

原子力安全改革プラン 進捗報告

(2013 年度 第 1 四半期)

2013 年 7 月 26 日
東京電力株式会社

目 次

はじめに

1. 原子力安全改革プラン（設備面等）の進捗状況
 1. 1 福島第一原子力発電所
 1. 2 福島第二原子力発電所
 1. 3 柏崎刈羽原子力発電所

2. 原子力安全改革プラン（マネジメント面）の進捗状況
 2. 1 対策1 経営層からの改革
 2. 2 対策2 経営層への監視・支援強化
 2. 3 対策3 深層防護提案力の強化
 2. 4 対策4 リスクコミュニケーション活動の充実
 2. 5 対策5 発電所および本店の緊急時組織の改編
 2. 6 対策6 平常時の発電所組織の見直しと直営技術力強化

3. 第1四半期に発生した事故トラブルから見た原子力安全改革プランの検証
 - A) ネズミによる停電および再発防止作業中に再停電
 - B) 地下貯水槽からの漏えい
 - C) 1/2号機タービン建屋東側地下水から高濃度のトリチウム等を検出

4. 福島原子力事故における未確認・未解明事項の調査状況

おわりに

はじめに

福島原子力事故により今もなお、発電所周辺地域のみなさまをはじめ、広く社会のみなさまに、大変なご迷惑、ご心配とご苦勞をおかけしておりますことを、改めて心より深くお詫び申し上げます。引き続き全社一丸となって、福島第一原子力発電所の安定状態の維持に取り組むとともに、避難されている方々のご帰宅の実現および国民のみなさまが安心して生活できるよう、「事故の損害賠償」、「廃炉および除染」、「福島復興」のために取り組んでまいります。

2013年3月29日¹に「福島原子力事故の総括および原子力安全改革プラン」（以下、報告書という）をとりまとめ、公表いたしました。この報告では、福島原子力事故の原因は「全電源喪失という過酷な状況を招き、多数の安全設備を機能喪失させてしまった」ことであり、それは「過酷事故への備えが設備面でも人的な面でも不十分であったため」と総括いたしました。したがって、今回の事故は巨大な津波を予想することが困難であったという理由によって、事故原因を天災として片づけてはならず、人智を尽くした事前の備えによって、防ぐべき事故を防ぐことができなかったという結果について、真摯に受け止める必要があると考えております。これらの反省を踏まえて、従来の安全対策に対する過信と驕りを一掃し、組織内にあった問題を明らかにしながら、引き続き安全への取り組みを根底から改革してまいります。

東京電力では、迅速かつ適切に原子力安全改革プランを実施し、今後四半期毎を目安に、その進捗状況とこれから取り組むべき課題について「進捗報告」としてとりまとめてお知らせしてまいります。本「進捗報告」では、原子力安全改革プランの進捗状況をお示しし、原子力安全改革が進んでいるかどうかについてご報告するとともに、対象期間²に発生した事故トラブルから見た原子力安全改革プランの妥当性等についても検証しました。

¹ 以下、年表示がない月日は本年2013年です。

² 2013年度第1四半期（4～6月）を中心に、一部前後の期間を含みます。

1. 原子力安全改革プラン（設備面等）の進捗状況

1. 1 福島第一原子力発電所

放射性物質の環境への放出につながるリスクを重点的に対応すべき設備関連のリスクとして設定し、これらへの対応状況をご報告します。

- ・原子炉への注水不全リスク（1～3号機）
- ・格納容器内等への窒素ガス封入不全リスク（1～3号機）
- ・使用済燃料プールの冷却不全リスク（1～4号機および共用）
- ・汚染水の漏えいリスク
- ・停電リスク

特に、ネズミによる停電（3月18日発生）および地下貯水槽からの漏えい（4月5日確認）に鑑み、4月7日に「福島第一信頼度向上緊急対策本部（本部長：廣瀬社長）」を設置し、経営トップの陣頭指揮の下、

- ・燃料冷却設備について機能喪失させない
- ・敷地外へ追加的に放射性物質を放出させない
- ・火災を発生させない
- ・重要設備について停電させない

ことを基本方針として、徹底的な現場調査に基づく設備リスクの把握および運営管理上の問題点を洗い出し、対策を検討し順次実施中です。引き続き、優先度を定め計画的に対策を講じていきます。



現場調査状況の例：変圧器内部の点検を行った結果、ケーブル入線部（写真右）に開口部の未処理を確認したため、閉止処置を実施

また、地震や津波などの外的事象によるリスク対策は、上述のリスク対策と共通するものもありますが、発電所の状況に応じて、燃料の損傷防止対策や放射性物質の拡散防止対策を順次実施します。特に、最大のリスク対策は使用済燃料の取り出しおよび燃料デブリの取り出しであり、

- ・4号機使用済燃料の取り出し開始時期の1か月前倒し（本年11月開始）
および完了時期の1年前倒し（2014年12月完了）

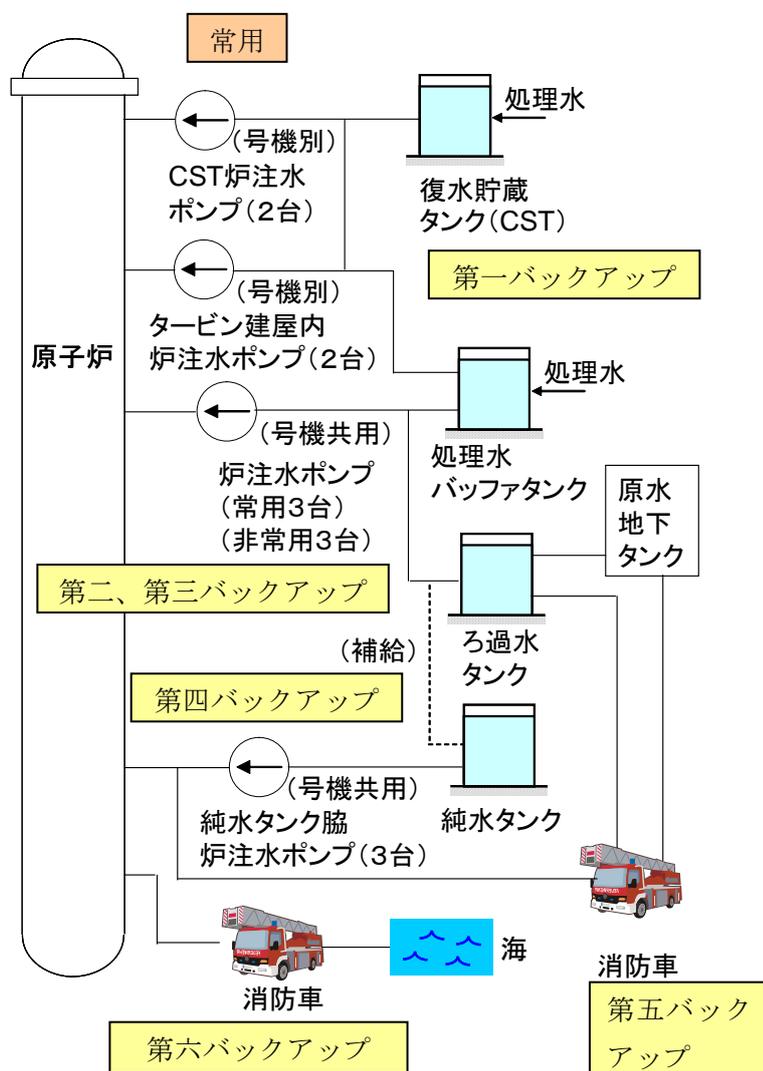
- 燃料デブリ取り出しについては、号機毎に作業工程、判断ポイント、目標を可能な限り明示しながら、開始目標を最大18か月前倒しといった取り組みを行っています。

(1) 原子炉への注水不全リスク

現在、1～3号機原子炉は冷温停止状態（約20℃～約45℃）で安定的に維持しています。原子炉への注水は右図に示すとおり、複数の注水ポンプと複数の水源から注水可能な系統が構成されています。また、これらのポンプの電源も複数の電源系統からの給電を確保し、さらに消防車の配備（注水用3台、その他消防用等多数所有）なども行っています。

原子炉注水に係るポンプが全て同時に機能喪失したとしても、ろ過水タンク等から消防車による注水ラインを敷設することにより、3時間程度で原子炉への注水を再開することが可能となっています。

更に万一、12時間にわたって1～3号機への注水が同時に停止した場合でも、敷地境界における実効線量の増加は年間約 6.3×10^{-5} mSvと評価しており、周辺の公衆において、著しい放射線被ばくのリスクが顕在化することはない結果³となっています。



多様な注水手段と水源を確保

(2) 窒素ガス封入不全リスク

水素ガス濃度が上昇し、可燃限界濃度（4%）に達することを防止するために、原子炉格納容器および原子炉圧力容器へ窒素ガスを封入しています。窒素ガス発生装置を3台（常用1台、予備2台）に加えて、高台にディーゼル発電機駆動の非常用窒素ガス発生装置1台を設置しており、万一の故障の際でも対応可能な設備構成となっています。

装置の故障等により窒素供給が停止したとしても、水素が可燃限界濃度の4%に到達するまでに少なくとも約100時間の余裕があり、それまでに窒素供給を再開することが可能となっています。

³ 一般公衆の年間被ばく線量限度 1mSvの約15,000分の1

(3) 使用済燃料プールの冷却不全リスク

使用済燃料プールの冷却は、一次系、二次系ポンプとも多重化した構成で冷却を継続しています。プールの冷却が停止したとしても、最も条件が厳しい4号機における6月14日時点の使用済燃料から発生する熱（約0.56MW）とプール水温約30℃から評価すると

- ・保安規定で定める制限値（65℃）に達するまで：約4.2日
- ・使用済燃料プールの水温が100℃に達するまで：約8.5日
- ・使用済燃料の上部約2mまでプール水位が低下する⁴まで：約36日

であり、この期間内に冷却装置を復旧するか、発電所に配備している消防車やコンクリートポンプ車によって注水することで、プールの冷却再開が可能と考えています。

(4) 汚染水の漏えいリスク

地下水流入により増え続ける汚染水については、以下の3つの対策を講じています。

① 地下水流入抑制対策

- ・発電所の西側から東側へ流れている地下水が建屋内に浸入して汚染水となることを防止するため、建屋の上流で地下水を汲み上げる（地下水バイパス）。また、建屋周辺のサブドレン設備⁵を復旧し、建屋周囲の地下水位を低下させたり、建屋の外壁貫通部を止水したりして建屋内への地下水の流入を抑制する。
- ・これらの対策が予定通り実施できない、あるいは機能しない場合に備えて、凍土方式による陸側遮水壁について、概念設計等を進め、本年12月までに技術的課題の解決状況を確認する。

② 水処理施設の除染能力の向上

- ・汚染水中の放射性物質を除染するための多核種除去設備については、現在性能確認のための試運転を実施中であるが、4月の試験サンプルでは除去対象である62核種全てが、法令で定められている濃度限度を下回る結果となっており、期待する効果を発揮している（5月30日公表）。
- ・試運転終了後、多核種除去設備を確実に運用し、汚染水の放射能濃度を低減し、万一漏えいした場合のリスクを低減する。

③ 汚染水管理のためのタンク増設

- ・増加する汚染水を十分に貯蔵できるタンクの容量を確保することが必要であり、今年度上半期中に約44万m³、2015年（平成27年）度中頃までに約70万m³、2016年（平成28年）度中に約80万m³まで順次増設するとともに、対応策の進捗を見定めつつ、必要に応じ更なる増設に備える。

⁴ プール水位が低下することで、使用済燃料プールが設置されている原子炉建屋5階の空間放射線線量が上昇するため、復旧にあたる人が容易に近づけなくなるレベルとして設定

⁵ 地下水を汲み上げるために建屋周辺に設置された井戸

- ・ また、タンクの貯蔵容量の確保については、既設タンクのフランジ接合部の補修、溶接式タンクへの更新の検討に加え、従来型のタンクで対応できない場合の方策(タンクの大型化等)についても実現可能性の評価を行う。

また、汚染水処理に関しては、本年4月、国に「汚染水処理対策委員会」が設置されました。本委員会では、これまでの対策を総点検し、汚染水処理問題を根本的に解決する方策や、今般の汚染水漏えい事故への対処が検討されております。東京電力としても、本委員会の委員として抜本対策の実現に向けた課題を議論し、積極的に参画しております。

今般の汚染水処理対策委員会のとりまとめを踏まえ、緊張感とスピード感をもって汚染水対策に取り組むことはもとより、福島第一原子力発電所の廃炉の一日も早い実施に向け、責任体制の明確化、適切な人員配置、そして万全のプロジェクト管理にこれまで以上に努めてまいります。

(5) 停電リスク（電源系の信頼性向上）

3月18日に福島第一原子力発電所の電源設備の一部が停電し、1、3、4号機使用済燃料プール冷却設備が停止しました。このため、重要設備（原子炉注水、使用済燃料プール冷却、共用プール冷却、窒素封入等の設備）の電気設備について、高圧電源回路の多重化、低圧電源の多重化、各負荷設備の多重化・多様化、遠隔監視の多重化等の対策を実施しています。

1、3、4号機使用済燃料プール冷却設備の電源二重化は5月15日に完了するなど、現在ほぼすべての対策が完了しており、使用済燃料共用プール冷却用の本設設備の電源二重化については7月末までに完了する予定です。

1. 2 福島第二原子力発電所

原子力事業者防災業務計画に基づき策定した復旧計画にしたがって、プラントの冷温停止維持に係わる設備等の復旧を進めてきましたが、5月30日をもって、1号機から4号機の全号機において、冷温停止の維持に係わる設備等について仮設設備から本設設備への復旧が完了しました（原子力災害対策特別措置法に基づく「原子力災害事後対策」が完了）。今後も、原子炉および使用済燃料プールの安定的な冷却維持に努めてまいります。

1. 3 柏崎刈羽原子力発電所

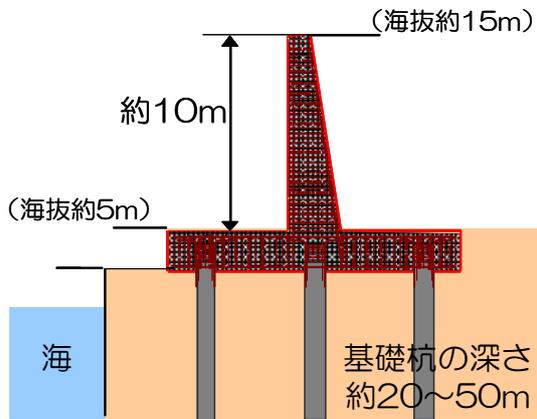
津波に対する防護としては、防潮堤、防潮壁、開閉所防潮壁の設置、原子炉建屋等の内部の水密化、熱交換器建屋の浸水防止等の対策を進めているところです。

防潮堤（津波高さ15mに対応）：6月完了

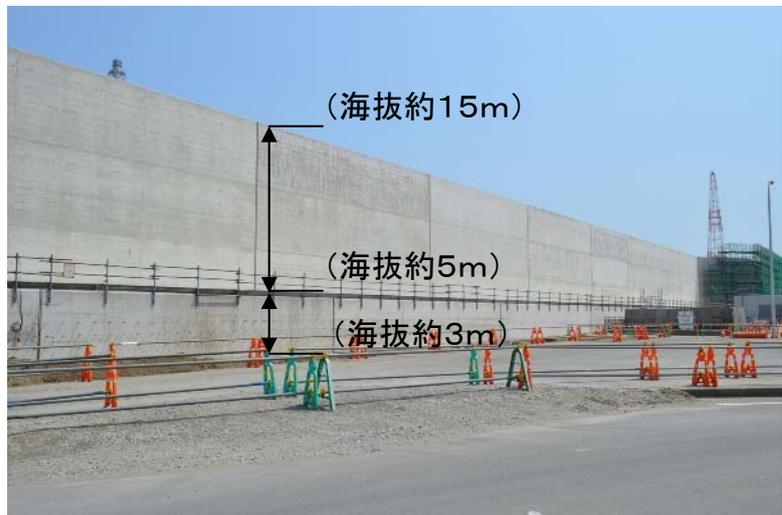
防潮壁：3月完了

開閉所防潮壁：3月完了

原子炉建屋等の水密化：1, 5～7号機5月完了、2～4号機設計中



高さ15mの津波の波力(静水圧の3倍)および基準地震動 S_s に対する地震力に対して機能を維持するように設計



1～4号機側防潮堤

原子炉の冷却機能の確保としては、

①電源の確保

- ・空冷式ガスタービン発電機車の配備
- ・緊急用の高圧配電盤の設置
- ・電源車の配備 等

②注水機能の確保

- ・淡水貯水池(水源)の設置
- ・消防車の配備 等

を実施しました。また、除熱機能の確保として、

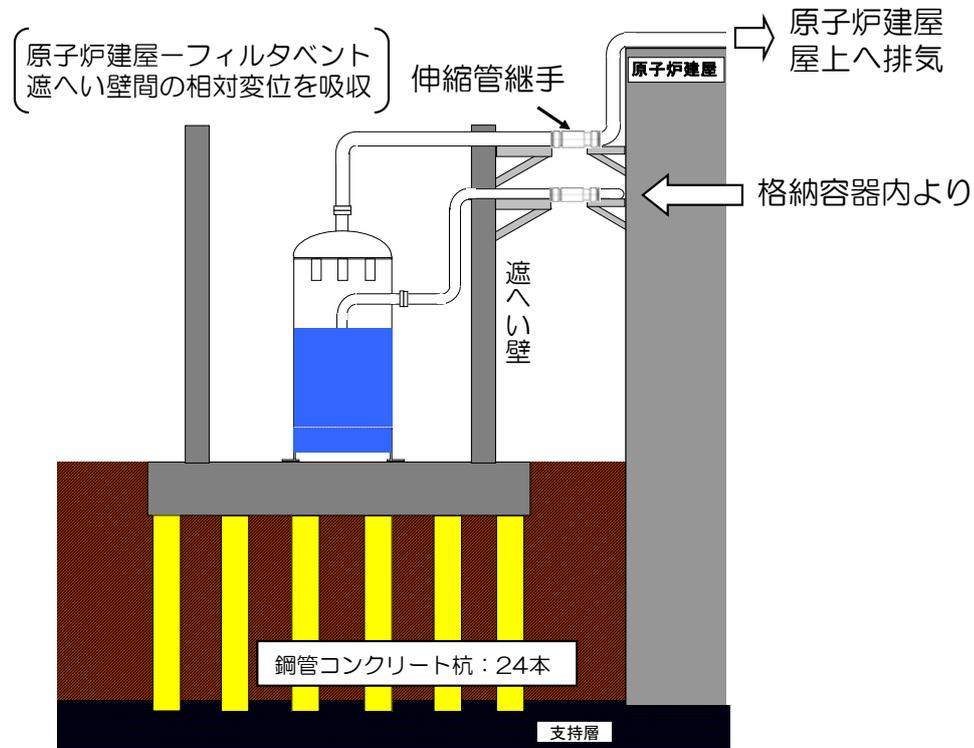
- ・代替水中ポンプ
- ・代替熱交換器設備の配備 等

を実施しています。



電源車による操作訓練

更に、フィルタベント設備についても、1,5~7号機で基礎工事を進めているところです（2~4号機については検討中）。このフィルタベント設備の基礎は、原子炉建屋と同じ支持岩盤に支持させており、本設備の基礎と原子炉建屋の不等沈下によって機能喪失しないような設計としています。また、本設備と原子炉建屋は伸縮管継手で接続しており、地震時の相対変位によって機能喪失しないように設計しています。



なお、フィルタベント設備は、粒子状の放射性物質を99.9%以上除去する能力を有しており、同設備設置後の格納容器ベント時の周辺公衆の被ばく量を評価したところ、以下の結果が得られています。

①炉心損傷防止のための格納容器ベント

炉心損傷前の格納容器ベントに伴う周辺公衆に対する希ガス、よう素からの被ばく量を評価した結果、敷地境界における線量は約0.042mSvであり、原子力規制庁の審査ガイドが示す概ね5mSv以下であることを確認しました。

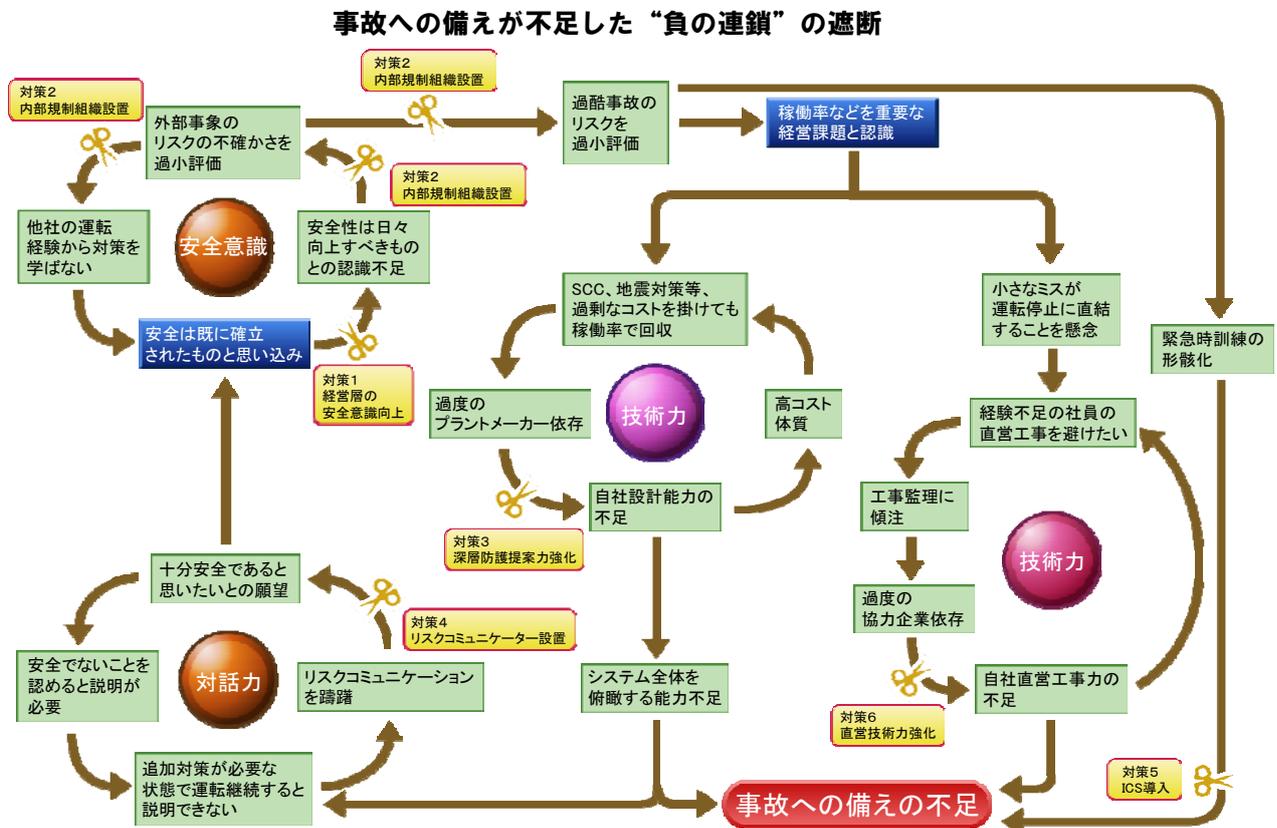
②炉心損傷後の格納容器破損防止のための格納容器ベント

炉心損傷後の格納容器ベントに伴う放射性物質による環境への汚染の視点から、セシウム137の放出量を評価した結果、セシウム137の放出量は約0.0025TBq⁶ (TBq (テラベクレル) = 10¹²Bq) であり、原子力規制庁の審査ガイドが示す100TBqを下回ることを確認しました。

⁶ 福島原子力事故におけるセシウム137の放出量（1~3号機合計）は約10,000TBq（東京電力評価）、チェルノブイリ原子力発電所の事故におけるセシウム137の放出量は約85,000TBq

2. 原子力安全改革プラン（マネジメント面）の進捗状況

原子力安全改革プラン（マネジメント面）の進捗状況については、原子力部門がもつ構造的な問題を助長する、いわゆる「負の連鎖」を断ち切るための6つの対策ごとに、それぞれ「実施事項」、「今後の予定」の2つのポイントでご説明します。



2. 1 対策1 経営層からの改革

<実施事項>

- 執行役とその内定者等に対して、原子力発電所の安全設計、原子力防災、福島原子力事故の経過と教訓などを題材に安全意識の向上を目的とした研修を実施（5月18日、25日）
- 原子力リーダー⁷が安全意識向上に取り組んでいる他産業の企業を訪問し、意見交換を実施（5月13日）
- 安全文化の醸成活動の一環として、報告書を題材とした議論を原子力部門全体で重層的に実施。また、原子力部門を対象とし



執行役向け研修の様子（5月25日）

⁷ 原子力担当執行役・執行役員、原子力発電所長・建設所長、本店原子力関係部長および同等以上の職位の者

たアンケートを実施し（4月12日～5月13日）、安全文化の醸成および浸透の度合いを評価中

＜今後の予定＞

- ▶ 執行役等に対する安全文化、リスクコミュニケーション等に関する研修を10月に実施
- ▶ 原子力リーダーに対して、事故時の中央制御室を模擬したシミュレーター訓練や発電所ウォークダウンを実施（7～8月）。また、行動指標に関する360度評価を7月に実施
- ▶ 各職場に対する安全文化醸成の理解活動を継続し、職位ごとおよび組織単位の議論とセルフアセスメントを四半期サイクルで実施。特に、第1四半期の安全文化の議論やアンケートの結果などを踏まえた自組織の安全文化の評価（セルフアセスメント）については、アセス方法を検討し7月中に実施完了予定
- ▶ 安全文化の醸成および浸透に関する具体的な課題については、原子力改革監視委員会や原子力安全監視室等の第三者的視点による見解を踏まえ、次回報告



執行役向け研修の様子（5月25日）



安全文化醸成活動

原子力リーダーの議論の様子（3月30日）



安全文化醸成活動

福島第一原子力発電所管理職による議論の様子
（4月26日）



安全文化醸成活動

本店原子力部門管理職による議論の様子（4月11日）

2. 2 対策2 経営層への監視・支援強化

<実施事項>

- ▶ 内部規制組織として、5月15日に原子力安全監視室を設置し、英国のジョン・クロフツ氏が室長に就任。同室は、執行役に対する研修の監視を行うとともに、福島第一・福島第二・柏崎刈羽原子力発電所を訪問し、所長、副所長、ユニット所長、原子炉主任技術者にインタビューし、安全意識の確認、アドバイス等を実施



ジョン・クロフツ室長（写真右）

写真左は増田副室長（前福島第二原子力発電所長）



クロフツ室長との議論の様子

- ▶ 柏崎刈羽原子力発電所において、原子炉主任技術者を講師とした原子力安全研修（1月から9回実施、受講者約530名（発電所員の約45%））を実施（今後、福島第一・福島第二原子力発電所へ水平展開）

<今後の予定>

- ▶ 原子力安全監視室は、引き続き経営層および原子力部門に対し、第三者的立場から監視・助言を実施
- ▶ 世界でも類のない廃止措置を実施している福島第一原子力発電所では、通常の原子力発電所とは異なる環境や設備状態にあるため、安全性向上への取り組みや設備の安定した維持管理等について、原子力安全監視室としても監視・助言を強化
- ▶ 安全文化の醸成活動によって、ミドルマネジメントの考え方や行動がどのように変わってきたかを評価するために、360度評価（年1回）を10月に実施

2. 3 対策3 深層防護提案力の強化

＜実施事項＞

- ▶ 多角的観点から安全対策を検討した上で費用対効果の大きい安全対策を提案し、実現する技術力の強化を図ることを目的として「安全性向上コンペ」の準備を行い、6月から第1回安全性向上コンペの提案募集（約3か月間）を開始。コンペ以外でも、「津波（引き波）発生時の常用系ポンプ停止インターロック設置」や「主蒸気逃し安全弁以外の減圧手段追加」などを検討中
- ▶ 国内外の運転経験（OE：Operation Experience）情報について、必要な安全情報を抽出するスクリーニングプロセスを見直し、昨年12月から本年6月までに約330件について適用、約20件を詳細検討の対象として抽出。OE情報以外でも、安全性向上に関して欧米各国の規制当局等がどのような教訓を引き出し、対策を講じているか調査・分析し、社内にフィードバックする必要があるかどうかの検討を開始
- ▶ これまで体系的な分析が不足していた外的ハザード（自然現象、外部人為事象）に関し、原子力発電施設の安全機能に対する影響のクリフェッジ性⁸に備える観点から再度見直しを行い、約200の外的ハザード事象から隕石、竜巻、火山、航空機テロ、森林火災、台風等約30事象を抽出し、分析を開始
- ▶ 定期的な安全性の評価プロセスの改善を図るために、体系的レビュー方法の策定や個別プロセスの課題の分析を実施。先行して「OE情報に関する活動」に関するレビューを開始するとともに、9月までに課題の改善計画を策定
- ▶ エビデンス偏重⁹に陥っている業務の改善にあたって、業務遂行の土台となるマニュアルの再整備を実施しているが、業務の優先度の変更により遅れが発生。今後、優先すべきマニュアル等の再整備計画を6月に見直し、実施
- ▶ 7月の人事異動で「業務改善に対する気付き」、「社外目線の習得」を目的とした部門交流人事を実施（原子力→他部門：11名、他部門→原子力部門：16名）。なお、7月1日時点で原子力部門の約260名を他部門に配置中

＜今後の予定＞

- ▶ 安全性向上コンペは、提案内容を集約し10月までに審査、優良提案を決定
- ▶ 業績評価においては、原子力安全に関する評価が行われるよう、今年度の業務計画作成方針にその内容を盛り込み、各人の業務計画に反映。その結果については、各人の業績評定時に確認
- ▶ 保全業務プロセスのIT化を例に、組織横断的な課題解決能力の弱さ、プロジェクトマネジメントの悪さ等の課題を明確する分析を行い、対策を9月までに策定し実施

⁸ 設計上の想定を大きく上回る津波のように、ある大きさ以上の負荷が加わったときに、共通的な要因によって安全機能の広範な喪失が一度に生じるようなこと

⁹ 業務実施過程やその結果の証拠を確保することを過度に重視してしまうこと

- ルールやエビデンスの量が多い（エビデンス偏重）、すなわち業務の負担感が高いことに比べて、業務品質の向上への寄与度が低いのではないかという問題意識を解決するためのマニュアルの再整備等さまざまな取り組みによって、リソースの投入量と成果のバランスが取れているかどうかの検証を実施

2. 4 対策4 リスクコミュニケーション活動の充実

＜実施事項＞

- ソーシャル・コミュニケーション室を4月10日に設置し、リスクコミュニケーターを4月10日以降、順次任用・配置（7月1日時点：31名）
- ソーシャル・コミュニケーション室は、原子力部門のリスク情報を中心に収集し、経営層や原子力部門に対して対応方法等の提言を開始。また、原子力部門からも、ソーシャル・コミュニケーション室へさまざまな情報提供を開始
- リスクコミュニケーターによる各ステークホルダーとのリスクコミュニケーション活動を開始。また、ソーシャル・コミュニケーション室と原子力部門において緊急時の具体的なコミュニケーション活動に関する検討を開始
- 福島第一原子力発電所で発生したネズミによる停電への対応など、十分なコミュニケーションができていない事案が発生しており、事故トラブル発生時の情報収集、整理の業務プロセスの明確化を実施



地域の方々との対話（5月28日）



緊急時におけるリスクコミュニケーターの配置・役割分担の検討

＜今後の予定＞

- ソーシャル・コミュニケーション室長については、社外の専門家を招聘するべく人選中（現在は社長が兼務）
- リスクコミュニケーターに対する模擬プレゼンテーション演習など、コミュニケーション能力向上のための計画を策定し、6月以降順次リスクコミュニケーターに対し実施
- 原子力安全改革プランの進捗状況のご説明や、より分かりやすい公表資料への改善等、更なるリスクコミュニケーション活動の充実を7月から順次実施

2. 5 対策5 発電所および本店の緊急時組織の改編

<実施事項>

- ▶ 柏崎刈羽原子力発電所の緊急時組織は本年1月からICS¹⁰に基づく体制の整備を開始。訓練を繰り返しながら、3月からは概ねICSの考え方にしたがって緊急時組織を運用（6月末までに計9回の総合訓練、約400回の小規模訓練）
- ▶ ICS体制により、緊急時組織を冷静・静粛に運用でき、指示統制を確立。また、本店は支援機能に徹し、発電所とのやり取りが少なくなったため、発電所は事故対応に集中できる等、ICS導入の目的を達成
- ▶ 訓練を繰り返すことにより、ICSの意義や効果を実感できるところまで対応力が向上



柏崎刈羽原子力発電所訓練風景（3月8日）



本店緊急対策室訓練風景（5月22日）

<今後の予定>

- ▶ 福島第一・福島第二原子力発電所の緊急時組織へICSを導入すべく、8月目途に訓練開始
- ▶ これまでの訓練の結果、社内の各組織間、行政機関やオフサイトセンター等発電所外との間で情報を共有するにあたり、迅速さ・正確さ・わかりやすさなどに工夫の余地があり、次回9月の総合訓練で工夫の効果を確認予定。また、情報共有の仕組みの更なる効率化（ツールの使い勝手向上、運用ルールの見直し）も実施
- ▶ 「訓練に終わりはない」という決意のもとに、さまざまな訓練による緊急時対応力の維持・向上を図るとともに、改善事項の抽出、次回訓練への反映、改善効果の確認を繰り返し実施
- ▶ 米国で体系化されているICS研修プログラムを有効に活用し、教育用コンテンツを作成、展開（9月までに準備完了）

¹⁰ Incident Command System（米国等で標準的に採用されている災害時現場指揮システム）

2. 6 対策6 平常時の発電所組織の見直しと直営技術力強化

<実施事項>

- 福島第二・柏崎刈羽原子力発電所を対象とした平常時の発電所組織の見直しを8月に実施するための原子炉施設保安規定変更認可を5月31日に申請（認可後実施）
- 今回新たに導入する「システムエンジニア¹¹」に対して期待する事項を明確にし、当面2年間の養成計画を策定（5月）
- 発電員に対する電源車および消防車の接続訓練、設備診断業務（データ採取、簡易診断）の養成計画を作成。これらについては、7月からの訓練開始に向け、研修カリキュラムを作成等、準備を完了（6月）
- 保全員に対しては、体系的な直営技術力を強化するため保全部に専任者を配置し、7月からの直営作業に関する訓練開始に向け、訓練計画および手順書の作成、訓練用資機材や指導員の手配等の準備を完了（6月）。また、各発電所では、手順書の作成、訓練用資機材や指導員の手配等の準備を順次実施し、準備が整った作業から実際に直営作業実施



ユニック車による荷下ろし作業



代替熱交換器接続作業

<今後の予定>

- 平常時の発電所組織の見直しの実施およびシステムエンジニアを配置（8月）
- 組織運営に必要な人材を育成するための中長期の人事ローテーションの枠組みについて検討を開始し、具体的スケジュールを策定
- 発電員、保全員の事故対応への応用力養成のための訓練を7月より開始
- 発電員による日常の保守作業の拡大は、要員を増加させながら、設備診断業務の訓練との業務調整を行いつつ順次展開

¹¹ 安全系等の重要な系統について設計、許認可、運転、保守等に精通しているエンジニア

3. 第1四半期に発生した事故トラブルから見た原子力安全改革プランの検証

原子力安全改革に着手したものの、この間に福島第一原子力発電所では、いくつかの事故トラブルが発生しました（それぞれの事故トラブルの原因究明および再発防止対策の詳細は、東京電力ホームページをご確認ください）。

これらの中から、以下の3件

- A) ネズミによる停電（3月18日発生）および再発防止作業中に再停電（4月5日発生）
- B) 地下貯水槽からの漏えい（4月5日確認）
- C) 1/2号機タービン建屋東側地下水から高濃度のトリチウム等を検出（6月19日公表）

については、今回「進捗報告」をとりまとめるにあたって、原子力安全改革プランの妥当性の確認や、プラン実施にあたっての不十分な箇所の有無の確認のため、あらためて事故トラブルの振り返りを行いました。

この振り返りにおいては、報告書における福島原子力事故の振り返りの中で着目した「安全意識」、「技術力」、「対話力」という3つの観点を用いて整理しました。

A) ネズミによる停電および再発防止作業中に再停電

◎安全意識：

仮設電源設備の信頼性が低いことは認識しており、順次本設設備に更新中で、3月末には信頼性の高い電源設備が完成する予定であった。したがって、電源設備の脆弱性を放置するような安全意識の低さは見られない。

また、停電が発生した際に発電所幹部は、停電によって冷却機能が停止して使用済燃料プールの水温が制限値（65℃）に達するまでには約4日間の時間的余裕があること、更にプールの水位が燃料頂部近くまで低下するまでには数十日の余裕があることを考慮し、拙速に夜間作業を行って二次災害を招くより明朝から本格的に対処する方が良いと考えたが、これは技術的な安全性の観点からは妥当な判断であった。

しかしながら、制限値を満足していたとはいえ、重要設備の電源の復旧に約29時間を要したことは時間がかかりすぎであり、以下のような点で停電に対する事前の備えがあればより早期の復旧が可能であったと考えられる。

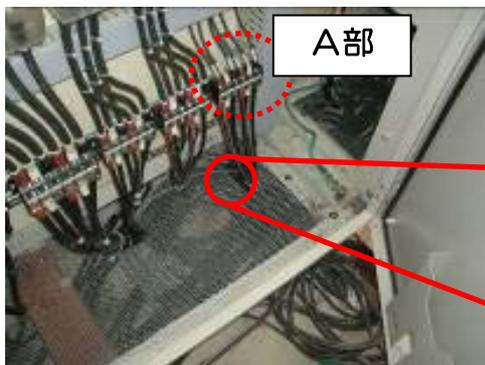
- ① 電源の改良工事が進行している中で、工事の進捗に応じた電源設備の状態を把握するための図面が整備されていなかった。
- ② 迅速な電源復旧のために電源車の接続手順の整備や訓練の充実を図るべきであった。
- ③ 夜間のトラブルに備えて、現場の仮設照明等を準備し、作業の安全性を高めるべきであった。

原子力安全の原則である深層防護の考えに則れば、故障が発生しないように設備の設計保守を行う一方で、万一の事故トラブル発生時の備えを用意しなければならない。仮設電源設備の信頼性が低いのであれば、その必要性は更に高かったと言える。

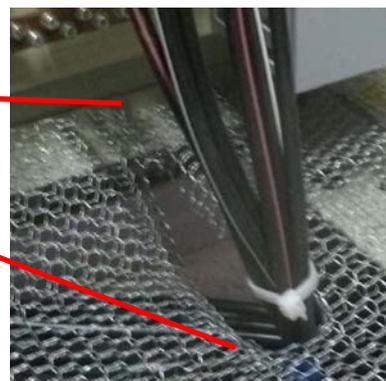
したがって、原子力安全の原則である深層防護の考えに則り、今後より一層、停電などの事故トラブルへの備えの充実を図り、現場第一線が迅速に対応できる技術力を育成することが必要である。

◎技術力：

福島原子力事故以前は請負工事等が中心だったが、現在厳しい作業環境と迅速な作業実施のために、社員の直営作業が拡大している。ネズミ侵入防止用金網の取り付けもその直営作業拡大の取り組みの中の一つであったが、活線状態での制御盤内の作業である以上、感電や短絡のリスクを認識し、十分な注意を払い、対策を講じて作業を行うべきであった。



制御盤内金網設置状況



金網切れ目部詳細

(ケーブルを通すために金網に切り込みを入れており、この切り込みを針金で塞ぐ)



針金

端子部（アクリルカバーあり）の下部の隙間から針金先端が端子台に入り込み、地絡発生

作業に伴うリスクを抽出する業務プロセスは、社員は監理員の役割である請負工事を前提として作られていて、自ら作業を行う場合のリスクを抽出するには十分ではなく、作業上のリスクを自ら発見してリスクを低減することができなかつた。また、当該制御盤は、使用済燃料プール冷却設備を所管する箇所（機械設備関係）が保守を担

当しているが、作業内容に応じて電気設備関係を所管する箇所と協働する等の現場作業全般に対するマネジメントが不足していた。

更に、作業安全を指導・助言する役割を負っている品質担当や安全担当が、本人の被ばく線量を抑制しなければならない事情から、全ての作業現場の確認や同行を行えない状況があった。

今後も習熟していない作業を直営で実施せざるを得ない状況が続くことや、専門の品質担当や安全担当が工事現場に同行した上での指導・助言が不足しがちな状況が続くことを踏まえると、事前に当該作業に習熟した者の指導・助言を受けるための業務プロセスを作るなど、リスクを低減するようマネジメントを行うことが必要である。

◎対話力：

重要設備の長期間の停電は、2011年3月11日の福島原子力事故を想起させるものとして、福島県のみなさまが不安になることを想像できていなかった。

今後は、技術的な安全性の観点に加えて、福島県のみなさまが不安を感じる事故トラブルを意識し、万一当該事故トラブルが発生した場合には迅速な復旧に加え、早い段階から状態の的確な解説、復旧作業の状況および見通しをお知らせすることが必要である。

なお、本件の公表の時系列は、以下の表のとおりであった（なお、これらとは別に3月19日10時に臨時会見を開催し、以降3回開催）。

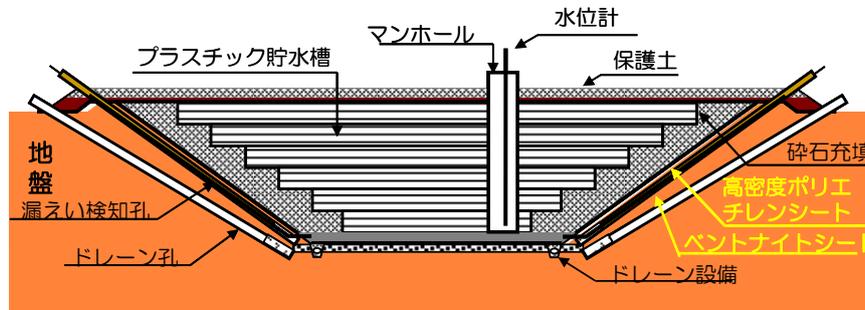
3月18日	18時57分ごろ	停電発生
	22時08分	1、3、4号機使用済燃料プール冷却設備等の停止を公表 ¹²
3月19日	08時05分	使用済燃料共用プール冷却設備の停止を公表
	13時42分	昨夜から絶縁抵抗測定等を実施し、健全な範囲を特定し9時3分および10時1分にプール冷却設備に必要な電源盤が復旧したことを公表
	15時15分	14時20分1号機使用済燃料プール冷却設備が復旧したことと3/4号機および共用プールの復旧見通しを公表
	23時19分	22時43分3号機使用済燃料プール冷却設備の復旧および22時26分4号機使用済燃料プール冷却設備の復旧を公表
3月20日	00時56分	0時12分使用済燃料共用プール冷却設備が復旧したことを公表（完全復旧まで約29時間）
	13時48分	12時36分ごろ 仮設3/4号電源盤で端子および壁面が煤けていたことを発見し、12時45分に消防署に通報したことを公表（消防署は「火災ではない」と判断）
	16時30分	煤けていた電源盤の下部に小動物（ネズミ）の死骸を発見したことを会見で説明

¹² 本表の「公表」とは報道関係者への一斉メール配信をいう。3月18日以降、一斉メール配信内容を東京電力ホームページにも掲載

B) 地下貯水槽からの漏えい

◎安全意識：

汚染水の貯蔵設備は、作業員の被ばく線量、敷地境界の線量、工期等の種々の制約の中で設置場所や設備仕様が決められている。



地下貯水槽の構造

今回漏えいが発生した地下貯水槽は、遮水シートとして高密度ポリエチレンシートを二重に設置し、シート接合部の健全性を慎重に確認するなどの漏えい対策を施していたが、汚染水を貯蔵した実績はなかった。

そこで当初は、地下貯水槽には多核種除去設備によって浄化された水を保管する計画であった。この場合、処理水の中に含まれる高い濃度の核種はトリチウムだけであり、万一漏えいした場合でも微量である限り漏えいの過程で拡散希釈され、環境に影響があるレベルにはならないと考えていた。

ところが、多核種除去設備の竣工が遅れ、鋼製タンクの容量も不足していたため、窮余の策として浄化前の汚染水を地下貯水槽に貯蔵することとした。多核種除去設備の竣工が予想以上に遅れてしまい、汚染水の貯蔵タンク容量が不足する中での決定としてはやむを得ない面もあった。

しかしながら、地下貯水槽で汚染水が漏えいした場合には早期の検出が難しく、地下に直接浸透して汚染が拡大し易く回収も困難な構造であることを認識したのであるから、放射性物質の拡散を極力避けるという高い安全意識の下、深層防護の観点に立ち、漏えい監視の質を高め、その意味を共有し、監視状況の報告が速やかに行なわれるよう注意を促す他、万一の漏えいに備えて移送が可能なように鋼製タンクの設置を更に加速するなど、リスク低減策を具体化させることが必要であった。

◎技術力：

地下貯水槽は、高密度ポリエチレンシートからの漏えいに備え、直ちに地中に浸み込んでいかにないようにベントナイトシート（浸透速度を遅くするもので遮水効果はなし）を設置するとともに、高密度ポリエチレンシートとベントナイトシートの間に検知孔を設置している。

しかしながら、ベントナイトシート外側の地面から地下水の浸入が始まり、検知孔

内に水が溜まったため、地下貯水槽からの漏えいは検知孔内の水の有無では検知できず、検知孔に溜まっている水の塩素濃度等の毎週1回の測定で確認していたため、漏えいの有無の判断に時間を要することになった。

また、その他の漏えい検出手段として水位計が用意されており、設備の竣工前に水張り後の水位に有意な変動がないことをもって漏えいがないことを確認した。しかしながら、放射性物質は極微量の漏えいであっても重大な問題になるものであり、微量の漏えいは水位計の変動では判別できない可能性があることを認識すべきであった。

一方、結果的に水位計のドリフト¹³による指示値の低下となったが、漏えいを早期に検知する目的で設置した水位計である以上、その値の推移についてよく注意して監視する必要があった。しかしながら、3月中旬ごろからの水位低下傾向に気付くのが遅れてしまった。

以上のおり、予定外の汚染水を蓄えている状況と早期の漏えい監視が難しくなっている状況の中で、漏えい監視方法や体制を改善し、必要な対策を実施することができる技術力およびそれを実現する組織力の向上が必要であった。

◎対話力：

多核種除去設備の竣工が遅れ、汚染水の鋼製タンクによる保管容量が逼迫したため、窮余の策として汚染水を地下貯水槽に保管することとなったが、このとき、敷地境界における追加的放出による被ばく線量を1mSv/年以下に抑制しなければならない点が重要と考え、敷地境界から離れた場所に設置された地下貯水槽を汚染水の保管先として選択した背景がある。

既に放出された放射性物質により敷地境界では100mSv/年を越える線量であることを踏まえると、敷地内に蓄えられている汚染水や瓦礫からの直接γ線を抑制しても、敷地境界付近の環境改善への寄与は小さい。それに対し、放射性物質を大気や海洋などの追加放出しないように抑制することは、これ以上環境を汚染しないために重要である。重要性が低い汚染水貯蔵タンクからの直接γ線を抑制するために、貯蔵施設の選択肢が限られ、環境への汚染水の漏えいという重大な事態に至ってしまった。

以上の反省を踏まえて、汚染水の処理のようにさまざまな制約条件がある課題については、関係箇所との調整が必要となる。このため、全体的なリスクを最小化するとの方針を規制当局や福島県のみならず、コミュニケーションを通じて共有し、合理的な優先順位を付けることができることが重要であり、分かりやすく粘り強いコミュニケーションが必要である。

なお、漏えいした地下貯水槽周辺の土壌の回収や漏えいの原因調査を計画しているが、新たに発生する廃棄物の管理や作業員の被ばく線量の増加というリスクを含めて全体的なリスクの最小化を図るために規制当局や地元自治体等とコミュニケーションを図っていく必要がある。

¹³ 一定の環境条件の下で、測定量以外の影響によって生じる計器の特性の緩やかで継続的なずれ

C) 1/2号機タービン建屋東側地下水から高濃度のトリチウム等を検出

◎安全意識：

2011年4～5月に高濃度汚染水がトレンチ¹⁴を経由して2、3号機取水口に流出し、水ガラスを注入する応急措置を講じて流出を止めたが、現在に至るまで、事故直後のレベルの高濃度汚染水がトレンチ内に滞留したままになっている。

そして、循環冷却を継続する中で次第に汚染レベルが低下してきたタービン建屋内の汚染水に対して、トレンチ内の汚染水は循環していないので高い汚染レベルのままであった。

トレンチ内の高濃度汚染水の存在自体は、昨年6月に公表した事故調査報告書にも詳細に報告されており、公知の潜在リスクであったが、循環冷却システム側での配管・ホースからの漏えい対策、日量約400トンに及ぶ地下水の流入に対応して増える汚染水を貯蔵するためのタンクの増設等の優先度が高く、適宜対策チームが編成されたことと比較すると、トレンチ内の約2万トンの汚染水の対応については、具体的な対策検討が不十分であった。

トレンチ内の高濃度汚染水の課題は、その量および放射能濃度等の観点から非常に困難な課題ではあるが、循環冷却システムも次第に安定した運用が可能になってきたので、事故直後の状況を踏まえた優先順位によって対策が採られていないリスクを放置しないように、状況の変化に応じて優先度の見直しや当該の課題を専門的に担当する責任者を置くなどして、具体的な対策を準備させることが必要であった。

また、本年4月に「福島第一信頼度向上緊急対策本部」が設置され、潜在的リスクの抽出が実施されたが、トレンチ内に滞留している高濃度汚染水については取り上げられていない。体系的に漏れなく福島第一原子力発電所が抱える潜在リスクを拾い上げる作業にも関わらず、それができていなかったのは、リスクを抽出するときの具体的なプロセスに改善の余地がある。

◎技術力：

汚染水が海洋に漏えいすることの防止対策としては、来年竣工する予定の「海側遮水壁」が進められている。海側遮水壁は、1～4号機取水口前面約780mに亘って海面から約30m下の難透水層まで鋼管矢板を打ち込み、海へ流出する地下水をほぼ遮断するものであるが工期は約3年を要する。

完成までの間に漏えいが発生することも考えられ、更に遮水壁とは異なるアプローチとして、現在検討されているように、取水口間の岸壁付近を水ガラスで固める対策や、トレンチ内の汚染水の浄化や汚染水そのものを移送して取り除くという対策も検討すべきであった。

¹⁴ ケーブルや配管等を設置するために地下に構築された細長い溝

今後、困難な課題に対処するにあたり、単一の決定的な対策に頼るのではなく、当該対策が間に合わない場合や期待通りの効果を発揮しない場合に備え、効果が限定的な対策であっても、多様な対策を柔軟に検討することが必要である。

◎対話力：

トリチウムの濃度が高いことを5月31日に最初に認識したが、

- ・ルテニウムという見慣れない核種が検出され、試料の汚染が疑われたこと
- ・満潮時と干潮時の測定結果をセットで評価する必要があったこと
- ・至近に測定ミスがあったことから、測定結果について慎重に確認する意識が強かったこと
- ・ストロンチウム90の測定結果が6月19日朝に判明すること
- ・対策も合わせて説明する必要があると考えたこと

等から6月19日公表となってしまった。測定と評価に関する組織間の連携や情報共有、社内論理に拘泥等の問題があったが、更にその前提として「自ら積極的に説明する」という姿勢が不足していた。

今後、トレンチ内に滞留している高濃度汚染水の処置のように解決が困難な課題について、リスクの存在について規制当局や地元自治体などの関係機関と共有し、問題解決のために衆知を結集するコミュニケーション力が必要である。

<まとめ>

以上3件の事故トラブルにおいても、その背後要因には過酷事故や津波に対する事前の備えが不足した原因から導かれた「安全意識」、「技術力」、「対話力」の3つの課題があると考えられます。

福島原子力事故によって大きく破損した設備を安全に廃止していくにあたっては、さまざまな制約条件があり決して容易なことではありません。したがって、現場第一線はもとより組織全体の安全意識を高め、リスクを見逃さないようにするとともに、全体的なリスクの最小化を図ることが極めて重要です。このため、経営層や原子力リーダーは、より一層のリーダーシップを発揮し、組織全体の安全意識を高めるとともに、対策が困難なリスクに対する組織横断的なプロジェクトマネジメントを行うために、管理責任者の設置や人的リソースの再配置等を実施していきます。

一方、現場技術力については、不十分な点が見られますが、引き続き直営作業の拡大や緊急時対応訓練等を通じて一人ひとりの能力を高めていく必要があります。この現場技術力をこれまで以上に加速して育成・維持するために、原子力リーダーがリーダーシップを発揮してまいります。また、新技術の導入時には信頼性が期待通りではないことが多く、社内はもとより、社外からも多くの知見を動員して、リスクが顕在化した場合の備えも含めて対策を検討する技術力が必要です。

更に、複数の対策の中から優先順位を付けざるを得ない状況下では、福島県のみならずが望まれていることを共有しつつ、発電所全体に残っているリスクを規制当局等と十分に議論していくための対話力を経営層、原子力リーダーから現場第一線の技術者まで持たなければなりません。特にこの対話力の面で、原子力リーダーおよびリスクコミュニケーターが果たすべき役割は大きく、率先して実施していきます。

したがって、引き続き対策1「経営層からの改革」、対策3「深層防護提案力の強化」、対策4「リスクコミュニケーション活動の充実」および対策6「直営技術力強化」に重点的に取り組み、改善を実施していきます。

前述のようにトラブルが発生している状況を踏まえ、原子力安全改革プランを一つ一つ着実に実施していくことと合わせて、更に加速させていく必要があります。

また、対象期間中に発生した事故トラブルについても丁寧に振り返りを行い、原子力安全改革プランの各対策の妥当性や進捗度を確認し、改善を継続してまいります。

現在、福島第一原子力発電所では、「福島第一信頼度向上緊急対策本部（本部長：廣瀬社長）」の下、徹底的な現場調査に基づく設備リスクの把握および運営管理上の問題点を洗い出し、対策を検討し優先度を定め計画的に対策を講じているところです。この間、原子炉への注水不全リスクなど重点的に対応すべき設備関連のリスクの顕在化は防止できており、引き続きこのリスク管理プロセスを有効に機能させ、業務関連のリスクの顕在化の防止や、各リスク対策の優先度の見直し等を図っていきます。

4. 福島原子力事故における未確認・未説明事項の調査状況

事故の進展およびそれに伴う損傷の発生箇所、程度、原因等についての未確認・未説明な事項に対するアプローチとして、既存の記録・データ等の更なる分析・再評価や現場調査をこれまで実施してきており、主に以下の成果が得られています。

- ・ 福島第一原子力発電所 1～3 号機の炉心損傷状況の推定について（2011 年 11 月 30 日 旧原子力安全・保安院 技術ワークショップ発表）
〔 1～3 号機における圧力容器の状況と損傷・溶融した燃料の落下状態を推定した。（1 号機は格納容器下部にほとんどの燃料が落下し、2、3 号機についても一部の燃料は格納容器下部に落下したと推定等） 〕
- ・ MAAP¹⁵による 1～3 号機の事故シーケンスの詳細解析について（2012 年 7 月 23、24 日 旧原子力安全・保安院 技術ワークショップ発表）
〔 推定を含め明らかになった情報（運転員による操作、プラント設計情報からの推定等）をもとに解析を実施し、事故時のプラント挙動を再現した。 〕
- ・ プラント状態把握のための各種アプローチについて（2012 年 7 月 23、24 日 旧原子力安全・保安院 技術ワークショップ発表）
〔 ロボットやファイバースコープによる現場調査結果などをもとに、1～3 号機の圧力抑制室からの漏えい状況を推定した（1、2 号機圧力抑制室は漏えい発生と推定、3 号機の圧力抑制室はほぼ健全と推定）。 〕
- ・ 福島第一 3 号機の減圧挙動について（2013 年 3 月 27 日 日本原子力学会発表）
〔 事故当時のプラントパラメータや原子炉の減圧機能の作動ロジックをもとに、事故当時（2011 年 3 月 13 日）の 3 号機の原子炉急速減圧がどのようなメカニズムで発生したのかを推定した。 〕
- ・ 福島第一原子力発電所 1 号機における電源喪失および非常用復水器の調査・検討状況について（2013 年 5 月 10 日公表）
〔 異常事象の発生を検知してデータを自動的に収集する過渡現象記録装置内に残されていたデータを確認したところ、1 号機非常用ディーゼル発電機は津波によって交流母線が機能喪失するまで動作していたこと（地震で損傷していない）等を確認した。 〕

このほか、1 号機非常用復水器の複数回に及ぶ現場調査による損傷の有無の確認や、4 号機原子炉建屋 4 階の現場調査（4 号機爆発原因の調査）も行ってきました。

¹⁵ Modular Accident Analysis Program（シビアアクシデント用事故解析コードの一つ）



1号機非常用復水器本体脇を調査
(2011年10月18日)



4号機原子炉建屋4階床の状況調査
床面が下方方向へ凹んでおり爆発が4階で発生したと推定(2011年11月10日)

今後も、廃炉作業等によって重要な証拠が失われることがないように注意しながら、工業用内視鏡やロボット等を活用して格納容器内部の調査等の現場調査を計画的に進めていきます。

なお、現在検討している未確認・未解明な事項に関する主な評価・調査は、以下のとおりです。

- ・消防車による原子炉圧力容器への注水量
- ・溶融炉心-コンクリート相互作用の反応の程度に関する評価
- ・原子炉圧力低下時の3号機高圧注水系の運転状態の評価
- ・事故進展に対応した放射性物質の放出挙動 など

引き続き、既存の記録・データ等の分析・再評価および現場調査により、未確認・未解明事項の解明に努め、その結果を公表するとともに、あわせて、先般国に設置された「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会」にも積極的に協力してまいります。

おわりに

原子力安全改革プランに示したとおり、原子力部門のもつ構造的な「負の連鎖¹⁶」を遮断するだけでなく、経営層全体のリスク管理の甘さの克服、会社全体の考え方や判断の尺度の社会とのズレの是正をより強力に推し進める必要があります。

第1四半期としては、特に負の連鎖のスタート地点である「安全は既に確立されていたものとの思いこみ」を断つための「安全意識」の向上として対策1と対策2を実施しました。

ネズミによる停電等を受け、速やかに「福島第一信頼度向上緊急対策本部」を設置したように、社長のリーダーシップにより、課題解決のためのリソースの投入が行われています。また、内部規制組織として原子力安全監視室を設置し、経営層および原子力部門に対する監視・助言が開始されました。今後原子力安全監視室は、リスク管理委員会や原子力リスク管理会議での実際の議論の様子などを通じて、報告書公表前後の安全意識の変化や原子力安全の向上への取り組みについて確認していきます。

一方、6つの対策が展開途上であることを示す事故トラブルが発生しています。個々の事故トラブルに対しては速やかに対策を検討し、改善を図っておりますが、このような事態を招いている背後要因を解決するには、原子力安全改革プランの実施に伴う課題や福島第一原子力発電所が抱えるリスクへの対応などにおいて、さまざまな制約条件の中から優先順位を付けたり、状況の変化に応じて見直したりしていくための「技術力」と「対話力」をより一層向上させていくことが必要と考えられます。

したがって、原子力安全改革を更に加速させていくために、引き続き経営層自らがリーダーシップを発揮し、原子力安全改革プランを着実に実施してまいります。原子力安全改革プランの全体的な進行状況については、今後とも原子力改革監視委員会による客観的な評価を受け、それを踏まえた改革を進めていきます。また、本改革に関するみなさまのご意見・ご感想がございましたら、東京電力ホームページ等からお寄せください。

原子力事業者として、社会のみなさま、福島県のみなさまからの信頼を取り戻すべく「福島原子力事故を決して忘れることなく、昨日よりも今日、今日よりも明日の安全レベルを高め、比類無き安全を創造し続ける原子力事業者になる」という決意の下、引き続き原子力安全改革に取り組んでまいります。

以上

¹⁶ 「安全は既に確立されたものと思ひこみ、稼働率などを重要な経営課題と認識した結果、事故の備えが不足した」という連鎖の構図のこと。原子力安全改革プランではこれらを複数箇所、同時に断ち切る6つの対策（ハサミ）を用意している（9ページ参照）。