

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション

「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」活動報告

Periodical Report from Review Committee on Decommissioning of the Fukushima Daiichi NPS

(4) エンドステートに向けた放射性廃棄物管理に係る様々なシナリオの検討

(4) Study on radioactive waste management scenarios toward end state

*柳原 敏¹¹福井大学

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所（1F）の廃炉に係る中長期ロードマップでは、2021年から燃料デブリの取り出しを予定している。これは1Fサイトの新たな利用を目指すゴール（エンドステート）に向けた第一歩である。ゴールに至る過程には様々な選択肢（シナリオ）がある。廃棄物検討分科会では、国際機関における廃炉・サイト修復に係る検討内容の調査[1],[2]、わが国の廃棄物管理に係る現状の整理、これまでに発生した廃棄物の物量、性状、処理・保管状況の調査を進めるとともに、今後発生すると予想される廃棄物量の推定結果などに基づき、エンドステートを視野に入れた廃炉とサイト修復の方針及び廃棄物管理シナリオを検討した。本報告では廃棄物検討分科会が実施した検討結果について紹介する。

2. シナリオの検討

2.1 タイムライン

廃炉・サイト修復では発生する放射性廃棄物の行先、放射性廃棄物の発生量の抑制、サイトの有効利用を視野に入れたエンドステート及びタイムラインの検討が重要である。また、エンドステートの姿によっては発生する放射性廃棄物の量が異なり、それに応じて廃棄物対策も異なるため、エンドステートや中間エンドステートを定めて、廃炉作業に取り組むことが求められる（図1）。なお、この検討において重要なことは1Fサイトをどのように活用するか視点である。

2.2 シナリオの範囲

1Fのエンドステートにおける「機器・構造物及び汚染土壌などの撤去の範囲」、また、「機器・構造物の解体からエンドステートに至るまでの期間」を変数とし、その状態を以下の2ケースとした。

A： 機器・構造物及び汚染土壌・地下水等の汚染が全て取り除かれた状態

B： 機器・構造物及び汚染土壌・地下水等の汚染の一部が管理・監視の可能な状況で残存する状態

また、エンドステートに至るまでの主要な工程は、廃炉作業とサイト修復とし、廃炉作業は即時解体と遅延解体（安全貯蔵のあとに解体撤去）を想定した。

- ① 原子炉施設に存在する機器・構造物の解体撤去（廃炉工事）
- ② サイト内の汚染した土壌、構造物などの撤去（サイト修復）
- ③ サイト修復が終了しサイトの利用が可能になるまでの猶予期間

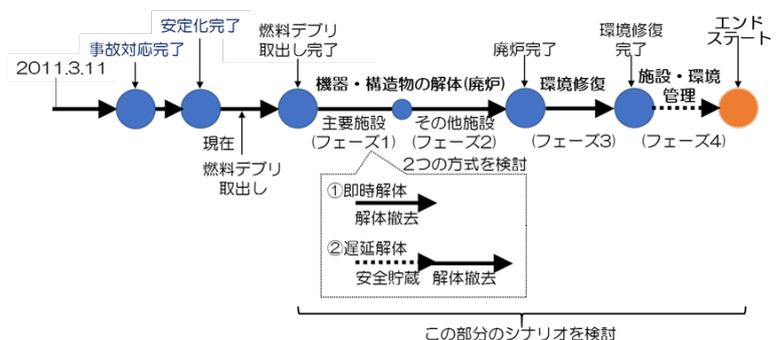


図1 検討の対象範囲と時間軸

2.3 シナリオの設定

廃炉とサイト修復に係る活動を大きく4期（フェーズ1-4）に分類するとともに、放射性廃棄物の行先としては、概括的に「処分場に処分」、「サイトで貯蔵」、「廃棄物をできるだけ発生させない（除染・解体領域を限定して原子力施設の管理を継続）」の3つを基本とした。また、「放射性廃棄物をできるだけ発生させない」

については、どこまで解体するのか（「建屋解体まで(地下構造物残存)」、「全て解体撤去」など）、どこまで除染するのか（「サイトの除染・修復の程度」）など、様々な選択肢があり得る。これらの選択肢を考慮した上で、上述したタイムライン及び領域区分に対し、2つのエンドステートの状態（制限なし解放、制限付き解放）と2つの廃炉方式（即時解体、遅延解体）を組み合わせた4つのシナリオを設定した(図3)。なお、時間軸の考え方の目安の一例として、Aには中長期ロードマップの目標行程として挙げられている30年程度、Bには100年程度、Cには低レベル放射性廃棄物処分施設の管理期間と同様の300年程度が考えられる。

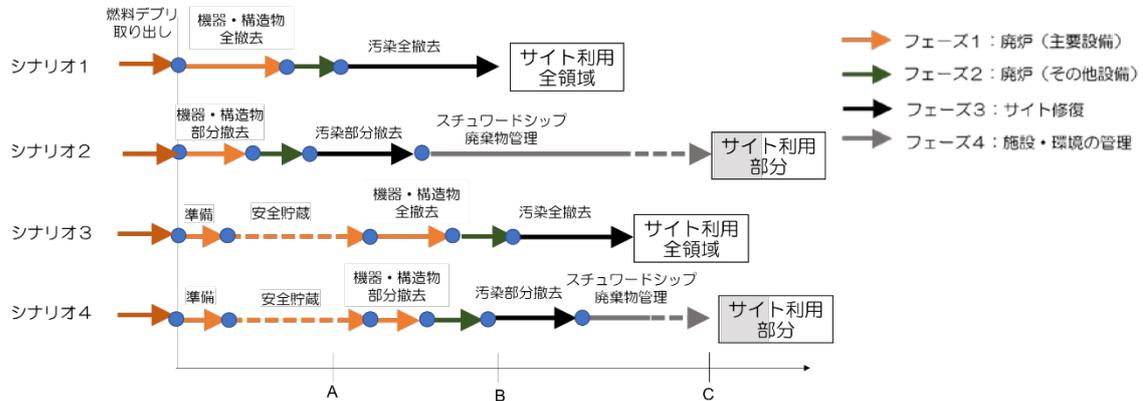


図3 シナリオのタイムラインとサイト利用の可能性

3.シナリオの特徴

①シナリオ1：即時・全撤去

汚染した機器・構造物及び汚染土壌などを早い時期に全量撤去するため、サイトはクリーンな更地となる。但し、機器・建屋の放射能の減衰はあまり期待できないため、工事が困難となる可能性がある。また、大量の放射性廃棄物が比較的短期間で発生するため（約800万トン）[3]、この廃棄物の保管・搬出状況が工事に影響を及ぼす可能性があり、処分が実現できないとサイト解放が不可能となる。

②シナリオ2：即時・部分撤去

機器構造物の一部（地下構造物）及び土壌等の汚染を管理・監視の状態に残すため、廃炉・サイト修復を早期に終了できる。廃炉工事では、地上部のみを解体であり、サイト修復では安全を確認した上で汚染土壌等を残して一部領域の管理・監視を継続するため、放射性廃棄物の発生量を低減できる。放射性廃棄物は処分施設に搬出可能となるまで保管施設に保管するため、保管が長期に及ぶ可能性がある。

③シナリオ3：全撤去・安全貯蔵

施設を安全貯蔵の状態に置くため、廃炉工事に取り組む時期は遅くなるが、この間に施設解体の技術的な準備が可能になり、また、放射能の減衰により安全貯蔵後の作業が容易になる。さらに、安全貯蔵期間中には放射性廃棄物の処分施設を確保し、サイト修復を進めることができる。サイト全域の解放が可能であるが、廃炉・サイト修復の終了時期が遅れるため、サイトの有効利用が可能になるまでに長期間を要する。放射性廃棄物は全てサイト外に搬出するが、廃炉・サイト修復の終了（フェーズ3の終了）までにはその他の施設の廃炉工事及びサイト修復で発生する放射性廃棄物はほぼゼロになることが予想される。

④シナリオ4：部分撤去・安全貯蔵

施設を安全貯蔵の状態に置くため、廃炉作業に取り組む時期は遅くなる。この期間中には、施設解体の技術的な準備、機器・構造物の放射能の減衰による作業の容易化、放射性廃棄物の処分施設の確保、サイト修復の実施の可能性がある。施設は地上部のみを解体、また、サイト修復では安全を確認した上で一部領域の継続した管理・監視が行われるため放射性廃棄物の発生量をかなり低減できる。サイトには地下構造物及び汚染土壌等が残存し、また、放射性廃棄物保管施設が設置されるので、サイト解放は限定される。安全貯蔵期間に加えて、放射性廃棄物の処分施設の確保、残存施設の放射能の減衰を待つことが必要なことから長期

間を有する。なお、廃炉・サイト修復の終了（フェーズ3の終了）まで待てば、その他の施設の廃炉工事及びサイト修復で発生する放射性廃棄物はほぼゼロになることが予想される。

以上に示した様に、原子炉建屋、タービン建屋の地下部分及び汚染を管理・監視の状態に残存させる場合（シナリオ2、4）では、主要施設の廃炉工事から発生する廃棄物量を約半分に、またサイト修復で発生する廃棄物量を大幅に減少することができる。なお、放射性廃棄物は時間の経過とともに放射能が減衰するため、レベル区分毎の廃棄物量が変わり、放射性廃棄物として取り扱う必要がなくなる可能性もある。例えば、主要核種が¹³⁷Csであると想定すると、フェーズ1の開始時に比較して放射能濃度はAの段階で約2分の1、Bの階で10分の1、Cの段階で1000分の1程度になることが予想される。また、その他施設の廃炉工事とサイト修復から発生する放射性廃棄物のレベル区分をL3（放射能レベルが極めて低い廃棄物）とし、その濃度に対する放射性廃棄物の重量分布が一様（100Bq/gから0.1Bq/gまで一様に分布）であると仮定すると、シナリオ3、4におけるフェーズ2-4の放射性廃棄物はゼロになる。

4.おわりに

1F廃炉の最終状態として事故前の状態に戻すことが困難であるとすれば、如何なる姿を目標とするかの議論が必要になる。海外の例でも、原子力サイト全体を完全に解放した例は稀であるが、米国エネルギー省の環境管理プログラムにおいてサイトの一部をビジネスセンターや公園に利用している例がある。

エンドステートには、原子力施設としての利用、一般の人々のサイト立ち入りを限定した利用（制限付き解放）、誰もが自由に利用できる土地（施設）として解放（無効束解放）など、様々な選択肢が考えられる。これらの検討では、サイトの利用形態やサイトの活用時期をサイト周辺の環境も考慮して検討することが求められ、以下の視点が必要と思われる。

- ・ サイトの有効利用（一部/全部、制限/無制限）が可能か
- ・ 安全性（作業員及び公衆、合理性（経済性）は確保されるのか
- ・ 放射性廃棄物の安全な管理は可能、また、放射性廃棄物の行先を決められるのか
- ・ エンドステートまでの概略工程が社会的受容性を有するか

参考文献

- [1] IAEA, Experience and Lessons Learned Worldwide in the Cleanup and Decommissioning of Nuclear Facilities in the Aftermath of accidents, 2014
- [2] OECD/NEA, Strategic Considerations for the Sustainable Remediation of Nuclear Installations, 2016
- [3] H. Kawamura, et al., Decommissioning and Environmental remediation Scenario development for Fukushima Daiichi, Proceedings of TopSafe 2017, 12-16, February 2017 IAEA

*Satoshi Yanagihara¹

¹University of Fukui