



Title	工学教育の変革に資する技術者倫理教育の研究
Author(s)	比屋根, 均
Citation	応用倫理, 6, 15-34
Issue Date	2012-10-01
DOI	10.14943/ouyourin.6.15
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/60903">http://hdl.handle.net/2115/60903</a>
Type	bulletin (article)
File Information	no6_02hiyagon.pdf



[Instructions for use](#)

# 工学教育の変革に資する技術者倫理教育の研究

比屋根均（ラーテン技術士事務所）

## 要 旨

技術者倫理は多義的で、日本においても様々な主張が並存する。しかし、日本の工学教育に求められているのは技術者教育への転換であるから、この課題により適した技術者倫理の内容であることが望まれる。工学教育には、技術者倫理、エンジニアリング・デザイン（構造化されない問題の解決）、コミュニケーションの三つの弱点が指摘されており、それぞれ独立した課題として別々に取組まれる傾向にある。しかし、これらは従来の、一般原理を最上位に置き、具体的な問題解決を最下層に置く知識の階層性を前提とした、「技術プログラム」教育に起因する同一の問題の諸側面として把握すべきであり、それらは関連している。この弱点を克服した、コミュニケーションとエンジニアリング・デザインの基礎を培うような技術者倫理教育は、次のような内容を含むことが望まれるだろう。すなわち、技術者の実践生活と学生生活との違い、コミュニケーションの難しさの根源としての倫理や価値の非斉一性、科学・技術知識の正しさの限界とそれを超えていく方法としての試行錯誤、創造とルールの関係、現実にも正しく向き合うための方法論、諸価値基準、そして技術の内的合理性と外的合理性の両方から決まる安全の考え方、である。

## **A Study on Engineering Ethics Education for Improving Engineering Education in Japan**

Hitoshi HIYAGON (LArTEng Professional Engineer Office)

A study on engineering ethics education for improving engineering education in Japan

Engineering ethics has multi-meanings, and commentators and teachers of engineering ethics have different understandings and opinions. What is required for engineering education in Japan is the shift from the conventional education on engineering science to the new model that focuses on nurturing professional skills as responsible engineers. So what we are expected to do is to meet such a requirement, by developing desirable and effective educational contents. The conventional model of education for engineers in Japan are facing with three weak points: engineering ethics, engineering design (solution for problems that is not structured) and communication. These three are often considered to be separate issues and thus dealt with separately. However, these problems should not be understood as three mutually independent ones as they are mutually interrelated and interlocked in conventional Technological Program education. It presupposes knowledge as hierarchical and top-down, with “general principles”

at the highest level and “concrete problem solving” at the lowest level. To overcome these problems and to provide a theoretical foundation for engineering design and communication, engineering ethics education will be expected to offer the following seven elements: (1) to clarify differences between practical life as an professional engineer and academic life as a student, (2) to understand characteristics of the non-uniformity of ethics and pluralistic nature of values that often make communications difficult, (3) to develop a trial-and-error method to transcend the limits of “correctness” in science and engineering knowledge, (4) to understand the relationship between the creation and rules, (5) to understand methodology of recognition to deal with reality, (6) to understand values and norms, and (7) to acquire a way of thinking on safety that is determined from both internal and external rationality of technology.

## はじめに

技術者倫理<sup>1</sup>は、その多義性ゆえに様々な捉え方が可能であり、日本においても様々な主張が並立している<sup>2</sup>。しかし、今の日本の工学高等教育機関に求められている技術者教育への転換という文脈の中で、その果たすべき役割から捉えるなら、技術者倫理教育が具えるべき内容をもう少し限定しておくべきである。技術者教育への転換の課題は産業界を含む社会からの次のような能力養成の要求に効果的に応えようとするということでもある。複雑で不確実で曖昧な現実の問題を解決すること、その中で非倫理的な帰結を避けつつ様々な利害を調整すること、リスクを市民に説明も無く一方的に押し付けるような無責任な態度ではなく、配慮のある判断や行動などのできる技術者人材の養成である。残念ながら日本ではこれまで、技術者倫理教育をこのような社会の要求に関係づけては議論されてこなかった<sup>3</sup>。その結果、現在提案されている技術者倫理の教科書の多くは、このような社会の要求を踏まえた技術者教育の転換に対して効果的に応えられている保証はない。

本稿の目的は、工学教育から技術者教育への変更要求への文脈において、技術者倫理教育に求められる内容を検討することである。しかし、様々な制約からその全ての側面を論じることはできないので、ここでは課題認識や行為の不確実さなど、“技術の行いにおける知の真理性”の側面から考えていく。技術の営みは社会的かつ組織的であり、例えば社会と組織の二つの規範のジレンマなども技術者倫理のテーマであるが、ここでは主要な論点としては取り上げない。しかしこの方針は、このような文脈でのはじめの検討としては適切であろう。なぜなら、技術者の専門性の本質は技術的な行為や人工物に対する他者にはできない真なることの実現にあるからである。

以下、まず工学教育への批判や変更要求と、それへの現状の技術者倫理教育の側の対応の仕方

- 1 この領域を扱う倫理の名称として、‘工学倫理’や‘技術者倫理’など幾つかの言葉があり、使用者によって指す内容も微妙に違っている。本稿ではJABEE<sup>(注9)</sup>で採用された‘技術者倫理’を使用する。以下、記述を簡易にするため、引用元で使われている他の表現を個別に断ること無く‘技術者倫理’に変換して記す。
- 2 石原 2003 のレビューと藤木・杉原 2010 のレビューに詳しい。
- 3 本稿に近い検討に大石 2009, 2011 がある。そこで大石は倫理問題と設計問題との関係の議論を検討し、この両者が類似的なのは答えの出せないこともあるプラグマティックな問題解決の面であることを指摘し、一つの合理的な答えが出るような設計問題や倫理問題を想定してはいけないと主張している。本稿は大石の主張を、技術者教育確立の文脈にのせた上で、更に具体的に検討しているもの、と言えるかもしれない。

の確認から始め、次にこの変更要求が求める本質的な問題を見定めた後、これに対して効果的に応える技術者倫理教育の内容について考察していく。

## 1. 工学教育への批判・変更要求とこれまでの工学教育・技術者倫理教育の対応

### 1.1 工学教育への批判・変更要求と技術者倫理の教育者たちの対応

最新の国勢調査<sup>4</sup>によると、技術者と自然科学系研究者の比はおよそ15:1である。このことは、工学教育を受けた者の多くは技術者になることを示している。そのため、技術者を含む技術を創造し実践する行為者（以下、技術行為者）への要請は、そのまま工学教育にも求められることになる。であるなら、今の時代の工学教育への要求は次のようなものと考えてよいであろうし、それに対する技術者倫理教育者（教科書執筆）の対応も次に示すようなものであろう。

#### (1) 技術的な事故や不祥事とその予防

技術者倫理とその教育の必要性を語る時、どの教科書でも様々な事故事例を題材として用い、また事故や不祥事を減らす効果に言及している。確かに技術行為者の倫理性が特別に問われるのは、事故や不祥事の場面である。「技術者倫理は予防倫理」<sup>5</sup>と言われるように、技術者倫理の第一の要求は、技術行為者たちが事故や不祥事を予防できるようにすることであるし、そのことは技術者倫理の教育者たちの認識でもある<sup>6</sup>。

#### (2) 技術行為者が自らの利益を公益に優先させていないかという疑い

技術的な事故や不祥事の際にいつも問われるのは、利潤などの経営的な価値を安全性などよりも優先するような企業や組織の体質への疑いである。これについては、公衆優先原則<sup>7</sup>がほとんどの技術者倫理綱領に盛り込まれており、またそれを取り上げることによって、技術者倫理の教育者たちも対応している。

#### (3) 公衆道徳や、公衆への説明などのコミュニケーションにおける倫理性の要求

技術的な事故や不祥事で説明責任が問われたとき、説明会見での言葉遣いや態度がかえって反感を買って批判を受けることも珍しくない。しかしこの点については、日本の技術者倫理教科書では殆ど取り上げられていない<sup>8</sup>。その理由は、このような倫理は技術者として特別に求められる

4 平成17年国勢調査によると、自然科学系研究者14.2万人に対し、技術者は214万人である。（総務省統計局2008）

5 技術者倫理は、技術者個人のミクロな問題として捉える立場から、近年は社会的文脈の中で捉えるマクロな視点を導入するように変化してきているが、その目的は予防倫理であり続けていると筆者は理解している。事故や不祥事の予防という目的は、例えばハリスら2005にみるように今も中心課題であり続けているからである（藤木・杉原2010:29頁参照）。また、スペースシャトル・チャレンジャー号爆発事故などの事故事例は技術者倫理事例として定番である。

6 例えば、中村ら2009は、技術者に求められる高い倫理性について次のように述べ、事故や不祥事の予防効果こそが技術者倫理の目的であると主張している（33-4頁）。「清く・正しく・美しい技術者になれといっているわけではない。技術者だけに、世間の風潮から超然とした倫理的な行動をとることを求めているわけでもない。ただ、『危険なものを安全に使いこなす知恵』を正しく使わないと、恐ろしい結果が待っていることだけは忘れないようにしたい。危険はどんな姿でやってくるかわからない。（中略）高い倫理性とは、そういうことを指す。それ以上でもそれ以下でもない」。

7 多くの技術者倫理綱領に盛り込まれている、公衆の安全・健康・福利（福祉）を最優先にすることを要求する原則。この原則はほとんどの技術者倫理の教科書で取り上げられている。

8 多くの教科書で、黄金律や義務論などの一般的な倫理原則を取り上げているから、このような倫理性も取り上げていると言えなくはない。しかし、公衆への説明の場面が事例として取り上げられることは殆ど無い。

倫理ではなく、一般的な公衆倫理に属するものとみなされているからであろう。確かにこのような問題は、公衆道徳、あるいは日本技術者教育認定機構（JABEE: Japan Accreditation Board for Engineering Education）<sup>9</sup>が技術者倫理と並んで課題としているコミュニケーション能力の問題と見なすこともできるだろう。

#### (4) 複雑で不確実で曖昧な状況に対応できる人材の輩出

最近、工学系学協会のある会合で、産業界から工学教育に次のような苦情が寄せられていると紹介された。「大学は、我々が直面するような複雑で不確実で曖昧な状況に立ち向かい解決していきけるような、創造的な人材を輩出していない。」<sup>10</sup>このような要求は、世界に追いつけ追い越せてやってきた日本の技術産業界が、世界に肩を並べるまでに発展し、他国技術の真似ではなく、独創的であることが求められるようになってから久しく言われ続けていることでもある。しかし、これはJABEEが課題として認識しているエンジニアリング・デザイン（後述-2.1(2)）の問題領域と考えられており、多くの技術者倫理の教育者たちは自分たちの問題とは考えていないようである。<sup>11</sup>

## 1.2 米国における工学教育への批判と米国技術者の回答としてのEC2000<sup>12</sup>

1.1節に示した日本の工学教育への変更要求に対して、具体的な運動として取り組んでいるのがJABEEである。ここではJABEEをはじめとする日本の工学教育が抱える課題を検討する前に、まずそのような状況や運動のオリジナルである、米国における工学教育への批判と、ABET<sup>13</sup>を中心とする米国技術者協会などの対応について確認する。

ABETは技術者教育認定に関するワシントン協定<sup>14</sup>の中で最も影響力のある団体の一つである。その加盟団体から日本の工学教育に不足している内容として指摘されたのが、エンジニアリング・デザイン、技術者倫理、コミュニケーションの三つの課題であった<sup>15</sup>。これらの内容はABETが1996年に公表した技術者教育認定基準であるEC2000に初めて盛り込まれたものであり、それがワシントン協定を通じて日本にもたらされたのである。

9 1999年設立。2001年に公表された認定基準に技術者倫理、エンジニアリング・デザイン、コミュニケーションの三つが明記された。現在の基準は2011年に改訂されており、新たにチームワークが加えられている。（日本技術者教育認定機構2008、2011）

10 日本機械学会2012年度総会で、概略このような内容のエピソードが紹介された。

11 産業界を含む社会にこのような人材排出への要求があるという事実は、それだけでこの課題が工学高等教育機関が解決すべきであるということに直結するわけではない。工学教育と就職先での社員教育との役割分担の中で、後者の役割に区分することもできるからである。実際、工学教育者にはそのような意見も多い。しかし、筆者は技術企業の中で、社会人として使いものにならずに落ちこぼれてしまう者が10名に1名くらいの割合で発生しており、とりわけ日本で一般に優秀と見なされている大学工学部（これらの教育機関はJABEEに対して関心が低い傾向がある）の卒業生の中にそのような者が多く見られることを実際に見てきている。このような卒業生の社会人・技術者としての資質の欠如を解消するのは、それぞれの就職先の個別的な社員教育ではなく、工学教育が分担すべき一般的な教育課題と見なすべきである。なお、今の工学教育にそのような教育が望めるかという現実問題も“べき論”とは別に考えなければならないが、その解決には技術者の工学教育への積極的な参入や活用が必要だと筆者は考えている。

12 Engineering Criteria 2000. ABET<sup>(註13)</sup>が2000年から適用を始めた認定基準。21世紀の技術者像を提示したとされる。ABETが採用してきた従来の技術者教育内容に、エンジニアリング・デザイン、技術者倫理、コミュニケーション、チームワークを新たに加えるとともに、認定基準として、何を教えたかではなく、学生達が何を身につけたかという成果で評価するように変更された。ABET2006. Lattuca et.al.2006-1,-2 参照。

13 Accreditation Board for Engineering and Technology. 米国における技術者教育認定機関。1932年にECPD (Engineers' Council for Professional Development) として設立、1980年に現在の名称となる。米国では、20世紀前半から既に技術者教育認定が行われていたこと、その内容が世紀末にEC2000として大きく見直されたことに留意されたい。

14 技術者教育相互認証協定、1989年に英米系6カ国で締結。JABEEは2005年に正式加盟。

15 このような指摘のあったことは様々なところで論じられている。例えば、長島昭2006では、この指摘を「日本の高等教育の本質的な欠陥を指摘するもの」（28頁）という認識を示している。



米国の技術者協会や ABET が EC2000 に至る背景には、米国における工学教育への批判がある。その概要は以下のとおりである<sup>16</sup>。

「戦中戦後の米国の工学教育は、技術的知識とスキルの重点化によって、軍需関連技術の改善を通じて、合衆国によく貢献した。しかし、1980年代までに経済が軍需から民需に変化すると、新卒者たちは技術的にはよく準備されていたが、(a) 競争的で創造的なグローバル市場におけるプロフェッショナル・スキルを欠いていること、(b) コミュニケーション力やチームワーク力の乏しいこと、さらに (c) 技術的な問題解決や品質プロセスへの社会的または非技術的な影響を認識する力の無いこと、などに対して雇用者たちは不満を表明した。そして多くの国家的なレポート<sup>17</sup>が工学教育を変革すべきだと主張した。

このような批判を受けて、1992年頃に始まった米国の技術者協会や ABET における検討は、1994年には大学総長、学部長、教職員、また経営者や民間のプロフェッショナル、州や政府の研究者など125人以上からなるワークショップによって EC2000 に纏められ、パブリックコメントを経て1996年に承認された。」<sup>18</sup>

### 1.3 JABEE の意義

日本の教育現場では、JABEE による工学教育改革を“外圧”、すなわち国内の理由では無く、もっぱら国外に起因するものとして消極的に受け止める傾向がある<sup>19</sup>。しかし、そのように考えてよいのは、1.2節で見た米国における工学教育への批判が、今の日本の工学教育に当てはまらない場合だけであろう。しかし1.1節で見た日本における技術行為者への批判は、米国における批判内容に極めて似ていることは、次に示すように明らかである。

まず、1.1-(1) 技術的な事故や不祥事とその予防要求や、1.1-(2) 行為者が自らの利益を公益に優先させているのではないかという疑いは、技術的な問題解決や品質プロセスの際に、技術的なこと以外への配慮が必要なことを示しており、これらへの社会的または非技術的な影響（1.2-かぎ括弧内(c)）そのものと見ることができる。また、1.1-(3) 公衆道徳や、説明などのコミュニケーションにおける倫理性の要求は、コミュニケーション力の乏しさ（同(b)）と関係が深い。さらに、1.1-(4) 複雑で不確実で曖昧な状況に対応できる人材への要求は、競争的で創造的なグローバル市場におけるプロフェッショナル・スキルの欠如（同(a)）そのものである。

そして、米国では軍事技術の時代から民間技術へと経済をリードする時代へと変化し、1980年代までに技術者に対して創造性などの新たなスキルが要求されたのと同様に、日本でも欧米の先進国に追いつけ追い越せでやってきた時代が終わったときに、従来の先進国の物まねではなく、独創性が求められるようになった。経済構造の変化の中で、複雑な問題に立ち向かい創造的に解

16 Lattuca et al.2006-2 の初めの部分を、筆者が意識・要約した。

17 例えば、ASEE 1987, NRC1985, NSB1986, NSF1989 などが挙げられている。Lattuca et.al. 2006-2 参照。

18 EC2000 の成立過程で、産業界、技術者協会、工学教育界などの幅広い議論や取組みがあった米国と、同等の基準を JABEE によって工学教育界が先行して受け入れた日本とは、大変事情が違っている。2.1 節に見るように JABEE は困難に直面しているが、日本の産業界や技術者が JABEE の運動に積極的に関与していないことが、その背景的な原因になっている。JABEE が 1.1 節で見た日本の社会要求に応じて本質的な成功をおさめるためには、技術者教育への要求をそのような日本の事情に馴染むように“内容を薄める道”ではなく、この運動への“技術者の参入・協力を図る道”が選択されるべきである。

19 例えば菊池 2004 は、「近年の日本における技術者倫理は、APEC 対応が発端で、『産業指向(科学技術創造立国)』『外圧』『上から』『技術者倫理と限定したところから出発』を特徴としており、米国とは対照的」(9頁)と指摘している。また本稿時点においても、JABEE 関係者によれば、JABEE 認定から撤退する動きが工学高等教育機関の中に現れてきているそうである。その受け止めの消極性がうかがえよう。

決できる能力が技術者に求められるようになった状況も、日米共に同じなのである。

このように ABET が EC2000 でラディカルに工学教育を変更しようとした米国の状況は、JABEE が登場した日本の状況と極めてよく似ている。そのような状況に立ち向かう教育改革として、米国の技術者協会と工学教育界を中心とした議論によって生み出されたのが EC2000 であり、それを日本に導入したのが JABEE である。JABEE の運動を単なる外圧として軽視するのは、米国と類似した事情にある日本の工学教育の問題を直視しない態度でもあるだろう。本稿の狙いは、技術者倫理教育を JABEE の成功に結びつける内容として確立することである。

## 2. 工学教育の三つの弱点の相互関係と技術者倫理の課題

JABEE の課題における技術者倫理の位置や役割を考えるためには、ABET などから指摘された日本の工学教育の三つの弱点：エンジニアリング・デザイン、技術者倫理、コミュニケーションが、それぞれ現時点における日本の工学教育のどのような問題と対応しているのか、またその解決における各課題の関係について確認しておく必要がある。

### 2.1 三つの弱点から見た工学教育

#### (1) 技術者倫理教育者の立場

「従来の工学教育に技術者教育として不足しているのが、技術者倫理、エンジニアリング・デザイン、コミュニケーションである」という指摘は、この三つがそれぞれ独立した弱点であるかのような印象を与える。そして技術者倫理教育者の多くもそのように理解していると思われる。より正確には、工学系・技術者 OB の多くはそのように独立した課題と受け取り<sup>20</sup>、人文社会系の研究者もこのような見方に少なくとも明確な批判はしていない<sup>21</sup>。このことは、1.1-(3) 公衆道徳や、説明などのコミュニケーションにおける倫理性要求を技術者倫理から除外していることにも<sup>22</sup>、また 1.1-(4) 複雑で不確実で曖昧な状況に対応できる人材の輩出をエンジニアリング・デザインの課題とみなし、それとの関係で技術者倫理を捉えなおしていないことにも<sup>23</sup> 現れている。

20 例えば、化学技術者 OB である中村ら 2009 は「守備範囲を、(中略) 技術者個人(単数または複数、以下同様) が仕事のうえで、倫理にかかわる問題に出会った場合に、どのように対処するべきかに限定する」(11 頁) と述べている。また、技術士(=プロフェッショナル・エンジニアとして国際同等性を持つ日本の国家資格) でもある杉本ら 2008 は、「理工系学生や技術者は、すでに、してよいこととしてはいけないことの区別がつく。技術者としての生活において、倫理の実現を妨げる要素があるとき、それに対処する手がかりを与えること、そしてそれに立ち向かう勇気を与えること、それが倫理教育の目的といえよう。」(17 頁) と述べ、両者とも、仕事の中身であるエンジニアリング・デザインやそれに付随するコミュニケーションが原因して倫理問題が発生するような状況は想定しておらず、そのような側面からの事例も扱っていない。

21 例えば、札野 2004, 2009 は「Philosopher-Engineer を目指して」と題する章の中で、「『人類の利益』とは何かという『価値』に関する根本問題に当事者として対峙できなければならない。」とし(札野 2004, 331-2 頁、札野 2009, 223-4 頁)、札野 2004 では続けて、「さらに、科学技術に直接関わる『価値』だけではなく、その他のさまざまな『価値』についてもバランスを取りながら最適な『判断』ができなければならない。このような判断は、時として政治的なものとなり、ワインバークのいう科学技術をこえた領域での意思決定の世界、すなわちトランス・サイエンスの問題である」と述べ、実質的にエンジニアリング・デザインやコミュニケーションが問題となるレベルの倫理も要求してはいる。しかし、他方ではこの二つのいずれかの領域と明示的に関連付けるような事例の扱いは見られない。その点で技術者倫理の具体的な内容としては工学系・技術者 OB と同じ態度を取っているとと言われても仕方が無いのである。

22 例えば、杉本ら 2008 では「技術者の説明責任」を論じた箇所では「技術者には、2 種類の人間関係がある。特定の業務の相手方との人間関係と、不特定多数の公衆を相手とする人間関係とである。」とした上で、公衆との関係について、「科学技術との関係で、公衆は『よく知らされたうえで同意』をするために、『知る権利』(right-to-know) があり、これに対して、技術者は、公衆の信頼を得て公衆が納得するように「情報を開示」する責任がある。」と主張するのみである。公衆に対して直接説明責任を果たす可能性については「公衆は(中略) いくら説明しても、技術者ほど理解できるはずがない」として、信頼感を与えることの大切さを説き、その方法として情報開示の必要性を説くに留まっているのである。(169-70 頁)

23 エンジニアリング・デザインと技術者倫理との関係については、両者の類似性の観点からむしろ人文社会系がよく扱っている。例

しかし、社会あるいは非技術的なことが技術に及ぼす影響の一つである技術者倫理を、他者との相互関係という意味で社会的な行為であるコミュニケーションとも、社会や他者を含む複雑で不確実で曖昧な状況に対応するエンジニアリング・デザインとも切り離せると判断するには、次の五つの条件が整っていることが必要なはずである。

すなわち、公衆道徳やコミュニケーションと切り離せるかどうかについては、①これらの倫理的側面が別の教育科目として既に確立しているか、②記者会見などに現れるような社会とのコミュニケーション的な側面の倫理性が技術的な行為に影響を与えるものではないか、さらには③コミュニケーション能力の不足が技術的な事故や不祥事の原因になっていないか、という三つの条件が関わる。またエンジニアリング・デザインと切り離せるか否かについては、④エンジニアリング・デザインのスキルを欠くことが倫理的に問題視されるような行為に結びついていないか、⑤逆に何らかの倫理的な能力がエンジニアリング・デザイン能力に影響しないか、が関わる。

これらのうち①の条件については、いまや社会の構成員一般に必要と考えられていることから、ここでは除外する。問題は②～⑤の条件である。2.2節では④と⑤から見ていくことにするが、その前にエンジニアリング・デザインとは何かについて確認しておく。

## (2) エンジニアリング・デザインとは何か

エンジニアリング・デザインのスキルとはどのようなものであろうか。また、それを欠いた工学教育にはどのような問題が生じるのであろうか。実はエンジニアリング・デザイン教育に取り組んでいる JABEE も、その整備課題を達成できず困難にぶつかっているという。(大中 2009, 2010)

大中 2009 によると、JABEE が認識するエンジニアリング・デザインのスキルとは、次のようなものである。

「エンジニアリング・デザインとは、数学、基礎科学、エンジニアリング・サイエンス（数学と基礎科学の上に築かれた応用のための科学とテクノロジーの知識体系）および人文社会科学などの学習成果を集約し、経済的、環境的、社会的、倫理的、健康と安全、製造可能性、持続可能性などの現実的な条件の範囲内で、ニーズに合ったシステム、エレメント（コンポーネント）、方法を開発する創造的で、たびたび反復的で、オープンエンドなプロセスである。」「実際のデザインにおいては、構想力／課題設定力／種々の学問、技術の総合应用能力／創造力／公衆の健康・安全、文化、経済、環境、倫理等の観点から問題点を認識する能力、およびこれらの問題点などから生じる制約条件下で解を見出す能力／構想したものを図、文章、式、プログラム等で表現する能力／コミュニケーション能力／チームワーク力／継続的に計画し実施する能力などを総合的に発揮することが要求され、そのようなデザインの能力は内容・程度の範囲が広く、デザイン教育は技術者教育を特徴づける最も重要な要素であり、対象とする課題はハードウェアでもソフトウェア（システムを含む）でも構わない。」(大中 2009, 2, 4 頁)

要約すると、「エンジニアリング・デザインとは、工学的その他の専門知識を現実の問題状況に対して適切に適用していく創造的で総合的な作業」であり、そこに働かせるべき知恵は、まず数学、

例えば Whitbeck 2000 では「設計としての倫理」という一章があり、札野 2004 ではその考え方を踏襲している。大石 2009, 2011 ではその両者の類似性をプラグマティックな解決をすることに求めている。その一方で、工学系・技術者 OB の中で設計の不確実さやその中にある曖昧さの中で倫理問題を捉えているのは、現時点では比屋根 2012-2 だけと思われる。



基礎科学、エンジニアリング・サイエンスなどに人文社会科学等の知識も加えたものである。そして、それらの知恵を適用した方法（システム、エレメント、コンポーネント）は、適用された知識に対する内的な合理性を持つことになる。またその方法は、経済的、環境的、社会的、倫理的、健康と安全、製造可能性、持続可能性などの現実的な条件に対して合理的であるという意味で、外的な合理性も求められることになる。このような内外両面からそれぞれに合理性が求められる適用のプロセスは、内的合理的に組み上げられていく方法が、外的な合理性をどの程度満たしているかを確認しつつ、その不足を解決するように内的合理的に組み直す、といった反復的なプロセスにならざるを得ない、ということであろう。

また、そのとき考慮すべき外的な制約条件は、初めから全てが決まっているわけでも決めることができるわけでもない。例えば、製品寿命と製品価格という二つの特性の単純な組み合わせを考えても、短寿命・低価格製品を何回も買い換えるか、高価な長寿命製品を買うかは、最初から条件として与えられるものではなく、検討すべき製品群があって初めて具体的に比較すべき条件が明らかになるものである。それぞれの方法の持つ個別的な特性（力学的、化学的、生物学的、情報システムのなどの工学的特性と、時間的、経済的、環境的、社会的、倫理的、持続可能性などの諸特性が、その方法に特徴的にバランスしている）に特有な制約条件が生まれ、それに対して個別に評価を下し、望ましい条件を満たすために残された問題を明らかにして、更にその問題を含む全体としての要求を満たせるように検討していく。このような、決して網羅的ではなく、実際の検討文脈に依存した反復のプロセスは、検討すべき方法の組み合わせが際限なく考えられるために、本質的にオープンエンドなプロセスにならざるを得ない。エンジニアリング・デザインに関する大中 2009 の定義は、以上のようなことを述べている。

この定義を問題解決という側面から見ると、問題は最初から明らかなことは少なく、一般には曖昧で条件が確定していないところから出発し、反復的な検討プロセスを進めることで、適切な解法とともに、その解法に条件付けられて問題そのものも同時に明確になっていく、ということになる。問題解決のプロセスは、曖昧な問題状況を解決可能な方法によって明確にしていくプロセスなのである。

このようなエンジニアリング・デザインのプロセスは、工学的知識を現実に適用するプロセスであるから、工学等の合理的な知識を生み出す活動の対極に必ず働いていたはずである。工学を担う研究教育機関ではその必要性を認識していなかったにしても、技術の適用の現場ではエンジニアリング・デザインは重要なスキルであり続けているに違いない。工学教育が1980年代までこのようなスキルに無関心でいられたのは、このプロセスが本質的にオープンエンドであるにしても、実際には極めて限定的な条件のみを対象に、少ない反復だけでも問題ないと考えられてきたことにもよる。その頃までは、現実の問題は今ほど複雑で不確実で曖昧だとは考えられていなかったのである。

### (3) 工学教育の本質としての「技術プログラム」

一方、従来からの工学教育における工学とはどのような知恵であろうか。あるいは工学教育は技術をどのように認識しているのだろうか。これらについては今でもよく参照されている定義、

日本の8大学工学部長懇談会による検討会の次の定義がある<sup>24</sup>。

「工学とは数学と自然科学を基礎とし、ときには人文社会科学の知見を用いて、公共の安全、健康、福祉のために有用な事物や快適な環境を構築することを目的とする学問である。工学は、その目的を達成するために、新知識を求め、統合し、応用するばかりでなく、対象の広がりに応じてその領域を拡大し、周辺分野の学問と連携を保ちながら発展する。また、工学は地球規模での人間の福祉に対する寄与によってその価値が判断され、その成果には社会的責任を持つ。」

「工学教育とは技術者・研究者に必要な工学におけるスキルと知識を与えることである。スキルとは『物事を正しく行うことの出来る能力』であり、また『問題と解答との間のスペースを埋めることのできるプロセスを構成する能力』である。工学に関するスキルによって技術者・研究者は専門分野の知識を駆使し、関連分野の知識を関連付け、統合し、また、その後の学習の習慣を身に付ける。」

「技術とは自然や人工の事物・システムを改変・保全・操作して公共の安全、健康、および福祉に有用な事物や快適な環境を作り出す手段である。それらの人間の行為に知識体系を与える学問が工学である。」

「技術者とは工学を駆使し、技術にかかわる仕事をする職業人である。」

ここで示されている工学像は、次のように解釈できる。

工学とは、数学と自然科学を主とし、必要に応じて人文社会科学の知見を用いて、有用な事物や快適な環境を作り出す手段に関する知識体系である。技術者は工学という知識手段を用いて技術的な仕事をする。しかし工学教育が育成するスキルは、工学知識から内的合理的に組み上げる意味で「物事を正しく行うことの出来る能力」であり、「（確定された）問題」と解答との間のスペースを埋めることのできるプロセスを構成する能力」であって、エンジニアリング・デザインのような“問題を確定していく”能力、すなわち適用の能力は含まない。その理由は恐らく、適用のスキルについては特に高等教育機関で扱うべき内容では無く、‘テクニカルな問題’として技術の現場に任せてよいものと見なされているからである。そのような認識から、工学は適用の成果が地球規模での人間の福祉に対する寄与によって価値評価されるとき、適用者である技術者を飛び越えて、あるいは技術者を工学者に含める形で、その成果に直接的に社会的責任を持つことを表明するのである。

しかし、このような考え方は、工学としては当然なのである。なぜなら、工学は科学の発展により社会発展に寄与するというF. ベーコン以来の産業主義の思想を体現するのがその役割だからである。そこには、上位に数学や基礎科学を置き、そこから応用科学や工学を導き出し、さらにそこで作り出された方法論的な知識を技術者が現場で実践する、という知識の適用の流れが想定されている。工学が担当するのは、技術者が現場で活用できる上位の知識を作り出すことであり、その上位の知識を持った人材を社会に供給することである。そして技術者がその知識を適用することによって社会は科学技術の恩恵を受け発展することができる。

24 工学における教育プログラムに関する検討委員会 1997 (92 頁) で報告された定義であり、現在でもしばしば引用される。

このような構想に基づく工学の研究教育の役割分担を「技術プログラム」と呼ぶなら、「技術プログラム」は1980年頃までは米国でも日本でも根本的な批判を受けることなく社会に貢献できていたのである<sup>25</sup>。

しかし、「技術プログラム」は米国においては1980年代から批判され始め、1990年代末にはその応答としてEC2000が提示されたのであった。この時期は同時に、技術者倫理への要求が高まってきた時期でもあり、その背景には様々な不祥事や事故の発生があったと認識されている。この「技術プログラム」教育の問題が明らかになった時期と、技術者倫理を要求する背景となった事故や不祥事の時期が重なっているため、この二つの間の関係を検討してみる必要がある<sup>26</sup>。

## 2.2 「技術プログラム」と「倫理的配慮の欠如」との関係

ここで2.1(1)の最初の問題、すなわち、④エンジニアリング・デザインのスキルを欠いたことが倫理的に問題視されるような行為に結びついていないか、逆に⑤何らかの倫理的な能力がエンジニアリング・デザイン能力に影響しないか、という問題に議論を戻すことにする。

### (1) 多面的教育を欠いた理工系教育と「倫理的配慮の欠如」

エンジニアリング・デザインのスキルには、2.1(2)で見たとおり、工学をはじめとする理数系教育以外にも、人文社会学や、経済的、社会的、文化的、倫理的その他の様々な知識を必要とすることが指摘されている。それに対して「技術プログラム」に基づく日本の理工系教育の現実を見ると、特に思春期～青年期という人間形成の大切な時期に、受験もあって、理数系に偏った教育がなされている。

そのような中では、教育で疎かにされた知の領域については、一般常識以上のことは知らなくてもよいから、科学技術の専門家になっていく学生達は、そのような領域の知がどのようなものかの感覚も、あるいは知識体系として纏まった何かがあることに気づかないままでも教育を修了することができる。その一方で数学や基礎科学を頂点とする技術的に合理的な知識体系だけを教え込まれば、その技術の内的な合理性だけを合理的な知識体系と認めてしまうとしても不思議ではない<sup>27</sup>。

実際、今でも日本の技術者や工学者の中には次のような主張が存在し、それがまかり通る風土が残されている。

「我々は工学的技術的に合理的な解決をしているのである。素人が口出しするのは、かえってそ

25 F. ベーコン以来の産業主義の思想、上位の数学や基礎科学から応用科学や工学を経て下位の技術者が適用する方法的な知識に至る適用の流れ、「技術プログラム」という考え、あるいは1980年代から米国社会で「技術プログラム」が信頼を失ってきたという状況認識などの全ては、ショーン (Schön A. Donald 1983) による。この中でショーンは、エンジニアリング・デザインにおける知の働きを「省察的実践 (Reflective Practice)」というアイデアを使って明らかにしようとした。本稿における「技術プログラム」とエンジニアリング・デザインの対照は、ショーンにおける「技術プログラム」と「省察的実践」の対照と同じであるが、そのスキルの内容としてはショーンの「省察的実践」はまだ曖昧なため、本稿では代わりに大中 2009 のエンジニアリング・デザインを採用した。

26 長島 2006 は、コミュニケーション教育について、「筆者の考えでは、技術者が社会のニーズを読み取り、理解する訓練も含めることが望ましい。一方的に発表すればよいのではなく、双方向であることへの配慮、相手が個人と社会の両方であるという意識、である。技術者の社会性や独善が指摘されることへの対応のひとつである。」(28頁)と述べ、コミュニケーションの課題が、社会のニーズを読み取り、理解するというエンジニアリング・デザインの課題にも関係し、それが技術者の社会性や独善などの倫理の課題にも関係していることを指摘している。本稿の以下の部分は、長島 2006 の主張をもう少し分析的に論証していくことになるだろう。

27 工学部の1年生と2年生に「経験的の科学とそうでない学問を分けよ」という問いに対して、1年生は理系科目のみを、2年生は自らの専門領域のみを経験的の科学に分類する傾向が見られたという報告(青木 2011)がある。



れを乱して誤らせることになる。」「リスクの発生確率がほんの僅かであれば、それはゼロと見なせると主張すべきではないか。(そうしないと、素人から余計な口出しをされて困る。)<sup>28)</sup>」

このような工学教育の風土の中で教育を担いまた受けてきた工学者や技術者が、現実の複雑で不確実で曖昧な状況に取り組み、技術的な判断をするとき、エンジニアリング・デザインの本質的にオープンエンドな反復プロセスを、自らの持つ技術の内的合理性による判断だけで打ち切り、その外部にあるはずの合理的な知の審判にかけないことが起こりうる。その結果、「倫理的配慮の欠如」したものとして批判されることになる。

このような例として、原子力におけるシビア・アクシデントへの対策要否の判断を挙げることができる。工学者・技術者など原子力技術の推進者たちは、シビア・アクシデントのリスクを見積るとき、その原子力技術の内側で評価可能な‘発生確率の低さ’だけを評価して、このリスクは考慮しなくてよいと主張した。しかし、リスクとは工学的にも「危害の発生確率×危害のひどさ」という二つの要素の組み合わせによって評価されるものである。そのうち「危害のひどさ」は、原子力技術以外の国土や生活・経済活動全般に関わることであるから、外的な合理性によって評価し判断されるべきものはずである。そして、もし外的合理性から先に判断したなら、「危害のひどさ」だけから「原発そのものを止めるべき」という結論を出すこともありえたのである。しかし、工学者・技術者など原子力技術の推進者たちは、自らの内的合理性によってのみ判断ができる範囲でオープンエンドな検討を打ち切り、「倫理的配慮に欠け」た、自らに都合の良い結論を出してしまっていた。

そしてこのような技術の内的合理性だけで判断を終わらせようとする態度は、その外側からの要求や批判を「非合理的」な意見として退ける態度に繋がり、このことがコミュニケーション上も非倫理的で独善的な態度となって現れる。

## (2) 理論偏重の「技術プログラム」教育の弊害と「倫理的配慮の欠如」

教育の中で重視されなかったことだけでなく、「技術プログラム」に基づいて重視される教育内容にも次のような問題が指摘できる。「技術プログラム」は、科学的な知識を応用して技術的な方法を実現することを目的としており、応用の始まりは既に正しさが確認された知識であり、その理論に合致していることが正しさの必要条件となる。そのような教育を受けることによって、観察事実や実験事実よりも理論的な正しさを“正しさ”の基準と見なそうとする習癖を生んでいる可能性が高く、それが弊害になっている。

実際、「その判断が正しいかを確かめよ」と命じられると、教科書を開いて判断根拠とした理論が間違っていないかを確かめはするが、現実はどうなっているかを確かめようとしないということが技術の現場でもしばしば起こる。それでは現実には起こっていることと整合しない判断が下されることになり、その上に立てられた方策も間違っただけのものにならざるを得ない。そのような失敗経験から、技術の現場では“三現主義”<sup>29)</sup>すなわち、「現場・現物・現実で確かめる」という耳慣れ

28 このような技術者や工学者の主張は、筆者の元勤務先の技術企業で、あるいは工学系学会の会合でよく耳にしてきたことであり、本稿執筆の二ヶ月前にも耳にしたことである。技術者や工学者が皆そのような考えているわけではないが、一部の主張として根強くあること、皆多少とも影響を受けているのは確かである。

29 三現主義には二つの定義がある。一つは産業界で従来から使われてきた「現場・現物・現実で確かめる」であり、ここでもそれを採用している。もう一つは、畑村洋太郎が提唱する「現地・現物・現人」であるが、両者の狙いは同じところにあるだろう。(比屋根 2012-2, 7-8, 41-2 参照)



ない用語をあえて用いて、事実を確かめる行動をイメージさせるとともに、その大切さを強調しなければならないのである。

そして理論的な正しさの方に目を向け、現実には起こっている害悪に目を向けないために、対処を誤ったり、遅れたりして被害を広げてしまう「倫理事例」は、今も目前で繰り返されている。福島第一原発事故の際にアメリカから届けられた放射能汚染の実測マップを活用しなかったことについて関係者が謝罪したのは、正にこの事例である。また、同原発の水素爆発後の実際の状況を最初に伝えたのが、間近にいる日本の原発技術者たちではなく、米軍による超高空からの映像であったことは、日本の「技術プログラム」教育が現実確認をいかに疎かにしてきたかを、米国との比較において鮮明にした。

また、科学はその新たな知を生み出す最先端では、技術と同様に試行錯誤が必要であり、既存の理論や技術的な手法を様々に組み合わせて科学の目的を達しようとしているはずである。そういう面から見ると、科学の最先端はエンジニアリング・デザインの特例ケースであり、そこでは観察事実や実験事実に基づくことこそが大切である。しかし、「技術プログラム」は、その知を生み出す最先端の科学の営みよりも、生み出された知を出発点として実際に応用することを重視するため、教育学習から研究生活に入るときにギャップが生じている<sup>30</sup>。「技術プログラム」に基づく科学の知識偏重教育は、研究者養成にとっても弊害になっている可能性が高いのである。

そして、科学的知識を正しさの基準と考えるという誤解は、現実には即して発信される外部からの要求や批判を、「非科学的」で考慮に値しない意見として退ける傾向を生み、このことがコミュニケーション上も非倫理的で独善的な態度となって現れる。

### (3) ルールに従っていけば正しいという幻想と「倫理的配慮の欠如」

工学的技術的に合理的な判断をする上で、規格や基準、仕様などに定められたルールに従うのは重要なことである。技術の内的合理性も、大きく見ると試行錯誤的な実践によって洗練されていくものである。自然科学上の誤りが明らかになった場合（例えば、建築基準の耐震設計）には基準を変更して対処している。また、技術的な営みの中では、合理性のために、部品・尺度・技術評価基準など、様々な標準化を行なっている。これらと同様に、公害対策として環境基準を設定したり、また視覚障害者用の点字ブロックのように、技術の外側からの批判に応じて基準を加えたり変更したりもしている。このように技術の内的合理性は、科学的な知識だけでなく、技術の営みの社会的な合理性や価値を含む外的合理性からの要請も含めて、コード化され蓄積されていくものである<sup>31</sup>。

しかし「技術プログラム」に基づく‘知の下流への適用’型の教育においては、先ずこれらのコードが守るべき法則やルールとして提示され、これを間違いなく適用する技能を養うことが求められる。コードを形作る上で働いたはずの様々な価値判断は、その知識からは概ね省略され、全てのコードは、自然科学上の知識と同様に、あたかも事実のみから導き出された客観的なルールであるかのような姿になっている。これは直接次のような解釈に結びつく。すなわち、技術は

30 ある理学部の教授によると、理学部の学生もそれまでの教育から研究生活に入ると、研究という理論で割り切れない手探りの試行錯誤に慣れるのに暫く時間がかかるという。これは、科学研究者教育としても「技術プログラム」に基づく教育が弊害になっていることを示しているだろう。

31 このようなコードの考えは、Feenberg (Andrew Feenberg) 1995 の技術コードと同じである。

事実によってのみ判断できるという誤解であり、ルールに従っていれば正しいはずだという思い込みである。そしてルールに違反しているか否かという視点からのみ、その行為の価値判断ができるものと考えてしまう傾向が生まれる<sup>32</sup>。

多くの技術者倫理の事例が教えるのは、法律に明確には違反しているとは言えない行為が非倫理的な帰結に結びつくことである。例えば、ジェットコースターの車軸検査に対し、定期的に探傷試験を行なうべきという JIS 規格の規定は、それが法的強制力を持たなかったために、死亡事故が発生するまで多くの技術者がその規格の存在すら知らなかったのである<sup>33</sup>。

技術的なルールをあたかも客観的なルールであるかのように見なす錯覚あるいは習癖は、コミュニケーション上の非倫理性にも繋がっている。技術の行為者たちが判断理由を語るときにしばしば用いる、「それがルールということでやっていますから」という文句は、私的なルールでさえも純粋な事実であるかのように扱う態度である。そして意識的か無意識的かはわからないが、判断者がルールを盾に、そこで前提されている価値観に触れないように説明しては、説明を受ける側は、明確な理由が隠されてしまうために不誠実で非倫理的な対応をされたという印象を受ける。あたかも事実のみから判断が生まれるかのように誤解し、または装い、自らの価値観を隠すような、多くの技術行為者の言い方が、外部から社会性を疑われる原因になっているのである。

#### (4) 倫理にも斉一性があるという誤解と「倫理的配慮の欠如」

科学的知識は客観的であり、原理的には誰もが再現可能で確認できるという斉一性を持つ。そのような科学的知識を頂点とする「技術プログラム」教育や、知識を覚えさせて使えるように訓練したり、正しい答えを導き出せるかをテストしたりするような知識中心の教育方法によって、学生達は全ての問題にはただ一つの合理的な答えがあるかのような先入観を経験的に植え付けられている。そして、よく学んでこなかった価値や倫理についても、そこにただ一つの正しい答えしかないと考えられるようになるなら、それ自体が非倫理的な判断や行為を生み出す原因になりえる。なぜなら、現実の行為には行為者と被行為者という非対称性があるために、斉一性を前提に考え出された行為には、価値や倫理への配慮がどうしても欠けてしまうからである。

例えば、技術的なサービスの提供者とその利用者が、何を倫理的と感じるかは違うので、提供者側が込めた技術的なこだわりの多くは、利用者側には一般には大した意味を持たないという齟齬が生じる。またこれが加害者と被害者という関係に発展したとき、加害者には人生で幾つかある間違いの一つであり小事かもしれないが、被害者にはそれにより人生が大きく変わってしまう一大事となったりするという非対称性がある。

また例えば、技術者が過ごす日常は、トラブルの絶えない試行錯誤であり、トラブルや事故に対してもある種の慣れができていくかもしれない。しかし、技術サービスを受ける側の日常は、故障や事故が起きないのが当たり前である。このような違いは、同じ事故に対するリスクの感じ

32 実際、技術の現場では、規格に合っているかどうか最も問題になるのであって、規格に合うことをやっていれば、大きな問題にはならないと考えられがちである。例えばある原子力技術者は、福島第一原発事故が起こるまで、定められた安全規格を守ることに神経を注ぎ、それが安全を確保することになると考えてきたが、事故が起こったことによって初めてその考えが間違っていたことに気づいたと、筆者に打ち明けている。この場合、コードを守ること自体が価値として働いており、コードに盛り込まれた価値は意識されていなかったことになる。

33 2007年に発生したエキスポランドのジェットコースター事故をきっかけに、全国のコースターを調査したところ、4割近い119基でJISに定められた探傷試験を行なっていないことが判明している。

方にも違いを生み出し、それに伴う責任の大きさや倫理性の評価に対する感覚も違えさせてしまう。

そして、技術的な日常体験を含む専門知識の有無も、安全という技術行為者が確保すべき基本的な性質にさえ影響する。例えば、2009年に発売されたトヨタ自動車の3代目プリウスの事例では、開発技術者たちが「ちょっと違うだけ」と評価したブレーキ感覚の差が、ユーザーにとっては対処不能となり、追突事故を起こす原因になっていた。専門的な知識の有無は、リスク認知にも影響するのである。(比屋根 2012-2, 119-22 頁参照。)

このように、倫理にも科学と同様に斉一性があるとみなす誤解は、そこに働かせるべき倫理的配慮を不十分にさせるだけでなく、安全という基本的な配慮をも不十分にさせる可能性がある。

そして倫理の不斉一性、非対称性への配慮の欠如は、同時にコミュニケーション不全の原因にもなる。斉一性を前提とするなら、技術者の認識する事実と、それへの倫理的な価値評価から導き出された結論は、説明しさえすれば技術の外側の人々にも理解されるはずである。しかし、現実の説明では、事実も価値判断もどちらの説明も、この斉一性に立つ限りうまくいかない。そして、聞く側が納得してくれない状況にどう対応すればよいか分からず、途方に暮れて最初と同じ説明を繰り返すという、技術行為者の記者会見でよく見られる光景が生みだされるのである<sup>34</sup>。

#### (5) コミュニケーション能力の不足と「倫理的配慮の欠如」

(1)～(4)では、「技術プログラム」に基づく教育が、その知識構造の故に、またそれ以外の構造を無視することによって「倫理的配慮の欠如」と言われるような事態の原因になりうること、またコミュニケーション不全の原因にもなっていることを見てきた。そして(4)では、コミュニケーション不全の根本にある、科学の斉一性をそれ以外にも普遍化し適用する態度を指摘した。(1)～(4)では同時に、記者会見などに現れる社会とのコミュニケーションの側面における倫理性が、技術的な行為に現れる倫理性に影響を与えるのではないかという問題②に対して、二つの倫理性の多くは同根であることを示して回答を与えた。

次に検討すべき問題は、③コミュニケーション能力の不足が技術的な事故や不祥事の原因になっていないかである。

例えばJCO 臨界事故を招いたのは、放射線技術者が現場作業員に臨界の危険性とその回避の考え方をうまく伝えていなかったことが原因であった。また、チェルノブイリ事故も製造者である中規模機械製作省から運転者である電力電化省に、低出力運転の危険性が明確には伝わっていなかったことが原因の一つであった<sup>35</sup>。

コミュニケーション能力の不足が技術的な事故や不祥事の原因になるのは、技術が組織的・社会的な営みである以上、当然のことである。技術は様々な専門性を持った要員が協力・協働して実現するのであるから、そこには必ずコミュニケーションが必要である。また、技術がその外側から評価を受ける際にも、それを理解するためにはコミュニケーションが必要だからである。

34 科学技術の国民への「理解増進」は、正にこのような発想からの政策であったろう。その否定が「科学技術コミュニケーション」という双方向コミュニケーションの政策だったわけだが、その必要性の根拠として指摘されるのは、トランス・サイエンスの領域の存在である。しかし、その根源には、このような科学のような斉一性の成立しない“正しさ”の領域の存在、科学の斉一性を科学以外の全てに普遍化したくなるような「技術プログラム」に基づく教育があることを指摘しておく。

35 コミュニケーションあるいは情報伝達の問題としてJCO 臨界事故とチェルノブイリ原発事故をどう捉えられるかについては、比屋根 2012-2、80-90 頁参照。



## 2.3 工学教育の三つの課題の相互関係

### 2.3.1 自分で現実に立ち向かって考える力の欠如の原因としての「技術プログラム」教育

2.2-(1)～(5)の全てに共通するのは、理論や誤解、先入観や習癖の目から現実を解釈する態度であり、ありのままの現実を直視してそれに向き合う訓練を受けていない技術者や工学者が輩出されている現実である。彼らは、「技術プログラム」が重視する技術の内的合理性だけにとらわれ、現実的にいろいろな人々に様々な方法で影響を与えている技術というものに携わっているにもかかわらず、その外側の存在に向き合おうとせず、自らの狭い技術業務の立場から全てを押し量ろうとしてしまうし(2.2-(1))、理論偏重の判断では目の前の現実に向き合えないことになる(2.2-(2))。また、現実の価値の多様性に向き合えていないために技術的なコードの合理性を押し付けることになるし(2.2-(3))、異なる事実認識や価値観を持つ他者、すなわち科学の斉一性の届かないところにいる人々とうまく向き合えておらず(2.2-(4))、他者と正面から向き合えないために、自らに対して働く、立場や経験や知識によるバイアスに気づかずに相手への配慮を欠くのである(2.2-(5))。

このように、工学者や技術者の多くがありのままの現実に向き合えないのは、抽象化され一般化された科学的知識をまず教え込み、そこから考えさせる「技術プログラム」教育によって、現実から遊離した視点からしか考えられなくなっていることが大きな原因である。自らはそのような客観的な立場にはありえないにもかかわらず、そのような“仮想的な客観的真理”の視点からしか捉えられないところに、科学技術の内的合理性にのみ注目する「技術プログラム」教育としての従来の工学教育の、人間教育あるいは社会性教育としての弱点がある。

### 2.3.2 JABEEの三つの課題の相互関係と技術者倫理教育の役割

ここでは、2.3.1を踏まえて、日本の工学教育の抱える問題の先にある、工学教育改革が達成すべき課題、その技術者倫理教育が果たすべき役割という側面から、これらの関係を捉えなおす。

#### (1) エンジニアリング・デザインにおける技術者倫理教育の関係と果たすべき役割

工学教育が立脚する「技術プログラム」、技術の内的合理性のみを扱うことの弊害の指摘・批判は、技術者倫理の最初のハードル、いわば出発点とすべきである。なぜなら、抽象的・一般的・客観的で第三者的な科学知という抽象化された“仮想的な客観的真理の立場”から、現実の中で生きて活動し、現実の問題に向き合い、その問題を直視して解決する“行為者の立場”に転換することによって始めて、技術者は思考や判断における自律性という倫理的な土俵に立てるようになるからである。

そして、“行為者の立場”で、現実に知を適用し問題解決していくスキルがエンジニアリング・デザインであり、それこそが技術者として本来求められている役割を自らの力で果たしていく技能(=技術者の美德)である。このような技能の教育は、地に足の着いた自律性が出発点となる一方、技術者がその後の実践の中で自らの役割能力(美德)を磨いていくための、最低限の準備教育であるべきであろう。つまりエンジニアリング・デザイン教育の確立は、技術者倫理教育が目指すべき最初のゴールでもある。



## (2) コミュニケーションにおける技術者倫理教育の関係と果たすべき役割

コミュニケーションは様々な専門性の協力関係が不可欠な技術の営みにおいて、その協力・協働を成立させる条件であり、技術の組織的営みを倫理的に運営させるための事実認識の共有化においても、価値観の共有においても、意思決定や行動においても重要で基本的なスキルである。

そしてコミュニケーションは、非斉一性を前提とするのであるから、相手の立場を尊重し、相手の主張にまず耳を傾け、理解しようとする態度無くしては成り立たない。特に協力・協働が必要な技術の営みでは、勝ち負けを争って本質的に互いに歩み寄ることの無いディベートではなく、また理解してもらっただけのプレゼンテーションでもなく、情報伝達と価値判断の議論の場で互いに理解しあうことが求められる。このような対話では、相手がどのような立場で発信しているか、あるいはその人に特有の見方を理解しなければ、その情報の内容や発信者の意図を正確に理解することはできない。そういう面でコミュニケーションには相手を尊重するという倫理的な態度が、入り口としてまず必要なはずである。

このような態度は自然に身につく部分もある。技術の営みの内部で考え方も立場も近い相手とのコミュニケーション力は、工学教育の構成員の内部において自然に培われるであろう。問題は、異なる専門分野の人々とのコミュニケーションであり、技術的行為の外側の人々とのコミュニケーションである。異分野の人々との間では、経験や知識の違いに加え、慣れ親しみ訓練されている論理的思考の構造や方向性が違っているために、同じ言葉でもイメージすることが違い、コミュニケーションのハードルが高くなる。さらに技術的な行為の外側の人々との間には、そこに立場の違いが加わり、価値観の軸も尺度も異なるために、立場を超えて共通の価値を見出していく過程としてのコミュニケーションという困難さも加わることになる。

しかし、コミュニケーションスキルの習得には実践が必要であるから、異分野間、技術行為者以外の人々とのコミュニケーションスキルも、最終的には社会に出た後の実践によって磨くしかない。だがそのための準備は工学教育の中でも可能である。例えば、異分野の専門性の大切さや、異分野との協力・協働なくして技術の営みが成り立たないこと、立場が変われば価値観も変わることを理解させておくことはできる。この準備の内容は、技術者倫理教育にも共通の内容であるし、技術の内的合理性以外の合理性や価値の理解にも繋げることができる。

そして、技術行為者以外の人々とのコミュニケーション無くしてエンジニアリング・デザインのスキルも完成しない。なぜなら、エンジニアリング・デザインによって解決する問題は技術的行為の外側の、技術を利用する人々の側で起こるもので、評価もそこから受けるからである。その問題や評価に向き合い、自らの社会的な役割を確認できなければ、いくら技術行為者が自ら倫理的だと考えていても、望まれる役割や倫理性から外れ、客観的に見て非倫理的あるいは倫理的配慮に欠いてしまう可能性を排除できない。エンジニアリング・デザインは技術者倫理の当面のゴールであるが、そこには技術行為者以外とのコミュニケーションスキルが不可欠である。

## 2.4 現在の日本の工学教育に望まれる技術者倫理の内容

以上見てきたように、日本の工学教育を従来の「技術プログラム」教育から技術者教育に変更する課題として捉え、そのような文脈で求められる役割を考えるなら、技術者倫理教育に求められるのは次のような内容であろう。(これらの項目は、相互に関連しあっており、また内容的に重

なり合う部分もある<sup>36)</sup>。

- A. 「技術プログラム」の教育世界と、技術者や研究者、社会人として働く世界との違い  
 例えば、技術は組織で行うものであること、ミスの持つ意味が違うこと、他人の知恵をうまく使えるのも有能さであること、問題そのものが曖昧にしか提示されないこと、答えも一つに定まらないこと、専門の異なる人々との共同作業であること、有限の時間の中で仕事を誠実に処理しなければならないこと、など。(比屋根 2012-1 参照。)
- B. 倫理や価値の非斉一性、非対称性  
 立場や知識、経験などの違いなどによって、感じ方が違うこと、など。
- C. 科学や技術の認識の正しさの限界としての経験、その限界を越えていくための試行錯誤  
 常に不確実性を伴う中で正しい判断や説明が求められること、その不確かさを実害に結び付けないための配慮の仕方、など。
- D. 立場や知識、生きる場の違う者の間のコミュニケーションの難しさ  
 事実認識と価値判断の二つの面からのコミュニケーションの必要性、など。
- E. 法律や規則などのルールと技術者としての創造との関係  
 法律や規則に従うだけでなく、創造の先端では自らルールや規格を作り出す責任の自覚、など。
- F. 現実に正しく向き合うための方法論  
 三現主義<sup>37)</sup>により確認した実際と、専門的な知識だけでなくその他の知識や感覚などを含む知識とを論理的に正しく結びつけることによって現実を理解し、それを新たな知識として現実に立ち向かっていくという“自律的な思考”の大切さ、など。
- G. 様々な価値基準の考え方や、それらの適用の仕方  
 黄金律や功利主義、義務論、徳倫理だけでなく、基本的人権などの権利や同意、責任、倫理問題の性質、ジレンマなどへの具体的な適用方法・事例、など。
- H. 専門性限界への自覚の必要性  
 科学者・研究者の専門知とローカルナレッジ、つくり出す技術者の知と利用する側の知の違い、など。  
 また、本来は技術者倫理の中で扱う必然性は無いが、次のIについても扱ってよいであろう。
- I. 安全の考え方<sup>38)</sup>  
 技術の内的合理性だけから一方的に決められない、受け入れ可能かどうかという安全の考え方。  
 また、倫理性と同様にスペクトル観が役立つ領域としての安全という性質。

### 3. まとめに代えて——技術者倫理の二つの立場とその批判の限界

2章で見たように、技術者倫理教育を今の日本の工学高等教育機関に求められる役割の文脈、従来の工学教育から技術者教育に変更する文脈の中で捉えるなら、技術者倫理教育に求められる内

36 以下の項目は、比屋根 2012-2 の前提となっている考え方でもある。

37 三現主義については、2.2-(2) 及びその脚注 29 を参照。

38 安全を技術者倫理で扱うべきというここでの主張は、日本の工学教育に特殊な事情による。すなわち、安全の確保は技術者倫理の最も重要な目的であるにもかかわらず、安全に関する教育は技術者倫理ほどにも必修になっていないからである。また、安全は技術の内的合理性だけでなく、外的合理性によっても影響を受ける点で、同様の性質を持つ倫理や価値の理解にも役立たせることができる。

容はある程度限定するのが効果的で適切であると考えられる。しかし、少なくともこれまでの日本における議論では、それぞれの立場からの主張はあるものの、議論が噛み合わず、互いに影響を受けることなく平行線を辿っている。その理由を指摘することで、本稿のまとめとする。

日本の技術者倫理を幾つかのグループに分類する方法はいろいろ考えられるが、ここでは最も単純に二つに分けることにする<sup>39</sup>。その一方は、技術の内的合理性を重視する「技術プログラム」に基づく工学教育への批判を伴わないグループ (In: Internal Rationality) であり、主に工学者や技術者 (OB) などの技術の営みの内側の人々の立場である。もう一方は、「技術プログラム」あるいは技術決定論的な立場を批判し、技術の内的合理性の限界を主張し、多面的な価値観を強調する、外的合理性を重視するグループ (Ex: External Rationality) であり、主に哲学者・倫理学者、科学技術社会論など技術の営みの外側の人々の立場である。

技術者倫理の教科書には、これら二つのグループに属するメンバーが分担して執筆したものもあるし、そのほかに技術系学協会の責任で取り纏められたもの (実態としては、(In) 単独か、(In) と (Ex) の分担執筆) もあり、教科書のタイプは、(In) 型、(Ex) 型、(In) (Ex) 折衷型の三つに分けることができる。

まず、(In) と (Ex) の二つのグループを比較すると、2.1-(1) で見たとおり、(In) は、技術者や工学者は現在でも基本的には合理的な判断ができるものと考えており、技術者倫理はそのような判断や行為に際して、ステークホルダーへの影響、あるいは客観的な技術を取り巻く様々な価値を理解することによって、事故や不祥事を起こさないように注意力を働かせ、技術の外側に対して倫理的な配慮の効いた判断ができるようになるとする立場、と言えるであろう。他方、(Ex) は、技術者に「“人類の利益” とは何かという“価値”に関する根本問題に当事者として対峙し、科学技術に直接関わる“価値”だけではなく、その他の様々な“価値”についてもバランスを取りながら最適な判断ができ」ること<sup>40</sup>、つまり技術の営みの外部的な価値に正面から向き合うことを要求している。

この二つの立場は、現状の「技術プログラム」に基づく工学教育への態度としては、その基本的な正しさを認める (In) と、それを越えるべきものとする (Ex) というふうに、本来真っ向から対立するはずのものである。

しかしその一方で、折衷型の教科書を協同で作成するなど、あたかも不一致点を棚上げして協力しているようなところもある。これを可能とするのは、どちらも「技術プログラム」という内的合理性教育に、外的合理性への考慮を加え強化すればよい、という方法論では一致しているからであろうし、この場合の意見の違いは外的合理性の考慮における程度問題と解釈されているかもしれない。

ではこの根本的に異なる (In) と (Ex) との間でどうして議論が起こらず、またその違いを程度問題として扱えるのだろうか。ここまでの考察から、その理由として次の二つを指摘することができるだろう。

39 技術者倫理教科書のレビューの主なものには、石原 2003 と藤木・杉原 2010 の二つがある。いずれも日本の教科書を分類する際に、まず著者が工学系・技術者であるか、人文社会系であるかによって基本的な分類をし、一定の分析を終えた後に、プロフェッション志向などの内容的な特徴によって性格づけがされる。本稿でも同様の基本分類を採用するが、本稿ではこれを、技術の内的合理性重視と外的合理性重視の区別と重ねる。

40 札野 2004、331-2、札野 2009、223-4 参照。

その一つ目の理由は、(Ex) が、技術者倫理で扱われる事例の原因を、「倫理的配慮の不足」や「欠如」という極めて曖昧な理由で一括してしまい、その背後にある技術の内的合理性への偏向や、外的合理性を技術の内的合理性を歪めるものと見てしまう錯覚を批判するところまで至っていないことが指摘できる。そのため、「倫理的配慮不足」「欠如」の本質的原因である「技術プログラム」そのものは批判されず、技術の内的合理性を維持しながら、技術者倫理教育で補完しさえすれば、自然に「技術プログラム」の弱点を補えるという解釈の余地を (In) に与えているのである。

もう一つの理由は、エンジニアリング・デザイン教育が確立していないことにある。たとえ (Ex) の批判が「技術プログラム」そのものに至ったとしても、エンジニアリング・デザイン教育が確立していなければ、それを実現する方法がまだ存在していないことになる。この場合、(Ex) の立場からの批判は、「お願い」以上の強い主張になり得ない。

これら二つの理由により鈍らされた (Ex) の矛先では、技術の内的合理性の正統性を確信する (In) の人々に、自らの信念への反省を促すことはできなかったのである。

しかし本稿によって、少なくとも前者の理由は無くすことができたのではないか。これを機に (In) と (Ex) の間で議論がなされるようになることを期待したい。

一方、後者の理由は、少なくともエンジニアリング・デザインに相応しい教程が生まれるまで解消されないし、その意味で現在の「技術プログラム」に基づく工学教育への批判としての技術者倫理は完成しないことになる。そしてこの課題は、「技術プログラム」の推進者の立場にある工学者よりも、実際にそのスキルを発揮し磨いてきた技術者 (OB) に大きな期待が寄せられるべきである。

また同様に、技術の営みにおけるコミュニケーションについても、技術者 (OB) に期待が寄せられる。内的合理性と外的合理性との間の、立場を超えたコミュニケーションとしての双方向コミュニケーションは、「技術プログラム」批判を経て、異分野の共同作業が可能となる、エンジニアリング・デザインを高度に達成した段階のスキルとして位置づけ直されるべきであるが、そのようなコミュニケーション教育は、(In) と (Ex) とのコミュニケーションの取れた共同作業によってなされるのがよいだろう。

そして最終的に JABEE がコミュニケーションを含む三つの課題をクリアしたとき、工学教育における技術者倫理はようやく望まれる水準を達成したことになる。技術者倫理の教育者や関係者、そして誰よりも技術者が、自らのこととして JABEE をはじめとする工学教育の変革に注意を払い、また実際にこの活動に参画し、推し進めることを期待する。

## 文 献

- ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) 2003 : *ENGINEERINGCHANGE A Study of the Impact of EC2000 Executive Summary*, ABET, 2006. (<http://www.abet.org/engineering-change/>)
- 青木滋之 2011 : 「クリティカル・シンキング教育としての科学哲学教育」、*Nagoya Journal of Philosophy*, vol. 9, 83-99 頁。
- ASEE (American Society for Engineering Education) 1987 : *A National Action Agenda for Engineering Education. Report of an ASEE Task Force*, ASEE, 1987.
- Feenberg A. 1995 : “Democratic Rationalization: Technology, Power and Freedom,” *Technology and The Politics of Knowledge*, Indiana University Press.; 直江清隆訳「民主的な合理化——技術、権力、自由」『思想』No. 926, 2001, 32-57 頁。



- Harris C., Pritchard M., and Rabins M. 2005 : *Engineering Ethics : Concepts and Cases 3rd Edition*, Wadsworth;  
 日本技術士会訳編『第3版 科学技術者の倫理：その考え方と事例』丸善、2008年。
- 比屋根均 2012-1 : 「社会性教育としての技術者倫理」『工学教育』Vol. 60-2、9-14頁。
- 比屋根均 2012-2 : 『技術の知と倫理』理工図書。
- 札野順 2004 : 『技術者倫理』放送大学教材。
- 札野順 2009 : 『技術者倫理』放送大学教材。
- 藤木篤・杉原桂太 2010 : 「工学倫理の教科書の変遷」『技術倫理研究』名古屋工業大学技術倫理研究会、No. 7、23-71頁。
- 石原孝二 2003 : 「工学倫理の教科書」『科学技術社会論研究』No. 2、138-148頁。
- 菊池重秋 2004 : 「技術者倫理の歴史的背景」『日本の科学者』Vol. 39 No. 1 Jan. 2004、4-9頁。
- 工学における教育プログラムに関する検討委員会 1997 : 『平成9年度 工学における教育プログラムに関する検討委員会報告(抄)』8 大学工学部長懇談会。(http://www.eng.hokudai.ac.jp/jeep/08-10/pdf/H9Hokoku.pdf)
- Lattuca R. L., Terenzini T. P., Volwein F. J. 2006-1: *Engineering Change; A Study of the Impact of EC2000; Executive Summary*, ABET. (http://www.abet.org/engineering-change/)
- Lattuca R. L., Terenzini T. P., Volwein F. J., Peterson D.G. 2006-2 : “The Changing Face of Engineering Education,” *the BRIDGE*, NAE (National Academy of Engineering), Summer, 2006, 5-13. (http://www.nae.edu/Publications/Bridge/ReformingEngineeringEducation/TheChangingFaceofEngineeringEducation.aspx)
- 長島昭 2006 : 「岐路に立つ技術者教育、その行く方を探る技術倫理」『工学教育』Vol.54-1、28-31頁。
- 中村収三・(社)近畿化学協会工学倫理研究会 2009 : 『技術者による実践的工学倫理 第二版』化学同人。
- 日本技術者教育認定機構 2008 : 『日本技術者教育認定基準 (2008年度適用)』JABEE。
- 日本技術者教育認定機構 2011 : 『日本技術者教育認定基準 共通基準 (2012年度～)』JABEE。(http://www.jabee.org/OpenHomePage/accreditation\_o-2012\_k.htm#kijun)
- NRC (National Research Council) 1985 : *Engineering Education and Practice in the United States: Foundations of Our Techno-Economic Future*, National Academy Press.
- NSB (National Science Board) 1986 : *Undergraduate Science, Mathematics, and Engineering Education: Role for the National Science Foundation and Recommendations for Action by Other Sectors to Strengthen Collegiate Education and Pursue Excellence in the Next Generation of U.S. Leadership in Science and Technology*, NSB, 86-100.
- NSF (National Science Foundation) 1989 : *Imperatives in Undergraduate Engineering Education: Issues and Actions. Report of an NSF Ad Hoc Task Force*, NSF.
- 大石敏広 2009 : 「技術者倫理における設計思想について」『工学教育』Vol. 57-6、75-80頁。
- 大石敏広 2011 : 『技術者倫理の現在』勁草書房、2011年。
- 大中逸雄 2001 : 「日本技術者教育認定制度の現状と展望」『日本機械学会誌』Vol. 104 No. 990、289-98頁。(http://www.jabee.org/OpenHomePage/jabee3.htm)
- 大中逸雄 2009 : 「エンジニアリング・デザイン教育の改善に向けて」(大中逸雄 2010 に添付された参考資料)
- 大中逸雄 2010 : 「JABEE におけるエンジニアリング・デザイン教育への対応 基本方針」(http://www.jabee.org/OpenHomePage/kijun/engineering\_design\_100430a.pdf)
- Schön A. Donald 1983 : *The Reflective Practitioner*, Basic Books ; 柳沢昌一・三輪建二訳『省察的实践とは何か — プロフェッショナルの行為と思考』鳳書房、2007年。
- 総務省統計局 2008 : 「平成17年国勢調査—抽出調査票による就業者の産業(小分類)、職業(小分類)など(抽出詳細集計)—全国結果 報告書掲載表」(http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020101.do?\_toGL08020101\_&tstatCode=000001007251&requestSender=search)
- 杉本泰治・高城重厚 2008 : 『第四版 大学講義 技術者の倫理入門』丸善。
- Whitbeck C. 1998 : *Ethics in Engineering Practice and Research*, Cambridge University Press; 札野順・飯野弘之訳『技術倫理1』みすず書房、2000年。