

2020 秋の大会原子力安全部会企画セッション議事概要
(SMR 等革新炉の安全と安全規制について—今後の取組み—)

日時：2020 年 9 月 18 日（金）13 時～14 時 30 分（オンライン開催）

座長：関村直人（原子力安全部会長、東京大学）

1. 開会挨拶と趣旨説明

関村座長より開会挨拶の後、森山担当幹事より本企画セッションの開催目的と総合討論の進め方について説明があった。（原子力安全部会ホームページ掲載の資料を参照）

〈関村座長挨拶〉

本企画セッションは、SMR 等革新炉の安全と安全規制—今後の取組—ということで、これまでの安全部会の企画セッションとは趣を変えて、より新しいシステムの安全を我々がどうサポートしていくべきなのか、その中で技術的なリスクをどのように解決していくのか、さらには安全規制を取り上げ、安全規制そのものが革新炉を進めていくリスクにならないようにするにはどうすればよいか、ということも含めて議論を進めていきたい。

2. 講演

各講演に引き続き講演内容に関する確認の質疑応答が行われた。（講演内容は原子力安全部会ホームページ掲載の資料を参照）

(1) 「原子力イノベーションの追求」：舟木健太郎（経済産業省）

〈質疑応答〉

Q（関村座長）：技術成熟度、市場性、開発体制、規制対応の 4 つの項目についてご提示頂いたが、炉型なども異なる中で、これらを総合的に評価する際に、どのように比較していくのか考え方を聞きたい。

A：提案頂く技術も要素技術から炉型まで非常に幅広く様々。それぞれに特徴があり一律に評価することは難しいと考えている。4 つの観点から事業成立性をどのように評価するか各事業者にご提案頂くことをお願いしている。それを踏まえ、おそらく技術ごと、炉型ごとに相対的な評価をしていくことによって、技術の成熟度などにどのような課題が残されているか、そこにどのようなリソースをかけて開発を進めていくか、というようなことを相対的に評価していくことになろうかと思うが、今後さらに検討していきたい。

Q（JAEA 伊藤）：カナダで作成されているロードマップのようなものを日本としても作り上げていく必要はないか。

A：NEXIP 事業の中で事業者主導によるフィージビリティ・スタディを進めながら、それらの成果を踏まえて国としての進め方について考えていきたい。事業者毎に提案技術についての国内外の市場に対する事業化戦略を検討いただいている段階。海外市場や国内での事業化をどう見ていくかは今後の課題。

Q（関村座長）：市場には国内のみならず海外も含まれるという理解でよいか。

A：その通り。国際協力を通じて海外で原子力を進めていくことに関して、低炭素社会の構築をいかにグローバルに進めていくかへの貢献は SMR に限らず従来から国の施策として力を入れている。この観点から、SMR についても海外市場は重要。

（２）「海外で検討が進んでいる革新炉の安全設計の特徴等について（事例紹介）
-NuScale-」：吉田英爾（日揮株式会社）

〈質疑応答〉

Q（関村座長）：規制当局と一緒に DC 取得の議論をしてきたことが重要であったということだが、その中でクリティカルだった例は何か。

A：例えばボロン希釈の安全性への影響について最後まで議論があった。規制当局とそれをサポートする機関との間でも意見が不統一なところもあったが様々な解析結果を丁寧に示すことにより NRC に納得してもらった。お互いの見解をきちんと主張することが重要と感じた。

（３）「海外で検討が進んでいる革新炉の安全設計の特徴等について（事例紹介）
-BWRX-300-」：松浦正義（日立 GE・ニュークリアエナジー株式会社）

〈質疑応答〉

Q（関村座長）：EPZ に関する国際的アプローチについての具体的内容は。

A：米国ではクリンチリバーサイトでも EPZ を敷地内で抑えるという取り組みがされているが、そのプロセス、具体的には発生頻度があるレベルに抑えられれば許容でき、そうでない場合には被ばく評価をして敷地境界であるレベルに抑えられるかどうか、というような検討プロセスは参考になる。

（４）「小型モジュール炉に係る諸外国の規制動向」：鈴木清照（株式会社三菱総合研究所）

〈質疑応答〉

Q（関村座長）：米国で成立した法律 NEIMA（原子力エネルギー革新・近代化法）は NRC などの政府の動きを議会としても示したという理解で良いか。

A：ライセンス・モダナイゼーション・プロジェクトが動いている中で、このような動きを強化する意味合いが大きく、その結果、取組みも加速し 2027 年の最終案に向けてより具体化が進むようになったと捉えている。

Q（関村座長）：2027 年までに NRC は法律に基づき新しい考え方を作ることが NEIMA の重要なポイントと理解して良いか。

A：その通り。

3. 総合討論

関村座長：冒頭の趣旨説明で例示された論点について議論したい。具体的には、規制につながってくる技術的共通課題、即ち深層防護、グレーデッド・アプローチ、EPZ の設定及び日本に適用する上でどのように考えたら良いかという観点で外部事象への対処がある。二つ目は規制プロセスに関するもの。日本の現行の規制が、SMR 等革新炉にどのように対応できる仕組みに変わって行けるのか、予見可能性は備わっているのか。かなり難しい状況が日本にはあると思う。もう一つは運転をしていない技術、経験をしていない技術をどのように取り込んでいくべきかという点。三番目は実物がない状況で解析シミュレーションをどのように使いこなしていったら良いか、検証のデータをどのように活用していくべきかについて議論したい。最後に、安全部会を含めて原子力学会でどのような議論をしていったら良いかについてまとめることができればと思う。

関村座長：最初に、安全に関する共通する技術的課題について。深層防護や EPZ については講演で話があったので、外的事象についてコメントを頂きたい。

松浦：地下設置を採用することを説明したが、これにより外壁の厚さの合理的な設計や、テロのルートの限定などができる。どこまで掘り込むかは、航空機衝突などを含めて適切な頑健性を実現できるように考えていく。耐震性については、米国で検討している建屋の設計について、設計手法・評価手法が国内で適用できるかなど検討している。

吉田：代表的なものとして航空機衝突については十分な耐性を持っていることが米国で確認されている。耐震についても、まだ標準設計に入っていないが、米国国土の 70% に建設できるだけの耐力を持った設計をすることとしており、米国内における考え方としては従来と大きな違いはないと認識している。

舟木：国際機関の取り組みを見ていると、既存の安全評価手法をいかに SMR に適用するか、合理的な評価を行うかという議論が始まりつつある。内的事象に加え外的事象に関する PRA も一つの要素となっている。ただ日本に適

用するには日本なりの検討は必要。

関村座長：松浦様から日本が持っている耐震技術は十分活かせる、米国での検討を伺いながら検討しているということだったが、日米連携上の課題などはないか。

松浦：一体となって設計を進めている。デザイン・トゥ・コストと説明したが、目標コストに対してどういう手法を採用すれば安くなるか、合理的になるかを検討している。たとえば、地下設置について、掘削によるコストに対し、深い所に設置することによるセキュリティ対策人員の削減などライフサイクルによる費用削減というメリットもある。こういう所を見ながら検討している段階。致命的な状況があるかどうかともチェックしながら、基本的には一体となって検討している。

芝（JAEA）：舟木様からの政策支援に関する説明について、文科省と経産省のデマケはどうなっているのか。また、セキュリティ・バイ・デザイン、セーフガード・バイ・デザインという概念に言及されていたが、米国やカナダではそのような概念を持ち込んで設計が進められているのか、また規制当局ともそのような概念を入れた上で話がされているのか聞きたい。燃料設計によっては保障措置が適用しにくいものもあると考えられるが、IAEAとは話をしているのか聞きたい。

舟木：NEXIP 事業は両省で進めているイニシアティブ。そのもとで経産省は予算を活用して実用化に向けたフェージビリティ・スタディを進めている。文科省では基礎基盤研究に対する支援を行って頂いている。また、JAEA による協力を進めて頂くことについては両省がバックアップしていく。セーフガード・バイ・デザインについては、IAEA の保障措置部門で SMR にどのように対応するかについて、濃縮度の高い燃料による長期運転を想定した SMR に用いられることも含めて検討が進められていると認識している。

鈴木：米国 NRC では、セキュリティに関して SMR の燃料の形態やモジュールでの輸送が発生するといったことが論点として上がっていると認識している。

関村座長：その他補足すべきことはないか。

松浦：等級別アプローチや深層防護について。国内では SA 対策設備についてもクラス分類が作られている。BWRX-300 では深層防護について第 4 層で対応する設備のラインアップを揃えているが、クラス分類をすることによるコスト高を懸念している。クラス分類は設計がし易くなる反面、そこに入れることによってコストが高くなることがある。米国と日本でクラス分類が異なると、米国では標準的なものが採用できることに対して日本では厳しくならないように気をつけないといけない。日米の規制当局で対話を

して頂きながらメーカーも一緒になって議論していきたい。

関村座長：二つ目の論点について。予見可能性をどのように担保するか。米国で出来ていることが何故日本、あるいは他の国で出来ないのか、国際的な考え方をどのように持ち込んでいくか、また、新技術の実証性、今まで実績のないものをどのように使っていくのか考え方の整理が必要。これらは学会も一緒になって取り組んでいく重要な課題。コメントを頂きたい。

吉田：ニュースケールでは新しい技術が導入されている。大きなプールの中にモジュールをいくつも並べるのは革新的で従来にはない概念。地震時にもどのような相互作用があるのかなどは大きな議論になったと聞いている。実験は出来ないので相当細やかに解析を行い、それに基づき議論が進められたと聞いている。解析の中身も含めて規制当局ときちんと議論する中で結論を導くというプロセスをとっていると思う。米国でのプロセスは日本でも参考になると思う。

鈴木：米国では、従来の規制要求に立脚した議論がなされており、現状の考え方をどのように適用していくのか段階的に検討されているという印象である。

松浦：BWRX-300 についてはかなり実証済みの技術を採用している。実証済みの技術でも LOCA 排除概念は規制上のポイントになるだろうということで、ライセンシング・トピカルレポートを早めに提出した。しっかりレビューしてもらい理解が得られそうな状況にある。このように規制上のポイントになるところにしっかりと時間を取ってもらうことが重要で、国内でもこのようなプロセスを参考にしてもらいたい。このようなプロセスは事業側から見て一つの予見可能性だと思う。

舟木：プロセスという意味では、海外の例を参考にしていかに国内で提示をしていくかの議論は出来るだけ早く開始したほうが良い。この議論を規制当局と始めるには、具体的な建設計画のイメージとともに優先順位をもって事業者から提案をしていくことが必要であり、これがまだ時間がかかるとすればまずは内容の検討を進めていくということが考えられる。また、新型炉ということだけでなく、既設炉への新技術の採用を柔軟、円滑にしていくプロセスから議論を始められる可能性があるのではないかと思う。

関村座長：規制庁で新たに検討チームが設置された。継続的な安全性向上に関する検討チームだが、米国の動向等について規制庁自らが整理して既存の軽水炉に関する規制だけではなくて新型炉にどのように対応していくべきか、この中で今舟木様から話があったような点を検討していく必要があるという内容が、今月の第2回会合で規制庁側から提示された。これはうまくかみ合わせていけば小型炉を含めた日本の動きを良い方向に持って

行くことも可能になるのではないかと期待している。そういう意味で学会が橋渡し役を果たせれば良いと思っている。

関村座長：三番目の論点は既にこれまで議論してきた。検証データをどうするか、現行の軽水炉の安全解析技術をそのまま適用できるか、どのようにしていけば良いか、ソースタームの議論は安全の根幹として極めて重要なもの、PRAの高度化にも同様に取り組んでいく必要がある。これらについてコメントはないか。解析コードのV&Vについては今月号の機械学会誌に東大の越塚先生が全体をとりまとめられて原子力に関するところも越塚先生が執筆されている。この考え方が規制の側も技術を開発していく側も共有できていくことが大前提になるのかなと考えている。解析コードの観点も含めて意見はないか。

松浦：実証試験や模擬試験については規制側、推進側それぞれが行うのではなくて一つで良いが、審査側の解析コードと推進側の解析コードは独立がよい。データを共有してそれぞれでコードを検証して審査側として、推進側として使う、試験にはJAEAのインフラや海外も使い、照射試験は日米協力も考えられる。

関村座長：学会は、PRA標準も含めて役割を果たして行くことが出来れば良いと思う。

関村座長：最後に、今後の取り組みに関してどのように進めるべきか。学会の役割、規制側とのコミュニケーション、推進側、国としての役割を果たしていくことなどについて、かみ合った議論をさらに深めて行ければと思う。そのためにロードマップのようなものを我々が作って行ければと思うが、安全部会だけでは十分ではなく新型炉部会、リスク部会など色々なところと一緒に活動を進めていく必要があると考えている。こういう役割を学会としても果たしていくことで今回テーマとして掲げさせていただいたSMR等革新炉の安全というものが具体的に国内も含めて実現をされていく、これが出来ればと思っている。

舟木：ロードマップについては、技術の観点、さらには基盤をどのように支えていくかということで学会で考えていくことは意味があり、スタートできるのではないかなと思う。国としてはNEXIP事業を通じて各事業者の取り組みを支援・応援していくこととしているが、横断的な技術基盤や規制対応のあり方を将来的な規制側への提供も視野に入れて学会で議論を進めていただくことは大変ありがたい。ぜひ協力しながら一緒に進めていきたい。

4. 閉会（今後の予定など）

関村座長：資料は後日安全部会のホームページで差し支えない範囲で公開させ

て頂く。また、今回の議論は時間が短かった。安全部会としては、今日のプレゼンテーションも改めて時間を十分取って頂いて発表頂き、関連する発表も頂くフォローアップセミナーを企画している。安全部会で同様のテーマでフォローアップセミナーを開催させていただく。開催の具体的内容が固まったら原子力学会のメーリングリストで案内する。

関村座長：これで企画セッションは終了とする。本日も講演いただいた講師の皆様にも改めて感謝申し上げます。

以上