

## 開会の挨拶及び趣旨説明（以下、敬称略）

### 山本部会長（名大）

- 原子力安全部会では「外的事象に対する安全確保の高度化ワーキンググループ (WG)」を組織し、2021年4月に「外的事象に対する原子力発電所の安全対策に関する経過報告書」を発刊した。そして9月には原子力学会秋の大会でそれに関わる企画セッションを行った。
- 本日はそのフォローアップセミナーを行う。前半は企画セッションでのご講演者にお願ひし、高度化WGでの報告概要と事業者並びに規制における取り組みをご紹介いただく。
- 後半の総合討論ではJAEAの高田先生並びに長岡技術科学大学の山形先生に加わっていただき、様々な論点について議論していきたい。

### 第一部 講演

#### 原子力安全部会ワーキンググループ (WG) でとりまとめた外的事象に関する今後の課題 糸井達哉（東大）、宮田浩一（ATENA）

##### <講演概要>

「原子力安全部会WGでとりまとめた外的事象に関する今後の課題」として、WGの趣旨や取り組みが紹介された後、報告書の具体的な内容（外的事象（自然事象、人為事象）に特有の大きな不確かさを踏まえたリスクマネジメントの在り方）を中心に説明された。

- 原子力安全部会では、外的事象リスクに対する対応について学会の企画セッション等で議論を継続している。外的事象に対する安全確保の高度化WGを立上げ、報告書として11個の課題の指摘と改善の提案を纏めた。
- 課題「ハード・ソフトの特性を踏まえたマネジメントの戦略的導入」に対して、自然現象等の不確かさ・複雑さを考慮し、設計で対処する領域を超えた領域ではマネジメント主体で対処する、設備グレーディング（DB設備>常設SA設備>特重設備>可搬SA設備>外部支援）を付けることを提案した（DB：設計基準、SA：過酷事故）。
- 課題「外的事象毎の特性の考慮と評価法」に対して、外的事象に対する発電所の有する能力を要求することで柔軟なマネジメントを促進すること、自然現象の前兆を捉えた対応手順を準備すること、自然現象毎に脆弱個所を予め同定、復旧手順やツールの準備、想定される事故シーケンスに応じた体制、手順の整備を提案した。
- 課題「設計基準ハザードの設定と基準超の取り組み」に対して、設計基準ハザードを超える領域でのワンパス（事故拡大防止パス）確保の取組とマネジメントを阻害し得る保

守的な設計基準ハザードの見直しで、バランスよくリスク低減を図ることを提案した。

- 課題「設計基準対象設備のシビアアクシデント時の性能」に対して、DB と SA の相反性が存在する事象（例：格納容器（PCV）ベントの破裂弁は PCV 最高使用圧力まで開いてはいけない設計（DB 設計）だったために SA 時で開けなかった）を安全問題として捉え、事象を分析し、リスクを評価していく仕組みが必要であることを提案した。
- 課題「設備設計の想定を超えた場合の緊急時対応の整備」に対して、国情や制度を勘案した上で、サイト外からの支援体制と国、自治体が適切に関与する体制を構築することや、統合本部では、国と事業者、学協会の権限と役割を明確にし、不要な干渉や外乱を排除することを提案した。

#### <質疑応答>

Q：設計基準を超える事故進展の不確かさの大きさを考えると、可搬設備のグレーディングを高く設定する考えもあるのではないかな？

A（宮田副部長）：可搬設備のグレードを上げることも可能だが、常設設備でも、工夫をすることで、外的事象に対する多様性を持たせることができる。例えば、特重施設は原子炉から離れた場所に設置されていて、他設備との共通要因故障をかなり排除できる設計になっている。少なくとも今の日本で設備を見た時には、可搬設備のグレードを上げて対応していくのは、可搬設備を維持し、実際に使う体制を維持するためのリソースが大量に必要となるため、可搬設備のグレードを上げるのはあまり良いやり方ではないのではないかな。少なくとも、今の日本の設備構成の中ではそうなるのだと思う。

A（糸井副部長）：可搬設備のグレードを上げる考え方はあり得る。但し、グレードを上げる（注：より過酷なハザードでも機能する）のは設備単体の耐性を単純に強くすることではないこと、発電所のシステムとしての性能で実現することを、報告書を書くときに議論した。場所を変えるのもトータルとしてグレードを上げることになる。より個別・具体的にグレードを上げることはどういうことかを議論を深めていくのがよいと思う。

Q：外部から不適切な干渉とは、電力事業者の本店をも指していると思う、事象の進展についての最適評価ができる人材がどれほど電力にいるのか。1F 事故以降、この点について電力事業者は大変努力していると思うがどうか。

A（宮田副部長）：新規制基準の対応で安全関係の人数が増えた。しかもレベルも上がっている。規制庁側の取り組みのレベルが上がっていることを背景に、相当の理論武装をしないと審査を通せなくなり、そういう経験を沢山の人が経験しており優秀な安全屋が育っている。

Q：WG 報告書の 2.2.4 において、外的事象の議論を継続的に実施する場が必要とのことだが、以前、学会で軽水炉安全技術・人材ロードマップを作成したが、そのローリングを実施し、リソースを適正に対分することはできないか。

A（山本部会長）：ご指摘のやり方もある。どういう規模でどういうやり方が良いのかとい

うのはあるが、引き続きの検討事項だと考える。

---

## 事業者の取り組み

### 国政武史（関電）

#### <講演概要>

講演では、外的事象に対する事業者の取り組みとして、以下の3点が紹介された。

- 福島第一原子力発電所の事故を踏まえた対策について
  - 地震の対策として、2つの断層が連動するものとしていた想定を、3つの断層が連動する保守的な想定に変更して、配管や機器に対して耐震補強を行った。津波の対策として、津波の設計基準の高さを見直して、その高さに対して防潮堤や防潮ゲートを設置している。外部火災の対策として、森林火災の影響を防ぐために幅 18mの防火帯を設置した。内部火災の対策として、ケーブル等に耐火シートを巻き付けることで、火災が広がらないような対策を講じている。竜巻の対策として、過去の最大風速を上回る風速 100m/s の竜巻を想定した対策設備（金網や鋼板）を設置し、海水ポンプ等の重要な設備を防護している。
  - 電源設備としては、外部電源、非常用ディーゼル発電機（DG）、空冷式電源装置、電源車など多重化、多様化している。また、海水ポンプのモータの予備品や大容量ポンプを設置し、冷却手段の多様化を行っている。また、消防ポンプ等も設置し、利用できるようにしている。
  - 万が一の放射性物質の拡散を抑えるために、放水砲・放水砲専用の大容量ポンプや海洋拡散抑制用のシルトフェンスを設置している。格納容器の水素爆発防止対策として静的触媒式水素再結合装置（PAR）やイグナイタを準備している。
  - 震源を特定して策定する地震動においては、2連動を3連動に見直したことで、断層の上端深さを4 kmから3 kmに保守的に設定したことで、Ss-1を550ガルから700ガルに見直した。また、震源を特定せずに策定する地震動においては、Ss-6とSs-7を追加した。
  - 津波については、津波警報が出ない場合についても考慮し、隠岐トラフ海底地すべりによる津波を設定し、取水路の防潮ゲートの閉止の準備をしている（海水ポンプ取水可能水位を下回る引き波の阻止、及び津波が敷地に遡上しないための対策）。
  - 竜巻については、前述の通りである。
  - 火山の噴火に対する評価を現在実施しており、大山が噴火した際に、距離と降下火砕物の層厚の設定を見直している。距離と層厚の関係を各プラント（美浜、高浜、大飯）に適用し（22～27 cm程度）、それに対応した設計を行っている。

- 万が一事故が起きた場合に対策を講じるための訓練について
  - SA 手順や大規模損壊時の手順を実効的なものとするために、悪天候や高線量下といった各種状況を想定した訓練（年度の延べ人数が 1000～2000 人程度）を繰り返し毎年実施している。
  
- SA 対策前後の効果の把握と更なるリスク低減策について
  - 確率論的リスク評価（PRA）は原子力発電所を取り巻く各種ハザードを要因として、発生する可能性のある事象（起因事象）から炉心損傷事故に至る頻度などについて、リスクとして定量的に評価する手法である。
  - 高浜 3 号機の安全性向上評価届出書における PRA の評価結果。2 種類の分析を実施した。① SA 対策前後の効果の把握として、レベル 1PRA としては内部事象 PRA（出力時）で約 1/19、内部事象 PRA（停止時）で約 1/1000、地震 PRA で約 1/3、津波 PRA で約 1/250 のリスク（炉心損傷頻度（CDF））の低減を確認しており、出力時の合計（内部事象 PRA（出力時）+地震 PRA+津波 PRA）としては約 1/55 の低減効果があることが確認されている。レベル 1.5PRA としては内部事象 PRA（出力時）で約 1/82、地震 PRA で約 1/5、津波 PRA で約 1/330 の低減を確認しており、出力時の合計としては、約 1/150 のリスク（格納容器機能喪失頻度（CFF））の低減効果が確認されている。また、リスク低減に大きく寄与している対策（2 次系強制冷却、空冷式非常用発電装置等）も抽出された。SA 対策がリスク低減に効果的に寄与していると考える。
  - ② 更なる安全性向上策の検討として、リスク寄与の大きなものから優先的に検討するため、SA 対策後の PRA 結果（事故シーケンスグループ別の CDF 等）から、フローに沿って、重要度に応じた有効な対策の検討を実施した。高浜 3 号機の場合では、ハードの対策として、原子炉冷却材ポンプ（RCP）シャットダウンシールや格納容器（特重）スプレイ+フィルタベントが抽出された。また、ソフトの対策としては健全性確認手順の追加や運転員を対象とした運転操作訓練等が抽出された。

<質疑応答>

Q：ハザードのレベルを高くしたことは理解するが、想定したハザードを越えた事象が発生した場合はどうするのか。

A：想定以上のハザードについては、そのようなハザードがどれくらいの頻度で起こるかを評価している。低頻度だが非常に高いハザード（地震等）が来た場合は設備が多く損壊する場合もあり、しかし、一方では、想定を少々超えた程度では影響を受けない（耐震裕度を有する）設備もあり、耐震裕度とかけ離れた場面で使用できる設備（可搬型 SA 設備）

もあるので、種々の設備を適切に組み合わせて事故に対処していくことになると思う。

Q：リスク評価結果の活用において、敷地外への影響の大きさ（事故対応時の時間的余裕等を含む）の違いなどは考慮されているか。

A：オフサイトは、基本的に、7日間は格納容器機能喪失しないようにオンサイトのみでの対応策を備えることで、7日以降、オフサイトからサイトへの支援が高い確率で期待できるものと考えている。なお、リスク評価（PRA）からは、オフサイトの防災の観点での分析には至っていない。

Q：PRA結果を参考にして設備を追加して炉心損傷頻度を下げていくと、設備を追加することで別の悪影響（設備構成や訓練対応の複雑化等）が出て、実効的には頻度低減には限界があると思う。目標値を定め、目標以上の想定事象への対応を止めるという考え方はあるか。

A：設備追加による安全性向上に限界が来るかどうかは、実際にやってみないとわからないことが多いので詳細な目標も明確にはできない。大事な点は、今できることは何かを思考停止せずに常に考え続けることと考える。

---

## 規制当局における取り組み

谷川泰淳（規制庁）

### <講演概要>

規制における安全性向上への取組について、特に外的事象に焦点を当てて説明された。また、規制委員会の「継続的な安全性向上に関する検討チーム」で取りまとめられた「議論の振り返り」が紹介された。

- 本資料及びセッションで述べることは個人の意見であり、所属先の組織の見解ではない。内容は3点ある。1. 新知見の取り入れに当たって難しさを感じた点、工夫した点（これまでの担当案件を題材に）。2. 外的事象に関する新知見への対応。3. 継続的な安全性向上に関する検討チームについて。
- 新知見の取り入れに当たって難しさを感じた点、工夫した点
  - 「大山生竹テフラ（DNP : Daisen-Namadake Tephra）の噴出規模見直し」は、規制委員会の安全研究の成果に基づき継続的改善を行っている事例である。新知見の取り入れは、多くの場合は基準を改正して、それに適合することを求める形でなされるのがオーソドックスだが、自然現象に対する要求は、基準上は「想定される自然現象に耐えること」のようにあっさりしたものである。この件では、特定の

地域に限定された知見であり、基準を改正せずに対応を求めたケースである。その意味で、どのように **enforcement** をかけるかが難しかったが、バックフィットで対応頂く形とした。また、自然現象の評価が固まらないうちは、設備の改造等の具体的な対策が可能かが明らかではないので、最初から仕上がりまでの期限を切るのではなく、マイルストーンを刻む形で期限を設定した。

- 「デジタル安全保護系に係る共通要因故障対策」は、国際的な規制の動向も踏まえて基準を見直し、継続的改善を行っている事例である。ソフトウェアを用いるデジタル安全保護系の場合、ソフトウェアの適切性（確かに機能すること）の証明は難しいところがあり、代替作動機構（バックアップ）を設けるべきという議論があった。基準化すればシンプルな話になるが、既に代替作動機構を設けている事業者が殆どであり、対策として求めるべき水準の大部分が既にカバーされていた。加えて、事業者側としても、自主的にやる意欲があるというコミットメントがあった。このような状況であったため、自主的取組を見ていくこととした。今後検査等で確認するものと認識している。
- 「震源を特定せず策定する地震動」は、規制委員会に設置した検討チームが新たに開発した地震動の評価手法に基づき継続的改善を行っている事例である。評価手法が変わり、この場合は基準が変わったが、役所的に考えれば設置変更許可申請が全社から出てこないといけないという議論になりうるが、既に震源を特定して策定している地震動がかなり大きく、評価手法が変わっても震度が変わらないというサイトが幾つかありうる。設置変更許可申請は、事業者にとって、それなりにコストのかかる手続きと認識しているので、それを全社に求めるのは合理的かという議論があり、結論として、申請前の確認手続きを設け、基準地震動が変わらない場合には申請不要とした。

- 外的事象に関する新知見への対応

- まず、外的事象に限らず、「新知見を規制に取り入れるまで」の対応イメージを説明する。主なプレイヤーは規制当局と事業者なので上下 2 段で記述し、フェーズを 3 つに分けた。「情報収集」は幅広く知見を発見するフェーズで、規制庁では、研究職職員が行っている。「規制への取り入れ判断」フェーズ（得られた情報を議論）は困難な点と考える。「新知見への対応」フェーズは、基準改正で終わりではなく、事業者が新知見への対応を取り、具体的なアクションが終わるところまでが含まれる。それを意識して検討していく必要がある。
- 「外的事象に関する知見について」。外的事象は不確実性が高い低頻度高影響事象になるので、一般的には、事業者がコストを払って対策を講じるという経営判断を行うには難しさが伴うものとする。従って、そのような領域については、規制当局として特にアンテナを高く張っている。

- 議論の素材になればと思い、以下の3点の「問題提起」をしておく。
  - リスク情報といっても、自然現象の場合は、必ずしも定量化できないことが多く、定性的特徴や性質が対策を検討する上で効いてくる可能性がある。普段、行政機関的な仕事をしていて思うのだが、リスク情報というと数値化された情報と受け取られることが多いので、定性的なものも入れるということであれば、用語の使い方等を工夫した方がいいのではないか。
  - 新知見に対する対策を講じる際に、二段階のやり方（最初に暫定的な対策を講じて、次に設備面の対策をする）があることは、手法としては理解するが、その妥当性の説明に難しいところがあるのではないか。Agilityで議論できるかもしれないが、妥当性を詰めておく必要がある。
  - 事前規制（許認可規制等）を緩めることで、事後規制（検査等）が厳しくなり、むしろ出戻りが多く発生する可能性があることは、注意した方がよいのではないか。
  
- 継続的な安全性向上に関する検討チームについて
  - 「継続的な安全性向上に関する検討チーム」は、全13回の会合を開催して議論を行った。議論の内容、得られた学びを紆余曲折も含めて「議論の振り返り」として記録化した。
  - 外的事象に関する主な議論として、以下が挙げられた。
    - 我が国では自然災害が厳しい環境にあり、他の国と比較して、内的事象に比べて外的事象の方がよりグレードが高いのではないかという議論がある。
    - 複数の知見が同等のリスク（頻度×結果）を示すときは、重大な結果に繋がりを、外的事象を含む低頻度高影響事象を規制としては重視する必要がある。
    - 新知見により想定される事象が、進展してカタストロフィック（破局的）な原子力災害に繋がる場合、許認可規制のような強い規制が必要ではないか。自然事象の場合は低頻度高影響事象なのでそうなりやすく、「ではハードな規制で」となりがちだが、そうするとそれで話が終わってしまうので、「・・・の部分については・・・の議論ができる」というような議論ができるとよい。
  
- (3つの論点の) 補足スライド
  - 外的事象について、何をやっていかないといけないかのピン止めが必要と考え、IAEA SSR-2/1(rev.1)におけるDesign Extension Condition (DEC)の記載を紹介する。重大事故等対策のフェーズに概ね該当するが、そこでは放射性物質の早期の放出、大規模放出をPractically Eliminateしなくてはならないという要求になっていて、今の規制基準はこれに整合するように作られている。外的事象では、少し軸が違うかもしれないが、その範囲でどういう設計ができるか等のプラスアル

ファの議論等が進んでいけば、整理ができるのではないかと。

- ▶ また、「深層防護と不確かさ（不確実性）」の観点から、NRC の NUREG/KM-0009 における記載、10CFR PART53 の案における深層防護の記載の紹介をする。NRC は NEIMA: Nuclear Energy Innovation and Modernization Act（原子力エネルギー革新・近代化法）という法律に基づいて新しい規制を考えている。Technology-Inclusive（炉型に依存しない）にやや抽象化された要求が書かれており、参考になる。NRC の考え方では、不確かさに対抗する手段（不確かさをカバーする手段）として、深層防護を考えている。

#### <質疑応答>

Q：新知見の話をご説明頂いたが、何が新知見かは結構難しい。規制側で、これが新知見であるという相場のようなものはあるか。

A：相場観は難しい。各分野の研究職職員が各学会等の発表を見て、新しい個別の地域に関する知見や手法に関する知見を拾っている。最初はあまり情報をスクリーニングせずに、流れてくるようになってきている。その上で、技術情報検討会があり、段々関係のないものからスクリーニングアウトしていき、残っているものについて全員で議論する。以上のような方法で、新知見を規制に取り入れているというのが今の形である。

Q：p.8に「組織として知見を認識する」のが難しいという話があったが、新知見には、色々な議論が深まることで確からしさが確定していくという要素がある。しかるに、現在、規制の中、あるいは、事業者の中で閉じて検討しているようなところがあるので、何らかの組織間の **Interaction** があってもいいのではないかと。

A：個別の案件では実は多少 **Interaction** を行っている。例えば、DNP の件では、知見の認定より前に、研究報告が出てきた段階で、事業者を交えて懸念事項を議論してみようと会合を持ったケースもある。ケースバイケースである。必要があると感じればやるように心掛けてはいるつもりである。ただし、定常的に行っているのではなく、スポットで実施している。

Q：先ほど WG の報告書の提言にもあったが、規制と事業者という枠組みというよりも、第三者が少し入って議論するというやり方もあるのではないかとコメントも別の方から頂いている。時間があれば、総合討論で議論したい。

補足：P.8 の説明図で、敢えて真ん中（「規制への取り入れ判断」と「自主的取組を判断」）だけ規制委と事業者を矢印でリンクさせずに絵を描いているように見えた。そこは、正式に、資料に矢印が乗るような絵の描き方ができるようになるとよいのではないかと、ということでコメントさせて頂いた。

Q：自主的な安全性向上策というのがありえるのか、もしくは、それはどういう意義があるのか（今の枠組みだと、設備の追加・改造を勝手に行えないので、その意味で、どのように「自主的」を考えるべきか、という主旨）。



A : NRC の事例等で自主的な取組を行っていることが紹介されたりするが、それらも完全に自主的かといえば、そうでもないと思う。Information Notice (行政資料や通知のようなもの) を介して、「では Industrial Initiative でやる」のような議論になり、実施するケースもある。これから開発するという事なので、開発する難しさはあるが、やりようがないわけではないと個人的には思う。但しこれは組織の見解ではない。

Q : P.14 の一番下に「ソフトな規制手法でなく、ハードな規制手法を」と記載がある。ソフトとハードというのは、マネジメントと恒設設備のイメージではなく、規制手法として柔軟 (ソフト)、厳密 (ハード)、という意味合いでよいか。

A : その理解でよい。少し補足すると、いわゆるハード規制は、許認可規制等で事前にチェックされ、基準を満たして許可が出るようなイメージをして頂くとよい。それに対し、新検査制度もソフト的な規制であろうと思うが、ソフト規制は、許認可とは少し違い、インタラクティブにやるか、マネジメント的にやる等、少し緩めな構成、コントロールを行うという意味である。

Q : 新知見に関する基準はバックフィットで取り入れるというのはある程度避けられないプロセスではある。しかし、規制側でも議論があったと思うが、あまりやりすぎると、事業者が「規制基準だけ守っておけばいい」というマインドに流れがちにならないか。それは正に安全神話の復活ということにならないか。

A : ご指摘の趣旨については私もそう思う。ただ、どうできるかというのはやはり難しいというのが正直な感想である。

---

## 第二部 総合討論

山本部長、糸井達哉、宮田浩一、国政武史、谷川泰淳、高田毅士 (JAEA)、山形浩史 (長岡技科大)

### 導入の話題提供「個人的視点」: 高田毅士

< 概要 >

総合討論の話題提供として、以下の内容が紹介された。

- 包括的安全確保のスキームの実践が必要であると考え。これまでの設計は設備毎に設計基準に基づいて実施されてきたが、本来の安全確保は設備単体で確保されるものではなく、ある重要な事故シーケンスに対して如何に性能を確保するかという議論になるので、設備単体ではなく、設備集合 (系統等) として議論していかなければならない。
  - リスクマネジメントの究極の目標は、地震・津波等のリスクを計量 (定量化) し、社会の受容水準と照らして、発電所を利用するかどうかの意思決定を行うことで

ある。

- 絶対安全論至上主義のように、定量化できないからと言って無理やり定性的にやろうとすると、方向性や説明性などに色々な不条理が生じる。
  - 設備単体ではなくプラント全体をトータルシステムとして考える必要がある。
  - 安全確保は 1 つの分野だけ深く議論するものではなく、各分野を超えた安全確保の一貫した考え方（トータルプロセス）を共有する必要がある。また、ハザードやフラジリティ、システム評価等の複数の検討領域についても、バランスよく、トータルで見なければならない。
- 供用性と安全性を区別する必要がある。設計は安全性を確保する側面だけでなく、プラントが正しく動くための能力（供用性）を確保するために設備単体を設計している側面もあるのではないかと考えている。
    - 事象の議論を、頻度と影響度で表した 2 次元のリスク曲線上で議論することで、種々の手立てが見やすくなると考えている。全体をにらんだ形で安全対策（供用性～防災領域まで）や、安全の一貫した考え方を議論していく必要がある。
    - 個々の設備のフラジリティ曲線と深層防護レベルのフラジリティ曲線を比較すると、個々（層毎）のシステムが組み合わさることで、非常に強いロバストなシステムとなる。個々のシステムが多少壊れても全体で強いシステムであれば良く、PRA のシステム解析でそういった評価が可能である。設備集合での議論が有効となる。
    - 地震時の性能確保のための耐震設計体系を示す。供用性（発電プラントとして電力を送る）と安全性（悪影響を防ぐ）を考慮して耐震設計をしなければならない。単体の設備設計は基本的に供用性の確保、設備集合としてのシステム設計としては PRA のシステム解析を利用して、あるシーケンスに対してどれだけロバストであるかという評価を実施していきプラント全体の安全性を高めていけばよいと考える。但し、設備単体そのもので安全性を確保しないといけないもの（RPV 等）は設備単体でやらないといけないので、区分けが必要である。
    - 米国では、新型炉（軽水炉以外）に対しては、より理想的なフレームを設定して、複数のクライテリアを作成しており、リスクカーブ（NEI18-04, 2019）で議論している。
  - 設計と評価を混同しないように気を付けて欲しい。
    - 設計は、一定の保守性を考慮して、対象を組み上げる行為
    - 評価（決定論、確率論を問わず）は、できるだけ保守性を排除して対象物の現実的な挙動や特性を把握すること
    - 設計基準を用いて評価をする場合は、保守的になりすぎて、現実的には、結果に対して限定的でミスリードすることもあるので注意しなければならない。

- 確率論的手法と確定論的手法は補完関係にある。
    - G. Apostolakis 氏の資料 (2012) に記載されているように、決定論的耐震設計と地震 PRA の比較として、地震 PRA では基本的に保守性をできるだけ取り除かなければならない。また、事故シーケンスの網羅性を考慮しており、決定論と比べて、見ている範囲が広い。
    - シーケンスベースであることが PRA の一番の本質であると考えられる (確率論や統計論ではない)。
  - Agility 重視の問題提起については、何が問題とされているか分からないが、強いて言うなら、現状、リスク論の実践が遅れており、このままでは、今後 10 年たっても進展しないと考えている。
- 

#### 導入の話題提供：山形浩史

##### <概要>

総合討論の話題提供として、以下の内容が紹介された。

- 安全部会の外的事象 WG のレポートは読み、違和感を覚えた。何故違和感を覚えるのかを考えると議論の前提が立場によって異なることが想起された。立場が異なれば考え方が異なる訳で、事業者には色々な制約条件 (人や資金、地元の政治、既設は配置が既に決まっている等々) があり、最適化が求められ、保有するデータに基づいて最適な方法を選択する。それに対して住民や国民には制約条件はなく、被ばくゼロというような安全側の極致を求める傾向にある。規制の立場では審査に関しては制約条件はない。安全のことだけを考えていればよい。信頼できるデータがなければ理論的極値を使う。ダメならダメですよ、となる。検査は少し違って、人や資金に関しての制約があり、できるだけ効率化するため、対象を重点化する等の最適化が求められる。新検査制度で事業者と規制側の議論がかみ合っているのは制約条件があるという共通の背景があるためと考えられる。このような各立場の違いによる考え方の違いが最初に述べた違和感につながったものと考えられた。
- WG のレポートは事業者の立場から出ており、そのような合理化は事業者として考えられるが、規制の立場からは例えば断層の問題を考えた場合、事業者はボーリングヶ所のデータから推定してくるが、規制としてはもう一ヶ所ボーリングすればよりはっきりするというような場合は追加を要求する。こういったところに両者の違いがある。もう少し詳しく説明すると、スライドに示すように、「設計者視点の安全」と「周辺住民視点の安全」の違いがある。設計者視点の安全はリスクを最小化することを考える。

一方、周辺住民は事故の詳細は関係なく、避難は不要なのか、可能なのかに関心があり、制約条件はない。そして規制はその間に立ち、住民の安全はどうかを考えている。こういった立場の違いで考え方が大きく異なるということを認識したうえで、本日の4つの論点を考えていきたい。

---

## 総合討論

(山本部長)：総合討論に進みたい。当初想定していた4つの論点は、1. 設備オリエンテッドではなく発電所全体としての安全能力を要求するアプローチを用いることで、より効果的でレジリエントな対応が取れる可能性について、2. 設計基準と大規模損壊の間に中間領域のハザードを設定し、炉心損傷防止に必要な安全設備の組み合わせ(ワンプラス)を確保したシステム設計や当該システムを確実に運用するためのマネジメントを要求するというアプローチの有効性について、3. リスク評価結果(リスク情報)を不確かさの大きい外的事象対策の意思決定に用いることの適切性について、4. 福島第一原子力発電所事故の知見(新知見)に対する対応の迅速性や即応性(Agility)の現状及び不足している場合はその原因について。

この順番で進めることを想定していたが、上2つと下2つは異なる性質の話になっている。今までの議論の大枠をここで考えてみると、まず新知見の取り扱いの課題がある。新知見の確度が高まるまでには時間がかかり、確度が高まっても不確かさがある。そういった不確かさに大きなマージンを取って対応することが適切なのか。そういった問題に上2つの論点に関わってくる。また、大きなマージンをとっても即応性に欠ける所がある。そういった観点では下2つの論点が相互に関わる。

以上より、まず下2つの論点についてパネリストからご意見を求め、その後、上2つの論点に移りたい。下2つについて、宮田様、国政様、谷川様、高田先生、山形先生の順番でご発言をお願いしたい。

(宮田副部長)：「外部ハザードの評価に内在する大きな不確かさを考慮しても、リスク評価結果(リスク情報)を外的事象対策の意思決定に用いることは適切か」という最初の論点については100%同意ではない。決定論的に対応すると厳しい側に際限なく進むきらいがあり、適切ではない。ではリスクで評価できるかとなるとリスクではモデルを考えており、その中に重要な点が全て入っているかとなるとよく分からず、入っていないものをどう考えるかという課題がある。こういった点の整理がないと単純に使えるということにはならない。

二つ目の論点は大きなテーマと考えており、1Fにおいて津波の知見があるときに何が出来れば良いのか?ということをお考えなければいけない。津波の情報があると

きにその影響をよく考え、対応を考えるという普通のアプローチでは間に合わない。その当時は米国の B5b は知らなかったが、知っていれば非常用復水器 (IC) の現場起動といった手順が用意できていたはずである。

(関電：国政)：一つ目のリスク結果を意思決定に使えるかということに関しては不確かさが大きく、それだけでは困難である。決定論的なアプローチと併せてリスク情報を活用することで、意思決定に使えるのではないかと考える。

二つ目の Agility の現状であるが、新しい知見の取り込みには時間がかかるが、その切っ掛けにリスク評価が関わってくるのではないか。ただし、リスク評価だけでは決められないので、色々な知見を併せて検討することになると考え、安全性向上評価のフェーズが対応するのではないか。

(原子力規制庁：谷川)：リスクの話に関しては 2 点ある。一つは、先ほど F-C (Frequency-Consequence) カーブの紹介があった。NRC でも 10 CFR Part53 のドラフト改訂を進めているが、このリスク一本ではなく、Design Requirement を残そうとしている。リスクに寄せきることはできないようで、ここの議論が深まらなると単純にリスク一本にはならないのではないかとの印象がある。二つ目は NRC のバックフィットのやり方を見てのコメントだが、二本の線が引いてあり、一つは Adequate protection というもので安全上の最低限が引かれている。これを下回ると無条件にバックフィットが要求される。それを上回るとリスク評価を行って必要に応じてバックフィットをかける。こういった仕組みはやり易さにつながっていると考えられる。翻って日本はどうかというと炉基法は一本であり、その中でリスク評価を考えていくのは難しい。さらに蛇足ではあるが、NRC では Adequate protection を下回っていても、複数のバックフィットのやり方がある場合にはそこにリスク評価を入れていくことには肯定的である。

次に Agility についてであるが、規制庁では安全上の緊急性と呼んで議論することが多いが、緊急性が高い場合は最悪止めてもらう。そういう理解があるので、現状でも規制としては対応できると考えている。

(JAEA：高田)：議論を活発にする意味でやや過激な発言を行いたい。最初の大きな不確かさがある場合にどう扱うかということに対して、なかなか良い方法論というものはない中で生み出されてきたのが確率論に基づくリスク評価である。不確かさはあるものの決定論ではないやり方で色々やる中で自信を持てる解は見つかるのではないか。やや過激に言うと確率論でうまく行かないので決定論でやる方が良いというロジックは全く理解できない。決定論でも同じ問題を解こうとしている。そこで確率論を否定することが理解できない。決定論でも同じ問題を内包しており、見ているところが限定されているところは同じである。最終的には両者を併せて、補完という言葉を出したが、そのような両者をうまく使うのが良いのではないかと考えている。事業者の方はリスク論をやっているというが、本当にしっかりやっているのか？やれていないのにリスク論も多少役に立つよね、という程度では駄目である。リスク論もしっかりやり、

自信を持てる結果をもって決定論と議論すればよい。こういったものが RIDM（リスク情報を活用した意思決定）の精神である。

Agility は、事故から 10 年がたっているのに未だに Agility という議論をしているのが理解できない。新知見が出れば Agility に、という問題設定自体が未だに出ているが、問題とする背景が良く理解できない。

(長岡技科大：山形)：地震以外はリスク評価を行わなくとも **Practically Eliminate** できると考えているが、地震 PRA には認識論的不確かさの取り扱いなどについて課題がある。現状では無理であろうと認識している。フラジリティは進展があるが、ハザードは大きな不確かさがある。測定できるのであればボーリングを増やして対応していただきたい。

Agility に関しては高田先生と同様で、無駄に議論しているとの印象である。谷川さんが言われているように影響度が大きければ **Shutdown** になるが、今までの規制の経験から対応の仕方が事業者によって異なる印象を持っている。割り切って対策をとる事業者と細かいところこだわる事業者がいる。Agility に関してはそういったことによっても影響を受ける。

(山本部会長)：全体をお聞きして、リスク論と決定論を組み合わせることに関してはコンセンサスがあるものと理解した。また、不確かさが大きい場合に深層防護 (DiD) と組み合わせるということにも違和感はないものと受け止めた。ただし、食い違いがある点として、山形先生が最後にご指摘されたように、リスク論自体がダメということではなくて意思決定に使えるほどには成熟していないのではないかと、というポイントが 1 つあるのではないかと。

Agility に関しては論点にすること自体の問題もあるとのご指摘だったが、私の理解では規制側が Agility に関して不満をお持ちであるということから論点に挙げてみた。ここでの話は重要であるのでもう少し議論を進めたい。

(山本部会長)：今、リスク論が十分成熟していないので使えないというお話があったが、この考え自体が危険であるとの指摘もある。この点に関して山形先生からご意見を伺いたい。

(長岡技科大：山形)：今の地震 PRA に関して言うとハザードは使えるレベルにない。

(山本部会長)：使えるレベルにないということはハザードの信頼性の話か？不確かさの評価が十分ではないという趣旨か？

(長岡技科大：山形)：そうではない。評価手法としてベイズ推定を使っている。ベイズ推定では、ある割り切りを行い、知見が不足している場合は確率を等分し、ハザードカーブを引く。そういった割り切りの妥当性検証はできるのか（できないのではないかと）。知見が不足しているから割り切るというのはビジネスの世界では理解できるが、規制

の世界では通用しない。ベイズ推定でハザードカーブを引いている場合にはその妥当性検証をして頂きたい。できないのであれば通用しない。

(山本部会長)：本日の議論は技術の詳細に入るのは本筋ではないので、この議論はここまでとしたい。糸井先生、本件に関してコメントがあれば頂きたい。

(糸井副部長)：Agility に関して、福島第一原子力発電所事故をもう一度振り返ってみた方がよいと思う。特に Agility、新知見に対する Agility だが、なぜマグニチュード 9 あるいはそれ相当の震源の議論が進まなかったかという、新知見を白黒があるものである、別の言い方をすると新知見を決定論的に捉えていたため、そういう結果になったと思う。山形先生の(リスク論の活用の悪用の)ご指摘は一理あり、調査のコストを削減するためにリスク論と言っているのであれば、よいリスク論とは思わない。2011 年以降に、断層 (capable fault) なのかどうか、それを規制としてどう判断するかどうか議論されている問題など外的事象に関わる議論は、2011 年以降に新たに調べて出てきたものではないものも多い。それ以前から白か黒かという議論をしていて、当時の判断基準で白だと評価をして何もしていなかったものが、今議論されているということだと思う。そういう観点で考えれば、グレーなものをグレーで扱っているやり方が上手くできるのであれば、Agility という観点でも上手くいくと思う。一方、先ほどから谷川氏のご指摘されているように、それを具体的に制度に落とし込んでいくこと自体は難しい。

(山本部会長)：糸井先生のご指摘は重要で、新知見は、知っている、知っていない、の 2 値ではなく、その間が色々ある。そこが意識的に取り扱われてこなかったということはある。一方で、先ほどから議論しているように、確度を高めるために時間をかけていると、Agility が損なわれる。糸井先生は「新知見＝グレーな知識」と表現されたが、恐らく、本質は、グレーの状態を規制でどう扱うか、上手い手法がないところが課題と思う。

(山本部会長)：話は戻るが、PRA の評価手法に関連して何かご発言はあるか。

(JAEA：高田)：今の話とも関係するが、例えば、活断層の判定等は、新規規制基準という約束事の中での白黒である。PRA は、そういう約束事は置いておいて、現実的にはどういう状況になっているのかをできるだけ保守性を排除して見るというスタンスで物事にあたっており、両者は完全に異なる。現実をどの様に捉えるかという点が重要であり、約束事の議論とは別と思う。

(山本部会長)：PRA では、我々の現在の知識で推定するベストが出てくる。それを規制、安全審査で使うところにおいては工夫が必要だということになるか。

(JAEA：高田)：そうだと考える。今我々が持っている知識を、State of the Art まで含めてきっちり評価したものが PRA の結果であると捉えた方がよいと思う。新規規制基準、

過去の審査指針等の約束事の中で議論をすることが非常に物事を歪めているような気がする。白黒の議論のような変な話になってしまうのではないかと思う。

(山本部会長)：その他、幾つかのご意見を会場から頂いている。まずは、山形先生ご指摘の点として、立場によって感覚が違う。恐らく、安全と安心の感覚も違うので、過剰にマージンを高めても実質的な安全性が高まることはなく、住民へのアプローチやPRにしかならず、実質的な安全向上には繋がらないのではないかというご意見があった。また、リスク評価結果を対策の意思決定に使うことは難しいと思うが、L3PRAの結果等を使って設備を改造するコストなどを比較できれば、対策の妥当性を説明できるようになるかもしれないというご意見もあった。また、こちらも山形先生のお話にあったが、規制側の審査に制約条件がないということに課題があるかもしれないというご意見も頂いている。今は「総合討論の論点」スライドの下の2つの論点を議論しているが、適切性、十分性を確認するような指標が必要ではないかということである。定量的な指標はなかなか難しいかもしれないが、そういうものがあると議論しやすいと考えられる。また、宮野先生から、信頼性がない領域の問題にはそもそも決定論を適用できないのではないかというご意見を頂いている。先ほども話が出てきたが、やはり、確率論的評価と決定論的評価をどう組み合わせるかということについての議論がまだ色々あるということかと思う。宮野先生は評価の連続性と表現されているが、ここはまだ議論の余地があると思う。その他、追加のご発言があればお願いしたい。

(原子力規制庁：谷川)：コメントに対して若干補足をさせて頂く。Agilityの話だが、知見がグレーであっても、何らかの対策を事業者に取らせるように規制活動をしていかないといけないという意識はある。白黒がつくまで何年もかかってもよいとは思わない。検討を早める、上手くいくようコミュニケーションをとる等、工夫の余地は残っていると思う。また、知見がグレーであったとしても、安全上の緊急性がしっかり分かっている、結果として、現状が基準不適合と言えるのであれば、必要に応じて停止を求めることになると思う。即ち、知見がグレーだから対応しないということではなく、緊急性、知見の確度、現在の状態等を鑑みて総合的に判断していくことになる。

(JAEA：高田)：山形先生のご発表に感銘を受けた。「規制者は制約条件がない」というのは強烈な言葉である。制約条件として「効率性」「効果的な規制」という概念もあってもよいのではないかと思うが、いかがか。

(長岡技科大：山形)：制約条件を持つてはいけないという意味ではない。実際、検査のところでは「効率性」「効果的な規制」というマインドが強い。一方、審査のところでは、今は制約条件は考えなくてよいというお墨付きを政治的に頂いているので、お金のことは一切考えないというのが現実である。効果的な対策という観点はあると思う。金銭的に効率的、人的に効率的等は、私は考えなかったと思う。



(山本部長)：以降、「総合討論の論点」スライドの上の2つの論点に進みたいと思う。これまで新知見の取り入れや、不確かさの話をしてきたが、WG 報告書の問題意識としては、非常に大きな不確かさに対して、それをマージンとして積み上げることで、本当に全体としての安全性向上が達成されるのかという懸念がある。その対策として、1番目と2番目の論点にあるように、設備オリエンテッドなアプローチをやめて、発電所全体としての安全能力を要求してはどうか。あるいは、設計基準と大規模損壊の間に中間領域のハザードを設定し、炉心損傷防止に必要な安全設備の組み合わせ(ワンパス)を確保したシステム設計と、それを確実に運用するためのマネジメントを要求するのはどうか、という話になっている。

その他、川村氏から、対応能力に焦点をあてるのであれば、故障を検知しやすい単純な設備等を活用することで、よりレジリエントな対応をとれるのではないか、というコメントを頂いている。

また、笠原先生からは、保守性を積み上げることは深層防護の第3層の設計思想と変わっておらず、これは Graded approach や深層防護の観点から適切なのか、その辺りの具体化が重要ではないかというコメントも頂いている。

その辺りも含めて、2つの論点についてご意見を頂ければと思う。

(糸井副部長)：2つの観点から申し上げたい。一つが、先ほど高田先生が話題提供された通り、福島第一原子力発電所事故を振り返ってみると、最大荷重を設定して、それに対して設計するアプローチを採ると、必然的に、津波であれば防潮堤で対応するという話に行かざるを得なくなる。現状のプラントはそうになっていないが、当時を振り返るとそうである。それで、例えば、防潮堤を担当する土木部門が責任をもち、建屋を担当している建築部門あるいは安全屋はその対応を前提に考えるという形になりがちであったと思う。それを安全という観点からプラント全体の性能をどう高めることができるかというところをスタート地点として議論しようとした。

もう1つは、福島第一原子力発電所事故の直接的な教訓は(事故前の枠組みを前提として)様々な箇所に反映されているが、具体的に個別の箇所を見ていくと、どうかと思う所もある。細かい話かもしれないが、例えば、耐震設計において、波及的影響防止という考え方がある。これは、壊れた際にSクラス設備に影響を与える可能性のある設備もまた、Sクラス相当で設計するという発想だが、その際の前提条件が、基準地震動がきたとしてもSクラスの設備に影響を与えないという考え方になっており、基準地震動を超えたときに、どう影響を与えるかという議論は少なくとも耐震設計の枠組みではされていない。現状はそういう設計体系になっている。即ち、最大の設計基準のハザードに対して設計すればよいのだという考え方になってしまう。そういう細かい所に福島第一原子力発電所事故の教訓を反映していくところになかなかいかない。それをどうするかというような、小さい課題が山ほどあると思う。

(関電：国政)：設備オリエンテッドなアプローチをやめて、発電所全体としての能力を要求するアプローチをしていこうと思うと、その安全レベルをどうやって確認するかが課題になる。例えば、今までであれば、設備が設計に対して要求を満足すれば OK と確認してきた。それが全体論として OK であるという形をどのように決めていくか、評価していくかが大きな課題になるのではないか。

ただ、ご指摘のように、発電所全体が損傷するかしないかというところがポイントだと思うので、方向性としては正しいと思う。従って、評価ツールを考える必要がある。そのツールの候補として、リスク評価 (PRA) を使っていくことになると思う。

しかし、先ほどの議論にもあった通り、不確かさが大きいので、そこをどのように扱っていくのか。例えば、 $\Delta$  CDF 等の偏差を使うということであれば、不確かさの概念も解消されると思う。

(原子力規制庁：谷川)：一つ目の論点の、設備オリエンテッドではない形にすることについて、これまでの審査でそのような提案がなされていたか、審査部隊がどう対応していたかが分からないが、総論的には趣旨は理解できる。しかし、個別の事例で実際に題材を揃えて議論してみないと分からないと思う。簡単に上手くいくかもしれないし、単純な評価だけでは済まなくて、こういう設計を残した方がよいということがあるかもしれない。その辺はケースバイケースという気がする。

2つ目の中間領域については、申請方法等が大きく変わるので、新型プラントへの要求としてはありえるのではないかと感じた。しかし、既設の施設にこの要求をかけても、恐らく、今の施設の設計がディスカウントされる訳ではないので、どこまで実益があるかが明確ではなく、事業者がついてくるかどうか疑問がある。加えて、評価は申請側も審査側もコストがかかり大変なので、申請方法を選択できる場合は、新たに評価を組み立てて議論する方法よりも、元々の方法で実施するということになるのではないか。

(JAEA：高田)：プレゼンで説明した通り、最初の論点は大賛成である。こういうことをしていけないと、今の設計基準の枠の中でやっているのではよろしくないと思う。それには、プラントの要求性能、パフォーマンスベースドという考え方、色々な安全を脅かす支配的な事故シーケンスベースに対応をしていくという考え方等が必要になってくると思う。先ほど国政氏はその方法論が無いように言っていたが、PRA が正にこれをやっている。それをきちんとやっていけば、色々不確かさはあるものの、プラント全体の安全性等が見えてくる。今は、細分化された中で色々な安全確保を実施しているため、全体感がよく分からない。差分を見るのもよいが、元々のベースラインがどれだけ良いのか悪いのかをまず議論した上で、差分を見るのだと思う。差分だけを見るのはすごく怖い感じがする。

その他として、地震時 PRA にはハザードの問題があり、先ほど山形先生がご指摘されたように、ハザードはばらつきや不確かさが大きい。しかし、ハザードとは別に、フ

ラジリティ評価、システム解析、事故シーケンス解析等をセットで実施するだけでも、色々なプラントの挙動が見えてくるはずであり、それらをきちんとやればよいと思う。適切なマージンを考慮することで決定論でも評価できるが、確率論でやった方が、より広く、より深く、色々な検討ができるのではないかと思う。

(長岡技科大：山形)：一つ目の論点は、前半の文章が内的事象的で、後半の文章が外的事象的で混乱している。後半にコメントすると、設計基準 (DB) を超える領域を設計基準竜巻や設計基準地震動を超える領域と理解すると、設備オリエンテッドな設計をそもそも今も実施していないと思うので、可搬式設備等のマネジメントで対応するような形となっている。審査の中でも、設計基準を超えるというのは大規模損壊のレベルになっているので、マネジメントで対応することとなっている。

二つ目の論点について、先ほども述べたが、地震以外のものは、例えば津波であれば、水没しても大丈夫という考え方もある。具体的には話せないが、特定重大事故等対処施設 (特重) は、設計基準の自然ハザードよりも更に強化した対応を求められている。私も、ワンパスというか、ストレステスト的な考え方をに入れていけばよいと思う。但し、ツーパスで。

大規模損壊対策の中にも地震・津波と大型航空機衝突とがある。500 ガルに耐えるよう特重を作ったという情報を公開しても、では 600 ガルの地震を起こしてやろうとはならないので、大規模損壊対策の自然ハザード分 (地震、津波ハザード) は公開した方がよいと思う (テロ対策はそうはいかないが)。

(山本部長)：色々なご意見を頂いた。一つ目の、設備オリエンテッドなアプローチではなく発電所全体の能力を要求するというのは、皆様あまり違和感はないという感じであった。評価方法が課題であるという懸念が提示されたが、高田先生から、それは正に PRA であるという話があった。一方で、確率論的安全評価 (PSA) や確率論的リスク評価 (PRA) は白黒をつけるような用途には使えないという点について、東北大の阿部先生から念を押す形でコメントを頂いている。

二つ目の論点は、まだ難しい点が残っているかと思う。谷川氏からご指摘頂いたように、実際にやろうとすると色々な評価を実施する必要があり、かなり大変であり、その辺りが問題と思う。

(糸井副部長)：一つ目の点で、コメントするのを忘れていたことがある。私の理解では、今の規制基準はハザードオリエンテッドではなくて、プラントとしての弱点をしっかり見つけて、そこを押さえるようにしている。それが SA に関する規制で行っていることだと理解している。それはそれで効率的と思うが、一方で、事象ごとに再度評価を行って、何か齟齬がないのかとか、そういう観点で両方のアプローチからやっていくのがよいのではないかと思う。ただ、ハザードオリエンテッドの PRA だけで評価を進めると、ハザードとして必ず抜けが発生するので、両方のよいところを組み合わせる必要がある。

(山本部長)：先ほど、笠原先生から、マージンを積み上げるやり方が設計基準に対する考え方と同じで、SA 機器に対してそういうアプローチをとるのが深層防護的に妥当なのかという問いかけを頂いている。これは着眼点として重要と思うが、この点をどう思われるか。

(山本部長)：多分、深層防護の考え方というのは、多様な対応をするということである。色々な整理の仕方があると思うが、第 3 層までをしっかりと設計した恒設設備で対応するという考え方で捉えたとすると、第 4 層は違った形で防護する必要がある、それを例えば可搬型機器等の柔軟性のあるやり方で対応するということも考えられる。そういう意味合いでいかなものかという問いかけと理解した。

(宮田副部長)：その意味でいうと、例えば、地震であれば、設計基準の地震動を決めて、そこで設備設計をして、第 3 層はそこで終わっている。そこから先はどうなるかというロジックが無くなっているところが、最も不安なところである。概念としては、そこはクリフエッジだと思うが、クリフエッジをなくそうと思うと、中間領域を設置するやり方がフィージブルではないかと思う。第 3 層までの取組とは違うと私は思う。だからこそそのワンパスである。第 4 層だから第 3 層と違うやり方でないといけないかといえば、私は必ずしもそうではないと思う。

(長岡技科大：山形)：我々が新規制基準の基本的な考え方を作った時に、基本、深層防護なので、3 層より後ろの 4 層の方が頑健でなければいけないという考え方がまずある。今回、SA 設備、DB 設備という言葉を使い分けているが、これは単に既設炉を対象にした基準なので、DB 設備、SA 設備と分けているだけで、本来ならば炉心損傷を防止するための設備として一括りにされて、その信頼性の議論がされるべきである。どちらかという、3 層設備、4 層設備という呼び方で議論した方が、考え方が分かりやすいと思う。4 層設備については、3 層設備に比べて地震に対して頑健でないといけない。更に、4 層については、どういう事象が発生するか分からないことから、設備を中心としつつ可搬型で対応する、そういう考え方であると思う。3 層の所で、SA、DB と分けるというのは変である。仕方なくそのように分けているということをご理解頂ければと思う。

(山本部長)：SA 設備のハザード耐性を DB 設備より強くする点は、理屈としては理解できるが、しかし、際限が無くはないか。

(長岡技科大：山形)：際限が無いとは思っていない。例えば、地震で言えば、炉心損傷防止とか、Ss に耐えるということだが、特重というのは、話せないが、これぐらい割増というところの頃合感はある、無限大ということではない。10,000 ガル要求しろという訳ではない。

(山本部会長)：山口氏からコメントを頂いている。福島第一原子力発電所事故の教訓の話で、あらかじめ想定されたシナリオ通りにはいかないことがある。基本線が事象進展で変わってしまうというところが最大のポイントではないか。自然事象でいうと、事象の強さによって、共通損傷の範囲が一举に変わる点(クリフエッジ)がポイントである。これに対応したワンパスの同定が重要ではないかというご指摘を頂いている。

(山本部会長)：阿部先生から、3層設備、4層設備のいずれがより高い信頼性を有するべきかについて、日本の基準と、IAEA基準とで考え方が違っているというコメントを頂いた。日本は、要素設備の方により高いハザード耐性を求めている場合がある。

(糸井副部会長)：もう一つ、先ほど言えなかったことがある。例えば、一般建築物は原子力発電所ほどにはお金をかけられないこともあり、建物或いは構造物として、どの様に壊すのが人命等への影響が一番少ないかという観点での設計体系がかなり前から積み上げられており、材料開発も含めて、それを実現するための検討が進んでいる。一方で、ワンパスやツーパス等の概念の本質は、原子力発電所という一般建築物よりも社会的に重要な施設の設計に、一般建築と同様の考え方を導入すべきという点にあると私自身は考えている。(福島第一原子力発電所事故以前では)どの様に壊すと周辺への影響を小さくできるのかという観点の検討が圧倒的に抜けていた。そこが議論のスタート点であり、山形先生が最初に提示された問題意識とも調和している考え方と思う。

(山本部会長)：糸井先生ご指摘の点は、春の年会の安全部会企画セッション及びその後のフォローアップ(FU)セッションで取り上げる予定である。

## 閉会挨拶

### 中村副部会長 (JAEA)

- 十分な準備を行って論点を整理したが、議論が不足する部分があった。
- 今回の議論は、現場の原子力発電所に反映されて初めて効果を発揮する。例えば、今回の議論で可搬式設備の話があったが、そのような設備を使って事故に対応しようとした場合に、どのような事故シーケンスに対して、どのような具体的な対応を行うものか、評価・議論することが必要だと思う。
- 現場オリエンテッドでみた場合の安全な原子力発電所の事故時の対応、こう申し上げると訓練の話と思われるかもしれないが、そういったことも全部含めて、原子力発電所の対応力とは何かを継続して考えたい。
- 1992年頃、アクシデントマネジメント(AM)対策を当時の安全委員会が推奨して、資源エネルギー庁が自主的な観点として実施した。その際、PRAを用いて Before/After

の比較を行い、リスクが下がったことを確認したが、果たして現在はどうか。新規制基準に対して具体的に議論してきたか。現場のお話を伺いつつ、今の安全の実力について、議論ができればと思っている。

- 最も不確かさが大きい外的事象については、予期しない事態に対しても、何が起きそうかをある程度予見できている必要がある。我々が持っている技術の範囲内で何ができるかを真摯に考えておく必要がある。
- 今後も、上記のような観点で議論を進めていきたい。積極的にご参加いただきたい。