

重大事故時の格納容器過圧破損防止対策について

1. はじめに

東海第二発電所の格納容器設計の特徴を踏まえた過圧破損防止対策について説明する。

2. 東海第二発電所の格納容器設計の特徴

放射性物質の最終障壁となる格納容器設計（設計基準事故対処設備）の特徴は以下のとおりである。

- ・ 定検時作業スペースの拡大等を採用した改良標準化前の設計であるM a r k - II型格納容器であり、原子炉熱出力に対する格納容器の自由体積が小さい
- ・ 格納容器の最高使用圧力は 0.31MPa[gage]であり、M a r k - I型/I改型の 0.427MPa[gage]に比べて低い
- ・ 格納容器の過圧事象に対して、サブプレッション・プールの蒸気凝縮及び残留熱除去系（2系列）を採用

3. 東海第二発電所の格納容器過圧破損防止対策の設計

上記の設計基準事故対処設備としての格納容器設計の特徴から、重大事故等の格納容器過圧事象発生時には、他の格納容器型式の国内BWRより、格納容器ベント時間が早くなる（別紙1）。このため、その特徴を踏まえた格納容器過圧破損防止対策の設計を行う。

設置許可基準規則第50条では、BWRプラントに対し重大事故時の過圧破損防止対策として格納容器圧力逃がし装置の設置が要求されているが、格納容器圧力逃がし装置は意図的に格納容器内の蒸気を放出する対策であり、

フィルタを介するものの放射性物質の環境への放出を伴う特徴がある。東海第二発電所では、上記 2. の格納容器設計の特徴を踏まえ、事故後短期の格納容器ベントを実質的に排除するため、以下の設計を採用する（下線部はこれまでの設計からの変更点）。

- ① 格納容器過圧破損防止対策として環境への放射性物質の放出を伴わない格納容器除熱系（代替循環冷却系）の多重化設計の採用
- ② 事故後長期の放射線水分解に伴う格納容器内水素爆発防止対策のため代替窒素封入系（可搬型窒素供給装置）の強化及び格納容器圧力逃がし装置の採用

それぞれの設備について、以下の方針にて設計する。

(1) 代替循環冷却系

格納容器過圧破損防止対策として優先して使用する代替循環冷却系は、残留熱除去系との多様性、独立性を確保し位置的分散を図ることで、共通要因により同時に機能喪失することを防止する設計とする（別紙 2）。

(2) 代替窒素封入系（可搬型窒素供給装置）

代替窒素封入系（可搬型窒素供給装置）は、放射線水分解による格納容器内の酸素濃度上昇時に格納容器内に窒素封入することで、格納容器内の酸素濃度を抑制し、酸素濃度による格納容器ベントの実施基準到達時間を可能な限り遅延する設計とする（別紙 2）。

(3) 格納容器圧力逃がし装置

格納容器圧力逃がし装置は、残留熱除去系及び代替循環冷却系との多様性、独立性を確保し位置的分散を図ることで、共通要因により同時に

機能喪失することを防止する設計とする。また、サブプレッション・チェンバ側及びドライウェル側のいずれからも格納容器内の非凝縮性ガス等の排気を可能とし、排気中に含まれる放射性物質を低減するためのフィルタ装置を設置する設計とする（別紙2）。

4. 代替循環冷却系の信頼性

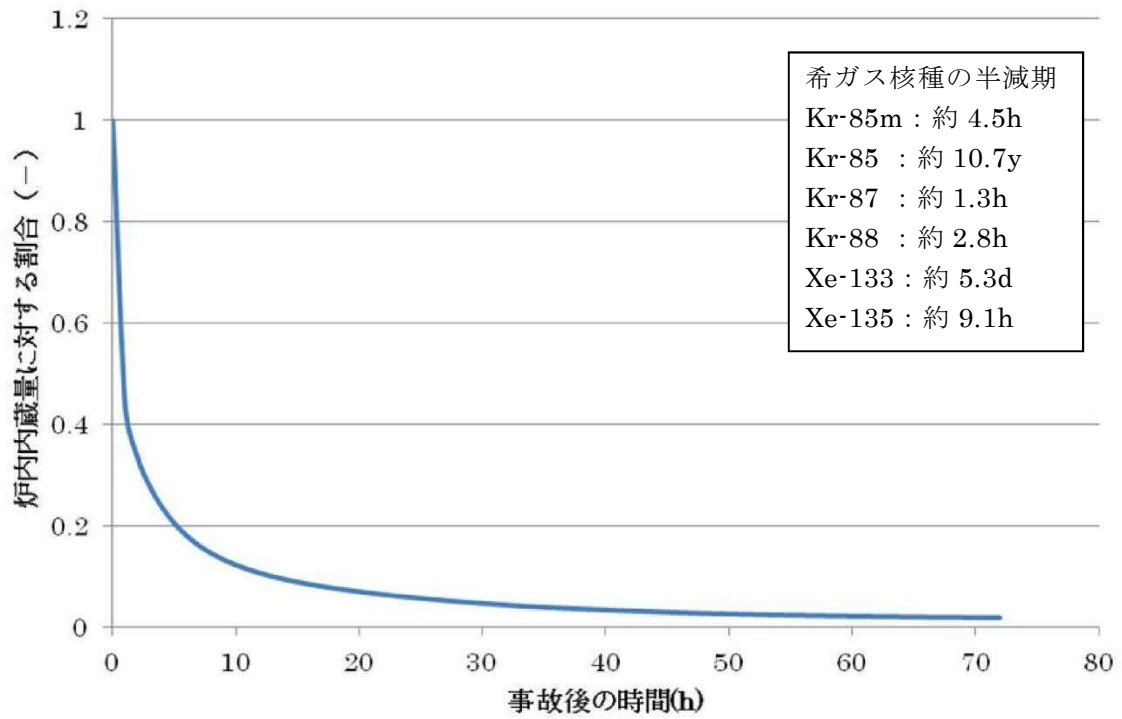
格納容器圧力逃がし装置による事故後短期のベントを実質的に排除するため設置する代替循環冷却系のシステム非信頼度は以下のとおりである。代替循環冷却系の多重化により、代替循環冷却系1系列に比べてシステム非信頼度が1桁程度低減することが可能である（別紙3）。

- ・ 代替循環冷却系2系列（A系及びB系） : 約 3×10^{-4} /demand
- ・ 代替循環冷却系1系列（A系のみの場合） : 約 2×10^{-3} /demand

5. 代替循環冷却系による格納容器ベント遅延効果について（別紙4）

格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」において代替循環冷却系により格納容器除熱を実施する場合の可燃性ガス排出のための格納容器ベント時間は、事故後約40日後（約39.7日後）となる。また、放射線水分解の不確かさ（G値の不確かさ）を保守的に考慮した場合においても、代替循環冷却系により格納容器ベントの実施時期を事故後約5日（約122時間）後に遅延することができる。

一方、代替循環冷却系に期待しない場合には、サブプレッション・プールの水位上昇によって格納容器ベントに至り格納容器過圧破損防止のための格納容器ベント時間が事故後約24時間となる。この結果から、代替循環冷却系の設置により格納容器ベントの実施時期を大幅に遅延し、格納容器ベントによる放射性物質の放出を低減することができる（第1図）。



第 1 図 事故発生後の希ガス発生量の時間変化(核種合計)

東海第二発電所の重大事故等の格納容器過圧事象時のベント時間について

東海第二発電所は、設計基準事故対処設備としての格納容器設計の特徴から、重大事故等の格納容器過圧事象時には、他の格納容器型式の国内BWRより、格納容器ベント時間が早くなる。その理由について以下に説明する。

- ・ 原子炉熱出力に対する格納容器の自由体積が小さく、格納容器からの除熱機能喪失による過圧事象発生時の格納容器の圧力上昇が早い
- ・ 格納容器の最高使用圧力が、M a r k - I 型 / I 改型の $0.427\text{MPa}[\text{gage}]$ に比べて低く、格納容器スプレイの実施基準である格納容器圧力（炉心損傷前： $0.9P_d(279\text{kPa}[\text{gage}])$ ，炉心損傷後： $1.5P_d(465\text{kPa}[\text{gage}])$ ）が低いため、格納容器スプレイ効果が小さいことに加えて、上記のとおり格納容器の過圧事象発生時の格納容器圧力の上昇が早いことから、時間当たりの格納容器スプレイ流量が多い（原子炉圧力容器破損後等の大量の蒸気が発生した場合の格納容器スプレイ増加も同様）

代替循環冷却系及び格納容器圧力逃がし装置の系統概要

1. 代替循環冷却系について

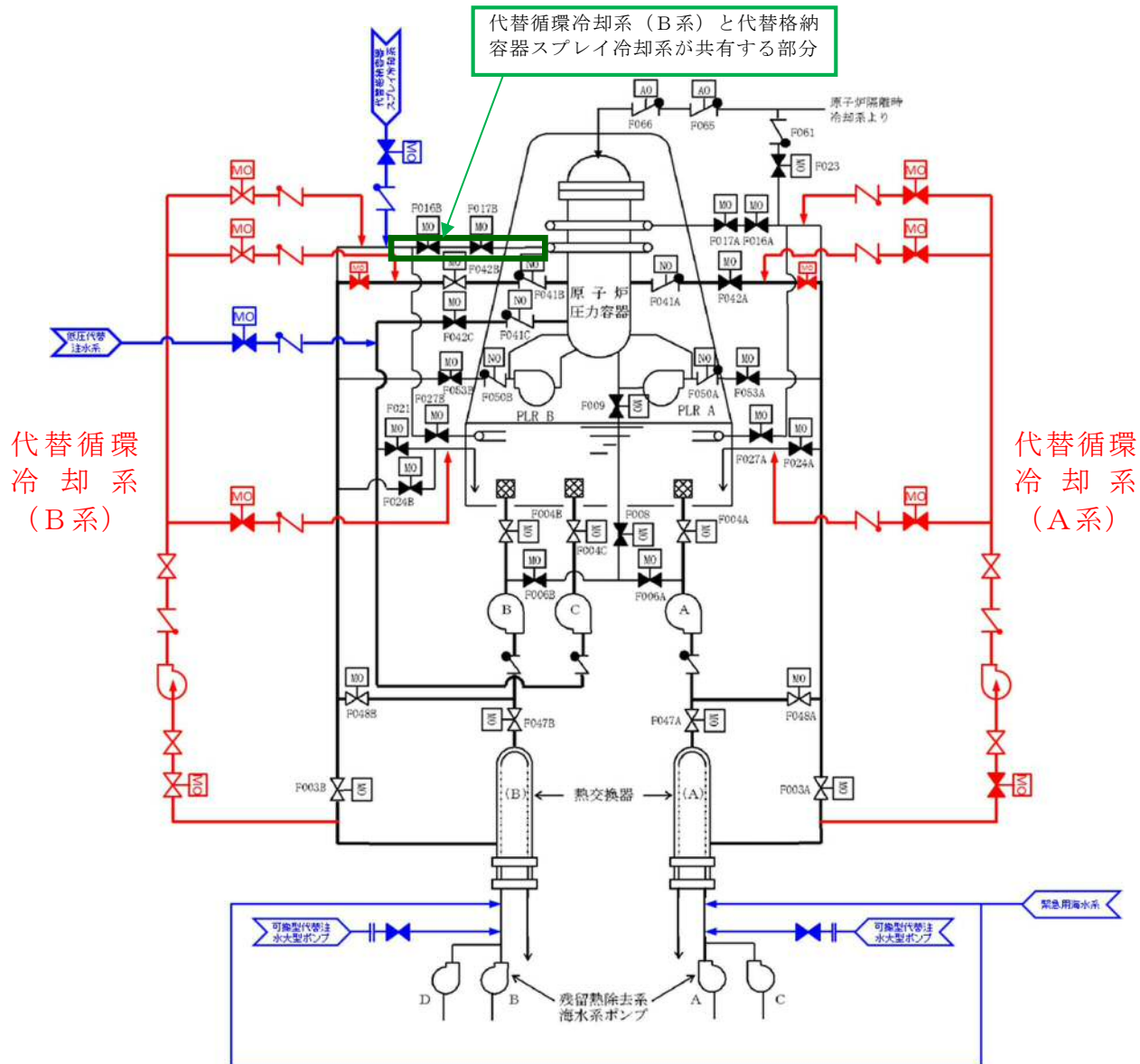
(1) 代替循環冷却系の系統概要

代替循環冷却系は残留熱除去系と共通要因により同時に機能喪失することを防止する設計としているが、その特徴は第 1 表のとおり。

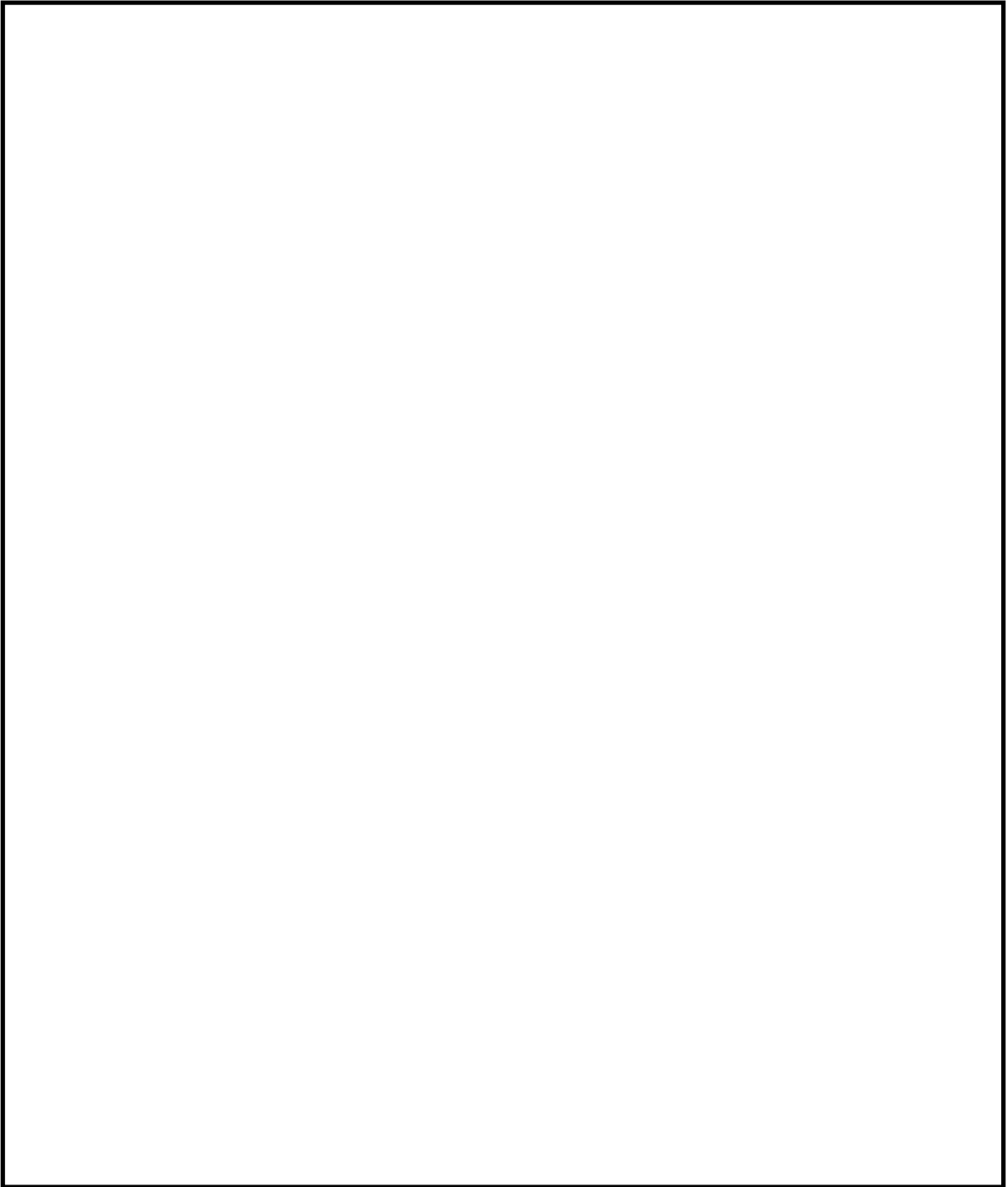
また、系統概要図を第 1 図に、代替循環冷却系ポンプの配置図を第 2 図に示す。第 1 図の緑で囲った範囲は代替循環冷却系（B系）の格納容器スプレイラインと代替格納容器スプレイ冷却系（常設）のラインが一部共有する。

第 1 表 代替循環冷却系の設計上の特徴

設備	設計上の特徴
・ 代替循環冷却系ポンプ	・ 残留熱除去系ポンプと異なる区画に設置し、位置的分散を考慮した設計
・ 代替循環冷却系ポンプのサポート系	・ 冷却水は不要（自然冷却）とすることで、設計基準事故対処設備である残留熱除去系ポンプの冷却水（残留熱除去系海水系）と同時に機能喪失しない設計
・ 電源	・ 常設代替交流電源設備を使用することで、設計基準事故対処設備である残留熱除去系ポンプ及び低圧炉心スプレイ系ポンプの電源（非常用ディーゼル発電機）と同時に機能喪失しない設計
・ 電動弁	・ 駆動部に設けるハンドルにて手動操作も可能な設計とすることで、電動駆動に対し多様性を持った設計



第 1 図 代替循環冷却系の系統概要図



第 2 図 代替循環冷却系ポンプの配置図

(2) 代替循環冷却系（B系）の成立性

格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」では、代替循環冷却系と代替格納容器スプレイ冷却系（常設）を同時に使用しないため、代替循環冷却系（B系）を使用した場合でも事故進展に影響はない。

一方、格納容器破損モード「DCH, FCI, MCCI」では、原子炉圧力容器破損後に代替循環冷却系（A系）と代替格納容器スプレイ冷却系（常設）による同時の格納容器スプレイを実施する条件で解析しているが、(1)に記載のとおり、代替循環冷却系（B系）と代替格納容器スプレイ冷却系（常設）による同時の格納容器スプレイは実施できないことから、代替循環冷却系（B系）のみを使用[※]した条件でのMAAP解析を実施した。

※ 外部水源の持ち込みを制限し、サプレッション・プール水位の上昇抑制による格納容器ベント遅延を図り、可能な限り外部への影響を軽減する観点から、代替格納容器スプレイ冷却系（常設）より代替循環冷却系（B系）を優先して使用することを想定

第2表及び第3表に格納容器破損モード「DCH, FCI, MCCI」の評価シーケンスにおける代替循環冷却系（A系）に期待した場合と代替循環冷却系（B系）に期待した場合の解析条件及び解析結果の比較を示す。また、格納容器圧力挙動及び温度挙動を第3図から第6図に示す。

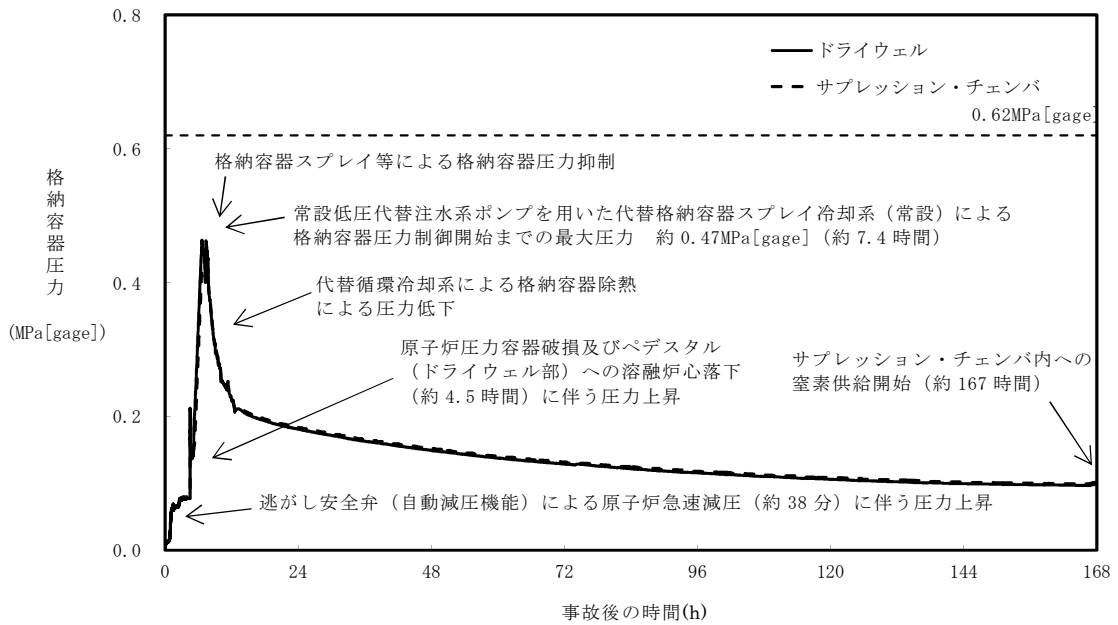
有効性評価の評価項目である格納容器温度 200℃以下、圧力 620kPa[gage]以下に抑えられることを確認した。

第2表 解析条件の比較

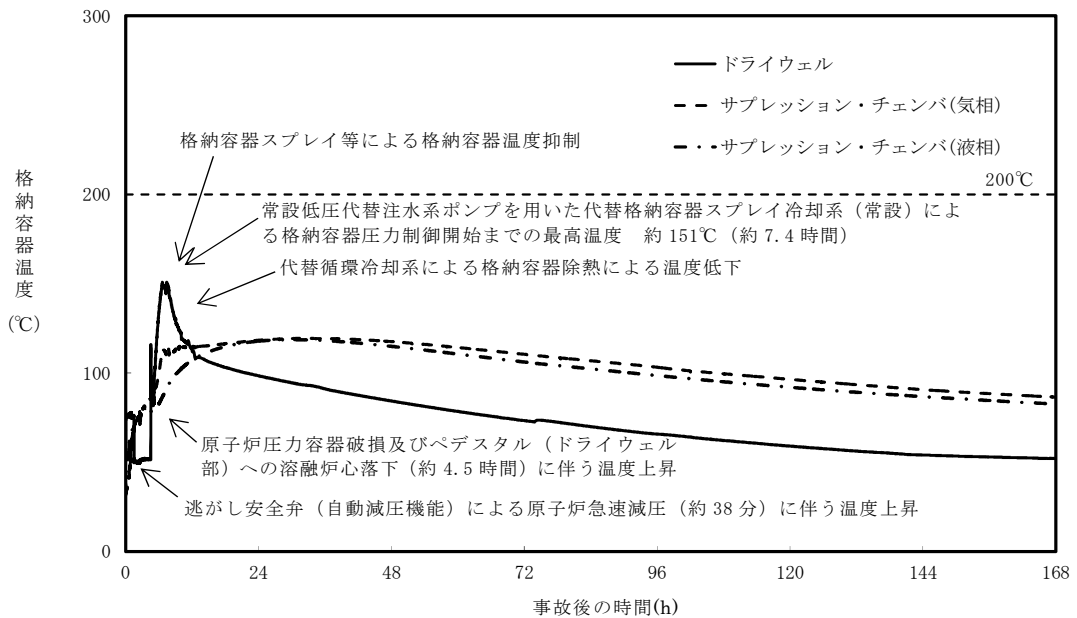
	代替循環冷却系A系に期待した場合 (有効性評価のベースケース)	代替循環冷却系(B系)に期待した場合 (今回の評価ケース)
注水及び又はスプレイを実施する系統	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉注水 代替循環冷却系(A系) 格納容器スプレイ 代替循環冷却系(A系) 代替格納容器スプレイ冷却系(常設) ペDESTAL注水 格納容器下部注水系(常設) 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉注水 代替循環冷却系(B系) 格納容器スプレイ 代替循環冷却系(B系) ペDESTAL注水 格納容器下部注水系(常設)
代替循環冷却系の機器条件・操作条件	<ul style="list-style-type: none"> 事象発生90分後から250m³/hでドライウエルスプレイを実施 R P V破損後に格納容器圧力が低下傾向に転じて30分後、150m³/hでドライウエルスプレイ、100m³/hで原子炉注水を実施 	代替循環冷却系A系に期待した場合と同じ
代替格納容器スプレイ冷却系(常設)の機器条件・操作条件	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力破損+6分後から300m³/hでドライウエルスプレイを実施し、R P V破損後に格納容器圧力が低下傾向に転じて30分後に停止 その後、間欠スプレイ(格納容器圧力400~465kPa[gage])を実施 	(実施しない)
格納容器下部注水系(常設)の機器条件・操作条件	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力破損後+7分後から80m³/hで格納容器下部水位制御(水位2.25~2.75m)を実施 	代替循環冷却系A系に期待した場合と同じ

第3表 解析結果の比較

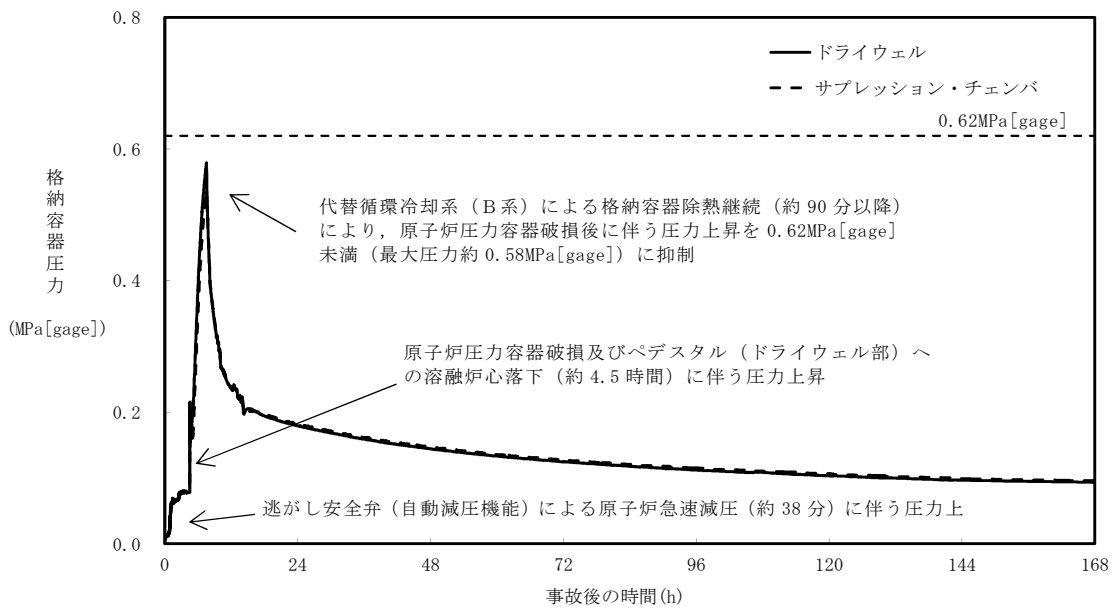
	代替循環冷却系A系に期待した場合 (有効性評価のベースケース)	代替循環冷却系(B系)に期待した場合 (今回の評価ケース)
格納容器圧力の最大値	0.47MPa[gage]	約0.58MPa[gage]
格納容器温度の最大値	151℃	162℃



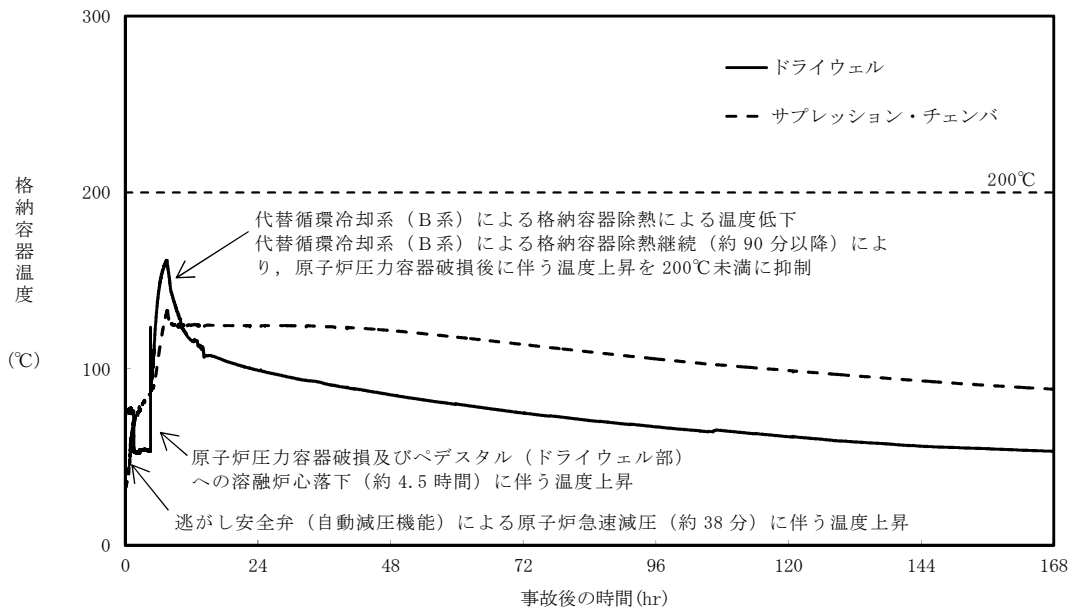
第3図 「DCH, FCI, MCCI」における
代替循環冷却系（A系）に期待した場合の格納容器圧力の推移



第4図 「DCH, FCI, MCCI」における
代替循環冷却系（A系）に期待した場合の格納容器雰囲気温度の推移



第 5 図 「DCH, FCI, MCC I」シーケンスにおける
代替循環冷却系 (B系) を使用した場合の格納容器圧力の推移



第 6 図 「DCH, FCI, MCC I」における
代替循環冷却系 (B系) に期待した場合の格納容器雰囲気温度の推移

2. 格納容器圧力逃がし装置について

格納容器圧力逃がし装置は残留熱除去系及び代替循環冷却系と共通要因により同時に機能喪失することを防止する設計としており、その特徴は第4表のとおりである。格納容器圧力逃がし装置は、サブプレッション・チェンバ側及びドライウエル側のいずれからも格納容器内の非凝縮性ガス等の排気を可能とし、排気中に含まれる放射性物質を低減するためのフィルタ装置を設置する設計とする

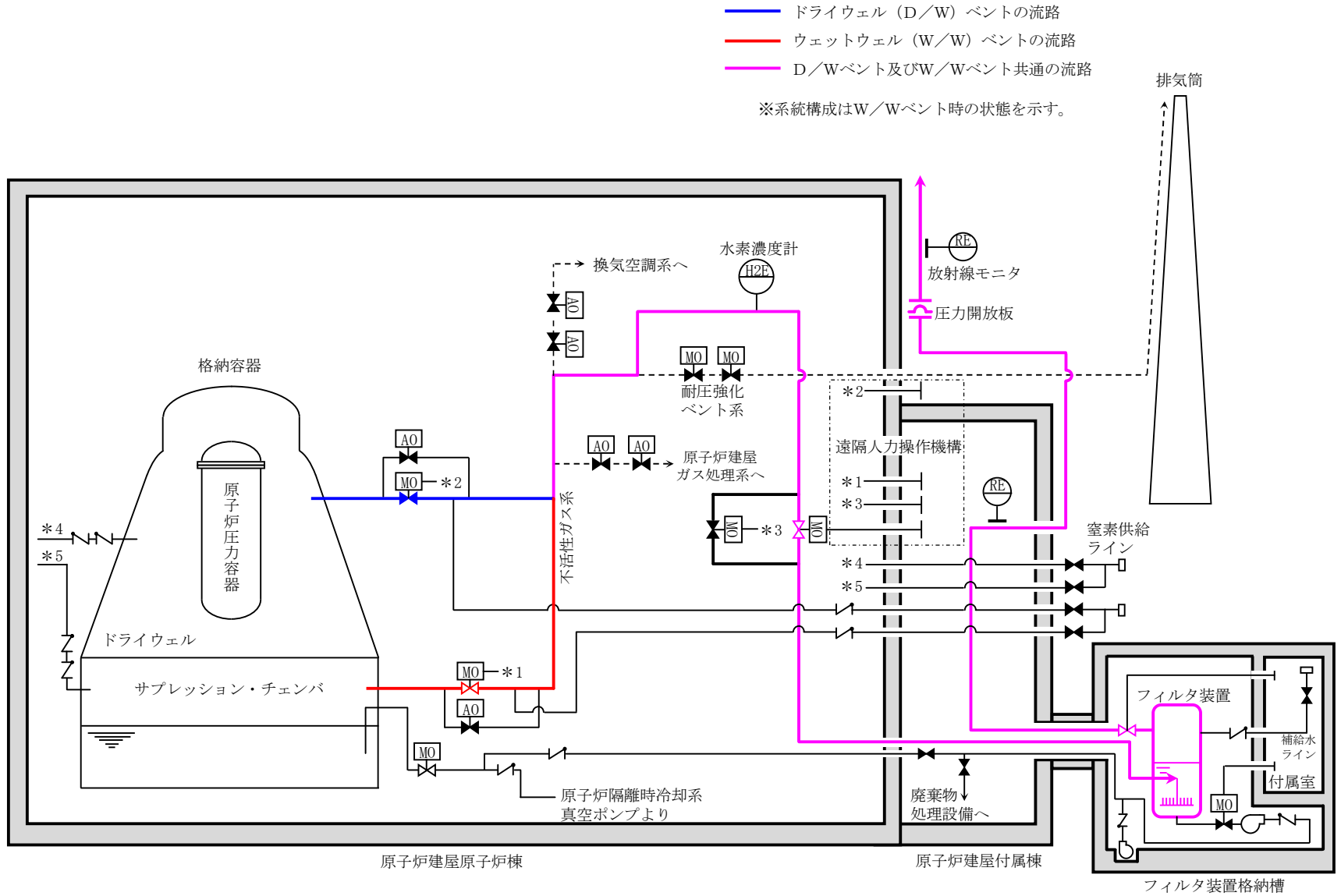
サブプレッション・チェンバ内でのスクラビング効果が期待できるサブプレッション・チェンバ側からのベントを第一優先とするが、何らかの原因でサブプレッション・チェンバ側からのベントができない場合にはドライウエル側からのベントを行う。

第7図に格納容器圧力逃がし装置の系統概要図を示す。

第4表 格納容器圧力逃がし装置の設計上の特徴

設備	設計上の特徴
・ フィルタ装置及び配管	・ 残留熱除去系及び代替循環冷却系と異なる区画に設置し、位置的分散を考慮した設計
・ 電源	・ 常設代替交流電源設備を使用することで、設計基準事故対処設備である残留熱除去系ポンプ及び低圧炉心スプレイ系ポンプの電源（非常用ディーゼル発電機）と同時に機能喪失しない設計
・ 電動弁	・ 遠隔人力操作機構にて手動操作も可能な設計とすることで、電動駆動に対し多様性を持った設計

第7図 格納容器圧力逃がし装置の系統概要図



代替循環冷却系のシステム非信頼度について

1. はじめに

フォールトツリー手法を用いて、代替循環冷却系のシステム非信頼度を評価する。

2. 評価条件

評価条件は第 1 表のとおり。

第 1 表 代替循環冷却系のシステム非信頼度の評価条件

システム非信頼度の評価範囲	代替循環冷却系，緊急用海水系，及び常設代替交流電源設備（別紙 2 において期待している系統）
代替循環冷却系の成功基準	1 系列
緊急用海水系の成功基準	ポンプ 2 台中 1 台
常設代替交流電源設備の成功基準	常設代替高圧電源装置 5 台中 2 台
システム非信頼度の評価	ランダム故障を対象

3. 評価結果

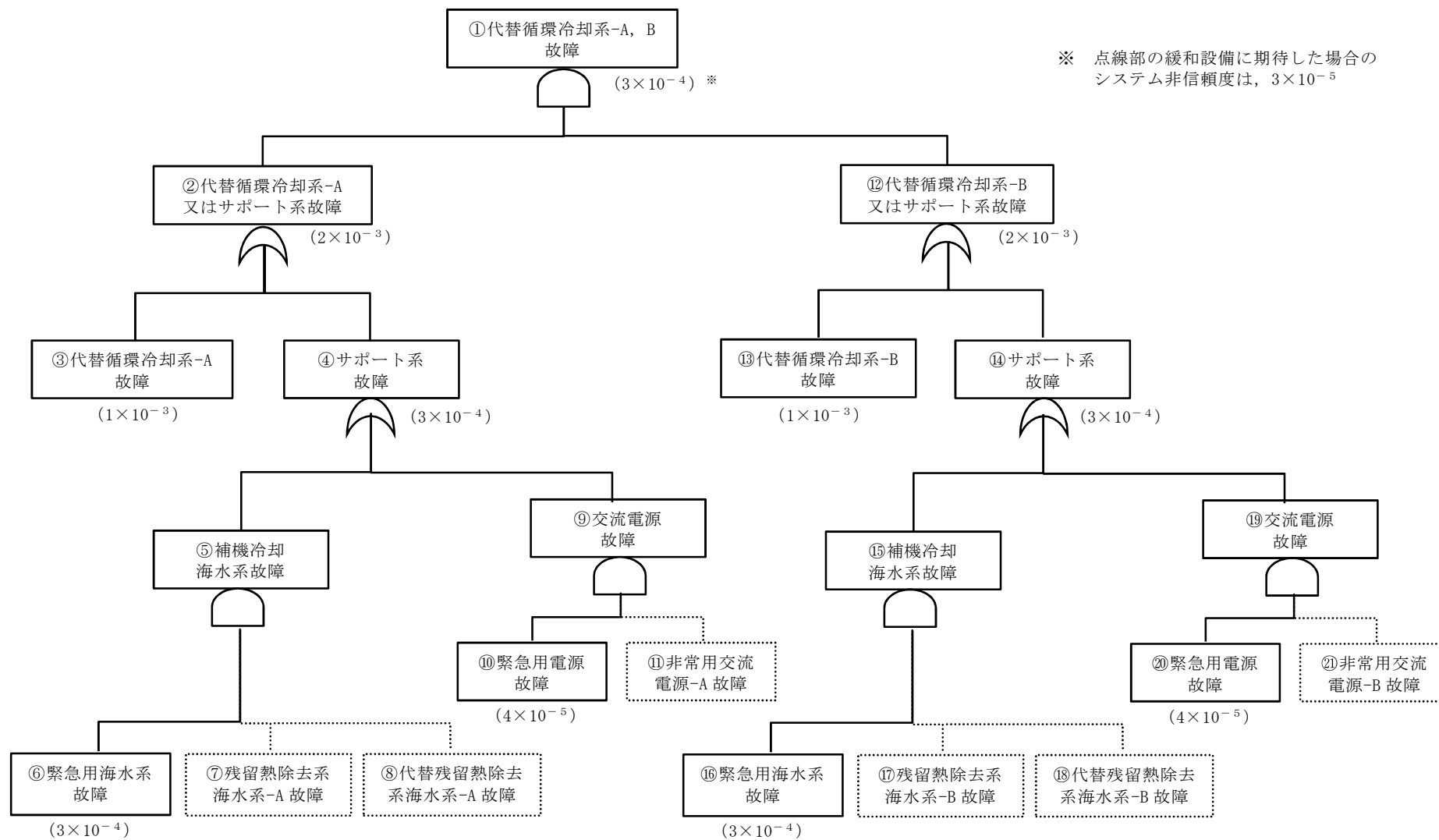
代替循環冷却系のシステム非信頼度を，第 1 図のフォールトツリーを用いて評価した。その結果，第 2 表に示すとおり，代替循環冷却系（A 系及び B 系）のシステム非信頼度は約 $3 \times 10^{-4} / \text{demand}$ ，1 系列を想定した場合（A 系のみの場合）の非信頼度は約 $2 \times 10^{-3} / \text{demand}$ となり，代替循環冷却系の多重化設計により，システム非信頼度は 1 系列時に比べて 1 桁程度低減する。

なお，代替循環冷却系のサポート系として利用可能な残留熱除去系海水系，代替残留熱除去系海水系及び非常用交流電源等によるバックアップに期待で

きる場合の非信頼度は約 7×10^{-5} /demand となり、代替循環冷却系を多重化することでシステム非信頼度は 2 桁程度低減する。

第 2 表 代替循環冷却系のシステム非信頼度

	システム非信頼度 (/demand)	
	サポート系として緊急用海水系，常設代替交流電源設備を考慮した場合	他のサポート系にも期待した場合 (参考)
代替循環冷却系 1 系列	約 2×10^{-3}	約 1×10^{-3}
代替循環冷却系 2 系列	約 3×10^{-4}	約 3×10^{-5}
低減割合 (代替循環冷却系 2 系列 / 代替循環冷却系 1 系列)	≈ 0.2	≈ 0.03



第1図 システム非信頼度の評価に用いたフォールトツリー

代替循環冷却系による格納容器ベント遅延効果

1. ベースケース

格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」の有効性評価では、重大事故相当のG値を想定した評価を実施しており、格納容器内酸素濃度 4.0vol%（ドライ条件）に到達した時点でサブプレッション・チェンバに $200\text{Nm}^3/\text{h}$ にて窒素を注入開始し、格納容器圧力 310kPa[gage]まで注入継続することにより、格納容器ベント基準となる格納容器内酸素濃度 4.3vol%（ドライ条件）に到達する時間を遅延させる。その結果、格納容器ベントは事故後約 40 日後（約 39.7 日後）になる。この場合の窒素注入条件を第 1 表に、格納容器圧力及び温度の推移を第 4 表、第 1 図及び第 2 図に示す。

2. 感度解析

(1) 代替循環冷却系に期待しない場合

代替循環冷却系による格納容器ベントの遅延効果を評価する観点から、代替循環冷却系に期待しない条件とした。さらに、より現実的な格納容器ベント時間を評価するため、格納容器スプレイ温度等を現実的な評価条件とした。この結果、格納容器ベント基準となるサブプレッション・プール水位通常水位+6.5m に到達する時間が事故後約 24 時間後となる。この場合の現実的な評価条件を第 2 表に、格納容器圧力及び温度の推移を第 3 図及び第 4 図に示す。

(2) 設計基準事故相当のG値を想定した場合

酸素濃度が早く上昇する場合の影響を確認するため、酸素濃度上昇を厳しくする設計基準事故相当のG値を想定した場合の評価を実施した。設計

基準事故相当のG値を想定した場合には、重大事故相当のG値を想定したベースケースと同様に格納容器ベント遅延のために、格納容器内酸素濃度4.0vol%（ドライ条件）に到達した時点でサプレッション・チェンバに200Nm³/hにて窒素を注入開始するが、その後も酸素濃度の上昇が継続することになる。そのため、酸素濃度の上昇継続の検知により追加でドライウエルに200Nm³/hにて窒素を注入開始することで酸素濃度の上昇を抑制する。その後、310kPa[gage]（1Pd）まで注入継続した後に一旦窒素注入を停止するが、格納容器内酸素濃度が再度4.0vol%（ドライ条件）に到達した時点で窒素注入を再開する。この場合の窒素注入は、初期の窒素注入と同様に、まずサプレッション・チェンバに窒素注入を開始し、その後、酸素濃度の上昇継続の検知により追加でドライウエルに窒素注入することとするが、窒素注入の停止は465kPa[gage]（1.5Pd）到達時点とする。この結果、事故後約122時間後に格納容器ベント基準となる格納容器内酸素濃度4.3vol%（ドライ条件）に到達する結果となった。この場合の窒素注入条件を第3表に、格納容器圧力及び温度の推移を第5図及び第6図に示す。

なお、格納容器内への窒素注入手順は、格納容器バウンダリの健全性に対する裕度の確保及び格納容器漏えいの影響を考慮し、格納容器圧力310kPa[gage]（1Pd）までの注入を基本とするが、本感度解析のように早期の格納容器ベント（事故後7日以内を想定）に至る場合には、465kPa[gage]（1.5Pd）までの追加の窒素注入を実施することで可能な限り格納容器ベント遅延させ、環境への影響を低減させる手順とする。第9図に格納容器内への窒素注入手順を示す。

ベースケースと感度解析におけるベント時間を第4表に示す。

第1表 重大事故相当のG値を想定した場合の窒素注入条件

時間		窒素注入条件
①	PCV 酸素 4.0vol% (ドライ条件) 到達	S/C への窒素注入 (窒素 198Nm ³ /h, 酸素 2Nm ³ /h) を開始する
②	PCV 圧力 310kPa[gage]到達	S/C への窒素注入を停止する

※ PCV : 格納容器, S/C : サプレッション・チェンバ, D/W : ドライウエル

第2表 現実的な評価条件

	現実的な評価条件	設定理由
外部水源温度 (スプレイ温度)	代替淡水貯槽の水量が 1000m ³ まで 20℃ 代替淡水貯槽の水量が 1000m ³ 到達以降 35℃	有効性評価のベースケースでは 35℃一定を設定しているが, 地下式タンクを水源としており, 約 20℃以下の水温になることが想定されるため, 現実的な評価条件では水源補給されるまでは 20℃に設定
格納容器 スプレイ流量	初期 130m ³ /h その後, 70~100m ³ /h にて流量調整	有効性評価のベースケースでは 130m ³ /h 一定だが, 現実的な評価条件では初期スプレイは手順上の最大流量である 130m ³ /h を設定するが, その後は, 格納容器圧力 465kPa[gage] (1.5Pd) 以下で高めの圧力で制御する手順としていることから, 465~435kPa[gage]の間で維持される 70~100m ³ /h を設定
ペDESTAL (ドライウエル部) 水位	1m	ペDESTAL (ドライウエル部) の水張りを有効性評価のベースケースでは考慮していない, 格納容器の熱容量に寄与しベント遅延効果があるため, 現実的な評価条件では考慮して設定

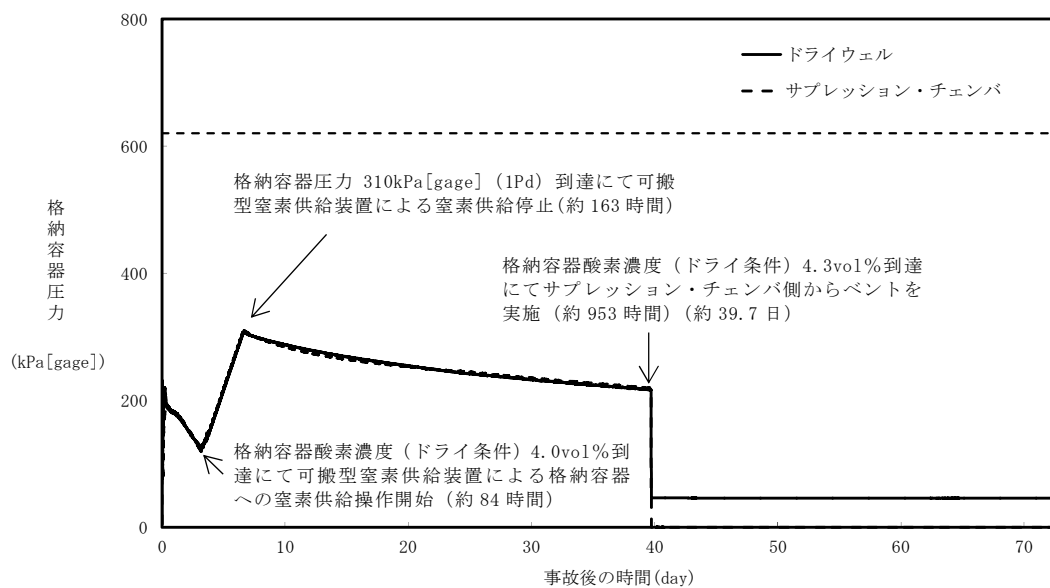
第3表 設計基準事故相当のG値を想定した場合の窒素注入条件

時間		窒素注入条件
①	PCV 酸素 4.0vol% (ドライ条件) 到達	S/C への窒素注入 (窒素 198Nm ³ /h, 酸素 2Nm ³ /h) を開始する
②	酸素濃度が上昇傾向 (解析上は①実施 30 分後)	S/C への窒素注入は継続したまま, 追加で D/W への窒素注入 (窒素 198m ³ /h, 酸素 2m ³ /h) を開始する。 (合計窒素 396Nm ³ /h, 酸素 4Nm ³ /h を格納容器内に注入する)
③	PCV 圧力 310kPa[gage]到達	S/C 及び D/W への窒素注入を停止する
④	PCV 酸素 4.0vol% (ドライ条件) 到達	S/C への窒素注入 (窒素 198Nm ³ /h, 酸素 2Nm ³ /h) を開始する
⑤	酸素濃度が上昇傾向 (解析上は④実施 30 分後)	S/C への窒素注入は継続したまま, 追加で D/W への窒素注入 (窒素 198m ³ /h, 酸素 2m ³ /h) を開始する。 (合計窒素 396Nm ³ /h, 酸素 4Nm ³ /h を格納容器内に注入する)
⑥	PCV 圧力 465kPa[gage]到達	S/C 及び D/W への窒素注入を停止する

※ PCV : 格納容器, S/C : サプレッション・チェンバ, D/W : ドライウエル

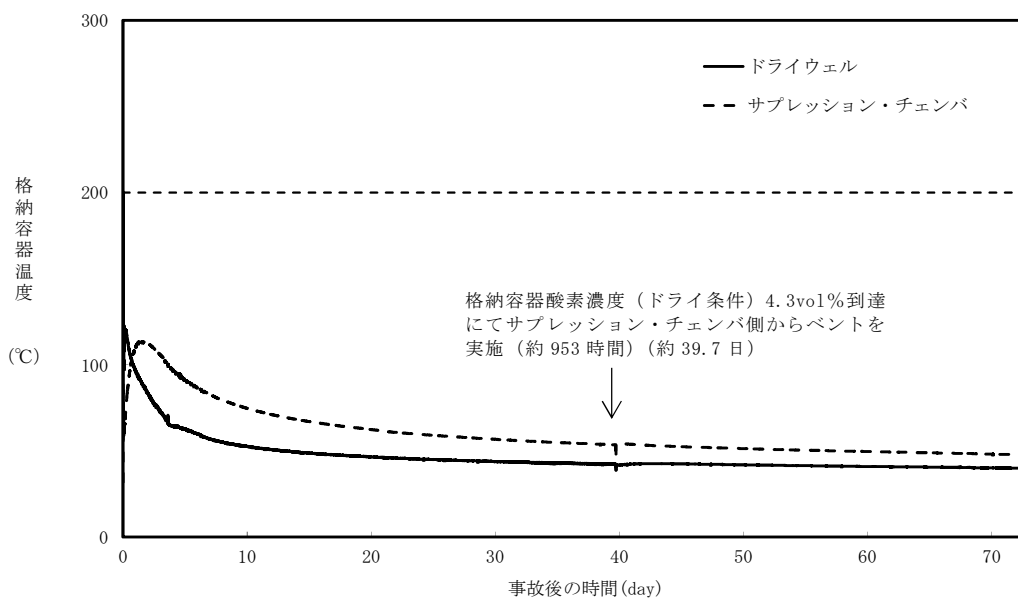
第4表 評価結果

	ベースケース	感度解析	
	重大事故相当のG値を想定した場合	代替循環冷却系に期待しない場合	設計基準事故相当のG値を想定した場合
格納容器ベント時間	約 39.7 日時間	約 24 時間	約 122 時間



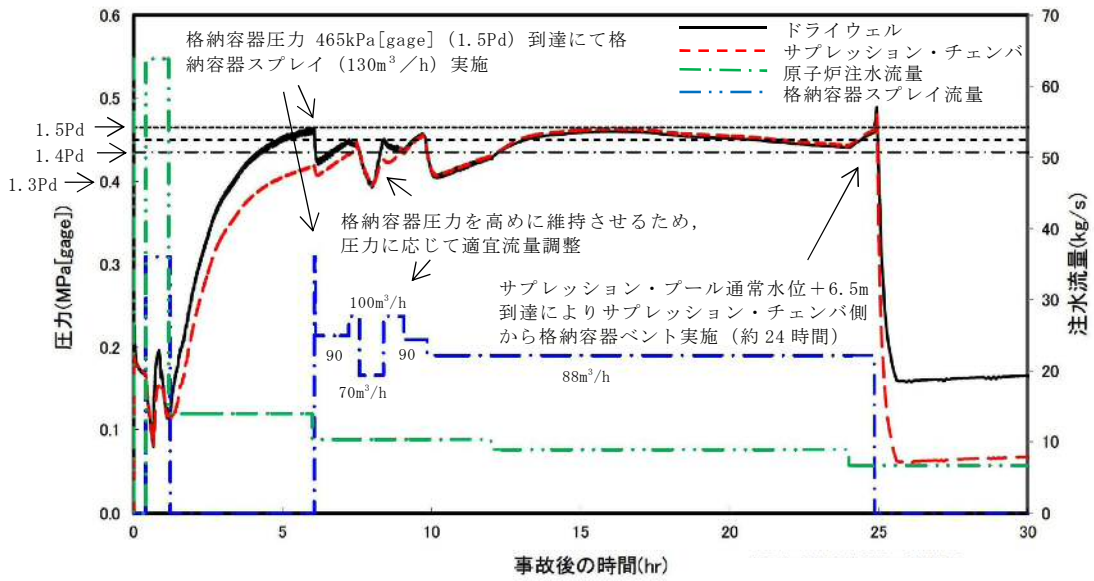
第 1 図 格納容器圧力の推移 (重大事故相当のG 値を想定)

※ 格納容器から原子炉建屋への漏えいを考慮

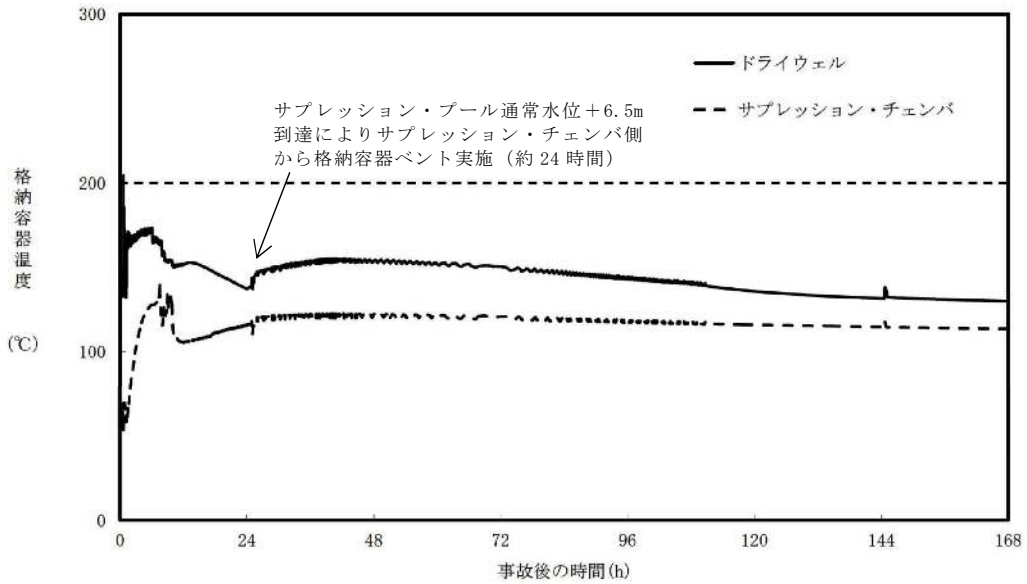


第 2 図 格納容器雰囲気温度の推移 (重大事故相当のG 値を想定)

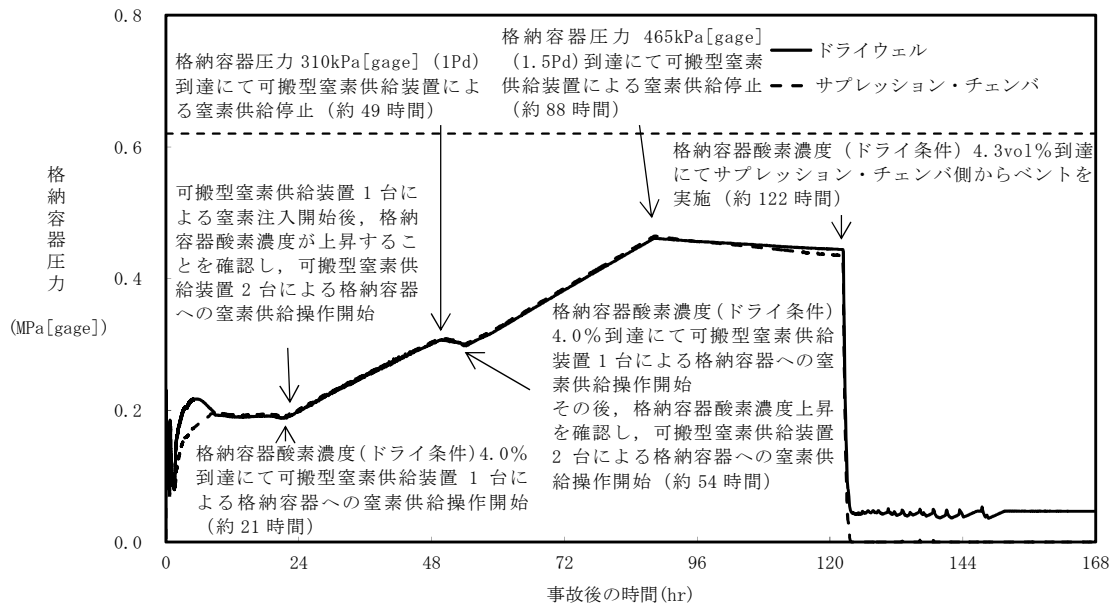
※ 格納容器から原子炉建屋への漏えいを考慮



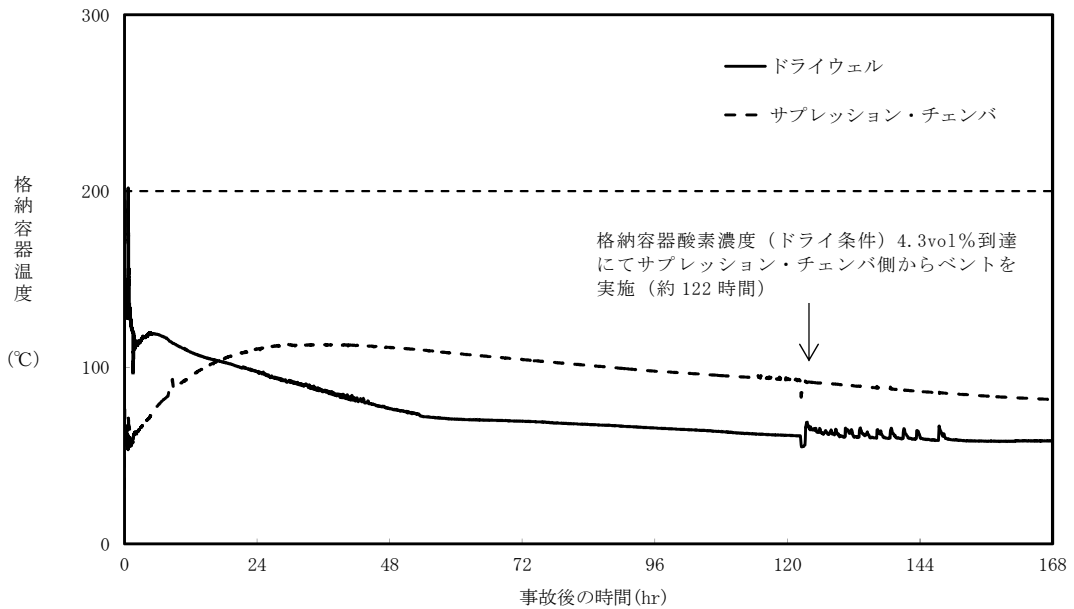
第 5 図 格納容器圧力の推移（代替循環冷却系に期待しない場合）



第 6 図 格納容器雰囲気温度の推移
（代替循環冷却系に期待しない場合）



第 5 図 格納容器圧力の推移（設計基準事故相当の G 値を想定）



第 6 図 格納容器雰囲気温度の推移

（設計基準事故相当の G 値を想定した感度解析）

代替循環冷却系に期待しない場合の評価

1. はじめに

代替循環冷却系の優先順位（格納容器ベントの遅延のために格納容器圧力逃がし装置よりも代替循環冷却系を優先して使用）及び代替循環冷却系の信頼性（多重化により信頼性が向上）を踏まえ、格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」の有効性評価では、代替循環冷却系に期待した評価とする。

別紙3に示すとおり、代替循環冷却系による格納容器ベントの遅延効果を評価する観点から、感度解析として代替循環冷却系に期待しない解析を実施しているが、中央制御室の居住性評価や中央制御室待避室の遮蔽設計等を保守的に評価する観点からは、より早期の格納容器ベントに至る条件を設定することで、設計等の保守性を確保する。そのため、上記の格納容器ベント遅延効果を評価するための感度解析に対して、中央制御室の居住性評価等のための解析は、格納容器スプレイ温度等を保守的な評価条件を用いた評価を実施した。以下、評価結果及び評価の妥当性について示す。

1. 解析ケース

代替循環冷却系に期待しない場合は、外部水源による格納容器スプレイにより可能な限り格納容器ベントを遅延させることとするが、格納容器スプレイ水の水温、格納容器スプレイ流量等の解析条件により、格納容器ベント時間に違いが生じる。第1表に、格納容器ベント遅延効果を評価するための感度解析及び中央制御室の居住性評価等のための解析について、評価条件を示す

第 1 表 両ケースで異なる解析条件

	解析ケース	解析条件	評価目的
①	格納容器ベント遅延効果を確認するための感度解析	<ul style="list-style-type: none"> 外部水源温度（スプレイ温度） 代替淡水貯槽の水量が 1,000m³まで：20℃ 代替淡水貯槽の水量が 1,000m³到達以降：35℃ 格納容器スプレイ流量：70～100m³/h ペDESTAL（ドライウェル部）水位：1m 	代替循環冷却系による格納容器ベント遅延効果を確認する観点から、代替循環冷却系に期待しない場合におけるより現実的な評価条件による格納容器ベント時間を評価するため
②	中央制御室の居住性評価等を保守的に評価するための解析	<ul style="list-style-type: none"> 外部水源温度（スプレイ温度）：35℃一定 格納容器スプレイ流量：130m³/h ペDESTAL（ドライウェル部）水位：0m 	中央制御室の居住性評価、現場作業の成立性、環境条件設定、中央制御室待避室の遮蔽設計、格納容器圧力逃がし装置の設計を保守的な条件で行うため

2. 解析条件の妥当性

(1) 外部水源温度（スプレイ温度）

代替格納容器スプレイ冷却系（常設）の水源となる代替淡水貯槽は地下式のタンクであること、代替淡水貯槽の水量が 1,000m³以下となった場合には淡水貯水池から代替淡水貯槽に補給を実施することを踏まえ、次のように設定した。

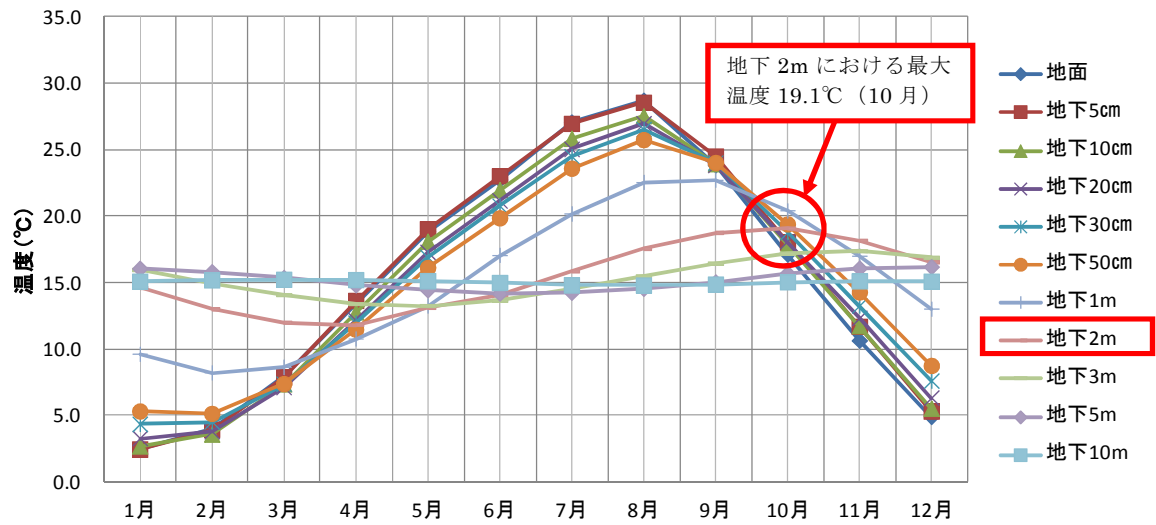
- 格納容器ベント遅延効果を確認するための感度解析では、代替淡水貯槽の最大水位が地下 2m 位置であること及び第 1 図に示すとおり地下 2m の地中温度の最大が 19.1℃であることを踏まえ、代替淡水貯槽の温度を 20℃とし、代替淡水貯槽の水量が 1,000m³までは外部水源温度を 20℃とした。また、代替淡水貯槽の水量が 1,000m³以下となった以降は、淡水貯水池の温度である 35℃（第 2 図に示すとおり一般的な湖沼の温度が 35℃以下であることを踏まえ設定）とした。
- 中央制御室の居住性評価等を保守的に評価するための解析では、より温度が高いと考えられる淡水貯水池の温度を代替淡水貯槽にも適用し、外部水源温度は 35℃一定とした。

(2) 格納容器スプレイ流量

- ・ 実手順では、設備設計上の最低流量である $70\text{m}^3/\text{h}$ を下限として、 $400\sim 465\text{kPa}[\text{gage}]$ の圧力制御範囲において、連続スプレイにより可能な限り高い圧力に維持するよう流量を調整することとする。これを踏まえ、格納容器ベント遅延効果を確認するための感度解析では、(1)の外部水源温度条件でのM A A P解析において連続的なスプレイとなる流量： $70\sim 100\text{m}^3/\text{h}$ とした（参考）。
- ・ 中央制御室の居住性評価等を保守的に評価するための解析では、サプレッション・プールの蓄水が早くなる条件として、最大のスプレイ流量である $130\text{m}^3/\text{h}$ を設定した。

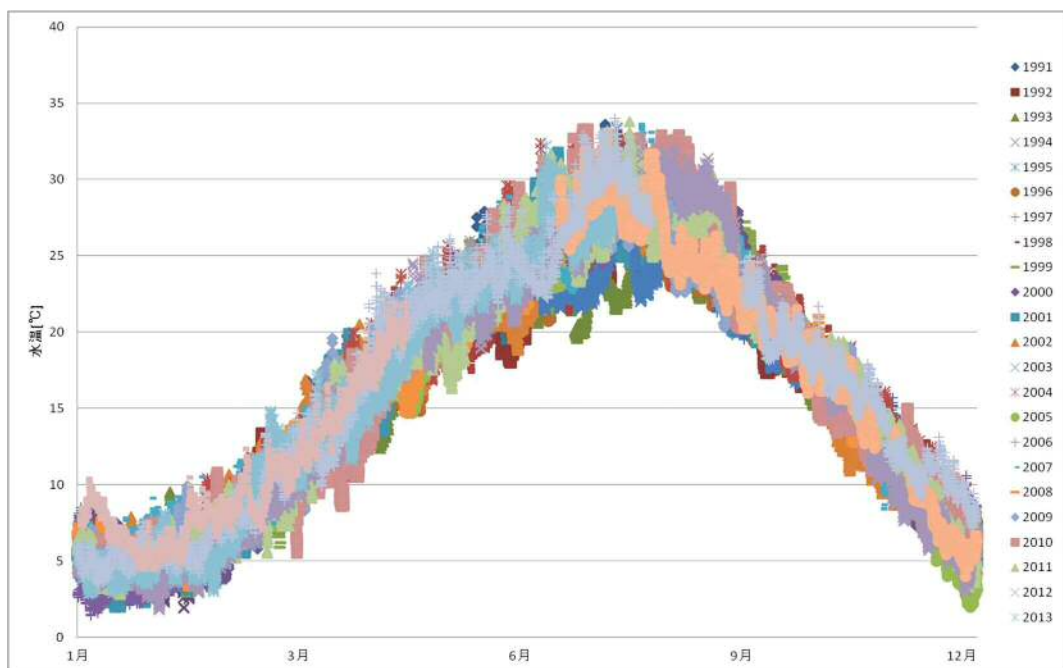
(3) ペDESTAL（ドライウエル部）の水位

- ・ ペDESTAL（ドライウエル部）の水位は、M A A P解析において格納容器内の熱容量に寄与する。これを踏まえ、格納容器ベント遅延効果を確認するための感度解析では、実運用に沿った水位として 1m とした。
- ・ 中央制御室の居住性評価等を保守的に評価するための解析では、格納容器内の熱容量に寄与するペDESTAL（ドライウエル部）の水位は保守的に 0m とした。



第1図 地中温度の年間月別平均温度の変動（水戸市）

（「地中温度等に関する資料」（農業気象資料第3号，1982）に基づく）



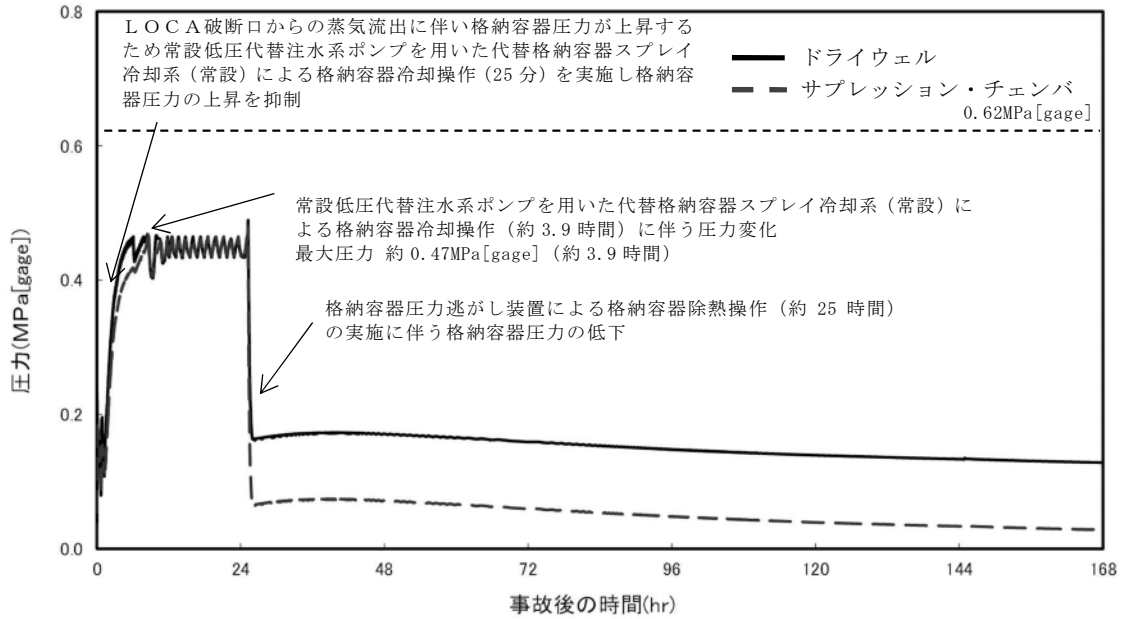
第2図 霞ヶ浦の水温変化（水深20cm）

（国立環境研究所 地球環境研究センターHPに基づく）

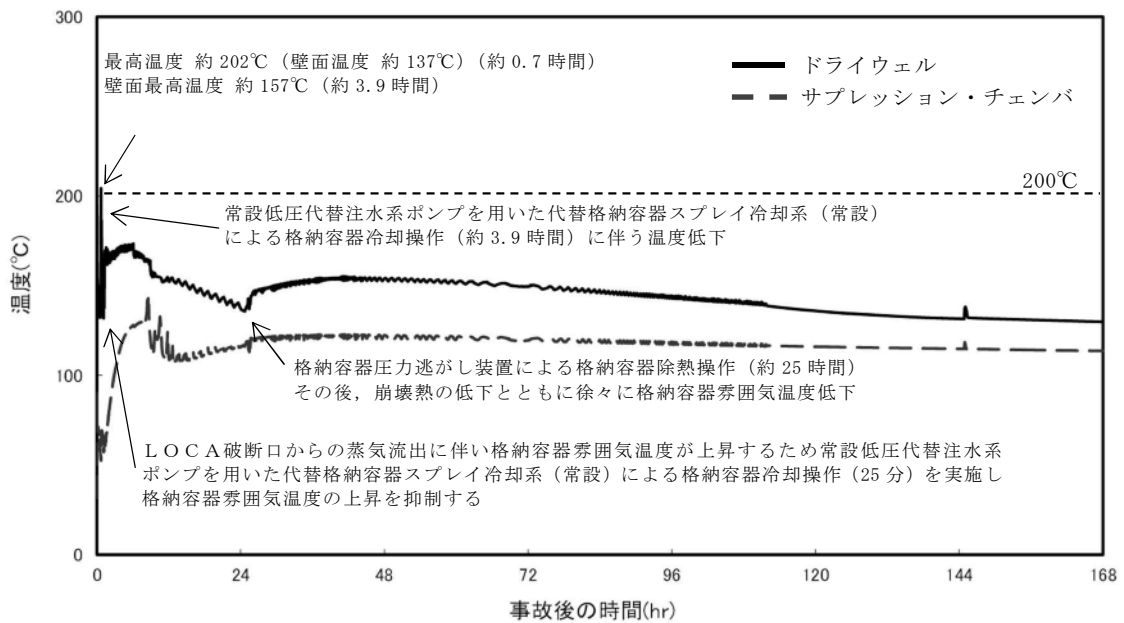
3. 解析結果

格納容器ベント遅延効果を確認するための感度解析及び中央制御室の居住性評価等を保守的に評価するための解析における格納容器圧力及び温度の推移を第3図から第6図に示す。

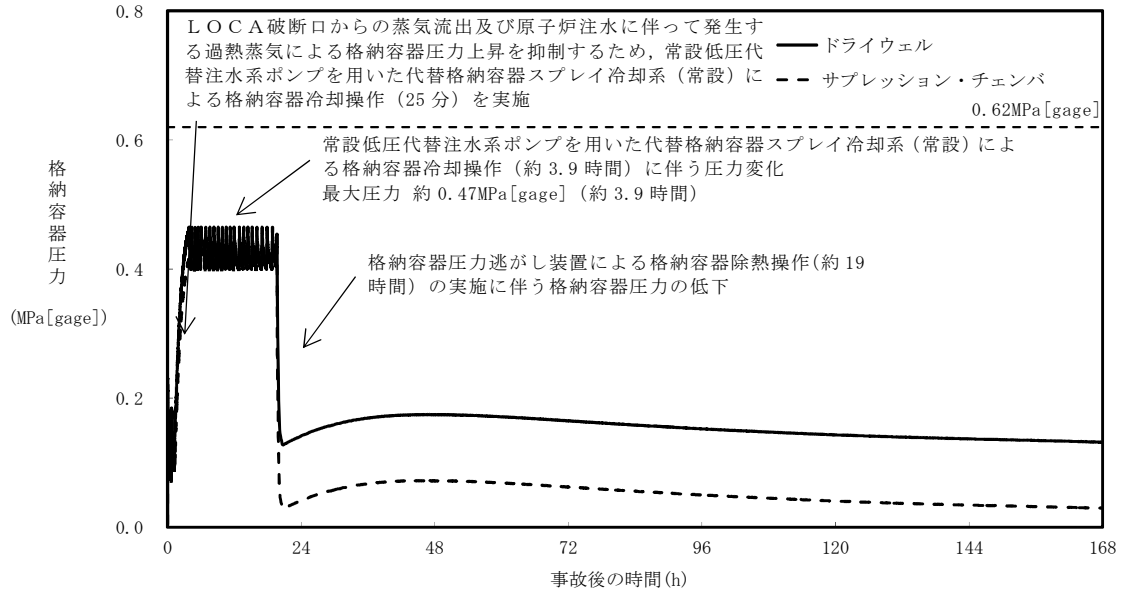
格納容器ベント遅延効果を確認するための感度解析の格納容器ベント時間は事故後約24時間後となり、中央制御室の居住性評価等を保守的に評価するための解析の格納容器ベント時間は事故後約19時間後となり、中央制御室の居住性評価や中央制御室待避室の遮蔽設計等を保守的に評価する観点からはより早期の格納容器ベントシナリオを選定していることから、評価及び設計上の保守性を十分に確保していると考えられる。



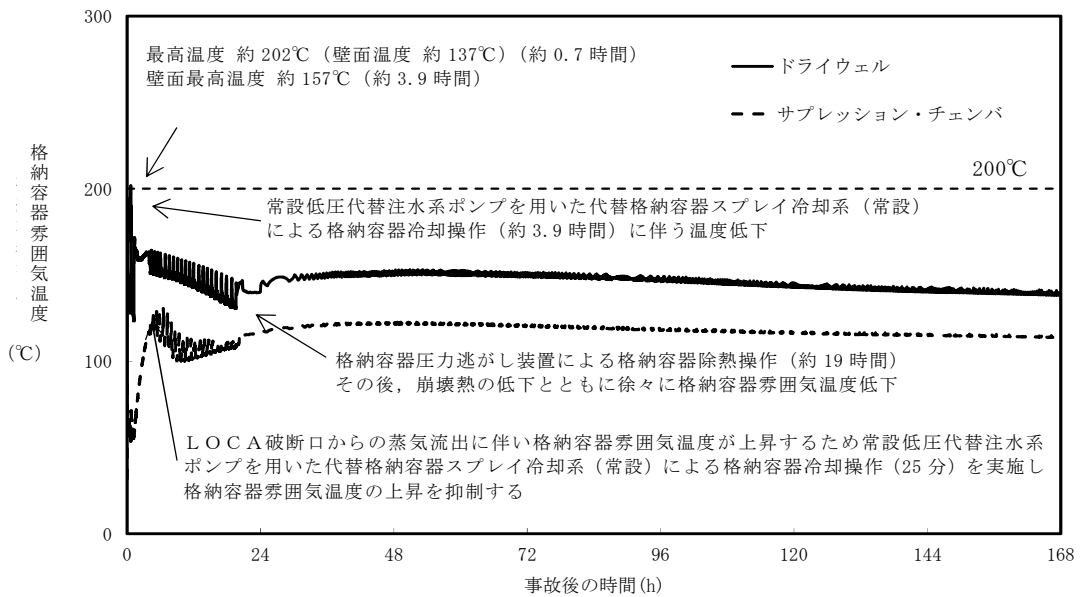
第3図 格納容器圧力の推移 (感度解析ケース)



第4図 格納容器雰囲気温度の推移 (感度解析ケース)



第5図 格納容器圧力の推移（設計上の評価ケース）



第6図 格納容器雰囲気温度の推移（設計上の評価ケース）

スプレー流量制御の下限値の設定について

1. 設備上の流量調整の下限值

常設低圧代替注水系ポンプを用いた代替格納容器スプレー系（常設）による格納容器圧力制御のための格納容器スプレーについて、弁キャビテーションを防止する観点から、流量調整の下限值は $70\text{m}^3/\text{h}$ である。

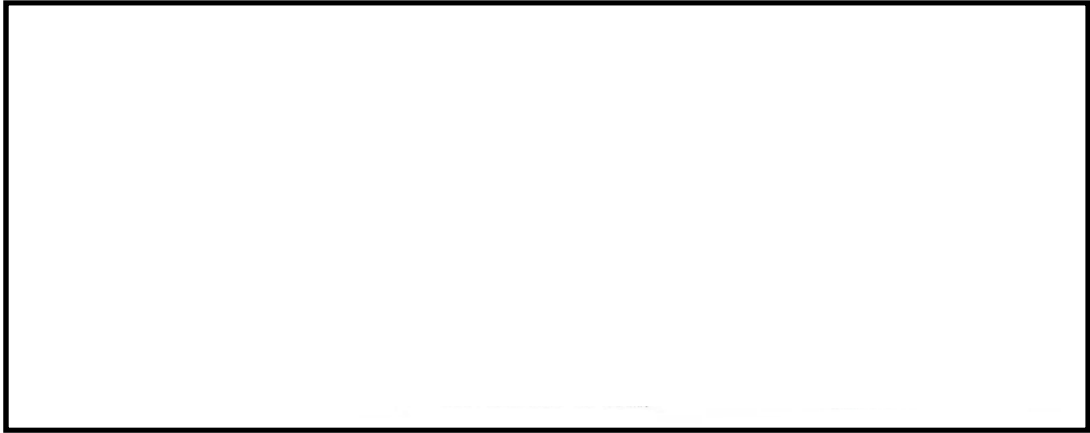
2. 運用上の流量調整の下限值

スプレー流量については、スプレー液滴径と相関があり、スプレー流量を低下させた場合、液滴径が大きくなることでエアロゾル除去効率が低下するおそれがある。

スプレー流量とスプレー液滴径の関係について、実験^[1]による知見が得られている。また、設備上の流量調整の下限值である $70\text{m}^3/\text{h}$ の場合、東海第二発電所におけるスプレーヘッドのノズル数は 170 個であるため、下式のとおり、ノズル当たりの流量は $6.87\text{L}/\text{min}$ である。

$$\begin{aligned}\text{○ノズル当たりの流量} &= 70 (\text{m}^3/\text{h}) \div 170 (\text{ノズル}) \\ &= 0.411 (\text{m}^3/\text{h}/\text{ノズル}) \\ &= 6.87 (\text{L}/\text{min}/\text{ノズル})\end{aligned}$$

第 1 図に示すとおり、ノズル当たりの流量が L/min の場合、液滴径にばらつきがあるが、最大の液滴径を形成するものでも 2mm である。東海第二における設備上の流量調整の下限值がノズル当たり $6.87\text{L}/\text{min}$ であることから、液滴径は 2mm 以下となると考えられるため、運用上の流量調整の下限値は $70\text{m}^3/\text{h}$ とし、感度解析ケースでは液滴径 2mm として解析を実施した。



第1図 スプレイ液滴径の実験結果

(ノズル当たりの流量)

- [1] 共同研究報告書, 放射能放出低減装置に関する開発研究(PHASE2)
(平成5年3月)