
미국 버지니아텍 공대 신입생에 대한 ‘지속가능 에너지 설계’ 프로젝트 수업의 효과

김진수*, Jennifer Mullin**, Vinod Lohani***

한국교원대학교 기술교육과*, 버지니아텍 기술교육전공**, 버지니아텍 공학교육과***

Effect of Sustainable Energy Design Project on Achievement for Engineering Freshmen at Virginia Tech in the United States

Jinsoo Kim*, Jennifer Mullin** and Vinod Lohani***

Dept. of Technology Education, Korea Nat'l Univ. of Education*,
Technology Education Program, Virginia Polytechnic Institute & State Univ.**,
Dept. of Engineering Education, Virginia Polytechnic Institute & State Univ.***

국문요약

이 논문은 미국의 버지니아텍 공과대학 신입생을 대상으로 2006년 가을 학기에 프로젝트 수업을 실시한 실험 연구의 결과이다. 버지니아텍에는 공학교육과가 2004년에 설립되었다. 이 실험에서는 신입생 1200여명을 모집단으로 하여 5개 반을 표본으로 선정하였다. 연구 대상의 과목은 공학탐구이며, 수업의 주제로는 지속가능 에너지 설계이며, 6주 동안에 걸쳐 매주 이론 50분과 워킹 90분 수업을 각 모듈별로 수행하였다. 이론은 교수가 강의하고 워킹은 박사과정의 조교가 수업을 실시하였다. SPSS(버전 15)을 사용하여 통계 분석한 결과는 다음과 같다. 5개 집단의 학업 성취도에 대하여 사전 및 사후 검사 점수로 대응 표본 t 검증한 결과, 혼성 학급인 4개 집단에서는 유의 수준 .05에서 사후 검사가 유의미하게 증가하였으나, 여성학급에서는 유의미한 증가가 없었다. 5개 집단의 태도에 대하여 대응 표본 t 검증한 결과, 5개 집단 모두에서 약간씩 감소하였으며 유의미한 값은 아니다. 끝으로 이 프로젝트 수업을 통한 기능 향상의 기대감에 대하여 개방형 질문을 하였으며, 학생들은 팀워크, 디자인 과정, 지식에 대한 응답이 가장 많았다.

Abstract

In this study, the effect of a sustainable energy design project on academic achievement for engineering freshmen at Virginia Tech in fall semester 2006 in the United States was examined by

experimental method. The department of engineering education at Virginia Tech was opened in 2004. In this experiment the population was approximately 1200 freshmen, and 5 classes were sampled. Subject name is engineering exploration, a theme of the instruction is sustainable energy design, the project was performed throughout a 6 weeks period with one by 50 minutes lecture conducted by faculty and one 90 minutes workshop conducted by GTAs (Graduate Teaching Assistants) every week. The statistical results using SPSS (ver. 15.0) are as follows: A paired-samples t test analysis was run on the pre- and posttest to determine academic achievement, the results indicated a significant increase in 4 classes of mixed gender at .05 significance level, but there was no significance at 1 group of female class. A paired-samples t test analysis was run on the pre- and posttest to get an attitude score, the results showed, the posttest scores decreased for 5 groups even though it was not statistically significant. Finally, in responses to an open-ended question about students' perceptions of their improvement in skills, the 3 most frequently identified skills were teamwork, design process, knowledge.

주제어: 버지니아텍, 공학교육과, 공학탐구, 프로젝트, 지속가능 에너지, 학업성취도, 태도, t 검정

Keywords: Virginia Tech, Department of Engineering Education, Engineering Exploration, Project, Sustainable Energy, Academic Achievement, Attitude, t test

I. 서론

21세기 지식 정보화 사회에 접어들면서 국내외적으로 공학 교육이 많이 위축되고 있는 실정이다. 이에 대응하여 공과대학 교수들, 산업체 관계자 및 정부에서는 공학 교육에 깊은 관심을 보이고 있다. 국내에서는 1994년에 한국공학교육학회(KSEE; Korean Society for Engineering Education)가 창립되어 공학 교육의 학문적 발전을 위하여 노력하고 있으며, 1999년에 사단법인 한국공학교육인증원(ABEEK; Accreditation Board for Engineering Education of Korea)이 창립되어 국내 공과대학의 공학교육 인증을 위하여 노력하고 있다. 특히 2005년에는 Washington Accord에 한국이 준회원으로 가입됨으로써 국제적인 공학교육 기준을 충족시키기 위하여 한 단계 진보하였다고 할 수 있다.

미국에서는 미국공학교육학회(ASEE; American Society for Engineering Education)가 1893년에 설립되어 114년의 역사를 자랑하고 있으며, 1932년에 공학기술인증원(ABET; Accreditation Board for Engineering and Technology)이 설립되어 75년의 역사를 가지고 있다. 최근 국내에서는 공학 교육 인증 제도의 도입에 따라 공과대학들이 많은 혼란과 노력이 진행되는 반면에, 미국의 공과대학은 75년동안 공학인증제도가 실시됨에 따라 엄격한 인증 시스템이 정착되어 운영되고 있다. 그러나 한국은 공학 교육 인증의 역사와 철학 및 비전이 미국과는 다소 다르므로(조벽, 2003; NAE, 2004) 너무 시급히 접근하려는 것은 어렵기도 할 뿐만 아니라, 충분한 준비 없이 인증 제도를 도입함으로써 혼란이 가중되고 있는 점에 유의하여야 한다.

최근에 국내의 공과대학에는 공학교육센터(한경희, 2003)가 각 대학별로 점차 설립 운영됨으로써 공과대학의 공학 교육의 질을 높임과 동시에 공학 인증에 대비한 노력도 함께 진행되고 있다.

공학은 응용과학으로서 그 학문 분야와 내용의 범위가 매우 넓으며, 국내 대부분의 공과대학은 각 학과에서 가르치는 전공 과목의 수업 자료와 방법의 개선에 대한 연구가 주류를 이루고 있다(백현덕 외, 2005; 이정우 외, 2005). 최근에는 공학을 교육학(pedagogy)적으로 접근하는 노력의 일환으로 공학과 교육학을 접목시킨 교과교육학(subject matter education) 분야의 공학교육사(노태천, 2002) 및 정책(함승연, 2005)에 관한 논문들도 발표되어 공학교육학으로서의 학문적 발전이 기대되고 있다.

한편, 공학 교육의 학문적 발전과 연구를 위하여 전세계에서 최초로 공과대학 내에 공학교육과(Department of Engineering Education)가 2004년에 설립되었는데, 이는 미국의 버지니아텍(Virginia Polytechnic Institute and State University, 이하 Virginia Tech으로 약칭한다)과 퍼듀대학(Purdue University)이다. 특히 Virginia Tech의 공학교육과에서는 2004년에 학과 설립과 동시에 미국과학재단(NSF)지원 하에 학과 개혁(Department Level Reform; 이하 DLR로 약칭한다) 프로젝트가 4년 기간으로 진행중에 있다. DLR 프로젝트의 목표들로는 Bruner(1960)의 나선형 교육과정(spiral curriculum)을 기반으로 하여 기존의 일반공학 프로그램(General Engineering Program)의 재구성, 학습자 중심의 교육기술을 사용하도록 학과 교수들을 훈련시키는 것, 학과 교육과정을 개편하여 수업 효과를 평가하고 검증하는 것, 교육과정 개편(curriculum reformation)의 결과를 국내·외에 보급하는 것 등에 있다. 이러한 구체적인 목표(objectives)들을 달성하기 위하여 15명으로 구성된 Virginia Tech 공학교육과의 전임교수들은 다양한 교수·학습 관련 연구를 진행중에 있다.

따라서, 이 연구에서는 Virginia Tech의 공과대학 신입생 전체 1200여명을 대상으로 수업하기 위하여 개발된 공학탐구(Engineering Exploration) 교과목의 프로젝트 수업 효과를 검증하기 위하여 신입생을 연구 대상으로 실험 연구를 하였다. 이 공학탐구 교과목은 한 학기 15주 동안 2학점으로 운영되는데, 매주 강의와 워크숍으로 진행된다. 이 논문에서는 6주 동안에 걸쳐서 강의와 워크숍으로 진행된 지속가능 에너지 설계(Sustainable Energy Design) 프로젝트 수업의 효과에 대하여 파이롯트 연구한 것이다.

II. 이론적 배경

1. 공학탐구 교과목의 개발과 운영

서론에서 간략히 기술한 바와 같이 Virginia Tech의 공과대학 신입생은 1200여명에 달한다. 이 대학은 가을에 첫 학기를 시작하며, 모든 신입생은 1학년 때 공학교육과에 소속되어 지정된 몇 개의 교과목에 대하여 C- 이상의 학점을 반드시 취득하여야 2학년 때 희망하는 전공의 학과로 진급할 수가 있다.

Virginia Tech은 1872년에 개교하여 현재는 8개의 단과대학, 학부 및 대학원 등으로 구성되어 있다. 공과대학에는 2006년 8월 기준으로 12개의 학과(Department)가 운영되고 있는데, 항공 및 해양공학과(Aerospace and Ocean Engineering), 생물시스템공학과(Biological Systems Engi-

neering), 화학공학과(Cheical Engineering), 토목 및 환경공학과(Civil and Environmental Engineering), 컴퓨터 과학과(Computer Science), 전기 및 컴퓨터공학과(Electrical and Computer Engineering), 공학교육과(Engineering Education), 공학과학 및 역학과(Engineering Science and Mechanics), 산업 및 시스템공학과(Industrial and Systems Engineering), 재료과학 및 공학과(Material Science and Engineering), 기계공학과(Mechanical Engineering), 광산 및 광물공학과(Mining and Mineral Engineering)가 있다.

이 논문의 연구 대상인 공학탐구 교과목은 2004년에 공학교육과가 설립되기 전에는 공학기초(Introduction to Engineering)라는 명칭의 교과목으로 운영되어 왔으며, 지난 10여년간 과목의 내용도 많은 변화가 진행되어 왔다(Lohani, 2006a). <표 1>은 2006년 가을학기의 공과대학 신입생을 위한 공학탐구 교과목의 실라버스를 요약하여 나타낸 것이다(Lohani, 2006b). 공학탐구 과목의 특징은 체험 활동(hands-on activity) 중심으로 수업을 운영하기 위하여 50분 강의, 90분 워킹, 기타활동으로 구성되었다. 강의는 학과 교수 중 8명이 분담하여 팀티칭으로 진행하고, 워킹은 15명의 공대 박사과정 조교(Graduate Teaching Assistant, 이하 GTA로 약칭한다)들이 진행한다. 이 때 과목 책임자(coordinator)는 공대 전체 신입생 1200여명에게 동일한 강의 내용과 워킹이 진행되도록 하기 위하여 8명의 교수와 15명의 GTA에게 파워포인트 수업 자료 및 워킹 기자재를 제공한다. 이 논문의 제3저자는 공학탐구 교과목의 개발 및 운영의 총책임자이며, 제2저자는 공학탐구 교과목의 워킹을 담당하는 GTA들의 리더이며, 제1저자는 이 과목의 수업 효과를 연구하기 위하여 6주동안 강의 및 워킹 수업을 모두 관찰하면서 실험 연구를 수행하였다. 이 논문 등에서 얻어진 결과는 다음 해에 공학탐구 교과목의 내용 개선을 위한 피드백 자료로 사용할 것이다.

2. 지속가능 에너지 설계

미국의 공학기술인증원(ABET)은 공과대학 공학교육과정이 프로그램 인증을 받기 위한 기준(criteria)으로서 아래와 같이 지속가능성(sustainability) 등을 포함할 것을 권고하였다(ABET, 2003).

The engineering curriculum must prepare students for engineering practice culminating in major design experience based on knowledge and skills acquired in earlier coursework and incorporating engineering standards and realistic constraints that include most of the following considerations: economic, environmental, sustainability, manufacturability, ethical, health and safety, social, and political.

서론에서 기술한 바와 같이 버지니아텍에서는 학과 개혁을 위한 DLR 프로젝트가 진행 중에 있는데, 이 프로젝트에서는 Bruner의 나선형 교육과정 이론을 기반으로 하여 공학교육과와 생물시스템공학과와 교육과정 등을 중점적으로 연구하고 있다. 즉, DLR 프로젝트에서 지속가능성을 선정한 이유는 나선형 교육과정 이론을 하과 교육과정에 적용함과 동시에 ABET의 평가 기준에 부합할 수 있도록 하기 위함이다.

지속가능성 개념은 2005년 가을 학기에 공학교육과의 공학탐구(ENGE 1024) 교과목에 처음으로 도입되었으며, 이 프로그램의 교육적 목표는 공대 신입생들에게 지속가능성 개념을 가르치기

<표 1> 공학탐구 교과목의 수업 내용의 개요

주	일자	강의 (50분)	웍샵 (90분)
1	Aug 21-25	Course introduction Design comparison	Workshop introduction 'Deep Dive' video Design activity(hands-on)
	Aug 24	Tablet PC Presentation (7-9 PM)	* Attendance is required *
2	Aug 28- Sep 1	Engineering profession & ABET Engineering of 2020 Design example	Team building activity (hands-on)
	Aug 31	Computer Orientation (6-7 PM)	* Help Session is optional
3	Sep 4-8	Problem Solving Engineering method Sketching	Sketching activiry (hands-on)
4	Sep 11-15	Computer Aided Design(CAD) Sustainability	Planner Activity CAD (hands-on)
	Sep 14	Tablet PC Special Pres. (7-9 PM)	* Attendance is required *
5	Sep 18-22	Sustainability Graphing	Graphing(hands-on) Sustainability activity(hands-on) Assignment of sustainability project
6	Sep 25-29	Graphing MATLAB graphing	MATLAB Graphing Water tower (hands-on)
	Sep 18-Oct 17	Departmental Information Sessions	* Must attend at least 4 sessions
7	Oct 2-6	Sustainability Mechatronics	Mechatronics I (hands-on)
8	Oct 9-13	No lecture	Mechatronics II (hands-on) or Fuel cell activity(hands-on)
9	Oct 16-20	Ethics Globalization of engineering practice Study Abroad	Ethics Project * Ethics video (VT website)
10	Oct 23-27	Systems Sustainability	Systems activity(hands-on)
11	Oct 30-Nov 3	Flowcharting	Flowcharting (hands-on) Sustainability project demonstration
12	Nov 6-10	Flowcharting & intro. to programming	Programming (hands-on)
	Nov 9	Sustainable Design Fair(7 PM)	Location : to be announced
13	Nov 13-17	Programming-Methods/Functions	Programming (hands-on)
14	Nov 27-Dec 1	Programming	Programming (hands-on) Workshop wrap up
15	Dec 4- 6	Course Wrap up	

- 주. 1. 이 표는 2006년 가을학기 강의 실라버스 내용을 요약하여 재구성한 것임.
 2. 웍샵에서 problem solving 활동은 2~14주에 걸쳐서 매주 실시함.
 3. 시험 1 (Sep. 21), 시험 2 (Nov. 16), 기말 시험(Dec. 14).

위한 것이었다. 이를 위하여 2005년 가을 학기에는 지속가능 개발 설계 프로젝트(Sustainable Development Design Project; 이하 SDDP로 약칭한다)의 교육 내용으로서 에너지, 영양, 교육, 농업의 네 가지를 선정하였다(Lo et al, 2006). 이를 개선하여 2006년 가을 학기에는 미국의 공학 기술에서 중요한 요소로 생각하는 에너지에 초점을 두어 지속가능 에너지 설계 프로젝트(Sustainable Energy Design Project; SEDP로 약칭한다)를 수업에 도입하였다.

결국, 미국의 공학 교육 및 ABET에서는 지속가능성(sustainability)을 강조하고 있으며, 그 중에서 재생가능한 에너지(renewable energy) 내용에 대하여 이 교과목에서 프로젝트 수업을 실시하였다. 여기서 지속가능 에너지 설계를 위한 프로젝트의 주제 범위로는 수력(hydropower), 태양광(solar), 풍력(wind), 바이오메스(biomass)로 하였으며, 각 모듈별로 이 4가지 중에서 하나를 자유롭게 선정하도록 하였다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구에서의 모집단은 미국 Virginia Tech 공과대학에 입학한 2006년도 신입생 1200여명이다. 모든 신입생은 공학탐구 교과목을 이수하기 위하여 8개 반으로 편성되어 강의식 수업을 마친 후, 40개 반으로 편성되어 매주 워킹숍을 실시한다. 이 연구에서는 실험 연구(experimental research)를 하기 위하여 40개의 모집단으로부터 5개 반을 표집하였으며, <표 2>에 연구 대상을 나타냈다. 이들을 대상으로 이 연구에서 개발한 '지속가능 에너지 설계' 프로젝트 수업을 6주 동안 진행하였으며, 사전 검사와 사후 검사를 실시하였다. 5개의 집단에서 학생 수가 차이가 나는 이유는 대부분의 학급이 30여명 이내이지만, 공학 분야와는 달리 행동 과학 분야에서 연구 대상 선정 시 Virginia Tech의 엄격한 연구윤리 규정(IRB)에 따라 지원자(volunteer)만을 대상으로 사전 검사와 사후 검사를 실시할 수 있었기 때문이다. 특히 집단 G5의 경우는 전체가 여학생으로 구성되어 있는데 전후 검사에 응한 학생 수가 다른 집단보다 매우 적지만, 표본의 등분산성을 Levene 검증한 결과 다른 집단들과 유의미한 차이가 없었기 때문에($F = 1.001, p = .410$) 기술 통계 및 추리 통계로써 자료 분석을 하였다. 아울러 t 검정을 위하여 모든 집단에 대한 정규성, 등분산성, 독립적 측정의 기본 가정이 충족되었다(Howell, 2007).

<표 2> 연구 대상

집단 기호	응답 학생 수	워킹숍 담당 GTA	비고
G1	26	C	혼성학급
G2	25	Ch	혼성학급
G3	22	W	혼성학급
G4	24	L	혼성학급
G5	15	L	여학생 학급

2. 실험 설계

이 연구는 Virginia Tech 공과대학 공학교육과의 설립 및 개혁 과제로서 학과에서 개발 중인 공학탐구 교과목의 내용 개선을 하기 위하여 실시하였으며, 이를 위하여 프로젝트법으로 진행한 수업의 지속가능 에너지 설계 내용에 대한 수업 효과를 분석하기 위한 것이다. 이러한 효과를 알아보기 위하여 [그림 1]과 같은 실험 설계 모형을 사용하였다. 사전-사후검사 설계라고도 부르는 단일 집단 전후검사설계(one-group pretest posttest design)가 한 집단에 대하여 사전 검사와 사후 검사의 점수 차이를 비교하는 것인데 비하여, 이 연구에서의 실험 설계 모형은 5개의 다중 집단을 선정하여 실험하고자 하였다(김진수, 2005).

그러나 이 연구 설계의 제한점(limitation)으로서 2006년 가을학기에 이 프로젝트 수업의 파일럿 연구(pilot study)를 처음 실시한 것이므로 통제 집단(control group)을 선정하지 않았다는 것이다. 즉 이번 학기에는 공학교육과에서 개발한 지속가능 에너지 설계의 프로젝트 수업을 40개반 전체에 동일하게 적용하였고, 그 중 5개반을 표집하여 사전 및 사후 검사를 실시한 후, 대응 표본 t 검정에 의하여 프로젝트 수업의 효과를 알아보하고자 한 것이다. 그리하여 이 연구에서 얻은 결과와 문제점을 바탕으로 수업 내용의 개선에 피드백하여 2007년 2학기에는 통제 집단을 선정하여 보다 정밀한 수업 효과를 검증할 예정이다.

G1	O1	X	O2
G2	O3	X	O4
G3	O5	X	O6
G4	O7	X	O8
G5	O9	X	O10

[그림 1] 실험 설계 모형

이 실험 설계에서 O1, O3, O5, O7, O9는 사전 검사이고, O2, O4, O6, O8, O10은 사후 검사이며, X는 학과에서 개발한 지속가능 에너지 설계의 내용을 프로젝트법으로 실험 처치한 것을 의미한다. 이 실험에서 기대되는 결과는 $O1 = O3 = O5 = O7 = O9$ 이고, $O1 < O2$, $O3 < O4$, $O5 < O6$, $O7 < O8$, $O9 < O10$ 이다. 즉, 프로젝트법을 적용한 후 사전 검사 점수에 비하여 사후 검사 점수에서 수업 효과가 유의미하게 증가하는지를 통계적으로 검증한 후, 공과대학 신입생 1200여명 전체에게 일반화(generalization)하기 위한 실험 설계 모형이다.

3. 변인

이 연구에서의 독립 변인은 프로젝트법으로 수업을 하기 위하여 개발한 지속가능 에너지 설계의 수업 내용이다. <표 1>의 공학탐구 교과목 실라버스에서 보는 바와 같이 지속가능 에너지 내용에 대하여 강의 시간에 이론 수업을 한 후, 모둠별로 워킹 시간과 방과 후에 프로젝트법으로 6주동안 과제를 수행하였다.

종속 변인은 실험 처치 후에 얻은 사후 검사의 학업 성취도와 태도 점수이다. 학업 성취도는 Bloom(1956)의 taxonomy에 따라 인지적 영역(cognitive domain)에 관련된 것으로 지필 검사에

의한 사후 검사 점수로써 100점 만점에 대한 평균 점수이다. 태도는 정의적 영역(affective domain)에 관련된 것으로 지필 검사에 의한 리커트 5점 척도의 사후 검사 점수로써 5점 만점에 대한 평균 점수이다.

4. 측정 도구

이 실험에서 측정에 사용한 사전 검사 및 사후 검사의 총 문항수는 각각 20개이다. 이 중 14개 문항은 학업 성취도의 지식을 측정하는 것이고, 5개 문항은 태도를 측정하는 것이고, 1개 문항은 프로젝트 수업에 따른 기능 향상의 기대감에 대한 개방형(open-ended) 질문으로 구성하였다(표 3 참조). 여기서, 학업성취도 검사를 위한 문항들은 지속가능 에너지에 대한 인지적 영역의 내용으로 구성되었으며, 태도 검사를 위한 문항들은 지속가능 에너지에 대한 인식·흥미 등의 내용으로 구성되었다.

이 실험에서 학업 성취도를 측정하기 위하여 14개의 문항을 사용하였는데, 이는 Sierra Vista Software (2006)에서 제공하는 문항들 중에서 본 연구에 적합하도록 수정하여 제작하였다. 또한 학생들의 태도를 측정하기 위하여 5개의 문항을 사용하였는데, 이 문항들은 리커트 5점 척도로 구성하였으며, 매우 동의함(5점)에서부터 매우 동의하지 않음(1점)으로 하여 등간격으로 제작한 후 측정에 사용하였다. 그리고 태도 검사 문항에 대한 측정 점수의 신뢰도(reliability)를 SPSS로 계산하였는데 Cronbach α 계수는 0.704이다. α 값이 약간 적게 나온 이유는 이 실험이 pilot study이므로 태도 검사 문항이 5개로 적었기 때문에 내적 일관성이 약간 작은 것으로 생각한다. 특히 제작한 20개의 모든 문항에 대한 내용 타당도(content validity)를 확보하기 위하여, GTA 10명과 공학교육과 교수 3명으로부터 검토를 받아 피드백하여 일부 문항의 내용을 수정한 후, 측정에 사용하였다.

<표 3> 사전 및 사후 검사지의 구성

구분	측정 내용	문항수	응답 유형
학업 성취도 검사	지속가능 에너지에 대한 지식	14	4지선다형
태도 검사	지속가능 에너지에 대한 태도	5	리커트 5점 척도
기대하는 기능 향상	기능 향상에 대한 기대감	1	개방형

5. 실험 처치 및 수업 절차

제 2장에서 설명한 바와 같이 지속가능성에 대한 수업을 하기 위하여 학생들은 3~4명이 한 모둠으로 편성되었고, 6주동안 개인 및 모둠별로 프로젝트가 진행되었으며, 학습 목표의 제시, 설계 구상, 구체화, 보고서 작성, 발표, 전시회 등으로 진행되었다. 이 프로젝트 수행을 위하여 모둠별로 설계한 내용에 따라 필요한 재료를 구입할 수 있도록 공학교육과에서 한 모둠당 10달러씩 지원하였다. 이 때 각 모둠이 선정하여야 하는 지속가능 에너지 설계의 주제는 수력, 태양광, 풍력, 바이오메스의 4가지 중에서 선정하도록 하였다. 실험 처치를 위한 6주 동안의 프로젝트 수업 절차는 <표 4>와 같다.

각 모둠의 최종 보고서와 프로젝트 결과로써 만든 작품은 워십 11주 째에 제출되었고, 모든 작품에 대하여 워십 시간에 동료 급우들과 GTA가 평가하였다. 신입생 1200여명의 40개 학급에서

<표 4> 개인과 모둠별 프로젝트 수업의 절차

제출 기간	수행 내용	수행	배점(%)
웍샵 7	Individual Research Paper and Proposal	개인	15
웍샵 8	Team Research and Proposal paper	팀	10
웍샵 8	Individual Sketch of Group Design	개인	10
웍샵 10	Team Prototype	팀	5
웍샵 11	Team Log	팀	10
웍샵 11	Team Demo Workshop	팀	10
웍샵 11	Team Final Report	팀	40

주. 작품 전시회는 웍샵 13주째(1주일 연기됨)의 방과 후(7-9 PM)에 개최하였음.

총 300여개의 작품들이 프로젝트 결과물로 제출되었으며, 각 학급에서 최상의 한 점이 선정되어 전시회에는 40개 작품이 출품되었다. 작품 전시회는 웍샵 13주째 저녁 7시부터 개최되었는데 최종적으로 1, 2, 3등의 작품이 선정되어 시상 하였다. 심사의 공정성을 기하기 위하여 작품의 심사 위원들은 공학탐구 교과목의 강의 및 웍샵을 직접 담당하지 않은 총 6명(교내 교수 3명, 방문교수인 저자 1명, 대학원생 2명)으로 구성되었다. [그림 2]는 작품 전시회(Sustainable Energy Design Showcase)에 출품된 40개 작품 중의 하나로서 학생들의 작품 설명에 대하여 심사위원들이 평가를 하고 있는 모습이다. 이 전시회는 프로젝트 수업의 마지막 절차로서 많은 공대 신입생들이 참석하여 프로젝트 수업을 마무리하였다.



[그림 2] 전시회에서 심사위원들에 의한 작품의 최종 평가 장면

6. 자료 분석

이 논문에서는 실험 연구 방법을 사용하였으며, 실험에서 얻은 자료의 분석을 위하여 기술 통계(descriptive statistics) 및 추리 통계(inferential statistics) 방법을 사용하였다. 이러한 통계를 위하여 사용한 프로그램은 WINDOWS용 영문판 SPSS(ver. 15.0, 2006년)를 사용하였고, 통계 검증 시에 유의 수준은 .05로 하여 양방 검증을 하였으며, 대응 표본 t 검증, 독립 표본 t 검증, ANOVA 검증, Scheffe 검증의 방법으로 분석하였다. 이 논문에서는 t 검증을 위하여 p 값 접근(p value approach) 방법을 사용하였다.

IV. 연구 결과 및 해석

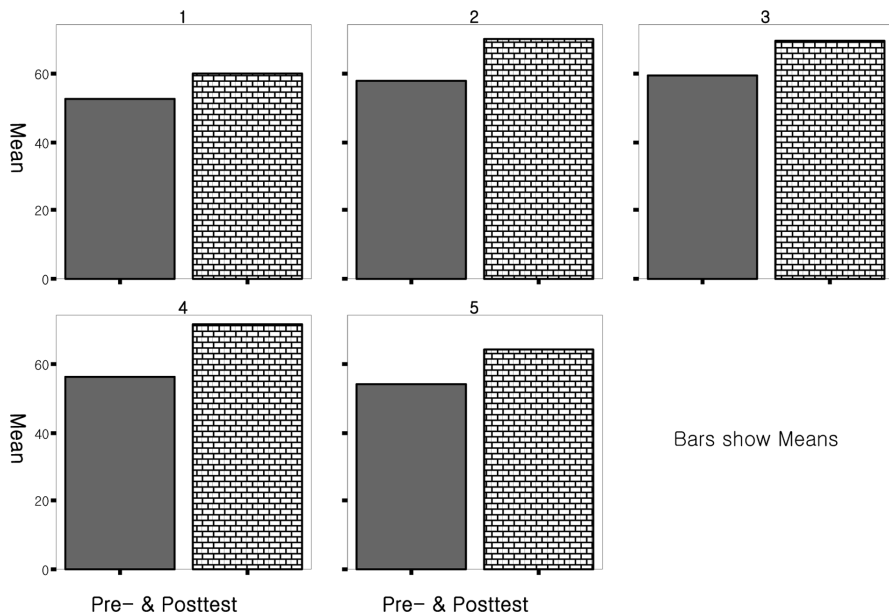
1. 학업 성취도와 태도에 대한 기술 통계

<표 5>는 [그림 1]의 실험 설계 모형에 의하여 실험한 5개 집단의 학업 성취도에 대한 사전 검사와 사후 검사 점수의 분석 결과를 나타낸 것이다. 사전 검사 점수의 평균값이 가장 높은 집단은 G3로서 59.14점이며, 사후 검사 점수의 평균값이 가장 높은 집단은 G4로서 71.38점이다.

[그림 3]은 <표 5>로부터 학업 성취도에 대한 사전 검사와 사후 검사의 평균값 증감을 쉽게 비교해 보기 위하여 나타낸 것이다. [그림 3]에서 보는 바와 같이 학업 성취도에 대한 사후 검사의

<표 5> 5개 집단의 학업 성취도에 대한 사전 검사와 사후 검사 결과

집단	검사	N	M	SD
G1	사전검사	26	52.58	12.30
	사후검사	26	59.81	10.39
G2	사전검사	25	57.56	10.38
	사후검사	25	69.72	9.78
G3	사전검사	22	59.14	15.08
	사후검사	22	69.41	9.53
G4	사전검사	24	56.13	12.33
	사후검사	24	71.38	11.78
G5	사전검사	15	54.00	13.40
	사후검사	15	63.93	13.01



[그림 3] 학업 성취도에 대한 사전 검사와 사후 검사의 평균값 증감 비교

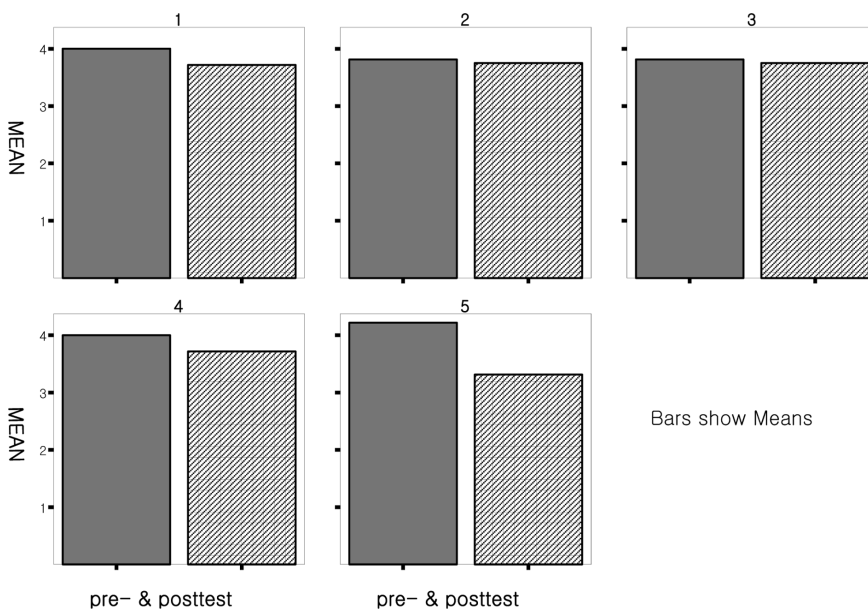
평균값은 5개 모든 집단에서 사전 검사 점수보다 증가하였다. 자세한 평균값은 <표 5>에 나타나 있으며, 다음 절에서는 각 집단별로 사전 검사와 사후 검사의 점수들에 대한 추리 통계 분석 결과를 구체적으로 제시하였다.

<표 6>은 5개 집단 각각의 태도에 대한 사전 검사와 사후 검사의 점수 결과를 나타낸 것이다. 태도를 측정하기 위하여 5점 만점의 리커트 5점 척도를 사용하였다. 사전 검사 점수의 평균값이 가장 높은 집단은 G5로서 4.23점이며, 사후 검사 점수의 평균값이 가장 낮은 집단도 G5로서 3.33점이다.

[그림 4]는 <표 6>으로부터 태도에 대한 사전 검사와 사후 검사의 평균값 증감을 쉽게 비교해 보기 위하여 나타낸 것이다. [그림 4]에서 보는 바와 같이 태도에 대한 사후 검사의 평균값은 5개

<표 6> 5개 집단의 태도에 대한 사전 검사와 사후 검사 결과

집단	검사	N	M	SD
G1	사전검사	26	4.02	0.64
	사후검사	26	3.74	0.81
G2	사전검사	25	3.82	0.60
	사후검사	25	3.75	0.38
G3	사전검사	22	3.81	0.60
	사후검사	22	3.76	0.62
G4	사전검사	24	4.00	0.44
	사후검사	24	3.73	0.49
G5	사전검사	15	4.23	0.47
	사후검사	15	3.33	0.92



[그림 4] 태도에 대한 사전 검사와 사후 검사의 평균값 증감 비교

집단 모두에서 오히려 약간씩 감소하였다. 이는 프로젝트를 진행한 후에 태도에 대한 사후 검사 점수가 사전에 기대했던 것만큼 얻을 수 없었던 것으로 나타난 것이며, 점수가 감소한 원인 등에 대하여는 질적 연구법의 일종인 초점 그룹(focus group)을 지원자들로만 구성하여 심층 면접을 수행하였고 그 자료를 분석 중에 있다(Mullin *et al.*, 2007). 이 결과를 피드백하여 2007년 가을학기의 수업에 대한 개선점으로 반영할 예정이다. 다음 절에서는 각 집단별로 사전 검사와 사후 검사의 점수들에 대한 추리 통계 결과를 구체적으로 제시하였다.

2. 5개 집단에 대한 대응 표본 t 검증 결과

<표 7>은 5개 집단 각각의 학업 성취도에 대하여 사전 검사와 사후 검사의 평균값의 차이에 대하여 대응 표본(paired-samples) t검증한 결과를 나타낸 것이다. <표 7>에서 보는 바와 같이 G1, G2, G3, G4 집단에서는 학업 성취도에 대한 사후 검사의 점수가 유의 수준 .05에서 유의미하게 증가한 것으로 나타났다. 그러므로 이 연구에서 개발한 지속가능 에너지 설계의 프로젝트 수업은 인지적 영역의 학업 성취도 면에서 효과가 있었다고 말할 수 있다. 그러나 G5에서는 학업 성취도에 대한 사후 검사의 점수가 9.933만큼 증가하였지만 유의 수준 .05에서는 무의미하였다 ($t_{(14)} = -1.923, p = .075$). 이는 여학생으로만 구성된 집단 G5에서는 공학 설계에 대한 지식 습득에 있어서 약간 부족한 점이 있는 것으로 생각하며 이에 대한 추후 연구가 필요할 것으로 생각한다. 단, G5 집단에 대하여 이와 유사한 결과가 뒤에서도 다시 나타나게 되지만 여전히 이에 대한 해석과 결론은 성차별로 보일 수 있으므로 매우 조심스럽게 해야 되며, 검사 자료의 수집부터 코딩 및 통계 처리 분석을 미국 Virginia Tech에서 수행한 제1저자의 입장에서는 아직 단정적인 해석과 결론은 2007년의 연구 과제로 남기기로 하였다. 특히 수업 과정을 관찰한 연구자의 생각에는 월샵 수행시 혼성 학급보다 여성 학급 G5에서 적극성이 다소 부족함을 알 수 있었다. 그러므로 이 부분에 대하여는 연구 결과를 보강하기 위하여 질적 연구(qualitative research) 방법에 의한 추후 연구가 필요하다고 생각한다.

<표 8>은 5개 집단 각각의 태도에 대하여 사전 검사와 사후 검사의 평균값의 차이에 대하여 대응 표본 t검증한 결과이다. <표 8>에서 보는 바와 같이 G1, G2, G3 집단에서는 태도에 대한 사후 검사의 점수가 약간 감소하였지만 유의 수준 .05에서 유의미한 차이는 없었다. 그러나 G4, G5에서는 태도에 대한 사후 검사의 점수가 더 많이 감소하였고 이는 유의 수준 .05에서 유의미한 값으로 나타났다. 특히 G4, G5는 여성의 L 조교에 의하여 프로젝트 수업이 진행되었으며, G5는 여학생으로만 구성된 학급인 것이 특징이다(표 2 참조). <표 7>과 <표 8>의 결과를 보면 특이한 점이 나타

<표 7> 5개 집단의 학업 성취도에 대한 대응 표본 t검증 결과

집단	대응 검사	대응 차이		t	df	p
		M	SD			
G1	사전검사-사후검사	-7.231	15.066	-2.447	25	.022
G2	사전검사-사후검사	-12.160	13.996	-4.344	24	.000
G3	사전검사-사후검사	-10.273	17.841	-2.701	21	.013
G4	사전검사-사후검사	-15.250	16.796	-4.448	23	.000
G5	사전검사-사후검사	-9.933	20.005	-1.923	14	.075

<표 8> 5개 집단의 태도에 대한 대응 표본 t검증 결과

집단	대응 검사	대응 차이		t	df	p
		M	SD			
G1	사전검사-사후검사	0.277	0.995	1.420	25	.168
G2	사전검사-사후검사	0.064	0.765	0.418	24	.680
G3	사전검사-사후검사	0.045	0.868	0.246	21	.808
G4	사전검사-사후검사	0.275	0.618	2.180	23	.040
G5	사전검사-사후검사	0.893	1.074	3.221	14	.006

났는데, 여성 공학자 조교이거나 여성 공학도 신입생 학급이라는 점이다. 그리고 <표 13>에서도 보는 바와 같이 기능 향상의 기대감은 정의적 영역에 대한 질문인데 G5 집단의 빈도수가 매우 적었으며 수업 관찰시 태도도 소극적임을 볼 수 있었다. 그러나 미국에서는 성차별에 관련된 연구는 조심스럽기도 하고 연구 결과가 발표되는 것도 매우 신중을 기하여야 하므로, 이 결과의 특이 사항에 대한 보강 연구가 필요하다고 생각한다.

이상에서와 같이 5개 집단 각각에 대하여 전후 검사를 실시하여 대응 표본 t 검증을 하였다. G1, G2, G3, G4 모두가 혼성학급이며 네 개의 집단을 선정하여 똑같은 실험 처치를 하였다. 만일 통제 집단(control group)이 있었다면 네 개 중에서 한 개의 실험 집단만 있어도 실험 연구가 가능하였을 것이다. 그러나 앞에서 설명한 바와 같이 본 실험 연구 논문은 파일럿 연구로서 학과 개혁을 위한 국가적 프로젝트의 일환으로 수행하기 위한 것이었으므로, 통제 집단의 선정은 내년에 가능하며 비용과 절차가 복잡하여도 실험 집단을 5개 선정한 것이다. 그리고 G5의 여성 학급에서 통계적으로 유의미한 평균값의 차이는 크게 나타나지 않았지만, 미국에서는 여성 공학도의 비율이 21%로서(ASEE, 2003) 국내보다 매우 높기 때문에 이에 대한 연구가 높은 관심으로 되어 있다. 끝으로 5개 집단 전체를 대상으로 하여 학업 성취도의 사후 검사 점수에 대한 ANOVA 검증과 Scheffe 검증을 하였다. 그러나 네 개의 혼성 학급에도 여학생이 소수 있으므로 여성 학급과의 통계값 차이가 성별의 요인에 의한 것으로 해석하기에는 무리가 있기에, 추후 연구에서는 성별을 변인으로 한 실험 설계 모형이 필요하다고 생각한다.

3. 혼성학급과 여성학급에 대한 독립표본 t 검증 결과

[그림 1]의 실험 설계 모형에서 G1, G2, G3, G4는 남·여 혼성 학급이며 G5는 여성 학급이다. 그러므로 G4와 G5의 수업 효과를 비교하기 위하여 한 명의 L 조교가 프로젝트 수업을 진행하였고, 학업 성취도와 태도 점수에 대하여 두 집단을 대상으로 독립 표본(independent-samples) t 검증을 실시하였다.

<표 9>는 혼성 학급인 G4와 여성 학급인 G5의 두 집단에 대하여 학업 성취도의 사후 검사 점수에 대하여 독립 표본 t검증한 결과를 나타낸 것이다. <표 9>에서 보는바와 같이 혼성 학급 G4의 학업 성취도 평균값은 71.38이고, 여성 학급 G5의 학업 성취도 평균값은 63.93으로써, 혼성 학급의 점수가 7.45점 높게 나타났다. 여기서 두 집단의 학업 성취도 평균값에 대한 독립 표본 t검증을 실시한 결과, 유의 수준 .05에서 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났다 ($t_{(37)} = 1.845, p = .073$). 이는 지속가능 에너지 설계에 대한 프로젝트 수업을 실시하면 인지적 영역의 학업 성취도에서 남·여간의 성에 의한 차이가 유의미하지는 않은 것으로 해석할 수 있다.

<표 9> 혼성 학급 G4와 여성 학급 G5의 학업 성취도에 대한 독립 표본 t검증 결과

집단	N	M	SD	t	p
G4	24	71.38	11.776	1.845	.073
G5	15	63.93	13.008		

<표 10>은 혼성 학급인 G4와 여성 학급인 G5의 두 집단에 대하여 태도의 사후 검사 점수에 대하여 독립 표본 t검증한 결과를 나타낸 것이다. <표 10>에서 보는 바와 같이 혼성 학급 G4의 태도 점수는 3.73이고, 여성 학급 G5의 태도 점수는 3.33으로써, 혼성 학급의 태도 점수가 5점 만점에 0.4점 높게 나타났다. 여기서 두 집단의 태도 점수에 대한 독립 표본 t검증을 실시한 결과, 유의 수준 .05에서 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났다($t_{(37)} = 1.731, p = .092$). 이는 지속가능 에너지 설계에 대한 프로젝트 수업을 실시하면 정의적 영역의 태도에서 남·여간의 성에 의한 차이가 유의미하지는 않은 것으로 해석할 수 있다.

<표 10> 혼성 학급 G4와 여성 학급 G5의 태도에 대한 독립 표본 t검증 결과

집단	N	M	SD	t	p
G4	24	3.73	.493	1.731	.092
G5	15	3.33	.922		

이상에서와 같이 <표 9>와 <표 10>을 보면 여학생 집단 G5의 학업 성취도와 태도 점수의 평균 값이 약간 적게 나오기는 했지만 통계적으로 유의미한 값은 아닌 것이다. 이러한 차이에 영향을 주는 요인으로는 성별, 학생의 특성, 교수법, 교육과정, 시설 등의 여러 가지가 있을 것으로 생각하며 연구팀은 이들을 고려하여 내년도의 후속 연구를 계획 중에 있다.

4. 프로젝트 수업에 의한 기능 향상의 기대감에 대한 개방형 질문의 응답 결과

앞의 <표 3>에서 언급한 바와 같이 사전 검사 및 사후 검사지에는 개방형 질문이 한 문항 포함되었다. 질문 내용은 지속가능 에너지 설계 프로젝트 수업을 통하여 학생들이 기대하는 기능 향상(improving skills)이 무엇인지를 프로젝트 전과 프로젝트 후에 질문하였다. [그림 5]는 사후 검사지에 대한 학생의 응답 예를 나타낸 것이다.

이 개방형 질문에 대하여 응답하지 않은 학생들도 있고 응답한 학생도 있으며, 응답한 학생 중

20. Having completed the "Sustainable Energy Design Project," I think my skills have been improved. Some example skills include:

teamwork skills have definitely improved, as well as research paper writing, researching, and knowledge/use of the design process

[그림 5] 기능 향상의 기대감에 대한 개방형 사후 검사지의 응답 예

에는 다중 응답한 경우도 있었다. <표 11>은 5개 집단별로 사전 검사와 사후 검사에 응답한 내용을 분석하여 빈도수가 많은 순서대로 정리한 것이다. 여기서 사전 검사는 기능 향상의 기대에 대하여, 사후 검사는 기능 향상의 종류에 대하여 질문을 하였다. <표 11>의 맨 오른쪽 칸을 보면 사전 검사와 사후 검사에서 나타난 총 응답수를 알 수 있다. 즉, 학생들이 지속가능 에너지 설계 프로젝트 수업을 통하여 가장 많이 기능 향상이 되었다고 응답한 것 3개를 들면 팀웍(teamwork), 설계 과정(design process), 지식(knowledge)이었다. 그 외에도 <표 11>에서 보는 바와 같이 이 프로젝트 수업을 통하여 학생들은 다양한 경험과 기능 향상을 이루었다고 생각하고 있음을 알 수 있다.

최근에 미국기계학회(ASME)와 미국과학재단(NSF)에서 대학 교수와 산업체 기술자들을 대상으로 조사한 바에 의하면, 공학 엔지니어에게 요구되는 중요한 실무 능력으로는 teamwork, creative thinking, sketching, communication, design reviews 등을 들고 있는데(최덕기 외, 2006), <표 11>은 이러한 조사 결과와도 유사하며 따라서 국내에서도 공학 기초 교육을 위한 공학탐구 프로그램 개발이 중요하다고 생각된다.

<표 11> 5개의 집단에 대하여 프로젝트 수업에 의한 기능 향상의 기대감에 대한 응답 결과

기능 \ 집단	G1		G2		G3		G4		G5		계	
	사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후
Teamwork	11	16	11	13	7	7	11	16	5	3	45	55
Design process	5	7	4	4	6	1	4	7	2	3	21	22
Knowledge	7	2	3	2	3	3	8		3		24	7
Critical thinking	1	1	3	2	1	2	3	3		1	8	9
Sketching	1	3	2	1			3	1	3		9	5
Building	1	1		2	2	4	2	1			5	8
Communication	2	2		2	1	1	2	2			5	7
Reporting		2	2	2		1	1		1	3	4	8
Problem solving	1	1	3			1		1	1	1	5	4
Creativity	1	1	3	1	1		1	1			6	3
Researching		1	2	2	1			2	1		4	5
Innovation	1			2	1			1		1	2	4
Leadership	1	1	1				2	1			4	2
Others *		4	6	5	3	3	3	4	1		13	16

주. 기타(*)에 응답한 내용은 time management, organization, budget management, awareness, concentration, brainstorming, cooperation, practice 등이다.

V. 결론 및 제언

이 논문에서는 미국 Virginia Tech 공과대학의 전체 신입생들을 대상으로 실험 연구를 하였는데, 공학교육과에서 개발한 공학탐구 교과목의 내용 중에서 지속가능 에너지를 연구 주제로 선정

하였다. 모집단은 신입생 1200여명이며 표본으로 5개 반을 선정하여 프로젝트 수업을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 5개 집단 각각의 학업 성취도에 대하여 대응 표본 t 검증한 결과, 혼성 학급인 4개 집단에서는 사후 검사 점수가 유의미하게 증가하였으나 여성 학급인 G5 집단에서는 사전 검사와 사후 검사 점수 간에 유의미한 증가를 나타내지 않았다. 그러나 G5의 결과에 대하여 그것이 성별에 의한 이유라고 결론을 내릴수는 없으므로 성별을 변인으로 한 실험 설계 모형에 의한 후속 연구가 필요하다. 둘째, 5개 집단 각각의 태도에 대하여 대응 표본 t 검증한 결과, 5개 집단 모두에서 사후 검사 점수가 약간씩 감소하였다. 여기서, G4와 G5 집단에서는 유의미하게 사후 검사 점수가 감소하였는데 이는 G4와 G5는 여성 공학자 GTA가 수업을 하였고 특히 G5가 여성 학급인 점이 특징이다. 셋째, 위의 두 번째 결과를 보충하기 위하여 혼성 학급인 G4와 여성 학급인 G5에 대하여 독립 표본 t 검증을 실시하였다. 그 결과로서 학업 성취도와 태도에 있어서 두 집단 사이에 유의 수준 .05에서 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났다($p = .073$). 이로써 지속가능 에너지 설계에 대한 프로젝트 수업을 실시하면 인지적 영역의 학업 성취도에서 남녀간의 성에 의한 차이가 유의미하지는 않은 것으로 해석할 수 있다.

이상의 결론은 미국 Virginia Tech의 공과대학 공학교육과에서 신입생을 위하여 공학의 기초적 교과목으로 개발한 공학탐구 교과목의 수업 운영에 관한 연구의 중간 결과이며, 교과목 내용과 운영에 관하여 개선의 필요가 있다고 생각한다. 국내 공과대학에는 공학교육과(Department of Engineering Education)가 아직 없지만 공학 교육의 활성화와 교육과정 개선을 위하여 벤치 마킹할 수 있는 내용이라고 생각한다. 또한 통계 분석 결과에서 나타난 여학생 집단에 관한 수업 효과의 특이점에 관하여는 후속 연구가 필요하므로 이를 위한 실험 설계를 준비 중에 있다. 기존에 강의와 실습 중심으로 운영되는 국내 공학 교육도 이 연구에서처럼 프로젝트법 등의 다양한 수업 전략의 도입이 필요하며, 이러한 공학의 기초 수업을 위한 효과적인 공학 교육 프로그램과 교수-학습 자료 개발이 필요하다고 제안한다.

교신저자: 김진수

[참고 문헌]

- 김진수(2005). 공업교육연구법과 SPSS. 서울: 웅보출판사.
 노태천(2002). 흥대용과 공학교육. 공학교육연구, 5(1), 77-84, 한국공학교육학회.
 백현덕, 박진원, 심수만, 신판석(2005). 공과대학의 소양교육 개선 방안 연구-홍익대학교 과학기술대학을 중심으로. 공학교육연구, 8(1), 84-98, 한국공학교육학회.
 이정우, 정연두, 심병민, 채경덕, 한세범, 황영택(2005). 공학교육 인증을 위한 메카트로닉스 전공 교육 과정의 개발. 공학교육연구, 8(2), 5-15, 한국공학교육학회.
 조 벽(2003). 미국 공학교육의 변화 방향: ABET EC2000이 양성한 색다른 엔지니어. 공학교육

- 과 기술, 10(2), 72-84, 한국공학교육학회.
- 최덕기, 박찬일, 최정임(2006). 창의적 사고능력 배양을 위한 입문공학설계 교과목 개발. *공학교육연구*, 9(1), 61-74, 한국공학교육학회.
- 한경희(2003). 연세공학교육혁신센터 소개 및 연구 성과. *공학교육과 기술*, 10(3), 54-57, 한국공학교육학회.
- 함승연(2005). 전문대학 공학기술교육 프로그램 인증 준거에 관한 연구. 박사학위논문. 충남대학교.
- ABET (2003). *ABET Criteria for Accrediting Engineering Programs Effective for Evaluations During 2003- 2004 Accreditation Cycle*. ABET.
- ASEE (2003). *Profiles of Engineering and Engineering Technology Colleges*. American Society for Engineering Education. Washington D.C.
- Bloom, Benjamin (1956). *Taxonomoy of Educational Objectives*. David McKay Company.
- Bruner, Jerome (1960). *The Process of Education*. Harvard University Press.
- Howell, David (2007). *Statistical Methods for Psychology* (6th ed.). Thomson Wadsworth, CA.
- Lo, J, Lohani, V, & Griffin, O (2006). *Full Implementation of a New Format for Freshman Engineering Course at Virginia Tech*. Paper presented at American Society for Engineering Education, Chicago (June, 2006).
- Lohani, Vinod (2006a). *ENGE5504-Practicum in the Engineering Classroom*. 대학원 강의 자료, Virginia Tech.
- Lohani, Vinod (2006b). *ENGE1024-Engineering Exploration Course Syllabus*. Virginia Tech.
- Mullin, Jennifer, Kim, Jinsoo, & Lohani, Vinod (2007). *Sustainable Energy Design Projects for Engineering Freshmen*. Paper submitted at American Society for Engineering Education, Hawaii (June 2007).
- National Academy of Engineering (2004). *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*. The National Academic Press. Washington D.C.
- Sierra Vista Software (2006). http://www.quiz-tree.com/Energy_main.html.