

泊発電所3号機 重大事故等対策有効性評価 成立性確認

平成25年9月5日
北海道電力株式会社

泊発電所 3号機

各事故シーケンス／格納容器破損モードにおける評価事故シーケンス一覧

【炉心損傷防止】

事故シーケンスグループ	評価事故シーケンス
2次系からの除熱機能喪失	主給水流量喪失＋補助給水機能喪失
全交流動力電源喪失	全交流動力電源喪失＋原子炉補機冷却機能喪失＋RCPシールLOCA
	全交流動力電源喪失＋原子炉補機冷却機能喪失（RCPシールLOCAなし）
原子炉補機冷却機能喪失	全交流動力電源喪失＋原子炉補機冷却機能喪失＋RCPシールLOCA
原子炉格納容器の除熱機能喪失	大LOCA＋低圧再循環機能喪失＋格納容器スプレイ機能喪失
原子炉停止機能喪失	主給水流量喪失＋原子炉停止機能喪失（トリップ失敗）
1. ECCS注水機能喪失	中小LOCA＋高圧注入機能喪失
ECCS再循環機能喪失	大LOCA＋高圧再循環機能喪失＋低圧再循環機能喪失
格納容器バイパス	2. インターフェイスシステムLOCA
	3. 蒸気発生器伝熱管破損＋破損側蒸気発生器隔離失敗

【SFPの燃料損傷防止】

重要事故シーケンス	評価事故シーケンス
想定事故 1	使用済燃料ピット冷却系及び補給水系の機能喪失
想定事故 2	使用済燃料ピット冷却系配管の破断

【格納容器破損防止】

格納容器破損モード	評価事故シーケンス
雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温）	（格納容器過圧破損） 大LOCA＋ECCS注水機能喪失＋格納容器スプレイ機能喪失
	（格納容器過温破損） 全交流動力電源喪失＋補助給水機能喪失
高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱	全交流動力電源喪失＋補助給水機能喪失
原子炉容器外の溶融燃料－冷却材相互作用	大LOCA＋ECCS注水機能喪失＋格納容器スプレイ機能喪失
水素燃焼	大LOCA＋ECCS注水機能喪失
溶融炉心・コンクリート相互作用	大LOCA＋ECCS注水機能喪失＋格納容器スプレイ機能喪失

【停止中の原子炉の燃料損傷防止】

事故シーケンスグループ	評価事故シーケンス
崩壊熱除去機能喪失（余熱除去系統の故障による停止時冷却機能の喪失）	ミッドループ運転中の余熱除去機能喪失
全交流動力電源喪失	ミッドループ運転中の全交流動力電源喪失＋余熱除去機能喪失
原子炉冷却材の流出	ミッドループ運転中の原子炉冷却材流出
反応度の誤投入	停止中の原子炉への純水流入

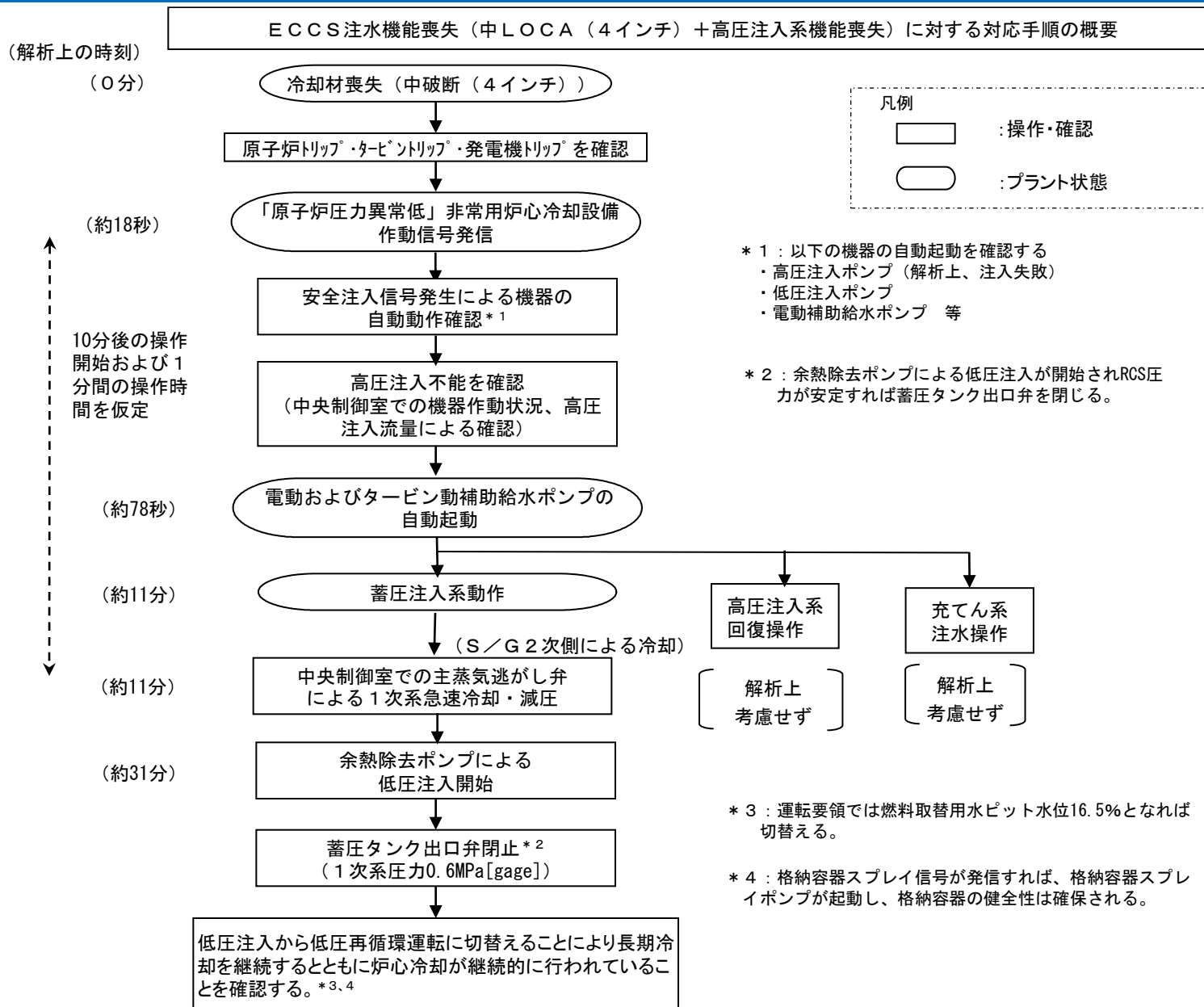
本日配付

配布済み

事故シーケンスの概要

	炉心損傷シナリオ	起因事象	結果の概要
1. ECCS注水機能喪失	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管に破断が生じた場合に、高圧注入系が機能喪失し、炉心の崩壊熱の除去が不能となり炉心損傷に至るシナリオ。	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管の破断のうち、対策の有効性を確認する範囲として「中小破断LOCA時に高圧注水系が機能喪失する事象」を選定。	中小破断LOCA時に、補助給水系による蒸気発生器への給水及び主蒸気逃し弁の開操作による2次系強制冷却により、1次系の冷却減圧が行われ、低圧注入により炉心損傷が防止される結果となった。 これにより、泊発電所3号機の対策が有効と判断した。 (1-1頁より評価内容について説明)
2. 格納容器バイパス(インターフェイスシステムLOCA)	格納容器外への1次冷却材の漏えいが継続し、炉心損傷に至るシナリオ	格納容器外への漏えい経路の違いを考慮して、1次系の圧力が低圧系に付加されるために発生するLOCA(インターフェイスシステムLOCA)として余熱除去系のインターフェイスシステムLOCAを選定	漏えい箇所の隔離に失敗した場合にも、主蒸気逃がし弁を用いた蒸気発生器による除熱及び加圧器逃がし弁による1次系の減圧により漏えいを抑制し、健全側の余熱除去システムによる炉心冷却を実施する「クールダウンアンドリサーキュレーション」実施により、炉心冷却が維持され、炉心損傷が防止される結果となった。 これにより、泊発電所3号機の対策が有効と判断した。 (2-1頁より評価内容について説明)
3. 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)	格納容器外への1次冷却材の漏えいが継続し、炉心損傷に至るシナリオ	格納容器外への漏えい経路の違いを考慮して、蒸気発生器の伝熱管破損時に破損側蒸気発生器の隔離に失敗する事象を選定	蒸気発生器伝熱管破損+破損側蒸気発生器の隔離失敗後、主蒸気逃がし弁および補助給水系による2次系からの冷却並びに加圧器逃がし弁による1次系の減圧により漏えいを抑制し、余熱除去システムによる炉心冷却を実施する「クールダウンアンドリサーキュレーション」実施により、炉心冷却が維持され、炉心損傷が防止される結果となった。 これにより、泊発電所3号機の対策が有効と判断した。 (3-1頁より評価内容について説明)

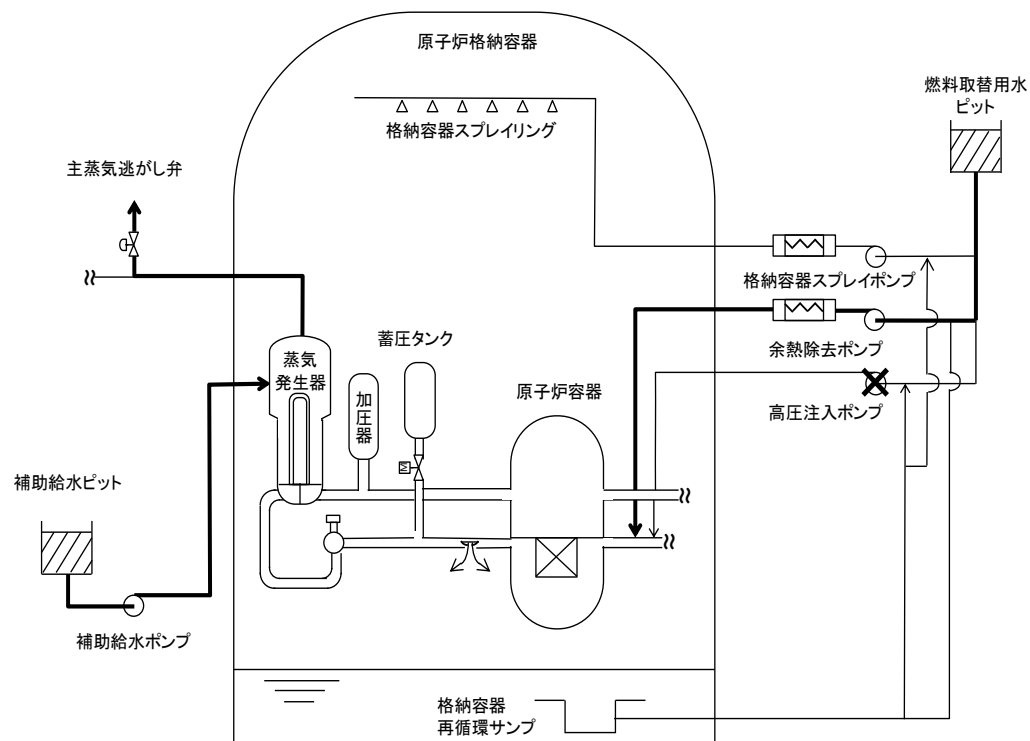
1. 対応手順の概要フロー



2. 主要解析条件及び重大事故対策概要図（短期対策）

主要解析条件一覧



項目	主要解析条件
解析コード	M-RELAP5
原子炉出力（初期）	100% (2,660 MWt) × 1.02
1冷却材圧力（初期）	15.41+0.21MPa[gage]
1次冷却材平均温度（初期）	304.5℃
炉心崩壊熱	FP：日本原子力学会推奨値 アクチニド：ORIGEN2 (サイクル末期を仮定)
蓄圧タンク保持圧力	4.04MPa[gage] (最低保持圧力)
蓄圧タンク保有水量	29.0m ³ /基 (最低保有水量)
2次系強制冷却開始 (主蒸気逃がし弁開操作)	S I 信号発信 + 10 分 + 主蒸気逃がし弁開操作時間 (1分)
破断位置、口径	低温側配管の約10cm (4インチ) 口径破断

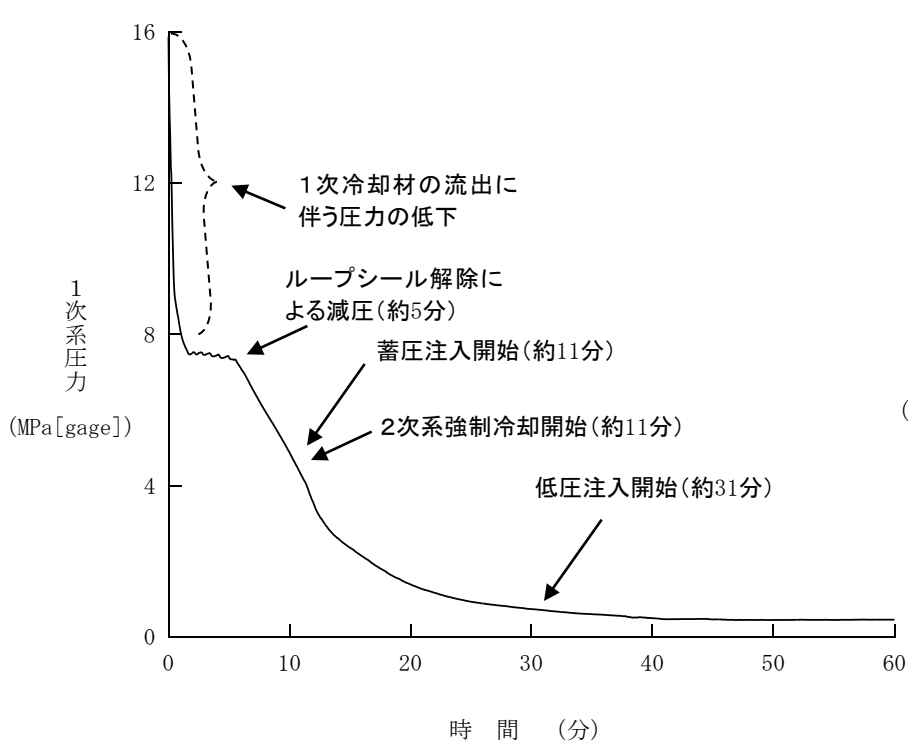


第1図 重大事故等対策概要図(短期対策)

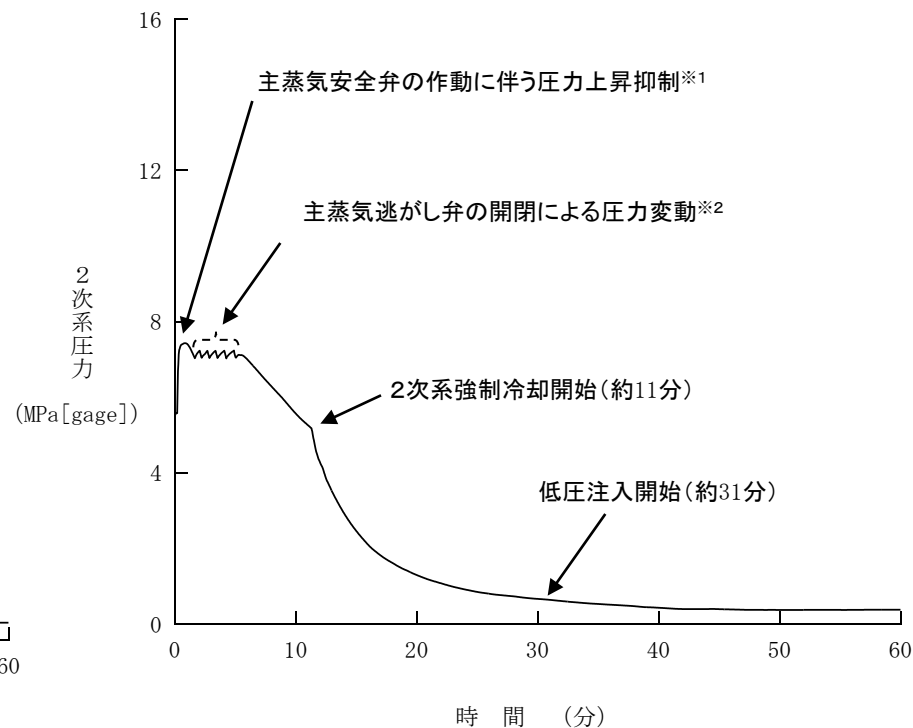
3. 主要なパラメータの解析結果 (1)

主蒸気逃がし弁・安全弁作動圧力 (単位: MPa [gage])

	解析設定値	実機設定値
主蒸気逃がし弁※2		
主蒸気安全弁※1		7.48



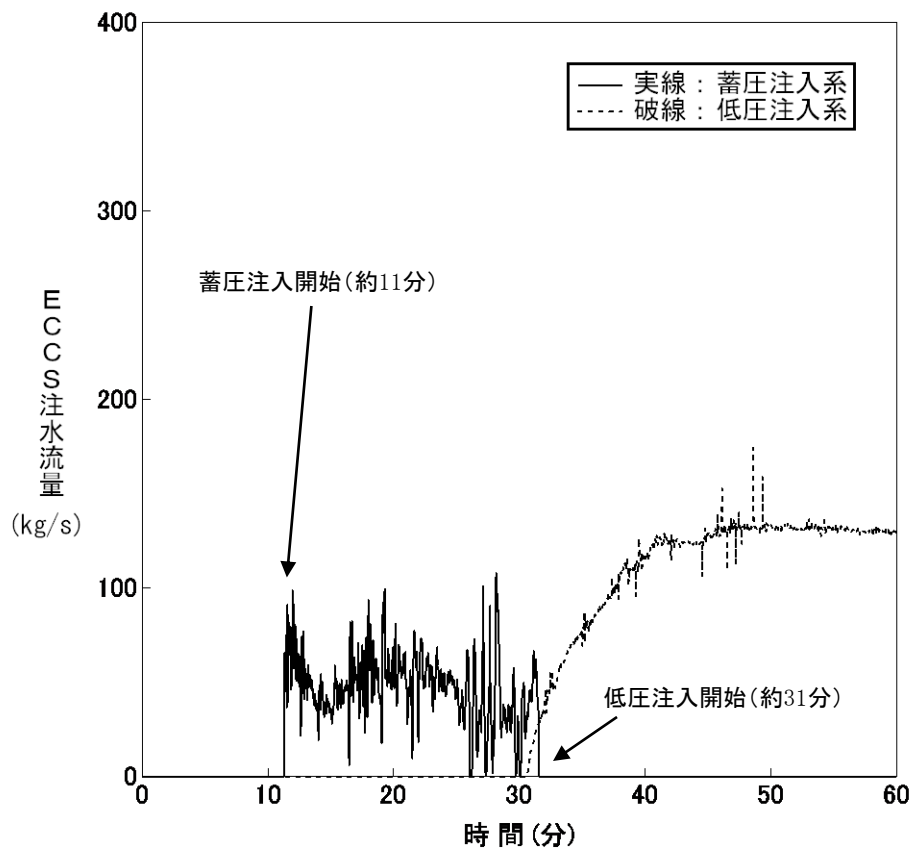
第2図 1次系圧力の推移



第3図 2次系圧力の推移

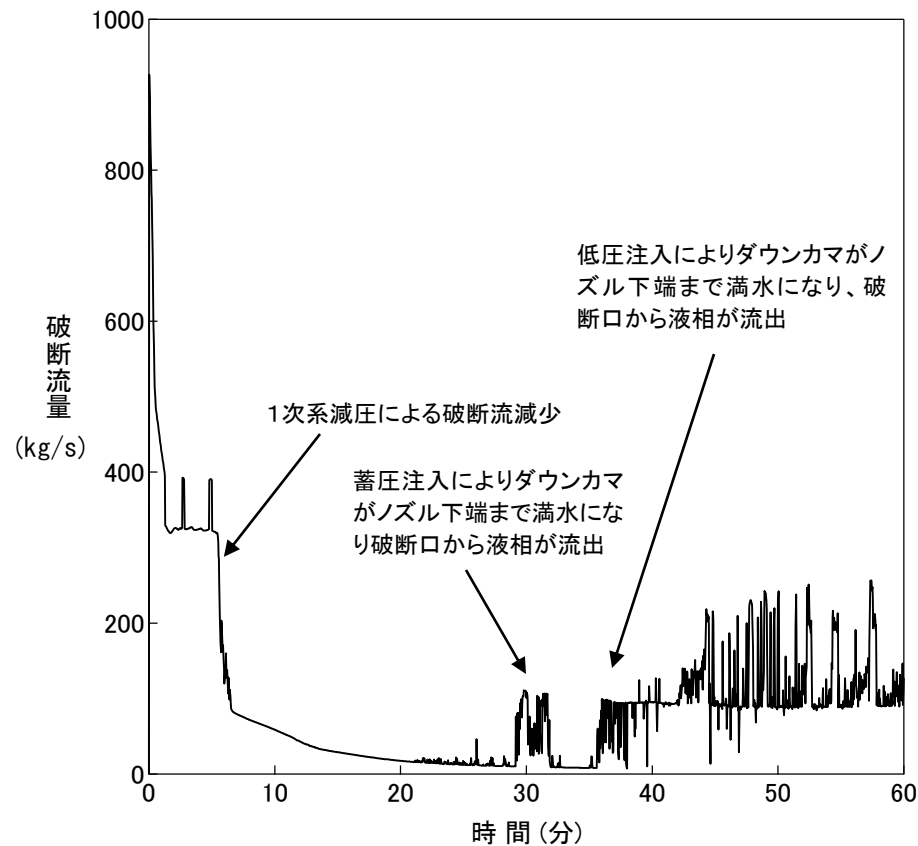
1次冷却材の流出による減圧及び2次系強制冷却によって1次系圧力が低下することで、蓄圧注入及び低圧注入による1次系への補給が開始される。

3. 主要なパラメータの解析結果 (2)



第4図 ECCS注水流量の推移

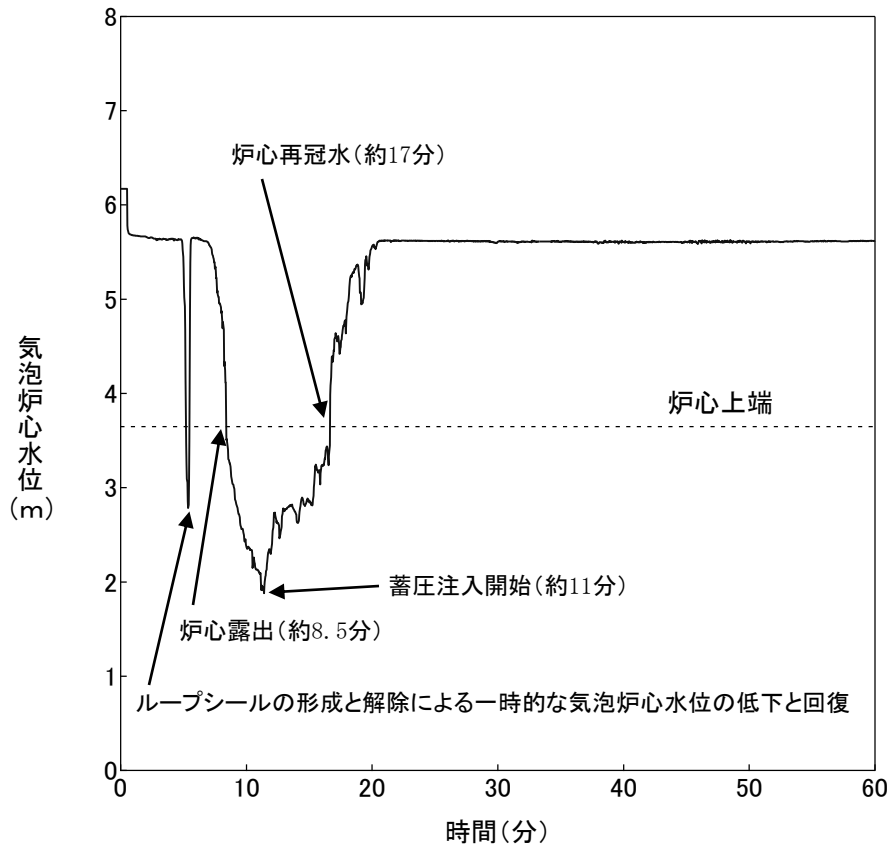
1次系の減圧に伴い、蓄圧注入及び低圧注入が開始される。



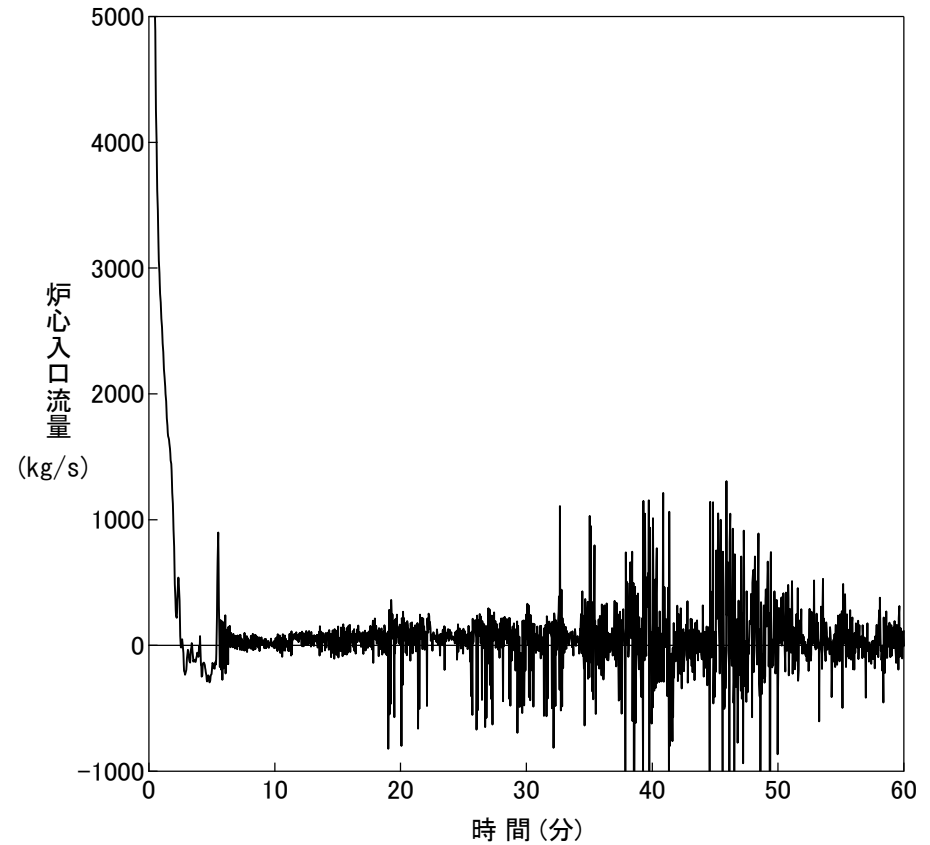
第5図 破断流量の推移

1次系の減圧に伴い、破断流は減少する。

3. 主要なパラメータの解析結果 (3)



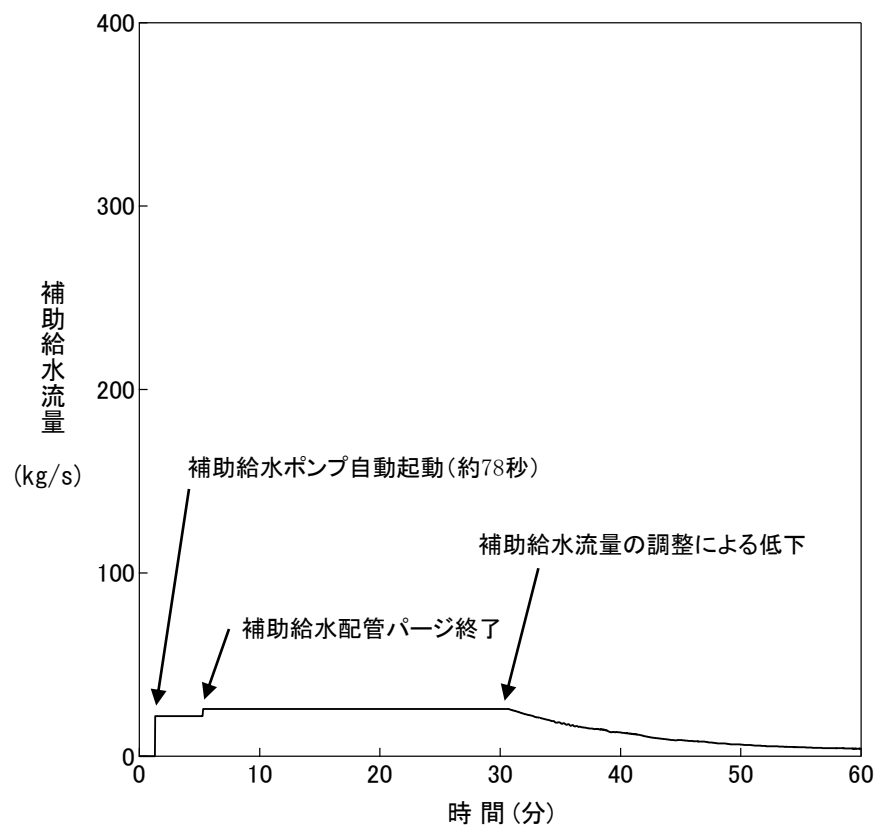
第6図 気泡炉心水位の推移



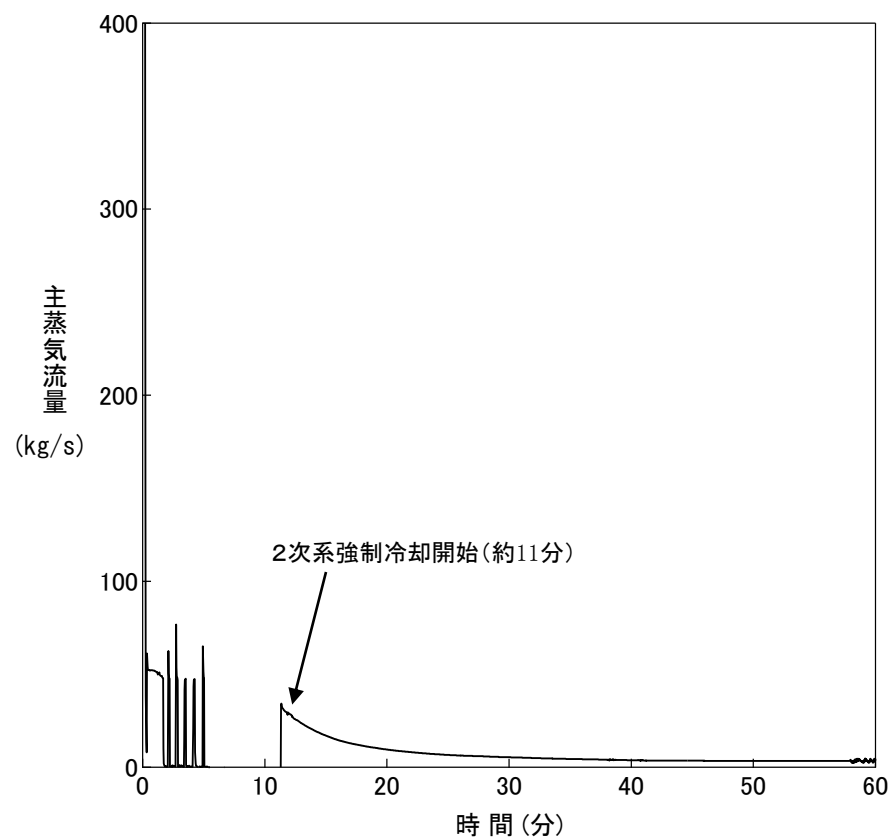
第7図 炉心入口流量の推移

一時的に炉心が露出するが、その後の蓄圧注入により、炉心は再冠水する。

3. 主要なパラメータの解析結果 (4)

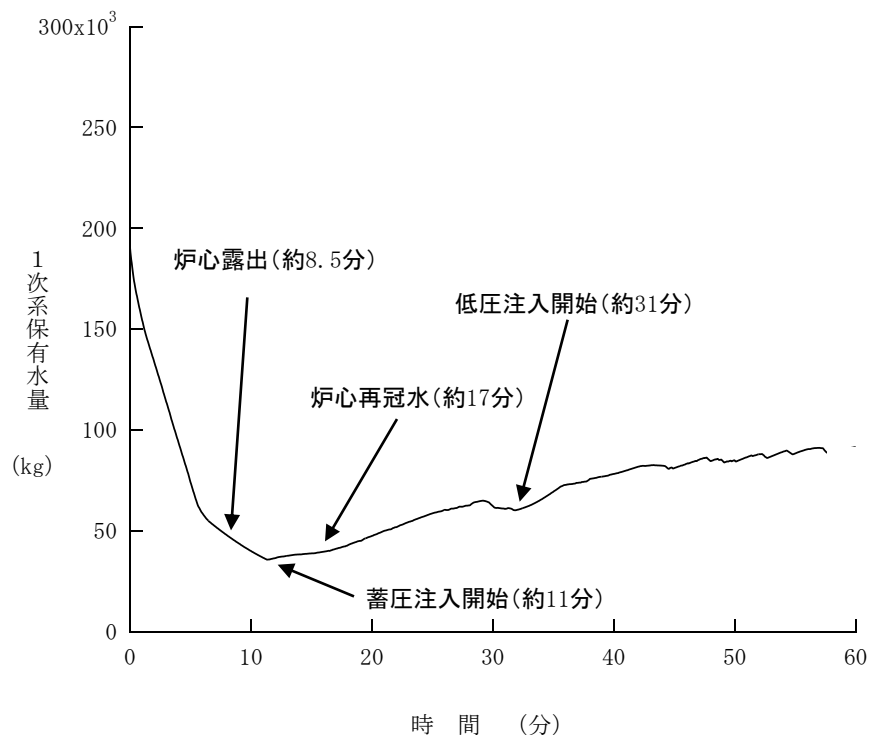


第8図 補助給水流量の推移



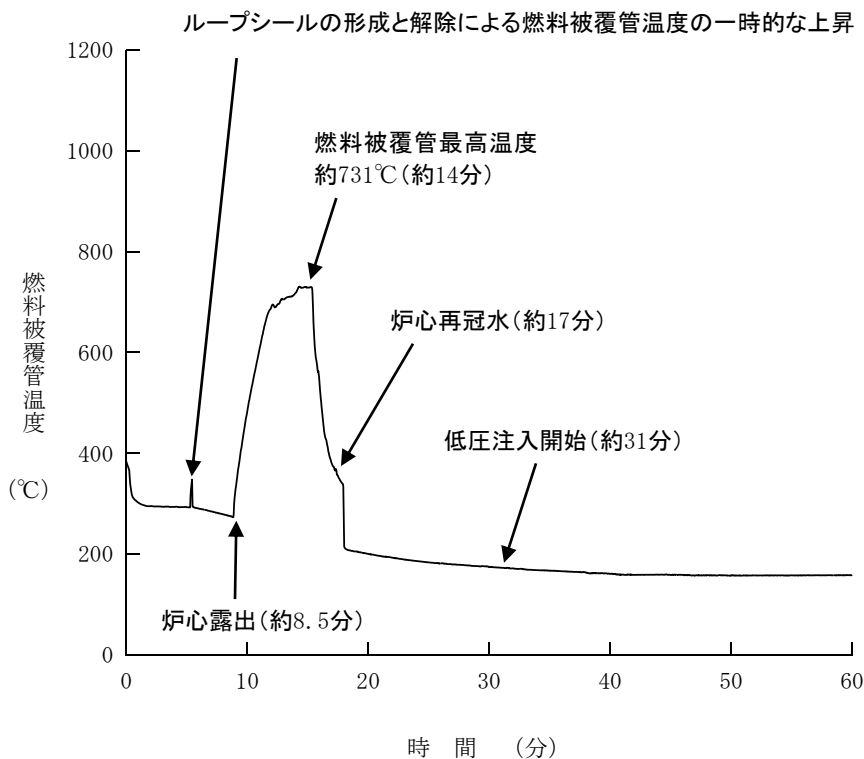
第9図 主蒸気流量の推移

3. 主要なパラメータの解析結果 (5)



第10図 1次系保有水量の推移

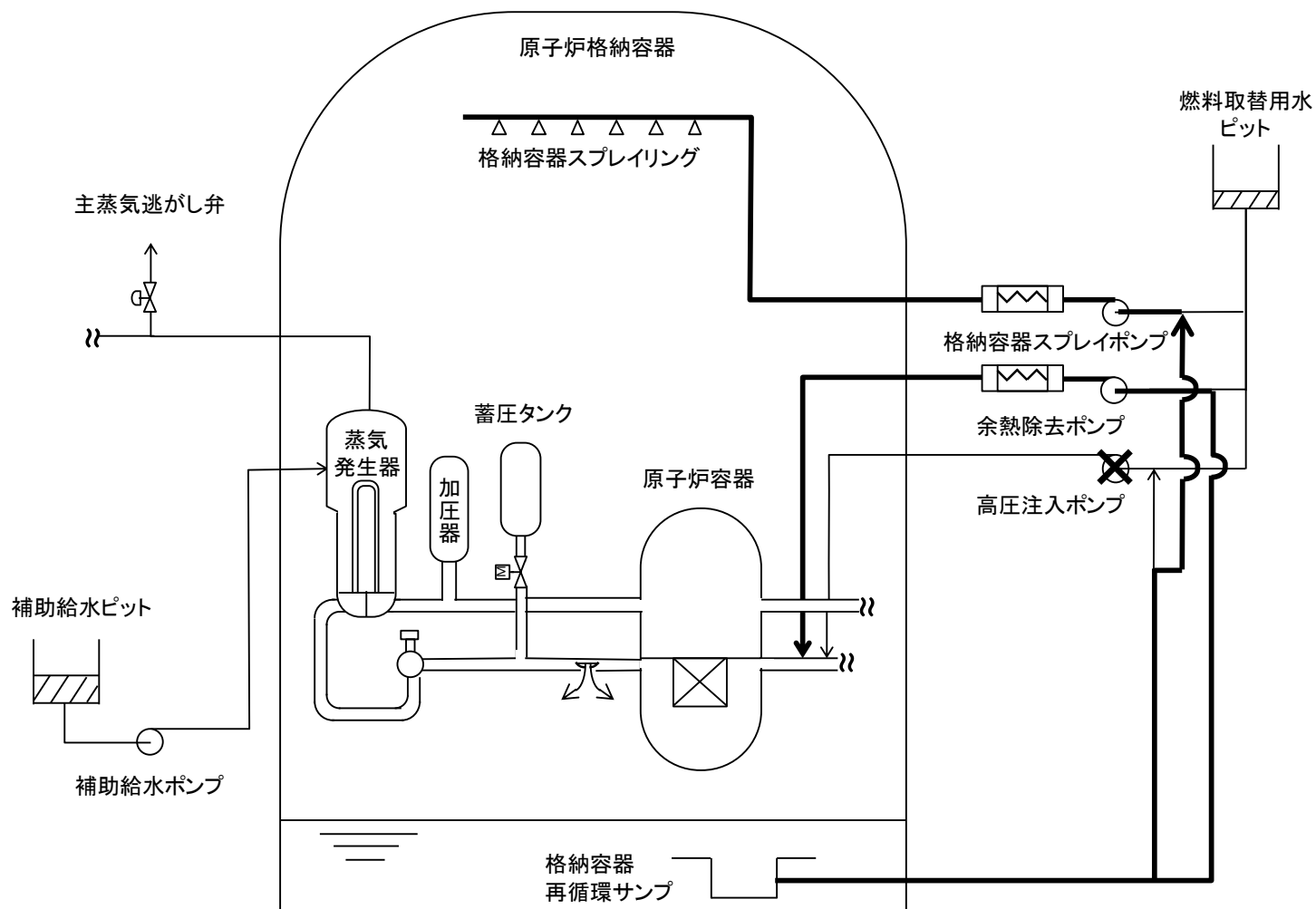
蓄圧注入及び低圧注入により1次系保有水は補給され、1次系保有水量は増加する。



第11図 燃料被覆管温度の推移

1次冷却材の流出により炉心は一時的に露出するが、再冠水することで燃料被覆管温度の上昇は抑えられ、最高温度は1,200°Cを超えない(燃料被覆管の酸化量は約0.1%)。

4. 重大事故対策概要図（長期対策）



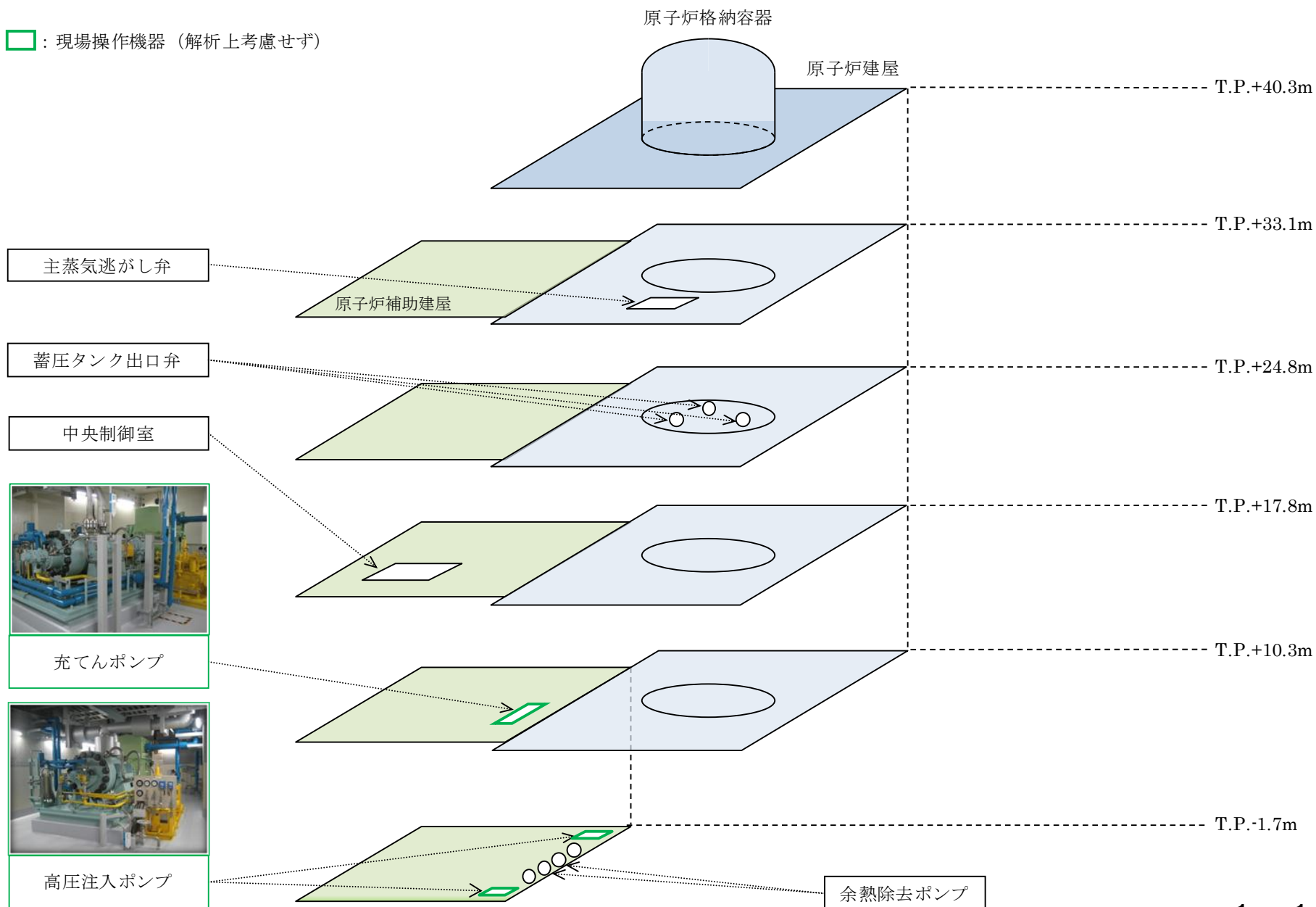
第12図 重大事故対策概要図(長期対策)

5. 使用機器リスト

対象機器	重大事故対策	要求事項	仕様	備考
主蒸気逃がし弁	2次系強制冷却	主蒸気逃がし弁開操作時間：約11分	—	崩壊熱を除去するのに十分な容量があり、各主蒸気管に1個あることから多重性を有する。
電動およびタービン動補助給水ポンプ	2次系強制冷却	—	—	通常の給水システムの機能が失われた場合でも、崩壊熱を除去するのに十分な冷却水を供給する。
余熱除去ポンプ	低圧炉心注入 低圧再循環運転	低圧炉心注入開始時間：約31分	—	炉心損傷を防止するため、燃料取替用水ピットの水を炉心に注入する。燃料取替用水ピットの水位低下後、低圧再循環運転により、炉心の長期冷却を行なう。
余熱除去冷却器	低圧再循環運転	—	—	燃料取替用水ピットの水位低下後、低圧再循環運転により、炉心の長期冷却を行なう。
蓄圧タンク	蓄圧注入	蓄圧注入系動作時間：約11分	—	1次冷却材圧力が蓄圧タンク圧力より低下した場合に、自動的に冷却水を炉心に注入する。
充てんポンプ	充てん系注水	—	—	炉心損傷を防止するため、燃料取替用水ピットの水を炉心に注入する。
格納容器スプレイポンプ	格納容器スプレイ スプレイ再循環運転	—	—	格納容器圧力上昇時に格納容器スプレイを行い、圧力上昇を抑制する。燃料取替用水ピットの水位低下後、スプレイ再循環運転により、格納容器内の長期冷却を行なう。
格納容器スプレイ冷却器	スプレイ再循環運転	—	—	燃料取替用水ピットの水位低下後、スプレイ再循環運転により、格納容器内の長期冷却を行なう。

6. 操作機器配置図（建屋内）

□：現場操作機器（解析上考慮せず）



7. 必要な要員および作業項目

●夜間・休日の初動対応要員

		対応要員数	実働要員
運転員	3号機中央制御室	6名	6名
災害対策要員	社員 (当番(指揮、通報))	(1~3号共通)3名	3名 ※4
	社員 (運転支援、電源、給水等)	(3号)3名	(3号)0名
	協力会社 (運転支援、電源、給水等)	(3号)4名	(3号)0名
	協力会社(瓦礫撤去、 給油ホース接続)	(1~3号共通)2名	2名 ※5
	協力会社 (消防)	(1~3号共通)8名	8名 ※5
小計		26名	19名
		余裕	7名 ★

●召集要員構成(H25.7.17現在)

召集要員 (技術系社員)	宮丘地区※1	325名
	地元4力町村※2	104名
小計		429名

※1: 宮丘地区からの召集要員とは、社員[社宅、みやおか寮、柏木寮、桜木寮、はまなす寮]

※2: 地元4力町村からの召集要員とは、宮丘地区を除く、地元4力町村(岩内町、共和町、泊村、神恵内村)

※3: 要員数については実際の現場移動時間および作業時間を考慮した人員である。
ただし、今後の更なる要員の検討により変更が必要となる可能性がある。

対応要員の内訳	要員 ※3	作業内容	時間	作業場所
○運転員(3号機中央制御室対応要員) 3号機運転員(4名) ・発電課長(当直) ・副長 ・運転員a ・運転員b	運転員a	【高圧注入系回復操作および充てん系による注入(解析上考慮せず)】 ①高圧注入ポンプ手動起動 ②充てんポンプ手動起動	—	中央制御室
		蓄圧タンク出口弁閉操作	≒約31分	
		余熱除去ポンプによる低圧注入確認	—	
	格納容器スプレイ作動確認(解析上考慮せず)	—		
○運転員(現場操作者) 3号機運転員(2名) ・運転員c ・運転員d	運転員b	【2次系による1次系の冷却】 主蒸気逃がし弁開放	≒約11分	中央制御室
	運転員c	【高圧注入系回復操作(解析上考慮せず)】 高圧注入ポンプ手動起動	—	原子炉補助建屋
	運転員d	【充てん系による注入(解析上考慮せず)】 充てんポンプ手動起動	—	原子炉補助建屋

※4: 社員(当番(指揮、通報))は、緊急時対策所にて、指揮または通報の対応を専属で行う。

※5: 災害対策要員のうち、協力会社(瓦礫撤去、給油ホース接続)および協力会社(消防)は、それぞれの作業を専属で担当することから、他の作業およびサポート要員としては配置しない。したがって、それぞれが担当する作業が発生しない場合であっても、対応要員全員が作業している表記としている。

○要員人数	平日昼間に事故が発生した場合に十分な要員数を確保できるのは当然のことながら、夜間・休日においても、初動対応要員(運転員、災害対策要員)および召集要員(技術系社員)により、事故収束作業に必要な要員が確保できる体制となっている。
-------	--

★初動対応開始後、サポート要員7名を中央制御室に待機させ、通信手段の不具合や要員の受傷など不測の事態に備える。

8. 対応手順と所要時間

手順の項目	要員	手順の内容	時間経過(秒)		経過時間(分)		備考
			10	20	10	20	
			10 20 30 40 50 60 // 10 20 30 40 50 60 70				
			事象発生 ▼ 約18秒「原子炉圧力異常低」 非常用炉心冷却設備作動		▼ 約9分 炉心露出 ▼ 約11分 蓄圧注入開始 ▼ 約11分 2次系による1次系冷却開始 ▼ 約17分 炉心再冠水 ▼ 約31分 低圧注入系からの注入 蓄圧タンク隔離操作完了		その後は、低圧再循環運転により 長期にわたる炉心冷却を継続
状況判断	運転員	●原子炉トリップ・タービントリップ・発電機トリップ確認 ●非常用炉心冷却設備作動信号発信確認 ●1次冷却材喪失の判断 1次冷却材圧力低下、加圧器水位低下、 格納容器内圧力上昇、格納容器温度上昇、 格納容器再循環サンプ水位上昇、 格納容器高レンジエリアモニタ指示値上昇 炉心出口温度上昇、原子炉容器水位低下 ●高圧注入系機能喪失を確認 高圧注入ポンプの運転状態、高圧注入ポンプ 出口流量、高圧注入ポンプ出口圧力 (中央制御室)	10分		▼ プラント状況判断		
高圧注入系回復操作 (解析上考慮せず)	運転員a	●高圧注入ポンプ手動起動 (中央制御室操作)			適宜実施		
充てん系による注入 (解析上考慮せず)		●充てんポンプ手動起動 (中央制御室操作)			適宜実施		
蓄圧タンク出口弁閉操作		●蓄圧タンク出口弁閉操作 (中央制御室操作)			約2分		
低圧注入確認		●余熱除去ポンプによる低圧注入確認 (中央制御室操作)			適宜実施		
格納容器スプレイ作動確認 (解析上考慮せず)		●格納容器スプレイ作動確認 (中央制御室操作)			適宜実施		
再循環切替 (解析上考慮せず)		●再循環切替操作 (中央制御室操作)			適宜実施		
2次系による1次系の冷却	運転員b	●主蒸気逃がし弁開放操作 (中央制御室操作)			約1分		2次系による1次系の冷却が、解析上、期待されている約11分までに実施できる。
高圧注入系回復操作 (解析上考慮せず)	運転員c	●現地移動／高圧注入ポンプ手動起動 (現場操作)			適宜実施		
充てん系による注入 (解析上考慮せず)	運転員d	●現地移動／充てんポンプ手動起動 (現場操作)			適宜実施		

(補足) 中小破断LOCAの破断サイズ別の結果

①小破断LOCA(2インチ破断)について

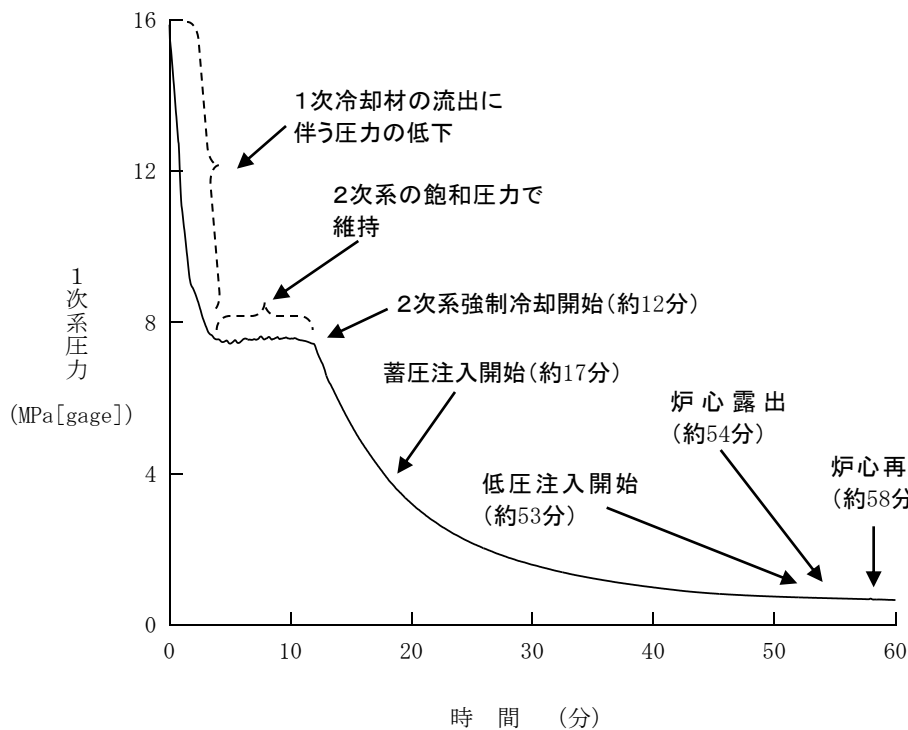
4インチ破断と比較して、破断サイズが小さいことから事象進展は遅くなり、炉心露出のタイミングも遅くなるとともに、早期の2次系強制冷却による1次系の減温・減圧操作により蓄圧注入及び低圧注入を促進することで、一時的に炉心が露出するものの結果は厳しくならない。また、1次系保有水量も比較的多く推移する。

②中破断LOCA(6インチ破断)について

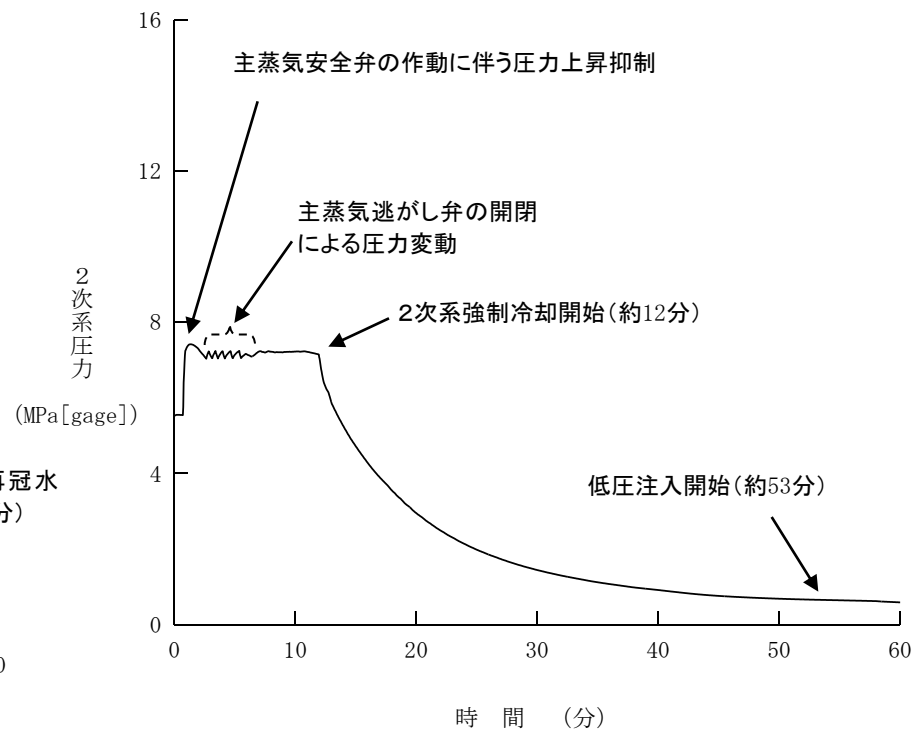
4インチ破断と比較して、破断サイズが大きいことから事象進展は早くなるものの、蓄圧注入及び低圧注入のタイミングも早くなることから、早期の2次系強制冷却の効果とあいまって、炉心が露出することなく事象は収束する。

◎4インチ破断の評価結果が、事象進展の早さによる蓄圧注入及び低圧注入の促進、破断サイズによる冷却材保有量の観点から厳しい結果となった。

(補足) 主要なパラメータの解析結果 (1) (2インチ破断)



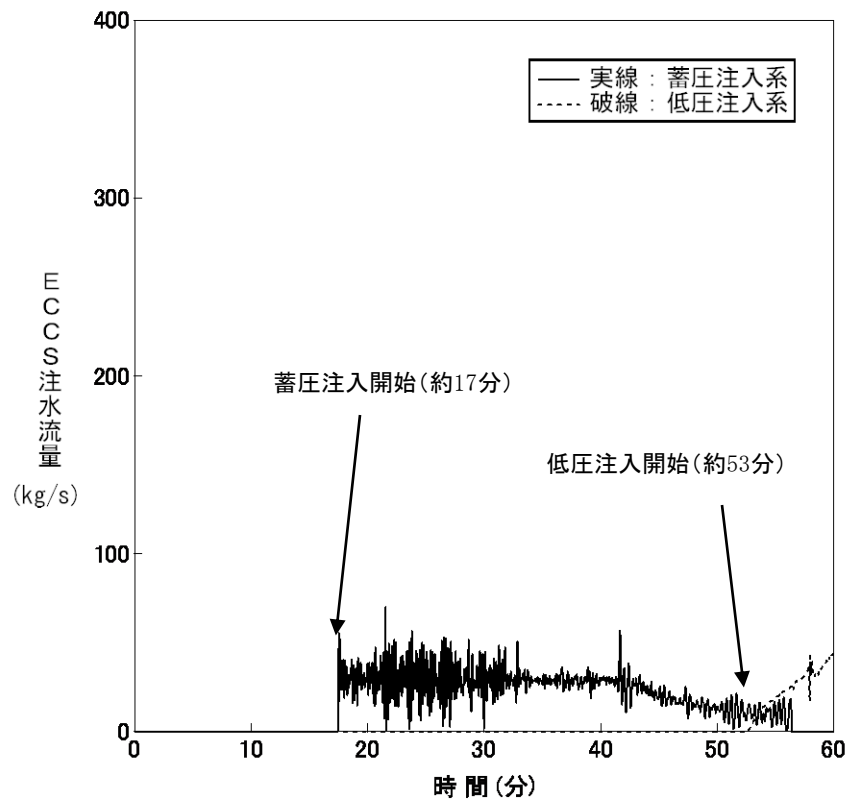
第1図 1次系圧力の推移



第2図 2次系圧力の推移

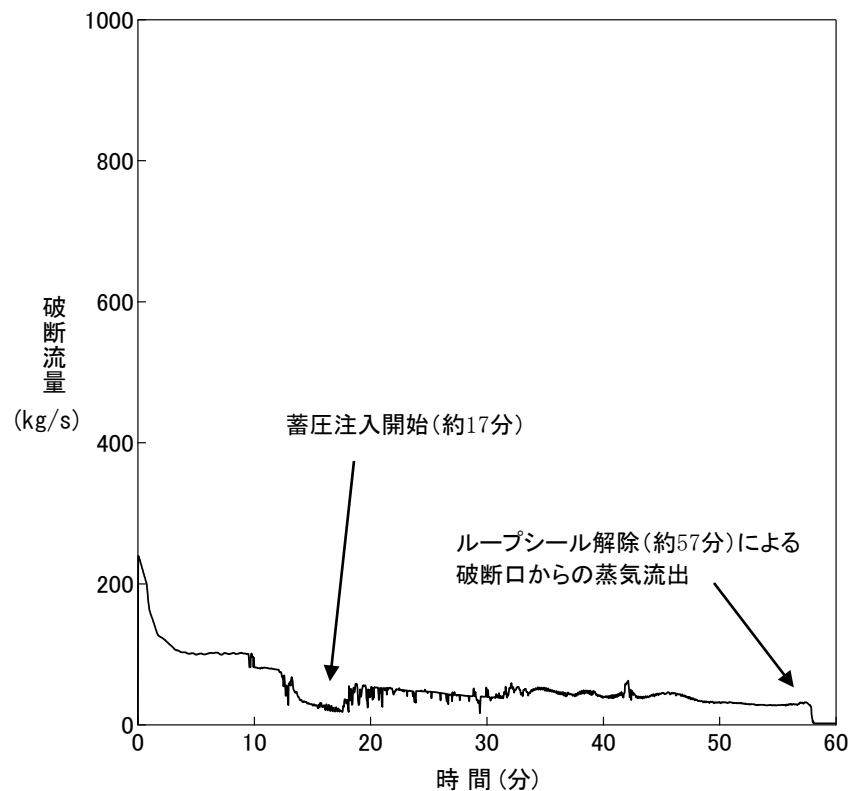
2次系強制冷却による1次系圧力の減圧により、蓄圧注入及び低圧注入による注入が開始される。

(補足) 主要なパラメータの解析結果 (2) (2インチ破断)



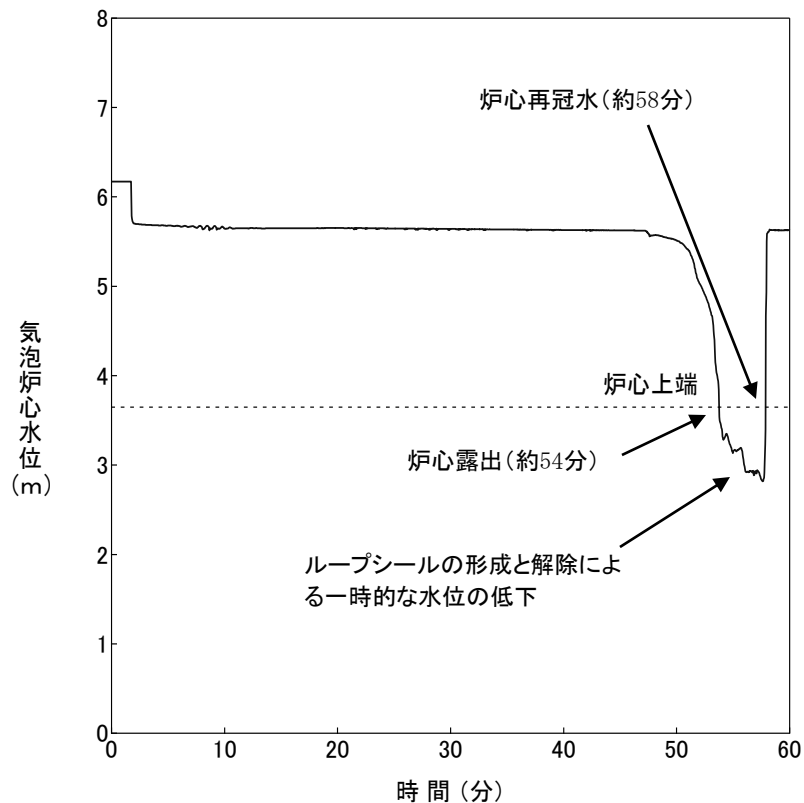
第3図 ECCS注水流量の推移

1次系の冷却に伴い、蓄圧注入及び低圧注入が開始される。

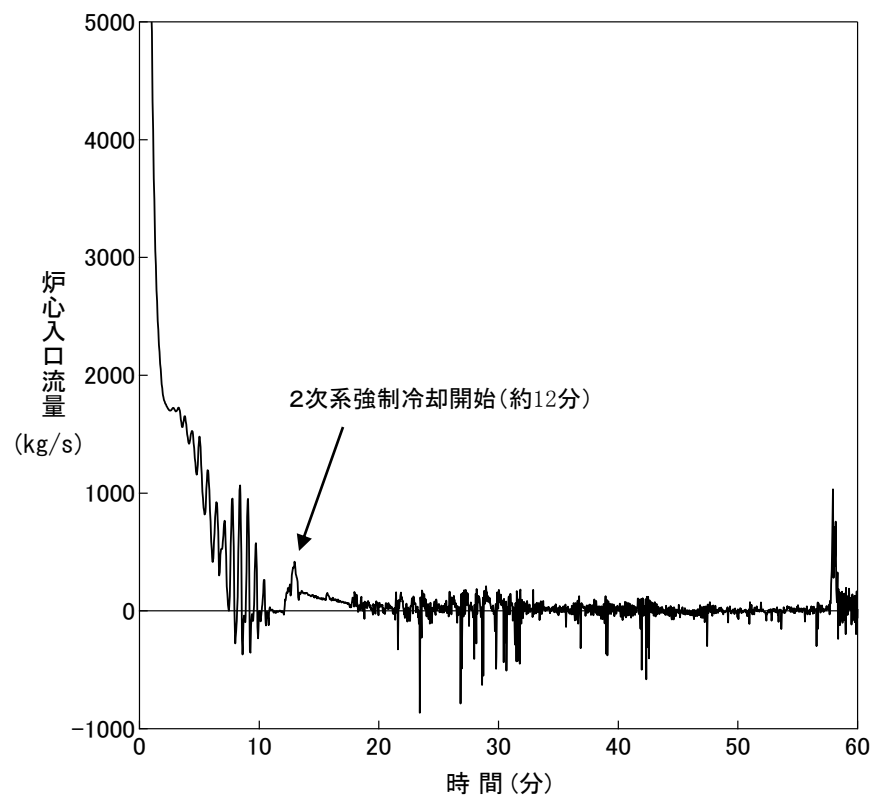


第4図 破断流量の推移

1次系の減圧に伴い、破断流は減少する。

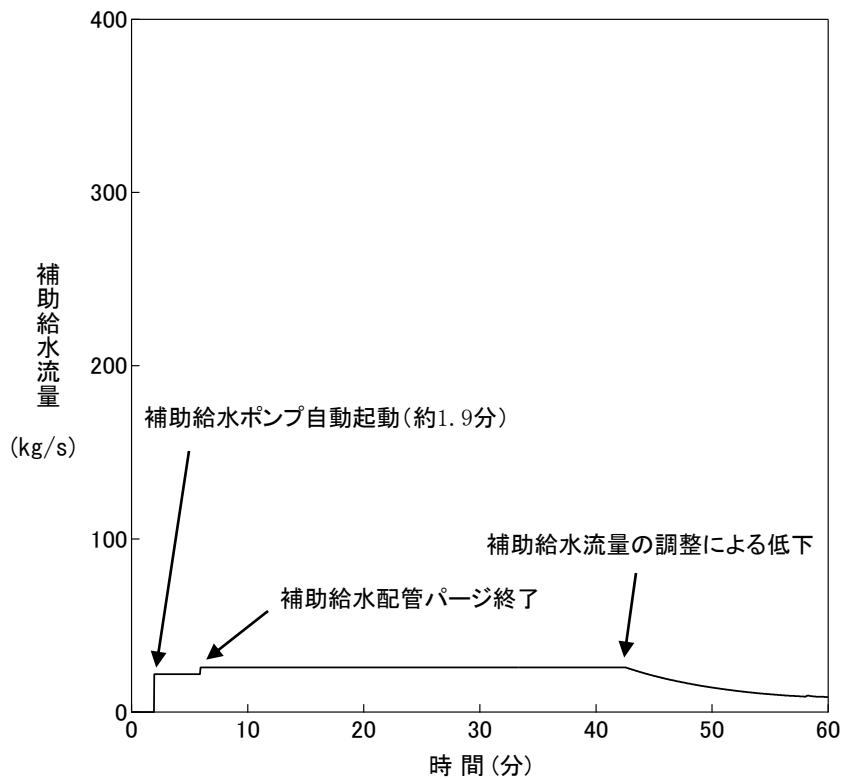


第5図 気泡炉心水位の推移

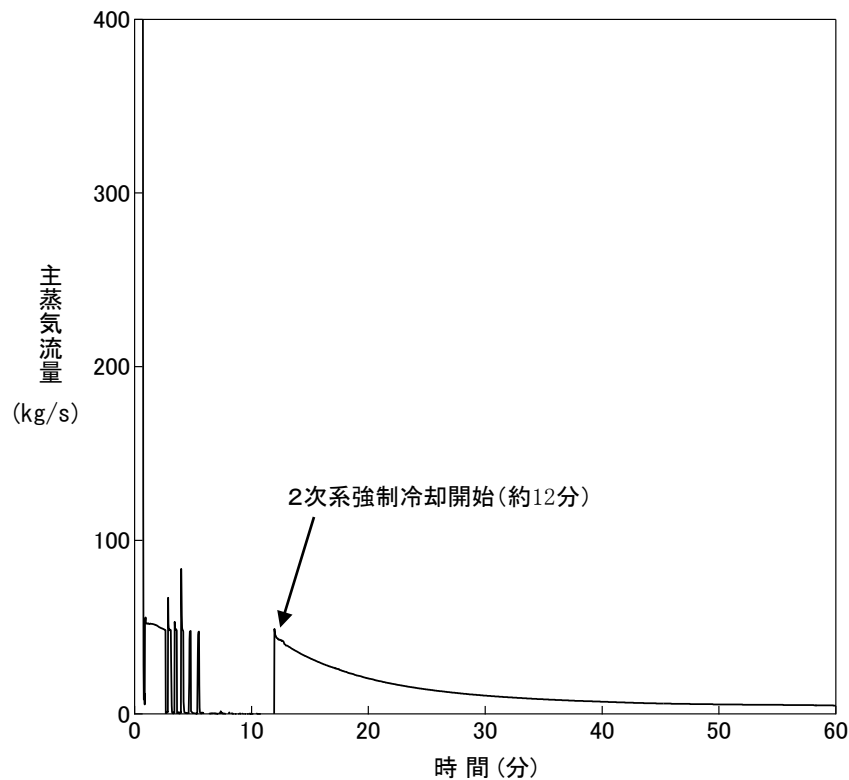


第6図 炉心入口流量の推移

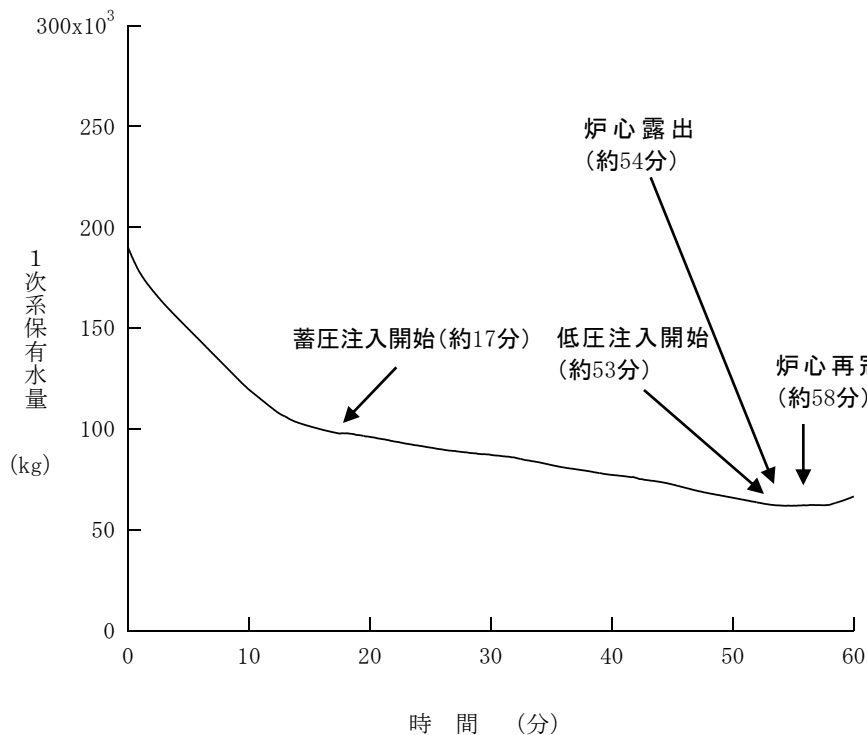
一時的に炉心が露出するが、その後の低圧注入およびループシール解除により炉心は再冠水する。



第7図 補助給水流量の推移

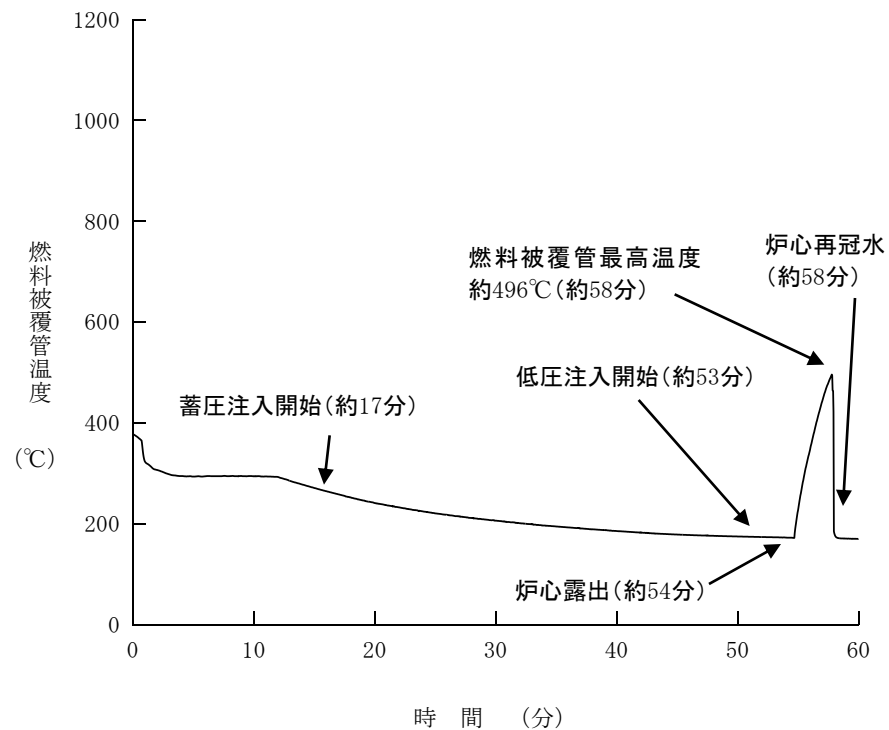


第8図 主蒸気流量の推移



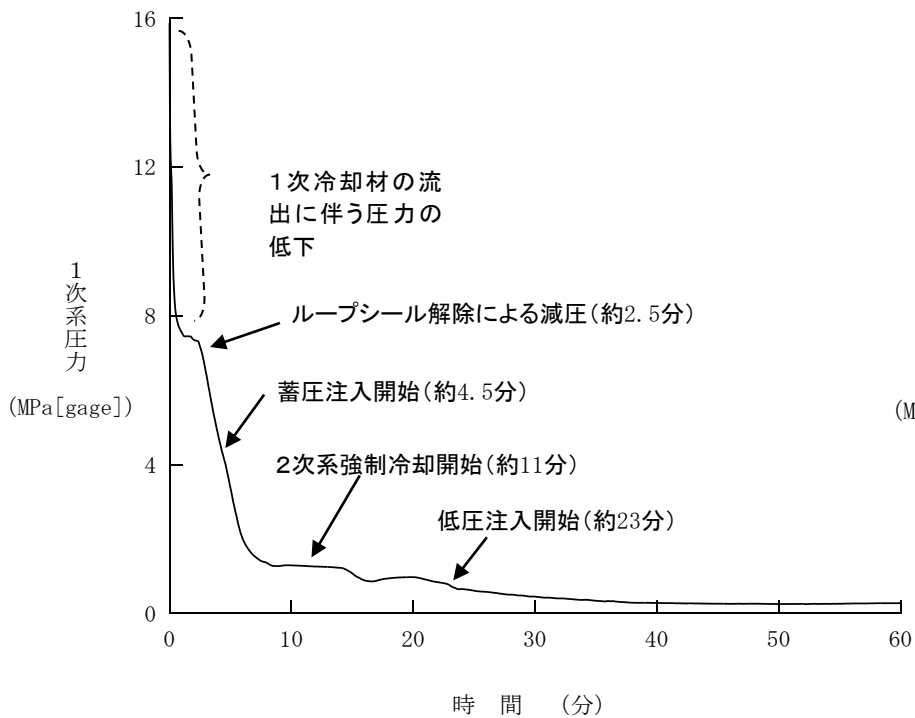
第9図 1次系保有水量の推移

蓄圧注入及び低圧注入により1次系保有水は補給され、1次系保有水量は増加する。

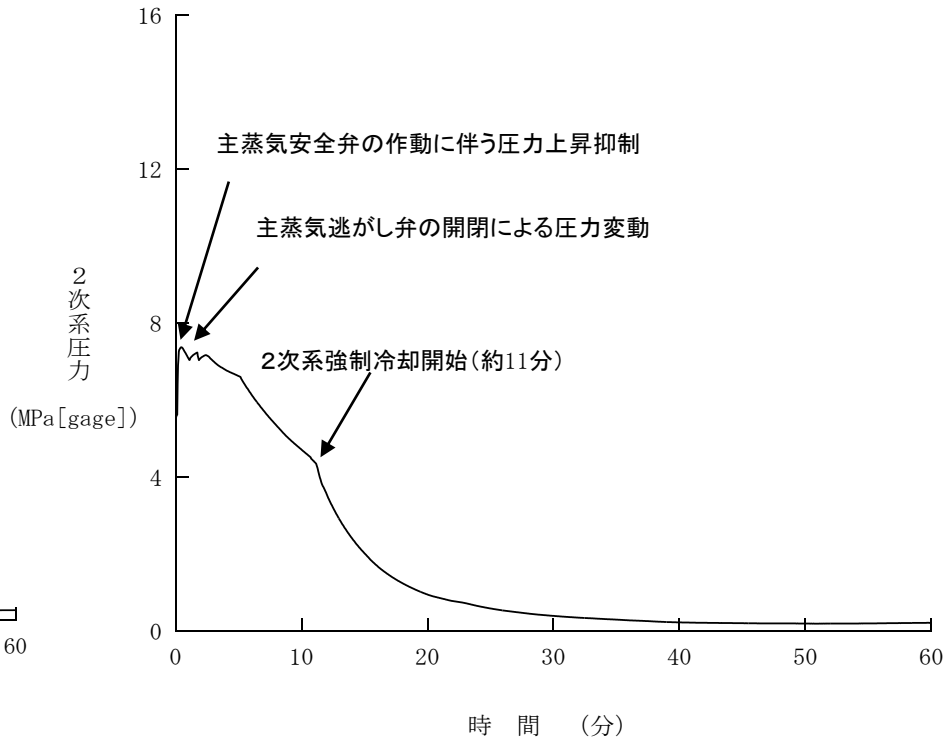


第10図 燃料被覆管温度の推移

ループシールの形成により炉心は一時的に露出するが、ループシール解除後は炉心水位が回復し炉心が再冠水することで燃料被覆管温度の上昇は抑えられ、最高温度は1,200°Cを超えない(燃料被覆管の酸化量は約0.1%)。



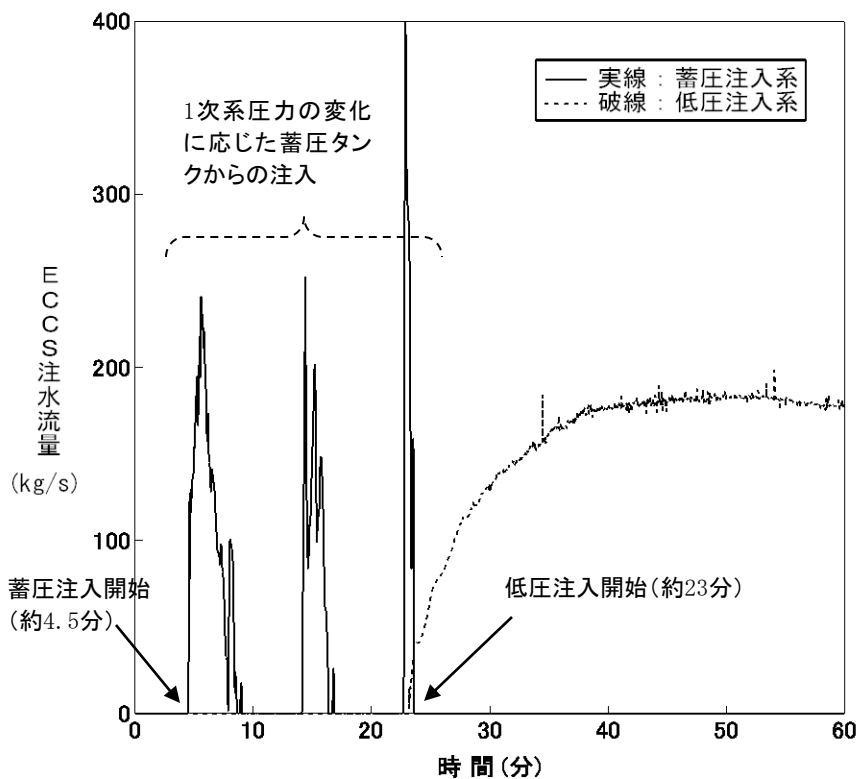
第1図 1次系圧力の推移



第2図 2次系圧力の推移

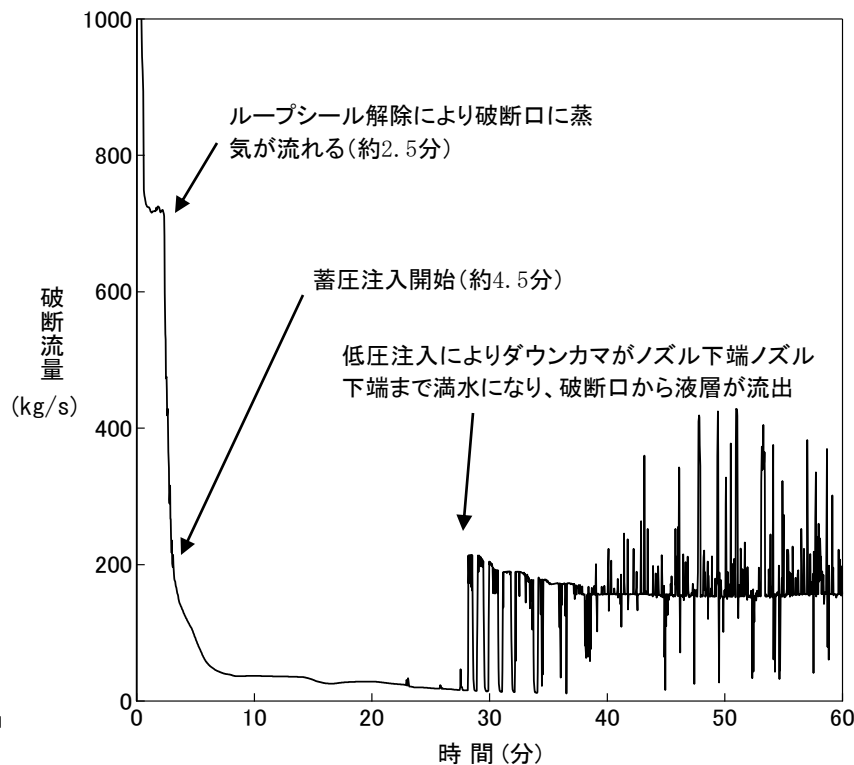
破断口が比較的大きいことから、1次系圧力は急激に低下し、蓄圧注入及び低圧注入が開始される。

(補足) 主要なパラメータの解析結果 (2) (6インチ破断)



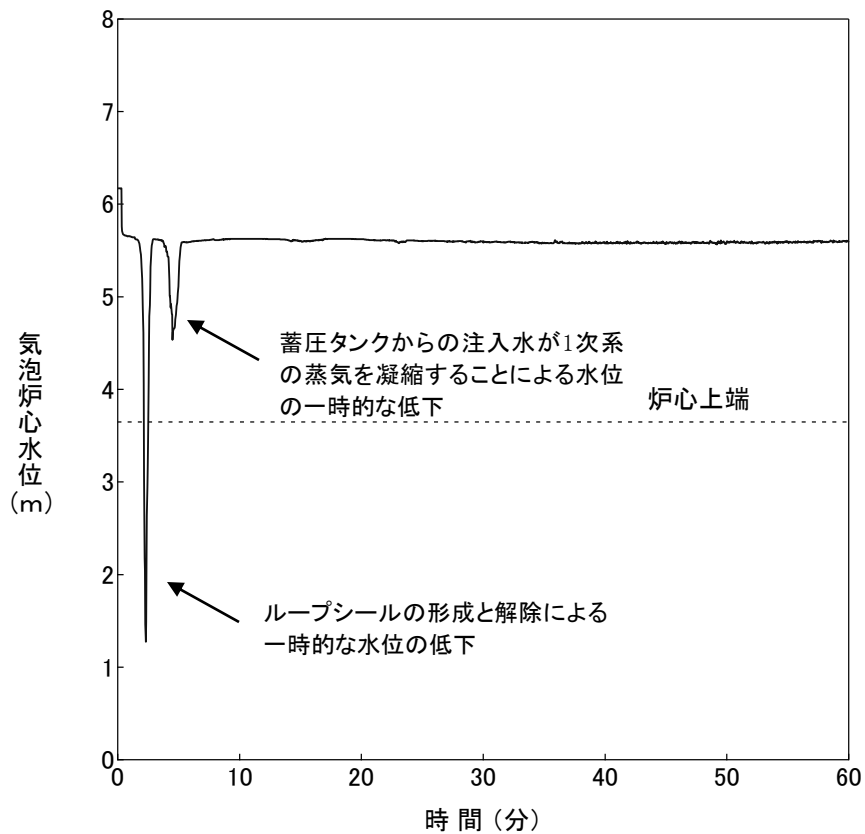
第3図 ECCS注水流量の推移

1次系の減圧に伴い、蓄圧注入及び低圧注入が開始される。

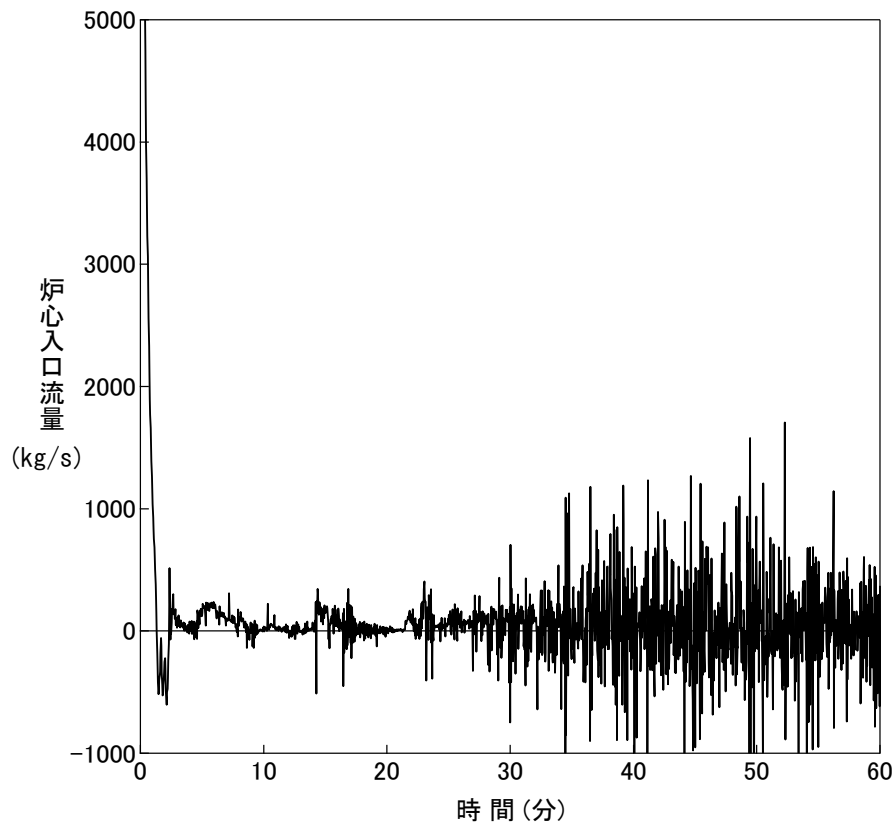


第4図 破断流量の推移

1次系の減圧に伴い、破断流量は減少する。

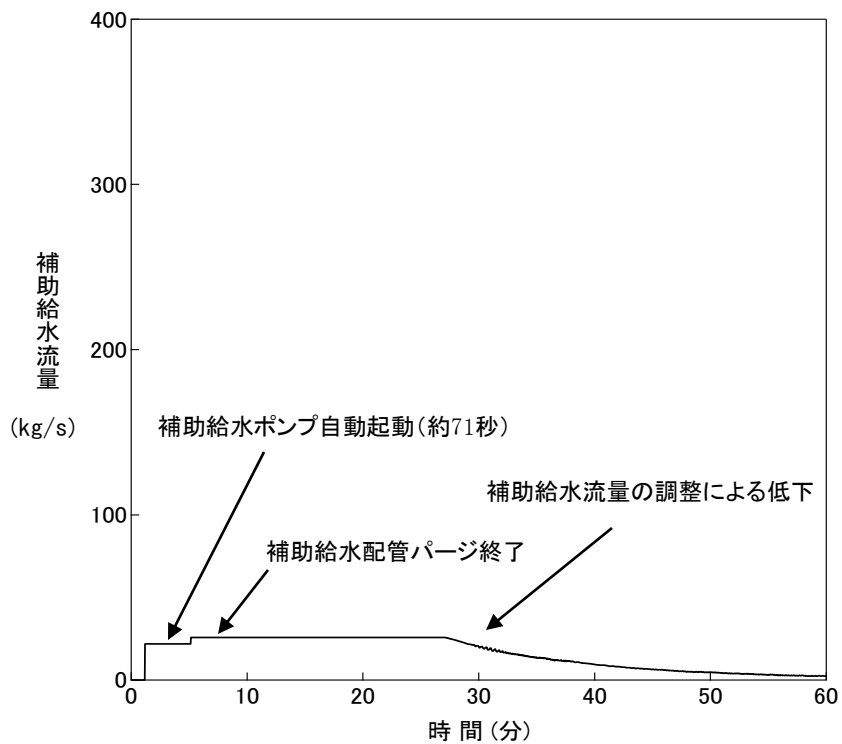


第5図 気泡炉心水位の推移

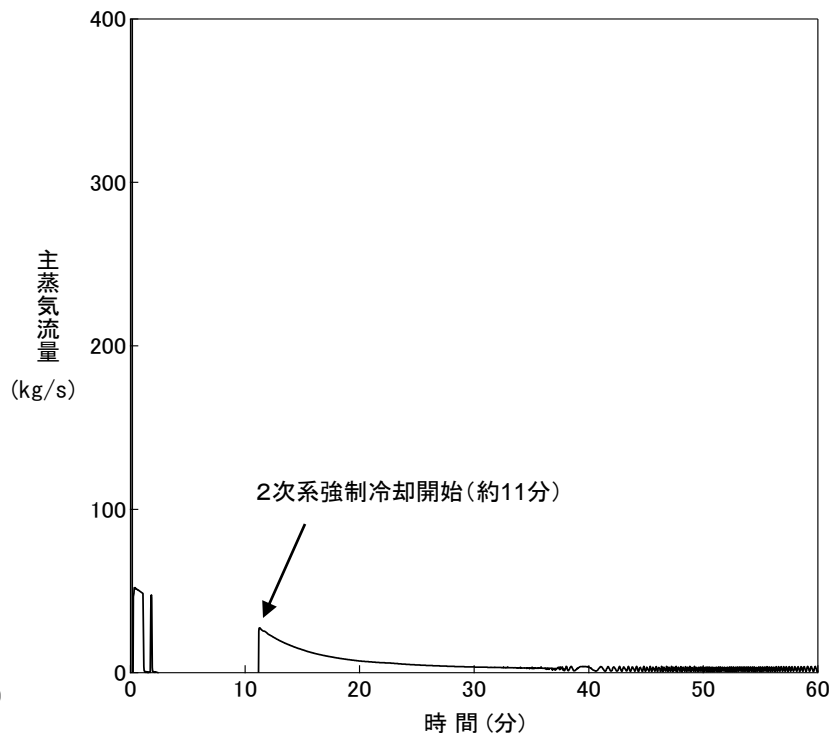


第6図 炉心入口流量の推移

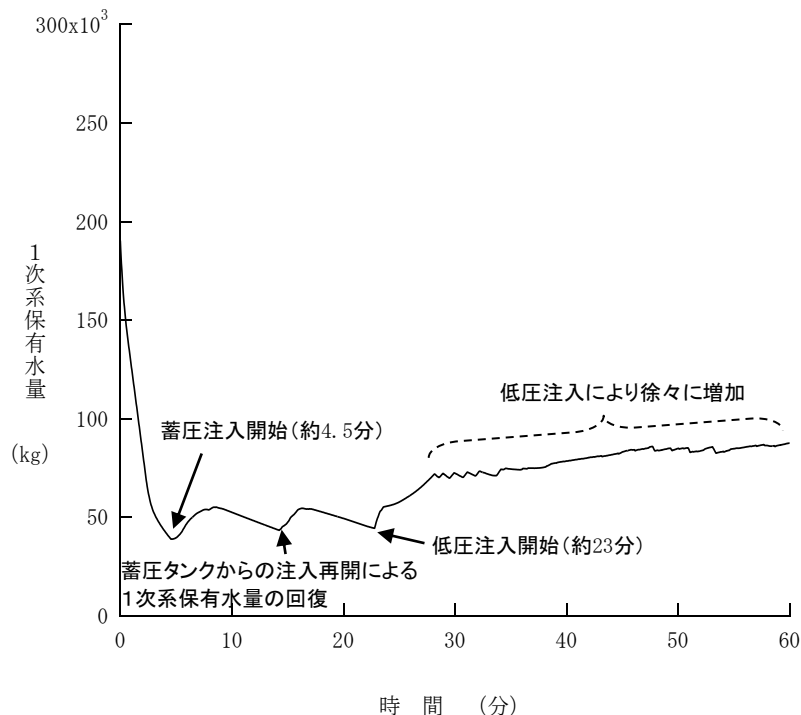
一時的に気泡炉心水位が低下しているが、ドライアウトには至っていない。



第7図 補助給水流量の推移

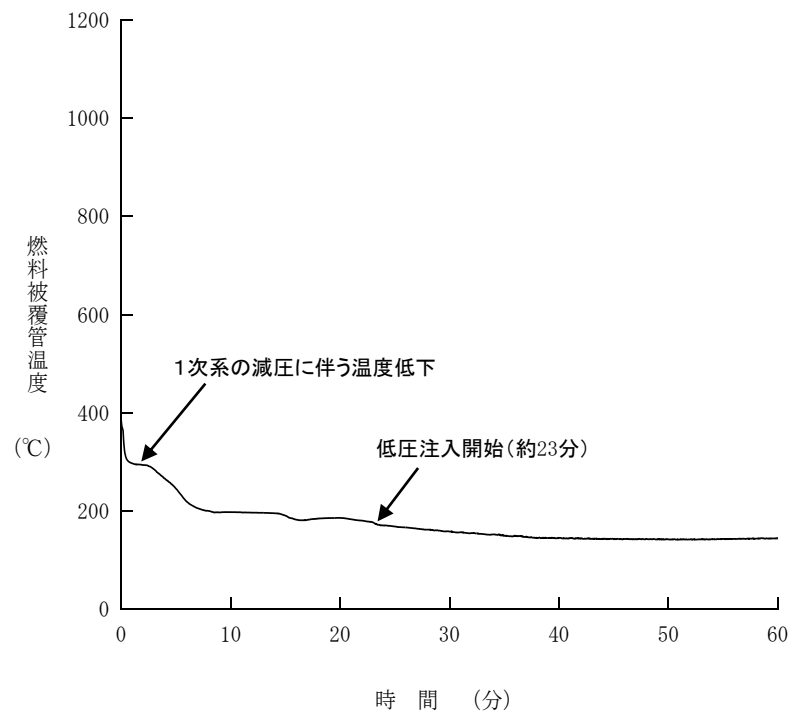


第8図 主蒸気流量の推移



第9図 1次系保有水量の推移

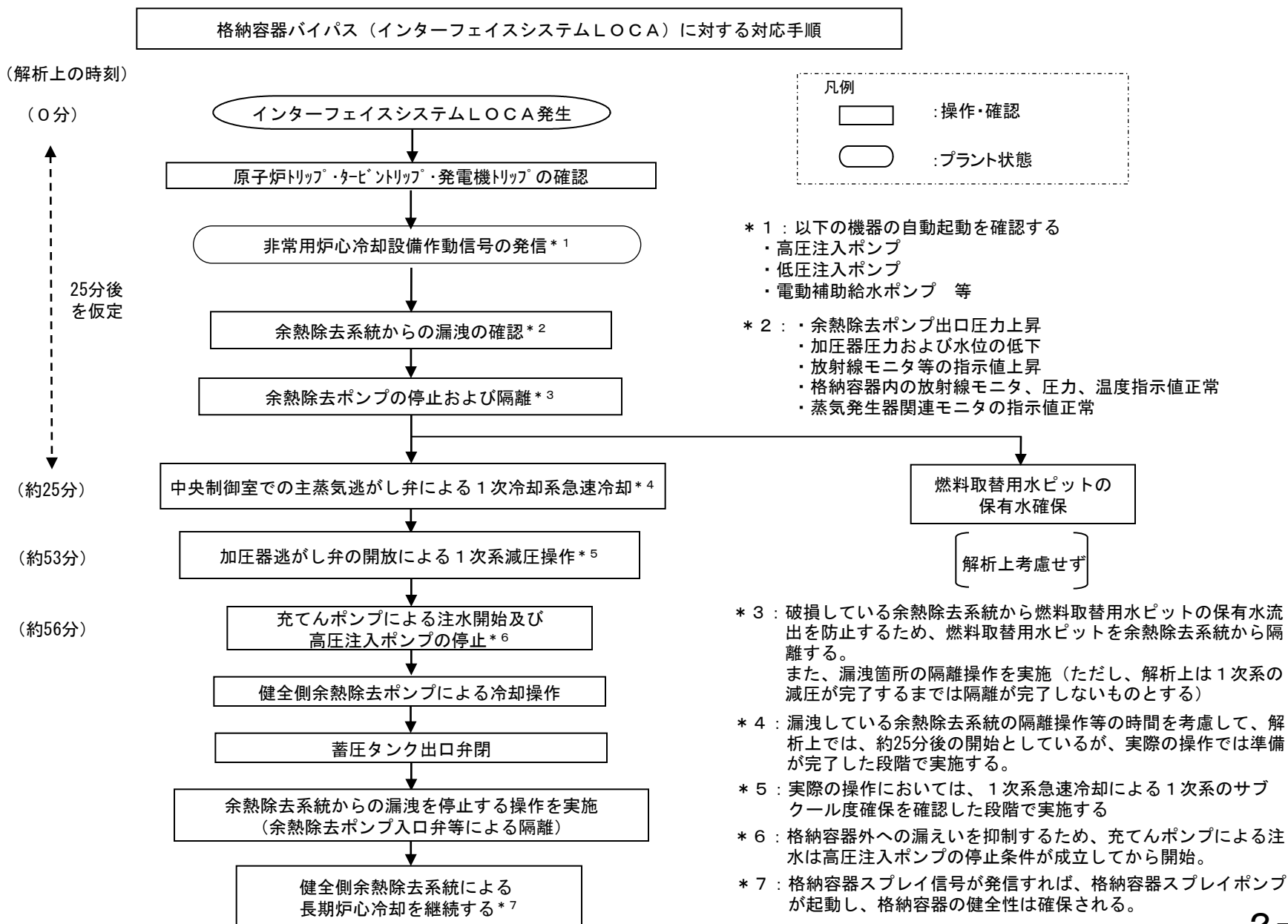
低圧注入により1次冷却材は補給され、1次系保有水量は徐々に増加する。



第10図 燃料被覆管温度の推移

燃料被覆管温度は初期より低下する。

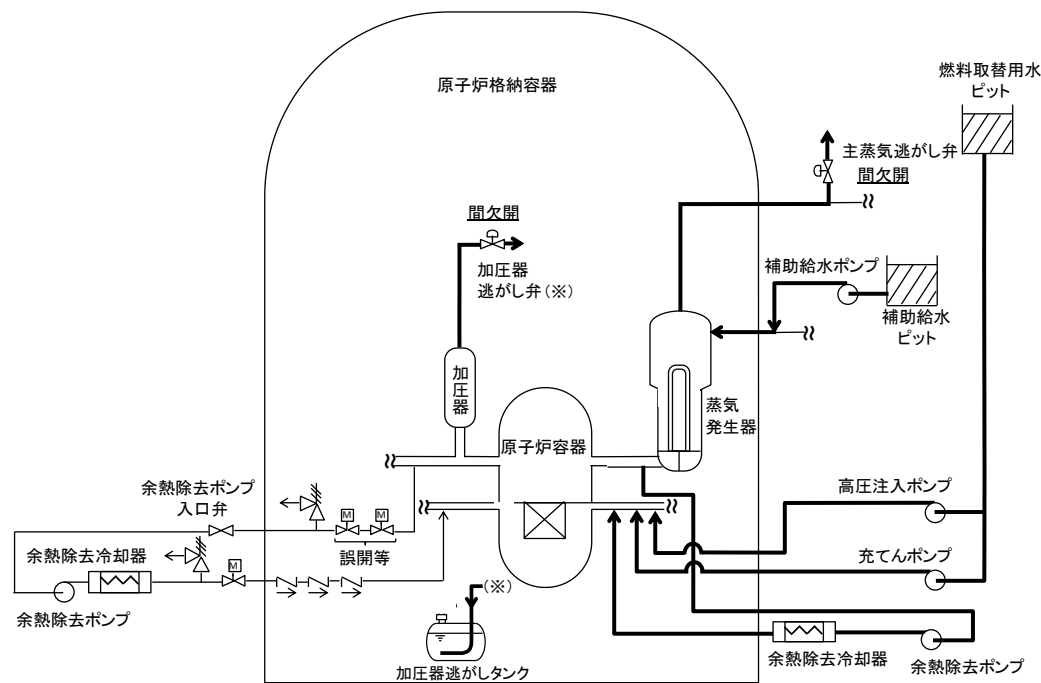
1. 対応手順の概要フロー



2. 主要解析条件および重大事故対策概要図（短期対策）

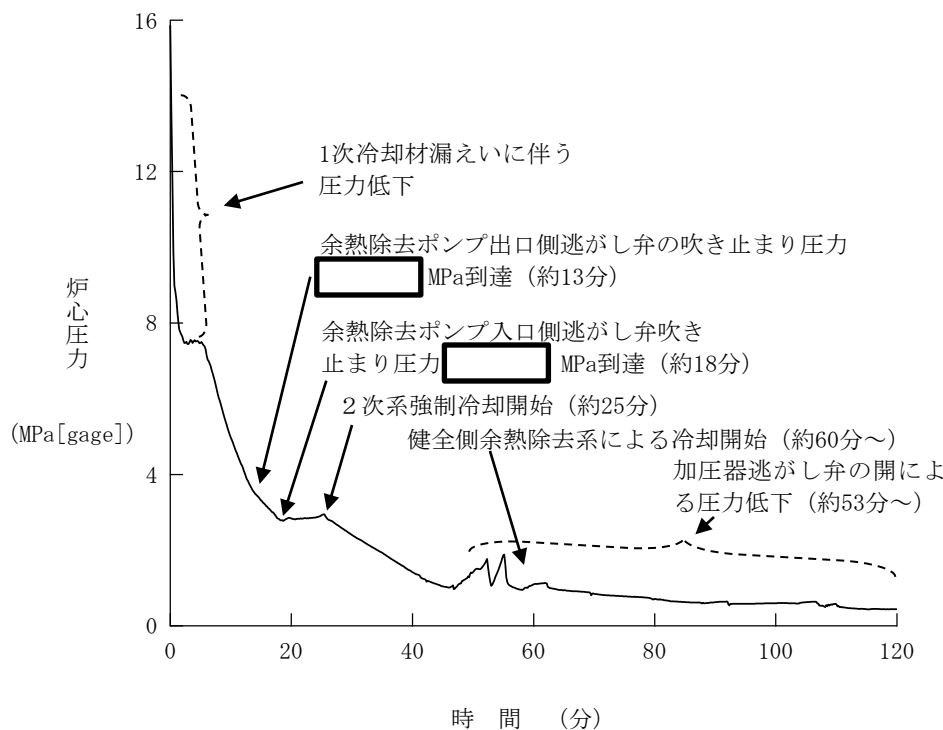
主要解析条件一覧

項目	主要解析条件
解析コード	M-RELAP5
原子炉出力（初期）	100% (2,660 MWt) × 1.02
1次冷却材圧力（初期）	15.41+0.21MPa [gage]
1次冷却材平均温度（初期）	304.5℃
炉心崩壊熱	FP：日本原子力学会推奨値 アクチノド：ORIGEN2 (サイクル末期を仮定)
事象発生 of 想定	余熱除去系統の入口隔離弁の誤開または破損
漏えい位置（口径）	余熱除去ポンプ入口側逃がし弁（3インチ） 余熱除去冷却器出口側逃がし弁（1インチ） 余熱除去系機器等（等価直径約1.15インチ）
2次系強制冷却開始 （主蒸気逃がし弁開）	S1信号発信から約25分後

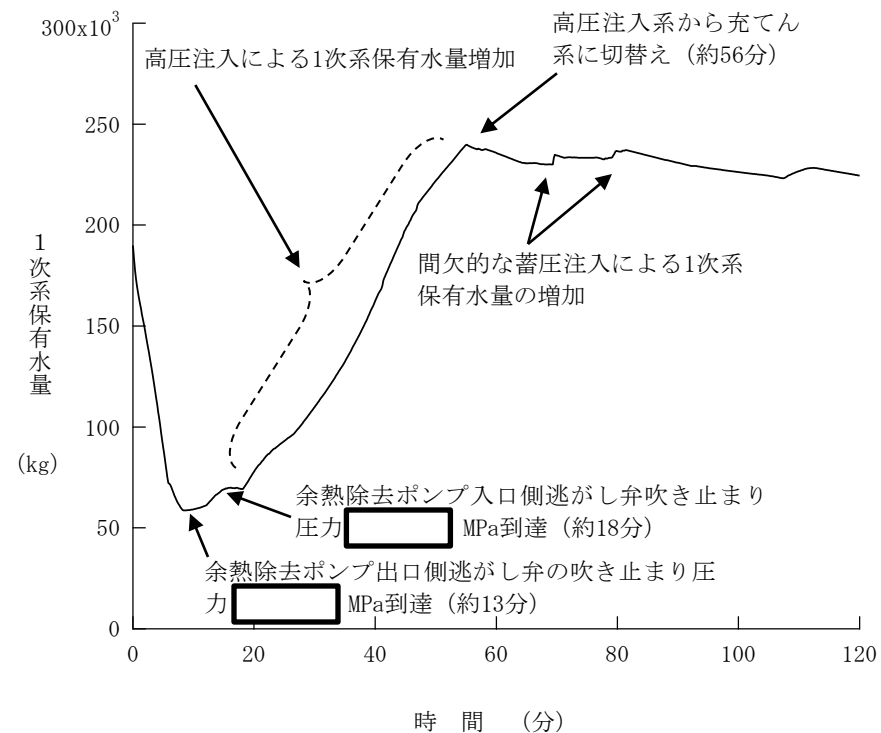


第1図 重大事故等対策概要図（短期対策）

3. 主要なパラメータの解析結果 (1)



第2図 1次系圧力の推移

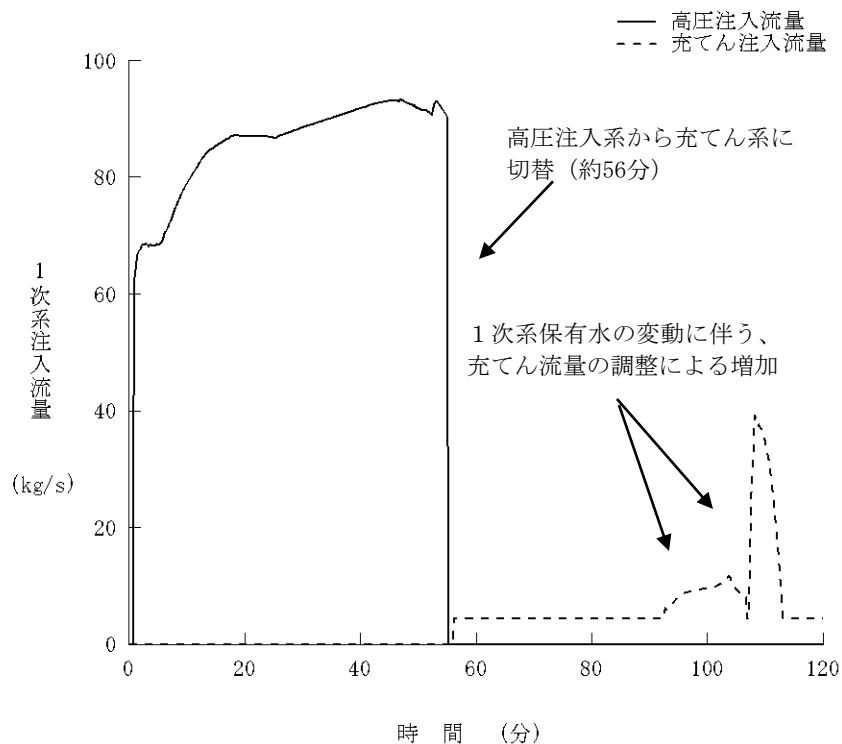


第3図 1次系保有水量の推移

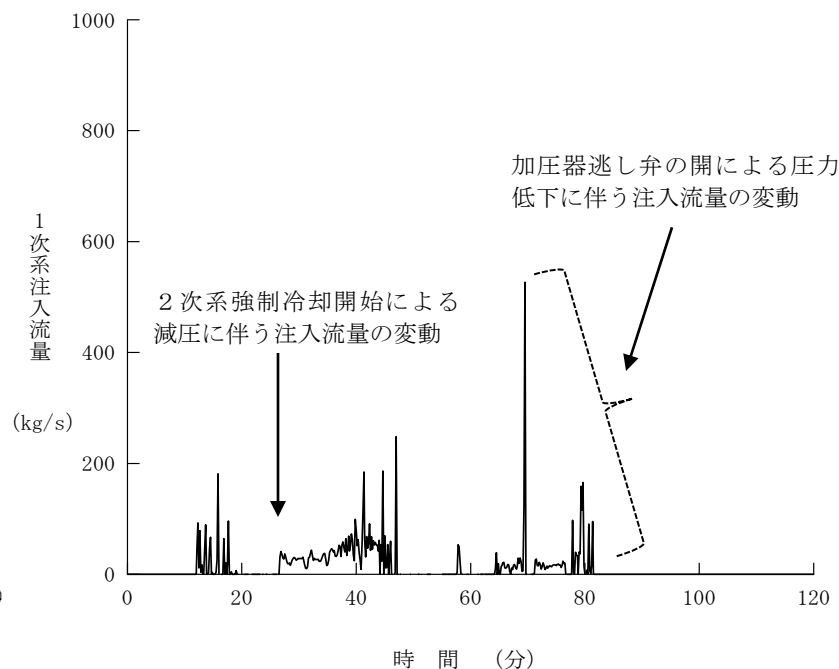
1次冷却材の漏えいにより1次系圧力は余熱除去システムの逃し弁吹き止まり圧力まで低下する。2次系強制冷却及び加圧器逃がし弁開に伴い1次系圧力は更に低下する。

漏えいにより1次系保有水量は減少するが、高圧注入等による1次冷却材の補給により1次系保有水量は増加する。

3. 主要なパラメータの解析結果 (2)



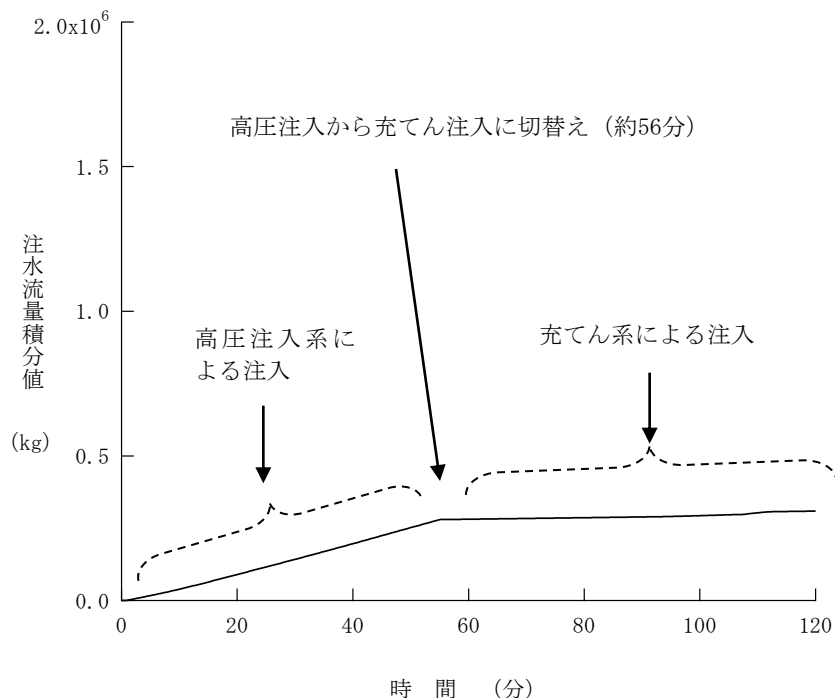
第4図 1次系注水流量（高圧及び充てん）の推移



第5図 1次系注入流量（蓄圧注入）の推移

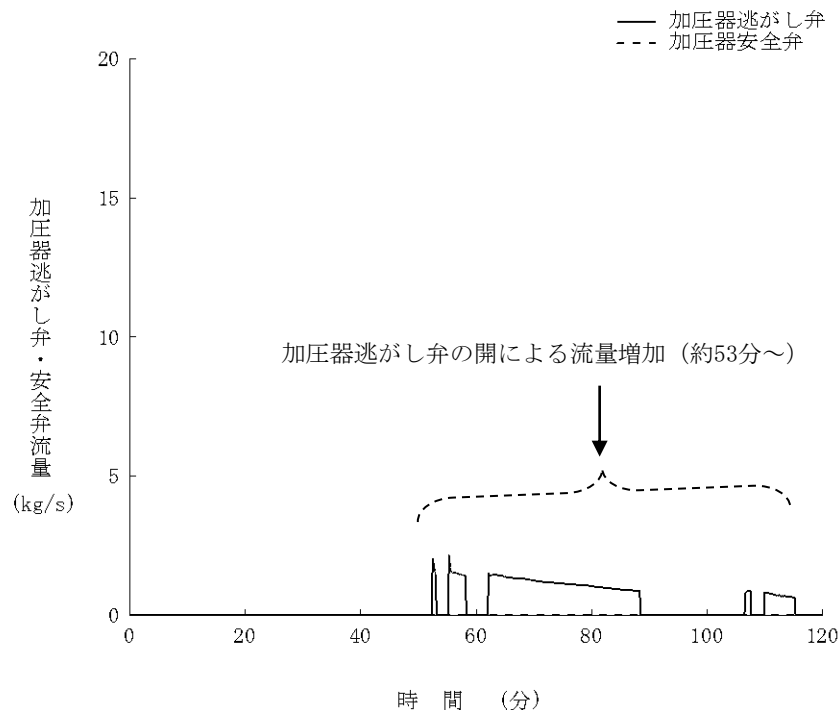
- ・充てん流量調整の解析上の取り扱いは以下のとおり。
- 定格水位を維持するよう以下の簡易制御ロジックを採用
- ①加圧器水位10%まで: 定格流量
- ②加圧器水位10%~50%まで: 線形的に流量を減少
- ③加圧器水位50%以上: 定格流量の10%

3. 主要なパラメータの解析結果 (3)



第6図 1次系注入量の推移

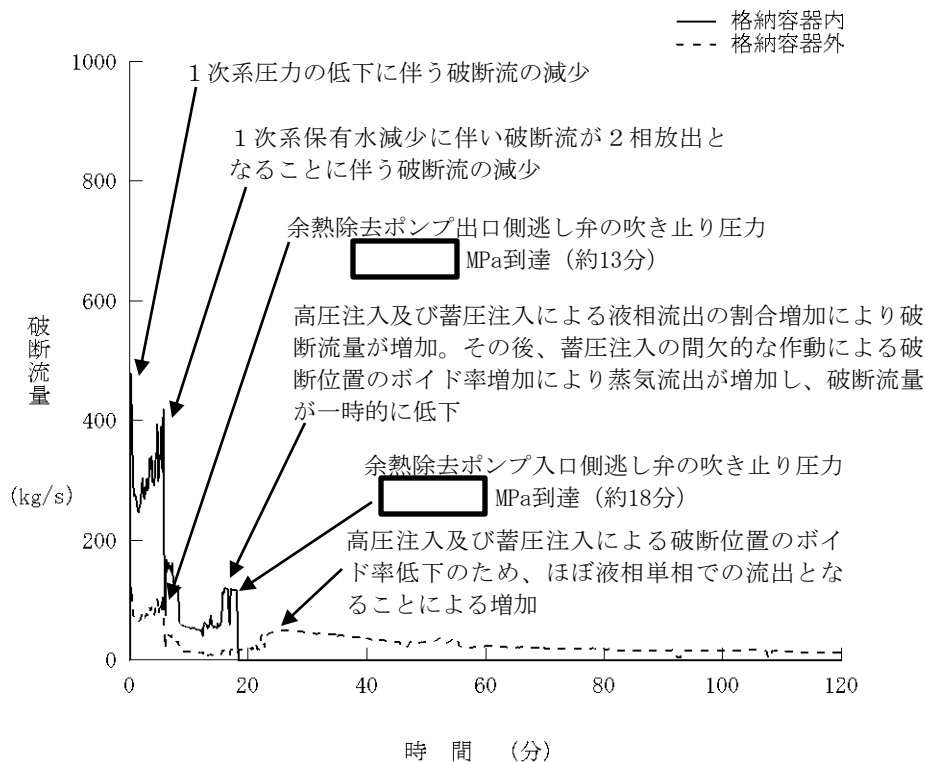
- ・ 高圧注入系から充てん系への切り替えの解析上の取り扱い
ECCS停止条件成立後、高圧注入ポンプから充てんポンプへの切り替え操作を行う。
- ・ 加圧器逃がし弁操作の解析上の取り扱い
 - ① ECCS停止まで：サブクール60℃以上で開操作
サブクール40℃以下または加圧器水位50%以上で閉操作
 - ② ECCS停止後：サブクール20℃以上で開操作
サブクール10℃以下で閉操作



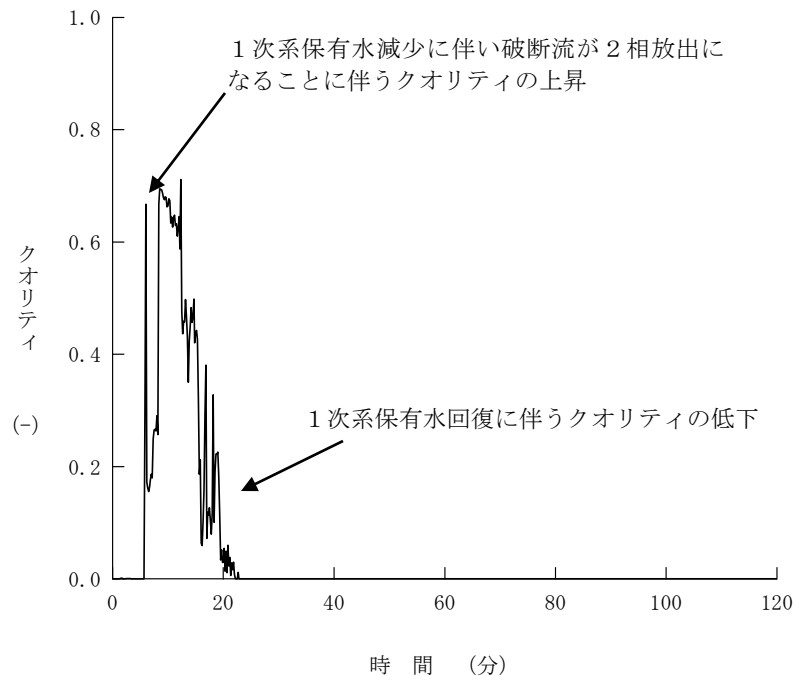
第7図 加圧器逃がし弁・安全弁流量の推移

- ・ ECCS停止条件の解析上の取り扱い
 - ① サブクール40℃以上
 - ② 加圧器水位50%以上
 - ③ RCS圧力(広域)が安定または上昇
 - ④ 電動補助給水ポンプ1台の設計流量以上で給水中または1基以上のSG水位が狭域水位下端以上
 - ⑤ 蓄圧タンクが作動していないこと

3. 主要なパラメータの解析結果 (4)

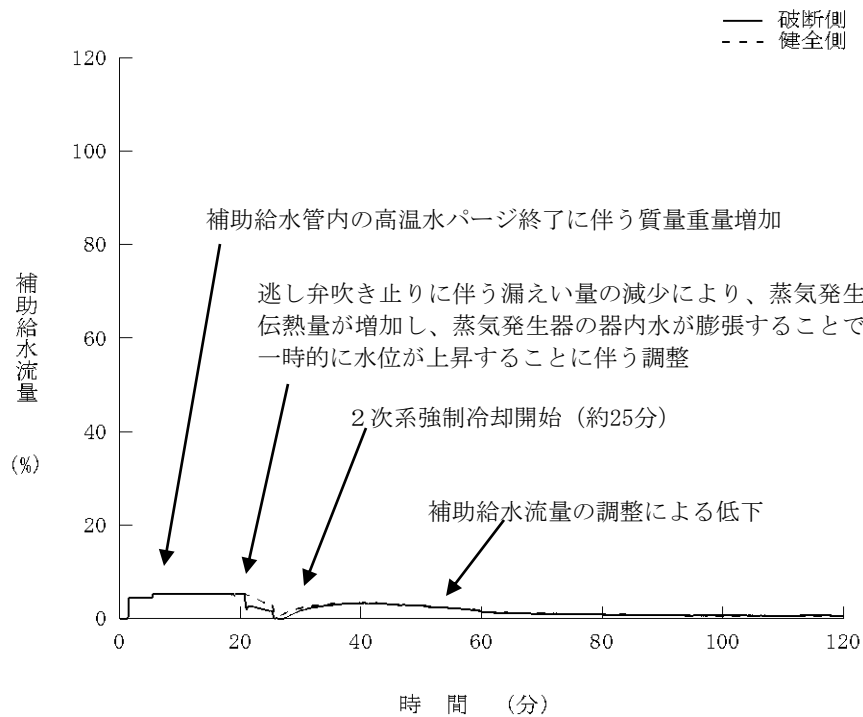


第8図 破断流量の推移

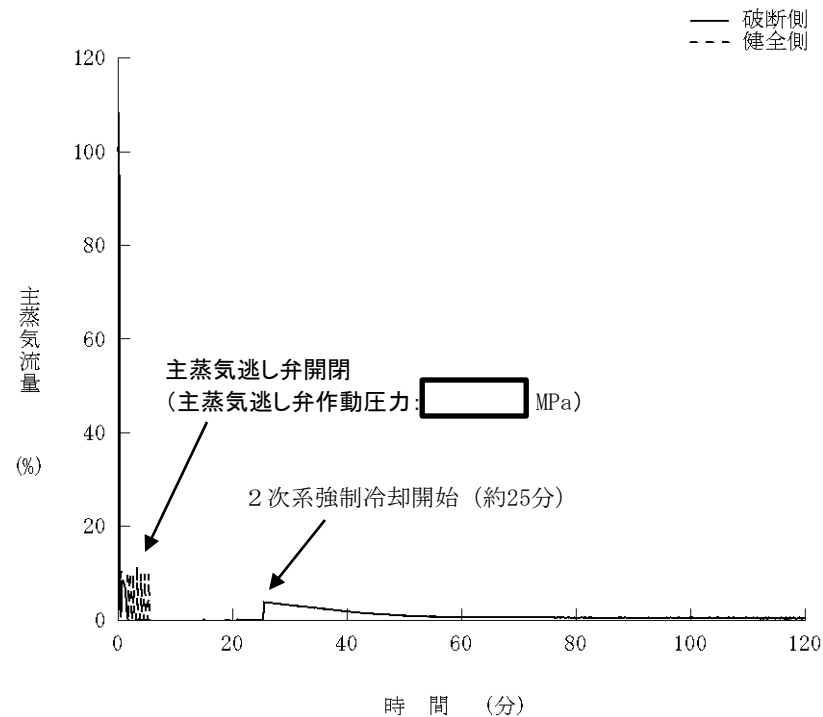


第9図 破断流クオリティの推移

3. 主要なパラメータの解析結果 (5)

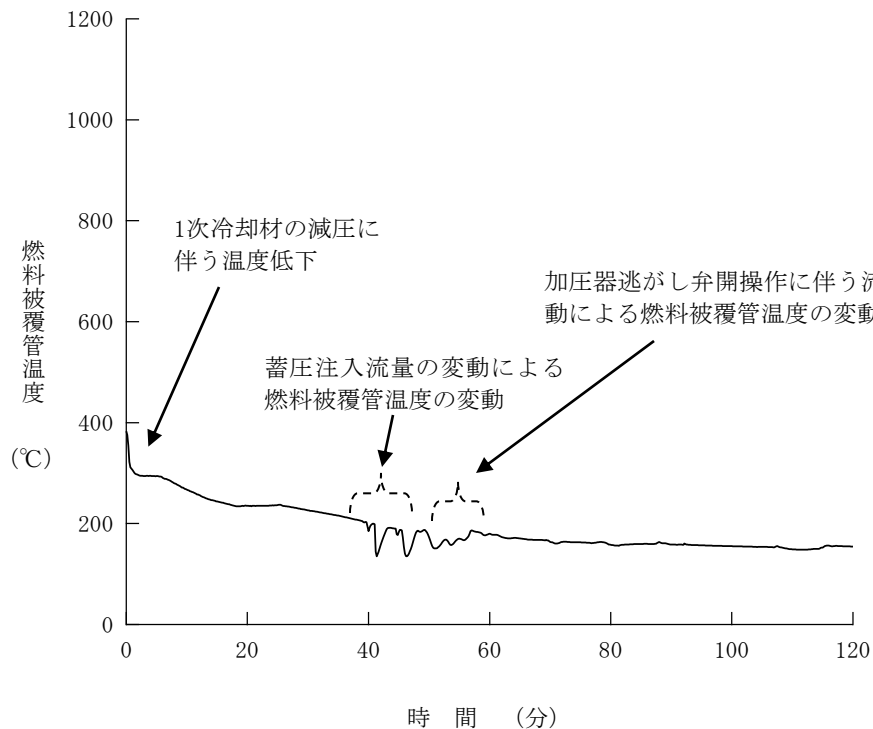


第10図 補助給水流量の推移



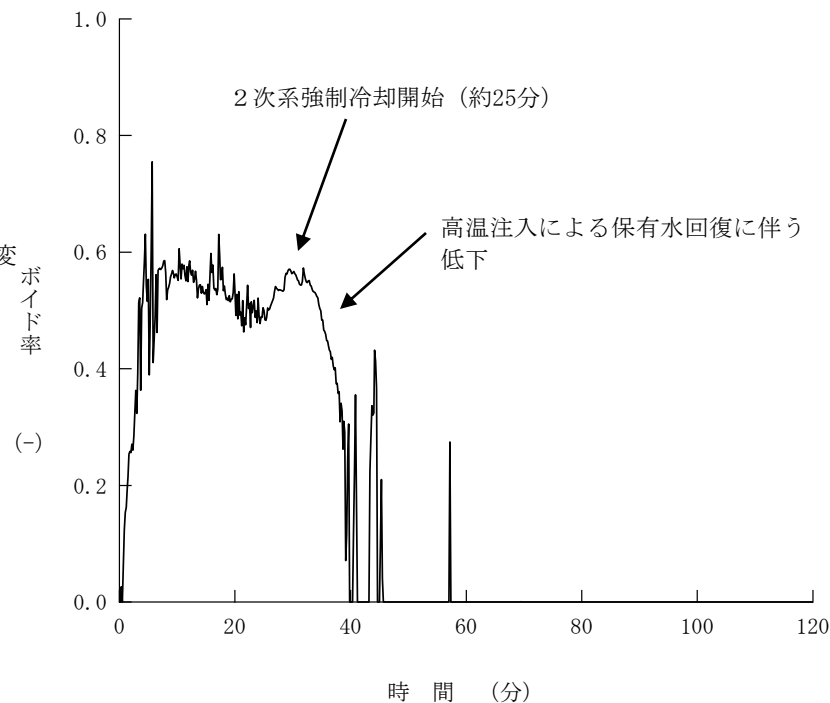
第11図 主蒸気流量の推移

3. 主要なパラメータの解析結果 (6)



第12図 燃料被覆管温度の推移

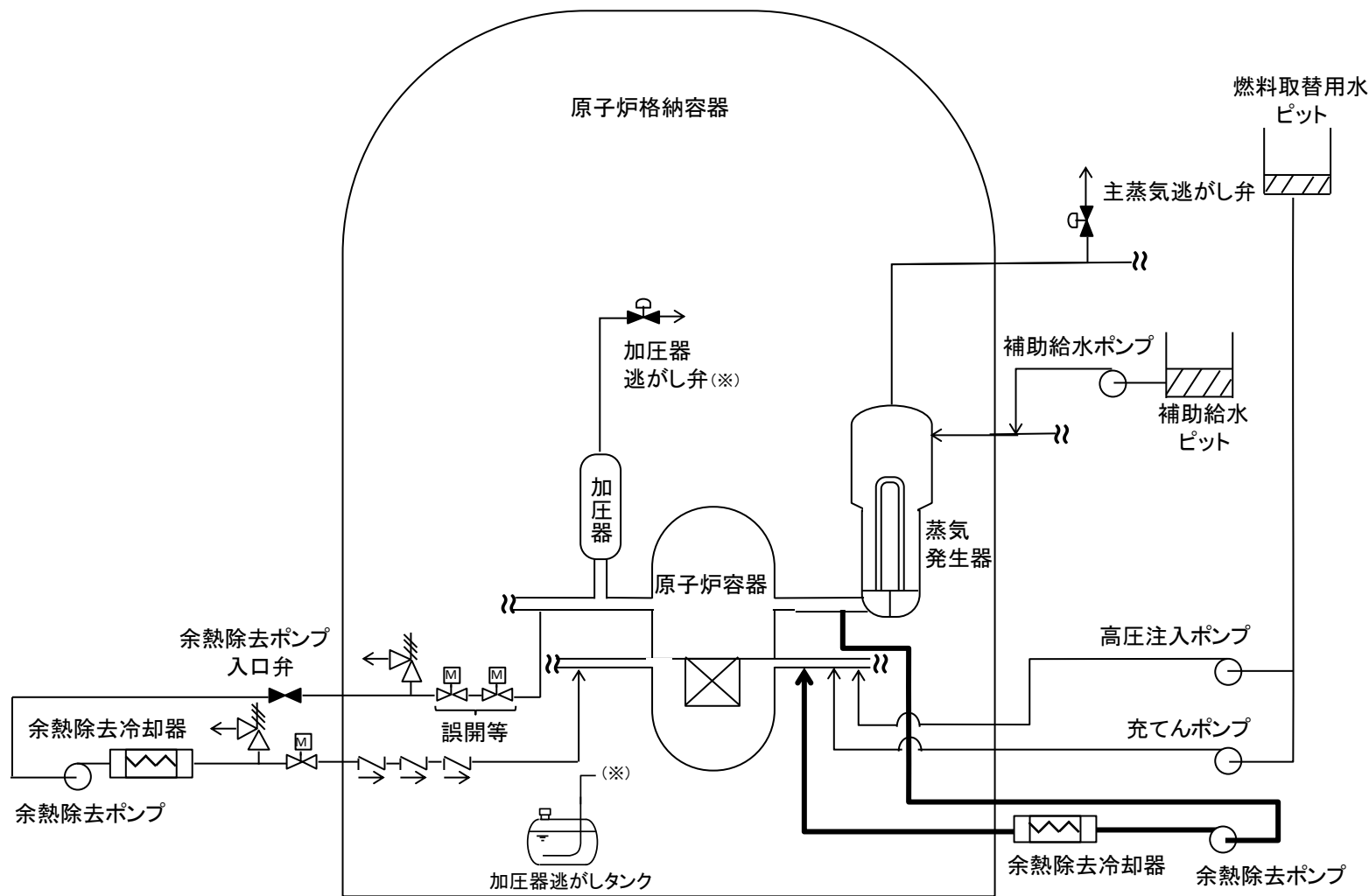
燃料被覆管温度は初期より低下する。



第13図 炉心上端ボイド率の推移

事象初期においても炉心は気泡水位に覆われており、冠水している。

4. 重大事故対策概要図（長期対策）



第14図 重大事故対策概要図(長期対策)

5. 使用機器リスト

対象機器	重大事故対策	要求事項	仕様	備考
主蒸気逃がし弁	2次系強制冷却	主蒸気逃がし弁開操作時間：約25分	—	崩壊熱を除去するのに十分な容量があり、各主蒸気管に1個あることから多重性を有する。
電動およびタービン動補助給水ポンプ	2次系強制冷却	—	—	通常の給水システムの機能が失われた場合でも、崩壊熱を除去するのに十分な冷却水を供給する。
加圧器逃がし弁	1次系強制減圧	—	—	加圧器逃がし弁を開放し1次冷却材を強制減圧する。
高圧注入ポンプ	高圧炉心注入	—	—	炉心損傷を防止するため、燃料取替用水ピットの水を炉心に注入する。
余熱除去ポンプ (健全側)	低圧炉心注入 余熱除去運転	—	—	炉心損傷を防止するため、燃料取替用水ピットの水を炉心に注入する。 1次系圧力・温度低下後、余熱除去系に切替えて炉心の長期冷却を行なう。
余熱除去冷却器 (健全側)	余熱除去運転	—	—	1次系圧力・温度低下後、余熱除去系に切替えて炉心の長期冷却を行なう。
充てんポンプ	充てん系注水	—	—	炉心損傷を防止するため、燃料取替用水ピットの水を炉心に注入する。

6. 必要な要員および作業項目

●夜間・休日の初動対応要員

		対応要員数	実働要員	対応要員の内訳	要員 ※3	作業内容	時間	作業場所
運転員	3号機中央制御室	6名	6名	○運転員(3号機中央制御室対応要員) 3号機運転員(4名) ・発電課長(当直) ・副長 ・運転員a ・運転員b ○運転員(現場操作者) 3号機運転員(2名) ・運転員c ・運転員d	運転員a	【破損側余熱除去ポンプの停止および破損側余熱除去系の隔離】 ①破損側余熱除去ポンプの停止 ②破損側余熱除去系を燃料取替用水ピットから隔離 ③破損側余熱除去系を1次冷却系から隔離(解析上考慮せず)	—	中央制御室
災害対策要員	社員 (当番(指揮、通報))	(1~3号共通)3名	3名 ※4			【加圧器逃がし弁開放による1次系減圧操作】 加圧器逃がし弁開放操作	—	
	社員 (運転支援、電源、給水等)	(3号)3名	0名			【安全注入停止】 安全注入停止操作	≒約56分	
	協力会社 (運転支援、電源、給水等)	(3号)4名	0名			【健全側余熱除去系による1次系冷却】 健全側余熱除去系による1次系冷却	—	
	協力会社(瓦礫撤去、給油ホース接続)	(1~3号共通)2名	2名 ※5			【2次系による1次系急速冷却】 主蒸気逃がし弁開放	≒約25分	
協力会社(消防)	(1~3号共通)8名	8名 ※5	運転員b	【充てん水注入開始】 充てんラインによる注入操作	≒約56分			
小計	26名	19名		【蓄圧タンク出口弁閉】 蓄圧タンク出口弁閉操作	—			
	余裕		7名★	【燃料取替用水ピットへの補給(解析上考慮せず)】 燃料取替用水ピットへの補給操作	—	原子炉補助建屋		
				運転員c	【燃料取替用水ピットへの補給(解析上考慮せず)】 燃料取替用水ピットへの補給ラインアップ操作	—	原子炉補助建屋	
				運転員d	【破損側余熱除去系の隔離(解析上考慮せず)】 現場による破損側余熱除去系の隔離操作	—	原子炉建屋 原子炉補助建屋	

●召集要員構成(H25.7.17現在)

召集要員 (技術系社員)	宮丘地区※1	325名
	地元4力町村※2	104名
小計		429名

※1: 宮丘地区からの召集要員とは、社員[社宅、みやおか寮、柏木寮、桜木寮、はまなす寮]

※2: 地元4力町村からの召集要員とは、宮丘地区を除く、地元4力町村(岩内町、共和町、泊村、神恵内村)

※3: 要員数については実際の現場移動時間および作業時間を考慮した人員である。ただし、今後の更なる要員の検討により変更が必要となる可能性がある。

※4: 社員(当番(指揮、通報))は、緊急時対策所にて、指揮または通報の対応を専属で行う。

※5: 災害対策要員のうち、協力会社(瓦礫撤去、給油ホース接続)および協力会社(消防)は、それぞれの作業を専属で担当することから、他の作業およびサポート要員としては配置しない。したがって、それぞれが担当する作業が発生しない場合であっても、対応要員全員が作業している表記としている。

○要員人数	平日昼間に事故が発生した場合に十分な要員数を確保できるのは当然のことながら、夜間・休日においても、初動対応要員(運転員、災害対策要員)および召集要員(技術系社員)により、事故収束作業に必要な要員が確保できる体制となっている。
-------	--

★初動対応開始後、サポート要員7名を中央制御室に待機させ、通信手段の不具合や要員の受傷など不測の事態に備える。

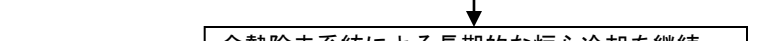
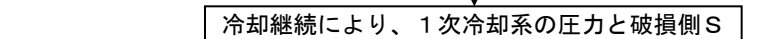
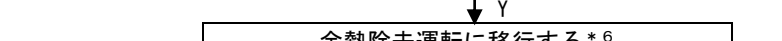
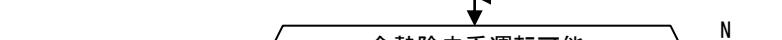
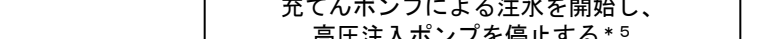
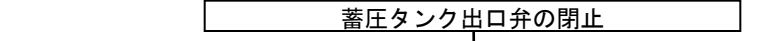
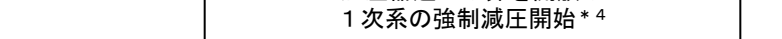
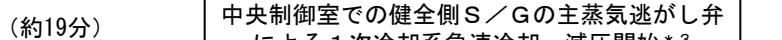
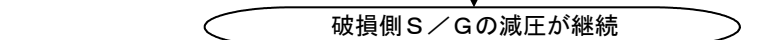
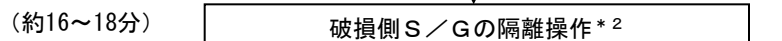
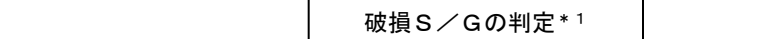
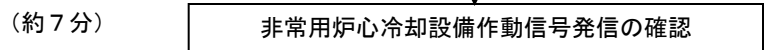
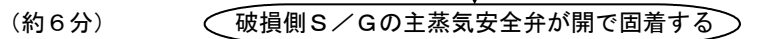
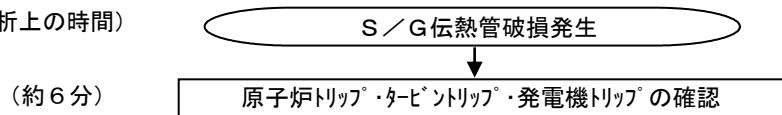
7. 対応手順と所要時間

手順の項目	要員	手順の内容	経過時間(分)							備考	
			10	20	30	40	50	60	70		
			事象発生 約23秒、非常用炉心冷却設備作動 約25分 蒸気発生器2次側による1次系急速冷却開始 約53分 加圧器逃がし弁開による1次系減圧 約56分 高圧注入系から充てん系に切替 プラント状況判断								その後は、健全側余熱除去系の運転継続により長期にわたる炉心冷却を継続
状況判断	運転員	<ul style="list-style-type: none"> ●原子炉トリップ・タービントリップ・発電機トリップ確認 ●非常用炉心冷却設備作動信号発信確認 ●インターフェイスシステムLOCAを判断 1次冷却材圧力低下、加圧器水位低下、格納容器内圧力・温度上昇、格納容器高レンジエリアモニタ指示値上昇、排気筒ガスモニタ指示値上昇、復水器排気ガスモニタ、蒸気発生器ブローダウン水モニタ、高感度型主蒸気管モニタ指示値正常 ●余熱除去系漏えい確認 加圧器逃がしタンク圧力・温度上昇 余熱除去ポンプ出口圧力上昇、余熱除去冷却器入口・出口温度上昇 (中央制御室) 	10分								
破損側余熱除去ポンプの停止および破損側余熱除去系の隔離	運転員a	<ul style="list-style-type: none"> ●破損側余熱除去ポンプの停止 ●破損側余熱除去系を燃料取替用水ビットより隔離 ●破損側余熱除去系を1次冷却系から隔離(解析上考慮せず) (中央制御室操作) 	約5分	約5分							適宜実施
加圧器逃がし弁開放による1次系減圧操作		<ul style="list-style-type: none"> ●加圧器逃がし弁開放操作 (中央制御室操作) 									適宜実施
安全注入停止		<ul style="list-style-type: none"> ●安全注入停止操作 (中央制御室操作) 			約10分						
健全側余熱除去系による1次系冷却		<ul style="list-style-type: none"> ●健全側余熱除去系による1次系冷却 (中央制御室操作) 									
2次系による1次系急速冷却	運転員b	<ul style="list-style-type: none"> ●主蒸気逃がし弁開放 (中央制御室操作) 			約2分						2次系による1次系急速冷却が、解析上、期待している約25分までに実施できる。
充てん水注入開始		<ul style="list-style-type: none"> ●充てんラインによる注入操作 (中央制御室操作) 			約10分						適宜流量調整
蓄圧タンク出口弁閉操作		<ul style="list-style-type: none"> ●蓄圧タンク出口弁閉操作 (中央制御室操作) 								約2分	
燃料取替用水ビットへの補給(解析上考慮せず)		<ul style="list-style-type: none"> ●燃料取替用水ビットへの補給操作 (中央制御室操作) 									
燃料取替用水ビットへの補給(解析上考慮せず)	運転員c	<ul style="list-style-type: none"> ●現場移動/燃料取替用水ビットへの補給ラインアップ操作 (現場操作) 									
破損側余熱除去系の隔離(解析上考慮せず)	運転員d	<ul style="list-style-type: none"> ●現場移動/現場による破損側余熱除去系の隔離操作 (現場操作) 									適宜実施

1. 対応手順の概要フロー

格納容器バイパス（蒸気発生器伝熱管破損時、破損側蒸気発生器隔離失敗）に対する対応手順

(解析上の時間)



凡例

□ : 操作・確認

○ : プラント状態（解析）

◇ : 判断

* 1 : 以下のパラメータにより、破損S/Gを確認
・ S/G水位、S/G関連モニタ 等

* 2 : 破断蒸気発生器の隔離操作
・ 破損側S/Gへの補助給水停止
・ 破損側S/Gからのタービン動補助給水ポンプ駆動蒸気元弁閉止
・ 破損側S/G主蒸気隔離弁閉止
解析上、約16分から隔離操作を開始としているが、実際の操作においては、破損S/Gを判定後、速やかに実施する。

* 3 : 解析上、破損側S/G隔離操作完了の1分後に開始としているが、実際の操作においては、破損側S/Gの隔離操作完了後、速やかに実施する。

* 4 : 実際の操作においては、1次系急速冷却による1次系のサブクール度確保を確認した段階で実施する。破損側S/Gへの漏えい量を低減すべく、以降、適宜実施する。

* 5 : 破損側S/Gへの漏えい量を低減すべく、充てんポンプによる注水は、以下のパラメータを確認し、高圧注入ポンプ停止条件（ECCS停止条件）が成立してから開始する。
・ サブクール度、加圧器水位、1次冷却材圧力 等

燃料取替用水ピットへの補給操作を実施 [解析上考慮せず]

* 6 : 1次冷却材圧力2.7MPa[gage]以下および1次冷却材温度177°C以下で移行。

* 7 : 事象発生後約10時間までに燃料取替用水ピットへの補給を実施することで、長期的な炉心冷却を継続できる。また、再循環サンプル水位が十分にあれば、高圧再循環運転へ移行することでさらに長期的な炉心冷却を継続できる。
なお、格納容器スプレイ信号が発信すれば、格納容器スプレイにより格納容器の健全性は維持される。

○余熱除去運転への移行に失敗した場合は、充てんポンプによる注入と加圧器逃がし弁全開操作によるフィードアンドブリード運転による長期的な炉心冷却を継続

炉心出口温度が1次冷却材飽和温度以上となれば、1台の高圧注入ポンプを起動

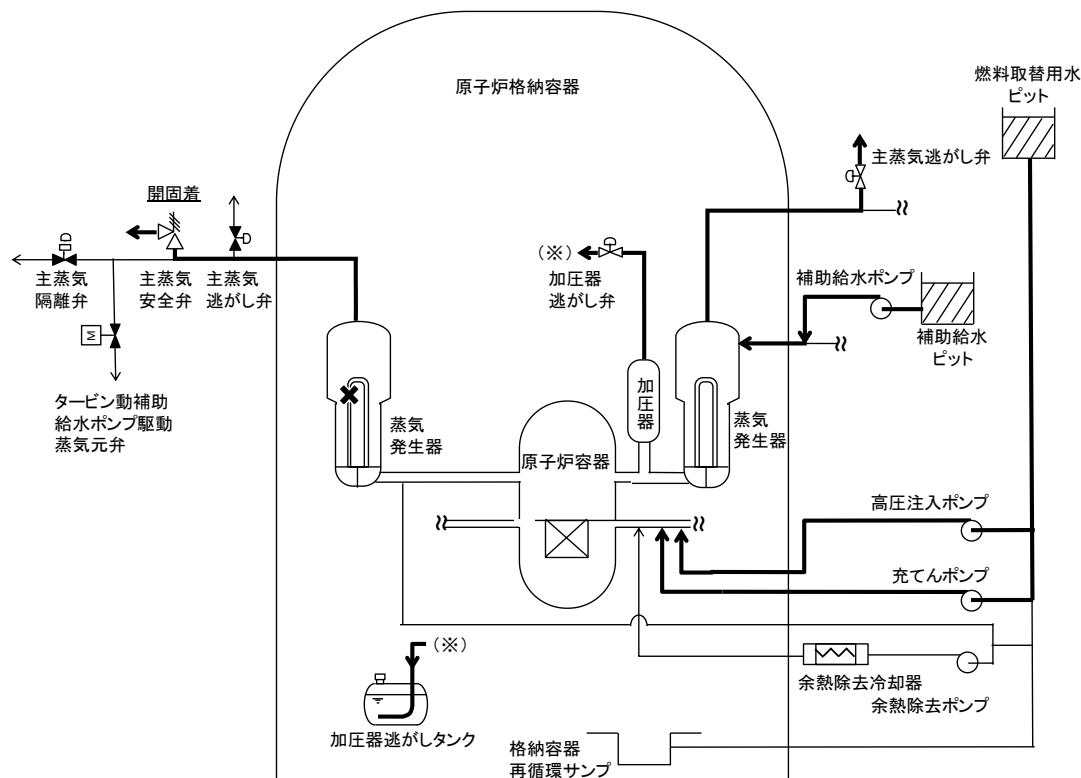
格納容器再循環サンプル広域水位70%以上で高圧再循環切替えを実施

* 7

2. 主要解析条件および重大事故対策概要図（短期対策）

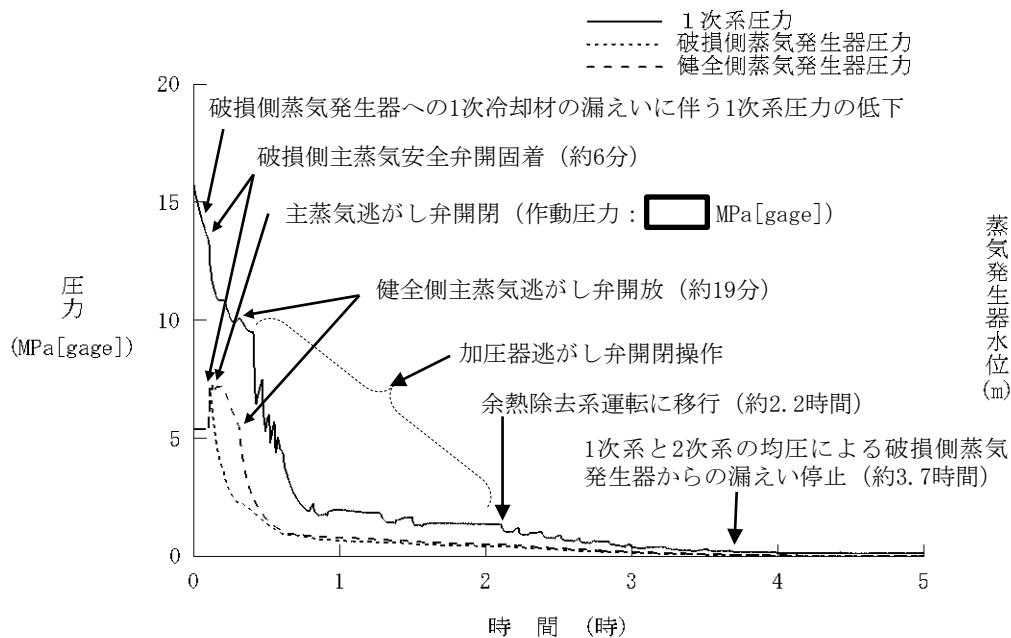
主要解析条件一覧

項目	主要解析条件
解析コード	M-RELAP5
原子炉出力（初期）	100% (2,660 MWt) × 1.02
1次冷却材圧力（初期）	15.41+0.21MPa [gage]
1次冷却材温度（初期）	304.5°C
炉心崩壊熱	FP：日本原子力学会推奨値 アクチニド：ORIGEN2 (サイクル末期を仮定)
①破損側S/Gへの補助給水停止 ②破損側S/Gからのタービン動補助給水ポンプ駆動蒸気元弁閉止 ③破損側S/G主蒸気隔離弁の閉止	原子炉トリップ後 10分で開始 (約2分で完了)
健全側主蒸気逃がし弁開放	破損SG隔離操作完了後 1分で開始
蒸気発生器伝熱管破損の想定	蒸気発生器（1基）の 伝熱管1本の瞬時両端破断
破損側蒸気発生器の 隔離失敗の想定	主蒸気安全弁1弁の開固着

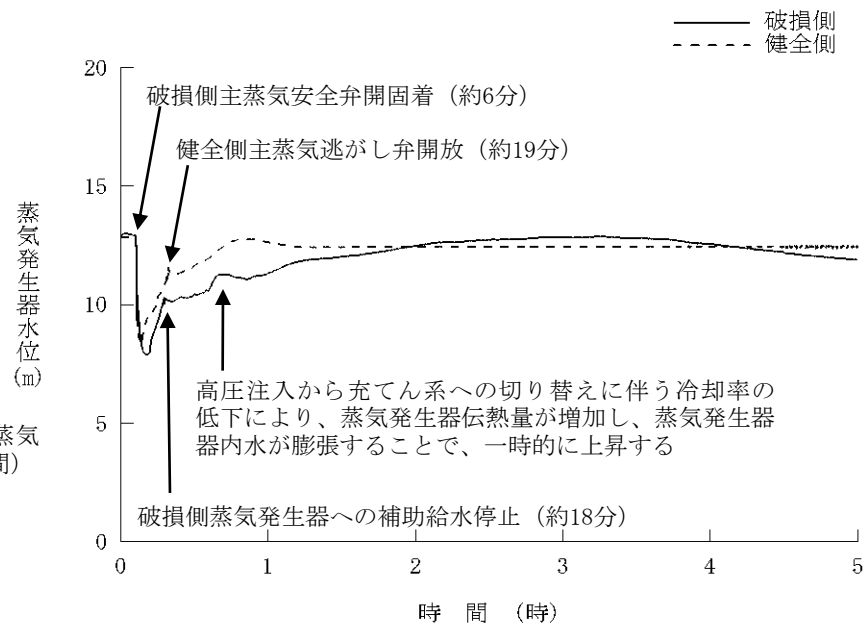


第1図 重大事故対策概要図(短期対策)

3. 主要なパラメータの解析結果 (1)



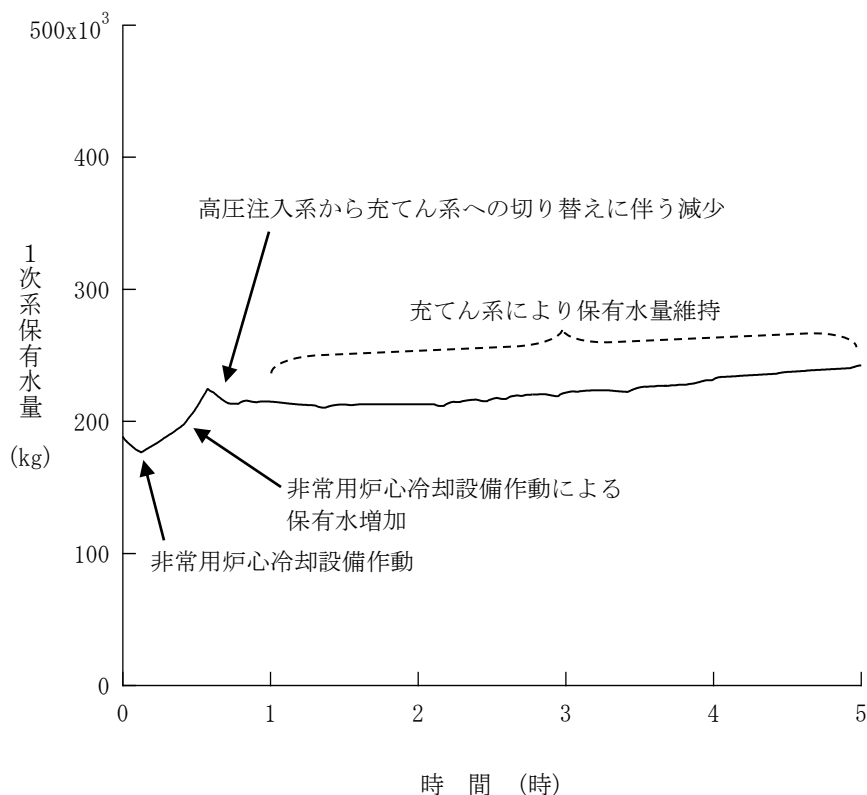
第2図 1, 2次系圧力の推移



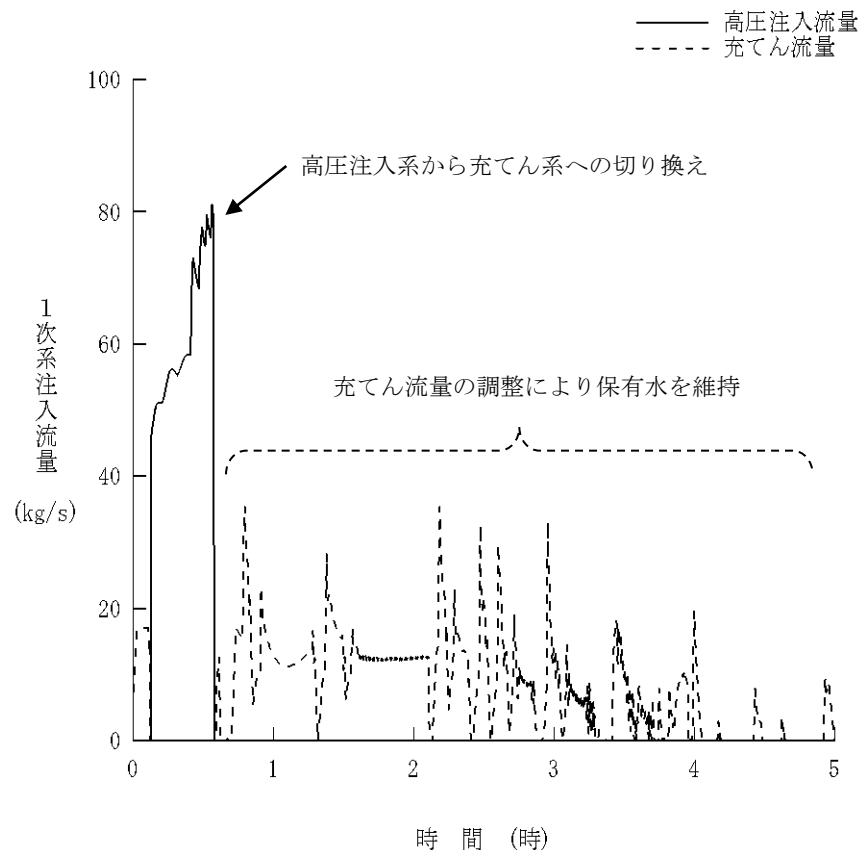
第3図 蒸気発生器水位の推移

健全側蒸気発生器の主蒸気逃がし弁及び加圧器逃がし弁の開放により、1次系圧力は低下し、1次系と2次系が均圧することで漏えいは停止する。

3. 主要なパラメータの解析結果 (2)



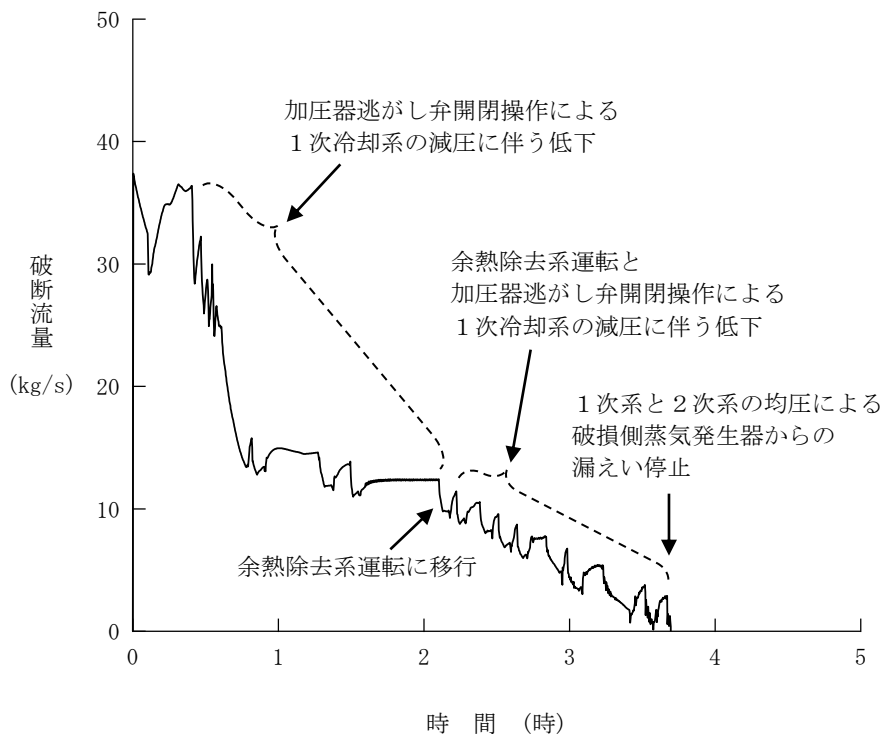
第4図 1次系保有水量の推移



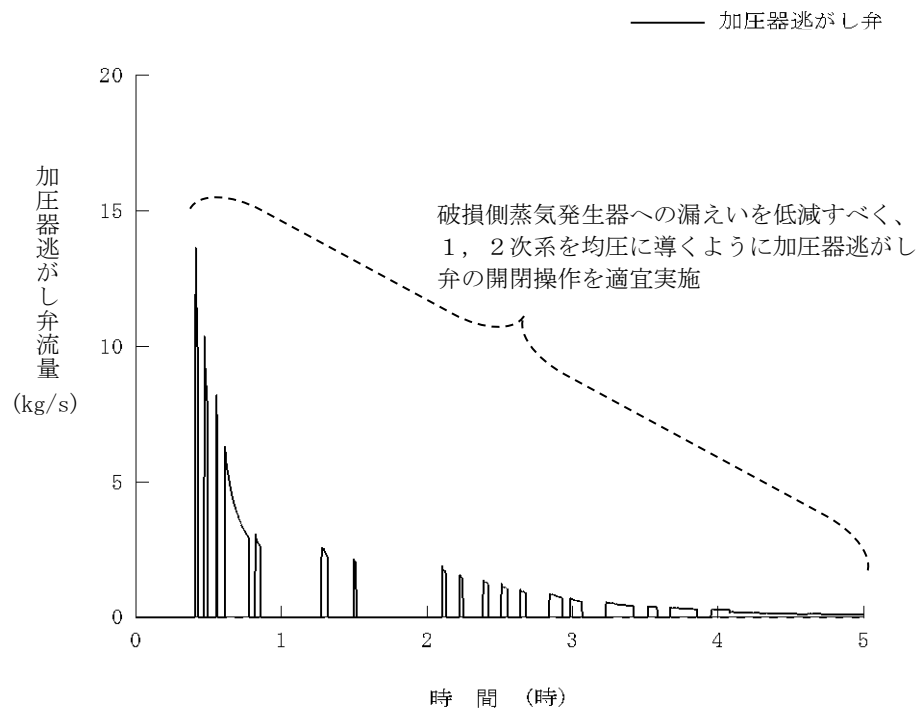
第5図 1次系注入流量の推移

- 高圧注入系から充てん系への切り替えの解析上の扱い
下記に示すECCS停止条件成立後、高圧注入ポンプから充てんポンプへの切り替え操作を行う
 - ・サブクール度が40°C以上
 - ・加圧器水位が50%以上
 - ・1次冷却材圧力（広域）が安定または上昇
 - ・健全側SGへの給水量合計が電動補助給水ポンプ1台の設計流量以上または1基以上の健全側SG水位が狭域水位下端以上
 - ・蓄圧タンクが作動していないこと
- 充てん流量調整の解析上の扱い
 - ・加圧器水位を加圧器プログラム水位に調整（無負荷時の加圧器プログラム水位は21%）

3. 主要なパラメータの解析結果 (3)



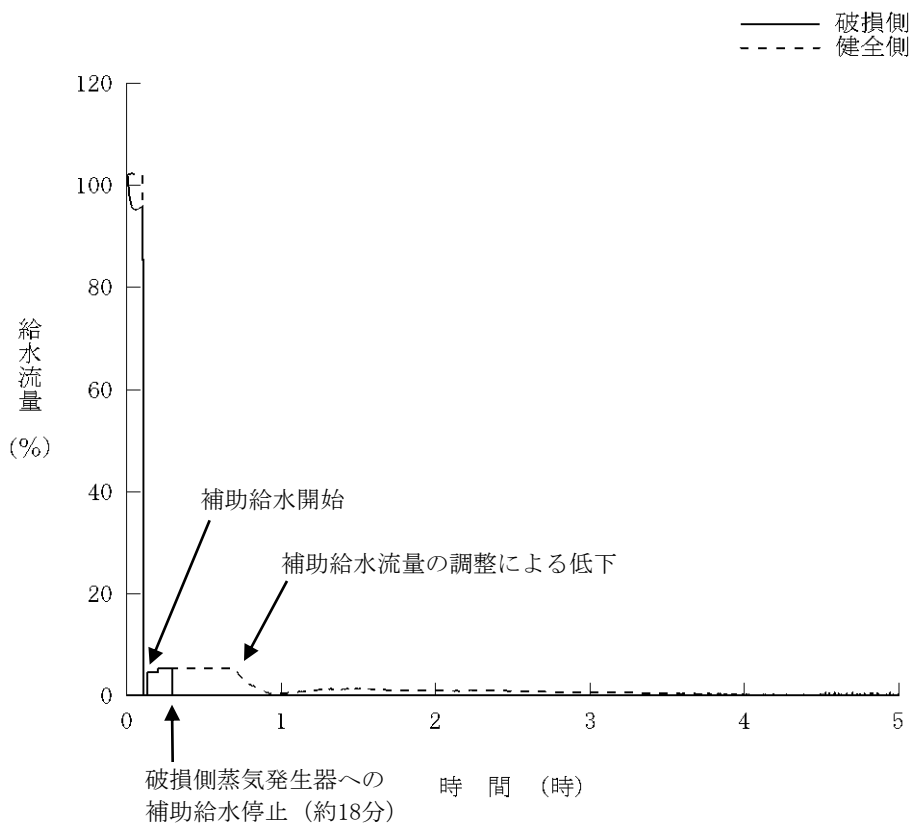
第6図 破断流量の推移



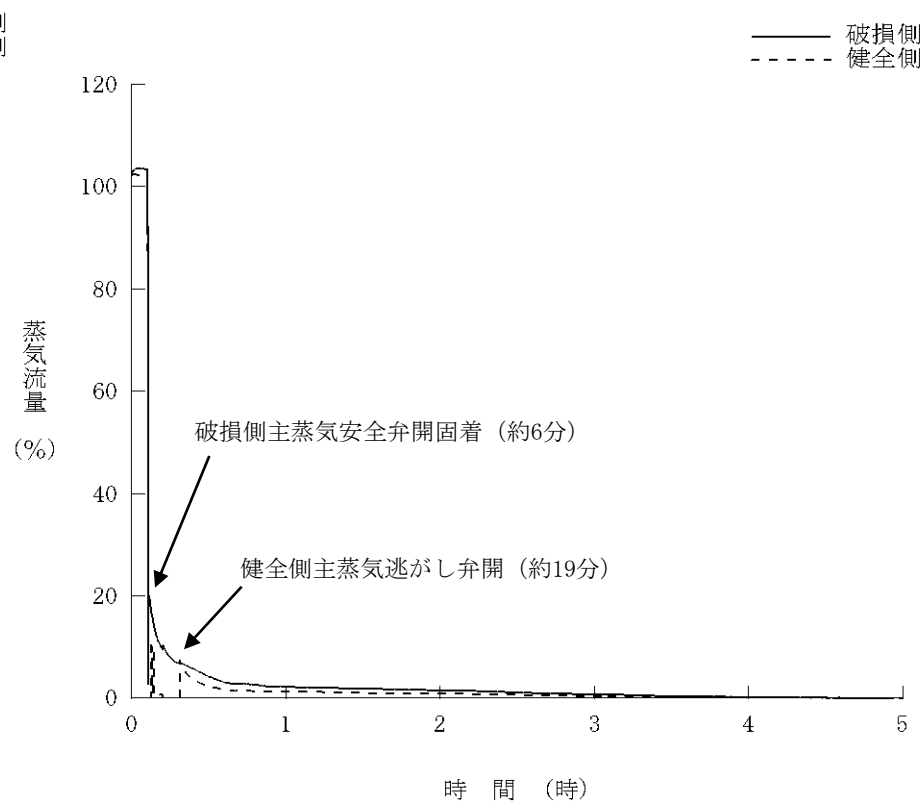
第7図 加圧器逃がし弁流量の推移

- 加圧器逃がし弁開閉操作の解析上の扱い
- ECCS停止まで
 - ・サブクール度が60℃以上で開
 - ・サブクール度が40℃以下または加圧器水位が50%以上で閉
 - ECCS停止後
 - ・サブクール度が20℃以上で開
 - ・サブクール度が10℃以下で閉

3. 主要なパラメータの解析結果 (4)

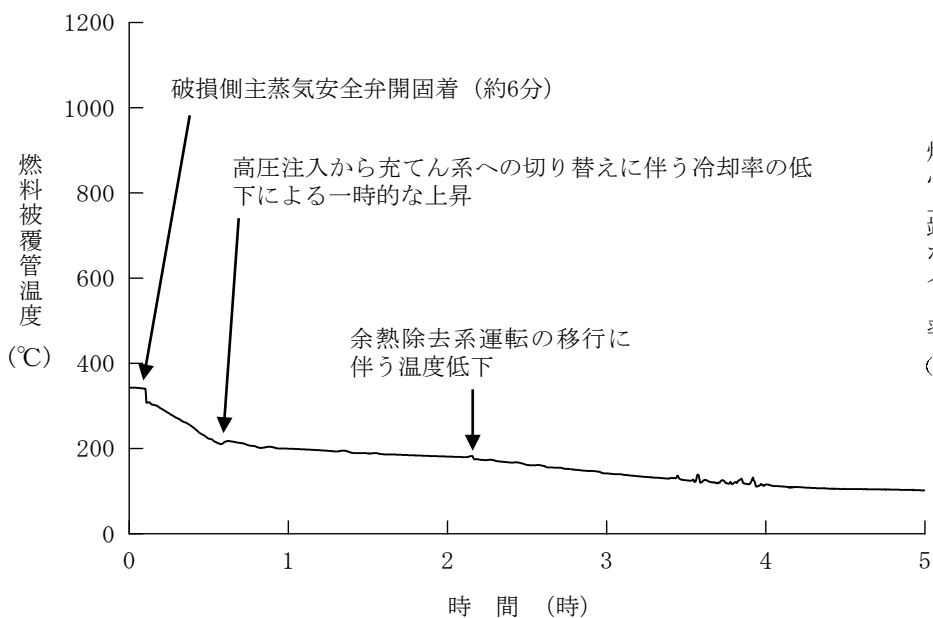


第8図 給水流量の推移

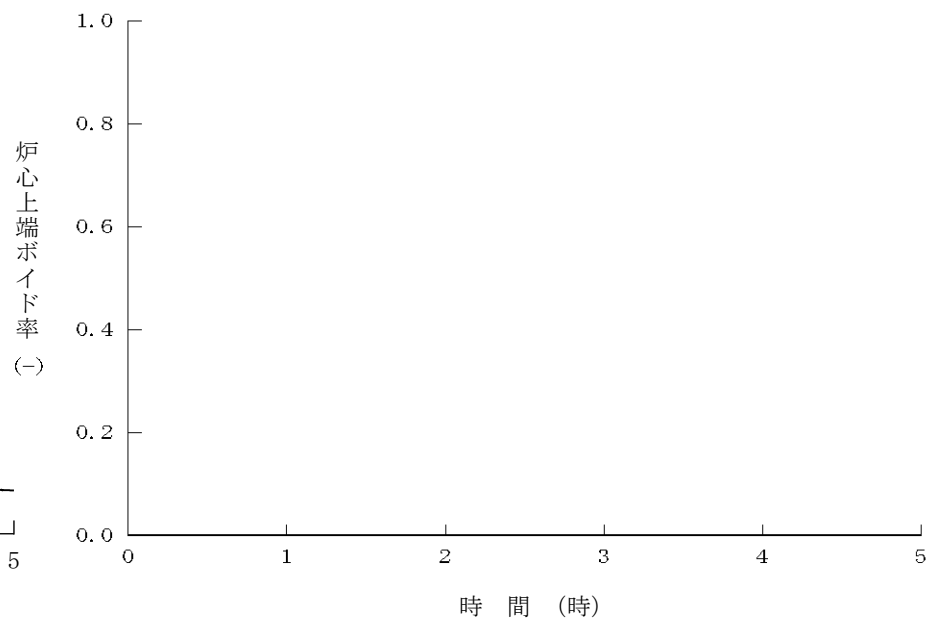


第9図 蒸気流量の推移

3. 主要なパラメータの解析結果 (5)



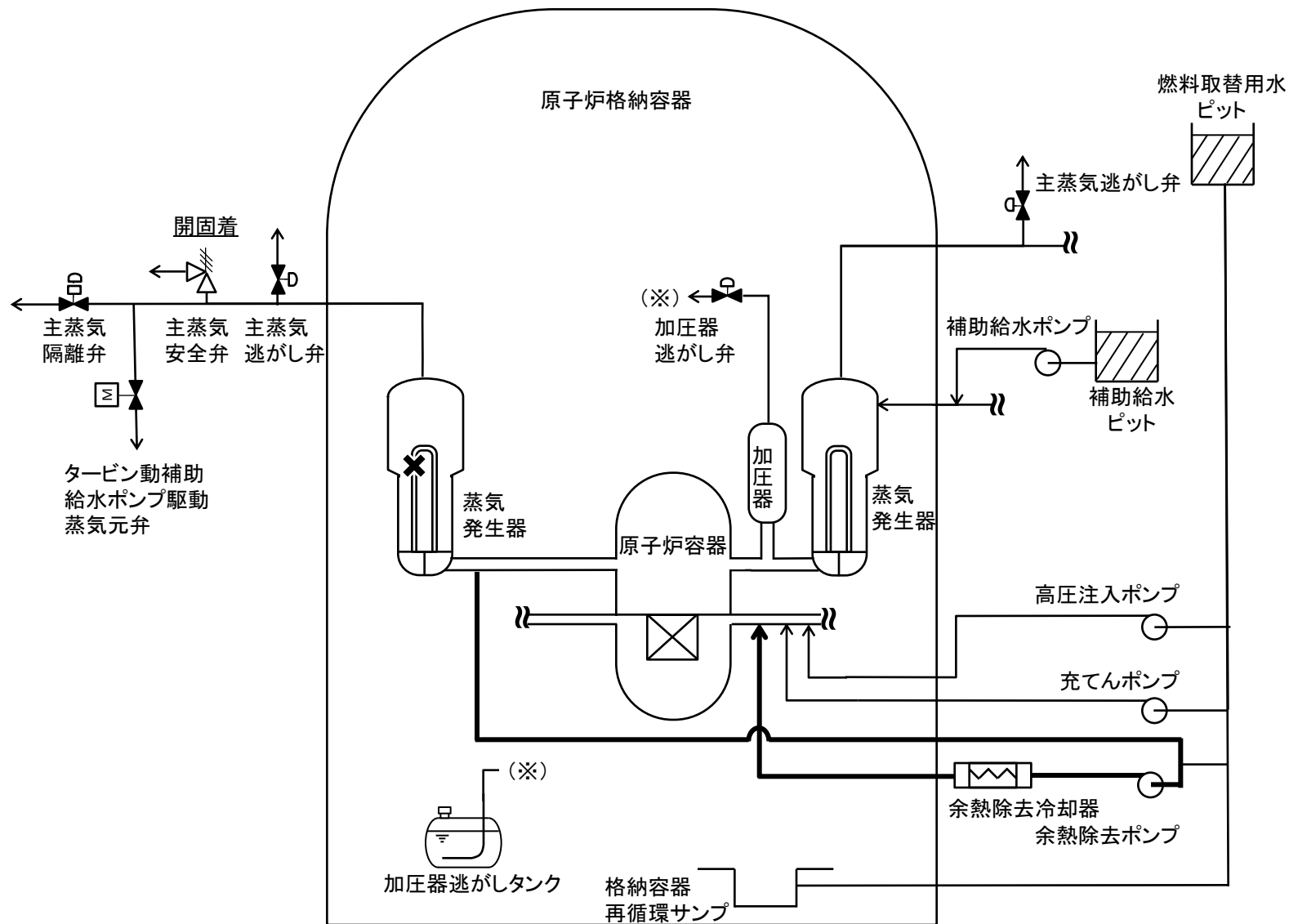
第10図 燃料被覆管温度の推移



第11図 炉心上端ボイド率の推移

健全側の主蒸気逃がし弁及び加圧器逃がし弁の開放により1次冷却材の漏えいを低減し、高圧注入および充てん系により炉心の冠水状態を維持することで炉心冷却が可能である。

4. 重大事故対策概要図（長期対策）



第12図 重大事故対策概要図(長期対策)

5. 使用機器リスト

対象機器	重大事故対策	要求事項	仕様	備考
主蒸気逃がし弁 (健全S/G側)	2次系強制冷却	主蒸気逃がし弁開操作時間：約19分	—	崩壊熱を除去するのに十分な容量があり、各主蒸気管に1個あることから多重性を有する。
電動およびタービン動補助給水ポンプ	2次系強制冷却	—	—	通常の給水システムの機能が失われた場合でも、崩壊熱を除去するのに十分な冷却水を供給する。
加圧器逃がし弁	1次系強制減圧	—	—	加圧器逃がし弁を開放し、破損S/Gとの均圧操作を行なう。
高圧注入ポンプ	高圧炉心注入	—	—	炉心損傷を防止するため、燃料取替用水ピットの水を炉心に注入する。
余熱除去ポンプ	低圧炉心注入 余熱除去運転	—	—	炉心損傷を防止するため、燃料取替用水ピットの水を炉心に注入する。 1次系圧力・温度低下後、余熱除去系に切替えて炉心の長期冷却を行なう。
余熱除去冷却器	余熱除去運転	—	—	1次系圧力・温度低下後、余熱除去系に切替えて炉心の長期冷却を行なう。
充てんポンプ	充てん系注水	—	—	炉心損傷を防止するため、燃料取替用水ピットの水を炉心に注入する。

6. 必要な要員および作業項目

●夜間・休日の初動対応要員

		対応要員数	実働要員
運転員	3号機中央制御室	6名	6名
災害対策要員	社員 (当番(指揮、通報))	(1~3号共通)3名	3名 ※4
	社員 (運転支援、電源、給水等)	(3号)3名	0名
	協力会社 (運転支援、電源、給水等)	(3号)4名	0名
	協力会社(瓦礫撤去、給油ホース接続)	(1~3号共通)2名	2名 ※5
	協力会社(消防)	(1~3号共通)8名	8名 ※5
小計		26名	19名
		余裕	7名 ★

●召集要員構成(H25.7.17現在)

召集要員 (技術系社員)	宮丘地区※1	325名
	地元4カ町村※2	104名
小計		429名

※1: 宮丘地区からの召集要員とは、社員[社宅、みやおか寮、柏木寮、桜木寮、はまなす寮]

※2: 地元4カ町村からの召集要員とは、宮丘地区を除く、地元4カ町村(岩内町、共和町、泊村、神恵内村)

※3: 要員数については実際の現場移動時間および作業時間を考慮した人員である。
ただし、今後の更なる要員の検討により変更が必要となる可能性がある。

対応要員の内訳	要員 ※3	作業内容	時間	作業場所
○運転員(3号機中央制御室対応要員) 3号機運転員(4名) ・発電課長(当直) ・副長 ・運転員a ・運転員b	運転員a	【破損蒸気発生器隔離操作】 破損蒸気発生器の隔離操作	-	中央制御室
		【2次系による1次系急速冷却】 健全蒸気発生器の主蒸気逃がし弁開放操作	≒約19分	
○運転員(現場操作者) 3号機運転員(2名) ・運転員c ・運転員d	運転員b	【蓄圧タンク出口弁閉操作】 蓄圧タンク出口弁閉操作	-	
		【加圧器逃がし弁開放による1次系減圧】 加圧器逃がし弁開放操作	-	
		【安全注入停止・充てん開始操作】 充てん水注入開始操作 安全注入停止操作	-	
		【燃料取替用水ピットへの補給(解析上考慮せず)】 燃料取替用水ピットへの補給	-	
運転員c 運転員d	運転員c 運転員d	【余熱除去系による1次系の冷却】 余熱除去ポンプによる1次系の冷却	-	
		【加圧器逃がし弁開放操作によるフィードアンドブリード運転】 加圧器逃がし弁開放操作	-	
		【燃料取替用水ピットへの補給(解析上考慮せず)】 燃料取替用水ピットへの補給ラインアップ操作	-	
		【2次系汚染拡大防止処置(解析上考慮せず)】 2次系汚染拡大防止処置	-	原子炉補助建屋 原子炉建屋 タービン建屋

※4: 社員(当番(指揮、通報))は、緊急時対策所にて、指揮または通報の対応を専属で行う。

※5: 災害対策要員のうち、協力会社(瓦礫撤去、給油ホース接続)および協力会社(消防)は、それぞれの作業を専属で担当することから、他の作業およびサポート要員としては配置しない。したがって、それぞれが担当する作業が発生しない場合であっても、対応要員全員が作業している表記としている。

○要員人数	平日昼間に事故が発生した場合に十分な要員数を確保できるのは当然のことながら、夜間・休日においても、初動対応要員(運転員、災害対策要員)および召集要員(技術系社員)により、事故収束作業に必要な要員が確保できる体制となっている。
-------	--

★初動対応開始後、サポート要員7名を中央制御室に待機させ、通信手段の不具合や要員の受傷など不測の事態に備える。

7. 対応手順と所要時間

		経過時間(分)												備考	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
手順の項目	要員	事象発生 蒸気発生器細管破損発生 ▼ 約6分 F.O.発信、破損蒸気発生器主蒸気安全弁閉鎖 ▼ 約7分 非常用炉心冷却設備作動 ▼ 約16分 破損蒸気発生器隔離開始、破損蒸気発生器への補助給水停止 ▼ 約19分 健全蒸気発生器2次側による1次系急速冷却開始 ▼ プラント状況判断												その後は、余熱除去運転継続により長期にわたる炉心冷却を継続。余熱除去系による冷却が不可能な場合においても、フィードアンドブリード運転により、長期にわたる炉心冷却が可能。	
状況判断	運転員	●原子炉トリップ・タービントリップ・発電機トリップ確認 ●非常用炉心冷却設備作動信号発信確認 ●蒸気発生器伝熱管破損を判断 破損蒸気発生器水位上昇、1次冷却材圧力低下、加圧器水位低下、復水器排気ガスモニタ指示値上昇、蒸気発生器ブローダウン水モニタ指示値上昇、高感度型主蒸気管モニタ指示値上昇 (中央制御室)												約10分	
破損蒸気発生器隔離操作	運転員a	●破損蒸気発生器の隔離操作 (中央制御室操作)												約2分	
2次系による1次系急速冷却操作		●健全蒸気発生器の主蒸気逃がし弁開放操作 (中央制御室操作)												約1分	事象発生後≤19分に健全蒸気発生器の主蒸気逃がし弁を全開とすることができる。
蓄圧タンク出口弁閉操作	運転員b	●蓄圧タンク出口弁閉操作 (中央制御室操作)												約2分	
加圧器逃がし弁開放による1次系減圧		●加圧器逃がし弁開放操作 (中央制御室操作)												適宜実施	
充てん水注入開始・安全注入停止操作		●充てん水注入開始操作												約5分	適宜流量調整
		●安全注入停止操作 (中央制御室操作)												約5分	
燃料取替用水ビットへの補給(解析上考慮せず)		●燃料取替用水ビットへの補給操作 (中央制御室操作)													
余熱除去系による1次系の冷却		●余熱除去系による1次系の冷却 (中央制御室操作)													
加圧器逃がし弁開放操作によるフィードアンドブリード運転		●加圧器逃がし弁開放操作 (中央制御室操作)													余熱除去ポンプによる冷却が不可能な場合は、加圧器逃がし弁開放操作によるフィードアンドブリード運転を実施する。
燃料取替用水ビットへの補給(解析上考慮せず)	運転員c	●現場移動/燃料取替用水ビットへの補給ラインアップ操作 (現場操作)												操作後移動	
2次系汚染拡大防止処置(解析上考慮せず)	運転員c 運転員d	●現場移動/2次系汚染拡大防止処置 (現場操作)													

8. 余熱除去運転への移行に失敗した場合

余熱除去運転条件成立時に余熱除去系接続に失敗し、燃料取替用水ピットを水源として充てん注入を継続した場合、燃料取替用水ピットが枯渇するまでの時間は以下のとおり評価できる。

燃料取替用水ピット枯渇時間 $= \text{余熱除去運転条件達成時間} + \frac{\text{燃料取替用水ピット水量} * 1 - \text{余熱除去運転条件達成までの注入流量積算値}}{\text{充てん注入流量} * 2}$ $= \text{約}2.2\text{時間} + \frac{\text{約}1,400\text{m}^3 - \text{約}177\text{m}^3}{\text{約}160\text{m}^3/\text{h}} = \text{約}10\text{時間}$	
* 1 : 燃料取替用水ピット水量	燃料取替用水ピットの通常水位低警報～水位低警報の95%容量
* 2 : 充てん注入流量	充てんポンプ2台運転時の最大流量

事象発生後、充てんポンプ2台運転時の最大流量で注入を継続した場合でも、燃料取替用水ピットの枯渇までに約10時間の時間余裕があることから、事象発生後10時間までに燃料取替用水ピットへの補給を実施することで、長期的な炉心冷却を継続できる。

また、再循環サンプの水位が十分あれば、高圧再循環運転に移行することでさらに長期的な炉心冷却を継続できる。