

東京電力（株）福島第一原子力発電所 4号機原子炉建屋の健全性について

平成24年5月

政府・東京電力中長期対策会議
運営会議

※政府・東京電力中長期対策会議・運営会議は、内閣府大臣政務官、経済産業大臣政務官、東京電力原子力・立地本部長を共同議長とし、原子力安全・保安院、資源エネルギー庁、東京電力他を委員とし、「東京電力福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」の進捗管理を行う会議。

目次

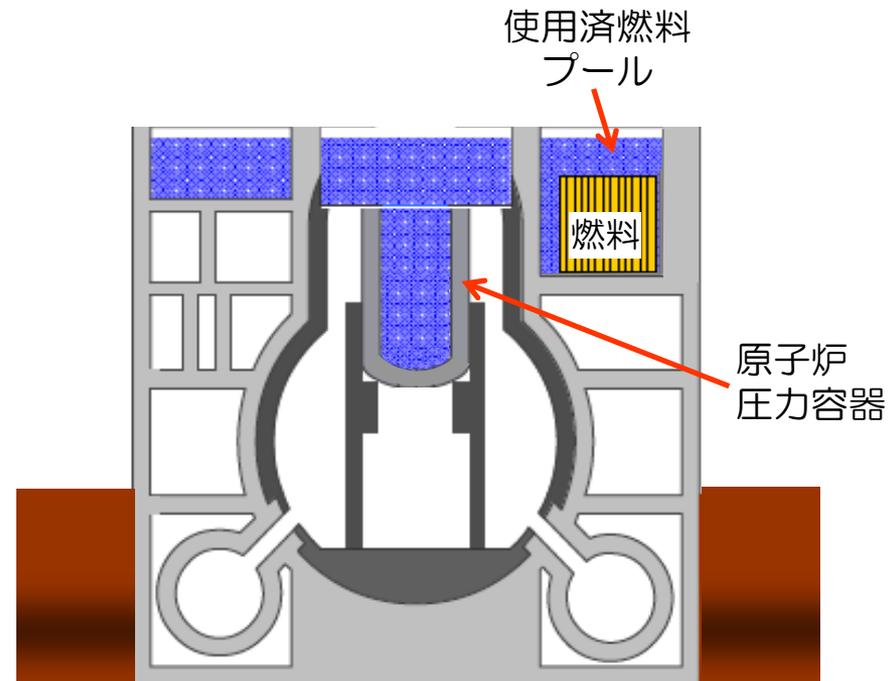
- **東京電力(株)福島第一原子力発電所4号機原子炉建屋の状況**
 - ✓東京電力（株）福島第一原子力発電所4号機原子炉建屋の状況
 - ✓どうして4号機原子炉建屋は水素爆発したのか
 - ✓貯蔵していた燃料の大規模な損傷はなかったと考えられます
 - ✓使用済燃料プールからの水漏れや周辺の壁の損傷は確認されていません
- **原子炉建屋と使用済燃料プールの健全性確認**
 - ✓余震に対する耐震性を確認しました
 - ✓使用済燃料プールの底部を補強しました
 - ✓建屋が傾いていないことを確認しました
 - ✓建屋の定期的な点検を行います
 - ✓使用済燃料プールの腐食防止や漏えい監視により継続的な安全確保を行います
 - ✓政府による視察確認
- **燃料の取り出しに向けた取り組み**
 - ✓ガレキの撤去を進めています
 - ✓燃料取り出しカバー工事に着手しました
 - ✓燃料の取り出しを着実に進めます
- **参考**
 - ✓事故時における4号機使用済燃料プール水位について

東京電力（株）福島第一原子力発電所4号機原子炉建屋の状況

- 4号機原子炉建屋は、水素爆発により建屋の上部が損傷した状態となっておりますが、
 - 再び東北地方太平洋沖地震と同程度の地震（震度6強）が発生しても使用済燃料プールを含め原子炉建屋の耐震性が十分であること
 - 建屋が傾いていないことを確認しております。

【4号機における燃料の状況】

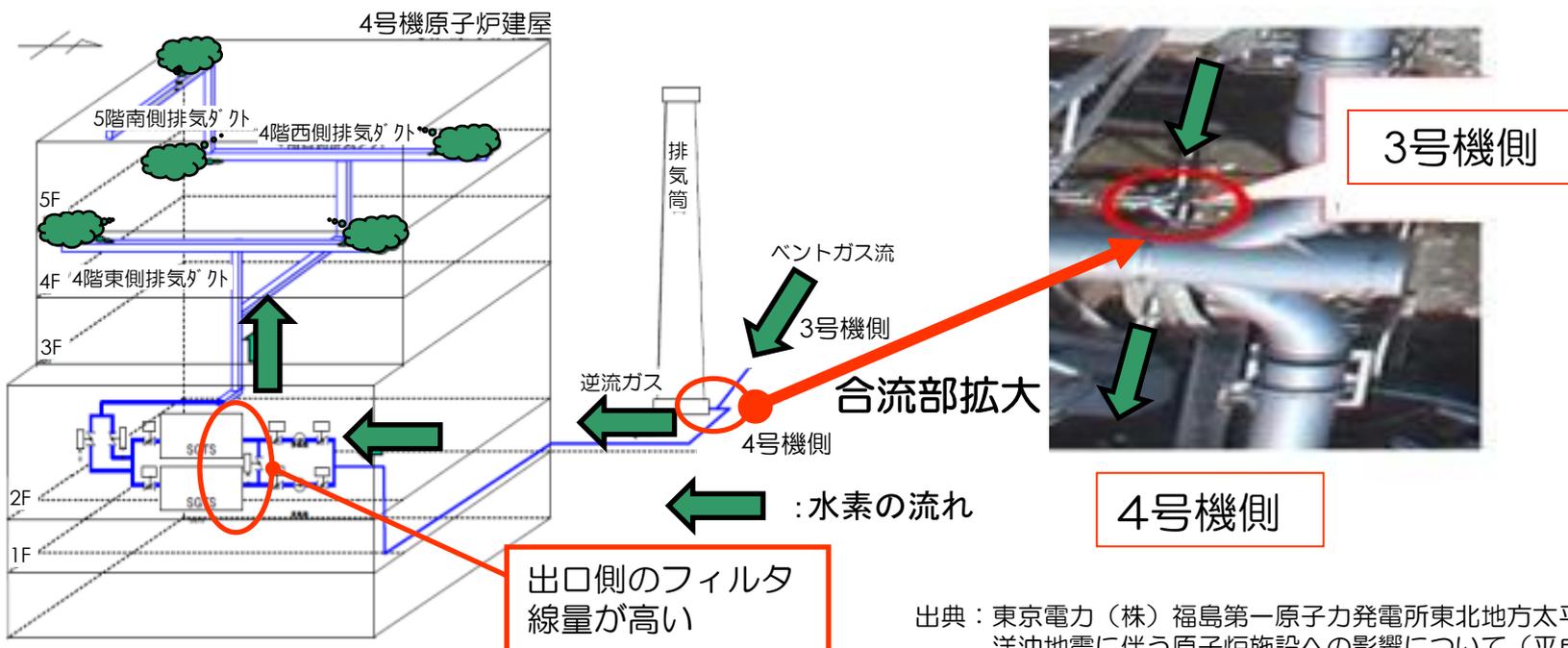
- 原子炉内：燃料0体
※東北地方太平洋沖地震発生時は定期検査中でした
- 使用済燃料プール内：燃料1535体
※新燃料204体を含みます



4号機原子炉建屋（イメージ）

どうして4号機原子炉建屋は水素爆発したのか

- 4号機では、3号機で発生した水素が、ベントした際に4号機の非常用換気空調系・建屋換気系に流入し、水素爆発を起こしたと考えられます。
- これは、3号機と4号機が排気筒を共用しているにも関わらず、3号機のベント操作時に4号機側の非常用換気空調系の出口弁が開状態であったことなどによると考えられます。



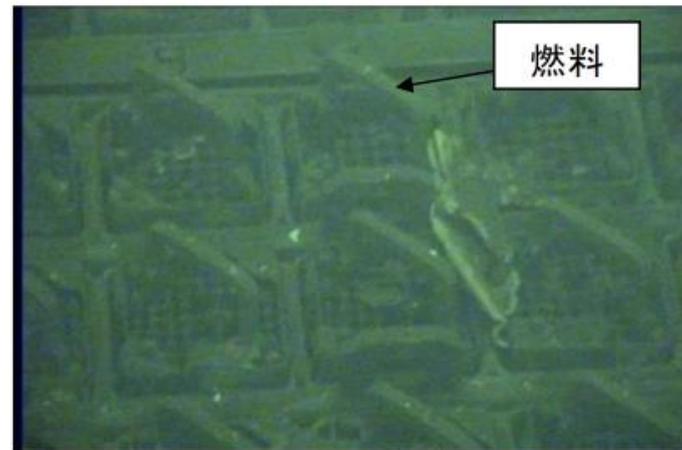
3号機から4号機への格納容器ベント流の流入経路

※これまでの東京電力による線量測定結果では、非常用ガス処理系フィルタトレイン出口側（下流側）の線量率が数mSv/hと高く、建屋内は数十 μ Sv/h～数百 μ Sv/hと数桁低くなっていることから、4号機起因による水素爆発ではないと推定。

貯蔵していた燃料の大規模な損傷はなかったと考えられます

■使用済燃料プール内の撮影結果

- ✓これまでに東京電力によって複数回に亘り使用済燃料プール内を撮影しました。
(平成23年4月29日、5月7日、平成24年2月9日)
- ✓また、平成24年3月15日～21日にかけて使用済燃料プール内のがれき分布状況調査を実施しました。
- ✓その結果、これまでのところ燃料ラックの異常は確認されていません。



■使用済燃料プール内の汚染状況

- ✓使用済燃料プール水を採取して核種分析を実施した結果、4号機の使用済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桁以上低い濃度でした。（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と考えられます）

使用済燃料プール及び4号機スキマーサージタンク水※の分析結果

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

※4/12～5/7：コンクリートポンプ車を用いて使用済燃料プール水を採取、8/20：使用済燃料プールからスキマーサージタンクにオーバーフローした水を採取して分析

使用済燃料プールからの水漏れや周辺の壁の 損傷は確認されていません

■使用済燃料プールの状況

コンクリートポンプ車の先端に取り付けられたカメラにより撮影された写真から、使用済燃料プールには一定の水量が注水されていることを確認しました。また、使用済燃料プール下部にあたる2階で漏水等が発生していないことが確認されています。

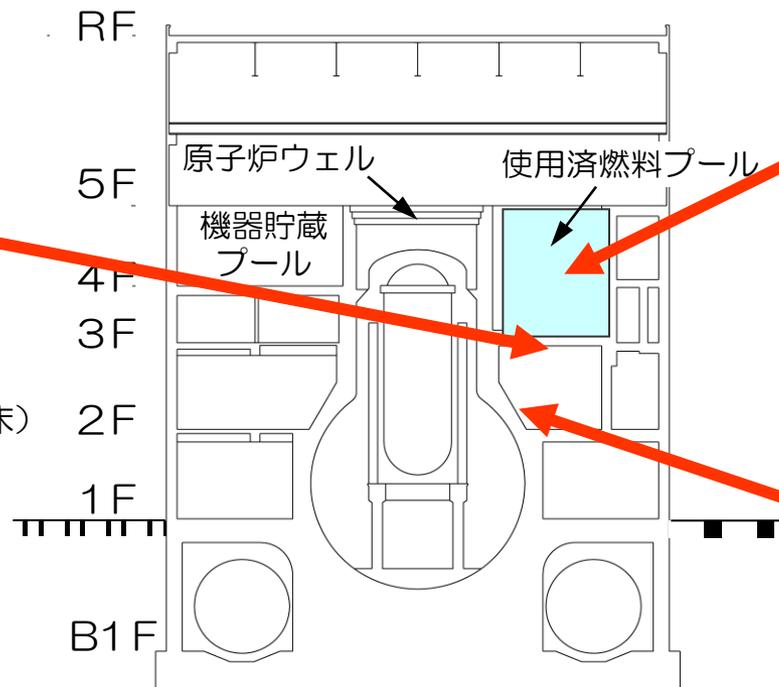
■プール周辺の壁の状況（シェル壁）

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が確認できています。3階のシェル壁は、厚さが1850mmであることから損傷が無いものと評価しています。



写真① 使用済燃料プール下部（床）の状況（下階から天井を見上げた写真）

※ 写真撮影は、
写真①平成23年5月21日、
写真②平成23年4月28日、
写真③平成23年5月20日



原子炉建屋断面図



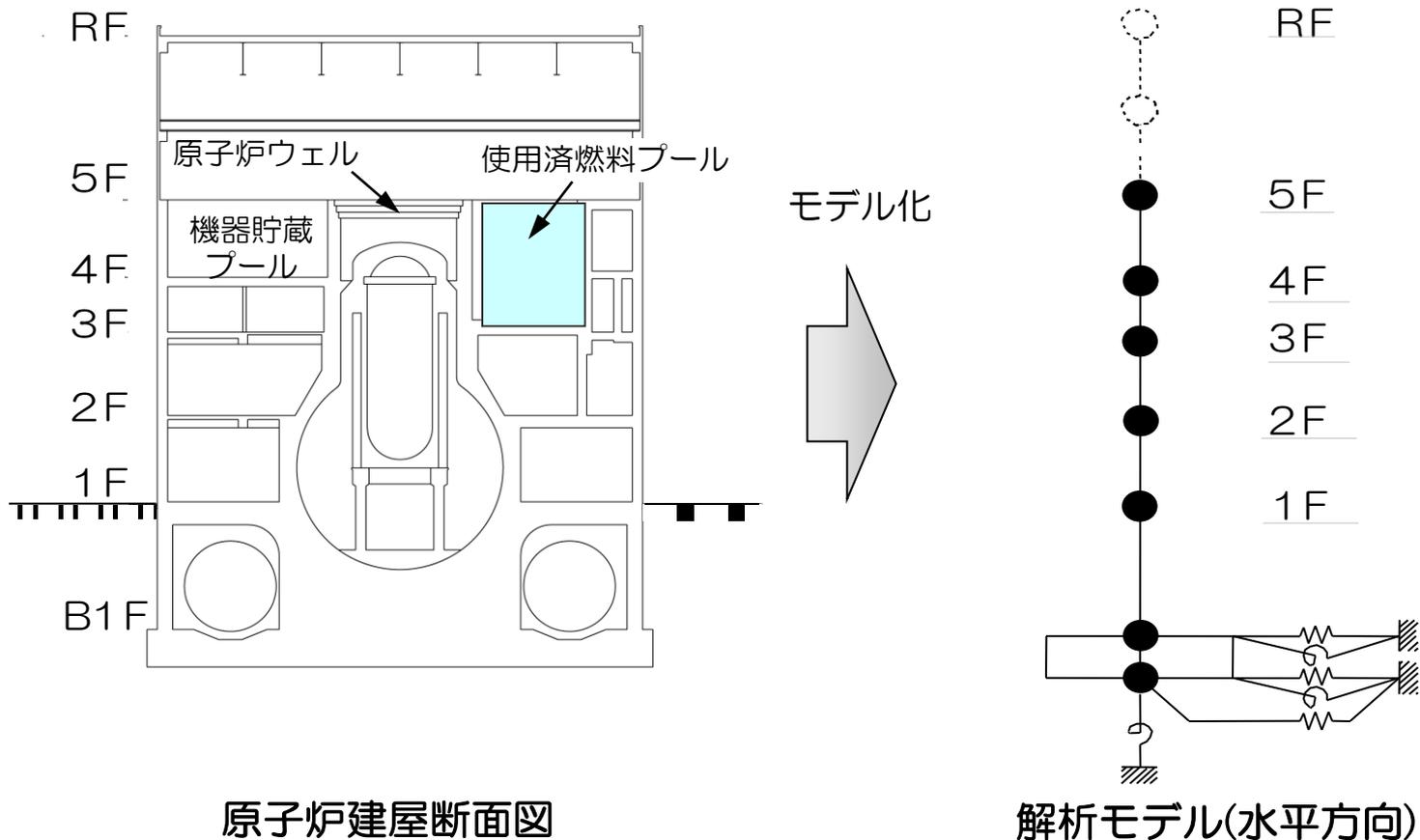
写真② 使用済燃料プール内の状況



写真③ 2階シェル壁の状況

余震に対する耐震性を確認しました①

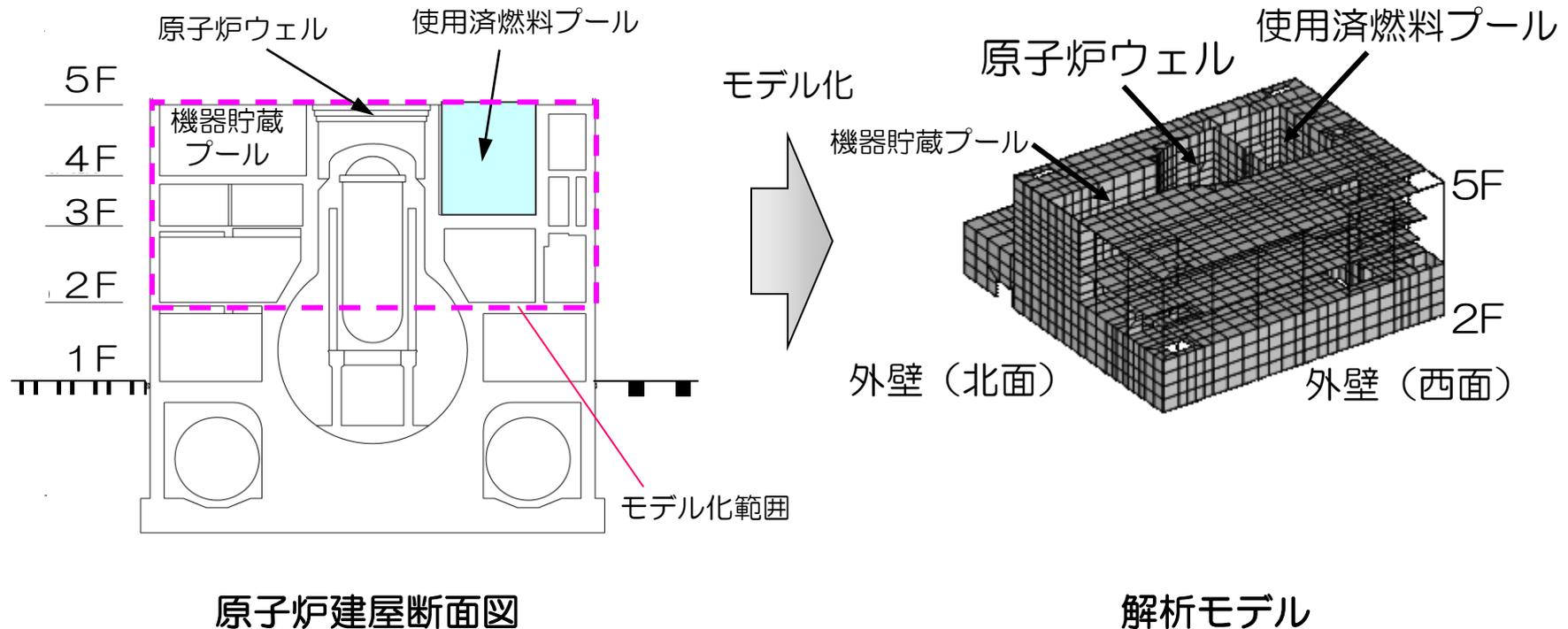
- 水素爆発による損傷を考慮した解析モデルを用いて解析評価を行い、再び東北地方太平洋沖地震と同程度の地震（震度6強）が発生しても、原子炉建屋全体が十分な耐震安全性を有していることを確認しました。（※1）



※1：「福島第一原子力発電所の原子炉建屋の現状の耐震安全性および補強等に関する検討に係る報告書（その1）」
東京電力株式会社（平成23年5月28日）

余震に対する耐震性を確認しました②

- さらに、建屋の損傷やプール水が高温になった影響を考慮した高度な解析モデルにより、使用済燃料プールの壁や床の部材の強度が十分であることを確認しました。（※1）



※1：「福島第一原子力発電所の原子炉建屋の現状の耐震安全性および補強等に関する検討に係る報告書（その1）」
東京電力株式会社（平成23年5月28日）

余震に対する耐震性を確認しました③

- 原子力安全・保安院は、原子炉等規制法第67条第1項の規定に基づき、東京電力に対し、東京電力福島第一原子力発電所の原子炉建屋について
 - 今後の地震発生を想定した耐震安全性評価の実施と、その結果の報告
 - 耐震補強工事等の対策の検討と、その結果の報告を求め、報告内容について評価を行いました。
(平成23年4月13日報告徴収命令、同5月28日評価結果公表)
- 原子力安全・保安院の評価結果については、平成23年5月30日に原子力安全委員会に報告しており、現在の建物の損傷状況等を踏まえ、必要な検討を実施しているとの見解を得ています。
- なお、評価に際しては、総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 耐震・構造設計小委員会の専門家の意見を伺っています。また、原子力安全・保安院において、意見聴取会を開催して、同趣旨の内容を平成24年2月にとりまとめました(※1)。
- 上記に加え、東京電力が行った耐震安全性評価の妥当性を確認するため、立行政法人原子力安全基盤機構による評価も実施しました(※2)。

※1：平成23東北地方太平洋沖地震の知見を考慮した原子力発電所の地震・津波の評価及び福島第一及び第二原子力発電所の原子炉等への影響・評価に関する中間とりまとめについて(平成24年2月16日) 原子力安全・保安院

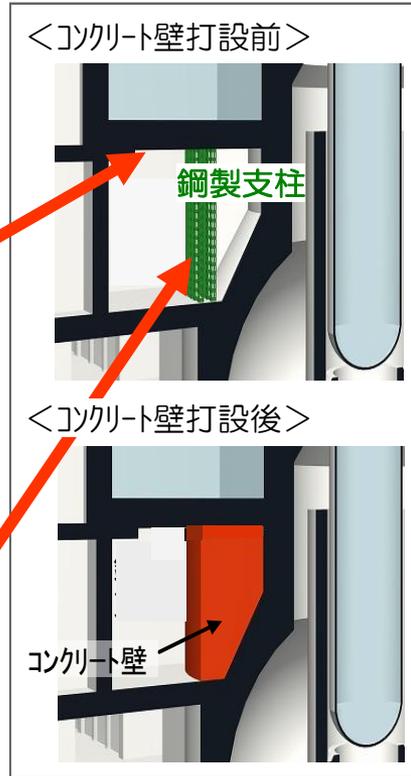
※2：「福島第一原子力発電所 3号機及び4号機原子炉建屋の現状の耐震安全性評価に係る検討の概要」 原子力安全基盤機構(平成23年10月28日・第3回建築物・構造に関する意見聴取会資料 建築物・構造3-3-4)

使用済燃料プールの底部を補強しました

- 使用済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。



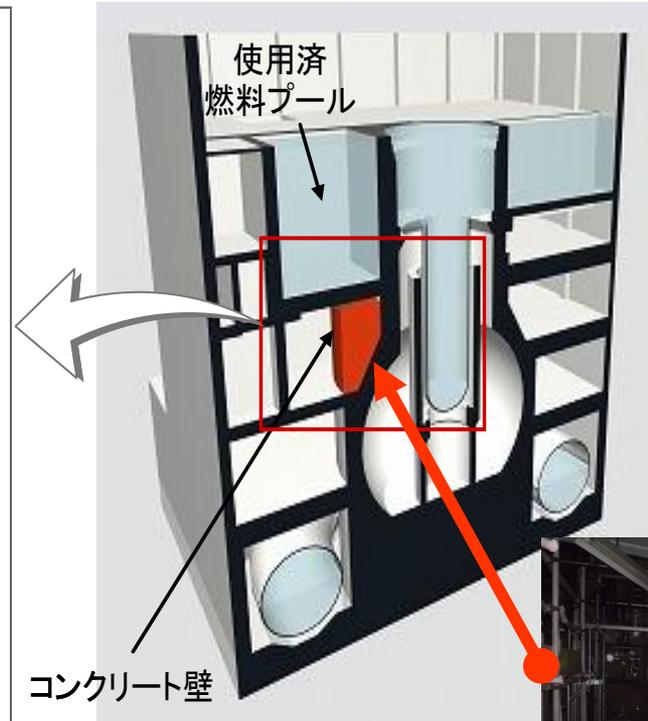
写真① プール下階からの見上げ
(コンクリート壁構築前)



※鋼製支柱（緑）の設置後、コンクリート壁（赤）を構築



写真② 鋼製支柱
(コンクリート壁構築前)



写真③ 2階シェル壁の表面
(コンクリート壁構築前)

※ 写真撮影は、写真②平成23年6月15日（写真①および写真③は、P5の再掲）

※ 工事完了は、平成23年7月30日

建屋が傾いていないことを確認しました①

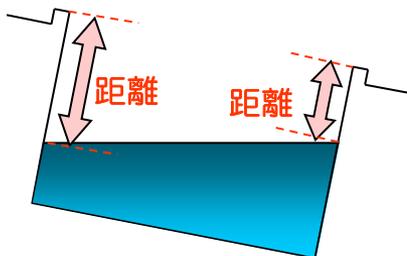
- 水面は常に水平であることを利用して、5階床面と原子炉ウェルおよび使用済燃料プールの水面の距離を計測し、建屋が傾いていないことを確認しました。

1) 建屋が傾いていない場合

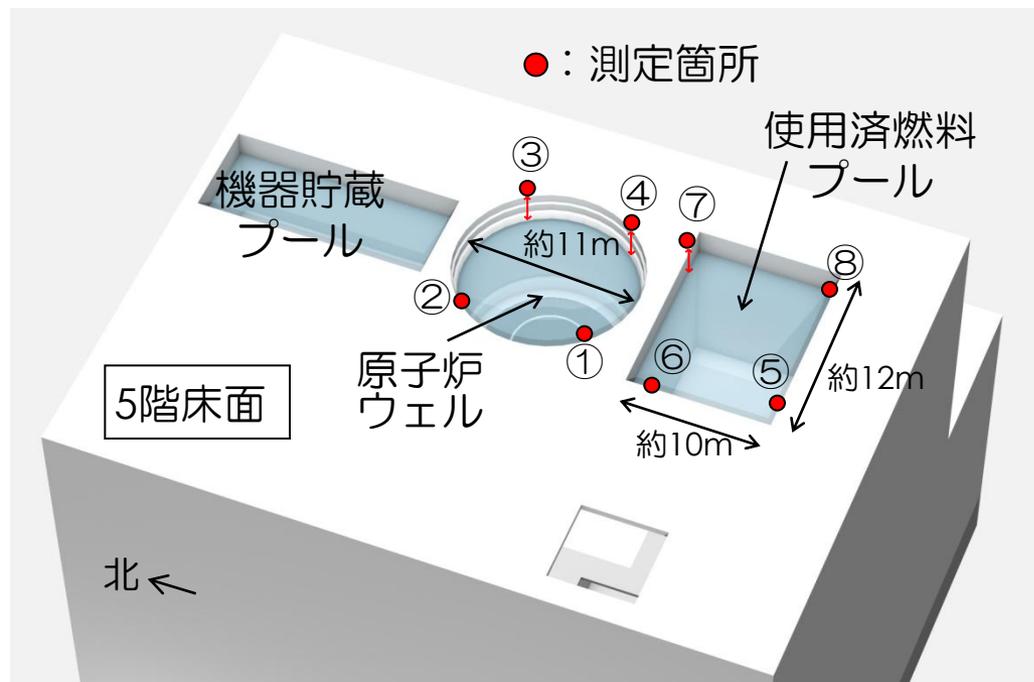


距離がほぼ同じ

2) 建屋が傾いている場合



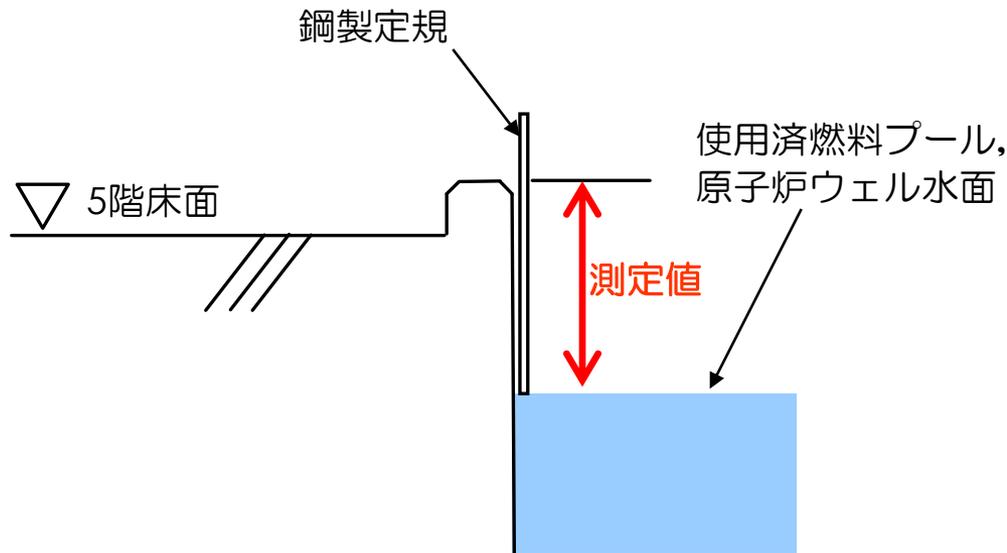
距離が異なる



測定箇所（5階床面）

建屋が傾いていないことを確認しました②

- 測定は、平成24年2月7日および平成24年4月12日に実施し、2回とも四隅の測定値がほぼ同じであることから、5階床面と使用済燃料プール および原子炉ウエルの水面が平行であることを確認しました。



測定方法

※測定は、目視により行っているため、若干の誤差が考えられます。

測定結果

単位[mm]

原子炉ウエル	測定日	
	H24.2.7	H24.4.12
①	462	476
②	463	475
③	462	475
④	464	475

使用済燃料プール	測定日
	H24.4.12
⑤	468
⑥	468
⑦	468
⑧	468

※H24.2.7は、原子炉ウエルのみを計測しました。
※水位は冷却設備の運転状況により日によって変化します。

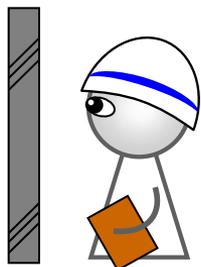
建屋の定期的な点検を行います

- 原子炉建屋が壊れていくような損傷がないことはすでに目視により確認しています。
- また今後も年4回の定期的な点検を実施し、原子炉建屋および使用済燃料プールの健全性を確認していきます。



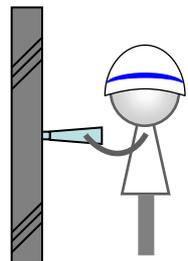
①建屋が傾いていないことの確認

今後も引き続き、傾いていないことを確認します。



②目視点検

使用済燃料プールの躯体等のコンクリート床・壁のひび割れの確認・定期的観測を行います。必要に応じて適切な補修を実施します。



③コンクリートの強度確認

非破壊検査を実施し、コンクリート強度および耐震安全性の確認を行います。

使用済燃料プールの腐食防止や漏えい監視により 継続的な安全確保を行います

■使用済燃料プールの水質改善による腐食抑制

- ✓使用済燃料プールへの循環冷却に加えて、ヒドラジン注入による脱酸素処理（平成23年5月9日開始）、塩分除去システムによるプール水の塩分除去（平成23年8月20日開始）を実施しています。こうした取組による継続的な水質改善により腐食の抑制を図っています。

日付	温度（℃）	pH	塩素濃度(ppm)
2011/5/7	約80	7.2	約2,500
2012/1/30	約30	10.0	約250

■使用済燃料プールからの漏えい監視

- ✓使用済燃料プールからの漏えいを迅速に検知するため、①仮設の燃料プール水位計による水位管理（プールに設置したメジャー及びWebカメラを用いた免震重要棟からの遠隔監視）、②（燃料プールからの継続的な流入がある）スキマサージタンク水位の監視を実施しています。
- ✓これまでの監視の中では、漏えいや水位の異常な変化は生じていません。

（出典：政府東京電力中長期対策会議 第3回運営会議資料）

政府による視察確認

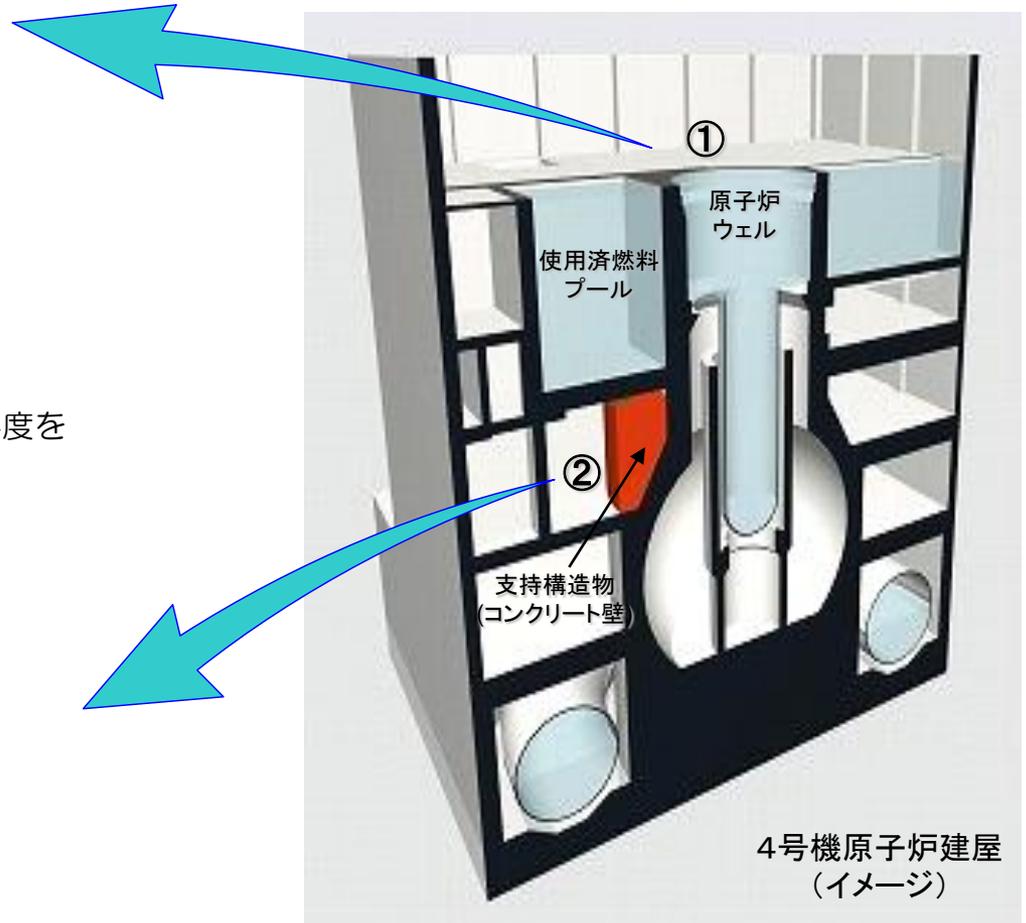
- 平成24年4月23日に中塚副大臣ほか政府関係者が4号機原子炉建屋を視察し、建屋の健全性を確認しました。



①5階において原子炉ウェル水面と床面の水平度を測定する方法を確認しました



②2階における使用済燃料プール底部に設置した支持構造物による補強の状況を確認しました

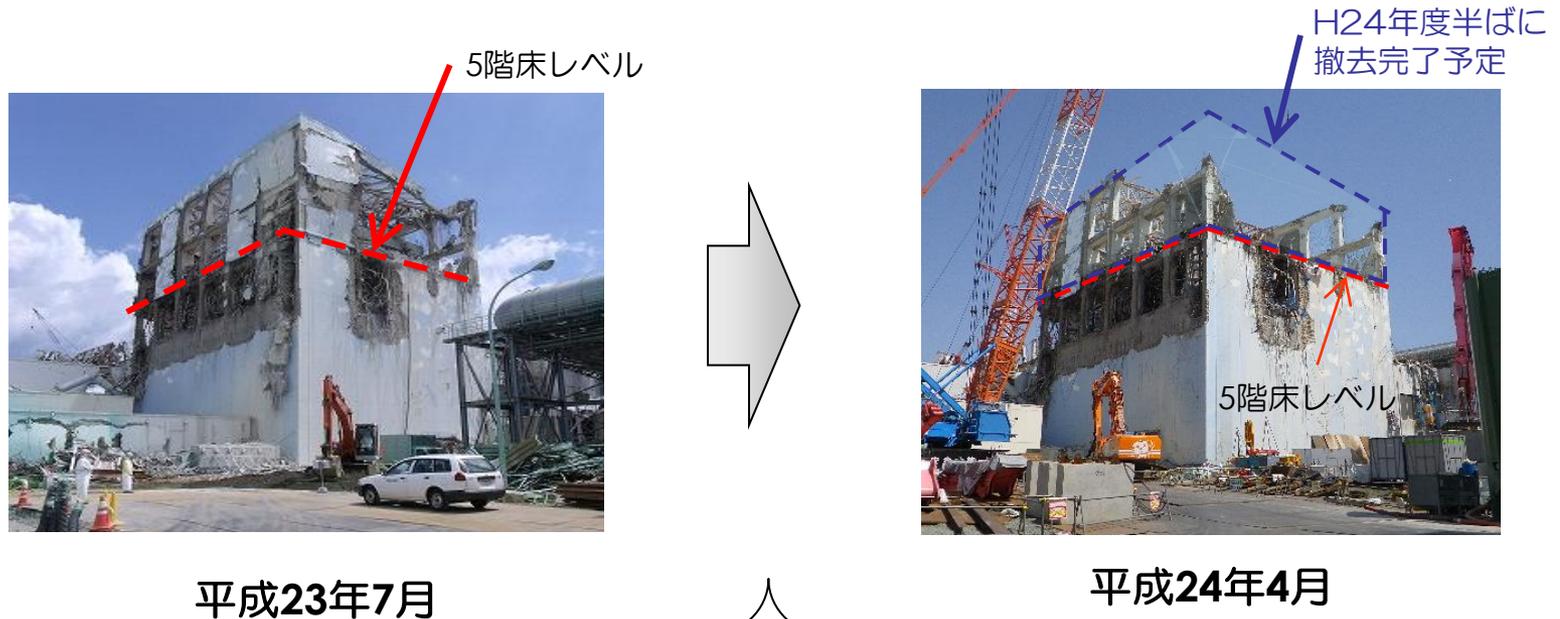


4号機原子炉建屋
(イメージ)

中塚副大臣の視察状況撮影場所

瓦礫の撤去を進めています

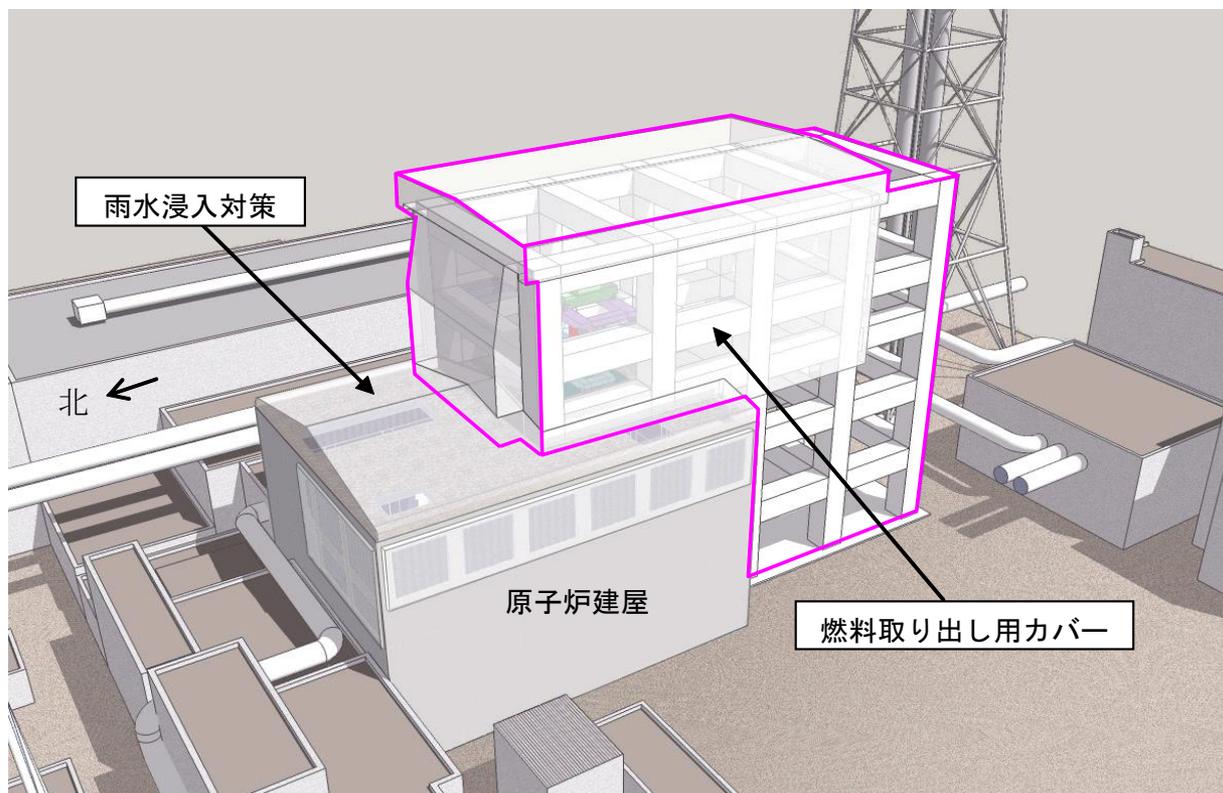
- 使用済燃料プール内の燃料の取り出しに先立ち、原子炉建屋上部の瓦礫撤去を平成23年9月21日より開始しました。
- 瓦礫の撤去は、平成24年度半ばに完了予定です。



全景（南側）

燃料取り出し用カバー工事に着手しました

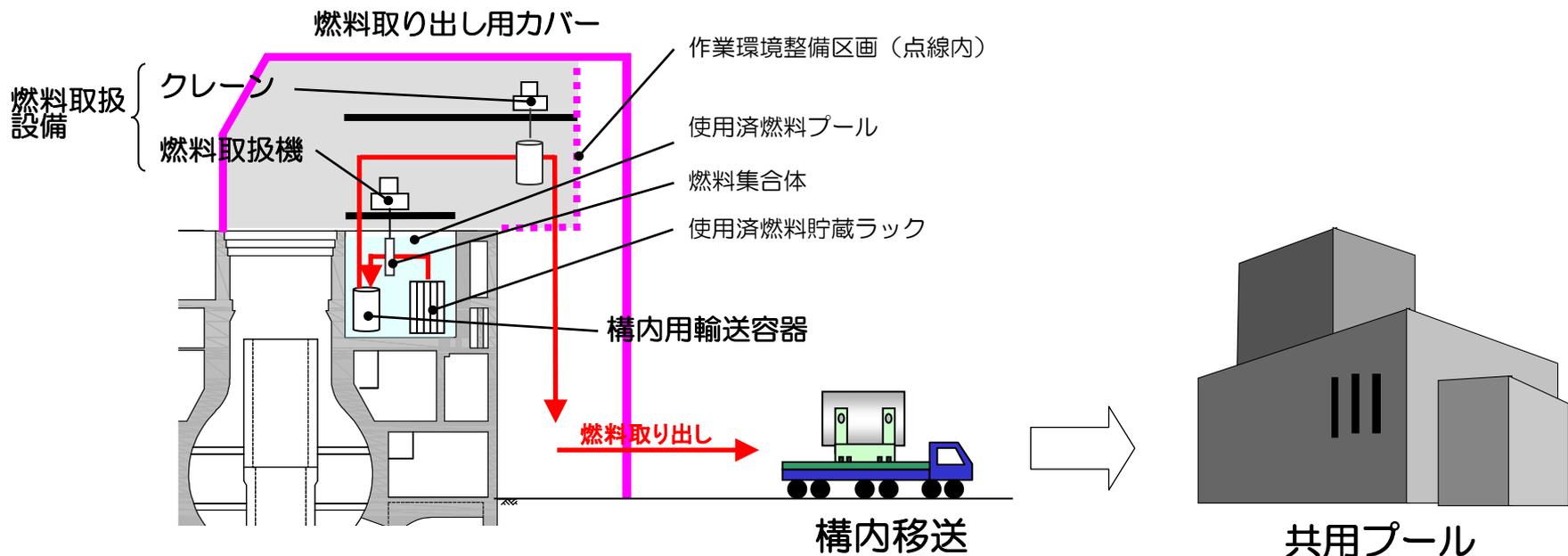
- 燃料取り出し用カバーを、燃料取扱設備の支持、燃料取り出し作業環境の整備及び燃料取り出し作業に伴い発生する放射性物質の飛散・拡散抑制を目的に設置します。
- 工事は平成24年4月17日に着手しました。



東京電力（株）福島第一原子力発電所4号機燃料取り出し用カバーのイメージ
（本図は、概要を示すイメージであり、実際の構造物と異なる場合があります。）

燃料の取り出しを着実に進めます

- 燃料取り出し用カバーの完成後、燃料をより安定的な貯蔵状態とするため、燃料の状態を確認した上で、発電所内にある共用プールに輸送容器を用いて移送します。
- 燃料取り出しの開始は、平成25年中が目標です。

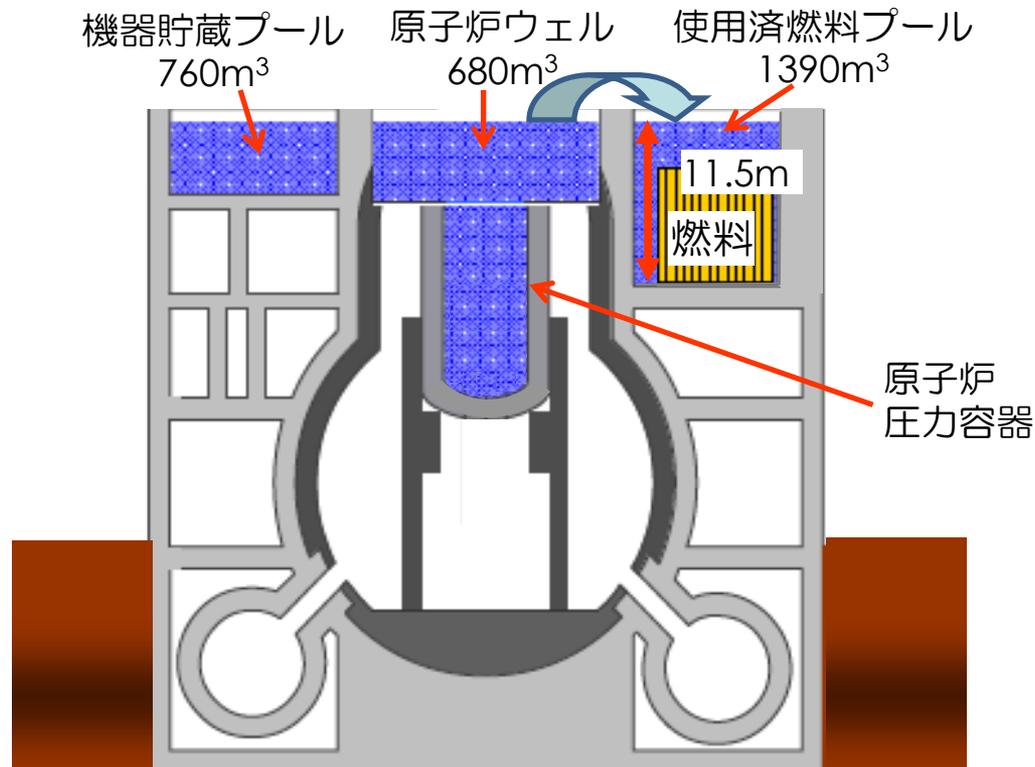


燃料取り出し作業のイメージ

燃料取り出し用カバー及び燃料取扱設備（クレーン、燃料取扱機）を設置し、使用済燃料プール内の燃料の取り出し作業を行う。

(参考) 事故時における4号機使用済燃料プール水位について

- 平成23年3月17日以降、放水車、消防車、コンクリートポンプ車等により、4号機を含め各号機に水を補給しました。
- 特に4号機については、定期検査中で原子炉ウェル等にも水が張られており、プール水位が低下した際には、原子炉ウェルから水が流れ込んでいたものと推定されており、燃料の崩壊熱等を踏まえた評価結果によると、燃料の露出・損傷はなかったものと考えています。



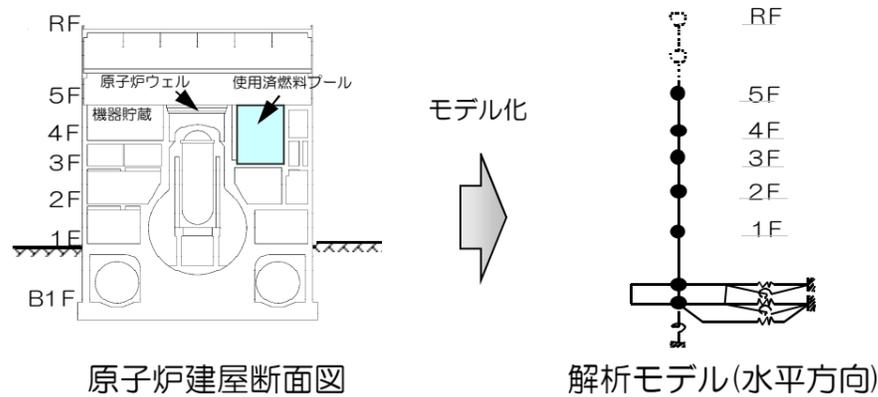
関連資料・リンク

- 東京電力（株）当社福島第一原子力発電所の原子炉建屋の現状の耐震安全性および補強等に関する検討に係る報告書の経済産業省原子力安全・保安院への提出について（その1）（平成23年5月28日）
<http://www.tepco.co.jp/cc/press/11052801-j.html>
- 東京電力（株）福島第一原子力発電所4号機原子炉建屋使用済燃料プール底部の支持構造物の設置工事完了（平成23年7月30日）
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_110730_02-j.pdf
- 東京電力（株）福島第一原子力発電所3、4号機 原子炉建屋上部の瓦礫撤去について（平成23年9月9日）
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_110909_04-j.pdf
- 「東京電力（株）福島第一原子力発電所3号機及び4号機原子炉建屋の現状の耐震安全性評価に係る検討の概要」原子力安全基盤機構（平成23年10月28日）
<http://www.nisa.meti.go.jp/shingikai/800/25/003/3-3-4.pdf>
- 東京電力福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ（平成23年12月21日）
<http://www.tepco.co.jp/cc/press/11122103-j.html>
- 建築物・構造に関する意見聴取会 第8回 平成23年東北地方太平洋沖地震による福島第一及び福島第二原子力発電所の原子炉建屋等への影響・評価について（平成24年2月8日）
http://www.nisa.meti.go.jp/shingikai/800/25/800_25_index.html
- 東京電力（株）福島第一原子力発電所4号機原子炉建屋の健全性確認を目的とした水位測定について（平成24年4月13日）
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120413_04-j.pdf
- 東京電力（株）福島第一原子力発電所4号機燃料取り出し用カバー計画概要と本工事の着手について（平成24年4月16日）
http://www.tepco.co.jp/cc/press/2012/1201925_1834.html
- 東京電力（株）福島第一原子力発電所 中塚内閣府副大臣視察風景（平成24年4月23日）
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120423_08-j.pdf
- 【東京電力からのお知らせ】4号機原子炉建屋は傾いておらず、燃料プールを含め地震で壊れることはありません（平成24年4月26日）
<http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/info/index-j.html>

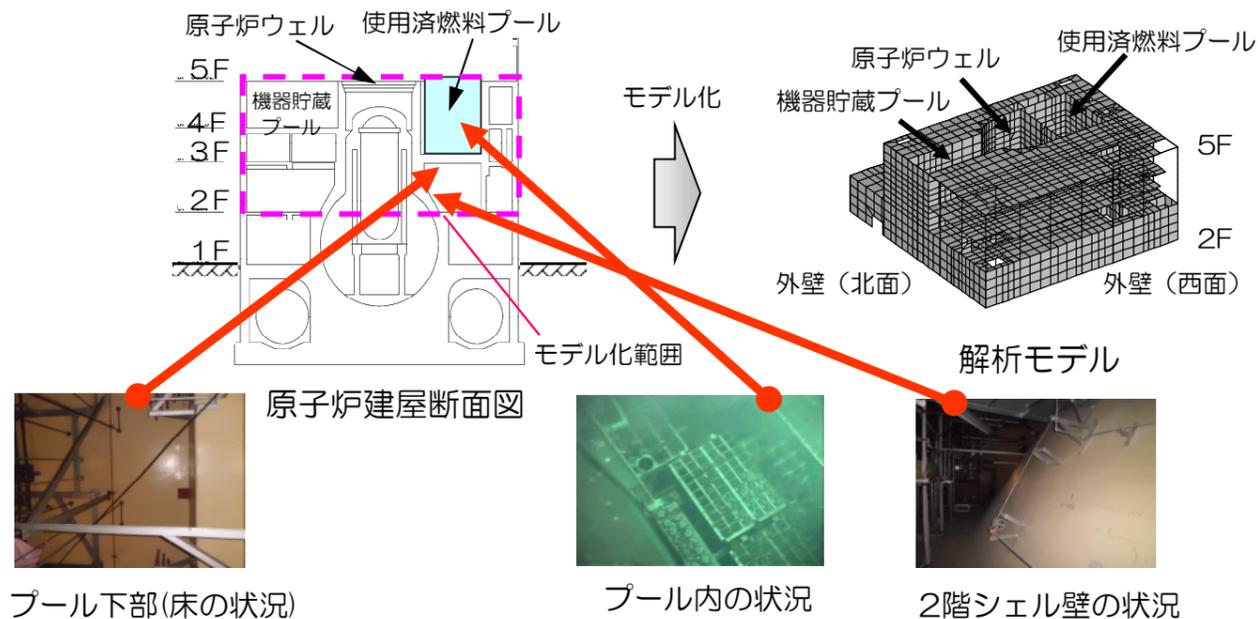
4号機原子炉建屋は、水素爆発により建屋の上部が損傷した状態となっておりますが、再び東北地方太平洋沖地震と同程度の地震（震度6強）が発生しても使用済燃料プールを含め原子炉建屋の耐震性が十分であること、建屋は傾いていないことを確認しております。

余震に対する耐震性を確認しました

①水素爆発による損傷を考慮した解析モデルを用いて解析評価を行い、再び東北地方太平洋沖地震と同程度の地震（震度6強）が発生しても、原子炉建屋全体が十分な耐震安全性を有していることを確認しました。



②建屋の損傷やプール水が高温になった影響を考慮した高度な解析モデルにより、使用済燃料プールの壁や床の部材の強度が十分であることを確認しました。

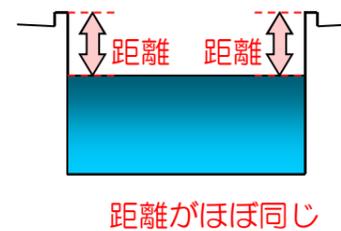


なお、使用済燃料プールからの水漏れや周辺の壁の損傷は確認されていません。 使用済燃料プールにおいては、撮影された写真から一定の水量が注水されており、プール下部にあたる2階で漏水等が発生していないことを確認しています。プール周辺の壁（シェル壁）については、1・2階は調査により損傷が無いことが確認できており、3階についても厚さが1850mmであることから損傷が無いものと評価しています。

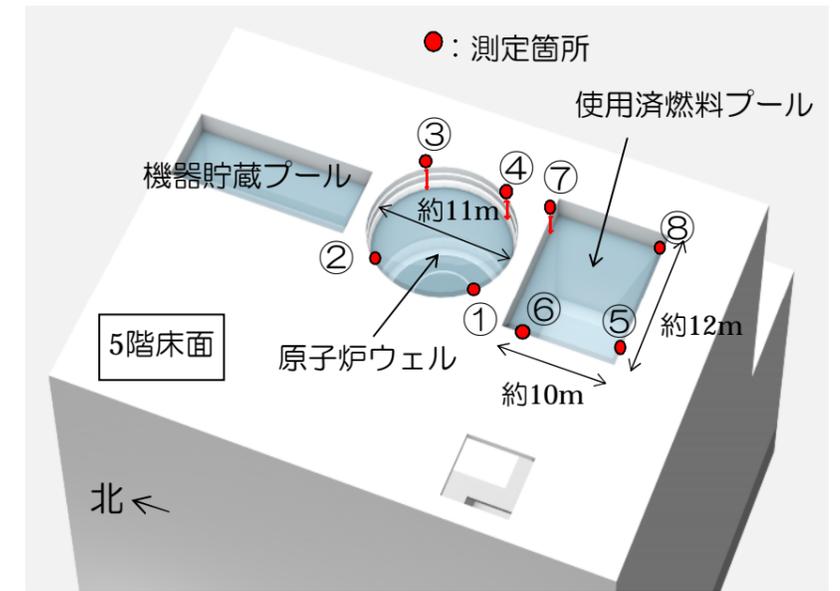
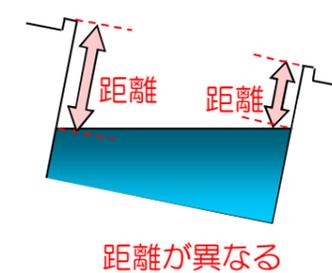
建屋が傾いていないことを確認しました

水面は常に水平であることを利用して、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各々4隅(8ヶ所)測定し、4隅の測定値がほぼ同じであることから、床面と水面は平行であり、建屋が傾いていないことを確認しました（平成24年2月7日、4月12日の2回実施）。

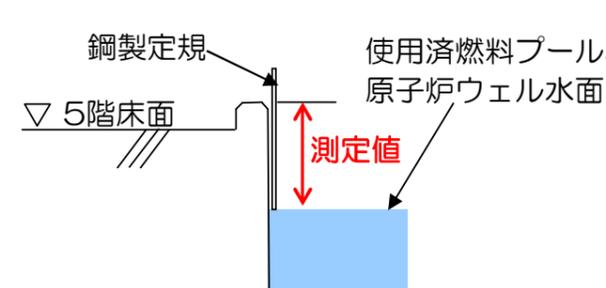
1) 建屋が傾いていない場合



2) 建屋が傾いている場合



測定箇所（5階床面）



測定方法
※測定は、目視により行っているため若干の誤差が考えられます。

原子炉ウェル	単位[mm]		使用済燃料プール	測定日
	測定日	測定日		
	H24.2.7	H24.4.12		H24.4.12
①	462	476	⑤	468
②	463	475	⑥	468
③	462	475	⑦	468
④	464	475	⑧	468

測定結果
※H24.2.7は原子炉ウェルのみを測定しました。
※水位は冷却設備の運転状況により日によって変化します。

使用済燃料プールの底部を補強しました

さらに使用済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。

① プール下階からの見上げ
(コンクリート壁構築前)

② 鋼製支柱
(コンクリート壁構築前)

③ 2階シェル壁の表面
(コンクリート壁構築前)

※鋼製支柱(緑)の設置後、コンクリート壁(赤)を構築

※ 工事完了：平成23年7月30日
※ 写真撮影：①平成23年5月21日 ②平成23年6月15日 ③平成23年5月20日

建屋の定期的な点検を行います

原子力建屋が壊れていくような損傷がないことはすでに目視により確認しています。また今後も年4回、定期的に「建屋が傾いていないことの確認」、「目視点検」、「コンクリートの強度確認」を実施し、原子炉建屋および使用済燃料プールの健全性を確認していきます。

①建屋が傾いていない
ことの確認

②目視点検
使用済み燃料プールの躯体等のコンクリート床・壁のひび割れの確認・定期的観測を行います。必要に応じて適切な補修を実施します。

③コンクリートの強度確認
非破壊検査を実施し、コンクリート強度および耐震安全性の確認を行います。

政府による視察確認

平成24年4月23日に中塚副大臣ほか政府関係者が4号機原子炉建屋を視察し、建屋の健全性を確認しました。



5階において原子炉ウェル水面と床面の水平度を測定する方法を確認しました。

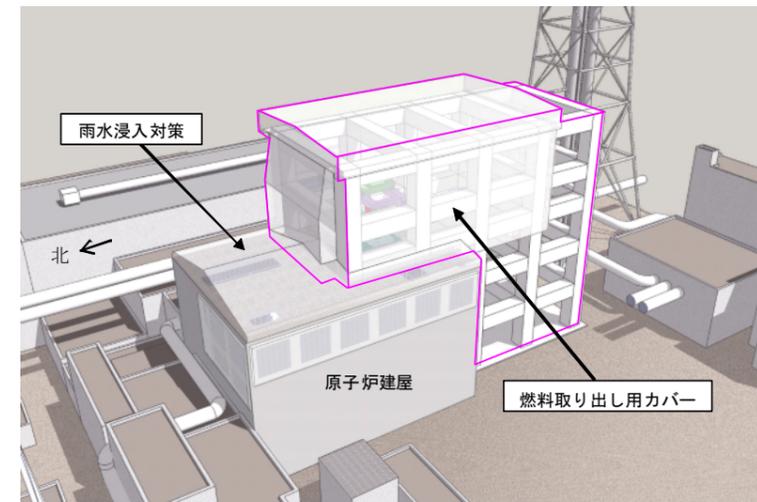


2階における使用済燃料プール底部に設置した支持構造物による補強の状況を確認しました。

＜燃料の取り出しに向けた取り組み＞

燃料取り出し用カバー工事に着手しました

燃料取り出しのための設備の支持、作業環境の整備および燃料取り出し作業に伴い発生する放射性物質の飛散・拡散抑制を目的に設置する【燃料取り出し用カバー】工事を平成24年4月17日に着手しました。



4号機燃料取り出し用カバーのイメージ

燃料の取り出しを着実に進めます

燃料取り出し用カバーの完成後、燃料をより安定的な貯蔵状態とするため、燃料の状態を確認した上で、発電所内にある共用プールに輸送容器を用いて移送します。燃料取り出しの開始は、平成25年中が目標です。

燃料取り出し作業のイメージ ※燃料取り出し用カバー及び燃料取扱設備(クレーン、燃料取扱機)を設置し、使用済燃料プール内の燃料の取り出し作業を行います。

(4号機原子炉建屋の外観)

※原子炉建屋上部の瓦礫の撤去を進めており、平成24年度半ばに完了予定です。



平成23年7月



平成24年4月

5階床レベル

H24年度半ばに

5階床レベル