

CIGS 地球温暖化シンポジウム

2013年7月10日（水）13:00-18:00
経団連ホール（千代田区大手町 1-3-2）

総括報告

はじめに～気候変動をめぐる国際的な状況の認識

1. 温室効果ガスの排出の傾向

IPCC 第四次評価報告書（AR4）が公表されて以来、二酸化炭素などの温室効果ガス（GHG）の排出が増加し続け、過去最高を更新し続けている。国際エネルギー機構（IEA）が公表した2012年の各国の二酸化炭素排出量によると、米国や欧州が減少し、中国も増加に歯止めがかかりつつあるが、世界の排出総量は依然として増加し、過去最高を更新した。このような状況により、IPCC AR4に基づいて提唱された「450ppm 安定化」及び「2050年に世界の排出総量を2005年比で50%削減」との目標の実現は極めて困難になっている。

2. 地球全体の温度上昇

GHGの排出量及び大気中の濃度が増えつつも、世界各地の実測した温度上昇がこれまでの予測より小さいという事実は、同じ温度上昇抑制目標に対するGHG排出量が従来の推定よりも緩和できることを示唆している。従って、GHG排出経路の見直しにより、実現可能な長期排出目標の設定が必要になっている。

3. 国際的な枠組みの再構築

一方、温暖化抑制に関わる国際的取組みは大きく後退した。京都議定書の第一約束期間が終了し、2013年から第二約束期間に入ったが、米国は不参加、中国とインドは削減義務を負わず、さらに日本、カナダ、ロシアは離脱した。これらの動きに見られるように、議定書はますます形骸化してきている。また、排出量取引市場は低迷し、その取引価格はこの2年で1/10程度に下落し、制度存続の危機にある。この危機的な状況を解消するために、2020年以降のGHG削減に関する国際枠組みが検討されており、削減目標を自主的に設定する案で先進国が一致した。自己申告目標を評価するためにも、世界の長期排出目標の検討と設定が必要になっている。

CIGSの提案と国内及び国際シンポジウムにおける提言と討議

キャノングローバル戦略研究所（CIGS）は「地球温暖化抑制に対して世界で共有できる排出目標とそれに基づく長期エネルギービジョン」に関わる研究と提言を続けて来た。2009年と2011年に、国内の気候変動とエネルギーの専門家による研究会と国内シンポジウムにおける公表と討議を、またIPCCの著名な専門家を招聘する国際シンポジウムを開催し、提言と意見交換を行ってきた。その内容は、温暖化抑制のための排出曲線を制約とし、その制約下における世界全体最適化（削減費用均等化）による各国の長期エネルギー構成と各排出量、それを可能にする革新的

技術の開発と普及についてである。専門家間での討議を通して、下記のコンセンサスを得ている。

- ・気候変動の科学に基づいて、オーバーシュートシナリオを考慮した、実現可能な温室効果ガスの排出シナリオを支持する。
- ・エネルギー起源の二酸化炭素の排出シナリオのもとで、世界全体の最適化（コストミニマム）により、長期エネルギービジョンと排出分担を追求し、投資とメリットがバランスするエネルギービジョンを歓迎する。
- ・オープンでフェア、かつ効率的な仕組みによって低炭素技術の普及を国際協力により進める。温暖化を抑制し、経済成長と両立するエネルギービジョンの実現に努めることを共有する。
- ・国際的な討議の場を通して、世界で共有できるビジョンとして受け入れられることが望ましい。

今回の国内シンポジウムの内容

1. これまでの提言の総括的報告

①Z650（ゼロエミッション安定化シナリオ）の科学的研究の現状

Z650 は、実現可能な排出削減の道筋を探るために、気候科学の観点から考案された CO2 排出パスである。排出ゼロの下で長期的な気候復元を目指すという考えによって、先進国は現実的なペースで削減し、途上国は経済発展に必要な排出余地を得ることができる。これは近年の排出実績とも整合する。

Z650 は、目標温度を一時的に超過することを前提としており、想定を超える温度上昇の可能性や長期的な気候復元の実現性の観点から、さらに検討が必要である。この点については、炭素循環と温度応答の理解向上が鍵である。最新の気候モデルの温度応答を考慮すると、Z650 の温度変化は、これまで示したものと比べて、ピーク値が減少して 2°C 程度に収まる一方で、気候復元はより緩やかになる可能性が示唆されている。

②世界全体最適化による長期エネルギー構成のシミュレーション

Z650 の成立性を工学的に検証するため、エネルギーモデル GRAPE (Global Relationship Assessment to Protect the Environment) を用いて、将来の需給構造を具体的に算出した。まず世界を 15 地域に分割し、世界が協調しながら途上国が先進国を着実にキャッチアップしていくことを前提に最終需要を設定した。その上で、Z650 の排出制限を満たしつつ世界全体の総エネルギーコストが最小になるように供給構造を算出した。

その結果、2050 年までは、電力部門における対策が中心となり、原子力、再生可能、CCS が最大限導入される。その後は電力部門においてその状況を維持しつつ、運輸や産業熱源に対しても大幅な二酸化炭素削減技術（バイオマスや水素還元製鉄など）を導入し、ゼロエミッションを目指していくことになる。この解析を通して、Z650 が実現見通しのある技術構成で実現可能なこと、その一方、その実現はそう容易なものではなく、世界で協調して技術開発と普及を促進していく必要があることが明らかになった。

③各国のエネルギー構成と排出曲線、及び投資と便益

途上国のエネルギー需要の伸びは大きく、原子力や再生可能エネルギーの積極的な導入を行っ

でも、化石燃料の使用量は着実に増加すると見込まれている。世界全体のエネルギーコストを最小化する 2050 年の CO2 排出の地域分担は、先進国が 2005 年比で約半減、中国が同 2 割減、インドや ASEAN は同 5 割増という結果となった。これは従前の「世界半減、先進国 8 割減」という目標に比べて、より現実的なものになっている。

投資と便益については、先進国、途上国とも燃料節減の便益が投資を上回ることで、しかしながら、初期投資の負担が大きいことから、投資を効果的に促進する枠組み整備が重要であるということが示された。さらに、原子力の導入が停滞すると、対策コストが明らかに増加するということも示された。

④イノベーション技術の開発と普及メカニズム

技術可能性と経済合理性を兼ねたシナリオの実現には、京都議定書における追加性*とカーボン市場における投機性を排除して、途上国支援のための技術移転を目指す低炭素エネルギー技術普及のメカニズムが重要である。そのため、国際協力により、低炭素技術の認証認定システムと、有償融資とロイヤリティ確保スキームを組み合わせた枠組みを構築し、二国間協定の形で推進するメカニズムが求められる。

*京都議定書の 12 条 5 (c) に「CDM プロジェクトにおいて認証される温室効果ガス排出削減量は、その排出削減プロジェクトを実施しなかった場合の排出削減量に対して追加的 (additional) でなければならない」と規定されている。

2. 日本の 2030 年エネルギー構成

世界ビジョンの検討をベースにすると、日本の適切な 2030 年国内排出削減目標は 2005 年比で 20%減とされる。この目標を実現するためのエネルギー構成を検討した。

まず、前提条件として、中長期的に 4200 万 kW の原子力発電を維持する。現状の 65%の稼働率を維持すれば、2030 年には発電総量の 24%になる。しかし、その稼働率を 80~90%に改善すれば、発電総量の 30~35%をカバーできる。

この検討は、オーバーシュートシナリオ下における世界全体最適化を基軸に据え、その中における日本のエネルギー構成を日本の状況を踏まえて修正を加え、エネルギー構成を解析している。具体的には、セクターごとの効率とその改善を設定し、需要量とそのエネルギー構成を見直し、電源構成と総一次供給量を定めた。2030 年に化石燃料：原子力：再生可能エネルギーの構成比は、一次エネルギーが 73：13：14 となっており、電源構成が 56：24：20 となっている。

ここで提案したエネルギー構成を実現するために必要な取り組みは、供給面では、クリーンで高効率な火力発電技術の開発利用、原子力発電の維持、再生可能エネルギーの大規模導入などで、需要面では、産業部門に 10%、民生部門に 20%、運輸部門に 60%程度のエネルギー効率の改善が必要である。

3. Z650 シナリオとエネルギー構成の評価

①Z650 の環境経済からの評価結果

Z650 の削減シナリオは、450ppm 濃度安定化シナリオに比べて、その削減費用ははるかに少ない。両者の気候変動による被害総額はほぼ同程度である。

地域ごとの評価では、中国と米国の削減費用の投資による被害減少額が大きい。

②国際的な削減目標見直しにおける Z650 の評価

2°C450ppm 安定化シナリオでは、2050 年に世界で GHG 排出量を半減させることはもはや不可能であり、より現実的で達成可能な目標としてオーバーシュートシナリオの採用が適切な選択となろう。また、地球全体の気温上昇は、これまでの科学的予測より大いに緩慢である。結果として、2°C450ppm 安定化シナリオの見直しは必至となり、この点からも Z650 の提言は適切である。

③長期エネルギー構成のエネルギー供給面から見た妥当性の評価

Z650 シナリオによる削減目標を実現するための世界と各地域のエネルギー構成は、最近の資源量やエネルギー量から見ても適切な構成になっている。

4. 火力発電技術と原子力発電技術に対する革新技術と長期的展望

原子力の比率低下と火力発電の増加が予想される中で、日本のエネルギーセキュリティを確保するためには、化石燃料の安定確保は最優先の課題である。

火力発電の最優先課題は、徹底した高効率化とクリーン化にある。第 1 世代の蒸気タービン単独の時代から、今や第 2 世代のダブル複合発電の時代に完全に突入した。世界をリードするダブル複合発電、特に IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) と呼ばれる、石炭ガス化複合発電の商用機の建設を急ぐべきである。技術開発では、第 3 世代のトリプル複合発電の開発実用化を急ぐべきである。

世界中が欲しがらる高度技術を持つことが、軍事力も資源も語学力もない日本が世界から尊敬され、真の国際貢献を行う唯一の解決策である。“一つのバスケットにすべての卵を入れてはならない”という諺が示唆するように、燃料については天然ガスに偏ることなく石炭を利用することも重要である。

電力料金をいかに低く保つかは、日本産業維持のためにも極めて重要である。しかし“安値がすべて”と刹那的な安売り競争に埋没し、建設的なアクションを怠れば産業基盤を危うくすることになる。

原子力発電は十分に安全性が高いシステムであり、かつ安全思想の再構築により更なる安全向上を図りつつある。その際、ハードウェアの設計対応のみでは安全神話の再現に過ぎず、安全のためのレイアウトなどの事象想定、運転管理方法や組織形態などの運用、規制や保険制度などの社会システムまで含めて再検討すべきである。その根底には、リスクベースの合理的な考え方が必要であり、その評価手法を確立すべきである。

安全性向上、利便性向上などを図るべく、超臨界圧炉等の新たな軽水炉、高温ガス炉、高速増殖炉など様々な原子炉の概念、また燃料サイクルの確立が図られつつあり、その中には廃棄物の消滅処理技術などの新たな概念が提案され革新的研究開発が進められている。

地球温暖化とエネルギーセキュリティを考慮すれば、CO₂ を排出せずかつエネルギー密度の高い原子力は不可欠のエネルギー源である。将来の世代のために、エネルギー効率向上や省エネルギー・原子力・再生可能エネルギー・化石エネルギーの炭素回収隔離の総ての技術開発を並行して進める必要がある。

5. 日米中の三カ国による温暖化抑制に関する協力のスキーム

地球温暖化抑制の世界ビジョンの達成に貢献するための日本の役割は、実現不可能に近い国内削減目標の設定をするのではなく、高い技術力を持って積極的に国際協力をリードすることである。

地球温暖化抑制に向けて、日米中に相互依存と相互補完関係がある。三カ国の協力により、環境危機を回避できるだけでなく、エネルギーセキュリティの確保、産業競争力の維持向上にも貢献でき、さらに国際貢献もできる。

日米中の協力により、自国の資源条件に適した調和型エネルギーベストミックスを実現し、途上国に普及できる低炭素成長方式を確立すべきである。

既存の二国間協力の限界を超え、戦略性・実行性・普及性を備える協力方式を確立し、政府間合意に基づいて、技術開発→実証→産業化→普及というフルプロセスを推進できるインフラの構築が協力のベースとなる。

6. 総括

東京大学名誉教授で気象学者の松野太郎先生が提起された Z650 オーバーシュートシナリオの議論が、大変精緻であり、かつ論理的に積み上がってきている。今回のシンポジウムの前半では、オーバーシュートシナリオの必要性、その実現可能性、経済成長との両立の可能性などについて謎を解くような形で議論を進めた。後半の部分で日本の技術力という視点から、火力の高効率化と原子力の地球温暖化抑制における役割、国際協力について議論を行った。

- ・ Z650 シナリオは、地球温暖化抑制において、科学的合理性があり、先進国も途上国も実現性の高いシナリオである。また、非常に時宜を得た形で、IPCC の最新の検討においても、Z650 に類似するオーバーシュートシナリオが全体の 80% を占めるようになっている。オーバーシュートシナリオを IPCC の報告書に反映されるだけにとどまらず、今後さらに普及させる作業も重要である。

- ・ この Z650 を実現させるための技術の具体例を提示したが、従来の技術路線の他に、新しい発想を取り入れた検討も必要である。

- ・ エネルギービジョンの実現可能性が示されたが、再生可能エネルギーの大規模導入に関して、より詳細なコスト評価が必要である。

- ・ 温暖化対策の経済性評価には、被害額の導入が非常に重要であるが、その試算の合理性評価及び国際的コンセンサスが必要である。

- ・ 資源、需給関係、長期戦略などのバランスを考慮した上で、高効率クリーンな火力発電技術が重要である。

- ・ 原子力発電は重要かつ必要だが、今日本で最も重要なのは安全性に対する信頼の回復である。そのため、一般の方々、産業界、アカデミアで、必ずしも共有できていないリスク科学の確立が重要である。

- ・ 地球温暖化抑制における日米中の相互補完関係と依存関係は明確であるが、協力関係は政治状況に左右されている。その中で研究者や産業界の役割に大きな期待がかけられる。

7. 終わりに

- ここで検討している Z650 シナリオが学术界の主流になりつつある。
- 地球温暖化の問題に対して、政治や資金の議論が多いが、科学と技術イノベーションの検討が本質である。
- 国際政治状況が常に変化している中で、専門家がきちんと正論を発信すべきである。