理工系学生のための技術者倫理 ハイブリッド教育・「科学と倫理」の実践と成果

Practical Strategy on the Subject of “Science and Ethics” for
Overcoming Hybrid Engineering Ethics Education

康 井 義 明^{*1}
Yoshiaki YASUI

The issue of economic globalization and JABEE (Japan Accreditation Board for Engineering Education) mean that education on engineering ethics has now become increasingly important for science-engineering students who will become the next generation of engineers. This is clearly indicated when engineers are made professionally responsible for various unfortunate accidents that happen during daily life in society. Learning hybrid engineering ethics is an essential part of the education of the humanities and sciences. This paper treats the contents for the subject of “Science and Ethics” drawing on several years of practice and the fruits of studying science and engineering ethics at the faculty of science-engineering in university. This paper can be considered to be a practical strategy to the formation of morality.

Keywords : Science and Ethics, Hybrid Education, Engineering Ethics, Education of Humanities and Sciences, JABEE

キーワード：科学と倫理，ハイブリッド教育，技術者倫理，文理融合教育，JABEE

1. はじめに

科学技術立国である日本の大学等，高等専門教育機関が果たした役割成果は十分に世界から認められている。大学理工系の学生たちは学生教育として専門知識や教養リテラシーを修得し，社会人として臨んできた。

20世紀後半から現在に至る科学技術の目覚ましい発明・発見と進歩（図1）により多種多様の製品，構造

物，輸送車両，IT，システム開発などで生活の豊かさや利便性を享受し，多くの恩恵に浴びてきている。

一方で，我々はこれまでに対応・経験したことのない社会生活環境下にある。現実には抱える困難な諸問題も多い。資源・エネルギーの大量消費をもたらした。

産業廃棄物問題，地球環境問題，原子力・放射性廃棄物の問題，生命科学に対する倫理問題，建築構造物の耐震設計偽造問題，食料（品）問題，エコ偽装製品問題，知的財産権の侵害問題などに加えて，企業組織等の制度疲労，産業空洞化といった問題等々憂慮される。

社会の安全と繁栄，便利さを求めた「科学技術立国・日本のモノづくり」においても，昨今の産業界・企業等での種々で不作為な人的及び物的な事件・事故があるとを絶たない。なかには不可抗力とされる場合もあるが，総じて倫理欠如に起因する。

事故・トラブルを過小評価したり，安全への取り組み欠如，組織ぐるみの隠蔽体質などもあとを絶たない。これらを軽減・解決するにはその根底にある人間ひとりひとりの倫理的思考の研鑽学習を必要とする。

日本での企業等責任者（トップである代表取締役社長，CEOや役付き管理職・現場当事者）は大学理工系学部出身者が多くなってきている。彼らの社会的倫理観と事態責任への対処次第はわが国の未来を左右

図1 20世紀後半の科学技術の進歩例（文献9等）

平成20年2月28日受付

※1 東海大学工学部

するといっても良い。また世代を超えて倫理的起因による事故の発生原因や安全テクノロジーへの教育が望まれる¹⁾。

このような観点から、大学での理工学・技術者教育は基盤の専門分野の修得と同時に社会的倫理観や歴史観、世界観、地球観を併せもつ総合的な人間力を磨くことがより必須である。

将来のエンジニアをめざす理工系学生にとって、工学・技術倫理^{†1)}を学ぶ利点は何かを考える。学部現場での人間教育と位置づけたハイブリッドな教育の基盤として、「科学と倫理」の取り組み内容を述べ、その実施と成果波及を論述考察する。

2. 技術者教育と「科学と倫理」の実践

理工系の技術者教育では各専門領域の修得は当然であるが、将来学生が社会で通用する素養と幅広い視野を持たせたい。著者が在籍勤務している東海大学は数多くの学部学科を有する総合大学で、創設以来現在にいたるまで、大学創立者・松前重義博士の提唱した全学部学生必須科目としての「現代文明論」が半世紀にわたり開講されてきている。

文系専攻、理工学系専攻の学生が文理融合の科学技術・文明教育として受講している。理工系教育の真髄・原点と技術思想の内容には深く感銘できる。非常に特徴ある人間教育で、その内容は内外から称賛されている。思想と科学と歴史を学びつつ時代に左右されない愛と正義の啓蒙的技術者教育哲学といえる。また昨今のモラルハザードの諸因を克服する鍵があった。

工学部では技術者教育プログラムとして「材料科学」と「機械工学」に関する2つのプログラムが2003年にJABEE（日本技術者教育認定機構：1999年11月発足）の審査を受け認定された。高等教育機関で実施されている技術者教育プログラムが社会の要求基準を満たしているかを公平に評価し、認定する機関である。プログラム認定の内容には技術者倫理教育の修得を課している。

しかし学部での技術者倫理教育はJABEE対応のためだけではない。次代を担う全ての理工学系学生の将来のために提供され得るものと考え^{2) - 8)}。工学部（湘南校舎）および情報デザイン工学部・旧第二工学部（代々木校舎）では、工学・技術倫理に関する学科単位での教育とともに、学部生全員に向けての「科学と倫理」を2001年度より開講した^{9) - 11)}。

開講の検討にあたっては工学部として十分その意義と目標を論議して定めた。総合的な技術者倫理教育を

行う。学部共通科目として全ての学生に在学中の履修を推奨したい。工学部では当科目に対する学生からの反応・意識は大変高く画期的な授業として、毎学期330人を超える学生が選択履修し受講している。

総合的な授業シラバス²⁾は概ね以下の構成である。

第1回：担当テーマ；「ガイダンス・授業の展開と心構え・技術者倫理とは・技術士とJABEE」

第2回：担当テーマ；「廃棄物問題と環境倫理」

〔授業キーワード；ダイオキシン類・環境基準・環境改善〕

第3回：担当テーマ；「近代倫理思想とは何か？」

〔授業キーワード；道徳的善悪の概念・行為の道徳的判定の一般的基準・実践哲学〕

第4回：担当テーマ；「科学と技術の神話崩壊」

〔授業キーワード；科学的真理・技術貢献論の疑問〕

第5回：担当テーマ；「武道の倫理に学ぶ」

〔授業キーワード；戦いと技術・兵法者の心・術から道へ〕

第6回：担当テーマ；「モノヅクリに関わる工学技術者の倫理」

〔授業キーワード；市場製品・社会的影響・アフターケア〕

第7回：中間試験・レポートテスト

（課題テーマの検討考察と作成、完成）

第8回：担当テーマ；「電子工学研究者・技術者倫理」

〔授業キーワード；電子材料製造の倫理（人体被害、社会的被害）〕

第9回：担当テーマ；「電子装置作成上の倫理」

〔授業キーワード；盗聴、雑音発生、ハッキング、ウィルス散乱〕

第10回：担当テーマ；「原子力発電における諸問題と技術者倫理」

〔授業キーワード；もんじゅ・核燃料施設火災爆発・JCO臨界事故〕

第11回：担当テーマ；「エネルギー・資源と科学倫理」

〔授業キーワード；エネルギーの利用と文明・人類の幸福とトリレンマ構造・省エネルギーと資源リサイクル〕

第12回：担当テーマ；「スポーツ競技における安全と倫理」

〔授業キーワード；柔道の安全性・欲との戦い・科学が支える競技〕

第13回：担当テーマ；「安全性と欠陥のテクノロジー」

〔授業キーワード；クレーム隠し・リコール、事例の学修とマシナサビエンス（機械と人間と自然との調和）〕

科学と倫理のまとめ・総合学習等

第14回：講義のまとめとハイブリッド教育について
期末テスト総合レポート提出

†1 「工学・技術倫理」とは科学技術の使用とそこからの生産（物）等をめぐって生じる種々の社会的・技術的判断の為の倫理であり、「技術者倫理」とはモノヅクリや技術に携わる人が持つべき倫理という意味で用いた。

技術者倫理の総合ハイブリッド教育として展開されている「科学と倫理」はオムニバス方式のプログラム編成をとっている。このように基本的な授業内容を要点化すると、①近代科学と思想倫理観、②文化と武道・スポーツの倫理、③環境とエネルギー倫理・生命倫理の基本原則、④倫理綱領、⑤技術者倫理問題の工学事例研究、⑥JABEEについて、⑦安全管理と危機管理、⑧社会的責任と倫理性、⑨安全と欠陥のテクノロジー、⑩クレーム・リコール・安全対策、⑪事故事例研究、⑫問題解決能力の開発と対処法等である。各専門分野の立場・観点から実践されている。

3. 「科学と倫理」の教育理念

毎期開講時に教育理念を周知し、その意義と内容についてガイダンスを行う。学生に重要性を理解してもらう。自分の力で答えを見出す。そして授業の位置づけ・必要性と工学技術倫理を学ぶことの利点を示した。

- (1) 現代社会と人間関係を理解する
- (2) 技術者の社会におけるあり方
- (3) 問題解決と判断能力
- (4) 公衆の安全と責任とは
- (5) 技術者の機能・役割と使命の認識
- (6) 国際社会・学会協会・技術士・企業の倫理とは
- (7) 国内法（PL法、不正競争防止法、特許法）

また履修学生には、技術倫理の講義履修に際して以下に示す事項を極力理解学習する必要ありと強調した。

- (1) 製造物責任について
1995年7月 Product Liability 法
製品欠陥の損害賠償、リコール、事故事件
- (2) 知的財産権（Intellectual Properties）について
特許 [アイディア]:産業の発達、著作権 [表現]:文化の表現
- (3) リスクについての概念
 $\text{リスク} = [\text{危害の大きさ}] \times [\text{危害の発生率}]$
- (4) ビジネス倫理について
企業内の内部告発、倫理委員会、オンブズマン、ホットライン
- (5) 倫理綱領について
科学技術の大きな事故: JCO、公害、薬害
社会的責任・専門職責任・雇用者責任
- (6) 応用倫理について
生命（クローン、遺伝子操作）、環境、情報
- (7) 工学の倫理概念について
- (8) 日本技術者教育認定機構と技術士・PEについて

授業のストーリー展開は、それぞれの専門で指導経験豊富な6名の教授陣で担当している。内訳は生命化学系、電気電子工学系、通信情報工学系、機械工学系、文明科学系、社会体育学系の分野教員で、分担内容は綿密な打ち合わせで臨んでいる。

著者は科目担当責任者として授業計画の実施、講師間の有機的連携を図る。単なる内容の縦割り分担にならないようコミュニケーションをとりながら、各講師は持ち味を活かした授業を行っている。

4. 学生の反応: 「科学と倫理」の教育効果

授業開始当初から、受講参加者も多く、この科目に対する関心と興味の高さと学習意欲を感じた。パワーポイント等による講義とともに教科書や参考書も役立つが、担当教員がそれぞれ工夫し、作成した配布資料は学生の学習参加に大いに活用された。

教員は自らの専門と人生経験をもとに教授しており、学生は教師とともに考え、倫理責任などについて今後技術者としての活動や対処を学んでいける。

授業後に毎回講義内容や問題提起の各課題やレポートの提出がある。ただし当該科目は全学年を含む多人数授業形態であるため、講師と学生間のキャッチボール（疎通）や理想的なディベートは十分には成し得ないが、種々の他教科と連携しながら行えば、かなり補完できる。FD（ファカルティー・ディヴェロップメント）活動での相互理解に努めている。

そして課題等レポート提出に当たっては、学生たちから記述された問題提起や検討事例などについて、各担当教員が必要適切と思われる事項を判断して、授業の中でそれらを取り上げている。学生たち受講者からも種々の考えを発言してもらえるように工夫したり、必要に応じて検討考察の機会を作っている。

当授業を履修する学年は2, 3年生、高学年も多い。就職活動を控えた彼らの社会に対する関心のあらわれと考える。在籍学科の学生が他学科分野・異種分野を理解して聞くことは必ずしも簡単ではないが、学生は社会的視野が広がった。また異種分野専攻学生間のコミュニケーションツールが増大し促進した。企業から見た学生教育への要望にも応えられた。

5. 学生へのテーマ・演習課題

各分野での授業による課題例を以下に示す。

- (1) 廃棄物・リサイクル対策の推進についての記述。
- (2) 21世紀INDUSTRIAL REVOLUTION（第4次産業革命と未来予測）を簡条提示し、モラルを論述せよ。
- (3) 学協会（原子力学会等）の倫理規定に則った論述。
- (4) 家電リサイクル法の趣旨、あるいは技術者倫理、企業倫理等の面からみた論述。
- (5) モノヅクリに関わる技術者の安全・責任に対する意識の記述。
- (6) 社会的・個人的・組織的立場での倫理観について。
- (7) 事例をあげてあなたなら技術者として持つ倫理観は如何にあるべきかの論述。
- (8) 過失・事故・リコールなどの専門職モラルの欠如

(a) チャレンジャー号事故
(1986年1月28日)

(b) 日航ジャンボ機事故
(1985年8月12日)

図2 不作為な人的・物的の不幸な事故事例 (文献10等)

で起こった最近の事例を考察せよ。

(9) 身の回りで起きた矛盾なこと・許しがたいことについて事例の検討，解決策を考えてみる。

(10) あなたの先輩，上司から与えられた仕事に上司の考えや意見が明らかに正しくないときの対応。

この他にもいろいろな切り口からテーマ課題による双方向教育・ディスカッションがなされている。

6. 倫理の対象諸事例による検討学習

学生が関心を持って調査し，研究した事例は次のようなものが多かった。

- (1) 自動車の欠陥事故・リコール
- (2) バイト先での種々ハラスメント
- (3) チャレンジャー号，日航ジャンボ機事故の背景
- (4) 食品偽装添加物等問題
- (5) 内部告発の是非（現場の責任・トップの責任）
- (6) エネルギー・原子力発電
- (7) 建築構造に関わる偽装行為
- (8) ごみ不法投棄問題
- (9) 特許権，著作権

学生からのまとめ報告には総体的学習効果評として「科学と倫理を受講することにより，高度なものづくり・科学技術に支えられた現代社会を生きるうえで，非常に意義深く大きな学びとなった。事例を基にした講義展開によって様々な問題解決への自己能力の向上として理解するに至りました。」という内容があった。

また「現代は次から次へと自動化高度化している。

ヒューマンファクターの重要性もふまえた上での安全の構築へ向けた取り組みのなかにおいて絶対的に正しい倫理観を持つことは重要であると考えます。」との評や，「経済的豊かさも大切だが，正々堂々と生きる豊かさはもっと大事です。」などの評があった。

周知のチャレンジャー号，日航機事故の背景は不作為な人的・物的の悲惨な事故事例である（図2）。犠牲者とその家族・遺族の無念さが伺える。

一般的に事例の検討手順，考察の仕方や解決法は以下のように進めるとまとめ易い。

- (1) 問題を明確化・事実関係の把握と調査
- (2) 問題の分類と関連事項を確定
- (3) 想像力の発揮と対処手段の創出
- (4) 対処手段の列举と手段の評価
- (5) 対策案の吟味とまとめ報告

7. 授業の評価と成果

授業に関する客観的評価を調べた。科目受講生から回答（重複回答項目含む）された，当授業を通じて達成できたことをまとめてみた。

出席状況85%以上の工学部学生からは次のような評価である（図3および図4）。図3は5段階評価で5が最も高い評価を示す。工学部以外の他校舎他学部における授業評価も同じような結果でありほぼ満足し得る。ある履修学生は「自分はこの授業は大学のなかでももっとも良い授業だと本気で思いました…（原文）」との記述もあり，卒業生からは当科目の履修が現場社

評価5が最高評価。出席状況85%以上の学生回答
(但し2006年度春学期の有効回答者評価: 160名)

図3 授業に対する総合的評価

重複回答項目含む。出席状況85%以上の学生回答
(但し2006年度春学期の有効回答者評価: 160名)

図4 授業に関する客観的評価

会で役に立っているとの評価を得た。

8. 総合的でハイブリッドな倫理教育の必要性

「科学と倫理」科目が先述した現代文明論とつながった教育がなされ、かつ学部・学科の他の教育科目との連携がなされていく総合的な教育実践が望ましい。

カリキュラムを通して教える技術倫理 (Ethics across the curriculum) と同時に種々のキャンパスライフ活動の場や学生とのオフィスアワー、学生の積極的な副専攻履修 (制度実施) 形態など混成的な全ての機会をとらえて行うマルチハイブリッドな教育が必要である。これらによって求める工学・技術倫理教育を充実できる。

基本的倫理観の自覚という点では差異はあまり無いかも知れないが、低学年の学部生と高学年では受け止め方が違うし考えかたも変わってくる。さらに低学年から高学年への知的教育習熟度も当然変化してくる。

教養的・概論的な基礎科目から高度応用専門教科までを履修していく段階で、各々必要度に応じて工学的技術倫理内容を適宜配したカリキュラム構成で総合的に学習していくとよい。

「科学と倫理」はどの学年セメスターでも履修できるので、良い意味で学生の年齢や個人の感性と各教育進度による段階での養生効果がでるのではと考える。

学科カリキュラムの「問題発見ゼミ」や各種「工学ゼミナール」教科等の履修段階で少人数によるディスカッション・ディベートが可能である。このような教科履修の場で工学倫理等を学べる機会もある。

理工系学部教育で必修の集大成科目である「卒業研究」履修中においても、倫理教育の取り込みは必要であり、たいへん効果的と考える。ただし卒研やゼミの担当指導教員の姿勢に負うところ大で、期待したい。

目標として、未来の技術者は、人としてしっかりした倫理・モラル等を当然身につける必要がある。人が

修め守るべき道・すじみちを経験学習によって覚え悟ること、すなわち「倫覚 (りんかく)」を持った創造的人間教育が最も大事であると考える。

9. おわりに

著者は理工学系の大学生・大学院生とともに長年学修・研究しているが、若者の前向きな正義感にたびたび接する。「複雑化する科学技術の社会でどう生きるか」を考え、将来技術者としての「技術に携わる専門職としてのモラルと責任」を本題テーマとして有為な人間教育を行っており、成果を収めていると考える。

先述したように理工系の学生は「現代文明論」を履修し、「科学と倫理」を学習すること等によって総合的人間力が培われる。特に自分で考える力や表現する力をもてないと、人間としてのモラルや倫理は確かなものにはならない。

自ら考え行動し、対処する技術者を育成したい。著者は当大学工学部JABEE実施委員長の職分経験から、更に他の教科分野・科目と「科学と倫理」とのマルチハイブリッドな教育を進めるべきと考える。「技術者である前に社会的理念を備えた人材教育」の一端を当科目は担っている。

学生・青少年はマシナサピエンス (機械と人間と自然との調和) の考えを大事に、将来を担う理工系技術者たらん誇りと謙虚さをもった生き方を身につけていくと期待したい。科学技術の進歩や経済成長などで生じるひずみや膨らみすぎた「表面張力社会」に対処できる人であってほしい。卒業後は、社会人としての人格形成に努めてほしい。また社会人として自己保身のために歪曲行動する人間や無責任で権謀術数の人間にはならないでほしい。

グローバル化や世界標準といった言葉にのみ先行することなく、技術・技能の進化と同時に日本のもつ固有のすばらしい創造的文明・文化・生活規律・組織・伝統を視野に入れた、倫理的行動と生き方を大

事に実践してほしい。今後は技術者倫理の対象となる領域は広がり形態の変化や進化をしていくことが考えられ、つねに継続的学習が望まれる。

参 考 文 献

- 1) 走り始めた技術者倫理教育 特集号：工学教育, 日本工学教育協会, 54-1, 2006, 全般参照
- 2) 東海大学授業シラバス：「科学と倫理」2007年版
- 3) 康井義明：ターニングポイント・産官学連携と明日のエンジニア育成, 日本機械学会誌・メカトップ関東, 104, -986, pp.4, 2001. 1
- 4) 康井義明：JABEEシンポジウム依頼講演/資料集, 日本経営工学会(法政大学小金井), 2001. 5
- 5) 康井義明：大学における技術者教育とJABEEについて, 日本機械学会・関東支部神奈川ブロック, 第6回神奈川フォーラム・基調講演/講演集, 2001. 7
- 6) 康井義明：総説・工学技術者教育の実践と修習技術者資格の取得教育をめざして「JABEE認定試行審査の対応準備と実施」, 東海大学紀要工学部, 41-2, pp.3-7, 2001(2002. 3)
- 7) 康井義明：JABEE施行の準備と審査について, 宇都宮大学主催・工学部学術講演会「ものづくりと技術者教育」での招待講演/資料集, 2001. 8
- 8) 康井義明：技術者教育の可視化・教育改善大学院教育とのリンクなどJABEEの認定をポジティブに活用して, 「すくらむ」, 31, pp.6-7, 2004. 11
- 9) 康井義明：理工学系学生のための技術者倫理教育・「科学と倫理」の実践と成果, 日本工学教育協会第55回年次大会(平成19年度)工学・工業教育・研究講演会講演集, 日大理工学部, 2007. 8

- 10) 康井義明：理工学系学生のための技術者倫理ハイブリッド教育・「科学と倫理」の実践と成果, 日本工学教育協会第8回ワークショップ「技術者倫理」事例発表・講師担当・講義事例Ⅱ参照, 日大理工学部, 2008. 2
- 11) 基本参考書例：斉藤了文, 坂下浩司(編)：初めての工学倫理, 昭和堂, 2001, など参照

.....

著 者 紹 介

康 井 義 明

昭和20年3月生

東海大学教授・大学院教授, 日本機械学会フェロー・商議員, 発明協会町田市青少年少女発明クラブ会長, 工学博士

1986年 東海大学工学部教授・大学院教授

1989年 工学部動力機械工学科主任教授
第二工学部機械工学科主任教授

1990年 JICAタイ工科大拡充調査団委嘱

1992年 東海大学工学部副学部長

1993年 東海大学・大学評価委員会委員長

1997年 東京高等検察庁・鑑定人委嘱

2000年 日本機械学会・神奈川ブロック長
東海大・大学院工学研究科評価委員長

専門分野：車両構造力学(衝撃圧潰, 座屈, 振動, 応力集中), 材料力学
工学倫理, 機械技術文明論

著 書：「機械工学概説」共著・学献社(1984)

「材料の力学」共著・日刊工業(2001)他

学 会：機械学会, 材料学会, 航空宇宙学会, 臨床バイオメカニクス学会, 自動車技術会, 日工教協会など

E-Mail : yasui@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

yoshi-aki@soleil.ocn.ne.jp