



第65回IAEA総会の 新型炉関連サイドイベント

令和3年9月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門

第65回IAEA総会サイドイベント

新型炉に関連した主なイベント

- The IAEA Platform on Small Modular Reactors (SMRs) and their Applications: Coordinated Support to Member States on SMR Development and Oversight for Near Term Deployment (IAEA主催、2021年9月22日開催、P2で概要説明)
- Safeguarding the Nuclear Future: Small Modular Reactors (IAEA主催、2021年9月23日開催、P3で概要説明)
- Innovations in the Production and Use of Nuclear Hydrogen for a Clean Energy Transition (IAEA主催、2021年9月21日開催、P4で概要説明)
- Licensing Novel Advanced Reactors: Addressing the Challenges (IAEA主催、2021年9月21日開催、P5で概要説明)
- United States Deployment of Advanced Nuclear: Baseload Technologies Support Reaching Net Zero (米国主催、2021年9月21日開催、P6で概要説明)
- Advanced Nuclear Technologies (英国主催、2021年9月22日開催、P7で概要説明)
- French Nuclear Technologies: the Way to Low-Carbon Electricity (仏国主催、2021年9月23日開催、P8で概要説明)

The IAEA Platform on Small Modular Reactors and Their Applications

- SMRに関する統合的アプローチが必要であるという原子力エネルギー諮問委員会(SAGNE)の提言により今年立ち上げられたSMRプラットフォーム、2018年に開始したTWR-SMR、2015年に開始したSMR規制者フォーラムの概要についての紹介
- 原子力(NE)局担当のチュダコフ事務次長(開会挨拶)に加え、技術協力(TC)局担当のリュウ事務次長、原子力安全・核セキュリティ(NS)局担当のエブラール事務次長(いずれも閉会挨拶)が参加するなど、本件がIAEAの組織横断的取組であることを示すもの
- パネリスト: S. Monti(IAEA)、M. Ricotti(ミラノ工科大学、イタリア)、M. de Vos(CSNC、カナダ)、参加者は約250名

SMRプラットフォーム

目的: 各国政府、専門家、規制機関に対して、SMRの全ての側面に対して、局を超えたIAEA全体としての統合的な支援を提供(NE局、NS局、TC局の他に保障措置(SG)局も参加)

SMR/SC(運営委員会)

今年5月にキックオフ会合を開催

- 中期戦略(2022-2027年)の策定
- 活動の定期的なレビュー
- 一貫性、連携、最適化の確保
- 加盟国等の要請によるレビュー
- 情報収集、共有のメカニズムの構築
- IAEAの取組の調整

SMR/PIT(履行チーム)

- SCの決定や中期戦略履行の促進、支援
- 計画、履行、モニタリング、報告の各段階における一貫性等の確保
- SCに対するアドバイザーグループとして機能
- SCに対する定期的な報告の提出
- SCに対する国際協力の提案
- IAEAにおけるSMR関連の活動の情報の集約
- SMRポータル構築、維持

今後の活動

- SMRに関する情報のIAEA内及び外部との情報共有(2022年末までに運用開始予定)
- High-level SMR Bookletを発行予定(2022年末まで)
- 中期戦略の策定(2022年末までに事務局長に提出)
- 加盟国のニーズ、IAEAの活動とのギャップの同定→IAEAの戦略目標の構築→戦略目標が達成された場合の加盟国にとってのアウトカムの同定

TWG-SMR(SMR技術ワーキンググループ)

- 2018年に設置。現在21か国(日本(JAEA)を含む)が参加
- SMRについて、IAEAの活動に対しての助言、参加国間での情報・知見の共有、IAEA出版物作成等である。
- これまでの3年間で、課題を大きく3分類し、サブグループを設けて検討を実施
 - SG1: Generic Users Requirements and Criteria,
 - SG2: Research, Technology Development and Innovation: Codes and Standards
 - SG3: Industrialization, design engineering, testing, manufacturing, supply chain, and construction technology

SMR規制者フォーラム

- SMRの規制機関の協力の場として2015年に設置
- カナダ、中国、フィンランド、フランス、韓国、ロシア、サウジアラビア、南アフリカ、米国、英国の規制機関が参加(日本は参加していない)
- 2017年までのフェーズ1では、EPZ、グレーディッドアプローチ、多重防護等を議論
- ライセンス課題、設計・安全解析、製造・試運転・運転の3つのWGを設置
- 2021年以降のフェーズ3では設計の共同評価、他の機関が行った評価の相互承認といった課題に取り組む
- SMRの全ての技術について規制基準を策定するのは現実的ではなく、既存の基準をいかに柔軟に解釈していくかが重要であるとの指摘あり
- (中国からの参加者から、都市に近い場所にSMRを建設することに対する地元の懸念に対して規制機関としてどのように対応していくべきかという質問に対し)グレーディッドアプローチは規制を緩めるものではなく、規制要求をリスクに応じて適用していく趣旨であることを説明すべきとの見解

原子力の未来に対する保障措置: 小型モジュール炉

-Safeguarding the Nuclear Future: Small Modular Reactors-

発表者: ウィットロックIAEA保障措置局概念計画部概念・アプローチ課長

□ SMRへの保障措置の適用にあたって必要となる考慮要因

- 既存炉とは異なる燃料
- 既存炉とは異なる多様な原子炉設計
- 既存よりも長期の運転サイクル
- 新たなサプライモデル(輸送に係る対応)
- 使用済燃料管理
- 多様な利用形態(水素製造、熱供給)
- 遠隔地における立地(マイクロリアクターなど)
*ただし、これらはshow stopper(致命的な問題)ではなく対応可能とする。

□ SBD導入の効果

- 査察機器の共用、査察官との調整に係る事業者の負担軽減
- 導入計画、許認可、予算に係るリスク削減

□ SBD導入への課題

- 設計者との直接のコミュニケーションの不足
- 設計者が保障措置を熟知しているわけではない。
- 保障措置は設計の在り方を決定づける要素とは見られていない。
- 商業機密の保護の必要性

□ 対応策

- 遠隔モニタリング(Unattended Monitoring)、データの伝送
- (遠隔地での立地の場合の)Digital Connectivity(インターネット等)の安全な確保
- 新型の封印方法の導入
- 原子炉の設計検認
- 査察官の訓練
- **Safeguards By Design: SBD(保障措置の設計への組入れ)**

IAEA保障措置局ではSMR導入計画を有する国(カナダ、中国、フィンランド、フランス、韓国、ロシア、米国)とSMRへのSBDの適用について協議を実施するとともに、他の局(NE局、NS局)との間でWGを設置して連携

新型先進炉の許認可への対応

SMRを含む新型先進炉における最近のIAEAの安全関係の活動状況とSMR Regulators' Forumについて

□パネリスト: 英国原子力規制局 (ONR)、米国原子力規制委員会 (NRC)、中国国家核安全局 (NNSA)、カナダ原子力安全委員会 (CNSC)、ロシア連邦環境・技術・原子力監督庁 (Rostekhnadzor)

□主な内容

- IAEAより広範な新型先進炉に向けた安全関係の取組実績及び今後の方針の紹介と引き続き各国の協力を期待する旨の表明
炉型に依存しない(テクノロジーニュートラルな)ライフサイクル全般(立地、設計、試運転、運転等)の国際的な安全基準を目指し、既存基準類の新型先進炉への適用性、実効的な適用方法に関するガイド等を検討中

- 各国規制機関のパネリストより各国が直面する新型先進炉の規制に関する課題の紹介、取り組み状況とIAEAに期待する協力の紹介

【ONR】

- ・先進設計、製造方法、初号機の安全性、サプライチェーン構築、自動運転・保守等の従来とは異なる概念に対するための規制者間の国際協力の必要性

【NRC】

- ・リスク情報活用パフォーマンスベースド(RIPB)アプローチの活用状況の紹介

【NNSA】

- ・高温ガス炉、SMRの開発状況紹介
- ・運転経験に乏しい先進炉の材料を含めた試験の重要性
- ・SMRの特徴を踏まえた緊急時計画区域(EPZ)に関する協力への期待

【CNSC】

- ・ライフサイクル全般に係るベンダー、設計者、運転者、規制による意見交換の重要性
- ・リスク情報を活用した意思決定を含めた許認可のガイドラインへの期待

【Rostekhnadzor】

- ・LFR、水上原子炉の開発及び安全基準整備の状況紹介
- ・規制と産業の意見交換の重要性

クリーンエネルギー移行に向けた原子力水素の 製造と利用におけるイノベーション

クリーンエネルギーとしての原子力水素に対するカナダ、米国、ロシア、英国の取り組みについて、各国での水素製造技術の実例と併せて、原子力水素の課題やその導入戦略について報告

□パネリスト:

S. MONTI (IAEA, 司会)、D. CAMPBELL (The Bruce Power Centre, 加)、F. KAMBITSCH (AURORA energy research, 英)、F. GANDA (INPRO, IAEA)、N. KODOCHIGOV (Aftikantov okbm, 露)、R. BOARDMAN (INL, 米)

□主な内容

【カナダ】

- ・現在、世界でトップ10に入る水素を製造し、100以上の水素関連会社がすでに運営されている
- ・水素製造の現状を基に原子力水素の導入に対する産業界及び政府が解決すべき課題が示された

【米国】

- ・INLは、原子力による電力及び熱供給を電気ヒータにより模擬した、送配電、水素製造、電力利用に関わるシステム実証を実施中
- ・2021年6月、DOEは10年後にクリーン水素1kg当たり\$1での供給を目指す「Hydrogen Shot」を開始した

【ロシア】

- ・Kola発電所での発電電力を用い水の電気分解により水素を製造する実証試験を予定している
- ・高温ガス炉を用いた水蒸気のメタン改質による水素製造を行う施設の開発プロジェクトを計画している

【英国】

- ・英国における原子力水素導入に向けて、原子力の導入割合をパラメータとした4つのシナリオを検討
- ・原子力の導入により、原子力なしと比較して、最大で2050年のCO₂を80Mt削減し、水素コストを9%低減

【IAEA】

- ・ISプロセス等の原子力による水素製造法を考慮したエネルギーシステムのコスト評価モデル「FRAMES」を開発
- ・CO₂を排出しない場合、原子力による水素製造の導入が最小コストとなると評価



米国における新型炉の実用化： ネット・ゼロを支えるベースロード技術

DOE NE局主催で、ネット・ゼロ目標達成に向けた資金調達とプロジェクト開発の問題についてのフリーディスカッション

□ 参加者：原子力経済コンサルティンググループ（NECG）メンバー（元NEIのダニエル・リップマン氏他）

□ 参加者は主に以下の点について議論

➤ 原子力の課題

- 新型炉開発を検討する際に、市場の観点から影響を及ぼすのはファイナンスの確保の問題であり、解決策は政府によるコミットメント、公的な資金提供。政府がより大きな役割を果たす必要がある。
- 原子力プロジェクトは、建設リスクが非常に大きく、許認可リスクもあるが、国のエネルギーの自立性への貢献度が高いため、これらのリスクは政府が負う必要がある。

➤ SMRの特徴

- SMRが有望視されているのは、その柔軟性と、高いコストを投じなくても安全性を確保できるため。
- 原子力の柔軟性を考慮した場合、一般の人々は原子力を支持する傾向にある。
- 2050年のネットゼロ目標達成に向けた原子力の建設の迅速化には、モジュール化と、建設に関わるプロジェクトマネジメントや人材育成等に対応するが、政府の支援（発注）も必要。

➤ De-Risk（脱リスク）のためには

- 脱リスクのためには、（現在、大型軽水炉の建設で生じているような）関係機関が責任を押し付けうようなアプローチではなく、共同でアイデアやプロジェクトの構造を考え出すことが重要。またプロジェクトマネジメント能力を高めることも重要。
- リスク配分とリスク軽減のために、政府が大きな役割を果たす。ただし、政府が大きな役割を果たすべきなのは、最初の数基までで、その後は民間企業がリスクをとっていくことが求められる。



先進的原子力技術

先進的原子力技術の必要性、役割、課題解決法、導入について議論

□ 参加者:

ビジネス・エネルギー・産業戦略省 (BEIS) Lindsay Jamieson氏
マンチェスター大学 (UM) ダルトン原子力研究所 William Bodel氏
英国国立原子力研究所 (NNL) Rob Whittleston氏
原子力先進製造研究センター (AMRC) Rosa Wilkinson氏
カナダ原子力協会 (CNA) John Gorman 会長

□ 主な内容: それぞれの立場から原子力の役割とその将来性を紹介

(UM)

- 英国では建設中及び新設検討中の原発があり、原子力は脱炭素化の一つの選択肢。
- 二酸化炭素排出の観点から、信頼性が高く、安定している原子力は必要不可欠。

(NNL)

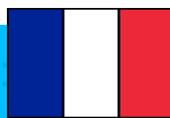
- 新型炉には柔軟性があり、コージェネレーションによって熱利用や水素製造が可能。
- 高温ガス炉により、高温熱供給を行い、水蒸気電解や熱化学的な水分解による水素生成プロセスの効率向上を見込む。

(CNA)

- カナダでは、産業界、規制当局、連邦政府、州政府、その他ステークホルダーが協働。
- オンタリオ州に建設されるSMRは、本年11月に最終的な技術(炉型)が選定され、2028年までに建設予定(候補炉型:軽水炉、高温ガス炉、熔融塩炉)。

(AMRC)

- 英国のSMR導入計画では既存技術による製造が検討されているが、先進製造によるイノベーション(コスト減、工期短縮)が必要。
- 原子力についての社会的認識向上により、原発の建設や技術革新が開始する。



脱炭素化に対応するため、エネルギーミックスに原子力を加えることに関心を示す国が増加しつつあるが、各国毎に異なるニーズがある。フランスが主催の本イベントは、脱炭素化のための原子力ソリューションをテーマにEDFの専門家による講演及び質疑応答をオンラインで行った。

□参加者 ヴァキス・ラマニー(EDF先進原子力研究開発上級副社長)、ヤン・ヴァン=デル=リー(原子力技術輸出部長)、サンドロ・バルディ(NUWARD販売部長)

□主な内容:

- EDFは、全ての電力関連活動を網羅したビジネス(発電、送電、電力供給、最適化と貿易)、長期運用における顧客ニーズに応じた技術、最先端の安全機能を備えた最新鋭の原子炉(2,000以上の世界的運転知見に基づく比類なき安全レベル、2基のEPRを含む71基の原子炉運転事業者による安全知見の共有)、世界規模の「fleet」開発(同一設計プロジェクトから得られる技術成果の提供、標準化及び相乗効果の構築、競争力の強化)、卓越したパフォーマンス(稼働率90%以上)を展開している。
- 最先端GENⅢ+として、EPR1650MWe(世界最大出力)、EPR1200MWe(導入国の送電環境に対応)、NUWARD 340MWe(石炭火力(300~400MWe)の置き換え需要に対応するSMR)の3種類のラインナップを開発中
- EPRおよびEPR1200は、安全設計、機器及び建設、運転、経済性等の知見に関する共通基盤を確立、世界中でEPRプロジェクトを展開(稼働中(中国台山原子力発電所2基)、建設中(仏国フラマンビル1基、英国ヒンクリーポイントC2基)、建設予定(英国サイズウェルC2基、インドジャイタプール6基、サウジアラビアKSAプロジェクト2基、チェコ(EPR1200想定)、ポーランド、仏国国内6基)
- NUWARD【2019年~2022年概念設計及び認可申請準備、早ければ2025年に製品化(販売開始)、2030年までにフランスで初号炉の建設】の①信頼性:EDFがCEAによる設計及びNavalグループ、TechnicAtomeの支援を受け開発、最先端技術と革新的コンセプトに基づく設計、モジュール化による工期短縮、低い発電負荷への追随、水素製造や熱利用への適用、②安全性:GENⅢ+技術と最高水準の安全性、簡略化された設計と認可、③競争力、経済性:稼働率90%以上、60年の運転期間がターゲット。フランスASN、IRSNとプレライセンスについて協議開始、欧州の関係機関とも連携
- フロアよりEPR1200の開発体制、今後について質問があり、EPRグループ(1650MWe、1200MWeの共通性を持つ)として開発中、初号機をチェコに建設で交渉中、なお価格に関する問い合わせは回答を避けた。