

第7章

社会のための科学

永山 國昭

nagayama@nips.ac.jp

総合研究大学院大学 生理科学専攻 教授

自然科学研究機構・岡崎統合バイオサイエンスセンター

プロフィール

東京大学理学部物理学卒業、同理学系大学院博士課程満期退学。東京大学理学部物理学科助手、日本電子(株)生体計測学研究所室長、科学技術振興事業団永山たん白集積プロジェクト総括責任者、東京大学教養学部教授、岡崎国立共同研究機構生理学研究所教授を経て、2004年より現職。

1. なぜ今社会のための科学なのか

1.1. 科学、政治、社会の側面からの観点

なぜ今「社会のための科学」なのかについて考えてみたい。【図表1】のように、科学、政治、社会の関係においては、従来は、「科学のための科学」、つまり科学至上主義が主流であった。その考え方はもう崩壊したという意識をふまえて、日本学術会議は、新しい学術会議の方向性をめぐる議論を何年もかけて行なってきた。その結果、2005年10月から新日本学術会議が開設されることとなった。新機関では全員新しい委員により運営され、組織も改編される。人文系、理系の学会に属する70万人を統括する新日本学術会議が科学至上主義を放棄したという事実は、社会に甚大な影響を与える。

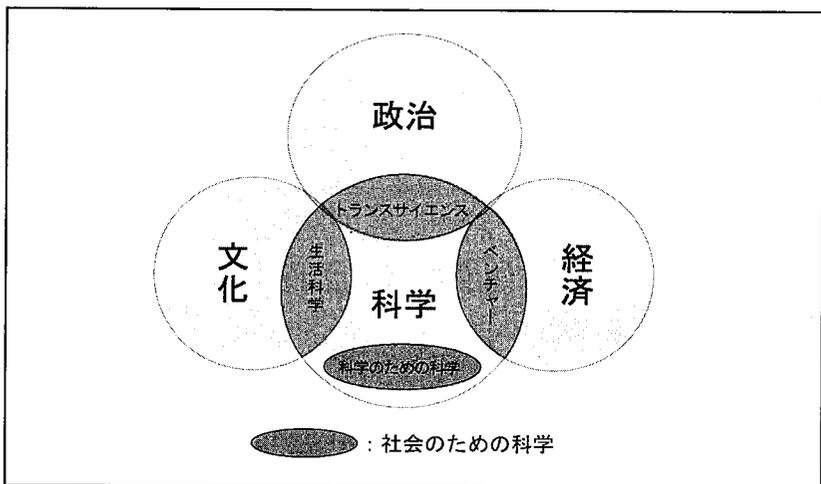
一方、政治面では、科学技術会議に見られるような科学技術立国論が依然根強く、この考え方は明治時代以来の国策として展開されてきた。いわば、「政治のための科学」である。

社会との関係では、政治、経済、文化の3つの主要な分野がそれぞれ科学

と接点を持つ。文化と科学の接点には生活科学、科学と政治の接点にはトランスサイエンス、科学と経済の接点にはベンチャーがあり、これらの和が「社会のための科学」になる。

現在は、科学と経済との接点であるベンチャーの部分をもっとも先鋭的であり、主としてその領域について話をしていきたいと思う。

【図表1】 科学・政治・社会の関係



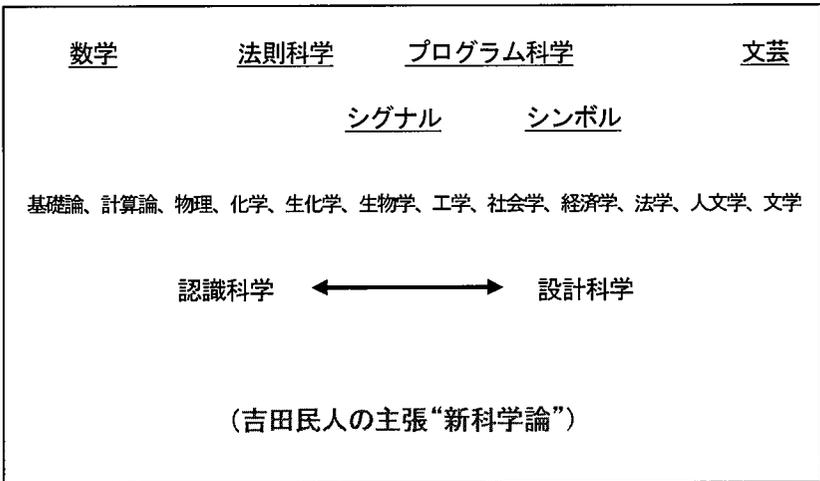
1.2. 学術の再編

新日本学術会議の開設にあたって新科学論が議論され、学術の再編が行われようとしている。従来のような基礎から応用という体系化ではなく、現在の状況に則した新しい学術の再構築をめざしている（【図表2】参照）。一方には物理科学に典型的に見られるような、いわゆるサイエンスらしいサイエンスとしての法則定立科学がある。他方、法則だけでは解釈できない領域もあり、その極限的な形態は文芸だろう。その中間にプログラム科学と呼ぶべき領域があるのではないかと考える。プログラムとは法則に代わるものであ

り、ある種のルールだが自然科学法則ではないものを指している。たとえば生物の場合はDNAという具体的なシグナルが発生を左右する。あるいは人間の世界で言えば、言語という具体的なシンボルがいろいろなコミュニケーション手段として社会を左右するが、これらは法則で語るべきものではない。

いままでの物理・化学・生物学の一部は認識を問題にしてきた科学だが、一方、人文科学、社会科学は、認識の側面より、どちらかといえば設計的な側面が強い。たとえば工学は、物理や化学の応用ではなく、それ自身が設計やデザインなどの面で独自性を持っていて、それはむしろ法学や経済学に近いという考え方だ。これが新しい科学論であり、このことを構想したのが社会学者の吉田民人である。

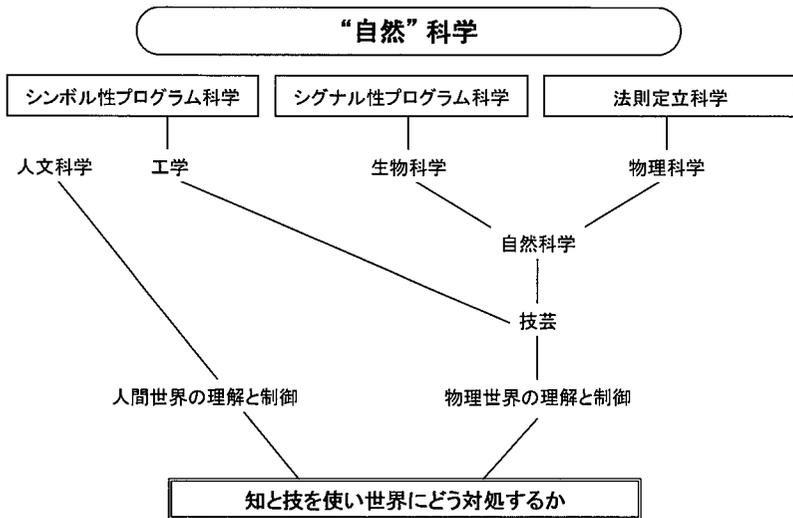
【図表2】新科学論に基づく学術の再編



学術の進化の流れの中で科学をどう位置づけるかを考えてみると、そもそも学術の根源は世界をどう理解し(学)、制御(術)するかにあった。そして学としての物理世界の理解と人間世界の理解とはかなり独立の形で進歩してお

り、前者は自然科学へと発展し、後者は哲学を中心とする人間諸科学となった。また自然科学においても法則定立科学的な物理科学と、DNAなど情報の側面を持った生物科学が独立に進歩してきた(【図表3】参照)。これまでの物理学や数学など法則定立科学だけではなく、DNA情報が決定的な秩序原理として働く生物科学の重要性が認識される中で、従来の科学に対する見方が変わってきていることは確かである。

【図表3】 学術の進化と科学の位置づけ



このような学術に対する認識の変化が、なぜ私にとって重要だったかについても話しておきたい。もともと私の専門は生物物理学だが、生物物理学という学問は最初からある種のジレンマを抱え込んでいた。というのは、物理学は法則定立科学であり、生物学は法則定立科学の外側にある情報が根源的な秩序原理になるという意味で、この2つを繋げることは最初から矛盾であった。そのことを私はずっと悩んでいた。

実際には、物理的手法と物理的思考による生物学の定量化の観点を重視して研究に取り組んできた。そして物理科学的な発想があまりにも強かったために、ゲノムという物理法則以外の基礎原理が存在することを長い間認められなかった。今は大きな認識のなかで認めざるをえないという結論に達している。すなわち、ゲノムがつくり出す情報的な秩序原理は物理法則だけでは語れないというのが、私にとって決定的な認識となった。その上で、生物的自然に展開する“自然の技術”と人間文明の中で培った“人間の技術”の融合をめざす実践的生物物理学のあり方をめざしたいと考えた。

1.3. 生物物理学の将来像

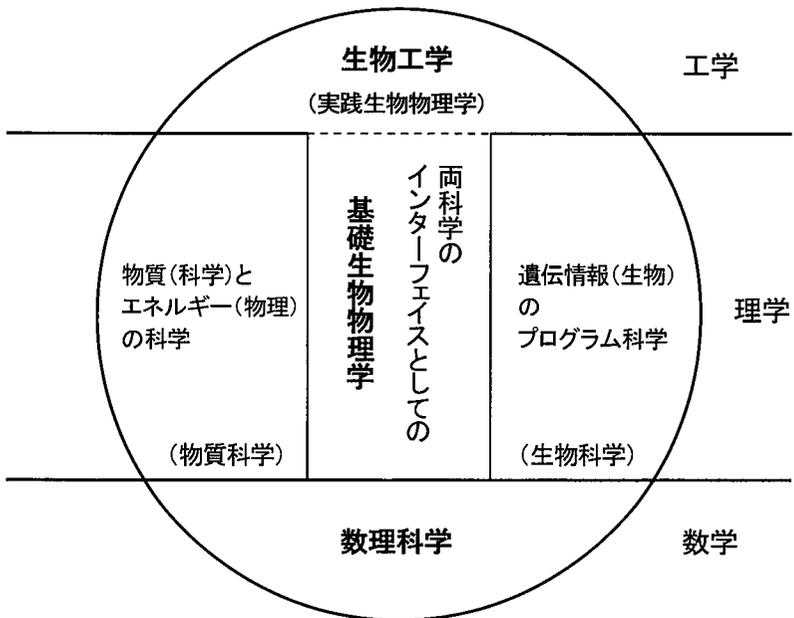
私の目指す新しい生物物理学は、学術会議などで議論されている新しい科学観からの当然の帰結とも言える(【図表4】参照)。まず、物質科学と生物科学のインターフェイスとしての基礎生物物理学をおく。ここでのインターフェイスとは、先に述べた「ゲノムという物理法則以外の秩序原理の認定」という発想から導かれるものである。またわれわれの身体を、小さいが非常に複雑な技術体系であると認識する立場からの生物工学的な考え方がある。この考え方は実は日本に特異的なものであり、学会が発足した1960年から存在していた。それは生物的自然がつくり出した進化としての天然自然の技術体系を明らかにするという意味での生物物理学の立場であった。一方、ナノテクが進歩してくると、ナノバイオロジーのようなかたちで人間の技術体系と融合しはじめる。それらを全部含めて実践的立場からの生物工学も必要だろうと考え、実践的生物物理学を構想した。【図表4】は生物物理学の今後の進むべき方向性を提言している。

ここで実践と基礎について考えてみると、新しい生物物理学においては、両者の差はほとんどないと言える。たとえば医学は人間の身体原理を認識すると同時に、医師としての治療という実践が常にあり、基礎と実践は等分である。日本では基礎医学と臨床医学に分かれているが、アメリカの場合には基礎と臨床の両方を1人で担う場合が多い。

生物の立場に立ち、自然の技術と人間の技術の融合の観点を持てば、実践

と基礎が1人の人間の中で融合してもおかしくはない。そういう発想の中で、社会に対する科学の立ち位置はどうあるべきかを意識した。今でこそ大学からの発明が賞揚されているが、私自身は理学部大学院に在籍していたころから特許の取得に関心があった。もともと基礎と実践を分けないというパーソナリティを持っていたので、抵抗感なくこういう問題に取り組むことができたのだと思う。

【図表4】新しい科学観による実践生物物理学の構想



2. 個人ゲノム解読実現への進展と社会的意義

2.1. 個人ゲノム解読実現は経済効率とリンクする

私はヒトゲノムという抽象的なものは存在せず、一人一人異なる個人のゲノムだけが事実として存在する、という立場をとる。ゲノムの個人差はそんな

なに大きなものではないかもしれない。おそらく 0.1~0.2%ぐらいだろう。しかし、人間のゲノムは 30 億あるから 0.1%でも 3000 万個になり、これは小さくない数だ。ゲノムプロジェクトの最終ゴールは、全人類一人一人のゲノムが明らかになることだと思っている。

2001 年にクリントンとブレアが共同記者会見をして、「ヒトゲノムを明らかにする長い道のりはアポロの月面着陸に匹敵する偉業である」と明言してから 3 年が経った。アポロの経費は 1 兆円と言われる。一方、アメリカとイギリスを中心にしたゲノム解析国際共同チームは、1 人分のゲノムを解析するのに 10 年弱で 3000 億円かかったと言われる(この計算は数字の根拠によって諸説がある)。その計算でいくと、100 人読んだら 30 兆円かかることになり、コスト的にこんな計画は不可能である。だが、私はそれをやろうとしている。巨額の費用がかかるという問題を解決できるのは科学技術しかない。

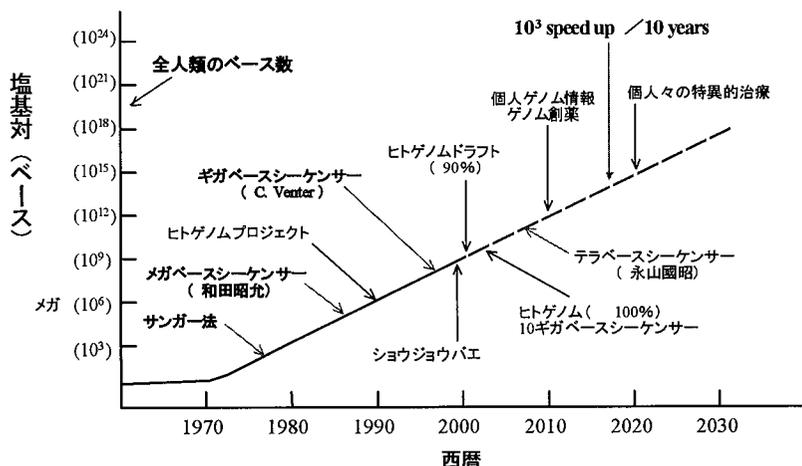
セレラ・ジェネリックス社のクレグ・ベンターが 2 年間で 1 人分のヒトゲノムを解読した時の費用は 300 億円で、国際共同チームの 3000 億円より 1 桁低い。なぜ同社が 2 年で国際共同チームにある意味で勝てたのか。それは DNA 解読の値段が安かったからだ。値段が安いということは、効率がいいということだ。これが経済性である。経済的効率がよければ巨大サイエンスの領域ですら競争に勝てることが立証されたのである。社会の中では経済性はあらゆる局面で度外視できない要素、抽象的な議論に先立つ根源的な要件である。

2.2. DNA 読みとり速度の進歩

DNA 解読速度の成長曲線は【図表 5】に示されている。半導体の世界ではムーアの法則やリビングストンのルールなどがあり、同じ値段で使えるメモリーの量が 2 年ごとに 2 倍になると言われている。これは相当速い指数関数的な増加である。このままいけば、メモリー容量は 20 年で 1000 倍、40 年で 100 万倍になり、コストは 100 万分の 1 になる。たとえば、今私が持っている携帯電話のコンピュータは、今から 40 年前の大学の大型計算機に匹敵する性能を持っており、だいたい 100 万分の 1 の価格である。驚くなかれ DN

【図表5】 DNA配列決定法における“和田の法則”とテラベースプロジェクト

テラベースプロジェクト: 1年間に 10^{12} 塩基配列決定を行うシステムの構築
(2001 ~2005)



(馬場嘉信、ファルマシア 37(2001)46 を改変)

A解読はそれよりも速いスピードで成長してきた。競争関係にある社会の中のフロンティアでは、このように激しい競争が常に行われている。

1970年代半ばに、サンガー法という、現在のシーケンサーの基本になる方法が発見された。この方法は画期的でありノーベル賞を受賞した。その後東大の私の恩師が、メガベースシーケンサーによって1年で100万個のDNAを解析するロボティクスを作ると「ネイチャー」誌に発表した。これは1987年のことだったが、実際にはその2年ぐらい前から理研でプロジェクトを立ち上げていた。つまり非常に大量のDNAを一度に解析するシーケンサーの自動化は、日本が世界に先駆けて発明したのである。

ただ、この方法はヒトゲノムのシーケンシングには繋がらなかった。それにはいろいろな理由があるが、ほとんどが政治的理由である。なかでも政治家に反対され、予算がつかなくなったのが最大の原因だった。1980年代後半では、多くの政治家に、ヒトゲノムの解読自体がおぞましいことであるという感覚があったらしい。その反対の強さは、現在のクローン問題の比ではな

かった。世界はその後1990年にヒトゲノム・プロジェクトをスタートさせたが、そのときすでに、日本のメガベースシーケンサーのプロジェクトは頓挫してしまっていた。日本は世界に先んじてヒトゲノム・プロジェクトをスタートさせるチャンスを逸してしまったのである。これは政策の失敗例として語り継がれている。

実際、ヒトゲノム・プロジェクトに関して世界をリードしてきたのはアメリカである。1998年にベンターがギガベースシーケンサーを作って乗り出してきて、2000年には1人分のヒトゲノムを読み出してしまった。これは科学技術の成果であるとともに、1社が世界と戦って勝つという、いかにもアメリカ的な非常にチャレンジングなコンセプトの発露でもある。言い換えれば、科学技術をうまく活用すれば、1社や1人が持ちうる行動力と資金力で、全世界を敵に回しても勝てる時代になったということでもある。

【図表5】の曲線は、10年ごとに1000倍のペースで上昇していくことを表している。このままだけに、5年後には30人分のゲノムを読み、10年後には1000人分を読みこむ計算になる。当然、この頃にはゲノム解読がビジネスになり、技術の関心はコストだけの問題になる。私の計算によると、2030年で全人類のゲノムを読み切れることになる。

実際にはヒトゲノムは象徴的で、読むべき対象は他に数限りなくある。私がまず一番読みたいのはバクテリアのゲノムである。豆腐、納豆、漬物、酒など、われわれ日本人が昔から食べている加工食品のほとんどはバクテリアを使う醸造品である。醸造産業で使っているバクテリアの数は無尽蔵で、その生物的特性をみんなが知りたがっている。現在は一部しか分かっていないが、全容を知ることができたらもっといい製品が作れる。現在は費用がかかりすぎて商業ベースのバクテリアゲノム解読は断念されているが、コストが下がれば、この分野でのビジネスは非常に拡大する。

その次に、私ならペットのゲノムを知りたいと思う。交配をして優れたペットを作るビジネス、農業で言えば育種ビジネスにもつながるだろう。次には、人間のルーツを知るために、チンパンジーや猿のゲノムを読むだろうし、そのうち地球上の生物を全部知るようになるだろう。今までは事実上、費用のためにゲノム解読ができなかったが、私はそれを突破したいと思っている。

2.3. DNAシーケンサーの革新——電気泳動法から電子顕微鏡法へ

ベンターのギガベースシーケンサーでは、ヒトゲノム解読に1人300億円かかった。その方法は、1次元の読みとり装置3万本を並列させて高速化を可能にした電気泳動法である。1個1個の装置にスピードがあるわけではないが、当時1台1億円の装置を300台用意する必要があったため巨額の費用がかかった。その他にクローン化やPCRなどの前処理にコストがかかる。

【図表6】ギガベースシーケンサーからテラベースシーケンサーへ

<u>ギガベースシーケンサー</u> (1998)	➔	<u>テラベースシーケンサー</u> (2005~2015)
読み取りコスト≒10円/塩基 ヒトゲノムコスト≒ $3 \times 10^9 \times 10\text{円} = 300\text{億円}$		読み取りコスト≒0.001円/塩基 ヒトゲノムコスト≒300万円
<u>電気泳動法 (1次元法)</u>	➔	<u>電子顕微鏡法 (2次元法)</u>
低速法だが並列化で高速処理 (5×10^6 塩基/時間) 高価な前処理必要 (クローン化、PCR)		超並列化 (2次元イメージ) 前処理不要 (1分子計測法)
<u>limiting factorは泳動法</u>		<u>limiting factorはDNA分子の精製法</u>

それに対して、私が試みようとしているのは、1個のDNAの分子を読む電子顕微鏡法である(【図表6】参照)。現在その技術を開発していて、順調にいけば2006年3月までに完成の予定だ。電子顕微鏡法では画像を一度に読むことができる。たとえば電気泳動法を用いた巨大システムでは装置300台で50万塩基を読むのに1時間かかるが、電子顕微鏡法では1台で1秒間に読むことができる。時間の差がコストの差になる。たとえばスピードの差が1000倍であればコストは1000分の1、1万倍であれば1万分の1であり、

私の場合最終的に1万分の1を想定している。こういう劇的な効率化、経済性が実現できるのは、科学技術の進歩に負うところが大きい。

実は、電子顕微鏡法はサンガー法が確立された1970年代前半に多くの研究者が着想した方法であったが、結局失敗した。今電子顕微鏡法を用いることができるのは、電子の位相を操作する電子位相顕微鏡という全く新しい原理の非常に効率のいい顕微鏡を私がここ数年間で発明できたからである。そこで、新しい電子顕微鏡の応用問題として、ゲノムのシーケンシングを行なうことになった。この方法のメリットは、速さもさることながら、1個の分子を扱うため、クローン化やPCRという前処理の必要がないことだ。コストダウンの源である。

2.4. 個人ゲノム解読の意味とゲノムが創出する産業構造

ゲノム解読コスト300万円は10年後には現実的な数字になると思うが、果たしてこの価格なら、人は自分のゲノムの解読を望むであろうか。それはヒトゲノムをどのようなことに使うのかに関わってくる。普通の検査方法で100種のガンの検査をしようとすれば100万円かかる。あらゆる病気に関して1つ1つ検査していけば、総額1000万円以上、多分1億円ぐらいかかるかもしれない。ヒトゲノムを読めば、それらが一度で分かる。とすれば300万円は安いのではないだろうか。といっても、この話にはまだ現実感がない。

しかしたとえば、DNAを解析すれば、どれだけのことが分かるかが事前に情報として与えられていればどうであろうか。情報は数限りなくある。たとえば寿命もある程度予測できるし、本当は自分は絵が上手だったかもしれないといった才能の問題など、病気だけではなく日常生活におけるポジティブな側面をゲノム情報から掘り出せる可能性がある。それが分かれば、非常に精度の高い占いだと思う。多くの人は占いにお金を払っているわけだから、非常に精度が高い占いということであればゲノムを読む人が出てくると思う。

それに——これは、少々こわいことではあるが——読むことで有利になる側面もある。今まで分かってきた医学的なデータや生理学的なデータを組み

合わせてみると、人間を決定づけている95%位が遺伝子である。その部分が明らかになる意味は根源的だと思う。すなわちゲノムはバーチャルな情報ではなく、その人固有の何かを決めているような情報で、ただしその情報は自分が作っているものではない。そういう意味では授かりものである。授かりものではあるが、自分のものである。そういう二律背反的な面をもつ。個人の遺伝子が解明されるインパクトを本当に真剣に考えないのは、まだその技術がないからである。その技術が開発されてからあわてても仕方がないので、以前から私はこのことについて問題提起をしている。

私はすでに1つベンチャーを立ち上げ、今後も立ち上げる予定があるが、最初はヒトのゲノムを読まず、需要があるバクテリアから読むつもりでいる。今国内では、理研をはじめとして国際的なヒトゲノム・プロジェクトに参加している機関や企業があり、それらはすばらしいシステムを持っている。そのシステムを働かせれば、理研だけでも1人分のDNAを1年で解読できるが、実際には50%以下の稼働率になっている。なぜかというコストがかかりすぎるからだ。

そういう状況はいたるところに生まれており、膨大な装置が遊んでいて宝の持ち腐れ状態になっている。逆に言えば、ランニングコストが低下していけば、雪崩のようにゲノムを読み始めるはずである。それがいずれヒトゲノムを読むところに来るのは目に見えている。要は、ランニングコストを下げる技術の突破だけということだ。

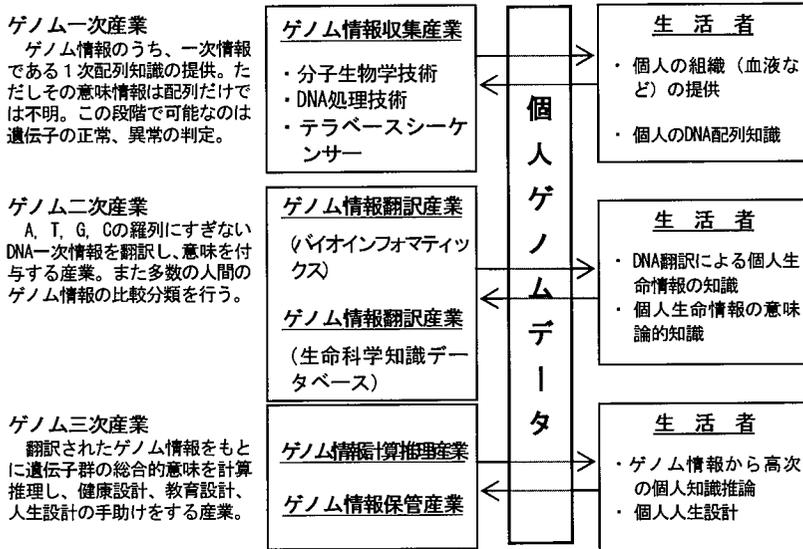
ただし問題は、ヒトゲノムが普通に読める社会をどうイメージするかである。産業の側面を強調して描けば【図表7】のようになると思う。ゲノム一次産業はゲノムデータを提供するが意味付けや判断はしない。ゲノム二次産業は、ゲノムを具体的に解釈する産業である。さらに、最終的に非常に高度な数理計算で人生設計まで描く産業がゲノム三次産業である。

ゲノムが読めるようになれば、今の生物学、医学、心理学、生理学などすべての領域がその方向に集約されてくる。ゲノムの意味の解析はその集約点であり、そこでは新しい産業が立ち上がるだろう。だから、科学を自分の領域で研究しているというだけに留まってはられない。ゲノム研究の成果を

発表すれば、必ず誰かがその成果を使う。そして非常に精度の高いゲノム解析に成功した企業や産業は成功するだろう。しかも、それはヒトゲノムだけに留まらない。バクテリアをはじめすべての生物においてゲノム解読は事業化され、産業が発達していくだろう。

だが、ゲノム産業の発達には、ヒトゲノム問題で提起される問題が本当に起こってくることをも意味している。「社会のための科学」が本当に機能したときに生まれるこのようなパワーをどうコントロールするのか。この問題は19世紀的な「科学のための科学」にはなかった、20世紀から持ち越された根源的問題ということを改めて注意したい。

【図表7】 ゲノム情報産業



2.5. ゲノム解読は科学技術のフロンティア

私は、ゲノム情報産業を立ち上げるために、関連する企業を1つ興した。2003年4月に米国ニューヨークに作った Nagayama IP Holdings, LLC という特許保有会社である。また現実に特許を使いビジネスとしてシーケンシング

を行なう会社(株)テラベースを 2005 年度中に岡崎に立ち上げる予定である。

このように私の場合は、ゲノムを通じて、私の科学技術を社会に発信することが切実な問題になっている。だから、私は「社会のための科学」について真面目に考えざるをえないし、抽象論ではなく、自分の問題として社会と科学の関係を考え直さなければならないという思いを抱いている。

私のゲノムシーケンサーは、学問的に新しい研究課題を多く含んでいる。私は自分の物理的発想と異なる新しさを求めて、DNAの有機合成の専門家を名古屋大学から招聘した。これまでDNAに関わる技術は、二重螺旋という金科玉条上に全部乗っかっている。しかし二重螺旋は実は新しい手法開発のためには非常に強い制約であることが分かり、私たちはその制約の上にシーケンシングを行なうことを止めた。そのために全く新しい物質を設計する必要が出てきた。その部分を担うのが有機化学である。新しい発想でいろいろな新しい方法論を立ち上げると、まったく違うフィールドが見えてくる。そのことがフロンティアとして若い人たちにとってはおもしろいし、おもしろいから非常に優秀な人たちが来てくれている。

私たちが今取り組んでいることは、ある意味で新技術の突破である。そして新しい科学技術が翻ってサイエンスの世界に新しいフィールドを開くという例になる可能性がある。電子顕微鏡の問題、DNAを扱う問題、それにそれらをきれいに並べて一気に読むデータ読み取りの手法など、いずれもその可能性がある。そして社会と科学との関係でさらに重要なのは、それが次代に継承され、新たなフロンティアを拓いていくことである。

2.6. 個人ゲノム解析の社会的問題

個人ゲノムの解析の主な社会的問題は以下の4つが考えられる。

- ・ゲノム解析をベースとした産業化は不可避か
- ・私人性と公共性の二律背反性を持つゲノムの意味
- ・個人ゲノムと死の予測可能性
- ・ネットワーク時代のゲノム情報プライバシー

第一に、ゲノム解読は必要なのかという問題がある。これは厳しい問いである。科学者はゲノムという大きなフロンティアがあれば、必ずそこに向かう。ゲノム解読の成長曲線を停滞させないで伸ばしたいというのは科学者の性^{さが}みたいなもので、文明を成長させたい人間の欲求と等価である。ゲノム解読問題で、それが一番先鋭的に大きく現れているだけのことだ。私^がが取り組まなくても誰かが手がけるという世界である。もちろん、ゲノム解読が大きな影響を持つことも私はよく知っている。たとえばプライバシーの問題がある。個人のDNA情報が流出した場合、取り返しのつかない事態になるリスクもある。死の予測ができるようになった場合の影響も甚大だろう。

第二に、ゲノムは誰のものかという問題がある。自分のものだが授かりものだと前述したが、それは親、そのまた親……へと、ずっと遡っていくことに他ならず、いわば人類全体の公共性もある。となれば、自分だけのものとして閉じこめておくわけにはいかない。個人ゲノムを解読しても誰のDNAかは分からないようにすることができるが、DNAが1000人分集まったら、それらを比較して系統樹を書いたり、そこから意味を見出す操作をしたりする場合が必ず出てくる。したがって、ゲノムは私人性と公共性の二律背反性を持つ。

こういうことも含めて、ゲノム解読は倫理の問題であると同時に、生物とは何か、情報とは何かなど、極めて根源的な問題を投げかけている。多数の人間のゲノムが解読できた暁には、結局政府の委員会ができてガイドラインを作るだろうが、ゲノムはヒトクローンのようなモノではなく、情報であり実体がないため簡単に規制はできないのではないかと思っている。

ヒトゲノム解読のコスト300万円は知りたい気持ちが強ければ払える値段だと思うが、中には1億円を払ってでも読みたい人はいるだろう。そこで、自分のゲノムを知ることがどういう意味を持つか、知らない場合に比べて有利になるかどうか考えてみて欲しい。

ヒトゲノムの解読の事業化は、国際的にはアメリカとイギリスが中心になって取り組み、すでにアメリカは10社ぐらいが参入している。だから、繰り返になるが、個人の意思にかかわらず、個人ゲノムが解読される時代は必

ず到来する。自分に関係ないから不必要と無関心でいても、個人ゲノム解読の流れを押しとどめることはできない。

3. 新しい社会のための科学

3.1. 日本独自の「社会のための科学」モデルの可能性

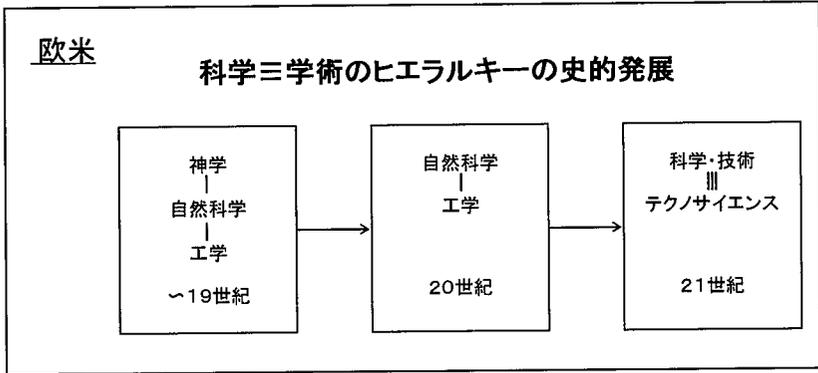
科学という営為は、時代とともに存立基盤を広げてきた。ギリシャの自然哲学に起源を持つパーソナルな営為から、国力としての科学技術というパブリックな営為まで、今では恐ろしいほど広い幅を持つ。この広いスペクトルの中でパーソナルな営為が純粋科学、そしてパブリックな営為が応用科学と位置づけられている。そして現在の日本という文脈の中では「社会のための科学」と言えば、ほとんど応用科学と同義語となっている。しかし純粋科学—応用科学—産業科学という広範なスペクトルを実践しようとしている私自身は、この考えに与しない。むしろ新しい公共空間（新しい社会）を生み出すマシンとして科学を考え始めている。それが「新しい社会を生み出すための科学」に他ならない。

そこでまず、日本独自の社会と科学のモデルは可能かという点について考えてみたい。今までの科学技術立国論は、一言で言えば、和魂洋才であった。すなわち日本人は、自然科学を国力発揚、経済成長、豊かな生活のために有効かつ必要な手段という捉え方をしてきたように思う。一方、自然に対しては、花鳥風月に象徴されるように情緒的な親近感がベースにあり、日常的な美意識もそこに由来していた。そして両者は別物と見なしてきた。この和魂洋才の考え方を保持する限り、日本では科学と社会に対して根源的な議論が生まれないのではないだろうか。

それに対して欧米には、アリストテレス神学をベースにした学術のヒエラルキーがあり、神のことを考えるのが一番高尚であるという価値観が厳然としてあったと思う。自然科学、特に数学の発想は、本当に役に立たないことを真剣に考えないと出てこないもので、それを考えることが論理性や創造性のベースになっている。だから、19世紀までの神学—自然科学—工学という

秩序はとても重要だったと思う。この図式では工学は技術であるという理由で蔑まれてきたが、20世紀になると神学がなくなったため工学が一段階ステップアップし、自然科学が神学の代わりになっている（【図表8】参照）。

【図表8】 欧米の学術の発展形態



欧米は、特にイギリスのサッチャーは科学と技術を同格に置こうとし、技術の進歩で産業を起こそうとした。実は、これは日本が明治以来ずっととり続けて成功した政策であった。しかし、このことは実は和魂洋才という根源的な部分に関わる問題であったと思う。日本が成功したのは自然科学と工学を最初から同等のものとして扱い、科学も技術も洋才として取り込み、科学と技術の区別をほとんどしてこなかったからだ。しかし、欧米では科学と技術はまったく別物である。欧米の自然科学は、神学との厳しい論争の中で鍛えられて生まれてきており、われわれ日本人はそうした自然科学観は持っていない。

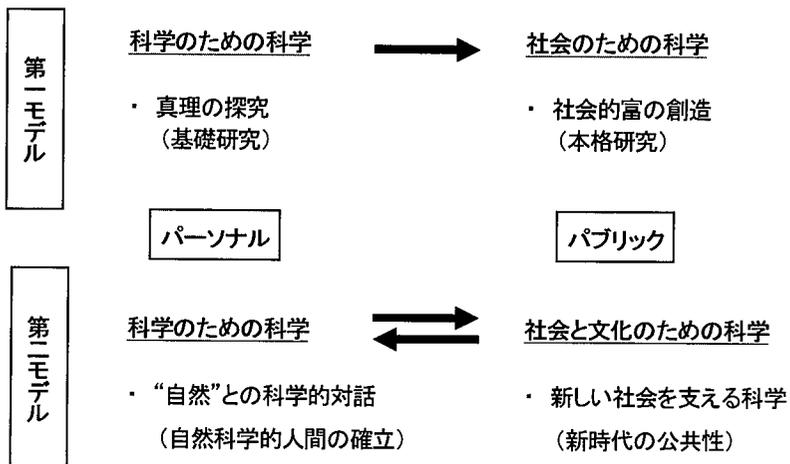
だから私は、日本的な自然科学観は欧米的な自然科学観の持っている深さには勝てないと考えてきた。一方では、われわれは和魂の世界をずっと歴史的に文化的に持っていたという背景がある。それでは、日本の特殊性を前面に出した自然科学や技術はありうるだろうか。実は、自動車をはじめ日本の製品は、スタイル、使い勝手の良さなど優れた品質をもつ。また、日本製品

のコストパフォーマンスが高いのも、自然とのつながりの中で育った日本人の美意識、その反映である産業は日本的なありようが関係しているからであろう。しかしサイエンス全般に関しては、欧米的な哲学観を捨象した和魂洋才的世界の中で作り上げてきたという印象が強い。

そこで「社会のための科学」を、私なりに第一モデル（現在の通念）から第二モデル（私のモデル）に置き換えてみたいと思うようになった（【図表9】参照）。現在の社会における主流は第一モデルである。「科学のための科学」は科学至上主義に基づいて、真理の探究としての基礎研究に注力する。真理の探求は、役に立つ、立たないに関係なく人間の営為として優れているという発想であり、これは神の問題まで迎るきわめて西洋的な考え方である。また「社会のための科学」は、科学技術は国家的な意味で重要であり、社会の富の創造に繋がっていくとする発想に基づくありようである。特に最近では、本格的な研究と称して社会的認知を高め、社会の合意を得る方向に向かっている。

しかし第一モデルだけでは、やはり和魂洋才の世界の延長だと思える。そこで、中間報告的な私見であるが、第二モデルへとつながる発想を提示した

【図表9】「科学のための科学」と「社会のための科学」



い。私は、やはり科学は「科学技術」の「科学」ではなく、自然科学が基礎であると思う。自然を科学する発想の中で、科学的人間を確立することが重要である。科学的人間とは機械的人間という意味ではなく、自然との対話をきちんと科学的にできる人間という意味である。その上で新しい社会を創り出すために科学を使う。これが私の提案としての第二モデルである。私がゲノムのシーケンシングを読んで新しい産業構造を創ろうとするのは、今までの石油を基にした消費文明と違う新しい世界を期待している部分があるからだ。ゲノムをベースにして、人間だけではなくあらゆる生物に関するいろいろな形で情報産業が立ち上がり、今の自動車産業と同じくらいの規模になれば、それはやはり新しい社会だと思う。その時に最高レベルの科学技術を使った新しい社会の誕生と言えるだろう。

3.2. 「新しい社会のための科学」とは

「新しい社会のための科学」について私の考えをまとめておく(【図表10】参照)。「科学のための科学」は社会から支えられる科学であり、その基本として科学的人間を確立することが必要である。「社会のための科学」とは社会を支える科学である。私が関わっているようなDNA関連産業のベースづくりは科学技術による人間と自然の根源的解明なども含まれる。この両方をきちんと進めていくことが、「和魂洋才」を乗り越えることになると思う。

もはや「原始の自然に戻れ」という言い方はできないだろう。実は明治神宮の森は120年前に作られたが、日本の森林学者が非常によく考えて植林したため、大変豊かな森である。人為的な自然ではあるが、森林学者の知恵で本質的に調和的な環境が整えられている。科学はこのような使い方もできる。その意味で自然と文化の融和した「里山」などもっと研究されてよい。

新しい科学は経済を支え、新しい雇用も生み出すようなものであって欲しい。単に一元的な産業立国論だけで「社会のための科学」を主張してはならないのである。人によってはあまり自分自身のことを科学的に知らなくていいという意識もあるかもしれないが、ヒトゲノムの解読技術の開発がここまで進んでくれば、クローン問題も含めて、それだけではすまされない。科

学技術をすべてストップさせて、現状の経済レベルやエネルギー・レベルで生きていくという答えもあるかもしれない。しかしそれは必ずや若い世代のフロンティアを抑圧することになる。従って私はその道はとらない。「社会のための科学」とは、新しい社会を支える科学でなければならないと思う。

【図表10】 新しい社会のための科学

