

地震・津波の対応状況

2016年6月2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

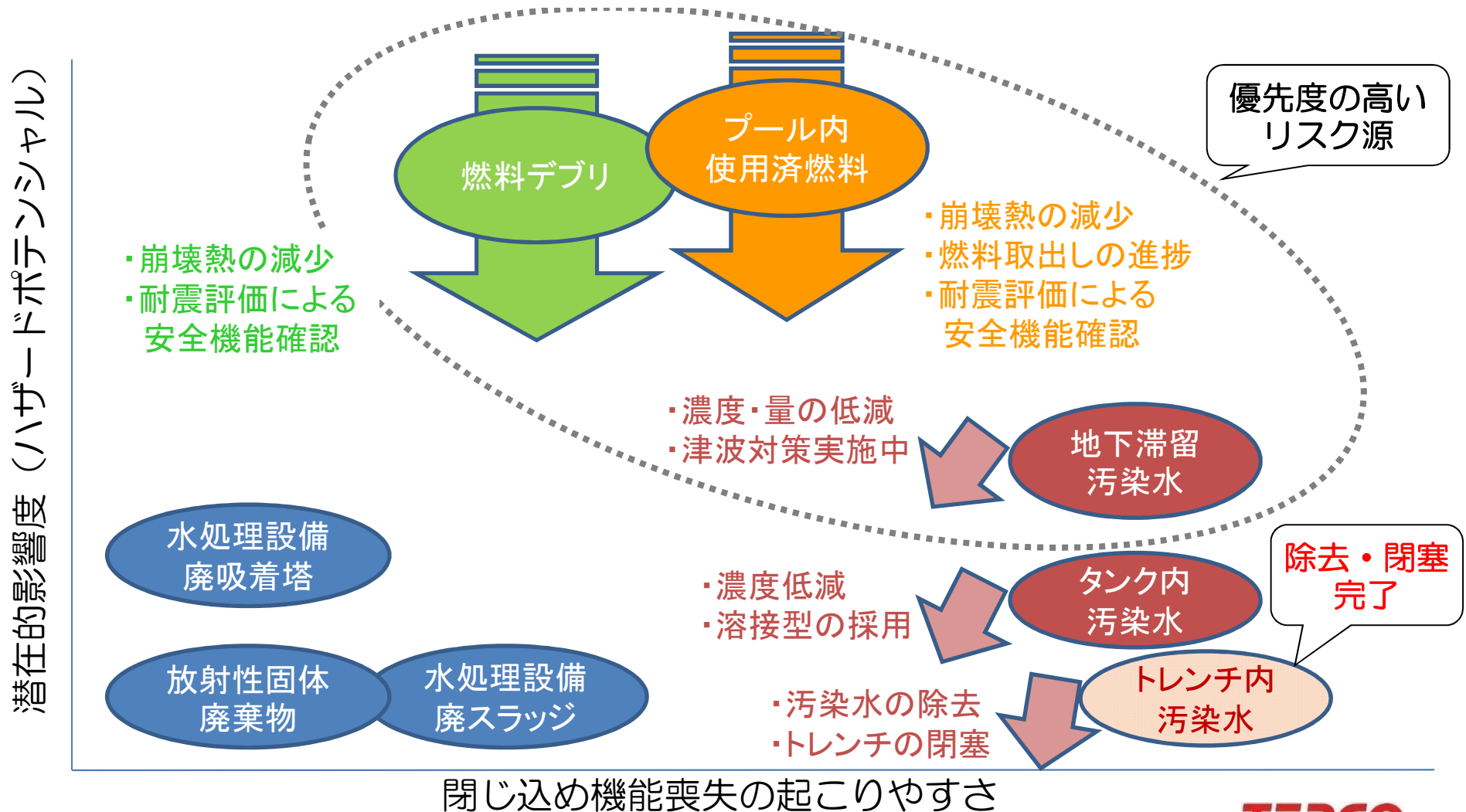
- 時間の経過に伴い、燃料(及びデブリ)の崩壊熱の低下により、環境中への放射性物質放出リスクは減少中
 - 揮発性放射性物質の希ガスやヨウ素は、大部分が既に減衰
 - 事故直後と比較し、燃料デブリの崩壊熱は、1/100以下であり、原子炉注水が停止した場合に機能復旧が必要になるまでの時間余裕が大幅に増加（2日以上）
 - 燃料プール冷却が停止した場合において、冷却水が100℃に到達するまでの時間も、10日以上

- 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

- 地下滞留汚染水、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、水処理等により減少中

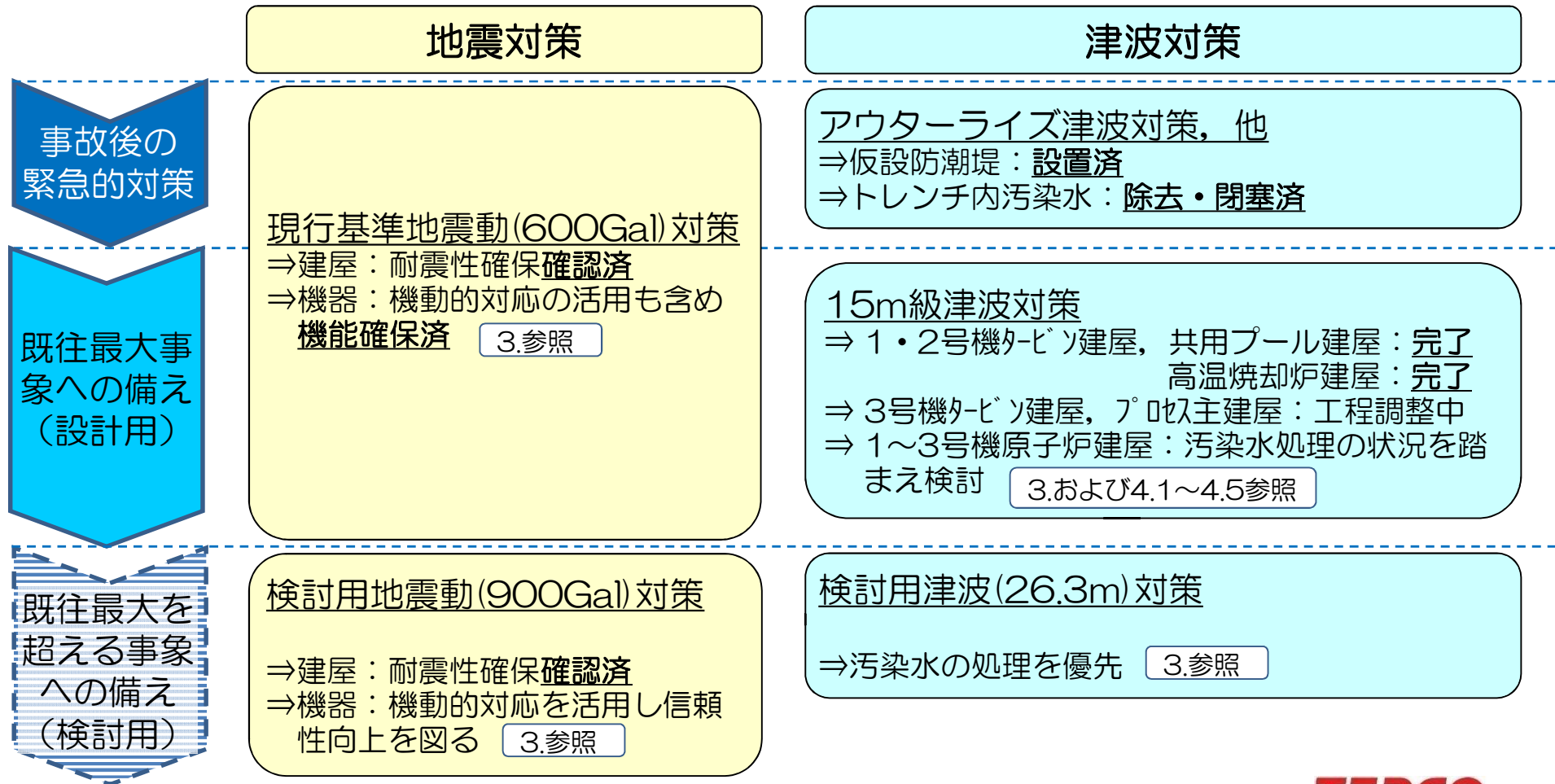
1.2 福島第一におけるリスク源の状況と低減対策

- 汚染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



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た
- 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



2.1 地震に対する基本方針

- 東北地方太平洋沖地震での経験を踏まえ、既往最大事象への備え（基準地震動600Gal）をベースに、対策の検討を実施する
 - プール内使用済燃料については、燃料取り出しに一定の期間を必要とするものの、既往の技術の応用等で取り出し可能な見通し
⇒取り出すことを優先し、取り出し設備等は、基準地震動600Galでの対応を検討

- 既往最大を超える事象（検討用地震動900Gal）への備えに対する考え方
 - プール内使用済燃料
⇒冷却機能喪失時の信頼性を向上させるため、機動的対応の信頼性を継続して向上させる
 - 燃料デブリ
⇒注水機能等を維持するため、機動的対応の信頼性を継続して向上させる
（具体的な取り出し工法等が確定していないため、現段階においては施設に対する地震動の適用方法は未確定）
 - 地下滞留汚染水
⇒地下滞留汚染水を内包する建屋の構造健全性は確保できることを確認済み

2.2 津波に対する基本方針

- 東北地方太平洋沖地震での経験を踏まえ、既往最大事象（津波高さ約15m）への備えをベースに、対策の検討を実施する
 - 地下滞留汚染水については、リスク源を取り除くための、建屋水位低下・ドライアップ、更に建屋滞留水の処理を行うとともに、津波引き波による汚染水流出を防止するため、建屋開口部閉塞工事を実施（作業被ばくを伴うため、汚染水処理の進捗と、建屋開口部閉塞工事完了時期を考慮しながら方針決定）
 - 比較的線量の低いエリア：汚染水処理と15m級津波対策を実施
 - 比較的線量の高いエリア：汚染水処理の進捗により、15m級津波対策の要否を判断
- 既往最大を超える事象（検討用津波26.3m）への備えに対する考え方
 - プール内使用済燃料
 - ⇒冷却機能喪失時の信頼性を向上させるため、機動的対応の信頼性を継続して向上させる
 - 燃料デブリ
 - ⇒注水機能等を維持するため、機動的対応の信頼性を継続して向上させる
 - 地下滞留汚染水
 - ⇒汚染水処理を進める（原子炉建屋に関しては、開口部閉塞工事の要否を判断）

3. 地震・津波評価結果および対策基本方針まとめ

- プール内使用済燃料・燃料デブリ
 - 既往最大事象への備え：確認済み
 - 既往最大を超える事象への備え：機動的対応の信頼性を継続して向上
- 地下滞留汚染水
 - 既往最大事象への備え：対策検討
 - 既往最大を超える事象への備え：汚染水処理を進める

リスク源	建屋等	評価対象	耐震評価		対津波評価		
			現行 基準地震動 600Gal	検討用地震動 900Gal	アウター 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	建屋	○	○	○	○	○
		機動的 対応	○	○	○	○	○
燃料 デブリ	1～3号機 原子炉建屋	建屋	○	○	○	○	○
		機動的 対応	○	対策検討	○	○	対策検討
地下滞留 汚染水	原子炉建屋	建屋	○	○	○	対策検討 4.1参照	地下滞留汚染 水の処理を 進める
	タービン建屋	建屋	○	○	○		
	廃棄物処理建屋	建屋	○	○	○		

4.1 15m級津波対策：検討状況

- 放射性物質量と開口部面積をもとに，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 (R/B)	<ul style="list-style-type: none"> • 靄田気線量が最も高く，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"> • 靄田気線量が高いことから，滞留水の処理を進める • 2016～2017年度に現場調査，設計を実施（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可否を判断）
	3号機タービン建屋 (T/B)	<ul style="list-style-type: none"> • 靄田気線量が相対的に低い • 既設配管（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 4.2, 4.4参照
	プロセス主建屋 (D槽AREVAスラッジ)	<ul style="list-style-type: none"> • 靄田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 4.2, 4.5参照
中	プロセス主建屋 (地下滞留汚染水)	<ul style="list-style-type: none"> • 靄田気線量が相対的に低い 	<ul style="list-style-type: none"> • 滞留水の処理，または建屋の開口部を閉塞
	3号機廃棄物処理建屋 (Rw/B)	<ul style="list-style-type: none"> • 既設設備との干渉が最も大きい • 靄田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年度の滞留水処理進捗状況を見て，開口部閉塞工事实施の可否を判断
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 • 滞留汚染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"> • 滞留水の処理を進める (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：実施予定

■ 3号機タービン建屋（コントロール建屋含む）

- 対策工事を計画・工程調整中

■ プロセス主建屋

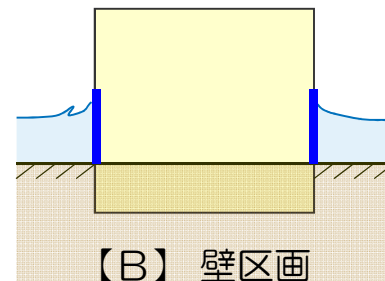
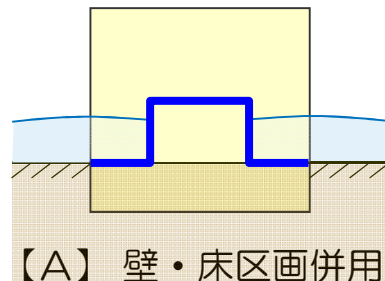
- AREVAスラッジの長期保管に対しては、現状の性状において一定期間、安定的に貯蔵することが必要なことから、対策工事を計画・工程調整中

工程案	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		
	現場調査を実施し、工程を調整					

※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

■ 対策方針

- 作業員被ばく量，工事期間，他設備・他工事との干渉等を考慮し，区画方針を検討中



3号機タービン建屋：【A】 【B】 の両区画案について検討中

4.4参照

プロセス主建屋：【B】 の区画案で検討中
(AREVAスラッジに特化した区画案も検討中)

4.5参照

4.3-1 15m級津波対策：先行実績例（床対策：2号機タービン建屋）

● 階段



対策前



対策後

● 床配管貫通部（屋内）



対策前



対策後

● 送風機



対策前



対策後

4.3-2 15m級津波対策：先行実績例（壁対策：高温焼却炉建屋）

● 窓



対策前



対策後

● 大物搬入口



対策前



対策後

● 扉



対策前



対策後

4.4-2 15m級津波対策：3号機タービン建屋(対策案2)

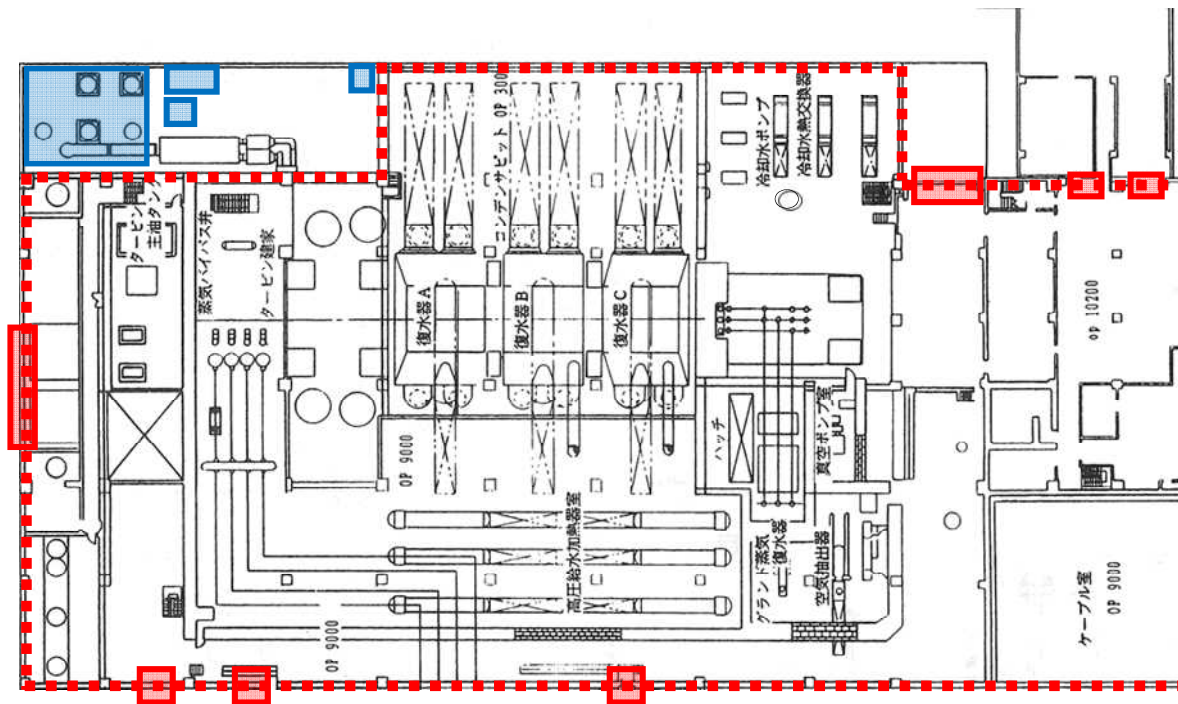
■ 外壁により壁区画をする案【B】

.....壁区画箇所

■壁対策予定箇所

■床対策予定箇所

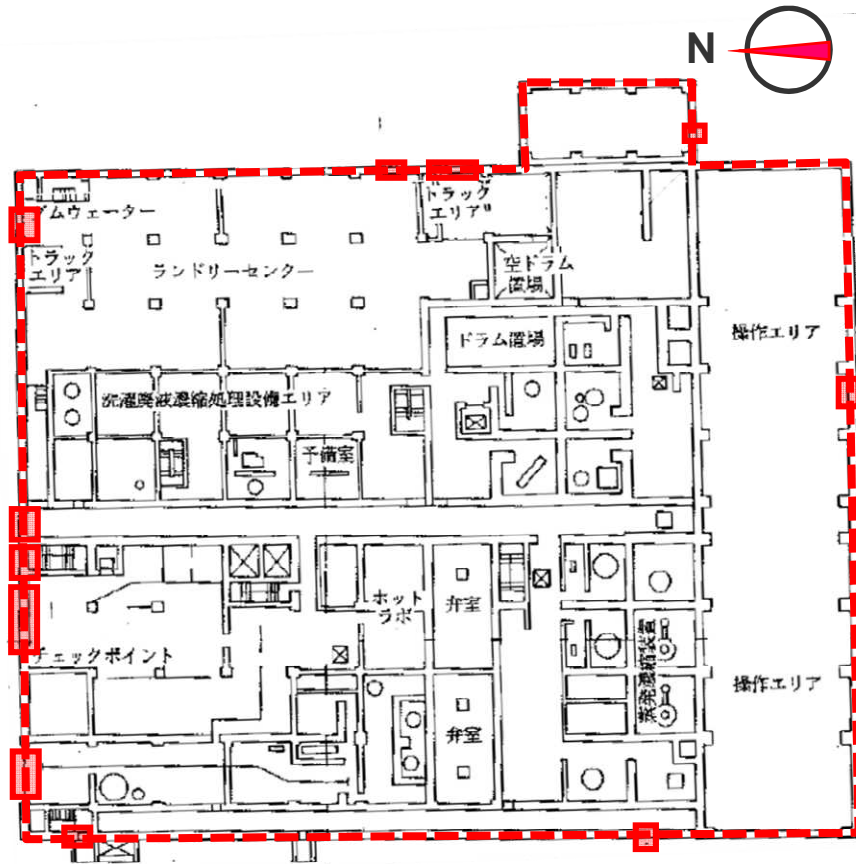
※核物質防護の観点から非表示の箇所あり



4.5-1 15m級津波対策：プロセス主建屋(対策案1)

■ 高温焼却炉建屋と同様に，外壁により壁区画をする案【B】

.....壁区画箇所 ■壁対策予定箇所

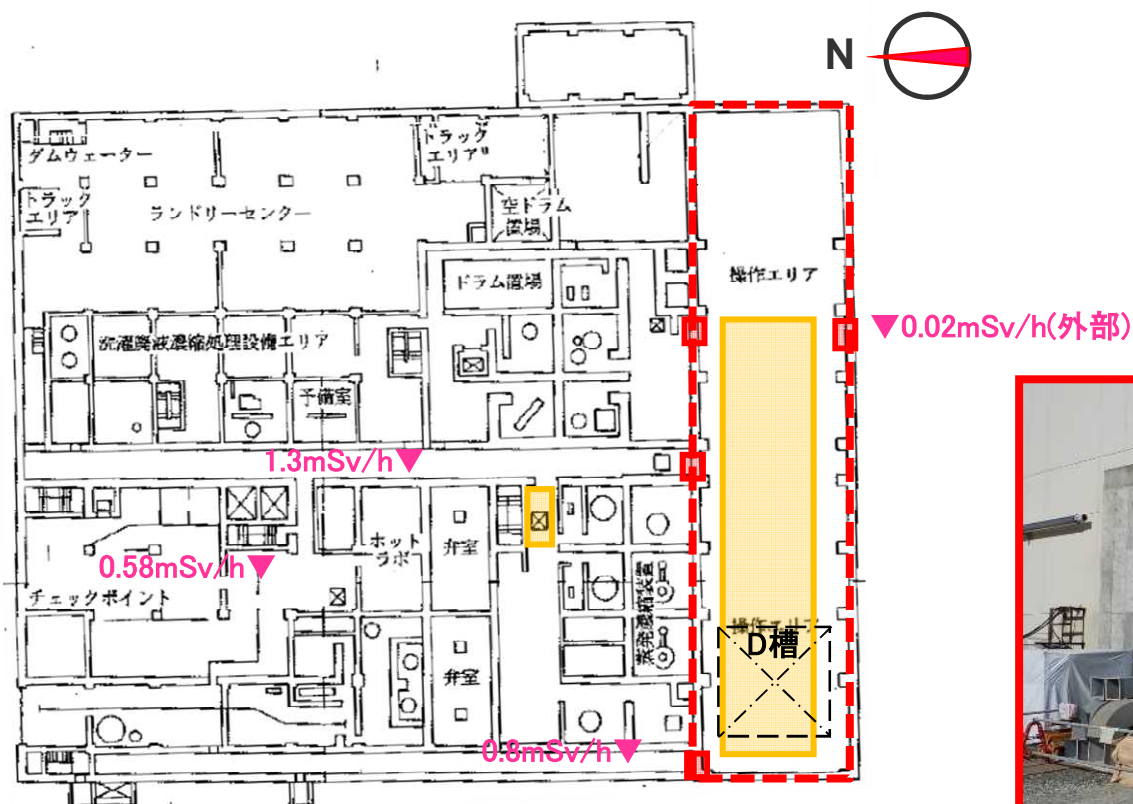


4.5-2 15m級津波対策：プロセス主建屋(対策案2)

■ AREVAスラッジを保管するD槽周りの壁により、壁区画をする案【B】

.....壁区画箇所 ■■■壁対策予定箇所

■■■線量が数mSv/h～数百mSv/hと高線量のエリア



上記以外にも小開口がある可能性があり、現場調査が必要になる。

5.1 地震・津波等災害発生時の対応

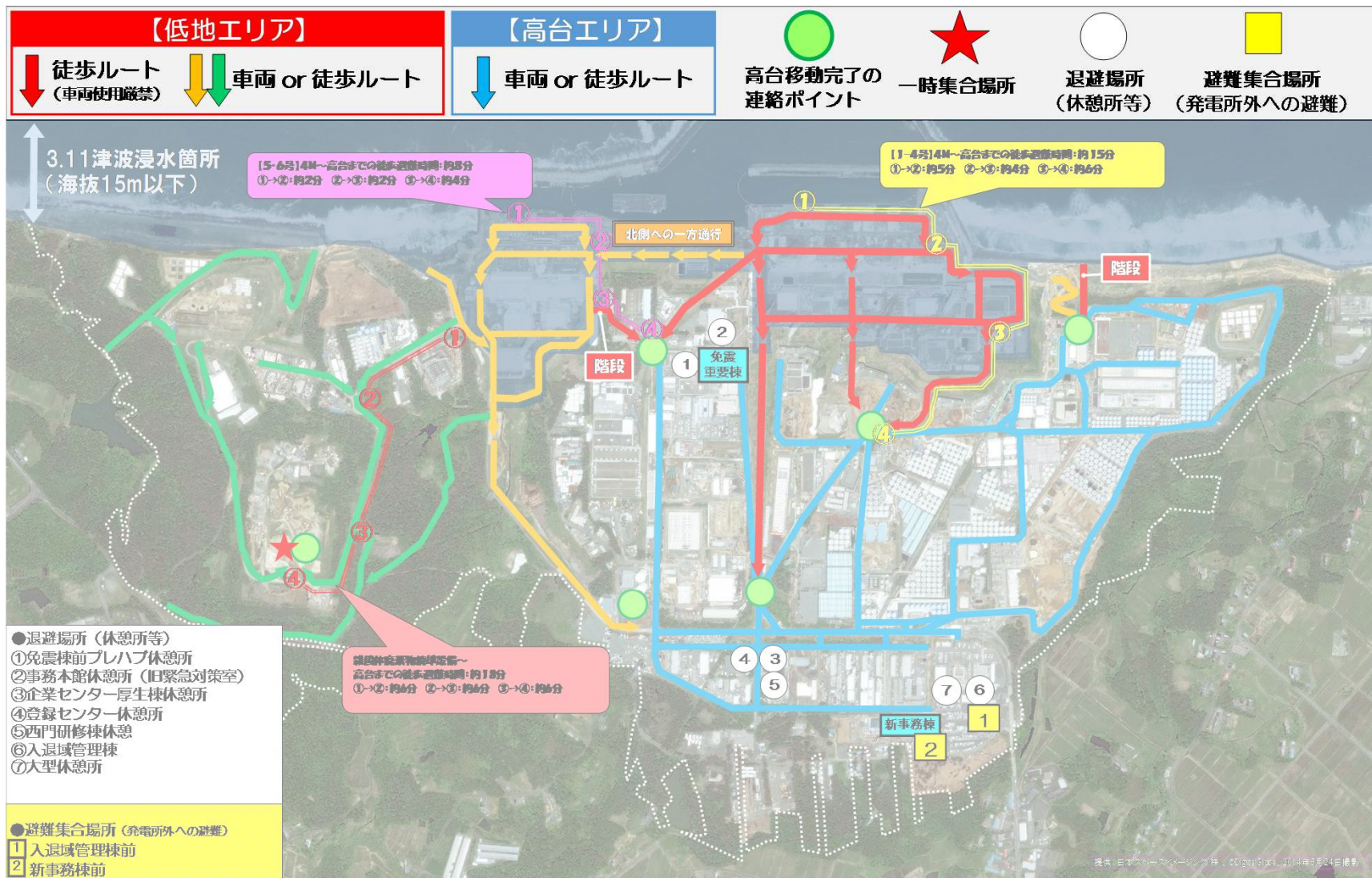
- 「災害が発生した場合の安全確保の基本行動事項」として、以下の内容を発電所内の作業員等、関係者に周知
 - 大地震が発生した場合、まずは自主的に身を守る行動を実施する
 - 1. 共同作業者の安否確認
 - ① 作業を中断し、共同作業者が全員無事であることを確認する（最重要確認事項）
 - ② 傷病者が発生した場合は、救急医療室および復旧班長へ連絡する
 - 2. 二次災害の発生防止
安全を最優先し、二次災害の防止に努める
 - ① 危険物の漏えい防止、火気及び作業用電力等を停止する
 - ② 火災を発見した場合は、119番通報を実施する。また、速やかに復旧班長へ連絡し、安全を確保しながら初期消火に努める
 - ③ 設備災害等を発見した場合は復旧班長へ連絡する
 - 3. 情報収集
 - ① 所内放送による指示
 - ② 携帯電話もしくはPHS等による元請企業からの指示
 - ③ スピーカー車の放送による指示

5.2 避難指示が出された場合の対応方法

発生事象（例）	指示内容	対応方法
・地震,津波警報	高台への避難	①自主的に身を守る行動を実施 ②共同作業者の安否確認, 二次災害の発生防止, 情報収集 ③高台の連絡ポイントへ移動
・竜巻	堅固な建物への避難	①速やかに作業現場から堅固な鉄筋コンクリート造の建物へ移動する。 ②共同作業者が全員無事であることを確認する。 ③所内放送, 携帯電話等により, 避難情報を得る。
・火災	火災発生場所からの避難	①所内放送等により火災発生場所を認知し, 火災発生場所近傍から避難する。 ②続報または消防隊員の指示に従い, 場合によっては各企業指定の休憩所へ避難する。 ③火災鎮火後, 作業主管Gと作業再開又は中止について協議する。
・地震,津波,竜巻, 火災の二次避難 ・放射性物質放出	退避場所への避難	①各企業指定の休憩所へ集合する。なお, 指定の休憩所が使用できない場合は, 免震重要棟 もしくは 入退域管理棟へ集合する。 ②元請企業は安否確認を実施し, 当社の作業主管G へ報告する。 ③作業主管Gと作業再開又は中止について協議する。
・放射性物質放出	発電所敷地外への避難	①構内専用車, 構内巡回バスもしくは徒歩により入退域管理棟へ移動する。 ②避難集合場所（入退域管理棟前）からのバスもしくは各々の移動車両にて発電所敷地外へ退出する。 ・発電所構内移動, 敷地外退出時の装備, 車両汚染サーベイ等については, 保安班の指示に従う。

5.3 津波発生時の避難ルート

■ 避難ルートを定め、作業員等の関係者に周知



5.4 緊急時の対応（復旧作業／機動的対応）

■ 装備の準備状況

- 放射線障害防護用器具として、保護衣，セルフエアセット，チャコール付き全面マスク等を準備し，員数確認又は点検を年1回実施
- その他資機材として，安定ヨウ素剤，担架，除染キット，動力消防ポンプ設備等を準備し，員数確認又は点検を年1回実施
- 電源車，ポンプ（消防車両），コンクリートポンプ車を準備し，月1回点検
- 消防用ホース，瓦礫撤去用重機，タンクローリを準備し，年1回点検

■ 原子力防災要員

原子力災害発生時に対応が出来るよう，人員を配備

- 原子力災害の発生又は拡大の防止のための措置の実施
技術班：4名以上，運転班：9名以上
- 防災に関する施設又は設備の整備及び点検並びに応急の復旧（機動的対応）
復旧班：18名以上，運転班：4名以上
- 放射性物質による汚染の除去
保安班：4名以上
- 被ばく者の救助その他の医療に関する措置の実施
医療班：4名以上

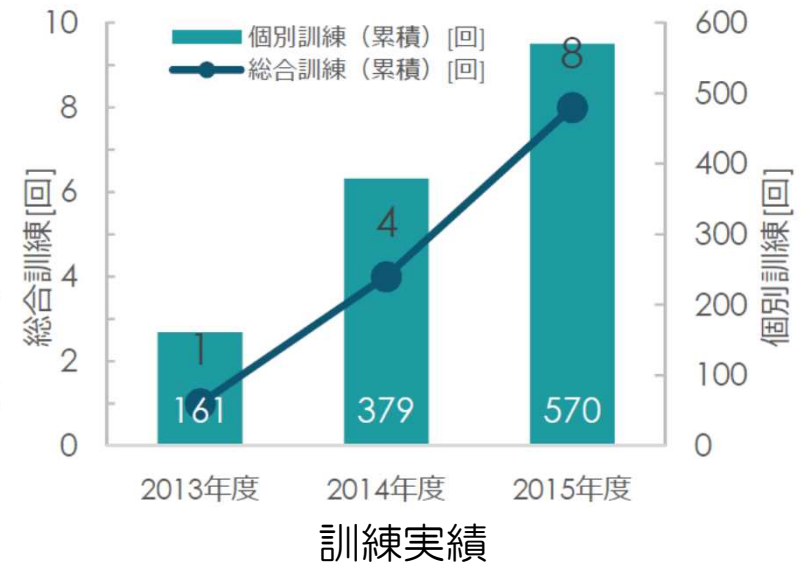
等々

■ 冷却機能喪失時等に，機動的対応を活用した機能の復旧手順を整備済み

5.5 緊急時の対応の妥当性確認（訓練状況）

■ 至近の訓練実績

- 2015/9/30
 - 緊急時演習への体制検証，練度向上
- 2015/10/22
 - 緊急事態に対処した総合的な訓練
- 2015/12/4（避難訓練）
 - 地震・津波発生時における発電所構内の低地エリアの協力企業作業員を対象に避難実動訓練を実施
 - 避難基本ルール及び作業員の安否確認ルールの妥当性確認
- 2016/2/26
 - 1Fの環境下におけるトラブルの対応状況を確認



電源車運転操作訓練



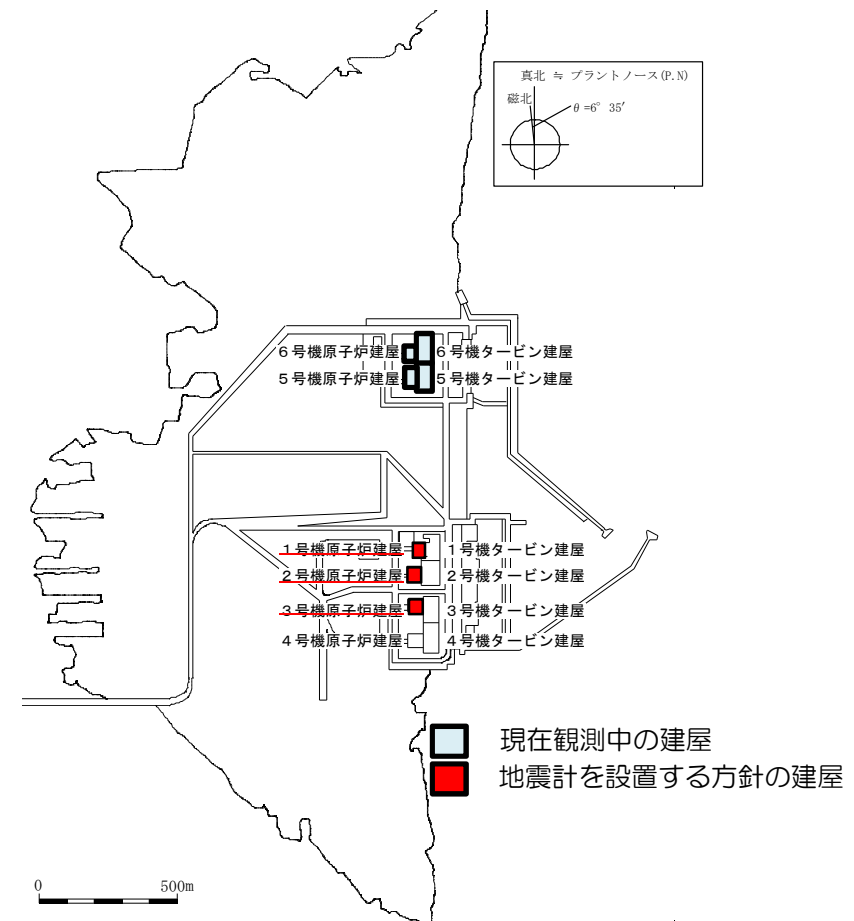
使用済燃料プール注水設備接続訓練



仮設ホース接続訓練

6. 地震発生後の耐震評価妥当性確認（地震計の設置）

- 1～3号機原子炉建屋は、大きな地震発生時に耐震評価の妥当性を確認できない状況であることから、地震計を設置する方針
- 設置時期は、2017～2019年度の予定（燃料取り出しカバー設置工事等との工事調整により、号機毎に設置時期を決定予定）
- 以下の項目を考慮し、地震計仕様・設置箇所・設置方法を検討中
 - 他工事(燃料取り出し工事など)との設備・作業の干渉
 - 設置作業・メンテナンス時の作業員被ばく低減対策（設置箇所・設置方法など）
 - 観測データの回収方法
 - 地震計や収録装置等の電源確保方法



【参考】総合的な原子力リスクマネジメントの枠組み（案）

- 福島第一固有の制約条件やトレードオフを勘案しながら，発電所全体の原子力リスクを適切かつ合理的に低減するための，総合的な原子力リスクマネジメントの枠組みについて検討中

ステップ	項目	実施内容
①	重要なリスク源の抽出	<ul style="list-style-type: none"> 原子力リスクの検討・評価の対象となるリスク源を抽出（放射能インベントリ，保管形態等を考慮した指標を活用）
②	重要な施設の選定	<ul style="list-style-type: none"> 安全要求について，機能毎に整理し明確化 影響評価を実施すべき重要な施設・設備を選定
③	影響の評価	<ul style="list-style-type: none"> 地震・津波を含む各種外部事象等による影響を評価
④	対策オプションの抽出	<ul style="list-style-type: none"> ハザード除去等の対策案を，網羅的に抽出 地震動等に応じた設計の成立性，および機動的対応等の代替策の成立性について検討
⑤	対策の選定	<ul style="list-style-type: none"> 意思決定支援ツール（多基準意思決定分析等）を参考に，総合的なリスク低減の観点から最適な対策を選定
⑥	対策の実施	<ul style="list-style-type: none"> ステップ⑤で選定した対策を実施 →福島第一全体のリスク低減の最適化を図る

【参考】環境への放出相対リスク評価

- 放射線物質質量と開口部面積をもとに，床面高さ等を加味し，環境への放出相対リスクを評価

号機	建屋	放射性物質質量 Cs (Bq) (2016年5月12日時点 の保有水量，最新の測定 データより算出) 赤字：放射性物質質量が大 きくリスク大	O.P.15m以下の外壁・床の 開口面積(m ²)		床面高さ (低いほど，滞 留水処理に時間 がかかる傾向)	環境放出 相対リスク
			外部	内部		
1	R/B	10の14乗オーダー	28	64	O.P.-1230	高
	Rw/B	10の13乗オーダー	17	23	O.P.1400	低
	T/B (C/B含む) ※	10の12乗オーダー	211	37	O.P.1900	低
2	R/B	10の14乗オーダー	77	45	O.P.-3360	高
	Rw/B	10の13乗オーダー	15	27	O.P.-300	低
	T/B (C/B含む) ※	10の13乗オーダー	264	122	O.P.-300	中
3	R/B	10の14乗オーダー	75	89	O.P.-3360	高
	Rw/B		52	29	O.P.-300	中
	T/B (C/B含む)		284	191	O.P.-300	高
4	R/B	10の12乗オーダー	73	69	O.P.-3360	低
	Rw/B		59	29	O.P.-300	
	T/B (C/B含む)		261	157	O.P.-300	
プロセス主建屋 (地下滞留水)		10の14乗オーダー	107	147	O.P.-1300	中
プロセス主建屋 (D槽，アルファスラッジ)		10の15乗オーダー		4	(O.P.-1300)	高
高温焼却炉建屋※		10の14乗オーダー	79	100	O.P.-800	中

※：15m級津波に対する開口部閉塞工事実施済みの建屋（灰色のハッチング）

【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
- 非常に極端な想定であるが、検討用地震発生時等に、大部分の燃料集合体の上部が瓦礫で覆われる、設備等の落下によるプールライナ等の損傷により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

⇒ 万一の事態に備え、プール水漏えいを想定した注水手段の強化を検討中

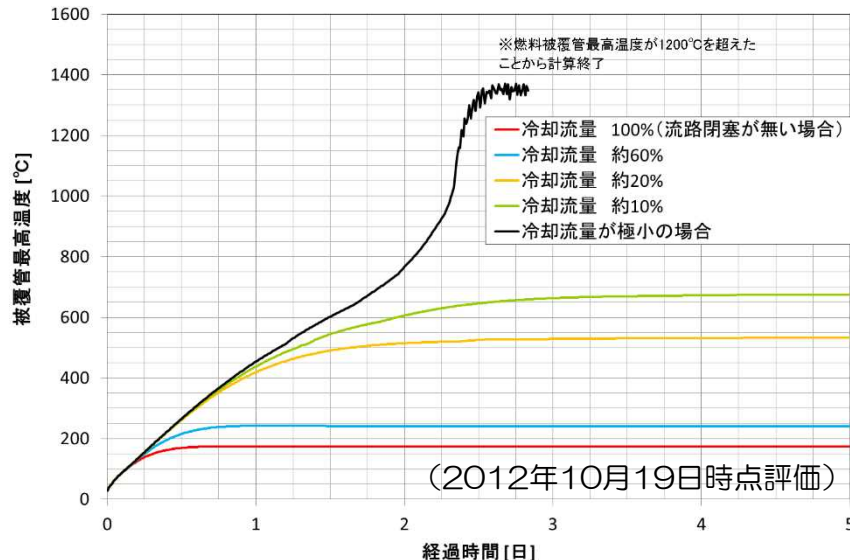


図 3号機使用済燃料プール空冷評価

(福島第一原子力発電所第3号機使用済燃料プールへの鉄骨落下事象について：2012年11月15日)

＜SFP燃料空冷評価事例＞

【NUREG-1726：SFP冷却材喪失時のヒートアップ】

- 冷却期間4年でも、燃料表面温度が900°C程度に達するケースあり

【NUREG-1738：廃炉プラントのSFPリスク】

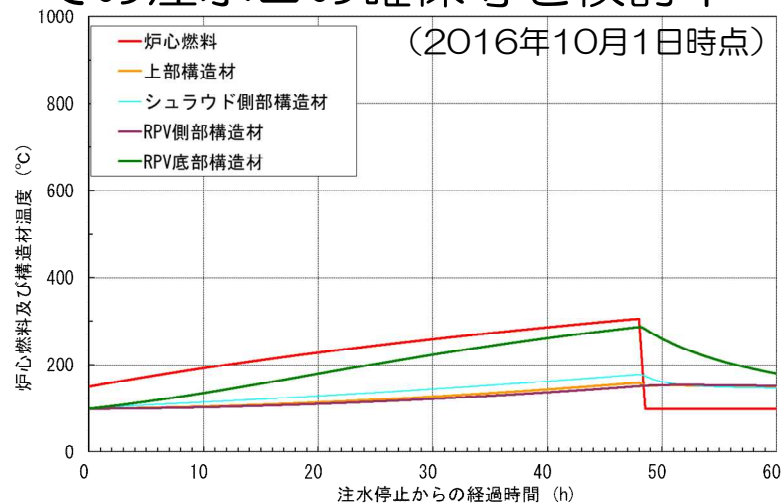
- 空冷が阻害されるようなSFP状態が想定し得ることから、燃料被覆管が高温に到達しない冷却期間の設定は困難

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、2mSv/h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

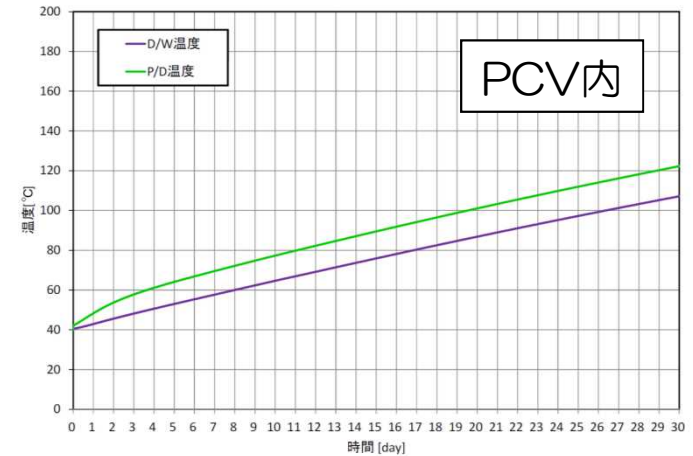
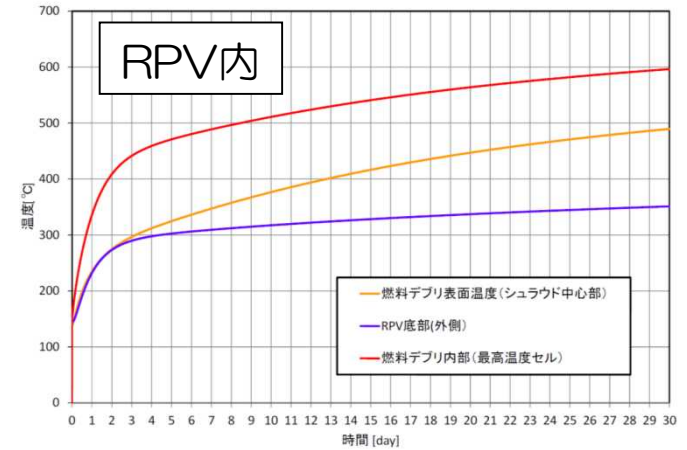
【参考】燃料デブリへの注水停止時の影響評価

- 原子炉注水系が長期停止したとしても、燃料デブリ温度は、500~600°C程度に収まる評価結果（現在の崩壊熱より大きい2014年10月1日時点の崩壊熱で評価）であり、燃料が溶融する温度に到達しないと評価
- 温度上昇に伴い、格納容器内のセシウム等の放射能濃度は上昇すると推定

⇒ 万一の事態に備え、（雰囲気線量が高く、当面、工事は困難であるが）原子炉建屋内での注水口の確保等を検討中



☒ 原子炉注水系48時間停止時評価



☒ 原子炉注水系長期停止時評価 (2014年10月1日時点)