

창의적 공학교육을 위한 문제중심학습(PBL)의 모형과 절차의 탐색

최유현

충남대학교

Instructional Strategies of Problem-Based Learning for Creative Engineering Education

Yu-Hyun Choi

Professor, Chungnam National University

국문요약

문제중심학습은 실세계 환경과 공학적 환경에서 탐구하고 문제 해결하는 실천적 학습에 중점을 두며, 크게 교육과정 조직자와 수업전략의 두 가지 전략을 포함한다. 이 연구에서 구안한 PBL 전략은 크게 교육과정 조직자로서의 문제설계 단계와 수업전략으로서의 문제 적용 단계로 구분된다. 특히 문제 적용 단계는 문제해결 학습에 기초하며, 그 절차는 즉 '문제의 확인', '문제의 구체화', '해결방안의 탐색과 창안', '해결방안의 선정', '해결방안의 구체화', '실행', '평가', '적용과 성찰'의 단계이다. 특히 이 연구에서 계획과정의 상세화는 문제해결 모형이 갖는 장점 중의 하나인 문제해결을 위한 구상, 즉 확산적 사고와 수렴적 사고활동을 유도하기 위한 전략의 방편이 된다.

Abstract

Problem-Based Learning is focused, experiential learning organized around the investigation and resolution of messy, real-world problem. It is both a curriculum organizer and instructional strategy, two complementary processes. The PBL model developed in this study was composed the two components of Problem Design(curriculum organizer) and Problem Implementation(instructional strategy). The basic process of Problem Implementation Model were composed the 8 steps : 1) the identification of problem, 2) the specification of problem, 3) the exploration and generation for solution, 4) the selecting of best idea, 5) the specific planning of best idea, 6) the implementation and realization, 7) the evaluation, 8) the applying and reflection.

주제어 : 문제중심학습, 창의공학교육, 구성주의

Keywords : Problem-Based Learning, Creative Engineering Education, Constructivism

I. 문제의 제기

Kolstoe는 대학교수법이란 책에서 ‘어느 누구도 다른 사람에게 가르칠 수 없다’고 역설하고 있다. 그의 의견은 전적으로 타당하다. 학생이 무엇을 잘 배웠다고 해도 교수의 능력이 뛰어나기 때문이라고만 할 수 없다. 또 학생이 학습에 실패했다고 해서 그 책임을 전적으로 교수가 질 수 없다. 교수가 제공하는 것을 받아들일 것인지 말 것인지 하는 문제는 학생의 자유의지에 달려 있으며, 교수는 학생이 적극적으로 관심을 둘 수 있도록 유도하는 것이 중요하다(박한준, 1995: 15).

지금까지 가르치는 일의 기본적 패러다임은 말 그대로 교수자가 가지고 있는 전문적 지식을 학습자에게 주입하는 방법을 오랫동안 사용해 왔으며, 그 과정에서 학습자는 매우 어렵게 지식을 구성해 왔다.

이러한 교육 방법의 반성과 성찰은 구성주의적 학습 환경(constructivist environment)을 강조하게 이르렀다. 즉 교수자에게는 학습자의 지식 구성을 촉진시키기 위한 인지적 조연자로서의 구성 촉진자(facilitator)의 역할을 강조하고, 학습자에게는 스스로 문제를 자기의 것으로 여겨 능동적으로 문제를 해결하고 사고하는 문제해결자(problem solver)로서의 역할을 강조하고 있다. 이는 교육 방법의 변화의 가장 큰 패러다임 이동이며, 그 과정에서 새로운 교육 방법의 동향을 자기 주도적 학습(SDL: self directed leaning), 문제해결 학습(PSL: problem solving learning), 협동학습(cooperative learning), 프로젝트 학습(project leaning), 창의적 학습, 문제중심 학습, 문제중심 프로젝트(problem based project), 비형식적 학습(informal learning), 맥락적 학습(contextual learning), 동료중심 학습(peer based learning), 실천중심 학습(activity-based learning), 성찰적 실천을 통한 학습(learning through reflective practice) 등의 학습 전략 들을 제시하고 있다.

훌륭한 교수, 질적인 수업의 성공 여부는 교수자의 연출과 기획에 따라 학생들이 어떻게 역동적으로 반응할 수 있는가?의 문제가 중요하다고 본다. 이러한 측면에서 PBL은 그 한 가지 대안이 될 수 있다. 이는 학생들이 수업에 능동적으로 참여하여 자기의 수행과제를 주도할 수 있고, 그 과정에서 학생들의 성취감은 물론이고 주어진 실제적 과제에 대하여 능동적인 문제해결 태도 형성을 가능케 한다.

같은 콘텐츠일지라도 지식을 전달하고 구성하는 전략에 따라 학습자의 흥미, 과제 수행 능력, 학습에 대한 몰입, 또 다른 문제의 도전, 그리고 21세기 지식 정보사회에서 필요한 창의력, 문제해결력, 의사결정능력, 의사소통 능력 등의 고등 사고 능력 함께 성취될 수 있는 가능성을 PBL은 충분히 가지고 있다. 따라서 PBL에 대한 이론의 思惟와 省察은 공학 교육의 방법적 패러다임 변화에 중심적 역할을 할 수 있으며, 해당 주제에 대한 학습 목표의 성취에도 큰 도움이 될 수 있을 것이다. 이 연구에서는 다음과 같은 두 가지 문제를 중심으로 PBL의 모형과 절차를 탐색하고자 한다.

첫째, PBL의 이론적 토대인 구성주의 학습 환경은 어떠한 환경인가?

둘째, PBL의 개념과 특징은 무엇인가? 그리고 PBL은 어떠한 절차로 학습이 진행되는가?

II. PBL의 이론적 토대로서 구성주의

최근 우리의 교육이 여러 측면에서 교육의 변혁기를 맞아 몸살을 앓고 있으며, 그 변혁의 소용돌이에서 교실의 패러다임 전환으로도 볼 수 있는 일련의 현상들은 어떤 측면에서 구성주의적 논의와 밀접하

게 관련된 것들이 많다. 구성주의적 학습 환경은 지식 구성의 주체로서의 '학습자', 학습자 지식 구성을 돕는 구성 촉진자(facilitator)로서의 '교수자', 실제적이고 학습자에게 적합한 과제의 교육과정 구성, 문제해결적이고 협동적인 교수-학습 환경 등을 공통적으로 주장하고 있다(Brooks & Brooks, 1993 ; 김신곤·권기, 1998 ; 강인애, 1998 ; 최유현, 1999).

전통적인 대학 교수 방법의 개선을 위해서는 대학 교수자의 하고 있는 일(teaching)에 대해 문제의식을 갖지 않으면 안 된다. 자신이 하고 있는 일을 비판적으로 성찰하고, 자신의 교수활동에 내재된 논리와 배경을 성찰(reflection)하며, 학생들로 하여금 자신들이 갖는 경험과 배경 그리고 삶의 목적에 따라 교육 속에서 보다 능동적인 의미형성(active meaning-making)을 이룰 수 있도록 하려는 교수 활동에 대한 관점의 변화가 필요하다고 하겠다. 최근 이러한 입장에서 교수자의 성찰적 탐구 (reflective inquiries)를 강조하는 논의들이 활발하게 이루어지고 있는바(Osterman, 1993; Zeichner & Liston, 1996; Henderson, 1996; Parker, 1997 등), 이들의 논리는 교육활동 속에서 교수자의 성찰(reflection)과 실천(action)이 함께 이루어질 때 대학교육의 개선은 물론 교육과 사회의 개선이 가능하며, 나아가 학생들에게는 보다 능동적이고 개인적인 참여와 의미 창출의 기회를 제공하는 교육, 즉 구성주의적 교육(constructionist educational services)이 가능할 수 있다고 보는 것이다.

성찰적 교수론 (reflective teaching)의 전통은 멀리는 Dewey의 반성적 사고론 (How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educational process, 1933)으로부터 출발한다고 보겠지만, 보다 구체적으로는 Schon의 "성찰적 실천가 (reflective practitioner)"에 관한 두 권의 저서(1983, 1987)에서 다시 접화되었다고 할 수 있다.

Schon은 교육에 있어서의 기계적인 기술공학적 (technical) 접근을 강력히 비판하면서 사회과학의 실천에 있어 행위(action)와 성찰(reflection)의 관련성을 강조하고, 자신의 행위가 있기 전과 이루어진 후에 그 행위에 대한 성찰(reflection on action)과 행위 도중에 이루어지는 끊임없는 성찰 (reflection in action)의 과정이 실천의 개선과 발전을 가져오는 길이라고 강조하였다.

Schon의 이러한 성찰이론 (reflective theory)은 곧 여러 분야에 영향을 주었으며, 교사교육의 분야에서는 Grimmett & Erickson(1988), Zeichner(1992), Tickle(1994) 등이 그 적용을 시도하였고, 교수활동의 측면에서는 Henderson(1996), Zeichner(1996), Parker (1997), Eby(1997) 등이 관련 저서를 최근에 출판하고 있는 상황이다.

교수자들은 학생들이 세계의 풍부함을 경험하도록 학생들에게 기회를 주어야 하고, 그들이 스스로 질문하고 스스로 답을 찾을 수 있는 권한을 주어야 하며, 그들의 복잡성을 이해할 수 있도록 자극을 주어야만 한다. Duckworth(1993)는 교수 활동에 대한 자신의 생각을 다음과 같이 기술하고 있다(Brooks & Brooks, 1993, 추병완·최근순(역), 1999 : 16).

나는 학생들에게 무언가에 대하여 생각할 상황을 제시하고 그들이 하는 것을 지켜본다. 내가 학생들에게 무엇을 하라고 말하기보다는 그들이 나에게 그들 스스로 무엇을 하는지를 말해준다.

이 글은 구성주의적 학습 환경에서의 교수자와 학습자의 역할의 기본적인 아이디어를 제공하고 있다. 즉 전통적인 강의실에서는 교수자는 지식의 전달자로서 역할과 학습자는 지식을 수용하는 수동적인 역할이 강조된 반면, 구성주의 학습 환경에서의 교수자는 학습자의 지식 구성을 촉진시키기 위한 배려와 촉매적인 역할을 하게 된다.

교수자가 자신의 수업에 대한 탐구는 구성주의 수업에서의 최선의 실천(best practice)에서 가장 중요한 요체이다. 구성주의 수업은 학생의 역동적인 이해를 돕기 위해 계획되는 치밀한 교육활동으로 규정

될 수 있다. Brooks와 Brooks(1993)는 구성주의 교육에 대한 조망을 다음과 같이 제공하였다.

“구성주의는 전형적 수업에서의 전통적인 교수방법과 대조적이다. 전통적으로 학습이란 모방적인 한 활동이었고, 그리고 학생들에게 새로운 정보를 반복, 모방하도록 강요하는 것이었다. 반면에 구성주의 수업은 학생들로 하여금 새로운 정보를 내면화하고, 수정하고 재구성하도록 적극적으로 돕는 것이다.” (p 15).

구성주의를 실천하는 성찰적 교수자(reflective teacher)는 수업의 목표에 비추어 교수방법을 적용하게 된다. 성찰적 교수자는 결과보다는 수단만을 중시하는 기능주의 접근을 택하지 않는다. 기능주의(technicism)는 목적에 대한 진지한 성찰없이 상대적인 효과와 효율만을 생각하고 기능적 측면에만 초점을 맞춘다. 교수자가 구성주의 수업의 실천을 기능주의적으로 접근하는 것을 피하기 위해 구성주의 교육을 하려는 목표에 대한 성찰이 있어야 한다.

이러한 시각에서 가르친다는 것은 정보를 제공하고 학생들에 의해 기억되었는지를 검토하는 활동 이상이라는 사실이 인정되어야 한다. 대신 가르친다는 것은 학생들이 나름대로의 개인적인 의미를 구성할 수 있도록 학습 활동에 적극적으로 참여할 수 있는 상황을 제공하는 것이다. 따라서 잘 가르치기 위해서 교수자는 학생들의 의미 구성활동을 잘 파악할 수 있는 기회가 필요할 것이다. 이는 학생들이 감각적으로 느끼고, 정신적으로 사고할 수 있는 활동을 지원하고 토론이나 대화가 이루어질 수 있는 사회적 상황을 제공함으로써 이루어질 수 있다(Wood, 1991, 조연주 외 역, 1997: 332-333, 재인용).

보다 구체적으로 구성주의 교실의 교수-학습 환경은 구체적인 상황, 협동적인 학습환경, 문제해결력, 창조와 구성, 학습과 통합된 다양한 과정지향적 평가 등으로 요약될 수 있다.

〈표 1〉 전통적인 교수-학습 환경과 구성주의 교수-학습 환경의 비교

전통적인 교수-학습 환경	구성주의적 교수-학습 환경
· 개별적 학습 환경: 개인과제, 개인 활동, 개인의 성취의 중요성 강조	· 협동학습환경: 다양한 견해에 대한 인식과 견해를 습득
· 지식의 암기와 축적	· 문제해결력, 사고력, 인지적 전략(how to learn)의 습득, 지식의 전이성 강조
· 발견	· 창조와 구성
· 초역사적, 우주적, 초공간적	· 상황적, 사회적, 문화적, 역사적
· 학습자 학습 평가는 교수행위와 분리된 것이며 거의 검사를 통하여 수행된다.	· 학습자 학습 평가는 교수활동과 통합되어 이루어진다.
· 객관식 평가, 결과 평가	· 다양한 형태(객관식, 주관식, 관찰, 포트폴리오, 프로젝트, 저널 등), 과정 중 지속적 평가

이상의 논의에서와 같이 구성주의적 교수자가 된다는 것은 쉬운 일은 아니며, 많은 부분에 있어서 방법이나 전략보다는 구성주의적 철학과 정신적 관점의 소유가 보다 중요한 관점이 된다. 즉 구성주의 교수자는 학습자를 기본적으로 세상에 관한 이론을 추구하는 능동적인 사고자(thinker)로서 배려하고, 학습자가 의미 있는 문제에 기초한 능동적인 탐구활동에 몰입하도록 배려하여야 할 것이다. 또한 구성주의적 교수자는 수업 주제에 관한 학습자 자신의 견해를 구성하도록 격려함으로써, 교수자의 역할이 학생의 학습을 도와주는 조언자, 촉매자, 구성촉진자로서의 기능을 수행해야 할 것이다. 여기서 학습의 주도권을 학습자가 갖는다 의미는 교수자의 전문적이고 계획적인 배려에서 나오고 실제 강의에서도 성찰적 교

수활동 또는 관찰을 요하므로 구성주의 교수자들에게 능동적이고 전문적인 자질이 더욱 요구된다고 볼 수 있다.

요약컨대, 구성주의적 관점에서 대학에서의 교수 활동은 적어도 다음 내용이 전제되어야 한다(최유현, 2004c).

첫째, 강의 내용은 기초 개념보다 전체 개념(big concepts)을 강조하여 부분을 전체로 구성하여 제시한다. 즉 모든 지식과 과제는 항상 실제적 상황을 전제로 하여 전개되고, 다루는 과제도 실제로 사회에서 대면하게 될 성격과 특성을 지닌다.

둘째, 학습자는 기본적으로 세상에 관한 이론을 추구하는 능동적인 사고자(thinker)로서 인식해야 한다. 즉 학습자는 의미 있는 문제에 기초한 능동적인 탐구활동에 몰입하게 해야 한다.

셋째, 교수는 수업 주제에 관한 학습자 자신의 견해를 구성하도록 격려하여야 한다. 즉 교수는 학생의 학습을 도와주는 촉매자, 구성촉진자로서의 기능을 수행한다.

넷째, 학습 환경은 탐구 활동의 문제해결적 절차와 전략이 의미있는 지식 형성에 도움을 주고, 사회적 담론을 중요시하려면 협동적인 학습 환경이 장려해야 한다.

다섯째, 평가는 교수자의 학습자 수행 관찰, 학습자 전시, 포트폴리오 등을 통한 수업과 평가가 통합되는 맥락적인 학습 행위가 이루어져야 한다.

이러한 맥락에서 보면 PBL은 의미있는 구성주의적 학습 환경에서 지식 구성의 한 가지 대안이 될 수 있을 것이다.

III. PBL의 개념과 절차의 탐색

문제중심학습(Problem Based Learning: PBL)은 실 생활 문제(real world problems)와 복잡하고 혼란스러운 문제해결(resolution of messy)을 탐구하기 위한 경험적 학습(정신적:minds on, 수공적 활동: hands on)에 초점을 둔다. 또한 PBL은 교육과정 재조직자(curriculum organizer)인 동시에 수업전략(instructional strategy)이다(Torp & Sage, 1998: 14).

이러한 정의에서 보면 PBL은 크게 두 가지 사실이 명확해진다. 그 하나는 PBL이 실생활적 맥락에 기초를 둔 교육과정 통합 및 문제해결적 수업전략은 구성주의적 학습환경에 기초하고 있다는 사실이고, 다른 하나는 PBL이 단순히 하나의 수업전략을 넘어선 교육과정 설계전략까지 그 정의에 포함시키고 있다는 사실이다. 이는 앞서서 다룬 문제해결 수업전략과 다른 점이라고 할 수 있다. 실제로 PBL의 수업 전략은 문제해결적 접근에 기초하고 있다. 그러나 엄격히 따지면 보다 바람직한 문제해결 수업전략도 교육과정의 재구성을 장려하고 있기 때문이다.

PBL에서 문제(problem)는 매우 중요한 의미를 갖는다. PBL이 교육과정 설계 조직자이고 수업전략이라는 의미는 바로 이 문제와 밀접히 관련되어 있다. 즉 교육과정 재구성을 통하여 학생들에게 유의미하고 교육과정을 잘 함의하는 '문제'를 재구성한다는 의미와, 그 문제를 해결하기 위한 문제해결적 접근을 다룬다는 의미를 모두 포함하고 있다.

PBL은 학습자, 교육과정, 교수자의 관점에서 다음 세 가지 특징을 지닌다(Torp & Sage, 1998:

- 1) PBL은 1960년대 의과대학 교육에서 출발하였다. 그 당시에 캐나다 온트리오 McMaster 대학에서 임상 의과 대학 교수들이 의과대학생들에게 적용하였고, 1970년대 New Mexico대학은 McMaster대학으로부터 지원을 받아 PBL프로그램을 진행하였고, 1980년대 하버드 대학의과대학에서 New Pathway Program에서 PBL를 채택하였다. 1990년대에는 다른 여러 의과대학에서 적용하였다(Aspy, Aspy, and Quinby, 1993;Torp & Sage, 1998:27-29 재인용)

14).

- 학생들은 문제 상황에서 주도권을 잡고(stakeholder) 능동적으로 학습한다.
- 전체적이고 맥락적인 문제(holistic problems)를 중심으로 교육과정을 재구성을 통하여 학생들에게 자신의 과제로 몰입하고 관련이 있는 학습을 추구한다.
- 교수자는 학생들의 깊은 수준의 이해를 촉진시키기 위하여 그들의 탐구를 안내하고 사고를 조력하는 학습 환경을 창조한다.

PBL 교육과정이 학습 결과를 종합할 뿐만 아니라 학교학습과 실생활을 자연스럽게 연계시키고 지식 구축을 뒷받침하고, 활동적인 학습을 고양하는 진정한 경험을 제공한다고 본다. 문제 상황은 교육과정 조직의 중심이다. 그것은 다양한 과정을 보여 주면서 문제해결의 필요성과 함께 학생들의 흥미를 끌어들이고 유지한다. 학생들은 근본적인 문제와 좋은 해결에 필요로 하는 조건을 인식하고, 의미·이해를 추구하며 자기 주도적 학습자가 되면서 문제해결자로 참가한다. 교수자는 학습에 대한 흥미와 열의의 모델이 되는 문제해결 동반자이자 자유로운 탐구를 돕는 환경을 조성하는 인지적인 조력자이다.

한편, Delisle(1997:7-17)은 PBL의 필요성을 다음과 같이 주장하였다.

- PBL은 가능한 한 실생활(real life) 상황에 밀접한 문제를 다룬다.
- PBL은 학생들의 역동적인 학습 참여와 몰입(active engagement)을 증진시킨다.
- PBL은 간학문적 접근(interdisciplinary approach)을 촉진한다.
- PBL은 학습자가 무엇을 배울 것인지, 어떻게 학습할 것인지를 선택하게 한다.
- PBL은 협력적인 학습(collaborative learning)을 촉진시킨다.
- PBL은 교육의 질을 증대시키는데 돕는다.

Torp & Sage, 1998: 21-23)은 PBL이 갖는 잇점을 학습자들의 학습동기 강화, 실생활과 관련 있는 학습의 추구, 고등 사고력 증진, 학습 방법의 학습, 실제적 과제(authenticity)의 학습으로 주장하였다.

PBL에서 문제 설정을 위한 교육과정 설계(problem design)는 중요한 의미를 지니고 있는데 교육과정은 물론 다른 여러 가지 정보자료를 반영하는 노력이 필요하다. 이 문제 설계의 가장 기본적인 전제는 문제의 구조화가 잘 안된 문제의 설정이다.



[그림 1] PBL의 기본 과정(Torp & Sage, 1998: 15).

PBL이 소개되면서 학자에 따라 활용 학문 분야에 따라 다소 다르게 적용되어온 것이 사실이다. 이러한 과정에서 지엽적 사안에 대하여 원리로 절대화하는 일이 종종발생하고 이는 또 다른 오해를 낳고 있다. 다음에서 그 오해의 예를 중심으로 PBL을 보다 정확하게 이해할 필요가 있다.

- PBL은 반드시 팀 학습 전략에 기초하여야 한다.
- PBL은 학습자가 자기 주도적이고 능동적으로 학습을 주도하므로 교수자는 그 만큼 역할이 감소되거나 수동적 역할을 하게 된다.
- PBL은 학습 방법이기 보다는 프로그램이다.
- PBL은 절차가 매우 복잡하므로 PBL의 전문적 지식이 있어야 지도할 수 있다.
- PBL은 기초 지식이나 기능교육에 적합하지 않다.
- PBL은 팀웍이나 창의적 문제해결력을 기르는 것이 주된 목표이다.

이와 같은 오해는 기본적으로 PBL의 원리나 특성에 비추어 볼 때, PBL을 이렇게 단정적으로 이해하는 것은 바람직하지 않으며, 오히려 PBL의 걸림돌이 되기도 한다.

IV. PBL 전략의 탐색

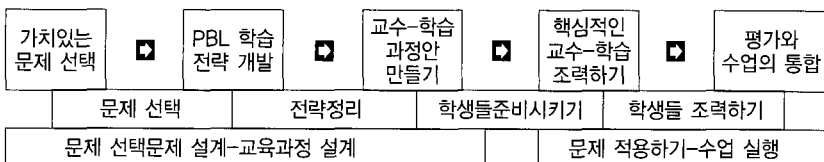
1. PBL 모형의 탐색

Delisle(1998)은 PBL 모형을 교육과정 설계 및 학습 과정으로 대별하고 전략을 논의하였다. [표 2] 는 Delisle(1998)의 전략을 재정리한 것이다.

〈표 2〉 재구성한 Delisle(1998)의 PBL 전략

1 PBL 교육과정 설계 과정	2 BL의 학습 과정
1. 내용과 기능의 선택	7. 문제와 연결하기
2. 활용 가능한 자료의 선택	8. 문제 구조화하기
3. 문제 진술하기	9. 문제로의 초대
4. 동기 부여 활동의 선택	10. 문제의 재 정의
5. 핵심 질문의 개발	11. 제품 제작 또는 수행하기
6. 평가 전략의 결정	12. 문제 수행의 평가

Torp & Sage(1998: 47)은 PBL의 전략을 문제 설계(problem design)과 문제 실행(problem implementation)의 과정으로 구분하여 다음 그림과 같이 제시하였다.



(그림 2) Torp & Sage(1998: 47)의 PBL의 전략

위의 PBL 전략 중에서 수업 실행(교수-학습 조력하기)의 절차를 다음과 같이 제안하였다.

- 학습자들을 준비시키기(선택)
- 문제 만나기
- 우리가 아는 것, 알 필요가 있는 것, 우리의 아이디어 확인하기
- 문제진술 정의 하기
- 정보를 수집하고 나누기
- 가능한 해결책을 만들기
- 최적의 해결책 결정하기
- 해결책 발표하기(수행평가)
- 문제보고

한편 Barrow & Myers(1994)은 PBL의 학습 과정을 수업 전개, 문제 제시, 문제 후속 단계, 결과물 제시 및 발표, 문제 결론과 해결 이후로 구분하여 다음과 같이 제시한 바 있다.

〈표 3〉 Barrow & Myers(1994)의 PBL 학습과정의 예

수업전개			
1. 수업소개			
2. 수업분위기 조성(교수자의 역할 소개)			
수업전개			
1. 문제제시			
2. 문제에 대한 주인(소유)의식을 느끼도록 한다(목적 : 학생들이 문제를 내재화하도록 하기 위함)			
3. 마지막에 제출할 과제물에 대한 소개를 한다.			
4. 그룹 내 각자의 역할을 분담시킨다(한 학생은 칠판에 적고, 다른 학생은 그것을 다른 곳에 옮겨 적어 놓고 또 다른 학생은 그 그룹의 연락망을 맡는다)			
생각(가정들)	사실	학습과제	실천계획
주어진 문제에 대한 학생들의 생각을 기록 : 원인과 결과, 가능한 해결안 등	개인 혹은 그룹 학습을 통해 제시된 가정을 뒷받침할 지식과 정보를 종합한다.	주어진 과제를 해결하기 위해 학생들 자신이 더 알거나 이해해야 할 사항을 기록	주어진 과제를 해결하기 위해 취해야할 구체적 실천 계획
5. 주어진 문제의 해결안에 대하여 깊이 사고를 한다 : 칠판에 적힌 다음 사항에 관하여 과연 나는 무엇을 할 것인가를 생각해 본다.			
생각(가정들)	사실	학습과제	실천계획
확대/집중 시킨다.	종합/재종합 한다.	규명과 정당화한다.	계획을 공식화한다.
6. 가능할듯한 해결안에 대한 생각을 정리한다(비록 학습되어야 할 것이 많이 남아 있는 상태지만)			
7. 학습과제를 규명하고 분담한다.			
8. 학습 자료를 선정, 선택한다.			
9. 다음에 하게 될 토론시간을 결정한다.			
문제 후속 단계			
1. 활용된 학습자료를 종합하고 그것에 대해 의견교환을 한다.			
2. 주어진 문제에 대하여 새로운 접근을 시도 한다 : 다음 사항에 대해 나는 무엇을 할 것인지를 생각해 본다.			

창의적 공학교육을 위한 문제중심학습(PBL)의 모형과 절차의 탐색

생각(가정들)	사실	학습과제	실천계획
수정한다.	새로 얻은 지식을 활용하여 재종합 한다.	(만일 필요하다면) 새로운 과제 규명과 서로 간에 분담을 한다.	앞서 세웠던 실천 안에 대해 재설계한다.
결과물 제시 및 발표			
문제 결론과 해결 이후			
1. 배운 지식의 추상화(일반화)와 정리작업(정의, 도표, 목록, 개념, 일반화, 원칙들을 작성) 2. 자기 평가(그룹원들로부터의 의견을 들은 후에) <ul style="list-style-type: none"> · 문제해결과정에 대한 논리적 사고를 하였는가? · 적합한 학습 자료를 선정하여 필요한 지식과 정보를 얻어내었는가? · 주어진 과제를 잘 수행함으로써 그룹원들에게 협조적이었는가? · 문제 해결을 통해 새로운 지식 습득이 이루어졌는지 혹은 심화학습 되었는가? 			

자료 : 민동준 외 4인(2004). 문제중심학습을 위한 Problem, Syllabus, Teaching Tips 모음집. 연세대학교 공학교육센터.

싱가포르의 Temasek Politechnik의 PBL 센터에서 다음과 같은 PBL 모형을 제안하였다. 이 모형은 튜터의 역할을 매우 강조하고 있는데, 학습 과정을 통해 점진적으로 학습자의 책임감이 확대되는 수업 방법이다(민동준 외, 2004: 7-9 재인용).

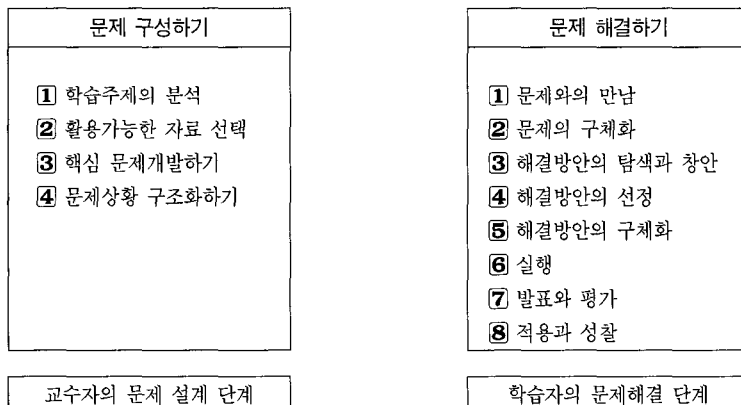
〈표 4〉 Temasek Politechnik의 PBL 모형

1. 문제의 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 가능한 아이디어들이 생성됨 - 알고 있는 모든 사실들을 나열함 - 학습이슈(Learning issues)를 결정 - 활동계획에서 역할과 과제를 나눔
2. 문제 만남(Client Interface)	<ul style="list-style-type: none"> - 가능한 아이디어의 생성 및 수정 - 문제에 관해 얻은 중요한 사실들을 나열 - 학습이슈를 결정 - 행동계획의 역할과 과제를 나눔
3. 문제의 확인과 규명 (Problem Identification)	<ul style="list-style-type: none"> - 새로운 아이디어, 사실, 학습이슈가 논의됨 - 실행계획의 규칙과 과제를 서로 나눔 - 학생들에 의해 문제요약 - 학생들이 모인 것을 서로 나눔
4. 수행(Commitment)	<ul style="list-style-type: none"> - 그 문제에 관한 가능한 '큰 아이디어들(big ideas)'을 스크린 - 학습 쟁점들이 형태를 갖추 - 행동계획에서의 역할과 과제를 나눔 - 예상되는 학습 성과로 학생들에 의한 수행 - 학생들이 사용하기로 한 수업자료를 발표함
5. 자기 주도적 학습 (Self-Directed Learning)	<ul style="list-style-type: none"> - 연구수행(Conduct research)(optional) - 새로운 정보와 지식을 그 문제에 적용 - 자료들을 규명 - 자료들을 사용 - 새로운 정보와 지식을 그 문제에 적용

6. 진단적 토의 (Diagnostic Discussion)	<ul style="list-style-type: none"> - 학습 자료를 규명 - 학습 자료에 대한 비판 - 적절한 유인물을 서로 나눔 - 새로운 지식의 관점에서 새로운 가능한 아이디어를 생성하거나 교정 - 아이디어를 바꿀 새로운 정보가 논의 된다 - 필요하다면 새로운 학습이슈를 규명 한다 - 행동계획에서의 규칙과 과제를 나눈다 - 새로운 정보와 문제를 문제에 적용
7. 자기주도적 학습 (Self-Directed Learning) (선택적)	<ul style="list-style-type: none"> - 5에서 대략적인 자기 주도적 학습이 반복됨 - 결정하는데 필요한 정보를 수집함
8. 의사결정(Decision)	<ul style="list-style-type: none"> - 학습자가 문제를 요약 - 학습 성과를 결정
9. 제작과 생산	<ul style="list-style-type: none"> - 계획이나 전략적인 자료들을 쓰거나 생산
10, 11, 12 제시 (Presentation)	<ul style="list-style-type: none"> - 고객과 튜터에게 프레젠테이션을 하며 이 과정을 통해 사업 환경에 적절한 직업적 에티켓이 나타남 - 프레젠테이션 후에 고객은 학습자에게 즉각적 피드백을 해 줌
13. 개념지도 (Concept Map)	<ul style="list-style-type: none"> - 학생들은 문제에 대한 이해(정의, 개념, 원리)를 나타내는 mind map, flow chart, diagrams, concept map을 그린다.
14. 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 학습자 평가 (self assessment) - 튜터 평가 (tutor assessment) - 동료 평가 (peer assessment)

2. 공학교육을 위한 PBL의 모형과 절차

앞서 논의한 PBL의 모형들은 대체로 복잡한 절차와 구조를 가지고 있다고 볼 수 있지만 크게 두 가지 절차를 생각해 볼수 있다. 그 하나는 교수자의 ‘문제 구성하기’ 단계와 그 문제를 바탕으로 학습자가 문제를 해결하는 ‘문제 해결하기’로 대별하여 다음 그림과 같이 PBL을 적용할 수 있다.



(그림 3) 공학교육을 위한 PBL 모형

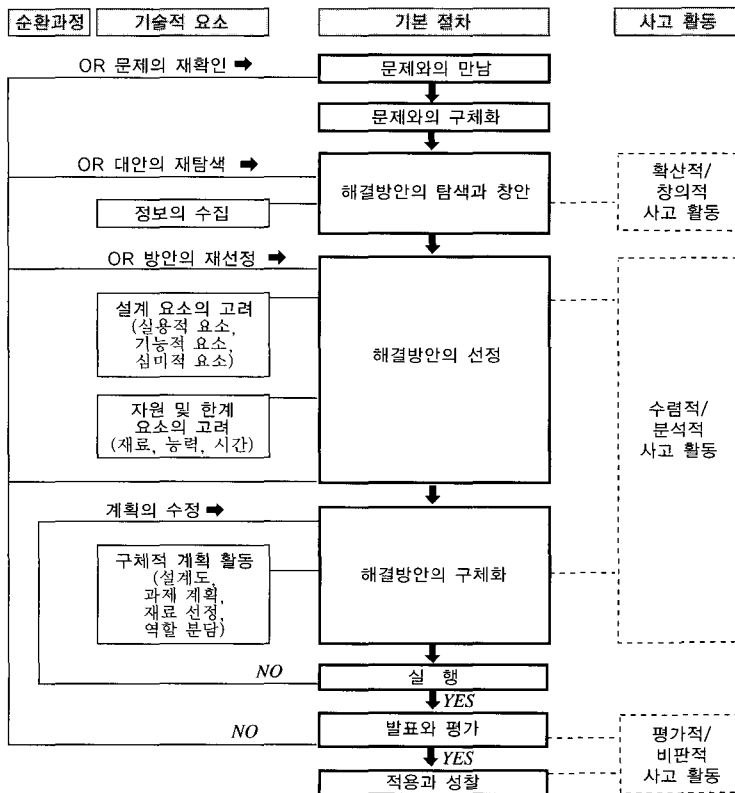
창의적 공학교육을 위한 문제중심학습(PBL)의 모형과 절차의 탐색

특히 학습자의 문제해결하기는 상호관계 등의 보다 상세한 전략이 필요한데, 그 모형은 다음과 같이 제안한다. 이는 본인의 이미 개발한 기술적 문제해결 모형을 재구조화한 것이다(최유현, 2004a).

이 모형의 도출의 근거는 설계과정과 문제해결 과정에서 출발하였는데, 즉 설계과정에서 나타난 특징적이고 기본원리는 확산적 사고와 수렴적 사고의 반영, 구체적 설계의 상세화, 설계 요소의 고려, 다차원적 요인의 고려로 정리할 수 있으며, 문제해결 과정에서의 기본 원리는 문제의 맥락, 통합적 지식 활용, 기본 절차의 충실, 개방적 문제의 인지 사고 전략 등의 특징을 제시할 수 있을 것이다. 또한 설계과정과 문제해결과정에서의 공통적으로 추출되는 원리는 설계과정과 문제해결 과정의 상호작용 모형에서 공통적으로 단계 간의 피드백에 기초한 수정과 개선, 재수행의 기회를 주고 있다는 것이다(최유현, 2004a).

이 모형의 기본 구조는 다음과 같다.

첫째, 이 연구에서 구안된 PBL은 기본적으로 '기본 절차, 기술적 요소, 사고활동, 순환 과정' 네 가지 구조의 다차원적 모형이라는 점이다. 특히 사고 활동의 반영은 구체적으로 문제해결과정에서 확산적 사고(창의력), 수렴적 사고(의사결정력), 비판적 사고(평가 능력)가 어떻게, 어느 단계에서 반영되거나 조작되는지 확인하기 위해서이다. 또한 순환 과정은 기본 절차의 순환적 과정, 문제해결의 재 시도 관점에서 실제적인 문제해결 과정에서 일어날 수 있는 순환과정을 모형에서 반영하였다. 이는 많은 문제해결 모형에서 순환적 모형(circular model)이라고 제시한 것과 같은 논리이다.



(그림 4) 공학 교육을 위한 PBL 과정

두 번째, PBL에서 가장 핵심적인 내용이라고 할 수 있는 기본 절차는 8단계로 제시하였다. 즉 '문제의 만남', '문제의 구체화', '해결방안의 탐색과 창안', '해결방안의 선정', '해결방안의 구체화', '실행', '평가', '적용과 성찰'의 단계이다. 문제해결의 단계가 복잡해서도 단순해서도 한된다. 복잡할 때 나타날 수 있는 절차의 번거로움과 단조로운데서 오는 구체성의 결여와 문제해결의 사고 과정의 오해 등 나타나기 때문이다. 특히 이 모형에서 계획과정의 상세화는 문제해결 모형이 갖는 장점 중의 하나인 문제해결을 위한 구상, 즉 확산적 사고와 수렴적 사고활동을 유도하기 위한 전략의 방편이 된다.

셋째, 구안한 PBL 모형은 기술적 요소를 반영하였다. 이 모형은 이는 설계 과정(design process)의 많은 모형에서 반영한 설계 요소, 해결방안의 제한점, 상세 설계(detail design) 요소로 볼 수 있는 구체적인 계획을 고려할 수 있도록 배려했던 것이다.

넷째, 구안한 PBL 모형은 인지적 사고활동을 반영하였다. 이 모형은 문제해결 과정에서 대안을 탐색하는 확산적 사고와 그 대안을 선정하는 수렴적 사고, 그리고 평가 단계에서의 비평적 사고를 고려한 인지적 사고 활동을 기본 절차에서 관련시켰다. 이는 모형의 구체적인 수행 과정에서 각 사고 활동을 반영한 사고 기법의 활용을 기대할 수 있을 것이다. 지금까지 공학의 역사는 창조(creation)이며, 발명이고 혁신이다. 이는 수많은 확산적 사고와 수렴적 사고의 반복 속에서 기술적 행위가 있어 왔다. 이는 미래에도 변화되지 않으며 오히려 더욱 강조되어야 할 지식과 사고이다. 여기에 PBL이 과정적 지식을 가능케 하는 단초가 되는 셈이다.

다섯째, 이 형은 순환적인 피드백을 통하여 수정/개선을 가능하게 하였다. 최근의 문제해결과 설계과정의 모형은 특징 중 하나는 공학적 활동의 특성 상 상호작용적(interactive)이고 순환적인(circular) 과정을 강조한 모형들이 제시되었다. 따라서 이 개발된 모형에서도 실행과 평가 단계에서 그 필요를 판단하여 재실행하거나 문제의 재확인 또는 재설계를 가능하도록 순환적인 과정을 모형에서 반영하였다.

V. 결론적 제언 : PBL의 실천을 위하여

공학 교육에서의 PBL은 무엇보다도 실제로 수행하게 될 자신의 직무 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 토대를 마련해 줄 수 있다는데 큰 의의가 있다. 최근에 맞춤형 교육이다. 당장 기업에서 투입 가능한 실무 중심의 교육을 선호하기는 하지만 궁극적으로는 기업의 경쟁력을 갖기 위해서는 그 직무의 문제의 대안을 마련하고 합리적인 절차로 최적의 대안을 찾는 창의적 인재와 문제해결력을 가진 인재를 필요로 한다.

Clark(1997)는 새로운 교육의 관점에서 기존의 교육적 한계들을 극복하거나 넘어서는 다음과 같은 인식의 전환이 무엇보다도 시급하다고 전제하면서 다음 내용을 제시하였다.

- 내용을 넘어선 맥락을(context over content)
- 사실을 넘어선 개념을(concepts over facts)
- 대답을 넘어선 질문을(questions over answers)
- 지식을 넘어선 상상을(imagination over knowledge)
- 합리적 논리를 넘어선 직관을(intuition over rational logic)
- 등급화된 내용을 넘어선 발달적 의도를(developmental intent over graded content)
- 학습의 결과를 넘어선 학습의 과정을(the learning process over the product of learning)
- 정보의 양을 넘어선 정보의 질을(quality of information over quantity of information)

이러한 교육의 강조는 가르치는 일에 대한 교수자의 인식 변화와 전문적 자질을 요구하고 있다고 보여진다. 이는 PBL이 가지는 학습 전략적 측면도 중요하지만 PBL이 함의하는 새로운 교육 방법의 패러다임 이동이라는 철학을 제공해 주고 있다고 보여진다. 따라서 성공적인 PBL의 실천은 교수자의 마인드에서 출발한다고 볼 수 있다.

[참고 문헌]

- 김경천 외 7인(역) (2003). *창의적 공학 설계*. 시그마프레스.
- 명지대학교 창의공학 연구회(역) (2001). *창의적 문제해결과 공학 설계(Lumsdaine, Lumsdaine & Shelnutt's Creative Problem Solving and Engineering Design)*. 파워북.
- 민동준 외 4인(2004). *문제중심학습을 위한 Problem, Syllabus, Teaching Tips* 모음집. 연세대학교 공학교육센터.
- 박한준(1995). *훌륭한 강의는 연출의 예술이다*. 상경사.
- 서강대학교교수학습센터(2004). *명강의 첫걸음*.
- 숙명여자대학교교수학습센터(2004). *제1회 교수법 심포지엄*.
- 심미자(2004). *Teaching Portfolio 개발과 활용*. *신임교수워크숍교재*. 대학교수협의회, 15-32.
- 최유현(2004a). *기술과 교육을 위한 학습과정으로서의 설계과정과 문제해결 비교 연구*. *한국실과교육학회지*, 17(3), 173-190.
- 최유현(2004b). *기술과 교육을 위한 기술적 문제해결 수업 전략의 개발*. *교육과정평가연구*, 7(2). 한국교육과정평가원.
- 최유현(2004c). *포트폴리오를 활용한 기술과 교재연구 대학 강좌의 수업과 평가 전략*. *충남대학교 교수-학습 방법 개선 세미나 자료집*.
- Alister, J. (2002). *Learning Technological Concepts and Process*. In Gwyneth Owen-Jacson(ed.), *Teaching Design and Technology in Secondary Schools*(pp. 79-91). London and New York: The Open University.
- Clark, E. T. (1997). *Designing and Implementing an Integrated Curriculum*. Holistic Education Press.
- Delisle, R. (1997). *How to Use Problem-Based Learning in the Classroom*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Fasciato, M. (2002). *Designing - what does it mean at Key Stages 2 and 3* In Sayers, S., Morley, J., & Barnes, B. (ed), *Issues in design and technology teaching* (pp. 27-42). Routledge, Falmer.
- Gwyneth Owen-Jackson(ed). (2002). *Teaching Design and Technology in Secondary Schools*. London and New York: The Open University.
- Henderson, J.G. (1996). *Reflective teaching: The study of your constructivist practice*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Hill, A. M. (1998). *Problem Solving in Real Life Contexts: An Alternative for Design in Technology Education*. *International Journal of Technology and Design Education*, 8, 203-220.

- Howard-Jones, P. A. (2002). A Dual-state Model of Creative Cognition for Supporting Strategies that Foster Creativity in the Classroom. *International Journal of Technology and Design Education*, 12, 215-226.
- Raizen, S. A. et al. (1995). *Technology Education in the Classroom: Understanding the Designed World*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Ratz, J. M. & Others. (1988). *Resources in Technology: Problem Solving*. International Technology Education Association (ERIC Document Reproduction Service No. ED 322.400).
- Sayers, S., Morley, J. & Barnes, B. (ed). (2002). *Issues in design and technology teaching*. Routledge, Falmer.
- Slavin, R. E. (1990). *Cooperative Learning : Theory, Research and Practice*. Center for Research on Elementary and Middle Schools, The Johns Hopkins University.
- Torp, L. & Sage, S. (1998). *Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-12 Education*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Waetjen, W. B. (1989). *Technological Problem Solving: A Proposal*. International Technology Education Association (ERIC Document Reproduction Service No. ED 334.464).
- Winek, G. & Borchers, R. (1993). Technological Problem Solving Demonstrated. *The Technology Teacher*, 52(2), 23-25.