

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月30日現在

機関番号：51201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500889

研究課題名（和文）未来志向型技術者育成に向けた科学教育カリキュラムの実践的研究

研究課題名（英文）Development of Science Education Programs for Future Creative Engineers

研究代表者

白井 仁人（SHIRAI HISATO）

一関工業高等専門学校・一般教科自然科学系・教授

研究者番号：00310996

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、地球規模の問題に取り組む積極性をもった未来志向の技術者を育てるために、新しい科学教育プログラムを開発することである。また、その実践を通して、①自ら学ぶ積極性や②自分の意見を述べ議論する力を育てることである。そして、その教育効果を検証することまでを目標とした。この研究を通して、われわれは次の成果を得た。(1) 実験・討論・発表などの小さな成功体験を経験する体験型の科学教育プログラムを開発した。(2) その科学教育プログラムを実践し、自ら学ぶ意欲や自らの意見を述べる積極性を育てた。(3) その教育効果を検証する2つの方法を見出した。(4) その検証により、新しい科学教育プログラムの教育効果が高いことを実証した。(5) その科学教育プログラムの成果を論文や学会などで公表した。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of the study is to develop a new program of science education to train students for future creative engineers who can contribute for solving global problems (including energy problems and environment problems). In the program, students can take a variety of experiential learning and discuss the global problems from various viewpoints to form their own opinions. We obtained the following results; (1) we developed a new program of science education, in which students can take a variety of experiential learning; (2) we applied the program to our students and succeeded to develop students' ability; (3) we found methods to evaluate educational effects of the program; (4) we demonstrated a large educational effect of the program; (5) we published papers on this study in academic meetings of educational societies and in educational research journals.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、科学教育

キーワード：科学教育カリキュラム

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究開始当初の問題意識：

研究開始当初、技術者育成を目的とした科学教育を行う上で考えたいことが2つあった。

【第一の動機】

その第一は、環境問題やエネルギー問題など地球規模の問題について自らの意見をもつ技術者を育てたいということである。当時から日本では、環境問題やエネルギー問題をどのように解決するのかという問題があった。これは、エネルギー消費を抑制するのか、それともエネルギー消費はそのまま原子力エネルギーに依存するのか、あるいは自然エネルギーに向かうのかという問題であった。そして、未来の技術者育成のために地球規模の問題に対する答えを例示するのではなく、共に議論することはとても有意義であると思われた。特に、多くの高等専門学校は原子力技術者やエネルギー関係の技術者を育てている部分もあり、環境問題やエネルギー問題について学生と討論することや、それらに対する自分の意見を自ら形成させることは、知識の詰め込み型ではない体験型の科学教育として重要だと思われた。

【第二の動機】

第二に考えた点は、当時から盛んに言われていた「理科嫌い」や「科学嫌い」の問題である。さまざまな教育機関の調査により、当時から小中学生の「理科嫌い」や「科学嫌い」が指摘されていた。しかし、本当に子供たちは科学が嫌いになったのだろうか。それは単に「詰め込み式で習う理科のつまらなさ」を感じているだけかもしれない。もしも、見えない世界を想像し、それを実験や観察を通して確認していくという科学の本当の楽しさを知れば、「科学好き」の学生は増えるのではないか。そして、「科学好き」の学生が増えれば、そこから確かな科学的知識と能力を使って問題解決に当たることのできる次世代の技術者を育成することができるのではないか。そのように考えた。

(2) 研究開始当初の状況

このような問題意識の中で、われわれは本研究の前段階としてすでに「連携授業」という取り組みを行っていた。それは「環境」をテーマとした新しい形の科学教育プログラムであり、科目横断型で1テーマとして授業を行うことにより、広い視野から問題を眺め、自分の意見を形成しようというものであった。この取り組みは成功し、平成19年度にエネルギー教育奨励賞を受賞した。そこで、さらにこの取り組みを発展させて、体験型で意見形成型の科学教育プログラムを展開することにした。

2. 研究の目的

上述のような2つの動機と状況の下に考案した方法が、本研究費で提案した新しい科学教育プログラムであった。その目的は次の2つであった。

(1) 地球規模の問題に前向きな強い意思で立ち向かえる未来志向の技術者を育成する。

(2) その実現のための新しい科学教育プログラムを開発し、その評価方法を確立する。

3. 研究の方法

上記2つの目標の達成を目指して開発した新しい形の科学教育プログラムは、従来型の講義中心の教育から脱却したものであった。それは、我々が今まで実施し成功をおさめてきた「連携授業」の教育プログラムと本研究で開発した「実験・体験・討論型」の教育プログラムを効果的に融合させたものだった。

「実験・体験・討論型」の教育とは、図1のような「実験・観察」による受動体験型の教育に加え、図2のような「発表・討論」による能動型の体験型教育を融合させた方法である。この方法により小さな成功体験を繰り返し経験させることができ、スパイラル・アップ方式で学生の能力を向上させることができる。そして、それらを通して、未来の技術者が持つべき科学技術への信頼と未来を切り開く強い意思や前向きな心を育てることが可能となった。



図1. 「実験・観察」型学習



図2. 「発表」型学習



図3. 「討論」型学習

4. 研究成果

【主な成果】

- (1) 本研究の第一の成果は、新しい科学教育プログラムを開発したことである。このプログラムの中では、さまざまな体験ができるよう工夫し、また、答えを覚えるのではなく、自分の頭で問題の本質を考えることができるようにした。

新しい科学教育プログラムの柱は、次の3本とした。①連携授業(広い視野の形成、自分の意見の形成)、②科学セミナー(能動的な学習、自主性・積極性の育成)、③研究と教育の融合(未来志向の技術者の育成)。これら3つの中で学生が自分の意見を形成したり、発表できる場をたくさん作った。

図4は、実際に行われた連携授業の風景である。「環境」をテーマとしてさまざまな科目を連携させて授業が行われる。学生にいろいろな問題が投げかけられるが、教える側は模範解答を示さず、学ぶ側が自分なりの答えを探す。



図4. 連携授業

図5は科学セミナーの様子である。毎年、科学セミナーを実施した。テーマは発表者によりさまざまであり、学生が参加するかしないかは学生が自由に決められることとした。これは学生の自主性・積極性を育てるためであった。学生の参加者は平均して毎回十数名程度だったが、年を追うごとに徐々に増えた。

- (2) 第二の成果は、その科学教育プログラムを実践し、積極的に未来志向の学生を実際に育てたことである。後で示す通り、このプログラムを通して、多数の学生が科学セ

ミナーに自主的に参加するようになり、しかも地球環境問題やエネルギー問題に対して自分の意見をもてるようになった。これは大きな成果と言える。



図5. 学内の科学セミナーに自主的に参加する学生たち

- (3) 第三の成果は、この科学教育プログラムに対する評価方法を作ったことである。それは、①科学講演会や科学セミナーへの学生の自主的参加の度合いを調べる、②アンケート調査によって学生の意識を調べる、③本校と同じレベルでこの科学教育プログラムを実施していない学校と学習到達度を比較する、などの方法である。
- (4) 第四の成果は、その評価方法で評価して、この科学教育プログラムを実施すれば、実際に高い教育成果が得られることを実証できたことである。この科学教育プログラムの高い教育効果を示した事例の第一は、外部の科学セミナーに対する学生の積極的な参加であった。このプログラムは学生の積極性や探究心の育成を意図していたことは既に述べたが、平成基礎科学財団主催の「楽しむ科学教室」講演会においてその成果が表れた。この講演会への参加希望者を募ったところ、とても多くの学生が参加し、さらに質疑応答の時間には多数の学生が討論に参加した。そして、講演会後に多くの学生が講演者の前に列を作って、絶え間なく質問をするほどであった。これは我々の科学教育プログラムの成果の一つだと考えられる。図6はそのときの様子であり、列を作って質問をしていることがわかる。



図6. 学外の科学セミナーに自主的に参加し、積極的に質問する学生達

この科学教育プログラムの教育効果の高さを示す第二の事例は、国立高等専門学校機構到達度試験における物理の得点の明らかな上昇である。国立高専機構到達度試験とは、全国の高等専門学校の学生を対象とした全国試験である。本校の学生の学力は他の高専の学力と同レベル（またはやや下）であるので、本校の学力と他の高専の学力を比較することで、新しい科学教育プログラムを実施した場合としない場合でどの程度、学力に差が出るのかわかる。つまり、新しい科学教育プログラムの効果を間接的に調べることができる。

図7は到達度試験の実際の結果である。本校学生の成績を全国平均点と比較し、最近5年間の変化を追跡調査した。図7を見ると、新しい科学教育プログラムにより**科学の基礎能力が飛躍的に上昇（10点以上）**したことがわかる。この科学教育プログラムが、試験点上昇を目指して詰め込み式に覚えさせるのではなく、学習意欲（積極性や自主性）の向上、あるいは自分の意見の形成を促すことを目的とした体験型の教育であることを考えると、これは予想以上の教育効果だと言える。

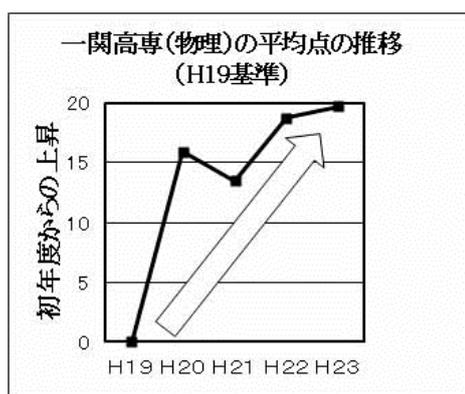


図7. 新しい科学教育プログラムの高い教育効果

- (5) 第五の成果は、この科学教育プログラムを他の教育機関でも利用できるように、その方法と教育効果について論文や学会で詳しく発表できたことである。発表論文、学会発表については下記5の通り。

【国内外での位置づけとインパクト】

最近の子供たちの「理科離れ」や「科学嫌い」が日本国内だけの問題ではないことは既によく知られており、米国や欧州の先進各国でも「理科離れ」が進んでいる。その対策として、環境問題やエネルギー問題への関心を高め、自分の意見を形成させることが有効であることや、また、体験型で能動型の学習が

より教育効果の高いことが、本研究により示すことができた。

【今後の展望】

本研究により、新しい科学教育プログラムを開発し、その有効性を実証できた。しかし、このプログラムを広くさまざまな教育機関で実施するには至っていない。そこで、今後の目標は、この教育プログラムの教育効果をさらに高め、さらなる発表を行ってその有用性を広く公表することにより、他の教育機関でも利用されるようにしていく。また、中学校などでも実施できる形に拡大し、中学生にも科学や技術への夢を与えるような科学教育プログラムへと発展させていく。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計9件)

- ① 平野 耕一、白井 仁人、物理教科教育における「実験レポートノート」の利点と欠点、論文集「高専教育」、査読有、第35号、2012、pp. 167-172
- ② 梅野 善雄、平野 耕一、他、一関高専における卒研室見学を取り入れたキャリア教育ガイダンス、論文集「高専教育」、査読有、第35号、2012、pp. 467-470
- ③ 平野 耕一、白井 仁人、物理教科教育における物理現象のコンピュータグラフィックスによる可視化の効果、論文集「高専教育」、査読有、第34号、2011、pp. 41-46
- ④ 白井仁人、平野耕一、福村卓也、平林一隆、未来の創造的技術者育成に向けた全学的環境教育の展開、工学教育、査読有、第59巻、2011、pp. 27-32
- ⑤ 福村卓也、長田光正、戸谷一英、二階堂満、木質原料の酵素糖化特性に及ぼすコンバージョンミル粉碎の影響、日本エネルギー学会誌、査読有、第89巻、2010、pp. 968-974
- ⑥ 平野 耕一、白井 仁人、物理教科教育におけるシミュレーション動画を用いた講義の効果、一関工業高等専門学校研究紀要、査読無、第45号、2010、pp. 17-21
- ⑦ 小岩俊彦、高橋龍也、宇野修子、高嶋あつ也、福村卓也、地域に根差したエネルギー循環システムの構築(第1報)―汎用工作機械を用いた圧搾式搾油機の製作―、一関工業高等専門学校研究紀要、査読無、第45号、2010、pp. 1-5
- ⑧ 高嶋あつ也、小山和英、小岩俊彦、高橋龍也、宇野修子、福村卓也、木質原料の酵素糖化特性に及ぼすコンバージョンミル粉碎の影響、一関工業高等専門学校研究紀要、査読無、第45号、2010、pp. 7-10

- ⑨ 白井仁人、福村卓也 (他 18 名)、学科横断・科目連携型環境教育の展開、一関工業高等専門学校研究紀要、査読無、第 44 号、2009、pp. 15-21

[学会発表] (計 9 件)

- ① 白井仁人、一関工業高等専門学校における理数系カリキュラムについて、日本機械工業連合会理数系グローバル人材育成・教育に関する調査専門部会講演会、2012 年 3 月 16 日、機械振興会館 (東京)
- ② 二階堂満、戸谷一英、福村卓也、他、木質系バイオマスの連続式コンバージミル粉碎と酵素糖化特性、第 7 回バイオマス科学会議、2012 年 1 月 14 日、岩手県民情報交流センター
- ③ 福村卓也、梁川甲午、他、研究的要素を取り入れた完結型グループ実験の実践、日本工学教育協会第 59 回年次大会工学・工業教育研究講演会、2011 年 9 月 10 日、北海道大学
- ④ 白井仁人、平野耕一、学習意欲向上を目指した物理教育とその効果 ―見て聞いて楽しむ物理学―、平成 23 年度全国高専教育フォーラム、2011 年 8 月 25 日、鹿児島大学
- ⑤ 平野耕一、白井仁人、物理教科教育における“実験レポートノート”の作成の経緯と教育的効果、平成 23 年度全国高専教育フォーラム、2011 年 8 月 25 日、鹿児島大学
- ⑥ 梅野善雄、平野耕一、他、一関高専における卒研室見学を取り入れたキャリアガイダンス、平成 23 年度全国高専教育フォーラム、2011 年 8 月 25 日、鹿児島大学
- ⑦ 小山和英、福村卓也、高嶋あつ也、二階堂満、ミリング処理を用いて調製した高活性固体塩基触媒による高級脂肪酸エステルの合成、第 13 回化学工学会学生発表会、平成 23 年 3 月 5 日、秋田大学 (秋田)
- ⑧ 福村卓也、梁川甲午、長田光正、二階堂満、佐藤和久、学生の探求心と向上心を育む完結型実験教育の実践、日本工学教育協会第 58 回年次大会工学・工業教育研究講演会、平成 22 年 8 月 19 日、東北大学 (仙台)
- ⑨ 福村卓也 (他 3 名)、メカノケミカル法で調製した固体塩基触媒による高級脂肪酸エステルの合成、平成 21 年 9 月 18 日、広島大学東広島キャンパス

[その他]

ホームページ等

<http://www.ichinoseki.ac.jp/kankyo/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

白井仁人 (SHIRAI HISATO)

一関工業高等専門学校・一般教科自然科学系・教授

研究者番号：00310996

(2) 研究分担者

福村卓也 (FUKUMURA TAKUYA)

一関工業高等専門学校・物質化学工学科・准教授

研究者番号：50360326

平野耕一 (HIRANO KOUICHI)

一関工業高等専門学校・一般教科自然科学系・講師

研究者番号：00558140

(3) 連携研究者

星朗 (HOSHI AKIRA)

一関工業高等専門学校・機械工学科・教授

研究者番号：40229167