

産学官との連携

産学官との連携

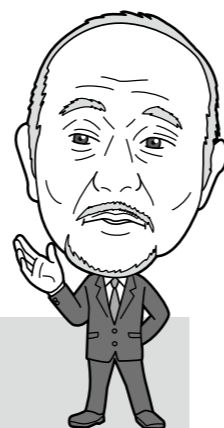
科学の 峰々 110

東京工業大学 科学技術創成研究院
先進エネルギーソリューション研究センター長 特命教授

かしわぎ たかお
柏木 孝夫 先生 に聞く

カーボンニュートラルへの変革で 企業に求められる課題と 科学技術の役割 上

聞き手：高橋 秀雄 日本科学機器協会 広報副委員長
岡田 康弘 日本科学機器協会 事務局長
(取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)



取材日：2021年5月10日
コージェネ財団 理事長室

柏木 孝夫 先生のプロフィール

- | | |
|----------------------------|--|
| 1970年3月 東京工業大学工学部 卒業 | 2012年4月 東京都市大学 教授～2014年 |
| 1970年4月 東京工業大学大学院 修士・博士課程 | 東京工業大学 特命教授 名誉教授 |
| 1975年4月 東京工業大学工学部 助手 | 先進エネルギー国際研究センター長 |
| 1979年4月 東京工業大学 工学博士 | 東京農工大学 名誉教授 |
| 1984年4月 東京工業大学工学部 助教授 | 2018年4月 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 |
| 1988年4月 東京農工大学工学部 教授 | |
| 1996年4月 九州大学機能物質科学研究所 教授兼任 | |
| 2004年4月 東京農工大学評議員・図書館長 | |
| 2007年4月 東京工業大学大学院 教授 | |
| 2011年4月 放送大学 客員教授～2015年 | |

[兼務・委員会委員等]

- 低炭素投資促進機構 理事長
- 新エネルギー導入促進協議会 代表理事
- コージェネレーション・エネルギー高度利用センター(コージェネ財団) 理事長
- 経済産業省 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会長 基本政策分科会 委員
- 内閣官房 ナショナル・レジリエンス懇談会 委員(エネルギー担当)
- 国土交通省 国土審議会 計画推進部会 委員

[受賞歴]

- 2002年 エネルギーフォーラム優秀賞
- 2003年 日本エネルギー学会 学会賞(学術部門)
- 2003年 エンジニアリング功労者賞
- 2004年 日本冷凍空調学会学術賞
- 2008年 文部科学大臣表彰科学技術賞 (研究部門)
- 2014年 日本エネルギー学会功績賞
- 2017年 ISHPC2017 The Georg Alfeld Memorial Award
- 2019年 エネルギーフォーラム優秀賞

他多数

他多数



IPCC日本代表執筆者として 現在の気候変動問題の 世界基準づくりに携わる

柏木先生は、国のエネルギー政策づくりやIPCC(気候変動に関する政府間パネル)での活動に関わられてこられた環境・エネルギー研究における第一人者でいらっしゃいます。IPCCでの活動実績は、カーボンニュートラル社会を目指す世界の礎と言えるのだと伺っています。まずはIPCCでのご活動についてお聞かせいただけますか。

柏木 IPCCは、人為起源による気候変化や影響などを科学的、社会的に評価していくために1988年に設立された組織です。

温室効果ガスによる地球温暖化の影響をどう食い止めるか、そのためにカーボンニュートラル社会をどう目指していくかなど、今日では世界の共通の課題となっていますが、もともと明確な評価基準はなかったわけです。その基準をしっかりと科学的な裏付けのもとに評価し、報告を行って来ました。つまり気候変動の世界基準を策定してきたのがIPCCです。

現在は第5次報告書まで公表されていて、第6次報告書の作成が進められているところです。

私が携わったのは、1995年の第2次報告書と2001年の第3次報告書で、経済産業省の推薦でIPCC日本代表執筆者を務めました。

先生が携わったIPCC第2次評価報告書が、今の地球環境問題に大きく踏み込んだ提言を行ったのですね。

柏木 序文で「全球平均気温および海面水位の上昇に関する予測から、人間活動が、人類の歴史上かつてないほどに地球の気候を変える可能性がある」また、「気候変化は多数の重要な点に関し、すでに取り返しのつかない状況にあるといえる」と記された報告書です。

このまま温室効果ガスの抑制対策を取らなければ、21世紀末には大幅な気温の上昇や海面の上昇を避けられない旨も盛り込まれました。この報告書をきっかけに、環境問題が深刻な国際問題と捉えられるようになり、世界が本当の意味で真剣に向き合うようになったと言えるでしょう。

その第2次報告書以前は、環境への問題は危惧されながらも、明確な基準が無かったわけですよ。その状況でとりまとめるというのは、想像を絶するご苦労があったように拝察いたしますが、いかがでしたでしょうか。

柏木 それは、到底一言では申し上げられない大変さでした。IPCCは3つの作業部会(ワーキンググループ)があり、私は気候変化の影響・適応・脆弱性に対するの評価を下す第2作業部会で執筆してきました。

その部会は、私を入れて発展

途上国から先進国まで含めた12、13人ほどの専門家が、諸外国から参加していました。そこで私は代表者として研究者たちを束ね、持ち寄り集まったありとあらゆる知見をまとめあげました。そして国連の場で、1行ずつ突き合わせて会議を行いました。私は執筆する台に上げられていたのですが、その1行ごとに、どこかの国から異論が出る状況でした。

当時は、権威がある報告がありませんでしたので、色々な国が、言わば好き勝手なことを発言するわけです。ある影響を唱えても、それは人為的なものではなく、太陽の黒点活動のためではないのか…などです。

また、グリーンピースのような環境保護団体も会議の場に参加しているわけです。そうした団体の反対意見は、団体が所属する国がその意見の進言を求めないと通らないようになっていたのですが、まあ非常に厳しいものでした。おかげで一気に髪が薄くなりました。

私の50代は、まるごとIPCCの報告書作成に従事していた形と言ってよいでしょう。

気候変動の“根拠を作る” その過程で感じたことは 国際間の駆け引きでした

第2次報告書の1995年と言えば、まだアル・ゴアの「不都合な真実」も発表されていない頃です。国際的な駆け引きも複雑でした。ご苦労の大変さは想像を絶します。

産学官との連携

柏木 各国の事情や状況が複雑に絡み合います。そこには南北問題もありますし、世界の覇権争いもあります。例えば当時の中国は、本格的な経済発展をこれから控えた時でもあり、非常に厳しい異論を度々唱えてきました。

肉体的にもとてもハードで、年間12、13回は海外に出ていました。しかも大変な時は、4泊8日というようにたんとでもないスケジュールでした。その期間であちらこちらを飛び回り、飛行機の中で宿泊を重ねたというようなことでした。また、複雑でナーバスなやりとりばかりなのですが、もちろんすべて英語で行われますので、難解ですし、間違いは許されませんでしたから、非常に消耗いたしました。

ただ、そうした数々の大変な困難を乗り越えて作り上げた結果、科学的な知見から成立したのものとしてIPCCの報告書が権威を持つものになりました。

IPCCの報告書を作るまでには、有形無形に関わっている人が多数いるので全関係者の人数を正確に申し上げるのは難しいですが、1万人ほどの世界の科学者や知見を持った人間が関わっています。しかも、ひとつひとつの分析、研究、考察などには、科学にもとづいた膨大なプロセスが踏まれているのです。

各国が、例えば経済政策の事情から、IPCCの報告は間違っていると反論をしようとしても、論破する根拠は他にはないわけです。もし反対するのならば、IPCCが行ったような同じような規模で、同

じようなプロセスで検証をしなければ説得力は持ちません。それを行うことは現実的に不可能と言えるでしょう。反対したいがために、自国に都合の良い、自国の学者の一説を持ちだしてきても国際的には到底通用しないわけです。

このIPCCのレポートがなければ、温室効果ガス排出削減などの国際枠組みを決めたパリ協定の成立などもありえなかったでしょう。



1955年「気候変動」に関する政府機関パネル・第2次評価報告書の表紙。

IPCCは地球温暖化現象の理解を科学的に評価した功績などから、2007年にはノーベル平和賞を受賞していますよね。

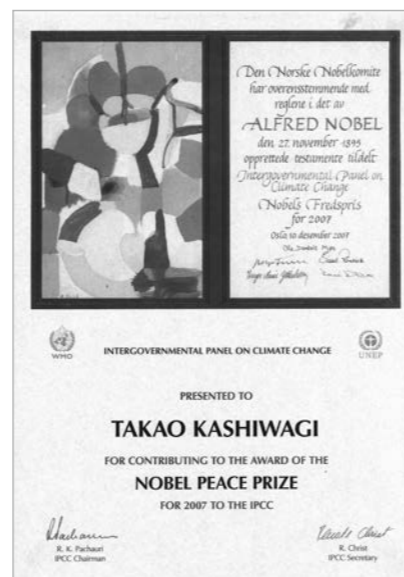
柏木 受賞時はIPCCのラジェンドラ・パチャウリ氏というインドの方が議長をしていたので、その方が代表で授賞式に出席しました。私は現地には行っていませんが、ノーベル平和賞貢献への感謝状は私の手元にもあり、現在は東京工業大学に飾っています。IPCCの第

2次、第3次報告書の代表執筆者にも贈られたのです。

まさに世界的な偉業を成し遂げてきたわけですね。ちなみに代表執筆者というのは何人くらいいらっしゃるのでしょうか。

柏木 執筆者自体は100人、200人の単位で数多くいますが、代表執筆者はほんの数名で、私の時は日本で2人でした。今でも5人前後ほどではないでしょうか。

ただ、これからの難題の方が山積みだというのが本音です。人類が本当に真剣にどのように環境問題に対応していけるのか、また、非常にしたたかな国際社会の中で、わが国がどう環境目標を達成していくのかなど、懸念すべきところはたくさんあります。



2007年ノーベル平和賞IPCCの授与に貢献したことに対する感謝状。気候変動に関する政府間パネルの提示者としてWMO(世界気象機関)/UNEP(国際連合環境計画)より贈られた。

日本のエネルギー計画に第1次から現在まで尽力

柏木先生は、現在もエネルギー政策を立案するための経産省の審議会で委員を務められるなど、国の政策立案に深く関わられています。現在の国の仕事についてお聞かせいただけますか。

柏木 現在、経済産業省の総合資源エネルギー調査会の委員をしています。国のエネルギー政策の方針を議論する経産大臣の諮問機関で、そういう意味では国の政策に非常に近いところに位置する組織と言えます。いくつかの分科会があり、私は、基本政策分科会の委員と、省エネルギー・新エネルギー分科会長をしています。

昨年10月に、菅首相が「2050年カーボンニュートラル宣言」を打ち出しました。これを受けて昨年12月には経産省が関係省庁と連携して「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定しました。そうした流れを受けて、私たちの審議会で第6次エネルギー基本計画策定のための審議をやっています。

ちなみに私は、第1次のエネルギー基本計画の策定から、民主党政権時代を含めて、ずっと携わっている形になりました。

本当に長く、日本と世界のエネルギー政策の最前線で提言をなされてきたわけですね。第1次のエネルギー政策は、どれくらい前になるのでしょうか。

産学官との連携

柏木 2002年にエネルギー政策基本法が成立して、3年ごとに基本計画を策定することが決められましたので、その頃からになります。実はそれ以前に、経産省に石油代替エネルギー部会というのがありまして、これが新エネルギー部会になり、私が最初の部会長をやっていました。

昭和から国のエネルギー政策の変遷の現場に携わってきたということですね。今年4月の気候変動サミットにおいて、日本は2030年度までに温室効果ガス削減目標を、2013年度比で46%減らす削減目標を発表しました。これに伴い、エネルギーへの考え方や企業活動のあり方は、大きく変わっていくことになるのでしょうか。

柏木 その通りです。今、日本を含めた世界のエネルギー政策、および企業活動は、大転換点にあると言って間違いないと思います。そして、今までの延長線上にはない不連続のエネルギーシステムが、社会に求められ、実装されていくことになります。

ただし、カーボンニュートラル、すなわち脱炭素は、もはや避けて通れないのですが、現実的に考えると即座にすべてを変えて実現できる話ではなく、低炭素化から進めていく形になります。

環境への配慮なくして、投資が得られない枠組み作りがEUで着々と進行

脱炭素化が「避けて通れない」状況は、モラルの面以外でも、仕組みとして作られてきているのでしょうか。

柏木 EU、ヨーロッパを中心に、様々な仕組みや方針が取り決められる動きが活発です。

まず、ESG投資の動きは既に広まっています。従来の財務情報だけでなく、環境(Environment)・社会(Social)・ガバナンス(Governance)要素も考慮した投資のことです。2006年、当時のアナン国連事務総長が、各国金融業界に向け、ESGの視点を組み入れることを提唱したことで活発に広がってきて、日本の多くの企業でもその取り組みは既にみられ始めています。

そのESG投資に関連しますが、EUでは欧州委員会が進める「EUタクソノミー」という制度が始まっていて、環境面の切り口で企業を分類・選別し、その点数が低いところには投融資をしないというものです。

環境目線で企業の格付が低いと、企業活動が追いやられるようなことも出て来るのでしょうか。

柏木 おそらくそうなるのではないかと、また、それはEU内だけでなく世界中に広がっていきたくらうという声を日本の経済界から耳にしています。

その一方で世界のそうした動きの裏側には、各国の国益と国策が大変複雑に絡んで今があるとい

産学官との連携

うのが実情です。私は25年ほど前からIPCCの仕事に携わってきましたが、先ほどお話ししたように各国とも大変にしたたかなものです。

カーボンニュートラルの実現は、地球環境のために世界が一丸となって取り組むべき課題であることはもちろんです。その意義は非常に尊く重要です。しかしその議論の裏側には、どの国も国益という現実を抱えています。

柏木先生は、そうした環境をめぐる覇権争いのようなものを肌で感じて来られたわけですね。

柏木 段階があり、私が代表執筆者になったIPCCの第2次報告書が出されるあたりまでは、気候問題というのがあるのか、無いのかという議論で争っていました。その後、科学的に気候変動問題が存在するのだと証明されてからは、経済的な戦略の駆け引きになってきたことは、周知の通りです。どの国も環境に貢献することを打ち出して、お金が集まるような形を実現したいわけです。

歴史を俯瞰すると、1989年にドイツなどで東西冷戦終結の宣言がなされた後、世界は一丸となって目指す目標のようなものを持っていなかったわけです。そこに気候変動問題という国際的な政治課題が出てきたとも言えるのです。

そうしたことまで含めて考えますと、日本が先般の気候変動サミットで「2030年度までに温室効果ガスを46%削減」と打ち出したのは、意義があることだと感じています。

これは、アメリカのバイデン政権が2005年比で50～52%削減を掲げた事と意思を同じくして達成を目指していこうという判断があるわけです。つまり環境面の目標に日米同盟が関係しているということです。

アメリカはトランプ政権の時にパリ協定から離脱するなど、環境問題に一切目を向けないスタンスでした。それに対してバイデン政権は、アメリカも言わば気候変動外交ということをやっていくという姿勢を示したわけです。そこに日本も賛同し、協力していくという政治的な判断が見受けられるわけです。

カーボンニュートラルを実現するための具体的な科学技術の役割とは

初歩的な質問ですが、太陽光、風力、バイオマスなど、発電以外にどういった手段があるのでしょうか。

柏木 本当に色々な手段が唱えられています。今お話があった再生可能エネルギーによる発電以外のところでお話をしますと、世界の主流のひとつに、水素を導入して脱化石燃料を図るという方向があり、日本もその方向に進むと予想されます。

そして、カーボンゼロと言いますが、CO₂など温室効果ガスの排出が本当にゼロになるということは現実的には不可能と言えるもので、排出した温室効果ガスを再利用して全体としてゼロにする手段を取ることになります。CCS (CO₂の回

収・貯留 =Carbon dioxide Capture and Storage)。CCUS (CO₂の回収・利用 =Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)というものです。

また、水素も種類があり、化石燃料から生成しCO₂を排出するとグレー水素、そこにCCUSを組み合わせるとブルー水素、再生可能エネルギーから生成するとグリーン水素、原子力発電で生成するとパープル/ピンク水素と呼ばれています。

さらに、メタネーションという、CO₂と水素を利用してメタンガスを生成する形があります。メタンは天然ガスの主成分で、都市ガスなどに利用されています。グリーン水素と、排出したCO₂をメタネーションで合成してガスをつくって、さらにこれをコージェネ（熱電供給）で利用する形も考えられます。そこで出るCO₂の量は一度排出量としてカウントされているので、CO₂フリーの扱いになります。しかも既存のガスパイプラインに流して使えるので、今ある設備を活用できる利点があります。

色々な知恵とテクノロジーがあるわけですね。そうしたことは実用化されているのでしょうか。

柏木 各企業、かなり本気で取り組まないといけない喫緊の課題になっています。メタネーションにしても水素の導入にしても、現実的な調達手段やそれを行う場所を日本にするのか海外にするのかなどを含め、導入を前提とした計画や実

験が進捗している話を多々耳にしています。その中にはもう実用となっているものも、もちろんあります。

CCSは日本でも発電所で実験の動きが本格化しています。火力発電所で発生するCO₂を分離・回収するわけです。これが実用出来る技術となった場合、次の問題はコストです。今、CCSのコストが1トンあたり6000円から7000円となっています。2030年以後の早い時期に、これを目標として1トンあたり1000円、つまり1kgあたり1円に持っていきたいと掲げています。

CCSでCO₂を回収するコストがこのレベルになると、次はCC“U”S、ユートライゼーション、つまり利用が見えてくるのです。プラスチックを作るなど色々あるわけですが、そこで何を作ることがコストの低下にも寄与するものになるか、ということを考えることが重要になります。CCSのコストが1キロ1円以下になった時、1キロ1円以上の価値を持つ材料が生み出されれば、経済的に収支が良いものになるわけです。

例えば建材が出来ないか、とかあるのですが、現時点ではコンクリート建材などにCO₂を吸い込ませて活用すると内部の鉄材などが

産学官との連携



コージェネ財団(コージェネレーション・エネルギー高度利用センター)の理事長として、多くの講演会・対談・鼎談をこなす柏木孝夫先生

錆びやすい問題があるなど、色々課題はあります。ですが、将来的に解決出来ない課題ではないように思います。

もっと言うと、排出されたCO₂を空気中から直接回収する技術も考えられ、注目されています。

空気中のCO₂を回収する技術があるのですね。それは門外漢にも非常に分かりやすいです。

柏木 それはDAC (ダイレクト・エア・キャプチャー) と言われています。カーボンニュートラルを実現するには必要となる技術です。これについては、実用化にはまだ数段階乗り越えなければならないところもあります。違う言い方をすると、ここでも先陣争いがあるわけです。

出来るかどうかは別として、DACを最初に打ち出したのは自分たちだという立場でいたいという思いです。そういったことが、先ほどお話しした格付けやESGなどが関わってきますし、それを元締めしたいという国同士の思惑があるということです。

そうしたことに規模を問わず、日本のものづくり業界をはじめ、すべての企業が直面することになっていくわけですね。カーボンニュートラルへの動きは、国際的な広範な視野が必要であることを感じさせられました。

次号「科学の峰々」では、引き続き東京工業大学 特命教授 柏木 孝夫先生にお話を伺います。



カーボンゼロへの取り組みは企業が避けて通れない問題、動向を注視することが大切です。