

공학교육에서의 문제중심학습 실행을 위한 사례연구

장경원[†]

경기대학교 인문대학 교직학과 조교수

A Case Study for Implementing Problem Based Learning on Engineering Education

Kyung-won Chang[†]

Assistant Professor, Kyonggi Univ.

Abstract

Problem-based learning has been considered as one of the effective educational methods in engineering education. However, in so far as professors who require practical insights in PBL and experiences of developing actual problems by subject, in particular, thorough understanding from experiences of PBL process as well as problem-development has not been sufficiently provided. The purpose of this paper is to present strategies focusing on problem design for PBL on engineering education. In order to do this, a literature review and a qualitative case study were performed. Especially, the study intended to identify differences and gap between professors' problems-development process and its output and those of authentic PBL. Professors were found that their PBL problems had lack of authenticity, consideration on experiences of students, and realistic thinking process. Professors in PBL had difficulty to link theory into real situation. In consequence, in designing a problem, we consider the followings; first, the problem should be designed based on real design process and its output. Second, the problem should be designed and implemented in all academic years for developing student's systematic and skillful thinking process. In conclusion, more supports are needed for engineering professors to extend their experiences of designing and developing actual problems that present real experience.

Keywords: Engineering education, Problem Based Learning, Problem Development, Capstone Design

I. 서론

대학교육에 대한 개선의 목소리가 높아진 이후 많은 대학들에서 변화의 움직임이 나타나고 있는데, 이러한 변화노력들 중 하나는 인증프로그램에 참여하는 것이며, 현재 가장 활발하게 인증을 위한 다양한 노력을 기울이고 있는 분야는 공학이다. 대학들이 “공학교육인증(Authentication Board for Engineering Education of Korea : ABEEK)”에서

인증을 받으려는 것은 대학의 공학 및 관련 교육을 위한 교육 프로그램 기준과 지침을 제시하고, 이를 통해 인증 및 자문을 시행함으로써 공학 교육의 발전을 촉진하고 실력을 갖춘 공학기술 인력을 배출하는데 기여하기 위한 것이다. 공학교육 인증을 위해서는 여러 가지 측면에서 기준에 부합하는 준비가 이루어져야 하는데, 교육의 측면에서 가장 눈에 띄는 것은 ‘교육요소’로, 교수진은 공학 프로그램 교과과정을 통해서 해당 프로그램과 교육기관의 목적에 부합하도록 제반 교육 요소들을 증점적으로 개발하고 있음을 입증하여야 하며, 학생들이 실제 공학 현장에 투입되기 위한 준비로서 주요 설계경험을 할 수 있도록 해야 한다. 이때 설계경험이란 학생들이 기획에

논문접수일: 2008년 10월 31일

최종수정일: 2009년 2월 19일

논문완료일: 2009년 3월 4일

† 교신저자: 장경원

<표 1> 문제 중심 학습의 단계와 교수자의 역할

<Table 1> PBL Process & roles of teacher

PBL 과정	교수자의 역할
• 초기 활동	• 생소한 수업내용 및 방법에 대한 소개 • 허용적인 분위기 형성 • 학습자와 튜터의 역할 안내
• 문제제시 및 문제에 대한 접근	• 학습자들의 학습을 촉진하기 위한 질문 • 학습자들의 교육적 난점을 진단 및 중재 • 학습자들의 고른 참여를 유도 • 학습자들의 학습속도와 수준을 조절 • 그룹 내 대인관계 조정을 유도
• 문제에서 요구하는 학습내용 추론	
• 자기주도학습의 수행	
• 문제해결을 위한 새로운 지식적용 및 문제해결계획에 대한 반추	
• 문제의 해결안 작성	
• 문제의 해결안에 대한 요약 및 종합정리	• 학습내용에 대한 정리

서 분석, 설계, 실행, 평가 단계를 경험하는 것으로, 설계경험을 위해서는 학생들에게 실제적 맥락을 제공해야 한다. 많은 공과대학들이 이러한 실제적 맥락의 제공 및 실천을 위한 방편으로 문제중심학습(Problem Based Learning : PBL)의 실행을 고려하고 있다. 그러나 많은 교수들이 PBL의 핵심이 되는 실제적 문제를 개발하는데 어려움을 겪고 있다. 이러한 어려움은 비단 공과대학에서만 아니라 다른 영역에서도 마찬가지이다(Weiss, 2003). 본 논문은 PBL을 실천하기 위해 문제를 개발하기 원하는 공과대학 교수들에게 공학교육의 특성을 고려한 PBL 문제개발 전략을 제시하는데 목적이 있다.

이를 위해 PBL 수업을 개발·운영한 경험이 없거나 적은 교수들을 대상으로 ‘PBL의 실천과정과 문제개발에 대한 학습과 경험 기회’를 제공한 후 이들의 문제개발 과정과 개발된 문제의 특성을 분석하여 공학교육 PBL에서 충분한 설계경험을 제공하기 위해 문제 개발 시 고려되어야 할 전략이 무엇인지 제시하고자 하였다.

II. 이론적 배경

1. 문제중심학습과 설계경험

문제중심학습(Problem Based Learning : PBL)은 학습자들이 실제적이고 상황적인 문제를 가지고 소집단 내에서 문제해결을 위한 일련의 과정을 거치면서 해결안을 찾아가는 교수-학습 방법이다(Barrows, 1985). PBL의 정의에서 시사하고 있듯이, PBL을 통해 이룰 수 있는 교육목표들은 다음과 같다.

지식측면에서는 1) 통합된 지식기반의 획득, 2) 문

제 상황에서 제시된 단서들을 중심으로 한 구조화된 지식기반의 획득, 3) 실제 맥락에서 사용되는 문제해결과정과 관련된 지식기반의 획득이다. 기술측면에서는 1) 전문가로서의 효과적·효율적인 문제해결과정의 개발, 2) 효과적인 자기주도학습기술의 개발, 3) 효과적인 팀 기술의 개발이다. 태도측면에서는 문제에 직면했을 때의 적극적인 태도와 자신감 함양이다(Barrows, 1996).

이러한 학습목표를 달성할 수 있도록 PBL은 <표 1>과 같은 단계를 거치면서 문제해결능력을 기르도록 하고 있으며, 이때 교수자는 학습자들이 스스로 문제를 해결할 수 있도록 조력자의 역할을 수행한다(장정아, 2005).

공학교육에서 PBL에 관심을 갖는 것은 PBL의 교육목표와 과정이 공학교육에서 추구하는 교육의 목적을 달성하기에 적합하다고 판단했기 때문이다. 이는 공학교육인증기준서에 제시된 프로그램 학습 성과 지표를 통해서도 알 수 있다. <표 2>에 제시된 것처럼 공학인증을 위한 프로그램 학습 성과 지표는 PBL의 교육목표와 일치한다.

공학교육의 바람직한 학습 성과를 이루기 위해 중요하게 고려되는 것은 ‘설계경험’이다. 학습자들에게 설계경험을 제공하기 위해서는 교과목에서 설계를 계획하고 실행하는 체계적인 과정이 이루어져야 한다. 이를 위해 저학년에서는 창의력을 기르기 위한 기초설계(또는 설계입문) 교과목을 포함하고 고학년에는 저학년에서 배운 지식과 기술을 기초로 하고 주요 설계경험을 아우르는 종합설계 교과목을 포함해야 한다는 인증기준을 제시하고 있다. 이때, 고학년을 대상으로 한 종합설계 교과목은 저학년에서 배운 지식과 기술을 기초로 설계목표 설정, 합성, 분석, 제작, 시험, 평가와 같은 설계요소를 포함하고 경제, 환

<표 2> 공학인증을 위한 프로그램 학습 성과 지표와 문제중심학습의 목표 비교
 <Table 2> Comparison between product index of ABEEK and goal of PBL

프로그램 학습 성과 지표	문제중심학습의 목표
1) 수학, 기초과학, 공학의 지식과 정보기술을 응용할 수 있는 능력	통합된 지식기반 획득
2) 자료를 이해하고 분석할 수 있는 능력 및 실험을 계획·수행할 수 있는 능력	문제상황의 단서를 중심으로 한 구조화된 지식기반 획득
3) 현실적 제한조건을 반영하여 시스템, 요소, 공정을 설계할 수 있는 능력	실제 맥락에서 사용되는 문제해결과 성과 얽혀진 지식기반 획득
4) 공학 문제들을 인식하며, 이를 공식화하고 해결할 수 있는 능력	전문가의 문제해결과정 개발
5) 공학 실무에 필요한 기술, 방법, 도구들을 사용할 수 있는 능력	
6) 복합 학제적 팀의 한 구성원의 역할을 해낼 수 있는 능력	효과적인 팀 기술 개발
7) 효과적으로 의사를 전달할 수 있는 능력	
8) 평생교육의 필요성에 대한 인식과 이에 능동적으로 참여할 수 있는 능력	효과적인 자기주도학습기술 개발
9) 공학적 해결방안이 세계적, 경제적, 환경적, 사회적 상황에 끼치는 영향을 이해할 수 있는 폭넓은 지식	통합된 지식기반 획득
10) 시사적 논점들에 대한 기본 지식	
11) 직업적 책임과 윤리적 책임에 대한 인식	문제에 직면했을 때 적극적인 태도와 자신감 함양
12) 세계문화에 대한 이해와 국제적으로 협동할 수 있는 능력	

경, 사회, 윤리, 미학, 보건 및 안전, 생산성과 내구성, 산업표준 등 현실적 제한 조건을 모두 다루어야 함(한국공학교육인증원, 2005)을 강조하고 있다.

이러한 설계교과의 운영에 대한 안내는 학생들에게 전공영역의 지식을 실제적 경험과 아우를 수 있도록 하는 전략이 될 수 있지만 자칫 잘못하면 저학년과 고학년의 교육과정을 구분해야 하는 것으로 해석될 수 있다. 즉 저학년에서는 공학 분야의 필수 지식과 기술을 다루고 고학년에서는 이를 통합할 수 있도록 교육해야 한다고 해석할 수 있다는 것이다. 그러나 명시된 학습 성과를 이루기 위해서는 전 학년에 걸쳐 지식과 기술이 통합적·다각적으로 습득·연습·개발되어야 한다. 지식과 정보기술을 응용하고, 자료를 이해·분석하고, 실험을 계획할 수 있는 능력 등은 학습자들이 지식을 학습하고 이를 적용해 보는 경험을 통해서가 아니라 그들 스스로 주도적으로 학습과제를 찾고 이를 문제해결에 적용해 봄으로써 기를 수 있는 능력이기 때문이다(Duffy & Cunningham, 1995). 이러한 이유로 PBL은 공학교육의 주요한 교육방법으로 심도있게 검토되어야 할 것이다.

2. PBL ‘문제’의 특성과 문제개발과정

PBL을 실행하기 위해 교수자가 준비해야 하는 가장 중요한 일은 문제개발이다(Jonassen, 2000). 그러나 PBL에 익숙하지 않은 교수자에게 PBL 문제 개발은 매우 힘든 일이다(Hafler, 1997). 실제로 많

은 교수자들이 PBL을 준비하면서 문제 개발에 어려움을 겪고 있다. 이는 PBL의 발원지인 의학 분야도 마찬가지로, 현재 PBL을 실천하고 있는 국내의 한 의과대학도 PBL 실행 초기에는 하버드 대학교 의과대학에서 문제를 구입하여 번역·수정하여 사용하였다(박은경, 2003). 이처럼 어렵게 여겨지고 있는 PBL의 문제개발을 위해 여러 가지 지침들이 제시되어 있는데, 공통적으로 강조되는 것은 교육목표 고려와 이에 부합하는 실제적 문제를 설계하는 것이다. 성공적인 PBL 실행을 위해서는 교수자가 분명한 교육목표를 가지고 있어야 한다. 즉, 교수자는 “이 문제를 통해 나는 학생들이 무엇을 이룰 수 있도록 할 것인가?”의 질문에 대답할 수 있어야 한다. 만약, 이 질문에 답할 수 없다면, 그 교수자는 결국 개발한 문제를 활용하여 의도한 교육목표를 달성할 수 없을 것이다(Barrows, 1996; 2000).

PBL은 실제적 문제를 중심으로 학습자들이 협동적·개별적으로 학습하는 것으로 문제는 PBL을 실천하는데 있어서 핵심이 된다. Steppien과 Gallagher(1993)는 PBL을 ‘실제적 문제해결을 위한 도제’라고 표현하였는데, 이는 PBL에서 전문가에게 요구되는 실제적 문제해결능력을 기를 수 있음을 강조한 것이며, PBL에 적합한 문제를 개발하는 것이 PBL의 성공을 결정하는 매우 중요한 일임을 시사하는 것이다.

Duch(2001)는 좋은 PBL 문제의 특징을 다음과

<표 3> 문제분석기준표(최정임, 2004)

<Table 3> Rubric for problem

기준		응답	
		예	아니오
문제의 역할	문제로부터 학습이 시작되는가?		
	학습에 필요한 지식과 기능을 충분히 포함할 정도로 포괄적인가?		
	문제에 지식이 사용되는 맥락이나 상황이 제시되어 있는가?		
	학습자의 역할이 제시되어 있는가?		
비구조성	문제에 해결에 필요한 일부의 정보만이 포함되어 있는가?		
	문제해결을 위해 문제를 분석하고, 정보를 찾고, 계획하는 과정이 필요한가?		
	문제에 대한 다양한 해결책이 존재하는가?		
	문제해결을 위한 접근 방법이 다양한가?		
실제성	논쟁이나 토론의 여지가 있는가?		
	실제사태인가?		
	일상생활에서 발견될 수 있는 문제인가?		
	현실적인 사물이나 자료를 사용하는가?		
	문제해결에 활용되는 사물이나 자료가 다양한가?		
	일상적이고 자연스러운 사고 과정을 반영하는가?		
	문제해결에 요구되는 사고 과정이 그 분야의 전문가나 직업인에 의해 사용되는 것인가?		
	학습자의 수준에 적절한가?		
	학습자의 경험과 관련이 있는 문제인가?		
현실과 같이 복잡한 문제인가?			
둘 이상의 문제해결 단계가 필요한가?			

같이 제시하였다. 첫째, 학습자의 흥미와 동기를 유발해야 한다. 이를 위해서 가능한 한 다루려는 주제가 실제 세계와 관련되어야 한다. 특히 문제가 학습자들에게 친근한 맥락의 것일 때, 학습자들은 문제 해결의 이해 당사자가 된 것으로 느낄 것이다. 둘째, 문제는 학습자들로 하여금 무엇이 필요하며, 어떤 정보가 관련되어 있으며, 문제를 해결하기 위해 어떤 단계를 거쳐야 하는지 학습자 스스로 결정하도록 요구해야 한다. 셋째, 문제는 협동을 통해 해결해야 할 만큼 충분히 복잡해야 한다. 문제의 길이와 복잡성은 학습자들이 단지 학습의 부담을 줄이는 형식의 협동 학습으로는 부족하다는 것을 느낄 수 있을 정도가 되어야 한다. PBL의 학습효과는 학습자들이 나누어서 학습한 것을 종합하는 것에서 기인한다. 넷째, 문제의 첫 단계에서 이루어지는 질문들은 구성원들이 모두 논의에 참여할 수 있도록 사전지식 수준에서 이루어지는 개방적인 것이어야 한다. 다섯째, 수업의 내용목표는 새로운 개념에 사전지식이 연결되고, 다른 수업에서 학습한 개념에 새로운 지식이 연결되어 문제에 통합되어야 한다. Duch가 제안한 좋은 PBL 문제의 특성은 PBL 문제의 역할과 거의 유사하다.

따라서 좋은 PBL 문제란 PBL 과정이 잘 이루어질 수 있도록 그 역할을 충분히 할 수 있는 것이라고 할 수 있다.

최정임(2004)은 PBL 문제의 특징을 1) 문제로부터 학습이 시작되어야 하고, 2) 비구조화되어야 하고, 3) 실제적이어야 한다고 정리하고 이를 토대로 문제의 개발 및 개발된 문제의 평가기준이 될 수 있는 문제분석기준표를 제시하였다. 즉, 문제를 개발한 후 문제가 PBL에 사용되기 적합한지 평가할 수 있는 기준을 제시한 것으로, 각 범주에 해당하는 구체적인 기준은 <표 3>과 같다.

개발된 문제가 <표 3>의 각 영역에서 모두 긍정적인 반응(예)을 얻을 때 가장 이상적인 PBL 문제라고 할 수 있다. 이 때 세 영역이 모두 PBL 문제를 구성하는데 중요한 요소이지만, 사용된 문제가 PBL을 위한 문제인지 아닌지를 구분하는 가장 핵심적인 기준은 문제의 역할이다. 문제분석 기준표는 PBL을 위한 문제개발 시 체크리스트로 활용될 수도 있고, 개발된 다양한 문제 중에서 가장 적절한 문제를 선택하고자 할 때의 평가의 기준으로도 활용할 수 있다.

<표 4> 교수들의 강의경력, 교수방법, PBL 경험

<Table 4> Professors' background

문항	①	②	③	④	⑤	⑥
강의경력	1년미만	1-3년미만	3-5년미만	5-10년미만	10년 이상	기타(무응답)
	5	1	0	1	7	1
주된 교수방법 (복수응답)	강의	실험실습	학생발표	프로젝트, 문제중심	토론	기타(무응답)
	9	1	2	1	1	3
PBL 운영경험	없다	1과목	2과목	3과목	4과목이상	기타(무응답)
	13	1	0	0	0	1
워크숍 참석 전 문제개발경험	없다	1문제	2문제	3문제	4문제 이상	기타(무응답)
	10	0	0	1	1	3

Hung(2006)은 문제 설계 시 고려해야 할 핵심요인과 과정요인을 제시한 3C3R PBL 문제설계모형을 제시하면서 PBL 문제를 설계할 때 중요하게 고려되어야 하는 것은 내용(Content), 맥락(Context), 내용과 맥락의 연결(Connection)이며, 이를 위해 교수자는 문제 설계 시 연구(Researching), 추론(Reasoning), 성찰(Reflecting)의 과정을 거쳐야 함을 강조하였다.

본 연구에서는 <표 3>의 내용과 3C(내용, 맥락, 내용과 맥락의 연계)를 중심으로 교수자들이 개발한 문제의 특성을 분석하였다.

III. 연구방법

본 연구는 공학교육에서 PBL을 실행할 때 필요한 문제개발 전략을 제시하는데 목적이 있다. 이를 위해 PBL 경험이 적은 교수들의 문제개발 경험과 개발된 문제의 특성을 분석하여 이를 실제 현장에서 이루어지는 업무의 특성과 비교하는 사례연구를 수행하였다.

교수들의 문제개발 경험은 한 대학의 공학교육센터에서 국내의 공과대학 교수들을 대상으로 실행한 '공학교육을 위한 PBL workshop'에 참석한 교수들의 문제개발 경험과 개발한 문제를 중심으로 소개하였다. 워크숍의 주요 내용은 PBL의 정의, 교육목표, 과정, 학습자 입장에서의 PBL 경험, 튜터 역할, 그리고 PBL 문제의 특성과 문제개발과정 경험으로 구성되었다. 이 때 참석한 교수들이 팀을 구성하여 PBL 문제를 직접 개발하였다.

워크숍 참석자는 PBL 실행에 관심을 갖고 있는 공과대학 교수들(28명)과 각 대학의 공학교육센터 연구원(7명)으로 총 35명이 참석하였으며 이들은 5명

씩 7개의 팀으로 구성되어 각각 PBL 문제를 개발하였다. 워크숍 이후 문제개발 과정의 어려움 등에 대한 내용을 묻는 설문을 이메일을 통해 실시하였고 총 15명이 설문에 응답하였다. 설문에 응답한 교수들의 강의 경력 및 경험은 <표 4>에 제시되었으며, 주요 내용은 다음과 같다.

첫째, 워크숍 참여 전 교수들이 주로 사용한 교수 방법은 강의식이었다. 둘째, 실제적 문제를 개발하거나 이미 개발된 문제를 활용하여 강의를 운영한 경험은 거의 없었다. 소수의 교수들이 문제를 개발한 경험이 있다고 하였으나, 개발한 문제를 이용하여 PBL을 실행한 경험은 거의 없었다. 설문에 응답한 인원은 소수이지만 이들의 응답 내용을 통해, 본 연구의 분석대상인 개발된 문제가 PBL 개발 및 실행 경험이 거의 없는 교수들에 의해 개발된 것임을 확인할 수 있다.

워크숍에 참석한 교수들이 개발한 문제는 <표 3>에 제시한 최정임(2004)의 PBL 문제분석기준표와 Hung(2006)의 3C(내용, 맥락, 내용과 맥락의 연계)를 활용하여 PBL 실행 및 문제개발 경험이 있는 3명의 전문가가 분석하였다. 개발된 문제의 특성과 비교할 실제 현장에서 이루어지는 업무의 특성은 전자장비 개발 업체의 연구소장과의 인터뷰를 통해 정리하였다.

IV. 연구결과

1. PBL 문제개발 경험에 대한 의견

워크숍에서 PBL 문제를 개발한 교수들에게 제시한 문제개발 경험에 대한 질문들은 1) 문제개발에 도움이 된 워크숍 내용, 2) 워크숍에서 제시하지 않은

내용 중 문제개발을 위해 필요한 교육내용, 3) 문제개발 시 가장 많이 고려한 사항, 4) 문제개발 시 가장 어려운 점, 5) 본인의 교과목 중 PBL로 운영하기 적합하다고 생각하는 강좌와 그 이유, 그리고 6) 본인의 교과목 중 PBL로 운영하기 어렵다고 생각하는 강좌와 그 이유이다. 각 질문에 대한 교수들의 의견을 정리하면 다음과 같다.

첫째, PBL 문제개발에 도움이 되었던 워크숍 내용은 문제개발 과정을 소개한 것과 연습문제를 통해 학생입장에서 문제해결의 경험을 가진 것이라고 하였다.

둘째, 문제개발을 위해 더 필요한 사항은 문제개발을 해본 전공 교수들의 경험 사례, 각 전공별로 실제적 문제 활용에 적합한 교과목 과목별 문제유형사례의 제시를 들었다. 즉, 다양한 사례들로부터 문제개발에 필요한 정보를 획득하기 원하였다.

셋째, 문제개발 시 많이 고려한 사항으로는 교육 목표, 학생들의 선수지식(선수과목), 교육내용을 들었다.

넷째, 문제개발 시 어려운 사항으로는 문제의 최종 결과물 유형 제시, 문제에서 다룰 학습 분량, 문제 소재, 이론과 실제의 차이 등을 들었다. 한 교수의 응답을 인용하면 “제 과목이 주로 이론에 치중해 있고 저 또한 이론만 알지 실제 응용에 대해서는 아는바가 많지 않아 PBL 문제를 만들어 내는 것이 부담이 됩니다.”라고 하였는데, 이는 학생들에게 실제적인 PBL 문제를 제공하기 위해 교수 자신이 교육내용의 실제성을 학습할 필요가 있음을 제시한 것이라 볼 수 있다.

다섯째, 본인의 교과목 중 PBL을 이용해 운영하기 적합하다고 생각하는 과목으로는 설계과목, 프로젝트 과목, 사례연구 과목, 졸업논문 등을 제시하였다.

여섯째, 본인의 교과목 중 PBL을 이용해 운영하기 적합하지 않다고 생각하는 과목으로는 수식을 사용하는 전공 기초 교과목(공업수학, 일반물리, 전자기학 등)과 개론수업을 들었으며, 몇몇 교수들은 모든 과목은 다 실제적 문제를 이용해 수업할 수 있다고 답하였다.

PBL로 운영하기 적합한 교과목과 그렇지 않은 교과목에 대한 교수들의 의견을 통해 교수들이 이론 수업과 설계경험 등의 실제적 수업은 분리 운영되어야 한다고 생각하고 있음을 짐작할 수 있다.

2. 개발된 문제의 특성 분석

교수들이 팀별로 개발한 7개의 문제는 <표 5>와

같으며, 3명의 전문가가 분석한 결과 개발된 문제는 문제의 역할, 비구조성, 실제성의 측면(최정임, 2004)에서 만족스러울 만큼 잘 개발되었다. 즉 학습에 필요한 지식과 기능을 충분히 포함할 수 있도록 포괄적이고, 학습자의 역할이 구체적으로 제시되어 있고, 문제에 대한 다양한 해결책이 존재하고, 실제 맥락에서 발견될 수 있는 문제들이다. 내용, 맥락, 내용과 맥락 연결 측면(hung, 2006)에서 살펴본다면 개발된 문제들은 내용과 맥락의 연결 측면이 부족하다고 볼 수 있다. 그러나 이 문제들은 조금만 수정된다면 학습자들에게 보다 의미있는 학습경험이 될 수 있을 것이다. 각 문제별로 대표적인 수정사항을 정리해보면 다음과 같다.

첫 번째 문제는 문제의 크기가 조정되어야 한다. PBL은 학습자들이 PBL 과정을 경험하면서 문제해결능력을 기르는 것을 주요한 목표로 한다. 그러나 이 문제의 경우 문제의 크기가 커서 문제라기보다는 프로젝트라고 하는 것이 더 적합할 것이다. 따라서 천연자개색의 생산을 위한 구체적인 계획서, 중간보고서, 결과보고서 및 완성된 제품을 각각의 최종 결과물로 하는 3개의 문제로 나누어 제공하는 것이 바람직할 것이다.

두 번째 문제는 과제가 주어지는 맥락이 수정되어야 한다. 제시된 문제는 ‘A 대학교 교수가 과속차량 검출 시스템 설계가 필요하다고 인식한 상황’으로 이는 충분히 있을 수 있는 상황이지만 보다 실제적 맥락이 되기 위해서는 학습자들에게 과속방지에 대한 새로운 검출시스템을 설계해야 하는 과제가 주어지는 것이 바람직할 것이다.

세 번째 문제에는 실제성을 높일 수 있는 ‘신문기사’의 내용이 포함되어야 할 것이다. 문제개발 시 충분히 자료를 활용할 수 없었던 한계가 있었기 때문이었지만, 실제로 문제를 개발할 때는 신문기사 등의 맥락을 구체적으로 제시하는 것이 바람직할 것이다.

네 번째 문제는 잘 개발되었지만 학습목표가 학습자들의 글쓰기와 관련이 되었다면 인터뷰 초안보다는 ‘사설’ 등의 완성된 글의 형태를 최종 결과물로 요구하는 것이 바람직할 것이다.

다섯 번째 문제는 놀이기구 제안을 받고 있다는 상황보다는 구체적인 입찰 공고의 형식으로 문제가 수정, 제시되는 것이 ‘실제성’을 높일 수 있을 것이다.

여섯 번째 문제와 일곱 번째 문제는 문제의 주인공과 최종 결과물의 형태가 잘 연결되었는지 검토할 필요가 있다. 즉, 쓰나미 재해방지대책을 수립하는

<표 5> 워크숍에서 개발된 문제들

<Table 5> Developed problems in PBL Workshop

문제	
1	결혼을 준비하는 사람들이 많아지면서 천연자개를 필요로 하는 소비자들의 요구는 질적, 양적으로 증가되고 있다. 그러나 지난 5년간 지구 온난화로 인해 전남 인근의 해수 온도가 상승하여 자개의 원재료가 되는 전복의 개체수가 급격히 감소하였다. 전복을 사용하지 않고 천연자개색을 이용한 제품을 신소재 공학 전공 00 자기연구원인 여러분들에게 공학적인 방법으로 천연 자개 색을 생산하기위해 재현하라는 요청이 들어왔다. 여러분은 천연자개색으로 코팅할 수 있는 기술개발서를 작성하여 2007년 4월 20일에 중간 보고서를 제출하고 2007년 6월 15일까지 결과보고서 및 완성된 제품을 제출하여야 합니다.
2	A대학 전자공학과 A 교수님이 서해 쪽으로 가족들과 여행(자동차 여행)을 하고 있었다. 고속도로에는 중간 중간에 과속방지 시스템이 있지만 자동차에는 GPS가 장착되어 있어서 단속구간에서만 감속하고 그 구간을 피해서는 속력을 내서 달리고 있었다. 한참 달리던 중 앞 쪽에 차들이 멈춰있는 것이 보였다. 무슨 일인가하여 보았더니 앞쪽에서 사고가 났었다고 한다. 그 원인을 알아보니 단속구간 카메라를 미리 인식하지 못한 앞차의 급정차로 인한 추돌사고였다고 한다. 바로 나의 사고로 이어질 수도 있었다는 생각이 들었다. 그래서 현재의 과속방지 시스템의 대안으로 구간 주행시간을 측정하여 과속차량을 검출할 수 있는 시스템을 설계해야겠다는 생각을 하게 되었다. 과속방지에 대한 새로운 검출시스템을 설계하여 제출해 주십시오.
3	K 섬유회사, 색상변화에 의해 기초적인 건강상태를 알 수 있는 의복 개발 중...여러분은 K 섬유회사의 경쟁사인 P사의 수석연구원이다. K 섬유회사의 기사를 읽고, 보다 미래지향적인 상품을 개발하고자 “Wearable Computer”를 연구하게 되었다. 촉망받는 상품으로서 “Wearable Computer”의 개념설계를 완성하라.
4	최근 러시아에서 유럽으로 공급하는 가스관 중의 일부가 지나가는 국가에서 통과료를 요구하자 러시아는 해당 국가에 가스 공급을 중단하였다. 이는 앞으로 각국의 에너지 자립이 매우 중요함을 의미하는 획기적인 사건으로 인식되고 있다. 이와 관련하여 최근 00일보에서는 미래 한국의 에너지 자립을 위한 특집 기사를 기획하던 중 이 문제를 한국에너지 관리공간에 근무하는 나철수 대리에게 우리나라 에너지 자립 수준에 대한 인터뷰를 요청하였다. 당신은 2주 후에 00일보 기자와 인터뷰를 하게 되었으므로 이에 대비하여 최소 2페이지에 걸친 인터뷰 초안을 작성해 주세요.
5	신나는 놀이기구...롯데월드가 안정상의 문제로 6개월간 폐장을 하고 시설 개보수와 함께 새로운 놀이기구를 보완하기로 했다. 롯데월드에서 6개월 후에 납품할 수 있는 좀 더 스틸감 있는 놀이기구를 제안받고 있다. 나는 유공압 시스템 기술전문가고 유공압 전문회사의 기술 자문을 담당하고 있다. 기술제안서를 작성하십시오.
6	당신은 소방 방재청 재난방지팀장이다. 현재 동해상(동경 133°, 북위 40°)에서 강도 6.0의 지진이 발생하여 쓰나미가 동해상에 상륙하여 재해를 유발할 수 있다. 쓰나미의 전파속도는 10 m/sec로 예상된다. 쓰나미로 인한 재해방지대책을 수립하여야. 또한 방지대책을 평가할 수 있는 척도를 수립하여야.
7	당신은 S전자 제품개발팀 연구원입니다. 2008년을 중국시장 공략의 해로 정한 회사는 브랜드 이미지를 높일 수 있는 Coffee maker 개발을 요청하였습니다. 고급스런 이미지와 특수한 기능을 가진 제품을 만들기 위한 Workshop 기획안(절차, 사고과정, 필요한 능력)을 제출하십시오.

것과 방지대책 평가척도를 수립하는 일이 모두 소방방재청 재난방지팀장의 역할인지, 제품개발을 위한 워크숍을 기획하는 일이 S전자 제품개발팀 연구원의 업무인지 검토되어야 할 것이다.

이러한 수정사항들을 정리하면 문제를 개발할 때는 1) 학습내용의 성격과 난이도 등을 충분히 고려해야 하고, 2) 문제에 지식이 사용되는 맥락이나 상황이 충분히 제시되어야 하고, 3) 문제에서 제시하는 상황과 해결안이 학습자의 미래의 경험과 관련되도록 설계되어야 하고, 4) 일상적이고 자연스러운 사고 과정이 반영될 수 있도록 해야 함을 시사받을 수 있다.

3. 실제 현장의 업무 특성

PBL 문제에서 실제적 맥락은 중요한 특성이기 때문에 앞서 개발된 문제에서 제시된 맥락이 ‘있을 수 있는 상황’이라 여겨질지라도 현실과 차이가 있다면 비실제적일 수 있다. 따라서 실제 업무의 모습을 살펴보고 이를 토대로 개발된 문제의 실제성을 다시 한 번 점검해 보는 것이 필요하다.

<표 6>은 국내의 한 전자장비 개발 업체 연구소 장과의 인터뷰를 통해 정리한 실제 현장에서 이루어지는 업무와 업무에서 제시되어야 하는 산출물의 종류이다.

실제 업무는 공학교육에서 강조하는 ‘설계경험’의

<표 6> 공학 분야의 실제 현장의 업무 단계 및 산출물
<Table 6> Design process & output in engineering fields

단계 및 포함내용	산출물
1) RFP(요구사항서)	
2) 제안서 작성 - 요구사항분석, 설계방안/제작방안, 시험방안, 위험요소관리방안, 비용, 일정	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제안서 ■ 별첨되어야 할 추가내용
3) 세부사항, 금액에 대한 협의, 확정 후 계약 - 계약서, 요구사항서 확정(계약서에 첨부)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 요구사항서(계약서에 첨부되는 것)
4) 세부 요구분석(개발문서)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 설계 근거자료를 바탕으로 한 구체적인 요구사항들
5) 기술구현가능성 및 방법 모색(없다면, 기술도입, 개발, 협력개발 여부에 대한 모색)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 구체적 기술 구현 방법 확정
6) 설계 및 설계검토, 설계검증	<ul style="list-style-type: none"> ■ 주요 설계 자료들 : 회로도, PCB 데이터, 블록다이어그램, 기구도면, 플로우차트, 스테이트 다이어그램, 데이터시트, 기능 및 성능구현 가능여부 설계검토서, 신뢰성데이터 검토서, 양산성 검토서, 설계 마진 확보 여부 검토 결과보고서 등
7) 제작 : 프로토타입 제작	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제품 프로토타입
8) 시험 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> ■ 설계 자료의 수정본, 시험 성적서, 설계변경 요구서, 설계변경서
9) 수정 및 보완	
10) 최종 시제품 완성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 최종 시제품
11) 양산준비 - 생산관련 지원 - 양산 지원용 장치개발 - 생산부서에 대한 교육(신기술인 경우) - 양산을 위한 조립절차서, 시험절차서, 시험통과기준 등	<ul style="list-style-type: none"> ■ 생산관련자료(최종설계도면, 승인원, 성적서 등) ■ 생산부서를 위한 교육 자료 ■ 양산을 위한 조립절차서, 시험절차서, 시험통과기준 등
12) 초도양산(Primary Product) 지원	
13) 품질 성능개선 요구 및 필드의 문제점 분석·지원	

전 단계 즉, 기획, 분석, 설계, 실행, 평가의 과정이 모두 포함되어 있으며 각 단계에서 산출되는 산출물의 유형도 다양함을 알 수 있다. 그러나 개발된 PBL 문제는 전체 설계과정을 모두 포함하기 보다는 주로 제안서 작성 등에 머무르고 있으며 결과물 역시 매우 한정되어 있음을 알 수 있다. 물론 한 학기 전체의 교육과정을 문제로 개발한 것이 아닌 워크숍이라는 제약이 있었지만 일반적으로 교수들이 생각하는 PBL 문제의 유형이 ‘기획’ 단계에 집중될 수 있음을 간접적으로 시사받을 수 있었다.

그러나 앞서 교수들이 제시한 의견처럼 문제를 개발할 때 교육목표, 교육내용을 고려하므로, 향후 문제를 개발할 때는 이와 함께 실제적 맥락에서 이루어지는 업무의 전체과정과 각 과정에서의 산출물이 무엇인지 탐색한 후 학습자들이 실제 설계 업무의 주요 과정을 다양하게 경험할 수 있도록 해야 할 것이다.

공과대학 교수들의 PBL 문제개발 경험에 대한 의견, 이들이 실제 개발한 문제의 특성, 그리고 실제 현장의 업무 과정과 산출물의 특성을 분석·비교하면 공학교육에서의 PBL을 위한 문제를 개발할 때는 선행 연구들이 강조한 사항들과 함께 실제성을 높이기 위한 노력이 필요함을 알 수 있다. 이를 구체적으로 정리하면 다음과 같다.

첫째, 교육목표의 내용과 행동을 분명하고 구체적으로 진술해야 한다. 교육목표란 수업이 끝난 후 학생들이 무엇을 할 수 있게 될 것인가를 진술하는 것으로 많은 경우 내용만 강조되고 이러한 내용이 구현되는 행동은 간과되는 경우가 있다. 예를 들면 ‘Wearable Computer의 개념을 이해할 수 있다’로 진술하기 보다는 Wearable Computer라는 내용을 이해해서 이를 학생들이 구체적으로 어떤 행동으로 보여줄 것인지를 진술해야 한다. 즉, ‘Wearable Computer의 개념을 쉽게 설명할 수 있다’, ‘Wearable

Computer의 개념을 반영한 제품을 설계할 수 있다'와 같이 구체적으로 진술하는 것이 바람직하다. 교육목표가 분명하지 않을 경우 이를 달성하기 위해 어떠한 학습경험을 제공할 것인지, 즉 문제에 어떤 맥락을 제시할 것인지 불분명진다. 그러나 교육목표를 'Wearable Computer의 개념을 반영한 제품을 설계할 수 있다'와 같이 진술할 경우, 문제의 맥락과 문제에서 요구해야 하는 구체적인 결과물의 형태가 분명해진다. 따라서 내용과 행동이 분명히 제시되는 교육목표를 수립하는 것이 필요하다. 이때 교육목표에 설계경험 전 단계가 모두 포함되었는지도 함께 확인해야 한다.

둘째, 교육목표를 달성하는데 가장 적합한 실제적 맥락이 무엇인지 탐색한다. 실제적 맥락은 교수의 다양한 경험과 함께 학술지, 기사, 논문, 해당 기관의 홈페이지 등 다양한 자료원을 통해 수집할 수 있으므로 적극적으로 가장 적절한 맥락을 찾는 노력이 필요하다.

셋째, 구체적으로 진술된 교육목표의 성취여부를 확인할 수 있는 실제 산업현장에서의 결과물의 형태가 무엇인지 확인한다. 학교학습현장에서 주로 활용되어 온 과제물의 형태가 아닌 산업현장에서 사용되고 있는 산출물의 형태로 문제의 최종해결안의 형태를 제시하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 산학협력력을 위한 다양한 프로그램 및 제도가 마련되어야 할 것이다. 즉 교육현장에서 개발한 문제가 실제적인지를 실무자에게 검토받거나 실무의 문제를 교육현장의 문제로 해결할 수 있도록 연결할 수 있는 프로그램 등이다. 이미 많은 대학에서 창업보육센터를 운영하거나 여러 기업과의 협력 프로그램을 운영하고 있지만 대부분 인턴십 프로그램과 같은 현장실습 중심으로만 운영되고 있다. 좀 더 다양한 프로그램이 마련되어야 할 것이다.

문제의 실제성을 높이기 위해 이러한 사항들을 반영하여 문제를 개발하는 사례는 다음과 같을 것이다.

첫째, 전기·전자 회로 영역에서 다이오드, OP Amp, 트랜지스터, FET 등 소자의 기능이나 특성, 분석, 설계 기법 등을 가르치고자 할 때 “전자 소자의 기능, 특성, 그리고 각 소자의 활용 맥락을 설명할 수 있다”, “FET와 OP Amp를 활용하여 Active 다이오드 회로를 설계할 수 있다”와 같은 구체적인 교육목표를 수립한다.

둘째, 수립한 교육목표를 달성하는데 적합한 실제적 맥락을 탐색한다. 탐색결과 전원 장치, 제어 시스템의 I/O 장치 등 기본적인 모든 전자 장치에 활용

되고 있음을 확인하고, 구체적 실례를 수집한다.

셋째, 교육목표의 성취여부를 확인할 수 있는 실제 사업현장에서의 결과물을 확인한 결과 FET와 OP Amp를 이용한 회로의 효율성에 대한 개발 검토서, 이를 이용한 회로 설계도, 시뮬레이션 도구를 활용한 설계 회로의 전기적 특성 및 성능 검토서, 온도 변화에 대한 안정도 분석결과 보고서 등이 있었다.

이렇게 수집한 자료를 활용하여 다음과 같은 문제를 개발할 수 있다.

“당신은 AA 전원시스템 개발회사의 선임연구원으로 의뢰받은 새로운 제품을 설계하고 있다. 제품을 납품할 거래처의 주요 요청사항 중 하나는 역전압 및 역전류 보호 기능이다. 이러한 요구에 맞게 새로운 제품을 설계하려고 하는데 다음과 같은 문제가 예상된다. 즉 기존 회로의 경우 다이오드 소자를 이용하여 역전압 및 역전류 보호 회로를 구성하는데 본 시스템의 경우 전류가 커서 다이오드에 의한 손실이 크고 또한 이로 인한 발열량이 커서 문제가 생길 수 있다는 것이다. 이러한 이유로 설계팀에서는 당신에게 FET와 OP Amp를 이용한 Active Diode 회로의 검토를 의뢰하였고, 회로설계와 함께 다음과 같은 보고서를 요구하였다.”

- FET를 이용한 Active 다이오드 회로의 효율성
- 다이오드와 Active 다이오드의 기능 및 성능 비교
- 온도 변화에 대한 안정도

제기된 문제가 해결된 회로설계와 필요한 보고서를 2주후까지 제출하시오.

이러한 문제를 통해 학생들은 교수자가 의도한 교육목표에 도달할 수 있을 것이다.

V. 논의 및 결론

PBL 문제는 단순한 주관식 문제가 아니라 학습의 시작점이 될 수 있어야 하며, 학습자들이 후에 전문인으로 겪을 수 있는 실제 맥락을 제시해야 하는 것이다. 그러나 PBL 문제의 주요한 특성인 ‘실제성’은 종종 학생들에게 제시할 주관식 문제를 시나리오의 형태로 구성하는 것으로 충분하다고 여겨진다. 그러나 연구결과에서 살펴본 것처럼 실제성을 높이기 위해서는 실제 맥락에서 이루어지는 업무의 단계와 각 단계에서 산출되는 산출물이 문제에 충분히 반영되어야 할 것이다.

그리고 이러한 실제적 맥락의 문제는 저학년과 고학년 과목으로 구분되어 활용되는 것이 아니라 모든 교과목에서 활용되어야 할 것이다. 배운 것을 적용할 수 있는 능력보다 중요한 것은 어떠한 일을 하거나 문제를 해결할 때 배운 것 중 어떤 것을 적용할 것이고 어떤 것을 더 학습해야 하는가를 판단할 수 있는 능력이기 때문이다.

따라서 공학교육의 목적에 부합한 PBL 문제를 개발하기 위해서는 교수들에게 그들의 요구처럼 전공별로 다양한 PBL 문제 사례를 경험해 볼 수 있도록 하는 것이 필요하다고 볼 수 있다. 또한 PBL은 설계, 프로젝트 등의 교과목에서만 운영될 수 있는 것이 아니라 교육목표에 따라 다양한 성격의 교과에서 다양하게 활용될 수 있음을 제시하는 것도 필요하다. 이를 위해서는 PBL과 함께 실제적 문제를 활용할 수 있는 다양한 교수 방법 및 모형에 대한 안내도 필요할 것이다. 이처럼 아직은 보다 많은 지원과 개선사항이 요구되지만 많은 교수들이 실제적 문제의 개발과 활용에 관심을 갖고 이를 실천하기 위해 노력하는 것은 교육의 질 향상을 위해 매우 바람직한 일이라 할 수 있을 것이다.

국문요약

본 논문은 공학교육에서 PBL을 실천하기 위한 문제개발 전략을 제시하는데 목적이 있다. 이를 위해 문제개발 경험이 없는 교수들에게 ‘PBL의 실천과 문제개발을 위한 프로그램’을 제공하여 실제적 문제를 개발하는 경험을 갖게 한 후 이들의 문제개발 과정과 개발된 문제의 특성에 대한 분석 결과를 공학 분야의 실제 업무 과정 및 각 과정의 성과물과 비교하여 문제 개발 시 고려해야 할 사항을 추출하였다. 연구결과, 개발된 문제는 PBL 문제의 주요 특성 중 ‘실제성’이 부족하였다. 따라서 문제의 실제성을 높이기 위해서는 실제 맥락에서 이루어지는 업무의 단계와 각 단계에서 산출되는 산출물이 문제에 충분히 반영되어야 하고, 학년의 구분없이 모든 교과목에서 활용되어야 할 것이다. 따라서 공학교육의 목적에 부합한 PBL 문제를 개발하기 위해서는 교수들에게 그들의 요구처럼 전공별로 다양한 실제적 문제 사례를 경험해 볼 수 있도록 하는 지원이 필요하다고 할 수 있다.

주제어: 공학교육, 문제중심학습, 문제설계

참고문헌

- 박은경(2003). 의학교육에서의 문제중심학습에서 튜터의 역할에 관한 평가 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 장정아(2005). 온라인 문제기반학습 설계모형 개발 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 최정임(2004). 사례분석을 통한 PBL의 문제설계 원리에 대한 연구. 교육공학연구, 20(1), 37-61.
- 한국공학교육인증원(2005). 공학인증기준 설명서2005 (KEC2005). 한국공학교육인증원.
- Barrows, H. S. (1985). *How to design a problem-based curriculum for the preclinical years*. New York: Springer.
- Barrows, H. S. (1996). Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview. In L. Wilkerson & W. Gijsselaers(Ed.), *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice*(pp.3-12). CA: Jossey-Bass Publishers.
- Barrows, H. S. (2000). *Problem-based learning applied to medical education*. IL: Board of Trustees of Southern Illinois University.
- Duch, B. J. (2001). Writing problems for deeper understanding. In B. Duch, S. Groh, & D. Allen(Ed.), *The Power of Problem-Based Learning: A Practical "How To" for Teaching Undergraduate Courses in Any Discipline* (pp.47-58). LLC: Stylus Publishing.
- Duffy, T. M., & Cunningham, D. (1995). Constructivism: Implications for the design and delivery of instruction. A draft for the chapter in Jonassen(Ed.), *Handbook of Research on Educational Communication and Technology*, New York: Scholastic.
- Hafler, J. P. (1997). Case writing : Case writers' perspectives. In D. Boud, & G. Feletti, *The Challenge of Problem based Learning*. 2nd Ed. London. Kogan Page.
- Hung, W. (2006). The 3C3R Model: A conceptual framework for designing problems in PBL. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*. 1(1), 55-77.
- Jonassen, D. (2000). Toward a design theory of

problem solving. *Educational Technology Research and Development*. 48(4). 63-85.

Stepien, W., & Gallagher, S. (1993). Problem-based learning : As authentic as it gets. *Educational Leadership*. 50(7). 25-28.

Weiss, R. E. (2003). Designing problems to promote higher-order thinking. In D. Knowlton and D. Sharp(Ed.), *Problem-Based Learning in the Information Age* (pp.25-31). CA: Jossey-Bass Publishers.

저 자 소 개



장경원 (Chang, Kyungwon)

1995년 홍익대학교 교육학과 졸업

1997년 서울대학교 대학원 교육학과 석사

2005년 서울대학교 대학원 교육학과 박사

관심분야: 문제중심학습, 액션러닝, 학습자 중심 교수학습환경설계, 설계교육

Phone: 031-249-9184

Fax: 031-249-9199

E-mail: kyungwon@kgu.ac.kr