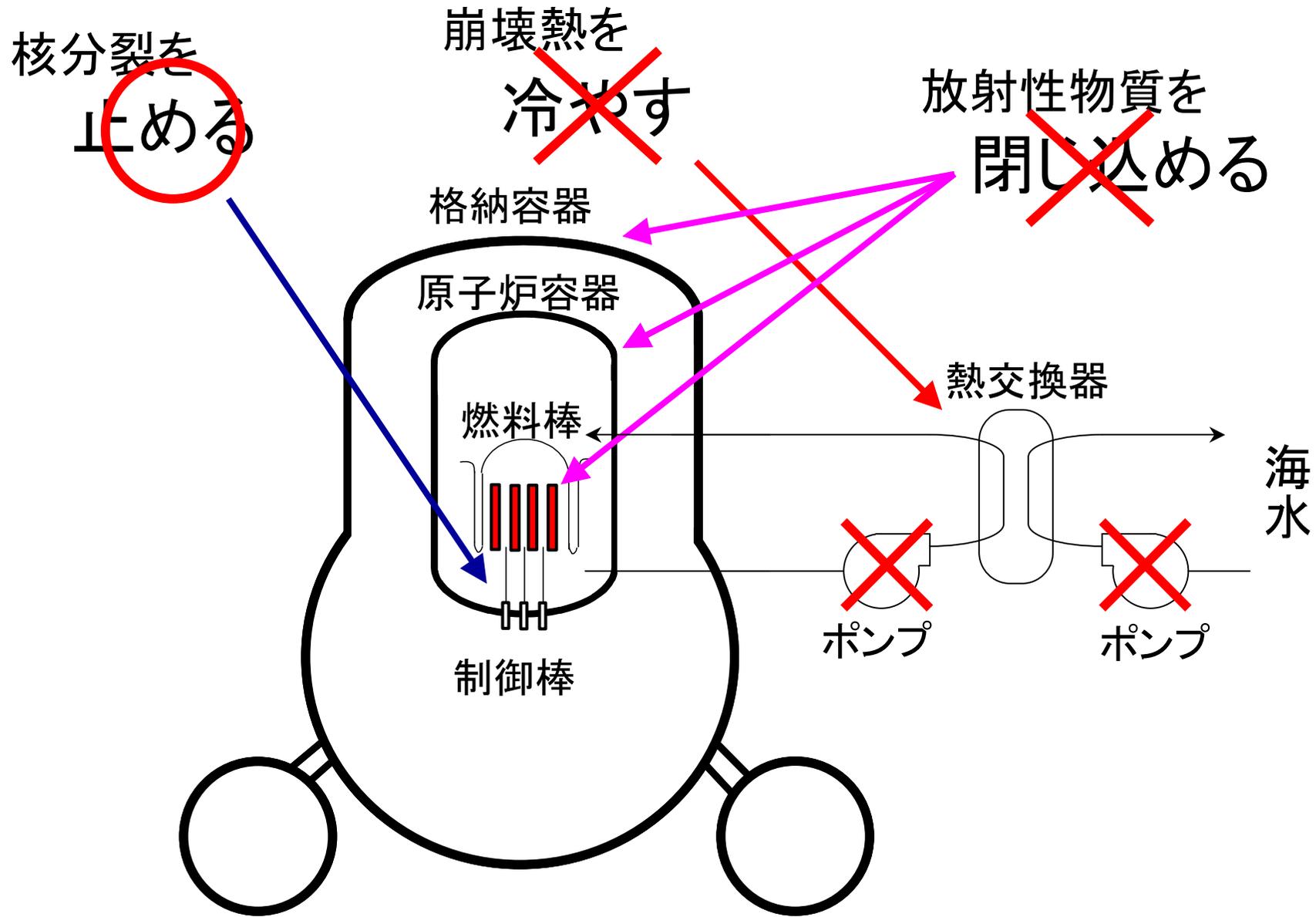


# 原子力発電プラント震災被害と その後の対応

2012年9月1日

岡本孝司

okamoto@n.t.u-tokyo.ac.jp



# 関東地方，東北地方 太平洋岸の原子力，火力発電所

東北電力 **東通発電所**

東北電力 **八戸発電所**

東北電力 **女川発電所**  
(2011/5/16)

東北電力 **仙台発電所**  
東北電力 **新仙台発電所** (2011/6/22)

東京電力 **福島第一発電所**  
東京電力 **福島第二発電所**  
(2012/5/9)

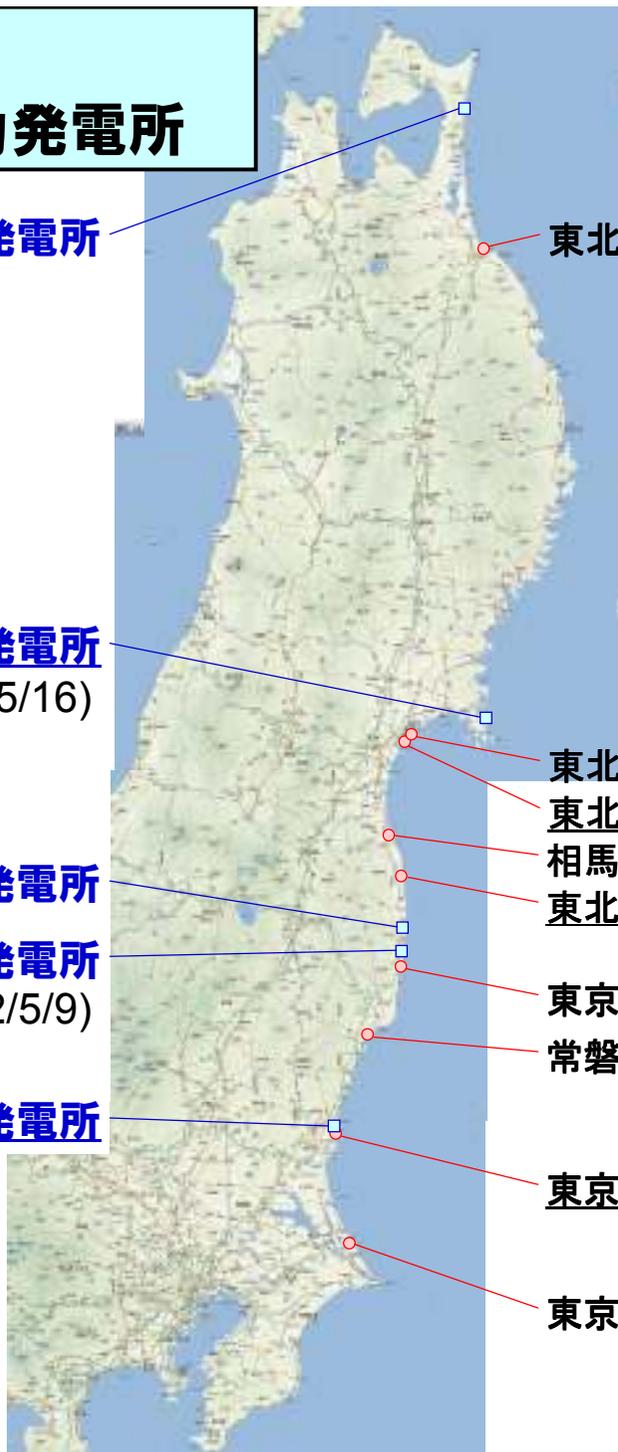
相馬共同火力 **新地発電所**  
東北電力 **原町発電所** (2011/6/21)

東京電力 **広野発電所**  
常磐共同火力 **勿来発電所**

日本原子力発電 **東海第二発電所**  
(2011/4/27)

東京電力 **常陸那珂発電所** (2011/4/27)

東京電力 **鹿島発電所**



## 地震後の原子力プラント状況

	Operation	DiD1	DiD2	
女川	#1	100%出力	炉停止	常用系 M/C 火災
	#2	起動中	炉停止	
	#3	100%出力	炉停止	
福島第一	#1	100%出力	炉停止	外部電源喪失
	#2	100%出力	炉停止	外部電源喪失
	#3	100%出力	炉停止	外部電源喪失
	#4	停止		外部電源喪失
	#5	停止		外部電源喪失
	#6	停止		外部電源喪失
福島第二	#1	100%出力	炉停止	
	#2	100%出力	炉停止	
	#3	100%出力	炉停止	
	#4	100%出力	炉停止	
東海第二		100%出力	炉停止	外部電源喪失

# 福島第一原子力発電所における耐震

- 耐震設計評価
  - 建屋は、概ね弾性範囲にあった
  - シミュレーションによって、重要な機器は健全である事を確認
  - 5号機をウォークダウンし、重要な機器が健全であることを確認
- 津波前後のプラントパラメータを評価
  - 1次系バウンダリのリークを示すパラメータは無い
  - プラントの応答は、損傷が無い事をシミュレーションによって確認

地震では重要な機器は損傷していないと推定

保安院 意見聴取会における報告

<http://www.meti.go.jp/press/2011/02/20120216004/20120216004.html>

政府事故調においても同様の結論

# 地震に対する教訓

- 安全上重要な機器類(耐震クラスS)
  - 女川発電所 損傷していない
  - 福島第一発電所 損傷していないと推定
  - 福島第二発電所 損傷していない
  - 東海第二発電所 損傷していない

大地震に対しても、現行の耐震設計は機能した安全を確保するため、継続的改善を進める必要がある

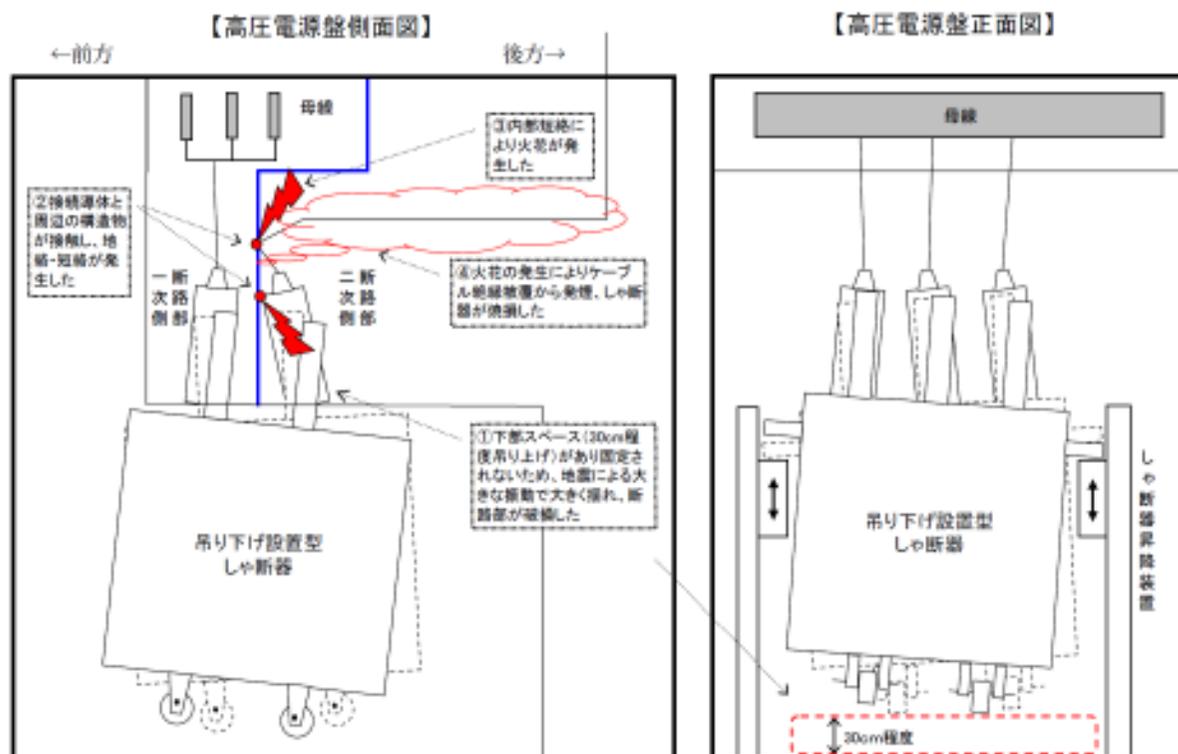
- 安全上重要でない機器(B,Cクラス)は？

# 地震に起因した火災(女川発電所)

耐震クラスSの安全上重要な機器に損傷は無い

耐震クラスB, Cの重要でない機器のいくつかに損傷

1号機常用系M/C(安全上重要ではない)で火災発生



## 地震に起因した溢水(福島第一発電所)

結局、現時点で当委員会が断定的に言えることは、1号機原子炉建屋4階の南側の壁付近で地震発生直後に出水があったということだけである。

国会事故調報告書229ページ

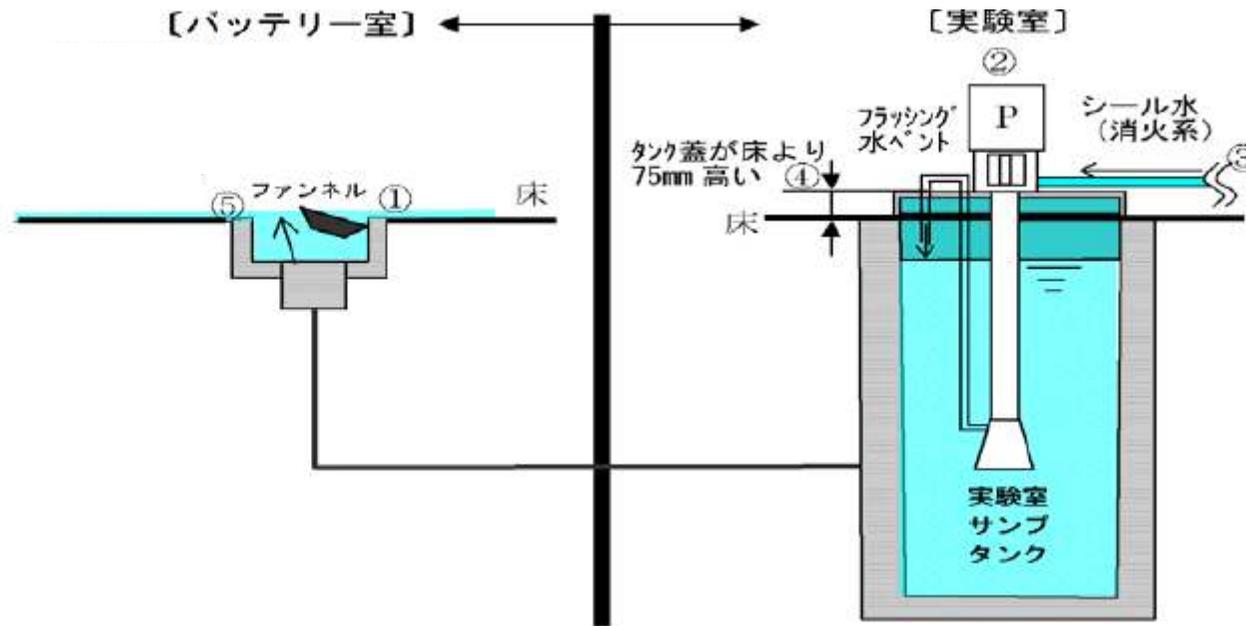
水を内包する配管・タンク類が損傷したと推定

炉心パラメータに変化が無いことから、冷却に大きな影響のある配管等ではないと考えられる  
(安全上重要でない配管等は耐震クラスが低い)

水による他の機器(電気系等)の損傷リスクの顕在化

# 地震に起因した溢水(東海第二発電所)

[www.japc.co.jp/news/press/2011/pdf/230902.pdf](http://www.japc.co.jp/news/press/2011/pdf/230902.pdf)



- 地震 → ゴム栓が外れる。  
→ 外部電源喪失(非常用発電機スタート)  
→ サンプタンクポンプ停止  
→ バッテリー室に水がオーバーフロー

# 地震に対する教訓

- 安全上重要な機器は損傷していないと推定
- 安全上重要でない機器はどうであったか
  - 女川#1 地震による火災発生(東北電力)
  - 福島第一#1 地震による漏水(国会事故調)
  - 東海第二 地震により外部電源喪失  
→ サンプポンプ停止 → 蓄電池室浸水  
(日本原子力発電)

安全上重要でない機器の破損による  
火災・溢水リスク

# 安全上重要でない機器の損傷がリスクとなる教訓への対応策

- ハードウェア対策
  - 電源盤(M/C, P/C)を耐震性の高いものに更新
  - 不要なドレンラインの閉止
- ストレステストでの確認
  - 地震により耐震クラスの弱い配管が損傷し、水が建屋内に流れ込むとして検討
- 研究開発の推進
  - 耐震クラスの低い機器類が及ぼす影響評価
  - 地震に起因する火災や溢水に対するリスク評価

## 津波直後のプラント状態

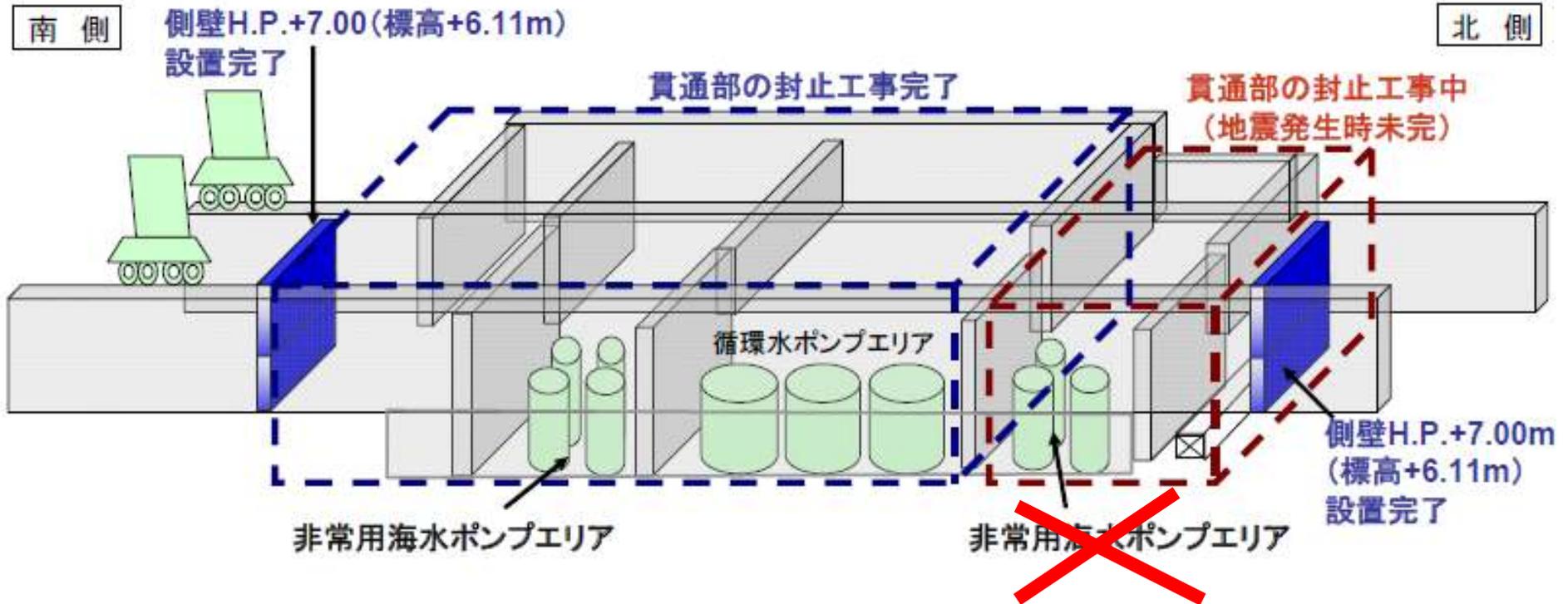
DiD3    DiD4(AM)    DiD5(Emergency)

女川	#1			
	#2	2D/G ×		
	#3			
福島第一	#1		SBO, LUHS	炉心損傷、水素爆発
	#2		SBO, LUHS	炉心損傷
	#3		SBO, LUHS	炉心損傷、水素爆発
	#4		SBO, LUHS	水素爆発
	#5		SBO, LUHS	
	#6		LUHS	
福島第二	#1		LUHS	
	#2		LUHS	
	#3			
	#4		LUHS	
東海第二		1D/G ×		

SBO: 全交流電源喪失、LUHS: 最終熱逃場喪失

# 東海第二発電所の津波による影響

[www.meti.go.jp/press/2011/04/20110407003/20110407003.pdf](http://www.meti.go.jp/press/2011/04/20110407003/20110407003.pdf)



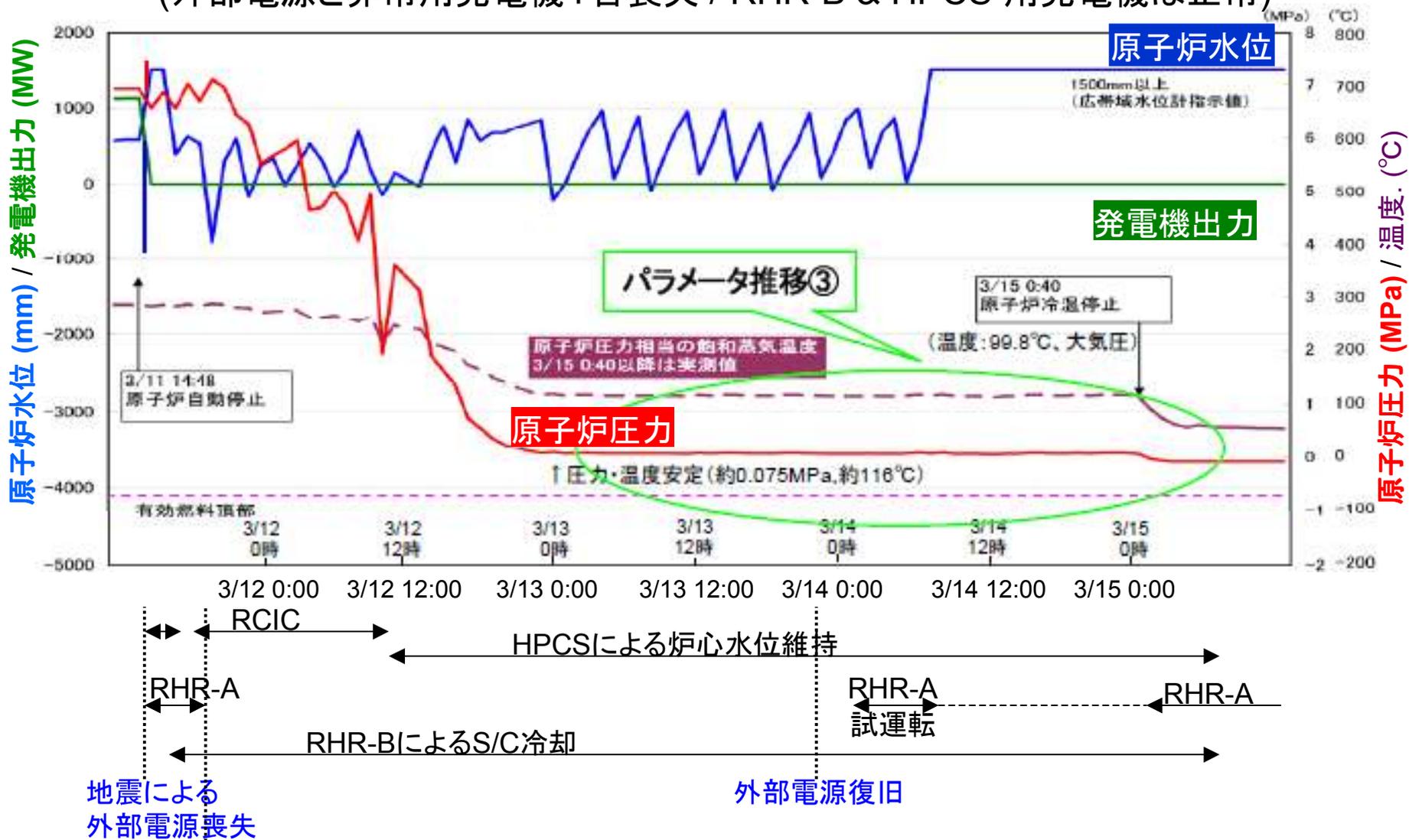
津波  
(6.3m)



側壁  
(7.0m)

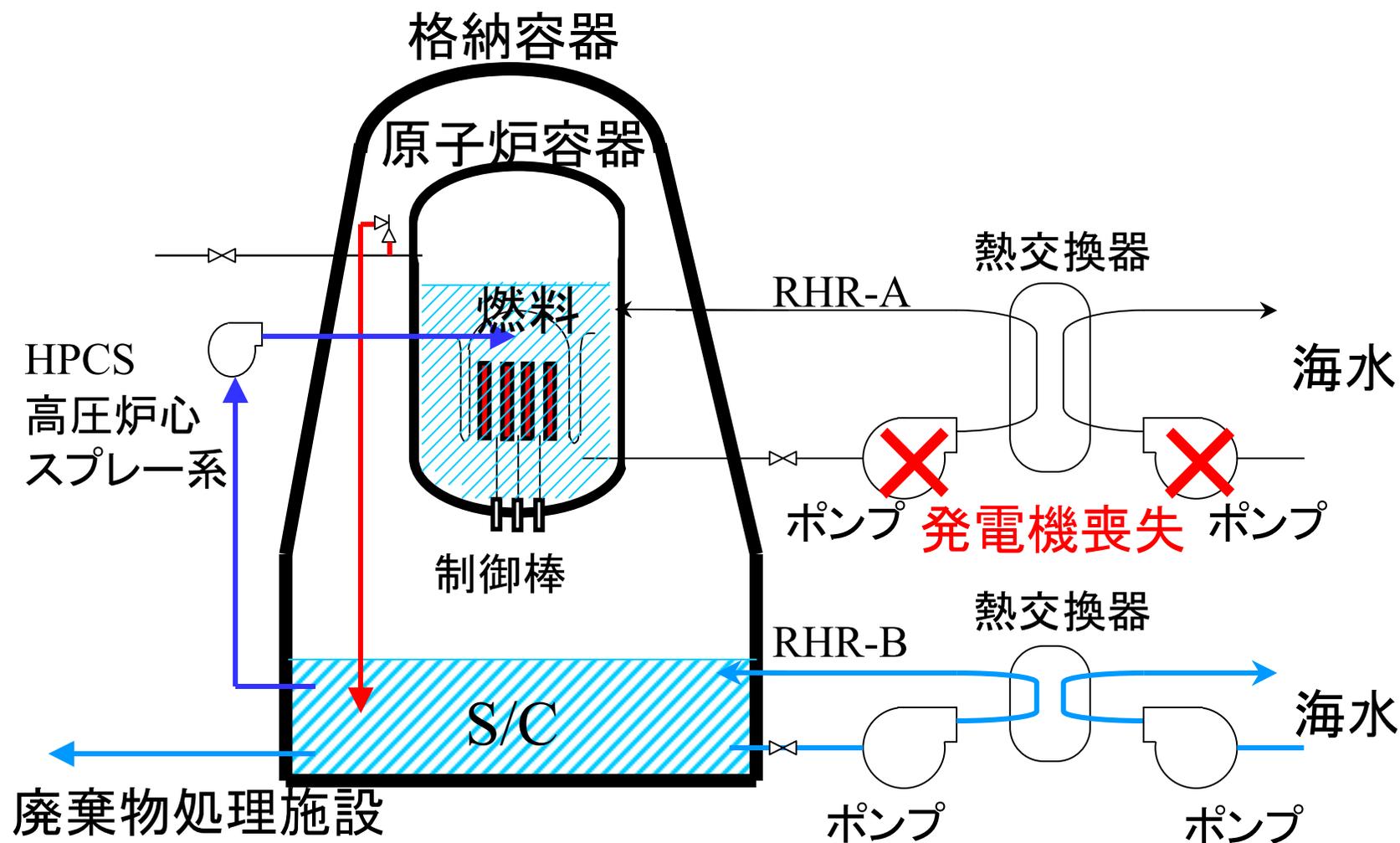
# 地震・津波後の東海第二発電所

(外部電源と非常用発電機1台喪失 / RHR-B & HPCS 用発電機は正常)



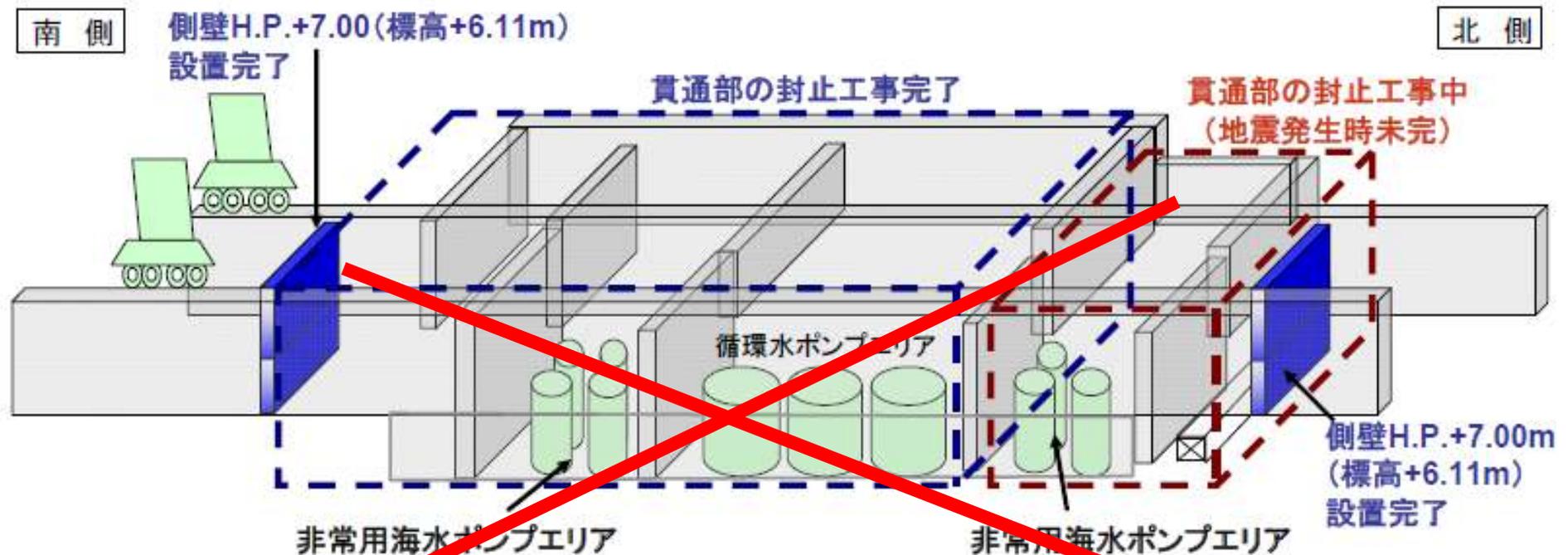
# 津波後の東海第二模式図

炉心はRCIC と HPCSで冷却



# 東海第二発電所の津波による影響

[www.meti.go.jp/press/2011/04/20110407003/20110407003.pdf](http://www.meti.go.jp/press/2011/04/20110407003/20110407003.pdf)



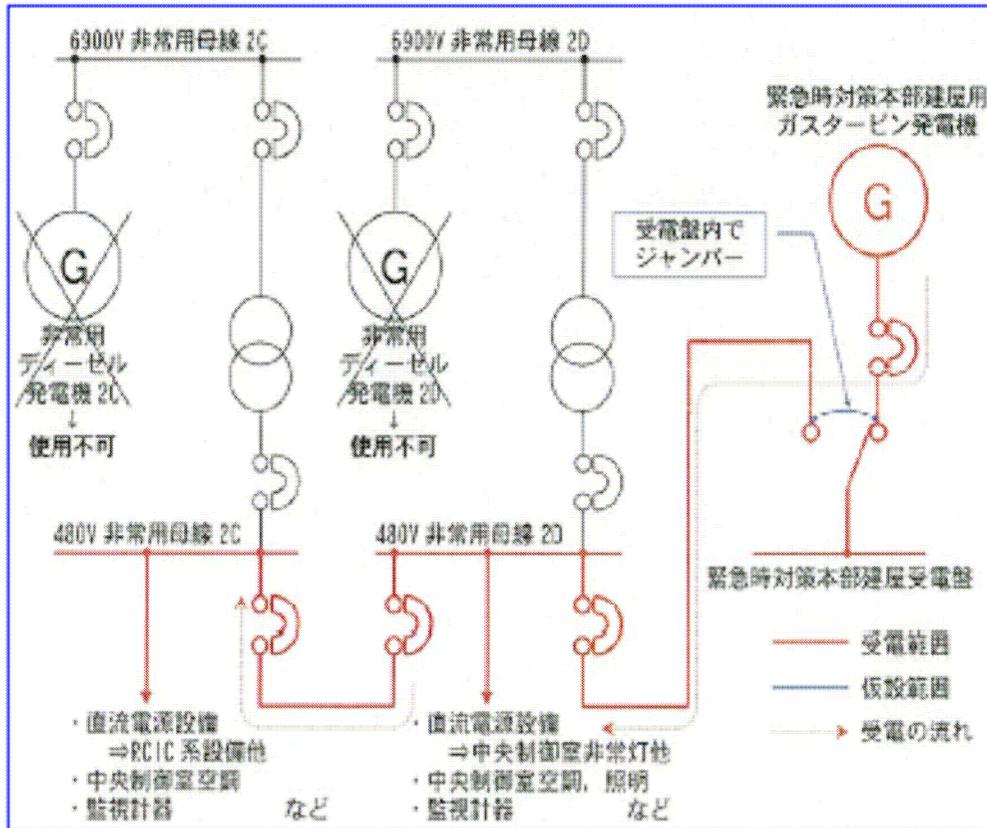
津波 (6.3m) < 側壁 (7.0m)

もしも、津波の高さが側壁よりも高かったら

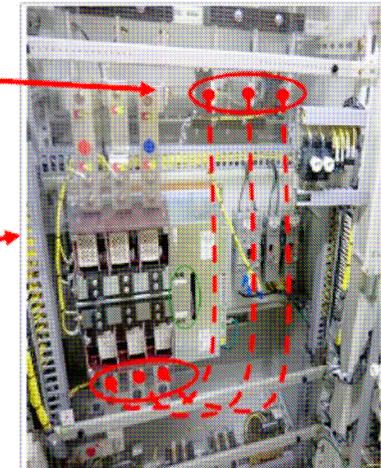
→ 全交流電源喪失 + 最終熱逃し場喪失 (福島第一?)

# もしもSBO+LUHS

福島第一との大きな違い  
蓄電池が利用できた  
蓄電池に充電ができた

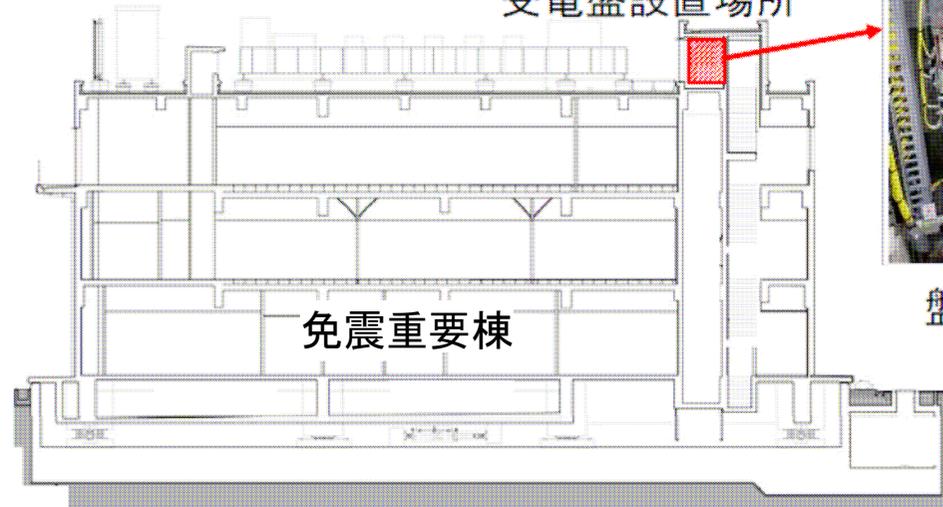


ケーブルを接続



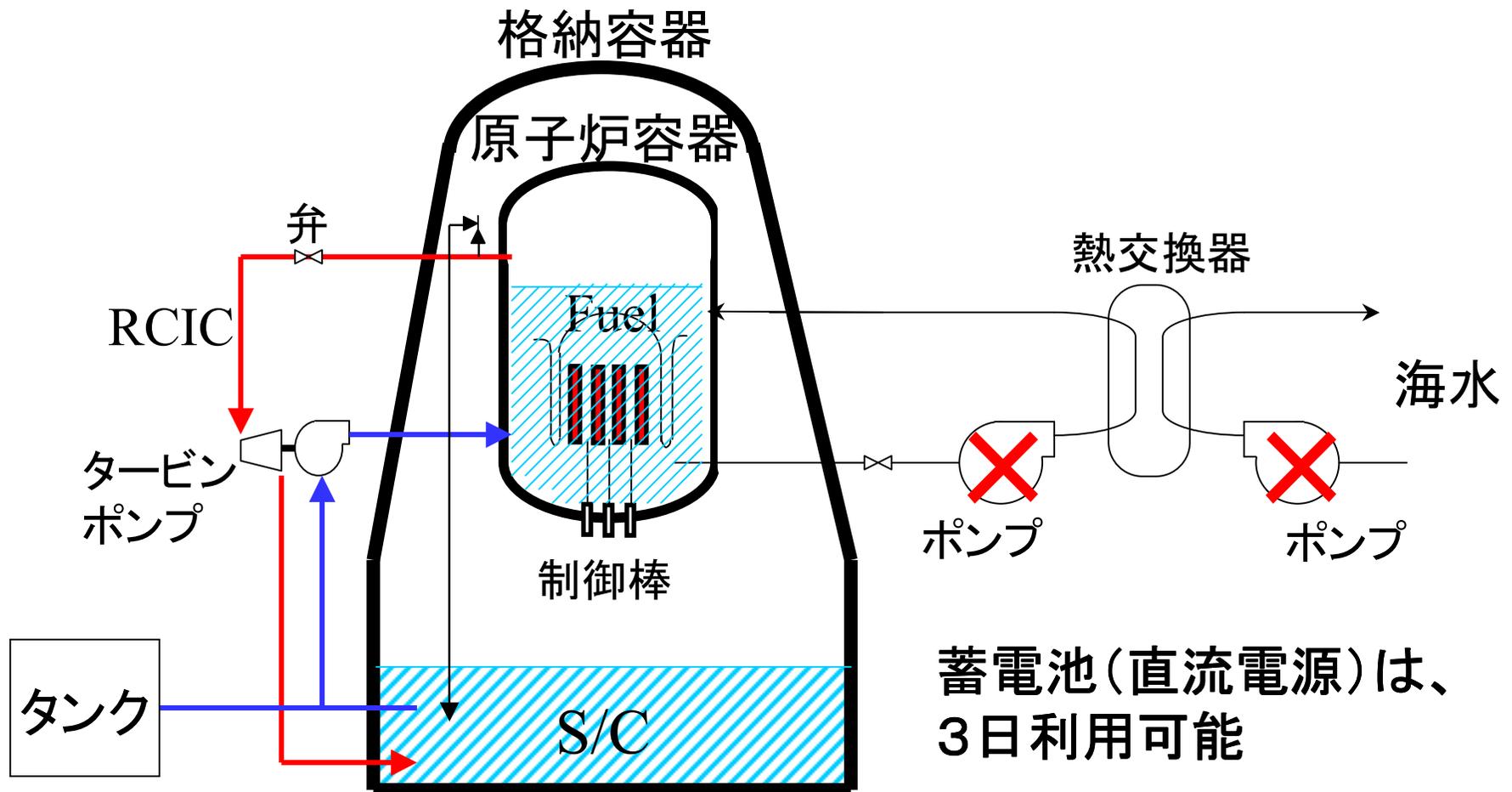
盤内の接続箇所

受電盤設置場所



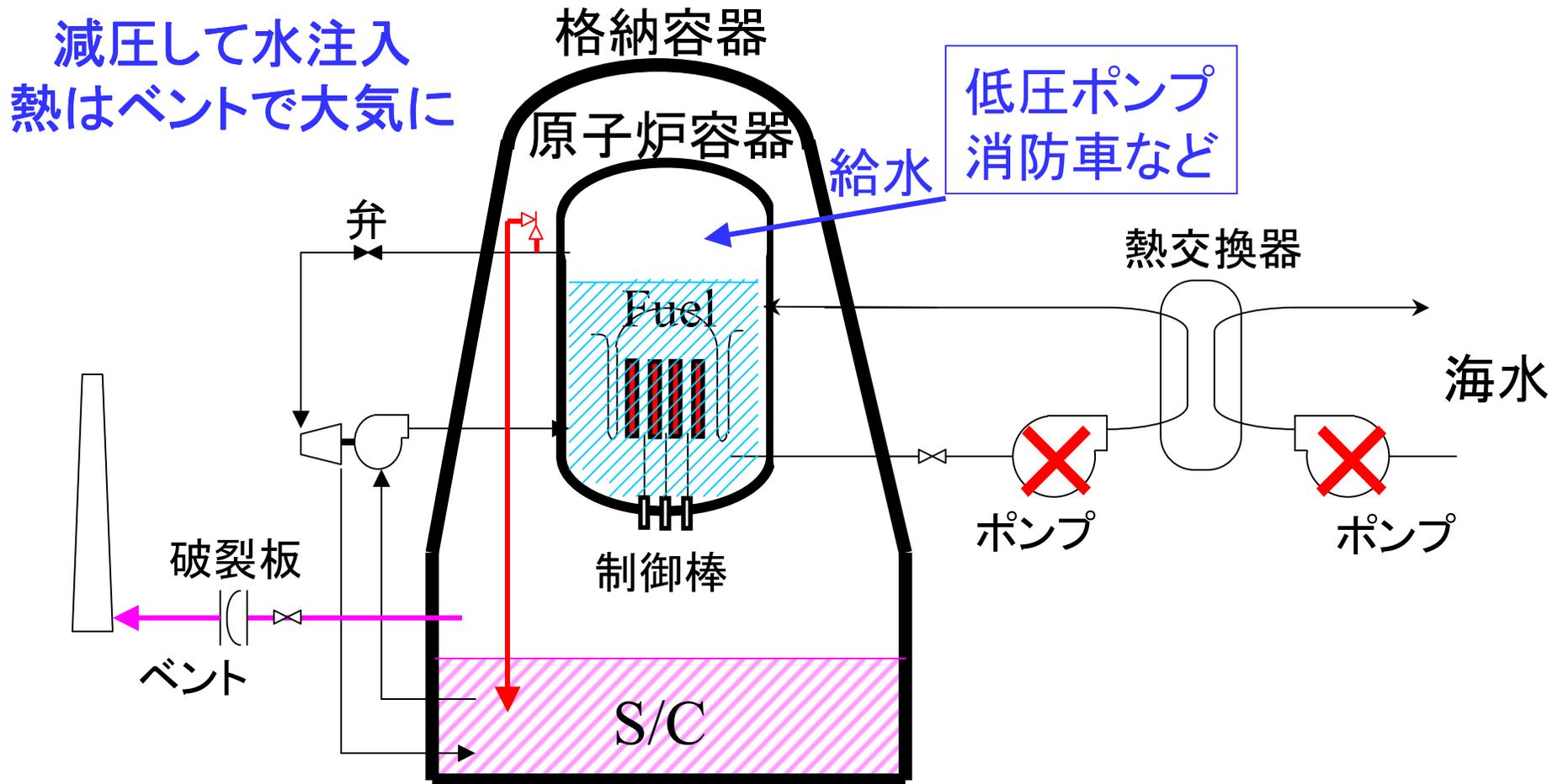
免震重要棟屋上に  
ガスタービン発電機  
(500kVA)があり、  
その電気で対応が  
可能であったと推定

# 東海第二発電所で津波の高さがもう少し高く、 SBO と LUHS が起きた場合のシミュレーション



ガスタービン発電機(500kVA)により、  
原子炉の制御・計測・冷却が可能であったと考えられる

# 東海第二発電所で津波の高さがもう少し高く、 SBO と LUHS が起きた場合のシミュレーション



蓄電池＋ガスタービン発電機により制御  
外部電源復旧により、安全に冷温停止が可能であった

# 東海第二発電所からの教訓

- **継続的改善**が重要である
  - 防災計画の見直しにより、防潮壁の高さを高くする工事中であった
  - 中越沖地震の教訓で免震重要棟、ガスタービン発電機を整備していた
- 電源の多重性・多様性を充実させる
  - シミュレーションで蓄電池と充電の重要性を再認識

→ 緊急対策でハードソフトの充実  
ストレステストで対策有効性の確認