

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」現状及び活動報告

Periodical Report from Study Committee on Decommissioning of The Fukushima Daiichi NPP

(3) 建屋の耐震安全性評価の現状と課題

(3) Current status and remaining issues for seismic safety of Fukushima Daiichi NPP

*糸井 達哉¹¹ 東京大学

1. はじめに

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会傘下の建屋の構造性能検討分科会（主査：瀧口克己東京工業大学名誉教授）では、2～3年ごとに中間報告書を作成し、活動内容を委員会、学会、社会に見ていただき意見を聞くのが適切であると考え、2017年度版の報告書のとりまとめを行っている。本稿では報告書のうち、検討の背景と今後の課題を中心に報告する。

2. 検討の背景と検討内容

2-1. 福島第一原子力発電所の廃炉の現状とリスク

福島第一原子力発電所の廃止措置は、政府・東京電力の「中長期ロードマップ」に基づき進められている。2011年5月に「東京電力福島第一原子力発電所事故の収束・検証に関する当面の取組のロードマップ」として、2011年12月21日に「中長期ロードマップ」としてとりまとめられて以来、計4回の改訂がなされている。

廃止措置では、リスクの特徴に応じ、最適なタイミングと方法の選択・実施、作業の柔軟な見直しを行い、全体としてのリスクの最小化を図った上で、可能な限り速やかな廃炉を実現していくことが必要であると考えられる。ロードマップに基づき策定された技術戦略プランでは、相対的にリスクが高く、かつ優先順位が高く、可及的速やかに対処すべきものとして、プール内燃料と建屋内滞留水に関するリスクが挙げられている。建屋内滞留水、プール内燃料とも建屋の耐震性が関係する項目である。それ以外にも、燃料デブリ、濃縮廃液等、廃スラッジ、HIC スラリー（高性能容器内に沈殿する泥しょう）、屋外のガレキ等、建屋内汚染構造物などが、主要なリスク源として挙げられている。

2-2. 廃炉の各段階における要求性能の整理

上述のように、リスクの要因として、大規模地震時に荷重が集中する部位（原子炉压力容器本体基礎、S/C等）が破損するリスク、原子炉压力容器(RPV)及び原子炉格納容器(PCV)における冠水工法等の成立性についても挙げられている。また、建屋に求められる性能としても、建屋内汚染水の閉じ込め機能が要求されている。廃止措置のロードマップを踏まえ、福島第一原子力発電所の廃炉工程の各区分に対して、閉じ込めが必要な放射性物質、プラントの基本的な安全機能、プラントに対する要求性能、留意事項等をまとめたものを表1に示す。

2-3. 中間報告書の検討範囲の設定と検討結果

(1) 検討対象とする期間

中間報告書では、廃炉までの期間のうち、まずは、使用済み燃料プール内燃料取出し架構設置前までの期間（第一期前半）を対象とした検討を実施することとした。

(2) 検討対象施設

検討対象建屋は、1～3号機の原子炉建屋とした。1～3号機の原子炉建屋のうち、水素爆発等の影響による損傷が大きいことおよび1～3号機原子炉建屋の構造が同等であることを考慮し、3号機原子炉建屋を代表として報告書の検討対象施設として選定した。

表 1 廃炉の各段階において必要と考えられる要求性能

工程	事故前	事故収束前	第一期		第二期	第三期
			前半	後半		
		冷温停止の達成まで	使用済み燃料プール内燃料取出し架構設置前まで	使用済み燃料プール内燃料取出し架構設置からプール燃料取出開始まで	使用済み燃料プール内燃料取出開始から燃料デブリ取出し開始まで	燃料デブリ取出し開始から解体、廃止措置終了まで
閉じ込めが必要な放射性物質 ^{注1}	炉内の燃料汚染水 使用済み燃料	燃料デブリ汚染水（建屋内滞留水） 使用済み燃料				燃料デブリ汚染水（建屋内滞留水）
プラントに求められる基本的な安全機能 ^{注2}	止める 冷やす 閉じ込める	冷やす	冷やす ^{注3} 閉じ込める			
建屋に対する要求機能	遮へい性 気密性 水密性 構造安全性	構造安全性	放射性物質を含む物質の閉じ込め 構造安全性			
留意事項		建屋の損傷 屋根崩落等の影響 事故時の熱履歴		加えて 上部カバー重量、反力の影響	加えて デブリ取出に伴う設備等の影響 高経年化対策	加えて 解体進展に応じた状態変化 高経年化対策

注1：瓦礫等については別途対処することとし、閉じ込めが必要な放射性物質として表に含めることはしていない。

注2：プラントに求められる基本的な安全機能は、閉じ込めが必要な放射性物質に関するリスクの大きさに応じて異なる。

注3：燃料デブリ取り出し開始まで

（３）検討対象事象

中間報告書では、表1の福島第一原子力発電所の廃炉工程の各段階のうち、使用済み燃料プール内燃料取出し架構設置前までの期間（第一期前半）を対象に、3号機原子炉建屋の耐震性評価において検討の対象とする検討対象事象について絞り込みをおこなうこととした。上述の通り、相対的にリスクが高くかつ優先順位が高く、可及的速やかに対処すべきものとして、汚染水およびプール内燃料をリスク要因として挙げた。また、直ちにリスクとして発現するとは考えにくい、安全・確実・慎重に対処すべきものとして燃料デブリをその要因として挙げた。

これらに対応する原子炉建屋の耐震性評価の対象とする検討対象事象としては、使用済燃料プール損傷による使用済燃料の冷却中断、生体遮へい壁損傷による燃料デブリの遮へい・閉じ込め性能の喪失及び地下外壁損傷による地下滞留水の漏えいの3項目があげられた。

以上を踏まえ、本検討では、原子炉建屋の耐震性評価の検討対象事象として、使用済燃料の冷却中断、燃料デブリの閉じ込め、地下滞留水の漏えいの3項目に着目した検討を実施することとし、これらの検討対象事象に対して、考慮する地震動、地震応答解析手法、解析結果の評価等の妥当性について、東京電力の公表資料、技術指針及び規定、既往の知見から総合的に評価した。

（４）評価結果

中間報告書では、検討対象とする3号機原子炉建屋について、使用済燃料プール損傷による使用済燃料の冷却中断、生体遮へい壁損傷による燃料デブリの遮へい・閉じ込め性能の喪失及び地下外壁損傷による地下滞留水の漏えいの3点を取り上げた。その上で、検討対象期間において、検討対象事象（使用済燃料プール損傷による使用済燃料の冷却中断、生体遮へい壁損傷による燃料デブリの遮へい・閉じ込め性能の喪失及び地下外壁損傷による地下滞留水の漏えい）に係わる原子炉建屋の耐震安全性の評価結果について、

これまでの検討結果を公開資料に基づき、耐震安全性を判断する上の終局限界状態の目安値の議論等を行った上で、その妥当性を議論した。

3. 今後の課題

中間報告書では、福島第一原子力発電所3号機を対象に、燃料プールからの燃料取り出し開始までの原子炉建屋の耐震性に関する検討を実施した。1号機や2号機については、今回の中間報告書の対象としておらず、同様の検討が必要である。

また、3号機については、本報告書作成時において、使用済燃料プール内の燃料取り出し用カバー等の設置工事が進められており、2018年度中頃に燃料取り出しが開始される予定である。本報告書では、使用済燃料プールからの燃料取り出し中およびそれ以降の建屋を含めた鉄筋コンクリート構造物の構造安全性に関する検討は実施しておらず、今後の検討が必要である。

特に、燃料デブリ取り出しの段階以降においては、以下の3つの課題などが挙げられる。

- ・ 熔融燃料により高温となった原子炉圧力容器本体基礎（RPV ペデスタル）の耐震性
- ・ 生体遮へい壁の耐震性能（選択される取り出し工法による追加開口等の影響）
- ・ 海水注入による塩分あるいは飛来塩分の影響を受けた鉄筋コンクリートの経年変化が耐震性へ与える影響

これらの項目について、廃炉完了までの期間が非常に長いことを前提として、その耐震性能が検討される必要がある。同様な条件下における鉄筋コンクリート構造物の性能に関する知見は限られていることから、どのような形で耐震性能が確保されていることを説明することができるのかが課題である。必要に応じて、事故以降の環境を模擬した長期間にわたる実験の実施などが検討されるべきであると考えられる。

なお、運転中の原子力発電所については、決定論的に評価する地震動を超える揺れに対しても、耐震裕度を確保したり、アクシデントマネジメント策を用意したりすることにより、残存するリスクを可能な限り小さくことが要求される。将来的には、そのような観点からの検討が必要になると考えられる。

*Tatsuya Itoi¹

¹The University of Tokyo