

産学官との連携

産学官との連携



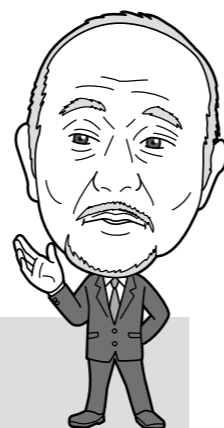
取材日：2021年5月10日  
 コージェネ財団 理事長室

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 下**

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)



**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



**カーボンニュートラル社会  
 に向け、企業タクソミー  
 の動きは、これから加速**

前号では、気候変動の世界基準を策定してこられたIPCCの活動をご紹介しました。先生がIPCCの第2・第3次評価報告書を作成する際に、感じてきた国益をめぐる駆け引きの様子をお聞かせください。

柏木 各国が、自分の国が得意なことを報告書に組み入れさせようとの意向のもとに議論を戦わせるということです。私も執筆に携わっていて、自分の担当する章では、日本の経産省とも連携をとりながら、日本の国益にかなう方向へ持っていけるような要素を入れ、文章の組み立てをしていったわけです。もちろん世界の国々が納得出来る形であることが必須です。そういう成り立ちですので、IPCCの評価報告書を詳細に読み解いていくと、国益のために汗をかいて、骨を折って国益につながっていくような記述になっているのは事実です。

もちろん、環境に関する客観的データは公正で、特定の国に有利になるようなことはなく採用されています。その上で、どんな取り組みをしていくかということで、各国が得意としていて、その後により有利になるであろうという要素を記述に入れ込むことに駆け引きされるのです。

地球環境のための国際会議なのですが、国同士の戦いの様相も

あるのですね。今、石油産出国の状況はどうなのでしょう。

柏木 石油に頼っているだけでは立ち行かないという状況が、顕著になってきています。そんな中で、新たに「水素」を輸出しようとしています。つまり燃料を石油から水素へ転換するわけです。このように世界の燃料資源はどんどん変わってきているのが現実です。

日本企業の現場でも、温室効果ガスの排出量や廃棄物の実状などに対して、レポートを求める動きが加速していると耳にしました。

柏木 LCA(ライフサイクルアセスメント)など、企業活動の環境への影響を明らかにしていく動きは当然加速するでしょう。その先にあるのはタクソミー、つまり環境面の切り口による企業の格付です。企業活動で出る廃棄物はゼロに出来ているのか、電力はCO<sub>2</sub>フリーのものかどうか…など、ますます細かくなっていくでしょう。

そのような企業格付けの動きを作っているのはEU(欧州連合)です。例えば、フランスは70%が原子力発電ですので、CO<sub>2</sub>フリー電力を調達できる状況があります。原子力発電の高レベル放射性廃棄物の問題があるものの、CO<sub>2</sub>の面ではフリーです。ですから我が国に工場を作れば環境に負荷をかけない工場が出来、企業格付けでも上位にランクされることになる、という経済的な考えからの思惑が既に動いているわけです。

**30代半ばで、米国商務省  
 NBS招聘研究員に抜擢**

柏木先生は、IPCCに携わる以前から、先進的な仕事や研究に携わっていられています。そのご経歴をお聞かせいただけますか。

柏木 私はもっぱら理系の人間で、東京工業大学の理工学部に進学しました。当時、理工系の学部は理系の花形で、機械工学は全てのベースだと思っていました。ちなみに医学部は医者の息子が目指すというような感じで思われていて、言葉は悪いのですが「馬鹿でもりこう(理工)」と言われるほど、理工系を多くの人が希望したものです。

私の学部時代の卒論で、これからはエネルギー問題が非常に大切になるという意識があり、エネルギーをテーマに選びました。学部を卒業したのは1970年ですが、その後、第1次オイルショック、第2次オイルショックが起き、エネルギーは国の国力そのものであるということを肌で感じましたので、卒論のテーマを選ぶときに考えたことは、間違いではなかったわけです。

そういったことでエネルギー関連の研究室に入り、応用熱学という学問の分野で卒論、修士論文、博士論文と執筆してきました。応用熱学の中でも熱伝達を専門にしていた、当時は完全に“実験屋”でした。私は熱流体の流れを可視化するのがとても好きで、熱流体の温度と濃度をレーザー計測機器で同時に測定してホログラフィーを作るような研究をしていました。今

## 産学官との連携

はクレジットカードなどにも3次元ホログラフィーが付いているほど身近ですが、当時は始まったばかりで、実験室で奮闘していました。

そうして研究している中、アメリカ商務省のNBSから招聘研究員の声がかかりました。

資料を拝見すると、米国商務省NBSで研究されていたのは1980～1981年で、34歳の頃ですね。

**柏木** そうです。NBSは、今はNISTという名称となっている米国商務省配下の重要組織です。日本語で「米国商務省標準基準局」と訳されます。アカデミックなことからアメリカの安全保障のことなどまで、国政に非常に近い位置にある組織です。これまでノーベル物理学賞の受賞者、ノーベル化学賞の受賞者も輩出しています。私はNBS（国立規格基準局）にエキスパートという肩書きで招かれ、NBSの中の燃焼研究センターというところに入りました。

当時（1947～1991年）はアメ

リカとソ連が冷戦の真ただ中でした。そういう中で、ソ連の戦闘機がレーザーでアメリカの燃料タンクを爆破するという事態を想定し、その爆破メカニズムを解明するため高速度ホログラフィーで計測したわけです。その成果は世界の燃焼シンポジウムという非常に権威の高い場で発表しました。

こうした話をすると、NBSは国防総省と組んでやるようなことに聞こえるかもしれませんが、そういったことを基礎研究として研究するという組織でもあったわけです。

### 論文がエネルギー分野で最も権威ある国際賞受賞

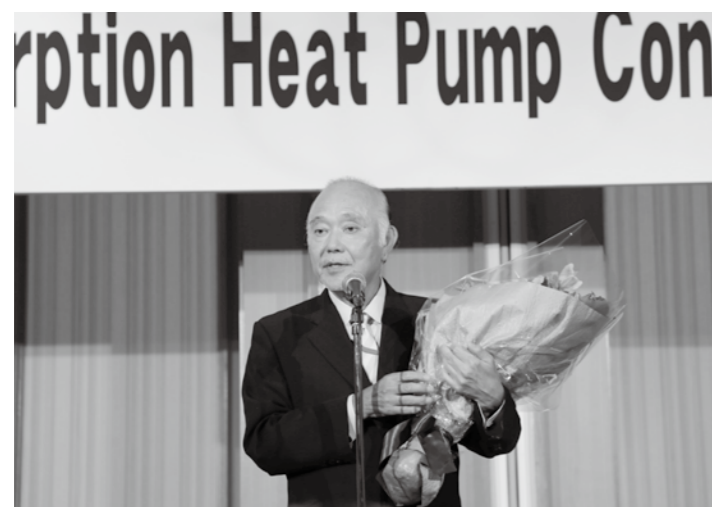
**柏木** そして1981年にアメリカから帰国後、東工大に戻って最初は助手から、そしてやがて助教授になったわけですが、その頃から分散型のエネルギーが唱えられるなど、随所でエネルギーの問題がもち上がってきていました。

その頃に携わったことの1つに、ガス会社の案件がありました。どう

いう内容だったかと言うと、それまでガスはもっぱら温める燃料として使われていたので、暑い夏は売れないわけです。しかし、夏場もガスを売りたいという要望を受けて、詳細は省きますが、ガスによる熱を使って冷房するという「ガス冷房」の仕組みを研究したわけです。これは当時、電力のピークは夏の冷房時にありましたが、ガスで冷房ですから電力のピークを下げる効果があり、ガス会社の大きな成果となったわけです。

そのガス冷房のメカニズムを論文にして、日本機械学会論文賞を受賞しました。今このメカニズムは廃熱の有効利用にダイレクトに活用出来るものだと考えています。熱で冷房をするわけですから、ある意味では太陽熱冷房というもの出来るわけです。そして電力は使わないわけですから、社会にも環境にも寄与するものですし、熱を専門にしている研究者にしても、これほど面白いものはないと思った研究です。

すると、アメリカというのはアンテナを広く張ってまして、DOE（アメリカエネルギー省）が、私の論文の英訳を求めてきました。発表した当時はアウトラインだけを英訳していたのですが、全文を英語で求められたので、それに応えて英訳しました。そして論文が世界に広まることになり「The Georg Alefeld Memorial Award」というエネルギー・環境分野で最も権威のある国際賞をアジアで初めていただくことになりました。



2017年ISHPC2017で、The Georg Alefeld Memorial Awardを受賞される柏木先生

## 産学官との連携

先生は、若くして国際政治の現場を肌で感じられたわけですね。そうした過程で国のエネルギー政策にも携わってこられ、時代と共に変わってきたエネルギー問題の変遷を目の当たりにしてきたわけですね。

**柏木** 申し上げたように、私の研究のスタートはもっぱら「実験屋」だったわけですが、そのうちにエネルギー問題が国際的な課題になっていったわけです。すると、電力会社は電力を、ガス会社はガスを、という風に別々の分かれた形態でエネルギーを供給していて良いものなのかなど、社会として解決すべき問題が生まれてきたわけです。

その問題は今も残っています。電力会社が発電を行う時に廃熱が出ますが、海水で冷却するなど対応していて、熱を再利用出来ていないのです。先ほどお話したように、廃熱を上手く使って冷房などに出来れば、本来はこんな良いことはないわけです。

また、そうしたことは自動車にもあてはまります。最近ではエンジンで高効率に発電が出来る仕組みも発達してきました。そうすると高い効率で発電して自動車を動かしながら、その廃熱を上手く使って冷房もできる、というような形が考えられるわけです。

長らく日本のエネルギー政策立案に携わり、またIPCCの活動の最前線でご活躍されてきた、そのバックグラウンドの深さを感じます。



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の概要

### カーボンニュートラル社会を産官学連携の枠を超えて推進するAESセンター

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（AESセンター）について教えていただけますか。

**柏木** AESセンターの役割や目的は細かく色々あるわけですが、端的に言うと、カーボンニュートラル社会を実現していくために、産官学が既存の枠組みを超えてプロジェクトを推進していくための拠点ということになります。

発端は、東京工業大学にエネルギー全体を俯瞰して研究やイノベーションを推進していくような組織が出来ないかと持ち掛けられたことです。エネルギー全体とは学問的な基礎研究や応用研究、国のエネルギー政策、企業のエネルギー施策など、エネルギーに関す

るまさにすべてのことです。

そこで、現在のAESセンターの前身となるAESプロジェクトを立ち上げました。AESプロジェクト活動の中から2009年9月に、10年の時限組織として、先進エネルギー国際研究センターを設立いたしました。それが11年目を迎えた2020年、構築してきた基盤のもとで新たな活動のステージに入るにあたり、現在の呼称に変更されて今に至ります。

AESセンターの意義をもう少し分かりやすく言うと、カーボンニュートラル社会を目標に掲げている国、最先端のエネルギー研究に取り組んでいる大学の研究現場、実社会で活動している企業を結び付ける拠点がなく実現には向かっていきません。さらに言うと、そのための新プロジェクトが立案された場合、どの自治体の場所で、どう実行していけば地域創生につながっていくのか、そこに暮らす人々の

## 産学官との連携

市民活動やヘルスケアの面はどうかといったことまでクリアしていかなければいけません。そういう様々な面までを含めた社会連携を行い、低炭素社会へのソリューションを発掘し、実現に寄与するための拠点ということです。単に新技術を研究するというようなことでなく、企業、関係省庁から地方自治体の現場、NPO法人や商工会といったところまで連携し、社会構造そのものから、新しいエネルギーのあり方を見つめて実行していくということになります。

センター名の略称であるAESというのは「Solution Research Center for Advanced Energy Systems」からきています。

カーボンニュートラル社会への実現を、机上のものでなく現実に導く組織、ということでしょうか。

柏木 そういうことです。また、AESセンターの運営資金は、設立当初からすべて民間の資金で行っています。つまり私自身で資金を集めてきたという形です。

それは驚きました。大学の研究者の方々が、国からの研究費の獲得に大変苦労されているという話はよく耳にしますが、民間から獲得されているのですね。

柏木 一般の大学教員は、文科省などに提案書を書いて研究助成金が下りて、それが一般的なのでしょうか、それとはかけ離れた形なわけです。

正直、資金獲得はなかなか厳しいものです。最初のうちは共同研究部門というので1社3000万円で6社のスタートでした。そこから始めて、おかげさまで今まで毎年50社ほどから、2億円から3億円弱の資金をご提供いただいています。私が単純に研究だけをしていたのではなく、エネルギー政策からエネルギーシステム解析など、色々なことをやってきて、一連のことに精通していることをご評価いただいているからだと思っています。

また、前身の組織が時限組織だったと申しましたが、私はそういう場をいただいたら、継続的に社会に役立てるような組織に繋げていかなければいけないと思っています。特に、今は全くいただいていませんが、前身の組織は公的資金をいただいていたので、その分を社会に還元しなければいけないと思っておりました。

先生お一人で、2~3億円弱の資金を獲得するというのは大変なことですね。

柏木 考えてみると、東京工業大学全体で民間から獲得している資金の15%前後になるかもしれません。今、産官学の連携という言葉はよく使われますが、そういう面でも私自身がはしりであったのかなあ…という自負もあります。

**「知行合一」の精神で  
答えが出る過程を大事に  
しないと革新は生れない**

将来の日本のものづくりや研究の担い手となる、今の中高生に伝えたいことはございますか。

柏木 やはり「知行合一」の精神が重要だと思います。知識と行動は切り離してはいけなく、行動を伴って初めて知識は真の知となるということです。

今の若い世代がスマホやコンピュータに頼りすぎていることは否めませんし、社会ではデジタルイゼーションがどんどん進みました。生活者に身近なエネルギー利用の例をあげても、デジタル技術によって再生可能エネルギーによる発電をまとめて、需給のバランスをとりながら供給するVPP（バーチャルパワープラント）の仕組みが可能になり、普通の家庭が発電所になり得るという時代になりました。

そうした面ではデジタルやパソコンの時代であると言えるわけですが、本当の意味で活用するためには、ビジョンと現象を把握する能力がなければいけません。パソコンやAIは問題に対して、過程は無視して答えだけを出します。しかし、過程を放っておくことは、まるで身体検査をすることなしに病気を治す答えだけをパソコンから得て、適用してしまうようなものです。ですので「知行合一」が大事なのです。これがなくしては新しいテクノロジーは生み出せません。

計算だけで知った気にならずに、現象を見たらうで計算によって導かれる答えを把握する。そうした過程があってこそ、そこから何らかの、斬新な異次元のテクノロ

ジーが発見される可能性が生まれるわけです。過程を踏まずに答えを得ることに終始しては、現在の技術の延長線上のものしか開発できません。

それは、若い世代の研究者に対しても感じることでしょうか。

柏木 その通りです。研究において、答えにいたる過程が何かというと計測です。科学は計測ありきの学問であり、計測をするための機器があって初めて新しいものが出来ていくと思っています。言い換えれば「計測が科学の原点」です。

「計測は科学の原点」という言葉は、科学研究や理化学産業に携わる、当協会の企業にとっても非常に励みになります。

柏木 歴代の偉大な発見は、現象を見て、計測する過程から生まれていると言っても良いでしょう。例をあげると、2000年にノーベル化学賞を受賞された白川英樹博士もそうなのです。簡単に言うと、物質を混ぜ合わせてみたら何か知らない物が出来たので、その現象に対して実験と計測を重ねて、その結果として、皆さんがスマホなどで普段使っている導電性のタッチパネルにつながったわけです。もちろん理論的に考えたうえで実験をされているわけですが、やはり異次元のものを作るには、何らかの理論的考察を基に、計測を何度も重ねて行いながら、新しいものを作っていく必要があります。

## 産学官との連携



**研究者も「知行合一」の  
精神が大切で、実行が伴ってこそ  
知識は社会に役立つのです**

「見る」「計測する」という過程はまさに「知行合一」の精神と合致しているものであり、その精神なくしては新しい発見は生まれてこないと言えるのではないかなと思っています。

**デジタルとアナログの  
“感性”を併用した先に  
日本の成長戦略がある**

ものづくり企業をはじめとした日本の産業界が活路を見出すためには、どんな考えを持つことが大切だとお考えでしょうか。

柏木 日本のものづくりは、精密機械を非常に得意としてきました。科学者がこういうことを言うと怒られるかもしれませんが、日本人がじっくり腰を据えて高い精度で作業を行うことが得意なのは、狩猟民族とは食べ物が違う農耕民族であったからこそその長所ではないかと思うこともあります。

それが今、デジタルで一気に変わってしまいました。精密機械で言うとカメラが象徴的で、日本製のカメラは精密さで大変高い評価を得てきましたが、デジタル化でカメラに求められるものが一気になら

り、アナログの精密さに興味が示されにくくなりました。

しかし、デジタルはあいまいなことを排除して理性的に物事を処理しますが、理性に加えて豊かな「感性」が無ければ、行き詰まりが出てくると思うのです。それは、ものづくりから生き方まであらゆることに言えると思います。理性のみでの行動を求められると、それはロボットと同じになってしまい、きつつまらないものになってしまいますよね。人間は理性を備えただけで感性も持ち合わせているわけです。

少し話が飛躍しましたが、日本のこれからの成長戦略としては、理性的なデジタルの技術と、日本人の感性が発揮されたアナログの最先端の技術を併用した先に、最適解があるのではないかなと考えています。今まで日本を発展させ、精度の高さと積み上げてきた科学技術の高さを全てデジタルに置き換えるのではなく、これからも活かして欲しいと思っています。

次号「科学の峰々」では、東京理科大学理工学部 機械工学科 嘱託教授  
(株)SPACE WALKER CTO兼任  
米本浩一先生にお話を伺います。