

令和3年度原子力の利用状況等に関する調査
(原子力分野における国際協力枠組み等に関する調査)
報告書

令和4年3月

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所

本書は、「令和3年度原子力の利用状況等に関する調査」として経済産業省から一般財団法人日本エネルギー経済研究所が受託して実施した『原子力分野における国際協力枠組み等に関する調査』の報告書である。

目次

第1章	多国間協力枠組みにおける議論動向.....	1
1-1	国際原子力エネルギー協力フレームワーク（IFNEC）の概要.....	1
1-2	2021年度事業実績.....	3
1-2-1	2021年5月 NEA-IFNEC ウェビナー.....	3
1-2-2	2021年6月 SG 会合.....	5
1-2-3	2021年7月 NEA-IFNEC ウェビナー.....	6
1-2-4	2021年9月 NEA-IFNEC ウェビナー.....	9
1-2-5	2021年9月 IAEA 総会サイドイベント.....	11
1-2-6	2021年10月 IFNEC-Rosatom ウェビナー.....	12
1-2-7	2021年11月 SG 会合.....	15
1-2-8	2021年11月 ハイレベル・ワルシャワ会合.....	17
1-2-9	2021年12月 NSCCEG 会合.....	18
1-3	COP26における議論.....	19
1-3-1	アクションハブ・イベント.....	19
1-3-2	フランスパビリオン・イベント.....	20
1-3-3	IAEA パビリオン・イベント.....	21
1-3-4	イギリスパビリオン・イベント.....	23
1-4	多国間での国際的議論による、日本の政策動向への影響.....	24
第2章	原子力分野の二国間協力.....	26
2-1	日米ラウンドテーブルの概要.....	26
2-2	2021年度事業実績.....	26
2-2-1	2021年6月 HBF-AC ワークショップ.....	26
2-2-2	2021年7月 HBF-AC ワークショップ.....	27
2-2-3	2021年11月 HBF-AC ワークショップ.....	28
2-2-4	2022年2月 年次大会.....	29
2-3	日米ラウンドテーブルにおける議論による、日本の政策動向への影響.....	33
付録	国際機関による主要な報告書等の概要.....	34
1.	IAEA, <i>Nuclear Energy for a Net Zero World</i> , 2021.....	34
2.	OECD/NEA, <i>Long-Term Operation of Nuclear Power Plants and Decarbonisation Strategies</i> , No.7524, 2021.....	35
3.	OECD/NEA, <i>Advanced Nuclear Reactor Systems and Future Energy Market Needs</i> , NEA No.7566, 2021.....	37

第1章 多国間協力枠組みにおける議論動向

1-1 国際原子力エネルギー協カフレームワーク（IFNEC）の概要

本事業では多国間での原子力国際協力のための議論のプラットフォームとして国際原子力エネルギー協カフレームワーク（International Framework For Nuclear Energy Cooperation, IFNEC）に着目し、その主要な会合での議論の動向を調査した。IFNEC は 2006 年にアメリカのブッシュ大統領より提案された国際原子力エネルギーパートナーシップ（Global Nuclear Energy Partnership, GNEP）がオバマ大統領の代になって改組され、発足した組織である。2022 年 3 月現在の加盟国は 34 カ国¹で、オブザーバー国が 31 カ国²となっているほか、5 の国際機関³もオブザーバーとして参加している。IFNEC への名称変更が承認された 2010 年 6 月の GNEP 第 6 回運営グループ会合において合意された IFNEC のミッションは以下の通りである。

- ・効率的かつ安全性・セキュリティ・核不拡散の最高水準に適合する方法で、原子力エネルギーの平和利用の促進を確実にしていくことを目的とした、参加国相互に有益なアプローチを探求するために、参加国が協力するフォーラムを提供する。
- ・参加国は、経済的な原子力の平和利用の恩恵を享受するに際し、いかなる権利放棄もせず、ボランティアベースで努力を分かち合うものとする。

IFNEC には、閣僚級の執行委員会（Executive Committee, EC）の下に運営グループ（Steering Group, SG）があり、EC が定めた基本方針に従って実際の活動を進めているほか、加盟国間での国際協力を促進する役割も担う。より具体的なテーマに沿った活動については、SG の下部設置された三つのワーキンググループ（WG）が取り組みを進めている。

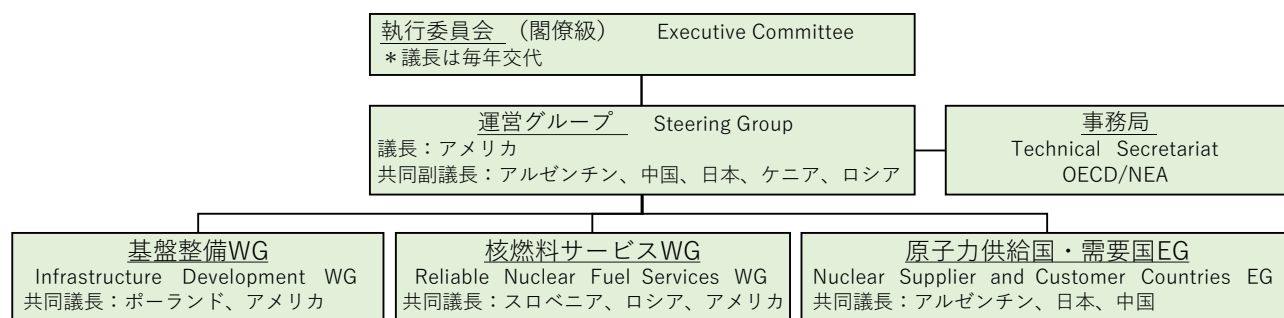


図 1-1 IFNEC 組織図 (2021 年 3 月現在)

出典：IFNEC ウェブサイトなどより作成

¹ アルゼンチン、アルメニア、オーストラリア、バーレーン、ブルガリア、カナダ、中国、エストニア、フランス、ドイツ、ガーナ、ハンガリー、イタリア、日本、ヨルダン、カザフスタン、ケニア、韓国、クウェート、リトアニア、モロッコ、オランダ、ニジェール、オマーン、ポーランド、ルーマニア、ロシア、セネガル、シエラレオネ、スロベニア、ウクライナ、アラブ首長国連邦、イギリス、アメリカの 34 カ国。

² アルジェリア、バングラデシュ、ベルギー、ブラジル、チリ、チェコ、エジプト、フィンランド、ジョージア、ギリシャ、インドネシア、ラトビア、マレーシア、メキシコ、モルドバ、モンゴル、ナイジェリア、フィリピン、カタール、サウジアラビア、シンガポール、スロバキア、南アフリカ、スペイン、スウェーデン、スイス、タンザニア、チュニジア、トルコ、ウガンダ、ベトナムの 31 カ国。

³ 国際原子力機関（International Atomic Energy Agency, IAEA）、第四世代原子力国際フォーラム（Generation IV International Forum, GIF）、欧州原子力共同体（European Atomic Energy Community, Euratom）、経済協力開発機構／原子力機関（Organisation for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency, OECD/NEA）、世界原子力協会（World Nuclear Association, WNA）の 5 機関。WNA は 2021 年 11 月の運営グループ（SG）会合でオブザーバー機関入りが承認されたが、2022 年 3 月現在、IFNEC ウェブサイト上ではこのことについて特に記載がない。

各 WG での活動の概要は以下の通りである。

- 基盤整備 WG (Infrastructure Development Working Group, IDWG)

エネルギー需要の増大に合わせた原子力利用の拡大を支援するため、フォーラム形式の情報交換を以下の各分野で実施している：

- ・原子力発電プラントの安全かつ効果的な運転
- ・放射性廃棄物の安全、セキュリティ、持続的な管理
- ・原子力活動を支援するインフラの効果的、持続的かつ安全な発展
- ・人的資源の開発

また、IDWG では、核拡散のリスクを低減しながら、持続可能な原子力利用のための基盤整備を支援することを目標としており、小型モジュール炉 (Small Modular Reactor, SMR) などの技術的な調査も行っている。

- 核燃料サービス WG (Reliable Nuclear Fuel Services Working Group, RNFSWG)

国際的な燃料供給の枠組みの確立に関する参加国・機関の協力を支援する。具体的には、信頼性があり、コストに見合う燃料サービスの世界市場への提供や、核拡散リスクの低減に合致した原子力利用開発に関するオプションの提供 (機微な燃料サイクル技術獲得の代替となり得る手段の創出) などがある。

信頼性のある「総合的な燃料サービス」を確立するためには、サプライヤーとユーザーが、法的、政治的、商業的な制約事項を考慮することが不可欠であり、RNFSWG では、信頼性の高い包括的な燃料サービスの提供のため、①平等な権利と義務からなるアプローチ、②公衆に受容され、技術的・経済的に可能なソリューション、③国際的な枠組みの改善、の3点が必要であることを強調している。具体的な活動としては、主に以下の項目に関して情報を交換し、取り得る対応を適切に把握、評価、開発することがあげられている：

- ・政府・非政府組織の能力
- ・共通課題と限界
- ・受益者とユーザーの要求
- ・各国の法律・規制に関する枠組み
- ・各国の商業上の枠組み
- ・国家レベルの燃料供給保証と、ウランや燃料サイクルを商的に提供する事業者との間の関係
- ・公衆の受容性に関する要求

IFNEC では 2011 年頃から CFS (Comprehensive Fuel Services) という概念が提唱されており、その概要について、2012 年の会合にて、以下のように取りまとめられた：

- ・CFS は包括的で信頼性の高い、商業ベースのサービスが可能な、フレキシブルな枠組みであり、この枠組みの下で、今後原子力発電所導入を進める国は、燃料供給、使用済燃料取扱、最終処分といったサービスを受けることができる。
- ・核不拡散リスクを高めることなく CFS で原子力エネルギーの国際的な増大をサポートできるかについては、参加国ごとに複数の視点やアプローチがある。CFS の鍵となるのは、フロントとバックエンドの燃料サービスをいかにビジネスモデルの構築を含めて、商業ベースで達成するか、にある。バックエンド達成のための包括的なアプローチに関する議論が続けられている。
- ・CFS のようなサービスを提供するうえで、もっとも大きな挑戦となるのは、ホスト国のステークホルダーから、国内で燃料を保管・処分・再処理することへの理解を取り付けられるのか、にある。ホスト国とクライアント国の間での責任の十分な共有が必要である。

- ・CFS に参加する可能性がある国々の間で、認識に大きな差があり、さらなる議論を継続する必要がある。

近年の RNFSWG の主な活動としては、2014 年の会合で発表された声明に基づき、多国間、国際機関との連携によって、国際処分場 (Multinational Repository, MNR) の実現可能性を追求すべく、関連する検討や議論を進めている。

- 原子力供給国・需要国協力グループ (Nuclear Supplier and Customer Countries Engagement Group, NSCCEG)
原子力発電所の需要国と供給国の対話の促進を目指し、原子力発電所建設に関する課題 (資金調達や電力市場、インフラ整備、資機材調達など) の解決策をともに探求する場として 2016 年 5 月の運営グループ会合において新設が提案され、同年 10 月の執行委員会で設立が承認された。グループの主な関心分野としては、安全性、プロジェクト開発、ファイナンス、政府による支援、社会的受容性 (Public Acceptance, PA) などがあげられており、各分野で検討すべき主要課題の検討が進められている。
なお、本グループはアド・ホックな (特別設置の) ものとして設立されたが、2018 年 11 月の東京大会にて常設グループとすることが承認された。

1-2 2021 年度事業実績

本事業では 2021 年度に開催された以下の IFNEC 会合に参加し、情報収集に当たった。世界的に新型コロナウイルス感染症の流行が続いていることを受けて、いずれの会合もオンラインでの実施となった。

1-2-1 2021 年 5 月 NEA-IFNEC ウェビナー

IFNEC は 2021 年 5 月 18 日、OECD/NEA との共催で小型モジュール炉 (SMR) の建設にあたっての資金調達上の課題に関するウェビナーを開催した。このウェビナーにおける議論の概要は以下の通りである。

May 18, 2021, 14:00-16:00 CEST (21:00-23:00 JST)

NEA - IFNEC Financing Initiative: The Financing of SMRs Challenges and Opportunities

Opening Remarks

- ・SMR についての議論は非常に長期にわたって続いているが、その経済性を完全に評価することは難しく賛否両論がある。今回は SMR の資金調達をテーマとする。
- ・原子力はエネルギー安全保障と気候変動を支えることができる。SMR の付加価値を検討する際には、原子力と再生可能エネルギーを統合する方法を考える必要がある。

Session 1 – Presentation of the NEA SMR Report

- ・既存の発電所の運転期間の延長や、GW 規模の大規模な新規原子力発電所を建設することが必要であり、その中で先進的な SMR が重要な役割を果たす。
- ・SMR は、物理的な大きさも出力も、従来型に比べて小さい。モジュール式は、工場生産して現場に出荷することができ、さらなる効率化を図ることが可能であり需要が高まっている。様々な規模が存在するが、大型 SMR は石炭火力発電所を置き換えるのに適しており、超小型炉はオフグリッド地域に適用可能である。
- ・需要の変動に追従できる SMR は変動型再生可能エネルギー (Variable Renewable Energy, VRE) と競合するものではなく、補完的なものである。また、SMR は海水の淡水化や水素の製造にも利用可能である。
- ・しかし SMR は多くの課題に直面している。技術面で大幅な進歩が見られるが、国民の信頼や規制の対応が課題である。またプロジェクトの規模を縮小することで、リスクが軽減され金融機関にとって魅力的なものになる。更に国際的にも規制や法律の枠組みを見直す必要がある。NEA を通じた世界的なバリューチェーン、技術、経済、資金、国際的な枠組みなどの協力が必要となる。

Session 2 – SMR Financing – Customers’ perspective

- 2020年11月にエストニアは、Nuclear working committee を設立することを承認した。
- 欧州では石炭火力の閉鎖が相次いでいるが、ドイツなどでは原子炉も閉鎖された。そして現在、電力を輸入しており、電力価格は各国の政策による補助金で支えられている。
- 今後は炭素排出単価が上昇していく見通しであり、SMR の導入は必須である。また、エストニアでは 2035 年までに原油による電力供給を終了させる目標を設けており、その実現のためにも SMR の導入は欠かせない。
- アメリカやカナダは SMR の研究開発に積極的な支援策を講じている。ヨーロッパでは 2050 年までに火力発電所の段階的廃止の意向を示しており、その際 SMR を展開していくことが必要である。計画段階、建設段階、運転や維持の段階において、それぞれ経済性を評価しなければならない。
- SMR を開発していくためには、アメリカ、イギリス、日本との協力体制が重要である。資金調達については、段階ごとに調達していく形にしていく必要がある。また、国にも積極的に関与してもらい、透明性をもって立地自治体などとのコミュニケーションを図ることも重要となる。
- ケニアではエネルギー開発に関して、①十分なエネルギー供給量の確保、②信頼性のある電力供給、③競争力のある電力価格の三つの観点を検討している。また、今後 50 年間の原子力導入に関するロードマップが策定された。ロードマップは三つの段階から構成されており、事業化調査や初期のサイト調査などを実施中である。そして 2019 年には原子力規制法が制定された。
- 現在のところ、SMR 価格競争力は低いと考えられているが、建設時間の短縮、コジェネレーションの可能性、工場組立によるメンテナンスコストの低減といった可能性を考慮して、SMR もオプションとして検討されている。ケニア政府が最も注目しているのは電源別の価格であるが、SMR についてはあまり情報がない。また、SMR と再生可能エネルギーの併用も重視している。

Session 3 – SMR Financing – Vendors’ perspective

- X エナジー社の Xe-100 はモジュール型であり、セーフティケースが燃料の中にあることから、真のゲームチェンジャーになると考えられる。淡水化や石油化学産業への提供、地域暖房、高温蒸気での水素生産も可能であり、負荷追従能力を持つうえ、出力変動することで再生可能エネルギーとも親和性がある。SMR 境界では国防総省 (Department of Defense, DoD) によるもの、オンタリオ・パワージェネレーション (OPG) によるもの、米国エネルギー省 (Department of Energy, DOE) による新型炉実証プログラム (Advanced Reactor Demonstration Program, ARDP) という、三つの主要な取り組みが進行中であり、X エナジーはその候補となっている。
- 淡水化や水素を含んだ統合的なものや、分散電源市場という新しい市場がある。ここではリスク分散のために所有、管理、運営を分離させるなどが進み、資金調達が複雑になっている。低炭素電源に対する州の支持や炭素税は良い支援になる。
- 規制面では、ワシントン州には特性評価に用いる環境データが多数ある。カナダの規制機関はガス炉の経験が豊富だ。プロジェクトのタイムラインにはリスクがあるが、問題点を洗い出し事前に対処できるよう、規制側と議論を続ける材料を提供することが最善の方法となる。
- 原子力は高エネルギーで給電指令可能な電源として、中国で重要な基礎エネルギー源になることができる。SMR は中国内陸で必要とされている。我々は緊急時対策区域 (Emergency Planning Zone, EPZ) が存在しない、もしくは発電所の外側で緊急時対応訓練がないものを求めている。
- SMR は従来の原子炉の 6 年に対して 3 年と建設スケジュールが短く、プロジェクト規模が小さいという特徴があり、財務面においてゲームチェンジャーとなる。プロジェクトが開始される前に研究開発のコストが発生するが、投資リスクを軽減して開発することを可能とする。SMR に関するコストの支払いについて、市場の大きさや政策による支援の安定性が重要となる。金融政策としては、地域における SMR の発展のニーズに応じて国や地方自治体が策定する科学技術資金や、研究開発初期段階のための政策ガイダンスなどがある。SMR プロジェクトの柔軟な規制要件に対応して、投資家の安全と関心の両方を保証する必要がある。
- SMR のファイナンス手法に関する議論および提案として、ステークホルダーが協力し計画を統一する必要がある。また、ユーザーが早期に投資のリターンを得られるようにすることで、SMR の経済パフォーマンスは向上

する。

Session 4 – Panel Discussion and Q&As

- X-エナジー社は複数の SMR 計画で採用候補にあげられているが、コロナ禍で信頼を築き上げることや、異なる国の規制関係のリスクを定量化することは大変難しかった。
- 中国では研究開発への投資資金はほぼ全て政府が出しており、税控除もある。固定価格での電力買取もあり得る。しかし、小型軽水炉プロジェクトがスムーズに進むとは限らない。
- SMR のファイナンスにおける最大の課題の一つとして、政府保証の問題がある。また、社会的な問題として、既に最終段階の承認を得た地域からの反対を受けた火力発電の例がある。加えて、不確実性から生じるリスクの提言も必要で、明確な絵姿を見せていかなければならない。
- 原子力導入に際して時間がかかろうとも、批判を受けることがあっても、臆せず進むことが重要である。

Closing remarks

- SMR が確立された技術になるには、初号炉の建設が成功し、運転が開始され、安全機構が適切に機能していることが実証されることが必要で、さらに経済性が伴っていなければならない。

1-2-2 2021 年 6 月 SG 会合

2021 年 6 月 22 日、IFNEC は運営グループ (SG) 会合をオンライン形式で開催した。この会合における議論の概要は以下の通りである。

June 22, 2021, 13:00-16:00 CEST (20:00-23:00 JST)

IFNEC Steering Group Meeting

Opening Remarks: Aleshia Duncan, SG Chair

- 多くの皆様にご参加いただけて嬉しい。調整をしていただいた関係者にも感謝する。

Report from the SG Chair

- ガバナンス構造や出資ルールなどを明確化するとともに、加盟国による IFNEC への貢献を促すため、IFNEC の規約 (Terms of Reference, TOR) を改正する。
- アウトリーチ活動や、歴代の IFNEC トップからのご意見、若年層への働きかけも重要だ。

Statements from the Vice-Chairs

- IFNEC は世界の原子力開発に大きな役割を果たしており、中国・日本はこれを支持し今後も貢献していく。中国ではケーススタディを試みている。
- アフリカでは IFNEC の活動に積極的でない国も多く、アウトリーチが重要である。ケニアは来年の会合を主催する予定となっている。可能であれば大臣級会合も開きたい。
- IFNEC は金銭的な貢献に関係なく、原子力先進国も後進国も活発に議論ができる。多くの拠出金を確保しなければならないのは確かだが、あまり厳格な内容を TOR に書くことには不安がある。よりフレキシブルに参加できるようにしてはどうか。
- 新型炉や、将来的には廃棄物の出ない原子炉についても IFNEC で検討していきたい。

Engagement with the World Bank

- 世界銀行と貢献のあり方などを話し合ってきた。原子力がエネルギー移行のインフラ投資で大きな役割を持つという議論は一定の関心を引いている。しかし、これまで議論を進めてきた相手が異動したこともあり、働きかけが困難な状況となっている。次の手について再び議論したい。

Report from Secretariat

- TOR の改定案については6カ国からコメントを反映し、主に3点の変更を加えた。1点目はSGがIFNECの最高意思決定機関となること。2点目として、SGの議長や副議長は任期を2年間とし、最大3期まで連続して務めることができること。最後に、議長国と副議長国は最低10万ユーロの拠出か、それと同額程度の規模のイベントを主催することとした。3点目については、任期の間毎年義務が発生するが、国によって拠出金の減額なども検討中である。
- IFNECは加盟国に対して①各国の関心事項、②ウェビナー主催に関する意思、③IFNECが強化すべき活動分野についての質問を送付し、希望調査を実施した。結果は、①新技術やSMR、燃料サイクル、原子力の経済性、社会的受容性、人材育成などが上位に来た。②アルメニア、カナダ、ガーナ、ポーランド、ルーマニア、ロシアなどが関心を表明した、③他産業における安全文化や原子力による淡水化をあげる声があったほか、加盟国との継続的なコミュニケーションや他の専門機関との共同イベントについての提言も寄せられた。今後は関係するWGと協議する。
- 直近では原子力エキスポ&サミットを開催した。今後の予定としては、アジア原子力協力フォーラム（Forum for Nuclear Cooperation in Asia, FNCA）会合でIFNEC活動の近況を報告する。ウェビナーには多数の参加者があり、ソーシャルメディアなどで広報をしている。

Updates from Working Groups

- RNFSWGではバックエンドに焦点を当ててきたが、今後燃料サイクル全体を対象としていきたい。
- 最近の活動としては、2回のウェビナーを実施した。今後の活動としては、外部機関との共同開催や、ATOMEXPOへの参加を考えている。
- IDWGはIAEAとの協力を進めており、IAEA会合でのプレゼンテーションも実施した。また、原子力ファイナンスに関するウェビナーを開催しており、そのなかには外部機関との共催を実現したものもある。SMRの認証と実証に関するイベントも実施予定である。さらに、国際金融機関との関係性に関する活動も実施している。
- NSCCEGの幹部会議では他のWGやSG、国際機関との連携を強めていくことを確認した。中国が主導して、原子力ファイナンスに関する報告書のドラフトを作成したほか、SMRに関するワークショップを開く。原子力とカーボンニュートラルに関するウェビナーも開催予定。新規導入国とIFNECの関わりを強めるため、特定地域に絞ったアプローチも進めている。また、若年層を対象とした活動も、核不拡散に関する活動も進めている。
- 日本は中国と1対1での協議を行っており、ファイナンスに関する会合を開催予定。また、日本の原子力規制委員会（Nuclear Regulation Authority, NRA）に対して、IFNEC活動への関与を働きかけていく。

Planning of IFNEC involvement at COP26

- 全ての国が、コロナからの復興と気候変動対策を両立させなければならない。イギリスはCOP26の議長国として、低炭素化を率先して進める。原子力については大型炉と小型炉の両方を活用し、商用規模のSMR導入を目指している。
- COPが低炭素化における原子力の役割を示す機会となることを望む。IFNECのような原子力分野の国際機関が、他分野の組織と議論を行う機会となることも期待したい。

Adjournment: A. Duncan

- IFNECは議長のものではなく、参加している皆が協働して活動を進めて相互に利益を得られるようにすべきと考える。

1-2-3 2021年7月 NEA-IFNEC ウェビナー

IFNECは2021年7月19日、OECD/NEAとの共催でESG（Environment, Social and Governance）投資基準の策定と原子力の役割に関するウェビナーを開催した。このウェビナーにおける議論の概要は以下の通りである。

July 19, 2021, 14:00-15:30 CEST (21:00-22:30 JST)

NEA - IFNEC Financing Initiative: Taxonomies, Environment, Social, and Governance (ESG) criteria and the role of nuclear energy

はじめに

- 本日のイベントでは、タクソノミーと ESG（環境・社会・ガバナンス）ファイナンスに焦点を当てる。
- 原子力は気候変動対策においてさらに大きな役割を果たすことができるという認識が高まっている。その達成のためにも、金融政策などの政策的な課題に向き合わねばならない。
- 活動家や投資家の監視下に置かれた企業も気候変動やクリーンエネルギー目標への貢献を目指している。
- ただし、原子力がそれらの目標達成のために重要な役割を果たすということは、現状では全組織の共通認識といえない。

EU での原子力に対するタクソノミー評価

- 欧州連合（European Union, EU）でのタクソノミーと原子力の位置付けに焦点を当てたい。EU タクソノミーの主な目的は、持続可能であると考えられるプロジェクトや活動に投資を誘導することだ。当面は持続可能性のうち、環境の軸に焦点を当てており、六つの環境目標をカバーしている。
- 欧州委員会（European Commission, EC）が設置した技術専門家グループが、原子力がタクソノミーに分類されるべきかを検討してきた。彼らは適切な専門知識を持っていないことから、より深い知識を持つ専門家グループに評価を委任した。
- まず欧州共同研究センター（Joint Research Centre, JRC）の報告書によると、原子力はタクソノミーに適合し、気候変動緩和に貢献しているとされる他の発電技術と比較して、深地層処分も含めて人の健康や環境に悪影響を与えるような科学的証拠は確認できなかったと述べている。この後にさらに二つの専門家グループに作業が引き継がれた。
- 一つ目が健康・新興環境・新興リスクに関する科学委員会（Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks, SCHEER）である。彼らは JRC の結論に同意したが、追加評価や更なる専門家の追加投入ができなかった点に関して疑問を提起している。また、EU 域外の活動に対して害を及ぼさないことの証拠の十分性への疑問もあげている。
- 第二の専門家集団は放射線防護の専門家で構成されている Artile31 である。彼らは深地層処理の安全性評価も含めて JRC の作業が正確であること、公衆衛生、環境保護や予防原則の点も十分適切に対処されているとしている。また、欧州域外の活動についても、重大な損害が生じないとした。
- EC はこの夏の JRC による評価の見直しに基づいて、タクソノミーに関する補足委任法令（complementary delegated act）に原子力を加えるかを決定する。
- この問題は極めて政治的なものであり、原子力が科学的な裏付けがあり持続可能であるとされてもタクソノミーから除外される可能性はある。

タクソノミーと ESG の指標

- タクソノミーは広範な政策文書と見なせるが、技術の該当性に関して細かい規定にばらつきがある。一方で ESG はデータの収集と評価のための指標で、民間融資を希望する国のために金融業界が開発したものである。指標の評価の一貫性がなければ、企業はそれを参照した活動報告が困難となる。
- 昨年世界経済フォーラムが発表した指標はガバナンス、地球、人々、繁栄の四つに分類されており、原子力はこれらの指標の基準を満たすことができると考えられる。

小型炉開発と投資

- 小型炉は将来有望だが、まだ初期段階にある。ESG やタクソノミーの議論とこのような技術が関連付けられる

ことが今後の貢献に重要だ。

- ・原子力に対して政府や国際機関の声明と、原子力新技術への民間投資の流れとの間に相違がある。また、原子力の開発計画が長期化することは投資を困難にする要因となる。さらに、ESG 基準から原子力を排除するファンドが増えてきている。
- ・他方で、ファミリー・オフィスの投資活動が非常に活発になっている。しかしそれだけでは不十分で、不足する資本は政府が埋める必要がある。原子力に対して政策的支援が行われてリスクが取り除かれれば、資本はその方向に流れ始めるだろう。

ヨーロッパ外の国における原子力

- ・ロシアでは気候変動や持続可能性に関する規制として、グリーンプロジェクトのためのコンプライアンスルールと、過渡的なプロジェクトのためのルールを整備している。また、ロシアだけでなく世界各国で原子力をグリーンなものとして認めている。
- ・トルコのアクク原子力発電所プロジェクトにおいて、ロスアトムは建設だけでなく資金調達も担当しており、ESG リンク・クレジットを実施した。

原子力に対する機関投資家の評価

- ・機関投資家の資本はネットゼロ実現への道筋と投資機会を両立する技術に供するものでなければならない。
- ・イギリスでは、民間資本が発電事業に投資できるようにするための政策を模索している。原子力発電所の長寿命性は機関投資家にとって魅力的に見える。
- ・原子力の扱いが再生可能エネルギーと違うのは、レピュテーションリスクや歴史的背景によるものだ。膨大な建設リスクがあり、多くの投資家はそれを非常に恐れている。
- ・原子力に異議を唱える人は、特に安全性と廃棄物の二点に焦点を当てている。金融業界では、技術に対する理解度が非常に低く、時間をかけて変えていく必要がある。金融投資家にとって絶対的に重要なのは、政府の長期的な支援だ。

原子力がタクソミーに含まれない際の支障と他の発電法の扱い

- ・タクソミーを遵守していないとされる活動に資金が流れることを防ごうという動きが出るのが問題だ。また、多くの加盟国は、原子力プロジェクトの資金調達に国家補助を利用しており、将来的には国家補助はタクソミーに準拠した活動に限定されるべきだという意見すらある。
- ・ヨーロッパの金融機関のなかには、クソミーに含まれなければ、融資を拒否するところもあると聞いている。それが世界中に広がれば原子力に融資することができなくなる。
- ・再生可能エネルギーや炭素回収・貯留（Carbon Capture and Storage, CCS）などはタクソミーに含まれる方向だが、案件ごとの深い精査の必要性がないとする人もいる。しかし実際には問題のある案件も発生しており、太陽光発電産業が、原子力産業が長年行ってきた方法論を導入しているケースも目にする。

ビジネスや政策としての原子力

- ・金融業界では SMR について、まだ広く理解されていないが、SMR はビジネスとして強力に提案されるべきである。そのためにはコスト競争力を証明しなければならない。タクソミーに含まれることは非常に重要なことだ。
- ・ESG に準じるためにも国のサポートや規制が必要だ。また、一国の持続可能性に関する規制と国際的な規制と整合させることも重要である。
- ・多くの金融投資家は技術リスクと長期収益リスクを最も懸念している。そのため、政府が早い段階から手厚くサポートすることが重要だ。イギリスの建設業界の場合、消費者とリスクを共有することで、非常に大きな資本を開放できている。
- ・小型の原子炉であれば製造の簡易化や短期化ができるため、資金調達は容易になるはずだ。

- ・2020年にはグリーンボンドの累計発行額が1兆円を超えた。また、重要業績評価指標に焦点を当てた新しいタイプの投資家もいる。
- ・原子力を支持しないEU加盟国もあり、EUの政策を使って原子力を制限しようとしている。科学的根拠に基づかない行動を投資家は信用しないだろう。また、すべての技術を同じ基準で評価することで、適切なタクソノミーを作成することができる。
- ・タクソノミーやESGの問題に関して、ヨーロッパ以外の諸国も大きな関心と要望がある。
- ・石油・ガス分野が機関投資家の激しい攻撃に晒されていると聞けるが、彼らが声高に原子力に大量の資金を投入すると宣言したことはない。

最後に

- ・9月にも、インセンティブや契約の設計に関する議論を行う予定だ。また、原子力発電所の新設における開発資金と気候変動資金の役割に関するウェビナーも開催する予定だ。更に COP26 や来年のワルシャワでのファイナンスに関するワークショップといったイベントへとつなげていきたい。

1-2-4 2021年9月 NEA-IFNEC ウェビナー

IFNEC は2021年9月14日、OECD/NEA との共催で原子力発電所の新設における契約の構造に関するウェビナーを開催した。このウェビナーにおける議論の概要は以下の通りである。

September 14, 2021, 14:00-16:00 CEST (21:00-23:00 JST)

NEA - IFNEC Financing Initiative: Contractual Structures and Incentives in Nuclear New Build

RAB モデルについて

- ・規制資産ベース (Regulated Asset Base, RAB) モデルは今後の原子力ファイナンスを支えるモデルである。原子力施設の新設の際にリスクがとても高い、もしくは不透明な場合に起き得るのは、①プロジェクトが起これない、②人材が集まらない、③信頼性のある機関が保証を行い民間の参入を可能にする、といった問題である。
- ・イギリス政府は過去に比べてリスクを取るようになったが、電気代も上昇してきている。このような事態を避けられるよう RAB モデルが生まれた。
- ・イギリスでは現在ある資産の効率的な活用が求められており、定めた収益の範囲内で事業者側が削減を行えばより多くの利益が残り、次の収益設定にはそれが反映されるという RAB モデルを導入した。
- ・RAB モデルではリターンレートの一定である。しかし、これまでの適用事例と原子力とではプロジェクトのスケールが違うことや、政府がどれだけコストを受け入れられるかということが重要な課題となっている。しかし、投資家にとってのインセンティブを作り、契約者に対してプレッシャーをかけることで、経済に好影響をもたらすはずである。

リスク管理とプロジェクトマネジメント

- ・これまでにはリスクが高ければできるだけ下げ、誰かに擦り付ければ良いとされてきたが、もはやそれは機能しない。コストを削減にはリスクが伴うが、それぞれのモデルには異なるリスクプロファイルが組み込まれている。また透明性の観点も早めに間違いを直すことができる点で重要である。
- ・契約構造を考えるよりも、より良いプロジェクトマネジメントを考えることの方が重要であり、高い質のプロジェクトマネジメントが必要である。一番大切なことは、他人が取るリスクに対して、自分が払っている金額はそれに見合っているか考えることである。

ダーリントン原子力発電所の成功事例

- ・ダーリントン原子力発電所の改修プロジェクトにおける成功に着目したい。このプロジェクトの成功要因として、計画の策定があげられる。ベンダーとの協力を大切にして、ファイナンスにおける透明性も確保したほか、

調達も早期に行ったためパンデミックの影響を受けなかった。そして、貿易連盟との強固な関係性も大切な要素であった。

- ・人員配置を重要視し、オーナーとコントラクターの間ではポジティブかつ風通しが良く、挑戦を肯定する文化（one-team culture）を作ることに時間を割いた。また、ベンダーが早期の計画段階から関わったため、リスク分担の調整が円滑だった。そして、この同じ構造の適用を続けた結果、プロジェクトがさらに勢い付いた。

ボーグル3、4号機の成功事例

- ・プロジェクト運用モデルや商業戦略はプロジェクト全体の戦略の一つとして捉えられるべきである。モデルを選ぶ際に一番大事なことは、目的、リスク、期間の考慮である。オーナーは自らの能力を見定めたくて責任を取って意思決定をしなければならない。
- ・ボーグルでの成功体験について述べると、プロジェクトとリスク配分が明確だったことがあげられる。その際に気が付いたのが、協働的なマネジメントがプロジェクト成功のために必要ということであった。

Jacobs の活動と multi-contract delivery model について

- ・Jacobs はエネルギー安全保障や社会・経済・環境的利益のために、顧客と密に契約モデルの構築を行ってきた。
- ・各国にはそれぞれ異なる条件がある。EPC を実施可能なコントラクターは限られており、契約の中でコストが常に明確化されているとは限らない。
- ・イギリスではサプライチェーンのパートナーが共に運営するモデルが必要になり、ステークホルダーのリスク分担の最適化を確約するモデルを見つけることが課題として上がった。そこから EPC モデルよりもクライアントが持つリスクが大きくなる multi-contract delivery model ができた。このモデル下では、成功のための影響力が最もある主要な関係者を特定し、リスクマネジメントに関して協働関係を樹立することができる。
- ・効果的なリスク分担やアライアンスモデルを重要視するべきであり、結果としてそれぞれのステークホルダーの得意な強みや能力を明確化できるだろう。

リスクの種類とその対処法

- ・契約構造は問題の一部でしかなく、アライアンスの関係者がプロジェクトを管理する能力が鍵になってくる。
- ・リスクには三種類あり、市場リスク、建設コストのリスク、公約（public commitment）である。
- ・オーナーがリスクに気を遣っていた場合、問題が発生したときに数十億ドルもの違いが出た。RAB モデルの使用にあたっては洞察力が必要で、どの程度のリスク、利益があるのかを捉えられていなければならない。良い判断を下すためには敏感で経験のある人材が必要となる。

資本コストについて

- ・原子力発電の経済性は資本コストに左右されている。ファイナンスの枠組みは多様な戦略的意思決定も考慮されなくてはならない。
- ・資本コストは最終的にリスク分担の意思決定を反映するものである。また、リスクを負う主体、高い取引コスト、インセンティブが与えられた際のリスクを全て負う責任の有無、といった問題が重要となる。
- ・コストが固定されているプロジェクトにおいて、インセンティブの配分に失敗した事例では、マージンにマージンがかかっている状態が発生した。このような問題を起こさないためにも、サプライチェーンとの早期関係確立、リスクと利益の共有が必要である。

質疑応答

- ・契約の戦略と方法論は一つの側面ではあるが、決して重要な要素ではない。
- ・カナダでは原子力発電の改修作業が2件進行中だが、二つの異なるモデルが同時進行しているため、教訓を得る機会になるだろう。OPG は政府の下にある会社で、ブルース・パワーは民間企業であるため、事業モデルが大きく異なる。

1-2-5 2021年9月 IAEA 総会サイドイベント

IFNEC は 2021 年 9 月 21 日、IAEA の第 65 回総会のサイドイベントとしてオンラインディスカッションを開催した。このイベントはクリーンエネルギー大臣会合 (Clean Energy Ministerial, CEM) の下に設立された NICE Future (Nuclear Innovation: Clean Energy Future) イニシアティブや、原子力分野で働く女性による国際団体である Women in Nuclear (WiN)、そして国際原子力青年会議 (International Youth Nuclear Congress, IYNC) といった組織と共催で実施された。このイベントにおける議論の概要は以下の通りである。

September 21, 2021, 14:30-15:30 CEST (21:30-22:30 JST)

IAEA General Conference Side Event: The Roles of Nuclear Innovation in a Just and Clean Transition

Opening remarks

- 本日は原子力イノベーションのクリーンエネルギー移行における役割について議論する。ネットゼロ排出に向けた画期的なテクノロジーの進展を紹介する。
- COP26 が近付いており、クリーンエネルギーの重要性が認識されつつある。原子力は太陽光や風力と並ぶクリーンエネルギーであり、いつでも頼ることができるエネルギー源である。このような新しい技術の活用な加速化ができれば、世界中の電力化を進め、すべての人の生活の質を向上し、かつ平等な発展が可能となる。政府による原子力への移行を支援する取組みとして、IFNEC は国際協力のためのフォーラムを開催している。

Transformative innovations in United States

- アメリカでは原子力の価値に関する認識が高まっている。太陽光や風力はライフサイクルコストや均等化発電コスト (Levelized Cost of Electricity, LCOE) が非常に低いので、電力システムに導入することができるが、それをバックアップする安定的なクリーン電力が必要であり、原子力はその役割を果たすことができる。また、高賃金かつ長期にわたる雇用の創出も、アメリカではクリーンエネルギーに関する議論の一部に組み込まれている。
- 原子力は、クリーンエネルギーに関する議会で超党派の合意が得られる珍しい分野の一つである。超党派のインフラ法案や、議会とホワイトハウスの民主党員によって作成された和解法案には、原子力に対する非常に大きな投資が含まれている。原子力発電所だけでなく、研究開発基盤にも多額の投資を行い、原子力の技術革新を支援する。
- アメリカで稼働中の原子力発電所は、ほぼすべてが 60 年間の運転認可を受けており、既に一部の発電所では 80 年間の運転認可を受けている。また、今後 10 年のうちに、国内の半数以上の原子力発電所が 80 年運転の認可を申請すると予想される。
- 現在、多くの米国企業が次世代原子炉の設計を市場に投入すべく投資を行っている。軽水炉型小型モジュール炉 (SMR) のみならず、気体や液体金属を冷却材とする原子炉にも大規模な投資が行われており、大量の電力を生産するだけでなく、電力部門を超えた脱炭素化にも貢献できる可能性を持っている。これらの技術革新はすべて、原子力の今日および将来の価値を認識し、連邦政府が民間部門と協力することで可能となった。
- 最後に、米国では、革新企業や電力会社だけでなく、労働者や地域社会のリーダーたちも、原子力を議題に据えようと先頭に立って努力していることをお伝えする。原子力発電によってもたらされる長期的な高賃金の雇用は、バイデン大統領の“Build Back Better (より良い復興)”政策の中心をなしている。例えばワイオミング州では、州内の大きな石炭工場を原子力発電所に置き換えることを検討する法律を可決した。

Panel Discussion

- 自分の両親がいるインドのある村では、1 時間ほどのところに原子力発電所ができた。しかし発電所に燃料が輸送されてきたとき、お金をもらって、人々を怖がらせて回って原子力に反対する人がいた。そのため、発電所に燃料を運び込むことができなかつたという事例がある。こうした事例は、他者から伝わってくることに對する恐怖からくるもので、自分で理解したものから来るものではないと感じた。ネットゼロを達成するために我々は団結する必要がある。

- ・ IYNC で行っているイノベーション・コンテストは、原子力技術によって持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals, SDGs）に貢献する新しいソリューションを発表し、議論する場を若者に提供するものである。このコンテストは、IYNC が各地の原子力学会の若手や、IAEA などの組織と共同で主催している。若い世代にイノベーションを起こすという点で、とても刺激的な試みである。例年、対面形式で開催していたが、現在は移動の制約があるため、オンライン形式に移行した。
- ・ 脱炭素化が環境的に公正であるためには、コミュニティ主導でなければならないという声が上がっている。これは計画を立てて実行するという従来の階層的なアプローチではなく、皆が自分たちの未来に何を望んでいるか、それをどうやって一緒に作っていくかという、より平等主義的なアプローチになる。これまでの取り組みとは異なるものだが、イノベーションのチャンスであり、人々を意思決定に巻き込んでいくチャンスでもある。
- ・ 放射性廃棄物関連施設の合意に係る問題に取り組んで学んだのは、「私たちがやりたいことはこれだ」という考えから始めるのではなく、対話から始めることや、何が立地地域にとって一番利益になるかを考えることの重要性だ。過去数十年の間に学んだ教訓のいくつかが取り入れられ、今まさに実際のプロジェクトでその成果が現れ始めている。
- ・ 気候変動のような複雑な問題について議論し、解決策を見出すために若い専門家に席を提供することで、ネットワークと相互学習の方法を根本的に変えることができる。パンデミックを受けて、オンライン会合を開くようになったが、それによって組織の活動やアウトリーチを大幅に拡大することもできた。
- ・ (テラパワーの) ナトリウム炉計画では、地域との対話にあたってボトムアップとトップダウンのハイブリッド方式をとっており、これまで重要な利害関係者全員をプロセスに参加させることに成功している。原子炉が必要とされていない場所で、原子炉を引き合いに出す理由は決してない。コストの上昇と対立の激化といった負の結果を招くだけだ。
- ・ (原子力について) 知ってもらうことも成功の秘訣である。先ほど、インドの原子力発電所に燃料を搬入できなかった話をしたが、現地の人たちは自分たちが受ける利益を全く理解していなかった。
- ・ 我々原子力関係者は、しばしばアウトリーチや教育を重要視しているが、そこに欠けているのは、自分たちの慣行やコミュニティを見つめ直し、あらゆる人が歓迎され、女性や有色人種が働きたい、そこにいたいと思えるような空間を積極的に作っていくという内省だと思う。

Closing Remarks

- ・ 本日の議論は、原子力の現在と未来の特徴を明確に反映していたと思う。原子力を重要なツールとして使用する、あるいは使用を検討する国の個別の取り組みを国際社会とリンクさせることが、今後の IYNC と IFNEC の進むべき道である。

1-2-6 2021 年 10 月 IFNEC-Rosatom ウェビナー

IFNEC の RNFSWG は 2021 年 10 月 11 日、ロスアトム技術アカデミーとの共催で将来的な使用済燃料管理のあり方に関するウェビナーを開催した。このウェビナーにおける議論の概要は以下の通りである。

October 11, 2021, 14:00-16:00 CEST (21:00-23:00 JST)

IFNEC – Rosatom Webinar: The Future of Spent Fuel Management

Introduction to the Webinar

- ・ これまで RNFSWG の議論では、「使用済み核燃料の廃棄」、特に多国間での使用済燃料の貯蔵について焦点を当ててきた。現在は、核燃料サイクル（貯蔵や再利用など）に関する、より広範な議論を取り扱っている。
- ・ 本会議の目的は、意見交換を通じて使用済燃料の「貯蔵」に関する諸問題を深掘りすることである。また長期貯蔵に関して、原子力発電事業者が関心を寄せる使用済燃料のリサイクルとリユースについて、技術の進展により商業利用の目処がつつあるという点も強調したい。

IAEA/INPRO, “Enabling Flexibility in Spent Fuel Management Towards Advanced Fuel Cycles,”

- ・既設炉および新設炉はともに SGDs に寄与することが認められている。
- ・1970 年から 1990 年にかけては大規模なシステム (WH4LP, BWR4, konvoi, REP1300) が多く建設され、1990 年から 2030 年代後半は現行のシステム (APR1400, CNP600, EPR, VVER V523) が主力となると考えられている。2040 年 (ないしは 2050 年) 以降、大型炉は一部併存するものもある一方で、SMR に代表されるような小規模なシステムや新世代の技術が主力となることが予測されている。
- ・世界で最も普及している軽水炉型の原子力発電システムが有するネックとして、核燃料物質の保管に関する技術、場所、期間があげられる。核燃料サイクルの最終段階について、直接処分もしくは再利用が適切であるのか。原子力エネルギーの需要と新技術の進展が、使用済燃料の問題にどのように影響を及ぼすのか。これらの点について、総じて十分な対応を取ることが必要だ。
- ・長期的な核燃料の保管は再利用や廃棄の代替手段とはなり得ないが、核燃料サイクルの実行にあたっての柔軟性向上には寄与するだろう。使用済燃料の保管には水中で保管する湿式と空気中で保管する乾式があり、水中では 60 年間、空気中では 40 年間にわたって保管できる。乾式については、水素がジルコニウム鋼に対して及ぼす影響についての研究などが進められている。乾燥貯蔵システムに関する研究は 2012 年から開始しており、2016 年からはそれに続く研究も IAEA の共同研究プロジェクト (Coordinated Research Project, CRP) として進行中。2022 年からは、これらとは別に新たな使用済燃料貯蔵に関する CRP も予定されている。
- ・このほか、IAEA は「核燃料サイクルの最終段階における協働的アプローチ」や「革新的原子炉および核燃料サイクルによる廃棄物」といったテーマで共同研究を実施している。

NEA Perspectives on the Advanced Fuel Cycle Issues

- ・放射性廃棄物処分の最終段階については、四つの課題が指摘される：①核燃料容器について、非軽水炉型原子炉からの廃棄物の運搬には、それに見合う特殊な輸送容器が必要、②廃棄物の形態について、廃棄物の化学的・物理的な性質の調査と評価が必要、③モデリングについて、非軽水炉型原子炉における放射線の漏出や漏出度合いを調べるための手段が不十分、④臨界事故を防ぐための研究で、濃縮度 5%以上の状態についてはベンチマークが限られているため、核燃料容器の設計や輸送に関する今後追加的な分析が必要。
- ・期待される規制強化の例としては次の 3 点があげられる：①商業利用における核燃料の濃縮度を 5%までとする、②六フッ化ウランの輸送時の濃度を 5%までとする、③核燃料の新規製造および再利用における保管・管理を厳格化する。
- ・OECD/NEA では使用済燃料貯蔵に関するアド・ホックな検討会を設置しており、現存する規則や基準の再検討や、より長期間の保管に係る要件を満たす技術の模索を行っている。新型炉の廃棄物管理や廃炉に関するワークショップを OECD/NEA とカナダ天然資源省 (Natural Resources Canada, NRCAN) の共催で 2022 年に行う予定。新技術によって設計された原子炉から排出される放射性廃棄物についての情報収集、現行炉による放射性廃棄物との違いの確認が目的である。放射性廃棄物の輸送などに関する新たな論点の提示も狙っている。
- ・使用済燃料の再利用や群分離および核変換 (Partitioning and Transmutation, P&T) については、主に二つの動きがある：①2050 年に向けた「P&T を含む閉鎖型核燃料サイクル」の実装に関する NEA タスクフォースが始動し、報告書の作成が進行中、②第 16 回アクチノイド・核分裂生成物の P&T に関する国際交流会議 (16-ITEMRT) が 2022 年 6 月にロシアのサンクトペテルブルクにて開催予定。加えて、OECD/NEA からは「燃料再利用および廃棄物管理に関する物理的・化学的知見」に関する報告書も多数公開されている。
- ・核物質の臨界状態における安全性や放射線防護についての取り組みも進んでいる。臨界状態における安全性に関してはモデリングやシミュレーションを行うとともに、国際臨界安全基準評価プロジェクト (International Criticality Safety Benchmark Evaluation Project, ICSBEP) の実験データを活用している。放射性防護についても、データベース (Shielding Integral Benchmark Archive and Database, SINBAD) を活用し、モデリングやシミュレーションなどを行っている。また、得られた知見を適切に管理するため、データベース (SFCOMPO2.0) も整備しているほか、国際的な訓練や知見の共有のための枠組みも用意している。

Germany, “The German Way of Nuclear Waste Management”

- ドイツは 2011 年の福島第一事故後、直ちに 8 基の原子力発電所を停止した。2022 年までに、稼働中の全ての商業用原子力発電所が停止する予定。研究用の原子炉と核燃料サイクル施設は稼働を続ける。脱原子力政策に伴い、大規模な廃炉プロジェクトが進行中。ドイツは民意と総合エネルギー戦略の両面を重視している。
- 放射性廃棄物の管理については StandAG 法 (2014 年施行) により、取り得る限り最高の安全策に関する研究の実施、十分な市民参加 (特に原子力施設立地地域の住民) の担保が規定されている。
- 地層処分場については 2031 年までにサイト選定や必要な調査を完了し建設を開始予定。2050 年までに操業開始を計画中。
- 原子力安全については連邦経済エネルギー省が管轄しており、①原子炉の安全性に関する研究、②中間貯蔵および廃棄物処理に関する研究、③地層処分場に関する研究、④横断的問題に関する研究という分類のもと、取り組みを進めている。
- 基礎研究から実践的な応用研究まで力を入れており、スペシャリスト育成のために原子力教育を重視している。国際的なネットワークや協力枠組みにも積極的に参加し、知見を高めている。

Russia, “The Closed Fuel Cycle as a Way to Securing a Green Nuclear Power System”

- オープンな核燃料サイクルは天然ウランを用いることから制約があるが、クローズドな核燃料サイクルは再処理ウランを用いることで、制約なく利用できる。放射線による癌のリスクについても、クローズドサイクルの方がはるかに小さい。
- オープン燃料サイクルを続ける限り、使用済核燃料の蓄積量は 2040 年までに 2015 年時点の倍以上になることが予測される。クローズドサイクルでは、使用済燃料は次世代炉で活用可能な資源とすることができる。「クローズド燃料サイクルに関するブレイクスルー (Proryv) 計画」が 2020 年より進行中。実証システム用の燃料製造設備の建設を 2024 年までに完了し、それを利用する鉛冷却高速炉 (BREST-OD-300) を 2026 年までに建設する予定。2030 年までに燃料再処理設備の稼働開始も計画中。
- ロシアでは 2020 年時点で原子力が総発電量の約 20% を占めているが、2045 年には 25% になると想定。新技術を採用した原子炉の運転は 2034 年のコラ (VVER-C) を皮切りに開始する予定で、2035 年にはペロヤルスクで高速炉 (BN-1200) が運転を開始予定。その後、2036-2045 年において 13 基が建設される見通し。
- クローズド燃料サイクルは SDGs やタクソノミー基準を満たすための方法として重要である。

China, “The Significance of the Back-End on Nuclear Energy Sustainable Development in China”

- 中国は社会的な豊かさと環境保護のバランスを重視するという政策判断のもと、新開発目標においては低炭素であることが重視されている。2030 年までに CO2 排出量をピークアウトさせ、2060 年までにカーボンニュートラル達成を設定。
- カーボンニュートラル実現に向け、非化石燃料によるエネルギー供給が 80% を超えることが求められるが、現在 15% にとどまっている。中国本土では 51 基の原子力発電所が稼働しており、発電設備規模は世界第 3 位となっているが、全発電量に占める割合としてはフランスやアメリカに遠く及ばないのが現状である。
- 原子力の安全性については特に留意されており、2011 年の福島第一事故の後、安全基準の見直しが実施された。短期・中期・長期における目標を再設定し、事故リスクの軽減や重大事故防止に向けた原子力施設の能力向上に資する計画を実施中。核燃料サイクルについては、原子力の健全な発展のために欠かすことのできない基盤であると認識している。ウラン資源枯渇と使用済燃料の取り扱いが最大の懸念事項である。
- 軽水炉の開発を最優先としつつ、次いで高速増殖炉の開発にも重点を置いている。核融合炉の開発を最終的な目標としている。国家計画の中には中小レベルの放射性廃棄物の処分場の選定および建設が含まれている。

Posiva (Finland), “Posiva’s Trailblazing Mission to Plan and Construct a DGR Soon to Reach the Initial Target, Industrial Operation”

- Posiva は放射性廃棄物の最終処分を実施する民間企業で、安全かつ費用対効果の高い廃棄物処分を行うことを

ミッションとする。現在の従業員は 90 名。地下におけるカプセル式の処分場建設に向けて 150 名以上の建設作業員が従事している。

- ・フィンランドでは世界初となる最終処分場「オンカロ」の建設が 2000 年代前半に開始。2020 年代半ばより政府による認可を取得し、操業開始予定。2110 年代半ばに閉鎖予定で、15 年ごとに安全性評価を実施予定。
- ・最終処分場につながるアクセストンネルの総延長距離は約 6.5 km に及ぶ。廃棄物の処分地点は地下 437 m にあり、そこに向かうための通路部分は概ね工事が完了。現在は核廃棄物の最終処分を行うトンネルの整備が進められている。
- ・最終処分に向けた試験運用（TRFD）は最終局面をむかえ、商業利用開始は 2023 年を予定。TRFD ではダミー容器を用いて、使用済燃料の輸送、封入、最終処分といった行程を繰り返し試行し、確認を実施中。
- ・2120 年時点における処分容量は 6,500 tU（処分容器約 3,250 本に相当）に及び、建設から運用にかけての期間は 100 年を想定している。

Panel Discussion

- ・フィンランドのように民間部門が主体となって上手く行っている国においても、国の指針や政策に則って事業が進んでいることから、国による原子力政策や廃棄物政策が重要といえる。ドイツのように放射性廃棄物に関する教育などを含む総合的な政策を、国をあげて立案、実行することも重要だ。
- ・原子力政策を実行するにあたっては、国よりも民間企業が主体となって行う方がスムーズなのではないかと考えられる。民間企業は、顧客（政府）から委託された事業に対して、的確な解決策を模索し実行するという商業的な性質を有しているため。

1-2-7 2021 年 11 月 SG 会合

2021 年 11 月 16 日、IFNEC は運営グループ（SG）会合をオンライン形式で開催した。この会合における議論の概要は以下の通りである。

November 16, 2021, 13:00-16:00 CET (21:00-24:00 JST)

IFNEC Steering Group Meeting

Welcome Remarks: Aleshia Duncan, Chair, IFNEC

- ・IFNEC は今後、内的にも外的にも活動を継続していきたい。IFNEC 自体がサステナブルな仕組みになるようにしたいと考えている。また、原子力の平和利用に関してのみならず、人々の未来を保障するための活動を目指す。

National Statements by IFNEC Members

- ・カナダでは 2035 年までにガソリン車の新車販売を禁止するなど、様々な施策を実施している。SMR 導入に向けた協力の覚書（Memorandum of Understanding, MoU）を結んだ州もある。全国規模で SMR アクションプランを発表し、多数のパートナーが協働している。また CANDU 炉の新設に向けて動いている。
- ・中国では華龍一号の建設が進んでおり営業運転を開始した。パキスタンのカラチでも建設を進めている。第四世代炉の高温ガス炉も先日初臨界に達したほか、SMR も建設を開始した。そのほか、海水淡水化や水素製造も考えている。
- ・フランスではマクロン大統領が 2030 年までの新たな投資戦略を発表し、この中に大型炉の新設、小型炉や他の新型炉への投資が含まれている。また、原子力によるカーボンフリー水素製造で世界を牽引したいと考えている。
- ・ドイツでは選挙があり 3 党の連立協議が 12 月に最終的な決着となる見込みである。脱原子力に対する補償や、放射性廃棄物を 2024 年に一度の輸送でフランスからドイツに戻すことについても合意に至っている。ロシアとは共同研究の合意に至った。

- 日本は東日本大震災から福島は大いに復興した。事故の後多くの炉が閉鎖したが、安定した運転を続けている。原子力委員会が 2017 年に基本方針を決定したほか、エネルギー基本計画も閣議決定された。2030 年までの温室効果ガス削減目標は 48%に引き上げられた。
- 韓国では原子力発電が全体の 27%を占めている。国内では 4 基が建設中であり、UAE ではバラカ計画が進行中である。今後新型炉の研究開発を進めていくほか、放射線の医療分野やバイオテクノロジーへの応用にも注力している。
- ポーランドは 2040 年までのエネルギー部門クリーン転換計画を立てた。1-1.5GW 程度の原子炉を 2033 年までに建設し、その後も合計 6 基になるまで建設を進める。現在は人材育成や規制体制の整備を進めている。
- ロシアでは原子力が 20%を占める。洋上原子力発電所は現在も東部で運転を続けている。政府は 2021 年に原子力技術開発の新たな計画を承認し、高速炉を中心とした、クローズドな燃料サイクルの確立を目指す。
- イギリスでは、RAB モデルの適用が決まり、SMR への出資も続けており 2030 年までの導入を目指している。COP26 では IEA のピロル氏や IAEA のグロッシ氏らを招いてイベントを開いた。COP26 と並行して“Net Zero Needs Nuclear”というウェブサイトも立ち上げた。
- インドネシアは野心的な排出削減目標を設定し、そのために再生可能エネルギーや省エネルギーの取り組みを進めていく。原子力の導入も目指しており、IAEA が定めるステップを進めている。
- スイスでは、原子力発電所の運転期間について議論が起こっている。国内の比較的小型の炉は経済性の観点から廃炉計画を進めている。最新のエネルギー計画では原子力抜きでのカーボンニュートラル実現を目指しているが、原子力技術は維持したいと考えており、GIF にも加盟している。
- GIF は目標達成に向けて第四世代炉を研究開発の段階から実証の段階へ移行しようとしている。2022 年には新型炉関係の様々なイベントを企画している。
- アルゼンチンは IFNEC を利害関係者が関与できる国際枠組みと評価している。

Report by the SG Chair

- IFNEC において EU のタクソノミーや国際金融機関などとの関係構築は引き続き重要なテーマとなる。そのためにも、全員が IFNEC の活動に深く関与し、関係国全ての立場、リソース、専門知識を結集する必要がある。IFNEC 活動に継続的に関与している国は限定的だが、それ以外の国についても積極的に関与していただきたい。
- 歴代の IFNEC 議長 3 名を招いてのウェビナーを企画しているほか、ケニア・モンバサでの会議開催を目指して準備を進めている。新型コロナウイルスの感染状況は改善しつつあり、来年には国際イベントの現地開催が可能になると期待している。

Updates from the Working Groups

- IDWG は IAEA や NEA との協力を力を入れており、今後も継続したい。特にファイナンスや、新型炉の規制と実証に関するワークショップを開いてきており、基盤整備や安全規制にも注力したい。さらに、SMR のライセンスおよび実証に関する活動も重視しており、2022 年後半には発電以外の原子力利用（水素、海水淡水化、産業利用など）にフォーカスしたイベントも考えている。
- RNFSWG では使用済燃料の管理について、特に多国間共同処分場に関する活動を進めてきた。今後の活動としては、長期の廃棄物貯蔵や新たな形の燃料サイクルといったテーマを考えている。現在 18 の参加国と 3 のオブザーバー機関がいるが、イベント開催の際には参加国の関心分野を伺っている。
- NSCCEG では原子力ファイナンスに関する報告書の草案を作成したほか、SMR に関するワークショップや原子力とカーボンニュートラルに関するウェビナーを開く。IFNEC 事務局や、FNCA、あるいは南米の NT2E などとは適宜協力を図っている。また、若手による原子力国際会議（IYNC）が IFNEC の活動に関心を持っている。

Proposal of the 2022 Activities

- 2022 年は IFNEC の活動の認知を向上させ、他の国際機関や金融機関とのシナジーを強化したい。また、新型

炉のライセンス、地層処分といった課題に優先的に取り組むことにしたい。

Proposal of Admission of the World Nuclear Association as an International Observer Organisation

- ・世界原子力協会（WNA）から、IFNEC のオブザーバー機関に加わりたいという申し出があり、受け入れることにしたい。NEA との協力も引き続き重要である。
- ・IFNEC は国際的な原子力議論の場として有意義である。これを機に多くの国にオブザーバー国から加盟国になることをご検討いただきたい。
- ・来年のケニア会合の日程についてはできるだけ早く決定し、IFNEC ウェブサイトに掲示したい。

1-2-8 2021 年 11 月 ハイレベル・ワルシャワ会合

OECD/NEA と IFNEC は 2021 年中、原子力発電所の新設におけるファイナンスの課題を扱ったウェビナーを複数回開催してきたが、その一環として 2021 年 11 月 23 日にポーランド政府と共催で、中東欧諸国からハイレベルの政府関係者を招いてのオンライン会合を開催した。この会合における議論の概要は以下の通りである。

November 23, 2021, 14:00-17:00 CET (22:00-25:00 JST)

NEA-IFNEC Financing Initiative: High-Level Warsaw Conference on Nuclear Financing

Opening remarks

- ・ポーランドのエネルギー転換のなかで、原子力は欠くことのできない役割を担う。しかしそこには PA やファイナンスなどの多くの問題がある。
- ・EU のタクソノミーに原子力も含まれることを望む。実際に多くの国が原子力の役割を認めるようになってきた。
- ・原子力に関してハンガリー、スロバキア、チェコ、ポーランドなどと連携を強める必要がある。
- ・近年では欧米諸国の多くが建設費用のリスクのために原子炉の新設が進んでいない。小型炉はこういった問題を解決する一助となるだろう。しかし、これには包括的な支援が必要であり、建設リスクへの対応と技術力不足が問題となっている国々の間で議論を加速する必要がある。

Progress with nuclear new build in Central and Eastern Europe and approaches to financing

- ・ポーランドは 2043 年までに、大型炉を 6 基建てる計画である。原子力発電所の建設、運営を手がける SPV の株式を政府が 100%取得した。原子力関連の法整備にも着手しているほか、環境影響評価の準備や、建設候補地の策定も進めている。また、原子力投資法が来年の第 1 四半期で正式に決定された。原子力はポーランドで新しい産業を育成するのに貢献し、他のエネルギーよりも脱炭素に適合することができる。しかし民間企業の資金調達について先行きが読みづらい。
- ・チェコでは原子力を国のエネルギー政策の中心部分に置いている。今世紀中頃までに 3 基から 4 基の新設も予定している。発電コストは抑えられるようにしたいと考えており、マンカラモデルなどを検討し、長期的な予算確保に努める。
- ・ハンガリーでは、政府による市場介入が必要で多額の投資が必要となっており、ロシアとのクレジットファシリティも実行している。欧州委員会が実施した試算では、IRR が 6.8-7.9%に達するケースもあるが、間接的リターンも検討に入れるべきである。パクシュ II では買取契約が最適な戦略となる。
- ・ルーマニアでは、2032 年までに 4 基の火力発電を閉鎖する予定のため、原子力はより重要となる。既設炉の改修や運転延長と同時に新設も考えており、SMR も検討している。また、水素の活用も視野に入れている。アメリカとの協定のほか資金の拠出を得た。政府では現在、CfD の導入を検討している。
- ・スロベニアでは原子力が総発電量の三分の一を占めている。クルシュコ発電所への投資は重要であり、現在 2 号機の計画は第一段階が終わった。エネルギーシステムを取り巻く状況はファイナンスモデルに影響する。
- ・チェコは 2022 年の後半から EU 議長国を務める。来年には欧州原子力エネルギーフォーラムをホストしたい。

貿易構造などを考慮しつつ、原子力関連産業の構築を検討する。

- ヨーロッパ全体としては 2050 年ネットゼロを目指し、2030 年までの目標は法的拘束力を有している。多くの原子力発電所を有しており、その供給安定性も優れている。既設炉の長期運転も行うが、新設も必要だ。その際に従来型か SMR を導入するのか議論が必要だ。タクソノミーは投資項目の最適化が行われてゆくだろう。

Toward robust nuclear financing frameworks aligned with decarbonization objectives

- NEA は新しいディスカッションペーパーを発表した。このなかでは、①資本費を構成する様々な要素リスクを低減することが必要、②長期のリスクフリー金利が有効、③低炭素発電への投資による便益には市場の多角化が重要、④政策リスクなどの低減も必要、⑤財政に関する官民の負担割合や責任所在の明確化が重要、⑥財政構造は原子力発電の寿命に依存している、⑦リスク低減の確立された手法は未だない、⑧文化や歴史といったものもファイナンスに重要となってくる、といった点を明らかにしている。原子力新設プロジェクトでは政策リスク、市場価格リスク、建設リスクを抑えることが求められ、政府がその役割を担うべきである。
- IAEA の原子力新設に関する分析では、政府の関与による市場リスクの最小化が重要となっている。建設リスクも大きな問題であり、気候変動対策のための資金調達により容易になることは必要不可欠であろう。
- アメリカでは再生可能エネルギーに大規模な投資を必要としていると同時に、バックアップ電源も必要となっている。原子力新設に関しては、投資家に適切な情報を提供する施策が重要だ。インフラ投資法が大統領の署名を得て成立したが、これには原子力支援も含まれている。一方でボーグル 3、4 号機の建設は相当な遅延となっているが、今後は小型で建設しやすい新型炉の導入が必要になると考えている。
- ファイナンスは原子力プロジェクトに関する重要な関心事項である。資金は良く練られた、成功する要素の強いプロジェクトに付いてくるものだ。
- ファイナンスモデルは、最近イギリスが発表した RAB モデルが注目されている。プロジェクトの構成自体も資金の獲得には重要である。
- 確立された投資家がほとんどいないため、社会や政府からの支持が重要である。政府は企業への支援を行う主体であると同時に主要な投資家であり、CfD や RAB モデルといった仕組みを通じてリスクを軽減する役割を担う。また、官民の役割を明確化することも重要だ。小型炉の積極的活用などを通して、民間セクターを最大限活用することが求められる。

Conclusions and next steps

- 今回の会合は、2021 年 1 月から始まった NEA によるウェビナーシリーズの一つである。
- 原子力は中東欧にとって、ネットゼロ目標を達成するうえで重要であるとの認識を共有できた。特に原子力ファイナンスに関して各国の特性に照らし合わせて検討することが重要である。
- 多くの原子力プロジェクトは政府による支援を受けている。技術的な実現可能性に加えて政策的・規制・財政に関する実現可能性について再考する必要がある。また、立地地域の住民による原子力への理解や信頼が重要となってくる。

1-2-9 2021 年 12 月 NSCCEG 会合

2021 年 12 月 15 日、IFNEC の原子力供給国・需要国協力グループ (NSCCEG) はオンライン形式で会合を行った。この会合の概要は以下の通りである。

December 15, 2021, 11:00-13:00 CET (19:00-21:00 JST)

NSCCEG Working Group Meeting

(冒頭に参加者全員の簡単な自己紹介)

Keynote speeches

- ・ここ数年、カーボンニュートラルへの志向やエネルギー危機もあり、エネルギー転換に向けた真剣な取り組みを経済性や環境適合性も確保しつつ進めねばならなくなった。その流れで原子力への注目が高まり、エネルギー安定供給への貢献度およびカーボンニュートラルの観点から真剣に議論がなされている。
- ・パリ協定の後、中国は野心的な CO₂ 削減標に向けて、原子力を含むグリーンで信頼できる持続的なエネルギー源を積極的に開発している。再生可能エネルギーは不確実性が大きいと見られるため、原子力は目標達成に向け重要な役割を担っている。重工業地域では大型炉とエネルギー貯蔵が重要である一方、地方では小型炉も注目されている。特に西部では風力などと SMR の組み合わせが有効とみられている。
- ・中国核工業集団 (China National Nuclear Corporation, CNNC) がパキスタンで建設を進めるカラチ 2、3 号機はパキスタンの低炭素化に貢献するだけでなく、パキスタン製機器の採用や 1 万人以上の現地雇用、合計では 4 万人以上の雇用を生み出しており、地域を巻き込んだ経済圏を創出している。

Discuss 2022 activities

- ・中国のパキスタンでの成功事例を需要国・供給国のサプライチェーンを巡る関係構築に活かせればと思う。また、こうした話題をアジア原子力協力フォーラム (FNCA) と IFNEC の協力の中に上手く取り込んで進めることができると思う。
- ・中国にはこの WG において単に事例を紹介するだけではなく、ファイナンスの問題についても積極的なインプットをしていただきたい。
- ・FNCA と IFNEC との協働には大いに賛成する。また、SMR とカーボンニュートラルをテーマとしたワークショップ開催にも賛成。
- ・多くの新興国が原子力導入にあたって社会的受容性 (PA) を重要と考えているため、これも本 WG の 이슈に加えたい。
- ・新興国への原子力導入を事業として成立させ得る枠組みを、ファイナンスやローライゼーション、サプライチェーン、安全基準などの観点から議論していきたい。
- ・参加国におかれては来年の活発な議論への貢献を期待したい。来年も 3 人の共同議長による体制で取り組みを進める。事務局からの支援が必要であれば、いつでもお申し出いただきたい。

1-3 COP26 における議論

2021 年 10 月 31 日から 11 月 12 日にかけて、イギリスのグラスゴーにて国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会合 (The 26th session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change, COP26) が開催された。本会合では多数のサイドイベントが開催され、そのなかには原子力をテーマとして扱ったものも含まれる。本節ではそういった COP26 における原子力関連の議論を取り上げる。

1-3-1 アクションハブ・イベント

11 月 4 日、COP26 メイン会場に設置されたイベント用スペース (アクションハブ) にて、IAEA のグロッシ事務局長を招いての対談が行われた。このイベントにおける議論の概要は以下の通りである。

November 4, 2021, 10:00-10:30 GMT (19:00-19:30 JST)

COP26 Action Hub Event #Atoms4Climate: From the Energy Crisis to Better Crops, How Can Nuclear Help Meet the Climate Challenges?

- ・世界全体では今日のクリーンエネルギーの 25%以上が原子力によって供給されている。各国の野心的な目標を真剣に達成するためにも、今後その役割はより大きくなるだろう。
- ・ヨーロッパ市場でエネルギー価格が高騰しているが、原子力にはこの状況は起こらない。クリーンエネルギー

である原子力がエネルギー自給や安定供給、柔軟性という面でも優れているという認識が広まって、人々の関心を引いている。

- ・原子力なしでの気候変動目標は困難で、他の方法でははるかに高いコストがかかり、長い時間を要する。世界の大国が原子力利用を止めれば総排出量は跳ね上がるだろう。
- ・原子力と再生可能エネルギー位置付けは各国の市場の状況や地理的な条件などによるだろう。しかし、原子力は多くの国で安定的なベースロード電源として貢献し、再生可能エネルギーの受け入れを可能にしている。この周知には、科学的な専門機関の活躍が重要だ。
- ・原子力は発生した廃棄物がどこにあるのか、どのように扱えば良いのか分かっている。IAEA はそのために安全基準を策定し、人に害を及ぼさないよう各国に協力している。また、原子力の場合、廃棄物の量は非常に少ないし、時間と共に少なくなっていく。そして放射性廃棄物が事故を起こしたことはなく、処理場の規模も小さい。一方で他のエネルギー産業では廃棄物が拡散してしまい、環境に負荷を与える。
- ・廃棄物再利用の構想や、廃棄物量を抑えることができる SMR などの利用が検討されている。SMR は建設や運転が容易で、多くの新興国が関心を示している、現在 60 件ほどのプロジェクトが進行中である。イギリスも SMR には積極的であり、4、5 種類程度の炉型が成熟を迎えつつある。
- ・大国では大型炉が引き続き使われていく一方で、遠隔地や新興国では中・小型炉に関心が集まるはずだ。
- ・原子力をタクソノミーに含めることは可能と考える。欧州委員会 (EC) の委員長が原子力は必要だと主張しているほか、欧州共同研究センター (JRC) が原子力は重大な被害を及ぼさないと結論づけている。また、現にヨーロッパでは半分の国が原子力を利用している。一方でこの論争は政治的なものであり、解決策を見つける必要はある。政治的な先入観を取り払うなら、論点はいかに原子力を様々な仕組みの中で適合させるかであり、経済的な競争からは距離を置く IAEA は、そのためのプラットフォームになり得ると考えている。
- ・中国は石炭依存度が高いため、原子力利用を進めることは歓迎すべきことだ。アメリカも原子力利用の方針を明言しており、経年化してきた炉は多いがリプレースも行われる。ただし、一部の地域では原子力はグリーンとは見なされず閉鎖されている炉もある。
- ・欧米で脱原子力が進めば、逆に中国がリーダーになってゆく可能性もある。しかし興味深いプロジェクトはヨーロッパ各国でも進められている。
- ・SMR に関しては、IAEA が定める厳格な安全基準に則って運用し、各国の規制当局が IAEA との連携を密に行うことが重要である。
- ・IAEA の査察が入っている原子力発電所から核物質が持ち出され、軍事目的で使用されたということは今までないが、核不拡散に関して原子力はアンビバレンスを持ち合わせている。事故に関しては起こる可能性は否定できないが、事故を抑制するために全力を尽くしているし、事故後の支援も行っている。
- ・原子力に改めて注目が集まっていることは確かであり、原子力発電所の閉鎖による排出量増加を懸念する声は強まっている。その一方で、安全性を懸念する声も確かにある。気候変動問題は見た目の美しさを競うコンテストではない。良い面も悪い面も認めながら、議論を続けていくことが何より重要だろう。

1-3-2 フランスパビリオン・イベント

11月4日、フランスパビリオンにて原子力をテーマとしたイベントが開催された。特に、その冒頭ではフランスのルドリアン外相、IEA のピロル事務局長、IAEA のグロッシ事務局長によるパネルディスカッションが行われている。このイベントにおける議論の概要は以下の通りである。

November 4, 2021, 12:15-12:30 GMT (21:15-21:30 JST)

COP26 France Pavilion Event “The contribution of nuclear innovations to strengthen complementarities with renewable energies and meet the objectives of the Paris Agreement” (冒頭のみ)

- ・原子力と再生可能エネルギーの組み合わせは、温暖化を抑制し、パリ協定実現を後押しするものだ。原子力は低炭素で信頼性および柔軟性が高く、間欠性のない電源だ。また、世界的にエネルギー供給をめぐる緊張が高

まっているなか、原子力は安価で安定的に供給できるため、エネルギー自給の鍵でもある。

- 多くの国々が原子力利用プログラムを強化するか、もしくは新たに立ち上げている。核不拡散の原則に則る限り、あらゆる国が原子力の恩恵を受けられるようにしたい。
- 科学的知見に基づく結論は明らかで、原子力はエネルギー問題の解決策の一つだ。原子力は低炭素経済を世界中で実現するための手段の一つで、その普及に貢献していきたい。
- COP26 の期間中、複数の国がネットゼロ目標を宣言、あるいは新たな排出削減の取り組みを約束した。こうした新たな発表が全て実現すれば、世界の気温上昇は 1.8°C に抑えられるという計算結果が出た。
- 最近では天然ガスや石炭、石油の動向により、エネルギー市場が好ましくない状況になっているが、この状況下で原子力の役割が再評価されつつある。原子力利用国において、原子力は信頼性があり、安価な低炭素電源だという認識が広がっている。
- 今年 5 月に IEA が発表したネットゼロ・ロードマップによると、気候変動対策目標を達成するためには、原子力の発電量は今日の 2 倍に増やさなければならない。
- 原子力に関しては、三つの課題があると考えている。①特にフランス、アメリカ、日本に言えることだが、運転期間の延長が重要となる。②ネットゼロ・ロードマップの目標を達成するためには、新設のペースを 5 倍にしなければならない。③技術のイノベーションを通じて、原子力産業は自らを変えていく必要がある。

1-3-3 IAEA パビリオン・イベント

11 月 4 日、IAEA パビリオンにて原子力イノベーションを主なテーマに、IAEA をはじめとした国際機関や各国の原子力関連機関、そして主要な原子力関連企業などの代表によるパネルディスカッションが行われた。このイベントにおける議論の概要は以下の通りである。

November 4, 2021, 16:00-18:20 GMT (November 5, 2021, 1:00-3:20 JST)

COP26 IAEA (Shared) Pavilion Event “Nuclear Innovation for a Net Zero World”

Session 1

High Level Conversations between IAEA DG and Ministers

- ブラジルでは 50 年前にエネルギー転換を開始した。その中で、原子力、大規模水力、バイオ燃料発電の建設を開始。原子力は脱炭素化とエネルギー安全保障の面で、引き続き重要だと考えている。
- ガーナではベースロード電源として水力発電に依存しているが、このままではベースロードが維持できない。これを脱するうえで原子力は重要だ。まずは、パートナー国の選定、その国の技術に基づいた人材育成、ファイナンス組成などを同時に進めなければならない。小型モジュール炉 (SMR) を導入するのか、大型炉にするのか、洋上原子炉にするのか、と言った検討も同時に進めている。
- 原子力はクリーンエネルギー需要に応え、地域の新規雇用や教育効果を生み、生活の質の向上や経済成長につながる。ただし、原子力は唯一のサステナブルなエネルギー源ではない。太陽光、風力、水力などと併用し、多様化させることが重要だ。
- EU のタクソノミーでは原子力の扱いがまだ明確になっていない。そうしているうちに電力価格が深刻な状況になった。やはり原子力は効率的なエネルギー転換の要だといえる。

Conversation between IAEA DG and High-level Industry Leaders

- 世界中で全ての人々が低炭素エネルギーを豊富に得られるようにすることが必要で、原子力はそれを可能にする。各国の野心的な目標や、世界全体での 1.5°C 目標を達成するためには、確立した低炭素技術の急速な利用拡大が必要だ。
- 再生可能エネルギーはヨーロッパの一次エネルギー消費の約 8-10% を占めるに過ぎない。電力だけでも相当なコストがかかってきており、全ての部門を視野に入れるなら問題はもっと深刻になる。原子力なしでは脱炭素目標の達成は不可能だ。

- 水素に対する関心が広まっているが、重要なのはその規模である。商業的に利益が出るには、毎日 200-300t 製造する規模でなければならない。
- アメリカのエネルギー省長官とルーマニアのエネルギー大臣との間で、新型炉導入に関する協定に署名が行われたが、これは気候変動対策のみならず、エネルギー安全保障面での動機もある。
- ワイオミング州にテラパワー社の新型炉を導入するプロジェクトは、石炭で成り立っていた地域の経済を維持しつつエネルギー移行を進めることも目的としている。

Session 2

Enabling the transition, Ensuring a Level-playing field for all low carbon technologies (financing and public support)

- 原子力はヨーロッパで最大の低炭素電源であり、1,100 万人の雇用を創出している。また、原子力は熱供給の脱炭素化にも貢献できるほか、水素製造によって運輸などの非電化部門の燃料供給にも貢献できる。ただし、ヨーロッパで進められている、サステナブルファイナンスの対象に原子力を含めるか否かの議論には注意が必要だ。IPCC、IEA などの独立機関による気候変動対策シナリオやロードマップの実現可能性を低下させかねない。全ての低炭素エネルギーを公平に評価することが重要だ。
- 現在多くの人が期待している SMR や、さらに小さなマイクロ炉は 20-30 年前から検討されてきたものだ。ここに来てようやく投資が集まり、具体的な建設目標年やコストの話が出てきたことは素晴らしい。これはアメリカに限った話ではなく、世界中で進んでいる動きだ。
- EU のタクソノミーに原子力を含めるべきかという議論が進んでいるようだが、原子力はやはり含まれるべきだ。我々は原子力の価値を前面に押し出していかなければならない。実際、アメリカの国際開発金融公社 (International Development Finance Corporation, DFC) は原子力への投資を禁止していたが、その禁止条項を改めるに至った。その裏には原子力業界の懸命な努力がある。
- パンデミックからの復興に多くのお金が使われたが、環境にやさしい産業に振り向けられたのはそのごく一部だ。クリーンであることと強力な経済効果を発揮することは両立できるはずだ。化石燃料への投資は多くの場合、国外に流れてしまうため、効果は見かけより低くなる。また、原子力は太陽光や風力と比較して、技能の高低を問わず多くの雇用を生む。
- タクソノミーは単なる政策文書で、プロジェクト自体を変化させる力はない。そのため、イノベーションを失速させる恐れがある。より充実した ESG 報告を導入するのが効果的という分析もある。

Session 3

Panel on Technology Development

- 様々な機関がネットゼロに向けたシナリオを発表してきた。そういったシナリオを 90 通りほど俯瞰してみると、いずれのシナリオも全ての低炭素技術を組み合わせさせて使っている。しかし、原子力のイノベーションを想定したシナリオは見られなかった。これは、原子力イノベーションがまだ議論の俎上に載っていないということだ。まずはそこから変えていく必要がある。
- フィンランドは 2035 年までにカーボンニュートラルを実現する目標を定めた。そのためにも原子力を使っていく。来年には世界でも最大級の原子炉であるオルキルオト 3 号機の運転を開始する。2020 年代中頃には使用済燃料処分施設の操業も開始する。さらに、熱供給用の SMR を検討している。既に政府の方で導入候補地も見つけている。
- 原子力の技術開発、建設、系統接続にはかなりの時間を要しているが、電力会社やデベロッパーの観点から見ると期間短縮が課題で、そのためには①産業プロセスの標準化、②設計プロセスの標準化、③規制の効率化と国際間での調和、の 3 点が重要だ。
- 使用済みのウラン燃料は二次燃料として利用できるため、工学の力で廃棄物を生まない技術にできる可能性がある。ロシアでは既に高速炉の実証炉が運転を開始しており、さらなる新設も進めている。最終的には、一つの炉の周囲でサイクルを確立させ、廃棄物も出さないシステムの構築を目指している。

1-3-4 イギリスパビリオン・イベント

11月4日、COP26議長国であるイギリスのパビリオンにて、原子力とネットゼロ目標の関係をテーマとしたイベントが開催された。このイベントにおける議論の概要は以下の通りである。

November 4, 2021, 18:00-19:15 GMT (November 5, 2021, 3:00-4:15 JST)

COP26 UK Presidency Pavilion Event “The Role of Nuclear Energy in a Net Zero Future”

パリ協定に向けて、イギリスが原子力分野で果たすべき役割

- ・パリ協定の目標達成に向けて化石燃料から低炭素技術への転換が求められるなか、ベースロード電源となり得る低炭素電源が必要である。
- ・イギリスにおいて原子力は、1956年よりエネルギーミックスの重要な一部であり、CO₂削減に貢献している。運転中の13の原子力発電所のうち、12が今後十年以内に閉鎖予定であり、新しい原子力戦略が必要である。
- ・このほど、新しくRABという資金調達モデルが認可された。これにより既存の大規模発電所に変わるイノベータータイプの原子力技術を支えるための、多様な財政源確保が期待される。
- ・SMRの開発はより多様な地域への導入可能性を高め得る。また、イノベーションが進めば産業界における重要な低炭素熱源としても機能し得る。さらに、低炭素水素製造における原子力の重要性も注目されている。
- ・再生可能エネルギーの発電量が気象状況に影響されることを踏まえると、原子力はベースロード電源として重要である。また、イギリスの経済にも大きく貢献している。

ネットゼロやSDGs等の社会目標を達成するために技術が果たすべき役割

- ・ネットゼロに向けて既存技術を大規模に拡大させることと、開発中の技術が市場の一部となり得るかを試すことが重要である。
- ・原子力の役割は市場や国々の状況によって様々であるが、化石燃料依存度が高い国においても重要な低炭素電源となっている。
- ・原子力は経済成長に大いに貢献し、化石燃料産業の代替としても貢献できる。原子力サイエンスの発展もまた、重要な役割を果たす。

新興国において人々やコミュニティに与える影響

- ・トルコ、エジプト、UAE、アフリカ（ガーナ、ケニア）、中央アジア（ウズベキスタン）、ラテンアメリカ（ブラジル、アルゼンチン、メキシコ）といった国々でもプロジェクトが進行中である。
- ・原子力は非常に大きな成長の機会をもたらす。1.5°C目標を達成するためにも原子力は大きな役割を担う。また、電気のみならず、綺麗な飲み水や産業用の熱、水素やアンモニアなど、様々なものを供給できる。
- ・原子力産業は全ての人々に電気を届けることに貢献する。また、脱化石燃料によって経済的に衰退しかねないコミュニティを再活性化させることもできる。

原子力の将来

- ・新技術は今後原子力の世界各国における導入を加速させるだろう。SMRは工場で組み立てられ、安価に建設可能であり、建設関連リスクも低減することができる。その他の新型炉や核融合炉なども含めて、今後原子力が導入される地域や産業は増加していくだろう。
- ・SMRは電力供給のみならず、導入が比較的容易である点や安価である点において、新興国経済にとって魅力的であると考えられる。導入国側の人材育成について考える必要性も少なくなるうえ、火力発電所を置換することが可能であるし、水素製造などにも活用できる。
- ・将来的な原子力導入国は、およそ50カ国程度にはなるのではないかと見られる。
- ・IAEAは新規参入国に対して、原子力安全やセキュリティの確保、事故の再発防止、不拡散、規制体制の構築などの面で支援を提供している。

- ・ミレニアム世代の人々はクリーンであることと同時に、可能性に満ちた社会を作りたいことが分かる。その為にはエネルギーが不可欠だ。原子力を普及させるためにはルール作りと、それに従うことも重要となる。
- ・石炭火力発電所の原子力設備への置換については既に必要な設備が揃っているため、比較的簡単に実行できるはずだ。専門知識を持った人材がそろっているため、追加的な訓練を施せば人材面もクリアできるだろう。

アメリカにおける原子力

- ・アメリカは脱炭素化を進めていくうえで原子力を重視している。政策のみならずイノベーションを起こし得る技術者への大規模な投資を行っている。さらに原子力利用を開始しようとしている国への協力も進めている。
- ・原子力は収入の良い、長期にわたる雇用を生み出す。新型炉は安全かつクリーンでセキュリティ面に優れ、かつ手頃な価格のエネルギーを提供するうえで鍵となる技術だ。淡水化や水素供給にも活用できる。また、石炭火力の代替としても利用可能になる。

ポーランドにおける原子力

- ・2050年までのネットゼロ実現は非常に困難な目標となっている。このエネルギー転換によって、産業部門が安価なエネルギーを手に入れられなくなることは避けなければならないが、変動電源のみでは系統全体のシステムコストを増加させてしまう。
- ・原子力は電力部門以外を含めてメリットをもたらす。高温ガス炉などの新型炉についても関心を持っている。原子力導入に係る意思決定は、科学的知見に基づいて行う。

原子力の今後の課題

- ・原子力普及の活動の不確実性を抑えるという意味で、政府が果たすべき役割は大きい。長期的な原子力政策を明確にすることも重要だ。
- ・長期運転やSMRに関しては新たな対応策が必要となる。様々なコミュニティとの協働も進めていきたい。
- ・放射性廃棄物については他の廃棄物と異なる特別な処置や既存の技術や良好事例の高レベル放射性廃棄物への応用が必要となり、かつリスクに対する社会的受容を促さねばならない。
- ・地層処分開始間近の地域では、依然として廃棄物処分に疑問を抱く声も多い。国際的な規制や、住民の理解を促すような取り組みも進める必要がある。
- ・イギリスでは原子力発電事業者は廃棄物をどのように扱うかを明確にしない限り事業を開始できないが、他のエネルギー事業では同じ姿勢は取られていない。
- ・原子力業界は廃棄物処分に関する必要なメッセージを発信することができていない。

1-4 多国間での国際的議論による、日本の政策動向への影響

2021年度も前年度と同様に、IFNECの枠組みで多くの議論がなされた。新型コロナウイルス感染症は依然として世界的に流行しているため、2020年度と同様に全ての会合がオンライン形式で開催されたが、それにより日本にいながらにして多数の会合に参加でき、多くの情報を収集することができた。コロナ禍が終息した後も、オンライン会合はメリットの大きい議論のツールとして活用し続ける余地があるといえよう。

今年度のIFNECによる活動としては、OECD/NEAとの共催による、原子力発電所の新設におけるファイナンス上の課題に関するウェビナーがシリーズ企画として複数回されたことが特に印象的であった。これら一連のウェビナーの締め括りとして、ポーランドを中心とした中東欧諸国のハイレベル級による会合が実現したことは、これらの国々が今後の原子力の導入や利用拡大をコスト効率的に進めていきたいという強い要望を持っていることの証左といえよう。また、これらのウェビナーシリーズでは多数のスピーカーが様々な観点から発表を行ったが、新設プロジェクトのリスクを低減させ、投資を集めるうえで政府や政策の役割が重要であることが繰り返し指摘された。そのための政策ツールとして、イギリスが用いてきたCfDや、同国が今後の新設プロジェクトに適用しようとしているRABモデルに焦点が当てられる場面が多かったことは、これらの制度の有効性や期待を示

すものであるといえる。ただし、こうした制度の有効性を認めつつも、プロジェクト自体が良く練られていて実現性が高い状態にあることの方が重要との指摘があったことも、非常に示唆的である。近年行われた原子力発電所の新設プロジェクトでは、中国やロシアによるものを除き、多くが大幅な工期や予算の超過が見られることを十分に反省し、今後は実現性の高いプロジェクトを立案することが求められる。

例年積極的にワークショップを開催してきた RNFSWG もまた、引き続きオンラインウェビナーを開催している。これまで RNFSWG では放射性廃棄物の国際共同処分場（Multinational Repository, MNR）についての議論を中心に扱ってきたが、今年度のオンラインウェビナーでは放射性廃棄物の管理・処分技術全般に関する幅広い議論が行われた。廃棄物管理に関する研究体制や処分場の選定・建設に関する状況は国によって様々に異なるため、IFNEC のような枠組みで情報交換を行う意義は大きい。特に日本では北海道寿都町および神恵内村において、処分場立地に関する文献調査や議論が進められている状況であるため、こうした諸外国の状況について、メディアなどを通さずに担当者から直接説明を受けることは、議論の土台を形成するうえで非常に重要である。

今年度は上記の IFNEC による活動に加え、イギリスのグラスゴーで開催された COP26 における、原子力関連のサイドイベントにおける議論動向も調査した。COP26 自体はエネルギー政策ではなく気候変動政策に関する議論に主眼を置いた枠組みであり、合意文書にも原子力に関する言及は見られない。しかし、各種サイドイベントにおいて、各国の政府関係者や IAEA のグロッシ事務局長らが相次いで登壇し、温室効果ガス排出削減に対する原子力の役割について強調したことは、原子力の価値を再評価する動きへとつながっていくことが期待される。折しも COP26 の会期中である 11 月 9 日、フランスのマクロン大統領はテレビ演説において、国内における大型軽水炉の建設続行を宣言している⁴。

こうした国際的な動きに対して、2022 年 2 月に開始された、ロシアによるウクライナ侵攻やロシア軍によるウクライナの原子力発電所に対する攻撃および占拠がどのような影響を与えるかは、同年 3 月時点では未知数といえる⁵。原子力発電所が攻撃を受けるリスクが表面化した一方で、ロシア産天然ガスへの依存が断固たる姿勢を躊躇させる要因となっており、原子力が有するエネルギー安全保障面での価値が再評価される可能性もある。いずれにしても、単なる気候変動対策の一つという側面に限らず、様々な面から改めて原子力の価値とリスクを評価し、その利用のあり方について国際的な議論を活性化させていく必要がある。それにより、日本国内における議論の振興にもつながると考えられる。その意味においても、IFNEC のような国際協力の枠組みは一層重要になると考えられる。

IFNEC は IAEA などと比べるとフォーマルではない性格の強い組織であるが、それゆえに各国が自らの問題意識や関心を率直に表明できる場でもあり、確定していない検討中の事項についても議論できる点が長所である。日本としても、この枠組みに引き続き積極的に関与していくことで、広い視野を持って今後の原子力政策を検討することが可能になるものと期待できる。

⁴ 大統領官邸ウェブサイト (<https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2021/11/09/adresse-aux-francais-9-novembre-2021>)

⁵ 2 月 28 日には IFNEC、NICE Futuer とロスアトムとの共催によるウェビナーが予定されていたが、理由こそ明言されていないものの、このウェビナーは延期となっている。

第2章 原子力分野の二国間協力

2-1 日米ラウンドテーブルの概要

前章では原子力分野における多国間国際協力を扱ったが、本事業では日米二国間協力の議論動向についても調査を実施した。それにあたっては日米ラウンドテーブル（The U.S.-Japan Roundtable）の枠組みを活用している。日米ラウンドテーブルはハワード・ベーカー・フォーラム（HBF）⁶が主催するプログラムであり、年間を通じて会合やワークショップを開催し、日米両国のメンバー間の関係強化に向けた活動を行っている。日米ラウンドテーブルの目的は、日米両国間の協力の強化と、原子力に関する一般市民の理解向上であり、主な活動としてメンバー会合や年次大会などを開催している。日米ラウンドテーブルの活動は2007年度より開催されており、今年度で14年目を迎えた。特に年次大会はHBFの尽力もあり、アメリカ側の重要人物の声を直接聞くことができる貴重な場ともなっている。また、2021年度の会合はいずれもアトランティック・カウンシル（AC）⁷との共催となっていたことも相まって、エネルギー安全保障の面に重点を置いた議論が展開された。

2018年11月には日本の経済産業省（Ministry of Economy, Trade and Industry, METI）および文部科学省と、アメリカのDOEおよび商務省の間で、原子力分野における研究開発および産業協力に関する協力覚書（MOC）が締結された。この協力覚書において、日米ラウンドテーブルは両国の原子力産業間の協力の強化や、先進型炉の開発と普及のために将来に向けた潜在的パートナーシップの実現を促進するためのプラットフォームとして名前があげられている。これは、日米ラウンドテーブルの枠組みや、そのなかでの議論の成果に対して両国政府が大きな期待を寄せていることの証左といえる。

2-2 2021年度事業実績

本事業では日米ラウンドテーブルの枠組みで開催されたワークショップおよび年次大会に出席し、議論の動向を調査した。その概要は以下の通りである。なお、前章で扱ったIFNECと同様に、これらの会合はいずれもオンライン形式で実施された。

2-2-1 2021年6月 HBF-AC ワークショップ

2021年6月4日（米国東部標準時では6月3日）、HBFとACは共催で、電力システムのレジリエンスをテーマとしたオンラインワークショップを実施した。この会合における議論の概要は以下の通りである。

June 3, 2021, 20:00-21:00 EST (June 4, 2021, 9:00-10:00 JST)

Grid Resilience in the U.S. and Japan

開会挨拶

- ・日本の電力会社は昨冬、深刻な電力需給逼迫に直面した。この出来事によって産業界に対する電力安定供給の重要性が再認識された。また、今日では寒波や台風だけでなく、サイバー攻撃にも対応していかなければならない。これらは日米RTで議論すべき課題だ。
- ・アメリカでも昨年寒波を経験した。今後はますます気候変動やサイバーテロへの対策は重要性を増してくるだろう。

電力系統に生じた危機について

- ・テキサスでは1時間超の停電が発生した。ガスパイプラインは止まり、太陽光パネルは雪に覆われ、風力ター

⁶ ハワード・ベーカー・フォーラムはアメリカの大手法律事務所（law firm）であるベーカー・ドネルソンの公共政策・国際関係担当部門であり、ハワード・ベーカー元連邦上院議員によって設立されたものである。

⁷ 国際情勢分析に長けたアメリカのシンクタンクであり、その名の通り大西洋地域における同国の安全保障を重点テーマとして報告書の発行や政策提言を行っている。

ピンは凍結した。水力発電は機能していたが、テキサスでは水力の割合が低いため、大した貢献ができなかった。エネルギーの多様化は重要だ。ハリケーン時には送電・配電線に木が引っかかって電力供給が遮断されることもある。

- 日本では典型的な自然災害は台風や洪水で、竜巻や山火事はあまりない。しかし昨冬は非常に厳しい冷え込みがあり、供給が足りなくなった。普段は稼働していない、経年化した火力発電所の再稼働や、電力が足りている地域からの融通などを駆使し、電力各社や系統運用機関が協力して対応した。
- 悪天候の発生時は、発電所だけの影響なのか、送電線なども含めた広域への影響なのか調査し、これまで蓄積した科学的データを駆使して、どのように対応していくことが望ましいか検討していくべきだ。

電源の多様化

- 再生可能エネルギーの重要性は誰もが認めるところだが、原子力も重要であるし、従来型の火力も炭素電源ではあるものの、系統の安定性のためには重要だ。系統運用ルールのあり方についても議論を始めている。
- 水力は非常時にも比較的有効だった。太陽光は竜巻に対して有効でない。風力は凍結するとパフォーマンスが下がる。テキサスはガスの産地であるが、ガス火力もパイプラインが凍結するなどの理由により機能しなかった。こうした観点からも、原子力はやはり重要だ。
- 既に起こった出来事を振り返って、「全ての機器を冬対応にしておけば良かった」というのは簡単だ。しかし、テキサスの夏は非常に暑い。夏は夏でシステムを最適化しなければならない。コストを負担するのは住民なので、技術導入とコストとのバランスを取ることが重要だ。

電力系統のレジリエンス確保における日米協力について

- できるだけ多くの再生可能エネルギーを受け入れられるようにするための技術を日本のメーカーは開発している。そういった技術はアメリカにおいても貢献できるのではないかと。また、日本もこれから分散型電源を市場の中で活用できるよう制度設計の検討を進めているが、その点ではアメリカの方が進んでいると思うので、学んでいくべきだろう。
- レジリエンスを増強することに対して住民はコストが増加することを懸念している。日本は優れたイノベーションや技術を有しているので、協力して解決策を見出していきたい。

2-2-2 2021年7月 HBF-AC ワークショップ

2021年7月20日（米国東部標準時では7月19日）、HBFとACは共催で、アメリカの気候変動・エネルギー政策をテーマとしたオンラインワークショップを実施した。この会合における議論の概要は以下の通りである。

July 19, 2021, 20:00-21:00 EST (July 20, 2021, 9:00-10:00 JST)

Climate and Energy Policy in the United States

開会挨拶

- バイデン政権は気候変動対策のため、「脱炭素政策」に大きく舵を切ったわけであるが、どのようにして脱炭素を行っていくのか、その詳細は未だ明確ではない。
- 政府も世界的にエネルギー転換を支援する方向に動いており、政策や財源などの面で企業を下支えすることが期待される。産業界における電力化など、ネットゼロに向けた社会的な勢いは加速しており、原子力の果たす役割が大きいということで意見がまとまりつつある。

基調講演

- バイデン政権は気候変動対策に力を入れている。原子力は国内だけでなく、世界的に脱炭素社会を実現するうえで欠かすことのできない解決策の一つである。
- テラパワー社によるワイオミング州でのナトリウム冷却高速炉の建設計画が進行しているほか、X-エナジー社

の小型のペブルベット式高温ガス炉“Xe-100”は、ワシントン州で実証事業が進められている。

- ・アメリカが新型原子炉開発を進めることは自国のためであるとともに、国際的な意味合いも大きい。原子力は各国の増大するエネルギー需要に対応でき、パリ協定に基づく気候変動対策になるとともに、エネルギー調達 の多様化、ひいてはエネルギー安全保障の向上にも寄与する。アメリカはこういった原子力技術の輸出を後押しする。

パネルディスカッション

- ・SMR導入に向けた施策の一つとして、国務省が主導する“FIRST program”という取り組みがある。これはキャパシティビルディングを通じて、クリーンエネルギー分野のイノベーションを促進することを目的としている。
- ・アメリカで原子力は低炭素電源の半分以上を占める。今後の安定電源需要の高まりから、原子力は引き続き、重要な役割を果たすべきと考える。
- ・原子力発電で生じる高温の熱エネルギーは他の産業に適応が可能と考えられている。2027年にはワシントン州で4基の原子炉を使って熱供給の実証を行う。また、高温に達しても燃料自体が溶けないといった、安全性の高い先進的な燃料を用いた発電法も開発されている。この技術があれば、熱利用と発電所立地にあたって考慮すべき安全性との両立が期待される。
- ・エネルギー移行のなかで不利益を受けたコミュニティを支援していくことが重要だ。また、雇用の創出も重要な観点である。原子力は専門性が高く、収入の高い雇用を創出する。原子炉が小型化されることで、より地域社会に適応できるようになることが期待されるが、その前に原子力導入について話し合いの場が用意できるように働きかけていかなければならない。
- ・アメリカが有する技術は国内のためのみにあるのではない。連邦政府高官からも、幅広く他国の組織に働きかけている。
- ・核不拡散は市場の問題とも密接に関わっている。SMRは核不拡散の面で従来の軽水炉と大きく変わることはないが、それ以外の新型炉は冷却材からして大きく異なるため、課題も多いだろう。
- ・連邦政府は原子力を重視すると明確に述べているし、COP26は原子力の役割についてフォーカスする良い機会になるだろう。ただし、こうした動きをさらに加速させるには、市場という側面を重視しなければならない。
- ・技術開発は重要な分野になっており、既に多くの資金が提供されている。また、既設炉の維持を目的としたプログラムも実行へと移されている。新型燃料への関心が高まっているほか、水素製造を支援する動きもある。
- ・5年前に比べると、原子力には大きな予算が付くようになった。原子力イノベーション能力法 (Nuclear Energy Innovation Capabilities Act, NEICA) や原子力イノベーション近代化法 (Nuclear Energy Innovation and Modernization Act, NEIMA) といった法律も成立している。こうした動きは一層加速するだろう。
- ・新型炉は大きなプロジェクトになる。地域コミュニティを巻き込んで活性化していくはずだ。
- ・アメリカはCOP26で原子力の価値について明確に声を上げなければならない。
- ・原子力の重要性について、他国やIEAのような国際機関と認識を共有しておく必要がある。新たに動き出した国のみならず、既に原子力を利用している国ともやり取りを続けるべきだ。

2-2-3 2021年11月 HBF-AC ワークショップ

2021年11月24日(米国東部標準時では11月23日)、HBFとACは共催で、日本の気候変動対策やエネルギー安全保障をテーマとしたオンラインワークショップを実施した。この会合における議論の概要は以下の通りである。

November 23, 2021, 19:00-20:00 EDT (November 23, 2021, 9:00-10:00 JST)

Japan's Climate and Energy Security Strategy 2050

開会挨拶

- ・つい先日には COP26 が開かれ、日米両国が温室効果ガス排出量削減に一層努力していくことを宣言した。その点も含めて、本日は日本の戦略について議論する。

基調講演

- ・日本は 2050 年カーボンニュートラル目標を宣言している。今回の COP26 では 2030 年までに温室効果ガス排出量を 46%削減する目標も発表した。
- ・日本はグリーン成長戦略も発表した。これは排出削減と経済成長の両立を目指すもので、グリーンイノベーションのために 2 兆円規模の基金も作った。
- ・新しいエネルギー基本計画も先日閣議決定された。S+3E を前提として、原子力は必要規模の活用を続けていく。そのためには新型炉やバックエンドの技術開発が重要。現状では新設は想定されていないため、再稼働と既設炉の長期運転が重要となる。
- ・新型炉開発支援としては NEXIP という枠組みを立ち上げた。民間事業者を資金面で支援するほか、日本原子力研究開発機構 (Japan Atomic Energy Agency, JAEA) の施設を提供する。日本としては、米国 DOE との間で協力協定を結んだ、多目的試験炉 (Versatile Test Reactor, VTR) プロジェクトも重要と考えている。

パネルディスカッション

- ・このほど策定された日本のエネルギー基本計画は非常に興味深く、チャレンジングだ。再生可能エネルギーは現在発電量の 18%程度だが、36-38%まで、ほぼ倍増させなければならない。原子力は発電量の 20-22%が目標だが、これには 30-35 GW の設備容量が必要だ。この目標値を明確に示したことは良かった。新しい日本のリーダーは現実性を重視したといえる。
- ・エネルギー基本計画以前から、日本は菅首相の下でネットゼロ戦略を進めてきたし、その動きがインド太平洋地域に脱炭素化の潮流を生んだ。加えて日米は、日米クリーンエネルギーパートナーシップ (Japan-U.S. Clean Energy Partnership, JUCEP) を通じてアジア諸国との協力を深めている。日本は当該地域のネットゼロ転換のペースや道筋を示す立場にいるといえる。
- ・自民党の代表選でも衆院選でも、原子力を含めたエネルギー問題が議論の俎上に上がってきていたことは良かった。以前より多くの人々がエネルギー問題に関心を持っている。長期的な政策を進めていくためには、政権の安定性が欠かせない。
- ・再生可能エネルギーのポテンシャルには限りがあるため、原子力は重要な水素製造源になれる。水素はエネルギー安定供給の役にも立つし、燃料電池自動車 (Fuel Cell Vehicle, FCV) をはじめとした日本の産業強化にも貢献できる。
- ・日本にとってクリーンエネルギーへの移行は安全保障やレジリエンスの確保、そして経済成長にも有効だ。新型コロナウイルスの影響で一部のサプライチェーンに影響が出たことにより、この点は一層着目されるようになった。
- ・原子力はグリーン成長戦略の主要な 14 分野の一つとされている。また、日本の民間セクターも SMR に関心を持ち始めており、IHI や日揮 (JGC) が米 NuScale 社に出資しており、実際の動きを始めているといえる。
- ・日本は急成長するアジア諸国に囲まれている。インド・太平洋地域の公正なエネルギー移行を支えることが重要だ。JUCEP はその意味で重要になる。
- ・日本は積極的にサステナブルファイナンスを進めている。既に東アジアサミットなどの枠組みでリーダーシップを取っているし、QUAD などを通じてインドやオーストラリアとも協力している。こうした関係はさらに深化されていくべきだ。

2-2-4 2022 年 2 月 年次大会

2022 年 2 月 1 日から 3 日 (米国東部標準時では 1 月 31 日から 2 月 2 日) にかけて、日米ラウンドテーブルの

年次大会がオンライン形式で開催された。この会合における議論の概要は以下の通りである。

(1) 1日目 (2月1日)

January 31, 2022, 19:00-20:30 EDT (February 1, 2022, 9:00-10:30 JST)

Realities of the Energy Transition: How U.S.-Japan Energy Cooperation Can Speed Decarbonization **Day One – The Risks of Climate Change and Pathways to Decarbonization**

開会挨拶

- ・我々は今、エネルギー価格の上昇や気候変動の取り組みといった課題に直面している。これは厳しい道程だが、前に進んでいかなければならない。

基調講演

- ・気候変動は難しい課題だが、雇用の創出などのチャンスでもある。日米両国は2050年までに温室効果ガス排出量ネットゼロを実現する目標を宣言した。アメリカにとって、日本との協力は気候変動対策における一番の優先事項だ。
- ・原子力については安全、安全保障、核不拡散をテーマとして日米協力を進めてきた。我々は原子力を、既に確立された低炭素エネルギーと捉えたとともに、新技術の研究開発も促進していく。
- ・昨年4月には日米クリーンエネルギーパートナーシップ (JUCEP) を立ち上げた。この枠組みの下では次世代技術のイノベーションに向けて、多くのトピックが進展している。また、日米気候パートナーシップも活用して、脱炭素化を世界中で進める。

パネルディスカッション

- ・日本の新たなエネルギー基本計画では2030年までに温室効果ガス排出量を46%削減する目標を掲げた。これに向け電力部門での脱炭素化を急がねばならず、2030年には再生可能エネルギーを総発電量の36-38%、原子力を20-22%とする。2030年まであと8年しかないの、あらゆることをすぐに始めなければならない。
- ・再生可能エネルギーはさらにスケールアップしていかなければならない。柔軟性のある負荷調整も必要で、そのためには原子力や水力も必要だ。
- ・日米の原子力協力ではサプライチェーンの強靱化、第三国市場の開拓、協調融資などが重要となる。また、水素や産業熱などのエネルギー転換を進めていく中で、小型モジュール炉 (SMR) は大きな可能性を秘めている。
- ・カーボンニュートラルを目指す第一の手段は、省エネルギーを可能な限り進め、原子力などの低炭素エネルギーを増やすこと、そして電化を進めることだ。しかし、これだけでは不十分で、水素やアンモニア、ネガティブ排出など、様々な技術のイノベーションが必要だ。SMRを含めた新型炉技術についても大いに期待している。
- ・これまでのサプライチェーンは一部の国々に集中していた。これを分散させなければならない。電気自動車などのクリーンエネルギー技術のサプライチェーンを強靱化しなければならない。
- ・エネルギー安全保障に関するリスクがロシアとウクライナの間で顕在化しているが、やはりサプライチェーンの多用化が必要だろう。天然ガスを別のエネルギーに変えていくことが必要だ。気候変動対策によって、このリスクの軽減ができるかもしれない。
- ・日米同盟はアジア太平洋の安定の要と言える。我々は多くの認識を共有しており、気候変動対策も日米の長期的な共通課題となる。
- ・エネルギー転換は日米にとって既に大きなメリットをもたらしており、そういったメリットを他国にも享受していただきたい。これが協力を進める動機だ。

(2) 2日目 (2月2日)

February 1, 2022, 19:00-20:30 EDT (February 2, 2022, 9:00-10:30 JST)

Day Two – Opportunities for U.S.-Japan Civil Nuclear Cooperation

開会挨拶

- ・日米両国は脱炭素化を進めようとしている。これは両国にとって大きな課題もチャンスもある。時間との競争でもある。本日は、どのような機会や課題があるのか探っていきたい。

基調講演①

- ・今や120以上の国がカーボンニュートラルを目指している。日本の第6次エネルギー基本計画では2050年のカーボンニュートラル達成に向け、原子力を含むあらゆる手段を活用すると明記した。国として高速炉、SMR、高温ガス炉といった革新炉開発の国際協力を進める。
- ・最近のアメリカの原子力産業強化は勇気付けられるものだ。アメリカの革新炉実証プログラム (ARDP) と同様、日本でもNEXIPを立ち上げ、コンソーシアムを組織している。新型炉とSMR開発のトップランナーであるアメリカの企業は日本とサプライチェーン協力で恩恵があると考え。将来の第三国展開も含め、日本がアメリカや世界の脱炭素化に貢献できることに期待したい。
- ・昨年で福島第一原子力発電所での事故から10年となった。これまでアメリカから多大なご支援をいただいたことに、改めて感謝申し上げる。

基調講演②

- ・アジア太平洋地域の共通目標であるカーボンニュートラル達成に向け、日米協力を今以上に強固にしていきたい。気候変動の危機はすぐそこに来ている。
- ・バイデン政権は2035年までに発電部門のゼロエミッション化を実現しようとしており、そのなかで原子力は大きな役割を果たすだろう。岸田首相も原子力の価値について明言し、SMRや核融合炉の推進を明言したことを歓迎したい。
- ・既設炉を維持しつつ、新たな技術を開発する必要もある。既にBWRX-300の開発が進んでいるほか、最近では三菱重工と日本原子力研究開発機構 (JAEA) がテラパワーの新型炉開発に協力することが発表された。

基調講演③

- ・2021年は原子力再稼働への動きが着実に進んだ。7月には初めて、運転期間40年超となる美浜3号機が営業運転を再開した。9月には島根2号機が設置変更許可を取得し、12月には伊方3号機が特定重大事故等対処施設(特重)を完成させうたえで発電を再開した。これまでに合計10基が再稼働済となっており、審査中の17基のうち7基は設置変更許可を取得している。今後も再稼働を進めつつ、運転期間延長や稼働率向上のための長期サイクル運転や定期検査の効率化も必要と考える。そして、2011年の福島第一事故以降、規制枠組みに止まらない、自主的な安全性向上の取り組みを進めている。アメリカの事業者原子力発電運転協会 (Institute of Nuclear Power Operations, INPO) や原子力産業協会 (Nuclear Energy Institute, NEI) とも連携している。

パネルディスカッション

- ・日本の第6次エネルギー基本計画では、カーボンニュートラルのために原子力を含めてあらゆる選択肢を追求するとしている。総理は原子力安全のためにもSMRなどの技術が必要と考えているし、経済産業大臣も新しい技術が必要と発言している。高温ガス炉による水素製造が実現できれば、相当排出削減に貢献するだろう。
- ・電力消費は2050年までに倍増する。そして電力部門は脱炭素化が簡単な部門だ。原子力を併用した方が、総コストは安くなるということが指摘されている。
- ・テラパワー社のワイオミング州におけるナトリウム炉建設計画には州知事や同州選出議員も賛成している。こ

- のナトリウム炉は石炭火力発電所の跡地に作る計画で、クリーンエネルギーの普及だけでなく、地域の経済発展も考えている。同時に地域住民への教育も提供しており、専門的な技術を身に付ける者も増えてきている。
- ・国際的なプロジェクトが成功すれば、日本人にも国際社会の原子力に対する見方を知ってもらえるだろう。その意味で、テラパワーのプロジェクトに日本企業が関わろうとしていることや、カナダでBWRX-300が採用されたことには大きな意味がある。
 - ・日本やアメリカのような国では国民の理解がなければ原子力を進められない。アメリカでは原子力に対する機運が高まってきており、環境運動家や進歩派の間でも原子力への支持が増えてきている。
 - ・太陽光発電の場合、政府が中心となって出資することで、他に多くの出資者がついてきた。それによってスケールアップすることができた。太陽光と同様に、原子力の革新技術も融資保証での支援が重要であろう。
 - ・新型炉開発においても、日本との協力には大きな意味がある。JAEAや三菱重工とのMoU締結は第一歩で、それ以外の民間企業との協力の可能性もあると考えている。
 - ・SMR開発が上手く行き、十分な規制対応がなされれば、第三国展開の可能性が広がると思う。JUCEPによる協力も是非進めていきたい。

(3) 3日目 (2月3日)

February 2, 2022, 19:00-20:30 EDT (February 3, 2022, 9:00-10:30 JST)

Day Three – The Realities of the Energy Transition: A Conversation with Pally Benson

開会挨拶

- ・エネルギーの転換を進める上で、脱炭素、エネルギー安全保障が今後の重要な課題になってくる。大国間の競争もエネルギー転換に大きな影響を与えるだろう。日米同盟は今後ますます重要性を帯びていく。そのなかでも、エネルギー分野での協力は重要。

基調講演

- ・日米関係は歴史的な転換点に差し掛かっている。今や自由民主主義と権威主義の間に断絶が見え始めており、経済や社会の強靭性を高めるという課題に直面している。日米両首脳はスローガンこそ違えども、政策的に実行しようとしていることは共通している。
- ・気候変動に関しては、バイデン政権になって方向性が明確になった。気候変動対策が経済対策として明確に書き込まれている。これは日本も同様だ。そして気候変動対策と経済政策の両立のうえで、イノベーションが重要だ。
- ・革新炉に関しては、明確な二国間協力の基盤にできる。これは長い時間を要するものだが、近年では日本企業がNuScale社への出資を決定したほか、テラパワーとの協力も発表された。協力がさらに進むことを期待したい。

対談

- ・今後の新興国ではエネルギー需要が倍増するだろう。電力部門では再生可能エネルギーが増えているが、信頼性のためにはバックアップが必要だ。その意味で天然ガスは良いオプションになる。CO₂排出を考える際には、電力システム全体を対象として検討を進めるべきだ。
- ・アメリカでは当初、再生可能エネルギーを系統に接続することに主眼があったが、その量が増えてくると信頼性の問題が出てきた。再生可能エネルギーは頑張っているが、長期間のエネルギー貯蔵が必要だ。バッテリーにはサプライチェーンの問題もあり、今後重要な課題となる。
- ・IEAでは、消費者の行動変化も必要だと言っている。これはアメリカにとっても重要な課題だ。具体的な措置も必要になるだろう。インフラ投資法にも、ヒートポンプ購入支援などが含まれている。
- ・ロシアの動きに注目が集まりつつある。エネルギー安全保障は重要な政策課題だ。エネルギー転換では一つのことに目が行ってしまいがちだが、全てを網羅し、あらゆる技術に手を出していく必要がある。

- ・鉄鋼業やセメント業では水素の活用が検討されている。電気分解による水素製造は、まだコストがかかっている。化石燃料から作るならCCSが必要だ。CO₂からカーボンニュートラルな燃料を作ることもあり得るだろう。水素のコストも十分下げられると思う。10年後にはより良い状況になっているだろう。
- ・あまりにも他の資源が豊かだったため、これまで対策が進んでこなかったともいえるだろう。気候変動が深刻になった今、それらが動き出した。これからは大学、国立研、一般市民からの関心が高まっていく。様々な汚染や海面上昇で国民も現実を認識し始めた。気候変動による災害が増えているという話もある。

閉会挨拶

- ・タイムリーで意義の大きい会合になった。日米両国には協力の余地がまだまだあるといえる。今後も日米協力、官民パートナーシップは重要だ。日米ラウンドテーブルは、そういった協力を促進する役目を担いたい。

2-3 日米ラウンドテーブルにおける議論による、日本の政策動向への影響

上記の通り、2021年度も日米ラウンドテーブルの枠組みにて活発な議論が展開された。前章のIFNECと同様、新型コロナウイルスの影響で全ての会合がオンライン形式となった反面、それによって多数が会合に参加することができた。今年度はCOP26の開催年であったため、ラウンドテーブルでの議論においても、それを意識した発言が相次いでいた。2050年までのカーボンニュートラル実現を宣言した日米両国にとって、目標の達成と原子力の関係を議論する場は一層重要なものとなるだろう。一連の会合の中ではアメリカ側の状況のみならず、日本側の原子力政策や関連する取り組みに焦点が当てられた場面も見られた。このような場で現状や課題を両国間で共有し、協力して課題解決にあたる可能性を模索することは、大変重要である。特に日本側としては、安全規制機関のあり方や既設炉の長期運転に向けた検討など、原子力政策に関する多くの面でアメリカから学ぶべきことが多い。また、ラウンドテーブル会合における低炭素化の議論では、原子力に限らず再生可能エネルギーや水素、あるいは電力系統のレジリエンス確保や市場との関係といった、幅広い観点から意見が出されている点も重要である。カーボンニュートラルは原子力技術単体で実現できるものではなく、様々な技術や要素との関連を視野に入れつつ、最も合理的な方法で取り組みを進めていく必要があるため、こうした幅広い観点からの指摘が不可欠となる。

そして、今年度も昨年度に続き、原子力に係る安全保障問題や地政学に関する議論が多く扱われた。バイデン大統領はトランプ前大統領と同様に、世界の安全保障体制における中国やロシアの存在を警戒する声明を出していることから、この観点が引き続き原子力政策においても重要な 이슈となっていく可能性は高い。特に、2022年2月に開始されたロシアによるウクライナ侵攻は、今後のアメリカの外交・安全保障政策に大きな影響を与えていくことが予想される。原子力を含めたアメリカの安全保障関連政策がどのように動くのか、その兆候を掴むためには政府や議会の中で行われている議論の状況を知っておくことが有効であり、その意味においても日米ラウンドテーブル会合は様々な専門家や重要人物の声を聞くことができるという点で意義深い。以上より、来年度以降も官民両者が本枠組みに積極的に関与し、有効活用していくことが望まれる。

付録 国際機関による主要な報告書等の概要

本事業では原子力をめぐる国際的議論の動向調査の一環として、今年度中に国際機関が発行した原子力に関する報告書類のうち、特に重要と考えられるものについて、概要を整理した。以下にその成果を記載する。

1. IAEA, *Nuclear Energy for a Net Zero World*, 2021.

01. 原子力の貢献

要点

- ・原子力は再生可能エネルギーなど他の低炭素エネルギーと並び、ネットゼロ目標を達成するうえで鍵となる技術である。それは電力部門以外の低炭素化についても同様である。
- ・再生可能エネルギーの割合が増えても、原子力はそれらを統合し、補完することができる。それにより、毎日24時間の安定供給を可能とする。
- ・既設炉の運転期間を延長し、低炭素の発電容量を維持することが重要である。それに加え、2050年までには約550 GWの新設容量が必要となる。
- ・多くの国が気候変動対策オプションとして原子力を選択しつつある。

02. 脱石炭と公正なエネルギー移行

要点

- ・原子力は低炭素電源としてのみならず、熱供給が可能な点や、急速な出力変動が可能な点においても、石炭火力の代替として適している。
- ・原子力は経済成長に資する。また、多くの部門で雇用を創出するため、石炭からの公正なエネルギー移行を可能とする。

提言

- ・化石燃料に対する公的な支援を停止し、加えてカーボンプライシングを導入すること。
- ・客観的で技術中立的な低炭素投資基準の枠組みを作ること。
- ・官民が協力して原子力イノベーションを進めること。
- ・化石燃料に依存してきた地域やコミュニティの支援などを通じて、公正なエネルギー移行を支援すること。

03. 原子力・再生可能エネルギー・水素の統合

要点

- ・ネットゼロのエネルギーシステムを作るうえでは、給電指令が可能で、排出量が少なく、柔軟かつ信頼性のある電源が必要である。
- ・原子力は給電指令が可能であり、系統や蓄電容量の増強を必要としないため、電力系統全体のコスト低下に資する。また、熱や水素を供給することができるため、低炭素化が難しい部門にも貢献する。

提言

- ・コスト低減や市場ニーズの取り入れ、他の低炭素電源とのシナジーに対価を与えることなどを通じて、原子力の競争力を強化すること。
- ・信頼性のある低炭素エネルギーシステムに対する原子力の貢献が評価されるよう、市場における規制や政策枠組みを整備すること。
- ・低炭素エネルギーキャリアの活用やエネルギー分配コストの削減を通じて、産業集積地にクリーンエネルギーを導入すること。
- ・低炭素水素の導入を技術中立的に支援すること。

04. 原子力とレジリエントなエネルギーインフラ

要点

- ・エネルギーシステムのレジリエンスは、各電源の耐久性や系統インフラ、そして需要家側マネジメントといった要素からなる。
- ・ネットゼロのエネルギーシステムはレジリエンシーを内蔵し、エネルギーの安定供給を保障するものでなければならない。
- ・原子力は異常気象をはじめとした気候変動に関するレジリエンスに優れている。
- ・これまでの 30 年間で気象条件による原子力発電所の停止は増えているが、1 回の事象ごとに生じる電力のロス は直近 10 年で減少しており、合計すれば失われた電力供給量は少ない。

提言

- ・将来のリスクに備え、原子力発電事業者に異常気象対応能力を向上させること。また、設計や規制によってレジリエンスを確保すること。
- ・異常気象が系統ネットワークに及ぼす影響や、異常気象に関する系統内の脆弱性を特定すること。また、評価手法の改善などを通じて、エネルギー計画における異常気象リスクの扱いを見直すこと。
- ・エネルギーシステム内の異常気象に関する脆弱性に対して統合的な対応策を実施すること。また、対応策を実施するための資金を提供する仕組みを用意すること。
- ・エネルギーインフラに対する気候リスクを抑えるため、エネルギーシステムの多様化を進めること。

05. ポストコロナの原子力投資

要点

- ・ポストコロナの経済復興において、原子力への投資は最も有効な対策である。
- ・原子力への投資を望む国においては、持続可能な開発への投資に客観的な基準を設けるなど、技術中立的な政策を実施することが求められる。

提言

- ・復興計画の一部として、原子力への民間投資支援や公共投資を促進すること。
- ・規制、市場設計、インフラ計画、経済的インセンティブ（原子力をタクソノミーや ESG 基準で認めるを含む）など、一貫性のある政策を打ち出すこと。

06. 原子力と持続可能な開発

要点

- ・原子力技術は持続可能開発目標（SDGs）の多くに貢献する。そして、原子力発電は SDGs のなかでも、エネルギー、経済成長、気候変動対策への貢献が特に大きい。

2. OECD/NEA, *Long-Term Operation of Nuclear Power Plants and Decarbonisation Strategies*, No.7524, 2021.

第一章：導入

- ・パリ協定の炭素排出削減目標を達成に向けて、原子力発電の容量増加が IEA や IPCC より期待されている。その手段としては、①新規設備の建設、②既存の原子力発電所の長期運転（Long-Term Operation, LTO）の推進、の二つが存在する。
- ・LTO とは、「当初の設計寿命を超えるものの、包括的安全評価によって正当化される運転」と定義できる。2020 年末時点で、世界では 100 基以上の原子炉が当初の認可期間を超えて運転されており、ヨーロッパ、ロシア、アメリカを中心に、原子力発電所の 30%以上が LTO 条件で運転されていると考えられる。
- ・世界の原子力発電所の平均稼働年数が 30 年を超えるなか、野心的な排出削減目標の達成のみならず、電力供給コストや安全性の観点からも、今後の LTO の役割は重要となる。

第二章：エネルギー政策面

- ・LTOはエネルギートリレンマのすべての面（環境保護、電力供給の経済性・価格の手頃さ、電力供給の安定性と信頼性）で優れた性能を発揮し、年間約1.6GtのCO₂排出を削減し、脱炭素化に貢献する。また、運転認可延長の役割は、2040年以降に特に重要となり、2050年のネットゼロ目標を達成するうえで、他の手段で削減しきれない部分を埋め合わせることができる。
- ・LTOが低炭素電源のバックボーンとして機能し、その上に他の低炭素ソリューションを構築することで、全体的な脱炭素化能力を向上させることができる。また、既設炉のLTOにより、多くの火力発電所の停止に伴う安定供給や信頼性への懸念も軽減できる。

第三章：規制・法律面

- ・各国の運転期間認可に関する規制を概観すると、原子力発電所の運転期間の設定において、当初の設計寿命は使用されておらず、また運転期間を超えての運転を許可しないとす法律や規制も稀である。
- ・経年化問題と新たな安全保障に関する要件がLTOの審査プロセスで重要視されており、加えて環境影響評価（EIA）、情報公開、市民参画も同プロセスに含まれる傾向にある。
- ・規制によって原子力発電のコストが増加し得る点や、最近の法的な問題に鑑み、事業者は潜在的な懸念を回避するため、LTOに先立って関連法規を十分に検討する必要がある。

第四章：技術面

- ・LTOには、交換、保守、経年劣化管理が適切に実施されていることが求められる。これに、定期的な再評価、ピアレビュー、世界中のベストプラクティスの共有からなる強固なガバナンスシステムが構築されることで、問題の早期発見と、必要に応じた是正措置の適用が可能となる。
- ・LTOに向けた改修は安全性の向上のみならず、出力向上や近代化など、プラントの強化に有効な機会でもあり、これによりLTO期間中の稼働率の向上と運転コストの削減が見込まれる。

第五章：運用面と人的側面

- ・原子力発電所は経年化している一方で、安全性と信頼性のレベルが着実に向上している。これは、構造物・系統・機器（SSC）の計画的な改修、技術的進歩と運転経験の増加、国際的なベストプラクティスの共有を促進するフレームワークに起因する。
- ・技術的にも経営的にも、LTOは新規建設よりも単純であり、全体としてリスクは低い。しかし、SSCの経年化とサプライチェーン上の懸念事項により、政策リスクの増加、市場見通しの悪化、高い規制基準の設定といった課題が顕在化している。
- ・これらの問題の深刻度は原子力利用の規模や標準化によって左右されるため、国ごとに異なる。そういった懸念を低減するためには、国際協力の強化など複数の戦略が必要となる。
- ・人材の育成・維持は依然として大きな懸念事項であり、産業界と学术界が協力して原子力産業の魅力を高めることは勿論、世間の認識に対処するうえで政府の役割が重要である。

第六章：経済面

- ・LTOコストは、①調査・計画コスト、②主要部品の交換やその他作業によるコスト、③福島第一事故後の追加対応に係るコスト、の三つに大別されるが、会計上の慣習やプロジェクトの範囲は様々であり、実際にはLTOに関連しない費用が含まれるなど、課題が多い。また実際の投資パターンは、先行投資ではなく継続的かつ漸進的であることが多い。
- ・LTOの金利抜き建設コスト（overnight cost）は、各発電所の運用・投資履歴や各国の規制によってばらつきはあるものの、保守的に見積もって450-950USD/kWeである。それに基づくLTOを行う原子力の均等化発電コスト（LCOE）は25-50USD/MWhであり、多くの国々で最もコスト競争力のある低炭素オプションの一つとなる。
- ・LTOプロジェクトのリスクは技術的にも経営的にも低く、資金調達におけるコストを低減することが可能であ

る。また、市場環境の変化に応じて柔軟に運転可能である優位性も有しているほか、系統増強の必要性なども低減される。

- しかし、固定費の割合が大きいため、特に電力価格が低い地域においては、既設炉が市場リスクにさらされる可能性は高く、それが原因となって早期に閉鎖された発電所もある。これは、規制緩和されたエネルギーのみの市場では、長期的に低炭素化を目指すことが困難であることを示しているといえる。
- アメリカにおけるゼロエミッション・クレジットの事例など、低炭素技術支援を目的とした様々な規制やメカニズムは、LTOにも拡大され得るであろう。一方で、現在の電力市場において、低排出量、手頃な価格、供給の安定性を同時に満たすうえでは、より踏み込んだ構造改革が必要となる。

第七章：LTOに向けた政策提言

①既存の低炭素設備を維持すること

既設の原子力発電所の力なしに、脱炭素化は非常に困難である。今後数十年にわたって炭素排出を抑制し、排出削減量を予測可能な解決策としてLTOは機能し得る。

②老朽化のメカニズムと管理に関する情報の技術的基盤を拡大すること

現在のLTOは、長年の研究の蓄積で可能となっている。運用期間が長期化すると、材料や寿命部品への要求が高まるとともに、安全運用に必要な技術的根拠の提供に向けた、継続的な研究開発努力が必要となる。国際協力の促進は、引き続き追求されるべきである。

③新技術とプラント強化を支援すること

原子力事業者は、資産強化や変化に適応するための強固な技術的選択肢を自由に利用可能である。安定した政策とリスク分担により、LTO期間中にさらなる性能向上を促すことができる。

④産業界の知見活用に向けた協力関係を促進すること

世界中の多くの電力会社が、LTOの改修や新技術の導入を実施している。外部ピアレビューや国際的な情報共有は、ベストプラクティスを確保し、運転期間の長期化に適応する上で効果的なツールである。

⑤サプライチェーンと原子力の専門知識をあらゆるレベルで維持すること

既存のサプライチェーンを維持すること、および若い世代に原子力労働力の重要性を明確に示すことが必要である。これらは原子力の専門知識を育成すべく、規制当局、産業界、学术界が協力して対応すべきである。国際協力は原子力部門における知識の保存と人的資本の開発に役割を果たし得る。

⑥長期的かつ予測可能な産業計画を構築すること

原子力発電のような固定費の高い技術は政策の確実性を必要とする。政府は原子力産業戦略を通じて、事業者が運転認可更新計画を立てるのに必要な、長期的で安定した枠組みを提供することができる。

⑦長期運転のシステム価値を十分考慮した市場規制改革を行うこと

多くの国々では、低炭素技術支援に向けて様々な規制やメカニズムが用いられている。それらをLTOにも適用することで、排出削減のみならず、LTOのシステム価値（アデカシーや系統の信頼性など）に報酬を与えることが可能となる。また、原子力関連の税制を見直すといった選択肢も一案である。

3. OECD/NEA, *Advanced Nuclear Reactor Systems and Future Energy Market Needs*, NEA No.7566, 2021.

エネルギー市場におけるニーズは状況に応じて変化し続けており、エネルギーシステムのあり方も変動型再生可能エネルギー（VRE）の導入増などによって絶えず変化している。デマンドサイド・マネジメント技術の普及や電力消費パターンの変化は発電設備容量のニーズのみならず、予備力や周波数管理能力のニーズにも影響を与

える。また、低炭素エネルギーは発電部門だけでなく、重工業や運輸など、低炭素化が困難とされる部門にも貢献し得る。現在、これらのエネルギーを利用した低炭素熱供給や水素製造の試みが世界中で進められている。

今日では様々な種類の新型炉が開発中であり、これらは従来以上の柔軟なエネルギー供給を可能にする能力がある。OECD/NEA は専門家グループ (ARFEM) を組織し、こうした新技術が将来のエネルギー市場におけるニーズや条件にどれだけ適合するか、また環境面や規制面でどういった制約が生じ得るか、将来的な利益を最大化する要因は何か、といった点について検討を行った。

将来の市場におけるチャンスと要求事項

電力系統における VRE の割合が増加するにつれて、短期的および長期的な柔軟性を確保する必要性が高まる。既に欧米の電力会社は、将来の軽水炉に対して新たな柔軟性に関する要求事項を設けている。現在の第三世代炉や第三世代+炉でも最新の要求事項は満たしているが、小型モジュール炉 (SMR) や第四世代炉といった新型炉は、それらにはない特徴を持っている。

将来的に、電力系統における原子力の役割は一層多様なものとなるだろう。VRE の増加はより高い負荷追従性能を要求する一方で、電気自動車やデマンドサイド・マネジメント、そしてエネルギー貯蔵技術の発展により、原子力をはじめとする従来型の電源は高い設備利用率で運転できるようになる。新型炉は十分な電力や慣性力を供給するのみならず、短期的な周波数調整から季節間の需要変動まで、幅広いニーズに対応できる。究極的には新型炉が電力系統に対して提供できるメリットは個々の設計によって様々なものとなるだろう。

新型炉は熱供給部門 (世界の最終エネルギー消費の約 50%) の低炭素化にも大きな貢献をし得る。300°C以下の熱需要については既存の原子炉で対応可能だが、300-500°Cの温度帯には現在開発中の第四世代炉が必要となる。現在の世界の熱需要の大部分は後者が占めている。SMR はこうした熱の需要地近くに設置するといった、柔軟な導入が可能である。

新型炉による水素製造は多くの部門における CO₂ 排出量削減に大いに貢献し得る。いずれの新型炉設計概念も既存の低温電気分解システムには適合可能であり、一部の概念では高温電気分解や化学熱分解によって、さらに効率的な水素製造が可能となる。水素利用のインフラは現在世界中で整備が進められているが、新型炉を用いた水素製造は産業利用や民生利用、そして運輸部門の一部で低炭素化を促進する。また、一部の国では政府の研究開発プログラムを通じて、原子炉と水素製造設備の併設に係る経済的・技術的課題の解決に動き出している。

第四世代炉は閉じた核燃料サイクルを実現することで、放射性廃棄物の減容化や資源効率性の強化といった長期的なメリットをもたらすが、それ以外にも短期的なメリットがある。そのなかで特筆すべきものが高温熱供給だが、それ以外にも受動的な安全系や産業施設との併設なども有用なオプションとなり得る。

政策提言

将来のエネルギー市場の特徴やニーズはより多様化し、カーボンニュートラル実現に向けた各国の戦略は地政学的あるいは社会的条件によって変わる。新型炉はそういった多様性に対応し、将来のエネルギーシステムにおける信頼性や脱炭素化に様々な形で貢献し得る。このポテンシャルを最大化できるよう、NEA は以下の通り提言する：

- 低炭素かつコスト競争力のある新型炉が、各国の低炭素目標達成や VRE 対策の役に立つ可能性を認めること。
- 新型炉を採用した原子力の、電力用途以外での活用を検討すること。
- 政府と産業界は協力して、現在の新型炉が有する能力の実証に取り組むこと。
- 国際協力の促進を通じて、新型炉開発の経済的な実現可能性を高めること。
- 新型炉に対する一般社会からの理解を深めるべく、継続的に取り組んでいくこと。