

福島第一原子力発電所事故について (4号機使用済み燃料プールを中心に)

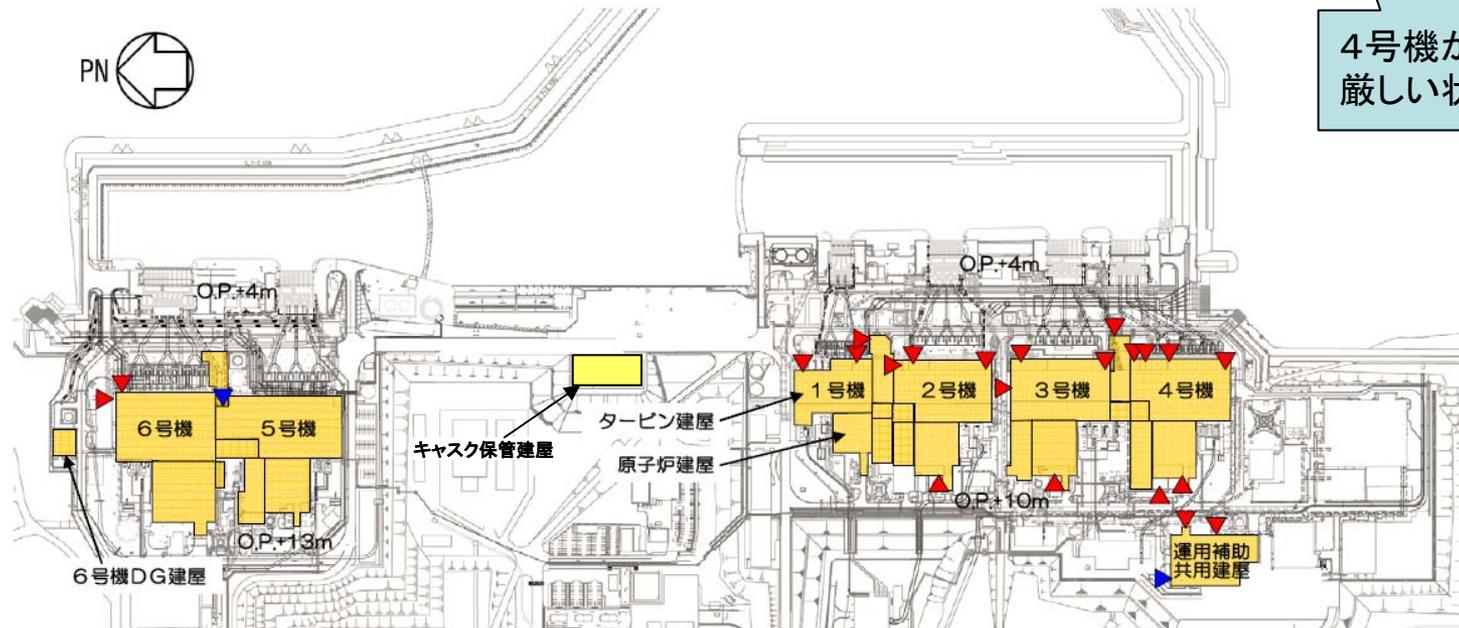
平成24年8月10日

東京電力(株)原子力品質・安全部原子力安全グループ
宮田 浩一

使用済み燃料の保管状況

号機	使用済み燃料体数 (新燃料体数)	崩壊熱(MW) 3/11時点	プール水量(m ³)
1号機	292(100)	0.18	990
2号機	587(28)	0.62	1390
3号機	514(52)	0.54	1390
4号機	1331(204)	2.26	1390
5号機	946(48)	1.01	1390
6号機	876(64)	0.87	約1450
共用プール	6375(-)	1.13	約4000
キャスク保管庫	408(-)	-	-

4号機が最も熱的に
厳しい状態であった



▼ : 主要建屋内への浸水経路になったと考えられる地上の開口
▼ : 主要建屋内への浸水経路になったと考えられる地下のトレンチ・ダクトへ接続する開口

① 4号機のプラント挙動

4号機におけるイベント

4号機の状態：定期検査中、シュラウド取替工事のため原子炉内から全燃料を使用済燃料プールに取り出され、使用済燃料プールには燃料集合体1535体が貯蔵

3月11日14時46分：地震発生

3月11日15時30分前後：津波襲来

直流電源及び交流電源がすべて喪失
使用済燃料プールの冷却機能喪失、補給水機能喪失

3月14日4時08分：水温84℃(運転員確認)

3月15日6時14分頃：衝撃音と振動発生

原子炉建屋5階屋根付近に損傷を確認
(後日調査で4号機爆発音と判明)

3月16日：上空よりプールの水面確認

3月20日：放水車による放水(淡水)

3月22日：コンクリートポンプ車による注水開始(海水)

3月30日：コンクリートポンプ車による注水(淡水)

【フェーズA】

地震による損傷はないと考えられたことから、SFP水位がTAFまで低下するのは3月下旬と推定し、1～3号炉心冷却を優先しながら4号SFPの冷却の復旧を検討していた。

【フェーズB】

爆発の原因(課題1)や影響の程度(課題2)のみならず、水位が確保されているかも不明(課題3)な中、代替の冷却手段を模索していた。
ただし、建屋周辺線量は人がアクセス出来る程度であった。

【フェーズC】

水面が確認できたため、リアルタイムでの水位測定はできていなかったが、1～4号SFPの冷却の優先順位を考えながら注水した。
ただし、燃料の状態はわからないままであった。

課題1 水素爆発の原因は？M-W反応？

課題2-1 プールは健全か？

課題2-2 燃料は健全？

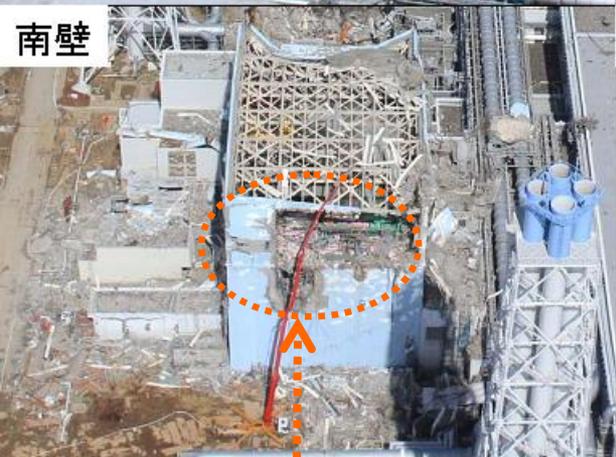
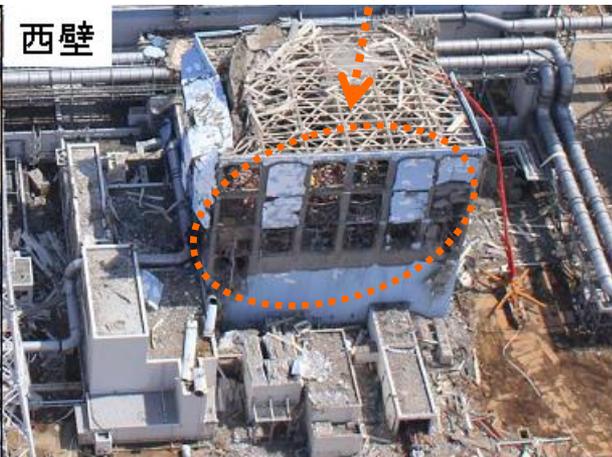
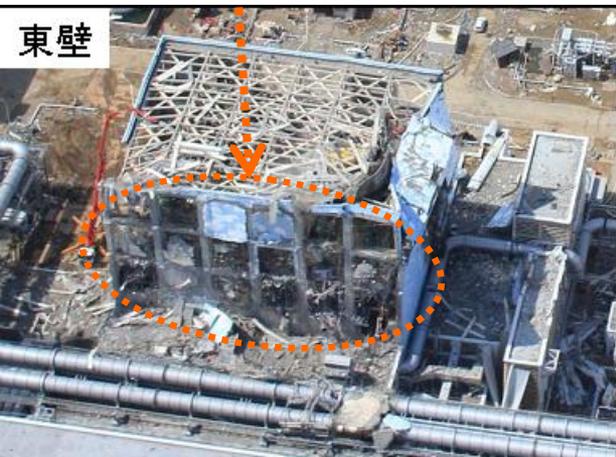
課題3 水位は？

7月31日：代替冷却系による冷却開始

課題1 水素爆発の原因は？ — 4号機の爆発後の外観

5階壁多くの壁が損傷も一部残存、4階はほぼ全面損傷

5階壁多くの壁が損傷も一部残存、4階はほぼ全面損傷、3階は北部のみ一部損傷



5階は西側が一部残存するも、その他は柱も含め損傷、4階は1面のみ損傷

5階は一部のみ損傷、4階は西側が大きく損傷、3階は西端が損傷

○原子炉建屋5階(オペフロ)の壁の全面及び3, 4階部分にも損傷

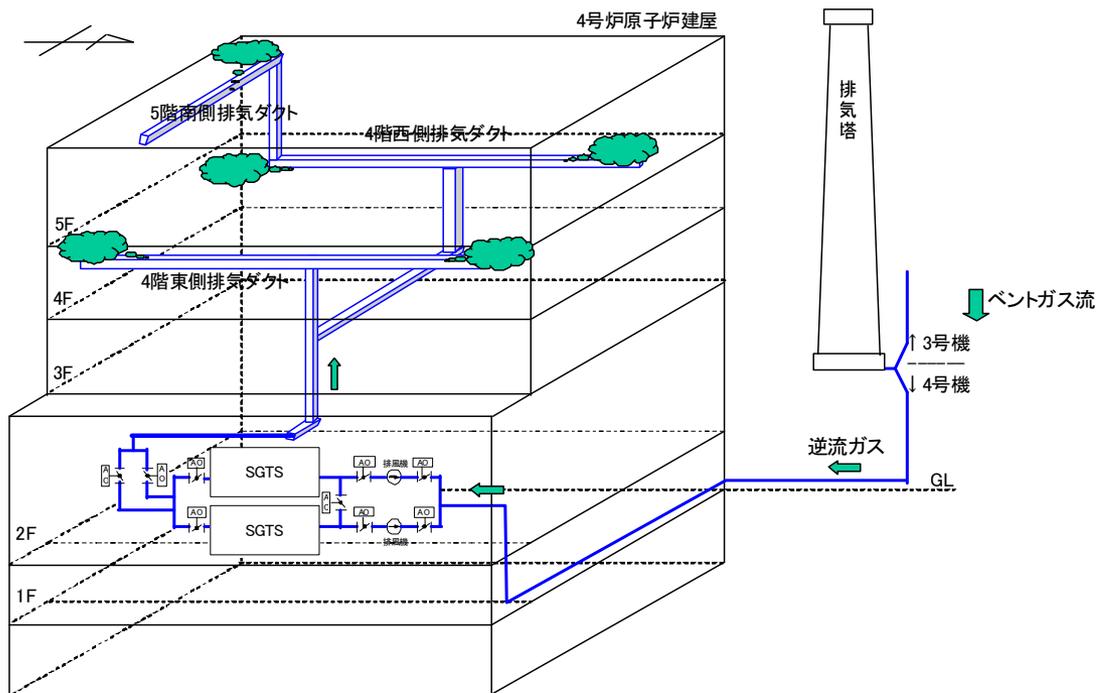
○鉄筋コンクリート造の壁が広範囲に損傷した一方で、屋根トラスや柱がある程度の形状を維持して残存

○水素は、3号機のベント流がSGTSを経由して流入と推定 (SGTS線量測定により確認)

○原子炉建屋の調査の結果、爆発は4階のSGTSダクト内で発生したと推定

課題1 水素爆発の原因は？

－4号機における水素の所在

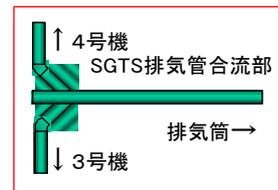


○使用済み燃料の過熱に伴う水素発生
⇒水位が維持されていたため否定

○油の気化
⇒建屋温度は100℃を超えないため否定

○持ち込み可燃性ガス
⇒ボンベ等では大規模爆発しないため否定

○使用済み燃料プールにおける放射線分解
⇒爆発に至るほどの量は発生せず否定



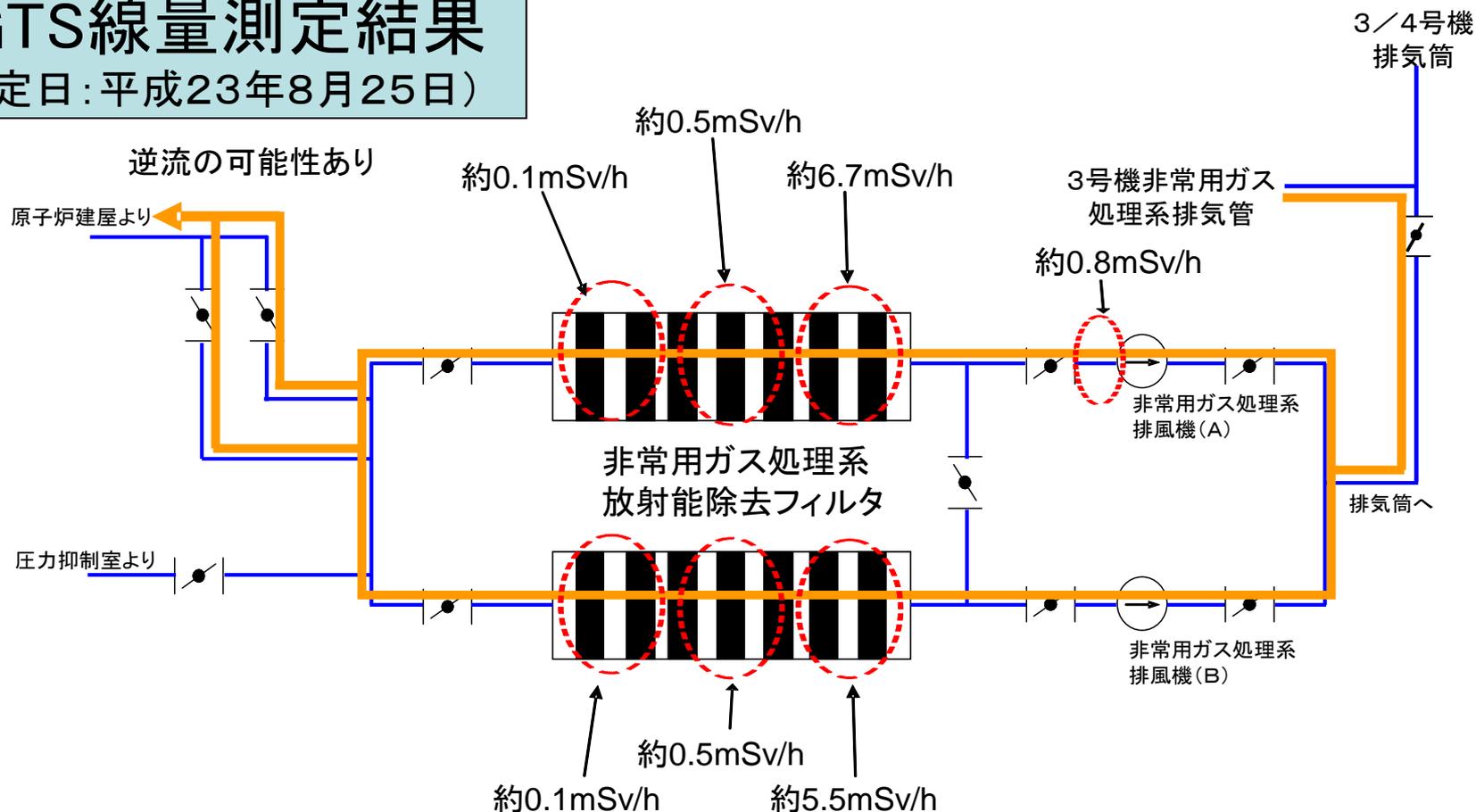
3号機から4号機への水素の流入経路



課題1 水素爆発の原因は？ - SGT5フィルタの線量測定結果

SGT5線量測定結果

(測定日:平成23年8月25日)



○4号機のSGT5には、電源喪失時に逆流を制限するダンパなし

○3号機側の線量が高い

⇒3号から4号に向かった放射性物質の流れの存在

○4号機側の線量は低く、4号機の建屋線量が1～3号機と比較して低いことと整合

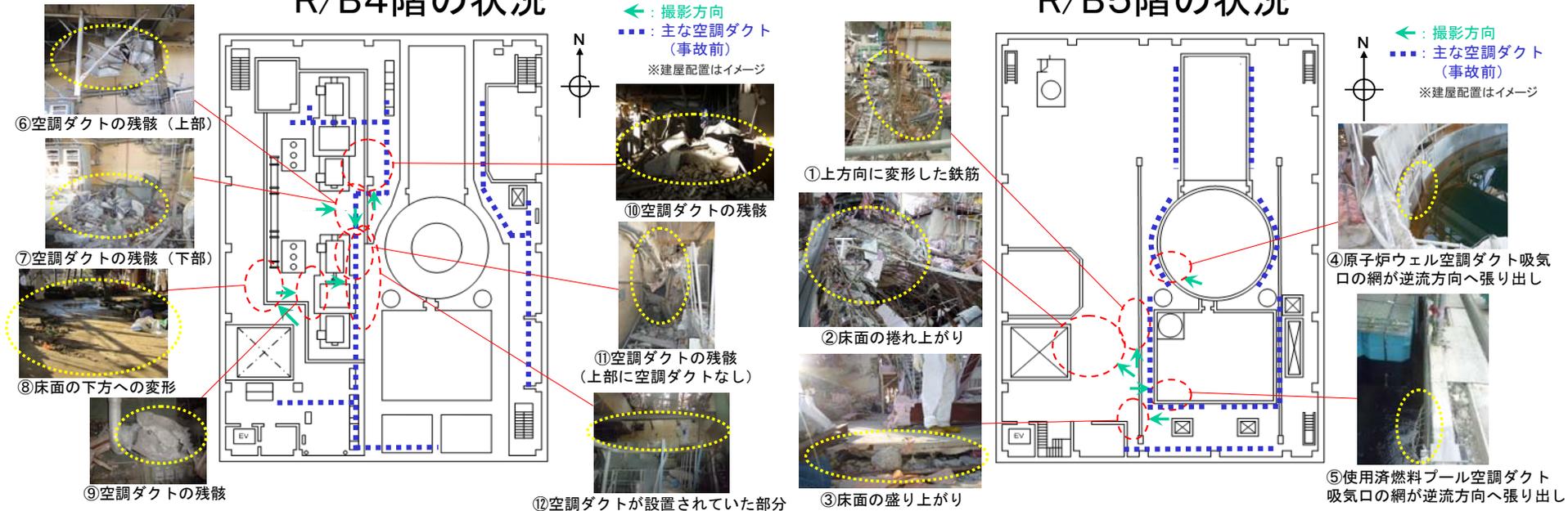
課題 1 水素爆発の原因は？ ー原子炉建屋内の状況

- R/B5階の床面が上に盛り上がっている
- R/B4階の床面が押し下げられている
- R/B5階の空調吸気口の網が逆流方向に張り出し
- R/B4階では、空調ダクトの残骸と推定されるガレキが多数存在

主な圧力の発生箇所は、R/B4階の空調ダクト付近であると推定

R/B4階の状況

R/B5階の状況



課題2-1 プールは健全？ ー構造上の健全性

○ 使用済燃料プールの状況

使用済燃料プール下部にあたる2階で漏水等は発生していない

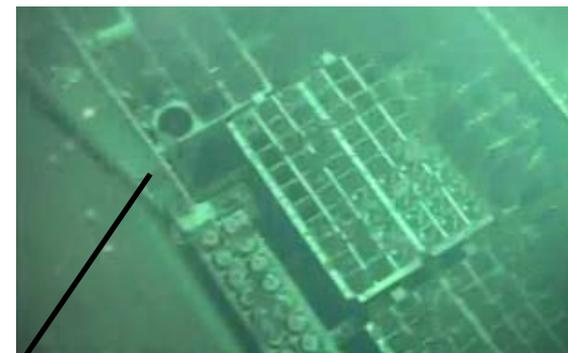
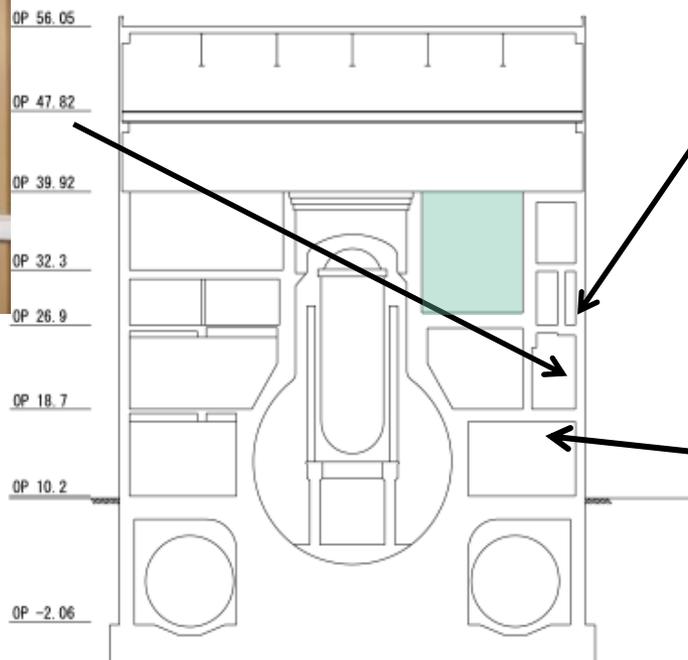
○ プール周辺の壁の状況(シェル壁)

1階、2階のシェル壁については、建屋内の調査により損傷が無いことを確認

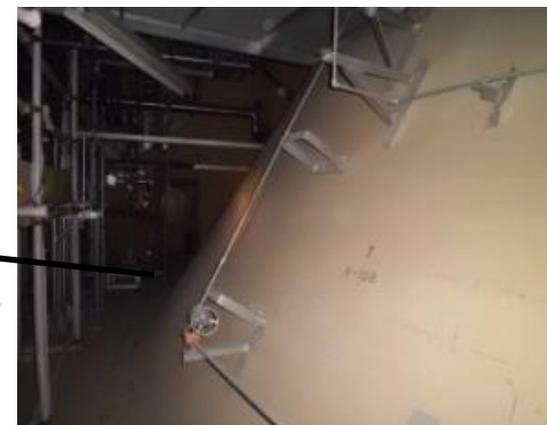
3階のシェル壁は、厚さが1850mmであり構造上問題は無いものと評価



使用済燃料プール下部(床)の状況
(H23. 5. 21撮影、下階から天井を見上げた写真)



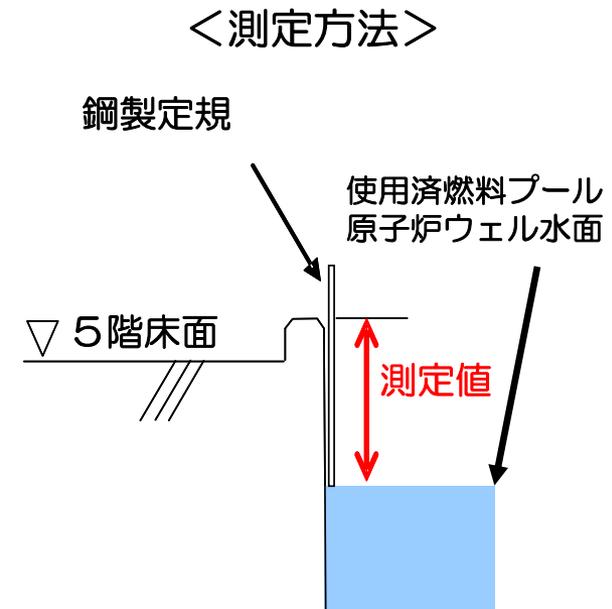
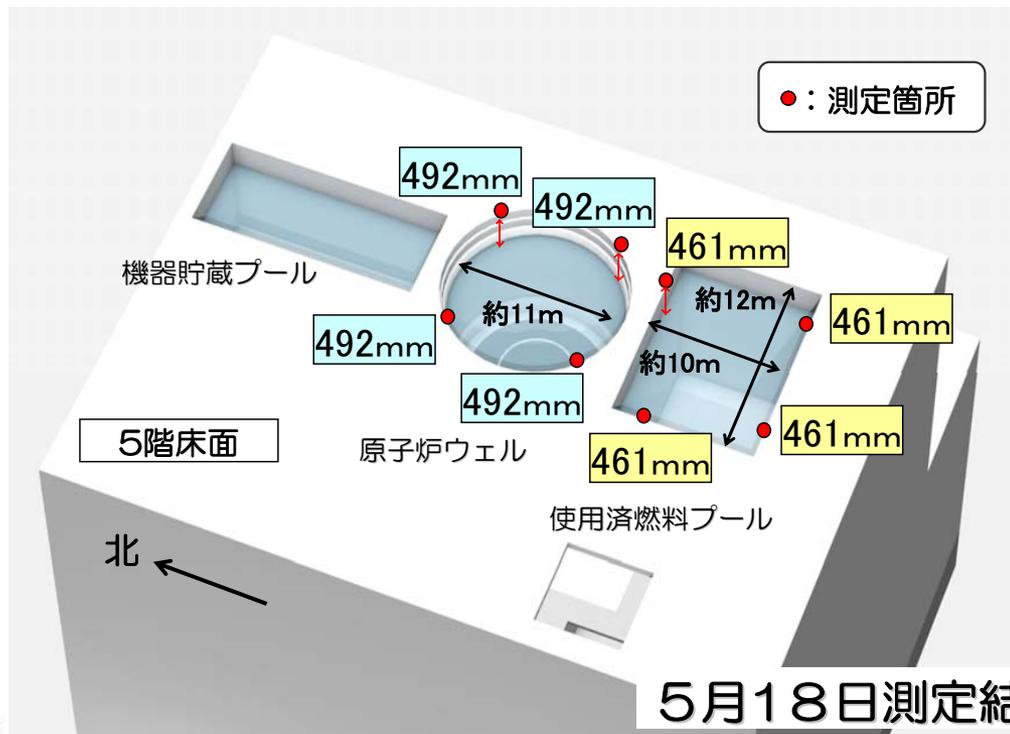
使用済燃料プール内の状況



シェル壁の状況

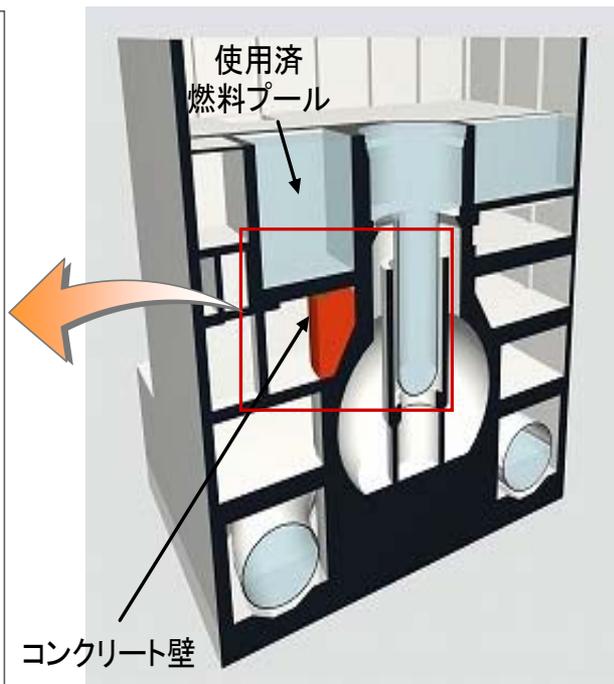
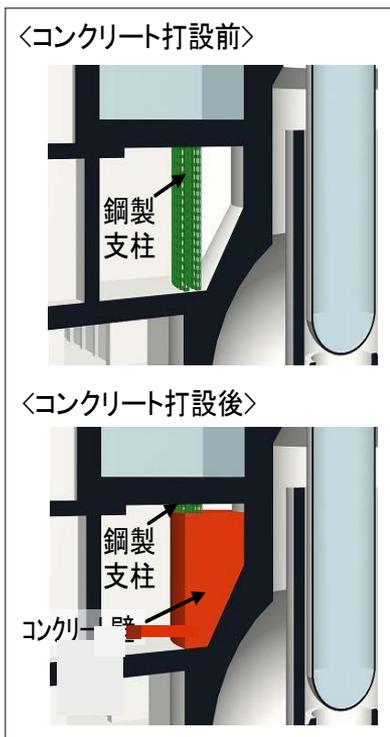
課題2-1 プールは健全？ —プールの傾き・建屋の傾き

- 5階床面と原子炉ウェルおよび使用済燃料プールの水面の距離を計測
 - 四隅の測定値がほぼ同じであり、5階床面と水面が平行であることを確認
(既に、H24.2.7とH24.4.12の2回実施し、建屋が傾いていないことを確認済み)
 - 外壁面の定点を、光学機器により計測することで、外壁面の垂直度を確認
 - 全ての定点において、建築基準法の制限値以内(※)であり、建物全体は傾いていない
- ※建築基準法における許容応力度計算において、傾きは1/200以内であることが定められている。



課題2-1 プールは健全？ —耐震裕度向上工事

- 再び東北地方太平洋沖地震と同程度の地震(基準地震動 S_s)が発生しても、使用済燃料プールを含め、原子炉建屋が壊れないことを解析により確認しました。
- 4号機燃料プール底部を補強して、耐震余裕度を20%以上向上させました。



※鋼製支柱(緑)の設置後、
コンクリート(赤)を打設



鋼製支柱設置状況
(2011/6/20撮影)

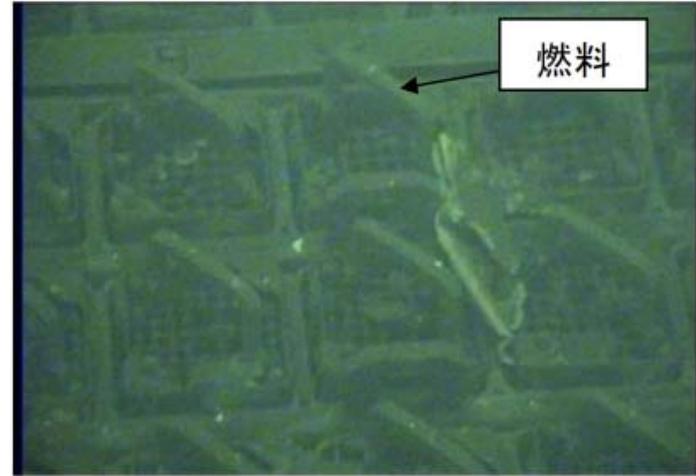


コンクリート打設状況
(2011/7/21撮影)

課題2-2 燃料は健全？ —プール内映像とサンプリング結果

(1) 使用済み燃料プール内の撮影結果

- 複数回に亘る使用済み燃料プール内の撮影
(平成23年4月29日、5月7日、平成24年2月9日)
- 使用済み燃料プール内のがれき分布状況調査
(平成24年3月15日～21日)
- これまでのところ燃料ラックの異常は確認されず



(2) 使用済み燃料プール水の核種分析結果

- 4号機の使用済み燃料プール水から検出されたセシウムは1～3号機よりも2桁以上低い濃度
(確認された放射性物質は1～3号機の炉心由来の可能性が高い)

検出核種	半減期	濃度 (Bq/cm ³)				
		H23 4/12	H23 4/28	H23 5/7	H23 8/20	(参考) H24 3/4
セシウム 134	約2年	88	49	56	44	検出限界未満
セシウム 137	約30年	93	55	67	61	0.13
よう素131	約8日	220	27	16	検出限界未満	検出限界未満

燃料の大規模な損傷はなかったものと推定

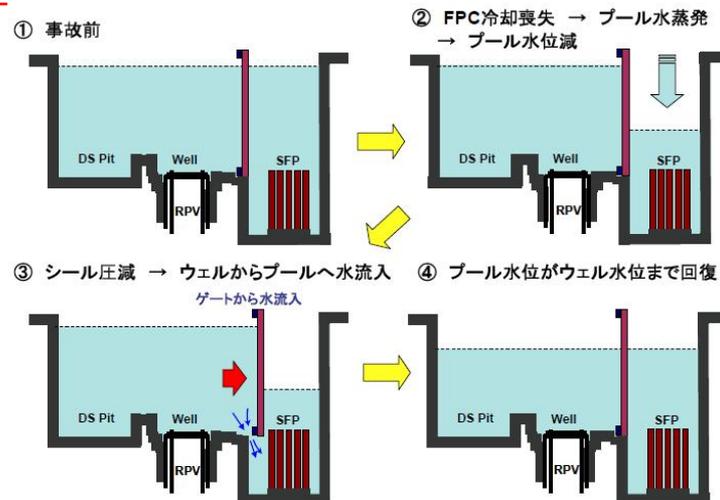
課題3 水位は？ 一水位評価と実績

○定期検査終了後の全燃料取り出し状態であり、熱的に最も厳しかった

(燃料が露出するのは3月下旬と推定していた)

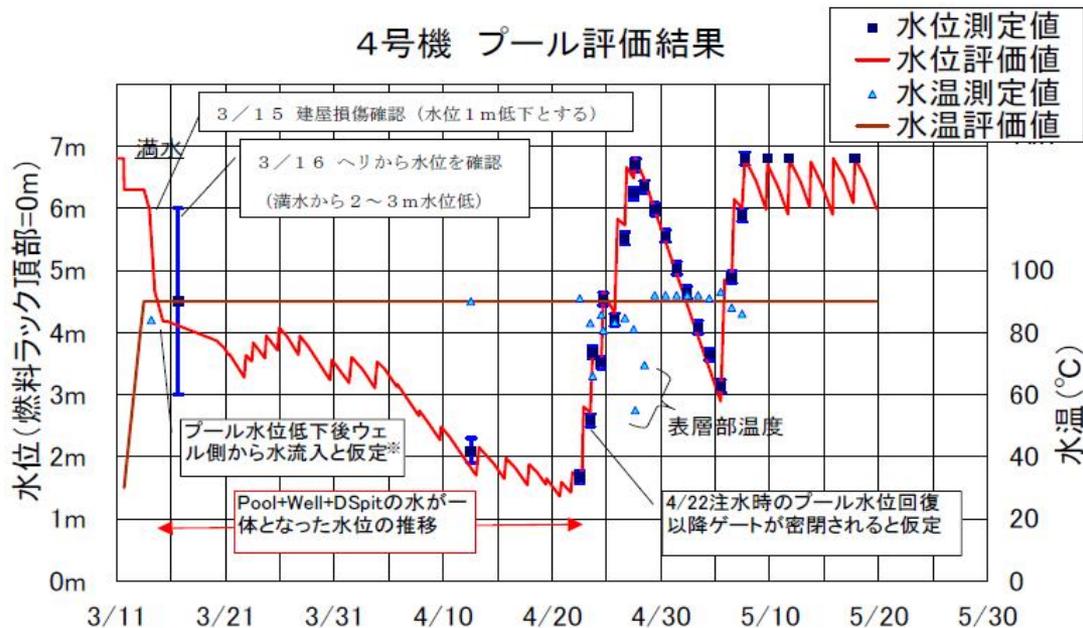
○プールゲートを介して原子炉ウェルの水が流入し、水位低下が緩慢に

○プール内の写真及びプール水サンプリングの結果から、燃料の健全性は維持しているものと評価



プールゲートからの水流入メカニズム

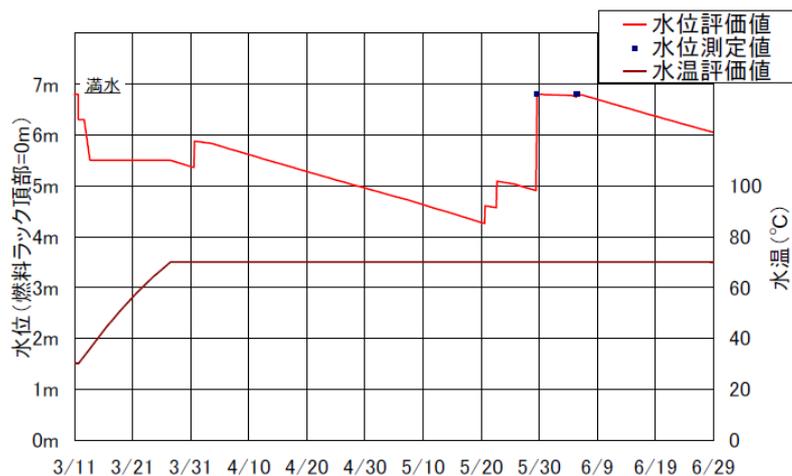
4号機 プール評価結果



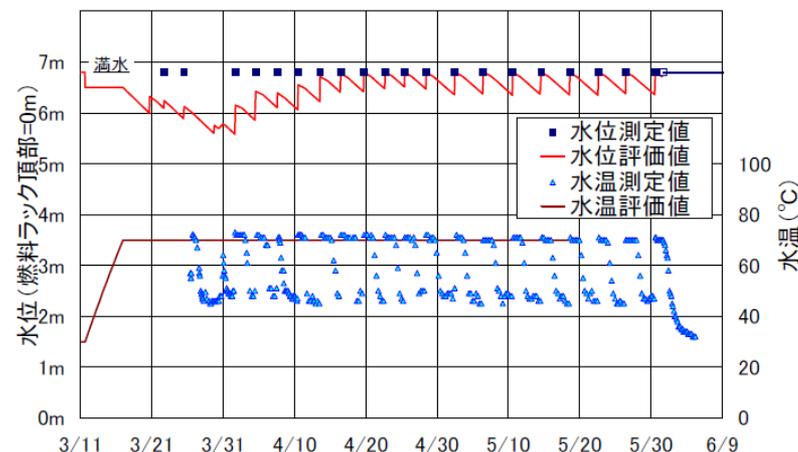
※:水位評価値においては、ウェル・DSピット側からプール側への水の流入を考慮している。

② 4号機以外のプール等の状態

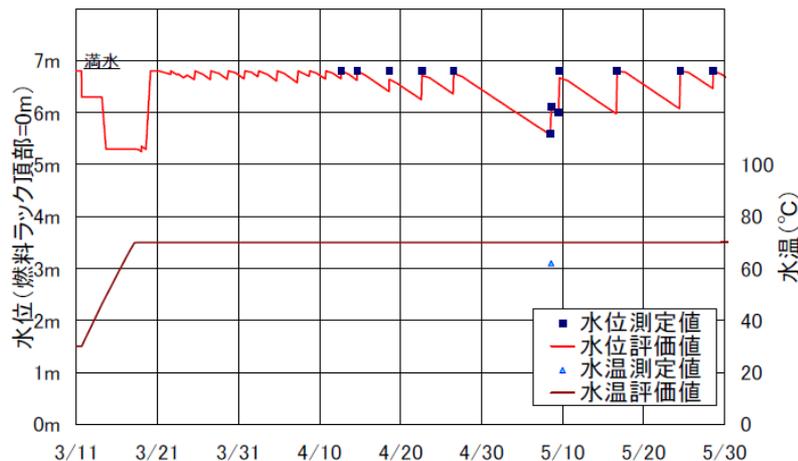
1～3号機使用済み燃料プールの温度・水位評価



1号機使用済み燃料プールの温度・水位



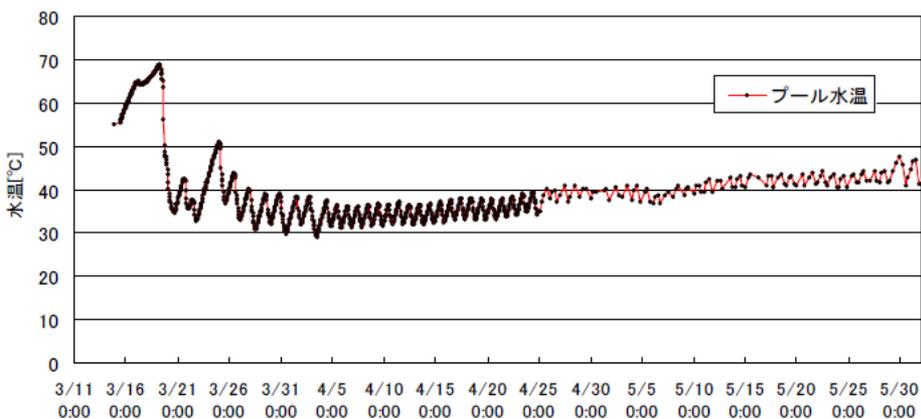
2号機使用済み燃料プールの温度・水位



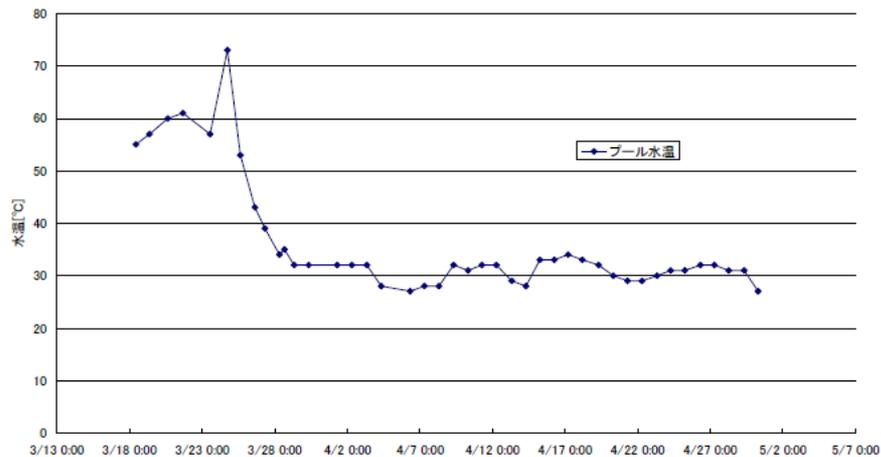
3号機使用済み燃料プールの温度・水位

- 崩壊熱が小さく、温度は70°C程度で推移
- 蒸発に伴う水位低下あるが、水深は確保
- 1, 3号機は原子炉建屋爆発でもプール機能は維持

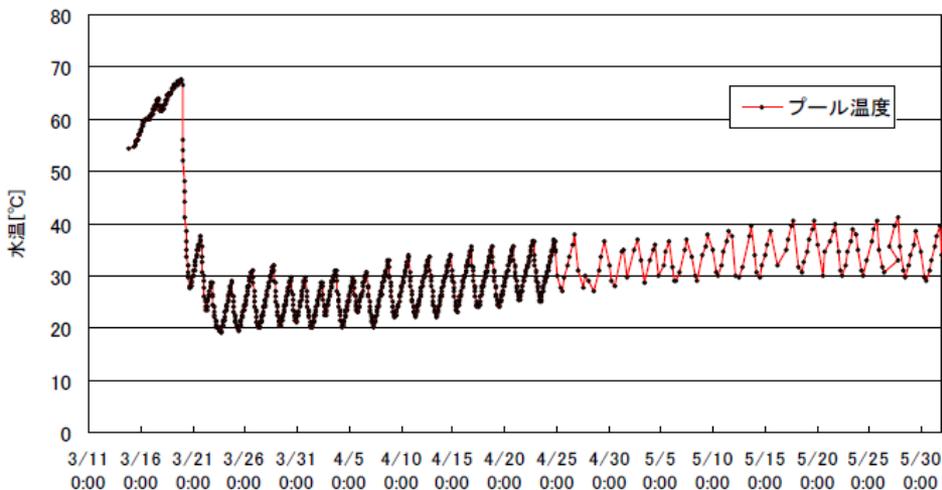
5, 6号機使用済み燃料プール、共用プールの温度



5号機使用済み燃料プールの温度



共用プールの温度



6号機使用済み燃料プールの温度

- 崩壊熱が小さく、温度は70°C程度まで上昇
- 燃料の冷却に支障なし

1～3号機使用済み燃料プール水位サンプリング

検出核種	半減期	濃度 (Bq/cm ³)			
		6/22採取	8/19採取	(参考) 1号機SFP水 (2/11)	(参考) 1号機T/B地下階たまり水 (3/26)
Cs-134	約2年	12,000	18,000	検出限界未満	1.2×10^5
Cs-137	約30年	14,000	23,000	0.078	1.3×10^5
I-131	約8日	68	検出限界未満	検出限界未満	1.5×10^5

1号機スキマサージタンク水サンプリング結果

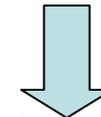
検出核種	半減期	濃度 (Bq/cm ³)				(参考) 3号機タービン地下たまり水 (4/22)
		3号SFP水				
		5/8採取	7/7採取	8/19採取	(参考) 3/2採取	
Cs-134	約2年	140,000	94,000	74,000	検出限界未満	1,500,000
Cs-136	約13日	1,600	検出限界未満	検出限界未満	検出限界未満	44,000
Cs-137	約30年	150,000	110,000	87,000	検出限界未満	1,600,000
I-131	約8日	11,000	検出限界未満	検出限界未満	検出限界未満	660,000

3号機スキマサージタンク水サンプリング結果

検出核種	半減期	濃度 (Bq/cm ³)			
		4/16採取	8/19採取	(参考) 2号機SFP水 (2/10)	(参考) 2号機タービン建屋地下階たまり水 (3/27)
Cs-134	約2年	160,000	110,000	検出限界未満	3.1×10^6
Cs-137	約30年	150,000	110,000	0.28	3.0×10^6
I-131	約8日	4,100	検出限界未満	検出限界未満	1.3×10^7

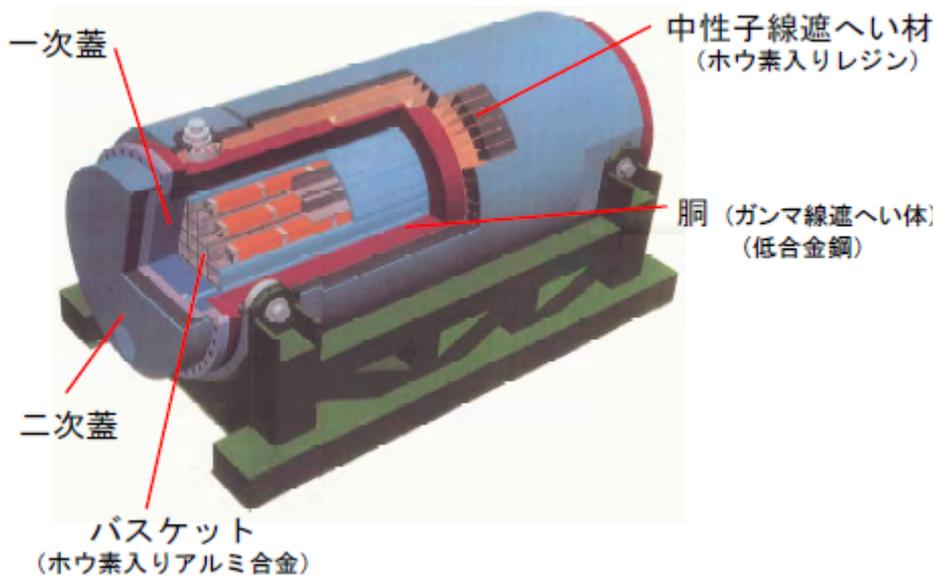
2号機スキマサージタンク水サンプリング結果

- 初期に短半減期核種を検出
- いずれも原子炉停止後7ヶ月以上経過
- タービン建屋の核種組成と類似



プール水の汚染は、原子炉由来と推定

乾式貯蔵キャスクの状態

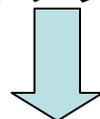


乾式貯蔵キャスクの構造



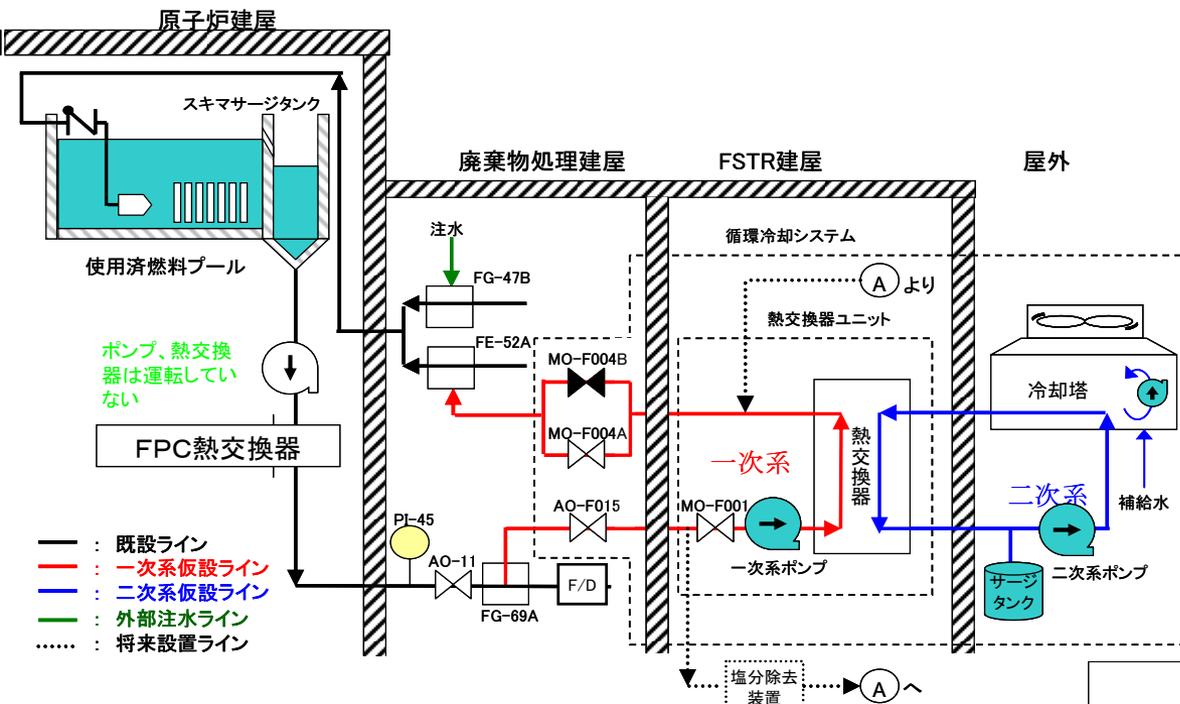
- 大型乾式貯蔵キャスク5体
(52集合体／キャスク)
- 中型乾式貯蔵キャスク4体
(37集合体／キャスク)
- 合計408体貯蔵

- 津波により大量の海水、砂、瓦礫等が建屋に流入
- 床面浸水、ルーバや扉等の損壊
- 空気の流れの障害はなく、冷却上の問題なし
- 放射線場もバックグラウンド程度



密封性能維持と推定。今後、リーク試験予定。

1～4号機使用済み燃料プールの現況



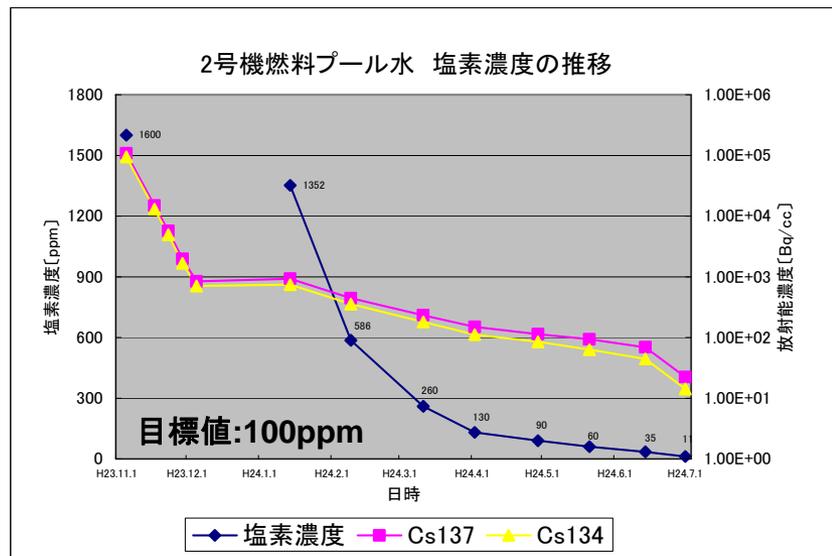
号機	冷却停止時の余裕 ^注 (施設運営計画)
1号機	約93日
2号機	約42日
3号機	約47日
4号機	約16日

注：初期温度仮定65°C、水位がTA F+2mとなるまでの時間
(H23.10.17時点の崩壊熱)

2号機使用済み燃料プール冷却設備の例

水位維持のための信頼性確保対策

- ・冷却系の動的設備の冗長化
- ・補給水系の冗長化
- ・バックアップの注水設備
(消防車、アニマル)
- ・水源の多様化



御清聴ありがとうございました