集団教育啓発理論に基づく技術者倫理教育

Engineering Ethics Education Based Enlighten Theory of Group Education Activity

堀 田 源 治^{※1}
Genji HOTTA

坂 本 英 俊^{※2}
Hidetoshi SAKAMOTO

守 屋 剛^{※3}
Tsuyoshi MORIYA

福 永 道 彦^{※1}
Michihiko FUKUNAGA

山 口 英 一^{※1}
Eiichi YAMAGUCHI

出 口 智 昭^{※1}
Tomoaki DEGUCHI

三 上 喜 貴^{※4}
Yoshiki MIKAMI

Japan Accreditation Board of Engineering Education states that the aim of engineering ethics education is the understanding for engineer's social responsibility. However, the results of the surveys about engineering ethics showed that this aim was not achieved. This main factor was that most lessons of the engineering ethics were based on the top-down method. Therefore, it was hard for students to understand this intended aim. In this paper, we designed and performed the lesson based on the enlightened theory of group education. Students produced some products that the residents around the school may use. The student and the resident discussed about the safety use of this product together. When the questionnaire was executed after the lesson, it was confirmed that the student understood for the society's responsibility, and was shown that it was effective the proposal lesson recognizes the society's responsibility in engineering.

Keywords : Engineering Ethics Education, Bottom-up Learning System, Enlighten Theory of Ggroup Education

キーワード：技術者倫理教育，ボトムアップ式教育，集団教育啓発理論

1. はじめに

技術者倫理教育が目指す学習・教育目標の中に社会に対して技術者が果たすべき責任の「理解」が挙げられている。責任の「理解」は、本来教わるものではなく学生が自ら「気づき」感受するものである。しかし、従来から大学・高専における技術者倫理科目の授業は知識や課題の伝授という、トップダウン式であるために、知識の定着や「気づき」が期待しにくい。そこで、教育・労働・科学の個々の活動を機能的に連携させることで学生の自主的な学びと理解を促す、という集団教育啓発理論に基づく授業を考えた。これは学生がモノづくりを通して社会との交流の中でボトムアップ的に問題に「気づき」社会への影響や責任を体感できるように工夫したものである。上記授業を有明工業高等専門学校（以下有明高専）の機械工学科5年生に対して試行した結果について報告する。

2. 技術者倫理教育の現状と学習成果上の問題点

2.1 全国の大学・高専に対するシラバス調査結果

日本技術者教育認定機構が示す学習・教育目標には、技術者倫理とは「技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、および技術者が社会に対して負っている責任に対する理解」¹⁾と示されている。日本工学教育協会技術者倫理調査研究委員会は2011年に全国107校の大学・高専の技術者倫理科目のシラバス調査を実施している。この調査結果から以下が分かる。(1)大学・高専の技術者倫理教育目標は、問題解決、分析・考察およびコミュニケーションを通じて学生に（社会に対する）「責任」、「役割」、「影響」を「理解」させることである²⁾。(2)技術者倫理教育の授業手法としては、表1のように

表1 技術者倫理教育の主な授業手法²⁾

主な授業手法	件数
講義	979
事例研究	234
グループディスカッション	148
プレゼンテーション	81
グループ・ワーク	57
その他	50
ケースメソッド	44
ディベート	40
ロール・プレイング	1

2012年6月18日受付

※1 有明工業高等専門学校

※2 熊本大学大学院自然科学研究科

※3 東京エレクトロン株式会社 技術開発センター

※4 長岡科学技術大学工学部原子力安全系

60%が講義である。(3)ケースメソッドやプレゼンテーションなども実施されているが教員が提示する課題に取り組む自習式学習であることから、ほぼ100%がトップダウン式教育法である。

図1は皆川らが2009年に大学・高専208校に対して実施した技術者倫理教育の成果についてのアンケート結果である。図2よりコミュニケーション等の活動能力は増したことが分かるが、学習目標である「理解」に関する成果については判明していない。

2.2 有明高専学生・卒業生に対する意識調査結果

図2は技術者倫理科目を受講した有明高専の専攻科生(機械系)1年生8人及び同科卒業生10人を対象に平成21年度に実施したアンケート調査結果である。アンケートは主に技術者倫理教育の必要性和認識すべき対象を問うものである。図2より、専攻科学生は技術者倫理教育の必要性は感じているものの認識すべき対象の範囲が狭いことが分かる。一方社会人である卒業生は教育の必要性よりも対象への関心が高い。図3は技術者倫理教育の受講経験のある有明高専機械工学科卒業生を対象とした「職場において技術者倫理的活動を必要と感じるか」という問に関するアンケート調査結果である。図より卒業後の年数が経過するに従って

図1 技術者倫理教育成果の内容³⁾

図2 技術者倫理教育の必要性
(有明高専専攻科生と卒業生へのアンケート)

意識の低下が認められる。

2.3 現状の技術者倫理教育の問題点

日本技術者教育認定機構が示す「理解」とは、自分の思いや行動を踏まえながら自分とのかかわりで捉え、その中でシラバス調査が示す「責任」、「役割」、「影響」について気付き、納得するものである。菱田ら⁴⁾が示すように社会や自然を観察の対象として捉えるのではない。即ち、教わるものではなく学生が対象に働きかけて自ら獲得していくものと解釈できる。現状のシラバスにおける教育体系を図4に示す。教員が作成した教材をトップダウン式に学生に提示し、学生は自習によりこの提示された課題(社会的責任などの「理解」という課題)に取り組む。教育成果はレポートなどの形で学生から教員にフィードバックされる。この教育方法における技術者倫理教育においては、以下の問題点が挙げられた。(1)主体間の伝授であるため、学生の「理解」内容は教員のそれに誘導される。(2)実際の技術と社会に触れる機会がない状態での分析・考察は、学生の想像の域を出ない。(3)事例教材が仮想であるので「責任」、「役割」、「影響」への「理解」に結びつく自発的「気付き」が困難である。(4)学習成果は(1)~(3)の理由により、表面的内容の理解と記憶に留まり、学習成果は年数と共に消失し易い。これらの問題点は、トップダウン式教育において知識の定着や「気付き」が期待しにくいという片倉⁵⁾や日経産業新聞⁶⁾の指摘とも

図3 技術者倫理に関する意識の経年変化

図4 学習目標達成を図る学習体系

一致する。

3. 集団教育啓発理論の活用

3.1 技術者倫理教育の問題点への対処

前節に示した技術者倫理教育の問題点を解決するには、主体から対象への働きかけにおいて学生が技術と社会の関係を実体験する必要がある。学生は生産活動により得られた製品を社会に示し、そこで得られた評価により社会への影響や責任に「気づき」、そして製作という活動中に倫理観の必要性が「理解」できる。これは従来から実施されてきた技術者倫理の座学に生産活動と科学的知見を加えるものである。また生産活動は価値の創造でもあり、価値は消費・分配・交換されるものである。以上のことは、集団教育啓発理論とも共通するところがある。集団教育啓発理論では、学習活動は図5に示すように道具・主体・対象・ルール・共同体・分業を要素とする生産活動に模倣される。学生は主体として道具（教材）・ルール・分業を利用して対象（課題）に取り組む。生産（学習）結果は、共同体において消費・分配・交換（評価）され、その影響は成果として学生にフィードバックされ、新たな課題となる。この繰り返しにより学習は個人から集団のレベルとなり、「学ぶ」ことから「学ぶことを学ぶ」（メタ認知）へと拡張する⁷⁾。対象である「課題」を日本技術者教育認定機構が示す「理解」とすると、技術者倫理教育は、学生が自ら「理解」を求める活動となる。

図5 集団教育啓発理論による学習活動の構造⁷⁾

図6 従来の学習活動の構造

3.2 集団教育啓発理論の活用

図4を集団教育啓発理論に当てはめると従来の学習活動は図6となる。図6では、教員側が用意した教育道具としての教材やシラバスによる学習成果は、一方的に教員に示されるだけである。主体（学生）と対象（影響や役割の「理解」という課題）は直接には関連づけられていない。この状態では、学生は真に課題を捉えることはできない。そこで実際の生産活動を通じて、学生を図4に示す技術と社会の関係に位置させることで、図6の共同体の左右に分業とルールが発生する。道具は生産手段・方法となり共同体は製作チームという具体的生産機関となることで、図7のように集団教育啓発理論による学習構造に近づく。

製作チームは図7に示すようにルールとしての社会的制約条件、社会的分業としての役割分担を認識しながら学習成果（生産物）を出す。この生産物を社会で使用して貰い（分配）、社会からの評価を得る（交換）ことで製作チームは社会や自然への影響や効果と、役割・責任について理解する。この体験を通じて、学生は社会や自然との関係の理解から社会への技術の還元や社会に役立つモノづくりなどの新たな活動を見出す。その結果、製作チーム学習活動は、単にボトムアップ的な製作の方法であった道具を、社会に安心して貰える方法に変えるという学習効果が期待できる。

4. 浄水器製作を通じた技術者倫理教育

4.1 製作活動を通じた体験形技術者倫理授業

集団教育啓発理論による学習活動理論を有明高専機械工学科5年生で行われている「工学倫理」の授業において活用した。この科目は後期、50分授業×2コマで全15回、受講生19名の授業である。具体的には、「学生が緊急用浄水器を手作りして学校周辺の住民に飲ませる」という学習活動を実施した。制約条件として以下を課した。「夏場の大地震で学生と共に孤立した学校周辺住民30人が救助を待つ3日間生きるための飲料水の確保。但し0.5日分の飲料水は校内に有り」。この課題の実施に対して、図7に示す機能の割り付けを行っ

図7 拡張式ボトムアップ教育

た. 1) 共同体: 浄水器製作チーム, 2) ルール: 震災下での使用機材等の制限 (電源・熱源の使用不可, 校内にある材料を使用), 3) 分業: 班員による役割分担 (ろ過材調達, 部品加工), 4) 道具: 実習工場の加工工具や携帯電話 (浄水器製作方法の検索のため)

完成後, 製作した浄水器でろ過した水について住民と意見交換を実施して社会 (学校周辺住民) への影響や責任についての理解を図った.

4.2 授業の実施状況

以下, 授業実施状況について報告する. 提示した想定から学生は少なくとも7回の授業時間 (11.7時間) を使って30名・2.5日分の給水を確保する必要がある. 1回～3回目の授業では, ルール説明や講義, 学生の班分け (19人を4班) と役割分担を行った. 4～9回目の授業で浄水器を製作した. 4回目の授業では, 班毎に原理や構造, 材料などを検討した. その結果, (1)必要水量は3ℓ/日・人, (2)ろ過用RO膜からのろ過水は給水量の約60%, (3)75ℓ/日×1.6=120ℓ/日 (=10ℓ/時間) の給水能力が必要, ということが分かった. そこで1次ろ過 (物質除去) 器を3台, 2次ろ過 (細菌除去) 器を1台製作した. 前者で約18ℓ/時間を確保した後, 2次ろ過器で10.8ℓ/時間の給水能力を確保する計画を立てた. 5回目授業では校内で材料集めを行い, 6回目～9回目で実習工場において加工・組立作業を行った. 作業風景を図8に示す. 製作した各ろ過器の仕様を表2に示す.

図9に完成した浄水器の概観を示す. 先ず容器に貯めた池の水を図9の①ホースに注ぐ. ②1次ろ過器を通す. ③バケツに溜める. ④手動ポンプを回す. ⑤2次ろ過器に汲み上げた水を通す. ⑥浄水タンクに貯める. 2次ろ過器のRO膜フィルター通過の所要水圧5kgf/cm²は手動ポンプで得た. 10回目の授業で実際にろ過器の性能を試した. ろ過前後の水はサンプルとして①官能検査 (外観, 臭い), ②微生物検査 (物質工学科に依頼) を実施した. 両結果を併せて表3に示す. 11

図8 実習工場における浄水器製作風景

表2 各班の浄水器仕様

班	ろ過	主要ろ過材	ケース材	給水量	ろ過圧
1班	ゴミ	砂, 砂利, 炭, 綿	PET容器	5ℓ/h	重力
2班	ゴミ	微粉炭, 砂, 綿	ポリバケツ	8.5ℓ/h	重力
3班	ゴミ	脱脂綿, 砂, 炭	灯油缶	5.5ℓ/h	重力
4班	細菌	RO膜フィルタ	アルミ容器	11ℓ/h	自転車

回目の授業では, 有明高専の周囲住民や教職員, 新聞記者, 学生ら12名を招いて浄水器の公開実験を行った (図10). 公開実験では, 学生がろ過原理や浄水機構についての説明を行った後, 水の浄水器によるろ過実験を実施した. 実験後, ろ過水を紙コップに注ぎ, 試飲を進めたが口にした住民はいなかった.

公開実験の様子は平成23年12月20日の有明新報に掲載された⁸⁾. 主催学生の試飲勧誘と住民らの主な反応を収録したビデオに基づいた両者の意見の相違を表4に示す.

最終授業の12回目に浄水器の製作と公開実験に関する反省と感想についての発表会を行った. 別途工学倫理授業の受講経験のない機械工学科4年生39名にはケースメソッドとして5年生と同様の課題を与え, 机上で浄水器を計画させた. この4年生および5年生の両クラスに緊急時の浄水器製作に必要な重要事項を一つだけ選択するアンケートを実施した. その結果を図11に示す. 図11から(1)4, 5年生とも技術力の大切さについての認識度は高い, (2)5年生は社会への配慮が技術力と同じ位に大切と考えている, ことが分かった. これは表4に示した, 浄水器製作を通じた地域住民と

図9 完成した浄水器

表3 浄水器性能

サンプル	浄化前			浄化後		
	外観	臭い	細菌	外観	臭い	細菌
コーヒー牛乳	茶色	特有	—	透明	無	—
水道水 (3日放置)	透明	有	検出	透明	無	検出*
池の水	混濁	無	検出	透明	無	検出*

*数分の過熱にて消滅

(a) 住民への学生の説明 (b) 住民を前にしたろ過実験

図10 公開実験の様子

表4 学生達と住民らのコミュニケーション

学生が伝えたかった内容	住民が聞きたかった内容
ろ過の原理としくみ	水源と汚染具合
RO膜の信頼性	最終ろ過水の安全性
ろ過のしくみの自学自習内容	どれくらいの知見程度か
ろ過水の評価基準は透明度	透明水を安全と判断する根拠
ろ過水の安全性	飲用安全に対する不安要素

図11 有明高専機械工学科4, 5年生の意識の相違

の対話で、社会の要求に直に触れたことによる自覚である、と考えられる。

5. 今後の課題

有明高専機械工学科5年生の授業の感想は、4章に示した効果の他に(1)加工に電気や機械を使用することは震災を想定した工作とは言えないのではないか、(2)ベンチャー商品開発への意気込みはあるが、そのためには高専で学習している以上の高度な知識が要求される、(3)班員間の調整事項に多くの時間を要し、製作時間が不足する、(4)ろ過水の品質についての判断基準の知識が曖昧(学習不足のため)で安全性に不安が残る、などの意見があった。今後の授業では、当初の学習構造を維持すると共に浄水技術に関する外部アドバイザーの採用およびグループリーダーの育成に力を注ぐ。例えば上記(1)、(2)、(4)についてはアドバイザー、(3)についてはリーダーの活用により今後の授業改善を図る。

6. おわりに

日本技術者認定機構が示す技術者倫理教育の学習目標の達成方法について検討した。大学・高専へのアンケート調査結果等から従来のトップダウン式授業では学習目標と教育成果との間にギャップが見られる。有明高専では学習目標である学生の社会的責任に対する「理解」をいかに実現するか、という課題に取り組んだ。「理解」は教えられるものではなく学生が主体となって自ら学び取るものである、との基本的な考えから、集団教育啓発理論を応用した授業を実施した。そ

の結果、(1)学生は自らの製作物が住民に与える影響について体感できた、(2)安全性に関する学生と地域住民の間の意見の相違から、社会への配慮に気付いたことが分かった。モノづくりにおいて重要視すべきものは技術と共に社会への配慮である、という自覚は今回試行した授業形態によって得られることが明らかになった。本稿で報告したボトムアップ式技術者倫理授業は、従来のトップダウン式授業に替る新しい教育の方向性を示すものである。

参考文献

- 1) 日本技術者教育認定機構：日本技術者教育認定基準(2010年度～)，日本技術者教育認定機構，p.1, 2010
- 2) 小林幸人：技術者倫理教育におけるモデルシラバス策定に向けた調査研究報告(2)，工学教育，60-1, pp.119-123, 2012
- 3) 皆川 勝：技術者倫理教育の実体調査アンケートの結果，2009年度技術者倫理協議会第5回公開シンポジウム，技術者倫理協議会，p.10, 2009
- 4) 菱田尚子，野田敦敬：生活科における「気づき」についての理論的研究，愛知教育大学研究報告，59(教育科学編)，p.1, 2010
- 5) 片倉啓雄：大阪大学工学部応用自然科学系の技術者倫理教育 考えさせ、気付かせるボトムアップ的な安全・倫理教育を目指して，第1回室蘭工業大学特色GPシンポジウム「技術者倫理教育の現状と課題」，p.7, 2006
- 6) 日経産業新聞：座学から体験型主流に，正社員の応用力重視，2007年4月26日，p.27
- 7) ユーリア・エンゲストローム著，山住勝弘，松下佳代，百合草禎二，保坂祐子，庄井良信，手取義宏，高橋登，訳：拡張による学習 活動理論からのアプローチ，新躍社，p.79, pp.142-146, 1999
- 8) 有明新報：災害時に飲料水確保を 有明高専地域民招き公開実験，平成2011年1月19日朝刊，p.3

著者紹介

堀田 源治

1953年 九州工業大学 機械工学科卒業
現 職 有明工業高等専門学校 機械工学科 教授(技術士：機械部門)
日本工学教育協会(技術者倫理調査研究委員会 委員)，日本機械学会，日本技術士会，日本高専学会
連絡先 〒836-8585
福岡県大牟田市東萩尾町150
hotta@ariake-nct.ac.jp