

CIGS 日中専門家ワークショップ 2019

—地球温暖化長期戦略と実現の道筋—

【ワークショップ要旨】

日 時 : 2019年9月5日(木) 13:00-17:00

場 所 : キヤノングローバル戦略研究所 会議室3

■ 趣旨説明

(キャノングローバル戦略研究所主任研究員 段烽軍)

- ・ 経済成長に伴い、世界のエネルギー消費が増加し、将来も増加していくと予測されている。CO2 排出量は、2014-16 の三年間に停滞していたが、エネルギー消費の増加に従い、再び増加に転じている。地球温暖化抑制するためには、エネルギー消費の抑制、または CO2 を出さないエネルギーの供給が必要である。
- ・ CO2 排出量の削減に関して、主要国（大排出国）の取組が中心であるが、急速に伸びる途上国での取組も重要である。また、セクター別には、発電部門と運輸部門が注目され、技術開発は進んでいるが、産業民生部門における取組も必要である。
- ・ このような背景を踏まえて日中両国の状況を確認すると、両国ともエネルギー消費と CO2 排出の大国であり、製造業のシェアが大きい産業大国でもありながら、再生可能エネルギー導入大国であり、クリーンエネルギー技術大国でもある。日本は省エネ技術大国であるに対して、中国はクリーンエネルギー設備製造大国である。また、両国とも、エネルギーインフラの海外輸出を積極的に推進している。
- ・ 従って、世界の地球温暖化抑制における日中両国の役割は、国内におけるクリーンエネルギー転換と低炭素産業モデルの構築を図り、さらに技術・製品・産業モデルを持って、途上国の低炭素社会の実現をリードすることである。また、日中両国は、資源・技術・生産能力などにおいて強く補完関係があり、両国の協力により、上記の役割をよりよく果たせるはずである。
- ・ 本日のワークショップにおいて、両国の専門家は、世界の地球温暖化抑制に貢献できる日中協力を検討するために、日中両国それぞれの長期戦略とその実現する道筋を検討し、そのうえで共通課題を整理し、協力の可能性を探る。

■ 基調講演 1：中国エネルギー転換情勢及び中長期低炭素戦略

(清華大学エネルギー環境経済研究所教授 何建坤)

- ・ 中国は、第十一次五カ年計画（2006-2010）から、GDP 当たりのエネルギー消費量と CO2 排出量の拘束性目標が制定されてきた。さらに、第十三次五カ年計画（2016-2020）から、エネルギー消費について、GDP 原単位と総消費量との両方の目標を掲げて、経済・エネルギー・環境の総合管理を通じて、グリーン低炭素循環型経済を目指している。また、パリ協定の枠組みにおいて、中国は 2030 年に GDP 当たりの CO2 排出量は 2005 年に比べて 60-65%を削減し、非化石燃料の一次エネルギー消費に占める割合を 20%に上げ、2030 年前後に CO2 排出量をピークアウトするとの NDC を約束している。中国経済は、高速成長から安定成長（新常态）に転じて以来、エネルギー消費と CO2 排出の上昇傾向から脱出し、CO2 排出の年間増加率は、2005-12 年の平均 5.4%から、2013-18 年の平均 0.8%に低下した。経済の量的成長から質的成長への転換以来、エネルギー多消費製品の需要は低下し始め、2018 年の GDP 当たり CO2 排出量は、2005 年に比べて 48%低下し、パリ協定における NDC の実現に向けて着実に進んでいる。しかし、過去二年間(2017 と 2018)

には、エネルギー消費と CO2 排出はリバウンドし、年間伸び率はそれぞれ 3%と 2% 前後になっていた。この傾向は、長く続かないと予想されるが、低炭素戦略を強化し、産業転換を推進しなければならない。NDC の GDP 当たり CO2 排出量の目標を実現するには、産業構造転換と技術革新による省エネを通じた GDP 当たりのエネルギー消費の削減と、エネルギー転換及び CCUS 技術の利用を通じたエネルギー消費当たりの CO2 排出の削減との両方とも重要である。中国の現在の GDP 当たりエネルギー消費量の年間低減率は 3.5-4.0%であり、2050 年に向けて 3.0-3.5%程度を維持すると予想される。一方、再生可能エネルギーや原子力エネルギーの大規模導入推進により、エネルギー消費当たりの CO2 排出量の低減率は、現在の年間 1.2%から 2030 年の 2%、さらに 2050 年の 3%になると予測されている。GDP 当たりのエネルギー消費量の低減とエネルギー消費当たりの CO2 排出量の低減を合わせて、2030 における GDP あたりの CO2 排出量の年間低減率は 5%に上げて、経済の潜在成長率の 4-5%を超え、CO2 排出量のピークアウトを実現する。そのため、既存のローカル環境対策と統合された低炭素戦略を着実に推進し、さらに策定中の第十四次五カ年計画（2021-2025）において、CO2 排出総量規制を導入し、バックキャストメカニズムの形成を持って、エネルギー構成と産業構造の転換を促進する必要がある。

- ・ パリ協定に基づいて、中国も 2050 年に向けての長期戦略を策定している。それをサポートするために、清華大学の主導で国内 20 以上の研究機関が参加し、長期シナリオ解析を行っている。解析は、2030 年と 2050 年との二つの目標年に向けて、2 段階となっている。2030 年に向けて、政策シナリオと削減強化シナリオを解析し、2050 年に向けて、さらに 2°Cシナリオと 1.5°Cシナリオを追加して解析している。政策シナリオは、シナリオ比較の参照であり長期戦略の選択肢ではない。2030 年までに NDC を実現し、その後 2050 年まで既存政策が延長される。削減強化シナリオでは、ボトムアップアプローチにより最大努力をし、GDP 当たり CO2 排出量は、2005 年と比べて、2030 年と 2050 年それぞれ 70%と 90%を低減し、2050 年における排出総量は、ピーク時より 40-60%削減する。2°Cシナリオにおいて、2030 年までは削減強化シナリオと同じだが、2050 年には世界の 2°Cシナリオに合わせて、CO2 排出量はピーク時より 70-80%削減する。そこからバックキャストして、GDP 当たり CO2 排出量の低減率は、2030 年の 3%から増加し、2040 年に 6-7%に達する。1.5°Cシナリオでも、2030 年までは削減強化シナリオと同じだが、2050 年には世界同時にカーボンニュートラルを実現する。一部の解析結果に示されるように、削減強化シナリオの実現には、電化率の向上、非化石燃料の大規模利用、省エネ技術の普及が中心となるが、2°Cシナリオを実現するために、発電と産業部門における CCS の導入及び水素と大規模蓄エネルギー技術の利用が必要となり、さらに 1.5°Cシナリオを実現するために、BECCS の応用による発電部門のネガティブエミッション、産業部門における水素利用、カーボンシンクの大規模増加などが必要となる。

■ 基調講演 2：温暖化対策の日本の長期戦略とその実現可能性

(エネルギー経済研究所常務理事 黒木昭弘)

- ・ 日本政府は、パリ協定の枠組みにおいて、2030年の温室効果ガス排出量を、2013年に比べて26%削減とのNDCを約束している。その自主目標に合わせて、温室効果ガスの大部分を占めるCO₂の排出削減を実現する姿として、2030年の長期エネルギー需給見通しを発表している。FITの実施による太陽光発電の大規模導入があり、再生可能エネルギーの導入目標はクリアできる見通しになっているが、電力市場自由化や高額な安全対策費用に影響されて、原子力発電の目標の実現は難しい。2050年までの長期戦略を策定し、UNFCCCに提出しているが、80%削減の目標を実現する道筋を示しておらず、大きな課題となっている。
- ・ 低炭素社会作りに大きく期待されている再生可能エネルギー（風力発電、太陽光発電）のコストは、世界的に急激に低下している。ユティリティスケールの太陽光発電は、2013年から2017年までに88%低下し、地域の違いがあるものの、風力発電は太陽光より低いケースもある中で、日本におけるコストは極端に高い。太陽光も風力も、ドイツなどの欧州国の倍近くであり、風力発電は米国テキサスの約10倍もある。大規模導入には、大幅にコスト削減が必要である。
- ・ 低炭素電源のもう一つの選択肢である原子力発電所の再稼働も予定通りに進んでいなく、テロ対策が遅れば再稼働ができた原子炉も再停止することはあり得る。その再稼働を阻む最大の要因は、安全対策費の高騰である。電力各社の見積もりは、2013年初めの1兆円弱から2018年半ばの4.4兆円まで膨らんでいる。既存原発の再稼働だけではなく、安全対策による建設費の高騰は、福島第一原発事故以来の世界の原発建設を足踏み状態にしており、日本における新設・増設の大きな障害となっている。
- ・ 日本政府は、世界に先駆けて水素社会に向けての基本戦略を打ち出している。しかし、2017年に発表された基本シナリオの実現は遅れている。特に、車高額の車単体価格や水素燃料価格、また水素供給インフラの未整備などの課題により、水素燃料自動車の普及が大幅に遅れている。日本の困難の状況に対して、欧州はバスに集中し、米国はトラックの可能性を探っている。一方、水素発電の成功につながる中心技術はまだ確立されていない。もっとも、水素導入が遅れている最大な原因は輸送である。そのため、アンモニアやメタンに転換して輸送できるように技術開発や導入が検討されている。
- ・ この困難な状況の中で、新しい技術も開発されている。例えば、カーボンリサイクルを用いたマイナスエミッションのセメント製造技術は、既に導入され始めている。政府の2050年80%削減の目標を実現するために、従来の技術のみならず、カーボンリサイクルのような新しい技術の開発・導入を進めるしかない。そのため、日本政府はICEFというイノベーションを推進する国際フォーラムを立ち上げ、世界の英知が集まって、解決策となる技術及び国際協力を検討している。

■ 講演：中国 2050 低排出発展戦略における Non-CO2 排出パスウェーと削減戦略

(清華大学エネルギー環境経済研究院准教授 滕飛)

- IPCC の 2°Cシナリオや 1.5°Cシナリオのような低排出シナリオを実現するために、温室効果ガスの 25%を占める Non-CO2 の削減も無視できない。中国におけるこれらのガスの削減戦略は、歴史データの不確実性が高く、削減ポテンシャルの評価もばらつきが大きいいため、CO2 排出削減戦略に比べて遅れている。そのため、本研究はエネルギー活動、農業活動、廃棄物処理、作業プロセスとの 4 部門にフォーカスして、Non-CO2 排出のシナリオ解析を行った。
- 特に政策なしの参照シナリオにおいて、Non-CO2 の排出量は 2010 年の 18.8 億トン CO2 換算から、2030 年の 27.9 億トン、2050 年の 33.0 億トンに増加する。特にフロン類ガスの排出増加はもっとも大きい。2030 年までの増加は、エアコン、石炭採掘、化学産業、畜産業などによるものであり、2030-2050 年の増加は、エアコンと畜産業によるものに集中する。
- CO2 排出対策のみのシナリオにおいて、石炭消費の削減により、炭鉱由来メタンガスを中心に、Non-CO2 の排出も減少する。排出量は、2030 年と 2050 年において、参照シナリオに比べて、それぞれ 1.1 と 4.2 億トン CO2 換算を減少する。
- CO2 と Non-CO2 の協調削減対策を実施するシナリオにおいて、2030 年と 2050 年の Non-CO2 排出量は、参照シナリオに比べて、それぞれ 7.0 億トンと 15.7 億トン CO2 換算を減少できる。これらの排出量削減の実現は、主に石炭採掘、家庭用エアコン、畜産業、窒素肥料と自動車エアコンなどの部門によるものである。また、2030 年までの前期において、上流の需要抑制と下流の末端処理が削減に大きく貢献しているが、2030-2050 年の後期において、上流の需要抑制が中心となり、下流の末端処理の貢献は小さくなる。従って、長期的削減するには、活動方式やライフスタイルの転換が重要である。

■ 講演：日本の超長期 CO2 削減と水素の役割

(エネルギー総合工学研究所プロジェクト試験研究部 地球環境グループ 部長 黒沢厚志)

- 日本は、エネルギーセキュリティや CO2 排出制約などの課題の下で、2017 年に水素基本戦略を策定した。供給側ではコスト削減、サプライチェーン構築、再生可能エネルギーからの水素導入拡大などの戦略、需要側では電力、モビリティ、産業など各分野の利用戦略、またベースとなる燃料電池と革新技術の活用、国内外普及のためのスキーム構築などの計 10 項目の戦略が策定され、水素供給量、製造コスト、発電コスト、モビリティ及び定置用の利用規模などについて 2030 年の数値目標が設定された。さらに、2019 年 3 月に新たな水素・燃料電池戦略ロードマップを策定し、利用機器コストや各製造技術のコストなどについて、より詳細な数値目標を定義した。
- 政策動向については、2018 年に水素閣僚会議の主催、2019 年の G20 会合にお

る水素に関する政策議論、また 2020 年の東京オリンピック・パラリンピックを契機に、水素タウンや燃料電池バスなどの実証を行う。これらの戦略と政策に基づいて、現在定置用エネファームは 25 万台、燃料電池車 2,400 台、水素ステーション 100 カ所の規模に達している。水素直接燃焼技術や熱電併給などの利用技術、グローバルサプライチェーン構築のための技術、再生可能エネルギーから水素製造技術などを実証している。

- エネ総研では GRAPE と TIMES-Japan と二つのエネルギーシステムモデルを用いた分析を実施しており、TIMES-Japan による日本の長期エネルギーシステム解析事例を紹介した。水素の需給バランスをみると、現在は産業で自家消費されている水素が多いが、2030 年においては、供給は輸入とメタン改質のほぼ半々、需要は石油精製と運輸のほぼ半々となり、2050 年には、供給は輸入と電気分解が中心で、需要は運輸と発電が中心になる。再生可能エネルギーや原子力エネルギーの利用規模が異なるシナリオのいずれにおいても、2050 年に CO2 排出量の 80% を削減するために、一次エネルギー供給には輸入する CO2 フリー水素が必要となる。これらの水素は主に発電と運輸部門に利用され、この二つのセクターにおけるゼロエミッションの実現に貢献する。
- 日本における水素利用は、強力な政策支援のもとで、研究開発や実証が行われており、スケールアップやコスト削減を図っている。ゼロエミッションエネルギーキャリアである水素は、エネルギーシステムの柔軟性を高めることができ、運輸や発電部門に活用される可能性が大きい。また、化学産業や鉄鋼産業において原料としての活用も期待されている。しかし、2 次エネルギーであるゆえに、何から作るのかによって、CO2 削減への寄与度が異なる。

■ 講演：日本の低炭素電力システムと原子力の役割

(東京大学大学院工学系研究科准教授 小宮山涼一)

- 地球環境問題への対応や、再生可能エネルギーの大量導入により生じる電力システムの安定性の維持、またエネルギーセキュリティの確保などのために、原子力エネルギーの利用は、一つの重要なオプションと考えられるが、特に先進国において電力市場の自由化により、原子力を含む大規模なインフラ投資は困難な状況になっている。
- 九州地方において、太陽光発電の大規模導入により、2018 年 10 月に本土にて初めて出力制御が行われ、電力系統のマネジメント上の新たな課題が生じている。また、再生可能エネルギー発電の影響により、昼間の卸電力価格が夜間より安くなる時間帯が見られ、従来と異なる市場動向が見受けられる。このような新たな状況において、原子力エネルギーの利用形態を再検討する必要がある。
- 革新技術を考慮したエネルギーシステムモデルを開発して、2050 年に CO2 排出量を 80%削減するシナリオの解析を行った。既存原発の 60 年運転延長、新設なしの前提で解析した結果、現在から 2050 年にかけて、最終エネルギー消費の電化率を

27%から 45%へ上昇、省エネを 10%進展、再生可能エネルギーの電源比率を 16%から 77%への引き上げる必要がある。CO2 限界削減費用は、1 トン当たり約 30 万円になる。2050 年において、太陽光や風力などの自然変動電源の比率は 60%になるため、電力供給が需要を大きく上回る時間帯での技術的対応が必要となり、電力の需給バランスの維持が困難になる。そのため、余剰電力を利活用する電力貯蔵、水素、合成燃料製造、メタネーションなどの技術イノベーションとビジネスモデルの構築が重要である。

- 気候変動問題は 2100 年以降も見据えた長期的視点での対策が必要であるため、2050 年以降における日本の原子力の位置づけに関する検討も重要である。日本の電力市場の改革により、既に 30%以上の電力は卸電力市場で取引されており、今後は容量市場、需給調整市場、ベースロード市場などが電力取引で重要な役割を担う。最適電源構成モデルを用いて、再生可能エネルギーの電源比率を 2 割、3 割、4 割と想定したシナリオでの解析の結果、再エネ比率拡大につれ、卸電力価格がゼロになる時間帯が大きく増加し、火力や原子力発電の収益性の低下を引き起こす。電力システムを安定化させるために、供給信頼性や調整力を有する電源と再生可能エネルギーを調和して、電力システム全体の持続可能性を確保することが重要な課題になる。そのために、原子力発電に関して、現在のベースロード電源としての価値に加え、供給信頼度の価値、出力調整能力の価値、ゼロエミッションの価値、さらに水素製造や熱利用といった多目的利用の価値を総合的に活用して、市場競争力を高める必要がある。
- 2017 年 9 月に、MIT-日本共同研究チームは、低炭素社会における将来の原子力の役割を検討した報告書をまとめた。報告書では、再生可能エネルギーとの共存戦略として、原子力の多様なエネルギーキャリアの生産と部門横断的利用や、熱貯蔵技術や負荷追従機能の利活用が重要であることを述べている。
- SMR は、大型炉に比べ 1 基あたりの初期投資の規模が小さく、建設工程の遅延リスクが低く、避難対策エリアも限定的となる可能性があるため、将来の原子力エネルギー活用のオプションになる。
- 原子力技術開発は、安全性・経済性・持続可能性・核不拡散などの従来からのニーズに加え、再生可能エネルギーとの調和性・電力システムのレジリエンスの確保などの新たなニーズにも適合する必要がある。そのため、負荷追従機能の向上や自律運転機能の強化、ブラックスタートへの対応に関するイノベーションを推進する必要がある。