

地震・津波対策の実施状況

2016年8月18日

東京電力ホールディングス株式会社

1.1 福島第一におけるリスク源の特徴

- 時間の経過に伴い、燃料(及びデブリ)の崩壊熱の低下により、環境中への放射性物質放出リスクは減少中
 - 冷却停止時の時間余裕は大幅に増加 (図1,図2)
 - 揮発性放射性物質の希ガスやよう素は、大部分が既に減衰
- 廃止措置に向けた工程の進展によりリスク源の除去・低減が進む等、リスク源の状況は変化していく
 - 原子炉を運転しておらず、放射性物質の追加発生はない
 - 注水機能等の信頼性向上策を実施中
- 建屋滞留水、タンク内汚染水等、事故由来のリスク源が存在
 - 汚染水に含まれる放射性物質濃度は、建屋滞留水処理等により減少中

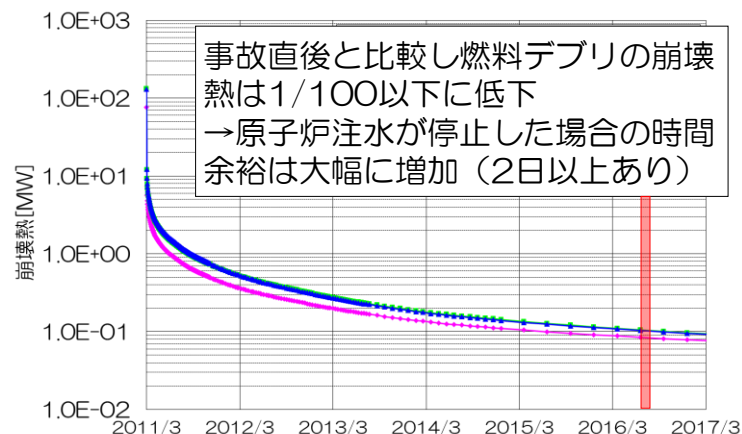


図1 燃料デブリの崩壊熱の推移

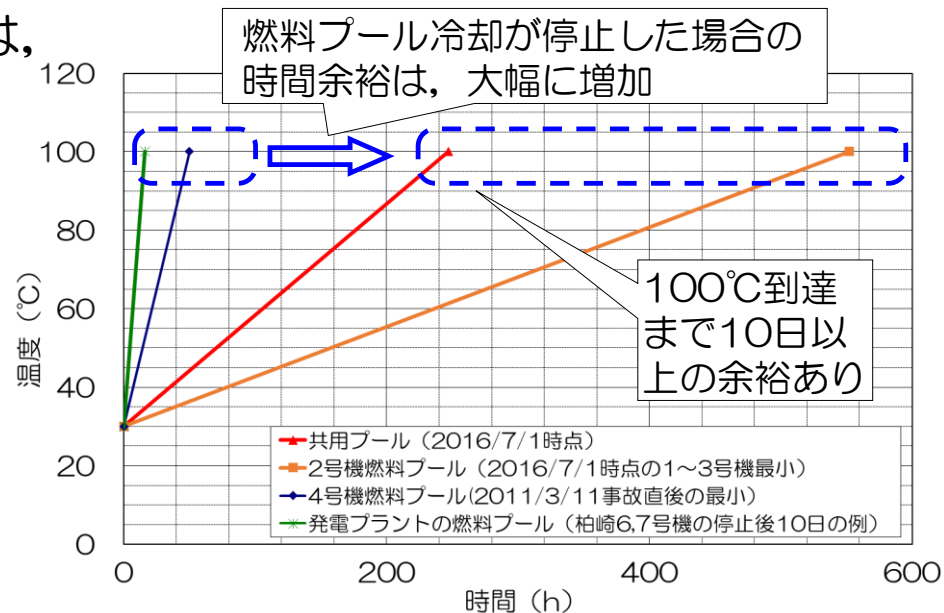
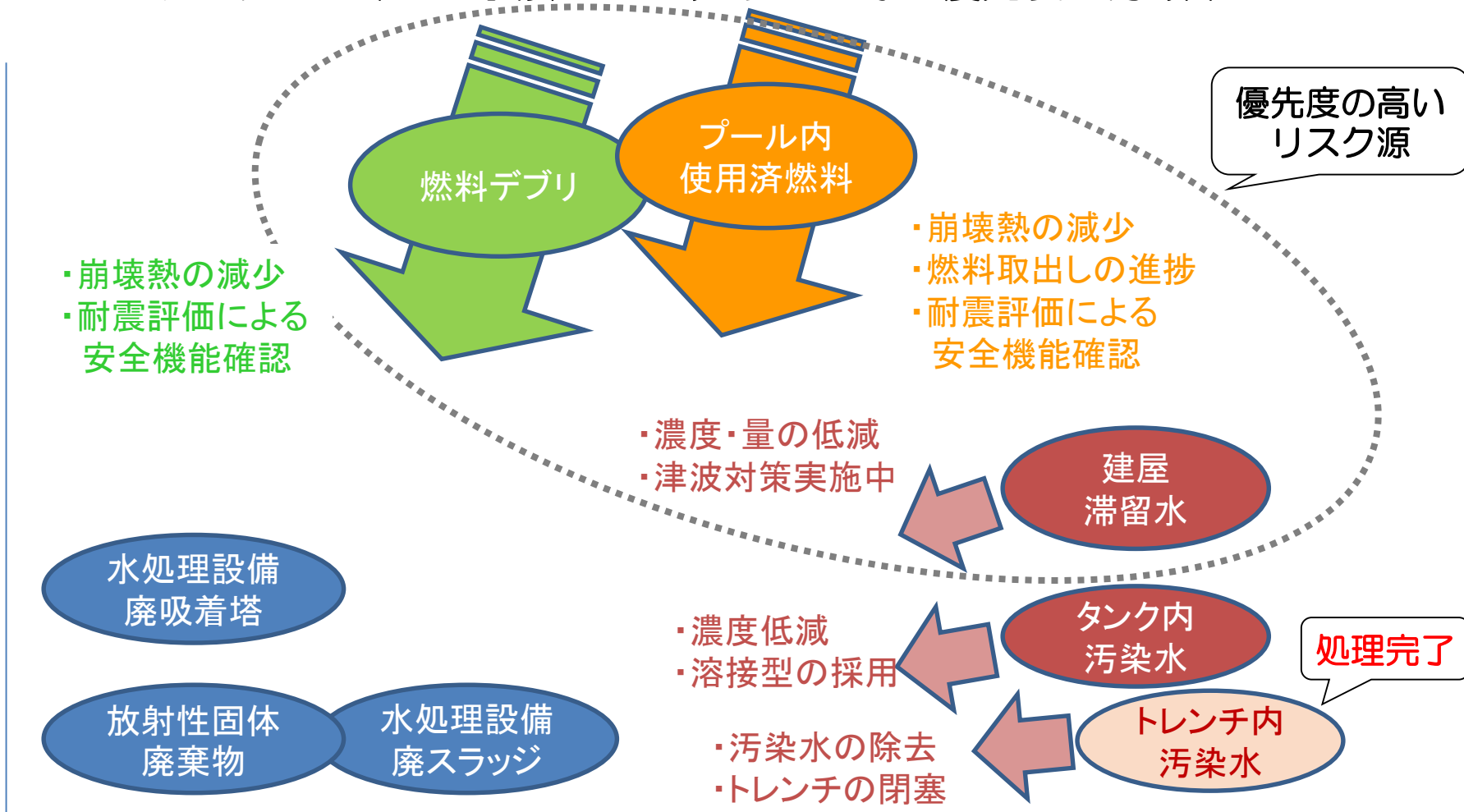


図2 燃料プール冷却停止時の水温上昇評価

1.2 福島第一におけるリスク源の状況と低減対策

- 建屋滞留水処理等によるリスク源の低減と並行して、信頼性向上のため、地震・津波対策を段階的に実施中
- ハザードポテンシャルの試算による、リスク源の優先度を分類中

潜在的影響度（ハザードポテンシャル）



閉じ込め機能喪失の起こりやすさ

1.3 地震・津波対策の状況と今後の方針

- 地震・津波による放射性物質の追加放出リスクを、効率的かつ現実的に低減していくため、安全上重要な施設の評価および対策を段階的に実施してきている
- 今後、放射性物質の除去・低減対策の進捗状況を踏まえつつ、地震・津波対策の実施に伴う作業員被ばくの増加や、リスク源を安定化させるための廃炉の取り組みの遅延につながる可能性等についても総合的に勘案し、地震・津波対策を進めていく

地震対策

津波対策

事故後の
緊急的対策

基準地震動(600Gal)対策

- ⇒建屋：耐震性確保**確認済**
- ⇒機器：機動的対応の活用も含め
機能確保済 3.参照

アウターライズ津波対策, 他

- ⇒仮設防潮堤：**設置済**
- ⇒トレンチ内汚染水の除去：**処理済**

既往最大事
象への備え
(設計用)

15m級津波対策

- ⇒1・2号機タービン建屋, 共用プール建屋：**完了**
- 高温焼却炉建屋：**完了**
- ⇒3号機タービン建屋, プール主建屋：工程調整中
- ⇒1～3号機原子炉建屋：滞留水処理の状況を踏
まえ検討 3.および4.1,4.2参照

既往最大を
超える事象
への備え
(検討用)

検討用地震動(900Gal)対策

- ⇒建屋：耐震性確保**確認済**
- ⇒機器：機動的対応を活用し信頼
性向上を図る 3.参照

検討用津波(26.3m)対策

- ⇒建屋滞留水の処理を優先 3.参照
- ⇒機器：機動的対応を活用し信頼性向上を図る
3.参照

2.1 地震・津波対策の基本的考え方：プール内使用済燃料

■ プール内使用済燃料

➤ 検討用地震動(900Gal),検討用津波(26.3m)は、機動的対応（消防車等の可搬設備による注水等）の信頼性向上に用いる

- 原子炉建屋の構造健全性は、検討用地震動(900Gal),検討用津波(26.3m)に対しても確保できることを確認済み

⇒使用済燃料プールの水位維持が可能

- 冷却設備が検討用地震動(900Gal),検討用津波(26.3m)により機能を喪失した場合、消防車等の可搬設備による注水再開が可能

⇒機動的対応の信頼性を向上させる

➤ 燃料取り出しのための新設設備（建屋カバー含む）については、基準地震動（600gal）,15m級津波で設計する。

[燃料取り出し用カバー，燃料取扱設備]

- 運転プラントと異なり、崩壊熱が低下していること、揮発性放射性物質の希ガスやよう素は、大部分が減衰していることから、使用済燃料が抱えるリスクは、大幅に低下。重量物の落下等による燃料破損時の敷地境界におけるの年間の実効線量は、1mSvを大幅に下回る。
- 使用済燃料を取り出す期間は、1～2年程度。供用期間が短い新設設備に対して地震動を大きくし、工期・作業員被ばくを増加させるより、リスク源である使用済燃料を速やかに取り出した方がリスクの低減に効果的。

2.2 地震・津波対策の基本的考え方：燃料デブリ

■ 燃料デブリ

- 検討用地震動(900Gal),検討用津波(26.3m)は、機動的対応（消防車等の可搬設備による注水等）の信頼性向上に用いる
 - 原子炉建屋の構造健全性は、検討用地震動(900Gal),検討用津波(26.3m)に対しても確保できることを確認済み
 - 注水設備が検討用地震動(900Gal),検討用津波(26.3m)により機能を喪失した場合、消防車等の可搬設備により注水を再開できる見込み

⇒機動的対応の信頼性を向上させる

- 燃料デブリ取り出しのための新設設備（建屋カバーを含む）について
 - 格納容器内（燃料デブリを含む）の状態は不明であり、取り出し工法等も確定していない

⇒新設設備（建屋カバーを含む）の設計に適用する地震動・津波高さは、内部調査等による格納容器内（燃料デブリを含む）の状態、工期、工法等に基づき、判断

2.3 地震・津波対策の基本的考え方：建屋滞留水

■ 建屋滞留水

- 建屋滞留水を内包する建屋の構造健全性は、検討用地震動(900Gal)に対して確保できることを確認済み
⇒地震による大量漏えいリスクは小さい

- 15m級津波に備える対策を実施。（一部の建屋については滞留水処理の状況をふまえて建屋止水対策の実施要否を判断）
 - アウターライズ津波対策は完了
 - 2020年内に建屋内滞留水の処理完了（循環注水を行っている原子炉建屋以外の建屋については、最下階床面を露出させる方針であり、リスクが存在する期間は比較的短い）⇒検討用津波(26.3m)に備える対策は、長期間を要する見込み。
建屋滞留水処理によりリスクを低減

3. 構造健全性・注水機能確保に関する評価結果まとめ

リスク源	建屋等	評価対象	耐震評価結果		対津波評価結果		
			基準地震動 600Gal	検討用地震動 900Gal	アウトター ライズ津波	15m級津波	検討用津波
プール内 使用済燃料	1～3号機 原子炉建屋	既設建屋	○	○	○	○	○
		機動的 対応	○	○	○	○	○
燃料 デブリ	1～3号機 原子炉建屋	既設建屋	○	○	○	○	○
		機動的 対応	○	検討中	○	○	検討中
建屋滞留水	原子炉建屋	既設建屋	○	○	○	対策方針 4.1参照	建屋滞留水の 処理を 進める
	タービン建屋	既設建屋	○	○	○		
	廃棄物処理建屋	既設建屋	○	○	○		

4.1 15m級津波対策：対策方針

- 放射性物質と開口部面積をもとに、建屋滞留水処理状況等を加味し、環境への放出相対リスクを評価し、各建屋の特徴を考慮し、対策方針を決定

環境放出相対リスク	建屋	特徴	対策方針
高	1～3号機 原子炉建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・ 雰囲気線量が最も高く、除染や省人化等の検討が必要 ・ 燃取架構設置工事から燃料取出作業までの干渉の考慮が必要 ・ 既設配管（冷却配管）との干渉あり 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 雰囲気線量が高いことから、建屋滞留水処理を進める ・ 2016～2017年度に現場調査、設計を実施（建屋滞留水処理進捗状況を見て、2017年度末に開口部閉塞工事实施の要否を判断）
	3号機 タービン建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・ 雰囲気線量が相対的に低い ・ 既設配管（建屋滞留水配管）との干渉あり ・ 1, 2号機T/Bで工事实績があり、早期に着手可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2016年度上期から開口部閉塞工事实施
	プロセス主建屋 (D槽AREVAスラッジ)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 雰囲気線量が相対的に低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2017年度初めから開口部閉塞工事開始予定
中	プロセス主建屋 (建屋滞留水)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 雰囲気線量が相対的に低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・ D槽AREVAスラッジの開口部閉塞工事と同時に閉塞工事を実施、または、建屋滞留水処理を進める
	2・3号機 廃棄物処理建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既設設備との干渉が最も大きい ・ 雰囲気線量が比較的高い ・ 外壁が水素爆発により損傷 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 滞留水の処理を進める ・ 2016～2017年度の建屋滞留水処理進捗状況を見て、2017年度末に開口部閉塞工事实施の要否を判断
低	その他建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・ 放射能インベントリが比較的低い ・ 建屋滞留水処理予定時期が早く、開口部閉止工事の実施によるリスク低減効果が低い ・ 作業員被ばくが発生する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋滞留水処理を進める（1,2号機T/B,高温焼却炉は開口部閉塞工事实施済み）

4.2 15m級津波対策：進捗状況

■ 工程

建屋	2016年度		2017年度		2018年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
3号機タービン建屋 津波対策工事 (開口部閉塞)			工事			
プロセス主建屋 津波対策工事 (開口部閉塞)	現場調査・設計		工事			
1～3号機原子炉建屋 津波対策工事 (開口部閉塞)					建屋滞留水処理の状況から実施要否を判断	
	現場調査・津波区画検討・概念設計					
2・3号機 廃棄物処理建屋 津波対策工事 (開口部閉塞)					建屋滞留水処理の状況から実施要否を判断	
	現場調査・津波区画検討					
その他建屋 (4号機建屋等)			建屋滞留水処理を進める			

※他工事・他設備との干渉により工程は変動する可能性有り

【参考】各耐震・耐津波評価施設分類（1 / 2）

分類	耐震	津波	主な施設
Sクラス相当	基準地震動(600Gal)にて評価	15m級津波影響評価	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力容器・格納容器注水設備（配管，機動的対応に使用する注水設備） 原子炉格納容器内窒素封入設備（配管，非常用窒素ガス分離装置） 使用済燃料プール設備（使用済燃料プール） 原子炉圧力容器・格納容器ホウ酸水注入設備（タンク，注水設備） 滞留水を貯留している建屋 電気系統設備（所内共通ディーゼル発電機） 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備（燃料取扱機，クレーン※，燃料取り出し用カバ） 使用済燃料共用プール設備（プール躯体） 使用済燃料乾式キャスク仮保管設備（乾式キャスク，支持架台） 監視室・制御室（免震重要棟の免震装置）
Bクラス相当	耐震Bクラスに要求される地震動で評価	アウトターライズ津波影響評価	<ul style="list-style-type: none"> 汚染水処理設備等（タンク，使用済セシウム吸着塔保管施設，廃スラッジ一時保管施設，高濃度の滞留水を扱う設備） 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設（多核種除去設備の地盤，機器基礎ボルト） モバイル型ストロンチウム除去装置等（タンク取付けボルト，SS フィルタ，ウルトラフィルタ及び吸着塔の耐震ラグの溶接部位，コンテナ） 第二モバイル型ストロンチウム除去装置等（前置フィルタ・吸着塔等のボルト，ユニット） RO 濃縮水処理設備（地盤，設備の基礎ボルト・取付ボルト） 使用済燃料プール循環冷却系 雑固体廃棄物焼却設備 放水路浄化設備

※：弾性設計用地震動Sdにより評価

【参考】各耐震・耐津波評価施設分類（2 / 2）

分類	耐震	津波	主な施設
Cクラス相当	耐震Cクラスに要求される地震動で評価	—	<ul style="list-style-type: none">原子炉格納容器内窒素封入設備（窒素ガス分離装置）原子炉格納容器ガス管理設備電気系統設備（外部電源受変電設備）固体廃棄物貯蔵庫放射線管理関係設備等（ダストモニタ, MP）

等々

【参考】タンクの耐震性評価

実施計画ではBクラス相当の設備と位置づけ

- 転倒評価を実施し，転倒しないことを確認
 - 地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを比較
- 円筒型タンク（1000m³容量）に対し，参考としてSクラス相当の評価を実施し，貯水機能が維持されることを確認
 - 地震にて発生する応力等を算出し許容値と比較し，機能が維持されることを確認。（側板の膜応力及び座屈，溶接ボルトの引張応力）
 - 円筒型タンク1000m³容量（フランジ）の例（基準地震動Ss評価）

評価部位	評価項目	算出値	許容値	単位
側板	膜応力	246	360	MPa
	座屈	0.66	1	-
接続ボルト（水平）	引張	355	525	MPa
接続ボルト（鉛直）	引張	506	525	MPa

- 基準地震動600Galを超える地震が発生した場合，評価値に若干の余裕があり，また，東北地方太平洋沖地震時に，耐震クラスの低い既設タンクの多くは漏えいに至っていないことから，耐震評価上の基準値を超えたとしても直ちに大規模な漏えいに至るものではないと考えられる。

【参考】使用済燃料プールの冷却水喪失時の使用済燃料への影響評価

- 冷却水喪失時も、燃料集合体内に空気が循環する状況であることから、燃料被覆管が損傷する温度に到達しない評価結果
 - 極端な想定であるが、想定外の地震発生時等に、設備等の落下による使用済燃料プールの損傷による冷却水の喪失に加えて、大部分の燃料集合体の上部が瓦礫で覆われる、プール水位が燃料集合体下部付近になる等により、空気が循環しない状況が発生すると、燃料被覆管温度が大きく上昇
- ⇒ プール躯体が検討用地震動900Galに耐えられる、可搬設備を活用する機動的対応により注水を再開可能等、十分な安全性を確保している。更なる安全性向上のため、プール水漏えいを想定した注水手段の強化を検討中

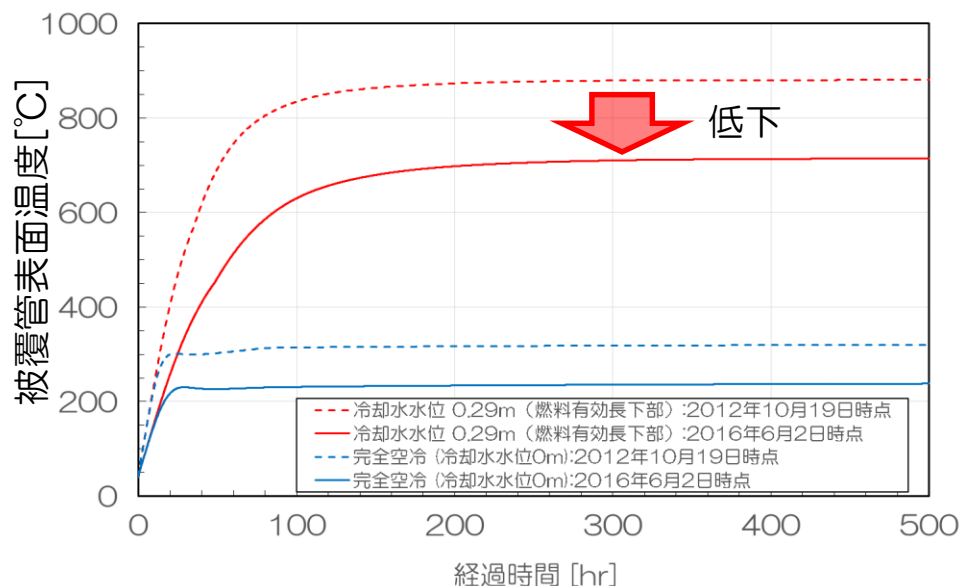


図 3号機使用済燃料プール冷却水喪失時評価

3号機等の使用済燃料プール内の燃料が露出した場合、建屋近傍のO.P.10mでは、線量率は、1mSv/h程度と推定（オペフロ上は、Sv/hオーダ）され、建屋近傍での作業は可能と評価