

各論

- 1 教育学とその周辺領域との関係

とくに、心理学とのかかわりに関して

第1部 佐伯 胖

教育学とその周辺領域

教育学はさまざまな周辺領域とかかわっている。その場合、基本的には教育学の立場にたちながら、扱う領域を特定の領域に限定するという場合（たとえば、幼児教育、社会教育、生涯教育、などなど）の場合もあるが、むしろ主たる方法論や基本概念は周辺領域とされる領域の方法論や基本概念を用いて、その対象領域に「教育」を特定化している場合もある。たとえば、教育社会学といえ、基本的には社会学の方法論と概念を用いるが、対象領域がたまたま「教育」にかかわる諸問題に限定した研究を指している。教育工学についても、工学的な技術開発の対象として「教育」が位置付けられているのであり、いわば「教育の工学化」をめざす研究をさしているというのが、これまでの一般的な考え方であった（最近になって、この点についての問い直しがはじまっているが）。

ところで、教育学と心理学との関係はどうであろうか。従来は、教育社会学や教育工学の場合と同様、まず心理学的な方法論や概念があって、それを適用する対象世界が「教育」というのが、一般的な通念であったといえよう。つまり、教育心理学は、通常、心理学の1分野とみなされるけれども、それを教育学の1分野とみなされることは、きわめて稀であった。大学における「教育心理学科」というのは、「教育学部」に所属していることが多いが、これは「教育学部」というものが、もともと文学部から分かれて創設されたというケースが多く、そのときに、もともとの文学部の中の心理学科の人たちがあたらしい「教育学部」に移ってきて担当したのが「教育心理学」の講座だったということによる。新しい大学で、文学部の中に教育学科と心理学科の両方がある場合は、多くの場合、教育心理学というのは心理学科のなかの1分野とされている。

教育学と心理学の結びつき

実は、教育学と心理学の結びつきは、近代教授学の誕生の頃から存在していた。いわゆる「一斉授業」というのは、大学で「教育学」の講義をした最初の教育学者となったヘルバルト（1776-1841）の教授理論をベースとしたものだが、ヘルバルトはもともと連合心理学者でもあった。ヘルバルトは教授の段階は人間の認識の段階に即応したものでなければならぬとした。彼は、概念形成の過程を、「専心」（対象に興味をもつこと）と「致思」

(対象を吟味すること)とに分け、さらに前者を「明瞭」と「連合」、後者を「系統」と「方法」に分け、そこから次のような教授段階説を導き出した。すなわち、第1に、学習内容を「明瞭」に把握させるために各教材を他と区別し、第2に、新しく獲得された観念が既有的観念とうまく「連合」する(関係づけられる)ように配慮し、第3に、教材内容の体系の「系統」化をはかり、最後に習得した観念が実践を通じて生徒の日常生活に応用されるよう、具体的な「方法」に結びつけるというものである。ヘルバルトは、ペスタロッチの教授活動に感銘を受けて、「直観」から「概念」に至る過程を体系的に基礎付けて、『一般的教育学』(1806年)を著している。ここで注意したいのは、ペスタロッチの教育実践記録は、つねに固有名の子どもと固有名の教師についての記録なのだが、ヘルバルトの『一般的教育学』では、それらの固有名は登場せず、教育活動はすべて、一般化された心理学用語で語られていることである。ヘルバルトの学説はツィラーやラインらを代表とするヘルバルト学派の人々によって継承され、ドイツにおいては、国家公認の教授理論として定着した。彼の学説は19世紀末にアメリカに導入され大きな影響を及ぼした。日本にはこれより先、1887年に来日したハウスクネヒトによって伝えられ、帝国大学における彼の教え子たちによって広められた。

20世紀に入ってから教育学者としては、デューイ(1859-1972)があげられるが、デューイは哲学者であり社会学者でもあったが、心理学者でもあった。デューイによると、人間は「生活体」であり、自然的・生物学的基盤の上に存在している。人間の本性は、もとより人間の社会的・文化的存在であるが、それは自然的・生物学的なものとの連続性の上に成り立っているとす。ただし、デューイの思想は人間性を自然的・生物学的なものに単純に還元解消する還元主義ではない。生活の基本原理として、生活体はその環境との不断の相互作用によって成長・発達するとす。したがって、思考とか認識とか、その他人間のあらゆる意識活動は、その相互作用の過程の中で、そこに起こる生活上の諸問題を解決するために発展する。そこから、自由な社会的相互交渉を基本的特色とする生活様式としての「民主主義」を説き、生活経験を大切にする経験主義的教育原理を導いた。

このように、ヘルバルトやデューイといった代表的な教育学者たちは、自らの教育学や教授学の基礎を独自の「心理学」に置いていたのであるが、それらの「心理学」は、近代の心理学では、「心理学理論」としてはほとんど注目されず、ただ単に、それぞれ独自の教育理論の基礎となったものとして理解されるにとどまり、心理学研究としての理論的発展はあまり見られなかった。

心理学と教育学が極めて密接に結びついたのは、1960-70年代に一大ブームとなった「ティーチング・マシン」(「プログラム学習」)の理論的基礎を提供したスキナー(1904-1990)の行動主義心理学がある。スキナーは、実験室でのハトやネズミの学習実験から、学習が成立する条件として、「逐次的近接行動の系列化(プログラム化)」と「随意的行動(オペラント行動)の即時強化」をあげて、これを確実に成立させるために、機械的にそれを実行する装置(ティーチング・マシン)を開発した。スキナー自身、自らの研究を「教授(ティーチング)のテクノロジー」とし、教育の心理学化と同時に、「工学化」への道を

ひらき、その後の「教育工学」の発展の基礎づくりをしたといえよう（「教育工学」については、本稿では取り扱わない）。しかし、スキナーの行動主義心理学は、心理学の世界では、認知心理学の台頭にともない、人間の思考や学習の原理としては全面的に否定されるに至っている。また、ティーチング・マシンやプログラム学習も、教育の現場でも当初期待されたほどの効果をあげず、次第に下火となっていった。

「実践」とのかかわり

ところが、近年になって、心理学と教育学の関係があらためて大きく問い直されるようになってきた。それは、まず、教育心理学自体が、心理学におけるもっともオーソドックスな「実験室での実験的研究」では、「教育」という世界（ここでは、学校での教育実践が中心的に研究テーマとされる）ではほとんど通用しない、という現実を直視しはじめたことによる。つまり、教育実践の現場で活用してもらえるような「教育心理学的知見」なるものが、きわめて乏しいことが自覚され、なんとかして、「実践」とかかわる教育心理学が、オーソドックスな心理学とたとえかけ離れたとしても、確立していく必要があるとされてきたことによる。そうなると、心理学的な方法論や概念は一時棚上げして、とりあえず、教育という世界はどのような世界なのか、教育現場というのとはどのような「現場」なのか、教育現場に即した「教育心理学」があるとしたならば、どのような教育心理学になるのだろうか、という問いが、学会で中心的なテーマとしてとりあげられるようになってきた。

たとえば、1996年の日本教育心理学会第38回総会では、準備委員会企画シンポジウムとして、「認知心理学は教育実践にいかに関与しうるか」「学校実践を捉える 実践的研究とは何か」「教師と子どもの学びのプロセスへのアプローチ 教室からの教育心理学理論の構築」といったテーマが取り上げられた。さらに、翌年の1997年の第39回総会では、研究委員会企画シンポジウムとして、「実践型の教育心理学をどのように進めるか」のほか、準備委員会企画のリレー・シンポジウムとして、「教育心理学と教科教育との対話」というメイン・タイトルのもとに、総論、国語科、社会科、生活科・総合学習、理科、算数についてのシンポジウムが連日にわたって開催された。

「科学 (Science)」、「技術 (Technology) 」そして「技芸 (Art) 」

このような「実践」を中心に据えることで新たに生まれた「教育学と心理学の対話」は、教育学と心理学の関係よりも、より根源的に、「教育学は科学か」という問いを浮かび上がらせる。

デューイは教育学を哲学・倫理学、社会学、心理学のそれぞれが密接不可分にかかわる、本来的に「学際的な」領域であり、どれかに一元化はできないものとしていた。一方、ヘルバルトやスキナーは、教育学を心理学ないしはそれと同じレベルでの「科学」にしようとしてきたのだが、佐藤（1998）によると、これは大きな間違いであったという。デューイ以前にプラグマティズム心理学を提唱したジェームス（1842-1910）は、教師を対象とする連続講演で、ヘルバルト主義の連合心理学による教授技術を批判し、「科学的心理学」の

教育への導入を厳しく批判した。それは教育は本来技芸（art）であって、「科学」である（あるいは、少なくとも、「科学」を志向している）心理学とは根本的に異なる世界だとしたという。しかし、佐藤によると、ジェームスの指摘にもかかわらず、その後の教育学は、技芸（art）の性格は剥奪され、「科学的技術」で統制されるべき技術的実践（technical practice）とされていったという。さらに、このことは、1960年代におけるカリキュラム改革運動（いわゆる「教育の現代化」）において、教育実践が大学の実験室で語られる「科学的研究」の「応用」とされ、教師を創造的な主体とみなさずに、むしろ、大学で開発された「科学的研究成果」としてのプログラムを忠実に実行する「導管」としてしか位置づけなかったために、失敗に終わったという。しかし、実践を理論（研究）の応用の場とする二分法は、その後の教育研究にも根強く、米国教育学会での最大部門である「学習と授業」部会が10年ごとに刊行するハンドブックには、教師自身の実践を取り上げる研究がほとんど見られない状況が現在も続いていると指摘する。

理論と実践の三つの関係

佐藤は、理論と実践との関係を以下の3種類にわけた。

第一は、実践を科学的原理やそれによって裏付けられた技術の適用とみなす立場（theory into practice）である。ここでは、「思考」が実践活動よりも優位に位置づけられており、活動から離れるか、もしくは、活動を一旦停止して営まれるとされる。このような考え方では、実践に携わる実践家（たとえば教師）は理論を作り出すことのできない存在とされ、単に、処方される指示に従うだけの者とされる。また、理論家は具体的な実践の場で生じる具体的諸問題にふれることなく、たんに既存の理論の精緻化か、たかだか修正を、実験室での実験をもとに行うのみに終始してしまうことになる。これでは実践と理論の乖離は避けがたいものとなり、研究が進めば進むほど、両者の対話はますます困難なものになってしまう。このことは、まさに従来の教育心理学の多くの「理論」が、現場の教師たちにとってはほとんど無縁のものとなり、「現場では使えない」理論研究だけが累々と積み重ねられてきた「現状」を生み出したのだと言えよう。

理論と実践に関する第二は、「すぐれた実践」を典型化（モデル化）することで理論を導こうとする立場（theory through practice）である。ここでは、まず優れた実践が先にある。その「名人芸」ともいえる優れた実践を典型化し、一般的な法則ないしは手続きを抽出することによって、誰もが共有しうる「技術」にしようという考え方である。教育研究の世界では、斉藤喜博（1911-1981）という「授業の名人」がいた。斉藤は、1952年、41歳で群馬県佐波郡島村（現、境町）の島小学校の校長となったが、子供の可能性をひきだす授業実践は多くの人々が賞賛するものとなり、発表する公開研究会（1955～63年に8回開催）には全国から多くの参観者がおとずれ、「島小」の名が全国的に知られるようになった。斉藤らの教育実践は民間教育運動や教育研究に大きな影響をあたえ、多くの教育学者たちが斉藤の実践を理論化する「教授学」を打ち立てようとした。また、最近では、斉藤に感化された一人の現場教師、向山洋一（1941-）が提唱した「教育技術の法則化」運動がある。

これらは、現場教師の授業技術の中で、確実に成果があがるものを「法則」として広めようと言う運動であり、これも1980年代の後半から1990年代まで一斉を風靡したが、現在はやや下火になってきている。

佐藤は、このような「実践の典型化（法則化）」（つまり、theory through practice）の考え方は、次のような問題をはらんでいるとする。

第一は、特定の教育的価値が万人に共有されているときはある程度有効でも、教育実践の場合、教育的価値は多元的であり、共通の尺度を持たないことが多い。ところが「法則化」志向は、どのような授業実践が「すぐれた授業」かについて、それが多くの人々に「すぐれた授業」とされているという事実だけをかかげて、批判的・反省的に検討するまなざしを排除し、特定の、名人とされた実践者の判断を絶対視する傾向をもつ。

第二には、いったん「理論化」ないしは「法則化」されたものが、今度はそれらを「適用」した実践（いわゆる「追試」実践）を数多く生みだすのだが、多くの場合、「それなりの効果」の確認だけで「理論」の正当性が主張される（いわゆる「統制群」をもちいる「実験」は、教育現場ではほとんど不可能である）。さらに先の「理論の応用としての実践」の場合と同様、「すぐれた授業」からの「理論」を実践より高い位置にあるものとして、実践現場での日々の多様な試みを閉ざしてしまうことになりかねない。

第三には、このような実践の「理論化」や「法則化」に関心が向くと、現場教師は日常性の中の多様性や特異性から目をそらし、ひとり一人の子どもの独自の存在に目を向けなくなってしまう。また、そのような「すぐれた実践」の理論化や法則化は、「運動」になりがちで、教師の仕事を画一化してしまう傾向を生み出す。

このような批判をもとに、理論と実践との関係についての第三のものとして佐藤が提案するものは、ショーン（2001）が「実践の中の反省（reflection-in-practice）」と呼んだものに近い概念だが、「実践の中の理論（theory in practice）」という考え方である。これは実践自体に内在化している「理論」を指し、あらゆる実践活動は理論的实践であるとする。ただし、この場合の「理論」は、ものごとを「外側から」ながめて理論化されたものではなく、実践の「内側」で機能している理論である。

第一の「実践化される理論（theory into practice）」は、アリストテレスの区分に従えば、科学の源流である「テオリア（観照）」の知である。第二の「実践の理論化（theory through practice）」は、アリストテレスの区分によれば、制作学（ポイエシス）を基礎づける「テクネ（技術知）」である。これに対し、第三の「実践の中の理論（theory in practice）」というのは、倫理的・芸術的な省察と判断の知である「プロネーシス（叡智）」に属する。そこでは、一般化された法則による記述ではなく、内容（content）、認識（cognition）、そして文脈（context）の三つのCが複雑にからんだ語り（narrative）の世界であるとする。佐藤は、この第三の理論研究として、最近盛んになってきている教育現場のフィールドワークによる「厚い記述」を例にあげている。

フィールドワークにおける「厚い記述」では、一つの問題に対する正解は複数あり、一つの問題の解決は背後にあるより大きな問題への対面を余儀なくするという、「終わりなき

物語」が語られる。さまざまな文脈の重なりがあり、ぶつかり合いがある。理論的矛盾や当事者間の利害の対立、葛藤の中で、あらたな文脈が創出されることによって文字通り「話が変わってしまう」という解決もある。観察された事象が、背後に想定されるどのような根源的な問いに対する答えになっているかが当初はわからないまま、さまざまな事柄の関係性を記述していくうちに、根源的な問いが何であったかがわかると同時に、その答えがわかるということもある。このような実践的教育研究は、たとえ単一の「事例」をめぐる記述であっても、きわめて多くの示唆を含み、別の実践での困難や迷いに際して、新しい解決を創出するヒント、もしくは、資源となりえるものである。

このような実践的研究は、実践をなんらかの法則で「説明」というよりも、実践にあたっての諸問題の「関係性」に気づかせる。通常「無関係」とされがちなことが、大きく関係している場合があることや、単独の原因に帰属されがちなことが、複雑な諸関係によって相互構成されたものである可能性があるということや、何が重要で、何が重要でないか、あるいは、どういうことには「配慮」し、どういうことは「なりゆきを見守る」ことが大切か、などについて、さまざまな実践現場で「使える（生きる）」叡智を与えてくれるものであり、その意味で、大いに「一般性」のある知を提供してくれるものである。

ちなみに、このような「厚い記述」の対象となる実践は、かならずしも「すぐれた実践」とされるものである必要はない。ごく平凡な、あるいはあきらかに「失敗した」実践でも、その記述に含まれる知見が、多くの実践に新たな「気づき」をもたらす、「重要性」（あるいは、「重要とされていること」の見直し）や「関係性」について、従来の既存の枠組の組み替えをせまるものであれば、明らかに「学的」な資源（リソース）として大切にされるべきものであろう。

「教育的関係」とは

佐伯（1995,2001）は、「教師と生徒」、「親と子」などの間で「教育的な関係」が成立する場合には、相互に相手に対し「三人称（THEY）的」に関わる場合と、「二人称（YOU）的」に関わる場合があるとしている。

「三人称的」に関わるというのは、相手を「ワン・オブ・ゼム（one of them）」とみなす関わりである。そこでは、相手の諸特性を一般化された概念でカテゴリー化したり、一般的な要求水準（尺度）に照らして「位置づけ」をしたりする。その場合、判断者自身も、実は、「心理学者」とか「教師」とか「親」という役割を背負った「三人称的存在」としての「ワン・オブ・ゼム（one of them）」として自覚しているのであって、「この私」という、名前のある固有の存在であることは考慮しないことになっている。先の分類で言えば、実践を「理論の応用」とみなす立場（theory into practice）や、実践から一般化できる「理論」を引き出そうとする立場（theory through practice）で、教師が子どもと関わる時は、教師自身も「理論を実施する人」「理論化を行う人」として「ワン・オブ・ゼム（one of them）」であり、そのような教師が見る相手である子どもも、一般化された理論や法則が適用されるべき対象としての「ワン・オブ・ゼム（one of them）」に他ならない。

しかし、実際の教師は、個別の名前をもつ目の前の生徒に対して、このような「ワン・オブ・ゼム (one of them)」としての接し方だけをしているわけではない。むしろ、相手を、固有の名前をもつかけがえのない存在、自分にとって大切な、かけがえのない存在である「あなた」(YOU)として接することの方が多いただろう。その場合は、教師自身も、固有の名前をもった、独自の歴史を背負った、ほかならぬ「わたし(I)」である。このような、I-YOU 関係では、相手に対して、一般的なカテゴリーを当てはめるよりは、まず、相手のおかれた立場や状況に自らも立ってみて、相手を共感的に理解しようとする。そのとき、相手についての「事実」を知るだけでなく、つらい、さびしい、うれしい、こわい、などなどの情緒的な感情も「共感」できる。さらに、相手を「大切な存在」とみなす価値意識も生まれるが、この「価値」も、一般的な評価としての価値であるよりは、この「わたし」にとって「放っておくわけにはいかない」という価値である。

教育的な関係というのは、この三人称的な関係と一・二人称的な関係が重なり合った関係である。「科学」というのは、一般に「三人称的」記述をするとしたならば、教育者の教育的営みは、少なくとも、そのような意味での「科学」の実践ではない。教育には、一人称ないしは二人称的な関係を含めてしか語れない側面がある。

もしもそうであるならば、「教育」を記述し、そこから「学」としての知見を導き出す教育学は、教師の「一人称的」な有りようや、「二人称的」な関係づくりを、そういうものとして記述し、そのことの意義や含意を十全に引き出すような「語り」が許されるものでなければならない。このことは、先の「厚い記述」が、場合によっては、「観察者」というよりも、「当事者」の視点からの、まさしくシヨーン(2001)の言う「実践の中の反省 (reflection-in-practice)」をも含み得るものでなければならないことを意味している。

学びとは

さて、一般に、人が何かを「学ぶ」というとき、そこには、その学びをいざなってくれた誰かがYOU(固有の私“ I ”の存在を受け入れ、共感的に理解してくれる他者)として存在していることが多い。学びはその YOU への「あこがれ」や「尊敬」ないしは「親しみ」とともに、その YOU が背負っている背後の世界としてのTHEYをかいま見るのである。したがって、「学んだこと」というのは、たんに物事の真偽や特定の手続き(スキル)ではなく、YOU の「生きざま」からかいま見た物事の意義(美的判断、価値判断を含んだ、そのことの「善さ」)なのである。ほんとうに納得し、実感し、「骨身にしみた」経験を通して学んだ「知」というのは、どこかに「固有名詞」としての人名が関わっているはずである。「あの人がいたから、いまのわたしがある」というような実感をともなった「学び」なのである。

このような「学び」の現実を「実践の中の理論 (theory in practice)」として語るときには、固有の人名付きの、倫理性や美的感覚をともなった「具体的経験」が入らないわけにはいかない。そのようにして語られる「学びの経験」は、もはや心理学的概念としての「学習」ではない。にもかかわらず、そのような具体的な「学びの経験」こそ、教育的営

為の内実を知る重要な（「学的」な）手がかりとなり得るものであり、そのような記述を含めた論考こそが、「教育学」を現実の「教育」に近づけるためには、是非とも必要なことである。したがって、そのような側面を「科学」の名のもとに排除してきたとしたならば、「科学」そのもののパラダイムを変える必要がある。

教育学は、どのような意味で「科学」か

このように見てくると、教育学は多くの周辺科学（心理学、社会学、工学など）に囲まれてはいるが、それらの「応用」ではないし、それらによって「理論づけられる」ものでもないことがわかる。また、繰り返しのある実験で「検証」されるべき法則の定立をめざすものでもない。すぐれて「実践」にかかわる点からいえば、吉田民夫のいう「設計科学」を志向しているということも可能であるかもしれない。しかし、それ以上に、実践的教育研究を「科学」とするには、そこには、対象を「三人称」的に扱うという制約を解かねばならないであろう。「教育する側」と「教育される側」は二項対立する関係ではなく、互いに「教え合い、学び合う」関係であり、さらに、私（I）とあなた（YOU）の関係でありつつ、その両者関係にすべて還元されるものでもなく、それと同時に、教育はどこまでも社会・文化に開かれ、客観的事実としての「世界（当然、物理・化学的世界も生物世界も含む）」の認識とそれらへの文化的実践に人々をいざない、向かわせる営みである。このような複雑な関係の総体を見渡すこと　すなわち、一・二人称的関わりを、社会・文化的な三人称的な世界に導くというプロセスを、それに直接的にかかわる当事者的な視点を含めて十全に記述し、それをもとに、「教育的営為の総体」に関する分析と論考を深めるという「学術的探求」を展開すること　このような探求を科学的探求の一つとして位置づけるような新しい「科学」観を打ち立てることこそ、「科学論のパラダイム転換」として、私たちが今必要としていることではないだろうか。

引用文献

- 佐伯 胖, 1995 『「学ぶ」ということの意味』, 岩波書店
- 佐伯 胖, 2001 『幼児教育へのいざない 円熟した保育者になるために』, 東京大学出版会
- 佐藤 学, 1998 教師の実践的思考のなかの心理学 佐伯 胖・宮崎清孝・佐藤 学・石黒広昭著 『心理学と教育実践の間で』東京大学出版会 pp 9-55
- シヨーン, D. A. (佐藤 学・秋田喜代美訳) 2001 『専門家の知識 反省的实践家は行為しながら考える』ゆるみ出版

- 2 21 世紀日本社会と法学

第2部 嶋津 格

1. 法学の相対的独立性

誰でも知っているように、法律は国会で「立法」される。その過程で国会が実際にどれほど「自由」であるかはさておき、形式上これは集団的な「意思決定」のプロセスと考えることができ、各法律と条文は、これによって生じるプロダクトである。そしてそれら条文の「解釈」を学問的に行うことが、「解釈法学」の任務であると説明される。しかし、かつてキルヒマンも論じた（1847年の講演《学問としての法律学の無価値性について》）ように、立法によって法律が廃止されれば、その条文の解釈を論じた万巻の書物は無価値となることが避けられない。だから、（不変の自然法則を探求する自然科学などと比べて）法学は学問として価値がないのだ、という結論も十分ありうることである。重要なのは、立法において適切な法律を作ることであって、それができれば、後は条文どおりに忠実な法運用をすることだけが、裁判制度と法学の目的として残ることになるはずである。たとえばかつて、「立法の科学」として功利主義をとらえたベンサム(1748- 1832)の考え方も、このような方向へとわれわれを導くものである。ところが不思議なことに、解釈法学において「立法論」は、現行の法の解釈にくらべて価値の低いものと扱われがちで、あるべき法の議論は、法学の直接的な対象からは少し外れたものと考えられているのが現状である。

外部から法学を眺める人々は、学術会議の他の分野の専門家たちも含めて、法学に対して上記のような概観（操作主義的な立法中心の法理解）をもっていることが多いように思う。これは確かに法の一面を捉えており、単純に誤りとすることはできないが、内部から法学を見る人々は普通、これとは異なる見方をしていることが多い。国会で個々の立法を担う主体は、交代する時々との与党であったり、その場で一時的に形成される連合体であったりする。ひどい場合には、特定の法案を成立させることに関心をもつ相対的に少数のグループが、その論点には無関心な別の利益や価値を追求する他のグループと取引して相互に票をやりとりし、過半数の賛成票をかき集める（ログ・ローリング）ことで法案が成立することもある。そのようにしてできる法案と制定法の文言に忠実に従うことだけが、われわれに可能な「民主主義」だろうか。

別の見方では、法は一つの有機的な規範のシステムである。立法によりその部分が付け加えられ、明示化されることはあるが、全体は誰かが計画的・操作主義的に作り出したものではない。裁判官や法学者が解釈するのは、その全体である。当該の条文は、もっとも重要なものではあるが、蓄積してきた資料の一部である。そして、その資料全体が、一定の原理・原則と価値観を体現している一貫したものとして解釈され、当該条文の意味も、その中で決まってくると考えられるのである。この場合「解釈」は、歴史や文学の解釈の

場合と同じく、解釈する時代と社会の問題意識を反映して、常に新しい意味を対象（歴史的事件・芸術作品・法律や判例）に見いだしてゆく作業でもある。

2．秩序の作り方

個人のもつ正義感覚と社会の秩序の関係づけ方は、原理上二つある。一つは、個人の正義感覚を信頼せず、それをむしろ危険なものに見なして、それから独立に、社会に妥当する規範の内容を確定してゆこうとする行き方である。法実証主義といわれるものは、この立場をとる。社会の現実・人々の意識と法の内容が大きく乖離している場合には、このようなアプローチは不可避となるかもしれない。日本社会において、明治期に西洋法が短期間に導入され、それが大学の法学部で講義されることで多数の法律家、法学徒を生み出し、そのような人材に担われて実定法として通用させられてきた背景には、このような事情がある。戦後民主主義の時代にも、立法の力によって社会の変化（軍事中心の体制の廃止、人々の意識変革など）をもたらそうとする面があり、社会の意識と法は乖離した部分を残していたから、やはりそのようなアプローチには現実味があった。

しかし、現在進行中の司法改革は、少なくともそれを立案する人々の一部の中に、深いところでこの方向を変えようとする意図があるではないか、と私は考えている。別の拙稿から引用するなら、「現在視野におかれている日本の社会変革は、標語的には、「正しさに関する問を排除する社会」から「正しさを語る社会」へ、また別の観点からは、官僚の法から法曹の法へ、ということもできるだろう。」これが成功すれば、日本社会は公定の規範と人々の意識の間がより密接な、その意味で品位の高い（decent な）社会となる可能性がある。もちろん、法律とは異なる次元で保持されてきた伝統的日本社会の品位というものはあったのだが、それは現在急速に崩壊しつつあるのではないか。それならわれわれは、別の意味の品位、法学と親和的な意味のそれを考えてもよいように思う。それは、一定の文化の中で育った者の間でだけ理解される暗黙的で閉じた品位ではなく、言語的に明示化された普遍的ルール群と、それを擁護する意図をもつ人々による開かれた正義の徳としての品位である。

3．法学と社会

もちろんそのためには、日本社会と人々の意識、法学のあり方、官僚の意識と行動、などが変わる必要がある。法は「実行可能な正義」についての一つの解釈を提示するものである。そしてその内容は、私人間・国家や地方の公務員・裁判所その他司法機関などで日々解釈され直し、そのことによって不断に生命を更新してゆくのである。

その一つの帰結は、必要な時には法律条文が、説明項としてではなく被説明項として扱われ、人々がそのための能力をもつ、ということである。つまり、「 の条文がある」の決まりがある」ということが、一定の処理や行動を正当化する最終の根拠とされるのではなく、「なぜそれがあるのか」「なぜそれで正しいのか」を様々な場面で人々が説明するようになる、ということである。もちろんその説明によって規範の内容は解釈されなおいし、

実際には変化してゆくかもしれない。公的機関その他の施設で、この種の説明が広く行われ、人々はそれを要求する権利があると考えるとともに、問われれば自分もその説明が一定程度はできる。そのような人々によって構成される社会に日本が近づくということである。

この種の一般的な素養は、法学部の卒業生のみでなく、広く国民が身につけていることが必要であり、そのための授業を小学校や中学校で行うことが必要であるかもしれない(私の所属する千葉大学では、教育学部の協力を得て、付属小中学校で裁判事件を題材にしてこの種の実験的授業を始めている)。これを行うに当たってもっとも不足するのは、適当な法学的素養をもつ教員だろうから、教員の養成が必要である。教材の開発も必要であろう。何十年後かに(不確かな)成果を結ぶであろうような、気の長い取り組みに従事することが必要だと私は考えているのである。

4. 法学の水準

法学は実践的な秩序の学であるから、ある国の法学が学問として外から魅力的に見えるのは、それがその中で機能している社会自体が魅力を備えている場合である。もし日本社会の秩序のあり方が魅力に乏しいとしたら、日本の法学の水準の高さが外国から評価されることはないだろう。かつて日本の官僚機構の優秀さが評価された限りで、官僚法学としての日本法学が評価されることもあっただろう。現在では、カンボジア、ベトナム、モンゴルなどで日本の政府・弁護士会などの支援による法整備が進行中である。しかし法の継受または移植や外国からのアイデアを利用した包括的な立法作業には、理論上・実践上複雑な問題があり、究極的には母法を運用している社会の秩序のあり方が、移植される法と法学の水準を決定するのではないだろうか。

法学の研究は教育と不可分であるが、日本の法学とそれが生み出す法学徒たちがこの意味で、アジアを中心とする外国の視点からして魅力的なものとなるよう、これからの取り組みが期待される。

参考文献

- 拙稿「社会改革としての司法改革 「法の支配する社会」を求めて」,日本法哲学会
公開シンポジウム『司法改革の理念的基礎』報告集, 2001年
- 拙稿「民主主義 その認識論的基礎と機能のための条件について」,哲学 No.47(1996
年)

- 3 21 世紀における経済学のパラダイム転換について

資本主義対社会主義から資本主義対資本主義へ

第3部 花輪 俊哉

1 .20 世紀における経済学の特徴

20 世紀の経済学者にとって、マルクス経済学ほど、意識的であれ、無意識的であれ、影響力のあったものはない。その影響力は、必ずしも経済理論においてではないかもしれない。すなわち、社会主義革命は、ロシア、東欧、中国は言うまでもなく、広く東南アジアへも伝播したので、その社会的、政治的影響は大きかったといえよう。ケインズもシュンペーターも、マルクスの逝去した 1883 年に同じく生まれ、ケインズは 1946 年に、またシュンペーターは 1950 年に逝去している。そうした中で、ケインズも、シュンペーターもマルクスを意識して、それぞれ自己の資本主義観を作り上げたのである。

マルクス経済学の影響の大きさについては、筆者も経験している。昭和 26 年一橋大学に入学し、経済学の勉強を始めた頃、当時最もよく読まれた書物の一つに、杉本栄一著『近代経済学の解明』があった。杉本は、マルクス経済学に対する近代経済学の形成、発展を解明した。具体的には、メンガー、ジェボンズ、ワルラスの経済学の基礎に共通にある限界革命を重視するとともに、それらが形式的で抽象的な理論であることによって、現実の資本主義経済を全的に把握することに失敗していると考えた。ついでケンブリッジ学派の経済学、特にケインズの経済学を解明し、経験主義的で現実の経済をよく把握しているものの、なお資本主義経済の本質を見損なっていると結論し、最後にマルクス経済学への信仰を宣言しているのである。当時近代経済学のメッカであった一橋大学の中で、また気鋭の近代経済学者でもあった杉本がこうした態度をとったことに、当時のマルクス経済学の影響力を見ることができよう。現在、社会主義革命が失敗し、社会主義諸国が資本主義化する傾向を見せる中で、かつての社会主義への熱気は何であったのか、とても不思議な気がする。

さてマルクスは、労働価値説という一つの原理に基づき、資本主義経済がその内的矛盾によって社会主義経済へと移行せざるを得ないと主張したのに対し、20 世紀を代表する経済学者であるシュンペーターとケインズは、独自の資本主義観を提示している。まずシュンペーターは、一般均衡論の立場に立ち、その意味で『経済本質論』を書いたのであるが、資本主義経済を把握するためには、『経済発展理論』を書かねばならなかったのである。彼は企業家に着目し、たんなる生産者と異なる企業家精神こそ資本主義を資本主義たらしめるものと捉えたのである。すなわち企業家は、新種、新品質の商品の市場への導入、新生産方法の採用、新市場の開拓、新資源の獲得、産業組織における新制度の実現(独占の形成など)等のイノベーションを実施し、創造的破壊を行う経済主体と考えられたのである。資本主義の持つダイナミズムは、まさにこの企業家群により生み出されたものである。そ

れゆえ企業家精神が衰退する時こそ資本主義経済の衰退の時となる。それは大企業などに蔓延する官僚主義などにより生ずると考えられたのであり、その後には社会主義経済が出現するのである。『資本主義・社会主義・民主主義』は、その間の論理を詳しく説明している。また彼の『景気変動論』によれば、景気変動は、人によっては資本主義経済に不安定をもたらすものとして、これを除去しなければならないものと考えられたのであるが、彼は景気変動こそ企業家のダイナミックな創造的破壊活動によって生み出されたものであるから、これを除去することは資本主義経済を殺してしまうことになりかねないと考えたのである。

こうしたシュンペーターの資本主義観に対して、ケインズの資本主義観は一般に修正資本主義と言われているが、ケインズも20世紀の経済学者としてシュンペーターと同じように企業家の機能に注目していることを強調しておかなければならない。その詳しい内容については で行うことにして、ここでは主としてマルクスおよびシュンペーターとの対比におけるケインズの特質の言われているいわゆる修正資本主義観というべきものについて述べよう。それは簡単に言えば次のように言うことができるであろう。

資本主義経済に全般的超過需要が発生する時、一般的生産者や消費者はそれを是正する力はない。なぜなら生産者は、超過需要の中で利潤が得られているので、投資を拡大することが理に適っていると考えるので、国民経済的には超過需要を押さえるために投資を抑制すべきだとしても、なかなかそうした決定はできないのである。また消費者にしても超過需要の下では、インフレの懸念から早く消費財の購入をするほうがよいと考え消費を増加させ、インフレを促進してしまう恐れがある。インフレを促進させないためには消費を抑制するべきなのだが、そうした国民経済的視点での消費行動は通常期待できないのである。それゆえ私的な視点を越えた行動ができる政府が国民全体のことを考え、行動を起こさなければならないと考えた。つまり超過需要の抑制のため、財政政策と金融政策を効果的に使用することである。緊縮的財政政策と引き締めの金融政策である。

全般的超過供給の場合も同様であり、その場合には拡張的財政政策と緩和的金融政策が行われたのである。こうした政府の政策が成果を上げる限りにおいて資本主義経済の不安定は除去されると考えたのである。そうした政府は、何もしない政府の「小さい政府」に比べると「大きい政府」と言えるかもしれない。しかしこの「大きな政府」は、北欧の「ゆりかごから墓場まで」と言う福祉国家とは異なる考えであり、ケインズ経済学の真意は、インフレのない完全雇用の達成、維持を政府の責任としたことにある。ただケインズは必ずしも政府を賢人として考えていたわけではない。「政府对個別経済主体」で考えるよりも、両者の中間に存在する独立機関を増やして、それに賢人機能を期待すると考えたのではないか。ケインズは、シュンペーターと異なり、官僚制の蔓延よりもむしろ資本主義の価格機構万能論を怖れていたようである。この価格メカニズムを強調したのは古典派経済学者であったが、ケインズは、自由放任の終焉を考え、経済主体の英知に期待したのである。

さて価格メカニズムを強調した古典派経済学者の想定した経済は原初的資本主義であった。マルクスもその例外ではない。まだ「経営と所有の分離」は実現していなかったので、

資本家が重要な存在であった。資本家は、労働者を雇用して生産を行う。労働者は労働力を提供して所得を得、それにより消費財を購入する。そこでの経済主体は、いわゆる原子論的存在と考えられるものであり、シュンペーターやケインズの企業家概念と根本的に異なっていると考えられる。技術革新を中核として生まれた企業家という経済主体は、近代資本主義を支えるものであり、新しい資本主義の始まりであった。これをここでは産業資本主義経済と呼ぶことにする。そしてこの企業家の認識は、決して理論的な、また抽象的なものではなく、経済の現実を直視する実学的態度から生まれたものと考えられる。このようにケインズの資本主義観は、単に修正資本主義というよりも、むしろ資本主義経済の絶えざる変容を訴えたかたのではないかと考える。そしてそこでは市場での価格機構よりも、経済主体の革新的活動が重要視されたのである。いうまでもなく経済主体の代表は、企業家および投資家である。企業家および投資家は、価格機構のみに任せて行動するのではなく、それを場として、革新的に経済の安定と成長の実現をはかると考えられている。こうしたケインズ経済学の再検討が21世紀における経済学のパラダイム転換問題の鍵となると考える。

2. 産業資本主義経済における企業家の役割

ケインズは、シュンペーターと同様に、企業家の役割を重視しているが、シュンペーターよりもより現実的に考察している。産業資本主義は、いわば製造業を中心として発達してきた資本主義であるが、企業の革新性をもって本義とする。すなわち、それ以前の資本主義が、価格メカニズムを重視して、生産者は価格を目安に生産を行い、また消費者も価格を目安に消費を行うものと考えられた。ただ現実には生産者と消費者だけで需給の均衡が図られるのではなく、両者の間に商人が介在し、積極的に需給の均衡を図ったと考えられる。このような形で、生産物市場、労働市場、資本市場の需給均衡が図られたのであり、これが資本主義の原初的姿であり、理論的には完全競争論的市場として特色づけられた。これに対して産業資本主義における企業では、単なる生産者から生産機能と商人機能を統合した企業家へと変容してきたと考える。こうした変容は、まさにシュンペーターの言う企業家革新とも言うべきものである。そしてこの企業家革新は市場の需給調整のメカニズムを変化させるところに重要さがある。すなわち、価格調整から在庫・生産調整への変化をもたらすと考えられる。このように産業資本主義の本質は、レッセ・フェール否定の上に形成されたものと考えられる。

原初的資本主義では完全競争論的市場であったので、価格調整による需給の調整が行われた。これに対して、産業資本主義経済が支配的になると、必ずしもこうした調整を好まない顧客が増えてきたと考えられる。すなわち、超過需要における価格上昇に対して、顧客は企業が需要者の足元を見て値上げをしたと考え、企業に対して不信の念を抱くかもしれない。反対に超過供給における価格下落においても、顧客は企業の製品の品質に疑念を抱き、企業に対して不信の念を抱くかもしれない。それ故企業は、価格を長期正常価格に定め、それを維持することによってそうした非難を避けようとしたのである。その

結果、現実には生ずる需給のギャブは、企業の在庫・生産調整で行われることになったと考えられる。すなわち超過需要に対しては、在庫の取り崩しやそれでも応じきれないときには増産で対応し、また超過供給に対しては、在庫の積み増しや減産で対応したのである。さらに超過供給の際に、企業は顧客のニーズにあった安価な新製品を供給することで対応したのである。このように生産者から企業家への変化は、価格機構重視の経済から経済主体重視の経済への転換を意味している。ケインズが「自由放任の終焉」を主張したのは、まさにこのことを意味していると考えられる。そして経済主体の代表としてまず企業家が注目されたのであった。企業家は、資本主義を資本主義たらしめる経済主体であると考えられたからである。

さて在庫・生産調整ができるようになったのは、製造業が盛んになってきてからである。それ以前は農・水産業が中心であったから、その生産物は腐りやすく在庫に適していなかったから、在庫調整はできず、もっぱら価格調整で需給を調整せざるをえなかったのである。近年では、農・水産物であっても在庫が可能となってきたが、これは冷蔵装置やビニール・ハウス等が発達したことによるものであり、農・水産業の製造業化と呼ぶことのできる現象である。また製造業でも在庫調整で需給を調整できるのは、きわめて小幅の変動でしかない。より大きい変動に対しては、生産調整で対応することになる。生産調整では、設備は一応固定されていると考えられるので、それ以上大きい変動に対しては固定設備に代表される生産能力の調整が考えられなければならない。「もの」の生産から「サービス」生産へと転換するにつれて、こうした意味での生産能力調整が重要となるであろう。とくにサービス業では流通業や電気・ガス・交通産業等があり、これらの産業では、在庫はできないので生産能力調整が主たる調整方法になると思われる。こうして在庫・生産・生産能力調整は、企業家のイノベーションによる新組織の形成なのであり、期間を長く考えるにつれて在庫から生産、そしてさらに生産能力調整へと移行すると考えられるのである。

ところで、産業資本主義の中での銀行は、銀行の信用創造論が示しているように、生産金融が中心であった。そこでの金融管理は、銀行間貸借としてのコール市場が中核となり、短期利子率であるコール・レートが最重要の金利と考えられたのである。短期利子率は裁定を通じて次第に長期利子率に影響するとされた。中央銀行も民間銀行の管理を通じて、全金融界を管理できると考えたのであろう。

3.21 世紀における資本主義経済の特質：金融資本主義経済の出現

資本主義経済も次第に成熟し、新たなる変容を遂げるのである。その変容の第1は企業の銀行離れである。わが国の金融の特質は銀行中心の間接金融方式であったと言われている。それはわが国の経済が欧米先進国に遅れて出発したこともあり、まだ投資家が未熟であったので、企業は社債や株式の発行で資金を賄う直接金融方式に頼ることはできず、もっぱら銀行を中心とした借入に頼っていたのである。すなわち短期金融のみならず、長期金融も銀行借入で賄っていたと言えよう。

企業の資本力が強くなると、企業は銀行からの資金調達よりも自身の力で社債や株式の

発行を通じて資金の調達を図ろうとする。それも証券市場の発達が進むと、短期資金の調達も銀行からではなく、企業自体の信認の増大から CP の発行で短期資金の調達を行うようになるのである。こうして企業、特に大企業の銀行離れが進行するのである。もちろん証券市場を利用できない中小企業は、銀行離れをする力はまだ当分の間ないだろうが。

第2の変容は、資本の蓄積が進むと資産運用の必要性から金融資産の多様化が進むであろう。そしてこれに対し投資家が成長してくる。投資家も個人投資家の他に、機関投資家が成長してくる。個人投資家は入手する情報の分析にコストも時間もかかりすぎると考えれば、ポートフォリオの改定に慎重にならざるを得ない。それに比べると機関投資家は、資金量も多く新しい情報を得れば直ちにポートフォリオの変更を行うだろう。このように機関投資家は、銀行と並んで金利の決定に力を持つてくるのである。ただその場合、銀行と違い機関投資家の場合は、むしろ長期金利の決定が重視されるのである。

第3点は少子高齢化社会への移行である。かつて経済学における所得の問題は、もっぱら賃金の問題であった。労働者は、その労働力を提供して賃金を獲得する。寿命はそれほど長くなく、退職後割に早くあの世に行くのが一般的であった。それゆえ退職後の生活はそれほど重要ではなかったのであろうが、現在では違う。高齢化によって退職後の生活が、非常に重要となってきた。その生活を支えるものは年金および退職までに蓄えてきた資産からの所得である。年金も蓄積資産も、共に利率に依存するところが大きい。したがって、産業資本主義経済における賃金の意義は、いまや金融資本主義経済においては利率に代わったと考えられる。

もちろん金融資本主義経済においても、企業家がいなくなるわけではない。産業資本主義経済においても、冷凍技術の発達により農水産物等も製造業製品と同じように扱われることになったのである。そして従来の生産者は企業家のように機能しなければならなくなったと考えられる。同様に、金融資本主義経済における企業家も変化することが想像される。それは企業家が「投資家の目」を持って行動することを意味している。「投資家化された企業家」と言ってもよいだろう。これは企業もしくは資本の分割・統合の可能性を意味しているのである。本体にとってあまり重要でない部分、もしくは足を引っ張るような部分は切り捨て、他よりプラスになるような部分を本体に吸収するのである。M&A 等が重要となると言えよう。

また金融資本主義経済の誕生は、ケインズの資本主義への予言に関係しているのである。マルクスやシュンペーターが資本主義から社会主義への移行を考えたのに対し、ケインズは、資本主義経済の多様性と資本主義経済の変容、つまり、産業資本主義経済から金融資本主義経済の変容を予見したと考えられる。

機関投資家の出現は、まさに産業資本主義の企業家の出現に対応している。企業家が生産者に対するイノベーション（生産者機能と商人機能の統合）であったのに対し、金融資本主義経済の代表とも考えられる機関投資家は貯蓄者（消費者の裏側としての）に対するイノベーション（貯蓄者機能と商人機能の統合）と考えられる。すなわち貯蓄者は、所得が一定であれば、利率のみに依存すると思ったのであるが、これは市場の価格機構を前

提としているのである。これに対し投資家は、資産選択論が示しているように、利子率のみならず、リスクにも敏感であり、収益資産と安全資産の組み合わせに関心を持っている。したがって、金融資本主義の到来をもって直ちに自由放任の復活と考えることは誤りである。円滑な価格機構は、投資家が活躍する場であり、従来のような規制された市場ではどうしようもないのである。新金融商品の作成のためには、自由な市場が前提である。しかしそれがすべてではないことを正しく認識する必要がある。わが国の金融ビッグバンを考えると、しばしばこうした誤解があるように思われる。

ところで、こうした機関投資家の活動する分野はまさに資産形成の場である。すなわちそれは短期金融の場と言うよりはむしろ長期金融の場であると言えよう。そこでは当然短期金融よりもリスクは高くなる。銀行が商業銀行として短期金融のみに関わっていたならばそれほどリスクは高くなかったかもしれない。しかし大企業が銀行離れを始めるのが時代の趨勢である以上、銀行は長期金融の場に進出せざるを得ないであろう。そしてそれはまたリスクの高い場なのである。他方家計も豊かになってくるに従い財産も増え、労働を提供して得る所得よりも資産から生ずる利子・配当所得の方が大きくなっていくこととなった。少なくともそうした傾向が予感されるようになってきた。特に高齢化が進み、また年金制度の確立と共にそうした意識が重要となったのである。老後の資産を如何に保持するか、また年金基金を如何にうまく運用するかは、現代社会の最重要の課題である。個々の家計の情報判断では極めて難しい事柄である。したがって、それら個々の家計から委託された機関投資家が重要な役割を果たすことになる。投資家は、生活者や企業の資産運用者のニーズに応じた金融商品を提供する必要がある。そして投資家がこうした多様なニーズに対応した金融商品を提供できるためには、当然多様な金融資産が必要となる。投資家はこれら金融資産を適切にアレンジすることにより、資産運用者のニーズに合った金融資産を提供するのであるが、その場、合金融の自由化が絶対的な条件である。政府による規制が、厳しければ厳しいほど投資家の金融資産開発の意欲を減じてしまうからである。そしてわが国でも、短期金融市場を含む証券市場が発達してきている。政府も国債の発行の多様化に努めなければならない。こうして銀行業は従来の狭い領域に止まることなく、金融サービス業へと進んでいくことになる。

新たに金融資本主義経済が構想される。ここでの主役は投資家、特に機関投資家である。これはまさに産業資本主義経済における企業家の出現に対応するものである。すなわち、企業家が生産者に対するイノベーション(生産者機能と商人機能との統合)であったのに対し、金融資本主義経済の代表としての機関投資家は、貯蓄者(消費者の裏側に想定される)に対するイノベーション(貯蓄者機能と商人機能もしくは金融仲介機能との統合)と考えられる。資本主義が成熟してくれば当然、資本蓄積が進み、金融資産の累積と多様化が進んでくる。また高齢化が進み、退職後の生活が長くなり、賃金形態の所得だけでは生活できなくなり、老後の生活を維持するための利子所得が大切となる。同じ1%の上昇でも賃金よりも利子のほうが重要になってくる。産業資本主義経済では、単なる貯蓄者でよかったかもしれないが、金融資本主義経済においては、資産の運用をはかる投資家が重要となる。これこそ

21 世紀における経済の代表的担い手と考えられるものである。

資産の運用の本質は、ポートフォリオ選択もしくは資産選択の中に見られる。すなわち、一つの資産を保有するのではなく複数の資産を組み合わせて保有することによって、より安全で、またより高い収益をあげることを目的にしている。「危険の分散」による収益の向上と言うことである。これこそ投資家に与えられた新しい使命だと考えられる。投資家の活躍がそれほど期待されていない社会では、金融資産の利子率は規制され、変動幅は小さかったかもしれない。またむしろ利子率の規制は、生産優先の社会では、それほど不満はなかったであろう。しかし投資家が活躍する社会となれば、彼らの活躍をバック・アップするために、利子率と言う価格はできるだけ自由であるべきだとの考えは正しい。しかし、それだけが金融資本主義経済成立の条件だと考えることは誤りである。自由な価格機構はあくまでも必要条件であり、十分条件としては投資家のイノベーティブなポートフォリオ選択が考えられなければならない。

投資家は大きく2分される。個人投資家と機関投資家である。個人投資家は言うまでもなく個人で、一般に小口投資家であり、新情報があっても取引コストの関係で、一度決めた資産選択のパターンを変化させないのが普通であり、投資資産として貨幣を保有するとは考えられない。これに対して、大口投資家である機関投資家は新情報に基づいて資産選択を変える流動的投資家としての金融機関であり、貨幣を保有することに利益が生ずる。機関投資家は、資産選択を工夫することによって、顧客のニーズに合った新金融資産を提供するだろう。時間の余裕のない人や、専門的知識のない人は、このような新金融資産を保有することによって、もしくはこれら機関投資家に委託することによって、より安全度の高く、またより収益度の高い資産を獲得することができるのである。

機関投資家は金融機関である。一般に金融機関は、銀行とノン・バンクに分けられる。そしてノン・バンクは更に、産業資本主義経済に属すと考えられるノン・バンクと金融資本主義経済に属すと考えられるノン・バンクが存在する。前者のノン・バンクは、相対取引である貸出を主に営業しているのに対し、後者は、市場取引である証券売買を主に営業していると考えられる。もちろん現実のノン・バンクは、両者が統一された形で存在すると考えられるのである。そして金融資本主義が発達すればするほど、後者のウエイトは高まってくるであろう。

このノン・バンクに対して、銀行も変容するのではないかと考える。それは従来企業と一体となって産業資本主義経済を形成してきた銀行は、企業の成熟につれて銀行離れが進むと言うことである。つまり企業はおのずから社債や株式を発行することによって、資金の調達を図るようになる。それは長期資金の調達のみならず、短期資金もコマーシャル・ペーパーの発行により獲得できるようになると、企業の中でも格付けの高い企業は、みな間接金融から直接金融へと転換するようになるからである。その結果、銀行も、新しい営業基盤を開発せざるをえなくなってくる。従来、企業を向いていた銀行も家計を重視せざるを得ないことになる。ここに新しく「資産形成金融」の世界が開けてくる。あたかも高齢化社会が現出し、家計も資産運用に精を出さなければならなくなってきたのである。

このように 21 世紀における経済学のパラダイムの転換は、20 世紀のパラダイムが「資本主義経済」対「社会主義経済」の対立もしくは資本主義経済から社会主義経済への移行であったのに対し、社会主義経済の崩壊と資本主義経済の多様性およびより具体的には資本主義経済の一形態である産業資本主義経済から金融資本主義経済への移行と考えられる。ただこのことは先進資本主義経済に妥当するのであり、世界を広く見ればいろいろの国がある。当然開発途上国は産業資本主義経済として発展するであろうから、そうした国と、先進諸国の金融資本主義経済の国と共存していくことが考えられるであろう。

引用文献

杉本栄一著『近代経済学の解明』1952 年、理論社

J.A.Schumpeter, Das Wesen und der Hauptinhalt der theoretischen Nationaloeconomie, 1908 (大野忠男・木村健康・安井琢磨訳『理論経済学の本質と主要内容』全 2 冊岩波文庫、昭 58 ~ 59

, A Market Theory of Money.chap.3.1989, (花輪俊哉・小川英治訳『貨幣と市場経済』第 3 章、1993.)

J. A. Schumpeter, Theorie der wirtschaftlichen Entwicklunk, 1912. 2. Aufl., 1926 (塩野谷裕一・中山伊知郎・東畑精一訳『経済発展の理論』岩波書店、昭 55)

J.A.Schumpeter, Capitalism, Socialism and Democracy, 1942, 3rd ed., 1950 (中山伊知郎・東畑精一訳『資本主義・社会主義・民主主義』全 3 冊東洋経済新報社、昭 26 ~ 27)

J. A. Schumpeter, Business Cycles, 2vols., 1939, (吉田昇三監修、金融経済研究所訳『景気循環論』全 5 冊、有斐閣、昭 33 ~ 37)

J. M. Keynes, The End of Laissez - faire, 1926 in Collected Writings, vol., (山田文雄訳『自由放任の終焉』ケインズ全集第 9 巻『説得論集』、東洋経済新報社、昭 56)

J.M.Keynes, A Tract on Monetary Reform,p.63.London 1923 ;The Collected Writings of John Maynard Keynes, Vol., London,1971(中内恒夫訳『貨幣改革論』[ケインズ全集、第 4 巻] 東洋経済新報社、1978).

J.M.Keynes, , A Treatise on Money, chap.2. 2vols., London, 1930 ;The Collected Writings of John Maynard Keynes, Vols., , London, 1971.(小泉明・長澤惟恭訳『貨幣論』第 2 章、[ケインズ全集、第 5 - 6 巻]、東洋経済新報社、1979 80)

J.M.Keynes, The General Theory of Employment, Interest and Money, chap.1. Macmillan 1936. (塩野谷祐一訳『雇用・利子および貨幣の一般理論』第 1 章、ケインズ全集第 7 巻、東洋経済新報社、1983 年)

J.R.Hicks, A Market Theory of Money. chap. 8.1989, (花輪俊哉・小川英治訳『貨幣と市場経済』第 8 章、1993.)

- 4 地球環境時代における地質科学 - 資源中心の体系から環境中心の体系へ -

第4部 岩松 暉

1. 近代地質学の誕生

天文学が航海や砂漠の旅行に不可欠であったと同様、地質学もまた自然を観察し自然を利用して生きていく過程で生まれた。学問的なレベルで言えば、ドイツの鉱山地帯ザクセンで活躍した G. B. Agricola (1494-1555) の *De Natura Fossilium* (1546) や *De Re Metallica* (1556) を嚆矢とすると言ってよいであろう^{[1][2]}。鉱物や採鉱冶金技術について系統的に記載した書物である。その後も地質学は資源探査・採掘のための実学として主にドイツで発展してきた。このザクセンの伝統はフライベルグ鉱山学校に引き継がれる(1765設立)。ここで教授として活躍し、多数の俊才を養成したのが A. G. Werner (1749-1817) である。彼はいわゆる水成論(花崗岩や火山岩なども含むすべての岩石は水中の化学的沈殿や機械的堆積によって生成されたという説)を唱えたとして悪名が高い。しかし、これはホイッグ的歴史観の立場からの攻撃であって不当であり、岩相層序学を確立して後の地質調査や地質学研究の出発点を築いた功績は大きいという^[3]。その後、教え子たちの手によって世界各地で地質調査が行われ地質図が作られるようになった。

やがて産業革命が起き、世界経済の中心は大陸からイギリスへ移る。当時イギリスで活躍したのが J. Hutton (1726-1797) ・ W. Smith (1769-1839) ・ C. Lyell (1797-1875) らである。Hutton は火成論を唱えて Werner の水成論を打ち破り、また斉一説(天変地異説を否定し「現在は過去への鍵」とする説)を体系化した。Smith は石炭運河の土木技師で、地層同定の法則など層序学を確立し、「層序学の父」と呼ばれる。Lyell は Hutton の斉一説を鼓吹し、*Principles of Geology* (1830-1833) を著した^[4]。この本は当時の地質学界に大きな影響を与え、それ故 Lyell は「近代地質学の父」と呼ばれる。こうして近代地質学は産業革命期のイギリスにおいて誕生したと言われる。もっともイギリスの地質学が大陸に比して進んでいたという図式は後世故意に作られたものであって、前述の Werner やフランスの G. L. Cuvier (1769-1832) のほうが優れていたとのことである^[3]。恐らく大英帝国の栄光のお陰であろう。

しかし、いずれにせよ地質学は産業革命遂行のためには不可欠であった。鉄や石炭などの資源・エネルギーの探査を担ったからである。社会のニーズに真正面から応えることを通じて博物学から脱皮し、近代地質学へ発展したと言ってよい。このように地質学は近代工業国家の基盤を担う基幹学問だったから、社会的ステータスは非常に高かった。国際地質学会議 IGC は第1回大会を1878年に開いて以来4年に1度各国持ち回りで開催されるが、開催地の国家元首クラスの人物が名誉総裁を務める慣わしがある。それだけ地質学が重要視されてきたからであろう。

2. わが国における地質学の輸入

わが国においても地質学はまず資源地質学(鉱山地質学)として輸入された。幕末の 1867 年、フランス人 F. Coignet (1835-1925) が薩摩藩の招きで来日し、藩内の鉱山調査に従事した。翌年は明治維新、お雇い外国人第 1 号として生野銀山(官営鉱山第 1 号)に移り、鉱山開発の指導に当たると共に生野鉱山学校を開く。次いで 1872 年アメリカ人 B. S. Lyman (1835-1920) が北海道開拓使仮学校に赴任、石炭地質学や石油地質学を講じた。最後に、明治政府の基礎が固まった 1875 年、ドイツ人 E. Naumann (1850-1927) が来日、東京大学初代地質学科教授に就任すると共に地質調査所を設立する(国立研究所第 1 号)。首都東京に君臨し、学と官の要衝を押さえたから、以後ドイツ流の学問が主流となった。お雇い外国人教師の俸給は高額で財政的に重荷だったから、早期に日本人教授に交代させる政策が採られた。例えば東大第 1 回卒業生の小藤文次郎 (1856-1935) は卒業後すぐにドイツに留学して当時の最新知識・偏光顕微鏡岩石学を学び、帰国するとまもなく Naumann に代わって教授となった(理博第 1 号)。欧米の地質学が産業革命を自ら遂行して、いわば土作りから始めて草花を露地栽培したのに対し、日本は切り花を輸入して花瓶に生けたのである。輸入学的体質と実学を軽視する風潮が根付く。日本的アカデミズムの形成である。日本列島の南と北に輸入された実学は亜流として退けられた。とはいえ殖産興業・富国強兵は後発資本主義国日本の国是である。資源地質学中心の研究教育が行われてきた。

もちろん、他に土木地質学の萌芽もあった。日清・日露の戦争を経験して、国防上の理由から弾丸列車構想が生まれ、箱根山をくり抜いて一直線に結ぶ丹那トンネルが計画された。1918 年のことである。火山岩地帯でかつ丹那断層の走る地質的に最悪のところだったから、落盤生き埋め事故が多発し未曾有の難工事となった。地質学の重要性が認識され、渡邊貫(1898-1974)ら地質学科卒業生が初めて鉄道省に採用された。彼は土質調査委員会を設置し、「地質工学」「物理地下探査法」など学際的な分野の名著を次々に著した^{[5][6]}。土質力学の始祖 K. Terzaghi (1883-1963) とほぼ同時期に活躍した斯界の先駆者であったが、鉄道省の役人であって大学人でなかったためか、アカデミズム地質学にはほとんど影響を与えなかった。例えば東京帝国大学地質学教室最後の講座構成は次のようである。第 1 講座が岩石学・第 2 講座が中・古生代を扱う地史学第一、第 3 講座が応用地質学(鉱床学)、第 4 講座が新生代を扱う地史学第二、第 5 講座が石炭・石油を扱う燃料地質学であった。他に鉱物学教室があった。このように資源中心の学問体系を保持し続けた。

3. 戦後の地質学と学問体系

第二次大戦の敗北により国土は焦土と化した。戦後復興にとって産業再生は至上命題である。石炭・鉄鋼の傾斜生産方式が採用され、鉱山業は隆盛を極めた。金ヘン景気や黒ダイヤ(石炭のこと)なる言葉もあった。地質学は花形の学問として活躍する。この頃まで応用地質学イコール資源地質学と見なされていた。

もはや戦後ではないと言われた 1960 年代、エネルギー転換と円の変動相場制移行に伴って、わが国の資源産業は決定的に衰退する。代わって列島改造時代の到来である。地質学

科卒業生の進路は資源産業から土木建設産業へ完全にシフトした。ここに至って応用地質学イコール土木地質学と見なされる時代になった。応用地質学会が創立されたのは 1958 年のことである。

日本列島は現在も活動している新しい変動帯に位置しており、地質が極めて悪い。そこにトンネルやダムなど大規模構造物を次々と造ってきたのである。土木地質学は世界的レベルに達していたと言ってよい。青函トンネルが好例である^[7]。しかし、大学は時代のバスに乗り遅れ、依然として資源中心の学問体系を改めようとしなかったため、土木地質学は民間の手で自学自習せざるを得なかった(山本, 1980)^[8]。当然理論化・普遍化に難点が出てくる。また、公共事業に伴って発展してきたため、守秘義務の壁に阻まれて、論文公表の自由もなかった。そのため、残念ながら個人や会社のノウハウの段階にとどまっている。

以上見てきたように、外国でも日本でも地質学は資源産業と結びついて発展してきた。もともと岩石学や鉱物学は鉱物資源探査に不可欠の知識であり、岩石の顕微鏡鑑定は鉱山会社に就職するために必須の技術であった(荒牧, 2000)^[9]。堆積学や古生物学もまた、石炭・石油の探鉱にとって非常に有効な手段であるとして、業界から発展してきたものである。先に土木地質の時代に大学はバスに乗り遅れたと述べたが、社会はさらに先へ進んでいる。このまま数百年来の体系を墨守していいのだろうか。将来どうあるべきなのだろうか。

未来を見通すには過去を振り返る視点が必要である。20 世紀を総括するのにいろいろな切り口がある。「21 世紀の持続的発展に向けたメッセージ」と銘打った平成 11 年版環境白書は「20 世紀は破壊の世紀」と決めつけている^[10]。世紀前半は自然の収奪(資源開発)であり、後半は自然の破壊(乱開発)であったという。いささか乱暴であまりに否定的な総括ではあるが、確かに資源浪費の時代であった。地球が数千万年・数億年といった長い地質時代をかけて形成した化石燃料や鉱物資源を猛烈な勢いで消費したのである。炭鉱や油田の廃墟に立てば実感できる。また世紀後半、社会資本の充実をめざして公共投資が精力的に行われた。奥地まで高速道路が走り、渚や湿地はコンクリート護岸に取って代わられた。都市はコンクリート砂漠と化している。一昔前と景観は一変してしまった。

それではこうした 20 世紀の総括と地質科学はどのように関わってきたのだろうか。いわゆる“自然保護”派に言わせれば、資源地質学は自然収奪の主犯であり、土木地質学は自然破壊の共犯者と言うことになる。本当に地質学は「破壊の世紀」の悪役だったのだろうか。総懺悔をしなければならないのだろうか。しかし、産業を興し社会資本を整備してきたからこそ、江戸時代の 3 倍の人口が養え、豊かで快適な長寿社会が実現できたのである。さもなければ、江戸時代の生活水準のまま、人生 50 の短命生活を余儀なくされていたであろう。功罪ともに評価しなければならない。

もちろん反省すべき点は多々ある。資源地質学の面で言えば、鉱害や資源開発に伴う環境問題を引き起こしてきた。古くは足尾銅山鉱毒事件が有名である。採掘に伴う廃石(ズリ)の問題も大きい。かつては国内産炭地のポタ山鉱害があった。現在では鉱物資源のほ

とんどすべてを輸入に頼っているから鉱害問題は意識されていないが、産出国にそのツケを回しているのである。例えば 精鉱金 1kg を得るには 1,360t の廃棄物が出るという^[11]。とくに露天掘りの場合には大規模な地形改変まで行われているから、産出国ではそれだけ自然環境が破壊され、先住民の生活が脅かされている。わが国がこうした環境コストを負担しているとは言い難い。

土木地質学の面では、大学という基盤から切り離されたところで発展してきたため、工学に引きずられ、理学の視点がややもすると忘却されがちであったと言わざるを得ない。工学は歴史的視点を持たないから、現時点での最適適応だけを考える。どうしても自然の摂理を無視した開発計画になりがちである。また、開発の主導権を土木工学が担ったため、地質学はプランニングの段階にタッチできず、設計施工に必要な地盤データを集める土木の「僕」の位置に置かれてしまったことも、乱開発につながる遠因となった。良きにつけ悪しきにつけ、土木は産官学が一体となって公共事業を推進してきたが、官尊民卑の日本社会で、機械的に産学共同反対を唱えて、社会から距離を置こうとしたアカデミズム地質学の責任は大きい。

4. 人間と社会のための地質科学

こうした反省の上に立って、地球環境時代と言われ「持続可能な開発」が求められている今世紀、地質学はどのような方向を目指せばよいのか展望してみたい。

先に工学は歴史的視点を持たないと述べたが、裏返せば地質学の長所はそこにある。地質学は悠久の自然史の流れの中で現在を捉えるので、未来を洞察することができるからである。また、文字通り地球の科学 geo-logy であり、汎世界的な視点も持ち合わせている。こうしたロングレンジの発想とグローバルな視野という地質学の長所は、21 世紀の地球環境時代に必ずや必要とされるし、環境デザインに生かされるであろう。

環境デザインとは自然との共存共栄を念頭においた開発を指す。自然の摂理を無視した経済優先の乱開発に対峙する言葉で、環境と調和しながらいかに自然を利用していかとの視点を強調している。高度成長期には一顧だにされなかったが、現在では「心の豊かさ」を求める人が「物の豊かさ」を求める人を上回るようになった（平成 12 年世論調査）^[12]。ハード一辺倒、ハコ物づくりの国土建設計画から住民主体の国土づくり・まちづくりへ転換が始まっている。国土審議会政策部会第 1 次報告「21 世紀国土のグランドビジョン」でも「地域の自立と美しい国土の創造」が掲げられ、「多自然居住地域の創造」が謳われている^[13]。あの列島改造を主導した国土交通省も多自然型河川工法とかエコシティーといった方向を打ち出してきた。中央省庁から地方自治体まで変わりつつある。地質学はプランニングの段階からリーダーシップを発揮し、社会に貢献しなければならない。これから地質学が活躍する舞台は環境デザインだけではない。少し蛇足を付け加えてみたい。

わが国は環太平洋地震火山帯に属し、かつ北西太平洋モンスーン帯に位置しているため、自然災害が多い。しかも近年の都市化に伴う自然改変によって都市型災害が激発している。地質学は、従来ややもすると災害発生後メカニズムを解説するだけの解釈・解説の学問だ

と思われてきた。これからは防災アセスメントや災害に強いまちづくりなど、災害を未然に防ぐ文字通りの防災地質学が求められている。自然科学的なメカニズム論にとどまらず、予知予測や危機管理などソフト対策にも貢献しなければならない。

マクロエンジニアリングも在来路線ではあるが当面続くと思われる。ただし、自然改造については十分注意しないととんでもないしっぺ返しを受けることがある。典型的な例がアラル海の悲劇である。「荒野を農地に変えた社会主義科学技術の輝かしい成果」と讃えられたが、現在アラル海は死の海と化した。近視眼的な目先の利益を追う開発は慎まなければならない。資源開発も依然として重要である。キルギスの拉致事件で明らかになったように、地質家が世界各地に散って資源探査に当たっているからこそ、石油や鉱物資源を輸入できるのであって、札束を切れば買えると思ったら大間違いである。この瞬間も縁の下の力持ちが厳しい条件の下で額に汗していることを忘れてはならない。なお、前述の資源開発に伴う環境問題に関しては、資源生産性の飛躍的な向上に貢献する必要がある。

21世紀は農の時代である。1人当たりの陸地面積が砂漠も含めて1.5haしかないのだから、食糧問題は深刻である。今のように海外からの食糧輸入に頼っているのは、食糧安上問題だが、自然環境上も問題が大きい。食糧輸入とは輸出国の水と土壌を輸入していることを意味するからである。本来土壌に戻すべき有機物をゴミとして捨てているのだから、輸出国の土壌は急速に疲弊し、輸入国では逆に海洋の富栄養化が進んでいる。食糧は自給自足が大前提でなければならない。明治時代、東大農学部には農林地質学講座が存在したという。今また農林地質学の復権が求められている。

大学の地質学は伝統的に岩石・地層だけを対象にしてきたが、水や土壌にも目を向ける必要がある。とくに水問題は重要である。世界人口の5人に1人が水不足であり、毎年1,000万人もの人たちが汚染水に起因して死亡しているという。21世紀は水と食糧をめぐる戦争が起きるのではないかとされている。安全保障は軍事やエネルギー資源だけではないのである。地質学が水を通じて世界平和に貢献できるのではないだろうか。水文地質学の発展が望まれる。

山陽新幹線のトンネル事故が有名になり、「コンクリートが危ない」という本がベストセラーになった^[14]。このように高度成長期に建設したコンクリート構造物が一斉に耐用年限に達しつつある。これからはメンテナンスの時代がくる。安全性の地質学・耐久性の地質学、ないしメンテナンス地質学も作っていく必要がある。コンクリートは人工礫岩であり、ナチュラルアナログの考え方をすれば、今まで地質学が培ってきた風化問題などの知識が役立つに違いない。

地質汚染も深刻である。かつては農薬や化学肥料によるごく表層の土壌汚染が問題視されていた。しかし、今ではIC工場などの有機溶剤によって地下数10mもの地層や地下水が汚染されている。六価クロムなどの重金属汚染も問題である。今や土壌学の領域ではなく地質学の出番になってきた。汚染調査にとどまらず、破壊された環境の復元技術も開発する必要がある。廃棄物処理、いわゆるゴミ問題も深刻である。処分場建設にはダム地質の知識が役立つであろう。水漏れが困る点では同じだからである。さらには、高レベル放射

能の地層処分も地質学に課せられた大きな使命のひとつになってきた。地下地質環境の長期安定性の評価や岩盤割れ目中の地下水挙動など、地質学に課された課題は多い。

5. 新たな学問体系・教育体系の構築を

2000年日本学会会議がホストを務めた世界アカデミー会議は、21世紀を展望して、「学術のための学術 science for science」から「人間と社会のための学術 science for society」へ転換しなければならないと宣言した。趣旨は次のとおりである。すなわち、伝統的なディシプリン科学は、認識と実践を切り離すことによって、また研究対象を自ら狭め深く追究することによって、目覚ましい自立的自己充足的発展を遂げた。結果として、学術の成果を社会に適用し、逆にその経験を学術にフィードバックする仕組みに乏しかった。しかし、今や学術は一国経済の国際競争力を左右するだけでなく、地球環境問題や資源・エネルギー問題などの人類的課題にまで影響を及ぼす巨大な力を持つに至った。己の好きな研究に没頭していたら、気がついてみると、地球環境は破壊され、人類生存の危機さえ招来してしまったのである。社会と学術との新しい関係の発生とその深まりという現代の特徴を前にして、軌道修正を要請されていると言えよう。われわれは再び本来の姿に立ち戻り、知識の生産と利用との関係の再構築を通じて、社会のための学術、いわば社会に埋め込まれた学術の確立を目指さなければならない。当然のことながら、研究者は広い視野と見識が要求される。文理融合さえ視野におく必要がある。

地質学の世界でもこのような方向へシフトしつつある。国際地質学連合 IUGS 前会長 W. S. Fyfe 教授も 30 回国際地質学会議へのメッセージの中で、地球科学・工学・社会科学等すべてを総動員する multi-disciplinary な総合科学への脱皮を説いた^[15]。同じく元会長の U. G. Cordani 教授も持続可能な世界における地質学の役割として、地球システムのモニタリング、鉱物資源、エネルギー資源、水資源、農地保全、防災を挙げている^[16]。既にアメリカなどではスタンフォード大学のように Department of Geology から Department of Geological and Environmental Sciences に改組し、カリキュラムを抜本的に改革したところもある^{[17][18]}。

このように地質学は「かけがえのない地球 only one earth」という認識の下に、地球環境の保全を図りつつ、爆発する人口を養い、「持続可能な開発」を実現するために環境をデザインしていく、社会地質学ないし環境地質学へ変貌していくことは疑いない。もちろん、グローバルな問題だけでなく、防災や地域アメニティーの問題など、身近なふるさとの環境保全・創造にも貢献するものである。実際、卒業生を受け入れる地質調査業界でも、公共事業縮減に伴い、主たる業務が土木建設から環境・防災方面へ変わってきた。

しかるにわが国の大学では依然として資源中心に編成された学問体系に基づき研究教育が行われている。しかも近年の業績主義の風潮に伴って、地質学の基本であるフィールドサイエンスの軽視が著しく、分析機器やパソコンを多用して論文を量産する傾向が強い。実際、産総研の地質文献データベース GEOLIS によると、毎年新規収録数は 15,000 件だが、地質図付きの論文は僅か 200 件とのことである。フィールドサイエンスの復権が望まれる。

社会のニーズと大学教育とのミスマッチが問題視されて久しい。当然のことながら学問体系の変化に伴って、教育体系も変わる必要がある。Multi-disciplinary とは広く浅い知識を意味しない。Multi-disciplinary geologist を養成するためには、地質学の基本をベースにした上で、どのような講義・実験・実習が必要なのか、コアカリキュラムについて学界挙げて検討することが焦眉の課題であろう。幸い前述のように、従来の地質学は資源中心に編成されてきたため、化学的分野・生物学的分野を含んできたが、土木地質時代に物理学的分野も加わり、既に総合科学的内容になっているから、環境・防災方面へ移行することは比較的容易だと思われる。もちろん、for society は for industry と同義ではない。教育研究が卑近な意味で産業界の要請にストレートに応えるべきだと矮小化されるのは困る。

なお、環境の時代になったらなおさらのこと、自然の摂理をわきまえた理学の視点が重要になってくる。あまりに工学寄りになってしまうのはアイデンティティの喪失につながるであろう。したがって、皆が社会へ眼を向けることは重要だが、純粋地質学も等閑視しないで欲しいと思う。自然史学など基礎分野がこうした環境地質学のベースとして重要なことは論を待たない。

6. アカデミズム地質学と地球惑星科学

前述のように地質学を支えていたインフラが資源産業から土木建設産業にシフトし始めた1960年代、ちょうど地球科学は科学革命の時期にさしかかっていた。従来の地向斜造山論に替わるプレートテクトニクスの登場である。これを認める側とソ連流のブロックテクトニクス（垂直昇降説）を主張する側との激しい論争が行われた。どちらかということ地球物理学者が導入に積極的だったのに対し、地質学者は反プレート派が多くブレーキをかけたと言ってもよい^[19]。

しかし日本の地質学からこの地球科学革命に貢献がなかったわけではない。革命前夜の50年代、深発地震面との関係を論じた久野久（1963-1967）のマグマ成因論、都城秋穂の対の变成帯概念、杉村新・松田時彦らによる共役横ずれ活断層に注目した東西水平圧縮応力場の提唱などが行われていた。60年代初頭大洋底拡大説が出たとき、中央海嶺で広がり続ければ地球は膨張するしかないと問題になったが、このとき上記久野らの学説がプレート収束域の地質現象を示すものとして脚光を浴びた。日本列島というフィールドに根ざした研究がグローバルなテーマと結びついたのである。大洋中央海嶺と島弧、プレート生産の場と消費の場とがセットになって、はじめて辻褄が合うことになった。こうして60年代末にプレートテクトニクスが誕生し地球科学革命が行われた。その後、付加体（プレートのもぐり込みに伴って付加される地質体）に関して島弧から世界に発信するなど積極的な貢献も行っている。日本地質学会等からは“The Island Arc”という国際誌も刊行されるようになった。

一方、1989年文部省測地学審議会は「地球科学の推進について 地球科学の現状と将来」と題する建議を行った。重要推進課題としては、太陽地球系エネルギー国際協同研

究計画，惑星探査，惑星の起源・進化研究，気候システム研究，固体地球ダイナミクス研究，地球圏 - 生物圏国際協同研究計画の五つを挙げており，地質学は添え物的扱いになっていた。この建議を受けて，翌1990年国立10大学理学部長会議（旧7帝大と筑波大・広島大・東工大）は「理学部の地球惑星科学関連分野の充実について」と題する提言を行った。以来，折からの大学院重点化政策と連動して，大学院大学はすべて地球物理学科と地質学科が融合して地球惑星科学科に改組された。現在この方向の研究が進行中である。例えば，1995～1998年全地球史解読のプロジェクトが実施された。1990年代後半には，ポストプレートテクトニクスとしてブルームテクトニクスが提唱され，全地球ダイナミクスの解明が追究されている^[20]。

なお最近，総合科学技術会議主導の下，OD21（21世紀における深海掘削計画）・地球シミュレータ・地球フロンティア観測システムなどのビッグプロジェクトが進行している。地質学に関係深いのはOD21で，IODP(Integrated Ocean Drilling Program)の中心的役割を担うことが期待されており，約700億円かけて深海底掘削船「ちきゅう」を建造している。マントルに達するボーリングが計画されており，地球深部における地質現象に関して新知見をもたらすに違いない。問題はこうしたハードを生かす全国的な協力体制の整備と人材の養成であろう。幸いOD21に関しては日本地球掘削科学コンソーシアムが42大学，研究機関の参加で創設された。地球シミュレータ等もスーパーコンピュータを駆使して地球温暖化や地震予知など地球変動予測に関する基礎的研究を行うという。社会のための地質科学にとっても有用なデータが供給されるであろう。

このように地質科学は，science for societyとしての「人間と社会のための地質科学」の方向と，知的好奇心に根ざした真理探究の学（science for science）としての地球惑星科学の方向と，二極分解しているように見える。これらを止揚するような学問体系が構築可能なのか，それとも別個の科学としてそれぞれ発展させるべきなのか，結論は出ていない。

参考文献

- [1] Agricola, G. B. (1546): De Natura Fossilium. Libri X. Froben, Basileae.
- [2] Agricola, G. B. (1556): De Re Metallica. Libri XII. Froben, Basileae. 三枝博音訳著・山崎俊雄編 (1968): デ・レ・メタリカ 全訳とその研究. 近世技術の集大成, 岩崎学術出版社, 東京.
- [3] 都城秋穂 (1998): 科学革命とは何か. 岩波書店, 東京.
- [4] Lyell, C. (1830-33): Principles of Geology. 3 vols, John-Murray, London.
- [5] 渡邊 貫 (1935): 地質工学. 古今書院, 東京.
- [6] 渡邊 貫 (1937): 物理地下探査法. 古今書院, 東京.
- [7] 持田 豊 (1994): 青函トンネルから英仏海峡トンネルへ 地質・気質・文化の壁をこえて . 中公新書, 東京.

- [8] 山本壮毅 (1988): 日本における応用地質学の歩み. 応用地質, Vol.29, No.1, p.26-31.
- [9] 荒牧重雄 (1998), 火山とその産物. 深田研ライブラリー (特別号).
- [10] 環境庁 (1999): 平成11年版環境白書 21世紀の持続的発展に向けたメッセージ . ぎょうせい, 東京. <http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/hakusyo.php3?kid=211>
- [11] 谷口正次 (2001): 資源採掘から環境問題を考える 資源生産性の高い経済社会に向けて . 国連大学ゼロエミッションフォーラムブックレット, 海象社, 東京.
- [12] 内閣総理大臣官房広報室 (2000): 国民生活に関する世論調査(平成11年12月調査). <http://www8.cao.go.jp/survey/h11/kokumin/images/zu34.gif>
- [13] 国土審議会政策部会 (1999): 21世紀国土のグランドデザイン. 国土庁, 東京.
- [14] 小林一輔 (1999): コンクリートが危ない. 岩波新書, 東京.
- [15] Fyfe, W. S. (1996): Message from President of International Union of Geological Sciences at the General Assembly of the 30th International Geological Congress held in Beijing on August 4, 1996.
- [16] Cordani, U. G. (2000): The Role of the Earth Sciences in a Sustainable World. Episodes, Vol. 23, No. 3, 155-162.
- [17] Ernst, W. G. (1997): Earth Sciences ' Future for the Next Decade --- An individual perspective ---. (松本尚子訳) これからの地球科学 次期 10年に対する個人的考察 . 地学雑誌 106(5), 735-738.
- [18] Ernst, W. G. (ed.) (2000): Earth systems: Processes and Issues. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- [19] 松田時彦 (1991): 新しい地球観 日本における 1970年代. 月刊地球 号外3, 海洋出版社, 東京.
- [20] 熊澤峰夫・丸山茂徳編 (2002): プルームテクトニクスと全地球史解説. 岩波書店, 東京.

- 5 多領域多主体総合システムの技術と科学

第5部 中村 恒善

1. 「社会のための学術」の論点

いずれの分野においても、従来から「分野別社会的要請に応える学術展開」は行われてきた。その努力の成果を要約することも「今後を論じる前提としての意味」で必要であり得るが、今それに比して特に広い視野で、「更なる新しい展開をすべき方向又は新しい展開の姿かたち」の具体的記述が求められていると解される。

第18期活動計画とその基本認識の内容から考えると、分野別の「社会のための学術」の方法と成果を統合して、「国民生活者個人の利益自体と地域住民全体のシステムまたは国民全体のシステムを連成させた総合システムの学術」の在るべき姿かたちと目指すべき方向を論じるべきであると考えられる。これまでに、いくつかの分野の方法・成果の複合・統合の必要性が指摘されてきたが、その具体的方法や成功事例の記述は極めて少ないように見える。ここでは一つのマイクロベイストマクロモデルの可能性を示し、満たすべき要件を論じたい。

一方第16期「戦略研究」の発展モデルを論じた第17期第三常置委員会の「新たなる研究理念を求めて」でも、「統合科学の理念」を述べているものの、統合科学の姿かたちや具体的事例の提示も記述も為されなかった。それゆえに読者、とりわけ対外報告書送付先関係者に訴えるパワーと魅力が弱かったといえよう。「社会のための新しい学術」も必要性指摘、外郭的表現や包括的定義の言葉だけの文章では恐らくは「周知の望ましい方向」の指摘にとどまる可能性が高いであろう。具体的事例又は具体的提案こそ各分野の委員の最も貢献しやすく、かつ魅力ある提言構成へ向けての貢献の期待できる場所であると考えられる。それゆえに筆者は、「学術の在り方常置委員会」の期初課題提案[1]でも、分科会の審議の進め方[2]でも、その方向の提案をした。

「それはいかなる意味で科学であるのか」という問いもありうる。現代科学のいずれの分野についても、「その分野の学術が科学であるための資格条件」があるはずである。「社会のための新しい学術」についても、「科学の真理[3]と資格条件」についての見解を記述すべきである。その記述又は定義を試みることによって、「新しい学術地平・可能性として指摘する学術輪郭」がいずれの分野の「科学であるための資格条件を満たすものか」、又は「科学の真理の思想に適合するものであるか」、を論じることができる。それに基づいて初めて「新しいと称する学術体系」の新しさを明確にできると考える。

2. 現代生活者 - 生活空間システムのための一つの総合システムモデル

「現代社会のための新しい学術体系」の可能性は、生活者・法人等組織の要請に現代科学技術の新しい方法を活用することによって発想される。少なくとも次の要件を満たすべ

きである。

- (1) 生活者・法人等組織を単なる合理的経済人でなく、一層現実的な「有界合理性経済人[4]」としての属性を与えると共に、さらに「地域社会システム要員」としての有界合理性社会人属性を付与し、かつ「生活空間システムを通じた相互作用」も考慮に入れる[5]。組織構造を有する法人等主体の自律的行動は、その組織等を律する法令的制約条件によって制約され、個人主体又は家族主体の自律的行動もそれを律する法令的制約条件によって制約される。各主体には住居・敷地等いくつかの従属ハードシステムが付属しているものとし、それぞれのハードシステムにも単体的及び集合的法令制約条件が課せられている。
- (2) 各主体は多領域にわたる属性を有し、各領域内でも自律的主体として行動する。各主体は多領域にわたる活動をその属する複合システム内の情報のほか、システム外の情報のみならず、全体複合システム自体の動態的特性統計量の推移情報の内、公開又はアクセス可能部分をも見ながら自律的行動を決定するものとする。つまり所属複合システムの動態的特性統計量を科学的精度で算出するエイジェントが存在すると共に、その情報の大部分がシステム構成員にも伝達又はアクセス可能形式で提供されるものとする。
- (3) 多領域有界合理性属性を有する自律主体のエイジェントで構成されるシステムを扱う。それゆえ経済システムなどの「領域分け」サブシステムごとに研究するのではなく、「多領域有界合理性属性を有する多主体 - 生活空間連成総合システム(MALS = Multi-agent-Living Space Systems)[6,7]の単一問題として扱う」
- (4) 実在MALSシステムの動態的シミュレーションのためのプログラムを構成する。またその変動ベクトル予測精度検証方法を確立する。
- (5) 「価値中立」と言われてきた従来の科学思想に対して、「多種価値尺度に照らして判断する自律主体群も含んで構成されるシステム」に対しての「新しい科学資格条件」に基づく科学を考える[8]。
 - (ア) 「多数自律主体群の代表的価値基準に照らして代表価値判断者が価値あると判断する方向にシステム構造・制度を再構成する」又は「何らかの全体システムの判断指標に照らしてより望ましい方向に既存MALSシステムを改修する」のでなければ社会的要請に応えることにならないから、それらの「システム構成技術・改修技術」を作る。
 - (イ) それらの技術群に対応して、それら技術を構成又は改修する方法・プロセスの科学を考える。

3. 自律的主体のモデルとその特性

システムを構成する自律的主体の属性・特性を最初に記述又は定義する必要があるから、その要件を述べる。

- (1) 構成要素主体の個体合理性追求における不確実性・不完全情報[4]

システム構成要素主体はそれぞれ基本的に個体合理性を追求する。古典経済学における完全合理的人パラダイムに限定することなく、有界合理性モデルを採用するほうが一層現実的である。有界合理性エージェントは次の特性で完全合理性エージェントと区別される。

- A．主体間相互作用に対する応答決定の基とできる情報が不十分であり、全体システムの動向についての予測手段も間接的かつ不十分である。しかも部外のエキスパートによる予測を利用しようとしても常に不確実性を含み、不十分精度でかつバイアスが懸かっている。すなわち多重に不完全な情報に基づいて応答を決定せねばならない。
- B．それに対応して選択対象とできる代替案の構成又は認識の範囲が著しく限定されている。
- C．選好行為についても、明確な選好基準又は順序を事前に規定しているわけではない。従って代替案相互の比較の上で価値評価を適切に行えない。
- D．各個の自律主体の決定した応答行動の結果が爾後の全体システム挙動に与える影響はそれぞれ極微であるとしても、多数の自律主体群の応答行為の集積効果は一般にその後の全体システム挙動に何らかの影響を及ぼす。しかし各主体はそれについての予測手段を保有している立場に無い。

(2) 適応挙動

各主体は経済領域行動でもその他の行動領域でも、一般に競争的關係にあり、次の行動について常に戦略的判断をしようとする。その基本属性は、その周囲の環境情報を獲得し、かつ適応エージェント[9]としての適応行動をとる能力を有するインテリジェント情報エージェント[10]でモデル化されたとする。

(3) インセンティブへの主体の応答と全体システムへの効果

各自律主体の非日常的な新しい積極的行動を促すために種々のインセンティブが全体システムの枠組みや部分システム間枠組み差等に対して導入される[5,11]。各自律主体が、全体システムの中での自身の置かれている状況と全体システムの状態に関して獲得した限定的情報に基づいて、自身の利益又は福利幸福のために役立つか否かを測って判断を下し、新しい行動を開始するか否かを決定する。その判断は(1)項に記述した「有界合理性経済人としての判断」だけでなく、「多領域にわたっての有界合理性」に関する判断となる。

それらの新しい行動の集積は一般に全体システムの諸相に影響を及ぼす。その効果は全体システムの状態代表指標という尺度で計測されて、インセンティブ導入者・全体システム状態判断者の判断に委ねられる。ところが各主体のインセンティブへの応答は必ずしもインセンティブ導入者の意図の通りではなく、副次的効果等に敏感な主体は一步先を読んだ行動をとるという戦略も採用する。

4. 自律主体群の行動代表量と全体システムの特性代表量指標

各国レベルにしる、各自治体レベルにしる、それぞれの全体システムの状態特性量の統

計値が定義され、首長や担当部局長がそれらの動態特性統計値のセットについてそれぞれの目的に照らして解釈・判断をし、それに基づいて次の政策を構想する。このとき判断者はそれらの統計量だけでなく、領域別学術的根拠に基づく予測も用いて、国民生活者の要請する施策・制度変更等の方向ベクトルを汲み取る努力をしている。しかしそれらの予測が現代複雑システムの「多領域属性を持つ多主体システムの振る舞いを記述できるモデル」に基づいているとは言えないために、「国民の要請の集積代表量を的確に把握し」、「その自律主体群としての行動代表量をその要請に応える方向に誘う」という目的を達成し得ていないと考えられる。

既往の領域別的方法では、第一に、そのような総合システムの領域別（例えば経済的）システムモデルの代表動態特性量に関してマクロモデルを構成する努力がなされ、第二にその領域別マクロモデルの挙動を代表する動態特性量の推移が実社会の対象システムの領域別挙動特性を、目的に応じた精度で記述・予測できることを実証したものと努力がなされてきたと解される。このアプローチには少なくとも次の三つの側面で改善されるべきところがある。

- (a) 国民生活者等自律主体群の要請する施策・制度変更等の方向ベクトルは、多くの相反する要請をする自律主体群に対応して相反する方向成分を有するはずである。またそれらの行動代表量ベクトルも、インセンティブへの応答行動の代表量ベクトルも相反する方向成分を含むばらつきを有するはずである。それらの効果を考慮に入れたシステムモデルによる予測でなければ全体システムの動態特性代表量を把握できるとは考えられない。
- (b) 現実システムの動態特性量の統計値は常に1ヶ月又は数ヶ月の時間遅れを経た数値であるから、予測値の検証基準として必須であるとしても、変化の速い時代にそれらの統計値を待って政策構成を考えていては国民の適時的要請及び後述のインセンティブデザインの目標に的確かつ適時的には応えることができない。
- (c) 領域別モデルごとの予測では、多領域連関型の現代の複雑なシステムの動態特性代表量を望まれる精度で評価又は予測できているとは限らない。更に施策導入効果予測のための変化率ベクトルの予測のみならず、副次的効果の検討や二次変化率の推定までが望まれている。

5. MALSシステムの動態記述の科学

MALSシステムは本来は複数の多主体多領域連成複合システム群で構成された巨大連成システムである。しかし現代のグローバル化したいくつかのサブシステムのレベルでは、各国の自律主体が国の枠組みを超えてグローバルに相互作用を及ぼし合い、又は及ぼし得る状況にある。各国相互間でも互いに戦略的状況にあって相互作用を及ぼしあっている。従ってそのうちの一国又は一自治体のようなオープンシステムモデルのみ扱うときは、他国の多主体多領域複合システムから及ぼされる相互作用効果・連成効果は暫定的に所与の外的かく乱であるかの如くに扱うことにせざるを得ない。次世代コンピュータでは各国

の特性を組み込んだMALSシステムの連成でグローバルクロズドシステムをモデル化できると期待してよいであろう。

一つのMALSシステムモデルは一つの計算プログラムで表される。そのプログラム自体はそのモデルが従う法則をあらわな数学的表現で含むものではないが、その中にそのモデルが従う法則が内在しているとすれば、陰に含まれているともいえる。そこでこの動態記述プログラムがいかなる意味で科学としての資格条件を満たすかを吟味する必要がある。

新しい学術体系の「科学の真理と資格条件」の記述又は定義に照らして「新しい学術地平・可能性として指摘する学術輪郭」が、いずれの分野の「科学であるための資格条件を満たすものか」、又は「科学の真理の思想に適合するものであるか」、を述べる必要がある。

そこで自然科学[3]の前提を比較ベースとして、それに対して「新しい学術地平」における「科学であるための資格条件」の記述を試みる。

- (1) 自然科学では、科学は「一般的事実」に基づいて構成される。「新しい学術体系」も多数の種々のレベルの現実社会経済システムの日常状態量に関する一般的事実に基づいて構成される。ただし多領域にわたる一般的事実は領域ごとにその一般性のレベルが異なっているとしてもそれを容認すべきであろう。
- (2) 自然科学では、「法則又は理論はどのようにして一般的事実から導出又は構想されるか」が議論されてきた。それに対して、MALSのような現代複雑システムについては、対象の時系列的変動の諸相を所要精度で記述できるプログラムモデルが、それ自体「学術法則を内蔵している」というべきである。それが科学法則に比肩する科学モデルであるための資格条件は、「その設定目的対応レベルの精度の真実性・普遍性・因果予測性能を保有することを検証できていること」であろう。
- (3) 一つのMALSプログラムモデルの記述する動態が「真であること」は現実の証拠に照らして検証されねばならない。制度設計工学[12]など多くの経済学分野で実験的研究が行われるようになってきている。MALSプログラムモデルについては一層広い領域の大規模ネットワーク実験をデザインせねばならないであろう。
- (4) 1個のMALSシステムプログラムがオープンシステムの動態変動記述モデルとして、多数の現実社会経済システムについて「一時期の状態データセットから次の時期の状態量を適当な精度で予測できた」とき、その社会経済的環境条件下では「真である」と言ってよいであろう。しかしオープンシステムであるが故の精度上の限界もある。もし別の時期の新しい環境条件下の現実システムの状態変化予測が、以前とは同精度では「真とは言えない」となるとき、そのプログラムは「時間に関して普遍的に真である」という条件を満たさないことになると考えられる。そのような場合でも、そのプログラムを新しい環境条件を組み込んで高精度化することによって、再び前と同精度で「真である」と言えるように改修できるであろう。それゆえそのプログラムモデルは「各外部環境条件下で真である」と言うべきであろう。
- (5) 個別現実生活空間システムにはそれぞれの歴史的文化的特性に応じたシステム特性が在って、その生活空間システムにかかわるMALSシステムプログラムモデル

は普遍性を持たないという立場もありうる。しかし「個別的事象又は1回限りの事象」についての学術が「科学であるための資格条件」については異論が少なくないと思われる。少なくとも次の二項を満たすべきである。

- (ア)「時系列事象間の因果関係の解明」など「個別事象の中の構成要素事象間個別関係の発見と記述」。
- (イ)「その生活空間にかかわるMALSシステムとして異なる時刻における動態変化ベクトルについての普遍性の発見と記述」。

6. 設計・改修行為の実態と設計技術・暗黙知 [13,14]

これまでに単一領域型の工業製品・工業システム・情報システム等については設計・改修技術が開発され、その成果は特許や暗黙知の形で蓄積されてきた。設計技術の体系化研究も一部では進められてきた。しかし多くの分野で、設計行為や開発作業の思考プロセスは暗黙知にとどめられることが多く、その一般的形式化、科学体系化への努力が結実するに至っていない。その原因の一つは設計行為の多くが試行錯誤・改修的または試作品運転・解析・逐次改良的行為であるという事情にある。いずれの製品でも、システムでも、分野ごとにあるいは組織ごとに、「科学化されない技術知」と「普遍化・形式化されない暗黙知」が蓄積されてきたといえる。

一方、社会経済的に要請される政策課題を解決・改善する実際の方策を策定しようとする場合でも、色々の社会経済分析モデルと予測モデルとを利用するものの、改善要因の発見も改善方策の構成も、試行錯誤の繰り返しと政治力学的調整行為が組み合わせられることが少なくない。その際、多くの「社会技術知」「構成プロセス暗黙知」が種々の組織で色々の形で蓄積されていると見られる。近年「政策科学」体系化への努力が強化されているが、どのような「科学としての資格条件」を満たすものを目標とされているのであろうか。

一つの目的を達成するためのシステムを構成する行為自体は「個別的事象又は1回限りの事象」であることが少なくない。そこに自然科学的発見を伴うことがあっても、それだけで当初目標が達成されるとは限らず、それを組み込んだ目標達成プロセスが必要である。そのプロセスが「特定目的工業製品製造方法」としての「技術」として完成されたときでも、技術自体は自然科学における「科学としての資格条件」を満たすものではない。またその構成行為によって特定目的社会的システム改修政策を構成したとしても、そこに作成された政策自体も個別政策策定過程も、「社会科学としての資格条件」を満たすものではない。そのような色々の技術を構成するプロセス群に関して、「普遍性を発見したり、プロセス法則を導出できたとき、それは技術の科学であり、設計の科学である」といえるのであろう。

7. インセンティブデザイン [5]

MALSシステムモデルは多領域属性を有するだけでなく、数式で記述できない種々の構造特性を持ち、かつ種々の制度上の制約条件を課せられている。それらの構造や制度が

変更されると、まず各自律主体が自身の限定的獲得情報とその効果予測の不完全手段を用いてシステムの動態の変化を不完全ながらも予測し、それに対する戦略的行動をとったり、静観する、などの種々の有界合理性行動をとる。身近な例は住宅に関する贈与税制度の改変で多くの人々の住宅獲得意欲を刺激する政策であろう。住宅需要が刺激されて住宅建設が活性化されればそれにかかわるすべての産業が活性化されるという目論見であり、それらの集積的影響を受けて実際にシステム全体も変化するという趣旨である。最近の「都市再生緊急整備地域」の指定に関わるプロジェクトにも法規制緩和と金融支援策が導入されて、民間集中投資の活性化と効果の波及を目標としている。ゆえに前者の構造や制度の変化を代表するベクトル(Fベクトル)と全体システム特性代表量指標の変化量ベクトル(Sベクトル)とは全体システムプログラムを通じて関係付けられている。

社会経済的に要請される景気励起・地域振興・環境改善等の政策課題は、いずれもMALSサブシステムの構造や枠組み・制度を改修することによって、構成要素生活者の生活内容・レベル向上や、サブシステム性能を直接的又は間接的に改修することである。その方策構成の通常のプロセスは「種々のFベクトル選択に対してSベクトルにどのような効果があるか」の複数予測結果を見て判断をする判断者が存在し、何らかの基準に関して最良と見なせるベクトルを選択するという道筋を取るようになる。「多領域知識体系にかかわる多主体・多従属要素システム混成システムのどの制度や構造特性を改修対象部分とするか」自体も方策構成の解ベクトルとして得られるべきである。

第二の方策構成法は逆問題型定式化[15]である。この場合には政策構成者がその時の社会経済的および政治的等の環境条件から目標ベクトルSを選定し、それを実現するFベクトルを見出す問題を考えることになる。その解ベクトルFが多数存在するときには、さらに別の判断基準を導入してそれに関して最良解ベクトルFを選定するか、新しい要因をSベクトルに付加して条件を厳しくするか、などの方法で解ベクトルFを選ぶプロセスが必要になる。このような分野には、エコノメトリクスの最適化や工学システム最適化の方法が活用されよう。

8. 「多領域総合システムの技術と科学」分野の新設と研究推進策

ここに一つのパースペクティブを述べたような「多領域総合システム」の学術を推進するには、少なくとも次の手当てが必要と考えられる。

- (1) 次期科学技術は本計画及び総合科学技術会議「科学技術基本計画に基づく分野別推進戦略」[16]に、(A)「多領域総合システムの技術と科学」分野を新設してその推進戦略を提示する、又は(B)社会基盤分野を拡充発展させて、「社会的総合システム・社会基盤分野」とし、その重点領域の一つとして、「多領域総合システムの技術と科学」を採択すること。
- (2) 科学研究費補助金について、平成15年度用に新設された「総合領域」分野に、次年度以降「多領域総合システム」分科を新設し、多領域複合チームによる共同研究を奨励すること。

- (3) 文部科学省平成13年度科学技術関係施策[17]のC6項に「社会技術の研究開発の推進」が新規予算措置されたが、「社会技術」のみならず、その科学も含めて、「多領域総合システムの科学と改修設計の技術と科学」に発展的に充実を図ること。
- (4) 日本学術振興会「未来開拓学術研究推進事業」[18]による研究分野の「複合領域」にも、「多領域総合システムの技術と科学」を採択すること。

引用文献

- [1] 中村 恒善, 「技術科学と理論科学の相互豊穡化とSynthesis科学の発展に向けて」(学術の在り方常置委員会向け課題提案), 平成12年8月26日, pp1-2
- [2] 中村 恒善, 「科学論のパラダイム転換分科会報告書の構成へ向けての今後の分科会審議の進め方」, 平成14年5月21日分科会審議資料
- [3] Roger G. Newton, “The Truth of Science: Physical Theories and Reality”, Tuttle-Mori Agency, Inc., Tokyo, 1997. 松浦俊輔訳「科学が正しい理由」青土社, 1999.
- [4] Ariel Robinsyein, “Modeling Bounded Rationality”, The MIT Press, Cambridge, 1998.
- [5] 中村恒善, 「人間-生活環境総合システムのためのインセンティブデザイン」, 学術の動向, 第3巻第8号(1999.8), pp46-51.
中村恒善, 「人間-生活環境総合システム研究の新しい展開を目指して」生活環境設計専門委員会の活動から「学術の動向」2000.9, pp65-67
- [6] 生天目 章, 「マルチエージェントと複雑系」, 森北出版, 1998.11
- [7] Gerhard Weiss (Ed.) “Multiagent Systems”, The MIT Press, Cambridge, 1999.
- [8] 第17期日本学術会議「20世紀の学術と新しい科学の形態・方法」特別委員会竹内啓委員長「審議のまとめ」平成12年7月
- [9] 例えば、山田 誠二, 「適応エージェント」(認知科学モノグラフ8), 共立出版, 1997.11
- [10] 例えば、M. Klusch(Ed.) “Intelligent Information Agents”, Springer-Verlag, 1999, Berlin
- [11] Donald E. Campbell, “INCENTIVES-Motivation and the Economics of Information”, Cambridge University Press, 1995.
- [12] 例えば、西條 辰義, 「制度設計と実験1-6」, 日本経済新聞「やさしい経済学」, 2002.8.5-13.
- [13] 野中郁次郎・竹内弘高, “The Knowledge Creating Company”, Oxford University Press, 1995. 梅本勝博訳「知識創造企業」東洋経済新聞社, 1996.
- [14] 吉川 弘之 監修, 田浦俊春・小山照夫・伊藤公俊編, 「技術知の本質」, 東京大学出版会, 1997.5.
- [15] 中村 恒善, 「総合システムの混合型逆問題と力学的性能設計」, Structure(日本

建築構造技術者協会誌) , No.56, 1995.10.

[16] 総合科学技術会議編, 「科学技術基本計画に基づく分野別推進戦略」, 財務省印刷局, 平成13年12月25日

[17] 平成13年度文部科学省科学技術関係施策の概要 C - 6 項「社会技術の研究開発の推進」学術月報Vol.54, No.8, p756.

[18] 日本学術振興会、「未来開拓学術研究推進事業の概要」, 「平成8年度研究分野 シンセシスの科学」学術月報、Vol.49, No.11, pp1282-1292, p1302. 及び「平成13年度日本学術振興会主要事業・予算概要」学術月報、2001年8月号、pp748-765, 781

- 6 農村計画学から見える設計科学の命題

設計科学の仮設的価値命題の構造とその仮設方法論について

第6部 富田 正彦

設計科学の二つの価値命題

農業・農村という変化しにくいものに関わって世界を眺めていると、近代化やそれを牽引する科学技術の、文明史的意義や問題点が比較的によく見える気がする。何につけ思うようになりにくいのはなぜか、といった思索を日常的に強いられていることの、せめてもの代償なのかもしれない。“農業・農村はどうあるべきか”は一つの設計概念思考だから、吉田副会長ご提唱（例えば、学術の動向、2001.12号）の「設計科学」概念、すなわち自然界に潜む法則の認識に係る認識科学に対置される設計科学（対象のありたい姿やあるべき姿を計画・説明・評価する知の形態）があり、その基礎は仮設的価値命題だ、との論は、まさにそうしたことを日頃やっている筆者には直感的にわかる気もする。しかし、仮設的命題の仮設方法は明示されていない。そこで、自分は専門の農村計画学をどのような視座で“学”の一つだと自負しているのか、との自問を切り口に、この問題を考えてみた。

仮設的価値命題は、対象の“ありたい姿”や“あるべき姿”だとはいっても、(A)時間的・歴史的（モノやコトのゴールイメージ）と、(B)空間的・構造的（モノやコトの最適デザイン）では、概念も方法も異なる。後者はいわば工学がやってきたことであるが（第五部の中に“何を今更こと新しく？”との一種シラケが感じられる所以でもあろう）、前者についての方法は、情報進化史的自然哲学「設計論的自然観」等に準拠して（吉田副会長による）を展開して、40億年前から地球と生物は共進化過程に入り400万年前からは地球と生物とヒト文化の3者が共進化しつつ現在に至っているとの認識のもとに、科学と社会と環境の相関展開（共進化）の今日状況が要請する科学の新たなかたち、と捉えられよう。

仮設的価値命題 A の背景

第17期に和田昭允先生は「世代を越えての持続的繁栄へのシナリオ」（学術の動向1998.6号）で、現代をCO₂排出量との関係で捉える図（*頁参照）を提示された。図中でCO₂排出（化石燃料消費）ピークと重なって右肩上がりに推移しているのが非定常な現代文明であり、ピークを挟んで左側は「準定常な自生的伝統技術文明」、右側が「準定常性を再確立しているであろう成熟科学技術文明」だと捉えると、現代の課題は、成熟科学技術文明へ向けて非定常な現代文明の諸要素を方向付けるところにあると解される。

準定常な自生的伝統技術文明は、自然資源の経験的技術によっていた文明である。その技術を駆動するエネルギーは人力、畜力、薪炭、水力および風力であった。要するに太陽エネルギーのみによって駆動されていた。とはいえ、水力や風力利用には水車や風車の建

設が必要であり、畜力利用には家畜の飼養・制御が必要であり、薪炭は木を伐採して作られ、それらの全ては人力でなされるほかなかった。しかし人力労働は苦痛を伴うので、社会集団でのなんらかの強制システム（権力的社会構造）と個人間での愛隣感覚（モラル）が不可欠であったろう。このような社会は、人間の生来の身体能力のみで維持されている社会という意味で“自然人間社会”と捉えられる。

対して、科学技術に支えられた現代社会は化石エネルギーで駆動されて、都市における工業に展開し、文化情報の創造に展開した一方で、様々な問題を生起させている。車や電話やテレビなどの身体機能代替機器の大衆的普及によって“自然人間”から進化した“技術人間”の非生物的物质の利用がもたらす生態系環境の悪化や、“技術人間”への進化に伴うヒトのモビリティの飛躍的増大による物質循環と土地利用の混乱などであるが、豊かさの中で崩れゆくモラルも看過できない。肉体労働の多くが機械で代替されると、人々に過酷な労働を強制する社会システムの必要性がなくなって「人権」「自由」「平等」などの諸概念が開花し、そこから資本主義的生産形態と個人主義的消費形態が普遍化したことの一つの帰結であろう。さらに、外部不経済を無視した企業側の利潤追求型体質（“資本主義・自由主義”の不完全性）と、消費者側の拝金型利己主義（権利のみの平等に走りがちな“民主主義”の不完全性）のもとで、“自然人間”家庭（地域コミュニティ）に普遍的だった教育機能の衰退が、“モラル継承システムの崩壊”とでもいうべき状況を招いている。以上を文明の属性で対比すれば以下ようになる。

準定常な自生的伝統技術文明	非定常な現代文明
空間属性： ローカルに完備	グローバルなオーバーラップ
依存資源： 生物、鉱物	鉱物、化石炭素、生物
駆動エネルギー： 太陽エネルギー	化石炭素、ウラン、（太陽エネルギー）
利用技術： 経験的ノウハウの蓄積	科学技術
個体能力： 自然人間（時速 4 km で移動し、1km 先の人を見分け、100m 先の人と会話する）	技術人間（時速 100 km で移動し、電話とテレビで距離の拘束を離れて見聞する）
社会構造： 権力的支配機構	民主主義システム、資本主義システム
社会倫理： いわゆるモラル	豊かさのなかで崩れゆくモラル
拡大手段： 土地（太陽エネルギーの変換器）の攻防を旨とする戦争	科学技術開発
知的活動： 世界の認識（今日の科学）と技術の改良は殆ど無関係	科学と技術が不可分に結びついた科学技術

埋蔵エネルギー資源に依拠している現代文明は、光合成に依拠して永続性を有していた近代化以前の準定常な経験文明と、まだ特定できない新たな永続的エネルギー技術に依拠して永続性を再確立することになるのであろう準定常な科学技術文明の安定段階の狭間に位置する、人類文明史上初の文明の大ジャンプ過程にあることになる。ジャンプ期にあって、衣食住資材は工業製品と光合成産物が混在し、力仕事を代替している機械奴隷は化石エネルギーに依存しており、自然人間として育った世代と技術人間として育った世代の文化断絶を呈している。しかし、石炭・石油は有限であり、これらに依存できるうちに代替エネルギー技術を開発せねばならない。永続性のある新エネルギー技術に依存できて初めて、工業文明は永続的で準定常的な科学技術文明に達したことになる。環境問題も抜本的には、そこでこそ解決が可能になると考えられる。“21世紀”は、その達成までの間を生き抜く時代と捉えられる。

「非定常な現代文明」の非定常性は文明の要素によって異なり、来るべき成熟科学技術文明のはしりの要素は身軽で急速に立ち上がるのに対して、自生的伝統技術文明のなごりの要素は身重でゆっくりとしか立ち上がれない。つまり文明の段階ジャンプでは要素に慣性の法則が働き、要素間に跛行性が現れる。現代社会の種々の混乱をそう理解すると、図1に示すように、その時間軸の現時点での諸要素間の不整合性を「多様化」と捉えて、多様なものの調和を旨として文明を営むのは誤りで、妥当なのは諸要素の行き着く先における新たな整合のかたちを洞察し、各要素をそこでの整合に向けて方向づけることであり、それが設計科学の一つの要諦だと考えられる。

(図1 ジャンプ期における文明要素の跛行性)

“生き抜く時代”の知の戦略的形態

生き残り可能な文明は永続的新エネルギーが開発されるまでは実現しない。そこに至るまでの、当面持続可能な文明は必然的に過渡的な文明で、その拘束条件は、人間活動の科学技術依存性の持続、“技術人間”はホモ・ルーデンスへ質的にも進化、生活様式の世界普遍化傾向、資源循環型社会の形成、優良農地保全の国際関係論的必要性、森林保全の国際関係論的必要性、および、地球環境の保全と生物多様性の維持、である。

そのような拘束条件のもとで生きるには、“How to survive”から導かれるニューモラルの再確立が不可欠なはずである。厳しい自然を生き抜く“自然人間”の知恵ともいえたかつてのモラルは豊かになった“技術人間”にはもはや不要だとしても、代わって、大ジャンプ期を生き抜く新たな知恵、いわば“ニューモラル”がなければならない。子供(大人もだが)には、個人としての自分と、地域社会の一員としての自分と、人類の一員としての自分の、行動の規範レベルを異にする三つの側面がある。環境への“自分”の取り組み(行動)の形は規範レベルごとに違うこと、人間社会と自然環境の関係が再び調和を回復

するためには一人一人がこの“自分の3側面”をバランスよく生きねばならないことを理解させねばならない。このようなニューモラルの、継承システムも再確立される必要がある。個体の成長過程における自然人間から技術人間への脱皮過程を、公教育プログラムへ組み込むこと、などが必要なのであろう。

以上の拘束条件等をクリアして危機に陥ることなく“生き抜く”には正確なルートマップが要る。そのマップないしマップ作成に必要な知のかたち、すなわち、ルートマップの方向に係る価値命題Aと、かたちに係る価値命題Bを、仮設する知のかたちがやはりなくてはならない。それが今日その必要性への意識が高まっている“設計科学”なのであろう。

このことは、設計科学の必要性ないし重要性は、あるいは時限的なものかもしれない、換言すれば、認識科学と並び立つ意味での空間的・時間的な普遍性を設計科学は有していないのかもしれないことをも意味する。そして、そのことが設計科学論への風当たりが強い理由なのかも知れない。たしかに、例えばナノテクノロジーや脳科学・IT技術などが飛躍的に発展・成熟した遙かな未来の世界では、物質・エネルギー資源面でも環境条件面でも前述のルートマップ論などは価値命題たりえないほど、絶大な自由度を人類文明は手にしているかもしれない。そのような社会では、“やはり設計科学概念など必要ない”のかもしれない、と筆者も考える。そうした意味では、仮設的価値命題を論じることはやはり科学者にあるまじきこと、なのかもしれないが、“生き抜く時代”の、時限的な知のかたちとしては、設計科学概念はやはり不可欠だと考えられる。そして、21世紀は、“生き抜く時代”の命運を決する時期だと考えられ、その鳥羽口でわれわれはいま、科学の新たな体系を模索している。

設計科学の拘束的命題群

当該設計科学が“設計”でもって対処しようとする対象の問題点の分析・把握の枠組みは、設計とその対象の属性によって異なろう。農村計画学などの場合は、対象は「ヒト集団と地域空間との新たな関係」というヒト文化現象の一部であるから、準定常経験技術文明段階における「ヒト集団と地域空間との関係のかたち」を準定常科学技術文明段階における「ヒト集団と地域空間との関係の新たなかたち」にシフトさせるプロセスを探る、というのが分析の枠組みとなると考えられる。他の設計科学の場合についても同様の作業を重ねることで、それらの共通項のかたちで、設計科学の一般的枠組みが見えてくるものと期待される。つぎに命題の把握は、

【設計科学の一般的な希望命題】光合成に依拠して準定常性を担保されていた経験技術文明に対して現代文明は非永続的状态に陥っているが、その行方を準定常科学技術文明に見据えるべきか否かは一種深遠な哲学的認識の問題であり、成り行きのままにいずれ自滅するに至ると認識するのか、人類社会は永続すべきものだと認識するのか、永続するべきだとする場合でも、全人類が現在の日本人に準ずる生活水準を享受する形でか、全人類が例えば現在のアフリカ農民の生活水準に戻るような形でか、あるいは生活水準格差は現在以上に広がる形でか、それは人類の希望的認識如何である。しかし現代社会における公的な

議論では、全人類が現在の日本人に準ずる生活水準（手足目耳口などの機能が技術製品で代替・支援されている“技術人間”の生活）を享受する形で永続する希望を前提的命題と捉えるのがやはり妥当なのであろう。

【設計科学の一般的な拘束的命題】その希望的命題に沿うと以下の拘束的命題が認識される。（順不同）

人類絶滅を招きかねない核兵器等は使ってはならない。地球環境をヒトが住めない状態に汚染してはならない。ヒトがヒトでなくなるようなヒト遺伝子汚染を起こしてはならない。永続的な新エネルギー技術をジャンプ期間内に創出せねばならない。新エネルギーで食料も作れる時までは世界人口と農地面積のバランスを崩してはならない、の五つだと筆者は考える。

それらの一般的な命題からの具体的な仮設的価値命題の導出は、一般的命題群への対応性を念頭においた現状の問題点の認識・整理から演繹的に仮設されるしかないであろう。このところが設計科学が眉唾視される所以でもあろうが、第18期の日本学会議特別委員会の課題群のほとんども、無意識的にせよやはりこのような“設計科学的”プロセスから仮設されているのではないのだろうか。

第18期の課題検討への期待

仮設的価値命題群は、それぞれに設計営為すなわち仕様の設計、命題・設計仕様の評価方法や命題・設計仕様の経時的修正方法などへ帰納されて初めて、具体的な社会との関わりをもつに至る。しかしそれは設計科学の具体的な構築課題であって、今日の緊要課題は、そのような“設計科学”概念の存在を肯定しうる科学の新たな体系へのコンセンサスの形成にあると考えられる。これはまさに第18期日本学会議の2大課題の一つであり、会員各位の正面からの御検討を期待して小論を閉じる。

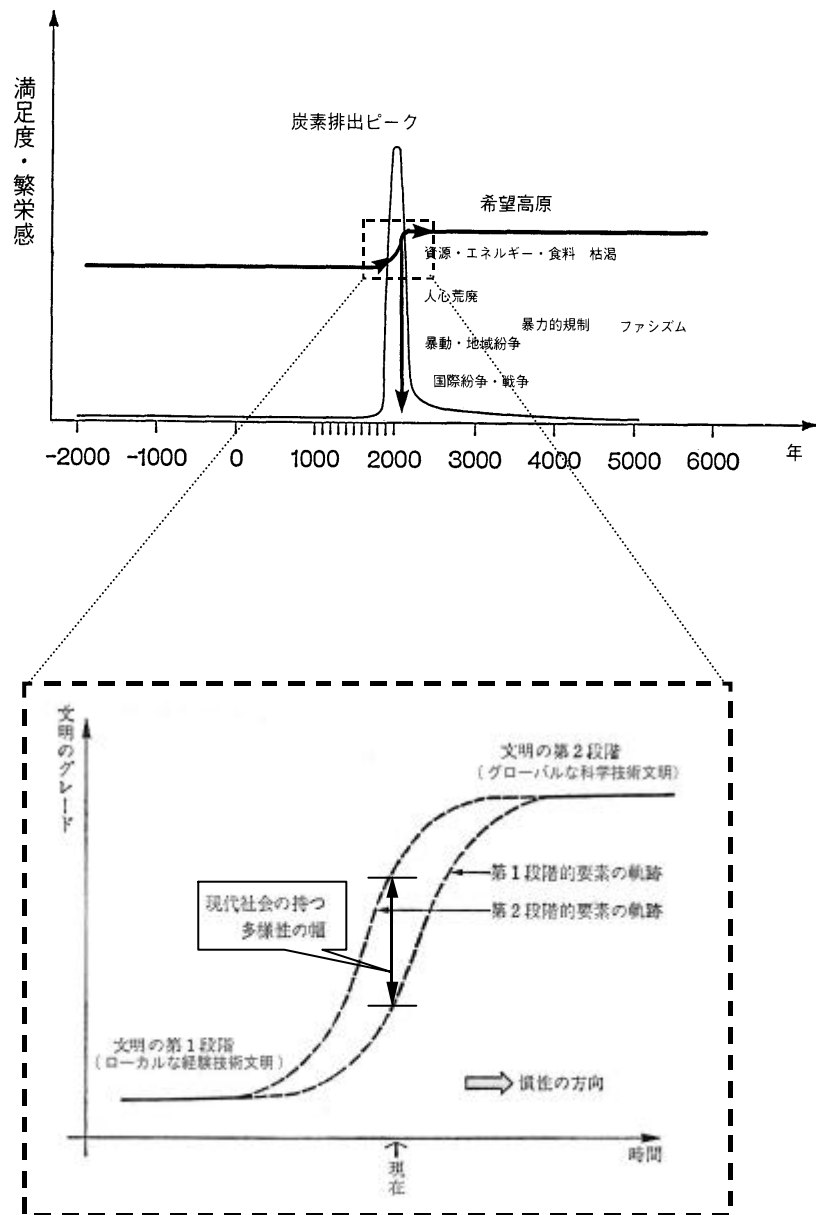


図1 ジャンプ期における文明要素の跛行性

(和田昭允「世代を越えての持続的繁栄へのシナリオ」<学術の動向 1998.6号>の図2に吹き出しを追加)

- 7 生物資源と持続的社會 - 化石資源依存から生物資源の循環へ -

第6部 上野 民夫

1. 課題の設定

第18期日本学術会議の活動計画

(1) 人類的課題解決のための日本の計画(Japan Perspective)の提案
(2) 学術の状況並びに学術と社会との関係に依拠する新しい学術体系の提案
は、人類が当面している課題を克服するために学術が果たすべき役割を明確にし、社会に依拠する学術活動を具現化するために提案されたものと理解している。(1)の日本の計画については、特別委員会の活動を通じてすでに報告書が提示され、それぞれの項目に関して俯瞰的な研究体制の重要性が指摘されている。(2)に関しては、1で提起されている問題に対して「俯瞰的な視点で取り込まれるべき研究体制と科学の体系とはいかにあるべきか」について考察することにする。

この問題を考察するにあたって、提示されている問題の時間と空間のスケール(尺度)はあくまでも現在的人类がかかえる最大の課題、すなわち環境問題を含む人類活動の拡大に伴う人類的課題の解決のためと規定する。すなわち求められる「科学(論)のパラダイムの転換」は人類的課題の解決を対象とすることになる。

人類活動の急速な増大が環境問題の直接の原因であり、その解決法として、産業革命以後に人類が築いてきた大量生産・大量投棄型の現代文明から持続・循環型社会への転換の重要性が指摘されている[1]。国際科学会議(ICSU: International Council of Scientific Unions)は、この転換を重視して現在を持続性社会への過渡期あるいは遷移状態(transition to sustainability)と位置付けている。このような状況にあって、以下に資源の循環を視点とした新しい学術の対象と課題と研究体制に対して一つの提言を試みる。

2. 科学が内包する問題

ここで“新しい学術の対象と課題”を論じる前に、“古い学術の対象と課題”とは何かについて考えておくことにする。科学の歴史の変遷に伴って、科学の変革時点をどこに求めるかは、科学論において極めて多様であるが、ここではその時点を産業革命以後の人類による“自然征服の科学”から持続的社會における“自然における共生の科学”への変革期で二分することにする[2]。

まず現在も継続している大量生産・大量投棄の社会を育んだ原因を科学技術の急速な拡大と経済至上主義の人類活動に求める傾向が強いが、学術そのものが内包する自触作用とも呼ぶべき連鎖増幅効果が臨界状態に類似した状況に達しており、ランダムな多方向に暴走し始めていることにも注意しておかねばならない[3]。

人文科学と社会科学は人類の歴史に視点を置き、人間の営みの中にある普遍性を探る。このことは、古い学術では人文科学と社会科学の活動がこれまでの自然の征服を主体とした科学技術が対象とした同一の基盤すなわち人類が関与する時間と空間スケールに限定してきたことを意味し、自然における共生を主体とする新しい学術ではこのような基盤だけを対象としてよいのか再点検してみる必要があることになる。ここに認められる科学技術と人文・社会科学の両者の対象がともに人間活動の時間と空間にのみ限定されていることに対する問題の指摘とその対象の拡大の必要性については後述する。けれども、人類的課題解決のための新しい科学の体系を構築するには、技術と人文・社会・自然の諸科学が対象とする領域を人類活動をこえて、自然界の物質・エネルギー循環を基盤とする領域へと拡大するべきときにあることを前もって指摘しておく。

科学技術の暴走をくい止め、科学技術自らが生み出したもろもろの不安と災害を回避するためには、新しい学術体系の構築と適用によって人類自らによる自己規制を達成しない限り、結局人類は自らが作り出した科学技術によって押しつぶされてしまうことになるからである。この自己規制を達成することは学術が健全な方向に展開する道を設計することになる。学術の健全な展開を遂げるには、科学者、学術の展開状況を伝達するメディアと社会と学術が連動する新しい学術体系と社会システムが求められることになる。

3 .Transition state (遷移状態)における学術の課題

環境問題を拡大して単なる環境破壊を超えて、人口の急増と人類活動の急激な増大に伴う資源の枯渇の危機を含めて言及することにする。

環境の危機を回避する方策として提唱されているのが持続・循環型社会への移行であり、前述の国際科学会議(ICSU)が現在を循環型社会移行への遷移状態と位置付けている意味は私にとっては十分に納得の行くところである。持続的循環型社会の第一の目標は地球の遺産と自然の保全にあることは言うまでもない。従って、新しい学術が対象とするのは生命が宿る現存する地球システムの修復と保全である。生命の存在は有機炭素化合物に蓄積される化学エネルギーの共有的循環に依存している。従って、炭素の循環(炭素サイクル)は地球上の生命活動の基幹をなすものであるが、これが無機炭素である炭酸ガスの増加にシフトしている現状は、やがては有機炭素の減少から枯渇をきたすので、生命の存在を揺るがす最も深刻な一要因をなすことは間違いない。このような状況から、現在の科学・技術には単に安易な化石資源の消費の抑制にとどまらず、有機炭素の蓄積の増加をも視点に入れた新しい産業体系の構築が求められることになる。そこで、今世紀の人類社会が抱える課題が、人類活動の増大に伴う資源の枯渇にあることを認めれば、現在は資源の保護にとどまらず炭素サイクルにおける有機炭素の蓄積量の増加を目指すことになる[4]。この課題を達成するにはまず太陽エネルギーと植物の光合成能を高度に利用することによって、新しい人類活動の基盤を確立できる学術体系を構築し、それを具現することが transition における学術会議に課せられた使命と考える。

4 . 学術要因の個別的検討

現在も継続する生産至上主義の価値観を基盤とする社会の建設と学術の展開は古い学術体系の所産であるが、この古い学術体系にあっても環境問題の重要性は幾度か指摘されながらも、徹底的な検討を欠いたために、依然として消費型の社会構造への復帰と再現が繰り返され期待されているのが現状である。けれども、このような状況にあっては環境価値の認識の欠落が、人類の歴史において取り返しのつかない負の効果を与えることを自覚する必要があることは、次の例からも明らかである。

1) エネルギーの消費と負の遺産

日本学術会議はすでに第 13 期において「資源・エネルギーと文化・経済・環境特別委員会」を設置し、エネルギーと環境問題の啓蒙に早くから取り組み、この活動報告を「21 世紀に向けてのエネルギー問題」日学双書 4 として公表した。このような取り組みは以後も継承され、第 14 期「資源エネルギーと地球環境に関する展望」日学双書 12 やいくつかの研究連絡会議のシンポジウムにおいて討議され、第 17 期声明「人間としての自覚に基づく「教育」と「環境」両問題の統合的解決を目指して」を経て、今期の活動計画の「日本の計画」に「価値の転換と新しいライフスタイル」「循環型社会」「農業・森林の多面的機能」「ヒューマン・セキュリティの構築」「生命科学の全体像と生命倫理」と「教育体系の再構築」の諸課題が特別委員会の検討課題あるいは研究連絡会議のシンポジウムの課題として組み込まれたものと理解している。

現在の日本における産業体系とライフスタイルが依然としてエネルギーの大量消費に依存し、わが国のエネルギー消費が増加傾向にあり、地球温暖化に対する二酸化炭素の排出抑制のために原子力発電への依存を拡大するとの政策は何を意味するのか。現状では原子力には核拡散の危険性、(放射性)原子燃料廃棄物、廃炉問題、放射線被曝問題(原料から燃料まで)などに技術的に未解決の問題を抱えており、危機管理には莫大な経費が必要とされている。経済発展はエネルギー消費の増大によってのみ達成されるのか、新しい学術の課題として早急に検討がなされるべき問題であろう[5]。この点に関しては、昨年 9 月にリオデジャネイロで開催された ICSU 総会で、フランス科学アカデミーと日本学術会議の共同提案による新エネルギープログラムに対し、エネルギーと持続可能性について評価と行動策定のための委員会の設置を決議している[6]。すなわち、まずなすべきは安易なエネルギー供給対策よりも、いかにエネルギーの効率を向上させて消費を低下させるかである。このことについて人文・社会・自然科学からの一線に並んだ俯瞰的な検討がなされるべきときあって、わが国では国民的な合意のための抜本的な省エネルギー政策の検討が一向になされないことに対して、科学者、メディア、社会のこれ以上の怠慢は許されない状況にあるのではないだろうか。

2) 新しい学術と価値観

学術の目標が自然観、世界観と人間観の形成に有用な知識体系を構築することにあるとすれば、その構築はどのような価値判断に基づいて行われるべきであるのか。古い学術体系に基づく技術が生産至上を志向し、それを社会構造に位置付ける社会科学も生産至上主

義に傾斜してきたと捉えることができる。人類の活動力が自然の力に比べて小さかった時代にはこのような傾斜はむしろ当然であったかもしれない。けれども、化石資源の膨大な消費、処理し切れない廃棄物の蓄積と核エネルギー利用の拡大は、すでに自然の力を凌駕している現状を鑑みると、上記の古い技術と社会科学のあり方と価値判断の基準は根底から問い直されねばならない。持続・循環型社会への移行における遷移状態にあって、人類の価値観のあり方によって到来する未来社会、すなわち持続・循環型社会の様態も大きく影響されることになる。従って、志向される社会が環境調和型を目標とするならば、自然の征服を目指してきた近代科学の精神は、自然における共生を目標とする新しい価値判断に基づく精神活動を反映するものに置き換えられなければならない。環境調和を志向する学術においては、生命が宿る地球システムにおける物と物、生物と生物、人間と人間、物と生物と人間との相互作用と変化の研究成果に基づく価値観の形成が社会に大きな影響をもたらすことになるものと考えられる。

5 . 一つの提案：化石資源依存から生物資源の循環へ

物資の創製原料とエネルギーの大半を太古の生命活動による化石資源に依存する 20 世紀型の消費文明とそれを構築してきた産業体系は、化石資源の燃焼（酸化）による大気中の二酸化炭素濃度の増加と廃棄物の蓄積をもたらし、当面する地球温暖化と環境破壊の最大の要因をなしていることは周知のとおりである。その結果、エネルギーの確保については、その一部を太陽光、風力、波浪、地熱などの自然エネルギーによる発電に求める状況が定着しつつある。

人類活動の増大をエネルギー面から分析すると、個人(体重 60kg)の標準代謝量は約 80W にしか過ぎないが、世界平均で約 2,000W の、また日本人は約 5,000W (標準代謝量の約 60 倍)のエネルギーを消費する巨大動物である。この膨大なエネルギーは現在では生活行動のために必要とされ、その大半は産業活動によって化石資源の消費で賄われている[7]。けれども、後述するように植物の光合成によって固定される太陽エネルギーは、現在人類が地球上で消費する全エネルギーの約 10 倍と見積もられている[8]。生物は化学エネルギーとして蓄積された生体由来の有機化合物にエネルギーを求め、炭素サイクルの中で互いに相互作用を及ぼしながら生息している。

このことから推論すれば、持続・循環型社会の構築に向けての新しい学術の課題は、生命の宿る地球システムにおける物質、生物、人類の間の相互作用とその変化を対象とし、それを展開することになる。そこでは人類は自然における共生を目指して、従来の価値観と異なる視点で自然を認識し、社会システムを設計することになる。さらに人類には共生のための知識と感性が要求されるが、これを達成するための教育、資源の保護・確保と産業システムのあり方とそれらを支える学術基盤について新たなる考察が必要となる。

一方、社会生活の面では、資源の保護と物資の流過程での循環のために、産業社会システム・消費社会システムにおいて有機資材の再生が重要になる。技術改革と平行して製造・加工・販売・消費・回収の各段階が統一されたコンセプトのもとにシステムとして編

成できれば、有機資材の自己循環型社会の実現が容易になると考えられる[4]。

1) 教育体系について

とりわけ初等教育が個人の知識体系と感性の形成に与える影響は大きい。昆虫、野鳥、水棲動物、植物、きのこなどの生態観察や鉱物採集、星の観測などではアマチュアの研究者の層が厚いが、彼らの人生には幼少のときの自然との対話が大きく影響していることはたびたび指摘されているところである。従って、人類が広く自然における共生に適応できるためには、初等教育において自然との対話の機会を多く与え、自然界における物質、生物、人間の多様な相互作用を感知して適切に対応できる感性と理解力を培っておく必要がある。

古い体系の学術がもたらした初等教育には、例えば理科から生物、化学、物理へと高学年に進むにつれて学術の細分化に対応するように設定されていた。しかしながら、自然と共生できる感性は総合的な対話と物質間、生物間、人間間と物質・生物・人間の相互作用の認識・理解のもとに培われ、醸成されるものである。このことを考えるとき、初等・中等教育ではできる限り広い視点での教科内容に基づく教育の機会が与えられるべきである。

2) 生物資源の確保と管理

従来、生物資源の確保の必要性は、農産物の確保と安定供給を目指すものであった。しかし、やがて訪れる化石資源の枯渇と持続的循環型社会への移行に対して、物質創製のための原料の確保と地球温暖化回避のためには二酸化炭素固定能を増強する必要がある。にもかかわらず、現在では地球上の森林面積が毎年大幅に減少し、砂漠化により耕地面積も減少しつつある。このような状況を阻止し、改善するには地球規模でのマクロな生態系管理・修復システムの構築に向けて実効的な政策と行動が早急に求められている。また、植物の光合成機能の増強や生育特性の強化など植物本来の生理機能を増強し改変するための基礎的研究の推進も必要となる。

地球上で毎年バイオマスに固定される炭素量は報告により“ばらつき”があるが、少なくとも見積もっても約 $8 \times 10^{10} \text{t}$ ($=300 \times 10^{19} \text{J}$)で、これは年間に消費される総化石燃料エネルギー $30 \times 10^{19} \text{J}$ の約10倍に相当する。従って、恒久的に供給される太陽エネルギーとそれによって循環的に生産される生物資源(バイオマス)がやはり人類の持続的活動に基盤を与える唯一のエネルギーと資源であることは直感的に納得できる[7]。けれども、バイオマスとして固定された炭素の半量(50%)が呼吸により、40数%が落葉や枯死に伴う微生物による自然分解や動物による摂食で再び二酸化炭素として大気中に放出され、数%が実際の生態系による順固定量となる。従って、炭素循環を考える場合に、植林、森林管理や農業生産による人為的な炭素吸収量の拡大による二酸化炭素の恒常的な固定の強化と落葉や枯死による自然分解を受けるバイオマスの有効利用に対する科学技術の展開が重要となる。また、バイオマスを有機炭素源を必要とする産業の原料や製品としてストックすることも炭素サイクルにおける二酸化炭素の減少に寄与することを忘れてはいけない[9]。

3) 生物資源を基盤とする産業システムへの移行

今世紀の人類社会が抱える課題が、人類活動の増大に伴う資源の枯渇にあることを認めれば、現在は資源の保護と太陽エネルギーの高度利用による新しい人類活動の基盤を確立するべきときにあることについてはすでに前述した。

また、前述の遷移状態の中にあって物資生産の一つのあり方を模索すればどのようなことが提起できるであろうか。すでに、化石資源を原料とする現在の化学界の内部からグリーン・サステナブルケミストリーが提案され、環境汚染防止を目指して化学製品のライフサイクル、すなわち「合成、使用、廃棄、リサイクル」の全過程にわたり、発生する環境汚染物質を源から断ち、環境リスクを最小にする産業体系の構築に向けての努力が展開中である。このような方策は、石油資源に依存しながら現状の改善を図る上では有効かもしれないが、長期的には石油資源に依存しない抜本的な新しい化学産業体系への移行も含めて検討がなされる必要がある。

「では資源とエネルギーをどこに求めるか？」人類は長い歴史においてそれらを太陽と生物資源に求めてきた。化石資源にそれらを求めてきた産業革命以後は人類が自然への依存と共生を忘れた異常な時代であったと規定することもできる。

今後、人類は自然における共生を求めて、生物資源を基盤とする新たな産業体系を構築しなければならない。ここには工学の農学へのシフトの必然性ととも、化学には産業革命以後の科学技術の蓄積を基盤としながらも、生物資源の高度利用に向けて新しい領域での座標軸の設定が求められている。ここで、恒久的に供給される太陽エネルギーによって循環的に生産される生物資源（バイオマス）は人類の持続的活動に合理的な基盤を与える唯一のエネルギーと資源であることを再度強調しておく。また、高度な生命活動を営むために、進化の過程で構築されてきた生体機能物質は、人類の叡智を持ってしてもいまだに本質を解明できない高度な生合理的特性を秘めている。従って、生物資源は燃料として短絡的に燃焼させるよりも、まず生物資源が保有する構造特性と反応特性に注目して高い機能を有する化成品の開発に適した資源と想定できる。すなわち、生物資源の循環的変換と展開を主体とする物質生産体系の構築である。鉱物資源と異なり、生物資源は人間・生物生命の時間スケールの中で循環を運命づけられており、炭素サイクルはこのことの上に成立している。鉱物・化石資源の変換に由来する製品の蓄積が廃棄物とゴミ問題の主因をなしていることを思うとき、生物資源は生化学反応を適用できる格好の化学原料であり、生産される化学製品の環境負荷は小さい。

けれども、人類の持続的な繁栄には 生物資源は地域依存性が高く、多様性に富み、それらが生育する大地と海洋の生態系が維持できること。 そのような生態系から生物資源を恒常的に安定して確保できること。 価値観を変革することによって、大量生産・大量投棄の 20 世紀型の社会システムから脱却して、21 世紀型の新しい脱「物質・エネルギー社会」に移行することが前提となることを忘れてはならない。国連大学ではこのような高度物質循環型社会のシステムの一例を“ゼロエミッション”と定義し、先導的な実験研究に取り組んでいる。

光合成によって循環的に生産されるバイオマスは地域の植性に依存する多様な成分から

なる複合資源であるため化学工業の原料化には多くの難点の克服が予測される。

生物資源は本来食料 (Food)、飼料(Feed)、肥料(Fertilizer)、繊維(Fiber)、燃料(Fuel)、工業原料(Feedstock)、薬品等(Fine chemicals 製品)のいわゆる 7F として広い用途を有している。これまでは、その化学製品としての利用はデンプン、セルロース、油脂・樹脂・ロウ、テルペンをはじめとする有用一次・二次代謝物などに限られていたが、今後は未利用資源も含めてさらなる具体的な研究の展開が求められよう。

なお、石油に対する過剰依存に基づく二酸化炭素の増加から、一部バイオ燃料に対する依存に期待が寄せられている。けれども、上記のことを考慮すれば、燃料としてのみの直接利用は、炭素資源の蓄積と増加に相反する過程であり、また生物資源のカスケード的利用の最終段階、すなわち燃焼により二酸化炭素と水に分解してしまう段階で行うべきである。そして物質生産の最終処理で生成する残渣の無機物は自然へ還元循環する技術を確立しなければならない。

ポスト石油時代における人類の持続的繁栄を求めて、ここに提案した“ 遷移状態における学術の対象と課題 ” は新しい学術体系の構築に一つの基盤をあたえるものである。持続・循環型社会における産業科学体系を構築するには、新しい価値判断に基づくライフスタイルとともにそれを先導する教育・研究システムの抜本的改革を必要とする。すでに地球規模の温暖化をはじめとする環境破壊が深化しているにもかかわらず、依然として有限の化石資源に依存する 20 世紀型文明が継続されている現状を省みるとき、生物生産と生物資源を基盤とする次の産業体系の構築をめざして現在は国家的あるいは世界的な規模での集中的な研究展開がされるべき時期にあると言えよう。国際的に導入が検討されている炭素税も、カーボンクレジットのための財源としてだけでなく次世代のための人類の持続的繁栄を願って生物生産を基盤とする持続・循環型社会の形成をめざす社会システムの構築に投入されるべきであろう[10]。

参考とした書籍または文献

- [1] 日本学術会議 132 回総会声明,「人間としての自覚」に基づく「教育」と「環境」両問題の統合的解決を目指して - 新しい価値観に支えられた明るい未来の基盤形成 - , 日本学術会議, 平成 12 年 7 月
- [2] 松井孝典著,「地球倫理へ」21 世紀問題群ブックス , 岩波書店, 1995 年 10 月
- [3] 山辺時雄編,「ノーベル賞科学者 福井謙一 “ 化学と私 ” 」, 化学同人, 1982 年 5 月
- [4] 奥 彬,「プラスチックのリサイクル: ゼロエミッションを目指して」, 化学と教育, 50 巻 6 号 (2002 年), 450-453
- [5] 益田壽男,「経済成長と新エネルギー」, 学術の動向, 2001 年 4 月号, 12 - 15 ページ
- [6] 「エネルギーと持続可能な社会(Energy and Sustainable Societies)」 フランス科学アカデミーと日本学術会議による ICSU に対する共同提案プログラム (Rio de Janeiro, Brazil, 24 -28, September, 2002)
- [7] 鷲尾幸久,「海洋における再生可能エネルギー」, 学術の動向, 2001 年 4 月号, 21-27 ページ
- [8] 児玉 徹,「化石資源付けの文明はいつまで続くのか」, 学術の動向, 2001 年, 11 月号, 46 - 48
- [9] 山形与志樹,「教徒議定書における炭素吸収源: 最近の国際動向」, バイオサイエンスとインダストリー, Vol.60, No.8, 556-568(2002)
- [10] 日本学術会議第 6 部報告「生物資源とポスト石油時代の産業科学 - 生物生産を基盤とする持続・循環型社会の形成を目指して - 」

- 8 医学とその周辺領域との関係

とくに先端医学・医療との関わり合いに関して

第7部 渡辺 洋宇

20 世紀における医学の歴史

西洋医学は、医学の父といわれるヒポクラテスに始まる。古代ヒポクラテス医学では、症状の観察を基本としてきた。近代科学は16世紀ないし17世紀に成立したとされるが、17世紀中頃には顕微鏡が発明され、生物の形態、性質の観察が明確に行えるようになった。近代医学も16世紀から17世紀に近代科学としての形を整えながら発達し、18世紀までにはベサリウス（ベルギーの解剖学者）の「人体の構造について」に始まる種々の疾患の人体構造の歪みの解明、ハーベイに始まる血液・リンパ循環の発見があり、解剖学、生理学の基礎が形成された。顕微鏡の登場による細菌および原虫の発見をはじめ、ビタミンの発見、病理学の体系化などがみられ、近代医学の発展に繋がっていった。

日本医学の近代化は、明治新政府の誕生から19世紀末まで目まぐるしい変革で推移した。明治政府はドイツ医学の輸入を決定したことから、ドイツ医学万能の時代が続いた。しかし、ドイツ医学万能とされた時代は、第二次世界大戦でのドイツの敗戦、わが国の敗戦によって、戦後はアメリカ医学が導入され、医学用語もドイツ語から英語へと大きく変換し、多くの人々が米国留学した。米国医学は、現在もその財力、人的資源と組織力によって世界の医学会に君臨している。

医学は「実践の科学」であり、それぞれの時代の社会の要求に対応して研究が行われ、医療として発達し、同時に医学的知見が深まり、それぞれの分野に還元され、科学として発展してきた。伝染病、例えば結核の蔓延では結核菌の発見(Koch, 1882年)、抗結核薬の開発の一方、予防、病態の解明がなされ、その治癒過程の研究によって、結核治癒の免疫学が著しく進歩し、その成果は後年のがん免疫の解明に大きく貢献した。英国のFlemming(1928)によってペニシリンが発見され、これが実際に臨床応用されたのは14年後の1942年であったが、これによって肺炎が制御された。また、これに端を発した様々な抗菌性抗生物質の開発と、社会環境（栄養と衛生状態）の改善によって、結核、肺炎などの感染性疾患はほぼ制圧された。

感染性疾患に替わって疾病の主角となったのは、脳卒中、がん、心臓病などであり、かつては成人病と呼ばれた。その後、これらの疾患は食習慣、運動習慣、休養、喫煙、飲酒などの生活習慣が、その発症・進行に関与することから、1996年厚生省の公衆衛生審議会において「生活習慣病」という概念が提唱された。生活習慣病は最も多い疾患であり、その診断、治療、予防が医学の大きな研究対象となった。生活習慣病に含まれる高血圧、高脂血症、肥満などは動脈硬化を促進し、その結果、狭心症、心筋梗塞、脳卒中を生じ、喫煙では肺がん、肺気腫、飲酒ではアルコール性肝炎を生じる[1]。心臓病、脳血管疾患は

食塩摂取量の抑制と、血圧降下剤の使用などによって著しく減少し始めた。このような状況下に、常に増加を続けて来た「がん」は、1981年（昭和56年）遂にわが国死亡原因の第1位となり、現在では死亡原因の1/3を占めている。従って今後当面は、医学研究の主体が、がん研究に向けられているのも当然のことといえる。

各疾病に対する診断学・治療学の進歩、疾病の一次予防（疾病に罹患しないようにその原因からの隔離）、二次予防（疾患の早期発見のための検診）、三次予防（罹患疾患の再発の予防）、生活習慣病への対応に加え、20世紀末には分子生物学の飛躍的発展があった。すなわち、近代医学の手法が解剖学（形態学）から分子生物学（ゲノム医学）へと大きく転換した。21世紀早々、ヒトゲノムの塩基配列が解読された。ポストゲノム研究として、疾患の遺伝子レベルでの解析が進み、その成果が診断、治療へと応用されつつある。さらに難病の治療、老化の抑制、老人性痴呆（アルツハイマーなど）、生活習慣病などの治療への道を拓きつつあり、社会への大きな福音となることが期待されている。

このように、医学はそれぞれの時代の要請、疾病構造の変化、研究技術の進歩などによって、次第に細分化されて行き、現在、日本では基礎医学系、社会医学系、および臨床医学系に大別される。基礎医学系は生理学系と病理系に区分し、解剖学、生化学、薬理学などは生理系に、病理学、細菌学（微生物学）、寄生虫学などは病理系に分類される。日本学術会議の研究連絡委員会の分類法では、基礎医学系、社会医学系、および臨床医学系に大別され、うち、基礎医学系は更に生理系と病理系に区分される。生理科学としては、解剖学、生理学、生化学、薬理学などがあり、病理科学には病理学、遺伝医学、免疫・感染症、癌・老化、出生・発達障害などに分類されている。また、社会医学には環境保健学、法医学、社会医学、予防医学、地域医学がある。一方、診療科学には脳・神経学、循環器学、消化器学、内分泌学、血液学、病態代謝学、精神医学、医療技術開発学、呼吸器学、感覚器学、泌尿・生殖医学、身体機能回復医学、救急・麻酔・集中治療医学など13に分けられている。しかし、これは便宜上いくつかの診療科学が統合されてこのように分けられているものであり、医科大学での診療学科は20-30存在する。

20世紀の医学研究のパラダイム転換

がん研究を例にとって、研究のパラダイム転換を概観する。歴史的に「がん」はその腫瘍巢の肉眼的形態から Krebs（蟹）と命名されたように、がん研究は形態学的手法による研究から始まった（というよりは、形態学しか研究法がなかったというのが実態であるかも知れない）。解剖あるいは切除材料のモノクローナル抗体での特殊染色などを用いて、光学顕微鏡レベルでのがん細胞あるいは細胞集団の形態学的異常の観察、細胞変化の電子顕微鏡レベルでの観察によって、がんの進行過程のある静止時点での正常細胞とがん細胞との生物学的対比を形態学的に明らかにすることのみ、がんの病理病態を明らかにすることが可能であった。しかし、このような形態学的手法では、がんの発生過程（発がん）、生体防御反応（免疫）、進展過程（転移）などを動的に検索することは不可能であった。今日、一般的な研究手法となっている、免疫学、分子生物学、遺伝子学などの研究技術によるが

ん解析が可能になるまでには長年月を要したが、臓器、組織、細胞レベルの研究から、遺伝子レベルでの研究へと大きく転換できるに至った。

そもそも発がんの研究は、疫学的事実の解明によって始まった。18世紀にはすでにかんの家族的な多発のあることや、石炭の煤煙とがんとの関係が注目を引いていた。20世紀に入ってからは、放射線医師の手にがんが多発することや、煙突掃除人のがんによる死亡率が一般の職業男性に比べて2倍高い、という指摘がなされていた。このような疫学的観察を背景として、20世紀には本格的な実験腫瘍学が始まった。初期のがん研究は動物にがんをつくることであった。Rous(1910)は肉腫をニワトリからニワトリへ移植することに成功した。そして1911年ラウス肉腫ウイルスの分離に成功した。わが国でも1912年、藤波、稲本がニワトリからニワトリへの肉腫の移植継代に成功した(藤波肉腫)。1934年ニワトリ赤芽球症ウイルスが分離され、これらのウイルスは後のがん遺伝子の研究に繋がった。一方では、発がんの原因として昔からVirchowの刺激説があった。煙突掃除人の皮膚癌に注目し、山際、市川はコールタールを耳に塗布して発がんが証明された。ジベンゾアントラセン、オルトアミノアゾトルエンなどによる化学発がんが明らかになり、わが国でも佐々木、吉田により肉腫の作成に成功している。また、Muller(1927)により、X線に変異誘導作用があることがショウジョウバエで証明された[2,3]。

がん遺伝子の研究は第二次大戦後の、遺伝学、とくに分子遺伝学の発達によるところが多い。遺伝子がDNAによって作られる遺伝子によって伝えられ、その遺伝子情報はRNAに伝えられ、タンパク質を合成することによって形や色や大きさなどのあらゆる表現型を作る基礎となることが明らかになった。1960年代にはDNA腫瘍ウイルスの分子解析が行われ、パーキットリンパ腫から、ヘルペス型のEBウイルスが発見され、またヒトアデノウイルスをハムスターに注射して腫瘍を作成した。1970年代までにかんを誘発する化学物質、ウイルスが明らかにされた。以後、がん研究は加速度的に進展し、がんにおける遺伝子異常の解析が現実のものとなった。がんのイニシエーション、プロモーション、プログレッションの動的過程が明らかにされるようになった。切除材料を用いての多くの分子生物学的検索が進み、それらの予後との相関の検索や、個々のがん患者の遺伝子異常の診断が可能となり、これを用いてのテーラーメイド治療を可能にしつつある。21世紀にはこれらの遺伝子研究、遺伝子治療は更に進むことは確実である。

分子生物学と生命科学の台頭

医学における研究の方法論の進歩は、医学における大きなパラダイム転換をもたらした。現在は医学全体に分子生物学が取り入れられ、従来とは全く異なった科学を形成するに至った。歴史的には、1865年メンデルが3万株以上のエンドウを用いた8年間におよぶ実験から『メンデルの法則』を見いだしたことに始まる。しかし、当初は評価されず、20世紀になりメンデルの法則の再発見により、遺伝子の発見に繋がったといえる。さらに歴史的大発見ともいえる、1953年のDNAの二重螺旋構造がワトソンとクリックによって発表され、分子生物学が始まった。DNAの中に存在する生命の遺伝情報の解読が20世紀後半

の最重要課題となった。これには、1960年代の大腸菌、ウイルスを用いた微生物学遺伝学に始まり、1970年代のヒトの遺伝子へと繋がった。すなわち、組み換え遺伝子技術（遺伝子操作技術）（バーグ、コーエン、1972）およびDNA塩基配列決定技術（DNAシーケンシング技術）（サンガー、ギルバート、1977）の二つの技術の開発があり、1970年代後半から、ヒト遺伝子の研究は飛躍的に進展・普及した。続く1980年代には新しいヒト遺伝子の発見を契機として、遺伝子の総体である「ゲノム」の解析が始まった[4]。

生命科学は生物科学から発展した。医学は本来人間の病気を治癒させるという目的から生まれたもので、医学こそが総合的な生命科学である。江上不二夫（文献[5]の序文）は、生命科学とは「人間生活のための生物科学」である。単なる自然科学の一分科としての生物科学ではなく「人間生活のための」を取り入れた人文社会科学的思考をも包括した総合科学であり、そのような総合科学が求められ、また、その可能性が示されたのである。科学としての体系がつけられるためには、生物科学者が人文科学への理解を持つと共に、人文科学者が生物科学への理解を深めることが是非必要である。従来物理科学とその応用に代わって生命科学の時代になるであろうとしている。

中村(桂)[5]によれば、米国では1930年以来ライフサイエンスという言葉が、生命を持つもの全般に関する科学を意味する言葉として使われてきた。そして1970年代からはライフサイエンスという言葉が積極的に使われるようになった。その背景にはアポロ計画とベトナム戦争の二つの事柄を考えると理解できる。アポロ計画では科学の成功は自分達の生活とは無関係であると国民が感じたこと、ベトナム戦争でのコンピューターを使った作戦が奏効せず科学のマイナス面をさらし、どちらも生命や生活をなおざりにされているという感じを国民に抱かせたため、人々の要求に応じて医療などに役立つ研究を進めて行くという政策がとられたのである。1970年のアメリカ科学アカデミーからの報告書『ライフサイエンス』では、基礎生命科学、神経系、行動生物学、生態学、生命の起原および多様性、遺伝、進化を扱っている。そして、ライフサイエンスの研究は農業、医療、資源再利用、工業技術、環境、健康問題に寄与するであろう、としている。さらに中村は、生命科学が誕生した契機を、(1)生物学および周辺学問の進歩、(2)環境や健康の問題として関連しての社会からの要請、(3)科学の力が大きくなり、技術を通じてだけでなく、研究そのものが社会に与える影響を考えねばならなくなった。と同時に、科学も社会の制度の中で動いて行くものであるということが、改めて確認されるようになった、の三つの側面からとらえ、(1)、(2)を学問的背景、(3)を社会的背景としている。学問的背景として、1.生物学の進歩:(1)分子から人間（進化論、細胞の発見、遺伝因子、生物学への化学的思考の導入、生物学への物理的思考の導入、分子生物学から人間科学へ、生命の起原から人間まで）、(2)分子生物学から生命科学へ（分子生物学が提出した問題点、分子生物学の思想的成長）、(3)マクロな生物学の中での人間の浮き彫り（生命活動の単位、個体、生物の社会、生態系）、2.人間科学の生物科学への接近:(1)生理心理学への未知、(2)人類学、などを挙げている。また、社会的背景 生活する人間からの要求 として、1.生命科学を求めた要因、(1)現代技術による生態系の変化 環境の悪化、(2)環境

の概念の広がり、(3) 変化した地球観、(4) 人口増加(人口の量的増加、人口問題の多様性) を挙げている。そして、生命科学の課題の一つは、生物についての知識を、社会の中で利用される技術にどのように活かしていくかであり、それには、(1) 基礎生命科学の研究成果に基づいた新技術を産業(農学・工業など)に利用する、(2) 人間の病気治療や健康の増進のために、生命科学研究の成果と技術を組み合わせて用いる、(3) 基礎生命科学の知識に基づき、安全で心地よい環境を整える、の三つの方向を指摘している。そして、生命科学研究の成果を利用した技術として、:(1) 生物体を利用した技術、(2) 積極的に変化させた生物学の利用、(3) 生体成分の利用、(4) 生体機能を参考にした技術・生体類似物質の利用、人間の病気治療や健康増進のための工学的技術を挙げている。

分子生物学の進歩は生命科学の進歩へと繋がり、全ての生命体の生命操作が可能までの段階に達しつつある。生命科学研究は、その成果が直接人間に関係している場合が少なくないだけに、社会と密接にかかわり合う場面が今後益々増えると予想される。すなわち、細胞工学・遺伝子工学、バイオテクノロジー・ナノテクノロジー、クローン技術が可能となり、遺伝子組み換え、遺伝子解析による個々の患者に対するテーラーメイドの治療、生殖医療(人工受精、体外受精 胚移植、不妊治療、減胎手術、代理母など)の進歩は、生殖の人為支配を可能とした。クローン動物作成が現実のものとなったことから、クローン人間作成も可能となりつつある。しかし、後述のごとく細菌による遺伝子組み換え、遺伝子診断・治療、生殖医療、再生医学、臓器移植、人工生物、クローン生物などのバイオテクノロジーは、技術的問題に留まりえず、優生学、老化、死生観、生命倫理の問題と直結しており、医学1分野のみでは到底対応できず、生命科学の研究には法律、倫理、経済、社会などの面からの判断を必要とし、生命科学の将来の課題は多い。

先端医学(医療)と社会

いわゆる、先端医学(医療)といわれるものには、移植医療、生殖医療、遺伝子診断(解析)と遺伝子治療(組み換え)、再生医療などの領域がある。それぞれ、人の臓器・組織・細胞、生殖細胞(卵と精子)と胚、遺伝子を扱う領域である。これらのうち、一般医療として認知されているものもあるが、実験段階の医療技術であるものも少なくない。最近、フランスで重度の免疫不全症に対する遺伝子治療で、副作用として白血病が発症したとの報告がなされたが、先端医学の「影」を示す一例であろう。一方では、先端医学(医療)は科学を乗り越えて、ベンチャー企業の標的となっており、今後その発展が一層加速されることは確実で、既述のごとく社会からの一定の制御、統制が必要であろう。

(1) ゲノム医科学

ヒト細胞の核内には23対の染色体があり、その染色体の中には30億の塩基対で構成されるDNAで成り立っており、その中に全ての生命の設計図が収まっている。ヒトのゲノム解析は、大学・研究所でのあるいは国家的・国際的なプロジェクトとして(わが国では2000年5月に発表されたミレニアム・ゲノムプロジェクト)、あるいはベンチャー企業が、競ってこれを行った結果、予想より早くゲノム配列の解析が完了し、ヒトの遺伝子の数は

3-4 万と意外と少ないことも判明している。解読した遺伝子の機能を解析することによって、様々な疾患の遺伝子異常の病態解析、ゲノム診断、細胞治療・遺伝子治療が可能となった。ある疾患をもつ患者、例えばアルツハイマー型痴呆、がん、糖尿病、心疾患、高血圧症、アレルギー疾患などの遺伝子解明をもとに遺伝子治療が可能となり、今後の展開が期待されている。ヒトゲノム研究においては、全塩基配列の構造解析だけに留まらず、そこから更にタンパク質合成の一般を解析して、これを各種疾患の治療に役立て、ひいては個人差をもつ発現の多様な機序までを解析し、オーダーメイド（テーラーメイド）医療へと繋げうる実現可能性を有している（実地臨床への応用にはまだ時間を要するであろう）。またこれらの成果は、ゲノム創薬といわれる画期的な新薬の開発が開始されている[4,6]。

中村（祐）は「ゲノム研究が進めば、（１）疾患を起こす仕組みが分子（遺伝子や蛋白質）レベルで科学的に詳細に解明される、（２）疾患を起こす原因（エビデンス）に基づいて新規診断法を確立したり、これらの情報をもとに薬剤開発（Evidence-Based Drug Development）が行われる、（３）同じ診断名や類似の症状の疾患であっても、その背景となる疾患を起こす仕組みの違いが分子生物レベルで明らかとなり、それらの違いを考慮に入れた薬剤の使い分けなどの医療の個別化（オーダーメイド化）が起こる。そして、将来的には個人個人の疾患に対する罹り易さの判定が可能となる。これらの情報をもとに、個人個人が疾患を避けるためのライフスタイルを必要に応じてとることによって、疾患を予防したり、発症を遅らせたり、早期発見・早期治療をしたりすることが可能となるであろう。」としている[6]。

しかし、このようなゲノム解析結果を患者の治療にいかに関与させるかの課題の一方、後述するように、医療倫理と表裏をなしている。さらに医療には情報公開が求められており、倫理的、法的、社会的な諸問題をどのようにクリアすべきかが極めて重要である。個人の遺伝子は一生かわらないことから、たとえば遺伝病の個人情報には守秘される必要がある（Huntington 舞踏病では自殺者がみられた先例がある）。家族、親族を含めて就職、昇進、保険加入、結婚などの際に負の判断材料になりうる可能性があるからである。ゲノム研究の急激な進展及びそれを取り巻く学問的・社会的環境の大きな変化の中で、膨大で多種多様な生物情報を効率良く整理・解析し、その生物学的・医学的意味を明らかにすることを目的とする「ゲノム情報科学」の重要性がますます高まってきている[7]。

（２）ナノテクノロジー

ナノテクノロジーによる先端技術のパラダイム転換が進行している。1メートルの10億分の1であるナノメートル規模の微細なサイズの“もの”を、観察、計測、制御し、新しい機能をもつ物質、材料、システムを造り出す技術である。ナノテクノロジーのバイオテクノロジーへの応用も可能であり、バイオチップの技術によってナノの世界の遺伝子解析が可能となった。ナノテクノロジーによる分子レベルで組織を組み立てる、人工臓器作成の試みが現実のものとなった。高感度センサーを開発し、人工臓器に活用する。特定味覚だけに反応するセンサー、ガス検出機能をもつ半導体、映像を記憶するセンサー、などを開発し、薄い膜や繊維状にして体内に埋め込む。糖尿病治療のため、インシュリンの分

泌を適量に調節する装置、血流を調節できる装置の開発、人工臓器や人工心臓に組み込む計画、小型肝臓組織や、人体に近い骨、軟骨を分子レベルから組み立てる技術も開発されつつある。このようなナノテクノロジーもまた社会に新たな産業革命を引き起こす技術であると注目されている。高機能光電子デバイス、バイオ産業や医療分野でも開発が期待されている。ナノテクノロジーの進展で生まれた優れた半導体デバイスはバイオ医療分野にも応用されている。有機物質に抗原抗体作用をもたせておいて、複合粒子を生体内の特定の患部に集中させ患部を特定したり、赤外線や電磁波の照射で局所加熱して温熱療法に活用できる可能性がある。また特定の患部へのドラッグ・デリバリーにも応用可能という[8,9]。

(3) 生殖医療

バイオテクノロジーの進歩は、生殖医療に大きな変革をもたらし、生殖補助療法が開花した。

結婚した夫婦の10組のうち1組は不妊に悩んでいるといわれている。1978年に英国で初めて体外受精・胚移植によって試験管ベビーの第1号が誕生した。その後、受精卵を凍結保存し、胚移植する方法や、顕微鏡下に精子を卵の細胞質内に注入する方法などが確立された。これらの生殖補助療法により、不妊への対応が可能となった。わが国で現在行われている合法的な不妊治療には、体外受精・胚移植法、配偶者卵管内移植法、配偶者間の人工授精、非配偶者間の人工授精、胚凍結、顕微鏡授精、卵細胞質内精子注入法などがある。しかし、数年前、わが国でもN県の某産婦人科医が非配偶者（親族の卵子を用いた）の体外受精を行い、産婦人科学会を除名される事例があった。また、第三者の子宮を借りる代理懐胎（代理母）が国外では現実に行われており、わが国女性の実例がマスコミを賑わした。人工受精、体外受精・胚移植、不妊治療、多胎の減胎、生前遺伝子異常診断による中絶など、「生殖の人為支配」が可能になった現在、生命の始まりはどの時点か、親子関係の混乱、出生した子供の権利の問題、シングルマザー、さらには児との離別という大きな身体的、精神的負担を生じせしめることは、人間の尊厳に著しく反すると思われる。このような生殖補助医療は、医学一分野のみでは到底対応できない多くの問題が派生しており、倫理的、社会的、法的な混乱が生じている[10-12]。

岩志和は「人工的生殖補助技術利用の規制に関して、検討を必要とする事項として、(1) 医療行為性の検討：人工的補助技術は多かれ少なかれ被施術者（特に女子）の身体に対する侵襲を伴ない、場合によってはその健康に重大な影響を与える。従って医療ではあっても、もはや「治療」とはいえず、社会的に許容される医療行為として位置付けられるほかない。(2) 生命保護との関係が検討されるべきである。一度に発生させる受精卵の数、保存の方法や期間、廃棄の要件などが検討されるべきである。(3) 人間の尊厳との関係の検討：第一には生殖過程の有償化、商業化の問題であり、精子や卵子あるいは受精卵の有償提供、商業化の問題と、代理母にみられる母体の提供とその商業化の問題とに分けることができる。第二には生殖補助技術実施の過程における配偶子や受精卵の操作および受精卵の研究転用の問題である。(4) 子の利益：子の利益の確保であり、最も重要である。子の

身分関係の安定と明確化、子が自己の血統を知る道を確認する必要性も議論されなければならず、生まれてくる子の利益の判断を行うのは誰かが問われなければならない。」などを挙げている[12]。

(4) 再生医学

再生科学は動物での再生現象の観察に始まり、これらの研究成果が人間での組織・臓器再生へと向けられた。再生医学の原点は tissue engineering である。幹細胞を用いて機能を有する分化した細胞を生体に戻すという発想は、科学者の夢であった。幹細胞には胚性幹細胞 (ES 細胞) と体性幹細胞の2種類がある。ES 細胞は受精卵から作製する方法と、体細胞の核移植 (クローン) による方法があるが、わが国では現在、前者が研究対象になっている。人工臓器の限界、臓器移植のドナー不足などから、心臓、脳、骨格筋、骨、軟骨、内分泌の組織に細胞を移植して、その臓器の機能を補助したいという研究者の願いが、幹細胞から「生体内で働くことができる細胞」を作製して生体に戻すことが具体的にってきた[13-15]。

胚性幹細胞 (embryonic stem cell, ES) は全ての細胞に分化しうる全能性の細胞で、マウスでは良く研究が行われていたが、最近ヒト ES 細胞が樹立されたため、ドナー不足が深刻な臓器移植、倫理的課題のある生体臓器移植、人工臓器移植に替わる新しい治療法として、ES 細胞を利用した再生医学が大きな注目を浴びている。現時点では、ES 細胞の分化制御をどのように行うかなどの、技術的問題点に加えて、ES 細胞の取り扱いに関する倫理的な問題が未解決であり、ヒト ES 細胞を利用した治療は臨床応用に至っていない。しかし、ES 細胞の臨床応用が可能になれば、パーキンソン病 (ドーパミン分泌神経細胞の死滅による)、アルツハイマー病 (脳神経細胞の死滅による) 外傷性脊髄損傷、インスリン依存性糖尿病、肝硬変、心筋梗塞などの多くの難病の治療が可能となることが期待される。また ES 細胞から精子や卵子などの生殖細胞を作製できることが実現すれば、無精子症、卵巣欠損症などの患者にとっては大きな福音である。一方では、細胞資源としてヒト以外の異種 (動物) の ES 細胞利用の研究も進んでいる。米国では重症パーキンソン病等の脳神経中枢障害にブタの胎児の脳細胞を注入したという報告がある。また、ブタの肝細胞を用いた体外循環式のバイオ人工肝臓による治療も行われている。

ES 細胞と共に注目されるのは幹細胞の可塑性であり、従来は神経幹細胞、造血幹細胞、肝幹細胞など臓器特異性が存在すると考えられていたが、最近これらの幹細胞が場合によっては胚葉の枠を超えて相互変換しうることが示されており、今後の再生医療の発展に大きな期待がもてる。

このように、今後の再生医学の発展によっては糖尿病、肝疾患、心血管系疾患、神経系疾患、角膜・網膜疾患など多くの疾患への臨床応用の道が拓けつつあり、近い将来、再生医学が社会に対して大きな貢献がなされるであろうことは、想像に難くない。

(5) クローン技術

1996年に英国でクローン羊「ドーリー」が誕生し、その後、牛や豚についてもクローン動物の作成に成功し、これらは均質な医学実験用動物や肉質・乳量に優れた畜産動物の大

量育種に道を拓き、また遺伝子組換え技術と結合してヒトの特殊な遺伝子を組み込んだ動物からクローンを作成することによって、拒絶反応のない移植用臓器・組織や優良な医薬品の提供動物を効率よく量産することを可能にした。しかし、一方ではクローン人間の作成（成体体細胞由来核の除核未受精卵への移植による人のクローン個体の産生）が技術的には可能となった。特定の目的のために特定の性質をもった人間を人工的に作成するという、人間の手段化・道具化であり、「人間の尊厳」の基礎がみられない。このような中、2002年12月、国外の某宗教団体が、クローン人間（女兒）が誕生し、近日中に更に2児が誕生するであろうと発表し、世界に大きな衝撃を与えている。クローン技術のヒトへの応用にどのように歯止めをかけるか、新しい「生命倫理、バイオエシックス」と「法による規制」の問題を一挙にクローズアップさせた。

治療目的または治療に繋がる研究目的で余剰胚を使うとか、ヒトES細胞を使ってゆくことは、バイオエシックス面から極めて重要な問題であり、疾患の治療目的を常に視座に置いた国家あるいは国際レベルでの統制が必要である。1997年5月にWHOはクローン技術の人間への応用を容認しない旨の決議を採択し、同11月にはUNESCOもクローン人間づくりを「人間の尊厳に反する行為」と宣言した。主要な西欧諸国、米国でも禁止が打ち出されており、わが国でも平成11年11月の科学技術会議生命倫理委員会クローン小委員会報告に続いて、翌12年には法律「ヒトに関するクローン技術等の規制に関する法律」が制定された。これによると、ヒト受精胚の取扱いについては、次の要件を満たした場合に限り、用いることができるとしている。ヒト受精胚が生殖補助医療の用に供するために作成されたものであって、かつ、廃棄が予定されているものであること、ヒト受精卵が冷凍保存されているものであること、ヒト受精卵が受精後14日以内のものであること。ただし、冷凍保存されている期間は当該期間に算入しないと、胚または細胞提供者の同意を前提としている。このほか、ヒト胚分割胚、ヒト胚核移植胚、ヒト融合胚、動物融合胚又は動物性集合胚についても、当分の間、人又は動物の胎内に移植してはならないものとする、などの規制がなされている[16,17]。

医学・医療の進歩と人間の尊厳、医の倫理

上に述べたごとく、医学は最も社会と直結している科学であり、それぞれの時代で社会との関係において存在してきた。医学・医療は、医学器機、医学技術の進歩とともに社会は変遷し、大きな進歩をもたらしてきた。すなわち、20世紀初頭からのX線に始まる医学器機の進歩は、医学に隔世の変革をもたらした。20世紀後半にはCT、MRI、内視鏡など画像診断の進歩が特記され、この他、診断、治療技術は医学の進歩に大きく貢献した。これら高度先進器機の開発は、医学、工学、薬学を始めとする学術の連携の産物である。かつては医学研究の結果、あるいは医学理論をそのまま臨床例に医療として実施したり、患者を材料（material）と呼んだ時代があった。このような中で、新しい治療、検査（薬剤、検査、手術など）を実施した結果、その副作用によって後遺症の発生がみられた場合もみられた。ニュルンベルグの倫理綱領（1947）、ヘルシンキ宣言（1964）などから、いわゆる

「人体実験」的な医療行為は不可能となった。さらに米国(1973)に始まった informed consent、IC(説明と同意と訳されたが、最近、国立国語研究所は「納得診療」に変更することが提案されている)の導入は、医学・医療に社会(患者側)の納得、同意が不可欠となった。医療側はICに際して、患者側にEBM(evidence based medicine)に基づいた最良の医療を提供することを説明する必要・義務がある。すなわち、患者側の要請に応える良質の科学技術提供、良質の医療システムを構成・実現するための科学技術と社会技術が要請されている。さらに個人の遺伝子関連疾患に関する情報の外部への漏洩、遺伝子治療による子孫への遺伝、ヒトへの異種動物の胚移植、洗脳の可能性などを危惧する意見もあり、先端医学、医療を行う者は常にこれら倫理上のことを自らに問いかけながら行う必要がある[12,18-23]。

渥美は「生命科学の全体像と生命倫理」と題し次のように述べている[11]。『最近の生命科学の分野においては、遺伝子の組換え技術による食品や医療品の生産、遺伝子の導入によるがんなどの難治疾患への応用、体外受精・胚移植を中心とした生殖補助医療による不妊の治療などが可能になり、社会へ還元され、恩恵をもたらしている。さらに、ゲノム医学の臨床応用が現実味を帯びてきている。しかし、生命操作技術の応用はその対象がいかなる生命体であっても、不注意に行われれば、生命体に重篤な傷害を与え、やがては人間社会や生態系全体の不均衡を招き、ひいては社会環境の破壊に繋がるおそれがある。従って、研究の主体である科学者は、近視眼的に“正の効果”だけを求めるのではなく、同時に俯瞰的かつ長期的視点で“負の効果”をも検証し、それを回避するという生命倫理の原則の上に立って研究を行うことが社会的責務となる。生命科学の進歩と生命操作技術がもたらす光と影としては、(1)人工操作による生命の誕生：凍結受精卵の胚移植、顕微鏡下に精子を卵細胞に注入する方法など生殖補助医療法により不妊の治療が可能になった。一方、夫婦以外の精子や卵子を用いる方法や代理母等倫理的、法的問題が生じている。(2)細胞操作：体細胞クローンによるES細胞を利用して、移植を受ける患者の体細胞の核を用いれば、再生医学を行う際に拒絶反応がない利点があり、画期的な医療の恩恵が期待される。しかし、卵子を生殖以外の目的で使用する点でその入手に関して倫理的な問題がある。(3)遺伝子の解析と組換え：遺伝子病の早期発見や、難病等の分子標的やオーダーメイド治療が可能になってきている。この際、個人の遺伝情報は厳重に保護される必要がある。(4)種の混合：異種動物の移植、さらに動物の卵子にヒトの精子を注入するハイブリッドやキメラ胚などの研究において、動物とヒトとの種の混合という、倫理上の問題が生じてくる。(5)脳の研究：脳の研究により、脳を理解し、脳の病気を治療し、さらに研究成果を情報処理などに利用することができる。しかし、脳研究の成果を悪用すると、洗脳などへの利用が可能になり、個人の尊厳を踏みにじる危険性がある』。これらのことから、1) 科学者への不信感の払拭、2) 俯瞰的な研究、3) 社会的合意の形成、4) 危機管理の徹底と情報の公開、5) 教育・啓蒙の充実、6) 国際協議の推進、などの問題点があるとしている。今後、生命科学研究を適切かつ円滑に発展させるためには、1) 教育の改善、2) 科学者団体の活動の強化、3) 教育資源の有効的配分、4) 国の役割の明確化、5)

監視体制の強化、6) 国際的協議、などが必要であり、具体的には 日本学術会議 “ 長期的展望のための専門会議 ” の常設、 日本学術会議による政府への積極的な政策提言、 関連学会における積極的なガイドライン作成と迅速な見直し、 初等教育課程による “ 生命科学 ” “ 生命倫理 ” “ 生態共生学 ” などの導入、 大学など高等教育過程における “ 科学史学 ” と “ 細胞社会学 ” などの必須化、 自然科学者と人文科学者の共同主催による学術集会の開催、 一般公開講座や研修コースの開催、 共同利用型中核的拠点の設立とアカデミアネットワークの形成、 医薬品等の審査・評価センターの設立、 国による効率的な安全性モニタリングシステムの開発推進、 生命倫理のための国際研修コースの開設、 国際生命倫理中核研究機関の設立と国際監視、 アジア地域におけるモニターシステムの設置支援、などを提案している。

総括

20 世紀においては、医学研究法の進歩が医療技術・器機の進歩をもたらし、逆に医療技術・器機の進歩が医学研究の進歩をもたらした。特に 20 世紀後半に始まった分子生物学、生命科学の進歩は社会に多くの福音となって還元され、社会の発展が科学の進歩に依存することを示した。

21 世紀には人類は前世紀に比べて一層、科学への依存度が高くなるであろう。地球環境保全問題、人口問題、資源・エネルギー問題など、人間の尊厳、人間社会の構成概念、人間社会の在り方に関するものなどは、いずれも科学なしには解決できない問題であるからである。医学、薬学、工学、農学など関連領域が関与するバイオテクノロジーの今後の進歩は予測できない。同時に、これら最先端技術の導入は、倫理（バイオエシックス）法律、情報管理など、学術全分野の俯瞰的見地に立った叡智の結集が益々重要なものとなるであろう。

引用文献

- [1] 厚生労働省ホームページ，健康日本 21
- [2] 黒木登志夫，がん遺伝子の発見，中公新書 1290，中央公論社，1996 年
- [3] 豊島久真男，がんと遺伝子，バイオサイエンスシリーズ，化学同人，1996 年
- [4] 榊 佳之，ヒトゲノム 解読から応用・人間理解へ，岩波新書 728，2001 年
- [5] 中村桂子，生命科学，講談社学文庫 1231，講談社，2001 年
- [6] 中村祐輔，ヒトゲノム情報に基づく 21 世紀のオーダーメイド医療，学術の動向，特集「21 世紀とヒトゲノム」 2001 年 2 月号 30-34
- [7] ゲノム情報科学における我が国の戦略について，科学技術会議ライフサイエンス部会ゲノム科学委員会報告，平成 12 年 11 月
- [8] 榊原裕之，ナノテクノロジーの現状と展望，学術の動向，特集「ナノテクノロジー」，2002 年 8 月，27-31
- [9] 藤正 巖，ナノテクノロジーと医療，学術の動向，特集「ナノテクノロジー」，2002

年 8 月, 37-40

- [10] 生殖医療と生命倫理 不妊の悩み, 科学者達の提言, 学術会議叢書, 日本学術協力事業団
- [11] 渥美和彦, 生命科学の全体像と生命倫理 俯瞰的かつ長期的視点で検討, 学術の動向, 特集「日本の計画」, 2002 年 6 月, 45-46
- [12] 岩志和一郎, 人工的生殖補助技術利用の法的規制をめぐって, 生殖医療と生命倫理 不妊の悩み, 科学者たちの提言, 学術会草書 138-147 頁, 1999 年
- [13] 浅島 誠, 再生科学の歩みと今後, 学術の動向, 特集「医療の最先端」, 2000 年 5 月, 29-33
- [14] 中辻憲夫, 幹細胞研究と再生医療, 学術の動向, 特集「医療の最先端」, 2002 年 5 月, 34-38
- [15] 中辻憲夫, ヒト ES 細胞は万能か, 岩波科学ライブラリー 88, 岩波書店, 2002 年
- [16] クローン技術による人個体の産生等に関する基本的考え方, 科学技術会議生命倫理委員会, クローン小委員会 平成 11 年 11 月
- [17] ヒトに関するクローン技術等の規制に関する法律, 平成 12 年法律第 146 号, 平成 13 年 12 月 5 日施行
- [18] 木村清孝, 先端医療に望む 生命倫理の視座から, 学術の動向, 特集「医療の最先端」2002 年 5 月, 44-49
- [19] 町野 朔, 生命倫理の 3 局面, 学術の動向, 特集「医療の最前線」, 2002 年 5 月, 50-53
- [20] 檜田信男, 先端医療と医療倫理, 学術の動向, 特集「医療の最前線」, 2002 年 5 月, 55-58
- [21] めで島次郎, 先端医療のルール, 講談社現代新書 1581, 講談社, 2001 年
- [22] 星野一正, 医療の倫理, 岩波新書 201, 岩波書店, 2000 年
- [23] 村上陽一郎, 科学の現在を問う, 講談社現代新書 1500, 講談社, 2000 年

参考文献

- ・中山 茂, 20・21 世紀科学史, NTT 出版, 2000 年
- ・学術の動向とパラダイムの転換, 日本学術会議第 3 常置委員会報告, 平成 9 年 6 月
- ・学術の社会的役割, 日本学術会議学術の社会的役割特別委員会報告, 平成 12 年 6 月
- ・日本学術の質的向上への提言, 日本学術会議学術の在り方常置委員会報告, 平成 14 年 7 月

- 9 近代科学技術史上の第3のパラダイム

外部委員 中山茂

三つのパラダイム

日本の近代科学技術史を大ざっぱに見ると、時間の流れの上で三つのパラダイムが相次いで現れている。

まず第一はペリーの来航から敗戦まで（1835-1945）で、軍事的跋行のパラダイムで、帝国主義時代を反映して、西洋の侵略から守るため、やむを得ぬことであったが、科学技術の基本を顧みる余裕が少なく、また科学技術による国民生活の向上の面はおろそかにされがちであった。

第二のパラダイム（1945-1980年代）は、戦後第一のパラダイムを放棄して、80年代に日本的科学技術の成果が世界の注目を浴びるようになった、市場向けの科学技術のパラダイムである。冷戦中に米ソをはじめ先進国が原子力・宇宙を中心として第一のパラダイムに固執しているあいだに、日本は品質管理など生産技術において優れ、80年代にいたって世界の市場を席卷するようになった。第一のパラダイムと違って、R & Dにそれほど政府支出がなくても、生産技術の向上によって優れた製品を市場に出せる。そして、戦後飢餓の時代にあつて、経済復興のための科学技術が渴望されたが、その目標が達成されて、国民生活もたしかに向上した。

そして、90年頃に冷戦構造が崩壊して、第三のパラダイムが求められることになった。それは何であるか？

日本における第二のパラダイムの危機

90年代、ポスト冷戦の時代には、米ソをはじめ第一のパラダイムを捨てて、日本の80年代の栄光に倣って、先進国みな第二のパラダイムに入った。その結果、同じ土俵で勝負することになる。すると、世界から才能を呼び込む大学院制度、アメとムチの競争的環境、TLO やベンチャー資本の成熟など、科学技術インフラの優れるアメリカが第二のパラダイムでは先を走ることになり、90年代前半にはITを支配し、さらに後半からはバイオテクノロジーで他を引き離そうとしている。市場向け科学技術はもはや日本の独壇場ではない。

日本の得意とした生産技術はアジアに技術移転し、日本国内には空洞化が生じ、今後ともこの傾向はますます強くなる。そうすると、日本の科学技術の行く道としては今後先端科学技術でアメリカに追随しようとして果たさず、一方、背後からはアジア・NIEZ とアセアン、最後には中国と、かつての発展途上国がひたひたと近寄ってくる。その間の間隙はますます狭くなり、日本の科学技術の狙い目がだんだん見つけにくくなっていく。

アジアが日本に頼ったのはQCサークルや日本の工場への研修によって習得される生産

技術の移転であって、高度の研究開発やハイテクのトレーニングはみなアメリカの留学組によって支えられていた。いわば、英語による高度先端科学技術である。かつてはアメリカに頭脳流出して、帰ってこなかったこれら人材は、韓国・台湾では 80 年代から、中国では最近どしどし帰国して、自国の生産拠点で、また研究開発インフラで、仕事をしている。たとえば、北京の清華大学のサイエンス・パークなどは発展めざましいものがある。すると、日本語による科学技術はアジアの英語による科学技術に取り囲まれて、今後ますます孤立するおそれがある。

飽和ということ

進歩を旨とする科学技術も、無限に、あるいは指数関数的に進歩するものではない。第一のパラダイムでも、原水爆の殺傷能力はすでに 1950 年代に地球規模の限界に達している。その限界を超えて発達させることは、殺傷する対象の人類が先に消滅するので、どうしても限界がある。第二のパラダイムも、戦後日本の製品生産で繊維、造船、鉄鋼、プラスチック、家電、乗用車、半導体など、すべて市場に飽和して、生産量はロジスティック・カーブ（S 字曲線）を描く。現在優位のハイテクでも、IT は、少なくとも大学の基礎研究の観点からすれば、既に過去のものとなり、市場も飽和して、ピークは去った。現在大学から市場へ出つつあるバイオテクノロジーでも、5 年、10 年後には市場に飽和して、ピークを去るものと考えられる。次に登場することを期待されているナノテクノロジーも同様であろう。

この飽和現象を一国の製品生産で見ると、GDP は産業革命後に時間軸上離陸したあと、高度成長期を経て、やがて低成長、飽和期にいたる。製品が国内需要を満たし、以後輸出に転じるが、後開発の被輸出国も輸入代替に力を注ぎ、輸出市場は減退する。このように、イギリスの産業革命以来、諸国の経済的成熟度をプロットして行くと、イギリスをはじめとして、フランス、ドイツ、アメリカ、日本などが S 字曲線上に並び、NIES 諸国や中国などが後からついてきて開発線上に位置する。そしてイギリスなどヨーロッパ諸国はとうの立った開発国（de-developed country）として、S 字曲線上の飽和期の最先端にある。

EKC について

これまで S 字曲線の横軸に時代を取り、縦軸には GDP でも何でも取れるが、最近ではこれをエミッションや CO₂ 放出量など、地球環境的指数、つまり環境負荷を取ることが多い。

このエミッションの S 字カーブを微分すれば、中央に山が来る鐘状カーブになる。実は、これまでの場合、横軸は時代であるが、これを國の GDP、ないしは富裕度と取り、縦軸に環境負荷を取ると、ここ数年来経済学で議論されている EKC（Environmental Kuznetz Curve 環境クズネッツ曲線）というものになる。現在、SOX のような地球環境的指数がこの EKC にうまく合うかどうか、検証、論争中である。

EKC はクズネッツがつくったものではない。もともとクズネッツ曲線というものは、X 軸に國の GDP を取り、Y 軸に国内の貧富の格差をとるものであった。それが鐘状をなす

というのは、開発途上国ではGDPが増すとともに貧富の差が大きくなるが、さらに先進国並に豊かになれば、貧富の格差は解消する、というものである。今日のアジアの状況を見れば、肯定したくなる。ただ、冷戦中のアメリカでそれが持ち出された時、途上国で貧富の格差が大きくなって、社会主義革命が生じるのを、未然に防ぎ、なだめるための役割をする。貧富の格差があっても心配することはない、国が豊かになれば自然に解消される、という途上国向けの政治的メッセージを含む、といわれたものである。

それがクズネッツの死後、最近になって貧富の格差の代わりに縦軸に環境負荷を取った。すると、その政治的メッセージは、地球環境は何も心配することはない、国が富裕になれば自然と解消されるものである、というように解釈される。富裕になれば、地球環境にも配慮する余裕が生じる、と説明したいのだろう。特にこれは、京都議定書を否認するブッシュ（子）政権などのアメリカの保守層に支持される。

しかし、EKCは自然法則のように取られては困る。どうせ法則通りにEKCのようになるのだから、何もしなくてもいずれ自然にそうなる。富や資源を蓄積させれば自然にそうなるのだ、と免罪符的に使われる恐れがある。ところが、富や資源の使い方次第では、EKCから外れる例はいくらでも見つかる。ブッシュ政権下のアメリカのように最大の富と武力を持つ国が、一国の経済的利益のために、京都議定書に従えない、そして第一のパラダイムへの復帰を図る、ということもあり得るのである。EKCはむしろ、地球環境に配慮する先進諸国の「自然の流れに沿った」行動指針として使われるべきであろう。

第三のパラダイムの台頭

第二のパラダイムの飽和期、環境負荷の加速度的増大という時期に至って、何とかしなければならぬ。それが第三のパラダイムの台頭を示唆する。地球環境保全の科学技術であり、学問であり、文化である。

1980年代後半、地球環境問題が冷戦に代わるテーマとしてサミット会議の席からやや唐突に下りてきたときは、学界も環境保護運動体も、戸惑い気味であった。学界の一部には、地球温暖化問題にも懐疑的な人たちがいた。ところがその後の研究調査のあいだ、問題に対する反証よりも肯定的な知見が集積しつつある。一方、人間の地球環境破壊能力は、発展途上国のそれをも含めて、将来に向けてますます増加しているトレンドは見て取れる。それに対して、かつて1980年にカーター政権のもと『2000年の地球』で、そのまま放置すればかくもひどい状態になると警告したさまざまな環境破壊要素が、それ以後有効にくい止められた、ということは聞かないまま、2000年を越えた。

地球環境科学ということは、冷戦構造崩壊とともにいわれだしたから、もう10年にはなる。日本の学セクターが取り上げたのは90年代半ば、京都議定書の頃であろう。といっても、市場志向のパラダイムのように、爆発的に騒がれることはない。はっきりしたパラダイムのもとに、一気に進歩発展するものではない。それだけ問題に不確定要素が多く、解きにくいもの、それだけ解決への道筋が長く、したがって、21世紀を通じて長持ちするパラダイムといえるかもしれない。

かつてはエコロジー・環境問題は大気圏、水圏、生態圏、地下圏の間の物質と熱の環流を自然科学的に測れば良かったが、地球環境問題では人間活動の影響力が地球規模のものとなったため、人間活動を一つのサブシステムとして認めざるを得なくなった。そこで人口論や資源論を論じる社会科学者も参画して、人間のかかわる人文的価値観や社会経済システムを根本的に考え直さなければならなくなっている。それはまさに学界すべてを巻き込むパラダイムの転換である。

日本では、IT、バイオテクノロジー、ナノテクノロジー、環境を科学政策の四つの眼目としている。大学などで行う基礎的研究の視点からすれば、ITは既に過去のもの、バイオテクノロジーは今や花咲こうとする。ナノテクノロジーはこれから将来の狙い目である。この三者は第二のパラダイムに属するものといえよう。ところが、地球環境の方は、少なくとも現在においては、市場的な価値は少ない。別の**第三のパラダイム**に属する。つまり、**第二の2のパラダイムの科学技術はサプライ・サイドの科学技術であるに対し、第三のパラダイムはデマンド・サイドの科学技術に属する。**

第二のパラダイムにあっては、生産技術が主役であったが、科学技術は生産のためのものとは限らない。生産物が市場にあふれ、国内市場が飽和に達し、消費者がモノ離れする飽和期・飽食期にあっては、生産よりも廃棄、リサイクルの方が当然重要になり、また高価になる。それは人件費の高い最先進国で顕著になる。IT製品では、ヨーロッパ市場に押し込んであふれた製品の高価につくりサイクル・廃棄を、EUはアメリカや日本の生産業者に要求するようになっている。

そもそも、日本のGDPがS字曲線状を立ち上がって行く時代と、それが飽和点に達している時との科学技術政策が同じであってよいはずはない。それだけでなく、あらゆるものが第三のパラダイムのもとでは、再点検を受けねばならぬ。学問のあり方も、人間の心の持ち方も違うべきである。

これを要するに、21世紀初頭の現在は、地球環境破壊のS字カーブが立ち上がりつつある時期であり、やがて加速し、放置すれば指数曲線上を上昇し、そして正確に予測は出来ないが、1世紀の内には飽和期、つまり地球の破壊期に達するものというブラック・ユーモアのような予測が横行する。

第一のアポリア：国家と地球

ところがそれに対処すべき地球環境科学には、これまで人類がまともに取り組んだ経験のない、地球環境問題のような複雑な現象に対しては、数々のアポリアが存在する。

まず、地球環境問題は国家を超えた広域にわたるもので、一国の国益に排他的に利いてくるものではない。第一のパラダイムの軍事科学なら、まったく国益と直結するものなので、伝統的に各国政府が研究開発支出を惜しまなかった。第二のパラダイムは本来企業の研究所で企業の費用で行われるものであるが、国益と平行関係にあり、関係深いので、国立研究所にも産業支援のための研究所が19世紀末からあらわれてきた。

ところが、税金をつぎ込んで地球環境問題に取り組むことは、その国家にプレステージ

を与えはするが、国益に直接関係しない。その点では「国家と科学」のアポリアに悩む基礎科学に似る。したがって、官・産セクターよりもアカデミックなセクターの仕事としてよく適合する。日本学術会議やアメリカ科学アカデミーなどが、その問題提起の場となる。また、普遍的、一般的真理を追及する学セクターの方が官・産セクターよりも国際的連帯性に長けている。

また、地球環境問題は当然国益を超えて、国家間のネゴシエーションの場で、討議され、議決される性格のものであるから、国連、EU などの国際機関が扱うテーマとなりやすい。ユネスコや EU のような多少の予算と決定権をもつ国際組織が官僚化しなければ、活性化した中核的活動拠点となる。そこに、国益を代弁する外交官よりも NGO などの国際的視野を持った concerned citizens が参加・参画してくる。

ところが収税権・執行権を持つのは依然として国民国家であるので、その間の取り扱いが基本的に不備な問題としてあらわれてくることは、cop の会議の経験から自明である。既成の国民国家単位のシステムを変革するところまでいかないと、地球環境問題は根本的には解決できない、と言わざるを得ない。

そうした社会変革に至る前にも、学セクターとしては、ICSU のもとに IGBP(International Geosphere-Biosphere Program)のような、国益を離れて、各国で行われる分析的研究の情報交換と総合する場を成立させることはできる。すでに国際共同天文観測のように、学セクターでは経験済みのことであり、それが人文・社会科学方面にも及ぶことが期待される。また、学セクターには官・産セクターを国際協調へ先導する役目を与えられる、とあってよい。

第二のアポリア：ポスト通常科学

第二のパラダイムのサブ・パラダイムであるバイオテクノロジーもナノテクノロジーも、市場が飽和するまでの5年か10年でライフサイクルを終えるものであろう。ところが、地球環境科学の方は、第三のパラダイムというものの、あるいはパラダイムはないのかも知れない。クーンのパラダイム史観を正確に当てはめれば、地球環境科学などパラダイムがなければ通常科学の研究プログラムもない。

パラダイム 通常科学というパズル解きのヒストリオグラフィーは、機械論の近代科学でもっともよくあてはまるものである。近代科学のモデルとなったニュートン・パラダイムのように、『プリンキピア』でパラダイムが決まれば、後は一瀉千里的に天体力学、一般力学が通常科学的な進歩するものとなる。ところが地球環境科学ではそうはいかない。人工衛星の位置は天体力学で正確に決まるが、身近な環境の炭素循環はなかなかはっきりとつかまえられない。

対象分類による古代科学に対して、近代科学は方法分類によるものである。方法さえ確立すれば、その行き着く先の目的はなくとも、その方法が威力を発揮する限り、あらゆる対象に帝国主義的に征服して行く。それが近代科学の活力であった。

ところが地球環境科学は、地球環境という対象に、フィールドにアプローチするもので

あって、かつては非近代科学として近代科学界では軽蔑されたものである。しかも地球環境の保全という目的がはっきり前もって決まっている。勝手に枠をはみ出して、無限の飛躍を夢見る無目的な危険も爽快さもない。

それは地球環境に現れた問題に対処するものであって、一筋縄のパラダイムがあるものでもない。つまり、ふつうの科学技術的課題はシーズがあって、それから通常科学的に進歩の路線が引かれることになるが、地球環境問題はまず問題があり、ニーズがあり、目先・当面の目的がある。そのかわり、特定のシーズがあるわけではない。ちょうど、病気の治療のように、はじめに病気という問題があって、それを直すためのいろいろな方法があるようなものである。そこで、何でも、リモートセンシングでもシミュレーションでも、役に立つものなら何でも取り込んで、問題解決しなければならない。パラダイムに出発する通常科学的進歩が期待されないから、これをポスト・通常科学という人もいる。

そしてこうした問題は機械論の通常科学的問題のように明快に解けるわけではなく、法則志向的な科学とは言えないかも知れない。せいぜい目的に応じたアド・ホックな法則が見つかる程度であろう。そこで、研究者よりもコンサルタントが蓋然的な回答ないしは意見を提出するようなものかもしれない。

こうした問題には、最後には、単純明快な機械論的回答を求める自然科学者よりも、複雑な問題に対して意見を述べる社会科学者に向いているのであろう。公害・環境問題では、70年代の公害では地域をよく知る人たちが回答を出したが、地球環境問題に拡大されると、それは「科学」の名の下にグローバルな一般性・普遍性を追求する社会科学者の関心を引きつけるようになった。しかし、近代自然科学とちがって、プラトンの自然界の背後にある法則性というものは、社会の背後には（たとえばEKCのような）法則性はないのかもしれない。しかし、地球環境科学的問題は、複雑なるがゆえに、こうしたポスト通常科学的問題に対しては、社会科学者や時に人文方面の研究者の助力も仰がねばならないこともあろう。

第三のアポリア：長期的評価

地球環境問題はその解決にふつうかなり長期の期間を要するから、業績至上主義の学界の間尺に合わない。ちょうど患者の経年的データの集積を必要とする臨床的、成人病的研究が学位論文には向かないように、地球環境科学には、長期の観測やそれに基づく予測が課せられるが、こうした問題の評価機構は既成のものとは別に考えねばなるまい。これは学界内部で解決できる問題である。

また第二のパラダイムの中にある生産のための動脈産業とは違って、第三のパラダイムの中にあるリサイクルの静脈産業の場合は、市場の形成も長期を要するものになりがちである。その勸奨のためには市場外の助成がなされねばなるまい。

第四のアポリア：時間空間的迂遠性

地球環境問題はかなり日常経験から迂遠な問題である。それは空間的だけでなく、時間的にも迂遠である。つまり今日明日の問題ではない。その影響・効果は一研究者のライフ・

スパンのあいだには見えてこないかも知れない。死後のことまで気に病むのは嫌だ、といわれればそれまでである。

地球環境問題は21世紀を通じての長持ちのする大きなパラダイムであるが、それは同時に次世代問題であり、教育問題である。かつて70年代に反公害ブームに乗って環境学科がつくられたが、何を教えるのか、ディシプリンとしての中身がない、また研究プログラムのパラダイムがない、と不評であった。80年代にはそれらが消滅して行く傾向にあった。ところが今、さいわい、地球環境学科のような制度づくりは多くの大学にあらわれており、それは研究だけでなく、むしろ次世代教育の場に向けられている。あるいは地球環境科学とは次代の市民の教養として、身につけておくべき思想であり、文化である。

第五のアポリア：官産対学民

その他のアポリアには、利潤追求の資本主義経済と地球環境科学の両立の問題がある。また、第二のパラダイムなら、通産省のような政策官庁、それよりも民間企業一般、つまり官・産セクターの主導するものであった。それに対して、第三のパラダイムの方は、今のところ権力も富もない学界やNGOのような民のセクターが主導している。しかし、公害のように被害が普通の市民の目に直接見えるようなものではないから、ちっぽけな個人にとって地球環境とは問題が大きすぎてピンとこない。また気がついて、個人レベルではどうしてよいか、見当がつかない。一方、人間が地球を壊すくらいの力を持つようになっている。これもアポリアである。

むすび

これを要するに、政治、経済、科学、日常生活面にわたるアポリアは、従来の枠組みでは対応出来ない種類のものである。今のところそれはローマクラブのような賢人会議の話題となるが、実行プログラムとはなっていない。少なくとも学セクターのレベルで、これらアポリアの解消に向けて、地球環境科学に沿うような研究者のコミュニティの枠組みを作り直すことが日本学術会議あたりに要請される。

参考文献

- ・ 中山 茂著，20・21世紀科学史，NTT出版，2000年
- ・ 吉岡 齊、中山 茂編著，科学革命の現在史，学陽書房，2002年