



随 筆

## 応用科学の中に見つける基礎科学

赤井久純\*

Basic sciences seen in applied sciences

Key Words : basic sciences, applied sciences, accountability, roles of basic sciences

私は物性物理学の理論的研究を行っている。この研究分野は一応、理論物理学と呼ばれている。私は子供のころから、大工さんや、電気屋さんが大好きで、中学、高校のころは是非工学がやりたいと思っていた。ところが、私が高校を卒業した1960年代後半から1970年代にかけては、世の中では理論物理学が学問の一つの花形になっていた。湯川先生が1949年中間子理論でノーベル物理学賞を受賞して以来16年、1965年に久々のノーベル賞がやはり理論物理学者の朝永先生に送られたことも影響して、日本では「理論物理」といえば「すごい」という印象が巷にもあった。そのような影響もあったし、朝永先生やシュヴィンガーと同時にノーベル賞を受賞したフェインマンが桁外れのスケールを持った理論物理学者であったことなども影響して、私もなんとなく理論物理学がやりたいと思うようになった。ただし、理論物理学の典型である素粒子論ではさすがに大成する見込みが薄いと思い、大学院に入学するときには物性理論を選んだ。これらの理論物理学は物理学のなかでも特に基礎物理学と考えられている。爾来、基礎科学としての物性理論の研究を行ってきた。

この間、事情は変わって、いまや理論物理学は花形でもなんでもなくなった。発展期を過ぎた工業化社会にあって、かつての自然科学のホープも本来の姿に戻ったといつてよいのかもしれない。黙っていても理論物理学がもてはやされる時代ではなくなった。さらに、大学改革の大きな流れの中で、大学に

おける研究にはそれなりの説明責任が求められるようになってきた。そのようなわけで、理論物理学を専門とする研究者にも理論物理学の存在意義を主張するために多少の努力をする必要があると考えている人は多い。ただし、このような主張が常に十分説得力があるわけではない。本来、基礎科学は具体的な形で社会の役に立つことを前提とはしていないからである。また、基礎科学へと人を駆り立てる原動力は個人の知的好奇心につきるからである。もちろん、結果的に基礎科学が社会の役に立つことはしばしばあるのだが、それがいつのことになるかは全くわからない。「人々の知的興味を満足させ、文化の発展につながるのに役に立つ」という議論はごく普通に言われるが、それとて「結果としてそうなってくれば良い」という期待にすぎない。

それでは、効率的な経営や高い対費用効果、数値目標を重視する体制に対して、理論物理学に限らず、基礎科学はその本来の価値をどのように主張していけばよいのだろうか。話を大学に限ろう。大学の使命は知の創造と伝達、社会還元である。たいていの研究者は知の創造が使命の一つであることを良く心得ているし、よろこんでそれに身を捧げるつもりである。知の伝達は教育を指すが、これも多くの研究者は(たとえ内心、知の創造程ではないと感じていたにせよ)天職と心得ている。一方、知の社会還元は知を社会の発展のために生かすということであるが、ここになると基礎科学の研究者はあまり自信がなくなる。「知の創造と伝達はそれ自身が社会還元である」という言い分は、先にあげた「人々の知的興味を満足させ、文化の発展につながるのに役に立つ」と同じ程度のインパクトしか与えない。そのようなわけで、多くの基礎科学の研究者は社会還元が短絡的に強調される風潮を大変苦々しく思っているし、完全拒否症状の研究者もいる。勿論、そのような単純なアイデアだけで科学行政や大学運営が動い



\* Hisazumi AKAI

1947年11月生

1971年大阪大学理学部物理学科卒業

1977年大阪大学大学院理学研究科博士

課程終了

現在、大阪大学大学院理学研究科教授、

理学博士、物理学

TEL 06-6850-5738

FAX 06-6840-5741

E-Mail akai@phys.sci.osaka-u.ac.jp

ているわけでは決してないから、過敏になる必要はないのであるが、願わくは、基礎科学本来の気長な性格とせっちな社会的要求をうまくすり合わせる事ができればと思う。

これは私自身の問題でもあるから、最近、研究をしながらも何が社会還元か、しばし考えこんでしまう。私の専門は物質の電子の状態を特定の模型にたよらずに、量子力学に基づいて計算し、その結果からその物質の物性を論じることである。役に立つ物質や性質を選んで研究するわけではないから、研究の結果が直接、世の役に立つわけではない。役に立つと言うためには、長い、長いストーリーを用意しなければならないのが普通である。

ところが、最近になって、少し事情が変わってきた。応用をターゲットとした研究に基礎科学としての面白さが潜んでいる場合にしばしば出くわすようになったのである。もちろん、そのようなことは今に始まったことではないのかもしれないのであるが、応用研究にしても基礎研究にしてもそれだけではおさまりがつかない広がりが必要とする研究対象が増えてきたように思う。そのような研究のひとつに「計算機マテリアルデザイン」がある。この名前は造語であるが、場合によっては「計算機ナノマテリアルデザイン」になったり、「計算機ナノスピントロニクスデバイスデザイン」になったりする。基本的には電子状態の計算に基づいて、あらかじめ意図した物性・機能を示す、新しい物質やナノ構造、デバイスを創り出そうという研究である。これは計算機の中に作り出された仮想実験室であり、そのなかで行われる錬金術である。まさに応用を目指した研究といってよい。

錬金術といったのは、物質の創成という意味であるが、普通なら不可能なことさえも計算機のなかでは可能であるといった意味でもある。私たちが何となく「錬金術」という言葉に魅力を感じるのはその神秘的、悪魔的な響きゆえであろう。多分、橋を造るとか車輪を作るとかいった、実学にもとづいた単純で健全な術ではなかったに違いない。なんとなく基礎科学に相通じるところがあるのではないかとさえ思う。実際、錬金術は、ある程度、権力の庇護を受けることによって綿々と受け継がれ、大義名分である金を生み出すことにはまったく成功しなかったのであるが(その意味ではまるで役にたたなかった)、

やがて化学の発展へと結びついていった。

さて、錬金術では卑金属を貴金属に変えるために「賢者の石」というものを用いる。私が計算機マテリアルデザインで特に力をいれているのが、この「賢者の石」の開発である。仮想実験室を動かすエンジンである。具体的にはさまざまな境界条件の下で多体電子系の量子力学を良い精度で高速に解くことによって物性の量子シミュレーションを行うための手法を探すことである。与えられた物質についてこのようなシミュレーションを高速に行うことができれば、その逆問題にはかならない、「与えられた機能についてその機能を満足する物質を設計する」ことが可能になる。それが計算機マテリアルデザインである。この研究にはわくわくするような面白さがある。好奇心を刺激するものであり、未知のものを創造する喜びである。これは基礎科学としての特質に違いない。

一般的に言って、研究にはその発展を支える二つの側面があることに気がつく。一つは合目的性であり、それは客観的で社会的な要請に結びつく。他の面は基礎科学の発展を支えてきた知的好奇心であり創造への欲求である。応用研究においてはしばしば前者が強調される。基礎研究においてはしばしば後者が強調されるか、あるいは後者の側面しか持たないものもある。しかし多くの研究において、応用研究と基礎研究は同居することができるのであり、そこにはあまり狭量な見方を持ち込まないほうが良いように思う。計算機マテリアルデザインにおいては、工学、産業科学、基礎工学、理学からの研究者の共同研究が実現しており異なった側面からの議論がすれ違いにならず、大きな刺激となっている。私はまったくの基礎研究を進めながらも、成果は基礎からデバイスデザインにまで広がりを示す。

勿論、そのような研究ばかりだけではない。応用研究と基礎研究がいつも同居する必要はないし、不可能な場合も多い。しかし、基礎研究の立場からは次のような状況にも目をむけてみる事が有益であろう。いかなる応用を考えるときにもそこには未解決の問題が山積している。それらの多くが実は基礎研究の重要な対象に還元される。したがって基礎研究にとって応用は問題の宝庫といえる。合目的性を言うならば、それらの問題にいちいち付き合っているわけにはいかないからとりあえず先に進むこと

になるが、それらの問題は忘れないようにとっておいて、いつか基礎研究の観点からじっくり考えてみよう。そうすれば、きっと面白い展開が開けるに違いない。応用の分野に広くアンテナをはって、狭い王国に閉じこもらないようにしよう。

一例をあげてみよう。私は最近、希薄磁性半導体と呼ばれる物質の研究を進めている。このような物質自身は1980年代頃から研究されているのであるが、注目を浴びるようになったのはここ5～6年のことである。そのきっかけは、ある種の希薄磁性半導体が強磁性(永久磁石になる性質)を示すことが明らかになったことである。永久磁石でかつ半導体デバイスに使えるような物質があればきっと新しい機能が生まれる違いなく、希薄磁性半導体を応用に使おうという機運が盛り上がった。その当時知られていた強磁性希薄磁性半導体はガリウム砒素やインジウム砒素にマンガンを含め5%程度混ぜたものであるが、ガリウム砒素でも強磁性を示すのは摂氏マイナス160度以下程度の低温、インジウム砒素の場合はさらに100度程度低い温度であり、デバイスとしての実用化は困難である。何とか室温以上で安定な永久磁石になって欲しいというのが研究の発端であった。

このような問題は、希薄磁性半導体の電子状態を理論的に明らかにすることによって解決の糸口がつかめるかもしれないので、私は早速マンガンでドーブされたインジウム砒素の電子状態の計算を始めた。計算してみると、確かにこの系は強磁性を示すことがわかった。また、カドミウムマンガンテルルなどの以前から知られていた強磁性を示さない物質では確かに計算上も強磁性にならない。そこで、様々な類似の系について片端から計算してみて、安定な強磁性を示すものを見つけ出し、実験によって実証す

ることにより、室温強磁性を示す希薄磁性半導体を見つけ出すことが可能になった。これは応用研究を進める上での重要なステップである。

ここで、基礎科学としての興味は、「なぜマンガンドープされたインジウム砒素が強磁性を示すか」という問題である。すなわち、希薄磁性半導体における強磁性発現の機構解明が研究の対象になる。この問題は現在、ほぼ満足のできる解答は得られているが、それに付随して電子間相互作用の取り扱いや計算手法、さまざまな実験の説明などの問題が現れて、現在も非常に活発な研究が続いている。応用研究の中から、基礎的な問題も浮き彫りにされ、その結果、基礎から応用にまたがる研究として意外な広がりを見せるようになった。

基礎研究と応用研究ははっきり異なった性格と目的をもっている。このように異なったものは共存しても融合することはない。大切なのは、基礎研究と応用研究を含む総合的な研究を試みることや、自分の研究を利する題材や考え方を広い視野をもって取り入れてくることである。そのような研究の結果生まれた成果は自分の好奇心を満足させるのみにとどまらず、意図せず広い波及効果をおよぼし、それはきっと知の社会還元となっていくに違いない。そのように考えていくと最初にあげた「基礎科学はその本来の価値をどのように主張していけばよいのだろうか」という問いに対する一つの答えが見えてくるような気がする。基礎科学は目的を持たないなどと開き直らずに、応用科学の中に基礎科学を見つけようとする態度を失わないことが、結局、基礎科学がその最上の性格を維持し続け、なおかつ、社会の良好理解を得るための条件ではないかと思う。

