

大飯発電所3, 4号機 有効性評価の概要について

平成25年6月12日
関西電力株式会社

- 今回の新規制基準では、従来、事業者の自主的措置とされていた重大事故対策が規制要求として位置付けられた。
- これまで事業者は、既存設備を最大限に活用した重大事故対策を整備し、その効果を確認してきたが、新規制基準を踏まえて新たに追加した対策について、事業者が実施した確率論的リスク評価の知見を踏まえ、その有効性を以下の通り評価した。

炉心損傷防止対策

- 炉心損傷に係る事故シーケンスグループ毎に、事象進展の早さ等を考慮して重要事故シーケンスを選定し、事象発生時に炉心損傷を防止するうえで、重大事故対策が有効であることを確認した。

格納容器破損防止対策

- 格納容器破損モード毎に、事象進展の早さ等を考慮して評価事故シーケンスを選定し、事象発生時に格納容器損傷を防止するうえで、重大事故対策が有効であることを確認した。

炉心損傷および格納容器破損防止対策の有効性評価（概要）

2

炉心損傷防止対策

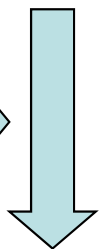
炉心損傷に至る可能性のあるシナリオ（事故シーケンス）の分析



喪失する安全機能によって
事故シーケンスグループを選定

3

事故シーケンスグループ毎に
事象進展の厳しさを考慮して
シナリオ（重要事故シーケンス）を選定



炉心損傷防
止の
対策

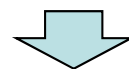
4

8

解析によりシビアアクシデント対策の
有効性を確認

格納容器破損防止対策

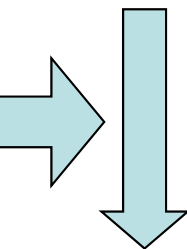
炉心損傷を前提に格納容器破損に至る
可能性のある事故シナリオ（物理現象）を抽出



想定すべき格納容器破損モードを選定

9

格納容器破損モード毎に事象進展の
厳しさを考慮してシナリオ
（評価事故シーケンス）を選定



格納容器
破損防止の
対策

10

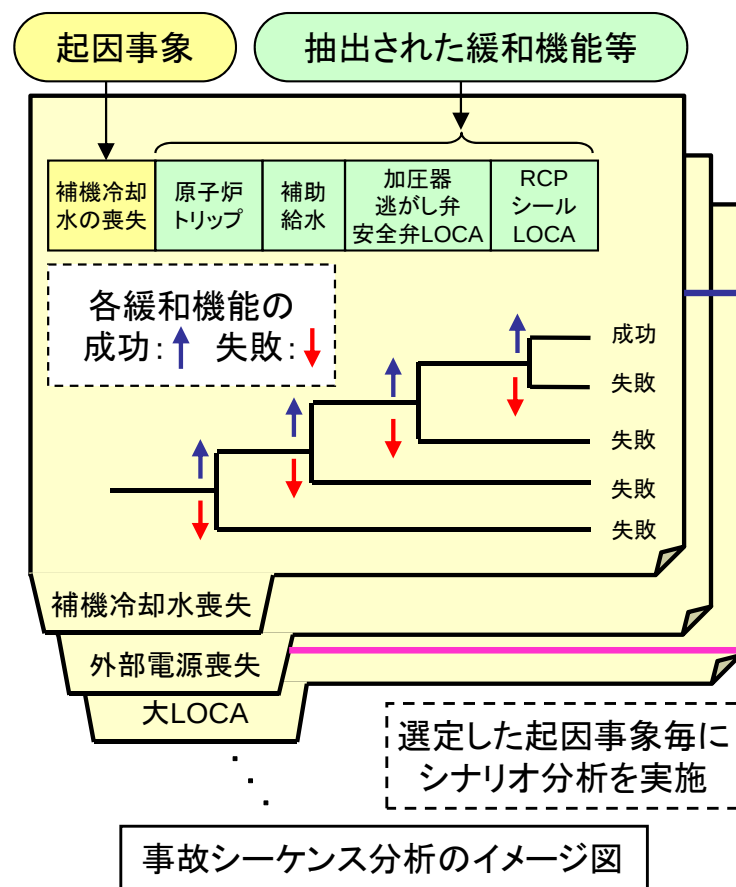
14

解析によりシビアアクシデント対策の
有効性を確認

想定する事故シーケンスグループ及び重要事故シーケンスの選定

炉心損傷に至る可能性のあるシナリオ(事故シーケンス)の分析

- ①炉心の安全性を脅かす可能性のある事象(起因事象)を選定
- ②各起因事象から炉心損傷の発生を防止するための緩和機能等の抽出
- ③起因事象毎に緩和機能の成功／失敗の組合せを樹形図状に展開し、炉心損傷に至る可能性のあるシナリオ(事故シーケンス)を分析



事故シーケンスの整理及びグループ化

- 補機冷却水喪失 + 原子炉トリップ失敗 → ⑤
- 補機冷却水喪失 + 補助給水失敗 → ③
- 補機冷却水喪失 + 加圧器逃がし弁安全弁LOCA → ③
- 補機冷却水喪失 + RCPシールLOCA → ③
- ◆ 外部電源喪失 + 非常用所内電源喪失 → ②
- ◆ 外部電源喪失 + 補助給水失敗 → ②

各事故シーケンスについて、喪失する安全機能別にグループ化し、事象進展の厳しさを考慮して重要事故シーケンスを選定

事故シーケンスグループ及び重要事故シーケンス

- ①2次系からの除熱機能喪失
主給水喪失 + 補助給水失敗
- ②全交流電源喪失
全交流電源喪失 + 補機冷却水喪失 + RCPシールLOCA
- ③原子炉補機冷却機能喪失
全交流電源喪失 + 補機冷却水喪失 + RCPシールLOCA
- ④格納容器除熱機能喪失
大LOCA + 低圧再循環失敗 + 格納容器スプレイ注入失敗
- ⑤原子炉停止機能喪失
異常な過渡変化 + 原子炉トリップ失敗
- ⑥ECCS注水機能喪失
・小LOCA + 高圧注入失敗 + 低圧注入失敗
・中LOCA + 高圧注入失敗
- ⑦ECCS再循環機能喪失
大LOCA + 高圧再循環失敗 + 低圧再循環失敗
- ⑧格納容器バイパス
・SG伝熱管破損 + 破損SG隔離失敗
・インターフェイスシステムLOCA

事故シナリオグループ 【重要事故シナリオ】	重大事故対策	有効性評価の解析と関連する重大事故対処設備				その他(手順等)	事故後7日までの収束状態維持手段	収束状態維持に係る関連設備
		主蒸気逃がし弁	恒設代替低圧注水ポンプ (容量150m ³ /h,揚程1.5MPa)	格納容器自然対流冷却 (N ₂ ポンベによるCCW系統加圧)	空冷式非常用発電装置			
2次系からの除熱機能喪失 【主給水喪失+補助給水失敗】	フィードアンドブリード					高圧注入ポンプによる炉心注入、及び加圧器逃がし弁開放:30分	余熱除去系による冷却	余熱除去ポンプ／クーラ
全交流電源喪失 【全交流電源喪失+RCPシールLOCA】 (原子炉補機冷却機能喪失も考慮)	2次系強制冷却	・現場手動操作時間 :30分					高圧再循環+大容量ポンプを用いた自然対流冷却 および2次系冷却	大容量ポンプ格納容器再循環ユニット、高圧注入ポンプ 主蒸気逃がし弁、補助給水ポンプ
	代替交流電源				・起動時間:81分			
	恒設代替低圧注水ポンプによる炉心注入		・原子炉への注入流量 :30m ³ /h ・原子炉への注入圧力 :0.7MPa[gage] ・起動時間:7.8時間					
格納容器の除熱機能喪失 【大LOCA+低圧再循環失敗+格納容器スプレイ注入失敗】	自然対流冷却			・起動時間:9.3時間			高圧再循環+CCWを用いた自然対流冷却	原子炉補機冷却水系統、格納容器再循環ユニット、高圧注入ポンプ
ECCS注水機能喪失 【小LOCA+高圧注入失敗+低圧注入失敗】	2次系強制冷却					主蒸気逃がし弁(中央操作)による2次系強制冷却 ・2インチ:665秒	代替再循環	CVスプレイポンプ/クーラ系統 CVスプレイ系と低圧注入系のタイライン
	恒設代替低圧注水ポンプによる炉心注入		・原子炉への注入流量:110m ³ /h ・原子炉への注入圧力:0.7MPa[gage] ・起動時間:80分					

(原子炉補機冷却機能喪失も同様)

(0分)

全交流電源喪失*1
(同時に取水設備機能の喪失も仮定)

対策要員を召集

原子炉トリップ・タービントリップの確認

タービン動補助給水ポンプの起動・
補助給水流量確立の確認

非常用ディーゼル発電機または外部電源による
電源回復操作を実施

早期の電源回復が不能と判断*2

*1: 非常用直流系
統は使用可能

*2: 中央制御室に
おける外部電
源受電操作お
よび非常用
ディーゼル発
電機起動操作
が実施できない場
合

大容量ポンプによる
自然対流
冷却の準備

恒設代替低圧注水
ポンプの準備

空冷式非常用発
電装置の準備

大容量ポンプによる
自然対流冷却の準備
が完了

恒設代替低圧注
水ポンプの準備が
完了

空冷式非常用発
電装置による電源
回復を確認

凡例

: 操作・確認

: プラント状態(解析)

*3: 実際の操作では、準備が完了し炉心に注入が可能となれば、その段階で実施する。
また、加圧器水位が監視可能な範囲までは、30m3/hを上回る流量で注水し、その
後は加圧器水位に応じて注水量を調整する。

補助給水系による蒸気発生器保有水
確保および水位調整

(S/G2次側による冷却)

(30分)

主蒸気逃がし弁による
1次系急速冷却・減圧

(46分)

蓄圧注入系動作

(71分)

1次系圧力1.7MPa
(温度208℃)到達

主蒸気逃がし弁開度調整による
1次系圧力1.7MPa
(温度208℃)状態保持

10分
を仮定

(81分)

蓄圧タンク出口弁閉止

(冷却再開)

10分
を仮定
(91分)

主蒸気逃がし弁による
1次系急速冷却・減圧

1次系圧力約0.7MPa
(温度170℃)到達

主蒸気逃がし弁開度調整による
1次系圧力約0.7MPa
(温度170℃)状態保持

恒設代替低圧注水ポンプによる
炉心注水*3

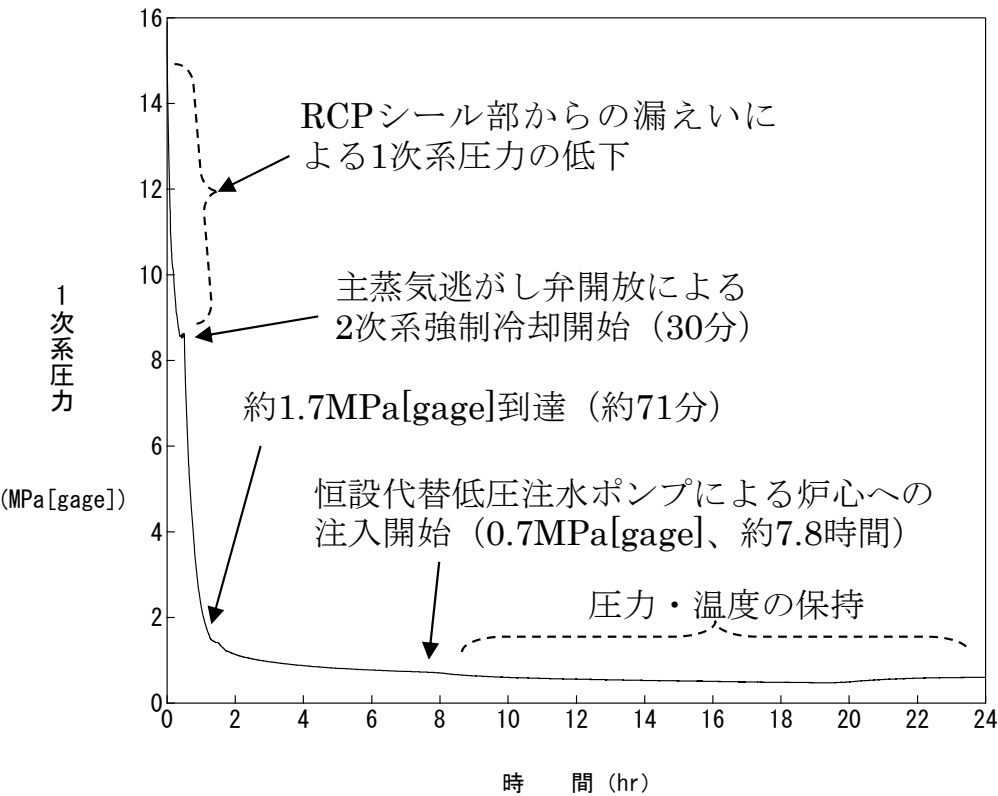
- 炉心冷却が継続的に行われていることを確認
- その後の長期冷却は、高圧再循環による炉心注水入及び格納容器自然対流冷却に移行



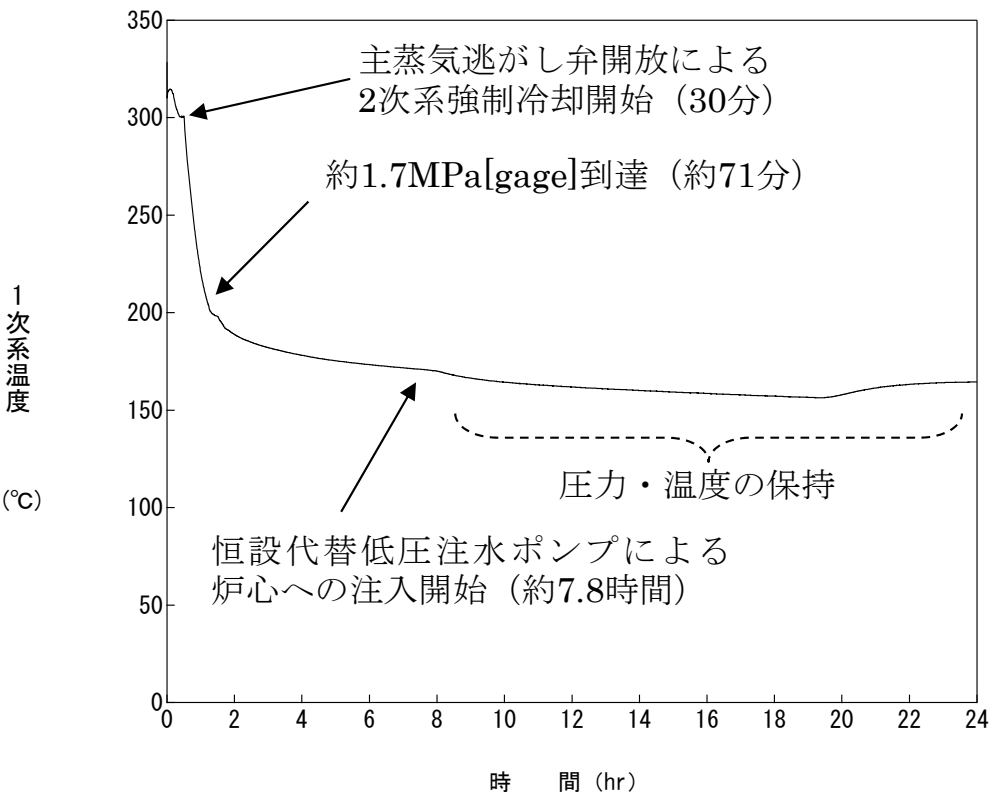
重大事故对策概要図(短期対策)

全交流電源喪失＋RCPシールLOCA時におけるパラメータ推移(1／2)

(原子炉補機冷却機能喪失も同様)



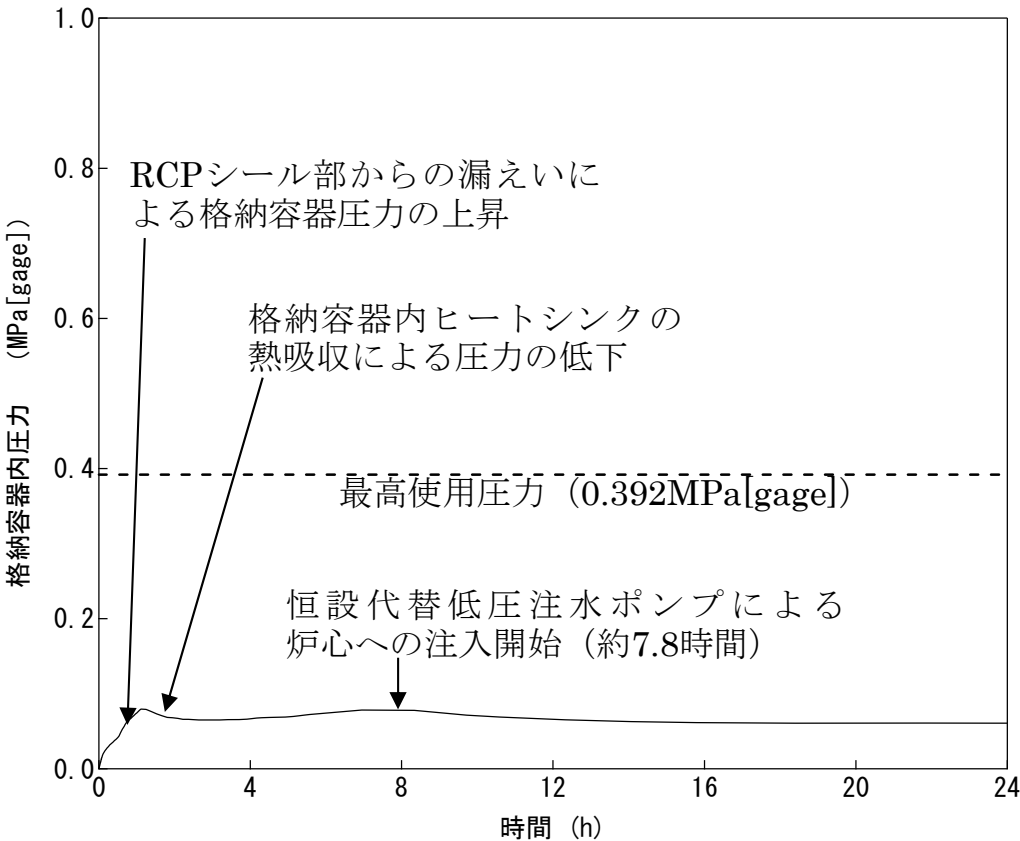
1次系圧力の推移 (M-RELAP5)



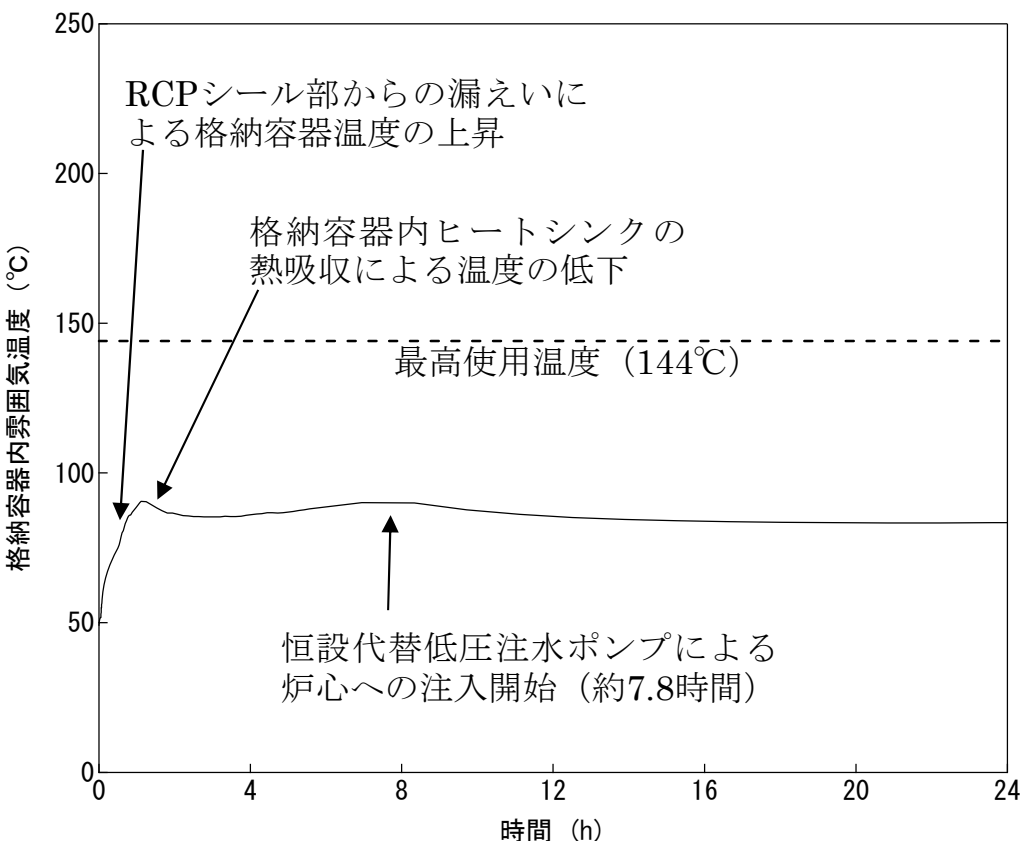
1次系温度の推移 (M-RELAP5)

全交流電源喪失＋RCPシールLOCA時におけるパラメータ推移(2／2)

(原子炉補機冷却機能喪失も同様)



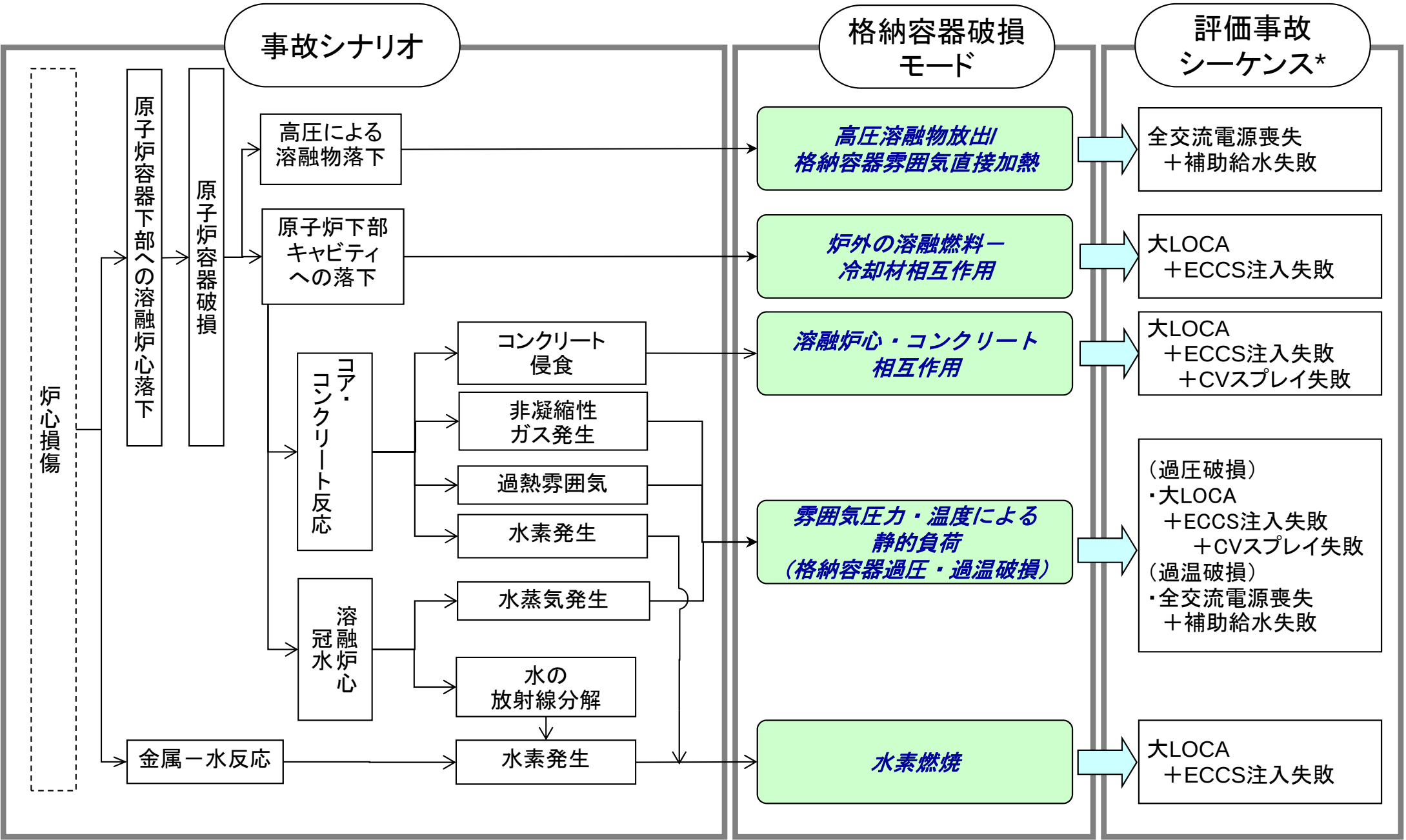
格納容器圧力の推移 (COCO)



格納容器雰囲気温度の推移 (COCO)

事象発生初期のRCPシール部からの漏えいによる格納容器圧力・温度の上昇は格納容器内ヒートシンク等により緩和される。

想定する格納容器破損モード及び評価事故シーケンスの選定

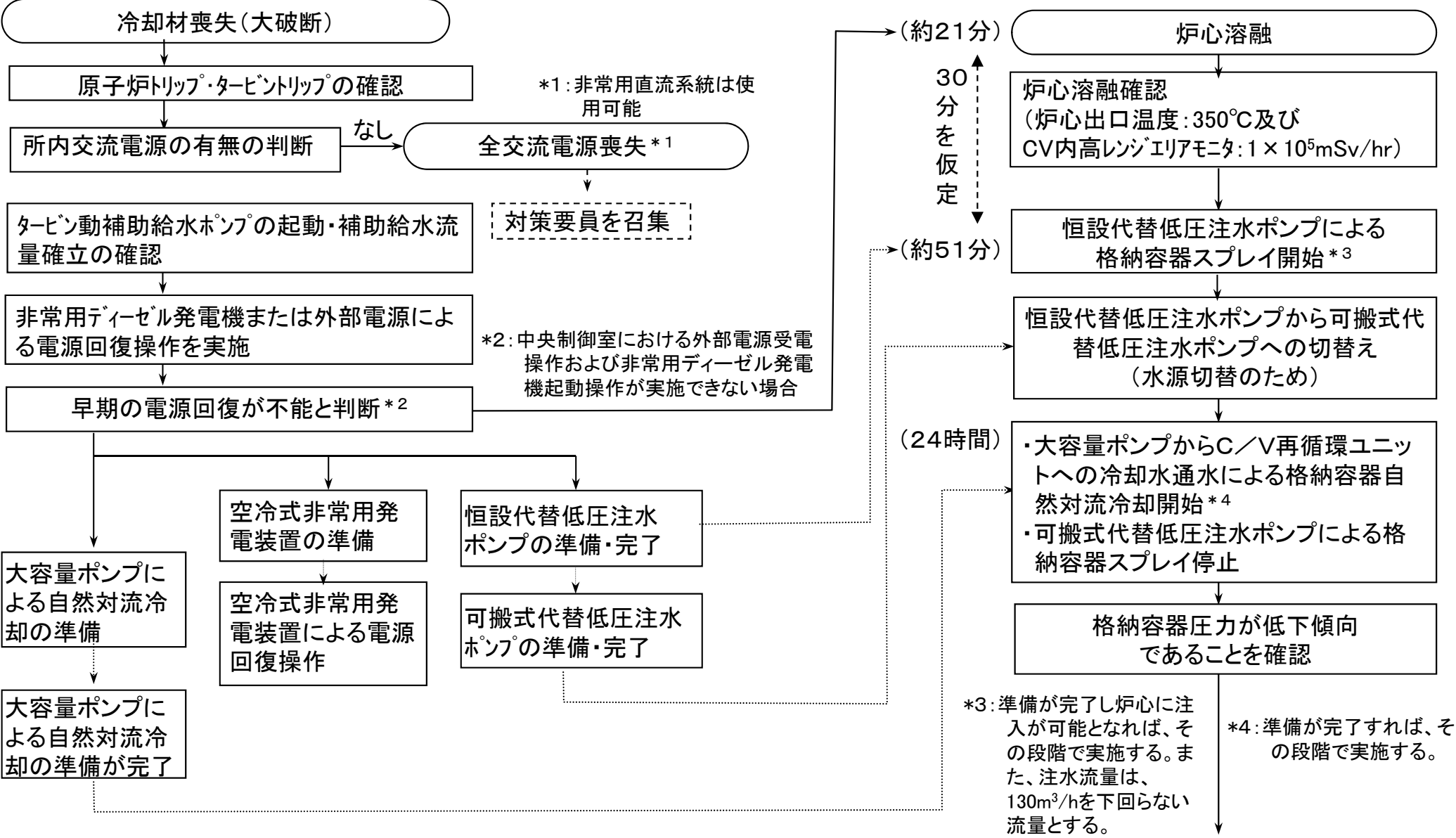


*事象象進展の厳しさを考慮して
評価事故シーケンスを選定

格納容器破損モード 【評価事故シーケンス】	重大事故 対策	有効性評価の解析と関連する重大事故対処設備					事故後7日までの 収束状態維持手段 (関連設備)
		代替低圧注水ポンプ 【恒設】容量150m ³ /h, 揚程1.5MPa 【可搬】容量150m ³ /h , 揚程1.5MPa	格納容器自然対流 冷却 (海水直接通水) ・大容量ポンプ容量 :1320m ³ /h	アニュラス 空調系	加圧器 逃がし 弁	静的触媒 式水素再 結合装置	
雰囲気圧力・温度による静的負荷 (過圧破損) 【大LOCA+ECCS注入 失敗+CVスプレイ注入 失敗】	代替低圧 注水ポンプ によるCV スプレイ	【恒設】 ・スプレイ流量:130m ³ /h ・起動時間:51分 【可搬】 ・スプレイ流量:130m ³ /h ・起動時間:約15.5時間					大容量ポンプを用いた自然対流冷却 (大容量ポンプ、格納 容器再循環ユニット)
	自然対流 冷却(海水 直接注入)		・格納容器再循環 ユニットへの通水 流量: 定格141m ³ /h×2台 ・起動時間:24時間				
	アニュラス 循環排気			・起動時間 :1時間			
雰囲気圧力・温度による静的負荷(過温破損) 【全交流電源喪失 +補助給水系作動失敗】	代替低圧 注水ポンプ による CVスプレイ	【恒設】 ・スプレイ流量:130m ³ /h ・起動時間:3.6時間 【可搬】 ・スプレイ流量:130m ³ /h ・起動時間:約18.3時間					大容量ポンプを用いた自然対流冷却 (大容量ポンプ、格納 容器再循環ユニット)
	自然対流 冷却 (海水直接 注入)		・格納容器再循環 ユニットへの 通水流量:定格 141m ³ /h×2台 ・起動時間:24時間				

大LOCA+ECCS注入失敗+格納容器スプレイ失敗時 に対する対応手順概要

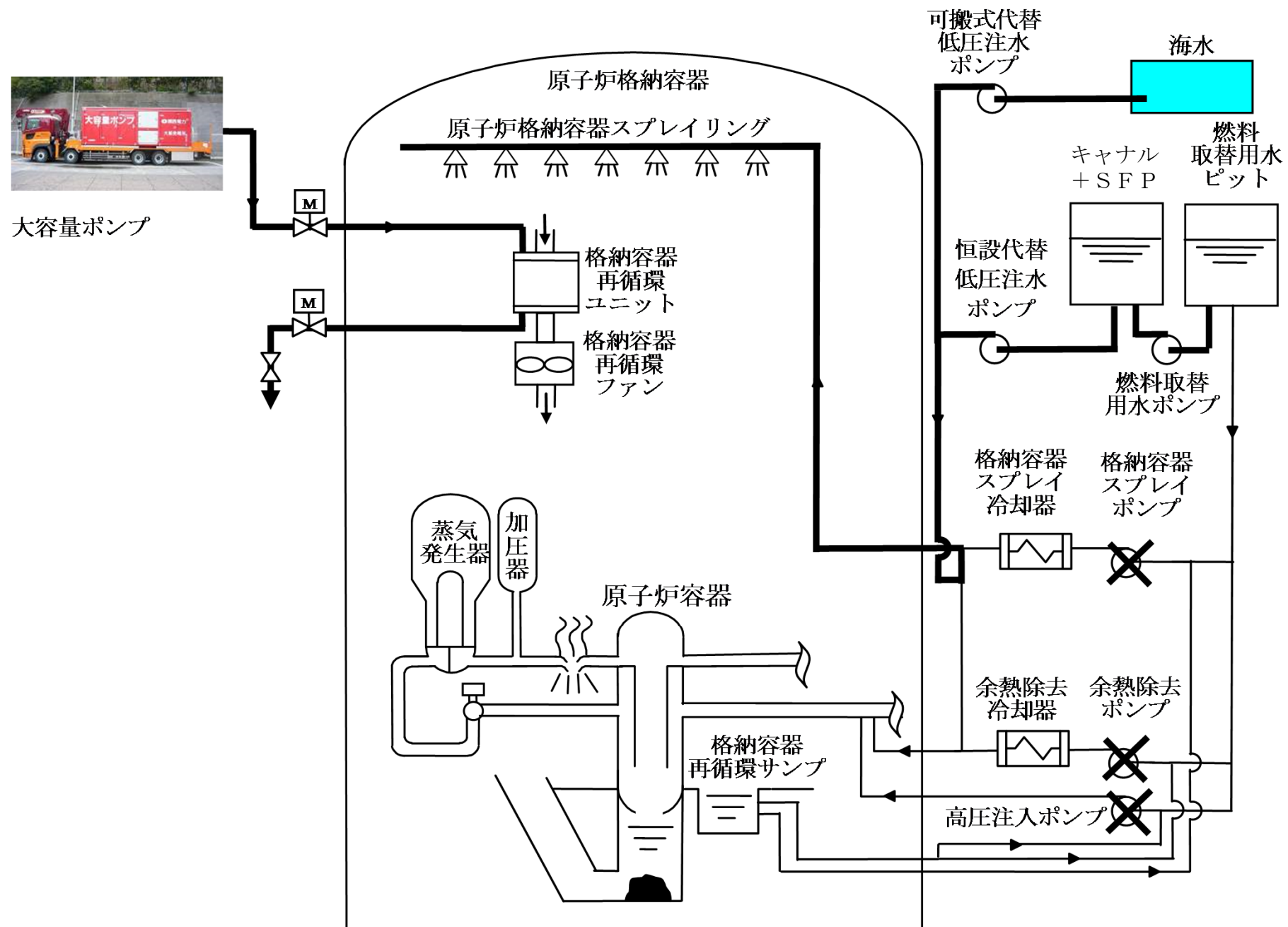
(0分)



凡例 □ : 操作・確認
○ : プラント状態(解析)

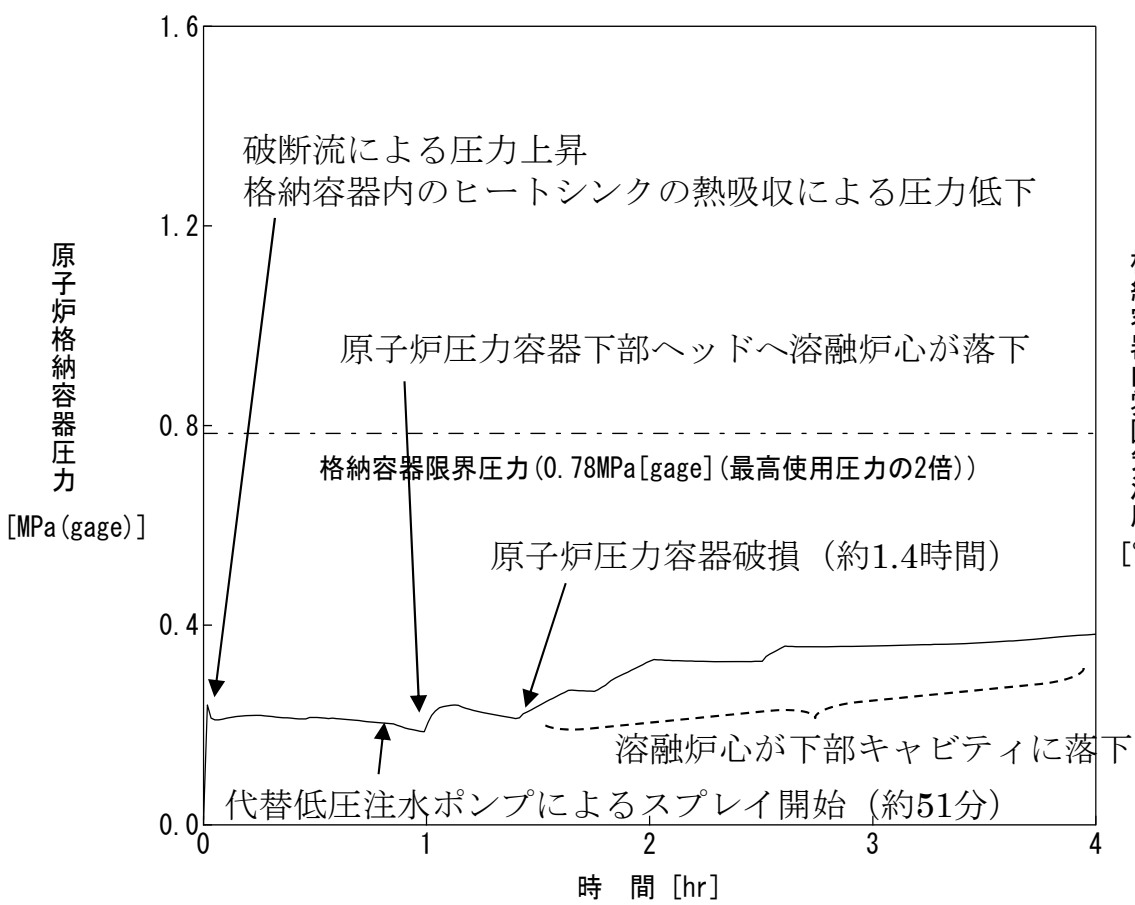
以降、格納容器の長期冷却は、大容量ポンプによる自然対流冷却により達成

大LOCA+ECCS注入失敗+格納容器スプレイ失敗時における対策概要

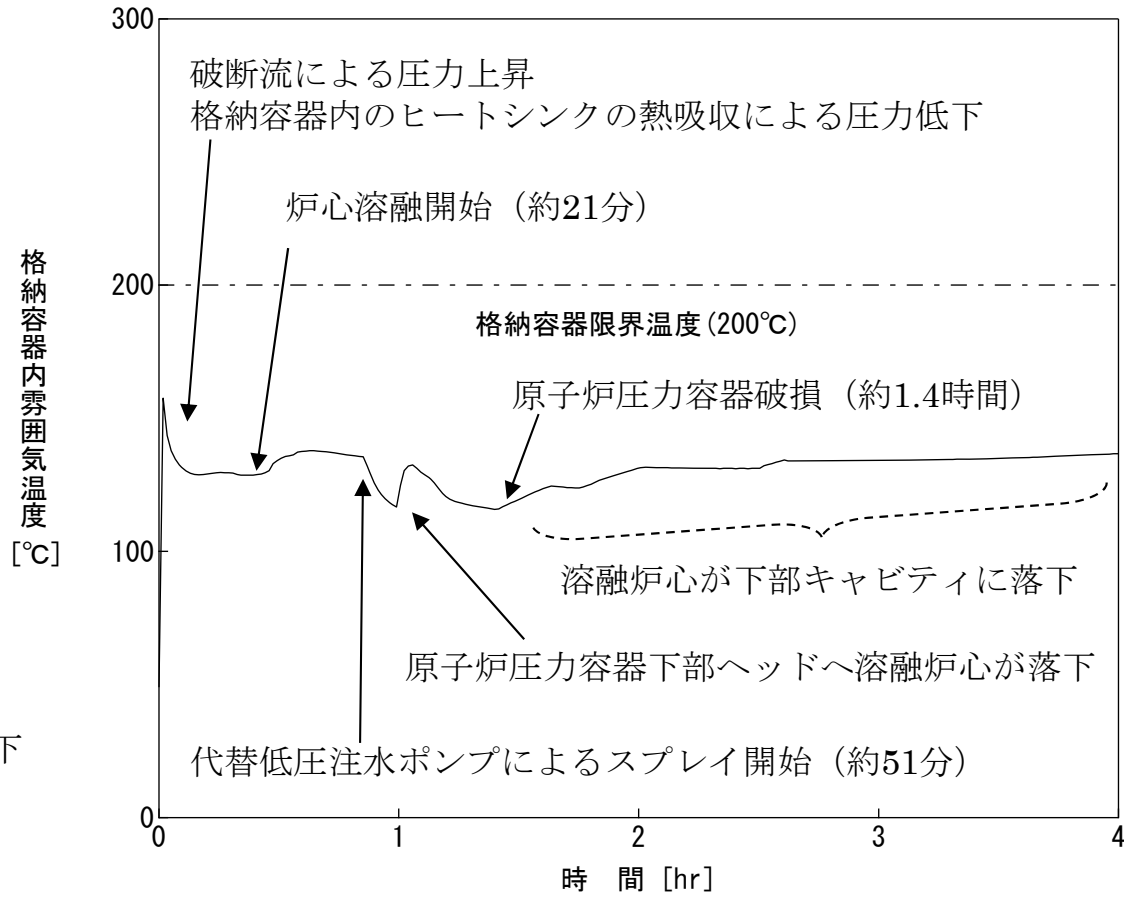


重大事故対策概要図（短期対策）

大LOCA+ECCS注入失敗+格納容器スプレイ失敗時の パラメータの推移(1/2)

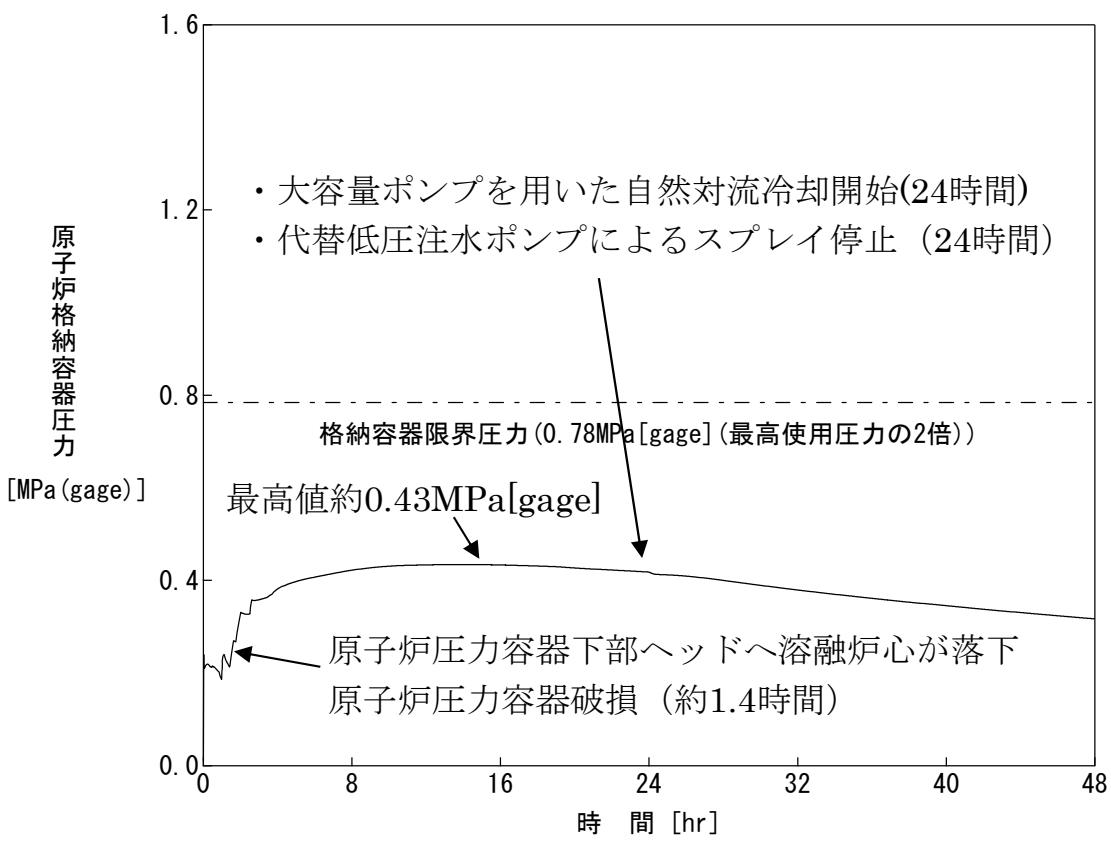


原子炉格納容器圧力の推移 (～4時間まで) (MAAP)

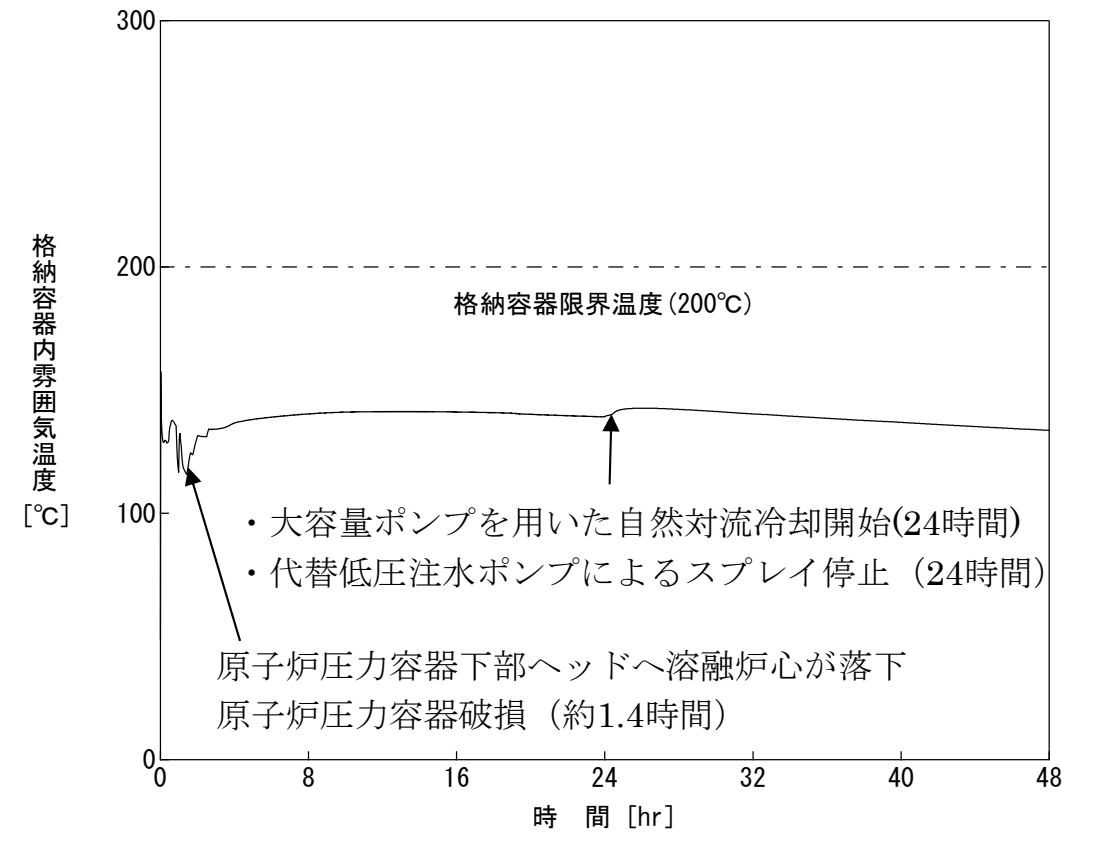


原子炉格納容器雰囲気温度の推移 (～4時間まで) (MAAP)

大LOCA+ECCS注入失敗+格納容器スプレイ失敗時の パラメータの推移(2／2)



原子炉格納容器圧力の推移(MAAP)



原子炉格納容器雰囲気温度の推移(MAAP)

大破断LOCAにより1次冷却材が格納容器に放出されることで格納容器
圧力・温度は上昇するが、代替低圧注水ポンプによるスプレイ注入、及
び自然対流冷却により圧力・温度の上昇は抑制される。