

研究開発戦略立案の方法論

持続性社会の実現のために

ビジョン

研究開発戦略センターは、社会ニーズを充足し、社会ビジョンを実現させる科学技術の有効な発展に貢献します。

ミッション

研究開発戦略センターは、

1. 場の形成 ; 科学技術政策・戦略の立案に携わる人達と研究者との意見交換ができる場を形成します。
2. 俯瞰 ; 科学技術分野全体を俯瞰します。
3. 抽出 ; 今後重要となる分野、領域、課題、およびその研究開発の推進方法等を系統的に抽出します。
4. 比較 ; 我が国の研究開発状況および技術レベルを海外諸国と比較し、俯瞰・抽出に活用します。
5. 提言 ; 社会ビジョンの実現および科学技術の基盤充実とフロンティアの拡大を目指した研究開発戦略を提案します。

そして、得られた成果については、外部に積極的に発信します。

研究開発戦略立案の方法論

— 持続性社会の実現のために —

吉川 弘之

科学技術振興機構 研究開発戦略センター センター長

はしがき

このハンドブックでは、最初に理解のための準備として、社会と科学技術の関係の持続的進化を前提としたときの科学者の役割と、現代科学技術知識とその自然・社会への影響の特徴を述べる。科学者は観察型科学者（分析科学）と構成型科学者（設計科学）に分けて考えることができ、それぞれの役割は、科学と自然・社会を含む持続的な情報循環のループの上で位置づけられる（第1章）。現代科学知識とその影響の特徴として、土着知識の学問領域への分解、個別の不変存在追求への偏り、全体観察の未発達、構成的研究の未熟、これらによる人工物の氾濫と持続性への新たな脅威の出現が重要である（2章）。

第3章以降では、現代科学知識の弱さを補強するために、持続的進化のための科学「持続性科学」の考え方を下敷きにして、実際の科学技術研究開発を、領域融合と役割連携を実現する本格研究によって進めるための研究開発戦略策定方法について考える。全体観察による社会的期待の発見および社会的期待を機能レベルまで詳細化し、領域に分割された研究を領域融合と役割連携によって組み合わせた機能と邂逅させる。この方法による定式化された手段はまだ確立されていない。しかし、研究開発戦略センター（CRDS）ではこれらのプロセスを実際に積み重ね戦略提案を行いながら、有効な戦略立案の手段をより確実にしていかなければならない。

目 次

はしがき

はじめに

1. 持続的進化における科学者の役割	1
2. 学問の構造	8
2.1 領域に分割された現代科学知識の特徴 ...8	
2.2 領域知識の関係にみられる課題 ...20	
3. 領域俯瞰図	26
4. 社会的期待	31
4.1 社会的期待の例 ...31	
4.2 社会的期待の分析 ...38	
5. 社会的期待の詳細化から邂逅へ	42
5.1 問題の設定 ...42	
5.2 いくつかの思考実験 ...46	
5.3 研究の最初の部分としての戦略立案の重要性 ...51	
5.4 邂逅に向けての社会的期待の詳細化 ...54	
6. 構造化俯瞰図	62
7. 研究費配分制度	77
7.1 リニアモデル型制度からの脱出 ...77	
7.2 研究コミュニティ分断からの救済 ...80	
おわりに	83

付録	87
----------	----

1. 「新成長戦略」を実現するための研究に関する CRDS の提案（吉川弘之）
2. 研究開発戦略センターが平成22年度に取り組むテーマについて
戦略スコープ2010 ～豊かな持続性社会を目指して～

はじめに

研究開発戦略センター（CRDS）の使命は、国家的見地に立つ研究開発戦略の立案である【1】。研究開発という以上、それは研究結果が社会に貢献する研究を対象とすることになる。とくにイノベーションの基礎であると同時にイノベーションを牽引する研究が重要である。しかしながら、研究の社会への貢献あるいはイノベーションにはさまざまなものがあり、一方研究そのものについても、研究成果が長い期間を経て予想もしなかったような効果を生む場合もあり、また当面の課題の解決のための研究もある。したがってCRDSが戦略立案の対象とする研究は、広い範囲にわたりまた多様である。このことについて理解を共通化しておくために、まず研究目的の観点による以下のような常識的分類で考察してみる。

- (1) 研究者の内発的好奇心に基づく研究（純粋基礎研究）
- (2) 研究者が自ら設定した社会的課題の実現に貢献する研究（目的基礎研究）
- (3) 社会的に合意された社会的課題の実現に貢献する研究（目的研究）

これは研究の目的が内発的なものから社会の要請へと変わる順序に従っているが、いずれの場合も他からの要請でするものでなく“自発的”に研究するものとする。自発的でないものはここでは研究と呼ばず、除外する。

この分類が厳密なものではないことは容易に理解される。なぜなら社会的に合意された課題のもとで内発的に好奇心を生じさせることもあるからであり、したがって(1)と(2)、(3)とは交叉する。しかも好奇心とは研究者の属する領域の状況や個人の履歴などに影響を受けるだけでなく、社会的状況にも影響を受けるのが一般であり、それを内発的好奇心と考えるか外在する課題への取り組みと見るかは主観的なものといったほうがよい。そこでここではより簡潔に、研究者の意識に従うこととし

- (1) 科学のための基礎研究
- (2) 社会のための基礎研究

という分類を採用する。“ための”が研究者の意識である。一方“基礎”は、その研究が知識体系を豊富にしてそれ以後の研究の実施における根拠となっていることを条件とするもので、客観的に判定される。

すでに述べたように、社会への貢献の意識を持たない研究がいずれ大きく社会に役立つことが知られているし、また社会のための研究が新しい科学領域を開く歴史もまた一般的であることを考えると、この分類もまた交叉していて厳密なものではないことが明らかである。しかし、国家的見地に立って開発戦略を立てるというCRDSの使命のもとでは、(2)の「社会のための基礎研究」を主として考えることが妥当である。そしてこの中に最初に述べた「イノベーションの基礎であると同時にイノベーションを牽引する研究」を含むものとする。科学と社会との距離が急速に接近する現代の状況ではこのことが強調さなければならないが、それは本書の各所で触れてゆく。

持続的進化における科学者の役割

持続的進化を可能とする情報循環のループ上で、行動者・社会 / 自然・観察型科学者・構成型科学者の役割を考える。観察型科学者は、研究によって社会 / 自然の状況を察知する。ただし、ここでいう観察とは個別の人間の行動が社会 / 自然のなかに引き起こす個別の影響を観察することではなく、多くの関係を対象とする「全体観察」であることが要求される。構成型科学者はこの察知を受けてさまざまな技術を研究により構成し社会への提案を行う。この研究ではこれまでなかった新知識（持続性科学）を生み出すことが必要で、「真の意味での基礎研究」となる。行動者は提案を選択し、実際に行為により社会 / 自然への影響を与える。この影響が再び観察科学者により全体観察されることによってループが完成する。

1972 年のローマクラブ報告である「成長の限界」【2】で Meadows らは人口増大を中心とする諸量の幾何級数的な増加がすべてのものの成長に必ず限界をもたらすことを明快に述べたのであったが、それが現実に関起り始めた状況を前にして 1987 年に発表された国連委員会報告「我らが共通の未来」【3】のなかで持続可能な開発（Sustainable Development）の概念が明確化され、その実現には科学コミュニティの役割が大きいことが指摘されたのである。科学コミュニティはそれを受け、1999 年の世界科学会議（WCS, Budapest）および国際科学会議第 27 回総会（ICSU, Cairo）において、「科学と科学的知識使用に関する宣言」（知識のための科学、平和のための科学、開発のための科学、社会のための科学の中の科学）を採択した。これらは 1970 年代から 1990 年代にかけての社会と科学コミュニティとの間の対話であったと言えるが、Lubchenco 【4】はこれを社会と科学との間の「新しい契約」と呼んだ。それは図 1 のようにループを作る。彼女はそれを観念的なものとしてでなく、基礎研究が国費で、すなわち一般の人々の負担で行われるのが現実となった現代においては、どんな研究課題でもその成果が社会の期待への回答になっていなければならないと主張したのであった。研究者が手にする研究費というお金には、社会の期待というメッセージが載っていることになる。このことはもちろん、社会にすぐ役立つ研究をするということではない。それどころか、持続性が限界に近づく現代においては、過去には気づかなかった新しい課題に対応するための新しい知識が、おそらく真の意味での基礎研究、すなわちそれが生み出す知識がさらに新しい知識を生み出すための基礎となり、またその使用が持続性のための行動に根拠を与える、そのような基礎研究が求められていると言うべきである。

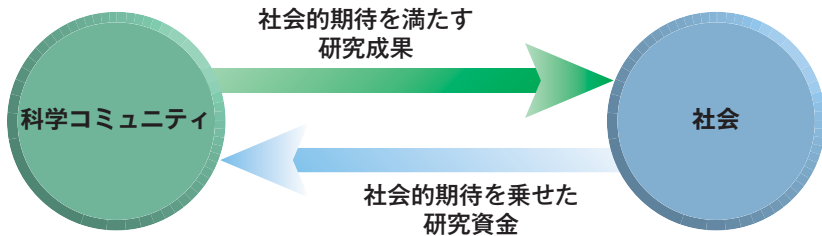


図1 科学と社会の間の契約

「真の意味での基礎」というような要請のもとでは、課題決定に特別の配慮を必要とする。おそらく既存の学問領域では対象にならないような新しい課題を研究対象として取り上げなければならないであろう。しかしそのような課題は予想できないことに本質があるのだとすれば、課題を正当に定めるために定型的な方法はないことになるのであろうか。しかもその上で、これも未経験の社会への貢献が求められる。現在のそれは、グリーンイノベーションとライフイノベーションの実現であるとされる【5】。これらのイノベーションは、別のところで述べたように【6】 制限付きのイノベーションなのであり、新しい方法を必要とする。すなわち、新しい方法による基礎研究と、その成果に基づくこれもまた新しい方法によるイノベーションの実現という、高い創造力が求められる課題への挑戦なのである。

その方法を創出するのが CRDS の仕事であり、それについての検討を以下の章で行うのであるが、ここでは研究者にたいする基本的な要請について述べておく。研究者は、図1の社会と科学コミュニティのループに図2に示すような形で参加することで要請への対応が可能となる。図1で社会と科学の対話と言ったが、そのための特定の方法が準備されているわけではない。Lubchenco は科学者の心構えとしてそのことを主張し、特にアカデミーの立場の重要性を述べているが、ここでは研究課題選定の立場で考える。社会には様々な人がいて、社会及び自然についてさまざまなことを言い、まとまった要請が科学コミュニティに届けられるわけではない。特に国連の会議のように集約された要請が発せられることがあるにせよ、それを常に期待することもできず、またあったとしても完全とはいえない。したがって科学者は、社会及び自然の状況を自らの観察を通じてそのことを察知することが要請される。この察知は、観察

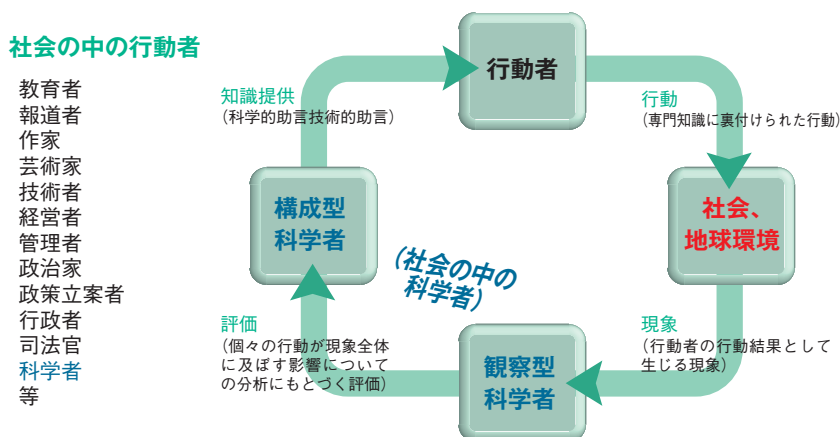


図2 持続的進化のための科学者の役割

型科学者 (observing scientist) の研究によって行われる。科学者は察知した要請にこたえるために社会への提案を作る。これを行うのが構成型科学者 (composing scientist) である。提案を受けた社会の行動者 (actor in society) は行動して社会及び自然に効果を与える。その結果社会は変化する。この変化を観察型科学者が再び観察する。このようにして、行動者、社会 (自然)、観察型科学者、構成型科学者がその上での情報循環を可能とするループを構成し、前述の契約を実現する基本的な構造ができる。これは生物、言語などの進化に見られる構造と類似のものである。また工業製品の進化も類似の構造を持つと考えられ、それは言語の進化と対比して図3のように書くことができる。この図は工業製品の製造に伴う物質流と関係するが、特に製品の性能が使用者の選択によって進展してゆく情報循環を表すものであって、物質流を表す図4とは異なるものであることに注意しなければならない。図4はMeadowsらが用いたIndustrial Dynamics【7】と類似の図であるが、図3は製品の進化に影響を与えた情報のみを抽出して書かれているのであって、図4とは異なるものである。これらの詳細については4章及び5章で述べるが、ここではこのループが持続性に向けた進化を社会と自然にもたらすための必要条件であると考えておく。ここでも図3の工業製品を例にとって考える。この場合、製造企業と市場

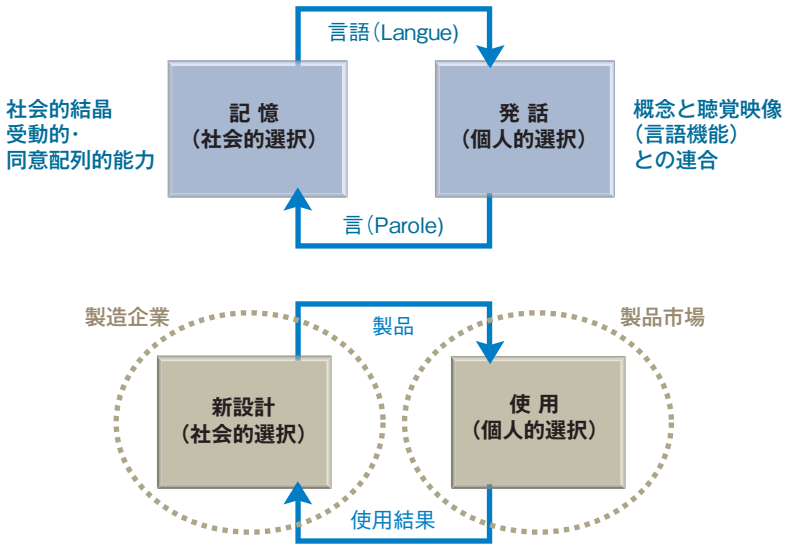
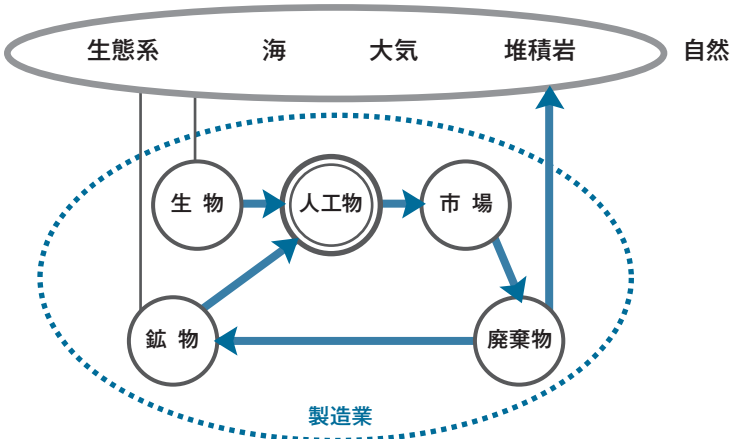


図3 情報循環による言語の生成・進化（上）と工業製品の進化（下）



物質流を正確に書くこともでき、その定量評価も可能であり、重要な研究課題である。しかし本論では、人間の行動に効果する情報の循環を論じるのであり、上図とは異なる視点でループを書いていることに注意する必要がある。

図4 製造に伴う物質流

とがループをなすことが製品進化の必要条件であるが、十分ではないことは以下のようにして理解される。

伝統的に、工業製品は漸次的に工夫されて新製品として市場に出される。そして市場に提示された製品は受容か拒絶かの判定を受ける。この過程は製品のの一つ一つの提示と判定とを対象とする要素からなるのであって、多種の製品群がまとまって対象となるものではないから、図3の情報循環における観察と行動とがいずれも漸次的である。したがって製品は漸次的行動と漸次的観察によって進歩するということができる。この過程は一般の製品の開発過程であり、個々の製品の改良を保証する進化であると言える。しかしながらこの過程はその製品が一部となる社会が全体としてよくなることを保証するものではない。言い換えれば、社会全体の持続的進化に寄与するかどうかについては不明である。

全体がよくなることを保証するためには何か別の方法が必要である。それは“全体観察”によってするしかないと思われる。この全体観察は、個々の変化を別々に観察して得られるものでないことが問題である。

社会、あるいは自然に起こる変化、それが現象にせよ、事象にせよ、行動にせよ、それらを同時に観察しようとすることは現実的でない。したがって、全体観察といっても観察行為は個々の対象に対して行うしかない。しかしながら全体の理解は、個別観察の単純な積み重ねで得られるわけではない。したがって全体観察を可能にするためには、一つ一つの観察行為が二つ以上の対象の“関係”に対して行われることが必要となる。

例えば社会に対して施行されたひとつの法律の効果を観察することは、個別観察である。そして、別の法律の施行結果を観察すればそれはまた別の個別観察である。しかしながらこれら二つの観察を足し合わせたところで全体観察の要素にはならない。そうではなく、この場合は二つの法律の施行における関係を観察することが必要で、その関係についての観察が全体観察の最小要素なのである。この例の場合、その関係とは二つの法律の論理的整合性、現実的施行の場での調和、二つの法律を同時に守ろうとする人が矛盾なく行動できるように勇気づけることなどである。それらが達成されれば観察結果に良い評価が与えられるが、整合性、調和、勇気づけなどに対して障害となることが分かれば、全体観察結果に悪い評価を与え、その法律の再考を要請することになる。

観察 \ 行動	漸次的	全体的
漸次的	現代科学	保全技術
全体的*	持続性科学	歴史主義

漸次的観察に依拠する漸次的行動：現代科学(持続性が保証されない進化)

漸次的観察に依拠する全体的行動：保全技術(進化のない連続的安定)

全体的観察に依拠する漸次的行動：持続性科学(持続的進化)

全体観察に依拠する全体的行動：歴史主義(進化なく滅亡)

* Total(holistic): ソシユールが共時態(synchronic)と呼んだもの、
ピアジェが schema の equilibrium と呼んだもの

表 1 観察—行動の分類

このような関係性についての知見は、法律の施行に限らず、新製品の市場への投入、新医療の実施など、科学的知識を基礎とする行動の結果のすべてにわたって欠くことのできないものであり、そこには膨大な作業が待っているのであるが、その出発として、要素関係の観察法を開発することから始めることが必要である。これは研究方法に関する重要な課題であると思われるが、それは夢物語ではなくすでに一つの例が存在するのであって、現実に研究対象にすることができるとと思われる。その例とは、地球温暖化に対応するために世界が国際協調に向かう過程であって、まずその過程の分析から始めるのがよいと思われるが、それについては6章（構造化俯瞰図）で述べる。

科学者が参加するループに従って自然・社会が進化する様子を表1に分類しておく。これはこのようなループができたとしても、現代に必要な持続性科学に基づくイノベーション（グリーンイノベーション、ライフイノベーション）の実現のためには観察及び行動に制限がつくことを意味していて、このことは研究課題を考えると一つの制約条件である。現在、この制約条件を維持しつつ発展途上にある学問領域が認められるが、その代表的なものを表2に示す。これらの成立基盤が、伝統的に確立した学問領域の基盤と異なることが見て取れるであろう。このことについては、2章（学問の構造）で触れる。

成立しつつある領域	関連領域	求められる領域
気候変動の科学	進化理論(古生物学、地質学)	構成学(Synthesiology)
生物多様性の科学	言語生成論	情報循環の科学
物質循環の科学	人類学、民族学、社会学	関係性の科学
福祉(厚生)経済学	文化人類学	社会技術論
ESD(持続的発展のための教育)	プログラム科学	4次元レンズ
生命技術(生命科学＋生命倫理)	システム科学	
人工工学(領域工学＋技術倫理)	情報学	
社会的期待の科学		

表 2 持続性科学（全体的観察と漸次的行動）

2.1 領域に分割された現代科学知識の特徴

現代の科学は、多くの領域を創り出し効率的に知識を蓄積してきた。領域の起源は直感によるものであり、体系的ではない。そのため、領域間の関係についての知識が貧弱である。さらに、それぞれの領域知識により生み出された人工物の複雑な関係が自然と人類の持続性にとって新たな脅威を生み出すに至っている。

学問領域は極めて多様である。多様性の原因は、伝統的土着知識に一体的に含まれていた事実知識・使用知識・意味知識が、それぞれに分断されていること、抽象化水準が多様であること、関心の特定性が多様であることによる。また、学問領域には、人が意図して作ることなしに存在するものを対象とする（単なる）「領域」とよぶもの、と、人工物を対象とする「臨時領域」の区別がある。「領域」の知識が事実知識に偏っていることが、現代科学知識の特徴である。

「社会のための基礎研究」と言ったとき、まず社会が科学に何を求めているかが問題になるが、それについての検討は4章で行うこととし、ここではそれに応える学問の状況を概観しておく。

社会が科学に期待するのは、社会（あるいは自然）の持続あるいは向上に関することであって期待の項目のそれぞれは学問領域に従ってわけでないことから考えて、どんな期待でも一つの専門的な学問領域の知識だけでその期待にこたえることができないであろうことは容易に予想される。このことは、イノベーションが複数の専門領域の人々の協力によってしか起きえないという経験【8】と符合する。したがってイノベーションを目的とする社会のための基礎研究は、複数領域の研究者の協力が不可欠なのであるが、その協力がどのようなものであるべきかを考えるために、領域に分割されている学問的知識とは、どのような構造をもつものであるかについて理解しておくことが必要である。

地球環境の劣化を招いた人類の行動が、人類が手にしている学問的知識と関係があると考えられることから検討を始める。それは劣化に対応する知識が足りないだけでなく、現代の知識の中に劣化をもたらす要因が隠されているという問題であり、このことを理解することが、今後の研究の方向を決めるという面があることを考えなければならないと思われる。

現代の科学知識は、その発祥は人類を襲った邪悪なるものとの戦いであつたと考え

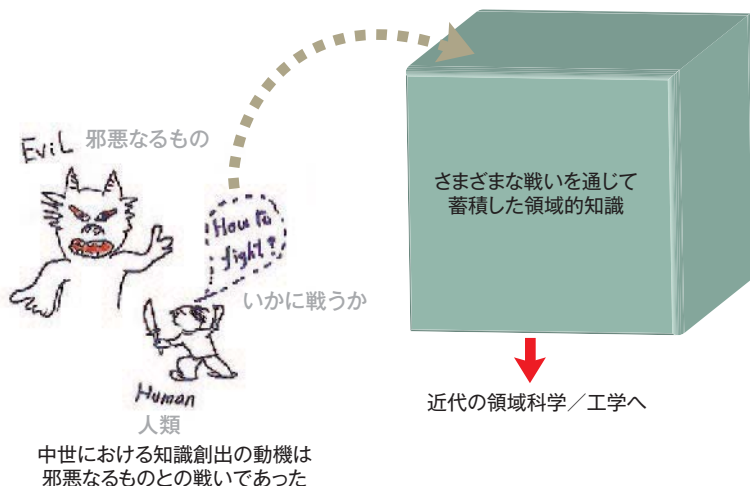


図5 領域知識の発生

てよい。その結果、戦いに勝つだけでなく、勝つための知識を獲得し、図5のようにそれを蓄積していった。得られた知識はまとまった有用な知識を作るが、それは次第に抽象度を高め、固有の方法（論理・計算）を確立しつつ独立の体系的知識となるに従って、その発祥の根拠であった戦いから解放されて中立性を獲得し、その使用可能範囲はかつての戦いの相手とは関係のないところまで拡大してゆく。その固有の方法が完成すると、使用範囲が拡大するだけでなく、その内部知識の操作だけで新しい知識を生産できるようになる。この点を通過した知識領域が、自立した学問領域であり、物理学、化学がその代表であるが、経済学も恐らく自立しており、工学の多くの領域も、条件付ながら自立しているといえる。このことは以下のような、邪悪なるものとの戦いを通して技術を生み出し、それが抽象化して学問領域を創るという例から理解されるであろう。

嵐に対抗して、嵐の到来を予測する技術や防風技術を創り出し、それを一般化して気象学や建築学を確立した。同じように、地震に対抗して技術として耐震構造／その抽象化の科学として構造力学、病原菌との戦いから予防・消毒／微生物学、邪悪なる欲望を回避するために裁判制度／法律学、専制に抵抗して弁論／論理学、

貧困を解消するために生産技術 / 工学 など、邪悪なるものとの戦いを通して多くの学問を生み出したと言える。そして、邪悪とは限らないが人を悩ませるものであった自然・社会の不思議に好奇心を持って、実験的分析の方法を確立し、それによって科学体系を創ったと言える。この科学体系が、他の多くの領域の基礎となった。

このようにして自立した多くの領域は、対象を理解することを目的としていたが、その発祥からいっても人が行動する時に役立つものでもあった。領域の研究者は、前述のように領域知識を拡大していったが、それは科学論文として公開される。図2の示したような社会の中の行動者は、それを自らの目的のために利用し、社会や自然に影響を与えていった。研究者と知識使用者の間には図6に示すように厚い壁があり、相互に影響しあう対話はなく、一方通行の知識伝達であった。

そして問題は、多くの領域を創って知識は豊富になったが、領域間の関係に関す

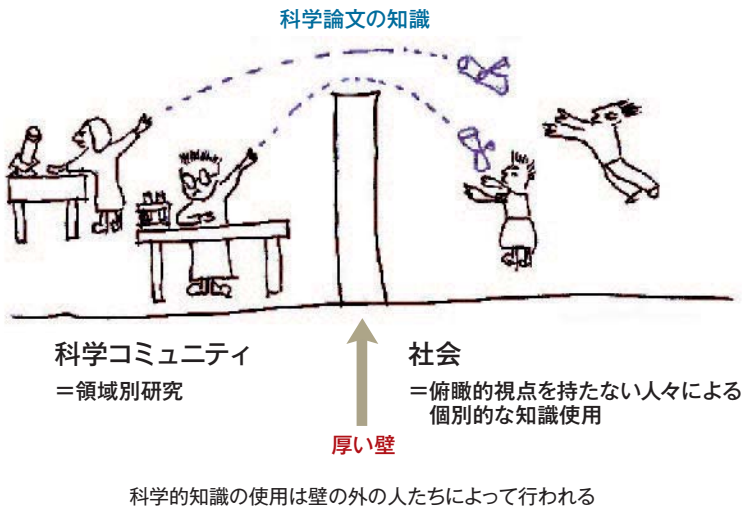


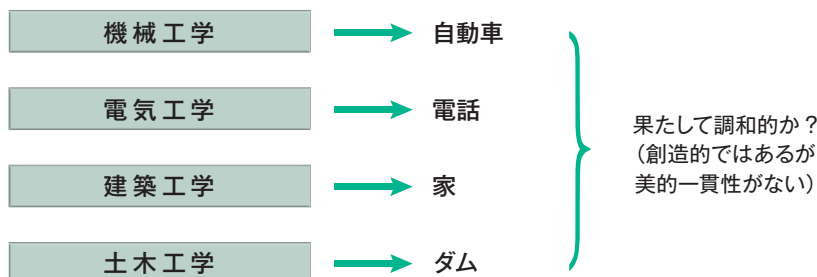
図6 科学情報の一方通行

る知識が貧弱であったことである。このことは、異なる領域知識を単一の領域にまとめる作業には、予想を超える学問的困難が存在し、その達成には長期の研究を必要とし、現実には遅々としてその作業は進まないという現代科学の難問がある。その結果、特定領域を使って生み出される人工物間の関係が、予想しなかった問題を生む

ことが多くなった。たとえば図 7 の簡単な例からその意味を理解することができる。

そして図 7 よりさらに深刻な問題として、克服したと思った過去の邪悪なるものとは違う、新しい現代の邪悪なるものが人類を襲うことになった。それは人口爆発と飢餓、貧富の格差拡大、巨大都市の中の貧困、地球環境の悪化、人工システムの事故の巨大化、新種の感染症（HIV、鳥インフルエンザ、BSE）、民族間紛争、テロリズム、都会の中の孤独、電子犯罪 など数えればきりが無い。これらは過去の邪悪なるもののように人類を外から襲うものでなく、自らの行為に潜む不可視的なものであって、これへの対抗は過去のような単純な戦いによっては不可能である。このような状況で、人類はより深い自己の分析を必要とする難しい問題に直面するようになったと言わざるを得ない。

このことは、21 世紀が人工物観の変化を迎えた時代であることと関係する。人々



- ・携帯電話は自動車運転中にかけてはいけない
- ・家の建築で自動車を置くガレージは調和的でない
- ・ダム建設で家は沈没する、などの不調和が生じる。

工学の一つの領域で最適化された設計は、
現実社会で最適とは限らないこの不調和は、
我々の持つ知識の構造の反映である。

が研究によって生み出したい新しい人工物、それは物質的な物だけでなく、プログラム、ソフトウェア、慣習、制度、法律、条約、など、あらゆる人工物であるが、それは 20 世紀より厳しい条件が課せられている。人工物と人間との関係が、図 8 のよう

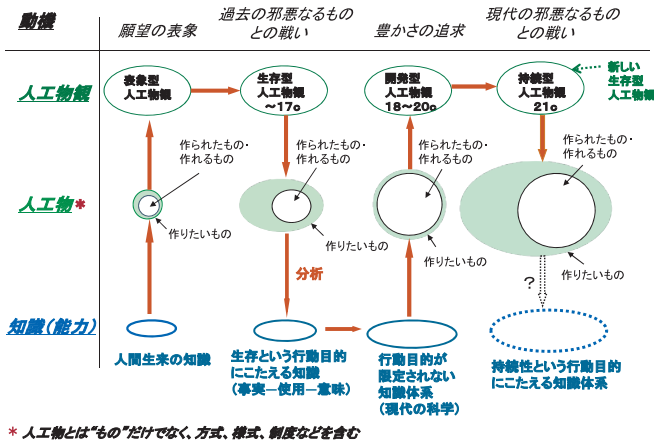


図8 人工物観の先祖返り (Atavism)

に変遷して21世紀に至った過程を理解しておくことが必要である【9】。

以上に述べたような知識、特に科学的知識の歴史および現在の状況は、これから我々がどのような研究をするべきかという課題を考える上で無視できないことであり、ここで上記のような学問領域が成立する過程をやや詳しく検討しておくことにする。

まず現在の科学的方法によって成立した学問的知識が成立する以前の知識形態を考える。これは現在でも一般にある普通の知識でもあるが、それは学問的知識が世界共通であることを前提としているのとは違い、地域の環境や文化に根差した地域固有の知識に代表されるものであるので「土着知識 (indigenous knowledge)」と呼ぶ。これは地球上の文化の多様性に対応して多様であるが、その地域に固有の事象と人間とのかかわりに関する知識である点は共通である。たとえばそれは次のような例で示すことができる。

植物から薬を得る場合を考える。その地域に生育するある植物が、腹痛の治癒に有効であるとして利用されているとする。この場合邪悪なるものは疾病である。その時その知識は図9に示すように、まず種をどのような場所にまけばよく生育するか、いつ芽が出て、いつ実になるか、を知っている。これを「事実知識」と呼んでおこう。次にそれをどの時期に収穫すればよいか、それからどのようにして有効成分を抽出す

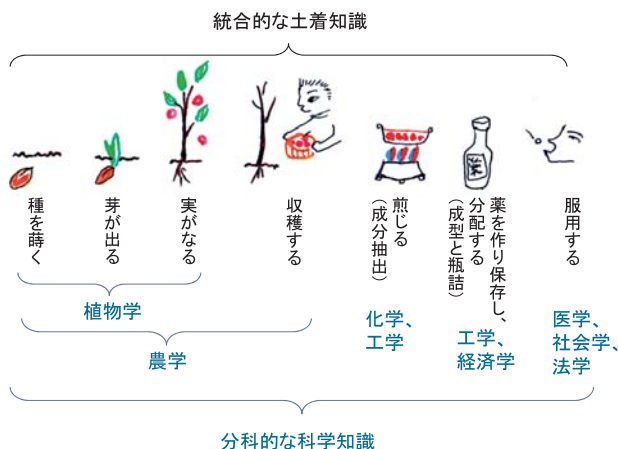


図9 伝統的（土着 indigenous）知識

例：病気を克服し生き延びるために

るか、どのように保存すればよいか、服用するためにはどんな状態にすればよいか、どのように服用するかなどについても知っている。これは「使用知識」と呼ぶ。そして結果としてどのように効果があるかを知っているが、これは上記の一連の知識の働き（機能）、あるいは意味を知っていることであり、「意味知識」といえる。ここでは事実、使用、意味の三者が組となって一つの知識を形成していると言える。

一方、科学的方法による学問的知識では、同じ図9に示したように、事実知識は植物学として体系化され、使用知識では、収穫は農学（事実知識も扱う）、抽出や保存は化学、保存の手段は機械工学、そして服用の方法は医学の範疇である。そして服用の効果、すなわち意味は医学として体系化されている。このように学問的知識では土着知識が分断されて知識の実用的意味は消失するが、その代わり植物学は地球上の全植物を対象として体系的な普遍知識を作ってゆく。農学でも有用な植物全般を一般的に扱う。そして抽出は科学的知識として統一されるだけでなく、抽出を含んで有効物質を創り出すための方法についての体系的知識としてまとめ、一つの領域を作る。この場合はまとめたものは合成化学の一分野である。このようにして、地域固有であることを超えて世界に共通の体系的知識を作り、それは知識を精緻化

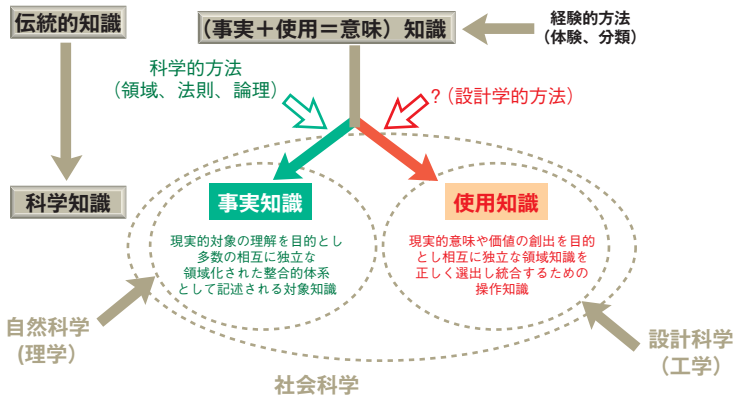


図10 自然科学と社会科学

する過程でさらに細分化された領域を作っていく。この科学的方法は、土着知識よりもはるかに効率的な知識獲得方法であり、また他地域への普及も、世代にわたる継承も容易である。その結果人類は貴重な、普遍的で体系的な知識を手に入れたのである。このことを整理して書けば図10のようになる。土着知識の「事実+使用=意味」は科学的方法によって事実知識の体系と使用知識の体系に分割される。次に対象により多様化する領域について考える。学問領域とは定義が難しいものであることが知られているが、ここでは現実的に考えて以下のような定義を与えておく。

領域の定義 学問領域の成立は、コレクション（収集）を契機とする。コレクションとは、特定の関心に関係があると判断して集められた対象の集合である。コレクションの観察により、関心を表現するパラメータが選出され、それらの間に成立する関係を定める規則が仮説として提出される。仮説は体系を生みだすが、体系の示す諸結果とコレクションの事実との整合性の検査により、仮説の正当性が検証される。検証によって正当性が認められたものを領域という。これは図11のように表わされる。さらに、領域内の体系の操作のみによって新しい知識が生み出される可能性の程度が、領域の完成度を表す指標である。

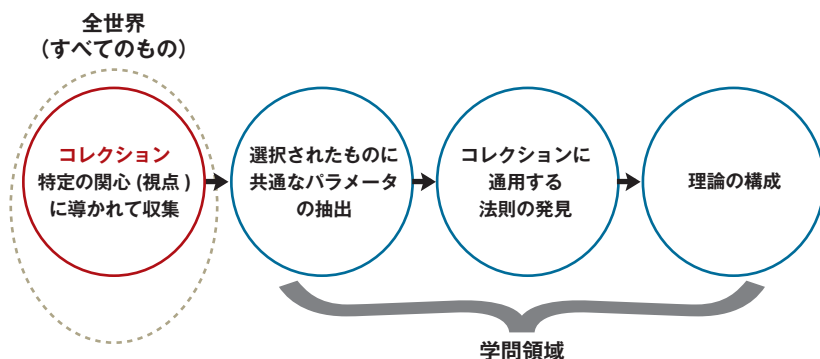


図11 学問領域の作り方

たとえばニュートン力学では、世界に存在する物体の運動が関心であり、したがって運動するすべての物体がコレクションとなる。その関心を表現するパラメータとして質量、加速度、力が選ばれる。関心の対象とならない諸性質は捨てられ、世界は質点の集合で表わされる。そして質点の運動を決める法則が提出され、それによって力学体系が作られる。

特定の関心とは、物体の運動、物質の性質（それも機械的性質や電氣的性質など無数にある）、生命の本質、食物としての価値などであるが、機械、合成物質などの人工物にはそれぞれ特定の関心が割り付けられている。このように何でもよく、したがって無数にあるが、異なると思われる関心が同じ領域に帰する場合も多くあつて、領域になるのは“独立の関心”であると言える。言い換えれば、真に新しい領域を生みだすコレクションを駆動する「特定の関心（視点）」とは、既存の科学領域で説明できないものに限られる。（説明できたとすれば、そのコレクションは何ら新しい領域を生みださず、単に（その）領域に属するものの部分集合にすぎない）。説明できない時、その関心がパラメータに分解され、それが新しい領域を作る可能性を持つのである。この段階では、私たちはこの特定の関心を「直観」と呼ぶしかない。したがってコレクションは直観的に行われる。

この定義からも明らかのように、学問領域とは体系的に作られたものではなく、さまざまな状況のもとでもたれた「特定の関心」によって、そしておそらくそれが科学者

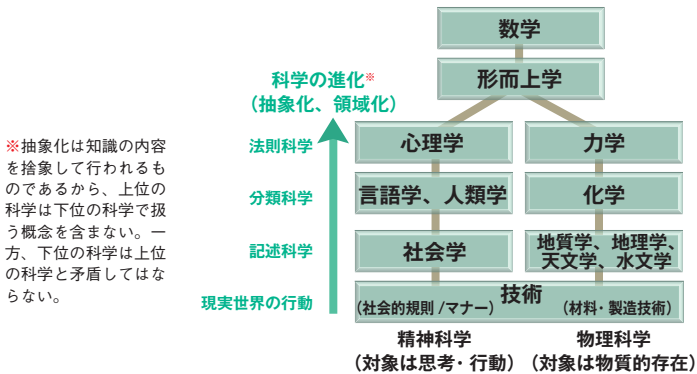


図12 パースによる科学の分類
Charles Sanders Peirce (1839-1914)

によって領域を作りうると判断された場合に、領域となる可能性を与えられ、それが次第に成長して現在にいたっていると言うしかないと思われる。

この成長にパースが言及している。パースは、学問領域には「抽象化水準」によって、最も具体的な日常的知識から始まり、記述科学、分類科学、法則科学、形而上学、数学に至るという分類を提案している【10】。これを図示すると図12のようになる。彼は、科学者は常に対象を抽象化したいという衝動に駆られて普遍的知識を創り出してきたと考えており、形而上学と数学は別として、この図で水準が下から上へ向かうのは、科学が進歩する歴史的経過であるとも考えている。その意味では、最初の日常的知識が前述の土着知識に対応すると考えることも許されるであろう。そして領域の定義で述べた関係の規則は抽象化の進行に従って、記述法、分類則、法則となる。そして完成した領域が持つ体系が、それぞれ説明体系、分類体系、理論体系である。

ところでパースの図では、精神と物質の二つの系統が示され、それぞれ抽象化が進むとされる。しかし現代の知識では、その間に生体を入れるべきである。なぜなら、この3者の存在はそれぞれ異なる固有の規則によって秩序立てられていることが明らかになってきたからである。生命を持たぬ物質では、物理法則によって存在が規定される。生体の存在は物理法則だけでは説明つかず、遺伝子に代表される生命情報が必要である。精神現象は家族、社会などの、生命情報にはおさまらない規則によ

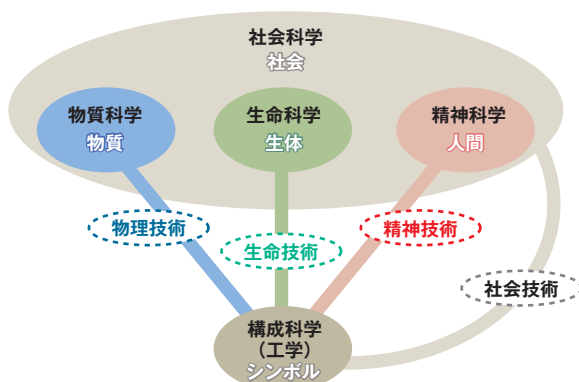


図13 科学と技術

て秩序が保たれている。したがって物質、生命、精神という区分は、領域の複雑な多様性を超えて明確に存在している。そしてそれぞれの存在規則は、パースの言う抽象化水準が違う。そこでこの区分、物質、生命、精神と、事実知識、使用知識、意味知識との関係を示す図として図13を作る。この図はそれぞれ物質科学、生命科学、精神科学としてまとめられる領域群はそれぞれに相当する物質技術（物理技術）、生命技術、精神技術を、それぞれ使用知識として持つことを示している。ところで対象の種類によらない使用知識、言い換えれば構成についての一般的方法として対象によらない一般的構成法が、シンボル操作理論としてありうると考えられ研究されている。それは対象がある制限のもとでシンボル化されることにより、対象の種類を超えて共通の操作理論の適用によって実用的な技術を生み出すことの可能性を示しているが、実用的に適用できる段階に至っておらず、構成の一般理論という基礎研究の課題である。なおこの図では、社会科学が意味知識を扱うものとして書かれている。

このようにして、学問領域の多様性の構造が明らかとなる。多様性には3つの軸があり、それは、

- (1) 事実知識、使用知識、意味知識の分断による多様性（3種類）
- (2) 抽象化の水準による多様性（パースに従えば4種類）

(3) 関心の特定性によって生じる無数の多様性（大きく非生命物質、生体、精神に
区分けすれば3種類）

である。

現在の学問的知識はもちろん完成したものでなく発展途上であり、このことが基礎
研究の必要性の基本的根拠であることは言うまでもない。そこで領域成立の契機と
なった対象（ということは特定の関心）と、それに対応すると思われる現在の学問領
域を表3に表示する。この表では、それを領域の完成度の順序で分類したもので、

対象(例)		領域(例)	
自然	(物質)原子・分子・結晶・岩石・熱・流体 (生体)植物・動物・細胞・器官・人体・生理 (精神)知能・論理・言語・原始サービス (社会)社会・民族・集落・家族・婚姻・法、	領域	物理学、化学、力学、熱力学、天文学、地球科学 植・動物学、解剖学、生理学、分子生物学、 哲学、心理学、論理学、言語学、文学、美学、記号学 歴史学、社会学、文化人類学、法哲学、民俗学、
成熟した 人工物	(物質)機械・材料・素子・構造 (生体)健康・病氣・農作物・料理・家畜・毒 (精神)情報・教育・文学・芸術・サービス (社会)国家・経済・金融・通商・法律	成熟* 領域	機械工学、材料学、電気工学、構造力学、建築学 医学、薬学、病理学、農学、栄養学、 情報工学、教育学、演劇学、批評学、サービス工学
人工物	定着した 人工物	臨時 領域	定着* 領域
	(物質)工業製品(自動車、空調機、通信機) (生体)遺伝子改変生物、 (精神)今様演劇・文学・芸術・報道 (社会)企業、電子政府、環境、		自動車工学、熱機関学、通信工学、生産学、輸送学 再生医学、核医学、生体リスク 前衛美学、金融工学、メディア学、 経営学、環境学、防災学、安全学
	既存の 領域に 属さない 人工物		既存の 不完全* 領域
	(物質) } (生体) } 既存の臨時領域では (精神) } 扱えない設計対象 (社会) }		環境を考慮した製品、システム、制度などを 設計するときに必要な知識集合

*丁寧に言えばそれぞれ、“成熟した臨時領域”、“定着した臨時領域”、“不完全な臨時領域”である

表3 学問領域

領域、成熟した臨時領域、定着した臨時領域、不完全な臨時領域として並べてある。
ここでの領域、臨時領域の定義は、

- (1) 領域：人が意図して作ることなしに存在するもので、物質、生体を含む自然物と、
人間そのものおよび言語、社会などのように人間に関して自然発生したものとを
対象として成立した学問領域を単に領域と呼び、下記の臨時領域と区別する。
- (2) 臨時領域：人工物を対象とする領域。人工物は時代によって変わり永遠に存在
するものでないから、それを契機として作られたものを臨時領域と呼ぶ。

領域も臨時領域も、パースの言う抽象水準、あるいは体系化の程度の異なるものがあるが、イノベーションとは人工物の創出でもあるから臨時領域の水準が重要な意味

を持つので、ここでは臨時領域のみに成熟、定着、不完全という分類を明示してある。パースに対応させれば、不完全領域は日常的知識（土着知識）であり、定着臨時領域は記述科学、成熟臨時領域が分類科学（部分的に法則科学）、領域が法則科学に対応すると言ってよいであろう。このように分類してみると、領域と呼ばれるものはほとんど事実知識であることがわかる。以下に述べるように、このことがイノベーションの促進のために研究者間に特別の協力体制が必要であることの理由である。

2.2 領域知識の關係にみられる課題

情報循環のループに現代科学知識の現状を当てはめると、現代の科学に不足しているのは、観察型科学者の（本質の理解ではなく）変化に対する関心や全体観察の弱さ、構成型研究者の用いる方法論の未熟さ、観察型科学者－構成型科学者－行動者の連携の不足、であることが分かる。

以上に学問の状況を領域という観点から概観したが、次にこれらの領域の間にどのような関係があるかを考える。その関係を、前章の図2の科学者が参加して作るループを使って考えることにより、持続的進化を加速するために必要な領域と領域間関係とのあり方を検討する。その検討を通じて、イノベーションに必要な研究課題を見出すことを試みる。

現在最も体系化された豊富な知識は、表3の領域にある。これは左の行では“自然”であって、自然存在の性質についての知識であり、科学（自然科学、社会科学、人文科学）と呼ばれる領域である。この豊富な知識は観察型科学者によって得られるもので、存在するものの性質、あるいは本質といってもよいが、それをよく説明するものである。たとえば金属学では金属元素についての性質が詳細に説明され、与えられた状況における各種金属の挙動が幅広く予測できるようになっている。また数理経済学では、数学を用いて経済現象が解析され、経済の本質が理解される。したがって、これも与えられた条件の下での経済現象が予測できる。このように、現代の科学の多くは、対象の本質を明らかにすることを主目的としていて、「今、その対象が地球上でどのような状態にあるか」という点にはあまり焦点を当てないのが普通である。あるいはそのような特別の条件下での現象は本質を隠しているとして、その知見を得ることは学問的研究の主流ではなかったと言ってもよい。この状況は、観察型科学者の研究の特徴を表現して図14のように示される。科学における研究では、特定の関心で対象を選ぶと、選ばれてくるものがコレクションであるが、そのコレクションの本質的性質を知るために、各要素のおかれた状況の特殊性を排除、言い換えれば今おかれている状況に邪魔されない性質を「本質」として知ることが基礎的なことであるとし、現在の状況に従って現れている性質は本質でなく単なる現象であると考え。その結果、選んだコレクションを、現在置かれていた状況とは関係のない計画された状

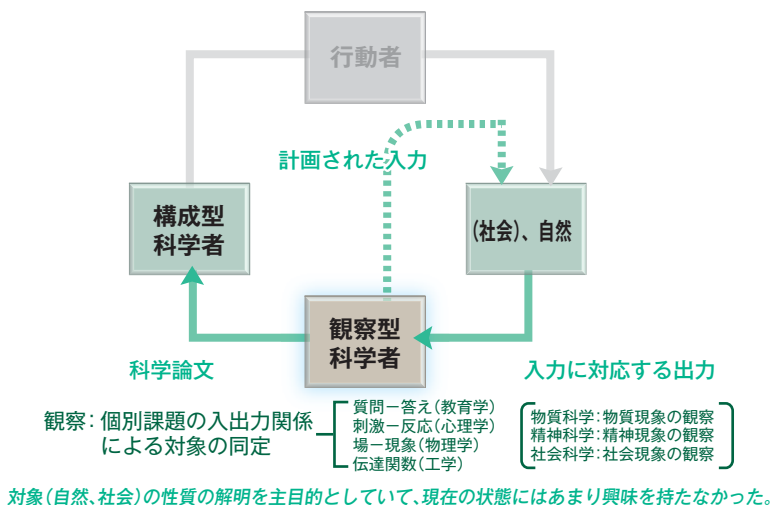


図14 現代の科学

況に置き、その状況と現象の関係から本質を読み取ることになる。結局本質的性質は刺激と応答、場と挙動、入力と出力などの関係として理解されるが、この時、刺激、場、入力などは現実の状況でなく計画された標準的なものであることが必要とされる。その結果図14に示すように、自然、社会はその本質を明らかにするために計画された入力によって発生する出力を観察して、両者の関係から本質が“同定”される。したがって研究のために閉じた小さなループの中にいることになる。その結果観察型科学者が観察するものは、ループ上の循環を検知するために知りたい自然、社会の動的状態ではなく、その静的な本質であるということになり、ループに参加して循環の役割を果たしてはいないと言わざるを得ない。

本質的性質を同定できたとしても、進化の仕組みによって自然、社会がたどる道を予測することは不可能であるが、この道についての知識が不十分であることは、現在の科学領域を以下のように概観することでも容易にわかる。

例1 科学者が存在物の不変性に興味を持ったとき（デモクリトス：アトム）、彼らは物質の局所的性質を調べ、不変性を理解するのに有効な学問領域を創出した。その

結果得られる学問領域には次のようなものがある。

- (1) 存在についての法則に基づく理論として物性論、素粒子物理学、分子生物学、等
 - (2) 微視的変化の法則の理論として、拡散理論、化学反応論、発生学、等
- これらの学問はそれぞれ自立した領域をつくり、各学問領域の完成度は高い。

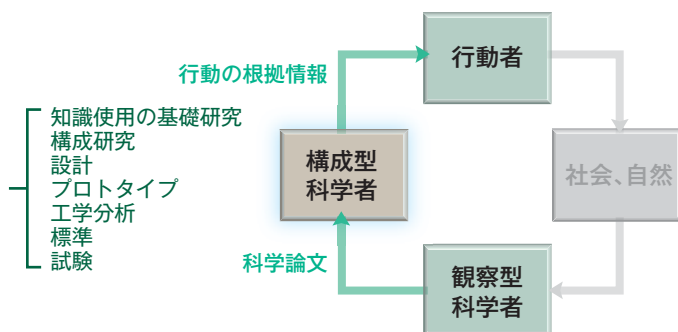
例2 科学者が存在物の変化に興味を持ったとき（ヘラクレイトス：パンタレイ）、彼らは物質の全体を対象として変化を調べ、変化を理解するのに有効な学問領域を創出した。その領域は次のようなものである。

- (1) 巨視的変化についての法則に基づく理論として地質学、考古学、古生物学、等
- (2) 変化原因の法則の理論として進化論、地層生成論、気候変動論、等。

これらの学問は、自立した領域を作ることができず、領域としての完成度は低い。

このように、現在の状況の必然性を理解するための学問は不十分である。その上この状態では、1章に述べた持続性のための循環を正当に起こすための条件である全体観察を満たしていないばかりでなく、その前提である状態観察も不十分であるという状況にあることを認識しなければならない。このことは、イノベーションに必要な基礎的情報が構成者にたいしてうまく提供されていないことを意味しているのであって、研究開発課題作成において意識すべき基本的な問題であるが、これは6章の構造化俯瞰図を書くときの大きな課題である。

それでは構成型科学者はどうか。彼らの多くは工学（社会技術の研究を含む）と呼ばれる分野において科学的知識を使用して新しい価値を創出することを目的とする研究を行っているのであるから、イノベーションの主役である。彼らは基礎的知識を自ら創出するとともに、観察型科学者の生み出す豊富な科学的知識を使用していると言ってよいから、図15に示すように観察型科学者との連携はよく行われていると言ってよいであろう。しかしながら、自らの主題である構成に方法的な未成熟さがある。多くの場合、イノベーションのための構成にかかわる研究課題ごとに構成の方法を経験的に積み重ねることに終始し、一般的方法を求めることに成功しておらず、したがって構成方法の普及、継承の効率が悪く社会的な能力向上が極めて遅い状況にある。これはイノベーションの阻害要因の一つである。この解決の努力が一部で始められているが【11】、その広がりが期待される。



領域ごとに構成の方法を経験的に積み重ねることに終始し、一般的方法を求めることに成功していない。

図15 現代の工学

イノベーション実現者としての行動者が次の問題である。社会の中の行動者は多様なものがあり、専門で考えて教育者、技術者、事業家、作家、芸術制作者、報道者、政治家、政策立案者、行政官、司法官、警察官など多くある。これらの人々の行動は何らかの効果を社会に与えるのであるが、その意味で直接間接にイノベーションに関係する。現在のグリーンイノベーションとライフイノベーションとにこれらの行動者がどのように貢献するかを一般的に問うことは難しいが、課題別に問題を考えるときには常に念頭に置いておく必要がある。基本的には、図16に示すように、これらの行動者は構成型科学者の助言を受けて（実際には何らかの形で科学技術の情報を得て）行動するのであるが、その受容の態様は、しばしば対立（コンフリクト）を生む社会の意思決定問題と関連して必ずしもうまくいっていない現代社会の持つ問題の一つであると言わなければならないであろう。科学者、研究者の立場からいえば、助言や情報の、社会への提供の方法をより進化させなければならないという課題がここにある【12】。

さてループの最後になった、イノベーションによって持続的に進化することが期待される自然と社会をどのように考えればよいのであろうか。多様な行動者がさまざまな行動をした結果として自然と社会は変化する。私たちは、その変化が豊かな持続性に向くことを目標としている。しかしこれは研究開発課題という立場で考えるにはあまりに大きな課題である。ここでは学問的知識の貢献によって自然や社会が好ましい方向に

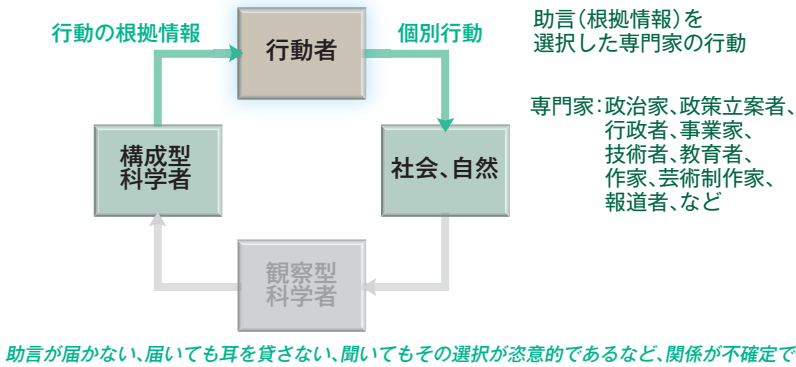


図16 科学的根拠に基づく行動者の行動

変化してゆくためには、これも学問に裏づけられた知識である図 17 のような“社会技術”が必要であることを指摘しておく。そしてその変化が、次に来る観察型科学者の全体観察によって観察されるものであり、このようにしてループが完結する。

ここで、現在の学問の状況から考えて、循環ループの全体にはどんな問題があるかを整理しておこう。ループを構成する要素のそれぞれに、循環を阻害する要因があるのであったが、それを略記すると図 18 のようになる。そこには、

- (1) 観察型科学者の変化の現実観察の不足
- (2) 観察型科学者の変化の全体性観察の欠如
- (3) 観察型科学者の課題選択の恣意性
- (4) 観察型科学者と構成型科学者との連携の不十分性
- (5) 構成型科学者の方法的未熟成
- (6) 構成型科学者と行動者の間の交流の不足
- (7) 行動者の行動選択基準の曖昧性
- (8) 行動者の基準の顕在要求への過度の依存
- (9) 行動間の関係性不問

などがある。ここで、1 章の表 1 に従い、ループの進化の原動力が行動者の漸次的行動にあることを考えて、(7) - (9) は議論しないことにする。またこれらは現在のところ科学の対象とすることは難しい。観察型科学者についての (1) - (3) について

は研究の大きな課題であるが、実はこれは4章に述べる潜在的な社会的期待（水準3）の発見にかかわることであり5章で詳述する。構成型科学者の（4）-（6）については、研究者間の協力と研究組織、構成方法論などにかかわることであって、6章の構造化俯瞰図の問題として述べることにする。

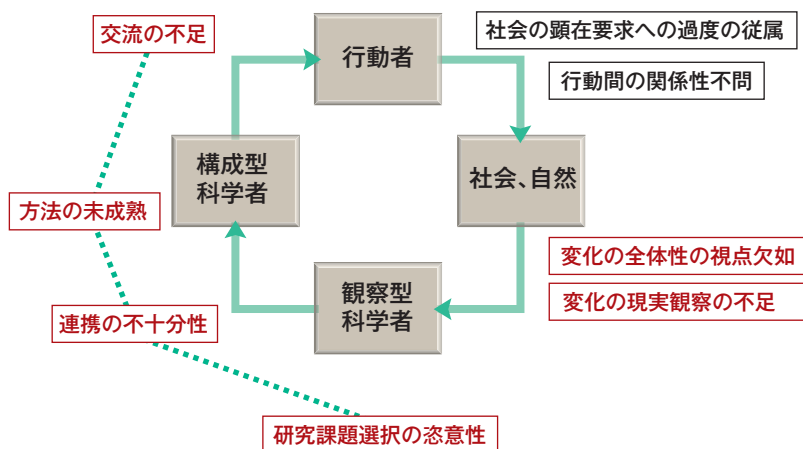
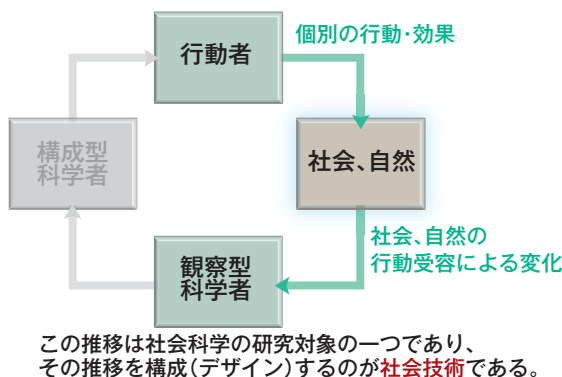


図18 循環の阻害要因

領域毎に研究の現状を把握し、図として可視化したものを領域俯瞰図と呼ぶ。領域俯瞰図の作成には、イノベーションにつながる研究課題を見いだすために有効な基軸の選択と工夫が必要である。

俯瞰とは、学問領域を超えて問題を考察することによってのみ現実の社会 / 自然に観察される課題をはじめて直視し理解・対処することができるという主張を含む考え方であり、1997年第17期日本学術会議活動計画作成における議論のなかから生まれてきたものである。このことを踏まえると、領域俯瞰図は真の「俯瞰図」ではない。

後に述べるように、一つの領域俯瞰図は、一つの領域に閉じた研究課題のコレクションであるから、これのみで直ちに社会的期待との邂逅を求めることは元来難しい。領域俯瞰図(複数)から抽出される機能(社会的価値)をもつ組み合わせを準備し、機能によって詳細化した社会的期待と関連づけるという方法が考えられる。

前章で学問領域について述べた。科学の歴史を見れば基礎研究は領域ごとに行われてきたのであるが、それは領域内研究の知識獲得効率が、たとえば土着知識に比べて圧倒的に高いことから言って当然であった。その結果として、現在の科学的知識は領域を単位とする体系にまとめられている。したがって、研究開発課題作成という立場に立つとき、それが科学のための研究であっても社会のための研究であっても、領域ごとに研究の状況を把握しておくことが重要であり必要である。

ここではCRDSですでに多くの作成がおこなわれて実績のある“俯瞰マップ”について述べるのであるが、その前に俯瞰という言葉には忘れてはならない歴史があるので、この言葉をやや厳密に考えることの必要性に触れておこう。

俯瞰という言葉が学術の世界で一般に使われるようになったきっかけは、1997年における第17期日本学術会議の活動計画作成における活発な議論である。それまでの日本学術会議においては、法律、経済、人文、理学、工学、農学、医学という7領域が厳然と存在し、それぞれの部からの提案が全体で討議されることはあっても、その討議は各領域の利害の調整という性質が強かった。それは“学者の国会”と呼ばれたことから明かなように、学術は領域の集合体として理解され、210人の会員が各領域の利益代表であったのである。それに対して前述の議論は、日本学術会議は領域の利益代表の集まりではなく、すべての領域を含む科学者が平等に属する“科学コミュニティ”を代表するもので、210人は各々の専門性を背景とする固有

の能力を持っており、その能力に基づく視点で見る役割をそれぞれ持つが、現実の領域組織の利益代表であることは許されない、というものであった。そのような、学術のすべての領域を公平に見る視点を、“俯瞰的視点”と呼んだのである【12】。

この俯瞰という概念について、日本学術会議は当初全面否定であった。しかしながら、17期（1997-2000）の3年間の会員による真摯な議論によって、すべての科学者は、研究を通じて自らの領域の進展に寄与することを目指すのは当然であるが、自己の領域に閉じこもるのではなく、科学者の持つ共通の能力と責任において、自己の領域組織の利害を離れて協力し、科学者コミュニティの公平な代表として社会に貢献すべきであることが合意されたのであった。

このような記念すべき経過を経て、俯瞰という言葉は学術の世界に急速に広まっていった。その中心的な意味は、上述の経過から明らかなように、学術領域を超えて問題を考察することにより、またその時に限り、現実の課題をはじめて直視し、理解し、対処することができるという点にある。そして、理解や対処が、抽出された概念間の領域を超えた“関係性”に依拠するべきことをも要請している。

本章の冒頭に述べたように、領域ごとに研究の状況を把握しておくことは重要かつ必要なことである。CRDSでは領域別の「俯瞰図」を作成し領域ごとの研究状況を整理しているが、これは以上の経緯を踏まえた“俯瞰”の意味からすると単に「俯瞰図」と呼ぶのは適切でない。それは領域別の詳細図で、むしろ視点を定めて配置したデータベースといったほうが良い。領域を限定するという点があるにせよ、全体を観るという点で俯瞰という言葉としては間違っているわけではないが、社会的な要望にこたえる研究課題を抽出するという明解な目的を持つ私たちに必要なのは、その目的にこたえる機能を持った表現であることが要請されるから、領域別詳細図では不十分である。必要な表現は、特定の目的意識のもとでの抽出を可能にする構造を内在するものであることが望ましい。そこで、従来の俯瞰図を課題抽出の基礎として“領域別俯瞰図”と呼び、それをもとに領域融合と役割連携によって構造化したものを“構造化俯瞰図”と呼ぶ。これについては章を改めて述べることにする。

領域別俯瞰図は、研究課題を直観性を重んじて2次元平面に書くものが多い。したがって二軸があるが、それらに決まった性質が与えられているわけではなく、領域の特徴をとらえて課題抽出に便利のように選ばれる。抽出に便利ということは、イノベーションを見通すことができるようにということであるから、縦軸は学問的に基礎的な

化水準の順序、あるいは領域の完成度と関係があると考えられる。そこで前章の表3を用いることにする。表の列の上下を逆にすると、下から上へ、領域（最も体系化の進んでいる）、成熟した臨時領域、定着した臨時領域、不完全な臨時領域（領域であるかどうかははっきりしていない）となる。イノベーションとは社会的価値を創出するもので、既存の領域内で扱うことのできない課題を取り扱っているのが普通であるから、扱う諸概念が領域をまだ作ることができないでいると考えなければならないであろう。とすれば、それは不完全な領域になる。それが与えられた社会的価値につながる。表4にその関係を示すが、同表には第三次科学技術基本計画で提示された社会の要望、すなわちイノベーションの目標を表の上部につなげて書いてある。この表は表3に従っているので材料分野の領域俯瞰図などと違って学間領域全般を覆う概括的なものであるで領域を超えた俯瞰図といってよいが、あまりに概括的で、現実の研究課題は見えない。しかし、同表に小さな矢印で示したように、領域を超えて脈絡をつけることによってイノベーションの目標につながる経路が見える。俯瞰とはこのようなもので、これを前提として領域俯瞰図を適用して詳細化することにより、現実的な戦略を立てようとするのである。

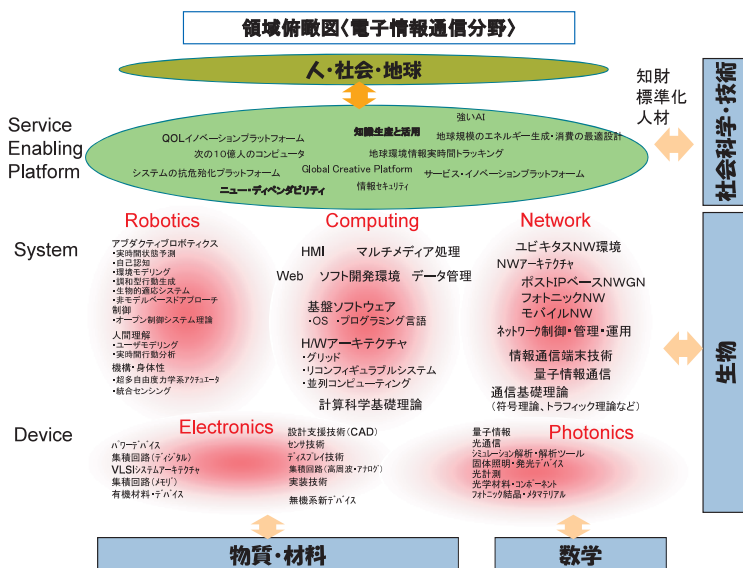


図20 電子情報通信分野の領域俯瞰図（2009）

分析 → 構成 → 設計 → 実現 → 期待

1. 対象 2. 学問領域 3. 実現過程

人工物	新規の人工物	不完全領域	実現
	定着した人工物	定着領域	全体設計
	成熟した人工物	成熟領域	要素機能構成
自然	領域	分析 (課題、期待)	

社会の期待(第3次基本計画)

- (1) 新しい産業・職業の発見・創出
- (2) 持続可能な技術革新の源泉となる知識の創出
- (3) 世界最先端水準のプロジェクトによる科学技術の飛躍
- (4) 地球環境・エネルギー問題の克服
- (5) 健康と豊かさを両立する健康創成社会の実現
- (6) 世界を導く超エッジコンピューティング社会の実現
- (7) ものづくり・パン・ワン・ワン社会の実現
- (8) 科学技術振興を軸とした世界平和と豊かさを創出する力の強化
- (9) 国境を越えようとする力の実現
- (10) だれもが元気に暮らせる社会
- (11) 国土と社会の安全確保
- (12) 暮らしの安全確保

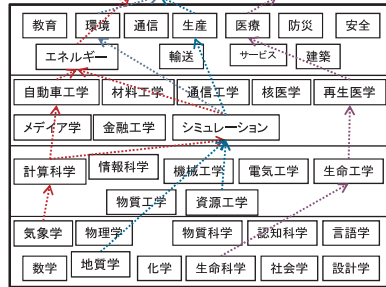


表4 研究目標と俯瞰図

4.1 社会的期待の例

一般に言われている社会的期待には様々なレベルのものが混在している。我々が対象とすべき社会的期待とは何かを、これまでに政府、省庁、研究組織、企業等が作成した文書中に表明された社会的期待の例をみながら考えてみる。その分析は次節に示す。

2章の冒頭に述べたように、研究開発戦略は「社会のための基礎研究」の研究課題を提案することを目的としているのであるから、社会が何を求めているのかを知ることが最も重要なことである。学問の構造の検討の中でも明らかになったように、研究課題を社会の価値に結びつけることの難しさは予想されたのであったが、それを解決するためにはまず社会が何を求めているかを明確にすることが先決であると思われる。そこでそれをここで“社会的期待”と呼んで、その実態を明らかにしよう。

すでに前章で述べたように、第3次科学技術基本計画には社会的期待が明示的に述べられている。そして研究成果がその期待にこたえるべきものとして、研究計画が述べられている。ほかにも、色々な社会的期待が述べられているので、ここではまずそのいくつかを例示してみよう。

(1) イノベーション 25

イノベーション 25 は、2006 年に閣議決定された、2025 年を視野に入れた成長に貢献するイノベーション創造のための長期戦略の指針である。そこには実現すべき課題、すなわちここでいう社会的期待がまず述べられ、それを実現するための科学技術研究課題が述べられている。それを以下に略記する。まず社会的期待は、

■生涯健康な社会形成

治療重点の医療から予防・健康増進を重視する保健医療体系への転換※

■安全・安心な社会形成

高度道路交通システム（ITS）の導入・普及のための利用環境整備

■多様な人生を送れる社会形成

テレワークの定着化（本格化）のための関連制度構築

■世界的課題解決に貢献する社会形成

■「美しい星 50」に基づいた「革新的技術の開発」と「低炭素社会づくり」による実効ある温暖化対策の国際的取組の推進

■世界に開かれた社会形成

国境を越えた頭脳の円滑な移動のための仕組みの検討

■共通課題

情報検索技術の進展に伴う関連制度の検討

ユビキタスネットワークや民生用ロボットの本格普及に向けた環境整備

などである。これらはおおむね社会的に指摘され、合意が得られている期待といえるであろう。これらを実現するための研究課題は以下のように示される。

〈ライフサイエンス〉臨床研究・臨床への橋渡し研究推進のための体制整備－臨床研究者・臨床研究支援人材の確保と育成－臨床研究、橋渡し研究の支援体制整備－医薬品・医療機器の承認審査の迅速化・質の向上のための基盤整備

〈情報通信〉世界最高水準の安全・安心な情報通信インフラの構築（高セキュリティ環境の整備等

〈環境〉国際リーダーとしての率先的な取組と世界への貢献

〈ナノテクノロジー・材料〉学際領域・融合領域における教育等人材育成、拠点形成

〈エネルギー〉研究開発と普及対策との連携強化、成果の国際展開等による社会還元促進

〈ものづくり技術〉団塊の世代が有する知識、ノウハウ等の現場の技術・技能の継承

〈社会基盤〉災害対策における関係府省の連携強化

〈フロンティア〉産学官・府省間・研究機関間の連携強化

となっている。これらは既存の、あるいは進行中でありその成果が期待される研究があげられている。あげられている研究がどの社会的期待を満たすものかについては明瞭な関係は述べられていない。

(2) 研究者からの提案（DOE 国家戦略研究所）

ナノテクノロジーに関して DOE の J.Uldrich,D.Newbrey らが述べたものであり、この場合は期待が技術の言葉で書かれている。

- 水素製造のための水を太陽光で分解するスケーラブルな方法
- クリーンでエネルギー効率の良い製造のための高選択性触媒
- 100 分の 1 のコストで出力効率 20% の太陽エネルギーの捕獲
- 現在の消費電力の 50% での証明を可能にする発光材料
- 自動車、飛行機などの効率を高めるための超強力かつ軽量の素材
- 常温で作用する科学的水素貯蔵材料
- 1 ギガワットの伝送が可能な送電線
- ナノ構造材料から作り上げた低コストの燃料電池、バッテリー、熱電変換材料、ウルトラキャパシター
- 生命体の持つ効率的で選択性のあるメカニズムに基づく物質合成およびエネルギー捕集

研究者は新しい技術の可能性を知っており、それがどのように社会的期待にこたえるかの希望を述べたものともいえる。各項目は社会的期待と技術が組になって述べられている。

(3) 研究者からの提案（産業技術総合研究所、研究戦略・2005 年度版）

ナノテクノロジーに関する技術とそれによる期待の《実現可能な期待》を述べている。

- 低負荷型の革新的ものづくり技術の実現
 - 《コンビニでだれでも使えるマイクロ工場》
- ナノ現象の基づく高機能発現を利用したデバイス技術
 - 《混ぜ合わせた材料にお湯をかけて 3 分で出来上がるインスタント製造プロセス》
- ナノと材料と製造の統合研究開発
 - 《マイクロ空間内で液体の流れや温度を精密制御、高純度薬剤製造》
 - 《有機分子の自己組織化を生体細胞膜に応用》
- ナノによる軽量合金
 - 《超軽量自動車の開発》
- 省資源、高機能化を実現する製造プロセス
 - 《スーパーインクジェット、ナノインプリント》
- 省エネルギー製造技術

《エアロゾルデポジション、塗布熱分解法》

■階層的自己組織化微粒子、動的協働分子の光制御による製造技術

《単一分子固定化基盤、トップダウンとボトムアップの複合による CNT 合成技術》

これらは産業技術総合研究所の研究者たちの研究戦略策定の基本事項として述べられたものであるが、期待は社会的というよりは、製造工業での問題点解決であるが、これも広い意味では社会的期待といってよい。

(4) 新産業戦略（経済産業省、2005）

先端的な新産業分野での、ニーズとシーズ（すなわち社会的期待と実現技術）を組として列举している。

■燃料電池

自動車や家庭用などで大きな市場が期待・環境対策の切り札・市場創出に向け耐久性・コスト面で課題

■情報家電

日本が強い擦り合わせ産業・たゆまぬ先端技術と市場を創成・垂直連携、技術開発、人材、知的財産保護に課題

■ロボット

介護支援、災害対策、警備など人を支援・代替したり、人に出来ないことをさせる
ニーズ・技術力に日本の強み・市場創出、技術開発、規制に課題

■コンテンツ

情報家電ともに大きな成長が期待・日本のコンテンツの広がりが世界の文化や市場にも波及・流通、人材、資金調達などに課題

（市場ニーズの拡がりに対応する新産業分野）

■健康福祉機器

サービス・健康な長寿社会の構築・高齢者の社会参加・財政負担少ない福祉・健康産業の国際展開・制度改革、IT 化、バイオ技術等で課題

■環境・エネルギー機器・サービス

きれいな水、空気、土壌の回復・優れた環境・エネルギー 技術による機器・サービスの開発・環境規制、技術開発、情報開示等の課題

■ビジネス支援サービス

事業再編に伴う非コア業務分離、外注化・ITを柱に新たなサービスが拡大・雇用吸収先としての期待・人材育成、品質・生産性に課題

(地域再生の産業分野)

■地域を基盤とした先端産業

地域環境(産業クラスター)の創出・大学からの技術移転の進展・横のネットワーク化、産学連携、伝統と先端技術との融合、人材育成が課題

■ものづくり産業の新事業展開

地域のものづくりの伝統・文化の潜在力・世界に誇る「高度部材産業集積」・横のネットワーク、製品化、開発、販路開拓、資金調達に課題

■地域サービス産業の革新

集客交流や健康などで、独自の魅力を持った付加価値高い事業の展開・ブランド作り、外部企業との連携推進に課題

■食品産業の高付加価値化

安全・安心な食品の提供と市場開拓・トレーサビリティ、品質管理、ブランド化、効能に関する分析、技術開発と産学連携に課題

(抽出の4条件)

- ①日本経済の将来の発展を支える戦略分野
- ②国民ニーズが強く、内需主導の成長に貢献する分野
- ③最終財から素材まで大企業から中堅・中小まで、大都市から地方まで広範な広がりがあり我が国の産業集積の強みが活かせる分野
- ④市場メカニズムだけでは発展しにくい障壁や制約あり、官民一体の総合的政策展開が必要な分野

これらは国家的見地に立って広い課題で期待と技術を述べている。最後に(抽出の4条件)を明示しており、また各項目に問題点が付記されている。このことは研究推

進方法を見通しているのであって、単なる期待と可能な技術を述べたものから一步踏みこんでいると言える。

(5) 製品開発部門からの提案（技術的に具体化された期待）

企業においては、社会的期待は開発目標である。以下は電気機械工業の企業・A社の例（2002）。企業における考えは具体的であり、これは典型的な例である。

（民生分野）

- デジタル家電用 OS とデジタルテレビシステム用システム LSI 等の開発により、BS デジタル用セットトップボックスを実用化
- アクティブサーバーと、高齢者に使いやすい多機能の患者端末からなる在宅ヘルスケアソリューションシステムを開発

（産業分野）

- 対象物を「Z」の形になぞるだけで画像を高速に読みとれるカラーモバイルスキャナー開発・パソコン上で動作する日中双方向音声翻訳技術を開発

（部品分野）

- コントラスト 3000:1 の CRT に匹敵する画質を実現した高輝度プラズマディスプレイパネルを開発・広帯域再生を可能にするセラミック素子の異形化及び薄型セラミックス技術、歪みを低減する二重構造蝶ダンパを開発しカードスピーカを製品化

(6) 製品開発部門からの提案

電気機械工業の企業・B社の例（2002）

（情報・エレクトロニクス）

- 主要機能の全てを集積回路化し、実用レベルの低消費電力を実現した毎秒 40 ギガビット光送受信機の試作
- 漏れ電流を 0.1 秒間当たり電子 1 個以下に抑えたトランジスタを組み込み、消費電力を大幅に低減したメモリ素子の試作

（電力・産業シスム）

- リニアモータのコンパクト化と低コスト化を実現した直線駆動装置（トンネルアクチュエータ）の開発

(家庭電気)

■家電製品の省エネルギー技術やデジタル化技術等の研究開発

(材料)

■高耐熱ハロゲンフリー基板材料の開発

■携帯電話機用 4mm 角超小型アイソレータの開発

4.2 社会的期待の分析

前節にみたように、社会的期待には拡がりが異なったり、お互いに衝突したり、技術への距離などの観点から多様であるが、水準を次の3つに分類することが可能であろう。①前提・与件、②顕在する社会的期待、③潜在する社会的期待。このうち、戦略立案にとっては第三水準の「潜在する社会的期待」の発見が最も重要である。

今人類がおかれた状況を前提として社会的期待を独善や恣意を排して明確にするには、行動者の行為によって社会・自然に生じた変化の全体を対象として観察（全体観察）することにより、科学的に「社会的期待の発見」を行うという新しい研究が必要である。

独善的な社会的期待に陥らないためには、科学技術による実現可能性を示しながらその実現の可能性についての判断を社会に委ねることが必要である。

以上の例で明らかになるように、すでに社会的期待については多くの提示があり、それを解決するであろうとされる技術的課題も述べられてはいる。しかしながら、それらの提示の根拠については説明が全くないかあっても主観的であり、提示の客観的な根拠が決定的に欠けていると言わざるを得ない。その結果、期待と技術との関連も直観的あるいは恣意的なものとならざるを得ない。そもそも期待というのは論理的に述べるものではないからそれはやむを得ないとする考え方もあろうが、ここでは社会的期待が「社会のための基礎研究」において最も重要な出発点であるという理由によって、その分析が必要である。

科学者が、自治を持つコミュニティの中で知的好奇心に駆動されて研究を行うことが科学研究である、とされてきた科学の長い歴史は、知的好奇心に基づく科学研究が人類にとって貴重な客観的知識を獲得するための基本的条件であることを、その成果を通じて立証している。しかし、環境や国際関係などの、新しく生起しつつある課題を解決して人類が生き残るための知識が緊急に求められるようになり、上記の歴史的基本条件に加え必要な科学的知識を許された時間内に得るための行動が必要とされる状況に、今人類がおかれたことを認識しなければならない。このことが、最初にのべた Lubchenco の指摘と関係する「社会のための基礎研究」が重要なことの理由であり、また2章（学問の構造）で述べた現在の科学研究の限界への反省の根拠である。

「社会のための基礎研究」という立場に立って、生き残るために必要な知識を人類が望んでいることを考えようとした時、その前提として生き残るとはどのような課題群を解

決することなのかについて、抽象的であいまいな理解しかないという状況に我々がおかれていることに直ちに気がつかざるを得ない。課題が明確に把握されていない以上、必要な知識とは既存の知識の組み合わせだけでなく、新しい基礎的知識である可能性が大きい。したがってそれをどのようにして見出すかが持続性時代といわれる現代の大きな課題であり、ここに“社会的期待の発見”という、必ずしも従来は基礎研究の範疇にはなかった新しい基礎研究の領域が最重要なものとして現れてくることを知る。

社会的期待、今それは解決すべき課題であるが、それは社会的に認知されたものだけではなく、人々の心の中で不確定な輪郭を持つにすぎないもの、社会的に浮遊しているもの、それだけでなくまだ人類に感知すらされていないものまで含め、「発見」されなければならないものである。

このような社会的期待を研究開発戦略における政策・課題提言の出発点であると定める。持続性時代においては、この社会的期待を出発とする研究や政策の重要性が増しているのである。

ここで再び前述の社会的期待の例を概観すると、社会的期待といっても多様である。まず期待の“広がり”があり、それは、地球温暖化防止のように世界的に人類共通の課題にかかわる広い期待から、健康の維持のように個人的問題にかかわる狭い期待までである。また、生物資源へのアクセスのように、長期的には共通であっても短期的には利害の対立を生む期待の“衝突”もある。また多くの例に見られるように、期待を実現する技術への“距離”の大小がある。

これらの、広がり、衝突、距離などの問題はいずれ議論するとして、ここでは期待の本質的な問題として“水準”を整理しておく。水準の区別を明示しておくことがのちのシナリオ作成において重要となる。

第一の水準は、期待という表現からは若干はずれるが、最も重要なものとして、与件がある。これは動かしがたい条件で、どんなシナリオを作るにしても無視できないものである。たとえば、我が国の場合、与えられた地理条件、気象条件がある。また人口減も条件である。その他、国際関係などもある。何を与件とするかは判断によって変わる部分があるが、それを明示しておくことが必要である。この与件のもとで行動すること、それが基本的な期待である。

第二はすでに社会で明示されているものである。現在では、科学技術基本計画をはじめ、前述の例で示したように、環境持続、人々の健康・豊かさの向上、日本の

独自文化の維持、世界の持続性への貢献などさまざまなものがある。すでに述べたように、この範疇に入るものの中でも社会的に合意されたもの、国家、地域などのよって相反するもの、個人的なものなど、一様に扱うことはできない。その分類を詳細化することは、今後行わなければならない検討課題である。

一方、社会において必ずしも明示的に示されていない期待があり、それを第三の水準とする。この発見は、観察型科学者によって行われることが期待され、この潜在する社会的期待の発見研究はおそらく今後最も重要な課題になると思われる。

これらは以下の三つの水準にまとめられる。

- (1) 前提・与件（対象とする課題に関係するが、政策によっては変えられない条件である）
- (2) 顕在する社会的期待（文献、委託調査、外国調査など）
- (3) 潜在する社会的期待（分析的研究による発見、仮説と分析：観察型科学者^{*}の主体的研究）

※観察型科学者の観察対象 人：人文科学、心理学、医学…； 社会：社会科学； 自然：自然科学

社会的期待は、主として人々にとって望ましい状況について語られるものであり、具体的なものでないのが一般である。したがってそれは“機能的欲求”と呼べるものである。機能は日常的に身近に使う概念であるが、その分類などは明解でない【14】。したがって社会的期待のカテゴリーを示すことは厳密にはできないが、いずれ社会的期待が研究によって実現されるものとして、研究分野に対応して考えておくことが便宜的に行われることもある。すると以下のような分類が可能となる。

- ・生命科学：健康（医療、食料、飲料水、健康環境）、生物多様性維持…
- ・物質・材料：省資源、省エネルギー、再生エネルギー、高機能機器…
- ・情報：社会の情報システム、情報アベイラビリティ、ディペンダビリティ、グリーンIT…
- ・環境：気候変動抑制、変動適応、災害軽減、国土保全…

など。しかしこのような分類は直感的に行われてものであって、厳密なものでないことを知っておかなければならない。

一方、これらの科学分野に共通な分類もある。それらは、

- ・人材育成・教育
- ・基礎基盤科学振興
- ・指標・統計整備

- ・意思決定支援
- ・グローバル対応

などであるが、これらによって社会的期待を分類する時、やはり直観的予想に基づくことになる。

社会的期待の俯瞰図を書くことは、社会の状況を全体的にとらえ、必要な技術を概括的にとらえることに有効である。しかし、この段階で得られる俯瞰図は概念的なものにすぎず、研究開発戦略策定にそのままつながるものではない。

今まで述べてきたように、社会的期待とは多様で複雑な内容を持つものであることが分かった。容易に理解されるように、社会的期待とは人の価値観にかかわるものであり、またそれは国家などのこれも多様な組織にも関係する。しかもその対象は、自然、社会、人工物のすべてに及ぶ。これは簡単に描出できるものではなく、Popper が指摘するように全体像を描出することが禁じられた課題【15】であると言った方がよい。このことは1章に述べた持続性のための循環で、観察型科学者に課せられた“全体観察”にかかわることであり、それが困難であることはすでに理解されていたのであった。ここでは1章の表1の分類に従って、“漸次的行動と全体観察”という範疇の考え方、すなわち行動者は自ら信じる社会的期待を目標として一つ一つ行動するが、その結果として起きた自然や社会の変化については全体を対象として観察するという考え方によるしかない。

しかしこのことは、“社会的期待とは個人のものだから一般的にあるいは社会的に考えることは許されない”ということの意味しているのではない。社会的期待は、恣意的な思想や信条、あるいは独善的な権力によってその全体像を描くことが禁じられているのであって、科学的に実現可能なものとして描かれる限り、その判断が人々にたいて開かれていて、したがって検証可能性が担保されていることになるからそれを禁じる必要はない。

そこで以下に、独善的な社会的期待の回避を目的として、社会的期待と科学的知識によるその実現可能性とを組にして、同時に考える方法で検討する。これは期待と実現解との両者からの接近でもある。それが次章以下に述べる“邂逅”である。

5.1 問題の設定

社会的期待の体系的記述方法はない。ここでは、抽象的に述べられた社会的期待を機能によって詳細化させるアプローチをとり、機能のレベルで科学技術の研究課題に遷移させることを考える。

この章では、社会的期待の詳細化を邂逅に向けて行うという課題を取り上げる。ここで考えている「社会のための基礎研究」は、社会的状況と無関係に発生する研究者の内発的興味のみによって進められることを基本とする“純粹基礎研究”ではない。ここでの研究は、現代社会が迎えている危機を回避するために科学的知識とその使用が必要であることを自らの問題として認識した科学者が行う研究であり、したがって研究者の好奇心は社会的期待を知ることによって内発するのであり、自から特定した社会的期待の充足を目的として、まだ存在していない科学的知識の発見とその使用とを包含する研究を行うものである。これは内発的動機によって行われる研究であり、また持続性にかかわる危機回避が人類の経験したものでないことからいって新しい基礎的知見の創出が必要であって、基礎研究である。

このような研究者が行う研究においては、領域俯瞰図の項で明らかにしたように、研究者自らの内発的動機があるにせよ研究課題はある特定の社会的期待を実現するものであることが予定されているのが一般的である。したがって研究課題の設定及びその計画において、研究成果が社会的期待にこたえるものであることを、“既存の知識と整合的な予測”によって明示することが課せられている。

さて、前章で明らかになったように、社会的期待は抽象的に述べられることが多い。技術の言葉で述べられることもあるが、そうすると期待は局所的なものになって、一般的検討の対象にならないのであった。抽象的な記述では、それを充足する方法（科学技術の適用をふくめ）を確定的に言うことは困難である。的確な充足方法を見出せるように、それを詳細化することが必要である。それを詳細化していく過程を“社会的期待の詳細化のための記述問題”と呼ぶ。するとこの問題は、それを実現することができそうな技術を安易に考えないで、ということは直観に頼って実現技術を簡単に決めないで、我慢を重ね、できるだけ機能で社会的期待を記述すればするほど解の最適性が上がるという設計の基本的本質を持っていることが予想される。（社会的

期待の記述は設計仕様である)。たとえば、現行技術の改良での期待充足度向上は容易であるが、現行技術を離れて新技術を考案するイノベーションを試みるのは、困難であるが充足度が上がる可能性が大きい。結果の良さは、機能設計に大きな比重をかけた方が向上することが期待される。したがって、社会的期待の記述精度を上げることに意味がある。しかし社会的期待はあらゆる学問分野と価値を含むものであって、体系的記述法はない。この漠然としている社会的期待の精度を上げるための記述詳細化の方法が果たしてあるのか、若干の例題のもとで考える。

図 21 に持続性実現のために必要と考えられる課題を示している。これは社会的期待の俯瞰図であると言えるが、横軸は期待を実現すべき範囲、行動でいえば行動範囲で、ローカル、ナショナル、グローバルとなる。縦軸は、行動要素の大きさ（スケール）、あるいは“構成の原子体”と呼ばれるもので、分子・原子から社会にわたる。この図は世界が持続性に関して何を期待しているかを俯瞰的に理解するためには有効であるが、一つ一つの期待は抽象的であって、それを解決すべき学問的知識を思い浮かべるのは難しい。技術への距離が遠いのである。

そこで図 22 のような関係を考える。これは図 21 のような社会的期待の集合があるとき、その要素の一つ一つがどのような学問的知識あるいは技術によって実現される

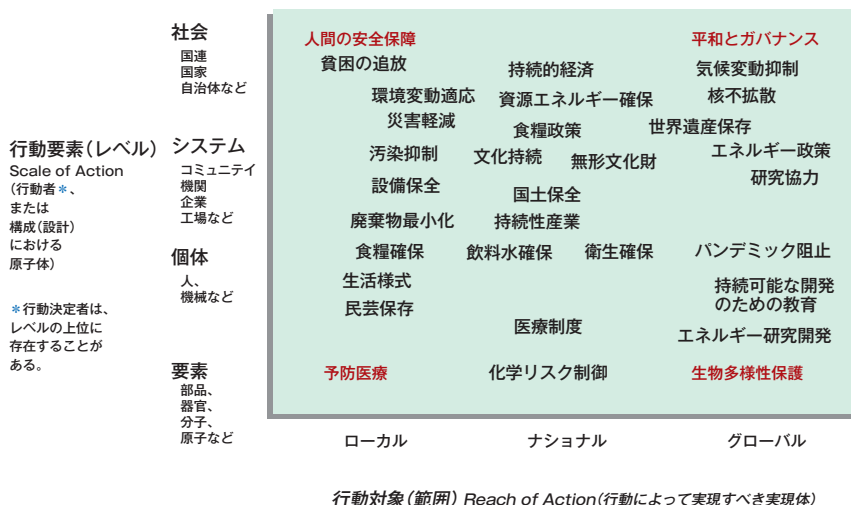


図21 社会的期待（持続性社会）実現のために必要な行動

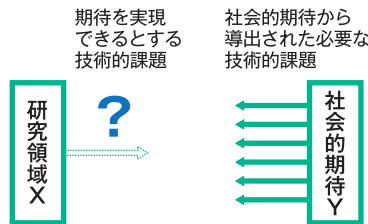


図22 社会的期待の技術に向けての記述詳細化

のかを、要素の記述の詳細化によって知ろうとするものである。その集合の内包を特徴づける概念、たとえば“持続性実現の期待”は、対応する知識集合の内包があらわし、それはこの場合“持続性科学”と呼ばれる。この対応を見出すために期待の記述の詳細化を試みる。

まず図 21 の軸を詳細化することを考える。表 5 は一つの例である。横軸の行動範囲は、行動の結果が及ぶ範囲（実現体）であり、図 21 でローカル、ナショナル、グローバルと略記されていたものは、人にかかわるものとして個人、家族、社会、地方、国家、地域、世界と書ける。また行動要素（原子体）は原子、指定要素（これは考えている問題ごとに適宜に定める）、個人（物の場合は独立して考える個物）、組織（システム）、地方（インフラ）、国家、地域となる（世界全体が一つの行動要素になることは現実的でない）。意思決定の主体となりうるものを行動者と呼べば、それはこの表で次の列ようになる。すると次に行動者を考慮しながら用いる知識が選ばれる。これは学問領域単位で書いてある。続いて領域はより細かく指定される事であろう。

たとえば一つの例をとして生物多様性を考える。これは局地的に考えるだけでは本質問題の解決にならないから、実現体は世界でなければならない。ところが生物多様性に対処する行動を考えると一つ一つの動物や植物の品種の維持が問題であるから、その維持は遺伝子レベル、すなわち分子（原子）レベルで考えなければならず、したがって原子体は原子である。そして行動者は、国家レベルでの合意に基づかなければならないとしたら、国家である。しかし専門的に関与する行動者は広範囲にわたり、自然科学はもちろん、工学、農学、経済学、政治学（法学）、社会学などが関係する。

持続性問題	実現体 (行動範囲)	原子体 (行動要素)	行動者	方法 / 知識 (領域)	方法 / 知識 (臨時領域)	研究
平和 ⋮ 生物多様性 ⋮ 健康 ⋮	世界 地域 国家 地方 社会 家族 個人	地域 国家 地方 組織 個人 指定要素* 原子	国連 各国政府 自治体 企業法人 NPO 法人 経営者 法律家 農業者 作家 医者 技術者 科学者	人文学 社会学 政治学 経済学 教育学 農学 医学 工学 自然科学 抽象科学	研究 領域 CRDS 提案	研究 課題 CRDS 提案

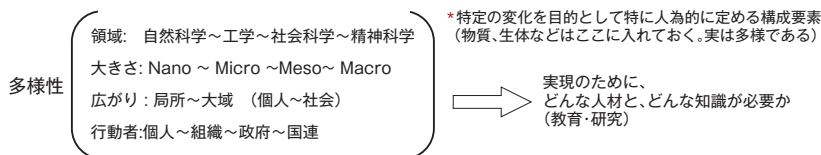


表5 持続性の軸

このように、実現体（行動範囲）、原子体（行動要素）、行動者、専門知識、観察型研究者、構成型研究者、助言、そして研究課題などを次々と脈絡をつけて考えることで、社会的期待を研究の世界で描くことが次第に可能になっていくように見える。しかしこれが概念的にはありえても、現実問題として考えるときに大きな困難にぶつかる。生物多様性の例で実現体から考えると、これは行動が及ぶ範囲であり地球全体である。この段階では地球や生命体についての科学的知識は概略的にとどめる。地球についてはまとまった地域、生命体は種名を考えればよいので、その遺伝子に言及することはない。この段階では主として社会的な意味を考慮しつつで詳細化を進めるのであるが、次第に検討が進むと地質に含まれる元素と生命体の進化との関係などを考慮することになり、先端的な専門的科学知識を必要とするようになる。そして最後は科学の言葉で書かれる研究課題に到達しなければならない。これはどこかで社会の言葉が科学の言葉に“遷移”する点があることを意味し、それが自然に起こると安易に考えてはならない。それをここで、社会的期待と研究課題の“邂逅”と呼ぶのであり、その仕組みを理解することで遷移の現実化を求めるのである。

5.2 いくつかの思考実験

社会的期待の詳細化を進め、独立な社会的期待を重ねることにより、直感的に科学技術課題のイメージが湧いてくること（邂逅）の例をみる。

ここでいくつかの簡単な、しかも直観的な例を考えながら、期待と提供可能な技術の関係とは何なのかについて概括的に理解することを試みよう。これは工学の設計問題と同型であり、設計問題でいえば、期待が要求仕様で技術が期待を実現する解の一つであると考えられる。したがってこれは論理的にはアブダクションであり、実用可能な定型的推論方法が存在しないであろうことは直ちに理解される。以下の3例は論理的根拠もなくまた思考プロセスも明快に述べることもしないが、問題の輪郭を明らかにするための試みである。

例1 少子化時代における製造業の国際競争力維持（持続性産業）

《社会的期待》

途上国から先進国への推移により、産業が全面的に製造業からサービス業へ移行するというのが間違った考えであることが国際的に明確になった以上、先進工業国にとっても製造業の競争力維持は依然として重要な課題である。従って我が国は、多くの途上国が低価格の優位性で製造国家として経済を伸ばしていく中で、少子化、すなわち労働力の絶対数減少、それに加えて高賃金という避けられない条件のもとで、製造業の競争力を上げるという難しい問題を解決しなければならない状況にある。

《与件》

次の条件が与えられている。

- (1) 現場作業者を外国から移入しない
- (2) 過去の製造技術は企業内に温存されている

《仮説》

すると、国際競争力で優越性を保つために、つぎの方法がありうる。

- (1) 他国にできない高度な製品の製造：新材料、高品質素材、難製造品の製造
- (2) 高度な自動化と生産性向上：革新的製造技術、低価格ロボット、
- (3) 部品産業だけでなく組み立て産業も：革新的設計、高度システム製品

《技術的期待》

これらの仮説から技術的期待が抽出される。

- (1) 新素材
- (2) 革新的製造技術、難製造品の製造
- (3) 低価格高性能ロボット
- (4) 高度設計・システム技術

このシナリオを設計学で表現すると図 23 のように書ける。

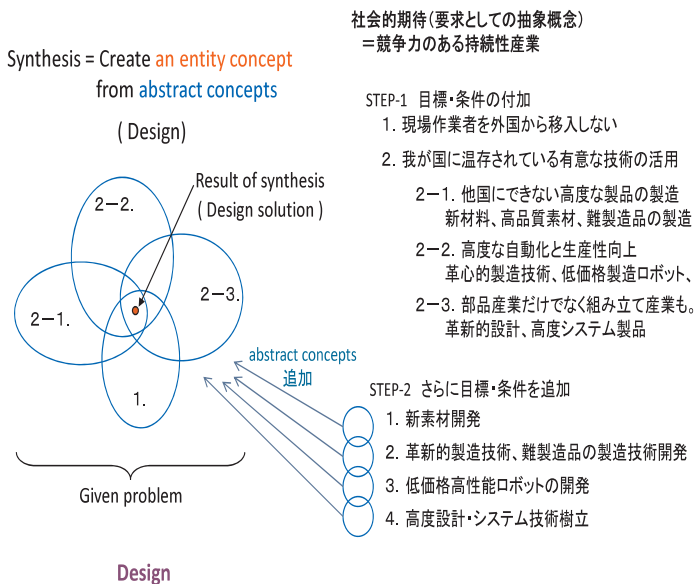


図23 構成：社会的期待から課題へ（例1の図示）

例2 我が国の食糧自給のための基礎技術（食糧確保）

《社会的期待》

いかなる環境変化、国際的秩序の変化の下でも、各国は自国民のための食料の確保が不可欠である。その究極の方法は、国際的協力のもとに協調的に人類全体の食糧確保を求めることであろう。しかしそこに至る道は遠く、その途上でさまざまなリ

クがありうる。したがってわが国としては、まず日本人が、日本において自ら食糧を確保する方法を考えることが必要である。これを基礎研究の課題として考えるなら、わが国の自然環境の下での1億人の食糧確保という課題である。この技術を一般化すれば、これは食料供給の一つのパラダイムであり、ある自然環境の国家が自国民の食糧の自給するための技術の基本的問題を解くという課題になる。自給の実施は経済的な国際関係によって決められるべきものであり、研究は自給可能性の確保のみを目的とする。

《与件》

次の条件が与えられている。

- (1) 人口は増えないが、生活水準は上がり食の嗜好は変わらない。
- (2) 国内で生産し、環境に負荷を与えない。
- (3) 現在と同様の農業生産従事者数は確保できる。
- (4) 技術の現実的実行は、国際状況に従う。

《仮説》

- (1) 生命科学を使って品種改良する。
育種、育苗、遺伝子組み換え、
- (2) 生産資源（土地、太陽、空気、飼料、肥料など）の効率使用。
資源利用技術のイノベーション
- (3) 生産手段の高度化。
農作作業の高度自動化

《技術的期待》

- (1) 環境適応種研究（動物、植物、微生物）
- (2) 農業用構造物研究
- (3) 汎用農業ロボットの開発
- (4) 農業者の作業環境向上研究

例3 2020年に二酸化炭素排出25%減（1990年比）のための研究戦略

《社会的期待》

国際貢献と日本の国際的地位の確保。

《与件》

国際的に宣言した。

《仮説》

新エネルギー技術の研究も行うが、それを主役とすることのリスクが大きいので、研究課題抽出の視点であらゆる既存技術の可能性を再点検する。以下に略記、内容省略。

(1) 省エネルギー (1)

情報ネットワーク、家庭、運輸

(2) 省エネルギー (2)

発電効率など既存の技術向上

(3) 再生エネルギー

太陽、風力、バイオマス、潮力、地熱、水素技術（安全利用技術・水素生産）

(4) 原子力

本質安全、核燃料サイクル、燃料廃棄新規

(5) 新再生エネルギーの開発

小落差水力発電、家庭別地熱利用、エネルギー再利用

(6) 吸収

これらの実験から、期待の詳細化を進めてゆくとある時直観的に解が思い浮かぶことに気づく。同時に社会的期待を実現することができそうな技術を安易に考えないで“機能で社会的期待を記述”すればするほど解の最適性が上がるという設計の基本的本質が社会的期待の記述問題にはあるという予想が正しいように思われる。

これを設計学的な写像モデルとして表現できることを第1の例について図24に示す。この場合、社会的期待は競争力向上であったが、それに“関係する”（付加的な）社会的期待があり、その関係を明示することによって「期待の現実化」が進むことをこの図が表している。これは設計仕様が機能空間上で狭くなると、解に近づくという設計学の示す定理【16】に対応していて、興味深い。この場合のように、人がシナリオを考えている時、抽象的期待の抽象度が高い間は具体的な解をなかなか思いつかないのに、（独立の）期待を重ねると、とたんに具体的なイメージがわくという、上記の例に見られる現象を説明している。

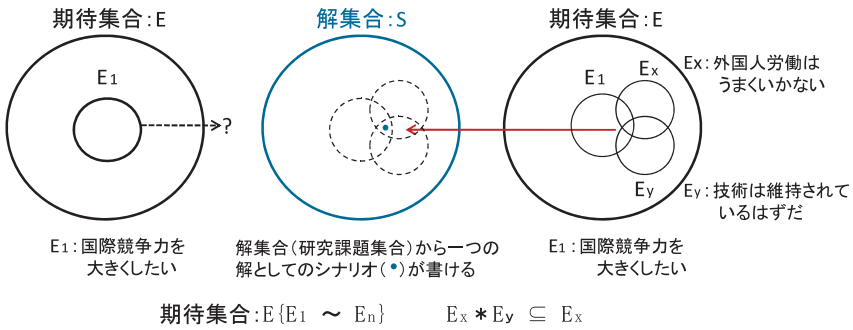


図24 例1の集合論的設計学による表現

5.3 研究の最初の部分としての戦略立案の重要性

社会的期待の詳細化により科学技術課題に遷移する過程は構成的であるため科学的手法は定まっていない。しかしCRDSでは、その構成的作業を記録し、繰り返すことによって構成方法についての共通知識を抽出し、成長させていかなばならない。また、この過程は拡大された「研究」の最初の部分であり、ここで起こる俯瞰的視野による遷移を研究者のみでは担え得ない。CRDSはこの遷移を担う。CRDSの行っている研究開発戦略立案は研究の最初の部分である。

社会的期待の記述問題で、期待から技術への遷移点の位置により解の性質が変わることを、ここでもう少し詳しく考える。

社会的期待を出発点として研究課題（プロポーザル）導出する過程は、構成的である。すなわちその思考過程が構成的であり、手続きも構成的である。構成的思考は分析的思考と違って科学的と呼べる手法が定まっていないために、多くの場合試論的な性格を帯び、従って得られた結論の正当性を客観的に言うことができない。

しかし、構成的思考は決して単なる偶発的なものでなく、正しい解（より正確には正しさに近い解）を得る能力が習熟によって向上することは確かなのであって、まだ知られていないにせよそこに作動可能な方法が存在することは間違いない。したがって現実には構成の過程を繰り返すとともに、その過程を認識し、できるだけ客観的に記録することが個人的習熟の戦略として有効である。しかし、CRDSは研究過程を導出する専門家集団であり、この過程の認識および記録が私たちの間で共有され、構成方法についての共通の知識として協力しつつ成長させてゆくことが求められている。

遷移点により解の性質が変わることを考えるためには、研究戦略策定の段階だけでなく研究のすべての流れで考えることが必要である。これを簡単に図示すれば図25のようになるであろう。社会的期待から研究課題が導出されたとして、その後は研究者が研究計画を立て、研究実施し、社会に公開する。それに続いて構成的研究がおこなわれる。社会の行動者はそれを利用してイノベーションを起こそうとし、成功すればその結果は社会に普及する。すでに述べた進化の循環系によって、その普及は観察されて再び新しい社会的期待を生みだしてゆく。同図にはバイオエネルギー

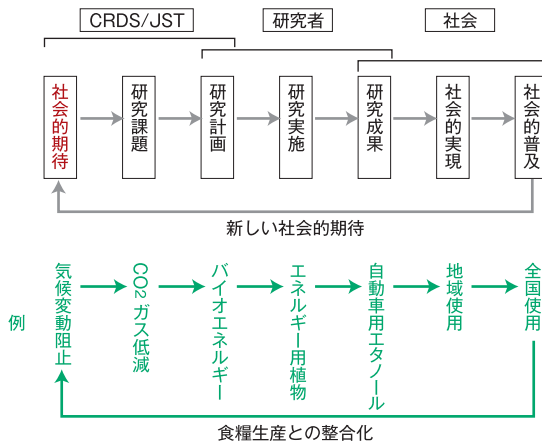


図25 社会的期待に対応する研究の流れ

の例を示したが、この場合普及が食糧問題との対立を生み、その解決が新しい社会的期待となったが、供給国の努力によって問題回避の可能性が示された。この経過は図25の下部に示した循環系によっていると考えられる。

図26は図25のようなループを構成する、研究に関係する人々を記しているが、これらはみな研究に主体的に参加する人々であるから拡大された定義のもとで研究者と呼ぶのがよいが、このことは後で述べることとし、ここでは狭義の研究者を研究者と呼んでおく。

さて、研究計画を作成する主体は（狭義の）研究者であるから、ここではすでに遷移は終わり、科学の言葉になっている。したがって、遷移は社会的期待から研究計画の間、すなわち左側二つの推移（矢印）の間で起っているはずである。第二の推移で起こるとすると、研究費配分機関（JST など）は社会的期待を社会の言葉で述べ、研究者がその期待を実現する可能性を持つ研究を独自に考案し、それを研究計画として提案することになる。極端な例では、たとえば生物多様性を維持したいという社会的期待があるとき、配分機関がそれだけを言う。するとあらゆる学問分野の研究者から多様な提案が提出されることになろう。これは一つの方法で、研究者が期待にこたえる研究を自由に考えるのだから、研究の自治という点からいって

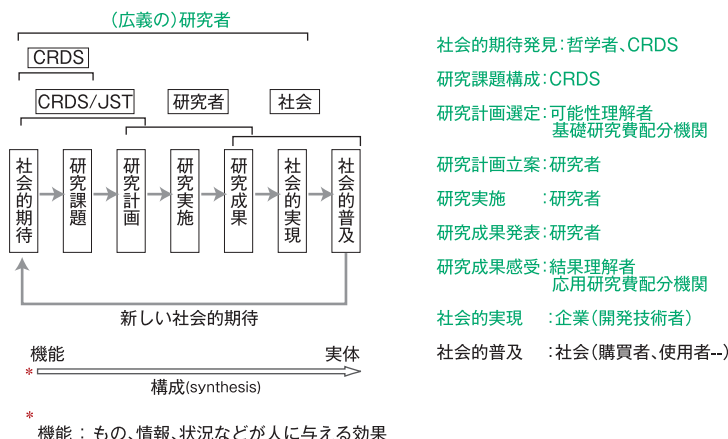


図26 社会的期待に対応する研究に参加する（広義の）研究者

正しいやり方であるとも言える。しかし、小さな課題ではこの方法も十分可能性があろうが、公的研究費を投入する社会的に大きな効果を期待する大規模研究では俯瞰的な視点が必要であって、たとえば他の学問の状況とか学問のこれからの進展などの、研究者が一人で考えるだけでは思いつかない要因が重要になるのであって、このやり方には限界がある。したがって期待から科学への遷移は第一の推移（最左端の矢印）で起こっていないなければならないことになる。解の最適性を上げるためには遷移が研究開発戦略としての研究課題作成の途上で行われるべきことを意味し、ここを担当するのはCRDSであるから、その遷移の責任はCRDSが負うのである。このように考えるとCRDSで私たちが従事している研究戦略策定という仕事は、すでに始まった研究の中にあると考えた方がよい。

5.4 邂逅に向けての社会的期待の詳細化

遷移可能な詳細化した社会的期待を導出する手続きとして、社会的期待の表明・前提 / 与件の考察・社会的期待の水準別発見・社会的期待実現のためのシナリオ作り・詳細化した社会的期待の最終表現への到達、という手順を例示によって示す。このような詳細化のプロセスは、新しい潜在的な社会的期待（例：「変化の科学」、「利他主義」）の発見に有効である。

思考実験で、期待の詳細化が進むと突然それを実現する可能性を持つ科学的知識あるいは技術を思いつくことを経験したのであった。しかしこれは直観的な着想が起こるという経験的事実が分かっただけであって、その仕組みが理解されたわけではない。ここで結論を先に言えば、社会的期待を社会の言葉で詳細化している限りはそれを実現する科学または技術の発見が、直観的にはできたとしてもその手続きを定型的に描きだすことはできない。それをするためには、科学の側の表現をも変える段階まで待たなければならないのである。このことは、邂逅には両者からの接近が必要であることを意味し、したがって社会的期待の邂逅に向けての詳細化は一つの必要条件なのである。科学からの接近については次章で述べることにして、ここでは上に述べた社会的期待の特徴をもとにしつつ、ひとつの詳細化を、著者自身が行った例を紹介する。

最も重要なことは、社会的期待は多様で複雑なものではあるが、恣意的、独善的なものは許されず、科学の言葉によってその実現可能性が述べられていなければならないことであったが、ここではできるだけ期待にたいする解（科学あるいは技術による実現可能な解）の最適性を上げることを目標としつつ詳細化を進める。

今までに明らかになったことは、(1) 社会的期待は多様である、(2) 社会的期待には水準がある、(3) 社会的期待が当初から科学あるいは技術の言葉で表現されているときは局所的な期待であり社会に大きな広がりを持たないものが多く、したがってできるだけ機能の言葉で表現されるのが望ましい、(4) (独立の) 機能を多く含む期待の方が、解の導出（思考実験では直観による）が容易ように思われる、(5) 期待から解への遷移は研究課題作成（CRDS）の過程で現れる、(6) 研究課題作成者は研究が駆動する循環ループの一部として循環過程に参加する、などであった。これ

らを考慮しながら手順を定め、政策提案あるいは研究計画につながる社会的期待へと詳細化を行うことになる。(ここで科学の言葉で書かれる政策提案や研究計画などを、社会的期待に対応させるためにまとめて“科学的期待”と呼ぶこともある)。

社会的期待を探索・発見し、得られた社会的期待から出発して科学の言葉で書かれた政策提案に遷移可能な詳細化した社会的期待を導出する作業を、以上に得られた知見を参照しつつ著者が行ったのが以下の例である。それは下記の手順である。社会的期待は構成的手法・思考によってつくられた一つの仮説的シナリオであり、それから政策提案を導出する過程もまた構成的手法・思考による。

《手順》

- ・社会的期待（原始的）の表明
- ・前提・与件（調査・分析：対象とする課題に関係するが、政策によっては変えられない条件である）の数え上げ
- ・社会的期待の水準別発見（調査・分析）
- ・社会的期待実現のためのシナリオ（仮説構成と分析）
- ・科学の言葉へと遷移するための最終表現としての、詳細化した社会的期待（仮説構成）

(1) 社会的期待（原始的）の表明

新興工業国の急速な成長により、我が国が豊かさと文化を守りつつ、しかも世界の持続性維持の重要な一員であり続けるためには、科学技術でその独自性を展開していくしかないと思われる。科学技術を重視しつつそのような国でありたい。

(2) 前提・与件

- (A) 要請：世界は人口増と経済拡大、および資源不足・環境劣化問題で人類未経験の状況にさらされる。その中で日本は少子化とともに、世界経済 10% 国家から 3% 国家と小さくなる。このように、今わが国が迎えている持続性時代とは、持続性実現に向けて進む人類共通の課題の中で、日本が現在と異なる世界的位置に置かれることを認識する必要がある。その中で、過去とは異なる未来を切り開きつつ世界に貢献する国家として存在してゆくためには、科学技術（人文・社会科学を含む）のあらゆるセクターで、新しい知識を生み出す

“研究者（思索家）”が必要となる。

- (B) 現在の状況：豊かになった国の若者の労働インセンティブは、より豊かになろうとするものではなく、生活さえ保証されれば、あとは興味を持てる仕事に就き、人間関係自由、組織に縛られない仕事に従事したいと考える。研究者はそのひとつのタイプである
- (C) 我が国の実績：我が国は大学、研究所、公的機関、企業などに高度な研究者のポストを作ってきた歴史があり、少なくとも特定分野で国際的水準が高い。

(3) 現代の水準別社会的期待

(A) 不可欠な条件

- ・雇用拡大：期待される職種が十分な数準備され、適正な就職が可能。
- ・産業競争力：基礎研究に基づく持続性適合製品により国際競争力の高い産業。
- ・持続性：温暖化効果ガス 25%減（国際的宣言）

(B) 顕在化している期待=要求

- ・持続性：気候変動、変動適合、生物多様性、水制御；再生エネルギー、省エネルギー、途上国援助などへの科学技術の貢献
- ・生活：安定した生活
- ・職業：多様化する若者の期待を満たす多様な職種による十分な雇用

(C) 潜在的期待=社会的問題（気付かずに、あるいは漠然としか認識されぬまま拡大している問題）

- ・価値観：変化
- ・教育・研究：不必要な競争からの脱却
- ・社会：能力の正当な評価、権限と責任の明確化、硬直性の打破、透明性の向上

(4) 仮説的シナリオ（これからの研究者）

《基本的方向》

- (A) 人材強化：研究者の増加（研究者および研究志向の強い人材）。
- (B) 産業：研究者の研究に支えられる新企業を産業の主力とする。産業構造も変化し、わが国の産業は全体として持続性技術と持続性適合型製品を産出するものとなる。

《新しい研究者》

- (A) 社会的位置付け：教育・研究機関に研究者のポストを増やす。
- (B) キャリア：研究者になる過程を多様化し、また研究者の待遇を上げる。
- (C) 再定義：研究者の定義の拡大（思索し創造する者）。研究者〈観察型（分析的）基礎研究者、構成型（設計的）基礎研究者、研究実施者を含む〉、研究戦略立案者、研究資金配分者、研究成果使用者、設計技術者、起業家などを相互移動可能な職にして、研究を一般の人の身近なものにする。これは図27のような職業間の相互移動であり、周辺職業は他の職業と隣接する。
- (D) 連続的職業構造：研究という職業の定義を拡張に従って、研究者から非研究者への変化を連続化する（研究系職種間およびその周辺への移動の容易な）社会的構造の創出。
- (E) 教育システム：多様な拡張研究者教育のシステムを、教育・研究機関だけでなく産業内に創出する（すべての職が教育機能を持つ）。
- (F) 職業選択・職業の変更を尊重しつつ、変更が損失にならないキャリアパスを準備する。

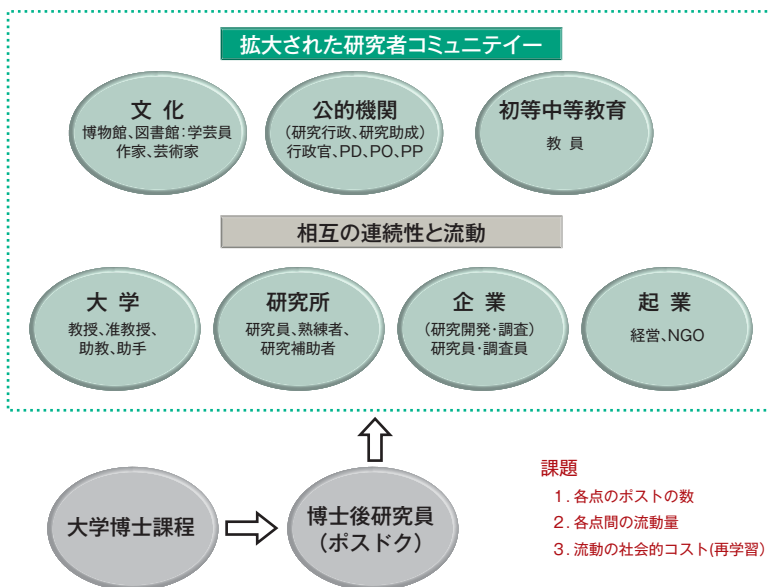


図27 研究者の拡大と連続的職業構造（キャリア構造化戦略・流動促進戦略）

(5) 科学的期待への遷移

社会的期待は分析と構成によってかなり詳細化されたとと言えるが、この段階で社会的期待に対応する科学的期待が描き出せるかどうかを考えよう。シナリオをみると、関連するものとして、新産業、産業構造の変化、持続性技術、持続性適合型製品、研究者の増加、研究者の再定義、新しい研究者が作る構造、連続的職業構造などがある。それぞれは、まだ科学的期待とは遠いけれども、さらに図 24 に示すような考え方で社会的期待を付加することによって、科学の世界に入ってゆく可能性は大きくなったと言えるであろう。入ってゆく作業はここでは行わないが、これまでのところで以上のような手続きに従う社会的期待の詳細化が、科学的期待へと遷移するのに有効であることを認めよう。

ここではこのような詳細化が、新しい社会的期待を気付かせる、すなわち潜在的期待の発見に有効であるという、この方法に内在する重要な働きについて検討を加える。

シナリオで得られる諸事項の間に共通するものとして、“変化”がある。私たちは社会のあらゆるセクターで改革、改革と言い続けていて、変化が当たり前のように感じている一方で、改革疲れとか、変化に対する抵抗を実感している。しかし、変化をともに取り上げてその実態を明らかにしようという努力はほとんどない。研究もない。

我々が「社会のための基礎研究」の出発点として取り上げるべきものは社会的期待であるという考えに立って社会的期待の詳細化に取り組んできて、その結果が変化なのであれば、ここで“変化の科学”を、研究課題の一つとして描き出すことが我々の責務ではないか。

このことを検討することで、次のような問題に到達する。最初の与件として 2050 年には不可避免的に日本が相対的小国になるというのがあったが、そこでも存在感のある新しい国であるためには、これらの変化を続けることが必要であると考え。したがって常に構造が変化する数十年を過ごす。すなわち変化が恒常的なものとしてすべてを考慮しなければならない。産業（製品、業務形態、従業員など）はもちろん、政治、行政、教育、福祉など、すべてその体系が変化しその結果さまざまな立場の交代があり主役も変わる。その変化が恒常化するとすれば、変化の仕組みをそのうちに含む安定社会とは何かを考えることを避けるわけにはいかない。

まず、変化が対立・争いでなく相互利益を生むことは可能かを考える。たとえば変化には次のようなものがある。

- ・伝統大企業 → 新興企業
- ・物質産業 → 機能産業
- ・A 研究分野 → B 研究分野
- ・大量教育 → 小人数教育
- ・一方向メディア → 対話メディア
- ・開発型科学 → 持続性科学
- ・（若手研究者は）労働力 → 宝物
- ・模倣型社会 → 自己組織化社会
- ・分断型研究 → ネットワーク型研究
- ・資源（負の資源も含む）の争い → 資源の共有（CO₂ の例）

など数え上げればきりが無い。

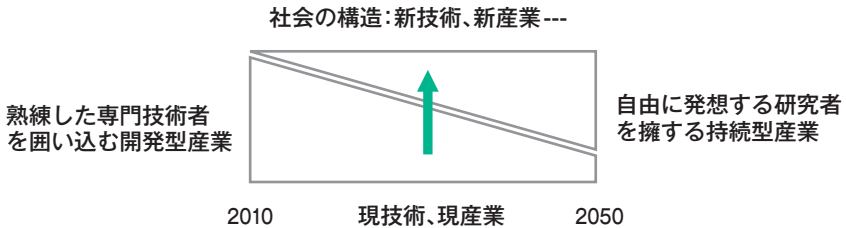
たとえば産業の変化の例を図 28 に示すが、変化は不連続に起こるのでなく、常時そして徐々に、すなわち“漸次的”に起こる。このことが、変化が恒常化するということの理由である。産業の変化で、伝統大企業→新興企業を考えると、それは決して簡単なことでないことが分かる。これは我が国の持つ問題だと言われることもあるが、おそらく本質的なことである。それは以下のように現象する。

- ・伝統企業が新企業の起業（ベンチャー）を敵視、競争する。
- ・弱い新企業が勝つ可能性は低く、起業成功率は低い。
- ・起業への民間投資が増えない。
- ・時代の変化に対応する産業構造の変化が起きない。
- ・経済が停滞し、国際競争力が低下する

この悪循環を解決しなければ、我が国が変化時代を積極的に生き抜き、経済が活性化することはあり得ない。そのためには以下のようにならなければならない。

- ・伝統企業が新しい起業を歓迎する。
- ・起業成功率が上がる。
- ・民間投資が増える。

- ・個人資産にとっても有利な投資と位置づけられるようになる。
- ・技術開発が進み経済も活性化する、伝統企業も安定的な発展が可能となる。



Economics of Transition=Altruistic Economy (利他的経済)

図28 産業の漸次的変化（変化の経済学）

これは正の循環である。

この例でもわかるように、ある変化が起きようとするとき、その変化に関係する者の間での未来についての共通の理解があることが変化を容易にするものである。しかし現実の多くの場合はそのようになっていない。むしろ近視眼的に見てしまい、矛盾であり自己にとって不利であるとの認識により変化に抵抗しようとする。その結果“変化のコスト”が増大する。我が国はそのような状況に陥っているのではないかと考えられるが、その解決はどのようにして可能となるであろうか。

ここで提案するのは、“利他主義 Altruism”である。（利他主義は多くの学問領域で論じられているが、ここではそれらには触れず簡単に、「ある集団が生き延びるために集団の構成員が同じ集団の競争相手に利するように行動すること」としておく。）変化における主役交代として、図 29 のような例があるであろう。左の列のような項目が新しい課題として変化が起こってきたとき、今主役である自己が、脇役である他者と交代することが期待されるとする。そのとき両者の関係が争いになると、それは集団（日本という社会）の中の内部摩擦で、利益のないコストを集団が支払わねばならないことになる。たとえばネットワーク研究が必要と考えられるとき、今最も陽のあたっている研究グループがその状態を維持するために競争者を排除したり、また競争的資金制度がその研究グループだけを支援して他を排除するようになっていたとすれば、その分野の研究は国際競争に負け、引いては我が国の公的負担研究が劣位

となる。我が国に内部摩擦型の競争をやっている余裕は最早ない。

図 29 を概観すると、そこにも多くの科学研究の課題への遷移の必要性があることが分かる。まず社会的期待の詳細化を進めるとそこに多くの部分的な期待が見出される。その一つ一つは、人文科学、社会科学、生命科学、物質科学を含む科学によって実現されるもの、すなわち期待から実現科学への固有の遷移を予想させる。このように、社会的期待の詳細化は必要な遷移を数え上げる。そしてこれらを科学的期待に向けて実際に遷移させるために、科学の側でどのような表現が必要かを検討するのが次章の課題である。

課 題	自己(他者)	他者(自己)
社会のための科学	分析研究者	構成研究者
持続性ための科学	開発性科学	持続性科学
ネットワーク研究	孤立学派	他の学派
俯瞰的視点	自己の学問領域	他の学問領域
世界の安定化	先進工業国	発展途上国
生物多様性持続	人間	他の生物
自然環境重視	都会	農村
資源分配	占有者	非所有者
国際化	日本人	外国人
世代交代	大人	若者
地方分権	中央	地方
産業交代	伝統企業	新興企業
産業構造進化	製造業	サービス業

図29 持続性を可能にする利他的社会 (Altruism)

観察型科学と構成型科学の連携が重要であるが、研究態度、思考方法が異なるため協力が難しい。この連携を実現し良い循環の姿（持続性時代のイノベーション戦略）を実現することを目的として本格研究なる考え方を導入する。本格研究の実現には、観察型研究、構成型研究、製品研究を組み合わせた領域融合と役割連携が必要となる。

この場合、社会的期待の機能による詳細化と同時に、構成型研究領域の側からも社会的期待に接近するための再構成が必要である。この再構成のためにはいくつかの領域俯瞰図にある研究課題を選んでから領域融合と役割連携を満たし最小機能を発揮する組み合わせ（「機能的最小ネットワーク」とよぶ）を作成する。社会的期待が機能として詳細化されていれば、機能的最小ネットワークと社会的期待との邂逅が可能となる。

さらに進んで、機能的最小ネットワークを要素とする構成型研究の俯瞰図と社会的期待の俯瞰図、観察型研究の俯瞰図を比較し、持続的なループを構成する可能性のある要素を連結できれば本格研究の抽出が可能となる。

構造化俯瞰図の作成は、本格研究の組み合わせを発見し、全体観察に基づく持続性時代のイノベーションの姿を導き、持続性に関わる切実な課題に先駆けて対処する戦略立案方法として有効であろう。

4章、5章で述べた詳細化された社会的期待に適合する（conform）研究の俯瞰図を作ることを考える。前章までで科学的期待と呼んだものは、科学研究の立場では研究開発戦略（CRDS）あるいは研究計画（研究者）であるが、それが実施される研究領域を定めることがここでの課題である。その領域で研究が行われ、結果として社会的期待にこたえることが予定されている。ところで前章までに述べたように、社会的期待が詳細化されても、その一つ一つがすぐ特定の研究領域に結びつかないのはなぜなのであろうか。たとえば3章の領域俯瞰図の中の要素としての研究領域が、そのまま詳細化された社会的期待の一つに結びつくとはできなかった。したがって、図22は図30のように書き換えなければならず、研究領域の方からも社会的期待に接近するために、領域が再構成されなければならないのである。

ここで再び1章（科学者の役割）の図2、あるいは2章の図14から図17に示した科学者が参加する持続的進化のための循環構造（ループ）を使って考えることになる。すでにそこで述べたように、このループ上に必要な情報を循環させるためには、観察型科学者にとって困難の多い“全体観察”や、構成型科学者が行動助言する時に必要な、領域を超えた“構成的思考”についての方法的不十分さなどにより、

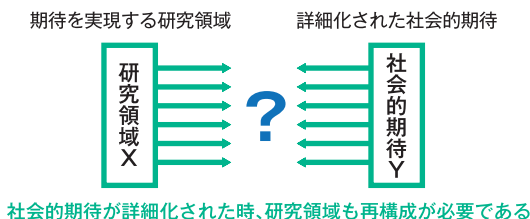


図30 詳細化された社会的期待へ接近する研究

社会的期待に既存の領域の研究を簡単に割当てることが困難であることは十分に予想されていたのである。したがってここで、詳細化された社会的期待を参照しつつ、この困難を解決する方法を探し出すことが必要となる。

社会的期待と研究領域とが適合するためには図2のループで実際に循環が起これなければならぬことから、次の2点を充足するものでなければならない。

- (1) ループにおける観察型研究、構成型研究、行動者の行動の三者の好ましい連携
- (2) 既存領域に属さない概念、あるいは異なる領域の属する概念群を対象として、整合的に操作することが可能な方法の考案、すなわち領域の融合による臨時領域の創出

これは土着知識の復元に他ならない。土着知識が事実知識、使用知識、意味知識に分割されて図10のような状態にあり、しかもそれぞれが特別な関心による抽象化によってさらに領域化されているが、それらを復元するということであり、それは図31のように意味の統合と領域の統合という二重の統合によって復元ができることを意味している。しかしその復元作業は決して簡単ではない。しかも現在のところ、これらを行うための論理的手順が見出されていないばかりでなく、経験的にも定型的な方法が得られているわけではない。

意味の統合の難しさは、意味を付与するための事実知識と使用知識とが、異なる論理あるいは手続きで生み出されるものであることによる。事実知識は、観察を通して行う現実存在の理解の結果あるいはその集積としての知識体系であり、その理解は

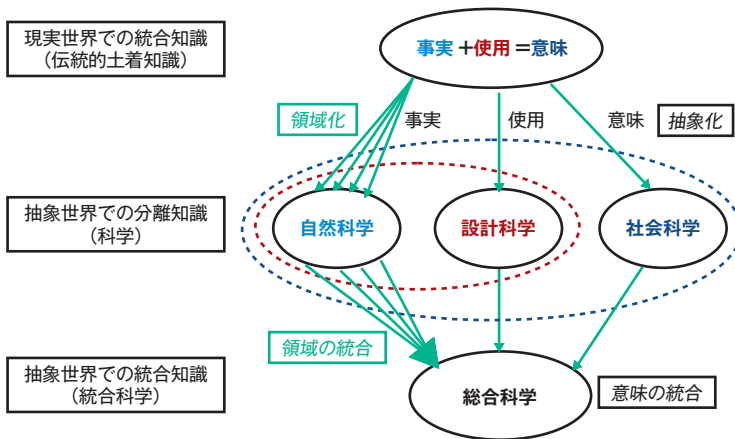


図31 知識統合： 意味の統合と領域の統合

“分析（analysis）”という手続きによる（事実から事実を支配する法則へ）。一方使用知識は知識（分析の結果得られた体系的な科学的知識）を使用して新しい現実存在を構成するための知識であるがその使用は“総合（synthesis）”と呼ばれる手続きによる（法則群から事実へ）。その関係を図示すれば図 32 のように書ける。

観察における分析とは、対象のある性質を知るためにすることである。その性質に該当する既存の領域が存在する場合（たとえば、対象の形を知るためには分析が必要であるが、形に関する体系的知識、すなわち幾何学と、対象の形を測定する測定方法とが領域として準備されている）には、体系的な方法（実験・測定と論理）によって対象を分析・理解することができる。既存の領域では扱えない対象については（たとえば、生命の発生や、長期気候変動）、領域や測定法を仮説として作らねばならないが、仮説としての領域が出来上がればそのもとで、理論的分析が可能である。この場合、仮説の正当性は理論的分析と実験結果の一致によって確からしさを増してゆくが、不一致が出現すれば仮説は棄却される。観察型科学の中心にある分析的方法は、主観を排除して事実についての共通の理解を得るものであり、“科学的方法”が長い歴史をかけて作られてきた過程で公認された標準的方法である。これは 2 章の図 12 に示したパースの、学問の抽象化水準の向上が学問領域の発

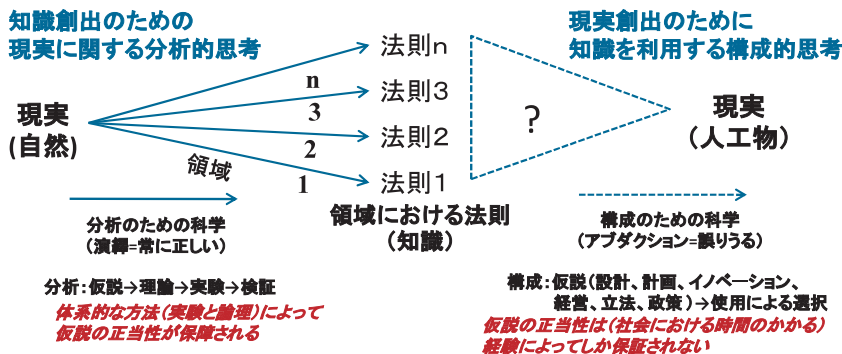


図32 分析と構成（思考の非対称性）

展であるという主張に従えば、事実から法則へという分析的方法はまず記述科学であり、次に分類科学という過程を経て法則科学の方法に到達したということになる。

ここで重要な事実を指摘しなければならない。それは法則科学に至るとその領域内で計算あるいは論理的推論によって構成を厳密に行う定型の方法が得られるという事実である。たとえば、法則科学である力学の場合、ある物体が真空中を飛翔する与えられた軌跡を実現するための投擲の初期条件を厳密に“構成”することができる。しかしこの構成能力は領域内の課題に限定されていて、領域外知識を必要とする一般の構成で使えるものではない。

一方、構成における総合では、特殊な例（法則科学の形をとるようになった臨時領域、たとえば強度部材設計のための材料力学）を除いて、確からしい構成結果を得るために有効な領域は存在しない。そこで現実的には、領域といっても与えられた課題にしか適用できない“最小領域”とでもいうべきもの（これも臨時領域である）を作って構成を実施することになる。このような領域では、確かな、あるいは社会的に認知された、対象記述法、関係記述法、測定法などが何もない。

多くの領域を必要とする場合には、法則（あるいは分析結果）から事実へという構成は臨時領域を創って行うのであった。しかし多くの領域を含む臨時領域は、パースの考えに従えば記述の段階でしかないのが普通である。記述科学は定型的手続きとしての構成能力を持たないので、構成員は“個人的法則”（作業仮説はその一つ

である)を仮説的に導入して、疑似的に法則科学の形をとる臨時領域を作り、そこに現れる定型的方法に従って最適な事実を構成する。これが前述の法則を持つ最小領域ではあるが、法則が公認でない以上結果の最適性も公認されるはずはなく、結果として最適性判断を社会にゆだねる、ということになる。構成型研究は見掛け上観察型研究に比べて整合性に欠け、しかも構成者の直感に頼るので、構成型科学は観察型科学に導かれてのみ可能な、単独では科学といえない科学の“応用”であるとししばしば言われる。しかし、以上に見たように、構成は観察と本質的に違う行為であって、相互に独立である。それは、図 32 及びそれに続く観察と構成との説明でも明らかなように、両者は異なる論理に基づく全く違う思考方式によって行われる基礎研究であるからである。そこで観察型研究を第一種基礎研究、構成型研究を第二種基礎研究と呼ぶ。とくにイノベーションを考えるときは、続いて行動者の一部が社会の中に普及させるための研究を行うことがあるので、それを製品化研究と呼んでおく。以下は主として第一種と第二種の連携を考える。

異なる役割を持つ研究の間の連携が持続性の進化のための循環系を駆動するために必要なのであるが、論理、関係領域数、抽象化水準、手順などに関して思考方法が違うことが、両者の研究実施上の協力を難しくしている。観察型科学者は主な作業が分析であって、その研究結果は記述、分類、法則のいずれをも含む可能性があり、いずれの場合も正当性を同じ領域の研究コミュニティの内部で検証できる。しかし構成型科学者は多くの領域を統合する作業が中心であり、作業の結果を領域コミュニティ内部で検証することは不可能である。しかもこの作業は個人の着想、論理でいえばアブダクションによっている。これらの違いは両者の研究態度を異なるものにし、対話の可能性を低くする。その結果、両者は異なるコミュニティを形成して(大学の理学部と工学部はその一例である)共同することがなく、観察型科学者は研究成果を一方向的に発信し、構成型科学者はその中から自らの都合で選択して構成の根拠として使用するという貧弱な連携しか可能でなくなる。これが2章図6の原因である。これは両者の関係が一方向で恣意的な関係による貧弱な連携である。

これでは良い循環は得られない。そこで考案されたものが本格研究である【6】。これは図33のように書かれる。本格研究は「観察型研究によって得られる新しい科学的知識に基づく構成的研究によるイノベーションのための研究」と定義される。再び1章の図2に戻り持続的進化のための循環構造を考えれば、それに参加する観

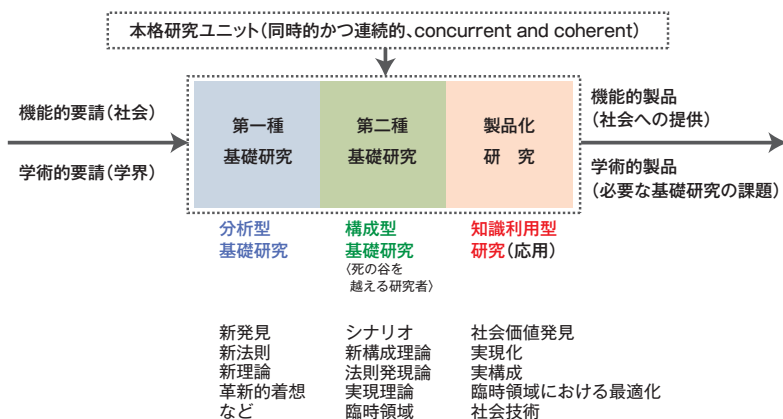


図 33 本格研究 (Full Research)

新しい基礎的知識に基づく新しい技術を生み出すイノベーションのための研究

察型科学者（第一種基礎研究）、構成型科学者（第二種基礎研究）、そして助言を受けて行動して実際に自然や社会に影響を与える行動者（製品化研究）の三者が一体となって推進する研究が本格研究である。

一体とは何か。本質的には本格研究は思考過程の一形態であり、前述のように、それは分析と総合、すなわち与えられた課題（社会的期待）を実現すると思われる複数学問領域の探索、その領域での仮説—実験—検証に従う分析、分析により得られた知見の総合による臨時領域の仮説的創出、臨時領域での構成、不足知識の発見、領域の追加、そして繰り返し、というような思考を全体として矛盾なく行う思考過程である。これを一人の研究者がやっても、もちろんよい。しかしここには多くの種類の熟練した思考方法が必要とされているから超人的作業であり、一般には難しいであろう。したがってこれを複数研究者が本格研究の組織を作りその中で協力で行うことになるのが一般である。その時下記のような条件が必要となる。

- (1) 課題に関連するすべての学問領域を専門とする研究者がいる。
- (2) 各領域に属する3種類の役割（第一種基礎研究、第二種基礎研究、製品化研究）を持つ研究者がいる。
- (3) 3種類の研究者の間には共通の言語がある。

- (4) 3 種類の研究は、同時的にかつ連続的に行われる。
 - (5) 研究者は 3 種類の研究の間を移動できる。
 - (6) 本格研究組織に属する研究者は、実現すべき課題を共有する。
 - (7) 本格研究の研究統括者は超人であるか、超人の意味を知っている。
- などである。

一般に、大学、研究所で行われている研究の組織単位は、このような性格を持っていない。多くの場合、単位的な組織（講座、研究室、研究ユニット、研究部など）では、学問領域は一つ、役割も一つ、研究課題は領域内で多数、統括者は超人でなく、上記の条件を満たしていない。したがって持続的進化の循環ループにおける役割を明解に示すことができず、位置もはっきりしない。その結果、このような組織がイノベーションを達成しようとする、仮に研究レベルは高かったとしても大きな苦勞を強いられることになる。

イノベーションの実現は、これら単位的組織が単独では無理だとすれば、複数組織が上記の条件を満たすような協力をすればよい。その協力には二つの側面があり、

- (1) 異なる学問領域を持つ組織の融合（領域融合）
- (2) 異なる役割（3 種類）を持つ組織の連携（役割連携）

が必要である。この両者は、図 34 のように示される。

図 35 のように研究領域があり、それぞれが特定の領域と役割で特徴づけられているとする。一つ一つはその研究領域の領域俯瞰図である。すると、本格研究を組織するためには、各俯瞰図から一つずつ研究課題を選び、同図の上にあるような組み合わせをつくる。これは領域融合と役割連携で二次元的に表現されている。これは最小の土着的知識であって研究目的及び成果が社会における意味すなわち機能を明示的に持ち、しかもこれを単位としてより広い研究ネットワークを展開する可能性を持っているので“機能的最小ネットワーク”と呼ぶ。社会における機能を明示的に持っているとしたら、多くの場合機能で表現されている社会的期待と結びつく可能性が大きいと言ってよい。すなわちここで、社会的期待と研究の俯瞰図との適合（conformity）の一つの可能性が示されたと言える。

このような本格研究あるいは機能的最小ネットワークをある規則で配列して、図 36 のような“本格研究俯瞰図”が得られることが期待される。この俯瞰図を、5 章（社会的期待の詳細化）の図 21 に示したような社会的期待の俯瞰図と同じ軸を持つ平

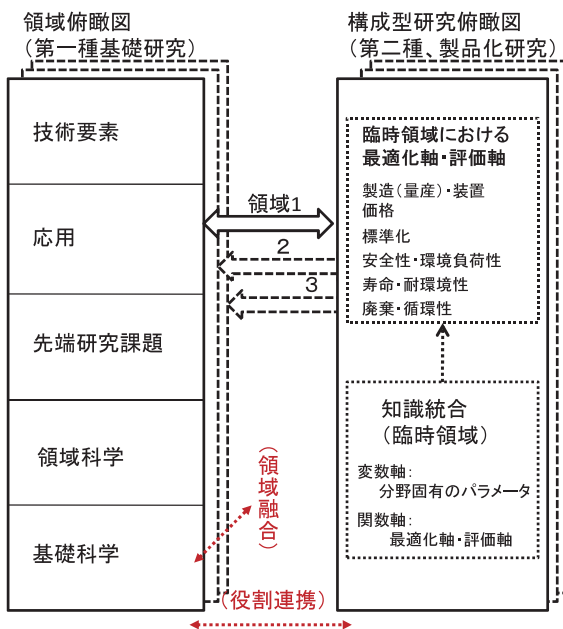


図 34 領域融合と役割連携による邂逅=写像

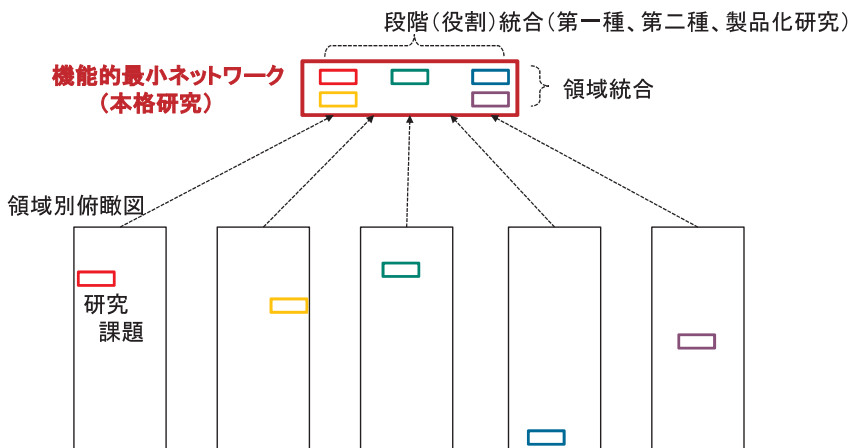


図 35 領域別俯瞰図群から機能的最小ネットワークを抽出する

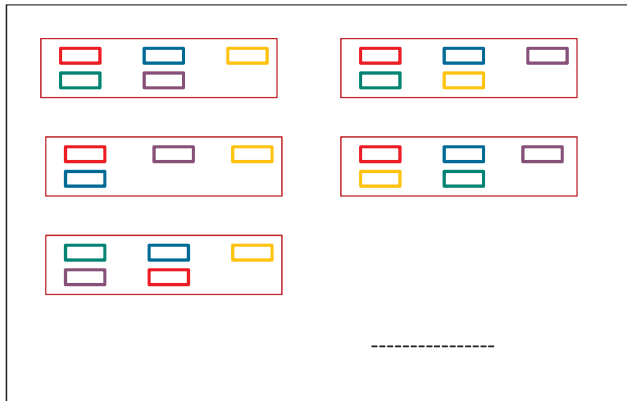


図 36 本格研究の俯瞰図

面上に描くことができれば、社会的期待と研究領域（本格研究）とが“適合”したと言える。図 21 に示される社会的期待の横軸は期待の実現範囲、あるいは行動の及ぶ範囲（reach）である。そして縦軸は行動単位、すなわち行動する時の要素（scale）である。本格研究の場合、実現範囲と行動単位とが示されているから、同じ平面上で俯瞰することができ、したがって両者の適合関係を前提として、社会的期待と研究領域との“邂逅（encounter）”を実現する可能性があると言える。

図 37 は簡単な例である。炭化珪素はその物性に関する興味もたれ、古くから物性研究者が研究を行ってきて、高温で使える半導体として興味ある性質が多く報告されていた【17】。しかし、それが商用の半導体としてつかわれることはなかった。ところが最近、電力システムの省エネルギーのための重要な素子として注目を浴び、その実用化が計画されている。しかしその実用化は、1940 年代にさかのぼる物性研究、すなわち物性に関する第一種基礎研究がさらに進展することによってではなく、結晶成長の制御、脆性材料の精密加工などの、異なる研究の進展を必要とした。結晶成長の制御や精密加工は構成的研究であるが、それぞれ結晶理論や脆性破壊理論などの、炭化珪素の物性とは異なる第一種基礎研究をもとにしている。実用化には、これらの構成的基礎研究の成果が必要だったのであり、ここには、異なる領域の融合と、観察・構成と役割連携という二種類の統合が必要であったと考えなければなら

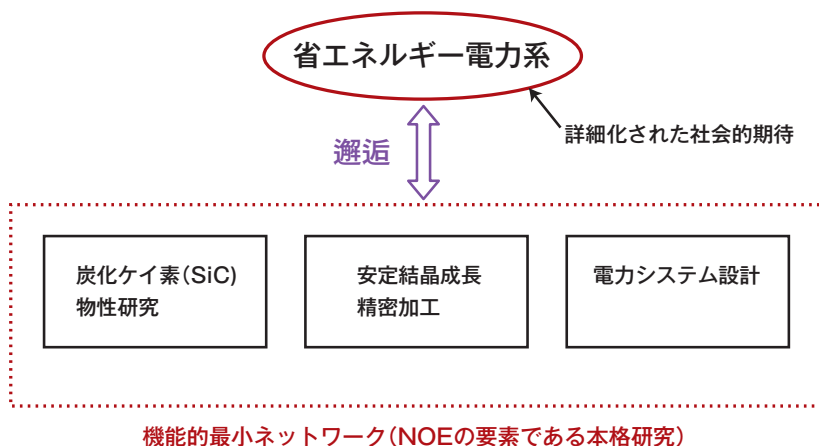


図 37 詳細化された社会的期待と本格研究との邂逅

ない。しかも、現実には炭化珪素をパワーランジスターとして使用するためには、電力系統の大幅な設計変更を必要とするから、系統を用いる研究、すなわち行動者（この場合は電力企業など）のシステム的な研究と決断とを必要としている。ますます急速化する地球環境の変化に後れを取らない十分な速度の技術進歩をこれらの過程に従って進展させることが、単に市場原理に任せることのできるのかという点については否定的であり、市場原理を超える加速が不可欠である。したがって炭化珪素の観察型基礎研究、結晶製造の構成型基礎研究、そして企業の製品化研究の三者を本格研究として統合する環境を醸成するために研究政策が必要ということであり、それを可能にする研究費制度（ファンディング）を創ることも必要である。これについては7章（研究費配分）で述べる。以上の検討を前提として、ここで“構造化俯瞰図”を導入する。

まず図 18 に示した循環の阻害要因である研究側の協力の不調和は、本格研究の考え方を導入することによって解決される。本格研究は観察型研究、構成型研究および製品化研究との連携を可能にするもので、基本的には思考過程の変革であるけれども、現実的には研究組織を組むことによって近似的に実現可能である。

次に図 18 で、社会、自然の観察が、状態観察、全体観察の不備によって循環

が阻害されていたことを思い起こしつつ、これを解決するのが前述の邂逅であることを理解しよう。

邂逅の必要条件としての、第三水準である潜在的社会的期待の発見は、変化の状態観察と全体観察という、従来の観察型研究の中心には置かれなかった研究を必要としている。この研究の結果得られた期待は、循環の加速に有益である。その理由は、必ずしも根拠が明らかでない顕在するさまざまな期待に比べて、潜在的期待はその発見が、多くの学問領域を用いながら全体を見渡し要素間の関係を明示し、その上でできるだけ論理的手順によって見出すという過程を経て得られるものであり、したがってその内容が分析的に明確化されているからである。

このように、本格研究と邂逅によって循環のループが現実的に出来上がり、その上での必要な情報が循環する可能性が生まれる。この手続きは次のようなものになるであろう。潜在的社会的期待を中心に、そして顕在的期待についてもその根拠を、学問領域を超えて明らかにしたうえで社会的期待の俯瞰図を作る。一方本格研究の俯瞰図を作る。それらは適合可能性を持っていることが期待される。すると図 38 のように、両方の俯瞰図を同時に見ながら邂逅が見出されれば、それらを組み合わせることによって、循環ループを作ることができる。

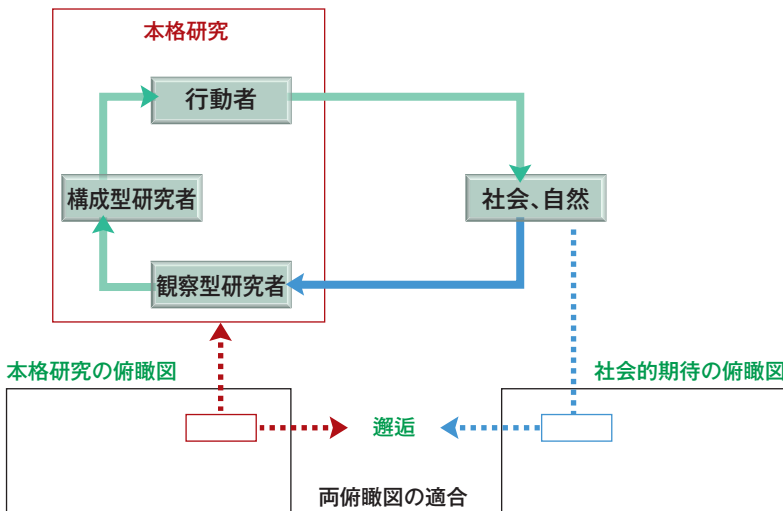


図 38 邂逅と本格研究による循環の駆動

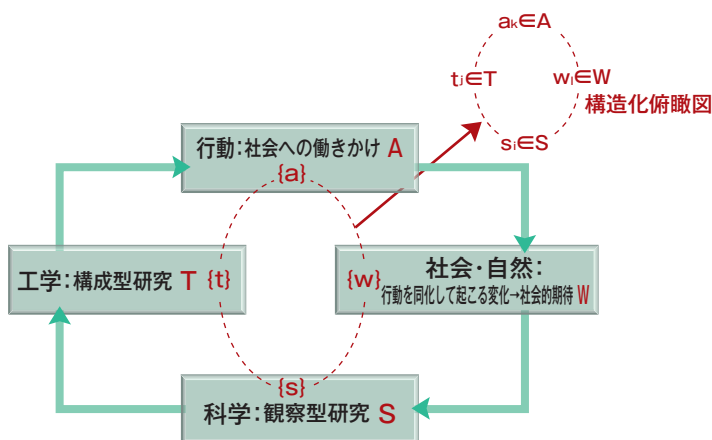
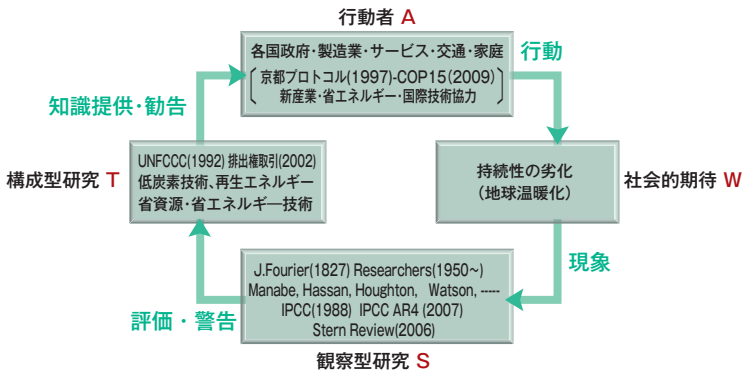


図 39 構造化俯瞰図

以上のことを考慮しつつ、社会的期待の俯瞰図、観察型研究の俯瞰図、構成型研究の俯瞰図、そして行動者のリストを要素としてループを書けば図 39 が得られる。これを“構造化俯瞰図”と呼ぶ。この中には、図 38 などのように図 36 の本格研究俯瞰図も含まれているが、基本的関係として定めた図 2 と対応する図であるからこの表現を構造化俯瞰図と呼ぶのがよいであろう。図 39 の各要素はそれぞれ俯瞰図と考えてよいから、その中から可能性のある要素を選んで図 39 右上のループを作る。するとそれは、ひとつの戦略プロポーザルの基本的枠組みを持つものであることが期待される。

ここで地球温暖化が世界中の大きな社会的期待となり、それに加えて温暖化防止のための多くの研究が始められるに至った経過をたどり、その経過と構造化俯瞰図との関係を考察することにする。図 40 は、1 章図 2 の、ここで基本的なものと位置付けている持続的進化のための循環ループであるが、その各要素に該当と思われる出来事を書き込んである。これは分かりやすくするために簡単に、しかも出来事を人名や委員会名、あるいは関係機関などで統一なしに書いてあるが、それぞれは、主導した人、推進機関、研究・条約・行動などの内容、を表していると考ええる。するとこれは俯瞰図である。すなわち、それぞれの要素（ブロック）は観察型研究 S、



進化的構造のうえでの情報・行動の循環の繰り返しにより、**気候変動抑制に立ち向かう世界の協調的行動が成立しつつある。**

図40 気候変動問題の構造化俯瞰図

構成型研究 T、行動者 A、そして社会的期待 W の俯瞰図になっていると考えられる。もちろんそれは、今の関心事である温暖化防止という社会的期待にしたがって、もっと大きな俯瞰図から選ばれたものだけを部分的に示しているものであるが、その背後に俯瞰図があったと考えてよい。

この図から、次のようなことが分かる。19 世紀に Fourier が温暖化という言葉を作ったが、もちろんそれが持続性に関係づけられることはなかった。そして 1950 年代になって、真鍋、Hassan、Houghton、Watson などの研究者が温暖化についての警告を発するが、それはなかなか一般社会に届かない。しかし、科学者と行政者の共同国際会議（Villach,1985）によって国連に届き、それが 気候変動に関する国際枠組条約（UNFCCC）の締結となる。その後に続く締約国会議（COP）で、各国の行動に影響を与える議定書（Protocol）が定められるが、京都を経て、まだ最終的な世界の行動原理は検討中である。その間に、排出権取引が提案され、さらに Stern Review によって深刻さが共有されるようになる。

この中で、真鍋らは観察型科学者であり、とくに IPCC の警告の効果が大きかった。二十年という長い期間がかかりはしたが、それに対応して UNFCCC、各国政府が行った提案は構成型である。事実それに対応して再生エネルギーや省エネルギーの研究

などが構成型研究者によって行われたのであった。その間の排出権取引は、科学的警告を行動に移すための重要な試みであると言える。Stern はそれに科学的根拠を与えたといえることができる。

このように、地球温暖化に関する経過をみると、多くの知識が発見され使用され、そしてそれによって現実に効果のある行動が始まることが分かる。この理解は結果を見てのことであるが、そこには観察型科学、構成型科学、行動者それぞれの俯瞰図から選択された知識が組み合わされて、社会的期待に結びついたこと、すなわち邂逅があったことが理解される。1950 年代の警告から現在まで、50 年以上の年月がかかったが、これを構造化俯瞰図の使用によって短縮することが、持続性時代のイノベーションにとって重要な課題であると思われる。

ここで別の話題になるが、すでに CRDS において重要な概念であると考えられるグローバル・イノベーション・エコシステム（GIES）について触れておく。これは図 41 のように図解されているが、イノベーションを起こすために必要な環境を意味しているものである。イノベーションの出発点としての科学技術に関する新しい知識は当然であるが、さらに広く社会状況や、特に関係の深い分野での市場の状況が整っていなければならない。それだけでなく、関連する法律や制度、また資金獲得の容易性、最も重要なものとしての人材などが、考えているイノベーションにとってどのような効果を持つか、

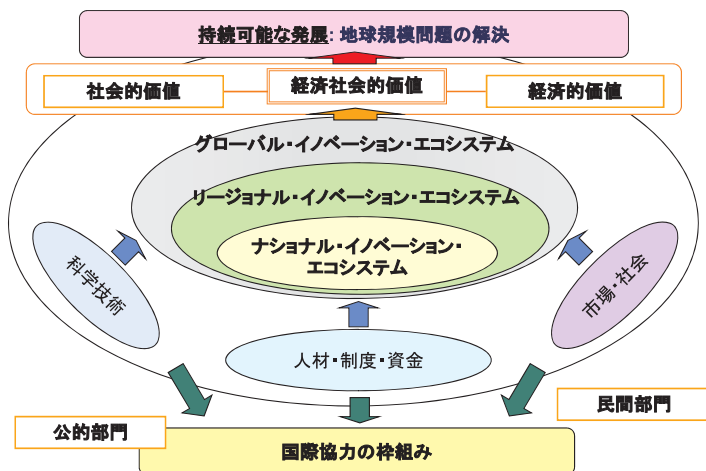


図 41 GIES: Global Innovation Ecosystem (2008)

イノベーションを取り巻く全環境（エコシステム）が良好であることが、その成功のための必要条件である。これらの状況を、生物の環境としての生態系（eco-system）の比喻でイノベーション・エコシステムと呼んだのである。とくに、我が国の環境はイノベーションを起こしにくく、その解決が急務であると言われる現在、その解決のためにこのような概念が有効であり、その中で指摘されている項目についての検討が必要であることは言うまでもない。

ここで改めてこの概念を取り上げるのは、いま議論している構造化俯瞰図と GIES との間に関係があるからである。図 41 には各要素についての詳細情報を得る方法が示されておらず、また情報の流れについての指示がなく、また各要素の担い手が明示されていないために具体的な行動を起こす構造が見えてこない。しかしこのシステムを持ついくつかの側面をそれぞれ構造化俯瞰図として詳細化することにより、GIES の意味が明確になることが期待される。すなわち GIES を表す図 41 は、構造化俯瞰図を書くための土台であると考えられる。このことについてはいずれ検討することにしよう。

研究費配分制度

7.1 リニアモデル型制度からの脱出

日本の研究費制度は自由発想研究、目的基礎研究、産業化を目指した製品化研究を担当機関がそれぞれ直立的に担うというリニアモデルを想定した制度となっているといつてよい。

これに対し、本書で示してきた研究開発戦略立案方法は、社会的期待が要求する仕様に応じ、複数の領域で行われるさまざまな段階の研究開発を、領域融合・役割連携によりネットワーク化し、科学技術が社会のための価値を生み出すと同時に、科学技術と社会の関係を循環的なループでつなげるにより持続社会のための科学技術を生み出すことを意図しており、リニアモデル型制度からの脱却が必要となる。

社会のための基礎研究が、社会的期待に研究者が応答して研究計画を立て研究を実施するものであるとするなら、社会的期待と研究者の応答との関係を現実的に形作る過程の中心に、研究費配分制度が存在していると言ってよいであろう。このことは、前書きで述べたように基礎研究の研究費が国民の負担する公的費用であることからいっても理解されることである。この場合、社会的期待はその詳細化の過程で可能な実現方法を限定してゆく。一方、研究者は遂行すべき研究を信念として持っており、それを曲げることなく、しかし詳細化され具体的に表現された社会的期待を実現するものとしての現実的な研究計画を提示する。これが一般に研究費配分過程で行われる研究費配分機関と研究者との間で交わされる対話である。

その対話の結果が研究費配分の決定である。決定は研究計画の社会的期待実現の可能性を推測して行われるが、その際研究者の研究分野の適合性、研究者の研究実績・研究能力なども評価される。これらは社会のための基礎研究であるならばどんな配分制度でも変わりはないであろう。ここではこのような決定の方法を考えるのではなく、研究費配分制度が研究を遂行する研究者が作る研究者コミュニティの構造に少なからぬ影響を与えることに注目し、好ましい構造を作るための配分方法とは何かを探るための検討を行う。好ましい構造とは、個々の研究を推進するだけでなく、イノベーションが前節に述べたように多様な研究者の複雑な参加によって始めて実現するものであることを考慮し、その参加を促進するために有効な構造である。

現在の科学技術研究にたいする公的研究費制度は図 42 のように略記してよいであろう。たとえば研究費配分機関は、自由発想研究と呼ばれる研究を日本学術振興会が担当し、目的基礎研究は科学技術振興機構、そして産業による実現を考えれ

ば新エネルギー産業開発機構が担当するという関係を作って研究開発のリニアモデルに対応させられている。他の科学研究成果の実現、医療、公共事業、など様々な実現に向けてそれぞれリニアモデルの想定のもとに、いずれも科学研究費を出発点とする研究費制度が整備されている。

これらの制度の歴史は十分に長く、それぞれ成果を上げてきたのであるが、我が国が他の先進国を目標とする追随国家から科学研究の先頭を走る先進国家になった今、個々の研究のみならずその社会への貢献の仕組みにおいても変更が必要になっていることを認識しなければならない。

まずリニアモデルの修正が必要である。追随国家の場合は、先進国に追いつくために基礎研究の振興が第一に重要であったが、産業応用を中心とする実現研究は先進国の事例を踏襲することで効率よく行われたのであり、その中でわが国は“ものづくり”と呼ばれる分野における国際的優位性を存分に発揮しながら産業を中心とする実現研究における国際的優等生となっていくた。しかしよくいわれるように、成功した多くの実現研究は図 42 でいえば先進国で目的基礎研究の完成したものがすでに実現した技術を、さらに磨きあげて競争力のある製品を作ったのである。磨き上げのために基礎研究は大いに貢献したから、確かにそこには基礎研究の進歩と優れた実現が同時に存在はしたが、それは見掛けのことにすぎず実際にリニアモデルで基礎から実現までを達成したのではなかったのである。

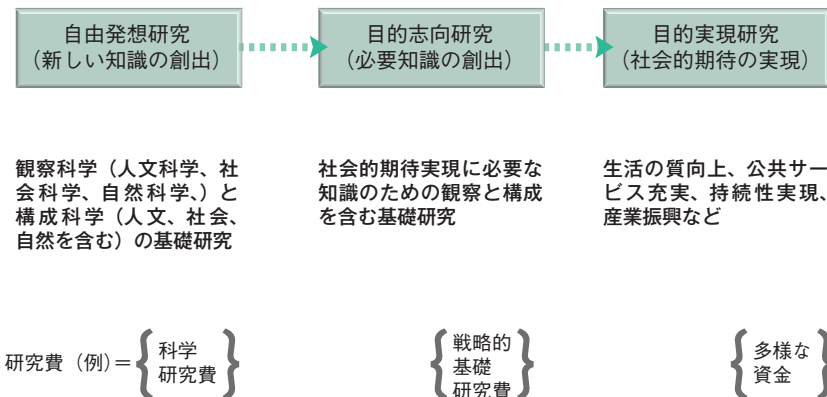


図 42 科学の社会貢献のリニアモデルを背景とする研究費制度

その意味で、欧米でリニアモデルの限界が言われ我が国でも多くの議論がされたが、我が国のそれは理念論に過ぎなかったと言わざるを得ない。我が国で行われた真の基礎研究に基づいて、国際市場で競争力を持つ商品などを含む国際的な社会的貢献を我が国自身が実現した例は多くなく、したがってリニアモデルの限界を論じる以前に、基礎研究に基づく社会貢献の経験が決して豊富ではないこと、その結果その過程の社会的定着は全くできていないことが問題として認識されなければならないと言える。

そして現在、科学技術基本法とそれに基づく科学技術基本計画によってわが国の基礎研究の水準は高いものとなり、それを基礎とする産業振興を含む社会的期待実現の可能性が十分に高まったと言ってよいであろう。しかし同時に、基礎研究者の間から、潜在的に実現が期待される基礎研究への関心が日本企業より外国企業の方が高いという危惧が述べられたり、基礎的知識の使用が要素開発に留まり、我が国経済に寄与するシステム製品となる例が少ないというような指摘がされるようになった。これはここでの文脈でいえば、基礎研究に基づく社会的貢献の実現に関する未熟さを露呈しているということになる。

この未熟さからどのように脱却するのか。もはや他の国から学ぶことはできない。欧米先進国はもちろん、新興工業国も、持続性時代を迎えて従来とは異なる科学の社会的貢献を模索しつつ新しい方法を独自に開発しようとして、研究者は努力し、政治的決意、社会的合意もしているものであり、そしてそれにこたえる研究費制度を案出しているのである。各国はその歴史的背景の特徴に依拠しながら、その努力を既に始めている。

このような状況の中で我が国のとるべき道は何か。それはすでに前章までに述べた研究戦略論に他ならない。したがってここで改めて指摘すべきことは、それが持続性時代の研究の必要条件であること、そして同時に、それが上に述べた我が国の未熟さから脱却するための必要条件でもあるということである。前節までの研究戦略論から明らかなように、その道はリニアモデルからの積極的な脱却をも意味している。

このことから、本節で検討する研究費制度は、その“道”の実現を容易にするもの、言い換えれば研究者がその道を進むことを支援するものでなければならないということである。

7.2 研究コミュニティ分断からの救済

本書で示してきた研究開発戦略では、領域融合・役割連携が必須の条件である。わが国の研究費制度は、研究者を孤立させるのではなく、異なる分野の研究者と異なる役割を持つ研究者をネットワーク化するものでなければならない。

研究費配分制度が前節までの戦略を支援するものであるために重要なひとつの点は、研究者が自らの役割を認識し、適合する役割を持つ他の研究者と協力することを推奨するような制度であることである。すでに述べたように、機能的最小ネットワーク（本格研究）の実現を可能にするためには、分野統合と役割連携とが必要なのであったが、それは分野を超え、組織を超えた協力を必要とする。そのためには、競争的研究費という制度の実施において慎重な配慮が必要であることを以下に述べよう。

ある研究部分野を考える。詳細化されたひとつの社会的期待を実現するために、同じ目標に向けて同一分野内で、実現方法を異にする複数の研究者が研究しているのが普通である。たとえば再生医療であれば、研究手段として用いる動物種、処置方法などは多岐にわたっていなければならない。エネルギー損の少ない情報伝達であれば、研究者が用いる伝達原理や素材が多様である。（基礎研究というのはそれが確定していないのが普通である）。そこにきわめて競争率が高く（例えばその分野の百人に一人）、しかも高額の研究費が支給されるような研究費制度があるとすると、そこである手法で研究が最も可能性ありとして一人の研究者が選ばれたとすると、同じ目的で研究していた他の研究者は当面研究費を獲得する可能性を失う。

競争的研究費ではこのことは避けられないことなのであるが、研究費をもらえなかった研究者はもはや同じ研究をしていては研究費が獲得できないから研究テーマを変えることになる。この場合、それまでは同じ目的を共有する研究者として協力していたのが、別の分野に移ることになり、研究協力は終わる。（あるいは初めから協力よりは他の研究者と類似の研究を避けようとすることもあるであろう。）

これを、競争的研究費による研究コミュニティの分断と呼んでおく。（初めから協力を避けるのは、小粒の独創性を狙う好ましくない研究である。）それを図示すれば図 43 のようになるであろう。この図では、投入される研究費によって次々と分断が起こる可能性を示している。これでは前章までに述べたイノベーションに必要なネットワークは生成し

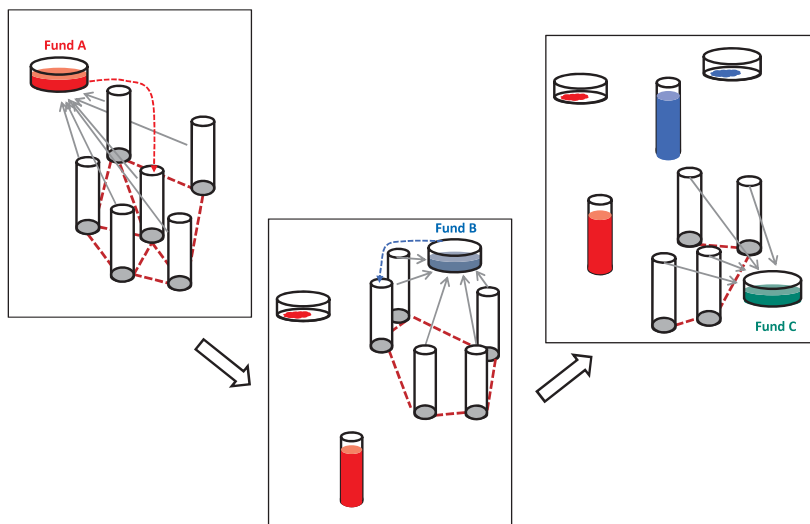


図 43 過度の競争的研究費による研究コミュニティの分断

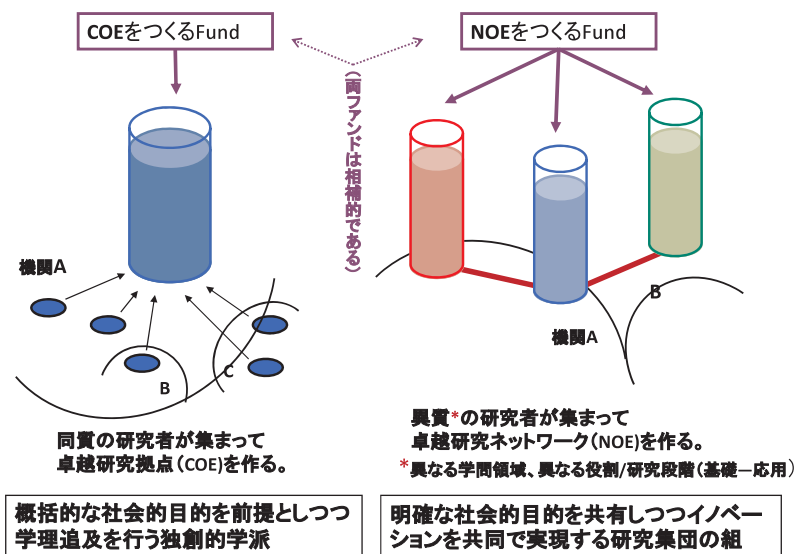


図 44 ネットワークを支援する研究費

ない。それどころか研究費が既存のネットワークを分断する可能性がある。それは困る。

これを防止するだけでなく、研究者のネットワークを支援し発展させるためには、当然のことであるが、ネットワークにたいして研究費が支給されるような性格を持った制度にすることが有効である。図 44 は、従来から考えられてきたセンター・オブ・エクセレンスとネットワークを発展させるネットワーク・オブ・エクセレンスとを比較したものである。前者は、一つの強力な学派を作るときに有効である。したがって制度そのものを否定する必要はない。しかしながら、学問内部の問題としての学派でなく、社会の中で、社会に貢献するイノベーションを目的とするときには、ネットワークの要素としての機能的最小ネットワークを作ることを最低の条件とする研究費の配分が不可欠である。すでに 6 章構造化俯瞰図で述べたように、最小ネットワークは異なる分野、異なる役割を持つ研究者、それらはおそらく異なる学部あるいは異なる大学・研究機関に属するものであろうが、それらが組織を組んだときにはじめて支給対象となる研究費制度が求められるのである。

参考文献

- [1] CRDS のビジョンとミッション．<http://crds.jst.go.jp/about/mission.html>
- [2] Dennis Meadows et al. : The Limits to Growth, A Report for THE CLUB OF ROME' S Project on the Predicament of Mankind, 1972. (「成長の限界」, 大来佐武郎訳, ダイヤモンド社, 1972.)
- [3] H.Brundtland: Our Common Future, The World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, 1987.
- [4] J. Lubchenco: Entering the Century of the Environment: A New Social Contract for Science, Science, Vol.279, 491-497, 1998.
- [5] 新成長戦略（基本方針）～輝きのある日本へ～（2009 年 12 月 30 日閣議決定）, 2009.
- [6] 吉川弘之：本格研究，東京大学出版会，2009, 97-110 頁．（「第二章本格研究の必要条件，3 本格研究によるイノベーション」）
- [7] J.W.Forrester, Industrial Dynamics , Cambridge, Mass., MIT Press, 1961.)
（「インダストリアル・ダイナミクス」，石田晴久・小林秀雄訳，紀伊国屋書店，1971.）
- [8] Richard Lester, Michael Piore: Innovation - The Missing Dimension, Harvard University Press, 2004.
- [9] 吉川弘之：人工物観，横幹，1（2），59-65, 2007.
- [10] Charles Sanders Peirce: Collected Papers of Charles Sanders Peirce, vol.1, Charles Hartshorne, Paul Weiss (eds.) , Thoemmes Press, 1931.
- [11] 産業技術総合研究所が発行する学術論文誌「Synthesiology」（シンセシオロジー、構成学）
- [12] 吉川弘之：科学者の新しい役割，第 3 章，岩波書店，2002.
- [13] 科学技術振興機構研究開発戦略センター：研究開発戦略策定のためのハンドブック，2009. <http://crds.jst.go.jp/output/pdf/handbook.pdf>
- [14] Robert Merton: Social Theory and Social Structure, The Free Press, 1949,1957. (「社会理論と社会構造」，森東吾ほか訳，みすず書房，1961.)
- [15] Karl R. Popper: The Poverty of Historicism, Routledge and Kegan Paul. 1957. (「歴史主義の貧困」，久野収・市井三郎訳，中央公論社，1961.)
- [16] 吉川弘之：一般設計学序説，精密機械，vol.45, no.8, 20-26, 1979.
- [17] J.R.O' Connor, J.Smiltens (eds) , Silicon Carbide, Pergamon Press, 1960.

おわりに

本冊子の内容は、科学研究が持続性時代に果たしうる潜在的可能性について著者の考えを述べたものである。しかしながら、著者はこの冊子が一つのテキストブックになることも想定して執筆した。想定する読者は、「研究戦略立案者」であり、本文図 27 の公的機関の中に示した“PP”と記したものである。PP とは、Programme Planner の略である。

科学における研究者が知的好奇心（と呼ばれるもの）のみによって駆動される研究を行うときそれが本来の基礎研究である、とする考え方は、研究の本質を突く歴史的にも正しい考え方である。その場合は研究者が研究戦略を立てるのであって、研究戦略立案者は研究者自身である。しかしながら本文で繰り返し述べたように、20 世紀までのいわゆる“開発の時代”においてこの考え方は無条件に認められたが、21 世紀に持続性時代を迎えて、人類が生き延びる方法の創出を科学に期待し、しかも現実的にも公的研究費、すなわち人々の税金が期待を込めて研究に投入されるようになってくると、この考え方が正しいと認めたとえて、科学者の研究に重い条件が課せられることを知らなければならない。その重い条件とは、科学的知識が人類の行動を拡大強化した結果として地球の有限性があらわになり、その有限性が人類のこれからの行動に制限を与えることになったという状況において課せられるものである。科学者は、放置すればその制限によって人類が減びへと向かわざるを得ない状況から脱出する可能性を探索する責任がある。その責任は、過去における人類の行動が科学的知識によっていかにどうかにかかわりなく、科学者が脱出の可能性の主要な部分を創出する能力を持っているという社会的認識に基づいている。

しかしながら、すべての科学者がこの重い条件を常に考えて研究課題を選びまた遂行することは現実的ではない。科学研究が知的好奇心によって遂行されるべきだという考え方には、科学者が社会的な制限を受けずに研究を遂行する研究自治を守るためという面と、そもそも科学研究者とは、他のことを忘れて自らの研究課題に没頭する時に最もよい研究成果が得られるという事実の認識も含まれている。

したがってこのような科学研究が、前述の重い条件と調和しにくい面を持つことは容易に理解される。そこでこの矛盾を解く方法を考える必要がある。そのひとつの提案が本冊子の方法論である。そしてここで触れておくべきなのが、その方法を現実に実施するのはだれかという点である。本文では必ずしも明解に触れなかったこの点をここで明らかにしておこう。

5.3 節に研究の推移の最初の部分に現れる社会的期待記述、研究課題立案、研究計画において、すでに研究が始まっていると述べたのであった。そしてそれを現在担っているのが CRDS のフェローであると述べた。そして実は、科学研究費補助金においても、広義の研究戦略立案が同僚研究者による課題選考過程で、すなわち

研究者自身でないところで行われているのであって、第三者の判断が入るという点では同じような事情である。そして研究者は、少なくとも研究費という点で課題選定者の判断の枠の中にいる。この、研究する者の自治を認めながら一方でその研究者の外で決められた枠をはめるという現実を、研究の自治の侵害あるいは制限であると考えてはならない。これは、持続性時代において科学研究者に課せられる、科学がたどる方向についての重い条件を受け止める現実的な方法なのである。

科学研究者にとってこの関係は、重い条件からの部分的解放と呼んでよい効果を持つ。科学研究者が現代の人類にとっての最大の課題である持続性を忘れることはもちろん許されない。しかしながら、自らの研究と持続性との関係は、一般には複雑であり自明でない。そのような状況でその関係に過剰に思い悩むことは必ずしも科学研究にとって有益ではない。したがって、いわゆる純粋基礎研究において科学者コミュニティの中で判断を行うときは該当する分野の進むべき方向について、目的基礎研究においては社会的期待への適合性について、これらの判断が研究を遂行する者の外で定められた枠に従って行われることには意味がある。

このことから逆に、枠を定める者の責任が明確となってくる。それは純粋基礎研究においては正しく科学の歴史を創出する責任であり、目的基礎研究では正しく社会的期待に応える責任である。これは、研究戦略立案が単なる事務的あるいは行政的機能によって行われてはならず、科学研究が持つべき機能を十全に持って行われなければならないことを意味しているのである。言い換えれば、そこには決定の自治と責任が随伴している。

このことが本冊子の5.3節で、研究戦略立案者が研究行為の中に含まれると述べたことの根拠なのであるが、それは同時に立案者が従う方法について、狭義の科学研究の方法についてと同じ厳密な検討が必要であることを要請する。しかし今のところ、このような立案の方法については広く議論されていない。純粋基礎研究については狭義の研究と同じ方法が立案者について用いられるという点で問題はない。問題は、持続性時代を迎えて必要になった目的基礎研究の立案方法論である。

5.4節に述べたように、著者は研究者の定義に拡張を提案している。それは狭義の研究者（観察型、構成型、実施型など）にとどめず、研究課題立案者、研究資金配分者、設計技術者、起業家など、さらに教育者も含めて、科学が持つ自由を根拠として行動し、その結果に自ら責任を持つものを含めて広義の研究者と呼ぶ提案である。これらの人々には、自由と責任と言う点から、必然的に方法論の透明さが求められる。

本冊子では、研究戦略立案者は研究者であり、したがって透明な方法論を持つことが求められるという立場で方法論を議論した。立案の方法論については議論も少なくまだ未成熟であり、とても狭義の科学研究における方法のように明解な状態ではない。その方法は、立案に携わる者のひとりひとりの中に留まっていると言った方がよい

であろう。しかし、立案が研究の一部となり、たとえば“公的シンクタンク”というような社会的に認知された職業となることが持続性時代には必要である。その必要性を満たすために、この冊子が一つのきっかけとなることを期待している。

本冊子を作成するにあたり、石正茂氏と庄司真理子氏の協力を得た。そもそもこれを書く気になったのは、著者と両氏だけでさびしく出発した「社会的期待ユニット」での3人の議論の中であったが、編集でも多くの協力を得た。本冊子の多様な図を用いた文の編集はパズルのようなものだったし、章構成についても一貫性のないのを修正していただいた。また各章、節の初めに入れた要約は、石正氏による。これは著者自身の文章より分かりやすい。本冊子は、戦略立案の具体的な手続きを第2部として付け加えて初めて完成したものとなるのであるが、第2部は石正氏、庄司氏が執筆することになっている。

「新成長戦略」を実現するための研究に関する CRDS（研究開発戦略センター / 科学技術振興機構）の提案

2010 年 2 月 7 日

目 次

1. 研究課題選定 —— 重点領域から社会的期待へ	88
2. イノベーション —— 破壊から建設へ	91
3. 研究資金 —— COE から NOE へ	92
4. 研究者の連続的職業構造 —— 階層組織から共同体へ	95

1. 研究課題選定 —— 重点領域から社会的期待へ

各国の研究戦略策定において、特定の科学分野を選出して重点的に研究費を配分する方法が基本的傾向であった。

我が国の科学技術基本計画においても、第2期基本計画（平成13～17年）においてこのことが明示され、重点分野として8分野（ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料、エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティア）を指定するとともに、分野別推進戦略を策定して、分野の独立性を公認したのであった。その上に、8分野のうち最初の4分野に集中的に研究費を投入することとして、研究の集中化を図り、分野の輪郭を明確にしていたのである。また米国でナノテクノロジーイニシャティブ（NNI）が我が国のナノテク分野での優位性を意識して作られるなど、重点分野は単なる国内的な分類ではなく、米国、欧州はもちろん、途上国をも含む世界的に公認された視点として、国際研究競争を実際に駆動するうえでの実質的な分野として効果を持つにいたったのであった。

しかし、このことは最近になり変化の兆しを見せている。最近の米国における科学技術政策で研究分野でなく社会的課題に基づく計画を作成する試みがみられるが、すでに欧州の第7次枠組み計画（2007）では“手段よりも研究課題に重点を置く”という考えのもとにいくつかの社会的課題が研究目的として述べられている。

実はこのことを最も明瞭に、しかも他国に先駆けて述べたのは我が国である。科学技術基本計画第3期のための基本政策（2005年12月27日）において、第2期までの十年間で研究の基礎が固まったとし、その上で実現すべき目標を掲げているが、それは我が国のあり方を理念（英知、国力、健康）として表現し、その実現のための科学技術の実現目標を12項目にわたって述べたものである。この考え方は、国際的にも関心を呼び、その後の各国の計画に影響を与えたと思われる。

我が国が最初に提起した方法ではあるが、実はこの考え方は成熟しておらず、研究計画を立てる上での有効性を十分に発揮するに至っていない。2005年の基本計画の実現目標の12項目は、基礎科学、文化、国際競争力、環境、健康、国土保全、安全などにわたり、抽象的なものではあるが人々の期待を十分に覆っているように思われる。しかしながら、これらの項目を実現するための研究者にとつての“戦略研究課題”の選出方法は、進行中の研究を概観して抽出することになっており、その限りでは現実的であるが選ばれた研究課題と12の目標との関係は観念的なものに留まり、

ある場合には恣意的といわなければならないものもあったと言わざるを得ない。このような目標と研究分野を結合することの難しさは我が国に限らず他国でも気づかれており、社会的な課題解決に科学技術が必要という認識が深まれば深まるほど、社会的目標と研究課題を結合することの難しさが明らかとなり、結合のための方法論の必要性が強く指摘されるようになったのである。

そして今、政府は新成長戦略を発表した。その中で重要なものとして述べられたグリーンイノベーションとライフイノベーションは、その実現により社会的目標が達成されるものと位置付けられているが、その実現には科学技術の進歩とその社会的使用が不可欠であるとされている。このことは、社会的目標と研究課題のより明確な関係を提示することが、新成長戦略を実現するための重要な一つの条件であることを意味しているのである。

このことの強い認識に立ち、研究開発戦略センター（CRDS）は研究課題選定について従来とは異なる方式を推進する。実はすでに、CRDS では平成 21 年 4 月において、推進すべき研究課題の一部は、“社会的期待”に明示的に、言い換えれば十分な説得性を持ってその研究の成果が特定の社会的期待を満たすものであることを示しうるものでなければならないことを決定している。従来イノベーション実現という目標のもとでの従来の課題選定は、進行中の基礎研究課題群の中でイノベーションの可能性を持ちしかも国際的に優越する研究成果を出しているものを選び出し、研究費の集中投資をするというものであった。これは選ばれた研究の加速に有効であり、国際的優越性の向上を加速する。しかしイノベーションの実現を加速するための十分条件ではない。

このために、CRDS では社会的期待を実現するための研究課題選定の方法論を検討し、以下の結果を得ている。それは複数の研究課題と同時に研究組織をも指定する“統合研究課題（integrated research）”あるいは“本格研究課題（full research）”と呼べるものであり、イノベーションを目標とする研究課題のうちの一部（現在のところ約 30%）をこの方式で推進するよう提案している。

（1）社会的期待の検討

社会的期待には 3 つの水準がある。それは（A）不可避的事項（地球温暖化、高齢化、GDP の相対的縮小など）への対応、（B）顕在的期待（安心、安全、雇用、

豊かさなど）、(C) 潜在的期待（まだ社会的に共通の期待として述べられていないが予知されるもの）の3者である。

(A) は、その対応がすでに大きな社会的関心事になっているものもあるが、必ずしもそうでないものもあり、その到来が不可避であるだけに、より深い検討が政策的に求められ、それに基づく研究の促進が望まれる。(B) は、第3期基本計画の基本方針に述べられたように、広く社会的認知と合意のあるものである。まだ潜在する(C) が、実は重要である。かつて排出ガスによる気温上昇は、1950年以降多くの大気研究者によって発見され、社会への警告となった。しかし、大気温度の抑制が社会的期待として顕在するのは1990年以降であり、40年の年月を必要とした。そして今や最も大きな国際社会に共通の期待であり、経済にも大きな影響を与える課題となり、科学技術における最大の研究課題の一つとなったのである。このことから、このような課題を予知し、科学研究を早期に始めることの重要さはきわめて大きい。温暖化について我が国は先進的とは言えなかったが、エネルギー不足の先見的予知に基づく省エネルギーが、1970年ごろに科学技術研究と政策が相呼応して促進されたことの意義が今になって研究水準および産業競争力となって効果的に現れていることを見れば、社会的期待の予知の重要性が容易に理解される。

以上のことから、社会的期待に関しては、それぞれ(A) 検証、(B) 調査、(C) 発見という独自の研究が必要となることが分かる。これらの研究は、自然科学的実証の必要性はもちろんであるが、人文社会科学の研究者が主役として主導する課題の設定が必要であり、両分野の協力を必要とする大きな研究課題がここにある。

(2) 社会的期待と科学研究の邂逅

社会的期待から研究課題を導出することの難しさが国際的な話題であることを既に述べたが、CRDSでは以下のような3段階で両者の関係を見出す方法を提案している。

第一段階：社会的期待の分析。与えられた社会的期待（前項の(A)、(B)、(C) いずれも）を別に定めた判断軸で分析し、要素化する。

第二段階：研究の機能化。進行中（あるいは着手可能な）研究課題群を、領域融合（異なる科学分野の融合）と役割連携（分析、構成、社会化などの異なる役割を持つ研究間の連携）とにより、ネットワーク化（“機能的最小ネットワーク”あるいは

“本格研究”と呼ぶ）し、それぞれのネットワークが社会的に持つ意味に従って構造化、データベース化する。（従来の研究課題では、その成果の社会的機能を実質的に明示できない。）

第三段階：邂逅。要素化された社会的期待は実現すべき機能表現（たとえば健康という期待の要素としての特定職業に就くものの健康維持など）されているから、機能的最小ネットワークのデータベースでの探索が可能で、邂逅が期待される。

このようにして邂逅に成功すれば、その研究共同体が組織を超えてつくられる可能性が生まれることになる。

2. イノベーション —— 破壊から建設へ

新成長戦略に述べられたグリーンイノベーションとライフイノベーションとは、シュンペーター以来、経済学のみならず他の多くの分野で普通に使われるイノベーションが持つ意味に比べ、より限定された明確な意味を持つことに注意することが必要である。

イノベーションが世界中でいっせいに言われるようになったのはなぜであろうか。それにははっきりした理由がある。今、多くの国で一つの共通の状況が起こっている。人々は日常的な行動で創意工夫を要請され、ゆっくりした変わる事のない生活を楽しむことができずに、仕事でも個人生活でも、あたかも追い立てられているような日々を送っている。企業は立ち止まったら倒産すると言われていて、国家は、政治、経済あるいは社会の難問に襲われ続け、その解決に、過去にはなかった新しい着想で当たることが求められている。ここでは何れも、“よい変化”が求められているのであり、その実現はイノベーションによるしかない。

それではなぜ個人から国家にわたる広い範囲で、自らの歩幅に調和するイノベーションが許されずに、外から半ば強制的に求められるものへと変質したのであろうか。この“避けることのできないイノベーション”という現代を特徴付ける状況が出現したのは、制御しなくても自然に最適な状況に落ち着くと考えられるか、あるいはそもそも私たちが自ら手を下して制御できる対象とは考えなかった外部状況が、制御しなければ破滅を招くほどに、危険なものとなりつつあるからである。長い間何の配慮も必要としない恩恵であった地球環境は、さまざまな工夫で維持すべき対象となり、対立を克服して平和を期待した国際関係は、その調整に大きな努力を払うべき対象となり、若者の野心の対象だった希望としての社会あるいは経済は、政策によってその硬直性を

打破すべき対象となった。これらが孕む問題は次第に大きくなり、一般の人々から国家にまで、可視的となった。目前の課題を一つ一つまじめに解決してゆけば、全体として好ましい変化が、環境に、国際関係に、社会に、経済に起こってくるという調和は失われてしまった。変化は行動の結果ではなく、変化のために行動を起こさなければならなくなった。

これが、“目標が定められ避けることのできないイノベーション”という現代を特徴づける課題である。そしてこれは、前項で述べた社会的期待から導出されなければならない研究課題という点で一致する。ところでイノベーションは、研究によって実現するものではなく、社会の中に存在する多くの“行動者”の行動によって実現するものである。行動者とは、一般生活者、消費者、教育者、政治家、行政者、企業者、起業家、医師、司法家、技術者、報道家、芸術家など様々な人である。そして、これらの行動者のすべてに対し影響を与える知識を科学研究が提出していることが研究課題選定にとって重要な点である。

したがって、グリーンイノベーション、あるいはライフイノベーションに有効であることを主張する研究課題は、それが抽象的に社会に広がることを言うだけでなく、その成果がどの行動者に届き、その結果どのような変化が起きるのかを明確に予測することが求められることになる。これは現在の硬直状況を破壊することによって活性化を期待する広義のイノベーションではない。成果の使用過程の慎重な見通に基づく“建設的”なイノベーションでなければならず、ここにも前項に述べた研究成果が機能として、あるいは研究組織としては機能的最小ネットワークとして表現されていなければならない理由がある。

3. 研究資金 —— COE から NOE へ

ここでは第1項で述べた機能的最小ネットワーク（本格研究）についてやや詳細に述べながら、その実現のための研究資金制度について提案する。

機能的最小ネットワークは、ばらばらに行われている研究プロジェクトを、領域融合と役割連携によってその成果が社会の機能的期待に一致するよう、ネットワークに組むことによって成立するものであった。たとえば新しい物性を持つ新物質が発明されたとき、その使用によって新しい素子が期待されたとしてもそれがすぐ実現するわけではない。その物質の安定性、生成方法、大量生産、成分制御、変形加工、表面

制御など、現実化のための物性研究問題がありまたその素子を使用して実用的装置を作る設計問題がある。また廃棄方法、標準、人体影響などの社会的問題、またその元素の入手可能性、精製コストなどの経済的問題などが解かれなければ現実の技術にはならない。実はこれらは、新しい物質については発見と同程度の独創性を、従ってリスクを負うことを、必要とする基礎研究であり、企業に任せるものではない。

このように、新しい発明を社会的機能にまで展開するためには基礎研究における融合と連携が必要である。領域融合は、現実化のための物性研究に必要であり、設計問題でも領域融合は必然である。また物性を知るという役割を持つ分析研究と、構成という役割を持つ設計研究が連携しなければ現実の装置は生まれない。さらに、社会的問題や経済的問題は、人文社会系科学との連携が不可欠である。しかし一般的な大学、研究所、企業などの研究環境ではこれらの問題を同一の単位研究組織で実施するようにはなっていない。したがってばらばらに行われている。

融合や連携が言われてから久しいが、それは必ずしも成功していない。それどころか逆に、現在の研究費支給の持つ競争性が協力よりも分断を引き起こしているという現実を直視する必要がある。

たとえば大学においては、組織が教育の視点で作られている。学科は、ある科学分野における異なる研究課題を持つ教授がひとつの組を作ったものであり、そこに属する教授たちが協力しつつ整合的なカリキュラムを学生に提供する事で成立している。したがって学科に結集した教授たちは教育の名の下に組織を作っているのであり、研究は教授ごとに行われ、研究における協力が教授間で常に可能だとは限らない。その結果大学における教授の研究は、それぞれ異なる研究領域の学会で高い評価を受けることを目標とすることになる。

それはほとんどの場合分析的研究である。一般的に言って、大学は分析的研究を行うのに適した組織であるといつてよいであろう。科学の進展という意味ではこの組織に矛盾はない。しかし得られた分析的研究の成果を社会的機能を生むために使おうとすると、学会で高い評価を受けるべく書かれた論文だけでは不十分なのが一般的である。しかも、分析的研究の成果の独創性が高ければ高いほど、そして新規性があればあるほど、その成果を現実の機能にまで展開するためには、領域融合や役割連携を伴う構成的基礎研究の大きな貢献を必要とすることになり、困難にぶつかる。

一方国立研究所（独法研究所）では、特定の行政目的のもとでの研究を使命とし

ているから、使命実現のための構成的研究であることに特徴があるが研究課題が特定領域であり、その領域に対応する大学の分析的研究が作る領域分類にうまく適合しておらず、両者の協力がおこなわれることがなかった。一部の計画的設置されたもの（文部科学省など）では対応があるが、それは構成的研究でなく分析的研究である。そして企業にとっては、大学の分析的研究、研究所の構成的研究それぞれ単独では興味の持てる者はなく、これが産学連携の壁であった。

必要なのは、分析的研究と構成的研究とがコヒーレントな関係を持って連携することなのであるが、そこに困難があり、この困難を超えることは現在の研究組織と研究費制度では、いずれの組織においても容易ではない。

この困難を克服する一つの方法として、機能的最小ネットワークを作る“本格研究拠点”を提案する。これは科学の新しい原理を生む可能性のある分析的基礎研究、領域を超えて法則群を作動させて認識可能な機能を創出する構成的基礎研究、および得られた科学的知見を社会化する製品化研究あるいは社会技術研究との統合によってつくられる拠点である。上述したように、この統合は各研究間が連続性（コヒーレンス）を持って行われなければならない。ここでは、単なる名目上の協力でなく、各研究の独自の研究に加えて、日常的な人の交流、実験装置の共有、論文の連名発表、できれば場所の共有など、コヒーレンス実現のための現実的運営が必要である。そのために、研究費配分機関の協力が必要不可欠となる。たとえば科学研究に関係の深い配分機関として、日本学術振興会、科学技術振興機構、新エネルギー・産業技術総合開発機構の三者があるが、それぞれ基礎研究、目的基礎研究、産業化研究に研究費を支給すると考えられる。そして、その支給は相互に関係ないか、あるいは互いに関係を拒否する傾向がある。この点の改革により、我が国で基礎研究が進展しながらそれが産業につながらないこと、または実際に産学協同がうまくいかないことを解決する可能性が大いにある。

すでに述べたように、それぞれ分析、構成、社会化などの役割を持つ研究は、統合することによって社会に貢献する大きな可能性を持っているのに、その貢献の可能性を研究費の支給システムが阻止している状況は異常であり、諸外国がすでに克服した古典的障害に煩わされるこの状況は、国益に反し、出資者としての国民にとっても説明できるようなものではなく、その解消は焦眉の急である。この場合、三つの研究費配分機関が協力して本格研究拠点、すなわちネットワーク・オブ・エクセレンス

(NOE) を創出することを促進する研究プログラムを組むことによって障害が解消される。CRDS は、できるだけ多くの研究費配分機関の協力を得て、このような研究プログラムの原案を作成する用意がある。

4. 研究者の連続的職業構造 —— 階層組織から共同体へ

上述のようなネットワークを有効なものとするためには、ネットワークを駆動する研究者の存在が最重要である。すでに述べたように、このネットワークには大学研究者、国研（独法研）研究者、そして企業研究者の実体的参加が必要条件である。しかし各機関が参加の方針を決めたとしても、各機関にそれぞれの使命を果たすネットワークに参加しうる要員が存在しているかどうかが問題である。この答えは、現在のところ問題なしとはいえない状況であると思われる。その理由は、

- (1) 大学：国立大学法人では 1980 年代から続く定員削減の解決のためにとられた上位級化の方針により、教授が多く助教、助手の少ない逆ピラミッドの構成である。私立大学も同様。
- (2) 研究所：行政目的組織であって、研究者の自由度が少ない。
- (3) 企業：最近の競争激化、株主優先などにより、基礎研究者が減少、その結果大学、研究所との橋渡しをする者の消滅。
- (4) 若手研究者：ポストク政策によって数は増えたが、ポストクの将来が不安定で雇用不安を招く。これらを真剣に考える大学人、研究所研究者が待たれる状況。

これらの理由により、研究機関の間での協調研究費が準備されたとしてもその効用が阻害される恐れがある。したがって、前記のネットワーク研究の推進と並行して研究者のあり方の改革が必要である。以下の提案は、研究者のあり方に質的な変化を求めるものである。

基本的な考え方は、我が国の将来は研究国家として存在感を示してゆくというものであり、長期の問題であるが、前項までの喫緊の課題の実現のための必要条件でもある。

現在の豊かになった我が国の若者の労働インセンティブは、より豊かになろうとするものではない。生活さえ保証されれば、あとは興味を持てる仕事に就き、人間関係自由、組織に縛られない仕事に従事したいと考える。研究者はその一つのタイプであり、若者の間ですでに人気の高い職業である。

しかも我が国の実績を考えると、研究者の社会的地位はすでに十分高いといつてよい。我が国は大学、研究所、公的機関、企業などに高度な研究者のポストを作ってきた歴史があり、統計上人口比研究者の割合も大きく、少なくとも特定分野で研究の国際的水準が高い。

このように、研究者に対する社会的需要が大きく、現在すでに多くの研究者を擁し、その質の維持についても社会的経験を持っており、しかもその数の増加が若者にとって歓迎されるとすれば、研究者の数を増やすことは好ましいだけでなく実現可能な道である。そこで研究者の数を増やすことを考えるとき、それはどのような研究者であるかをまず考えなければならない。ここで提案するのは、研究者の定義範囲の拡大と、その連続的職業構造である。

現在の研究者の定義は、大学あるいは研究所に勤務して専念して研究作業に従事するものである。したがって、大学においても、教育に割く時間は研究に従事していないとして換算している。しかし「大学において、研究しないで教育することはできない」という主張があるように、研究と教育とは深い関係があり、両者は隣り合わせにあって両者の間を個人として容易に行き来するのが普通である。

このような隣り合わせの関係にあるものを列挙すれば、多方向に向けて

研究者—教育者（大学）—教育者（初等中等学校）

研究者—熟練研究技能者（国立研究所）—研究補助者（大学・研究所）—研究管理者（大学・研究機関）—科学アタッシュ（在外公館）

研究者—研究課題探索者（CRDS）—研究調査者（シンクタンク）

研究者（分析型：主として理学部）—研究者（構成型：主として工学部）—開発研究者（企業）—開発技術者（企業）—ハイテク起業家（ベンチャー企業）

研究者—科学技術政策立案者（官庁）—政策実施者（研究費配分機関）

研究者—研究解説者（ジャーナリズム）—科学学芸員（科学館、博物館）—作家（自由）

などと展開する。これらの人たちが科学の進展とその社会への浸透を促進する主役である。そしてこれらの人たちの隣接関係は、教育と研究のように、現実の作業遂行において近い。それは知的作業という点で類似点が多く、またどちらが優れているというものでもない。そして隣接する仕事の境界を厳密に引くことはできない。

ところが現実には、大学における研究と教育の関係だけを例外として、職業間の人の移動はほとんどない。それは各仕事に固有の職業名を与え、呼称としての各職業を他とは相いれないものとして限定し各機関に意図的に囲い込んで壁を作っていることが原因であるとはいえないだろうか。これは現在の我が国における特異な状況であると思われる。事実中学と大学の間の教師の移動は過去にいくつもあったし、欧米ではシンクタンクと大学の交流は普通であり、また在日大使館の科学担当参事官には大学の研究者だった人や元学長などという人が普通にいる。我が国における研究職業の硬さは、多様で自由な仕事を好む現代の若者の現実の移動を妨げている。この硬さを解消するために、研究者に新しい定義を与える。それは、上に述べた隣接職業群を全体として研究者と呼ぶことである。

新しく定義された研究者は、いずれも知的創造性をもって頭脳作業を行う。したがって単に研究者と呼ぶことに違和感はないであろうし、またその結果として人々が自由に移動するようになることが目標である。そのためには、名前を変えただけではもちろん有効でない。移動を促進する再教育、各機関の雇用方式の変更、各機関の特徴を生かした機関内教育などが必要である。そして何よりも、我が国における人材の機関間移動の少なさが社会的活性喪失の原因の一つであったことを各機関が認識し、この人の移動を活性化する手段ととらえ、機関経営においてそれを現実化し利用するようにならなければならない。

新しく定義された研究者は、自分の研究成果はいずれ社会の役に立つであろうという抽象的想定のもとに研究を行うのではなく、自らの属する“研究者コミュニティ”がもつ構造の理解を通じて周辺で社会につながっていることを現実的職業構造として認識することになるであろう。すなわち、研究成果は、隣接する職業を通じて社会、すなわち教育、文化、生活、産業、行政、報道などに直接あるいは間接に効果することが認識され、また自らの位置を知ることになる。すでに述べた機能的最小ネットワークという構造は、それに携わる研究者という立場から見れば、このような社会へのつながりを実感する効果を持つものなのである。

したがってここでの提案は、研究者の定義拡大が最初にあって、それを実現するための科学者の意識改革、移動を支援する制度の導入、移動を可能にする再教育制度の機関内設置などが必要である。それに加えて、企業における拡大された研究者の位置付けと処遇などが望まれる。しかし何にもまして、拡大された研究者の存在

が、科学研究が社会の緊急課題に貢献することを目的とするネットワーク研究のために必要不可欠であることの、科学者、企業人の真の理解が最重要であることは言うまでもない。

研究開発戦略センターが平成22年度に取り組むテーマについて 戦略スコープ2010 ～豊かな持続性社会を目指して～

平成22年4月 研究開発戦略センター

1. 戦略スコープとは

研究開発戦略センター（CRDS）では、今後我が国が取り組むべき重要な研究開発領域・課題、研究開発システム等について、広く提言を行ってきている。CRDSの提言は、JSTの基礎研究事業等のファンディング領域の設定に活用され、また、政府の各種施策にも反映されてきている。

「戦略スコープ」とは、提言の作成を開始するに当たってのCRDSの認識を記した文書であり、作成予定の提言の大まかなテーマ、方向性を示すものである。戦略スコープに基づき、CRDS内にチームを編成し、提言の作成を開始する。

「戦略スコープ2010」とは、CRDSの2010年度の活動のために作成した複数の戦略スコープの集合体を言う。

2. 戦略スコープ2010の作成方針（5つの社会的期待と5つの視点）

（1）社会的期待 ～豊かな持続性社会を目指して～

政府は、昨年末、「新成長戦略」を発表し、「課題解決型国家」を目指す方針を打ち出し、成長に向けた二つの柱として、「グリーン・イノベーション」、「ライフ・イノベーション」を掲げた。また、成長を支えるプラットフォームとして科学技術を位置づけた。

このように科学技術は、さまざまな課題を解決し、未来を切り開く鍵として社会から大きな期待を寄せられている。

戦略スコープ2010の作成に当たって、CRDSでは、科学技術に対する社会の期待を、全体としては、「豊かな持続性社会の実現」と捕らえた。

更に、豊かな持続性社会を実現するためには、以下の5つの要素が重要であると考えた。

- ①健康
- ②生物多様性
- ③持続可能なエネルギーシステム
- ④持続可能な物質循環
- ⑤共通基盤事項（基礎・基盤科学、人材、グローバル化対応等）

戦略スコープ2010は、全体として、これらの社会的期待に答えることを目的として作成された。また、温室効果ガスの排出削減は、我が国の喫緊の課題であり、ブレイクスルーをもたらすような研究成果が強く求められている点も考慮した。

（2）戦略スコープ2010構成の視点

上記の社会的期待に答えるためには、戦略スコープ2010はどのような要件を備えてなければならないか。CRDSでは、戦略スコープ2010は、全体として、以下の内容を含む必要があると考えて、検討を行った。

- ①重要な基礎研究分野での独創的成果が期待されること
- ②人と組織をつなぐネットワーク研究が推進されること
 - ・領域融合があるか（社会科学も含める）
 - ・役割連結があるか（研究者数、アクターの存在、社会学者等）
- ③戦略スコープが対象としている範囲の広さ、時間軸等のバランスがとれていること（例えば、狭い範囲のスコープや短期的な視点のスコープに偏っていないこと。）

- ④視点が日本だけに閉じていないこと
- ⑤政府の政策との整合性を考慮していること

このうち、「②人と組織をつなぐネットワーク研究が推進されること」は、戦略スコープ2010の検討に当たって、特に、新しく重視した点である。

これまで主流であった科学技術の重点分野の動向を基礎にした研究課題においても、当然ながら、その成果はどのように社会に還元され、活用されるかは重視されてきた。

しかし、社会的期待に答えるための研究を推進するには、研究成果と社会的期待の関係は、漠然としたものではなく、より明確である必要がある。すなわち、研究成果が抽象的に社会に広がるだろうと期待するだけでは不十分で、研究成果が社会のどのようなアクターに引き継がれ、社会にどのような変化を起こすのか、より明確に予測する必要がある。

このためには、特定の分野の研究者だけによる研究では不十分であって、異分野の研究者との融合や役割の違いを超えた連携によるネットワーク形成が不可欠である。このような考えから上記②の視点を取り入れた。

なお、戦略スコープ2010は複数の戦略スコープから構成されているが、全てが上記②の要件を満たしている必要はない。重要な基礎研究分野での独創的成果を目指したものには、特定の分野の研究者が中心になるものもある。

3. 戦略スコープ2010の内容

戦略スコープ2010の策定に当たって、まず、各科学技術分野（電子情報通信、物質・材料、ナノテクノロジー、環境技術、ライフサイエンス）ごとに外部専門家の協力を得て、俯瞰を行った。（俯瞰の結果については報告書にまとめられ公表されている。）

俯瞰の結果を踏まえて、豊かな持続性社会の実現に貢献すると考えられる戦略スコープの候補を多数抽出し、それらをCRDS全体で、上記2. の「5つの社会的期待」及び「5つの構成の視点」をもとに議論し、戦略スコープ2010を策定した。

結論は以下の2点からなる。

（各戦略スコープと社会的期待との関係は、参考図参照。）

（1）戦略スコープ2010

現時点での戦略スコープ2010は以下のとおりである。

それぞれの戦略スコープの概要は、別紙を参照されたい。

（健康・ライフサイエンス関連）

番号	戦略スコープ名
①	健康持続のための包括的研究 (体内の変化を包括的に把握し、病気を未然に予防するための統合的な研究の推進)
②	科学的知見に基づく先制医療 (科学的な知見に基づき具体的な病気の進行を予測し、最適な時期に治療的介入を行う医療の実現)
③	恒常性の維持における幹細胞機能の解明 (神経・免疫・内分泌のネットワークと幹細胞による局所恒常性維持の関連を解明。)

このうち、①、③は、基礎研究分野での独創的成果を求めるものであり、主に、ファンディング領域の設定に活用されることを想定している。②は基礎研究から医療までの役割連結を意図したものである。

(エネルギー・物質関連)

④	バイオリソースの利用拡大基盤技術 (生物資源のエネルギー・工業原料への有効活用)
⑤	ネットワーク型最先端エネルギー環境研究開発拠点 (最先端研究拠点のネットワーク化及びそれらを繋ぐハブ拠点の構築)
⑥	新型発電・電力貯蔵システム共通基盤技術 (発電・電力貯蔵に関する研究開発テーマを横断的に俯瞰し、共通的な学術課題を整理し、研究を加速)
⑦	高効率エネルギー利用社会を支える相界面科学 (固固、固液、固気等の相界面でのエネルギー損失を飛躍的に減少させる技術開発)

このうち、④、⑥、⑦は、基礎研究分野での独創的成果を求めるものであり、主に、ファンディング領域の設定に活用されることを想定している。⑤はネットワーク型の研究開発拠点の形成を意図したものである。

(共通基盤)

⑧	エビデンスに基づく科学技術政策の科学の確立に向けて
⑨	課題解決にむけたイノベーションシステムの構築

(2) 新たな戦略スコープの検討

社会的期待のうち、「生物多様性」、「持続可能な物質循環」、「持続可能なエネルギーシステム」の3つについて、その相互の関連に充分留意して一体的な領域と捉えた上で、新たな戦略スコープの検討を改めて行う。

この領域において、戦略スコープの構成が上記8個では充分でないと判断したためである。

4. 今後の予定

- (1) 今回選定した戦略スコープについては、CRDSの人員も考慮し、提言策定のためのチームを編成し、作業に着手する。
- (2) 「生物多様性」、「持続可能な物質循環」、「持続可能なエネルギーシステム」を一体的な領域と捉えた新たな戦略スコープについて、別途検討班を編成し、2010年5月末を目途に、第1次段階の検討を行う。
- (3) システム科学、電子情報通信については、継続して戦略スコープの候補の検討を行う。



研究開発戦略センターが平成22年度に取組むテーマ

研究開発戦略立案の方法論 — 持続性社会の実現のために —

2010 年 6 月 1 日

著者 吉川弘之

発行 科学技術振興機構 研究開発戦略センター

〒102-0084 東京都千代田区二番町 3 番地

電話 03-5214-7484

FAX 03-5214-7385

許可なく複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

研究開発戦略立案の方法論

持続性社会の実現のために —————

科学技術振興機構 研究開発戦略センター