

# 一般社団法人 エネルギー・資源学会

## 2019年新春座談会

### 「研究者が考える2050年のエネルギー需給」



#### 出席者

- 秋元圭吾氏：地球環境産業技術研究機構主席研究員  
 萩本和彦氏：東京大学生産技術研究所特任教授  
 杉山大志氏：キャノングローバル戦略研究所上席研究員  
 村上朋子氏：日本エネルギー経済研究所研究主幹  
 \*藤井康正氏：東京大学大学院工学系研究科教授

\*は司会者

#### はじめに

藤井 ご多用のところをお集まりいただき、ありがとうございます。

本日の新春座談会ですが、テーマは「研究者が考える2050年のエネルギー需給」です。政府ではエネルギー情勢懇談会が構成され、2018年4月にそこでの提言が取りまとめられました。その提言に基づいて、7月に第5次エネルギー基本計画が公表されています。

エネルギー基本計画ですが、時点によって大きく2つに分けられ、2030年に向けた対応としてはエネルギーミックスの確実な実現ということで、前回のエネルギー基本計画からほとんど変わっておらず、それを着実に実現していくことになっています。

今回新しいところは、2050年に向けた対応で、温室効果

ガス80%削減を目指すことが取り上げられています。ただ、具体的な数値目標は特に盛り込まれていない感じで、複雑シナリオでさまざまな選択肢を追究することになっています。その中で、開発目標、政策資源の配分に関しては、客観的な情報に基づく科学的レビューメカニズムの導入の必要性なども述べられています。

このようなことを念頭において、エネルギー環境分野で活躍されている著名な研究者の方々にお集まりいただいて、事業者でもない、役人でもないという立場で、自由な議論をしていただくことを期待しています。

#### 将来のエネルギー選択を考える際に注意すべき点、気になる点

藤井 最初に、自己紹介も兼ねて、2050年に温室効果ガス8割減を前提した場合、将来のエネルギー選択を考える

際に、ボトルネックになるような注意すべき点、あるいは不確実事象で気になるような点を、それぞれの研究者の立場からお話しただけだと思います。

まず、地球環境産業技術研究機構（RITE）の秋元さんからお願いしたいと思います。

**秋元** RITEの秋元です。

私のバックグラウンドは、基本的にエネルギー温暖化対策のモデル分析がもとの専門です。

ご紹介いただきましたエネルギー基本計画を策定する総合エネルギー資源調査会の基本政策分科会の委員も務めておりますので、基本計画策定においては委員として取り組んだところでございます。

お題としていただいた中で、まず2050年に8割削減の目標についてですが、基本計画でも書いているように、2050年のところのポイントは、不確実性等が大きいので、それに対して複線シナリオという形で取り組んでいこうとするところがポイントになっていると思います。

8割削減というのは、ご承知のように、温暖化対策計画の中に8割削減という目標は掲げていて、それを踏襲する形で、8割削減という目標は、このエネルギー基本計画にも出ているところです。

強調しているのは、2030年の部分に関してはターゲットであって、例えば排出量の目標でいけば26%削減目標であるとか、そこに関してはPDCAサイクルを回しながら、そこに向かって着実に達成していくということです。

ただ、2050年に関しては、不確実性が非常に大きい。例えば、温暖化という文脈からいっても、気候感度は不確実性が大きい。では、その中で日本が何割ぐらいまで削減すればいいのか、できるのかということに関しては、技術開発の動向等がまだまだ不確実なので、そういうことも踏まえながら8割削減を目指したいという意味では、必達目標ではなくて、ゴールという位置づけになっていると思います。これは別に日本だけではなくて、長期目標を出している主要国すべての国は、みんなゴールという位置づけになっていて、必ずしも絶対的にそこを目指すべき目標という形にはなっていない。そういう中で、不確実性を理解しながら、ゴールに向かってなるべくチャレンジングに頑張っていくということになっていると思います。

我々のモデル分析においても、将来のコスト低減とか、いろいろな技術のコスト低減等を織り込んでモデル分析するわけですが、それでも8割削減を解くと、ものすごく高い限界削減費用が推計されます。要は技術的には可能なオプションはあるのですが、現実社会でそれが実現するかというと、そうではないだろうと思われるものしか今のところ導くことができない。

そうすると、国際的な協調がなければ8割削減はできなく

て、日本だけが非常にコストが高いような状況になったとすれば、それは持続しないので、そういうことも踏まえると、いかに限界削減費用を下げながら8割削減に近づけることができるのが重要です。

そうしたときには、需要の低減というか、需要自身は下がらないのかもしれませんが、効用は下がらないけれども、エネルギー需要は下がるような大きな革新が必要になってくると思っています。

**藤井** 続いて、荻本さんをお願いします。

**荻本** 東京大学生産技術研究所の荻本と申します。電力を中心にエネルギー全体が、中期、長期にどう変わっていくかということを研究しております。

8割削減、またゼロエミッションに関して秋元さんがいわれたことは、基本的に全く賛成です。

その上で私が思うところは、8割削減ができるかどうかは結果であろうということです。結果である以上、どうしたらそれを実現できる可能性があるのかを不確実ながらもどこまで詰められるかが、必要な取り組みだと思います。

一番心配なのは、低炭素化に関する世の中の多くの議論が、気合というか、二項対立的に行われていて、「力の強いほう、または声の大きいほうが勝ち」というような意思決定、また議論のされ方が、不確実な条件のもとでの議論となっていることです。

これを避ける方法の一つは、定量的な分析に基づいて議論することだと思います。計算さえすればその結果通りに何か実現するわけではありません。そうではなくて、わかるところだけでも正確に計算して合意し、不確定で合意できないところをみつけていくことが、先ほどの8割削減、またゼロエミッションの実現について、国あるいは、日本の国民の総意として目指す姿を探究するやり方であると思います。

モデルに基づく検討も、ひとによってモデルのつくり方を始め、様々な考え方があり、どんな手法あるいは前提によりどんな結果が出るのかという材料を皆が持ち合うことで議論を深める、そのプロセスが大切だと思います。

日本で2019年春までに1回目の長期的な低炭素化の考え方、見直しを出すなど、ある年月までに何か結論を出す必要があるとすれば、材料を具体的に出し合って、不確実性を少しでも減らせなければ、8割削減を気合でコミットしても、言っただけで何の意味もないことになってしまうのではないのでしょうか。

もう1つは、8割かどうかは別として、低炭素化の実現に向けて重要なのは、電化を始めとして、進むべき方向を明らかにすることだと思います。

さらに、日本の低炭素化の議論は、供給側に関する議論が非常に多い。供給側は、供給事業という事業者さんが多

数いて、ビジネスの将来をかけて何を供給すればいいのかの議論は力強く行われるのですが、需要側がどう変わるべきかという議論は十分行われない。

FIT (Feed-in Tariff: 固定価格買取) 制度の中で起こったように、ともすれば供給側は幾らでも、1億kWの太陽光発電でも5年で導入できるかもしれない。これに対して、住宅が変われるか、家電製品が置き換わるかということは、それらの寿命、利用期間を考えてある年限までに何かを達成しようとしたときに大きな障害になるように、低炭素の最大の制約になるのは需要側だろうと思います。

この1, 2年で、欧と米は、電化を再定義または再キャンペーンし、推進しています。これに対し日本では、原子力事故の波紋を含め、長期的な電化が十分に組み込まれていない状況です。この状況は、我が国の低炭素化に留まらず、日本がよって立つ産業の育成にまで影響しつつあると思います。エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量の削減の議論は必要ですが、社会経済的な発展を同時達成でなければ、実際に世の中を変えることは難しいという面も見据えて議論を進める必要があると思います。

藤井 次は、キヤノングローバル戦略研究所の杉山さんをお願いしたいと思います。

杉山 私は、温暖化対策とエネルギー政策を研究してきました。

今日は、8割削減というのが出発点で示されたのですが、これはそもそも目標の設定として間違っていると思っています。なぜそう考えるかという、CO<sub>2</sub>を削減して温暖化対策をしなくては行けない、ここまでは私も同意します。ただ、8割というのはあまりにも極端です。モデル計算でそういうシナリオをIPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: 気候変動に関する政府間パネル) で示したのですが、その中身をよくみると、とても技術的に成り立つようなものとは思えない。バイオエネルギーを広大な面積で生産して、それを大規模にCCS (CO<sub>2</sub> Capture and Storage: CO<sub>2</sub>回収貯留) で地中に貯留するとなっています。これはコストもかかるし、土地利用で食料生産とか、生物多様性に悪影響があるとか、CO<sub>2</sub>を貯留する場所について合意を取るとか、そういうことを考えると、おおよそ現実的な可能性のないシナリオです。

ただ、パリ協定で、交渉者が合意するときには、実現可能性が全然ないことをほとんど知らないままに、合意してしまったということだと思います。それに政治家も行政家も乗ってしまっているというのが現状だと思います。

2℃という目標があって、それに対して8割削減というのができているのですが、2℃という目標自体も、実は科学的な根拠はそれほどない。環境問題にはよくあることなのですが、一体何度であれば危ないのか、安全なのかという



杉山大志氏

ことの知見はあまりない。

例えば、地球の温度は過去100年で1℃上がっていて、東京の温度に至っては3℃上がっている。1℃は地球温暖化で、2℃は都市熱で、合計3℃上がっている。それでどういう影響があったかという、実は悪影響と呼べるようなものはなかった。私は、2℃ぐらいの上昇であれば、リスクはほとんどないと思っていて、もっと温度が上がっても、それほど悪影響は大きくないと思っています。そうはいっても、温暖化にはよくわからないこともあるので、環境影響が今予想しているより大きくなる可能性はある。だから、CO<sub>2</sub>はある程度減らしたほうがいいと思います。

ただ、8割減らすということを今から計画するとなると、言ってしまうと産業が壊滅するような話です。そんなことをやるのであれば、温暖化の悪影響よりも、はるかに8割削減のほうが、悪影響が大きい。よく温暖化問題は、リスクのテールが長いから、そこを削るために、リスク回避のために温暖化対策をしなければいけないという議論があるのですが、実は8割削減という政策目標のほうがよほどリスクは大きくて、テールも大きい。だから、そういうことをやるべきではないと思っています。

CO<sub>2</sub>を減らすとしたら、8割減までいく必要はないと思いますが、やがて減らさなければいけない。そうはいっても、現状で世界でどのくらいCO<sub>2</sub>が減らせるかという、この辺は秋元さんが詳しくおっしゃいましたが、国際協調はほとんど望むべくもない。一部の国がCO<sub>2</sub>を減らそうとするかもしれないけれども、多くの国ではそれほどCO<sub>2</sub>を減らすことはしないでしょう。

その最大の理由は、温暖化対策の現状のコストが高いということだと思います。どんな環境問題もそうですが、対策のコストが安くさえなれば、それを実装することによってこの国も不都合は感じなくなるので、環境問題は解決する。自動車の大気汚染は、三元触媒という技術ができて解決しましたし、発電所からのSO<sub>x</sub>の排出は排煙脱硫装置ができて解決している。そういった具合に、それほどコストのか

からない技術が開発できれば、温暖化問題も解決していくと思います。そのときにどういう技術があるかという話ですが、荻本さんがおっしゃった電化もあり、電気をつくって、その電気を利用するという技術からは、いろいろ出てくるだろう。

あと、実はエネルギー技術ではない技術、エネルギー技術と普通は思われていない技術が、これから大事になってくると思います。その例としては、今、AIが進歩して、それで省エネするということが行われています。データセンターの省エネをやるという話であったり、あるいは空調の効率を上げるという話であったりということです。AIはエネルギー技術だとは誰も思っていないですが、実はエネルギーの消費を大きく下げることがあります。

似た話で、スマホが省エネ技術だと思っている人は誰もいないですが、スマホでタクシーを呼ぶと、タクシーが流して運転する時間が減って省エネになるとか、タクシーがどこに行くと人を拾うかということもAIで最適化すると、随分と省エネになるという話もあります。

このようなAIとか、デジタル化まわりだけではなくて、いわゆる固体物理学とか、バイオテクノロジーといったところからも、エネルギー消費に大きく影響する技術はどんどん出てくる可能性があって、例えばレーザーの技術も進んでいますが、照明もディスプレイもこれからはレーザーでやっていくようになっていく。バーチャルリアリティもレーザーを使ってできるようになってくることが起きると、バーチャルリアリティで会議を代替すれば、これはまた省エネの可能性が出てきます。

こういった具合に、いわゆるエネルギー技術ではないけれども、汎用性があって、経済のいろいろな場面で使われる技術——汎用目的技術（GPT: General Purpose Technology）といいますが、そういった技術が急速に進歩しております。それが実はエネルギー需給のあり方を大きく変えていく。その中には、省エネの機会がたくさんあるということだろうと思います。

**藤井** それでは、日本エネルギー経済研究所の村上さんからご意見をいただきたいと思います。

**村上** 日本エネルギー経済研究所の村上でございます。私のバックグラウンドは、技術系とか、工学部で、原子力工学がもともとの専攻でした。今は経済シンクタンクにおりまして、原子力エネルギーの政策や開発動向等を調査研究する部隊におります。

そのようなバックグラウンドですので、おのずとエネルギーといえば、私の関わる中では原子力を中心にみてしまうのですが、原子力を見る際も、原子力そのものだけをみては、実は原子力の本当の正体はつかめない。あくまでもエネルギーの中のほかのエネルギー、電力のシステムの中

の原子力、エネルギー全体のバランスの中の原子力という視点でみなければ、本当の姿はわからないのだということ、私がこの研究所に来たのは10何年前ですが、来てから初めてわかりました。ちなみに、前職は電力会社で原子力技術系の仕事をしておりまして、今でもかなり事業者目線のところがありまして、上の研究者からは、もっと高所大所からといわれております。

いただいたお題の、長期的な将来のエネルギー選択を考える際に、何が気になるか、あるいは何に自分としては留意するかという点について考えてみたのですが、どなたからも原子力というキーワードは出なかったもので、ここで出させていただきます。

こと日本に限っては——日本に限ると私は思いたいのですが、第5次エネルギー基本計画の前の第4次エネルギー基本計画においても、原子力は将来において依存度を可能な限り低減させるというふうに明言されてしまいました。あえて「しまいました」と言います。

その理由は、どなたも考えるとおりで、原子力には当然リスクがあるからと。そのリスクを、許容できる人もいるかと思うのですが、私も実は十分許容している1人ですが、許容できない方も世の中にはたくさんいらっしゃるの、そういうことを考えると、可能な限り低減していくほうが望ましいだろうという意味ではわかります。

しかし、ここで私が考えるのは、にもかかわらず日本のエネルギー基本政策には、2050年に向け、あらゆる選択肢を追求していく、しかも、その依存度を低減していくとはっきり明記された原子力に関しても、その中で、安全性・経済性・機動性に優れたものの追求とか、あるいはバックエンド問題を解決していく、そのための人材の確保をしっかりとしていくとされています。これはどう考えても無理難題ではないですか。

将来的に依存度を低減させていく、つまりは産業規模が縮小していくとわかっている業界に、若い優秀な方が喜んでくれるとは思えないです。その点が、原子力産業界としての最大の懸念です。低減させると明記されてしまったエネルギー源に関して、どうやって2050年にしっかりと安全性・経済性・機動性に優れたものを追求していくための人材を確保すればいいのか、モチベーションは何なのかです。

もっと言うと、原子力はその依存度を可能な限り低減させると書かれてしまった理由はわかるのですが、どのエネルギーも一長一短があります。完璧に100点満点のエネルギー源はありません。その中で、依存度を低減させると書かれたのは、原子力だけなのです。例えば、CO<sub>2</sub>の排出係数が大きい石炭にしても、非効率の石炭火力発電はフェーズアウトして、もっとより効率のいいものに置き換えてい

くべきとか、そういったようなことは書かれました。

例えば、石油をたくさん使う輸送部門に関しても、効率に優れた次世代自動車の開発についても、それはしっかりやっていくと書かれました。

しかし、石油の依存度そのものを可能な限り低減していく、石炭への依存度そのものを可能な限り低減していく、ガスそのものへの依存度を可能な限り低減していくとは、一言も書かれていません。

にもかかわらず、原子力に関してだけは、可能な限り安全性を追求することだけでは飽き足らずに、可能な限り依存度を低減させると書かれてしまいました。これでどうやって将来に向け、より確かな技術を確認していった、より安全性・経済性・機動性を向上させていくべきなのか。そこら辺がエネルギー基本計画の記述には、重大な矛盾があると思っております。

ここで人が納得をしない限り、日本のエネルギー政策の根幹の目標であります、エネルギー安全保障と経済性をキープしつつ、環境問題にもきちんと応えていくという答えは出ないのではないかと思っております。

**藤井** 8割削減という目標自体が大きな不確実性の要因であり、エネルギー政策を左右するもので、必ずしも固定されたものではないのではという話がありました。

秋元さんも荻本さんも需要側の技術の重要性を指摘されました。杉山さんのお話は、AIなどの汎用技術を使った省エネということでした。村上さんの話は、原子力が特別な扱いになっていることに関したものでした。現状、原子力は社会的に嫌われている側面があるのですが、時間がたてば、もしかしたら変わる可能性もあり、大きな不確実要因になるという気もします。

## 注目される技術等に関して、研究者として 感じている世間相場との楽観的・悲観的ギャップ

### (1) 再エネ100%と貯蔵

**藤井** 次に、個別の技術について深掘りしていきたいと思えます。エネルギー基本計画の中で、いろいろな技術の可能性が言及されていますが、大きく分けると、再生可能エネルギー、原子力、化石燃料——これは炭素の固定とか、その辺も含んだものになるかと思えますが、そして4番目に、分散型エネルギーとかAIを使ったデジタル化といった利用技術、に関して述べられています。

皆様にお聞きしたいのは、世間相場でこういう技術はこうなるのではないかと、こういう技術が有望になるといわれていることに対して、専門家であるからこそわかる、それは少し楽観的ではないか、もっと悲観的な問題もあるとか、あるいは逆に悲観視されているけれども、もっと楽観視しているのではないかと、何か気がつかれている点があ

ばお話ししたいと思っています。

まず再生可能エネルギーに関してですが、荻本さんからお話を伺いたと思います。

**荻本** 「再生可能エネルギー100%」が、この1、2年大きな話題になり、欧も、米も、そして日本でもそういう言葉が使われ議論されています。みんな再生可能エネルギーが好きなのだと感じます。ただ、再生可能エネルギーの利用はそれなりに難しく、努力を要することを理解し、実践する必要があります。

すべての国に当てはまるわけではないですが、再エネの導入を大きく増やすために、資源量が豊富なものは、第1に太陽光発電、第2に風力発電、その他の種類ではあまり大きな導入量をとれないと、現段階では考えられます。

その場合、例えば太陽光発電では、利用率が15%として、需要が一定だとすると、平均1億kWの需要の電力量を得るためには、それを0.15で割った7億kWが必要になります。需要よりも6億kW大きいという関係になりますから、これが意味することは、需要を超える分は貯蔵が必要です。近年の価格低下が見られるバッテリーに期待する声は大きいのですが、このように再生可能エネルギーの量が本当に増えると、毎日使っている電力量の数カ月分を貯めることが必要になります。そんな大量のエネルギーが貯められるのか。どういう貯蔵技術を使えば、どのくらい貯められるかを考える必要があると思えます。

貯蔵の困難さを緩和する1つの可能性は、CO<sub>2</sub>の排出が少ない、またはゼロエミッションでほぼ一定出力のエネルギー源です。そのような例としては原子力、潮流発電、地熱発電などがあります。将来、化石燃料の割合を減らしたエネルギーの最終消費の大部分が電気で賄われている世界を考えると、一定出力の発電源の意義を真剣に考える必要があると思えます。

エネルギーの長期の大量貯蔵の方法としては、水素や、水素から製造されるいろいろな合成燃料もあり、日本でも技術開発が行われているわけですが、これは明らかに発電からエンドユースまで考えると効率が悪い。もう1回電気に戻したとすると、損失が多く1/3ぐらいになってしまうかもしれない。

エネルギー貯蔵は将来必要になる技術ではありますが、いつ、どのくらい必要なのかということが真剣に検討されず、様々な技術開発が行われているのが現状です。2050年にある状況を想定したときに、「我々はどういう解決方法を必要とするのか」では不十分で、いつどの技術をどれだけ実装する必要があるのかという、時間軸を意識した検討が必要と思えます。

**杉山** 今回、再生可能エネルギー主力化ということがエネルギー基本計画に出っていますが、これはコストも十分下

がって、ほかの電源と同じレベルで競争できるようになって主力化するものだと理解しています。

太陽電池は性急に導入し過ぎて、今、困っているところですが、これから太陽電池に限らず、じっくり時間をかけて育てるのが再エネにとっては大事だと思っています。

太陽電池は、荻本さんがいわれたように、まだ間欠性の問題が大きい。太陽電池のコストも、バッテリーのコストもどんどん下がっていくので、それで経済性が出てきたところで改めて大量に導入することを考えればよくて、現在、拙速に導入するのは間違っていると思います。

実は日本は地熱発電のポテンシャルが大量にあって、ただそれが温泉地とか、国立公園と調整しなければいけない。これまた性急にやっちゃいけない。慌てて導入しようとして、小規模な温泉発電がいろいろトラブルを起こしています。そういうことが起きるので、これまた性急にやるものではない。地熱開発は、温泉とか、国立公園と調整をとりながら責任を持った企業がやらなければいけないので、時間をかけてゆっくり拡大していくものだろう。

バイオマスについても、日本は実は資源がたくさんあるのですが、残念ながら今、バイオマスで発電をやるというと、海外から木材を輸入するという話になってしまっている。なぜそうかという、日本の林業がうまく回っていないからです。日本の林業がきちんと回って、木造で建築がきちんと建つ。その端材を使って発電するというシステムになれば、バイオマスの発電事業も十分採算が合うものに育っていくはずですが、ただ、これも林業自体を立て直すところから始めるので、そんなに性急にはできません。今、慌ててバイオマスを拡大すると、先ほど申し上げたように、海外からバイオ燃料を輸入するという話になってしまっ、何の意味もない。

ということで、今、水力発電は、日本の発電の1割を占めています。太陽、バイオマス、地熱はじっくり育てることで、そういったものを合わせて、主力と呼べるものに採算性の合う形で育てていくことは、2050年といったタイ

ムスパンであれば十分できる話だと思いますので、腰を落ちつけてやるべきだと思います。性急に大量導入するとう話をすべきではないと思います。

藤井 村上さん、いかがですか。

村上 せっかくご指名いただきましたので、再エネ専門ではないですが、根源的な疑問を申し上げます。お断りしておきたいのは、私、再エネは、決して反対派ではございません。好きな再エネと大嫌いな再エネがあるのですが(笑)、再エネを有効活用していくべきという方向性には何の異論もございません。

ただ、そこで私的に一番気になるのが、エネルギー密度の低さです。再エネの太陽光にしる、風力にしる、水力も同じですが、原子力や火力とは比べものにならないぐらいの発電するための広さが必要だということは、今さらどうしようもない物理的特性です。物理的特性であるが故に、コストはこの先、産業界の努力とか、競争とか、あるいは波及効果で低減できるけれども、物理的特性はたぶん30年たっても変わらないです。物理的特性という壁がある中で、一体どこまで本当の意味でのポテンシャルがあるのか。特に日本のように国土が限られていて、風力や太陽光の適地も限られている国において、物理的特性故に苦勞するところが、どこまで努力できるのかは、興味もあって知りたいと思っています。

恐らくエネルギー密度の低さという点において、個人で再エネ、例えば太陽光パネルを屋根にのっけて利用しておられる方と、我々のようなエネルギー経済関係の研究者が感じている最大のギャップではないかと思っています。屋根一面に太陽光パネルをのせて、その家で消費するだけの電力のかなりの部分を太陽光で賄っていらっしゃるご家庭も、たくさんではないですけれどもあるわけです。そういう方々にしてみれば、「これを日本全国でやれば、再エネでできるじゃない。原子力は要らないじゃない」と思ってしまふところもあるのですが、それを日本全体の電力で賄おうとすると、とてもではないですが無理だということは、我々はわかっている。

ですので、研究者として感じている世間相場とのギャップという意味で、一番注目して、我々が指摘すべきは、再エネが持っている、どうしようもないエネルギー密度の低さではないかと思いました。

杉山 その辺は、ゼロエミッションの家になりますという言い方にすごく問題がありますね。直接電気から出るCO<sub>2</sub>以外に、家庭で使うものをつくるためのCO<sub>2</sub>は工場からいっぱい出ているし、そこに運んでくるトラックからCO<sub>2</sub>がいっぱい出ている、そっちのほうがはるかに大きいわけです。それがあつのに、この家はゼロエミッションですという言い方が間違っていますよね。



村上 朋子氏

**荻本** それは縦割の中で減らそうというふうに今まで政策的にやってきたので、燃料のスイッチングや需要自体が変わる話が出てきていない。その中で、非常に不利な選択を強いられているという面があると思います。

**藤井** 荻本さんがいわれたエネルギー貯蔵は重要かと思えます。太陽光の昼夜間の貯蔵、天候に対する貯蔵もあります。季節間の貯蔵が最終的には効いてくると思えます。季節間は、年に1回しか充放電する機会がないため、経済的な意味を持つには、kWhでたぶん100円ぐらいで作れないといけない。1年に1回、1円儲かるとしても、100年かけて元を取るということになるわけで、季節間の移動は難しいと思えます。

**杉山** 季節間貯蔵なんて考えないで、余計に供給能力を持っていたわけです。将来もそうなるのではないかと思います。

**藤井** 季節間の移動ができないので、多めに設備をつくって、冬に対応し、そのかわり夏はジャブジャブに余るものになる。そうすると、発電した電気の半分ぐらい使うことになる。例えば、4円/kWhで発電できても、そういう状況だと8円/kWhということになるかと思えます。

**荻本** ほどほどに貯蔵し、新たな需要にも使う。最後は限られた国土に設置できるかという点もあると思えます。

**藤井** 設置の話ですと、太陽光でやると、先ほど7億kWとか、10億kWというと、国土面積で1割ぐらい使う。物理的には可能です。あとは社会的な制約というか、そんなに1割も太陽光に割くことができますかという問題。

**杉山** ものすごく悪い風景です。私は絶対嫌です。

**村上** 物理的にとおっしゃいましたが、それは例えば地質構造的に置けるとところが1割あるという意味ですかね。とてもそうは思えないです。それでなくても洪水ですぐに崩れてしまうような崖があるわけです。

**荻本** 簡単に言うと、7割の森林・河川を除いて、残りの平たいところに人間が住んで、田畑があって、その一部をPV（太陽光）に使うのか、屋根がどう使えるのか、具体的に考える必要があります。

**村上** PVパネルの下にはぺんぺん草が生えませんか。

**藤井** バイオマスのポテンシャルも、私が概算すると、植林して育ててということを持続可能な形で森林を使うと、年間25MTOE（石油換算百万トン）ぐらい……

**杉山** 25MTOEは、一次エネルギー供給の何%？

**藤井** 5%ぐらい。そこまではないか。

**杉山** それすらもないでしょうね。主には材料に使うべきだと思いますので。何だかんだいって、日本のかなりの住宅は木造建築です。今、CLT材といって、高いビルまで木造でもできるかもしれない。そういう用途のほうがはるかに大事で、そういうところでうまく産業が回れば、そ

こから出てきた端材とか、廃棄物は、バイオ燃料になりますという世界だと思います。

## (2) 炭素の固定や利用技術について

**藤井** 炭素固定利用技術に関しては、化石燃料の有効利用を含むと思いますが、秋元さんからお願いします。

**秋元** 要はCO<sub>2</sub>の回収・貯留（CCS）技術ですが、これは8割減といったような厳しい目標のもとでは、モデル分析でも費用対効果が非常に高い中で、モデルとしては選択されるということになります。

では、現実がどうなのかというと、なかなかきつものがあるというのが正直なところで、何かというと、先ほどBECCS（Bio-energy with carbon capture and storage）、バイオマスCCSという話がありましたが、それも含めてですが、IPCCのシナリオでも、2℃目標を分析すれば、CCSはものすごく入る、BECCSも入る。日本で8割減をすれば、CCSが入る。そうじゃないと、なかなか絵を描けないということです。

では、そのときの限界削減費用は幾らなのかというと、そのような限界削減費用に、例えば100ドルや何百ドルという結果が出てくるわけで、そういう世界が本当に実現するのかというと、そっちのクエスチョンのほうがどうしても出てくるわけです。

そうしたときに、私はCCSは大幅排出削減のときには重要だと思いますが、今のままでいいのかというと、もっと技術開発がなされて、コストが下がってこない、なかなか使うというのは難しいという気がしています。

もう1つは、民間事業者がやっていこうと思ったときに、CCSはCO<sub>2</sub>を地下に埋めるので、不確実性があると、穴を1本掘って、いけると思っていたのに、入れてみたらなかなか入らないので、2本必要になったということになると、ファイナンスする場合には、リターンが確実でないとファイナンスがつきにくかったりするのですが、穴を掘ってみないとわからないということになると、そこをリスクヘッジしないとイケないと思いますので、また別のコストがかかってくる。保険をかけるなり、もしくは利率が高い形で借りないとイケないことになると思います。

そうすると、モデルで想定して評価するときには、確実だという前提のもとでコスト評価するわけですが、現実はなかなかそういかないとなると、そのようなリスクも踏まえた中で、どう考えていくのかというのは、CCSは実際にやる手前になってきているので、余計にそういうことを細かく考えながら、あとどういう技術開発要素があって、何をやっていかないといけないかということをもう少し詰めていく必要があります。

そうしないと、CCSというのは、理想的には絶対に必要で、非常に重要なだけけれども、現実にはなかなか動かな



秋元圭吾氏

いということになってくると思います。

太陽光発電よりも限界削減費用は明らかに低いので、本来は太陽光発電よりもCCSのほうが先に入っているはずですが、太陽光発電はFITのような形の中で、投資リスクがないような形にする中で、ものすごく太陽光が入ってきている。一方、CCSは大規模技術で、そういう制度もないこともあります。入っていないという現実をしっかりみないといけません。

そのような難しさがわかっているところもあるので、最近、CCU (CO<sub>2</sub> Capture and Utilization) というCO<sub>2</sub>を有効利用したいという思いが結構出てきている。私は、CCUもぜひ取り組んで、しっかりやっていくべきだと思います。なぜかという、非常に厳しい排出削減を求められているので、少しでもコストが安価な形で削減できるような技術は追求していかないとはいけませんので、CCU技術も大事だと思っています。

ただ、CCUの場合は、専門家はよくわかっている話ですが、量の問題がどうしてもある。何となくCCUというと、良いように聞こえるのですが、我々が出しているCO<sub>2</sub>排出量は膨大なもので、それに比べてCCUというCO<sub>2</sub>を有効に活用できる先はそんなに多いわけではなくて、大きくても1割、場合によったら化学製品でCO<sub>2</sub>を固定していても、そのうち9割は燃焼廃棄されているので、結局、CO<sub>2</sub>はまた出ているということを踏まえると、恐らくCCUとして固定できる分は数%しかないと思います。そうすると、それほど大きく期待することもできないのではないかと。そのような認識を持った上で、CCUをしっかり開発していくことは大事だと思っています。

もうちょっとだけ申し上げると、その中でも若干あるのは、例えばコンクリートでの固定で、そこは少し長期で固定できますので、そのような要素はあると思います。

あと、エネルギー基本計画でも結構書かれたのは、メタネーションという話です。メタネーションもなかなか問題があって、メタノールにしる、メタン化にしる、エネルギー

で使うと、結局、CO<sub>2</sub>は回収しても、最後は排出してしまいます。CO<sub>2</sub>を回収した効果はCO<sub>2</sub>削減には効かなくて、何で効くかという、化石燃料を水素で代替した部分が削減には効くので、水素を何でつくったかという、再エネでつくったとすれば、結局、化石燃料を再エネで代替しているようなものなので、再エネを水素にして、水素を輸送しやすいようにという部分での効果なので、CO<sub>2</sub>削減にはあまり効かないという感じがします。

メタネーションの若干の優位性というのは、既存のガスインフラを使えるという部分があるので、本当に厳しい排出削減の8割を求められたときに、都市ガスの部分をメタネーションで代替することで、CO<sub>2</sub>の大幅削減に寄与する部分があるかもしれない。ただ、それでも相当コストがかかりますので、その辺を理解した上で、どのように技術開発を進めていくかということを考えるべきだと思います。

杉山 CCSは今、米国で45Qとっていますが、税額控除の制度が入って、t-CO<sub>2</sub>当たり30ドルから50ドルぐらい補助しようということです。これでどのぐらいの事業者が手を挙げて、実際事業をやるかということに注目しています。本当にそれで事業を始めて、回り出すところがあって、そのぐらいのコストでできるという話であれば、だいぶその先がみえてくる。やはり米国は、こういうところの底力はすごくて、シェールガスとか、シェールオイルであれだけ成功しているということは、事業環境もうまく整っているし、エンジニアの蓄積もすごくある。

そういったことで、1回走り出して、本当に30~50ドルでどのぐらいいくのかわからないですが、うまくいったらいいと思います。

米国は、CO<sub>2</sub>は売って、増進回収にするとか、あるいはCCSをやる過程でガスを分離するようなところがあれば、そのガスは副産物で売るとか、そのようなマーケットもつくりようがあるということで、いろいろな可能性が模索されているところだと理解しています。

CCSもある程度安価にできるようになれば、t-CO<sub>2</sub>当たり30ドルか50ドルかわからないですが、そのぐらいになってくれば、導入しようという国は幾つか出てくると思います。その筆頭は米国ではないかと思っています。

日本は、CO<sub>2</sub>を貯留する場所がすごく乏しいというのは、地質的にどうしようもないところで、当分は本格的にCCSをやることは適していないだろう。ただ、日本のメーカーは、米国などの動向をよくみて、米国で割って入れるようなところは、どんどん入って、世界中に技術を売れるようになってほしいと思います。

日本でCCSを考えると、海洋貯留は今タブー視されていますが、本当はそれが日本にとってはすごく有力な選択

肢だという思いは今でも持っています。海洋にCO<sub>2</sub>を入れると、入れる場所によって300年で大気中に出てきたり、1000年で大気中に出てきたりして、そうすると、温暖化の解決にならないという人もいるのですが、私はそれは違うと理解しています。温暖化で困るのは、急激な温暖化が困るのであって、300年、1000年先送りできれば、それはほとんど解決に近いと思っています。ということで、海洋貯留も基礎的な研究ぐらいは、今もきちんとやっておいたほうがいいと思っています。

**荻本** 今いわれたことで、気になるのは、選択肢には有限の寿命があることだと思います。それに対し、持続可能なエネルギー源は、突き詰めてみると、太陽と地熱ぐらいしか地球上にはない。何万年後の話ではないとしても、原子力も100年の寿命の技術かもしれないし、CCSも50年の寿命の技術かもしれないことを理解して活用を考えるという視点もあると思います。

**杉山** 50年あれば十分ですね。石油は、40年たてばなくなると40年ぐらい前から言われ続けていますが、十分信頼できるエネルギーです。CCSもそのぐらいは信頼できると思います。

**荻本** まさに、まさに。そのぐらいクールにやりたいということですね。

**杉山** それはどの技術もそうだと思います。

**藤井** CCSは炭素税とか明らかなペナルティがないと、何のインセンティブもない技術なのではないか。だから、なかなか取り組めない。例外は、石油増進回収で使う場合は儲かるということで、着手しやすいのだと思います。

**秋元** ただ、太陽光だって、再エネだって、FIT法があって初めてあれだけ導入された。それはわずかには入るかもしれませんが、FIT法の中に入っているんで、そういう面ではFIT法に似たようなものをCCSにも適用すれば、もちろん入り得ると思います。

もちろんおっしゃられることは正しくて、CCSは追加コストがかかるだけなので、何らかの形で政策的な介入が必要ですが、それは別にCCSに限らず、再エネだって高ければFIT法みたいなものが必要なもので、似たようなものさえあれば良いのです。

ただ、太陽光と比べると1つ当たりの規模が大規模なので、投資規模が必要になってくるので、1件当たりの投資リスクが大きいところは結構つらいところがあるという気がします。

私はRITEでもあるし、CCS開発をしている。別にそれを抜きにしても、CCSは重要だとは思っているのですが、リスクがあって、民間事業の投資が難しい部分があるので、リスクを回避するような適切な制度も必要だろうと思います。ただ、それは全体としてコストが抑えられるような中

でCCSの役割があるのであれば使っていくという話になっていく必要があると思います。

**荻本** 少なくとも今、それを選択肢から除くという話ではないと思います。ここはなるべく多くの人に納得してただけるといいと思います。

**藤井** 炭素税みたいなペナルティしかインセンティブにならないから、逆にもっと補助をするとか……。

**杉山** 米国は税額控除ですから、補助です。

**秋元** もちろん規制のような形で、そういう面では、政策措置も必要ですが、そのやり方はいろいろあるだろうという気がします。

**杉山** CCSに関しては、日本については、まだまだどうやったらいいかわからないので、規制の話はするだけ有害だと思います。炭素税の話も、するだけ有害だと思います。そういうことを言うと、態度を硬化させて、反対と言う人がいっぱい出てくるので(笑)。

### (3) 原子力発電について

**藤井** 原子力発電ですが、エネルギー基本計画の中では、依存度を低減させるのだと明記はされているのですが、村上さんからお願いします。

**村上** 2050年を見通したときの原子力というときに、現在の状況がどれぐらい有効なのかかわからないですが、現在の状況が2050年まで続くという保証もありませんが、逆に2050年にはガラッと変わった世界になっているであろうという保証もないわけで、そのギャップを埋めていくのが、我々研究者とか、政策提言をする研究者の役割の1つではないかと思っています。

そういう意味で、現在、原子力を取り巻く事業環境の中で、事業者にとって原子力の将来を見通せない最大の要因が、許認可性と事業予見性です。

許認可性のほうから述べますと、端的に言えば、現在の規制基準とその運用のやり方でありまして、現在の規制基準は、既に技術が確立している既設炉の軽水炉を運営する事業者にとっても甚だ厄介なものであり、規制が明らかに事業の健全かつ円滑な遂行の壁になっている状況です。

現在、既に技術がわかっている、基準が確立しているものでさえそうなので、2050年を見通すと、軽水炉以外の技術に期待されているわけです。はっきり書いていないけれども、安全性・経済性・機動性に優れたものの追求という中には、軽水炉以外の冷却材や燃料形態を使った第4世代の一部も含むSMR (Small Modular Reactor: 小型モジュール炉) といって、最近、猫も杓子も「SMR, SMR」といって、SMRを導入すれば、現在の軽水炉の問題が全部片づくみたいなことになっています。期待するのは大いにいいことですが、

SMRを例に挙げて言いますと、SMRには現在のところ、

全く許認可性がありません。2050年にもSMRが、いろいろと問題のある今の軽水炉にかわり、期待される電源になっているとしますと、そこには必ずSMRに適した基準があり、しかもそれを事業者が使いこなせるという、事業者からみると許認可性 (license ability) が見通せないといけない。今の状況では、それが全く見通せません。

誰がSMRの基準をつくるのですか。既設炉の規制基準でも、あれがない、これがないとか、グダグダ言うような規制機関があるような国が (笑)、現行の基準でSMRをつくれるか、それは絶対無理です。既設の軽水炉でさえも、フィルターベントがどうのこうのと言っている規制機関が、SMRは非常に高い安全性を売りにしていますが、現行の軽水炉なら当たり前にあるような、例えば安全注入系がなかったり、格納容器のスプレー系がなかったりするのですが、では格納容器スプレー系なしで、今の許認可が通りますか、絶対に通りません。

現在も見える問題を申し上げましたが、2050年まで展望するとき、少なくともその障害が将来どうなるかが見通せないと、事業者にとっては、とてもではないですが「今からつくりまします」という気にはならないです。そこが私は一番気にするところです。2050年、遠い将来、30年もたつうちには、誰かが何とかしてくれるのではないかと。いやいや、私がこの業界に入ったのは30年前でしたが、今とやっていることはあまり変わりませんでした。ということと考えますと、将来、本当に安全性・経済性・機動性に優れた炉を本気で目指すのだったら、今はとてつもない壁である許認可性、事業者にとっての予見性を何とかしなければならぬのではないかと考えます。

**藤井** 秋元さんは、いかがですか。

**秋元** 原子力については、非常に悩ましくて、私の視点からすると、基本計画の大原則であるS (Safety) + 3E (Energy security, Environment, Economic efficiency) という意味で、エネルギー安全保障、経済性、そして環境のバランスが必要な中で、そういう中で、原子力は捨てがたいオプションであって、私個人としてはこれをしっかり持続的に使っていないといけないと思っています。

一番の懸念事項は、村上さんもいわれたように、震災以降、原子力の技術者がだんだん少なくなってきていて、そういう状況を放置していくと、温暖化対策という文脈の中では、先ほどからの話で、2050年に向けてもしくはそれ以降に向けて、相当大幅な排出削減をしなければいけないのですが、ここは不確実性があると申し上げましたが、そうは言っても長期的にはCO<sub>2</sub>をゼロに近づけていくという方向性の中で、原子力がない世界でそれが実現できるとは到底思えません。そういう道筋をつけるためにも、しかもそれが持続的でないといけないので、技術者が枯渇しないよ

うな形でやっていかないといけないということが大原則だと思います。

ただ、国民感情が原子力に対して信頼を取り戻していないという中で、国民の信頼がなければ維持もできないので、どんなに我々研究者が必要だと思っても、国民がついてきてくれない中では、原子力の立地もできないし、なかなか持続的に動かしていくことが難しい。

そういう中で、仕方なくこういう形に、エネルギー基本計画は曖昧な形で、しかもSMRみたいなことにおわせてはいますが、それもだから複線シナリオの1つであって、何が成功するかわからないので、いろいろ取り組んでみましょうと。もちろんその根幹としては、信頼をどうやって地道に獲得していくのかということがあって、初めてそれが実現できるので、そういうストーリーになっていて、原子力は私も何とかしていきたいと思いますが、時間のかかる話だと思っています。

私個人としては、エネルギー基本計画のときにも、新增設に関して書き込んでほしいということは何度も言いましたが、結局、書き込むことができなかったのは、政治情勢があって、その政治情勢の裏にあるのは、まだ国民の反対が非常に強い中で、政治も踏み切れなかったということです。私も不満ですが、こうならざるを得なかったということで、時間をかけて何とかしていきたいと思っていますところ。

**荻本** もし原子力がなかったらどれだけ低炭素化が困難なことになるのかという話は、計算である程度示せると思います。

巷で起こっているのは、地震で原子力が全部止まったけれども、何ともなかったから原子力は要らないとか、太陽光発電が砂漠では3セント/kWhになったので、経済的にも問題ないということは、誤った理解です。その条件で将来のエネルギーシステムの問題は解決していないことは、我々はわかっているつもりですが、我々はそこをよりわかりやすく、様々な人たちに伝えることができていないのかもしれない。私もいろいろな発表をしていますが、研究の仲間からも「何言っているかわからない」といわれることがよくあるので (笑)。

研究コミュニティの外の人にも、原子力の是非ではなくて、もし使えないとしたら、どんなような困難が起こるかというのを同時に伝えていかないといけないと思います。その上で、選択肢となるかどうかは最終的には国民の選択になると思います。

**村上** 2014年の前のエネルギー基本計画が決まる前の、2012年から2013年にかけて、将来の原子力比率や再エネ比率を幾らにしようかという議論が、国の基本政策分科会の前の分科会であって、その頃に当研究所で、原子力比率ゼ

口から15%, 20%, 30%と振って、それぞれのCO<sub>2</sub>、電力コスト、エネルギー自給率をお示しして、2030年のミックスでこうなりますという数値をお出ししました。

当然のことながら、原子力ゼロが電力コストが一番高く、CO<sub>2</sub>も20数%減どころか増えてしまい、自給率もめちゃくちゃという惨憺たる結果でした。その資料は、少なくとも当所の理事長はじめ、いろいろな者がいろいろなところで公開していますので、エネルギー関係者がみなかったということはないと思います。

**秋元** あのときは、エネルギー環境会議の選択肢で、RITEも政府の中の分析チームの中で、似たような分析をやって、うちと慶應の野村先生の慶應モデルの分析結果はかなり近い形の中で、原子力がゼロのときには、ものすごく経済インパクトが大きいというものをしました。

しかし、あのときの議論は、それを使って国民的な議論を展開するという活動がなされたわけですが、国民は経済的な指標はなかなか実感ができなくて、その数字をみただけからといって、何かひどいことが起こるといことは、全く頭の中に入ってこなくて、原子力は怖いというイメージが先行して意思決定がなされていくというところですね。そのギャップについては、研究者がそのようなマクロの指標から、実感のあるような形のところまで落とすまで落としてあげられるのかというのが課題で、それは我々自身がまだできていないのかもしれない。反省もあります。

なかなか難しいとずっと思うのは、家庭の電気料金がちょっと上がるぐらいだったら、確かにどうってことはないという反応は、理解ができるわけです。ただ、問題は、産業にどのように影響があって、我々の所得が結果として減って、我々の雇用がどうして失われていくのか、そっちのほうが大きいと思いますが、大きな連鎖が回っていくところまで包括的に多くの国民が理解するというのはなかなか難しい。それをどうやって見せていくのか。見せていくことは、正直言うと難しいかなと思う中で、ちょっと時間もかかるかなというのが私の率直な感想です。

**村上** それはわかりにくいですかね。今の秋元さんのご説明は非常にわかりやすかったです。家庭で電気料金の単価が上がったら、節電すればいい。例えば2割単価が上がったら、2割節電すればいい。それはやろうと思えば、できてしまいますよね。

しかし、産業では、例えば工場と同じように電気料金が3割上がったから、3割電力を減らすなんていうことはできないから、電力のコストアップは、必然的に従業員の給料を減らしたり、あるいは高い給料の人をやめさせて、安い労働力である海外の人を雇って、その分、日本人の雇用が失われたりするというのは、今、秋元さんがおっしゃったことをそのまま繰り返したただけですが、そんなことは中

学生でもわかりませんか？

3年か4年前ぐらいのある専門誌の鼎談で、そのようなことを私が今みたいな口調で述べて、その場にいる方は何もエネルギーの専門家ではなかったのですが、みんな納得いただいて、「ああ、なるほど。そうですね」と。なぜこれがわかりにくいのですか。今の秋元さんのご説明がなぜわかりにくいのか、わかりません。

**荻本** より端的な例だと、原子力が止まって燃料代が2兆円以上増え、FITで2兆円以上増えつつあり、合計5兆円という大きな額ですが、やはり消費税の2%のほうが、関心が高いのです。この状況をどう現実の話に持っていかについては、努力の余地があると思います。

**藤井** マスメディアでの取り上げられ方が重要かと。

**荻本** 彼らも十分理解していない。

**秋元** 講演して、聞く人は限られているので、講演を聞く人はある程度興味もあって聞くので、講演している部分では、それなりに伝わるかもしれません。それは本当にごくごくごく一部なので、大多数の情報は、別のメディアから得たり、そういうところからしか得ていないので、変わるというのには時間がかかるという気がします。

#### (4) AIなどデジタル化のインパクトについて

**藤井** AI、デジタル化のインパクトが、最近、注目を集めているかと思いますが、杉山さんがお詳しいのではないかと思いますので、杉山さんからお願いします。

**杉山** 口火を切ります。今、一番注目を浴びているのは車です。AIを使った自動運転、もう1つは電化、あとシェアリング、その3つです。

自動車業界がだいぶ変わるという言い方がされます。同じだけの移動需要を満たすための車の数は、1割とか5%ぐらいでも済んでしまう。なぜなら、車のほとんどは今、駐車場に止まっている状態で、動いているのは5%ぐらいしかないからという、そのような議論がよくあります。

自動運転するようになったら、交通渋滞がなくなる。なぜなら、人は運転が下手なので、そのために渋滞が起きる



荻本和彦氏

ので、前の車が発進したら、それにすぐくっついて発進すれば渋滞はなくなる。

交通事故は、自動運転を行えば十分減らすことができ、十分安全になれば、実は車の重さをうんと軽くすることができ、今、車というのは鉄の塊1tで人間50kgを動かしているという大変効率の悪いものですが、交通事故がなくなれば、人間を守るためにがっちりした鉄の塊を走らせる必要はなくて、もっとずっと軽量で小型な車で済むようになるかもしれない、ということがいわれています。

これがどこまで本当かよくわからないですが、ものすごいお金が投資されて、2020年とか、2030年とか、そのぐらいのタイムスパンでこういった技術を実現しようという努力がすごくなされています。

一方、温暖化の話は、今日のように2050年の話をするのですが、2050年の車がどうかというと、これはもうSFの世界です。ただ、今と同じ車が同じように走っていると思っている人はたぶん誰もなくて、ではどうなのかということを考えないと、2050年の温室化の話はできない。

2050年になれば、自動運転も、電化も、シェアリングも、みんな実現しているとみんな考えると思うのですが、自動車でそれができているということは、家庭内でも同じようなことができるし、工場でもオフィスでも似たようなことになっている。ロボットがそこら中を走り回って、いろいろな機能をこなします。その中には、省エネにつながるようなものもたくさんあるということです。

今、世界のエネルギー需要の2%がICT関係で、人間のエネルギー需要というのは頭が20%です。人間は100Wで、頭は20Wで動いている。人間に比べると、今の世界のエネルギーの使い方は、頭がこんなちっぽけで、ばかみたいなのです。確かに考えてみると、工場でもでかい機械が小さい部品を持って動いています。こんなことは生物はしないわけです。

ということで、これからこういったことがどんどん起きて、その先がどうなるかわからないですが、はっきりしていることは、もっと頭にエネルギーを使うようになって、頭以外のエネルギーのところは小さくなるということが、世界でも起きていくだろうということです。

このインパクトはすごく大きくて、エネルギーに関するインパクト以上に、社会とか、経済活動のあり方に関するインパクトがまず大きい。ついでにエネルギーに関するインパクトも起きるということだと思います。

この結果、CO<sub>2</sub>が減らせるかというと、私はすごくポテンシャルがあると思っています。というのは、こういった新しい技術が入ると、経済も成長して、エネルギー利用も増えるのですが、そのかわり安価にCO<sub>2</sub>を削減できる技術もどんどん出てくるようになる。そうなれば、それを実装

していくことにはそれほど不都合は感じなくなる。

ただ、冒頭申し上げましたように、それで8割減ができると考えるほど甘くはない。将来の技術がどうなるかわからないので、ひょっとしたら8割減はあり得るかもしれませんが、あまりそこにこだわらないほうがいい。ただ、長期的にはCO<sub>2</sub>を削減するポテンシャルは大きいと考えています。

**荻本** AIとデジタル化で考えるのは、非常にたくさんのデータを処理したらどんなメリットあるかということだと思います。

例えば、お話が出たように、現在車の数は5,000万台程度あり、将来はライドシェアで台数が1/10になる可能性もある。AIやデジタル化で、現在よりも、非常にたくさんのものを管理・コントロールする世の中に向かっていくことは、事実だと思います。

米国では、これまではタイヤは車と一緒に買うものですが、そうではなくて、走った分だけタイヤの使用料を受け取り、運転の状況を見て、保険代を安くすることが実際に行われています。電気自動車が普及すると、その流れがまた加速していく。

この場では、車をエネルギーと関連づけてみる面が強いのですが、AIやデジタル化のおかげで、需要側が変わるということが非常に急速に進んでいるのだと思います。

結局、CO<sub>2</sub>排出量8割減が実現するかどうかは、車が電化される、または走行量が非常に減るということが大きな影響を持つと思っています。

ただ、我々あるいは日本が忘れてはいけないのは、それはCO<sub>2</sub>削減をするために結局なるのですが、今から10年、20年というプロセスの中で、人間が求めているものをどれだけ提供できるのかであり、たまたま運輸に関しては、それを提供することがローカーボンにつながり、80%削減の保証ではないけれども、莫大な量の削減になる。

私が心配しているのは、日本がどういう技術を入れるかということを考えるときに、水素も、電気も、何にでも資源を投入していることで、そのようなことでは、短中期的プロセスを生き残っていけないと思います。

AIとデジタル化は、今、ものすごく大きなインパクトを持ちつつあって、それは現実のものですが、日本にいるとあまり感じませんが、海外に行くと非常に大きなうねりになって、現実のビジネスに反映されています。

各段階でなににどこまで取り組むか考えて初めて、我々は2050年に行き着くことができると思います。

**藤井** スマートグリッドはどうですか。

**荻本** スマートグリッドも発想は同じで、今までは大きな発電所が1,000か所あって、日本に電力を供給していたが、スマートグリッドができてくると、1,000万台オーダー

のバッテリーや太陽光発電が参加することで、非常にいい世界ができるだろうといわれています。

ただ、ここでスマートグリッドに若干懸念があるのは、どんどん電力システムから切り離れて、自給自足した形でスマートグリッドが成功するだろうと思っている人が非常に多いことで、それは「地産地消」や「自立化」ということばで表現されるのですが、再生可能エネルギーが変動しかつ不確実であることを考えると、大きなネットワークの中でつながって自律的に働く「セル」でないといけないと思います。

スマートグリッドはより自分で律する要素が求められるわけですが、それは逆に言うと、需要を削減した形で自立ができる。すべてのものが、AIやデジタル化を前提にすれば、スマートグリッドで切り離れて、地産地消で、屋根に置いたPVで安定で経済的で環境性の高いエネルギーの実現することが妥当なことという点、もう少しよく考えないといけないと思います。

スマートグリッド化を考える時、ヨーロッパは北海に大量の風力発電があり、現実のものになっているので、それを無視して自立化することはあまり考えないのです。

ただ、ドイツの町に行って取材をすると、「ドイツでうまくいっています」と報道され、それが全てではないということが伝わらないということだと思います。風力も利用するし、あらゆる手段を利用できなければ、困難な低炭素化は実現しにくくなる。これはデジタル化では救えないということだと思います。

### 有望視される新分野・新技術 エネルギー・資源学会の会員への期待やメッセージ

**藤井** 皆様から、有望視される技術とか、エネルギー・資源学会の会員への期待やメッセージをそれぞれ承ればと思います。まず、村上さんからお願いします。

**村上** 私、頭が保守的なので、30年前と現在のインフラ、特に電力に関わるインフラをみた場合、30年前はなかった風力や太陽光が入って、比率は若干変わりましたが、基本的に発電・送電というシステムは変わっていないと思っています。細かい工夫は変わりましたが、基本は変わらない。であれば、それは30年後もそうであろう。

新分野の新技術の開拓は続けたいけれども、2050年に使われるインフラは変わらないので、むしろ事業者は今あるものを2050年までしっかりと維持して、社会に役立つようにきちんと役割を果たしていくことに重点を置きたいと個人的には考えています。

**藤井** 杉山さん、お願いします。

**杉山** 日本でCO<sub>2</sub>を8割まではいかないでしょうけれども、大規模に減らそうと思ったら、原子力発電を増やす以



藤井 康正氏

外に現実的な選択肢が今ないというのが事実だと思います。そこに向き合わないで、CO<sub>2</sub>削減の話をするのはすごく無責任だという気がします。

AI、デジタル化のインパクトはすごく大きくて、これはでもCO<sub>2</sub>のためにやることではなくて、それ自身が経済を成長させて、人を幸せにするものだから、あるいはビジネスチャンスだからやるわけで、エネルギーの問題を解決しようと思ってこれをやるという話ではないと思います。同じことは、新しい材料の開発とか、バイオテクノロジーにも言えることだと思います。

その一方で、このような汎用目的の技術がどんどん進歩するので、それを利活用した形で、どうやったらエネルギー利用を含めて生産性を向上できるかという研究開発は必ず必要なので、その辺はエネルギー・資源学会の皆様期待您的ところだと思います。

**藤井** それでは、荻本さん。

**荻本** あまり変わらないぞというご意見もあったのですが、私は、あえて変わると言わせていただきます。

大規模な電源からのみ電気が供給されてきたという時代から、小規模な電源も入ってきて、手元にバッテリーがあって、もしかしたら需要も調整できる。これは何も2050年ではなくて、2030年プラスの話ですが、そういうものが導入される時、我々が最終的に考えるべきことは、「エネルギーを使っている人は、何もエネルギー自体がほしいのではない。電気を使っている人は、電気でしびりたいのではない。そこから得られるサービスが欲しいのだ」ということです。ここに立ち返ると、我々は低炭素化に関してより多くの可能性がある。

ただ、今の日本の状況を見ると、それぞれの可能性を進めた結果、どの問題がどの程度解決するのかということ、事前に検証できていないことは結構危ない。

そういう意味では、今から2050年とすると、30年程度あるわけですが、今からどういう順番で、どの技術をどう維持し、また投入していけば、我々がたどり着ける最善のと

ころへ順番に行けるのかという、その順番をもうちょっと真剣に考えることが必要だと思います。

学会ですから、多様な意見を交換して、ある人が述べ、別の人が提案する話が競い合って、その中から時間の順番も含めた将来像が出てくるとというのが魅力的だと思います。

**藤井** 最後、秋元さんからお願いします。

**秋元** 若干重複するところもあるのですが、今、AI等のイノベーションの速さはものすごくあって、いろいろな要素が積み重なってきて、それが新しい結合を生み出して、またイノベーションを生み出すという形になっています。これは、杉山さんもいわれましたが、荻本先生も若干いわれたと思いますが、エネルギーを目的にしているわけではなくて、そちらのほうが効用が高いから、社会が選択のほうに向かっているのです。この動きはものすごく速いと思うのです。スマートフォンの普及もものすごく速かったのは、そこに大きな効用を見出せるので、コストが高いけれども、効用のほうが大きいので、一気に動く。

しかし、エネルギー供給技術は、エネルギーの差異化は難しいので、コスト要因ばかりで動きやすいので、これまで大規模で供給していたということもあって、なかなか変化しにくい。一方、エンドユースの部分に関しては、小規模なもので、しかも効用に直結する部分があるので、動き出すとものすごく速い形で動くだろう。

我々はともすればこれまでエネルギー供給サイドに若干

偏った研究で、エネルギー・資源学会でもあるので（笑）、そういう視点が大きかったような気がするのです。ただ、荻本先生がいわれたように、エネルギーは何で使っているのか、別にそこは消費したいので使っているわけではなくて、結果としてのエネルギーです。効用をすごく動かせるような、そっちの動きがどうなるのか、そういう技術開発がどうなのかを追って、結果として、どれぐらいエネルギーが使用されて、CO<sub>2</sub>がどれぐらい排出されるのかをみたほうが、今後の研究として重要なポイントがあるのではないかと考えています。

ただ、これまでもイノベーションが起こりつつ、一方でエネルギー消費はずっと増えてきているので、その事実を目を背けてはいけなくて、誘導することは重要だと思います。CO<sub>2</sub>削減8割は、私もターゲットとして置くのは不適切だと思いますが、脱炭素化や低炭素化の誘導は必要だと思います。そこにこだわることなく、社会がどう変化するのか、何が効用を我々にもたらすのか、その技術開発を注視していくことが大事ではないかと考えています。

## おわりに

**藤井** 本日は、専門家の方々から、印象に残るご発言をたくさんいただき、どうもありがとうございました。

これで座談会を終わらせていただきます。