

광물자원에 관한 스마트수업 모듈 개발 및 효과 분석

박수경* · 정아름 · 이상원

부산대학교 지구과학교육과, 609-735, 부산광역시 금정구 부산대학로 63

The Development and Effects Analysis of the SMART Instructional Modules about Mineral Resource

Su-Kyeong Park*, Areum Jung, and Sang-Won Lee

Department of Earth Science Education, Busan University, Busan 609-735, Korea

Abstract: The purpose of this study was to develop and apply three types SMART instructional modules about the mineral resources and investigate its effect. One hundred students in the experimental group and 111 students in the control group from 6 classes in the 1st year of a girl's high school participated in this study. One unit of tablet PC was provided to every two students in the experimental group and three types of SMART classes were implemented in class. Teacher-centered traditional classes were carried out for the control group. The instrument designed to assess the level of students' interest in mineral resources consisted of 10 items using 5-point Likert scale. To investigate the level of students' understanding, 15 items were developed on the mineral, mineral deposits, and the development of mineral resources. In addition, the participants were asked to describe advantages and disadvantages of the classes using the SMART modules. Results are as follows. First, participants in the experimental group showed a significantly higher level of interest on the mineral and the mineral learning than those in the control group. However, there was no significant difference between the two groups in terms of the desire to observe minerals and rocks. Second, students in the experimental group showed a higher level of understanding than the control group. The students with higher learning ability showed a significantly higher level of understanding than the lower group students. Third, the participants pointed out that the advantage of the SMART instructional modules was their experience in searching the relevant information and producing diverse outputs about mineral resource. On the contrary, the difficulties in coordinating opinions and decision making due to the excessive quantity of information were perceived as the disadvantage.

Keywords: mineral resources, smart instructional module, interest level, understanding level

요약: 본 연구의 목적은 광물자원에 관한 세 가지 유형의 스마트수업 모듈을 개발·적용한 후 그 효과를 밝히는 것이다. 연구대상은 일반계 여자고등학교 1학년 6개 학급으로 실험집단 100명, 통제집단 111명이다. 실험집단에게는 태블릿 PC를 2인당 1대 제공하고 세 가지 유형의 스마트수업을 실시하였고 통제집단에서는 교사중심의 강의식 수업을 실시하였다. 광물에 대한 흥미도 검사는 5단계 리커트 척도의 10문항을 사용하였고, 이해도 검사는 광물, 광상, 광물자원의 생성과정 등에 대한 15문항을 개발하여 사용하였다. 연구 결과 첫째, 광물과 광물관련 학습에 대한 흥미 범주에서 실험집단이 통제집단보다 유의미하게 높게 나타났으나, 광물과 암석을 직접 관찰하고자 하는 탐구의욕 범주에서는 두 집단 간의 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 둘째, 광물에 대한 이해도에서 실험집단의 점수가 통제 집단보다 높게 나타났으며, 특히 상위수준 학생들에게 스마트수업이 더 효과적인 것으로 나타났다. 셋째, 스마트수업의 장단점에 대한 인식조사

*Corresponding author: psookyong@naver.com

Tel: +82-51-290-6874

Fax: +82-51-290-6832

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

결과, 관련 자료를 찾고 다양한 형태의 산출물을 만드는 경험을 흥미롭게 느끼며 장점으로 인식한 반면, 정보량이 많아 의견조율 및 의사결정이 어려운 점을 단점으로 지적하였다.

주요어: 광물자원, 스마트수업 모듈, 흥미도, 이해도

서론

2000년대 이후, 모바일 기기가 확산됨에 따라 이러한 기기를 활용하여 협업과 토론 등을 통한 학습자 주도적 학습의 구현이 가능해졌다. 즉 기존의 이러닝이 웹기반의 환경에서 적용 가능한 일방향적인 형태의 것이었다면 스마트 환경에서의 학습 형태는 학습자 중심의 양방향형 학습을 지향한다. 이는 스마트폰, 태블릿, 스마트TV 등의 스마트형 인프라와 소셜네트워크, 가상현실 등 스마트형 소프트웨어 기술이 결합되어 가능하게 되었다(Lim, 2011). 이렇듯 기술 및 인프라적 측면은 상당한 수준으로 준비가 되어 있으나 학교 현장에서 느끼고 있는 스마트수업에 대한 선호도, 인지도 등은 긍정적이지 않다고 보고되고 있다(Noh and Ju, 2013). 그러므로 단지 모바일 기기를 활용하는데 그치지 않고 교사들에게 친숙한 기존의 수업모형과 스마트 환경을 접목할 때 스마트수업에 대한 인지도를 긍정적으로 바꿀 수 있을 것이다. 국내외에서 진행되고 있는 관련 연구들은 스마트 학습 시스템 구축, 스마트수업 설계모형을 다루거나(Ku, 2010; Lim, 2011; Kim and Kim, 2012) 스마트폰의 교육적 활용에 관한 연구들(Harrington, 2009; Milrad and Spikol, 2007)이 주류를 이루고 있다.

스마트 교육환경의 인프라와 성공적으로 연계가 이루어질 수 있는 학습모형으로 는 체험학습모형, 프로젝트학습모형 등이 있다. 체험학습이란 체험활동을 통해서 배우는 것, 즉 학습자의 활동이 현재 학습하고 있는 실재와의 직접적인 접촉을 통하여 이루어지는 것을 의미한다(Lee, 2008). 학습자가 동료 학습자들과의 협력적 공동체 활동을 통하여 현장 체험 및 가상 체험학습을 수행하고 체험과정의 설계, 목표 성취, 결과 보고에 이르기까지 함께 해결하도록 학습활동을 이끌어가는 수업모형이 필요하다. 체험학습모형에 스마트수업을 접목시키면 학생들이 실제로 경험하기 힘들었던 것들을 증강현실, 가상현실, QR코드 등을 활용하여 학습효과와 흥미를 높일 수 있다. 이와 관련하여 가상현실 기술을 활용하여 간접 체험의 환경을 제공한 결과 지구과학 학습에 긍정적인 효과가 나타난 것으로 보고된 바 있다(Kim, 2002; Kim, et

al., 2001). 그리고, 프로젝트학습유형 또한 학생 주도적 학습의 장점과 효과를 지속적으로 강조하는 모형으로 스마트수업의 근본적인 성격과도 부합된다고 볼 수 있다(Hwang, 2014).

지구과학 영역에서 스마트 수업안을 개발한 사례들을 살펴보면, 초등학생을 대상으로 지구와 달의 운동을 주제로 한 연구(Kwon, 2013), 고등학생을 대상으로 태양계와 지구 단원에 적용한 연구(Kim, 2014) 외에 천문단원의 스마트수업에 대한 인식조사와 만족도를 밝힌 연구(Park, 2013) 등이 있다. 이외에도 스마트기기를 활용하여 지구과학 관련 체험활동을 시도하거나(Kim, 2013), 스마트 러닝에 기반한 지구과학 캠프의 효과를 밝힌 연구(Shon, 2012) 외에 사이버가정학습의 중학교 과학 콘텐츠를 분석한 사례(Na et al., 2010) 등이 있다. 이와 같은 선행연구들을 살펴볼 때 지구과학 교육과정 내의 주제로 스마트수업을 시도한 연구들이 천문단원 위주로 이루어지고 있으며 지질학 분야 단원에 대한 연구는 아직 미비함을 알 수 있다.

한편, 중·고등학교 과학 교과서에 제시된 자원 관련 내용을 분석한 선행연구(Lee, 2011)에 의하면 광물자원의 탐사, 채굴, 제련 등 심화적인 내용을 다루고 있어 학생들에게 생소하고 어려운 단원으로 인식되고 있다. 암석과 광물에 대한 중학생들의 흥미도와 이해도를 분석한 연구(Park, 2009)에 의하면 학생들이 광물에 대한 흥미가 낮은 것으로 나타났다. Wee et al. (2007)에 의하면 지구과학 교과에서 배운 개념뿐만 아니라 주변 다른 교과에서 배운 개념이 광물과 암석 개념 형성에 도움을 준 것도 있었지만 오히려 방해한 것도 있었다. 지각의 물질 단원에 대한 중학생들의 인식을 조사한 선행연구(Cho, 2003)에 의하면 생활 주변의 암석을 관심 있게 관찰한 중학생의 비율이 매우 낮게 나타났다. 이와 같이 광물관련 단원에 대한 학생들의 흥미도가 지구과학의 다른 단원보다 낮게 조사된 사례들을 볼 때 광물관련 단원의 흥미를 유발하고 이해를 높이기 위하여 다양한 수업 방법 및 자료의 개발이 요구된다 할 수 있다. 특히 스마트수업과 관련하여 광물 및 암석분야 교육용 앱이 부족한 것이 현실이므로 그 외의 다양한 접근을

위한 전략이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 스마트 수업과 연계가 이루어질 수 있는 체험학습, 개념학습, 프로젝트학습모형을 활용하여 광물자원 학습을 위한 스마트수업 모듈을 개발하였다. 현장 수업에서의 활용도를 높이기 위하여 특정한 앱에만 의존하지 않고 태블릿을 다양하게 활용하는 구체적인 전략 수립에 초점을 두었다. 본 연구의 목적은 스마트수업 모듈을 개발·적용한 후 학생들의 광물에 대한 흥미도 및 이해도에 미치는 영향과 스마트수업 모듈별 장단점에 대한 인식을 밝히는 것이다.

연구 내용 및 방법

연구 대상

본 연구에서는 경상남도 K시에 소재한 여자고등학교의 1학년 6개 학급 총 인원 211명으로 실험집단과 통제집단은 각각 100명, 111명이다. 두 집단에 대하여 실험 처치 전에 과학 학업성취도와 광물에 대한 흥미도 검사를 실시한 결과 과학 학업성취도와 흥미도 검사 하위요소별 점수에서 두 집단 간에 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 스마트수업의 효과를 알아보기 위해서 6개 학급 중 3개 학급은 통제 집단으로 교사중심 설명식 수업을 실시하였고, 3개 학급은 3가지 유형의 스마트수업을 실시하였다. 대상자들은 일정 수준 이상의 타자 능력을 갖추고 있으며 본 연구를 위한 수업이 가능한 정도의 태블릿 사용 능숙도를 갖추고 있었다. 연구대상 학생들의 흥미도와 이해도를 비교하기 위하여 이전 학기말의 수학 및 과학 점수를 근거로 두 집단의 상위 50%, 하위 50%로 학습능력 수준을 구분하였다.

교육과정 내용 분석

공통 교육과정인 중학교 과학의 경우 1학년, 2학년에는 광물자원 관련 내용을 포함하고 있으나 중학교 3학년에는 광물자원 내용이 전혀 포함되어 있지 않다. 선택 교육과정인 고등학교 과학, 지구과학 I, 지구과학 II에는 광물자원 관련 내용을 포함하고 있다.

중학교 1학년의 경우 광물의 구별법과 일상생활에서의 쓰임새, 중학교 2학년의 경우 금속, 비금속에 대한 개념 정도만 간단히 소개하고 있다. 고등학교 과학의 경우 중학교 1학년의 내용과 관련이 깊으며 분량이 늘어나고 내용이 심화되고 있다. 광물의 종류, 광상의 종류, 광상의 탐사방법, 광물의 활용 방안과

유한성 등이 포함되어 있으며 광물자원 관련 단원이 없는 중학교 3학년과의 연계가 이루어지지 않은 조건에서 학습의 어려움을 느낄 수 있다. 지구과학 I에서는 광물을 포함한 포괄적인 개념인 지하자원을 다루고 있고, 지구과학 II에서는 중학교 1학년에서 배웠던 조암광물의 성질을 암석과 연계하여 제시되고 있다. 고등학교 교과외의 경우 과학, 지구과학 I, 지구과학 II교과 간에 광물자원 단원의 연계가 잘 이루어져 있다. 따라서 중학교 3학년과 고등학교 1학년 간의 연계가 미흡한 상태에서 광물자원을 처음 접하게 된 학생들의 이해를 돕고 흥미를 유발하는 일이 학습의 관건이 된다.

연구 절차

본 연구에서는 광물자원을 주제로 체험학습, 개념학습, 프로젝트학습의 3가지 유형으로 스마트수업 모듈을 개발하였고 단계별 활동에 대하여 과학교육전문가 1인과 지구과학 교사 2인에게 타당도를 검증받았다. 본 연구를 위하여 동일한 교사가 통제집단에서는 교사중심의 강의식 수업을, 실험집단에서는 스마트수업을 실시하였다. 학생들이 사용한 디바이스는 태블릿PC(갤럭시 탭 노트 10.1)로 2인당 1대를 제공하였고 무선 AP를 설치하여 인터넷 연결이 자유로운 환경으로 조성하였다. 4명으로 구성된 팀 내에서 태블릿을 함께 사용하는 2명씩 조를 구성하였고 사용방법에 대하여 안내를 받았다. 갤럭시 탭에 기본으로 제공되어 있는 S노트, Polaris Office의 워드, 파워포인트 프레젠테이션 등의 이용방법을 안내하였고 네이버 QR코드를 통해 스캔하고 내용을 확인하도록 하였다.

2014년 10월 20일부터 12월 23일까지 7차시에 걸쳐 통제집단은 교사중심의 강의식 수업을, 실험집단은 스마트수업을 실시하였다. 8주 동안의 수업 처치가 끝난 후 두 집단을 대상으로 흥미도와 이해도 검사를 실시하여 결과를 비교·분석하였다. 스마트수업을 받은 실험집단을 대상으로는 스마트수업 유형별 장·단점에 대한 인식을 조사 하였다.

스마트수업 모듈 개발 및 적용

본 연구에서는 스마트수업 모듈 개발을 위하여 새로운 학습 콘텐츠, 자유로운 유무선 환경 등을 활용한 교육과 더불어 기존의 교육방법을 혼합하는 혼합형학습(blended learning)의 개념(Lee, 2008)을 적용하

Table 1. Steps of 3 type SMART instructional module for the mineral resource

	ELM	CLM	PLM
Steps	Experiencing (activity)-Processing (discussing patterns and dynamics)-Generalizing (inferring principles about the real world)-Applying	Identifying problem-Examining the attribute, prototype and social context-Analyzing concepts-Applying	Planning a process-Mentor the process-Make the assessment-The final presentation-Evaluate
Subject	Mineral resources in everyday life	Mineral deposit and exploration methods	Limited mineral resources Creating an illustrated guide to minerals
Smart devices and materials	Tablet PC, QR code, adapter and cable for mirroring, student activity sheets	Tablet PC, movie clip, adapter and cable for mirroring, student activity sheets	Tablet PC, S note, Polaris Office Word and ppt, adapter and cable for mirroring

였다. 본 연구를 위하여 개발한 스마트수업 모듈은 체험학습(Experiential Learning Module; ELM), 개념 학습(Concepts Learning Module; CLM), 프로젝트 학습(Project Learning Module; PLM)의 3가지 유형이며 활동단계, 수업주제, 스마트 기기 활용 및 수업 자료를 요약하면 Table 1과 같다.

체험학습모듈(Experiential Learning Module; ELM)

경험단계(Experiencing)에 구리, 금, 리튬, 알루미늄, 철, 흑연, 희토류 등의 QR코드를 사용하여 광물을 캐는 경험을 간접적으로 하도록 구성하였다. 100여개의 광물 QR코드를 미리 준비하여 수업 사전에 교실 곳곳에 부착하고 교실 안에 많은 광물자원이 숨겨져 있으므로 조사하도록 동기를 유발하였다. 학생들은 2인 1조로 교실에 미리 부착되어있는 QR코드를 찾아 학습지에 붙이고, 태블릿으로 QR코드 기능을 활용하여 해당 광물에 대하여 조사하였다. 질차단계(Processing)에서는 이전 단계에서 조사한 자료를 근거로 제공된 학습지를 2인 1조로 작성하였다. 조의 대표가 학습지 작성내용을 미러링 기능을 사용하여 발표하고 교사는

보완점에 대해 지도하였다. 일반화단계(Generalizing)는 주변 세계에서의 광물관련 사실과 관련지어 일반화하는 단계로, 교과서에 포함된 ‘자동차에 사용된 광물자원’을 확인하고 태블릿을 사용하여 해당 광물에 대하여 2인 1조로 조사하였다. 이 과정은 하나의 제품이 완성되기까지 많은 광물이 사용된다는 사실을 깨닫게 하고, 생활의 편리함이나 기술의 발달 등 사회적인 측면에서 광물자원의 가치를 인식시키는데 목적이 있다. 적용단계(Applying)에서는 팀별로 미래에 개발하고 싶은 제품에 대하여 구상하고 어떤 광물자원을 재료로 사용할 것인지에 관하여 토의한 후 태블릿을 사용하여 2인 1조로 스케치하였다. 팀별로 2개조의 스케치 내용을 공유하고 미러링 기능을 활용하여 스케치 내용을 팀 대표가 발표하였다. Fig. 1은 체험학습모듈 수업환경과 학생들의 산출물을 나타낸 것으로 QR코드가 부착된 위치를 원으로 표시하였다.

개념학습모듈(Concepts Learning Module; CLM)

개념학습모듈은 다른 두 가지 모듈에 비하여 교사의 설명이 많이 포함되므로 파워포인트 프레젠테이션



Fig. 1. Learning environment for Experiential Learning Module and students' outcomes.

과 동영상 등 다양한 시청각자료를 활용하였다. 문제 확인 단계(Identifying problem)에서는 광상의 종류, 탐사방법, 광물의 공정단계에 대한 문제를 확인하도록 하였다. 속성과 사회적 맥락 검토단계(Examining the attribute and social context)는 사물을 분류하는 기준이 될 ‘속성’을 파악하는 단계로 광상 탐사 방법에 대하여 전공 교수의 설명을 동영상으로 제작하여 사용하였다. 조별로 태블릿을 사용하여 직접 촬영한 광상의 탐사방법 동영상을 확인하고, 광상, 광석, 광맥 등 배울 개념의 속성에 맞는 예와 예가 되지 않는 사례를 조사하였다. 조의 대표가 조사한 내용을 미러링으로 발표하고 교사는 발표내용에 대하여 추가 설명을 제공하였다. 개념 분석단계(Analyzing concepts)에서는 개념정교화를 위하여 태블릿을 사용하여 해당 광상에서 만들어지는 광물의 종류를 조사하였다. 팀별로 2개조의 조사결과를 공유하고 취합하여 팀 대표가 미러링으로 결과를 발표 한 후 교사는 피드백을 실시하였다. 적용단계(Applying)에서는 친구와 선생님의 이름을 영어로 적은 뒤 알파벳을 조합하여 자원을 찾고, 태블릿을 사용하여 해당 자원의 특징을 조사하고 팀 대표가 발표하였다.

프로젝트학습모듈(Project Learning Module; PLM)

첫 번째 프로젝트학습은 광물의 유한성과 관련된 세 가지 주제 중 하나를 택하여 조사하도록 하였다. 주제1은 최근에 등장한 ‘도시광산’이라는 용어의 의미와 장점을 조사하는 내용이고 주제2는 영화 아바타를 감상한 후 미래 광물자원 고갈이 인류 사회에 미칠 문제를 해결하는 과제였다. 또한 주제3은 중국과 일본의 센카쿠 열도 분쟁, 러시아의 유럽국가에 대한 천연가스 압박 사례 등 광물자원이 전쟁의 요인이 될 수 있는 상황에 대하여 조사하도록 하였다. 계획 단계(Planning a process)에서는 3가지 주제 중 하나를 선택하여 어떤 자료를 찾을 것인지 산출물은 신문기사, 포스터, 만화, 파워포인트 프레젠테이션 등 어떤 형태로 만들 것인지 협의하였다. 과정 지도단계(Mentor the process)에서 교사는 프로젝트 활동 과정을 코치하고 다양한 형태로 산출물을 작성하도록 지도하였다. 2인 1조로 태블릿을 사용하여 산출물을 만들 때 내용을 분담하되 4인 1팀의 최종 산출물이 유기적으로 관련되도록 지도하였다. 평가단계(Make the assessment)에서는 팀별로 1차 작성된 과제물에 대하여 교사는 순회하면서 보완점에 대하여 지도 조언하



Fig. 2. Students' outcomes of Project Learning Module.

였다. 최종발표단계(final presentation)에서는 팀 대표가 미러링 기능을 활용하여 작성한 과제물에 대한 프레젠테이션을 실시하였다. 팀 간의 질문과 조언, 교사의 평가를 통해 피드백을 제공하고, 팀간 상호평가를 실시하였다. Fig. 2는 프로젝트학습모듈 수업 결과 학생들의 산출물을 나타낸 것으로 포스터, 파워포인트 프레젠테이션, 4컷 만화 등의 사례이다.

두 번째 프로젝트학습을 위하여 세계 지도에서 관심 있는 나라를 택한 후 그 나라의 광물도감을 제작하도록 하였다. 먼저 교사가 백과사전 형태의 광물도감뿐만 아니라 퀴즈, 동화책, 만화책 등 다양한 형태로 광물도감을 구성할 수 있음을 안내하였다. 2인 1조로 태블릿을 사용하여 자료를 검색하되 최종 광물도감은 마분지로 제작하도록 하였다. 이 때 기본적인 광물도감의 양식은 제시하였으나 다른 형태로 만들어도 무방함을 강조하여 학습자 주도적인 창의적인 산출물이 나올 수 있도록 하였다. 최종발표단계에서는 실물화상기를 활용하여 광물도감을 보여주면서 팀 대표가 발표하였고 교사는 피드백을 제공하였다.

한편 통제집단에서는 교사 중심의 강의식 수업을 실시하는데 있어 매시간 파워포인트 프레젠테이션 자료를 사용하였고 학생들이 작성할 학습지를 배포하였다. 1차시 주제는 ‘자원과 광물’로 도입단계에서는 생활 속에서 광물과 관련된 제품을 보여줌으로써 자원의 가치에 대한 학습목표를 인식시켰다. 자원의 정의, 광물자원, 금속 광물과 비금속 광물에 대하여 설명하였고 학생들은 학습지의 빈칸에 해당 내용을 작성하였다. 수업 전개단계에서는 학습지의 정답을 풀

Table 2. Categories and details of the questionnaire on the level of interest in minerals

Categories	No.	Details of the questions
Interest on the mineral and rocks	1	I know what types of minerals and rocks are distributed in the region I live in.
	5	I am curious about the process of generation of minerals and rocks
	6	I have an experience of having picked up and observed rocks while walking on the street.
	9	I have an experience of having pondered over the rocks used in the construction of buildings.
Desired to observe minerals and rocks	2	I would like to personally observe minerals and rocks.
	3	I would like to participate in the SMART classes held in outdoors for observation of rocks.
	4	I would like to visit exhibitions on minerals or rocks.
Interest on the mineral learning	7	I find the contents of the textbook related to minerals and rocks interesting.
	8	I find the experiments or observation related to minerals and rocks interesting.
	10	I actively participated in the experiments or observation related to minerals and rocks interesting.

이하면서 자동차 이외의 제품들에 사용한 광물들에 대해서도 추가 질문을 하였다. 수업 정리 단계에서는 교과서 탐구문제를 활용하여 광물로 만들 수 있는 아이디어 상품을 생각해 보도록 하였다. 통제집단의 2차시 주제는 ‘광상’으로 우유니 소금사막 사진을 제시하여 호기심을 유발하였고 광상의 정의, 광상의 종류, 탐사방법에 대해 설명하였다. 광상의 탐사방법에 대한 동영상 활용하였고 한국광물자원공사 홈페이지의 ‘광물이야기’ 사이트를 소개하였다. 1차시와 마찬가지로 교사가 프레젠테이션 자료를 사용하여 설명하고 학생들은 학습지의 빈칸을 채우는 방식으로 수업을 진행하였다. 3,4차시의 주제는 ‘자원고갈과 도시광산’으로 영화 ‘아바타’ 포스터를 제시하면서 자원 고갈 문제에 대하여 인식하도록 하였다. 자원 고갈과 관련된 여러 그래프를 보여주면서 해석 방법을 설명하고, 뉴스 자료를 활용하여 도시광산의 개념을 설명하였다. 5-7차시도 중국의 희토류, 우리나라의 가스 하이드레이트 등 각국의 주요 광물자원에 대하여 교사가 자료를 제시하고 설명하는 방식으로 수업을 진행하였다.

검사도구 및 자료분석

본 연구에서는 광물에 대한 흥미도 검사는 선행연구(Park, 2009)의 검사문항을 고등학생에게 맞도록 일부 수정하여 5단계 리커트 척도의 총 10개 문항으로 Table 2와 같이 구성하였다.

광물 관련 이해도 검사 도구는 직접 제작하여 사용하였다. 광물, 광상, 지하자원의 종류, 광물자원의 생성과정 및 개발과정 등에 대하여 연구자들이 협의하여 개발한 후 지구과학 교사 2명과 과학교육 전문가 1인에게 내용의 타당성을 검증받았다. 이해도 검

사 문항은 총 15문항으로 선다형 9문항, 단답형 또는 서술형 6문항으로 100점 만점으로 구성하였다. 본 연구의 실험 전에 동일학교에서 실험집단 외의 한 학급을 선정하여 본 검사도구를 투입한 결과 신뢰도는 Cronbach's α 계수가 .74로 나타났다. 수업 모듈별 인식 조사를 위하여 각 모듈별 장점과 단점을 서술하는 문항으로 구성하였다. 흥미도 검사는 10분간 실시하였고 이해도와 인식 검사는 각 30분 동안 실시하였다. 검사 결과는 SPSS 16.0을 이용하여 정량적으로 분석하였다. 광물에 대한 흥미도는 스마트수업을 실시한 실험집단과 교사중심 강의식 수업을 실시한 통제집단에 대하여 학습능력을 구획 변인으로 하는 2x2 요인 변량분석을 실시하였다. 이해도는 학습능력 수준별로 실험집단과 통제집단 사이에 유의미한 차이가 있는지 분석하기 위하여 독립표본 t-검정을 실시하였다. 본 연구에서 결과 분석을 위한 모든 통계적 유의 수준은 5%로 설정하였다.

연구 결과 및 논의

스마트수업이 광물에 대한 학생들의 흥미도에 미치는 영향

학생들의 학습능력 수준별로 스마트수업이 광물에 대한 흥미도에 미치는 영향을 분석하였다. ‘광물과 암석에 대한 관심’, ‘광물과 암석 관찰 희망’, ‘광물학습에 대한 흥미’의 세 가지 범주에 대하여 스마트수업 유무와 학습능력 수준에 대한 이원변량분석 결과는 Table 3, 4와 같다.

광물에 대한 흥미도 전체의 점수는 실험집단의 평균점수(2.97)가 통제집단의 평균점수(2.77)보다 유의미하게 높게 나타났다($p < .05$) 수업처치와 학습능력

Table 3. Means and standard deviations for sub-domains of the interest inventory

	control group			experimental group		
	N	M	SD	N	M	SD
total	111	2.77	0.41	100	2.97	0.51
category1 (interest on the mineral and rocks)	111	2.69	0.52	100	2.94	0.67
category2 (desiring to observe minerals and rocks)	111	2.79	0.44	100	2.95	0.50
category3 (Interest on the mineral learning)	111	3.19	0.65	100	3.34	0.75

Table 4. ANOVA results on the interest by treatment and learning ability

	SS	df	MS	F	p
total					
treatment	1.70	1	1.60	7.96*	0.005
treatment×learning ability	2.34	1	2.24	0.11	0.756
category1					
treatment	1.18	1	1.18	5.70*	0.015
treatment×learning ability	0.12	1	0.13	0.80	0.372
category2					
treatment	1.42	1	1.42	2.86	0.092
treatment×learning ability	1.32	1	1.32	0.00	0.959
category3					
treatment	2.60	1	2.50	7.21*	0.007
treatment×learning ability	2.82	1	2.92	0.08	0.776

*p< .05

수준과의 상호작용 효과는 없었다. 하위 범주별로 광물과 암석에 대한 관심에서 실험집단의 평균점수(2.94)가 통제집단의 평균점수(2.69)보다 유의미하게 높게 나타났으며(p<.05) 광물학습에 대한 흥미 범주에서 실험집단의 평균점수(3.34)가 통제집단의 평균점수(3.19)보다 유의미하게 높게 나타났다(p<.05). 반면에 광물과 암석 관찰 희망 범주에서는 실험집단의 점수(2.95)가 통제집단의 평균점수(2.79)보다 높게 나타났으나 유의미한 차이는 없었다. 이로써 광물에 대한 스마트수업이 교사중심 수업보다 광물에 대한 학습자의 흥미에 긍정적인 영향을 미쳐 생활 속에서 광물과 암석에 대한 관심을 높였고 교과서 내용이나 실험·관찰에 대한 흥미를 높였음을 알 수 있다. 그러나 야외로 가는 암석 관찰 수업에 참여하겠다거나 광물·암석 전시회가 있으면 가보고 싶다는 등의 선

택에는 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 스마트수업의 광물관련 활동이 교과서의 지식을 이해시키는데 초점이 맞추어져 있었기에 실생활 환경에서 탐구하고자 하는 의욕에 영향을 미치지 어려웠던 것으로 해석된다.

스마트수업이 광물에 대한 학생들의 이해도에 미치는 영향

실험집단과 통제집단의 광물에 대한 이해도를 학습능력 수준별로 독립표본 t-검정을 실시한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5에 의하면 상위수준과 하위수준 모두 실험집단의 평균점수가 통제집단보다 높게 나타났다. 상위수준의 경우 실험집단은 통제집단보다 평균점수가 6.36점 높았으며 하위수준의 경우 실험집단은 통제집

Table 5. The difference of understanding regarding the mineral by learning ability

	group	N	M	SD	t	p
Higher	control	56	70.40	8.623	-2.106*	.041
	experimental	50	76.76	9.322		
Lower	control	55	26.93	19.032	-.766	.444
	experimental	50	31.10	11.887		

*p< .05

단보다 평균점수가 4.17점 높았다. 특히 상위수준의 경우 유의수준 .05 수준에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다.

스마트수업에 대한 학습만족도를 조사한 선행연구(Park, 2013)에서 성취도 상위집단이 중간집단과 하위집단보다 만족도가 유의미하게 높게 나타난 결과와 관련지어 볼 때, 학업능력이 낮은 학생들보다 중상위 이상의 학생들에게 스마트수업의 효과가 더 큰 것으로 판단된다. 이는 스마트기기를 활용한 창의적 체험 활동이 일반 학생보다 영재 학생에게 더 효과적이라는 연구 결과(Kim, 2013)나 웹기반 프로젝트 수업이 학업성취 상위집단의 성취도에 더 효과적임을 밝힌 연구결과(Kwak and Yoo, 2004) 등과도 일치한다. 이러한 결과는 스마트수업 자체의 특성과 소집단 구성원 의사소통 방식이라는 두 가지 측면에서 해석될 수 있다. 즉 스마트수업의 특성상 학습자가 주도적으로 자료를 탐색하고 재구성하는 활동이 필수적이므로, 학업능력이 높은 학생들에게 유리하게 작용한 것으로 볼 수 있다. 또한 이질적인 소집단에서 학습능력이 높은 학습자가 자발적인 의사소통 방법을 활용하여 소집단을 주도하였다는 선행연구의 결과(Park and

Kim, 2002; Park, 2006)와 마찬가지로 본 연구의 스마트수업에서도 상위 학생이 지배적인 역할을 한 결과로 해석할 수 있다.

이해도 조사에서 광물, 광상, 도시광산의 정의에 대하여 학생들이 진술한 사례와 응답자의 비율은 Table 6과 같다. 광물을 정의한 사례를 살펴보면, ‘자원 중에 인간이 현재 사용하고 있는 것’, ‘에너지를 낼 수 있는 물질’, ‘일상생활에서 이용가능한 것’, ‘땅 속에 묻혀있는 가치 있는 물질’, ‘광산에서 캐서 나오는 자원’, ‘지구에 분포되어 있는 자원’ 등이 있었다. 이러한 응답은 광물을 광상과 혼동하여 생긴 오개념으로 실험집단과 통제집단에서 유사한 비율로 나타났다. 또한 ‘여러 종류의 암석’, ‘풍화, 침식, 퇴적이 일어나 성질이 바뀐 암석들’, ‘암석이 녹아서 생긴 것’등의 응답은 광물과 암석을 구분하지 못하여 나타난 오개념으로 이러한 응답은 통제집단에서 더 많이 나타났다.

한편, 광상을 정의내린 학생들의 진술 사례를 살펴보면, 실험집단의 경우 ‘암석의 갈라진 틈을 따라 광물이 밀집된 곳’이라는 응답이 다수 나타났다. 반면에 통제집단의 경우는 ‘광물이 모여 있는 곳’이라고 단순

Table 6. Frequencies and percentages of students' conceptions regarding the topics

items	Examples of alternative conceptions	experimental group		control group	
		Number	%	Number	%
Definition of Mineral	Natural resources which human use currently	12	12.0	14	12.6
	Materials which can produce energy	9	9.0	12	10.8
	Something available on the daily life	7	7.0	8	7.2
	Valuable material buried in the ground	5	5.0	6	5.4
	Resources exploited in the mines	4	4.0	4	3.6
	Resources distributed in the earth	3	3.0	4	3.6
	Different kinds of rocks	3	3.0	10	9.1
	Rocks transformed by weathering, erosion, deposition	2	2.0	5	4.5
	Something produced by rock melting	1	1.0	5	4.5
	total	46	46.0	68	61.3
Definition of Mineral deposit	An accumulation of mineral along with the rock crevices	21	21.0	23	20.7
	An accumulation of mineral	7	7.0	40	36.0
	total	28	28.0	63	56.7
Definition of urban mining	Mines in the cities	7	7.0	42	37.8
	Mines close to the cities	5	5.0	29	26.1
	Mines caused by industrialization and urbanization	5	5.0	13	11.7
	total	17	17.0	84	75.6
	Minerals recycled from the abandoned goods	34	34.0	7	6.3
	To get the resources of used electronic devices in the cities	27	27.0	4	3.6
	To extract the metal from the semiconductors of used mobile phones and laptops	18	18.0	4	3.6
	total	79	79.0	15	13.5

히 응답한 사례가 월등히 많았다. 이는 통제집단의 학생들이 유용한 광물이 밀집되어있으면 경제성이 발생한다는 맥락을 파악하지 못하였기 때문으로 보인다.

또한 근래에 해당 분야에 등장한 용어인 ‘도시광산’은 전자 제품 등의 폐기물에서 값비싼 귀금속과 희유금속을 뽑아내는 사업을 의미한다. 이러한 도시광산에 대한 개념 진술에서 ‘도시에 있는 광산’, ‘도시 가까이 있는 광산’, ‘산업화, 도시화로 생긴 광산’ 등의 대부분의 오개념은 통제집단 학생들에게서 나타났다. 이에 반하여 실험집단에서는 ‘버려진 물건 중 다시 분해하여 사용할 수 있는 광물’, ‘도시에서 이용되는 전자기기에 있는 자원을 얻는 것’, ‘폐전자제품을 이용하여 그 속의 광물을 이용하는 것’, ‘핸드폰이나 노트북 속의 반도체를 모아 녹여 금속을 추출한다’, ‘도시에서 사람들이 사용하는 상품들에서 광산과 비슷한 가치를 찾는 것’ 등의 올바른 답을 다양하게 표현하였다. 이는 프로젝트학습을 통해 도시광산에 대하여 다양한 자료를 스스로 조사하고 산출물을 작성한 스마트수업의 효과를 보여주는 것이다. 하지만 실험집단 중에서도 일부 오개념을 나타낸 경우는 도시광산이 아닌 나머지 주제에 대하여 프로젝트를 진행한 학생들로 이들은 자신이 조사한 부분 이외에는 기억에 잘 남지 않음을 단점으로 언급하기도 하였다.

스마트수업 모듈의 장·단점에 대한 인식

스마트수업 모듈별 장점과 단점에 대한 학생들의 진술내용과 응답자 빈도는 Table 7, 8, 9와 같다.

체험학습모듈의 장점을 조사한 결과, 강의식 수업과 달리 교실에서 활발하게 움직임으로써 놀이 같이 느껴지며, 교실을 체험학습의 장으로 보게 되고, 연상할 수 있는 기회가 많아 오래 기억할 수 있다는 점 등을 진술하였다. 반면에 체험학습의 단점으로는 태블릿 조작과 인터넷 검색에 대한 유희으로 공부에 집중하기가 어렵다는 점, 자료 찾는 것에 열중하다보니 기억량이 적다는 점, 학습량에 비하여 시간이 많이 걸리는 점 등을 지적하였다. QR코드를 사용하여 정보를 바로 확인 할 수 있어 검색시간이 단축됨을 장점으로 언급한 학생이 있는 반면, QR코드 독점으로 인하여 생기는 문제를 단점으로 지적하기도 하였다. QR코드 독점 문제는 교실에 붙이는 분량을 늘리고 활동지에서 QR코드를 부착하는 수를 줄이면 해소가능하다. 또한 교실이 활동공간으로 부족하다거나 시간이 많이 걸린다는 의견이 있으므로 학교 건물 전체 또는 운동장으로 확장하고 블록타임으로 운영하면 보완될 수 있을 것이다.

개념학습모듈에 대한 장점으로는 체계적으로 내용정리가 잘 되며, 수업분위기가 조성된다는 점, 가장 익숙한 형태의 수업으로 적응이 쉽다는 점 등을 제시하였다. 그러나 전반적으로는 지루하다는 의견의 빈도가 상대적으로 높았으며, 수동적으로 참여하면 기억이 오래 가지 않는다는 점을 언급하였다. 또한 소수의 학생이지만 교사의 일방적인 수업에 그칠 수 있음을 지적하였다. 실제로 개념을 설명할 때는 집중도가 낮았지만 스마트 기기를 활용한 탐구활동을 진행할 때는 학생들의 호응이 높았다. 개념학습모듈의

Table 7. Advantages and disadvantages of the experiential learning module

	ELM	Number	%
Advantages	SMART classes involves active movement of the body and I find it refreshing and perceive it as a game.	69	69.0
	The time required for searching is shortened since the information can be confirmed immediately by using the QR code.	17	17.0
	I viewed the classroom space as a venue of experience learning. What has been learned is remembered for long time due to numerous opportunities for association.	12	12.0
	The extent of class participation is high due to the curiosity on the SMART device.	10	10.0
Disadvantages	It is difficult to maintain concentration due to the temptation of internet search and manipulation of the device.	28	28.0
	Experience activities are carried out too quickly due to monopolization of the QR code.	15	15.0
	Too much time is taken for the amount of learning attained.	12	12.0
	Little remains in the memory due to the need for having to concentrate only on searching.	11	11.0
	Classroom offers little space for activities.	3	3.0

Table 8. Advantages and disadvantages of the concepts learning module

CLM		Number	%
Advantages	It is possible to organize systematically.	32	32.0
	Tasks can be solved more easily than doing it alone.	25	25.0
	The range of materials that can be utilized is broad.	20	20.0
	Positive classroom atmosphere is created.	9	9.0
	It is easy to adapt since the SMART class has the format that is familiar.	8	8.0
Disadvantages	This type of class is tedious.	36	36.0
	What has been learned is not remembered for long since we learn passively in this type of class.	10	10.0
	It has the characteristic of being led by the teacher unilaterally.	5	5.0
	If I doze off or do not pay attention to the explanation, it is difficult to understand the latter parts that follow.	3	3.0

Table 9. Advantages and disadvantages of the project learning module

PLM		Number	%
Advantages	The cooperative attitude can be nurtured.	19	19.0
	The ability to select information might be improved.	16	16.0
	The duration of memories will be long.	11	11.0
	The process of completing outcomes of diverse range of formats was interesting.	10	10.0
	A diverse range of knowledge is attained through the process of searching relevant information.	10	10.0
	It is possible to solve the task during the SMART classes even if preliminary search has not been done at home.	8	8.0
Disadvantages	It becomes difficult to execute the project if the entire team members do not participate actively.	13	13.0
	Conflicts in opinions are experienced with difficulties in coordinating opinions during discussion.	12	12.0
	May end up studying wrong information since it is difficult to distinguish accurate information from those that are not.	11	11.0
	Difficulties in making decision are experienced due to too much information.	8	8.0
	It is difficult to remember information other than those I searched myself.	5	5.0

단점은 스마트기기를 활용한 짧은 탐구활동을 추가하면 보완될 수 있으며 5-10분 정도의 짧은 시간 내에 가능한 탐구활동의 개발이 필요하다.

프로젝트학습모듈의 장점으로는 협동심을 키울 수 있고, 정보를 선별하는 능력이 향상되며, 기억이 오래 간다는 점 등의 빈도가 높게 나타났다. 또한 다양한 형태의 산출물을 완성하는 과정을 통해 창의력을 키울 수 있고, 관련 정보를 찾는 과정에서 다양한 지식을 얻을 수 있음을 장점으로 진술하였다. 반면에 프로젝트학습의 단점으로는 팀원 전체가 적극적으로 참여하지 않으면 힘들거나 토론할 때 의견조율이 어렵다는 등 팀활동에서 발생하는 문제점을 많이 지적하였다. 이러한 결과는 협동학습에 있어 팀 구성원

들이 얼마나 잘 결속되는가의 문제인 팀 형성(team building)에 초점을 두는 사회응집성 관점(Cohen, 1994)을 간접적으로 지지하는 것이다. 그 외에도 잘 못된 정보를 학습할 수 있다거나 정보량이 너무 많아 결정에 어려움을 느꼈다는 반응과 자신이 조사한 부분 이외에는 기억에 잘 남지 않는다는 응답이 나타났다. 그러므로 프로젝트학습의 단점을 최소화하기 위해서는 팀을 이끌만한 지도력을 갖추고 있으면서 스마트기기를 잘 다루는 학생을 팀리더로 정할 필요가 있다. 또한 교사는 순회 지도를 통해 팀원 모두가 과제 분담을 적절히 하여 활동하는지 확인하고 피드백을 줄 필요가 있다.

결론 및 제언

본 연구에서는 고등학교 광물자원 단원에 대하여 체험학습, 개념학습, 프로젝트학습의 3가지 유형으로 스마트수업 모듈을 개발하였다. 실험집단에서는 개발한 스마트수업 모듈을 적용한 수업을 실시하였고 통제집단에서는 교사중심의 강의식 수업이 이루어졌다. 수업 실시 후 각 집단별로 광물에 대한 흥미도 및 이해도에 미치는 영향을 비교·분석하였다. 본 연구에서 밝혀진 결과를 토대로 결론을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 스마트수업의 효과를 광물에 대한 흥미의 하위 범주별로 살펴보면, 광물과 암석 자체에 대한 관심이나 광물학습에 대한 흥미 범주에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 그러나 하위 범주 중에서 수업이나 생활 속에서 광물과 암석을 적극적으로 관찰하고자 하는 측면까지는 직접적인 영향을 주지 못한 것으로 밝혀졌다. 이로써 스마트수업을 위한 콘텐츠 개발 측면에서 교과서 지식외의 실생활 접목 소재에 대한 연구가 필요함을 보여주었다.

둘째, 광물에 대한 이해도에 대하여 학습능력 수준별로 비교한 결과, 상위수준 학생들의 경우 스마트수업의 효과가 유의미하게 높게 나타났다. 이로써 스마트수업학습능력이 낮은 학생들보다 높은 학생들에게 더 효과적이라는 결론을 얻을 수 있다. 이는 스마트수업이 다양한 자료의 탐색과 정보의 생성 측면에서 학업적으로 우수한 학생들에게 유리하게 작용한 결과로 해석된다. 광물에 대한 학생들의 개념을 분석한 결과, 스마트수업을 한 경우 광물과 암석의 대안개념의 빈도가 낮게 나타났다. 이로써 스마트수업을 통하여 광물, 광상, 자원 분야에 대하여 체험하고 스스로 조사한 내용을 재구성하는 활동 결과, 나름의 체계적인 추상화 과정을 거쳐 개념형성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석된다. 다만 광상을 암맥으로 오인한 경우가 다수 나타났는데 이는 스마트 수업자료 중, 암맥에 대한 동영상 때문일 것으로 분석된다. 즉 시청각 자료에 대한 인상이 다른 자료보다 강력하여 개념형성에 있어 오히려 방해가 될 수도 있음을 보여주는 것이다. 따라서 동영상 자료를 접한 후 그 의미에 대하여 숙고하는 과정이 항상 수반되어야 함을 알 수 있다.

셋째, 수업모듈별 장단점에 대한 인식을 조사한 결과, 체험학습모듈에 대해서 학생들은 스마트기기를 활용한 교실내의 체험을 긍정적으로 평가하면서도 인

터넷 검색에 대한 유혹으로 학습에 방해되었다는 상반된 인식을 보여주었다. 체험활동을 하면서 연상하는 기회가 많아 기억의 지속에 도움이 되었다는 의견과 자료 검색에 열중하다보니 기억량이 적었다는 의견도 상반되게 나타났다. 개념학습모듈에 대해서는 가장 익숙한 형태의 수업이기 때문에 쉽게 적용할 수 있다고 인식하면서 전반적으로 지루하다는 소감도 많았다. 또한 프로젝트학습모듈에 대해서는 협동학습 능력과 정보 선별 능력 증진에 도움이 된다고 판단한 반면, 많은 정보량을 인하여 의견조율 및 의사결정을 어려워하였다.

본 연구는 광물자원에 관한 스마트수업이 학생들의 광물에 대한 흥미도와 이해도에 미치는 긍정적인 영향을 입증하였다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 더불어 본 연구의 결과, 특히 학습능력이 낮은 학생들에게는 스마트수업의 효과가 낮게 나타났으므로 이에 대한 추후 연구가 필요하다. 여기서 학습능력별로 상이한 효과가 나타나는 이유는 스마트 환경 그 자체가 학습자의 균등한 참여를 자동적으로 보장하지 않는데 있다. 따라서 학습능력이 상이한 학습자들 간의 상호작용을 위하여 스마트 학습 환경에서 협동기술 훈련을 실시하고 그 효과를 검증할 필요가 있다. 또한 수업모듈 유형별로 학습자들이 지적한 단점을 보완하기 위한 방안이 필요하다. 이를 위하여 수업 집중력, 참여율 등을 모니터링 할 수 있는 학습자 모니터링 시스템과정을 도입하여 개선하는 것도 한 가지 방안이 될 것이며 이에 대한 효과성을 입증할 필요가 있다.

References

- Cho, K.S., Hwang, J.H., and Kim, C.B., 2003, Cognition of middle school students about the material and change of the earth's crust. *Journal of Korean Earth Science Society*, 24, 128-134. (in Korean)
- Cohen, E.G., 1994, Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64, 1-35.
- Herrington, A., 2009, Using a smartphone to create digital teaching episodes as resources in adult education. *New technologies, new pedagogies; Mobile Learning in Higher Education*, 1, 28-35.
- Hwang, Y.J., 2014, Effects of smart education-based project learning on specialized high school student's self-directed learning ability. Unpublished M.S. thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, Korea, 54

- p. (in Korean)
- Kim, H.S., 2002, The use of virtual reality in web-based Earth Science education. *Journal of Korean Earth Science Society*, 23, 531-542. (in Korean)
- Kim, H.J., 2014, Development and application of the smart learning instruction program regarding solar system and Earth. Unpublished M.S. thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, Korea, 92 p. (in Korean)
- Kim, Y.J., 2013, The effects of creative experiences by using Smart devices on the scientific attitude and problem solving ability of middle school students. Unpublished M.S. thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, Korea, 97 p. (in Korean)
- Kim, H.J. and Kim, H.C., 2012, A framework for developing learning activities for Smart Education and an instructional model. *Journal of Korea Association of Computer Education*, 15, 25-39. (in Korean)
- Kim, H.C., Shin, Y.J, Kim, Y.H., and Suh M.S., 2001, The use of 3D virtual reality technique in the web-based Earth science education. *Journal of Korea Society for Educational Technology*, 17, 85-106. (in Korean)
- Ku, J.H, 2010, Model of self-directed learning in a mobile environment development. Unpublished M.S. thesis, Chungang University, Seoul, Korea, 62 p. (in Korean)
- Kwak, M.H. and Yoo, J.M., 2004, Effect of web-based project learning on the science achievement and attitude of middle school students. *Journal of Korean Earth Science Society*, 25, 74-86. (in Korean)
- Kwon, Y.I., 2013, The development and application of smart teaching-learning program about movement of Earth and Moon for scientifically gifted elementary students. Unpublished M.S. thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, Korea, 94 p. (in Korean)
- Lee, H., 2008, The Effect of Blended Learning- based computer demonstration-practice lesson on student's academic performance and learning satisfaction. Unpublished M.S. thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, Korea, 55 p. (in Korean)
- Lee, M.H., 2008, A study on the u-learning experiential learning model based on scaffolding strategy, Unpublished Ph.D. dissertation, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea, 190 p. (in Korean)
- Lee, S.Y., 2011, An analysis of the level of information on the textbooks of resources in the middle and high school. Unpublished M.S. thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea, 102 p. (in Korean)
- Lim, K., 2011, Research on developing instructional design models for enhancing smart learning. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 14, 33-45. (in Korean)
- Milrad, M. and Spikol, D., 2007, Anytime, anywhere learning supported by smart phones: experiences and results from the MUSIS. *Educational Technology & Society*, 10, 62-70.
- Na, J.J., Son, C.J., and Kook, D.S., 2010, An analysis and evaluation of cyber home study contents for self-directed learning -focused on the Earth Science content of the science basic course for the 7th grade-. *Journal of Korean Earth Science Society*, 31, 392-402. (in Korean)
- Noh, K.S. and Ju, S.H., 2013, A study on the environment analyses and policy of smart education. *Journal of Digital Policy and Management*, 11, 35-44. (in Korean)
- Park, S.H., 2009, The case study on the interest and understanding of middle school students about minerals and rocks. Unpublished M.S. thesis, Kyung Pook National University, Daegu, Korea, 60 p. (in Korean)
- Park, S.K. and Kim K.H., 2002, The development of level-differentiated WBI program on weather and climate unit and the analysis of its effects in Earth science class. *Journal of Korean Earth Science Society*, 23, 666-675. (in Korean)
- Park, S.K., 2006, The effects of the group reward and cooperative skill training on the science achievement and learning motivation of elementary students. *Journal of Korean Earth Science Society*, 27, 121-129. (in Korean)
- Park, S.K., 2013, Analysis on middle school students' perceptions and learning satisfaction in SMART learning-based science classes. *Journal of Korean Earth Science Society*, 34, 727-737. (in Korean)
- Shon, J.Y., 2012, Effects of science camp programs based on smart learning on adolescents' key competences. Unpublished M.S. thesis, Kyung Hee University, Seoul, Korea, 102 p. (in Korean)
- Wee, S.M., Cho, H., Kim, J.S., and Kim, Y.J, 2007, Characteristics of high school students' conceptual understanding about minerals and rocks. *Journal of Korean Earth Science Society*, 28, 415-430. (in Korean)

Manuscript received: June 1, 2015

Revised manuscript received: June 21, 2015

Manuscript accepted: June 26, 2015