

福島第一原子力発電所

特定原子力施設に係る実施計画

平成 2 4 年 1 2 月

(平成 2 5 年 6 月一部補正)

東京電力株式会社

目次

はじめに

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・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ I-1-1
 - 1.1 1～4号機の工程・・・・・・・・・・・・・・・・・・ I-1-1-1
 - 1.2 5・6号機の工程・・・・・・・・・・・・・・・・・・ I-1-2-1
- 2 リスク評価
 - 2.1 リスク評価の考え方・・・・・・・・・・・・・・・・・・ I-2-1-1
 - 2.2 特定原子力施設の敷地境界及び敷地外への影響評価・・・・・・・・・・ I-2-2-1
 - 2.3 特定原子力施設における主なリスク・・・・・・・・・・ I-2-3-1
 - 2.4 特定原子力施設の今後のリスク低減対策・・・・・・・・・・ I-2-4-1

II 特定原子力施設の設計、設備

- 1 設計、設備について考慮する事項
 - 1.1 原子炉等の監視・・・・・・・・・・・・・・・・・・ II-1-1-1
 - 1.2 残留熱の除去・・・・・・・・・・・・・・・・・・ II-1-2-1
 - 1.3 原子炉格納施設雰囲気の監視等・・・・・・・・・・ II-1-3-1
 - 1.4 不活性雰囲気維持・・・・・・・・・・・・・・・・・・ II-1-4-1
 - 1.5 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理・・・・・・・・・・ II-1-5-1
 - 1.6 電源の確保・・・・・・・・・・・・・・・・・・ II-1-6-1
 - 1.7 電源喪失に対する設計上の考慮・・・・・・・・・・ II-1-7-1
 - 1.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理・・・・・・・・・・ II-1-8-1
 - 1.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理・・・・・・・・・・ II-1-9-1
 - 1.10 放射性気体廃棄物の処理・管理・・・・・・・・・・ II-1-10-1
 - 1.11 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等・・・・・・・・・・ II-1-11-1
 - 1.12 作業員の被ばく線量の管理等・・・・・・・・・・ II-1-12-1
 - 1.13 緊急時対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・ II-1-13-1
 - 1.14 設計上の考慮・・・・・・・・・・・・・・・・・・ II-1-14-1
- 2 特定原子力施設の構造及び設備、工事の計画
 - 2.1 原子炉圧力容器・格納容器注水設備・・・・・・・・・・ II-2-1-1
 - 2.2 原子炉格納容器内窒素封入設備・・・・・・・・・・ II-2-2-1
 - 2.3 使用済燃料プール設備・・・・・・・・・・・・・・・・・・ II-2-3-1
 - 2.4 原子炉圧力容器・格納容器ホウ酸水注入設備・・・・・・・・・・ II-2-4-1
 - 2.5 汚染水処理設備等・・・・・・・・・・・・・・・・・・ II-2-5-1

2.6	滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋	II-2-6-1
2.7	電気系統設備	II-2-7-1
2.8	原子炉格納容器ガス管理設備	II-2-8-1
2.9	原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内監視計測器	II-2-9-1
2.10	放射性固体廃棄物等の管理施設	II-2-10-1
2.11	使用済燃料プールからの燃料取り出し設備	II-2-11-1
2.12	使用済燃料共用プール設備	II-2-12-1
2.13	使用済燃料乾式キャスク仮保管設備	II-2-13-1
2.14	監視室・制御室	II-2-14-1
2.15	放射線管理関係設備等	II-2-15-1
2.16	放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設	II-2-16-1
2.17	放射性固体廃棄物等の管理施設及び関連施設（雑固体廃棄物焼却設備）	II-2-17-1
2.18	5・6号機に関する共通事項	II-2-18-1
2.19	5・6号機 原子炉圧力容器	II-2-19-1
2.20	5・6号機 原子炉格納施設	II-2-20-1
2.21	5・6号機 制御棒及び制御棒駆動系	II-2-21-1
2.22	5・6号機 残留熱除去系	II-2-22-1
2.23	5・6号機 非常用炉心冷却系	II-2-23-1
2.24	5・6号機 復水補給水系	II-2-24-1
2.25	5・6号機 原子炉冷却材浄化系	II-2-25-1
2.26	5・6号機 原子炉建屋常用換気系	II-2-26-1
2.27	5・6号機 燃料プール冷却浄化系	II-2-27-1
2.28	5・6号機 燃料取扱系及び燃料貯蔵設備	II-2-28-1
2.29	5・6号機 非常用ガス処理系	II-2-29-1
2.30	5・6号機 中央制御室換気系	II-2-30-1
2.31	5・6号機 構内用輸送容器	II-2-31-1
2.32	5・6号機 電源系統設備	II-2-32-1
2.33	5・6号機 放射性液体廃棄物処理系	II-2-33-1
2.34	5・6号機 計測制御設備	II-2-34-1

III 特定原子力施設の保安 III-1

第1編 （1号炉，2号炉，3号炉及び4号炉に係る保安措置） III-1-1-1

第2編 （5号炉及び6号炉に係る保安措置） III-2-1-1

第3編 （保安に係る補足説明）

1 運転管理に係る補足説明

1.1	巡視点検の考え方	III-3-1-1-1
1.2	火災への対応	III-3-1-2-1
1.3	地震及び津波への対応	III-3-1-3-1
1.4	豪雨，台風，竜巻への対応	III-3-1-4-1
1.5	5・6号機 滞留水の影響を踏まえた設備の運転管理について	III-3-1-5-1
1.6	安全確保等の運転責任者について	III-3-1-6-1
2	放射性廃棄物等の管理に係る補足説明	
2.1	放射性廃棄物等の管理	III-3-2-1-1-1
2.2	線量評価	III-3-2-2-1-1
3	放射線管理に係る補足説明	
3.1	放射線防護及び管理	III-3-3-1-1
4	保守管理に係る補足説明	
4.1	保全計画策定の考え方	III-3-4-1-1
4.2	5・6号機 滞留水の影響を踏まえた設備の保守管理について	III-3-4-2-1
IV	特定核燃料物質の防護	IV-1
V	燃料デブリの取出し・廃炉	V-1
VI	実施計画の実施に関する理解促進	VI-1
VII	実施計画に係る検査の受検	VII-1

はじめに

(1) 特定原子力施設に係る実施計画作成に対する基本方針

本実施計画は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第64条の2第1項の規定に基づき、特定原子力施設に指定された東京電力株式会社福島第一原子力発電所に関して、同法第64条の3第1項の規定に基づき、作成するものである。

本実施計画の作成にあたっては、原子力規制委員会より示された「措置を講ずべき事項」に対して、特定原子力施設に関する保安又は特定核燃料物質の防護ための措置を可能な限り具体化することを基本とした。

また、本実施計画については、その内容に固執するものではなく、現場の状況や今後の技術開発の状況を踏まえ、現場における作業に支障がないように迅速かつ柔軟に見直し等の対応を行うこととする。本実施計画の取組の実施に向けた基本原則を以下に示す。

- ① 地域の皆さまと作業員の安全確保を大前提に、廃止措置等に向けた中長期の取組を計画的に実施していく。
- ② 中長期の取組を実施していくにあたっては、透明性を確保し、地域及び国民の皆さまのご理解をいただきながら進めていく。
- ③ 実施計画は現場の状況や研究開発成果等を踏まえ、継続的に見直していく。

当社は、本実施計画で具体化された措置等を速やかに実施することで、特定原子力施設から敷地外への放射性物質の影響を極力低減させ、事故前のレベルとすることを目標とする。この目標の達成に向けて現状の大きなリスクは、熔融した燃料（燃料デブリ）及び使用済燃料の冷却不全、再臨界、水素爆発、汚染水の漏えい、自然災害等による放射性物質の放出であり、特に至近の課題解決として以下の内容を最優先事項とするとともに、特定原子力施設全体のリスクの低減や最適化を図っていく。

- 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

また、地震・津波等の基準の見直しが発生した場合には、必要に応じて実施計画へ適切に反映していく。さらに多くの作業がこれまでに経験のない技術的困難性を伴うものであることを認識した上で、海外の事故対応等に係る知見・経験を十分に活用し、廃止措置を安全かつ速やかに実施していくこととする。

(2) 本実施計画に基づく取組に対する経営層の関与

福島における事故の教訓を踏まえ、原子力安全の確保は経営上の最重要課題であると認識し、原子力改革を進めるとともに、トップマネジメントを含む経営層自らが品質保証に深く関与していく。また本実施計画に基づく安全確保や信頼性向上の取組に対して、経営層自らが現場のリスクを強く認識した上で方針を明確にし、実施状況を確認するための仕組みを構築し、適切な資源配分を含めた実効性のある組織運営を実現していく。

また取組の基盤となる安全文化の醸成に対しても、これまで以上に関与を強め、協力企業を含めて組織の隅々まで安全文化が浸透し、醸成されるように努めていく。

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。また、至近に実施を計画しているリスク低減対策について、2.1に示したリスク評価の考え方に基づき、その工程の適切性等を評価しており、その結果を踏ま

えた実施工程を 1.1 添付資料－3 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、地下水バイパスについて、２０１３年度以降順次稼働し、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。(添付資料-4)

- 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、2013年11月を目標に取り出し開始。
- 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), 通常の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㈱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㈱福島第一原子力発電所・中期スケジュール

添付資料－3 実施を計画しているリスク低減対策の実施工程

添付資料－4 放射性固体廃棄物等に関する中長期的な保管計画

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。

[illegible]

＊ ＊ ＊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、継続的に見直していく。

(注)HP:判断ポイント

主要な目標	第1期 使用済燃料プールの整備が開始されるまでの期間 2012年度			第2期 燃料デブリ取り出しが開始されるまでの期間 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～			第3期 廃止措置終了までの期間				
	2年後以内 プールの整備が開始 (4号機)			(前)			(中)	10年後以内 燃料デブリ取り出し 開始(初号機)	20～25年後 燃料デブリ取り出し終了 (全号機)	30～40年後 廃止措置終了 (全号機)	
建屋内除染	除染技術調査・遠隔除染装置開発 (現場調査、現場検証を含む) 建屋内除染・進べい等 (継続実施)										：現場作業 ：研究開発 ：検討 ：次工程着手の条件 ：必要な情報の流れ
燃料容器調査・格納容器調査	燃料容器調査・格納容器調査・補修に向けた研究開発(遠隔止水含む) 燃料容器調査・格納容器調査・補修に向けた研究開発(遠隔止水含む)										燃料容器下部補修/上部水張 燃料容器上部補修/上部水張
燃料デブリ取り出し技術の整備	燃料デブリ取り出しに向けた研究開発(内部調査方法や設置調査等、長期的課題へ継続) 燃料デブリ取り出し技術の整備										燃料デブリ取り出し 燃料デブリ取り出し
燃料デブリ取り出し作業	燃料デブリ取り出し作業 燃料デブリ取り出し作業										燃料デブリ取り出し 燃料デブリ取り出し
取り出し後の燃料デブリの安定保管・処理・処分	燃料デブリの安定保管・処理・処分 燃料デブリの安定保管・処理・処分										燃料デブリの安定保管・処理・処分 燃料デブリの安定保管・処理・処分
原子炉建屋コンテナ等設置	原子炉建屋コンテナ等設置 原子炉建屋コンテナ等設置										原子炉建屋コンテナ等設置 原子炉建屋コンテナ等設置
原子炉圧力容器/格納容器の健全性維持	原子炉圧力容器/格納容器の健全性維持 原子炉圧力容器/格納容器の健全性維持										原子炉圧力容器/格納容器の健全性維持 原子炉圧力容器/格納容器の健全性維持
原子炉施設の解体計画	原子炉施設の解体計画 原子炉施設の解体計画										原子炉施設の解体計画 原子炉施設の解体計画
放射性廃棄物の処理・処分計画	放射性廃棄物の処理・処分計画 放射性廃棄物の処理・処分計画										放射性廃棄物の処理・処分計画 放射性廃棄物の処理・処分計画
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

*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、継続的に見直していく。

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

[illegible]

実施を計画しているリスク低減対策の実施工程（1/2）

ロードマップ関連項目			平成25年												平成26年												平成27年																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
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	原子炉圧力容器代替温度計 の新設（2号機）	□ △ ▮	現場工事・調査 設置可否、設置箇所判断 温度計現場据付																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		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	工場製作 ▽ ▮	運用開始 現地工事																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		建屋内循環ループ構築		建屋内循環ループの調査・検討等																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

※：工程は現場の状況に応じて変更する可能性がある。

実施を計画しているリスク低減対策の実施工程(2/2)

ロードマップ関連項目			平成25年												平成26年												平成27年			
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4			
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	遮水壁の設置																												
		港湾内海底土の浚渫・被覆等																												
	ガレキ等	瓦礫等の覆土式一時保管施設の増設																												
		覆土式の伐採木一時保管槽の設置																												
	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	使用済セシウム吸着塔一時保管施設(第三施設、第四施設)の設置																												
		使用済セシウム吸着塔の移動																												
	1～4号機使用済燃料プール	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及び使用済燃料取り出し																												
		3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及び使用済燃料取り出し																												
		共用プールM/C設置																												
キャスク仮保管設備設置																														
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	雑固体廃棄物焼却設備の設置																												
		防火帯の形成・維持																												
その他	火災対策	発電所内の防火追加対策の検討・策定																												

※: 工程は現場の状況に応じて変更する可能性がある。

放射性固体廃棄物等に関する中長期的な保管計画

1. はじめに

福島第一原子力発電所で発生した放射性固体廃棄物等については、表面線量率や材質によって可能な限り分別し、敷地内の一時保管エリアにおいて安全を最優先に保管・管理している。

放射性固体廃棄物等は今後も長期にわたり発生することから、敷地を効率的に利用する事を目的として、放射性固体廃棄物等の発生量や放射能レベルに応じた中長期的な保管計画をとりまとめた。

2. 概要

(1) 基本戦略

放射性固体廃棄物等については、一時保管エリアで安全に保管・管理した後、適正に処理・処分することが必要になってくることから、放射性固体廃棄物等の発生を極力少なくすることが重要である。

放射性固体廃棄物等の発生量を低減するために最も重要なことは、発生源となる資材等の持込を抑制することであるため、放射性固体廃棄物等管理方策に「持込抑制＞発生最小化＞再使用（リユース）＞リサイクル＞減容・保管効率向上」の優先順位を付け、継続的に放射性固体廃棄物等の低減を図っていくこととする。

一時保管中及び今後発生する放射性固体廃棄物等については、敷地の有効利用の観点から減容処理を行い、恒久的な貯蔵設備等にて効率的に保管・管理を行う。

なお、策定した放射性固体廃棄物等管理方策については、将来的に大きく変わる可能性があることから、プロジェクトの進捗に応じて適宜見直しを実施していく。

(2) 保管計画

放射性固体廃棄物等管理方策を具体化する保管計画として以下の方策を立案し、実施事項を検討していく。

なお、検討にあたっては放射性固体廃棄物等を安全に管理するため、作業時の放射性物質の飛散防止、保管管理時の密閉・遮へい維持と漏洩防止並びに敷地境界線量について配慮すると共に、処理・処分に与える影響も念頭に置きながら進めていく。

- 資材の持込抑制，発生量最小化
- 放射性固体廃棄物等の再使用（リユース）
- 放射性固体廃棄物等のリサイクル

- 放射性固体廃棄物等の減容
 - ・ 金属及びコンクリートの減容方法
 - ・ 大型機器の解体方法
- 放射性固体廃棄物等の保管効率向上
 - ・ 貯蔵設備の検討
 - ・ 保管容器の最適化
- 放射性固体廃棄物等の物量管理，敷地利用
 - ・ 物量に関する当面の発生予測
 - ・ 保管場所の選定

3. 貯蔵設備等の検討状況

放射性固体廃棄物等は処理・処分を実施するまでの間，保管期間が長期に亘る可能性があるため，作業エリアや敷地境界への放射線影響等に配慮し，中長期的には仮設保管設備等に一時保管している放射性固体廃棄物等を恒久的な貯蔵設備等での保管に移行するように計画していく。至近の計画としては，固体廃棄物貯蔵庫外のドラム缶等仮設保管設備に仮置きしたドラム缶等約 23,000 本相当以上を保管できる恒久的な貯蔵設備の平成 27 年度の運用開始を目指し，基本設計に平成 25 年度から着手する。以後の恒久的な貯蔵設備等については，放射性固体廃棄物等の保管状況や発生状況を踏まえて検討していく。

なお，貯蔵設備の増設や放射性固体廃棄物等の減容方策等の計画を具体化するとともに，個々の設備の仕様が明確になった段階で実施計画に反映していくこととする。

以 上

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

(1) 原子炉及び使用済燃料プール内の燃料取出し終了までは、原子炉及び使用済燃料プールの冷却を継続し、冷温停止を安定的に維持する。

(2) 5・6号機の滞留水は仮設設備による処理及び発生量抑制を継続する。また、更なる発生量抑制のため、サブドレン設備については設備の浄化及び設置を行い、その結果等を踏まえて、順次復旧を行っていく。

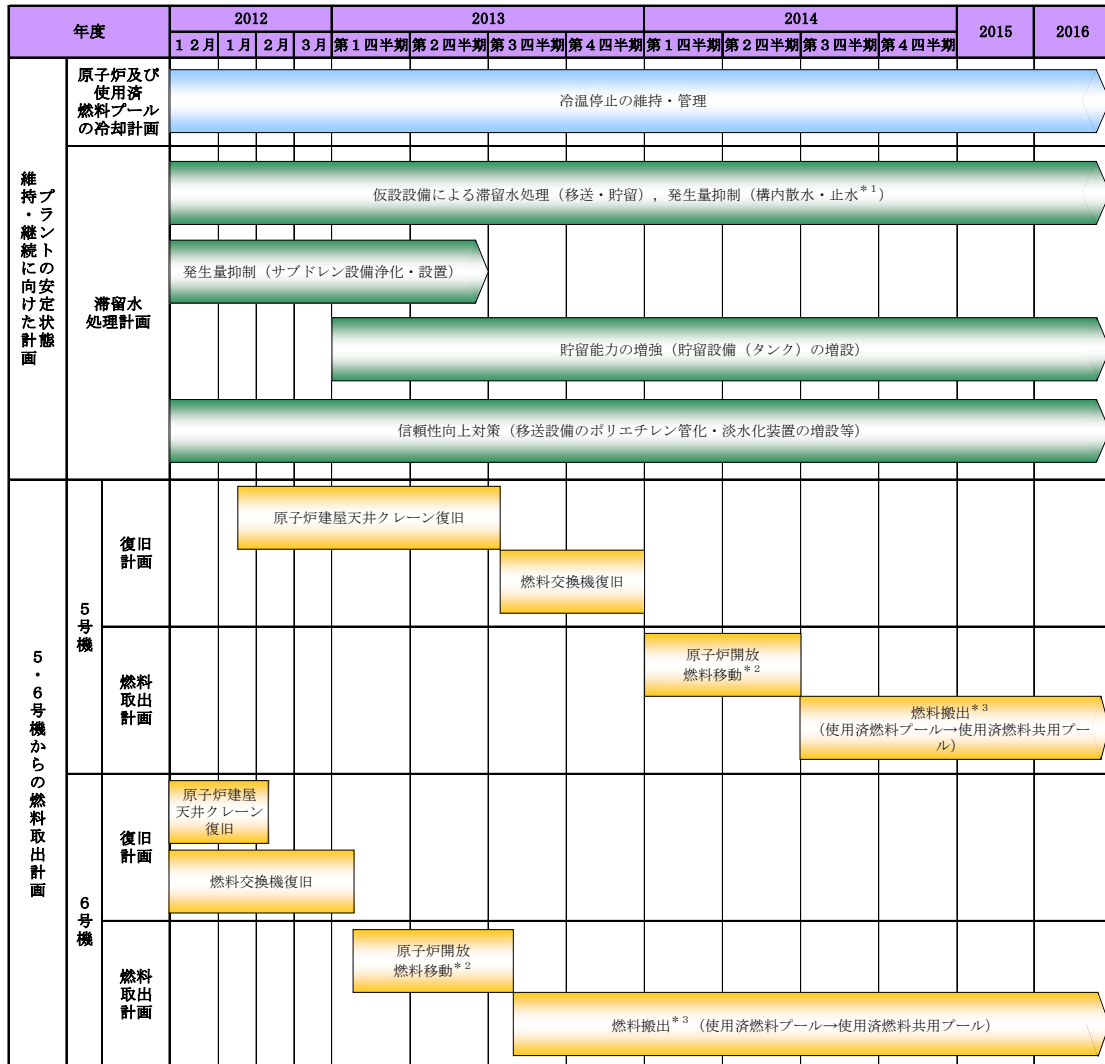
必要に応じて貯留能力の増強及び信頼性向上対策を進める。

1.2.2 5・6号機からの燃料取出計画

福島第一原子力発電所の使用済燃料の貯蔵は、各号機の使用済燃料プールと使用済燃料共用プールでの貯蔵を併用することにより、サイト全体としての融通性を持った運用としている。使用済燃料プールから使用済燃料共用プールへの燃料搬出は、1～4号機が優先されるものであるが、5・6号機については自然災害（地震、津波）により冷却機能が喪失し燃料損傷に至るリスクを低減するため、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、原子炉開放及び燃料移動を行い、1～4号機の燃料搬出に影響を与えない範囲で、使用済燃料共用プールへ搬出する。（I.2.3.4 参照）

1.2.3 添付資料

添付資料ー1 5・6号機 中期スケジュール



* 1：道宜流入箇所止水を実施する。

* 2：原子炉から使用済燃料プールへ燃料を移動する。

* 3：5・6号機は1～4号機の燃料搬出に影響を与えない範囲で，使用済燃料共用プールへ搬出する。

補足：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

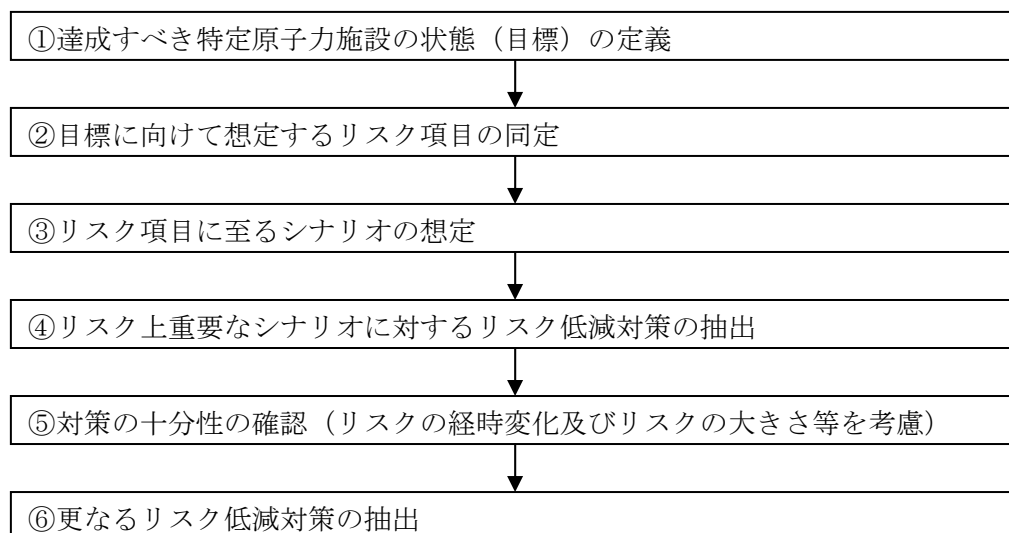
2 リスク評価

2.1 リスク評価の考え方

特定原子力施設のリスク評価は、通常の原子力発電施設とは異なり、特定原子力施設全体のリスクの低減及び最適化を図るために必要な措置を迅速かつ効率的に講じていくことを前提として実施する必要がある。以下にリスク評価の実施手順を以下に示す。

また、特定原子力施設におけるリスク評価に関して、現時点で想定される敷地外への影響評価を 2.2～2.3 に示す。2.2 においては、現時点における特定原子力施設の敷地境界及び敷地外への影響評価を示し、2.3 においては、リスク評価で想定したリスクに至るシナリオの中で最も影響の高い事象を中心に評価した結果を示す。

(1) リスク評価の手順



① 達成すべき特定原子力施設の状態（目標）の定義

特定原子力施設におけるリスク評価を実施するに際して、達成すべき状態（目標）を設定した上で目標に向けた活動に係るリスクを評価する必要がある。目標設定については、中長期的な観点で普遍的な目標を大目標及び中目標として設定した。小目標については個々の活動を実施する目的として設定されるものである。

【大目標】

特定原子力施設から敷地外への放射性物質の影響を極力低減させ、事故前のレベルとする

【大目標達成のための中目標】

- 1) プラントの安定状態を維持しながら、廃止措置をできるだけ早期に完了させる
- 2) 敷地外の安全を図る（公衆への被ばく影響の低減）
- 3) 敷地内の安全を図る（作業員への被ばく影響の低減）

② 目標に向けて想定するリスク項目の同定

上記①のうち『敷地外の安全を図る』及び『敷地内の安全を図る』が達成できない状態を現状の主たるリスクと考え、以下の具体的なリスク項目を同定した。

『敷地外の安全を図る（公衆への被ばく影響の低減）』に関連したリスク項目

- i) 大気への更なる放射性物質放出
- ii) 海洋への更なる放射性物質放出

『敷地内の安全を図る（作業員への被ばく影響の低減）』に関連したリスク項目

- iii) 作業員の過剰被ばく

③ リスク項目に至るシナリオの想定

リスク評価を行うにあたっては危険源の同定が必要であり、特定原子力施設においては、放射性物質の発生源をその危険源として考え、放射性物質の発生源毎にリスク項目に至るシナリオを想定する。

また、作業員の過剰被ばくについては、ICRP の放射線防護の3つの原則である「正当化の原則」、「線量限度の適用の原則」、「最適化の原則」に基づきリスク分析を実施する。

シナリオの想定については全体のリスクを理解しやすいようにするため、まずは特定原子力施設全体として現在の設備や運用でリスクを押さえ込んでいる状態がわかるように整理し、次に設備単位でリスクに至るシナリオを想定した。シナリオの想定にあたっては、設備故障やヒューマンエラーなどの内部事象の他に外部事象を考慮したシナリオを想定する。

④ リスク上重要なシナリオに対するリスク低減対策の抽出

想定したリスクのシナリオに対して現在できているリスク低減対策、今後実施するリスク低減対策を含めて抽出する。対策を抽出する際には、目標とすべき状態とそれを達成するための具体的な対策を検討する。

⑤ 対策の十分性の確認（リスクの経時変化及びリスクの大きさ等を考慮）

上記④で抽出した対策について、短期的、中長期的な視点を踏まえた対策の十分性を検討する。その際に④で抽出した対策を実施した結果として新たに発生するリスク等も抽出する。対策の十分性の確認に際しては、リスクの大きさやリスクの経時的な増減等を考慮

したものとする。

⑥ 更なるリスク低減対策の抽出

上記⑤で実施した対策の十分性の確認の結果，特定原子力施設全体のリスクをできるだけ早く低減させる観点から，既存の技術で達成可能で他のプライオリティの高い対策の進捗に影響しないものについては，精力的に対策を講じることを前提として更なるリスク低減対策を抽出する。

(2) リスク低減対策の適切性確認

上記(1)で抽出されたリスク低減対策について，個々の対策の優先度を多角的な視点で評価する必要がある。以下に示す考え方は，個々のリスク低減対策の必要性や工程等の適切性を確認し，対策の優先度を総合的に判断するため整理したものである。しかし，適切性確認の視点等は固定的なものではなく，今後の活動の中で柔軟に見直すことを前提としている。

a. 適切性確認の前提条件

- ①作業員の被ばく低減を含む安全の確保が最優先である。
- ②リスク低減対策の必要性の有無は，それぞれの対策について個別に確認することが，第一段階となる。(全体の適切性を確認するための基本)
- ③リスク低減対策の全体計画を構築する際には，多種多様なリスク低減対策について同じ評価項目で定量的に比較することが難しいことを認識し，効率性等も考慮して全体リスクが早く低減することを前提とする。
- ④個々のリスク低減対策の適切性確認を行う際には，組織全体として共有すべき共通的な考え方（視点）を明確にする。
- ⑤個々のリスク低減対策の適切性確認においては，実施するかしないかの判断の根拠となるように対比を明確にする。

b. 適切性確認の視点

①対策を実施しないリスク

対策を実施する目的に照らして，対策を実施しない又は適切な時期を逃すことにより発生，増大するリスクの有無及び他の対策等に与える影響を確認する。

②放射性物質の追加放出リスク

対策の対象となるリスクの大きさを確認するために，敷地外への放射性物質の追加放出の程度を確認するとともに，対策を実施することによるリスク低減効果の程度を確認する。

③外部事象に対するリスク

対策を実施した前後の状態において、地震、津波等の外部事象に対するリスクの有無及び他の対策等に与える影響を確認する。また、外部事象に対してより安定的なリスクの押さえ込みができる環境、方法が他にないかどうかを確認する。

④時間的なリスクの増減

対策を実施しなかった場合に、時間的にリスクが増減するかどうかを確認する。

(例えば設備の劣化、放射能インベントリの増加に伴うリスク増加)

⑤実施時期の妥当性

対策を開始、完了させる時期に対して、環境改善の必要性、技術開発の必要性、他の作業との干渉、全体リスクを速やかに低減させるための対策の順番を確認する。

⑥対策を実施するリスク

対策を実施する段階や実施した後に発生、増大するリスクの有無及び他の対策等に与える影響を確認する。また、対策を実施することで発生、増大するリスクには不測の事態においてマネジメントが機能しない可能性も確認する。

⑦対策を実施できないリスク

不測の事態等で対策を実施できない場合の計画への影響及び他に選択できる対策の有無を確認する。また、複数の選択肢を持った対策を検討する必要があるかどうかを確認する。

(3) リスク低減対策のカテゴリー分類

一連の活動により抽出され、適切性確認を実施したリスク低減対策について、必要に応じて以下の考え方に基づきカテゴリー分類を実施する。

カテゴリー	定義
カテゴリーⅠ	自然災害等の外部事象への対策が十分とは言えないため今後早い段階でさらなる対応を検討、実施する必要がある
カテゴリーⅡ	経時的にリスクが増大していくため、今後早い段階でさらなる対応を検討、実施する必要がある
カテゴリーⅢ	これまでの対策が十分とは言えないかつリスクが継続しているため、今後早い段階でさらなる対応を検討、実施する必要がある。
カテゴリーⅣ	これまでの対策でリスクの押さえ込みはできているものの特定原子力施設全体のリスク低減の観点や中目標で掲げられるだけ早い廃止措置の完了に照らした場合にさらなる対応を検討、実施する必要がある
カテゴリーⅤ	これまでの対策でリスクの押さえ込みはできているが、その状態を維持していく必要がある又は中長期的な観点で設備の信頼性向上等を検討、実施する必要がある

2.2 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。

2.3 特定原子力施設における主なリスク

2.3.1 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。

2.3.2 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 11.1 mSv 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。

2.3.3 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。

2.3.4 5・6号機の炉内及び使用済燃料プールの燃料

5・6号機は、震災前と同等の設備により安定的な冷温停止を維持している状況であり、既設設備に関しては、震災前の設計条件を維持している。

この状況下において、放射性物質の系外放出に至るリスクとしては燃料損傷が挙げられ、燃料損傷に至るシナリオとして以下が考えられる。

(1) 燃料取扱い時の燃料落下及び使用済燃料への重量物落下による損傷

燃料交換機によって燃料を移動している際、燃料交換機が故障して、その燃料が落下し、炉内の燃料に衝突して燃料が損傷するシナリオと、原子炉建屋天井クレーンから重量物が落下し、使用済燃料プール内の使用済燃料に衝突し損傷に至るシナリオが考えられる。

このシナリオに対しては、燃料交換機・原子炉建屋天井クレーンは既設燃料取扱設備であり、燃料交換機は燃料取扱い中に動力源が喪失しても燃料を保持する機構となっていること、原子炉建屋天井クレーンはブレーキが安全側に動作する機構となっていること、吊り上げられた重量物が使用済燃料プールに貯蔵された燃料上を走行できないインターロックがあることから、こうしたリスクは小さいものと考えられる。なお、燃料取扱事故の評価については、福島第一原子力発電所5・6号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類十により確認している。

(2) 仮設設備（滞留水貯留設備）停止による冷却機能喪失

滞留水貯留設備の移送ポンプが長期に停止した場合、地下水の流入により建屋内の水位が上昇し、冷温停止維持に必要な設備に電力を供給している所内高圧母線の被水により電源が停止することで、冷却機能喪失による燃料損傷が考えられる。

このシナリオに対しては、滞留水貯留設備の移送ポンプ停止について評価されており、その期間内に設備が復旧できるため、こうしたリスクは小さいものと考えられる。

（Ⅱ.2.33 参照）

(3) 自然災害による冷却機能喪失

まず、地震により使用済燃料プールが損傷し使用済燃料プールの水位が低下するシナリオが考えられる。

このシナリオに対しては、耐震安全性が確保されており、こうしたリスクは小さいものと考えられる。（Ⅱ.2.18, Ⅲ.3.1.3 参照）

次に、津波により炉内の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、冷却材なら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シナリオが考えられる。

このシナリオに対しては、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、13 日程度（6 号機に比べ 5 号機が短い）と評価されており、仮設水中ポンプ（残留熱除去海水系）の設置*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。（表－1 参照）

今後、自然災害（地震、津波）により冷却機能が喪失し燃料損傷に至るシナリオに対する対策（リスク低減）として使用済燃料を使用済燃料共用プールに搬出する予定である。

そのため、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使用済燃料共用プールへ使用済燃料を搬出する予定である。

*：仮設水中ポンプの設置（作業準備、仮設水中ポンプ・制御盤・ホース設置等）には、約 68 時間(2.8 日程度)掛かる見込み。

表－1 原子炉及び使用済燃料プールの崩壊熱による温度上昇率と
水位が有効燃料頂部に至るまでの時間的余裕

号機	場所	温度上昇率[℃/h]	時間的余裕 [日]
5	原子炉	0.91	13
	使用済燃料プール	0.32	59
6	原子炉	0.76	16
	使用済燃料プール	0.32	60

補足：平成 24 年 10 月 1 日時点での崩壊熱より算出。

2.3.5 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。

2.3.6 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。

使用済燃料乾式キャスクを取り扱うクレーンは、使用済燃料共用プール、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備共に、落下防止対策を施した設計となっている。使用済燃料輸送容器保管建屋から使用済燃料乾式キャスクを搬出する際は、移動式クレーンを使用して行うこととしており、使用済燃料共用プール等と同様の落下防止対策を講じることが出来ないため、万一の使用済燃料乾式キャスクの落下時にも周辺公衆及び放射線業務従事者に対して放射線被ばく上の影響は十分小さくなるように、使用済燃料乾式キャスクの吊り上げ高さを制限する手順を定めて運用する。また、極めて保守的な条件として万一使用済燃料乾式キャスクが落下し、ガス状核分裂生成物が放出されたと仮定しても、敷地境界線量は十分小さい値であることを確認している。

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。

2.3.7 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.2.2 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。

2.4 特定原子力施設の今後のリスク低減対策

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（2.2 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（2.3 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. 4－1 に代表される様々なリスクが存在している。

表 2. 4－1 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対策及び目標時期を纏めたものであり、2.1 で示したリスク低減対策の適切性確認の視点に基づき確認を行ったものである。

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対策を今後計画・実施していく。これらの個別の対策については、リスク低減対策の適切性確認の視点を基本とした確認を行い、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. 4-1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（1／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	目標時期	個々の対策に対する適切性
	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		原子炉圧力容器の既設温度計について、特に2号機において故障が発生し、メンテナンスや交換等ができないことから、温度による直接的な冷却状態の監視が不能となる懸念があるため、S L C 配管より代替温度計の挿入・設置を実施した。今回T I P 案内管より炉内調査のため、ファイバー等を挿入する機会があることから、これに併せ、温度計の追設を検討。	2号機：平成24年10月 1箇所設置 1,3号設置検討：平成25年3月未完了	①温度計がメンテナンスできないことにより故障し、使用可能な温度計がなくなった場合は冷却状態の監視ができなくなる。 ②温度が監視できなくなるが、直接的に放射性物質の追加放出力リスクに影響はない。 ③新旧の温度計はともに建屋内に設置されているため外部事象に対するリスクは小さい。 ④既設温度計は劣化により故障する可能性が増加する。 ⑤2号機の温度計の故障が多いことから2号機を優先的に設置することが妥当である。1, 3号機についても順次設置を検討していく予定である。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦既設の圧力容器温度計等の計器の劣化に備え、設置時期、箇所、方法について検討を実施する。
			格納容器内監視計器設置		原子炉格納容器内の既設温度計については、故障した場合、メンテナンスや交換ができないことから、原子炉格納容器内部の冷温停止状態の直接監視のために、代替温度計等を格納容器貫通部から挿入する。	1号機：平成24年10月設置 2号機：平成24年9月設置、追加設置について、実施時期調整中 3号機：継続検討中	①温度計がメンテナンスできないことにより故障し、使用可能な温度計がなくなった場合は格納容器内の冷却状態の監視ができなくなる。 ②温度が監視できなくなるが、直接的に放射性物質の追加放出力リスクに影響はない。 ③新旧の温度計はともに建屋内に設置されているため外部事象に対するリスクは小さい。 ④既設温度計は劣化により故障する可能性が増加する。 ⑤3号機の原子炉建屋内は線量が高いため、1, 2号機の設置を優先させることは妥当である。3号機については、設置作業ができるよう環境改善後、速やかに設置する計画を立案する。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦既設の格納容器温度計等の計器の劣化に備え、設置時期、箇所、方法について検討を実施する。
		・注水機能停止リスク ・放射性物質の系外放出力リスク	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	原子炉注水設備について、水源を仮設バッファタンクから、既設の復水貯蔵タンクに変更することにより、水源保有水量の増加、水源の耐震性向上を図る。さらに配管距離の短縮、ポリエチレン管の新設配管設置により、注水機能喪失及び漏えいリスクの低減を図る。	平成25年6月未完了	①炉注設備は既に多様性、多重性を備えており、一定の信頼性は確保されているが、期待される更なる信頼性向上が図れない。 ②炉注機能が停止した場合の放射性物質の追加放出力リスクは大きい。 ③水源を復水貯蔵タンクに変更することにより水源の耐震性が高くなるためリスクは低減する。 ④現行設備でも適切な保全により長期間使用可能と考えており、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤炉注設備の信頼性を向上させることはリスク低減に寄与するため可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				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）	原子炉注水設備の配管等に漏えいが発生した場合の敷地外放出防止・早期検知のために堰や漏えい検出設備を設置する。	平成24年12月未完了	①漏えい時における放射性物質の追加放出力リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出力リスクは大きい。 ③漏えい拡大防止を目的としており、外部事象に対する設備破損リスクは変化しない。 ④漏えい拡大防止を目的としており、時間的にリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				仮設ハウスの恒久化対策	原子炉注水設備のポンプ等を恒久化したハウス内等に配置することにより、台風、塩害、凍結等の外部事象による設備の故障防止を図る。	平成24年12月未完了	①凍結等の外部事象リスクが低減しない。 ②炉注機能が停止した場合の放射性物質の追加放出力リスクは大きい。 ③仮設ハウスを恒久化することで外部事象に対するリスクは低減する。 ④仮設ハウスを恒久化するものであり、時間的なリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
			建屋内循環ループ構築		水処理設備など建屋外に設置された設備を経由しない循環ループを形成し、系外への放出力リスクを低減する。また、建屋内滞留水をそのまま冷却水として使用することにより、水処理設備等の処理量、あるいは原子炉格納容器からの漏えい水量に依存せずに、原子炉注水量を増加させるシステムが構築出来る。	平成29年3月未完了	①大循環ループからの漏えいリスクが低減しない。 ②屋外に敷設されているループ長が縮小する分、漏えいリスクを低減する。 ③建屋内に設置することで、気象等に関わる外部事象に対するリスクが低減する。 ④現行設備でも適切な保全により長期間使用可能と考えており、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤建屋内循環ループを構築する前段階として、滞留水水质、作業環境や格納容器止水作業等との干渉も含めて取水場所等を検討する必要があるため、目標時期までに対策できるよう、実施に向けての調査・検討を行っている。 ⑥作業員の被ばくリスクに加え、建屋内が高線量となるリスクがある。 ⑦滞留水水质の傾向監視、ライン構成の最適化、除染等の環境改善等を考慮し、効果的な対策となるよう検討していく必要がある。

表 2. 4－1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（2／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	目標時期	個々の対策に対する適切性
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	窒素供給装置は常用している2台の内1台の運転で、原子炉格納容器内の水素濃度を可燃濃度（4％）以下に維持するのに十分な性能を保持している。また運転号機が停止しても予備の装置を起動するまでの余裕時間も十分確保（100時間以上）されていることから、常用1台の運転で問題はないが、更なる信頼性向上のため、常用の窒素ガス分離装置を1台増設する。	平成25年3月末完了	①原子炉格納容器内窒素封入設備は、非常用電源を装備した窒素供給装置の設置により多重性を確保しているものの、常用機器の長期間停止を伴う点検等を行う場合には、常用機器が単一状態となる。 ②現状の設備設置状況でも機器の多重性を確保していること、運転号機が停止した場合の停止余裕時間も十分に確保（100時間以上）されていることから、今回の更なる信頼性向上対策が無くとも、水素爆発の可能性は十分に低く抑えられていると考えている。 ③高台に設置することにより、外部事象に対するリスクは低減する。 ④設備の経年的な劣化により窒素供給設備が故障するリスクが増加するが、装置の増設により、より適切な保守管理が可能となる。 ⑤窒素供給装置の信頼性を向上させることはリスク低減に寄与するため、早期に実施することが望ましく既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦実施できないリスクはない。
			水素の滞留が確認された機器への窒素ガス封入	サブプレッションチェンバ(S/C)気相部等の高濃度の水素滞留が確認された機器について、窒素ガスの封入等により不活性状態にする。	1号機 S/C：対応済 2号機 S/C：平成25年度上期実施	①今回確認されたサブプレッションチェンバ内の高濃度の水素は、事故初期に発生したものの残留物であると考えられ、酸素濃度が低いことや現在まで閉空間内に安定して存在してきてきたことを鑑みると、水素爆発が発生する緊急性は低いと考えられる。しかしながら、水素パージを行わなければ、この状況が継続する。 ②サブプレッションチェンバは格納容器の一部であること、閉空間の容積によっては水素の残留量が大い可能性があることから、万一水素爆発が発生した際に放射性物質が放出されるリスクがあるが、本対策により低減ができる。 ③水素パージにより外部事象に対する水素爆発のリスクは低減する。 ④事故後現在まで安定した状態を維持していることや水の放射線分解の寄与は小さいと考えられること、格納容器内については窒素封入により不活性状態は維持され、格納容器ガス管理設備により水素濃度を監視していることから、時間的リスクが急激に増加することはないと考えられる。 ⑤サブプレッションチェンバ補修工事等の関連工事や現場線量環境を考慮した上で、現場調査等を慎重に行い、高濃度の水素が確認された場合には、早期に対策を実施する必要がある。 ⑥建屋内の高線量作業であるため、作業員の被ばくリスクに加え、水素濃度の挙動を確認しつつ作業を行う必要がある。 ⑦現場の状況を踏まえて安全に水素パージができるように窒素封入方法を検討する必要がある。

表 2. 4－1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（3／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	目標時期	個々の対策に対する適切性
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ポリエチレン管化	滞留水移送・処理設備において耐圧ホースを使用している箇所をより信頼性の高いポリエチレン管等に交換することにより、滞留水、処理水の漏えいリスク、漏えい水による他の設備損傷リスク、漏えい時の作業環境悪化リスクの低減を図る。	平成 25 年 9 月末完了	①滞留水移送ラインからの放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③ポリエチレン管等へ取替を行うことにより、地震等の外部事象に対するリスクは低減する。 ④ポリエチレン管等へ取替を行うことにより、時間的な設備劣化損傷リスクは低減する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦ポリエチレン管等の敷設が出来ない場合は、堰等により漏えいの拡大防止を図る。
				タンク増設、及びRO濃縮水一時貯槽のリブレース	滞留水または処理水の貯留場所確保のためにタンクを増設する。	半期毎に増設計画を報告	①日々増加し続ける滞留水・処理水の保管場所が無くなり、貯留できなくなるリスクがある。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③貯蔵量を確保することが目的であり、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④タンクの経年劣化により漏えいリスクは増加する。 ⑤貯留場所確保のため、計画的に増設していく必要があり、既に実施している。 ⑥滞留水・処理水貯蔵量の増加により、漏えいリスクは増加する。 ⑦タンク設置場所には限界があるため、緩和措置として、地下水流入量低減対策を確実に実施する必要がある。
				タンクエリアへの堰等の設置	タンクエリアに堰等を設置することにより、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	①漏えい時における放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③漏えい拡大防止を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④漏えい拡大防止を目的としており、時間的にリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
			多核種除去設備の設置		本設備により、汚染水処理設備の処理済水に含まれる放射性核種（トリチウムを除く）を十分低い濃度まで除去することにより、汚染水貯蔵量の低減ならびに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を図る。	HOT試験開始に向けた対応を実施中	①大量の放射性物質を含んだ汚染水を保有し、漏えいするリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③汚染水の処理により外部事象に対するタンク等からの大量の放射性物質を含んだ汚染水が漏えいするリスクは低減できる。 ④多核種除去設備の稼動が遅れることにより、汚染水貯留量が増加しタンク等からの大量の放射性物質を含んだ汚染水が漏えいするリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが必要であり、ホット試験開始に向け対応中である。 ⑥二次廃棄物の長期保管ならびに漏えいリスクが発生する。 ⑦対策を実施できないリスクはないが、実施できない場合タンクを増設し汚染水を貯留する。
			可能なトレンチから順次、止水・回収の実施		トレンチ内の滞留水を回収し、系外への漏えい防止を図る。	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	①津波の浸入等により滞留水が敷地外へ流出するリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することにより津波の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。 ④現在でも適切な管理を行っているが、高濃度滞留水のコンクリート健全部中の拡散を評価したところ、トレンチ部は 10～13 年で外表面に達するリスクがある。 ⑤止水方法の成立性等を検討し、可能なトレンチから順次実施していくことが望ましく、また、並行して津波対策を実施予定。 ⑥対策を実施するリスクは小さいが、トレンチ内滞留水の処理が必要となる。 ⑦現場の状況を踏まえた止水方法等を検討する必要がある。
			建屋の津波対策（建屋開口部の閉鎖・水密化）		仮設防潮堤を超える津波が建屋開口部から浸入し、建屋地下に滞留している高濃度滞留水が系外へ漏えいしないよう建屋開口部の閉鎖・水密化等を行う。	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	①津波の浸入等により滞留水が敷地外へ流出するリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することにより津波の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。 ④現在でも適切な管理を行っている上、水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるが、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤現場状況を勘案し、対策の必要な箇所については、可能な限り早期に実施することが望ましい。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦現場の状況を踏まえた止水方法等を検討する必要がある。

表 2. 4-1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（4／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	目標時期	個々の対策に対する適切性
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	・滞留水の発生量の増加リスク	サブドレンの復旧	建屋周辺の地下水を汲み上げる設備（サブドレン）を復旧し、地下水位を下げることにより、建屋内への地下水流入量の低減を図る。	平成 25 年度以降：サブドレン復旧	①建屋への地下水流入量が減少しないため、汚染水の増加リスクは低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③地下水流入量低減を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるものの、建屋への地下水の流入量を低減できないため、建屋内滞留水の漏えいリスクが増加する。 ⑤可能な限り早期に実施していく必要があり、復旧計画を検討中。 ⑥対策を実施するリスクは小さいが、サブドレン水の浄化が必要となる。 ⑦他の地下水流入量低減対策として、地下水バイパスを早期に稼働することで地下水流入量抑制を図る。
			地下水バイパスの設置	建屋周辺の地下水は山側から海側に向かって流れていることから、建屋山側の高台で地下水を揚水し、その流路を変更して海にバイパスすることにより、建屋周辺の地下水位を段階的に低下させ、建屋への地下水流入量の低減を図る。	準備が整い次第、段階的に実施	①建屋への地下水流入量が減少しないため、汚染水の増加リスクは低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③地下水流入量低減を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるものの、建屋への地下水の流入量を低減できないため、建屋内滞留水の漏えいリスクが増加する。 ⑤干渉する作業などはないことから、可能な限り早期に実施することが望ましい。 ⑥揚水井稼働により建屋の周辺地下水位が下がりすぎ、建屋の汚染水が流出するリスクやバイパスの揚水井に汚染した地下水を引き込み、海域へ放出されるリスクへの対応が必要である。 ⑦揚水井を稼働しても建屋への地下水流入が想定どおり減少しない場合も考慮し、水処理・貯留場所の確保を行う必要がある。

表 2. 4－1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（5／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	目標時期	個々の対策に対する適切性
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	1 系統で供給していた重要負荷に対し、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させる。	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	①1 系統で電源供給している重要負荷については、電源喪失時は一部小型発電機にて機能維持ができるが、機能喪失に繋がるリスクは低減しない。 ②重要度の高い原子炉注水設備の更なる信頼性向上に寄与するとともに、使用済燃料プール設備の一部の動的機器について、電源を 2 系統から供給できるようになるため、燃料の損傷による放射性物質の追加放リスクを低減できる。 ③タービン建屋 2 階に設置されている所内高圧母線から供給できることにより、津波に対する電源喪失リスクは低減する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない
		・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させる。	平成 25 年 9 月末完了	①共用プール建屋内への津波の浸入による所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能喪失のリスクは低減しない。 ②共用プール建屋内への津波の浸入を防止することで、所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能が維持できるため燃料の損傷による放射性物質の追加放リスクは低減する。 ③津波による所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能喪失のリスクを低減できる。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、実施に向け検討を進めている。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦現場の状況を踏まえた方法を検討する必要がある。
		・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	津波・地震による全交流電源喪失を伴う異常時に備えて、重要設備の復旧作業に必要な屋外照明等の資材を確保する。	平成 25 年 2 月末完了	①津波や地震により全交流電源喪失を伴う異常が発生した場合に、屋外照明等が無いことにより重要な設備の緊急復旧作業が遅延するリスクがある。 ②放射性物質の追加放リスクはないが、全交流電源喪失等の異常が発生した場合に、照明が無いことにより重要な設備の緊急復旧作業が遅延するリスクがある。 ③復旧資材の確保に対して外部事象に対するリスクはない。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない
			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	①電源喪失時に異常の検知等が遅れることで復旧作業が遅延するリスクがある。 ②対策を実施することで原子炉注水設備等の重要負荷の電源供給機能の長期機能喪失を防止することができるため、燃料の損傷等による放射性物質の追加放リスクは低減する。 ③対策を実施することで外部事象に対する電源供給機能の長期喪失リスクは低減する。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に完了している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。

表 2. 4-1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（6／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	目標時期	個々の対策に対する適切性		
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	建屋内の汚染水が地下水に流出した場合、汚染された地下水が地下の透水層を経由して海洋に流出することを防止する	平成 26 年度半ば完了	①汚染水が地下水に流出した場合の汚染水が海洋等へ流出するリスクが低減しない。 ②汚染水が地下水に流出した場合、放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③敷地内の汚染水保管設備が破損した場合、遮水壁が汚染水流出の歯止めとなるため、外部事象に対するリスクは低減できる。 ④汚染水流出の歯止めが目的であり、リスクの時間的な変化はない。 ⑤干渉する作業などはないことから、早期に設置することが望ましく、既に実施している。 ⑥地下水ドレンでくみ上げた水により構内の保管水量が増加する。 ⑦対策を実施できないリスクはない。		
		・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	港湾内の環境改善のために海底の汚染土の除去と大型船舶の航路・泊地を確保することを目的に、港湾内海底土の浚渫・被覆等を実施する。 浚渫した土は航路・泊地エリア外に一時的に集積させることとし、集積した土については再拡散防止のため、被覆等を実施する。	平成 25 年度半ば以降着手	①港湾内の海底土が波浪等により再拡散し、港湾外に放出するリスクが低減しない。 ②波浪等により海底土が再拡散した場合、放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することで外部事象により海底土が再拡散するリスクは低減する。 ④海底土の拡散防止が目的であり、リスクの時間的な変化はない。 ⑤港湾内の船舶航行及び海上作業の輻輳状況を把握した上で、実施時期を検討する。 ⑥海底土が再拡散しない施工方法を選択することによりリスクは小さくなる。 ⑦対策を実施できないリスクはない。		
	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	瓦礫類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	施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界線量 1mSv/年未満を達成するため、瓦礫等の保管施設の増設等を実施する。また、これらの作業により、敷地内全体の雰囲気線量も低減され、作業環境の改善にもなる。	平成 25 年 3 月末完了	①「措置を講ずべき事項」に要求されており、対策を実施しない場合、目標達成が困難となる。 ②敷地境界線量の目標達成が目的であり、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③対策を実施することにより、竜巻等による瓦礫等の飛散するリスクは低減する。 ④敷地境界線量の目標達成が目的であり、時間的なリスクの変化はない。 ⑤今年度内に達成することを目標としており、作業としては既に実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等への被ばくが発生する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦対策を実施できない場合、施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界線量 1mSv/年未満が達成できなくなる。なお、代替策は時間的な制約から困難である。また、保管施設設置場所は限界があるため、放射性廃棄物の減容等を確実に実施する必要がある。	
				覆土式の伐採木一時保管槽の設置		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	使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第三施設、第四施設）の設置		第三施設：平成 25 年 4 月着手 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		遮へい設置：平成 25 年 3 月上旬完了 移動：平成 25 年 9 月末完了		
		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 号機原子炉建屋ブローアウトパネルを閉止することで、原子炉建屋から大気への放射性物質の放出を抑制する。		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燃料を取り出すにあたって、作業時の放射性物質の舞い上がりによる大気への放射性物質放出を抑制するため、カバー並びに換気設備の設置を行う。		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	敷地内の雰囲気線量を低減させることにより、作業被ばくを低減させると共に、ノーマスクエリア等を拡大し、作業員の作業負担軽減を図る。	段階的に計画・実施	①対策を実施しない場合、敷地内の雰囲気線量が低減しない。 ②被ばく抑制が目的であり、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③外部事象に対するリスクは小さい。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤対象範囲が広範囲であること、一部雰囲気線量が非常に高い所もあることから、段階を踏んで、計画的に実施していくことが必要。現在、その認識の基、比較的に効果が見込めるエリアを選定し、作業を実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等の被ばくが増加する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦現場の線量に応じた除染方法を検討する必要がある。		

表 2. 4－1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（7／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	目標時期	個々の対策に対する適切性
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	S F P 冷却については、震災後設置した冷却設備等により継 続してプールの冷却・浄化等を実施している。昨年に設置し た設備の故障等により、冷却機能が一時停止する事象が発生 したため、これらの再発を防止するため予備品の確保並びに 電源の多重化を行う。	平成 25 年 3 月末完了	①電源停止等により冷却機能が一時的に喪失するリスクが低減しない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスクは 大きい。 ③外部事象に対するリスクは継続する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増 加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				所内電源（M/C）多重化		平成 25 年 3 月末完了	
	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から共用プールへの燃料移動		1～4号使用済燃料プールには約3,000体の燃料集合体が保 管（1号機：392体、2号機：615体、3号機：566体、4号機： 1533体）されており、これらの崩壊熱を除去するため、震災 後に使用済燃料プール循環冷却系を設置している。これら冷 却設備については、震災直後に設置した設備であるため、信 頼性向上対策等を実施することで冷却機能が継続できるよ う対策を講じているが、これら機能が長時間停止した場合、 使用済燃料の崩壊熱により、最悪の場合、使用済燃料が溶融 し、大気へ放射性物質を放出する可能性が考えられる。その 為、使用済燃料をより信頼性の高い冷却機能を有し、雰囲気 線量が低く管理しやすい、共用プールに移送し、保管・管理 を実施する。	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）	①使用済燃料の冷却機能が長時間停止した場合、使用済燃料の崩壊熱により、最悪の 場合、使用済燃料が溶融し、大気へ放射性物質を放出するリスクは低減しない。 ②冷却機能が長時間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスクは 大きい。 ③共用プールへ1～4号機使用済燃料プールの使用済燃料を受け入れることにより、 使用済燃料プールでの地震、津波等の外部事象の影響による冷却機能喪失時のリス クが低減する。 ④冷却設備の劣化より、リスクは経時的に増加する。一方、冷却機能を長期間継続す ることで使用済燃料の崩壊エネルギーが減少していき、仮に設備が停止しプールの 水温が上昇しても管理値に達するまでの時間は長くなる。 ⑤使用済燃料を取り出すには、原子炉建屋上部の瓦礫等の撤去、燃料取り出し用カバ ー、燃料取扱設備の設置等が必要であり、これらを事前に行う必要がある。これら 準備が整い次第、早期に行うことが必要である。 ⑥使用済燃料を共用プール等へ移送させるため、移送時の燃料落下防止対策等を講じ る必要がある。また、高線量雰囲気であれば、除染等の作業等を行うことも検討す る必要があり、作業員の被ばく管理等を適切に行う必要がある。 ⑦瓦礫の影響や燃料ハンドルの変形等により取り出しが不可となった場合、後工程の 燃料デブリ取り出し工程に影響を及ぼす可能性があることから、これらの取扱方法 について検討している。
	共用プール	・貯蔵容量の不足 リスク	共用プールから仮保管設備への燃料移動		共用プールには保管容量6840本に対して、既に6377 本保管している。今後、使用済燃料プールから使用済燃料を 受け入れるため、十分に冷却が進んだ使用済燃料を乾式キャ スクに移し、共用プールの燃料受入容量を確保する。	平成 25 年 3 月以降順次実 施	①対策を実施しない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃 料プールでの冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスクは 大きい。 ③乾式キャスクに移し、高台の仮保管施設に移動することにより津波に対するリスク が低減する。 ④対策を実施しない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃 料プールでの冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。 ⑤使用済燃料取り出しのために空き容量確保のため、計画的に実施する必要がある。 ⑥キャスク移送時の燃料落下防止対策等を講じる。 ⑦従前より実績のある取扱作業であるが、共用プール内の燃料払い出し作業と受け入 れ作業の輻輳による遅延が発生しないよう工程管理を検討する必要がある。
		・被災したキャスクの腐食等のリ スク	キャスク保管建屋から共用プールへのキャスク移動		キャスク保管建屋には、震災前から保管している乾式燃料キャ スクがあり、震災の影響により海水等を被っており、腐食 等の影響が懸念される。また、パトロール時の線量、温度測 定で異常の無いことを確認しているものの、常用の監視系は 使用できない状況である。その為、これらキャスクを共用プ ールに移送し、キャスク本体の健全性を確認する。	平成 25 年 3 月以降順次実 施	①対策を実施しない場合、密封機能の健全性等、懸念材料が払拭されないこととなる。 ②乾式燃料キャスク内には既に使用済燃料（キャスク9基内に合計408本）を保管 しており、キャスクの密封機能等の健全性が確認・維持されなければ、保管した使 用済燃料からの放射性物質放出の抑制機能が確認できない。 ③再度津波等が発生した場合、キャスク保管建屋に海水等が浸水し、キャスクの密封 機能等の健全性に影響を与える可能性がある。 ④腐食等の進展によりキャスクの密封機能等の健全性が損なわれる可能性がある。 ⑤キャスクをキャスク保管建屋から移送するための準備、受入側の共用プールの準備 ができ次第、これら復旧作業を順次実施する計画である。 ⑥キャスクを移送するにあたっては、移送時のキャスク落下防止対策等を講じる。 ⑦監視について検討する必要がある。
		・冷却機能喪失リスク	共用プール M/C 設置		共用プールの電源設備について、M／C（A）（B）を復旧 することで、信頼性を向上させ、冷却機能維持に努める。	平成 25 年 9 月末完了	①電源停止等により冷却機能が一時的に喪失するリスクが低減しない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスクは 大きい。 ③外部事象に対するリスクは継続する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増 加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。

表 2. 4－1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（8／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	目標時期	個々の対策に対する適切性
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	雑固体廃棄物焼却設備の設置	敷地内で発生した放射性固体廃棄物等を焼却，減容するため 焼却設備を設置する。	平成 26 年度下期設置完了	①対策を実施しない場合，保管する放射性固体廃棄物等が増加するとともに，保管・ 管理に係る業務が継続する。 ②放射性固体廃棄物等が増加するが，放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③保管物が火災等の外部事象によって，飛散する可能性がある。 ④対策を実施しなかった場合，放射性固体廃棄物等の保管リスクは時間的に増加する。 ⑤対策には建屋の建設から必要であり，長期に渡って時間を必要とする。現在既に設 計に入っており，H26 年度下期供用開始に向け，作業を進めている。 ⑥放射性固体廃棄物等を焼却することから，大気へ放射性物質を放出する可能性があ る。その為，適切な処理設備を設置するとともに，放出管理も併せて実施し，敷地 外への影響がないことを確認する。 ⑦対策を実施できない場合は継続的に保管エリアを確保する必要がある。
その他	火災対策	・発電所周辺・所内火災の延焼リ スク	防火帯の形成・維持 発電所内火災対策の策定・実施	発電所周辺大規模火災から発電所重要設備の防護のため，防 火帯を形成するとともに，発電所内火災から重要設備の防護・ 延焼防止のため対策を策定・実施する。	平成 25 年 3 月末完了 平成 25 年 12 月	①発電所敷地内外で大規模火災が発生した場合に，設備の機能喪失ならびに放射性物 質の舞い上がりが発生する可能性がある。 ②大規模火災によって放射性物質の追加放出リスクがある。 ③対策を実施することで大規模火災等の外部事象に対し，リスクを低減することがで きる。 ④リスクは時間的に変化しない。 ⑤計画的に実施していく必要がある。 ⑥防火帯の形成のために新たな森林の伐採が必要となり，保管エリアの確保・伐採木 の自然発火に対する対策が必要となる。 ⑦現場の状況に応じた対策（カメラによる監視・火報の設置・巡視等）を検討・実施 し，火災の早期検知に努めるとともに迅速な初期消火を行える体制を構築する必要 がある。