



よしかわ・ひろゆき

1933年生まれ。1956年、東京大学工学部精密工学科卒業、三菱造船入社。同年10月株式会社科学研究所（現理化学研究所）入所。1966年、東京大学工学部助教授。英国バーミンガム大学客員研究員、東京大学学長補佐、ノルウェー国立工科大学客員教授等の後、1973年、東京大学工学部教授。同大学評議員、工学部長、学長特別補佐等を経て1993年、東京大学学長。文部省学術国際局学術顧問、放送大学長等を歴任し、現在、日本学術会議会長、日本学術振興会会長、国際科学会議会長、独立行政法人産業技術総合研究所理事長。

SATフォーラム2001「21世紀 つくばが変わる、つくばを変える」
2001年7月13日(金)開催

基調講演

独創と研究者の社会的責任

吉川弘之

産業技術総合研究所理事長

独創とは何か

独創というとノーベル賞があげられます。ノーベル賞の選考方法は、話題になっている学問分野の歴史を時間をかけていねいに追うことによって、その分野を作り出した独創的な研究者を探し出して、賞を与えるそうです。

研究者は、ノーベル賞に値するような独創的な発想の研究をしたいと考えていますが、「独創的な発想」とはどのようなものなのでしょうか。独創的な発想というのは、いままでになかった新しい概念を作り出すことだと私は考えています。概念は対象物を観察し、自分の中にモデルとして取り込み、自然界の写像として頭の中に蓄えることで作り上げられていきます。

例えば、大昔の人が「肉」という概念を作るときには、実物の肉を観察することによって自然界の写像として頭の中にその概念を取り込みました。ただし見たものだけを集めて概念にするわけではなく、形や色は似ていてもリングは排除して「新鮮な肉」「腐った肉」、固まった「コチコチ肉」というようにコレクションしているのです。人間は自然界をある種のかたまりで集合をつけ、分類をしていることがわかります。肉は、食べられる・食べら

れない、時間とともに変化する・変化しない、で分類できます。新鮮な肉が腐るということは時間とともに変化していくことを示し、乾ききった「コチコチ肉」は変化しない肉に分類できます。すると肉という集合の中で分類が起こり、位相体系を作り上げることができるのです。人間の記憶系は数学的な構造をもっているために、概念と概念を作用させて演算を起こすことによって新しい概念である独創性を生み出します。

独創性は、我々の知っているすべての知識にどのような位相構造をかぶせるかによって生じてきます。例えば $S = \{a, b, c\}$ という3種類の集合の組み合わせは全部で256通りありますが、位相的性質をもつものは29通りしかありません。この3種類の集合を先ほどの3種類の肉とすると、「食べられるか、食べられないか」、「時間とともに変化するか、しないか」といった分類によって肉に対する知識が体系をもち、その体系が人間にとって有用な意味をもつものになります。「食べられるか、食べられないか」、「時間とともに変化するか、しないか」といった二つの分類を入れると、人間にとって有用な「変化しないで食べられる肉」ができます。昔は「変化しないで食べられる肉」というものはありませんでしたが、ソーセージやハム等に加工すると変化しないで食べられる肉になり、人

間にとって有用で新しい物ができあがります。独創とは、そういったものを選び出し、他の人が気づいていなかった人間にとって合理性をもつ概念を発見するという行為なのです。

一つの専門分野での重要な概念は数多くありますので、その有用な組み合わせは天文学的な数になり、人間が扱えるものではなくなります。それなのになぜ有用な概念である独創的な発想に到達できるのでしょうか。それは人間の直感、あるいは我々がまだ知らない概念操作の独特のメカニズムによって、新しい分類が発見されてくるのだと考えられます。ですから、独創は説明することができないものなのです。もし説明できたとしたら、それは独創とは言えません。

研究者の負う社会的責任

論理学の教科書には、規則：「人間は死ぬ」、事例：「ソクラテスは人間だ」、結果：「ソクラテスは死ぬ」という三段論法があります。規則と事例から結果を出すのが演繹 (deduction)、事例と結果から規則を出すのが帰納 (induction) です。規則と結果から事例を推論することもできますが、この推論は間違っ場合があります。例えば、規則：「人間は死ぬ」、事例：「ゴキブリが死んだ」から結果：「ゴキブリは人間だ」という間違っした推論が導き出されてしまいます。

しかし哲学者のチャールズ・サンダース・パースウェルは「間違いこそ知識を増やす根源である」と言っています。彼が言うように、間違いこそ独創の源なのかもしれません。「ゴキブリは人間だ」という誤りから、人間とゴキブリの共通性である「生物」の概念が生まれてきますし、それが細胞や遺伝子まで広がり、実は人間とゴキブリはゲノムという意味でよく似ていることがわかります。間違っした情報の中にも新しい概念が生み出される秘密が隠されているというのが3番目の推論の特徴で、これを仮説形成 (abduction) といいます。abductionができるということは、人間にとって最大の能力なのかもしれません。

ニュートンは光や電気、生物という自然界に存在するものすべてに関心をもっていました。それらを排除して天体と落下物体だけをコレクションし、理論体系を作りました。理論体系を作るということは分類をすることですから、ニュートンは分類の軸として、質量、運動量、



力、慣性、速度、加速度を入れ、数値で表すことのできるパラメータで世界を説明しようとしてきました。そして、等速直線運動、 $ma=F$ 、作用反作用という簡単な三つの法則を作り、その法則を公理とする力学という学問領域を作り出したのです。

ニュートンが作った学問領域の必要条件は、1. 対象の明示的定義 (ある対象がその領域で扱えるものかどうかを明示的に言えなければならない)、2. 説明の完結性 (扱い得るとする対象はすべてその理論によって説明されなければならない)、3. 説明の無矛盾性 (すべての説明のうちどの二つをとっても矛盾しているものがあってはならない)、4. 理論の自己展開性 (その理論を学ぶだけで他の知識の導入なしに新しい知見が得られなければならない) の四つです。この四つを備えていれば、一つの学問分野が形成されます。この条件を満たすものは無限にありますから、今後も新しい体系を作ることが可能です。研究者は自信をもって新しい概念を作り、独創性を発揮するべきです。

一方、独創的であるがゆえに科学者や研究者は他の職業にはない大きな責任を負っています。独創的な研究はニュートンの例からもわかるように、コレクションを行い、パラメータを導入し、法則を導き出し、その説明体系を用いて応用が行われます。abductionという行為は、コレクションをする、法則を導き出す、応用するという3カ所です。なぜニュートンが動物などを排除して天体と落下物体だけを対象として理論を作ったのか、いまだに説明できません。それはabductionという非常に個人的な行為だからです。

abductionの3乗という形で人工的な環境を作り続けている人類の背後には、科学者が科学の理論を使って研究と応用を行っています。ですから、科学の理論が作り出される中で生じるabductionは科学者の責任といえます。科学者は、どのような理論を作り出すのかという研究行為そのものに科学者自身の倫理性が潜んでいることについても深く考えなければいけません。

分野を越えて共有される未来社会のシナリオ

研究者の研究動機は、自らの好奇心に刺激されて行い、自分自身にモチベーションがある研究と外部にモチベーションがあり「日本の国家産業競争力を高めたい」等の目標を達成しようとするdesire driven researchの二つに分けられます。これに加えて最近では新たな研究動機が生じています。

2050年には人類が90億人になり、現在の地球資源だけでは人類を養えないといわれています。食料の生産方法、空気の浄化方法の新しい科学技術を発見しなくては、増え続ける人類を支えることができません。このような問題や地球温暖化、環境破壊等の問題に依拠した研究もこれから必要となってくるでしょう。世界中の人々が共通してもつ人類の未来社会のシナリオを理科系、文科系の分野を問わず共有していくことが今後の科学の大きな流れとなり、人類にとっても新しい道を開くこととなります。

研究は研究者がもつ知識体系に大きな影響を受け、その中でabductionという知らず知らずのうちに湧いてくる

独創的な着想から生まれてきています。人類の未来社会のシナリオを十分知ることによって、その概念に影響された独創的な着想に基づく研究が出てくることが期待できます。

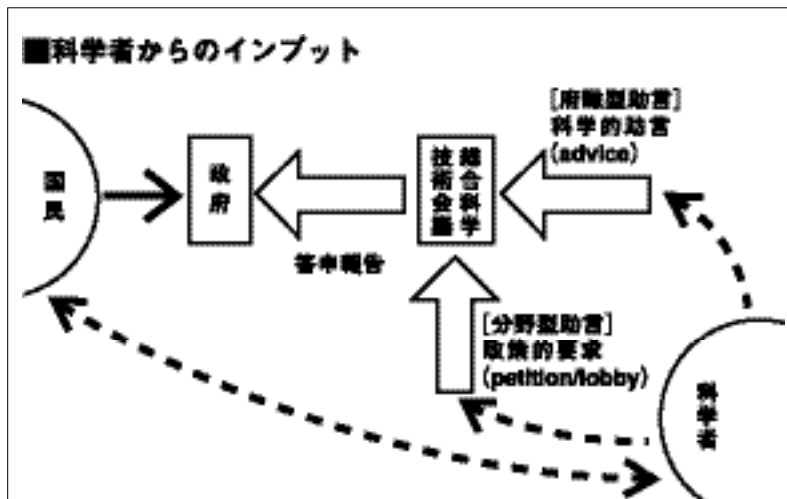
日本で科学的、技術的な研究の基本政策をつくる「総合科学技術会議」が今年の1月から活動を開始しました。小泉首相を議長とするこの会議で、地球温暖化や環境破壊の問題に対応していくこととなります。しかし、政治的な行政機構としての「総合科学技術会議」を研究者はどのようにとらえていけばいいのでしょうか。行政からのトップダウンで指示されるのでは自らの意志で研究するという大切な研究姿勢が失われてしまいます。科学者からのインプットによって総合科学技術会議の結論が導かれるというのが、科学者と行政との間の望ましい関係です。

科学者のインプットには「自分の研究をもっとやりたい」と国や民間企業から研究費をもらい研究環境を充実させようとする陳述型助言（研究推進のための政策的助言）と、研究を展開していった先を見る、学問自身が進行するための動機やその学問と他の学問との関係全体を見る俯瞰型助言（政策のための科学的助言）の二つがあります。総合科学技術会議にはこの両方の助言がインプットされる必要があります。残念ながら現在の総合科学技術会議は陳述型が多く見受けられます。これからは科学の流れ、科学と社会の関係を客観的な目で見つめた俯瞰型助言のインプットも入れることのできる仕組みにしていかなければいけません。

日本には研究者が70万人いるといわれていますが、そのほとんどが学会や協会に属しています。「日本学術会議」はそれぞれの学協会から選ばれた研究者210名で構成され、七つの部に分かれています。日本学術会議では、工学や経済学等に分かれたそれぞれの部の意見をまとめて俯瞰型助言を政府に行うという役割が期待されています。

科学の新たな方向性

総合科学技術会議に対して科学者からインプットを行い、政府に影響を与えることによって政策が決定されますが、政府は国民の代表ですから、国民がそれを決めるという仕組みになっていなければいけません。この仕組みがうまく作動するた



めには、人々は科学で何が起きているかを知っている必要があります。

科学者は常に一般の人々と対話を続け、多くの人に関心をもってもらえるように開いた学術を実践していかななくてはなりません。現在、科学に関心をもっていない人が多いといわれるのは、科学が分業化してわかりにくくなってしまったからです。例えば、物質の究極を研究する素粒子論はそれを研究する人にとっては面白いテーマなのですが、一般の人たちには理解するのが難しく、「それがわかってどうなるの」という反応を示してしまうようです。一般の人々は細分化され、難しくて身近に感じられない科学に対して好奇心をもつことができず、科学者と一般の人々との間で好奇心の分離が起きています。

長い間の科学を支えてきたのは、未知のものに対する恐れとそれを理解したいという共通の興味が科学者と一般の人々にあったからです。昔は科学者も一般の人々も同じ星を見て「美しい、不思議だな」と関心を持ち、科学者はそれを論理的に説明しようとして研究を行い、好奇心を共有していた時代があります。しかし今では地球の隅々までわかるようになり、こういう時代に素粒子が面白いといっても一般の人とその興味を共有することは難しくなってきました。

科学者と一般の人々が未知のものに対する興味と恐怖心を共有し、多くの人に科学に対して好奇心をもってもらうためには、共通してもつ危機感ともいえる環境問題や地球温暖化問題といった地球環境の保全が今後の科学の研究対象になると考えられます。科学をそれらの立場から立脚して再構成したときに、科学に対する好奇心が復活し、科学の一般的な理解はより深まってくると期待されます。

科学は未知のものを知るだけでなく、人類の将来を支配する問題に対してどのような態度を取ることができるのか。科学はその問題解決のために存在するのだというように軌道修正することにより、一般の人々にも受け入れてもらうことができるのではないのでしょうか。

人類のための科学という観点

現在、二酸化炭素排出量の削減を目指す京都議定書をアメリカが批准しないという問題が新聞にぎわっています。京都議定書は国連主催の科学者の集まりである政府間気候変動パネル（IPCC）から出された温暖化のデー

タに基づき定められたものです。90年の二酸化炭素排出量に対して、アメリカは7%、日本は6%、EUは8%削減すべきだという調停をして、ほぼ合意ができあがっていたところでした。しかし、ブッシュ大統領は今年の3月に全米科学アカデミーにIPCCの結論についての質問書を出しています。それに対して、コルグライダー事務局長は「IPCCが述べた地球温暖化に対する科学的な根拠は確かに否定できないが、数値的にはまだこれから信頼性を増す研究が必要である」という提言をしました。これを受けて、ブッシュ大統領は温暖化のデータの信頼性を上げることが第一とすべきだという決定をして、京都議定書に参加しない方針を打ち立てました。

ここで大事なことは、世界的な政治課題の背後に科学的データを利用する習慣ができてきていることです。ヨーロッパでも科学アカデミーのデータを利用して政治的課題の検討をしています。遺伝子組み換え食品に関しても国際紛争が起っていますが、これも科学者の助言なしには解決することができません。政策すら科学なしにはできないという時代になってきているのです。日本では今後、日本学術会議から政府への助言がますます重要になってきます。

しかし、科学者は関連する課題の科学的不確かさを的確に表現し、科学的見通しが立てられなければ助言しないほうがいいという点に気をつけなくてはなりません。アイデアの段階では助言にならず、むしろ混乱を招いてしまいます。助言をするとき最も重要な点は、政策決定は科学者の責任ではなく立法者の権限と責任だということです。

人類にとって最大の課題である地球温暖化は、工業活動に依存してGDP（国内総生産）が上がり、それに比例して地球規模で温度が上昇することによって起こっています。科学の恩恵によって豊かになりGDPも上がってきましたが、途上国と先進工業国とのGDP格差はますます拡大してさまざまな問題が生じてきています。途上国では飢餓地帯が生じたり、病気が蔓延したり、政治的不安定になる可能性が高くなっていますが、それを解消するには途上国の産業活動を活性化して生活水準を上げていく必要があります。しかしそれは地球に対する負担を大きくすることになり、矛盾が生じてしまいます。この矛盾を一言で言ったのが「維持可能な開発（sustainable development）」です。これは1987年に国連の「人間と環境に対する会議」の委員会が作った言葉で、地球環境を

維持しながら、途上国の産業を活性化し、生活水準を上げることを意味しています。しかし、地球環境を維持しつつ途上国の生活水準を上げることは現在の技術的な方法や産業的な方法、あるいは政策では難しいことがわかっています。sustainabilityをプラスにしようとするれば、先進国の開発を抑えるしかない。反対にdevelopmentを進めようとするればsustainabilityがマイナスになってしまい、環境負担を大きくしてしまいます。地球環境を維持しつつ途上国の生活水準を上げるためには、科学や技術の新展開がとても重要なキーポイントとなってくるのです。

1999年にブタペストで開かれた世界科学会議で「科学は、科学のための科学ではなくて人類が生存を続けるために

必要な科学という新しいコンセプトで、科学の発展の軌道を作り変えなくてはならない」という「人類のための科学」宣言が採択されました。科学の有用性が「人類のための科学」という観点で編集され直すことによって、科学者と一般の人々が科学に対する興味を共有し、独創的な概念による新技術が人類の新しい道を切り開いていくのではないかと期待されています。

そのとき「科学技術」という言葉は修正を受けるかもしれませんが、科学技術というのは自然科学を根拠にした技術ですが、技術というのは他の分野にもあります。例えば、法律はお互い自分の領域がぶつかり合うのを最低限に抑える社会技術といえます。臨床心理学の研究者が作る心のケアの方法論も心に関する技術といえます。「維持可能な開発に科学技術が貢献しなければいけない」というときの「科学技術」は決して科学に基づく技術だけではなく、社会科学に基づく社会技術や人文科学に基づく人文技術などを全体的に包含するような体系になるのではないかと思います。したがって、現在のように文科系と理科系の二つに分かれていては「維持可能な開発」に向けて科学が進展していく形態を取ることができません。

「維持可能な開発」に向けて新たな科学技術を展開し、人類の役に立つための科学を進展させる主役は研究者自身だということを忘れてはいけません。

