

福島研究開発部門成果報告会～新たな拠点と将来展望～  
いわき産業創造会館 2016年1月27日

# 廃止措置に向けた取り組み

2016年1月27日

岡本孝司(東京大学)

okamoto@n.t.u-tokyo.ac.jp

# 福島第一原子力発電所の現状

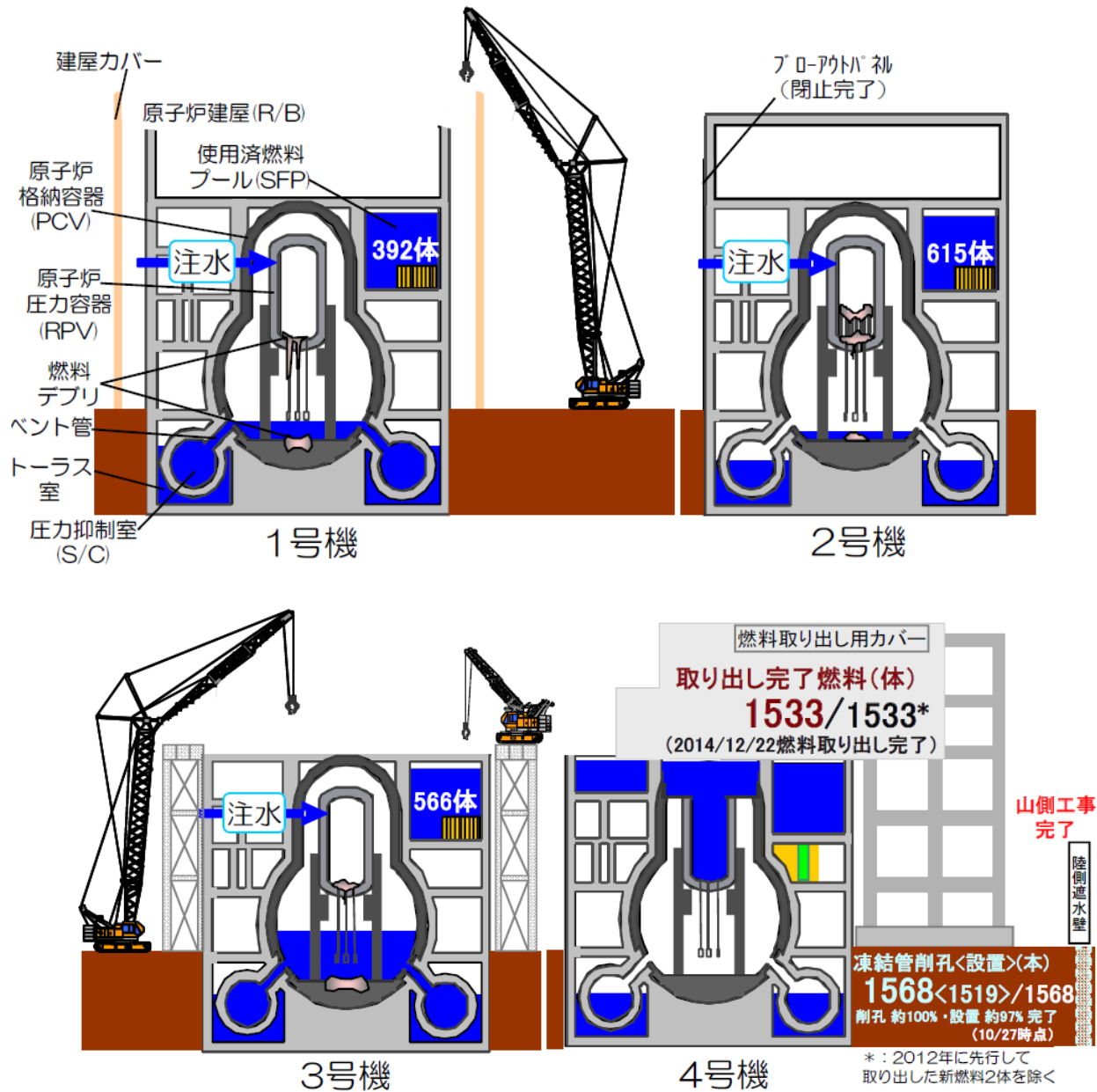
- 燃料の状況

- 止める、冷やす、水素を管理

- ガスサンプリングによる核分裂監視(必要に応じホウ酸水注入)
- 循環注水により崩壊熱除去と温度計による監視
- 窒素注入により水素濃度低減と濃度監視

- 閉じ込めの状況

- 1号機: 建屋カバーを外し、飛散防止剤散布
- 2号機: 原子炉建屋(ブローアウトパネルは閉止)
- 3号機: 損傷した原子炉建屋のがれき撤去作業中
- 4号機: 使用済燃料排出済 / 通常炉廃止措置に近い状況
- 汚染水: 封止(モニタリングで確認)
- 固体廃棄物: 敷地内仮保管(がれき、樹木、汚染水フィルタ含)



# 福島第一廃止措置における リスク管理の特徴

- 通常の原子炉と同様の廃止措置管理では危険
  - 例えば、リスクのわずかな増大も許さない工事を行うと、結果的にリスクの大きな増大を招く。また、時間的な先送りがリスク増大につながる。
- 現場を中心とし、時間・空間・対象（放射性物質）を考慮した、**俯瞰的なリスク管理**を実施する必要
  - 数多くの廃止措置作業が相互に関連している
- 5年、10年と長期に掛かる廃止措置を見越し、俯瞰的な管理のできる人材を戦略的に養成し、現場を初めとする廃止措置に投入していく事

# 通常炉廃止措置との大きな違い

- 時間との戦い  
塩水腐食、鉄筋の腐食など
- 高放射線環境下の作業  
ほとんど遠隔操作、回収ロボット
- 既設設備がほとんど利用できない  
損傷もしくは機能喪失
- 大量の放射性廃棄物  
ほぼ全てが低レベル廃棄物。  
NR(放射性物質ではない廃棄物)が無い

# 福島第一のリスクはどこにある

- 放射性物質による影響
  - 放射性物質は安全に管理されている
  - 環境は回復中でありリスクは低減されている
    - 万一汚染水が海に流れ出たり、ダストが散乱したとしても、その物理的影響は無視できるほど小さい
    - 海産物や農産物は全てモニターされ管理されているので安全
  - 時間の経過による閉じ込め性能劣化との戦い
    - 普通の大地震などではビクともしない。
    - リスク低減の優先順位を明確化する事
- 風評被害による影響
  - 風評被害払拭に向けた国や県の活動
    - トラブルを可能限り減らす
    - トラブルがあった時の対応をあらかじめ検討しておく

# リスク管理

- 現状把握
- 将来予測（経年劣化、増加、減衰）
- ハザード耐性評価
- 社会的ハザードの考慮
- 重要度分類・緊急度分類
- 長期的視野

# 潜在的影響度

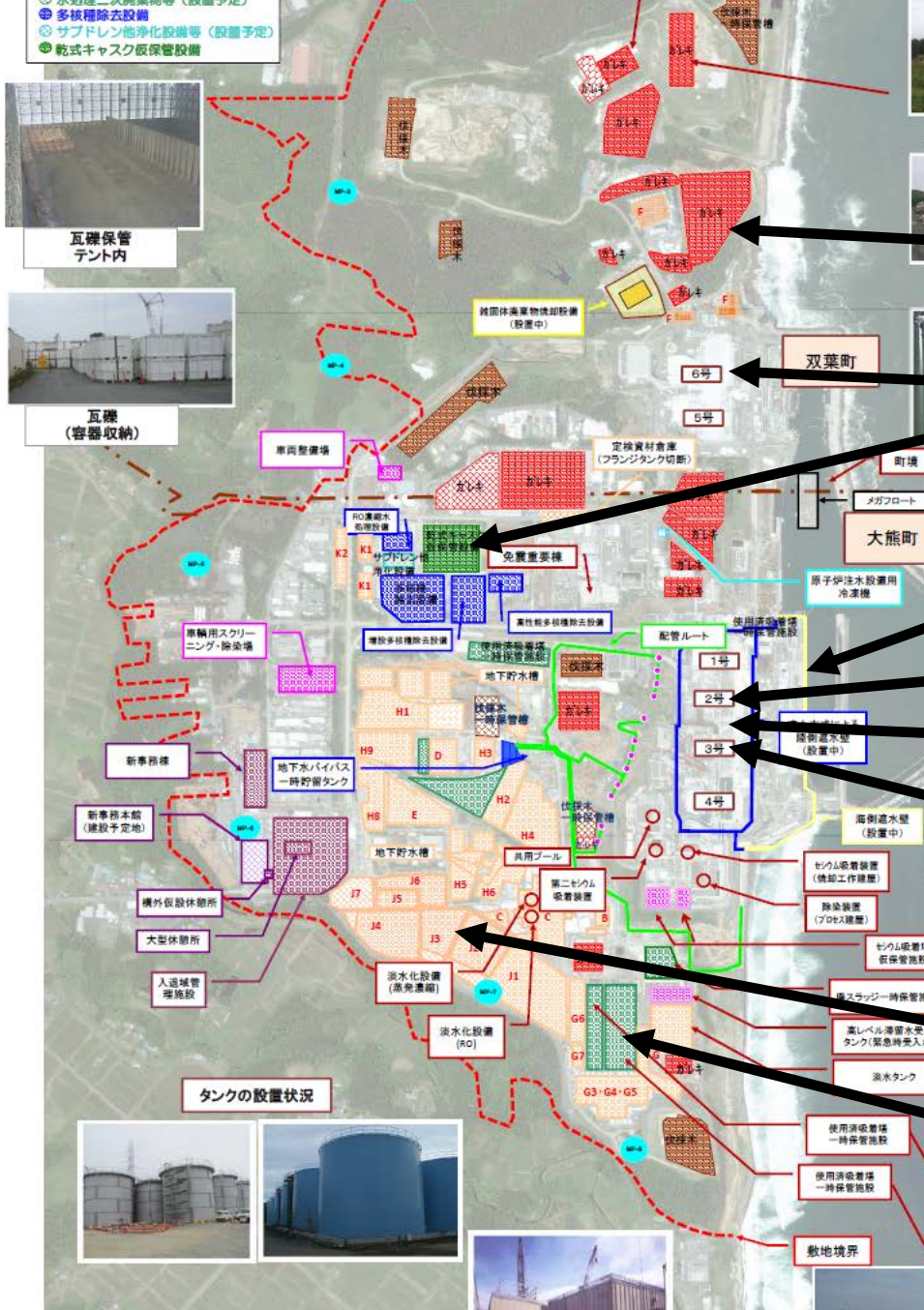
リスク源		インベントリ*			実効線量 (Sv)	性状	潜在的 影響度
		(時期)	重核 (Bq)	FP (Bq)			
燃料デブリ	1号機	2015年3月	$2 \times 10^{17}$	$4 \times 10^{17}$	$5 \times 10^{12}$ (1~3号機合計)	固体	大
	2号機	2015年3月	$2 \times 10^{17}$	$5 \times 10^{17}$			
	3号機	2015年3月	$3 \times 10^{17}$	$5 \times 10^{17}$			
プール内燃料	1号機	2015年3月	$2 \times 10^{17}$	$3 \times 10^{17}$	$1 \times 10^{13}$ (1~3号機合計)	固体	大
	2号機	2015年3月	$5 \times 10^{17}$	$8 \times 10^{17}$			
	3号機	2015年3月	$4 \times 10^{17}$	$7 \times 10^{17}$			
トレンチ内汚染水		2014年11月	—	$\sim 10^{15}$	$\sim 10^8$	液体	中
建屋内汚染水		2014年11月	—	$\sim 10^{15}$	$\sim 10^8$	液体	中
タンク内汚染水		2014年11月	—	$\sim 10^{16}$	$\sim 10^9$	液体	中
水処理設備廃吸着塔		2014年9月	—	$\sim 10^{17}$	$\sim 10^{10}$	固体	中
水処理設備廃スラッジ		2014年9月	—	$\sim 10^{15}$	$\sim 10^7$	スラッジ	小
放射性固体廃棄物		2014年11月	—	$\sim 10^{15}$	$\sim 10^8$	固体	小

「東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2015

～2015年中長期ロードマップの改訂に向けて～」(平成27年4月30日)

[http://www.dd.ndf.go.jp/ddwp/wp-content/themes/theme1501/pdf/SP2015\\_20150623.pdf](http://www.dd.ndf.go.jp/ddwp/wp-content/themes/theme1501/pdf/SP2015_20150623.pdf)





がれき、伐採木 (低)

使用済燃料 (低)

~~トリチウム汚染水 (高)~~

使用済燃料 (高)

燃料デブリ (高高)

建屋内汚染水 (高)

処理水 (含トリチウム) (低低)

フィルターなど (低)

# 外部ハザード対策

- 地震、津波、台風、竜巻など
- 目的関数が異なる事に注意
  - 崩壊炉心が非管理状態に戻らない事
  - 取出作業中の燃料(デブリ等含む)が安定
  - 実力値評価が重要である
- 「閉じ込める」を可能な限り担保する事
  - 汚染物質の管理
  - モニタリングの充実と公表

# 現場が重要

- 通常の子原子炉と同様の管理では危険
- リスクのわずかな増大も許さない工事を行うと、結果的にリスクの大きな増大を招く
- 現場を中心とした総合的なリスク管理を実施する事
- 設計(耐震 $S_s$ など)ではなく、実力値を元にしたリスク管理が重要
- 5年、10年と長期に掛かる廃炉を見越した総合的管理のできる人材をトップに置く事

# 社会との関係

- 風評被害リスク対策
  - トラブルは必ず発生する
  - 物理的被害は無くとも、社会的被害が大きい
  - あらかじめマネジメント策を考えておく事
    - 東京電力、規制庁、原賠・廃炉機構、政府など
    - 信頼性の高い第三者(JAEAを含む)による対応
- 信頼回復が目的関数
  - 地道な努力と社会貢献
  - 見える化

# 福島第一原子力発電所廃止措置

- 人類にとって、チャレンジングなプロジェクトである
- 正解は存在しておらず応用問題を解く事
  - 大量の放射性廃棄物
  - 高放射線環境下での燃料デブリ取り出し
- 時間とともに変化する**全体リスクを俯瞰し、総合的なリスク低減**を図る必要がある
- 安全な廃止措置にむけて、システムの視点での対応を進めて行く事が必須
- 全日本、全世界のサポートが強く望まれる

# 廃止措置に向けた適切な解を提示

- 基盤技術の重要性
  - 福島第一廃止措置の鍵は、多数の基盤技術をいかにシステムとして統合するか
    - 遠隔操作＋分析＋構造＋放射線＋通信等
  - 安全確保のための不確かさ低減
    - 事故時の耐性確保のための技術向上
- 日本原子力研究開発機構の役割
  - システム化を見据えた基盤技術開発と連携  
R&D＋S (Research & Development + Sytem)

# 炉内状況把握を例にとって

- 現状の推定は大幅な不確かさがある
    - 事故進展評価の不確かさ
      - いつ減圧、どれだけ海水注入した、など
    - 物理化学モデルの不確かさ
      - 燃料と制御棒はどう溶けて流れていくか
      - コンクリートと燃料が反応するとどうなる
    - 現場データが不十分
      - 限られた温度データ、ガスサンプルデータ
      - ミュオンも限定的、格納容器内探索ロボット
- システムの視野を考慮した総合的な評価を元に、  
不確かさを低減していくプロセスが重要

# 突然の腹痛を例にとって

- 現状の推定は大幅な不確かさがある
  - 事故進展評価の不確かさ
    - 昨日の夕飯に何を食べたか
  - 物理化学モデルの不確かさ
    - ウイルスがどのように腹痛を起こしているか
    - 十二指腸や盲腸などの役割は
  - 現場データが不十分
    - 体温や血圧を測って原因推定
    - レントゲンや内視鏡で胃の調査

システムの視野を考慮した総合的な評価を元に、  
不確かさを低減していくプロセスが重要