

総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ（第11回）-議事要旨

日時：平成28年9月26日（月） 10時00分～12時00分

場所：経済産業省本館17階国際会議室

出席者

ワーキンググループ委員

山口座長、秋庭委員、糸井委員、尾本委員、梶川委員、関村委員、高橋委員、谷口委員、山本委員
（欠席）伊藤委員、岡本委員、前田委員、八木委員

プレゼンター

ジョージ・アポストラキス電力中央研究所原子力リスクセンター所長、尾野電気事業連合会原子力部長、横尾電力中央研究所原子力リスク研究センター・センター所長代理、玉川四国電力株式会社取締役副社長原子力本部長

経済産業省

日下部資源エネルギー庁長官、多田資源エネルギー庁次長、小澤資源エネルギー政策統括調整官、村瀬電力・ガス事業部長、畠山電力・ガス事業部政策課長、浦上原子力政策課長、中原原子力戦略企画調査官、武田原子力基盤支援室長

オブザーバー

松浦原子力安全推進協会理事長、中村日本原子力研究開発機構安全研究センター副センター長、佐藤日本原子力産業協会常務理事

議題

- 原子力の自主的安全性向上について

議事要旨

資源エネルギー庁長官挨拶：

座長からの御発言：

- 今回のワーキンググループでは、原子力の自主的安全性向上について議論をする。前半では米国での事例を紹介してもらい、これを踏まえた議論をしたい。後半は原子力発電の安全性向上に関する産業界の取組として、どのような仕組みと役割分担で進めていくのかを説明してもらい、これを受けて自由討議を行いたい。

電力中央研究所より資料1について説明

委員からの御発言：

- 公衆とのコミュニケーションについて説明があったが、リスク情報を使うことで公衆とのコミュニケーションがより簡単になる。CDFとかLRFという指標がより分かり易くなる、という御説明だったと思う。しかし、そういう指標を使っても公衆とのコミュニケーションは難しいと思うが、その観点からアメリカで公衆とのコミュニケーションについて良い取組があれば教えて頂きたい。また、この取組では意思決定の品質確保が非常に重要になると思うが、この点についてどういう議論や取組がなされているか。

電力中央研究所からの御発言：

- 国民、公衆とのコミュニケーションにおいて、秘策がある訳ではない。全てのプロセスを公開したりすることで、信頼の醸成に繋がる。事故の頻度や炉心の損傷など、難しいところはあるが、規制に適合しているからプラントは安全だ、と言うよりも理解しやすいと思う。許容できるリスクとか、残留リスクなども大きな課題である。日本では、そういう考え方に馴染みがないかもしれないが、だからといって情報発信をしなくても良いという訳ではない。何をやっても、常に残留リスクというものがつきまとうのだということを伝えなければいけない。PRAの品質については、その信頼性を高める為に、学会標準のPRAに基づいたピアレビューを実施することが最も重要である。当然ながら、PRAに基づく判断が合理的か、そうでないか、を他人の目でチェックすることが必要になってくるかもしれない。

委員からの御発言：

- PRAそのものの品質ではなくて、PRAの結果に基づいて意思決定を行う際のプロセス、それそのものの品質管理について、どういう議論があったか、もしくは取組があったか、教えて頂きたい。

電力中央研究所からの御発言：

- 規制当局や政府においては、リスク情報の質が重要となる。その質が良くなければ、意思決定を素早く正確にすることが出来ない。火災防護の部分では、PRAの品質の問題というよりは、開発時のマネジメントに問題があった。この分野には、多くのコンサルが関わって作られていたが、その品質にはバラツキがあって、ある研究所のスタッフによれば、あるコンサルが作ったところは良くない、と評価されていた。その結果、このPRAは上手く機能しなかったということがあった。別の例では、産業界の3名のCNOと会合を開いた際に、そのうちの一人が1700万も使って、こんな結果しか出てこないのか、と発言したことが最も深刻だった。これを受けて、産業界のディレクティブや規制当局に対して、この問題を解決すべきだと提言したが、これは非常にトラウマ的な経験だった。これらの根本原因は、信頼感が欠如していたことにある。実際にスタッフはアプリケーションを信頼していなかった。また、産業界にも、このような質問を受けたことにより不満が溜まった状態になってしまった。それぞれの間での信頼関係を取り戻すことは重要だと思うが、その為に決まった方法がある訳ではない。ステップを1、2と順に踏めばOKだ、というアルゴリズムがある訳ではない。例えば規制当局や産業界の当事者がそれぞれ議論を行い、話し合っていくなかで、信頼感が醸成されるものだと思う。

委員からの御発言：

- 人間信頼性解析について、先ほどのスライドの中で、PRAは現在の規制要求における不必要な、保守的な要求を減らすことに使える、という説明があったが、PRAのなかで最も保守的な評価をしているのが人間の部分ではないかと思う。つまり人間は常に間違いを犯すだけの存在で、人間がポジティブに安全に寄与するという部分は一切、PRAでは評価されていないと思う。こういった中で、保守性を減らすためのPRAという部分で、人間信頼性というところで、人間を別の角度から捉える、という取組の可能性はあるか。

電力中央研究所からの御発言：

- 1970年代後半、それから80年代初頭、PRAが次々と結果を出して、ヒューマンエラーが安全上重要だということが示唆されるに至った。もう30年以上にわたる研究が蓄積されている。更に、ヒューマンエラーを理解しよう、あるいは人間の振る舞いについて理解しようとする研究が蓄積されている。NRCのIDHEASと呼ばれている最新のアプローチでは、定性的かつ準定量的な議論が行われている。事業者がどういう所で誤りがちなのか、とか、回復の過程などの前向きなところについても評価している。心理学者が言うには、原発の事業者はプロフェッショナルである為、間違いがあるとすれば何か根拠や理由があるはずであり、軽はずみな間違いは無いはずだと考えている。その根拠は全体の文脈にある。例えば、誤った情報をセンサから取得したとか、情報量に圧倒されてしまったとか、これを文脈と称している。文脈を理解することにより、人間の信頼性のより良い評価、あるいは理解に繋がる。しかし、深層防護の考え方として、人の行為に極端に頼ってはいけない、依存してはいけないとも規定されている。

委員からの御発言：

- 先ほどの質問にもあったが、一般公衆とのコミュニケーション促進という面についてお願いがある。一般の方は、何が心配かということ、なんといっても安全性についてである。どんな年代であろうが、男女であろうが、居住地域にかかわらず、全ての世論調査において、トップに挙げられるのが安全性である。是非、この自主的安全性向上の取組を、国民に分かりやすく伝えて欲しい。自分もいろいろな機会に説明したいと思っているが、なかなか説明するのが難しいので、これを分かりやすく伝えられるように、所長に対してではなく、国に対してお願いしたい。
- 次にアポストラキス所長にお聞きしたい。先ず1点目だが、2年前にNRRCの取組が始まって、様々なところに説明しながら、現在、一生懸命それを学び、そして取り入れようという努力が行われていると思われるが、最も肝心なのは事業者のトップの人たちの考え方と思っている。事業者の方々と実際にお会いになって、いろいろと説明していると思うが、この2年間で浸透しているかどうか。2点目だが、スライド9の所の一番下の所に、規制のPRAと事業者のPRAという言葉がある。PRAはそもそも効果的、効率的に行う為の仕組みだと思っているが、二重のPRAというのは果たして効果的なのか。

電力中央研究所からの御発言：

- 理想的には、両者が同じPRAを使うべきだと思う。この単一のPRAは、最初は事業者側で実施すべきだと思う。その理由は、安全性に責任を持つのは事業者であり、そして事業者であればプラントを真に理解しているので、まずそこがPRAを実施すべきである。そして、そのPRAに対しての信頼感を醸成する必要がある。その中で最も重要なのがピアレビューである。そして、それが基準に合致しているということ。また、規制当局のスタッフがそれを理解している必要がある。規制当局がPRAを作るというのはリソースの無駄だと思う。事業者のほうに詳細に理解している。従って、もし両方で考え方が異なる部分があるのであれば、その部分だけを解決すれば良い。
- 事業者のトップの意識が変革したかという点については、私の経験では答えはYESだ。皆さんはこの方向に向かうことに意欲を持っている。いろいろな方と会合をしているが、今まで、この方向に行きたくないという気持ちを感じたことは一度もない。従って、日本においてはまだ初期の段階ではあるが、もう既に、この方向に進む上での利点は分かっているし、今の状況は非常に良いと思っている。

委員からの御発言：

- アメリカのPRAに関するポリシーステートメント、具体的にはページ6に決定論的な手法のみに依拠した場合に発生する問題点について触れているが、日本ではいわゆるグッドPRAがまだ開発されておらず、これにまだ十分な確信が持ていない状態だが、様々な安全問題に対して意思決定をしていかなければいけない。そういう段階で、具体的にどのようにするのが賢明な意思決定であろうか、というふうに考えるわけですが、一般的には、ページ6にあるような欠陥を意識しつつ、PRAの未完の部分も意識しつつ、そして深層防護の考え方に立って意思決定をしていく、ということかと思うのだが、具体的に例えば検査の問題の中で、いわゆる安全上の重要性というものをどういうふうにして判断していくのか、とか、安全問題のプライオリティをどういうふうに付けていったら良いのか、とか、様々な着目する問題があると思うが、それについてどのようにしていくのが今の段階での賢明な意思決定に繋がるのか、ということについて、考えを聞きたい。

電力中央研究所からの御発言：

- リスク情報を活用して意思決定が出来るのは、NRAがOKと言って初めて可能になるということだ。だからこそ、原子炉監視プロセスが重要になる。規制当局の承認なしに事業者ができることもいくつかあるかもしれない。但し、非常に限定的である。原子力業界というのは、世界のどこを見ても極めて規制の厳しい業界である。従って、規制当局の合意を得ずに、リスク情報のみで何かを行うということ

は、なかなか難しいものがある。したがって、現時点では原子炉監視プロセスに焦点を当てるべきだと思う。業界も、規制当局も、これが進むべき道だと考えている。難しい道のりになると思うし、いろいろと意見の相違も出てくるだろう。でも、そういう性格のものである。構成要素の重要性ということでは、一般的には確率を使った順位付けの手法が用いられるが、重要度はPRAに基づくコンピュータプログラムが算出してくる。例えば、ある構成要素が常にダウンしていると仮定すれば、CRFはどうなるのか。ときにはCRFが何千倍と増えることがあるかもしれない。その結果、その構成要素がそれだけ重要だということが示唆されることになる。最も重要なのは、事業者内の専門家がPRAの情報を得た上で、専門家としての判断や決定を行い、リスク重要度が高いかどうかを決めることにある。数字だけに頼ってはいけな。数字は最初のインプットではあるが、いろいろな要素を考慮したうえで、リスク重要度を最終的に判断する必要がある。それは規制の枠組みの中で、ということになるかと思う。

委員からの御発言：

- 研究開発に関して、リスクインフォームドのアプローチというのが米国ではどのようにとられているのか、あるいはとられていないのか。今のリスクインフォームドのディシジョンメイキングに関しては、規制と被規制で明確に分かれている訳だが、その間の関係というのがRIDMという考え方の中で整理してお話をしていただいた。一方で、このワーキンググループのもうひとつの重要なテーマである研究開発のロードマップをどのように作っていけば良いのか、ということについては、規制側、事業者側、更に研究を行うような方々がここに入っているし、その中身についても国民に対してきちんと共有していくことが必要になる。そういう中で、リスクに関わるような情報を上手く使って、どのような研究がどうしても重要なのか。これを共有していくということが必要ではないかと考えているが、このようなアプローチをアメリカではとられてきたのかどうか、ということについて伺いたい。

電力中央研究所からの御発言：

- 米国では今までに正式なロードマップを持っていたことは一度も無い。非常に多くの議論が業界の中でもNRCとの間でも、スタッフのレベル、あるいは上司のレベルで行われてきたと思う。このような議論の末、何をやらなければいけないかというアウトラインは出来ていたが、実際にこれを書面で表したものは何も無い。ここが、やはりアメリカと日本の違いではないかと思う。日本でそれを文書化するのは良いことだと思う。

委員からの御発言：

- PRAを実施する意味というのは、決定論的アプローチに陥らず、リミテッド・セット・オブ・チャレンジに拘らないように、それを避けるというようなことで、確率自体を評価することに意味があるということではなくて、他のリスクマネジメント手法と組み合わせることで残留リスクを低減するというところに、PRAの価値があるのだろうと思う。その上で、あえてお聞きするが、現在のPRAについて、推定の信頼度というのはどの程度あると考えられるか。例えばレベル1における炉心損傷確率とか、ヒューマンリライアビリティとか、地震とか火事とか、自然災害の確率評価、それがどの程度の信頼度をもって、評価できるとお考えか。特に、パブリックとのコミュニケーションにおいては確率自体があたかも確定論的なもののように流通してしまう場合があると思うが、そのときに、そのPRAの信頼度というものをどのように考えれば良いかというのが一点目の質問。それから2点目は、PRAというのはあくまでリスクに対する効果の部分であろうかと思うが、意思決定においては、効果だけでなく、費用対効果についても考慮して意思決定をするのだろうと思われるが、そのリスク対策としての費用に関するデータベース、もしくは知見の共有というものは米国ではどの程度進んでいるのか。

電力中央研究所からの御発言：

- 信頼性の問題を何度かお話しているが、理解しなければいけない重要な点は、意思決定プロセスは、究極には判断だということである。PRAから得られる情報はインプットのひとつであり、これを意思決定に用いてはいるが、最終的には規制当局の職員がその頭の中で統合しなければいけない。深層防護の原則、それから安全裕度、他の法的な制約とか、ステークホルダーのレビューとか、こうした物を全て統合して考え合わせて判断する必要がある。例えば、火災に関わる問題であつたら、職員はより大きな不確実性があることを考慮すべきで、それを加味したうえでの判断をすることになる。内部シーケンスに関しては、よりPRAの信頼度が高いと考えられるので、不確実性は低いかも知れないが、とにかく、そういったことを規制当局は勘案しなければならない。2つ目のコストの点では、議論が分かれる。なぜならば、PRAを行う為に何百万ドルという予算を掛けることになるが、その結果はいろいろなアプリケーションに活用できることになる。換言すれば、このリスク情報を活用したアプリケーションを使うことに対してメリットがこれだけで、PRAのコストがこんなに掛かる、という考え方は必ずしも正しくない。事業者側としてメリットがコストに見合わないと思うかもしれないが、これによる成果はPRAだけに留まるものではない。実際の取組の中で、コストは勘案事項である。より成功したのはROPである。リスク情報を活用したインサービスの検査、そこでの資源の節約、安全性の改善へと繋げることができると思う。

座長からの御発言：

- 議論の中でグッドPRAというのが出来てきて、データがそろって、それを信用してもらえて、そうすれば物事が進んでいくのだと、というような話があった。その為には何が必要なのかというような議論があったように思う。所長が言ったポイントは、そういうリスクベースで考えるのではないということで、そういうところは現実には目指さないからこそジャッジメントが重要となり、リスクインフォームドが重要なのだと、そういうメッセージを言っていたのだと思う。一方で、ディシジョンメイキングをするためには、何らかの確信性というか、クレディビリティがないといけな。そういうところが、日本で委員の方々から出た質問とアメリカでの経験とのギャップが少し残っているのではないかというふうに感じた。言い方を変えれば、今、我々はアメリカの現状をついつい見てしまいがちだが、今日、所長がお話してくれたアメリカのこれまでの悩みとか、失敗の経験とか、そこからエッセンスを引っ張り出してくることが必要なのではないか、というふうに思う。大変、示唆に富むお話をしていただいたと思うし、今、我々が取り組もうとしているROPに対しても非常に良い提案を頂いたのだと思う。

電気事業連合会より資料2について説明

電力中央研究所より資料3について説明

四国電力より資料4について説明

委員からの御発言：

- 四国電力さんの取組について伺いたい。停止時にPRAを活用しているということで、非常に良い取組だと思うが、我が国では地震が起ることを考えると、米国で実施しているような停止時の内的事象のみを考えているPRAで良いのか。その辺りをどう考えるのか。それが先ほどのアポストラキス所長がコメントされていたリスクベースドではなくて、リスクインフォームだということと関係してくるのだと思うが、PRAをどのように活用して検査時の意思決定に使っているのか、というところをご説明いただければと思う。

四国電力からの御発言：

- 停止期間中としては、燃料取出しの前後にリスクが高くなる。こういったリスクの高いところを下げる為には、その間に点検する機器の台数をどうするのか、あるいは機器の点検時期をどうするか、といったことを考えている。あるいは、リスクが高い期間を短くするというような、こういった2点の観点から対策を考えている。現時点では、プラントのリスクを評価するのに、単純に計算できる範囲内でやっているというのが現状であり、これに地震が加わった時にどうなるか、というところについては、これから検討を加えていくという段階である。

委員からの御発言：

- 人間信頼性解析の部分について、今後、THERPから次のステップとなると、HRAカリキュレータを使うことになると思う。四電さんの資料にはそちらのほうの記述があったが、HRAカリキュレータを使うとなると、人間信頼性に関する基本パラメータは確率分布まで含めた形で、ある特定の事象の条件設定から、運転員が操作を行うまでのデータベースが必要になってくるかと思うが、それは結構、大変なことになってくると思う。これからHRAカリキュレータを使うに当たって、その辺の新たに必要となる人間信頼性に関するデータの収集というのはどのようにお考えか。

電力中央研究所からの御発言：

- 当面、THERPに無かった部分のデータは、現時点で存在するものを適用していくことになる。このデータは、電中研が論文を書いたものでは意味が無く、例えば四電さんと経験豊富な保安担当の方や元運転員の方々と一緒になって作ってみて、現場で作ったらかうだよ、ということをやっていると考えている。そのなかで、各社が持っているヒヤリ・ハットなどの事例をどうやってデータベースにしていくなか、どうやってPRAにしていくなか、というところは今後の検討課題である。さらに、事故時の対応についても今後の課題である。緊急時の人間の対応といったものについても、これから取り組むべき課題で、極端なところは福島における実際の経験を分析するというようなことも検討してみる。ただ、全部をこれから着手するといっていたら始まらないので、今あるところから検討してみて、その不確かさがどの程度なのか、ということを考えていきたい。

委員からの御発言：

- 四国電力さんに対して。現場も含めて全員の意識を変えていくというのは、とても大変なことなのではないかと思う。なお、自治体に対しては、PRAを使った安全性向上の取組をしていることを説明しているのか。

四国電力からの御発言：

- 過去にPSA、PSRという取り組みが行われていた。これは、発電所を10年ごとに評価して、炉心の損傷確率などを計算して国に報告するというスキームであったが、そういった中で、リスク管理について県へ報告すると共に、事業者自らが一般に公表するというスキームがあった。そういう意味では少しずつではあるが、自治体の方々にもリスク管理について説明をしている。今回のPRAについては、昨年、こういった取組をするという内容の広報活動をしている。まだ、実際の成果が出ていないので、結果は今後、配信していきたいと思う。

座長からの御発言：

- 今の四国電力、柏崎刈羽をモデルプラントとして、グッドPRAを目指した積極的な取組がなされている。これをすべての原子力発電所のオーナーに展開して、知見なり経験を共有しながら全体のレベルを向上させていく、というのは重要な取組だと思うが、それについて、努めているポイントなどがあればお聞きしたい。

電気事業連合会からの御発言：

- 現在、パイロットということでは、四国電力さんと東京電力の柏崎刈羽ということで進めているが、パイロットをしていく中でのTACの議論は、四国電力だけが実施しているのではなくて、その中に他電力のエンジニアも参加しながら、議論や新しい知見の共有をしていく、ということと並行して進めている。実際、四国電力で進めていくことについては、四電さんの努力が一番大きなものであるし、実際には大変なのだが、実際にどういうふうに進んでいるのか、どこで苦労しているのかというところを随時、共有するようにしている。このように、まずは苦労の一端を各社で共有していくようなプロセスを踏みながら、作業を進めているということがひとつ。それからもうひとつが、そうしたやり方だけでなく、HOW・TO的なところで視点が絞られてしまうところがある。したがって、先ほどの説明にもあったが、PRAを使った活用側から見えていく、リスクインフォームドの推進を進めていくチームを電中研の中に発足させた。ここでは、そうした成果をいかに使う側に展開していくか、ということ踏まえた上で、ロードマップを作ったり、あるいは共有すべきこと、お互いに努力すべきことを決めていこう、というようなことで活動しているので、個別の具体的話に対してはエンジニアリング的に関わっていくということを実施したり、それからもう少し大きな目でロードマップ的に関わっていくということを行ったりすることで、この2つの面から進めていきたいと思っている。

委員からの御発言：

- NRRCについてお聞きしたい。先ほどのアポストラキス所長のプレゼンテーションの中には、火山の話が出てきたが、その辺りについて御説明がなかったので、補足をお願いしたい。

電力中央研究所からの御発言：

- 火山については、ハザードで最も大きなものが火山灰なので、まずは、そのハザードに対するフラジリティというものを評価している。その際、経験や実績だけから降灰というものを見るのではなくて、ハザード自体のメカニズムを考えたりと、それに応じたフラジリティを考える、というような検討も進めている。そのうえで、本当にこれをPRAにしたらどうなるか、というところを始めた段階である。

座長からの御発言：

- アポストラキス所長、先ほど委員からトップの意識は変わっているか、という質問があったが、今、尾野さん、横尾さん、玉川さんの話を聞いて、こういった取組について、感想や提案はあるか。具体的な事業者の取組について、方向性は良いか、ちゃんと良い成果が挙げられているか、ということについて、意見はあるか。

電力中央研究所からの御発言：

- 産業界や規制当局の多くの方々が研修を受けなければいけない状況であり、RIDMとは何かについて学ばなければいけない。玉川さんがこの点について触れられたが、これは非常に重要な進展であると考えている。RIDMについて語ることは簡単なことだが、実際にこれを行おうとする場合には、ある程度の知識と経験が必要となる。また、最初の段階ではいかにして取り組むべきか、ということに関していろいろな疑問があると思う。各電力事業者が取り組むことが重要だと思う。
- 私が改めて強調したいのは、これまで四国に協力していただいたことに対して、心から感謝しているということ。それから、全てのTACの質問にも答えていただいたことに感謝したい。そして、四電は再稼働を目指して努力している中で、多くの質問に答えてくれ、このSSHACのプロセスに対して本当にすばらしい協力してくれたと感謝している。この成果が日本中に普及することを望んでいる。これは良い方法であって、全国的にSSHACのプロセスを広めていく一方で、それぞれの事業者が自分達の発電所を上手く運営していくことを望んでいる。
- これらのイニシアティブには、多大なコストが掛かるということであってはいけない。このような状況では、やりたくなくなるということもあるので、いろんなアプローチとコストを考えながら推進する必要がある。

座長からの御発言：

- では、本日の議論はここで終わりにしたいと思う。次回は「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」について議論したいと考えている。開催日程等については、事務局より改めて連絡する。

以上

関連リンク

[自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループの開催状況](#)

お問合せ先

資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 原子力政策課 原子力基盤支援室
