

第5回 福島第一廃炉国際フォーラム

廃炉の安全への取組 No.3

廃炉における安全と課題

**2021.11.1
東京電力ホールディングス株式会社
廃炉推進カンパニーバイスプレジデント
田南 達也**

1. 廃炉における「安全」とは？
2. 廃炉における難しさとチャレンジ
 - 2 – 1. 従来の安全確保の基本的概念との違い
 - 2 – 2. 安全確保体系の未確立
 - 2 – 3. 安全意識の持ちにくさ
 - 2 – 4. Try & Errorのプロジェクト
3. より安全に廃炉を進めていくために

廃炉とはそれ自体が「リスク低減活動」

- ・運転炉：安全上十分でない状態
→停止によってリスクの低い状態へ移行可能
- ・1F：廃炉作業の停滞はリスク低減の減速あるいはリスク上昇も
→廃炉作業は「安全性を高める作業」
：一方で、個々の作業には相当大きなリスクを伴うことも
→もともとリスクが大きい状態、環境の中でも作業を進めることが必要
→中長期リスク低減のため、ある程度の短期リスクを許容することも

安全の視点で廃炉を見ると

個々の作業やその時点でのプラントのリスクを最小化する
努力を継続しつつ、
時に短期的リスクを受け入れながら長期的なプラントの
リスクを低減し続ける作業

廃炉と運転では「安全」の概念は同じでも、
「安全」に対する実際のアプローチが大きく異なる
→それを理解することが「安全な廃炉」のためのポイント

2-1. 従来の安全確保の基本的概念との違い

→どこに気をつければいいのか

2-2. 安全確保体系の未確立

→どこまでやればいいのか

2-3. 安全意識の持ちにくさ

→原子力安全を感じにくい環境

2-4. Try & Errorのプロジェクト

→アジャイルな対応⇔失敗が許されない風潮

難しさ①

「どこに気をつければいいのか」に定型がない

通常炉では

- ・「安全確保の基本的な概念」がある
- ・「安全確保の基本的な概念」の例：
 - ・深層防護
発生防止－拡大防止－影響緩和
 - ・5重の壁
ペレット－被覆管－圧力容器－格納容器－原子炉建屋
 - ・フェイルセーフ
スクラムメカニズム、HEプルーフ

難しさ①

「どこに気をつければいいのか」に定型がない

1Fでは

- ・深層防護
「発生防止」といっても一品物の汎用品
- ・5重の壁
ペレット－被覆管－圧力容器－格納容器－原子炉建屋
何とか残っているのは格納容器のみ
- ・フェイルセーフ
⇔ヒューマンエラーは即設備停止に直結

設計のバランスが必ずしも良くなく、「どこに気をつければいいのか」をケースバイケースで判断せざるを得ない

難しさ①に対する取り組み

- 多くの課題が「応用問題」
 - 「考える力」が重要。特に「組織で考える」こと
 - その前提となる「社内情報の共有」の強化に取り組み
 - 原子力の安全にこだわらず、他産業の例を活用
- 一つの故障が重大な結果に結びつくものも
 - 設備、機器毎に重要度を理解すること
- 深層防護：「発生防止－拡大防止－影響緩和」の中で、
総じて「発生防止」の重要度が高い
 - 故障を起こさないための品質管理の重要性が高い
 - 事故後に急ぎ設置した設備の「品質向上」が途上

(参考) 品質管理の点での課題が顕在化した経験の例

- ・3号機燃料取り出し用機器の不具合
- ・格納容器ガス管理設備の緊急停止ボタン誤操作
- ・廃棄物保管用コンテナからの漏えい
- ・HIC移送装置の排気フィルターの破損

難しさ②

「どこまでやれば良いか」の基準がない

通常炉では

- ・「安全確保のための基準」が定まっている
- ・「安全確保のための基準」の例：
 - ・重要度分類指針
 - ・安全設計指針／安全評価指針
 - ・設計基準事故
 - ・耐震基準（基準地震動、耐震クラス分類）
 - ・被ばく評価手法

難しさ②

「どこまでやれば良いか」の基準がない

1Fでは

- ・「安全確保のための基準」が定まっていない
 - ・「安全上重要な設備」とは何か？
 - ・多重に設置すべきか、非常用電源は必要か？
 - ・想定すべき過渡事象、事故事象は何か？
 - ・品質管理の要求をどこまで求めるか？
 - ・どの範囲に運転制限（LCO）を定めるべきか？

「どこまでやれば良いか」についての基準、先行例もなく、システム毎に判断せざるを得ない

難しさ②に対する取り組み

1 Fの実情に合った基準を作成する

- ・廃炉設備の重要度分類
- ・耐震設計の考え方（←2021.2.13福島県沖地震）
- ・重要調達品の品質管理（←3号機の燃料取り出しの経験）

廃炉の進捗に応じて柔軟に見直す

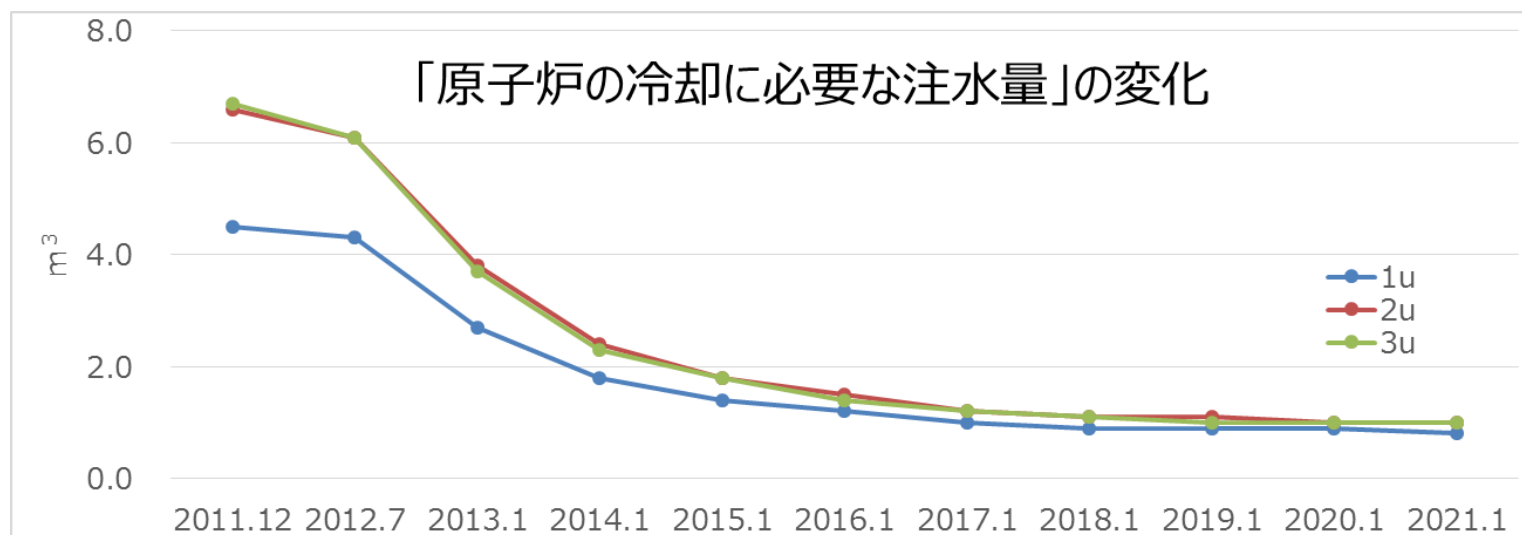
- ・注水に関するLCO（次ページ参照）

今後の燃料デブリ取り出し作業等を踏まえ以下の明確化が必要

- ・想定すべき事象の範囲（事故事象の定義）
- ・影響に対する判断基準（敷地周辺で1mSv/y、5mSv/事故）

廃炉の進捗に応じた基準の見直しの例 - 原子炉注水に関するLCO -

- 連続注水：常時注水要求 → 一時停止を許容
- 注水量：4.5 m³/h → 0.9 m³/h（1号機の例）



- 注水増加幅：1.0 m³/h → 1.5 m³/h → 3.0 m³/h
- 電源：ポンプに専用のDG要求 → DG要求なし

難しさ③

原子力安全を感じにくい環境

通常炉では

- ・通常の業務や原子力発電所システムの知識習得を通じ、
いわば「自然に」、「原子力安全」の知識が身につけやすい
- ・周辺公衆に放射線によるリスクを与えないという明確な概念
- ・（特に臨界状態の）「炉心」という明確なリスク源の存在
- ・リスクが顕在するわかりやすい事故シナリオ
- ・上述した2点（安全確保の基本的概念と基準）の存在と実感

難しさ③

原子力安全を感じにくい環境

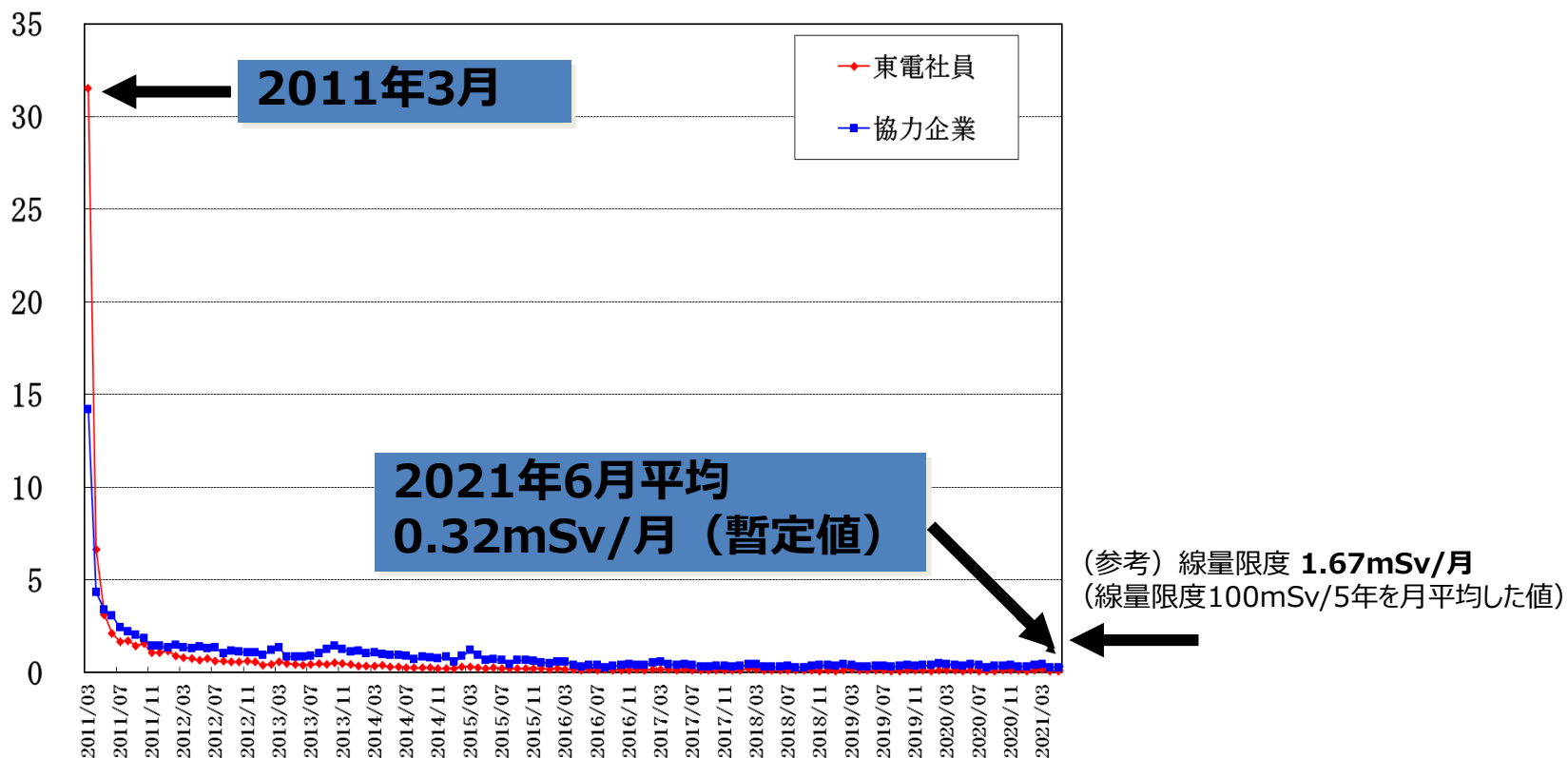
1Fでは

- ・「自然」には「原子力安全」を意識しにくい環境
- ・「原子力安全」≠「周辺公衆に放射線によるリスクを与えない」
 - ・（事故後しばらくの間）周辺公衆が不在
 - ・リスク源（燃料デブリ、使用済み燃料、水処理廃棄物、汚染瓦礫など）が発電所全域にわたり存在
 - ・事故を起こす潜在的なエネルギーが大きく低下（発電炉：低頻度高影響→1F：高頻度低影響）
 - ・異常状態への「慣れ」（壊れた原子炉建屋を毎日目にしている感覚、日常的な高線量、高被ばく作業、事故直後の「スピード最優先」対応の経験）

あえて「原子力安全」を意識づけることが必要

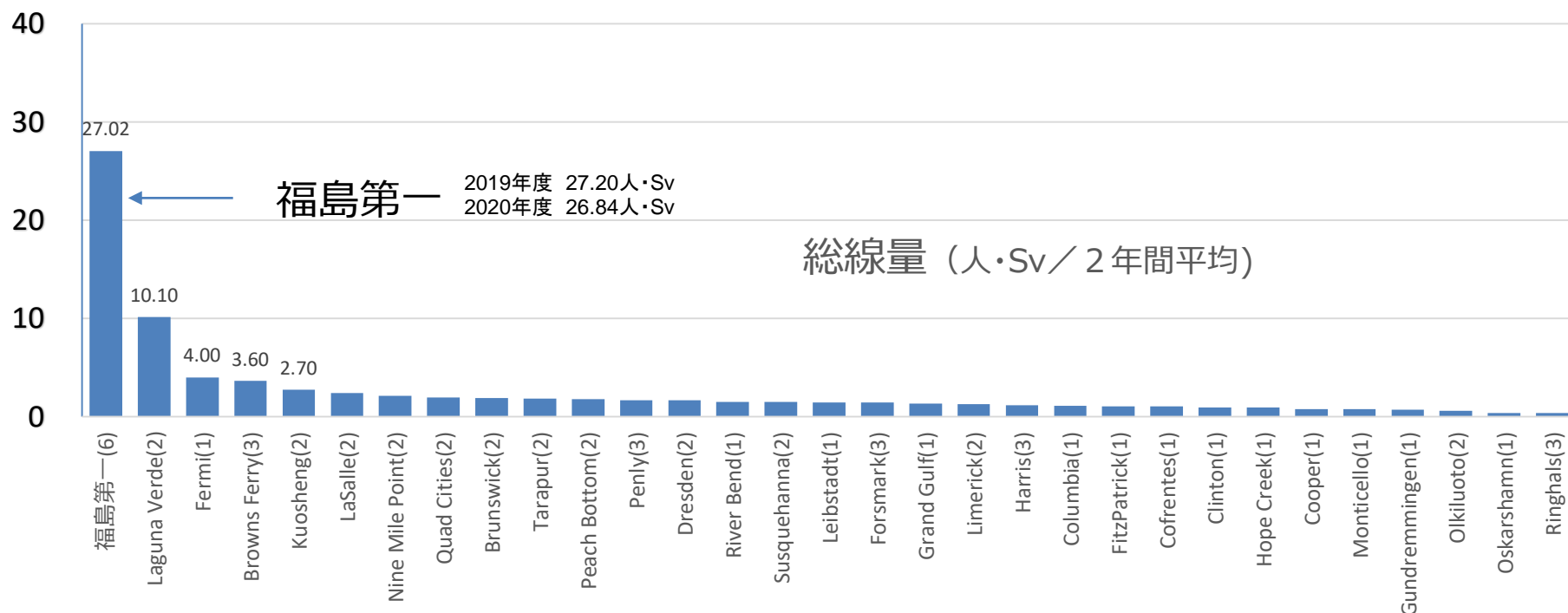
- ・事故直後と比較して作業環境は大きく改善
- ・作業員の被ばく線量は激減

作業員の月別個人被ばく線量の推移



2 - 3. 安全意識の持ちにくさ

世界の他施設の年度線量は、最大でも10.1人・Sv程度
1Fは今なお、BWR世界最大の3倍程度の被ばく線量



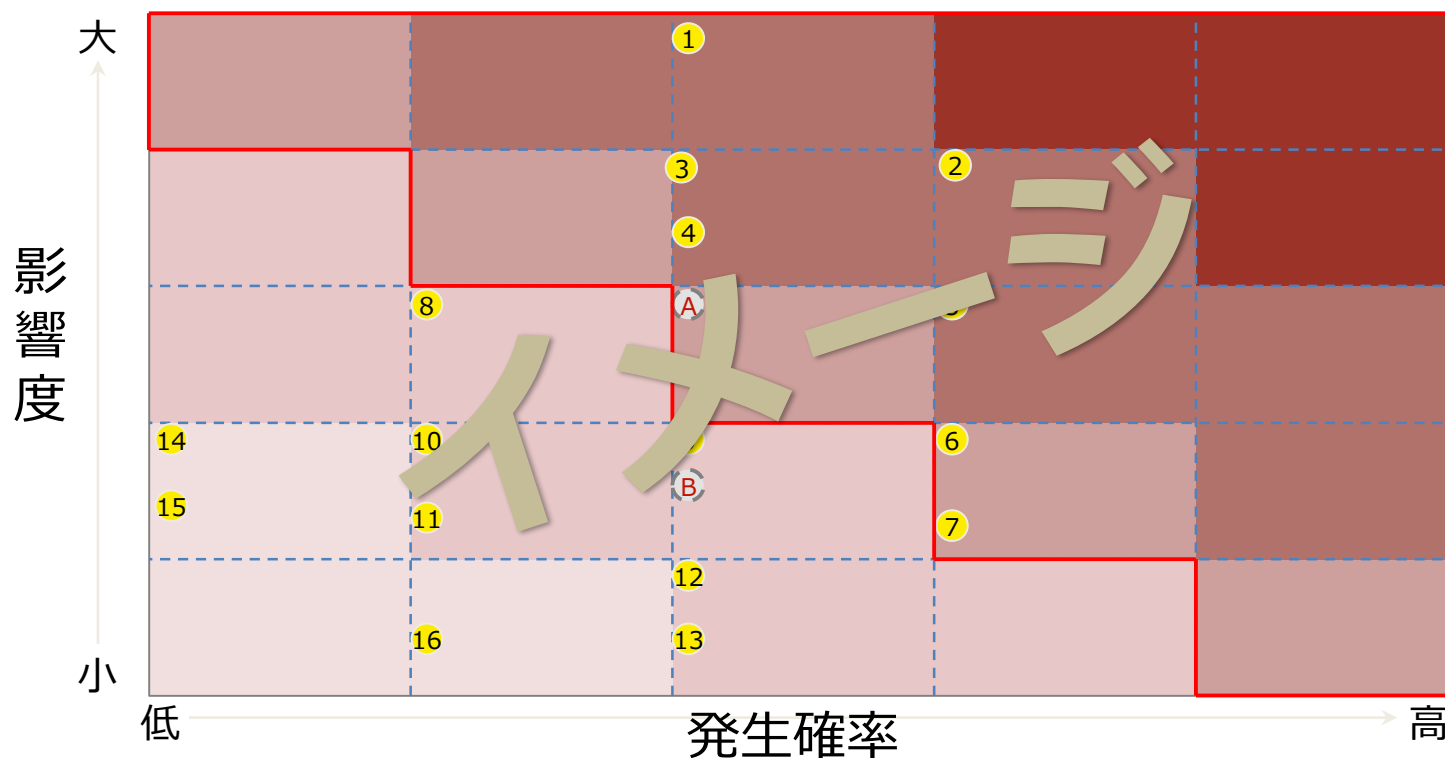
世界のBWR運転炉との比較 (サイト合計線量、2019~2020年度)

難しさ③に対する取り組み

- ・原子力安全を意識する仕組み
安全・品質室の設置(2020年4月)、デザインレビュー会議
、リスク管理、不適合管理、安全文化モニタリング会議
- ・業務へのビルトイン
ゲートプロセスの導入
- ・外部機関によるレビューの活用
WANO、IAEA、JANSI
原子力監視委員会、原子力安全監視室
- ・その他
10Traits、安全向上提案力強化コンペ

例：リスクマップの活用

- ・原子力安全リスクマップ
 - ・PJ実行リスクマップ
 - ・運転保守リスクマップ
-
- ・廃炉CPIリスクマップ



その他、「原子力安全」に関連する1Fの特徴

- 「止める&冷やす&閉じ込める」と「止める→冷やす→閉じ込める」
- 非密封（むき出し）の核燃料物質
- 目標を設定しにくい作業と時間軸
（運転→定検→起動のない数十年。曖昧なゴール）
- 未成熟な技術の集まり
（実証されていない技術、試作品、汎用品、一品もの）
- Try & Errorが必要な分野⇔失敗が認められない風潮
- PJ体制による全体のリスク把握の難しさ（部分最適指向）
- 設備図書の整備不十分

これまでとは異なる発想、アプローチがポイント

- 基準がない
→自ら考えて決めることのできる余地が大きい
- 古い考えの慣性
→マインドチェンジの必要性、震災後ジェネレーションへの期待
- 原子力発電所と異なる挑戦
→海外含み、広く他者の経験に学ぶことの重要性
- “アジャイル”なアプローチ（Try & Error、Lead & Learn、PDCA、DLTGに対する社会的受容性）
→地域、社会目線と事前の情報提供、廃炉情報・企画統括室
- モチベーションの維持
→SDGs、「後ろ向き」イメージに反した最先端の技術フィールド（ロボット、遠隔技術）