福島第一原子力発電所事故の対応と今後の計画

事故後の取組みと今後の中長期計画

東京電力(株) 山下 和彦

福島第一原子力発電所の事故以来、当社は政府等関係者の協力のもと、収束に全力を挙げて取り組んできた。その中で、2011年4月17日に事故の収束に向けた当面の道筋を取りまとめ、収束に向けた数多くの作業は全てこの道筋に則り行った。本稿では、その活動の概要及び、現在中長期ロードマップに基づいて行っている廃炉へ向けた取組みについて紹介する。

I. はじめに

東北地方太平洋沖地震に伴う福島第一原子力発電所における事故により、福島県の皆様をはじめ広く社会の皆様に対し、大変なご迷惑、ご苦労、ご心配をお掛けしていることを、誠に申し訳なく思っている。

私たちは、避難されている方々の1日も早いご帰宅を実現するとともに、国民の皆様安心していただけるよう、原子炉の安定的な冷却の維持や放射性物質の放出抑制に向け、引き続き全力で取り組んでいく。

福島第一原子力発電所の事故後、当社及び政府・協力企業は、原子炉や燃料プールの注水冷却、電源復旧等の緊急事態対応に注力してきた。

関係者の懸命の努力により、7月19日には「事故の収束に向けた道筋」のステップ1を達成した。さらに、12月16日には原子炉は「冷温停止状態」となり、「放射性物質の放出が管理され、放射線量が大幅に抑えられている状態」(ステップ2)に到達と判断した。

現在は、「東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」(以下「中長期ロードマップ」)に基づき、原子炉の廃止に向けた種々の取組みを行っている。

II. 事故後の取組み

以下の課題ごとの目標を達成することで、ステップ2の達成を確認した。

【課題1：原子炉】「冷温停止状態」に到達

- (1) 損傷した燃料が压力容器及び格納容器内のどこに存在しているかを正確に把握することは難しいが、原子炉压力容器底部温度および格納容器内温度は100℃以下で安定(第1図)。
- (2) 格納容器内を冷却し、蒸気発生を抑えることで、格納容器からの放射性物質の放出は管理され、放射

線量が大幅に抑えられている(第2図)。これによる敷地境界の被ばく線量は、最大0.02 mSv/年と評価(これまでに既に放出された放射性物質の影響を除く)。

- (3) 循環注水冷却システムの中期的安全が確保されていることを確認。

【課題2：燃料プール】「より安定的な冷却」に到達

- (1) 「使用済み燃料プール循環冷却システム」を設置し、安定的な冷却を継続。(1号機：2011年8月10日～、2号機：5月31日～、3号機：6月30日～、4号機：7月31日～)

第1図 压力容器底部温度及び格納容器内温度の推移

第2図 1～3号機からの放射性物質(セシウム)の1時間当たりの放出量

Fukushima Daiichi: Post Accident Countermeasures and Mid-and-long-Term Action Plan: Kazuhiko YAMASHITA. (2012年 4月10日 受理)

(2) 腐食防止のため、塩分除去も順次実施。

【課題3：滞留水】 処理施設を安定的に稼働させて「滞留水全体量を減少」

(1) 滞留水処理施設の安定的稼働・処理により、滞留水全体量を制御。

- ・地下水(サブドレン)汲み上げによる、建屋内流入水量の低減策を実施予定。
- ・多核種除去設備^aの設置工事着手。
- ・処理工程で発生したスラッジや濃縮廃液等の保管・管理の継続(タンク約17.5万トン(2012年4月6日現在)、更なる設置を計画中)。

(2) サリー本格運用開始(2011年8月18日)に伴い、滞留水の水位は当面の目標レベル(OP 3,000^b)を維持し、滞留水の全体量は、豪雨や処理施設の長期停止(約1ヶ月)にも耐えられるレベル(第3図)。現在、循環ルートの縮小等について検討中。

【課題4：地下水】 海洋汚染拡大防止のため、遮水壁工事に着手

(1) 1～4号機の既設護岸の前面に遮水壁を設置する工事に着手(万一の大規模漏えいにより、地下水が汚染した場合の海洋放出防止を図る)(第4図)。

(2) 建屋内滞留水の水位をサブドレン(地下水)の水位より低くすることにより、建屋内滞留水の漏出を防止(サブドレンの放射性物質濃度分析で確認)。

【課題5：大気・土壌】 放射性物質の飛散抑制のため、1号機原子炉建屋カバーを設置

- (1) 1号機の原子炉建屋カバーを設置(2011年10月28日)。
- (2) 放射性物質の飛散を防ぐため、飛散防止剤を散布。
- (3) 瓦礫の撤去及び放射線量に応じた保管・管理により、発電所敷地内の放射線量を低減。

第3図 タービン建屋(T/B)内滞留水量の管理

^a 既設設備(主にセシウムを除去)で除去できない核種の除去設備

^b 福島県小名浜地方の平均潮位を“0”とし、高さを表す単位。OP 3,000とは、平均潮位より3,000 mm上であることを示している。

第4図 遮水壁イメージ

(4) 格納容器ガス管理システムを設置。

- ・格納容器内圧力を大気圧程度に維持し、放射性物質の放出量を管理。

・1号機：2011年12月15日，2号機：10月28日，3号機：2012年3月14日

【課題6：測定・低減・公表】 特措法に基づく基本方針閣議決定により、本格的除染開始

(1) 国・県・市町村・東京電力連携によるモニタリングを実施。

(2) 本格的除染を検討，開始。

(国の実施事項)

- ・「除染推進に向けた基本的考え方」と今後2年間に目指すべき当面の目標、作業方針について示す「除染に関する緊急実施方針」を決定。
- ・「2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」公布(2011年8月30日)。

(東京電力が参画している活動)

- ・広域モニタリング等の結果を通じて得た成果や東京電力の知見を基礎に、国が警戒区域などで実施する除染モデル実証事業が円滑に実施されるよう、本事業の受託者である日本原子力研究開発機構(JAEA)に協力(出向など)。

【課題7：津波・補強・他】 全号機の原子炉建屋の耐震安全性評価を完了，4号機の支持構造物設置完了

(1) 各号機原子炉建屋の現状の耐震評価により，補強しなくとも耐震安全性を確保できることを確認。

(2) 設備の健全性は確認できたが，安全余裕向上のために4号機燃料プール底部に支持構造物を設置(第5図)。

(3) 4号機原子炉建屋が傾いているのではないかとの情報が流れたことから，改めて原子炉建屋5階床面から原子炉ウェル水面までの水位測定を実施し，床面と原子炉ウェル水位は水平であり，4号機原子炉建屋は傾いていないことを確認。

(4) 余震に伴う津波対策として仮設防潮堤を設置(OP + 14 m)(2011年6月30日)。

第5図 4号機燃料プール底部支持構造物設置

第6図 運営会議体制

- 【課題8：生活・職場環境】 仮設寮建設・現場休憩所開設により生活・職場環境を改善
- 【課題9：放射線管理・医療】 放射線管理強化や医療体制整備等により健康管理を充実
- 【課題10：要員育成・配置】 要員育成を継続、要員の安定的確保策を継続検討

Ⅲ. 今後の中長期計画

1. 廃炉への取組み体制

政府の協力に基づき「政府・東京電力中長期対策会議/運営会議および研究開発推進本部」を設立。上記会議の場にて中長期計画の進捗管理を行う。

- ・運営会議： 中長期ロードマップにおける個別の各計画の進捗管理を実施（第6図）。
- ・研究開発推進本部： 中長期ロードマップを実施するために必要な各研究開発プロジェクトの進捗管理を実施。12テーマの研究開発が進行中（合計18テーマを計画）（第7図）。

2. 中長期ロードマップ

中長期ロードマップでは、廃止措置終了までの期間を3つに区分し、今後実施する主要な現場作業や研究開発等のスケジュールを可能な限り明示した（第8図）。

その中で、至近3年間については年度ごとに展開し、可能な限り時期的目標を設定。さらに4年目以降については、次工程へ進む前に追加の研究開発等を検討するための判断ポイントを設定した。

【原子炉の冷却・滞留水処理】

- (1) 燃料デブリ取り出し終了までは循環注水冷却を継続し、冷温停止状態を安定的に維持。さらに冷温停止状態の継続監視を補完するため、格納容器内の部分的観察を実施（第9図）。

第7図 研究開発推進本部体制

第8図 中長期ロードマップの概要

第9図 2号機格納容器内部分的の観察(水位の確認)

第10図 タービン建屋/原子炉建屋間止水

ループ化の検討を進める(第10図)。

【海洋汚染拡大防止計画】

- (1) 万一、地下水が汚染した場合の海洋流出防止のため遮水壁を構築予定(2014年度半ばまで)。
- (2) 取水路前面エリアの海底土を固化土により被覆し、海底土中の放射性物質の拡散を防止。加えて海水循環型浄化装置の運転を継続し、港湾内の海水の放射性物質濃度を、告示に定める周辺監視区域外の濃度限度未満とする(2012年度中を目標)(第11図)。
- (3) 大型船の航行に必要な水深確保に向けた浚渫により発生する土砂についても、同様の被覆を実施。
- (4) 以降、構築した設備等を維持・管理しつつ、地下水、海水の水質等のモニタリングを継続中。

【放射性廃棄物管理及び敷地境界の放射線量の低減】

- (1) 発電所全体からの追加的放出及び敷地内に保管する事故後に発生した放射性廃棄物(水処理2次廃棄物、ガレキ等)による敷地境界における実効線量1 mSv/年未満を達成させる(2012年度内を目標)。
- (2) 水処理2次廃棄物の保管容器の寿命を評価した上で、保管容器等の設備更新計画を策定(2014年度内を目標)。
- (3) 現在実施している陸域、海域の環境モニタリングを継続。

【敷地内除染計画】

一般公衆、従事者の被ばく線量低減、作業性向上を目的に、免震重要棟等の執務エリア、作業エリア等から計画的・段階的に除染を実施し、敷地外の線量低減と連携

第11図 港湾内海底土の被覆等イメージ

を図りつつ、低減を実施中。

【使用済燃料プールからの燃料取出し計画】(第12図)

- (1) 4号機：ステップ2完了後、2年以内(2013年中)に取り出し開始。
- (2) 3号機：ステップ2完了後、3年後程度(2014年末)を目標に取り出し開始。
- (3) 1号機：3,4号機での実績等を把握し、ガレキ等の調査を踏まえて計画立案し、第2期中に取り出す。
- (4) 2号機：建屋内除染等の状況を踏まえ、既設設備の調査を実施後、計画立案し、第2期中に取り出す。
- (5) 第2期中に、全号機の燃料取出しを終了。
- (6) 取り出した燃料の再処理・保管方法について、第2期中に決定。

【燃料デブリ取出し計画】

- (1) 初号機での燃料デブリ取り出し開始の目標をステップ2完了後10年以内に設定。
- (2) 以下のステップで作業を実施する。作業の多くには遠隔技術等の研究開発が必要であり、これらの成果、現場の状況、安全要求事項等を踏まえ、段階的に進めていく。
 - 1) 建屋内の除染
 - 2) PCV 漏えい箇所の特定
 - 3) PCV 下部の補修
 - 4) PCV 下部水張り
 - 5) PCV 内部調査とサンプリング(第13図)
 - 6) PCV 上部の補修
 - 7) PCV/RPV 冠水
 - 8) PCV 内部調査とサンプリング
 - 9) デブリ取出し(第13図)

第12図 プール燃料取出し作業(イメージ)

性状調査

調査のポイント

- ・ガレキ・スラッジ・除染廃液など従来の廃棄物と性状が異なる(核種組成・塩分含有など)。
- ・各技術開発に資する基本情報を把握。

従来廃棄物との相違点例

- ・主要核種：Co-60、C-14など。
→今回：Cs-137、Sr-90など。
- ・海水が5～9割混入しNa濃度がTMIの5倍。
→Cs吸着性能低下、廃棄物発生量増加。
- ・スラッジなど化学組成が不明なものも存在。
→分析により同定が必要。

ゼオライトの例

アウトプット

- ・核種別の放射能濃度
- ・含有成分
- ・物理化学的特性 等

除染や燃料デブリ取出しに伴い高線量で輸送が困難な試料が多量発生すると想定されるため、1F近傍にホットラボ施設を設置する検討も必要

第14図 放射性廃棄物の処理に係る研究開発(廃棄物の性状調査)イメージ

【原子炉施設の解体計画】

- (1) 1～4号機の原子炉施設解体の終了の目標をステップ2完了から30～40年後に設定。
- (2) 解体・除染工法等の検討に必要な汚染状況等の基礎データベースの構築、遠隔解体などの研究開発、必要な制度の整備等を実施し、解体工事で発生した廃棄物処分の見通しが得られていることを前提に、第3期に解体作業に着手。

【放射性廃棄物の処理・処分計画】

- (1) 事故後に発生した廃棄物は、従来の廃棄物と性状(核種組成、塩分量等)が異なることも踏まえ、2012年度中に研究開発計画を策定(第14図)。
- (2) 研究開発成果を踏まえ、既存処分概念への適応性、安全性等を見極め、処分に向けた安全規制、技術基準等を整備することで廃棄体仕様を確定。
- (3) これに基づき、処理設備を整備後、処分の見通しが得られた上で、第3期に処理・処分を開始。

Ⅳ. おわりに

今後、避難されている住民の皆様の一刻も早いご帰還を実現し、地域及び国民の皆様様の不安を解消するためにも、当社、資源エネルギー庁、原子力安全・保安院は、適切な協働体制の下、中長期ロードマップに基づき、廃止措置等に向けた中長期の取組みを着実に進めていく。

著者紹介

山下和彦(やました・かずひこ)

東京電力㈱

(専門分野/関心分野)原子力発電所の建設、保守、運営管理

—参考資料—

- 1) 「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」の進捗状況(平成23年12月16日), 原子力災害対策本部, 政府・東京電力統合対策室。
- 2) 東京電力㈱福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ(平成23年12月21日), 原子力災害対策本部, 政府・東京電力統合対策室。