

초등 과학과 ICT 활용 프로젝트 기반 학습 수업 모듈 개발 및 적용

이상균 · 이용섭[†] · 김상달[‡] · 최성봉[‡] · 김순식[‡]
 (웅동초등학교) · (부산교육대학교)[†] · (부산대학교)[‡]

Development and Effects of the Project-Based Learning Instruction Module Using ICT in Elementary School Science Classroom

Lee, Sanggyun · Lee, Yongseob[†] · Kim, Sangdal[‡] · Choi, Sungbong[‡] · Kim, Sunsik[‡]
 (Ungdong Elementary School) · (Pusan National University of Education)[†] · (Busan National University)[‡]

ABSTRACT

The purpose of this study is to find out the effects of learning that has applied instruction module utilizing ICT in project-based learning in elementary science classroom on improvement of the self-directed learning skills and the problem-solving skills. For this purpose, the project based learning instruction module utilizing ICT based was developed and conducted to 2 class consisting of 66 elementary students in the 6th grade to clarify the effects. As a result of the study, first, the instruction module utilizing ICT in project-based learning was effective in improving self-directed learning skills of students. As the subordinate effects of self-directed learning skills it showed improved effects in diagnosing desire to learn, setting goals, basic self-managing ability, selecting learning strategy, durability of practicing learning, making effort for result, and self-examination but it did not show improved effects in figuring out recognition of resources for Learning.

Second, it was effective in improving the problem-solving skills of students. As the subordinate effects of problem-solving skills it showed improved effects in problem recognition, information gathering, analysis, thinking prior to dissemination, planning skill, and evaluation but it did not show effect on decision making, implementation & risk-taking and feedback.

Key words : elementary sciences classroom, project-based learning, instruction module utilizing ICT

I. 서 론

미래 사회에는 종전과 같은 지식의 암기나 단순한 재생의 기능보다는 정보나 지식을 수집하고 분석하며 비판하고 조직하여 종합하는 능력이나 기존의 지식과 기술을 바탕으로 새로운 지식이나 정보를 창출해내는 고차원적인 사고 능력이 필요하다(이상훈, 2002). 이런 사회적인 변화에 맞춰서 교육도 단편적인 지식 위주의 교육에서 탈피하여 학생들의 문제 해결 능력과 자기주도적 학습 능력을 길러주는 방향으로 변화되어야 한다.

과학과 교육에 있어서도 '미국 과학발전협회(Ame-

rican Association for the Advancement of Science, AAAS)'에서는 과학을 실제적인 방법으로 가르치고, 학생들의 과학에 대한 충분한 이해를 위해 실제 생활에 관련된 문제들을 제기하고, 협력 학습을 통하여 문제를 해결하도록 하고 있다(정찬길, 2005). 김주훈(2006)은 개정 7차 과학과 교육 과정의 개정 방향에서 창의성의 추구를 위한 방안으로 문제 해결 능력의 신장을 위한 탐구 활동과 학습 방법에 있어서 프로젝트 학습, 자유 탐구 등 자기주도적 학습을 통한 개방적 개별 학습 기회를 제공하는 것을 효과적인 방안으로 제시하고 있다.

이러한 요구와 관련하여 학생들의 창의력, 자기

주도적 학습 능력과 문제 해결 능력 등 고차원적 사고력의 신장을 위한 다양한 교수·학습 방법들이 교육 현장에서 논의되고 있다.

프로젝트 기반 학습(Project Based Learning)은 구성주의 패러다임에 근거한 교수·학습 방법으로서, 한 주제의 프로젝트를 완성해 나가는 과정에서 학생 스스로 지식을 구성하게 된다. 즉, 학습자는 비구조적이고 실제적인 문제 상황으로부터 문제를 발견하고 정의한 후, 스스로 학습 주제를 설정하여 다양한 형태의 학습 활동과 구조화된 탐구 과정을 통해 문제를 해결해 나가는 학습자 중심 교수·학습 방법이다(정미경, 2004).

ICT(Information Communication Technology) 활용 교육은 교육 정보화를 통해 학생들에게 정보 활용 능력을 길러줌으로써 정보화·지식 기반 시대의 대열에 능동적으로 대처하고 개개인의 창의와 능력을 최대한 계발할 수 있도록 도와주어야 한다는 교육의 새로운 대응책이다(최운필, 2004). 또한, ICT 활용 교육은 사용자가 시간과 장소의 제한을 극복하도록 하고, 교과서와 교실의 장벽을 초월하며, 교사와 학생에게 최신의 자료와 개별 학습을 지원하며, 교육 과정을 확대시키는 등 수많은 실제적 이익을 제공한다(정효숙과 전우천, 2002)는 장점을 가지고 있다. 반면, 윤정인(2005)은 실제 학교에서는 ICT의 장점을 효과적으로 활용한 수업이 이루어지기 보다는 교사가 학생에게 일방적으로 멀티미디어 자료를 제시하는 형태의 수업이 주로 이루어지는 문제점을 지적하고, ICT 활용 교육의 학습 효과를 극대화하기 위해서는 교사 주도의 자료 제시 형태가 아닌 학습자 중심의 ICT 활용 교육 방안 마련의 필요성을 제기하고 있다. 따라서 학습자 중심의 ICT 활용 교육의 새로운 방법으로 제시할 수 있는 것이 바로 ICT를 활용한 프로젝트 기반 학습이다.

ICT 활용 프로젝트 기반 학습은 프로젝트 기반 학습에 ICT 활용 교육 장점을 효과적으로 접목시킨 학습 방법으로, 학습자들이 제시된 문제를 해결하기 위해 모둠별로 구체적인 실천 계획을 세우고, 인터넷과 ICT 도구를 활용하여 해결책을 찾고 산출물을 만드는 과정을 통해 새로운 지식과 능력을 습득하게 되는 학습 방법을 의미한다(정찬길, 2005). 하지만 본 연구에서 사용한 초등학교 단계의 ICT 활용 프로젝트 기반 학습이란 과학 교과를 중심으로 대표되는 주제나 개념을 학습하기 위해 인터넷

이나 ICT 도구를 적절히 활용하여 실생활과 관련된 한 가지 주제를 심층적으로 연구하는 활동을 의미한다.

Blumenfeld 등(1991)은 프로젝트 기반 학습은 ICT를 함께 접목시켰을 때 뛰어난 학습 효과를 가져온다고 하였으며, 윤정인(2005)은 ICT를 활용한 프로젝트 기반 학습은 자료 제시를 위주로 하는 단순한 ICT 활용 수업이 가진 문제점을 극복할 수 있는 효과적인 학습 방안이라고 하였다. 즉, 프로젝트 기반 학습이 학생들로 하여금 적극적이고 자기 주도적으로 학습에 참여하도록 유도한다면, ICT의 적절한 활용은 학생이 학습을 해나가는 과정에서 학습의 범위를 넓혀주고 학습의 증거물을 구체적으로 구현하는데 도움을 줄 것이다.

최근 국외에서는 ICT와 프로젝트 기반 학습을 접목한 학습 방법에 대한 연구(Blumenfeld *et al.*, 1991; Simkin, 1999; Laffey *et al.*, 1998; Penuel, 1999; Guzdial, 1998; Markhame *et al.*, 2003)가 활발히 진행되고 있으나, 국내에서는 아직 ICT와 프로젝트 기반 학습을 접목한 수업 방법에 대한 연구와 그 효과에 대해 체계적으로 검증한 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구와 관련한 국내 선행 연구로 과학교육에서 ICT 활용 교육의 교육적 효과를 밝힌 연구(이용섭, 2004; 한국교육학술정보원, 2004; 김상달 등, 2004)가 있으며, ICT를 활용한 프로젝트 기반 학습에 관련된 연구로는 초등학교 과학과 지구과학 영역의 웹 기반 프로젝트 학습이 자기주도적 학습 능력에 미치는 영향에 관한 연구(양재원, 2006)가 있으며, 중학생을 대상으로 달의 운동에 대한 웹 기반 프로젝트 학습의 효과에 관한 연구(심기창 등, 2005)가 있다. 타 교과에서는 사회과 학습에서 ICT 활용 프로젝트기반 학습이 학습자들의 고차적 사고력 신장에 미치는 효과에 관한 연구(정미경, 2004)와 웹 기반 프로젝트 학습이 아동의 학업 성취 및 학습 태도에 미치는 효과에 관한 연구(손미와 김은진, 2002), 프로젝트 기반 학습을 활용한 ICT 활용 수업 모형 개발에 관한 연구(임은진, 2003; 전효숙과 전우천, 2002)가 이루어졌다.

하지만 과학과에서 ICT를 활용한 프로젝트 기반 학습에 대한 연구는 활발히 이루어지지 않고 있다. 기존에 이루어진 대부분의 연구 또한 웹을 기반으로 하거나 웹을 활용하는 방법으로 이루어지고 있으며, 적용 효과를 검증하는 결과 중심으로 이루어

지고 있다. 따라서 실제 교실 수업을 계획하고 실행하는 교사들에게 필요한 구체적인 과정에 대한 제시가 부족한 실정이다. 일선 학교 현장에서 ICT 활용 프로젝트 기반 학습이 일반화되기 위해서는 구체적인 수업 설계와 실행에 대한 사례와 안내가 필요하다. 따라서 본 연구는 이런 문제점을 해결하기 위해 초등학교 과학과 학습에서 적용한 ICT 활용 프로젝트 기반 학습의 수업 설계 과정과 실행 과정을 구체적으로 제시하여 ICT 활용 프로젝트 기반 학습이 일반화될 수 있는 사례를 제시한다는 점에 있어 그 의의가 있다.

이를 위해 본 연구에서는 초등학교 과학과 학습 내용 중 ICT를 활용한 프로젝트 기반 학습이 가능한 학습 주제를 선정하였으며, 학습 형태는 대부분 조사 학습 형태로 모듈별로 진행되었다. 따라서 조사 학습 형태로 진행되는 학습 내용을 고려할 때 효과 검증에 있어서도 ICT 활용 프로젝트 기반 학습이 학생들의 과학적 사고력이나 과학 탐구 능력에 미치는 영향보다는 범교과적 학습 능력인 자기주도적 학습 능력과 문제 해결 능력에 미치는 영향에 대해 살펴보았다.

본 연구의 목적은 초등학교 과학과 교수·학습 방법으로 ICT를 활용한 프로젝트 기반 학습 수업 모듈을 개발·적용하여 학생들의 자기주도적 학습 능력 및 문제 해결 능력의 신장에 미치는 효과를 밝히는 것이다. 연구 목적을 달성하기 위한 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 과학과 ICT 활용 프로젝트 기반 학습 수업 모듈의 적용이 학생들의 자기주도적 학습 능력 향상에 어떠한 효과가 있는가?

둘째, 과학과 ICT 활용 프로젝트 기반 학습 수업 모듈의 적용이 학생들의 문제 해결 능력의 신장에 미치는 효과는 어떠한가?

II. 연구 절차 및 방법

1. 연구 대상 및 연구 절차

본 연구는 경상남도 진해시에 위치한 D초등학교 6학년 2개 학급 66명의 학생을 대상으로 하였다. 수업 모듈 적용의 효과를 알아보기 위하여 1개 반 33명을 통제 집단으로 선정하여 ICT 활용 프로젝트 기반 학습의 수업 모듈을 적용하였으며, 나머지

1개 반 33명은 일반 교육 과정에 의한 수업을 진행하였다.

두 집단에 대한 자기주도적 학습 능력과 문제 해결 능력에 대한 사전 검사 결과 표 1에서와 같이 유의 수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않아($p < .05$) 두 집단이 동질 집단임을 알 수 있었다.

본 연구의 연구 절차는 초등학교 과학과 6학년 1학기 '지구' 영역 단원에 대한 교육 과정 분석을 통해 학습 내용을 선정하고 ICT 활용 프로젝트 기반 학습 수업 모듈을 개발하였다. 수업 모듈 적용 전 자기주도적 학습 능력과 문제 해결 능력에 관한 사전 검사를 실시하였고, 개발한 수업 모듈에 따라 모듈별로 프로젝트를 진행하였다. 프로젝트 활동이 끝난 후 사후 검사를 실시하여 효과를 검증하였다.

2. 연구 설계

본 연구의 구체적인 연구 설계를 그림으로 제시하면 그림 1과 같다.

3. 검사 도구

ICT 활용 프로젝트 기반 학습 수업 모듈의 효과를 검증하기 위해 학생들에게 자기주도적 학습 능력과 문제 해결 능력에 관한 사전-사후 검사를 실시하였다. 검사 도구는 한국교육개발원(이석재 외, 2003)이 개발한 초등학교 5~6학년용 자기주도적 학습 능력과 문제 해결 능력 검사지를 사용하여 사전-사후 검사를 실시하였다.

표 1. 자기주도적 학습 능력과 문제 해결 능력 사전 검사 결과

		N	M	SD	t	p
자기 주도적 학습 능력	통제 집단	33	109.33	20.195	0.158	.875
	비교 집단	33	108.58	18.732		
문제 해결 능력	통제 집단	33	119.36	11.045	0.465	.731
	비교 집단	33	118.39	11.792		

O ₁	X	O ₂
O ₃		O ₄

그림 1. 연구 설계

O₁, O₃ : 사전 검사(자기주도적 학습 능력, 문제 해결 능력)
X : 수업 처치(ICT 활용 프로젝트 기반 학습 수업 모듈 적용)
O₂, O₄ : 사후 검사(자기주도적 학습 능력, 문제 해결 능력)

자기주도적 학습 능력 검사는 학습 욕구 진단, 목표 설정, 학습을 위한 자원 파악, 기본적인 자기 관리 능력, 학습 전략의 선택, 학습 실행의 지속성, 결과에 대한 노력 귀인, 자기 성찰의 8가지 하위 요소로 구성되어 있으며, 문항수는 영역별로 5개 문항씩 총 40개 문항이다. 문항은 Likert 5단계 척도로 구성되어 있으며, 검사 도구의 신뢰도는 Cronbach's $\alpha=.92$, 타당도는 Wilks' Lambda =.88이다.

문제 해결 능력 검사는 문제 인식, 정보 수집, 분석, 확산적 사고, 의사 결정, 기획력, 실행과 모험 감수, 평가, 피드백의 9가지 하위 요소로 구성되어 있다. 문항수는 영역별로 5개 문항씩 총 45개 문항이며, 검사 도구의 신뢰도는 Cronbach's $\alpha=.93$, 타당도는 Wilks' Lambda =.87이다.

4. 자료의 처리 및 분석

ICT 활용 프로젝트 기반 학습의 수업 모듈 적용이 학생들의 자기주도적 학습 능력과 문제 해결 능력에 미치는 효과를 알아보기 위해 자기주도적 학습 능력과 문제 해결 능력 사전 검사와 사후 검사 결과에 대해 통계 패키지 Windows용 SPSS 12.0으로 t 검정을 실시하여 분석하였다.

III. ICT 활용 프로젝트 기반 학습의 수업 모듈 개발 및 적용

본 연구에서는 Dick & Carey(2001)의 수업 체제 설계 모형과 Fleming(2000)의 프로젝트 적용 절차를 기초로 수업 모듈 진행 절차를 그림 2와 같이 설정하고, 이를 바탕으로 수업 모듈을 개발하였다. ICT 활용 프로젝트 기반 학습 수업 모듈 진행 절차는 크게 프로젝트의 개발과 프로젝트 수행으로 구분하였다. 프로젝트 개발 단계는 주로 교사가 교육 과정 분석을 통해 관련된 주제를 찾고, 도출된 주제를 토대로 프로젝트를 설계하고 개발하는 과정이며, 프로젝트 실행 단계는 학생들이 주어진 프로젝트를 탐구하고 해결하는 과정이다.

1. 프로젝트 설계

1) 요구 분석

프로젝트를 통해 학생들이 달성해야 할 교육 목

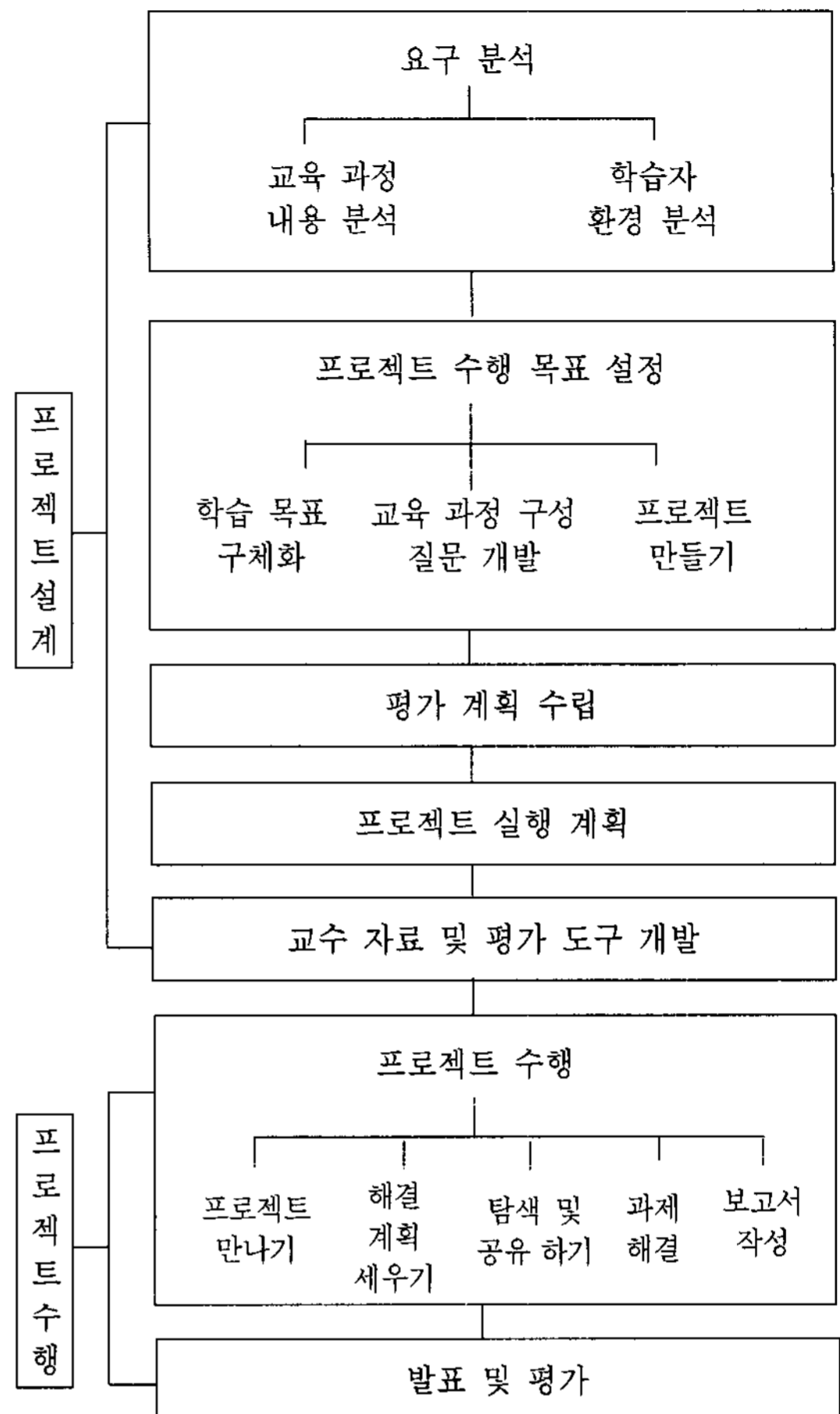


그림 2. ICT 활용 프로젝트 기반 학습 수업 모듈 진행 과정

표 및 내용을 교육 과정의 내용과 관련지어 파악하고, 마인드맵이나 브레인스토밍을 통해 학습자들의 경험과 준비도 등 학습자의 특성을 미리 파악한다. 요구 분석은 크게 교육 과정 내용 분석과 학습자 특성으로 구분하여 살펴보았다.

(1) 교육 과정 내용 분석

프로젝트 기반 수업 모듈을 설계하기 전 교육 과정에 제시된 관련 단원의 학습 목표와 학습 내용을 분석하여 교육 과정과 연계하여 프로젝트 기반 학습이 이루어지도록 하였다.

먼저 ‘지진 홍보물 만들기’ 프로젝트는 6학년 1학기 2단원 지진과 관련이 있으며, 교육 과정에는 큰 피해를 준 지진을 조사하고 우리나라와 세계 여러 곳에서 큰 지진이 발생한 지역과 지진이 발생하는 원인을 4차시에 걸쳐 학습하게 되어 있다.

‘우리 마을 암석지도 그리기’ 프로젝트는 6학년

1학기 4단원 여러 가지 암석과 관련된 내용으로 변성암이 만들어지는 과정과 우리 주위에 있는 변성암, 변성암과 화성암, 퇴적암과의 비교 관찰, 우리 생활에 이용되고 있는 암석에 대해 3차시에 걸쳐 학습하게 되어 있다.

(2) 학습자 환경 분석

학습자 환경 분석에서는 학습자에 대한 특성을 파악하고 프로젝트와 관련된 학생들의 선수 지식을 파악하였다.

프로젝트에 관련된 학습자의 선수 지식을 파악하기 위해 지진과 여러 가지 암석에 관한 마인드맵을 작성해 보게 하였다. 학생들의 ICT 활용 능력의 정도를 조사하여 프로젝트 수행에 필요한 파워포인트 활용, 인터넷 검색, 퍼블리셔 활용 등 기본적인 ICT 활용 방법에 대한 학습은 프로젝트 진행 전 재량 활동 시간을 활용하여 10시간 동안 이루어졌다.

2) 프로젝트 수행 목표 설정

프로젝트 수행 목표 설정에서는 프로젝트 수행

과정을 통해 학습자들이 도달해야 할 지식, 기능, 태도에 관한 목표를 구체적으로 제시하고 교육 과정 구성 질문을 설정하였다. 교육 과정 구성 질문은 학생들의 흥미와 호기심을 불러 일으킬 수 있으며, 주제의 핵심적인 내용을 담고 있도록 하였다.

(1) 학습 목표 구체화

‘지진 대비 홍보물 만들기’와 ‘우리 마을 암석지도 그리기’ 프로젝트에 대한 구체적인 영역별 학습 목표는 표 2와 같다.

(2) 교육 과정 구성 질문

학습 목표를 토대로 주제의 핵심적인 내용을 담고 있는 교육 과정 구성 질문을 표 3과 같이 제시하였다.

(3) 프로젝트 정하기

‘지진’ 단원의 학습을 통해 우리나라와 세계 여러 나라에서 큰 지진이 발생한 지역, 지진의 발생 원인, 지진의 피해 등에 대한 기본 학습이 이루어지고 난 후, 지진 대비의 중요성을 인식시키고 지진 대비에 관한 홍보물을 모둠별로 만들도록 하였다.

표 2. 학습 목표

프로젝트	영역	학습 목표
지진 홍보물 만들기	지식	· 큰 지진이 발생한 위치와 우리나라도 지진이 발생하고 있음을 말할 수 있다. · 지진 피해를 줄일 수 있는 방법을 이해할 수 있다.
	기능	· 지진의 위험성을 알리는 홍보물을 만들 수 있다. · 인터넷을 활용하여 과제 해결에 필요한 정보를 찾을 수 있다.
	태도	· 활동에 적극적으로 참여하여 과제를 해결할 수 있다. · 팀원들과 협동하여 문제를 해결할 수 있다.
우리 마을 암석 지도 그리기	지식	· 일상 생활에서 암석의 특징에 따라 이용되는 예를 알 수 있다.
	기능	· 다양한 방법으로 암석이 활용되는 예를 조사하여 발표할 수 있다.
	태도	· 우리 주위의 암석에 대해 호기심을 가지고 탐구하려는 과학적 태도를 기른다.

표 3. 교육 과정 구성 질문

프로젝트	질문 구분	질문 내용
지진 대비 홍보물 만들기	본질적 질문	· 우리 주변에서 일어나는 자연 재해를 막을 수 있을까?
	프로젝트 질문	· 우리가 사는 곳에도 지진이 발생할 수 있을까? · 지진의 피해를 줄이려면 어떻게 해야 할까?
우리 마을 암석 지도 그리기	본질적 질문	· 우리 생활에 암석은 어떻게 사용될까?
	프로젝트 질문	· 우리 생활 주변에는 어떤 암석이 사용되고 있을까? · 우리 생활에 이용되는 암석은 어떤 특성을 이용한 것일까?

‘여러 가지 암석’에서는 암석의 변성 원인과 변성암, 화성암, 퇴적암의 특징에 대해 학습한 후 생활 주변에서 암석이 이용되는 예를 학습하기 위해 우리 마을에서 암석의 특성에 따라 쓰이는 예를 조사하여 암석 지도로 나타내어 보게 하였다. 프로젝트는 모듈별 자유탐구 학습의 형태로 진행하였다.

3) 평가 계획

평가는 프로젝트의 진행 과정 중 정리된 모듈별 포트폴리오와 최종 산출물에 대한 발표를 평가하는 2가지 방법으로 이루어졌다.

포트폴리오 평가는 각 모듈별로 프로젝트 진행 과정 중에 행해지는 모든 모듈 활동을 평가하였으며, 프로젝트의 최종 산출물 발표 평가는 동료 평가와 교사 평가의 두 가지 방법으로 진행하였다. 공정한 평가와 학생들의 프로젝트 진행 방향을 제시하기 위해 평가에 따른 구체적인 평가 기준을 마련하여 프로젝트 시작 전 학생들에게 제시하고 평가기준에 맞게 프로젝트를 수행하도록 하였다. 구체적인 평가 기준은 표 4, 표 5와 같다.

4) 프로젝트 실행 계획

프로젝트 실행 계획은 교사가 실제 수업을 하기 위한 방법 및 절차에 관한 구체적인 계획을 수립한 것으로, 프로젝트 전 과정을 5단계로 구분한 프로젝트 실행 계획은 표 6과 같다.

교육 과정 중 ICT 활용 프로젝트 기반 학습을 진행하기 위해 정규 교육 과정 시간 중 15분 정도를 이용하여 1~2차시의 프로젝트 제시와 해결 계획 세우기가 이루어졌다. 탐색 및 공유하기, 과제 해결하기는 모듈별 과제 학습으로 제시하고 홈페이지를 이용하여 모듈별 토의와 과제 해결이 이루어지도록 하였으며, 교사는 학생들의 진행 상태를 수시로 확

표 4. 포트폴리오 평가 기준

평가 영역	평가 요소
포트폴리오 평가	· 매 차시별로 작성하고 관리하였는가?
	· 개인의 수행 활동 내용과 모듈 전체의 활동이 잘 나타나 있는가?
	· 프로젝트 활동 내용이 체계적으로 정리되었는가?
	· 홈페이지 모듈별 학습방에 자료가 체계적으로 정리되어 있는가?

표 5. 최종 결과 발표 평가 기준

평가 영역	평가 요소
주제	· 프로젝트에 적합한 주제를 선택하였는가?
내용	· 내용이 정확하고 풍부한 정보를 포함하고 있는가?
	· 참신한 아이디어가 포함되어 있는가?
발표물 구성	· 전체적으로 발표의 내용이 잘 조직되었는가?
	· 주제에 관한 필수 학습 내용이 포함되어 있는가?
	· 그래피크와 도표 등의 정리가 정확한가?
발표	· 적당한 곳에서 효과를 사용했는가?
	· 발표 시간과 내용의 양이 적절한가?
태도	· 발표가 논리적이고 설득력이 있는가?
	· 모듈원의 역할 분담이 제대로 이루어졌는가?

표 6. 프로젝트 실행 계획

단계	활동	차시
단원 기본 학습		
프로젝트 만나기	활동 · 모듈 구성하기 · 동기 유발 및 프로젝트 제시	1차시
	자료 프로젝트 안내용 PPT, 학습지 1	
해결 계획 세우기	활동 · 프로젝트 파악하기 · 프로젝트 과정 안내하기 · 모듈별 역할 분담 및 활동 계획 세우기 · 프로젝트 진행 일정표 작성하기	2차시
	과제 홈페이지 회원 가입 및 모듈 소개하기	
	자료 학습지 2, 학습지 3	
탐색 및 공유하기	활동 · 자료 수집 및 분석 · 설문 조사하기	3차시 과제 학습 (모듈별 활동)
	과제 설문 조사 및 조사 결과 정리하기	
	자료 설문 조사 학습지, 개별 조사 기록지	
과제 해결하기	활동 · 자료 정리 및 종합 · 과제 해결에 대한 의견 나누기 · 최종 산출물 만들기	4차시 과제 학습 (모듈별 활동)
	과제 발표용 프레젠테이션 준비 및 계획	
	자료 ‘문제 탐색’ 학습지	
발표 및 평가	활동 · 최종 발표용 프레젠테이션 만들기 · 프로젝트 결과 최종 발표하기 · 동료 및 교사 평가	5~6차시
	자료 프레젠테이션 스토리보드, 평가지	

인하고 피드백을 제공하였다. 발표 및 평가는 2차시에 걸쳐 이루어졌으며, 발표를 통해 각 모둠에서 산출된 결과를 공유하고 평가가 이루어졌다. 본 프로젝트 기반 학습을 위해 프로젝트별 교육 과정의 정규 과학 시간을 활용한 시간은 4시간 정도이며, 나머지 대부분은 과제 학습으로 이루어지도록 하였다. 하지만 교육 과정에서 ‘지진’과 ‘여러 가지 암석’ 단원은 각각 4차시와 3차시의 시간이 배당되어 있어 프로젝트 수행을 위해 필요한 시간은 학기말 과학과에 배정된 자유 탐구 시간에서 시간을 확보하여 운영하였다.

2. 프로젝트 수행

프로젝트 수행 절차는 프로젝트 만나기, 해결 계획 세우기, 탐색 및 공유하기, 과제 해결하기, 발표 및 평가의 5단계로 진행되며, 구체적인 절차는 표 7과 같다.

1) 사전 학습

프로젝트를 진행하기 전 사전 학습으로 6학년 1학기 교육 과정에 제시된 ‘지진’ 단원과 ‘여러 가지 암석’ 단원의 학습 내용에 대한 수업을 실시하였다. ‘지진’ 단원에서는 지진 조사하기, 지진이 발생한 위치 알아보기, 지층이 휘어짐과 어긋남 모형 실험하기, 간이지진계 만들기 등의 학습 내용을 3차시에 걸쳐 실시하였다. ‘여러 가지 암석’ 단원에서는 암석의 변성, 변성암, 화성암, 퇴적암 특징 비교, 변성암의 특징에 대해 2차시에 걸쳐 학습이 이루어졌다.

표 7. 프로젝트 수행 절차

단계	활동 내용
프로젝트 만나기	· 동기 유발 및 프로젝트 제시 · 프로젝트 목표 파악
해결 계획 세우기	· 모둠 구성 · 역할 분담 · 활동 계획 수립
탐색 및 공유하기	· 자료 수집 · 자료의 분석, 종합 및 공유
과제 해결하기	· 과제 해결 초안 작성 · 최종 결과물 산출 · 최종 보고서 작성
발표 및 평가	· 프로젝트 결과 발표하기 · 평가하기

2) 프로젝트 만나기

프로젝트 만나기에서는 프로젝트에 관한 교육 과정 구성 질문과 프로젝트의 주제를 동영상 자료나 신문 기사 이야기 등을 활용하여 실제적인 문제의 형태로 제시하였다. 이 단계를 통해 학습자에게 프로젝트를 해결하고자 하는 욕구를 자극하고 호기심과 흥미를 가질 수 있도록 하였다. 다음으로 프로젝트의 본질적 질문과 프로젝트 질문을 제시한 후 질문에 대한 해결책과 최종 산출물을 프로젝트 활동을 통해 밝히도록 하였다.

‘지진 대비 홍보물 만들기’ 프로젝트에서는 동기 유발로 지진에 관한 뉴스 동영상 자료 ‘큰 지진 자주 온다’를 시청하고 우리나라의 지진 발생 가능성과 지진의 피해 등에 대해 살펴본 후, 지진 대비의 중요성을 인식시키고, ‘지진 대비 홍보물 만들기’ 프로젝트를 제시하였다.

‘우리 마을 암석지도 그리기’ 프로젝트는 우리 주위에 가장 흔하게 쓰이는 암석의 종류와 쓰이는 곳이 담긴 사진 자료를 제시한 후, 우리 마을에서 암석이 특징에 따라 어떻게 쓰이고 있는 조사하여 그림으로 나타내는 ‘우리 마을 암석 지도 그리기’ 프로젝트를 제시하였다.

3) 해결 계획 세우기

프로젝트 내용, 진행에 관한 안내 자료를 ppt로 제시하고, 프로젝트 해결을 위한 구성원들의 역할 분담과 구체적인 활동 계획을 세우도록 하였다. 모둠은 5명을 1모둠으로 구성하였다.

4) 탐색 및 공유하기

탐색 및 공유하기 단계에서는 해결 계획을 세운 다음 문제 해결을 위해 알아야 할 지식이나 정보를 수집, 분석, 종합하기 위한 단계로 대부분의 활동이 과제 활동으로 이루어지도록 하였다. 모둠별로 문제 해결을 위해 필요한 자료가 무엇인지에 대해 파악한 후, 필요한 자료를 인터넷과 책을 통하여 조사하고 개별 기록지에 기록하였다. 또한, 조사한 자료를 프로젝트 수행을 위해 개설한 홈페이지를 통해 공유하도록 하여 학교가 아닌 가정에서 프로젝트를 진행할 수 있도록 하였다. 프로젝트 해결을 위한 기본적인 과학 개념과 내용은 모둠별로 과학 저널을 만들어 정리하도록 하였다. 또한, 수집한 자료를 꼼꼼히 살펴보고, 수집한 자료가 탐구 문제 해

결에 어떠한 도움을 주는지에 대해 토의를 통해 분석하고 평가하여 채택되도록 하였다. 교사는 구체적인 도움 사이트나 검색어 등은 자세하게 제시하지 않았고, 학생들 스스로 인터넷 검색 및 조사 활동이 가능하도록 하였다.

5) 과제 해결하기

과제 해결하기는 모둠 및 개인의 분석된 자료를 토대로 문제 해결 작업이나 목표 달성 활동을 통해 최종 산출물을 만들고, 결과를 다른 학습자들과 공유하기 위해 체계화된 보고서를 프레젠테이션, 브로슈어, 웹페이지, 보고서의 형태로 만드는 단계이다.

본 수업에서 최종 산출물은 모둠별로 의논하여 지진 대비에 관한 내용을 알릴 수 있는 가장 효과적인 홍보물과 우리 마을에 암석의 특징에 따라 쓰이는 곳을 암석 지도로 나타내는 것이다. 사전에 학생들에게 최종 산출물을 만들 때 주의할 점과 꼭 들어갈 내용 요소만을 안내하고 별도의 형식이나

방법을 제한하지 않았다.

6) 발표 및 평가하기

학생들에 의해 만들어진 최종 산출물이나 프로젝트 진행 과정이 담긴 최종 발표 자료는 발표 방법에 대해 제한점을 두지 않았으나, 자신들이 수행한 프로젝트의 진행 과정을 포트폴리오로 정리하고, 최종 결과물이 담긴 프레젠테이션과 최종 결과물을 발표하였다. 발표 중 모둠별로 수행한 프로젝트에 대한 동료 평가와 교사 평가를 함께 실시하였다. 평가 시에는 평가 기준을 명확히 제시하였다.

IV. 연구 결과

1. 자기주도적 학습 능력 향상에 미치는 효과

ICT 활용 프로젝트 기반 학습의 수업 모듈을 적용한 수업이 학생들의 자기주도적 학습 능력에 미치는 효과에 대한 결과는 표 8과 같다.

표 8. 자기주도적 학습 능력 요소별 효과 분석 결과

자기주도적 학습 능력 요소	집단	N	M	SD	t	p
학습 욕구 진단	통제 집단	33	14.94	3.363	2.560	.013
	비교 집단	33	13.24	1.786		
목표 설정	통제 집단	33	15.48	2.694	2.739	.008
	비교 집단	33	13.73	2.516		
학습을 위한 자원 파악	통제 집단	33	15.36	2.935	1.164	.249
	비교 집단	33	14.58	2.550		
기본적 자기 관리 능력	통제 집단	33	17.24	3.491	3.068	.003
	비교 집단	33	15.06	2.120		
학습 전략 선택	통제 집단	33	16.24	3.083	3.410	.001
	비교 집단	33	13.73	2.908		
학습 실행의 지속성	통제 집단	33	14.76	2.739	2.336	.023
	비교 집단	33	13.42	1.803		
결과에 대한 노력 귀인	통제 집단	33	14.52	1.938	2.712	.009
	비교 집단	33	13.21	1.965		
자기성찰	통제 집단	33	16.03	3.531	3.432	.001
	비교 집단	33	13.52	2.293		
전체	통제 집단	33	124.58	17.450	3.834	.000
	비교 집단	33	110.48	11.880		

자기주도적 학습 능력에 대한 통제 집단과 비교 집단의 사후 검사 결과를 비교한 결과, 통제 집단은 평균이 124.58, 표준 편차가 17.450이었으며, 비교 집단은 평균이 110.48, 표준 편차가 11.880으로 나타났다. 집단간 t 검정 결과, 자유도 64에서 t 값이 3.834, 유의 확률이 .000으로 통제 집단과 비교 집단 간 점수 차이가 유의 수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 따라서 ICT 활용 프로젝트 기반 수업 모듈의 적용이 학생들의 자기주도적 학습 능력 향상에 효과적임을 알 수 있었다.

또한, 자기주도적 학습 능력 하위 요소에 대한 통제 집단과 비교 집단의 사후 검사 점수를 비교한 결과, ‘학습 욕구 진단’, ‘목표 설정’, ‘기본적 자기 관리 능력’, ‘학습 전략 선택’, ‘학습 실행의 지속성’, ‘결과에 대한 노력 귀인’, ‘자기 성찰’은 유의 수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이를 나타내고 있다. 반면 ‘학습을 위한 자원 파악’에서는 유의수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이는 ICT 활용 프로젝트 기반 학습이 자기주도적 학습 능력 중 ‘학습 욕구 진단’, ‘목표 설정’, ‘기본적 자기 관리 능력’, ‘학습 전략 선택’, ‘학습 실행의 지속성’, ‘결과에 대한 노력 귀인’, ‘자기성찰’의 증진에 효과적임을 알 수 있었다.

이러한 결과는 프로젝트 기반 학습이 학생들의 자기주도적 학습 능력 등의 고차적 사고력 향상에 효과적이라는 선행 연구(Krajcik, 1994; Blumenfeld, 1991; 정미경, 2004)의 연구 결과와 일치하며, 초등학교 과학과 지구과학 영역의 웹 기반 프로젝트 학습이 학생들의 자기주도적 학습 능력의 신장에 효과적이라는 양재원(2006)의 연구 결과와 웹 기반 인터넷을 활용한 프로젝트 학습을 받은 학생들이 높은 자기주도적 학습 능력을 가지고 있다는 이상훈(2002)의 연구 결과와도 유사한 결과를 나타내고 있다.

이는 ICT 활용 프로젝트 기반 학습은 프로젝트의 전 과정에서 학생들의 자발적인 활동이 강조되고, 모둠별 협력, 활발한 상호 작용, 지속적인 피드백 등 학생들이 능동적으로 참여할 수 있는 다양한 기회의 제공과 학습 주제에 대해 심층적으로 사고하고 탐구하는 과정을 통해 이루어진 결과로 보인다.

하지만 하위 요소 중 ‘학습을 위한 자원 파악’에서 통계적으로 유의미한 결과가 나타나지 않은 것

은 과제 해결을 위한 자원 탐색 방법이 인터넷만을 활용하여 이루어졌기 때문으로 보이며, 보다 다양한 학습 자료를 활용하여 주어진 문제를 해결하는 방안이 모색되어야 할 것으로 보인다.

2. 문제 해결 능력의 신장에 미치는 효과

ICT 활용 프로젝트 기반 학습의 수업 모듈을 적용한 수업이 학생들의 문제 해결 능력에 미치는 효과에 대한 결과는 표 9와 같다.

문제 해결 능력에 대한 통제 집단과 비교 집단의 사후 검사 결과를 비교한 결과, 통제 집단은 평균이 141.48, 표준 편차가 19.774이었으며, 비교 집단은 평균이 126.18, 표준 편차가 22.370으로 나타났다. 집단간 t 검정 결과 자유도 64에서 t 값이 2.944, 유의 확률이 .005로 통제 집단과 비교 집단 간 점수 차이가 유의 수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 따라서 ICT 활용 프로젝트 기반 수업 모듈의 적용이 학생들의 문제 해결 능력 향상에 효과적임을 알 수 있었다.

또한, 문제 해결 능력 하위 요소에 대한 통제 집단과 비교 집단의 사후 검사 점수를 비교한 분석한 결과, ‘문제 인식’, ‘정보 수집’, ‘분석’, ‘확산적 사고’, ‘기획력’, ‘평가’에서는 유의 수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이를 보이고 있다. 반면 ‘의사 결정’, ‘실행과 모험 감수’, ‘피드백’에서는 유의 수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이는 ICT 활용 프로젝트 기반 학습은 문제 해결 능력 요소 중에서 ‘문제 인식’, ‘정보 수집’, ‘분석’, ‘확산적 사고’, ‘기획력’, ‘평가’의 증진에는 효과적이거나, ‘의사 결정’, ‘실행과 모험 감수’, ‘피드백’의 향상에는 효과적인 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

이러한 결과는 프로젝트 기반 학습에서 학생들이 문제를 찾아내어 도출하고, 생각을 논의하고 예상 안을 만들어내고, 계획을 수립하고 데이터를 수집, 분석하고 결론을 도출해 내는 과정에서 문제 해결 능력을 길러준다는 Blumenfeld 등(1991)의 연구 결과와 일치하며, 사회과 프로젝트 기반 학습이 고차적 사고력에 미치는 효과를 연구를 통해 프로젝트 기반 학습이 문제 해결 능력 신장에 효과적임을 밝힌 정미경(2004)의 연구 결과와도 유사한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

즉, 프로젝트 기반 학습은 학생들이 문제 상황을 이해하고, 문제를 명료화하고, 문제 해결을 위한 계

표 9. 문제 해결 능력 요소별 효과 분석 결과

문제 해결 능력 요소	집단	N	M	SD	t	p
문제 인식	통제 집단	33	16.48	2.970	2.636	.011
	비교 집단	33	14.30	3.712		
정보 수집	통제 집단	33	16.48	2.740	4.018	.000
	비교 집단	33	13.79	2.713		
분석	통제 집단	33	15.85	2.938	2.735	.008
	비교 집단	33	13.85	3.001		
확산적 사고	통제 집단	33	15.58	2.739	3.069	.003
	비교 집단	33	13.27	3.329		
의사 결정	통제 집단	33	16.52	3.318	1.963	.054
	비교 집단	33	14.91	3.329		
기획력	통제 집단	33	15.45	3.063	2.761	.008
	비교 집단	33	13.36	3.090		
실행과 모험 감수	통제 집단	33	15.36	2.815	1.366	.177
	비교 집단	33	14.33	3.295		
평가	통제 집단	33	16.06	2.749	2.301	.025
	비교 집단	33	14.42	3.021		
피드백	통제 집단	33	14.88	2.747	1.580	.119
	비교 집단	33	13.70	3.302		
전체	통제 집단	33	141.48	19.774	2.944	.005
	비교 집단	33	126.18	22.370		

획을 세우고 실행하는 능력을 향상시키는 데 효과가 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 ICT 활용 프로젝트 기반 학습이 학습자에게 문제 해결 계획 수립, 정보의 수집과 분석을 통한 문제 해결, 결과에 대한 발표에 이르기까지 문제 해결의 전 과정을 직접 경험하게 함으로써 얻어진 결과로 보인다.

하지만 다른 요소에 비해 ‘의사 결정’, ‘실행과 모험 감수’, ‘피드백’에서 유의미한 차이가 나타나지 않은 것은 문제 해결 과정이 주로 인터넷을 활용한 과제 해결 방법으로 개별적으로 이루어져 면대면 토의·토론할 수 있는 기회가 다소 부족하여 나타난 결과로 볼 수 있을 것 같다. 프로젝트 해결 과정에서 협동 학습 방법 등을 통해 학생들에게 보다 많은 토론, 토의 등의 공동 사고의 기회를 제공하고, 프로젝트 진행의 과정 중 피드백을 제공할 수 있는 다양한 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 초등학교 과학과 학습에서 ICT를 활용한 프로젝트 기반 학습의 수업 모듈을 개발하여 그 실제 수업에 적용하여 각 절차의 구체적인 수행 방법을 제시하고 범교과적 학습 능력인 학생들의 자기주도적 학습 능력과 문제 해결 능력의 신장에 미치는 효과를 밝히는데 목적을 두고 있다. 이를 위해 경상남도 소재 6학년 2개 학급을 대상으로 ‘지진’과 ‘여러 가지 암석’에 관한 주제를 토대로 프로젝트를 구성하고, 설계된 ICT 활용 프로젝트 기반 학습 수업 모듈에 따라 수업을 진행하였다. 본 연구를 통해 얻은 결과를 바탕으로 결론을 밝히면 다음과 같다.

첫째, 학습자 중심의 학습 방법으로 ICT와 프로젝트 기반 학습의 구체적인 수행 방법과 절차를 상세히 제시하였다. 일선 교육 현장에서 일반화 할 수

있는 과학과의 새로운 수업 방법으로서 앞으로 실제 학교 현장에서 활용될 가치가 충분하다.

둘째, ICT 활용 프로젝트 기반 학습의 수업 모듈 적용이 학생들의 자기주도적 학습 능력의 향상에 효과적이었다. 자기주도적 학습 능력 하위 요소 별 효과에서는 학습 욕구 진단, 목표 설정, 기본적 자기 관리 능력, 학습 전략 선택, 학습 실행의 지속성, 결과에 대한 노력 귀인, 자기성찰에서는 향상된 효과를 보였으나 학습을 위한 자원 파악에서는 향상된 효과를 보이지 않았다. 이는 ICT 활용 프로젝트 기반 학습이 학생들의 직접적이고 능동적인 참여, 학습 과정에서의 만족감과 학습 결과에 대한 성취감 등을 통해 학생들의 내적 동기를 유발시키고, 이를 통해 자기주도적 학습 능력이 신장에 도움을 준 것으로 볼 수 있다.

셋째, ICT 활용 프로젝트 기반 학습 수업 모듈의 적용이 학생들의 문제 해결 능력의 향상에 효과적이었다. 문제 해결 능력 하위 요소별 효과에서는 ‘문제 인식’, ‘정보 수집’, ‘분석’, ‘확산적 사고’, ‘기획력’, ‘실행과 모험 감수’, ‘평가’에는 향상을 보였으나, ‘의사 결정’, ‘피드백’에서는 효과를 보이지 않았다. ICT 활용 프로젝트 기반 학습에서는 학습자들이 실제 생활과 관련된 문제에 대한 해결의 전 과정을 직접 경험하여 문제를 해결해 나감에 따라 문제 해결 능력이 신장된 것으로 볼 수 있다.

따라서 ICT 활용 프로젝트 기반 학습은 실생활과 관련된 한 가지 주제에 대해 인터넷 자료와 ICT 도구를 활용하여 해결책을 찾고 산출물을 만들어 내는 심층적인 탐구 과정으로 학생들에게 새로운 지식과 자기주도적 학습 능력, 문제 해결 능력 등을 신장시킬 수 있는 효과적인 과학과 학습 방법이라 할 수 있다.

본 연구 결과를 바탕으로 후속 연구를 위한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서의 ICT 활용 프로젝트 기반 학습은 교육 과정에 제시되어 있는 시간 외에 별도의 시간을 추가로 확보하여 장기간에 걸쳐 진행되었다. 앞으로의 연구는 교육 과정에 제시된 시간의 범위 내에서 진행할 수 있도록 1~3차시 정도에 해결할 수 있는 단기 프로젝트에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

둘째, 본 연구에서 진행한 프로젝트 내용이 대부분 조사 학습으로 이루어지는 활동으로 되어 있어

범교과적 능력인 자기주도적 학습 능력과 문제 해결 능력에 미치는 효과에 대해 살펴보았다. 하지만 앞으로 후속 연구에서는 ICT 활용 프로젝트 기반 학습이 과학과 학습 성취도나 과학 탐구 능력, 과학적 창의력 등의 고차원적 사고 능력에 미치는 영향에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

참고문헌

- 강인애(1998). 문제중심학습 또 하나의 구성주의적 교수-학습모형. 초등교육연구총론, 14, 153-179.
- 교육인적자원부(1998). 과학과 교육 과정. 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부(2004). 초등학교 교사용 지도서 과학 6-1. 대한교과서주식회사.
- 김상달, 이용섭, 김종희(2004). 고등학교 지구과학 수업에서 ICT 활용 수업자료의 효과. 한국지구과학회지, 25(5), 7.
- 김주훈(2006). 과학과 교육 과정의 개정 방향. 교과서연구, 48, 6-11.
- 손미, 김은진(2002). 웹 기반 프로젝트 학습이 아동의 학업성취 및 학습태도에 미치는 효과. 초등교육연구, 17, 155-165.
- 심기창, 김희수, 정정인(2005). 달의 운동에 대한 웹 기반 프로젝트 학습의 효과. 한국과학교육학회지, 25(4), 450-464.
- 양재원(2006). 웹 기반 프로젝트 학습이 자기주도적 학습 능력에 미치는 영향. 아주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 윤정인(2005). 프로젝트 기반 학습에서 ICT 활용의 교육적 효과 연구. 숙명여자대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이상훈(2002). 인터넷 활용 프로젝트 학습이 자기주도적 학습 능력과 학업성취도 신장에 미치는 영향. 인천교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이석재, 장유경, 한국교육개발원(2003). 생애능력 측정도구 개발연구 : 의사소통능력, 문제 해결 능력, 자기주도적 학습 능력을 중심으로. 서울:한국교육개발원.
- 이용섭(2004). 초등학교 과학과 ‘지구’ 분야의 ICT 활용 수업 모듈 개발 및 적용. 한국지구과학회지, 25(6), 409-417.
- 임은진(2003). ICT를 활용한 온라인 프로젝트 학습모형 개발 :원자력 에너지 단원을 중심으로. 숙명여자대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 정미경(2004). 프로젝트 기반 학습이 고차원적 사고력 신장에 미치는 효과 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 정찬길(2005). ICT 활용 프로젝트 교수학습 설계 및 활성화 방안. 경희대학교 교육대학원 석사학위논문.

- 정효숙, 전우천(2002). 프로젝트 학습을 기반으로 하는 ICT 활용 수업 모형의 개발 및 적용. *정보교육학회논문지*, 6(3), 347-360.
- 조연순(2006). 문제중심학습의 이론과 실제. *학지사*.
- 최운필(2004). E-PBL에 의한 초등학교 수업 사례: 학업성취도 및 ICT 활용 능력을 중심으로. *경희대학교 교육대학원 석사논문*.
- 한국교육학술정보원(2004). 학교에서 e-Learning의 이해와 활용방안. *한국교육학술정보원*.
- Blumenfeld, P., Soloway, E., Marx, R., Krajcik, J., Guzdial, M. & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning : Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26, 369-398.
- Dick, W. & Carey, J. (2001). *The systematic design of instruction(5th)*. Addison-Wesley Education Publishers Inc. 182- 239.
- Fleming, D. S. (2000). A teacher's guide to project-based-learning. *Office of Educational Journal of Science Education*, 24(8), 823-834.
- Guzdial, M. (1998). Technological Support for Project-Based Learning. Yearbook. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P., Marx, R. & Soloway, E. (1994). A collaborative model for helping middle grade science teachers learn project-based instruction. *The Elementary School Journal*, 94(5), 483-497.
- Laffey, J., Tupper, T., Musser, D. & Wedman, J. (1998). A computer-mediated support system for project-based learning. *Educational Technology Research and Development*, 46(1), 73-86.
- Markham, T., Mergendoller, J., Larmer, J. & Ravitz, J. (2003). Project based learning handbook. 2nd edition. California : Buck Institute for Education(BIE).
- Penuel, W. R. (1999). Observing Classroom Processes in Project-Based Learning Using Multimedia: A Tool for Evaluators. The Secretary's Conference on Educational Technology-1999, Washington, D.C.