

## 고등학교 지구과학 수업에서 플래시 파노라마 기반 가상 야외 답사의 활용이 학생들의 공간 시각화 능력 및 화산 개념 이해에 미치는 영향

허준혁 · 이기영\*

강원대학교 과학교육학부, 200-701, 강원도 춘천시 강원대학길 1

### The Effects of Flash Panorama-based Virtual Field Trips on Students' Spatial Visualization Ability and Their Understanding of Volcanic Concept in High School Earth Science Class

Jun-Hyuk Heo and Ki-Young Lee\*

Division of Science Education, Kangwon National University, Gangwon 200-701, Korea

**Abstract:** While virtual field trips (VFT) are considered as an attractive alternative to traditional field experience, it is unclear how VFT are best used in Earth Science curriculum. In this study, we investigated the effects of flash panorama-based VFT on students' spatial visualization ability and their understanding of volcanic concept in high school Earth Science class. To investigate the effects of instructional treatment, we conducted pre and post-test on participants' spatial visualization ability and their understanding of volcanic concept, and analyzed using analysis of covariance (ANCOVA) and linear regression. Findings are as follows: First, the change in students' spatial visualization ability in experimental group was significantly higher than that of control group, especially in spatial manipulation category. Second, the change in students' understanding of volcanic concept in experimental group was higher than that of control group in most of the categories, but it is statistically not significant. Last, the change in correlation between spatial visualization ability and understanding of volcanic concept in experimental group was remarkably high compared to control group.

**Keywords:** flash panorama, virtual field trip, spatial visualization ability, understanding of volcanic concept

**요약:** 가상 야외 답사(VFT)는 전통적인 야외 답사의 매력적인 대안으로 간주되지만, 지구과학 교육과정에서 어떻게 가장 효과적으로 활용될 수 있는지는 아직 명확하지 않다. 이 연구에서는 플래시 파노라마 기반 VFT를 활용한 지구과학 수업이 고등학교 학생들의 공간 시각화 능력과 화산 개념 이해에 미치는 영향을 알아보았다. 플래시 파노라마 기반 VFT 활용의 효과를 알아보기 위해 수업 처치 사전 및 사후에 공간 시각화 능력 및 화산 개념 검사를 실시하였으며, 수업 처치 결과를 분석하기 위해 공변량 분석과 선형 회귀 분석을 수행하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 실험집단의 공간 시각화 능력 향상 정도가 통제 집단에 비해 통계적으로 유의미하게 더 높게 나타났다. 특히, 공간 시각화 능력의 세 가지 하부 범주 중 공간 조작 능력 향상이 가장 큰 것으로 나타났다. 둘째, 대부분의 범주에서 실험 집단의 화산 개념 이해 향상 정도가 통제 집단에 비해 더 높게 나타났으나, 1개 범주를 제외하고 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다. 셋째, VFT 활용 후 실험 집단이 통제 집단에 비해 공간 시각화 능력과 화산 개념 이해 간의 상관관계가 현저하게 증가하였다.

**주요어:** 플래시 파노라마, 가상 야외 답사, 공간 시각화 능력, 화산 개념 이해

\*Corresponding author: leeky@kangwon.ac.kr

Tel: 82-33-250-6752

Fax: 82-33-242-9598

## 서론

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.

지구과학 학습에서 자연 현상을 직접 관찰하고 체험할 수 있는 기회를 제공해 주는 것은 그들이 자연 현상을 능동적으로 이해하고 개념화 하는데 매우 효과적인 방법이다(Cowden, 2006; Kwak, 2001). 그러

므로 교사들은 현실 세계로부터 충분한 야외 경험을 얻을 수 있는 기회를 학생들에게 제공해줄 필요가 있다(Arrowsmith et al., 2005; Qiu and Hubble, 2002). 이러한 필요성에 근거하여 학습하는 내용을 실제계와 연계시킴으로써 학습자의 이해를 촉진하고자 하는 방법이 야외답사(field trip)이다. 야외답사는 자료를 수집하고 분석함으로써 탐구기능을 향상시키고 관찰내용을 개념과 연계시켜 학생들의 이해를 강화시켜줄 뿐만 아니라, 교실에서 다룰 수 없는 물질과 현상을 직접 관찰하고 경험하는 기회를 제공함으로써 정의적인(affective) 측면에서 학습에 대한 관심과 즐거움을 증가시키며, 과학적 태도에 긍정적인 변화를 유도한다(Elkins and Elkins, 2007; Kelly and Riggs, 2006).

2009 개정 과학과 교육과정(Ministry of education, science and technology, 2011)의 고등학교 지구과학에서는 『아름다운 한반도』라는 대단원을 새롭게 도입하여 ‘한반도의 지질과 지형’, ‘한반도의 지질 명소’를 다양한 방법으로 학습하도록 하고 있다. 그러나 현재 고등학교 과학 교육 과정에서 이루어지고 있는 지구과학 수업에서는 여러 가지 현실적인 제약으로 인하여 학생들이 실제의 자연물을 접하고 이와 같은 자연물의 형성 과정을 추론할 수 있는 체험의 기회가 매우 제한된다. 이와 같은 현실적인 어려움을 극복하기 위한 대안으로 선행 연구들(Hesthammer et al., 2002; Kali, 2003)에서 제시되고 있는 것들 중 하나가 가상야외답사(virtual field trip, 이하 VFT)이다.

VFT는 실제 야외 답사와 비교할 때 시·공간적 제약이 없으며, 충분한 반복 관찰이 가능하고 다양한 크기의 자료들을 제시할 수 있으며 동시에 다양한 관점들로부터 이미지들을 제시할 수 있다는 장점을 가진다(Hurst, 1998; Qiu and Hubble, 2002; Foley, 2003). 또한, VFT는 야외답사의 효과에 결정적인 영향을 미치는 것으로 Orion(1993, 1989)에 의해 제안된 ‘새로운 경험 공간(novelty space)’을 줄여주는 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(Kim and Lee, 2011). 즉, 학습자가 야외지질답사를 실시할 학습장을 사전에 탐색해 봄으로써 야외학습지역에 친숙해지게 되고 답사할 노두를 먼저 보게 되므로 직접 현장에서 소요할 시간도 절약할 수 있으며, 답사할 지역에 대해 교사가 VFT를 사용하여 통합 문제 제시 및 답사 개괄에 대한 사전 교육과 답사를 실시한 후에 답사 정리 단계에서 활용함으로써 야외지질학습의 효과

를 극대화할 수 있다는 것이다. 특히 본 연구에서 활용된 VFT 시스템은 플래시 파노라마(Flash panorama)를 웹과 접목한 새로운 형태의 VFT로, 기존의 2차원 VFT와는 달리 3차원의 가상공간에서 현실 세계와 매우 유사한 자연물을 자유롭게 접하고 탐구할 수 있도록 구성되어 있으므로 그 활용 효과는 더욱 커질 수 있다(Kim and Lee, 2011).

한편, 현재의 고등학교 수준에서의 지질학 관련 학습 내용은 주로 지구 내부 구조, 판구조론, 지각 변동에 의한 지질구조 및 지형, 지질도의 작성과 해석, 지질 단면도 작성 및 해석 등과 같이 특별한 공간 능력(spatial ability)을 갖추고 있을 때 효과적으로 이해할 수 있는 것들로 구성되어 있다. 공간 능력에 관한 다수의 선행 연구들(Lee et al., 2004; Kali and Orion, 1996; Bodner and Guay, 1997; Black, 2005; Baldwin and Hall-Wallace, 2005; Titus and Horsman, 2009)은 지질학 분야 특히, 야외 지질학이나 구조 지질학에서 발생하는 학생들의 오개념과 개념적 어려움들을 해결하기 위한 방안으로 공간 시각화 능력 및 지질 공간 능력이 관련이 있다고 주장하였으며 이를 공간 능력의 향상을 통해 해결할 수 있다고 제안하였다. 특히, Black(2005)은 공간적 사고와 능력은 전통적인 교육으로 직접 해결되지 못한다고 하였으며, 지구과학의 다양한 분야의 개념들을 공간 능력 검사와 관련하여 연구하였다. 또한 Wong(2011)은 공간 시각화 능력의 세 가지 능력들을 활용하는 지질학 문제들과 더불어 공간 시각화의 세 가지 요소들(공간 관계, 공간 조작, 시각적 투시 능력)을 검사하여 그것들 간의 관계를 알아내는 연구를 수행하였다. Lee et al.(2004)는 Kali and Orion(1996, 1997)의 연구 결과를 토대로 학생들의 공간 능력을 향상시킬 수 있는 프로그램을 개발하여 이를 학생들에게 투입하였고 GeoSAT 검사와 학습과정에 대한 인터뷰를 하여 그들이 개발한 공간 능력 학습 프로그램이 학생들의 공간 능력을 유의미하게 향상시켰음을 보고하였으며, 향후 지질 공간 개념 학습을 보다 흥미 있고 실제에 가깝게 진행하기 위해 지질 구조를 실제와 유사한 3차원 가상 현실 프로그램을 개발하여 제공하는 것이 필요하다고 제안하였다.

이와 같은 선행 연구 결과들을 토대로 할 때, 현재 개발되어 있는 플래시 파노라마 기반 VFT는 학생들의 공간 시각화 능력을 향상시킬 수 있는 매우 좋은 학습 도구라고 생각되며, VFT를 활용한 탐구 학습은

학생들의 개념 이해에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각된다. 이에 본 연구에서는 지구과학 탐구 수업에서 플래시 파노라마 기반 VFT의 활용이 고등학생들의 공간 시각화 능력 및 화산 개념 이해에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

첫째, 플래시 파노라마 기반 VFT의 활용은 고등학생들의 공간 시각화 능력에 어떤 영향을 미치는가?

둘째, 플래시 파노라마 기반 VFT의 활용은 고등학생들의 화산 개념 이해에 어떤 영향을 미치는가?

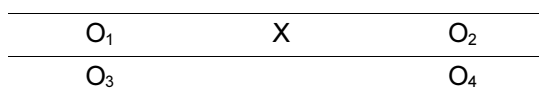
셋째, 플래시 파노라마 기반 VFT의 활용 전후 공간 시각화 능력과 화산 개념 이해 간의 상관 관계는 어떻게 변화되는가?

## 연구 방법 및 절차

### 연구 대상 및 설계

본 연구에는 강원도 소재 일반계 고등학교 2학년 2개 반 총 64명의 학생이 참여하였다. 2개 학급의 남녀 비율은 비슷하였으며, 별도의 표집 방법을 이용하지 않고 2개 학급을 임의로 실험 집단(32명)과 통제 집단(32명)으로 나누었다.

본 연구는 Fig 1과 같은 준실험설계(quasi-experimental design)의 이질 통제 집단 사전·사후 검사(non-equivalent control group pre-post test)를 적용하였다. 우선, 실험 집단과 대조 집단을 대상으로 공간 시각화 능력 검사지와 화산 개념 검사지로 사전 검사를 실시하였으며, 이후 VFT 활용 탐구 수업을 총 3차시에 걸쳐 실시하였다. 마지막으로, 사전 검사에서와 동일한 두 개의 검사지로 사후 검사를 실시하여 공간 시각화 능력 변화와 화산 개념 이해 변화



O<sub>1</sub>, O<sub>3</sub>: Pre-test  
X: Science inquiry class using flash panorama-based VFT  
O<sub>2</sub>, O<sub>4</sub>: Post-test

Fig. 1. Research design.

를 분석하였다. 연구 대상 학생들의 동의를 구해 사전, 사후 검사를 위한 시간과 본 수업을 위한 총 10시간의 시수를 확보 하였다.

### 자료 분석

플래시 파노라마 기반 VFT의 활용 효과를 알아보기 위해 공간 시각화 능력 및 화산 개념 이해 변화에 대해 실험 집단과 통제 집단의 사전 점수를 공변인으로 한 공변량 분석(ANCOVA)을 실시하여 두 집단 차이의 통계적 유의미성을 검증하였으며, 사전·사후 두 집단의 변화 정도를 비교하기 위하여 범주별로 향상 지수(gain index)를 산출하였다. 또한, 공간 시각화 능력과 화산 개념 이해 간의 상관관계를 분석하기 위하여 선형 회귀 분석(linear regression)을 실시하였다.

### 수업 처치

Table 1은 본 연구에서 수행된 실험 집단과 통제 집단의 학습 내용, 학습 형태 및 학습 자료의 구성을 나타낸 것이다. 실험 집단과 통제 집단 모두 본 수업을 3차시에 걸쳐 실시하였으며, 본 수업의 전·후에 사전, 사후 검사를 각각 1시간씩 실시하였다. 연구에 참여하는 학생들의 학습 부담을 최소화하기 위해 2011년 12월 2학기 정기 고사를 모두 마친 후 일주

Table 1. Comparison of instructional treatments between experimental and control group

Unit	Sequence	Time (min)	Learning contents	Experimental		Control	
				Type	Materials	Type	Materials
Volcano and volcanic zone	1	50	What is volcanic activity? Types & Characteristics of volcanic products Structure of volcanoes	didactic	textbook, ppt VFT	didactic	textbook, ppt photos & videoclips
	2	50	Type of volcanoes Volcanic activity by property of magma Volcanic structure by type of magma Volcanic terrain of our country	didactic	textbook, ppt VFT	didactic	textbook, ppt photos & videoclips
	3	50	Reasoning the formation process of volcanic terrain of Jeju Island	2Ps model abductive inquiry	VFT work sheet	abductive inquiry	reference work sheet

㉔ 만장굴

자. 아래와 사진을 토대로 채광민구에서 두 번째 거대한 빛나는 곳을 좀 살펴. 돌로에서 지하 돌굴로 내려가는 곳이며, 그곳에 돌굴의 골짜기를 볼 수 있다. 이렇듯, 만장굴은 장난의 숲이 아니라, 여러 층으로 이루어져 있는 단층구조의 대규모 암굴로 이루어져 있다. 이러한 단층구조는 큰 병에 얽혀있던 것이 아니라, 돌굴의 벽(측)을 형성으로 돌굴의 여러층이 계속 같이면서 만들어낸 것이다.



<만장굴의 숲, 광워 돌굴의 골짜기>

1. 광워돌굴의 벽면에서는 돌로 선과 광워 선(광워선)을 볼 수 있는데, 이것은 돌로 내부로 돌로가 들어간 뒤의 돌로 수위를 나타내주고 있는데, 이를 자세히 관찰해 보고, 광워 골짜기에 스킴을 그려보라. 또한 이 구조의 특징과 생성과정, 그리고 이 구조로부터 무엇을 알 수 있는지 적어보라.

스 키 엠	
특 징 점 수	

2. 만장굴의 광워 돌굴의 골짜기의 생성과정을 위해서 광워 돌굴의 단층 구조를 그려서 설명해 보라.

--

3. 만장굴의 돌굴의 내측면에 돌출이 돌출다 하여 광워 돌굴의 단층구조의 특징(특징)구조를 생각해 볼 수 있다. 이 단층구조를 자세히 관찰해 보고, 그 특징을 적어보라. 그리고 이러한 구조를 만든 수 있는 돌굴의 생성을 생각해 보라.

스 키 엠	특 징 점 수
-------------	------------------

4. 위의 내용을 바탕으로 만장굴의 생성과정을 아래 공간에 그림을 그려서 설명해 보라 (만장굴 연구소 주소: [www.manchangul.com](http://www.manchangul.com) 또는 만장굴 연구소 홈페이지를 참고하여 보라).

--	--

Fig. 2. An example of worksheet for performing abductive inquiry (Manjang lava tube).

일 동안 방과 후 수업 시간을 활용하여 본 연구를 위한 학습을 진행하였다. 3차시 분량의 수업 내용은 본 연구를 위해 학생들의 양해를 구해 정규 수업 시간에서 빼서 남겨 두었으며, 정기 고사 출제 범위에도 포함하지 않았다.

수업의 1차시와 2차시에는 실험 집단과 통제 집단 모두 동일한 장소(과학실)에서 전통적인 강의식 수업으로 진행하였으나, 실험 집단은 통제 집단과 달리 플래시 파노라마 기반 VFT<sup>1)</sup>를 활용하여 화산 관련 개념을 설명하였으며 통제 집단은 VFT를 제외하고 인터넷이나 교과서 등에 있는 2D 이미지 자료 및 참고용 문서자료와 동영상만을 활용하여 화산 관련 개념을 설명하였다.

수업 처치의 3차시에는 Fig. 2와 같이 Jung and Song(2006)이 개발한 '귀추법 양식'을 활용하여 Kim and Lee(2011)에 의해 제작된 VFT 활동지(만장굴과 대포동 주상 절리)를 연구 대상 학생들의 수준에 적합하도록 수정하여 실험 집단과 통제 집단 모두에게 개인별 탐구 활동 보고서로 제시하였다. 한라산 백록담 탐구 활동을 위한 활동지는 백록담 일대의 선행

지질 조사 문헌 자료(Koh et al., 2003; Yoon et al., 2005)와 교과서 분석 내용을 토대로 과학교육 전문가의 자문과 검토를 받아 수정 보완하였다. 이와 같은 탐구 활동지를 이용하여 실험 집단은 VFT 활용 방법과 탐구 활동 보고서 작성을 위한 교사의 간단한 안내(3분) 이후 2Ps 수업 모형을 적용한 귀추적 탐구 학습으로 진행하였으며, 통제 집단은 탐구 활동 보고서 작성과 참고 자료 활용에 대한 안내(3분) 이후, 귀추적 탐구 학습으로 진행하였다. 실험 집단과 통제 집단의 학생들 모두 학교의 컴퓨터실 안에 설치된 개인용 PC를 이용하여 탐구 학습에 참여하였으며, 실험 집단은 제주도 VFT 웹 페이지 이외에 다른 인터넷 사이트 접속을 차단하였고 통제 집단 역시 인터넷 사이트 접속을 차단하였다. 탐구 학습 과정 중 발생한 학생들의 질문은 VFT 활용 방법과 보고서 작성법에 대한 답변만 하였으며 실험 집단과 통제 집단의 학생들이 개인별로 탐구 학습을 할 수 있도록 교사가 순회하며 지도하였다.

3차시에 적용된 2Ps 수업 모형은 Kim and Lee (2011)에 의해 제안된 것으로, Fig. 3과 같이 VFT 활

1) 플래시 파노라마 기반 VFT 웹 페이지 주소 <http://cc.kangwon.ac.kr/~scivft>

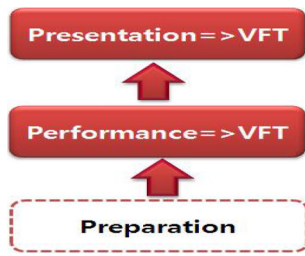


Fig. 3. The 2Ps instructional model used in science inquiry class.

용을 위한 3Ps 수업 모형에서 준비 단계를 생략한 모형이다. 학습자들은 수업 중 탐구 활동지와 함께 제공되는 플래시 파노라마 기반 VFT를 통해 탐구 활동을 수행하며, 탐구 활동 결과를 발표하고 토의하는 과정을 순차적으로 수행하게 된다.

검사 도구

1) 공간 시각화 능력 검사

본 연구에서는 공간 시각화 능력에 관한 선행 연구들(Black, 2005; Titus and Horsman, 2009; Wong, 2011)이 이용하였던 검사 도구들을 수정하여 사용하였다. 공간 시각화 능력(spatial visualization ability)이란 삼차원 공간에서 사물이나 과정에 관하여 표현하고, 재현하고 조작하거나 추리하기 위하여 갖추고 있어야만 하는 기본적인 능력이다(Wong, 2011). 이 능력은 지질학적 맥락 안에서 사물들이나 형태들을 회전시키고 해석하거나 시각화하는데 이용되어지며 지질학자들은 지도 작성이나 단면도 생성과 같은 다양한 아외 작업에서 이러한 능력을 활용한다(Kastens et al., 2009).

본 연구에서 사용한 공간 시각화 능력 검사 도구는 공간 관계(spatial relation), 공간 조작(spatial manipulation), 시각적 투시(visual penetrative) 능력의 세 가지 하부 범주들을 포함하고 있으며, 이 세 가지 하부 범주들에 대한 정의와 특징에 대한 설명은 Table 2와 같다. 이것은 공간 시각화 능력에 관한 선

행 연구들을 토대로 연구자가 새롭게 정리한 것이다. 공간 관계 능력이란 어떤 물체 자체의 본체에 대하여 방향을 결정하고 전체가 부분들로 나누어지고 이어지는 관계가 하나의 기초에서 또 하나로 단계별로 배치되어질 때 발생하는 변화를 인지하는 것이며, 공간 조작 능력은 공간적으로 처리된 정보를 다단계적 조작으로 설명하는 것이다. 또한, 공간 투시 능력이란 지층의 단면이나 도로의 절개지와 같은 심부에서 발생하는 특징들을 표면의 특징들로 바꾸는 것을 의미한다.

한편, 본 연구에서는 용어의 통일성과 일관성을 제고하기 위하여 시각적 투시 능력을 공간 투시(spatial penetration) 능력으로 명칭을 변경하여 이용하였으며, 사전, 사후에 실시한 공간 시각화 능력 검사는 각 영역별로 3분씩의 시간 제한을 두어 시행하였다.

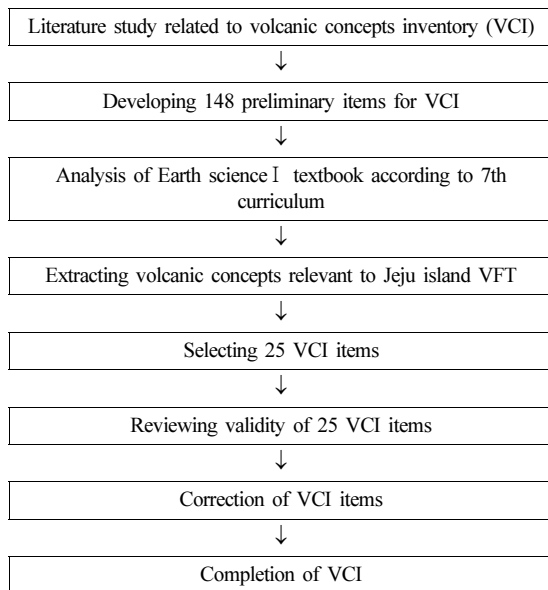
2) 화산 개념 검사

선행 연구(Libarkin 2008; Libarkin and Anderson, 2005)에 의하면 지질학 분야의 학습과 관련하여 학습에 앞서 개념적 어려움들의 범위를 진단하고, 교사의 특별한 중재와 관련된 학습자의 개념 변화를 측정하기 위한 도구가 필요하다. 본 연구에서는 플래시 파노라마 기반 VFT를 활용한 지구과학의 탐구 수업 전·후의 화산 개념 이해를 측정하기 위하여 Fig. 4와 같은 절차에 따라 검사지를 개발하였다.

먼저, 화산 개념 변화 검사지 개발 및 적용과 관련한 선행 연구 자료와 기존에 개발된 화산 개념 검사 문항들을 검토하여 총 148개의 예비 문항을 개발하였다. 연구에 참여한 고등학교 2학년 학생들이 적용받고 있는 제7차 과학과 교육과정의 지구과학교과서의 내용 요소와 영역별 내용을 검토하여 제주도 VFT 활용에 적합한 개념 목록들을 추출하였으며, 이를 토대로 148개의 예비 문항 중 아래와 같은 7개 하부 영역으로 25개 문항을 최종적으로 선정하였다(괄호 안의 숫자는 영역별 문항 수임).

Table 2. Explanation of the three sub-categories of spatial visualization ability

Category	Definition	Relevant geology
Spatial relation	the ability to mentally rotate an object about its axis	crustal block rotation or moving fault hinges
Spatial manipulation	the ability to mentally manipulate or transform an image into another arrangement	envision how a rock deforms or folds
Spatial penetration	the ability to mentally penetrate or visualize what is inside a solid object	examine cross sections, thin sections, or road cuts



**Fig. 4.** Developmental procedure of volcanic concept inventory.

- VCI 1. 화산 활동의 원인(1)
- VCI 2. 화산 분출물의 종류와 특징(4)
- VCI 3. 용암 또는 마그마의 성질(5)
- VCI 4. 화산 지형의 종류와 특징(3)
- VCI 5. 용암 동굴과 석회동굴의 형성 과정 및 특징(3)
- VCI 6. 화산암의 종류와 특징(4)
- VCI 7. 화산체의 모양 및 우리나라의 화산 지형(5)

개념 검사 문항 개발 및 선정에는 과학 교육 전문가 2인이 참여하였으며, 경력 5년 이상의 고등학교 지구과학 교사 5명에게 문항 구성 및 내용 타당도에

관한 검토를 받아 수정·보완의 과정을 거쳐 화산 개념 검사지를 완성하였다. 타당도 검증은 Libarkin (2008)이 개념 검사 내용의 해석에서 중심적인 역할을 해야 한다고 주장한 다음의 세 가지 측면에 초점을 맞추어 이루어졌다.

구인 타당도(construct validity): 이 문항에서 다루고 있는 주제가 화산 이해에 중요한가?

내용 타당도(content validity): 이 문항이 실제로 화산에 대한 이해를 측정하고 있는가?

의사소통 타당도(communication validity): 피험자가 이 문항을 검사 개발자의 의도대로 해석할 수 있는가?

## 연구 결과 및 논의

### 플래시 파노라마 기반 VFT 활용이 공간 시각화 능력에 미치는 영향

Table 3은 플래시 파노라마 VFT를 활용한 지구과학 탐구 수업 전·후의 실험 집단과 통제 집단의 공간 시각화 능력 변화와 두 집단 차이의 통계적 유의미성을 알아보기 위한 공변량 분석(ANOVA) 결과를 나타낸 것이다. 이 연구에서는 실험 집단과 통제 집단의 동질성이 확보되지 못한 상태에서 수업 처치를 하였으므로 사전 검사를 공변인으로 한 공변량 분석을 실시하였다.

공간 시각화 능력의 전체 점수에서는 실험 집단과 통제 집단 모두 사전 검사 점수에 비해 사후 점수가 상승한 것으로 나타났다. 하지만, 실험 집단의 경우 사후 평균 점수 상승폭이 11.93점으로 통제 집단의

**Table 3.** ANOVA results of the change in spatial visualization ability

Category	N	Experimental		Control		MS	df	F	p-value (2-tails)	
		M	SD	M	SD					
Spatial relation (10)	Pre	32	3.16	2.75	1.72	1.94	16.952	1	3.499	0.066
	Post	32	5.94	2.56	3.78	3.06				
Spatial manipulation (20)	Pre	32	5.59	3.66	5.88	3.74	178.552	1	10.250	0.002*
	Post	32	13.47	5.02	10.34	5.05				
Spatial penetration (15)	Pre	32	7.63	2.80	7.13	3.15	6.068	1	1.698	0.198
	Post	32	8.91	2.51	7.97	2.83				
Sum (45)	Pre	32	16.38	5.75	14.72	6.51	347.990	1	13.253	0.001*
	Post	32	28.31	6.99	22.09	7.46				

No. of ( ) means score by category

M, SD, MS, df, F indicate mean, standard deviation, mean square, degree of freedom, F-value, respectively

Levene's test was conducted to verify homogeneity of error variance

\*p<0.01

평균 점수 상승폭 7.37점 보다 더 높게 나타났으며, 공변량 분석 결과에서 유의 수준 .01에서 유의미한 차이가 나타나 플래시 파노라마 기반 VFT 활용이 공간 시각화 능력 향상에 효과가 있는 것으로 분석되었다(p=0.001).

공간 시각화 능력의 3개 하부 범주들에 대한 점수를 비교한 결과, 공간 조작 범주에서 두 집단 모두 나머지 다른 두 가지 구성 요소들(공간 회전, 공간 투시)에 비하여 평균 점수의 상승폭이 크게 나타났다. 특히, 통제 집단의 사전 검사 평균 점수(5.88점)가 실험 집단의 사전 검사 평균 점수(5.59점)보다 높았음에도 불구하고 사후 검사 점수에서 실험 집단의 평균 점수(13.47점)가 통제 집단의 평균 점수(10.34점)보다 높은 결과를 나타내었다. 공변량 분석 결과, 유의 수준 .01에서 유의미한 차이가 나타나 플래시 파노라마 기반 VFT 활용이 공간 조작 능력 향상에 효과가 있는 것으로 분석되었다(p=0.002). 공간 관계와 공간 투시 범주에서도 실험 집단의 점수 상승폭이 통제 집단에 비해 크게 나타났으나, 통계적으로 유의미한 차이는 아닌 것으로 분석되었다.

Table 4는 VFT를 활용한 지구과학 탐구 수업에 참여한 실험 집단과 통제 집단의 공간 시각화 능력의 향상 지수를 범주별로 산출하여 평균으로 나타낸 것이다. 향상 지수는 실제 향상 점수(actual gain=%post-%pre)를 최대 향상 가능 점수(maximum possible gain=100-%pre)로 나눈 값으로 정의된다(Hake, 1998). 향상 지수는 피험자의 점수 향상 정도를 표준화(normalization)하기 위한 기술 통계 기법으로, 사전·사후 개념 검사에서 처치의 효과 정도를 나타내는 지시자(indicator)로서의 기능을 한다. 향상 지수를 판단하는 절대적인 기준은 없으며, 최대 지수인 +1을 기준으로 상대적으로 향상 정도를 판단하게 된다.

실험 집단과 통제 집단의 학생들 모두 공간 시각화 능력 검사의 범주별 평균과 합계 평균에서 양(+)의 향상 지수를 보였다. 그러나 실험 집단의 향상 지수가 통제 집단의 향상 지수보다 합계뿐만 아니라 하부 범주에서도 더 높은 것으로 나타났다. 3개 하부

범주 중 공간 조작에서 실험 집단이 0.55, 통제 집단이 0.32로 집단 간 향상 지수의 차이가 0.23으로 가장 크게 나타났으며, 공간 투시 범주에서 두 집단 간 향상 지수의 차이가 0.06으로 가장 적게 나타났다.

한편, 실험 집단의 경우 32명의 학생들 중 30명의 학생들의 향상 지수가 양(+)으로 산출되었으며 최소 0.14에서 최대 0.85의 범위를 나타내었다. 통제 집단에서는 향상 지수가 양(+)으로 산출된 30명의 학생들 중 향상 지수의 범위가 최소 0.04에서 최대 0.65로 나타났다. 그러나 향상 지수가 양(+)으로 산출된 학생들 중 그 값이 0.5 이상으로 두드러지게 향상된 학생 수를 비교한 결과, 실험 집단에서는 30명 중 14명의 학생들이 향상 지수가 0.5이상(약 46.7%)인 반면, 통제 집단에서는 30명 중 단 2명의 학생들이 향상 지수가 0.5 이상인(약 6.7%)된 것으로 나타나 플래시 파노라마 기반 VFT를 활용한 수업에 참여한 학생들의 공간 시각화 능력이 그렇지 않은 학생들 보다 매우 크게 향상되었음을 확인하였다.

**플래시 파노라마 기반 VFT의 활용이 화산 개념 이해에 미치는 영향**

Table 5는 플래시 파노라마 VFT를 활용한 지구과학 탐구 수업 전·후의 실험 집단과 통제 집단의 화산 개념 이해 변화와 두 집단 차이의 통계적 유의성을 알아보기 위한 공변량 분석 결과를 나타낸 것이다.

화산 개념 이해의 전체 점수에서는 실험 집단과 통제 집단 모두 사전 검사 점수에 비해 사후 점수가 상승한 것으로 나타났다. 실험 집단의 경우 사후 평균 점수 상승폭이 2.85점으로 통제 집단의 평균 점수 상승폭 2.29점 보다 더 높게 나타났으나, 공변량 분석 결과에서는 유의 수준 .05에서 유의미한 차이가 나타나지 않아 플래시 파노라마 기반 VFT 활용이 화산 개념 이해 향상에 효과가 없는 것으로 분석되었다(p=0.095). 화산 개념 이해의 7개 하부 범주들에 대한 점수를 비교한 결과, VCI 6(화산암의 종류와 특징)범주에서만 통계적으로 유의미한 차이가 있었다

**Table 4.** Comparison of gain index\* between two groups in spatial visualization ability

Group	Category	Spatial relation	Spatial manipulation	Spatial penetration	Sum
	Experimental	0.41	0.55	0.17	0.42
	Control	0.25	0.32	0.11	0.24

\*Gain Index=(%post-%pre)/(100-%pre)

**Table 5.** ANOVA results of the change in students' understanding of volcanic concept

Category	N	Experimental		Control		MS	df	F	p-value (2-tails)
		M	SD	M	SD				
VCI 1 (1)	Pre	32	0.75	0.44	0.59	0.50	1	0.11	0.741
	Post	32	0.78	0.42	0.69	0.47			
VCI 2 (4)	Pre	32	2.84	0.81	2.25	0.95	1	1.579	0.214
	Post	32	3.09	0.78	2.63	1.13			
VCI 3 (5)	Pre	32	2.84	1.17	2.31	1.00	1	3.574	0.063
	Post	32	3.41	1.21	2.66	1.21			
VCI 4 (3)	Pre	32	1.81	0.74	1.78	0.75	1	0.033	0.857
	Post	32	1.81	0.69	1.84	0.63			
VCI 5 (3)	Pre	32	1.47	0.72	1.28	1.08	1	0.481	0.491
	Post	32	1.97	0.82	1.78	0.75			
VCI 6 (4)	Pre	32	1.63	0.94	1.09	0.82	1	8.723	0.004*
	Post	32	2.09	1.03	1.16	0.99			
VCI 7 (5)	Pre	32	1.47	1.02	1.28	1.05	1	1.471	0.230
	Post	32	2.50	1.14	2.13	1.10			
Sum (25)	Pre	32	12.81	2.61	10.59	3.15	1	2.878	0.095
	Post	32	15.66	3.55	12.88	3.52			

No. of ( ) means score by category

M, SD, MS, df, F indicate mean, standard deviation, mean square, degree of freedom, F-value, respectively

Levene's test was conducted to verify homogeneity of error variance

\* $p < 0.05$

( $p=0.004$ ).

Table 6은 VFT를 활용한 지구과학 탐구 수업에 참여한 실험 집단과 통제 집단의 화산 개념 이해의 향상 지수를 범주별로 산출하여 평균으로 나타낸 것이다.

화산 개념 이해에 대한 향상 지수에서 두 집단 모두 거의 모든 영역에서 양(+)으로 산출되었으며 향상 지수의 총합에서 실험 집단의 평균(0.23)이 통제 집단(0.16)보다 더 높게 나타났다. 특히 VCI 5 범주에서 두 집단 간 향상 지수의 차이가 다른 영역들에 비하여 가장 크게 나타났다. 실험 집단의 경우 32명의 학생들 중 26명의 학생들이 화산 개념 이해에 대한 향상 지수가 양(+)으로 산출되었으며, 최소 0.08에서 최대 0.83의 범위를 나타내었다. 통제 집단의 경우는 32명의 학생들 중 23명의 학생들이 향상 지수가 양(+)으로 산출되었으며, 최소 0.06에서 최대 0.63의 범위를 나타내었다.

#### 공간 시각화 능력과 화산 개념 이해의 상관관계 변화

Table 7은 수업 처치 전·후의 공간 시각화 능력과

화산 개념 이해 간의 상관관계 변화를 알아보기 위하여 선형 회귀 분석을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 분석 결과, 사전 검사 결과에서는 공간 시각화 능력과 화산 개념 이해 간의 상관관계가 실험 집단( $R^2=0.084$ )과 통제 집단( $R^2=0.070$ ) 모두 큰 상관없이 없는 것으로 나타났다. 그러나 사후 검사 결과에서 실험 집단의 경우 공간 시각화 능력과 화산 개념 이해의 상관( $R^2=0.290$ )이 통제 집단( $R^2=0.122$ )에 비해 크게 증가한 것으로 나타났다. 특히, 공간 시각화 능력의 세 개 하부 요소들 중 공간 조작성은 사전·사후 결과에서 나머지 두 가지 범주들과 비교하여 상관관계의 변화( $R^2=0.087 \rightarrow 0.413$ )가 매우 크게 나타났다. 이와 같은 결과는 공간 조작성이 공간 시각화 능력 검사들 중에서 지질학 점수를 예측하는 가장 좋은 변수임을 주장한 선행 연구들(Baldwin and Hall-Wallace, 2005; Titus and Horsman, 2009; Wong, 2011)의 연구 결과와 같은 맥락으로 해석될 수 있으며, 본 연구에 적용되어진 플래시 파노라마 기반 VFT를 활용이 공간 시각화 능력의 향상에 영향을 주어 학생들의 화산 개념 이해 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다.



**Table 7.** Results of linear regression between spatial visualization ability and understanding of volcanic concept

			Spatial visualization ability (A)				Coeff. of determination (R <sup>2</sup> )	Regression model
			Spatial relation	Spatial manipulation	Spatial penetration	Sum		
Understanding of Volcanic concept (B)	Experimental	Pre	0.168	0.087	0.382	0.338	0.084(8.4%)	B=9.152+0.211A
		Post	0.341	0.413	0.384	0.559	0.290(29.0%)	B=7.601+0.285A
	Control	Pre	0.208	0.168	0.327	0.317	0.070(7.0%)	B=8.336+0.153A
		Post	0.319	0.306	0.132	0.388	0.122(12.2%)	B=8.835+0.183A

### 결론 및 제언

본 연구에서는 고등학교 지구과학 수업에서 플래시 파노라마 기반 VFT의 활용이 학생들의 공간 시각화 능력과 화산 개념 이해에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 연구 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 지구과학 수업에서 플래시 파노라마 기반 VFT를 활용한 집단이 그렇지 않은 집단에 비해 고등 학생들의 공간 시각화 능력 향상 정도가 통계적으로 유의미하게 더 높게 나타났다. 또한, 공간 시각화 능력의 향상 지수에서도 실험 집단의 학생들이 통제 집단의 학생들에 비하여 양(+)으로 향상된 정도가 더 크게 나타났으며, 특히 공간 시각화 능력의 세 가지 하부 범주 중 공간 조작 능력 향상이 가장 큰 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 본 연구에서 실행한 플래시 파노라마 기반 VFT를 활용한 지구과학 수업이 학생들의 공간 시각화 능력을 향상시키는데 긍정적인 영향을 주었음을 의미한다. 특히, 공간 조작 능력의 두드러진 향상은 본 연구에서 활용한 VFT가 플래시 파노라마를 기반으로 하고 있어 3차원 공간에서의 방향 전환과 확대 및 축소, 동일한 지역 안에서 다른 장소로 이동하며 관찰 대상을 다른 시점에서 볼 수 있도록 단계별로 구성되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

둘째, 지구과학 수업에서 플래시 파노라마 기반 VFT를 활용한 집단이 그렇지 않은 집단에 비해 대부분의 범주에서 고등학생들의 화산 개념 이해 향상 정도가 더 높게 나타났으나, 1개 범주를 제외하고 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다. 또한, 화산 개념 이해의 향상 지수에서도 실험 집단의 학생들이 통제 집단의 학생들에 비하여 양(+)으로 향상된 경우가 더 많았으나 공간 시각화 능력 변화에 비하여 그 차이가 크지 않았다. 이러한 결과로 보아 본 연구에

서 적용한 플래시 파노라마 기반 VFT가 학생들의 화산 개념 이해의 변화에 긍정적인 영향을 주긴 하였으나 유의미한 정도는 아닌 것으로 판단된다. 화산 개념 이해의 7개 하부 범주들 중 VCI 6(화산암의 종류 및 특징) 범주에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났는데, 이것은 실험 집단의 학생들에게 제시된 플래시 파노라마 기반 VFT 활동 자료에 제주도의 화산 지형을 형성한 화산암들에 대한 자세한 시각적 자료(노두의 확대, 암석의 확대, 박편 사진 등)가 포함되어 있어 VFT를 활용한 수업이 이와 관련한 학생들의 개념 이해에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

셋째, 회귀분석을 통해 플래시 파노라마 기반 VFT 활용 전·후의 공간 시각화 능력과 화산 개념 이해 간의 상관관계 변화를 분석한 결과, VFT를 활용한 집단에서 그렇지 않은 집단에 비해 상관이 현저하게 증가하였다. 특히, 공간 시각화 능력의 세 가지 하부 범주 중 공간 조작은 나머지 두 영역들과 비교하여 상관이 매우 크게 증가하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 적용한 플래시 파노라마 기반 VFT를 활용한 지구과학 수업이 학생들의 공간 시각화 능력의 향상에 영향을 주어 학생들의 화산 개념 이해 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 학교 현장에서 학생들의 화산 개념 이해를 돕기 위해 공간 시각화 능력을 향상 시킬 수 있는 적절한 VFT 학습 자료를 개발하여 활용하는 것이 필요함을 시사한다.

한편, 본 연구에서 제시된 플래시 파노라마 상의 학습 자료들은 단층이나 습곡, 부정합이나 관입과 같은 지질구조의 해석이나 지층의 내부 구조를 이해시키기 위한 내용으로 구성되어 있지 않다. 따라서 플래시 파노라마 기반 VFT를 활용한 탐구 수업으로 향상된 학생들의 공간 시각화 능력이 지구과학 분야, 특히 지질학 분야와 관련된 개념 이해의 향상에 미치는 영향을 보다 정확하게 알아보기 위해서는 세

가지 공간 시각화 능력을 모두 활용하여 문제를 해결할 수 있는 VFT 자료를 개발하여 이를 적용해 보아야 할 것이다.

이와 같은 결론을 바탕으로 플래시 파노라마 기반 VFT의 활용과 관련하여 다음과 같은 몇 가지 제언을 한다.

첫째, 본 연구에서는 실내 지구과학 수업 상황에서 플래시 파노라마 기반 VFT를 활용하였다. 하지만, 사용된 VFT가 근본적으로 유사 3차원(pseudo-3D) 플래시 파노라마이므로 실제 현장과 완전히 같을 수는 없다. 그러므로 실제 야외 지질 답사(actual field trip)와 연계하여 VFT가 활용된다면 좀 더 실제적으로 학생들의 지질 공간 능력(geospatial ability)을 높일 수 있을 것이라 생각된다.

둘째, 학생들의 공간 시각화 능력을 향상시키기 위하여, 공간 시각화 능력의 세 가지 범주를 모두 실행할 수 있는 내용으로 VFT가 개발될 필요가 있다. 현장의 학생들은 지질학적 개념을 학습하는데 많은 어려움을 겪고 있으며, 이는 공간 능력이나 공간 지각과 관련된 것으로 보고되고 있다(Black, 2005; Wong, 2011). 그러므로 향후 개발될 플래시 파노라마 기반 VFT는 지질학적 개념의 습득보다는 지질 공간 능력의 향상에 초점이 맞추어져야 할 것이다.

셋째, 공간 능력에 관한 선행 연구(Bodner and Guay, 1997; Wong, 2011)에 의하면, 공간 시각화 검사는 공간 능력의 핵심적인 인지 구성 요소가 존재하지만 분석적인 과정은 존재하지 않는다. 또한 지질학 분야의 문제 상황은 순간적인 지각(통찰)이 필수적으로 요구되지 않고 단계별 작업 과정을 통하여 문제를 해결하는 것이 필요하다. 플래시 파노라마 기반 VFT의 활용이 여러 가지 다양한 지질학적 사건의 원인이나 결과를 추론하고 예상할 수 있는 탐구 능력의 향상에도 영향을 줄 수 있다고 판단된다. 따라서 VFT가 지질 학습과 관련된 탐구 능력의 향상에 어떤 영향을 미치는지에 대한 좀 더 분석적이고 질적인 연구가 필요하다.

## 사 사

이 논문은 2010년도 한국연구재단의 신진교수지원(인문사회분야)으로 연구되었음(NRF-2010-332-B00410).

## References

- Arrowsmith, C., Counihan, A., and McGreevy, D., 2005, Development of a multi-scaled virtual field trip for the teaching and learning of geospatial science. *International Journal of Education and Development using ICT*, 1, 42-56.
- Baldwin, T.K. and Hall-Wallace, M., 2005, Spatial ability development in the geosciences. *Geological Society of America with Program*, 111-132.
- Black, A.A., 2005, Spatial ability and Earth science conceptual understanding. *Journal of Geoscience Education*, 53, 402-414.
- Bodner, G.M. and Guay, R.B., 1997, The Purdue visualization of rotations test. *The Chemical Educator*, 2, 1-17.
- Cowden, P.A., DeMartin, J.D., and Lutey, W.E., 2006, Stepping inside the classroom: A look into Virtual Field Trip and the constructivist educator. Retrieved March 7, 2009, from <http://www.pdf-finder.com/pdf/VIRTUAL-FIELD-TRIPS.html>.
- Elkins, J.T. and Elkins, N.M.L., 2007, Teaching geology in the field: significant geoscience concept gains in entirely field-based introductory geology courses. *Journal of Geoscience Education*, 55, 126-132.
- Foley, K., 2003, A virtual field trip into real technology standards. *Proquest. Multimedia Schools*, 10, 38-40.
- Hesthammer, J., Fossen, H., Sautter, M., Saether, B. and Johansen, S.E., 2002, The use of information technology to enhance learning in geological field trips. *Journal of Geoscience Education*, 50, 528-538.
- Hake, R., 1998, Interactive engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 64-74.
- Hurst, S.D., 1998, Use of "virtual" field trips in teaching introductory geology. *Computers and Geoscience*, 50, 528-538.
- Joung, Y.J. and Song, J.W., 2006, The features of hypotheses generated by pre-service elementary teachers using the forms of Peirce's abduction. *Journal of Elementary Science Education*, 25, 126-140. (in Korean)
- Kali, Y., 2003, A virtual journey within the rock-cycle: A software kit for the development of systems-Thinking in the context of the earth's crust. *Journal of Geoscience Education*, 51, 165-170.
- Kali, Y. and Orion, N., 1996, Spatial abilities of high-school students in the perception of geologic structures. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 369-391.
- Kali, Y. and Orion, N., 1997, Software for assisting high

- school students in the spatial perception of geological structures. *Journal of Geoscience Education*, 45, 10-21.
- Kastens, K.A., Manduca, C.A., Cervato, C., Frodeman, F., Goodwin, C., Liben, L.S., Mogk, D.W., Spangler, T.C., Stillings, N.A., and Titus, S, 2009, How geoscientists think and learn. *Eos Trans*, 90, 265-266.
- Kelly, M.M. and Riggs, N.R., 2006, Use of virtual environment in the geowall to increase student confidence and performance during field mapping: An example from an introductory-level field class. *Journal of Geoscience Education*, 54(2), 158-164.
- Kim, G.W. and Lee, K.Y., 2011, Developing web-based virtual geological field trip by using flash panorama and exploring the ways of utilization: A case of Jeju Island in Korea. *Journal of Korean Earth Science Society*, 32, 212-224. (in Korean)
- Koh, J.S., Yun, S.H., and Kang, S.S., 2003, Petrology of volcanic rocks in the Paekrogdam crater area, Mt. Halla, Jeju Island, *Journal of Petrological Society of Korea*, 12, 1-15. (in Korean)
- Kwak, Y.S., 2001, Theoretical background of constructivist epistemology, *Journal of Korean Earth Science Society*, 24, 427-447. (in Korean)
- Lee, W.S., Kim, H.S., and Kim, H., 2004, Development and effects of program for enhancement of spatial abilities in the units related to geology of high school students. *Journal of Korean Earth Science Society*, 25, 391-401. (in Korean)
- Libarkin, J.C. and Anderson, S.W., 2005, Assessment of learning in entry-level geoscience course: Result from the geoscience concept inventory, *Journal of Geoscience Education*, 53, 294-401.
- Libarkin, J.C., 2008, Concept inventories in higher education science: A manuscript prepared for the National Research Council promising practices in undergraduate STEM education workshop. Washington, D.C., USA, 13 p.
- Ministry of education, science and technology, 2011, 2009 revised high school science curriculum specifications. Seoul, Korea, 63 p. (in Korean)
- Orion, N., 1989, Development of a high school geology course based on field trips. *Journal of Geological Education*, 37, 13-17.
- Orion, N., 1993, A Model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93, 325-331.
- Qiu, W. and Hubble, T., 2002, The advantages and disadvantages of virtual field trips in Geoscience Education. *The China Papers*, October 2002, 75-79.
- Titus, S, and Horsman, E., 2009, Characterizing and improving spatial visualization skills, *Journal of Geoscience Education*, 57, 242-254.
- Wong., C.A., 2011, Performance on the geologic spatial visualization survey: A comparison between junior and senior undergraduates students. Bachelor of Science, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 57 p.
- Yoon, S., Hyun, W.H., and Jung, C.H., 2005, Geology of Hallasan (Mt. Halla), Jeju Island. *Journal of the Geological Society of Korea*, 41, 481-497. (in Korean)

---

2013년 5월 15일 접수  
 2013년 6월 21일 수정원고 접수  
 2013년 7월 22일 채택