

# 国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau  
National Diet Library

論題 Title	パネルディスカッション
他言語論題 Title in other language	Panel Discussion
著者 / 所属 Author(s)	岸本 充生 (KISHIMOTO Atsuo)、江守 正多 (EMORI Seita)、 黒沢 厚志 (KUROSAWA Atsushi)、堀 史郎 (HORI Shiro)、 西尾 匡弘 (NISHIO Masahiro)、矢部 彰 (YABE Akira)
書名 Title of Book	2050年カーボンニュートラルの実現に向けた脱炭素技術の 課題と展望 科学技術に関する調査プロジェクト報告書 (Issues and Prospects of Decarbonization Technology to Achieve Carbon Neutrality by 2050)
シリーズ Series	調査資料 2022-4 (Research Materials 2022-4)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
刊行日 Issue Date	2023-02-27
ページ Pages	—
ISBN	978-4-87582-903-4
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	—

\* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

\* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

## パネルディスカッション

ファシリテータ	岸本 充生
パネリスト	江守 正多
	黒沢 厚志
	堀 史郎
	西尾 匡弘
	矢部 彰

**岸本** 早速、第1の課題（岸本先生問題提起、スライド7）から始めますが、その前に、「先ほどのプレゼンの中で、テクノロジー・レディネス・レベル（TRL）の8から9は事実上使える技術、1から2はまだまだという話がありました（西尾先生報告、スライド7）。恐らく、多くの方はTRLのことを御存知ないので、もう少し解説してほしい」という声が寄せられていますので、西尾さんにお答えいただきます。

**西尾** 先ほど口頭で簡単に説明しましたが、TRLの1から3は、いわゆる基礎研究レベルのものと理解しております。そこから、ラボレベル、デモンストレーションレベルへ上がっていったものがTRLの4、5、6になり、TRL7、8、9は実用化一歩手前から実際に市場に出ていく段階のものを示しています（西尾先生報告、補足スライド）。

**岸本** 確認ですが、TRLは経済性や社会市場性など関係なく、技術のみによるレディネスレベルと考えてよいのですよね。

**西尾** 基本的に、技術的に可能かどうか为中心です。

**岸本** では、早速議論したいと思います。第1の課題は、技術開発のインセンティブについてです。非常に俗っぽい話をすると、イギリスやアメリカ、特にシリコンバレーでは、とにかく実行してみるという風潮が強いと思います。ヨーロッパはもっと慎重ではありますが、相当早い段階で目標を出して目印を付けます。それに対して、日本は割とボトムアップで、できたことから順番に行っていく、できる見込みがついてから目標を掲げるというような慎重なやり方です。イノベーションにとってどちらがフレンドリーかという、やはりイギリスやアメリカのやり方だと思ったりします。CO<sub>2</sub>の場合、世界的に示された排出削減目標を日本も採用することで、技術開発のインセンティブが確保されている気もします。先ほど矢部さんから、社長に約束してもらおうという非常に面白いアプローチが紹介されました（矢部先生報告、スライド12）。これから研究機関や大学にどんどん資金がついていくと思われる中で、他の研究課題とは異なる、脱炭素技術の研究開発のメリットやデメリット、あるいは持続可能性も含めて、研究機関側の考え方、特にファンディング機関であるNEDOの観点では、どのように選定や誘導を行うのでしょうか。やはり技術の目利きが必要だと強く思っています。社会受容性などを考える際にも、その後発展しない技術の社会受容性を一生懸命考えても、ある意味無駄だったりしますよね。私が以前、産業技術総合研究所にいたとき、ナノマテリアルの安全性評価を行いました。せっかく評価をしても、そのナノマテリアルが使い物にならなければ安全性評価は無駄になります。そのため、技術の目利きにならなければならないと言われ、そんなことができるのかなと悩んだこともあります。まずは矢部さんに、

ファンディング機関として、どうやって選定し、どこに配分するかという考え方についてコメントいただけますでしょうか。

**矢部** 今、大きなインセンティブとして、2050年までにカーボンニュートラルを達成しなければならないというのがあります。達成しなければ温暖化が進んでしまうという大きなインセンティブをみんなが持っていると思います。それをどう実現していくかという意味で、我々にはいくつかの評価指標があると思っています。一つは、新しい技術開発をするとき、CO<sub>2</sub>削減のポテンシャルがどのくらいあるかという点です。世界全体で500億tという大きな削減目標に対して、どれだけ貢献できるかは大事な指標です。

もう一つは、経済性です。CO<sub>2</sub>を1t削減するためのコストは、それぞれの技術を考えるときの必須条件です。両方がある程度成り立つ可能性があるものを追っていくことが大事な視点だと思っています。さらには、技術開発したものは社会実装まで持っていくということも評価指標の一つです。反対に、2050年の技術を今から開発したとき、すぐに製品にならないと会社として研究開発を継続していくことが難しくなると思います。それについては、みんなで考えていくことが大事だと思っています。

もう一つ、現在、太陽光発電や蓄電池もそうですが、世界競争の中にあります。世界競争で負けてしまうと、いくら開発をしても駄目です。世界競争に勝ちながら、日本が世界に貢献していくようなものは何かという視点も非常に大事で、その辺りで目利きをしていくことが大事だと思っています。私からは以上です。

**岸本** 洋上風力発電が世界的にも注目されている中で、日本は少し出遅れている感じがあるというお話でしたが、時間を巻き戻してみると、目利きをして、もっと早い段階から投資をしたり、研究開発をしたりするみたいなことはあり得たのでしょうか。堀さんに少し難しい問題を投げかけてみますが、いかがでしょう。

**堀** 様々な要素があると思います。そもそもヨーロッパで洋上風力発電が2000年頃から導入されたのは、北海の海底油田での技術を持っていた企業が容易に参入できたという素地がありますし、遠浅で洋上風力発電を建設しやすかったということもあります。もちろん大きな流れとしては、日本に洋上風力発電という大規模なものを大胆に建設していこうという国の機運の遅れがあったことは否めません。先ほどから申し上げているように、洋上風力発電の建設は、事業者だけでできるものではなく、国が港湾、送電線などのインフラなどを整備していかなければなりません。それに大きな公的資金を投じるという決断が必須です。そのため、洋上風力発電になかなか着手できなかったという背景があると思います。

**岸本** まさに、本日取り上げた脱炭素技術の大規模インフラとしての側面があって、研究機関だけ、民間事業者だけでは推進できないので、国とファンディング機関と研究開発する主体とが連携してやる必要があるということですね。国立国会図書館の役割もまさにそういったところにあるのかなと思いました。

今のことに関連して、研究機関におられる西尾さんと江守さんに、研究資金を受け取る側としてコメントいただければと思います。今後多くの研究資金が流れてくる中で、これまでとどう違ってくるとお考えでしょうか。

**西尾** 今話題に上っていたとおりで、研究資金が非常に潤沢というか、大きな額の研究資金が流れ込み始めていて、産総研で今後どうしていくかが一つの課題になっています。資金はある意味担保されつつあると、その次に、既に人が足りなくなっていて、そこをどう解決して

いくのかが一番大きな課題です。

それから、皆さんも御存知かもしれませんが、産総研では民間資金を何百億円確保せよというような話になってきていて、その意味でも人をどう確保していくか、どういったスタッフサポートをいただけるのかが非常に大きな課題になってきています。

いわゆる脱炭素ということで様々な課題が上がってきていますが、私がちょうど研究を始めた1990年代、当時の通商産業省の予算に「二酸化炭素の固定化有効利用技術研究開発」という枠組みがありました。その枠組みは30年経った今でも生きています。矢部さんから御指摘もありましたが、エネルギー関係、環境関係は20年、30年かけてようやく社会実装されるといったところなんです。30年前の技術でできていたお品書きを虫干しして、民間企業の方々とも手を組んで実際に研究開発して社会実装していく道筋が、これまでに比べるとようやく少し拡充されてきたと思います。この動きを是非御支援いただきたいと思います。学生さんが、大学院、ドクターコースになかなか進まなくなっていることも含めて、研究機関も厳しい状況にはありますが、人と資金と、あとは時間が必要です。2、3年で打ち切りという民間的なやり方ではなく、今回の基金のように10年先を見据えたところで取り組んでいく必要があると痛切に感じています。

**岸本** 以前はバイオ人材、今はAI人材で、また脱炭素人材と言うかどうか分かりませんが、人材も急に必要だと言われても多分出てきません。これも目利きというか、ある程度前から人材育成をしていく必要があります。AI人材もあと5年早く育成していればよかったのにと今は思いますが、なかなか追いつきません。いつも後追いになってしまいます。江守さんは、直接脱炭素技術を開発する主体ではありませんが、それを周りで見ているいかがですか。

**江守** まさに周りで見ているの感想で、もしかしたら質問になるかもしれませんが、日本で脱炭素を議論するときは、特に技術開発、イノベーションの文脈が中心だからだと思いますが、水素のサプライチェーンやカーボンリサイクルなど、次の技術開発をどれだけ日本でリードしていけるかというような話が注目されがちです。知らない人が見ていると、それが脱炭素のメインなのだと思ってしまう。メディアなどでこの話を見ている人には、新しい技術の開発が、脱炭素のメインに見えるのではないかなと思うのです。

一方で、実際のインプリメンテーションについて、当面を考えてみると、やはり太陽電池、風力、電気自動車などに力を入れていくことが大事ですが、地域分散のエネルギーシステムにどうやって移行していくか、変動する再エネがたくさん入ったとき、需要と供給をどうバランスさせるかといった話は、非常に大事だと思います。しかし脱炭素についての議論は、そのような話より、何か夢の新技术のような話になりがちだと思いながら、この分野の議論を眺めています。

日本の産業として、次の勝てる技術を持たなくてはいけないということがあるので、今のような話になるのは、ある意味ではもったもだと思います。しかし、先ほどもお話があったように、例えば、当初、太陽光パネルで日本はリードしていましたが、大量生産の段階になると中国、韓国に負けてしまいました。日本で水素サプライチェーンやカーボンリサイクルなどの技術開発が先行したとしても、それが大量生産のフェーズになると、また中国などに全部を持っていかれることにならないか。その辺りの戦略は、日本の技術開発の中でどのようになっているのか、分かっている方に教えていただけたらと常々思っています。いかがでしょうか。

**岸本** これは黒沢さんか矢部さんに、お願いできますか。

**黒沢** 非常に難しい質問で答えづらいのですが、できている技術を入れていくことが重要です。その意味では、太陽光、風力は既にできている技術です。電気自動車は電池の話などがありますから少し違いますが、当面はやはりボリュームで入れていくものが重要だということもあって当然だと思います。

「夢の新技術」というお話に関しては、様々なことをやってみて、全部成功させようとは思わないという割り切りのようなものが必要かなと思います。

DOE（米国エネルギー省）が最近行っているアースショットというプログラムでは、水素やネガティブエミッション技術、長時間充放電ができる電池などに関して、従来よりも一桁上の技術レベルのものや、低コストのものを狙って、2030年までに実装させることができると言いますか、頭出しをするようなものにも取り組んでいます。そこでは当然、実施した多様なプロジェクトが全部成功できるとは思っていないはずですが。そのような多様性のあるポートフォリオを最初に組んでそこに張っていく。その目標がチャレンジングであってもよいと思います。

最後の質問の「大量生産で勝てるか」という話ですが、同じものを大量に作るものであまり勝負しない方がよいと思っています。大量生産には人件費やインフラコストが効いてきます。そこをうまくマネジメントしながら、産業として勝てるような分野で技術展開していくのがよいと思います。私からは以上です。

**矢部** 今の江守さんのお話との関連で言うと、日本は世界で初めて水素戦略を作り、国際会議などで、世界で一生懸命やりましょうと提唱していました。そして実際に、各国が一緒にやりましょうという風潮になってくると、各国も力が入ってきて、あっという間に技術が追いつかれています。その意味では、日本は水素でどうやって勝っていくかを一生懸命考え、結果として輸送の分野で勝っていこうとしています。水素をどこかの国で製造してから、それを世界中に運搬することが重要です。その辺りで勝っていくことを戦略的に考えています。

一方、将来を見ると、太陽光発電や風力発電で水電解をして水素を製造するのが一番安くなります。あるいは、CCSを使いつつ化石燃料で作るかのどちらかです。そして、太陽光のことを考えると、太陽光の安いところで水素が安くなります。そうすると、日本は再エネと同じで地政学的に恵まれていないことが見えているため、この観点からも輸送で勝負しようという次の戦略を考えていることは確かだと思います。それでいて、水素にも安全性などの課題もいろいろありますので、そういった面でも勝っていこうとしています。戦略的に徐々に深掘りして高度になっていると認識していますし、そういうところで勝負していかなければいけないと思っています。

**岸本** 黒沢さんの話と関連して矢部さんにお聞きします。失敗を許容するというか、いろいろなところに割り振って、その中のいくつかが成功すればよいという考え方があると思います。日本でもムーンショット（型研究開発制度）はそのような話で進んだと思いますが、実際そうなっているかどうかはまた別の問題です。私も過去 NEDO のプロジェクトに関わっており、うまくいったと一生懸命アピールしたことがありました。この辺りの状況に変化はあるのでしょうか。

**矢部** 技術開発は、必ずしも成功するとは限らないということはもちろんですし、成功させるためにもっと英知を結集する必要があると思います。自分たちだけではなく、アカデミック

まで含めた協調領域の課題をみんなで共有して、裾野を広くして取り組む必要があります。世界中には多くの研究者がいて、優れたアイデアを出していますから、それを何とか持ってくる必要はあると思っています。一方で、世の中がダイナミックに変わったときには、目標値を変えていかなければなりません。そこをフレキシブルに対応していこうと、グリーンイノベーション基金（矢部先生報告、スライド 11、12）では一緒に考えています。

また、先ほど申し上げた、「研究所の中でうまくいった、で終わってはいけない。きちんと実装まで持っていくために社長を引っ張り出そう」という話も、一つの新しい方策だと思っています。失敗はもちろんあり得ますが、最善を尽くした失敗になるようにしなければいけません。開発した技術を社会実装するかどうかで、日本が勝つか負けるかの時代まで来たいです。そこまで頑張ってもらいたいと我々は考えています。

**岸本** 非常に興味深い話題で、また戻ってくるかもしれませんが、次のテーマに移りたいと思います。第2の課題は、技術の社会実装をスムーズに進めるための規制についてです。まず大規模インフラということで、洋上風力発電にしてもCCSにしても、日本だと様々な役所が関係してきますし、様々な法律が関わってきます。それぞれに対応していくと、非常に大きな手間と労力がかかります。場合によっては、一つの法律がネックになってできない、それ以上前に進めないこともあると思います。こういった点に関して、堀さんと西尾さんから、先ほどの繰り返しの部分もあるかもしれませんが、現状などをまとめて簡単に御紹介いただけますでしょうか。

**堀** 今、業界団体が政府に、洋上風力発電を実行するつもりがあるのだったら、これを早く変えてくれというリストを提出しています。その中で業界団体が問題視している項目の一つは船の規制です。洋上風力発電は建設時の部品の輸送に船を使うので、それを柔軟にしてくださいと言っています。また、二重規制で言えば、例えば、電気事業法<sup>(1)</sup>と建築基準法<sup>(2)</sup>が二重規制になっていて、建築確認を2回行う必要があります。ただ、それは調整可能で、現在少し合理化されていると思います。問題は、データがないためどうしても規制が厳しすぎるということです。先ほど最後に、私がデータの集積を急がなければ問題が解決しないと言ったところです（堀先生報告、スライド 33）。役所もデータがないので、どうしても過剰に厳しく規制するところがあります。そこがこれから非常に時間がかかると言われていています。例えば、今事業者が言っているのは、型式認定などで安全規制が原発並みに厳しいということです。日本は地震国なので規制が厳しいのですが、どのくらいの耐震性能を洋上風力に求める必要があるのかも議論になっています。これらを一つ一つ技術的に検討していくところにも、研究資金を早く投入した方がよいという気がしています。

**岸本** 例えば、業界団体などからオルタナティブな規制について提案するような取組はまだないのでしょうか。研究機関とタッグを組んで対案を提案するとかですね。

**堀** そこまで厳しくなくてよいのではないかと、業界から様々提案しています。例えば、二重規制などは割に難しい問題ではありませんが、データがないので役所は判断しようがない面もあります。そのため、研究者や国が判断に資するデータを集積する必要があります。また、ヨーロッパと違って日本は魚種が多いため、海洋生態系への影響もヨーロッパのデータ

(1) 昭和 39 年法律第 170 号。

(2) 昭和 25 年法律第 201 号。

だけでは漁業の人たちも納得できないと思います。ヨーロッパには底生魚のデータがありますが、日本はマグロなど回遊魚を生業にしている人も多いのですが、その関係の影響データはあまりありませんよね。そのため議論が進みません。そういったデータも、パブリックなお金をもっと投入して集積しないと難しいという気がしています。

**岸本** 矢部さんに聞いてみたいのですが、このような研究もファンドに入っていたりするのでしょうか。

**矢部** 非常に大事だと思いますが、例えば、我々のNEDOでそういう専門家をうまく集めてコントロールできるかという、他の省庁と一緒にならなければならないと思います。ただ、そうした取組は非常に重要だと考えています。ただ説得するのではなく、データを揃えて、定量的に見積もって提言するということですね。あとは、そのデータから、規制が本当に必要かどうかを判断するということだと思います。関係する人達が英知を結集する必要があります。

**岸本** やはり農林水産省とかですかね。様々な機関とうまく連携するということ、先ほどのある種のワンストップショップが必要だという話なのかなと思います（岸本先生問題提起、スライド7）。その辺りも、私も全く知りませんでした。恐らくまだあまり知られてないけれど、大事になってくるところがあったりするのかなと思ったりします。西尾さんはいかがですか。

**西尾** CCSに関して申し上げると、日本はCO<sub>2</sub>を海底下に埋める場合の海洋汚染防止法<sup>(3)</sup>を世界で初めて作らざるを得なくて法改正しました。これは環境省所管なので、そちらの観点から、いろいろと枠をはめられている状態にあります。反対に、海底ではなく陸域で埋めるのであれば、海洋汚染防止法のような法律もないので実行しようとする、今度は法律がないからできないと言われてたりします。もともと経済産業省の中でも産業技術環境局の所管であったCCSが、資源エネルギー庁に移りました。資源エネルギー庁の方が現業と近いところもあって、2022年から2023年にかけて、関連する法制度を何とかしていきましようという動きが、ようやく出てきたのがCCSの現状です。

先ほど水素の輸送の話もありましたが、CCSもCO<sub>2</sub>の輸送部分で、船やパイプラインなどが絡んできます。これらについては、国土交通省といろいろ交渉しなければなりませんし、国土交通省の中でも河川なのか港湾なのかといった話もあります。関係各所、様々な機関と交渉して、実証プロジェクトを動かすために非常に苦労したという過去があります。それも含めて規制があればあったで大変で、規制がなければ何もできないというところで、自縄自縛的になっているのが日本の現状かなと感じます。「CCS事業法」なるものを策定する必要があるとか、促進法みたいなものを作る必要があるといったことも含めて、いろいろと意見を出させていただいているところです。

水素についても同じです。御承知だと思いますが、未来の水素タンクは70メガパスカルという高圧になります。目の前に、こうして数値で示された課題があるため、規制緩和に向けて一生懸命進めることで今動いています。ただし、いざ一般家庭で水素を使おうという話になると、今のガス配管があるからそれ使えばよいという話になります。そうするとガス事業法<sup>(4)</sup>に縛られ、ガスが漏れたときのために付臭するといったことが必要になります。一方

(3) 海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（昭和45年法律第136号。「海防法」）

(4) 昭和29年法律第51号。

で、それを行うと、今度は水素源として使おうとするときに非常に大変になります。要は、燃料電池に水素を送る前に、臭いを除去しなければならないということです。こうなると、水素が安くできたとしても、使うときに非常に高価な装置が必要になります。それゆえ、これまであった規制を何とかするためには、今から新しいものを使っていく必要があるという規制の見直しを、早急に行わなければならないと感じています。

**岸本** 僕も同じように思っています。これは矢部さんに言えばよいのか分かりませんが、技術開発の中に法規制や資金の話も含めて、広く研究者に資金配分をして先行調査を進めていただきたいですし、法規制等に対して問題提起するような研究も是非、資金配分の対象に入れていただきたいと改めて思いました。日本は、その辺りの意識がイギリスに比べてずいぶん遅れていると感じます。これに関して、まず黒沢さんにコメントを、その後江守さんにもお願いします。

**黒沢** 先ほど西尾さんのお話があった CCS に関して、環境省と経済産業省の合同で海洋汚染防止法の見直しの委員会が始まったらしいのですが、その中で事業法がないのはやはり問題で、議論になりました。もう一つ問題になったのは賠償責任といった話です。無限なのか有限なのか、どれぐらいモニタリングする必要があるのか、それも有期限なのか無期限なのかという点も議論のトピックになると聞いています。それが無期限であったりすると、民間事業者では怖くて手を出せません。そういった点も規制の見直し要件として必要かと思えます。

水素ステーションに関しては、非常に多くの省庁が絡んでいます。それについては、規制をどう最適化していけばよいかということでタスクフォースのようなものが立ち上がっています。その意味では、入りやすい方向にいと聞いています。

**江守** 規制で言うと、今日の話から少しずれますが、太陽光発電、メガソーラーの乱開発が進んだのは、今から思うと規制がなすぎたからだと感じています。FIT（固定価格買取制度）の全量買取が始まり、風力発電では規制が厳しすぎるといように聞こえましたが、太陽光発電は規制が少なく乱開発が進み、地方で太陽光発電の評判が非常に悪くなって今に至っています。今でこそゾーニングなどが始まっていますが、既存技術であっても大量に導入されるのは社会にとって新しいことになるので、それである種、エマージングなことが起きると思います。廃棄物の心配の問題はその一例です。もう少しルールができてから、太陽光パネルを作ったらよかったと思いつつも、それを待っていると時間がかかるだろうから善し悪しがあるとも思います。そのことを少しコメントしたいと思いました。

**岸本** 全く同感です。廃棄の問題などを含めて、導入当初にどうして気付かなかったのかということが多くありますよね。太陽光パネルもかつてはエコの象徴でしたが、現在、場合によっては迷惑施設になりかかっている面があります。同様に、風力発電も結構瀬戸際だという印象を個人的には持っています。CCS もうまく行えばひょっとすると、エコ施設みたいなフレミングができるかもしれませんが、下手をすると原子力発電所や高レベル放射性廃棄物施設のような悪いレッテルを貼られるかもしれません。それは非常に大きな問題で、別途、議論したいところです。そのような中で、市民参加や、先ほど洋上風力のところで協議会の話があり、残念ながら日本ではいわゆる市民が入っていないということでした。市民参加をどう進めていくか、脱炭素技術の研究開発の中でパブリックエンゲージメントと言われたりしますが、この辺りについて、江守さんが RISTEX（科学技術振興機構社会技術研究開発センター）のプロジェクトを行っていらっしゃるの、コメントいただければと思います。



**江守** 私自身は、こういう問題への市民参加にずっと興味を持っています。これは個別の技術の話ではありません。環境政策、エネルギー政策として2012年の民主党連立政権のとき、討論型世論調査を含む国民的議論が本格的に行われました。無作為抽出の市民を集めて議論するという、ある種新しい形の民主主義の試行のようなものがなされたのです。この取組での議論を見ていると、専門家や官僚、業界の人だけで議論していたのでは出てこないような新たな視点が得られることがあります。それが業界から見て全くナンセンスだったら、そこでまた議論すればよいことです。市民の言うことを全て聞く必要は別にはないと思いますが、新たなインプットとして、そういうものがあるのは非常に重要だと思います。

私はRISTEXのプログラムで、脱炭素化技術のELSI（倫理的・法制度的・社会的課題）プロジェクトの研究代表をここ2年ほど務めています<sup>(5)</sup>。黒沢さんにも手伝っていただいています。まだ大々的に出していないですが、そこでは市民参加というより、別の分野のエキスパートのような、エネルギー問題の専門家ではないものの、別の社会課題において将来を見て活動しているフロントランナーたちを集めて、新しい課題を発見できないか議論しています。そこで一つ意識しているのは、新しい観点がないかということです。3E+S<sup>(6)</sup>やS+3Eが日本のエネルギー政策において、誰も文句を言わない評価基準、目標になっていますが、この基準はよく考えてみると、2002年にエネルギー政策基本法<sup>(7)</sup>ができて以降ずっと変わっていません。3.11のときにSがついたわけですが、そのとき、みんなが参加して議論した形跡もありません。みんなが参加すれば、もしかしたら公平性や社会的観点など、今入っていない何か他のエネルギー政策の見なければいけない観点が出てきたと思います。そのような議論を仕掛けていきたいと思って準備しているところです。

**岸本** 一般市民やフロントランナーも含めて、多様な人たちが関わってくるのが、非常に重要だと思います。

チャットで意見が来ているので取り上げます。「誰がステークホルダーかを考えたとき、広い意味で言うと、例えば、将来世代をどう取り入れるかという問題があります。また、グローバルサウスと呼ばれている途上国や日本以外のステークホルダーをどう捉えるかということで、グローバルサウスと呼ばれているところの人たちも利用できる価格でのエネルギー製造に、既存の技術の革新的アプローチでたどり着けるのか大いに疑問です」という意見です。今日は、確かに日本に閉じた議論をしていましたが、途上国にも使える技術を開発するという視点は、どういった形であるのでしょうか。それと、どういった形で取り入れることができるのでしょうか。矢部さんからコメントをお願いします。

**矢部** このコメントに答える形で言うと、今は世界のCO<sub>2</sub>削減をしっかりと議論しないと意味がありません。日本の二酸化炭素排出量は、全世界中の3%しかありませんので、そこにこだわらない大きな議論です。我々が新たに開発しようとする技術は、途上国も含めていろいろなところで使えるレベルまで持っていくことを目指しています。

ただ、先ほど講演の中で日本の中での削減効果を細かく言ったのは、あらゆる技術を一つずつ改善していかないとカーボンニュートラルは達成できないということを言いたかったか

(5) 「脱炭素化技術の日本での開発 / 普及推進戦略における ELSI の確立」 科学技術振興機構社会技術研究開発センターウェブサイト <<https://www.jst.go.jp/ristex/rinca/projects/jpmjrx20j1.html>>

(6) 安定供給 (Energy Security)、経済性 (Economic Efficiency)、環境 (Environment) + 安全性 (Safety)。

(7) 平成 14 年法律第 71 号。

らで、私も世界のことを考えています。そういったことで言うと、これまでの技術開発の中では、例えば太陽光や風力発電はどここの国にも持っていけると思います。日本が結構強いヒートポンプも世界中でいかに発展させていくかが非常に重要です。その意味では、技術開発の中にも世界に適用できるものは結構多いと思います。一方で、SDGsの観点で言うと、必ずしも革新技術だけでなく、現在の技術をいかに安定的に安く普及させていくかが非常に大事ですよということが、どうしても入ります。そこも含めて世界をきめ細かく見ていくことは大事です。

**岸本** ありがとうございます。先ほどの市民参加の話に戻ると、CCSの話をお聞きするのを忘れちゃったので、社会受容性といった観点から市民参加、住民参加の観点があるのかなのか、あるとすればどのような取り入れ方をしているのか、西尾さんにお伺いしたいと思います。

**西尾** CCSの技術そのものの検討が始まったときから社会受容性が非常に重要であるということを取り組んできました。CCSはやはり、自分の家の裏庭に埋めてくれるな、といった話にどうしてもなりがちなところがあります。一方で、日本では唯一実証事業として苫小牧の海底下に30万tのCO<sub>2</sub>を埋めた事例があります。これは自治体に積極的に参画していただき、住民の皆様方への説明も非常に丁寧に行って、環境を醸成していくことができた事例だと思います。

今出されている計画では、1.2億tから2.4億tという将来のCO<sub>2</sub>貯留量を基に、年間に必要な貯留地を確保することを考えると、もっと大規模なものになります。そのためには、先ほど話題にしましたが、法制度の話もそうですし、私自身も黒沢さんも関わっているISOの中での取組などで、皆さんに納得していただけるようなルールにしていきたいということで活動させていただいております。

もちろん、黒沢さんから御指摘ありましたが、実際に貯留すると、そこにCO<sub>2</sub>があり続けるので、その後どうなるのかというところの補償が課題です。地価下落につながるのかどうかまでは分かりませんが、漏えいリスクをどう回避することができるか、補償していくことができるのかも、ルール作りとして重要な課題であると認識していますので、そちらでの検討が進められていると認識しています。

**岸本** 私は、CCSはもう少しポジティブなフレーミングができそうなポテンシャルがあるような気がしています。CCSを受け入れると、SDGs先進地域だとかスマートシティみたいな、何かうまいフレーミングができるのではないかなと思いますので、是非そういうのも考えていいですね。

**西尾** そうですね。先ほどのようにカーボンニュートラルのためのネガティブエミッションと言ったとき、このCCSを抜きにやろうとするとかなり無理があるため、CCSが着実にできるような環境を整えていく必要があります。もちろん、未来永劫CCSを使っていくことは、私自身は余り考えていません。実際にそのカードが出てこないようなシステムが出来上がってきて、そちらにシフトしていくと、CCSそのものが徐々になくなっていくのが本筋だと考えているので、それも含めたルール化になると思っています。

**岸本** ありがとうございます。シンポジウムの終わりまでずいぶん時間があるような気がしていましたが、かなり迫ってきました。どなたか、パネリストに聞いてみたい話があります。これだけカーボンニュートラルと排出量を削減するところに焦点が当たった中で、例えば、

ミティゲーション（緩和策）だけではなくアダプテーション（適応策）、もっと言うと気候工学<sup>(8)</sup>、太陽放射管理みたいな話での技術開発はどうなるのでしょうか。排出を防ぐための技術開発にほとんど資金が費やされていて、そちらの関心が薄れてしまうのかなど。薄れてもよいのであれば構いませんが、その辺りについて、どなたかコメントをいただければと思います。黒沢さんいかがでしょうか。

**黒沢** アダプテーションについては、既に気候変動の影響自体が出始めていることを考えると、絶対に行わなければいけないオプションであることは事実です。ただ、いろいろあって、インパクトを減らすという意味ではミティゲーションが有効ですが、インパクトをなるべく少なくするアダプテーションがまず必要です。農業など様々なセクターで対策ができますが、それでも駄目だった場合には、もしかすると気候工学的な手段を取ることになりますね。CDR（二酸化炭素除去）も昔は気候工学と言っていましたが、最近あまりそういう言い方をしません。気候工学（ジオエンジニアリング）の一種である太陽放射管理は、大気中への硫黄酸化物の散布や、大規模な火山噴火時に一時的に世界全体の気温が低下する現象とのアナログ（類似性）として議論がされてきました。小規模実験を行ってよいのかどうかについても最近では議論がいろいろあります。また、海へのCO<sub>2</sub>吸収促進実験などを小規模にいろいろ行おうとする動きは、特にアメリカを中心にあると聞いています。

これについては江守さんが詳しいと思うので、江守さんいかがですか。

**江守** 詳しくはありませんが、アメリカでは大規模な研究資金がついたと言っていました。これについては、研究すべきでないと言う人とのせめぎあいになっています。研究をすべきでない、もうやるべきではないという立場の研究者グループが声明を出したりしています。私の理解では、研究すべきとだと言っている人たちも、倫理的な側面とかがあることに気を使って議論しています。実験の計画を立てたけれど、住民の反対があったからやめましたなどという事例があります。

ジオエンジニアリングを行えば、CO<sub>2</sub>をいくら出してもよいと思われると困ります。行うとしても、1.5°Cを一時的にオーバーシュート、超えてしまうところをそぎ落とすような、一時期だけ使うものであるとフレーミングするといった議論が展開されているように見えます。

**岸本** なるほど、2050年カーボンニュートラルという文脈で、何か変化があるのかなと思ったのですが、今のジオエンジニアリングのお話は確かに非常にレアな事象が起こったときの緊急避難策みたいなもので、カーボンニュートラルの話とセットにする考え方はあり得るのでしょうかね。

**江守** そういうことですね。

**岸本** NEDOとしては、いわゆるミティゲーション、排出削減以外へのファンディングも行っているのでしょうか。

**矢部** 現在は大きなプロジェクトは行っていないと思います。日本の場合はどうしても気温が上がってきているので、例えば、農作物などを変えていくといったことは、現実的に農林水

(8) 人為的な気候変動の対策として行う意図的な地球環境の大規模改変。従来の分類では、太陽入射光を減らすことで気温を低下させる太陽放射管理（SRM）と二酸化炭素の自然吸収を促進するか工学的回収をして地球温暖化の原因を除去する二酸化炭素除去（CDR）の二つに大別されていた。最近では、CDRは温室効果ガス削減策（ミティゲーション）の一手段であるという認識が主流となってきている。

産省を中心に行っていると思いますが、まだ産業としてはそこまでは取り組んでいません。かなり総合的に丁寧に議論していく必要がある問題ですので、しっかり議論したいと思えますね。

**岸本** 今日のシンポジウムとパネルディスカッションは、2050年カーボンニュートラルありき、脱炭素ありきでお話をしていますが、よくよく考えてみると、脱炭素自体も手段にすぎないわけです。その目的は何かと考えたとき、もう少し選択肢があり得ます。そこまで話を広げると、多分拡散しすぎるので、今日はやめたのですが、そういった視点も頭の片隅に置いておく必要があるのかなと思いました。

もう時間が迫ってきました。最初に5点ほどの課題をあげましたが、一番議論したかったのは最初の3点です（岸本先生問題提起、スライド7）。安全保障、評価の話もありましたが、そこまでお話ができたので、私としては非常に満足ですし、充分議論したと思います。

最後に皆さんから一言ずついただければと思います。報告をされた順番で、江守さんから何か言い残したこととか、今日議論できなかったけれどもこういう側面も重要であるなど、何でも構いませんので1人1分をお願いできればと思います。

**江守** 言いたいことは大体申し上げた気がしますが、やはり脱炭素化技術で次世代技術や水素、CCSだとかネガティブエミッションの方向の技術開発が進むこと自体は、将来的に非常に重要です。その技術の主導権を日本が取ることも大事だと思います。繰り返しになりますが、脱炭素と言うと、そういった話ばかりしています。例えば、日経新聞などでニュースになるときなどには、そのような雰囲気が強くと感じます。しかし、もっと再エネ大量導入の課題とか、そこで必要な、何か分かりませんが、バーチャルパワープラントなど、そちらの方向の技術開発にもっと注目が集まるべきではないかと個人的には思っています。ただし、本日の議論は僕も非常に勉強になりました。ありがとうございました。

**黒沢** 安全保障の話をしていませんでしたが、国際エネルギー機関が最近打ち出した方向性の一つに、IEA 3.0というキーワードがあります。IEAはもともと石油輸入国カルテルでしたが、そこから地球環境問題にかなりシフトし、更に最近では最重要課題としてセキュリティの重要性を強調し始めました。今回の国際情勢を考えると、やはりセキュリティにもかなりの力点を置いて評価すべきだと思います。これはエネルギー資源だけでなく、様々な金属資源も対象になります。例えば、脱炭素を実現するためにも、レアメタルやクリティカルミネラル（重要金属）と言われる偏在している資源を、きちんと確保していく必要があります。ただし、鉍石を精製するプラントが中国に集中しているといった問題もあつたりするので、精製部分の集中と、資源生産国の偏在も同時に意識して進めないと、脱炭素自体が実現できないということにも注意すべきだと思います。

**堀** 今日は技術の話題が出たので私も一言申し上げます。まさに江守さんが最後におっしゃったバーチャルパワープラントのような技術は、これから極めて大事だと思います。制度的にも2021年から需給調整市場がようやくでき、これをビジネスとして行えるような素地が整ってきました。だから、蓄電池のような、どれだけ安い蓄電池を作ればよいかという技術開発はもちろんありますが、並行して今のEV、エアコンや自家発電といった諸々のものをどう組み合わせれば、最適でコストが安くなるか、調整能力が保てるのかが、これからは極めて重要になってきます。既に自治体などでも導入されています。蓄電池の性能を上げることと併せ、既存のものをどううまく組み合わせると一番よいのかというソフト的な技術開発にも、

もっと注目すべきだと思います。

**西尾** 本日は様々な方のお話が伺えて勉強になりました。ありがとうございます。一つだけ、最近私が企業の方々と議論をしながら気になることがあります。脱炭素は本当に必要なのかということです。考えてみると、自分たちはプラスチックで囲まれて生きています。それを供給してくれる石油を使わなくなることで、今ある産業構造が全く変わってしまったとき、それをどこからどう手に入れて、どのように構成していくのでしょうか。その点から言うと、脱化石資源かもしれません。脱炭素ではないということを、是非考えてもらえないかといった意見を企業の方々から聞くようになってきました。自分の身近なところで、本当に物が入ってこないという現実が10年後か20年後に訪れるかもしれません。聞くところによると、炭酸ガスは現在、100万t程度の規模の市場です。それを供給する、CO<sub>2</sub>をくれるところがなくなってきたという、産業ガス会社さんの悲鳴みたいな言葉もあったりします。実際に今あるものがどう変わっていくのかをしっかりと見据えて、カーボンニュートラルに使われる技術を構成していく必要があります。どのように移り変わらせていくのかというストーリーも含めて検討が重要なのかなと思いました。

**岸本** 電動キックボードを社会実装するというような話ではなくて、生活全体が変わる、社会全体が変わるという姿も同時にシミュレートして見せる必要があるという感じですね。最後に矢部さん、お願いします。

**矢部** カーボンニュートラルという言葉が出た途端に、もう答えがあるように感じている方が多いと思います。しかし実際は、我々が一生懸命に検討して、実現できる答えをまだ探している途中という状況です。その意味では、これからどう動いていくか分からない世界の中で、みんなで真剣に考えて、CO<sub>2</sub>削減コストの安い技術をしっかり開発していくことが重要です。また、それを世界で普及させるとき、日本の産業がうまく貢献できるように持っていくための答えを、必死になって探している状況だと思います。これからダイナミックに動いていく中で、みんなの知恵を何とか絞って、我々が、日本が活躍でき、世界に貢献できるように頑張りたいと思います。

**岸本** 皆さんどうもありがとうございました。司会に戻します。

**司会** 先生方、ありがとうございました。遠いようできて、実はさほど時間のない2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、課題を整理・展望することを目的に、今回このようなシンポジウムを企画させていただきました。先生方には大変充実した御報告と、また脱炭素技術の社会実装に向けて、その障壁となるものをいろいろ御議論いただきました。

大変印象に残りました先生方の言葉として、目標を固めてしまうのではなく随時フレキシブルに対応していくこと、また失敗が許されないような構造にするのではなく、多様性のあるポートフォリオを持って臨むということ、データを収集して様々な規制を見直していくこと、必要な法整備をしていくこと、さらに、様々な技術開発を可能とする人材の育成の大切さや、裾野を広く持って本当に知を結集して様々な課題に取り組んでいくということがあり、これは、今回のテーマとさせていただいた脱炭素に限らず、あらゆる社会的課題の解決の解につながるような大変示唆に富んだお言葉であったと考えております。

本日このように大変充実したシンポジウムを開催させていただくことができました。この記録集は、できましたら2月末から3月初め頃にかけて当館の刊行物として刊行予定です。当館のWebサイトに掲載して、どなたにも御覧いただけるようにしたいと考えております。

本日、御登壇いただいた先生方、御視聴いただいた皆様方、長時間のシンポジウムにお付き合いいただきまして、誠にありがとうございます。参加された皆様方は、退出されましたらアンケートフォームが掲載されますので、そちらの方もお時間の許す範囲で御協力いただけますと幸いです。私どもの今後の参考につながります。繰り返しになりますが、本日はどうもありがとうございました。