

シンビオ技術交流会報告

(原子力学会 HMS 研究専門委員会と共催)

1. 日時 平成21年1月23日(金) 14:00 ~ 17:30

2. 場所 京大会館 211号室

3. 出席者 22名(順不同、敬称略)

大井(三菱電機)、中西(日本原子力技術協会)、三嶋(東京電力)、菅原(中国電力)、長松(神戸大学)、長橋(日本原子力発電)、古田(東大)、吉川(シンビオ社会研究会)、倉本(NEL)、大賀(エネ総研)、伊藤(阪大)、下田(京大)、作田(INSS)、松本(京大)、新田隆司(日本原子力発電)、千種(関電)、吉田(電気評論社)、新田純也(アルカディア)、大須賀(NTC)、張奇(京大)、顔(京大)、永里(ARC) 22名

4. 配布資料

1 講演要旨一覧

2 原子力発電所におけるリスクモニターの開発・適用状況

3 電磁物性を利用した非破壊評価法

4 次世代軽水炉の開発計画

5 Comments to Dr. Ohga's Presentation

6 合同国際会議 ISSN2008/CSEPC2008/ISOFIG2008 報告

5. 議事

講演1 原子力発電所におけるリスクモニターの開発・適用状況

(株)原子力エンジニアリング 解析サービス部次長 倉本 孝弘 氏

講演要旨

現在我が国においては、確率論的安全評価(PSA)結果を用いたリスク情報活用に関する検討が進んでおり、近い将来での適用に向けて種々の標準やガイドラインが整備されている。このリスク情報活用における電気事業者での重要なインフラ整備として、リスクモニターがある。オンラインメンテナンス(OLM)時等でのリスクレベルの確認手段としてリスクモニターが定着している米国での適用状況を紹介。更に、原子力発電所の運転・保守管理活動に適用すべく原子力エンジニアリングにおいて開発・整備している、リスクモニター及びPSAモデルが説明された。

質疑応答

Q: PSA 解析における機器故障率は何に基づき算出しているか。またヒューマンエラーについてはどう扱っているか?

A: 機器故障率については米国のPSA用データを従来より使用しており、現在は国内のNUCIAデータへの置き換え中である。HRAも解析に組み込んでおり、手法としては基本的にTHERPを使用している。

Q: 国内の機器故障率を使用する場合、ヒューマンエラー率の影響が大きくなり数値を見直しているときいているが

A: 米国の機器故障率を使用する場合の機器故障率とヒューマンエラー率の影響のバランスは

まずまず妥当なプロファイルであったが、国内の機器故障率では機器の故障確率が一桁程度下がるので、HE のからむ事象が極端に上位にくることが十分に考えられる。このような場合には、上位の HE 事象中のヒューマンエラー率を THERP 詳細解析を行う事で対処していく事になると思う。

Q：COSMOS-FP の図（P-49）の補足説明をお願いします。

A：横軸が期間になっており、上図の縦のイベントが工程に対応している。図中下側のグラフは当該期間における CDF の値を棒グラフとして表示したものです。また ICCDP として累積のリスクを表示することもできる。

Q：例示された CDF 値が上昇するような OLM は実際のパターンか？

A：説明用のサンプル例です。

C：停止時の解析は RISKMAN と ATORAS で現場で実績があるので、停止時と出力時の統合化よりも OLM 用のツール開発が次の開発ターゲットだと思うが。新検査制度対応以外に、リスク情報を活用した米国での RI-ISI の概念を取り込んで対象の機器の絞り込みをするなどに注力していくべきだと考えられる。

A：リスクモニター開発については、COSMOS-FP に注力して実施してきている。今回紹介はしていないが、RI-ISI 等のその他のリスク情報活用技術の検討も進めている。

Q：MT イベントツリーとは何か？

A：メンテナンス用イベントツリーです。

Q：BDD 手法（P-48）とは？

A：バイナリデシジョンダイヤグラムの略で、A と B の論理和の確率を $f(A) + f(B)$ で近似せずに $f(A) + f(B) - f(A \cdot B)$ で計算する厳密解法です。

Q：待機除外というのは、その間はメンテナンスですか？それとも単に停止している状態ですか？

A：メンテナンスのための系統隔離などで系統・機器が停止している状態を示します。

Q：許容待機除外時間を延長する場合はどのくらいの期間ですか？

A：安全上重要な系統・機器の許容待機除外時間そのものは保安規定に記載され、規制当局に認可されていますが、米国等の例では、OLM のために 1 週間以上の待機除外時間が確保できるようにという観点で延長を申請しています。

講演 2：電磁物性を利用した非破壊評価法

京都大学大学院エネルギー科学研究科 松本 英治先生

講演要旨

原子力発電所を初めとするエネルギー関連施設には様々な材料が用いられている。その構造や部材の健全性を検査する非破壊評価技術は、材料の形状や物性の変化を非破壊的に検出する。特に、電磁場や材料の電磁物性の変化を利用する方法は、より精密で過酷な環境における探傷や、材料の非均質性、残留応力、疲労、き裂周辺の材質変化など、材料が破壊に至るより早期の検査や、破壊過程に影響を与える因子の測定を行うことも可能である。磁気音弾性法、圧電フィルムを用いたモニタリング法、超小型高感度磁気センサーを用いた漏洩磁束法、電磁加熱と赤外線映像装置による探傷法、電磁超音波探蝕と超音波画像化法などが紹介された。

質疑応答

Q：欠陥の位置画像は自動的に出るのか？

A：欠陥の画像までは自動でできるが、位置を特定するには別のシステムが必要になる。

Q：東電柏崎プラントが大地震を受けて機器が塑性変形しているかどうかで議論が分かれているが、磁気 AE による非破壊検査で白黒が確認できますか？

A：塑性変形もすべりあとなど変形要素に着目すれば検知できると思う。

Q：できるのは強磁性材料だけか？

A：材料が変われば、他の方法が必要になる。塑性変形するには何らかの応力がかかったはずなのでその痕跡を検知することができれば良い。米国では 40 年のプラント寿命を 80 年に延ばそうとしている。そのためオンラインで検査できる方法が注目されている。

Q：米国では、初期の段階で見つけることが着目されている。数値処理を使うともっと人間の判断を支援できるのではないか？今のセンサーはまだ判断スキルが要求されるものか？

A：本日説明したセンサーとその利用例では学生が判断できる程度なので、難しいスキルは必要ない。

Q：センサーそのものの形状の改良余地はあるか？

A：改良の余地はあると思う。形状工夫は大学では難しいのでシミュレーションを多用している。例えば、フェーズドアレイのセンサーの形状を工夫するともっとわかることはあると思う。

講演 3：次世代軽水炉の開発計画

財団法人 エネルギー総合工学研究所

原子力工学センター 次世代軽水炉開発グループ 主管研究員 大賀 幸治 氏

コメンテータ：シンビオ社会研究会 吉川 榮和 氏

講演要旨：

2030年以降に予想される軽水炉の代替建設需要に備えることを目的に、2008年4月に、エネルギー総合工学研究所が中核機関となり、国、電力事業者、メーカーの三者と一体となって次世代軽水炉の開発が開始された。「世界最高水準の安全性と経済性を有し、社会に受け入れられやすく、現場にやさしい、国際標準プラント」を目標に、濃縮度5%超燃料を用いた使用済燃料削減と稼働率向上、パッシブ系・アクティブ系を組合せた安全系による安全性・経済性の同時実現、プラントデジタル化による稼働率・安全性の向上など、六つのコアコンセプトを実現するための技術開発について紹介された。

コメンテータによるコメント

計測制御系関連に絞ってのコメントにしたい。まず昨年5月の拡大ハルデン会議で、中央制御室デザインは世界的にアナログからデジタルの流れの一方で、コンピュータ化中央制御室は、視野が狭くなる、コミュニケーション不足になる等が問題視され始め、全体状況を把握しやすく人々が何をやっているか把握しやすい古きアナログ時代の長所を見直す研究が目についた。

計装 / 制御系の研究動向として、日本では、遠隔制御室やフレキシブルメンテナンスサポートシステムが行われた。遠隔制御室の概念は日本では反響はなかったが、ノルウェイ北海油田プラットフォーム遠隔管理方式 R&D プロジェクトに反映されて進められている。

ハルデンの MTO(Man-Technology-Organization)グループは、さまざまな HSI (Human System Interface)のデザインを検討し、新しいトレンドとして二つあげている。一つは、IRD(Information Rich Display)であり、これは、にぶい色 (ギラギラしない色) で標準化されたトレンドグラフを多数表示するものである。ノルウェイ石油プラント等では標準になりフィンランドのロピイサ原発に導入を検討中。もう一つは、文脈や全体の把握、共同作業、直接操作に向く multi-touch interface である。

日本では新鋭 PWR の計算機化中央制御室にメンテナンス用コンソールを付加するトレンドが注目される。米国流のオンラインメンテナンスが世界中で進むと中央制御室は運転と保守を一層統合した機能が求められるので、この新鋭 PWR の計算機化中央制御室のメンテナンス用コンソールの付加は大型スクリーン表示上にプラントコンフィグレーション状態表示の付加にもつながるだろう。このような内外の動向を背景に、ネットワークによるオペレーションとメンテナンスの一体化、作業支援用の様々なインタフェース、知識の構造化などの研究に着手している。

エネ総研の次世代軽水炉全体へのコメントではないが、デジタル技術関係は進歩が早いので、20 年先を見据え大目標を設定する革命的 R&D をするより、常にそのときそのときの新規技術をプラントに入れていき短期間で実証技術を積み重ねるといった進化論的 R&D が世界標準をリードする行きかたのように思う。IT は立地地域の新たな雇用創出拡大という地域共生策にもなるだろう。

Q : 照射試験の計画はどうなっているのか ?

A : 被覆管の照射については、今年度に照射炉を決める方針である。5% 超燃料の臨界試験の実施施設についてはもう少し後になる。

Q : パッシブ安全系の試験はいつか ?

A : ホールドポイント以降に、実施する計画である。

Q : 170 万 ~ 180 万 kW のものに適用するパッシブ系の新しい概念があるのか ?

A : 今のところどういう組み合わせでやればコストと安全性を両立できるか見ているところ。4 年目以降に試験をする。

Q : これまでは、30、40 万 kW の小型のものではパッシブを使っていた。フランスでは 160 万 kW 超でパッシブは使われていない。

A : 日立の場合は、設計基準事故はアクティブだけで対応する設計としているが、東芝は考えが違う。まだ 2 案あって、今年度中に 1 案に絞る予定。

Q : 新しい炉型の開発時に、当直チームの役割についてどう想定しているのか ? 表に出して議論してもらった方が、スムーズに移行できるのではないか ?

A : 現在、運転・保守支援を主に検討している。この中で、運転員・保守員の役割について明確化しよう進めたい。

C : これまでの開発はハードウェアが先であったが、今回は従来とは異なり、概念設計の初め

から、業務分析によるニーズ調査など概念検討を進めている。

以上