

# A study on the history of project approach and its application for improving mathematical problem solving skill

수학문제해결력 증진을 위한 프로젝트 활용의 역사와 그 적용의 분석

HAN Sun Young 한선영 LEE Jang Joo 이장주

Problem solving skill is one of the core skills in mathematics education. To improve students' problem solving skill, the project approach or project based learning has been developed and applied. A teaching and learning strategy utilizing 'project' encourages students to understand the problem embedded in the project, find and reflect the solution, which might be effective in improving students' problem solving skill. The present study systematically reviews literature regarding project based learning and analyzes the characteristics of project. The findings from the systematic review illuminate an appropriate approach to apply project based learning in mathematics classrooms.

*Keywords:* problem solving, project, project approach, project based learning; 문제해결, 프로젝트, 프로젝트기법, 프로젝트기반학습.

*MSC:* 97C30, 97C90, 97D20 *ZDM:* C30

## 1 서론

문제해결역량은 그 동안 수학 교과목의 교수·학습 목표로서 지속적으로 강조되어 왔다. 2017년부터 시행될 2015 개정 수학과 교육과정에서도 문제해결역량을 포함한 6가지 수학 핵심역량(예: (1) 문제해결, (2) 추론, (3) 의사소통, (4) 창의·융합적 사고, (5) 정보처리, (6) 태도 및 실천)이 제시되어 앞으로도 학교수학에서 문제해결역량을 위한 교수·학습이 지속적으로 강조될 전망이다 [25].

하지만 문제해결력 함양에 대한 지속적인 강조에도 불구하고 수학 교실에 적용시킬만한 구체적인 교수·학습 방법의 개발은 교사의 개인 역량에 전적으로 의존되어왔다. 기존의

수학과 교육과정에서는 학습자의 문제해결력 함양을 위해 교사가 교수·학습 방법상에 유의해야 할 점들을 적시하고 있는 정도이다. 예를 들어 2009 개정 수학과 교육과정은 수학적 문제 해결력을 신장시키기 위하여 유의해야 할 점으로 다음을 제시하고 있다 [21].

- (1) 문제 해결은 전 영역에서 지속적으로 지도한다.
- (2) 학생 스스로 문제 상황을 탐색하고 수학적 지식과 사고 방법을 토대로 해결 방법을 적절히 활용하여 문제를 해결하게 한다.
- (3) 문제 해결의 결과뿐만 아니라 문제 해결 방법과 과정, 문제를 만들어 보는 활동도 중시한다.
- (4) 생활 주변 현상, 사회 현상, 자연 현상 등의 여러 가지 현상에서 파악된 문제를 해결하면서 수학적 개념, 원리, 법칙을 탐구하고, 이를 일반화하게 한다(p. 35).

이와 같은 유의점들은 문제해결력 향상을 위한 교수·학습법의 거시적인 방향을 제시하고는 있지만, 구체적인 수업 모델이나 교과목 활용에 대해서는 제한적이었다. 이에 반해, 2015 개정 수학과 교육과정은 ‘수학 과제탐구’라는 새로운 과목을 개설하여 “일반계 고등학교 학생들이 수학의 기본적인 탐구활동을 자신의 수준에 맞게 선택하여 스스로 수학과 관련된 연구를 수행할 수 있는 능력을 신장” 시키고자 하였다 [29]. 본 연구에서는 ‘수학 과제탐구’라는 새로운 수학 과목의 근간인 프로젝트 기반 학습이 어떻게 문제해결력 함양에 도움을 주는지에 대해 살펴보고자 한다.

이를 위해서는 우선 ‘프로젝트’에 대한 정확한 개념을 가져야 한다. 프로젝트를 활용한 교수·학습 방법은 학습자의 정의적 영역에 대한 긍정적인 효과가 검증되면서 주목받기 시작하였다. 하지만 프로젝트 기반 학습을 학교 현장에서 직접 실행해야 하는 교사들조차 이에 대한 정확한 개념을 갖고 바르게 활용하는 경우가 매우 드물다 [33, 6]. 프로젝트 접근법 내지는 프로젝트 기반학습을 단순한 학습활동이나 문제풀이로 간주하는 경우가 다반사이다. 교사가 프로젝트의 개념을 잘못 이해하고 이를 수업에 적용하면 프로젝트 기반 학습의 학습자에 대한 긍정적 효과를 기대하기가 힘들다. 따라서 본 연구는 프로젝트의 올바른 개념을 정립하기 위해서 그 역사적 해석을 고찰하고 프로젝트기법 및 프로젝트 기반 학습의 실질적 적용에 대한 근 10여 년간의 국내 연구를 분석한다. 이로써 프로젝트활용의 연구 및 교육적 함의를 제시하고자 한다. 또한 이 결과를 바탕으로 프로젝트활용이 ‘수학 과제탐구’라는 하나의 과목에서 특별히 다루어질 것이 아니라 학교 수학 수업 전반에 걸친 교수·학습 방법으로 활용되어야 할 필요성에 대해 논할 것이다.

## 2 ‘문제해결 (problem solving)’의 의미

‘문제해결 (problem solving)’의 의미 규정은 문제해결역량을 정의하는 데 있어서 뿐만 아니라 과제기반학습, 특히 본 논문의 주제인 프로젝트 기반학습의 필요성을 설명하는 데 있어서도 중요한 역할을 한다. 따라서 본 장에서는 그동안 수학 및 수학교육 분야의 연구에서 정의된 ‘문제해결’의 의미를 고찰해 보고자 한다.

문제해결에 대한 학자들의 주요 정의는 다음과 같다.

Polya [26]는 문제해결에 관한 저서 ‘How to solve it’에서 문제해결을 “a way where no way is known, off-hand...out of a difficulty...around an obstacle”이라고 정의하였다. 또한 Polya [26]는 문제를 해결하는 과정으로 4가지 단계(문제의 이해(understanding the problem), 계획 수립(devising a plan), 계획 실행(carrying out the plan), 반성(looking back))를 제시하고 있다. 이러한 Polya의 문제해결에 대한 정의와 문제해결 과정 단계는 이후의 관련 연구에 많이 반영되었다.

Kantowski [9]는 ‘(문제) 해결을 위한 알고리즘이 존재하지 않는 상황에 직면하는 것’을 ‘문제’로 정의하고 문제 해결을 위해서는 그와 관련한 지식을 한데 모아야 한다고 주장하였다.

Reeff [28] 또한 문제해결을 ‘정형화된 해결 과정이 존재하지 않는 상황에서의 유목적적(goal directed)인 생각과 행동’을 하는 것으로 정의하여 기존의 Polya와 Kantowski가 정의한 ‘문제’의 성격과 유사한 면을 보였다.

21세기로 접어들면서 문제해결력에 대한 관심은 더욱 높아졌고, 학습자의 문제해결력을 측정하고자 하는 노력이 지속되었다. 그 중 하나의 결과로 Programme for International Student Assessment [27]는 2012년에 발표한 평가도구에서 그 동안 실시하였던 3가지 영역(읽기(reading), 수학, 과학) 외에 문제해결(problem solving) 영역을 추가하고 문제해결능력(problem solving competence)을 다음과 같이 정의하였다.

[Problem solving competence is] an individual’s capacity to engage in cognitive processing to understand and resolve problem situations where a method of solution is not immediately obvious. It includes the willingness to engage with such situations in order to achieve one’s potential as a constructive and reflective citizen [27, p. 30].

PISA의 문제해결력에 대한 정의는 문제를 이해하고, 계획을 수립하고 실행하는 능력뿐만 아니라 문제를 해결하고자 하는 의지까지도 포함하는 개념으로써 Polya, Kantowski, Reeff의 정의보다 확대된 개념으로 볼 수 있다. 우리나라의 2015 개정 수학과 교육과정은 이러한 여러 학자들의 문제해결에 대한 공통적인 개념을 반영하고 있으며 다음과 같이

문제해결을 정의하고 있다.

문제해결이란 해결 방법을 알고 있지 않은 문제 상황에서 과거에 배운 수학의 지식과 기능을 활용하여 발견 전략을 탐색, 평가하며, 최적의 대안을 선택, 적용하여 주어진 문제를 해결하는 능력.

Polya [26], Kantowski [9], PISA [27]가 정의했던 것과 마찬가지로 ‘해결 방법이 알려지지 않은 문제 상황’이라고 문제의 성격을 규정하고 있으며 그 해결 방법의 과정으로써 ‘발견 전략을 탐색’, ‘평가’, ‘대안 선택’ 등을 제시하고 있다. 또한 2015 개정 수학과 교육과정에서 정의된 문제해결의 하위요소로서 문제의 이해, 문제해결 전략 탐색, 문제 해결 과정 통제 및 반성, 협력적 문제해결, 수학적 모델링, 그리고 문제 만들기의 총 6가지를 나열하고 있다 [25]. 기존의 Polya와 PISA가 정의한 문제해결과정의 요소들과 비교하여 볼 때, 문제의 이해, 문제해결 전략 탐색, 문제 해결 과정 통제 및 반성은 공통적인 요소이지만 협력적 문제해결, 수학적 모델링, 그리고 문제 만들기의 요소는 추가된 요소이다. 따라서 2015 개정 수학과 교육과정에서 정의된 문제해결의 과정은 기존에 정의되었던 개념에 비하여 더 다양한 하위요소를 포함하는 넓은 개념으로 해석된다.

### 3 프로젝트 기반 학습(Project-Based Learning)의 역사

‘프로젝트’는 오랜 세월동안 교육 외의 분야에서 사용되다가 교육 분야로 그 의미가 확장된 용어이다. 많은 학자들이 프로젝트의 교육적 활용에 대하여 논의하였고 실제로 학교 현장에 다양하게 적용되어 왔다. 17세기, 18세기 유럽에서는 건축학 교육에 프로젝트가 활용되었으며 19세기 미국에서는 프로젝트가 범교과적인 교수·학습 방법으로 학교에 도입되었다. 그럼에도 불구하고 프로젝트에 대한 본격적인 논의가 활발히 진행된 것은 1918년 Kilpatrick [11]의 저서 “The Project Method”가 출간되고 이에 대한 후속 논의가 활발히 진행되면서부터이다. 이 사실은 Kilpatrick이 프로젝트 방법을 만들어낸 창시자가 아님에도 불구하고 그가 프로젝트 방법의 아버지라 불리는 이유가 된다. Kilpatrick은 프로젝트를 ‘진심을 다하는 유목적적 행위(heartly purposeful act)’ 또는 ‘유목적적 몰입활동(wholehearted purposeful activity)’이라고 정의하였다. 이는 Kilpatrick이 Dewey의 제자로서 그의 ‘유목적적 행위의 가치(the value of purposeful act)’를 중시한 결과이다. Dewey의 실용주의(Pragmatism)와 경험학습이론(experiential learning theory)은 Kilpatrick의 프로젝트에 관한 관점에 지대한 영향을 미쳤다. Kilpatrick이 프로젝트를 정의함에 있어서 ‘목적’의 필요성을 강조한 이유는 행위의 자유(freedom of action)를 전제로 하였기 때문이다. 따라서 Kilpatrick은 프로젝트를 교육에 활용함에 있어서 학습자의 동기를 가장 중요한 요소로 지적하였다. 극단적으로 Kilpatrick은 ‘목적의식을 가지

고 행하는 모든 것은 프로젝트다' 라고 말하기까지 하였다. 단, Kilpatrick의 프로젝트는 특정 교과에 국한되지 않고 다양한 교과에 걸쳐 적용될 수 있다는 점에서 이전의 프로젝트 방법과는 확연히 구별된다.

그 이후의 Katz & Chard [10]의 프로젝트접근법(project approach) 또한 Dewey와 Kilpatrick의 학습에 대한 이론에 근거하고 있다. Katz & Chard는 프로젝트활동을 “한 주제에 대한 깊이 있는 연구 활동”이라고 정의하고 학습자의 탐구 주제 선택에 대한 자주적인 태도를 강조하였다. 따라서 이러한 Katz & Chard의 프로젝트접근법에 근거한 교육 모델을 들여다보면, 교수자가 학습의 대주제를 정하는 반면, 학습자들이 본인의 흥미에 따라 하위 탐구주제를 정할 수 있도록 허용하는 것을 볼 수 있다. 이는 Capraro, Capraro & Morgan [2]이 프로젝트기반학습(project based learning)을 “잘 정의되지 않은 과제로부터 잘 정의된 결과물을 산출하는 것 (well-defined outcome & ill-defined task)”이라고 정의한 것과 일맥상통한다. 즉, 학습자가 목적의식을 갖고 학습에 임하는 것은 프로젝트 기반 학습에서 필수적임을 의미하며 이는 문제를 해결하고자 하는 의지를 포함한다 [27]. 또한 Barron et al. [1]은 프로젝트를 교실 안에서 행해지는 다양한 학습 경험을 총칭하는 용어로 인식하고 학습자들이 직접 행함으로써 배울 수 있는(learning by doing) 교육 환경을 조성해야 함을 강조하였다. 20세기 이전에 Kilpatrick 또는 Dewey가 정의했던 프로젝트의 개념은 교수·학습 방법을 결정하는 근거로 작용했던 반면, 21세기 이후의 프로젝트에 대한 이론적 배경은 교수·학습 방법뿐만 아니라 교육과정 및 평가의 방식에까지 그 영향력이 넓혀지고 있는 실정이다.

프로젝트기반학습에서 교수자는 교육과정에 근거하여 학습목표를 설정하고 학습자들이 가르치고자 하는 내용을 습득할 수 있도록 프로젝트를 구상한다. 프로젝트를 시작하기에 앞서 교수자는 학습자에게 프로젝트를 소개하고 도출해 내야 하는 것을 제시해야 할 것이다. 대신 학습자들은 다양한 접근 방법을 통해 프로젝트의 결과물을 이끌어낸다. 즉, 교수자들은 프로젝트에서 규정하고 있는 문제 상황을 해결하기 위한 다양한 해결 방법을 생각해내고 시도할 수 있는 환경을 조성시켜야 한다.

Capraro et al. [2]의 프로젝트 기반 학습의 프로젝트는 앞서 정의된 ‘문제’ 상황을 포함한다. 그런 의미에서 프로젝트 기반 학습은 학습자들이 문제의 상황과 그것을 해결해 나가는 과정을 경험하게 된다. 이것이 프로젝트를 활용한 교수·학습 방식이 ‘문제해결력’이라는 수학교육의 핵심 교육목표를 달성하기 위한 하나의 방법으로 제시될 수 있는 이유이다. 다음 절에서는 이에 따라 근 10여 년간의 프로젝트 기반 학습에 관한 연구 논문이 문제해결과 프로젝트에 대한 역사적 정의를 잘 반영하고 있는지의 여부를 살펴보기로 한다.

## 4 프로젝트기반학습의 학교수학에의 적용

프로젝트기반학습 모델을 학교 수학 교실에 효과적으로 적용하기 위해서는 기존의 방식을 분석하여 평가하고 반성하는 과정이 필요하다. 이를 위하여 본 장에서는 2006년부터 2015년도까지 10여 년간 발표된 국내 논문 중 ‘프로젝트기반학습’을 주요 교수·학습 방법으로 하여 현장에 적용한 논문 15편을 추출하였다. 그리고 그 안에서 실시된 ‘프로젝트’들이 Dewey [5], Kiplatrlick [11], Katz & Chard [10], 그리고 Capraro et al. [2]이 역사적으로 정의했던 ‘프로젝트’, ‘구안법’, ‘프로젝트접근법’, ‘프로젝트기반학습’의 개념을 반영하고 있는지 살펴본다. 그리고 프로젝트기반학습의 학교수학교실 적용에서 개선되어야 할 점을 도출한다.

### 4.1 분석 대상 연구의 선정 및 분석 방법

본 연구는 분석 결과의 신뢰도와 타당도를 높이기 위하여 다음과 같은 절차를 통하여 분석 대상을 선정하였다. 첫째, 세 가지 검색엔진(학술연구정보서비스(www.riss.kr), 성균관대학교 학술정보원(lib.skku.edu), 국회도서관(www.nanet.go.kr))을 통하여 국내에서 발표된 프로젝트기반학습과 관련한 논문을 검색하였다. ‘PBL’, ‘프로젝트 기반학습’, ‘project based learning’, ‘프로젝트 접근법’, ‘과제기반학습’을 검색 키워드로 사용하였다. 둘째, 검색된 논문 중 학위논문을 제외하고 국내학술지에 게재된 논문만을 포함시켜 그 결과의 신뢰도를 높이고자 하였다. 즉, 학위논문의 경우 기관 및 학위의 종류에 따라 논문의 질에 큰 편차를 보여 학위논문에 근거한 연구의 결과를 신뢰하여 본 연구에 반영하는데 어려움이 있었다. 셋째, 수학과목에 해당하는 내용과 관련된 프로젝트를 포함하는 논문 17편을 선별하였다. 마지막으로 선별된 논문들의 초록을 검토함으로써 2편은 제외되었다. 제외된 2편 중 한 편은 문제중심학습이 학업성취에 미치는 영향에 대한 메타분석으로서 본 연구에서 요구하는 프로젝트기반학습을 적용한 사례를 포함하기보다 그 동안의 연구들을 종합적으로 분석한 논문이었다. 또 다른 한 편은 프로젝트기반학습을 활용한 교수 방법의 효과를 분석하긴 하였지만 지리학을 중심으로 한 융합(G-STEAM) 모델을 사회과목 수업에 적용한 사례였으며 비록 수학, 과학 등의 내용을 융합적으로 적용한 수업모델이었지만 수학교실에 적용한 사례로는 보기 어려웠다. 최종적으로 선별된 논문은 총 15편으로 체계적 문헌고찰(Systematic Review)을 실시하였다. 본 연구는 프로젝트를 활용한 교수·학습 방법에서 ‘프로젝트’가 어떠한 의미로 구현되고 있는가에 초점이 맞추어 이루어졌으며 프로젝트 활용 수업 방식이 학습자의 정의적·인지적 측면에 미치는 영향은 논외로 하였다. 따라서 양적 자료 분석 결과의 종합적 분석에 적합한 메타분석 없이 프로젝트 자체에 대한 질적 분석만을 이용해 체계적 문헌고찰을 실시하였다.

### 4.2 결과 분석 및 논의

프로젝트를 활용한 교수·학습 방법에 관한 15개의 연구들은 그 교수·학습 방법을 일컫는 다양한 용어를 사용하였다. 그 안에서 구현된 ‘프로젝트’의 유형 또한 다양하였다. 15 편의 논문에 나타난 프로젝트 활용 방법에 대한 용어 및 유형은 Table 1에 정리하였다.

Table 1. A list of the analyzed studies; 분석 대상 연구 목록

번호	저자	년도	프로젝트 활용 모델	대상학습자 학년	구현된 프로젝트	만족하는 핵심 질문
1	김병무	2009	그룹프로젝트	대학교 1학년	개인별 프로젝트 12문제와 그룹별 교과서의 프로젝트 10문제	문항 1 문항 4
2	김보람 정현일	2013	프로젝트 학습동아리 활동	초등학교 5~6 학년	학교 상징물 제작	문항 1 문항 4
3	김상봉 홍성민	2013	프로젝트 학습	초등학교 4학년	‘피라미드의 비밀’ - 피라미드에 대한 궁금증 이야기하기 - 입체도형/평면도형의 관점에서 피라미드 보기 - 각을 이용하여 피라미드 만들기	문항 1 문항 5
4	김지현	2012	프로젝트 접근법: 유아가 흥미를 느끼는 특정 주제에 대해 깊이 있게 연구하는 목적이 있는 활동 방법	5세 유아	역할놀이를 활용한 프로젝트: 마트놀이 프로젝트 - 도입단계: 마트 및 마트놀이에 대한 유아들의 사전 경험을 나누고, 주제망 및 질문목록을 만들 - 전개단계: 두 번의 마트놀이 - 마무리단계: 한 번의 마트놀이	문항 1 문항 4
5	남승인 류성림 백선수	2008	프로젝트형 과제	초등학교 4학년	매 차시 다른 프로젝트 과제 및 활동, 총 16차시 프로젝트를 수학 내적(일반 과제형, 수학사 활용형)/외적(실생활 관련형, 타교과 관련형), 탐구형(자료 수집형, 정보 활용형, 도구 활용형)/ 개인형으로 분류하여 제시 예시) 삼각형 속에 숨어있는 비밀, 각도기를 만들어 봅시다.	문항 1
6	류희찬 장인옥	2010	프로젝트 학습	초등학교 5~6 학년	LOGO 언어의 기본 명령어를 익혀서 그림 그리기 - 구체적인 주제는 학습자 스스로 정하도록 구성함	문항 1 문항 3
7	문연심 이화영	2008	프로젝트접근법	5세 유아	‘바퀴’를 주제로 하여 학습자 스스로 학습하고자 하는 바에 따라 프로젝트 활동 결정 - 바퀴의 길이와 무게 재기	문항 1 문항 3
8	박종률 이현수	2010	프로젝트 학습	초·중등	조노동을 이용한 시어핀스키 사면체 제작 노끈을 이용한 세팍타크로 공 만들기 지오픽스를 이용한 유사정다면체 탐구 색종이를 이용한 성명형 입방 8면체 종이접기	문항 1
9	손주민	2012	프로젝트법	고등학교 1학년	가벼운 나무 소재를 사용하여 창의적인 구조물을 만드는 것	문항 1 문항 2
10	신수진 조완영	2015	프로젝트기반학습: 한 명 또는 그 이상의 학습자가 어떤 주제 또는 과제를 깊이 있게 탐구하는 활동 (Katz & Chard)	중학교 3학년	학교 공간을 활용하여 수학자에 대한 동영상(User Created Contents: UCC)을 제작	문항 1 문항 5
11	양희선 홍진구 심규철	2008	프로젝트 수행 활동 이후 프로젝트 학습으로 명명: 특정한 탐구 주제를 심층적으로 연구하는 활동으로서, 학습자가 학습의 전 과정에서 자기 주도적인 태도를 가지고 주제, 제재, 문제, 쟁점 등을 탐구하고 그 결과를 표현하는 활동	중학교 1~2 학년	논리사고분야, 과학분야, 수리분야, 외국어분야로 나누어 프로젝트 제시 수리분야의 프로젝트는 (1) 숫자 세상살이, 진법으로 풀어낸다, (2) 생활 속의 패턴, 반복의 규칙을 찾는다, (3) 자와 컴퍼스로 세상을 디자인 한다, (4) 감나무길 보도블록을 째매맞춤 한다, (5) 수학을 만져보자, (6) 피타고라스 정리, 나만의 방법으로 증명한다, (7) 정육면체 쌓기 해법을 찾는다, (8) 수학적 게임을 찾아 필승 전략을 세운다, (9) 내가 살고 싶은 집을 설계 한다 등이다.	문항 1 문항 2

12	이민희 임혜미	2013	프로젝트기반학습: 해결 방법이 잘 정의되지 않은 과제로부터 잘 정의된 결과물을 산출하는 것	고등학교 1학년	Module 1: 고대 천문수학서인 주비산경의 내용을 토대로 24절기와 태양의 고도를 탐구 Module 2: 태양의 고도를 토대로 시간을 측정하는 해시계의 원리를 탐구	문항 1 문항 5
13	전영주	2006	사사프로젝트 학습: 학습자가 멘토와 밀착되어 지원을 받으면서도 탐구 및 표현 활동에 주도성을 갖는 학습 형태	고등학교 1~2 학년	$\epsilon - \delta$ 의 정의와 기하학적인 의미, $\epsilon - \delta$ 는 변수 혹은 기호인가, $\epsilon - \delta$ 에 관한 문제, 유계, 완비성공리, 수열의 극한, 함수의 극한, 함수의 연속, 도함수, $\Delta x$ , $\Delta y$ 의 기하학적 의미, 평균값 정리, 로피탈 정리, 테일러 정리	문항 1 문항 4
14	정민수 장성민	2013	프로젝트학습: 학생들이 문제의 해결에 참여하고 그 결과물을 산출하는 과정을 통해 새로운 지식과 기술의 습득을 강조하는 교수·학습방법 프로젝트기반학습: 실제적인 문제 상황에서 상호 협력을 통해 학습 주제를 깊이 탐구하고 해결책을 찾도록 하는 고도의 사고 능력 과정	초등학교 4~5 학년	수학분야의 프로젝트 학습주제: (1) 정다각형으로 이루어진 다면체 찾기 (2) 튼튼한 도형으로 이루어진 다면체 찾기 (3) 경제적인 입체도형 조건 찾기 (4) 다면체에서 구 찾기 (5) 지오데식 등에 대해서 파헤치기 (6) 지오데식 등-너만의 건축물 창조하기 (7) 신재생에너지 테마파크 견학 (8) 여수세계박람회 견학 (9) 암호의 의미 알아보기 (10) 고대의 암호 알아보기 (11) 현대의 암호 알아보기 (12) 나는 암호학 박사	문항 1
15	최혜령 백석운	2006	프로젝트형 문제: 실제 생활과 관련 있는 상황이나 또는 수학 교과와 관련된 상황을 수학적 사고력을 이용하여 해결하는 것으로, 이를 위하여 해결 방법 및 과정에 대한 계획 수립, 올바른 수학적 지식의 선택 및 활용, 효율적인 의사소통이 가능한 과제	초등학교 5학년	자료수집형: 학교 건물 안의 총넓이 조사 도구활용형: 테셀레이션 무늬만들기 정보활용형: 날씨 평균 게임형: 이길 수 있는 방법	문항 1

체계적 문헌고찰을 통한 프로젝트기반학습의 학교수학교실에서의 적용 형태 및 학습자 문제해결역량에 대한 영향을 분석해본 결과 다음과 같은 다섯 가지의 핵심 질문에 대한 답을 끌어낼 수 있었다. 각 연구에 포함된 프로젝트가 아래의 다섯 가지 핵심 질문 중 어느 것을 만족하는지 Table 1에 정리하여 제시하였다.

• 질문 1: 프로젝트는 문제(problem)를 포함하는가?

프로젝트를 활용한 교수·학습 방법은 한 개 이상의 문제를 반드시 포함해야 한다. 예를 들어 최혜령, 백석운 [4]의 연구에서 제시되었던 4개의 프로젝트들은 각각 (1) 학교의 건물 안의 총넓이는? (2) 테셀레이션이란? (3) 자신이 살고 있는 지역의 기상 자료의 평균은? (4) 바둑돌 게임에서 항상 자신이 이기는 방법은? 등의 문제들을 포함하였다. 또, 정민수, 장성민 [8]이 제시한 프로젝트에서는 ‘정다각형으로 이루어진 다면체를 찾아라’라는 문제가 제시되었다. 이와 마찬가지로 본 연구의 분석 대상인 15개의 연구 모두 1개 이상의 문제가 포함되었다.

• 질문 2: 프로젝트는 적절한 제약조건(constraints)을 포함하는가?



프로젝트의 문제를 제시함에 있어서 적절한 제약조건은 학습자의 흥미를 유발하고 좀 더 도전적으로 임할 수 있게 만드는 요소이다. 따라서 교사는 프로젝트의 문제 상황에 맞는 제약조건을 적절히 활용함으로써 학습내용과 프로젝트를 좀 더 긴밀히 연결시킬 수도 있고, 현실적인 학습 상황에 맞게 프로젝트를 변형시킬 수도 있다. 15개의 연구 중 2개의 연구에 포함된 프로젝트에서 제약조건을 활용을 관찰할 수 있었다. 예를 들어, 양희선, 홍진구, 심규철 [32]이 제시한 프로젝트들 중 하나인 ‘내가 살고 싶은 집을 설계한다’를 실행함에 있어서 ‘집의 모양은 정다면체를 바탕으로 한다’라는 제약조건이 함께 제시되었다. 이는 정다면체라는 학습 내용을 프로젝트와 연결시키기 위한 장치로서 학습자들은 자신이 살고 싶은 집을 설계하는 프로젝트를 수행함에 있어서 정다면체를 활용해야 하는 제약조건을 동시에 충족시켜야 한다. 또한 손주민 [31]의 연구에 나타난 프로젝트는 급수탑을 만드는 과제를 포함하였는데 학습자들이 급수탑 만들기를 실행하기에 앞서 교사는 활동지를 통해 몇 가지 제약 조건을 제시하였다. 활동지에 의하면 ‘종이 기둥의 지지구조물은 다면체 모양으로 만들게 된다’라고 하여 프로젝트의 최종물로 만들어질 급수탑이 ‘종이’로 만들어져야 하며, ‘다면체’ 모양이어야 한다는 조건을 내포하고 있다. 이러한 제약조건은 프로젝트를 수행하는 모든 학습자들에게 공통으로 적용되는 것으로서 이후 최종물을 평가함에 있어서 공정성을 부여할 것이다.

• 질문 3: 프로젝트는 ‘잘 정의되지 않은 과제(ill-defined task)’를 포함하는가?

연구논문들에서 프로젝트에 속한 문제의 성격은 다양하게 나타났다. 프로젝트 접근법 또는 프로젝트기반학습이 학습자의 문제해결력 향상을 목적으로 하고 있는 만큼 그 안에 포함된 문제는 비정형화된 문제이며 학생들의 실생활과 밀접하게 연결된 것이 바람직하다. 하지만 본 연구의 대상이 된 15개의 연구에 포함된 프로젝트 중에서는 정형화된 문제 또는 실생활과 관련 없는 문제들이 많았다. 예를 들어 위에서 제시된 정민수, 장성민 [8]의 프로젝트인 ‘정다각형으로 이루어진 다면체를 찾아라’의 경우 프로젝트 참여 학습자의 학년을 고려하더라도 비정형의 문제라고는 보기 힘든 면이 있었다. 그리고 프로젝트의 최종물을 만들기 위해 필요한 절차를 학습자에게 제시하는 경우가 있었다. 남승인, 류성림, 백선수 [23]는 16차시에 걸쳐 수학 학습 내용에 따른 각기 다른 프로젝트를 제시하였는데, 두 가지 프로젝트에 대해 구체적인 절차가 포함된 활동지를 제공함으로써 학습자들이 그 절차를 따라가게 하였다. 예를 들어, ‘각도기를 만들어 봅시다’라는 프로젝트를 다음과 같은 잘 정의되지 않은 과제로 소개하고 있다.

각도기는 학교에서 자주 사용하는 측정도구들 중의 하나임에도 불구하고 가장 이해하기 어려운 도구들 중의 하나입니다. 그러한 어려움은 단위(1°)

가 매우 작기 때문에 발생할 수 있는데, 실제로  $1^\circ$ 를 잘라서 사용하는 것은 거의 불가능합니다. 또 다른 문제점은 대부분의 각도기에는 시계방향과 반시계 방향으로 모두 숫자가 적혀 있으므로 어느 숫자를 읽을지 잘 모릅니다. 따라서 큰 단위각으로 이루어진 각도기를 만들면 이러한 어려움을 어느 정도 해소할 수 있습니다. 우리 스스로 각도기를 만들어 봅시다. [23, p. 92]

하지만 단계별 활동을 나열함으로써 학습자들이 각도기를 만들기 위해 과정을 따라갈 수 밖에 없도록 유도하였다. 박종률, 이현수 [24]는 수학 창의문제 해결 대회에서 실행된 네 가지 프로젝트에 대해 소개하였는데, 그 중 한 프로젝트, ‘매듭을 이용한 세팍타크로 공 만들기’를 그림을 이용하여 소개하였다. 제시된 활동지 그림에 의하면 이 프로젝트는 총 7개의 과정별 질문으로 이루어져 있다. 예를 들어 첫 번째 질문은 ‘6장의 끈으로 세팍타크로 공을 만들어 보자. 모든 끈이 엇갈리게 하면서 원을 형성하도록 연결하고, 그림과 같이 정오각형과 정육각형 모양이 나타나도록 끈을 붙이자.’이며 마지막 질문은 ‘세팍타크로 공과 축구공의 공통점을 찾아보세요.’이다. 이로써, 학생들은 매듭을 이용한 세팍타크로 공을 만드는 과정에 대해 스스로 사고할 수 있는 기회를 갖지 못하고, 교수가 제시한 과정을 따라감으로써 과제를 마칠 수 있었다. 또한, 남승인 외 [23]와 박종률, 이현수 [24]의 경우, 각기 ‘프로젝트형 과제’ 또는 ‘프로젝트 학습’으로 정의한 교수·학습에서 학습자에게 스스로 문제 상황을 해결할 수 있도록 하기보다 문제 해결에 도움을 주는 실마리를 제공하였다. 이는 프로젝트기반학습에서 보장되어야 할 학습자의 선택권과 스스로 탐구할 수 있는 기회를 없앤다는 점에서 진정한 프로젝트기반학습의 효과를 기대하기 힘들 것이다.

반면에 프로젝트에 있어서 학습자의 선택권을 중시하여 학습자로 하여금 스스로 프로젝트 주제를 선택하게 한 경우도 있었다. 류희찬, 장인옥 [20]은 LOGO를 이용한 프로젝트 학습이 학생들의 전략적 사고에 미치는 영향을 분석한 연구에서 조별로 프로젝트 주제를 제시하고 어떤 그림을 어떻게 그릴 것인지 상호 협력하여 결정하도록 하였다. 또, 문연심, 이화영 [22]도 프로젝트에서 학습자의 주제 선택권을 중요하게 지적하고, ‘바퀴’라는 대주제를 교사가 정한 후 학습자들이 소주제를 정할 수 있도록 하였다. 이 두 가지 연구에서 제시된 프로젝트의 결과에서 보여지 듯, 주제를 학습자 스스로 정하게 하는 것은 마치 프로젝트 자체가 잘 구성되지 못한 것처럼 보일 수 있으나 단지 제시된 문제 상황을 해결하기 위한 과제가 정하여지지 않은 것뿐이므로 이와 구별되어야 한다 [2].

- 질문 4: 프로젝트는 학습자의 동기를 유발하는가?

프로젝트 접근법이나 프로젝트 기반학습은 다양한 방식으로 학습자의 동기를 유발한다. 가장 대표적인 방법으로 프로젝트에 제시된 문제 상황이 실생활과 연관되어 학습자들이 문제해결의 동기를 갖게 되는 경우이다 [14, 17, 3]. 예를 들어 김보람, 정현일 [13]의 논문에서 실행된 프로젝트는 교사가 프로젝트의 대 주제를 소개함으로써 시작하였다.

우리학교의 역사는 2013년 현재 74년째를 맞이하고 있다. 많은 것들이 낡고, 오래되었지만 학교의 역사를 이어나가는 우리들이 할 수 있는 일을 생각해보자! 우리 학교가 즐거운 공간으로, 학생들에게 꿈과 희망을 줄 수 있는 공간으로의 변화를 위해 우리학교를 상징할 수 있는 조형물을 만들어 학교의 역사와 학교가 우리에게 주는 의미를 알고, 우리학교를 후배들에게 자랑스럽게 물려주자! [13, pp. 34-35]

이는 학습자로 하여금 자신이 재학 중인 학교의 상징물을 만들고 직접 모형을 제작한다는 점에서 흥미로운 프로젝트임에 틀림없다. 그리고 모빌을 이용한 모형 제작 과정에서 그 동안 수학, 과학 등의 과목에서 배웠던 기하 또는 물체의 운동에 관한 내용들을 적용할 기회를 갖게 됨으로써 학습자의 동기를 유발하게 된다. 실생활과 관련한 프로젝트를 통하여 학습자의 흥미를 유발시키려는 노력은 김지현 [15]의 연구에도 나타났다. 유아를 대상으로 하는 프로젝트 활동을 고안함에 있어서 김지현은 일상생활을 가장 자연스럽게 반영한 놀이로써 역할놀이를 접목하여 프로젝트 접근법의 효과를 높이고자 하였다.

실생활 관련 문제를 활용한 프로젝트 외에도 도전적인 수학문제 자체로 학습자의 흥미를 일으키는 경우도 있었다. 김병무 [12]는 높은 난이도의 대학수학 문제들을 이용한 프로젝트를 수행하였다. 그 결과 61%의 학습자들이 “프로젝트 수행을 통해 수학 학습에 더 흥미를 느꼈다”라고 대답하였고 ‘문제를 풀었을 때의 쾌감, 난이도가 높은 것을 해결할 수 있다는 생각’ 등을 구체적인 이유로 제시하였다. 이와 마찬가지로 전영주 [7]는 논문에서 제시한 프로젝트에서 고등학교 1-2학년 학생들을 대상으로  $\epsilon$ - $\delta$ 의 정의와 기하학적 의미를 이용한 수열의 극한을 설명함으로써 새로운 탐구내용을 제시하여 학습자들의 흥미와 집중력을 크게 분출하도록 하였다고 평가하였다. 하지만 고난이도의 도전적인 문제를 이용하여 학습자의 동기를 유발하는 전략은 학습자의 내용에 관한 지식 정도나 학습 능력 등을 고려하여 이용되어야 한다. 김병무 [12]와 전영주 [7]의 경우 각각 대학교와 고등학교 학생들을 대상으로 하였지만, 이와 같은 전략이 초등학교나 중학교 학생들에게도 마찬가지로 효과적인지는 후속 연구에서 밝혀져야 할 부분이다.

- 질문 5: 프로젝트는 기술·공학적 요소를 포함하는가?

기술·공학적 요소는 Kilpatrick의 구안법이나 Katz & Chard의 프로젝트 접근법에서는 강조되지 않았고 Capraro et al. [2]이 정의한 프로젝트기반학습에서는 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 융합교육과 동반하여 중요한 요소로서 지적되고 있다. 이민희, 임해미 [19]는 프로젝트를 두 가지 모듈(Module)로 구성하였다. 첫 번째 모듈에서 학습자는 24절기의 의미와 특징을 조사하고, 동양의 오래된 천문서이자 산학서인 주비산경(周髀算經)에 제시된 옛 중국 주(周)나라의 바늘해시계(gnomon)인 주비(周髀)의 길이에 대한 그림자의 길이 계산을 토대로 태양의 고도를 계산하도록 하였다. 학습자들은 이 활동을 통하여 닳은꼴과 비례계산, 관찰 및 추론활동으로 구고술(句股術) 즉, 삼각비, 삼각함수, 삼각함수의 역함수 등의 현대적인 수학적 내용을 학습할 수 있다. 두 번째 모듈에서는 태양의 고도 변화를 통해 시간을 측정하는 해시계의 원리를 토대로 새로운 해시계를 설계해보는 활동을 하여 공학적 요소를 포함하였다. 또한 신수진, 조완영 [30]이 제안한 UCC를 활용한 프로젝트 기반 수업에서는 학습자들로 하여금 수학자의 일화를 조사하고 그에 기반한 시나리오를 작성하여 스마트폰이나 디지털 카메라를 이용해 UCC에 필요한 동영상 제작하게 하여 기술적 요소를 포함시켰다. 김상룡, 홍성민 [16]은 초등학교 4학년 학생들을 대상으로 한 24차시 분량의 프로젝트를 개발하였다. 초등학교 4학년 1학기에 다루지는 ‘각도’와 ‘삼각형’을 주요 내용으로 하였으며 ‘피라미드’라는 역사적 산물을 수학의 주요 개념과 연관시켰다. 전체 프로젝트는 (1) 피라미드에 관심 갖기, (2) 피라미드의 모양 알아보기, (3) 피라미드의 각 알아보기, (4) 각을 이용하여 피라미드 구성하기, (5) 모뎀 피라미드 만들기의 총 5가지 세부 과제로 이루어졌으며, 이러한 과정을 통하여 프로젝트의 마지막에는 ‘피라미드 만들기’를 완성할 수 있도록 구성하여 공학적 요소를 포함시켰다. 반면에 김병무 [12]의 연구에 제시된 프로젝트는 총 22개의 문제를 제시하였는데 대부분 대학수학에서 다루지고 있는 정형화된 문제들이 포함되었다. 또한 자료 조사나 수학 문제 풀이 등과 같은 활동으로 구성되어 있어 기술·공학적 요소가 포함되지 않은 프로젝트로 평가된다.

## 5 결론

수학교육의 목표 중 하나로 강조되고 있는 문제해결력을 위해 학교 현장에서 시도할 수 있는 전략으로 본 연구는 프로젝트 기반 학습을 제시하고 있다. 첫째, 과연 프로젝트 기반 학습이 문제해결력이라는 교육 목표를 달성하는 데 효과적인가라는 질문에 대해 문제해결 및 프로젝트에 대한 역사적 고찰을 통해 접근하였다. 역사적으로 학자들이 ‘문제해결’을

어떻게 정의하고 있는가를 살펴봄으로써 프로젝트 기반 학습이 학습자의 문제해결력을 위해 효과적일 수 있음을 도출하였다. 즉, 수학자 또는 수학교육자들은 ‘문제해결’을 정의함에 있어서 공통적으로 ‘알고리즘을 이용하여 해결이 불가능한 비정형화된 성격’을 그 문제의 특징으로 지적하고 있다. 이러한 문제해결의 정의에 기반하여 볼 때, 학습자들의 문제해결력을 길러주기 위해서는 비정형화된 문제를 경험하고 그것을 해결해 나가는 과정을 제공함이 효과적일 것이다 [18]. 따라서 Kilpatrick [11]의 구안법, Katz & Chard [10]의 프로젝트 접근법, 그리고 Capraro et al. [2]의 프로젝트 기반 학습이 공통적으로 지적하고 있는 프로젝트의 특징이 바로 이러한 문제해결력을 길러주기 위한 교육 환경과 많은 점에서 일맥상통함을 알 수 있다. 그러므로 앞으로 새롭게 도입될 2015 개정 수학과 교육과정에서 프로젝트를 활용한 교수·학습 방법은 문제해결력이라는 중요한 핵심역량을 위하여 ‘수학과제탐구’라는 과목뿐만이 아니라 전 수학 교과 과정에서 강조되어야 할 것이다. 이에 따라 학교 수학교육에서 활용할 수 있는 충분한 프로젝트자료가 개발, 제시되어야 한다.

둘째, 본 연구는 학교 현장에서 올바르게 프로젝트를 활용할 수 있게 하기 위하여, 그동안 학술 논문에서 다루어졌던 프로젝트들의 성격을 분석하여 앞으로 개선되어야 할 부분을 도출하였다. 그 결과 ‘문제해결’과 ‘프로젝트’의 역사적인 발생 배경에 맞지 않게 프로젝트를 구상하고 실행하는 경우가 적지 않게 있었음을 알 수 있었다. 특히, 프로젝트에 포함된 과제를 제시하는 방식이나 기술·공학적 요소를 포함하는 면에서 제한점을 볼 수 있었다. 프로젝트의 과제를 학습자에게 제시하는 방식은 프로젝트에 포함된 문제의 성격과 밀접한 관계를 갖는다. 즉, 교수자가 학습자에게 과제를 직접적으로 제시해 주거나 혹은 여러 세부 단계 과정을 거치면서 학습자가 문제를 해결할 수 있도록 할 경우에는 제시된 문제는 정형화된 성격을 가지게 된다. 반면, 학습자로 하여금 프로젝트에서 도출해야 할 과제를 직접 찾도록 하는 것은 문제의 비정형화된 성격을 강조하는 측면이 있다. 따라서 문제해결력 함양이라는 교육 목적을 달성하기 위해 프로젝트 기반 학습을 적용할 경우, 프로젝트의 과제를 제시하는 방식에 유의해야 할 것이다. 프로젝트에 제한적으로 포함되는 경우가 많았던 기술·공학적 요소는 프로젝트 학습에 필수적으로 포함되어야 하는 것은 아니지만, 과학, 기술, 공학, 수학 과목의 융합교육(STEM)에 대한 강조와 더불어 프로젝트 기반 학습의 학교 적용에 적극적으로 고려해볼 가치가 있다.

마지막으로, 본 연구 결과를 바탕으로 할 때, 프로젝트 기반 학습의 실행에 있어서 문제해결 및 프로젝트의 개념에 대한 교사의 이해가 중요함을 알 수 있었다. 프로젝트 기반 학습이 올바르게 적용되지 못한 사례들의 대부분은 그 프로젝트를 개발한 교사가 문제해결 및 프로젝트의 의미를 깊이 이해하지 못했기 때문으로 예상된다. 따라서 앞으로 문제해결력이라는 핵심역량의 강화와 더불어 프로젝트 기반 학습을 학교 현장에 적용하고자 할

때에는 이것에 대한 올바른 이해와 더불어 좋은 자료의 제시가 필요할 것이다.

## References

1. BARRON B. J. S. et al, The Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1998), Doing with understanding: Lessons from research on problem- and project-based learning, *The Journal of the Learning Sciences* 7(3-4), 271-311.
2. CAPRARO R. M., CAPRARO M. M., MORGAN J. R. (Eds.), *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*, Springer Science & Business Media, 2013.
3. CHANG H., Diversity of Problem Solving Methods about a Problem of Area from the History of Mathematics by High Achieving Elementary School Students, *The Korean Journal for History of Mathematics* 21(4)(2008),153-168. 장혜원, 수학사의 한 낚이 문제에 대한 초등수학 우수아의 풀이 다양성 탐색, *한국수학사학회지* 21(4)(2008),153-168.
4. CHOI H., PAIK S., An Analysis on the Mathematical Communication and Attitudes in the Process of Solving Mathematical Project Problems, *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea* 10(1)(2006), 43-66. 최혜령, 백석윤, 프로젝트형 문제 해결 과정에서 보이는 수학적 의사소통 활동과 수학적 태도 분석, *한국초등수학교육학회지* 10(1)(2006), 43-66.
5. DEWEY J., *Experience and education*, New York, NY: Macmillan, 1938.
6. HAN S. et al, In-service teachers' implementation and understanding of STEM project based learning, *Eurasia Journal of Mathematics, Science, and Technology Education* 11(1)(2015), 63-76.
7. JEON Y., Teaching Mathematically Gifted Students Through Mentor-Project Studying, *Journal of the Korean School Mathematics Society* 9(2)(2013), 163-177. 전영주, 사사프로젝트 학습을 통한 수학영재 지도, *한국학교수학회논문집* 9(2)(2013), 163-177.
8. JUNG M., JANG S., The Effect of the Project-Learning for Gifted Student on Improvement of Creativity, *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented* 12(2)(2013), 69-91. 정민수, 장성민, 프로젝트 학습이 영재의 창의성 향상에 미치는 효과, *영재와 영재교육* 12(2)(2013), 69-91.
9. KANTOWSKI M. G., *Some thoughts on teaching for problem solving*, NCTM Yearbook, 1980, 195-203.
10. KATZ L., CHARD S., *Engaging children's mind: The project approach*(2nd Ed.), Standford, CT: Aplex Publishing Co, 1995.
11. KILPATRICK W. H., *The Project Method*, Teachers College Record, 1918.
12. KIM B., The Effect of Group Projects in College Mathematics Teaching, *Communications of Mathematical Education* 23(4)(2009), 1043-1058. 김병무, 대학수학 학습에서 그룹 프로젝트의 효과, *수학교육논문집* 23(4)(2009), 1043-1058.
13. KIM B., Jung H. A Case Study of an Arts-Based STEAM Education Program Through Making a Symbolic Mobile Project, *Art Education Research Review* 27(3)(2013), 23-48. 김보람, 정현일, Mobile을 활용한 미술중심의 STEAM 교육 프로그램 사례연구: 학교 상징물 제작 프로젝트를 중심으로, *미술교육논총*, 27(3)(2013), 23-48.

14. KIM J., Ancient Greece Mathematics and Oriental Mathematics, *The Korean Journal for History of Mathematics* 20(2) (2007), 47–58. 김종명, 고대 그리스 수학과 동양수학, *한국수학사학회지* 20(2) (2007), 47–58.
15. KIM J., The Effect of Project Activity Based on Role Play on 5-Year-Olds' Mathematical Ability, *Journal of Korean Home Management Association* 30(6) (2012), 115–127. 김지현, 역할놀이를 활용한 프로젝트 활동이 유아의 수학적 능력에 미치는 효과, *한국가정관리학회지* 30(6) (2012), 115–127.
16. KIM S., HONG S., Developing Mathematical Learning Project Using Pyramid, *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea* 17(2) (2013), 245–263. 김상룡, 홍성민, 피라미드를 소재로 한 수학 학습 프로젝트 개발, *한국초등수학교육학회지* 17(2) (2013), 245–263.
17. LEE D., SEO K., The History of Mathematical Problem Solving, *The Korean Journal for History of Mathematics* 17(4) (2004), 123–132. 이대현, 서관석, 수학 문제해결의 역사와 모델링 관점, *한국수학사학회지* 17(4) (2004), 123–132.
18. LEE J., Knowledge Construction on Mathematics Problem Solving, *The Korean Journal for History of Mathematics* 17(3) (2004), 109–120. 이중권, 수학탐구학습에서 지식 형성에 대한 연구, *한국수학사학회지* 17(3) (2004), 109–120.
19. LEE M., RIM H., A Design and Effect of STEAM PBL Based on the History of Mathematics, *School Mathematics* 15(1) (2013), 159–177. 이민희, 임해미, 수학을 활용한 융합적 프로젝트기반학습(STEAM PBL)의 설계 및 효과 분석, *학교수학*, 15(1) (2013), 159–177.
20. LEW H., JANG I., The Strategic Thinking of Mathematically Gifted Elementary Students in LOGO Project Learning, *Journal of Educational Research in Mathematics* 20(4) (2010), 459–476. 류희찬, 장인옥, LOGO를 이용한 프로젝트 학습에서 나타난 초등 수학영재 학생들의 전략적 사고, *수학교육학연구* 20(4) (2010), 459–476.
21. Ministry of Education and Science Technology, *Curriculum of Mathematics* (No. 2011-361), 33–36. 교육과학기술부, *수학과 교육과정* (제 2011-361호), 33–36.
22. MOON Y., LEE H., The Effects of the Project Approach Method on Young Children's Measurement Ability and Mathematical Attitudes: "Wheel" Project Activity, *Korea Journal of Child Care and Education* 54(2008), 141–161. 문연심, '바퀴' 프로젝트 활동이 유아의 측정능력 및 수학적 태도에 미치는 효과, *한국영유아보육학* 54 (2008), 141–161.
23. NAM S., RYU S., BAEK S., A Study on Developing and Using Mathematics Learning Program Which Can Be Used To Connect Schooling and Home Education for the Other Days of 5 Days-Schooling: Centered on Project Learning, *Journal of Korea Society of Educational Studies in Mathematics* 10(1) (2008), 79–103. 남승인, 류성림, 백선수, 주 5일 수업제 시행에 따른 학교와 가정을 연계한 수학학습프로그램 개발과 활용에 관한 연구, *학교수학*, 10(1) (2008), 79–103.
24. PARK J., LEE H., A Study on the Awareness of the Gifted for the Camp of Mathematical Creative Solving Problem, *Education for Scientific Talent* 2(3) (2010), 17–29. 박종률, 이현수, 수학 창의문제 해결 대회에 대한 영재학생들의 인식, *과학영재교육* 2(3) (2010), 17–29.
25. PARK S., A Draft on the Nature, Objective, Teaching-Learning, and Evaluation of the Revised Mathematics Curriculum, A Forum on the Policy Research for the 2015 Revised Mathematics Curriculum Development, 2015, 21–46. 박선화, 개정 수학과 교육과정의 성격, 목표, 교수·학습 및 평가 시안, 2015 개정 수학과 교육과정 시안 개발 정책 연구

- 공청회, 2015, 21-46.
26. POLYA G., *How to solve it*, Princeton: Princeton University, 1945.
  27. Programme for International Student Assessment, *PISA 2012 results: Creative problem solving*, OECD, 2012.
  28. REEFF J. P., New Assessment Tools for Cross-Curricular Competencies in the Domain of Problem Solving, URL (31.07. 2006): <http://www.ppsw.rug.nl/~peschar/TSE.pdf>, 1999.
  29. SHIN D., The Content Organization and Relating Issues on the High School Mathematics Common Subject 'Mathematics Problem Solving', A Forum on the Policy Research for the 2015 Revised Mathematics Curriculum Development, 2015, 91-93. 신동관, 고등학교 수학과 보통교과 '수학과제탐구' 내용 구성 및 관련 사항, 2015 개정 수학과 교육과정 시안 개발 정책 연구 공청회, 2015, 91-93.
  30. SHIN S., CHO W., The Effects on Project-Based Learning Using UCC on Affective Domains: Focused on the "A Mathematician", *Bull. Sci. Edu.* 30(1)(2015), 1-16. 신수진, 조완영, UCC를 활용한 프로젝트 기반 수업이 수학의 정의적 영역에 미치는 영향, 과학교육 연구논총 30(1) (2015), 1-16.
  31. SON J., A Case Study on Project Learning of Architectural Design in Job-Specialized High School Based on PDIE Model of STEAM, *The Korean Journal of Technology Education* 12(3) (2012), 132-155. 손주민, STEAM의 PDIE모형을 적용한 특성화고 건축디자인 프로젝트 수업 사례 연구, 한국기술교육학회지 12(3) (2012), 132-155.
  32. YANG H., HONG J., SHIM K., Study on Improving of Creativity of Gifted Students Using the Project-Based Task, *Journal of Gifted/Talented Education* 18(1) (2008), 111-137. 양희선, 홍진구, 심규철, 프로젝트 수행 활동을 통한 영재들의 창의성 신장에 대한 연구, 영재교육연구 18(1) (2008), 111-137.
  33. YOON E., Some Problems of the Project Approach in Practice, *The Journal of Child Education* 15(3) (2006), 187-198. 윤은주, 프로젝트 접근법의 반성적 실천: 그 이해와 오해, 유아교육 15(3) (2006), 187-198.