

材料技術に携わる科学技術者に求められる 倫理と、それを備えた人材の育成

柴田 清*

1. はじめに

「技術倫理」、「技術者倫理」、あるいは「工学倫理」などの意味上の差異は無視できないが、本稿ではとりあえず厳密な区別はせず、もっとも人口に膾炙されていると思われる「技術者倫理」として話を始める。また、科学と技術の出自には大きな違いがあり、「科学」、「技術」、「科学技術」、「科学・技術」といった表記方法にも敏感でなければならないが、とりあえず科学に基づく技術（「科学技術」）を含めた「技術」を対象に議論を進める。

技術者倫理は多くの工学系教育プログラムに取り入れられており、また関係学協会や企業などにおいても綱領が制定されたり、委員会の設置が行われたりしている。本稿では、まず技術倫理が求められるようになった背景を振り返り、その教育内容を確認した上で、材料技術の特徴に鑑み、材料技術者に求められる倫理について考察したい。

2. なぜ技術者倫理教育か

(1) 導入経緯

古谷⁽¹⁾は、1983年頃から東京大学工学部の共通講義「技術論」の中で Mitcham の文献を参考に講義をはじめたのが、我が国における最初の技術者倫理教育ではないかとしている。しかし、我が国において技術者倫理教育が工学教育の中で広まり、多くの工学系学協会が倫理綱領が制定され、倫理委員会を設置したのは2000年前後である。

この背景には、ひとえに JABEE の認証基準⁽²⁾に「技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、及び技術者が社会に対して負っている責任に関する理解」と規定されたことがある。JABEE の設立当時には国際的な技術者資格認証が重視され、ABET をはじめとする技術者教育認証の枠組みで技術者倫

理が必要とされたからに他ならない。

しかし、同時にこの時期、科学技術に対する信頼を揺るがす事件が多く発生していたことも無視できない。例えば、絶対安全といわれていた高速道路の高架橋の兵庫県南部地震による崩壊や高速増殖炉「もんじゅ」のナトリウム漏れ事故など原子力関連施設事故の隠蔽により技術者の言説に対する信頼性が疑われ、東海村の JCO における臨界事故のような深刻な事態も発生した。また、オウム真理教のテロ活動に少なくない理系大学卒業者が加わっていたことから理系教育にも批判が向けられた。一方で、チェスの世界王者にコンピュータが勝利し、臓器移植法が成立し、遺伝子組み換え食品の安全性が議論になり、クローン動物が誕生するなど、技術の進歩に期待するだけでなく、同時に不安を感じさせる面も注目されるようになってきた。これらの出来事は科学技術およびそれを担う人材に対する信頼を失墜させるものであり、技術者倫理導入はその批判に応えるという必然性もあった。

(2) Engineering Ethics と技術者倫理

我が国の技術者倫理教育は、アメリカ流の Engineering Ethics の導入で始まっている。アメリカにおける Engineering Ethics の生い立ちについては、古谷の解説⁽³⁾が詳しい。そこでは、技術者個人が専門職業人（プロフェッショナル）として果たすべき社会的責任が重視されているようである。社会との契約に基づき、専門家のみ許される行為が存在し、そのような特権を有するが故に、特段の責任・倫理を負うべきだとする。弁護士や医師などがモデルとして考えやすいが、そもそも技術者たちが自らの倫理確立を言い出した背景には、専門職あるいは職能団体としての社会的地位向上を目指したことがあるのは疑いない。契約概念を反映して、顧客、雇用者、社会一般（公衆）への忠誠義務のジレンマに直面した個人（ミクロレベル）のケーススタディが取り上げられることが多く、公衆の安全に尽くす英雄的技術者が称揚され

* 千葉工業大学社会システム科学部；教授（〒275-0016 習志野市津田沼 2-17-1）
Engineering Ethics Required for Materials Engineers; Kiyoshi Shibata (School of Social System Science, Chiba Institute of Technology, Narashino)
Keywords: materials science and technology, ethics, social implication, education, liberal arts, technology assesment
2016年3月31日受理[doi:10.2320/materia.56.112]

る。他方、技術の社会実装に伴う影響の大きさから、技術を社会的実験とみなす考え方があり、今世紀になってからは個人としての責任だけでなく、社会(マクロレベル)における技術の営み自身の倫理性を追求する流れもある。

翻ってわが国の技術者の就業状況を見ると、ほとんどの技術者は民間企業などの組織に属して業務に当たり、その指揮の下にある。また、集団としての活動が中心であり、その中での協調が強く求められる。個人として独立した判断行動ができる技術者は非常に限られている。そのため、アメリカ流のエンジニア個人の倫理的行動を期待した Engineering Ethics は我が国では成り立ちにくい。

(3) 技術者倫理として何が教えられているか

我が国でこの分野の最初の本格的な教科書は、日本技術士会の訳編による Harris らの「科学技術者倫理の事例と考察」⁽⁴⁾であろう。その後、JABEE のプログラム認証に伴って、夥しい数の教科書が出版されている。石原⁽⁵⁾は2003年に、藤木と杉原⁽⁶⁾は2010年にその当時における教科書のレビューを行い、欧米の動向を踏まえながら、我が国において刊行された書籍の執筆者の属性による教育の方向性などを整理している。

また、Shibata⁽⁷⁾は2010年当時国内大学・高専におけるインターネットで検索できる技術者倫理関連科目の講義シラバスを調査し、取り上げられている技術倫理の構成要素を抽出し、それを図1のようにマッピングした。すなわち、横軸が与えられる指針が実践的か理論的か、縦軸が倫理判断・行動の主体が個人か組織か、という分類である。図中の丸の大きさは、主観的ではあるが、それらの構成要素が取り上げられている頻度を示している。

それぞれ、左上方向から時計回り方向に見ていくと、
 ・倫理学アプローチ：ジレンマに直面した場合の合理的な行動規範を与えようとする。倫理判断原理として、アリストテレスの徳目道徳やカントの義務論、ベンサム功利主義などの基本的倫理理論が取り上げられる。応用倫理学の対象とし

てネガティブな効果を生み得る科学・技術については是非判断の原理的根拠が示される。

・設計アプローチ：技術上の非意図的な失敗を避けるための努力が強調される。技術者の業務上のスキル向上、あるいはそれでも防ぎきれない場合の様々なフェールセーフ的手段も重視される。畑村の失敗学における事例研究やそれに基づく組織運営を含めた学際的な予防策がしばしば取り上げられる。

・規制アプローチ：技術者が知るべき規制基準や技術標準、およびその成り立ちが取り上げられる。品質管理、生産管理、労働安全などもカバーされる。製品安全(PL)、知的財産権などに加えて、企業の社会的責任(CSR)やビジネス倫理が含まれることもある。内部告発(公益通報)も取り上げられる頻度が高い。

・STSアプローチ：STSとは Science, Technology and Society あるいは Science and Technology Studies の略であり、日本語としては科学技術社会論とされる。科学技術の発展に伴って生じる社会的問題を学際的立場から検討しようとするものであり、科学史、技術史、科学哲学に基づく科学・技術者の行動解析、専門家と非専門家コミュニケーションやテクノロジーアセスメントをも含む科学技術政策が取り扱われる。

また、そもそもの技術のもたらす問題としての水俣病や地球温暖化など環境問題や資源枯渇などの問題自体を紹介することも比較的多く行われている。なお、小林ら⁽⁸⁾もシラバスの調査から安全、倫理理論、科学技術論、技術者の地位を頻出キーワードとしている。上記の結果とやや異なるが、キーワードの括り方およびカウント法によると思われる。

一つの講義の中ですべての要素を満遍無く取り上げることとは不可能である。上記のアプローチの組み合わせがあるのは当然であるが、経験を積んだ技術者や主に教育研究機関で活動してきた工学者は設計や規制のアプローチをとり、倫理学などの人文社会系の者は倫理学的アプローチをとる。

なお、これらの科目の開講時期は1年次から4年次まで様々であり、教養科目あるいは専門基礎科目との位置付けも

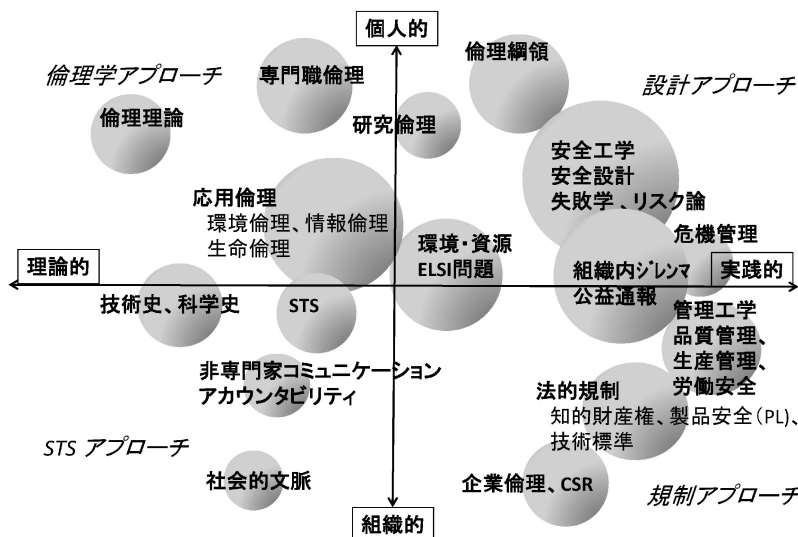


図1 技術倫理教育の要素と方向性。(Shibata⁽⁷⁾をもとに改編)

まちまちであるが、その区別に対応した内容の差異があるようには見えない。専門学習の動機付け効果に期待がある一方、実務経験の無い学生の想像力に期待するのにはかなり無理がある。また逆に、技術にネガティブな印象を与えるとの危惧も聞かれる。

我が国の技術者の業務環境を考えれば、技術者個人に倫理的行動を求めても効果は限定的であろう。それよりも、企業などの組織の倫理、さらには企業や技術者は顧客の要望が何より優先されるので、市場の倫理が技術者の倫理行動に影響するはずである。柴田と八木⁽⁹⁾は「市場が倫理を求めれば、技術者倫理は自然に達成される。」と指摘したことがある。一般人の消費者倫理⁽¹⁰⁾も重要である。さらに、今後先端的な科学技術が社会実装されていくとともに、従来からの価値観と衝突する事態が多く発生すると予想される。これらの意味で個人の倫理が主体となる技術者倫理ではなく、技術そのものの倫理を問うことに軸足を移した方がよい。

また、井野⁽¹¹⁾は独立した科目ではなく通常の講義や研究・教育活動の中でこのような題材を取り入れるべきだと主張している。あるいは、技術者倫理は全教育課程を通じて達成されるべきであるとの考えに基づく実践も行われている⁽¹²⁾。教育の役割が、専門的技能に習熟させることよりも、将来的に遭遇する新たな問題へ対処するための知的な土台作りであるとすれば、これらの取り組みは決して容易ではないものの、広く追求されるべき方法であろう。

さて、これらの科目が開講されておおよそ10年経過しているが、その効果を議論するのは尚早であろう。ただ、技術にまつわる事故、偽装事件などが顕著に減少しているとは決して言えないことを確認しておきたい。

3. 材料技術の特徴

前節では、我が国における技術倫理教育一般にみられる傾向を概観した。材料工学における倫理教育を考える上には、技術教育(工学)における材料工学の特質を踏まえておかなければならない。

材料技術は我が国が国際的に研究、産業ともに強い分野といわれる。材料技術の維持発展には継続的な資本の投下と研究開発努力の継続が欠かせず、産官学の努力の賜物であろう。

さて、他の工業製品と比べた場合、材料の特徴的なことは中間財であることである。さらに、単一の材料だけで最終財となることは少なく、他の材料と組み合わせられて最終財となる。技術はシステムであり、材料はシステムの構成要素であるともいえる。あらゆる形のある工業製品には何らかの材料が用いられており、材料技術はあらゆるモノづくりの基盤であることに間違いはない。

一般に技術者が追求するのはQ(品質、すなわち機能とその安定性、環境適合性も含む)、C(コスト)、D(納期、供給の安定性も含む)と言われ、このことは材料技術についても例外ではない。しかし、使用されてこそ材料であり、使用されなければただの物質である。一般的に材料の置換は保守的であり、数段の性能(QCD)の向上がないと新規材料への置

換は起こらない。優れた特性が実現されても、唯我独尊では材料となり得ない。ある用途の機能を満たす材料が複数あり、それらが競合状態にあると、材料は使用者側に選択される立場になり、特性・仕様を指定され、それを満足するように供給する下請けの立場になりかねない。

一つの材料技術のブレイクスルーが社会全体の変革につながることもある。しかし、利益や名声は材料にまで還元されにくく、余談だが、このことは学習者の意欲や志願者の確保の障害となっている可能性がある。

ところで、技術者倫理で課題となる公衆に対する危害を引き起こすのは、プラント事故などを除けば、最終消費財である。それら最終消費財の事故原因が材料にある場合もあるが、機構や設計のような材料以外であることもあり、他の構成材料であることもある。しかし、材料に直接的な責任は無くても、最終用途が消滅してしまえば、一蓮托生で材料としての存在意義を失ってしまうこともあり得る。最終製品の使われ方にも注意を及ぼさなければならない。かつて新素材ブームの折りに、開発着手時に想定した用途とは異なる実用化に至った例を数多く見てきた。一つの材料にも多数の用途があり得るし、一つの組み立て製品に多種類の材料が用いられる。そのため、材料技術者は材料使用者側との用途や必要とされる条件などについて踏み込んだコミュニケーションを成り立たせなければならず、一般的な技術者以上に幅広い技術に関する理解を要求される。しかし、このことは技術のシステムを全体として把握する機会を持ちやすくなるメリットを材料技術がもつことに繋がり、社会実装に伴う諸問題に対する配慮を求められる技術者として優位性を持つことになり得る。

4. 材料技術における倫理

前々節では我が国における技術倫理教育では科学技術の社会に及ぼす影響を重視すべきこと、また、前節では材料技術はそれに優位な立場にあることを指摘した。本節では、まとめに代えて、どのような人材養成を目指した教育を行うべきか検討したい。すでに黒田⁽¹³⁾は材料分野における教育・研究の歴史的変遷を踏まえて、学協会の果たすべき役割について議論しているが、本節では材料技術および材料技術者の役割を中心的話題とする。

(1) 専門知識・技能を確実に

まず、専門家としての倫理を果たすためには、当然のことながらまず専門的職務を間違いなく遂行しなければならない。機能の向上とともに品質の安定(不良品を出さないこと)も、材料技術にとって欠かせない倫理である。また、技術者の実務上のミスを防ぐ観点からは、失敗学のような視点も多く取り上げられている。さらに、技術者の倫理的配慮を不足させる要因について、比屋根⁽¹⁴⁾が重要な視点を提供している。

(2) 工学リベラルアーツ

小林ら⁽¹⁵⁾は、米国オーリン・カレッジ(Franklin W. Olin College of Engineering)の工学リベラルアーツ教育を紹介し

