

福島第一原子力発電所 4号機
「原子炉建屋」および「使用済燃料プール」
の健全性について

2012年8月30日

東京電力株式会社



東京電力

はじめに

- 4号機原子炉建屋は、水素爆発により建屋が損傷した状態になっておりますが、ガレキ撤去が進み損傷状況の確認できたこと、及び、燃料取り出し用カバー設計が進捗したことなど、耐震性評価を行う諸条件が定まったことから、来年末から開始予定のプール内燃料取り出し時を想定した原子炉建屋の耐震安全性評価を行いました※1。
- 本評価において、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を確認しました。
- 当社は引き続きプール内燃料の取り出しに向けた取り組みを着実に進めて参ります。

※1：「福島第一原子力発電所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）（追補版）」（平成24年8月30日）

目次

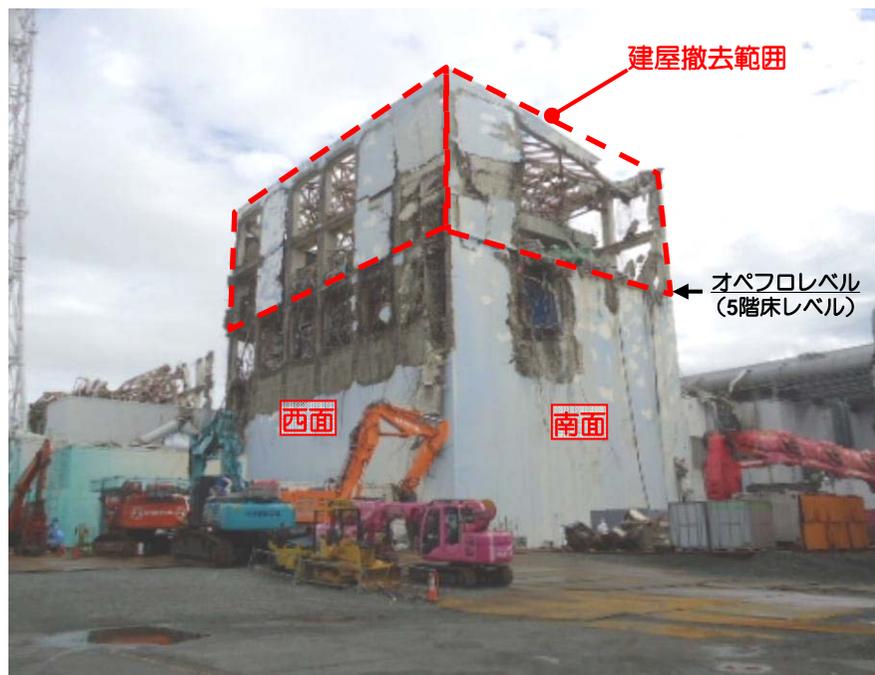
1. 建屋上部の建屋ガレキの撤去が完了しました
2. 使用済燃料プールの底部を補強済みです
3. 建屋内外部の損傷状況を確認しました
4. 燃料取り出し時を想定した耐震安全性評価を行いました
5. 原子炉建屋は十分な耐震安全性を確保しています
6. 使用済燃料プールは十分な耐震安全性を確保しています
7. 定期的な点検を行っています
8. 政府による状況確認を行って頂いています
9. 燃料取り出し用カバーの設置工事を進めています
10. プール内燃料の取り出しを着実に進めます

【参考】

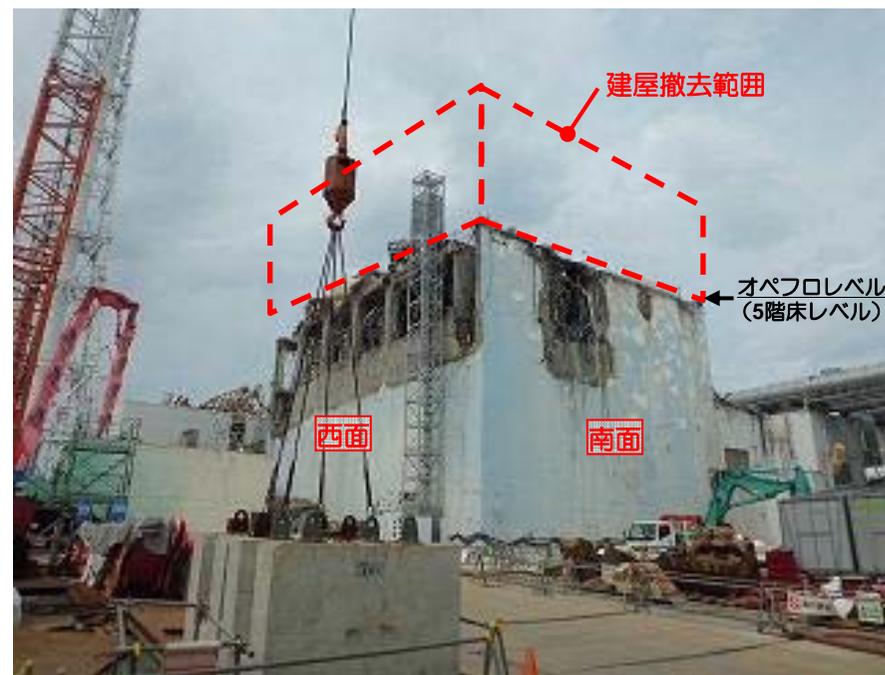
1. 使用済燃料プール躯体と支持躯体の位置関係
2. 使用済燃料プールは構造的に水が漏えいしません
3. 第2回定期点検結果の概要
4. 関連資料・リンク

1. 建屋上部の建屋ガレキの撤去が完了しました

- 原子炉建屋オペレーティングフロア（以下、オペフロ）上部の屋根・柱・梁等の建屋ガレキの撤去は、平成24年7月11日に作業が完了しました。
- 現在は、オペフロ上にある大型機器（原子炉格納容器・原子炉圧力容器の蓋）等の撤去を7月下旬～10月にかけて実施しています。
- 建屋ガレキおよび大型機器等の撤去により建屋上部の重量が大幅に軽くなります（約4700t）。



オペフロ（5階）上部に瓦礫がある状況 [南西面]
(撮影日：平成 23年 9月22日)



オペフロ（5階）上部に瓦礫がない状況 [南西面]
(撮影日：平成 24年 7月5日)

2. 使用済燃料プールの底部を補強済みです

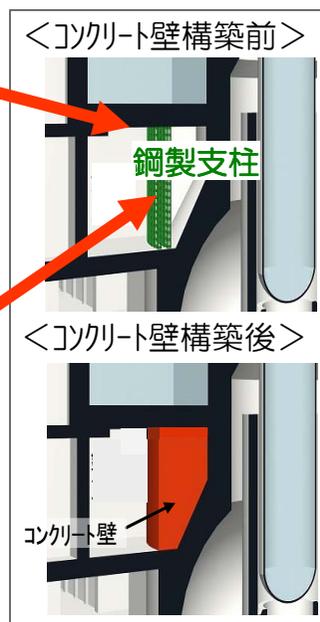
- 平成23年5月に実施した評価において、使用済燃料プールは、十分な耐震安全性を確保していることを確認しています。
- さらに、使用済燃料プール底部を鋼製支柱とコンクリート壁にて補強して、工事前に比べ耐震余裕度を20%以上向上させています。(平成23年7月30日工事完了)



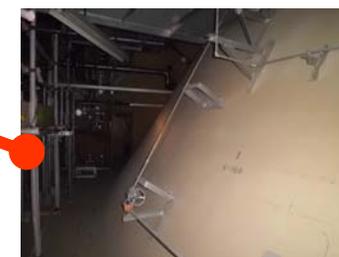
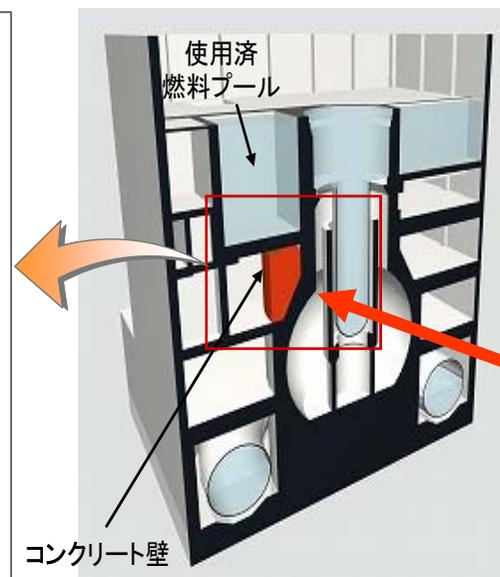
プール下階からの見上げ
(コンクリート壁構築前) ※1



鋼製支柱
(コンクリート壁構築前) ※2



※鋼製支柱（緑）の構築後、コンクリート壁（赤）を構築



2階プール躯体を支える壁
(コンクリート壁構築前) ※3

3. 建屋内外部の損傷状況を確認しました①

- 原子炉建屋のガレキ撤去が進んだことから、目視確認により、床スラブや壁の損傷状況を確認しました。

【損傷の原因】

- 4号機の水素爆発の原因は、3号機で発生した水素ガスが配管・ダクトを經由して4号機原子炉建屋の各階に流れ込んだためと推定しています。

【損傷の状況】

(3,4,5階の床スラブ損傷状況)

- 床スラブは、水素爆発の発生箇所と考えられるダクトルート付近の比較的薄い床（厚さ25～30cm）に多くの損傷が確認されました。

(3,4,5階の壁の損傷状況)

- 壁の損傷箇所は、壁厚に大きく依存しており、壁厚65cm以下の場合に損傷が多く、壁厚65cmを超える壁の損傷は少なくなっています。
- **耐震上重要な使用済燃料プール壁や原子炉格納容器周辺の厚い壁は健全でした。**

【海水注入や飛来塩分の影響】

- 耐震上重要な部位については、海水注入や飛来塩分による鉄筋の錆汁の発生、錆によるコンクリートの膨れなどの劣化は認められていません。

【損傷箇所の補修】

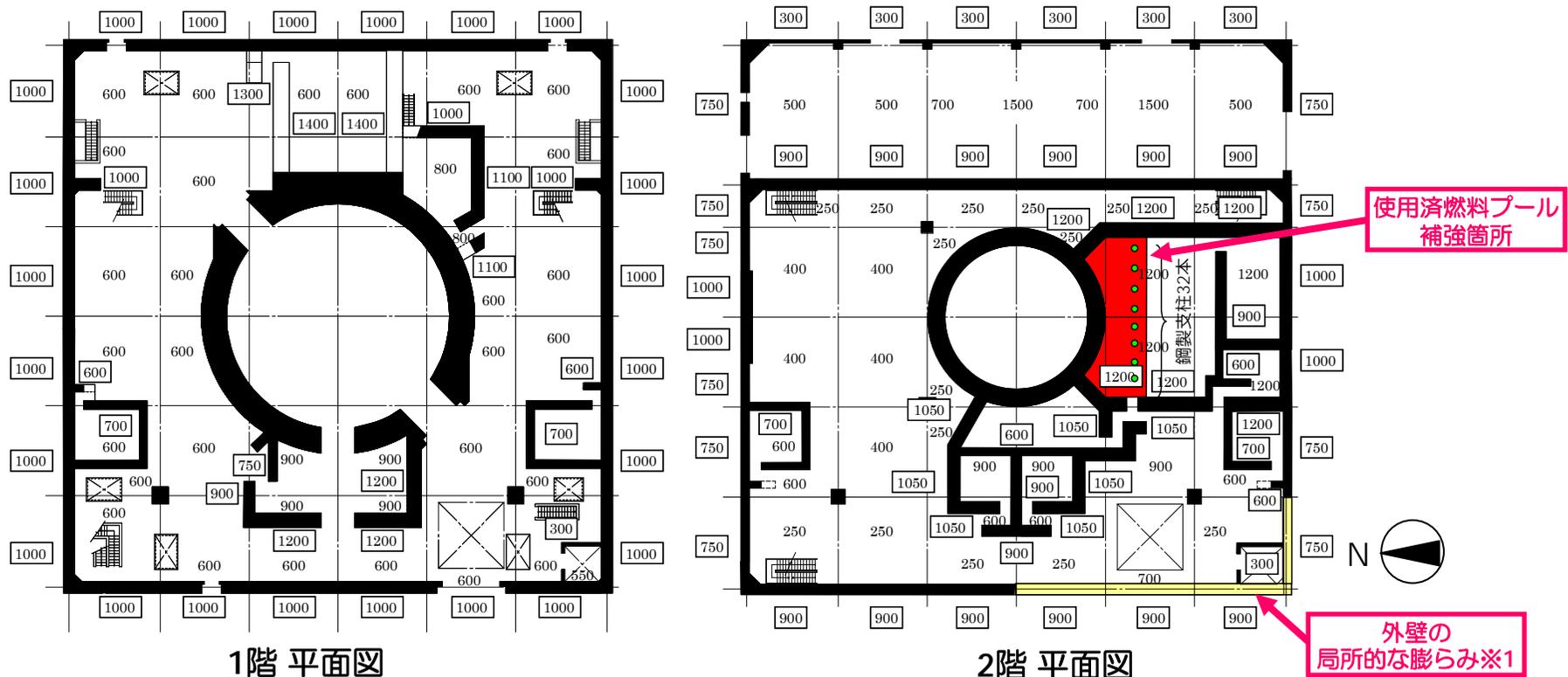
- 損傷箇所のうち補修が必要な部位については、耐久性向上の観点から今後補修を実施していきます。

3. 建屋内外部の損傷状況を確認しました②

【1,2階の損傷状況図】

- 目視確認において床スラブ・壁は健全でした※1。

※1：平成24年5月に実施した定期点検により、2階西側及び南側の一部外壁に局所的な膨らみを確認していますが、コンクリートの強度低下や大きなひび割れはありません。（福島第一原子力発電所4号機原子炉建屋の外壁の局所的な膨らみを考慮した耐震安全性に関する検討に係る報告書 平成24年6月25日）。

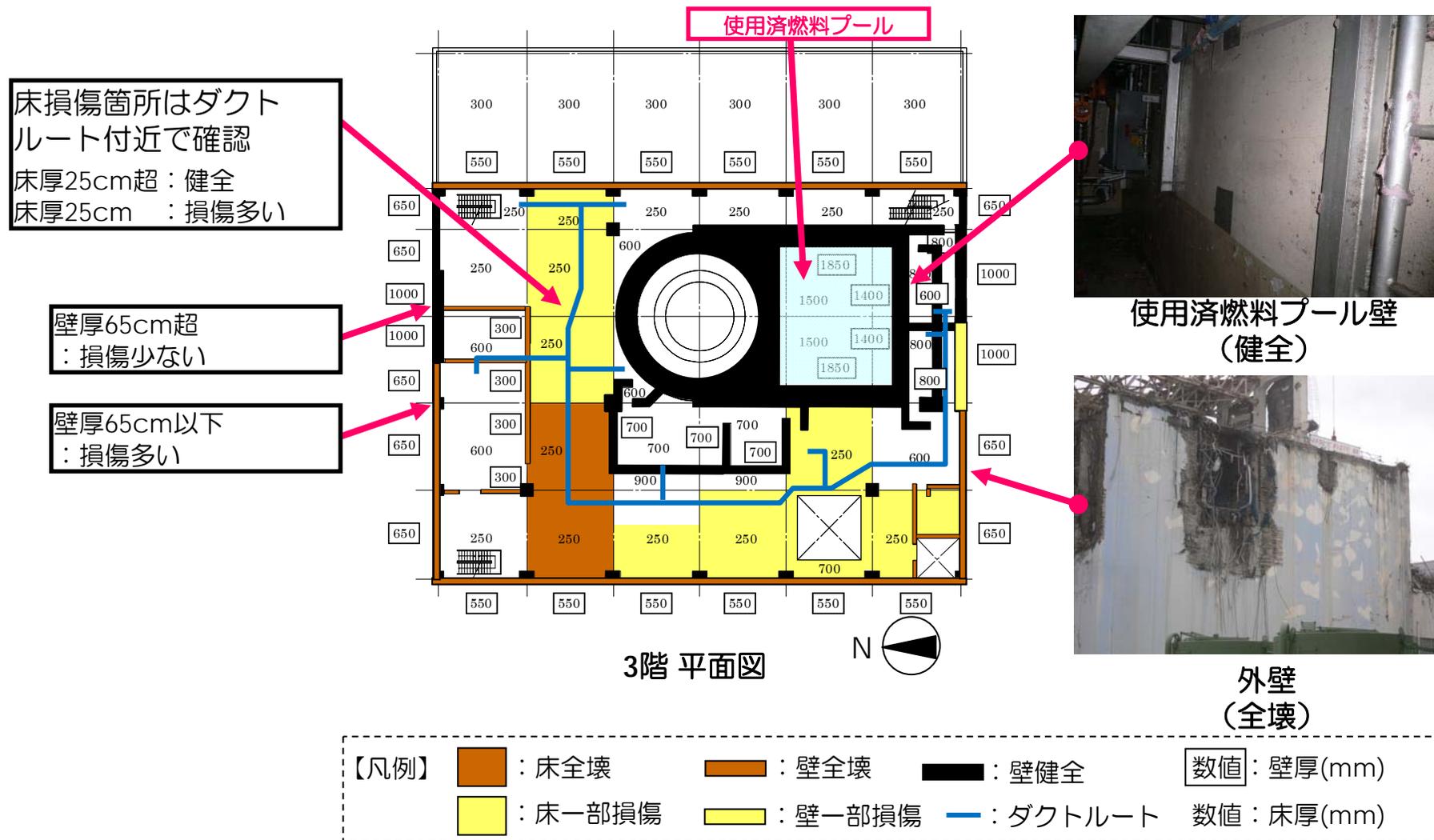


【凡例】

| | | | |
|---------|---------|----------|-------------|
| : 床全壊 | : 壁全壊 | : 壁健全 | 数値 : 壁厚(mm) |
| : 床一部損傷 | : 壁一部損傷 | : ダクトルート | 数値 : 床厚(mm) |

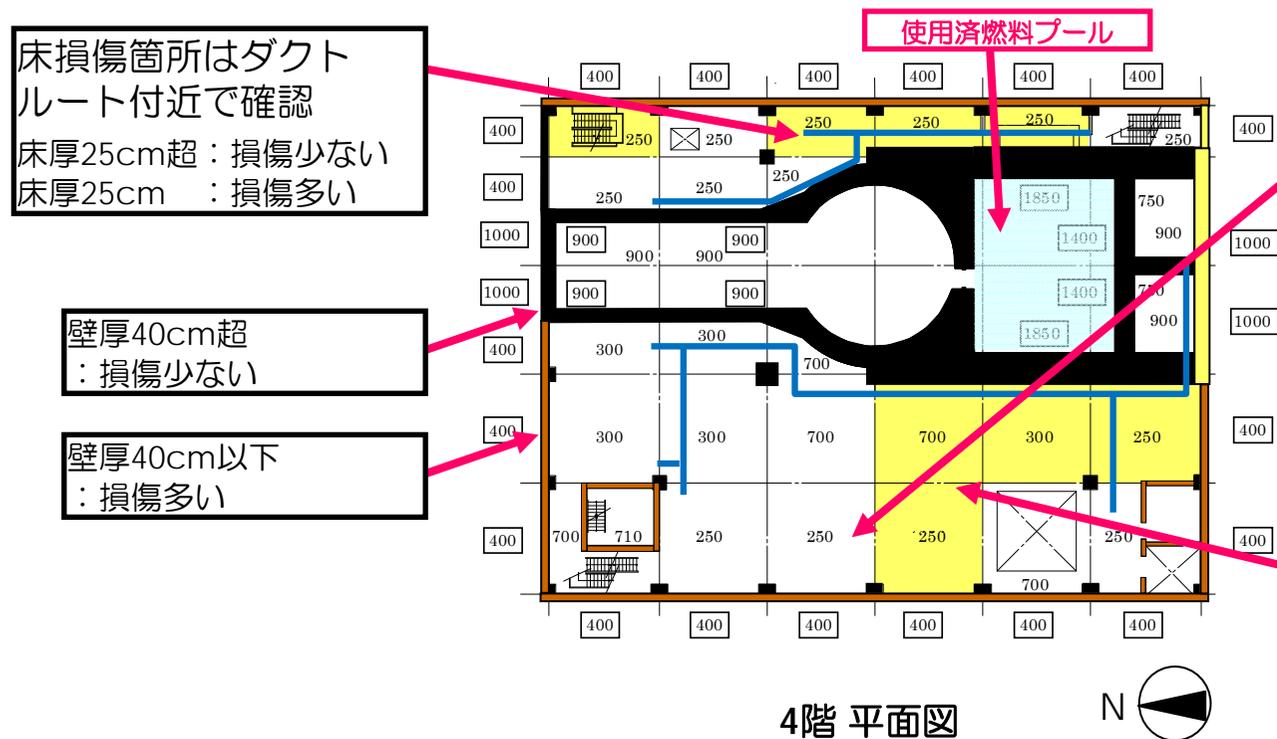
3. 建屋内外部の損傷状況を確認しました③

【3階の損傷状況図】



3. 建屋内外部の損傷状況を確認しました④

【4階の損傷状況図】



床
(健全)



床
(一部損傷)

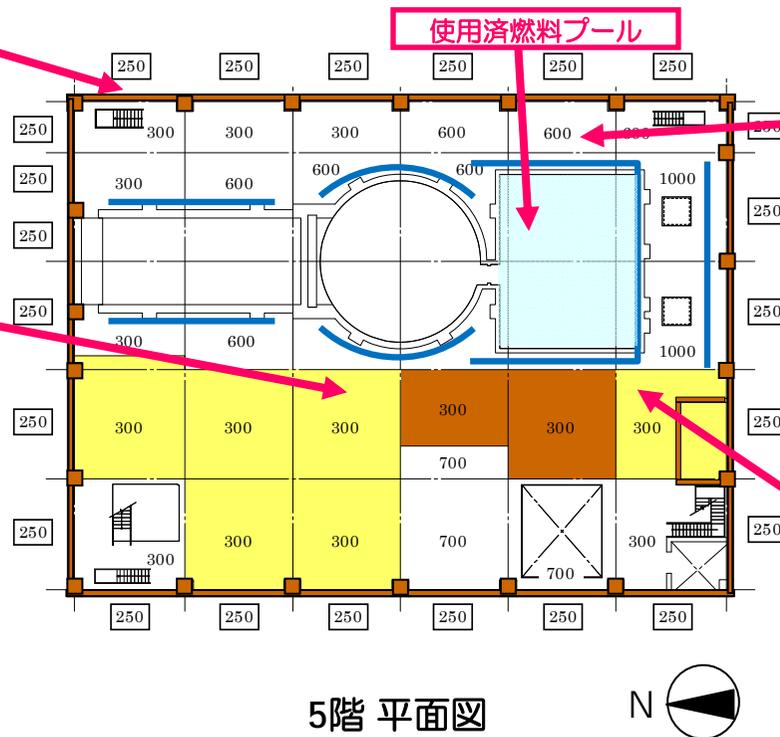
| | | | | |
|------|--------|--------|---------|-----------|
| 【凡例】 | ：床全壊 | ：壁全壊 | ：壁健全 | 数値：壁厚(mm) |
| | ：床一部損傷 | ：壁一部損傷 | ：ダクトルート | 数値：床厚(mm) |

3. 建屋内外部の損傷状況を確認しました⑤

【5階の損傷状況図】

5階から上の壁は、燃料
取り出し用カバーと
干渉するため撤去

床厚30cm超：健全
床厚30cm：損傷多い



床
(健全)



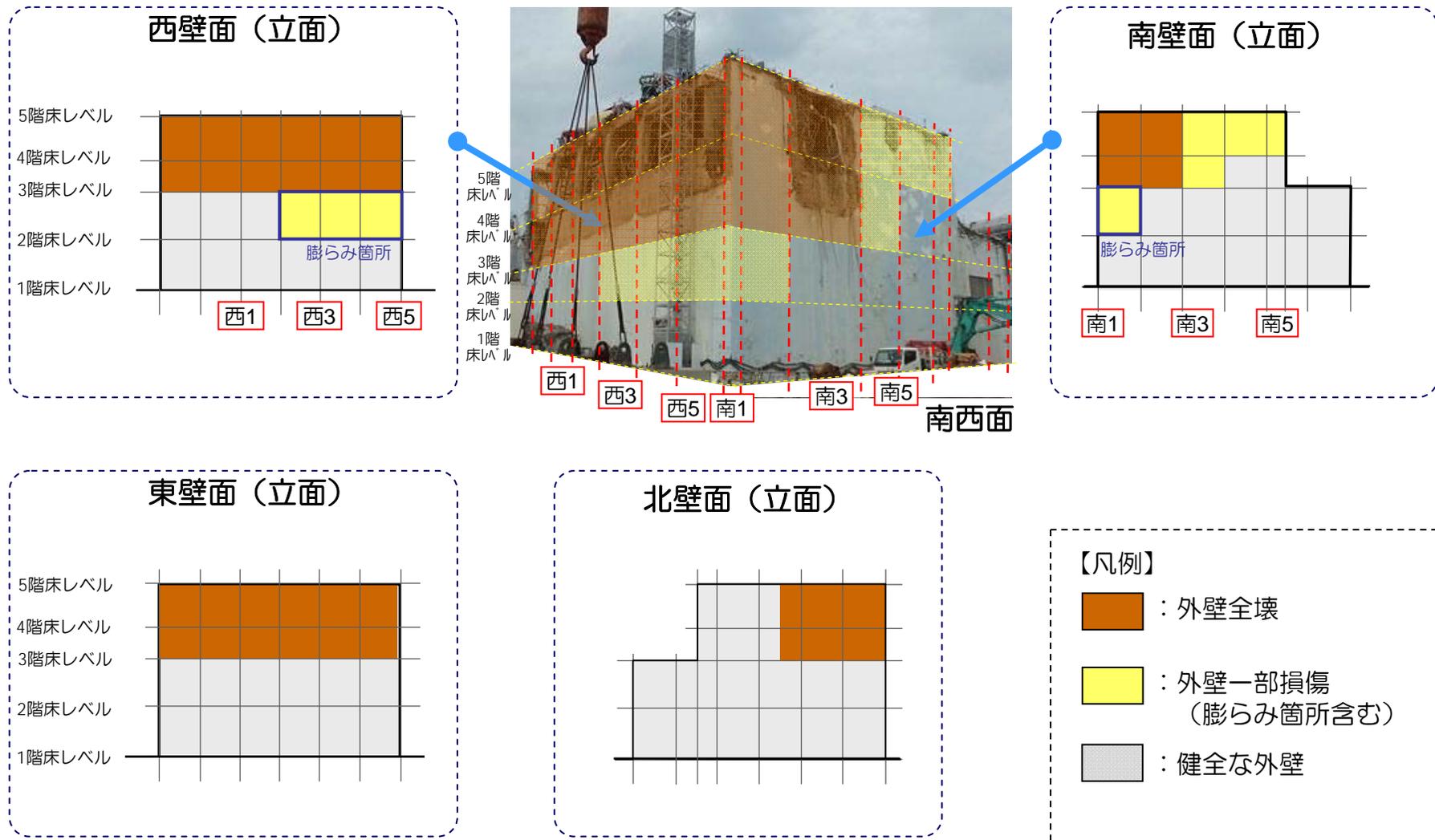
床
(一部損傷)

| | | | | |
|------|---------|---------|----------|-------------|
| 【凡例】 | : 床全壊 | : 壁全壊 | : 壁健全 | 数値 : 壁厚(mm) |
| | : 床一部損傷 | : 壁一部損傷 | : ダクトルート | 数値 : 床厚(mm) |

3. 建屋内外部の損傷状況を確認しました⑥

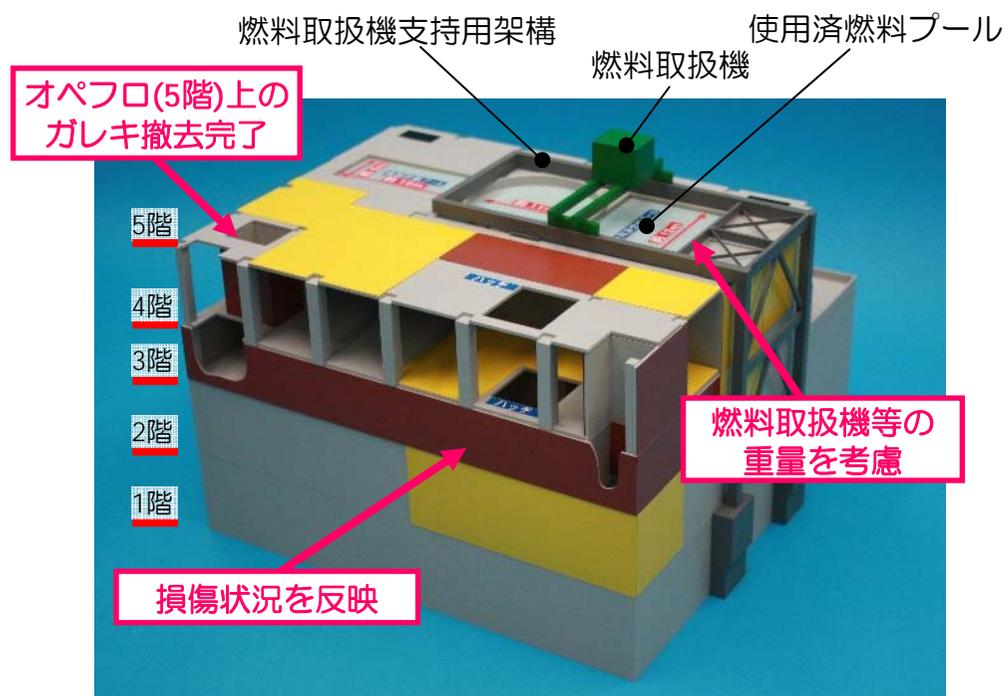
【外壁損傷状況図】

- 水素爆発により3階以上の壁は、北東の一部を除き全面的に損傷しています。



4. 燃料取り出し時を想定した耐震安全性評価を行いました

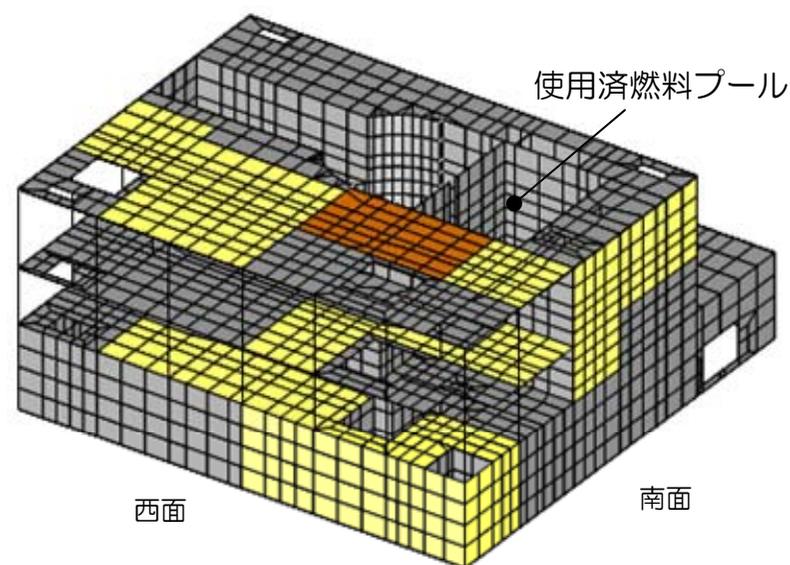
- 来年末から開始予定のプール内燃料の取り出し時を想定し、コンピュータ解析により原子炉建屋と使用済燃料プールの耐震安全性評価を行いました。
- プール内燃料の取り出し時とは、建屋上部のガレキ撤去が完了し、燃料取扱機・燃料取扱機支持用架構が設置された状態です。重量増減や前項までの建屋の損傷状況を反映しています。なお、クレーン支持用架構（P18を参照）の重量は、原子炉建屋に負担させておりません。



【凡例（損傷状況）】

：全壊
 ：一部損傷
（壁の膨らみ箇所※含む）
：健全

建屋状況図



【凡例（損傷状況）】

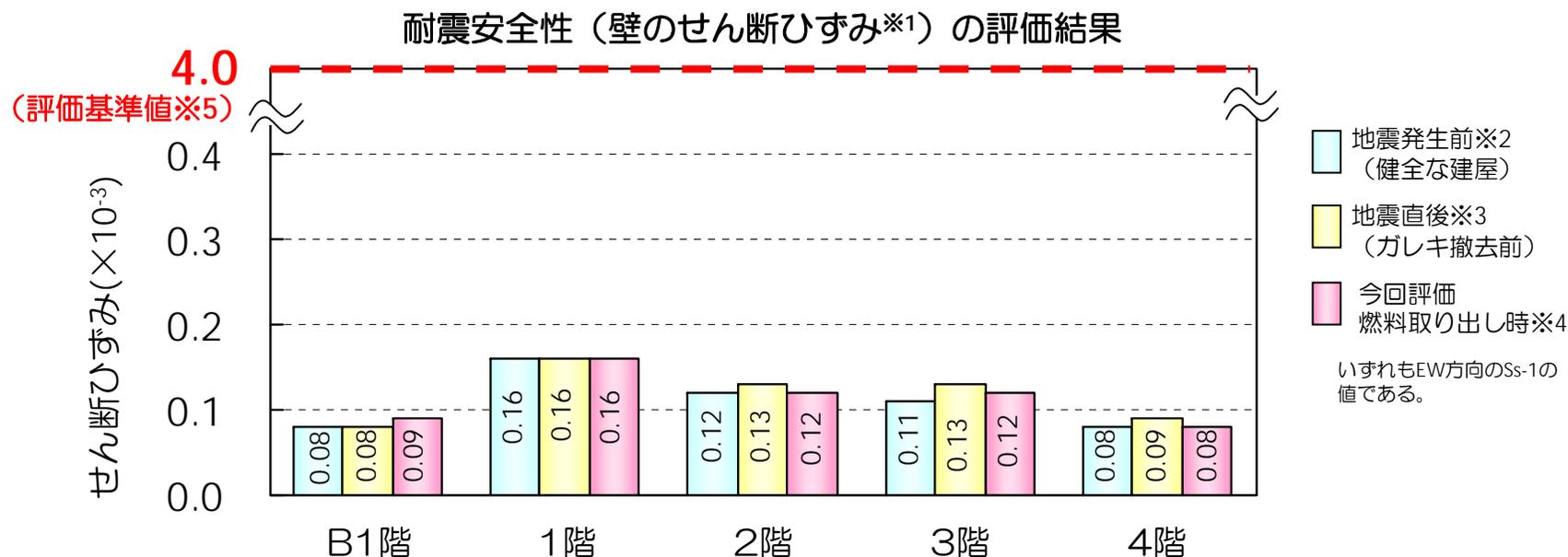
：全壊
 ：一部損傷※
（壁の膨らみ箇所含む）
：健全

コンピュータ解析モデル
(損傷状況反映)

※壁剛性は考慮せず、重量のみ考慮

5. 原子炉建屋は十分な耐震安全性を確保しています

- 地震発生前の健全な建屋と比較した場合でも耐震安全性はほぼ同等です。
- この理由としては、以下が考えられます。
 - ① 損傷した建屋ガレキの撤去により建屋上部の重量が大幅に軽くなり、地震力が低減した。
 - ② 使用済み燃料プール壁や原子炉格納容器周辺の厚い壁は、地震発生前と同様に健全である。



※¹: せん断ひずみ: 物体内部の面に平行方向に作用した力に対する変形

※²: 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書 (改訂2) (平成22年4月)

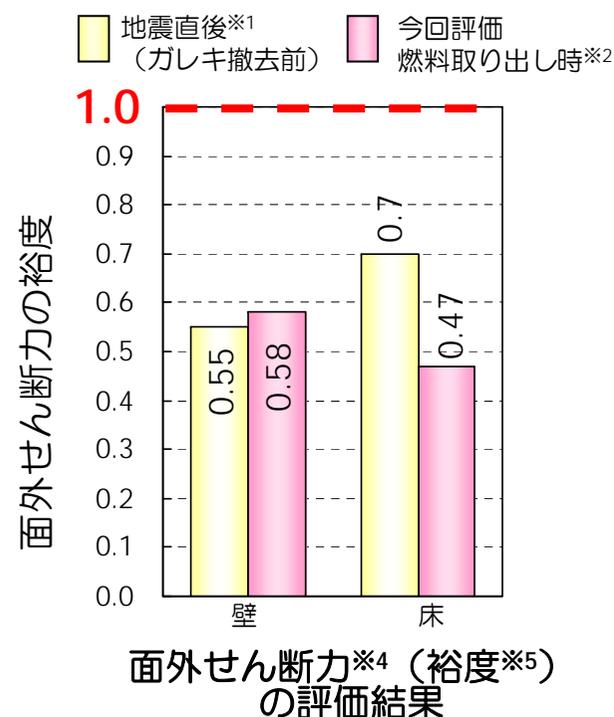
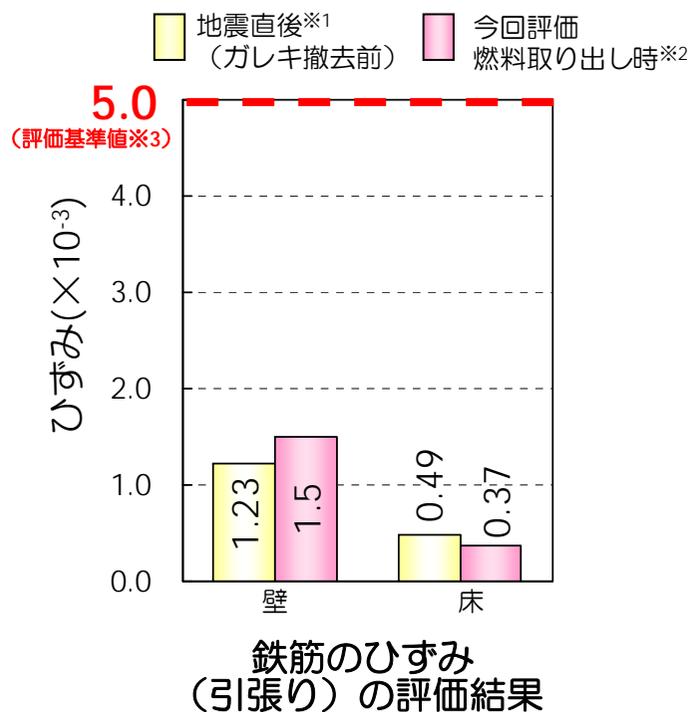
※³: 「福島第一原子力発電所原子炉建屋の現状の耐震安全性および補強等に関する検討に係る報告書 (その1)」 (平成23年5月28日)

※⁴: 「福島第一原子力発電所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) (追補版)」 (平成24年8月30日)

※⁵: 評価基準値: 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG-4601-1991 (日本電気協会)による

6. 使用済燃料プールは十分な耐震安全性を確保しています①

- 使用済燃料プール躯体のひずみや発生応力は、評価基準値を下回っており十分な耐震安全性を確保しています。
- プール躯体のひずみや発生応力は十分小さいため、プール内面に内張りされているライニング材(ステンレス鋼板 厚さ約6mm)が損傷し使用済み燃料プール水が漏れ出る可能性はないと考えられます(参考2参照)。



※1 「福島第一原子力発電所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)」(平成23年5月28日)

※2 「福島第一原子力発電所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)(追補版)」(平成24年8月30日)

※3 発電用原子力設備規格コンクリート製原子炉格納容器規格(日本機械学会)による

※4 面外せん断力: 壁・床が押し抜かれる方向にずれを発生させる力

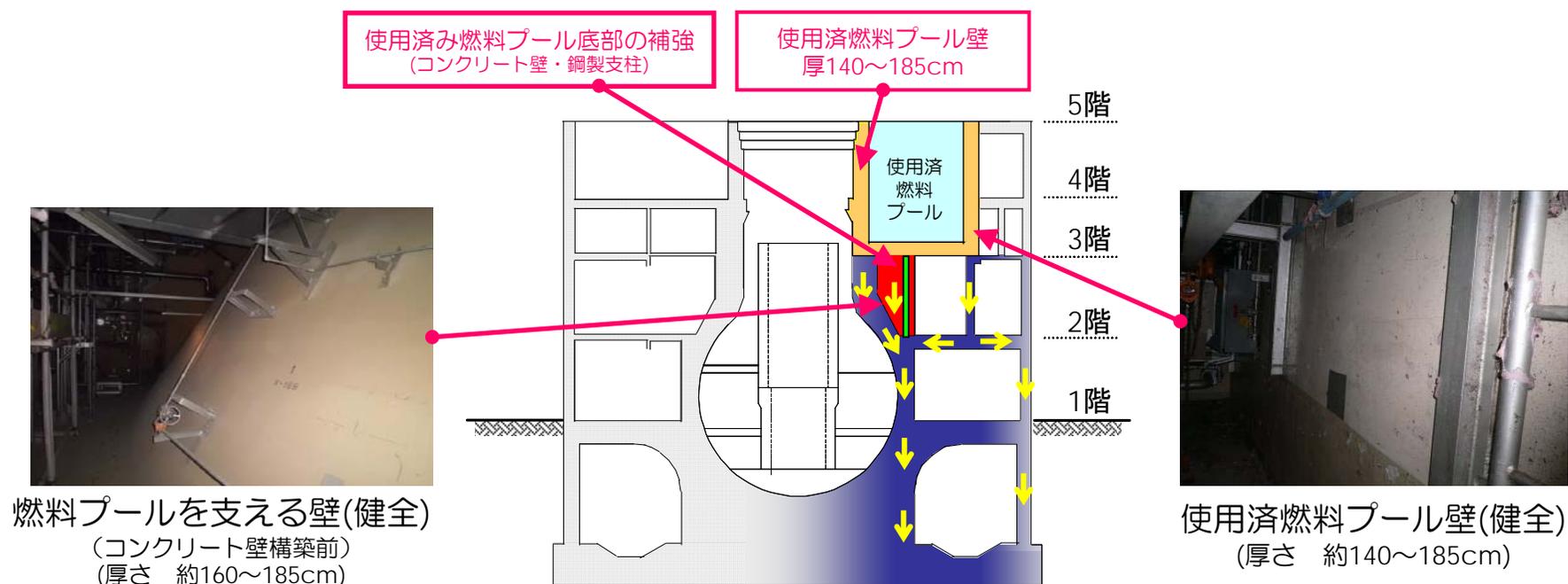
※5 裕度: 発生せん断力/せん断耐力

6. 使用済燃料プールは十分な耐震安全性を確保しています②

- 使用済燃料プール壁※1は、非常に厚いうえに、プール全体は、非常に厚い壁※2で支えられているため、外壁や床スラブが損傷していても、地震発生前と同等な耐震性が確保されております。このため、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、安全であることを確認しました。

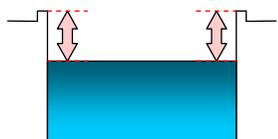
※1 使用済み燃料プール壁（鉄筋コンクリート造） 厚140cm～185cm

※2 使用済み燃料プールを支える壁（鉄筋コンクリート造）厚160cm～185cm

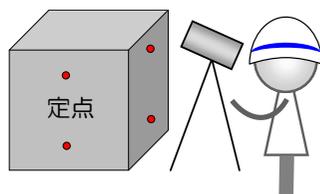


7. 定期的な点検を行っています

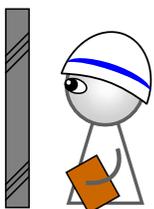
- 年4回の定期的な点検を通し、原子炉建屋および使用済燃料プールの健全性を確認していきます。
- 第1回は平成24年5月17日～5月25日、第2回は平成24年8月20日～8月28日に実施し、点検結果に問題がないことを確認しました（点検結果の概要は参考3参照）。



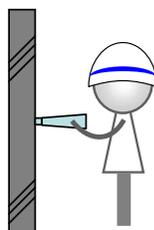
①建屋が傾いていないことの確認（水位測定）



②外壁面の測定



③目視点検



④コンクリートの強度確認

8. 政府による状況確認を行って頂いています

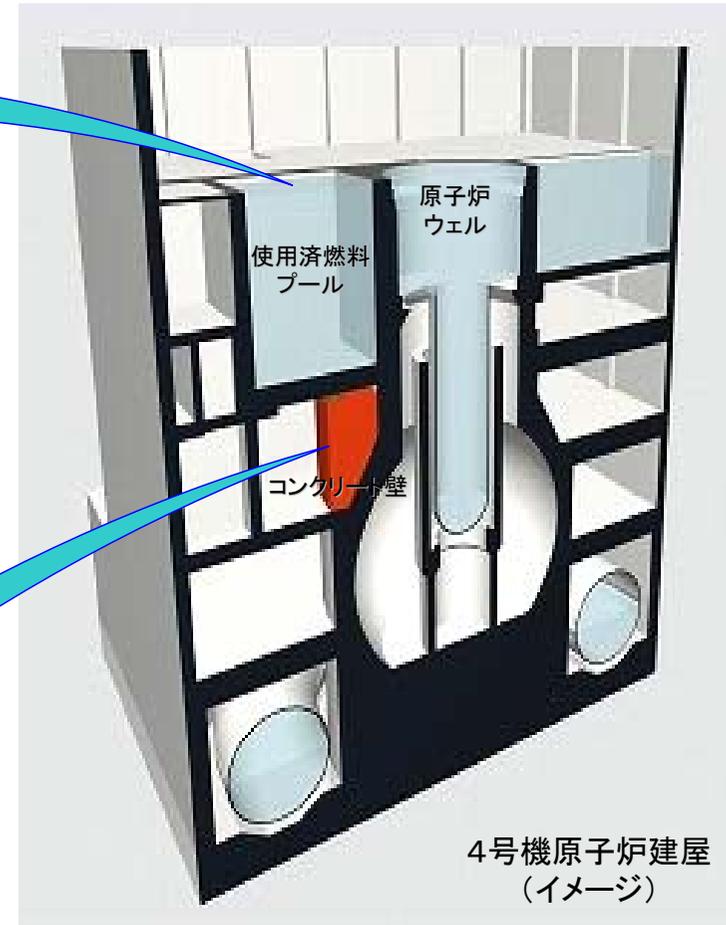
- 平成24年4月23日に中塚副大臣ほか、5月26日に細野大臣ほか政府関係者により4号機原子炉建屋の視察を行って頂きました。



5階に設けた構台からの使用済燃料プール全景の視察（平成24年5月26日）



2階における使用済燃料プール底部の補強の状況の視察（平成24年4月23日）



9. 燃料取り出し用カバーの設置工事を進めています

- 燃料取り出し用カバーは、燃料取扱設備の支持、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、現在、基礎工事を進めています。

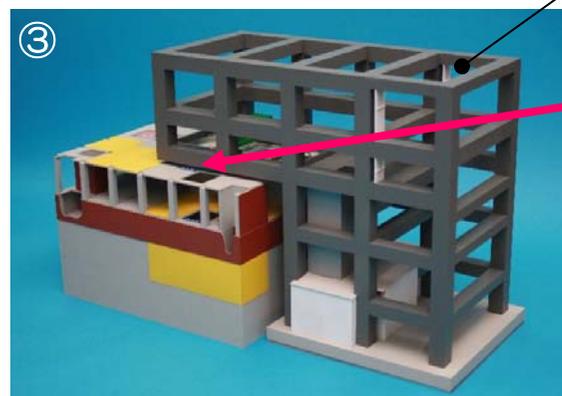


①
ガレキ撤去完了
(平成24年10月予定)



燃料取扱機
支持用架構

②
燃料取扱機支持用架構設置



③
クレーン支持用架構設置

クレーン支持用架構

クレーン支持用架構は
原子炉建屋に荷重を
かけておりません



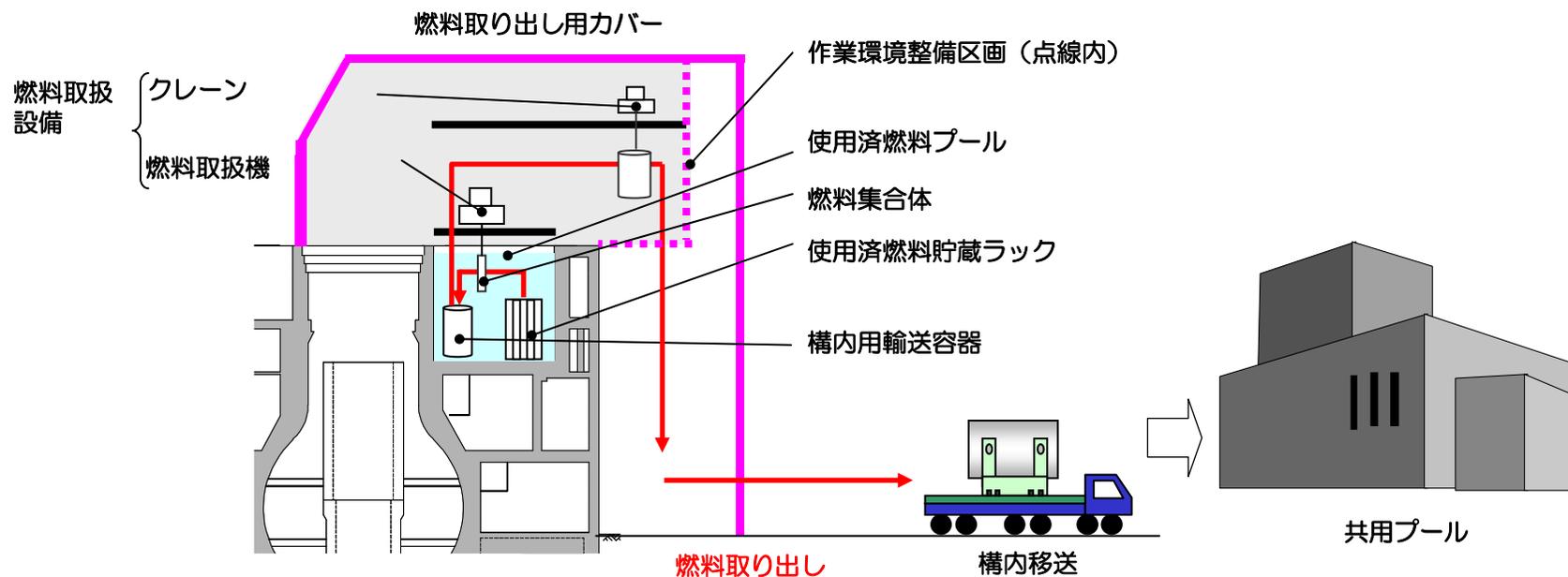
屋根・外壁

④
屋根・外壁設置

模型及び図は、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。

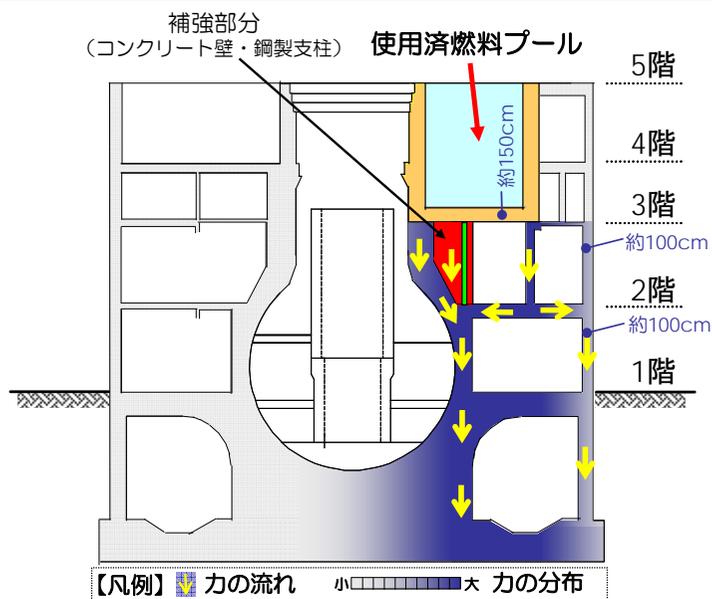
10. プール内燃料の取り出しを着実に進めます

- 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。

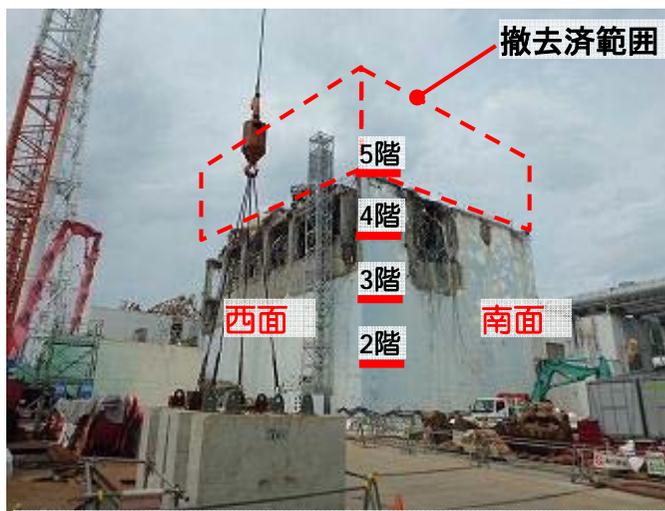


プール燃料の取り出し作業のイメージ

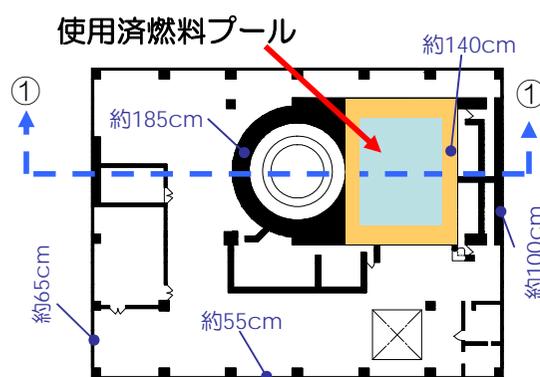
【参考1】 使用済燃料プール躯体と支持躯体の位置関係



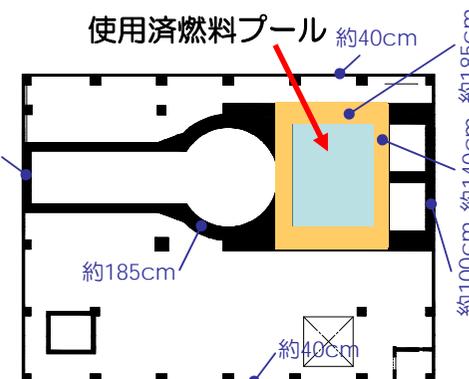
使用済燃料プールの力の流れと分布のイメージ
(原子炉建屋①-①'断面図)



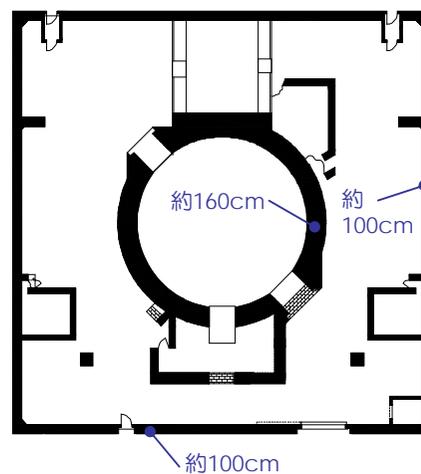
南面西面写真 (平成24年7月5日撮影)



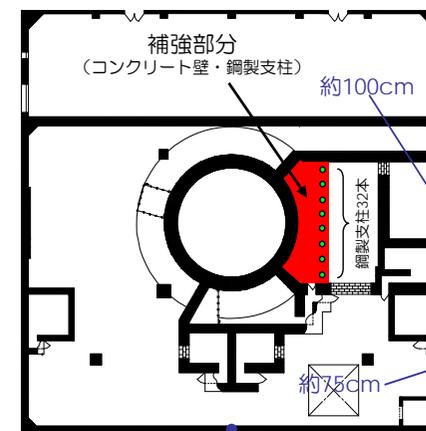
3階 平面図



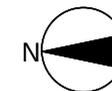
4階 平面図



1階 平面図



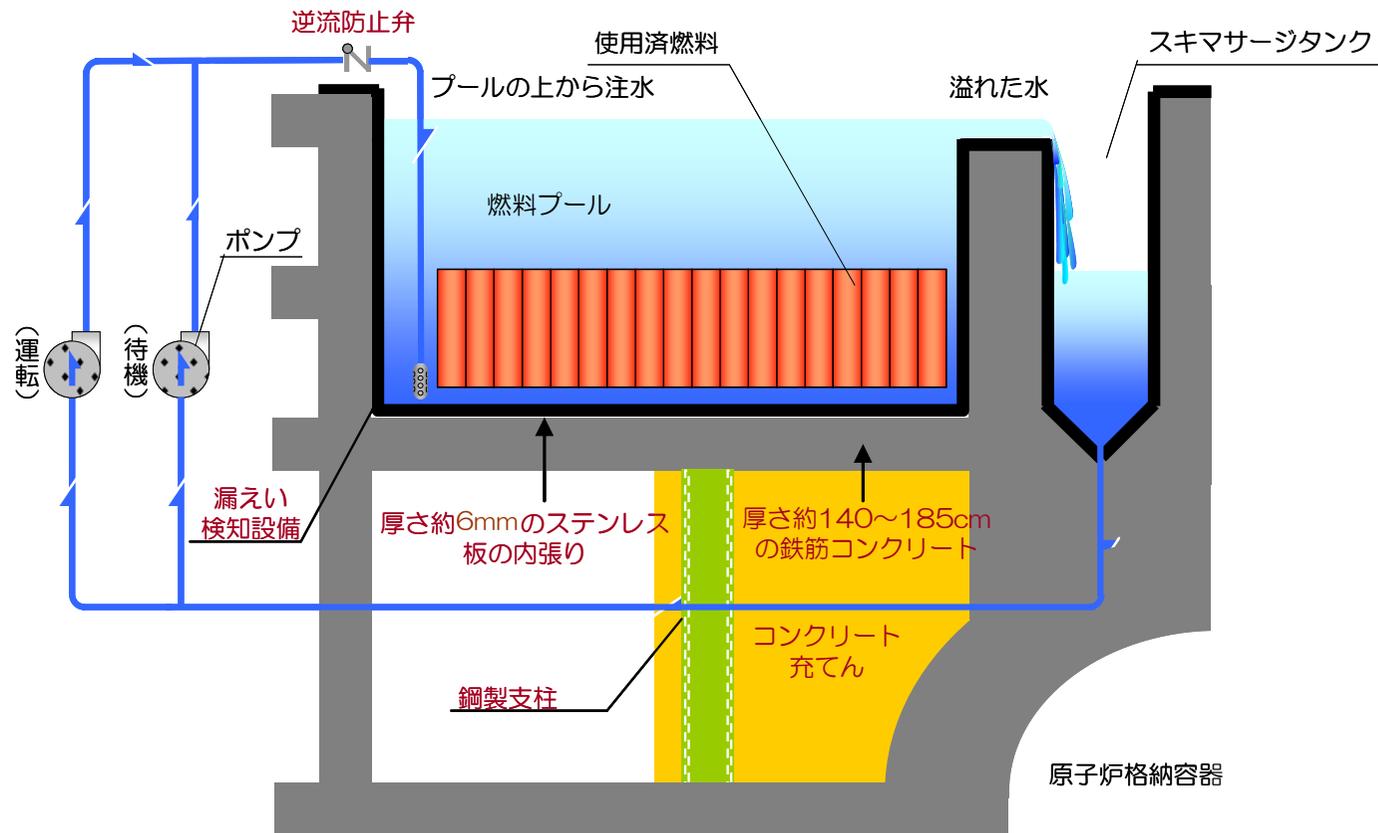
2階 平面図



【参考2】 使用済燃料プールは構造的に水が漏えいしません①

- プール内面はステンレス鋼板で内張りされています
 - ・ 使用済燃料プールは、厚さ約140～185cmの鉄筋コンクリート製で、さらに厚さ約6mmのステンレス鋼板で内張りされています。
- プールの側面や底面を貫通するような配管や水抜用の穴はありません
 - ・ プールの水の循環は、プールの上から注水し、プール上縁から溢れた水をスキマサージタンクで回収するかたちで行われており、構造上プール水が流出する箇所となりそうなプールの側面や底面を貫通する配管や水抜き用の穴はありません。
- 使用済燃料プールからの漏えい監視
 - ・ スキマサージタンク*1の水位を常時監視しており、プール水面からの水の蒸発分の適宜補給を行っています。配管等の損傷によりプール水が漏えいしてもスキマサージタンクの水位の異常な低下として検知可能です。
- プールに注水する配管は水が逆流しないようになっています
 - ・ プールに注水する配管には動力を必要としない逆流防止弁が設置されており、万一配管が破断したとしても、逆流防止弁が閉まるためプール水が逆流して流出するようなことはありません。

【参考2】 使用済燃料プールは構造的に水が漏えいしません②



使用済み燃料プールの構造

*1 スキマサージタンク：
使用済燃料プールから溢れた水を受けるために設置されているタンク

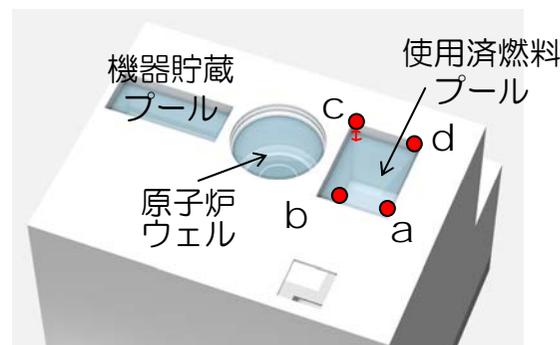
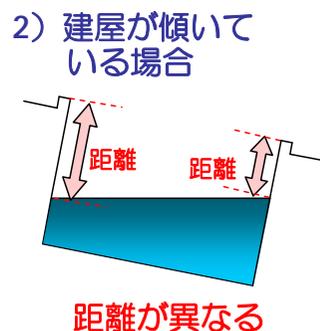
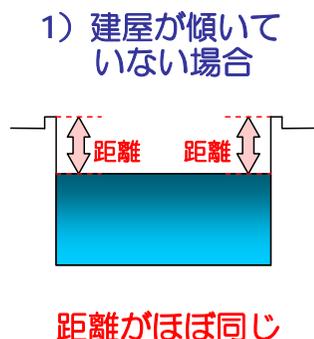
【参考3】 第2回定期点検結果の概要①

- 点検期間
平成24年8月20日～平成24年8月28日

- 点検結果

① 建物の傾きの確認（水位測定）

これまでと同様に、プールの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り、建物が傾いていないことを確認しました。



測定箇所（5階床面）

水位※1の測定結果

単位[mm]

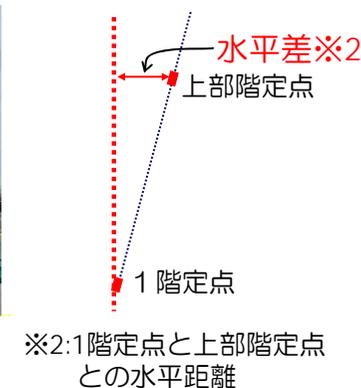
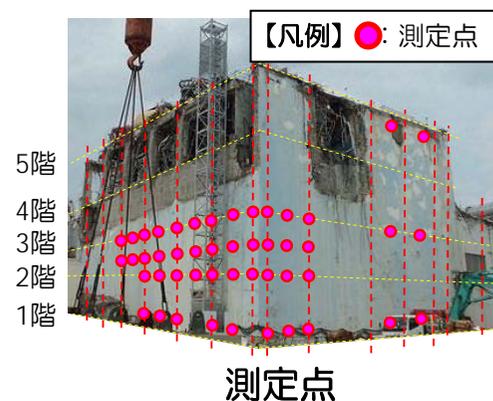
| 使用済燃料プール | H24.8.21 (今回測定) |
|----------|--------------------|
| a | 453 |
| b | 453 |
| c | 452 |
| d | 452 |

※1：水位は冷却設備の運転状況により日によって変化する。

② 外壁面の測定

水平差※2は、第1回目(H24.5)および外壁面詳細点検(H24.6)とほぼ同様の値となり、各点の変形は同じような傾向です。

なお膨らみが見られた2階西側及び南側の一部外壁については、当該壁の剛性を無視した場合は、原子炉建屋の耐震安全性に問題がないことを確認しています※3。



※3：福島第一原子力発電所4号機原子炉建屋の外壁の局所的な膨らみを考慮した耐震安全性に関する検討に係る報告書（平成24年6月25日）

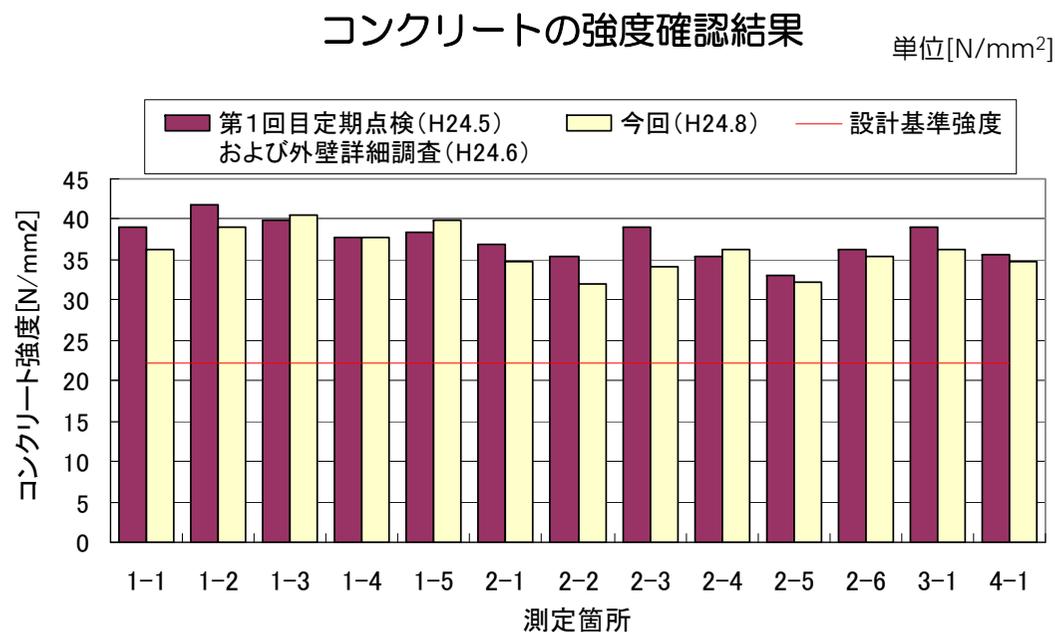
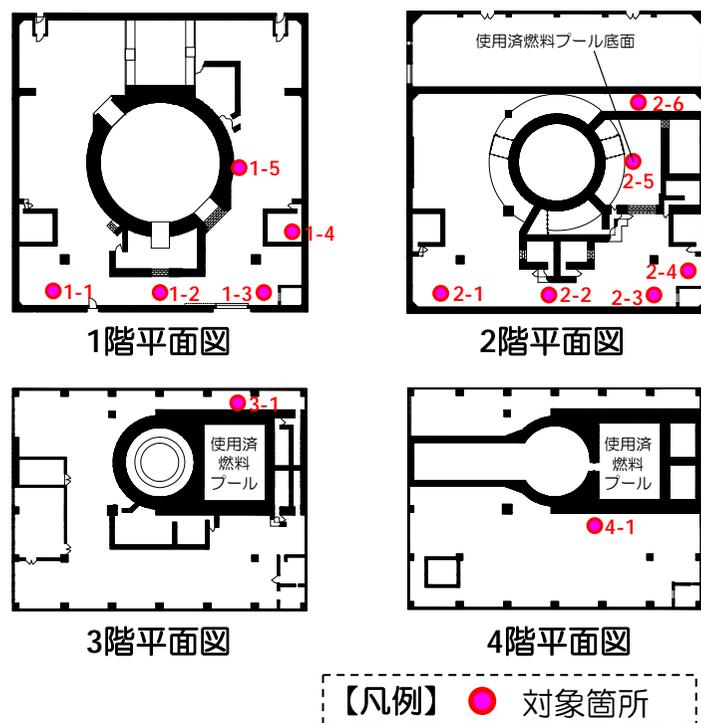
【参考3】 第2回定期点検結果の概要②

③ 目視点検

これまでと同様に、使用済燃料プール壁・床およびプールを支持する壁の目視点検の結果、1mm以上（耐久性の観点で検討が必要になるひび割れ幅）のひび割れや塩分による鉄筋腐食の可能性のあるひび割れは確認されませんでした。

④ コンクリートの強度確認

これまでと同様に、全ての箇所で設計基準強度（22.1N/mm²）を上回っており、十分な構造強度であることを確認しました。



【参考4】 関連資料・リンク

- 「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>
- 「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
- 「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>
- 「福島第一原子力発電所4号機原子炉建屋の健全性確認のための点検結果について」（平成24年5月25日）
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120525_07-j.pdf
- 「福島第一原子力発電所4号機における耐震安全性評価の経済産業省原子力安全・保安院への報告について」（平成24年6月25日）
http://www.tepco.co.jp/cc/press/2012/1205832_1834.html
- 「福島第一原子力発電所4号機原子炉建屋上部建屋瓦礫の撤去完了について」（平成24年7月11日）
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120711_01-j.pdf
- 「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）（追補版）」（平成24年8月30日）
http://www.tepco.co.jp/cc/press/2012/1217264_1834.html
- 「福島第一原子力発電所4号機原子炉建屋の健全性確認のための定期点検結果(第2回)について」（平成24年8月30日）