

新規制基準適合性審査申請

重大事故等対処施設

＜(8)重大事故対策＞

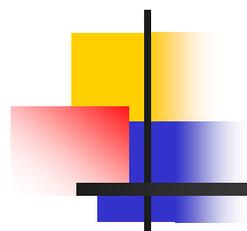
－使用済燃料貯蔵槽における  
燃料損傷防止対策の有効性評価

平成30年6月15日

東北電力株式会社

枠囲いの内容は、防護上の観点から公開できません。

1. はじめに
2. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策の特徴と  
主な対策
  - 2.1 想定事故1
  - 2.2 想定事故2
3. まとめ
4. 適合性審査状況(審査会合での指摘事項に対する回答)



# 1. はじめに

---

## 1. はじめに(有効性評価の全体概要)

新規制基準では、福島第一原子力発電所事故を踏まえて実施してきた重大事故等対策の有効性について、以下の手順で評価することが求められている※

- ① 重大事故等対策が実施されていない状態を仮定して、内部事象(機器故障・人的ミス等)や外部事象(地震・津波)が原因となって重大事故に至る確率を評価(確率論的リスク評価:PRA)
- ② ①の評価結果を踏まえ、重大事故が進展するシナリオを選定(事故シーケンスの選定)
- ③ 実施されている重大事故等対策が有効に機能するかを評価(有効性評価)

ただし、「使用済燃料プールにおける燃料損傷防止対策」においては、規則の解釈※に基づき、必ず想定する2ケースの事故(想定事故1および想定事故2)に対して、有効性評価を行う(上記のうち、③のみ実施)。

### 有効性評価

選定された事故シーケンスに対し、安全対策が有効に機能し、炉心損傷や格納容器破損等を防止できることを評価(設備面、運用面(体制・手順等)の安全対策、操作・作業に必要な時間も考慮)

有効性評価の内容※

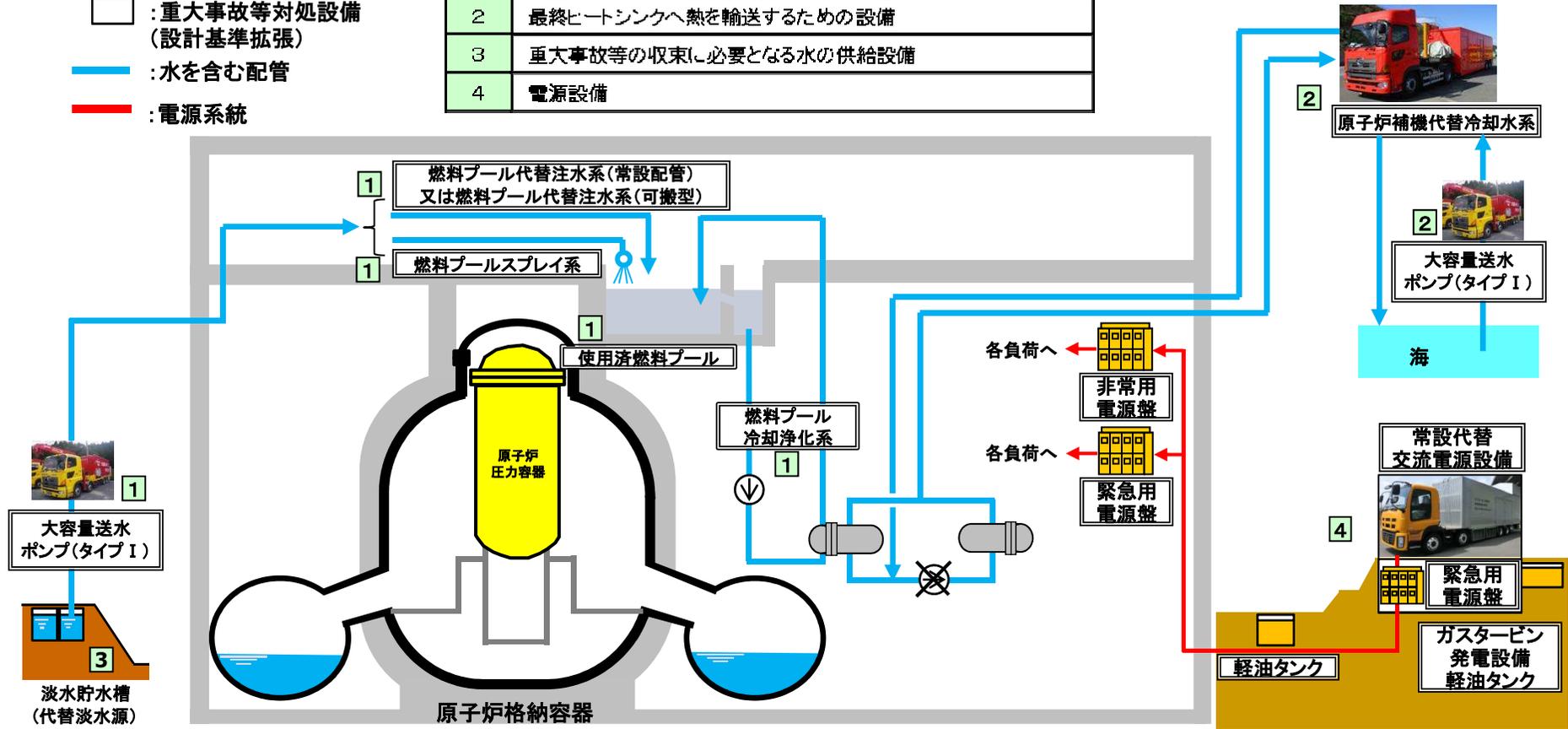
- |                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| ① 炉心損傷防止対策              | ← 今後、ご説明予定        |
| ② 原子炉格納容器破損防止対策         | ← 今後、ご説明予定        |
| ③ 使用済燃料プールにおける燃料損傷防止対策  | ← 本日のご説明範囲        |
| ④ 運転停止中の原子炉における燃料損傷防止対策 | ← 第14回安全性検討会でご説明済 |

※ 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

# 1. はじめに(有効性評価の全体概要)

- : 重大事故等対処設備
- : 重大事故等対処設備 (設計基準拡張)
- : 水を含む配管
- : 電源系統

1	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備
2	最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備
3	重大事故等の収束に必要な水の供給設備
4	電源設備



女川2号炉の使用済燃料プールにおける燃料損傷防止対策の対策設備の概要例

# 1. はじめに(有効性評価の概要)

## <有効性評価の内容>

燃料プールにおける燃料損傷防止対策の有効性評価

・想定事故1

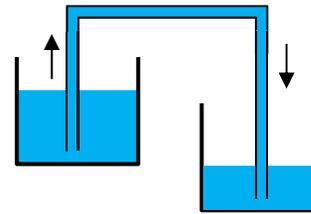
燃料プールの冷却機能又は注水機能が喪失することにより、燃料プール水の温度が上昇し、蒸発により水位が低下する事故

・想定事故2

サイフォン現象等により燃料プール内の水の小規模な流出が発生し、燃料プールの水位が低下する事故

サイフォン現象とは

高低差のある2地点が、液体で満たされた管でつながれた場合、高い位置から低い位置に液体が移動する現象



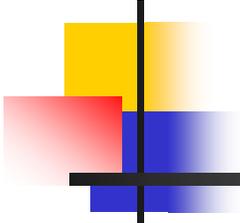
## <有効性評価における確認内容>

- 計算プログラム等を使用した評価により判断基準※を満足することを確認する  
燃料プールにおける燃料損傷防止にかかる判断基準

- i) 燃料有効長頂部が冠水していること
- ii) 放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること
- iii) 未臨界が維持されていること

※ 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

- 事故時の環境、必要な作業項目および時間等を考慮しても、対応手順の成立性があることを確認する
- 事故収束に必要な要員(運転員、重大事故等対策要員等)および資源(水源、燃料(軽油)、電気等)が確保されていることを確認する



## 2. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷 防止対策の特徴と主な対策

---

2. 1 想定事故1

2. 2 想定事故2

## 2. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策の特徴と主な対策

### 2.1 想定事故1(1/4) 事象の概要

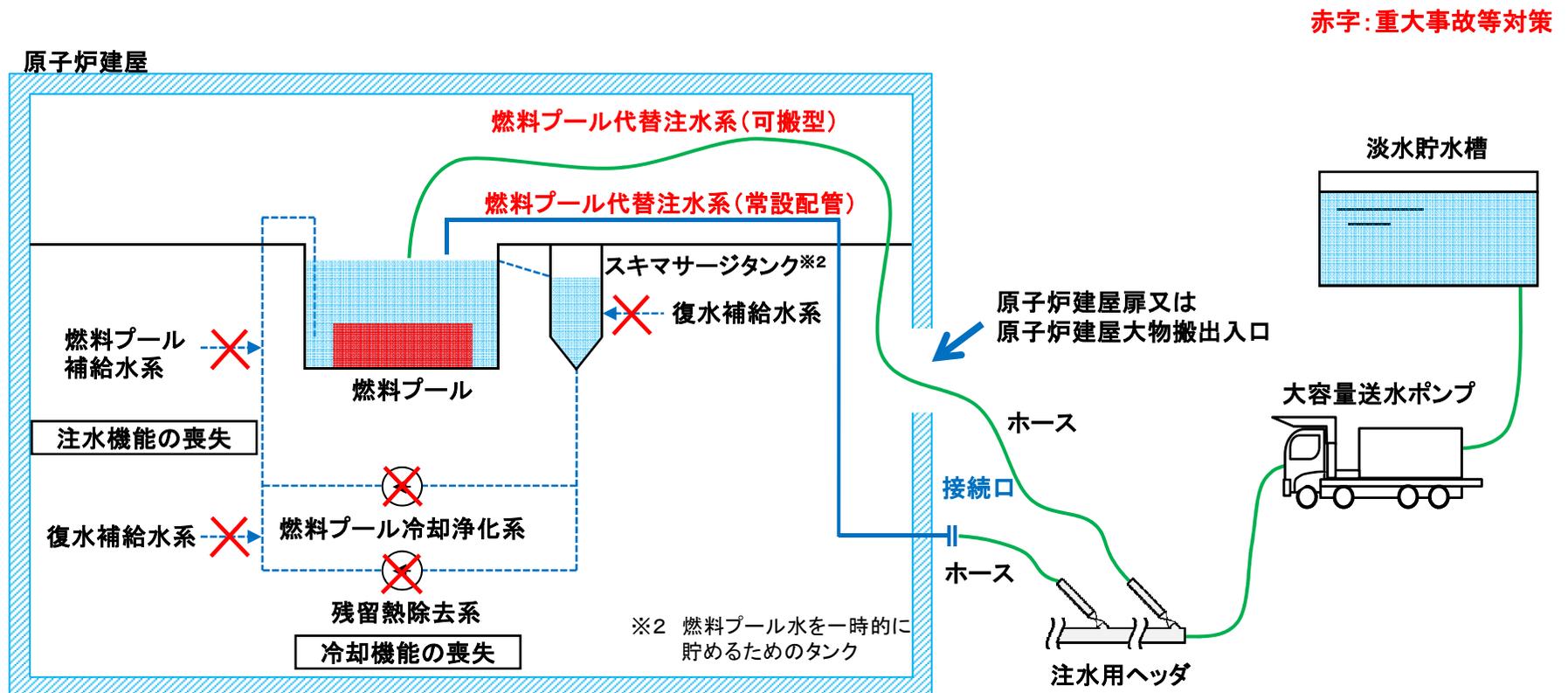
#### 想定事故1の特徴

燃料プールの冷却機能又は注水機能が喪失し、水温が上昇しやがて沸騰することにより、水位が低下※1し燃料が露出して損傷に至る事故

※1 評価にあたっては、水位低下量を大きく評価するため、崩壊熱による蒸発量が大きくなるよう、燃料プールには容量最大数の燃料が貯蔵されている状態を想定

#### 想定事故1の対策概要

・大容量送水ポンプによる注水



## 2. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策の特徴と主な対策

### 2.1 想定事故1(2/4) 有効性評価の結果

- ・想定事故1における燃料プール水位の推移は、図1のとおり
- ・想定事故1における評価結果の概要について表1に示す

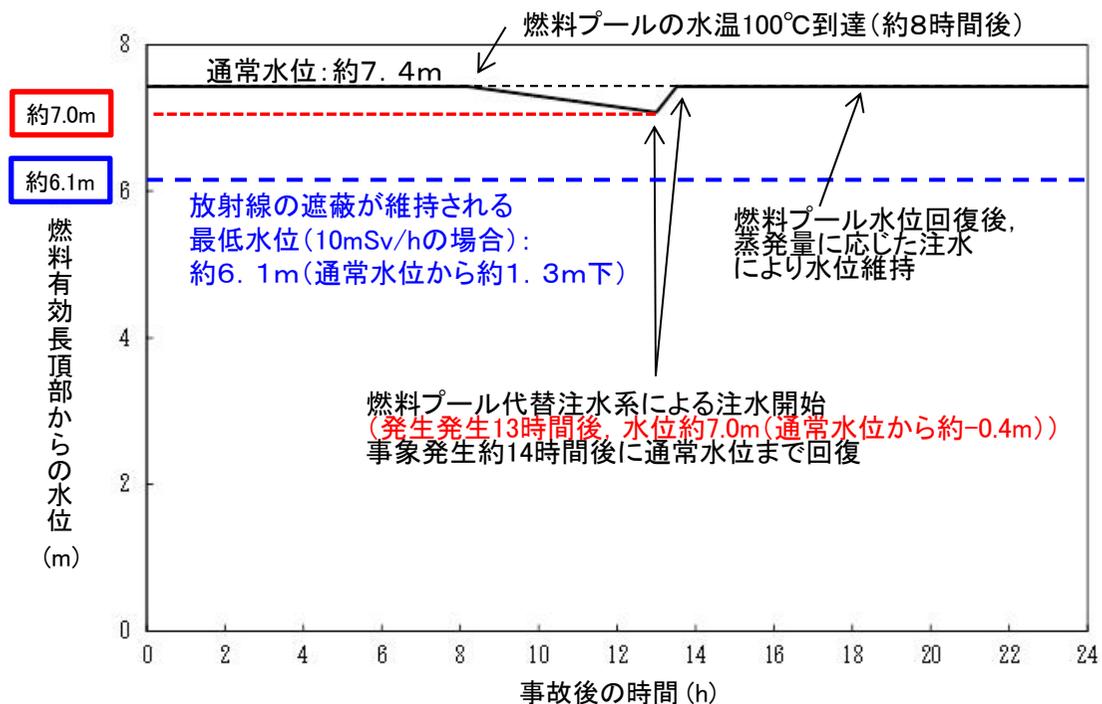


図1 燃料プール水位の推移(想定事故1)

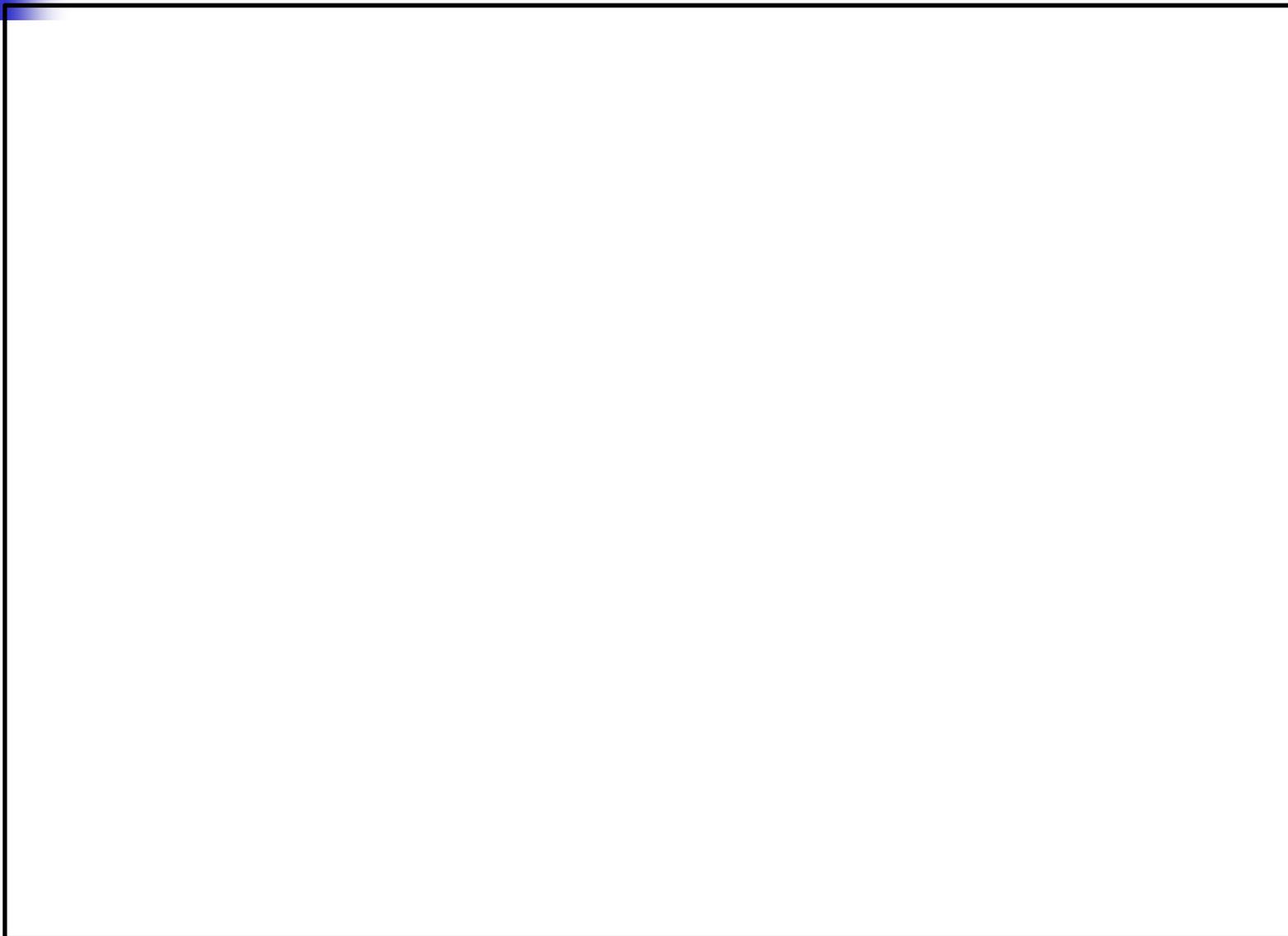
表1 想定事故1における評価結果の概要

判断基準	評価結果の概要
燃料有効長頂部が冠水していること	燃料プール水位は有効燃料長頂部を下回ることではないため、 <b>燃料は冠水維持</b> される
放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること	燃料プール水位は必要な遮蔽が維持される最低水位を下回ることではないため、 <b>放射線の遮蔽は維持</b> される
未臨界が維持されていること	燃料は燃料貯蔵ラックに貯蔵されているため、 <b>未臨界は維持</b> されている

## 2. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策の特徴と主な対策

9

### 2.1 想定事故1(3/4) 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルート



可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルート例

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

## 2. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策の特徴と主な対策

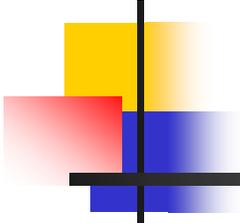
10

### 2.1 想定事故1(4/4) 必要な要員及び資源の評価

想定事故1における重大事故等対策に必要な要員及び資源の評価結果は以下のとおりであり、**必要な要員及び資源を確保している**ことから、重大事故等への対応は可能

表 要員及び資源の評価結果

評価項目	必要な要員数又は数量	確保している要員数又は数量
要員	28名 〔 運転員:5名 発電所対策本部要員:6名 重大事故等対応要員:17名 〕	28名 〔 運転員:5名 発電所対策本部要員:6名 重大事故等対応要員:17名 〕
水源	約1,970m <sup>3</sup>	淡水貯水槽:10,000m <sup>3</sup>
燃料	約582kL	約900kL
電源	重大事故等対策に必要な負荷は非常用ディーゼル発電機等の負荷に含まれることから電源供給が可能	



## 2. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷 防止対策の特徴と主な対策

---

2. 1 想定事故1

2. 2 想定事故2

## 2. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策の特徴と主な対策

### 2.2 想定事故2(1/3) 事象の概要

#### 想定事故2の特徴

燃料プール水の小規模な流出※1が発生するとともに、注水機能が喪失することにより、水位が低下※2し燃料が露出して損傷に至る事故

※1 流出の想定として、残留熱除去系と燃料プール冷却浄化系を比較し、耐震性の観点から燃料プール冷却浄化系での破断を想定

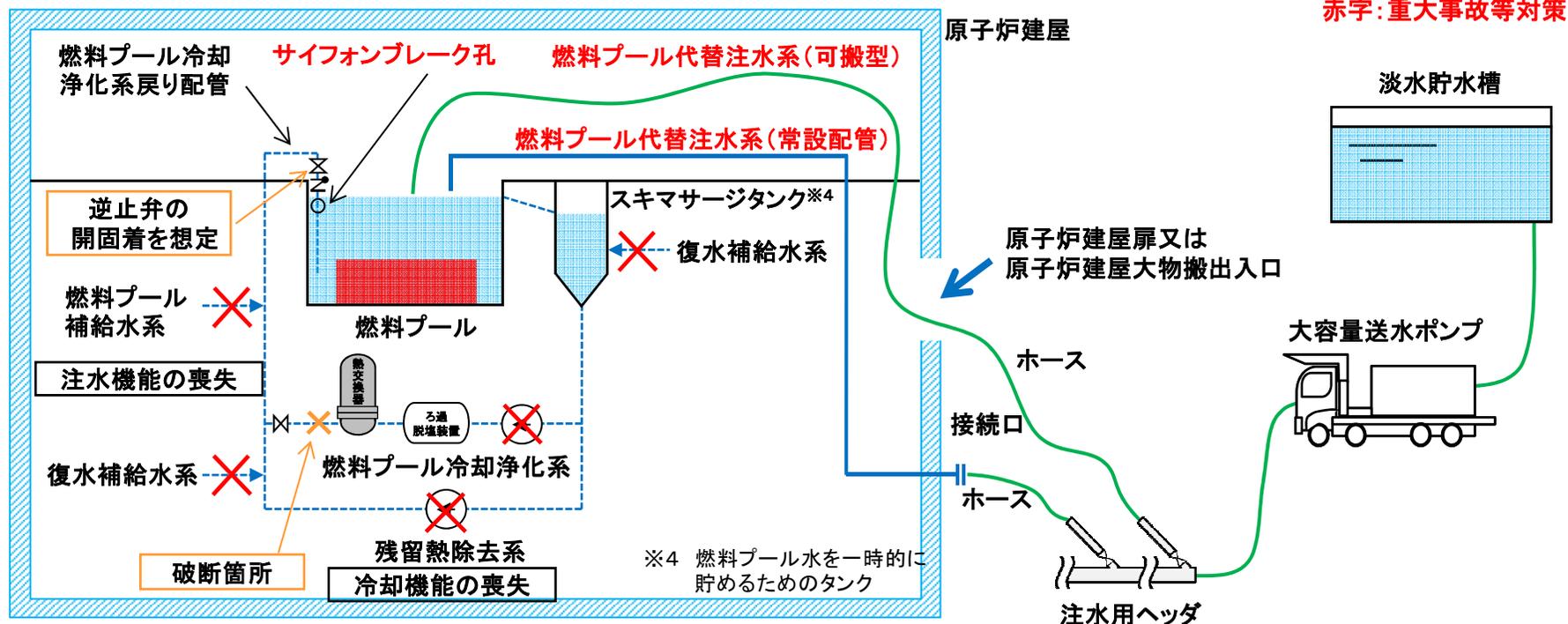
破断箇所は、燃料プール冷却浄化系のうち、水頭圧が大きく、流出速度が大きくなる箇所である熱交換器まわりを想定

※2 評価にあたっては、水位低下量を大きく評価するため、崩壊熱による蒸発量が大きくなるよう、燃料プールには容量最大数の燃料が貯蔵されている状態を想定

#### 想定事故2の対策概要

- ・サイフォンブレイク孔※3による燃料プール水の小規模な流出の停止
- ・大容量送水ポンプによる注水

※3 燃料プール冷却浄化系戻り配管に設けた開口



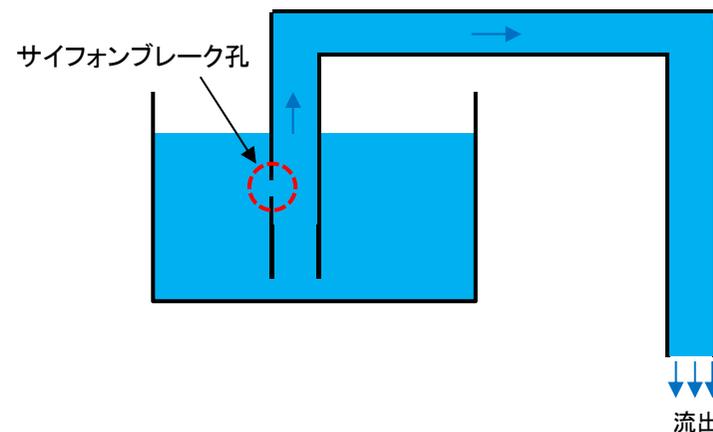
### 2.2 想定事故2(2/3) 事象の概要

#### サイフォンブレイク孔



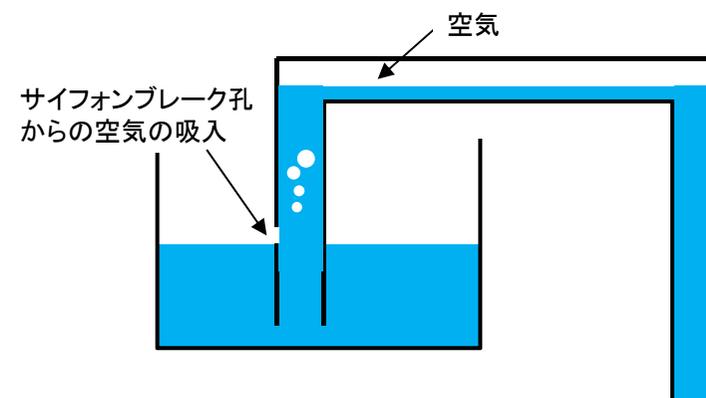
#### サイフォン現象発生時

- ・水の流出にともない、水位低下が発生



#### 水位低下後

- ・サイフォンブレイク孔位置まで水位が低下した時点で空気が吸入
- ・配管内に空気が入り込むことでサイフォン現象が収まり、流出が停止



## 2. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策の特徴と主な対策

### 2.2 想定事故2(3/3) 有効性評価の結果

- ・想定事故2における燃料プール水位の推移は、図2のとおり
- ・想定事故2における評価結果の概要について表2に示す

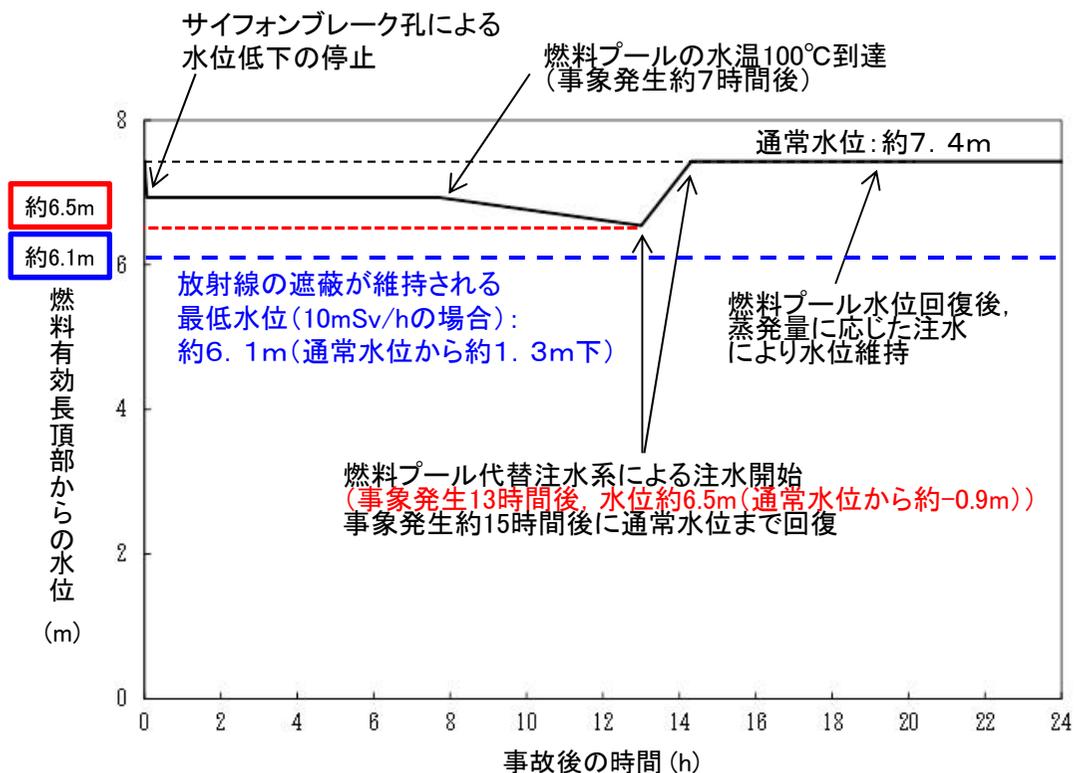
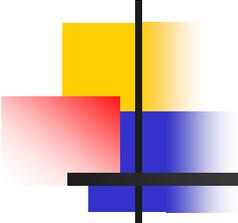


図2 燃料プール水位の推移(想定事故2)

表2 想定事故2における評価結果の概要

判断基準	評価結果の概要
燃料有効長頂部が冠水していること	燃料プール水位は有効燃料長頂部を下回ることではないため、 <b>燃料は冠水維持</b> される
放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること	燃料プール水位は必要な遮蔽が維持される最低水位を下回ることはないため、 <b>放射線の遮蔽は維持</b> される
未臨界が維持されていること	燃料は燃料貯蔵ラックに貯蔵されているため、 <b>未臨界は維持</b> されている



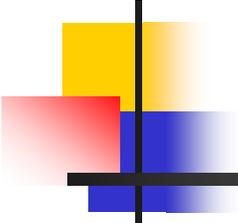
### 3. まとめ

---

### 3. まとめ

- ◆ 想定事故1および想定事故2に対して有効性評価を実施し、判断基準を満足することを確認した

想定事故	重大事故等対処設備等	判断基準に対する評価結果の概要		
		燃料有効長頂部が冠水していること	放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること	未臨界を確保すること
想定事故1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料プール代替注水系（可搬型）</li> <li>・燃料プール代替注水系（常設配管）</li> </ul>	燃料プール水位は有効燃料長頂部を下回ることではないため、 <b>燃料は冠水維持される</b>	燃料プール水位は必要な遮蔽が維持される最低水位を下回ることではないため、 <b>放射線の遮蔽は維持される</b>	燃料は燃料貯蔵ラックに貯蔵されているため、 <b>未臨界は維持</b> されている
想定事故2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料プール代替注水系（可搬型）</li> <li>・燃料プール代替注水系（常設配管）</li> <li>・サイフォンブレイク孔</li> </ul>			



## 4. 適合性審査状況

---

## 4. 適合性審査状況(審査会合での指摘事項に対する回答)

- ◆ 第572回審査会合(平成30年5月17日)において, 過去の審査会合における指摘事項に対して回答を実施しており, 特段のコメントはなかった

### 審査会合での主な指摘事項

No	分類	項目	審査会合日	回答
1	指摘事項	想定事故2の燃料プールの初期温度を100℃とした不確かさの評価において, 遮へいが維持される水位までの時間約10.8 時間に対し, 有効性評価では注水可能となる時間を13 時間後としている。約10.8時間以降は, 高線量環境下での作業となるため, 被ばく線量の観点から常設配管による対応についても検討すること。	H29. 12. 26	燃料プール周辺の線量率上昇時, スロッシング発生時等においても確実な対応が可能となるよう, 燃料プール代替注水系(常設配管)を重大事故等対処設備と位置付けることとした。
2	指摘事項	想定事故1 及び想定事故2 が発生した場合の対応について, 注水ヘッダ及びホースを使用して使用済燃料プールに注水するとしているが, これらの設置に係る作業成立性を説明するとともに, 注水ヘッダ及びホースを車両等で運搬・敷設するのであれば, これらの規制要求上の位置付けについても整理して提示すること。	H29. 12. 26	注水用ヘッダ及びホースの運搬・設置は, ホース延長回収車を用いて行うこととしていることから, ホース延長回収車については, 重大事故等対処設備と位置付けることとした。