

ISOE ニュース No.3 - 2004 年 7 月

(ISOE メンバー向け 限定配布)

ISOE アジア、欧州、北米、IAEA 技術センター (TC)

- NEA - IAEA 共同事務局のパイロットプロジェクト

[p. 1]

第 4 回原子力発電プラントでの職務遂行上の被ばく管理に関する欧州 ISOE ワークショップからの結論及び勧告

欧州 ISOE 技術センターは、第 4 回原子力発電プラントでの職務遂行上の被ばくに関するワークショップを 2004 年 3 月にフランスのリヨンで国際原子力機関と共同開催した。欧州 (原子力発電プラントを持つ西欧及び中欧のすべての国)、アメリカ (カナダ、米国)、及びアジア (中国、日本、韓国) の 26 か国からの約 200 名の参加者が会合に出席し、公益事業、規制機関、及び下請の間でバランスが取れていた。IAEA は、中東欧諸国及び東アジアからの参加者を支援した。35 のプレゼンテーションが口頭で行われ、28 のポスターが掲示された。非常に情報に富んだ展示会がベンダーによって開催され、参加者は休憩の間にその製品についてより多くを知ることができた。

優れたプレゼンテーション

3 つの技術プレゼンテーションが受賞し、2005 年のマイアミ ISOE 北米国際 ALARA シンポジウムでプレゼンテーションを行うように招請された。これらの論文は、技術問題と管理問題の両方を取り扱っており、非常に現実的な解決法を提案した。

「線量最適化問題でガンマ線走査技法と 3D 線量シミュレーションを組み合わせる利点」 F. Vermeersch、SCK-CEN Mol、ベルギー

作業現場の信頼できる線量特性化を達成することを狙いとして、ガンマ線走査機器からの結果を 3D 線量シミュレーション・ツールと組み合わせる方法を提示した。この方法は、ALARA 解析を行う VISIPLAN ソフトウェア (右図) を、放射性環境で予定される作業の高速線量評価を可能にするツールと連携させて使用する。計算は、作業場所の 3D モデルに基づく。

「パッケージへの汚染限度に関する最近の国際開発」

J. Hesse、RWE Power、ドイツ / B. Lorenz、GNS、ドイツ

モデルの結果は、核種ごとに作業員では 2 ミリシーベルト / 年、公衆では 0.3 ミリシーベルト / 年の線量制限に相当する Bq/cm² で提示されている (移動体汚染のパッケージ及び輸送の放射性面に関する IAEA 共同研究プロジェクト)。

[p. 2]

「ALARA 対原子炉安全問題 - 現実的ケース」

S. Hennig、B. Ögren、Forsmark NPP、スウェーデン

このプレゼンテーションは、亀裂によって 2003 年に発生した Forsmark BWR での汽水分離器 (蒸気乾燥器上側部分) の修正を説明する非常に現実的なものである。

このワークショップの成功は、大きくは、特に英語からフランス語及びフランス語から英

語への翻訳を行った EDF からの重要な組織的支援、更にドイツ語とスペイン語から英語への翻訳を行った FRAMATOME 及び COGEMA Logistics による。

作業部会の勧告

すべての参加者は、あらかじめ選択されている 10 のテーマに専念する小グループに分けられた。各グループは、2 回の会合を開催して勧告に達した。以下の 5 つの主な勧告が参加者によって合意された。

- ・規制緩和の状況で国際レベルでの放射線防護の高いステータスを維持するために規制を整合させる必要がある。
- ・規制機関は、特に労働力高齢化の状況での訓練内容も整合させるべきである。
- ・国際組織及び規制機関は、渡り労働者の線量パスポートを国際レベルで整合させるための主導権を握るべきである。
- ・放射線防護指標は、線量最適化に役立ち、継続した改善を示し、放射線防護部門の有効性を推定し、ベンチマーク手段を提供し、サイト間の一貫性を実現するように選択されるべきである。
- ・放射線防護チームは、作業場所での支援「巡視」を増やすべきである。

2006 年の次回欧州ワークショップ

次回欧州 ISOE ワークショップは、2006 年 3 月 13～19 日にドイツのエッセンで開催される。それに先立ち 3 月 12 日に、NPP 放射線防護管理者向けのワークショップ、及び規制機関上級代表者向けのワークショップが 1 日開催される。ワークショップでは、1 つの NPP と 1 つの鉱山の訪問を予定している。

国際放射線防護委員会 (ICRP)

ICRP 刊行物 1990 勧告を置き換える目的で、次の基本的な一連の ICRP 勧告が作成されている。この作業は、数年にわたって進められている。これらの勧告に関する概念的考え方が何回か繰り返して提示されており、これらの概念についての多くの有用な意見、及び ISOE と IAEA/NEA を通したいくつかの有用な入力が入力が ICRP に寄せられている。これらの議論に基づいて、委員会は www.icrp.org のウェブ・アドレスで閲覧するための 2005 ICRP 勧告の草案本文を今回提示する。

[p. 3]

EDF 原子力発電プラントにおける共通の性質

リヨン・ワークショップでのプレゼンテーション

Yves GARCIER M.D.、EDF 原子力発電プラント運転部放射線防護担当副社長

フランス電力公社は、従業員が 12 万人の国有会社である。この会社には 6 つの事業部門と 25 の部がある。原子力発電プラント部は、フランスの電力の 80%を発電している。20 の発電所に 58 基の PWR がある。EDF には 2 万人の従業員と 2 万人の下請がいる。

EDF における放射線防護 (RP)

RP は、設計フェーズ以降、EDF の原子力プログラムに含まれている。この 10 年で、保守活動と非破壊試験プログラムの増加によって放射線被ばくの増加が 1991 年以降に観察された。同時に、RP 標準の改訂が進められた。

この問題に対処するため、放射線被ばくを減少させる ALARA アプローチが 1991 年に採用された。1999 年に開始した EDF イニシアティブは、<<放射線防護の中核部分としての浄化プログラム>>であり、放射線防護に対する新しい管理アプローチが実施された。放射線防護は、原子力安全と同じ優先順位を認められた。現在、これは、放射線の浄化、完全性の探求、及び現在の進捗を保証している。

EDF の新しい組織構造には、企業レベルで RP に対応する 3 つの上層管理レベルがあり、それらは企業運営レビュー委員会、運転事業部門、及びプラントで ALARA イニシアティブを管理する、サイトごとに 1 名のアソシエイト RP ディレクターである。

全社にわたる ALARA イニシアティブ及び RP 方針

この 10 年間の ALARA イニシアティブは、ハイパフォーマンス放射線被ばくデータベース・コードによる経験フィードバックと、総停止線量吸収の 80%を占める 11 の反復業務についての技能労働者の作業に関係する最適化線量減少の調整だった。

ソース・ターム管理は、冷却系の酸素注入と浄化のための停止及びサイクル中の 7.2 への pH の増加についての要件と勧告に従って改善された。予防措置及び修復措置がホット・スポットに対して講じられた。

ALARA 戦略プロジェクトは、以下のとおりである。

- ・ 運転中の線量評価及び最適化
- ・ サイト間でよい慣行を交換するための技能ネットワークの新たな利用及び経験フィードバックの普及
- ・ 平均及び例外ソース・タームの減少（ホット・スポット及び汚染事象、減損垂鉛注入）
- ・ 影響を受けやすい労働力管理

RP 方針

EDF 内には 3 つの RP 関連グループ、すなわち、放射線防護委員会、放射線防護部、及び原子力安全 RP 検査局長がある。これらのグループの主な戦略は、スキル、監視、及び RP 工学構造による工学的支援の強化だ。

主な RP 目標は、以下のとおりである。

- ・ 総合放射線被ばくレベルを 1 年に 10%減らす（すなわち、2004 年で 0.85 人シーベルト / ユニット / 年）
- ・ 個人放射線被ばくレベル：18 ミリシーベルト / 年を超える作業者は 2 人未満
- ・ 使用済燃料の輸送：ゼロ燃料キャスク汚染

[p. 4]

EPRI 放射線被ばく管理プログラムのハイライト

リヨンの ISOE ワークショップでの Dennis Hussey の以下のプレゼンテーション（dhussey@epri.com、米国電力研究所）

現場管理における EPRI の経験は、放射線制御技術を実施に移す最も容易な方法は技術の別の顕著な利点、例えば、原料若しくは燃料問題の緩和を特定することであると示している。ウィン・ウィンの状況は、新しい技術の実施に役立つ。それでも困難な仕事かもしれないが、恐らく RP 管理者にとってそれほど厳しいものではないだろう。

PWR 亜鉛添加プログラム

亜鉛注入は、放射線場を制御するために大部分の BWR で既に使用されている。PWR プログラムの目的は、以下のものだった。

- ・合金 600 腐食割れ及び放射線場の緩和における亜鉛添加の長期的効果を評価する
- ・亜鉛添加が燃料性能及びほかの構成機器に悪影響を及ぼさないことを確認する

天然亜鉛添加実証は、Farley 2 号機及び Diablo Canyon 2 号機で実施された。Palisades 及び欧州プラントは、放射線場を減らすための減損亜鉛を使用している。

例えば、2 回の燃料取替サイクル (R10) 後に示された Diablo Canyon 2 号機の結果は、蒸気発生器 (SG) チャンネル・ヘッド内部の平均線量率が 133 mSv/h から 55 mSv/h に減っていることを示している。

腐食率への亜鉛の全般的効果は、亜鉛を添加していないものと比較した 20 ppb 亜鉛濃度の場合の様々な合金について図示されている。

亜鉛に関する結論は、以下のとおりである。

- ・PWR Farley、Diablo Canyon 及び Palisades は、亜鉛を添加した PWR 停止放射線場で著しい減少を示している
- ・Zircaloy (若しくは ZIRLO) で燃料被覆管腐食への亜鉛添加の悪影響は観察されなかった
- ・高デューティ・プラントでの燃料性能への亜鉛注入に関連する潜在的問題のみ解決する必要がある
- ・最新の EPRI 一次系水化学指針 (2003 年 9 月の改訂 5) は、PWR は放射線蓄積を減らすために 5 ~ 10 ppb の亜鉛注入の実施を検討すべきであると勧告している

BWR の化学関連事項に関する簡単な説明

炉心外放射線場への貴金属注入法 (NMCA) の効果についての最近の状況は、以下のとおりである。

- ・NMCA の有効性は高いが、水素をより多く使用できる必要がある。燃料に付着したクラッドは、赤鉄鉱から磁鉄鉱へと構造を変え、コバルト Co-60 を放出する (不溶性及び可溶性コバルトが原子炉の水で増加する)。構造変化は、水素の導入後速やかに発生し、線量率を最初のレベルに戻すには多くの時間を必要とする。
- ・燃料の熱性能に影響を与える可能性のあるクラッド固着をもたらす強還元性環境の問題を緩和するため、燃料に堆積する NM の量に限度を導入する必要がある。

[p. 5]

- ・燃料問題は、固着クラッド及び潜在的破砕問題に関係する。炉心外表面への堆積が増加する (影響は高コバルト・プラントで重要である)。これは、亜鉛によって緩和される。補給水亜鉛注入率の限度を使用すべきである。放射線量率は、原子炉水の可溶性 Co-60 と亜鉛の比率を $2.0E-5$ 未満に維持することによって制御される。高給水 (FW) 鉄は、燃料へのクラッドを集積させる効果を増大させ、亜鉛の有効性を減らす。燃料 / 放射線問題を緩和するため、FW 鉄の入力を減らす必要がある。
- ・今後の開発は、超音波 (UT) 燃料洗浄に重点を置いている。
- ・上記のすべては、NMCA の後に水素や亜鉛を添加するプラントではより複雑になる。

超音波燃料洗浄の最近の進展

超音波燃料洗浄は、燃料被覆管表面からクラッドを除去するために考案された新しい手

法である。燃料集合体は、燃料取替停止中に燃料プール内で一度に1本ずつ数分以内で洗浄される。燃料取替のクリティカル・パスへの影響は、ほとんど若しくは全くない。クラッドは、燃料プールにある容器内のフィルタに集められる。この方法は、4つのPWRで既に使用されており、BWRへの最初の適用が2004年に予定されている。

元々の目的は、PWRでの局所中性子束減少を抑えることだったが、著しい線量率の利点も観察された。BWRへの適用は、貴金属注入後の線量率増加を緩和する。

フィジビリティ調査がExelon、NMP及びTVAで完了した。この方法は、BWR用途に適していると評価された。これは、2004年3月にQuad Cities BWRで16の燃料集合体に適用された。腐食生成物は、4つのフィルタ・カートリッジに集められた(～8 Gy/時)。

潜在的利点は、以下のとおりである。

- 炉心外表面への放射線蓄積の減少
- クラッド除去による燃料問題の緩和
- 燃料への貴金属注入量の減少、内部機器へのNMの相対的割合の増加

最近のソース・ターム減少の解決法

5基の米国PWRの運転経験で実証されているプラントのソース・ターム及び停止被ばくを減らすための新しい技術オプションが、David Miller、David Kozin (D. C. Cookプラント)及びPatricia Robinson ((n,p) Energy, Inc. (NPE), radwasted@aol.com)によって報告されている。5か所のプラントは、放射線被ばくを最大50%減らし、燃料取替停止クリティカル・パスを24時間まで短縮した。

Florida Power & Light (FPL)は、燃料取替作業中の作業員への放射線被ばくのかなりの削減を達成しながら、発電用原子炉の経済的な運転を成し遂げる新しい機会を作り出している。焦点は、ロスアラモス国立研究所から独占的にライセンスを得ている技術にある。結果は、粒径が0.1ミクロン未満の極小粒子の取り込みと除去の2つの浄化機能を同時に実行するプロダクトPRC-01媒体とイオン交換媒体という新技術の能力によって可能になった巧みな解決法だった。研究開発は、予測不能な停止RCS洗浄時間、放射性クラッドの堆積、高線量率、熱粒子での高汚染レベル、及び燃料取替停止クリティカル・パス時間の遅延によって押し進められた。

[p. 6]

既存のプラント機器、すなわち、化学物質及び容量制御システム脱塩装置容器を使用すれば十分である。この解決法は、燃料取替前の原子炉停止シーケンスの正常な加速化を可能にし、停止作業放射線被ばくの減少、FPL原子炉ユニットでのクリティカル・パス時間の短縮、汚染レベルの大幅な低減、蒸気発生器線量率の減少、低レベル放射性廃棄物コストの低減、燃料性能の向上を含めた放射能関連作業条件を著しく改善し、すべてが一体化して停止コスト全体を削減する。提示されたデータの一部は、RCSの強制酸素注入の間に炉心から放出される総コバルトCo-58放射能の著しい減少、及びSG線量率のちょうどCo-60崩壊率までの減少を示す傾向である。

結論は、正常に減少したソース・タームを達成できるということであり、この場合には、亜鉛注入、化学洗浄若しくは燃料除染の使用はない。適用した化学処理戦略は、以下のとおりである。

- ・サイクル中pHの厳密な制御
- ・サイクルの最後及び停止でのpHの減少

- ・ NPE Inc. が所有する PRC-01 技術の解決法及び能力

CRPPH

原子力機関（OECD）の放射線防護及び公衆衛生委員会（CRPPH）は、Rick Jones が議長を務めて 2004 年 3 月にパリで開催された。OECD 及び NEA の全般的活動に関する報告書のハイライトの一部は、以下のとおりである。

- ・ NEA 運営委員会は、ICRP との対話を継続することを CRPPH に奨励した。
- ・ 新しい NEA 戦略計画草案は、加盟国が放射線防護に対して現在持っている関心の高さを示しており、RP を原子力安全、廃棄物管理に次ぐ 3 番目の機関優先順位に上げている。

現在進められている CRPPH プロジェクトの例としては、以下のものがある。

- ・ 原子力緊急対応に関する作業部会（INEX）
- ・ 職業被ばく情報システム（ISOE）
- ・ 認可の規制適用に関する専門家グループ（EGRA）
- ・ ICRP 勧告の意味合いに関する専門家グループ（EGIR）
- ・ 放射線防護システムの進化に関する専門家グループ（EGRP）
- ・ 放射線防護意思決定への利害関係者関与プロセスに関する専門家グループ（EGPSI）
- ・ CRPPH のその他の作業：廃止措置、OECD との協力、チェルノブイリ
2 つの新しい専門家グループが、トピカル・セッションの議論の結果として論議され創設されたことにも注意する必要がある。それらは、以下のとおりである。
- ・ CRPPH の集合的意見に関する専門家グループ（EGCO）
- ・ 放射線防護科学の意味に関する専門家グループ（EGIS）

新しい ICRP 勧告が作成され、新しい NEA 戦略計画が策定されて、CRPPH が以前から問題に取り組んできた成功があるため、CRPPH は今後の課題を議論する適切な瞬間を選択した。これらの課題は、放射線防護科学の意味、ICRP との対話、及びチェルノブイリ事故 20 周年に関係する。