

パリ協定の発効を受け、世界は脱炭素へと走り始めている。我が国も脱炭素実現に向け、「第5次エネルギー基本計画」で再生可能エネルギーの主力電源化を打ち出した。菅義偉首相は所信表明の中で、2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言。今後は蓄電システムやコージェネレーション（熱電併給）システムとの組み合わせで変動の大きい再生エネをカバーし、強靱性の高いエネルギーシステムを構築していくことが求められる。

2019年にリチウムイオン電池の開発でノーベル化学賞を受賞し、2020年1月には産業技術総合研究所が新設したゼロエ

蓄電システム構築を × 吉野 彰 氏

吉野彰氏
産業技術総合研究所
ゼロエミッション国際共同研究センター長
旭化成名誉フェロー

ミッション国際共同研究センターの初代研究センター長に就任した吉野彰氏と、エネルギーシステム研究の第一人者としてエネルギー政策に長年かかわってきた東京工業大学特命教授／名誉教授でコージェネ財団理事長の柏木孝夫氏が、脱

炭素時代のエネルギーシステムと、その中で構築すべき蓄電システムの在り方について語り合った。

“電池はなくてはならない名脇役”

柏木孝夫氏（以下敬称略） 2019年、吉野さんがリチウムイオン電池の開発でノーベル化学賞を受賞されたニュースには日本中が沸き立ちました。今、リチウムイオン電池は携帯電話か

ら電気自動車（EV）まで、いたるところに使われています。「電気を移動させる機能を持つ」電池の登場によって、世界には新たなサービス、ビジネスが生まれ、広範囲にキャッシュの流

新春
特別
対談

構成・文／小林佳代 写真／加藤 康

脱炭素時代の エネルギーシステム

“シェアリング”発想で 柏木孝夫氏

れが出てきました。リチウムイオン電池の発明は社会・経済システムをも変革する、まさにイノベーションだったと思います。

そもそも吉野さんがリチウムイオン電池の開発を志したのは、どういう理由だったのでしょうか。

吉野彰氏（以下敬称略） 実は私ほもともと電池の研究開発を志していたというわけではないのです。旭化成に所属していた1980年ごろ、世界で話題になっていたポリアセチレンという新素材の研究開発を手掛けることになり、この新素材をどういう製品に結びつけるかを検討する中で浮かんできた1つの用途が電池でした。

電池業界を調べると、新型二次電池

への社会的ニーズは非常に高く、当時も既に研究開発は盛んに行われていました。ところが各社とも商品化にはことごとく失敗していたのです。ネットワーク

になっていたのが負極材料。電気化学的な機能のあるポリアセチレンならば負極材料として活用できるのではないかと考え、電池の研究開発に取り組みました。最終的に負極材料にはカーボンを使用しましたが、スタート段階ではポリアセチレンで試みていました。

柏木 リチウムイオン電池を搭載したEVはガソリン車と異なり走行中に二酸化炭素（CO₂）を排出しません。リチウムイオン電池が社会に一層普及・浸透すれば地球全体の環境負荷を低減することができますね。

柏木孝夫氏

東京工業大学特命教授／名誉教授
コーポレート理事

吉野 ノーベル財団から説明されたノーベル化学賞受賞の理由は2つあり、1つが「モバイルIT社会の実現に貢献したこと」。もう1つが「サステナブル社会の実現に貢献すると期待できること」でした。電気をためるというリチウムイオン電池の機能が、まだ出現していないサステナブル社会の実現に大きく貢献するであろうと評価され

電池で蓄電できるのは半日まで

柏木 「パリ協定」の発効で世界の潮流は変わりました。各国ともそれまでの「低炭素」から「脱炭素」へと一気に走り始めています。先進国は過去化石燃料を使い文化資産を作り上げてきた経緯があります。途上国も同様に発展していく権利がある。先進国と途上国との「衡平性」も保ちつつ、脱炭素を実現するエネルギーシステムを考えていかななくてはなりません。

脱炭素型電源として頭に浮かぶのは太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギー。各国とも再エネを最大限取り込むようなエネルギービジョンをつくることでサステナビリティを実現しようとしています。日本政府も2018年に閣議決定した「第5次エネルギー基本計画」で再エネの主力電

たのです。ある意味で、大きな使命を負ったと感じています。

電池は発電するわけではないのでエネルギーシステムの主役にはなり得ませんが、名脇役といえる存在です。モバイルIT社会はリチウムイオン電池がなければ成り立ちません。サステナブル社会でもその図式は全く同じ。なくてはならない存在です。

源化を打ち出しました。ただ再エネには気象によって変動する弱点があります。私は電圧を人間の血圧、周波数を脈にたとえて説明しています。人間は血圧が高すぎたり低すぎたり、また脈が乱れた時には倒れたり具合が悪くなったりします。それと同じで電力も電圧が高すぎたり低すぎたり、周波数が乱れたりすればうまく流れず停電してしまいます。調整するための蓄電システムが不可欠です。

吉野 おっしゃる通り、再エネを普及させるには、変動をカバーする仕組みが必要です。国際連系線で広域に融通し合える欧州連合（EU）などと異なり、島国の日本は他国と連系することができません。国内でも地域によって周波数が50Hzと60Hzに分かれていて電



よしの・あきら

吉野 彰 氏

産業技術総合研究所ゼロエミッション国際共同研究センター長
旭化成名誉フェロー

1948年生まれ。70年京都大学工学部石油化学科卒業、72年京都大学大学院工学研究科石油化学専攻修士課程修了。同年旭化成工業(現旭化成)入社。97年イオン二次電池事業グループ長、2001年電池材料事業開発室長、03年グループフェローに就任。05年大阪大学大学院工学研究科博士(工学)取得。10年技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター(LIBTEC)理事長(現任)、15年旭化成顧問などを経て17年名城大学大学院理工学研究科教授(現任)、同年旭化成名誉フェロー(現任)を歴任。19年ノーベル化学賞受賞。20年1月産業技術総合研究所ゼロエミッション国際共同研究センター長に就任。

柏木孝夫氏

東京工業大学 特命教授／名誉教授
コージェネ財団理事長

1946年東京都生まれ。70年東京工業大学工学部生産機械工学科卒。79年博士号取得。80-89年米商務省NBS招聘研究員、88年東京農工大学工学部教授などを経て2007年東京工業大学大学院教授に就任。12年東京工業大学特命教授に。18年内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期 エネルギー・環境分野プログラムディレクターに就任。専門はエネルギー・環境システム。03年日本エネルギー学会学会賞(学術部門)、08年文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)など受賞多数。経済産業省総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会長、同調査会総合部会委員等でも活躍。著書に『スマート革命』『エネルギー革命』『コージェネ革命』『超スマートエネルギー社会5.0』など。

に半年という需要があります。電池で対応できるのは1時間または半日まで。半年に対応するには別の貯蔵法を試みた方がいいかもしれません。そう考えると、だいたいどれぐらいの電池が必要なのかのイメージができます。

蓄電システムを構築する上で課題となるのがコストです。電池は電気をためて平準化するという重要な役割を果たしますが、付加価値がつくものではありません。コストが高すぎれば普及は難しくなります。そこで重要なキーワードがシェアリング。電気をためるだけでなく、他の用途でも使う想定で

蓄電システムを構築するのです。そうすればコストの負担は半分で済みます。具体的な手段の1つがEV。相当な量の蓄電ができますから、蓄電システムとして使わない手はありません。あ

る時はクルマとしてモビリティに使う。ある時は蓄電システムとして使う。こういうシェアリングの発想を取り入れると、コストの問題も解決できるのではないかと思います。

太陽光、風力に続く 第3の再エネが求められる

柏木 2040年にはクルマの販売台数のうち55%ぐらいがEVになるという推計も出ています。様々な分野から集めたデータをベースとすれば、シェアリングの発想でEVと蓄電の双方に活用できる「VtoX」が普及していくでしょう。例えば、「Vehicle to Supermarket」で、太陽光で発電した電力をためたEVがスーパーマーケットまで移動して冷凍機の電源となるという具合です。多様なシェアリングビジネスが生まれることが期待できます。

EVの課題は航続距離です。長距離を走るには大容量の電池の搭載が必要で、コストや安全性の問題が出てきます。短距離はEV、長距離は燃料電池車といった使い分けも必要になると思います。ですが、いかがですか。

吉野 IOTやAI、5Gなどの技術を取り込んだ未来のクルマ社会は「C

ASE:Connected (コネクティッド)、Autonomous / Automated (自動化)、Shared (シェアリング)、Electric (電動化)」という言葉で表現されます。世界がこの方向に移っていった時には、簡単に乗り継ぎができるようになります。EVの電池が切れそうになっても、次のクルマに乗り換えればいい。30秒もあれば乗り換えできます。クルマも個人所有ではなく、シェアリングの領域に入っていくということだと考えています。

そういう世界を考えると、1回の充電で1000kmなどというべらぼうな距離を走る必要はありません。どうしてもクルマに1000km乗りたいたいという人は途中で乗り継ぎばいいのです。この辺りに、IOTやAI、5Gの技術などを取り込んだ未来のサステナブル社会の一端が見えるように感じてい



ます。

柏木 所有ではなく使用を前提とし、乗り継ぎや電池の入れ替えが容易にできる社会に変わっていくということですね。家庭用に近場を走行するクルマを所有し、遠出する時にはカーシェアリングを利用するなど、使い方、乗り方も多様化していくかもしれません。

日本はこれまで大規模電源を中心に電力を安定的に供給してきました。今後はこうしたEVや再エネやコージェネレーション（熱電併給）システムを取り入れ、デジタル技術でダイヤモンドをきめ細かく制御する分散型エネルギーシステムが大規模電源と共存する構図になります。その際、いかに強靱性を保つかは重要な課題です。

吉野 現在、再エネで実用化されているのは太陽光と風力が中心ですが、太陽光は夜間には稼働しないので昼夜の

バランスを保つのがどうしても難しい。

もう一つ、できれば昼夜関係なく電力を供給できる再エネが必要だと思います。地熱かバイオマスかわかりませんが、第3の再エネが求められます。

柏木 再エネはひとまとめで語られがちですが、実はいろいろな種類があります。太陽光や風力のように気象の変動を受けるものには蓄電池と組み合わせるなど何らかのシステムを構築することが必要。一方、地熱や水力は一定の電力を供給できるのでベース電源になり得ます。

バイオマスは再エネの中では蓄電システムに近い役割を果たす存在。燃料を使いながら調整できる再エネとなる可能性ががありますね。こうしたいろいろな役割を理解した上でエネルギーシステムの在り方を考えていくことが重要だと思います。

国際協調しながら ゼロエミッションの技術を開発

柏木 吉野さんは2020年1月、産業技術総合研究所に新設された「ゼロエミッション国際共同研究センター」の初代研究センター長に就任されました。どのような目的で活動する組織で

しょうか。

吉野 ゼロエミッションの技術開発は国際協力を含む協調の必要な分野です。そもそも地球環境問題は人類共通の課題。それを考えると研究機関、大学、

企業とバラバラで研究を行うのは効率が悪い。ゼロエミッションを目標とする研究開発の核となる組織が必要です。産総研内でそういう議論が深まっていた時期にたまたま私がノーベル化学賞を受賞し、しかも理由の1つが「サステナブル社会の実現に貢献すると期待できる」ということでしたから、「これは引き受けざるを得ないだろう」と思いました（笑）。

現在、産総研の中にはゼロエミッションにつながる研究が10テーマあります。これをセンターにまとめ、相乗効果を図ります。不足する部分はセンター外の組織と協調しながら一層の研究開発を進めていきます。

柏木 政府は2020年1月、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」に基づき、「革新的環境イノベーション戦略」を策定しました。5分野・16課題・39テーマを設定し、これにより世界のカーボンニュートラル



「ゼロエミッションの
技術開発は国際協力を含む
協調の必要な分野です」

と、過去に排出された大気中のCO₂をも削減する「ビヨンド・ゼロ」を達成する革新的技術を2050年までに確立しようという非常に野心的な戦略です。重点領域として「非化石エネルギー」「蓄電池を含むエネルギーネットワーク」「水素」「カーボンリサイクル、CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage : CO₂回収・有効利用・貯留)」「ゼロエミ農林水産業」の5つを挙げています。個人的には、日本は蓄電池、水素、CCUSの領域で強さを発揮できるのではないかと考えています。

吉野 どの国も今しばらくは化石燃料を使わざるを得ません。トータルでCO₂排出量をゼロにしようと思えば、どこかでマイナスをつくる必要があります。

ます。ネガティブエミッションテクノロジーの実現が求められます。ネガティブエミッションとカーボンニュートラルを同時並行で実現する。そういう社会システムを考えなくてははいけません。

今、地球上でネガティブエミッションに相当するものの1つが光合成。もう1つはCCS (Carbon dioxide Capture and Storage) に近いものですが、土壌のアルカリ成分による中和です。残念ながら地表面に近いところでは既に中和反応は終わっています。ただ地中のもう少し深いところにはまだアルカリ成分があります。無理やり地中に埋め込むのではない、化学的なCCSはネガティブエミッションの1つの道ではないかと思っています。

「ゼロエミッションはチャンス」 大きく変化した産業界の姿勢

柏木 産総研は2019年から「R

D20 (Research and Development 20 for clean energy technologies : クリーンエネルギー技術に関するG20各国の国立研究所等のリーダーによる国際会議)」を主催しています。吉野さんも参加していらっしやると思いますが、

どのような内容でしょうか。

吉野 RD20は脱炭素社会を実現するクリーンエネルギーテクノロジーに焦点を当てた国際会議で、2つのセッションに分かれて議論をしています。1つは「テクニカルセッション」で、ゼロエミッションにからむ最先端の技

術について情報交換を行いました。もう1つの「リーダーズセッション」では、G20のトップ研究機関の長がテクニカルセッションで集まった情報を踏まえ、国際連携を強化する可能性について議論しています。コロナ禍にあった2020年はリモートでの開催でしたが、新しい技術、コンセプト、発想でゼロエミッションにつなげていく道を見出すことができ、大きな成果がありました。

柏木 エネルギー戦略は国家戦略そのものです。島国の英国は、独り立ちできるよう、再生可能エネルギーを拡大しつつ原子力も含めた複数のエネルギー源を取り込むエネルギーミックス政策をとっています。ドイツは原子力発電と石炭火力発電の廃止を決めました。各国が国情に応じた戦略を講じて

「エネルギー戦略は
国家戦略そのものです」



いますが、日本のエネルギー戦略はどのようなべきでしょうか。

吉野 EUのように国際連系線で他国と結びつくことができない日本は再エネを導入する際のハードルが高くなります。場合によっては途上国にプラントをつくった方が合理的なケースもあるかもしれません。確かにエネルギー

コロナ禍の中、対談はリモートで行われた。写真は対談中のキャプチャー



戦略は国家戦略ではありませんが、地球全体を考えた時に、日本だけですべてをまかなおうとする必要はないように思います。

柏木 国際連系線は敷いていなくても、技術を通してアジアなどと連系する道は考えられるということですね。それを実行する際の要になる存在として、ゼロエミッション国際共同研究センターの重要性は極めて高いと感じます。

一方、産総研は2020年6月、東京湾岸エリアを世界に先駆けてゼロエミッションに関するイノベーションエリアに進化させようと「東京湾岸ゼロエミッションイノベーション協議会」を設立し、「東京湾岸ゼロエミッションイノベーションエリア」構想を掲げました。私はこの協議会の会長を拝命しています。ゼロエミッション国際共同研究センターは事務局を務めますが、吉野さんはどのような思いを持っていますか。

吉野 東京湾岸エリアには、様々な企業、研究機関などゼロエミッションにつながる技術開発を行う組織がたくさんあります。製鉄所や石油コンビナートなど、CO₂を排出する工場もあります。CCS、CCU (Carbon dioxide Capture and Utilization) を実証するには絶好のエリアであり、ゼロエミッション技術の実現に向けた取り

組みを加速したいと考えています。

ゼロエミッションを取り巻く環境は、世界でも日本でもこの1年で大きく変わりました。最も変わったのは産業界の取り組み方。今まで、どちらかというと「CO₂排出量を減らす努力をして、少なくとも世間からそしりを受けないようにしたい」という受け身の姿勢でしたが、ここへ来て、「ゼロエミッションは大きなビジネスチャンスにつながる。ぜひ参画しよう」という積極的な姿勢に転換しています。私自身も地球環境問題は決して防御的な課題ではなく絶好のビジネスチャンスだと考

えています。産業界が本気で動き出した今の状況は、将来に大きな期待ができると感じています。

柏木 ゼロエミッションによって新たなビジネスモデルが次々に生まれると期待したいですね。吉野さんがヘッドを務める組織が東京湾岸を起点にゼロエミッションを実現しようというので、すから、世界に対しても極めてインパクトが大きい取り組みだと思います。私も会長として、東京湾岸ゼロエミッションイノベーションエリア構想の実現に全力を注いでいきます。今後ともご指導をお願いいたします。

