

## 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3回）-議事要旨

日時：平成26年11月10日（月曜日）10時00分～12時30分

場所：経済産業省本館17階西3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、大場委員、尾本委員、関村委員、高橋委員、谷口委員、前田委員  
（欠席）伊藤委員、岡本委員、梶川委員、八木委員、山本委員

#### プレゼンター

ローザ・ヤンEPRIフェロー、ウィルムスハーストEPRI原子力担当副社長、上坂原子力人材育成戦略検討会議主査、柴田日本製鋼所執行役員室蘭製作所所長

#### 経済産業省

高橋資源エネルギー庁次長、多田電力・ガス事業部長、畠山原子力政策課長、吉野大臣官房審議官、土井大臣官房審議官、香山原子力戦略企画調整官

#### オブザーバー

増子文部科学省研究開発局原子力課長、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、服部日本原子力産業協会理事長

### 議題

軽水炉安全技術・人材ロードマップについて

### 議事要旨

事務局（香山原子力戦略企画調整官）より資料1について説明

米国電力研究所（EPRI）ローザ・ヤン氏より資料2-1について説明

#### 委員からの御意見：

- 日本の場合、2000年に入って安全研究に関して国及び民間の関与は非常に少なくなる傾向にあった中で、世界では必ずしもそうではなかった。そういうことも踏まえて、世界と一緒に安全研究を実施していくことの重要性を再認識した。
- 日本において、EPRIに相当する役割を持つのは電力中央研究所（電中研）であるが、今後の日本における安全研究の中での電中研の役割を、原子力規制委員会（NRA）や日本原子力研究開発機構（JAEA）との関係も含めて考慮する必要がある。EPRIと電中研の間には顕著な違いがあるように感じる。
- その背景として、日本における、ありとあらゆるニーズに対して応えるのは、多くの場合、原子炉メーカー。米国のように、電気事業者が問題を解決する際にチームとしてEPRIも加わっている、というわけではない。そのため、これまでは、簡単に電気事業者が原子炉メーカーにアウトソースしてしまう傾向があった。
- また、日本では米国と異なり、研究者の組織間の横断的な流動性が見られない。
- さらに、日本の研究の対象は米国の研究の対象と比べて、ハードウェアに偏りがちな傾向がかなりある。
- 今後、日本の安全研究を行っていくに当たって、例えば電中研が将来的に果たす役割を議論してはどうか。

#### ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：

- 日頃から電中研との接点は持っているが、最先端の非常に素晴らしい研究を実施していると思う。EPRIと電中研の間には違いがあるとのことだが、それはモデルが異なるためではないかと思う。電中研は最先端の研究を実施しているが、EPRIは会員のニーズに沿った研究を実施している、という違いである。

#### 委員からの御意見：

- 1点目。EPRIは様々な組織と連携しているという点について、日本でも重要なことであると感じた。EPRIの独立性、信頼性という点について聞きたい。資料2-1の7ページに、米国原子力規制委員会（NRC）の研究と利益相反に関する覚書があるが、これは一般公開されている。

るものなのか。また、一般の人々は一般公開されている覚書をもってEPRIの独立性を信頼しているのか。

- 2点目。EPRIは会員のニーズに沿った研究を実施している、ということだが、その場合、研究成果もニーズに合うように変わることがあるのではないか。また、EPRIの研究成果について評価する第三者機関は存在するのか。

#### ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：

- まず、利益相反に関する覚書は一般公開されたものだったと思う。
- また、利益相反及びEPRIの研究の誠実性、完全性というテーマは、我々にとって非常に重要なものである。会員からの拠出金によって研究を実施しているが、仮に会員の利益に反する結果であっても、科学的な誠実性、完全性を重要な価値として捉えて研究を実施している。EPRIの取組が長年支持されているのは、こういった科学的な誠実性、完全性に基づく結果であると考えている。
- 過去の例として、燃料に関する研究を担当していた際、燃料の破損が多発するある状況に対して評価を実施してほしいという会員からのニーズがあったが、そのときには、（EPRI内の）シニア・マネージャー同士で議論した結果、科学またはデータに基づいた正しい結果を示すことが全てである、という結論になり、会員に対してそのように通告した。つまり、我々は正しいことを伝えることが重要であり、それを受け入れられないのであればサポートはできないということ。技術者から上層部に至るまでこのような姿勢を示している。
- 繰り返しとなるが、我々は独立性、科学的な誠実性を最重要と考えている。

#### 委員からの御意見：

- 日本原子力学会におけるロードマップ作成の際に、どのような観点からロードマップを作成するかについて様々な材料を与えていただいた。特に、計画の立案、実行、成果の活用に加えて、様々なコミュニケーションのツールとして用いるとの考え方には賛同する。
- 一方で、ロードマップをどのように評価すればよいかという点については、詳しく伺いたい。ロードマップの成果として、設備利用率の上昇及び重要事象の発生確率の低下が進んだという説明があったところだが、これだけで本当にロードマップが適切なものであると評価するのは必ずしも十分ではないのではないかと感じている。というのも、規制側とのコミュニケーションや、住民とのコミュニケーションを含む必要があると思うため。EPRIのロードマップそのものに対する評価の指針として、設備利用率及び重要事象の発生確率以外のものもあればご教示いただきたい。

#### ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：

- 今回ロードマップの例として示したのは火災PRAであるが、これは研究開発を目的としたものである。あくまでも、EPRIが行う研究開発を主眼としている。一方、日本において現在作成しようとしているのは安全や人材に関わる様々な内容や様々な主体による研究開発を含んだより高次元のロードマップだと認識している。名前は同じロードマップであるが、その中身は全く違うものではないかと思う。今回は火災PRAのロードマップを示したが、これはより現実的な火災PRA評価を実施することを目的として作成されたものである。火災PRA以外にも材料研究に関するロードマップや、燃料破損に関するロードマップ等も存在する。
- おっしゃる通り、出力上昇や設備利用率の上昇といった目的だけでロードマップを作成しているのではなく、電力が抱えている様々な問題に取り組むことを目的としてロードマップを作成している。
- このロードマップを例えば原発立地の地元とのコミュニケーション等の目的に用いるかということそうではない。なぜならそれは我々の仕事ではなく、EPRIはあくまで研究開発の組織だからである。

#### 委員からの御意見：

- 発表の中で規制側との対話についての重要性を指摘いただいた。現在の日本ではこの規制側との対話というのが非常に欠けていると感じるため、その部分を見習わなければならないと感じた。
- そうした中で、EPRIとNRCの対話がうまくいっている部分もたくさんあるとは思いますが、EPRIとNRCの間で見解に相違があった場合、対話において解決していく部分も多いかと思う。このような見解の相違をどのようにして解決した、または、解決できなかったか、という点について経験談を伺いたい。

#### ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：

- 非常に難しい問題だが、最終的には、対話を持つということが重要なように感じる。EPRIとNRCはプラントの安全性という共通の目標を有している。しかし、データそのものに不確実性を持つ場合やデータの性質、取り組んでいる課題によって不確実性を持つ場合もあり、見解に相違が出ることはある。よって、対話を持つということが重要であり、対話ができるような十分な知識レベルを持つということも重要だ。規制当局として情報を持っている方がより良い規制ができるように感じている。対話においてベースとなってくるのはデータと解析、分析になる。見解が一致しないことは多くあるが、規制側は規制基準として定めるものは、やはり尊重しなければいけないと思う。

#### 座長からの御意見：

- 発表の中でデータや技術的な部分はEPRIとNRCが共同で取得し、解釈については独立的にそれぞれが行う、というプロセスについての話があったが、どのような過去の経緯からこういうプロセス確立に至ったのか。

#### ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：

- 個人的に経験した例として、LOCA（冷却材喪失事故）に関する試験がある。これは、研究室でLOCAの状況を再現するものであるが、シミュレーションを行うものであり、条件は実際の発電所とは異なるものである。この場合、実験室で起こった事象を実際の炉にどう関連づけるか、シミュレーションの中で起こったことが本当の発電所でも起こると考えて良いのか、という問題がある。データの不確実性や外れたデータに対する重みづけといった問題があり、それらはかなりの部分が解釈によってくる。結果としてEPRIとNRCの双方が合意に至らない場合には、解析や試験を再度実施する。あるいは、規制は得てしてこういう場合に、不確実性があるので十分な尤度（マージン）を持たせなさい、という言い方をし、これを受け入れざるを得ない。

**委員からの御意見：**

- EPRIから会員に解決策を提案する際のアプローチの仕方としては、EPRIが最善だと考える単一の解決策を示すのか、それとも代替案も含めたEPRIとしての優先順位付けをした複数の案を示すのか。取り組むテーマによっても異なってくるかと思うが、聞かせてほしい。

**ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：**

- 単一の解決策を示すのではなく、複数の案を示す形である。解決策を提案する際は、複数の報告書を出すのではなく、そこから読み取れる内容は何か、ということを示すようにしている。例えば、ある問題に対して最善の方法はこういったものだが、別の状況においてはもしかしたら適切ではないかもしれない。その場合は別の方法としてこっちの方法を行う、といった回答を行う。当然ながらプラントによって設計や運転状況は異なってくるため、それに即したオプションを示すようにしている。
- ただし、長年にわたる経験から、物事を明確にするように心がけている。会員に対して、運転を行うという重要な役割を担いながら、たくさんの方の報告書を読んでもらう、というのは大変だと感じるので、報告書を読んで解決策を提示するのはEPRIが担当している。

**座長からの御意見：**

- 先の委員の発言で、研究成果もニーズに影響されるのではないかと、EPRIの研究成果について評価する第三者機関は存在するのか、という質問があったが、この点についてどうか。

**ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：**

- ある意味ではイエス。重要な研究ではピアレビューを実施しており、大学や産業界、研究機関の専門家によって、結果についてレビューしてもらっている。
- EPRIが作成した水化学のガイドラインの例では、産業界、電力会社、メーカー、外部の独立機関のレビューを受けた後にガイドラインを発行している。

**委員からの御意見：**

- ロードマップがコミュニケーションツールとしての役割を果たすという点について、再認識することができた。
- 人材育成の件で、世界中に会員を持つEPRIには様々な人が存在していると思うが、人というものをどのように捉えて研究しているのか。つまり、現場でリスクを低減する安全活動を行う人間について、エラーする存在と見なすのか、リスクに立ち向かう存在と見なすのか。
- 一般の国民のEPRIに対する認識や、EPRIが信頼されているのかどうかについて、聞かせてほしい。
- 発表の中で、学会との関係性が見えなかったため、その点について聞かせてほしい。

**ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：**

- 現場の人間に関する人間信頼性解析については専門外なので答えにくいですが、人間はエラーを起こす存在なので、重要となってくるのはインフラ設備のシステムと考える。つまり、確実に冗長性を持たせることである。自分は専門外だがEPRIにも人間信頼性解析の専門家はいるので、良ければ後で紹介する。
- 一般の国民のEPRIに対する認識については、国民に聞いていただくのが一番良いが、個人的な印象としては、信頼や尊敬をいただいているのではないかと感じている。
- 学界とは良い関係性を築けていると思う。施設や人材を使わせてもらい、その中で解決策を見いだすケースも多々ある。また、EPRIも大学をサポートしている。私個人はカリフォルニア大学バークレー校出身だが、大学の様々な集まりや、スタンフォード大学の集まりに参加している。

**委員からの御意見：**

- 発表の中で原子力分野における研究分野の紹介はあったが、地震・津波等の自然科学分野の研究者との関係性についても、もし何かあれば聞かせてほしい。

**ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：**

- EPRIにも地震の専門家は多くいる。津波の専門家はそんなにいない。また、今回の説明ではEPRIの原子力部門の研究分野の概要を説明するのみだったが、これ以外に火力や発送電、環境といった研究分野もある。

事務局（香山原子力戦略企画調整官）より資料5について説明

**ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：**

- 委員のコメントは非常に重要な部分が多いと思う。
- 私自身は、バークレー校では原子力工学を勉強した。そこではセラミック材料、特にUO<sub>2</sub>の燃料材料を専門としていた。GEでは新技術のバリア燃料の試験や研究に関わっていた。大学教育と実務経験はスムーズに移行できるものであるべきだと感じている。実務経験としては、今あるデータに基づいて最善の判断をして問題解決をしていくのが、現場経験あるいは運転経験、運営経験なのかもしれない。学んだことを実際に応用して状況の改善を図る、ということが重要だと考える。
- また、GEでの経験について言えば、メーカーとして製造した燃料は、実際に原子力発電所に使用されることになるが、発電所側ではメーカー側とは異なる問題をいろいろ抱えているもの。GEでの経験は、（このようなメーカーと電気事業者が抱える問題のギャップを認識するという点で、電気事業者を会員として抱える）EPRIに行くにあたって大変役立った。
- 大学教育は基礎になるので重要だが、それ以外に、学びを応用する経験として、豊富な実務経験も必要である。例えば、私は元々燃料の材料が専門だったが、水化学をやるにあたって違うことをやる必要があり、その専門家たちと横断的に話をしなければならなかった。よっ

て、大学と実務両方の視点を持つことが大事であるということだと思っている。

原子力人材育成戦略検討会議 上坂主査より資料3について説明

(株)日本製鋼所 柴田執行役員より資料4について説明

**委員からの御意見：**

- 今後の人材育成のためにWGとして検討してはどうかと思うことを3点挙げる。
- 第一に、資料5の指摘にある通り、大学教育機関は産業界のニーズに適合した社会人向けの研修プログラムを整備していく必要がある。原子力の人材というと狭義には原子力工学を専攻した人となるが、電力会社で原子力に関わるエンジニアのうち、原子力工学を専攻していた人は10%以下というのが一般的である。それ以外の電気・機械・化学の分野を専攻してきた人が、どんなふうに関与の知識を持っていて、それを継続的にアップデートしているかが重要だと思う。特に、安全は、安全屋さんに任せるものではなくて、原子炉に関わる全ての人が安全に関わる知識を継続的に発展させていく、そういったことをより強化する必要があると思う。
- 第二に、原子力を運用している主として電力会社において、プロフェッショナルの育成と、そういう人を擁することについて、外国とかなり違いがある。主な理由として、電力会社が一体何を電力の技術者に期待するのかということと、クロスファクタライゼーション（相互交流）という意識が社会全体として十分でないことが背景にある。電力会社の中で原子力のプロフェッショナルをちゃんと育てていくこと、またそのためにはどうすればいいのか、ということ強化する必要がある。
- 第三に、日本の教育は知識を覚えることに重点を置いているが、欧米のように“*How to think*”の習慣を身に付けさせることが重要である。これにより、福島事故後に海外から指摘されている「グループシンキングに陥りがちである」という状況を避けていくことにつながる。

**上坂主査からの説明：**

- 原子力人材育成戦略検討会議の検討では、基礎基盤の学力が必要ということ、狭義の理工学のみならずコミュニケーションや国際知識のような文化的な知識が必要という意見があった。そのためには初等中等教育の段階で広く教養ベースに教えて、議論やボランティアなど社会を見るような教育をする必要があるという内容も議論された。専門については、専門が決まりつつある大学、大学院修士博士で学んでいけば良いのではないかなと思う。
- そういった内容を踏まえると、大学院修士1年くらいからが学びのピークであり、産学官連携して、全ての大学で共通的に行う仕組みが効果的と考えている。

**委員からの御意見：**

- 人材育成あるいは人材の関係について、大学では今かなり留学生が多く、メーカーも研究機関もグローバル化して海外の人材も一緒に働いている現状を踏まえれば、グローバルに見て人材不足の問題は何もないと個人的には思う。競争環境にあって有能な者が処遇される環境にあれば、学生に対して大きなインセンティブになるはずであり、そういう環境にしていけば、研究機関、メーカーに人材の問題が生じることは無くなるはずだと感じている。
- 長期的に見て、原子力発電所の現場に下請け会社として外国人労働者が入ってくることを、信頼性の点も含めて考えていかないといけない。特に、電気事業者に関しては、労働力としてそうした人材をどのように捉えているのかいずれ聞いてみたい。
- もし時間があれば、ヤン氏にアメリカではそうした外国人労働者の捉え方はどのようなものなのかお聞きしたい。
- グローバルに見て、教育環境の整備が魅力的かどうかの問題に帰着すると思う。今の日本の教育環境は劣化していると思う。特に実験系の研究炉がなくなって弱くなっている時代に、学術の研究基礎力が形成されなくなることは明らか。今の学生は教育プログラムが国際的視点で発達しているのでそういうセンスは大変良いが、学術の専門能力が極めて低い。大学の教える側の人材の問題が顕在化しており、広く原子力が持つべきディシプリンやスペクトル（幅広い学問領域）が教えられる人がいるかどうか大きな問題である。学生側ではなく教える側の問題が大きいと考える。
- こういう問題は教養やリベラルアーツの世界で教えればよいのであり、大学院と学部では学術の基盤力に専念するための環境が大事である。若い教養の段階で、科学技術と社会の問題を教えれば良いのであり、大学院生に教えるのは遅い。コミュニケーター育成というのは教育とは関係ない。
- 研究開発は基礎基盤研究に回帰して、10年くらいかけて再構築すべきだと思う。将来の技術準備力を育てるべき。第5次科学技術基本計画にも、基盤力とは書かれているが、原子力についてはほとんど言及されず、第4次科学技術基本計画のフォローアップにもほとんど書かれていない。原子力はそういう扱いで良いのか、ということをはっきりと考えるべき。

**座長からの御意見：**

- 人材を大学、研究機関、電力会社、メーカーのような現場の切り口で分けていって、それぞれどういう人材が必要かという話と、教育環境として教える側や研究炉のようなインフラストラクチャーの話があったかと思う。EPRIと電力会社がそれぞれどのように人材を維持しているのか、またそういう人のための環境の場（研究炉などのインフラストラクチャー）をどのようにしているのか、ヤン氏もしくはウィルムスハースト氏より、何かあればご意見を頂きたい。

**ローザ・ヤンEPRIフェローからの説明：**

- EPRIというか米国の強さは、メルティングポットと呼ばれるようないろいろな国民の人が混ざっているということだと思う。いろいろな国籍を持った人が研究機関、メーカー、規制組織で働いている。いろいろな国で教育を受けた人が原子力に限らずいろいろな分野にいろいろな形で、米国国内で貢献している点が挙げられる。日本でもそのような兆しが見られるところだと思う。

**ニール・ウィルムスハーストEPRI原子力担当副社長からの説明：**

- 私は英国人で、もともと海軍で原子力潜水艦の業務に携わっていた。16年ほど前スリーマイルアイランドを買った会社に在籍して米国で勤務していた。米国で気付いたことは、人の流動性が高く、英国のように同じ会社に勤めて他の人と同じ仕事をするわけではない。この点で日本と英国は同様である。米国の場合は、会社から会社に移る人がたくさんいて、他の国から移ってくる人もいる。その段階で他の会社の良好事例を持ち込んでいることが多い。そしてまた数年後に他の会社に移る。そのようなケースが米国では多い。これは文化的なものかもしれないが、日本でも多少組織間の人材移動があっても良いのではないかなと思う。

#### 委員からの御意見：

- 大学以降の人材育成について、よく言われていることだが原子力に対するネガティブな態度が形成されてしまっている点が問題である。初等中等教育における、原子力に対する積極的な政策が望まれる。

#### 委員からの御意見：

- 危機感として挙げられた3点に対して、どのように捉えているのか、問題点をどこまで深掘りしたのか見えていない。例えば、学生の原子力業界に対する関心が低下している一方で、福島の後、必要な分野が増えてきている。今までの各研究室の専門のテーマは細分化し過ぎていて、新しい福島の問題に対応できない。原子力の専門ではない人に、原子力の産業の魅力をいかに伝えていくかというところの人材育成が重要だと思う。
- 学生の原子力離れが著しい中、それでも原子力の専門性が必要ということであれば、やはり、基礎基盤が重要。
- 原子力の専攻を志望する学生が減少するにも関わらず、専攻数、学科数を維持しようとすれば、どうしてもレベルの低い学生が集まってくることになるが、教員側の指導内容のレベルは全く変わってなく、その学生の能力に応じて適正なレベルまで学力を引き上げるという対応ができていない。
- 資料を見ていくと、リスクコミュニケーターや技術者倫理が必要と書いてあるが、技術者倫理のような科目を単独で教える必要はないと思う。必要なのは既存の科目の中でそれぞれの専門の教員がそうした考えを常にビルトインしていくことである。

#### 上坂主査からの説明：

- 人材育成ネットワークのロードマップは原子力発電分野の人材育成に限定している。核融合や放射線などの研究開発も大学では行っているが、そういった分野はロードマップには入っていない。一部の教育基盤の部分は共通しているが、原子力に関連する科学技術にどのような夢を与えられるか、それをどのように政策で考慮していくかというもっと大きい話が背景としてある。

#### 委員からの御意見：

- 原子力人材にとって新しい人材を増やしていくには夢が必要であるとしてあるが、どのように夢を持たせるのかを知りたい。例えば、若い方々がこの議論に参加していたのか、それとも長年経験してきた方の経験に基づいて議論をしていたのか。感想としては、10年後のあるべき姿は3.11前の姿と同じことを言っているのではないかな。新しい視点が入っていなかったように感じた。
- リスクコミュニケーターの能力を養成する意味は、科目や学部や研究機関を作って養成するということではなく、関わる人全員がコミュニケーション能力を持って誰もがリスクコミュニケーターになれる状況を作っていくということなのか。意味合いについて教えていただきたい。今後の研究者にはこのコミュニケーション能力は欠かせないと感じているところ。

#### 上坂主査からの説明：

- 意見を作ることがすなわちコミュニケーションであると理解をしていたが、相手を理解するところまでがコミュニケーションと言えるので、現在そのような視点で考慮しているところである。

#### 座長からの説明：

- 今回のWGにおける様々な発表内容及び議論の内容は、軽水炉安全技術・人材ロードマップ草案作成の参考資料とするために、後日事務局より原子力学会へ申し送る予定である。
- 次回についても、今回と同じく軽水炉安全技術・人材ロードマップ草案について審議する。開催日程は事務局から改めて連絡する。

以上

#### 関連リンク

[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

