

原子力の安全規制の最適化に関する研究会

第 7 次海外調査報告書

(米国 OLM 調査)

(訪問期間 2010 年 1 月 18 日 (月) ~1 月 22 日 (金))

2010 年 3 月

日本機械学会第 7 次海外調査団

原子力の安全規制の最適化に関する研究会

日本機械学会 米国 OLM 調査の総括と提言

【総括】

今回米国の2発電所を訪問し、OLMの現場レベルでの対応状況について調査を行った。いずれの発電所も所員の方々が自信を持ってOLMを実施しており、OLM実施時の安全性についても様々な面から対応がとられていることを実感した。

米国では1980年代後半より計画的な予防保全として多数の機器に対するOLMが実施されており、そのうち安全系の機器についてはAOT（許容待機除外時間）の範囲内でのOLMが行われてきた。また、1991年発行（1999年改正）の保守規則対応の元でOLMに伴うリスクの評価と管理が実施されてきている。

プラント運転中の安全系機器の保守においては、米国で実施されているように、CDF（炉心損傷頻度）等のリスク情報の活用を踏まえ、十分な事前の計画やリスク管理措置などの実施によって、リスクの増分は十分抑制することができる。加えて、OLMの実施に伴う作業の平準化等によって保守作業の品質が強化できるといった利点もある。従って米国では、総合的に見てプラントの安全性、信頼性の向上をもたらすという点で、OLMは有効な予防保全方策と認識されている。

以下に、今回の訪問を通じて見聞きしたことを中心に整理し、それらを踏まえた有効な予防保全方策としてのOLMの導入のための提言を示す。

- **South Texas Project** 原子力発電所（PWR）では、安全系はN+2の思想で設計されており、この特長を生かしたOLMが実施されている。非常用ディーゼル発電機はユニットごとに100%能力のものが3台設置されて、これとは別に、1、2号機共用の50%能力の移動可能なディーゼル発電機が確保されている。OLMの実施に当たっては、許容待機除外時間（AOT）の設定においてリスク情報が活用されている（リスク管理 Tech. Spec. (RMTS) の導入）。
- **River Bend** 原子力発電所（BWR）ではN+1の設計ではあるが、OLMの導入は進んでいる。発電所長からは、OLMを実施した場合の安全性について、「OLMにより停止時に集中して実施している保守・検査作業を年間を通じて平均化することが可能となり、安全性向上が図れている。」との認識が、以下の観点から示された。
 - ・かつては保全作業のほとんどを燃料交換停止時に行っていたため、同一時期に多数の作業が輻輳していたが、今では全保全作業の8割をOLMで行うことで計画的に保全作業が行われるとともに年間で平準化でき、プラント・機器を熟知している常駐でかつ

優秀な作業員を選んで作業することができるようになった。

- かつて燃料交換停止時に安全系機器の保全を行っていたときは同一日に複数作業が集中していたが、OLM 導入により管理者も個々の作業に管理の目が行き届くようになり、これらの結果として発電所の安全と品質が向上できた。
- 安全・品質の向上については、ある 1 つの施策により改善されたのではなく、様々な施策の積み重ねによるものであると考えている。
- 燃料交換停止時の作業は炉心が臨界状態ではないので安全であるといえる。ただし、燃料が装荷された状態で原子炉圧力バウンダリーの開放が行われたり、格納容器の開放が行われている。OLM ではこのような状況が無いため安全面での有利性があることも認識すべきである。

○また、**South Texas Project** 原子力発電所でも、プラント停止時に短期的に保全を行うと時間に追われる面もあるが、OLM では十分な計画がなされ、時間的にも余裕を持って行うことから、精神的にリラックスでき、対象業務に集中できるというメリットがあるとの話があった。

○両原子力発電所とも OLM を実施する場合には、その計画段階及び実施段階で様々なリスク管理措置が行われている。

- ① 1 年間の計画を立て、28 週間ほど前から具体的な計画に入り、12 週間ほど前から詳細計画に基づく準備が進められている。
- ② 安全性を重視し、概ね AOT の 1/2 の時間内で OLM が完了する計画を立てている。作業時間が計画の時間を超える場合にはリスクを計算し作業の延長が可能である。
- ③ 事故緩和機能をより確実にするために他系統（機器）の健全性について事前に確認している。
- ④ 作業時の炉心損傷リスクを計算するリスクモニターを用いて、リスクの評価と管理を確実に実施している（特に **South Texas Project** では、自前のリスクモニターとリスク管理 Tech. Spec.を開発・導入し、OLM 作業期間の延長時の規制当局への説明にも活用している）。
- ⑤ 重要機器の保守作業についてモックアップによる訓練を実施し、予備品を用意している。
- ⑥ OLM 実施中に運転中の他系統（機器）の機能が人為的な不注意等により損なわれないうような十分な措置を行うとともに、万一それらの機器にトラブルが発生した場合の対応について体制を確保する等の安全確保体制がなされている。

- ⑦ OLM 対象システムが有する緩和機能が必要となるような事象を引き起こす可能性のある領域での他作業の最小化を図っている。
- ⑧ 管理職が朝一番で会議を行い、プラント・作業の状況、リスクの状況等について共通認識を持つとともに必要な対応を行っている。

【提言】

今回の調査結果より、訪米 OLM 調査団は以下を提言する。

- ① OLM は計画的予防保全として有効な手段であり、日本でも導入すべきである。規制側もリスク許容基準など OLM 実施に対する枠組みを明確にしておくべきである。
- ② OLM の導入により、作業の平準化が図られ、それに伴い優秀な作業員の確保、作業に管理の目が行き届くことなどによって保守環境が改善され、総合的な安全性を向上させることができる。
- ③ ただし、OLM を導入するに当たっては、十分な検討を行い、段階的に実施すべきである。
- ④ OLM の実施にあたっては、安全性、信頼性を確保するための綿密な計画を策定することが重要である（他系統の健全性確保のための十分な措置、トラブル発生時の体制及び具体的対応、予備品の確保等）。
- ⑤ 発電所長から作業員までが OLM の重要性及び安全性並びにリスクについて認識して、総合的な安全性を向上させることが重要である。
- ⑥ OLM を実施する作業員の技術能力向上の面から、作業員への適切な訓練が重要である。
- ⑦ 信頼性向上のためには、設備面の増強も有効である（例：移動可能な 50%容量のディーゼル発電機の保有）。
- ⑧ 将来炉において OLM の有効活用を行うためには、安全系の N+2 設計も視野に入れておくべきである。

目 次

総括及び提言

I. 調査概要

1. 主旨	I -1
2. 主催	I -1
3. 日程	I -1
4. 訪問機関	I -1
5. 参加者	I -1
6. 調査方法	I -2
7. 調査結果概要	I -2
7.1 South Texas Project (STP) 原子力発電所	I -2
7.2 River Bend 原子力発電所	I -6
8. 事前勉強会	I -8

表-1 日程及び議事項目

表-2 参加者

表-3 事前質問状及び South Texas Project 発電所の回答

表-4 入手資料リスト

II. 議事録

1. STP 原子力発電所 (1月18日午前)	II -1
2. STP 原子力発電所 (1月18日午後)	II -12
3. STP 原子力発電所 (1月19日午前)	II -25
4. STP 原子力発電所 (1月19日午後)	II -30
5. River Bend 原子力発電所 (1月21日)	II -35
6. River Bend 原子力発電所 (1月22日)	II -44

III. 入手資料

IV. 事前勉強会資料

I. 調査概要

1. 主旨

日本機械学会動力エネルギーシステム部門は2005年3月に「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」を設置した。この会は、産官学の関係者が一同に会し原子力の安全規制に関する最新の知見を調査・検討し、今後の安全規制の高度化に資することを目的としたものである。

その中で本調査は我が国が今後取り組むべき重要事項の一つである運転中保全 (On-Line maintenance : OLM) に焦点を当て、既に OLM の実運用に長年の経験を有する米国の発電所を訪問し、現場レベルの OLM の取り組みを多方面から調査したものである。

訪問対象として South Texas Project 原子力発電所及び River Bend 原子力発電所を選んだ。

South Texas Project 原子力発電所はウェスティングハウス社製加圧水型炉2基が運転中でいずれも電気出力141.8万kWである。また、River Bend 原子力発電所はゼネラルエレクトリック社製 BWR/6 沸騰水型炉1基（電気出力103.6万kW）が運転中である。

いずれも OLM を実施しているが、特に South Texas Project 原子力発電所については安全系が N+2 の設計となっていることからその利点を生かし積極的に OLM に取り組み、良好な実績をあげている。

今回は特に米国原子力発電所における現場レベルの OLM の取り組みについて調査することに焦点をあてることとし、調査参加者も現場の第一線で保全に取り組んでいるメンバーを含めた形で構成されている。

2. 主催

日本機械学会 原子力の安全規制の最適化に関する研究会

3. 日程

2010年1月18日（月）～1月22日（金）（5日間） 詳細は表-1の日程参照

4. 訪問発電所

South Texas Project 原子力発電所

River Bend 原子力発電所

5. 参加者

水町渉団長（原子力安全基盤機構技術参与）他総勢17名。詳細は表-2参加者名簿参照。

6. 調査方法

調査は OLM に関する聞き取り調査及び現場立ち会い調査からなり、事前に当方より説明依頼事項を両原子力発電所に送付（表-3）し、具体的な議事次第は先方に一任した。

7. 訪問調査概要

訪問調査の概要を以下に示す。ここの議事内容の詳細は「Ⅱ．議事録」に示されている。また、訪問先より提供された資料一覧を「Ⅲ添付資料」に示す。

7.1 South Texas Project 原子力発電所（STP）

(1) OLM の実施状況

OLM 対象機器、実施のステップ、OLM 実施時の安全確保、リスク評価等の対応について説明を受けた。

- OLM 実施の対象機器は OLM によってトリップや出力低下を起こさないことを条件に選定している。特に STP の場合安全系が基本的に N+2 系統となっているので幅広い機器について OLM の実施が可能である。以前 STP でもプラントの計画停止期間が 3 ヶ月程度であったが、OLM を導入したことによって 1 ヶ月あまりに短縮が図れている。

- South Texas Project では OLM 実施サイクルは 12～13 週間で、この 12 週サイクルに個々の対象機器の実施時期（基本的に 1 週間）を当てはめて行く。当てはめ方は 12 週の各 1 週間を a,b,c,d の 4 グループにわけて機器のトレインを考慮して割り当てていくものである。重要安全系は 3 トレインあるので a,b,c の 3 グループのうちの 1 週間にそれぞれ当てはめ、これを重要週として位置づける。

この当てはめにより異なる安全系トレインの機器は相互に別の週に OLM を実施することになる。

個別機器の作業計画は実施予定週の OLM の実施に先立ち 26 週間前から準備を始め、スケジュール等の調整を行っていき、14 週間前に実施スケジュールを決定する

- OLM の実施時の安全確保に重要なものとして関係者の訓練があるが、STP では職員全員にリスクに関する教育を行うほか、保守部門には特別なヒューマンパフォーマンスのトレーニングが行われる。また、当該保守が始めて実施されるものや高度な技術を要求される場合（溶接等）にはシミュレーター、模型あるいはスペアパーツを使つての模擬練習を行う。
- AOT（許容除外時間：Completion Time：CT ともいう）について非常用ディーゼル発電機を例にとると、米国では当初 7 日間であったが、事業者がリスク評価を行い、NRC が新たに認めた期間として 14 日が設定されている。さらに South Texas Project の特有のものであるが、現在リスク管理 Tech. Spec. (RMTS) を運用しており、上記の Tech. Spec. の完了時間（CT (AOT)）をフロントストップとして使用し、それを超える場合にその

状態でのリスクに基づいて計算されるリスクインフォームドコンプライションタイム (RICT) をバックストップとして使用する (最大は 30 日間) ことが可能となっている。

- OLM 実施期間のリスク評価を継続して実施しており、訪問週には 1 号機で Δ CDF は非常用ディーゼル発電機等の OLM 実施が計画されており、それによる Δ CDF は週の初めに対し週末で $4.67e-7$ の上昇との評価が出ていた。
- マネージャー等の中には状況確認、必要な指示を行うため早朝出勤をし、週 4 日で 10 時間/日業務対応を行っているものが多い。毎日 6:30 に関係部門によるデイリーミーティングが行われており、安全、ヒューマン・パフォーマンス、プラント状況等まとめたレポートが毎日 (月一木) 配布される。 レポートは各部門が担当分を作成するが、既にルーチン業務として定着しており、誰かが取り纏めたり、加工したりすることなく、保守管理を支援する計算機システムを利用することで容易にデイリーミーティング用の資料ができあがる。

(2) リスクモニターに関する説明

RAsCaL は、リスクを計算するソフト。レベル 1,2 のリスクモデルで、CDF、LERF を計算する。対象は全ての安全関連設備と BOP の一部が入る。CDF の他に、トリップ確率が計算可能で、更に過渡事象確率も計算できるように改良中 (今年完成の予定)。

RICTCaL は、Tech.Spec. の AOT をリスクから計算するソフトで、リスクインフォームド・コンプライションタイムが計算される。運転員にその場のコンフィグレーションに応じて計算される AOT の限度値を知らせる。BOP はモデルに入っていない (いずれは入るかもしれない)。

いずれも所内で開発したもので、以前はエクセルベースのソフトであったが、それが ORACL などの db 利用に変わり、そして現行のソフトに進化した。

RASCAL では、各機器がファンクショナル (機能を有する) かどうかが重要となる。それに対して、RICTCaL ではオペラブルかどうかの問題となる。

二つのソフトでは、共通のデータベースが用いられる。

RICTCaL は不測の状態が起きたときに、従来の CT (フロントストップと呼ばれる) を超えて、リスク上許容可能な待機除外の時間 (RICT) を計算する (バックストップの最大は 30 日間)。あくまでも想定外の事態に対処するもので、これまでに 1 回、エッセンシャル冷却水系の保守作業時にこれを使用した経験がある。

(3) 予備品の保有

STP では、1・2 号機合わせて 1 億ドル (約 100 億円) 以上の予備品を有しており、ポンプ、モータなども一式で所有している。予備品の保有基準は安全・発電継続等の観点から設備の重要度 (高、中、低) を決め、重要度が高または中の設備については、予備品が必要と判断している。また、設備台数の 25% を原則として所有するようにして

いる（例えば 10 台の弁が使用されている場合、2～3 台を予備として所有）。また、過去の経験からも決めている。

予備品の基準については、INPO や EPRI のガイドライン「NP 6 4 0 8 : Guidelines for Establishing, Maintaining and Extending the Shelf Life Capability of Limited Life Items」も参考にしている。

予備品の調達に関しては、各発電所（米国内）の在庫品リストを収録したデータベース（RAPID）を参照して、入手する場合もある（依頼、購入など）。このデータベースには全米の原子力発電所の在庫品について、パーツ番号、仕様、連絡先の名前などが収録されている。CRDM はシーブルック発電所から入手したことがある。

(4) INPO の AP-913 「Equipment Reliability（機器信頼性）」に基づく STP の活動

STP における機器信頼性の活動は AP-913 に基づくとはいうものの、そのガイダンスを先取りする形で活動が進められている。

AP-913 は、発電所の設備の信頼性をその寿命期間にわたって、高いレベルに維持していくためのプロセスを示したガイダンス文書である。その要素は、「重要機器の確認」から始まり、「予防保全の実施」、「パフォーマンスの監視」、「是正措置の実施」、「継続的な機器信頼性の改善」、「長期のサイクル管理」という 6 種類が含まれる。

STP では、過去 1 年間の機器信頼性の成果を出力運転の履歴、計画外出力喪失、発電所の信頼性指標、機器信頼性クロックリセット、などの指標で監視している。

同所で機器信頼性の取り組みが成功している原因には、機器信頼性に関して長期間の努力を継続していること、日常的に機器信頼性に注目をおいていること、高い優先度を置いた発電所の体制、にあるとしている。

(5) 現場立ち会い調査

調査団訪問の週には 1 号機の非常用ディーゼル発電機及びエッセンシャル冷却水系ポンプ等の OLM を実施しており、これらの機器の作業現場に立ち会った。いずれも 1 週間以内で OLM が終了する工程で進められていた。非常用ディーゼル発電機は 100%容量のものが 3 基設置されており、N+2 の対応となっているが、さらに 1,2 号機共用で移動可能な非常用ディーゼル発電機を備えており、OLM 時の安全確保の対応がとりやすいものとなっている。

立会日は初日であったためと思われるが 8 人程度の作業者が対応しており、いずれもが STP の職員ということであった。エッセンシャル冷却水系ポンプについては取替えを実施しており、取替え用のポンプはすでにワークショップで整備され、待機状態であった。当該ポンプは冷却用的人造湖（リザーバー）に面した建屋内にあり、ポンプの取り出し、組み込みには自走式クレーンを使用していた。これはクレーンを常設した場合の経費と比較してこの方法をとっているとのこと。

OLM とは直接関係無いが特徴的なものとして以下のものがあつた。

- タービンフロアには屋根が無いこと
- リザーバーの洪水による建屋内浸水を防ぐため格納容器の機器搬入口等が高いレベルに設置されていること
- 使用済み燃料ピットに超音波により燃料表面の CRUD を除去する設備を設けていること
- 使用済み燃料ピットの冷却能力が喪失した場合あるいは周辺の火災を想定して消火栓からホースにより使用済み燃料ピットに向けて放水できる設備が設置されていること

7.2 River Bend (RB) 原子力発電所

(1) 発電所長 Eric Olson 氏の説明

かつては保全作業のほとんどを定検時に行っていたため、同一時期に多数の作業が輻輳していたが、今では全保全作業の 8 割を OLM で行うことで保全作業が年間で平準化でき、定検用に臨時の作業者を雇用することもなく、プラント・機器を熟知している常駐の作業者のみで作業することができるようになった。

我々管理者も、かつては同一日に複数の立会い等があると、個々の作業に目が届かないことがあったが、OLM 導入により個々の作業に管理の目が行き届くようになり、これらの結果として発電所の安全と品質が向上できた。

安全・品質の向上については、ある 1 つの施策により改善されたのではなく、様々な施策の積み重ねによるものであると考えている。

(2) OLM の放射線管理

被ばくリスクの低減のために Hot-Spot（高線量率箇所）の内、影響が大きいもの（Hi-Impact）の 50%（60 箇所⇒30 箇所）をなくした。Hot-Spot の削減には系統フラッシング、サプレッションプール、SFP の除染などを実施している。

年間作業線量管理では、OLM の方が線量管理がしやすい。今後の課題は定検作業部分における線量低減である。

各作業では、24 週間前から PTW の準備を開始し、10 から 6 週間前に放射線管理グループを交えて PTW の評価を行い、6 週間前で作業計画 10mRem 以上の作業について保全部と放管部でウォークダウンを行う。3 週間前に全ての RWP は完成され、2 週間前で OLM 担当の放管スーパーバイザに引き継がれる。作業週では、OLM 担当の放管スーパーバイザは朝 6 時半の早朝会議「Plan of day Meeting」で当日作業における線量低減に関する説明を行い、作業後は計画線量と実際との差異分析を行い翌日の早朝会議で報告する。早朝会議の後 7 時から各部門でのミーティングを実施する。

発電所エンジニアの勤務は、10 時間/日、4 日/週、で金土日が休日だが、必要な情報は携帯・インターネットに送られ外部から確認できる。

OLM 等で高線量エリアの監視に用いる 3 台のロボットを開発した。2 台が陸用でヒータールームや蒸気漏れ原因調査等に、1 台は水中用でサプレッションチャンバー、使用済み燃料プール等の点検用に使用している。

OLM で線量が多い作業は、CUW 関連、燃料プール関連(前サイクルで燃料リークがあったため)、CD(CF?)関連作業であり、定検での Worst10 は、CRD 関連、PCV 内 ISI 関連、CUW 関連、RHR 関連作業である。

(3)原子力の安全性について

プラントの安全を確保するため INPO の安全文化の 8 つの原則に従っている。また、OLM, Outage (停止時) のいずれにおいても常に、作業安全、放射線安全等、安全に留意している。

原子力の安全文化の中でいかに停止時の期間を短くできるかということを考えている。

2009 年の事業計画には安全性の観点が含まれている。2009 年の事業計画は、①作業パフォーマンスの向上、②分析、計画の強化、③メンテナンス技術の再評価を盛り込んでおり、2010 年の事業計画は、2009 年の 3 つの方針の他に④回復計画 (Excellence へ向け)、⑤安全強化、⑥原子力文化の強化、⑦労働環境の改善等の 9 つの重点項目がある。我々の業績も回復から Excellence に向けていく。

RB も過去はパフォーマンスが低い時期があったが、現在は高い。この高いパフォーマンスを維持することを考えている。RBS の 2009 年の事業計画は組織全体で前向きに進んでいこう (後ろは振り向かない) ということを表しており、我々がイニシアティブをとるとともに、業界全体のベストプラクティス、また Entergy 内でのベストプラクティスを学んでいくこととしている。

(4) メンテナンスのサイクルプランについて

6 年サイクルでメンテナンスのサイクルプランを立てている (日本の CBM)。その中で、システムだけではなく、コンポーネントについての停止時のメンテナンスも計画している。

6 年間を見通し 3 台ある機器は 2 年毎に 1 台点検する等、点検台数の平準化をしている。

基本的には一定期間ごとにメンテナンスを実施するが、先のメンテナンスの結果が良くなかった場合、On line 情報で異常が見られる場合には、それらの結果を反映させて頻度、期間を調整する。

予防保全の計画においては、ハリケーンの時期を避ける等、季節性も考慮している。例えば夏の間は、発電出力が低下することを避けるために、特定のコンポーネントの点検は実施しない。また、ディーゼル機関であれば 11 月～12 月に毎年点検を行う。メンテナンス部門はこの時期に向けて、作業員の残業等も考慮して作業の体制を整えていく。

これまでは燃料取替えサイクル (定検間隔) は 18 ヶ月であったが、今年の 1 月から 24 ヶ月とする計画。

予防保全と事後保全の割合はおおよそ 8 : 2 である。

作業に入るまでの事前の対応として 2 8 週間前から細かなスケジュールをたてて、打合せを行いながら活動している。

- ・ T-28～1 まで様々な会議の実施等。被ばく量の検討も実施する。
- ・ T-15 の段階でメンテナンス部門がどのような修理を追加するかが検討
- ・ T-15～0 まで、メンテナンスの内容は随時変更され随時対応していく。

- ・ T-4 は、メンテナンスの内容確定の確認のため、ウォークダウン。
- ・ T-0 が実施の週。6:30 から責任者が集まって予定と実績について確認する。
- ・ 作業週が終わると反省会を実施する。完了した作業の割合、完了できなかった作業についての理由の検討、改善。被ばくについて予測線量と実測線量の差異の評価。

(5) PM について

PM に際してはまずコンポーネント毎にチェックリストがあり、そのチェックリストによって機器の重要度 (Criticality) が決まる。機器の重要度については、プラントの全機器に対して評価している。

コンポーネント毎に使用時間・環境等を考えて分類化し、EPRI のテンプレートにあてはめて、PM 上の戦略を立てている。PDM として EPRI のテンプレートに推奨が書かれており、サーモグラフィ、オイル分析、振動測定を行っている。

コンポーネントを 4 分類に区分する。重要度は、高、低、Non-critical, Run to Failure の 4 分類がある。ほとんどが INPO の分類をもとにしている。

OLM に際して、メンテナンス部門は T-15 の週からコーディネートが始まる。T-6 でエンジニアリングの形が整う。T-2 になるとメンテナンスのスーパーバイザーの責任のもとコーディネートが進められる。

作業員の訓練は 18 ヶ月にわたって行われる。INPO で認可されているプログラムであり 18 ヶ月の働けば、作業の資格が得られる。INPO は我々のプログラムを 2 年毎に評価している。

(6) PRA について

米国原子力発電所では PRA を使用してスケジュールをたてており、River Bend ではソフトウェアは EPRI のものに変更を加えて使用しており、CDF の計算も可能。現在 PRA レベル 1 のみの解析であるが、レベル 2 についても数年先には実施できるようにする。プラント停止時のリスク評価は、崩壊熱の除去等について評価するものであるが、他のプラントよりもよくできていると思う。

マネージャー、オペレーターもソフトウェアを使う。作業週の 6 週間前に、リスクが高いことがわかった場合、細かく計算していき、安全性を改善する場合には、スケジュールを変える場合もある。

(6) 現場立ち会い調査

1 月 21 日 (運転中) の保守作業は、使用済み燃料プールでの燃料 SHIPPING (漏えい検査) と、タービンデッキでの復水フィルター (Condensate Filter Demineralizer) の交換が予定されており、それらを含む以下の箇所を見学した。

管理区域立ち入りに際し各作業者には計画作業の予想線量と線量限度などを記載したト

リップチケットという書面を渡されるが、今回我々が行なうツアーの場合は、発電所所員（ガイド）がこれを所持した。また、管理区域への入域に当たっては、電子線量計の初期化およびRWP情報の入力をおこなった。入域装備は一般服であり、手袋、専用靴、専用服などは着用しない。但し、ヘルメット、保護眼鏡および安全靴の着用義務があり、皮手袋、耳栓を携帯する。チェックポイントには大型のモニタが設置されており、管理区域内に設置された約400台の監視カメラの画像が線量率、空气中汚染濃度とともにリアルタイムで表示されている。画像は切替え可能であり、所員のPC上でも確認が可能である。

（見学箇所）

PPゲート

入退域管理室（リモートモニタリングモニター）

タービンビル内（復水ポンプフィルタ、サービス水冷却系、サンプルステーション、HWC現場盤、RHR-A防護表示、CRDM入口等）

タービンオペフロ

8. 事前勉強会

平成21年12月11日（金）15:30-17:30（独）原子力安全基盤機構会議室にて訪米調査参加者が集まり、日本エヌ・ユー・エス伊藤氏より資料「米国におけるオンライン保守」に基づく説明が行われた後質疑応答を行った。

表-1 日程及び議事概要

月 日	訪問先	議事事項
1月18日	South Texas Project 原子力発電所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転中保全に係る具体的対応 ・ 機器信頼性 ・ 非常用 D/G、エッセンシャル冷却水ポンプの OLM 現場等非管理区域全般の現場調査
1月19日		<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用済み燃料ピット等管理区域内現場調査 ・ リスク管理ソフト ・ 予備品について ・ INPO の AP-913 「Equipment Reliability」 に基づく機器信頼性への取り組み
1月20日	移動	
1月21日	River Bend 原子力発電所	<ul style="list-style-type: none"> ・ OLM の放射線管理について ・ 使用済み燃料ピットにおける燃料 SHIPPING 等現場調査
1月22日		<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子力の安全性について ・ メンテナンスのサイクルプランについて ・ PM について

表-2 訪問調査参加者

組織	氏名	所 属
原子力安全基盤 機構	水町 渉 [団長]	技術参与
北海道大学	奈良林 直 [副団長]	大学院工学研究科教授
北海道電力	河本 貴寛	泊発電所機械保修課
東京電力	滝沢靖史	E P R I 駐在
中部電力	水野道太	浜岡原子力発電所 保修部 設備保全課
北陸電力	放生 潤	志賀原子力発電所 保修部課長（保守高度化担当）
関西電力	北条隆志	原子力事業本部 プラント・保全技術グループ
中国電力	中川 純二	島根原子力発電所 機械保修課
東芝	濱田 智広	電力システム社原子力事業部 原子力フィールド技術部 運転プラント担当
日立 GE ニューク リア・エナジー	手柴一郎	原子力品質保証部 原子力プラント品質保証課 課長
日立 GE ニューク リア・エナジー	大城戸忍	日立事業所 原子力サービス部 保全計画グループ 主任技師
三菱重工業	佐藤 寿彦	神戸造船所 原子力保全技術部 計画課
日本NUS	伊藤邦雄	取締役・部門長 エネルギー事業支援部門
日本NUS	藤井 有蔵	エネルギー事業支援部門 技術顧問
ユーレックス	小倉 篤	スタッフ
American Electric Power	David W. Miller	Radiation Protection Dept. Cook Nuclear Plant
通訳	大田マーシャ ルかおり	

表-3 訪問発電所への質問及び South Texas Project の回答 (1/3)

**JSME members' visit to South Texas Project NPP and River Bend NPP
for studying OLM conducted at US NPPs**

1. Candidate discussion items(Questions)

-What systems and components(including instrument equipments) are conducted OLM and what is the principle to select the components to be conducted OLM

This is based on Reactor and BOP trip risk.

-How to plan the long term schedule (yearly and 13weeks) of OLM

Functional Equipment Groups are assigned to a specific rolling 12 work week.

-What is OLM working procedure (planning, implementation, evaluation and improvement)for the specific components, especially for the components which are conducted OLM on the day we visit.

Bill Taylor provided a list of work being performed during the visit. Copies of the work packages can be provided if necessary. The packages are developed and work is performed in accordance with ZA-0090 (Work Process Program) and MG-0006 (Work Execution and Closeout)

-What are the additional measures (in view of both hardware and software) to maintain the plant safety during conducting OLM and how to evaluate the effect of these measures to plant safety

ZA-0604 (Probabilistic Risk Assessment Program) is used to model specific plant configurations based on equipment out of service due to maintenance being performed.

-What is the training for the personnels being engaged to the OLM and what are the measures to prevent the human error during performing OLM.

Performance Improvement Department (Alec McGalliard) has established an multitude of processes to improve human performance.

-What is the usage of risk monitor.

ZA-0604

-What is the principle or criteria of the isolation boundary at OLM.

PGP03-ZO-ECO1 and ECO1A (Equipment Clearance Order Procedure)

表-3 訪問発電所への質問及び South Texas Project の回答 (2/3)

-What are the measures to conduct OLM efficiently and effectively(e.g. procurement and storage of spare parts, usage of work shop, tools for performing the OLM efficiently)

ZA-0090 and the 14 week schedule review and implementation process.

-What does the regulatory authority correspond for OLM (For example,how does the regulatory authority check that each OLM complies with maintenance rule)

Engineering tracks system availability to ensure it complies with the maintenance rule using the scheduled activities. The NCR reviews the system availability reports and assigns a grade to each system.

-How to decide the maintenance time cycle of the specific components.

This is determined by engineering through the PMRT (Preventative Maintenance Review Committee) Ref WCG-0003 (Planner's Guide)

-How to apply CBM to the specific components.

System Engineering tracks system health to identify specific components. The schedule date is determined using the FEG and the 12 Week rolling schedule to determine component availability.

-What kind of modifications of components or installation of sensor are conducted in order to perform CBM

System Engineering controls system and component health

-In performing CBM, how to evaluate of the degradation of the sealing parts and as-found data.

WCG-0001 (Work Screening and Processing Guide)

-What are the lessons learned obtained in having conducted OLM and CBM, and what are the efforts to improve and expand the OLM and CBM in future

Too many to list.....

表-3 訪問発電所への質問及び South Texas Project の回答 (3/3)

2. The request to each NPP

In order to make the observation of OLM and Discussion with the persons of NPP effective, we would like to ask following items

-We would like to observe the work of OLM conducted on the day we visit (For South Texas Project NPP, Jan 18 and/or 19, and for River Bend NPP, Jan 21 and 22)

Please, inform us of the components and contents of above OLM in advance and if possible, send us the working procedure manual of these OLM

-We would like to observe the facilities and tools which make OLM more efficiently and safely(e.g. storehouse of spare parts, work shop, tools for performing the OLM efficiently)

-We would like to ask NPP persons to take the movie of the OLM works which will be conducted on the day we visit. If it is difficult to take the movie, is it possible to take still picture by digital camera?)

(Remarks)

CBM(Condition-based Maintenance) described in this paper includes following maintenance

(1)monitoring the condition of components by the way such as measuring the vibration of the motor stem and analyzing the lubricant oil etc.

(2) If some trend of degradations of the components are found by monitoring, conduct the maintenance such as overhauling the components, replacing or repair the parts before losing the function of the components.

表-43 訪米 OLM 調査入手資料リスト(2/24 現在)

[South Texas Project]

●事前受け取り電子情報

- ・ JSME question&answer
- ・ 0za0091r9fc0z (OPG03-ZA-0091 Configuration Risk Management Program)
- ・ 0zgrmtsrlfc0z (OPGP03-ZG-RMTS Risk Managed TS Program)
- ・ CRM0450 31486186 PRA (System guideline PRA generic Guideline)
- ・ 0za0090r34fc0z (OPGP03-ZA0090 Work Process program)
- ・ WCG-002r20fc0z (Work Management Schedule)
- ・ 110jan18DCT Planed W97 (Planed Risk Profiles for Unit1week of1/18/2010)
- ・ 210jan18DCT Planed W97 (Planed Risk Profiles for Unit2 week of1/18/2010)
- ・ Unit 1Work Week 10 synopsis for 18Jan
- ・ Unit 2Work Week 10 synopsis for 18Jan

●訪問時受け取り紙資料 (PDF 化)

- ・ STP-01 MEETING AGENDA
- ・ STP-02 DAILY OPERATIONAL FOCUS MEETNG 18 JANUARY 2010
- ・ STP-03 DAILY OPERATIONAL FOCUS MEETNG 19 JANUARY 2010
- ・ STP-04 STP Equipment Reliability (別途電子情報で送付される予定)
- ・ STP-05 MG-0006 Work Execution and Closeout Guideline
- ・ STP-06 STPNOC STP 組織図
- ・ STP-07 M “As-Found” Condition Codes

●Overlay 電子情報

- ・ STPRR-ENG-2-43_1stRAIRESP
(Response to NRC Request for Additional Information on Proposed Alternative to ASME Section XI Requirements for Application of a Weld Overlay)
- ・ STPRR-ENG-2-43_2ndRAIRESP
(Commitment in Support of Proposed Alternative to ASME Section XI Requirements for Application of a Weld Overlay (RR-ENG-2-43) (TAC Nos. MD1 414-1423))
- ・ STPRR-ENG-2-43_3rdRAIRESP
(Response to Request for Additional Information: Proposed Alternative to **ASME** Section XI Requirements for Application of a Weld Overlay (RR-ENG-2-43) (TAC Nos. MD1 414-1423))

- STPRR-ENG-2-43_NRCApproval

(SOUTH TEXAS PROJECT, UNITS 1 AND 2 - REQUEST FOR RELIEF NO. RR-ENG-2-43 FOR REMAINDER OF SECOND 10-YEAR INSERVICE INSPECTION INTERVAL RE: APPLICATION OF WELD OVERLAYS IN PRESSURIZER NOZZLE SAFE END WELDS)

- STPRR-ENG-2-43_STP

(Proposed Alternative to ASME Section Xi Requirements for Application of a Weld Overlay (RR-ENG-2-43))

- D/G 電子情報

- 0dg002r16fc0z (Standby Diesel Generator 5 Year Inspection)

- PRA 電子情報

- OZA0604[1]05x (Probabilistic Risk Assessment Program)

- RASCAL 電子情報

- RICTCaL_RAsCaL_screen images

- SURVEILLANCE 電子情報

- 0ZE0004R25

- 0ZE0013R0

- Surveillance testing program

- 訪問時追加要望資料(直後受領分を含む)

- 1)WCG-0001 Work Screen

- 2)System Diagram showing the configuration of ECP & E-D/G

- 3)WCG-0003 Planners Guide

- 4)Diesel Generator Maintenance Program (Full Scale & 5 Years Cycle OLM)

- 5)PGP03-ZO-EC01-EC01A Equipment Clearance Order Procedure)

- 6)Engineering Documentation on Equipment Reliability

- 7)SEG-0002 Engineering Program for Maintenance Rule

- 8)SEG-006 Equipment Reliability Diagram

- 9)13 Week Schedule Chart

- 12)Raser?

[River Bend]

●訪問時受け取り電子情報

- One year cycle plan
- 2 Year Cycle
- EN_WM_102 (Work Implementation and Closeout)
- EN_WM_104--000 (On Line Risk Assessment)
- EN_WM_105--006 (Planning)
- EN_WM_107--002 (Post Maintenance Testing)
- EN-WM-101 (Work Request (WR) Generation, Screening and Classification)
- EN-WM-101 (On-line Work Management Process)
- EN-WM-109r3 (Scheduling)
- One year cycle plan
- T-01 schedule (DAILY ON-LINE SCHEDULE)
- T-05schedule (T-5 On-line Schedule By System 22-Feb-10 - 28-Feb-10)
- T-meeting Poster (Work Management Cycle Matrix)
- Week 1 (Work Week Overview 01/25/10 - 01/31/10 ** Div III (Week 1004) **)
- Wk. Mgmt Academy Training Slides (Work Management Process)
- Work Management Academy Flowchart (Entergy Work Management Process)
- Work Week Sponsor Packet (Summary of Role and Expectations for Work Week Sponsors)

●ENTERGY紙資料 (PDF化)

- RB-01 RISK MANAGEMENT PROGRAM IMPLEMENTATION RISK ASSESSMENT
- RB-02 SHUTDOWN OPERATIONS PROTECTION PLAN
- RB-03 On line Risk Assessment
- RB-04 Reload Process
- RB-05 River Bend Plant Data Review Integrated Mid-Cycle Assessment Plan
- RB-06 RBS原子炉压力容器等構造図
- RB-07 Work Management Cycle Matrix
- RB-08 Daily Dose Report
- RB-09 PM's by System
- RB-10 RBS概要 (Nuclear Fact Sheet/Facility Statistic)
- RB-11 Site VP,RBS
- RB-12 REACTOR RECIRC PUMP N-7500 MECHANICAL SEAL

- RB-13 EC1551 MATERIALS OF CONSTRUCTION N-7500 SEAL CARTRIDGE ASSEMBLY
- RB-14 INSTRUCTION MANUAL TM-0213 TWO-STAGE N-7500 SEAL CARTRIDGE
- RB-15 構造図N-7500 SEAL CARTIRIDGE

●INPO関連紙資料（RIVER BENDより受領）（PDF化）

- INPO-01 Guideline for Achieving Excellence in Nuclear Fuel Performance
- INPO-02 Engineering Organization Success Factors
- INPO-03 Excellence in the Management of Design and Operating Margins
- INPO-04 MANAGING CORE DESIGN CHANGE
- INPO-05 SOER Managing Core Design Changes Recommendation 1
- INPO-06 SOER Managing Core Design Changes Recommendation 3
- INPO-07 SOER Managing Core Design Changes Recommendation 4
- INPO-08 SOER Reactivity Management
- INPO-09 SOER90-2, NUCLEAR FUEL DEFECT
- INPO-10 SOER NUCLEAR FUEL DEFECTS(CA34)
- INPO-11 SOER NUCLEAR FUEL DEFECTS(CA35)
- INPO-12 Principles for a Strong nuclear Safety Culture
- INPO-13 Excellence in Human Performance

● 訪問後受領資料

- All PM and STP System 257



写真-1 South Texas Project 原子力発電所にて
前列向かって左から 濱田、佐藤、奈良林副団長、水町団長、Miller氏、伊藤
後列向かって左から 藤井、小倉、河本、中川、放生、大城戸、水野、北条、手柴、滝沢



写真-2 River Bend 原子力発電所にて

前列向かって左より 濱田、奈良林副団長、水町団長、Miller 氏、伊藤

後列向かって左より 藤井、小倉、中川、北条、大田、滝沢、放生、大城戸、水野、河本、佐藤、手柴

II. 米国 OLM 訪問調査個別議事録

1.日時：

平成 22 年 1 月 18 日（月） 9：30 ～12：00

2.場所：

South Texas Project (STP) NPP

3.出席者：

【South Texas Project NPP】

WILLIAM T. BULLARD, Senior Advisor Chemistry/Environmental/Health Physics

J. RUSSELL LOVELL Manager, Information management

LYNN DAVIDSON Supervisor, IC/Electrical planning

DANIEL W. MARQUARDT Work Control Scheduling Supervisor

BRULE MANKEY Work Control (Operations)

ERNIE KEE Risk Management

【機械学会訪米調査団】

水町（原子力安全基盤機構），奈良林（北海道大学），河本（北海道電力），滝沢（東京電力），水野（中部電力），放生（北陸電力），北条（関西電力），中川（中国電力），濱田（東芝），手柴（日立 GE），大城戸（日立 GE），佐藤（三菱重工），伊藤（日本エヌ・ユー・エス），藤井（日本エヌ・ユー・エス）

【その他出席者】

David W. Miller(American Electric Power)、三浦(通訳)、小倉 (ユーレックス)

4.資料：

資料-1：JSME question & answer

資料-2：Configuration Risk Management Program

資料-3：Risk Managed TS Program

資料-4：System guideline PRA generic Guideline

資料-5：Work Process program

資料-6：Work Management Schedule

資料-7：Planned Risk Profiles for Unit1 week of1/18/2010

資料-8：Planned Risk Profiles for Unit2 week of1/18/2010

資料-9：Work Execution and Closeout Guideline

5.議事概要

5.1 挨拶および自己紹介

STP の William Bullard 氏が歓迎の意を、水町団長が訪問の目的の説明、受け入れに対する謝意を表した後、日本より持参した兜を水町団長より William Bullard 氏に手渡した。

日米双方の会議参加者が自己紹介を行った後、事前に日本側から提出した OLM 質問状に沿って STP 側からの回答及びディスカッションが行われた。

5.2 事前質問に対する回答

(1)OLM を実施する対象システムの選定

STP でも OLM 実施前には機器の保守のために3ヶ月程度の停止が必要であったが、OLM を導入することによりこれを1ヶ月程度に縮めることが出来た。(STP-1 の運転パフォーマンスを表-1 に示すが近年の稼働率は約 90%あるいは約 100%となっている。)

OLM 導入に際しまずどの機器が OLM で保守が出来るかを評価した。その場合の基準として作業が AOT (許容待機除外時間) の範囲で実施可能なことはもちろんであるが、そのほかに、出力低下が不要で、トリップを起こさないことがあげられる。これらのリスクはどの程度のものかを検討し、対象機器を決定し、OLM のスケジュールを立てた。

(2)OLM の長期実施スケジュール

STP では OLM 対象機器の範囲を考えると OLM の実施サイクルは12~13週間となる。この12週サイクルに個々の対象機器の実施時期(基本的に1週間:月曜日0時から次の日曜日の24時)を当てはめて行く。当てはめ方は12週の各1週間を a,b,c,d の4グループにわけて機器のトレインを考慮して割り当てていくものである。重要安全系は3トレインあるので a,b,c の3グループのうちの1週間にそれぞれ当てはめ、これを重要週として位置づける。下図に STP1,2号機の作業週のグループ分けの例を示す。大文字の週は重要安全機器の OLM を実施する週になる。

この当てはめにより異なる安全系トレインの機器は相互に別の週に OLM を実施することになる。この当てはめ作業では各機器に番号付けをしておき、コンピュータによりトラッキング(追跡)ができるようになっている。

作業週	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1号機	A	b	c	d	a	B	c	d	a	b	C	d
2号機	d	A	b	c	d	a	B	c	d	a	b	C

(3)OLM の作業手順

STP では OLM 作業は社内文書「作業プロセス計画:ZA-0090 (Work Process Program)」及び「作業の実施及び終了:MG-0006 (Work Execution and Closeout)」に基づき行う。機器の故障等により補修作業が必要になった場合にはその故障によるリスクを評価し、EPRI や

INPO のガイドラインに沿ってどの時期までに補修をしなければならないか区分付けを行う。その結果を踏まえ必要な時期までに補修を行えるよう 12 週スケジュールに補修作業の当て込みを行う。

一番重要なのは原子力安全と作業員ばくであり、原子力安全については上で述べたように安全系のトレインを考慮したスケジュールを立てるが、放射線被ばくについては ALARA の精神で被ばくを減らすために放射線管理部門の職員が OLM の実施スケジュールの作成から実施の段階まで参加する。複数の機器の OLM を同時に行う場合にそれがリスクに影響を及ぼすか等についても検討をおこなっている。

スケジュールは毎日変わる可能性があるが、常に関係者がスケジュールを確認できるようにしている。保守後の試験等については作業側と専門技術の職員が十分な連携をとって行っており、機器の状態について作業側から十分な情報が得られる形となっている。

(Q)原子力安全と被ばくのリスクについて、原子力安全については CDF を使って評価しているのか。また両者をどの様に順位付けるのか。

(A)原子力安全については専門家がコンピュータシステムをつかって CDF を常に計算している。原子力安全と被曝のリスクは両者とも重要という考えで、特に順位付けていない。

(4) OLM に従事する職員の訓練

作業時のヒューマン・パフォーマンスを改善するための多くのプロセスが確立している。

STP の全員にリスクのトレーニングを行っており、保守部門には特別なヒューマン・パフォーマンスのトレーニングが行われる。また、当該の保守が始めて実施するものである場合はシミュレータや模型を使って模擬練習を行う。

ヒューマン・パフォーマンスに関して注意すべき項目については全ての職員が認識できるようポスター掲示を行っている。例えば

- ・ Self Checking
- ・ Procedure Use and Adherence
- ・ Three Way Communication 等

また、コレクティブ・アクション・プランという仕組みがあり、各部門長がヒューマン・パフォーマンスについて監視する責任を持っている。特に長期休暇や病欠の後は対象者について気をつける等の対応を行う。

OLM の実施承認は、運転の資格を持ったシニア運転員で、特別なトレーニングを受けたもので無ければならなければならない。

(5) リスクモニターの活用

リスクのモニターは STP が自ら開発した評価ソフト RAsCaL、RICTCaL によって行っている。(ZA-0604)

リスクモニターを活用する主要な分野は以下の 2 つである。

- ① 保守規則で、発電所は OLM を実施する場合に CDF のリスクを評価することが義務付けられており、リスク管理部門はリスクモニター (RAsCaL) によりリスクを評価し、運転員が CDF に関連する機器のうちどれが機能維持されているかどうかそれにより CDF がどうなっているかをわかるようにしている。
- ② STP 特有のもので Risk Managed Technical Specification (RMTS) がある。これにより 30 日を上限として TS に記載された AOT をこえて待機除外することが可能になっているが、その期間を評価するのに RICTCaL 活用される。
上記のほか RAsCaL はトリップリスクの計算も行う。

(Q) AOT の期間に対して OLM の実施期間は英国では 60%AOT、ドイツは 50%AOT が認められているが米国の OLM 実施期間はどのようになっているのか。
また、米国では非常用 D/G の AOT は以前は 7 日であったが現在は 30 日となっている。延長の申請はどのように実施したのか。

(A) STP では OLM を AOT の半分の時間内 (非常用 D/G の場合 14 日の半分で 7 日程度) に完了するよう計画するのを基本としている。

作業が延びて計画時間を超えた場合はリスクを評価した上で、期間の延長が可能である。

さらに、STP 特有のものであるが、現在、Risk Managed Technical Specification (RMTS) を運用しており、上記の Tech. Spec. の完了時間 (CT (AOT)) をフロントストップとして使用し、それを超える場合にその状態でのリスクに基づいて計算されるリスクインフォームドコンプライアンスタイム (RICT) をバックストップとして使用する (最大は 30 日間) ことが可能となっている。

当初の AOT を延長した申請については、非常用ディーゼル発電機 (EDG) の場合 AOT が 7 日間だったものを、リスク評価により (3 トレインのメリットを生かし) まず 14 日間に延長した。

さらにリスクを計算したところまだ十分に余裕があったことから上で示した RMST を導入し、NRC に申請して最大 30 日までの AOT (バックストップ) の延長が認められた。

なお、AOT の延長はどの機器でも出来るわけではなく、補助建屋の空調システムでは短期間の停止も許されていない。

(Q) OLM を実施した場合には CDF は必ず上昇する。 STP で OLM を実施した場合どの程度の Δ CDF の上昇があるのか

(A)1月18日の週の1,2号の Δ CDFの評価グラフに基づき説明があった。1号機では非常用D/G、エッセンシャル冷却系ポンプ等のOLMが実施される計画で、それら個別機器ごとの機能除外によるCDFとその期間をかけたものを累計したものを Δ CDFとしてグラフにプロットしている。結果として1月18日は開始前で Δ CDFは0であったものがOLMの実施にともない上昇し、1月24日には Δ CDFが $4.67e-7$ となっている。(図-1)

(Q) RHRは日本ではプラント停止直後に使用した後、保守を行っているため放射線量が高い。一方OLMであれば十分に線量が低くなった時点で保守が可能であり被ばく量の低減が図れる。

STPでRHRのOLMでどの程度の被曝量になっているか

(A)STPではOLMによる被ばく $25-32\text{man}\cdot\text{mSv}$ のうち $10\text{man}\cdot\text{mSv}$ が格納容器内の作業で、RHRポンプ(格納容器内にある)の修理、キャリブレーション、計測関連、サーベイランス試験等である。

(6) OLM実施時の隔離の考え方

隔離の考え方は社内資料の「機器の点検指示手順(ECO1A(Equipment Clearance Order Procedure))」等に基づいている。多くが二重バルブになっているが、蒸気系かどうか、あるいは温度、圧力等によって異なり、単独バブル隔離で行う作業もある。

(7) OLMを実効的に行うための方策(予備品の確保)

9週間前にワークショップのスーパーバイザーが集まり、予備品の調達について会議を行う。STPは不便な場所にあり、調達に時間がかかるので、一般的に7,8週間前に発注を行い、5週間前にすべての必要な特別な工具や機器がそろうようにしている。(期限としては4週間前)

1,2号機であわせて倉庫には1億ドル以上の予備品を保管している。

STPの実施している保守はほとんどが予防保全と予知保全であるので数年前からスケジュールが決まっており、どの予備品が必要かは事前に把握している。

ユーティリティサービス・アライアンス(USA)という形で複数の小さな原子力関係者が相互に連携しており、それを活用して調達をまとめて行う場合もある。

(Q) 訓練の場合に予備品を活用するという話があったがどのようなものか

(A) 訓練が重要であり、特に初めての作業やハイリスクのもの、例えば溶接等の作業についてトレーニングセンターに予備品があるので、それで練習する。重要なものはマネージャによる審査の中で溶接等についてモックアップで練習を行ったという報告も必要である。

(Q) 予備品としては7,8週間前に発注した場合、2ヶ月程度で納入されて作業スケジュールに間に合うのか

(A) 4週間前に予備品を入手しないといけないので、それに間に合うようにする。

リードタイムが重要であるが、調達グループのコンピュータプログラムに関連情報が入っており、それに基づき発注する。価格が安くなるもの等については他の NPP と合同で購入する場合もある。

(8) 規制側 (NRC) の OLM への対応

発電所は4ヶ月に1回 Safety Analysis を作成しエンジニアリング部門がレビューして NRC に提出する。

STP には NRC の検査官が2名駐在して基本検査を行っており、特別検査では地方局の検査官も来る。検査官は自由にデータシートを確認することが出来、その中に OLM 関連情報も含まれている。

(9) 個別機器に対する保守の実施間隔

基本的には他発電所を含めこれまでの多数の保守実績をもとに間隔を決めている。

① 最初はベンダーの推奨に基づき決めていたが、それは STP の考えるリスクとあっておらず、保守的な間隔が設定されるためコストがかかっていた。

② 現在は EPRI のテンプレートが基本となっている。EPRI のテンプレートとは EPRI が EXCEL シートの様な様式で機種毎の運転実績を集め、機種毎に適切な保守頻度に関するデータベースを作ったものである。

同じ機器でも使用条件、重要度 (重要度クラス、冗長度等) 有無等により区分されており、この系統のこの機器という形で確定すると適切な保守頻度が確認できるものである。

③ ただし、各プラントで実績が異なるので STP では自らの発電所にあうように保守間隔を調整している。

OLM 実施までのスケジュールとしては OLM の実施に先立ち 26 週間前から準備を始め、スケジュール等の調整を行っていき、14 週間前に実施スケジュールを決定する

(10) 個別機器への CBM の適用・設備の変更

CBM を行うために振動、温度等の基本的な測定を行っている。

CBM のために設備の追加・変更を行う場合はコストを検討して決定する。例えば無線検出器の設置を検討したがコストの割には効果がないことが分かった。

(11) シール部品の劣化や as-found data の評価

一つはコレクティブメンテナンスで得られたデータを使うもので、データを集約しているのはリタイアした運転員とエンジニアの2名がおこなっており、劣化のメカニズムを考慮し、推奨値を出している。

もう一つは as found data を使うもので保守部門がデータを集め、デイリミーティン

グでエンジニアリング部門が再評価している。なお、データはコンピュータで管理されている。

(12) OLM 実施の教訓

- ・最も重要な点はベンチマークを行うということである。他の発電所を見ると現状の良い点悪い点が明確になる。
- ・STP は OLM のプロセスをかなり確立させており、予防発生プロセス等を常にモニターし、**performance indicator** と比較している。
- ・最近 **reliability engineering supervisor** というものを新しく設置し、メンテナンスのルールに問題点が無いかを常に点検している。

5.3 機器信頼性

STP における機器の信頼性確保のための対応状況について説明がなされた。

- ・STP では **EPIX** システム (INPO 及び事業者が開発した「機器パフォーマンス及び情報交換システム」で日本のニューシアに類似したもの) の機器故障データベースを使って機器の補修の経歴等を調べることができるようになっており、これを活用し効果的な保守を行い、良好な運転状況を維持している。

- ・予防対策を明確にすることが重要であるが、STP では状態を 8 段階に分けたコードを設定しており、それをトラブルに当てはめて対策を検討するようにしている。

- ・トラブルがあった場合には根本原因を追跡し、それを元に予防対策を行っている。この観点では例えば今年は技術伝承をうまく行うために補修の手順書に注目している。これは新しい社員を雇うと知識レベルが徐々に下がってくるので、手順書の内容を社員の知識レベルがあがるようなものに変えていくものである。

- ・STP では他プラントと異なる点として **balance of plant risk** モデルというのを使っている。これは機器の停止によるプラントトリップあるいは出力低下のリスクを定量化するものであり、それをもとに発電停止等のリスクを低くするようにしている。例えば機器の補修を行うときにこのモデルによるリスクを踏まえて周りを囲って人払いすることにより不用意なトリップを避けるというような細かい措置をとることになる。

- ・STP のオンライン時の被曝は低く抑えられているので、できればオンラインで行う。

(Q) OLM で HE を少なくするにはスーパーバイザーの役割が重要と考えるが、

(A) それも重要だが STP では個人というよりもプロセスに注目した方法をとっている。

(Q)格納容器内 RHR の OLM がなされているが、遮蔽があるのか

(A)RHR の熱交換器やポンプは区画に囲まれており、相互に遮蔽されている。

(Q)STP では手順書は標準化されているのか、見直しの間隔はどのようなものか (outage
が終わった段階で見直しを行うのか)

(A)手順書は電子化されオンラインになっており、問題があればすぐに見直しを行うことに
している。

5.議事概要



兜の贈呈



ディスカッション-1



ディスカッション-2

表-1 サウステキサスプロジェクト発電所 1号機の運転パフォーマンス

出典 <http://www.iaea.org/programmes/a2/>

SOUTH TEXAS-1

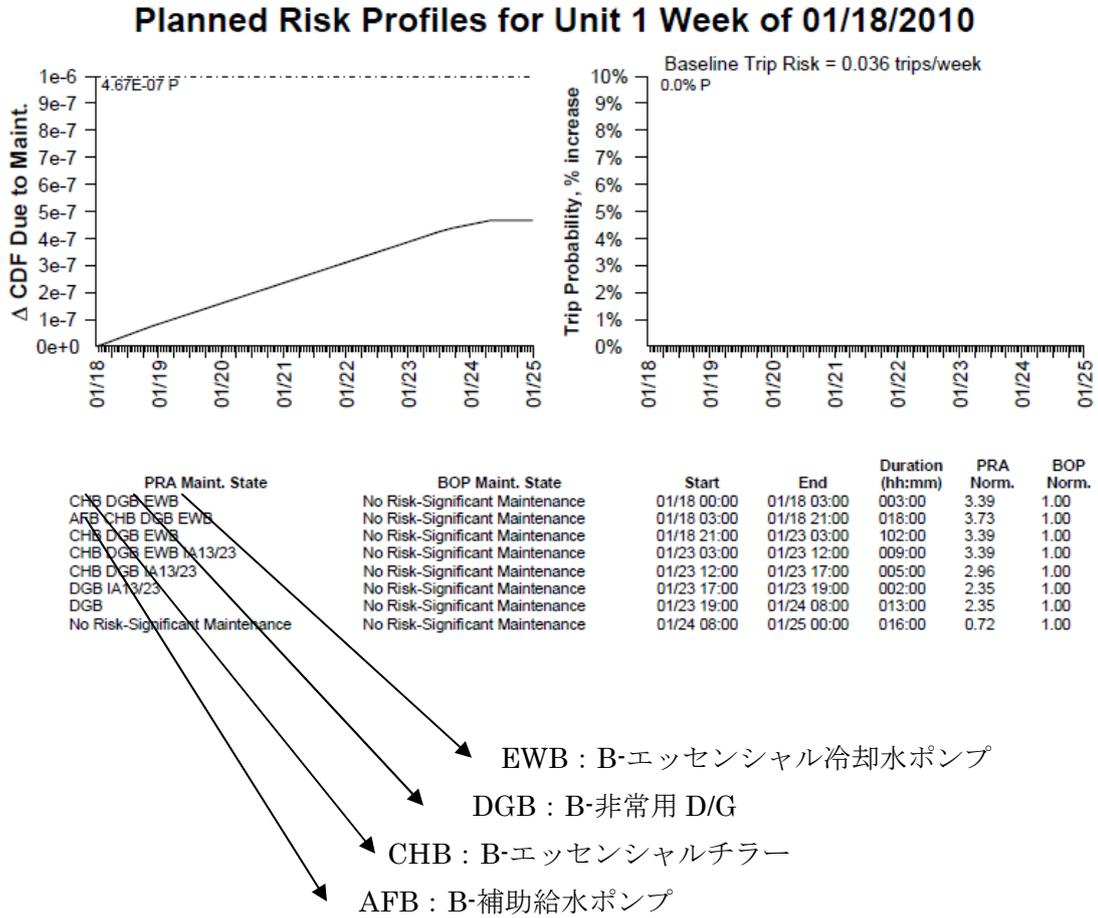
Historical Summary

Date of Construction Start:	22 Dec 1975	Lifetime Generation:	178913.655 GW(e).h
Date of First Criticality:	08 Mar 1988	Cumulative Energy Avail. Factor:	80.66%
Date of Grid Connection:	30 Mar 1988	Cumulative Load Factor:	79.96%
Date of Commercial Operation:	25 Aug 1988	Cumulative Operating Factor:	78.28%
		Cumulative Energy Unavail. Factor:	19.34%

Performance for Full Years of Commercial Operation

Year	Energy	Capacity	Energy Availability Factor (%)		Load Factor (%)		Annual Time On Line	Operational Factor
	(GWe.h)	(MWe)	Annual	Cumulative	Annual	Cumulative	(Hours)	(%)
1988	2791.492	1250	77.72		72.11		2404	77.62
1989	6307.674	1250	63.09	63.09	57.6	57.6	5524	63.06
1990	6072.874	1251	59.38	61.24	55.42	56.51	5198	59.34
1991	7239.779	1251	69.29	63.92	66.06	59.7	6069	69.28
1992	7265.142	1251	68.69	65.12	66.11	61.3	6033	68.68
1993	666.033	1251	7.73	53.64	6.08	50.26	676	7.72
1994	8251.408	1251	78.15	57.73	75.3	54.43	6842	78.11
1995	9301.768	1251	86.46	61.83	84.88	58.78	7570	86.42
1996	10226.8	1251	93.53	65.8	93.07	63.08	8213	93.5
1997	9873.226	1251	91.61	68.67	90.09	66.08	8019	91.54
1998	10859.945	1250	99.77	71.77	99.11	69.38	8739	99.76
1999	9645.372	1250	89.72	73.4	88.09	71.08	7857	89.69
2000	8591.895	1250	78.64	73.84	78.25	71.68	6905	78.61
2001	10338.156	1250	94.07	75.4	94.41	73.43	8240	94.06
2002	10867.941	1250	97.85	77	99.01	75.27	8573	97.87
2003	6858.782	1250	62.26	76.02	62.64	74.43	5433	62.02
2004	11103.576	1250	99.17	77.47	101.13	76.1	8712	99.18
2005	9901.852	1280	89.57	78.19	88.3	76.83	7845	89.54
2006	10144.546	1280	90.67	78.9	90.47	77.61	7942	90.66
2007	11804.804	1280	100	80.03	105.28	79.09	8760	100
2008	10800.556	1280	92.31	80.66	96.06	79.96	8108	92.3

図-1 STP の 2010 年 1 月 18 日の週の 1 号機 Δ CDF 及びトリップ確率



日本機械学会「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」OLM 訪米調査議事録

1.日時:

平成 22 年 1 月 18 日(月)13:30 ~ 16:30

2.場所:

South Texas Project(STP)

3.出席者:

【South Texas Project】

William T. Bullard(第 1 班引率)、J. RUSSELL LOVELL(第2班引率)

【機械学会訪米調査団】

水町(原子力安全基盤機構), 奈良林(北海道大学), 河本(北海道電力), 滝沢(東京電力), 水野(中部電力), 放生(北陸電力), 北条(関西電力), 中川(中国電力), 手柴(日立 GE), 大城戸(日立 GE), 濱田(東芝), 佐藤(三菱重工), 伊藤(日本エヌ・ユー・エス), 藤井(日本エヌ・ユー・エス)

【その他出席者】

David W. Miller(American Electric Power), 三浦(通訳), 小倉(ユーレックス)

4.資料:

資料-1:写真

5.議事概要:

訪問時の STP では、非常用ディーゼルおよびエッセンシャル冷却水ポンプ(事故時の補機冷却系)の OLM を実施しており、その2つの OLM 現場を見学させていただいた。また、その他設備についても見学可能な範囲についてサイトツアーをさせていただいた。

なお、本日の見学範囲は非管理区域のみであり、管理区域内の見学については翌日の1月19日に実施した。

(1)STP1/2 のプラント構成概要

- STP1/2号機は Westinghouse の 1250MWe4ループ PWR である。
- 日本国内の4ループ PWR との系統構成の違いは大きく2点あり、1点は安全系が3トレイン(N+2)構成であること、もう1点はヒートシンクが海水ではなく人工貯水湖(リザーバ)であること。
- 3トレインの構成は、安全系を電源も含めて100%×3トレインとしており、N+2で1台は完全予備扱いとできるため、1台を待機除外した場合でも冗長性を満足できる。しかし、建設当時の Technical Specification(T-Spec)の認可を取得する際は、1台を完全予備にできることを説明するためのエンジニアリング力が不足していたこと、更にNRCとしても経験の無い申請であったことから、結局はT-Specでの運転上の制限(LCO)は従来のN+1プラントと同じものとなり、OLM 等で待機除外できる時間(Allowed Outage Time)は制限されている。
なお、全ての設備が3トレインではなく、使用済燃料ピット冷却系などの非事故時対応設備は2トレイン構成となっている。

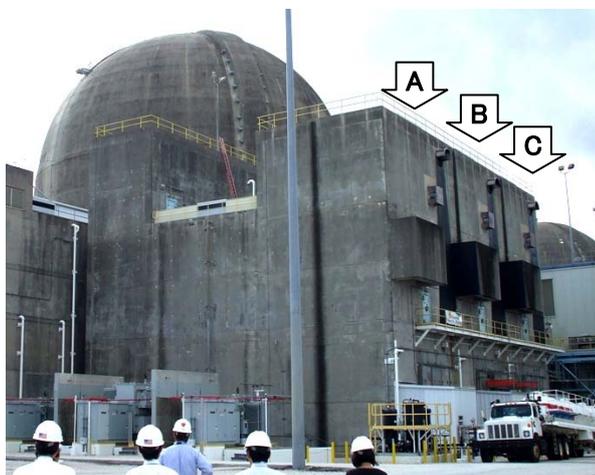


Fig 5.1 非常用 DG 建屋(右手前)および原子炉格納容器(左奥)
安全系設備である非常用 DG は100%容量を3台有し、それぞれ独立した部屋に設置されている。

- ヒートシンクは人工貯水湖(リザーバ)であり、コロラド川からポンプで水を取り込んでいる。リザーバは復水器などの発電用の機器の冷却に使用する常用系と、非常用ディーゼル発電機や ECCS 関連機器の冷却に使用する安全系の2つを独立させており、サイズは常用系リザーバは周囲15マイル、面積7000エーカー、深さ4m程度で、安全系リザーバは面積約50エーカーで常用系よりもかなり小さい。常用系のリザーバからは4台の循環水ポンプ(50%×4の N+2)で取水しており、安全系のリザーバからは今回 OLM を見学した3台のエッセンシャル冷却水ポンプ(50%×3の N+1)で取水している。

各冷却水系の被冷却設備は以下のとおり。

<循環水系の被冷却設備>

- ・復水器
- ・タービン系(2次系)設備
- ・その他非安全系設備

<エッセンシャル冷却水系の被冷却設備>

- ・非常用DG
- ・エッセンシャル空調用冷凍機 (ECCS室、中央制御室)
- ・原子炉補機冷却水冷却器 (ECCS、RHR、格納容器再循環冷却)

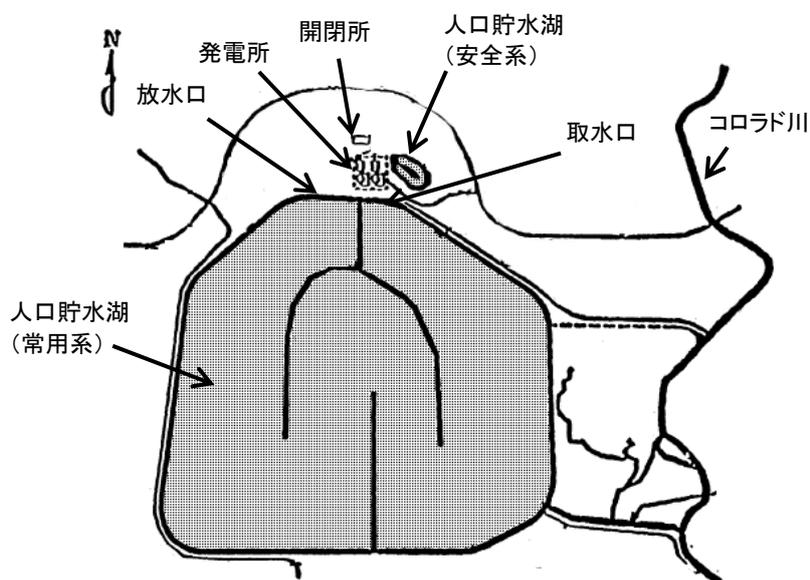


Fig 5.2 STP 発電所周辺地図図(T-Spec 記載の地図を参照)



Fig 5.3 常用系リザーバ

中段の仕切りは取水側と放水側を仕切る土手。奥に見える配管は放水配管。



Fig 5.4 循環水配管

リザーバより1プラントあたり4台/本の循環水ポンプ/配管で取水する。

(2)見学設備

<非常用ディーゼル(EDG:Emergency Diesel Generator)>

- EDG は5500kW が1ユニットあたり3台(100%×3の N+2)の構成であり、T-Spec の AOT は30日である。今回の OLM はそのうちの B 号機について実施するものであった。
- 今回の OLM は5年に1度の点検であり、油を抜き取り、ハイバースコープで検査し悪いところがあれば補修を行う。この点検の他に10年に1度の点検もあり、その点検ではシリンダーヘッドを取り替える。
2ヶ月前のプラントアウテージのときに A-DG で燃料ポンプの不具合が確認されたので、今回の B-D/G でも水平展開として燃料ポンプを取替える。
- 工程は24時間作業で約7日の作業を計画しており、訪問時(1月18日)は初日であった。(何か悪いところがあればそこを補修することとし、NRC に説明を行い OLM の終了時間を遅らせることができる。まず、2日程度の延長となる)
体制は8人の2シフトで実施し、この程度の保全であれば全員 STP の職員が行う。なお、STP の職員は1200人で日勤の職員は週4日制で7時から17時までの勤務時間である。シフトの職員は運転以外に放射線管理、補修部門もシフトを組む。
- 作業安全管理として、漏えいした潤滑油による転倒防止のため床には油吸着マットが貼られていた。

Table 5.1 EDG12 OLM 概略スケジュール(1/18~24)

Day	作業項目
	ECO(Equipment Clearance Order)が発令され、DGを待機除外する。
18	DG室のセキュリティを解除し、DGのミサイルパネルも取り外す。 DGの保守に着手し、潤滑油や冷却水を抜き取る。
19	DGの保守を継続する。
20	DGの保守を継続する。 OPS(運転課?)はDG復旧に向けた活動を開始する。
21	OPSはECOを改訂し、DGの復旧に着手する。冷却水の充てん、薬品添加、ECW(エッセンシャル冷却水)配管の接続、ベンティングなど行う。
22	エンジンオイルを充てんする。潤滑油系の系統接続をして、ベントチェックする。始動用空気を加圧する
23	DGを系統接続し、DGの起動試験(手動起動、オーバースピードトリップ、保守後のエンジン分析、起動時間確認、Operabilityテスト)を実施する。
24	保守時に設置していたDGのカーテン、アクセスランプ、ワイヤーウォールを除去し、ミサイルパネルを再設置する。

DG の試運転後に必要な微調整を行う。DG 室のセキュリティを復旧させる。DGを待機状態として復旧させる。DGミサイルバリア設置後のリークテストを行う。



Fig 5.5 DG の OLM の様子①
(潤滑油のドレイン)



Fig 5.8 DG の OLM の様子④
(油吸着マット)



Fig 5.6 DG の OLM の様子②



Fig 5.9 DG の OLM の様子⑤



Fig 5.7 DG の OLM の様子③
(シリンダカバーレベルの保守用足場)



Fig 5.10 DG の OLM の様子⑥

- 通常DG室はセキュリティにより立ち入り制限されているが、現在は待機除外しているのでセキュリティは解除されていた。
- DG室は以前のハリケーンのときに水が浸入したため、現在は入り口の下部に鉄板を張って外部から浸水を防止している。



Fig 5.11 OLM 中の DG 建屋入口

OLM 実施中であるため、建屋入口は特にセキュリティはなく開放されている。入口の下部に浸水防止の鉄板を張っているため、鉄板を乗り越えるための仮設のスロープを設置している。

- 3台の DG の他に、1/2 号機共有のポータブル DG(3000kW)を 1 台所有しており、主にプラント停止期間(燃料交換期間)に使用する。

<エッセンシャル冷却水(ECW:Essential Cooling Water)ポンプ>

- ECW ポンプは、事故時のヒートシンクとして安全系補機を冷却するための設備であり、水源として小さい方の人工貯水湖(リザーバ)を利用する。
- ポンプの型式は縦型斜流であり(日本の海水ポンプや循環水ポンプと類似)、サイズは5m程度(目測)であった。システムの構成は1ユニットあたり3台設置されており(50%×3の N+1)、そのうちの1台の OLM を実施していた。
- 今回の OLM はポンプ全体を取り外し、メンテナンスビルに準備しているローテーション品と取り替える計画であった。取り外したポンプはメンテナンスビルに運ばれ点検(必要に応じて修理)され、次のローテーション時に使用されることになる。なお、今回は新しいベアリング(従来の Rubber からコンポジットに似た Green Tweed)を取り付けたものに取り替える。



Fig 5.12 取替用 ECW ポンプ

防護区域内のワークショップ内に置かれており、ここで組み立ててから ECW ポンプ建屋へ運び出す。

左側が吸込口で、右側が吐出口およびモータとの継手部位。

- 体制は 1 シフト 7 人の 2 シフト体制の 24 時間作業で、工程は 6 日間の予定である。
- 取替えの手順は、事前にポンプ及び配管をワークショップである程度組み立てておき、現場にもって行き、クレーン車でポンプ室上部の開口部より所定の場所に据え付ける方法を取る。

Table 5.2 ECW ポンプ OLM 概略スケジュール(1/18~23)

Day	作業項目
	ECO(Equipment Clearance Order)が発令され、ECW ポンプを待機除外とし、ポンプの水を抜く。
	電気班は接地および母線検査のための遮断器の切替えを行う。
18	ECW ポンプ建屋の屋根を開口する。
	溶接班は ECW の CCW への供給ラインのリークを補修する。
	セキュリティが必要とあれば ECW ポンプ建屋の入口・屋根を見張る。
19	ECW ポンプのリプレース、およびリークの補修を継続する。
20	ECW ポンプのリプレースを継続する。
	ECW ポンプのリプレースを継続する。
21	電気班はポンプモータを設置する。
	ECW ポンプ室の屋根を閉じる。
	電気班はポンプモータを復旧させ、潤滑油を充てんする。
22	ECO が改訂され、モータの Bump チェックを行い、合格すればモータとポンプのカップリングを接続する。
	ECW ポンプを起動して機能試験を実施し、合格すれば運転課が ECW ポンプを Functional に戻す。
23	セキュリティは ECW ポンプ室のセキュリティを復旧させる。

- クレーンは常設ではなく、一般の建設用クレーン車をサイト内に持ち込み使用する。これは、常設クレーンは塗装等のメンテナンスで維持コストがかかるため、常設クレーンを過去に撤去したためである。
- ECW ポンプのコンディションモニタリングメニューは、ポータブルの振動系によるケーシング部分の測定を1回/3ヶ月の頻度で、温度測定を毎週、潤滑油の検査分析を1回/18ヶ月実施している。



Fig 5.13 ECW ポンプ(据付状態)

見えている範囲はポンプ吐出口および ECW 配管。本体のほとんどは地下にあり、安全系のリザーバから冷却水を汲み上げる。写真上部の明るい部分は開口部。



Fig 5.14 ECW ポンプ建屋の屋上(開口部)

当日はモータ釣り出しのため開口しており、見張りのためスタッフが張り付いていた。

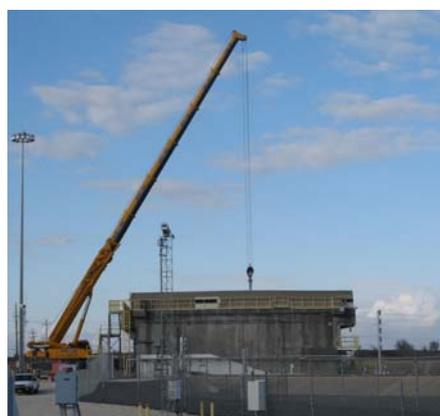


Fig 5.15 ECW ポンプ建屋およびクレーン

ECW ポンプのモータを天井開口部より釣り出す様子。クレーンは一般の建機を使用。

<タービン建屋>

- タービン建屋のタービン設置フロアは屋根が無く、タービン、発電機、給水ポンプ、および各種ヒーター(湿分分離加熱器、脱気器等)は屋外に開放されて設置されている。なお、給水ポンプは高圧タービンと同様に鉄板製のカバーの中に設置されている。
- タービンフロアに建屋が無いのは火力仕様とのことであったが、大雨のときは建屋がある方が良いと考えているとのこと。また点検の際には、仮設の屋根を設置する。



Fig 16 タービンデッキ①

中央左より、励磁機、発電機、タービン。タービンの右脇は湿分分離加熱器



Fig 18 タービンデッキ③

高圧タービンおよび主蒸気管



Fig 17 タービンデッキ②

タービン等の開放点検用の門型クレーン



Fig 19 タービン建屋内部

中央の設備は給水加熱器

<格納容器>

- 格納容器は PCCV (Prestressed Concrete Contain Vessel) であるが、日本と異なり塗装はしていない。
- 機器搬入口は地上面より高いところに設置しており、搬入口には取り付け道路が無いいためクレーンで引き上げることとなる。これは機器移動の点から極めて不便であるが、リザーバの溢水を考慮してこのような設計としている。



Fig 20 格納容器・機器搬入口

<メンテナンスビル>

- セキュリティゲートと原子炉建屋の間に大きなメンテナンスビルがあり、この中のワークショップには ECW ポンプのリプレース品が仮置きされていた。
- 同じ建屋には、計装機器、及び小型の電気機器(小型ブレーカー等)のワークショップ、貸し出し工具類室が設置されている。工具類は身分証明をするカード(立ち入りカード)所有者であれば借りることが出来る仕組みとなっている。



Fig 21 発電所全景

格納容器右下の細長いビルがメンテナンスビル。



Fig 24 電気・計装担当の業務机



Fig 22 作業エリア

ECW ポンプの奥に、ボール盤などの工作機器が多数並んでいた。

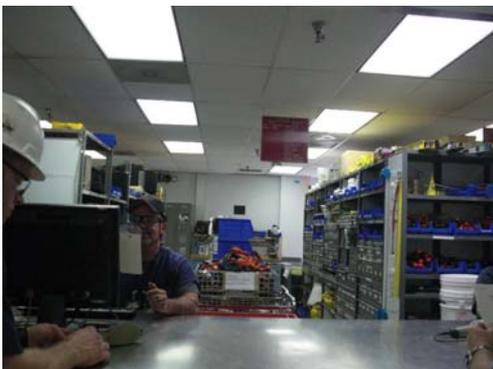


Fig 23 工具貸し出しの受付

<原子炉容器上蓋取替え>

- 1号機の原子炉容器上蓋は既に取り替えが完了(2009.9)したが、古い上蓋の収納建屋の建設許可が遅れた(NRC からハリケーン対策を要求されて設計変更したため)ので現在2号機建屋横のスペースに仮設の砂を詰めた遮蔽体を設置し、仮置きを行っている。まもなく、収納建屋が完成する予定。
- 2号機についても次回定検(2010/3/28~5/2)にて原子炉容器上蓋を取替える予定であり、倉庫に保管されていた。なお、1/2号機ともに取替用上蓋は三菱重工業製。

(3)その他事項

<セキュリティ>

- 通常日本で言う周辺防護区域に立ち入るため、エスコートが必要な許可証を発行した。許可証発行の際には、パスポートの提示と、発電所内の規則への誓約書の署名をした。(この手続きに約1時間長を要した)
- 周辺防護区域の外側は、コンクリートブロック(高さ1.5m×奥行3m程度)で覆われており、戦車でも乗り越えられないようにしていた。
- 立ち入り時には金属探知機以外に爆発物探知機(空気を噴かせて付着火薬類を検知)のゲートを通らなければならなかった。
- セキュリティの警備員は発電所とは独立した指揮系統に属しており、発電所長であっても指示を出す事はできない。また、銃器を所持していた。
- 今回は特別な計らいにより見学者による写真撮影を許可いただいたが、セキュリティに関する場所の撮影は厳しく禁じられ、退出時には警備員により写真を1枚ずつ確認された。



Fig 25 防護区域入口に設置されたコンクリートブロック

<装

備品>

- サイト立ち入りにおいては、ヘルメット、防護眼鏡、耳栓を支給された。
- 服装については特に制限は無く、通常の革靴・スーツで許可された。(ヒール付き靴だけは、安全上問題となるためNG)

<NRC 検査官事務所>

- NRC 検査官室はセキュリティを入ったところにあり、STP の場合通常 2 名の常駐検査官が居る。
- 1 月 18 日は King 牧師の誕生日であり、官庁が休日であることから 2 名とも不在であったが、19 日は出勤していた。

<3/4号機の増設>

- STP では ABWR(東芝)を2基発注しており、2 号機の奥に広大な3・4号機の敷地があった。
- 4基体制となった後には、定検の重複を避けるため、PWR である1/2号機も含めて運転サイクルを24ヶ月に延長する方針とのこと。

日本機械学会 「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」 OLM 訪米調査議事録

1.日時：

平成 22 年 1 月 19 日（火）10：00 ～13：00

2.場所：

South Texas Project (STP) 発電所

3.出席者：

【South Texas Project】

William T. Bullard, Senior Advisor Chemistry/Environmental/Health Physics

J. Russell Lovell Manager, Information management

Ernie Kee Risk Management

【機械学会訪米調査団】

水町（原子力安全基盤機構），奈良林（北海道大学），河本（北海道電力），滝沢（東京電力），水野（中部電力），放生（北陸電力），北条（関西電力），中川（中国電力），濱田（東芝），手柴（日立 GE），大城戸（日立 GE），佐藤（三菱重工），伊藤（日本エヌ・ユー・エス），藤井（日本エヌ・ユー・エス）

【その他出席者】

David W. Miller(University of Illinois), 小倉（ユーレックス）

4.資料：

資料-1：STPNOC(Daily Operational Focus Meeting 資料)

資料-2：OZA0604[1]05x (Probabilistic Risk Assessment Program)

資料-3：

資料-4：

(1)STP の業務対応

STP では OLM の実施に伴い作業担当者は運転員以外にもシフト体制をとる場合が多い。また、マネージャー等では、当日の作業を円滑に進めるためプラントの状況について共通認識を持つとともに必要な指示を行うため早朝出勤をし、週 4 日で 10 時間/日業務対応を行っているものが多い。米国では同じような勤務形態の発電所もあり、パロベルデ発電所などもそうである。ミラー氏のクック発電所は週 5 日勤務。

毎日 6:30 に関係部門によるデイリーミーティングが行われており、安全、ヒューマン・パフォーマンス、プラント状況等まとめたレポートが毎日（月一木）配布される。レポートは各部門が担当分を作成するが、既にルーチン業務として定着しており、誰かが取り纏めたり、加工したりすることなく、保守管理を支援する計算機システムを利用することで容易にデイリーミーティング用の資料ができあがる。

OLM 時の作業はリラックスしてやることが重要。ただし、スケジュールには遵守。スムーズに行くように、急がないこと。

OLM に向けた作業者の訓練。作業別に資格を設ける（作業種類別の資格者リストの掲示あり）。資格取得に向けて OJT がある。作業のリスクを分類し、高、中、低、リスクなしの 4 種類。高と中の場合は事前の訓練、モックアップを利用。

(2)リスクモニターに関する説明

リスクモニターについては、手順書を受領。ZA-604。

RASCAL は、リスクを計算するソフト。レベル 1,2 のリスクモデルで、CDF、LERF を計算。全ての安全関連設備と BOP の一部が入る。CDF の他に、トリップ確率が計算可能で、更に過渡事象確率も計算できるように改良中（今年完成の予定）。

RICTCAL は、Tech.Spec.の AOT をリスクから計算するソフトで、リスクインフォームド・コンプリションタイムが計算される。運転員にその場のコンフィグレーションに応じて計算される CT の限度値を知らせる。BOP はモデルに入っていない（いずれは入るかもしれない）。

いずれも所内で開発。以前はエクセルベースのソフト、それが ORACL などの db 利用に変わり、そして現行のソフトに進化した。

RASCAL では、各機器がファンクショナル（機能を有する）かどうかが重要となる。それに対して、RICTCAL ではオペラブルかどうかの問題となる。

二つのソフトでは、共通のデータベースが用いられる。

RICTCAL は不測の状態が起きたときに、従来の CT（フロントストップと呼ばれる）を超えて、リスク上許容可能な待機除外の時間（RICT）を計算する（バックストップの最大は 30 日間）。あくまでも想定外の事態に対処するもので、これまでに 1 回、ECW 系の保守作業時にこれを使用した経験がある。

リスク情報活用 Tech. Spec.イニシアティブ 4b（*）で実施されたリスク管理 Tech. Spec.

の検討成果がこれに当たる。決定論をベースに決められている従来の CT(AOT)について、実際のリスクをより良く反映した値を導出するもので、NRC も承認した考え方である。

* リスク情報を活用して Tech. Spec.を改善するための産業界主導のプロジェクトが、イニシアティブ 1~8 までの番号のもとで検討されており、イニシアティブ 4b (Flexible Completion Times、柔軟な完了時間) は、規範的な AOT ではなく、プラントのコンフィグレーションに応じたリスク評価を行うことで AOT の延長を認めるものである。

(3)サイトツアー (10:30~12:30)

○管理区域外

昨日 (18 日) より開始していたエッセンシャル冷却系ポンプの取り換えが進んでおり、これまで取り付けてあったポンプは取り外され、ワークショップ建屋に移動されていた。

○管理区域内

・放射線管理区域への出入り室には各部署の被ばく目標と実績が表示されたボードが設置され ALARA の意識を強調している。



管理区域へはデジタル線量計を所持して立ち入る形であり、我が国と基本的に同様である。

管理区域内では十分な広さが確保されている感じで、各種装置、ドラム缶等も整然と配置され、汚染物質等の表示も明確に示されていた。

ALARA スコアボード

被ばく目標と実績を表示。

・内部スプレー、高圧注入ポンプ、低圧注入ポンプが 1 系統ずつ同一の区画に並べられたものが隣り合わせで 3 系統設置されている。事故時には 1 系統で対応可能であり、N+2 の設計である。各系統ごとに名板、グレーチング等が黄色、赤色、青色に区別されており、ヒューマンエラーの防止を図っている。なお、STP では低圧注入ポンプは RHR ポンプとは別で、RHR は格納容器内に設置されており、OLM 実施時には作業員が格納容器内に立ち入る。



安全系注入ポンプ室

手前から内部スプレーポンプ、高圧注入系ポンプ、低圧注入系ポンプ。同一区画に設置。

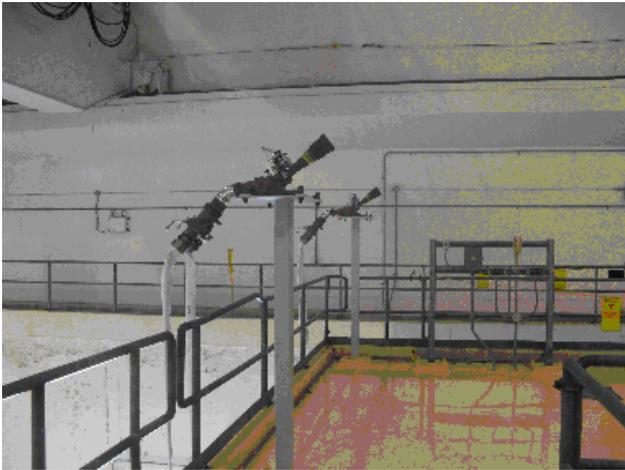
ヒューマンエラー防止のため3系統を名板、グレーチング等の黄色、青色、赤色で区別しており、写真は赤色の例。

・使用済み燃料ピット周辺のフロアは整備され、汚染区域等も見られなかった。燃料を装荷する前に燃料棒表面の放射性付着物(CRUD)を超音波により除去する設備が設置されており、炉水の放射能を低減するのに効果を上げている。また、万一使用済み燃料ピットの冷却能力がなくなった場合（ピット水の大規模な漏出、冷却機器の機能喪失等）のバックアップとして消火栓につながれたホースで消火水をプール内あるいはプール周辺に噴出させることで冷却能力の維持を図る設備が設置されている。（火災の対応も考慮）



使用済み燃料ピットの様子

使用済み燃料ピット周辺には、超音波による燃料クラッド除去装置が設置される（拡大写真は当該装置の制御盤）



使用済み燃料ピット バックアップ用消火水
放水口がプールに向いている。

・ STP では 1 号機、2 号機とも亜鉛注入装置が取り付けられている。

・ 放射線管理区域の立入り・退出

放射線管理区域への立ち入り時に放射線測定器を所持したが、管理区域外で着用していた服装・靴・ヘルメット等についてはそのままの状態でも管理区域に立ち入ることが出来た。管理区域からの退出時には所持していたものをボックス型の放射線測定器により測定が行われた。また、退出モニターは β 線用と γ 線用の 2 種類のモニターがあり、両方のモニターで測定を行う。



管理区域内ツアーの様子

管理区域外で着用していた服装等については、着替えることなくそのまま管理区域に入域できる。

日本機械学会「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」訪米調査議事録

1.日時:

平成 22 年1月 19 日(月) 13:00 ~ 17:30

2.場所:

South Texas Project 発電所(STP)

3.出席者:

【South Texas Project(STP)】

WILLIAM T. BULLARD, FATIMA YILMAZ, GRAIG YOUNGER, GARY N. CHILDERS

【機械学会訪米調査団】

水町(原子力安全基盤機構), 奈良林(北海道大学), 河本(北海道電力), 滝沢(東京電力), 水野(中部電力), 放生(北陸電力), 北条(関西電力), 中川(中国電力), 手柴(日立 GE), 大城戸(日立 GE), 濱田(東芝), 佐藤(三菱重工), 伊藤(日本エヌ・ユー・エス), 藤井(日本エヌ・ユー・エス)

【その他出席者】

David W. Miller(American Electric Power), 小倉(ユーレックス)

4.資料:

資料-1: STP Equipment Reliability

資料-2:

資料-3:

資料-4:

5.議事概要:

午前に説明を受けた、リスク管理ソフトのデモンストレーションをしていただくとともに、これまでの説明内容に対する質疑応答を実施した。また、本調査団の発電所調査当日に INPO が STP を訪問しており、STPが INPO へ説明した設備信頼性への取り組みについて、簡単な説明を受けた。

<リスク管理ソフトのデモンストレーション>

- 実際に PC を使用してリスク管理ソフトのデモンストレーションをしていただいた。
- リスク評価のソフトは、「RASCAL」、と「RICTCAL: Risk Informed Completion Time Calculation」の 2 つがあり、いずれも STP で開発したものである。「RASCAL」は、OLM 実施時にリスク評価をするソフトであり、「RICTCAL」は、RITS (Risk Informed Technical Specifications)^{*}の対応として、T-Spec. に記載の AOT を超えて機器を待機除外できる時間をリスクから計算するソフトである。
 - ※RITS とは、NRC の承認を経ずに、リスク評価により事業者の判断で最長30日まで AOT を延長できる新たな T-Spec プログラム。RITS の認可を得るには RICTCAL のような高度な PSA 技術の整備が必要となるため、現時点では STP のみが RITS を導入している。
- このソフトでは PRA の計算自体は行っておらず、別途様々な条件で計算した PRA の結果(約6万ケース)をデータベースに入れ、条件に合う PRA の結果を参照する方法を取っている。なお、データベースは RASCAL と RICTCAL で共通である。
- ソフトには2つのモードがあり、実際のプラントの Configuration のリスク評価をするモードと、工程検討のため各設備の待機除外時間を手動で入力してリスク評価するモードがある。
- 工程管理システムとも連携しており、工程管理システム側で登録された作業期間等の情報を「RASCAL」側への自動反映も可能である。
- エントリー画面でユーザが評価条件(設備、作業期間など)を入力すると、リスク評価結果が出力画面に自動表示される。データベースにない評価条件を指定した場合、インプット欄がオレンジ色に反転し、データとして有していない事を示す。この場合、発電所にいるリスク評価担当に評価依頼すると15～30分程度で PRA 評価を実施することが可能。また、この評価結果をデータベースに追加が可能であり、次回からはリファーされて評価結果が表示される。
- OLMによるリスクを評価する RASCAL では、CDF、LERF の他に、原子炉トリップの可能性も「△% /Year」で評価する。トリップリスクの許容値は電力需要によって異なり、電力需要の大きい夏季はトリップによる経済的損失が特に大きいため、許容値は他の季節よりも低く設定している。
- STPでは停止時 PSA のリスクモニタは有しておらず、現在は定性的なモデルで計算している。来年か再来年にはリスクモニタ導入を検討している。

<予備品について>

- STPでは、1・2号機合わせて1億ドル(約100億円)以上の予備品を有しており、ポンプ、モータなども一式で所有している。
- STPでは当初、ベンダーの推奨から予備品の保有を始めた。現在の予備品の保有基準としては、安全・発電継続等の観点から設備の重要度(高、中、低)を決め、重要度が高または中の設備については、予備品が必要と判断している。
また、設備台数の25%を原則として所有するようにしている(例えば10台の弁が使用されている場合、2~3台を予備として所有)。また、過去の経験からも決めている。
- 予備品の基準については、INPOやEPRIのガイドライン「NP6408:Guidelines for Establishing, Maintaining and Extending the Shelf Life Capability of Limited Life Items」も参考にしている。
- 予備品の調達に関しては、米国内のいくつかの発電所間で提携しており、各発電所が所有しえている在庫品リストを収録したデータベースを参照して、予備品を入手する場合もある(依頼、購入など)。このデータベースには在庫品のパーツ番号、仕様、連絡先の名前などが収録されている。CRDMはシーブルック発電所から入手したことがある。なお、RAPIDは情報共有のみのサービスであり、予備品融通の可否、金額交渉等は当該の電力会社間で個別に行う。

(質疑応答)

- ECWポンプ、および非常用D/Gの予備品としては何を所有しているか？
→ECWポンプとしては、ポンプ1台、主軸を含む主なパーツ3セット、ガスケット等のソフトパーツ3セットを有している。非常用D/Gとしては、ケーシング以外の全てのパーツをスペアパーツとして所有している。
- 定検でのスペアパーツとOLMのスペアパーツの保有基準は同じ考え方か？
→定検用、OLM用を分けした管理はしていない。

<総括OLMのメリットについて>

- 昔は米国でも定期点検の期間は長かったが、経験を積んでいくことで現在のような定期点検の期間となった。
- OLMを実施するに際し、開けてびっくりのトラブルに対する心配があるかもしれないが、準備を十分にすることで対応可能である。
- 正しいことを正しい時期に実施すればよい。(適切な時期に適切な保全)
- 安全性と経済性(事業者として重要)はバランスを取った評価が必要。

<STPの機器信頼性への取り組みについて>

- STPでは機器信頼性について、出力運転の履歴、計画外出力喪失、発電所の信頼性指標、など

の指標で評価している。

- STPで機器信頼性への取り組みが成功している要因としては、機器信頼性への長期間の取り組み活動、常に機器信頼性に注目を置いていること、発電所の体制、の3つが挙げられる。
- 1998年の1年間、ランダム故障による自動または手動トリップにつながる2次系設備の脆弱性を減少させるために、エンジニアリング、保守、安全、運転などの部門の19人から構成される「トリップ低減のタスクフォース」が設置された。実施された改善には、タービントリップ／ラッチロジックの強化、給水隔離弁、MSIV回路の強化(設計改善)や、BOP(Balance of Plant、発電に係る非安全系)系のリスクモデルの開発がある。
- 「BOP タスクフォース」では、「トリップ低減のタスクフォース」の結果や運転経験を踏まえて、BOP系の保守作業の重要性を認識し、AP-913のドラフトを使用してBOP系設備の機器信頼性プロセスを導入した。また、給水系、電気油圧系、主蒸気系等の信頼性に注目した。
- 2001年から2003年にかけて、機器信頼性プロセスが実施された。信頼性向上のためにAP-913を4系統(MS,FW,PB,EH)へ適用した。AP-913に似た所内用の機器信頼性プロセスを開発した。機器信頼性レビューチームを結成し、リスクのランク付けに基づく全ての機器の評価、機器レベルでの単一故障解析を実施した。
- 重要設備の分類には、原子力安全に対するリスクで分類するGQA(GRADED QUALITY ASSURANCE)、と発電への影響で分類するPGR(PLANT GENERATION RISK)の2つの指標がある。GQA・PGRとも分類は、高・中・低・リスクなしの4分類であり、両者に優位性はない。
- 2003年から2006年まで、システムエンジニア、保守、運転部門から構成される機器信頼性評価チームによって、機器に対する適切な予防保全タスクの選定が実施された。その結果、単一故障脆弱性に関する58箇所の変更が提案され、27箇所の改造が実施された。改造の例としては、給水ブースタポンプ起動許可を示すライトの追加などがある。
- 予防保全(PM)プログラムについては、フィードバックプロセスを導入した。予防保全プログラムはPMレビューチームが、全てのPM変更点をレビューし最適化した。
- 発電所の文化、着目点として以下のものがある。
 - ・機器信頼性に高い優先度を置く
 - ・機器信頼性は常に発電所として着目する
 - ・機器信頼性に関する指標に注目を置く
 - ・機器信頼性は安全性、ヒューマンパフォーマンスに続く着目点となる
 - ・機器信頼性は単なるエンジニアリング部門の作業ではない
 - ・機器信頼性へのプロセスではチームアプローチが重要

<その他質問事項>

(質問) ウェルドオーバーレイ(WOL補修)を実施したことがあるか？

→2006年10月に加圧器ノズル部のPWSCC対策として、1号機のWOL補修を実施したが、肉盛

した溶接部に溶接割れが発生した。その後施行会社を変更して2007年に2号機のWOL補修を実施し、2008年には1号機について再度WOL補修を実施した。2009年には検査を実施し健全性を確認した。

PWSCCの対策としては、MSIP(機械的変形による応力改善: Mechanical Stress Improvement Program)、リプレイス(スプールピース取替)、WOL補修の3つがあり、WOLを実施した。WOL補修は、当時NRCが承認していなかったASMEコード(コードケースが認める面積よりも大きかった)であったため、NRCにリリーフリクエストを出して承認をもらった(資料は別途入手予定。)

(質問)WOL補修の後は何か検査を実施しているか？

→WOL補修実施後は、UTを1回/2定検で実施している。EPRIが600Ni合金・R/Vヘッドに対するルール原案を作成し、NEIがこれを推奨している。

(質問)OLMに関する作業員の教育プログラムはあるか？また、作業員の能力・資格の評価の仕方・基準をどうしているか？

→INPOのACADをベースに作成している。機械や電気といった分野毎に体系的なトレーニングメニューがあり、職種別に必要な資格や評価基準を決めている。

1.日時：

平成 22 年 1 月 21 日 (木) 10:00～17:00

2.場所：

リバーベンド発電所

3.出席者：

【リバーベンド】

Eric W. Olson 発電所長

Bradford L. Houston /Radiation Protection Manager

Tomas Baccus /RP Supervisor

Warren K. Holland /Supervisor RP

Daniel L. Heath /Supervisor RP

Larry Meyer / Supervisor RP

Claudia Hurst /Sr. Secretary Nuclear Safety Operations

【機械学会訪米調査団】

水町 (原子力安全基盤機構), , 奈良林 (北海道大学), 河本 (北海道電力), 滝沢 (東京電力), 水野 (中部電力), 放生 (北陸電力), 北条 (関西電力), 中川 (中国電力), 手柴 (日立 GE), 大城戸 (日立 GE), 佐藤 (三菱重工), 濱田 (東芝), 伊藤 (日本エヌ・ユー・エス), 藤井 (日本エヌ・ユー・エス)

【その他出席者】

大田 (通訳), 小倉 (ユーレックス)

4.資料：

資料-1：

資料-2：

資料-3：

資料-4：

5.議事概要：

午前

リバーバンド発電所長 Eric Olson 氏

かつては保全作業のほとんどを定検時に行っていたため、同一時期に多数の作業が輻輳していたが、今では全保全作業の 8 割を OLM で行うことで保全作業が年間で平準化でき、定検用に臨時の作業者を雇用することもなく、プラント・機器を熟知している常駐の作業者のみで作業することができるようになった。

我々管理者も、かつては同一日に複数の立会い等があると、個々の作業に目が届かないことがあったが、OLM 導入により個々の作業に管理の目が行き届くようになり、これらの結果として発電所の安全と品質が向上できた。

安全・品質の向上については、ある 1 つの施策により改善されたのではなく、様々な施策の積み重ねによるものであると考えている。

放射線防護部長（Radiation Protection Manager）Brad Houston 氏

OLM 放射線管理

放射線管理部では 6 人のスーパーバイザのうち 2 人が OLM 専属、1 人が ALARA プログラム、1 人が測定器等、2 人が搬出・輸送、除染を分担している。

2 サイクル前まで当発電所は燃料リーク等もあり高汚染プラントだったが、その後化学除染を行いソースターム(線源条件)の低減を図った結果、2009 年は 173rem(うち OLM は 32rem)を達成した。今の課題は、除染後線量率がまた上昇傾向にあることの対策である。(CUW 表面線量率 除染前 920=>除染後 71=>再汚染 200mR/hr?)

被ばくリスクの低減のために Hot-Spot（高線量率箇所）の内、影響が大きいもの（Hi-Impact）の 50%（60 箇所⇒30 箇所）をなくした。Hot-Spot の削減には系統フラッシング、サプレッションプール、SFP の除染などを実施している。またラドウェストタンクのスラッジ除去を実施したことにより、接続されている系統の線量率も低下した。

年間作業線量管理では、OLM の方が(同時作業が少ないから?)線量管理がしやすい。今後の課題は定検作業部分における線量低減である。各作業では、24 週間前から PTW の準備を開始し、10 から 6 週間前に放射線管理グループを交えて PTW の評価を行い、6 週間前で作業計画 10mRem 以上の作業について保全部と放管部でウォークダウンを行う。3 週間前に全ての RWP は完成され、2 週間前で OLM 担当の放管スーパーバイザに引き継がれる。作業週では、OLM 担当の放管スーパーバイザは朝 6 時半の早朝会議「Plan of day Meeting」で当日作業における線量低減に関する説明を行い、作業後は計画線量と実際との差異分析を行い翌日の早朝会議で報告する。早朝会議の後 7 時から各部門でのミーティングを実施する。

また、OLM 等で高線量エリアの監視に用いる 3 台のロボットを開発した。2 台が陸用でヒータールームや蒸気漏れ原因調査等に、1 台は水中用でサプレッションチャンバー、使用済み燃料プール等の点検用に使っている。陸上ロボットの製作は、ロボットレスリング大会で有名なカリフォルニア大に依頼し、メーカー等では \$100,000 かかるところ、\$5,000 でできた。これを購入し社内で改良して使っている。ロボットは 4 輪で監視カメラ、線量計を搭載し

ており、有線リモコンで操作する。無線は計装へのノイズ混入の問題が有るので採用していない。潜水ロボットはメキシコ湾油田で使用されているもので、マニピュレータはダブルクリップのワイヤーを掴むことができ、且つ 900 ポンド（約 408kg）までのものを引き上げる能力を有している。

発電所エンジニアの勤務は、10 時間/日、4 日/週、で金土日が休日だが、必要な情報は携帯・インターネットに送られ外部から確認できる。

OLM で線量が多い作業は、CUW 関連、燃料プール関連(前サイクルで燃料リークがあったため)、CD(CF?)関連作業であり、定検での Worst10 は、CRD 関連、PCV 内 ISI 関連、CUW 関連、RHR 関連作業である。

SVP, Mike Perito 氏より（現場見学において）

OLM に季節を考慮。夏場は電力需要がピークであり、系統全体で設備余裕が少ないので、発電リスクを上げるような OLM は行わない。

午後

現場視察

1) 事前説明

現場見学に先立ち、放射線防護部門の Daniel Heath 氏 (Supervisor, Health Physics) による Radiation Work Permit (以下 RWP という) の内容説明が実施された。一般に、各作業者には計画作業の予想線量と線量限度などを記載したトリップチケットという書面を渡されるが、今回我々が行なうツアーの場合は、発電所所員 (ガイド) がこれを所持する。作業をやめて退出する線量値などが記されている。今回の入域では、高放射線/汚染区域には入れないこと、15~20 分毎に線量計を確認すること、アラームがなったらガイドに知らせることなどの指示があった。各ガイドに 4~5 名ずつ随行する形で、4 班に別れ、現場見学を実施した。

本日 (運転中) の保守作業は、使用済み燃料プールでの燃料 SHIPPING (漏えい検査) と、タービンデッキでの復水フィルター(Condensate Filter Demineralizer)の交換が予定されている、との説明があった。

2) PPゲート

防護区域入域に当たっては、ID (外国人の場合はパスポート) による本人確認を実施の上、磁気カードを交付している。回転式の PP ゲートを通過後に爆発物検査、手荷物 X 線検査を実施している。この後 2 段目の PP ゲートを通過する。

3) 入退域管理室

管理区域への入域箇所となるサービス建屋 2 階には放射線防護部門の部屋があり、5 名のスーパーバイザ、5 名のスペシャリスト、24 名のテクニシャンが在籍している。スーパーバイザには 1,2 名用の個室が用意されている。

管理区域への入域に当たっては、電子線量計の初期化および RWP 情報の入力をおこなう。

入域装備は一般服であり、手袋、専用靴、専用服などは着用しない。但し、ヘルメット、保護眼鏡および安全靴の着用義務があり、皮手袋、耳栓を携帯する。

4) リモートモニタリング

管理区域入口には大型のモニタが設置されており、管理区域内に設置されている約400台の監視カメラの画像が線量率、空气中汚染濃度とともにリアルタイムで表示されている。画像は切替え可能であり、所員のPC上でも確認が可能である。このリモートモニタリング導入により高線量区域パトロールを不要としている。

5) タービンビル内

運転中でもエリア内に、足場材、仮設資材置き場あり。足場は組み立て時間短縮のため、ワンタッチ金具で脱着可能なものである。はしご等は目的外使用防止のため施錠管理されていた。

タービン建屋通路部には汎用品の移動型電動昇降装置が3台仮置きされていた。これはフォークリフトのパレットを持ち上げるフォークの代わりに人間が載るゴンドラがついており、3m程度の高さまでなら足場組を不要としている。OLM、定期検査共に使用しており、高線量区域での被ばく低減にも寄与している。

なお、タービン建屋の壁は以前、トルネードで壊れたことがあり、24時間体制で修理した実績がある。



Fig.5.1 TB-123 Condensate Filters
(手前から A,B,C,D 塔。C 塔に OLM 用足場が設置されている。)

6) タービンオペフロ (Turbine Deck と呼称)

オペフロに CF(Condensate Filter Demineralizer)が胴部のみ遮蔽されて設置されていた。

別に、同じく胴部のみ遮蔽可能な架台がある。OLM として新樹脂装填作業(?)を実施していたが、当日は機材が仮置きされているのみであった。CFは全部で5基設置されており、設計上必要な基数は3基であり、当日は4基で通水している状況であった(1基はOLM中)。これについてもリスク評価を行ってOLMを実施しているとのことであった。

ヒータエリア等運転時高温下作業となる場所では、作業負荷低減のため冷却ベスト(ベストのポケットにアイスノンを装填するもの)が配備されていた。高温下作業、夏場作業では25分間毎に休憩、水分補給をルール化し熱中症防止を図っている。



Fig.5.2 TB-123 Filter Train

RHR 配管等運転条件により線量率が変化するものについては、必要に応じ仮設遮蔽を追加設置している。

7) 使用済み燃料プール

OLM として SHIPPING 検査を実施していた。SHIPPING 装置操作員 2 名、Under-water Technician 1 名、他 2 名の体制であった。汚染区域用装備は Under-water Technician のみが着用していた。同一フロアを我々見学者が私服で見学でき、合理的な放射線管理がされている。

8) その他

使用済み燃料プールから、Reactor Water Clean-Up ポンプ室前、Containment Vessel Personnel Airlock 前を通過しタービン建屋へと戻った。各建屋間はセキュリティ扉で区切られており、ID カードの読み取りが必要である。これは建屋への侵入者が広範囲に侵入することを阻害することを目的としている。

電気ケーブルの配置(?) 見直しの作業を実施していたが、電氣的アイソレーションを実施しており、これも OLM であるとのことであった。

移動途中、RHR-A 系扉に、稼働中の重要設備がある区域を保護するための標識 (Protected Division 1 という表示) が設置されていた。

この後、タービンエンド側を經由し管理区域出入口に移動した。体表面汚染モニタは半身タイプである。汚染検査後、電子線量計の読み取りをして管理区域からの退域となった。見学者全員の線量は 0mrem であった。



Fig.5.3 FB-113 Spent Fuel Storage Pool
(写真左奥側で SHIPPING 検査を実施中)



Fig.5.4 R/B Airlock Access
(ケージ扉左側に ID カードリーダーが設置されている。)



Fig.5.6 In Plant Personnel Contamination
Monitor

Fig.5.5 RHR A DIVISION 1
PROTECTION Posting

8) 写真撮影

PP ゲートから内側の写真撮影については、Heath 氏に撮影して頂いた（撮影ポイントを当方が指示）。主な撮影ポイントは、復水ポンプフィルタ、サービス水冷却系、サンプルステーション、HWC 現場盤、補助建屋、RHR-A 防護表示、CRDM 入口、使用済み燃料冷却系、燃料プール建屋内シッピング作業、CRD ポンプなど。

以上

RB/AB



Fig.5.7 RHR R/B Penetrations



Fig.5.8 RWCU Pump Room



Fig.5.9 HPCS Pump



Fig.5.10 CRD Pump



Fig.5.11 Suppression Pool Cooling Pump



Fig.5.12 R/B Annulus Access Hatch



Fig.5.13 RCIC Penetration



Fig.5.14 CRDM Transfer Tube



Fig.5.15 AB-70 CCP Pump

FB



Fig.5.16 FB-113 Fuel Handling Platform



Fig.5.17 FB-113 Fuel Handling Platform



Fig.5.18 FB-113 Cask Handling Pool



Fig.5.19 Forced Helium Dehydration Skid

TB



Fig.5.20 TB-123 Generator



Fig.5.21 TB-123 Generator



Fig.5.22 TB-123 Turbine Front



Fig.5.23 Hydrogen Water Chemistry Controls



Fig.5.24 Chemistry sample Panel



Fig.5.25 CCP Pipes

日本機械学会「原子力の安全規制の最適化に関する研究会」OLM 訪米調査議事録

1. 平成 22 年 1 月 22 日（金）10:00～14:00

2. 場所 : River Bend 発電所 (Entergy)

3. 出席者 :

【Entergy River Bend Station】

Michael Perito (Vice President, Operations)

Tony Fredieu (Superintendent, On-line Maintenance)

Tomas Baccus (Supervisor, Hp)

Jerry C. Roberts (Director, Nuclear Safety Assurance)

Daniel P. Selig (Mechanical Maintenance Supt.)

Paul A. Sicard (Sr Staff PRA Engineering)

【機械学会訪米調査団】

水町（原子力安全基盤機構），奈良林（北海道大学），河本（北海道電力），滝沢（東京電力），水野（中部電力），放生（北陸電力），北条（関西電力），中川（中国電力），濱田（東芝），手柴（日立GE），大城戸（日立GE），佐藤（三菱重工），伊藤（日本エヌ・ユー・エス），藤井（日本エヌ・ユー・エス）

【その他出席者】

大田（通訳），小倉（ユーレックス）

4. 資料 :

資料－1 : River Bend Station Mastery of Fundamentals 2009

資料－2 : Organizational chart as of : Friday, January 22, 2010

資料－3 : Work Management Cycle Matrix

資料－4 : Work Week Overview 02/01/09 - 02/07/09

資料－5 : Daily Dose Report 1/21/10

5. 議事概要：

(1)原子力の安全性について (Jerry C. Roberts , Michael Perito)

- INPO の安全文化の 8 つの原則に従っている。
- OLM, Outage (停止時) のいずれにおいても常に、作業安全、放射線安全等、安全に留意している。
- 原子力の安全文化の中でいかに停止時の期間を短くできるかということを考えている。
- 停止時は被ばくも多いため、停止期間が長くなると被ばくは増加するため、不必要な被ばくは避ける必要がある。
- River Bend Station (RBS) の 2009 年の事業計画には安全性の観点が盛り込まれている。2009 年の事業計画は、①作業パフォーマンスの向上、②分析、計画の強化、③メンテナンス技術の再評価を盛り込んでおり (2009 年度の事業計画は資料-1 参照。)、2010 年の事業計画は、2009 年の 3 つの方針の他に④回復計画 (Excellence へ向けて)、⑤安全強化、⑥原子力安全文化の強化、⑦労働環境の改善等の 9 つの重点項目がある。我々の業績も回復から Excellence に向けていく。
- RBS も過去はパフォーマンスが低い時期があったが、現在は高い。この高いパフォーマンスを維持することを考えている。
- RBS の 2009 年の事業計画は組織全体で前向きに進んでいこう (後ろは振り向かない) ということを表しており、我々がイニシアティブをとるとともに、業界全体のベストプラクティス、また Entergy 内でのベストプラクティスを学んでいくこととしている。

◆質疑応答

Q 日本での OLM の実施においては安全設計指針 (Philosophy) に関する問題点があると考えている。ドイツにおいては N+2 の設計であり、1 系列を OLM 実施しても安全上の問題は一切ないのに対し、米国と日本は、N+1 の設計であるため、1 系列の OLM を実施すると予備機がなくなり安全設計指針に自ら抵触することになる。このため、深層防護の観点から許容できないという考えもある。このような議論についてどう思うか。

⇒米国では業界全体が変わってきた経緯があり、NRC もこれに関与してきた経緯がある。

OLM を実施するにあたっては、そのような議論があるため、以下のことが非常に大切になる。

- ・ 作業していない系列が稼動可能であることを非常に注意深く確認する。
- ・ AOT の 50% で作業が完了する計画とする。
- ・ 日々の作業進捗の管理 (その作業自体もしくは多作業との関連による CDF, ト

リップリスクの増加等を逐次評価するために必要。)

非常用ディーゼル機関の場合では、OLMのために、AOTを7日→14日に延長した。また、プラントが運転中であるか停止中であるかではなく、全体リスクがどのようになるかという観点でメンテナンス計画を実施する事が必要である。

Q PWRの場合、プラント停止時のミッドループ運転のリスクが非常に高いということがわかっているし、BWRにおいてもプラント停止時格納容器の上蓋も開いており、リスクは高くなることもあると考えるが、米国ではどのように評価しているか。

⇒停止時についてのリスク評価は始まったばかりであり、十分なインプットはないという認識。

OutageのRiskが高く評価される理由の一つに、Risk評価のModelが不十分であることがある(PRA Modelもあるがそれでは不十分)。

ORAM(開発中)というソフトは、スケジュール等をインプットすることができ、Modelの不十分さを埋めることができる。

INPOのSOER01というソフトは、停止時のリスクを評価するソフトウェアであり、我々はこれを使用しようとしている。

Q 日本ではOLMが安全性に少しでも影響すると考えられる場合は、規制側との同意には、プロセスを踏んだ活動が必要と思う。米国にはNEIという産業界としての活動があるのはいいことだと思う。

⇒日本では考え方と分析が異なるということはわかった。日本で業界として主張する場合、WANOに相談してみてもどうか。

(2) メンテナンスのサイクルプランについて (Tony Fredieu)

■2005年が大変な年で、機器の問題に振り回され、1年間に5回も停止があった。このことから予防保全をしっかりとやっていこうと取り組んでいる。これは停止期間を短くすることにもつながっている。

■6年サイクルでメンテナンスのサイクルプランを立てている。その中で、システムだけではなく、コンポーネントについての停止時のメンテナンスも計画している。6年間を見通し3台ある機器は2年毎に1台点検する等、点検台数の平準化をしている。

■基本的には一定期間ごとにメンテナンスを実施するが、先のメンテナンスの結果が良くなかった場合、On line情報で異常が見られる場合には、それらの結果を反映させて頻度、期間を調整する。

■予防保全の計画においては、ハリケーンの時期を避ける等、季節性も考慮している。例えば夏の間は、発電出力が低下することを避けるために、特定のコンポーネント

の点検は実施しない。また、ディーゼル機関であれば11月～12月に毎年点検を行う。メンテナンス部門はこの時期に向けて、作業員の残業等も考慮して作業の体制を整えていく。

■これまでは燃料取替えサイクル（定検間隔）は18ヶ月であったが、今年の1月から24ヶ月とする予定である。グランドガルフ発電所（RBSと同じEnergy社）はすでに24ヶ月としており、定検を秋に実施しているため、RBSも24ヶ月とし、定検を春にやれば、2発電所トータルの作業の平準化ができる。

■予防保全と事後保全の割合はおよそ8：2。

■追加メンテナンスは計画した点検期間の中で実施するようにし、計画外停止を低減する。

■作業週をT-0とし、T-28から細かなスケジュールをたてて、打合せを行いながら活動している。

T-28～1まで多くの会議があるが、これら以外にもいろいろな活動をしており、被ばく量の検討も実施する。

T-15の段階でメンテナンス部門がどのような修理を追加するかが検討される。

T-15～0まで、メンテナンスの内容は随時変更なるが、その変更随時対応していく。追及していく。変更内容は、周知される。

T-4は、メンテナンスの内容が確定していることを確認するため、ウォークダウンが行われる。

T-0が実施の週。その週には6：30から責任者が集まって会議を実施し、予定と実績について確認する。

作業週が終わると反省会を実施する。計画通りできなかった作業についての理由を考え改善する。また、被ばく線量について予測線量と実測線量の差異についても評価する。

◆質疑応答

Q 非常用ディーゼル機関（DG）のOLMの際の安全上の配慮は。

⇒DGは3台を3年周期で点検するため、毎年1台ずつの点検となる。24時間作業で作業日数を短くするようにしている。

計画上、配慮していることとしてハリケーンの時期を避けて点検を行う、1台のDGを点検する際は、他のDGについては何も点検しないことがあげられる。（建屋にも入れないようにする。）

さらに、その週全体のリスクを常に確認しながら作業を進めている。

また、DGのAOTは14日間だが、7日間でOLMを完了するようにしている。

Q 6年単位の点検のスケジュールよりも長い点検頻度のものがあるのではないかと。

⇒メンテナンス計画の6年という周期は次の6年間に何を点検するかというサイクルプランを立てるもので、3年毎、6年毎、12年毎のPMがある。

ポンプのメンテナンスでは月毎、四半期毎に振動監視等を実施しており、3年毎の点検ではオイル交換を実施している。15年毎にはポンプを交換するという計画もある。

Q 3年毎の点検のメニューはどのように決めているのか。

⇒機械の過去のパフォーマンス、ベンダーの提案、劣化の予兆をもとに、エンジニアリングがメンテナンスの頻度、内容を決める。その際、EPRのテンプレートがたたき台になっている。

Q 事後保全の対象機器に対する考え方は。

⇒事後保全に関するマトリックスがあってそのマトリックスにしたがって優先順位を決めている。

事後保全という分類はRun to Failureと称しているものだと考える。

重要でない機器はPMを実施しない。

全約95,000台の機器のうち、80~85%がノンクリティカルであり、ノンクリティカルに含まれる20%位がRun to Failureにあたる。

Q OLMで出力を下げることもあるか。

⇒OLMの際の出力低下は極力避けている。

例えば循環水ポンプのオイル交換のときに出力を下げるが、せいぜい、5MW（メガワット）以内であり、これは計画保全のひとつである。一般的にメンテナンスのために出力をさげるのは、計画外である。

Q DGの場合、24時間体制の作業を行っているとのことだが、何人体制のシフトを組むのか。

⇒作業によっても異なるが20人位の体制である。

Q プラントジェネレーションリスクのクライテリアは？

また、夏場にOLMを実施しないのはプラントジェネレーションリスクを考えてのことか。

⇒クライテリアは手順書の中に書かれており、別途送付する。

OLMは発電に対するリスクがない時期に実施している。

夏場は100%出力で運転したいので、発電にリスクがあるコンポーネントのOLMは実施しない。すなわち経済的な理由からである。

発電のリスクのないものについては、夏場でも実施する。

発電のリスクには、出力低下を伴うもののみならず、プラント停止のリスクも含む。

Q 安全系に関する OLM の計画等は NRC に提出する必要があるのか。

⇒OLM の計画を NRC に提出する義務はない。ただし、NRC の Tech. Spec. に従ってその期間内で点検を実施しているし、現地に駐在している検査官には毎週のスケジュールおよびリスクに係る資料を提示している。そのスケジュールをもとに検査官が随時立ち会う。6 : 30からのミーティングも随時確認される。

(3)PM について (Daniel P.Selig)

- PM に際してはまずコンポーネント毎にチェックリストがあり、そのチェックリストによって機器の重要度 (Criticality) が決まる。
- コンポーネント毎に使用時間・環境等を考えて分類化し、EPR1 のテンプレートにあてはめて、PM 上の戦略を立てている。
- 機器の重要度については、プラントの全機器に対して評価している。
- PDM として EPR1 のテンプレートに推奨が書かれており、サーモグラフィ、オイル分析、振動測定を行っている。
- コンポーネントを4分類に区分する。重要度は、高、低、Non-critical、Run to Failure の4分類がある。ほとんどが INPO の分類をもとにしている。
- Run to Failure に分類されるものは基本的に PM を行わない。
- OLM に際して、メンテナンス部門は T-15 の週からコーディネートが始まる。T-6 でエンジニアリングの形が整う。T-2 になるとメンテナンスのスーパーバイザーの責任のもとコーディネートが進められる。
- 作業員の訓練は18ヶ月にわたって行われる。INPO で認可されているプログラムであり18ヶ月の働けば、作業の資格が得られる。INPO は我々のプログラムを2年毎に評価している。

◆質疑応答

Q 作業員の訓練 (上述の18ヶ月の訓練) について、ベンダーの作業員に対しても実施するか。

⇒技術的な訓練はベンダーにより実施され、RBS では実施しない。ただし、所内の放射線管理手続き上の訓練、ヒューマンパフォーマンス訓練 (人的過誤の防止訓練のようなものと推定) 等は実施している。

所員への訓練では、技術的な訓練も実施する。計測制御、電気、機械の分野に分かれ、一部基本的な物理・数学についても教育する。業務により特別なトレーニング

ングも実施する。

Q 非常用ディーゼル機関，非常用ガス処理系について，全ての点検内容，点検頻度と，そのうち OLM で実施する点検内容，点検頻度の情報をいただきたい。
⇒了解。

- 非常用ディーゼル機関：RB-09 (42 ページ).pdf (当日受領資料)
電気、計装、機械品に区別されて合計 400 ほどの PM タスクがリストされており、その頻度は 3 年と 6 年に設定されているものが多い。
- 非常用ガス処理系：ALL PM AND STP SYSTEM 257.XLS (後日受領した資料)
電気設備、計装設備、機械設備の順に、合計 70 種類ほどの各タスクの内容と頻度などが示されている (OLM かどうかの区別は読み取れない)。
その一部は、下記の通りである (頻度に表示される数値は日数と推定して、年数に換算した)。

頻度	PM タイトル
3650(10 年)	ブレーカの分解(EJS-SWG2A-ACB033 PERFORM BREAKER OVERHAUL)
2190(6 年)	リレーの洗浄、点検(GTS-3A - CLEAN, INSPECT GTS-3A RELAY)
6570(18 年)	リレーの交換(GTS-3A - EQ REPLACE GTS-3A RELAY)
14600(40 年)	フィルタ交換(GTS-FLT1A - CHANGE THE CHARCOAL IN GTS-FLT1A)
2190(6 年)	弁の点検(GTS-DMP2A - INSPECT, ADJUST AND LUBRICATE GTS-DMP2A.)

(4)PRA について (Paul A. Sicard)

- 米国原子力発電所では PRA を使用し、スケジュールをたてている。
- ソフトウェアは、作業の週にマネージャに使ってもらうとともに、オペレータも使う。
緊急の故障のリスクも計算できる。
- 作業週の 6 週間前に、リスクが高いことがわかった場合、細かく計算していくことになる。安全性を改善する場合には、スケジュールを変える場合もある。
- ソフトウェアは EPRI のものに変更を加えて使用しており、CDF の計算も可能。
- プラントの安全指標があり、10 が最も安全指標が高い状態。
- 当発電所の PRA モデルには火災、洪水等はリスクに入っていない。
- 現在 PRA レベル 1 のみの解析であるが、レベル 2 についても数年先には実施できるようにする。
- プラント停止時のリスク評価は、崩壊熱の除去等について評価するものであるが、他のプラントよりもよくできていると思う。
- 火災のリスクの評価等に対して PRA については NRC の防災担当箇所と PRA 担当箇所

の考え方の相違がある。

◆質疑応答

Q PRAに際しては、その都度、FTAを行っているのか。それとも予め作成したデータベースを用いているのか。⇒FTAを行っている。

Q どの設備をOLMする場合も同じソフトウェアでPRAを計算できるのか。
⇒OLMの実施いかんにかかわらず、重要な設備については、計算できるようになっている。

Q PRAの計算には時間がかかると思うが、モデルを単純化しているのか。
⇒単純化はしていない。速さは、計算の足切り限度で決まる。

Q 非常用ディーゼル機関のCDFの計算結果を提示願いたい。(OLMと停止時の両方)
⇒DGを1系列オンラインメンテナンスする場合、メンテナンスを何も実施していないときのCDF値 $1.3E-6$ の2倍となり、CDF値は $2.6E-6$ となる。(すなわち Δ CDFは $1.3E-6$)

Outageの場合の方がリスクは低い。プラントが停止中で、原子炉水位が上がっていて、他の機器がインサービス可能な場合、 $E-12$ 程度となる。

(考察: STPで資料を頂いたDGのOLM中の Δ CDFは約 $4.5E-7$ なので、RBSの Δ CDF $1.3E-6$ は、2倍以上高い。これは $N+2$ と $N+1$ の差(STP: DG100%×3台, RBS: DG50%×3台)と推定する。)