

플래시 파노라마를 활용한 웹-기반 가상야외지질답사 개발 및 활용 방안 탐색: 제주도 화산 지형을 중심으로

김건우 · 이기영*

강원대학교 과학교육학부, 200-701, 강원도 춘천시 강원대학길 1

Developing Web-based Virtual Geological Field Trip by Using Flash Panorama and Exploring the Ways of Utilization: A Case of Jeju Island in Korea

Gun-Woo Kim and Ki-Young Lee*

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

Abstract: In school science class, actual geological field trips tend to be restricted due to a number of problems including travel distance, cost, safety, and so on. Therefore, alternative way should be sought to provide students with the benefits of actual field trip. The purpose of this study is to develop web-based virtual field trip (VFT) about Jeju island in Korea by using flash panorama, and to explore a variety of ways to utilize the VFT. The characteristics of Jeju VFT are as follows: it provides virtual space for secondary school students to learn about volcanic topography and geology; students can access contents in a non-sequential order by virtue of web-based system, and students can control learning pace according to their ability; it is possible to investigate the same field site repeatedly, not limited by time and space; it presents differentiated worksheets for different school grade; it provides diverse complementary web contents, e. g., close-up features, thin sections, inquiry questions, and explanations of outcrops. We proposed several ways with instructional models to utilize Jeju VFT in science class and extra-school curricular as well.

Keywords: virtual field trip, flash panorama, Jeju island, geological field trip

요약: 현재 야외답사는 개발된 야외 학습장의 부족과 접근의 어려움, 학급 당 학생 수의 과밀화, 거리와 시간의 문제, 그리고 비용의 문제 등으로 극히 제한된 범위에서만 행해지고 있다. 이러한 이유로 실제야외답사의 이점을 장점으로 살리면서 현실적인 어려움을 보완하기 위한 대안이 요구되고 있다. 본 연구의 목적은 플래시 파노라마를 활용하여 웹-기반의 가상야외지질답사를 개발하고 이를 다양하게 활용하기 위한 방안을 탐색하는 것이다. 개발된 제주도 VFT의 특징은 다음과 같다: 중·고등학생들에게 화산 지형과 지질에 관한 학습을 위한 가상의 공간을 제공한다; 웹-기반으로 개발되어 학습 내용에 비순차적으로 접근할 수 있으며, 학생들이 자신의 능력에 따라 학습 속도를 조절할 수 있다; 시공간적 제약과 경제적인 부담이 없고, 같은 장소를 얼마든지 반복적으로 탐구 할 수 있다; 학교급에 따라 수준별로 학습할 수 있는 활동지가 제공된다; 지형·지물의 근접 촬영 이미지, 탐구활동과 관련된 질문과 설명, 해당지역의 실제 암석의 표본 사진 및 박편 이미지 등의 다양한 보충적인 웹 콘텐츠를 제공한다. 개발된 제주도 VFT를 과학 수업 및 비교과 영역에서 활용할 수 있는 방안과 지도 모형을 각각 제안하였다.

주요어: 가상야외답사, 플래시 파노라마, 제주도, 지질답사

서론

현대 과학교육의 주도적인 패러다임인 구성주의 인식론에 따르면 지식은 환경으로부터 수동적으로 받아

들여지는 것이 아니라, 인식하는 개인에 의해 능동적으로 만들어지는 것이며, 무언가를 배워 알게 된다는 것은 한 개인의 경험적 세계를 조직해 나가는 적응 과정이다(곽영순, 2001). 이것은 교실 안에서 이론에 의존하는 수업보다는 학습자들로 하여금 자연현상을 직접 관찰하고 체험할 수 있는 기회를 갖게 해주는 것이 자연현상을 이해하고 개념화 하는데 보다 효과

*Corresponding author: leeky@kangwon.ac.kr
Tel: 82-33-250-6752
Fax: 82-33-242-9598

적이라는 것을 말해 준다.

학습에는 실제-세계(real-world)를 포함하는 것이 필요하다(Cowden, 2006). 그러므로 교사는 혹시 존재할지도 모르는 다양한 시각과 생각을 갖고 있는 학생들을 돕기 위해 살아있는 탐구 자료를 제공할 필요가 있다. 학생들은 읽고 질문에 답하는 것 이외에 다양한 경험을 필요로 한다. 이러한 필요에 의해 교과서 밖으로 한 걸음 나아가는 한 방법이 야외 답사(field trip)이다(Kali, 2003).

야외 답사는 학생들이 학습하고 있는 소재를 더 잘 이해하도록 돕는 구성주의 도구이며 교사의 교육 과정에 경험을 증가하게 하며, 형식적, 비형식적 학습의 다리이다(Klemm and Tuthill, 2003; Tuthill and Klemm, 2002). 야외 답사는 학생들 스스로의 능동적인 경험을 통해 지식을 구성해 가는 활동이며, 구성주의적 학습을 할 수 있는 체험활동으로서 교실에서 학습한 내용의 구체적인 예를 제공하여 교육과정을 촉진시킨다. 또한 야외 답사 활동은 자료를 수집하고 분석함으로써 탐구기능을 향상시키고 관찰내용을 개념과 연계시켜 학생들의 이해를 강화시켜 준다(Elkins and Elkins, 2006, 2007; Folkomor, 1981; Moore and Gerrard, 2002). 야외 답사는 학생들에게 교실에서 다룰 수 없는 물질과 현상을 직접 관찰하고 경험하는 기회를 제공함으로써 정의적인 측면에서 학습에 대한 관심과 즐거움을 더욱 크게 하며, 과학적 태도에 긍정적인 변화와 협동학습을 원활히 이루어지게 한다(Kelly and Riggs, 2006; Kem and Carpenter, 1984; Mckenzie et al., 1986). 이러한 관점에서 볼 때, 우리 주변의 자연현상을 탐구 대상으로 하는 과학의 학습에는 야외 답사를 통해 실세계의 모습을 직접적으로 포함시키는 것이 필요하며, 교사들은 현실 세계로부터 충분한 야외 경험을 얻는 기회를 학생들에게 제공해야 한다(Arrowsmith et al., 2005; Qiu and Hubble, 2002).

야외 답사의 이러한 많은 장점 때문에 국내에서도 지질학을 중심으로 야외 학습 프로그램 개발과 적용에 대한 연구가 활발히 수행되어 오고 있고, 야외 학습장에 대한 개발도 많이 이루어졌다(맹승호와 위수민, 2005; 박종호, 1993; 서승조, 1990; 오민수, 1978; 오승찬과 강대봉, 1986; 이상교, 1985; 전영호, 1996; 정남식, 1994; 정원우와 서승조, 1984; 조규성과 변홍룡, 2002; 한국지구과학회, 2000, 2001, 2002; 홍순관, 1993).

하지만, 현행 과학 교수-학습 과정에서 학생들이 자연을 직접 관찰하고 체험하여 경험을 갖는 경우는 매우 드물고 실험실에서 모형실험을 하거나, 샘플의 이용, 시뮬레이션, 사진, 비디오 등을 활용하여 교육이 이루어지고 있는 실정이다. 이와 같은 방식은 학생들이 자연 현상을 이해하는데 어려움을 초래하며, 이로 인해 자연을 총체적인 시스템으로 이해하는 것이 아니라 부분적으로 이해하는 경향을 보이게 된다. 또한 개발되어진 야외학습장의 부족과 접근의 어려움, 교사 1인이 감당해야 할 많은 학생 수, 많은 학생들 인솔에 대한 교사의 부담감, 원거리로 인한 시간적, 경제적 문제, 야외지도에 대한 위험성, 학생들의 학습에 대한 인식부족으로 놀러가는 것으로 생각할 수 있는 우려, 야외 지질 답사 활동을 위한 훈련과 운영에 대한 어려움, 신체적 부자유, 수송문제 등 여러 가지 어려움 때문에 동아리 활동, 과학반 활동, 캠프활동 등 제한된 범위 내에서만 야외 지질 답사가 행해지고 있는 것이 현실이다(이창진과 홍석의, 2003). 이와 같은 어려움에도 불구하고 과학 교육과정에서 야외 답사의 중요성을 고려하여 한 가지 대안으로 제시되고 있는 것이 가상 야외 답사(Virtual Field Trip, 이하 VFT)이다(Stainfield et al., 2000).

VFT는 교육과정 속에 과학기술을 통합한 것으로 실제 지질 답사의 컴퓨터 기반 모의실험이며 우수한 웹기반 교육 통합 활동이다. 또한 답사 활동(field work)의 효과적인 교수 학습을 위해 계획된 자원들이 집합되어 있으며 이미지를 서로 연관시킨 집합체이다. VFT를 활용하면 텍스트나 다른 미디어를 지원하고, 언제 어디서든지 방문할 수 있으며 가장 중요한 성질들을 관련지어 의도적으로 표현할 수 있다(Hesthammer et al., 2002).

현실적으로 교사가 학생들과 야외 답사를 가는 것은 쉽지 않다. 그러나 실제로 답사하지 않고 학생들에게 유사한 경험을 제공할 수 있는 방법이 VFT이다(Hemler and Repine, 2006; Kean and Enoch, 2001; Stevenson, 2001). VFT는 상호 보완관계에 있는 기술(technology)과 구성주의(constructivism) 사이에 서로 유익한 것들을 성취하게 하며 기술과 구성주의 모두를 함께 가진 방법이다(Cowden et al., 2006).

야외에서 학생들의 학습능력은 야외 답사와 관련된 지질학 개념에 대한 사전 지식, 사전 야외 학습경험, 야외 학습 지역에 대한 사전 익숙한 정도에 의해 결

정되는 ‘생소한 공간(novelty space)’의 넓이에 영향을 받는데, 이 생소한 공간의 크기가 작을수록 야외 학습의 효과는 높은 것으로 알려져 있다(Orion, 1989). 따라서 VFT를 통해 학습자가 야외 답사를 실시할 학습장을 사전에 탐색해 봄으로써 답사 지역에 친숙해지게 되고 답사할 노두를 먼저 보게 되므로 직접 야외에서 소요할 시간도 절약할 수 있다. 또한 답사할 지역에 대해 교사가 VFT를 사용하여 통합 문제 제시 및 답사 개괄에 대한 사전 교육과 답사를 실시한 후에 답사 정리 단계에서 활용함으로써 야외 지질학습의 효과를 극대화할 수 있다(Orion, 1993).

실제 야외 답사(Actual Field Trip, 이후 AFT)와 비교해 봤을 때, VFT의 장점은 시간과 공간의 제약이 없으며, 충분한 반복 관찰이 가능하고 다양한 크기의 자료들을 그것들이 제시할 수 있고 동시에 다양한 관점들로부터 이미지들을 제시할 수 있다는 것이다(Foley, 2003; Hurst, 1998; Qiu and Hubble, 2002). 그러나 지금까지 개발된 VFT들을 살펴보면, 주로 텍스트나 사진 이미지 중심으로 구성되어 있기 때문에 VFT에서의 학습자들의 활동은 매우 정적이었으며, 학습자들에게 실제 야외의 모습을 보여주기에는 한계가 있었다(Nix, 1999). 또한 야외에서 우리들의 정보를 해석하기 위해 도움이 되는 미묘한 단서들을 제공할 수 없었다. 이러한 단점을 보완하고자 실제 야외의 모습을 보여주기 위해서 동영상을 VFT에 포함시키기도 하였다. 하지만 이러한 방법은 보다 실제에 가까운 야외의 모습을 학습자들에게 제공해 줄 수는 있었지만, 고화질 동영상이 차지하는 많은 용량 때문에 웹상에서 구현시키는 데에는 한계가 있었다. 그러므로 실제 야외의 모습을 웹상에서 원활하게 구현할 수 있는 대안적인 방법이 요구된다.

VFT들의 공통적인 문제는 학습자들이 체험할 수 있는 탐구활동이 부족하여 실제 야외 답사보다 교육적인 효과가 기대수준에 못 미친다는 것이다(Shroder et al., 2002). 이러한 VFT의 어려움들을 보완하기 위해 보다 활동적이며 실제 현실에 가깝게 체험할 수 있는 방법이 개발과 더불어, 이를 과학 교육에 효과적으로 활용하기 위한 연구의 필요성이 제기되어 왔다(Garner and Gallo, 2005; Stainfield et al., 2000).

이러한 필요성에 근거하여 본 연구에서는 학습자들이 3차원 가상공간에서 직접 학습 현장을 자유롭게 탐구하고 체험할 수 있도록 플래시 파노라마(Flash Panorama)를 웹과 접목한 새로운 형태의 VFT 시스

템을 개발하고자 한다. 또한, 이를 과학 교육에 효과적으로 활용하기 위한 방안을 탐색하고, VFT 활용 모형을 제안하고자 한다.

연구 방법 및 절차

본 연구에서는 중·고등학교 학생들을 대상으로 화산지형의 교수-학습을 위한 제주도 VFT를 개발하고자 하였다. 이러한 VFT의 개발 방향은 Orion(1993)이 제시한 ‘교육과정의 필수적인 부분으로서의 야외 답사의 개발 단계’를 참고하여, 중·고등학교 교육과정에 포함되어 있는 지질학 관련 학습 내용들과 야외 답사에서 얻을 수 있는 다양한 경험들, 그리고 야외 학습의 방법과 절차를 최대한 반영할 수 있도록 하였다.

한편, 답사 활동지는 학습자들의 인지 수준을 고려해 자신의 수준에 맞추어 VFT 활동을 할 수 있도록 하였다. 또한 플래시 파노라마 안에는 학습자들의 학습을 도울 수 있는 다양한 자료들을 삽입하여 학습 효과를 높일 수 있도록 하였다. 연구 절차는 Fig. 1과 같다.

VFT 개발 장소 선정 및 파노라마 촬영

제주도는 화산 활동에 의한 지층, 쇄설성 퇴적암, 화산암, 퇴적구조, 화산, 절리가 잘 발달되어 있기 때

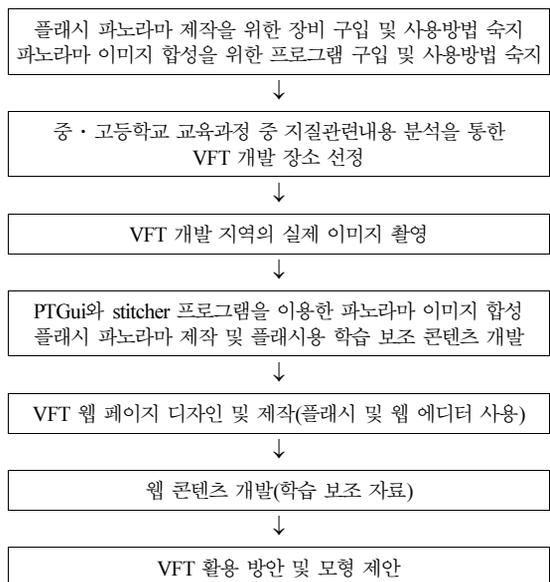


Fig. 1. Procedure of the study.

Table 1. Analysis of curriculum content related to Jeju island based on 2007 revised science curriculum

학년	교과	영역	교육과정 내용
중학교 1학년	과학	지각의 물질과 변화	-암석의 생성 과정 -암석의 구별
		지각 변동과 판구조론	-화산과 지진
고등학교 2, 3학년	지구과학 I	지구 활동과 자연 재해	-지진과 화산활동
	지구과학 II	지각의 물질과 지구의 역사	-암석의 생성 과정과 특징 -화산과 지진 -우리나라의 지질



Fig. 2. Equipments for photographing panorama.

문에, Table 1에서와 같이 중학교 과학 교과와 암석과 화산과 관련된 단원과 지구과학 I의 ‘지구 활동과 자연 재해’ 단원, 지구과학 II의 ‘지각의 물질과 지구의 역사’ 단원의 많은 내용들을 학습하기에 유용하다. 하지만, 제주도는 제주도를 제외한 다른 지역의 학생들은 거리와 비용, 그리고 시간 등의 이유로 인해 쉽게 접할 수 없는 지역이기 때문에, VFT 개발 지역으로 가장 적합하다고 판단하였다.

플래시 파노라마로 답사현장을 3차원의 이미지로 구현하기 위해서는 실제 현장의 파노라마 이미지 촬영은 필수적이며, 효율적인 파노라마 이미지 촬영을 위해서는 DSLR 카메라와 그에 맞는 렌즈, 그리고 수평 및 수직 회전이 가능한 파노라마 촬영용 전용 플레이트가 필요하다. 본 연구에는 Nikon D80 DSLR 카메라와 Nikon 10.5 mm 어안(fisheye) 렌즈와 Cubicpan 파노라마 전용 플레이트가 사용되었다. Fig. 2는 본 연구에서 사용된 장비들의 사진이다.

VFT 웹 페이지 디자인 및 웹 콘텐츠 개발

제작된 플래시 파노라마의 교육적 활용성을 높이기 위해, VFT는 그 공간 안에서 일련의 교육활동이 이루어질 수 있도록, 그리고 다양한 상황에서 누구나 쉽게 활용할 수 있도록 웹-기반으로 제작되어야 한다. Fig. 3은 제주도 VFT의 웹 페이지 구조도이며, Table 2는 각각의 공간에 담길 콘텐츠를 정리한 것이다.

학생용 활동지 개발 및 VFT 활용 방안 탐색

VFT에서 일련의 교육활동이 체계적으로 이루어지기 위해서 VFT에 관한 활동지가 필수적이다. 본 연구에서 활동지는 VFT의 교육적 활용을 높이기 위해 학생들의 수준에 맞게 중학생, 고등학생, 그리고 예비 교사용으로 수준을 달리하여 제작하였다. 활동지의 구성은 학생들이 교과서나 참고서, 혹은 인터넷에서 쉽게 찾을 수 있는 단편적인 지식을 묻기 보다는 관찰과 추리를 통한 활동이 이뤄질 수 있도록, Peirce의 귀추법 과정을 바탕으로 정용재와 송진웅(2006)이 개발한 ‘귀추법 양식’을 적용하여 제작하였다.

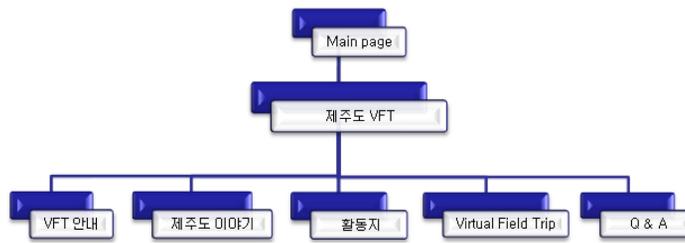


Fig. 3. Structure and components of Jeju island VFT.

Table 2. Menu items and contents of Jeju island VFT

메뉴 항목	콘텐츠
Virtual Field Trip 안내	<ul style="list-style-type: none"> • 제주도 VFT의 목표 • 제주도 VFT의 순서 • 관련교과
화산섬 제주도 이야기	<ul style="list-style-type: none"> • 제주도의 마그마 • 제주도 화산의 특징 • 화산의 분화 형태 • 현무암질 용암의 종류 • 제주도 지형의 특징 • 제주도 지질의 특징 • 거문오름 용암동굴계
VFT 활동지	<ul style="list-style-type: none"> • 대포동 주상절리대 • 화순해수욕장 • 산방산 • 송악산 • 수월봉 응회환 • 한라산 백록담과 용암돔 • 만장굴 • 섭지코지 • 성산 일출봉
Virtual field trip	<ul style="list-style-type: none"> • 가상야외답사가 이뤄지는 공간. • VFT 활동지에 제시된 장소들에 대한 탐색활동을 가상의 공간에서 진행할 수 있다.
Q and A	<ul style="list-style-type: none"> • 정보 및 의견을 교환할 수 있는 공간

한편, 본 연구에서 개발된 제주도 VFT를 AFT를 대체하거나 AFT를 위한 사전답사로 활용뿐만 아니라 교실 수업에서의 직접적인 활용과 비교과 활동에서 활용할 수 있는 모형을 개발함으로써 VFT의 활용성을 높일 수 있는 방안을 탐색하였다.

연구 결과 및 논의

본 연구에서는 3차원의 이미지를 활용하여 기존에 개발된 VFT에 비해 보다 실제 현장의 모습을 생생하게 보여줄 수 있는 플래시 파노라마를 활용한

VFT를 제주도를 대상으로 개발하였다. 제주도는 화산 활동으로 형성된 것으로 화산 지형 및 여러 퇴적 구조가 잘 발달되어 있어 2007년 및 2009 개정 과학과 교육과정에서 제시하고 있는 중·고등학교 지질학 관련 내용을 학습하기에 매우 적합하다. 하지만 비용과 시간 등의 여러 가지 현실적인 제약으로 인해 실제 답사를 수행하기 어려운 점 등을 고려하여 제주도를 새로운 VFT의 우선적인 개발 대상으로 선정하였다.

개발된 제주도 VFT의 구성 및 특징

VFT는 가상의 공간에서 현실세계와 유사하게 현장 답사를 체험할 수 있도록 3차원 이미지로 구현된 것으로 웹-기반으로 개발되었으며¹⁾ 학습에 필요한 다양한 내용들이 링크되어 있고, 어디에서든지 비순차적으로 원하는 곳으로 이동할 수 있도록 구성되었다. 웹페이지는 VFT 안내, 화산섬 제주도 이야기, VFT 활동지, VFT 수행, Q & A로 구성되어 있으며 ‘VFT 수행’에서 각 사이트별 플래시 파노라마를 볼 수 있다(Fig. 4).

본 연구에서는 제주도의 VFT만을 개발하였지만, 앞으로 다른 답사 지역에 대한 VFT 개발을 고려해 메인 페이지를 보다 개방적으로 제작하였다. 즉, 메인 페이지 상에 있는 대한민국 지도에 마우스를 올려놓으면 VFT로 개발된 지역은 색이 변하면서 이름이 뜨게끔 제작했다. 또한 그 지역을 마우스로 클릭하게 되면, 지도의 오른쪽 하단에 Fig. 4에서처럼 중학생, 고등학생, 그리고 예비교사의 3수준으로 구분된 메뉴가 나타나며, 학습자들은 각자의 수준에 맞는 VFT를 선택할 수 있다.

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



Fig. 4. Main web page and feature of Jeju island VFT.

VFT 안내

VFT 안내는 제주도 VFT의 목표, 순서, 그리고 관련교과의 부메뉴로 구성되어 있으며, 원활한 인터넷 학습 환경을 위해 플래시 기반으로 제작하였다. ‘VFT 목표’에서는 학생들이 제주도 VFT를 통해 도

달되기를 바라는 목표들을 제시하고 있으며, ‘VFT 순서’에서는 VFT 수행 순서에 대한 안내와 플래시 파노라마에 삽입되어 있는 다양한 아이콘들에 대한 설명을 제공하고 있다(Table 3). 또한, ‘관련교과’에서는 교육과정과 연관되어 있는 교과 및 영역, 그리고

Table 3. Icons embedded in flash panorama and descriptions

아이콘	설명
	플래시 파노라마를 전체화면으로 전환시킬 수 있으며, 전체화면 상태에서 키보드의 ‘Esc’ 키나 본 아이콘을 다시 클릭하면 전체화면을 해제할 수 있다.
	지형지물의 근접촬영 이미지를 볼 수 있다.
	해당 지역의 상세한 지도와 지리, 위치 정보를 볼 수 있다.
	VFT 활동지와 관련된 해당 지형 및 지질현상에 대한 질문을 묻는 창이 열린다.
	해당 지형 및 지질현상에 대한 추가적인 설명을 필요로 하는 부분에 위치하고 있으며, 클릭을 할 경우 보충자료(사진, 동영상 등이 포함된) 창이 열린다.
	해당 암석의 실제 표본을 볼 수 있다. 고등학생 이상부터는 해당 암석의 실제 박편사진까지 관찰할 수 있으며, 박편사진은 개방 및 직교니콜 상태 모두를 지원하며 직접 시계 또는 반시계 방향으로 15° 시 돌려 보면서 암석을 이루고 있는 광물과 그 광물들의 다색성, 간섭색, 소광현상 등을 관찰할 수 있도록 플래시 기반으로 제작되었다.
	장소 이동 아이콘으로, 플래시 파노라마 이미지 안에서 해당 지역과 연결된 세부 지역들로 이동할 수 있다. 클릭과 동시에 해당 아이콘이 위치한 방향의 지역으로 이동된다.

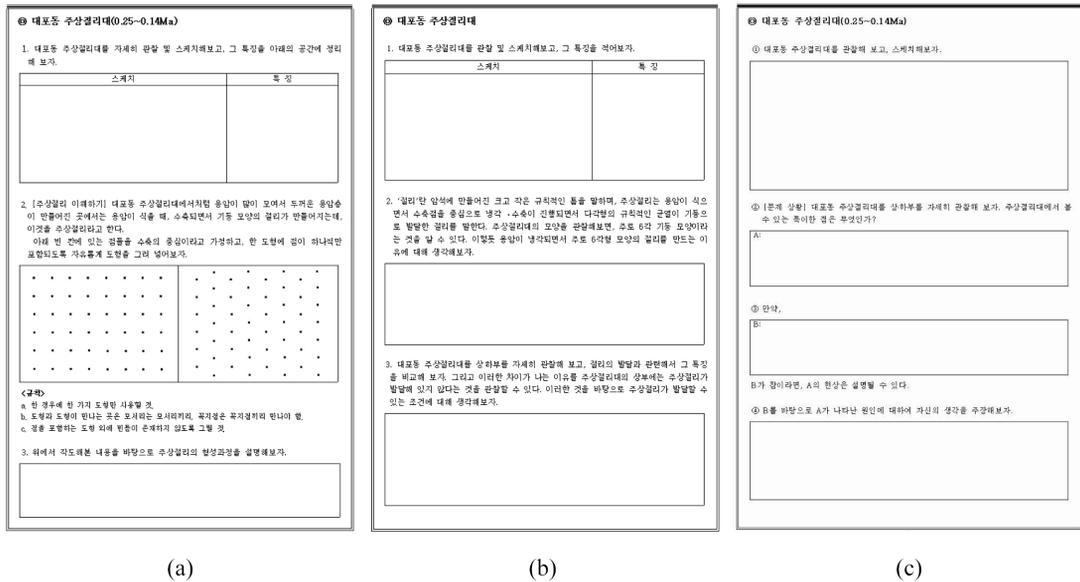


Fig. 5. Example of differentiated worksheet according to learner's level (a) middle school level (b) high school level (c) pre-service teacher level.

내용들을 제시하고 있다.

제주도 이야기

제주도 이야기 메뉴에서는 제주도 VFT 수행을 위한 사전학습을 위한 공간이며, 제주도에 분출한 마그마의 특징, 제주도의 화산활동 역사 및 특징, 화산의 분화 형태, 현무암질 용암의 종류, 제주도 지형 및 지질의 특징 등 다양한 내용들을 담고 있으며, 이 공간 역시 원활한 인터넷 환경을 위해 플래시 기반으로 제작하였다.

학생들은 'VFT 수행'에서 플래시 파노라마로 본격적인 제주도 VFT를 시작하기에 앞서 이 공간에서 제주도에 대한 전반적인 지식과 학생들에게 조금은 생소한 화산지형에 관한 다양한 용어와 개념들을 학습할 수 있으며, 이러한 것들은 VFT 활동지에서 요구하는 관찰과 추리 활동을 위한 배경지식으로 활용될 수 있다.

VFT 활동지

오른쪽 상단에 위치하고 있는 '제주도 VFT 활동지 다운로드' 버튼은 클릭하면, hwp 형식의 VFT 활동지 파일을 다운로드 할 수 있도록 제작하였다. 학생들은 이 공간에서 각각의 사이트에 대한 활동지를

보면서, 해당 사이트에서 어떠한 활동을 주로 하게 될 것인지를 사전에 파악할 수 있게 되어 VFT 활동에 보다 집중할 수 있게 될 것이다.

본 연구에서 개발한 VFT 활동지는 학습자의 수준으로 고려하여 세 수준으로 제작하였다. 중학생은 주로 관찰을 위주로 제작하였으며, 고등학생, 예비교사로 올라 갈수록 활동지 내 추리의 비중을 늘려가는 방식으로 제작하였다. 또한 본 시스템의 개발 목적상 AFT에서도 그대로 활용 될 수 있도록 고려해 제작하였다. Fig. 5는 대포동 주상절리대에 대한 중학생과 고등학생용 VFT 활동지의 예이다. 중학생용의 활동지는 주상절리에 대한 관찰과 그 특징을 확인하는 것을 주목적으로 하며, 주상절리가 주로 육각기둥 모양으로 형성되는 이유를 도형그리기 활동을 통해 알아보게끔 하였다. 반면, 고등학생용은 대포동 주상절리대의 자세한 관찰을 바탕으로 주상절리가 잘 발달할 수 있는 환경에 대해 간단한 추리 활동을 추가해 봤으며, 예비교사용은 Peirce의 귀추법 과정을 바탕으로 정용재와 송진웅(2006)이 개발한 '귀추법 양식'에 따라 대포동 주상절리를 자세히 관찰해 보면서 특정한 현상이나 의문점들을 스스로 발견해보고, 그 현상을 설명할 수 있는 가설을 직접 제시해보도록 제작하였다.

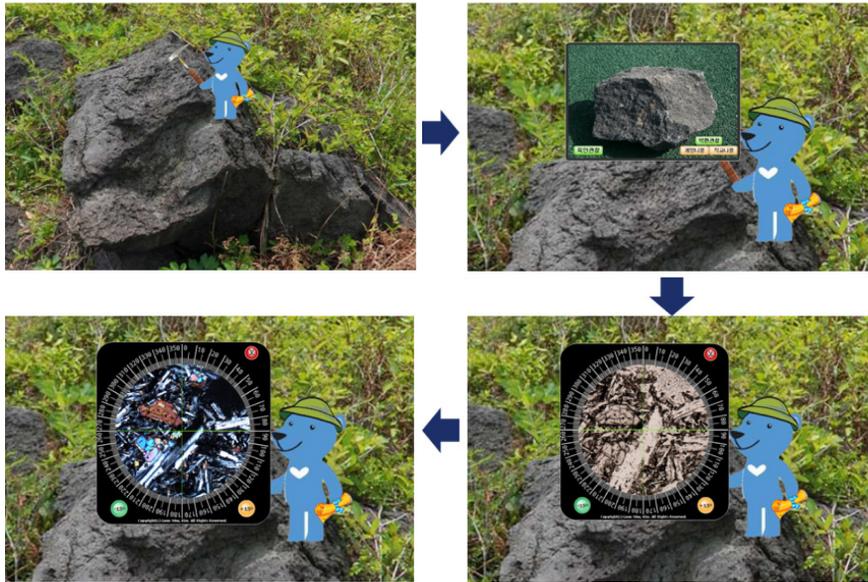


Fig. 6. Example of rock sampling and thin-section contents linked to flash panorama (basalt of Hwasoon beach).

VFT 수행

VFT 수행 메뉴는 실제로 학생들의 제주도 가상 답사 활동이 이루어지는 공간이다. 제주도 지도에는 VFT로 개발된 지역들이 적색의 점으로 표시되어 있으며, 이 점에 마우스를 올려놓으면, 그 장소에서의 세부 답사 위치가 지도의 오른쪽 빈 공간에 나타나게 된다. 지도 위의 점을 클릭하거나, 세부 답사 지역을 클릭하게 되면, 해당 지역의 플래시 파노라마 이미지로 전환된다. 이 공간에서 학생들은 자신이 답사를 하길 원하는 지역을 선택해 제공된 활동지를 바탕으로 제주도 각각의 지역들에 대해 VFT를 수행하게 된다.

플래시 파노라마는 제주도의 화산 지형을 잘 보여 줄 수 있는 수월봉, 송악산, 산방산, 화순해수욕장, 대포동 주상절리대, 한라산 백록담, 섭지코지, 성산일출봉, 만장굴을 중심으로 개발하였으며, 각각의 지역은 몇 개의 세부 지역들을 포함하고 있다. 각각의 플래시 파노라마 안에는 다양한 콘텐츠를 연결시켜 학생들의 VFT 활동이 원활하게 진행될 수 있도록 하였다. 학생들은 각각의 플래시 파노라마 이미지에 포함되어 있는 플래시 기반의 아이콘들을 클릭하여 다양한 학습 콘텐츠들을 볼 수 있다. Fig. 6은 화순 해수욕장의 플래시 파노라마에 현무암에 대한 암석 표본 채취 및 박편 관찰 콘텐츠가 연결된 예이다. 학생들은 암석의 육안관찰에서부터 편광현미경상에서 관

찰할 수 있는 암석의 조직까지 자신의 수준에 맞춰서 관찰할 수 있다. 암석의 박편관찰은 해당 암석의 실제 박편을 편광현미경을 이용하여 직접 촬영한 이미지로 제작하였으며, 해당 암석의 조직을 개방 및 직교니콜 상에서 모두 관찰할 수 있도록 하였다. 또한 실제 편광현미경의 재물대를 돌려보듯이 학습자들이 직접 박편 이미지를 시계방향 또는 반시계방향으로 15°씩 돌려보면서 암석을 이루고 있는 광물의 소광현상까지 관찰할 수 있다.

VFT 활용 방안 및 모형 제안

본 연구에서는 이 새로운 VFT를 교과 활동 및 비교과 활동에서 보다 폭넓게 활용할 수 있도록 VFT의 활용 방안과 각각에 대한 활용 모형을 제안하였다.

우선, 제안된 VFT 활용 방안은 다음과 같다.

- 교과 활동에서의 활용: 강의식 수업, 교실 탐구 수업, 자유 탐구
- 비교과 활동에서의 활용: 창의적 체험활동, 수학 여행
- 기타: 스마트폰을 이용한 활용

VFT 활용 모형에서는 Orion(1993)의 야외지질답사 순환학습 모형을 참고한 3Ps(Preparation-Performance-Presentation) 기본 모형을 Fig. 7과 같이 제안하였다. 3Ps 모형은 활용되는 교수-학습 상황에 맞게 준비 단

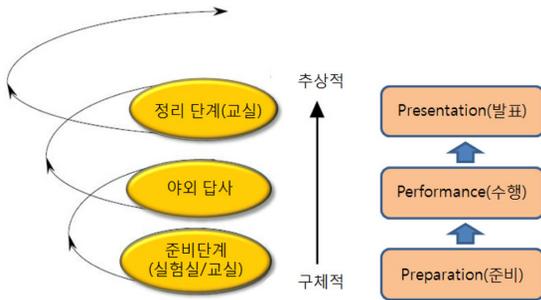


Fig. 7. 3Ps basic model using VFT.

계를 생략한 2Ps 모형, 또는 수행 단계만으로 진행되는 1Ps 모형으로 수정해서 활용할 수 있으며, VFT는 그 활용 목적에 따라 3Ps 모형의 어느 단계에서도 투입시킬 수 있다.

본 연구에서는 이상과 같은 VFT 활용 방안과 VFT 활용 3Ps 기본 모형을 토대로 교과 및 비교과에서 VFT를 활용 방안과 모형을 통합하여 다음과 같이 제안하였다.

교과 활동에서의 활용

강의식 수업에서의 활용(1Ps): 본 연구에서 개발된 VFT 활용의 가장 단순한 형태는 지질학과 관련된 개념의 학습의 교실 수업에서 교사에 의한 직접적인 활용으로 준비와 정리단계를 생략하고 바로 수행 단계에서 VFT를 활용할 수 있다. 교사는 교수-학습 주제와 관련된 지질현상에 대한 실제 자연에서의 모습을 학습자들에게 제공해줌으로써 학습자들의 이해를 도울 수 있다. 예를 들어 ‘주상절리’를 학습시키기 위해, 교사는 학생들에게 제주도 VFT의 「VFT 수행」 메뉴에서 ‘대포동 주상절리대’의 생생한 이미지를 보여줄 수 있을 것이다.

교실 탐구 수업에서의 활용(2Ps): VFT를 활용한 교실 탐구 수업은 Fig. 8과 같이 3Ps 모형에서 준비 단계를 생략한 2Ps 모형으로 나타낼 수 있다. 학습자들은 교실 탐구 수업 중 탐구활동지와 함께 제공되는 개발된 VFT 시스템을 통해 모듈별로 탐구활동을 수행하게 된다. 또한 탐구결과를 모듈별로 발표하고 토의하는 등의 상호작용을 통해 학습내용을 정리할 수 있다.

자유탐구에서의 활용(3Ps): 2007 개정 과학과 교육과

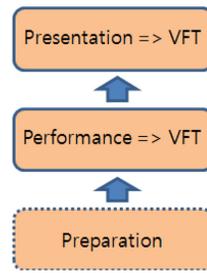


Fig. 8. 2Ps model for classroom inquiry class.

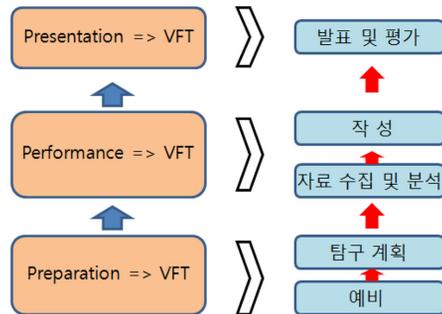


Fig. 9. 3Ps model for free inquiry.

정에서는 학생들이 과학에 흥미를 가지고 과학을 학습하고, 탐구 기능을 강화하고, 과학 분야의 진로를 추구하도록 하기 위하여 ‘자유탐구’를 설정하였다(교육과학기술부, 2008). 여기에서 자유탐구는 학습자들에게 스스로 관심 있는 주제를 선택하고 모듈별로 탐구하게 함으로써, 학습자들의 과학 기능을 신장해 주고 과학에 대한 흥미와 관심을 갖고 자연을 탐구할 수 있도록 하기 위한 자기 주도적 탐구이다.

아외 답사는 이러한 자유탐구의 좋은 소재가 될 수 있다. 자료를 수집하고 분석하는 아외 답사의 활동으로 학습자들의 탐구기능을 향상시킬 수 있으며, 관찰내용을 개념과 연계시켜 학생들의 이해를 강화시켜 줄 수 있다. 그러나 현실적으로 교사가 학생들과 AFT를 수행하는 것은 쉽지 않다. 이러한 이유로 실제로 답사를 하지 않고 학습자들에게 유사한 경험을 제공할 수 있는 대안적인 방법이 필요하며, 그 중 하나가 VFT이다. 특히 우리나라에서 화산 지형과 관련된 지역은 제주도와 철원 등 몇 개 지역으로 제한되기 때문에 그 어려움이 더욱 크며, 이것을 소재로 한 자유탐구는 현실적으로 가상아외답사에 의존할 수밖에 없는 실정이다.

자유탐구는 크게 계획 단계, 중간 점검 단계, 그리고 결과 발표 단계의 3단계로 수행될 수 있으며, 각

각의 단계에 3Ps 모형의 준비, 수행, 그리고 발표 단계를 적용할 수 있다. 이러한 자유탐구의 3Ps 모형은 Fig. 9와 같으며, 모든 단계에서 개발된 VFT를 활용할 수 있다.

비교과 활동에서의 활용

창의적 체험활동(3Ps): 2011년부터 단계적으로 시행되는 2009년 개정 교육과정에서 창의성과 인성교육의 강화를 위한 교과 이외의 활동으로 ‘창의적 체험활동’이 편성되어 ‘창의적 체험활동’은 자율 활동, 동아리 활동, 봉사활동, 진로활동의 영역으로 구성되어 있으며, 실정에 맞게 학교에서 선택하여 융통성 있게 운영할 수 있도록 하고 있다. 위의 네 영역 중에서 VFT는 동아리활동 영역에 활용될 수 있다. 중·고등학교에서는 ‘과학 탐구 동아리’와 같이 과학적 탐구를 목적으로 하는 동아리를 운영하고 있으며, 이러한 동아리에서는 과학적 탐구활동의 하나로 야외지질답사 활동을 수행할 수 있으며, 이러한 경우에 개발된 VFT는 AFT 활동을 강화할 목적으로 활용될 수 있다.

효과적인 야외지질답사를 위해, 야외지질답사의 준비단계에서는 ‘생소한 공간’을 최소화하는 것을 목적으로 학생들이 실제로 답사를 하게 될 장소들에 대한 전체적인 지형 및 지질에 대한 내용, 답사활동을 위해 필요한 지식, 그리고 학생들이 실제로 관찰하게 될 것들에 대해 소개를 해주는 시간을 갖도록 해야 한다. 또한, 정리단계에서 AFT 활동 중에 미처 살펴보지 못한 부분 및 현상을 다시 들여다보면서 AFT의 전반적인 내용을 마무리하는 시간이 필요하다. Fig. 10은 VFT를 활용한 창의적 체험활동의 3Ps 모형을 나타낸 것이다.

수학여행(3Ps): 우리나라의 중·고등학교의 많은 학생들이 수학여행으로 매년 제주도를 방문하고 있다. 하지만 학교 교육활동의 연장으로서의 수학여행이 사전준비활동의 미흡과 여행사에 의존한 관광위주의 일정으로 인하여 본래의 교육적인 목적을 잃어버렸으며, 학생들은 수학여행을 교육활동 중 하나라고 생각하는 것이 아니라 추억 여행정도로만 생각하고 있다. 또한 수학여행의 만족도 조사에서 레크리에이션 활동 측면을 제외하고는 다른 교육적인 측면에서 대체로 부정적인 결과가 있었으며, 이에 대한 대안으로 대상에 따른 차별화된 해설과 안내문 및 체험활동지 등의 제공과, 수행평가와의 연계를 통해 수학여행의 학습

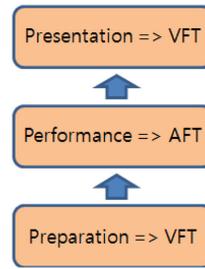


Fig. 10. 3Ps model for creative experiencing and thematic school excursion.

효과를 높일 것을 제안하였다(조혜경, 2008).

수학여행의 학습효과를 높일 수 있는 방안 중 하나로 본 연구에서 개발한 VFT를 활용할 수 있을 것이다. 창의적 체험활동과 같이 3Ps 모형을 바탕으로 하되, 3단계의 발표는 학교 사정에 따라 탐구 보고서나 기타 과제물로 대체할 수 있다. 내용면에서는 지질학적 학습 요소를 줄이고, 자연에 대한 심미적 및 사회적인 관점을 추가함으로써 수학여행에 적용할 수 있으며, 다른 과목과의 연계를 통해 과목 통합적인 답사활동지를 제작하여 수행할 수도 있을 것이다.

스마트폰 또는 태블릿 PC를 활용한 VFT 활동

현대 우리 사회는 스마트폰의 보급으로 인해 사용자들은 장소와 시간에 구애받지 않고, 언제 어디서나 자신이 필요한 정보를 실시간으로 검색할 수 있게 되었다. 이러한 변화는 머지않아 교실의 교육환경에도 영향을 줄 것으로 보이며, 스마트폰 또는 태블릿 PC를 교육활동에 활용할 수 있다면, 보다 효율적인 교육활동이 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 개발된 VFT를 구성하고 있는 웹 콘텐츠들과 VFT 활동의 핵심인 플래시 파노라마 모두는 플래시를 기반으로 하고 있기 때문에, 현재 플래시를 지원하고 있는 구글의 안드로이드(2.2 이상) 기반의 스마트폰에서 활용이 가능하다. Fig. 11은 스마트폰을 이용하여 제주도 VFT 웹페이지에 접속한 모습이며, 모바일 환경에 최적화된 상태는 아니지만, PC 환경에서 같이 VFT의 모든 콘텐츠들을 그대로 이용할 수 있다.

지질학 관련 단원의 교수-학습에서 스마트폰을 활용하여 VFT 활동을 할 수 있다면, VFT 활동을 하기 위해 더 이상 컴퓨터실로 이동할 필요 없이 교실 책상에 앉아서 가상의 경험을 통해 탐구활동에 필요한



Fig. 11. VFT webpage access through the use of smart phone.

정보를 보다 쉽고 편하게 얻을 수 있다. 이러한 이점들은 학생들로 하여금 시간과 공간의 제약에서 보다 쉽게 벗어나 실제 자연에 가까운 모습을 관찰할 수 있도록 해주어 지질학적 현상에 대한 흥미와 관심을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 또한 스마트폰을 통한 VFT의 활용은 AFT 활동에서 학생들의 활동을 안내하거나 보조하는 것이 가능하게 해주므로, 야외 지질답사의 효과를 더욱 높일 수 있을 것으로 기대된다.

결론 및 제언

연구 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 플래시 파노라마의 새로운 기술로 개발된 제주도 VFT는 가상의 공간에서 학습자들로 하여금 그들이 학습하게 될 지질학적인 자연현상의 모습을 실제 자연에서 나타나는 형태와 규모를 실제와 거의 유사하게 관찰할 수 있어 해당 현상의 이해를 촉진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 개발된 VFT는 그 교육적 활용성을 높이기 위해 웹-기반으로 제작되었으며, 홈페이지 안에서 원하는 공간에 비순차적으로 접근할 수 있다. 또한 중학생용 활동지는 관찰을 통한 현상의 이해를 중심으로, 고등학생용 활동지는 관찰과 추리를 통해 현상의 이해와 설명을 중심으로, 예비교사는 귀추적 사고를 통한 관찰에 대해 규칙을 추리하고 가설을 생성하는 것에 초점을 두고 제작하였다. 이렇게 사용자의 수준에 따라 중학생, 고등학생, 그리고 예비교사 3개 수준으로 구분하여 개발한 것은 VFT를 이용하는 사용자가 원하는 지역을 자신의 수준에 맞춰서 답사 활

동을 수행할 수 있다는 점에서 유용할 것이다.

셋째, 제주도 VFT는 성공적인 답사 활동을 위해 Orion(1989)의 ‘생소한 공간’의 축소를 목적으로 답사에 필요한 사전 지식들을 학습할 수 있도록 하였다. 또한 플래시 파노라마에서는 답사 지역의 파노라마 이미지와 함께 다양한 학습 콘텐츠들(질문 및 추가 설명 창, 지형·지물의 근접 및 확대 사진, 동영상, 암석 표본의 접사 사진 및 박편사진 등)을 삽입하여 학습자들의 답사활동을 보조하도록 하였다. 이것은 답사 공간을 관찰하기만 하는 수준을 넘어서 그 공간 내에서 다양한 탐구 활동이 가능하도록 한 것이어서 교사에게는 교재 개발의 부담을 줄여주고, 학생에게는 탐구를 위한 기초 자료를 제공한다는 장점이 있다.

넷째, VFT를 교과 및 비교과 활동에서 활용할 수 있는 방안과 3Ps 기본 모형을 개발하였다. 3Ps를 기본 모형으로 하여 교과 활동에서는 교실의 강의식 수업과 탐구 수업 및 자유탐구, 비교과 활동에서는 창의적 체험활동과 수학여행의 활용 모형을 제안하였다. 또한 스마트폰 또는 태블릿 PC를 이용하여 VFT를 활용할 수 있는 방안도 제시하였다. 이러한 다양한 활용 방안은 학교 현장에서 실제 답사 수행의 어려움을 극복하는 대안일 뿐만 아니라 지질학적 현상에 대한 흥미와 전지구적 소양(global literacy)을 함양할 수 있는 좋은 기회가 될 수 있을 것이다.

이와 같은 결론을 토대로 VFT 개발 및 활용에 관한 몇 가지 제언을 하고자 한다.

첫째, 본 연구에서 개발된 VFT는 기존의 VFT에 비해 시각적인 부분에 대해서는 비약적인 발전이 있었으나, 학생들이 실제 현장에서 경험할 수 있는 미

묘하고 다양한 단서들을 충분히 담아내지는 못하고 있다. 이러한 VFT의 한계를 벗어나기 위해서는 학습자의 다양한 감각에 의한 활동이 이루어질 수 있는 기술을 적용한 다양한 콘텐츠가 개발될 필요가 있다.

둘째, 본 연구에서는 제주도를 대상으로 VFT를 개발하였지만, 앞으로 학교에서 지질학 관련 단원의 교수-학습에 이 새로운 VFT가 폭넓게 활용되기 위해서는 제주도의 화산지형뿐만 아니라 퇴적 및 변성작용 등 다양한 지질 현상을 보여 줄 수 있는 지역에 대한 VFT 개발이 있어야 할 것이다.

셋째, 본 연구에서 개발된 VFT는 구글의 안드로이드(2.2 버전 이상) 기반의 스마트폰에서 인터넷에 접속하여 이용할 수 있다. 하지만, PC 환경에 최적화되어 있기 때문에 PC에서처럼 원활하게 구동되는 상태는 아니므로 앞으로 모바일 전용 VFT를 추가적인 제작하거나, VFT 어플리케이션(application)을 개발될 필요가 있다.

마지막으로, 본 연구에서 개발된 VFT를 중·고등학교의 교과 활동 및 창의적 체험활동과 수학여행과 같은 비교과 활동에 실제로 적용하여 그 효과를 확인해 보는 후속 연구가 이어진다면 본 연구가 보다 의미를 가질 수 있을 것이다.

사 사

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

참고문헌

곽영순, 2001, 구성주의 인식론의 이론적 배경. 한국지구과학회지, 24, 427-447.
 교육과학기술부, 2008, 중학교 교육과정 해설(III). 대한교과서, 서울, 267 p.
 맹승호, 위수민, 2005, 경기도 시화호 탄도 해안과 한염 지역의 야외 지질 답사 수업모형에 대한 질적 분석. 한국지구과학회지, 26, 9-27.
 박종호, 1993, 공주 지역 야외 지질 실습 자료 개발 및 지도 방안에 관한 연구. 공주대학교 석사학위논문, 67 p.
 서승조, 1990, 진주 성지공원 일대의 지질. 과학교육연구, 16, 1-20.
 오민수, 1978, 고등학교 지구과학에서 야외 지질 조사의 지도 방법. 한국과학교육학회지, 1, 45-52.
 오승찬, 강대봉, 1986, 지역 단위 야외 실습장 개발 및 활용에 관한 연구. 전국과학전람회자료집제(32회), 1-25.
 이상교, 1985, 야외관찰 관측 활동이 지구과학의 학습 태도

및 학력에 미치는 효과. 전북대학교 석사학위논문, 44 p.
 이창진, 홍석의, 2003, 고등학교 학생을 위한 가상지질조사 웹 콘텐츠 개발: 제주도 송악산과 지샛개를 중심으로. 한국지구과학회지, 24, 172-180.
 전영호, 1996, 충북 영동 지역의 야외 지질 학습 자료 개발 및 활용에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문, 103 p.
 정남식, 1994, 야외 학습을 통한 학생들의 개념 변화. 과학교육, 352, 52-58.
 정용재, 송진웅, 2006, Peirce의 귀추법 양식을 이용한 교육대학원생들이 생성한 가설의 특징 분석. 초등과학교육, 25, 126-140.
 정원우, 서승조, 1984, 대구근교의 야외지질 실습코스(I). 경북대학교 논문집, 37, 419-425.
 조규성, 변홍룡, 2002, 야외 지질 학습장 개발과 이의 활용에 따른 학생들의 반응. 한국지구과학회지, 23, 610-611.
 조혜경, 2008, 수학여행의 교육적 기능회복 방안. 부경대학교 석사학위논문, 45 p.
 한국지구과학회, 2000, 안면도 및 천수만 지역의 지질. 과학기술단체총연합회 대중화사업, 2, 111 p.
 한국지구과학회, 2001, 제주도로 떠나는 자연사 여행. 과학기술단체총연합회 대중화사업, 3, 133 p.
 한국지구과학회, 2002, 지구는 내 친구(여름 바닷가에서 해변, 암석, 별과의 대화). 과학기술단체총연합회 대중화사업, 4, 66 p.
 홍순관, 1993, 전국읍 일원에 분포하는 화산암을 중심으로 한 지구과학적 현상 탐구 및 교과 교육 적용에 대한 연구. 옥포 장학회 지원 연구 보고서, 104 p.
 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.
 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., 2006, Improving student learning during travel time on field trips using an innovative, portable audio/video system. Journal of Geoscience Education, 54, 147-152.
 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. Multimedia Schools, 10, 38-40.
 Folkmer, T.H., 1981, Comparison of three methods of teaching geology in junior high school. Journal of Geological Education, 29, 74-75.
 Garner, L. and Gallo, M., 2005, Field trips and their effect on student achievement and attitudes: A comparison of

- physical versus virtual field trips to the indian river lagoon. *Journal of College Science Teaching*, 34, 14-17.
- Hemler, D. and Repine, T., 2006, Teachers doing science: An authentic geology research experience for teachers. *Journal of Geoscience Education*, 54, 93-102.
- 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.
- Hurst, S.D., 1998, Use of "virtual" field trips in teaching introductory geology. *Computers and Geosciences*, 24, 653-658.
- 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.
- Kean, W.F. and Enochs, L.G., 2001, Urban field geology for K-8 teachers. *Journal of Geoscience Education*, 49, 358-363.
- 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, 158-164.
- Kem, E.L. and Carpenter, J.R., 1984, Enhancement of student values, interests and attitudes in earth science through a field-oriented approach. *Journal of Geological Education*, 32, 299-305.
- Klemm, E.B. and Tuthill, G., 2003, Virtual field trips: Best practices. *International Journal of Instructional Media*, 30, 177-193.
- Mckenzie, G, Utgard, R., and Lisowski, M., 1986, The importance of field trip. *Journal of College Science Teaching*, 16, 17-20.
- Moore, K.E. and Gerrard, J.W., 2002, A Tour of the Tors. In Fisher, P. and Unwin, D. (eds.), *Virtual Reality in Geography*. Taylor and Francis, London, UK, 190-207.
- Nix, R.K., 1999, Retrieved July 10, 2009, from http://www.dallas.net/~rnix/vft_text.html
- 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.
- Shroder, J.F., Bishop, M.P., Olsenholler, J., and Craiger, J., 2002, Geomorphology and the World Wide Web. *Geomorphology*, 47, 343-363.
- Stainfield, J., Fisher, P., Ford, B., and Solem, M., 2000, International virtual field trips: A new direction? *Journal of Geography in Higher Education*, 24, 255-262.
- Stevenson, S., 2001, Discover and create your own field trips. *Multimedia Schools*, 8, 40-5.
- Tuthill, G. and Klemm, E., 2002, Virtual field trips: Alternatives to actual field trips. *Multimedia Schools*, 1, 453-468.

2011년 2월 10일 접수
2011년 3월 25일 수정원고 접수
2011년 4월 8일 채택