



タイトル **科学・技術と現代社会**

著 者 池内 了 (いけうち さとる)

出 版 社 みすず書房

発 売 日 2014 年 10 月 10 日 (上)
2014 年 10 月 24 日 (下)

ページ数 1~383 ページ (上)
385~753 ページ (下)

著者は宇宙物理学者である。知的職業としての科学者には、社会的に高い地位が与えられているのと引き換えに、公衆に対して公正かつ公平であり、科学的事柄に対して信頼できる存在でなければならない。

そのような信頼感を培う前提として、社会に対して科学者は「倫理責任」や「社会的責任」を自覚して誠実に振る舞うという暗黙の義務を負っている。

しかしながら、最近になって科学者の不正行為が報道されたり、専門家としての責任を全うしていない態度が目撃されたりと、市民の信頼感を失う行為が目につくことが多くなった。

本書は、将来研究者として科学の第一線で活躍する大学院生に対して、科学の基礎知識だけでなく、広く社会における科学の有り様を見ながら、その中で科学者の倫理や日常にあるべき科学者の姿を考えることを目的としていると著者は述べる。

さっそく、上、下巻の目次を見てみよう。

(上巻) 目次

はじめに

序章 原発をめぐって	9 ~ 83
第1部 科学・技術の現代	85
第1章 科学・技術・社会の強い結びつき	86~103
第2章 科学と技術の異質性と同質性	104~121
第3章 科学の社会的意味	122~154
第4章 科学・技術・社会に関する諸事件	155~189

課外講義Ⅰ 科学の二面性と複雑系の科学	190～214
第Ⅱ部 科学の歴史と社会的変容	215
第5章 科学と技術の歴史	216～252
第6章 20世紀の科学と技術	253～281
課外講義Ⅱ 科学は終焉するのか	282～295
第7章 科学の変容	296～332
第8章 科学の技術課の問題点	333～361
課外講義Ⅲ ノーベル賞の現実	362～373

(下巻) 目次

第Ⅲ部 科学と科学者倫理	385
第9章 科学者の倫理と社会的責任	386～436
第10章 安全性の考え方	437～466
課外講義Ⅳ トランス・サイエンス問題	467～496
第Ⅳ部 科学・技術と現代社会を巡る諸問題	497
第11章 エネルギー・資源問題	498～530
第12章 地球環境問題	531～577
第13章 核エネルギー問題	578～620
第14章 バイオテクノロジー問題	621～659
課外講義Ⅴ 地下資源文明から地上資源文明へ	660～674
第15章 情報化社会問題	675～722
課外講義Ⅵ 生物の統一理論はあるのか	723～739
おわりに	740～749
あとがき	750～753

本書の内容は、「科学・技術の現代」、「科学の歴史と社会的変容」、「科学と科学者倫理」「科学・技術と現代社会を巡る諸問題」の4部構成で、著者の関係する大学、企業、高校(SSH)などで行った「科学・技術と社会」に関する過去の講義・講演などが753頁にうまくまとめられている。

医師や法律家や小中高の教師は知的職業として国家試験を通らなければ仕事に就くことが出来ない。「医師」は人の生死や健康に関する事象、「法律家」は人の財産や安全に関わる事件、「教師」は未来を担う子供達の教育という、実生活を左右しかねない重要な事柄ばかりで具体的であるが、ある特殊な側面に限られた課題を扱っている。その意味で、対応すべき課題は明白であり、なすべき目標も的も絞り易い。

それに比べて、「科学者」は現代に生じている諸々の問題を扱わねばならない。どのような問題にも科学と関連があるからだ。その上、未知の事柄を相手にしているが故に、また

現代科学がまだ不十分であるが故に、明確な答えが出せないことも度々ある。想像力を発揮した先見性を問われることが多い。そのような問題に対して、科学者は社会に向けどのような役割を果たせるだろうか。それを考え実行することが、究極の科学者の社会的責任である。科学者（大学教師が多い）に国家試験が必要とされないのは、人間生活に関する火急の問題を扱わないから、その判断にわざわざ国家の認証を必要としないためだろう。

本書は、75 頁にも及ぶ序章（全体の 1/10）で、「原発をめぐって」と題して原発に関連する多岐にわたる問題を先行して取り上げている。というのも、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災と福島原発の事故が勃発して、とくに原発事故に関連する問題を導入部として講義を始めるように変更したという。

話を展開しているうちに、原発事故だけに留まらず、科学者の社会的責任やトランス・サイエンス問題など、より一般的なテーマと結びつけている。また、これに続く章においても原発事故やそれに関する放射線被ばく問題、原発の非倫理性の問題などを何度も取り上げている。それほど科学・技術に関する重大事件であり、これと切り離して科学と社会の問題を考えることが出来ないからである。したがって、序章は本書全体にわたるテーマと関連する事項の具体例という意味もあって詳しく書かれている。



本書には登場してこないが、核廃棄物の無毒化の研究は知っておいて欲しいニュースである。「ボクらのエネルギーって、どうなるの」（岸田一隆著 エクスナレッジ 2012.10）を読んでいて心躍らされたテーマは何と言っても、第 2 部 専門家に聞く、の中に記載されている、「10 万年かかる核廃棄物の無毒化を数百年に短縮する技術」（日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学部門の大井川宏之氏と著者の岩田一隆氏との対談）である。

いわゆる ADS の話だが、ADS とは「加速器駆動核変換システム (Accelerator-Driven System)」の略称で、簡単にいえば、「原子炉の核廃棄物に中性子を当て、放射能の減衰期を現状の 10 万年単位から数百年規模に短縮する装置」である。

原発の話題の焦点になってきたのは、使用済み核燃料の最終処理の方法だ。その対策の一つとして増殖型動力炉（高速増殖炉）が考えられてきたが、この計画は容易に進展していない上に、この工程で生まれる高レベル放射性廃棄物が、やはり 1 万年単位の問題を引き起こす。

これは「脱原発派」には鬼の首を取ったような論拠であり、「原発推進派」にとっては良心の痛みをもたらす難題だった。この難題を、ADS によって数百年単位に圧縮されるとすれば、もはや廃棄物の最終処分場は必要なくなり、中間処理施設を補強するだけで十分になるはずである。

この技術は原発の推進、廃止の是非に関らず、有益な技術で、現に無数の原発を抱えた全世界にとっても大きな貢献となるはずだ。

実用化はまだ課題もあるが、ADS が完成すれば、日本の強力な輸出品となり、その経済効果も測りがたい国益になるに違いない。

現在、ADS の研究では日本とベルギーが先進国で、ベルギーが 2016 年に施設着工を決めているのに対し

て、日本には研究段階の実験装置があるだけだ。京大などで行っている実験のアイデアは最先端のものだが、なにぶん全体の研究予算が少なく、若手研究者の多くをベルギーへ送り込んでいるというのが実情のようだ。

日本は米国104基、仏国59基、に次いで原発の数が54基と多く、日本には1万5000トンの使用済み核燃料が各原発に貯蔵されている。この他に3000トンが六ヶ所村に貯蔵されている。これらが無害化するには10万年の時間がかかると言われている。

原発を1~2年早く停止したとしても、とてつもない大きな負担が未来永劫に続くわけだ。その10万年を数百年に短縮化する画期的な研究開発が進められている。まだ始まったばかりで、完成の見通しが得られてはいないという。

科学者の中にも、啓蒙に熱意を示す学者が少しずつ増えてきてはいるものの、その熱意は、自分の分野のみに留まっている。

ADSの効用と文明的な意味、費用対効果を含む経済的な問題、他の科学技術との緊急度をめぐる比較や配分の順位など、本当は日本のマスコミこそが論ずべき課題である。

ADSが持つ社会的な効用を考えれば、マスコミは飛びつきそうなのにそれもない。日本では、脱原発派と原発推進派に大きく別れ、科学技術の成果でさえ政治問題になっている有様だ。安倍首相が提唱する3本の矢のうち、第3の矢の長期的経済活動の活発化で、民間投資意欲を刺激するような新技術の開発が先決だといわれている。

ところが、ADSの研究が、学界を含めて社会に知られておらず、政府からも深い認知を受けていないのはどうしたことだろうか。

残念なことに、日本の科学ジャーナリズムは、欧米に比べて貧弱であり、それが日本の科学政策にも反映しているようだ。少なくとも、科学への関心を回復する道は、日本のマスコミ（科学には減法弱い）に開かれているというのに残念である。ADSは本書では是非扱って欲しかった話題である。

同じ基礎科学と言っても、生物学は物理学や化学とは異なった学問と見なされてきた。物理学や化学の目標がより単純で普遍的な法則を見出すことにあるのに対し、そもそも生物は複雑で多様であり、普遍性や統一性とは無縁な対象と考えるのが普通であったからだ。

すなわち、生命には物理学や化学では説明できない独特の生命原理があると長い間考えられてきた。この考えは、20世紀初頭まで続いたが、生命体の特徴である複製と進化がDNAという化学物質の反応性から説明できることから、生氣論は徐々に衰退し、物理学・化学の法則で生命現象を理解する方向が学問の主流になっていった。

しかし、物理や化学を専攻する者にとっては、生物の形態や生存法則にも統一原理があるのではないかと考えてみたくなる。

本書の終わりの課外講義VIに「生物の統一理論はあるのか」で、これらに言及している。

参考文献の「生き物たちは3/4が好き」（ジョン・ホイットフィールド著 化学同人）は評者も読んで以下のように書いた。

「一般向けの啓蒙書のため数式が全く無いのでフラクタルを応用するあたりがよく理

解できなかった。本書は、生物の世界に物理学の統一理論のような普遍的な法則を見出そうとして奮闘する生物学者たちの一世紀にわたる物語であるが、これからの理論生態学は生態系の多様性や分布のパターンを、生命を構成する「エネルギー」（つまり、代謝）と「情報」（つまり、遺伝）という観点から考えていくことが必要なのかも知れない。

現在、生物学者は数学を取り入れることで、生き物を質的に論じるだけでなく、量的に測定、予測して厳密な理論を発展させることが出来るようになりつつある。

生物学はまっすぐ進歩してきたような幻想を抱きがちだが、決してそうではないことが本書からも判る。こういう話を知ると、生物学の敷居もぐっと低くなる。生物学を目指す若い諸君には、本書とダーシー・トムソンの「成長と形」（邦訳「生物のかたち」）を合わせて読むことをお勧めする。単なる博物研究としての生物学ではない、今現在の生物学をこれらの書から読み取って欲しいと願っている。

本書も、「体重の $3/4$ 乗が持つ意味」をうまくまとめていて読み易い。また、フラクタル理論とは違う考え方も提案されている。 $3/4$ 乗の法則は、生物は四次元世界の存在であり、その体表面は三次元であることから来るとし、その他の $x/4$ 乗則も同様な考え方で説明しようとする。なぜ四次元かと言えば、毛細血管の表面は三次元的に空間を埋め尽くしており、その血管の長さ方向が第四の次元に相当するというものである。二次元の紙面の上にジグザグの直線で埋めていくと、直線は一次元だが紙面を覆い尽くしているという意味で二次元の存在になっているのと同様である。

まだこのような^{ぼうよう}茫洋とした理論が議論できるだけ、生物の統一性に関する研究は揺籃期にあると言える。

科学と社会に関ったもので、これほど幅広く問題を単独の著者で取り上げている本は少ない。一般の読者で、広く科学・技術に関わる問題を知ろうとして本書を手にした人も、現代社会にはこれほど多くの問題が生起しており、それらが互いに関連し合って現代の科学・技術文明を形作っていることを知ってもらえるはずだと著者は述べる。

しかし、おそらく今後 50 年くらいの間に、文明の形態は大きく転換するものと考えられる。それは遠い未来のことではなく、我々の子供や孫の世代が現実として遭遇するごく近い未来なのである。それだけに現代の世代を担っている我々が、今生じている事象について責任を負ってケリをつけて行かなければならない。その意味で現代をきちんと把握して、未来に何を渡し、何を渡してはならないかを見極める必要がある。

読者は、本書を読み終えた段階で、本書を足場にして、さらに先に進まなければならないことに気付くだろう。



下巻 課外講義Vに「地下資源文明から地上資源文明へ」という講義がある。これは正しいのだろうか？ 「100年先を読む」（月尾嘉男著 モラロジー研究所 2011.12）を紹介しよう。

地球上の物質は全て有限な有用性しか持っていない。したがって、今までのテクノロジーを使って人類

が生活向上をしようともがけばもがくほど、残された地球上の財産は少なくなっていく。しかし、救いが無いわけではない。

資源を「地球という閉鎖系」の外から持って来れば良い。それは、「太陽エネルギー」だ。人類が有限な地球を食いつぶしたとしても、地球は荒涼たる砂漠にはならない。というのも、人類には最後まで使って大丈夫な「太陽エネルギー」を得ることが出来るからである。

太陽から地球に届けられるエネルギーの総量は、石油換算で約 130 兆トンであり、これは人類が 1 年間に消費するエネルギーの石油換算量約 90 億トンの約 14,000 倍以上 ($1.3 \times 10^{14} / 0.9 \times 10^{10} \approx 14,000$) だ。言ってみれば、約 36 分間 ($365^{\text{日}} \times 24^{\text{h}} \times 60^{\text{分}} / 14,000 \approx 36$ 分) の太陽エネルギーで、人類の 1 年分のエネルギーが賄えるというわけである。したがって、太陽から供給されるエネルギーのほんの一部でも活用できれば、原子力も石油も石炭も不要であるということが判る。つまり、地球には「エネルギー問題」など存在しないというわけである。

太陽エネルギーの利用手段と言え、まず思い浮かぶのが「太陽光発電」だが、それだけではない。太陽で温められた大気が上昇気流を生み、その空隙に周りから空気が流れ込んで風が吹く。「風力発電」とは、太陽が生み出した風からエネルギーを取り出したものである。また、太陽熱によって蒸発した水分が、山の上まで運ばれて雨が降り、それが集まって川となる。「水力発電」も太陽エネルギーが基になっている。

同様に、海で温められた表層と冷たい深層の温度差を利用する「海洋温度差発電」も太陽エネルギーが基になっている。さらに、植物から燃料を作り出す「バイオマス」も、植物が太陽エネルギーを光合成によって変換・蓄積したものである。

このように見てみると、まさに「地球は太陽光の恵みをふんだんに受けている有り難い惑星である」ということが判る。とはいっても、太陽エネルギーを使うために、色々な装置を作ると、この装置を作るのにつかわれた地球の資源は、もとに決して戻らないということを肝に銘ずる必要がある。

しかし、エネルギー源を太陽光にすればこの問題は本当に解決するのだろうか？ 太陽光を利用するということは、地球の反射率、すなわち、地球が受け取る太陽のエネルギーに対して、それを宇宙に放射して捨てる割合を変えることになる。したがって、廃熱を直接宇宙に捨てるような技術でも開発しない限り、地球全体のエネルギーバランスが崩れ、深刻な「熱汚染」が起るのではないかと？ 太陽光を利用するということを大々的にやれば、もっと悲惨なことを引き起こすことにはならないか？

そう考えると、エネルギー問題の真の解決には、「欲望を解放して生きる」という我々の生き方を変えるしかないのではないかと。我々人類の将来に希望はあるのだろうか？

よく科学者は、「国民の科学リテラシーの欠如」を嘆くが、「科学者の社会的リテラシーの欠如」はそれ以上に深刻であるという著者の指摘は、多くの科学者にとっては「その通りだ」と認めざるを得ないだろう。

特に、第IV章の「科学・技術と社会を巡る諸問題」では、「エネルギー・資源問題」、「地球環境問題」、「核エネルギー問題」、「バイオテクノロジー問題」などで現在生起し、近未来の社会に必ず大きな影響を与えるであろう問題をピックアップしているが、これらに関

する議論は、多くの人が無意識に向き合うことを避けてきた諸問題でもある。

これらの問題は、今後どう対処すべきかまだ答えが出ていない課題ばかりである。これらについては共通する考えがあって、それは、人類に対して、時代に対して、世界に対して、未来世代に対して、如何に倫理的に生きるかという目標である。

倫理性を失った人類となり、そのような時代と世界でしか生きられない未来世代になってしまうのなら、持続する必要はないと著者は言うがまったく同感である。

本書は、文系・理系を問わず、大学で「科学と社会」を論じる教科書としても利用できるだろう。取り扱った範囲が広いため、これは？という箇所も多々見られるが、こういった欠点は、読者が各自補足していけばそれで十分だろう。本書を読んで、科学と社会の関係を常に考え行動する広い意味での社会人が育ってくれることを希望するという言葉で著者は本書を閉じている。

2014. 12. 21