

CIGS 国際シンポジウム
「イノベーションによる
地球温暖化問題解決へのビジョン」
【要旨】

日時：2017年9月20日（水）15：00～17：00
会場：東京ステーションコンファレンス 501AB

<基調講演 1>

「地球温暖化対策長期戦略の内外における検討の現状、および今後の課題」

杉山 大志（キヤノングローバル戦略研究所 上席研究員）

パリ協定では、長期目標として 2°C 目標に合意した。また、全ての締約国が 2050 年を目途とした長期低排出発展戦略（長期戦略）を作成し、2020 年までに提出することとなっている。米国やカナダ等は、既に長期戦略を固めており、日本も検討している状況である。

2°C 目標は、IPCC のまとめたシナリオを踏襲する形で決めたものである。2050 年頃に世界の温室効果ガス排出を半分以下に削減し、2100 年頃に排出をほぼゼロにすれば、世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2°C より低く保つことが可能だという IPCC のレポートを政治的な目標にしたのが、パリ協定の長期目標というわけである（資料 P5）。

しかしながら、過去、温室効果ガス排出は増え続けてきているのが実態であり、これを削減するのは容易なことではない（資料 P6）。その中で、各国が 2030 年頃を目途とした数値目標を作って提出した。日本は 2013 年比 26% 削減という数字を出したが、こうした各国の数字を全部足し合わせても、排出はやはり増え続けるだろうと言われている。例えば、中国は絶対量ではなく排出原単位で減らすという言い方をしており、絶対量としては増えることが予想されている。2°C 目標を達成するためには、数値目標の深掘りが必要である。

IPCC のシナリオ自体、一体どの程度の技術的な裏付けがあるのか。実はあまりはっきりしていない。残念ながら、このシナリオは、説得力の高い形では示せていない（資料 P7）。バイオエネルギーと CO₂ 回収貯留（BECCS）で CO₂ を減らすとしているが、この技術によるシナリオの実現可能性には疑問がある。生態系の破壊、コスト、CO₂ を埋める場所との合意といった問題点を考えると、今のところ現実的ではない。

その一方で、IPCC のシナリオでは、よく考慮されていない要素がある。その一つがイノベーションである。シナリオで考えていないわけではないが、全要素生産性の改善や弾性値を使った将来予測、技術コストの低減や習熟曲線といった方法論をいくら使っても、将来の技術を予測することは難しい。未知の技術をシナリオに入れ込むのは難しい。つまり、新しい技術が出てくれば、シナリオとは違う世界が生まれる可能性もある。

そもそも技術予測は難しいことを理解しなければならない。例えば、シェールガスは IPCC の 2007 年の第 4 次報告ではあまり言及されていなかったが、2014 年の第 5 次報告までにはアメリカで大量生産され、CO₂ 削減の最大的手段になっていた。また、IPCC 2014 年報告では運輸部門は CO₂ 削減が最も難しいと言われていたが、その直後に自動運転や電気自動車、カーシェアリングなどが現実に起きており、2021 年報告では運輸部門の扱いが相当変わり、実は CO₂ 削減が非常に早いという結論になるかもしれない。このように技術予測は

本質的に難しいわけであるが、イノベーションがどんどん起きていることが本質である以上、イノベーションを検討の中心に据えた長期シナリオを構築する必要がある。

地球温暖化対策長期戦略の検討状況として、2050年に向けた長期ビジョンを米国、カナダ、ドイツ、フランスが出しているが、これは具体的な政策ではなく、大きな方向性を示しているに過ぎない。ただし、どの国もイノベーションは長期的な戦略としては必要であるという点で一定のコンセンサスがある。日本は、まだ長期戦略の検討途上にあるが、コンセンサスになっている点は同じで、80%削減を目指すにあたっては「イノベーション」で解決を追及するということが、中身は大分違うものの、経産省および環境省レポートで共通してうたわれている。

イノベーションを具体的に起こすための国の施策として、内閣府がまとめた「エネルギー環境イノベーション戦略」がある。これは、昔からある国家プロジェクトと似たイメージである。例えば再生可能エネルギーを、システムやデバイスといった要素技術と組み合わせ、システム化・スマート化するとしている。技術開発を民間だけでやり切れない部分は、官民パートナーシップで進めていくという作り付けになっている（資料 P13）。

第 5 期科学技術基本計画のニックネームは「超スマート社会」となっており、製造業、エネルギー、物流、環境といったあらゆる経済活動を社会全体としてスマート化していく中で、環境問題も解決していこうという考え方である。そして、この下に「エネルギー環境イノベーション戦略」が位置付けられている（資料 P14）。

一方、経産省は「新産業構造ビジョン」を今年の初めにまとめた。スマート化を様々な生産活動に結びつけることで、新しいサービス・財を作っていくことを示している（資料 P15）。第 5 期科学技術基本計画が科学技術の研究開発であるのに対し、新産業構造ビジョンは、産業面から同じことを目指しているわけである。このように、我が国において、国を挙げてイノベーションを目指していこうという方向性がコンセンサスとなりつつある。温暖化問題におけるイノベーションも必要になるが、決して温暖化だけを目指してやるのではなく、全体としてイノベーションを進めて行く中で温暖化のイノベーションも起こして行くという方向性がコンセンサスとなっている。「温暖化対策イノベーション」は真空から生まれるものではなく、いろいろな既存技術の積み重ねがあって生まれるのである。ICT 等の技術イノベーション全般の推進が重要である。

ICT をものに使ったら IoT と定義すると、IoT は、エネルギーや家庭、ヘルスケア、産業等、あらゆる分野で適用されつつある。2050 年に向かって CO₂ 削減を考える時、これがどんなインプリケーションを持つかを考えたい。モノをつなぐだけでなく、サービスを売るのが IoT の大事な肝となる。モノを売って終わりではなく、売った後もモニタリングし、メンテナンスをする。あるいは、売るのではなくリースで同じようなことをする。それによって

企業と顧客が近くなり、共通の便益のために色々な無駄を減らすことができる。そして、その中で省エネも達成することができるわけである。

「省エネ行動とエネルギー管理に関する研究会とりまとめ（日本エネルギー経済研究所 2011 年）」によると、情報処理能力がないために省エネができないケースが多いことが分かる。そこで、ICT によって情報の収集分析コストが安くなると、これまで実施されてこなかった省エネがかなり進むことが期待される。2050 年の戦略を考える時、こうしたことが大きなポテンシャルを持っているものと思われる。

運輸部門ではドラスティックな分析が出てきている。OECD によるリスボンの自動運転車シェアリング分析によると、車両数は現状の 10% 以下しか必要でなくなる。これは、リスボンの人々の「移動パターンは不変」という前提で自動運転車シェアリングの効果を分析している。この前提は現実にはあり得ないものの、これによって定量的な分析が可能になっている。

これをベースに、UC-DAVIS により地球規模の運輸部門 CO₂ シナリオが示されている。これによると「自動運転車」「電気自動車」「カーシェアリング」という 3 つの革命が同時に起きて、大幅な経済便益と CO₂ 削減が可能になる。これがどこまで本当か分からないが、運輸部門では大きな変化が起きつつある。今すぐという訳にはいかないが、2050 年にこの 3 つのどれもできていないと思っている人は、あまりいない。

運輸部門に留まらず、こうしたイノベーションが急激に起きると、家庭、業務部門、産業部門などで CO₂ 削減が期待できる。無駄はあらゆる部門に存在しており、食品の 3 分の 1 が廃棄され、ホテルは 4 割が空室となっている。こうした無駄をなくし、経済的な便益を得ながら CO₂ 排出を削減する機会は、あちこちにあると思う。このようなことを定量化しようと思うと、実はとても難しい。だが、ICT による省エネ効果は、たとえ不確実であっても、洞察を得るために試算する必要がある。

IPCC 第 5 次評価第 3 部会報告書を見ると、運輸・民生は電化が期待される一方、農業・産業では電化の限界が予測される。しかし、必ずしも電化や低炭素化だけでなく、ICT 等のイノベーションで製品・サービス需給が変わることにも注目できる（資料 P29）。地球温暖化対策の長期戦略（～2050 年）は、製品・サービスが ICT 等のイノベーションによって大きく変わることを念頭に置くべきである。ICT 等のイノベーションには、長期的に見て、大規模な CO₂ 排出削減のポテンシャルがある。

<基調講演 2>

「ICT による CO₂ の大幅削減へのビジョン」

ジョン・A・“スキップ”・ライトナー (John A. “Skip” Laitner)

「第 3 次産業革命イニシアチブ (ジェレミー・リフキン)」チーフエコノミスト

1965 年にノーベル賞を受賞したカリフォルニア工科大学のリチャード・ファインマン教授の恩師であった物理学者のジョン・ホイーラーは、「この物理学の世界で、異なるアイデアをどうやって考えているのか」とレポーターに尋ねられ、「問いかける質問によって、我々は世界を形作る」と答えた。イノベーションの基盤は ICT にはある。新しいマーケット、新しいアレンジメント等、経済の堅牢性を高めるために、私たちはどうやって新しい質問を問いかけることができるだろうか。

第 2 次産業革命技術の経済へのリターンは下がってきている。まだ利益は出ているものの、その利益率は減少している。そこで、今後気候変動について考える際は、このリターンが下がってきていることを念頭に置き、経済的、社会的な変化の両方を見ていく必要がある。それを動かしているのは、目的のある努力である。もちろんアクションは必要であり、ターゲット化された投資も必要である。

また、インタラクティブかつ生産的に、より効率的な形であらゆる資源、特にエネルギーを活用しなければならない。第 3 次産業革命 (TIR) の戦略計画の下支えとなっているのが ICT による可能性である。

ジェレミー・リフキンは、ベストセラーになった著書の中で、新しいコミュニケーションの方法と新しい姿のエネルギーが集まってきた時、産業革命の基盤はできると述べている。より良いコミュニケーションによって、より良いマネージメントが可能になる。エネルギーは、コミュニケーションをすることによって便益をもたらし、家族あるいはコミュニティ、国がそれを享受できるわけである。第 1 次産業革命は、印刷物の活用、石炭と蒸気技術であった。第 2 次産業革命は、電信・電話、内燃エンジンと発電であった。第 3 次産業革命は、デジタルインフラストラクチャー、インタラクティブなコミュニケーション、分散クリーンエネルギー技術で、それを支えているのが、大規模なエネルギー生産性の改善である。

MRDH (Metropolitan Region Rotterdam/Den Haag) におけるエネルギー生産性と 1 人当たり実質 GDP を見ると、両者は緊密に相関しており、GDP の上昇はだんだん弱くなってきている。こうした傾向は、米国でも懸念となっている (資料 P5)。今後、経済を再度活性化するために、このパフォーマンスをどう上げるかを考えるべきである。これは、ICT で強化された産業インフラと呼べるものである。MRDH は、より高いレベルの経済的パフォーマンスを目指し、MRDH Roadmap Next Economy を今年 2 月に発行した。

世界は移行期にある。私たちは変化の時代に生きているのではなく、第2次から第3次産業革命への転換を目にしている。グローバルな気候変動トレンド、地政学的な変化、ますます増える移民、広がる格差、天然資源の枯渇、そして資源生産性の伸び悩み、破壊的技術イノベーションの台頭が変化への移行を牽引している。私たちは、社会を管理し、エネルギーを利用する方法を変えなければならない。

ICT-Enabled Technology とは、インタラクティブなハード・ソフトのシステム、リアルタイムの解析、そしてコミュニケーションからなっている。つい最近の動向だけみても、「ブロックチェーン」「物理的インターネット」「クラウドコンピューティング/Network-based Performing」という3つの技術が台頭している。こうした技術を政策やプログラムに組み込み、共通のビジョンやフォーカスにまとめなければならない。Roadmap Next Economy のような行動計画が必要である。

GeSI (Global e-Sustainability Initiative) は、ICT 企業・組織によって形成されている戦略的パートナーシップである。“Smarter2030”は、2008年に、GeSI が始めたレポートである。多くの方がエコロジカルフットプリントを心配する中で ICT 自体が多くエネルギーを消費し CO₂ を排出したとしても、ICT の利用によってそれを相殺してあまりあることを示している。2008年レポートで後者は前者の5.5倍であったが、2012年のレポートでは7.2倍になっており、現在では10倍近くになっていることが予想される。技術の進展に伴ってこれは大きくなってきた(資料 P11)。

モビリティ、製造、農業の最適化、ビルの効率化等を通じ、ICT によって 12.1 ギガトンの CO₂ 削減、つまり 2030 年までに 20% の CO₂ 削減が可能となる。これを一つの土台とし、運輸、エネルギー、食品、産業、金融等を組み合わせていく全体的な枠組みが必要になる。そして全体を跨ぐプラットフォームとして、スマートエコノミーがある。さらに経済循環、Prosumers & Social model をどのように実現できるか。(資料 P13)。

どのようにして、ICT を活用したエネルギー生産性の改善が、経済をより強靱にするのだろうか。7つの経路がある。第一に、輸入石油への依存度を下げ、資金を削減することができる。また、供給途絶の可能性を削減することができる。第二に、エネルギーその他の燃料価格のボラティリティを最小化することができる。つまり、将来にわたって価格を安定化させることができる。第三に、気候変動の脅威を減らし、気候パターンのシフトへの適応を高める機会を与える。第四に、雇用創出、経済生産性を向上させる。第五に、健康や公共への影響を低減できる。これは、特に発展途上国において大きな問題となっている。第六に、あらゆるセクターでイノベーションのレベルを向上させ、刺激することができる。第七に、真のリーダーシップを証明し、他国が同様のロードマップを作ることが可能になる。そして、以上のシナジー効果によって多くの便益を得ることができ、リスクを低減することができる。

<ディスカッション>

芳川恒志（キヤノングローバル戦略研究所 研究主幹）：それでは、2つの基調講演に対するコメントや質問をうかがっていききたい。

有馬 純（東京大学 公共政策大学院 教授）：二人の講演を聞き、大変同感するところが多かった。杉山氏は2℃目標の達成が容易でないことを強調されたが、私自身、過去に温暖化問題に関する交渉をやってきた経験から、この2℃目標がいかにチャレンジングかということをよく認識している。それゆえに、イノベーションが鍵になるということだと思う。

これまでの温暖化の議論は、どうしても京都議定書的なターゲットとタイムテーブルに依拠し、また再生可能エネルギーやCCSといった供給側の技術を中心に語られてきたところがある。しかし、ICTの普及による削減可能性というものについては、必ずしもまだ十分に検討されておらず、目からうろこが落ちるような思いがした。

ライトナー氏から12ギガトン削減可能という話があったが、非常に勇気づけられる反面、本当にできるのかという気がしないでもない。そのために、どの程度のコストがかかるものなのか。世界全体の1年分のGDPを使えばそれができるということなのか。それを可能にするために、政府と民間にどういうことができるのかということについて、ライトナー氏からコメントをいただきたい。

これからのイノベーションは、温暖化という分野に特化した狭いスコープで考えるのではなく、むしろ科学技術全体の発展を見据えるべきである。そのためには、良好なマクロ経済環境と良好な企業収益が重要といえる。したがって、民間の活力をそぐような施策を講じてしまえば、イノベーション自体も進まなくなってしまう。

温暖化問題には、バランスが大事である。温暖化防止と国連のSDGs (Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標))にあるような世界が直面する多くの課題に対し、私たちの資金的・人的リソースには限りがある。どの分野にどれだけのお金を使うか。あるいは、ミティゲーションとアダプテーションの資金配分も考えなければならない。そういったリソースアロケーションのバランスについても、ライトナー氏のご意見を伺いたい。

秋元 圭吾（公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）システム研究グループ グループリーダー）：統合評価モデルで分析を行っている中で、私の経験からしても、2℃目標を達成しようとすれば、やはりBECCS (Bio-Energy with Carbon Capture and Storage) 等が大量に含まれる世界がモデルの解として出てきてしまう。そして、非常に高いコストが算定される結果になる。しかし、2℃目標は全く不可能かという、そう思っていない。やはりIoTやAIの進展は非常に早く、範囲も非常に広く広がる可能性があり、それが我々モデル分析者の中で十分に取り上げられていない可能性がある。ただし、いつまでにどれだけCO₂

を削減しなければいけないという完全なタイムラインが決められてしまうと、イノベーションというものが入り込みにくくなってくる。そこで、不確実性を踏まえながら長期的な可能性に期待していくべきだと思う。

IoT や AI によって雇用が生まだされる一方で、労働機会が失われる可能性もある。それは技術の進展の中で不可避な部分であって、それに対する別の手当てが必要になると考えられる。そこで所得の再分配は重要だと思うが、それだけで上手くいかない部分があるかもしれない。そのあたりの将来の見通しについて、コメントをいただきたい。また今後、緩和だけでなく適応も重視していく必要がある中で、IoT が適応に果たす役割についてご意見を伺いたい。

ライター：現在、考えているエネルギー消費を半分にしていくためには、イノベーションが必要であり、やる気や努力も必要となる。だからこそ教育が重要である。これまでは、R&D のプログラム、政策といった部分が軽視されてきた。これらのバリューが十分認識されておらず、認識される機会をこれから作っていかなければならない。そして、投資していく必要がある。

エネルギーからより大きなバリューを引き出せることを、私たちはまだ十分に分かっていない。学ぶ機会がまだ残っており、多くの可能性がある。どうやって、共通ビジョンを打ち立てていくかということが重要である。機会を実現するために、プログラムや政策をどうサポートし、どのように投資を誘致することができるかということである。

例えば、米国では 1950 年代から 1970 年の期間、GDP は堅調であったにもかかわらず、改善率は低くなっていた。これはエコノミストからすれば、やはり経済成長率は下がっているといえる。2050 年までの間にも雇用はあり続けるが、1500 万減少する。これによる社会的対立が、政策の導入を阻害するかもしれない。そこで、経済成長率を上昇させるようなイノベーションがあるということを示し、現在の雇用は維持する努力をしなければならない。

エネルギーの供給はそれほど労働集約的ではないが、エネルギーを利用するときには、新しいサービスを提供することができれば、雇用の機会は増える。モノからサービスへ、つまりコモディティベースの経済からサービスに基づく経済に移行する中で、新しい雇用が必要になる。そういうビジネスが必要になる。

経済的な観点からも気候変動の観点からも、これまでのやり方では不十分であることが見えてきている。そのため、より良いビジョンを共有し理解を深めなければならない。成長するためには、さらに改善する努力が必要であることを認識しなければならない。

芳川：私から二つ質問したい。ICTによってイノベーションが起こるとしても、国境を越えて、あるいは同じ政府の中で、政策を統合していくのは現実問題として難しいように思う。それを乗り越えるためのアイデアがあれば伺いたい。また、様々なイノベーションの成果をエネルギーや温暖化の問題に適用する時、注意すべきことは何か。

ライター：北フランスの人口約 6000 人の小さな村において、私たちは第 3 次産業革命戦略を立案したことがある。それまで依存していた炭鉱が閉鎖され、所得は大きく減少していたが、州の様々な行政機関、社会主義者や緑の党の人々が一致して、自由経済主義者の商工会議所と仕事をした。その結果、昔は鉱夫たちが入っていた地面の穴が、現在ではトップクラスの教育施設やワールドクラスの美術館になっている。ルーブル美術館は、セーヌ川の洪水から保護するために収蔵品をこの小さな村に移した。これは大変なことであったが、商工会議所のトップや地方議会のトップが協力して、地域の人に教育を行い、多くのビジネスを育てたのである。

これが成功したのは、ビジョンが共有され、理解されていたためである。政策だけではなく、ビジョンが必要である。投資も必要であり、努力も求められる。気候変動対策に取り組むのは、自分が環境主義者だからではない。将来の子どもたち、コミュニティの安定、国家安全保障のため、行動計画が必要だと理解して初めて可能になる。

杉山：省庁間で将来のビジョンをまとめるのは難しいというのはその通りであるが、一つの文書としてまとまるかどうかよりも、共通のコンセンサスが国全体にあるかどうかの方が大事だと思う。その意味で、イノベーションを通じて経済成長を図ろうという明確なコンセンサスは、我が国の政権あるいはどの省庁においても共有されている。これは貴重なことである。温暖化問題もその延長上で解決するという考え方を、より強く共有していくことが大事である。

温暖化対策に取り組む時に注意すべきことをいくつか補足したい。しっかりした都市計画や政策は必要になるものの、電気の低炭素化を急ぎ過ぎて電気価格が上昇するといった、イノベーションを損なうようなやり方をしてはいけない。また、先ほど 12 ギガトンの削減ポテンシャルという試算があったが、このような試算を元に各主体に排出量の割当てを押し付けるようなことがあれば、これもイノベーションをかえって阻害してしまう。どのようにしてイノベーションを起こすのか、ビジョンを共有していくことが大事だと思う。

芳川：それでは、フロアから質問をどうぞ。

質問 1：現在、再生可能エネルギー、蓄電池、ブロックチェーンを組み合わせた実証実験が世界中で行われている。それがどの程度のビジネスになり得るのか、お考えを伺いたい。また、ICT やクラウドの脆弱性について、ご意見をいただきたい。

ライター：ニューヨーク州のブルックリンに近い地域では、住宅ユニットで太陽光発電電池とブロックチェーンの技術を活用している。当初は、起業家が市民と一緒に始めたもので、電力供給およびコストの安定化とともに GHG 排出削減に貢献するため、安定したオペレーションを望んでいた。そこでブロックチェーンと太陽光発電電池が使われることになった。

ルクセンブルク、ニューヨーク州で全く予期しない形で新しい金融のアレンジメントが生まれている。プロジェクトを通じて学ぶことによって、新しいビジネスモデルや技術に適合させていくことが必要になってくる。先を見越して、サービス提供のための能力、自らのスキルをアップデートしなければならない。太陽光発電あるいはブロックチェーンだけの技術ではなく、それらを組み合わせる協力作業になるわけである。そこには大変大きな機会がある。例えば、中国が大量に製造してくれたおかげで太陽光発電電池システムのコストは下がってきた。モジュールやシステムだけではなく設置に関しても、なんとかコストを削減しなければ自分たちが生き残れないので、新しいやり方を余儀なくされたのである。

ICT とクラウドには、安全保障、セキュリティの脅威がある。信頼性・完全性を維持していくために、社会の結束と気候変動対策と一緒に解決していく必要がある。そのために、我々がどんな協力を進めていくかが重要といえる。

質問 2：ICT の発展により多くのサービスが生まれてくると、人間の欲求も際限なく出てきて無駄なサービスが生まれ、余計にエネルギーが消費されてしまうのではないか。サービスをベースにした経済では、何が本当に必要なのか、何が適当なのかをしっかりと見極める必要があると思う。

また、ICT で情報をつなげてプロセッシングの効率化が可能になっても、本当の意味で社会の欲求に答えることに必ずしもつながらないのではないか。例えば、センサーをたくさん使えば多くのエネルギーを使うわけであるが、その代償はどうなるのか。本当にサービスとマッチングするのか。そういったことをよく考えなければ、イノベーションは一つの分野に留まらず他分野へ影響しスパイラルしていく。つまり、単に ICT をつなぐだけでなく、そのデータに対する理解が非常に重要だと思う。

ライター：技術的なソリューションを考える時には、欲求と社会的なつながりという概念を導入しなければならない。その概念が、いかに私たちのやり方を改善することができるのか、あるいはサービスの方向に私たちを押し出してくれるのか。あまり多くの資源を必要としない形でどうやって実現できるのか。そのバランスが必要である。つまり、行動とテクノロジーの両方の統合が必要である。

社会科学者、人類文学者、エンジニア、材料科学者が一緒にそういったソリューションを考えて、福祉や健全性と社会とをつなげる必要がある。

杉山：どこまでモノやサービスがあれば満足かということと環境のバランスは、必ず取らなければいけないと思う。ただし、現状の日本については、長い間閉塞感があったため、まずはイノベーションを中心に産業を活性化し、それから地球温暖化問題の解決策を作り出す、という順序が大事であると思う。しばらくすれば温暖化対策技術が多く出て安価になってくることが予想されるため、その時は一気に温暖化対策へ舵を切ることが可能であろう。

ICT では、情報をやり取りするだけでなくデータを理解することが必要というのは、その通りである。材料科学やバイオテクノロジーなど、色々な技術が一斉に進んでいる中で、今日は ICT に関する研究の紹介に留めた。

以上