

초등학생들의 공간적 사고와 시각화 능력 함양을 위한 GeoMapApp 활용 화산 단원 수업 및 평가의 사례

송동혁 · 맹승호[†]

A Case Study of Instruction and Assessment on Volcano Using GeoMapApp to Foster Elementary Students' Spatial Thinking and Visualization

Song, Donghyuk · Maeng, Seungho[†]

ABSTRACT

This study investigated elementary students' spatial thinking and visualization when they learned the shape of volcanoes. For this purpose we used GeoMapApp to design instruction program and assessment items. In the instruction, students were asked to connect the floor plan view of Jeju island with the cross-sectional view of the same figure produced by GeoMapApp. Then they were asked to classify four sets of pictures of volcanoes based on the similarities of figures, that is, dome-shaped and shield volcanoes. In the assessment students solved three questions which examined how they connected the plan view and cross-sectional profile of Kilauea, draw cross-sectional profile of Mt. Fuji, and distinguished a shield volcano and dome-shaped one. Students' discourse data during the class were analyzed according to the amount to showing their spatial thinking and visualization. The instruction program using GeoMapApp assisted students to facilitate their spatial thinking for understanding of volcanoes. The outcomes of assessment showed even elementary students had good spatial thinking and visualization. Therefore, we argued spatial thinking and visualization for geoscientific understanding need to be included in the national science curriculum for elementary students.

Key words: spatial thinking, visualization, GeoMapApp, volcano, geoscience education

I. 서 론

2015 교육과정의 초등학교 과학에서 화산 단원은 “화산활동으로 나오는 여러 가지 물질을 설명할 수 있다”와 “화성암의 생성과정을 이해하고, 화강암과 현무암의 특징을 비교할 수 있다”가 주요 성취기준으로 제시되어 있다(MOE, 2015, p. 26 별책: 과학과 교육과정). 이와 함께 화산활동 모형 만들기 와 화강암과 현무암 관찰하기가 주요 탐구활동으로 제시되었다. 2015 교육과정의 과학 교과서(4학년 2학기)에서 화산 단원은 앞의 두 성취기준 및 주

요 탐구활동 이전에 ‘화산이란 무엇일까요?’라는 주제를 먼저 제시한다. 관련된 탐구활동으로는 스마트폰기기로 우리나라 주변의 화산과 세계 여러 지역에 있는 화산을 찾아서 관찰하는 활동이 제시된 후 백두산(한국), 시나봉산(인도네시아), 킬라우에아산(미국), 후지산(일본)의 화산체의 사진과 함께 화산 지형에 대한 본문이 제시되었다(Fig. 1). 그러나 스마트폰기기로 화산을 관찰하는 활동은 구체적으로 무엇을 어떻게 관찰하는지에 대한 아무런 서술이 없다. 반면에 교사들을 대상으로 제작된 초등 교사용 과학 지도서(MOE, 2018)에서 이 차시의 수

이 논문은 2018년도 서울교육대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음.

2019.1.15(접수), 2019.1.28(1심통과), 2019.2.11(2심통과), 2019.2.11(최종통과)

E-mail: smaeng@snu.ac.kr(맹승호)



화산은 마그마가 분출하여 생긴 지형입니다. 땅속 깊은 곳에서 암석이 녹은 것을 마그마라고 합니다. 화산은 크기와 생긴새가 다양하고, 꼭대기에는 분화구가 있는 것도 있습니다. 화산 분화구에 물이 고여 커다란 호수나 물웅덩이가 생기기도 합니다.

생각에 볼까요?

- 화산과 화산이 아닌 산은 어떻게 다를까요?

Fig. 1. Textbook page about volcanoes for the second semester of the fourth grade (MOE, 2018, p. 83).

업 목표는 “화산과 화산이 아닌 산을 구분할 수 있다”, “화산의 생김새와 특징을 알고 화산에 대해 설명할 수 있다”로 제시되어 있다(ibid., p. 206). 그래서 초등 교사들의 수업은 화산 지형 및 화산체의 특징보다는 교과서 본문 아래에 추가로 제시된 “화산과 화산이 아닌 산”의 지형 차이에 더 집중하는 경향이 있다. 때문에 화산활동으로 만들어진 산 정상에는 분화구가 있고, 침식 지형으로 만들어진 산 정상에는 분화구가 없다는 것이 주된 학습 내용이 되었다. 이와 같은 교과서의 구성 및 교사용 지도서의 안내 방향으로 인해 화산 지형 및 화산체를 학습할 때 지구과학 탐구에 필요한 사고력을 함양할 수 있는 여지가 충분하지 않다.

지구과학, 특히 지질학 분야의 학습 과제에서 제공되는 데이터들은 공간적인 형태나 위치를 표현한 것이 많아서 학생들의 공간적 사고(spatial thinking)와 관련된 시각화(visualization) 능력이 필요한 경우가 많다. 공간적 사고는 “공간에 대한 의미를 이해하는 공간적 개념, 사물의 공간적인 형태나 구조를 시각화하는 방식, 그리고 공간적 표현 방식을 활용하여 사물의 구조와 성질, 기능 등을 이해하고 설명하는 추론 과정까지 포함하는 종합적인 사고 능력”(National Research Council, 2006, p. 3)으로 정의된 바 있다. NRC의 공간적 사고에 대한 정의는 사

물의 공간적 관계를 시각화하기, 공간적 크기/방향의 변화를 상상하기 및 사물을 상상하여 회전시키기 등과 같은 내적인 인지적 과정과 이것을 다양한 표상으로 외적으로 표현하는 능력을 포함한다. 이 중 공간의 시각화는 공간적 사고를 수행할 때 적용되는 공간에 대한 정보를 생산하고 변형시켜 표현하는 공간 능력(spatial ability, Linn & Petersen, 1985)을 구성하는 중요한 요소라 할 수 있다(Park & Yoon, 2012).

공간 능력을 구성하는 요소들은 연구자마다 조금씩 다르게 구분되어 왔으나, 유사하게 논의되는 요소는 방향에 대한 공간 이해(spatial orientation), 공간적 시각화(spatial visualization), 공간 관계(spatial relations) 등이 있다. 방향에 대한 공간 이해는 공간 내에서 자신의 위치를 파악하고, 그 공간 내에 포함된 요소들의 배열에서 패턴을 이해하거나 어떤 물체의 위치나 방향을 변화시켜도 혼동하지 않고 원래 모양을 파악하는 능력을 말한다(Lee & Pang, 2007; Cho & Chong, 2012). 공간적 시각화는 제시된 물체의 모양을 회전하거나 변환하여 시각적으로 표현할 수 있는 능력 및 복잡한 배경 자료들 중에서 특정한 형태의 모양을 인지하는 시각적 능력을 포함한다(Lee & Pang, 2007; Cho & Chong, 2012). 공간적 시각화는 학자들에 따라 사물의 심리적 회전(mental rotation), 평면 자료와 입체 자료 간의 심리적 변환(mental transformation), 또는 공간의 표상화(spatial representation)를 모두 포함하는 광의적 요소로 표현되기도 한다(Cho & Chong, 2012). 공간 관계는 사물과 자신의 관계를 인식하여 거리를 인지하고, 물체의 방향과 위치를 파악하는 능력을 의미한다(Lee & Pang, 2007).

Chong (2017)은 기하학 및 도형의 학습에 필요한 공간 감각을 다루었던 선행연구들을 종합하여 공간적 시각화의 의미를 공간의 대상, 관계, 변환에 대한 정신적 표상을 구성하고 조작하는 능력으로 규정하고, 그 하위 요인들을 심리적 회전, 심리적 변형 및 변환, 도형의 배경 인식으로 나누었다. 심리적 회전은 평행이동, 회전이동, 대칭이동과 같이 3차원 공간에서 사물을 회전시켰을 때의 모양과 과정을 상상하여 이해하는 것을 말한다. 심리적 변형은 사물의 패턴을 바꾸어 동일한 차원(평면에서 평면으로, 3차원 공간에서 공간으로)에서 재배열하거나, 3차원 공간에 존재하는 사물을 2차원 평면으로

투영하거나 그 단면을 인식하는 것 또는 2차원 평면으로 파악한 사물을 3차원의 형태로 표현하는 방식의 변형 또는 변환을 말한다. 도형의 배경 인식은 도형이나 대상을 배경과 분리하여 인식하는 것을 말한다(Chong, 2017).

Titus and Horsman (2009)은 지질학 학습에 필요한 공간적 시각화의 하위 요소로 공간 관계(spatial relations), 공간적 조작(spatial manipulation) 및 시각적 투시 능력(visual penetrative ability)이 중요함을 제안하였다. 여기서 공간 관계는 사물을 하나 또는 여러 축을 중심으로 심리적으로 회전시킨 모습을 이해하는 능력을 말한다. 지층의 모습을 여러 방향에서 관찰하여 종합하거나 단층 구조를 3차원적으로 이해할 때 공간 관계가 사용될 수 있다고 보았다. 공간적 조작은 2차원 평면으로 표현된 사물을 심리적으로 조작하여 3차원 공간에서 입체적인 형태로 이해하거나, 그 반대로 3차원 입체로 표현된 사물을 2차원 평면에 묘사하는 능력을 말한다. 예를 들면 지하에서 마그마가 상승할 때 지각 하부의 암석들이 변형되는 양상을 표현한 그래프 자료를 보고, 이 구조의 3차원적 모습을 상상하여 이해할 수 있는 능력이 이에 해당한다. 시각적 투시 능력은 사물의 횡단면, 종단면 또는 경사진 단면의 모습을 상상하여 표현할 수 있는 능력을 말한다. 이는 암석의 단면 또는 노두의 단면 모습을 상상하여 이해하는 사례에 적용될 수 있다.

이에 대해 Kastens (2010)는 지질학 분야의 학습 과제들을 공간적 시각화(spatial visualization) 능력이 필요한 것과 사물의 시각화(object visualization) 능력이 필요한 것으로 구분하여 이해하고, 두 가지 접근 방법을 함께 지도할 수 있는 지구과학 교육이 중요함을 주장하였다. 예를 들면, 노두의 단면을 관찰하여 3차원적 입체 구조를 연상하고 추리하는 과정은 공간적 시각화 능력이 필요하고, 습곡이나 단층과 같은 지질 구조나 지형의 특징을 인식하고 구별하는 과정은 사물의 시각화 능력이 필요하다는 것이다. Ishikawa and Kastens (2005)는 지질학의 학습 과제와 관련된 공간적 사고력의 네 가지 유형을 제시하였다. 첫째, 공간적 데이터에서 특정한 모양과 패턴을 인식하는 사고력이다. 예를 들면, 지층 노두를 관찰하고 단층 또는 습곡의 구조를 찾아서 그 구조를 인식하고 구분할 수 있는가 하는 것이다. 둘째, 수평 또는 수직 방향의 관찰 관점을 이해하

고 적용하는 사고력이다. 경사진 지층면에서 가상의 수평면을 상상하여 주향을 이해하고, 주향에 수직한 경사 방향을 인식하는 것이 이러한 사고의 예시로 볼 수 있다. 셋째, 부분적인 관찰 정보를 종합하여 전체적인 형태를 추리하는 사고력이다. 어느 지역의 여러 노두에서 관찰한 지층과 암상 및 구조에 대한 정보를 종합하여 그 지역의 지질 구조와 지질도를 작성하는 과제에 이러한 유형의 사고력이 필요하다. 넷째, 사물의 모양을 심리적으로 회전시켜 이해하거나(mental-rotation), 현재 관찰하는 시선 방향과 다른 방향에서 관찰하는 영상을 연결시켜 3차원적인 영상을 추론하는(perspective-taking) 사고력이다. 예를 들면, 습곡의 단면이 관찰되는 노두를 보고 그 지층의 윗면의 모습과 옆면의 모습을 상상할 수 있는 사고력 또는 대륙지각과 해양지각 사이의 해구 부근에서 진원의 깊이가 서로 다른 진앙지의 분포를 보고 베니오프대의 구조를 인식하는 사고력을 들 수 있다.

공간적 사고 및 시각화와 관련하여 초등학교의 과학 학습에서 앞서 논의된 선행연구의 모든 측면들이 모두 적용되기는 어렵지만, 그중 초등학교 화산 단원의 이해에 직접적으로 관련된 사고력은 Ishikawa and Kastens (2005)가 제시한 공간적 사고의 유형 중 네 번째 유형으로 볼 수 있다. 즉, 어느 한 방향에서 찍은 화산체의 사진 자료를 보고 그 화산에 대한 여러 방향의 모습을 추리하거나, 화산의 항공사진 또는 위성 영상을 근거로 화산체의 옆면 또는 단면을 추리할 수 있는 사고를 함양할 수 있을 것이다. 이는 Lee and Pang (2007), Cho and Chong (2012)이 규정한 공간적 시각화 능력에 해당되며, Kastens (2010)의 공간적 시각화 능력과 사물의 시각화 능력도 함께 연관될 수 있고, Titus and Horsman (2009)의 공간적 시각화의 하위 요소 중 공간적 조작 및 시각적 투시 능력과도 연관된다.

그동안 국내 교육계에서 공간적 사고 또는 공간적 시각화와 관련된 내용은 주로 수학교육과 과학 교육 분야에서 다뤄졌다. 수학교육 분야에서는 기하학과 도형에 대한 이해를 초점으로 학생들의 공간 능력(또는 공간 감각)을 조사한 연구들이 진행되었다. Kim and Oh (2008)의 연구 결과에 의하면, 초등학생들의 공간 능력을 조사한 검사지 분석을 통해 초등학교 4~6학년 학생들이 학년이 높아짐에 따라 2차원 및 3차원 도형의 심리적 회전, 2차원 -

3차원 간 변환 능력이 발달하고 있음을 밝혔다. Kim and Pang (2007)은 초등학교 6학년 학생들을 대상으로 입체도형을 3차원 축으로 회전시켜 이해하기, 입체도형과 전개도를 서로 변환하여 이해하기, 입체도형의 윗면-옆면-앞면을 서로 변환하여 이해하기 등을 포함한 공간 능력 검사를 실시한 결과, 공간적 시각화의 하위 요소 중 사물을 심리적으로 회전하는 문제의 정답률은 높았던 반면, 입체도형과 전개도를 변환하는 문제와 입체도형의 단면을 인식하는 문제의 정답률은 낮았다. 이러한 결과는 Cho and Chong (2012)의 연구 결과에서도 유사하였다. 이들의 연구에서 초등학교 4~6학년 학생들은 공간적 시각화 능력 중 심리적 회전 문항의 점수가 심리적 변환 문항의 점수보다 높았으며, 학년이 높아질수록 공간적 시각화 능력이 향상되고 있음을 보였다. Park (2014)은 공간적 시각화 중 도형을 3차원으로 회전시켜 이해하는 과정에 초점을 두고 초등학교용 공간시각화 검사지를 개발하여 4~6학년 학생들에게 시행하였다. 검사 결과, 학생들은 평균 54.3%의 성취도를 보였으며, 학년이 높아짐에 따라 평균 점수 역시 증가하는 양상이 있음을 제시하였다.

과학교육 분야의 연구 사례들은 대체로 공간 능력을 종합적으로 검사하고, 공간 능력 정도에 따라 과학 개념 이해, 과학 탐구 능력, 그래프 해석 능력, 과학 창의성 등의 차이를 비교하는 연구가 많았다 (e.g., Kim *et al.*, 2005; Lee & Lim, 2010; Lee *et al.*, 2012; Jeon & Lee, 2012). 공간적 사고의 하위 요소들을 종합한 공간 능력의 점수와 과학 학습의 여러 변인들 간의 상관관계를 규명하는 연구는 그 자체로도 의미가 있지만, 공간적 사고의 어떤 요인이 과학 학습에 영향을 줄 수 있는지를 명확히 규명하기는 어려웠다. 위 연구들 중에서 Kim *et al.* (2011)은 초등학교 2학년 학생들에게 공간 능력을 활성화하는 과학 교수활동을 제공한 후 학생들의 공간 능력의 변화 양상을 조사하였는데, 공간 능력의 하위 요소 중 공간적 시각화 및 공간적 방향에 대한 이해는 유의미한 변화가 없으나, 공간적 관계에 대한 이해는 유의미한 향상이 있음을 밝힌 바 있다. 이 결과는 초등학교 2학년이라는 낮은 학령기 학생들에게 공간적 시각화와 방향에 대한 이해가 충분히 성숙되기 어려울 수 있음을 보여준다. Jeon and Lee (2012)는 초등학교 5, 6학년 학생들을 대상으로 수학교육 분야에

서 작성된 공간 능력 검사지를 실행하였다. 학생들은 공간적 시각화의 심리적 회전 영역에 해당하는 문항에서 83.8%의 성취도를 보였고, 2차원 데이터를 3차원 표현으로 변환 또는 그 반대 방향으로 심리적 변환하는 능력을 조사한 심리적 변환 영역에 해당하는 문항에서 88.0%의 성취도를 보였다.

지구과학 분야에서 학생들의 공간적 사고 및 시각화 능력을 함양시키는 과제는 주로 중고등학생들을 대상으로 부분적인 연구가 진행되어 왔다. 예를 들면, Lee *et al.* (2004)은 고등학생들이 지질도에서 지층의 경계와 등고선의 관계를 이용하여 지질 구조를 입체적으로 해석하는데 어려움을 밝힌 바 있으며, Lee (2013)는 중학생들을 대상으로 플래시 파노라마를 이용한 가상지질답사 활동을 수행한 후 공간적 시각화 능력의 변화 양상을 조사하였는데, 이 활동 전후에 학생들의 공간적 시각화 능력은 유의미한 변화가 없었다. Park and Lee (2015)는 고등학생들이 지질 전개도를 이용하여 지질학 수업을 수행했을 때 공간 시각화 능력 및 지질 현상에 대한 공간 능력의 변화 양상을 조사하였는데, 그 결과 고등학생들은 공간 관계, 공간적 조작, 시각적 투시 능력 모두 유의미한 향상을 보였다.

초등학생들의 공간적 사고 및 공간적 시각화 능력에 대한 선행연구들의 결과는 초등학생들이 심리적 회전 및 심리적 변환 능력과 관련된 도형 문제를 부분적으로 해결할 수 있으며, 학년에 따라 점차 발달하는 양상이 있음을 제시해 주었다. 반면, 과학의 맥락에서는 이 구인에 대해 어떠한 양상을 나타내는지는 구체적으로 보고되지 않았다. 특히, 초등학생들을 대상으로 수행된 지질학 분야의 과학 학습 연구에서 공간적 사고 또는 공간적 시각화와 관련된 지구과학적 사고력을 중점적으로 연구한 사례는 많지 않았다. 이는 그동안 초등학교 과학 교육과정에서 지구과학적 사고력 함양이 크게 고려되지 않았던 것과는 무관하지 않다. 초등학교 과학 교과서에 포함된 공간 능력 요소를 조사했던 Park *et al.* (2009)의 연구 결과를 보면, 과학 교과서의 지구과학 관련 단원들에서 공간 능력은 주로 공간 관계에 집중되었으며, 공간적 시각화나 방향에 대한 공간적 이해는 포함되지 않았다. 특히 이 논문의 소재로 삼은 확산 단원은 공간적 사고가 전혀 반영되지 않았다.

이에 이 연구에서는 초등학교 4학년 학생들을 대

상으로 화산에 대한 이해를 촉진시키고, 그와 관련된 공간적 사고 및 시각화 능력을 함양시키기 위하여 GeoMapApp (www.geomapapp.org; Ryan *et al.*, 2009)을 활용한 화산 지형 및 화산체 학습 프로그램을 개발하고 수업에 적용하여 이에 대한 학습 결과를 평가하였다. 그 결과를 통해 초등학생들이 화산 주제에 대하여 공간적 사고와 시각화 능력을 발전시킬 수 있는지, 그리고 적절한 교수활동을 통해 이러한 지구과학적 사고를 함양시킬 수 있는지 여부를 파악하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. GeoMapApp

GeoMapApp은 Columbia University의 the Lamont-Doherty Earth Observatory에서 수행하는 해양 지질 정보 시스템 (Marine Geoscience Data System) 구축 사업의 일환으로 2009년에 개발되어 현재까지 운영되고 있다. 이로부터 의미하는 것처럼 전 세계 규모 또는 특정 지역의 지구물리학, 지질학, 지구화학, 물리해양학, 및 기후학 탐사 데이터를 종합하여 고화질의 해상도로 시각화하여 분석할 수 있게 만든 지도 기반 애플리케이션이다. GeoMapApp에서 기본 바탕으로 제공되는 지도는 Google Earth의 해저 지형도의 기본 바탕과 동일하게 Global Multi-Resolution Topography (GMRT)의 지도를 사용한다. GMRT는 여러 지역 및 연구기관에서 관측하여 처리된 다중 빔 수중 음파 탐지 데이터(multibeam sonar data)를 종합하여 다양한 해상도의 해저 지형도를 작성하고, 이를 연속적인 컬러 스케일의 육지 고도 데이터와 병합하여 작성된 지도이다. 아래 Fig. 2는 GeoMapApp의 초기 화면으로 GMRT의 기본 지도를 제시한 것이다.

GeoMapApp을 이용하여 전 세계 모든 지역의 화산, 지진, 중력, 자력, 해저 암석 연령, 해양 수온/염분 등 다양한 지질 데이터를 표 형태나 이미지 형태로 얻을 수 있으며, 각 데이터들의 지역 간 프로파일을 작성할 수 있다. GeoMapApp을 이용하여 연구자나 교수자는 자신이 원하는 지역의 관련 지질 정보들을 자신이 원하는 형태의 컬러 스케일과 크기로 조절할 수 있으며 그래프나 지도 형태로 자신이 원하는 이미지를 고해상도로 작성할 수 있다. GeoMapApp의 이와 같은 특징을 이용하여 현재 대

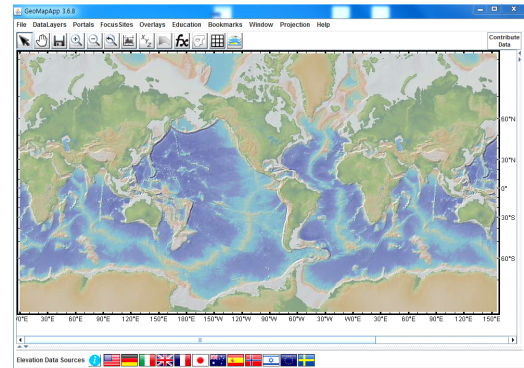


Fig. 2. GMRT map of the GeoMapApp (www.geomapapp.org, Ryan *et al.*, 2009).

학교 수준의 지구과학교육 분야에서는 다양한 학습 자료를 제작하여 수업 상황에 활용되고 있다. 그러나 초중등학교 수준의 수업에서는 GeoMapApp을 활용한 교수학습 자료의 사례도 적을 뿐만 아니라, 실제로 이를 활용한 연구의 사례 또한 많지 않다. 최근 Maeng and Lee (2015)의 연구에서 판구조론의 지구적 인지과정(geocognition)을 조사하기 위한 검사 문항의 제시 자료로 GeoMapApp이 사용된 사례가 있을 뿐이다.

2. GeoMapApp 활용 수업 프로그램 개발 및 실행

이 연구를 위한 수업 프로그램은 초등학교 4학년 2학기 과학의 화산과 지진 단원에서 “화산이란 무엇일까요?” 차시를 대상으로 개발되었다. 앞서 서론에서 언급한 것처럼 현행 교과서의 내용 구성은 네 가지 화산을 관찰하고, 화산과 화산이 아닌 산을 구분하는 것에 초점이 맞춰져 있어서 공간적 사고와 시각화 능력 계발과 직접 연결되기 어렵다. 연구에서 개발했던 수업 프로그램의 주안점은 공간적 사고와 시각화 능력을 활용하여 화산체와 화산 지형의 모습을 이해하는 것으로 두었다. 이를 위한 수업 자료를 제작할 때 GeoMapApp을 활용하였다.

프로그램 개발을 위해 본 연구의 제1저자(초등교사)와 제2저자(과학교육학박사)가 함께 GeoMapApp 실행 과정을 분석하여 초등학교 화산 단원에 적용 가능한 기능과 자료를 탐색하였다. GeoMapApp의 기능 중 초등학교 과학 교육과정의 화산 단원의 내용과 수준에 적합한 것은 지형도를 표현하는 기능

이었다. GeoMapApp은 원하는 지역의 지형도를 높은 해상도로, 원하는 색의 범례를 설정하고, 적절한 축척으로 표현할 수 있다. 또한, 지형도에서 원하는 방향으로 단면도를 작성할 수 있으며, 작성한 단면도를 적절한 스케일로 조절하는 기능을 제공한다. 이 기능을 활용하여 우리나라의 대표적인 화산인 제주도의 지형도로 1차 활동 자료를 제작하고, 과학 교과서에 제시된 네 화산체(백두산, 시나봉산, 킬라우에아산, 후지산)의 지형도로 2차 활동 자료를 제작하여 수업 프로그램의 초안을 작성하였다.

제작된 초안은 두 연구자의 1차 검토 및 수정을 거친 후, 초등학교 4학년 과학 수업을 맡고 있는 초등 교사 2인에게 초등학교 4학년 학생들이 이해하고 활용하기에 적절한 수준인지를 추가로 검토하였다. 검토의 초점은 학생들이 화산체의 자료를 보고 지형의 형태를 인식할 수 있는가, 위에서 내려다 본 평면 자료와 옆에서 본 측면 자료(또는 단면도)를 서로 연결하는 공간적 사고를 적용할 수 있게 제작되었는가였다. 검토에 참여한 초등 교사들은 화산체의 자료가 참신하여 학생들의 흥미를 유발할 수 있으며, 교과서에 없는 자료라서 학생들에게 낯설 수 있지만, 교사의 적절한 안내가 수반되

면 초등학교 4학년 학생들이 해결하기 어려운 과제는 아니라는 의견을 제시하였다. 교사들의 검토의 견과 부분적인 문장 수정 과정을 거쳐 수업 프로그램의 수정안을 작성하여 본 연구에 적용하였다.

수업의 도입부에 여러 가지 화산 폭발 또는 분출 장면을 담은 동영상을 보여주었다. 이 활동의 목적은 학생들이 화산활동이 어떤 현상인지를 인식하게 하려는 것이었다. 뒤이어 우리나라의 화산 사례로서 제주도의 지형도 그 단면을 GeoMapApp을 활용하여 작성한 탐구활동 자료를 제시하였다(Fig. 3). 먼저 GeoMapApp에서 GMRT를 배경 지도로 하여 지형의 높낮이를 색깔에 따라 표시하고, 거리 축척을 이용하여 Google Earth의 위성 영상과 유사한 지형도 자료를 제시하였다(Fig. 3의 그림 가). 이 자료는 위에서 내려다 본 제주도의 모습에 해당한다. 다음 GeoMapApp에서 프로파일 기능을 활용하여 그림 가의 흰 선을 따라 절단한 횡단면도를 그래프 형태로 제시하였다(Fig. 3의 그림 나). 학생들의 탐구활동에서 두 그림 자료를 비교하여 그림 가의 흰 선 위에 있는 다섯 지점이 그림 나 단면도에서 어느 위치에 해당하는지를 찾아서 발표하게 하였다. Fig. 3과 유사하게 제주도를 남북 방향으로 절

[활동 1] 화산 그려보기

다음 두 그림은 각각 제주도를 지도로 본 그림, 제주도를 가로로 자른 부분의 고도를 나타낸 그림입니다. 그림 (가)를 보고 (나)의 어느 지점에 해당하는지 표시해 봅시다.

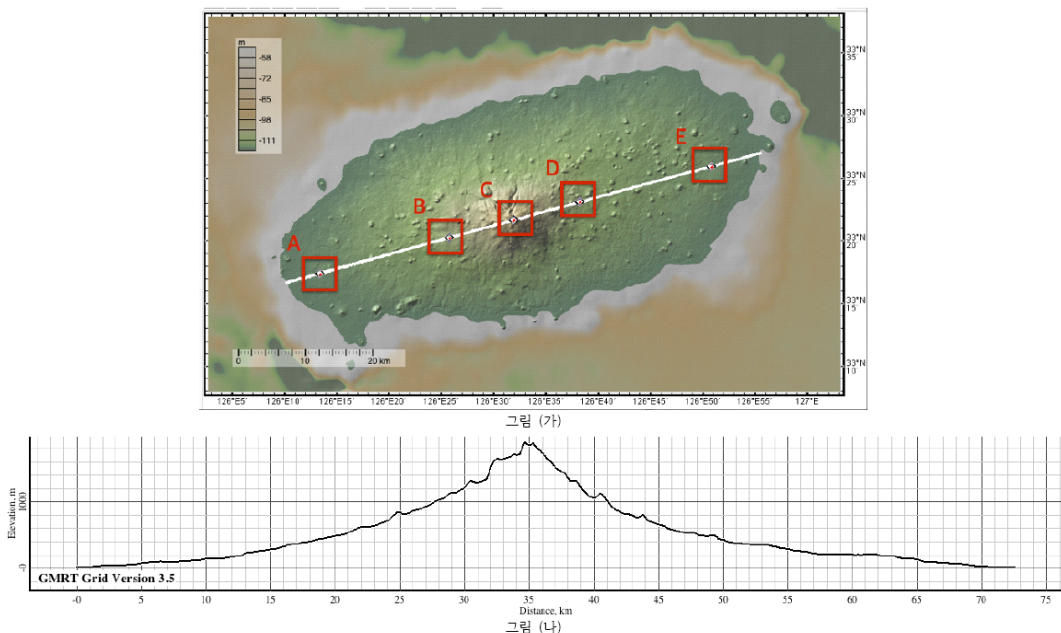


Fig. 3. Example of instructional material using GeoMapApp for this study.

단하여 작성한 종단면도를 제시하고, 동일한 탐구 활동을 한 번 더 실시하였다.

후속 활동으로 백두산과 한라산(한국), 시나봉산(인도네시아), 후지산(일본)에 대해 각각 Google Earth 자료(위에서 본 평면도, 옆에서 본 측면도), GeoMapApp 자료, 그리고 GeoMapApp으로 작성한 화산체의 횡단면도를 작성하여 모듈별로 나눠주고 관찰하게 하였다. 이 활동에서 학생들에게 특별한 관찰 준거를 알려주지 않고 학생들이 각 자료를 검토하고 분석해서 스스로 분류 기준을 설정하여 비슷한 모양끼리 분류하게 하였다.

마지막 정리 활동으로 네 화산체의 모양에 따라 과학자들은 화산체의 기울기가 급한 뾰족한 화산(종상화산)과 기울기가 완만한 화산(순상화산)으로 분류함을 알려주고, 학생들이 분류한 결과와 비교하여 유사한 점과 다른 점을 논의하였다.

개발된 화산 수업 프로그램은 서울시 소재 초등학교 4학년 3개 학급에서 동일한 교사(제1저자)가 한 차시 수업으로 시행하였다. 학생들의 탐구는 모듈활동으로 수행되었고, 관찰 내용 발표는 전체 학급 토의 형식으로 진행되었다. 수업의 전 과정은 비디오 촬영하였으며, 비디오 녹화본의 전사본과 학생들이 수업 중에 작성한 활동지를 수합하여 분석 데이터에 포함하였다.

3. 공간적 사고와 시각화 능력 평가문항 개발 및 실행

초등학생들이 화산을 주제로 공간적 사고와 시각화 능력을 어느 정도 함양하고 있는지를 조사하기 위하여 GeoMapApp을 활용하여 검사 문항을 개발하였다. 검사의 구인은 화산체의 평면도(위에서 본 그림 자료)와 횡단면도(옆에서 본 그림 자료)를 서로 비교하고 관찰 관점을 변환시키는 화산에 대한 공간적 사고와, 평면도로 제시된 화산체의 모습을 보고 그것의 횡단면도를 작성하는 시각화 능력으로 설정하였다.

검사지는 모두 세 문항으로 구성되었다. 문항 1은 하와이 섬의 지형의 높낮이를 색깔로 표시한 GeoMapApp 기반 자료를 보고, 횡단면도로 작성된 하와이 섬의 프로파일 자료와 비교하여 서로 연결시켜 각 지점을 찾는 것이다. 이것은 화산을 관찰할 때 서로 다른 관찰의 관점에서 본 모습으로 변형시켜 이해할 수 있는지에 대한 공간적 사고를 검

사한 것이다. 문항 2는 후지산을 위에서 내려다 본 모습을 GeoMapApp으로 표현한 평면도를 보고, 후지산의 단면도를 그리게 하여 학생들의 시각화 능력을 검사하였다. 문항 3은 백두산과 시나봉산을 GeoMapApp으로 표현한 자료를 보고 각각 종상화산체(종을 뒤집어 놓은 모양)와 순상화산체(방패를 엮어 놓은 모양)로 구분하는 문항이다.

검사 문항들은 애초 수업 중 형성평가를 예상하여 개발되었다. 그래서 문항의 맥락이나 제시한 데

1. 그림 1은 하와이 섬의 높고 낮은 지형을 서로 다른 색깔로 표현한 것이다. 그림 1에서 흰색 선을 따라 자른 단면의 모습을 그림 2에 표시하였다. 그림 1의 흰색 선 위에 있는 빨간 점들은 그림 2에서 화살표들이 가리키는 곳(A-G) 중 어느 것에 해당하는지 맞춰보고, 그 점에 해당하는 알파벳을 쓰시오.

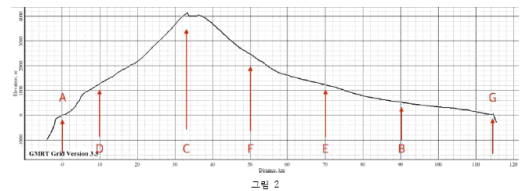
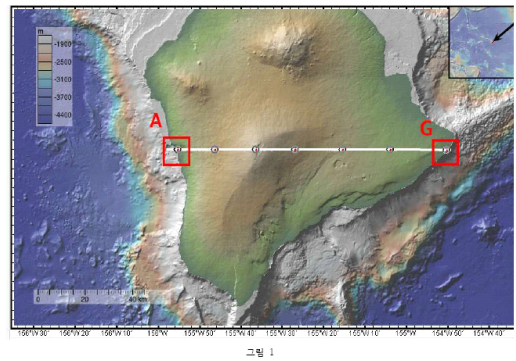


Fig. 4. Question #1 of this study (Maps were produced from GeoMapApp).

2. 그림 3에서 흰색 선을 따라 자른 단면의 높낮이를 그림 4에 그리시오. (단, 그림에서 등고선의 간격은 200m. 흰색 선의 시작과 끝점은 서로 35km 떨어져 있고 양 끝점의 높이는 800m이다. 가장 높은 곳의 높이는 3800m이다.)

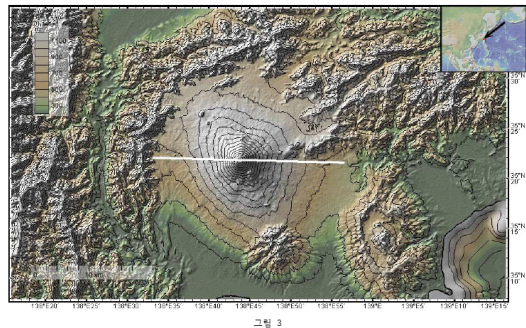


Fig. 5. Question #2 of this study (The map was produced from GeoMapApp).

3. 다음 그림 5와 그림 6은 서로 다른 모양을 가진 화산의 모습을 위에서 내려다 본 것이다. 두 화산 중 풍모양의 화산과 방패를 뒤집어 놓은 모양의 화산은 각각 어느 것인지 쓰시오.

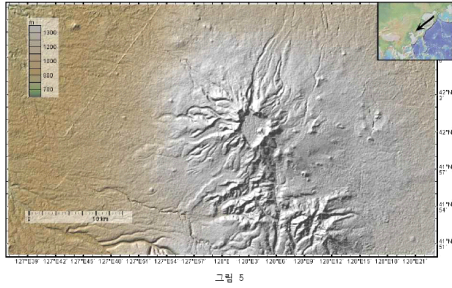


그림 5

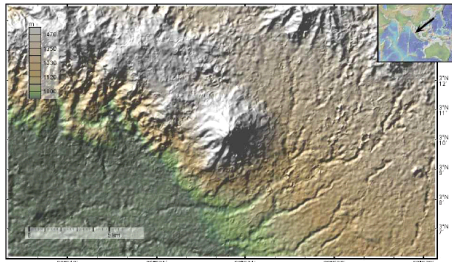


그림 6

Fig. 6. Question #3 of this study (Maps were produced from GeoMapApp).

이티들을 ‘화산이란 무엇일까요?’ 차시 수업 프로 그램과 유사한 형태로 구성하였다. 그러나 실제로 수업을 진행하는 과정에서 한 차시 수업 내에 수업 자료 활동과 형성평가를 모두 시행하기 어려웠다. 그래서 평가의 시행은 수업 1주 후에 학생들에게 이 검사지를 투입하여 검사 결과를 작성하게 하였다. 검사는 익명으로 답하게 하였으며, 검사 응답 시간은 20분으로 제한하였다. 검사 응답 인원은 3개 학급 학생 56명이었으며, 학급별 남녀 구분은 반영하지 않았다.

4. 자료 분석

자료 분석은 두 단계로 나누어 진행되었다. 먼저 수업 장면에서 학생들의 활동 수행 중 드러난 발화 자료를 분석하였고, 이후 검사 문항의 응답 결과를 분석하였다. GeoMapApp을 활용한 화산 단원 수업에서 학생들이 제주도의 평면 자료와 단면 자료를 서로 연결하는 활동지를 수행하면서 학생들의 수업 장면과, 네 지역의 Google Earth의 자료와 GeoMapApp의 평면 자료 및 단면도를 보고, 화산체를 분류하는 활동의 비디오 녹화본을 전사(transcription)하였다. 전사본에서 학생들의 수업 중 발화문을 보고 공간적 사고와 시각화 과정이 반영된 사

례들을 파악하였다. 이 사례들은 검사 문항 1의 응답 결과와 비교하여 학생들이 위에서 본 평면 자료와 옆에서 본 측면 단면을 서로 연결시켜 이해하는 공간적 사고의 수행 정도를 알 수 있게 해주었다.

검사 문항의 응답 분석을 위해 먼저 문항 1과 문항 3의 응답 결과의 가부 여부를 확인하여 학생들을 세 집단으로 나누었다. 두 문항은 응답 결과가 다양한 유형으로 나오기보다는 옳은 응답과 옳지 않은 응답으로 나오는 닫힌 형태의 문항이었다. 그래서 두 문항에 모두 정답을 제시한 집단, 두 문항 중 한 문항에 정답을 다른 문항에 오답을 제시한 집단, 두 문항 모두 오답을 제시한 집단으로 학생들을 구분하였다.

각 집단별로 검사 문항 2의 응답 결과에서 학생들이 GeoMapApp으로 표현된 후지산의 모습을 보고 그린 단면도의 유형을 분류하였다. 이 결과는 학생들의 시각화 능력의 유형 분류에 해당한다.

수업 장면에서 학생들이 제시했던 발화 자료를 분석한 결과와 검사 문항에 대한 응답 결과를 종합하여 화산체의 모습에 대한 초등학교 4학년 학생들의 공간적 사고와 시각화 능력에 대한 종합적인 해석을 제시하였다.

III. 연구 결과

1. GeoMapApp 활용 수업 장면 분석 결과

학생들이 GeoMapApp으로 작성한 평면 자료(위에서 내려다 본 지형도)와 횡단면 프로파일을 서로 비교하여 연결시키는 활동을 수행하면서 드러난 수업 중 발화를 분석하여 공간적 사고의 측면에서 다음과 같은 사고 유형을 분류할 수 있었다.

1) 평면도를 확장시켜 횡단면 프로파일과 일대일 대응시키는 유형

학생들은 제주도를 위에서 내려다 본 GeoMapApp 평면 자료(Fig. 3의 그림 가)와 횡단면 프로파일(Fig. 3의 그림 나)의 각 지점을 서로 연결하고, 그 지점의 고도(m) 및 수평거리(km)가 얼마나 되는지와 그렇게 생각하는 이유를 발표하는 활동에서 그림(가)의 흰색 선의 길이를 그림(나)의 횡단면의 길이만큼 확장시키는 심리적 변형 과정을 거쳐 두 선을 일대일 대응시키는 경우가 많았다. 학생들의 수업 중 발화 내용을 보면, 제주도의 가장자리 저지

대에 위치한 점 A가 횡단면의 어느 위치에 해당하는지 발표할 때 학생들은 주로 횡단면의 흰 선 끝 부분에 있다는 것을 근거로 제시하였다.

“A는 흰색 선의 가장 끝부분에 있으니까 제일 왼쪽에 있을 거라고 생각했어요.”
 “A는 가장 낮은 곳이라고 생각했어요. 거기가 가장 왼쪽 이니까요.”
 “옆(제주도 가장자리 저지대)에서 떨어진 것을 보니 5킬로미터 정도 될 것 같아요.”
 “끝부분을 확대를 해보니 다른 부분에 비해서 짧아서 5 정도 될 것 같아요”

그림 (가)에서 제주도의 중산간 지대에 위치한 점 B가 그림 (나)의 횡단면에서 어느 위치에 해당하는지 발표할 때도 학생들은 유사한 양상을 보였다.

“위 그림과 아래 그림을 비교해서 확대를 해보니 그럴 것 같구요. A와 B 사이의 간격보다 B와 C의 간격이 좁아요.”
 “A와 B하고 비교했을 때 거리가 멀어요.”

이어지는 활동에서 C지점이 횡단면에서 어느 위치에 해당하느냐는 교사의 질문에 대부분 학생들은 제주도의 가장 중심부 또는 가장 높은 곳이라는 답변을 보였는데, 평면도와 횡단면도를 그대로 대응시켜 해석하는 직관적 인식으로 볼 수 있다.

“제주도의 정 가운데에 있어서요.”
 “지도에서도 가운데, 아래 그림에서도 가운데예요.”
 “제일 높이가 높고 가운데예요”
 “반으로 접어보면 정 중앙이에요”
 “정 가운데에 있고 분화구 같은 게 있는 부분이에요.”
 “분화구 모양에 가까운 게 C예요.”
 “분화구가 가장 높이 중앙에 있어요.”

이와 같이 그림 (가)의 흰색 선과 그림 (나)의 횡단면을 그대로 대응시켜 이해하는 사고는 위에서 내려다 본 관점에서 작성된 2차원 자료와 횡단면도로 작성된 2차원 자료를 종합하여 3차원 구조를 해석하는 심리적 변환을 나타내는 공간적 사고 및 시각화 능력의 양상으로 보기는 어렵다. 왜냐하면, 그림 (가)의 자료에서 색깔에 따라 높이를 다르게 해석하는 사고가 수반되어 그림 (나)와 연계되지 못했기 때문이다. 그러나 비록 심리적 변환에 근거한

공간적 사고를 수행하지는 않았지만, 학생들이 평면도와 횡단면도를 대응시켜 이해하고자 하는 시도는 이후 심리적 변환에 근거한 공간적 사고의 출발점이 될 수 있다.

2) 평면도에서 거리를 비교하여 횡단면 프로파일의 위치와 연결하는 유형

또한, 학생들은 위에서 내려다 본 평면도(그림 가)에 표시된 색깔로 각 지점의 높이를 파악하기보다는 그 지점과 제주도 정상(C점) 간의 수평 거리를 비교하여 그 지점에 해당하는 위치를 그림 (나)에서 찾으려는 경향을 보이기도 했다. 그림 (가)의 점 A가 횡단면 그림 (나)의 어느 위치에 해당하는지 발표할 때 일부 학생들은 A점과 다른 점 사이의 거리를 비교하여 설명하였다.

“여기 보면 옆에, A와 B 사이가 B와 C 사이보다 훨씬 넓게 그려졌는데 그걸 맞춰서 보면 5 정도 될 거 같아요.”
 “B와 떨어진 정도를 보니 10 정도 될 것 같아요”

그림 (가)의 점 B의 위치를 횡단면 (나)에서 찾는 활동에서도 학생들은 B점과 C점 사이의 거리를 먼저 비교하여 횡단면과 연결시켰다.

“B는 A와 C의 한가운데 보다는 약간 오른쪽에 있어요. 그러니까 C에 더 가깝게 하면 약 25킬로미터 부근이에요.”
 “C와 D 사이 거리를 보면 B와 C 사이의 거리보다 가까운 것 같아서 B는 25에 해당하는 것 같아요.”
 “정점으로부터 너무 가까운 것 같아서 25 정도 되는 것 같아요.”

이러한 유형의 사고 역시 서로 다른 관점에서 작성된 2차원 자료들을 종합하여 3차원 구조를 해석하는 심리적 변환을 나타내는 공간적 사고 및 시각화 능력의 양상으로 보기는 어렵다.

3) 평면도에서 색깔을 비교하여 그 지점의 높이를 인식하는 유형

반면, 일부 학생들은 위에서 내려다 본 관점에서 작성된 평면도 그림 (가)에 그라데이션으로 표현된 색깔과 높이를 표시한 범례에 근거하여 C지점의 높이를 추론하는 사고를 보였다. 그림 (가)의 C지점이 그림 (나)에서 제주도 정상이라고 생각하는 근거를 묻는 질문에 이 유형의 학생들은 아래와 같이

답변하였다.

“색깔을 보니까 제일 높은 곳이었어요.”
 “갈색으로 색칠되어 있는 걸 보니 높은 부분이에요”
 “가장 높아서요. 밑에 그림에서 가장 높은 곳이어서 35 킬로미터라고 생각했어요.”
 “용암이 흘러내리려면 가장 높아야 하니까, 낮은 곳이면 용암이 위로 올라갈 수는 없잖아요.”

이후 백두산(1번), 시나봉산(2번), 한라산(3번), 후지산(4번)의 Google Earth, GeoMapApp 평면 자료와 Google Earth 측면 자료 및 GeoMapApp 횡단면 프로파일과 비교하고 비슷한 유형의 화산끼리 분류하는 활동을 수행하였다. 학생들은 뾰족하게 솟아 있는 화산체와 경사가 완만한 화산체를 잘 구분하고 분류하였다. 화산체의 모양에 따라 분류하는 활동에서 학생들은 주로 GeoMapApp의 화산체 프로파일을 활용하여 분류하는 경우가 많았다. 그러나 학생들의 대화 및 발화 자료에서 Google Earth의 화산 영상과 GeoMapApp의 평면 자료가 어떻게 활용되었는지 여부를 확인하기는 어려웠다.

[백두산(1번), 시나봉산(2번), 한라산(3번), 후지산(4번)]
 “1번하고 3번, 2번하고 4번이 비슷해요. 1번, 3번은 솟아 있는 간격이 넓게 있고, 2번, 4번은 솟아 있는 간격이 좁아요.”
 “1번, 3번과 2번, 4번이요. 2번, 4번은 뾰족하게 솟아 있어요. 1번, 3번은 아니에요.”
 “2번, 4번은 높은 점이 길고, 1번, 3번은 주변이 평평해요.”

2. GeoMapApp 활용한 공간적 사고 및 시각화 검사 문항의 응답 결과 분석

학생들에게 검사 문항을 실행할 때 익명으로 검사하였다. 그래서 앞서 수업 장면에서 학생들이 나누는 대화 내용과 검사지의 응답 결과를 학생 개인별로 연관시켜 분석하기는 어려웠다. 아래에 각 문항별 응답 결과에서 학생들의 전체적인 경향에 대해 서술한다.

1) 문항 1과 문항 3의 응답 결과 분석

문항 1과 문항 3의 응답 결과는 정답과 오답의 단힌 형태의 응답이 나왔다. 문항 1은 학생들이 GeoMapApp으로 표현한 하와이 섬의 평면도에서 색깔로 서로 다르게 표현한 지형의 높낮이를 비교적 정확히 이해하여 해당하는 점의 알파벳 순서에 맞게 응답한 경우가 많았다(정답률 82%). 이것은

애초 이 문항이 형성평가를 목적으로 작성된 것이어서 수업 상황의 장면과 유사했던 영향도 있었고, 문항에 제시된 자료에 화살표로 각 지점의 위치를 표시해서 상대적으로 곤란도가 낮은 문항으로 작성된 영향도 있었다. 문항 3은 GeoMapApp으로 표현한 백두산과 시나봉산의 화산체 시각 자료를 보고 종상화산체와 순상화산체로 구분하는 것인데, 두 화산체의 모양을 정확히 구분한 응답과 그렇지 못한 응답으로 나뉘었다(정답률 75%).

두 문항의 응답 결과를 근거로 응답한 학생들 56명을 아래와 같이 세 집단으로 구분하였다(Table 1).

집단 I은 색깔로 표현된 화산 지형의 높낮이를 시각적으로 인식할 수 있으며, 위에서 본 평면 자료를 옆에서 본 측면 자료로 관점을 전환하여 인식할 수 있는 공간적 사고 능력을 갖춘 것으로 볼 수 있다. 집단 II는 위에서 본 평면 자료와 옆에서 본 측면 자료를 서로 연관시키는 공간적 사고가 부분적이고 상황에 따라 달라지는 수준에 해당하는 집단으로 볼 수 있다. 집단 II-1은 위에서 본 평면 자료를 측면 단면도에 맞춰 지점들끼리 연결시킬 수 있으나, 서로 다른 화산체의 평면도에서 지형의 차이를 구분하지 못하는 집단이다. 집단 II-2는 위에서 본 평면 자료를 측면 단면도에 맞춰 지점들끼리 연결하는 과제를 해결하지 못하였으나, 서로 다른 화산체의 평면도에서 지형의 차이를 구분할 수 있는 공간적 사고를 갖춘 집단이다. 집단 III은 두 과제를 모두 정확히 해결하지 못하며, 위에서 본 평면 자료를 옆에서 본 측면 자료와 연관시킬 수 있는 공간적 사고를 갖추지 못한 집단에 해당한다.

분석 결과는 응답 학생 중 62.5%(35명)가 집단 I에 해당하여 이 연구의 수업에서 지향했던 공간적 사고 능력을 갖추고 있음을 보여주었다. 부분적이기는 하지만 집단 II에 해당하는 학생들은 32.1%(18명)까지 합치면 거의 모든 학생들(94.6%)이 적절한 수업 활동을 통해서 화산체를 관찰할 때 관점을 전환하여 인식하는 공간적 사고 능력을 함양할 수 있

Table 1. Group classifying according to answers to Q1 & Q3

구분	구분 기준	인원 (명)
집단 I	문항 1과 문항 3에 모두 정답	35
집단 II-1	문항 1에 정답, 문항 3에 오답	11
집단 II-2	문항 1에 오답, 문항 3에 정답	7
집단 III	문항 1과 문항 3에 모두 오답	3

있음을 알 수 있다.

앞서 연구 결과 1의 GeoMapApp 활용 수업 장면 분석 결과에서 ‘평면도를 확장시켜 횡단면 프로파일과 일대일 대응시키는’ 사고와 ‘평면도에서 거리를 비교하여 횡단면 프로파일의 위치와 연결하는’ 사고는 서로 다른 작성된 2차원 자료를 종합하여 3차원 구조를 해석하는 심리적 변환에 근거한 공간적 사고를 수행한 것은 아니었다. 그러나 문항 1과 문항 3에 대한 학생들의 응답 결과와 비교해 보면, 학생들이 평면도와 횡단면도를 대응시켜 이해하려는 시도는 심리적 변환에 근거한 공간적 사고의 출발점이 되었으며, ‘평면도에서 색깔을 비교하여 그 지점의 높이를 인식하는’ 사고가 촉매가 되어 관점을 전환하여 2차원 자료를 종합하여 3차원 구조로 인식하는 공간적 사고가 발현될 수 있었다고 할 수 있다. 비록 이 연구의 검사 문항 분석이 수업 처치의 사전/사후 검사 결과를 통계적으로 비교하는 통제된 학습 결과로 볼 수는 없지만, 연구의 결과는 초등학교 과학 교육과정에 학생들의 공간적 사고 능력의 함양을 반영하는 것이 가능하다고 주장하기 위한 실증적 근거로 볼 수 있다.

2) 문항 2의 응답 유형 분석

후지산의 GeoMapApp 평면 자료를 보고, 그 단면도를 그래프로 표현하는 문항 2의 응답 결과는 학생들이 색깔과 등고선으로 표현된 위에서 내려다본 지형도를 측면에서 보는 관점으로 변환하여 시각화하는 능력을 보여준다. 응답 결과에서 비슷한 유형을 수준별로 구분하여 아래와 같이 나누었다.

수준 A는 후지산 주변은 고도 약 800m 정도로 완만하게 표현하고, 산 중심부 약 15km 지역은 가파른 경사를 유지하며, 최고 고도 약 3,800m까지를 표현하여 중상화산체처럼 그린 사례에 해당한다. 후지산은 화산체의 분류로는 성층화산체에 해당하지만, 이 문항은 외형으로만 분류하여 중상화산체와 유사한 모습으로 표현된 경우를 수준 A로 분류하였다(Fig. 7). 수준 B는 중심부가 3,800m 고도로 높고, 좌우가 점차 낮아지는 형태로 개략적인 산의 모습만을 표현한 사례로서 평면도에 색깔 및 등고선으로 표시된 지형의 높낮이를 정확히 인식하지 못하거나, 이를 표현하지 못한 경우이다(Fig. 8). 수준 C는 후지산의 형태를 제대로 인식하지 못하고, 평면 자료에 제시된 지형의 높낮이를 반영하여 그

래프로 제시하지 못한 사례에 해당한다(Fig. 9).

분석 결과, 전체 응답 학생 중 71.4%(40명)가 수준 B에 해당하는 시각화 능력을 보였다(Table 2). 수준 A에 해당하는 학생들은 전체 응답 학생 중 12.5%(7명)이었으며, 수준 C에 해당하는 학생들은 16.0%(9명)이었다. 수준 A와 수준 B를 합해서 생각하면, 83.9 %에 해당하는 학생들이 GeoMapApp으로 표현한 위에서 내려다 본 평면 자료를 보고 옆에서 본 단면도 그래프로 시각화하는 능력을 잘 갖

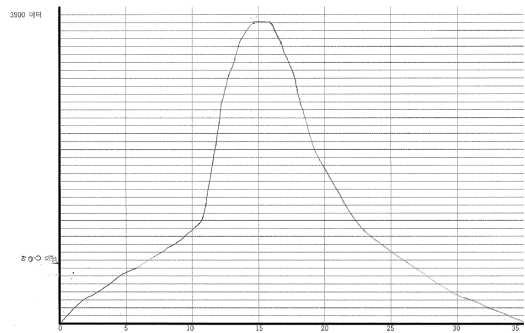


Fig. 7. Example at level A from the answer to Q2.

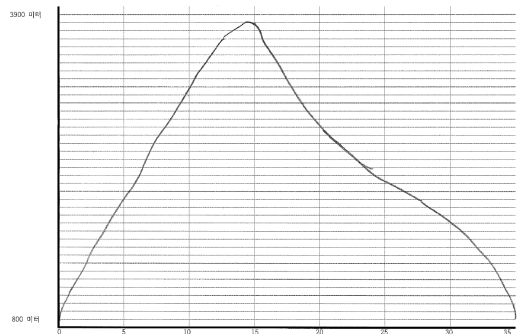


Fig. 8. Example at level B from the answer to Q2.

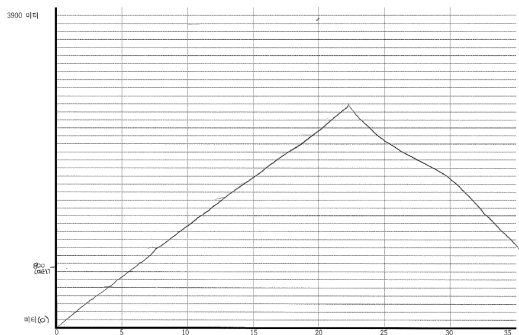


Fig. 9. Example at level C from the answer to Q2.

Table 2. Number of students in each level of answer to Q2

구분	수준 A	수준 B	수준 C
집단 I	5	26	4
집단 II-1	1	8	2
집단 II-2	1	5	1
집단 III	0	1	2
합계	7	40	9

추고 있다고 볼 수 있다.

이 결과를 집단별로 나누어 파악해 보면, 집단 I에 해당하는 학생들의 응답에서 수준 A가 다른 집단에 비해 상대적으로 많았으며, 집단 I의 대다수 학생들은 수준 B에 해당하였다. 이것은 위에서 내려다 본 평면 자료를 옆에서 보는 단면 자료와 연결시키는 공간적 사고를 갖추고 있다고 해서 이것을 시각화하는 능력이 반드시 높은 수준에 도달하는 것은 아님을 말해준다. 또한, 집단 II에 해당하는 학생들도 수준 A의 응답자 수는 적고, 수준 B의 응답자 수가 상대적으로 많은 것으로 보아 시각화 능력이 공간적 사고보다 좀 더 높은 사고 발달이 필요함을 알 수 있다.

IV. 결론 및 논의

이 연구는 GeoMapApp을 활용하여 화산 주제에 대한 초등학생들의 공간적 사고와 시각화 능력 함양을 위한 사례를 조사하였다. 수학교육 분야에서 초등학생들의 공간적 사고와 시각화 능력에 대한 선행 연구들과 일부 과학교육 분야의 연구에서 초등학교 4~6학년 학생들도 도형과 사물에 대한 심리적 회전과 심리적 변환 능력을 갖추고 있음을 이미 보여주고 있다(e.g., Kim & Oh, 2008; Kim & Pang, 2007; Cho & Chong, 2012; Jeon & Lee, 2012). 그러나 이들 선행 연구의 사례들은 모두 수학교육에서 사용하는 도형을 이용한 검사를 통해 얻은 결과였다. 선행 연구에서 다루었던 공간적 사고는 영역 및 내용에 영향을 받지 않은 일반적인 과제의 검사 결과였던 반면, 이 연구는 GeoMapApp을 활용한 적절한 교수활동을 통해서 초등학생들이 화산 주제에 대해 공간적 사고와 시각화 능력을 체득할 수 있음을 평면도와 횡단면도 자료 해석 결과에 근거하여 제시할 수 있었다.

이 연구에서 학생들에게 실행했던 GeoMapApp 활용 수업은 동일한 화산체에 대해 지형의 고도를 색깔로 표현한 평면도와 횡단면 프로파일을 함께 제시하고, 두 자료를 서로 연계하여 관찰하게 하였다. 학생들의 수업 장면 분석 결과를 보면, GeoMapApp 자료를 활용한 관찰 활동이 위에서 내려다 본 관점의 2차원 자료와 옆에서 본 관점의 2차원 자료를 심리적으로 변환하여 3차원적으로 인식할 수 있게 도와주는 인지적 브리지 역할을 하였다. 또한, Google Earth의 시각 자료와 GeoMapApp의 평면도 및 횡단면 자료를 함께 비교하는 활동을 통해 순상화산체와 종상화산체를 구분할 수 있는 능력도 길러낼 수 있었다. 검사 문항에 대한 학생들의 응답 결과는 GeoMapApp 활용 수업을 통해 학생들이 관찰 관점의 변환에 의한 공간적 사고를 함양할 수 있었음을 보여주었다. 또한, 관찰 관점의 변환에 의한 공간적 사고와 사물의 시각화 능력이 반드시 비례하는 것은 아니며, 공간적 사고에 비해 시각화 능력은 좀 더 높은 사고의 발달이 필요함을 알 수 있었다. 이 연구의 검사 문항수가 작아서 일반화하기는 어렵지만, 지구과학 분야에서 공간적 사고와 시각화 능력의 발달 양상에 대해서는 더 광범위한 대상과 더 심층적인 검사 문항을 통해 보완될 필요성이 제기된다.

시각화 능력은 단지 공간적 사고의 발현뿐만 아니라, 시각화의 대상이 되는 과학 개념 및 그 개념이 다루는 현상의 과정까지 표현할 수 있는 중요한 심리적 재현(mental representation) 능력과 관련되어 있다. Gobert (2000, 2005)는 5학년 학생들이 지구 내부 구조 및 화산 활동에 대한 그리기 활동을 수행한 결과, 이 주제에 대한 개념 이해와 인과적, 역동적 과정 이해를 촉진시킬 수 있었음을 보고하였다. 선행연구의 사례와 이 연구의 결과는 초등학생들이 과학 주제에 대해서도 공간적 사고와 시각화 능력을 구현할 수 있으며, 초등학교 과학 교육과정 및 교과서 구성에서 특히 지구과학 분야의 내용 구성에서 공간적 사고와 시각화 능력을 함양할 수 있는 내용을 포함하는 것이 필요함을 말해준다.

2015 초등학교 과학 교육과정에서 화산과 지진 단원 중 화산 주제에 대한 성취 기준은 다음과 같이 제시되어 있다.

[4과11-이] 화산 활동으로 나오는 여러 가지 물질을 설명

명할 수 있다.

[4과11-02] 화성암의 생성 과정을 이해하고, 화강암과 현무암의 특징을 비교할 수 있다.

[4과11-03] 화산 활동이 우리 생활에 미치는 영향을 발표할 수 있다.

성취 기준의 내용을 보면 화산 분출물, 화성암의 생성 과정, 화강암과 현무암의 특징, 화산 활동의 영향이 서로 분절적으로 제시되어 있다. 현행 교과서에서 화산의 모습, 화산 분출물, 화산 분출 모형 실험 순서로 학습한 후 제시되는 화성암 생성 과정 및 화강암 관찰은 내용 전개에 논리에 비약이 있다. 단원의 전반부는 지표면으로 드러난 화산의 모습과 화산 분출물만을 제시한 반면, 단원 후반부에 현무암과 화강암의 색깔과 알갱이의 크기 차이, 그리고 마그마가 땅속 깊은 곳에서 식는다는 내용이 제시되어 두 주제 간의 논리적 연관성을 찾기 어렵게 구성되었다. 더욱이 Fig. 10의 삽화는 초등학생들의 화산과 마그마, 화성암에 대한 공간 개념과 공간적 사고를 전혀 고려하지 못한 채 관련 내용을 전달만 할 뿐이다.

이 삽화를 이해하려면 화산체의 단면에 대한 이해가 선행되어야 하며, 3차원 사물의 단면을 상상할 수 있는 공간적 사고와 이를 표현하는 시각화 능력이 함께 고려되어야 한다. 또한, 현무암과 화강암을 이해하려면 마그마의 성질이 다를 수 있다는 것을 이해해야 하는데, 초등학교 수준에서는 화산체의 모양이 순상화산체 또는 종상화산체로 서로 다를 수 있

음을 이해하는 것과 논리적으로 연결시킬 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하는데 이 연구에서 수행했던 GeoMapApp을 활용한 수업 프로그램 및 공간적 사고와 시각화 능력 지도의 사례가 활용될 수 있다. 즉, ‘화산이란 무엇일까요?’ 차시에서 화산체의 모습에 대한 2차원 평면도와 횡단면도를 연계하는 공간적 사고를 적용하여 순상화산체와 종상화산체(이런 용어를 쓰지는 않더라도)와 같이 화산체의 모습이 다를 수 있음을 이해하고, 이를 시각화할 수 있게 되면 그 이후에 전개되는 화성암의 특징과 차이를 학습하는데 적절한 스캐폴딩이 될 수 있을 것이다.

한편, 이 연구에서 활용했던 GeoMapApp은 아직은 대학 수준의 지구과학교육에 많이 연구될 뿐 초등 과학교육에는 크게 확산되지 못하고 있다. GeoMapApp을 활용하면 실측 자료에 근거한 지구과학 교수학습 자료를 세밀하게, 그리고 높은 해상도로 제작할 수 있다. 그리고 원하는 다양한 지역의 지구과학 관측 데이터를 확보할 수 있어서 더욱 현실감 있는 학습 자료를 준비할 수 있다. 그러므로 차후 초등학교 수준에서 GeoMapApp을 활용할 수 있는 다양한 교수자료 개발에 대한 교사교육 프로그램을 도입하는 것이 중요하다고 하겠다.

참고문헌

- Cho, Y. & Chong, Y. (2012). A survey on the spatial sense ability of elementary school students: Focusing on fourth to sixth graders. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 16(3), 359-388.
- Chong, Y. (2017). Teaching spatial sense of solid figures in elementary school mathematics. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 21(1), 161-194.
- Gobert, J. (2000). A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*, 22(9), 937-977.
- Gobert, J. (2005). The effects of different learning tasks on model-building in plate tectonics: Diagramming versus explaining. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 444-455.
- Ishikawa, T. & Kastens, K. A. (2005). Why some students have trouble with maps and other spatial representations. *Journal of Geoscience Education*, 53(2), 184-197.
- Jeon, B. & Lee, H. (2012). The study on elementary male and female students' abilities to construct and interpret graphs based on their spatial abilities and science

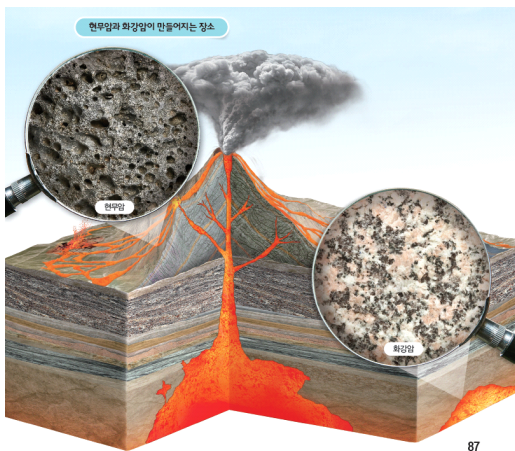


Fig. 10. Textbook page about magma eruption and basalt/granite for the second semester of the fourth grade (MOE, 2018, p. 87).

- process skills. *Elementary Science Education*, 31(4), 490-500.
- Kastens, K. (2010). Commentary: Object and spatial visualization in geosciences. *Journal of Geoscience Education*, 58(2), 52-57.
- Kim, E-S., Kwon, Y-S. & Lee, K-J. (2011). The effect of science activity activating spatial ability on elementary school students' spatial ability and creativity improvement. *Elementary Science Education*, 30(2), 178-188.
- Kim, N. & Oh, E. (2008). A study on the elementary school students' spatial abilities. *Journal of Korean Society of Mathematics Education Series C: Education of Primary School Mathematics*, 11(1), 21-38.
- Kim, S., Lee, Y. & Lee, S. (2005). Correlations of elementary students' spatial abilities with their conceptions of celestial motion and science process skills. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 26(6), 461-468.
- Kim, Y. & Pang J. (2007). An investigation on 6th grade students' spatial sense and spatial reasoning. *School Mathematics*, 9(3), 353-373.
- Lee, H., Cho, H. & Park, M. (2012). An analysis of 10th grade students' understanding of concepts about the plate's motions according to the level of spatial ability. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 33(4), 360-375.
- Lee, K. (2013). The effects of flash panorama-based virtual field trips on middle school students' spatial visualization ability, conceptual understanding, and perceptions. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 34, 162-172.
- Lee, K. & Lim, J. (2010). Acquisition of 9th grade students' conception of Earth's rotation according to individual difference of the spatial sensibility. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 31(3), 267-275.
- Lee, S. & Pang, J. (2007). An investigation on the understanding of spatial sense of elementary school students. *Journal of Korean Society of Mathematics Education Series A: The Mathematical Education*, 46(3), 273-292.
- Lee, W. S., Kim, H. S. & 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 the Korean Earth Science Society*, 25, 391-401.
- Linn, M. C. & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498.
- Maeng, S. & Lee, K. (2015). Cross-sectional item response analysis of geocognition assessment for the development of plate tectonics learning progressions: Rasch model. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(1), 37-52.
- Ministry of Education (2015). Science curriculum. Seoul, Korea.
- Ministry of Education (2018). Instructional materials for teachers. Seoul, Korea.
- National Research Council (NRC). (2006). Learning to think spatially. Washington, DC: National Academies Press.
- Park J. & Lee, K. (2015). The effects of an instruction using geologic planar Figures on high school students' ability of spatial visualization and geologic spatial ability. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 36(3), 280-299.
- Park, M., Kang, H. & Choi, S. (2009). The correlations among spatial ability, elementary school science achievement and inquiry skills. *Studies on Constitutional Cases*, 22(1), 95-107.
- Park, S. (2014). Development and validation of spatial visualization tests for elementary school children. *Journal of the Korean Society of Mathematical Education Series C: Education of Primary School Mathematics*, 17(2), 159-171.
- Park, S. & Yoon, S. (2012). Assessing Korean middle school students' spatial ability: The relationship with mathematics, gender, and grade. *Journal of the Korean Society of Mathematical Education Series D: Research in Mathematical Education*, 16(2), 91-106.
- Pellegrino, J. W., David, L. A., Valerie J. & Shute, V. J. (1983). Understanding spatial ability. *Educational Psychologist*, 19, 239-253.
- Ryan, W. B. F., Carbotte, S. M., Coplan, J. O., O'Hara, S., Melkonian, A., Arko, R., Weissel, R. A., Ferrini, V., Goodwillie, A., Nitsche, F., Bonczkowski, J. & Zernsky, R. (2009). Global multi-resolution topography synthesis. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 10. Q03014, doi:10.1029/2008GC002332
- Titus, S. & Horsman, E. (2009). Characterizing and improving spatial visualization skills. *Journal of Geoscience Education*, 57, 242-254.

송동혁, 서울교육대학교 대학원 학생(Song, Donghyuk; Graduate Student, Seoul National University of Education).

† 맹승호, 서울교육대학교 교수(Maeng, Seungho; Professor, Seoul National University of Education).