

(別冊 1) 2012 年 3 月 12 日に公表した MAAP コードによる解析結果

別冊 1. 1 1号機のこれまでの解析結果

別冊 1.1.1 プラント条件及び事象イベント

主要な解析条件について、表 2-1 にプラント条件を、表 2-2 に事象イベントを示す。事象イベントは、平成 23 年 5 月 16 日に原子力安全・保安院へ報告した「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータ集」に加え、平成 23 年 12 月 22 日に公表した「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」等、平成 23 年 5 月以降に公表した時系列に従い設定したものである。

表 2-1 1号機 プラント条件

項目	条件
初期原子炉出力	1380 MWt (定格出力)
初期原子炉圧力	7.03MPa [abs] (通常運転圧力)
初期原子炉水位	4187mm (通常水位：TAF 基準)
RPV ノード分割	添付資料 1 図 4
有効炉心ノード分割数	半径方向：5 ノード 軸方向：10 ノード
被覆管破損温度	727°C (1000K)
燃料溶融	添付資料 1 表 2
格納容器モデル	添付資料 1 図 5
格納容器空間容積	D/W 空間：3410m ³ S/C 空間：2620m ³
サブレーション・プール水量	1750m ³
崩壊熱	ANSI/ANS5.1-1979 モデル (燃料装荷履歴を反映した ORIGEN2 崩壊熱相当になるようパラメータを調整)

表 2-2 1号機 事象イベント

凡例 ○：記録あり △：記録に基づき推定 □：解析上の仮定として整理

時系列			分類	備考	○の場合：記録の参照箇所 △、□の場合：推定、仮定した根拠等
No	日時	事象イベント			
1	3/11 14:46	地震発生	○	—	
2	14:46	原子炉スクラム	○	H23.5.16 報告 4.運転日誌類 当直長引継日誌	
3	14:47	MSIV 閉	○	H23.5.16 報告 4.運転日誌類 当直長引継日誌	
4	14:52	IC(A) (B)自動起動	○	H23.5.16 報告 3.警報発生記録等データ アラームタイプ	
5	15:03 頃	IC(A)停止	○	H23.5.23 報告「東北太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所運転記録及び事故記録の分析と影響評価について」	
6	15:03 頃	IC(B)停止	○	H23.5.23 報告「東北太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所運転記録及び事故記録の分析と影響評価について」	
7	15:07	CCS 系トラスクーリング(A)インサ ービス	○	H23.5.16 報告 (4.運転日誌類)、H23.5.23 報告 (その後全交流電源喪失に伴い停止)	
8	15:10	CCS 系トラスクーリング(B)インサ ービス	○	H23.5.16 報告 (4.運転日誌類)、H23.5.23 報告 (その後全交流電源喪失に伴い停止)	
9	15:17	IC(A)再起動	△	原子炉圧力の推移 (H23.5.16 報告 2.チャートの記録) から、IC の動 作を推定 ※1	
10	15:19	IC(A)停止	△	原子炉圧力の推移 (H23.5.16 報告 2.チャートの記録) から、IC の動 作を推定 ※1	
11	15:24	IC(A)再起動	△	原子炉圧力の推移 (H23.5.16 報告 2.チャートの記録) から、IC の動 作を推定 ※1	

12		15:26	IC(A)停止	△	原子炉圧力の推移（H23.5.16 報告 2.チャートの記録）から、IC の動作を推定 ※1
13		15:32	IC(A)再起動	△	原子炉圧力の推移（H23.5.16 報告 2.チャートの記録）から、IC の動作を推定 ※1
14		15:34	IC(A)停止	△	原子炉圧力の推移（H23.5.16 報告 2.チャートの記録）から、IC の動作を推定 ※1
15		15:37	全交流電源喪失	○	H23.5.16 報告 4.運転日誌類 当直長引継日誌
16		18:18	IC(A)系 2A, 3A 弁開／蒸気発生確認	□	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏めに当該の記載はあるものの、本解析では全交流電源喪失以降 IC の機能が喪失していたものと仮定 ※2
17		18:25	IC(A)系 3A 弁開	□	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏めに当該の記載はあるものの、本解析では全交流電源喪失以降 IC の機能が喪失していたものと仮定 ※2
18		20:50	原子炉代替注水ラインが完成し、ディーゼル駆動消火ポンプ（以下、DDFP）を起動（減圧後に注水可能な状態）	□	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」 原子炉圧力が高く、DDFP による注水は RPV に届いていなかったものと推定
19		21:30	IC 3A 弁開／蒸気発生確認	□	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏めに当該の記載はあるものの、本解析では全交流電源喪失以降 IC の機能が喪失していたものと仮定 ※2
20	3/12	1:25	DDFP 停止を確認	□	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」 原子炉圧力が高く（3/11 20:07 7.0MPa[abs](現場確認)、3/12 2:45 0.9MPa[abs](中操計器復旧)、この間の原子炉圧力はわからないが）、DDFP による注水は RPV に届いていなかったものと推定

21		4:00 頃	淡水注水（1300 リットル）	○	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」
22		5:46	消防ポンプによる淡水注水を再開	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め ※3
23		14:30	格納容器ベントについて、10:17 圧力抑制室側 AO 弁操作を実施し、14:30 に格納容器圧力低下を確認	△	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め。 格納容器圧力の低下から 14:30 に格納容器ベントがなされたことを判断したが、解析上では実測された格納容器圧力の推移にあうように 14:11 にベント弁開を仮定した。
24		14:53	淡水注水完了	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め
25		15:03	格納容器ベント弁閉止	△	解析上、実測された格納容器圧力の推移にあうように 15:03 にベント弁閉を仮定した。
26		15:36	1 号機原子炉建屋の爆発	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め
27		19:04	海水による注水を開始	○	H23.8.10 プレス「福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所における対応状況について」 ※3

- ※1 全交流電源喪失以前の IC の動作には不明な点があるものの、2.チャートの記録（H23.5.16 報告）によると、原子炉圧力は約 6.2～7.2MPa[abs]で推移しているが、SRV 第一弁の逃し弁機能の設定圧力は約 7.4MPa[abs]、吹き止まり圧力は約 6.9MPa[abs]であることから、解析上は IC 片系が間欠的に動作したものと仮定。
- ※2 全交流電源喪失以降の IC の動作についても不明な点があるものの、機能したことの記録が不足していることから、IC の機能が喪失しているものと仮定。
- ※3 注水流量変更の時期や注水流量については、H23.6.13 プレス『「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータについて」における操作実績の訂正について』に記載の日付毎の炉内への注水量に基づき、日毎の平均流量及び注水総量を超えないように設定。

別冊 1.1.2 計測されたプラントデータからの条件設定

解析においては、計測されたプラントデータから、以下の仮定をおき解析を行っている。

① 原子炉圧力容器からの気相漏えいの仮定について

1号機では、格納容器圧力は3月12日1時05分で0.6MPa[abs]、2時30分で0.84MPa[abs]、原子炉圧力は3月12日2時45分で0.9MPa[abs]が測定されており、早い段階で原子炉圧力容器と格納容器の圧力が均圧化していた可能性がある。また、3月11日20時07分に原子炉圧力が7.0MPa[abs]であったことが確認されており、これは主蒸気逃し安全弁（以下、SRV）の安全弁機能での吹き止まり圧力程度の値であり、吹き止まり時点をちょうど観測した可能性もあるが、SRVによる減圧とは異なるメカニズムで減圧した可能性もある。

平成23年5月に公表した解析においては原子炉圧力の低下は原子炉圧力容器の破損時に発生しており、測定結果の再現ができていない。また、格納容器圧力においても、SRVから圧力抑制室（以下、S/C）への蒸気放出が継続している条件では、実測された高い格納容器圧力を再現出来ていない。

そのため、本解析では、炉内構造物の配置や機器の設計情報等から、燃料の過熱および溶融に伴う炉内温度の上昇により、原子炉圧力容器からドライウエル（以下、D/W）への気相漏えいが発生したと仮定して解析を実施した。

原子炉圧力容器からの漏えいが想定される箇所としては、炉内核計装のドライチューブおよび主蒸気配管フランジのガスケット部が挙げられる。炉内核計装のドライチューブは燃料が高温になることに伴い損傷する可能性があり、D/W内に直接蒸気が漏えいする可能性がある。また、主蒸気配管フランジのガスケットは450℃程度の温度環境でシール機能を喪失する可能性がある。そこで解析においては、解析上燃料被覆管が破損すると設定した、燃料最高温度が727℃（1000K）に達するタイミング（地震発生から約4時間後）および炉内ガス温度が450℃程度となったタイミング（地震発生から約6時間後）でそれぞれ原子炉圧力容器気相部からの漏えい（0.00014m²、0.00136m²）を仮定した。

但し、あくまで解析上の仮定であり、実際にその時点で原子炉圧力容器から漏えいがあったのか否か、また、漏えいが解析上仮定した条件で計装管のドライチューブ及び主蒸気配管のガスケットから発生したのか否かについては、現時点では不明である。

② 格納容器からの気相漏えいの仮定について

解析においては、実際に計測された格納容器圧力の値にある程度あわせるため、地震発生から約 12 時間後において格納容器の気相部からの漏えい (0.0004m^2) を仮定した。また、地震発生から約 50 時間後、70 時間後にそれぞれ格納容器の気相部の漏えい面積の増加 (0.0008m^2 、 0.004m^2) を仮定した。

漏えいを仮定した、地震発生から約 12 時間後では、格納容器温度は約 300°C 以上となっており、格納容器設計温度 (138°C) を大幅に超えている。過去の研究において※、このような加温条件ではガスケットは損傷に至る可能性があるとの知見があることから、格納容器からの漏えいが事実とすれば加温によるガスケット損傷は要因の一つとして考えられる。また、地震発生から約 50 時間後および約 70 時間後における格納容器からの漏えい面積の増加の仮定に関しても、解析において格納容器温度は高温で推移していることから、漏えい箇所が徐々に増加することは要因の一つとして考えられる。但し、あくまで解析上の仮定であり、実際にその時点で格納容器から漏えいがあったのか、計器側の問題による計測値と解析値の不整合なのかは、現時点では不明である。

※ K. Hirao, T. Zama, M. Goto et al., "High-temperature leak characteristics of PCV hatch flange gasket," Nucl. Eng. Des.,145, 375-386 (1993).

③ 非常用復水器の動作条件に対する見解

全交流電源喪失以降の非常用復水器（以下、IC）の動作状況は未だ不明確であることから、解析においては全交流電源喪失以降の動作は仮定しないこととした※。

なお、全交流電源喪失より前の期間は、IC 片系の間欠動作により原子炉圧力は SRV の動作設定圧力(約 $7.4\text{MPa}[\text{abs}]$)以下で制御されていた。

※ 平成 23 年 10 月 18 日に、現場の IC 胴側水位計を確認したところ、A 系：65%、B 系：85%（通常水位 80%）であった。

IC の冷却水温度のチャートによると、B 系は 70°C 程度で温度上昇がとまっていることから、冷却水の水位変化を伴う冷却水の蒸発は少なかったものと考えられる。また、A 系は津波到達時点と同じ頃に飽和温度である 100°C 程度に上昇していることから、A 系の冷却水の水位低下は主に津波到達後の熱交換によるものと考えられる。

ただし A 系については、①格納容器内側隔離弁の開度が不明であること、

②燃料の過熱に伴う水-ジルコニウム反応で発生した非凝縮性ガスである水素が IC の冷却管に滞留することで、IC の除熱性能は低下すること、
 ③時期は不明だが、遅くとも 12 日 2 時 45 分には原子炉圧力が低下しており、圧力の低下により原子炉で発生した蒸気が IC へ流れ込む量が低下することで、IC の除熱性能は低下すること、といった理由から、津波到達以降、IC が実際にどの程度の性能を維持し、いつまで機能していたかは不明である。

従って、全交流電源喪失以降の動作は仮定しないこととした平成 23 年 5 月の解析の設定については、適当なものであったと考えられる。

④ 注水量の設定について

注水量については平成 23 年 6 月 13 日に公表した『「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータについて」における操作実績の訂正について』に基づき、日毎の平均流量及び注水総量を超えないように設定した。(添付資料 1-1 参照) なお、測定された原子炉水位は、添付資料 1-2 に示すとおり、水位計内の水の蒸発により、実際よりも高い水位を指示していたと考えられるため、解析上、参考としない。

⑤ 崩壊熱の設定について

この解析では、燃料装荷履歴を反映した ORIGEN2 崩壊熱相当になるようパラメータを調整したものを採用した

別冊 1.1.3 MAAP 解析の解析結果

表 2-3 に解析結果を記載する。

表 2-3 1 号機 解析結果のまとめ

項目	解析結果
炉心露出開始時間 (シュラウド内水位が TAF に到達した時間)	地震発生後約 3 時間 (3 月 11 日 18 時 10 分頃)
炉心損傷開始時間 (炉心最高温度が 1200°C に到達した時間)	地震発生後約 4 時間 (3 月 11 日 18 時 50 分頃)
原子炉圧力容器破損時間	地震発生後約 11 時間 (3 月 12 日 1 時 50 分頃)

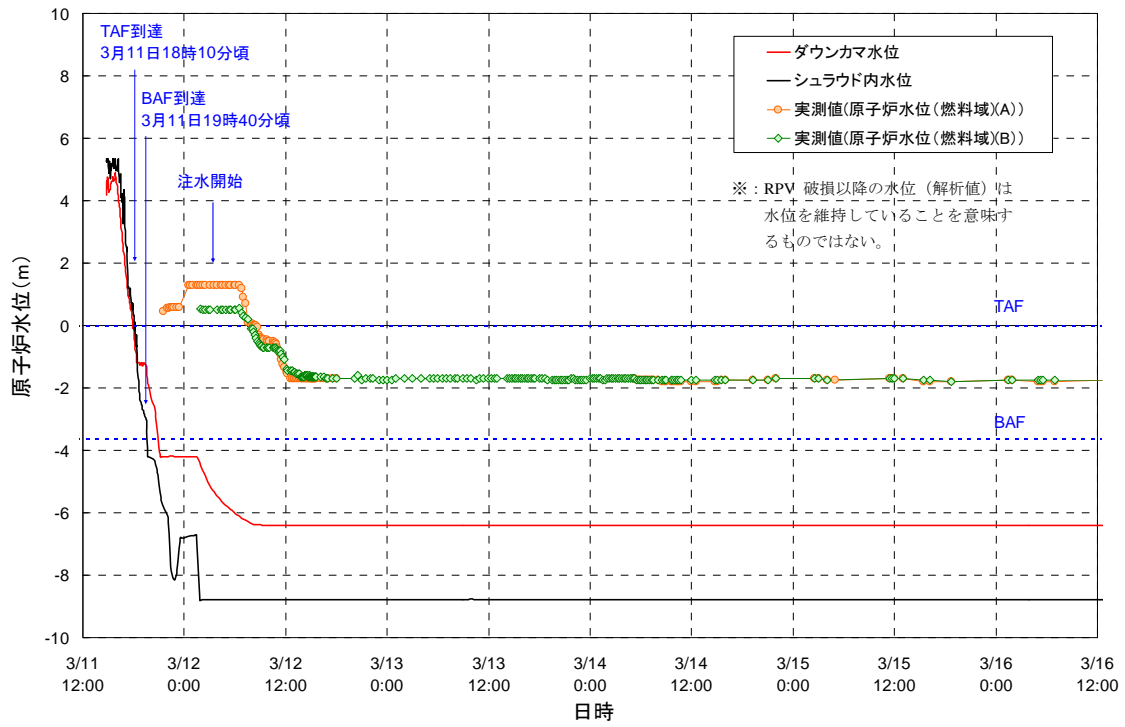


図 2-1 1号機 原子炉水位変化

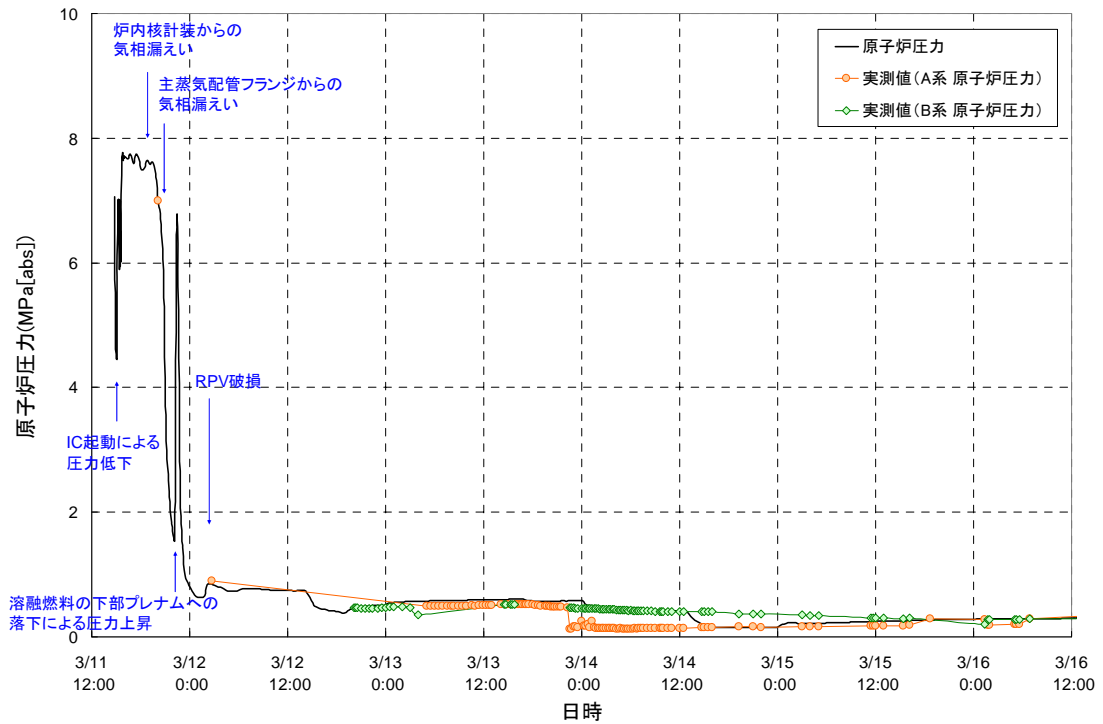


図 2-2 1号機 原子炉压力容器圧力変化

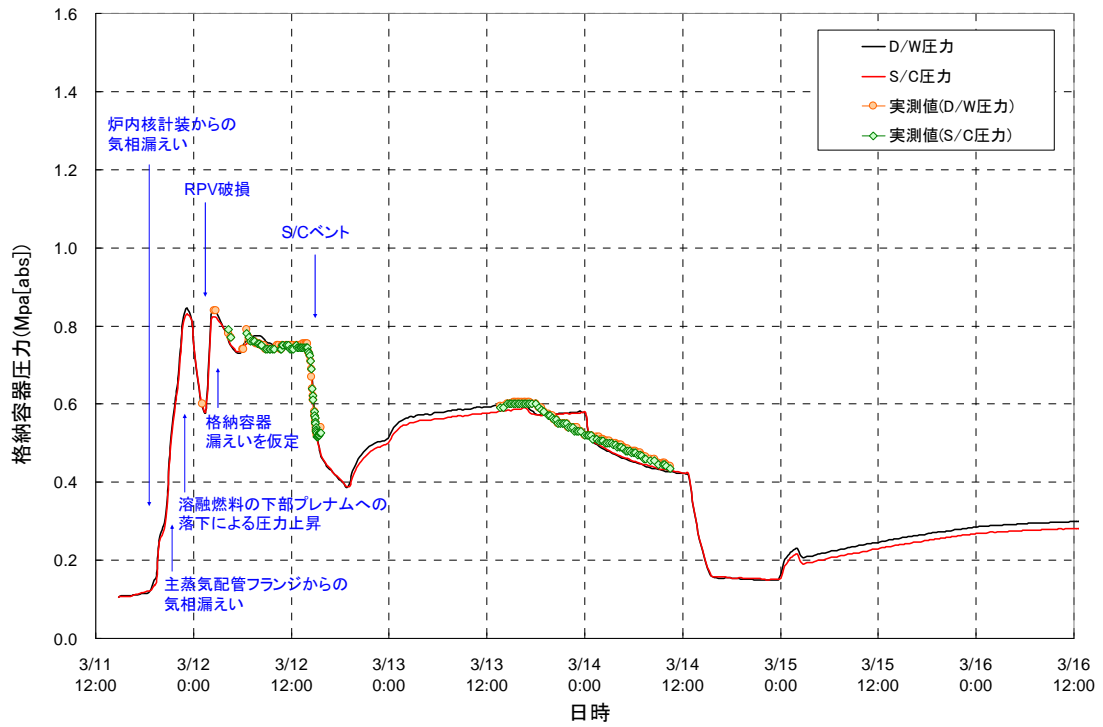


図 2-3 1号機 格納容器圧力変化

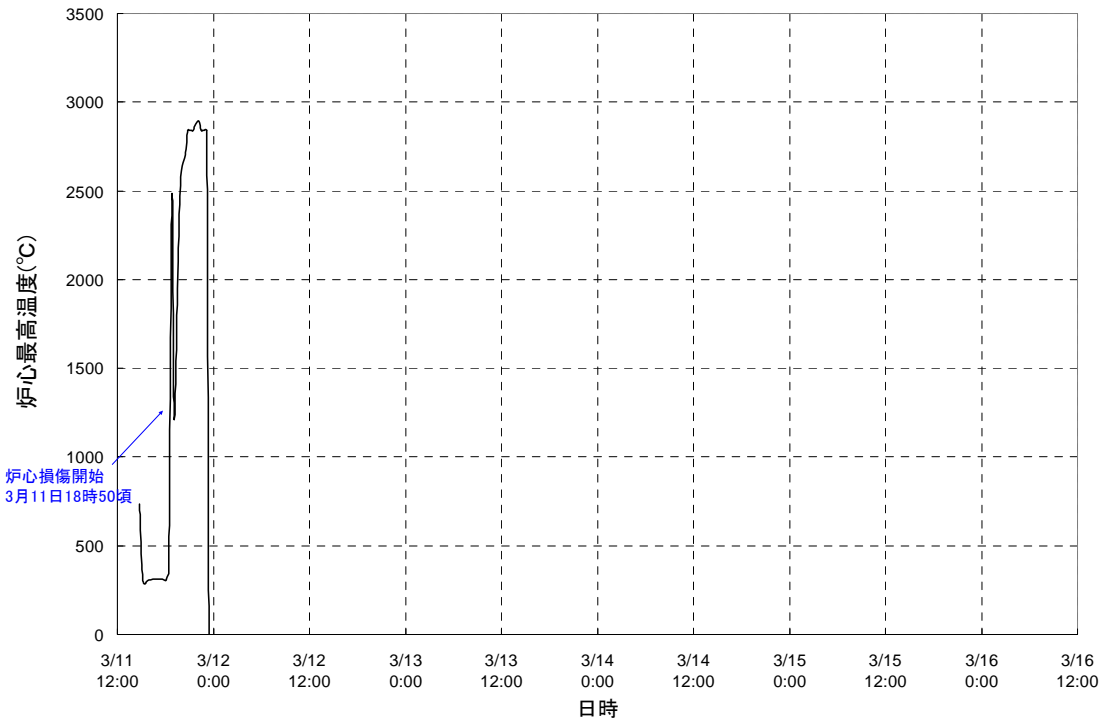


図 2-4 1号機 炉心温度変化

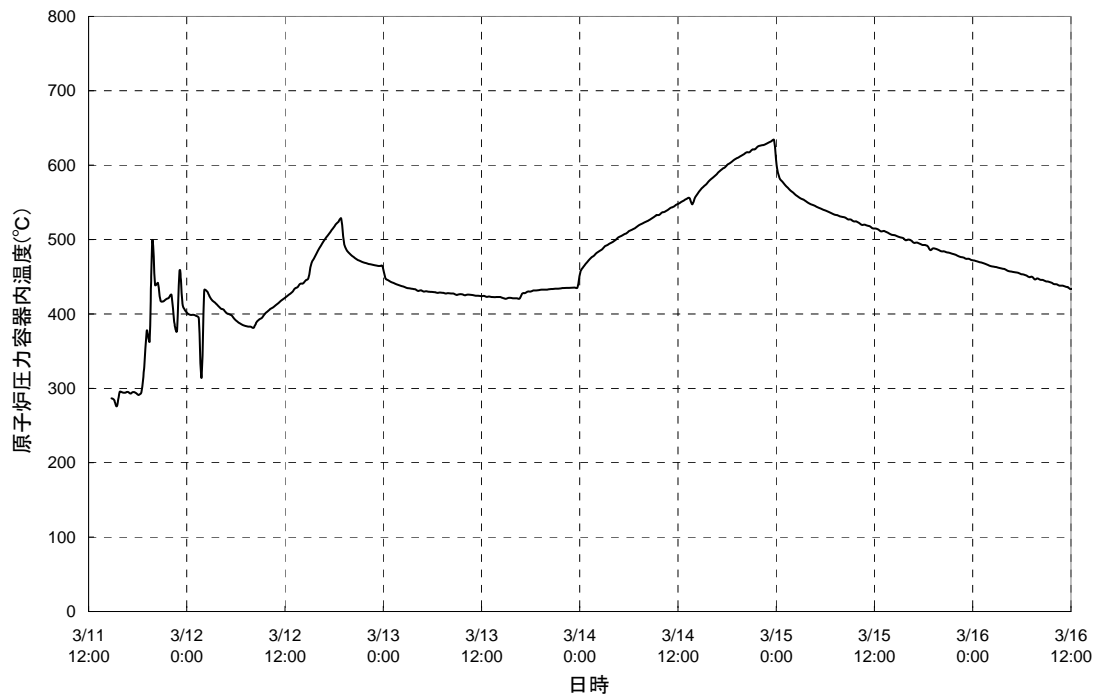


図 2-5 1号機 原子炉压力容器内気体温度

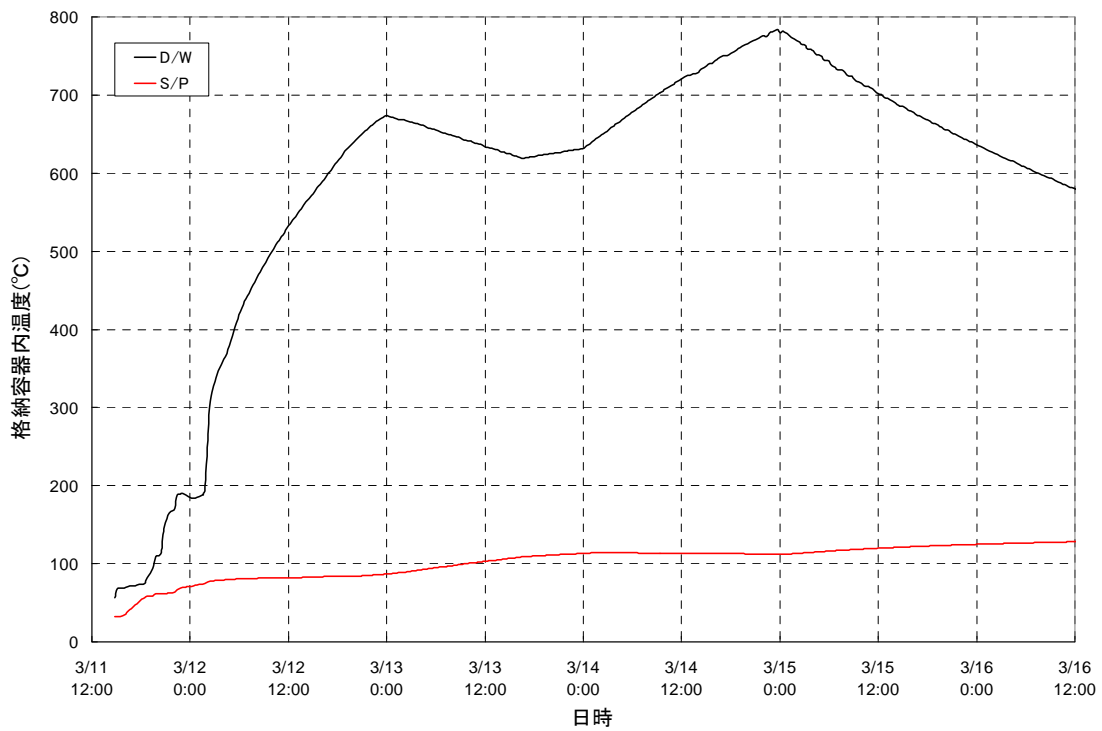


図 2-6 1号機 格納容器温度变化

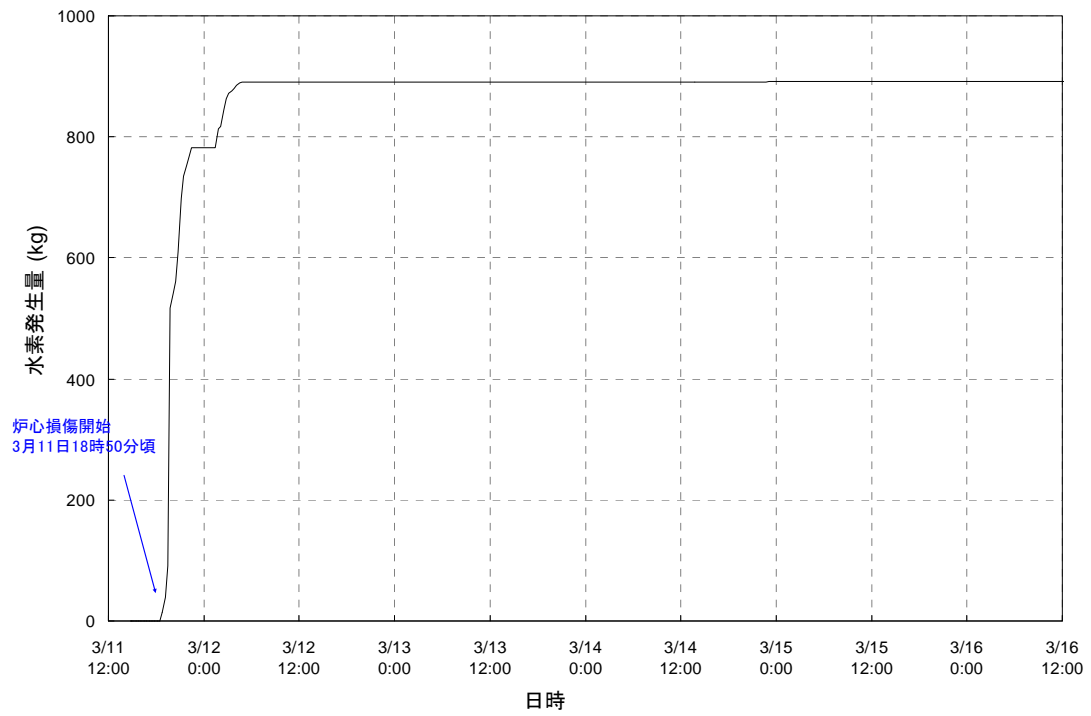


図 2-7 1号機 水素発生量変化

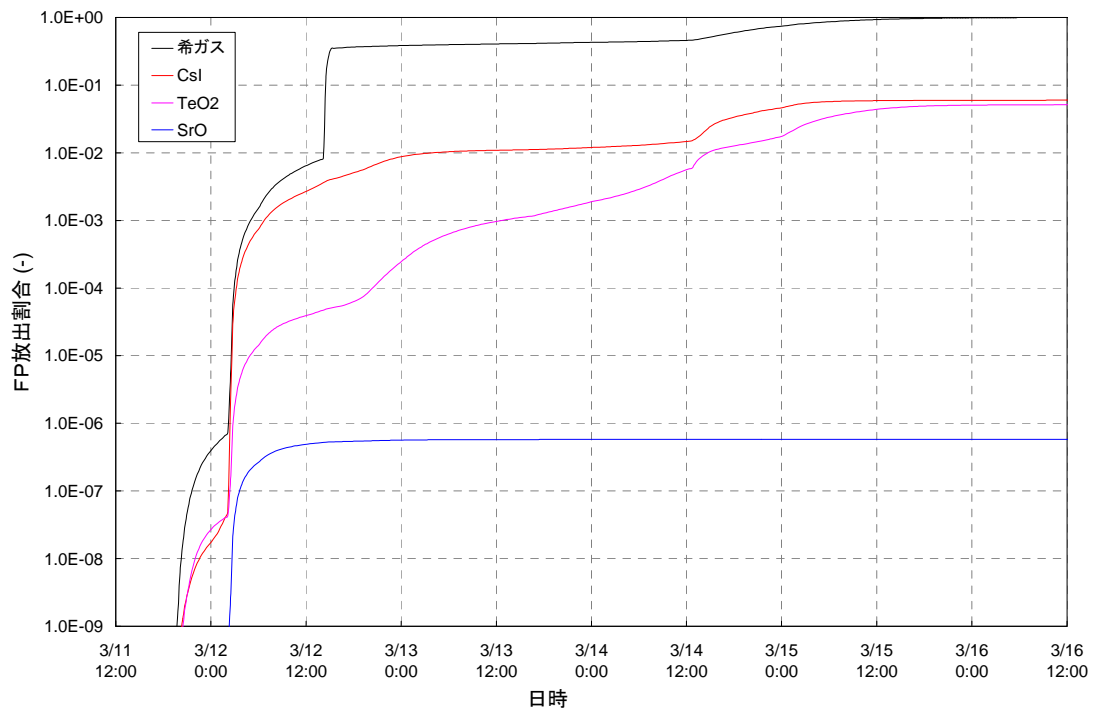


図 2-8 1号機 FP の放出割合 (1/3)

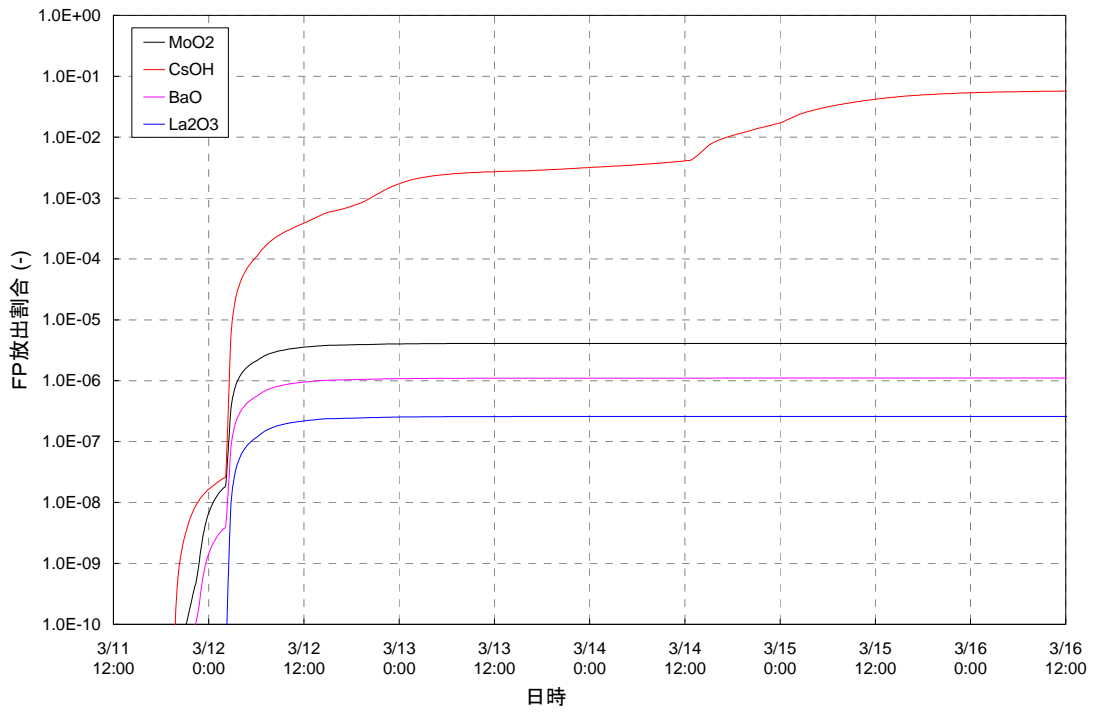


図 2-9 1号機 FPの放出割合 (2/3)

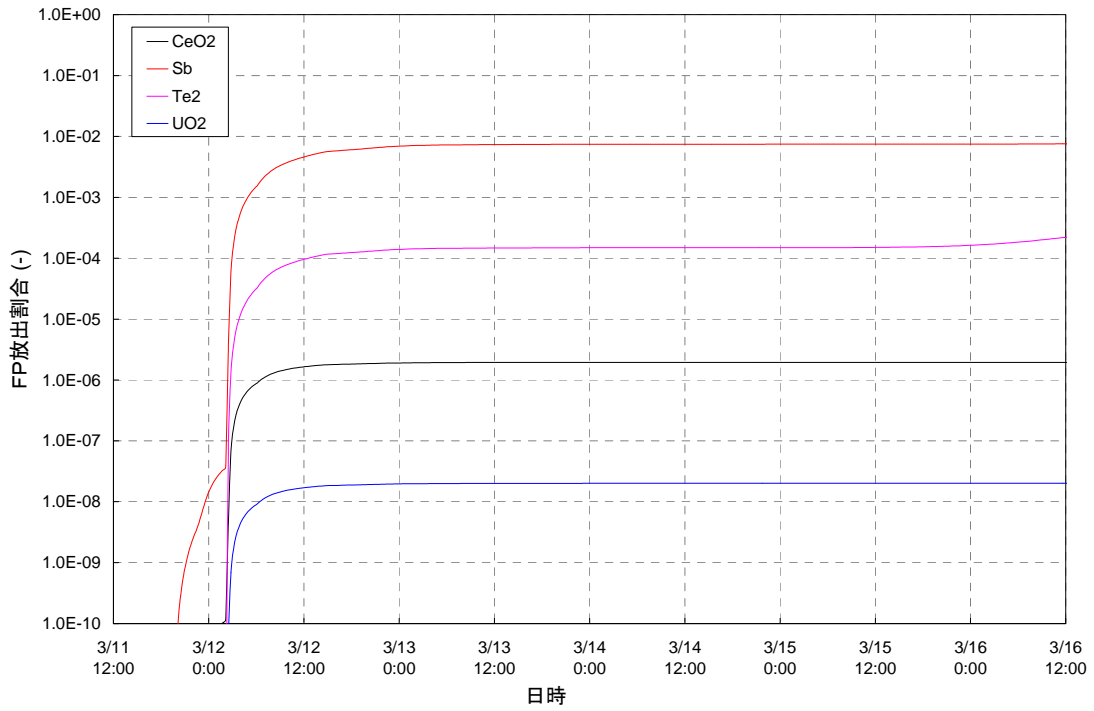


図 2-10 1号機 FPの放出割合 (3/3)

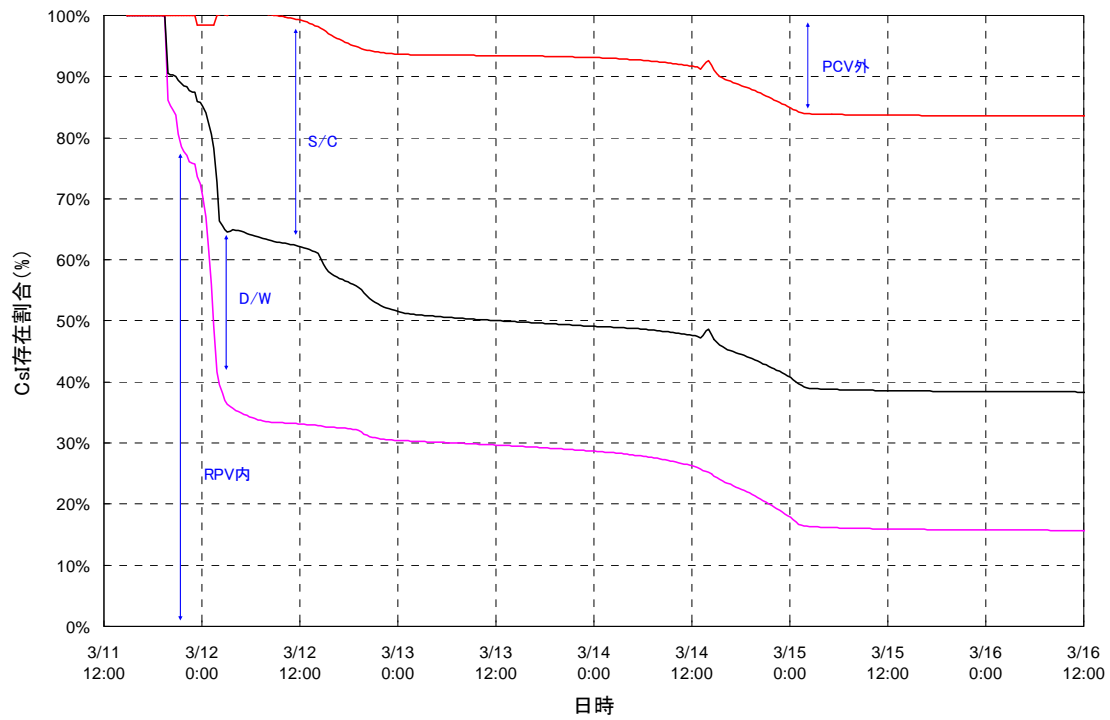


図 2-11 1号機 FP の存在割合 (1/2)

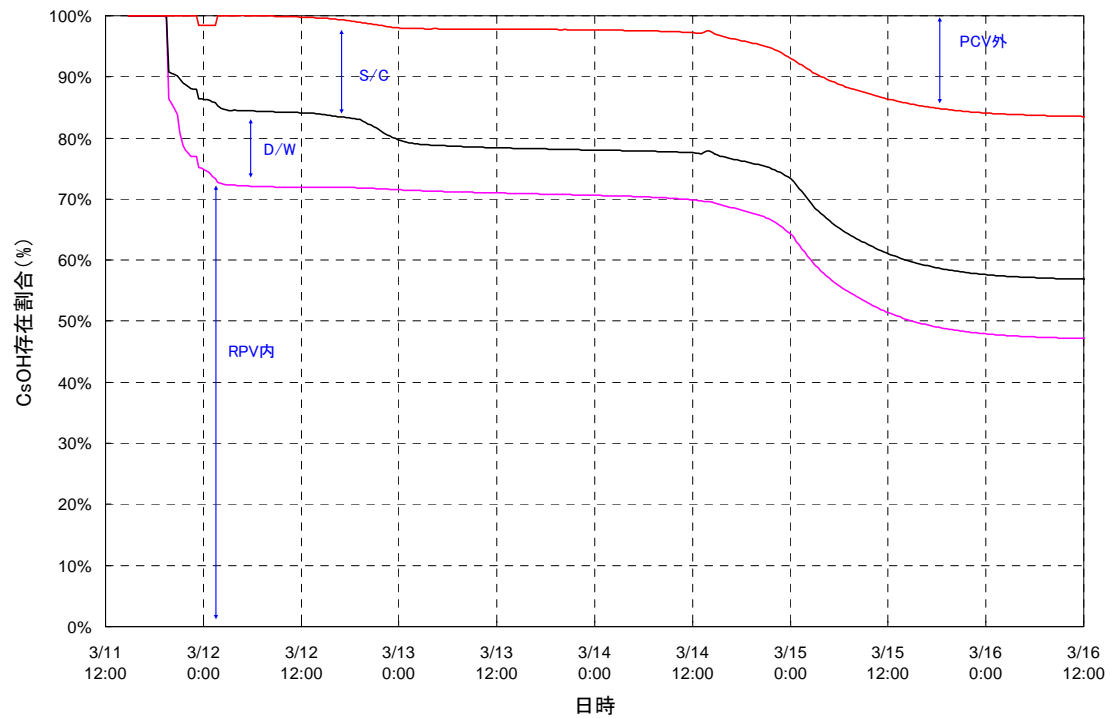
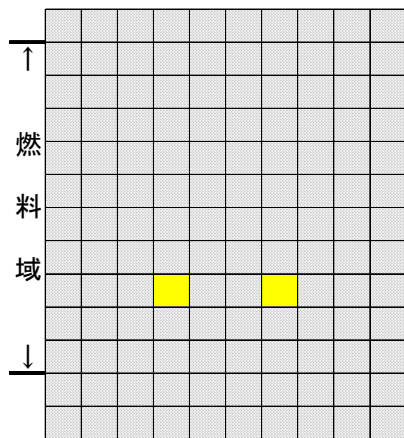
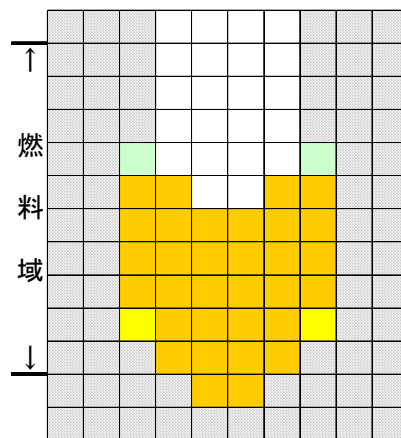


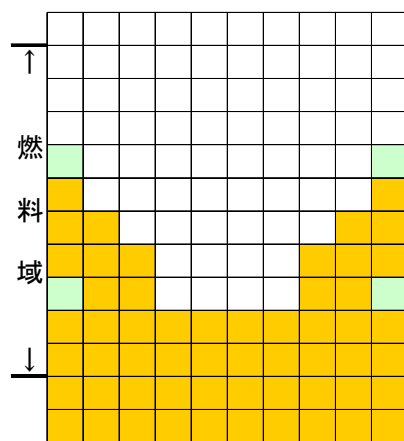
図 2-12 1号機 FP の存在割合 (2/2)



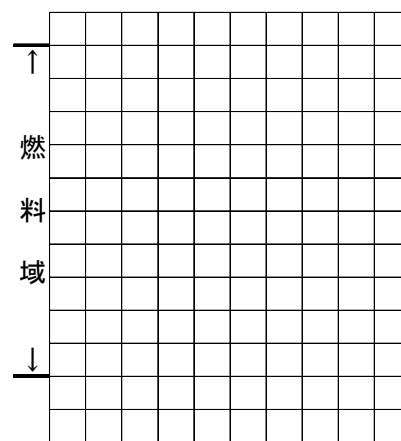
スクラム後 約 4.8 時間



スクラム後 約 5.5 時間



スクラム後 約 7.6 時間



スクラム後 約 8.6 時間

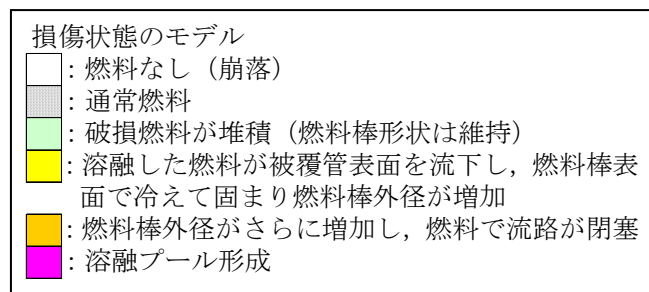


図 2-13 1号機 炉心の状態図

別冊 1. 2 2号機のこれまでの解析結果

別冊 1.2.1 プラント条件及び事象イベント

主要な解析条件について、表 3-1 にプラント条件を、表 3-2 に事象イベントを示す。事象イベントは、平成 23 年 5 月 16 日に原子力安全・保安院へ報告した「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータ集」に加え、平成 23 年 12 月 22 日に公表した「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」等、平成 23 年 5 月以降に公表した時系列に従い設定したものである。

表 3-1 2号機プラント条件

項目	条件
初期原子炉出力	2381 MWt (定格出力)
初期原子炉圧力	7.03 MPa[abs] (通常運転圧力)
初期原子炉水位	約 5274 mm (通常水位：TAF 基準)
RPV ノード分割	添付資料 1 図 6
有効炉心ノード分割数	半径方向：5 ノード 軸方向：10 ノード
被覆管破損温度	727°C (1000K)
燃料溶融	添付資料 1 表 2
格納容器モデル	添付資料 1 図 7
格納容器空間容積	D/W 空間：4240 m ³ S/C 空間：3160 m ³
サブレーション・プール水量	2980 m ³
崩壊熱	ANSI/ANS5.1-1979 モデル (燃料装荷履歴を反映した ORIGEN2 崩壊熱相当になるようパラメータを調整)

表 3-2 2号機 事象イベント

凡例 ○：記録あり △：記録に基づき推定 □：解析上の仮定

時系列			分類	備考	○の場合：記録の参照箇所 △、□の場合：推定、仮定した根拠等
No	日時	事象イベント			
1	3/11 14:46	地震発生	○	—	
2	14:47	原子炉スクラム	○	H23.5.16 報告 4.運転日誌類 当直長引継日誌	
3	14:50	RCIC 手動起動	○	H23.8.10 プレス「福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所における対応状況について」	
4	14:51	RCIC トリップ (L-8)	○	H23.8.10 プレス「福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所における対応状況について」	
5	15:02	RCIC 手動起動	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め	
6	15:00 ～ 15:36 頃	RHR による S/C 冷却	△	H23.5.23 報告「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所運転記録及び事故記録の分析と影響評価について」 今回の解析では期間を短めに 15:00～15:07 に設定。	
7	15:28	RCIC トリップ (L-8)	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め	
8	15:39	RCIC 手動起動	○	H23.8.10 プレス「福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所における対応状況について」	
9	15:41	全交流電源喪失	○	H23.5.16 報告 4.運転日誌類 当直長引継日誌	
10	3/12 4:20 頃 ～	RCIC 水源を復水貯蔵タンクから圧力抑制室に切替	△	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め 解析上は、この時間の幅の中で、実測値の原子炉圧力に合うタイミング (3/12 4:20) に設定。	

		5:00			
11	3/14	13:25	RCIC 機能喪失を判断(原子炉水位低下傾向による)	△	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め 当該時刻は RCIC の停止を判断した時刻であるため、解析上は、3/14 18:00 頃に SRV を開いた際の水位(原子炉圧力/格納容器温度による補正後の水位)におよそ合うように RCIC 機能低下のタイミングを設定(3/14 9:00 に設定)。
12		16:34	原子炉圧力容器減圧(SRV1 弁開)操作開始	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め この段階では SRV が開いているわけではないため、解析条件としては設定しない。
13		16:34	消火系ラインを用いた海水注入作業開始	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め ※1
14		18:00 頃	SRV1 弁開により原子炉圧力が低下し減圧開始を確認	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め
15		19:20	消防ポンプが燃料切れで停止していたことを確認	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め ※1
16		19:54	消防ポンプ起動	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め ※1 ※2
17		19:57	消防ポンプ 2 台目起動	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め ※1
18		21:20	SRV2 弁開により原子炉を減圧、水位が回復する	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め ※1
19		23:00 頃	SRV1 弁開を仮定	△	原子炉圧力の上昇から、当該時刻に SRV1 弁が閉じたことを仮定。
20		23:25	SRV1 弁開を仮定	△	原子炉圧力の低下から、当該時刻に SRV1 弁開したことを仮定。
21	3/15	1:10	SRV1 弁開	○	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」

22		2:22	SRV の開操作に入る	△	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」解析上は、SRV1 弁開したものと設定。
23	3/15	6:00 ～ 6:10 頃	衝撃音発生。圧力抑制室内の圧力が 0MPa(abs)を示す	△	H23.12.2 プレス「福島原子力事故調査報告書（中間報告書）」にて衝撃音は 4 号機の爆発によるものと判断している。2 号機の S/C 圧力はこのタイミングで 0MPa(abs)に下がっていることから、計器誤差まで考慮し、何らかの損傷が発生して S/C 圧力が低下した可能性は否定できていないが、D/W 圧力は維持されていることから、解析上は当該時刻における漏えい事象の発生を仮定しないこととした。
24		7:20	格納容器（D/W）からの気相漏えいを仮定	△	格納容器圧力が低下しているため、当該時刻から格納容器（D/W）からの気相漏えいを仮定

※1 海水注水開始の時期について、3/14 19:20 の記録で「消防ポンプが停止」とあることから、3/14 16:34 以降原子炉が減圧された段階である程度の注水がなされた可能性があるが、解析上はその後の水位上昇が確認された 3/14 19:54 からの注水を、最初の海水注水開始時期と仮定。

※2 注水流量変更の時期や注水流量については、H23.6.13 プレス『「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータについて」における操作実績の訂正について』に記載の日付毎の炉内への注水量に基づき、日毎の平均流量及び注水総量を超えないように設定。

別冊 1.2.2 計測されたプラントデータからの条件設定

① 原子炉隔離時冷却系（以下、RCIC）の運転条件に関する仮定

RCIC の運転期間中、原子炉圧力は通常運転圧力よりも低く推移しており、SRV の作動設定圧力に至っていない。このような圧力挙動を再現できるよう、RCIC タービンへ崩壊熱相当のエネルギーを二相流として流出させるとともに、注水流量を定格流量 $95\text{m}^3/\text{h}$ の $1/3$ 程度である $30\text{m}^3/\text{h}$ に設定した。また、RCIC の注水機能低下後の圧力挙動を再現するために、RCIC タービンへの蒸気流量を調整した。この RCIC 運転状態に関する考察を添付資料 2-1 に示す。

② 3月12日0時頃～14日12時頃における格納容器圧力について

格納容器圧力（D/W 圧力、S/C 圧力）は、RCIC の運転により排気蒸気が S/C に流入することで上昇することとなるが、3月12日0時頃～14日12時頃において、推測される挙動よりも緩慢な上昇を見せている。この挙動を再現するため、トラス室が津波到達以降徐々に浸水することで、格納容器内の熱が S/C 境界から伝熱し格納容器外へ移行したものと仮定して解析を実施した。詳細を添付資料 2-2 に示す。

③ 注水量の設定

2号機については、全交流電源喪失後も RCIC による注水を行っていたが、①に記載のとおり、解析では測定された原子炉圧力を模擬するよう注水量を約 $30\text{m}^3/\text{h}$ に設定した。また、表 3-2 に記載のとおり 3月14日19時54分から海水注水を開始しているが、以降の消防車による注水量については、次の仮定をおいて解析を実施した。

水位計の水張り作業をした結果、最終的に水位計は正確な水位を示していないと考えられることから、原子炉水位は炉心部内が冠水するほどにはできていないものとして、解析で求まる水位が燃料域以下程度を維持するよう、消防ポンプの吐出側で計測された注水流量（平成 23 年 6 月 13 日に公表した『「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータについて」における操作実績の訂正について』）よりも、日毎の平均流量及び注水総量を超えないように設定した。

原子炉水位の実測値は、3月14日18時00分頃の SRV 強制開放前に TAF を下回っており、SRV 開後は減圧沸騰により大きく水位が低下し、減圧後は BAF を下回る水位となっている。そのため、燃料温度は SRV 開後に急激に上昇する。3月15日0時前に計測された格納容器圧力の上昇は水素によるものと考えられるが、その水素は消防車の注水による水-ジルコニウム反応で発生

したものと考えられる。従って、消防車による注水量の設定は発生する水素量についても考慮した。

また、原子炉圧力の実測値が 1MPa(gage)を越えた値を計測している期間 (3/14 20:54~3/14 21:18、3/14 22:50~3/14 23:40、3/15 0:16~3/15 1:11) においては、原子炉圧力が高く十分に注水されなかったものと仮定して、当該期間の注水流量を 0m³/h とした。但し、あくまで解析上の仮定であり、実際にこの期間において十分に注水が行われなかったかは不明である (添付資料 2-3 参照)。

④ 格納容器からの気相漏えいの仮定について

解析においては、実際に計測された格納容器圧力の値にある程度あわせるため、地震発生から約 89 時間後 (3 月 15 日 7 時 20 分) に、格納容器 (D/W) の気相部からの漏えい (漏えい面積 : 0.013m²) を仮定した。但し、あくまで解析上の仮定であり、実際に格納容器から漏えいがあったのか、計器側の問題による計測値と解析値の不整合なのか、原因は現時点では不明である。

⑤ 崩壊熱の設定について

今回の解析では、燃料装荷履歴を反映した ORIGEN2 崩壊熱相当になるようパラメータを調整したものを採用した

別冊 1.2.3 MAAP 解析の解析結果

表 3-3 に解析結果を示す。

表 3-3 2 号機 解析結果のまとめ

項目	解析結果
炉心露出開始時間 (シュラウド内水位が TAF に到達した時間)	地震発生後約 74 時間 (3 月 14 日 17 時 00 分頃)
炉心損傷開始時間 (炉心最高温度が 1200°C に到達した時間)	地震発生後約 77 時間 (3 月 14 日 19 時 20 分頃)
原子炉圧力容器破損時間	— (本解析では原子炉圧力容器破損に至らず)

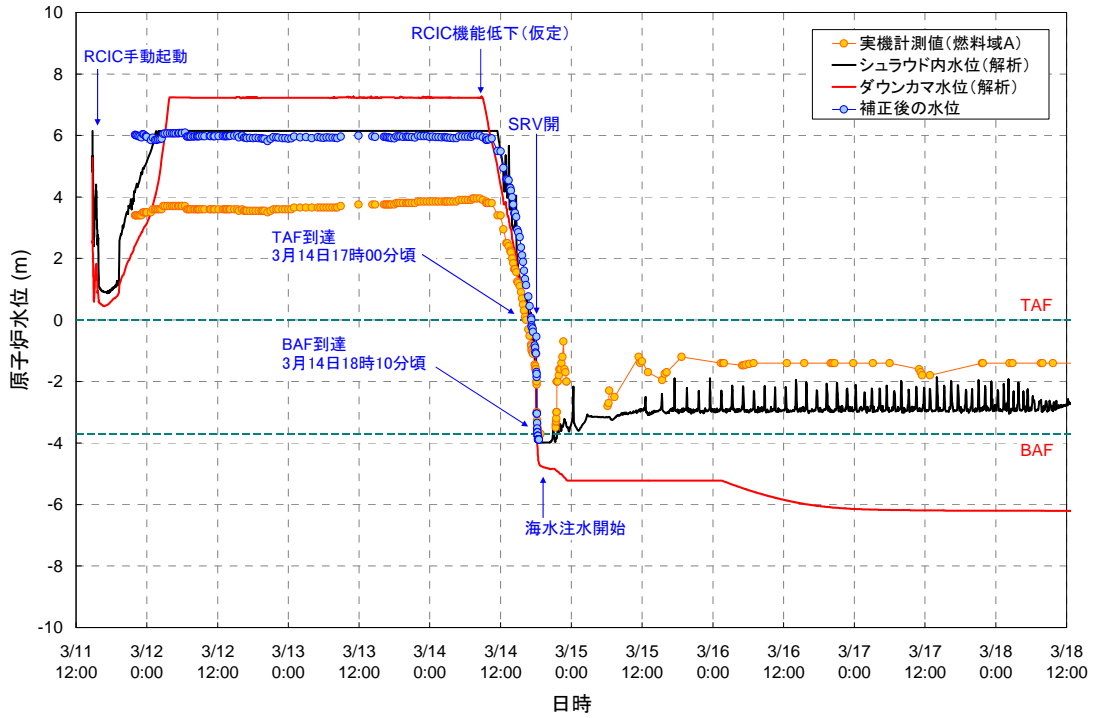


図 3-1 2号機 原子炉水位変化

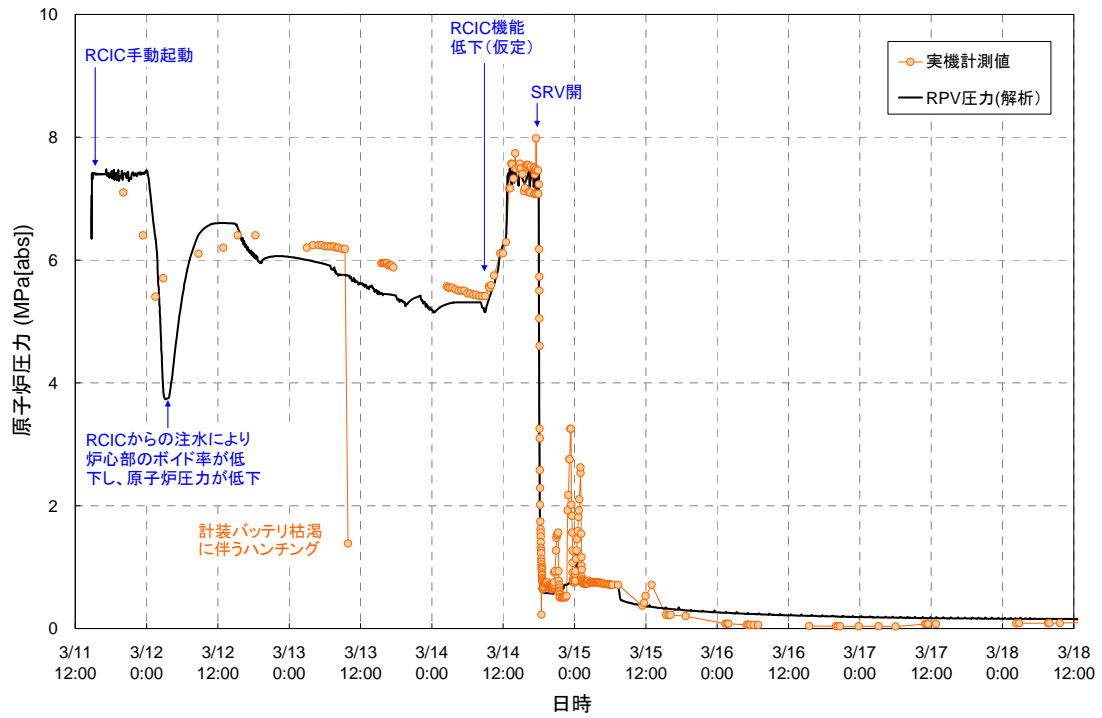


図 3-2 2号機 原子炉压力容器圧力変化

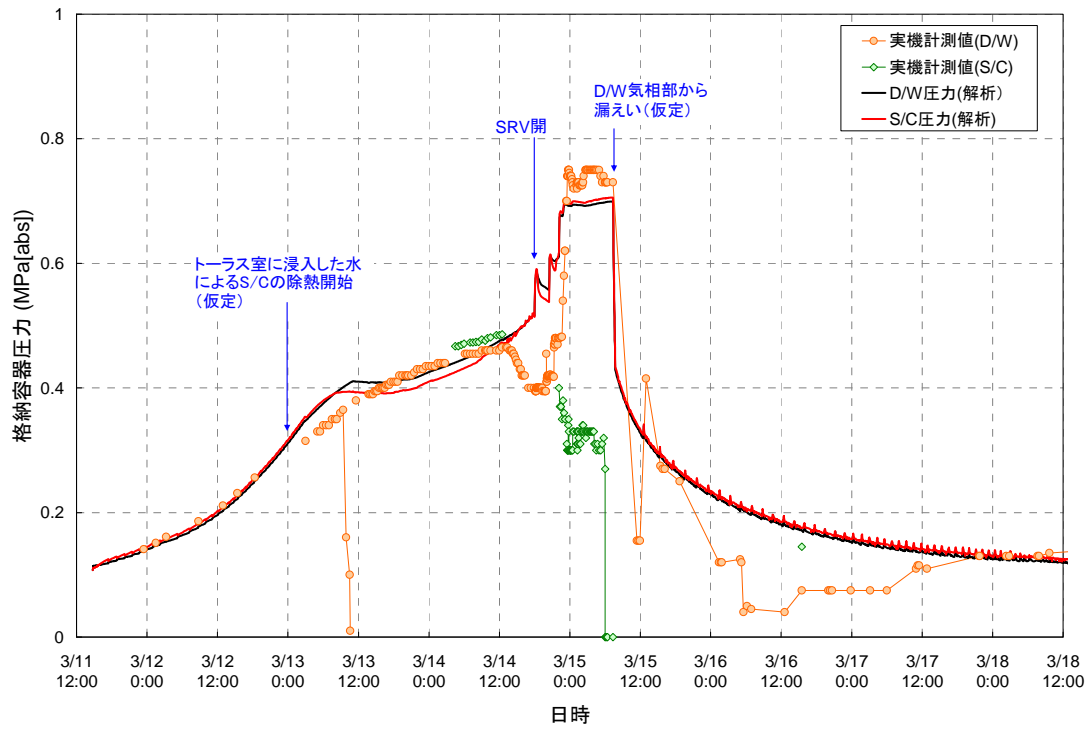


図 3-3 2号機 格納容器圧力変化

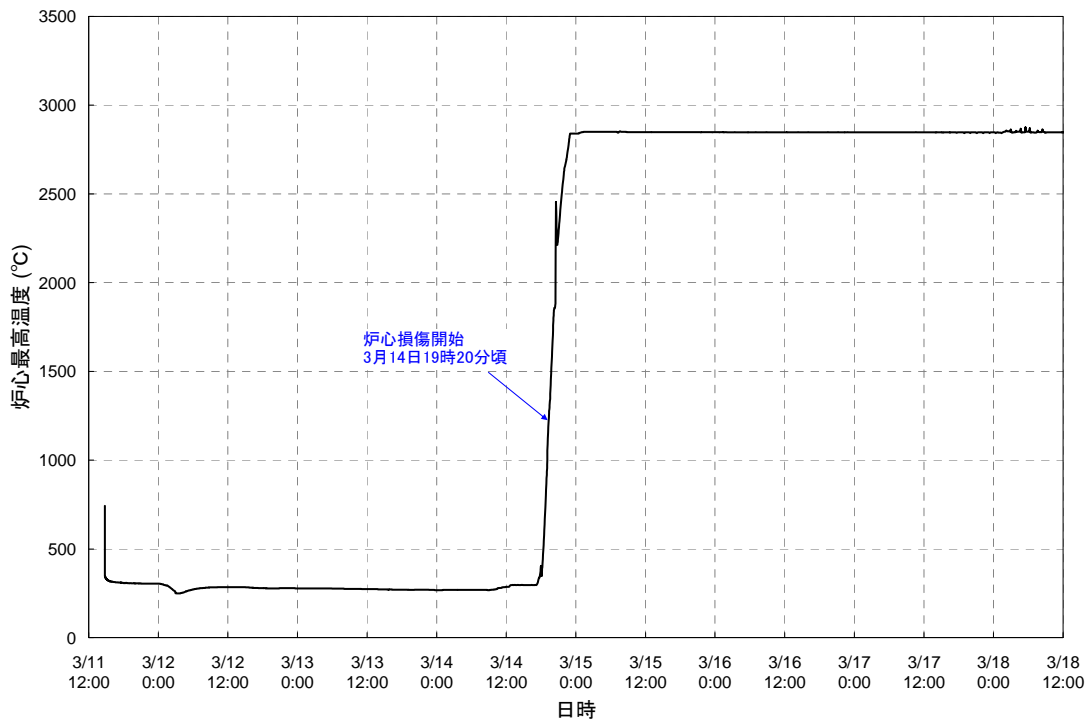


図 3-4 2号機 炉心温度変化

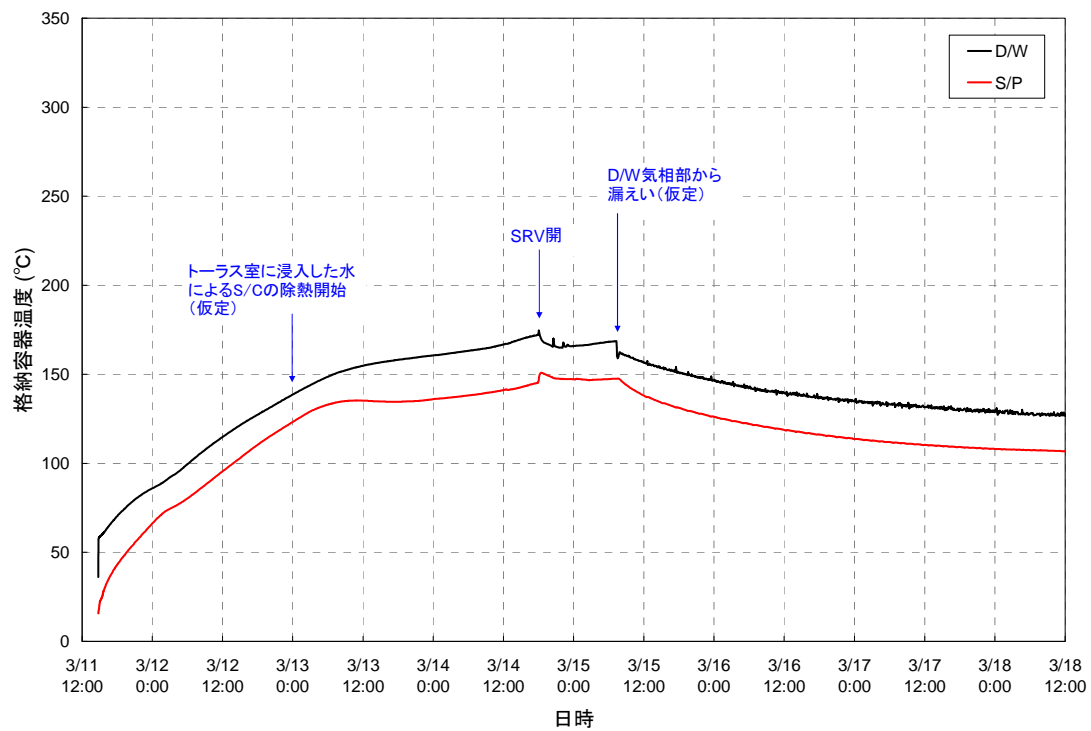


図 3-5 2号機 格納容器温度変化

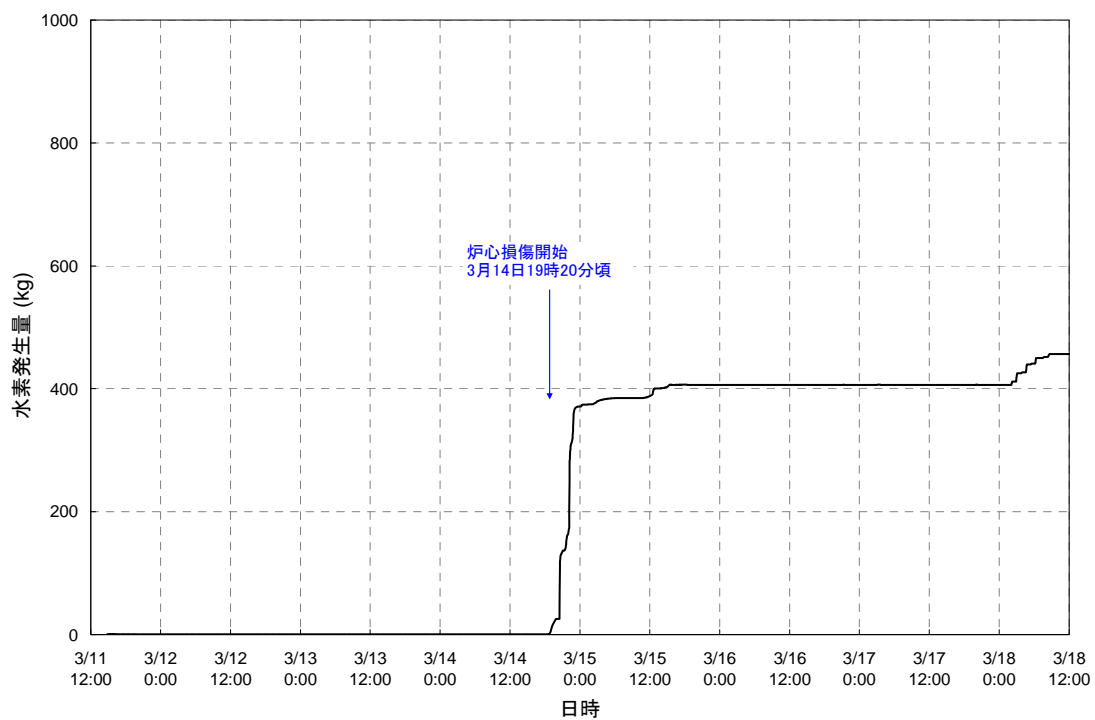


図 3-6 2号機 水素発生量変化

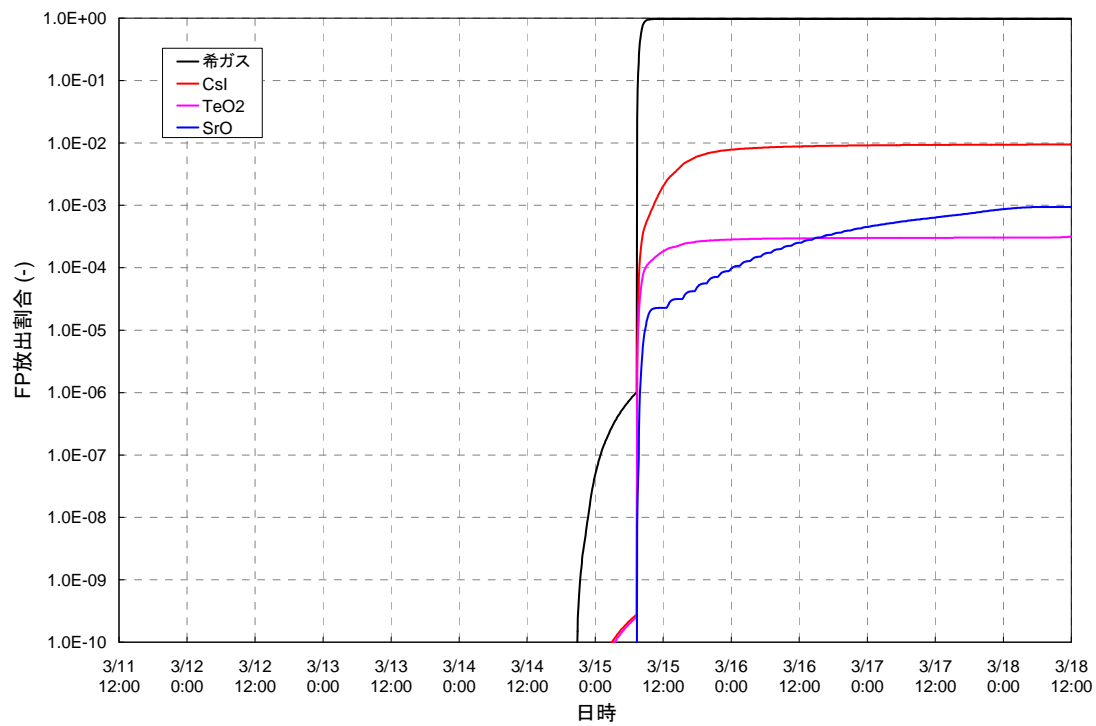


図 3-7 2号機 FP の放出割合 (1/3)

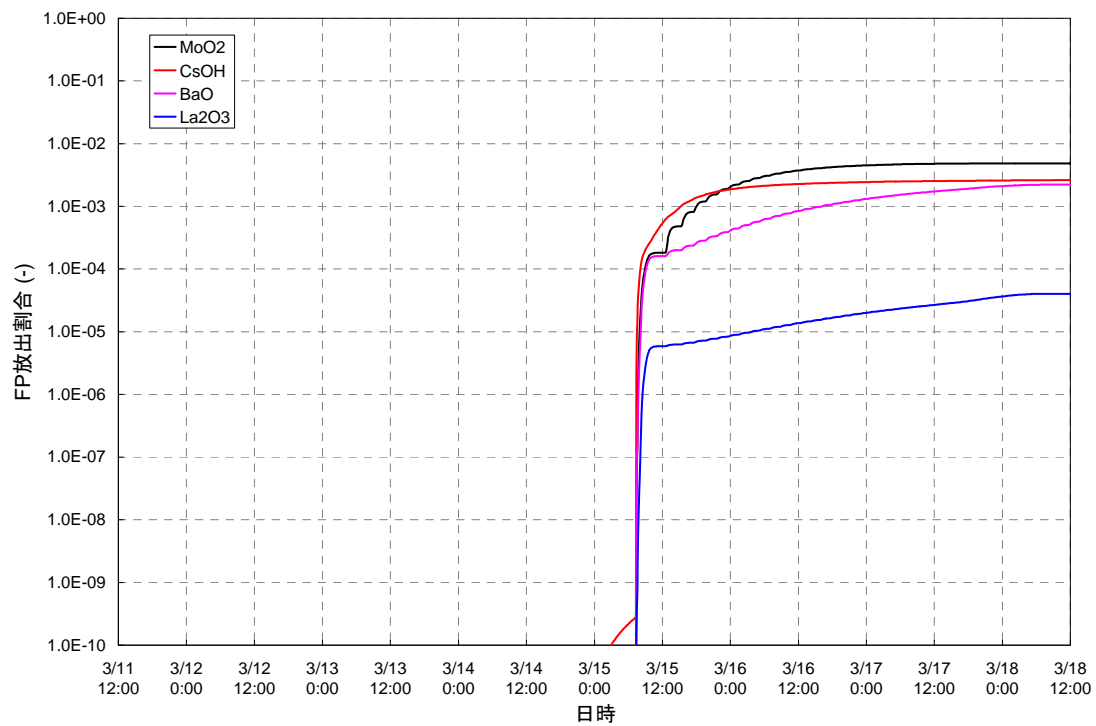


図 3-8 2号機 FP の放出割合 (2/3)

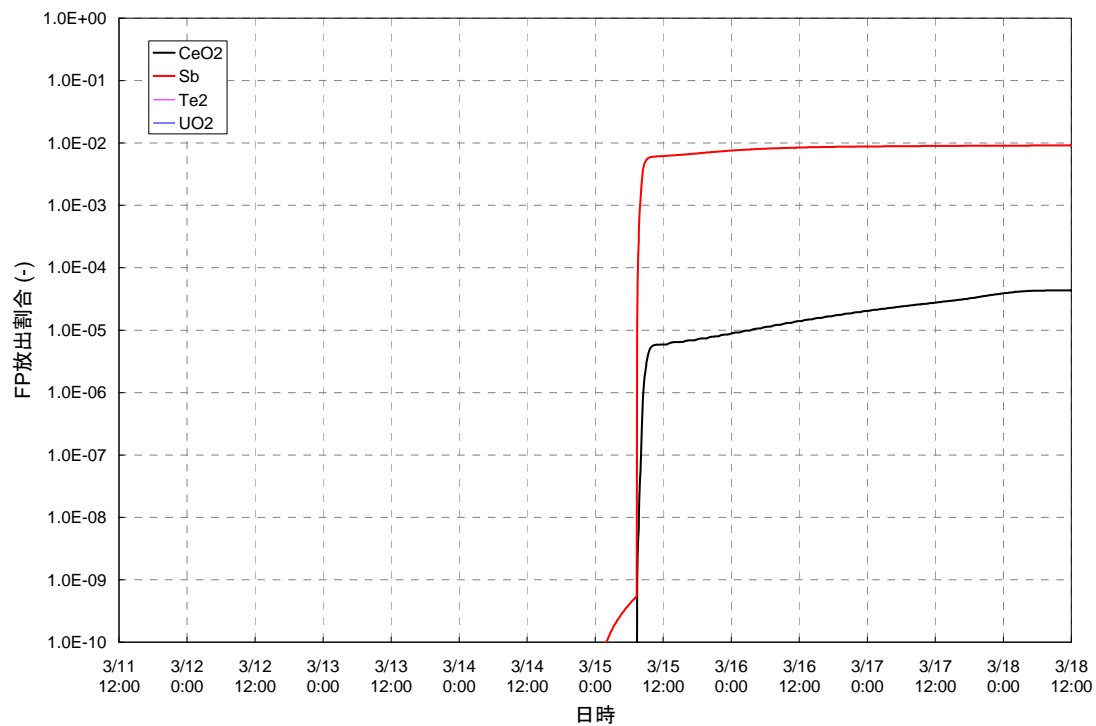


図 3-9 2号機 FP の放出割合 (3/3)

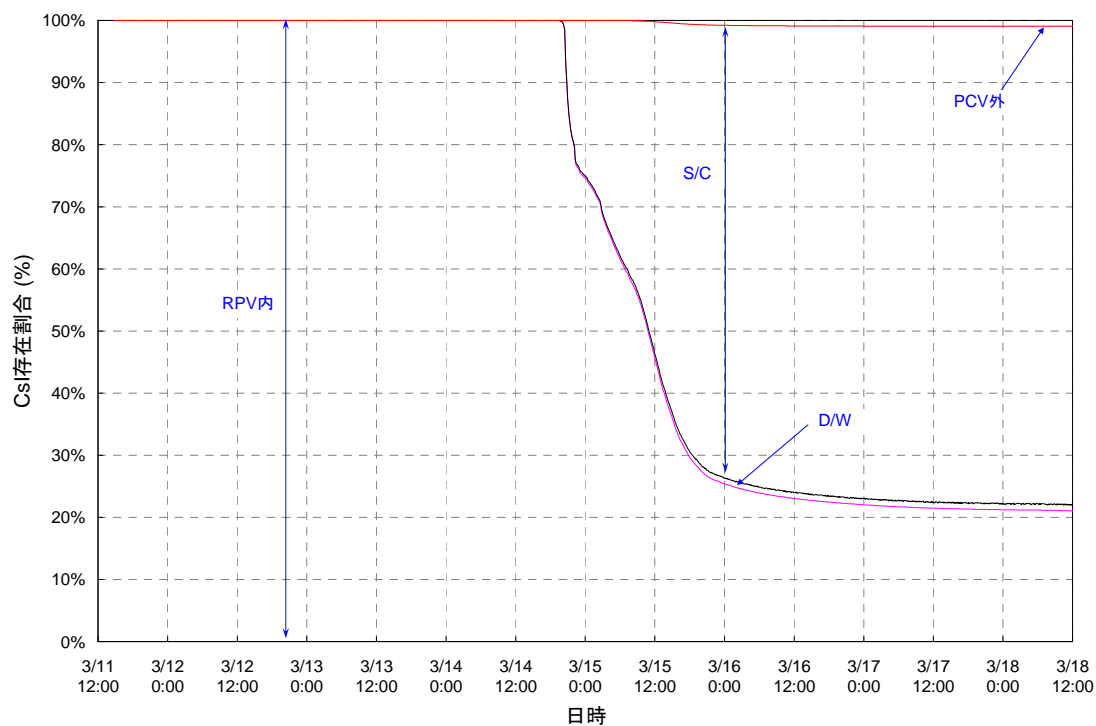


図 3-10 2号機 FP の存在割合 (1/2)

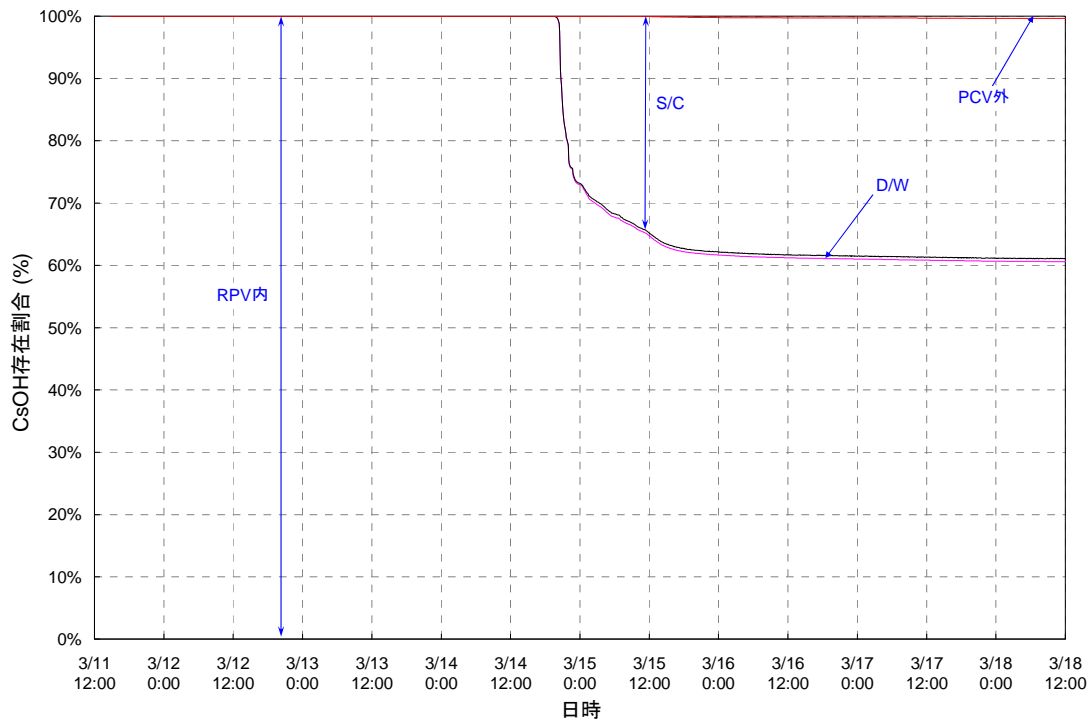
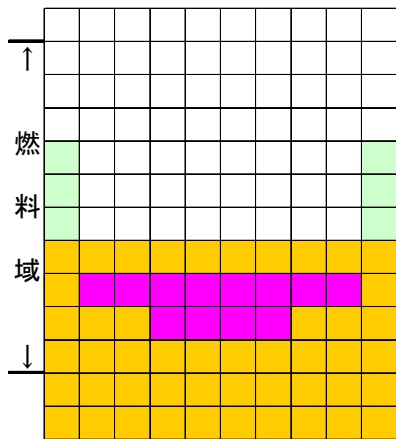
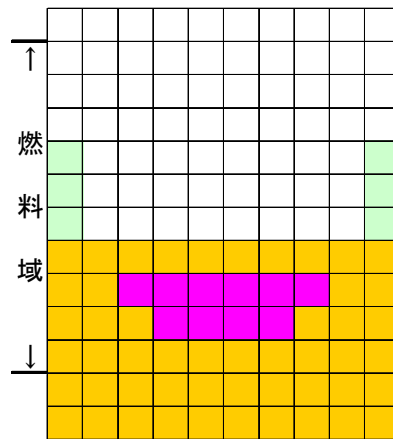


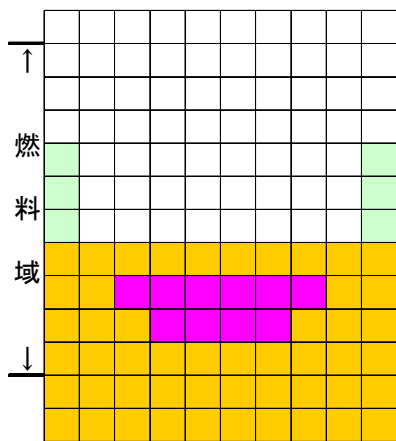
図 3-11 2号機 FP の存在割合 (2/2)



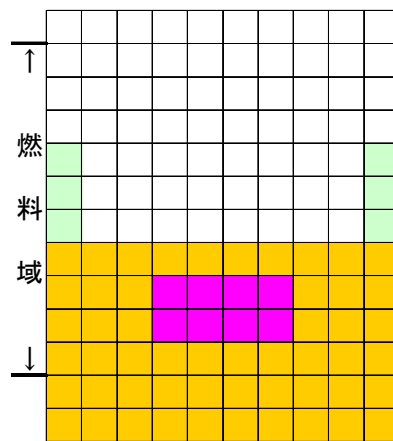
スクラム後 約 96 時間



スクラム後 約 120 時間



スクラム後 約 144 時間



スクラム後 約 168 時間

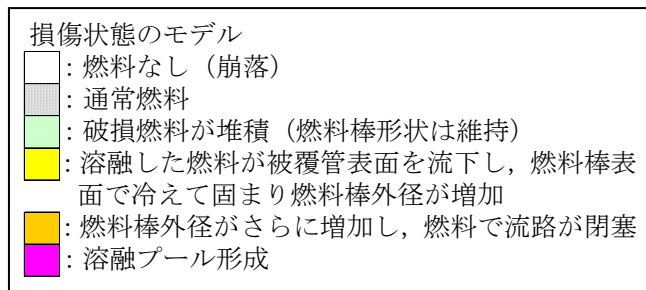


図 3-12 2号機 炉心の状態図

別冊 1. 3 3号機のこれまでの解析結果

別冊 1.3.1 プラント条件及び事象イベント

主要な解析条件について、表 4-1 にプラント条件を、表 4-2 に事象イベントを示す。事象イベントは、平成 23 年 5 月 16 日に原子力安全・保安院へ報告した「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータ集」に加え、平成 23 年 12 月 22 日に公表した「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」等、平成 23 年 5 月以降に公表した時系列に従い設定したものである。

表 4-1 3号機 プラント条件

項目	条件
初期原子炉出力	2381 MWt (定格出力)
初期原子炉圧力	7.03 MPa[abs] (通常運転圧力)
初期原子炉水位	約 5274 mm (通常水位：TAF 基準)
RPV ノード分割	添付資料 1 図 6
有効炉心ノード分割数	半径方向：5 ノード 軸方向：10 ノード
被覆管破損温度	727°C (1000K)
燃料溶融	添付資料 1 表 2
格納容器モデル	添付資料 1 図 7
格納容器空間容積	D/W 空間：4240 m ³ S/C 空間：3160 m ³
サブレーション・プール水量	2980 m ³
崩壊熱	ANSI/ANS5.1-1979 モデル (燃料装荷履歴を反映した ORIGEN2 崩壊熱相当になるようパラメータを調整)

表 4-2 3号機 事象イベント

凡例 ○：記録あり △：記録に基づき推定 □：解析上の仮定として整理

時系列			分類	備考	○の場合：記録の参照箇所等 △、□の場合：推定、仮定した根拠等
No	日時	事象イベント			
1	3/11 14:46	地震発生	○	—	
2	14:47	原子炉スクラム	○	H23.5.16 報告 4.運転日誌類 当直長引継日誌	
3	15:05	RCIC 手動起動	○	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」	
4	15:25	RCIC トリップ (L-8)	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め	
5	15:38	全交流電源喪失	○	H23.5.16 報告 4.運転日誌類 当直長引継日誌	
6	16:03	RCIC 手動起動	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め	
7	3/12 11:36	RCIC トリップ	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め	
8	12:06	DDFP による代替 S/C スプレー開始	○	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」	
9	12:35	HPCI 起動 (L-2)	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め	
10	3/13 2:42	HPCI 停止	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め	
11	3:05	DDFP による代替 S/C スプレー停止 原子炉代替注水ラインへ切替 の完了を中央制御室に伝達	△	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」 HPCI 停止前から当該的操作を実施していたが、完了時刻が明確ではないため、完了を中央制御室に伝達した時刻を S/C スプレーの停止時刻に設定。また、解析上は、この時期の原子炉圧力が高いため、当該時刻からの注水は原子炉へ届いていなかったものと仮定。	
12	5:08	DDFP による代替 S/C スプレー開始 (原子炉代替注水ラインからの切替)	○	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」	
13	7:39	DDFP による代替 D/W スプレー開始	○	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」	

			(代替 S/C スプレイからの切替)		
14		7:43	DDFP による代替 S/C スプレイ停止	○	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」
15		8:40 ～ 9:10	DDFP による代替 D/W スプレイ停止 原子炉代替注水ラインへ切替	△	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」 解析上は、PCV 圧力が大きく上昇する 8:55 に D/W スプレイが停止したものと設定
16		9:08 頃	SRV による原子炉圧力の減圧	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め
17		9:20	格納容器ベントについて、格納容器圧力の低下を確認	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏めでは、8:41 圧力抑制室側 AO 弁操作によってベントライン構成が終了しているが、格納容器の圧力低下が確認された 9:20 をベントの開始と設定。
18		9:25	淡水注入開始	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め ※1 項目 15 の時刻で DDFP による原子炉代替注水ラインが完了しているので、項目 16 の原子炉減圧により注水が開始されている可能性もあるが、注水量が不明のため、注水開始のタイミングは 9:25 とする。
19		11:17	格納容器ベントについて、駆動用空気圧抜けによるベントライン AO 弁閉確認	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め
20		12:20	防火水槽枯渇により淡水注入停止 淡水注入より海水注入ラインに切替開始	○	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」 海水注水への切替の間も DDFP は運転を継続しているため、13:12 の海水注水開始まで、注水の停止はなかったものと仮定。
21		12:30	格納容器ベントについて、開操作	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め
22		13:12	海水注入ラインが完了、注水開始	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め ※1

23		14:10	格納容器ベントについて、ベント弁閉を仮定	△	D/W 圧力の上昇から、3/13 12:30 開始のベントの終了をこの時刻に仮定。
24		21:10	格納容器ベント, AO 弁開判断	△	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」解析上は PCV 圧力の低下が始まる 20:30 に設定した。
25	3/14	0:50	格納容器ベントについて、閉を仮定	△	DW 圧力の上昇から、項目 24 のベントの終了をこの時刻に仮定。
26		1:10	水源ピットへの水補給のため注水停止	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め
27		3:20	水源ピットへの水補給完了、注水開始	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め ※1
28		5:20	格納容器ベントについて、圧力抑制室側 AO 弁小弁を開操作開始	○	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」
29		6:10	格納容器ベントについて、圧力抑制室側 AO 弁小弁の開操作完了	○	H23.12.22 プレス「福島第一原子力発電所事故の初動対応について」3/14 5:20 に開操作開始、3/14 6:10 に開操作完了であるが、解析上は 3/14 5:20 のタイミングでベントを実施。
30		11:01	原子炉建屋爆発	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め
31		11:01	海水注水停止（爆発の影響）	○	H23.8.10 プレス「福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所における対応状況について」
32		12:00	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁閉を仮定	△	D/W 圧力の上昇から、項目 28 のベントの終了をこの時刻に仮定。
33		16:00	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁開操作を仮定	△	D/W 圧力の下降から、当該時刻のベントを仮定
34		16:30	海水注水再開	○	H23.8.10 プレス「福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所における対応状況について」
35		21:04	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁閉操作を仮定	△	D/W 圧力の上昇から、項目 33 のベントの終了をこの時刻に仮定

36	3/15	16:05	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁開操作	○	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏め
37	3/16	1:55	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁開操作	△	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏めでは当該の時刻にベントが実施されたことが記載されているが、D/W 圧力の変動がないことから、ベントは実施されなかったものと仮定
38	3/17	21:00	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁閉確認	△	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏めでは、3/15 16:05 ベント弁開操作に対する閉確認がなされているものの、D/W 圧力の推移から閉していないものと仮定
39		21:30	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁開操作	△	H23.5.16 報告 7.各種操作実績取り纏めでは、開操作の記載があるものの、D/W 圧力の推移から閉していないものと仮定
40	3/18	5:30	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁閉確認	—	H23.5.16 報告に当該ベントの記載があるものの、本解析では解析対象の期間外
41		5:30頃	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁開操作	—	H23.5.16 報告に当該ベントの記載があるものの、本解析では解析対象の期間外
42	3/19	11:30	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁閉確認	—	H23.5.16 報告に当該ベントの記載があるものの、本解析では解析対象の期間外
43	3/20	11:25頃	格納容器ベントについて、圧力抑制室側弁開操作	—	H23.5.16 報告に当該ベントの記載があるものの、本解析では解析対象の期間外

※1 注水流量変更の時期や注水流量については、H23.6.13 プレス『「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータについて」における操作実績の訂正について』に記載の日付毎の炉内への注水量に基づき、日毎の平均流量及び注水総量を超えないように設定。

別冊 1.3.2 計測されたプラントデータからの条件設定

① 注水量の設定

3号機については、表 4-2 に記載のとおり全交流電源喪失後も RCIC と HPCI による注水を行っていたが、HPCI の起動に伴い、原子炉圧力は約 1MPa(abs)に低下した。その後原子炉圧力は低い値で推移しているが、この挙動は HPCI を流量調整しながら連続運転していたことで、継続的に原子炉圧力容器から駆動蒸気を取り出していたことに起因すると考えられる。解析では計測された原子炉圧力・水位をある程度模擬するように注水量を設定した。(添付資料 3-1 参照)

また、3月13日9時25分から淡水注水を開始しているが、以降の注水量については、次の仮定をおいて解析を実施した。

1号機の水位計校正により判明したように、最終的に水位計は正確な水位を示しておらず、原子炉水位は炉心部内が冠水するほどには維持できていないものとして、解析で求まる水位が燃料域以下程度を維持するよう、消防ポンプの吐出側で計測された注水流量(平成23年6月13日に公表した『「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータについて」における操作実績の訂正について』)よりも、日毎の平均流量及び注水総量を超えないように設定した(添付資料 3-2 参照)。

② 崩壊熱の設定について

今回の解析では、燃料装荷履歴を反映した ORIGEN2 崩壊熱相当になるようパラメータを調整したものを採用した

別冊 1.3.3 MAAP 解析の解析結果

表 4-3 に解析結果を示す。

表 4-3 3号機 解析結果のまとめ

項目	結果
炉心露出開始時間 (シュラウド内水位が TAF に到達した時間)	地震発生後約 42 時間 (3月13日9時10分頃)
炉心損傷開始時間 (炉心最高温度が 1200℃に到達した時間)	地震発生後約 44 時間 (3月13日10時40分頃)
原子炉圧力容器破損時間	— (本解析では原子炉圧力容器破損に至らず)

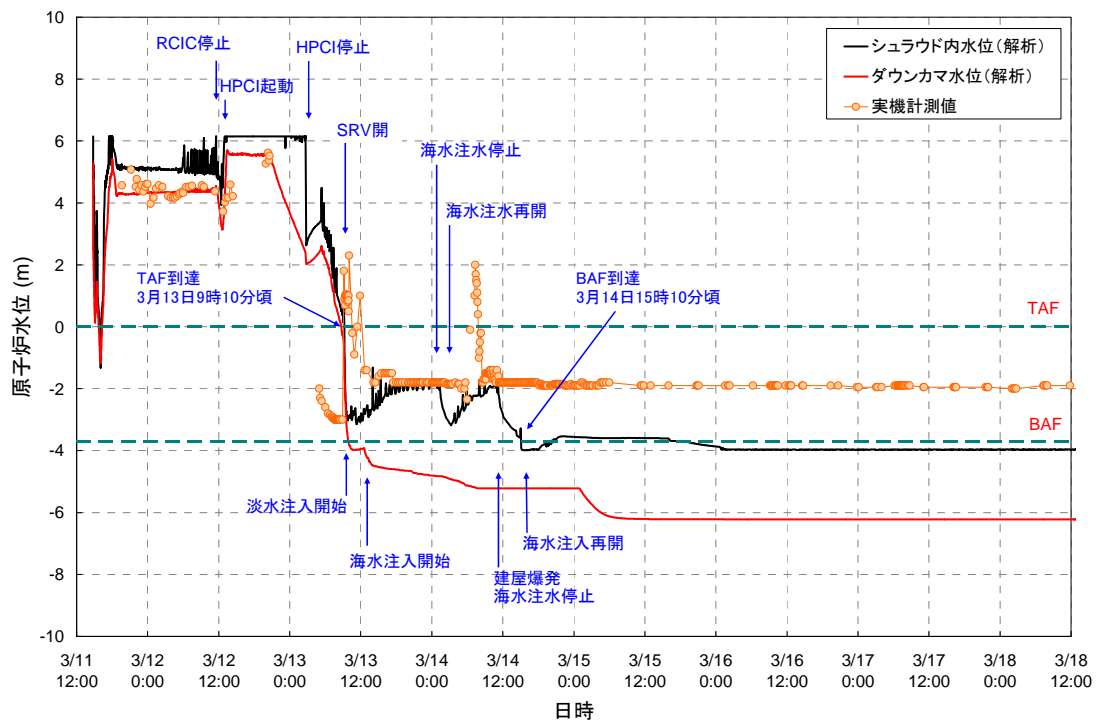


図 4-1 3号機 原子炉水位変化

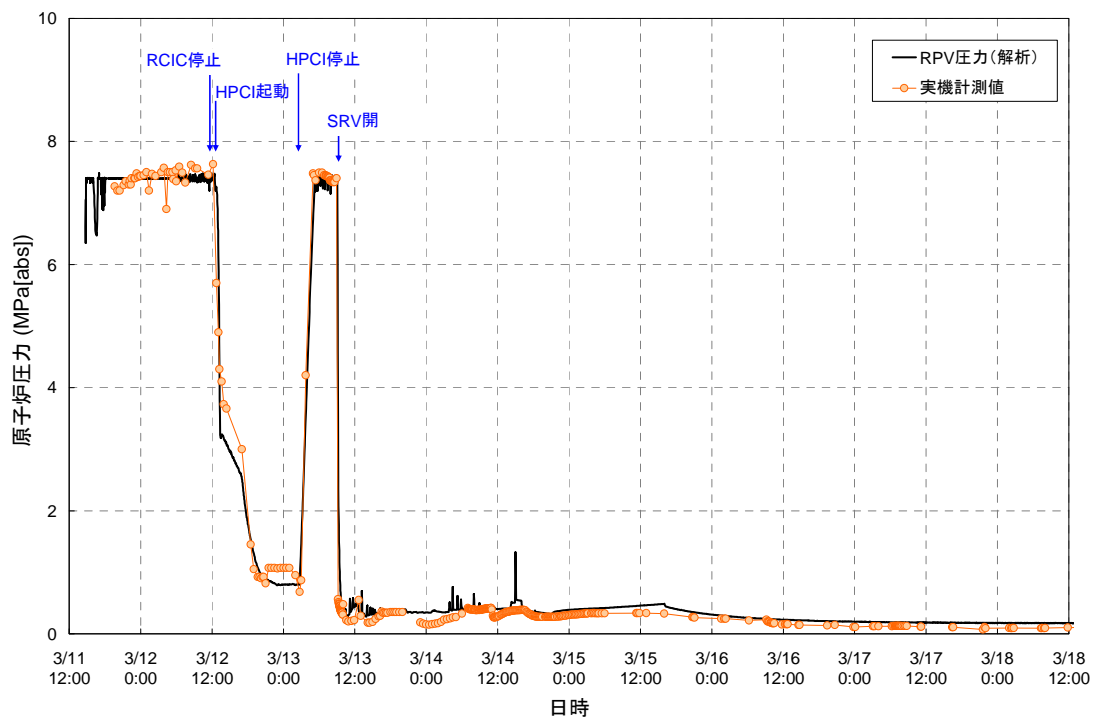


図 4-2 3号機 原子炉压力容器圧力変化

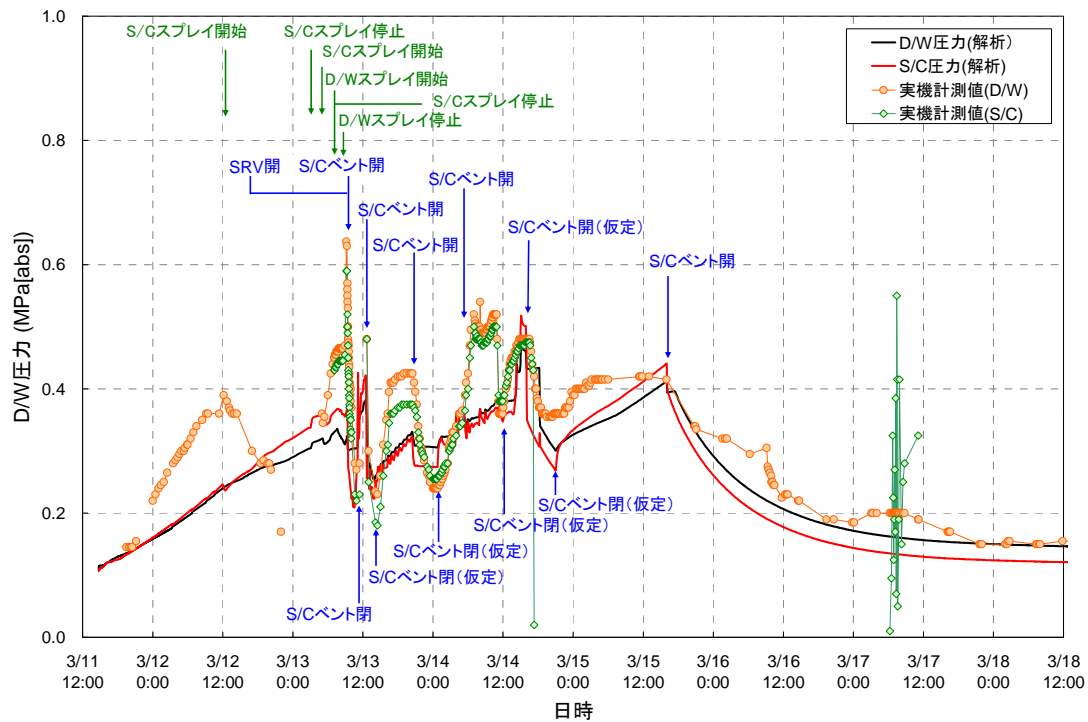


図 4-3 3号機 格納容器圧力変化

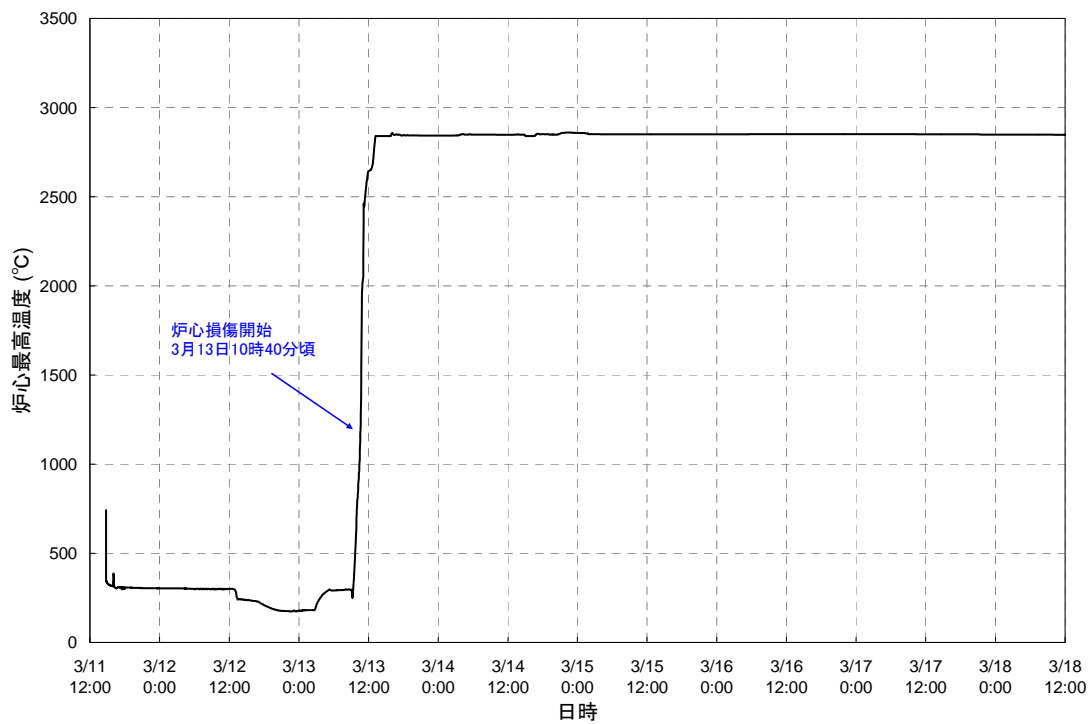


図 4-4 3号機 炉心温度変化

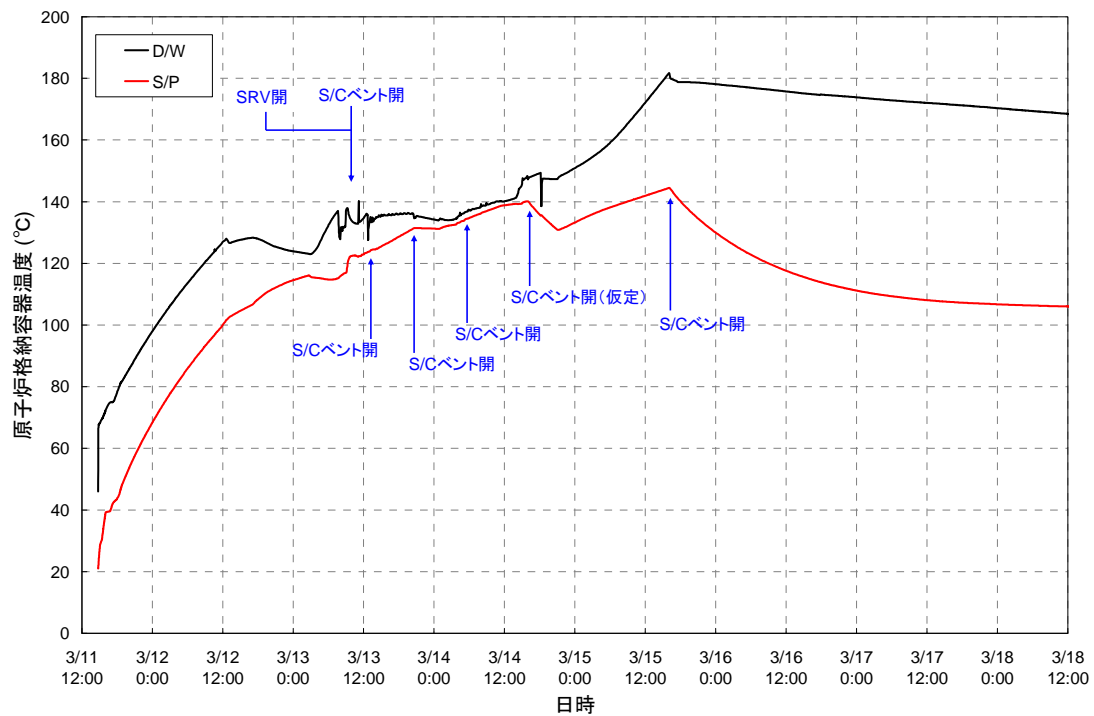


図 4-5 3号機 格納容器温度変化

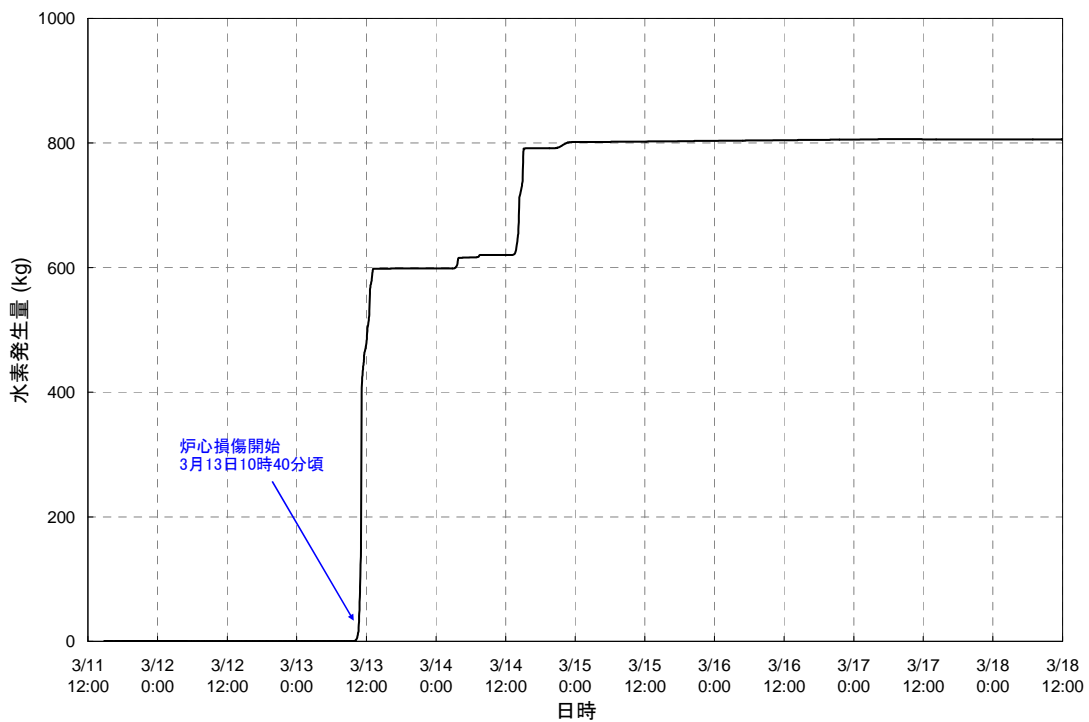


図 4-6 3号機 水素発生量変化

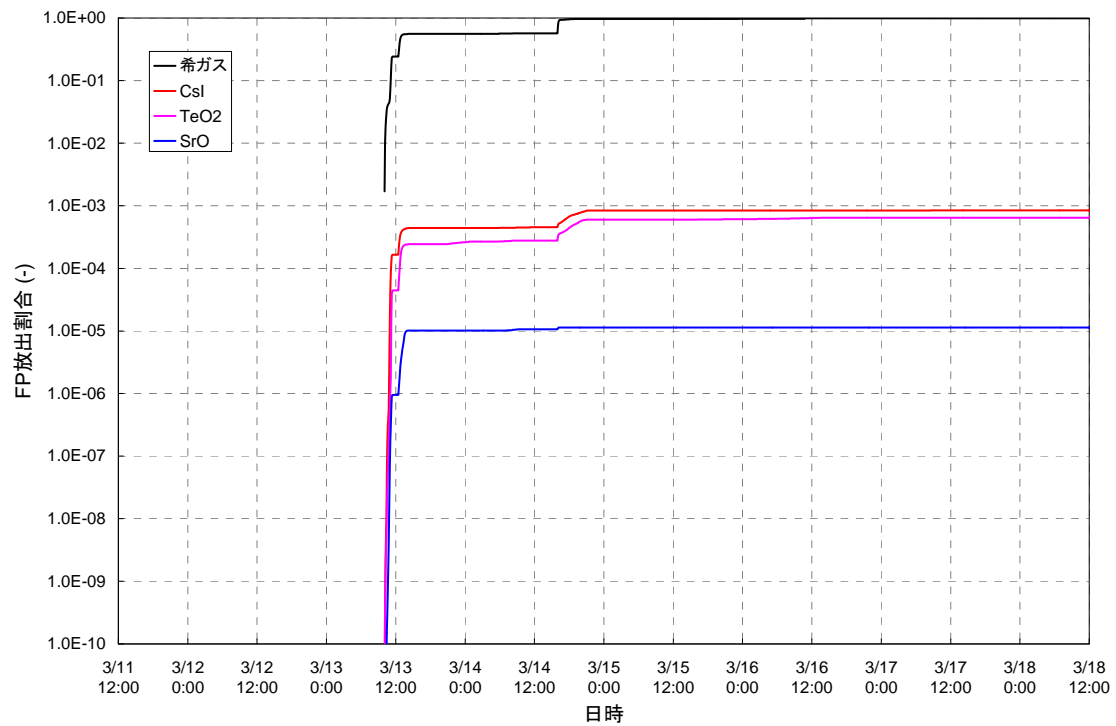


図 4-7 3号機 FPの放出割合 (1/3)

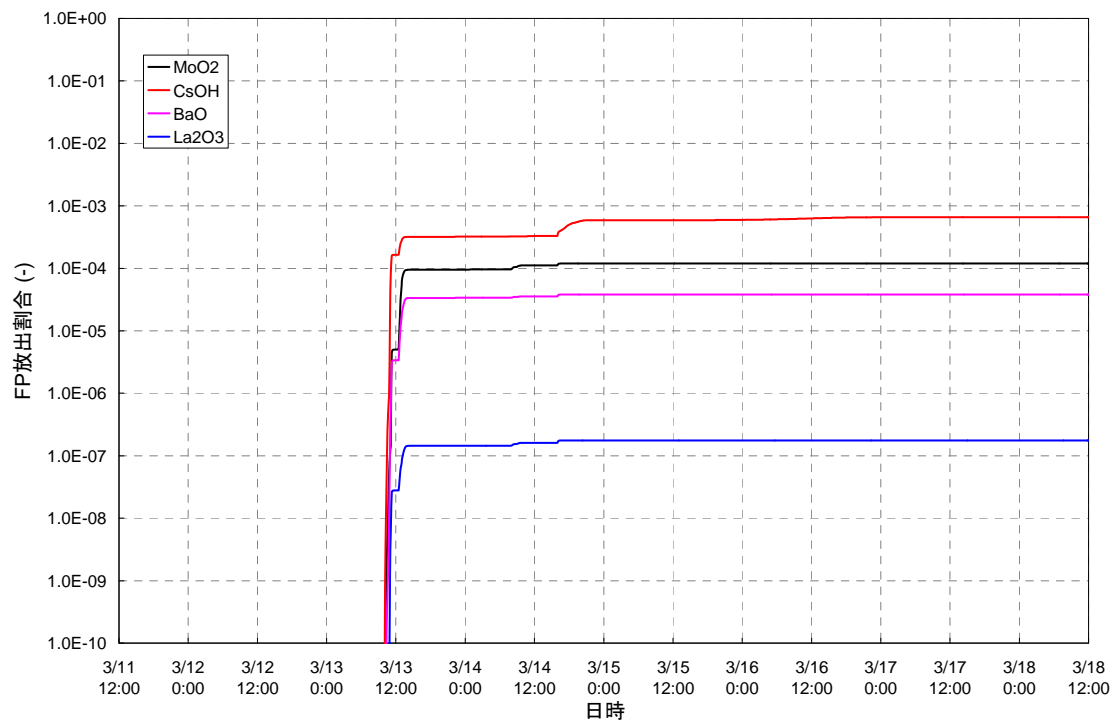


図 4-8 3号機 FPの放出割合 (2/3)

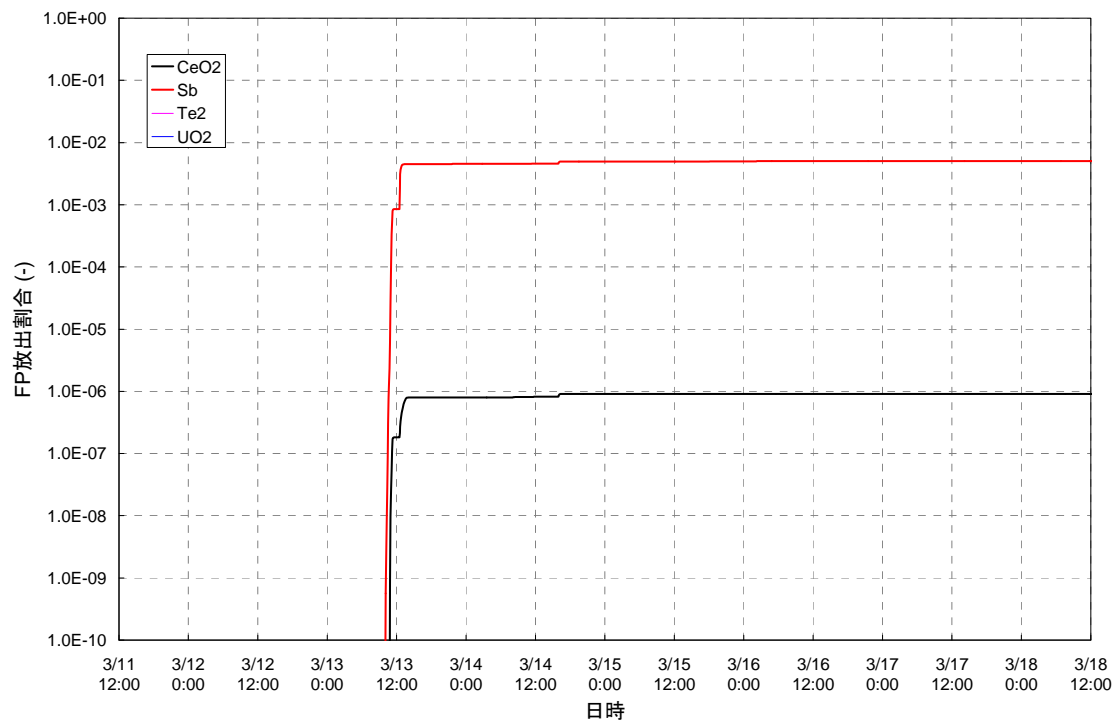


図 4-9 3号機 FP の放出割合 (3/3)

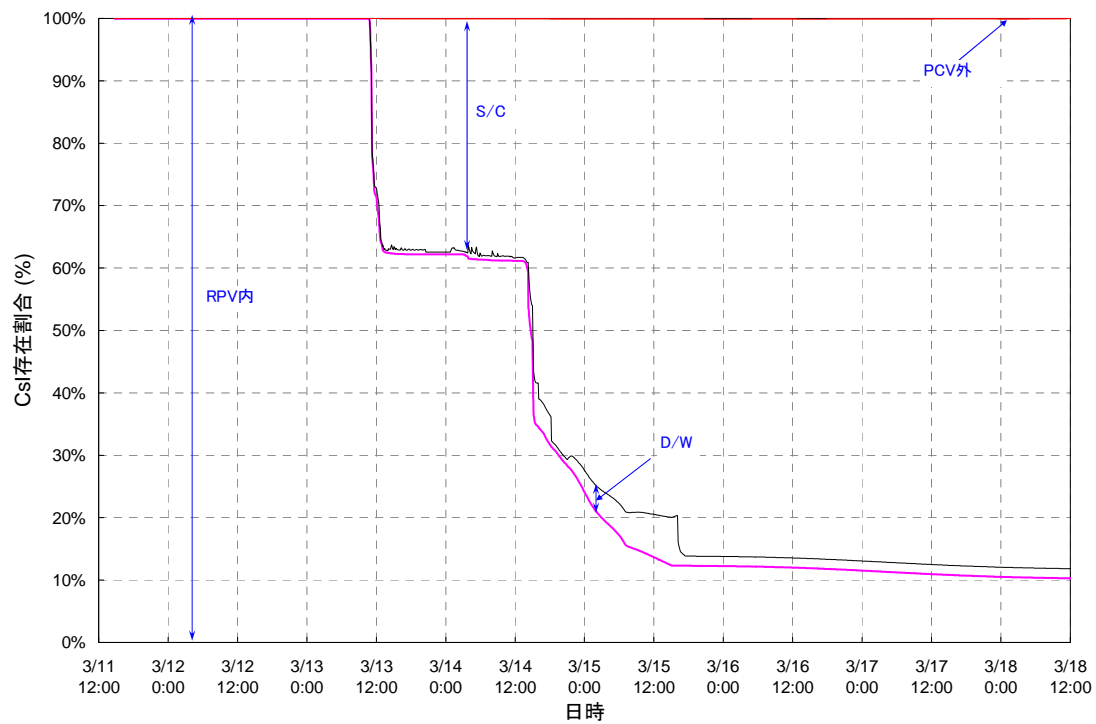


図 4-10 3号機 FP の存在割合 (1/2)

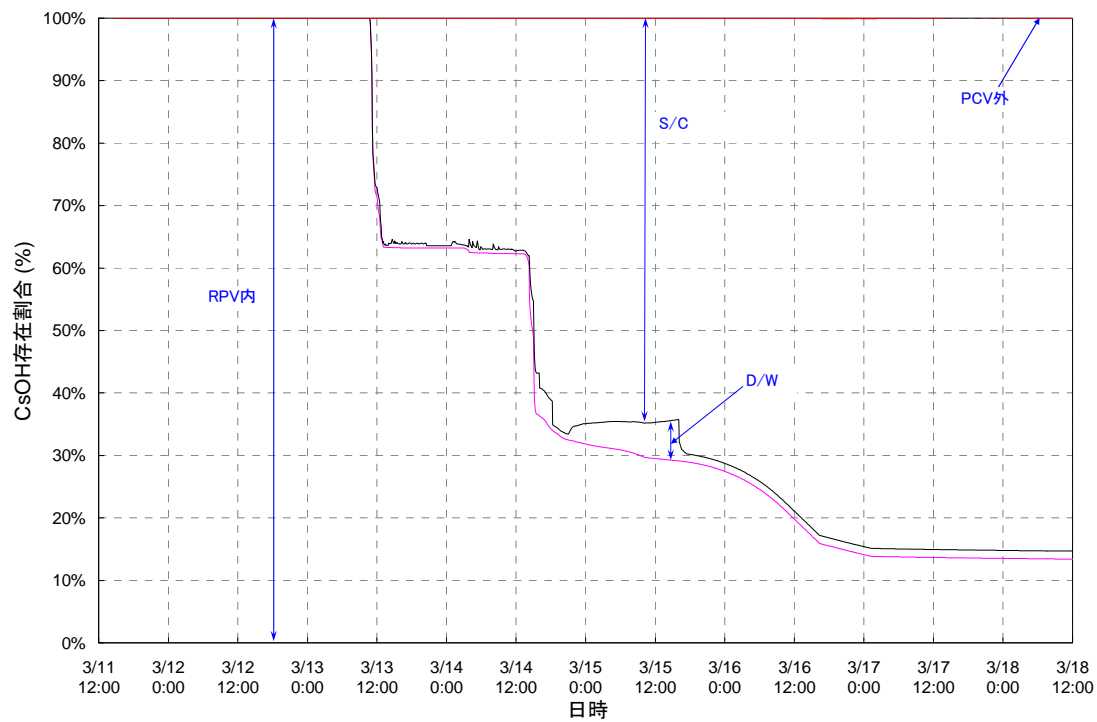
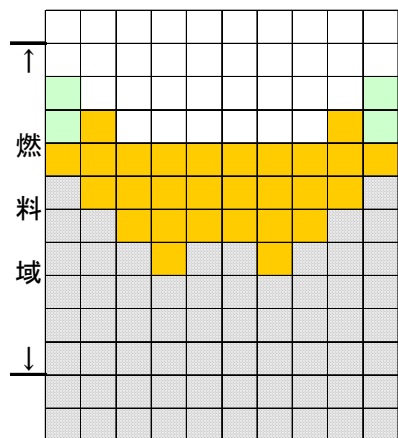
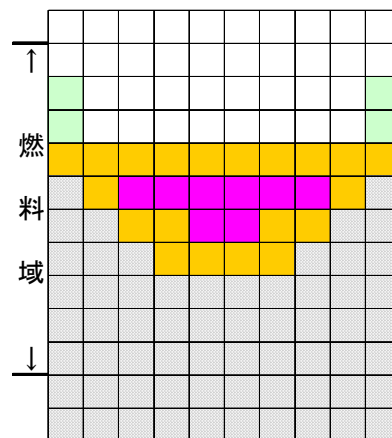


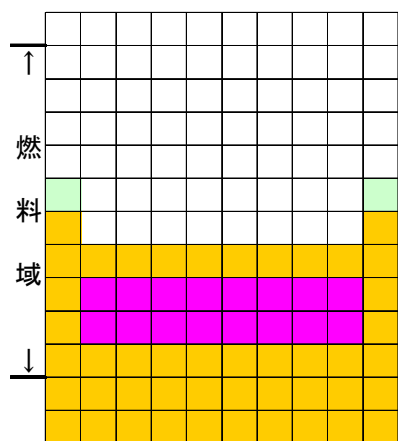
図 4-11 3号機 FP の存在割合 (2/2)



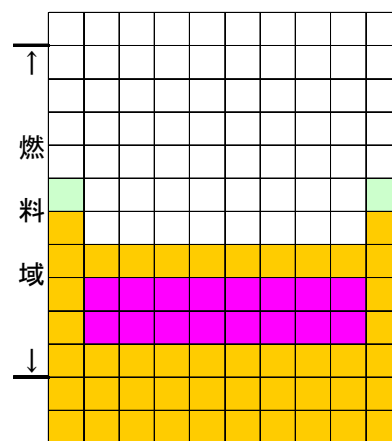
スクラム後 約 48 時間



スクラム後 約 72 時間



スクラム後 約 96 時間



スクラム後 約 168 時間

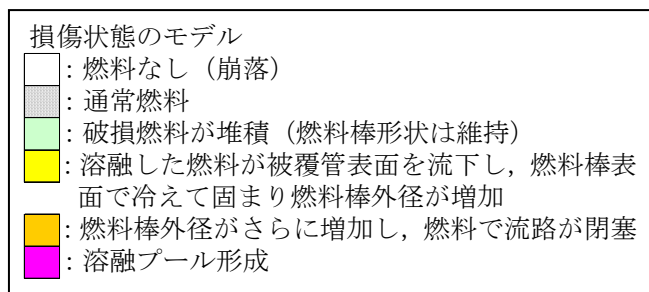


図 4-12 3号機 炉心の状態