

문제 중심 학습(PBL)을 적용한 「무기화학실험」 수업의 효과

김영은 · 신예진 · 윤회정 · 우애자*

이화여자대학교 과학교육과

(접수 2010. 7. 19; 수정 2010. 9. 3; 게재확정 2010. 9. 3)

The Effects of Problem-based Learning Applied to the Inorganic Chemistry Laboratory Classes

Youngeun Kim, Yejin Shin, Heojeong Yoon, and Ae Ja Woo*

Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea. *E-mail: ajwoo@ewha.ac.kr

(Received July 19, 2010; Revised September 3, 2010; Accepted September 3, 2010)

요약. 본 연구에서는 서울시 소재 대학의 「무기화학실험」 수강생을 대상으로 문제 중심 학습(Problem-based Learning; PBL) 전략을 적용한 실험 수업을 한 학기 동안 진행한 후, PBL 전략이 '자기 주도 학습 능력'과 '과학에 대한 태도'에 미치는 영향을 알아보았다. 이와 더불어 실험 수업에 적용한 PBL 문제와 PBL 실험 수업 과정에 대한 학생들의 인식을 조사하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, PBL 전략을 적용한 「무기화학실험」 수업 후, 학생들의 '자기 주도 학습 능력'과 '과학에 대한 태도'가 통계적으로 유의미한 차이를 나타냈다($p < .05$). 특히, '자기 주도 학습 능력'은 7개의 하위 영역 중 '학습자적 신념'을 제외한 6개의 영역에서, '과학에 대한 태도'는 5개의 하위 영역 중 '과학의 유용성'을 제외한 4개의 영역에서 유의미한 차이를 보였다($p < .05$). 둘째, 학생들은 PBL 문제가 '자기 주도 학습'을 가능하게 하며 책임감을 가지고 학습할 수 있도록 하는 기회를 제공한다고 응답하였다. 하지만 스스로 문제를 정의하면서 학습 과제를 선정해 나가는 수업 과정에 대해서는 어렵다고 응답하였다. 셋째, 학생들은 PBL 실험 수업을 통해 효과적인 학습을 할 수 있었다고 생각하였으며, PBL이 실험 교과에 적합하고 자기 주도적으로 학습을 할 수 있도록 하는 수업 방식이라고 응답하였다.

주제어: 문제 중심 학습(problem-based learning), 자기 주도 학습 능력, 과학에 대한 태도

ABSTRACT. The purpose of this study is to examine the effects of PBL (Problem-based Learning) strategy applied to the 「Inorganic Chemistry Laboratory」 class. Especially, the changes in 'self-directed learning ability' and 'attitudes toward science' of undergraduate students were examined. In addition, perception on PBL problem and the PBL classes were investigated. The results of this study were as follows: First, after the course, 'self-directed learning ability' and 'attitude toward science' of students were significantly improved ($p < .05$). There were significant improvements in every sub-categories except 'self-confidence as a learner' for 'self directed learning ability' and every sub-categories except 'usefulness of science' for 'attitude toward science'. Second, the students expressed that PBL strategy provided opportunities to learn self-directively and responsibly, but the process of defining the problem was difficult. Finally on the survey toward PBL strategy, the students responded that PBL problems were authentic and helpful to learn problem solving ability. In conclusion, PBL laboratory course is effective for developing self-directed learning ability and positive attitude toward science.

Keywords: PBL(Problem-based Learning), Self-directed learning ability, Attitude toward science

서론

문제 중심 학습(Problem-based Learning; PBL)은 비 구조화된 문제를 실제적 맥락 속에서 해결해 나가는 학습자 중심의 교수-학습 전략이다. 교수 방법 측면에서 PBL은 학생들을 학습 과정에 능동적으로 참여시키며, 학생들에게 문제 해결 능력과 기본 지식을 가르치기 위해 '문제 상황'을 전략적으로 사용하는 교수 방법으로 정의된다.^{1,2} 학생 중심의 교육적 접근이라는 측면에서 PBL은 학생들이 주어진 상황을 통해 해

결할 문제를 찾고, 이를 해결하기 위해 정보를 수집하고, 조원들과 토론을 통해 새로운 학습 경험을 구성해 가는 총체적 학습 과정으로 정의된다.³ Torp와 Sage⁴는 PBL을 '복잡하고 실제적인 문제에 대한 연구와 해결에 초점을 맞추는 경험 학습'으로 정의하면서 교수 방법과 교육 과정이라는 두 가지 측면이 결합되어 있는 수업 전략이라고 하였다. 조연순⁵의 경우는 PBL을 '실세계의 비 구조화된 문제로 시작하여 문제를 해결하는 과정을 통해 필요한 지식을 학습자 스스로 배울 수 있도록 이끌어 가는 교육적 접근'으로 정의하였다.

PBL의 특징은 세 가지 요소, 즉, 학습 상황의 시작을 알리는 '비 구조화된 문제', 주어진 문제를 토대로 이루어지는 '학생의 자기 주도적인 학습', 학생의 문제 해결을 돕는 '촉진자로서의 교사'로 추출할 수 있다. PBL에서 '문제'는 매우 특수한 기능을 갖고 있는 중요한 요소로서 수업을 시작하는 출발점이 된다.⁶ 이때 '문제'는 비 구조화된 것으로 학습자에게 필요한 지식과 사고 전략을 얻기 위한 도구로서의 역할을 하며,⁷ 학습자는 문제에 접근하는 방식과 그 해결책에 따라 여러 가지 결론을 얻을 수 있다. 이때 도출되는 해결책의 수준이나 질은 학습자의 수준과 노력 여부에 따라 달라지게 된다.⁸ PBL에서 '학생'은 자발적인 학습자, 문제 해결자, 의사 결정권자, 의사 소통자로서의 역할을 하게 된다. 학생은 문제 해결자로서 문제의 맥락 속에서 상황을 분석하여 해결할 문제가 무엇인지를 스스로 결정하고, 적절한 해결책을 모색하는 능동적이고 독립적인 학습의 주체가 된다. 또한, 소그룹 활동으로 진행되는 학습을 통해 새로운 지식을 습득하고, 구성원과의 의사소통을 통해 다른 사람의 의견을 존중하며 모든 구성원들은 자신의 의견을 표현할 수 있는 기회를 갖게 된다.⁹ 전통적 수업에서 강의를 통해 지식을 전달하던 '교사'는 PBL에서 교육 과정 개발자, 학습의 안내자 혹은 촉진자, 평가자로서의 역할을 하게 된다.¹⁰

다양한 PBL 교수-학습 모형 중 IMSA(Illinois Mathematics & Science Academy) 모형¹¹이 국내·외에서 많이 사용되고 있다. IMSA 모형은 크게 '문제 이해하기', '문제 탐색하기', '문제 해결하기'의 세 단계로 구성된다. 먼저, '문제 이해하기' 단계에서 학생들은 다양한 방법이나 매체를 통해 문제와 맞닥뜨리게 된다. 그 문제로부터 '알고 있는 것'과 '알아야 할 것'을 KND chart에 기록하고 직면한 상황에서 해결해야 할 문제를 명확히 한다. '문제 탐색하기'에서는 문제 해결에 필요한 정보를 다양한 경로를 통해 수집하고 이를 동료와 공유한다. 동료와 토론을 하고 각자의 생각에 대한 반성적 사고를 통해 가능한 모든 해결책을 산출해 낸다. '문제 해결하기' 단계에서는 다양한 환경을 고려하여 이러한 해결책들 가운데 최선의 것을 선택한다. 그런 다음 선택한 해결책을 바탕으로 앞에서 정의한 문제를 해결하고, 최종적으로 문제 해결에 대한 반성을 통해 전 단계들을 다시 검토한 후 해결되지 않은 연구나 개선점에 대해 토론하면서 PBL 수업을 마무리한다.

PBL은 다양한 측면에서 교육적 가치를 가진다. 첫째, PBL은 학습에 대한 본질적 흥미를 유발시키는 데 유용한 방법이다. Diggs¹²는 고등학생을 대상으로 하는 과학 수업에 PBL을 적용한 후, PBL이 학생들의 과학에 대한 태도와 흥미에 긍정적인 효과가 있음을 확인하였다. 중학교 영재반을 대상으로 한 Nowak¹³의 실험 연구 결과에서도 학생들은 PBL 교수 접근에 의한 학습을 더 선호하는 것으로 나타났다. 둘째, PBL은 사실, 개념, 원칙과 같은 지식 습득에 적합한 상황을 제공한다.⁵ 관련된 모든 개념은 탈맥락적이지 아닌 '문제의 맥락'에서

학습되며, 학생들은 소집단 활동을 통해 문제 상황에서 서로 이익을 제기하면서 개념을 정교화 시킬 수 있는 기회를 풍부하게 갖게 된다. 이렇게 학습된 지식은 보다 오랜 지속력과 강한 전이력을 가지게 된다. 셋째, PBL은 학생들에게 경험 가능한, 실제적인 문제 상황을 제시하고 문제 해결자로서의 역할을 부여함으로써 학생들로 하여금 학습에 대해 주인의식을 갖게 하며 자기 주도적으로 학습할 수 있는 환경을 제공한다. 최봉선¹⁴은 예비 교사를 대상으로 PBL이 자기 주도 학습에 미치는 영향에 대해 실험 연구를 하였는데, PBL은 자기 주도 학습 능력에 유의미한 영향을 미쳤으며 세부적으로는 '동기 수준' 및 '학습 관리 능력'에 효과가 있었다. 이처럼 학생들은 PBL을 통해 자신이 무엇을 알아야 하고, 무엇을 알고 싶은지를 생각하는 과정에서 자신에게 필요한 정보를 활용하는 능력을 배우고 자기 주도 학습을 위해 필요한 기술들을 개발할 수 있다. 넷째, PBL은 즉각적인 통찰로는 해결할 수 없는 문제에서부터 시작함으로써 학생들에게 문제 해결 과정에 대한 경험을 제공하고 문제 해결력을 향상시킬 수 있는 기회를 제공한다. Gallagher와 Stepien¹⁵은 고등학생을 대상으로 PBL의 문제 해결력에 대한 효과를 검증하는 연구를 실행하였는데, 그 결과 비 구조화된 문제를 가지고 문제 해결 단계를 자발적으로 사용하는 과정에서 실험 집단의 문제 해결력이 향상되는 긍정적인 변화가 나타났다. PBL에서 제공되는 문제 상황은 학생들이 생활 속에서 대면할 수 있는 실제적인 것이므로 이런 상황 속에서 학습자가 습득하는 지식과 경험은 다른 문제 상황에서 문제 해결을 위해 활성화되는 지식과 선험적 사례가 될 수 있다. 마지막으로 PBL은 소집단 활동을 장려하여 협동 기술을 배우는 기회를 제공한다. 강인애와 김선자¹⁶의 연구에서처럼 학생들은 PBL의 소집단 중심 수업을 통해서 협동하고 문제를 해결해 나가는 학습 환경을 경험하게 된다.

일반적으로 대학교 자연 과학 교과목의 실험 수업 대부분은 학생들에게 실험 방법을 제시해 주고 학생들로 하여금 그 방법을 따라해 보도록 하는 연역적 확인 실험 방식으로 진행되고 있다.¹⁷ 이러한 방식은 학생들에게 실험의 필요성을 맥락적으로 이해할 수 있는 기회를 제공하지 못하며, 수업을 통해 얻은 지식이 단순히 평가만을 위한 것이라고 생각하게 한다. 더불어 자연 과학 교과에서 지향하는 수업 목표인 '자기 주도 학습 능력'이나 '창의적 사고 능력', '문제 해결 능력' 및 '과학 관련 태도 변화' 등에도 긍정적인 영향을 주지 못하고 있다.¹⁸

PBL은 이러한 전통적인 실험 수업의 문제점을 해결할 수 있는 방안이 될 수 있다는 점에서 실험 수업을 위한 PBL 전략의 개발이 요구된다. 캐나다 McMaster 대학의 의과 대학 교수 Barrows에 의해 PBL이 최초로 도입된 이래 초·중등 학생들을 대상으로 다양한 교과 영역에서 이를 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있으나, 자연 과학 실험 교과에 적용한 연구¹⁹⁻²⁰는 드물다. 본 연구에서는 PBL 전략을 대학교 「무기화학실

험」수업에 적용하기 위해 적합한 PBL 문제를 개발하고, 한 학기 동안 수업을 진행한 후 PBL 전략이 학생들의 '자기 주도 학습 능력'과 '과학에 대한 태도'에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

연구 내용 및 방법

연구 대상

본 연구의 대상은 서울시 소재 대학에서 「무기화학실험」을 수강한 23명의 대학교 3학년 학생들이다.

연구 절차 및 방법

본 연구는 단일 집단 사전-사후 검사 설계(one group pre-test-posttest design)로 진행되었다. 수업 처치에 앞서 '자기 주도 학습 능력'과 '과학에 대한 태도'에 대한 사전 검사를 실시하였으며, 수업 처치는 10주에 걸쳐 진행되었다. 10주 동안 총 4개의 PBL 문제를 해결하였고, 각 문제를 해결할 때마다 PBL 문제와 실험 수업에 대한 학생들의 인식을 조사하였다. 수업 처치가 끝난 후에는 '자기 주도 학습 능력'과 '과학에 대한 태도'에 대해 사후 검사를 실시하였으며, 'PBL 실험 수업에 대한 학생들의 인식'을 조사하였다. 연구 결과는 SPSS 12.0을 이용하여 통계 처리를 하였다.

검사 도구

자기 주도 학습 능력 검사지

자기 주도 학습 능력 검사지로는 Guglielmino²¹의 자기 주도 학습 준비도 검사(Self-Directed Learning Readiness Scale, SDLRS)를 김지자 외²²가 우리나라 실정에 맞게 번역·수정한 '교사용 학습자 자기 주도성 측정 도구(Self-Directed Learning Inventory for Teachers, SDLIT)'를 사용하였다. SDLIT 검사지는 총 40개 문항, 7개 하위 영역(독창적 접근, 탐구적 특성, 학습 책임성 수용, 학습에 대한 사랑, 자발적인 계획, 미래 지향성, 학습자 신념)으로 구성되어 있다. 각 문항에 대해서는 5단계 Likert 척도를 사용하여 채점하였으며, 신뢰도(Cronbach α)는 .903이다.

과학에 대한 태도 검사지

과학에 대한 태도 검사지로는 Hassan²³의 검사 도구(Student Interests and Motivation in Science Questionnaire, SIMSQ)를 번역·수정하여 사용하였다. SIMSQ 검사지는 총 37개 문항, 7개의 하위 영역으로 구성되어 있으나, 그중 본 연구에 적합한 5개 하위 영역(과학에 대한 동기, 과학 수업 불안의 제거, 학습 계획 결정 능력, 과학의 유용성, 자기 효능감)을 선택하여 총 26개 문항으로 재구성하였다. 각 문항에 대해서는 5단계 Likert 척도를 사용하여 채점하였으며, 신뢰도(Cronbach α)는 .868이다.

PBL 문제에 대한 인식 설문지

PBL 문제에 대한 학생들의 인식을 조사한 설문지로는 정현미²⁴가 웹 기반 PBL 경험에 대한 학습자의 인식을 조사하기 위해 만든 설문지를 수정·보완하여 사용하였다. 원 검사지의 10 문항을 본 연구에 적합하게 6문항으로 재구성하였다. 각 문항은 5단계 Likert 척도를 사용하여 채점하였고, 부정 문항은 역채점하였다. 신뢰도(Cronbach α)는 PBL 문제 1, 2, 3, 4에 대해 각각 .622, .679, .652, .751이다.

PBL 실험 수업에 대한 인식 설문지

PBL 실험 수업에 대한 학생들의 인식을 조사한 설문지는 김지자 외²²의 자기 주도성 측정 도구와 Hassan²³의 검사 도구, 정현미²⁴의 설문에서 각각 실험 수업에 대한 인식과 관련 있는 문항들을 선택한 뒤 이를 수정하여 제작하였다.²⁵ 설문지는 6개의 하위 영역(PBL 과제의 실제성, 실험 교과수업에 대한 PBL의 적절성, PBL 실험 수업을 위한 자원의 활용, PBL 실험 수업과 자기 주도 학습, PBL 실험 수업과 과학에 대한 태도, PBL 실험수업에 대한 만족도)으로 구성되어 있으며 각 영역별 2문항씩 총 12개 문항으로 구성되었다. 각 문항은 5단계 Likert 척도를 사용하여 채점하였고 부정 문항은 역채점하였다. 신뢰도(Cronbach α)는 .938이다.

PBL 문제 개발

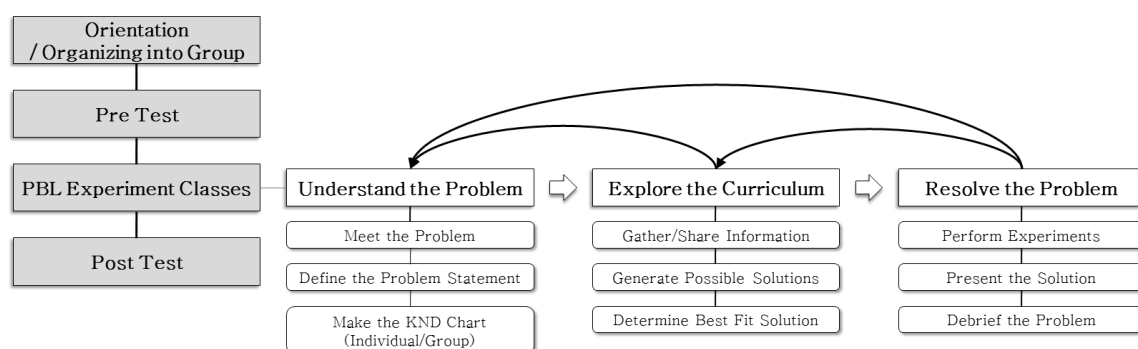
본 연구에서 사용한 PBL 문제는 다음과 같은 과정을 통해 개발되었다. 먼저, 「무기화학실험」수업에서 반드시 다루어야 할 학습 주제가 배제되지 않도록 하기 위해 4종류의 무기 화학 실험서²⁶⁻²⁸의 내용을 분석하여 10개의 실험을 선정하였다. 실험 선정 후, 학습자 요구 및 흥미를 반영하기 위해 학습자가 졸업 후에 가질 수 있는 직업군을 분석하였다. 또한, 문제에 실제성을 부여하기 위해 무기 화학 실험 주제와 관련된 실제 상황이나 각 직업군에서 다루는 활동을 국내외 저널 검색을 통해 조사하였다. 학생들의 미래 직업 상황과 국내외 저널을 통해 조사한 다양한 자료를 적절하게 활용하여 몇 가지 PBL 문제 상황을 만들었다. 마지막으로, 무기 화학 실험서 분석을 통해 선정한 10개의 실험 내용이 PBL 문제 상황에 모두 포함될 수 있도록 이들을 연관성 있는 주제들끼리 범주화하여 최종적으로 총 4개의 PBL 문제를 제작하였고, 이에 대해서는 과학 교육 전문가 3인의 검증을 받았다. 각 PBL 문제와 관련된 실험 내용은 Table 1과 같다.

PBL 실험 수업 과정

PBL 전략을 적용한 「무기화학실험」수업은 한 학기에 걸쳐 진행되었다. 첫째 주에는 PBL 실험 수업에 대한 오리엔테이션을 실시하였고, 둘째 주에는 사전 검사를 실시하였다. 셋째 주부터 총 10주에 걸쳐 PBL 실험 수업을 실시하였으며, 마지막 주에는 사후 검사를 실시하였다. 본 연구에서 시행된 수

Table 1. Subject and Related experiments of PBL Problems

Problem	Subject	Related experiments
1	Planning 'science fair'	- Synthesis of inorganic pigments: chrome yellow, prussian blue - Instrumental analysis: UV/Vis spectroscopy - Applications: blueprint photograph production
2	Writing inorganic chemistry experiment book	- Synthesis of isomers of hexacoordinated complexes - Instrumental analysis: UV/Vis, IR spectroscopy - Determination of Δ_o
3	Forged documents	- Separation of ink (mixture of transition metal ions) by chromatography - Characterization of separated transition metal ions
4	Anti-malaria drugs	- Synthesis of the ingredient of an anti-malaria medication: acetylferrocene - Instrumental analysis: ^1H NMR, UV/Vis, IR spectroscopy

**Fig. 1.** Process of PBL Experiment Classes.¹¹

업의 진행 절차는 Fig. 1과 같다.

10주 동안의 PBL 실험 수업의 구체적인 절차는 다음과 같다. 먼저, 새로운 실험에 들어가기 일주일 전에 웹을 통해 문제를 제시하였다. 학생들은 문제에 주어진 정보를 확인한 후 자신들이 해결해야 할 문제가 무엇인지 정의하는 활동을 하였다(Understand the Problem). 문제를 통해 알게 된 정보를 바탕으로 학생들은 '알고 있는 것(What We Know)'과, '앞으로 알아야 할 것(What We Need to Know)', '알아낼 방법(What We Need to Do)'들을 정리하여 'KND chart'를 작성하였다. KND chart는 먼저 개인별로 작성한 후 조별 토론을 통해 보완하였다. <PBL 문제 3>의 해결 과정에서 학생들이 작성한 개인별, 조별 KND chart는 예시 1과 같다. 조원들은 조별 KND chart를 작성하는 과정에서 토론을 통해 정보를 공유하고 PBL 문제 해결을 위한 과정을 구체화하였다. 이러한 과정을 통해 보다 다양한 해결 방안이 제시되는 것을 예시 1을 통해 확인할 수 있다. 또한 학생들은 KND chart를 바탕으로 국내외 저널, 인터넷 자료, 방송 보도 자료 등을 이용하여 문제 해결에 필요한 정보를 수집하고 이를 공유하였다(Explore the Curriculum). 이와 같은 정보 수집을 통해 학생들은 가능한 몇 가지 해결책을 고안해 내고, 그 가운데 가장 적합한 하나의 해결책을 선정하였다. 그런 다음, 선정된 해결책을 바탕으로 실험을 진행하였는데(Resolve the Problem), 각 PBL 문제는

2~3개의 실험을 포함하고 있으며 2~3주에 걸쳐 하나의 PBL 문제를 해결하는 방식으로 진행되었다. PBL 문제가 해결되면 각 조의 결과물을 웹에 올리도록 하여 모든 학생들이 다른 조의 문제 해결 과정을 볼 수 있도록 하였다. 각 조의 결과물에 대해서는 동료 평가를 실시하였고, 마지막 시간에 문제 해결 과정에 대해 발표를 하도록 하였다.

학생들은 정보를 수집하고 해결책을 산출하는 과정, 또는 실제 실험을 수행하는 과정에서 문제점이 발견되면 다시 새롭게 문제를 정의하기도 하였다. 따라서 PBL 실험 수업의 전체 과정은 '순환적'이라 할 수 있다.

연구 결과 및 논의

PBL 실험 수업이 '자기 주도 학습 능력'에 미치는 영향

PBL 실험 수업 처치 후, '자기 주도 학습 능력'의 변화를 알아보기 위하여 단일 집단 t-검정을 실시하였다. 그 결과는 Table 2와 같으며, '자기 주도 학습 능력'은 사전 142.3점에서 사후 148.0점으로 통계적으로 유의미하게 향상되었다($p < .05$). 특히 하위 영역 중 '학습자 신념(Self-confidence as a Learner)'을 제외한 '학습에 대한 사랑(Love of Learning)', '자발적인 계획(Proactive Planning)', '독창적 접근(Creative Approach)', '미래 지향성(Future Orientation)', '학습 책임성 수용

<PBL Problem 3>

문제3. 위조된 작업 일지

당신은 법의학자이며, 현재 국립과학수사연구소에서 일하고 있습니다. 당신의 부서인 문서 영상과에서는 필적, 인쇄물, 위조지폐, 유가 증권 등의 위·변조와 불명 문자의 판독, 날인 선·후 작성 여부 및 잉크 색재 분석 등 범죄와 관련된 문서에 관한 감정 업무를 수행합니다.

최근에 A씨 집에서 범죄 사건이 발생하였습니다. 피의자 A씨는 현재 사건의 충격으로 사건에 대한 기억을 상실했습니다. 여러 정황으로 보아 가장 유력한 용의자는 인터넷 선을 연결하는 일을 하는 B씨입니다. B씨는 A씨 집 근처에서 인터넷 선을 정비하는 작업을 하고 있었을 뿐 사건과는 관련이 없다고 주장합니다. 또한 B씨는 자신의 알리바이로 그의 작업 일지를 제출하였습니다. 그의 작업 일지의 날짜는 2008년 10월 18일로 되어 있습니다. B씨가 일하는 ET 통신의 관계자에 따르면 토요일에 기술자가 일하는 경우는 매우 드문 일이라고 합니다. 인터넷 선 연결 작업이 아니라면 B씨는 A씨 집 근처에 가야할 이유가 없습니다.

ET 통신에서는 작업 기술자에게 작업 일지를 작성할 때 필요한 펜과 잉크를 제공해 왔습니다. 10일 이후, 회사 내부 사정으로 잉크의 공급이 중단되었으며 기술자들은 자신의 펜을 사용해 왔습니다. 당신은 B씨가 문서의 날짜를 위조했다는 것을 밝혀내야 합니다. 당신에게는 ET 통신에서 작업 기술자에게 제공했던 잉크와 B씨의 작업 일지, B씨가 가지고 다니던 펜의 원액이 주어집니다. 문서가 위조되었다는 것을 밝히고 난 후 당신은 두 잉크를 분석하여 성분상의 차이를 밝혀야 합니다.

이 사건을 해결하고 난 후 당신은 문서 감정 결과에 대해 10~15분 정도의 브리핑을 하여야 합니다.

<Individual KND chart>

알고 있는 것 (What We Know)	앞으로 알아야 할 것 (What We Need to Know)	알아낼 방법/실험 (What We Need to Do)
<ul style="list-style-type: none"> -범죄 사건의 범인을 밝히기 위해 일지에 사용된 잉크를 분석해야 한다. -잉크나 염료처럼 색을 갖고 있는 시료들은 UV나 크로마토그래피를 통해 분석할 수 있다. -잉크의 성분을 분석하고 같은 잉크인지 아닌지를 비교해야 범인을 지목할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> -잉크의 종류와 그에 따른 분석 방법을 찾아야 한다. -잉크 종류별 특징적 구조를 알아보고 UV, IR 스펙트럼에서 나타나는 피크를 알아야 한다. -UV, IR 피크와 크로마토그래피의 R_f값을 비교할 수 있어야 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> -무기 실험서나 인터넷 검색을 통하여 잉크의 특징과 분석법을 조사한다. -무기 화학 이론서나 웹을 통해 잉크의 UV, IR 스펙트럼을 찾아보고 직접 스펙트럼을 찍어 비교해 본다. -회사가 제공한 잉크의 스펙트럼과 비교하여 다른 점을 찾고, 그것이 무엇을 의미하는지 조사한다. -크로마토그래피에서 각 성분 물질의 R_f값을 비교하고 구성 성분을 파악한다.

<Group KND chart>

알고 있는 것 (What We Know)	앞으로 알아야 할 것 (What We Need to Know)	알아낼 방법/실험 (What We Need to Do)
<ul style="list-style-type: none"> -범죄 사건이 발생하였다. -피의자 A씨는 현재 사건의 충격으로 기억을 상실했다. -유력한 용의자는 B씨이다. -A씨의 사건의 유력한 용의자인 B씨는 사건 발생 당일의 알리바이가 있다. -문서의 날짜가 위조되었다는 것을 알아내야 한다. -우리에게 주어진 자료는 통신사 제공의 잉크, B씨의 작업 일지, B씨의 펜 잉크이다. 그러므로 이 사건 해결의 열쇠는 잉크이다. -위조되었다는 사실을 확인해 보는 방법은 일단 잉크의 특성을 알아보는 것이다. -작업일지가 조작되었다면 날짜의 18일에서 1과 8의 잉크가 다를 것이다. -위조 여부를 알아볼 방법을 결정해야 한다. -예전에 쓰인 문서가 위조된 것이다. -따라서 잉크의 성분을 분리해서 위조 여부를 알아내는 실험을 해야 한다. -우리가 실험하기에 가장 간편하고 내용상 정확한 것은 크로마토그래피 방법이다. 	<ul style="list-style-type: none"> -크로마토그래피의 정확한 원리와 크로마토그래피를 통해 알아낼 수 있는 것을 확실히 조사해서 실험 목적과 맞는지 확인해야 한다. -크로마토그래피의 원리(분별흡착현상: 흡착제에 대한 친화도의 차), 관련 용어, 정지상, 이동상, R_f값 등에 대해 조사해야 한다. -크로마토그래피의 실험 방법에 대해서 자세히 알아야 한다. -예전에 쓰인 문서의 잉크를 확인하려면 잉크를 추출해 내는 방법을 알아봐야 한다. -추출해 낸 잉크의 성분을 분리해 내는 실험에는 어떤 것이 있는지 알아봐야 한다. -크로마토그래피 이외에도 더 좋은 방법이 있는지 조사해야 한다. -실험 시 유의할 점을 알아봐야 한다. -실험을 통해 성분들을 분리했다면, 그것들을 어떻게 분석해야 할지 관련된 이론이나 실험 자료를 조사해야 한다. -이와 유사한 사례나 법의학적으로 해결된 사례들을 조사하여 참고한다. 	<ul style="list-style-type: none"> -크로마토그래피라는 실험 방법에 대해 조사해 본다. -관련 서적을 참고한다(분석 화학 교재에 크로마토그래피 단원이 있으므로 일단 이를 참고한다). -웹 지널을 찾아본다. -유사한 범죄 사례를 다룬 추리 소설이나 영화를 찾아본다. -인터넷 검색을 통해 비슷한 실험의 소스를 얻는다. -크로마토그래피를 통해 예전 잉크도 판별해 낼 수 있는지 실험해 본다. -크로마토그래피 실험 방법이 매우 다양하므로 여러 종류의 실험을 조사해 보고 구체적인 각각의 실험 방법을 알아보는 것이 좋을 것이다. -무기화학 실험서를 들춰 보고 잉크에 대한 자료를 폭넓게 찾아본다. -위조지폐를 알아내는 방법과 같이 실험할 때 쓰이고 있는 방법들은 어떤 것이 있는지 조사해 본다.

예시 1. PBL 문제와 개인별, 조별 KND Chart.

Table 2. Results of the Self-directed Learning Test

Category		Pre-test		Post-test		t	p
		M	SD	M	SD		
Motivation Regulation	Self-confidence as a learner	24.4	2.1	25.0	2.5	1.261	.221
	Love of learning	25.2	3.2	26.3	3.4	2.409	.025*
	Proactive planning	20.6	2.3	22.1	3.0	2.897	.008*
	Subtotal	70.3	7.5	73.4	7.5	3.563	.002*
Cognition Regulation	Creative approach	30.7	4.1	32.2	4.3	2.433	.024*
	Future orientation	15.2	1.6	16.1	1.4	2.853	.009*
	Subtotal	45.9	5.2	48.3	4.9	3.679	.001*
Behavior Regulation	Acceptance of responsibility for learning	12.8	1.5	13.7	1.8	2.265	.034*
	Inquisitive nature	9.1	1.2	12.7	1.3	10.214	.000*
	Subtotal	22.0	2.2	26.4	2.4	8.364	.000*
Total		142.3	10.6	148.0	13.3	4.155	.000*

* $p < .05$

(Acceptance of Responsibility for Learning)', '탐구적 특성 (Inquisitive Nature)'이 통계적으로 유의미하게 향상되었다 ($p < .05$). 이러한 결과는 최봉선¹⁴과 Diggs¹²가 예비 교사들과 고등학생들을 대상으로 PBL 수업을 수행한 후 자기 주도 학습 능력의 변화를 조사한 연구의 결과와도 일치하는 것으로, Torp와 Sage⁴가 언급한 것처럼 PBL이 자기 주도적인 학습을 장려하며 이를 향상시킬 수 있는 수업 전략임을 입증하는 것이다.

SDLIT 설문지의 7가지 하위 영역을 재범주화하기 위하여 사전 검사지의 결과를 토대로 요인 분석을 실시하였다. 고유치 1.0을 기준으로 3개의 요인이 추출되었으며, 각 하위 영역들의 특성을 고려하여 정미경²⁹의 연구에서와 같이 '동기 조절', '인지 조절', '행동 조절' 요인으로 구분하였다. 재 범주화된 동기 조절, 인지 조절, 행동 조절 요인에 대해 단일 집단 t-검정을 실시한 결과는 Table 2에 함께 제시되었으며, 세 가지 요인 모두가 PBL 실험 수업 처치 이후 통계적으로 유의미한 수준에서 향상된 것으로 나타났다($p < .05$).

동기 조절 요인은 그 하위 영역 중 '학습에 대한 사랑'과 '자발적인 계획'이 긍정적으로 향상되었는데($p < .05$), 이것은 PBL 과정이 학생들의 능동적인 학습 참여와 주체적 학습을 요구하기 때문에 나타나는 결과로 보인다. PBL을 적용한 실험 수업에서는 학생들이 스스로 자신이 해결해야 할 문제를 정의하여 학습 목표를 설정하고, 이를 달성하기 위한 구체적인 계획을 수립하게 된다. 이러한 과정에서 학생들은 능동적 학습자로서 학습에 애정을 갖고 스스로의 학습을 설계해 나가게 된다. Hmelo와 Lin³⁰은 PBL이 학생들에게 알아야 할 것을 확인하게 하고, 적절한 학습 주제를 생성하게 하며 이를 독자적으로 연구할 수 있도록 한다는 점에서 자기 주도적 학습 능력을 향상시키는 데 효과적이라고 하였다.

인지 조절 요인은 그 하위 영역인 '독창적 접근'과 '미래 지

향성'에서 유의미한 향상을 보였다($p < .05$). 학생들은 PBL 수업을 통해 비 구조화된 문제 상황을 접하게 되고, 다양한 시각으로 문제에 접근하는 기회를 가지게 된다. 이러한 학습 경험은 학생들로 하여금 어떤 상황에 직면했을 때, 다양한 관점에서 문제를 분석할 수 있도록 하며 독창적으로 문제 해결에 접근할 수 있는 능력을 길러 줄 것이라 생각된다. 또한, PBL은 학생들에게 일어날 수 있는 일상적인 상황을 제시하고 이를 미리 경험하게 함으로써 학생들로 하여금 현재 배우고 있는 것이 미래 생활과 직접적으로 연관되어 있음을 구체적으로 인식하도록 하고 있다.

행동 조절 요인은 그 하위 영역인 '학습의 책임성 수용'과 '탐구적 특성'에서 유의미한 향상을 보였다($p < .05$). PBL에서 학생들은 스스로의 학습에 책임감을 갖는 독립적인 학습자의 역할⁹을 하게 되므로 기존의 수업에서처럼 수동적으로 지식을 수용하는 역할에 머무르는 것이 아니라 학습에 책임감을 가지고 학습을 계획하며 주도해 나가는 역할을 하게 되는 것이다. PBL 문제를 해결해 나가기 위해서는 문제 해결을 위한 가설을 설정하고, 창의적으로 문제 해결 방법을 생각하며 이를 논리적으로 예측할 수 있어야 한다. 또한 수립한 가설을 검증하기 위하여 실험을 계획하고 실행하며 결과를 분석해 나가는 일련의 탐구 과정을 반복하게 되는데, 이로 인하여 '탐구적 특성'이 유의미하게 향상되는 것으로 보인다.

PBL 실험 수업이 '과학에 대한 태도'에 미치는 영향

PBL 실험 수업 처치 후 '과학에 대한 태도' 변화를 알아보기 위하여 단일 집단 t-검정을 실시하였다. 그 결과는 Table 3과 같으며, 수업 처치 후 '과학에 대한 태도'가 사전 88.8점에서 사후 94.4점으로 통계적으로 유의미하게 향상되었다($p < .05$). 이러한 결과는 고등학생을 대상으로 과학 수업에서 PBL을 실시한 결과 과학에 대한 태도에서 긍정적 효과를 나

Table 3. Results of the Attitude toward Science test

Category	Pre-test		Post-test		t	p
	M	SD	M	SD		
Motivation for science	27.5	3.7	28.9	3.6	-2.863	.009*
Lack of anxiety	13.1	2.6	14.2	2.5	-2.278	.033*
Ability to make choice	15.4	2.6	17.1	1.3	-4.176	.000*
Usefulness of science	24.2	1.6	24.9	2.3	-1.660	.111
Self-concept of ability	8.6	1.8	9.3	1.3	-2.341	.029*
Total	88.8	8.1	94.4	8.0	-5.045	.000*

* $p < .05$

타낸다는 Diggs¹²의 연구 결과나 중학교 2학년생을 대상으로 한 PBL 수업에서 과학에 대한 학습 흥미가 긍정적으로 유의미하게 나타난 오만록³¹의 연구 결과와도 일치한다. 또한, 김선자³²의 연구에 의하면 초등학생을 대상으로 한 PBL 수업에서도 학생들의 학습에 대한 흥미가 긍정적으로 나타났다. 따라서 PBL을 적용한 수업은 초등학생, 중학생, 고등학생뿐만 아니라 대학생을 대상으로 하는 수업에서도 태도나 학습에 대한 흥미 향상에 효과적임을 알 수 있다.

하위 영역별로 단일 집단 t-검정을 실시한 결과 '과학의 유용성(Usefulness of science)' 영역을 제외한 '과학에 대한 동기(Motivation for science)', 과학 수업 불안의 제거(Lack of anxiety), '학습 계획 결정 능력(Ability to make choice)', '자기 효능감(Self-concept of ability)' 영역에서 모두 통계적으로 유의미하게 향상되었다($p < .05$). PBL 수업에서는 실제적이며 비 구조화된 문제를 제시하는데,^{10,33} 이는 학생들이 생활에서 직접 경험할 수 있거나 다양한 매체를 통해 간접적으로 알고 있는 내용들과 관련이 깊은 문제들이다. 이와 같이 PBL 수업은 사실성을 강조함으로써 학생들에게 과학에 대한 학습 동기를 자연스럽게 유발시킬 수 있을 뿐만 아니라 실생활에서의 응용 가능성을 제시한다. Gordon³⁴의 연구에 의하면 사실적인 문제가 제시되었을 때 학생들은 문제를 다양한 각도에서 탐색하게 되고, 그 문제의 결과에 대해 궁금해 하면서 보다 적극적으로 수업에 참여하게 된다. 이는 과학에 대한 두려움도 줄어든다. 또한 PBL 실험 수업 과정을 통해 학생들은 과학자들의 연구 과정과 유사한 과학 활동을 경험해 봄으로써 학습을 계획하고 선택해야 하는 상황에 적극적으로 참여하게 되고, 문제를 하나씩 해결하는 과정을 통해 자신감을 가지게 된다.

학생들의 PBL 문제와 수업에 대한 인식

PBL 문제에 대한 인식

「무기화학실험」수업을 위해 투입한 4개의 PBL 문제에 대해 학생들의 인식을 알아보기 위해 총 6개 문항(Q1 ~ Q6)으로 구성된 설문지를 사용하였다. 각 문항별 분석 결과는 Table 4와 같다. 4개의 PBL 문제에 대한 평균은 각각 3.3, 3.6,

Table 4. Results of the Questionnaires about PBL-Problems

Question	PBL Problems				M	SD
	1	2	3	4		
Q1	3.4	3.6	3.7	3.7	3.6	0.1
Q2	3.6	3.8	4.1	4.1	3.9	0.2
Q3	3.8	4.0	4.1	4.1	4.0	0.1
Q4	4.0	4.1	4.1	4.3	4.1	0.1
Q5 ^a	1.8	2.4	2.4	2.6	2.3	0.3
Q6	3.4	3.7	3.7	3.9	3.7	0.2
Total	3.3	3.6	3.7	3.8	3.6	0.2

^aNegative question.

3.7, 3.8점으로 나타났으며, 이러한 결과는 제시된 PBL 문제에 대한 학생들의 인식이 대체로 긍정적임을 나타낸다. 또한 PBL 실험 수업의 횟수가 증가할수록 평균 점수가 향상되었음을 알 수 있다.

각 문항에 대한 응답 결과는 다음과 같다. 학생들은 전통적인 실험 수업에 비해 PBL 실험 수업에서 더 많은 학습 내용을 배울 수 있었다고 응답하였다(Q1). 또 'PBL 문제를 수행하는 과정에서 자기 주도적 학습을 하였다(Q2)'에 대해서는 평균 3.9점의 높은 점수와 증가 추세의 경향성을 보여 주었다. 이러한 결과는 수업 후반부로 가면서 대부분의 학생들이 스스로 자기 주도적인 학습을 하였다고 평가하고 있음을 의미한다. 학생들은 스스로 학습 활동과 문제 해결 과정에 적극적으로 참여하고 있다고 생각하였고(Q3), 자기 주도 학습이 익숙해지면서 더욱 적극적으로 참여한 것으로 나타났다. 학습 주체자로서 학생들은 학습 과정과 결과물에 대해 상당한 책임감을 느끼고 있으며(Q4), 이는 전체 여섯 문항 가운데 가장 높은 4.1점을 나타내었고, 한 학기 동안 점수의 변화 폭도 일정한 수준으로 유지되었다. 하지만 대부분의 학생들은 비 구조화된 PBL 문제를 구조화하여 문제를 정의하고 학습 과제를 도출하는 것에는 상당한 어려움을 느끼고 있었다(Q5). PBL 학습 경험이 증가함에 따라 이러한 어려움이 다소 완화되는 경향을 보이고 있으나 여전히 문제를 정의하는 단계는 어렵게 인식하는 것으로 나타났다. 학습 과제를 수행하는 데 KND chart가 도

움이 되었다는 학생들의 응답(Q6)은 보통 수준으로, 처음에는 문제 해결을 위해 KND chart의 활용도가 낮았으나, PBL 경험이 증가할수록 활용도는 점차 높아졌다.

PBL 실험 수업에 대한 인식

한 학기 동안의 PBL 실험 수업을 마친 후, 수업에 대한 학생들의 인식을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 설문지는 6개의 하위 영역과 각 영역 당 2개, 총 12개의 문항(Q1~Q12)으로 구성하였다. 각 하위 영역의 평균은 7.4, 7.0, 8.2, 8.0, 8.0, 7.5 점으로 학생들은 PBL 실험 수업에 대해 대체적으로 긍정적인 인식을 가지고 있었다. 특히 PBL을 위한 '자원의 활용(Use of resources)', '자기 주도 학습(Self-directed learning)', '과학에 대한 태도(Attitude toward science)' 영역이 높은 점수를 나타내었다.

각 영역에 대한 응답 결과는 다음과 같다. 'PBL 과제의 실제성(Reality of task)'에 대해 73.9%의 학생들은 주어진 문제가 사실적이며 실제로 발생 가능한 일이라 생각했다(Q1). 특히 주어진 문제는 적당한 양의 정보를 포함하고 있으며 학생들은 제시된 정보를 바탕으로 자료를 수집하여 문제를 해결했다고 응답하였다. 또한 65.2%의 학생들은 자신이 문제를 해결한 방법과 같이 실제 상황에서도 문제를 해결할 것이라고 응답했다(Q2). 즉, 주어진 문제 자체가 사실적 맥락에서 문제 해결 능력을 배울 수 있을 만큼 실제성을 가진다고 인식하고 있음을 알 수 있다. '실험 교과 수업에 대한 적절성(Suitability for laboratory course)'에 대하여는 78.3%의 학생들이 PBL 전략이 실험 교과에 적합한 수업 방법이라고 응답했으나(Q3), 전통적 실험 수업과 PBL 실험 수업에 대한 선호도를 묻는 문항에서는 60.9%가 보통이라고 응답하였다(Q4).

이것은 PBL 실험 수업과 전통적 실험 수업의 장·단점이 상보적으로 나타난 결과로 볼 수 있다. 교육적 관점에서 PBL은 학생 중심의 자기 주도 학습 능력, 문제 해결력, 창의적 사고력, 과목에 대한 긍정적 태도 형성, 학습에 대한 흥미 향상에 적합한 수업 전략으로 볼 수 있다. 반면 학생들은 PBL 수업에 대해 실험 준비 시간이 너무 많이 소요되고 학습량이 많은 수업 방식이라고 생각하기도 하였다.

'다양한 자료의 활용(Use of resources)'이라는 측면에서는 91.3%의 학생들이 PBL 수업을 통해 문제 해결을 위한 정보 검색 능력이 향상되었다고 하였다(Q5). 특히, 수업 초반에는 자료 검색 방법을 몰라 인터넷 검색에만 의존하는 경향을 보였으나 교사의 피드백을 통해 전자 저널을 찾고 참고 도서를 보는 등 자료 검색 방법을 전환시키는 모습을 보였다. 이와 관련하여 82.6%가 본 수업을 통해 자료를 수집하는 다양한 경로를 알게 되었다고 응답했다(Q6). '자기 주도 학습(Self-directed learning)'에 대한 문항에서는 95.7%의 학생들이 스스로 학습의 주체자라 여기고 문제 해결 과정에 참여했다고 응답했으며(Q7), 73.9%가 학습 결과에 대한 책임감을 느꼈다고 하였다(Q8). PBL 학습 과정은 학생이 스스로 계획하고 진행하는 방식으로 이루어지므로 학습 결과에 대한 책임감이 높게 나타나는 것은 당연한 결과로 볼 수 있다.

'과학에 대한 태도(Attitude toward science)' 영역에 대해서는 91.3%의 학생들이 PBL 문제 해결 과정이 과학에 대한 인식의 변화를 가져다주었다고 응답했다(Q9). 특히 91.3%가 문제에 등장하는 직업에 대해 관심을 가지는 계기가 되었다고 응답했다(Q10). 'PBL 실험 수업에 대한 만족도(Student satisfaction)' 영역에서는 82.6%의 학생들이 PBL로 진행된 실험

Table 5. Results of the Questionnaires about PBL Experiment Classes

Category	Question	Response (%) ^a					M	SD
		1	2	3	4	5		
Reality of task	Q1	0	0	26.1	60.9	13.0	7.4	1.1
	Q2	0	8.7	26.1	65.2	0		
Suitability for laboratory course	Q3	0	0	21.7	69.6	8.7	7.0	0.9
	Q4 ^b	0	13.0	60.9	21.7	4.3		
Use of resources	Q5	0	0	8.7	82.6	8.7	8.2	1.0
	Q6	0	0	17.4	43.5	39.1		
Self-directed learning	Q7	0	0	4.3	69.6	26.1	8.0	1.2
	Q8 ^b	8.7	4.3	13.0	52.2	21.7		
Attitude toward science	Q9	0	0	8.7	78.3	13.0	8.0	0.9
	Q10	0	4.3	4.3	78.3	13.0		
Student satisfaction	Q11	0	0	17.4	78.3	4.3	7.5	1.1
	Q12 ^b	0	4.3	34.8	52.2	8.7		
Total							46.2	3.6

^a1. Strongly disagree, 2. Disagree, 3. Neutral, 4. Agree, 5. Strongly agree. ^bNegative question.

수업이 흥미롭고 만족스럽다고 하였다(Q11). 대부분의 학생이 다른 학생들에게 본 수업을 추천하고 싶다고 하였으나, 4.3%의 일부 학생들은 과제와 학습량이 너무 많아 추천하고 싶지 않다고 응답하였다(Q12).

결론 및 제언

본 연구에서는 PBL 전략을 적용한 대학교 「무기화학실험」 수업의 효과를 알아보았다. 연구 결과는 첫째, PBL을 적용한 실험 수업이 학생들의 '자기 주도 학습 능력'을 향상시킨 것으로 나타났다($p < .05$). 동기 조절, 인지 조절, 행동 조절 요인 모두에서 통계적으로 유의미한 향상을 보였으며, 하위 영역 중에서는 '학습에 대한 사랑', '자발적인 계획', '독창적 접근', '미래 지향성', '학습에 대한 책임수용', '탐구적 특성' 영역이 통계적으로 유의미하게 향상되었다($p < .05$). 이러한 결과는 실제적이고 비 구조화된 PBL 문제를 통해 문제를 정의하는 단계에서부터 해결책을 찾아가는 모든 과정이 자기 주도적으로 이루어지기 때문인 것으로 판단된다. 둘째, PBL 전략은 학생들의 '과학에 대한 태도'를 긍정적으로 변화시킨 것으로 나타났다($p < .05$). 하위 영역 중 '과학에 대한 동기', '과학 수업 불안의 제거', '학습 계획 결정 능력', '자기 효능감'에서 통계적으로 유의미하게 향상되었다($p < .05$). 학생들은 문제를 해결하기 위해 전통적인 실험 방법에 비하여 더 많은 시간을 할애하였고, 이에 따라 과학을 접하는 시간이 증가하게 되었다. 또 실생활에서 발생 가능한 문제들을 탐색하고 과학자들의 연구 과정과 유사한 해결 과정을 경험해 보기도 하였다. 이러한 과정들이 과학에 대한 태도에 변화를 가져온 것으로 해석된다. 셋째, 학생들은 PBL 문제가 전통적 실험 수업보다 더 많은 학습 기회를 제공하며 자기 주도 학습을 가능하게 한다고 응답하였다. 또한 학습 과정과 학습 결과물에 대한 책임감을 가질 수 있으나 해결할 문제를 정의하는 과정은 다소 어렵게 느껴진다고 응답하였다. 넷째, 학생들은 PBL 실험 수업에 대해 PBL 문제의 실제성, 실험 교과 수업에 적절성, 자원의 활용성, 자기 주도 학습, 과학에 대한 태도, 수업 만족도 면에서 매우 긍정적인 인식을 보였다. 특히 학생들은 PBL 전략을 자기 주도 학습 능력 향상과 실험 수업에 매우 적합한 학습 방법으로 여겼다.

본 연구를 통하여 PBL 전략이 실험 수업에 적용했을 때에도 학생들의 '자기 주도 학습 능력'과 '과학에 대한 태도'의 향상에 효과적임을 알 수 있었다. 하지만 학생들은 스스로 문제를 정의하는 과정을 가장 어렵게 생각하고 있으므로, 교수자는 문제 해결을 위한 문제 정의 과정에서 보다 적극적으로 학생들에게 안내자의 역할을 하는 것이 필요할 것으로 생각된다. 또한 학생들이 실험과 관련된 이론을 보다 체계적으로 이해할 수 있도록 교수자가 필요한 부분에서 적절한 자료나 강의를 제공한다면 학생들에게 도움이 될 것으로 기대된다.

PBL 수업 전략은 자기 주도 학습 능력, 과학에 대한 태도

외에도 문제 해결력, 협동 학습 능력, 과학에 대한 흥미 향상 등에 긍정적인 효과가 있는 것으로 연구되고 있다. 또한 초·중등학교뿐만 아니라 대학교 수업에도 적용하여 좋은 결과를 얻고 있다. 하지만 실제적이고 비 구조화된 PBL 문제 개발의 어려움, 불충분한 수업 시간, 교수자의 새로운 수업 방식에 대해 두려움 등이 PBL 적용의 문제점으로 제기되고 있다. 따라서 PBL을 효과적으로 수업에 적용하기 위해서는 교과 과정에 적합하면서 교과 내용을 포함하는 적절한 PBL 문제의 개발, 부족한 수업 시간을 보완할 수 있는 온라인 학습의 활용 등이 필요하며 교수자에게 PBL 수업 방식과 그 효과에 대해 충분히 알리는 것이 필요할 것으로 보인다.

REFERENCES

- Barrows, H. S.; Tamblyn, R. H. *Problem-based Learning PS*; Springer-Verlag: NY, USA, 1980.
- Albanese, M. A.; Mitchell, S. *Academic Medicine* **1993**, 68(1), 52-81.
- Walton, H.; Matthews, M. *Medical Education* **1989**, 23, 542-558.
- Torp, L. T.; Sage, S. M. *Problems as Possibilities: Problem-based Learning for K-12 Education*; Association for Supervision and Curriculum Development: Alexandria, VA, USA, 2002.
- Cho, Y. *Problem-Based Learning*; Hakjisa: Seoul, Korea, 2006.
- Boud, D.; Feletti, G. *The Challenge of Problem-based Learning 2nd ed.*; St. Martin's Press: NY, USA, 1997.
- Hmelo-Silver, C. E. *Educational Psychology Review* **2004**, 16, 235-246.
- Jonassen, D. H. *ETR & D* **1997**, 45(1), 65-94.
- Savin-Baden, M.; Major, C. H. *Foundations of Problem-based Learning*; Open University Press: Maidenhead, U.K., 2004.
- Delisle, R. *How to use Problem-based Learning in the Classroom*; Association for Supervision and Curriculum Development: VA, USA, 1997.
- <http://pbln.imsa.edu/model/template/>
- Diggs, L. *Student Attitude Toward and Achievement in Science in a Problem based Learning Educational Experience*; University of Missouri: Columbia, MO, USA, 1997.
- Nowak, J. A. The Implications and Outcomes of using Problem-based Learning to Teach Middle School Science. Doctoral Dissertation, Indiana University, 2001.
- Choi, B. S. *Journal of Educational Development* **2007**, 23(1), 85-107.
- Gallagher, S. A.; Stepien, W. J.; Rosenhal, H. *Gifted Child Quarterly* **1992**, 36(4), 195-200.
- Kang, I.; Kim, S. J. *Journal of Educational Technology* **1998**, 14(3), 1-31.
- Hofstein, A.; Lunetta, V. N. *Science Education* **2004**, 88(1), 28-54.
- Kim, Y. S.; Yang, I. H.; Park, K. S. *Secondary Educational Research Journal* **2006**, 54(1), 79-94.
- Gürses, A.; Açıkyıldız, M.; Doğan, Ç.; Sözbilir, M. *Research in Science & Technological Education* **2007**, 25(1), 99-13.
- Yoon, H.; Woo, A. J. *The Journal of Yeolin Education* **2009**, 17(4), 145-167.
- Guglielmino, L. M. Development of the Self-directed Learning Readiness Scale. Doctoral Dissertation, University of Geor-

- gia, 1977.
22. Kim, C.; Kim, K. S.; Yoo, K. O.; Yoo, G. H. *Korean Journal of Adult & Continuing Education* **1996**, 2(1), 1-25.
23. Hassan, G. *Research in Science & Technological Education* **2008**, 26(2), 129-147.
24. Chung, H. M. *The Journal of Educational Information and Media* **2007**, 13(1), 161-196.
25. Kim, Y. A Study on the Effects of the Inorganic Chemistry Experiment Classes Applied by PBL. Master Thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea, 2009.
26. Kim, S. J.; Shin, Y. K. *Inorganic Chemistry Laboratory*; Korea University: Seoul, Korea, 1985.
27. Lee, S. W. *Inorganic Chemistry Laboratory Manual*; Freedom academy: Seoul, Korea, 1992.
28. Byun, J. C.; Park, Y. C. *Experimental Inorganic Chemistry-Synthesis and Application*; Hyungseul: Seoul, Korea, 1998.
29. Chung, M. K. *Korean Journal of Educational Research* **2003**, 41(4), 157-182.
30. Hmelo, C. E.; Lin, X. *Problem-based Learning: A Research Perspective on Learning Interactions*; Evenson, D. H. & Hmelo, C. E. Ed.; Lawrence Erlbaum Associates: mahwah, NJ, 2000; pp 227-250
31. Oh, M. L. The Effect Analysis of Problem-based Learning (PBL) on the Academic and Affective Characteristics. Doctoral Dissertation, Korea University, Seoul, Korea, 1999.
32. Kim, S. J. The Planning and Application of the Social Affairs Class in Elementary School by Constructivism: A Case Study by Problem-based Learning. Master Thesis, Kyung Hee University, Seoul, Korea, 1998.
33. Savery, J.; Duffy, T. *Educational Technology* **1994**, 35(6), 31-38.
34. Gordon, R. *Phi Delta Kappan* **1998**, 79(5), 390-393.
-