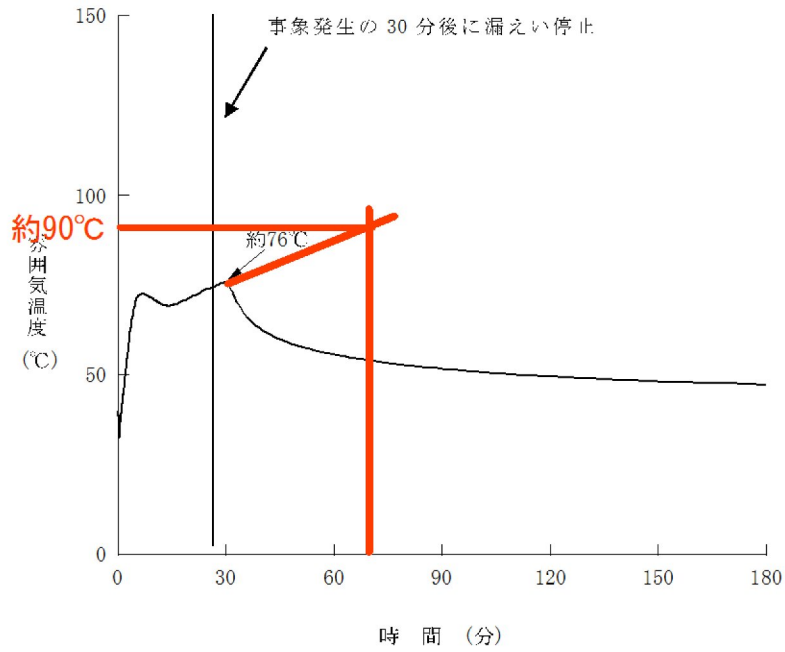
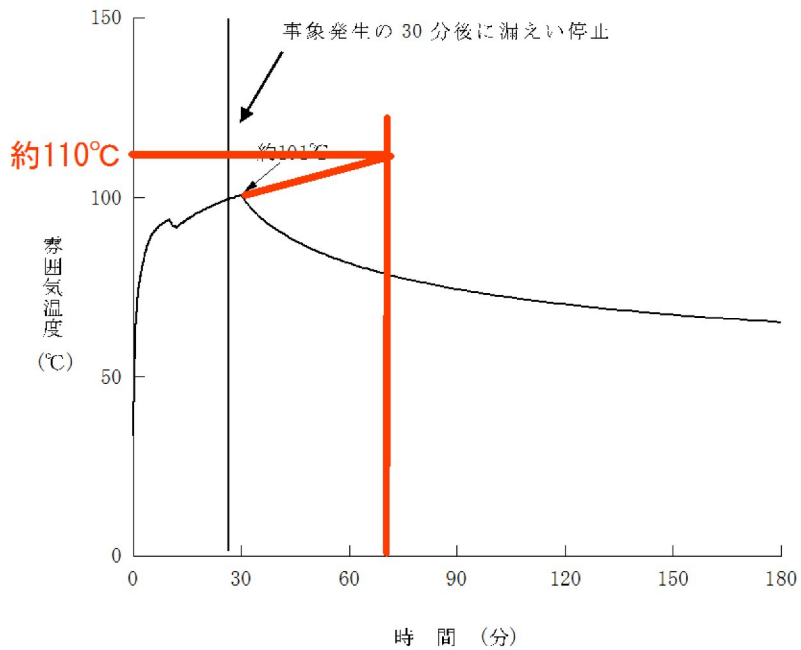


高浜 2 号機 各機器の設置区画における雰囲気気温度の推移



余熱除去ポンプ入口弁以外の機器の設置区画雰囲気気温度評価結果



余熱除去ポンプ入口弁設置区画雰囲気気温度評価結果

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

高浜3、4号炉においてインターフェイスシステムLOCA（以下、「ISLOCA」という。）が発生時した場合、図1に示すとおり、主蒸気逃がし弁による1次冷却系急速冷却、加圧器逃がし弁の開放による1次系減圧操作の他、余熱除去ポンプ入口弁に設置されたツインパワー弁（以下、「ツインパワー弁」という。図2参照）を遠隔閉止することにより余熱除去系統を隔離し、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。

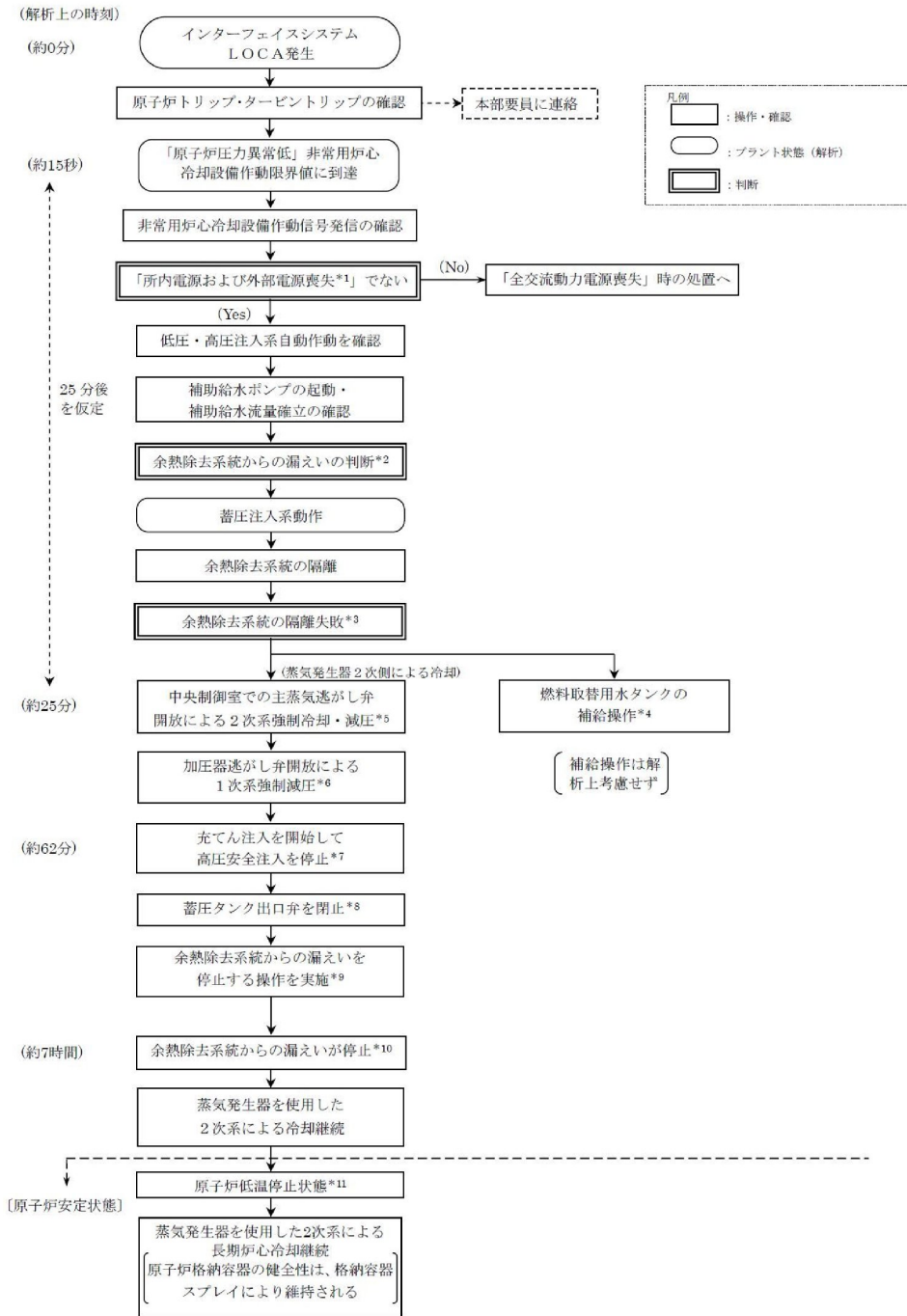
以下に、漏えいが発生している余熱除去系統を隔離するためのツインパワー弁の閉止操作の成立性について説明する。また、その他の対応操作の成立性についても合わせて説明する。

1. ツインパワー弁の閉止操作手順

ISLOCA発生時において必要な対応操作のうち、ツインパワー弁の閉止操作を除いては、全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の通り事象発生7時間後にツインパワー弁による閉止操作が完了することを想定しているが、実際の操作としては早期の流出停止を目的として、1次系圧力を監視しつつ準備が整い次第、操作を実施することとし、事象発生から1時間以内に閉止することが可能である（別紙3）。

その操作手順は以下のとおりであり、また、ツインパワー弁の遠隔操作場所を図3に、ツインパワー弁の設置場所及び中央制御室から操作場所へのアクセスルートを図4に示す。

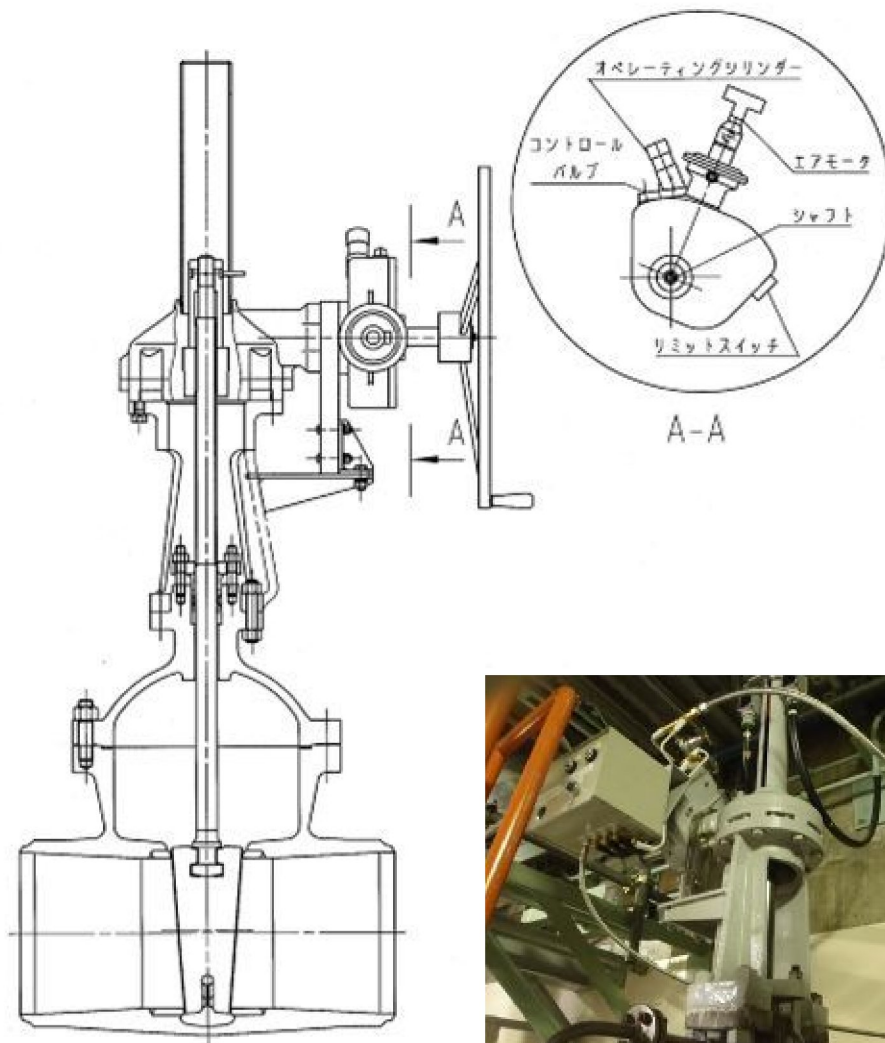
- ① 運転員1名が中央制御室から EL.10.5m のツインパワー弁操作場所へ移動する。
- ② 操作場所において N2 ボンベを接続し N2 ラインの弁を開放することによりツインパワー弁を遠隔閉止する。



- *1 : 全ての非常用母線およ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RMS、格納容器内RMS、蒸気発生器関連RMS、加圧器水位・圧力、補助建屋サンプタンク水位、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(ほう酸タンク・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脱塩塔経由等
- *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次系強制冷却による1次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 : 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
- *8 : 1次冷却材圧力が0.6MPa(gage)になれば閉止する
- *9 : 隔離は余熱除去ポンプ入口弁閉止で可能と想定する
- *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・水位、1次冷却材圧力、充てん流量、原子炉水位および燃料取替用水タンク水位等の挙動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又は低下傾向

図1 ISLOCA発生時の対応手順の概要

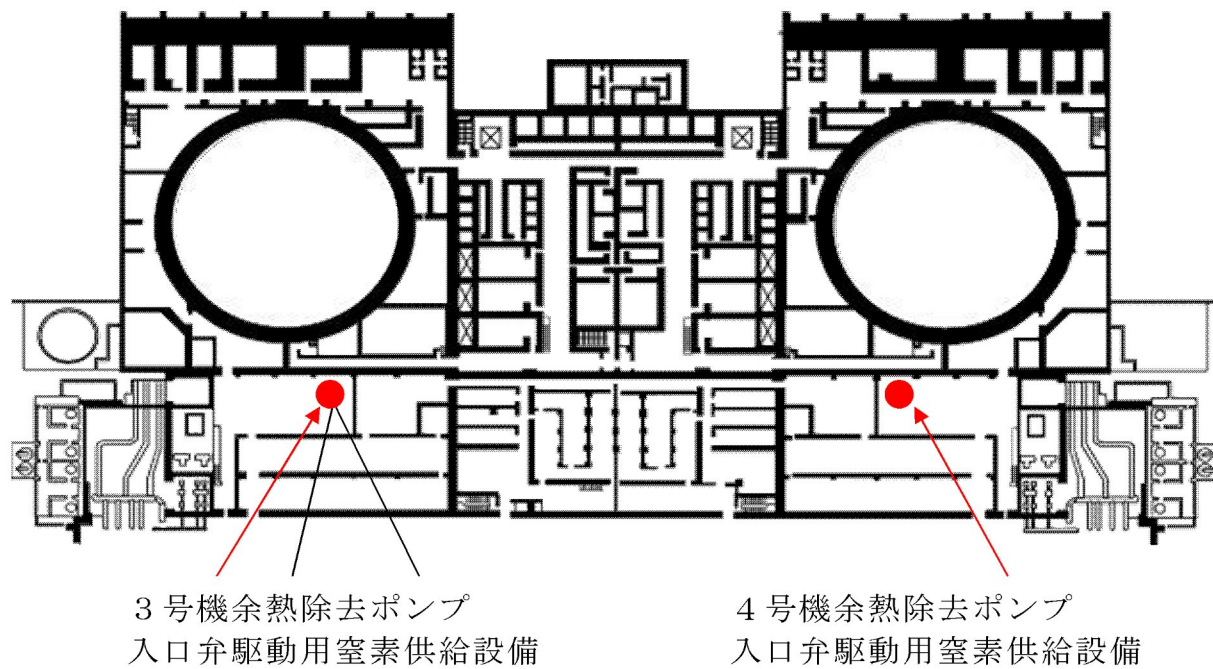
(重大事故等対策の有効性評価より抜粋)



4 A 余熱除去ポンプ入口弁
(4V-RH-003A)

図2 ツインパワー弁構造図

建屋図 EL. 10.5m

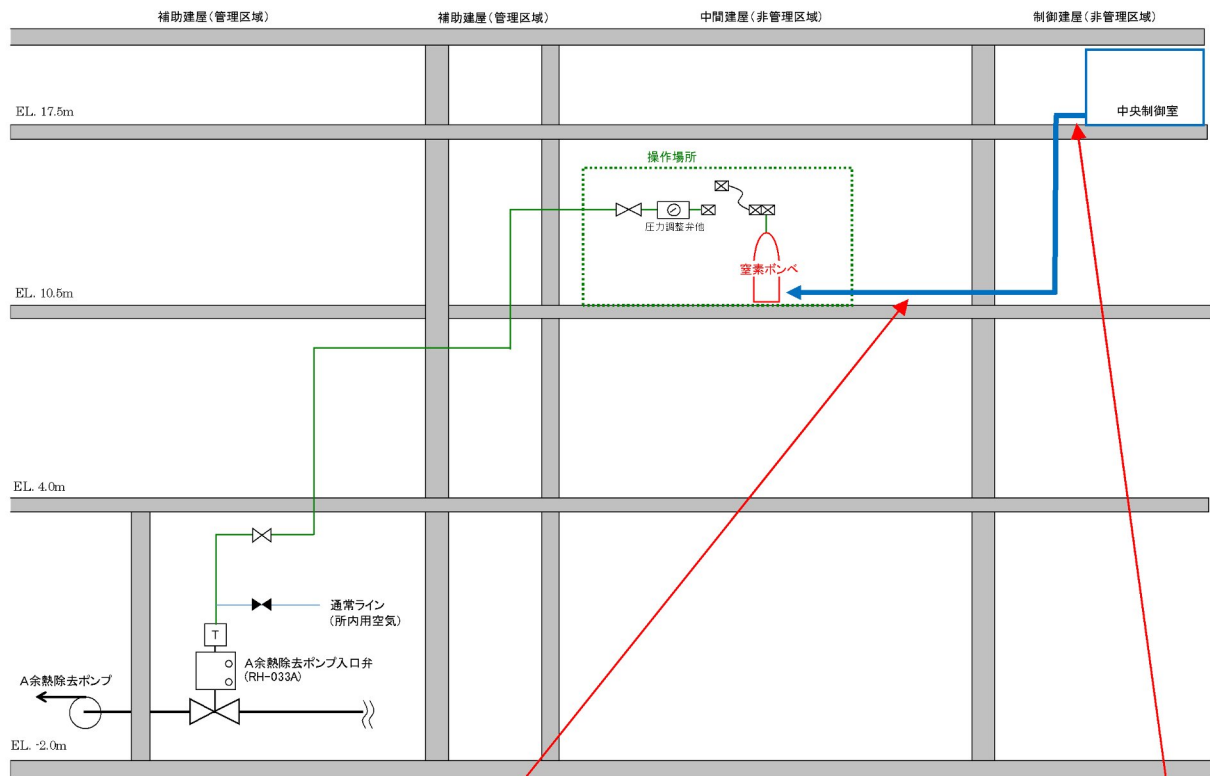


3号機余熱除去ポンプ入口弁
駆動用窒素ボンベ



3号機余熱除去ポンプ入口弁
窒素供給圧力調整弁

図3 ツインパワー弁操作場所及び駆動用ボンベ



中間建屋 EL. 10.5m



制御建屋 EL. 17.5m

図4 ツインパワー弁操作場所へのアクセスルート (3号機の例)

2. 余熱除去系統からの漏えい箇所及び漏えい量

余熱除去系統からの漏えい箇所は、ISLOCA 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、余熱除去冷却器、余熱除去ポンプ入口逃がし弁（3/4V-RH-005A,B、以下、「入口逃がし弁」という。）余熱除去冷却器出口低温側逃がし弁（3/4V-RH-025A,B 以下、「出口低温側逃がし弁」という。）及び余熱除去冷却器出口高温側逃がし弁（3/4V-SI-204、以下、「出口高温側逃がし弁」という。）を想定した。漏えいを想定する箇所を図 5 に示す。また、漏えい量は、ISLOCA の有効性評価における 1 時間後までの解析結果から、以下のとおりに推移する。（図 6 参照）

- ① ISLOCA 発生時、高温・高圧の 1 次冷却材が余熱除去系統に流入し、入口逃がし弁（吹出し圧力：、吹止り圧力：）及び出口低温側・高温側逃がし弁（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、余熱除去冷却器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統からの漏えい量も徐々に低下する。
- ③ その後、余熱除去系統を 1 次冷却材系統から隔離するために、ツインパワー弁の閉止操作を開始する。ツインパワー弁は、1 次冷却材系統の圧力が十分低下していると想定される事象発生 30 分後から駆動用 N2 ボンベ操作を開始し、その 30 分後に漏えいを停止することが可能である。ここで、ツインパワー弁閉止後も隔離されていない漏えい弁が 2 個存在するが、事象発生後 1 時間時点で 1 次冷却材系統内の圧力は弁の最高使用圧力（4.1MPa）を十分下回る 1 MPa 以下に低下し、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。（図 7 参照）

内は機密に属する事項ですので公開できません

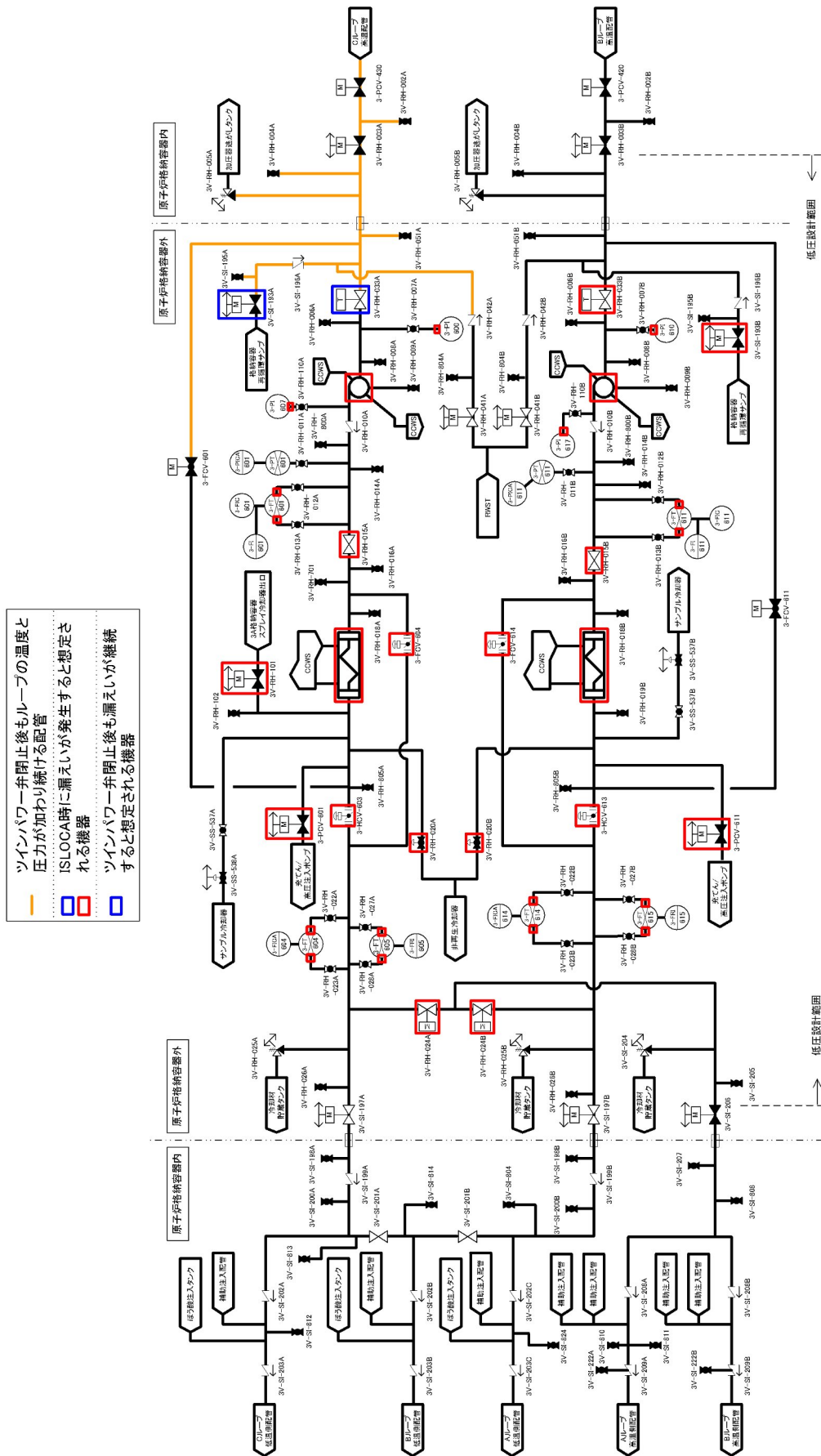


図5 高浜3号炉におけるISLOCA発生時に漏えいが発生すると想定される機器及びツインパワー弁閉止後も漏えいが継続すると想定される機器（4号機も同様）

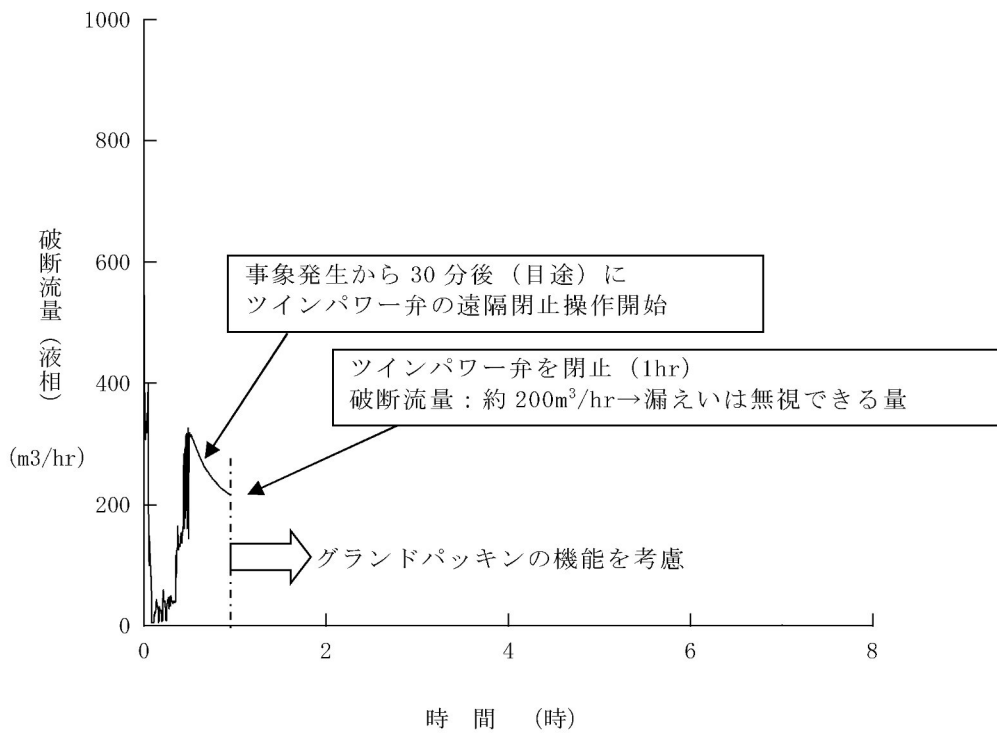


図6 余熱除去系統からの漏えい量 (格納容器外への漏えい量)

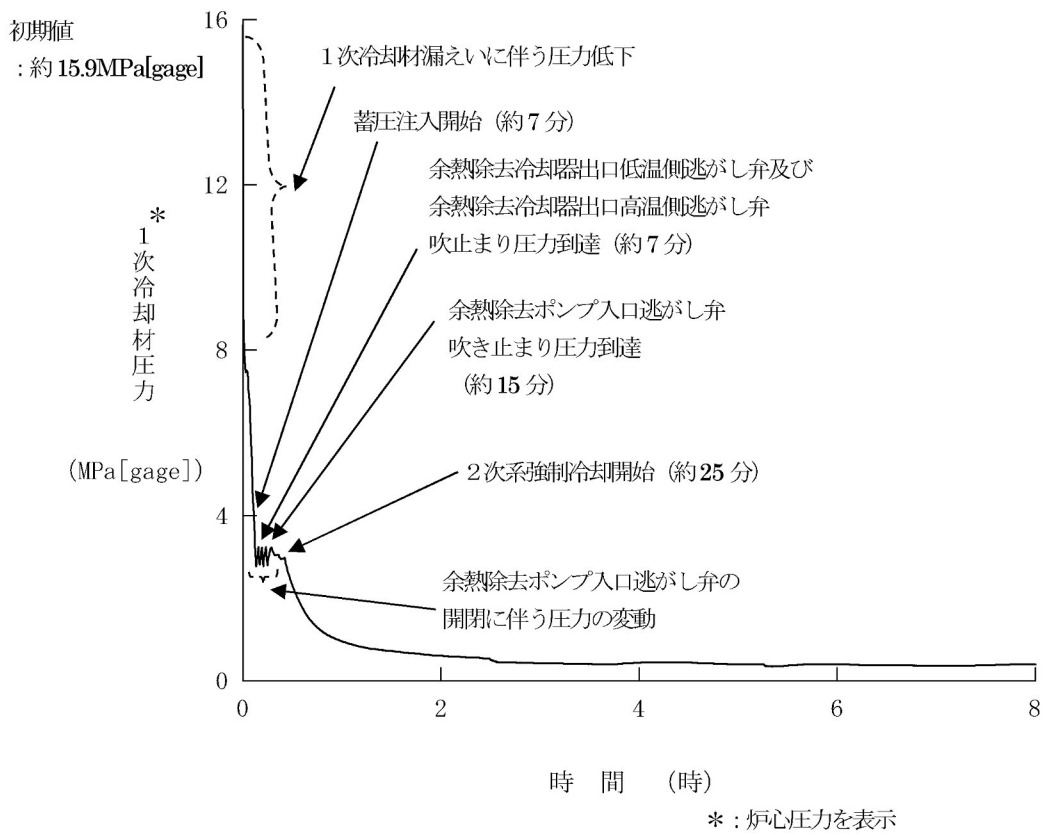


図7 1次冷却材圧力

3. ISLOCA 発生時の対応操作の成立性

ISLOCA 発生時においては、原子炉補助建屋内に漏えいした水の滞留、高温の水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ツインパワー弁の操作性や炉心水位を回復するための充てん／高圧注入ポンプ等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／高圧注入ポンプ等の機能維持に関して確認した。その結果を以下(1)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1時間後にツインパワー弁の閉止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

ISLOCA 発生時において必要な対応操作のうち、ツインパワー弁の閉止操作を除いては、全て中央制御室からの操作によるため、ISLOCA 発生時においても操作可能である。

ツインパワー弁の閉止操作に関しても、以下 a.～c.のとおり操作可能であることを確認した。

a. 溢水による影響（別紙－1 参照）

ツインパワー弁の遠隔操作場所は2次系（非管理区域）の EL.10.5M であり、アクセスルートも含めて溢水の影響を受けないため、その操作は可能である。

b. 雰囲気温度の影響（別紙－2 参照）

ツインパワー弁の遠隔操作場所は2次系（非管理区域）の EL.10.5M であり、アクセスルートも含めて溢水による建屋内雰囲気温度上昇の影響を受けないため、その操作は可能である。

c. 放射線による影響

ツインパワー弁の遠隔操作場所は2次系（非管理区域）の EL.10.5M であり、アクセスルートも含めて放射線による影響を受けないため、その操作は可能である。

(2) 充てん/高圧注入ポンプ等の機能維持

ISLOCA 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、主蒸気逃がし弁、補助給水ポンプ及び加圧器逃がし弁の他、ツインパワー弁及びツインパワー装置の機能に期待している。

それらの機器のうち、炉心水位回復のためにその機能に期待する充てん/高圧注入ポンプ等について、関連計装品を含め ISLOCA 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 ISLOCA 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 EL.10.5M に設置されており ISLOCA 発生後、他区画からの漏えい水に影響を受けない区画に設置されている。

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。

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。

ツインパワー弁及びツインパワー装置は金属部品で構成されており、溢水の影響を受けない。

b. 雰囲気温度の影響（別紙－2 参照）

充てん/高圧注入ポンプは原子炉補助建屋の EL.10.5M に設置されており ISLOCA 発生後、他区画からの漏えい水に影響を受けない区画に設置されているが、安全補機室内における漏えい蒸気の混合を考慮した場合においても、関連計装品も含め機能維持されることを確認している。

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

ブ等の機能は維持される。

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。

ツインパワー弁及びツインパワー装置は金属部品で構成されており、漏えい蒸気による建屋内雰囲気温度上昇の影響を受けない。

c. 放射線による影響

充てん/高圧注入ポンプ及び関連計装品が、放射線量に対し機能維持されることを確認している。

補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁は直接漏えいが発生しない区画（非管理区域）にあり、扉により溢水箇所と分離されているため、放射線源は一切なく、その機能に影響はない。

加圧器逃がし弁は原子炉格納容器に設置されているが、関連計装品も含め、漏えい箇所である加圧器逃がしタンクとは離れていることから、影響は少ない。

ツインパワー弁は金属部品で構成されており、溢水の影響を受けないため、その機能に影響はない。

(3)実際の対応操作

a. 対応が早くなる場合の成立性

ISLOCA 発生時においては、解析では 7 時間後にツインパワー弁を閉止することにより事象収束することとしているが、実際は移動時間と現場での操作時間を含む 1 時間以内で作業を完了できることを、溢水／雰囲気／放射線の影響の観点で以下のとおり確認した。

○ISLOCA 発生時において必要な対応操作のうち、ツインパワー弁の閉止操作を除いては、全て中央制御室からの操作によるため、ISLOCA 発生時においても操作可能である。

○ツインパワー装置操作場所については、ツインパワー弁の遠隔操作場所は

2次系（非管理区域）の EL.10.5M であるため、アクセスルートも含めて
溢水／雰囲気温度／放射線の影響を受けることはない。

b. 現実的な漏えい量を想定した場合の成立性

実機において ISLOCA が発生した場合、解析で用いた破断面積は下表のと
おり保守的に設定されていることから、実際の漏えい量が少なくなり、事象進
展も遅くなることから、中央制御室での操作の成立性やツインパワー弁の閉止
操作の成立性の観点では余裕が増える方向であり、成立性に問題はない。

	ISLOCA 解析	実際の破断面積
破断面積 (inch ²)	1.93	1.47
等価直径 (inch)	1.6	1.37

表1 ISLOCA時の対応操作の成り立ち確認結果

対応手順	主蒸気逃がし弁による 2次系強制冷却	加圧器逃がし弁による 1次系減圧操作	充てん/高圧注入ポンプによる注水		余熱除去系統からの 漏えいを停止する操作
機器	①主蒸気逃がし弁 ②補助給水ポンプ	加圧器逃がし弁	充てん/高圧注入ポンプ (高圧モード)	充てん/高圧注入 ポンプ (充てんモード)	①ツインパワー弁 ②ツインパワー装置
設置場所	①非管理区域 ②非管理区域	原子炉格納容器内	原子炉補助建屋 EL.10.5m	原子炉補助建屋 EL.10.5m	①原子炉補助建屋 EL.-2.0m ②非管理区域 EL.10.5m
時間	約2.5分～(※1)	—	約40秒～約6.2分(※1)	約6.2分～(※1)	1時間後(※2)
溢水評価	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室からの操作によるため、操作可能である。 主蒸気逃がし弁及び補助給水ポンプは非管理区域に設置されており、関連計装品も含め影響はない。 	<p>同左</p> <ul style="list-style-type: none"> 加圧器逃がし弁はCV内に設置されているが、関連計装品も含め、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。 	<p>同左</p> <ul style="list-style-type: none"> 充てん/高圧注入ポンプが設置された区画では溢水は発生せず、関連計装品も含め影響はない。 	<p>同左</p>	<ul style="list-style-type: none"> ツインパワー弁の遠隔操作場所はアクセスルートも含めて溢水の影響を受けない。 ツインパワー弁、ツインパワー装置は金属部品で構成されており、溢水の影響を受けない。
雰囲気温度評価	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室からの操作によるため、操作可能である。 主蒸気逃がし弁及び補助給水ポンプは非管理区域に設置されており、関連計装品も含め影響はない。 	<p>同左</p> <ul style="list-style-type: none"> 加圧器逃がし弁はCV内に設置されているが、関連計装品も含め、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。 	<p>同左</p> <ul style="list-style-type: none"> 充てん/高圧注入ポンプは直接漏えいが発生しない区画に設置されており、安全補機室内における漏えい蒸気を考慮した場合においても機能維持されることを確認。(雰囲気温度の最高値：約123℃) なお、原子炉補助冷却水が通水されるため、ポンプ本体も機能維持される。 	<p>同左</p>	<ul style="list-style-type: none"> ツインパワー弁の遠隔操作場所はアクセスルートも含めて溢水による建屋内雰囲気温度上昇の影響を受けない。 ツインパワー弁、ツインパワー装置は雰囲気温度に対し機能維持されることを確認しており、影響はない。
放射線量評価	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室からの操作によるため、操作可能である。 主蒸気逃がし弁及び補助給水ポンプは非管理区域に設置されており、関連計装品も含め影響はない。 	<p>同左</p> <ul style="list-style-type: none"> 加圧器逃がし弁はCV内に設置されているが、関連計装品も含め、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。 	<p>同左</p> <ul style="list-style-type: none"> 充てん/高圧注入ポンプ及び関連計装品が、放射線量に対し機能維持されることを確認。 	<p>同左</p>	<ul style="list-style-type: none"> ツインパワー弁の遠隔操作場所はアクセスルートも含めて放射線による影響を受けない。

(※1)：解析上の時間(7時間後に隔離完了を想定)

(※2)：実際の操作可能時間を考慮

上段：機器の操作性
下段：機器の機能維持

ISLOCA 時の溢水評価

1. 漏えい量評価

1.1 漏えい量評価における評価条件

- 有効性評価において想定したとおり、余熱除去系統の弁、余熱除去ポンプ、余熱除去冷却器、入口逃がし弁及び出口逃がし弁から漏えいするものと想定する。
- 弁からの漏えいについては、実機にて漏えいが想定される弁を想定し、漏えい量は ISLOCA の有効性における漏えい量を破断面積比で按分する。
- 漏えい量積分値については事象発生 7 時間後までを確認する。
- 余熱除去系統入口逃がし弁からの流出については、原子炉格納容器内に留まること、出口逃がし弁からの流出については、冷却材貯蔵タンクに貯留されることから、原子炉補助建屋内の溢水評価の他、ツインパワー弁の操作環境に影響しないため考慮しない。

2.2 各区画における漏えい量評価結果

各区画における漏えい量については、各区画における漏えい量の積分値は、図 1 のとおり漏えいを想定する余熱除去冷却器と弁が設置された余熱除去冷却器と弁が設置されている EL.4.0M での漏えい量が最大となった。

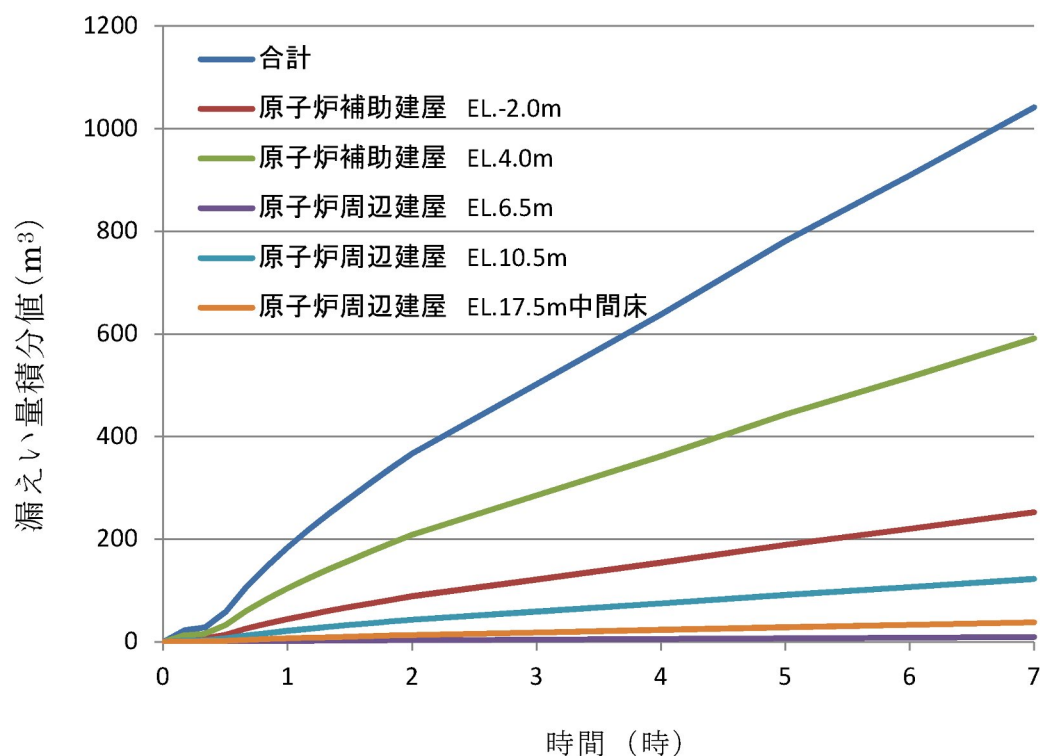


図 1 各区画における漏えい量積分値

3. 水没評価

3.1 水没評価における評価の条件

漏えいが想定される設備の配置と溢水状況について、図 2 に示す。また、機器等の水没評価における主な解析条件は次の通り。

- ・ 「2.2 各区画における漏えい量」にて評価した漏えい水は、床ドレン配管により補助建屋最下層に集液され、そののちに原子炉補助建屋サンプタンクに集まると想定されるが、その容量は約 10m³ であるため床ドレン配管を逆流し、原子炉補助建屋 EL.-2.0M の安全通路に滞留する。
- ・ 水没評価においてはツインパワー弁の閉止操作が完了することにより漏えいが停止する 1 時間後までの評価を行う。

3.2 水没評価結果

各区画を含む各階の溢水評価を図 3～図 6 に示す。

なお、図 3～図 6 の結果は高浜 3 号炉であるが、区画及び区画内の機器がミラー配置である高浜 4 号炉については同じ結果となる。

また、補助建屋内で発生した漏えい水は床ドレン配管により原子炉補助建屋最下層に集液され、原子炉補助建屋 EL.-2.0M の水位は徐々に上昇するが、ツインパワー弁を閉止することにより漏えい量は無視できる程度に低減する。

(1) ツインパワー弁及びツインパワー装置への影響

図 2 に示すとおり、ツインパワー弁の遠隔操作場所は 2 次系（非管理区域）の EL.10.5M であり、アクセスルートも含めて溢水の影響を受けないため、その操作は可能である。なお、ツインパワー弁は金属部品で構成されており、溢水の影響を受けない。

(2) 充てん／高圧注入ポンプ等への影響

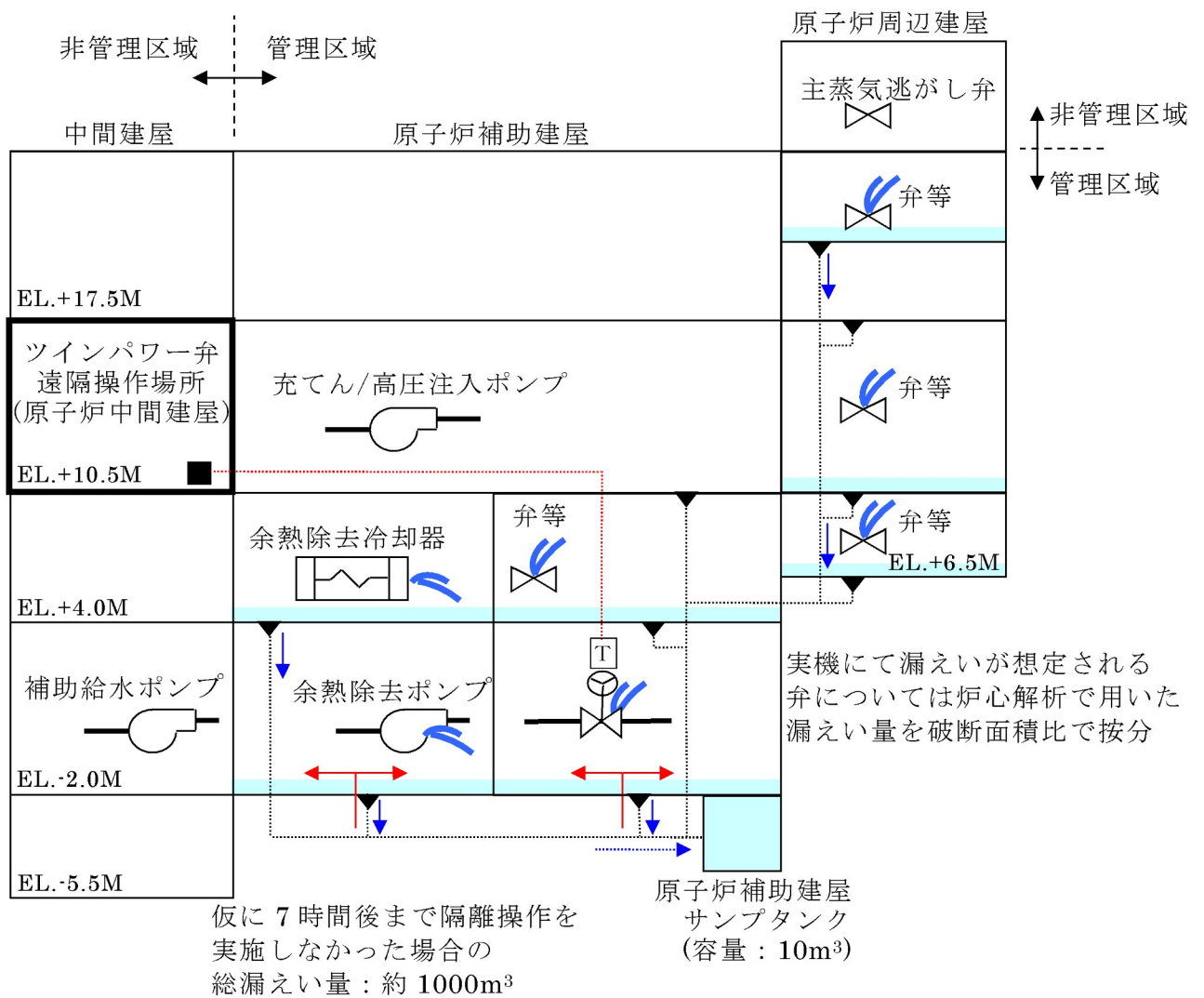
図 2、図 5 に示すとおり、充てん／高圧注入ポンプは原子炉補助建屋の EL.10.5M に設置されており、ISLOCA 発生後、他区画からの漏えい水に影響を受けない区画に設置されていることから、溢水による影響はない。

(3) 補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁への影響

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。

(4) 加圧器逃がし弁への影響

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。



<評価上の想定>

- ①各区画での漏えい量を求め、床ドレンへの漏えいを想定 (青色矢印)
- ②原子炉補助建屋サンプの満水に伴い、床ドレンを逆流することで EL.-2.0m のフロアが溢水することすることを想定 (赤色矢印)

図 2 溢水状況概要図

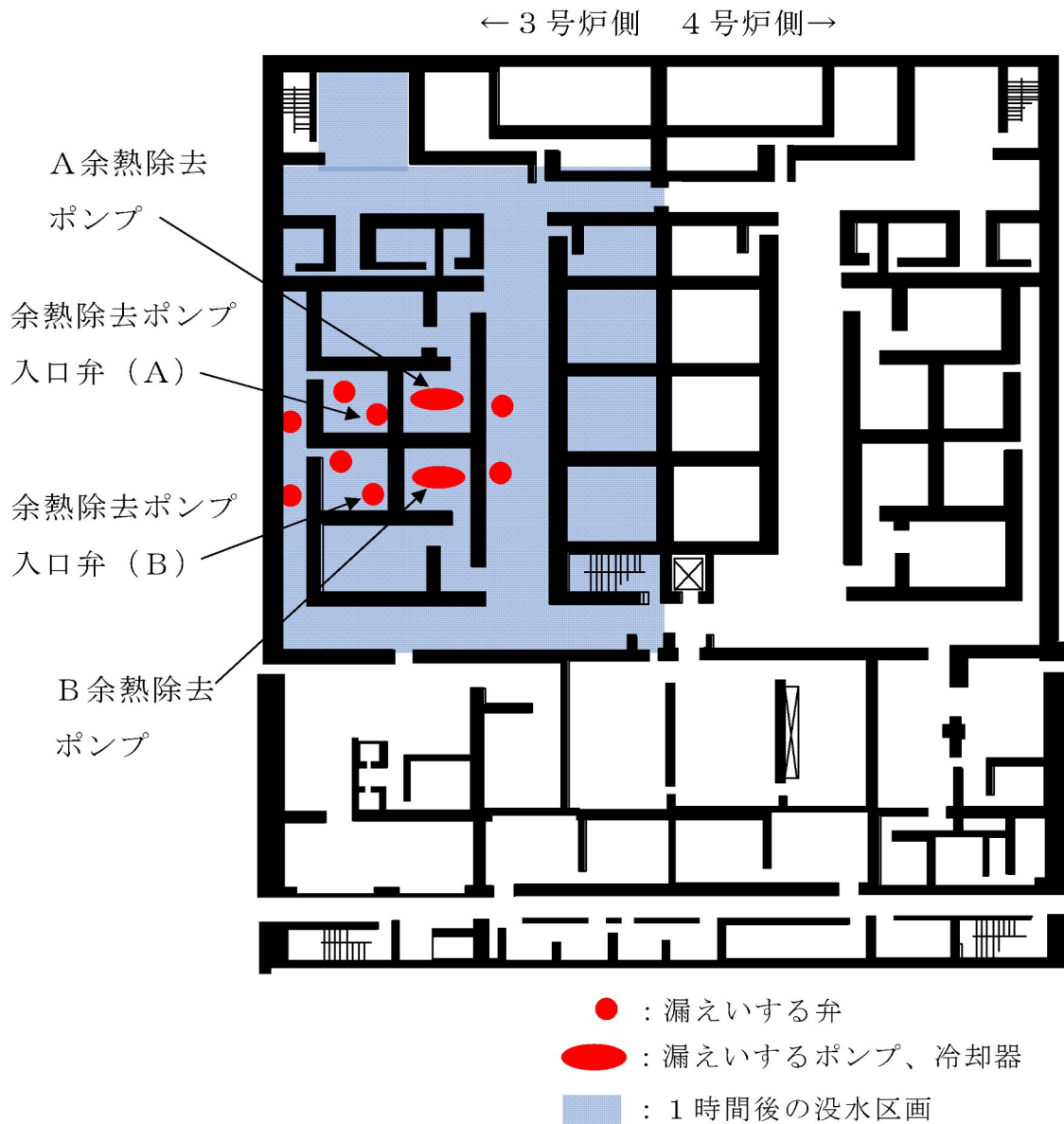


図3 溢水評価結果（原子炉補助建屋 EL.-2.0M）

<評価結果>

上層フロア

最下層フロアである EL.-2.0M において、1時間後の没水水位は約 0.28m となる。

（漏えい水量／床面積より求めた値）



図4 溢水評価結果 (原子炉補助建屋 EL.4.0M)

<評価結果>

原子炉補助建屋 EL.4.0M において発生した漏えいについては、一部は発生区画内に滞留するものの、多くはドレン配管を通過して下層の EL.-2.0M に伝播する。

(伝播した漏えい水は EL.-2.0M で発生した漏えい水量に加算し、EL.-2.0M の没水水位を算出している。)

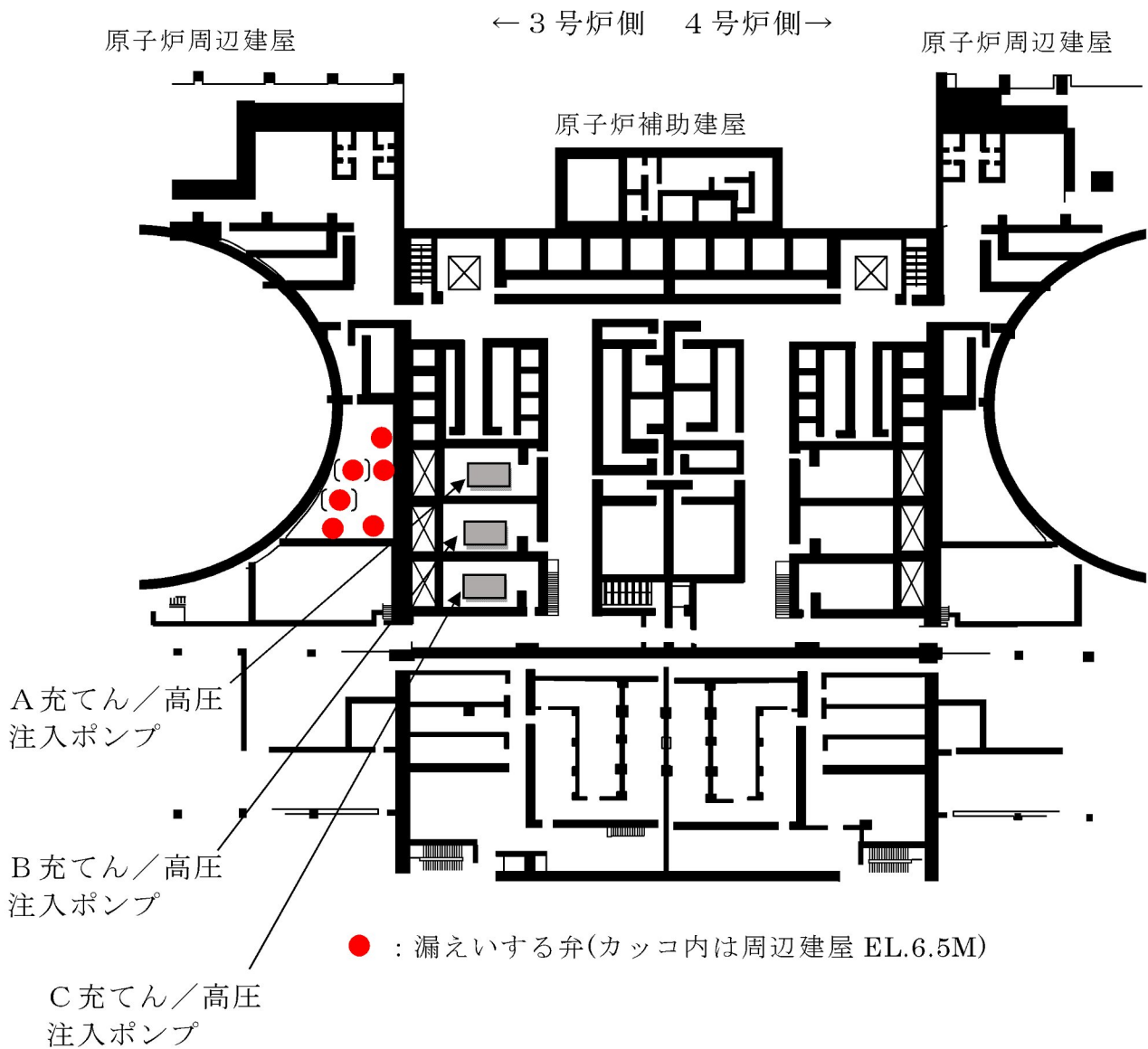


図5 溢水評価結果（原子炉補助建屋 EL.10.5M、周辺建屋 EL.10.5M,6.5M）

<評価結果>

原子炉周辺建屋 EL10.5M 及び EL.6.5M で発生した漏えいについては、ドレン配管を
 通って最終的には下層の EL.-2.0M に伝播する。

（伝播した漏えい水は EL.-2.0M で発生した漏えい水量に加算し、EL.-2.0M の没水
 水位を算出している。）

← 3号炉側 4号炉側 →

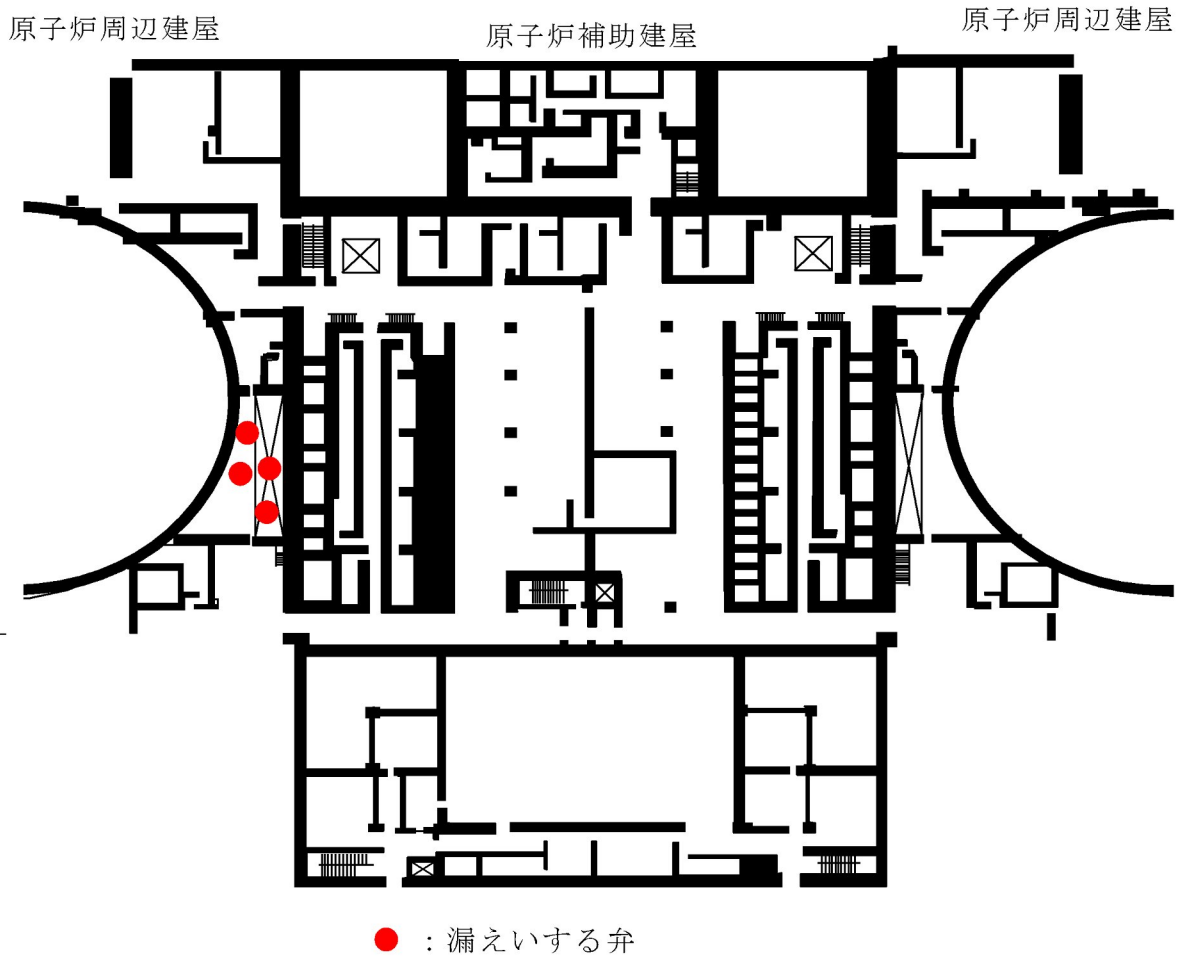


図6 溢水評価結果（原子炉周辺建屋 EL.17.5M）

<評価結果>

原子炉周辺建屋 EL.17.5M で発生した漏えいについては、ドレン配管を通して最終的には下層の EL.-2.0M に伝播する。

（伝播した漏えい水は EL.-2.0M で発生した漏えい水量に加算し、EL.-2.0M の没水水位を算出している。）

ISLOCA 時の雰囲気温度評価

1. 評価条件

安全補機室内における雰囲気温度については、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 GOTHIC により解析評価を実施した。

解析は、ISLOCA 時に機能維持が必要な充てん／高圧注入ポンプが設置されている充てん／高圧注入ポンプ室内に漏えい機器が無いことを勘案し、当該ポンプ室の温度を高め評価するために、安全補機室全体を1区画として漏えいが生じる区画とその他の区画の雰囲気が瞬時に混合すると仮定した評価(以下、1ノード評価という。)を実施した。

【評価条件】(図1参照)

- ・ A 系統と B 系統はタイラインで接続されており、一方の系統で ISLOCA が発生するともう片方の系統にも影響することから、本評価では漏えいは A 系統と B 系統の 2 系統で発生するものと仮定する。
- ・ ツインパワー弁の閉止が完了する事象発生から 1 時間後まで、漏えいは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。
- ・ 安全補機室全体を 1 区画として、漏えいが生じる区画とその他の区画の雰囲気が瞬時に混合すると仮定する。

2. 雰囲気温度評価結果

(1) ツインパワー弁及びツインパワー装置への影響

図2に示すとおり、ISLOCA 発生初期には、高温の水及び蒸気の漏えいに伴い建屋全体の雰囲気温度は約 123℃まで上昇するが、コンクリート壁のヒートシンクの効果及び事象発生から 1 時間後のツインパワー弁閉止完了以降は低下傾向となる。なお、ツインパワー弁は金属部品で構成されており、高温の水及び漏えい蒸気における動作への影響を受けないと考えられる。(別添－1参照)

ツインパワー弁の遠隔操作場所は 2 次系(非管理区域)の EL.10.5M であり、アクセスルートも含めて溢水による建屋内雰囲気温度上昇の影響を受けないため、その操作は可能である。

(2) 充てん／高圧注入ポンプへの影響

図2に示すとおり、ISLOCA発生初期には、高温の水及び蒸気の漏えいに伴い建屋全体の雰囲気温度は約123℃まで上昇するが、事象発生から1時間後のツインパワー弁閉止により低下する。また、充てん／高圧注入ポンプ電動機及び関連計装品が、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、充てん／高圧注入ポンプについては原子炉補機冷却水が通水されるためポンプ本体も機能維持される。

(3) 補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁への影響

補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁は非管理区域に設置されているため、漏えいによる影響が無いことから、雰囲気温度が上昇することはなく補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁の機能は維持される。

(4) 加圧器逃がし弁への影響

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、雰囲気温度が上昇することはなく影響は少ない。

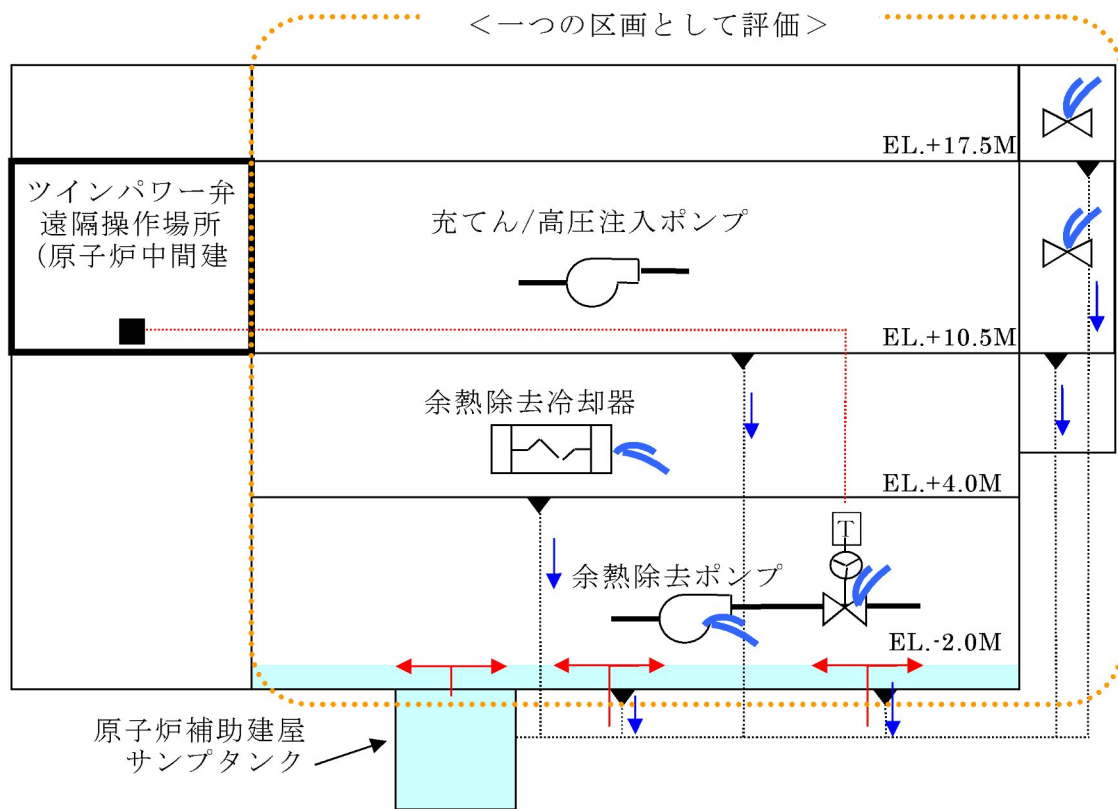


図1 雰囲気温度評価の概念図

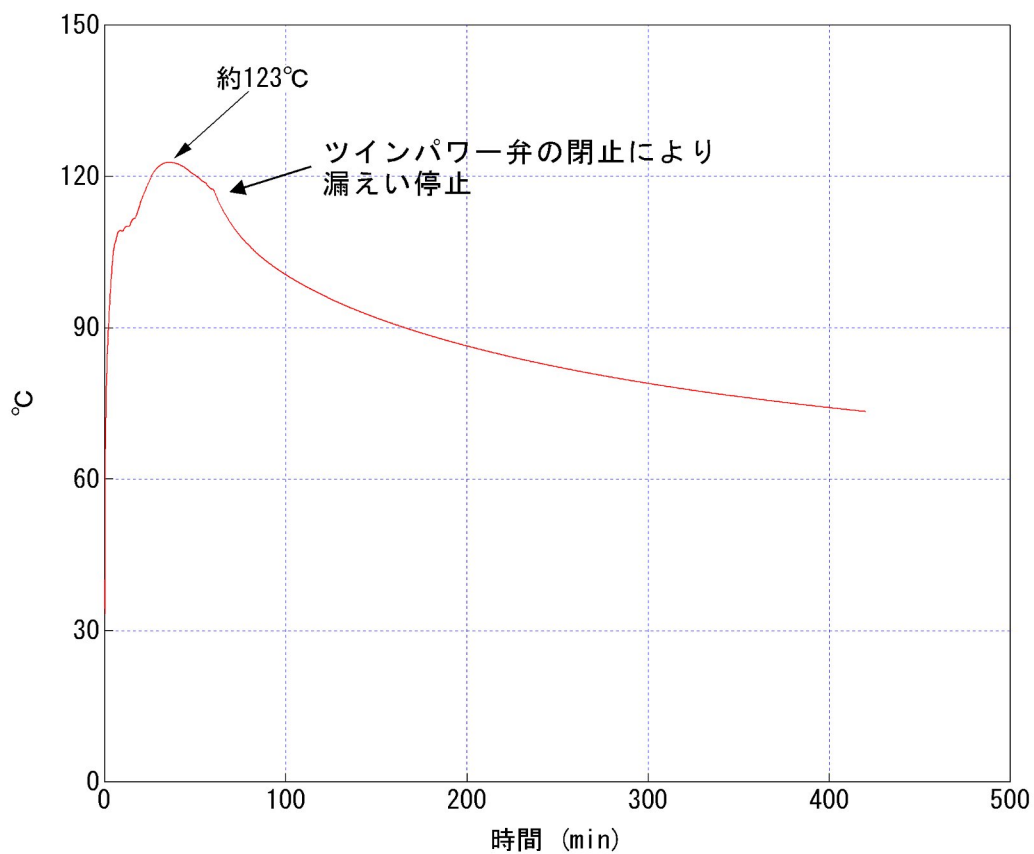


図2 建屋内雰囲気温度評価結果 (1ノード評価)

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60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、事象判断から余熱除去ポンプの隔離まで10分以内にできること、および2次系急速冷却後に実施する余熱除去系の隔離(余熱除去ポンプ入口弁であるツインパワー弁)のための現場対応操作を30分以内に実施できる(実績:約19分)ことを確認している(別添－2)。2次系急速冷却単体の操作としては「力量維持向上のための教育訓練」では個別には実施していないものの、通常の弁操作であり他の現場対応手順教育や通常のシミュレータ訓練でも操作を行っていることから対応操作は可能である。また、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は約3分である(別添－3)。

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－4)。

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の必要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、重要事故シーケ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の重要事故シーケンスについて、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ケ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）～ 余熱除去ポンプの隔離（20分） 【別添－1：ステップ 2～8】	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－4 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 次系急速冷却開始（25 分）～ 余熱除去系の隔離（余熱除去ポンプ入口弁閉止を除く） 【別添－1：ステップ 18～20】	—		通常の弁操作であり他の現場対応手順教育や通常のシミュレータ訓練でも操作を行っている。
余熱除去系の隔離操作のうち、 余熱除去ポンプ入口弁閉止操作（60 分） 【別添－1：ステップ 21】	別添－2 のとおり、余熱除去系の隔離（余熱除去ポンプ入口弁であるツインパワー弁）のための現場対応操作を 30 分以内実施できることを確認。	—	—

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。

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)		経過時間(時)		備考				
	要員(名) (作業に必要な要員数) 【】は作業前後移動してきた要員	手順の内容	10	20	30	40		50	60	70	80
状況判断	当直要員、当直主任 1 3時 14時	手順の内容 ●号炉ごと、運転操作指揮 ●原子炉トリップ・タービントリップ確認 ●所内電源及び外部電源の確認 ●安全注入自動作動確認 ●余熱除去システムからの漏えいの判断(中央制御室確認) ●加圧器過かし弁開放 ※1(中央制御室確認)	約25分	約92分	約7時	約7時	約7時	約7時	約7時	約7時	約7時
1次系強制減圧操作	運転員A 【1】	●燃料取替用水タンクからの隔離操作 → [区画へ] ●余熱除去システムの燃料取替用水タンクからの隔離操作 → [区画へ] ●系統系列の余熱除去系統隔離操作 → [区画へ]	5分	30分	【対応操作】 手順フローのステップ9までを実施	【対応操作】 手順フローのステップ19～21を実施	※1: 燃料取替用水タンクを隔離し、必要に応じて隔離する。一部の燃料は、管に漏れしないうちに隔離しない。	約7時	約7時	約7時	約7時
余熱除去系統の分種(隔離)操作	運転員B 【1】	●補助給水ポンプ駆動確認、補助給水量確認 ●主蒸気過かし弁開放操作(中央制御室確認)	5分	30分	【対応操作】 手順フローのステップ11を実施	【対応操作】 手順フローのステップ12を実施	2次系強制冷却が、降圧上、期待している約25分までに実施できる。	約7時	約7時	約7時	約7時
2次系強制冷却操作	運転員B 【1】	●燃料取替用水タンク精給ラインアップ操作(班員操作) ●燃料取替用水タンク精給操作(中央制御室確認)	5分	30分	【対応操作】 手順フローのステップ16を実施	【対応操作】 手順フローのステップ12を実施	※2: 余熱除去系統隔離操作を適宜実施する。	約7時	約7時	約7時	約7時
燃料取替用水タンク精給操作(降圧上考慮見ず)	運転員D 1	●燃料取替用水タンク精給操作 → [区画へ]	5分	30分	【対応操作】 手順フローのステップ11を実施	【対応操作】 手順フローのステップ12を実施	※3: 燃料取替用水タンクを隔離し、必要に応じて隔離する。一部の燃料は、管に漏れしないうちに隔離しない。	約7時	約7時	約7時	約7時
充てん開始、安全注入停止操作	運転員B 【1】	●充てん注入開始操作 → [区画へ] ●高圧安全注入停止操作(中央制御室確認)	5分	30分	【対応操作】 手順フローのステップ16を実施	【対応操作】 手順フローのステップ12を実施	※4: 電源確認、機能喪失した機器の復旧作業 ※4(班員操作)	約7時	約7時	約7時	約7時
蓄圧タンク出口弁閉止	運転員B 【1】	●蓄圧タンク出口弁閉止(中央制御室確認)	5分	30分	【対応操作】 手順フローのステップ16を実施	【対応操作】 手順フローのステップ12を実施	※5: 電源確認、機能喪失した機器の復旧作業 ※4(班員操作)	約7時	約7時	約7時	約7時
電源盤確認・復旧操作	運転員C 【1】	●電源盤確認・復旧操作 ※3(班員操作)	5分	30分	【対応操作】 手順フローのステップ16を実施	【対応操作】 手順フローのステップ12を実施	※6: 電源確認、機能喪失した機器の復旧作業 ※4(班員操作)	約7時	約7時	約7時	約7時
機器の復旧作業	保健師門員 —	●電源盤確認・機能喪失した機器の復旧作業 ※4(班員操作)	5分	30分	【対応操作】 手順フローのステップ16を実施	【対応操作】 手順フローのステップ12を実施	※7: 電源確認、機能喪失した機器の復旧作業 ※4(班員操作)	約7時	約7時	約7時	約7時

上記要員に加え、本部要員6名にて関係各所に連絡連絡を行う。
なお、各設定時間は操作確認、操作条件並びに実際の現場移動を含む作業時間等を考慮した上で概折上の設定と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、運転員が概折上設定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。(一部の機器については規定時間により算出)

第 7.1.8.7 図 「格納容器バイパス」の作業と所要時間
(インターフェイスシステム LOCA)

高浜発電所 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、中央制御室での模擬操作またはシミュレータ設備の対応にて確認する。
 ※2：高浜発電所 第一発電室員も対象
 ※3：高浜発電所 第一発電室員のみ対象

手順の項目	手順詳細	操作場所 ※1 要員数	想定時間(分)			使用教材
			移動	操作	合計	
実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準						
1.1 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未監視にするための手順等						
原子炉手動トリップ						
1.1.1	手動による原子炉緊急停止	中央2名	1	15	18	
	MGセクト電源断(所内母線しや断器開放)		2			
	制御棒手動挿入		8			
	移動		3			
	MGセクトしや断器現場開放		3			
	原子炉トリップしや断器現場開放		10			
1.1.2	原子炉出力抑制(自動)	中央1名	1			
	ATWS緩和設備の作動確認		1			
1.1.3	原子炉出力抑制(手動)	中央2名	1			
	主蒸気隔離弁開操作		1			
	電動及びタービン動補助給水ポンプの手動起動操作		5			
1.1.4	ほう液水注入	中央1名				
	系統構成					
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						
1.2.1	1次冷却系のプライムアップ	中央1名	-			
	中央対応操作					
1.2.2	タービン動補助給水ポンプ(現場手動操作)及びタービン補助給水ポンプ起動弁(現場手動操作)によるタービン動補助給水ポンプの機能回復	現場2名	9	6	20	
	移動		2			
	スターティングレバー操作		3			
	ポンプ起動操作					
1.3 原子炉冷却材圧力バウンダリを補圧するための手順等						
1.3.1	主蒸気逃がし弁(現場手動操作)による主蒸気逃がし弁の機能回復	現場3名	7	8	15	
	移動					
	閉操作					
	系統構成					
	主蒸気逃がし弁開操作					
1.3.2	蒸発タンク(主蒸気逃がし弁作動用)による主蒸気逃がし弁開操作	中央1名	9	10	29	
	移動		5			
	系統構成					
	ライン弁圧					
	系統状態確認					
1.3.3	蒸発タンク(加圧器逃がし弁作動用)による加圧器逃がし弁の機能回復	中央1名	5	5	10	
	加圧器逃がし弁開操作					
	移動					
	系統構成					
1.3.4	可搬式空気圧縮機(加圧器逃がし弁作動用)による加圧器逃がし弁の機能回復	中央1名	14	16	30	
	移動					
	系統構成					
	系統状態確認					
1.3.5	可搬式空気圧縮機(加圧器逃がし弁作動用)による加圧器逃がし弁の機能回復	現場1名	7	23	30	
	移動					
	系統準備					
	給電操作					
1.3.6	蒸気発生器伝導管破損発生時の手順	中央1名	2	2	4	
	中央対応操作(破損SG隔離操作等)					
	現場対応操作(破損SG隔離弁閉鎖操作等)					
1.3.7	インターフェースシステムLOCA発生時の手順	中央	10	10	20	
	現場対応操作(破損系列の余熱除去系列隔離操作等)					
	現場対応操作(蒸気発生器、加圧器逃がし弁による減温減圧操作等)					
	現場対応操作(破損系列の余熱除去系列隔離操作等)					

中央操作10分：
 余熱除去系統隔離操作10分(←訓練での確認事項)
 +補助給水系統確認・主蒸気逃がし弁開放操作5分(←通常操作のため本訓練の対象外)
 ⇒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、模擬操作訓練を実施している。

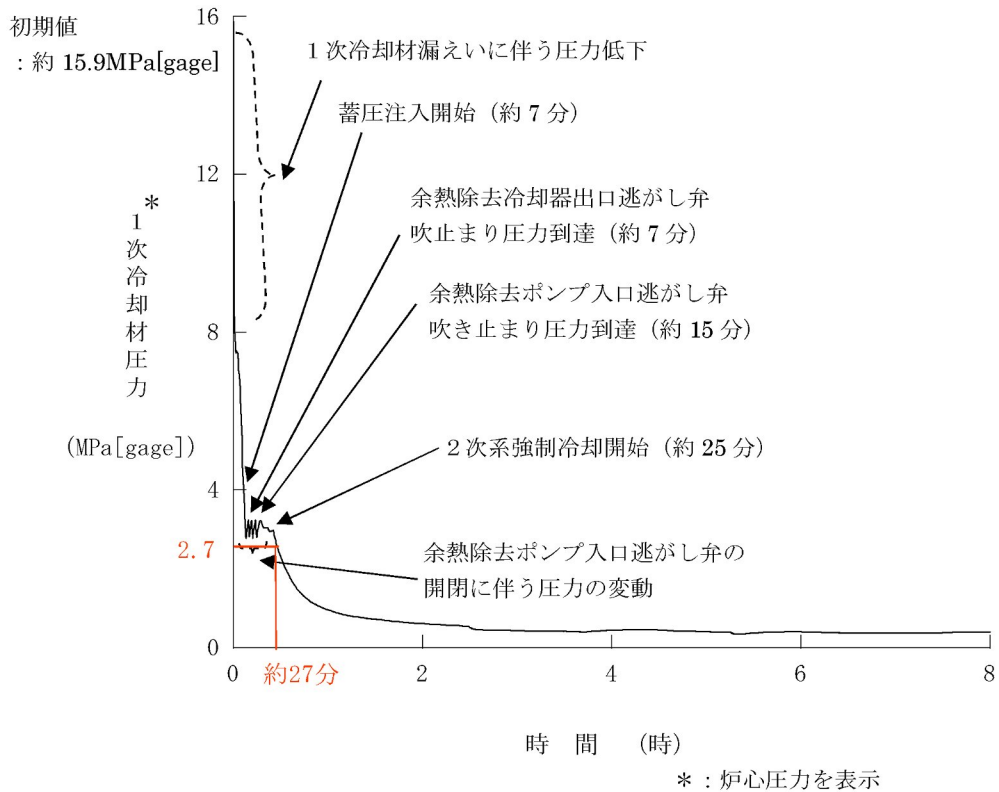
現場操作30分：
 余熱除去ポンプ入口弁操作を30分以内に実施することを机上教育、現場模擬操作訓練を実施している。

「緊急発生器伝導管破損発生時の手順」
 「インターフェースシステムLOCA発生時の手順」

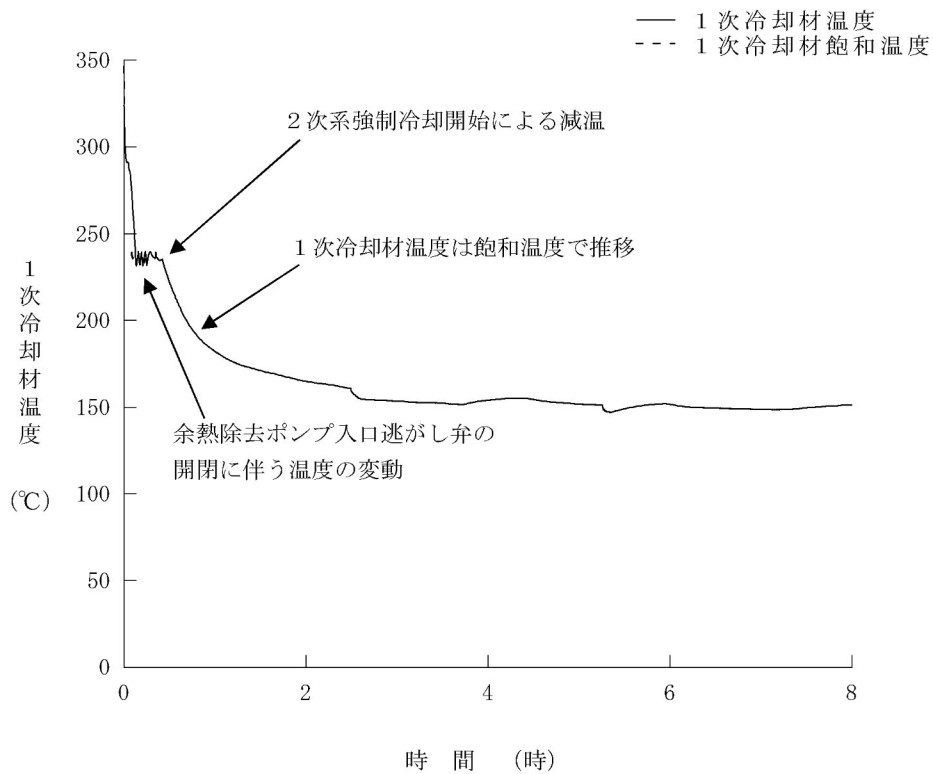
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

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。

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。



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)

10-7-378

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、類似性および網羅性の観点から選定したシーケンスを対象とする。
- (2) 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. 成立性確認内容

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

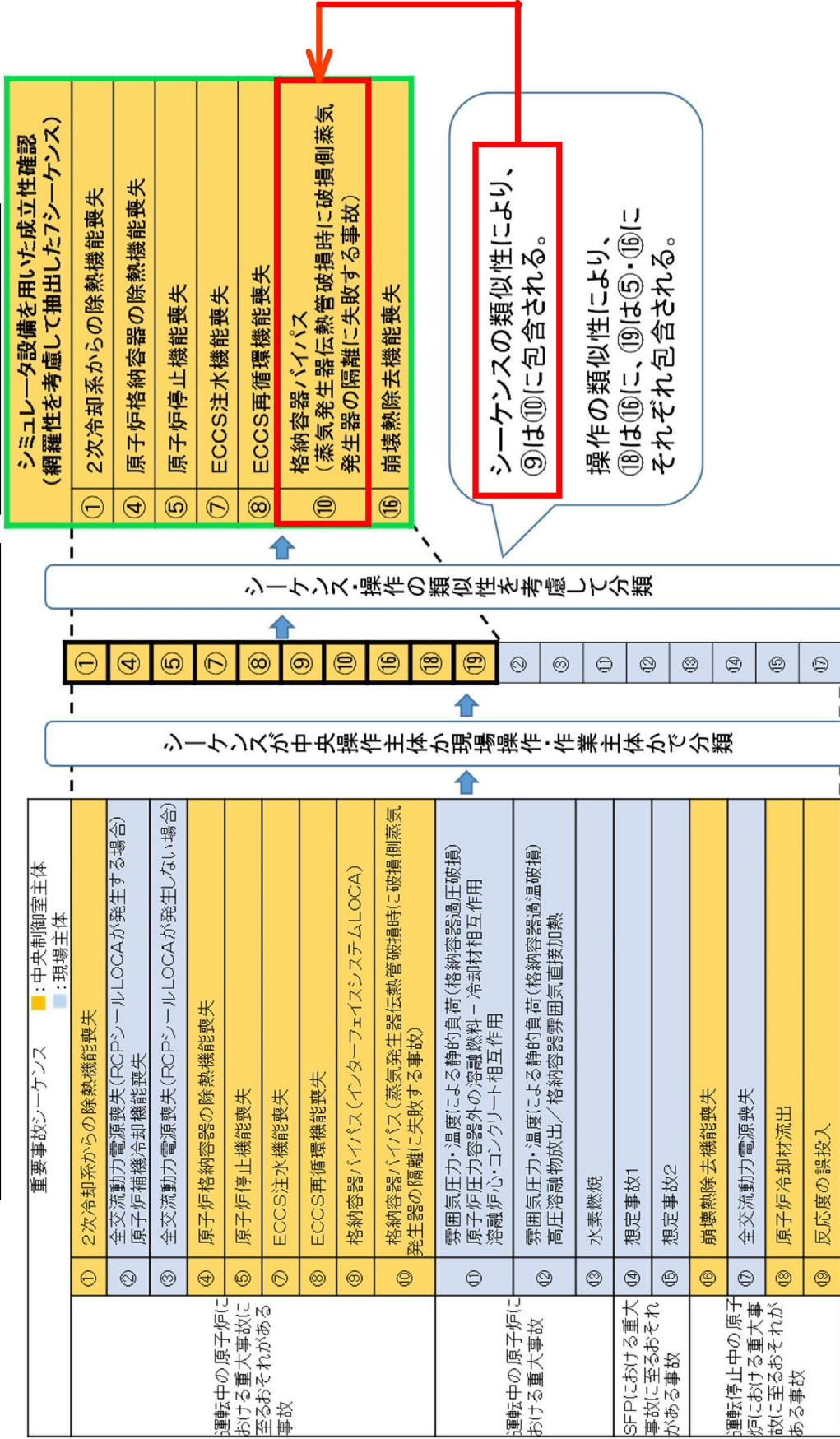
重要事故シーケンスシミュレータ訓練実施内容整理表

○：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		シミュレータ装置	
	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、「全ての蒸気発生器広域水位0%到達の5分後」であるが、事故時操作所則上は「すべてのS/G広域水位が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較正されており、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12.4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>
	④	原子炉格納容器の除熱機能喪失	△	<p>原子炉補機冷却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(283 k P a)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、格納容器再循環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・低圧再循環運転及び格納容器内自然対流冷却による原子炉及び原子炉格納容器の長期冷却まで可能であるが、再循環切替ポイントまで約7時間かかるため、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>
	⑤	原子炉停止機能喪失	△	<p>A T W S 緩和設備未対応 A T W S 緩和設備のシミュレータへの導入が未対応のため、A T W S 緩和設備のインターロックにて動作する設備(警報発信、補助給水ポンプ起動、主蒸気隔離弁閉止)を模擬にて動作させる。運転員は動作状態の確認を行う。</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13.5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	E C C S 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(6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、蓄圧タンク出口弁を閉止するポイントまでとする。</p>
	⑧	E C C S 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)	○	<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2.2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R C S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	⑯	崩壊熱除去機能喪失	△	<p>シミュレータ訓練実施範囲 蓄圧タンク出口弁を開放し、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。 恒設代替低圧注水ポンプ準備は、現場主体操作でありシミュレータ訓練範囲外とする。</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ナリオ (シミュレータ訓練)



全当直班がシミュレータ設備を用いて7つのシナリオ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、連携の成立性が確認する。

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

操作内容	保安規定 添付3													備考
	表-1 手動による原子炉緊急停止	表-1 原子炉出力抑制(自動)	表-1 ほう酸水注入	表-2,3 リリド系のフイードアンドフ	表-3 LONCO/AIフェイスシステム	表-3 破砕重所隔離流出防止	表-3 蒸気発生器伝熱管破損	表-4 炉心注水/代管炉心注水	表-4 代替循環運転	表-4 原子炉格納容器内からの回避	表-6 格納容器内自然対流冷却	表-10 水素排出	表-16 居住性の確保	
重要事故シナリオ	○													訓練実施項目
① 2次冷却系からの除熱機能喪失														
② 全交流動力電源喪失(RCPシナリオ)LOCAが発生する場合) 原子炉格納容器機能喪失														
③ 全交流動力電源喪失(RCPシナリオ)LOCAが発生しない場合)														
④ 原子炉格納容器の除熱機能喪失										○				訓練実施項目
⑤ 原子炉停止機能喪失	○	○												訓練実施項目
⑦ ECCS注水機能喪失				○										訓練実施項目
⑧ ECCS再循環機能喪失				○				○						訓練実施項目
⑨ 格納容器バイパス(インターフェイス)LOCA				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	訓練実施項目
格納容器バイパス(蒸気発生器伝熱管破損時に破損蒸気発生器の閉鎖に失敗する事故)				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	訓練実施項目
⑪ 炉心注水の過剰による炉心温度上昇(格納容器内圧上昇)														
⑫ 原子炉圧力容器外の液膜蒸発-炉心内相互作用														
⑬ 炉心注水・コンクリート相互作用														
⑭ 炉心注水・温度による静的負荷(格納容器過温破損)														
⑮ 炉心注水・高圧沸騰物放出/格納容器露気直接加熱														
⑯ 水素燃焼														
⑰ 想定事故1														
⑱ 想定事故2														
⑲ 所蔵燃料除去機能喪失														
⑳ 全交流動力電源喪失														
㉑ 原子炉冷却材流出														
㉒ 反応度の誤投入														

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、⑱は⑲に、⑳は㉑にそれぞれ包含される。