

# 공학교육에서 PBL수업 모형과 교수전략



신 민 희

서울산업대학교 공학교육혁신센터 초빙교수  
minhees@snut.ac.kr

한양대학교 교육공학과 학사

Florida State University 교육공학과 석사, 박사

대통령자문 교육개혁위원회 전문위원

매일경제신문사 연구위원

관심분야: 공학 PBL, 자기조절학습이론, 학습이론 학습전략, 교수법, 평생학습능력, 고차원적 사고능력, e(u)-learning

지식기반 사회의 새로운 패러다임은 전문 직업인들로 하여금 자신의 전공 지식을 활용하는 능력뿐만 아니라 창의적으로 문제를 해결하는 능력, 효과적인 팀워크 능력, 기존 지식과 업무방법을 재창조하는 능력 및 평생학습에 대한 인식을 바탕으로 끈임 없이 커리어를 개발하는 능력 등을 요구한다. 사회가 요구하는 이러한 능력을 갖춘 공학인을 양성하기 위해서는 학습자의 주체적인 참여를 적극적으로 유도하는 교육방법을 수용할 필요가 있다. 실제로 학습자의 능동적인 지식구성 과정을 강조하는 구성주의 학습이론이 등장한 이후 문제중심 학습(PBL)은 대표적인 학습자 중심 교육방법의 하나로서 다양한 교육 현장(경영, 의학, 교육, 법학, 공학)에 적용되고 있다. 서울산업대학교 공과 대학에서도 매학기 PBL과목을 선정하여 운영하면서 새로운 교육실천을 시도하고 있다. 본고에서는 저자가 공대 PBL수업을 설계하고 연구하면서 수업 컨설팅 과정에서 활용하는 수업모형과 수업전략을 소개하고자 한다.

## 1. 공학교육에서 PBL의 장점

### (1) 설계교과목을 위한 수업모델이 될 수 있다.

PBL은 복잡하고 비구조화된 실제적인 문제를 학습자 스스로 해결하는 과정에 참여하면서 학습이 이루어지는 학습자 중심의 교육방법이다. 공학설계 수업의 방법적 틀로서 PBL은 설계 교과목이 요구하는 학습경험을 제공한다는 측면에서 효과적인 교수-학습방법이 될 수 있다. 공학

설계는 “개방형 문제의 해결안을 찾기 위해 모든 지식과 기술을 적용하며 종합적인 인지능력을 사용하는 교육적 경험”을 제공하도록 요구하는 교과목이기 때문이다. 학생들은 설계교과목을 통해 창의적인 문제해결 능력과 현실 제한 조건을 고려한 종합적인 공학 설계 능력을 함양하도록 되어 있다. PBL에서 제공하는 비구조적인 문제는 문제해결에 필요한 일부의 정보만이 포함되어 있어 문제해결을 위해 문제분석, 문제 정의, 정보와 지식 탐색, 계획, 모니터링, 결과 종합, 논리적 정당성 찾기 등과 같은 다양한 인지과정을 거치도록 되어 있다. 또한, 문제해결을 위한 다양한 접근법과 해결책이 가능하고, 학생들은 다양한 방식의 의견조율과정을 경험할 수밖에 없다. 이러한 과정을 수행하면서 학생들은 스케치 및 시각적 추론 능력, 사용자 입장을 고려하는 능력, 팀안에서 협력적으로 문제 해결하는 능력, 설계한 내용을 발표하고 이를 토론을 통하여 개선할 수 있는 능력과 같이 설계교과목이 요구하는 능력을 배양할 수 있다.

### (2) Softskill을 자연스럽게 개발할 수 있다.

공학교육에서 달성해야 하는 구체적인 학습 성과 중 복합 학제적 팀에서 상호작용하는 능력(PO5), 효과적으로 의사 전달하는 능력(PO6), 조직적으로 프리젠테이션 하는 능력(PO6), 그리고 평생학습 할 수 있는 능력(PO8)과 같은 과거 산업사회 패러다임의 공학교육에서 강조되지 않았던

소프트 스킬(soft skills)이 있다. 이러한 소프트 스킬은 설명식 수업에서의 수동적인 학습자 역할을 넘어서 학습자가 특정의 목적적인 활동에 능동적으로 참여함으로써 개발되는 능력이다. PBL은 학습자가 학습과정에 주체적으로 참여하면서 해결안이라는 결과물을 완성해야 하는 목적적이면서도 과정을 강조하는 학습 접근이다. PBL을 수행하면서 학생들은 빈번한 협력학습 과정을 통해 효과적으로 의견을 조율하고 표현하는 활동에 참여하게 된다. 또한, PBL의 해결안을 찾기 위해 전문적인 지식을 스스로 탐색하고 논리적으로 재구성하는 도전적이고 전략적인 학습 과정을 이끌어 나가게 된다. 더불어, 학생들은 자신들의 해결안을 발표하면서 PBL 과제를 마무리 하게 된다. PBL이 요구하는 이러한 다양한 학습 활동들은 학생들로 하여금 자연스럽게 소프트 스킬을 훈련할 수 있는 풍부한 기회를 제공한다.

### (3) 공학실무 능력을 함양할 수 있다.

PBL수업을 설계할 때 주요한 원리 중 하나는 실제적인(authentic) 문제를 개발하는 것이다. 즉, 실제 직업세계에서 발생하는 복잡한 문제를 해결하면서 그 분야의 전문적인 실무 능력을 훈련하도록 유도해야 한다는 것이다. 실제성이 보장된 문제는 현실적인 다양한 자료와 자원을 통해 학습하도록 유도한다. 또한, 학습자들이 문제해결과정을 통해 그 분야의 전문가나 직업인에 의해 사용되는 자연스러운 탐구과정을 경험할 수 있게 만든다. 따라서 PBL 학습이 끝난 후 학생들은 전공지식을 체험적으로 습득하게 되어 업무 현장에서 발생하는 다양한 문제 상황에 능동적으로 대처할 수 있는 능력을 기를 수 있다. 특히, 학생들은 문제의 해결책과 그 타당성을 검증하는 과정에 참여하면서 실제적인 문제가 생겼을 때 어떤 방법과 절차를 활용해야 하는지 또 실제 비용은 얼마나 드는지 등 구체적인 실무능력을 키울 수 있는 기회를 갖게 된다.

## 2. 공학교육에서 문제 설계와 개발 원리

효과적인 PBL 수업을 위해 제일 중요한 것은 PBL에 적합한 문제를 개발하는 것이다. PBL은 문제로부터 시작하며 문제의 해결안을 만들어 발표하는 활동으로 마무리된다. 좋은 PBL 문제는 학생들로 하여금 종합력, 다양한 소프트 스킬, 문제해결 능력 및 공학 실무 능력을 키울 수 있

도록 유도한다. 몇 가지 주요한 문제설계 원리들이 발표되었지만 공학교육에서 특히 강조되어야 할 원리를 정리하면 다음과 같다.

### ■ 종합적 지식의 연결과 통합 (Knowledge connection and integration)

수업에서 배우는 지식과 이론 등을 문제해결 과정에 접목할 수 있도록 유도하는 문제여야 한다. 또한, 전공지식을 종합적으로 응용하는 능력을 요구하는 문제여서 학생들이 문제해결안을 위해서 부족한 전문지식을 탐구하는 과정을 촉진해야 한다. 따라서 PBL 수업 후 학생들은 전공지식에 대한 이해가 매우 높아져야 한다.

### ■ 연구 활동 (Researching)

PBL 문제는 문제 해결에 필요한 일부의 정보만이 포함되어 있어 문제해결을 위해 문제분석, 문제정의, 정보추구, 재탐색, 검증 같은 연구 활동을 거치도록 유도해야 한다. 또한, 문제해결을 위한 다양한 접근법과 해결책이 가능하여, 학생들은 이러한 과정을 통해 논리적 사고력, 분석적 사고력, 비판적 사고력과 같은 고차원적 인지능력(higher-order cognitive skills)을 훈련할 수 있어야 한다.

### ■ 공학 실무 능력 함양 (Professional Practice)

공학교육의 PBL 문제 설계 원리 중 가장 중요한 것 중 하나는 PBL 활동을 통해 공학 실무 능력을 훈련하는 것이다. 전공영역의 현장에서 실제 발생하였고 앞으로도 발생할 수 있는 문제여야 한다. 또한, 실제 기기와 재료 및 실험실 습법을 응용하도록 요구하는 것이 효과적이다. 문제해결에 요구되는 사고과정이 전공 분야의 전문가나 직업인이 실무적인 문제를 해결할 때 사용하는 것과 비슷해서 전공 분야의 전문가로 준비되는 경험을 제공해야 한다.

### ■ 충분한 비구조성

(Appropriate Complexity for teamwork)

PBL 문제는 충분히 복잡하고 도전적이어야 한다. 능력 있는 한명의 학습자가 풀 수 있는 문제여서는 안된다. 이는 PBL 활동을 적절하게 유도하는 매우 주요한 원칙이다. 효과적인 PBL 문제는 모든 팀원들이 협력하여 풀지 않으면 안될 만큼 다양한 해결과정과 답이 존재해야 한다. 하나의

답을 찾는 것이 중요한 것이 아니라 자신들의 해결안이 왜 정당한지 주장할 수 있는 논리적 사고과정을 표현할 수 있어야 한다. 따라서 PBL 학습결과를 위해 빈번한 상호작용과 조율과정을 유도해야 한다. 이러한 원리에 맞는 PBL문제는 팀워크 능력을 향상시키고 학습자로 하여금 스스로 학습에 참여하여 도전적인 과정을 완성했다는 학습에 대한 만족감을 줄 수 있다.

### 3. PBL 수업모형 및 주요 단계

다양한 PBL 모형들에 기초하여 설정된 서울산업대학교의 PBL 모형은 다음의 7단계의 PBL 절차를 따른다(표1): (1) 동기 유발하기, (2) 문제파악하기, (3) 과제수행 계획 세우기, (4) 문제해결 모색하기, (5) 결과정리하기/문제해결안 고안하기, (6) 발표하기, (7) 평가하기. 동기 유발 단계는 처음 경험하는 PBL에 대한 학생들의 두려움과 생소함을 덜어 주기 위해 오리엔테이션을 실시한다. 문제파악하기 단계는 문제의 의미를 분석하고 문제해결을 위한 가설의 설정이나 문제 정의를 하는 과정이다. 과제수행 계획세우기 단계는 알고 있는 지식과 더 알아야 할 지식을 규명하고 전체 과제 수행 일정과 역할 분담을 실시하는 과정이다. 문제해결모색하기 단계는 자료와 정보를 탐색, 수집, 분석하며 개인별 및 팀별 탐구를 통해 전문적인 지식을 습득하고 구체적인 해결안을 찾는 과정이다. 문제해결안 고안하기 단

표 1. PBL 수행 모형

PBL 주요 단계	구체적인 학습활동
1. 동기 유발하기	스스로 학습 의미 부여하기
2. 문제파악하기	문제분석 하기 문제정의 하기
3. 과제수행 계획세우기	필요한 지식 정보 규명하기 주요 과제 규명하기 역할 분담하기 일정 관리하기(시간운영 계획)
4. 문제해결 모색하기	자료/정보 수집하기 개별적 탐구/팀별 탐구 함께 상호작용하면서 협력학습/토론하기
5. 결과정리하기/ 문제해결안 고안하기	결과정리하기 학습결과물 완성하기
6. 발표하기	발표자료 만들기 해결안에 대한 정당성 주장하기
7. 평가하기/학습 성찰	평가하기 그룹 평가하기 성찰하기

계는 학습 결과물을 정리하고 해결안을 만드는 과정이다. 발표하기는 발표 자료를 만들고 해결안에 대한 정당성을 주장하면서 프리젠테이션 하는 단계이다. 평가하기는 자기 스스로 평가와 동료 평가 등을 통해 학습결과를 확인하고 전반적인 PBL과정을 성찰하는 단계이다. 각 단계의 주요 수업전략을 소개한다.

#### (1) 동기 유발하기

**수업전략 1: 학습목표(Learning Goal)를 강조하라.**

개강 후 1주와 2주차에 걸쳐 PBL에 대한 오리엔테이션이 이루어진다. 학생들도 처음 접하는 교육접근이기 때문에 PBL에 대한 두려움을 느낄 수 있다. PBL이 무엇인지, PBL활동은 어떻게 진행되는 것인지, 또 협력학습은 어떻게 실천하는 것인지에 대한 충분한 설명과 안내가 필요하다. 또한, PBL 활동을 시작하기 전에 학습동기를 촉진하는 것이 매우 중요하다. 특히, 자신의 능력이 어떻게 평가되는지(performance goal: 수행목표) 보다 배우는 과정 자체를 중시하는 학습목표(learning goal)를 갖도록 유도한다. 학습 목표를 가지고 있는 학습자는 자신의 무능함을 보일 수도 있는 어려운 과제를 회피하지 않고 끝까지 해내는 성향을 보인다. 왜냐하면 이들의 목표는 뭔가를 배우는데 있기 때문이다. 학생들의 학습목표 성향(learning goal orientation)은 PBL과 같은 복잡한 일련의 학습과정을 거쳐 학습결과물을 만들어 내는 도전적인 과제를 수행하기 위한 에너지가 된다.

#### (2) 문제제시/ 문제파악(정의) 단계

**수업전략 2: 블렌디드 러닝 (Blended learning) 전략을 사용하라.**

교수자가 개발한 문제가 제시되면서 본격적인 PBL활동이 시작된다. 학생들의 PBL 활동은 교실의 오프라인 수업과 e-class를 활용한 blended learning의 형태로 이루어지는 것이 좋다. 특히, 공과대학의 교과목 특성상 교실수업에서 PBL 활동으로만 진행되는 수업을 하기란 어렵다. 오프라인 교실 수업에서는 교과목의 이론과 PBL 과제수행과 연결할 수 있는 기본 지식을 학습하고 PBL 과제는 학습자 스스로 팀웍을 발휘하여 과정과 결과를 끌어가도록 유도한다. e-class의 메뉴는 협력 학습방과 자기주도 학습방을 만들어 운영하도록 안내한다. 자기주도 학습방은 개인 학습자가 스스

로 학습한 결과와 자료를 올리는 방식이고 협력학습방은 팀원들간의 의견조율이나 토론을 위해 사용하는 방식이다. 메뉴의 이름을 지정하는 것은 학습자로 하여금 자기주도학습과 협력학습의 필요성에 대한 이해를 증진시키고 실제로 그런 활동을 촉진하는 효과를 가져온다. 또한, e-class 활동은 교수자에 의해 정기적으로 모니터링된다는 것을 미리 알리고 자주 강조하는 것이 좋다. 이는 PBL 과정에서 모든 팀원의 협력을 강조하고 균형적 참여를 촉진할 수 있기 때문이다.

### (3) 과제수행계획 세우기

#### 수업전략 3: 과제수행 계획서 양식을 제공하라.

과제수행계획 세우기는 학생들이 문제해결을 위한 전반적인 절차를 스스로 인식하며 과제수행 절차와 구체적인 학습활동을 계획하는 단계이다. 그러나 대부분의 학생들은 다른 강좌의 팀활동에 대한 경험으로 협력학습의 형태는 어느 정도 이해하고 있지만 자기주도 학습이나 문제중심 학습과 같이 전적으로 학습자 주체로 이루어지는 학습활동에 대해 익숙하지 않을 수 있다. 즉, 학생들은 문제를 정의하고 해결하기 위해 고민하기보다 전반적인 과정을 어떻게 수행해야 하는지를 알아내기 위해 더 많은 시간을 쓸 수도 있다. 따라서 학생들이 학습하는 방법을 파악하는데 이르는 시간과 노력을 줄여줄 수 있는 과제수행계획서와 같은 학습 보조 자료를 제공하는 것이 효과적이다. 과제수행계획서에는 문제 정의, 문제해결 방법, 이미 알고 있는 사실, 더 알아야 할 사실, 과제 수행 일정, 역할 분담 등의 항목을 포함하는 것이 좋다. 학생들은 과제수행계획서를

활용하여 이미 알고 있는 사실과 더 알아야 할 사실을 규명하고, 자료와 정보를 수집하는 방법을 모색하게 된다. 또한 자신들이 수행해야 할 소 과제를 결정하여 역할 분담을 하고, 효과적인 과제 수행을 위해 구체적인 일정관리 계획을 결정하게 된다.

### (4) 문제해결 모색하기/탐색 단계

#### 수업전략 4: 교수자는 학습촉진자의 역할을 수행하라.

문제해결 모색하기/탐색 단계에서 학생들은 문제해결안을 찾기 위해 본격적으로 다양한 탐색적 학습을 수행해 나가게 된다. 학생들은 인터넷, 도서, 실제 사례 연구 및 방문 조사 등 다양한 자료를 찾고, 분석하며 전문적인 지식을 습득한다. 각 학습자들은 협력학습을 위해 자신이 스스로 공부하고 알아낸 사실들을 자기주도 학습방에 올리고 동료로부터 피드백을 받으며, 논의 사항은 협력 학습방에서 팀원들과 서로 상호작용하며 의사결정 과정을 진행한다. 다양한 탐색적 활동, 경로 수정, 재탐색의 과정이 반복된다. 이 단계에서 교수자는 권위자가 아닌 학습과정의 어려움을 도와주는 학습 촉진자의 역할을 수행할 필요가 있다. 학습과정을 모니터링 해주고, 도움요청에 대한 안내를 제공해 주고, 스스로 학습하는 과정을 격려하고 칭찬해 주는 언어적 설득 전략을 활용한다.

### (5) 문제 해결 단계/발표

#### 수업전략 5: 해결안에 대한 정당성 설명의 중요성을 강조하라.

문제해결 단계에서 학생들은 이전 단계에서 탐색적으로 학습한 내용과 지식을 정리하고 문제해결안을 고안하기 시작한다. 즉, 탐색과정에서 찾아낸 지식, 정보, 기술 및 아이디어를 종합하여 문제에 대한 구체적인 해결책을 끌어내는 과정을 경험하는 것이다. 이 과정에서 학생들은 고차적인 인지능력, 즉 지식의 습득을 넘어서 분석, 종합, 적용, 평가하는 능력을 훈련하게 된다. 문제해결 단계에서 해결안 도출과 함께 주요한 학습활동은 해결안에 대한 정당성을 설명하는 것이다. 탐색단계에서 전문적인 지식을 학습하지 못했다면 정당성에 대한 논리적 설명이 어려워진다. 학생들은 해결안과 정당성에 대한 설명 등의 내용을 조직적으로 구성하여 발표 자료를 만들게 된다. 결과 발표에 대한 평가 기준은 내용의 조직성, 전달의 효과성 및 해결안에

구분	문제 명	문제 명
문제명 포함 여부	동영상에 의한 출처표시 및 출처 표시	문제명 포함 여부 문제명 포함 여부
과제명 포함 여부	과제명 포함 여부	과제명 포함 여부
이해 필요/필요 사항	이해 필요/필요 사항	이해 필요/필요 사항
문제 해결 방법	문제 해결 방법	문제 해결 방법
필요 자료	필요 자료	필요 자료
역할 분담	역할 분담	역할 분담
문제 해결 계획	문제 해결 계획	문제 해결 계획

▲ 그림 1. 과제 수행 계획서 작성 예

대한 정당성 주장으로 설정되는 것이 바람직하다.

#### (6) 평가/ 학습 성찰

**수업전략 6: 다면적 평가 방식과 성찰 일기를 활용하라.**

발표가 끝난 후 자기 스스로 평가표와 동료 평가표를 배부하여 PBL 수행과정을 평가하도록 독려한다. 자기평가표는 목표설정과 계획, 정보탐색, 정보의 재구성, 문제해결안의 적극적 탐색과 같은 인지 전략의 활용과 학습에 대한 책임감과 같은 학습동기 유지를 묻는 항목들로 구성하여 PBL 과정의 효과성을 모니터링 하도록 유도한다. 또한 동료평가표는 상호작용 참여도, 팀워크 발휘, 과제 해결을 위한 의견·답변·정보 제공의 빈도, 해결안에 대한 정당성 설명 등 협력학습의 적극성을 평가하는 항목들로 구성한다. 또한, 구성주의적인 학습결과는 느낀점, 배운점, 의견, 경험의 의미 등을 자유롭게 일기 형식으로 보고하는 성찰일기를 작성하도록 유도한다. 자기성찰 기회를 통해 학습자는 전반적인 학습과정을 되돌아보고 그 의미를 탐색할 수 있기 때문이다. 

#### 참고문헌

1. 조연순 (2006). 문제중심학습의 이론과 실제. 서울 : 학지사.
2. 최정임 (2004). 사례분석을 통한 PBL의 문제설계 원리에 대한 연구. *교육공학연구*, 20(1), 37-61.
3. (사)한국공학교육인증원(2005). 공학인증기준 2005설명서.
4. ABET(2005). 2006-2007 *Criteria for Accrediting Engineering Programs*.
5. Barrows, H. S. (1985). *How to design a problem-based curriculum for the preclinical years*. New York: Springer.
6. Dunlap (2005). Problem-based learning and self-efficacy: How a capstone course prepares students for a profession. *ETR&D*, 53(1), 65-85.
7. Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266.
8. Jonassen, D.H.(2000). Toward a design theory of problem solving. *ETR&D*, 48(4), 63-85
9. Savery, J. R., & Duffy, T. M. (1995). Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35, 31-38.