

司会（敬称略）：糸井達哉（東京大学）

パネリスト（敬称略）：

櫻田道夫（原子力規制庁）

石崎泰央（東京電力）

成宮祥介（原安進）

梅木芳人（NRRC）

宮田浩一（ATENA）

守屋公三明（安全部会副部長）

## 1. ショートスピーチ

（1）「想定を超える外的事象に対する訓練の充実の方向性」宮田浩一

○想定を超えたところにこそ残存リスクあり

- ・設計の想定を大きく超えたところにリスクがある。よって、そこに対する訓練は絶対的に必要であり、柏崎刈羽では極端な想定（HEMP、隕石による巨大津波など）を用いた訓練を行っている。

○リアリティのある訓練

- ・自然現象にはそれぞれ特性があり、それを理解した上で訓練を行わないと、実際にはまったく役に立たない。サイトの被害状況も大きく異なるため、実際の災害が起きたときと同じようなリアリティのある訓練が必要。
- ・訓練時間は限られるため、時間をスキップして行うが、スキップすると混乱するため、事前準備をしっかりする必要がある。また、ブラインド訓練も重要であるが、基本を確認するためのシナリオを開示した訓練も必要である。

○訓練の振り返り

- ・訓練の振り返りの中で想像を働かせて次につなげていく。想像が働けば、想定を超えたリスクをある程度把握でき、それに対する訓練シナリオを作ることできる。

○福島第一事故等に照らしてみる

- ・福島第一事故に照らして考えることが重要。自分の訓練の経験に基づいて話したが、東京電力だけでなく、他の発電所についてもあてはまることではないかと考える。

（2）「外的誘因事象への対応の難しさと安全確保策」守屋公三明

○外的誘因事象への対応の難しさと安全確保

- ・内的要因と自然災害はリスクプロファイルが全く異なる。外的要因は設計の想定を超えた途端に従属共通要因故障が発生し、すぐに炉心損傷に至る。

- ・設備の設計の根拠は歴史データの外挿であり、想定したレベルを超えるものがないことを誰も示せない。内的事象のようなシステムの多重多様性だけでは防ぎきれない。
- ・自然災害ではサイト内でのリカバリー操作が難しい。自然災害に対する深層防護設計は、外部からの多種多様な手段を用いたアクシデントマネジメントにつきる。

#### ○新規制での要求事項と課題

- ・規制要求では、アクシデントマネジメント設備が多重・過剰になり過ぎており、事故に応じて柔軟な運用ができるか疑問。常設と可搬の特質を考えて機能分けをするべき。
- ・申請段階では可搬も含めて設備を詳細に規定しているが、結果として自主的・継続的改善を阻害している。現場の訓練などを通じた柔軟な対応ができる仕組みが重要。
- ・アクシデントマネジメントを実効的にするための設備のあるべき姿は、まずは常用系・安全系で対応し、それも使えない場合は常設の重大事故等対処設備と特重設備を使って対応。これをを超える場合は、サイト内、サイト外も含めた可搬型設備を用いてレジリエンスを高めるのが将来の姿。どういう形の可搬設備が適切かという事に関しては、事業者の継続的な自主的安全向上の範囲でやるのが適切であろう。

## 2. 総合討論

(糸井) 今回の討論は以下4点だが、論点にあてはまらない質問もあり柔軟に進める。

- ①外的事象によるリスクの把握と対処はどのようなものであるべきか？
- ②多様な外的事象に対して、どの程度の規模までを設計基準として想定し、また緊急時の人的・組織的対応として備えるべきか？
- ③設計の想定を超える規模の外的事象に対する備えはどのようなものであるべきか？
- ④以上を踏まえて、
  - ・外的事象に対してどのような研究開発を実施していくべきか？
  - ・学協会における標準策定の役割、体制は？
  - ・人為事象によるリスクの把握と対処は？
  - ・事故時のサイト外の緊急時対応は？

(糸井) 梅木さんの発表で地震ハザード評価の信頼性を高める取り組み（SSHAC）の話があった。一方で、櫻田さんから地震ハザードの信頼性についての問題提起があった。その意図をうかがいたい。

(櫻田) ハザード評価は結局地震がどのように起きるかの推定であるが、今考えていないような地震が起きる可能性がある中、現状の知見だけで評価して、それがどこまで信頼できるのか？このような不確かさを伴って提示された数字をベースとした基準をつくる、判定をすることに懸念がある。SSHACに関しては、その世界の専門家のコンセンサスを得た結果はそれなりの物であろうから、そういった結果をまずは見てみたい。

(糸井) 関連して、会場（長岡技大の村上先生）から、ハザード評価には限界があるが、その場合、ここまではできる、ここからはできないと明確に区別して見ていく必要があるとの意見がある。

(櫻田) ここまで分かっているということは相当の精度で言えると思う。ご指摘の通り、どこまで分かっているのかを理解して使えば、使いようはある。ただ、事業者はともすると確率が十分に低いと言うことが確認できたので考えなくても良いという使い方をされることが散見されるので、問題提起をした。

(糸井) 櫻田さんからは自然科学者と我々の間で適切なコミュニケーションは取らなければいけないという問題提起があった。SSHAC の場でやられていることはまさにそのようなコミュニケーションではないかと理解しているが、そのような観点で梅木さんにお話をいただきたい。

(梅木) SSHAC は会議体のことだが、そこでは、認識論的不確かさについて、専門家個人の意見ではなく専門家のコミュニティとしての意見の分布を定量化することを検討している。

(糸井) 今、RIDM の使い方の懸念が櫻田さんからあったが、RIDM についてご講演された成宮さんにその点についてどのように議論されているのかお話をいただきたい。

(成宮) 意思決定者は、分析者の分析結果をもとに意思決定するが、大事なことは恣意的な意思決定をしてはならないということ。恣意性をなくすためには、第三者的な立場の人から見解をもらう、意思決定者の意向に左右されない独立した意見や批判的な意見を提供する、決定の客観的な理由を残すといったことをやる。

(守屋) 先ほどの件に関して、ハザード評価結果を足きりの数値として使うことはどれほど SSHAC などが進歩してもよく考えるべき。たとえ  $10^{-7}$ /年でもそういうことがあるということであり、もしそのようなことが起きた場合はどうすればよいかを平時から考えるということ。ただし、頻度が低いのでガチガチに設備対応するのではなく、工学的に SSHAC のような方法で求めた頻度に応じて対策を考える、リスクと対策の間のトレードオフのような評価をし、低頻度のものに対して最低でもこのようなりカバリーを行うなどの検討を行うために SSHAC のようなものを使っていくべきだと考える。

(糸井) 会場の東北大学の阿部先生から、航空機落下の確率として現状  $10^{-7}$ /年が使われて

いるが、安全目標が決まったら再考するという事になっていたはずであるが検討は進んでいるのか？との質問がある。これは、先ほど守屋さんから  $10^{-7}$ /年でも足切りに使うべきではないとの意見とも関連しているが、航空機落下についてお答えいただきたい。

(櫻田) 航空機落下の基準は、3.11 の前後で変わっていない。現実的には、この値は足切りとして使われており、再度見直しをしていくというのは重要と考えるが、より喫緊の課題があり、優先度としては落ちてくるのではないかと思う。

先ほどの SSHAC の中で自然現象の研究者との接点もあるというのはその通り。その枠組みもより拡大して、より深い議論ができればよいと考えている。今のところは地震動に対する確率論的ハザードに限定された議論が行われていると思われ、断層変位の評価、自然ハザードへのアプローチの仕方についても自然現象研究者は異なる意見を持つ人もおり、また理学系の研究者にも色々な方がおり、耳に痛いことを言う方の意見も聞くことも必要な姿勢ではないかと思う。

(糸井) SSHAC は、そのような耳の痛いことを言う専門家も参加する枠組みで、米国では規制の意思決定の枠組みとして提案されたものである。先ほど紹介があった事例においてそれがしっかりできているかについてはチェックが必要である。

(糸井) 会場から、事業者のやろうとしている RIDM は規制判断以外のところで使うという理解でよいか？という質問がきている。この質問を少し広げると、櫻田さんに対しては、規制機関の活動における RIDM とは？という質問にもなるので、それぞれのパネリストの方にお答えいただきたい。

(成宮) RIDM の実施者が誰であっても、基本的に使えるものである。標準、規格は、使って議論していくことが大事であり、使われることでよりよいものにしていきたい。

(石崎) 従来の決定論にリスク評価も加えて我々の活動における意思決定に利用していくものと理解している。設計を行う際に  $\Delta CDF$  を参考にすることはもちろんだが、PRA 高度化の最中であり、こなれていない。例えば設計をする際に PRA の中で用いているシステム信頼性解析を利用する、あるいは訓練シナリオを検討する際に PRA のシナリオを参考にするなど、 $\Delta CDF$  ばかりではなく PRA の要素技術や個々の結果を自由に使っていき、模索していけばよいと思う。

(櫻田) RIDM は規制でも使っていくもので、ROP の中では重要な考え方。ただし、プラント固有の PRA モデルはまだまだであり、事業者にはしっかりやってもらいたい。

(糸井) 2つめの論点に移る。櫻田さんから「他の工学分野における設計用地震動と同じ意味合いなのか？」という問題提起があった。一方で、例えば土木分野の設計用地震動とも、「当該知見の現在から将来にわたって考えられる最大の地震動」というような説明をされており、規制基準における基準地震動とほぼ同じ表現になっている。そのような問題意識と実際の定義に乖離があるように思うが、どう考えればよいのか。

(櫻田) 最大の地震動を想定するという意味合いにおいてはたぶん同じと思う。青天井ではないという時の、どこまで不確かさを求めるのかという姿勢の問題。他の分野と同じにならないようにすることを必ず目指しているというわけではない。対象のプラントの審査を行うとき、対象のサイトで地震動・津波の評価を行う時に、他の機関の評価の調査を求め、その評価を踏まえてもらうということをしている。結果として、通常の防災で自治体が設定している評価よりも若干高めの地震・津波が採用されている。

(糸井) 関連して、櫻田さんから「震源を特定せず策定する地震動」に関連して問題提起があり、また、自然科学者とのコミュニケーションが重要との意見があったが、基準地震動に関する議論では事故前にも自然科学者が規制の枠組みで参加している。福島第一事故を踏まえて考えて見ると、そういう方に意思決定を任せて、原子力技術者が責任を持って原子力安全の観点から意思決定にきちんと関与していなかったという工学側の責任についての議論をすべきでは無いか。今日の講演もハザード側の話が多く、工学としてクライテリアを福島第一事故後にどのように考えるのかという議論がなかった。

(宮田) 地震に関すれば裕度が大きいですが、津波設計は設計で想定した高さを超えるといきなり機能喪失するため内包される裕度がない。自然現象の特性と設備設計のバランスをキチンと考えるべきであった。設計基準を不確定性のある自然現象に対して既往最大を見るが、どれほど信頼できるのかは自然現象によって大きく異なる。設計基準をきめるのは良いが、それを超えることはあるのでアクシデントマネジメントを必ずセットにすることが大事と考えている。

(成宮) 自然現象の不確かさに対しては、プロセス全体として後段のマネジメントを厚くするということもある。

(櫻田) リスク評価は確率論だけではない。自然ハザードへの耐力についてはストレステスト的なアプローチも大事。自分たちのプラントのクリフエッジを把握し、弱点を経営層に提案して判断してもらうという努力は技術者の責任である。

(糸井) 「震源を特定せず策定する地震動」に話を戻すと、考慮しなければいけないとされ

ているマグニチュードの小さな地震の地震動が起きた場合、本当に施設に被害が生じるのかという議論が行われていないと個人的に感じている。現在のクライテリアで判断すると、何らかの補強が必要ということになるのかもしれないが、そのような地震動で壊れるとは技術者は思っていないのかもしれない。そのようなことが原因でリラクタント（消極的）な態度に結果的につながっていると見ることもできるのではと思うが。

（櫻田）断層調査を一生懸命やっても、隠れた断層があるかもしれない、ということを地震学者は言う。だからこそ、そういう学者との意見交換が必要と考える。

（守屋）原子力は、最大地震を超えた場合でもマネジメントしなければならない、想定を超えることも考えておかねばならない、というのが他の技術分野と違うところ。最大と決めたことを万が一超えることがあったとしても、その際のレジリエンスをしっかりと考えているということを前提にして、不確かな部分を合理的に吸収するという全体的なプロセスがこれから重要になる。

（糸井）3つめの論点訓練について議論したい。例えば、やらなければいけないことのリストで対処できるのか、逆にやってはいけないことを決めておくという考え方もあるのではないかというような従来の安全に関する議論とは異なる見方はないのか。また、会場からは福島第二、東海第二の成功事例が反映されているのか、隕石のような極端な想定を行っているがどこに反映されるのかという質問がきている。これらの観点で補足をいただきたい。

（宮田）隕石などは、突拍子のない訓練と思われるかもしれないが、想定を超えるところを見なければいけないという意識が、少なくとも柏崎刈羽における訓練では強い。隕石について不安に感じている一般の方もいっしょに、問われる場合も多く、一回くらいはそのような想定をして訓練してみようということになった。こういった取り組みで、いろいろな事を想像するようになる。隕石津波が来るとして何が起きるかを考える。想定を超えることに対して想像の癖をつけることに役立つ。

2F（福島第二）、東海での成功例の反映は、プラクティスのリストになっている。

やってはいけない事は状況によって全く異なるため、やってはいけないリストを作るのは難しいという印象である。

（守屋）どのステージで何を決めるのか、決めるときのベースの問題を考えなければならない。可搬型設備は計画段階できちっと決めておいたことが現場で上手くいくかはギャップがある。むしろ、現場に近いところで、現場で使えるものに絶えずしていく様な決め方をしていくべき。

(糸井) 事故時の対応など〇×をつけることが難しい従来の規制対象とは異なる問題について、規制として今までと異なる能力が求められるのではないかと思うが、規制として事業者の取組みを評価するにあたっての観点は？

(櫻田) 事業者の訓練を報告してもらい、評価することを続けてきている。試行錯誤を含めてやっている。こういう視点で評価をするという評価尺度をあらかじめ決めておき、判定表を事業者と共有し、見直すことを行ってきており、改善されていると評価する。

(糸井) 最後になるが、会場（関村部会長）から櫻田さんに対する質問。①自然現象の重要性は規制基準の条文の順序通りではない。規制としては、事業者に対して、外的事象の優先度を考えることを本来求めるべきでは無いか。②公衆の信頼を得るために事業者と学会が協力して進めるべきことは何か。③継続的安全性向上は事象者と規制が両輪で進めていくべきであり、その観点で規制は何を行うべきか。最後は梅木さんに対する質問で、④NRRCのミッションとして意思決定に寄与すべき研究が挙げられているがそれはどのようなものか。以上について他のパネリストの方も含めてご意見・コメントを順番にお願いしたい。

(櫻田) 基準の中で自然事象を列記して対策を講じることを求めることではなく、事業者が自分のサイトにおけるリスクを自ら評価し、その可否を評価するアプローチであるべきだということだが、それが本来の姿かもしれないと考える。本来的に事業者に安全確保の一義的責任がある。規制者の役割はそのような姿を追求していくことであると思う。現状はそこまではしていない。

公衆の理解を得るのは難しく、これで完全という答えはない。何ができるかを考えながらいろいろ取組みを進めている。この一年間は委員が現場に行き、地元の組長等の方々から意見をいただく取組みをしている。個別の規制判断については技術的意見を募集するという取組みもしている。公衆の不安・懸念をなるべく把握し、答えられるようにしている。安全性の向上は事業者が一義的責任。規制側としては、つねにアンテナをはり、規制の要求事項や審査に反映することを日常業務として行いたい。

「震源を特定せず策定する地震動」に関する補足。調査すれば活断層がすべて見つかるというのは幻想である。初めて動く活断層もある。東日本大震災以後は日本列島地下の状況が変わってきているということもあるので、今までなかった形態の地震が発生するということも起きているので、その点は誤解されないようお願いしたい。

(石崎) 隕石津波の話があったが、当然決まった大きさの隕石が落ちてくるわけではなく、いろいろな大きさを想定して、それらが落ちてきたらどうなるのか考えることが重要である。設計基準を定めると、そこだけをピンポイントでおさえれば大丈夫だと思う人がいる。設計基準の上のレベルも考え、また設計基準に至る前に各レベルで何が起きるかをしっかり

りと考えerということだと思ふ。サイトの中で何からだめになっていくか、人的リソースが十分かと考えていく。継続的安全性向上ということではストレステスト的な視点が重要。そのような姿を周辺の方々に見てもらうことが信頼を得ることにつながる。

(成宮) 専門家同士が話しあっていることをきちんと示す。示す方法論は色々あるが、関係者が議論していることを示す。それぞれが言いたいことを言いつばなしでかみ合わない議論をするのではなく、相手をリスペクトして議論することが信頼を得ることにつながる。

(梅木) 新規制基準に適合するためのニーズに逐次対応している。しかし単発的な研究となる。その後で自主的安全性向上に PRA を活用する上で、一つ一つの要素研究の実効性を示すには、モデルプラントに適用して PRA を実施しないと個々の研究の成果が生かされない。NRRC としてはこちらに力を入れている。

(宮田) 具体的な例として SA 設備である注水車は柏崎では 4 台使って注水するが、それぞれの運転者、メンテナンス、訓練も必要となる。ヒューマンエラーの温床にもなる。容量を大きくして台数を減らせても良いのでは無いかという意見が当然でてくる。今の設置許可は細かいことまで書かれていて、そのような事を自主的にできない。今後の自然現象の新しい知見が出て自主的に対策を取ろうとときに規制の詳細な記述とバッティングすることがあり得るのではないか。

(守屋) 自然現象の天井がどこにあるか分からないため、想定を超えたところに残った大きなリスクがある。平時からアクシデントマネジメントを考へ、それに対する訓練をしてリスクに対処する。これまでの設計での対処とは大分異なる。現場の訓練・アクシデントマネジメントを厳しく評価すればよいかというと、そのような単純なものではない。シナリオが決まった訓練だけでは柔軟性がなく、上手くいかない例もたくさん出てくる。その上手くいかない例を抽出するのが訓練であり、その方が有効という考え方もある。今後は教条的な訓練でなく、関係者がより高度なアクシデントマネジメントができるような環境・体制を構築していけるようにしてもらいたい。

(糸井) 会場からは、国などでも言われる世界最高水準の安全とはどういう意味と考へればよいかという質問がきている。私なりに解釈すると、規制として厳しいレベルを掲げるだけでなく、今後の事業者による柔軟な安全性向上の取組みをサポートするような規制が世界最高水準の安全を達成すると言えるのではないか。福島第一事故の反省として津波にリスクが低いと当初考へられていた場所で、高いのではないかと考へられるようになったときに適切な対処ができなかったのが事故の反省の出発点としてある。今日の議論を聞いていただき、今後は大丈夫と思っていただけではないのか、思っていただけではないのなら何が足り



ないのかを今後議論していきたいということを締め言葉とさせていただきたい。