第 7 回 IEEJ/APERC 国際エネルギーシンポジウム　開催報告

1. 日時：2022 年 4 月 28 日（木）9:00-10:25 および 15:00-18:25 (JST)
2. 開催方法：オンライン形式（ソフト：Zoom）
3. テーマ：「カーボンニュートラル実現に向けた複線的な道筋　～リアリティ・イノベーション・レジリエンス～」
4. プログラム（日本標準時）：＊ 当研究所の特別客員研究員

9:00-9:10	開会挨拶	（一財）日本エネルギー経済研究所　理事長 **寺澤　達也**
9:10-10:25 講演 9:10-9:40 パネル ディスカッション (Q&A 含) 9:40-10:25	**セッション 1　カーボンニュートラル実現に資する脱炭素技術の開発・社会実装** ➢ 水素、アンモニア、小型モジュール炉等の脱炭素技術がどのようにカーボンニュートラル実現に資するのか。 ➢ 脱炭素技術の開発・社会実装に向けてどのような取り組みが行われているのか。	
	司会	（一財）日本エネルギー経済研究所　理事 **坂本　敏幸**
	講演・パネリスト	日　新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）技術戦略研究センター サステナブルエネルギーユニット長 **仁木 栄**
		米　原子力エネルギー協会（NEI）上級副会長 **ジョン・コテック**
		日　日本エネルギー経済研究所　化石エネルギー・国際協力ユニット CCUS グループマネージャー 研究主幹 **小林　良和**
15:00-15:30	**特別講演　クリーンエネルギー戦略の策定に向けた検討** 経済産業省資源エネルギー庁　長官 **保坂　伸**　　**＊事前に収録した動画となります。**	
15:30 -16:45 講演 15:30-16:00 パネル ディスカッション (Q&A 含) 16:00-16:45	**セッション 2　アジア新興国のカーボンニュートラル実現への道筋** ➢ アジア新興国はカーボンニュートラルをどのように実現するのか。 ➢ アジア新興国のカーボンニュートラル実現を加速させるためどのような支援が必要か。	
	司会	（一財）日本エネルギー経済研究所　常務理事 **山下　ゆかり**
	講演・パネリスト	東アジア・アセアン研究センター（ERIA）シニアエネルギーエコノミスト **ハン・フーミン**
		墺　国際応用システム分析研究所（IIASA）副所長 **リーナ・スリバスタバ**
		アジア開発銀行研究所（ADBI）リサーチフェロー **ディナ・アザガリェバ**
16:45-17:00	休憩	
17:00-18:15 講演 17:00 -17:30 パネル ディスカッション (Q&A 含) 17:30-18:15	**セッション 3　カーボンニュートラル実現に到る移行期間でのエネルギー価格及び需給の安定化** ➢ 足下での同時多発的なエネルギー価格高騰・需給ひっ迫をどのように克服するのか。 ➢ エネルギートランジションにおける最適な投資はどうあるべきか。	
	司会	（一財）日本エネルギー経済研究所　専務理事　首席研究員 **小山　堅**
	講演・パネリスト	英　オックスフォード・エネルギー研究所（OIES）天然ガス・リサーチ・プログラム議長・ 特別リサーチフェロー **ジョナサン・スターン***
		米　ライス大学ベーカー研究所　シニアダイレクター **ケン・メドロック***
		国際エネルギー機関（IEA）エネルギー市場・安全保障局長 **貞森 恵祐**
18:15-18:25	閉会挨拶	（一財）アジア太平洋エネルギー研究センター　代表理事・所長 **入江　一友**

セッション 1

セッション 1：カーボンニュートラル実現に資する脱炭素技術の開発・社会実装

司会：坂本敏幸（弊所 理事）

講演 1：仁木 栄 氏（日 新エネルギー・産業技術総合開発機構 （NEDO）技術戦略研究センター サステナブルエネルギーユニット長）

タイトル：NEDO's Activities to Realize the Carbon Neutrality by 2050

既存の技術を前提とすると、世界のGHG排出量を80%削減するための限界削減費用は約1,000ドル/t-CO_2と、膨大なものになる。非連続なイノベーションにより革新的技術の導入ができれば対策費用の大幅な削減が可能となる。導入される技術には、低コストで信頼性の高いものが求められている。

個別技術である①太陽光、②風力、③地熱、④蓄電技術の各論点については次の通りである。

① 2020年の全世界の太陽光発電の累積導入量は700GWを超え、年間設置容量は112GWに達した。太陽光発電は設置に適した土地が限られているため、新たに水上・農地・壁面・車載への対応が可能となるモジュールの開発が期待されている。

② IRENAは2050年には陸上風力が5,044GW、洋上風力が1,000GWになると予測している。日本の洋上風力ビジョンでは2030年までに10GWの洋上風力発電を計画し、2030-2035年までに発電コストを8~9円/kWhへ削減することを目指している。

③ 地熱発電は年400MWのペースで導入が進められているが、日本では停滞傾向にある。日本では超臨界地熱資源を活用できれば1地域当たり100MW以上の規模が実現可能と見込まれている。

④ 変動再エネの導入のためには蓄電技術が重要である。短周期変動では蓄電池が適しており、長周期変動には揚水発電や水素が適している。水素は長距離大量輸送や貯蔵が可能であるため脱炭素において重要技術であるが、CO_2フリー水素のコスト低減が課題となっている。

気候変動対策にはこれらの技術を導入するだけでなく、国際協調と国際ルール作りが重要である。

講演 2：ジョン・コテック 氏（米 原子力エネルギー協会（NEI）上級副会長）

タイトル：Next-Generation Nuclear Energy in a Decarbonized Energy System

原子力発電について米国での技術動向を報告する。米国では 2021 年の総発電電力量のうち19%が原子力発電であった。電力会社の多くは温室効果ガスの削減目標を定めており、蓄電技術と省エネに加えて安価で安定した低炭素電源が必要であり、その一つとして原子力発電に注目している。

バイデン政権では原子力発電を大幅に増やしていく方針である。超党派のインフラ法案では稼働中の原子力発電所のクレジットプログラムや先進炉実証への資金援助をしており、Build Back Better 法案では原子炉やクリーン発電に対する税額控除を検討している。

現在米国では、マイクロリアクター、SMR、高温ガス炉、液体金属冷却炉、溶融塩原子炉などの様々な原子炉を開発している。米国で現在進行中のプロジェクトを3件紹介する。

1. 超党派のインフラストラクチャー法案の支援を受けナトリウム冷却高速炉を開発中である。出力は345MWであり、液体ナトリウムを貯蔵することでピーク時には500MWを出力することができる。

セッション 1

2．先進的原子炉設計の実証プログラム（ARDP）を受賞したペブルベッド型高温ガス炉はTRISO 燃料を使用することで 80MW の出力が可能であり、高温で稼働するため産業用の熱源としても期待されている。

3．NuScale 社の加圧水型軽水炉は、4 基/6 基もしくは 12 基のモジュールから構成されており、各モジュールが 77MW の出力を持つ。12 基の総出力は 924MW となる。各モジュールの出力を調整することで迅速に総出力を調整することが可能である。

消費者と政府は低炭素電力を求めており、安価でクリーンな電力を供給できる原子力発電、さらに水素や熱を供給する原子力への期待は高まっている。加えて、エネルギー安全保障の観点からも世界市場で原子力は注目されている。

講演 3：小林　良和（日 日本エネルギー経済研究所化石エネルギー・国際協力ユニット CCUS グループ グループマネージャー）
タイトル：CCUS in Japan and Asia

CO_2 を活用する CCU と CO_2 を貯留する CCS について日本における取組を報告する。

日本では CCU の中でも CO2 を化学的に変化させて製品を製造するカーボンリサイクルに力を入れている。カーボンリサイクルの技術にはプラスチックや化学繊維の原料化、e-fuel といった合成燃料の製造、コンクリートなどへ CO_2 を吸収させる鉱物化がある。政府はカーボンリサイクル技術のロードマップを公表しており、2030 年までに鉱物化技術等の水素を利用しない比較的安価な技術の導入を進め、2040 年までには排出削減効果が大きいがコストが高い合成燃料等の技術の導入を目指すとしている。政府はこれらの技術導入のため、2 兆円のグリーンイノベーション基金を活用して支援する。カーボンリサイクル製品は品質が同じであるがコストが高くなるため、環境価値を評価する市場の創出が課題である。

CCS について、日本では 2016 年から 2019 年にかけて 30 万 t-CO_2 が貯留された。2024 年にかけて複数の国内石炭火力発電所から出た CO_2 を船で輸送し貯留する実証実験が行われる予定である。CCS についても政府がロードマップを策定しており、2050 年時点で 1.2～2.4 億 t-CO_2 を貯留することを想定し、2030 年までに CCS の運転を開始する計画である。本格的な導入のためには CCS に対する法・規制を整備することが必要である。個別の企業では東南アジアやオーストラリアでの CCS プロジェクトが増えており、将来的には CO_2 を国外へ輸送し貯留することも想定されている。

CCUS の知見を共有するため、アジア CCUS ネットワークが設立され、13 カ国の政府と 200 以上の企業によってCCUSの国際的なネットワークが構築されている。CCS/CCUS 技術を導入するためには、コスト低減・貯留のモニタリング・計測および検証システム・日本国内での貯留先の確保が課題である。

パネルディスカッション

坂本：最初に、3 人に共通した質問をしたい。紹介した技術の社会実装に向けた主な課題は何か？仁木様に質問、PV や風力はコストが下がっているが、水素のコストは下がる様子が見えない。ここをどう克服していくのか？

仁木栄氏：水素の普及にはコストが課題となる。日本国内での水素製造について、様々な製造

方法が考えられているが、そもそも日本国内では脱炭素化のためにも再エネ比率を高めていくことが必要である。水素を安価に供給するためにはそもそも大量生産をしないとコストが下がらないので、再エネが豊富な国で水素を作って日本に運んでくることも選択肢に入る。現状、水素の製造から運搬、利用に至るまで、様々な課題がある。水電解装置を代表とする各領域でコストダウンが必要。再エネコストを下げることも重要である。

坂本：水素の普及を進めるためにはイギリスの CFD のような、事業者のリスクを減らす施策も重要ではないだろうか？政府には今後こういった仕組みをアジャイルに、素早く導入していくことも考えていただきたい。コテック様に対して質問、安全審査や運転許可を含め、新型炉の今後の展開の課題についてコメントをお願いしたい。

ジョン・コテック氏：原子力の利用やその拡大のためには、投資家に安心感を与えることが重要である。金融をどう引き付けるかも課題だ。核廃棄物の最終処分をどのように確実に実行していくかも無視できない点である。新型炉の導入に当たっては、既存の炉よりさらに安全になるように技術開発を行い、それを丁寧に説明して社会に受容してもらうことが重要になるだろう。

坂本：米国政府の前向きな姿勢、超党派の政治のサポートが原子力の開発者に安心感を与えていると思われる。その重要性が非常によく分かる。小林さんには CCS の社会受容性についてコメントをいただきたい。

小林良和：CCS の社会受容性については、CCS の重要性を丁寧に説明して受け入れてもらうことが重要だろう。その際にはバックキャスト的な考え方も重要となる。つまり、気候変動目標の達成のために現行技術を積み上げていっても目標との間にギャップが生じ、このギャップを埋めるために CCS が必要不可欠であるということを説明していくことも重要だろう。CCS をグリーン産業として捉え直すということも考えうる。化石燃料の使用量が今後減少すると、石油化学産業を主要産業としている地域は経済基盤を失うので、これを CCUS 産業に転換していくことでむしろ CCUS は社会的な問題に対するソリューションになるという可能性があるのではないか。

坂本：ノルウェーやイギリスなど CCS の世界の先進事例で、安全であることを紹介していくことも必要だろう。次に、ウクライナ情勢を踏まえて、エネルギーのランドスケープが大きく変わっていくと思うが、その点についてコメントをいただきたい。仁木様に対して、EU はウクライナ情勢踏まえて、2030 年の水素の導入目標を 2 倍に上積みした。今後世界で水素の争奪戦になるのではないか？また、蓄電池や再エネについてはクリティカルミネラルの確保が重要であるが、それらの点についてコメントをいただきたい。

仁木栄氏：水素に関しては現状コストが高いので、すぐに国際的な争奪戦になるとは考えていない。ただ、国際的な開発競争の激化は考えている。クリティカルマテリアルについては、ロシア、ウクライナに多く賦存している点は課題である。短期的にはサプライチェーンの強化や代替調達先の開拓、長期的には使用原料の低減や代替原料の開発が必要になるだろう。

坂本：コテック様に質問。EU タクソノミーに始まり、最近欧州中心に原子力への回帰が急速に進んでいる。運転期間延長や炉の新設が相次ぐ。脱ロシアにおける原子力の役割についてコメントをいただきたい。

ジョン・コテック氏：核燃料の供給について、米国においても資源生産や燃料製造の点でロシアに

頼っている部分はある。その点、日米協力が有効な対抗手段になるだろう。欧州の原子力も、サプライチェーンにおいてロシアに依存している部分がある。今後サプライヤーの転換を進めていく必要が出てくるであろうし，その際に日米の原子力産業に求められる役割は大きくなり、チャンスになるだろう。

坂本：小林さんに質問。カーボンリサイクルに関して、どこから CO_2 を回収するのか？例えば石炭火力についてはアンモニア混焼という選択肢もある中で、どうか？

小林良和：優先順序をつけて回収対象を絞っていくことが重要。CCUS を奥の手として捉えるのであれば、脱炭素化が困難な産業用で使うのが有効なのではないか？石炭火力のアンモニア混焼と CO_2 回収を両立させるのは非効率なのでどちらか一方を採用することになるだろう。BECCS、DACS については、将来的にコストが安くなるといわれているので、将来有望だろう。DACS については一般には場所を選ばないと言われているが、その設備を設置するには広大な土地が必要になる。

坂本：仁木様にフロアからの質問。再エネ設備の廃棄物について、リサイクルはどう考えるか？

仁木栄氏：IEA の見通しを見ていても今後再エネの大量生産と大量廃棄の時代に入ることは確実。NEDO としては、再エネを今後 100 年以上にわたって持続的に用いていくことを考えると、再エネの加速度的な導入と、リサイクルや資源循環を両立することが必要と考えている。製品や設備を製造するときからリサイクルしやすい構造にすることや、環境負荷の低い材料を用いるといった研究開発が重要だろう。

坂本：コテック様にフロアから質問。アイダホ国立研究所の Versatile Test Reactor はどうなっているか？

ジョン・コテック氏：VTR については現状、連邦政府のファンディングが停止された状況にある。それはその他の優先順序の高い炉や技術に注力するためのこと。重要な技術と考えているので、今後は炉をリプレースすることや、興味のある国々を巻き込んだ国際的なファンディングが考えられると思われる。

坂本：小林さんに同じくフロアから質問。苫小牧について、地震の影響でリークなどは起きていないのか？

小林良和：私は直接 CCS 事業に携わっている人間ではないが、漏洩はないと聞いている。苫小牧近辺は元々地震の多発地帯で、小規模地震は多く起きているはずだが、その影響も聞いたことはない。ただし、未来永劫に渡って漏れが生じないよう、CO_2 は埋めておしまいではなく厳格なモニタリングが必要になる。

坂本：コテック様に質問。BBB 法案で、バイデン政権の 2035 年の電力脱炭素化目標を達成できるのか？さらに、今後中間選挙で政治情勢が大きく変わって、BBB 法案が不成立となった場合、アメリカの NDC 目標の達成はどうなると考えられるか？

ジョン・コテック氏：正確に申し上げるのは難しいが、BBB 法案が通れば、2035 年に向けて今後、原子力と再エネを含めた強力な脱炭素化政策が進められると考えている。足下の政治的な動きでいうと、現状米国下院で、より小規模な法案により脱炭素化が取り上げられていると聞いており、楽観的に見る向きもある。

セッション 2

セッション II：アジア新興国のカーボンニュートラル実現への道筋

司会：山下ゆかり(弊所　理事)

講演 1：ハン・フーミン氏(東アジア・アセアン研究センター(ERIA)シニアエネルギーエコノミスト)

タイトル：Decarbonization of ASEAN Energy System: The Optimum Technology Selection Model Analysis up to 2060

線形計画モデルである IEEJ-NE モデルを用いることによって、CO_2 排出量制約やエネルギー需給バランスなどの各種制約下における、エネルギーシステム全体のコストが最小となる場合のエネルギーシステムの在り方を分析した。本分析では、排出量の制約に応じ、(1) 2060 年までに排出量制約を設定しない Baseline シナリオ, (2) 自然カーボン貯蔵を用いることを前提とし、各国で 2060 年までのネットゼロ実現する CN2050/2060 シナリオ, (3) 自然カーボン貯蔵を用いずにネットゼロを実現する CN2050/2060 w/o Carbon Sink シナリオを策定した。加えて、これらのシナリオを基準として、技術イノベーションが起こることを想定したシナリオと、2030 年までの排出量の制約をより強化したシナリオを策定し、感度分析を行った。

その結果、ASEAN におけるエネルギーシステムの脱炭素化に向けては、エンドユース側における電化や、従来の水力、地熱、バイオマス等を含む様々な低炭素電源の活用が重要な戦略となることが示唆された。2060 年に向けたエネルギーの移行期においては、水素、アンモニア、CCS 等を含む様々な化石燃料の低炭素化技術をバランスよく活用することが CO_2 の効率的な排出削減につながる。また、カーボンニュートラルを前提としたシナリオにおいては、排出削減コストやエネルギー価格は上昇する結果が得られた。そのため、カーボンニュートラルの達成に向けて、エネルギー技術のコスト削減や国際的な協力が重要となる。このように、本シミュレーションの結果より、脱炭素化に向けては重要な経済的な課題があることも示唆された。

講演 2：リーナ・スリバスタバ　氏(墺　国際応用システム分析研究所（IIASA） 副所長)

タイトル：Asian developing countries' pathways to carbon neutrality

2021 年 11 月現在の世界の温室効果ガス排出量のうち、90%分の国々においてネットゼロとする目標が掲げられている。しかし、ネットゼロ目標を掲げている国の排出量の 73%分は、必ずしも目標の達成に向けた計画が十分ではない。

IPCC の 1.5℃特別報告書(SR15)の LED シナリオ(Low energy demand scenario)においては、エネルギー需要が大幅に減少することにより、大気汚染による死亡者を 1.4 百万人防ぐことができることが示されている。

パリ協定の達成に向けては、化石燃料消費が大幅に削減される必要がある。多くのシナリオを分析した結果、運輸分野などの電化や人口増大によって、電力需要は大幅に増大となることが示された。発電電力量が急激に増大することによって、再生可能エネルギーによる発電量も大幅に増大し、多くの国では 10 年以内に再生可能エネルギーが主要電源となる。南・東南アジアにおいては、2030 年までに少なくとも 50%、2050 年までに 100%が脱炭素電源により供給される。石炭火力発電については、2030

セッション 2

年までに急激に減少し、2040 年までにフェードアウトとなる。風力発電と太陽光発電は最も重要な技術であり、パリ協定の達成に向けては再生可能エネルギーや蓄電技術の活用が利用可能な技術として期待される。

2000 年以降、世界の石炭火力発電は、中国とインドでの爆発的な導入により倍増した。中国とインドでは、今後も大幅な石炭火力発電の増設が計画されており、2030 年に向けて化石燃料はストップをかけていかないといけない。インドのムンバイでは、20 年前倒しでネットゼロ排出を実現しようとする動きにある。ネットゼロ排出の達成に向けては、クリーンエネルギーやインフラへの投資、計量的なフレームワークの策定、ガバナンスなど様々なサポートが必要である。

講演 3：ディナ・アザガリェバ氏(アジア開発銀行研究所（ADBI）リサーチフェロー)
タイトル：Financing Asian developing countries pathways to carbon neutrality

アジア太平洋地域におけるインフラ投資は GDP の概ね 6%である。資金調達の手段としてグリーンボンドは、2020 年はコロナウイルスの影響で停滞したが、2021 年には様々な投資家の支援によって急上昇した。グリーンボンドの発行の多くは欧米の国々で行われているが、中国や韓国、日本においても前年比で大きく増大した。他方で、グリーンボンドの課題として 3 点挙げられる。1 点目は、“グリーンであること”のコストが挙げられる。これに対しては香港や中国、日本、マレーシア、シンガポールで既に行われているように、政府によるグリーンボンドに対する支援が一つの解決策となる。2 点目は、外国通貨でグリーンボンドを発行した場合においては、現地通貨との為替リスクの変動リスクが生じる。これに対しては、変動が激しい場合にはマレーシアで実績があるように現地通貨での返済が可能である。3 点目は、ムーディーズ等による格付けの低い発行者に対する需要の不確実性が挙げられる。これに対しては、政府や年金基金による買い取りの保証が一つの解決策となる。

グリーン投資を行う投資家の数は増えており、アジア開発銀行(ADB)では 2030 年までに投資額を 1000 億ドルに増大させることを計画している。ADB の Energy Transition Mechanism (ETM)は、市場原理によって化石燃料からクリーンエネルギーの移行を加速するメカニズムであり、早期に廃止した石炭火力発電設備の資産を、政府や銀行の支援などによって、再エネの投資などに回すことを目的としている。インドネシアやフィリピン、ベトナムではパイロットプロジェクトが行われており、3 か国においては石炭火力の早期廃止に貢献している。同メカニズムはアジア太平洋地域及びその他の地域にも拡大できる可能性がある。長期的な気候変動対策に向けては、単一のソリューションはないため、複合的な対策をとることが必要である。

パネルディスカッション

山下氏：2021 年は、特定のエネルギー源に依存することには課題があることが示された。その要因として、コロナ禍からの経済活動再開によるエネルギー需要の増大、石炭火力の廃止、再エネ依存度の増大、寒波熱波の季節要因による急激な需要増等が挙げられる。本セッションでは、アジア新興国の経済成長とカーボンニュートラル実現の関係を取り上げたい。アジアの新興国、特にパネリストの出身国において、欧米の国々と比べて、カーボンニュートラル実現に向けてどのような課題がある

セッション 2

か。また、その課題に対して、どのような対策をとるべきかコメント頂きたい。

ディナ氏：日本では、2 月の電力不足の際に省エネで対応したこと認識している。アジア諸国で電力需要が急激に増えているが、再エネが近い将来にすぐ供給されるわけではない。そのため、エネルギー効率を上げることが重要となる。東南アジアでは、低炭素の冷房を配するグリーンビルディングを推奨している。政府や投資家には、グリーンビルディングへの投資促進に向けたグリーンボンドの活用を検討頂きたい。マレーシア、シンガポールでは既にそのような動きがある。

リーナ氏：2050 年カーボンニュートラル達成は容易ではない。生物多様性、大気汚染などの課題もある。各国の道筋も異なる。途上国のエネルギーアクセスの課題、先進国のライフスタイルの変化もある。他方で SDGs 目標の進捗は芳しくない。今後どのようなメカニズムを構築することができるのか、スピード感をもって対応しなければならない。

ハン氏：単一のエネルギーのみでカーボンニュートラルは達成しえない。全てのセクターと幅広い技術で脱炭素化を考える必要がある。カーボンニュートラル達成に向けては、太陽光や風力、バイオマスなど化石燃料に依存しない既存の成熟した技術を活用しなければならないが、政府機関や金融機関が各技術の必要性を理解して投資していくことが重要。また、再エネだけでなく CCS、アンモニア、DAC などの技術を用いてエネルギー移行を行うことも重要となる。中期的には、石炭火力発電の早期退出などが必要となるが、東南アジアの国々では、石炭火力発電から再生可能エネルギーへの移行に向けた政策(ロードマップ)の策定が課題となっている。

山下氏：アジアの新興国において、経済成長とエネルギー安全保障をどのように両立させることできるか。

ハン氏：各国が優先するのはエネルギー安全保障である。エネルギー安全保障は、各国の協力が必要であり、各国が単独で行うというものではない。また化石燃料の価格が高い中では、再エネの早急な導入が必要。

山下氏：ウクライナ危機を含むエネルギー安全保障は世界的に取り組まなければならない課題である。一方でエネルギー供給が不足するとエネルギーアクセスに関わるので、国際的な支援が必要となる。

リーナ氏：ヨーロッパを含めて化石燃料への依存をやめて再エネへ移行すべきである。我々のマインドセットと行動の両面を切り替えることが必要。

山下氏：以前にハン氏が投稿された記事では、今回のウクライナ危機が、再エネへの移行を推進するのか、化石燃料の回帰を促すのか問題提起された。その際 ADB が果たす役割についてコメント頂きたい。

ディナ氏：原油価格の上昇は、ADB が扱うグリーンボンドにプラスに働くと考えている。一例として、今年 2 月に中国では太陽光パネルの輸出量の最大値を記録した。

山下氏：エネルギーの安定供給は政府にとって重要。カーボンニュートラル実現に向けた技術革新、制度の変更、消費者のライフスタイルが後退しないようにいかに進めるか知恵をしぼっていく

必要がある。

山下氏：日本政府は水素・アンモニア・CCUS などの様々な技術を支援している。アジアのカーボンニュートラルに貢献できる技術としてどのようなものが挙げられるか。

ハン氏：東南アジアは化石燃料の依存度が高いため、水素、アンモニア、CCUS を組み合わせることが重要。水素は特に重要であり、輸送と発電だけで使うのは不十分。アンモニアは発電用に混焼技術の必要性が高まっている。

ディナ氏：水素、CCUS、エネルギー貯蔵は、現状高コストだが急速に下がってきている。これらの技術の活用によって、化石燃料の使用を減らすことができる。投資を引き寄せるには、グリーンかどうかが重要。水素の製造に再エネを使うこと、エネルギー貯蔵も再エネで行うことが重要。一方で、化石燃料の扱いについて、水素の製造に使うのかどうか明確にしなければ投資家を引き寄せることできない。投資家に受容される“グリーン”の定義が必要となる。

リーナ氏：技術は解決策の１つだが全てではない。発展途上の技術は直ぐに実用可能ではない。そこで問われるのは我々のマインドセット。イノベーションにとらわれすぎてしまうのは問題。新たな技術にはリスクがあることも認識することが必要。

セッション 3

セッション 3：カーボンニュートラル実現に到る移行期間でのエネルギー価格及び需給の安定化

司会：小山堅（弊所 専務理事 首席研究員）

講演 1：ジョナサン・スターン 氏（英 オックスフォード・エネルギー研究所（OIES） 天然ガス・リサーチ・プログラム議長・特別リサーチフェロー）

タイトル：ロシアのウクライナ侵攻：ヨーロッパのガス・LNG 市場へのインパクト

ヨーロッパのガス価格が乱高下する中、ロシアからのガス輸入について、我々の研究所では三つのシナリオを想定している。一つ目は、現行の長期契約が満期になるまでロシアからのガス輸入が維持されるシナリオ。二つ目は、2022 年中にロシアからのガス供給の 3 分の 2 を削減し、2027 年までにロシアからのガス輸入を完全に停止するシナリオ。三つ目は、2022 年の冬を待たずにロシアからのガス供給をゼロにするシナリオである。二つ目のシナリオは、欧州委員会が発表した「REPowerEU」計画に基づいており、ロシア以外からのガス輸入の促進、EU 域内のガス需要の抑制、ガスの貯蔵率の増加、を短期で達成することを目標とする。この中には、パイプラインによるガス輸入の増加など、実現可能と考えられる項目もあるが、LNG 輸入の増加や再エネの導入促進など実現が難しいと思われる項目も含まれている。

直近の課題であるロシア産ガスのルーブル決済要求について、長期契約の違反になるのか、EU 制裁の抜け道になるのか、といったことは専門家の間でも合意がない。ロシアが供給停止を表明したポーランドとブルガリアのケースは、供給契約が今年で満期であり、ブルガリアは輸入するガスも少量であるため、それほど深刻にはならないだろう。他方、ドイツ、イタリア、フランスへの供給が同じ理由で停止されるならば、深刻な問題に発展し得る。問題の解決策となる LNG について、ターミナル予備能力の大部分はスペインと英国が保有しており、両国から他のヨーロッパ諸国への輸送が今後の課題となる。また、アジアの買い手との競争が起こることは避けられないだろう。

ヨーロッパが急速にロシア産エネルギーからの脱却を目指す過程で、石炭消費の増加により短期的にはエネルギー移行に負の影響を及ぼす可能性がある。他方で、化石燃料の価格が高止まることで、エネルギー効率の改善が進み、移行を促進する可能性もあろう。ただし、コロナで政府の収入が減っているにも関わらず、政府による低炭素技術への大規模な支援は不可欠だ。エネルギー移行は、ロシアの侵攻を抜きにしても難しい課題であったが、今後数年間はヨーロッパ経済・エネルギーにとって非常に困難な局面となるだろう。

講演 2：ケン・メドロック 氏（米 ライス大学ベーカー研究所 シニアダイレクター）

タイトル：エネルギー移行の複雑性

エネルギー移行は、新たなインフラやサプライチェーンの構築を要する非常に複雑なものである。異なるプレイヤー間の調整が非常に複雑で困難であるために協調できず悪い状況に陥ってしまう可能性がある。グリーン水素の導入を例にとっても、電気分解装置の導入やサプライチェーン構築において、様々な交渉が売り手と買い手の間で必要となる。多くの調整を要するビジネスを成功させるためには、各プレイヤーの強い意志が不可欠となる。

過去 100 年以上にわたって構築された電力インフラが世界中に存在し、ヨーロッパでは、ロシアからの

セッション 3

天然ガスパイプラインを前提として、ガス業界が長年にわたりインフラを構築してきた。これらのインフラを全く違うものと、しかも短期のスパンで置き換えることは、至難の技である。エネルギー業界のインフラにかかる資本はどの業界よりも大きく、回収に長い期間が必要となる。新しいインフラを作るためには、資金の投入が必要であり事業者はコストを回収し、商業的に意味のあるものにしなければならない。我々は既存のインフラがある地域に目を向けがちだが、現在エネルギーへのアクセスを持たない地域へのエネルギー供給には非常に大きな投資が必要になることに注意を払う必要がある。

OECD 加盟国では既存のインフラが陳腐化し置き換えが必要な一方で、非 OECD 諸国では過去 20 年に作られた化石燃料の比較的新しいインフラが、今後も使用可能な状況である。これは、先進国と途上国の抱える問題が異なっており、エネルギー移行を進めるにあたって互いに協調して進めることが困難となり得ることを意味する。

エネルギー移行期において、既存インフラからのエネルギー供給が不足する中で、新エネルギーによって需要を満たすことができない状況が発生した場合、価格が大きく変動し短期的に大きな悪影響をもたらす。今後、各国の政府と人々がどのようにエネルギー移行とエネルギー安全保障の問題に取り組んでいくのか、２つの問題が互いにどのように影響し合っていくのかを注視する必要がある。

講演 3：貞盛　恵祐　氏（国際エネルギー機関（IEA）　エネルギー市場・安全保障局長）
タイトル：エネルギー移行の安全保障

IEA は「エネルギー移行の安全保障」という新しい概念を提唱している。ナポリ開催の G20 で公表されたエネルギー原則は、この概念をベースとしており、エネルギー効率の優先化、安定した再エネ電源の統合、人間を中心に据えた移行、などを掲げている。また IEA は、移行過程における石油・ガスの安定供給を、安価なエネルギーへのアクセス及び移行の正当性確保、という観点から重要であると考えている。石油市場は、ウクライナ侵攻により供給ロスがあるものの、低い需要の見通しや歴史的な IEA 加盟国の備蓄放出の影響により、均衡状態に近づくと予想される。需要への対応も重要で、IEA が作成した「10-Point Plan」では、出張の抑制、在宅勤務の推進、公共交通機関の利用、などを需要低減の取り組みとして挙げた。これらの取り組みは先進国だけでなく、新興国でも求められよう。

他方、LNG 市場は逼迫した状況が続くと考えられる。その背景には、世界で追加の輸出余力が不足している中、ヨーロッパ市場がますます LNG を必要としている事情がある。IEA は、ロシア産ガスへの依存低減についても、「10-Point Plan」を作成した。EU のシナリオと比べ控えめであるが、1 年以内にロシア産ガス輸入のうち 3 分の 1 を減らすための措置として、ロシアとの新しい供給契約の停止、他国からのガス輸入の促進、ガス貯蔵率の向上、省エネ効率の向上、などを挙げている。

電力については、太陽光や風力発電設備導入のための許認可を推進し、系統への連携を加速化する必要がある。その際、再エネが出力抑制されない形で統合を進めることが重要だ。2020 年以降、石油・ガスの需要量がネットゼロに向かう形で減っておらず、再エネ投資は過去 2 年に比べると不足している。2050 年にネットゼロを達成するためには、再エネに対して現行の 3 倍の投資が必要である。再エネ投資が進まなければ、石油・ガス需要も下がらないため、全体として信頼性の高いエネルギー供給を確保する重要性を認識しなければならない。

セッション 3

パネルディスカッション

小山：スターン氏の発表の中で、ロシアからのガス供給が完全に途絶するシナリオが三つ目に紹介された。報道されているポーランドとブルガリアへの供給停止を見るに、このシナリオに差し掛かっている気配がある。このシナリオがもし実現するとしたら、ヨーロッパやアジアのガス価格、ヨーロッパの経済はこれから先どうなっていくのだろうか。

ジョナサン・スターン氏：SNS では、ルーブル建て支払いを行う目的で、少なくとも 10 社のヨーロッパ企業がガスプロムバンクのアカウントを開設したとの情報が出ている。欧州委員会はそのような動きを EU 制裁違反であると認識している可能性が高く、状況は複雑だ。いずれにしても、完全にロシアからのエネルギー供給が途絶えるのであれば、非常に深刻な問題になるだろう。特に直撃を受けるのはイタリア、フランス、ドイツだが、東ヨーロッパも例外ではない。今後数年間は、可能な努力を続け、供給を継続しなければならない。もしガスが失われるのであれば、排出問題に関わらず石炭で代替することになるだろうが、石炭も多くの輸入をロシアに依存しているのが現実だ。エネルギーシステムからロシアを引き離すことは、多くの困難を抱えることになるということである。EU 加盟国間の融通や、EU と英国との関係が、どのように影響するのかは明らかでない。EU がロシアの化石燃料に対する依存を減らすように努めることは間違いないが、例えばロシアのディーゼル燃料にヨーロッパが依存していることも深刻な問題だ。

小山：アメリカの視点をメドロック氏に伺いたい。ロシアのガス供給がヨーロッパで大幅に減った場合、ヨーロッパに対する代替ガス供給の中心はアメリカの LNG になると考えられる。アメリカの LNG は、この問題の解決にどの程度貢献することができるだろうか。また来年、再来年にかけて、アメリカの LNG はウクライナ危機下にあるガス市場の安定にどの程度貢献できるのか。

ケン・メドロック氏：アメリカの LNG は状況を改善させる潜在性を持っているが、ヨーロッパは石油や石炭についても課題を抱えているため、万能なわけではない。確かに、アメリカの LNG は仕向地の制限がないため、過去数ヶ月は多くの LNG がヨーロッパに向けられた。アメリカ国内でも、自国のガス、原油、石油製品が世界の需要を支える、という機運が高まっているように見える。他方、過去 10 年間の石油・ガス産業への投資の状況と比較して、今は投資家はそれほど掘削に積極的でない。世界的な恐慌の兆候や中国でのコロナの再燃は、投資への態度をより保守的なものとしている。生産量の増加自体も、アメリカではガスの多くが原油に随伴して採取されるため、両方の価格シグナルが影響し合うことを念頭に置かなければならない。また、LNG の生産増加を可能にする資本へのアクセスも、銀行やパブリックエクイティが支援に消極的であるため、将来的な制約があると考えられる。資本へのアクセスを確保するためには、現在のようにガス価格が高い状況の継続が望ましいものの、そのような状況が続くと消費者は不満を抱え、投票行動などの政治的な動きに発展し得る。いずれにしても、将来的な LNG を見通す鍵は資本へのアクセスになるだろう。

小山：ヨーロッパでロシアのガス供給が大幅に減少するシナリオになった場合、ヨーロッパのエネルギー市場がどうなり、特にアジアのエネルギー市場にどのような影響を及ぼすのか。IEA としては、どのように提言するだろうか。

貞森恵祐氏： ロシアからの天然ガス及び石油の供給が大幅に下がると、経済にマイナスの影響があるというスターン氏の意見に賛成だ。政治と戦争が現在の状況を作っているので、欧州諸国は強制的に現在のエネルギー問題に対応しなければならない。IEA が提言しているのは、基本的な安全保障の原則に基づく。つまり多様性が重要であるということだ。IEA としては、既に紹介した「10-Point Plan」において、LNG にとどまらずエネルギーミックスの多様性を担保することの重要性を指摘している。具体的には、既に原子力を所有している国について、段階的な廃止を見直すことなどを提案している。例えばベルギーは、フェーズアウトを予定していた既存の原子炉を延命させることについて議論を進めている。各国はエネルギー安全保障のあり方を再検討することになるが、既存の選択肢を使うことが重要になる。IEA としては、エネルギー安全保障をめぐる環境が厳しい中で、各国が必要とする助言に努める。

聴講者：原子力について、スターン氏と貞森氏からのコメントを頂戴したい。 岸田首相が、日本の原子力を再稼働すると、日本が消費する LNG を節約してその分をヨーロッパのガス供給に充てることができる、と発言した。 この点についてどのようにお考えだろうか。

ジョナサン・スターン氏：ヨーロッパとしては、どのような形であっても LNG が流れてくることは望ましい。今年はアジアにおける LNG 需要の大きな高まりはないと予想されているが、新しい LNG の供給源があるわけではないので、来年や再来年の状況はさらに厳しくなるのではないかと予想している。ベルギーの原子力再稼働についてコメントがあったが、ドイツは今も原子力発電停止予定の変更に関する検討に踏み切っていない。英国では原子力がエネルギー移行に向けた大規模な低炭素電源として認識されている。ただ、原子力は 5~10 年間の比較的長期的な解決策であり、欧州では原子炉の新設に対して大きな反対の声がある。新設コストについても風力・太陽光より高い。他国が様々な支援をしてくれることはもちろん望ましいが、原子力の将来的な貢献の見通しは不確実である。

貞森恵祐氏：LNG カーゴは日本からヨーロッパに既に仕向地が変更されている。日本が LNG を引き取らないことで、欧州のガス市場に追い風となることは確かだ。ここで指摘したいことは、原子力を再稼働させること自体が、日本にとっても重要であるということだ。日本の電力市場は需給が逼迫して余裕度の低い状況にある。電源の多様化と低炭素のベースロード電源を進めるという点で、原子力を再稼働することは大切だと考える。原子力の新設は非常に難しいが、最大限の努力をして既にあるものは使うべきだ。IEA は、原子力の役割が将来的にますます重要視されると考える。ネットゼロの道筋における原子力の役割について、我々は報告書を 6 月頃に発表する予定だ。

セッション 3

聴講者：ESG への対応が資本市場及びエネルギー供給にどのように影響するのか。

ケン・メドロック氏： ESG は投資家の頭を占めている重要な要素で、投資のハードルになっている。環境・社会・ガバナンスの問題の重要性が高まり、IR でも常に扱うようになった。新たな問題として取り組まなければならず、資本は一定の制約を課されるだろう。ただし、投資家にも色々なタイプがいる。化石燃料には絶対投資しない投資家、リターンを重視してどこにでも投資する投資家、特定の条件付きで化石燃料に投資しても構わないとする投資家、がそれぞれ活動している。化石燃料を使用していても、環境への取り組みを示すことができたら、企業は資本へのアクセスが得られる場合があるということだ。また、価格が今のように高水準であると、化石燃料に対する投資に前向きとなり、ESG の障壁が下がる可能性も考えられる。もちろん ESG が重要であることは間違いないが、そのハードルを変える事情があることも認識する必要があろう。

貞森恵祐氏： ESG に関する動きは、脱炭素を加速させるだろう。ただし、多くの投資家は実利的なアプローチを重視する。アジアの市場をみると、天然ガスは石炭からの移行という面で大きな役割をこれから 10~20 年果たすことになるだろう。もちろん電力系統においては価値の高い太陽光・風力も投資対象となる。ESG 自体が重要であること自体は論を俟たないが、天然ガスの低炭素なエネルギーシステムへの貢献は、投資家も重視すべきだと考える。

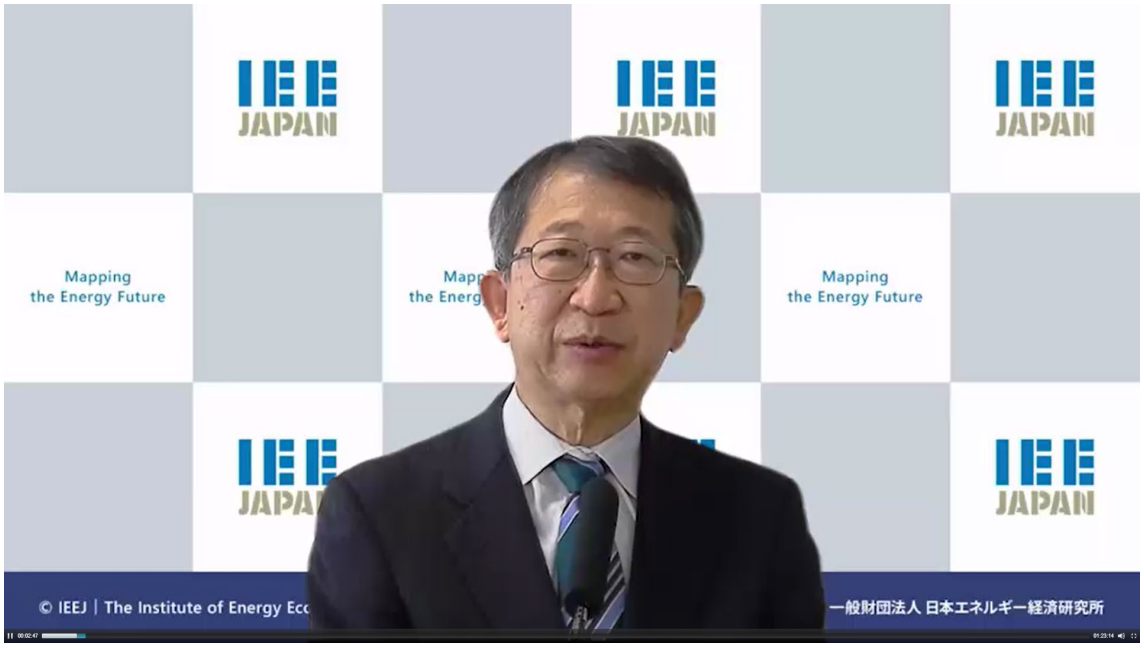
小山：最後に講演者皆様の意見を伺いたい。今回のウクライナ危機の結果として、カーボン・ニュートラルに向けた移行は加速するのか、それとも大きな課題が出てくるのか。

貞森恵祐氏：ネットゼロへの動きは加速すると思う。短期的には石油・天然ガスの安定供給への懸念があるため、政府は対応する必要があるだろう。しかし、長期的には、再エネ、原子力、低炭素水素などの技術導入を後押しして、エネルギー移行に貢献することになると思う。

ケン・メドロック氏：地域によって異なるため、より複雑になるだろう。ヨーロッパを含む先進国では、政府の政策が後押しして、新たな技術の導入が進むだろう。特に短期間で移行を実現するために R&D への投資が進むことは間違いない。他方、天然資源への豊富なアクセスがあり、安定したサプライチェーンも構築されている国の場合は、移行が加速せず、むしろ減速する可能性すらある。エネルギー安全保障と環境への取り組みが地域によっては両輪となっていない。先進国においては技術へのアクセスやコストが問題なければ移行は加速化するが、途上国は同様でないだろう。

ジョナサン・スターン氏：発表でも述べたように、ヨーロッパの移行は加速する可能性がある。ただ短期的にヨーロッパ、場合によっては他の地域で、エネルギーの需要家の痛みが増すと予想される。プーチン大統領がこの痛みの責任を負うのか、それとも自国の政治家が負うのか、ということが非常に重要な政治的焦点となるだろう。特にエネルギーの移行が重視される国では大きな問題になると思われる。この議論が政府の振る舞いにどのように反映され、エネルギー移行に費やすコストにどのように影響するのかは、非常に難しい問題である。

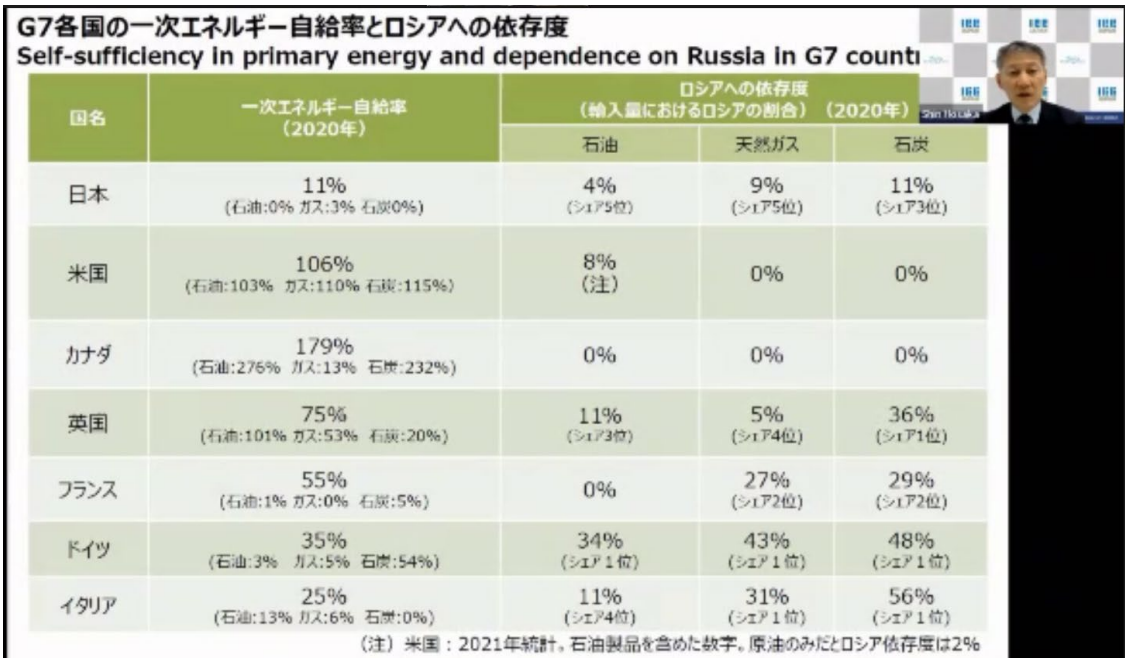
開催のようす



開会挨拶

セッション 1

開催のようす



G7各国の一次エネルギー自給率とロシアへの依存度
Self-sufficiency in primary energy and dependence on Russia in G7 countri

国名	一次エネルギー自給率（2020年）	ロシアへの依存度（輸入量におけるロシアの割合）（2020年）		
		石油	天然ガス	石炭
日本	11%（石油:0% ガス:3% 石炭0%）	4%（シェア5位）	9%（シェア5位）	11%（シェア3位）
米国	106%（石油:103% ガス:110% 石炭:115%）	8%（注）	0%	0%
カナダ	179%（石油:276% ガス:13% 石炭:232%）	0%	0%	0%
英国	75%（石油:101% ガス:53% 石炭:20%）	11%（シェア3位）	5%（シェア4位）	36%（シェア1位）
フランス	55%（石油:1% ガス:0% 石炭:5%）	0%	27%（シェア2位）	29%（シェア2位）
ドイツ	35%（石油:3% ガス:5% 石炭:54%）	34%（シェア1位）	43%（シェア1位）	48%（シェア1位）
イタリア	25%（石油:13% ガス:6% 石炭:0%）	11%（シェア4位）	31%（シェア1位）	56%（シェア1位）

（注）米国：2021年統計。石油製品を含めた数字。原油のみだとロシア依存度は2%

特別講演

セッション 2

開催のようす

セッション 3

閉会挨拶

以上