

確率論的リスク評価日米ラウンドテーブルについて

1. 開催日時・場所

2014 年 2 月 20 日 (木) 9:30-18:00、21 日 (金) 9:30-17:00

三田共用会議所 第 4 特別会議室

2. 主な出席者

【日本側】

近藤 駿介 原子力委員会委員長
更田 豊志 原子力規制委員会委員
中西 宏典 経済産業省大臣官房審議官
高田 毅士 東京大学教授
山口 彰 大阪大学教授
八木 誠 電気事業連合会会長

※その他、資源エネルギー庁（事務局）、原子力規制委員会、大学、電気事業者、メーカー、研究機関等から出席

【米国側】

ピーター・B・ライオンズ 米国エネルギー省次官補
ジョージ・アポストラキス 米国原子力規制委員会委員
B・ジョン・ガリック 元原子力廃棄物技術評価委員会議長
スコット・A・グリーンリー エクセロン上級副社長
デイビッド・H・ジョンソン ABS コンサルティング副社長
ダグ・トルー エリン・エンジニアリング&リサーチ会長、他

※その他、エネルギー省（事務局、国立研究所を含む）、原子力規制委員会、電気事業者、エンジニアリング会社、コンサルティング会社等から出席

※2 月 20 日、21 日の両日を通じて、延べ 120 名程度が参加。

3. 開催趣旨

平成 25 年 11 月 4 日に民生用原子力協力に関する日米二国間委員会（日本側議長：杉山晋輔外務審議官、米側議長：ダニエル・B・ポネマン・エネルギー省副長官）第 2 回会合がワシントンにて開催され、幅広い政府機関が参加した。

民生用原子力の研究開発に関し、日本側は、確率論的リスク評価（PRA）に関する二国間の協力プロジェクト立ち上げを提案した。米国はこの提案を前向きに受け止め、その後両国政府は、両国政府と民間の PRA 専門家、実務家の参加の下、PRA の手法及びその原子力安全への適用等に関する日米ラウンドテーブルを開催することで一致した。

PRA の手法の高度化及びその原子力安全への適用を促進するため、日米の専門家、関係機関が参加する「確率論的リスク評価日米ラウンドテーブル」を開催した。両国における PRA に関する活動・経験を共有し、日米協力による我が国における PRA の手法及び適用の促進に向けた議論を実施した。

4. アジェンダ

2月20日（木）

（午前）

- 挨拶（中西経済産業省大臣官房審議官、ライオンズ米国エネルギー省次官補）
- 基調講演
アポストラキス米国原子力規制委員会委員
更田原子力規制委員会委員
ガリック元原子力廃棄物技術評価委員会委員長
近藤原子力委員会委員長
- 基調講演者によるパネルディスカッション
（モデレーター：ライオンズ米国エネルギー省次官補）

（午後は個別分野に関する発表、意見交換）

- 内的事象 PRA
- 外的事象 PRA
- PRA の規制への活用

2月21日（金）

（午前）

- 基調講演
グリーンリー エクセロン上席副社長等
八木電気事業連合会会長

（午後は個別分野に関する発表、意見交換）

- セキュリティ PRA
- 停止中 PRA
- レベル 3PRA、マルチ・ユニット PRA

5. 議事概要

プレスオープンで開催された初日午前の講演及び議論の概要を以下に示す。

イントロダクション1 - 日米二国間委員会および PRA ラウンドテーブルの背景 中西経済産業省（METI）大臣官房審議官

日本の主催側を代表して経済産業省資源エネルギー庁審議官の中西氏が挨拶を行った。

- まず福島第一原発事故後の収束に向けてのこれまでの米国側の協力と今回のラウンドテーブル開催に際しての米国エネルギー省（DOE）の尽力に対し、感謝する。
- 米国では、スリーマイル島原発事故後、定量的安全目標の設定やプラント毎の内の事象の評価（IPE: individual plant examination）や外的事象の評価（IPEEE: individual plant examination for external events）に代表される個別発電所における PRA の実施、原子炉監視プロセスに代表されるパフォーマンスベース規制の導入等、世界に先駆けて、産業界の自発的な安全向上策を促し、そのリスク低減効果を客観的な数値として示していく仕組みを導入してきた。
- 一方、我が国において PRA は、電力会社におけるリスクマネジメントと規制当局における規制の最適化の両面において積極的に活用されてこなかった。特に、外的事象の PRA の実施が不十分で、東京電力福島第一原子力発電所事故等を振り返っても、津波やテロを始めとした外的事象に関する客観的な評価の実施が課題。
- 本日は、我が国として、米国の産業界と規制当局の専門家から PRA とリスクマネジメントに係る教訓や米国産業界と米国原子力規制委員会が PRA 活用においてどのように連携してきたかを大いに学びたい。また、日本としても外的事象に関するリスク情報の共有等を通じて日米の PRA の高度化に貢献していきたい。
- 確率論的リスク評価が実機の安全性向上に活用されるためには、本日のラウンドテーブルのような、政府のみならず産業界、推進側と規制側双方のイニシアチブが必要。日米の専門家、実践家が、将来に向けた関係を構築していただくことを望む。

イントロダクション2 - 日米二国間委員会および PRA ラウンドテーブルの背景 ライオンズ米国エネルギー省（DOE）次官補

中西審議官に引き続き、ライオンズ米国エネルギー省次官補が米国側を代表して挨拶を行った。

- 日本側事務局の会議開催に向けた尽力に感謝する。また、本日の日米ラウンドテーブルに、日米の規制機関双方から出席があったことにも感謝する。我々DOEの多くのスタッフもまた、本日のために非常に熱心な取り組みを行っていただいた。このことに御礼を申し上げたい。そして、本日この会議室にお集まりいただいたすべての方に感謝申し上げる。

- 日米ラウンドテーブルは、民生用原子力協力に関する日米二国間委員会において、技術的な議論やお互いの情報交換をする場として想定されたものである。
- 日米二国間委員会で取り扱う議論の対象は、原子力安全、セキュリティ、緊急事態管理および原子力研究開発等、広範なものである。この委員会とその下に設置された5つのWGにより、日米には、お互いの技術力を向上させうるスキームが提供された。
- 2013年11月、PRA手法とその活用に関する米国の豊富な経験の共有を通じて、日本の経済産業省と協力することで合意した。本会合では米国のPRA活用における歴史と発展に関する専門家が一堂に会する。課題や教訓を含むPRA手法や米国での活用に関するリスクについて議論し、日本での活用における潜在的な利点を約束するための重要な機会となる。
- 私は、過去、米国の原子力発電所を訪問して、PRAが日常の運転リスク管理にどのように活用されているのかを目の当たりにし、非常に印象的な経験であった。
- 本日のラウンドテーブルとその議論が、日米の原子力産業界にとって重要な役割を持ち、国際的なベストプラクティスを取り入れるために日本政府とともに協力できることを非常に期待し、確信している。あらためて、経産省・中西審議官に感謝を申し上げる。本日のアジェンダに期待している。

Keynote #1 -米国におけるPRAとリスクマネジメントの歴史と進展

アポストラキス米国原子力規制委員会（NRC）委員

NRC委員であるApostolakis氏が、米国におけるPRAの変遷とリスク管理に関する基調講演を行った。

- 米国原子力分野におけるリスクマネジメントの歴史を振り返ると、初期の1960年代、不確実さの定量化、深層防護や安全裕度の規制への取り込み、設計基準事故の概念が注目されていた。
- 従来の安全確保のアプローチの問題点として、深層防護の十分性について明確なガイダンスが無く、最終的には専門家の判断に委ねられることが挙げられる。また、設計基準事故には、単一故障を想定していること、現実的な運転員のパフォーマンスを考慮することができないこと、一度設定をすると事業者と規制当局による変更が困難であること等の問題がある。
- PRAの手法は70年代初頭に導入され、「何が起こり得るのか」、「そのシナリオはどの程度起こり得るのか」、「その結果は何か」、「リスクに最も寄与する機器やシステムは何か」といった問いに答えるものである。
- 1974年から1975年にかけて発表された原子炉安全研究を通じて、原子力における大事故のリスクは今まで極めて低頻度で高影響と考えられていたが、より高い確率で発生するが影響は大分小さい等の結果が提示され、人々の認識を大きく変えた。
- 原子炉安全研究の後、1980年代に炉心損傷確率（CDF）等についていくつかのリスク研究が実施されたが、リスクは数値のみでは意味をなさない。どういったリスクレベルであれば社会から許容可能かどうか、社会からの圧力もあり、NRCで

は定量的な健康数値目標（QH0）を示すこととなった。

- その後、再びリスク評価の方法をプラントに加える変更を許容可能なものとするために活用すべきであるという社会的圧力があり、NRC スタッフが補助的な目標として CDF と格納容器破損確率（CFF）、大規早期模放出頻度（LERF）を策定した。15-17 年の間使用しているが、これらの目標は非常に実用的である。
- 1995 年の PRA 活用政策声明において、PRA の活用を決定論的手法の補完と深層防護の原則の維持推進を目的として推進すべきであること、PRA を用いて現行の規制要件における過剰な保守性を排除すべきであること等が示された。これは、産業界が PRA 研究を実施して評価方法を改善したことで、それまでの規制要件の多くが安全に貢献していないことが明らかとなり、なぜそれらに対してリソースを割かなければならないのかという産業界からの当然の疑問を受けたものである。
- 1999 年に、規制上の意思決定にリスク情報を活用することについて、NRC の見解が示された。リスク情報を活用したアプローチとは、事業者と規制当局が公衆の健康と安全の重要性に応じて、設計や運転に係る課題に対してより適切な焦点を当てる要件を確立するため、リスクから得られる洞察が他の要素とともに勘案されるべきとする考えに立脚するものであるということが示されている。「何が重要か」について焦点を当てることが PRA の役割である。
- PRA が不完全なツールであるとの批判があるが、PRA 自体が不完全なのではなく我々の知識が不完全なのである。また、従来の決定論的な手法も不完全なものである。
- リスク情報を活用するということは、リスク情報を従来の決定論的手法または裕度の設定の際に活用し、「討議（deliberation）」のプロセスを経て意思決定を行うことを意味する。PRA や従来の工学的分析を実施し、不確実性についても専門家の中で一つの見解を形成し、法的要件やステークホルダーの意見も勘案した上で、討議を実施する。決して数字だけではなく、こうした討議のプロセスを経た上で意思決定がなされる。
- 1984 年にスクラム失敗事象（ATWS）規則、1988 年に全電源喪失（SBO）規則、1991 年に保全規則が整備された。認可変更申請においてもリスク情報が活用されたが、リスク情報に基づく供用期間中検査（Risk-Informed Inservice Inspection）はリスク情報活用アプローチのイニシアチブの中でも特に素晴らしいイニシアチブである。
- リスク情報を活用した規制による利点は、SBO や ATWS 等に関する新たな要求を策定する際、または新たな炉の設計においてプラントの弱点を認識し安全性を向上する際、安全性向上に役立つことである。また、NRC ではリスク情報を用いたパフォーマンスベースの規制の適用も進めている。
- 現在、NRC では NUREG-2150 で提示されたとおり、より包括的で全体的なリスク情報を活用したパフォーマンスベースの規制アプローチ適用に向けた戦略的ビジョンとオプションを策定しているところで、一部パブリックコメントにかけている。
- リスク評価の価値と概念を十分に理解することが重要である。多くの技術者等は、学校や訓練等の決定論的な考え方を学んできており、実務の世界で不確実性の考え方に触れ、決定論的な考え方を捨てられずに困難に直面する。
- 産業界・規制側におけるリスク解析者の育成は、時間がかかるものである。リスク評価を活用することによって、公衆に原子力施設がどの程度安全なのかコミュ

ニケーションがしやすくなるが、定量的安全目標を策定することが必要になる。米国では 1986 年に策定した。確率論的考え方に人々が慣れ、その価値を認めるまでには前述の通り時間がかかるが、以下のとおり、リスク評価には多くのメリットがある。

- ① リスク評価等の研究から得られる最新の知見を規制やガイダンスに反映することによって、それらがより現実的になり、技術基盤が向上する。
- ② リスク評価によるシステマチックなアプローチを実践することによって、首尾一貫した規制の意思決定プロセスが可能となり、リソース配分が改善する。
- ③ 言葉とコミュニケーションの一貫性が向上する。
- ④ システマチックで一貫性があり、そして効果的な方法により、課題解決がなされる。

Keynote #2 - 日本の新しい安全規制と PRA の活用 **更田原子力規制委員会（NRA）委員**

更田原子力規制委員会委員が基調講演を行った。

- 私のプレゼンテーションでは現状の規制関連の活動について紹介をする。私は PRA の専門家ではないが、PRA についての懸念についても触れさせていただく。
- NRA は福島第一原発事故から広範な内的・外的事象に対する評価をする必要があることを教訓として得た。たとえ評価手法が未成熟であっても、様々な内的・外的事象に対する個別プラントの評価を行う必要がある。
- PRA 手法は特定の起因事象に対する効果的かつ効率的な防止策を開発するために極めて有用である。
- PRA の活用においては、事故後においても、前規制当局である原子力安全委員会と原子力安全・保安院のアプローチは妥当だと NRA は考える。PRA や安全目標は極めて重要であるが、PRA には不完全性や不確実性などの限界があることを認識する必要があり、従来の決定論的な規則を見直すために出来る限り活用されるべきである。
- しかし、過去 10 年間、日本における PRA と安全目標の活用は停滞してきた。NRA は事業者に対して FSAR や強化された PSR を用いて継続的な安全上の改善を推進するよう促している。
- 多くの福島第一原発事故調査レポートは、津波に対する備えの不十分さ等、当時の規制要件の不足を指摘している。そのため、新規制基準では全ての重要な内的・外的事象についての包括的な検討が求められている。
- 火災や津波を含む内的事象については明確な規制要件が示されたが、異なる起因事象は異なる影響をもたらす。例えば、地震はすべての構造物・系統・機器（SSCs）に同時に影響するが、津波は一定の高さに達しなければ問題はない。津波と地震について、それぞれの影響の特徴を考慮した正確な評価手法が必要である。
- 火災防護に関する新規制要件は、利用可能な対策の選択に柔軟性を与えるように機能的かつパフォーマンスベースであることを目的としている。また、系統分離や火災ハザード解析等が要件化された。リスク情報を活用したアプローチの今後

- に向けては、データの蓄積を含めた火災 PRA の開発が必要である。
- 福島第一原発事故が起こるまで、規制要件における津波対策は長年にわたり改善されていなかった。今後は、規制要件についても、継続的改善が必要である。また、事業者における継続的改善のためには PSR が重要な役割を持つ。
 - 新規制では、事業者は、規制により類型化されている事故シーケンス及び格納容器破損過程に加え、PRA を実施することにより導き出されるプラント固有の事故シーケンス・格納容器破線過程についても、決定論的な手法で評価することが要求されている。これらのプロセスは、NRC の RMTF (Risk Management Task Force) によって提案された「リスク管理規制のフレームワーク」に合致していると理解している。
 - PRA に関する安全研究としては、確率的ハザード評価、フラジリティデータの蓄積等、外的・内的事象による共通原因故障防止のためのプロジェクトが提案されている。津波や内的・外的火災、溢水、使用済み燃料プール、複数機立地、ハザードの重畳等に関する PRA 手法の高度化についても提案されている。
 - コンピューター・コードを使った事故進展解析やソースターム評価等を含むシビアアクシデント研究も重要。また、福島第一のサイトにおける対策の優先順位付けのために、シンプルな PRA を活用している。
 - 安全研究については、弱点を補い、必要な知識を統合して、成果を設計、運転、規制に活用していくことが重要であるが、研究者の悪癖である、同じ解析コードを使い続けること、同じ技術分野に留まること、多分野との交流を持たないことを NRA は懸念している。
 - NRA は 2013 年 4 月に安全目標について議論を行い、取りまとめた。安全目標は個別プラントの安全性を直接的に判断するためのものではなく、規制の妥当性を判断するために用いられるもの。福島事故を受け、オフサイトへの環境影響に関する目標（セシウム 137 の放出量が 100 テラベクレルを超えるような事故の発生頻度は 10^{-6} /炉・年未満）を定めた。今後、NRA のバックフィット規則に従って、全てのプラントに適用されるべきと考える。NRA は今後も継続的安全性向上に向けた安全目標について議論を続けていく。
 - PRA の重要性は起因事象によって異なる。優先順位はリスクプロファイルに沿って定めるべきである。例えば、米国においてはランダム故障等の内的事象や火災が主な起因事象ではあるが、IPEEE が既に実施されている。日本では、地震と津波が主な起因事象であるが、実施されてきたのは内的事象 PRA にとどまり、IPEEE は未実施である。このように、我が国では、最も必要とされている外的事象に対する PRA が育まれてこなかった。
 - 地震及び津波 PRA は相対的に大きな不確実性を持っているため、これらの結果を直接規制に適用することはについては懐疑的であるが、IPEEE を実施することは（リスクの存在を明らかにすることで）少なくとも私たちの思考が停止することを防いでくれる。今後、PRA 専門家は内的事象だけでなく地震・津波を含めた外的事象に関する評価にも注力すべき。
 - PRA は安全性の改善にとって非常に有意なものであるが、規制への PRA の適用にあたっては、不完全性と不確実性といった PRA の限界をよく認識すべきである。既存の軽水炉への適用にあたっては PRA だけではない包括的な考え方が必要であるが、新しい設計の炉については、PRA の役割は限定的であり、深層防護の考え

方が重要。

- PRA は安全性向上のための優れたツールであり、不必要な規制の負荷を取り除くことが可能であるが、NRA としては、規制する必要のないことを説明するために PRA を利用することは避けたいと考えている。

Keynote #3 - 原子力安全評価実施の加速化に向けて

ガリック元原子力廃棄物技術評価委員会委員長（B, John Garrick Foundation）

ガリック元原子力廃棄物技術評価委員会委員長が、基調講演を行った。

- 福島事故はリスクマネジメントについて必要な改善を進めていくことが必要という点だけではなく、原発の安全に対する一般市民の信頼を再構築することが必要であることを明確にした。我々と我々が使う高い技術的手法は大勢の方々の信頼を失ってしまった。それは、我々がこれら手法の限界を明確に伝えてこなかったことに起因する。
- 福島事故を受け、内的・外的脅威を対象とし、各プラントだけではなく複数機立地の条件も考慮した、オフサイトの人々や環境への影響も評価するフルスコープ PRA の必要性が示された。また、SA 解析コードや従来の事故進展に関する基礎知識は更なる改善が必要であり、福島事故は他のどのプロジェクトや事故よりも、それら改善のためのベンチマークとなっている。
- 事象の理解を深める上でより重要なのは、事故時に必要なリソースについての教訓、サイトへの近づきやすさ、組織とコミュニケーション、オフサイトの人々に係る課題であろう。
- 福島事故の経験は、PRA の思考プロセスによる利益を享受するためには、PRA を実施し活用するしかないことを明らかにしている。実際は、我々がフルスコープ PRA だと認識していた評価だけではもはや不十分であることがわかっている。米国事業者が実施した IPE と PRA モデルは高品質であったが、福島事故に照らし合わせれば、限定されたスコープにおいて実施されたものにすぎない。このように今回の事故は我々の進んできた道を修正する機会であり、そうした機会を追求するにあたり、日本が中心となって進んでいくかもしれない。
- 米国の PRA の歴史においては、NRC による「原子炉安全研究（Reactor Safety Study）」、産業界による「Zion/Indian Point プラント研究」が飛躍的な前進をもたらした重要な出来事であった。「原子炉安全研究」は、原子力プラントの安全解析からリスク解析への進展のきっかけとなったものであり、「Zion/Indian Point プラント研究」は、原子炉安全研究の延長であり、これにより、不確実性や外的事象の扱い、個別プラントを対象としたシナリオベースのアプローチ等が取り入れられた。
- 現在の限定されたスコープのリスク評価から、より厳格かつ包括的で完全なリスク評価を実施するためには、実際の PRA 活用により一般市民にとって説得力のある証拠を示すといった注目度の高いプロジェクトを実施することで、飛躍的な前進を図ることが必要である。
- このプロジェクトの対象としては、再稼働が近く日本の電源において重要な、柏

崎刈羽原発と大飯原発が考えられる。また、可能性のある代替案として福島第一原発の除染や廃炉に伴うリスク評価が挙げられる。経験上、関連した研究などの全てを含めて 1500～2000 万米ドル程度の費用が必要と思われるが、本プロジェクトは技術的な手法開発だけでなく、産業界の安全文化の改善も目的とした最大の挑戦となる。このような大胆な行動なくして米国に変革をもたらすことはできない。

- 今後、原子力の安全性を評価する新たなプロトコルには、福島第一原発事故の教訓のみを反映するのではなく、福島第一原発事故とは異なる要因によるシビアアクシデントについても避けることができるような、多様な技術的側面も考慮すべきである。
- フルスコープの PRA は、従来のレベル 3PRA の定義を超えるものである。例えば、複数基立地の考慮、人々やリソースの移動と関連する社会的、経済的な要素、サイトの環境改善要件、経済・健康影響が含まれる。
- 評価の際、複数基立地の考慮、より現実的な事故進展のモデル化、長期に渡る事故進展や運転モードの考慮、事故進展や回復状況に応じたヒューマンパフォーマンス評価を変える必要がある。また、外的事象に対する評価の際、「外的事象のリスクは何か」ではなく、「外的事象がプラントやサイトにどのようなリスクを与えるか」が重要である。
- 今後、一般の人々の原子力発電への信頼を取り戻すためには、必要なレベルの安全性を原子力発電所が備えているということを証明するリスク評価プロトコルを開発していくといった戦略が必要である。

Keynote #4 -日本における原子力発電所のリスク評価とリスクマネジメントの目的 **近藤原子力委員会（AEC）委員長**

近藤原子力委員会委員長が、基調講演を行った。

- 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会（国会事故調）による提言では、原子力産業界及び関連する政府規制当局の構造や活動プロセス、内向きな姿勢には改革が必要であると示されている。
- 国会事故調の提言を受けて、原子力基本法（Atomic Energy Basic Act）が改正され、安全の確保については、確立された国際的な基準を踏まえ、国民の生命、健康及び財産の保護、環境の保全並びに我が国の安全保障に資することを目的とし、環境省の外局として、原子力規制委員会（NRA）を置くことを定めた。新たに設立された NRA は、国際的な安全基準を基にした認識を踏まえ、効果的で効率的な安全規制の促進を担う。
- 前世紀末にかけて、原子力事業者が、安全、健康、環境、安全保障、品質、経済、社会的責任等を含めた新たな要件とゴールを導入する必要性が謳われ、新たな「統合管理システム（IMS）」が導入された。
- IMS においては、原子力事業者が事業を実施する上で、社員、消費者だけではなく、それ以外のステークホルダーを意識することが必要とされている。多様な目標、要件を考慮し、管理システムを統合することによって全体として管理をし、

経営層がマネジメントの理念、組織の目標を一貫、調和した形で伝達することを可能にすることを目的としている。こうした管理システムの進展を受け、IAEA GS-R-3 と GS-G-3.1 では「組織のあらゆるレベルにおいて批判的思考を強化することによって安全文化を育む」等、絶えず安全性を向上させる姿勢を持つためのガイダンスが示されている。

- スリーマイル事故後、我が国の原子力事業者は、計画外自動停止率等のパフォーマンス・インディケータを活用してきた。1980 年代、IAEA は積極的に原子力発電所の安全性能をモニターするインディケータの研究に資金を拠出し、安全な操業を行うにあたり重要なポイントとして、以下の 3 点を掲げている。

- ① 円滑な運転
- ② 低リスク運転
- ③ 安全に対する積極的な姿勢を伴った運転

上記②をモニターするパフォーマンス・インディケータとして、レベル 1PRA によって得られた CDF、レベル 2PRA によって得られた LRF、レベル 3PRA によって得られた影響と頻度の関係性を挙げている。

- 福島第一原発事故前、日本では「安全性にとって何が重要か」、「安全性を高めるために何をすればよいか」という視点が欠けており、単にリスクを算出すれば良いという姿勢であった。しかし、福島事故後の現在、徹底したリスク評価を実施し、実践可能な限り原子力発電プラントのリスクを低くするという基本的要求を満たすために必須なツールとしてそのプロセスを活用することは、原子力事業者の生き残りの条件である。その際、リスクを少しでも減らしていくためにリスクについての新知見や新たな技術を取り入れつつ、定期的にレビューを重ねることが重要である。
- 人々にとって許容可能なリスクのレベルは、個人に対するリスクと社会的関心の組み合わせで示される。福島第一原発事故後、社会的関心が非常に高まっている。社会は信頼のおける組織のみにこのようなリスクレベルの判断を託す。よって、事業者の経営層は、リスク管理における信頼構築のためには効果的なコミュニケーションが鍵であると認識することが重要。
- リスク管理の特徴は以下の 3 つ：
 - ① リスク評価の結果や洞察を事業者組織内全体に浸透させるべきであり、それにより、何が起こり得るかを知り、対策をとることができる。リスクを避けるために、まずはリスクを受け入れることが必要である。
 - ② リスク評価の結果や洞察に基づいて、リスク低減のためのあらゆる対策を合理的に可能な限り実施する。
 - ③ リスク管理を実施するにあたって、不確実性の大きさを言い訳に必要な対策を実施しないことがあってはならない。不確実性の大きなハザードへの対策は、想定外にも耐え得るようなレジリエンスを持つシステムである必要がある。
- 複数基立地サイトにおける外的事象の安全評価では、(号基毎の) サポート系の相互依存性等の複雑さを乗り越え、リスク管理のためにどのように理解するかが大きな挑戦となる。
- 事業者は、共通した原子力安全方策のフレームワークを共有し、行動基準に基づいた自己管理を行うべきである。事業者は、良いリスク分析を行うために、STO (Science and Technology Organizations) を強化すべきである。

パネルディスカッション：PRA 活用の加速化に向けた日米の協力

基調講演を行ったアポストラキス氏、更田氏、ガリック氏、および近藤氏が、PRA の推進を加速させるための日米協力のあり方等を論点にして、パネルディスカッションを行った。

（アポストラキス氏，NRC）

- PRA を従来の決定論的手法を用いた規制体系と比較し、「新参者」とみなすことは、日本でも国際的にも一般的なことである。
- 「PRA には大きな不確実さがあり、不完全なものである」等の意見もあるが、従来の決定論的手法にも不確実性は存在しており、どちらも不確実性を持つという意味では同じレベルである。PRA が不確実性を作るのではなく、不確実性は既に存在するものである。
- 先程の講演では、米国における「原子炉安全研究（“The Reactor Safety Study”）」と福島第一原発事故について言及した。福島第一原発事故に関して、PRA は何も予測しなかったという意見もあるが、本来、PRA は予測のためではなく、現状に関する知識を分析し、手順を改善するためのものである。不足しているのは我々の知識である。PRA は大きな可能性を持っている。
- 福島第一原発事故のような長期間にわたる全交流電源喪失（SBO）が想定されていなかったことは、PRA 自体が原因ではなく、我々の知識が不足していたため。
- 現象に関する最新の知識を持つことが重要であり、我々は知識を深める努力をしていく必要がある。PRA に関わらず、大きな不確実性がそこにあるということを忘れてはならない。

（ガリック氏，B, John Garrick Foundation）

- Apostolakis 氏に同意する。PRA はリスクを定量化することを目的とした思考のプロセスであり、そのプロセスとして弱点があるわけではない。
- PRA の弱点はそれを実施する段階に存在する。不確実性について分析し、我々は「何を理解していないか」を理解する必要がある。不確実性を分析することは、意思決定の際の透明性を驚くほど向上させる。

（更田氏，NRA）

- 私も Apostolakis 氏の意見に同意する。決定論的手法にも PRA 同様に不確実性がある。リスクへの洞察（risk insight）と決定論的手法のバランスが重要である。
- 我々は常に最適な深層防護とリスク情報活用のバランスを検討してきた。問題は、事業者が設備追加等を実施したくない場合に、その根拠として PRA の結果を持ち出すことである。
- 原子力安全・保安院（NISA）時代に、津波対策として 10m 超の防潮堤を設置することを要求した際、事業者が PRA の結果を用いて、極めて発生頻度が低いため対策が必要ないことを主張したことがあった。
- 深層防護とリスクから得られる洞察のバランスが重要である。

（近藤氏，AEC）

- 大きな不確実性とうどう向き合うかが課題である。不確実性が大きい場合であっても、一般国民に対して、論理的に説明する責任がある。

(更田氏, NRA)

- 大きな不確実性を持つ事象について、我々はどのように社会に対して説明責任を果していけばよいのかということは、重要な論点である。

(続いて会場との質疑応答があった)

(会場からの発言)

- 東京電力(TEPCO)は、福島第一原発の廃炉ロードマップの策定に取り組んでいるが、この中でリスク評価の活用も視野に入れている。私は過去に再処理施設のPRAにも取り組んだ経験があるが、リスク評価には様々な困難があると認識している。福島第一原発の廃炉ロードマップに関するリスク評価について、世界の知見を活用することは可能か。

(ガリック氏, B, John Garrick Foundation)

- リスク評価の理論は日々進化しており、一般論として、様々な分野に適用可能である。分野が異なると、対象物や境界条件も変わるが、基本的な思考プロセスは同じである。私は、PRAが適用できない分野にはまだ出会ったことがない。
- PRAは、定量的なリスク評価手法として確立しつつある。福島第一原発の廃炉におけるリスク評価の実施が、キーノート#3で講演したような象徴的なプロジェクトとなることを期待している。

(近藤氏, AEC)

- 日本原子力委員会の委員長としてコメントする。福島第一原発の廃炉は、TEPCOだけでなく、政府も共に責任を持つべきプロジェクトである。
- 廃炉ロードマップではリスク評価がキーポイントとなる。これまでのような散発的なアプローチは、一般国民の視点からは受け入れられないものとする。TEPCOには30年から40年に及ぶ長期間にわたる事業として、包括的なリスク評価の実施を期待する。

(アポストラキス氏, NRC)

- 米国におけるPRA活用の転機として、Zion/Indian Point発電所の評価事例がある。事業者がPRAを用いて、それまでNRCが認識していなかったリスク要因(火災と地震)を確認し、指摘した。
- 規制要件としての設備追加を避けるためにPRAが用いられるという、更田氏の懸念は理解できるが、このように、規制側が想定していなかったリスク要因を、事業者から提示される場合もある。
- 事業者が有する現場の感覚を活用することは重要である。NRCは、事業者からのリスク情報の提供を受けて、自らが火災というリスク要因を見逃していたことに精神的打撃を受けたと後に認めている。
- 日本においても、事業者が「良い」レベル3PRAを行い、あらゆるリスク要因を検

討することで、NRA の態度も変わっていくだろう。

(更田氏, NRA)

- 我々は現在再稼動審査を行っている。PRA は予防対策を検討する上で有益なものであり、シビアアクシデント防護対策を如何に機能させるかについて、多くの時間を費やして議論してきた。
- 事業者がプラントについて最も熟知しており、また、最新の手法を取り入れようと努力していることは認識しており、そのためにも PRA を用いた分析は有効であると考えます。
- まずは PRA を事業者自らが実施すべきと考えている。我々は PRA 分野では米国に対して 30 年遅れており、まずは事業者自身が組織内部で PRA を実施することを望んでいる。

(会場からの発言)

- 不確実性を理由に、日本では PRA を意思決定に取り入れることに踏み切れなかった。日本におけるリスクとしては外的事象（地震と津波）が支配的であるが、不確実性が大きいことため更田委員は規制への適用に懐疑的であるという発言があった。
- このような外的事象に関して安全目標への適合性を示すため、規制機関として PRA の実施が必要だと思うが、現在の新規制基準の適合性、安全目標について更田氏の見解を伺いたい。また、耐震設計については日米で大きな差があることに気づいたが、本ラウンドテーブルで将来的に取り上げるべきトピックとなるかもしれない。

(更田氏, NRA)

- 10 のマイナス 5 乗やマイナス 6 乗といった定量的な安全目標は存在するが、津波や火山を対象とした PRA の手法が確立していない。
- このように、PRA の方法論では評価できないある特定の事象が存在し、現時点では、リスク評価がされていないため、定量的な安全目標を規制に持ち込むべきではないと考える。しかし、安全目標は定量的なものだけでなく、定性的な安全目標も存在する。
- リスクと安全目標を直接的に比較することは難しい。現在可能なことは、外的事象 PRA に対するより一層の取り組みを促すことである、としか述べることができない。

(ガリック氏, B, John Garrick Foundation)

- 基本的な PRA のモデルの中に外的事象を取り入れることを推し進めていくべき。外的事象の評価を PRA における重要な要素として考え方を実行に移していくべきである。

以上