

I 特定原子力施設の全体工程及びリスク評価

1 全体工程

東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故については、事故発生後、政府及び東京電力において、「東京電力福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋 当面の取組のロードマップ」をとりまとめ、これに基づいて事故の早期収束に向けた取組を計画的に進めてきた。2011年7月には、上記ロードマップにおけるステップ1の目標である「放射線量が着実に減少傾向にある」状況を達成し、同年12月、ステップ2の目標である「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」状況についても達成したところである。これにより、原子炉は「冷温停止状態」に達し、不測の事態が発生した場合も、敷地境界における被ばく線量が十分低い状態を維持することができるようになったことから、これにより、東京電力(株)福島第一原子力発電所の原子炉は安定状態となったことに加え、当該プラントが敷地外に与える放射線の影響は十分小さく抑えられている状況にある。

ステップ2完了以降は、それまでのプラント安定化に向けた取組から、確実にプラントの安定状態を維持する取組に移行する。それに並行して、1～4号機の使用済燃料プールからの燃料の取り出し、1～3号機の原子炉圧力容器及び原子炉格納容器からの燃料デブリの取り出し等、廃止措置に向けて必要な措置を中長期に亘って進めていくことにより、避難されている住民の皆さまの一刻も早いご帰還を実現し、地域の方々をはじめとした国民の皆さまの不安を解消することが重要となる。

このような中長期の取組に関しては、2011年8月に原子力委員会に設置された東京電力(株)福島第一原子力発電所における中長期措置検討専門部会（以下、「原子力委員会専門部会」という。）において、技術課題、研究開発項目が整理されるとともに、「燃料デブリ取り出し開始までの期間は10年以内を目標。廃止措置がすべて終了するまでは30年以上の期間を要するものと推定される。」との整理がなされている。

同年11月9日には、枝野経済産業大臣及び細野原発事故収束・再発防止担当大臣より、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」という。）の策定等についての指示（以下、「両大臣指示」という。）が、東京電力、資源エネルギー庁、原子力安全・保安院に出された。

さらに、2011年12月16日、ステップ2の完了に伴い、政府・東京電力統合対策室を廃止し、原子力災害対策本部の下、中長期ロードマップの策定とその進捗管理を行う政府・東京電力中長期対策会議が設置された。

中長期ロードマップは、両大臣指示を受け、上記の3者にてとりまとめたものを、同会議で決定したものである。

本実施計画において、1～4号機の廃止措置までの全体工程については、中長期ロードマップに沿った工程を1.1に示す。また5・6号機については、冷温停止の維持・継続等の工程を1.2に示す。

1.1 1～4号機の工程

1.1.1 中長期ロードマップの期間区分及び時期的目標

添付資料－1に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に沿った主要スケジュールを示す。

中長期ロードマップにおける工程・作業内容は今後の現場状況や研究開発成果等によって変わり得るものであり、これらを踏まえ、継続的に検証を加えながら見直していくこととする。

1.1.2 中長期期間の区分の考え方

中長期ロードマップでは、第1期から第3期までを以下の通り定義した。

- 第1期：ステップ2完了～使用済燃料プール内の燃料取り出し開始まで
(目標は2年以内)
 - ・使用済燃料プール内の燃料取り出し開始のための準備作業を行うとともに、燃料デブリ取り出しに必要な研究開発を実施し、現場調査にも着手する等、廃止措置等に向けた集中準備期間となる。
- 第2期：第1期終了～燃料デブリ取り出し開始まで(目標は10年以内)
 - ・当該期間中は、燃料デブリ取り出しに向けて多くの研究開発や原子炉格納容器の補修作業などが本格化する。
 - ・また、当該期間中の進捗を判断するための目安として(前)、(中)、(後)の3段階に区分。
- 第3期：第2期終了～廃止措置終了まで(目標は30～40年後)
 - ・燃料デブリ取り出しから廃止措置終了までの実行期間。

1.1.3 中長期ロードマップにおける時期的目標及び判断ポイント

第1期を含む至近の約3年間(2014年度末まで)については、年度毎に展開し、可能な限り時期的目標を設定した。2015年度以降については、時期・措置の内容が今後の現場状況や研究開発成果等によって大きく変わり得ることから、おおよその時期的目標を可能な限り設定した。また、当該期間中の各作業は、技術的にも多くの課題があり、現場状況、研究開発成果、安全要求事項等の状況を踏まえながら、段階的に工程を進めていくことが必要となる。このため、次工程へ進む判断の重要なポイントにおいて、追加の研究開発の実施や、工程又は作業内容の見直しも含めて検討・判断することとしている。これを判断ポイント(HP)として設定した。

中長期ロードマップにおける主な時期的目標及び判断ポイント（HP）は以下の通りである。

（１）原子炉の冷却・滞留水¹処理計画

- 現行水処理施設の信頼性向上等について検討を行い、２０１２年度までに主要な対策を実施するとともに、その後においても継続的に改善を実施。
- 現行施設では除去が困難なセシウム以外の放射性物質も除去可能な多核種除去設備を導入。
- 循環ラインの縮小については、上記現行水処理施設の信頼性向上や、第２期（中）の建屋間止水、原子炉格納容器下部の補修等に合わせて段階的に実施。
- 建屋への地下水の流入があるため、余剰水が増加している状況にあることから、サブドレン設備については、浄化試験結果を踏まえて、引き続き復旧方法の検討を実施し、順次復旧を行っていく。また、２０１２年度下半期から地下水バイパスを順次稼働し、地下水流入量を段階的に低減。
- 第２期（後）には、タービン建屋／原子炉建屋内の滞留水処理を完了。

<滞留水処理に係る判断ポイント>

建屋間止水及び原子炉格納容器下部の補修の成否により、滞留水の減少に向けた実施方法が変わり得ることから、以下の判断ポイントを設定。

（HP 1-1）：原子炉建屋／タービン建屋間止水・格納容器下部補修完了

【第２期（中）】

（２）海洋汚染拡大防止計画

- 万一地下水が汚染した場合の海洋流出を防止するため、遮水壁の構築を２０１４年度半ばまでに完了。
- ５，６号機側にシルトフェンスを設置し、１～４号機及び５，６号機の取水路前面エリアの海底土を固化土により被覆することにより、海底土の拡散を防止することに加え、１～４号機取水路前面における海水循環型浄化装置の運転を継続し、港湾内の海水中の放射性物質濃度について、告示に定める周辺監視区域外の濃度限度未満を達成。

（３）放射性廃棄物管理及び敷地境界における放射線量の低減に向けた計画

- ２０１２年度内を目標に、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（水処理二次廃棄物、ガレキ等）による敷地境界における実効線量 1mSv/年未満を達成。
- これまでの発生実績や今後の作業工程から発生量を想定し、適切に保管エリアを確保し管理していくとともに、仮設設備から長期間の使用に耐え得るような設備に移行し

¹ 1～4号機のタービン建屋、原子炉建屋等に滞留している汚染水のこと

て行くことを含め、敷地境界への放射線の影響に配慮した中長期的な計画を2012年度末を目途に策定。

- 現在実施中の水処理二次廃棄物の性状評価及び保管容器の寿命評価に基づき、2014年度末までに保管容器等の設備更新計画を策定。
- 第2期（後）以降、必要に応じて設備更新を実施。

（4）使用済燃料プール内の燃料取り出し計画

- 4号機において、ステップ2完了後2年以内（2013年中）に取り出し開始。
- 3号機において、2014年末を目標に取り出し開始。
- 1号機については、3、4号機での知見・実績を把握するとともに、ガレキ等の調査を踏まえて具体的な計画を検討、立案し、第2期（中）の開始を目指す。
- 2号機については、建屋内除染、遮へいの実施状況を踏まえて設備の調査を行い、具体的な計画を検討、立案の上、第2期（中）の開始を目指す。
- 第2期（後）には、全号機の燃料取り出しを終了。
- 取り出した使用済燃料の再処理・保管方法について、第2期（後）に決定。

＜取り出し後の燃料に係る判断ポイント＞

取り出し後の燃料の取り扱いについては、今後実施する長期保管上の健全性評価、再処理に向けた研究開発成果を踏まえる必要があることから、以下の判断ポイントを設定。

（HP2-1）：使用済燃料の再処理・保管方法の決定【第2期（後）】

（5）燃料デブリ取り出し計画

- 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。
- 計画の実現に向けて工法・装置開発をはじめとする研究開発を実施する。実施にあたっては、成果となる技術の現場への適用性を確実に実証（以下、「現場実証」という。）していく。
- 2013年度末頃まで実施する遠隔による除染技術開発成果を適宜現場に適用し、原子炉建屋内除染を進めることに加え、2014年度半ば頃までを目途に原子炉格納容器漏えい箇所特定技術開発成果（現場実証を含む）を得た上で、2014年度末までに原子炉建屋内除染により建屋内アクセス性を確保し、原子炉格納容器漏えい箇所調査及び原子炉格納容器外部からの内部調査に本格着手。

＜燃料デブリ取り出し作業等における判断ポイント＞

現場の状況、研究開発の成果（現場実証含む）、安全要求事項等の状況をも踏まえ、以下の判断ポイントを設定。また、取り出し後の燃料デブリの取り扱いについても判断ポイントを設定。

- (HP 3-1) : 原子炉格納容器下部補修方法, 止水方法の確定【第2期(前)】
(研究開発の目標時期)
原子炉格納容器補修技術の現場実証終了(建屋間, 格納容器下部)
: 2015年度末頃
- (HP 3-2) : 原子炉格納容器下部水張り完了, 内部調査方法確定【第2期(中)】
(研究開発の目標時期)
原子炉格納容器内部調査技術の現場実証終了 : 2016年度末頃
- (HP 3-3) : 原子炉格納容器上部補修方法の確定【第2期(中)】
(研究開発の目標時期)
原子炉格納容器補修技術(上部)の現場実証終了: 2017年度末頃
- (HP 3-4) : 原子炉格納容器上部水張り完了, 炉内調査方法の確定【第2期(後)】
(研究開発の目標時期)
原子炉圧力容器内部調査技術の現場実証終了: 2019年度半ば頃
- (HP 3-5) : 燃料デブリ取り出し方法の確定, 燃料デブリ収納缶等の準備完了【第2期(後)】
(研究開発の終了目標時期)
燃料デブリ取り出し技術の現場実証終了: 2021年度末頃
燃料デブリ収納缶開発終了 : 2019年度末頃
燃料デブリ計量管理方策確立: 2020年度末頃
- (HP 3-6) : 燃料デブリの処理・処分方法の決定【第3期】

(6) 原子炉施設の解体計画

- 1～4号機の原子炉施設解体の終了時期としてステップ2完了から30～40年後を目標とする。
(参考) TMI-2²における燃料デブリ取り出し期間(4年強), 通常原子炉施設の解体標準工程(15年程度)から, 1基の原子炉施設の解体には燃料デブリ取り出し開始から20年以上が必要と想定。
- 解体・除染工法等の検討に必要となる, 現場の汚染状況等の基礎データベースの構築等に向けた計画を2012年度中を目途に策定。
- 第1期から第2期(中)にかけて, 原子炉施設の解体に向けた基礎データベースを構築。
- 上記データベースに基づき, 第2期(中)から第3期にかけて原子炉施設解体に向けた遠隔解体などの研究開発・制度の整備(解体廃棄物の処分基準等)を実施。

² 米国スリーマイルアイランド原子力発電所2号機

<原子炉施設の解体実施に向けての判断ポイント>

(HP 4-1) : 解体・除染工法の確定。解体廃棄物処分基準の策定【第3期】

→ 解体, 処分に必要な機器・設備の設計・製造に着手。

(HP 4-2) : 解体廃棄物処分の見通し。必要な研究開発終了【第3期】

→ 解体に着手。

(7) 放射性廃棄物の処理・処分³計画

- 事故後に発生した廃棄物は、従来の原子力発電所で発生した廃棄物と性状(核種組成, 塩分量等)が異なることから, 2012年度中に処理・処分に関する研究開発計画を策定。
- 2014年度末までに, 廃棄物の性状把握, 物量評価等を実施。
- この結果を踏まえ, 第2期において処分概念を構築。

<放射性廃棄物処理・処分に向けての判断ポイント>

これらの廃棄物は, 解体工事で発生した廃棄物とともに以下の判断ポイントを設定し, 第3期の終盤での処分場への搬出を目指し, 研究成果の反映を図りつつ検討を進める。

(HP 5-1) : 廃棄物の性状に応じた既存処分概念への適応性の確認【第2期(中)】

(HP 5-2) : 廃棄物の処理・処分における安全性の見通し確認【第2期(後)】

(HP 5-3) : 廃棄体仕様・製造方法の確定【第3期】

(HP 5-4) : 廃棄体製造設備の設置及び処分の見通し【第3期】

1.1.4 添付資料

添付資料-1 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の主要スケジュール

添付資料-2 東京電力(株)福島第一原子力発電所・中期スケジュール

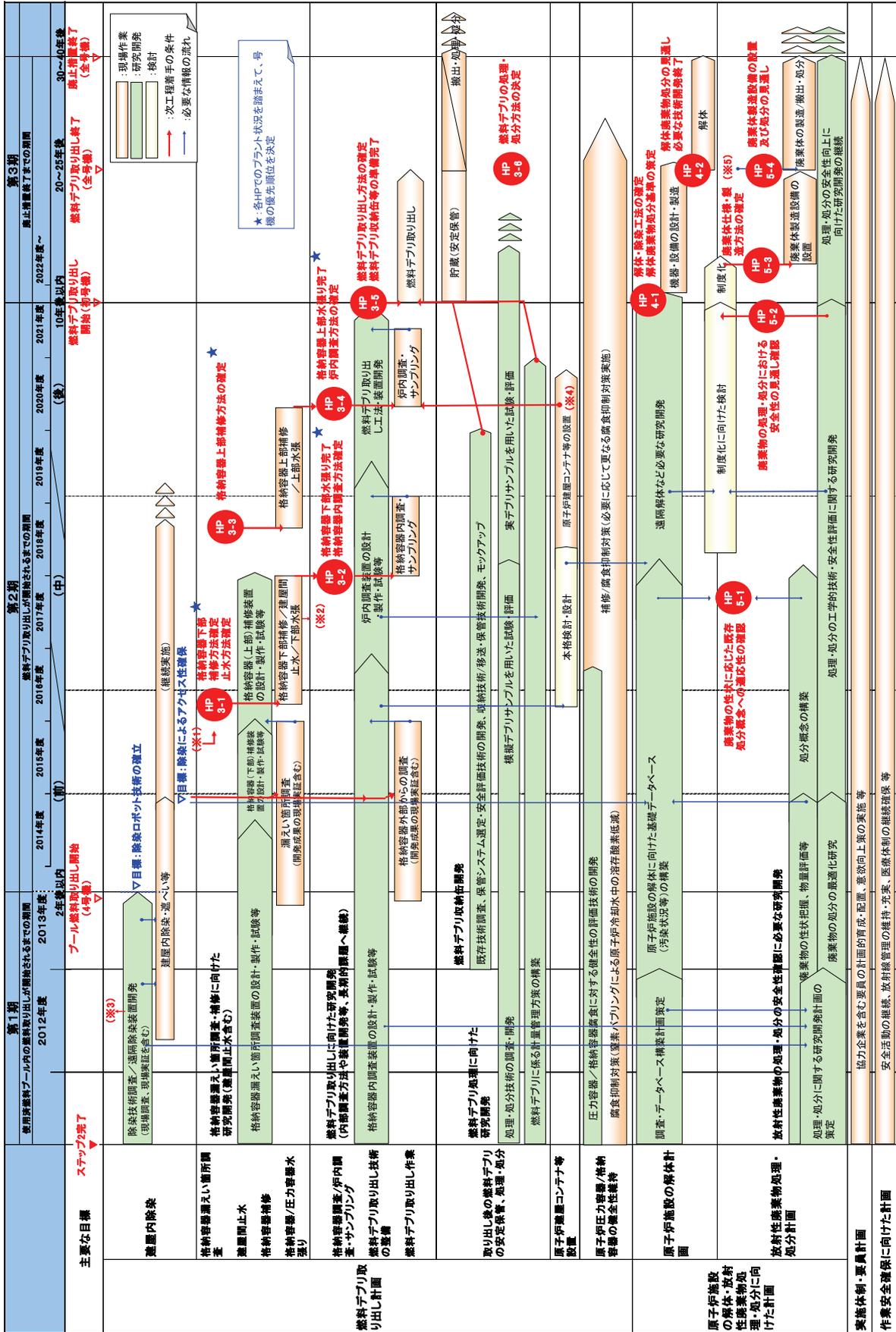
³放射性廃棄物を, その性状(含まれる放射性核種, 放射能レベル)に応じ, 容器に詰めてセメントで固める等の加工を施した廃棄体を作り(以下, 「処理」という。), 廃棄体を処分場に搬出して埋設する(以下, 「処分」という。)こと。

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の主要スケジュール

主要な目標	ステップ	第1期 使用済燃料プールの燃料取り出しが開始されるまでの期間				第2期 燃料プールの取り出しが開始されるまでの期間				第3期 廃止措置完了までの期間			
		2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	原子炉炉心冷却停止状態の維持・監視(注水継続、温度等パラメータにより継続監視)											
		格納容器内の部分的観察 循環注水冷却(タービン建屋からの取水)の信頼性向上 格納容器下部からの取水											
汚留水処理計画	汚留水の処理計画	格納容器下部からの取水											
		格納容器下部からの取水											
海洋汚染拡大防止計画	海洋汚染拡大防止計画	シフトフェンス追加設置(注:汚留水漏えい時における海洋汚染拡大リスクの低減)											
		シフトフェンス追加設置(注:汚留水漏えい時における海洋汚染拡大リスクの低減)											
発電所全体の放射線管理計画	ガレキ等	格納容器からの管理/ガレキ等の廃棄物管理											
		格納容器からの管理/ガレキ等の廃棄物管理											
使用済燃料プールの燃料取り出し計画	使用済燃料プールの燃料取り出し計画	燃料取り出し計画											
		燃料取り出し計画											
共用プール	共用プール	共用プールの燃料取り出し計画											
		共用プールの燃料取り出し計画											
研究開発	研究開発	研究開発											
		研究開発											

*本ロードマップについては、研究開発及び現場状況を踏まえて、継続的に見直ししていく。(注)HP:判断ポイント

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の主要スケジュール



*本ロードマップについては、研究開発及び現場状況を踏まえて、継続的に見直ししていく。
(注)HP：判断ポイント

東京電力株式会社第一原子力発電所・中期スケジュール

*本ロードマップは、研究開発及び現場状況を踏まえて、継続的に見直ししていく。

環境作業
研究開発
検討

課題	第1期		第2期(前)	
	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度
中期課題への対応	原子炉の冷却計画	原子炉冷温停止状態の維持・監視(注水継続、温度等パラメータにより継続監視)	原子炉冷温停止状態の維持・監視(注水継続、温度等パラメータにより継続監視)	原子炉冷温停止状態の維持・監視(注水継続、温度等パラメータにより継続監視)
	滞留水の処理計画	滞留水の処理計画	滞留水の処理計画	滞留水の処理計画
発電所全体の放射線量削減に向けた計画	放射線量削減計画	放射線量削減計画	放射線量削減計画	放射線量削減計画
	放射線量削減計画	放射線量削減計画	放射線量削減計画	放射線量削減計画
敷地内除染計画	敷地内除染計画	敷地内除染計画	敷地内除染計画	敷地内除染計画
	敷地内除染計画	敷地内除染計画	敷地内除染計画	敷地内除染計画
使用済燃料プールからの燃料取出計画	使用済燃料プールからの燃料取出計画	使用済燃料プールからの燃料取出計画	使用済燃料プールからの燃料取出計画	使用済燃料プールからの燃料取出計画
	使用済燃料プールからの燃料取出計画	使用済燃料プールからの燃料取出計画	使用済燃料プールからの燃料取出計画	使用済燃料プールからの燃料取出計画
燃料デブリ取出計画	燃料デブリ取出計画	燃料デブリ取出計画	燃料デブリ取出計画	燃料デブリ取出計画
	燃料デブリ取出計画	燃料デブリ取出計画	燃料デブリ取出計画	燃料デブリ取出計画
原子炉施設解体計画	原子炉施設解体計画	原子炉施設解体計画	原子炉施設解体計画	原子炉施設解体計画
	原子炉施設解体計画	原子炉施設解体計画	原子炉施設解体計画	原子炉施設解体計画
放射線管理計画	放射線管理計画	放射線管理計画	放射線管理計画	放射線管理計画
	放射線管理計画	放射線管理計画	放射線管理計画	放射線管理計画
実施体制・要員計画	実施体制・要員計画	実施体制・要員計画	実施体制・要員計画	実施体制・要員計画
	実施体制・要員計画	実施体制・要員計画	実施体制・要員計画	実施体制・要員計画
作業安全確保に向けた計画	作業安全確保に向けた計画	作業安全確保に向けた計画	作業安全確保に向けた計画	作業安全確保に向けた計画
	作業安全確保に向けた計画	作業安全確保に向けた計画	作業安全確保に向けた計画	作業安全確保に向けた計画

1.2 5・6号機の工程

1.2.1 原子炉及び使用済燃料プールの冷却・滞留水処理

- 原子炉及び使用済燃料プール内の燃料取り出し終了までは、原子炉及び使用済燃料プールの冷却を継続し、冷温停止状態を安定的に維持する。
- 5・6号機の滞留水は現行処理設備による処理を継続する。滞留水の発生を抑制しつつ、必要に応じて貯留能力の増強を進める。

1.2.2 使用済燃料プールからの燃料搬出計画

- 津波の再来等に対するリスク低減の観点から、5・6号機で原子炉に装荷されている炉内燃料及び使用済燃料プールに貯蔵している使用済燃料を準備（燃料交換機等の復旧）が整い次第、1～4号機の燃料取出しに影響を与えない範囲で、共用プールへ搬出する。

図一1 5・6号機 中期スケジュール参照

東京電力(株)福島第一原子力発電所5・6号機 中期スケジュール

	年度	2012		2013		2014		2015	2016
		上期	下期	上期	下期	上期	下期		
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉及び使用済燃料プールの冷却計画	冷温停止状態の維持・管理							
	滞留水処理計画	現行処理設備による滞留水処理, 滞留水抑制, 貯留能力増強							
5・6号機からの燃料搬出計画	5号機	燃料交換機・原子炉建屋天井クレーン復旧		燃料(移動～搬出)		燃料(移動～搬出)		燃料(移動～搬出)	
	6号機	燃料交換機・原子炉建屋天井クレーン復旧		燃料(移動～搬出)		燃料(移動～搬出)		燃料(移動～搬出)	

* 本中期スケジュールについては、現場状況を踏まえて、継続的に見直していく。

図-1 5・6号機 中期スケジュール

2 リスク評価

2.1 特定原子力施設の敷地境界及び敷地外への影響評価

特定原子力施設の敷地境界及び敷地境界外への影響を評価した結果、平成 24 年 10 月での気体廃棄物の追加的放出量に起因する実効線量は、敷地境界において約 3.0×10^{-2} mSv/年であり、特定原子力施設から 5km 地点では最大約 2.5×10^{-3} mSv/年、10km 地点では最大約 8.9×10^{-4} mSv/年であった。

また、敷地内各施設からの直接線・スカイシャイン線による実効線量は、敷地境界において約 9.4mSv/年であり、5km 地点では最大約 1.4×10^{-18} mSv/年、10km 地点では最大約 2.4×10^{-36} mSv/年であった。

一方、文部科学省において公表されている「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の 20km 圏内の空間線量率測定結果（平成 24 年 11 月 11 日～13 日）」によると、特定原子力施設から約 5km 地点の空間線量率は $5.2 \sim 17.8 \mu\text{Sv/h}$ （約 46～約 156mSv/年）、約 10km 地点の空間線量率は $2.2 \sim 23.5 \mu\text{Sv/h}$ （約 20～約 206mSv/年）である。

これらの結果から、特定原子力施設の追加的放出量等から起因する実効線量は、5km 地点において空間線量率の約 18,000 分の 1 以下であり、10km 地点において空間線量率の約 21,000 分の 1 以下であるため、平常時において 5km 地点及び 10km 地点における特定原子力施設からの影響は極めて小さいと判断する。

2.2 特定原子力施設における主なリスク

2.2.1 はじめに

特定原子力施設の主なリスクは、特定原子力施設が放射能を内在することに起因すると考えられ、また、現在の特定原子力施設において放射能を内在するもの（使用済燃料等）は、以下のように整理できる。

- (1) 原子炉圧力容器・格納容器内の溶融した燃料（燃料デブリ，1～3号機）
- (2) 使用済燃料プールの燃料（1～4号機）
- (3) 5・6号機の炉心及び使用済燃料プールの燃料
- (4) 使用済燃料共用プールの燃料
- (5) 使用済燃料乾式貯蔵キャスクの燃料
- (6) 放射性廃棄物

ここでは、上記の放射能を内在するものについて、それぞれ個別に現在の状態におけるリスクを定量的もしくは定性的に評価することにより、現在の特定原子力施設のリスクについて評価する。

2.2.2 燃料デブリ（1～3号機）

燃料デブリに関するリスクとしては、原子炉压力容器・格納容器注水設備（以下、原子炉注水系という）が機能喪失することにより原子炉注水が停止し、原子炉压力容器及び格納容器内の燃料デブリ等の温度が上昇し、放射性物質が環境中に放出されるリスクが考えられる。原子炉の安定的な冷却状態を維持し、冷温停止状態を維持することは福島第一原子力発電所の最重要課題の一つであることから、このリスクに対しては、原子炉注水系の継続的な信頼性向上を図ってきており、水源・ポンプ・電源等について多重性及び多様性を有した十分信頼性の高い系統構成としている。

確率論的リスク評価による原子炉注水系のリスク評価では、炉心再損傷頻度が約 5.9×10^{-5} /年と評価されており、「施設運営計画に係る報告書（その1）（改訂2）（平成23年12月）」で評価された約 2.2×10^{-4} /年の炉心再損傷頻度からリスクが低減していることが確認できる。今後も、原子炉注水系の小ループ化等により信頼性の向上を図り、リスク低減に努めていく。

また、原子炉注水系の異常時の評価では、想定を大きく超えるシビアアクシデント相当事象（注水停止 12 時間）で3プラント分の放射性物質の放出を考慮した場合においても、実効線量は敷地境界で年間約 6.3×10^{-5} mSv、特定原子力施設から5km地点で約 1.1×10^{-5} mSv、特定原子力施設から10km地点で約 3.6×10^{-6} mSvであり、周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。「施設運営計画に係る報告書（その1）（改訂2）（平成23年12月）」では、シビアアクシデント相当事象で3プラント分の放射性物質の放出を考慮した場合に敷地境界の実効線量が年間約 11.1mSv と評価されており、燃料デブリの崩壊熱減衰等によって、原子炉注水系の異常時における被ばくリスクが大きく低減していることが分かる。今後も、燃料デブリの崩壊熱は減衰していくため、原子炉注水系の異常時におけるリスクは低減する方向である。

燃料デブリに関するリスクとしては、水素爆発と臨界も挙げられる。

水素爆発に関するリスクとしては、水の放射線分解によって発生する水素が可燃限界を超えることが想定されるが、原子炉格納容器内窒素封入設備を用いて、原子炉压力容器及び格納容器に窒素を連続的に封入することにより、その雰囲気中の水素濃度を可燃限界以下としている。原子炉压力容器もしくは格納容器内で水の放射線分解により発生する水素が、窒素供給の停止から可燃限界の水素濃度に至るまでの時間余裕は 100 時間以上と評価されており、水素爆発のリスクは十分小さいものと考えられる。「施設運営計画に係る報告書（その1）（改訂2）（平成23年12月）」では、この時間余裕は約 30 時間と評価されており、燃料デブリの崩壊熱減衰によってリスクが低減していることが分かる。

臨界については、一般に、溶融した燃料デブリが臨界に至る可能性は極めて低いと考えられており、また、「施設運営計画に係る報告書（その1）（改訂2）（平成23年12月）」において燃料デブリ形状等について不確かさを考慮した評価がなされており、臨界の可能性は低いとされている。実際に、ガス放射線モニタにより短半減期核種の放射能濃度を連

続的に監視してきており、これまで臨界の兆候は確認されていない。これらを踏まえると、燃料デブリの形状等については十分に把握できていないものの、燃料デブリの配置変化等の現状の体系からの有意な変化が生じない限り、臨界となることはないと考えられる。当面、燃料デブリの移動を伴う作業は予定されていないことから、現在の臨界リスクは工学的に極めて小さいものと考えられる。なお、将来の燃料デブリ取り出し工程の際には燃料デブリ形状等が大きく変化する可能性があることから、十分に臨界管理を行いつつ、作業を進めていく必要がある。

2.2.3 使用済燃料プールの燃料（1～4号機）

使用済燃料プールの燃料に関するリスクとしては、使用済燃料プール冷却系が機能喪失し、使用済燃料プールの冷却が停止し、使用済燃料プール水の温度が上昇すると共に使用済燃料プール水位が低下するリスクが考えられる。このリスクに対しては、使用済燃料プール冷却系の機能喪失後、使用済燃料プール水位が有効燃料頂部 + 2 mに至るまでの時間余裕が最短で4号機において約27日程度と評価されており、リスクは十分小さいものと考えられる。「施設運営計画に係る報告書（その1）（改訂2）（平成23年12月）」では、この時間余裕は約16日程度と評価されており、燃料デブリの崩壊熱減衰によってリスクが低減していることが分かる。今後も、使用済燃料の崩壊熱減衰及び使用済燃料プール内の燃料取り出しによって、使用済燃料プール冷却系の異常時におけるリスクは低減する方向である。

2.2.4 5・6号機の炉心及び使用済燃料プールの燃料

燃料に関するリスクとしては、原子炉に装荷されている燃料及び使用済燃料プールに貯蔵されている燃料の冷却機能が喪失し、原子炉水並びに使用済燃料プール水の温度が上昇すると共に水位が低下するリスクが考えられる。

このリスクに対しては、原子炉及び使用済燃料プールの水位が有効燃料頂部に至るまでの時間的余裕が、5・6号機においては、最短でも13日程度（5号機原子炉）と評価されており、仮設水中ポンプ設置等による冷却機能の回復までに要する時間は十分確保されていることから、こうしたリスクは小さいものと考えられる。

今後、自然災害（津波等）により冷却機能が喪失し、水位低下による燃料損傷のリスクを低減するために燃料を共用プールに搬出する予定である。そのために準備が整い次第、原子炉から燃料を使用済燃料プールに移動及び使用済燃料プールから共用プールへ使用済燃料を搬出する予定である。

2.2.5 使用済燃料共用プールの燃料

使用済燃料共用プールは、既設の設備を使用して貯蔵燃料の冷却の維持・継続をしている。

なお、使用済燃料共用プールの燃料に関するリスクとしては、使用済燃料プール冷却系が機能喪失し、使用済燃料プールの冷却が停止し、使用済燃料プール水の温度が上昇すると共に使用済燃料プール水位が低下するリスクが考えられる。このリスクに対しては、使用済燃料プール冷却系の機能喪失後、使用済燃料プール水位が有効燃料頂部+2mに至るまでの時間余裕が約 20 日程度と評価されており、リスクは十分小さいものと考えられる。

2.2.6 使用済燃料乾式キャスクの燃料

使用済燃料乾式キャスクに装填した燃料の保管については、現在使用済燃料輸送容器保管建屋に保管されている 9 基を搬出し、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備に保管することを計画している。また、現在使用済燃料共用プールに貯蔵中の使用済燃料の一部を使用済燃料乾式キャスクに装填し、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備に保管することを計画している。

使用済燃料乾式キャスクについては、除熱、遮へい、密封、臨界防止の安全機能及び必要な構造強度が設計上考慮されている。

また、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備において、使用済燃料乾式キャスクは支持架台に支持され基礎に固定された状態で保管する。使用済燃料乾式キャスク仮保管設備は、この保管状況において基準地震動 S_s を考慮しても使用済燃料乾式キャスクの安全機能が維持される設計となっている。

以上のことから、使用済燃料乾式キャスクにかかるリスクは非常に小さい。

2.2.7 放射性廃棄物

特定原子力施設内の放射性廃棄物について想定されるリスクとしては、汚染水等の放射性液体廃棄物の系外への漏えいが考えられるが、以下に示す様々な対策を行っているため、特定原子力施設の系外に放射性液体廃棄物が漏えいする可能性は十分低く抑えられている。なお、汚染水の水処理を継続することで放射性物質の濃度も低減していくため、万一設備から漏えいした場合においても、環境への影響度は継続的に低減される。

【設備等からの漏えいリスクを低減させる対策】

- ・ 耐圧ホースのポリエチレン管化

【漏えい拡大リスクを低減させる対策】

- ・ タンク廻りの堰，土嚢の設置
- ・ 放水路の暗渠化
- ・ 漏えい検知器，監視カメラの設置

また、放射性気体廃棄物については、原子炉格納容器内の温度上昇時の放出がリスクとして考えられるが、これについては燃料デブリに関する注水停止のリスク評価に包含されている。放射性固体廃棄物等については、流動性，拡散性が低いため、I.2.1 に示す敷地内各施設からの直接線・スカイシャイン線に関するリスク評価に包含されている。

2.3 特定原子力施設の今後のリスク低減方策

現状、特定原子力施設の追加的放出等に起因する、敷地外の実効線量は低く抑えられている（Ⅱ.2.1 参照）。また、多くの放射性物質を含有する燃料デブリや使用済燃料等において異常時に発生する事象を想定したリスク評価においても、敷地外への影響は十分低いものであると評価している（Ⅱ.2.2 参照）。

今後、短中期的に渡って取り組むべき、プラントの安定状態に向けた更なる取組、発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた取組、ならびに使用済燃料プールからの燃料取り出し等の項目に対し、表2.3-1に代表される様々なリスクが存在している。

表2.3-1は、各項目に対して考えられる代表的なリスク、リスク低減のために実施を計画している方策及び目標時期を纏めたものである。

特定原子力施設全体のリスク低減のため、特に至近の課題として、

- ① 汚染水の発生量の低減と確実な処理による汚染水貯蔵量の低減
- ② 使用済燃料の使用済燃料プールからの早期取り出し

に最優先に取り組むとともに、同表に示す個々のリスクを低減していくため、設備の信頼性向上対策等の様々な方策を今後計画・実施していく。これらの個別の方策については、期待されるリスクの低減ならびに安全性、被ばく及び環境影響等の観点から、その有効性や実施の要否、時期等を十分に検討し、最適化を図っていくとともに、必要に応じて本実施計画に反映していく。

表2. 3-1 実施を計画しているリスク低減方策（1/5）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減方策		目的	目標時期
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	・中長期的な温度計故障による原子炉冷温停止状態の監視不能リスク	原子炉圧力容器代替温度計の新設		・原子炉圧力容器温度計の増設による原子炉圧力容器内温度測定信頼性向上	2号機：設置済 1,3号設置検討：平成25年3月末完了
			格納容器内監視計器設置		・原子炉格納容器内部の冷温停止状態の監視	1号機：設置済 2号機：平成25年2月末実施 3号機：継続検討中
		・注水機能停止リスク ・放射性物質の系外放出リスク	循環注水冷却水源の信頼性向上対策	復水貯蔵タンクへの運用変更と復水貯蔵タンク炉注水ポンプ配管のポリエチレン管化	・水源保有水量の増加 ・水源の耐震性向上 ・配管距離の短縮による注水喪失及び漏えいリスクの低減	平成25年3月末完了
				漏えい時の敷地外放出防止対策（堰や漏えい検出設備等の設置検討）	・敷地外への漏えいポテンシャルの低減	平成24年12月末完了
				仮設ハウスの恒久化対策	・台風、塩害、凍結等の外部事象による設備の故障防止	平成24年12月末完了
			建屋内循環ループ構築	・敷地外への漏えいリスクの低減 ・滞留水処理量によらない注水量の確保	平成29年3月末完了	
		・原子炉圧力容器・格納容器内不活性雰囲気維持機能喪失リスク	原子炉圧力容器・格納容器への窒素供給装置の増設		・機器増設による窒素封入機能の信頼性向上	平成25年3月末完了
			水素の滞留を確認された機器への窒素ガス封入		・高濃度の水素滞留が確認された機器については、不活性状態にするため窒素ガスの封入を行う。（サブプレッションチェーンバ気相部等）	1号機 S/C：対応済 2号機 S/C：平成25年度上期実施

表 2. 3-1 実施を計画しているリスク低減方策 (2/5)

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減方策		目的	目標時期
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	滞留水処理計画	・放射性物質の系外放出リスク	滞留水処理設備の信頼性向上	滞留水移送・淡水化装置周りの耐圧ホースのPE管化	・滞留水、処理水の漏えいリスクの低減 ・漏えい水による他の設備損傷リスクの低減 ・漏えい時の作業環境悪化リスクの低減	平成 25 年 9 月末完了
				タンク増設、及びRO濃縮水一時貯槽のリプレース	・滞留水、処理水貯留場所確保	半期毎に増設計画を報告
				タンクエリアへの堰・土堰堤・監視カメラ設置	・貯蔵タンクからの漏えいの早期発見と大規模漏えい時の系外への拡大防止	タンク設置に合わせ順次実施
			多核種除去設備の設置		・汚染水貯蔵量の低減 ・タンク貯留水の放射能濃度低減による漏えい時の環境影響の低減	平成 24 年 11 月現在設工事中
			可能なトレンチから順次、止水・回収の実施		・隣接建屋への流出防止 ・系外への漏えい防止	平成 25 年 3 月末までに検討可能なトレンチ等から順次、止水・回収を実施
			建屋の津波対策（建屋開口部の閉鎖・水密化）		・津波による高濃度滞留水の海洋放出抑制	平成 25 年 3 月末まで継続検討を実施。検討状況に応じて対策を実施
		・滞留水発生量の増加リスク	サブドレンの復旧		・建屋内への地下水流入量の低減	平成 25 年度以降：サブドレン復旧
			地下水バイパスの設置		・建屋内への地下水流入量の低減	準備が整い次第、段階的に実施

表 2. 3-1 実施を計画しているリスク低減方策 (3/5)

ロードマップ関連項目	想定されるリスク	リスク低減方策	目的	目標時期
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	電気系統設備の信頼性向上 ・単一故障による電源停止リスク	タービン建屋内所内高圧母線設置及び重要負荷の供給元変更	・仮設備により1系統で供給していたタービン建屋内の重要負荷に対し、タービン建屋2階に設置する2系統の所内高圧母線から供給できるようにすることで信頼性を向上	タービン建屋内所内高圧母線設置：平成25年2月末完了 重要負荷の供給元変更：平成25年度上期完了
	・津波浸水による電源喪失リスク	共用プール建屋の防水性向上	・所内共通ディーゼル発電機A、Bが設置されている共用プール建屋に対して津波対策として防水性を向上	平成25年9月末完了
	・電源喪失時の復旧遅延リスク	小型発電機・電源盤・ケーブル等の資材の確保	・全交流電源喪失などの異常時に備えて、復旧用資材の確保	平成25年2月末完了
		所内高圧母線M/C(非常用D/G M/Cを含む)の免震重要棟からの遠方監視・操作装置の新設	・免震重要棟からの遠方監視・操作を可能とし、異常の早期検知を図る	平成24年12月末完了

表 2. 3-1 実施を計画しているリスク低減方策 (4/5)

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減方策	目的	目標時期	
発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた計画	海洋汚染拡大防止計画	・放射性物質が地下水に流出した際の海洋への放出リスク	遮水壁の設置	・地下水による海洋汚染防止	平成 26 年度半ば完了	
		・港湾内の放射性物質の海洋への拡散リスク	港湾内海底土の浚渫・被覆等	・港湾内海底土の拡散防止	平成 25 年度半ば以降着手	
	放射性廃棄物管理及び敷地境界の放射線量低減に向けた計画	ガレキ等	・敷地内被ばくリスク	瓦礫等の覆土式一時保管施設の増設 または一時保管エリア A の追加遮へい	・敷地境界線量年間 1 mSv の達成 ・敷地内被ばくリスクの低減	平成 25 年 3 月末完了
				覆土式の伐採木一時保管槽の設置	・敷地境界線量年間 1 mSv の達成 ・敷地内被ばくリスクの低減	平成 25 年 3 月末完了
		水処理二次廃棄物	・敷地内被ばくリスク ・放射性物質の系外放出リスク	第三, 四セシウム吸着塔一時保管施設の設置	・水処理二次廃棄物の安定保管 ・敷地境界線量年間 1 mSv の達成 ・敷地内被ばくリスクの低減	第三施設: 平成 25 年 2 月迄着手 第四施設: 着手済
				吸着塔保管施設の遮へい設置ならびに吸着塔の移動	・敷地境界線量年間 1 mSv の達成 ・敷地内被ばくリスクの低減	遮へい設置: 平成 25 年 2 月末完了 移動: 平成 25 年 5 月中旬完了
		気体廃棄物	・放射性物質の系外放出リスク	2 号機ブローアウトパネルの閉止	・2 号機ブローアウトパネル開口部から 大気への放射性物質の放出抑制	平成 25 年 3 月末完了
				3, 4 号機使用済燃料取出用カバーの設置, フィルタ付換気設備の設置・運転	・使用済燃料プールからの燃料取り出し 作業時の放射性物質の舞い上がり防止による 大気への放出抑制	3 号機: 平成 26 年末頃取出開始 4 号機: 平成 25 年内取出開始
	敷地内除染計画	・敷地内被ばくリスク	敷地内の除染計画の策定・実施	・従事者の被ばく低減, 作業性の向上	段階的に計画・実施	

表2. 3-1 実施を計画しているリスク低減方策（5/5）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減方策		目的	目標時期
使用済燃料プールからの燃料取出計画	1～4号機使用済燃料プール	・冷却機能喪失リスク	1～4号機使用済燃料プール循環冷却設備の信頼性向上対策	予備品の確保	・機器の単一故障時における使用済燃料プール循環冷却設備による冷却機能の早期復旧	平成24年12月末完了
				所内電源（M/C）多重化		平成25年3月末完了
			1～4号使用済燃料プールから共用プールへの燃料移動	・冷却浄化設備の安定化や燃料貯蔵環境の向上による腐食等の低減等，より信頼性の高い貯蔵設備での保管		1～4号機：第2期（後）（ステップ2完了後10年以内を目標）に使用済燃料取り出し完了（平成33年12月）
	共用プール	・貯蔵容量の不足リスク ・被災したキャスクの腐食等のリスク ・冷却機能喪失リスク	共用プールから仮保管設備への燃料移動	・共用プールの燃料受け入れ容量の確保		平成25年3月～平成26年6月予定
			キャスク保管建屋から共用プールへのキャスク移動	・被災したキャスクの保管状態の改善		平成25年2月～平成25年4月予定
			共用プールM/C設置	・共用プール冷却の電源として，共用プールM/C A, Bの復旧による信頼性向上		平成25年9月末完了
原子炉施設の解体・放射性廃棄物処理・処分に向けた計画	放射性廃棄物処理・処分に向けた計画	・廃棄物保管容量の不足リスク	雑固体廃棄物焼却炉の設置		・放射性雑固体廃棄物等の焼却・処理	平成26年下期設置完了
その他	火災対策	・発電所周辺火災の敷地内への延焼リスク	防火帯の形成・維持		発電所周辺大規模火災から発電所重要設備の防護	平成25年3月末