

# MAAP解析とコアコンクリート反応の 検討について

平成23年11月30日  
東京電力株式会社



東京電力

---

# 目次

---

1. 解析コード(MAAP)による炉心の状態の推定
2. 格納容器損傷状況の推定
3. 1～3号機の炉心の状態の推定

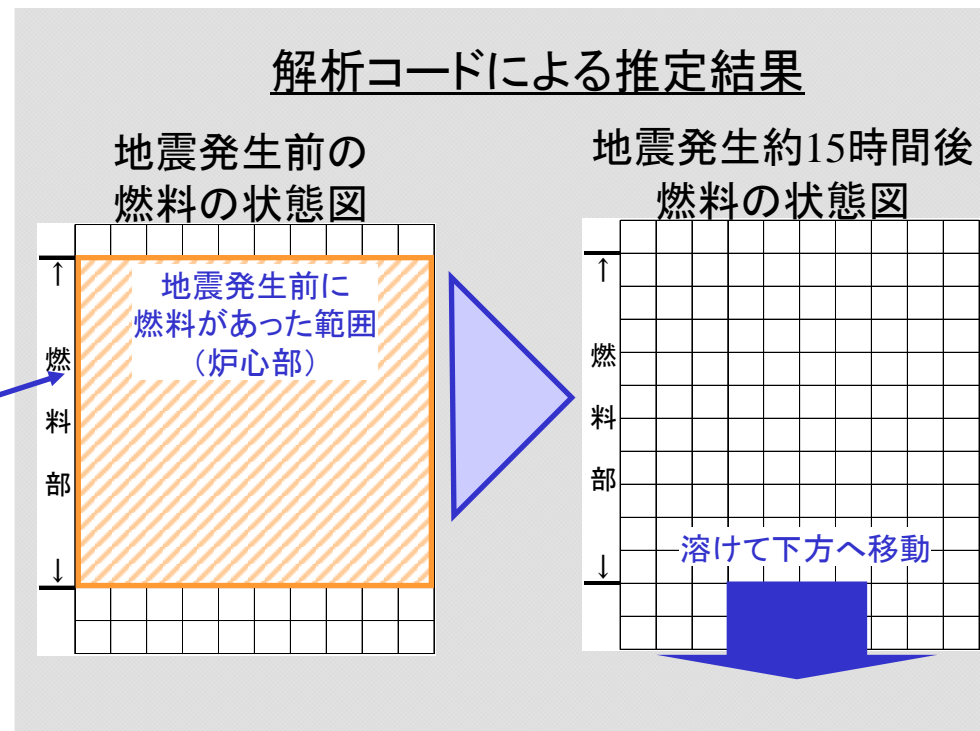
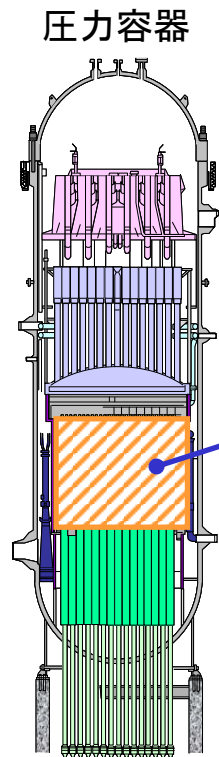
- 
1. 解析コード(MAAP)による炉心の状態の推定
  2. 格納容器損傷状況の推定
  3. 1～3号機の炉心の状態の推定

# 1. 解析コード(MAAP)による炉心の状態の推定(1号機)

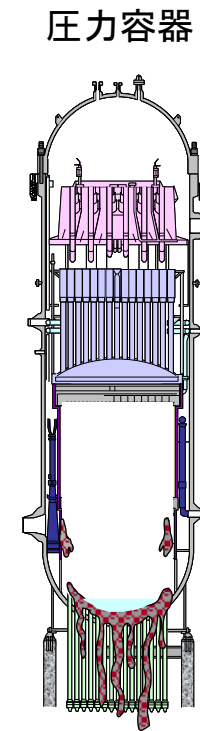
1号機

- 3月11日19時頃に燃料損傷が始まり、地震発生から約15時間後には燃料は地震発生前に燃料があった位置から完全に溶けて下方に全て移動と評価した。
- 溶けて下方に移動した燃料による圧力容器の破損も発生している可能性が高いと評価した。

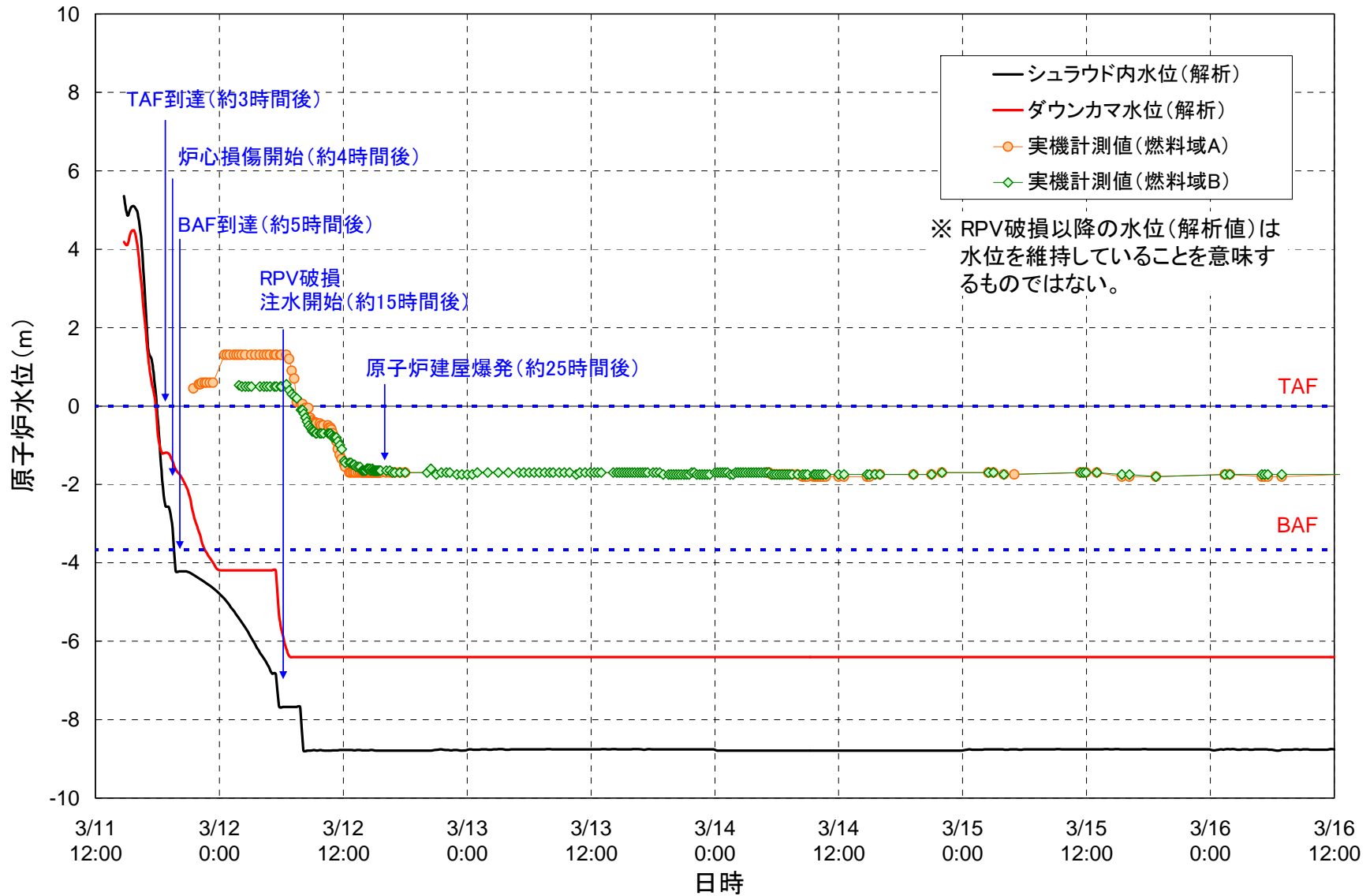
地震発生前の  
圧力容器内のイメージ



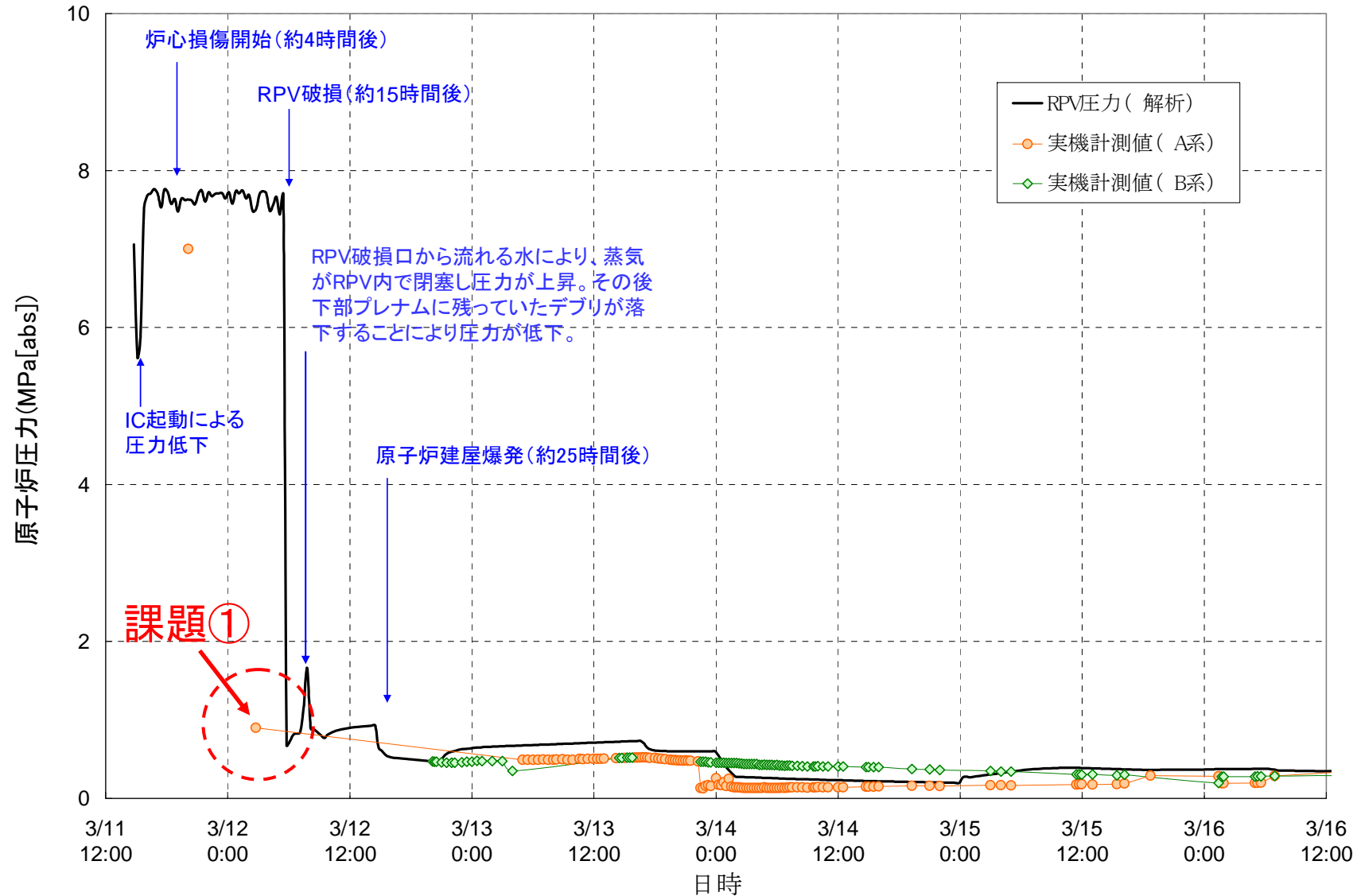
燃料が溶けて下方に  
移動した圧力容器内のイメージ



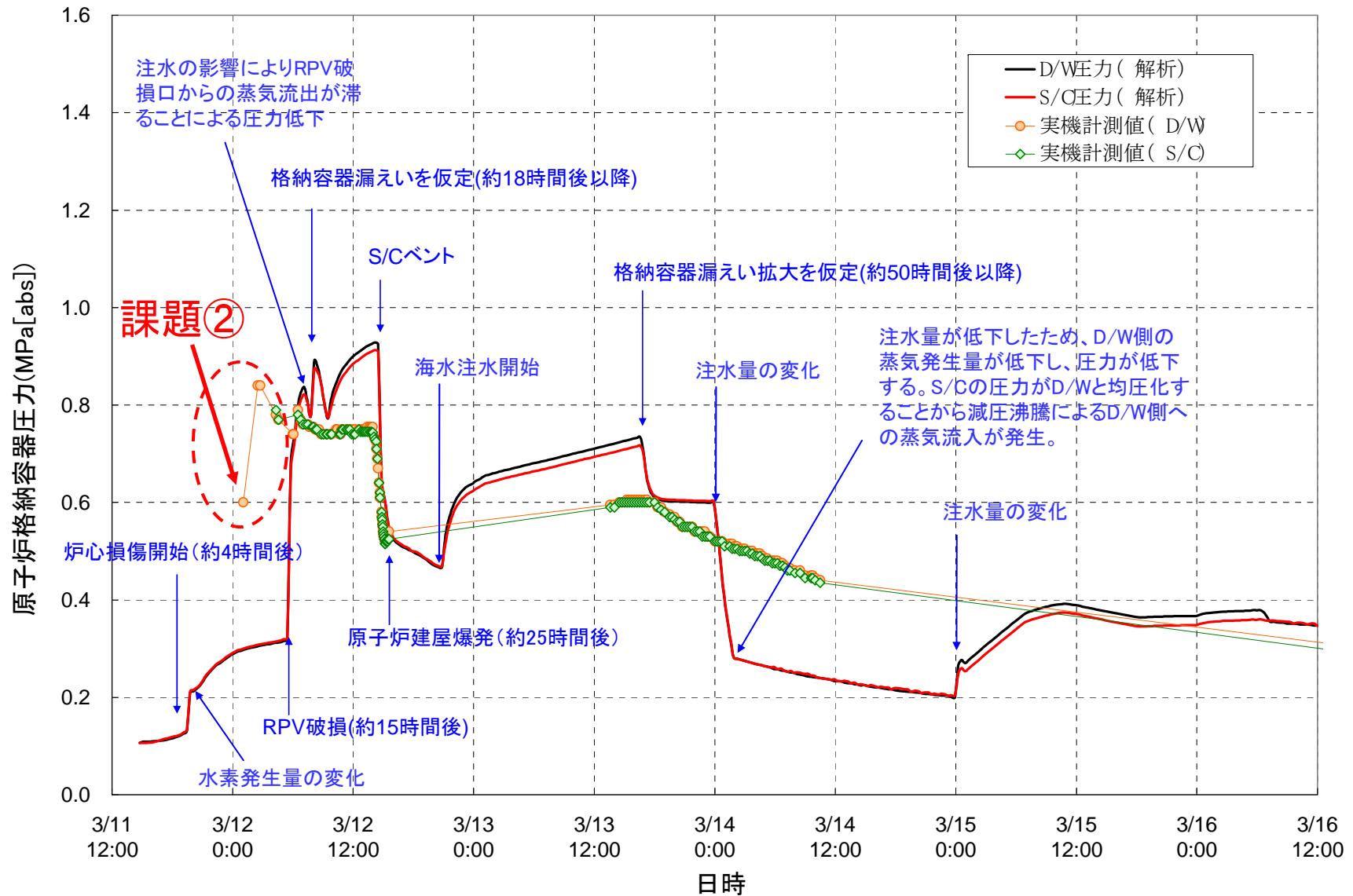
# 1. 1号機 解析結果の概要(原子炉水位)



# 1. 1号機 解析結果の概要(原子炉圧力)



# 1. 1号機 解析結果の概要(格納容器圧力)



## 1. 1号機 解析における主な課題

---

課題①: 減圧操作をしていないにもかかわらず、実測値で原子炉圧力が低下している。減圧のタイミングは解析で求まる圧力容器破損よりも早く、解析で実測値を模擬できていない。

課題②: 解析で求まる圧力容器破損よりも早く、格納容器の圧力が大きく上昇しており、解析で実測値を模擬できていない。



# 1. 解析コード(MAAP)による炉心の状態の推定(2・3号機)

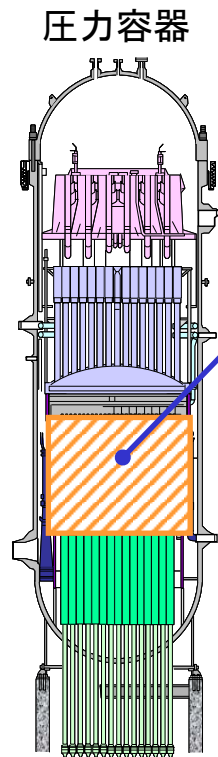
2・3号機

● 压力容器内の燃料の様相を、①水位計の不確かさを考慮した保守的なシナリオ、②水位計の指示値を基にしたシナリオ、の2通りで解析。

①地震発生後約100時間前後で、燃料の大半は原子炉压力容器下部に溶けて移動すると評価した。

②燃料は損傷するもののほとんどは元の炉心位置に残っていると評価した。

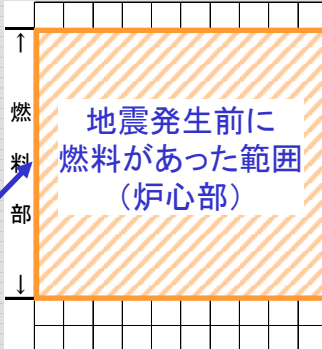
地震発生前の  
压力容器内のイメージ



部分的に  
拡大

## 2号機 解析コードによる推定結果

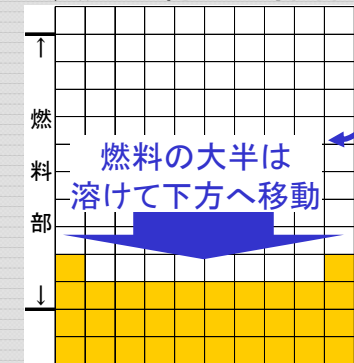
地震発生前の状態



損傷状態のモデル

- 燃料なし(崩落)
- 通常燃料
- 破損燃料が堆積(燃料棒形状は維持)
- 溶融した燃料が被覆管表面を流下し、燃料棒表面で冷えて固まり燃料棒外径が増加
- 燃料棒外径がさらに増加し、燃料で流路が閉塞
- 溶融プール形成

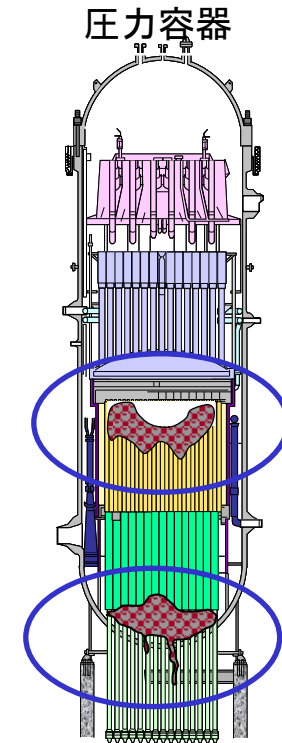
①保守的な解析による  
地震発生約109時間後



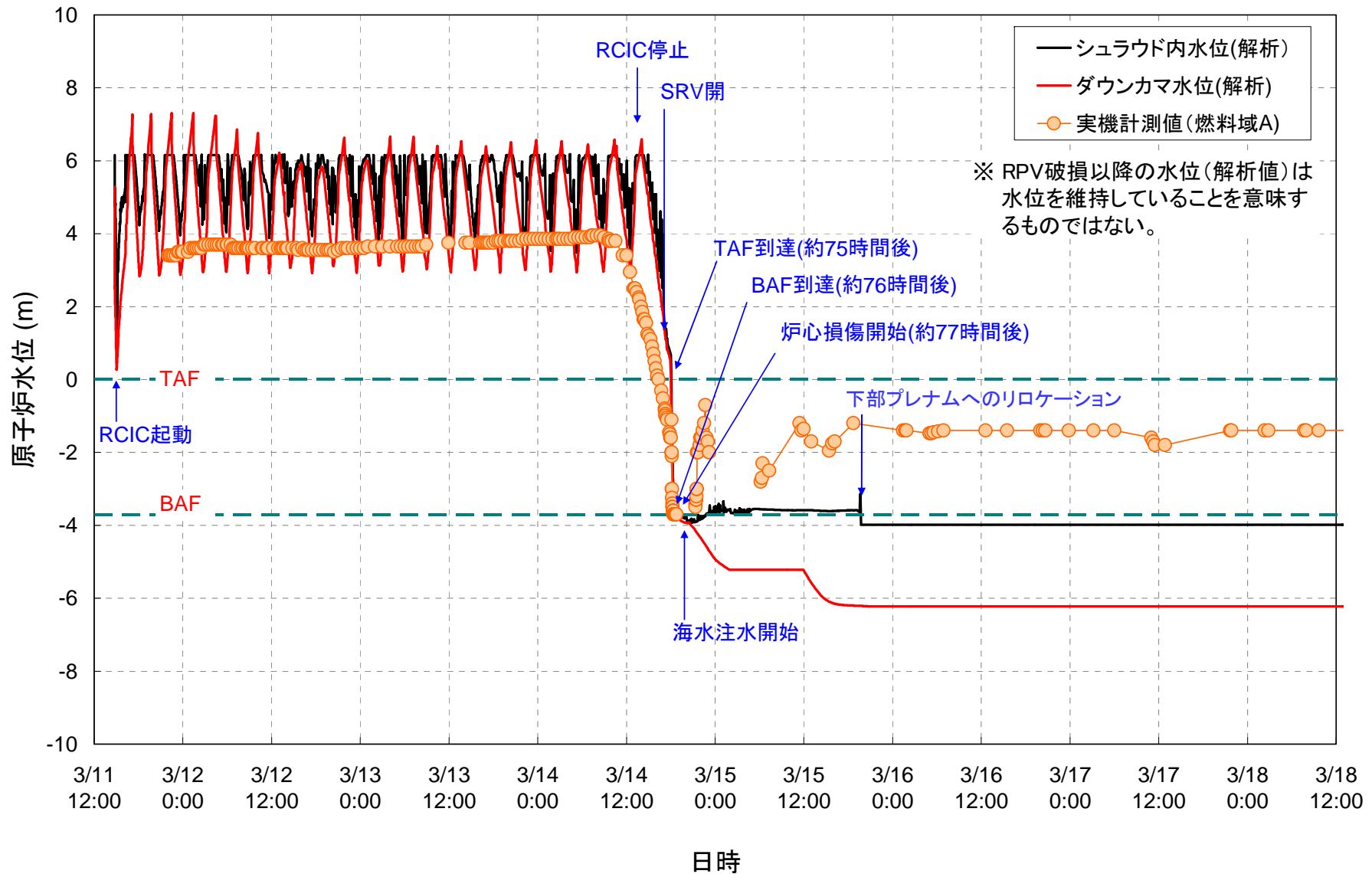
②指示値どおりの解析による  
地震発生約1週間後



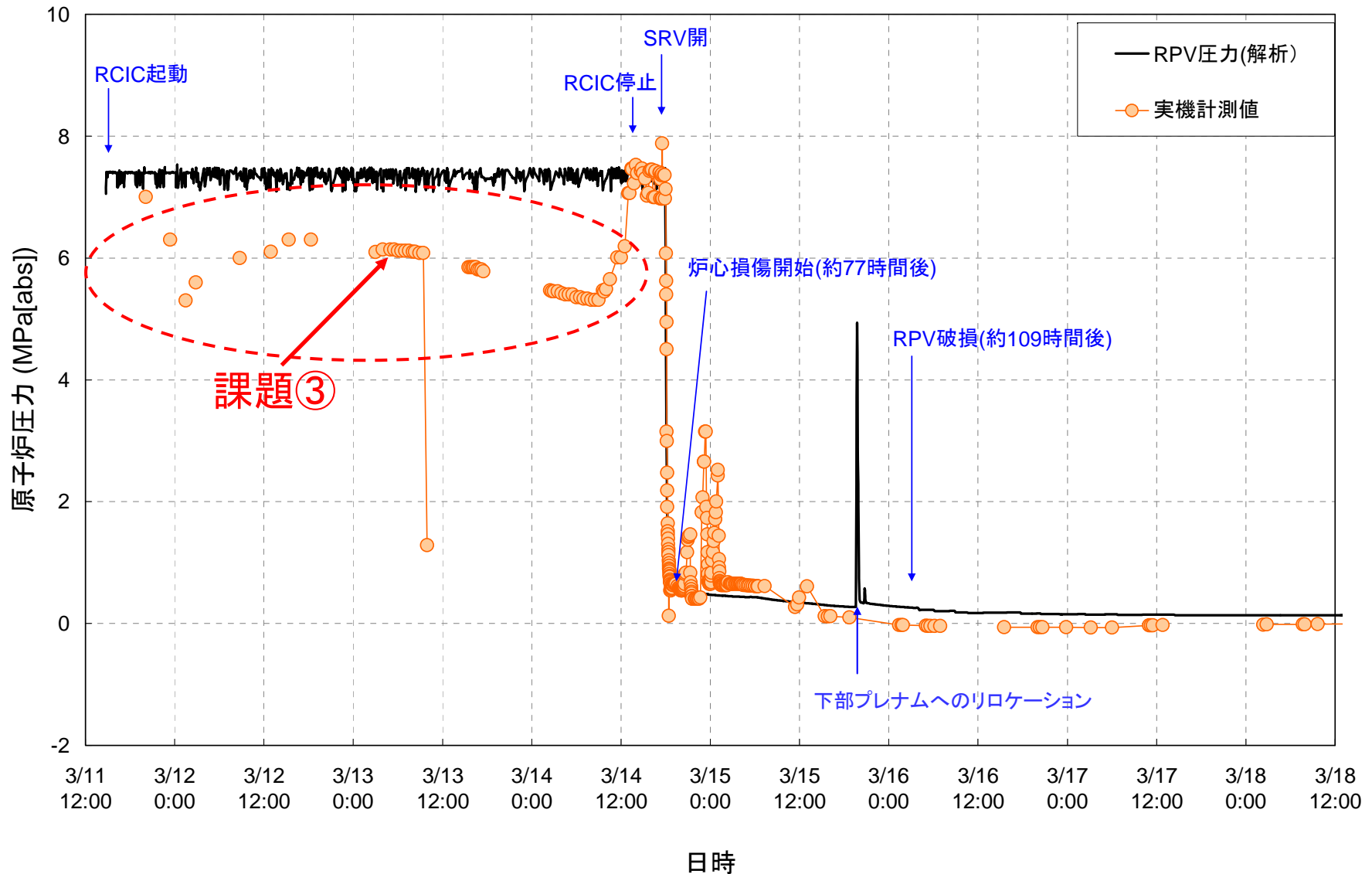
①保守的なシナリオにより  
燃料が溶けて下方に移動した  
压力容器内のイメージ



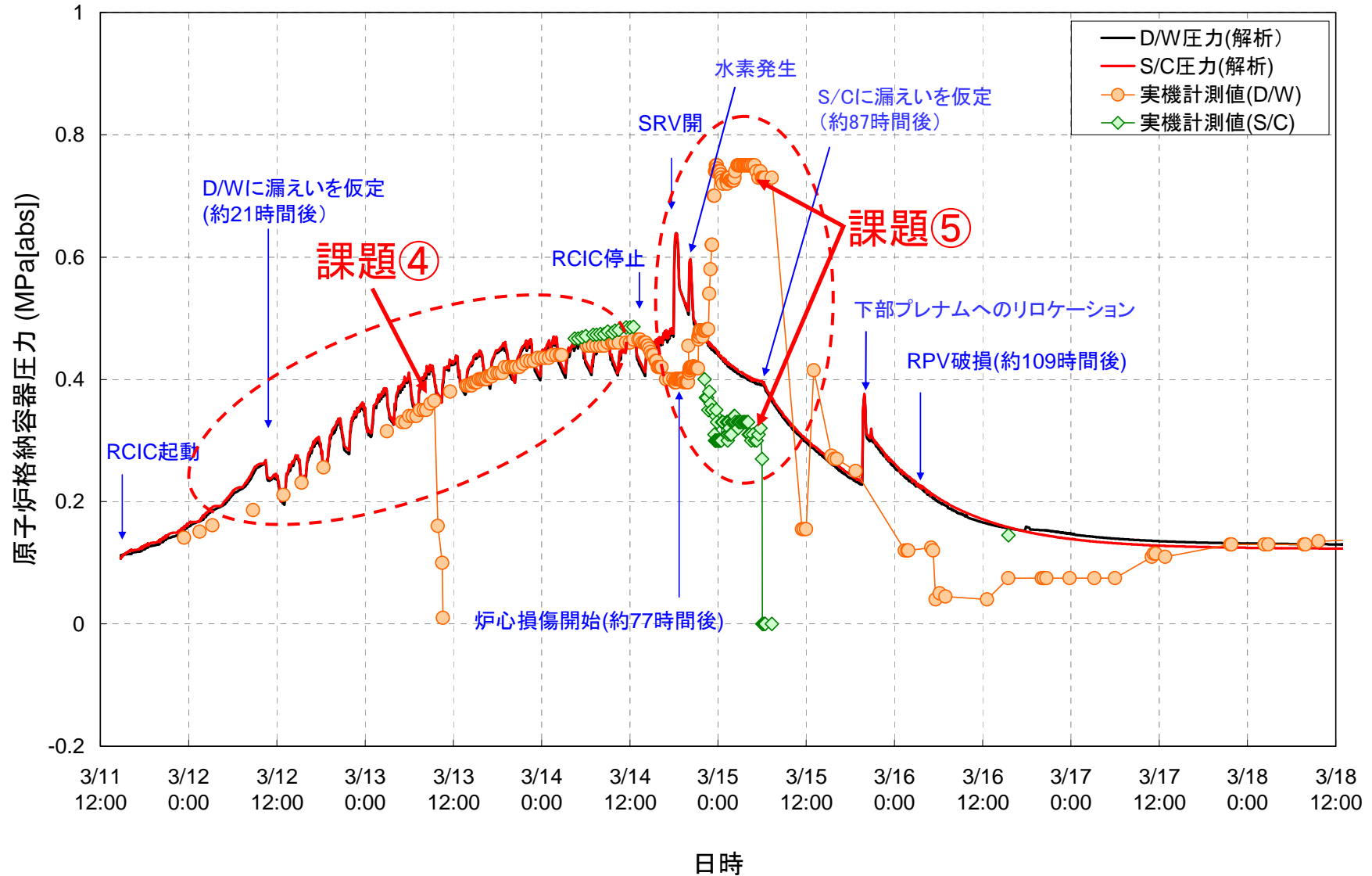
# 1. 2号機 解析結果の概要(原子炉水位)(シナリオ①)



# 1. 2号機 解析結果の概要(原子炉圧力)(シナリオ①)



# 1. 2号機 解析結果の概要(格納容器圧力)(シナリオ①)



## 1. 2号機 解析における主な課題(シナリオ①)

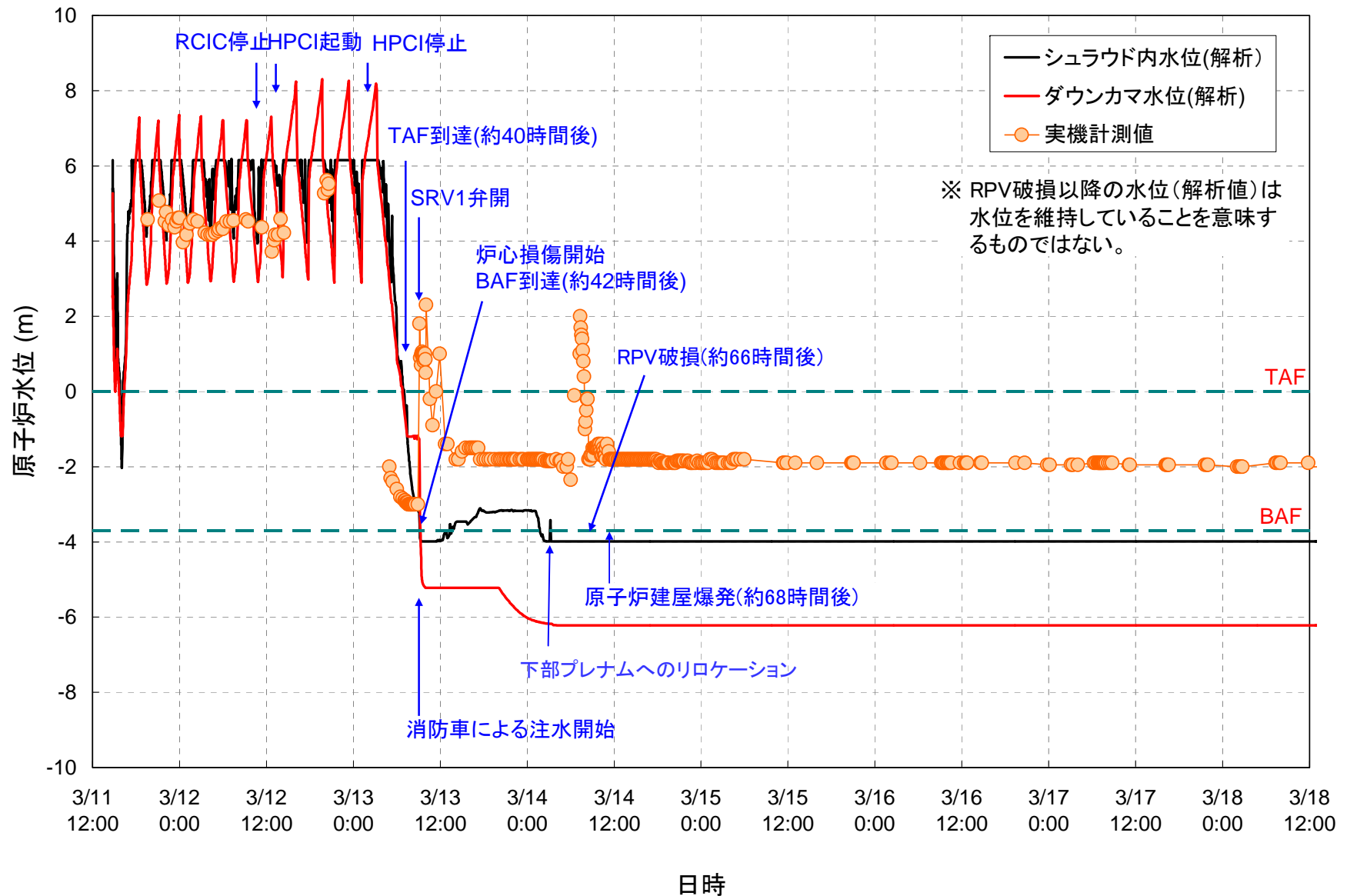
---

課題③: 原子炉隔離時冷却系(RCIC)運転中に、実測値では原子炉圧力が6MPa[abs]程度の低い圧力で推移しているが、解析では実測値を模擬できていない

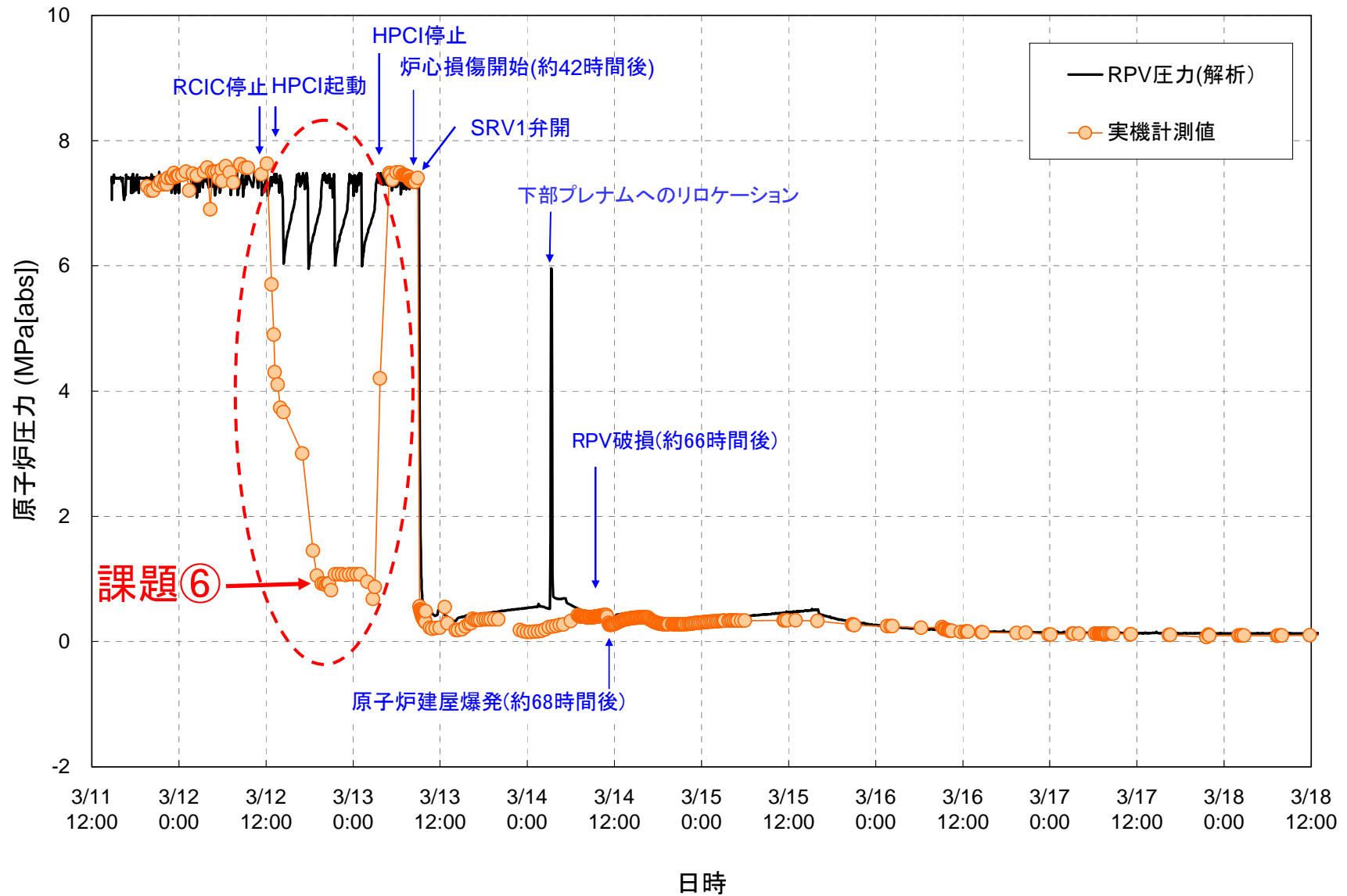
課題④: 解析では、格納容器の設計温度を越えたタイミングで格納容器からの気相漏えいを仮定しているが、現実的にはその可能性は低く、解析では実測値を模擬できていない。

課題⑤: 実測値においてD/W圧力とS/C圧力が大きく乖離しているが、解析では実測値を模擬できていない。

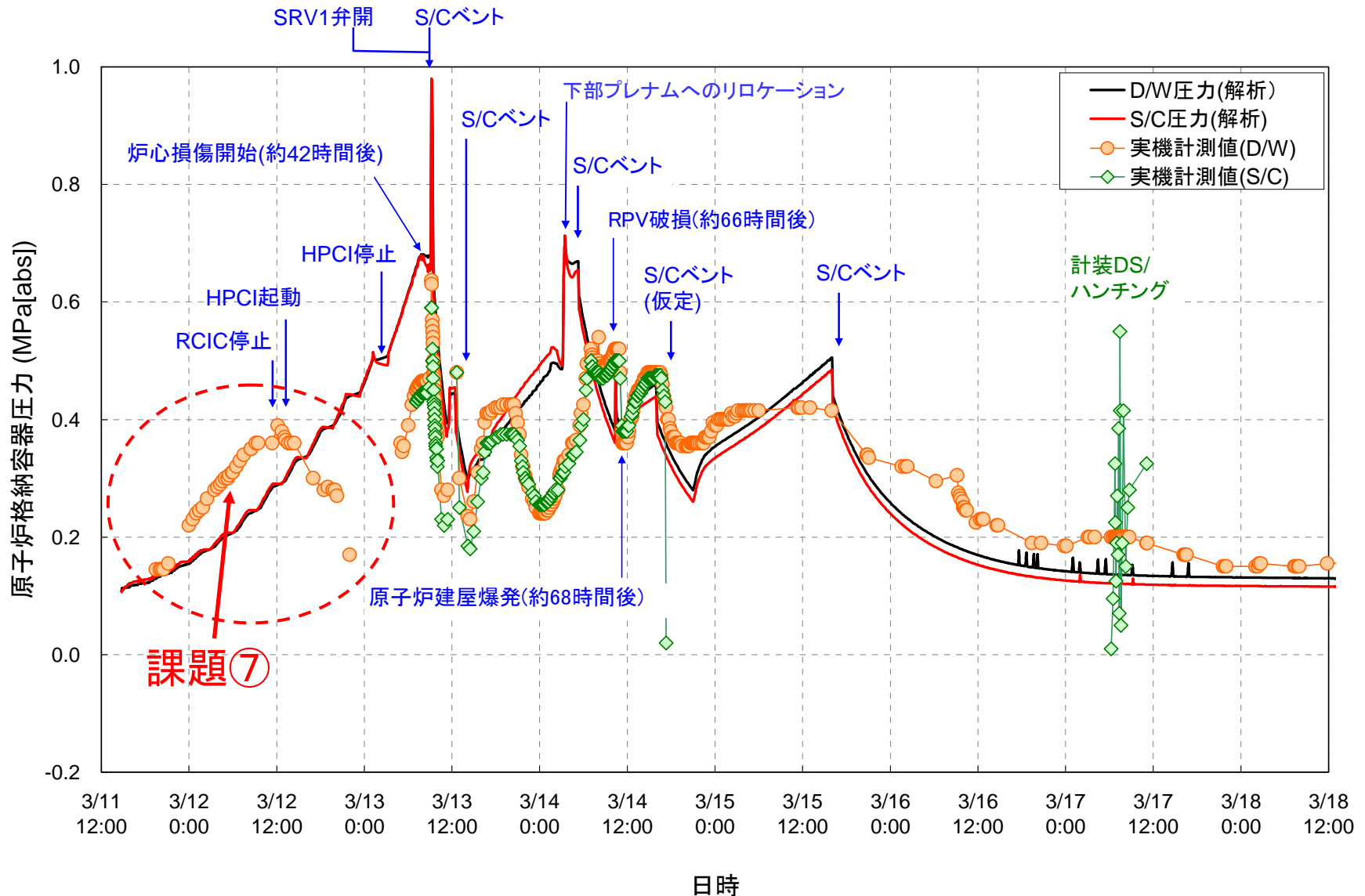
# 1. 3号機 解析結果の概要(原子炉水位)(シナリオ①)



# 1. 3号機 解析結果の概要(原子炉圧力)(シナリオ①)



# 1. 3号機 解析結果の概要(格納容器圧力)(シナリオ①)





## 1. 3号機 解析における主な課題(シナリオ①)

---

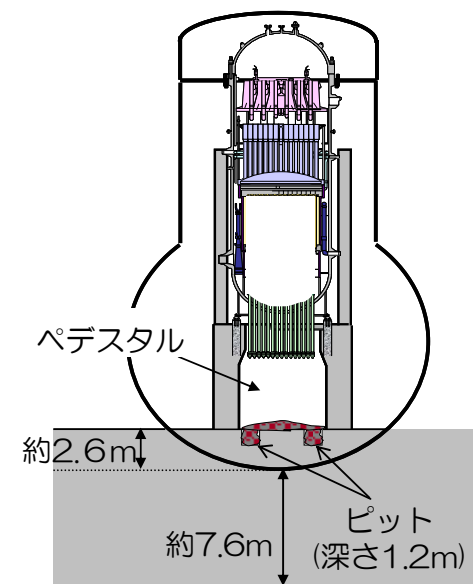
課題⑥: 高圧注水系(HPCI)運転中に、実測値では原子炉圧力が1MPa[abs]程度の低い圧力で推移しているが、解析では実測値を模擬できていない。

課題⑦: RCIC運転期間中、格納容器圧力が解析値よりも実測値の方が高くなっており、その後低下しているが、解析では実測値を模擬できていない。

- 
1. 解析コード(MAAP)による炉心の状態の推定
  2. 格納容器損傷状況の推定
  3. 1～3号機の炉心の状態の推定

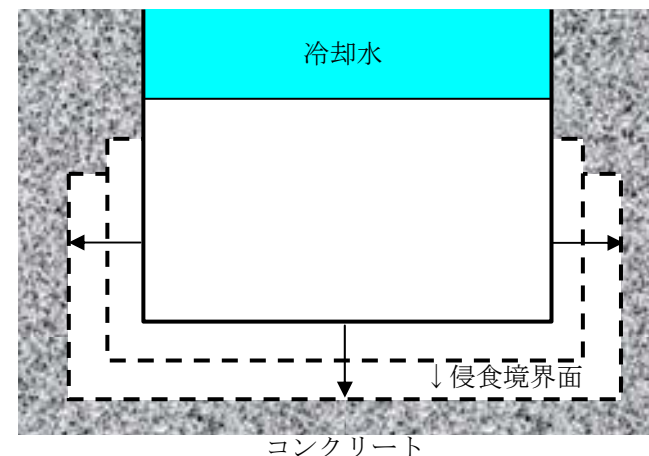
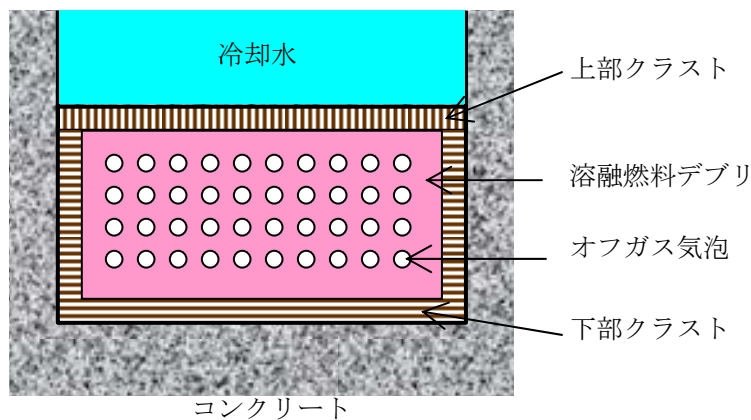
# 概要

- 溶融した燃料が炉内構造物を融解させ燃料デブリとなって原子炉圧力容器底部より原子炉格納容器へ落下したと推定
- ペDESTALやドライウェル床のコンクリートを熱分解し、侵食している可能性が有る（コア・コンクリート反応の発生）
- 燃料デブリの落下量や原子炉格納容器における堆積状況を仮定し、推定される侵食量を評価
- 侵食は1～3号機とも原子炉格納容器内に留まると評価



## 2. 解析条件①

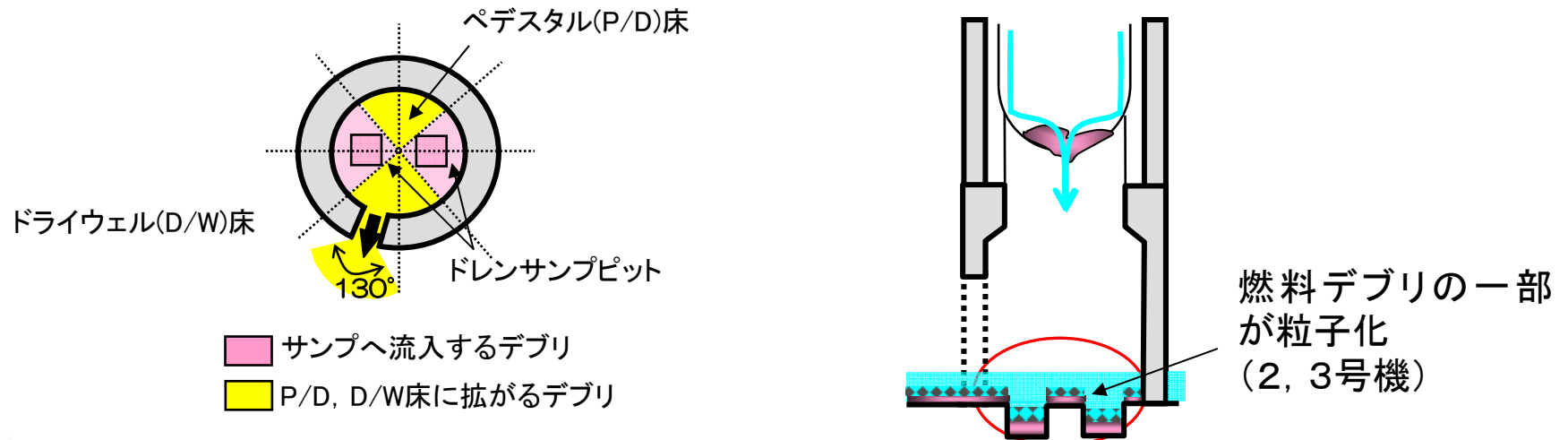
- MAAP内蔵の解析コード“DECOMP”を使用
- 解析体系
  - 冷却水とは上部クラストのみで接し、一定の熱流束(OECD-MCCI試験データより $125\text{kW}/\text{m}^2$ を使用)で除熱
    - ※他の冷却メカニズム(侵食で発生したガスで上部クラストが破損することによるデブリの噴出や冷却水の侵入)は採用せず
  - コンクリートとは下部クラストで接し、コンクリートの溶融温度(1500K)を下回った時点で侵食は停止
  - 侵食に寄与する熱源として、崩壊熱以外にジルコニウムの酸化反応による発熱を仮定



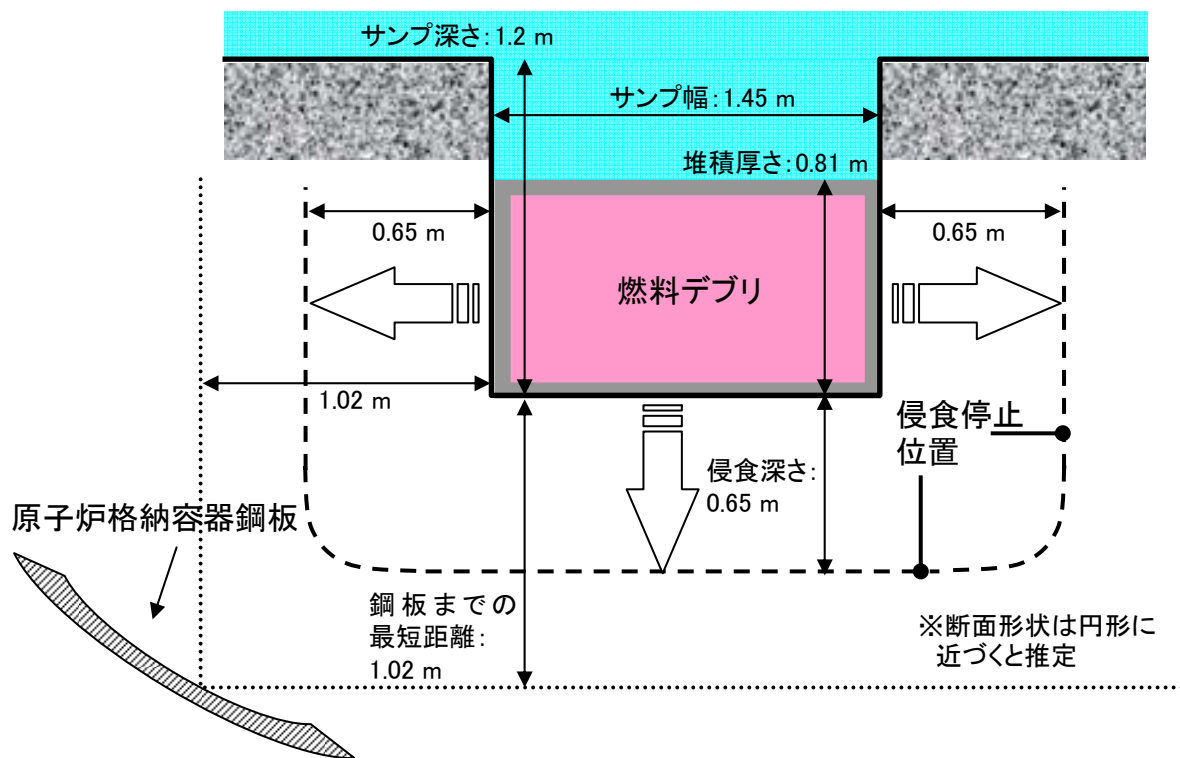
## 2. 解析条件②

### ● 解析条件

- 落下炉心割合はMAAP解析から得られた最大の値を保守的に仮定(1号機:100%、2号機:57%、3号機:63%)
- 崩壊熱ソースはORIGEN2を使用。揮発性FPの放出による崩壊熱の減損(20%)を仮定
- 燃料デブリ落下時点までにPLRメカシールからのリーク水がペDESTAL部に十分溜まっていた場合(2, 3号機)は燃料デブリが一部粒子化すると仮定  
※粒子化しなかった燃料デブリによる侵食を評価
- 燃料デブリはペDESTAL床からスリットを通してドライウェル床まで流出。ペDESTAL内にある2つ(機器/床)のドレンサンプルへも燃料デブリが堆積すると仮定

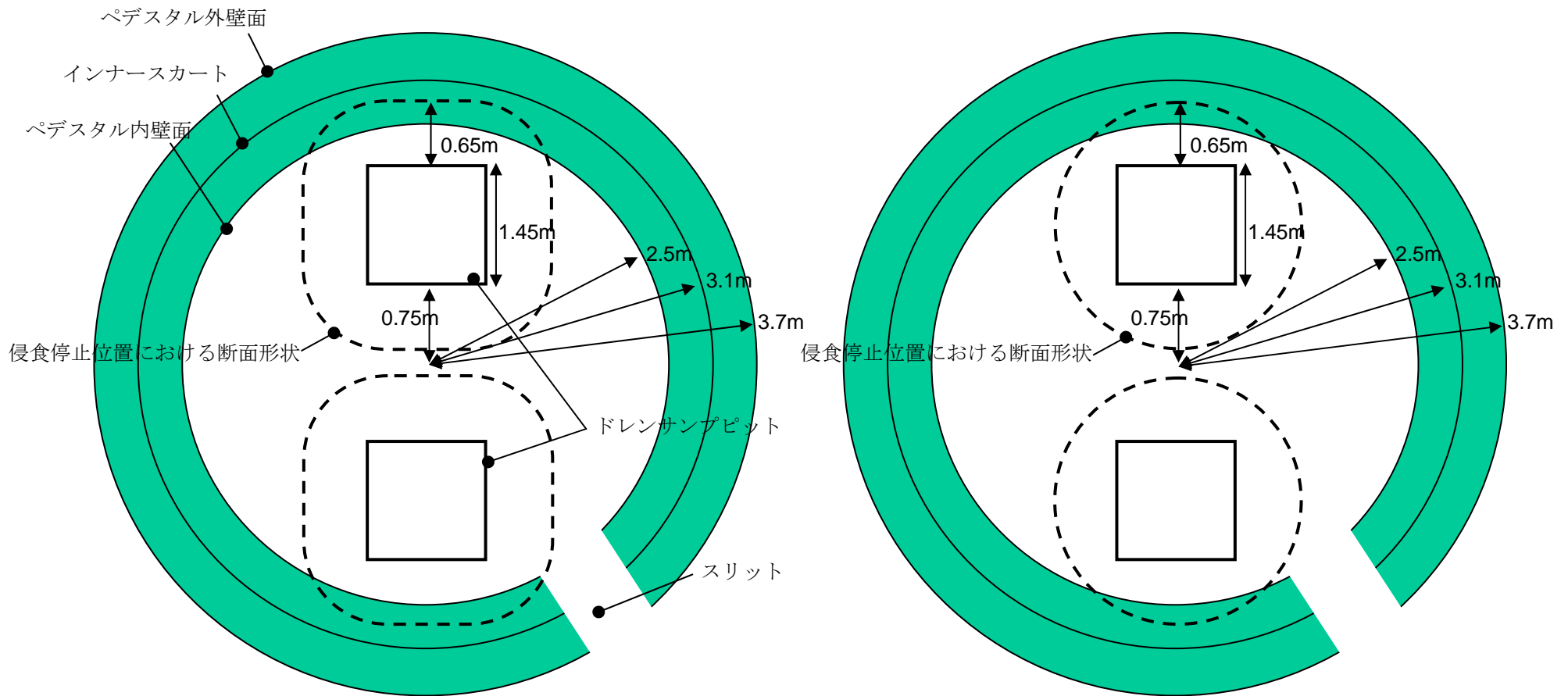


## 2. 解析結果 1号機



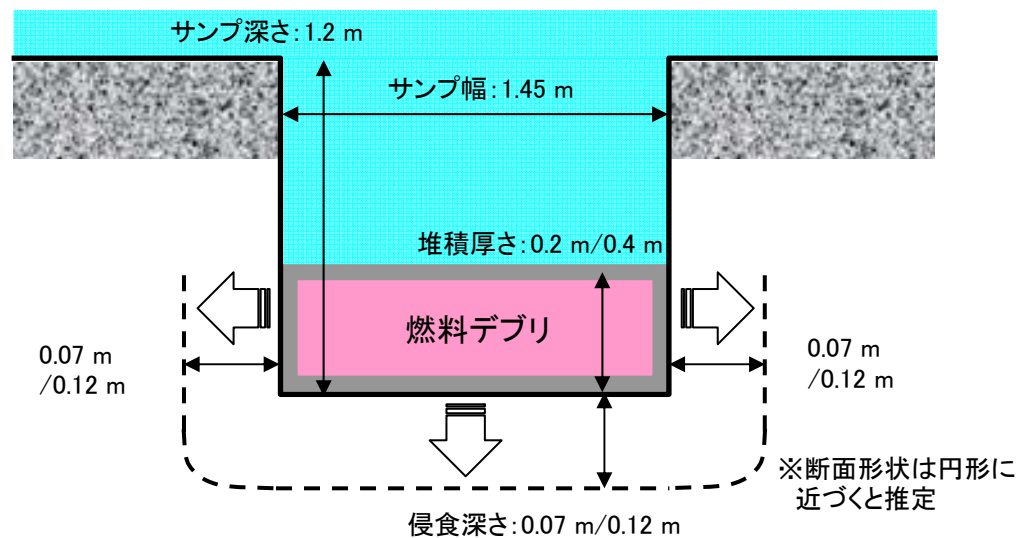
落下炉心割合	100%
燃料デブリ堆積厚さ	0.81m
侵食深さ	0.65m

## 2. 解析結果 1号機



- ドレンサンプルピット壁面の侵食が進行するにつれ、侵食面は円形に近づくと推定される。
- このため、実際の侵食停止位置における断面形状は左図と右図の間にあると推定される。

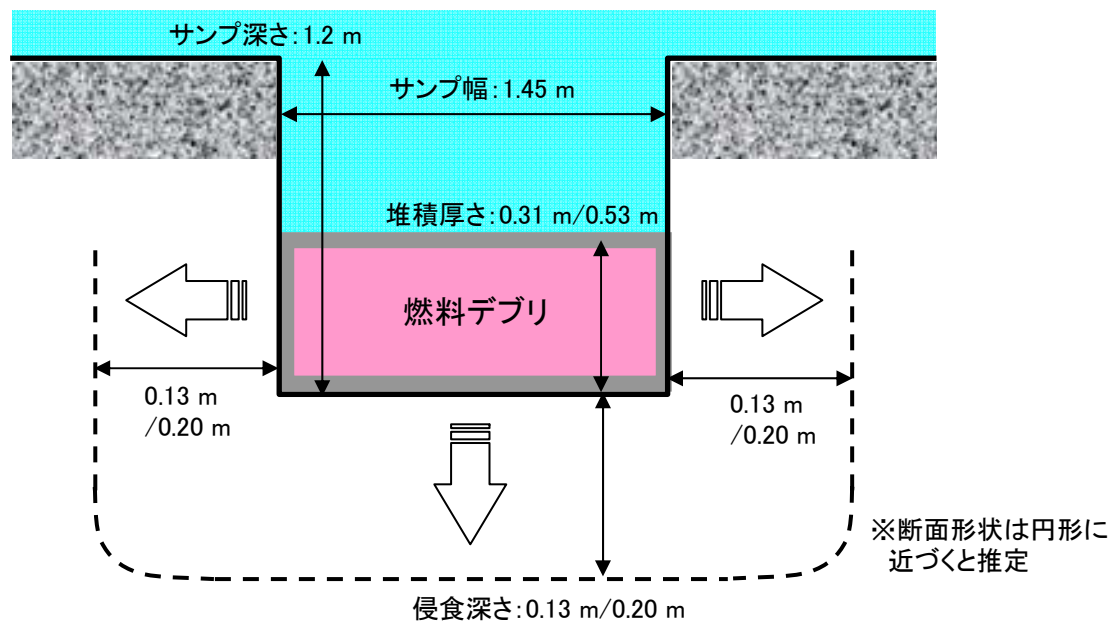
## 2. 解析結果 2号機



落下炉心割合	57%	57%
流下経路	計装管貫通部	CRD貫通部
粒子化割合	0.62	0.27
燃料デブリ堆積厚さ	0.20m	0.40m
侵食深さ	0.07m	0.12m



## 2. 解析結果 3号機



落下炉心割合	63%	63%
流下経路	計装管貫通部	CRD貫通部
粒子化割合	0.56	0.25
燃料デブリ堆積厚さ	0.31m	0.53m
侵食深さ	0.13m	0.20m

## 2. まとめ

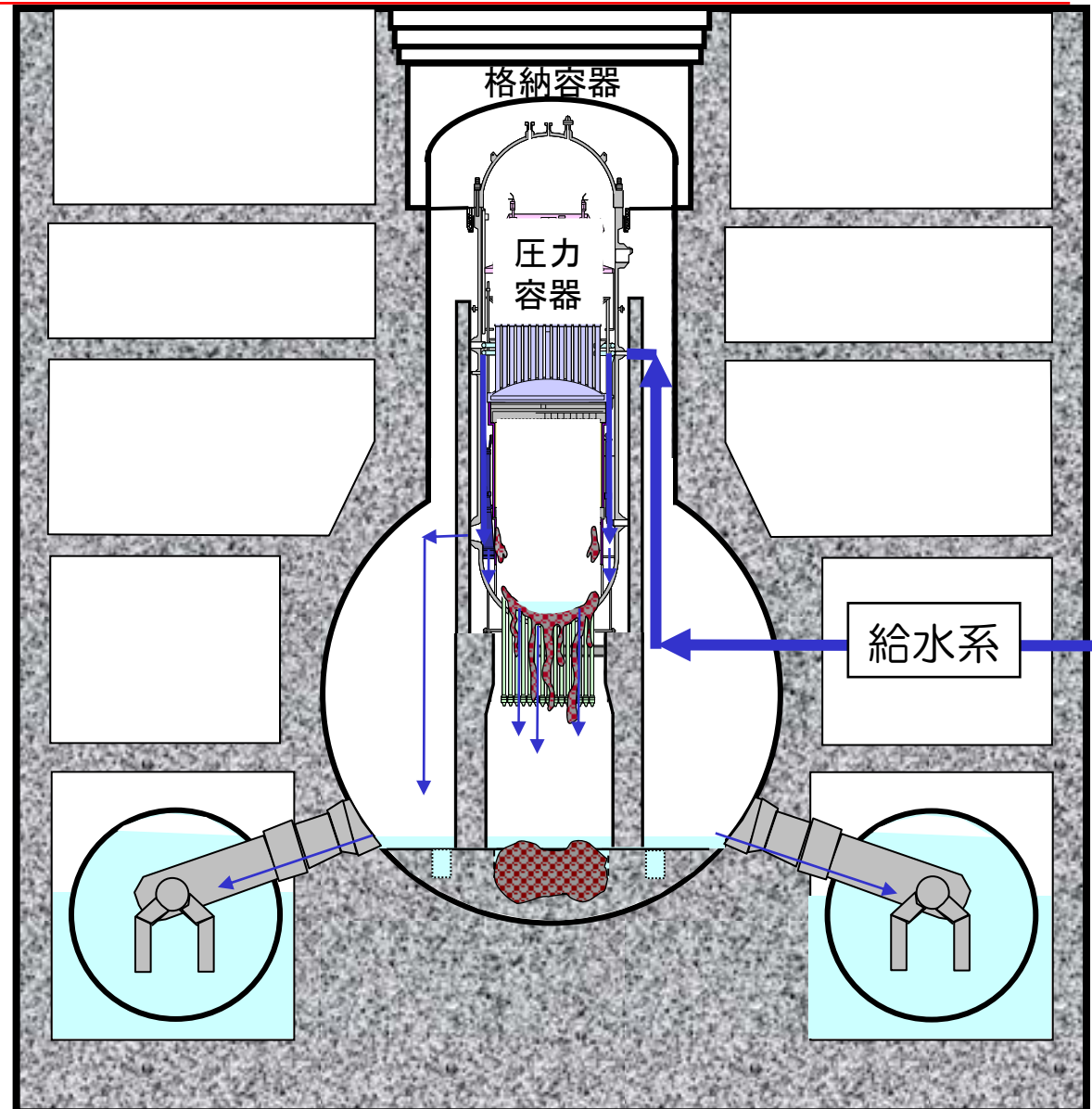
---

- 今回想定した評価条件に基づくと、1～3号機それぞれ最も侵食深さが大きなケースにおいて次の結果になった。  
1号機:0.65m 2号機:0.12m 3号機:0.20m
- 最も侵食深さが大きい1号機の場合でも、原子炉格納容器鋼板には達せず、侵食は格納容器内に留まる。また、ペDESTルの構造健全性も確保されていると推定。
- 燃料デブリの堆積状況については不確かさがあることを留意しなければならないが、燃料デブリの落下量や冷却条件を保守的に仮定したことを踏まえると、侵食量としては現実的な評価と考える。

- 
1. 解析コード(MAAP)による炉心の状態の推定
  2. 格納容器損傷状況の推定
  3. 1～3号機の炉心の状態の推定

### 3. 炉心の状態、格納容器内の状態に関するまとめ(1号機)

- 燃料は、地震発生前にあった位置にはほとんど残存せず、そこから完全に溶けて下方に全て移動
- 下方に移動した燃料により、圧力容器の破損も発生している可能性が高く、格納容器の底部に相当量滴下していったと推定  
(滴下量の詳細は不明)
- 滴下した燃料は、コア・コンクリート反応を引き起こしたと推定
- 11月21日時点で、注水は給水系配管より実施中であり、圧力容器底部及び格納容器内の温度は100℃以下で安定
- よって、いずれに移動した燃料も注水により概ね水に接する状態で冷却されているものと評価。コア・コンクリート反応も現在は停止しているという評価



### 3. 炉心の状態、格納容器内の状態に関するまとめ(2,3号機)

- 燃料は損傷するものの、多量の燃料が格納容器の底部に落下するような圧力容器の大きな損傷は生じていないと推定
- 評価結果は、「損傷燃料が一部格納容器底部に滴下」から「原子炉圧力容器内にほぼ残っている状況」まで推定の幅がある
- 仮に、損傷燃料の一部が格納容器底部に滴下したとすると、コア・コンクリート反応を引き起こしたものと推定される
- 現在、注水は給水系配管と炉心スプレイ系(CS系)配管から実施中であり、格納容器内の各箇所温度は100℃以下で安定
- よって、いずれに移動した燃料も注水により概ね水に接する状態で冷却されているものと評価。仮に、コア・コンクリート反応が起こっていたとしても、現在は停止しているという評価

