

# 해외 공학교육 사례분석을 통한 교수학습 전략 탐색

권성호\* · 신동욱\*\* · 강경희\*\*\*

한양대학교 교육공학과 교수\* 한양대학교 신소재공학부 교수\*\* 한양대학교 교육공학연구소 책임연구원\*\*\*

## Exploration on Teaching and Learning Strategies through Analyzing Cases of Foreign Engineering Education

Sungho Kwon\*, Dongwook Shin\*\*, Kyunghye Kang\*\*\*

Educational technology of Hanyang University\*

Division of Materials Science Engineering of Hanyang University\*\*

Institute of Educational Technology of Hanyang University\*\*\*

### 요 약

본 연구의 목적은 해외 공학교육 사례 분석을 통해 공학교육의 교수학습 전략을 탐색하는 것이다. 이를 위해 해외 공과대학 중 5개 국가 10개 공과대학 사례를 조사하였다. 사례 분석 준거로는 공학교육모델, 교수학습방법, 평가전략, 테크놀로지 지원전략이었다. 사례 분석 결과 도출된 교수학습 전략은 다음과 같다. 첫째, 교수학습의 개혁, 작업실과 실험실, 평가 개혁 등 교육 전반에 대한 시스템적 접근이 이루어져야하며, 이를 위한 공학교육의 교수학습 모델이 필요하다. 둘째, 구체적인 수업 전략으로는 문제중심학습, 탐구학습, 프로젝트중심학습, 스튜디오기반학습, 블렌디드 러닝 등과 같이 귀납적 접근 학습전략을 사용하여 학습자의 자기주도적인 학습과 적극적인 학습참여, 협력학습 등을 지원하여야 한다. 셋째, 교수학습의 결과를 평가함에 있어서도 학습의 과정을 성찰하고 지속적인 학습을 촉진하기 위한 평가가 이루어져야 하며 이에 맞는 평가 시스템 구축이 필요하다. 넷째, 테크놀로지 지원 환경을 활용한 공학교육이 필요하며, 구축된 공학 교육시스템은 타 대학과의 연계를 통해 연구와 교육의 효율을 배가시킬 수 있는 교육공학적 접근이 필요하다. 본 연구는 공학 교육의 교수학습 모형 및 전략 개발에 기초 자료가 될 것이다.

주제어: 공학교육, 교수학습 전략, 해외 사례 분석

### Abstract

The purpose of this study is to explore teaching and learning strategies through analyzing cases of foreign engineering education. With the analysis criteria composed of engineering education model, teaching and learning method, evaluation strategy, and technology supporting strategy, 10 foreign colleges of engineering in 5 countries were examined and analyzed. Teaching and learning strategies deduced from analysis state as follows. First of all, it need to develop engineering education models that reform should be made in systematic approach to teaching and learning, workplaces and laboratories, evaluation, technology support, etc. Secondly, the strategy for teaching and learning recommends supporting student directed learning, active learning participation, and collaboration learning by inductive learning strategies such as problem based learning, inquiry learning, project based learning, studio based learning, and blended learning. Thirdly, the evaluation strategy suggests that evaluation should be made to reflect students' learning and facilitate continuous learning based current learning results while it is necessary to build up a whole evaluation system. Finally, it is the educational technology approach for systematic engineering education that is required considering that many foreign colleges of engineering have reformed engineering education through technology supporting systems and are maximizing research and education in connection with other universities. This study is expected to contribute as preliminary data in developing further teaching and learning models and strategies for nurturing engineering students.

Key words: engineering education, teaching and learning strategies, foreign cases analysis

## I. 서론

최근 지식 기반 사회가 도래됨에 따라 사회가 요구하는 인재상과 개인이 원하는 미래상 또한 변화되고 있다. 대학에서는 이러한 변화를 미리 예측하고 수용하여 창의적으로 새로운 변화를 창출할 수 있는 차세대 인재를 육성해야 한다. 특히, 공학 분야는 미래 사회와 산업을 이끌어갈 역량 있는 인재가 필요하며, 이러한 인재를 육성하는 것은 대학의 최우선 과제일 것이다.

미래 공학 인재를 육성하기 위해 공학 교육에 대한 관심과 연구가 활발하다. 공학교육을 위해 공학인증제의 실시와 공학 교육 전문가들의 모임이라고 할 수 있는 공학교육학회의 활성화 등은 이러한 노력의 반증이라 할 수 있다.

그러나, 아직도 교육현장에서는 최신성, 첨단성, 혁신성과 같은 공학의 특성과는 달리 일방향적인 강의식 수업이나 따라하기식 실험교육과 같은 전통적인 교육 방법을 크게 벗어나지 못하고 있다. 공학교육은 기존의 전통적인 강의법만으로 이 시대가 필요로 하는 창의적인 사고나 과학적 사고, 공학의 실천적 역량을 길러내기 어렵다.

본 연구는 공학교육에서의 교수학습 전략을 탐색하기 위해 해외 공과대학의 교수학습 사례를 분석하였다. 이에 해외 공학교육의 사례를 조사하였고, 5개 지역의 10 대학의 사례가 분석되었다. 사례분석은 다양한 공학 분야에 적용되는 교수학습 전략을 중심으로 하였지만 대상은 주로 핵심 소재 분야에 초점을 맞추었다. 핵심소재분야는 재료공학, 화학공학, 생명공학, 섬유공학 등의 학문들로 이루어져 있으며, 차세대 NT, IT, BT가 융합한 융·통합학문의 중심 분야라 할 수 있다.

본 연구에서는 사례 분석을 위해 분석의 준거를 공학교육모델, 교수학습 방법, 평가전략, 테크놀로지 지원전략 등 네 영역으로 구분하였다. 그리고, 분석 결과에 따라 도출된 시사점을 정리하였고, 마지막으로 공학교육에서의 교수학습 전략을 결론으로 제시하였다.

본 연구는 해외 공학 교육의 혁신적 사례를 조사

분석하여 국내 공학 교육에 적용 가능한 교수학습 전략을 제시하는 것에 의의가 있다. 이는 향후 역량 있는 공학인재를 육성하기 위해 포괄적이면서도 구체적인 교수학습 모델 및 전략 개발의 기초 자료가 될 것이다.

## II. 공학 인재의 필요역량과 교수-학습

해외 공학교육의 다양한 사례에서 본 연구의 결과인 효과적인 교수학습의 전략을 탐색하기 위해서는 사례를 분석할 준거가 필요하다. 사례 분석의 준거를 도출하기 위해서는 공학인재의 필요 역량과 교수학습에 대한 이론적 배경을 살펴봄으로써 분석 준거를 마련할 수 있었다. 본 연구가 대상으로 하는 핵심소재 영역은 신기술의 집합체이다. 끊임없이 새로운 물질을 만들거나 다른 물질과 결합 또는 융합하여 새로운 영역을 도출해 내고 있다. 따라서, 이러한 영역에서의 학생들이 갖추어야 할 역량으로 본 연구는 자율연구역량, 과학탐구역량, 창의적 문제해결 능력, 의사소통능력으로 보았다. 이를 중심으로 각각을 살펴보면 다음과 같다.

### 1. 공학 인재의 필요역량

#### 가. 자율연구역량

공학의 연구는 미지의 자연과학의 원리를 규명하고 그 규명한 원리를 공학에 응용하며, 필요한 원천기술에 대한 연구를 수행한다. 이러한 연구 수행에 있어 학생 자신의 자율 연구 능력은 매우 중요한 능력이라고 할 수 있다. 자율연구란 ‘학생 개개인이 스스로 관심 있는 탐구영역을 선정하여 제반 요소, 즉 인지요소, 동기요소, 행동요소 등을 스스로 조절하여 적극적으로 문제를 해결하는 것’을 말하며, ‘자율연구능력’은 자율연구를 수행하는데 필요한 개인요인으로 자기조절학습 능력과 연구능력으로 구성된다. 자율연구역량의 하위 요소로는 자기조절 학습 능력, 문제발견 능력, 탐구 설계 능력을 들 수 있다. 실제 연구의 과정은 항상 주제나

상황 속에서 일어나며, 반드시 관련되는 지식체계를 필요로 한다. 따라서 지식과 연구의 과정은 분리되기가 어렵다(정현철 · 윤초희, 2005).

## 나. 과학탐구능력

과학탐구능력은 학습자의 지적 능력, 발달 수준, 동기적 특성, 학습 환경 등 다양한 변인들 간의 역동적인 상호작용을 통해 발전되는 능력이라고 할 수 있다. 과학탐구능력의 주요 요소에는 우선, 기존에 주어진 상황에서 새롭고 가치 있는 문제 해결책을 제시하는 것보다 스스로 새로운 문제를 찾고 인식하는 문제 발견 능력이 필요하다. 둘째, 기본 탐구 과정에 필요한 관찰, 측정, 분류, 예상, 추론 등의 기본 탐구기능과 변인에 대한 조작적 정의, 가설설정, 변인통제, 자료 해석, 결론 도출 등의 통합적 탐구 기능으로 구분되는 과학 탐구 기능이 필요하다. 셋째, 문제의 정확한 해를 찾아내는 것이 아니며 단순히 기억되어 있는 지식을 끌어내는 것이 아닌 일반적으로 과학자가 새로운 세계를 탐구할 때 사용하는 방법으로, 즉 다양한 해결책 중에 어떤 것을 택할 것인가를 탐색하는 능력인 탐구설계 능력이 필요하다.

## 다. 창의적 문제해결능력

창의성(creativity)이란 창의적인 산물을 만들어내는 개인의 특성을 의미하거나 그러한 활동, 성취, 결과물을 설명하는 말이다. 이때 활동이나 성취물은 특성으로서의 창의성이 전제된다(강정하 · 최인수, 2006 재인용).

창의적 문제해결이란 개인이나 집단이 어떤 문제를 해결하기 위해 창의적으로 사고하는 과정이나 노력들을 통칭하는 것이다. 즉, 개인이 특정 대상에 대해 느끼는 어떤 불편함을 해소하고, 새로운 도전을 하기 위해 문제나 갈등 상황을 인지하는 것으로 문제를 발견하고 문제를 진술하고, 해결 전략을 생성하여 이를 실행에 옮기는 전 과정을 포함한다(Isaksen, Dorval, & Treffinger, 2000).

## 라. 의사소통능력

의사소통능력은 공학도에게 매우 중요한 필요 능력이다. 한국공학교육인증원(ABEEK)에서도 의사소통 능력의 중요성을 인정하고 학습성과 기중에 효과적으로 의사를 전달할 수 있는 능력을 포함시키고 있다(강소연 외, 2005). 그러므로 학생들은 소그룹 활동을 통해 협력적으로 문제를 해결하면서 적극적으로 자신의 의견을 발표하고 공유함으로써 의사표현 능력을 기르고 이로 인해 자신감을 가질 수 있어야 한다.

김영정 · 정상준(2005)은 효과적인 의사소통 능력이란 다양한 종류의 의사들(정보, 데이터, 아이디어, 의견 등)을 제대로 그리고 보다 친절하고 용이하게 수용자에게 전달될 수 있도록 하는 능력과 아울러 전달된 의사를 반성적으로 고찰할 수 있는 능력을 포괄한다고 하였다.

## 2. 귀납적 학습 방법의 이해

앞서 살펴본 공학 인재의 필요 능력들이 제대로 발휘되기 위해서는 교수학습의 과정에 최대한 그 능력을 육성할 수 있는 방법이 필요하다. 이는 전통적인 지식의 전달 중심의 연역적 교수 방법이 아니라 학습자의 지식 구성을 가능하게 하는 귀납적 학습 방법을 적용함으로써 그 효과를 배가시킬 수 있다. 귀납적 학습 방법으로는 탐구학습, 문제중심학습, 프로젝트기반학습, 사례기반학습, 발견학습, 적시적 학습 등이 있다(Prince, & Felder, 2006; 2007).

귀납적 학습 방법은 학생 중심의 학습방법으로 그들 자신이 직접 정보를 찾아 문제를 해결하는 것이다. 본 연구에서는 탐구학습, 문제중심학습, 사례기반학습을 중심으로 살펴보고자 한다.

탐구학습(Inquiry Learning)은 학생들이 좋은 질문을 만드는 방법, 적합한 증거 자료 확보, 결과 분석과 해석, 결론을 만들어 내고 이런 결론에 대한 평가를 하게 한다. 탐구학습은 상호작용적 강의, 토

의, 시뮬레이션, 서비스학습, 독립적 학습을 유도한다. 또한 탐구학습에도 <표 1>과 같이 여러 종류가 있어 상황에 맞게 적용할 수 있다. 이때 교사의 역할은 학생들이 도움이 필요하다면 학생들을 도와 주거나 문제를 해결을 도와준다.

<표 1> 탐구학습의 종류

구분	내용
구조화된 탐구 (Structured inquiry)	문제가 주어지며, 문제를 어떻게 풀어나가야 하는지 방법도 제시
안내된 탐구 (Guided inquiry)	학생들은 해결 방법을 찾아야함.
개방형 탐구 (Open inquiry)	학생들은 문제를 스스로 만들어내고 세부사항도 기록해야 한다.
교사주도 탐구 (Teacher inquiry)	교사가 문제 제시
학습자 주도 탐구 (Learner inquiry)	학생이 문제 제시
과정 지향 안내된 탐구학습 (Process-oriented-guided-inquiry-learning)	교실이나 실험실에서 학생들은 작은 그룹으로 나뉘어져 정보나 자료를 가지고 학습 모듈을 만들고 학생들 스스로 자신만의 결론을 만들 수 있도록 질문을 디자인한 것.

문제중심학습(Problem Based Learning)은 학생들이 열린, 비구조적, 실제적 문제에 대해 학습의 필요성을 인식하고, 교수자와 함께 문제 해결을 해 나가는 것이다. 수업시간은 그룹별 과제, 지난 학습 내용, 현재 학습 내용과 과제에 대한 보고를 하는 시간으로 활용되며, 강의는 짧게 주로 문제관련 정보나 자료를 제공하고 문제 해결의 어려운 점을 나누고 다양한 학습 내용을 공유하고 학생 전체가 토론에 참여할 수 있도록 한다.

문제 중심 학습은 자기 주도적 학습과 학습에 대한 깊이 있는 접근도 가능하게 한다. 그러나 이를 진행하는 과정은 쉽지 않다. 우선 그 분야에 전문가가 있어서 학생들을 이끌어야 하고 프로젝트를 관리 운영해야 하고, 팀원들간의 문제 발생시에도 중재가 되어야 한다.

문제중심학습과 유사한 개념의 프로젝트기반학습(Project Based Learning)은 1-2개 이상의 일을 포함한 과제로 시작한다. 프로젝트 완성은 과제 진행 과정과 결과에 대한 보고서 제출과 발표를 하는 것

으로 마무리 된다. 교수자는 학습목표와 과정에 초점을 두고 프로젝트를 선택해야 하며 그것을 따르는 학생들은 자신들의 방식의 프로젝트 관련 전략과 형식들을 세워야 한다.

사례기반학습(Case Based Learning)에서는 학생이 사례의 역사적 또는 가정적 상황을 분석하고 문제 해결과정을 정하게 된다. 공학에서의 사례기반 학습은 공학과 관련된 문제나 이벤트를 공학 학습에 포함한다. 이것은 다른 법학, 의학, 경영학, 교사 교육, 등 다른 다양한 분야에서도 전문가 훈련을 위해 사례기반 학습을 활용하고 있다. 사례들로는 기술적 문제 진단과 해결 전략, 비즈니스 경영 결정, 회계, 경제, 다른 사회적 또는 철학적 고려 사항들, 도덕적 문제에 대한 것들이 있다. 이런 사례들은 실제 상황에서 가져온 것들로 어떤 일이 발생했고, 어떻게 해결하였으며, 해결 관련 자료와 제약 사항과 결정 사항, 취해진 행동들, 그리고 그 결과들을 포함하고 있다. 학생들은 이런 사례학습을 통하여 여러 상황과 미래에 생길 수 있는 도덕적 선택문제에 대해 인지하고, 주제에 대해 이론적, 실질적 이해를 가지며, 비판적 추론 기술을 개발하며, 선입견과 믿음에 대해 생각할 기회를 가질 수 있다. 사례들은 문제가 된 상황들에 대한 것으로 어떻게 사람들이 해결하며 어떤 결과가 나왔는지에 대해 알 수 있다.

### III. 연구 방법 및 대상

#### 1. 연구 방법

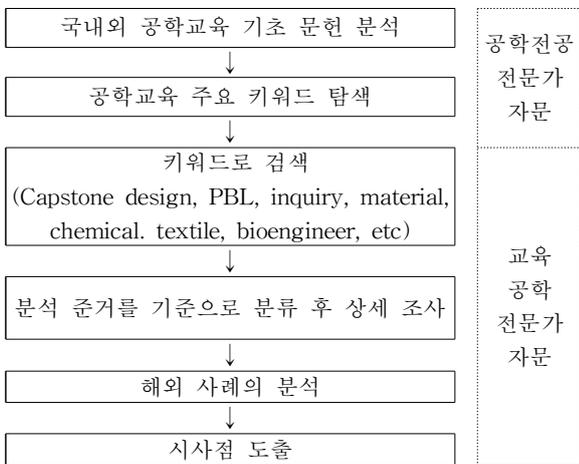
본 연구의 목적을 달성하기 위해 사례 조사 및 분석 방법을 사용하였다. 국내 공학교육의 현황에 관한 기초 문헌 분석을 실시하고 사례 조사 대상 선발을 위한 주요 검색어(keyword)를 도출하였다. 특히, 국내외 공과대학에서 새로운 교육과정으로 개발되어 시행되고 있는 ‘창의적 공학설계(Capstone design)’ 교과를 중심으로 검색하였으며, 가장 많이 활용되고 있는 귀납적 학습 방법으로

PBL, inquiry, case-based, discovery 등의 검색어를 사용하였다. 이와 함께 핵심 소재 전공영역으로 Material engineering, Chemical engineering, Bioengineering, Textile engineering 등의 검색어를 같이 사용하여 검색하였다.

이러한 조사 분석의 과정에서 공학전공 교수자의 자문과 교육공학전문의가의 자문을 받아 연구에 반영하여 연구의 신뢰도를 높일 수 있도록 하였다.

본 연구의 과정은 <표 2>와 같다.

<표 2> 해외 사례 조사 및 분석 과정



## 2. 분석의 준거

분석의 준거는 앞서 살펴본 이론적 배경에 기초하였다. 교수학습 전략을 모색할 때 간과하지 말아야 할 것은 정해진 수업 시간에서만의 수업 방법을 의미하지 않는다. 보다 효과적인 전략을 탐색하기 위해서는 교수학습의 전체 과정을 파악할 수 있는 교육 모델에서부터 구체적인 교수학습 방법, 교육 목표 달성 여부를 파악할 수 있는 평가 전략, 최근의 테크놀로지 활용을 통한 교육 혁신 전략 등을 두루 고려하여야 한다. 따라서, 해외 사례 분석을 위한 사례 분석의 준거로, 공학교육 모델, 교수학습 방법, 평가전략, 테크놀로지 지원 전략으로 구분하였다. 보다 구체적인 분석 내용 및 사례는 <표 3>

과 같다.

<표 3> 해외 공학교육 사례분석 준거

분석 준거	분석 내용	분석 사례
공학 교육 모델	· 공학교육에서 활용하고 있는 공학교육 모델 · 공학교육에서 적용된 교과, 적용 학년, 수업 방법 등 공학교육 모델의 구성요소	MIT의 공학교육모델
교수 학습 방법	· 교수자의 강의 및 교수방법, 멘토링, 평가 방법 · 학습자는 학습의 과정과 활동 · 교수자와 학습자의 교수학습 활동과정에서 지원되는 방법	1) 문제 중심 학습 2) 스튜디오기반학습 3) 프로젝트 중심 학습 4) 탐구 및 블렌디드 러닝 5) 액티브 러닝
평가 전략	· 학생들의 학습 과정과 결과를 평가하기 위해 사용된 양적, 질적 평가 전략, 구체적인 평가 방법 및 도구	1) 평가 루브릭 2) 캡스톤 디자인 결과물 평가 3) 설계 평가를 위한 포트폴리오 평가 4) 웹기반평가 라이브러리
테크놀로지 지원 전략	· 효과적인 공학교육을 위한 테크놀로지 지원 전략 · 학교내 지원 전략과 대학 교육협력 전략	1) OCW 외 다수 2) edveNTUr 3) SMA

## 3. 분석 대상 선정

분석 준거에 따라 분류한 후, 구체적인 분석 대상의 최종 선정은 5개국의 10개 대학으로 선정하였다. 상세 내용은 <표 4>와 같다. 주요 키워드 중심으로 인터넷 검색을 통해 자료를 수집하였으며, 좀더 상세한 내용을 파악하기 위해 해당 관련 사이트를 방문하여 정보를 보충하였다. 해당 대학 및 학과 사이트의 경우 교육과정과는 달리 교수학습방법에 대한 상세한 정보는 검색할 수 없어 해당영역의 사례연구를 중심으로 살펴보았다.

<표 4> 해외 공학교육 분석 대상 선정

국가	대학	주요 내용
미국	MIT	· CDIO 교육모델 · 테크놀로지를 통한 교육개혁
	Virginia Polytechnic Institute and State University	· 문제중심학습-재료공학 · 문제중심학습-바이오메디컬공학 · 포트폴리오 활용
	Western Michigan University	· 웹기반 평가 라이브러리
	Purdue University	· 캡스톤 디자인 결과 평가
	Iowa State University	· 문제중심학습-화학공학 · 평가 루브릭
	New Jersey Institute of Technology	· 스튜디오 기반 학습
영국	Liverpool university	· 액티브 러닝
캐나다	University of Calgary	· 탐구학습 및 블렌디드 러닝
일본	오사카 대학	· 프로젝트 중심 학습
싱가폴	Nanyang Technology University	· 이러닝 · 공학교육 협력 체제

#### IV. 해외 공과대학 교수학습 사례 분석

해외 공과대학의 교수학습 사례 분석은 앞서 제시한 분석 준거에 따라 분석되었다. 즉, 공학교육모델, 교수학습방법, 평가 방법 및 전략, 테크놀로지 지원전략 등으로 구분하였다. 내용을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

##### 1. 공학교육모델

MIT 대학의 CDIO(Conceive-Design-Implement-Operate)모델은 1990년 말기에 정립되었으며, 2000년도에는 총 23개 미국, 유럽, 아시아, 태평양 국가들의 대학들에서 시행되고 있다(Bankel, et al, 2002).

CDIO에서는 학생 개개인이 자기만의 기술과 전문적 기술들을 가지고 있어야 하며, 공학 체계에 가치를 부여하기 위하여 학생들은 기술적 지식과 원리에 대해 습득해야 한다. 또한 현장에서 팀별 프로젝트를 위한 대인관계 기술과 커뮤니케이션 기술 등을 향상시켜야 하며, 기업 또는 사회에서 제품과 시스템을 제작하고 운영하기 위해서 학생은

CDIO를 이해해야 한다. 정리하면 [그림 1]과 같다.

CDIO를 위한 재구성된 교과 과정은 첫째로, 학생들은 공학인 되기의 동기 부여를 위해 공학 경험을 갖도록 하고, 이를 바탕으로 기본적 기술 축적과 새로운 것을 창출하게 한다. 이것을 코너스톤이라고 부른다. 캡스톤은 학생들이 제품이나 시스템을 디자인하고 만들며 운영하는 것에 대한 실질적 경험들을 포함하여 재검토한다.



[그림 1] 기술, 지식, 태도 그리고 CDIO의 구성

또한, CDIO는 능동적이며 실질적 학습을 확대하며, 문제 확인과 해결을 강조했다. 따라서, 지금까지는 무엇을 어디서 가르치느냐에 중점을 두었으나 새로운 교수법은 어떻게 가르치고 어떻게 학생들은 배우느냐에 초점을 두고 있다.

CDIO는 기업 또는 사회적 맥락에서의 기술, 지식, 태도를 강조한 것이며, 이는 개인의 기술적 지식과 추론능력, 개인적 기술 및 전문적 기술, 대인간 커뮤니케이션 기술로 구성된다.

##### 2. 교수학습 방법

교수학습 방법으로는 문제중심학습, 스튜디오 기반 학습, 프로젝트기반 학습, 탐구학습과 블렌디드 학습, 액티브 러닝으로 구분하여 살펴보면 다음과 같다.

###### 가. 문제중심학습

문제중심학습(PBL: Problem Based Learning)은 가장 많이 활용되고 있는 교수학습 전략으로 핵심 소재 분야에서 문제 중심 학습 전략의 다양한 사례

가 있었다. 본 연구에서 화학 공학 적용사례, 재료 공학 적용사례, 바이오메디컬 공학 적용사례로 나누어 살펴보았다.

아이오와 주립대학에서는 화학공학에서 바이오테크놀로지 교과와 실험 코스를 PBL 전략을 도입하여 새롭게 코스를 개발하고 적용하였다(Glatz, et al, 2005).

문제 해결에 있어서 학생 성취를 루브릭과 학습 저널의 개발로 다양한 시도를 하였다. 구두 및 문서 보고, 진행 보고서, 팀워크 루브릭, 문제 해결 루브릭, 설계 루브릭, 학습 저널 등을 통해 숙달의 수준, 질적인 차원, 조직 그룹핑, 부연 설명으로 평가하였으며, 교수자들은 루브릭에 대해 학생들과 논의하고 그것을 수정하거나 명확히 할 기회도 제공하였다.

버지니아 공대에서는 재료 공학 영역 캡스톤 디자인 코스에서 공학과 커뮤니케이션의 통합을 위한 프레임워크로 PBL를 활용하였다(Paretti & Burgoyne, 2005). 엔지니어링 전공 교수와 커뮤니케이션 전공교수가 팀 티칭 형태로 진행되었다. 학생들은 디자인 프로젝트를 통해 커뮤니케이션 과제를 완성하였다. 우선, 교과 목적과 ABET 기준을 충족시키고 프로젝트를 완성하기 위해 실행 가능한 계획을 수립하는 제안서를 시작으로, 구두 제안서, 예비 디자인 재검토 과정과, 실험식 노트, 공식적 구두 및 문서로 진행 상황 보고, 비형식 2주 리포트, 공식 보고서 및 구두 보고 등의 과제를 부여 받고 프로젝트를 수행하였다. 학생들의 반응은 문서 작성이 구두 작성보다 더 가치 있다고 보았으며 현재 사용하는 것보다 미래 가치가 있는 것, 그리고 제안서를 최종 리포트보다 더 높게 평가 하였다. 교수자들의 반응은 학생 모두 전문가다운 발표를 하였으며 좋은 성적이 아닌 학생도 훌륭한 결과물과 발표를 하였다는 점이다.

## 나. 스튜디오기반학습

뉴저지 공대에서는 바이오메디컬 엔지니어링 분야에 스튜디오기반(Studio-Based Learning)의 통합

된 학습 환경을 제공하고 있다.(Foulds, Bergen & Mantilla, 2003).

스튜디오기반학습은 전통적인 강의, 질의응답수업, 실험 형태의 대안으로 학생들의 탐구를 촉진하고 교수나 동료 멘토링을 촉진하였다. 이 방법은 또한 학생들이 해당 분야에 대한 관심을 갖게 하여 바이오메디컬 공학에 필수적인 기초 코스 학습 내용을 유의미하게 통합하게 한다. 스튜디오 기반 학습은 로프트(loft) 같은 스튜디오 공간에서 12-20명의 학생들이 멘토로부터 배우고, 자신들의 작업을 하며, 비공식적 학습 커뮤니티를 구성한다. 스튜디오에서는 발견, 통합, 적용, 지식의 공유를 위해 필요한 학습 습관을 기르는 것이다. 스튜디오 모델은 각 스튜디오 세션 초기에 미니강의를 포함하며, 과제로 부여된 읽기 자료를 연동하고, 수업시간 동안 행하는 스튜디오 실습을 포함한다. 학생들은 작은 팀으로 구성되어 실습함으로써, 전통적인 실험 과제보다 상당히 개방된 실습을 하게 된다.

스튜디오 코스에 대한 교수와 학생의 만족도는 높은 것으로 나타났다. 입문 코스에 참여하는 학생들의 비율이 전통적인 강의에는 55%이었지만 스튜디오 코스에서는 98%이었다. 또한, 학생들은 그들의 흥미가 높아지고, 새로운 것을 배울 때 각 스튜디오 세션이 중요함을 인식하게 되었다. 경제적인 측면에서도 전통적인 강의, 수업, 실험 구조에서 비교할 때 비용 효과적인 것으로 나타났다. 스튜디오 코스는 학생들이 탐구 기반 연구에 참여하게 하고 학생-교수 상호작용을 증진시키는 가치로운 메카니즘이 된다.

## 다. 프로젝트기반학습

프로젝트기반학습(Project Based Learning)의 해외 사례는 매우 다양하다. 본 연구에서는 일본에서 프로젝트기반학습의 개념을 활용한 창성(創成)교육을 중심으로 살펴보았다. 일본의 오사카 대학에서는 기계 공학 영역에서 창성공학과 설계 공학, 설계 공학에서 본 창성 교육의 과제, 설계 방법론의 전개, 교육에 있어서의 산학제휴사례를 제공하고

있다(藤田 喜久雄, 2004; 2005).

PBL과 설계(design) 모두 지식의 내용에서 지식의 생산으로 그 의미와 범위가 확대해 가고 있다. 따라서 공학교육의 대상으로 해야 할 내용을 생각할 경우 내용 그 자체와 그것을 생산하는 프로세스에 관한 것이다. 이러한 내용과 프로세스는 상보적이며 분리할 수 없다. 기술이 성숙해 가는 과정에서 지식의 내용은 지식 생산의 과정과 상호 보완되어 가는 것이 필수적이며 설계나 개발의 전 분야에서 새로운 지식의 생산을 요구하게 된다. 이러한 사회적 요청에 따른 공학 기술자가 가져야할 필요 능력으로, 지식생산에 대한 능력 즉, 프로세스를 구동시키는 힘을 습득하는 것이 필수적이다. 또한, 설계 교육설계프로세스는 대상으로 해야 할 목표의 구상에서 시작해 그것을 기능으로 전개시키면서 그 사양을 해석하고 각각의 사양을 만족하는 부분적인 설계를 대체안으로 제시해서 이들로부터 상위의 부분들을 통합해 평가를 하고, 유망한 것에 집어넣어 최종적으로는 대상물 전체에 관한 상세한 설계 해결안을 구하는 각 단계로 구성된다. 설계 내용으로는 '어떻게'부터 '무엇'으로 나아가 '왜'로 확대하여 생각하는 과정을 거친다.

## 라. 탐구학습과 블렌디드 학습

켈거리 대학에서는 팀 기반 개방형 설계 프로젝트를 웹기반 수업 모듈을 추가한 탐구 기반 학습의 실재를 제시하고 있다(Eggermont, Freiheit & Brennan, 2006)

학생들은 '나무에 대한 숲'을 보지 못함으로 인해 설계 과정을 자신의 프로젝트에 어떻게 적용하는지, 코스에서의 주요한 메시지를 놓치고 있다는 점이다. 학생들은 팀으로 설계과정에 대한 상상한 개념을 갖기 전에 압축된 '미니 프로젝트'를 통해 전체 설계 방법론을 경험한다.

미니 프로젝트는 학습자들이 스킬, 비판적 사고 능력, 건전한 판단 능력을 습득하기 위해 자신들의 학습과정에 적극적으로 참여하는 탐구 기반 학습의 접근 방법으로 설계되고, 이를 통해 학생들은 공학

에 있어서의 과학과 설계 지식을 습득할 뿐 아니라 실세계 문제를 해결하는 방법을 배우게 된다.

블렌디드 학습 방법은 전통적 교실 수업과 실험실 작업 그리고 이러닝 기술을 혼합하는 것이다. 이러한 온라인 학습 접근으로 상호작용적 웹 페이지, 토론 포럼, 블랙보드를 통한 파일 전송과 같은 인터넷이나 인트라넷 활용과 마인드 매핑, 프리마인드 소프트웨어 등을 활용한다.

## 마. 액티브러닝

영국의 리버풀 대학에서는 CDIO의 주요 구성요소로서 액티브 러닝(Active Learning)을 재료공학 영역에서 적용하였다(GoodHew & Bullough, 2005).

액티브 학습 요소와 재료 공학 프로그램과의 통합은 3가지 모듈을 고려할 수 있는 데 이 모듈을 적용하는 데 있어 주는 시사점은 타이틀, 테스트, 팀워크, 타임테이블, 학습경험의 총체성으로 5T로 설명하고 있다. WIMO(What Is Made Of) 모듈, 재료들의 설계, TWC(Two Week Creation) 모듈로 구성되며 각 모듈에서는 해당 영역에서의 지식과 이해, 지적 능력, 실천적 스킬, 전이 가능한 일반 스킬로 구분하여 학습 결과를 유도하였다.

학습결과에 대해서는 개별 테스트, 기록된 그룹 실행 보고서, 그룹 구두 프레젠테이션 등으로 이루어진다. 각 모듈마다 붙여진 제목, 팀 프로젝트를 실시과정과 결과, 프로젝트를 통해 전체적인 경험 정도, 학생들이 이해한 바를 검사한다. 액티브 러닝에서의 문제는 시간상의 문제인데 동료 학습자와 협력을 하는 상황에서 같은 시간을 공유하기 위한 시간 배정이 해결해야할 문제라고 할 수 있다.

## 3. 평가 방법 및 전략

공학교육에서 평가는 매우 중요하다. 교수학습에서 평가는 학생들에게 성적을 부여하기 위해 최종적으로 평가(evaluation)하는 것이라기보다는 학생들이 평가의 결과를 바탕으로 현재의 학습을 반영

하고 후속 학습을 촉진하기 위한 평가(assessment)의 의미를 가진다. 따라서, 학습자가 학습하는 과정에서 중간 중간 만들어 내는 결과물에 초점을 둔다. 학습의 초기에서부터 중간 중간에 평가는 이루어지고 교수자는 이에 대한 적절한 피드백을 제공해야 한다. 또한, 최종 결과에 대한 평가와 피드백이 이루어지고 이러한 평가들을 종합해서 최종 등급이 매겨지게 된다.

아이오와 주립대학에서는 학생과 교수가 학습 목표를 평가하는데 도움을 주기 위해 팀워크, 문서 및 구두 보고, 문제해결과정을 평가하기 위해 루브릭을 개발하여 제공하고 있다(Saunders, et al, 2003). 퍼듀 대학에서는 캡스톤 디자인 결과물 평가를 위한 루브릭을 제공한다(Meyer, 2005). 캡스톤 디자인 코스는 “초기 코스에서 배운 지식과 기술에 기초로 하고 적절한 공학 표준과 다양한 실제상의 제한을 통합할 수 있는 주요한 설계의 경험”을 목표로 하고 있다. 공학도들의 교실 지식과 스킬을 실제 설계 문제에 얼마나 잘 적용할 수 있는지를 측정하기 위해서는, 실제적 평가와 수행 기반 평가 방법이 사용되어 질 수 있다. 실제적 평가는 “문제 정의, 관련 정보 수집, 해결대안 생성, 암묵적이고 명시적인 제약이 주어진 최적의 해결안 선택, 제안된 해결안을 사정하고 개선하며, 결과를 효과적으로 보고하는 것”을 포함한다. 또한, 캡스톤 디자인 프로젝트 결과를 측정하는 수단으로 산업스폰서의 맥락에서 질을 측정하는 것도 포함된다. 고객 만족 설문지(CSQ)나 설계 품질 루브릭(DQR)이 이에 속한다.

또한, 버지니아 공대에서는 ABET의 EC 2000 준거 3 결과와 관련하여 캡스톤 디자인 프로젝트 포트폴리오로 효과성을 평가하였다(Paretti, 2005). 포트폴리오로는 연구제안서, 진행 보고서, 실험노트, 최종 보고서에 들어갈 핵심 과제 구성요소들을 준거 3 결과물과 연계하고 있다.

한편, 웨스턴 미시간 대학에서는 보다 효율적인 평가를 위해 평가 라이브러리를 만들어 웹사이트에서 제공하고 있다(Aller et al, 2005). 평가(assessment)는 학생 수행, 작업 결과, 학습 스킬을

측정하고 분석하며 교수나 학생에게 피드백을 제공하고, 성장과정을 기록하거나 앞으로의 수행개선 방향을 제공한다. 웹기반 평가 라이브러리(WeBAL)는 학생들의 커뮤니케이션과 팀워크 활동, 즉 ABET가 요구하는 a-k 스킬 영역을 사정하고 평가할 때 공학 교수들을 지원할 수 있도록 수집되고 검토되어 만들어졌다. 이러한 도구들은 교실에서 선택, 활용할 수 있도록 분류하였다. 간단하게 온라인 메뉴 선택 과정은 교수가 구체적인 필요를 충족하기에 적절한 도구를 선택하고 원할 때 다운로드하여 활용할 수 있다(<http://www.wmich.edu/engineer/webal/webal.htm>).

#### 4. 테크놀로지 지원 전략

최근 첨단 테크놀로지의 발달로 교육현장에서 테크놀로지의 지원을 통한 교육 개혁이 활발히 이루어지고 있다. 특히, 테크놀로지가 지원하는 교육들은 고유의 e-러닝 콘텐츠를 만들어 학생들에게 언제 어디서나 학습이 가능하게 지원하는 것뿐만 아니라 테크놀로지의 특별한 기술을 이용하여 학술 정보 데이터베이스화, 원격 강의 및 실험실 공유, 온라인 평가 등 아주 다양하게 활용할 수 있다. 대표적인 사례로 MIT 대학의 공학교육의 획기적인 개혁을 가능하게 하고 있다(Brodeur, et al., 2002).

MIT 대학은 또한 테크놀로지를 이용하여 싱가포르 국립대학, 난양 공과대학, 메사추세츠 공과대학 사이의 혁신적인 공학교육 협력체제(SMA, Singapore MIT Alliance)를 구축하고 있다. SMA는 학문적 파트너, 경제 개발, 원격 교육, 연구 기회, 학문적 수월성, 커리큘럼의 확장 등의 운영 목표를 수립하여 서비스를 제공하고 있다.

#### V. 결론 및 제언

해외 공과대학 사례분석 결과를 바탕으로 국내 공과대학에서 적용할 다양한 교수 학습 전략을 탐색해 결론으로 제시하고, 향후 공학교육과 후속연

구에 대한 제언을 하고자 한다.

## 1. 공학교육에서의 교수학습 전략 탐색

### 가. 공학교육 모델 측면

MIT 대학의 CDIO 모델은 과학 및 공학적 상상과 구체화된 설계, 그것을 바탕으로 실제적 제작 및 적용을 통해 과학적 상상이 실현되어 하나의 공학적 산물을 창출해내는 과정을 명확하게 정의하고, 이에 필요한 기초 과학지식과 함께 개인이 가져야할 스킬과 구성원들이 함께 공유하며 작업하는데 필요한 대인 커뮤니케이션을 강조한 것이라고 할 수 있다. CDIO 모델은 공학인으로서의 동기 부여를 위해 공학 경험과 기본적인 기술 축적, 새로운 것을 만들게 하는 코너스톤(cornerstone)과 학생들이 제품이나 시스템을 디자인하고 만들며 운영하는 실질적 경험을 포함하는 캡스톤(capstone)으로 구성되어 있다. 이는 공학교육에 있어 교과과정의 개혁 뿐 아니라 교수학습의 개혁, 작업실과 실험실, 평가의 개혁 등 교육 전반에 대한 시스템적 접근(system approach)으로 개혁이 이루어져야 함을 시사하고 있다.

### 나. 교수학습 방법 측면

문제중심학습, 탐구학습, 스튜디오 기반학습, 블렌디드 러닝, 액티브 러닝 등 다양한 교수학습 방법이 국내 공학교육에 시사하는 바를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 해외 공학교육에서 특히, 핵심소재분야 재료 공학이나 화학 공학에서 가장 많이 사용되고 있는 교수학습 전략은 문제 중심 학습이다. 또한, 핵심소재분야는 새롭게 학문적 복·융합이 이루어지는 분야로서 단순한 간학문적 접근이 아닌 분명한 목적을 둔 학문간의 융합이 활발히 일어나고 있다. 이러한 간학문적 특성은 응용적 공학보다는 기초과학에 기반한 응용으로 보다 과학적 연구와 과학적 사고를 개발할 수 있는 전략으로 고려하여 문제 중

심 학습 전략을 수립해야 할 것이다.

둘째, 공학교육을 받은 학생들은 사회에 진출하기 전에 대학의 지식을 실전 현장에 적용시킬 수 있는 능력이 매우 중요하다. 이론적 지식이 실제 현장 기술이 접목될 수 있는 실제적 사례, 현장에서 부딪치는 문제를 바탕으로 연구 개발하는 능력을 갖추어야 한다. 그러한 능력을 기르기 위해 문제 중심 학습전략이나 사례 중심 학습전략이 유용할 수 있다. 이러한 전략을 사용함에 있어서도 문제는 정답이 정해져 있는 구조화된 문제가 아닌 비 구조화되고 정의하기 어려운 문제를 통해 문제에 대한 충분한 논의와 이해를 바탕으로 그 해결안을 찾아갈 수 있도록 하는 것이 중요하다. 이러한 과정에서는 공학적 지식 보다는 팀워크나 의사소통 능력, 이론적 지식이 아닌 실제적 현상을 비판적으로 바라볼 수 있는 시각 등이 필요하다. 문제 중심 학습을 진행하더라도 이러한 점을 충분히 고려하여 학습자 스스로 문제를 찾고 그에 따른 해결안을 찾아갈 수 있도록 지원해야 할 것이다.

셋째, 학생들의 기본 능력 향상을 위해 입학에서부터 졸업까지 체계적인 학습 로드맵을 갖고 진행되어야 한다. 4학년 과정에서 기존의 졸업 논문을 대체한 개념으로 단기적인 캡스톤 디자인 코스로만 운영하는 것은 대학 전체 교육과정에서 볼 때, 큰 의미있는 결과를 기대할 수 없다. 학생들의 역량은 한 두 학기 내 단기간에 향상되는 것은 아니다. 일반적으로 전공입문과정으로 2학년 때부터 시작되는데 이때 전체적인 교수학습 체계 속에서 그 기초과정이 확립되도록 해야 할 것이다.

넷째, 핵심소재분야의 학문적 특성을 고려할 때, 학생들의 자율적이면서도 적극적인 학습을 할 수 있는 문제중심학습, 탐구기반학습 등과 같이 귀납적 학습 전략이 적합한 교수학습 방법이 될 수 있다. 학생들의 자율 연구 역량은 과학 전문가가 가져야 하는 역량으로 과학의 탐구와 원천 기술의 확보에 있어서 매우 중요하다. 학생 스스로 탐구하고 연구할 수 있는 역량을 기르는 전략으로서 탐구 기반 학습이나 이를 효율적으로 지원할 수 있는 환경적인 지원이 이루어져야 할 것이다.

## 다. 평가 방법 및 전략 측면

해외 사례가 국내 공학교육의 평가 전략 측면에서는 공학교육 평가를 위한 체계적인 평가시스템을 구축해야 한다는 것이다. 공학교육이 성공적으로 수행되기 위해서는 총체적 학습 시스템을 고려한 평가 체제 마련이 이루어져야 한다. 구체적으로는 교수학습 전략에 따른 학생 평가 전략을 마련하고, 평가에 필요한 구체적인 평가 양식과 루브릭을 제시하여 학습을 지원하여야 한다. 공학적 지식에 대한 이해나 전공 지식에 관한 학생 평가는 전공교수가 전문성을 가지고 평가할 수 있지만 기타 기본 소양 능력이나 공학 실무 능력 등 공학인증에서 요구하는 다양한 능력을 평가할 수 있는 방법은 체계적인 평가가 가능하도록 개발되어야 한다. 공학인으로써 갖추어야 할 지식, 기술, 태도 등의 전체적인 능력을 측정할 수 있는 평가 시스템과 도구들을 개발하고, 교수자가 즉각적인 적용이 가능하도록 개발되어야 한다. 결국, 공학교육 인증기준에 따른 능력별 평가 전략과 도구, 그리고 전체를 아우르는 평가 시스템을 개발해야 할 것이다.

## 라. 테크놀로지 지원 환경 측면

테크놀로지 지원 환경 측면에서는 첫째, 첨단 공학의 연구 개발과 교육이 적극적으로 접목되어야 할 것이다. 첨단 공학의 산물을 효과적인 교육에 활용하는 것은 공학의 다양한 영역을 넓히는 계기가 될 것이다. 특히, 우리나라는 IT기술이 발전하여 그 기본 인프라가 탄탄하기 때문에, 이를 활용한 콘텐츠 개발이나 총체적인 웹 기반 학습 시스템을 개발하는 것은 또 다른 공학의 활용이 될 것이다.

둘째, 각기 대표하는 공학교육 대학 간의 공학교육의 효율성을 높이고, 협력 대학간의 원격 교육 시스템을 구축함으로써, 글로벌 경쟁력을 갖춘 글로벌 교육 시스템으로 거듭날 필요가 있다. 이미

MIT 공대와 싱가포르 난양 공대, 스웨덴 KTH 등은 협력체제 속에서 공학교육이 이루어지고 있다. 이는 인터넷 테크놀로지를 활용한 교육공간의 혁명을 이룬 것으로, 보다 적극적으로 테크놀로지를 통한 교육의 효율성을 높여야 할 것이다.

## 2. 제언

본 연구를 기초로 하여 앞으로 보다 나은 공학교육과 후속 연구를 제언하면 다음과 같다.

첫째로, 공학의 학문적 특성을 고려할 때, 공학을 뒷받침하는 과학적 원리 이해와 이러한 원리를 실제로 적용하여 공학적 산물이 창출될 수 있는 교육이 되어야 한다. 공학의 기초가 되는 수학, 물리, 화학, 생물과 같은 기초 과학을 바탕으로 전공별 기초 공학을 학습하고 이에 기초하여 전공에 대한 깊이 있는 탐색과 심화 학습이 이루어져야 한다. 또한, 전공에서 배운 지식은 실제적 환경에 적용할 수 있어야 한다. 즉, 학교에서 습득한 지식을 실제의 현장에서 적용할 수 있는 능력을 갖춘 인재로 육성하려면 다양한 실제적 경험을 제공할 수 있는 교육과 연구가 이루어져야 한다.

둘째, 공학적 사고와 역량에 기초한 혁신적 교육 방법이 도입되어야 한다. 공학도가 갖추어야 할 사고로는 과학이나 공학을 적용하여 미시적 또는 거시적으로 설계할 수 있는 설계적 사고(design thinking)(Dym, C. et al, 2003), 공학이 인간과 사회에 미치는 영향을 사회 시스템 속에서 총체적으로 고려할 줄 아는 체계적 사고(system thinking), 하나의 공학적 산물을 만들어 내는 데 있어서 인간의 기본 욕구나 심리를 이해할 필요가 있는데, 이를 위해서는 보다 인문적 사고(liberal thinking)가 필요하다. 또한, 다양한 문화의 이해와 글로벌 경쟁 사회 속에서 자신의 문화를 이해하고 존중할 줄 아는 글로벌 사고(glocalizational thinking)가 필요하다(Downey, G., et al., 2006). 이러한 공학적 사고와 함께 공학 인재가 갖추어야 할 역량은 아주 다양하다. 전공영역에 대한 지식이나 스킬 뿐 아니라

같은 학문이나 다른 학문을 하는 사람들간의 원활한 의사소통에 필요한 커뮤니케이션 능력 (communication skills), 팀 구성원들간의 협력을 원활히 하고 팀의 성과를 높일 수 있는 팀워크 스킬 (teamwork skills), 자신들이 연구하고 학습한 바를 효과적으로 기술할 수 있는 능력(writing skills), 이것을 다른 사람들에게 효과적으로 전달, 발표할 수 능력(presentation skills) 등 다양한 능력을 요구한다. 이러한 공학 인재의 사고와 역량을 개발하기 위해서는 학습자 중심의 교육을 통해 학습자가 수동적인 역할이 아닌 주도적인 역할을 수행 할 수 있도록 하며, 학습자 중심의 혁신적이면서도 다양한 교수학습 방법이 적용되어야 할 것이다.

셋째, 공학교육은 특히 창의적 아이디어를 개발하고 적극적인 탐구와 발견을 촉진할 수 있는 교육이 되어야 한다. 최근에는 다양한 공학적 지식이 융·통합 되어 새로운 공학과 기술을 창출하고 있다. 새로운 공학기술의 개발과 이의 지속적 발전이 되기 위해서는 다양하고 창의적인 아이디어들이 필요하다. 전자 공학과 기계 공학, 건축 공학과 환경 공학, 의학과 신소재공학 등의 접목은 이러한 학문의 융·통합의 예이다. 이렇듯 두세 가지 이상의 다양한 학문 영역이 빠른 속도로 융·통합되는 과정에서 기존의 하나의 전공영역 중심으로 전통적인 강의식 수업만으로는 이 시대가 요구하는 능력을 기를 수 없다. 또한 과학 및 공학 지식에 대한 사실적 정보를 습득하는 것이 아닌 학습자가 적극적으로 학습에 참여하여 스스로 탐구하고 발견할 수 있는 교육 환경이 이루어져야 한다.

혁신적인 공학교육의 개혁에 있어 무엇보다 더 중요한 것은 기존의 강의식 중심의 교수학습 방법에서 벗어나 다양한 전략들을 모색하고 첨단 테크놀로지를 활용한 교육공학적 기법의 적용이 필요하다고 할 수 있다. 컴퓨터가 발전하고 이를 적용한 e-러닝, 교수학습 지원 시스템, 학습 관리 시스템, u-러닝 등이 이루어지고 있다. 교수학습 방법에 있어서도 필요하다면 최첨단 공학을 활용하여 교육의 개혁과 변화를 주도하여야 할 것이다.

이러한 공학 교육의 변화의 과정은 철저하게 연

구되고 분석되어야 한다. 교육 현장에서 이루어진 개혁의 결과는 공학교육자들에게 함께 공유되고 후속 연구에 반영되어야 할 것이다. 다양한 측면에서 공학 교육의 연구가 지속될 때 공학교육은 보다 발전하고 우수한 공학인재를 육성할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- 강소연 외(2005). 공학교육에서의 PBL 수업의 효과 연구, **공학교육연구**, 8(2), 24-34
- 강정하·최인수(2006). 창의적 문제해결력 프로그램이 대학생의 창의적 문제해결 성향과 수행 능력에 미치는 효과, **교육심리연구**, 20(3). 679-701.
- 김영정·정상준(2005). 소크라테스의 문답법과 비판적 사고. **자연과 문명의 조화**, 53(5), 91-96.
- 정현철·윤초희(2005). **과학영재의 자율연구능력에 영향을 미치는 교수전략탐색 및 교수학습모형개발연구**. 한국교육개발원 연구보고서.
- Aller, B, M, et al. (2005). WeBAL: A web-based assessment library to enhance teaching and learning in engineering. **IEEE Transactions on education**, Vol. 48, No. 4.
- Bankel, J. et al.(2002). **The CDIO syllabus : A Comparative study of expected student proficiency**.
- Brodeur, D. M, et al. (2002). International collaboration in the reform of engineering education. **Proceedings of the 2002 American society for engineering education**.
- Downey, G., et al.(2006). The globally competent engineer: Working effectively with people who define problems differently. **Journal of Engineering Education**. April 2006.
- Dym, C., et al (2005). Engineering Design thinking, teaching and learning. **Journal of Engineering Education**. 103-120
- Eggermont, M., Freiheit, T. & Brennan, R.(2006) **An inquiry and blended learning module for senior engineering design**.

Online:  
<http://www.cden2006.utoronto.ca/data/10056.pdf>

Foulds, R. A., Bergen, M. & Mantilla, B. A.(2003). Integrated biomedical engineering education using studio-based learning. **IEEE Engineering in medicine and biology magazine**, 92-100

Glatz, C. E., et al.(2005). **Problem-based learning biotechnology courses in chemical engineering**. Online:  
<http://www.aseanbiotechnology.info/Abstract/21018717.pdf>

GoodHew, P. J & Bullough, T. J(2005). **Active learning in materials science and engineering**. 1st annual CDIO conference.

Isaksen, S. G., Dorval, K. B., & Treffinger, D. J. (2000). **Creative approaches to problem solving: A framework for change**. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company

Meyer(2005). **Capstone design outcome assessment: Instruments for quantitative evaluation**. 35th ASEE/IEEE frontiers in education conference.

Paretti, M.(2005). Using project portfolios to assess design in materials science and engineering. **Proceedings of the 2005 American society for engineering education annual conference & exposition**.

Paretti, M. & Burgoyne.(2005). **Integrating engineering and communication : A study of capstone design course**. 35th ASEE/IEEE frontiers in education conference.

Prince, M. J. & Felder, R. M.(2007). The many faces of inductive teaching and learning. **Journal of college science teaching**, 36(5), p14-20

Prince, M. J., Felder, R. M.(2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. **Journal of Engineering Education**, 95(2), 123-138.

Saunders, K., et al..(2003). Using rubrics to

facilitate students' development of problem solving skills. **Proceedings of the 2003 American society for engineering education annual conference & exposition**.

藤田 喜久雄(2004). **創成教育と設計工学**. 日本機械學會 2004年度年次大會講演資料集(8)

藤田 喜久雄(2005). **設計からみた工学創成教育の課題**. 日本機械學會 2005年度年次大會講演資料集(8)

## Web sites

CDIO model : <http://ww.cdio.org>

Virginia Tech, Department of Engineering Education : <http://www.enge.vt.edu/main/index.php>

University of Virginia, Biomedical Engineering : <http://bme.virginia.edu/capstone/>

New Jersey Institute of Technology, Department of Biomedical engineering : <http://biomedical.njit.edu/>

Osaka University, Department of Mechanical Engineering : <http://www.mech.eng.osaka-u.ac.jp/>

University of Liverpool : [http://www.liv.ac.uk/engdept/ug\\_programmes/index.htm](http://www.liv.ac.uk/engdept/ug_programmes/index.htm)

Iowa University, College of Engineering, Department of Chemical and Biological Engineering : <http://www3.cbe.iastate.edu/>

Purdue University <https://engineering.purdue.edu/ECE>

Virginia technology : <http://www.mse.vt.edu/communications/index.htm>

WeBAL : <http://www.wmich.edu/engineer/webal/webal.htm>

MIT's reform through the technology : <http://web.mit.edu/edtech/home.html>

SMA : <http://web.mit.edu/sma/>

[감사의 글]

본 연구는 한양대학교 핵심소재특성화사업단의 지원으로 진행된 연구임을 밝힙니다.