想定）。

一方、電動弁とした場合においては、中央制御室における弁閉止操作が可能となることから、遠隔操作場所までの移動時間、遠隔操作場所における作業時間を大幅に削減できることから、早期隔離の観点から電動弁の方がツインパワー弁に比べ優位であると言える（弁閉止については5分を想定）。

2. 美浜3号炉におけるツインパワー弁工事の施工性について

美浜3号炉においては、ツインパワー弁駆動用の空気供給配管を設置した場合、ツインパワー弁から遠隔操作場所までの空気供給配管ルートにおいては、遮蔽設計区分I（管理区域外）の区画と遮蔽設計区分IV（通常は立ち入り不要のところ）の区画の境界壁を貫通させる必要があり、貫通に伴い遮蔽設計区分の再評価、管理方法の変更や必要に応じて遮蔽壁の設置が必要となる可能性があり、施工性の観点から不確定要素が大きい。

以上の理由から、美浜3号炉においては、高浜3，4号炉の駆動方式であるツインパワ

一機構ではなく電動弁を選択した。

(参考1) 電動弁の電源について

I S - L O C Aが発生する場合においては、外部電源がない場合においても閉止できるようにする必要があることから、非常用母線から給電可能な設計とする。

(参考2) 電動弁設置に伴う影響について

電動弁の設置に伴う影響については、弁の誤動作や誤操作が懸念される。当該弁の誤動作については、信号発信に伴い動作する弁ではないことから誤動作による影響はない。

当該弁の誤操作については、その他作業同様弁操作時においては1操作1確認を実施することから、誤操作の可能性はほとんどないと考えられる。なお、当該弁については原子炉冷却材圧力バウンダリの外側の弁であり、当該弁の開閉が通常運転中のプラント挙動に直接影響を及ぼすものではないが、通常開運用とすることからプラント起動時に実施する系統前ラインアップにおいて、当該弁が開となっていることを所定のチェックシートにて確認できるように追加することとする。

インターフェイスシステムLOCAに係る手順成立性について

インターフェイスシステムLOCAの対応手順は、2次系での急速冷却により、1次系を減圧し、1次系圧力が2.7MPa以下になれば、余熱除去系を隔離する手順となっている。(別添－1) この操作を事象発生の30分以内に実施出来ることは表1、表2に示す教育訓練等により担保している。

表1に示す「力量維持向上のための教育訓練」では、保安規定添付3や事故時操作所則等を用いた事象全体の確認、中央・現場模擬操作や移動ルート・機器配置等の確認を行い、「中央制御室主体の操作に係る成立性確認訓練」では、重要事故シーケンスについて運転シミュレータ設備を用いて成立性を確認を行うものである。

表2に示すとおり、インターフェイスシステムLOCAの対応で要求時間内に操作できることとして「力量維持向上のための教育訓練」の中で、事象判断(事象発生10分後)～2次系強制冷却開始(事象発生25分後)の15分間で2次系強制冷却が実施できることを確認している(別添－2)。2次系急速冷却開始後の余熱除去系の隔離操作(余熱除去ポンプ入口弁閉止等)については、通常の電動弁操作であり「力量維持向上のための教育訓練」としては個別には施していないものの、関連する弁は日常のサーベイランスや通常のシミュレータ訓練にて操作を行うことに加え、電動弁操作としては1操作10秒程度で実施できることを確認している(別添－3)。2次系急速冷却開始から余熱除去系の隔離操作(余熱除去ポンプ入口弁閉止)完了までとして想定する5分(事象発生後30分以内)のうち、解析上2次系急速冷却開始から余熱除去系の隔離操作の判断基準としている1次系圧力が2.7MPa以下へ到達する時間の約2分(別添－4)を考慮すると、隔離操作を3分以内に実施する必要があるが、通常の電動弁操作であり対応可能である(実績：約2分)。

なお、格納容器バイパス事象は「インターフェイスシステムLOCA」、「SGTR時の破損SG隔離失敗事象」の2つであるが、両事象で事象収束に必要な2次系急速冷却等の操作は類似性を有していることから、「成立性確認訓練のうち中央制御室主体の操作に係る成立性確認」では「SGTR時の破損SG隔離失敗事象」を代表シーケンスとして実施している(別添－5)。

| 項目 | 目的、位置付け | 内容 | 訓練範囲 | 頻度 |
|---|---|--|---|---------------------|
| 力量維持向上のための教育訓練 | 重大事故等および大規模損壊発生時において、事象の進展に応じて的確、かつ、柔軟に対処するために必要な力量の維持向上を図る。 | 運転員等が対応する各対応手順について、事故時操作所則等を用いて、中央・現場模擬操作および重大事故対策等の成立性（操作・作業の想定時間）を満足するため、現場機器配置、アクセスルート等の現場確認ならびに机上による確認を行う。 | 保安規定 添付 3 の記載内容についての確認。 事故時操作所則等を用いて机上による確認。 事故時操作所則等を用いた中央・現場模擬操作および移動ルート・機器配置等の確認。また、現場対応手順教育一覧表により中央対応操作（蒸気発生器、加圧器逃がし弁による減温減圧操作等）および現場対応操作（破断系列の余熱除去系列隔離操作等）が時間内に実施できることを確認する。 | 2回以上/年 (1回は机上教育) |
| 成立性確認訓練のうち、中央制御室主体の操作に係る成立性確認（シミュレータによる成立性確認） | 中央操作主体、重要事故シークエンスの類似性および操作の類似性の観点から整理したⅠからⅦの重要事故シークエンスについて、運転シミュレータ設備を用い成立性を確認する。 | インターフェイスシステム L O C A については、「Ⅵ 格納容器バイパス事象」で整理され S G T R 時に破損側 S G の隔離に失敗する事象を代表シークエンスとして確認を行う。 | 蒸気発生器伝熱管破損＋減圧継続事象にて、事象発生から収束までの対応操作、対応時間をシミュレータにより確認。 | 1回以上/年 |

表 1 保安規定添付 3 に基づく教育訓練のうち、インターフェイスシステム L O C A の手順成立性に係る教育

| 対応操作 | 力量維持向上のための教育訓練 | 成立性確認訓練 | 備考 |
|--|--|---|---|
| 事象判断後（10分）～ 2次系強制冷却開始（25分） 【別添－1：ステップ 1～11】 | 別添－2のとおり、中央制御室での操作について一連の操作を机上訓練、模擬操作等により時間内に実施できることを確認。 | 別添－5のとおり、2次系強制冷却等の一連の操作について、シミュレータを用いて訓練している。 | — |
| 2次系強制冷却後、2.7MPa 到達（27分※）～ 余熱除去ポンプ入口弁閉止（30分） 【別添－1：ステップ 17～20】 ※事象発生の25分後に実施する2次系強制冷却開始の2分後に2.7MPaに到達する。【別添－4】 | — | — | 通常の電動弁操作であり、日常のサーベイランスや通常のシミュレータ訓練等で操作を行っている。また、別添－3のとおり電動弁の閉止は所定時間内に操作できることを確認しており、操作数を考慮しても3分以内に対応可能。 |

表 2 インターフェイスシステム L O C A の手順成立性に係る教育訓練の整理

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

| 手順の項目 | 必要な要員と作業項目 | 経過時間(分) | | 備考 |
|---|---|---------|------|-------------------------|
| | | 10 | 20 | |
| 要員(名) (作業に必要な要員数) 【】は他作業後移動してきた要員 | 手順の内容 | 10 | 70 | |
| 当直課長 | 1 ●運転操作指揮 | | 約62分 | 原子炉トリップ、アクチュムレータ隔離 |
| 運転員A、B、C | ●原子炉トリップ、タービントリップ確認 ●炉内電源及び外部電源の確認 3 ●安全注入システム動作確認 ●余熱除去系統からの漏えいの判断 (中央制御室確認) | | 約64分 | 2次冷却系強制冷却開始 プラント状況判断 |
| 運転員A | 【1】 ●加圧器過かし弁閉操作 ※1 (中央制御室操作) | | | |
| 1次冷却系強制冷却操作 | | | | |
| 運転員B | ●余熱除去系統の燃料取り替用水タンクからの隔離操作 【1】 ●余熱除去系統の1次冷却系からの隔離操作 (中央制御室操作) | | | |
| 余熱除去系統の分離、隔離操作 | | | | |
| 運転員B | ●補助給水ポンプ起動確認、補助給水流量確立の確認 【1】 ●主蒸気過かし弁閉操作 (中央制御室操作) | | | |
| 2次冷却系強制冷却操作 | | | | |
| 運転員D | ●燃料取り替用水タンク補給系統構成 【1】 ●燃料取り替用水タンク補給操作 (中央制御室操作) | | | |
| 燃料取り替用水タンク補給操作 (操作員が実施) | | | | |
| 運転員B | ●アクチュムレータ出口電動弁閉操作 【1】 ●安全注入停止操作 (中央制御室操作) | | | |
| アクチュムレータ出口電動弁閉操作 | | | | |
| 運転員A | ●電源確認、復旧操作 ※3 (現場操作) | | | |
| 電源確認、復旧操作 | | | | |
| 運転員C | ●電源確認、機能喪失した機器の復旧作業 ※4 (現場操作) | | | |
| 機器の復旧作業 | | | | |

上記要員に加え、緊急時対応本要員4名にて関係各所に巡回連絡を行う。
なお、各設定時間は発生場所、操作条件並びに実際の現場移動を含む作業時間を考慮して設定したものであり、運転員は手順書に従って各操作条件を満たせば順次操作を実施する。
また、運転員が昇降上取戻した操作余裕時間内に対応できることは訓練等に基づき確認している(一部の職種については想定時間により算出)。

第 7.1.8.7 図 「格納容器バイパス」の作業と所要時間
(インターネットフェイズシステムLOCA)

美浜発電所 保安規定 添付3 表1～19 現場対応手順教育一覧表

※1：中央操作は、中央制御盤での監視操作またはシミュレータ設備の対応にて実施する。

| 手順の項目 | 手順詳細 | 操作場所 ※1 要員数 | 想定時間(分) | | | 対象ポジション | | | 使用教材 | 備考 |
|---|--|-------------------|---------|----|----|---------|-----|-----|--|------------------------|
| | | | 移動 | 操作 | 合計 | 制御員 | 主操員 | 補操員 | | |
| 1.1 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための手順等 | | | | | | | | | | |
| 01 | 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための手順等の内容を理解している。 | — | — | — | — | ○ | ○ | ○ | 原子炉施設保安規定 事故時操作手順 重大事故に至るおそれがある事故及び重大事故に対する対策の有効性評価 | |
| 1.1.1 | 手動による原子炉緊急高停止 前操作手順 移動 | 中央2名 現場1名 | 14 | 23 | 20 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「未臨界の維持」 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | |
| 1.1.2 | 原子炉出力抑制(自動) | 中央1名 | 10 | 10 | 10 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「未臨界の維持」 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | 有効性評価の重要事故シナケンスに係る対応手順 |
| 1.1.3 | 原子炉出力抑制(手動) | 中央2名 | 1 | 3 | 3 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「未臨界の維持」 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | |
| 1.1.4 | ほう酸水注入 | 中央1名 | 5 | 5 | 5 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「未臨界の維持」 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | 有効性評価の重要事故シナケンスに係る対応手順 |
| 1.2 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための手順等 | | | | | | | | | | |
| 01 | 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための手順等の内容を理解している。 | — | — | — | — | ○ | ○ | ○ | 原子炉施設保安規定 事故時操作手順 重大事故に至るおそれがある事故及び重大事故に対する対策の有効性評価 | |
| 1.2.1 | 1次冷却系のフィードアンドブリード | 中央1名 | — | — | — | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「緊急発生時監視制御の維持」 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | 有効性評価の重要事故シナケンスに係る対応手順 |
| 1.2.2 | 蒸気発生器水兼りポンプによる蒸気発生器への注水 | 中央1名 現場1名 | 5 10 | 10 | 5 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「緊急発生時監視制御の維持」 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | |
| 1.2.3 | タービン駆動補助給水ポンプ(現場手動操作)及びタービン駆動補助給水ポンプ起動弁(現場手動操作)によるタービン駆動補助給水ポンプの稼働回復 | 現場2名 | 6 2 | 28 | 3 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「緊急発生時監視制御の維持」 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | |

美浜発電所 保安規定 添付3 表1～19 現場対応手順教育一覧表

| 手順の項目 | 手順詳細 | 操作場所 ※1 要員数 | 想定時間(分) | | | 対象ポジション | | | 使用教材 | 備考 |
|------------------------------|--|-------------------|---------|---------|----------|---------|-----|-----|--|--|
| | | | 移動 | 操作 | 合計 | 制御員 | 主操員 | 補操員 | | |
| 1.3 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための手順等 | | | | | | | | | | |
| 01 | 保安規定の記載内容を理解している。 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための手順等の内容を理解している。 | — | — | — | — | ○ | ○ | ○ | 原子炉施設保安規定 事故時操作手順 重大事故に対する対応の有効性評価 | |
| 1.3.1 | 主蒸気速がし弁 (単弁手動操作) による主蒸気速がし弁の機能回復 | 現場3名 | 15 | 10 | 25 | ○ | ○ | ○ | 運転操作手順 教育資料 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | 有効性評価の重要事故シナシケンスに係る対応手順 04-05-03-A1.04-05-02-K1 |
| 1.3.2 | 密着ポンプ (主蒸気速がし弁作動用) による主蒸気速がし弁の機能回復 | 中央1名 | 5 | 1 | 6 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「単弁操作」代替空気供給 (主蒸気速がし弁および補助水速重動機弁) 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | |
| 1.3.3 | 可動式空気圧縮機 (主蒸気速がし弁作動用) による主蒸気速がし弁の機能回復 | 現場2名 | 16 | 4 | 20 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「単弁操作」代替空気供給 (主蒸気速がし弁および補助水速重動機弁) 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | |
| 1.3.4 | 密着ポンプ (加圧器速がし弁作動用) による加圧器速がし弁の機能回復 | 中央1名 | 5 | 1 | 6 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「個別操作」RCSの減圧 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | 有効性評価の重要事故シナシケンスに係る対応手順 |
| 1.3.5 | 可動式空気圧縮機 (加圧器速がし弁作動用) による加圧器速がし弁の機能回復 | 現場2名 | 19 | 16 | 35 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「単弁操作」代替空気供給 (アニュラス循環系ダンパまたは加圧器速がし弁) 「個別操作」RCSの減圧 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | |
| 1.3.6 | 可動式空気圧縮機 (加圧器速がし弁作動用) による加圧器速がし弁の機能回復 | 中央1名 | 5 | 1 | 6 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「単弁操作」代替空気供給 (アニュラス循環系ダンパまたは加圧器速がし弁) 「個別操作」RCSの減圧 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | |
| 1.3.7 | 蒸気発生器伝熱管破損発生時の手順 | 中央 現場 | 2 21 | 2 21 | 23 21 | ○ | ○ | ○ | 事故時操作手順 第二部 「ISGTR破損SG減圧操作」 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力 | 有効性評価の重要事故シナシケンスに係る対応手順 |

※1：中央操作は、中央制御室での監視操作またはシミュレータ設備の対応にて確認する。

美浜発電所 保安規定 添付3 表1～19 現場対応手順教育一覧表

※1：中央操作は、中央制御盤での監視操作またはシミュレータ設備の対応にて確認する。

| 手順の項目 | 手順詳細 | 操作場所 ※1 要員数 | 想定時間(分) | | | 対象ポジション | | | 使用教材 | 備考 |
|---|---|-------------------|---------------|----------|----|---------|--------|--------|--|------------------------|
| | | | 移動 | 操作 | 合計 | 制御員 | 主操員 | 補操員 | | |
| 1.3.8 | 中央対応操作(蒸気発生器、加圧器蒸がし率による減温減圧操作等) 現場対応操作(電圧監視、復旧操作等) | 中央 現場 | 15 30 | 15 30 | 30 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 事故時操作所則 第二部 [インターフェースシステム(LOCA)] 重大事故の発生及び拡大防止に必要な措置を実施する ために必要な技術的能力 | 有効性評価の重要事故シナケンスに係る対応手順 |
| 1.4 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に各種用原子炉を冷却するための手順等 | | | | | | | | | | |
| 01 | 保安規定の記載内容を理解している。 対応操作を理解している。 | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 原子炉施設保安規定 事故時操作所則 重大事故に至るおそれがある事故及び重大事故に 対応する | |
| 1.4.1 | ポンプ起動確認 系統構成、注水開始 移動 RHRSS-CSS連絡ライン弁電源入 | 中央1名 現場1名 | 5 13 | 19 14 | 14 | 0 | 0 | 0 | | |
| 1.4.2 | 空冷式非常用発電装置起動 系統構成 ポンプ起動 移動 RHRSS-CSS連絡ライン弁電源入 | 中央1名 現場1名 | 10 15 5 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | | 有効性評価の重要事故シナケンスに係る対応手順 |
| 1.4.3 | 電動海水ポンプ又はボイラーゼロ消火ポンプによる代 替炉心注水 移動 系統構成 | 現場1名 中央1名 | 13 5 | 14 20 | 14 | 0 | 0 | 0 | | |
| 1.4.4 | 可搬式代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水 移動 系統構成 | 現場1名 中央1名 | 15 13 | 30 14 | 30 | 0 | 0 | 0 | | |
| 1.4.5 | A・B内部スプレッドポンプ(RHRSS-CSS連絡ラ イン使用)による代替再循環運転 移動 系統構成 | 現場1名 中央1名 | 12 1 | 90 | 90 | 0 | 0 | 0 | | |
| 1.4.6 | 格納容器再循環サブシステムによる代替再循環運 転 移動 系統構成 | 現場1名 中央1名 | 1 4 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | | |

中央操作15分：
2次系急速冷却開始までの時間を事象判断後15分（事象発生後25分）
として机上教育、現場模擬操作訓練を実施している。

通常の操作の訓練実績

原子力運転サポートセンター

1. 盤慣れ訓練 (1)VDU画面の選択訓練 チェックシート (7/13)

【安全系VDU画面訓練】

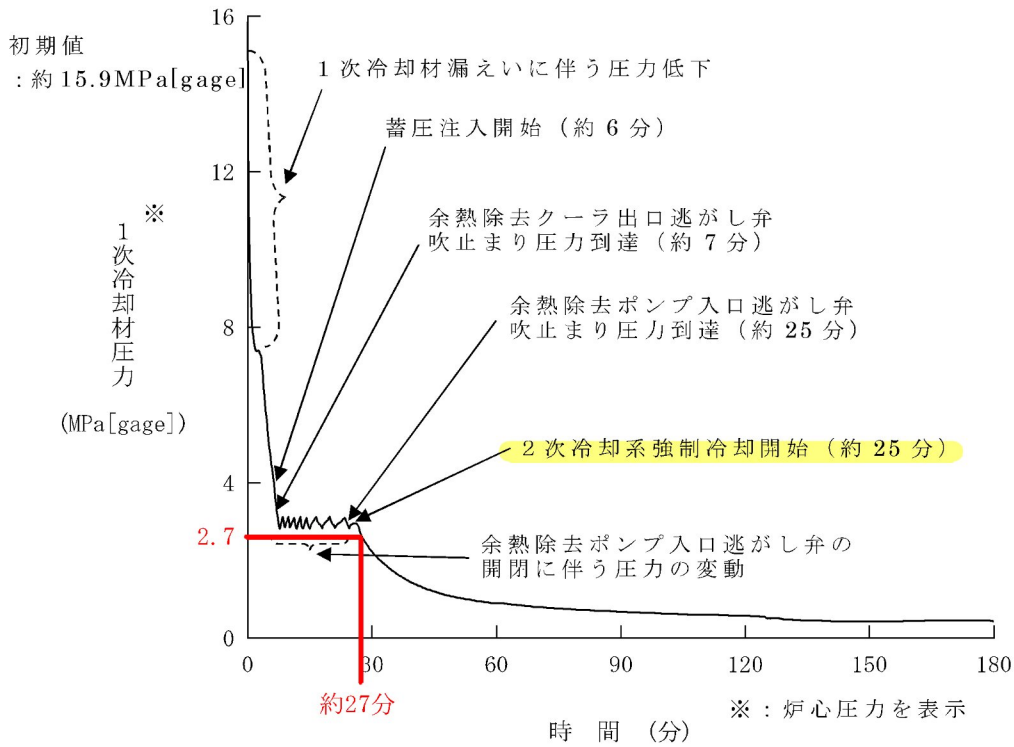
| No | 操作器名称 | 訓練生選択状況(良:✓ 否:×) | | | | | 最終完了時間(秒) | 画面番号 | 画面名称 | 備考 |
|---------------|------------------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----------|----------|---------|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | |
| 1 | A(B)トレン安全注入リセット (2RSI-A(B)) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 6.6 | SA(B)-11 | 工安系リセット | |
| 2 | ほう酸注入タンクA(B)入口弁 (2MOV-8803A(B)) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 4.6 | SA(B)-12 | 安全注入-1 | |
| 3 | A(B)格納容器循環ファン (2VS-1A(B)) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 5.5 | SA(B)-20 | H&V CV内 | |
| 4 | A(B)-D/G間工調整器 (2A(B)-D/GP90) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 4.5 | SA(B)-34 | D/G | |
| 5 | 4-2SA(SB)リヤ断器 (4-2SA(SB)) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 4.1 | SA(B)-39 | 所内電源-1 | |
| 到達レベル 4/5以上で良 | | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | | | | |
| 確認結果 | | 良 | 良 | 良 | 良 | 良 | | | | |

特記事項
なし

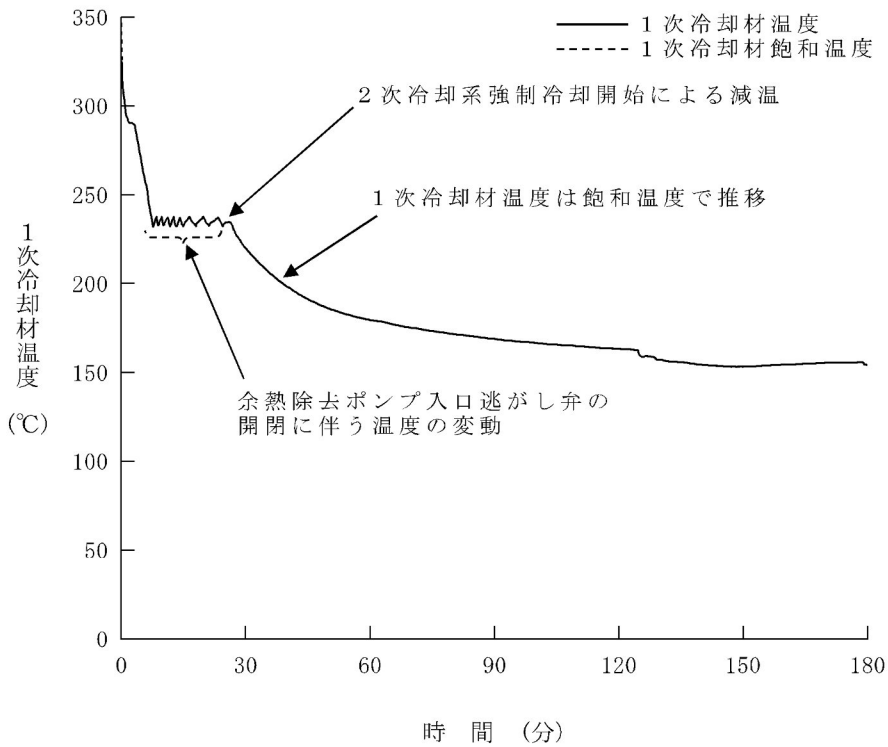
評価基準

所定時間内に正確に指定された操作器を呼び出すことができれば良

最終完了時間は、小数点1桁まで記入する。ただし、ログ管理より記入する場合は不要



第 7.1.8.9 図 1次冷却材圧力の推移
(インターフェイスシステム LOCA)



第 7.1.8.10 図 1次冷却材温度の推移
(インターフェイスシステム LOCA)

10-7-364

解析条件を踏まえたインターフェイスシステムLOCA発生時対応操作の成立性について

インターフェイスシステムLOCA発生時の対応操作については、有効性評価の結果に基づいて、事象発生から25分後に2次系強制冷却を開始し27分後に1次系圧力が2.7MPa[gage]以下に到達することを以って、余熱除去システムの隔離操作に着手する手順となっている、

このうち、有効性評価に係る解析の条件設定については、燃料被覆管の最高温度に対する評価結果が厳しくなるように設定をしており、例えば、設計値等の現実的な条件を基本としつつも、一次冷却材の温度や圧力の初期値として、定格値に正の定常誤差を考慮した値を用いるとともに、炉心崩壊熱についても、崩壊熱が高くなるように、全ての燃焼度を包絡するような高い値を設定している。

これらの解析条件に対する種々の保守的な取扱いを踏まえると、実際においては2.7MPa[gage]以下の到達は早くなり、早期に隔離操作への着手が可能となる方向であるため、隔離操作に係る時間余裕は増加することで、操作の成立性は高まると考えられる。

以上のことから、既許可において操作成立性の確認が出来ていることに加え、解析条件の保守性を踏まえると、実際は更に操作可能時間が増加する方向と考えられることから、十分な操作の成立性があると考えられる。

重大事故等対応に係るシミュレータ訓練における成立性確認について

1. 目的

有効性評価の重要事故シーケンスのうち、中央制御室操作を主体とした重要事故シーケンスに対して、シミュレータ訓練を実施し、適切に対応できることを確認する。

2. 対象範囲

(1) 対象シーケンス：設置変更許可申請に示した有効性評価の重要事故シーケンスにおいて、類似性及び網羅性の観点から選定した事故シーケンスを対象とする。

(2) 訓練対象者：運転員（当直員）

3. 実施頻度

対象となる重要事故シーケンスについて、年1回以上実施する。

4. 実施方法

当直毎に、シミュレータを用いて重要事故シーケンス訓練を実施する。

成立性確認はシミュレータ特性と安全解析結果の違いを考慮の上、以下に留意し実施する。

- (1) シミュレータは、基本的には実機の運転状態と応答を模擬していることから、安全解析の初期条件及び機器条件とは相違がある。
- (2) シミュレータに入力する事故条件は、原則安全解析の事故条件を入力し訓練を実施する。
- (3) インストラクタは、シミュレータ上で模擬できない部分を始めとする情報や訓練の方法について、予め対応（訓練に対する約束）を定め、訓練開始前までに運転員に周知する。
- (4) 訓練では、パラメータ等のプラント挙動から手順書に従い対応できることを確認する。
- (5) 成立性確認は、運転操作が解析上の操作条件を満足し、炉心損傷を防止できることを確認する。ただし、解析上の操作条件が、シミュレータ挙動と解析挙動の違いにより一致しない場合は、予め解析上の操作条件の代替となる成立性確認事項を定める。

5. 成立性確認方法

中央制御室操作を主体とした重要事故シーケンスについて、手順書に従い、有効性評価の重要事故シーケンスの成立性確認ポイント（解析条件のうち操作条件）を満足できることを確認する。

以上

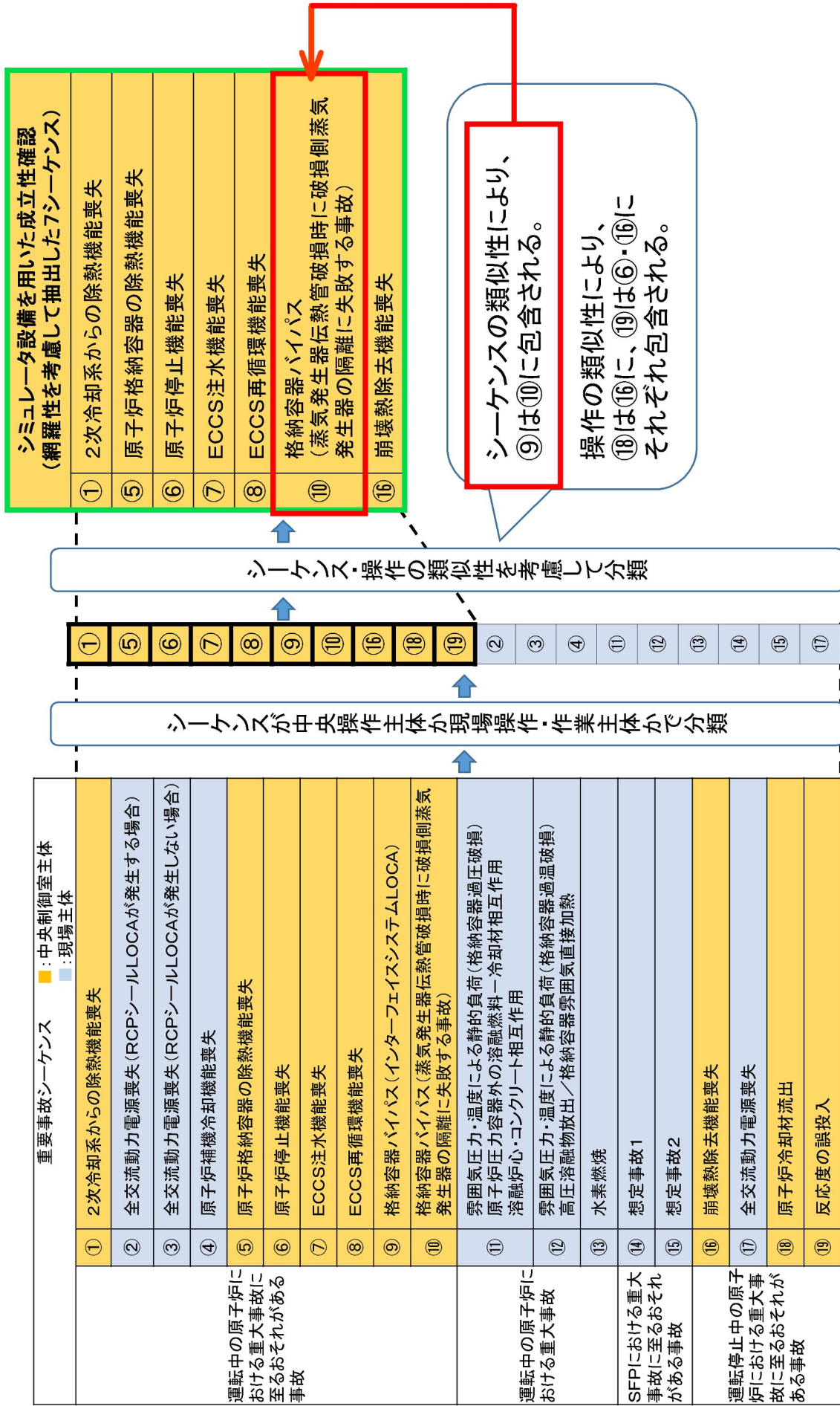
重要事故シーケンスシミュレータ訓練実施内容整理表

○：重要事故シーケンスと同様に実施できるもの
△：設備の動作模擬が必要なもの

| 対策 | 有効性評価 | | シミュレータ | |
|------------------------------|-------|--|--------|--|
| | 番号 | 重要事故シーケンス | 訓練の可否 | 有効性評価重要事故シーケンスとシミュレータ訓練の相違※ |
| 運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故 | ① | 2次冷却系からの除熱機能喪失 | ○ | <p>1次冷却系のフィードアンドブリード運転操作 解析上は、「すべての蒸気発生器水位(広域)0%到達の5分後」であるが、事故時操作所則上は「すべての蒸気発生器水位(広域)が10%未満」で判断する。 (10%の根拠は、広域水位計は停止中に使用するため低温で校正されており、出力運転状態でドライアウトに至った時の指示に計器誤差を見込んだものである。)</p> <p>シミュレータ訓練実施範囲 余熱除去系による炉心の長期冷却まで可能であるが、長期冷却開始まで約7.9時間かかるため、訓練は1次冷却系のフィードアンドブリード運転を開始し、炉心冷却が開始されたことを確認するポイントまでとする。</p> |
| | ⑤ | 原子炉格納容器の除熱機能喪失 | △ | <p>原子炉補機冷却水系による格納容器内自然対流冷却のタイミング 解析上は、格納容器圧力が最高使用圧力(0.261MPa)到達から30分後から開始するが、シミュレータでは、格納容器圧力は最高使用圧力に到達しないことから、格納容器循環冷房ユニットへの通水準備が整い次第、自然対流冷却を開始する。</p> <p>シミュレータ訓練実施範囲 高圧および低圧再循環による炉心冷却は可能であるが、格納容器最高使用圧力到達までに約7時間かかるため、1次系冷却水タンク加圧後に格納容器内自然対流冷却を開始するポイントまでとする。</p> |
| | ⑥ | 原子炉停止機能喪失 | ○ | <p>シミュレータ訓練実施範囲 余熱除去系による炉心の長期冷却まで可能であるが、長期冷却開始まで約14時間かかるため、ほう酸注入による原子炉出力の低下を確認するポイントまでとする。</p> |
| | ⑦ | ECCS注水機能喪失 | ○ | <p>シミュレータ訓練実施範囲 再循環切替ポイントまで約2.7時間(4インチ破断)かかることから、2次系強制冷却により1次冷却系が冷却されることにより、余熱除去ポンプによる低圧注入系にて炉心が冷却され、アキュムレータ出口電動弁を閉止するポイントまでとする。</p> |
| | ⑧ | ECCS再循環機能喪失 | ○ | <p>シミュレータ訓練実施範囲 再循環切替失敗と判断し、代替再循環による1次冷却系の冷却を開始するポイントまでとする。</p> |
| | ⑩ | 格納容器バイパス (蒸気発生器伝熱管破損 +破損側蒸気発生器の 隔離失敗) | ○ | <p>シミュレータ訓練実施範囲 余熱除去系での冷却に切替まで約2.3時間を要することから、高圧注入から充てん注入への切替後に1次冷却系統の減温、減圧がなされていることを確認するポイントまでとする。</p> |
| 運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故 | ⑬ | 崩壊熱除去機能喪失 | △ | <p>シミュレータ訓練実施範囲 アキュムレータ出口電動弁を開放し、1次系保有水量確保操作を開始し、水位が回復することを確認するポイントまでとする。</p> |

※シミュレータ訓練では、故障条件(破断サイズ等)や発生場所、発生時間等シミュレータの設定条件により有効性評価重要事故シーケンスを完全に再現するものではない。

中央制御室操作主体の重要事故シーケンス (シミュレータ訓練)



全当直班がシミュレータを用いて7つのシーケンスについて成立性確認を実施することで、中央操作の個別手順、操作判断、動き、連携の成立性を確認する。

中央制御室操作主体の重要事故シナリオにおける操作の類似性

| 重要事故シナリオ | 操作内容 | 保安規定 添付3 | | | | | | | | | | | 備考 | | | | |
|-------------------------------|---|----------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|------|--|--------|--------------------|
| | | 表-1 | 表-1 | 表-2,3 | 表-3 | 表-3 | 表-3 | 表-4 | 表-4 | 表-4 | 表-6 | 表-10 | | 表-16 | | | |
| 運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故 | ① 2次冷却系からの除熱機能喪失 | | | ○ | | | | | | | | | | | | 訓練実施項目 | |
| | ② 全交流動力電源喪失(RCPシールドLOCAが発生する場合) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ③ 全交流動力電源喪失(RCPシールドLOCAが発生しない場合) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ④ 原子炉補機冷却機能喪失 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑤ 原子炉格納容器の除熱機能喪失 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑥ 原子炉停止機能喪失 | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑦ ECCS注水機能喪失 | | | ○ | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑧ ECCS再循環機能喪失 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑨ 格納容器/バイパス(インターフェイス)LOCA | | | | | | | | | | | | | | | | シナリオの類似性により⑩に包含される |
| | ⑩ 格納容器/バイパス(蒸気発生器伝熱管破損時に破損前蒸気発生器の隔離に失敗する事故) | | | | | | | | | | | | | | | | 訓練実施項目 |
| 運転中の原子炉における重大事故 | ⑪ 蒸気圧力・温度による静的負荷(格納容器過熱破損) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑫ 原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑬ 溶融炉心-コンクリート相互作用 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑭ 蒸気圧力・温度による動的負荷(格納容器過熱破損) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑮ 高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故 | ⑯ 水素燃焼 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑰ 想定事故1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑱ 想定事故2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ⑲ 簡易熱除去機能喪失 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 運転停止中の原子炉における重大事故に要するおそれがある事故 | ⑳ 全交流動力電源喪失 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ㉑ 原子炉冷却材流出 | | | | | | | | | | | | | | | | 操作の類似性により⑩に包含される |
| | ㉒ 反応度の誤投入 | | | | | | | | | | | | | | | | 操作の類似性により⑩、⑬に包含される |

操作の類似性から包含される

シナリオの類似性により、⑨は⑩に包含される。また、操作の類似性により、⑩は⑬・⑱に、⑲は⑳にそれぞれ包含される。

重要事故シーケンス 成立性確認チェック票

VI. 格納容器バイパス (蒸気発生器伝熱管破損+破損側蒸気発生器隔離失敗)

| 項目 | 操作内容 | チェック欄 | | | 備考 |
|----|---|-------------|---------------|-------------------------|--|
| | | イ. 確認 判断 | ロ. 操作 (中央) | ハ. 指示 (現場 (対策本部)) | |
| 1 | プラントトリップの確認 (1) 原子炉トリップ及びタービントリップを確認 (2) 非常用母線及び常用母線の電圧を確認し、所内電源及び外部電源喪失の有無を判断 | ✓ | | | [13:08:40] (外部電源喪失を模擬) |
| 2 | 安全注入シーケンス作動状況の確認 「安全注入作動」警報により非常用炉心冷却設備作動信号が発信し、安全注入シーケンスが作動していることを確認 | ✓ | | | |
| 3 | 蒸気発生器伝熱管の漏えいの判断 蒸気発生器伝熱管破損発生判断及び破損側蒸気発生器の判定 ・蒸気発生器伝熱管漏えい監視モニタ指示の上昇 ・蒸気発生器水位及び主蒸気圧力の上昇 ・加圧器水位及び圧力の低下 | ✓ | | | 7分53秒 |
| 4 | 破損側蒸気発生器の隔離 破損側蒸気発生器の隔離操作 ・破損側蒸気発生器への補助給水停止 ・主蒸気隔離弁、タービン動機補助給水ポンプ駆動蒸気元弁の閉操作等 | ✓ | ✓ | ✓ | ⑤ 不可 原子炉トリップ12分以内に破損側蒸気発生器の補助給水停止及び破損側蒸気発生器の隔離ができる。 |
| 5 | 破損側蒸気発生器圧力の減圧継続判断 破損側蒸気発生器水位及び主蒸気圧力 ・加圧器水位及び圧力 | ✓ | | | ⑤ 不可 破損側蒸気発生器の減圧継続を判断し、2次系強制冷却の準備ができる。 |
| 6 | 破損側蒸気発生器圧力の減圧継続時の対応 (1) 健全側蒸気発生器2次側による炉心冷却 ・健全側蒸気発生器への補助給水流量確立の確認 ・健全側蒸気発生器の主蒸気流がし弁閉操作 (2) 燃料取替用タンク補給準備 | ✓ | ✓ | | ⑤ 不可 原子炉トリップ13分以内に健全側蒸気発生器主蒸気流がし弁閉による2次系強制冷却ができる。 |
| 7 | 加圧器流がし弁閉操作による1次冷却系強制減圧 加圧器流がし弁を手動で閉操作 | ✓ | ✓ | ✓ | 原子炉トリップ13分以内 = 事象発生後20分以内 |
| 8 | アクチュムレータ出口電動弁閉操作 アクチュムレータ出口電動弁を閉操作 (1次冷却材圧力がアクチュムレータの保持圧力になる前に) | ✓ | ✓ | | |
| 9 | 高圧注入から充てん注入への切替え (1) 非常用炉心冷却設備停止条件を満足 (2) 高圧注入から充てん注入へ切替え | ✓ | ✓ | | [13:58:00] ⑤ 不可 安全注入停止条件成立判断から2分以内に高圧注入から充てん注入に切替ができる。 |

※以降の対応は実施しない。(余熱除去系による炉心冷却、1次冷却系と破損側蒸気発生器からの漏えい停止、1次冷却系のフィードアンドブリード、代替再循環運転への切替え等)

(参考) 余熱除去ポンプ入口弁閉止が遅れた場合の機器の耐環境性について

1. はじめに

ISLOCA 時の各機器の耐環境性評価では、現実的な操作時間として事象発生後の 30 分後に余熱除去ポンプ入口弁を閉止した場合の耐環境性を確認しているが、余熱除去ポンプ入口弁の閉止時間が遅れた場合の評価として、仮に、事象発生後の約 70 分後に当該弁を閉止した場合の、蒸気漏えい区画にある事象収束に必要な各機器の耐環境性について確認した結果を提示する。

2. 評価結果

(1) 必要な機器

ISLOCA 時に使用する設備については、既許可の添付書類十（追補含む）にて選定している。選定したリストを添付 1 に示す。添付 1 のとおり、事象収束に必要な機器のうち、IS-LOCA に伴う原子炉格納容器外の環境悪化エリアに設置している機器は、充てん／高圧注入ポンプ、安全注入流量、余熱除去ポンプ入口弁の 3 つとなる。

(2) 環境条件

a. 溢水

有効性評価において想定した余熱除去系の機器、から漏えいするものとし、各機器、弁からの漏えいは ISLOCA の有効性評価における漏えい量を破断面積比で按分した。事象発生後の 70 分後に余熱除去ポンプ入口弁を閉止することで漏えい停止するものとし、各区画の溢水量を求めた。

b. 放射線

a. で求めた溢水量から放射エネルギーを算出し、その放射エネルギーから評価対象区画の線量率を算出し、各機器の吸収線量を求めた。評価期間は 7 日を設定した。

c. 雰囲気温度

現状の事象発生後の 30 分後に余熱除去ポンプ入口弁を閉止した場合の各区画の雰囲気温度の評価結果を基に、事象発生後の 30 分後時点での温度上昇の傾向が維持されるものとして、事象発生後の 70 分後に当該弁を閉止した場合の評価結果を保守的※に見積もった。

その結果、添付2のとおり、事象発生約70分後時点において、事象収束に必要な機器である、充てん／高圧注入ポンプ及び安全注入流量の設置区画は約90℃まで、余熱除去ポンプ入口弁の設置区画は約120℃まで上昇することとなる。本環境条件に基づき(3)では各機器の耐環境性について確認する。

※事象発生25分後に2次系強制冷却を実施することで、1次冷却材圧力及び温度ともに低下するため、事象発生25分後以降、各区画への放出される蒸気等がもつ保有エネルギーもそれにあわせて低下する。したがって、事象発生30分後以降の温度上昇傾向は鈍化するため、単純な直線外挿とすることは保守的と言える。

(3) 機器の耐環境性

a. 溢水

ISLOCA時の事象収束に必要な機器のうち、ISLOCAに伴う原子炉格納容器外の環境悪化エリアに設置している機器の設置場所(高さ)、機能喪失高さ、設置場所における没水高さは、表1のとおり。弁閉止時間を70分とした場合においても、各機器は溢水の影響を受けないことを確認している。

表1. 各機器の溢水影響について

| 機器名 | 設置場所 | 機能喪失高さ | フロア床面からの没水高さ | | 溢水影響 |
|-------------|-----------|------------|--------------|-------|------|
| | | | 30分閉止 | 70分閉止 | |
| 充てん／高圧注入ポンプ | E.L.17.0m | E.L.17.63m | 0m | 0m | 無 |
| 安全注入流量 | E.L.17.0m | E.L.17.82m | 0.01m | 0.03m | 無 |
| 余熱除去ポンプ入口弁 | E.L.5.3 m | E.L.6.95m | 0.04m | 0.14m | 無 |

※1：充てん／高圧注入ポンプの機能喪失高さは、最も低いC充てん／高圧注入ポンプの値を記載

※2：充てん／高圧注入ポンプ室入口の堰高さ0.1mを超えての浸水なし

b. 放射線

ISLOCA時の事象収束に必要な機器のうち、ISLOCAに伴う原子炉格納容器外の環境悪化エリアに設置している各機器の吸収線量と健全性確認条件を、添付3のとおり整理した。確認の結果、弁閉止時間を70分とした場合においても、各機器は放射線に対する健全性を有することを確認している。

c. 雰囲気温度

ISLOCA 時の過酷な環境条件に対して、添付 4 のとおり各機器の各構成品の健全性確認温度が上回っていることを確認している。また、これらの構成品のうち、健全性確認温度の低い安全注入流量本体及び充てん／高圧注入ポンプの実力評価では、90℃環境下で安全注入流量本体は約 28 時間、充てん／高圧注入ポンプは約 2,000 時間の健全性を有しており、弁閉止時間を 70 分とした場合においても、十分な耐環境性を有することを確認している。なお、各区画の圧力及び湿度への健全性についても添付 3 の通り、耐環境性を有することを確認している。

3. まとめ

ISLOCA 時の事象収束に必要な機器のうち、ISLOCA に伴う原子炉格納容器外の環境悪化エリアに設置している機器について、事象発生約 70 分後に余熱除去ポンプ入口弁を閉止した場合にも、当該機器の耐環境性が確保されることを確認した。

以 上

M 3 IS-LOCA対応に使用する計器リスト

| | パラメータ | 必須 | 必須でない理由 | 設置エリア※ | 耐環境性 | 備考 |
|-----------------------|-------------------|-------------------------------|--|--------|------|---|
| 事象初期 (アラート停止、SI動作) | 出力領域中性子束 | ○ | | ① | ※ | ※ IS-LOCAにより、原子炉格納容器外の環境が悪化する前に、計器の寿命期間を終えるため、耐環境性を考慮する必要がない。 |
| | 中間領域中性子束 | ○ | | ① | ※ | |
| | 中性子線領域中性子束 | ○ | | ① | ※ | |
| | 安全注入作動警報 | | 安全注入流量等で確認可能 | | — | |
| | 安全注入流量 | ○ | | ② | ○ | |
| 事象判断 | 余熱除去クーラ出口流量 | | 燃料取替用水タンク水位等で確認可能 | | — | - |
| | 燃料取替用水タンク水位 | ○ | | ③ | ○ | |
| | 冷却材圧力 (広域) | ○ | | ① | ○ | |
| | 加圧器水位 | ○ | | ① | ○ | |
| | 格納容器再循環サンプ水位 (広域) | ○ | | ① | ○ | |
| | 蒸気発生器水位 (狭域) | ○ | | ① | ○ | |
| | 主蒸気圧力 | ○ | | ③ | ○ | |
| | 補助建屋サンプ水位 | | 冷却材圧力 (広域)、加圧器水位、格納容器再循環サンプ水位 (広域)、蒸気発生器水位 (狭域)、主蒸気圧力で確認可能 | | — | |
| | 補助建屋排気筒ガスモニタ | | | | | |
| | 格納容器ガスモニタ | | | | | |
| | 格納容器じんあいモニタ | | | | | |
| | 格納容器入口エリアモニタ | | 冷却材圧力 (広域)、加圧器水位、格納容器再循環サンプ水位 (広域)、蒸気発生器水位 (狭域)、主蒸気圧力で確認可能 | | | |
| | 炉内計装区域エリアモニタ | | | | | |
| | 復水器空気抽出器ガスモニタ | | | | | |
| | 蒸気発生器ブローダウン水モニタ | | | | | |
| 高感度主蒸気管モニタ | | | | | | |
| 事象収束 | 余熱除去ポンプ出口圧力 | | | | | - |
| | 加圧器逃がしタンク水位 | | 冷却材圧力 (広域)、加圧器水位で確認可能 | | — | |
| | 加圧器逃がしタンク温度 | | | | | |
| | 加圧器逃がしタンク圧力 | | | | | |
| | 余熱除去クーラ出口流量 | | 燃料取替用水タンク水位等で確認可能 | | — | |
| | 燃料取替用水タンク水位 | ○ | | ③ | ○ | |
| | 加圧器水位 | ○ | | ① | ○ | |
| | 1次冷却材高温側広域温度 | ○ | | ① | ○ | |
| | 1次冷却材低温側広域温度 | ○ | | ① | ○ | |
| | 冷却材圧力 (広域) | ○ | | ① | ○ | |
| | 補助給水流量 | ○ | | ③ | ○ | |
| | 主蒸気圧力 | ○ | | ③ | ○ | |
| | 蒸気発生器水位 (狭域) | ○ | | ① | ○ | |
| | 蒸気発生器水位 (広域) | ○ | | ① | ○ | |
| | 復水タンク水位 | ○ | | ③ | ○ | |
| 安全注入流量 | ○ | | ② | ○ | | |
| 格納容器圧力 | | 冷却材圧力 (広域)、加圧器水位で確認可能 | | — | | |
| 格納容器圧力 (広域) | | | | | | |
| 格納容器内温度 | | | | | | |
| 充てん流量 | | 燃料取替用水タンク水位、加圧器水位、原子炉水位等で確認可能 | | — | | |
| 原子炉水位 | ○ | | ① | ○ | | |
| ほう殿タンク水位 | | | | | | |
| 1次系純水タンク水位 | | 燃料取替用水タンクへの補給手段として、使用可能であれば確認 | | — | | |
| 2次系純水タンク水位 | | | | | | |

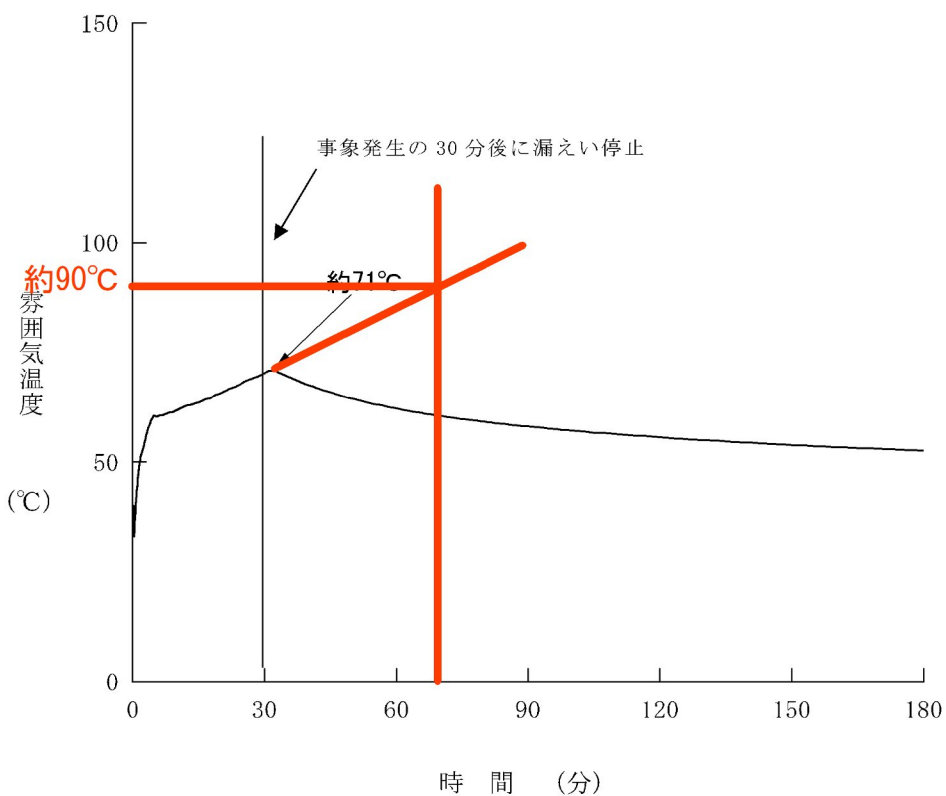
※①：C V内
 ※②：C V外 (環境悪化エリア)
 ※③：C V外 (環境悪化エリア外)

IS-LOCA対応に使用する機器リスト

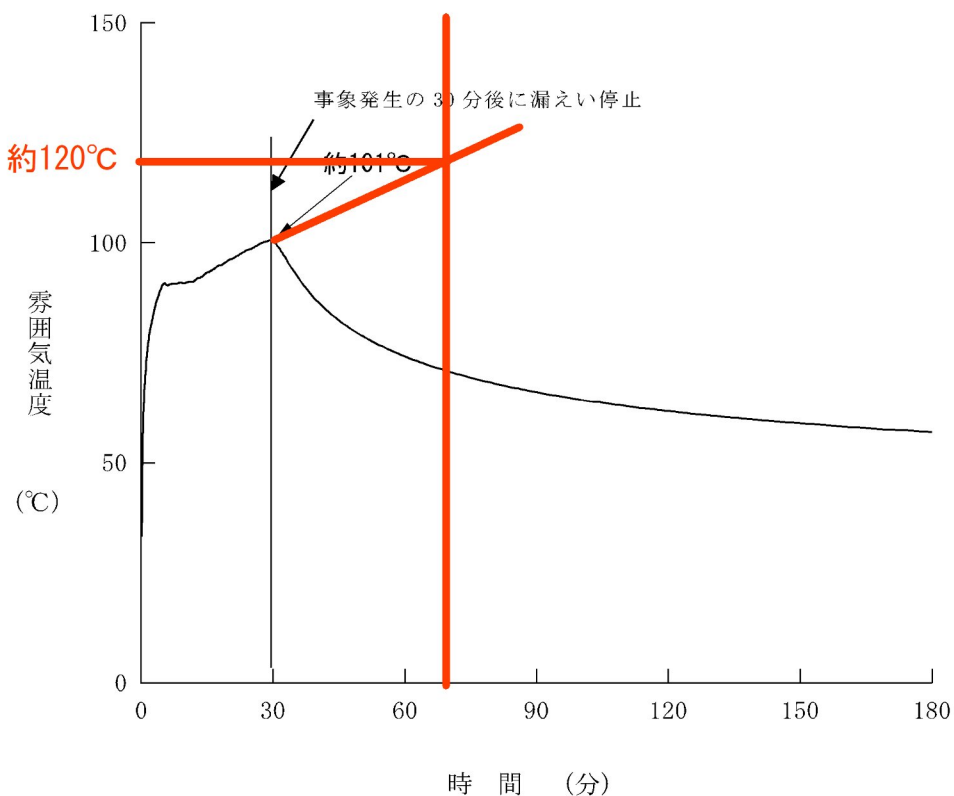
| | 使用機器 | 必須 | 必須でない理由 | 設置エリア※ | 耐環境性 | 備考 |
|--|--------------|----|---|--------|------|----|
| | 燃料取替用水タンク | ○ | | ③ | | |
| | 余熱除去ポンプ | | 蒸気発生器で除熱可能 モード5への冷却を実施する場合は蒸気発生器2次側のフィードアンドブリードにより実施可能 | ② | | |
| | 充てん/高圧注入ポンプ | ○ | | ② | | |
| | アキュムレータ | ○ | | ① | | |
| | 主蒸気逃がし弁 | ○ | | ③ | | |
| | タービン動補助給水ポンプ | ○ | | ③ | | |
| | 電動補助給水ポンプ | ○ | | ③ | | |
| | 蒸気発生器 | ○ | | ① | | |
| | 復水タンク | ○ | | ③ | | |
| | ディーゼル発電機 | ○ | | ③ | | |
| | 燃料油貯蔵タンク | ○ | | ③ | | |
| | 加圧器逃がし弁 | ○ | | ① | | |
| | アキュムレータ出口弁 | ○ | | ① | | |
| | 余熱除去ポンプ入口弁 | ○ | | ② | | |

※①：C V内
 ※②：C V外 (環境悪化エリア)
 ※③：C V外 (環境悪化エリア外)

美浜3号機 各区画における雰囲気温度の推移



充てん/高圧注入ポンプ設置区画雰囲気温度評価結果
(安全注入流量も同区画に設置)



余熱除去ポンプ入口弁設置区画雰囲気温度評価結果

美浜3号機 IS-LOCA時に使用する設備の耐環境性

- IS-LOCA時に使用する設備については、既許可の添付書類十にて選定している。これらの設備のうち、原子炉格納容器外の環境悪化エリアに設置している構成品を下表に示す。
- IS-LOCA時の環境条件（温度、放射線、湿度、圧力）に対し、各構成品の健全性確認条件が上回っていることを確認済み。

| 使用設備 | 構成品 | 温度 | | 放射線 | | 湿度 | | 圧力 | | |
|-------------|--------|------|---------|--------|---------|------|---------|------|--------------|----------------|
| | | 環境条件 | 健全性確認条件 | 環境条件 | 健全性確認条件 | 環境条件 | 健全性確認条件 | 環境条件 | 健全性確認条件 | |
| 安全注入流量 | 本体 | 90℃ | 125℃ | 28.5Gy | 100Gy | 100% | 100% | 大気圧 | 100kPa[gage] | |
| | ケーブル | | 165℃ | | 0.5MGy | | | | 49kPa[gage] | |
| 余熱除去ポンプ入口弁 | 電動弁 | 120℃ | 190℃ | 59.3Gy | 1.5MGy | | | | 100% | 413kPa[gage] |
| 充てん／高圧注入ポンプ | 本体 | 90℃ | 150℃ | 19.8Gy | 100kGy | | | | 100% | 18.8MPa[gage]※ |
| | ポンプモータ | | 120℃ | | 2MGy | 100% | 大気圧 | | | |

※:内部流体の最高圧力

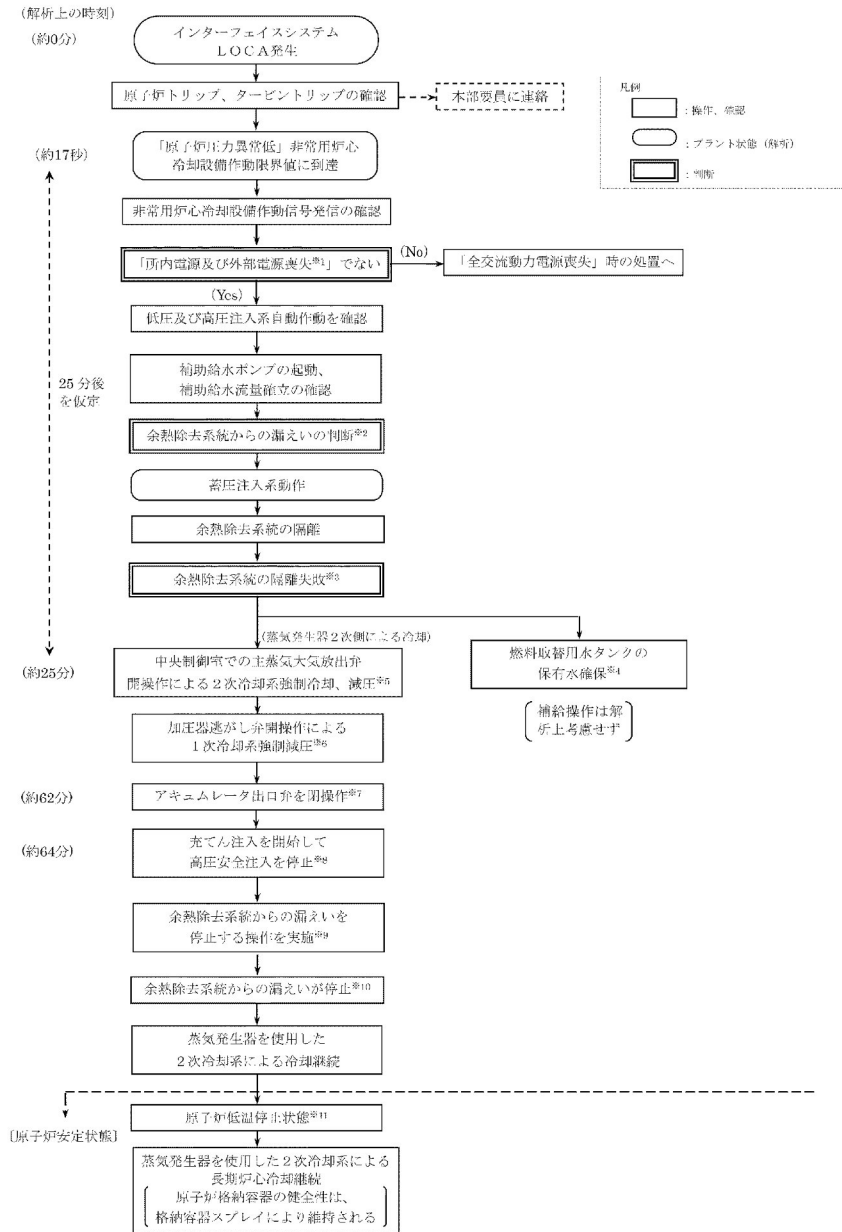
インターフェイスシステムLOCA発生時の余熱除去系隔離操作の成立性について

高浜1号炉及び2号炉においてインターフェイスシステムLOCA（以下、「IS-LOCA」という。）が発生した場合、図1に示すとおり、主蒸気大気放出弁による2次冷却系急速冷却、加圧器逃がし弁の開操作による1次冷却系減圧操作のほか、余熱除去ポンプ入口に設置された電動弁（以下、「電動弁」という。）を遠隔で閉操作することにより余熱除去系を隔離し、事象を収束させるとともに、蒸気発生器による炉心冷却により長期的に冷却を継続する。

以下に、漏えいが発生している余熱除去系を隔離するための電動弁の閉操作の成立性及びその他の対応操作の成立性についてもあわせて説明する。

1. 電動弁の閉操作手順

IS-LOCA発生時において必要な対応操作については、すべて中央制御室からの操作による。重大事故等対策の有効性評価の解析においては、図1の通り解析期間中において余熱除去ポンプ入口弁の閉止については想定していないが、実際の操作としては早期の流出停止を目的として、1次冷却材圧力を監視しつつ準備が整い次第、中央制御室より操作を実施することとし、事象発生から30分以内に閉操作することが可能である（別紙4）。



- ※1 : すべての非常用母線及び常用母線の電圧が「零」ボルトを示した場合。
- ※2 : 余熱除去系統からの漏えいは以下で確認。
 ・補助建屋内放射線監視モニタ、蒸気発生器細管漏えい監視モニタ、加圧器水位及び圧力、補助建屋サンブ水位
 余熱除去ポンプ出口圧力
- ※3 : 余熱除去系統からの漏えいを隔離できないものとする。
- ※4 : 燃料取替用水タンクへの補給操作。
 ・原子炉補給水制御系 (ほうげんタンク、1次系純水タンク)
 ・1次系純水タンクから使用済燃料ピット貯蔵塔経由等。
- ※5 : 漏えいしている余熱除去系統の隔離操作等の時間を考慮して、解析上では、約25分後の開始としているが、実際の操作では、準備が完了した段階で1次冷却系保有水の減少抑制のために実施する。
- ※6 : 実際の操作においては、2次冷却系強制冷却による1次冷却系のサブクール度の確保を確認した段階で必要により実施し、保有水の確保を図る。
 また、その後の漏えい量低減のため、操作は適宜実施。
- ※7 : 1次冷却材圧力計指示が0.6MPa[gage]になれば閉操作する。
- ※8 : 原子炉格納容器外への漏えいを抑制するため、充てん注入は高圧注入系の停止準備が整ってから開始する。
- ※9 : 隔離は余熱除去ポンプ入口弁の開操作で可能と想定する。
- ※10 : 余熱除去系統からの漏えい停止は以下で確認。
 ・余熱除去ポンプ出口圧力、加圧器圧力及び水位、1次冷却材圧力、充てん水流量、原子炉水位及び燃料取替用水タンク水位等の準拠から総合的に確認する。
- ※11 : 漏えいが停止し、1次冷却材温度が安定または低下傾向。

図1 IS-LOCA発生時の対応手順の概要
 (重大事故等対策の有効性評価より抜粋)

2. 余熱除去系からの漏えい箇所及び漏えい量

余熱除去系からの漏えい箇所は、I S - L O C Aの有効性評価において想定したとおり、弁、余熱除去ポンプ、余熱除去クーラ、余熱除去ポンプ入口逃がし弁（1/2V-8708A,B、以下、「入口逃がし弁」という。）、余熱除去クーラ出口逃がし弁（1/2V-8860A,B以下、「出口逃がし弁」という。）を想定した。漏えいを想定する箇所を図2に示す。また、漏えい量は、I S - L O C Aの有効性評価における30分後までの解析結果から、以下のとおりに推移する。（図3参照）

- ① I S - L O C A発生時、高温、高圧の1次冷却材が余熱除去系に流入し、入口逃がし弁（吹出し圧力：、吹止り圧力：）及び出口逃がし弁（吹出し圧力：、吹止り圧力：）から流出するとともに、弁グランド部、余熱除去ポンプグランド部、余熱除去クーラフランジ部等から高温の蒸気と水が二相流となって噴出する。
- ② 2次冷却系強制冷却、減圧操作により、出口逃がし弁及び入口逃がし弁からの漏えいが順次止まるとともに、原子炉補助建屋内での余熱除去系からの漏えい量も徐々に低下する。
- ③ その後、余熱除去系を1次冷却系から隔離するために、電動弁の閉操作を開始する。電動弁操作の完了は事象発生30分後を想定する。ここで、電動弁閉止後も隔離されていない漏えい弁が高浜1号炉では5個、高浜2号炉では4個存在するが（図2及び図3参照）、事象発生後30分時点で1次冷却材系統内の圧力は弁の最高使用圧力（4.1MPa）を下回り（図5参照）、また現実的にはグランドパッキンの機能も期待できることから、弁のグランド部からの漏えいは無視できる状態になる。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

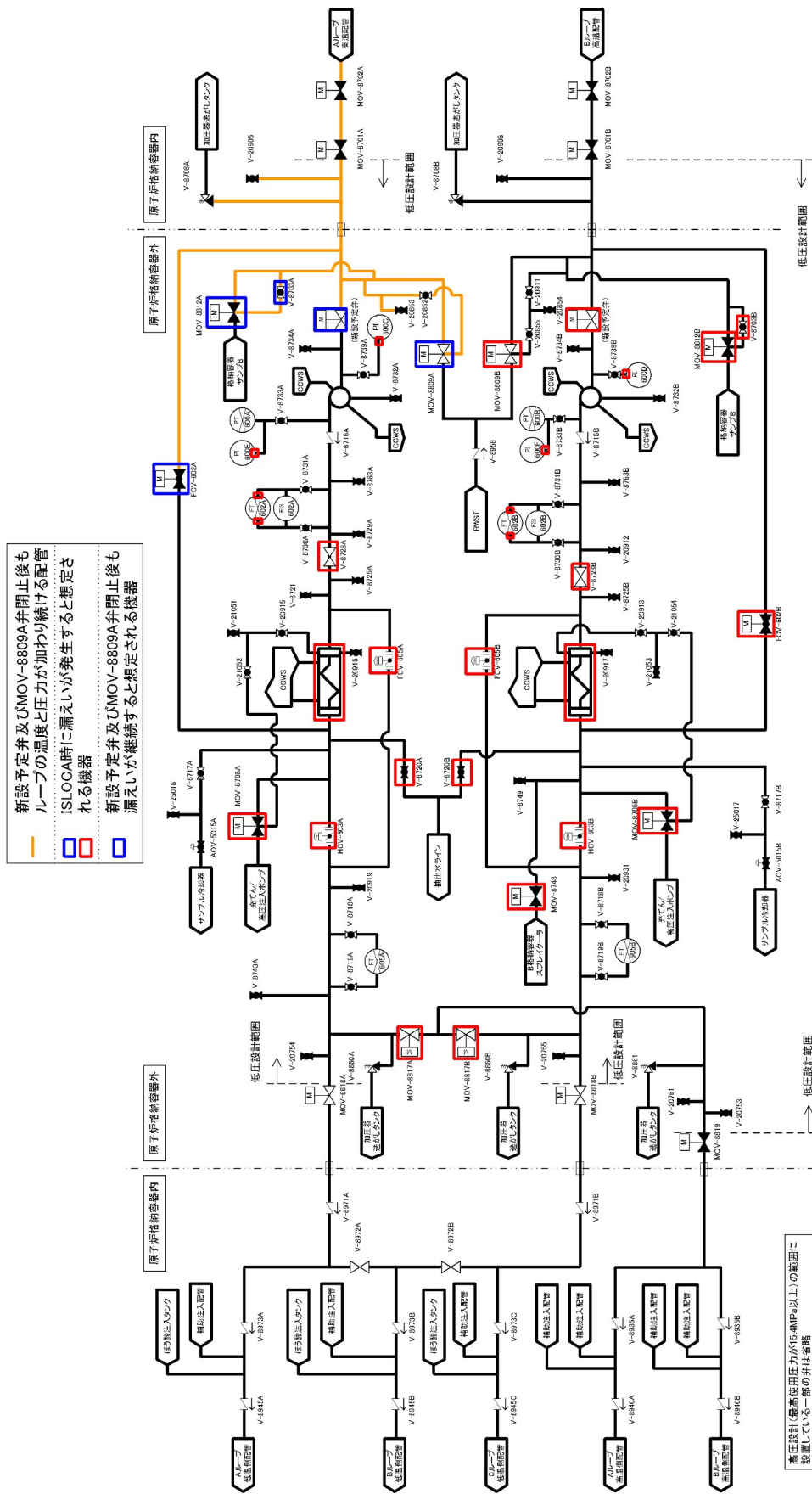


図2 高浜1号炉におけるIS-LOCA発生時に漏えいが発生すると想定される機器及び電動弁閉操作後も漏えいが継続すると想定される機器

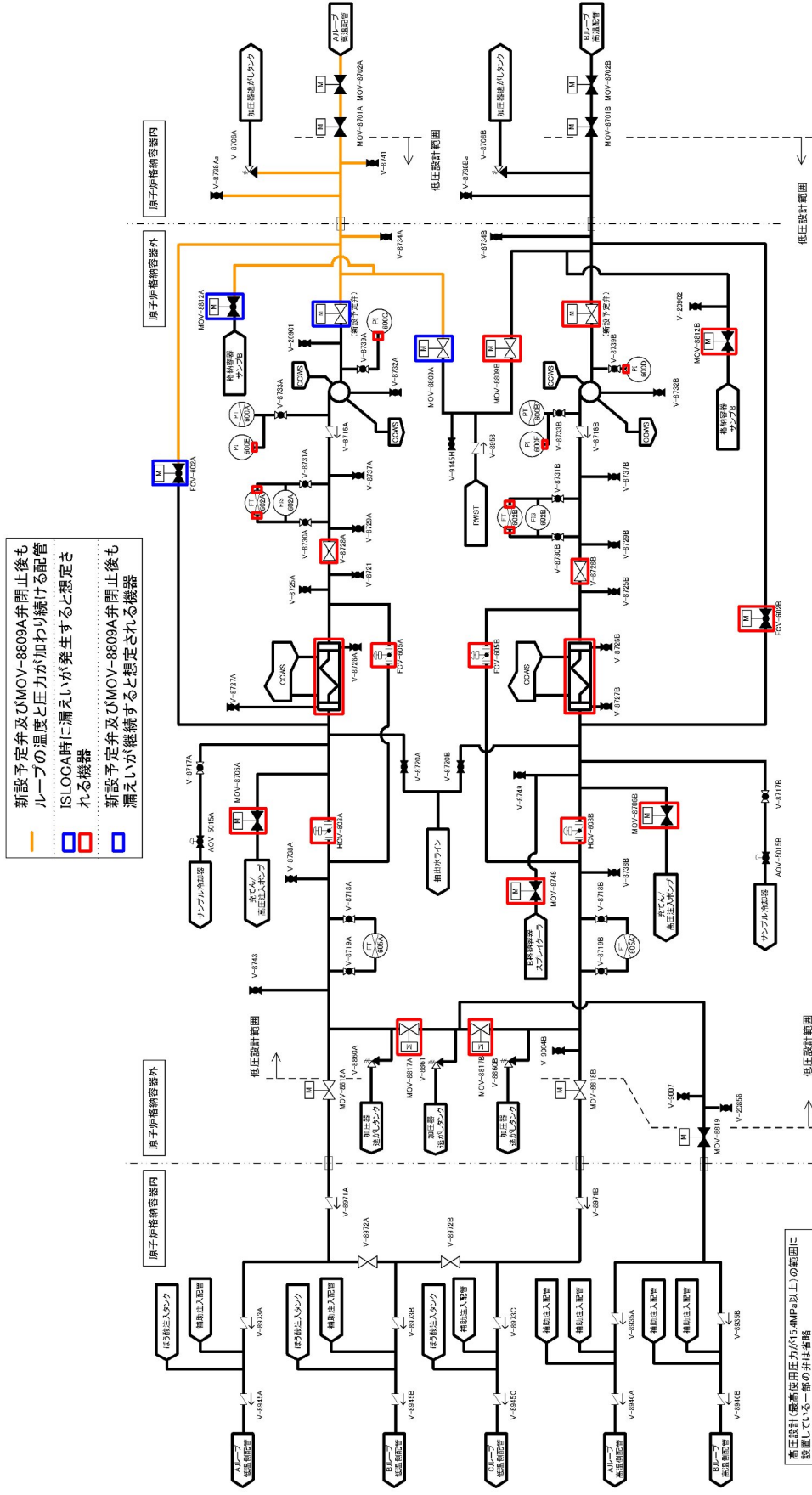


図3 高浜2号炉におけるIS-LOCA発生時に漏えいが発生すると想定される機器及び電動弁閉操作後も漏えいが続くと想定される機器

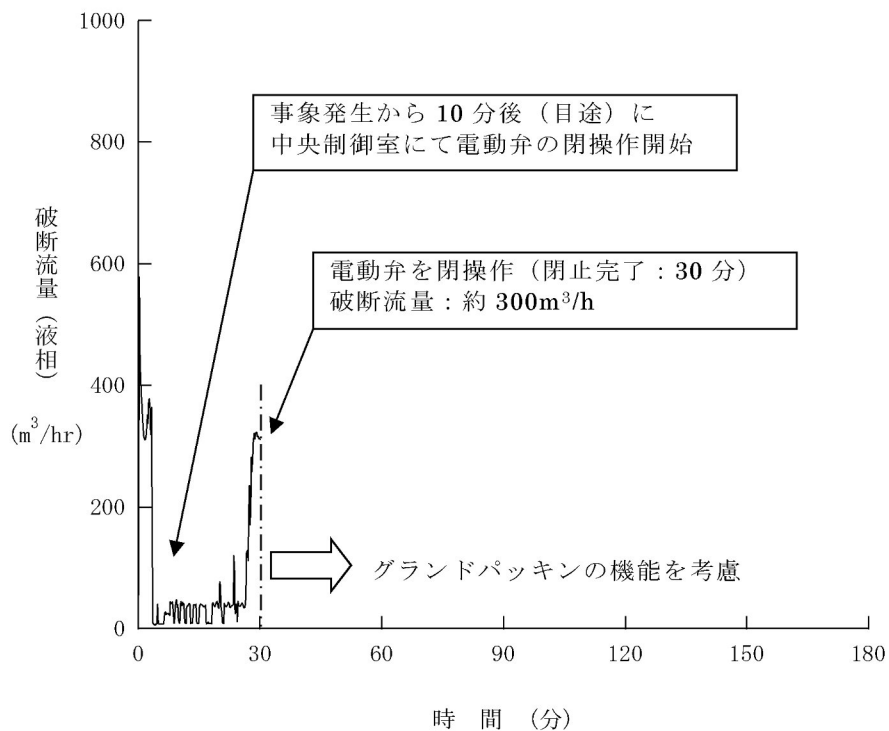


図 4 余熱除去系からの漏えい量 (格納容器外への漏えい量)

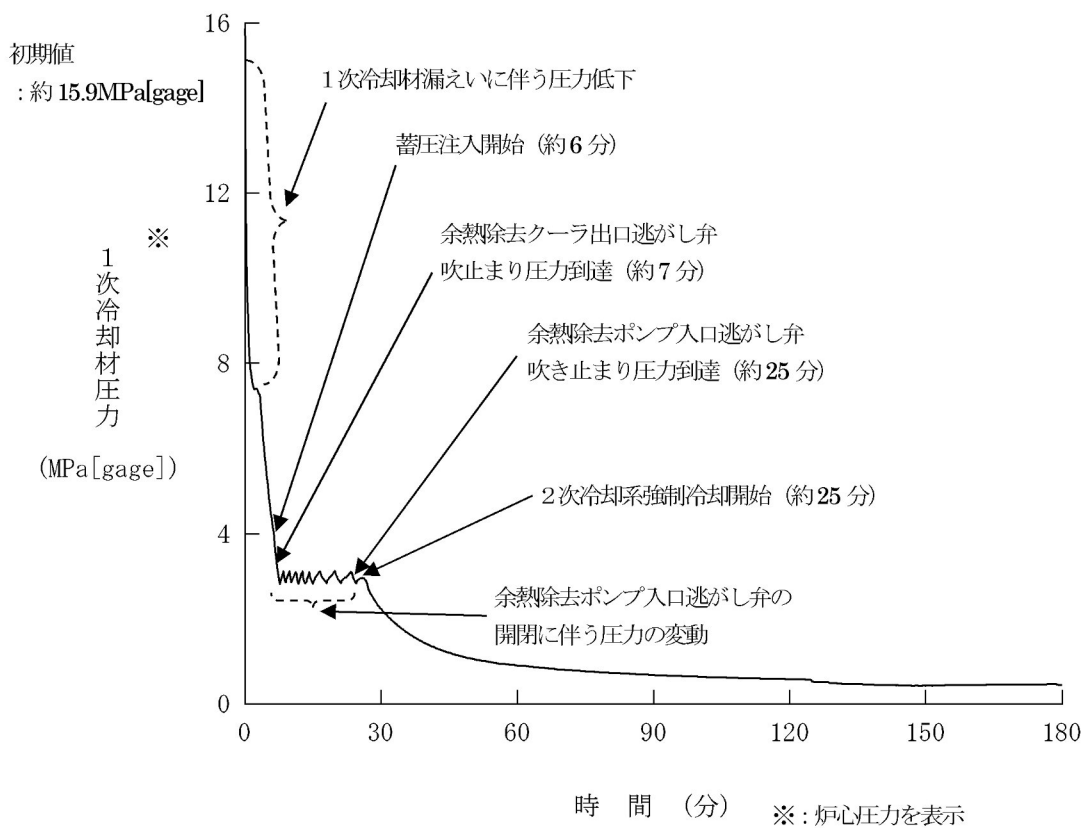


図 5 1次冷却材圧力

3. I S - L O C A 発生時の対応操作の成立性

I S - L O C A 発生時においては、原子炉補助建屋内に漏えいした高温水の滞留及び蒸気による雰囲気温度の上昇及び放射線量の上昇が想定されることから、事象を収束し長期冷却を継続するために必要な電動弁の操作性や炉心冷却に関連する機器の機能に影響する可能性がある。

そのため、別紙-1、2に示すとおり、溢水評価及び雰囲気温度評価を行うとともに、必要な対応操作の成立性及び充てん／高圧注入ポンプの機能維持に関して確認した。その結果を以下に示すとともに表1に整理する。

なお、評価においては実際の操作可能時間を考慮し、事象発生から30分後に電動弁の閉操作が完了し漏えいが停止するものとした。

(1) 対応操作の成立性

I S - L O C A 発生時において必要な対応操作については、すべて中央制御室からの操作になるため、I S - L O C A 発生時においても操作できる。

(2) 充てん／高圧注入ポンプ等の機能維持

I S - L O C A 発生時においては、事象収束及び長期冷却継続のため、充てん／高圧注入ポンプ、主蒸気大気放出弁、補助給水ポンプ、加圧器逃がし弁の他、電動弁の機能に期待している。

それらの機器のうち、長期冷却継続のためにその機能に期待する充てん／高圧注入ポンプについて関連計装品を含め I S - L O C A 発生時においてもその機能が維持されることを、以下 a.~c.のとおり確認した。

また、充てん／高圧注入ポンプ以外の機器についても、関連計装品を含め I S - L O C A 発生時においてもそれらの機能が維持されることを確認しており、それらの結果を表1に整理する。

a. 溢水による影響（別紙-1 参照）

充てん／高圧注入ポンプは原子炉補助建屋の E.L.+17.0m に設置されており、上階である E.L.+20.1m で発生する漏えい水が伝播する事を考慮しても、同機器室入口に設置されている堰を超える溢水は生じない事から、溢水による影響は生じない。また、関連計装品についても機能維持されることを確認して