

先端材料の研究以前 —工学倫理の制約について—

小澤正邦

名古屋工業大学 セラミックス基盤工学センター
〒507-0071 岐阜県多治見市旭ヶ丘10-6-29

Before a study of new materials — Limitation by engineering ethics —

Masakuni Ozawa

Ceramics Research Laboratory, Nagoya Institute of Technology
10-6-29, Asahigaoka, Tajimi, 507-0071, Japan

Engineering ethic is now a question, giving some limitation about research, before starting a study of advanced technology in any field. In a research of new materials, environmental ethics, which is one of the engineering ethics, should directly affect the selection of materials, the research target and a theme of a study that can influence coming results and developed products toward citizen society. However, we have no tool to judge whether the handling technology can affect, in the future, well or not to wide spread spectra for citizens' lives and the globe at a starting point of a study. In the limited region of his major about materials, the engineer must determine the possibility concerning about environmental ethics. However, the self-standing technological development, with cross-discipline situation, make his decision difficult if a study is truly novel. Researchers about "applied engineering ethics" are required to give some resolution tool to his situation if possible as well as they ask an individual question on ethics.

1 研究テーマと自由

近年なにかと多くの制約の中で仕事をする必要に迫られるといっても、科学技術の開発・研究の仕事では、いまだになにかしらの自由度が保証されている。これは、研究者・技術者にとって、いわば仕事と生きがいにつながることもあり、また、日頃の仕事の喜びともなっている。技術者は、投資トレーダーのように、個人の判断による高収入の機会にはまだまだ恵まれない。青色ダイオードの発明に対する中村修二博士の成果対価が問題となっているが、地裁の200億円判決は、たぶん史上はじめての、個人によるパテントエンジニアリングドリームであろう。

ふつう、この技術の仕事では、自然法則にかなっただ様な装置や物質を扱う。その技術の新規性や発展の見通しなどが、まず、技術者個人の独創に委ねられている点が最大の魅力である。その魅力あるプロセスのはじめには、研究テーマの選択という段階がある。テーマを選ぶ資質

は技術者・研究者として大切であり、みずからの見識を示す第一歩である。しかし、実際の仕事では、いろいろな角度から、選択に条件（コストなど）が付けられることが多く、技術者の悩みの種であり、逆に、飛躍の元でもある。

さて、副題に記した「工学倫理」の問題は、近年、大きく取り上げられるようになった。いわば、聖域であった研究者、科学技術者の誠実さの信仰が崩れてきたからである。研究者が、科学と技術の進歩に誠実に貢献するというイメージを悪用して、いわば利権を悪用した犯罪まがいの行為がクローズアップされるようになったというわけだが、工学倫理といった場合、個人の判断による技術の社会的影響に対する抑制の意味合いが強い。不誠実をあらわす決定的な事件は、チャレンジャーの事故であった。幹部による技術欠陥の隠蔽が最大の事故原因だったことが、同じ会社の開発担当の技術責任者の証言で明らかになったことによる。シール材の危険性を指摘したにもかかわらず、幹部の判断でNASAへの報告が握りつ

ぶされた。米国では、JABEEの関連で、工学倫理の教育が、プロフェッショナルエンジニアの要件とされている。

工学倫理の問題が重視されるようになったもうひとつの背景には、これが工学教育の制度上からは制約できない、個人の人格に係り、そこから派生する問題であるということがある。「倫理をもたない工学者」は、逆に、研究や技術開発の魅力をも剥ぐ役割をしているとさえいわれている。

さて、悪さをはたらく、というような倫理の問題は、まさに個人的な問題で、新たに議論するまでもない。ここでは、先端材料の研究開発にかかわる自由度の一つ、テーマを選ぶときでさえ、工学倫理や環境倫理が、研究者、技術者にかかわるかもしれないということについて、触れてみたい。それぞれの人が、誠実に行動してもなお倫理に反するという問題について、環境倫理の一部を例に応用倫理学者に質問するということが本稿の目的である。

2 研究テーマ、2題 ー環境のためとはいいいながらー

先端材料の研究テーマについて、環境倫理という観点で、次の2つの例をみてみよう。

(1) 高温超伝導酸化物

1988年のノーベル物理学賞は、ベドノルツとミュラーによる酸化物高温超伝導体の発見(1986年)に与えられた。強誘電体の専門家である二人は、研究テーマを超伝導に移し、ランタンバリウム銅系酸化物の未知化合物が約30Kで超伝導を示すことを報告した。超伝導が室温付近であられるときわめて実用性が高くなるため、新物質の発見競争が展開され、これまで超伝導に関係なかった研究者も、研究テーマとして取り上げた。高温での超伝導を示す物質の発見は当然注目を浴びる。その後、タリウムや水銀を含む物質が高い温度で超伝導を示すことが発見された。さて、タリウム、水銀はかなりの毒性を示すので、化学的知識なしに扱うことができない。物性物理のテーマが、合成化学的な研究者の発想と協力でなされていることも多くなった。さて、こういう物質を、応用を目指した工学で、研究すべきかどうか。物理学者でない、環境のための材料研究を研究テーマとしているものにとっては、おもしろいけどいいかな、と思わせるテーマである。タリウム、水銀含有電線が、空中に張り巡らされた都市には住めないだろう。超伝導の素人は、特定元素を使用する物性研究競争から、研究テーマ選択の段階でリタイヤせざるをえない。もちろん、飛躍的な高性能の物質を見つけたらノーベル賞をもらえるかもしれないし、それなりの研究評価が待っているかもしれないのだが。

(2) 光を電気に、熱を電気に ーエネルギー変換材料ー

地球温暖化は二酸化炭素の大量放出によって引き起こされるとされる、すなわち化石エネルギーの過剰な使用

が原因である。したがって、エネルギー効率の低い石油消費システムをいかに高効率システムに代えるかが今後の課題となる。これには、燃料電池や太陽光発電、熱電変換などの新しい物理化学的エネルギー変換材料が期待されている。

熱電素子の鉛合金、テルルなどの有害元素で構成された素材が、高性能を示すことが知られている。効率向上、材料合成や素子化プロセス等の課題があり、環境問題解決を背景にした材料研究として研究論文になるのである。しかし、地球温暖化防止のため、エンジンの周りにこういう元素を貼り付けて、市中を走り回るのは、なんとなく嫌である。

太陽電池用材料としてセラミックスのカドミニウム系材料が研究されたことがある。シリコン以外の材料としては高効率で、管理された状況で使用すればよいということだが、これも企業研究として、実用化直前で休止した例がある。

こころの倫理は、その人が心の中で反芻して、やがて生涯を終えるまでの人格の美醜の問題であるが、工学倫理で重要なのは、それが外に出て、無いほうがよかった物質や装置や(まさかの)工学者を作ってしまう場合があるという実際のな迷惑につながることにある。

環境倫理に即していえば、いまや、個々の研究者が、環境を汚染したり悪化させる可能性に無関心であることは難しく、このテーマは大丈夫かどうか自問することは大切だ、という点では同意を得られるだろう。ところが、これを考えるには、当然、技術者の視野の広さが前提になり、そしてある程度は、専門化たる個人の見識(倫理)によってなされるものの、結局、テーマ選定の段階で除外されたり実行したりする場合にははっきりした基準があるわけではない。さらに、それだけにとどまらず、技術そのものもつ構造にも依存する。科学技術の進歩の論理と、個人を超えた倫理の問題が絡んでしまう。

3 環境倫理の基準

加藤尚武は環境倫理、技術倫理の問題を集約して一般向けにわかりやすく紹介している⁽¹⁾⁽²⁾。彼があげた環境倫理の原理のうち、「地球と生態系の有限性」について考え、環境のための材料研究のテーマにあわせて議論を続ける。

小さな仮想的な素子開発をめざして材料物性の基礎を扱っているとき、生態系に対してその研究が脅威になるという結論にはすぐにいたらない。つまり、少量の毒物が管理された実験室などで扱われ、その目的が物理上の原理や物質合成であった場合(上記、超伝導材料の例(1))、それらの研究は純粋な知的領域の拡大としての科学の栄誉ある行為に属するのである。一方、実際の利用を目指し、原理追求をこえて工業生産され、普及させることが前提に研究がなされている場合、製品の安全性ははじめから問題になる(上記、例(2))。環境によいエネルギーシス

テムのための材料研究なのに、環境や健康に有毒な物質を利用するのはどうかと、一研究者としても、考え込んでしまうだろう。

一般の人がもつ環境への関心からみると、健康への影響と自然保護の価値の二つの面が焦点になる⁽³⁾⁽⁴⁾。また、自然に対して利用する価値を追求するか、本然的な自然の価値を想定するかによって、功利的な問題か、環境倫理の問題かに分かれてくる。多く人の関心は、まずは自分や子供の健康維持であり、健康のための清浄基準として自然を保全することに関心があるだろう。つまり、どの地域の生態系か、生態系がどれくらいの大きさで、有害物質の使用量、発生量はいかほどならよいかか問題になる。

さらに、少し問題の範囲を広げると、地球温暖化防止の議論が視野に入ってくる。環境によい材料をつくるのに、有機物を大量に燃やして二酸化炭素を発生させる製造法は、目的と矛盾しないかどうか。これは、工学上からは、製品の二酸化炭素発生に関するライフサイクルアセスメントの問題としてもとらえることもできる。一方、環境倫理の基準に照らして、考慮の対象にすることができるはずである。

実は、環境倫理の大きな枠組みである地球とその有限性は、一人一人の体験的判断になかなか入ってこない。どこに基準をとるかが、工学の問題のようには定まらないのである。環境と技術の関係の考察で、基準も、アルゴリズムも定まってもいまいとすれば、あいまいなまま開発技術者一人一人に過度の責任が、倫理的に科されてしまう。これが、個々の技術者のおかれた現状である。

4 技術的行為の拡大

科学技術の側からみると、技術はその特質として、有効で優れた技術ほど、よく自発的に拡大する、という現象をとまなう。工学が倫理の問題の対象となってきた背景には、科学技術が自律的に発展してしまい、あるいは自然に還らない所まで進んでいる現象があるのである⁽⁵⁾⁽⁷⁾。テレビ番組でコンピューター開発史がおぼろげにわかったところで、中高年に今このテクノストレス状況が納得できるわけではない。もちろん、当然のようにその環境の中に育つ人もいて、それぞれの目に科学技術の自律的ともいえる発展が迫ってくるだけである。知らない間にそこで使う材料開発が仕事になったりする。

心情的な科学技術否定の源には、自分が技術という道具の主人になれない（のにならねばならぬ）もどかしさがある。同じことは、実は科学技術の担い手、技術者自身にも起こるかもしれない。あるいはすでにおこっている。一昔前に聞かれた、謙遜、満足、驚きの入り混じった開発者自身のコメント「こんなになるとはおもいませんでした」には、そんな状況がよく表れている。

材料研究の例では、開発行為の拡大がまずは技術の範囲内で、それが組み込まれるシステムとの葛藤の形であ

らわれる。材料の研究を、それ自身を組み込んでいたシステムの機能にまで拡張したとき、想定される材料分野の課題の一つが、インテリジェントマテリアルである⁽⁸⁾。この場合、開発行為の拡大をたどることによって工学のテーマ自身に新しい視野が開かれる。つまり、装置がいらず、その塊が、複雑な回路や判断をする材料を開発すればいいというテーマである。

一方、倫理学の視点は、将来の工学あるいは技術が、そういう技術領域の範囲を超えて、行為の拡大を逃げるような機会が、具体的に有効であってほしい。いわば、工学の外にあって内に影響する。

地球を基準とするような問題に、一人の技術者が、それと同じ大きさで自らのテーマを設定することは、現在のところ非常に難しい。仮に対象を限定しても、環境倫理が十分に適用される条件として、今度は、技術開発行為の拡大範囲をどう設定するかが問題になってくる。どこまで行為の拡大の詳細を整理し、技術の利用が予想できるのか、また自律発展する技術に開発者自身がいかほど関与できるかによって、問題の答えが変わってきてしまう。行為の拡大の第一歩である研究テーマの選択に対しては、その拡大の先が完全にわかるわけではなく、ほとんど素手で「良識」をもって立ち会わなければいけない、というのが、技術者の置かれた現状であるのだ。

5 プロフェッショナルエンジニアと倫理 一応用倫理学者に望むこと一

先であげたような、超伝導、熱電変換素子のテーマ選択の例はむしろ単純な方である。いまや、対象となる環境の範囲も拡大し、技術も技術者の手を離れて拡大してゆく。

技術者には、問題を限定的に正確にとらえて、ある範囲で正しく責任を果たそうという特長がある。これは一種の倫理観でもあり、プロフェッソナリズムともいべきもので、冒頭に述べた職業上の楽しさもここに由来する。工学から見れば、地球環境の問題は、このプロフェッソナリズムの拡大を、相対的に小さくなった地球に向って発揮する、しなければならなくなったという要請である。

システムを先端材料で置き換えようとする材料工学のアプローチで環境保全解決に向って進めるかどうかといえば、これはある程度まで環境問題への責任ある処し方を導くはずである。そのような試みは、技術の自律的発展という利点をよく活かした工学自身の方法である。

一方で、環境倫理（工学倫理）の役割は、テーマを設定しようとしている現場、個人のプロフェッソナリズム発揮の場面において、それらの内面から、発揮されるようなロジックを用意するというものはずだが。今のところ、開発が成功しそうか、あるいはした時点で、すなわち行為の拡大が組織の行動としておこった結果を受けて、環境や倫理観からの制約がようやく外から課せら

れるというのが現状である。

研究者が、自らの研究テーマを、着手以前に倫理性の角度から判断することは、現状ではなかなか難しい。せいぜい、専門分野での誠実さを維持し、自己規制するのに精一杯である。これから、研究テーマの発想という技術の鍵となる場面に、倫理学の方法はどれだけ説得力をもって入り込めるか、またどんな具体的な示唆を与えてくれるのか。それは、環境倫理や工学倫理が、科学技術の自律性の内部にどれほど影響しうるかを試す一つの角度でもあろう。技術研究に努力している多くの人にとって、こころの奥に響くような、これからの応用倫理学の研究や提言が期待される。

(本稿は、「工学倫理の条件」(晃洋書房, 2002) 所収, 拙稿「工学側からの提言⑤先端材料の研究をめぐって」に加筆改訂したものである。)

参考文献

- (1) 加藤尚武「環境倫理学のすすめ」(丸善 1991)
- (2) 加藤尚武「価値観と科学/技術」(岩波書店 2001)
- (3) 日本技術士会訳編「科学技術者の倫理」(丸善 1998)
- (4) 日本技術士会訳編「環境と科学技術者の倫理」(丸善 2000)
- (5) 坂本賢三「先端技術のゆくえ」(岩波書店 1987)
- (6) C.ウイトベック著, 札野順・飯野弘之訳「技術倫理 I」(みすず書房 2000)
- (7) C.カストリアディス著 宇京頼三訳 「細分化された世界<迷宮の岐路Ⅲ>」(法政大学出版会 1995)
- (8) 柳田博明「次世代素材インテリジェントマテリアル」(講談社 1993)