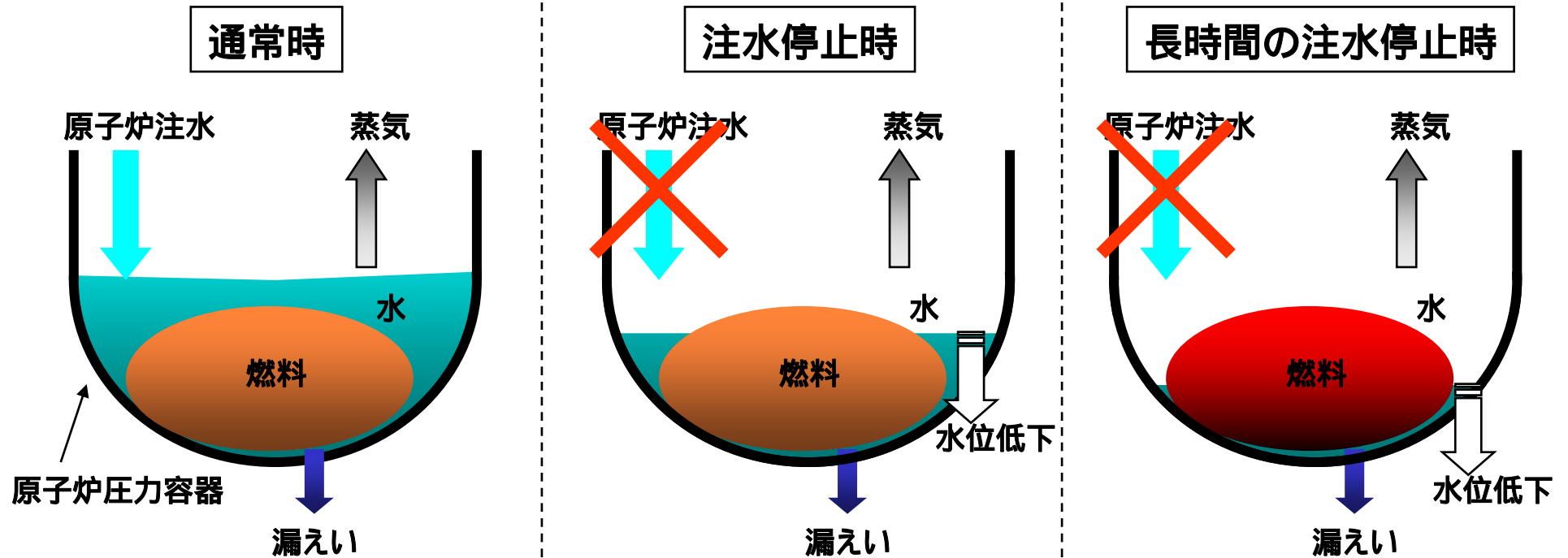


## 原子炉注水システムに異常が発生した場合の 原子炉・燃料の状況について

### [ はじめに ]

- 福島第一原子力発電所1～3号機については、冷温停止状態達成のために、今後、原子炉の冷却をさらに進めていく予定である。
- 原子炉冷却のための原子炉注水システムは、設備の多重化等によって信頼性を向上させて機能喪失（注水途絶）となる可能性を小さくしており、また、機能喪失した場合にも速やかに注水再開が可能なシステムとしている。
- 今回は、仮に何らかの原因により原子炉注水システムが機能喪失したと想定した場合、原子炉や燃料がどのような状況になっていくかをご説明させて頂く。

# 原子炉注水システムが機能喪失した場合の状況（イメージ）

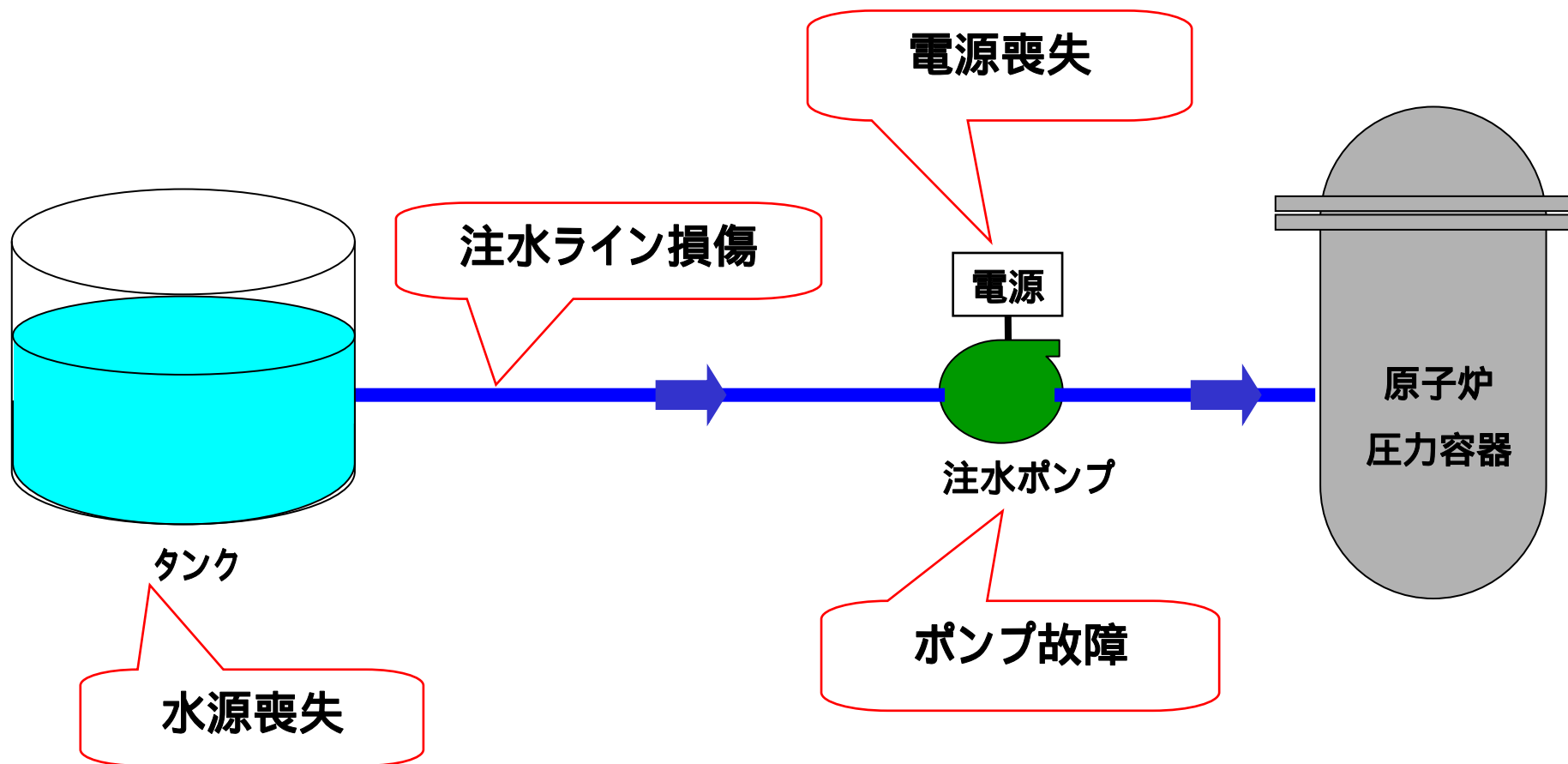


- ・ 原子炉注水量と、蒸気量 / 漏えい量がバランスしており、水位は一定に維持
- ・ 燃料は安定的に冷却

- ・ 原子炉注水停止により、流出量（蒸気と漏えい）とのバランスが崩れ水位が低下
- ・ 燃料の露出割合が増加し、温度も上昇

- ・ 長時間の原子炉注水停止により水位が大きく低下
- ・ 燃料の露出割合が更に増加
- ・ 燃料温度が上昇

# 想定される原子炉注水システムの異常



# 異常発生時の対応

分類	異常の状態	対応	注水再開までの所要時間
ポンプ故障	常用系ポンプの故障	待機号機の起動もしくは非常用高台炉注水ポンプの起動による原子炉注水の再開	30分程度
電源喪失	常用系ポンプの電源喪失	非常用高台炉注水ポンプによる原子炉注水の再開および消防車による原子炉注水の再開	30分程度
水源喪失	バッファタンクの機能喪失（タンク損傷等による保有水の漏えい等）	ろ過水タンクに水源を切り替えて原子炉注水の再開	30分程度
注水ライン損傷	常用系ポンプからの注水ラインの損傷	純水タンク脇炉注水ポンプからの注水ラインによる原子炉注水の再開	30分程度

機器の単一故障が発生した場合においても、30分程度で原子炉注水を再開することが可能

# 原子炉注水が1時間停止した場合の燃料温度上昇の評価

## ■評価条件

- 保守的に断熱状態を仮定し、崩壊熱が全て燃料温度上昇に寄与するとする。（構造材への放熱等は考慮しない。）
- 保守的に原子炉注水停止時の原子炉压力容器内の保有水量はゼロとする。（原子炉注水停止と同時に全燃料が露出すると仮定する。）
- 燃料の崩壊熱  
1号 0.64MW，2号 0.91MW，3号 0.93MW  
（10/1時点の評価値）
- 燃料の比熱 0.4kJ/kg
- 燃料の重量  
1号 120ton，2号 164ton，3号 164ton

## ■評価結果

- 上記の保守的な仮定での、原子炉注水が1時間停止した場合の燃料温度上昇は約50 である。  
1号 約48 ，2号 約50 ，3号 約51

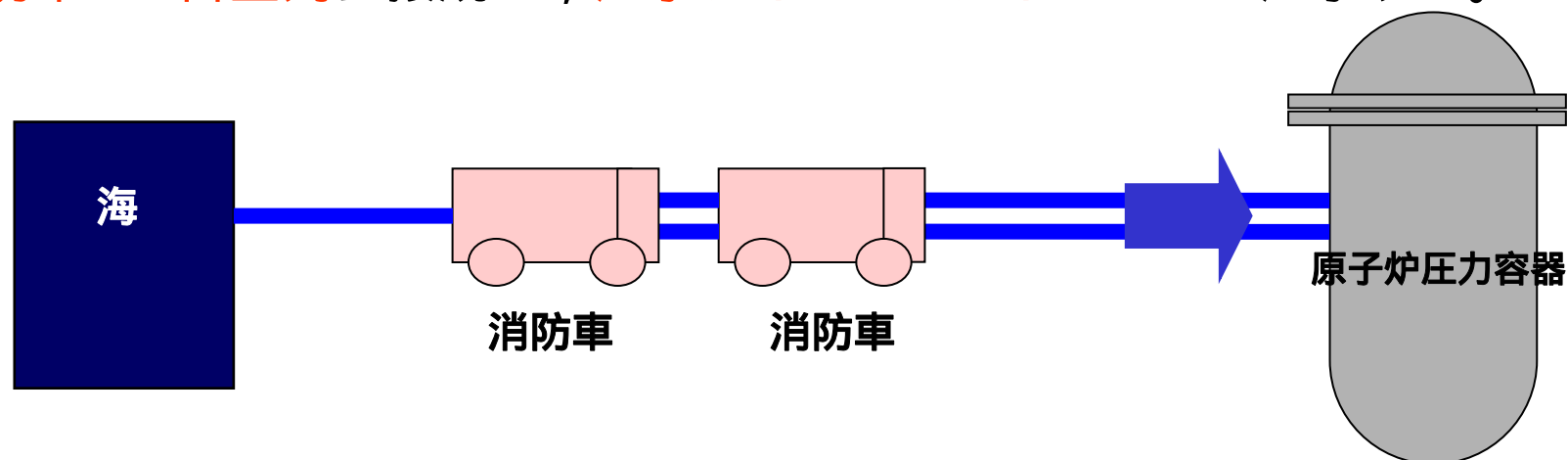
## 長時間の原子炉注水停止（複数設備の異常等）発生時の対応

- 原子炉注水系に複数設備の機能喪失が同時に生じた場合  
水源の損傷状況や現場状況に応じて、新たな**消防車の配備**や**注水ラインの再敷設**等を行い、原子炉注水を再開する。  
注水再開までの時間は、現場状況等により変動するものの、ホース敷設距離等を踏まえると、**作業開始から3時間程度**と想定している。



# 長時間の原子炉注水停止発生時の対応及び評価

- 注水停止が長時間にわたった場合には、注水再開時に**急激な水 - ジルコニウム反応**が発生する可能性があるため、崩壊熱に加えその反応熱も除去するために注水量を増加させる必要がある。この場合は、各原子炉に対して**消防車を2台直列**に接続し、**注水ラインを2ライン**として注水する。



- 注水停止から急激な水 - ジルコニウム反応が急激に進展するまでの時間
  - 評価条件：崩壊熱等は原子炉注水が1時間停止した場合の評価と同じ  
初期燃料温度 300  
水 - ジルコニウム反応が急激に進展する温度 1200
  - 評価結果：1200 までの温度上昇時間は以下のとおり。  
1号 約19時間，2号 約18時間，3号 約18時間
- 【参考】事故発生時の各号機の最長注水停止期間  
1号 約14時間，2号 約6時間，3号 約7時間

## もし仮に、更に長時間の原子炉注水停止が発生した場合

### ■更に長時間原子炉注水が停止した場合に想定される事象

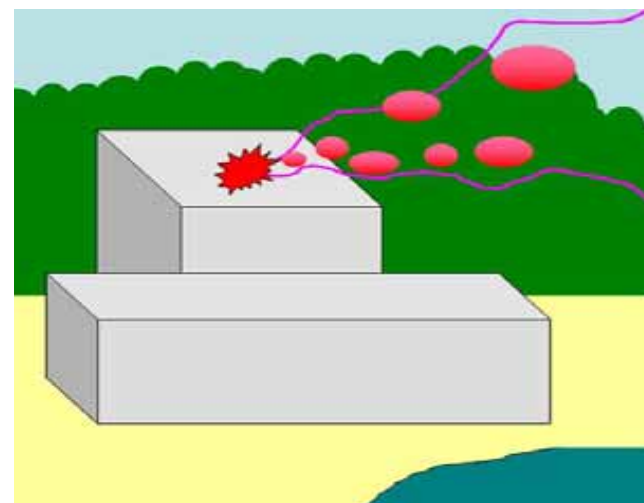
### ■燃料溶融及び溶融燃料の格納容器への落下

前述の保守的な前提条件（約50 /hの温度上昇）では

- 約38時間の注水停止で共晶体（U-Zr-O）の融点（約2200 ）に到達
- 約50時間の注水停止で二酸化ウランの融点（約2800 ）に到達
- 実際には、高温では輻射の効果等が大きくなり、温度上昇は緩やかになるため、燃料溶融までの時間は長くなる方向（詳細評価予定）

### ■核分裂生成物の環境への大量放出

- 環境中に大量の核分裂生成物が放出されることにより、発電所敷地境界において退避目安の線量（10mSv）を超える見込み





## まとめ

---

- 原子炉冷却のための原子炉注水システムは、設備の多重化等によって信頼性を向上させており、想定される単一故障による注水停止時間は30分程度である。
- 原子炉注水が1時間停止した場合の燃料温度上昇は、保守的な仮定をおいた場合にも約50℃。また、原子炉注水が停止して、水-ジルコニウム反応が急激に進展する温度に達するまでの時間は約18～19時間程度。
- 仮に、更に長時間注水が停止した場合には、燃料の再溶解、核分裂生成物の環境への放出等が想定される。
- 原子炉注水システムは原子炉冷却のための極めて重要な設備であるので、今後も信頼性向上に努めてまいりたい。