技術者倫理教育の試行例と教材の検討

A trial classes for engineering ethics education, and examination of Teaching materials

鈴木 好 夫^{*1}

Yoshio SUZUKI

伊 藤 秀 範^{*1}

Hidenori ITOH

技術者倫理は、JABEE認定審査の重要な構成要素である。技術者倫理の重要性は、技術者教育の中の基礎教育としてますます増していくものと思われる。現在、技術者倫理を開講している大学は極めて少ない。それは、この科目を教えることができる教官が少なく、この科目の教材研究も遅れているからである。技術者倫理の3コマの試行授業をおこなった。また、技術者倫理を研究するグループを設立し、教材研究をはじめた。この論文で、授業の詳細と、授業の中で明らかになった問題、技術者倫理の教材研究の結果を示す。

キーワード：技術者倫理教育，教材研究，JABEE認定審査，技術者倫理研究会

The engineer education on ethics is an important component of the JABEE's examination for accreditation. The importance of engineering ethics seems to be growing increasingly as the basic education in educating engineers. At present, there are few universities that have a course in engineering ethics, since there are few teachers who can teach the subject and the research in teaching materials for the subject is lacking. We had three trial classes in engineering ethics. We also established research group on engineering ethics and began research on teaching materials. In the present paper, we indicate the details of the classes, some problems clarified in the classes and some research results on teaching materials for engineering ethics.

Keywords : Engineering education on ethics, Examination into teaching materials, JABEE's examination for accreditation, Research group on engineering ethics

1. はじめに

科学技術基本政策（2001年3月）は、重要政策の1つとして「科学技術に関する倫理と社会的責任の意識を高めること」が掲げた。日本技術者認定機構（以下「JABEE」と略称）では認定基準の1つに「技術者倫理」を掲げている。日本工学教育協会の「工学倫理委員会」でも技術者倫理教育に関する調査研究を鋭利検討している。本委員会委員長の安井至氏は、「むしろ工学の中核をなす重要な構成要素の一つであるということ」を合意し、積極的なアプローチをすることが求められている」と技術者倫理の重要性を指摘している[1]。しかし「技術者倫理」の科目を開講している大学は極めて少なく、現在JABEE認定校をめざして準備しているところではその対応におわれている。

著者の一人は、本協会主催の「ワークショップ技術者倫理」（2001年10月、幕張）に参加し、技術者倫理の重要性を学んだ。その際、参加者に3コマの授業実践をするようにとの椿原治氏（日工教、専務理事）か

らの提案があった。この提案を受けて、3コマの「技術者倫理」試行授業を試みた。

本報告は、その試行授業の内容を紹介しながら、実践の中ででてきた問題点についてまとめたものである。この実践が契機となって、本学では2002年4月から専門教官による「技術者倫理研究会」を立ち上げたのでその概要も紹介する。

最後に、試行授業の準備と研究会の中で浮かび上がった、技術者倫理の事例研究に関する検討・考察を行ったものである。

2. 試行授業「技術者倫理」の紹介

2年次学生を対象とした「電気電子機器学」（90分×15回の授業）のシラバスの際に「技術者倫理」の講義を3回挿入することの内諾を学生から得た。

「技術者倫理」は、これからの技術者教育にとって不可欠な内容であることを、JABEEの簡単な紹介を兼ねて説明した。

3回のうち、1回はアンケート調査をすること、残りの2回はレポート課題を与えることにした。このレポート課題は希望者のみの提出でよいこと、提出者に

平成14年8月26日受付

^{*1} 室蘭工業大学電気電子工学科

は採点をして1回につき最高5点を与え、それを電気電子機器学の試験採点時に加点するという条件を提示した。学生参加型の授業で進めたかったが受講者が100名程であったために、やむなく講義形式で行った。

表1 技術者倫理試行授業の概要

	主 な 講 義 内 容	資 料
一 回 目	○技術者のおかれた立場 ○本学の伝統と就職戦線 ○JABEEと技術者倫理 ○事例研究 (チャレンジャー号事件と シティコープタワー)	○A4版レジメ3枚 ○アンケート用紙 1枚
	◎アンケート調査	
二 回 目	○技術と科学の違い (変圧器を例に) ○事例研究 (リコール問題)	○A4版レジメ4枚
	◎レポート課題 「リコール問題について」	
三 回 目	○前回のレポート紹介 ○ビデオ放映 「チャレンジャー号事件」 (NHKスペシャル) 「世界を驚かせた1台の車」 (NHKプロジェクトX)	○A4版レジメ2枚
	◎レポート課題 (自由テーマ)	

表1は、3回の技術者倫理試行授業の概要である。

1回目は、技術者倫理に関する既存の参考書をもとにレジメを作成し、講義を行った[2][3][4][5][6]。その際、本学の歴史と卒業生の就職状況なども付け加えた。講義の最後に、学生の反応を知るために簡単なアンケート調査を実施した。表2にアンケート内容と回答の主なものを示す。回答結果から、大多数の学生が技術者倫理に興味を示し、また期待をしていることがわかった。講義の感想をみてもそのことが知られる。事例研究として興味ある問題を出させたところ多くの項目があがってきた。表2にみるように、電気系の学生だからといって必ずしも専門分野の事例に興味が集中するわけではない。

第2回目の授業は、技術と科学の違い、技術開発の方法について講義した。電気工学は科学と技術の相互発達により進歩した学問である。具体例として変圧器の歴史的な変遷過程と設計段階の問題点を説明するとともに、技術者倫理について説明していった[7]。

使用した資料の一部を図1に示す。変圧器の講義直前に行ったので、導入部としての教材として活用できた。内容の一部は、変圧器の授業内容であり、設計論の観点から電気装荷と磁気装荷、冷却技術、絶縁技術、電圧変動、相互誘導係数などを扱った。また変圧器がどのように技術化されたのか、その際の問題点、そして変圧器が電力産業の中でいかに重要な役割を果たしたのかなどを教材化した。その際、技術者倫理の観点からどのような問題点があるのかを解説していった。

「責任倫理が大学基礎教育を貫く根幹」[8]として位置づけるためにも、専門性に裏付けられたこうした教材開発が必要であることを実感した。後半の40

表2 アンケートの内容と回答(多数回答を要約)

設問1 技術者倫理は必要と思うか。その理由	
a) 必要と思う……62名(・将来役立つ	・こうした講義がほしい
	・関心があった
	・事故の解明に役立つ)
b) 必要でない……4名(・価値判断は授業で教えられる)	
設問2 この講義を聞いた感想を述べなさい	
a) 感動した、工学を学ぶ目的が見えてきた、ものの見方が変わった……15名	
b) 技術者倫理の授業を開講してほしい……7名	
c) JABEEに関心がある	……5名
d) 工学と社会との関わりをもっと授業で取り扱ってほしい……4名	
e) コミュニケーション能力の大切さ、教養教育の重要性を確認した……3名	
f) 講義形式だけでなく学生間の対話がほしい……2名	
設問3 事例研究として興味のある問題をあげなさい	
a) 自動車のリコール問題……18名	b) 原子力発電……15名
c) 遺伝子組み換え問題……10名	d) 雪印中毒事件……10名
e) 飛行機事故……8名	f) 環境問題……5名
g) ネットワーク犯罪……5名	h) テロ事件……3名
(複数回答)

図1 科学と技術の違い(変圧器)

表3 自由課題で提出されたレポートのテーマ

(17名)

○雪印乳業事件……………	9名
○東海村JCO臨界事故……………	5名
○チェルノブイリ原子力発電事故……………	3名

剣に見いていた。最後に第2回目のレポート課題を与えた。これは、自由課題とし自分の興味のある事例研究を取り上げさせた。前回同様、事前にA4レポート1枚に課題の概要をあらかじめ提出させた後に、レポート課題に着手する許可を与えることにした。最終的にレポート提出者は17名になった。レポートの内訳は、表3の通りである。

分で技術者倫理の事例研究を取り上げた。

前回のアンケート結果からリコール問題の関心が一番多かったので、この問題に限定して事例研究を行った。

既存の参考書[9]だけでなく新聞の切り抜きなども織り込んで資料として配付した。取り上げた内容はレガシィ・リコール事件、タイヤ脱輪問題、AT車の暴走問題そして製造物責任問題である。第1回のレポート課題は、「リコール問題について」とし、A4版最低4枚以上書くことを条件とした。そのさい自分で調査して書くこと、レポートには最低①リコール問題とは何か、②リコール問題の事例研究、③君がその会社の技術者ならどうするか3つの視点は必ず取り上げることを指示した。

またレポート提出条件として、事前に概要を提出し教官に説明することを求めた。その理由は、学生の事前の調査・研究をしてほしかったこと、論点をあらかじめ私と対話したいということである。受講者85名のうち42名のレポート提出があった。未提出者の中には挑戦したがまとめきれなかったという学生が3名いた。中には2、3冊の本を読んだ者やホームページを丹念に調べた者もいた。

3回目の授業は、最初に第2回目に学生から提出されたリコール問題のレポートの簡単な寸評を行った。

これは、多人数ゆえ学生間の討論ができなかったことへの代償である。その後2本のビデオを見せた。1本目は2000年3月20日に放映されたNHKスペシャル「チャレンジャー号事件」である。2本目はNHKプロジェクトXの「世界を驚かせた1台の車」である。

前者のビデオは技術者倫理の事例研究で定番のものであり、このビデオは短いながら事件の要点がよく整理されている。後者のビデオは、ホンダの技術者がいかに優れたエンジンを開発したかという問題にとどまらず、環境汚染問題を内包していることから選択した。

学生は、普段の講義と違い臨場感あふれる映像に真

3. 3回の試行授業から見てきた課題

3.1 教材の収集と著作権の問題

試行授業を決意してから内外の可能な限りの参考書を集め、NHKのビデオを揃え、丹念に新聞の切り抜きを始めた。授業に使用したレジメは、できるだけ文献複写はせず、自分の文章にアレンジした。図表も出典を明示することにした。なぜなら技術者倫理を教えていて、著作権の蹂躪ではすまされない問題である。

NHKのプロジェクトXは市販されていたので正式に購入して利用した。しかしNHKスペシャルは、2年前に私的興味からコピーをしたものである。教師が、教材として学生に配布するのに、コピーをしたり、教育放送をテープに録画することは、著者の利益を侵害しない限り自由に行うことができる(著作権法35条)。

但し、学生から資料代などの名目で金銭を徴収することは許されない[10]。

著作権の問題は、講義後に知ったことであるが、技術者倫理の観点からも大切な問題であり、特にインターネット時代には複雑な問題が絡んできている。講師は、日常普段から、新聞の切り抜きやビデオ収集などをこまめに行い、教材収集をしておくことは重要である。

3.2 授業形態

多人数教育の場合、技術者倫理の授業形態をどのようにするかは未解決の問題である。講義形式よりは学生参加型の対話形式や、仮想現場で対立する立場に立たせて討論させるなどに種々のユニークな方法が考えられる。

1つの完全回答などない、“Why”や“What”を当事者同士が考えることで問題解決能力を養成すべき性格を持つ科目であることなどの特徴を有している。学生のアンケートにも学生自身が討論を望んでいたが、多人数教育では無理である。今回の試行授業のように、学生のレポートを要約して全員に紹介してやるとか事前にレポート提出前に学生との対話を通して、

少しでも問題解決能力を涵養することしかできなかったというのが本音である。

3. 3 成績評価の問題

今回は、レポート課題を提出させそれをもとに評価した。事実をきちんと調べているか、自分の意見を持っているか、論理的思考を行っているか、などの簡単な基準を設けて採点したが、釈然としなかった。テクニカルライティングと技術者倫理の折衷的な評価基準になったのではないかと不安である。JABEEでも強調している、厳格な評価や説明責任の観点からもこの問題は避けて通れない。今のところ解決策は見つっていないが、技術者倫理のスキルは何かを検討することで解決の糸口になるのではないかと考えている。

3. 4 価値の問題をどう扱うか

工学のなかに価値を持ち込むことへの不安である。例えば20世紀の最大の倫理的な喪失の問題はなんといっても戦争であろう。昔の戦争ほど一般人の被害は相対的に少なかったが、戦争の武器や技術がハイテクになるに従って野蛮になってきた。こうしたいろんな分野での価値に関する問題は工学の専門家にとって不得意な分野である。また技術者倫理を学んだことで、学生が会社に入ってからジレンマに悩まされることで逆に不利にならないかという指摘もある。礼野氏も指摘しているように [11], 「価値中立であろうとする大学教育へ価値に関する議論を導入することに対する」反発もしくはアレルギーがないかどうか。工学教育者である我々自身が正しい技術者倫理を身につけることなくして、これからの技術者教育は成り立たないことを自覚しなければならない時期にきている。

3. 5 室工大「技術者倫理研究会」の発足

本学は、JABEE 認定に向けてその準備を進めている。技術者倫理を担当する講師養成と講義内容の検討が急がれている。この試行授業が契機となって「技術者倫理研究会」が2002年4月に発足した。会員は現在、土木系、機械系、情報系、応用化学系、電気電子系、材料物理系そして国際交流室の合計7名である。

月1回の会合を持ち、現在8回の学習会を終えている。研究会の内容は専門分野での事例研究を中心に、文献紹介や自身の授業体験など多岐に及んでいる。会員の教官は、様々な形で講義の中で「技術者倫理」にかかわる話題を提供しており、学生に比較的好評を持たれていることもわかった。この研究会は経験交流の場であると同時に、技術者倫理担当の講師養成の場にもなっている。著者の経験から、お互いの専門家が「出張授業」という形で他学科に出向いて協力しようと提案している。なぜなら学生が専門家の事例研究を聞けると同時に、教官側も少ないコマ数で自信を持って教授できるという2重のメリットが考えられる。

現在、これらの研究会の成果を、テキストとして教材化することを検討中である。

4. 技術者倫理の事例研究に関する検討

4. 1 技術者倫理の構成要素は何か

技術者倫理の構成要素は何かという問題は、昨年のワークショップ [12] でもグループ討論の中心的な柱として提起された。概ね、以下のような構成要素になるという結論に達した。①倫理とは何か、技術とは何か、また技術者の社会的責任ということから始まり、何故今技術者倫理なのかという課題を社会的背景から考察する。②事例研究を中心とした議論や考察を行い疑似体験をする中で技術者倫理を習得させる。③学生自身に課題を与えて検討や調査をさせ、最後にレポート作成能力、コミュニケーション能力、問題解決能力などを求める。この問題は、現在市販されている技術者倫理に関する文献を調べても、重点の置き方によって多様であることがわかる。本学の研究会においてもこの問題は意見の分かれるところであるが、大筋では上記の構成に落ち着くと考えている。さらに、内容の詳細設計となるとさらに多様な考え方が出てくる。本学の研究会では、表4のような構成内容でテキストの

表 4 技術者倫理の構成要素(室工大テキスト試案)

技術者倫理の構成	
第Ⅰ部	<div>○技術者のおかれた社会背景</div> <div>○技術者の社会的責任と要求される能力</div> <div>○技術の範囲と倫理観</div> <div>①経済性 ②人的資源 ③情報 ④安全</div> <div>⑤社会環境</div> <div>○技術者倫理の重要性</div> <div>○リスクマネジメントと危機管理</div> <div>○企業秘密と内部告発</div> <div>○学協会の倫理規定</div> <div>○典型的な事例研究</div> <div>①チャレンジャー号爆発事件</div> <div>②チェルノブイリ原発事故</div>
第Ⅱ部	<div>事例研究</div> <div>○土木分野</div> <div>①土幌高原道路問題</div> <div>②水戸芸術館周辺の地区更新事業</div> <div>○機械分野</div> <div>①ロケットの事例から</div> <div>②自動車事故から</div> <div>○電気分野</div> <div>①原子力発電と自然エネルギー</div> <div>②電気技術史からの技術者倫理</div> <div>○情報分野</div> <div>①情報工学者の倫理</div> <div>②ハイテク産業と倫理</div> <div>○化学分野</div> <div>①食品問題から（雪印、食肉偽装、他）</div> <div>②生命倫理から（臓器提供、他）</div>

検討に入っている(ただし本格的な議論はこれからで、あくまでもたたき台である)。この構成内容の大きな特徴は事例研究にある。専門家集団の集まり故、思い切って個性を重視した事例研究を考えようとの合意である。土木分野と機械分野の事例研究は、自身の研究と体験の中から選んだテーマである。電気分野は、原子力発電と自然エネルギーという現実的な対比の中で技術者倫理を考えていきたい。また後述のように、電気技術史の中からテーマを設定している。化学分野では、食品問題と生命倫理という2大テーマを設定し、その中で多くの事例を取り扱おうと考えている。むしろこのような多様な取り上げ方をすることで、今後の実践を経て改善していくことでよりよい事例研究が生まれるのではないと思われる。特に日本の事例研究の場合には、企業犯罪が圧倒的に多く、かつ徹底的な調査に至らないと言う問題を抱えている。ヒューマン・エラーや技術的な未熟さからの事故などとの分類作業も重要な座標軸になると考えている。

4. 2 個別技術史からの教材開発：電気の場合

前節で紹介したように、ほとんどの事例研究は実際に起こった事故の失敗例から取り上げられている。ここでは、事例研究として科学・技術史から取り上げることの重要性を指摘したい。特に科学・技術に関しては、過去の失敗の教訓からの成果の集大成であり、興味ある事例研究の可能性がある。電気系では、同時代を生きた、科学者としてのパイオニア(ファラデー)と科学・技術の行政官として生きた(ヘンリー)との比較検討、また20世紀を代表する技術者(エジソン)と技術と数学の橋渡しをした技術者(スタインメッツ)の比較などを鳥瞰するだけでもきわめて興味深い。ファラデーは、重要な科学的発見をしたにもかかわらず、終生特許や工業化には無関心であった。ファラデーにも若い時期に失敗例があった。例えば、1821年の「電磁回転の発見」を論文にした際にウラストンの盗作ではないかという嫌疑がかかった。ファラデーは詳細な実験ノートをとっていたので、彼の発見はオリジナルなものであるという嫌疑ははれたが、この事件は後の論文発表に大きなインパクトを与えたといわれている。すなわち「自分の研究が先行研究にどこまで負い、どこからが自分のオリジナルであるかを明確に記述する必要がある」という論文における謝辞や参考文献を明らかにするという遺産を、後生に残した。エジソンは、21世紀を創り上げたといわれるほど数々の特許と発明を行い莫大な資産を形成した。しかし、一方では電気椅子事件やザ・トラスト事件など数々の愚行も行ったことで知られる。また交直論争に破れ、その後の交流電力システムに頑強に背を向けたこと、エジソン効果の発見を自ら見逃してしまったことなど彼にまつわる話題はつきない[13]。こうした教材は、技術者倫理と個別科学技術史そして専門科目の共通テ

ーマとして活用できる。専門分野ごとの技術史からの教材開発が期待される。

4. 3 設計論と技術者倫理の接点をさぐる

技術者倫理にあたって、絶対的な正解は存在しないという事実がある。時代的背景や置かれた立場によるばかりでなく、様々な側面からの重点の置き方で評価がちがったものとなる。こうした点では、設計論理に類似している。齋藤了文氏は、工学の認識論は複雑系の問題として取り扱われるべきであると主張している[14]。

つまり要素が明確になっても、その相互作用によって何が起こるかを予測することが非常にむずかしく、事故は長い因果の鎖のどこかがはずれることにより起こるので、単純には予測できない場面と思わぬ事故が起こりうるという。つまり様々な制約を考慮することが設計には必要であるという点で、事例研究の考察をする際の手本になりうる。図1に示したように、今回の試行授業でもその観点を力説した。人工物の検証は、設計問題の検証であること。制約条件の多様性を知ることが重要であること。仮想実験におけるパラメータの検証とその限界を知ることなど、設計論から学ぶ必要がある。

設計論からの事例研究は、技術者倫理のみならず専門教育としても極めて有意義であることを強調したい。

5. 最後に

本学のように、JABEEの本格的な審査にむけて準備する側にとって、技術者倫理教育をどう準備するかという課題は緊急性を要している。本協会によるワークショップ(昨年度)はその意味で、適時になった最良の助け船であった。特に礼野順氏の模範講義は、未知の分野に取り組まざるを得ない我々には何よりの先導役であり、この分野の知的興味を満たしてくれた。

この機会を得たことで本学でも、未熟ではあるが今試行授業を実施することができた。また技術者倫理研究会を発足することで全学に技術者倫理の重要性が浸透してきている。本会誌が、ワークショップの紹介とともに、技術者倫理に関する論文や経験交流の場となることを願っている。

そのことによって技術者倫理の教材研究の開発、講師養成、教育法の進展がはかられるものと期待している。

参 考 文 献

- [1] 安井至：技術者倫理とその教育，工学教育，50，[4] 72 - 77 (2002)。
- [2] 新・技術者になるということ 飯野弘之，雄松堂出版 (2001)。
- [3] 大学講義 技術者の倫理入門，杉本泰治・高城重厚，丸善 (2001)。

- [4] はじめての工学倫理，斉藤了文，坂下浩司，昭和堂（2001）.
- [5] 科学技術者倫理の事例と考察，日本技術士会訳編，丸善（2000）.
- [6] [技術者倫理1] 礼野順，飯野弘之訳，みすず書房（2000）.
- [7] 変圧器の進歩，宮本茂業，オーム社（1948）.
- [8] 福迫尚一郎：責任倫理こそ大学基礎教育の根幹，工学教育，49,2,1（2001）.
- [9] 事故は語る，日経メカニカル編，日経BP社（1998）.
- [10] インターネット時代の著作権，半田正夫，丸善（2001）.
- [11] 礼野順：技術者倫理の構築に向けて，日本機械学会誌，103, 974, 24－26（2000）.
- [12] 日工教主催「ワークショップ技術者倫理」（2001.9.28）.
- [13] エジソン，ニール・ポールドウィン，三田出版社（1997）.
- [14] 〈ものづくり〉と複雑系，齋藤了文，講談社（1998）.

著者紹介

鈴木 好夫

1970年 北海道教育大学札幌卒業 博士（工学）

現在 室蘭工業大学電気電子工学科助教授
電気学会，電気設備学会，日本太陽エネルギー学会

伊藤 秀範

1980年 北海道大学大学院工学研究科博士
後期課程修了 工学博士

現在 室蘭工業大学電気電子工学科教授，
副学長（学務担当）
電気学会，応用物理学会，日本物理学会