

과제 맥락에 따른 초등학생들의 암석 기술어(記述語)에 관한 연구

오 필 석*

경인교육대학교 과학교육과, 13910, 경기도 안양시 삼막로 155

Analyzing Rock Descriptors Used by Elementary School Students in Different Task Contexts

Phil Seok Oh*

Department of Science Education, Gyeongin National University of Education,
Anyang, Gyeonggi-do 13910, Korea

Abstract: The purpose of this study was to compare rock descriptors used by students in two different task contexts and to suggest the characteristics of a task suitable for learning of rocks. Twenty-four 3rd grade students were given descriptive and inferential tasks about three types of sedimentary rocks, and the rock descriptors used by the students were analyzed from a resources-based view (RBV) about students' conceptions. The result showed that the number of students using everyday descriptors to describe properties of the rocks and the frequency of using the everyday descriptors decreased in the inferential task. It was also revealed that the students using disciplinarily more appropriate descriptors were more likely to infer the process of rock formation in scientifically valid ways. By contrast, student inferences lacking scientific validity were mostly those that used everyday descriptors to express properties of the rocks. Based on these findings, it was concluded that inferential tasks would be suitable for student learning of rocks which is to be authentic to the essential features of earth science practices.

Keywords: sedimentary rock, rock descriptor, task context, resources-based view, science practice, elementary school students

요약: 본 연구의 목적은 두 가지 서로 다른 과제 맥락에서 학생들이 사용하는 암석 기술어를 비교하고 암석 학습에 적합한 과제의 특징을 밝히는 것이었다. 이를 위하여 24명의 초등학교 3학년 학생들에게 3가지 퇴적암에 관한 기술 과제와 추론 과제를 제시하고, 각 과제의 맥락에서 학생들이 사용한 암석 기술어를 학생의 개념에 관한 자원 기반 관점에 따라 분석하였다. 그 결과, 기술 과제에 비하여 추론 과제에서 일상적인 기술어를 사용하여 암석의 특징을 기술한 학생 수와 일상적인 기술어의 사용 빈도가 감소하였다. 또, 학문적으로 보다 적절한 기술어를 사용한 학생이 암석의 생성 과정에 대해서도 과학적으로 타당한 추론을 하는 것을 알 수 있었다. 반면, 과학적인 타당성이 부족한 추론들은 대개 일상적인 기술어를 사용하여 암석의 특징을 기술한 경우에 발견되었다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 지구과학의 본질적 특징에 적합한 암석 학습을 위해서는 추론적인 과제가 제시되어야 함을 논의하였다.

주요어: 퇴적암, 암석 기술어, 과제 맥락, 자원 기반 관점, 과학적 실천, 초등학생

서론

*Corresponding author: philoh@ginue.ac.kr
Tel: +82-31-470-6242

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.

학생들이 가지고 있는 과학 개념에 대해서는 크게 두 가지 서로 다른 이론적 관점이 존재한다. 하나는 학생의 개념을 과학적인 개념에 비추어 잘못 되었다고 보는 것으로, 이러한 관점에서는 학생이 가지고 있는 과학 개념을 흔히 오개념(misconception)이라

칭하였다(Duit, 1991; Wandersee et al., 1994). 또, 이 같은 입장에서는 종종 학생의 개념이 세상을 이해하는 나름대로의 방식이라 보고 대안 개념(alternative concept)이라는 용어로 부르기도 하였으며, 그것은 과학자의 이론에 견줄만한 적합성을 지니고 있다고 여기곤 하였다(diSessa et al., 2004). 그런데 학생의 개념은 나름의 정합적인 체계를 갖춘 만큼 과학적인 개념을 배우는 데에는 방해가 되기도 하고, 따라서 개념 변화 학습 모형과 같이 오개념을 과학적인 개념으로 변화시키기 위한 수업 방법을 필요로 한다(Driver and Oldham, 1986).

이와는 달리 학생의 과학 개념을 그보다 더 작은 인지적 구인들이 맥락에 따라 다르게 결합되어 형성된 것이라고 보는 입장이 있다. 이러한 관점을 대표하는 것으로는 Hammer 등이 제안한 자원 기반 관점(resources-based view, RBV)을 예로 들 수 있다(Hammer et al., 2005; Oh, 2015). RBV에서는 학생의 개념을 이루는 더 작은 구성 요소를 개념적 자원(conceptual resource)이라 부르며, 이들이 상황에 따라 다르게 결합하여 보다 큰 인지적 구인인 개념을 형성한다고 말한다. 특히 RBV에서는 학생 개념이 지니는 맥락성(contextuality) 또는 맥락 의존성(context-dependency)에 주목한다. 즉, 학생들은 종종 서로 상반되는 복수의 자원들을 동시에 가지고 있으며, 문제 상황에 직면하면 그 상황에 적절한 자원들을 선택적으로 활성화하여 반응한다는 것이다(diSessa et al., 2004; Taber, 2000). 이러한 견해를 따르면, 소위 오개념이라는 것 또한 학생이 가지고 있는 개념적 자원들이 맥락에 따라 다르게 활성화되고 결합된 상태라고 할 수 있다. 따라서 교사는 학생의 개념을 성급히 옳은 것으로 대체하려 하기보다, 학생에게서 생산적인 자원을 이끌어내고 이를 바탕으로 과학적인 개념을 구성할 수 있도록 돕는 역할을 해야 한다(Hammer et al., 2005; Oh, 2015).

이상과 같은 두 가지 견해는 특정한 주제에 대한 학생들의 아이디어를 탐색하거나 해석하는 상황에서 보다 분명하게 그 차이를 드러낸다. 이를 위해서는 그동안 과학 교육 분야에서 연구해 온 여러 가지 과학 개념들을 사례로 들 수 있다. 하지만 본 연구에서는 지구과학 교육의 맥락을 고려하여, 초등학교에서부터 학습하는 가장 기초적인 지구과학 개념 중의 하나라고 할 수 있는 암석을 예로 들어 논의해 보고자 한다. 암석은 학교 과학 교육과정의 중요한 주제

중의 하나로, 그동안 암석에 관한 학생들의 이해와 문제 해결 능력을 다룬 연구가 다수 이루어져 왔다(Blake, 2004; Dove, 1996; Ford, 2005; Happs, 1985; Hawley, 2002; Jeong et al., 1994; Kim and Kim, 1991; Moon, 2013; Reid-Griffin, 2016). 이러한 연구들에서는 학생들이 암석을 관찰하여 암석을 동정(identification)하거나 암석의 생성 과정을 추론하게 하는 과제가 자주 활용되었는데, 이때 학생들이 암석의 특징을 묘사하는 데 사용하는 용어와 표현을 통칭하여 ‘암석 기술어(rock descriptor)’라고 한다(Ford, 2005). 특히 학생들이 사용하는 암석 기술어는 그들이 암석의 여러 가지 속성 중 어느 것에 주목하고 그것을 어떤 방식으로 이해하는지 드러내기 때문에, 암석에 관한 학생들의 개념을 탐색하기에 적절하다고 할 수 있다. 지구과학자들은 암석을 관찰할 때 암석의 성인과 관련지어 암석의 조직(texture)이나 암석에 발달한 특별한 구조(structure)를 기술한다. 그런데, 충분히 예상할 수 있는 것처럼, 학생들은 색이나 모양, 촉감, 단단함, 무게 등과 같이 일상적으로 사물을 묘사하는 데 사용되는 용어나 표현을 통해 암석의 특징을 기술하곤 한다(Blake, 2004; Dove, 1996; Happs, 1985; Hawley, 2002; Jeong et al., 1994; Kim and Kim, 1991; Moon, 2013; Reid-Griffin, 2016). 예를 들어, 암석이 ‘결정질(crystalline)’ 물질로 구성되었다고 말하기보다 ‘반짝반짝 빛나는 작은 조각들(sparkly bits)’로 이루어져 있다고 표현하고(Blake, 2004), 사암은 ‘잘 부스러지기(crumble)’ 때문에 암석이 아니라고 주장하기도 한다(Happs, 1985). 또, 학생들은 서로 다른 암석을 구분할 때에도 ‘색의 다름(color variations)’이나 ‘반짝임(shininess)’, ‘얼룩짐(speckliness)’, ‘거칠함(roughness)’, ‘모양’, ‘크기’ 등 사물의 일상적인 특징을 나타낼 때 주로 사용되는 기술어를 이용한다(Hawley, 2002).

그런데 이렇게 학생들이 사용하는 암석 기술어에 대해서는 두 가지 서로 다른 해석이 있을 수 있다. 첫째로, 상대적으로 많은 연구자들이 학생이 사용하는 암석 기술어는 암석에 관한 과학적인 개념을 배우는 데 장애 요인이 된다고 보고, 이를 극복하거나 옳은 개념으로 대체해야 한다는 입장을 취한다. 이들은 학생의 미성숙한 지식을 ‘개념적 장애물(conceptual barrier, Kortz and Murray, 2009)’, ‘결정적 장애물(critical barrier, Blake, 2005)’, ‘학습 장애물(learning barrier, Dal, 2007)’ 등으로 칭하고, 그 종류를 세분하여 제시

하기도 하였다. 예컨대, Dal(2007)은 결정을 단순히 ‘빛나는 작은 조각들’이라고 표현하는 학생들에게는 광물이 결정 작용을 통해 화성암을 생성하는 과정을 가르치기가 어렵다고 주장한다. 물론 이러한 견해는 학생이 가지고 있는 과학 개념을 오개념이나 대안 개념으로 보는 관점에 토대하고 있음을 쉽게 알 수 있다.

반면 Ford(2005)는 학생들이 학문적으로 덜 적절한 암석 기술어를 사용하는 까닭 중의 하나로, 탈맥락적이며(decontextualized) 감각의존적(sensory-based)인 과제의 성격을 지목한다. 그의 연구에서는 3학년 학생들이 여러 가지 암석과 광물을 관찰하고 그 특징을 기술하는 과제를 수행하였다. 그런데 학생들이 사용한 암석 기술어 중에는 조직, 색, 모양 등이 가장 큰 비율을 차지하였다. 이 중 색은 암석을 동정하는데 결정적인 지표가 되기 어려운 속성임에도 불구하고, 학생들은 ‘흰색’, ‘검은색’, ‘초록색’과 같은 용어로 암석의 색을 나타내었으며, 종종 암석에 남겨진 흔적을 암석의 색으로 오해하기도 하였다. 또, 조직의 경우에는 종종 세립질 또는 조립질 조직과 같은 학문적인 용어에 상응하는 표현을 사용하기도 하는 반면, ‘부드럽다.’거나 ‘울퉁불퉁하다.’와 같이 일상적으로 촉감을 나타내는 용어를 자주 함께 사용하였다. 그런데 Ford(2005)는 이러한 결과를 학생들의 오개념 때문이라고 해석하지 않고, 그에 앞서 과제의 맥락이 지질학의 본질에 충실한(authentic) 것인지 재고해 볼 것을 권고하였다. 그에 따르면, 과학에서 관찰이라는 행위는 해당 학문 분야에 특이적인 개념, 관찰 대상을 표현하는 학문적인 관습, 분야별 탐구의 원리 등에 따라 달라진다. 예를 들어, 암석의 관찰은 암석의 역사, 생성 조건 등에 관한 개념과 분리될 수 없고, 따라서 지질학자들은 암석의 형성 과정과 연관 지어 암석의 속성을 기술하곤 한다. 마찬가지로, 학생들에게도 단순히 감각적 지각(sensory perception)을 이용하여 암석의 표면적 특징을 기록하게 하는 것보다는 관찰되는 암석의 특징을 토대로 암석의 생성 과정을 추론해 보게 하는 것이 지구과학자들의 과학적 실천(science practice)에 더욱 충실한 활동이 될 수 있다. 특히 Ford(2005)는 학생의 암석 기술어 중에는 장차 과학적인 개념으로 발전할 수 있는 것들이 있음을 지적하면서, 분야-특이적(discipline-specific)일 수밖에 없는 암석에 관한 관찰 과제를 해당 분야의 학문적인 관행과 무관하게 제시하는 방식에 문제가 있다고 거듭 주장하였다.

우리나라에서도 Moon(2013)이 단순히 암석의 표면적 특징을 관찰하여 기술하는 활동은 ‘과학적 사실의 타당성’을 갖추지 못한 것이라고 지적한 바 있다. 예컨대, 그의 연구에서는 4학년 학생들이 화강암의 모양, 형태, 무늬 등을 주로 관찰하였는데, 그러한 암석 기술어 속에는 “화강암의 속성이 반영된 어떤 과학적 사실도 존재하지 않는다.”(pp. 104-105)는 것이다. 이는 학생들의 탐구 활동이 암석의 생성 과정을 추론하는 것보다 암석의 겉보기 특징을 여러 가지 방법으로 표현하는 데 초점이 맞추어져 있기 때문이라고 할 수 있다. 하지만 지구과학이라는 학문에 충실한 탐구가 이루어지기 위해서는 “어떤 과학적 사실들을 관찰해야 하는지 명확[하게]”(p. 109) 지도하고 관찰된 사실을 암석의 생성 과정과 연계지어 생각할 수 있도록 과제를 구성해야 한다.

결국 Ford(2005)와 Moon(2013)의 연구는 과제의 성격과 같은 맥락적 요소가 학생들이 사용하는 암석 기술어에 영향을 미치고 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다. 실제로 지금까지 많은 학자들이 다양한 맥락적 요소가 학생이 사용하는 개념에 영향을 미친다는 사실을 지적해 왔다(Lee et al., 1993; Palmer, 1997; Schoultz et al., 2001; Teichert et al., 2008; Tytler, 1998; Westerback and Azer, 1991). 예컨대, Teichert et al.(2008)은 전해질 수용액의 전기 전도성과 끓는점 오름이라는 두 가지 화학 현상을 이용하여 특정한 현상에 익숙한 정도가 학생들에게서 분자 수준의 아이디어를 이끌어 내는 데 중요한 역할을 한다는 것을 보여주었다. 또, Schoultz et al.(2001)은 지구의(globe)를 제시하면서 면담했을 때에는 초등학생들조차도 남반구에 있는 사람들이 아래로 떨어질 것이라는 생각, 즉 학생들에게 매우 흔한 오개념이라고 알려진 생각을 하지 않는다는 사실을 밝혀내었다. 그리고 이러한 사실을 토대로 학생들의 생각은 그들이 사고하는 동안 활용할 수 있는 도구(tool)에 의존하는 특징이 있다고 주장하였다. 우리나라에서는 일찍이 Lee et al.(1993)이 실험실 맥락의 문제와 지구 환경 맥락의 문제를 해결하는 과정에서 학생들이 활성화하는 지식이 차이가 있음을 보여 주기도 하였다. 본 연구에서 관심을 가지고 있는 암석 기술어와 관련해서는 Ford(2005)와 Westerback and Azer(1991)가 공통적으로 색이 암석을 동정하는 일반적인 속성은 될 수 없지만, 철을 함유한 암석의 경우에는 산화 과정이 있었음을 추론하는 증거가 되듯이, 맥락에 따

라서는 특정한 암석을 구별해 내는 유용한 기준이 될 수 있다고 지적하였다. 마찬가지로, 암석의 표면을 만졌을 때의 느낌을 암석을 구성하는 입자와 관련지어 추론하게 하면, 촉감에 관한 기술어가 쇠설성 퇴적암을 성인에 따라 옳게 동정하는 데 기여할 수 있다.

위와 같이 다수의 선행 연구들은 과제의 특성, 질문의 유형, 도구, 비유물, 언어적 단서 등과 같은 요인들이 학생들이 맥락에 따라 서로 다른 개념을 동원하여 문제를 해결하는 데 영향을 미친다는 점을 증거하고 있다. 그리고 이러한 특성은 앞서 언급한 학생의 과학 개념에 대한 두 가지 이론적 관점 중, RBV에 의해서 잘 설명된다. 즉, 학생들은 자신이 가지고 있는 다양한 개념적 자원들 중에서 주어진 맥락에 적합해 보이는 것을 선택적으로 활성화하고 그것을 이용하여 문제를 해결한다고 할 수 있다. 따라서 RBV를 바탕으로 학생들이 어떤 맥락에서 어떤 개념적 자원을 활성화하여 문제를 해결하는지 연구하는 것은 학생들이 가지고 있는 다양한 자원을 파악하고 이를 교수법적으로 활용하는 데 시사점을 제공해 줄 수 있을 것이다.

이상과 같은 점들을 고려하여 본 연구에서는 학생의 과학 개념에 대한 두 가지 관점 중 RBV를 지지하는 입장에서 초등학교 학생들이 암석에 관한 기술적인(descriptive) 과제와 추론적인(inferential) 과제를 해결하기 위해 사용하는 암석 기술어를 비교, 분석해 보고자 한다. 즉, 이 연구는 학생들의 암석 기술어를 그들이 가지고 있는 개념적 자원들이 표현된 것으로 보고, 서로 다른 과제 맥락에서 학생들이 사용하는 암석 기술어를 비교함으로써 활성화 되는 자원의 맥락 의존성을 예증하고 학문적으로 더욱 적절한 암석 기술어를 사용하는 과제의 특징을 밝히는 데 목적이 있다. 또한 그 결과를 바탕으로 지구과학자들의 과학적 실천에 보다 충실한 암석 학습을 위한 시사점을 이끌어 내는 데 목적이 있다. 본 연구에서 답하고자 하는 주된 연구 문제는 아래와 같다.

첫째, 초등학교 학생들은 암석에 관한 기술 과제와 추론 과제에서 어떤 종류의 암석 기술어를 사용하는가?

둘째, 초등학교 학생들이 두 가지 과제 맥락에서 사용하는 암석 기술어의 내용은 어떤 차이가 있는가?

연구 방법

자료 수집

본 연구의 자료는 수도권 중규모 도시에 위치하고 있는 초등학교 3학년 1개 반(남=13명, 여=12명)에서 수집되었다. 이 반은 평소 담임교사가 과학 수업을 하였으며, 2018년 2학기 창의적 체험 활동 수업에서 학생들에게 퇴적암에 관한 두 가지 과제를 수행하는 탐구 활동을 진행하였다. 현재 초등학교 과학 교육과정에서 암석에 관한 내용은 4학년 단원으로 편성되어 있다(The Ministry of Education, 2015). 하지만 본 연구에서 3학년 학생들을 대상으로 한 것은 학생들이 정규 수업을 통해 암석에 관하여 배우기 전에 그들이 가지고 있는 개념적 자원을 토대로 과제를 해결해 보도록 하기 위한 것이었다. 본격적인 자료 수집 전에 예비 활동으로 두 가지 화성암(화강암, 현무암)에 관한 과제를 수행하게 하여 본 연구를 위한 활동에 익숙해지도록 하고, 학생들이 암석에 관한 과학적인 과제를 해결할 수 있는 인지적인 능력을 가지고 있음을 확인하였다. 다만 학생들이 이미 여러 경로를 통해 현무암의 특징과 그 생성 과정에 대해 숙지하고 있어 자신의 아이디어를 바탕으로 추론하는 과제에는 적절하지 않음을 알 수 있었고, 이에 퇴적암에 관한 것을 본 연구를 위한 과제로 결정하였다.

본 연구를 위한 탐구 활동에서는 학생들에게 ‘기술 과제(descriptive task)’와 ‘추론 과제(inferential task)’를 차례로 제시하였다. 먼저 기술 과제란 학생들이 암석을 관찰하고 자신이 원하는 기술어를 사용하여 암석의 특징을 묘사하게 하는 것이었다. 이를 위하여 학생들에게 암석의 명칭을 알려 주지 않은 채 암석 1, 2, 3을 관찰하게 하고, 각 암석의 특징을 빈 카드의 앞면에 기록하도록 하였다. 이때 암석 1은 ‘역암’, 암석 2는 ‘이암’, 암석 3은 ‘사암’으로, 초등학교 과학 교육과정에 제시된 대표적인 퇴적암을 선정하였으며, 초등학교에 보급되는 일반적인 암석 표본을 사용하였다. 또, 담임교사를 통해 학생들에게 ‘암석을 여러 가지 방법으로 자세히 관찰하여 각 암석의 특징을 할 수 있을 만큼 많이 적어 봅시다.’와 같이 안내하게 하여 다양한 암석 기술어가 기록되도록 하였다. 연이은 추론 과제에서는 학생들이 앞서 기술 과제에

서 자신이 기술한 암석의 특징 중 일부를 선택하거나 새롭게 발견한 특징을 증거로 삼아 각 암석의 생성 과정을 추론하고 그 내용을 카드의 뒷면에 기록하게 하였다. 이때에는 학생들에게 자신이 추론한 내용을 ‘이런 특징 때문에 이렇게 생성되었다고 생각한다.’, ‘이런 특징으로 보아 이렇게 생성되었다고 생각한다.’, ‘이렇게 생성되었으므로 이런 특징이 있다.’와 같은 형식으로 기록하게 하여 그들이 암석의 생성 과정을 추론하는 데 근거가 되었던 암석의 특징을 어떤 기술어를 통해 나타내는지 파악할 수 있도록 하였다. 이상과 같은 두 가지 과제에는 총 24명의 학생이 참여하였고, 본 연구에서는 이들을 S1~S24로 번호를 붙여 구분하였다.

자료 분석

본 연구를 위하여 퇴적암에 관한 탐구 활동에서 학생들이 기록한 카드를 연구 자료로 수집하고, 두 가지 과제 맥락에서 학생들이 사용한 암석 기술어를 서로 비교, 분석하였다. 분석을 위하여 선행 연구(Blake, 2004; Ford, 2005; Hawley, 2002; Kim and Kim, 1991; Moon, 2013; Reid-Griffin, 2016; Westerback and Azer, 1991)에서 학생들이 자주 사용하는 것으로 보고된 암석 기술어와 학문적으로 적합하다고 여겨지는 암석 기술어를 토대로 분석들의 초안을 구성하였다. 예를 들어, 조직과 구조는 지구과학자들이 암석을 관찰할 때 주목하는 속성으로, 이와 관련된 기술어들을 학문적으로 적합한 것으로 보고 각각의 하위 범주를 세분화하였다. 반면, 색, 모양, 크기, 무게, 단단함, 촉감 등에 관한 기술어들은 사물이나 현상을 관찰할 때 사용되는 일상적인 기술어로 구별하였다. 또, Kim and Kim(1991)과 Moon(2013)의 연구에서는 학생들의 암석 관찰 내용을 분류하기 위해 후각, 청각과 같이 감각 기관을 주제로 사용하기도 하였지만, 본 연구에서는 암석의 속성에 초점을 맞추기 위해 냄새, 소리라는 용어를 사용하였다. 이 분석들의 초안을 적용하여 학생들의 암석 기술어를 분석하면서 새롭게 발견한 기술어를 분석들에 추가하거나 일부 명칭이나 범주를 수정하면서 더욱 정교하게 개선하였다. 예를 들어, 색의 범주에서는 Ford(2005)가 제안한 한 가지 색, 여러 가지 색, 투명도 외에도 다른 암석이나 사물에 빗대어 암석의 색을 표현한 경우와 암석 표면의 밝고 어두운 정도를 기술한 경우를 하위 범주로 설정하였다. 또, 모양, 크기, 무게, 단단함, 촉

감의 범주에는 비유 또는 비교를 통해 그 속성을 나타낸 경우가 하위 범주에 포함되었다. 이와 더불어 학생들의 표현을 구체적으로 검토하여 기술어의 해당 범주를 좀 더 자세하게 결정하였다. 예컨대, ‘울퉁불퉁하다.’는 표현은 시각적으로 확인할 수 있는 촉감을 나타내는 데 많이 사용되지만, 학생들은 “모양이 울퉁불퉁하고 촉감은 거칠거칠하다.”(S5, 암석1)와 같이 촉감과 구별하여 모양을 나타낼 때도 그러한 표현을 사용하였다. 따라서 본 연구를 위한 분석들에서는 ‘울퉁불퉁’이라는 기술어를 암석의 모양을 나타내는 범주로 분류하였다. 또, 학생들이 드물게 사용한 ‘두껍다.’라는 기술어는 암석의 크기와 밀접하게 관련된다고 판단되어 ‘크기’의 범주에, ‘딱딱하다.’라는 기술어는 ‘단단함’의 범주에 포함시켰다. 결과적으로, 본 연구에서 사용한 분석들은 기술어가 나타내는 암석의 속성을 범주로 하고, 필요에 따라 하위 범주를 설정함으로써 Table 1과 같이 구성되었다. Table 1에서 ‘미분류’로 된 것은 대개 추론 과제에서 추론의 근거가 된 암석의 특징을 기록하지 않아 어떤 종류의 암석 기술어를 사용하였는지 판단하기 어려운 것들이었다.

본 연구에서는 Table 1의 틀을 이용하여 퇴적암에 관한 기술 과제와 추론 과제에서 각각 학생들이 사용한 기술어를 분석하고, 과제의 맥락에 따른 암석 기술어를 서로 비교하였다. 이때는 학생들이 사용한 기술어가 그들이 가지고 있는 개념적 자원이 활성화되어 표현된 것이라는 이론적인 가정 하에, 학생이 암석의 어떤 속성에 주목하고 어떤 기술어를 사용하여 이를 표현했는가에 초점을 맞추었다. 예를 들어, 기술 과제에서 “가벼움: 솜사탕을 드는 것 같다.”(S9, 암석2)와 같은 표현은 학생이 암석의 무거운 정도에 주목한 후 ‘솜사탕은 가볍다.’는 개념적 자원을 활성화한 것으로 보고, ‘무게’라는 범주와 ‘상대적 무게’라는 하위 범주에 포함시켰다. 기술 과제와 마찬가지로 추론 과제에서도 학생들이 추론한 내용은 직관에 의한 것이라기보다 그들이 가지고 있는 개념적 자원들 중 일부가 선택적으로 활성화되어 추론에 활용된 것이라고 이론적으로 가정하였다. 예컨대, “화산 용암 때문에 ... 검은색이다.”(S11, 암석3)라고 기술한 내용은 학생이 ‘용암이 굳으면 검게 된다.’라는 개념적 자원을 활용하여 암석의 속성 중 색을 표현한 것으로 판단하여 ‘색’의 범주와 ‘한 가지 색’이라는 하위 범주에 포함시켰다. 또, 여러 종류의 암석 기술어가

Table 1. The analytical framework

범주	하위 범주	분류 기준
조직	구성 입자	암석이 어떤 알갱이로 이루어져 있는지 적시한 경우
	입자의 크기	암석을 이루는 입자의 크고 작음을 언급한 경우
	입자의 모양	암석을 이루는 입자의 등골고 각진 모양 등을 표현한 경우
	입자 간 관계 또는 입자 분포	암석을 이루는 입자의 다양성, 배열, 산재한 모습 등을 기술한 경우
구조	표면 무늬	암석 표면에 나타난 다양한 종류의 무늬를 표현한 경우
	층리 구조	퇴적암에서 나타나는 평행한 줄무늬를 적시한 경우
	갈라짐 구조	암석 표면에 생긴 금, 절리 등을 언급한 경우
	구멍 구조	암석 표면에 있는 구멍을 언급한 경우
색	한 가지 색	한 종류의 색을 언급한 경우
	여러 가지 색	암석에서 다양한 색을 볼 수 있다고 하거나 그 색을 적시한 경우
	사물의 색	다른 암석이나 사물의 색에 빗대어 암석의 색을 표현한 경우
	명암	암석 표면의 밝고 어두운 정도를 기술한 경우
	투명도	암석 표면의 투명한 정도를 기술한 경우
모양	겉모양	암석의 겉모양을 표현한 경우
	기하학적 모양	암석의 겉모양을 도형에 빗대어 표현한 경우
	비유적 모양	암석의 모양을 유사한 사물에 빗대어 표현한 경우
크기	절대적 크기	암석의 크기를 다른 암석 또는 사물과 비교하거나 수치를 사용하지 않고 크다, 작다와 같이 표현한 경우
	상대적 크기	암석의 크기를 다른 암석이나 사물과 비교해 표현한 경우
	수량적 크기	암석의 크기를 수치를 사용하여 표현한 경우
무게	절대적 무게	암석의 무게를 무겁다, 가볍다와 같이 표현한 경우
	상대적 무게	암석의 무게를 다른 암석이나 사물과 비교해 표현한 경우
	수량적 무게	암석의 무게를 수치를 사용하여 표현한 경우
단단함	절대적 단단함	암석의 단단함을 단단하다, 무르다와 같이 표현한 경우
	상대적 단단함	암석의 단단함을 다른 암석이나 사물과 비교해 표현한 경우
촉감	절대적 촉감	암석 표면의 촉감을 다른 암석이나 사물과 비교하지 않고 표현한 경우
	상대적 촉감	암석 표면의 촉감을 다른 암석이나 사물과 비교해 표현한 경우
표면 물질		암석 표면에서 묻어나는 물질을 표현한 경우
이물질 또는 흔적		암석을 구성하는 알갱이 외의 다른 물질이나 암석 표면에 남은 다른 물질의 흔적을 언급한 경우
반짝임		암석 표면에서 관찰되는 광택을 언급한 경우
냄새		암석에서 나는 냄새를 표현한 경우
소리		암석을 귀에 대어 보거나 암석을 긁거나 두드렸을 때의 소리를 나타낸 경우
미분류		암석의 특징을 기술하는 용어가 위의 어느 범주에도 속하지 않거나 암석의 생성 과정을 추론하는 데 단서가 된 암석의 특징에 대한 기술이 없는 경우

하나의 문장에 함께 나타나는 경우에는 각각을 분리하여 서로 다른 범주에 포함시켰다. 따라서 암석 기술어의 사용 빈도는 이 활동에 참여한 학생 수보다 많았으며, 한 학생이 여러 가지 종류의 기술어를 사용하여 각 암석의 특징을 표현하였으므로 암석 기술어를 사용한 학생 수의 총합 또한 반 전체 학생 수보다 많았다.

이상과 같은 분석 과정에는 과학 교육 박사 학위

가 있는 지구과학 교과 교육 전문가와 교육전문대학원 석사과정에 재학 중인 현직 초등학교 교사가 참여하여 서로 간의 협의를 통해 분석 결과를 확정하였다. 두 분석자 간에 협의가 필요한 경우는 대개 아직 한글 쓰기에 익숙하지 않은 학생들이 일부 단어의 철자를 틀리거나 알아보기 어렵게 기록한 경우들이었다. 이때는 해당 학생의 카드에서 다른 단어나 기록의 습관을 파악하여 가장 타당하다고 생각되는

것으로 해석하였다. 이렇게 분석자 간의 협의를 거친 후에는 구성원 검토(member checking)를 위해 탐구 활동에 참여한 학생들의 담임교사에게 학생들의 자료와 분석 결과를 보내어 자료가 적절하게 분석되었음을 확인받았다.

연구 결과

맥락 간 암석 기술어의 빈도 비교

본 연구의 주된 목적 중의 하나는 과제 맥락에 따라 사용된 암석 기술어를 비교하여 과제의 성격이 활성화되는 개념적 자원에 영향을 미친다는 것을 예증하는 것이다. 이에 따라 연구 결과에서는 먼저 기술 과제와 추론 과제에서 학생들이 사용한 암석 기술어의 빈도를 Table 2와 같이 비교하였다. Table 2에서 ‘학생 수’는 암석 1, 2, 3의 특징을 기록하면서 해당 범주에 속하는 기술어를 사용한 학생들을 범주 또는 하위 범주마다, 그리고 암석마다 중복을 허락하여 계수한 것을 의미하고, ‘사용 빈도’는 기술어가 사용된 횟수를 역시 중복하여 계수한 결과를 나타낸다.

Table 2에서 알 수 있는 것과 같이, 암석을 관찰하여 그 특징을 기록하는 과제, 즉 기술 과제에서는 ‘색’에 관한 기술어를 사용한 학생 수가 가장 많았다. 그 다음으로는 ‘모양’, ‘표면 물질’, ‘냄새’, ‘촉감’, ‘무게’의 순이었다. 기술어의 사용 빈도 역시 ‘색’의 경우가 가장 많았으며, ‘모양’, ‘냄새’, ‘표면 물질’, ‘촉감’, ‘무게’, ‘단단함’의 순이었다. 이에 비해, ‘조직’, ‘구조’와 같이 학문적으로 보다 적합한 범주에 속하는 기술어를 사용한 학생 수나 사용 빈도는 상대적으로 적은 편이었다. 일상적인 기술어 중에는 ‘이물질 또는 흔적’, ‘반짝임’, ‘소리’, ‘크기’의 범주가 낮은 빈도를 보였다.

그런데 암석의 생성 과정을 생각하여 기록하는 과제, 즉 추론 과제에서는 기술어의 사용 빈도와 학생 수가 전체적으로 크게 줄었다. 다시 말해, 추론 과제에서 활성화되는 학생들의 개념적 자원이 기술 과제에서보다 적었다고 할 수 있다. 또, 추론 과제에서 추론의 근거가 된 암석의 특징을 기록하지 않아 ‘미분류’로 취급된 사례가 적지 않게 발견되었다. 따라서 초등학생들에게는 암석의 특징을 관찰하여 기술하는 과제에 비해 그러한 특징을 증거로 삼아 암석의 생성 과정을 추론하는 과제가 더 어렵다는 것을 미루어 짐작할 수 있다.

이러한 결과를 범주별로 살펴보면, 추론 과제에서도 ‘색’의 범주에 속하는 기술어를 사용하는 학생 수와 사용 빈도가 가장 많았다. 하지만 이 경우에는 다른 일상적인 기술어를 사용한 학생 수와 사용 빈도가 감소하여, ‘조직’이나 ‘구조’에 관한 기술어의 빈도가 ‘색’과 ‘미분류’ 다음으로 낮게 되었다. 구체적으로, 추론 과제에서 조직 범주에 속하는 기술어를 사용한 학생은 9명으로, 이 중 3명은 기술 과제에서는 조직에 관한 기술어를 사용하지 않았던 학생들이었다. 구조에 관한 기술어를 사용한 학생 수는 기술 과제와 추론 과제에서 9명으로 동일하였는데, 이 중 2명이 추론 과제에서 새롭게 암석에 발달한 ‘층리 구조’ 또는 ‘구멍 구조’에 관해 기술하였다. 반면, 기술 과제에서 구멍 구조에 관한 기술어를 총 5번 사용하였던 다른 2명의 학생이 추론 과제에서는 자신의 생각을 기록하지 않아 해당 기술어의 사용 빈도가 추론 과제에서 다소 감소한 것으로 나타났다.

이렇게 추론 과제에서 암석의 조직과 구조에 관한 기술어를 사용한 학생 수가 크게 변하지 않은 것은 이 활동이 학생들이 암석 관찰이나 퇴적암의 생성 과정에 관해 본격적으로 학습하기 전에 이루어졌기 때문이라고 생각할 수 있다. 하지만 Table 2의 결과에서 좀 더 주목해 보아야 할 것은 일상적인 기술어를 사용하는 학생 수나 그 사용 빈도가 눈에 띄게 줄었고 그 비율도 감소하였다는 점이다. 즉, 색을 제외한 다른 모든 일상적인 기술어의 범주에서 기술 과제에 비하여 추론 과제에서 그에 해당하는 기술어를 사용한 비율이 감소하였으며, ‘크기’와 ‘소리’에 관한 기술어를 사용한 학생은 없었다. 이와 같은 사실은 과제의 맥락이 활성화되는 개념적 자원의 종류에 영향을 미친다는 점을 암시해 준다. 즉, 기술 과제에 비하여 추론 과제에서는 일상적인 기술어로 표현되는 개념적 자원의 활성화가 덜 활발하다고 할 수 있다. 그렇다면, 학생들이 암석의 특징을 묘사하면서 자주 사용하는 기술어가 그들의 오개념을 나타내는 것이라는 해석에 대한 대안적인 설명으로, 암석의 표면적인 특징을 관찰하여 기록하는 데 그치는 과제의 성격이 학생들로부터 학문적으로 보다 타당한 자원을 이끌어내는 데 적절하지 않다는 설명을 제안할 수 있다. 이러한 대안적인 설명을 검토하기 위해서는 암석 기술어의 빈도뿐만 아니라 다음과 같이 그 내용을 서로 다른 맥락에 걸쳐 비교해 볼 필요가 있다.

Table 2. Comparisons of frequencies

범주	하위 범주	기술 과제		추론 과제	
		학생 수(명)	사용 빈도(회)	학생 수(명)	사용 빈도(회)
조직	구성 입자	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	입자의 크기	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	입자의 모양	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	입자 간 관계 또는 입자 분포	7 (4.0%)	7 (2.3%)	9 (11.7%)	9 (8.3%)
	합	7 (4.0%)	7 (2.3%)	9 (11.7%)	9 (8.3%)
구조	표면 무늬	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	층리 구조	2 (1.1%)	2 (0.7%)	3 (3.9%)	3 (2.8%)
	갈라짐 구조	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	구멍 구조	7 (4.0%)	10 (3.3%)	6 (7.8%)	6 (5.6%)
	합	9 (5.1%)	12 (4.0%)	9 (11.7%)	9 (8.3%)
색	한 가지 색	18 (10.2%)	27 (9.0%)	8 (10.4%)	12 (11.1%)
	여러 가지 색	19 (10.7%)	34 (11.3%)	6 (7.8%)	8 (7.4%)
	사물의 색	8 (4.5%)	8 (2.7%)	6 (7.8%)	6 (5.6%)
	명암	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	투명도	1 (0.6%)	1 (0.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
합	46 (26.0%)	70 (23.3%)	20 (26.0%)	26 (24.1%)	
모양	겉모양	14 (7.9%)	41 (13.6%)	4 (5.2%)	9 (8.3%)
	기하학적 모양	2 (1.1%)	2 (0.7%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	비유적 모양	5 (2.8%)	6 (2.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	합	21 (11.9%)	49 (16.3%)	4 (5.2%)	9 (8.3%)
크기	절대적 크기	2 (1.1%)	4 (1.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	상대적 크기	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	수량적 크기	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	합	2 (1.1%)	4 (1.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
무게	절대적 무게	8 (4.5%)	14 (4.7%)	1 (1.3%)	3 (2.8%)
	상대적 무게	6 (3.4%)	9 (3.0%)	2 (2.6%)	2 (1.9%)
	수량적 무게	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	합	14 (7.9%)	23 (7.6%)	3 (3.9%)	5 (4.6%)
단단함	절대적 단단함	8 (4.5%)	14 (4.7%)	3 (3.9%)	5 (4.6%)
	상대적 단단함	4 (2.3%)	4 (1.3%)	1 (1.3%)	1 (0.9%)
	합	12 (6.8%)	18 (6.0%)	4 (5.2%)	6 (5.6%)
촉감	절대적 촉감	13 (7.3%)	31 (10.3%)	4 (5.2%)	5 (4.6%)
	상대적 촉감	2 (1.1%)	3 (1.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	합	15 (8.5%)	34 (11.3%)	4 (5.2%)	5 (4.6%)
표면 물질	21 (11.9%)	35 (11.6%)	8 (10.4%)	9 (8.3%)	
이물질 또는 흔적	4 (2.3%)	4 (1.3%)	1 (1.3%)	1 (0.9%)	
반짝임	4 (2.3%)	4 (1.3%)	1 (1.3%)	1 (0.9%)	
냄새	19 (10.7%)	38 (12.6%)	4 (5.2%)	6 (5.6%)	
소리	3 (1.7%)	3 (1.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	
미분류	0 (0.0%)	0 (0.0%)	10 (13.0%)	22 (20.4%)	
총합		177 (100.0%)	301 (100.0%)	77 (100.0%)	108 (100.0%)

맥락 간 암석 기술어의 내용 비교

과학적으로 타당한 추론을 포함한 사례

학생들이 사용한 암석 기술어의 내용 비교는 추론 과제에서 암석의 생성 과정을 과학적으로 타당하게 추론한 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 생각할 수 있다. 이때 학생들이 타당하게 추론하였다는 것은 학술적인 용어를 사용하여 적확(的確)하게 암석의 생성 과정을 서술하였다기 보다는 초등학생들의 인지 수준을 고려할 때 이해할만한 수준에서 퇴적암의 생성 과정을 옳게 나타내었으며 그 속에 장차 암석에 관한 과학적인 개념과 이론을 학습하는 데 디딤돌 (steppingstone)이 될 만한 개념적 자원을 포함하고 있다는 것을 의미한다. 이에 따라 Table 3에서는 먼저 추론 과제의 내용 중 과학적으로 타당한 추론을 포함한 사례들을 정리하여 제시하였다. 이때는 되도록 기술 과제와 추론 과제에서 모두 같은 암석에 관해 기록해 준 동일한 학생의 사례를 제시하여 서로 비교가 될 수 있게 하였고, 그 외의 대표적인 사례들은 본문에 제시하면서 의미를 논의하였다. 기술 과제와 추론 과제 모두에서 암석 기술어의 사례가 없는 범주는 제외하였고, 표와 본문에서 인용된 사례에 해당하는 학생의 부호와 대상이 된 암석은 괄호 안에 표시하였다.

Table 3에서 S3의 사례는 학문적으로 보다 적합한 ‘조직’ 범주의 기술어를 사용하는 학생이 암석의 생성 과정에 대해서도 타당한 추론을 할 수 있다는 것을 보여준다. 즉, S3는 기술 과제에서 암석 1(역암)이

여러 종류의 쇄설물로 이루어진 것에 대해 기술하였고, 추론 과제에서도 그러한 특징을 바탕으로 역암의 생성 과정을 비교적 타당하게 추론하였다. S3 외에도 기술 과제에서는 암석의 조직에 관하여 언급하지 않았던 학생들 중 일부가 추론 과제에서는 아래와 같이 조직상의 특징을 기술하면서 그것을 암석의 생성 과정을 추리하는 단서로 활용하였다. 즉, 이들에게는 기술 과제에서 활성화되지 않았던 개념적 자원이 추론 과제에서 활성화 되었다고 볼 수 있다.

- 여러 돌이 깨지고 진흙과 함께 엉키고 엉키고 해서 생긴 것 같다. (S6, 암석1)
- 여러 가지 돌이 섞여 있는 것으로 보아 흙 같은 것이 돌과 여러 가지와 섞이면서 딱딱해진 것 같다. (S10, 암석1)

이와 더불어, Table 3은 암석 2(이암)의 특징을 기록하면서 ‘구조’에 관한 기술어를 사용한 S13이 추론 과제에서 퇴적암의 생성 과정을 매우 적절하게 표현하고 있음을 보여주고 있다. 이밖에도 기술 과제에서 층리 구조에 대해 말하였던 S16은 추론 과제에서 암석의 색과 함께 층리 구조를 다시 언급하면서 “이 ... 암석은 중국 사막 쪽에서 많이 발견될 것 같다. 왜냐하면 황토색이고 여러 겹이 있는 것 같기 때문이다.” 라고 기록하였다. 또, S17은 기술 과제에서는 암석 3에서 볼 수 있는 층리 구조를 언급하지 않았지만 추론 과제에서는 “층으로 싸[쌓]여 있다가 온 거 같다.” 고 말하여 새로운 과제의 맥락에서는 암석의 층리와 관련된 개념적 자원을 활성화 해내었음을 보여 주었다.

Table 3. Comparisons of cases involving scientifically valid inferences

범주	하위 범주	기술 과제의 예	추론 과제의 예
조직	입자 간 관계 또는 입자 분포	안에 여러 종류의 돌이 있다. (S3, 암석1)	돌의 종류가 많은 걸 보니까 돌과 돌이 계속 뭉치고 뭉쳐서 돌이 많은 곳에서 엄청난 시간을 거쳐 만들어진 것 같다. (S3, 암석1)
구조	층리 구조	층이 있다. (S13, 암석2)	층...으로 알 수 있는 이 암석의 탄생 과정은 층으로 봐서 퇴적 작용이 바다가에서 일어나 만들어진 것 같다. (S13, 암석2)
	한 가지 색	색깔이 노란색이다. (S4, 암석2)	색이 노란색이어서 흙이 많은 곳에서 탄생한 것 같다. (S4, 암석2)
색	여러 가지 색	1번 돌보단 색에[색의] 양이 적고 (S16, 암석2)	이 2번 암석은 중국 사막 쪽에서 많이 발견될 것 같다. 왜냐하면 황토색이고 ... 자른 것 같은 부분을 보면 안에가 검은색이기 때문이다. (S16, 암석2)
	사물의 색	사막 색깔이다. (S3, 암석2)	색깔이 사막 색깔인 걸 보니까 사막에 묻혀 있었던 것 같다. (S3, 암석2)
표면 물질		가루가 묻고 (S18, 암석2)	바다 지형에서 모래와 여러 분비물이 섞이고 갈려서 돌에 밀착 되었을 것이다. (S18, 암석2)
미분류		(없음)	흙이 오랜 시간 뭉쳐서 탄생했을 것 같다. (S21, 암석2)

그런데 위와 같이 학생들이 조직이나 구조상의 특징으로부터 암석의 생성 과정을 타당하게 추론한 사례가 발견되었음에도 불구하고, 암석의 조직에 관한 그러한 기술어가 속한 하위 범주는 모두 ‘입자 간 관계 또는 분포’에 국한되어 있었다. 즉, 기술 과제와 추론 과제에서 ‘암석이 자갈로 이루어졌다.’거나 ‘자갈로 이루어진 것으로 보아 강 주변에서 생성되었다.’와 같이 조직의 하위 범주인 ‘구성 입자’를 직접적으로 언급한 사례는 없었으며, 이는 ‘입자의 크기’나 ‘입자의 모양’의 경우에도 마찬가지였다. 따라서 퇴적암에 관한 수업을 받지 않은 초등학교생들이 쇄설성 조직을 구성하는 입자의 종류나 특징을 정확히 말하는 데에는 한계가 있다고 생각할 수 있다.

하지만 이때에도 주목해 보아야 할 것은 추론 과제에서 일상적인 기술어를 사용한 경우에도 그것을 암석의 구성 입자와 연계하여 생각하려는 시도들이 있었다는 점이다. 예를 들어, 기술 과제에서는 단순히 겉으로 보이는 암석의 색을 묘사하는 데 그치거나 색에 관한 기술어를 사용하지 않았던 학생들이 추론 과제에서는 암석의 색을 구성 입자나 암석의 생성 환경을 추론하는 단서로 활용하는 경우를 찾아볼 수 있었다. 여기에는 Table 3에 제시된 것뿐만 아니라 다음과 같은 사례들이 포함되었다.

- 이런 색깔[노란색]이다. 모래가 있는 데서 생겼다. ... 모래가 이 돌 위에 쌓여서 이 돌은 이렇게 노랗다. ... 그래서 바다 인쪽에서 왔고, 모래가 묻혀서 돌이 되고 돌에 모래가 잔뜩 끼었다. (S1, 암석2)
- 사막에서 태어난 것 같다. 왜냐하면 ... 사막 모래 색깔이고 과정은 모래가 굳어서 멩친 것 같다. (S9, 암석2)

물론 위와 같은 학생의 추론은 진흙으로 이루어진 이암인 암석 2의 구성 입자를 ‘모래’로 생각하였다는 점에서 제한점이 있다. 이는 앞서 언급한 것과 같이 퇴적암에 대해 본격적인 수업을 받기 전인 초등학교생들에게 퇴적암을 구성하는 입자의 종류(예: 자갈, 모래, 진흙)를 정확히 적시하는 것이 아직 어려운 과제이며, 초등학교에서 일반적으로 사용하는 표본이 암석의 특징을 구별하는 데 적합하지 않다(Kwon and Kim, 2012)는 데에도 이유가 있을 것으로 생각된다. 하지만 이 같은 사례들은 일상적인 기술어를 사용하여 암석의 특징을 묘사하는 경우에도 과제의 맥락이 달라지면 그러한 기술어가 과학적으로 좀 더 타당한 추론을 할 수 있는 디딤돌이 되는 자원으로 활용될

수 있다는 점을 암시해 준다. 예컨대, 진흙과 미사(微砂)를 구별하지 못하여 이암을 이루는 입자를 모래라고 말한 학생에게 진흙과 모래의 크기를 비교해 보게 하면, 암석의 구성 입자에 대해 전혀 언급하지 않은 학생에 비해 이암의 구성 입자를 가르치는 일이 훨씬 수월할 것이다.

색의 경우와 유사하게 일부 학생들은 기술 과제에서 암석의 표면에서 묻어나는 물질을 단순히 ‘가루’로 표현했다가 추론 과제에서는 그것을 암석의 구성 입자로 특정하려 하였으며, 추론 과제에서 추론의 근거가 된 암석의 특징을 기술하지 않아 ‘미분류’ 범주에 포함된 사례들 중에서도 암석의 구성 입자에 대해 언급한 경우를 확인할 수 있었다. 여기에는 Table 3의 것 외에도 아래와 같은 예들이 포함되었다.

- 사막에서 ... 황토가 묻은 것 같고 그러다가 바람의 힘슬러[바람에 휩쓸려] 떠내려 온 것 같다. (S10, 암석2)
- 모래에서 파냈을 것이다. 모래였지만 굳어 덩어리가 되었다. (S7, 암석2)

과학적으로 타당하지 않은 추론을 포함한 사례

앞 절에서는 학생들이 암석의 조직이나 구조에 관한 기술어를 사용하는 경우 생성 과정 또한 비교적 옹계 추론할 수 있음을 보여주는 사례들이 있었지만, 조직이나 구조에 관한 기술어의 사용이 반드시 암석 생성 과정에 관한 타당한 추론으로 이어지는 것은 아니었다. 예컨대, 아래의 S13은 추론 과제에서만 조직상의 특징을 언급하며 암석 1(역암)의 생성 과정을 추론하였지만, 추론의 내용이 과학적으로 타당하다고 보기는 어려웠다.

- 여러 가지로 섞여 있는 특징을 보면 화산 폭발로 이루어진 돌이 땅에 묻히면서 ... (S13, 암석1)

특히 기술 과제와 추론 과제에서 암석의 구멍 구조에 대해 기술한 학생 수가 각각 7명, 6명이었음에도 불구하고 그들의 추론은 다음과 같이 역암(암석 1)의 구멍이 풍화 과정이 아닌 충돌에 의해서 생겼다고 하거나 화성암의 구멍이 메꿔져서 이암(암석 3)이 되었다는 것으로, 그 내용이 과학적으로 타당한 것은 아니었다.

- 구멍이 많이 나와[나] 있어서 돌이 많은 곳에서 탄생한 것 같다. 왜[냐하면] 구멍이 돌과 충돌해서 만들어진 것 같기 때문이다. (S4, 암석1)

- 이 돌은 주로 우리나라에서 제주도의 돌의 구멍이 난 부분이 채워져서 생긴 것 같다. (S12, 암석3)

또한 앞서 암석의 색은 맥락에 따라 암석의 구성 입자에 관한 생각으로 연계되기도 하였지만, 아래의 S14와 같이 퇴적암의 색을 화성암의 색과 연계하여 추론하는 경우도 발견되었다.

- 이 암석은 검은 색깔이기 때문에 용암이 굳어서 생긴 것 같다. 그러니 용암 근처에 있을 것 같다. (S14, 암석3)

위와 같은 사례들은 암석에 관한 추론적인 과제가 일상적인 기술어를 사용하여 암석의 속성을 표현하는 비율을 줄이는 데 기여할 수 있음에도 불구하고 학생들이 학문적으로 보다 적합한 개념적 자원을 갖추어 암석의 생성 과정을 타당하게 추론할 수 있도록

하기 위해서는 암석 관찰을 암석의 생성 과정과 연계하여 교육하는 일이 필요하다는 점을 암시해 준다.

그런데 본 연구에서 과학적인 타당성이 부족한 추론들은 대개 일상적인 기술어를 사용하여 암석의 특징을 나타내는 경우에 발견되었다. 그 예들은 앞 절과 같은 방법으로 Table 4와 그 아래 본문에 제시하였다.

Table 4에서 추론 과제의 예를 제시하지 않은 곳은 암석의 생성 과정을 추론한 학생이 없는 경우를 나타낸다. 따라서 해당 범주 또는 하위 범주와 관련된 학생들의 개념적 자원이 추론적인 맥락에서는 활성화되지 않았다고 볼 수 있고, 그러한 범주에 속하는 일상적인 암석 기술어는 학문적으로도 덜 적합하다는 사실을 다시 한 번 확인할 수 있다.

또한 과학적으로 타당하지 않은 학생 추론 중에는

Table 4. Comparisons of cases involving scientifically invalid inferences

범주	하위 범주	기술 과제의 예	추론 과제의 예
색	투명도	어떤 부위에는 반투명하다. (S21, 암석1)	(없음)
모양	겉모양	납작하다. (S19, 암석3)	원래 돌이었는데 뾰족한 것을 갖고[갖고] 와서 모양을 만들어 내서 돌이 암석으로 생겨난 것 같다. (S19, 암석3)
	기하학적 모양	빼뜨려진 내모다[빼뿔어진 내모다]. (S20, 암석2)	(없음)
	비유적 모양	돌 위에 불룩하게 튀어나온 것이 피자빵이 부풀어 오른 것 같다. (S9, 암석1)	(없음)
크기	절대적 크기	두껍고 (S24, 암석3)	(없음)
무게	절대적 무게	가볍다. (S10, 암석1)	가벼운 이유는 너무 많이 꺾여 그런 것 같고 (S10, 암석1)
	상대적 무게	앞에[앞의] 두 암석보다 훨씬 무겁다. (S13, 암석3)	무거운 특징으로 알 수 있는 이 암석의 탄생 과정은 ... 화산 폭발로 이루어진 돌은 무거우므로 이 암석은 화산 폭발로 이루어진 것이다. (S13, 암석3)
단단함	절대적 단단함	비교적 딱딱하다. (S1, 암석1)	비교적 딱딱하다. 딱딱한 곳에서 왔을 것이다. (S10, 암석1)
	상대적 단단함	덜 딱딱하다. (S10, 암석2)	덜 딱딱한 이유는 바닷물에 꺾이면서 딱딱했던 것이 덜 딱딱해졌고 (S10, 암석2)
촉감	절대적 촉감	이 암석은 꼭 그냥 돌 같은데 꺼칠꺼칠하고 (S8, 암석3)	바위에서 물 때문에 떨어져서 꺼칠꺼칠해지면서 굴러 떨어졌다. (S8, 암석3)
	상대적 촉감	촉감이 다른 돌에 비해 부드럽다. (S13, 암석2)	(없음)
이물질 또는 흔적		하얀색 자국도 묻어 있다. (S3, 암석3)	하얀 자국이 있는 걸 보니 새가 똥을 싸 것 같다. 그래서 육지(땅) 위에 딱하니 놓여져 있는 돌 종류인 것 같다. (S3, 암석3)
반짝임		반짝임이 많음. (S23, 암석1)	이 1번 암석은 주로 무인도 쪽에 있는 강이나 바다에서 많이 발견될 것 같다. 왜냐하면 ... 반짝이가 있고 ... 거기에서 돌들과 가까이 있어 그럴 것이다. (S16, 암석1)
냄새		바다 냄새가 난다. (S1, 암석3)	바다 냄새가 난다. 물이 있는 데서 자랐다[자랐다]. (S1, 암석3)
소리		손가락으로 긁으면 소리가 좋다. (S7, 암석3)	(없음)

암석의 생성과 관련된 인과 관계가 불명확하거나 인과적인 과정에 대한 서술이 부족한 사례들이 발견되었다. 예컨대, Table 4에 있는 S10의 ‘많이 깎여서 가뻐다.’라는 설명은 일견 그럴듯해 보이지만, 암석의 고유한 속성이나 암석이 처음 어떻게 생성되었는가를 추론하는 내용으로는 과학적인 관점에서 타당하다고 보기 어렵다. 더 나아가 일상적인 기술어를 바탕으로 한 학생들의 추론 중에서는 자연적인 원인이 아닌 인공적인 과정으로 암석의 생성을 설명하려는 사례들을 찾아 볼 수 있었다. 예컨대, 다음은 각각 촉감과 냄새에 관련된 일상적인 기술어를 단서로 삼아 암석의 생성 과정을 설명하려는 추론의 예이다.

- 산에서 태어난 것 같다. 왜냐하면 쪼리면 아파서 험악한 산에서 왔을 것 같다. 동물들이 밟고 가서 깎이고 우리가 밟고 가서 날카로워진 것 같다. (S9, 암석1)
- 냄새가 쓰레기 냄새인 것은 사람들이 바다에 쓰레기를 버리고 그 향이 돌로 간 거 같다. (S5, 암석3)

물론 위와 같은 추론의 내용 중에서도 장차 본격적인 과학 학습의 싹이 될 수 있는 자원을 발견할 수 있다. 예를 들어, 암석이 깎여서 날카롭게 되었다고 말하는 학생의 개념적 자원은 풍화와 침식 등 암석의 변화 과정을 학습하는 데 디딤돌로 사용될 수 있다. 하지만 퇴적암의 생성 과정을 가르치는 경우라면 암석의 조직, 구조, 그리고 일부 색이나 표면 물질 등에 관한 자원을 디딤돌로 활용하는 경우에 비하여 많은 교수법적인 단계를 거쳐야 할 것이라고 충분히 예상할 수 있다.

논의 및 결론

그동안 암석에 관한 학생의 개념을 조사한 선행 연구에서는 학생들이 암석의 특징을 묘사하는 데 사용하는 기술어에 대하여 대개 오개념의 관점에서 접근해 왔다. 즉, 일상적으로 사물의 특징을 나타내는데 사용되는 기술어를 통해 암석의 속성을 표현할 경우 과학 이론에 비추어 잘못된 개념을 가지고 있다고 판단하였다. 이외는 달리 본 연구에서는 학생들의 암석 기술어 사용에는 과제의 맥락이 영향을 미친다고 보고, 암석에 관한 기술적인 과제와 추론적인 과제에서 학생들이 사용하는 암석 기술어를 비교하였다. 그 결과, 기술 과제보다는 추론 과제에서 일상적인 기술어를 사용하는 학생 수나 사용 빈도가 감소

하였다. 또, 추론 과제에서 학문적으로 적절한 암석 기술어를 사용하는 경우에 암석의 생성 과정을 타당하게 추론하거나 일상적인 기술어를 사용하는 경우에도 그것을 암석의 구성 입자와 연계하여 생각하려는 경향이 있음을 발견하였다. 이러한 결과는 과제의 성격과 같은 맥락적 요소에 따라 활성화되는 자원이 달라진다고 하는 RBV의 주장을 예증하는 것이라 할 수 있다. 그렇다면, 어떤 맥락의 과제를 제시하는 것이 학생들의 암석 학습에 보다 적합할까?

이와 관련하여 Frodeman(1995)과 Ford(2005)는 공통적으로 암석을 관찰하는 행위는 이론적이며 해석적인 활동이라고 지적한 바 있다. 즉, 암석을 관찰하고 그 특징을 학문적으로 적절하게 기재하기 위해서는 암석의 어떤 속성을 주의 깊게 보아야 하고 어떻게 해석하여야 하는지에 관한 분야 특이적인 이론과 개념이 필요하다는 것이다. 다시 말해 “지질학자가 암석을 ‘보기(seeing)’ 위한 개념을 도입할 때까지 모두는 아무런 의미도 지니지 않는다”(Frodeman, 1995, p. 963). 실제로 Finley(1982)와 Finley and Smith(1980)는 광물과 암석을 분류하는 활동을 통해 탐구 기능을 사용하는 역량이 개념에 의존한다는 사실을 실증적으로 밝히기도 하였다.

이들과 같은 입장에서 Hawley(2002)는 단순히 암석의 특징을 기술하고 비교하는 학습 방법(descriptive-comparative learning method)은 암석을 개념적으로 이해하는 데 적합하지 않다고 지적하였다. 그에 따르면, 학생들에게도 지질학자들이 사용하는 기법과 개념적인 틀을 안내해 주어야 비로소 암석에 관한 과학 지식을 충분히 이해할 수 있다. Hawley(2002)는 이에 더 나아가 학생들이 현재 가지고 있는 아이디어를 자원으로 삼아 암석에 관한 과학적인 개념을 지도할 것을 제안하였다. 예컨대, 암석이 ‘반짝인다.’라고 하는 학생에게는 “암석을 빛나게 하는 것은 무엇이니?”라고 되물어볼 수 있다. 이때 대개의 학생들은 “조각들(bits)”이라고 답하는데, 그때 암석을 구성하는 “알갱이들(grains)”이라는 용어를 소개하고, 사암이나 화강암과 같은 대표적인 암석의 구성 입자가 어떻게 다른지 비교해 보도록 할 수 있다(이 활동과 그 후에 이어지는 활동에 대해서는 Hawley, 2002, pp. 365-370을 참조).

이와 같은 여러 학자들의 견해를 종합할 때, 학생들이 지구과학이라는 학문에 충실한 형태로 암석을 학습하기 위해서는 본 연구에서 제시된 과제 중 추

론 과제가 더욱 적합하다고 할 수 있다. 왜냐하면 암석을 관찰하여 그 생성 과정을 추론하는 데에는 암석의 속성에 관한 개념적 자원이 영향을 미치는데, 이때 학문적으로 타당한 추론을 하기 위해서는 지구 과학자들이 암석을 관찰할 때 동원하는 이론과 개념을 잘 알아야 하기 때문이다. 그렇다면 현재 초등학교에서 대개 기술적인 과제로 이루어진 암석에 관한 탐구 활동은 재고의 여지가 있다. 이와 관련해서는 본 연구가 3학년 학생들도 암석의 생성 과정을 추론할 수 있는 능력이 있음을 보여주었으며, 이는 학생들이 그동안 경험한 것이나 여러 종류의 학습을 통해 쌓아 온 개념적 자원을 활용함으로써 가능하였다는 점을 상기할 필요가 있다. 다만, 학생들이 가지고 있는 자원과 그 활용이 항상 과학적인 추론으로 귀결되지 않는다는 점에는 주의를 기울일 필요가 있다. 즉, 초등학생들이 암석의 생성 과정을 추론하는 능력을 향상시키기 위해서는 그와 적합하게 관련된 지구 과학 개념에 익숙해지도록 하는 교사의 지도가 반드시 있어야 한다. 또, 이와 동시에 학생들이 그러한 개념을 자원으로 삼아 암석의 생성 과정을 추론하는 활동을 자주 경험해 보게 할 필요가 있다. 만약 이렇게 과제의 맥락이 기술적인 것에서 추론적인 것으로 바뀌면 학생들이 가지고 있는 새로운 자원을 발견하는 것 또한 용이해 질 것이고, 새롭게 발견된 학생의 자원은 수업의 변화를 도모하는 데에도 중요한 토대가 될 수 있을 것이다. 더 나아가 이러한 수업 개선은 학생들의 생각에서 결여된 것을 찾는 데 초점을 맞추어 온 오개념 관점의 연구 경향을 탈피하여 “그들이[학생들이] 세상을 이해하는 데 사용하는 자원을 어떻게 수업에 활용할 것인지”(Caravita and Halldén, 1994, pp. 99-100) 고민하게 함으로써 학교 과학 교육의 새로운 개혁 방향이 될 수 있을 것이다.

마지막으로, 암석에 관한 학습에 단순히 겉보기 특징을 관찰하여 기술하는 것뿐만 아니라 그와 관련된 개념을 활용하여 추론하는 과제가 더 적합하다는 사실은 탐구의 실천이 과학의 세부 영역이나 탐구 주제에 따라 다르게 이루어질 수 있다는 점을 암시해 준다. 왜냐하면, 문제를 해결하는 데 필요한 개념은 영역이나 주제에 따라 다르고 관찰과 같은 기능의 사용도 결국 개념에 의존하기 때문이다(Ault and Dodick, 2010). 따라서 앞으로는 영역-특이적이고 주제-특이적인 탐구의 실행에 관하여 연구함으로써 지구과학 교육 연구의 지평을 더욱 확대할 필요가 있

다. 특히 그러한 연구의 결과는 최근 과학 교육 분야에서 새로운 주제어로 등장하고 있는 과학적 실천이 학교 과학 교육을 위한 새로운 탐구 방식으로 정착하는 데 기여할 수 있을 것이다.

References

- Ault, C.R. Jr. and Dodick J., 2010, Tracking the footprints puzzle: The problematic persistence of science-as-process in teaching the nature and culture of science. *Science Education*, 94, 1092-1122.
- Blake, A., 2004, Helping young children to see what is relevant and why: Supporting cognitive change in earth science using analogy. *International Journal of Science Education*, 26(15), 1855-1873.
- Blake, A., 2005, Do young children's ideas about the Earth's structure and processes reveal underlying patterns of descriptive and causal understanding in earth science? *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 59-74.
- Caravita, S. and Halldén, O., 1994, Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89-111.
- Dal, B., 2007, How do we help students build beliefs that allow them to avoid critical learning barriers and develop a deep understanding of geology? *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 251-269.
- diSessa, A.A., Gillespie, N.M., and Esterly, J.B., 2004, Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28, 843-900.
- Dove, J.E., 1996, Student teacher identification of rock types. *Journal of Geoscience Education*, 44, 266-269.
- Driver, R. and Oldham, V., 1986, A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Duit, R., 1991, Students' conceptual frameworks: Consequences for learning science. In Glynn, S.M., Yeany, R.H., and Britton, B.K. (eds.), *The psychology of learning science*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 65-85.
- Finley, F.N., 1982, An empirical determination of concepts contributing to successful performance of a science process: A study of mineral classification. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(8), 689-696.
- Finley, F.N. and Smith, E.L., 1980, Student performance resulting from strategy-based instruction in a sequence of conceptually related tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(6), 583-593.
- Ford, D.J., 2005, The challenges of observing geologically: Third graders' descriptions of rock and mineral properties. *Science Education*, 89, 276-295.

- Frodeman, R., 1995, Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *GSA Bulletin*, 107(8), 960-968.
- Hammer, D., Elby, A., Scherr, R.E., and Redish, E.F., 2005, Resources, framing, and transfer. In Mestre, J. (ed.), *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective*. Information Age Publishing, Greenwich, CT, 89-120.
- Happs, J.C., 1985, Cognitive learning theory and classroom complexity. *Research in Science & Technological Education*, 3(2), 159-174.
- Hawley, D., 2002, Building conceptual understanding in young scientists. *Journal of Geoscience Education*, 50(4), 363-371.
- Jeong, J.-W., Lim, C.-H., and Lee, Y.-B., 1994, Elementary school children's conceptions on rock. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 13(1), 1-17. (In Korean)
- Kim, J.-K. and Kim, H.-G., 1991, A study on the pupil's development about the abilities of the observation (I): On the observation of a porphyritic granite and a conglomerate. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 10(2), 175-182. (In Korean)
- Kortz, K.M. and Murray, D.P., 2009, Barriers to college students learning how rocks form. *Journal of Geoscience Education*, 57(4), 300-315.
- Kwon, Y.-K. and Kim, J.Y., 2012, The problems and improvements of rock specimens used for science education in elementary schools. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 33(1), 83-94. (In Korea)
- Lee, M.J., Kim, C.-J., and Choe, S.-U., 1993, The differences in knowledges activated in laboratory and earth environmental contexts. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 13(2), 257-271. (In Korean)
- Moon, B., 2013 The study of the characteristics and the properties of the granite observing results in the elementary students' scientific inquiry activities. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 6(2), 101-111. (In Korean)
- Oh, P.S., 2015, A theoretical review and trial application of the 'resources-based view' (RBV) as an alternative cognitive theory. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(6), 971-984. (In Korean)
- Palmer, D., 1997, The effect of context on students' reasoning about forces. *International Journal of Science Education*, 19(6), 681-696.
- Reid-Griffin, A., 2016, Learning the language of earth science: Middle school students' explorations of rocks and minerals. *European Journal of STEM Education*, 1(2), 45-51.
- Schultz, J., Säljö, R., and Wyndhamn, J., 2001, Heavenly talk: Discourse, artifacts, and children's understanding of elementary astronomy. *Human Development*, 44, 103-118.
- Taber, K.S., 2000, Multiple frameworks?: Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal of Science Education*, 22(4), 399-417.
- Teichert, M.A., Tien, L.T., Anthony, S., and Rickey, D., 2008, Effects of context on students' molecular-level ideas. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1095-1114.
- The Ministry of Education, 2015, Science curriculum. The Ministry of Education, Sejong, Korea, 274 p. (In Korean)
- Tytler, R., 1998, The nature of students' informal science conceptions. *International Journal of Science Education*, 20(8), 901-927.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J., and Novak, J.D., 1994, Research on alternative conceptions in science. In Gable, D.L. (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. Macmillan, New York, 177-210.
- Westerback, M.E. and Azer, N., 1991, Realistic expectations for rock identification. *Journal of Geoscience Education*, 39, 325-330.

Manuscript received: February 10, 2020

Revised manuscript received: February 25, 2020

Manuscript accepted: February 29, 2020