

## 광물과 암석에 대한 고등학생들의 개념 이해의 특징

위수민<sup>1</sup> · 조현준<sup>1,\*</sup> · 김준석<sup>2</sup> · 김윤지<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국교원대학교 지구과학교육과, 363-791 충북 청원군 강내면 다락리 산 7

<sup>2</sup>부천 중흥고등학교, 420-849 경기 부천시 원미구 중3동 1040

## Characteristics of High School Students' Conceptual Understanding about Minerals and Rocks

Soo Meen Wee<sup>1</sup>, Hyunjun Cho<sup>1,\*</sup>, Jun Suk Kim<sup>2</sup>, and Yun Ji Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth Science Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

<sup>2</sup>Bucheon Jung-Heung High School, Kyeonggi 420-849, Korea

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate the characteristics of high school students' conceptual understanding about minerals and rocks. A questionnaire was developed to examine students' conceptions of minerals and rocks. The data were collected from 93 students in 10th and 119 students in 11th grades in a high school. The result showed that students' understanding of minerals and rock was on the moderate level. The 10th grade students showed a relatively lower level of understanding about igneous rocks while the degree of the 11th graders' understanding about certain concepts related with melting point in the rock domain was a little bit lower than the average. Although the understanding levels between the two grade levels were similar, there were some items for which students understanding seemed to be more sophisticated with the grade. In the questions about the characteristic of basalt surface, however, the frequencies of non-scientific conceptions were not decreased, rather increased along with the grade. It was also found that the conceptions students acquired from other science lessons as well as earth science classrooms did rather interfere with students' construction of the scientific concepts of minerals and rocks even though sometimes they were helpful for learning. It was suggested that the teachers should understand that some specific terms in earth science have different meanings as they were used in other subjects.

**Keywords:** minerals, rocks, high school students, scientific concept

**요약:** 이 연구의 목적은 고등학생들의 광물과 암석에 대한 개념 이해의 특징을 알아보는 것이다. 연구 목적을 위하여, 광물과 암석에 대한 개념 질문지를 개발하였다. 질문지는 4개의 영역으로 총 12문제로 구성되어 있었다. 고등학교 10학년 학생 93명, 11학년 학생 119명을 대상으로 자료를 수집하였다. 수집된 자료의 분석을 통해 고등학생들의 광물과 암석에 대한 이해 수준 및 특징은 다음과 같이 나타났다. 전체적으로 고등학생들은 절반정도의 이해 수준을 보였으며, 10학년 학생은 화성암 영역에서, 11학년 학생들은 암석 영역에서 평균보다 약간 낮은 이해 수준을 보였으나, 광물의 녹는 점과 관련된 특정 개념에서 매우 낮은 이해를 나타냈다. 둘째, 10학년과 11학년 학생의 이해수준은 대체로 비슷하여 과학적 개념 형성 비율이 유사함을 나타냈으나, 몇몇 문항에 대해서는 학년이 올라감에 따라 과학적 개념 형성 비율이 증가한 경우도 있었다. 그러나 학년이 올라감에도 통계적으로 유의하지는 않았지만, 현무암의 표면적 특징을 묻는 문항에서 오히려 비과학적 개념의 빈도가 줄어들지 않고 늘어나는 경향을 보인 것도 있었다. 셋째, 학생들의 과학적 개념 형성에 지구과학 교과에서 배운 개념뿐만 아니라 주변 과학교과에서 배운 개념이 광물과 암석 개념 형성에 도움을 준 것도 있었지만 오히려 방해된 것도 있었다. 이 결과를 통해 학생들에게 지구과학 교과에서 사용되는 특징적인 용어들에 대한 교육을 할 경우 타 교과에서 사용되는 의미와는 별도로 이해되어야 한다는 것을 염두에 두고 가르칠 필요성이 제시되었다.

**주요어:** 광물, 암석, 고등학생, 과학적 개념

\*Corresponding author: altair93@blue.knue.ac.kr

Tel: 82-43-230-3794

Fax: 82-43-232-7176

## 서론

학생들은 과학 수업을 받기 이전부터 일상에서의 경험을 통해 자연 현상에 대해 스스로 개념(concept)을 형성하게 되며, 이것이 다른 유사한 경험과 혼합되어 인지갈등을 거쳐 새로운 개념을 형성한다. 이렇게 형성된 개념은 과학적 개념과 일치하지 않는 경우가 많다. 더구나 학생들의 선개념(preconception)에 의한 설명적 지식은 복잡한 자연현상을 설명하는 데 가장 쉬운 설명체계를 형성하여 자신들 스스로 가장 경제적이고 편리한 설명체계를 갖추게 된다. 이러한 설명체계가 일반적으로 통용되는 과학적 상식과 배치될지라도 이에 대해 스스로 의문을 품지 않고 오히려 이러한 요인에 의해 복잡한 자연현상에 대한 과학적 설명의 필요성을 거부하게 된다(Salerno et al., 2005). 때문에 학생들의 선개념이 새로운 지식과 상호작용하며 학습에 큰 영향을 주어(Glynn et al., 1991), 과학 수업에도 불구하고 계속 강하게 수업 전 형성되었던 비과학적 개념을 유지하거나, 수업을 통해 교사가 의도한 과학적 개념의 구성과는 달리 학생 자신의 선개념과 과학적 개념 사이의 부적절한 연결을 통해 새로운 비과학적 개념이 형성되는 등 쉽게 과학적 개념이 형성되기 어렵게 되는 것이다(Driver et al., 1994; Kang et al., 2004).

이러한 학생들의 선개념에 대해 두 가지 다른 견해가 있다. 학생들이 과학 수업 이전에 가지고 있는 선개념을 오개념(misconception)으로 여겨 과학적 개념을 형성시키기 위한 사전 정보로서 인식하는 견해가 있으며, 또 다른 견해는 학생들의 선개념이 꼭 과학적 개념에 비해 하위에 있는 것이 아니라 과학자와는 다르게 그들 나름대로 구성된 의미로 이해하며 과학적 개념과 상대적인 대안적 개념(alternative conception)이라 보는 견해이다(Miller, 1989). 이러한 학생들에 의해 구성되어진 경험에 기초한 대안적 개념이란 해석이 구성주의적 견해가 도입되면서 몇몇 연구자들을 중심으로 선호되고 있으나(e.g., Abimbola, 1988; Gilbert and Swift, 1985; Wandersee et al., 1994), 오개념이라는 용어는 여전히 일반적으로 많은 연구자들에 의해 사용되고 있어 전통적으로 개념과 관련된 연구에서 그 의미를 대표하고 있다(Bahar, 2003).

오개념에 대한 연구결과들은 과학교육연구자들과 과학교사들에게 수업 활용에 대한 이론적 자료가 아닌 실질적인 자료를 제공하기 때문에 활용 가치가 높고, 수업 전 학생들이 지닌 개념에 대한 정보를 제공하여 비과학적 개념을 극복하기 위한 중요한 열쇠가 되므로 각국의 많은 연구자들에 의해 연구되고 있다. 이것은 과학교육에서의 핵심적 목표 중 하나가 학습자에게 유의미한 교육 경험을 제공하여 과학적 개념을 형성하도록 돕는 것에 있기에 학생들이 가지고 있는 선개념을 과학적 개념으로 발전시키는 것은 의미 있는 일이기 때문이다.

그러나 과학 학습을 통해 과학적 개념 형성에 도움을 주기 위해서는 학생들이 가지고 있는 비과학적 개념에 대해 조사하여야 하며, 이러한 비과학적 개념이 어떻게 형성되었는지에 대한 연구가 선행되어야 한다(Salerno et al., 2005). 학생들은 자신의 경험과 직관에 의해 형성된 다양한 선개념들을 교실에 이끌고 들어오는 정도에 따라(Strike and Posner, 1985), 또 그러한 내용을 교사가 학습자의 최초 학습 단계를 파악하는 정도에 따라 과학 학습이 촉진될 수 있기 때문이다(Norman, 1983).

이러한 이유로 우리나라에서도 과학과 각 교과교육 연구 분야별로 지금까지 많은 오개념 또는 개념변화와 관련된 연구들이 진행되고 있다. 특히 지구과학 분야는 지질학, 천문학, 대기과학, 해양학 등 독립된 각 분야들 간의 상호 연결되어 있어 학생들은 각각의 영역에서 특징적인 오개념을 형성할 수 있다. 지구과학 교과교육 연구물 중 오개념과 관련된 연구를 살펴보면, 천문분야에서 활발히 이뤄지고 있었고 대기 분야에서도 일부 이뤄지고 있었다. 특히 지질학 분야의 오개념에 관련된 연구는 과학교육 관련 분야에 걸쳐 찾아보기 힘든 실정(2007년 2월 27일 한국학술정보 등재 기준)이며, 다만 광물과 암석에 대한 흥미에 관한 연구(위수민과 최준경, 2002)와 지각 구성 물질(암석과 광물)에 대한 중학생들의 인식과 흥미 조사 연구(조규성 외, 2003)가 있었다. 따라서 이 연구를 통해 지질분야, 특히 광물과 암석 분야에 대하여 고등학생들에게 형성되어 있는 개념과 이들에게서 나타나는 특징들을 살펴보고자 하였다. 이를 통해 광물과 암석 분야의 학습지도에 대한 효과적인 교수활동을 위한 교수정보를 제공하고자 한다.

**Table 1.** Selected sample sizes in each grade

	10학년 (국민공통교육과정)	11학년 (자연계열)	계
n	93	119	212

## 연구 방법 및 절차

### 연구대상

경기도 부천시 소재 평준화 지역 인문계 고등학교 재학생 중 10학년 학생과 11학년 학생을 대상으로 연구를 진행하였다. 10학년 학생들은 국민공통 교육 과정을 이수하고 있는 학생들이며, 11학년은 자연계열을 선택한 학생들이다. 이들의 교과 성적은 중간 내지 중상 정도이며, 이 연구에 참여한 학생들은 10학년 93명, 11학년 119명이다(Table 1).

### 개념 조사 문항 개발

고등학생들의 광물과 암석에 대한 개념을 조사하기 위해 선행연구들과 교과서 분석을 통하여 개념 조사 문항을 추출한 후 연구 대상자들과 동일한 학년들을 대상으로 1차 Pilot test를 실시하였다. 이 결과를 바탕으로, 지구과학교육을 전공한 교사들과 문항들을 수정·보완하였고 지구과학교육 전문가들에게 5단계 Likert 척도를 통해 내용타당도를 검토해줄 것을 요청하였다. 그 결과, 이들로부터 얻은 타당도 결과는 0.8 이었다. 내용타당도는 전문가의 주관적 판단에 의해 의존하며, 타당도의 수치를 제시하지 않는 것이 일반적이나(성태재, 2002), 최근 많은 교과교육 연구자들이 타당도를 평가하여 수치화하여 제시하고 있다. 일반적으로 타당도 지수 0.6 이상이면 높은 것으로 평가된 것으로 간주한다.

최종 완성된 문항은 광물과 암석의 분류, 광물의 성질, 암석의 특징, 화성암의 특징의 4개 영역, 총 12 문항으로 구성되었다(Apeendix1, Table 2). 광물과 암석의 기본 개념을 묻는 문항(1-1번)을 제외한 모든 문항들이 선택형으로 제시되어 있어 학생들이 자신의 생각을 쉽게 표현할 수 있도록 하였으며, 각 문항의 말미에 학생들이 응답한 이유를 기재하도록 하여, 학생들이 응답하게 된 배경을 알 수 있도록 하였다.

### 자료 수집 및 분석

자료 수집 기간은 2005년 6월말부터 7월초이다. 최종 완성된 질문지를 바탕으로 작성방법에 대해 충분히 설명을 한 후, 각 학년 학생들에게 충분한 시간

**Table 2.** The domains and main concepts in the questionnaire

문항 번호	영역	주요 개념
1	광물과 암석의 분류	광물과 암석의 분류
2		광물의 기본 성질
3	광물	조흔색을 이용한 광물 구별
4		광물의 산출 상태
5	암석	암석의 분포 비율
6		각 암석에서 나타나는 특징
7		산성암, 염기성암의 명칭
8		화성암의 냉각속도와 입자크기
9	화성암	현무암과 화강암의 구성성분
10		현무암과 화강암의 구성성분
11		현무암의 표면 특징
12		화강암, 화성암, 화산암의 구분

을 주었다. 질문지 작성을 마친 후 연구자가 직접 질문지를 회수하였다. 수집된 자료를 바탕으로 각 문항의 선택 빈도와 선택한 이유에 대한 서술 내용의 대표적인 사례를 추출하였다. 그리고 두 학년의 빈도 분포가 서로 차이가 있는지를 확인하기 위하여 독립성 검증을 통해 확인하였다.

학생들이 가지고 있는 개념이 과학적 개념인지 구분하기 위해서는 지질학개론(정창희, 2006)을 참고로 하였다.

### 용어 정의

이 연구는 중학교 7, 8학년과 고등학교 10, 11학년 학생들을 통해서 광물과 암석에 직접적으로 관련된 학습 경험과 그리고 광물과 암석과 관련된 수업이 아닌 간접적 학습 경험을 가진 학생들의 개념에 주 연구초점을 두고 있으므로, 이들 직/간접적 학습 경험은 학습 이전에 형성되어 있는 선개념(prior conceptions before learning)과는 구별되어야 했다. 따라서 과학적 개념과 관련된 선행연구에서 사용된 여러 용어들-대안적 개념, 오개념 등과 확실한 구분이 필요했으므로, 이 연구에서는 과학적으로 공통된 이해를 갖추고 있으면 과학적 개념, 그렇지 못한 것을 비과학적 개념으로 포괄하여 사용하였다.

## 연구 결과 및 논의

10학년, 11학년 학생들의 광물과 암석에 대한 개념 조사 결과는 Table 3과 같다. 전체적으로 두 학년 모

Table 3. The frequency distributions of the correct answers in each question

영역	문항 번호	주요 내용	정답	정답빈도: 명(%)	
				10학년	11학년
분류	1	(1) 광물/암석 분류 (기술형)	원소의 화합물/광물의 집합체 등	5 (5.4)	6 (5.0)
			감람석-광	64 (68.8)	89 (74.8)
	(2) 광물/암석 분류 (선택형)	화강암-암	78 (83.9)	105 (88.2)	
		대리암-암	80 (86.0)	104 (87.4)	
		석회암-암	78 (83.9)	106 (89.1)	
		흑운모-광	74 (79.6)	98 (82.4)	
		장석-광	65 (69.9)	88 (73.9)	
		편마암-암	81 (87.1)	106 (89.1)	
		다이아몬드-광	84 (90.3)	108 (90.8)	
	평균	75.5 (81.2)	100.5 (84.5)		
평균	42.8 (46.0)	56.3 (47.3)			
광물	2	(1) 모스경도계 (진위형)	×	44 (47.3)	50 (42.0)
		(2) 광물의 녹는점	① 감람석	9 (9.7)	11 (9.2)
		(3) 광물의 풍화안정도	⑤ 석영	64 (68.8)	66 (55.5)
	3	광물의 조흔색	④	39 (41.9)	43 (36.1)
	4	금속의 발견상태 (진위형)	×	45 (48.4)	80 (67.2)
평균	39.8 (42.7)	45.3 (38.0)			
암석	5	(1) 지각 전체의 암석 비율	① 화성암	29 (31.2)	41 (34.5)
		(2) 지표 부근의 암석 비율	③ 퇴적암	48 (51.6)	60 (50.4)
	6	(1) 퇴적암의 특징(복수응답형)	① 층리 ⑤ 화석	49 (52.7) 50 (53.8)	81 (68.1) 83 (69.7)
		(2) 화성암의 특징(복수응답형)	② 조립질, 세립질 ③ 편리	35 (37.6) 40 (43.0)	58 (48.7) 56 (47.1)
		(3) 변성암의 특징(복수응답형)	④ 편마구조	35 (37.6)	74 (62.2)
		평균	42.3 (45.4)	64.0 (53.8)	
	7	산성암과 염기성암의 의미 (진위형)	×	32 (34.4)	48 (40.3)
	8	(1) 현무암과 화강암 결정 차이 (진위형)	×	64 (68.8)	80 (67.2)
		(2) 천천히 냉각된 암석	화강암	60 (64.5)	72 (60.5)
	9	밀도가 큰 암석	현무암	19 (20.4)	29 (22.6)
화성암	10	(1) 현무암의 구성 원소	⑥ Si ⑦ O	30 (32.3) 16 (17.2)	66 (41.0) 34 (23.6)
		(2) 화강암의 구성 원소	⑥ Si ⑦ O	21 (22.6) 15 (16.1)	66 (41.0) 25 (18.9)
	11	현무암의 표면	②	14 (15.1)	10 (11.3)
	12	화성암의 분류	(1) 화성암	17 (18.3)	30 (25.2)
			(2) 화산암	16 (17.2)	32 (22.6)
(3) 화강암			66 (71.0)	84 (70.8)	
평균	30.4 (34.8)	52.0 (40.8)			
전체 평균	38.8 (42.2)	54.4 (45.0)			

두 1-2번 문항을 제외한 나머지 문항에서 70% 미만의 정답률을 보이고 있다. 그리고 1-1번과 2-2번 문항에 대해서 10% 미만의 정답률을 보이고 있어 이 내용에 대한 비과학적 개념이 특히 많은 것으로 나타났다.

전체적으로 10학년 학생들 42.2%, 11학년 학생들 45.0%로 정답률이 나타나 절반 이하의 이해 수준으로 확인되었다. 이러한 이해 수준은 고등학생의 광물과 암석에 대한 흥미도 연구(최준경, 2000)에서 인문계 고등학교 남·여학생의 약 50.3%가 흥미가 없다고

Table 4. Types of the answers & proportions of students' answers

구분	학생개념	정답 비율	
		10학년	11학년
과학적 개념	광물: 원소의 화합물, 암석을 구성하는 물질, 화학성분이 일정한 고체, 내부구조가 일정한 고체, 종류에 따라 모양, 색깔, 굳기 등이 다름 암석: 광물의 집합체, 자연적으로 모인 돌덩어리 또는 집합체, 일반적으로 부르는 돌을 의미함	5.4%	5.0%
준과학적 개념	과학적 개념보다 용어의 사용이 불명확하거나, 암석을 퇴적암, 변성암, 화성암 중 한 가지만으로 설명한 경우	6.5%	6.7%
비과학적 개념	광물과 암석에 대하여 비과학적인 개념을 가진 경우	62.4%	65.5%
무응답		25.7%	22.8%

답한 것과 유사한 결과이다. 최준경(2000)은 광물과 암석 분야에서 흥미가 낮은 이유를 조사한 결과 중 ‘사용되는 용어들이 비슷해서 공부하기 어렵다’는 결과는 본 연구 결과(예, 7번, 12번 문항 조사 결과)에서도 적용될 수 있는 부분이어서 학습과 흥미의 밀접한 관계가 있음을 다시 한 번 확인할 수 있었다.

세부 영역별로는, 광물과 암석의 분류 영역 정답 평균이 46.0%와 47.3%이고, 광물 영역은 43.2%와 42.0%, 암석 영역은 43.9%와 54.4%, 화성암 영역은 33.2%와 37.1%로 분석되어, 10학년의 경우 앞 세 영역은 정답 평균이 비교적 유사했으나 화성암 영역에서 평균이 다소 떨어지는 형태를 보였고, 11학년의 경우 암석 영역에서 비교적 높게, 화성암 영역에서 비교적 낮은 이해를 보였다. 그리고 광물과 암석, 광물 영역에서 특정 개념에 대해 10% 미만의 정답률을 보여 대다수의 학생들이 비과학적 개념을 형성하고 있는 것으로 나타나 암석보다는 광물분야에서 비교적 낮은 이해수준을 보였다.

영역별 세부 분석 결과는 다음과 같다.

### 광물과 암석의 분류 영역

1번 문항은 광물과 암석에 대한 개념을 알아보기 위한 것으로, 광물과 암석의 정의나 특징을 자유롭게 기술하도록 한 것(1-1번)과 보기에서 제시된 것이 광물인지 암석인지 구별하도록 한 것(1-2번)으로 구성되어 있다. Table 3과 4에서 보는 바와 같이, 학생들이 광물과 암석에 대한 개념은 전체 문항 중 가장 저조한 정답률을 보이고 있었다.

다음은 학생들이 기술한 비과학적 개념 중 대표적으로 발견된 것들이다.

#### <이분형>

(1) 광물은 지구 밖에서 들어온 돌이고, 암석은 지구 내부의 힘에 의해 생성된 돌이다. - 생성되는 장소

(2) 광물은 동굴에서 나온 것이고, 암석은 보통 볼 수 있는 돌이다. - 발견되는 장소

(3) 광물은 원래 상태인 것이고, 암석은 원래 상태에서 변화된 것이다. - 변성

(4) 광물은 보석, 천연자원, 귀한 것이고, 암석은 보통의 돌이다. - 경제적 가치

(5) 광물은 세공품 등에 사용되고 암석에 비해 연하며, 암석은 건축에 많이 이용되고 광물에 비해 단단하다. - 굳기

(6) 광물은 탄소가 있고, 암석은 탄소가 없다. - 탄소 함유 여부

(7) 광물은 투명하고 반짝이는 돌이고, 암석은 불투명한 돌이다. - 투명성

#### <복합형>

(8) 광물은 땅 깊숙이 있는 돌이고, 암석은 화산 폭발로 생긴 돌이다. - 발견되는 장소/생성원인

(9) 광물은 동물의 시체나 생물이 토양에서 오랜 시간 동안 변화하여 굳어진 것이고, 암석은 화산에서 분출하여 주위의 환경이나 기후에 의하여 굳어진 것이다. - 유기물/화산분출물

(10) 광물은 고온·고압에서 만들어진 것이고, 암석은 지각이 응기, 침강 등을 해서 만들어 진다. - 생성 조건/생성원인

(11) 광물은 어떤 필요에 의해 캐낸 돌이고, 암석은 흙, 모래 등이 모여서 된 돌이다. - 경제적 가치/구성 물질

고등학생들은 대체로 광물과 암석을 이분형의 형태와 두 가지 이상의 혼합된 개념을 사용한 형태로 분류하고 있었다. 광물과 암석의 이분형의 형태에서는 생성되는 장소와 발견되는 장소가 다르다고 대답한 형태((1), (2))와 원래의 상태가 변했는지의 여부((3)), 경제적 가치((4)), 굳기 특성((5)), 탄소 함유 여부

((6)), 투명성((7))에 의해 분류할 수 있다는 개념이 발견되었다. 또한 복합형의 형태에서는 광물과 암석의 특성이 서로 다른 두 가지 특징에 의해 분류될 수 있다는 개념을 가지고 있었다.

이들 모두 광물과 암석의 개념적 특징을 바르게 이해하지 못한 원인에 있으며, 또한 복합형의 분류에서는 비과학적 개념과 기초탐구기능(basic process skills)의 한 요소인 과학적 분류 개념도 불명하게 이해하고 있는 것으로 나타났다. 복합형 유형의 네 가지 항목들을 살펴보면, 광물과 암석의 발견되는 장소와 생성원인((8)), 유기물과 화산분출물((9)), 생성조건과 생성원인((10)), 경제적 가치와 구성 물질((11))이라는 특징을 광물과 암석에 대한 고등학생의 내재적인 비과학적 개념이 혼돈되어 제시되고 있어 분류기준이 명확하지 않다. 과학적 분류를 하기 위해서는 광물과 암석의 개념과 특징에 대한 개념적 이해를 바탕으로 내재적인 논리에 의해 분류를 해야 하기 때문이다(Howe and Jones, 1998). 광물과 암석을 과학적 내용에 의한 명확한 분류는 어려운 일이나 교과서에 소개되어 있는 개념적 정의와 특징들을 바탕으로 분류활동을 한다면 학생들이 광물과 암석에 대한 이해를 증진시킬 것으로 예상된다.

Table 5는 1-2번 문항의 각 항목에 정답을 제시한 학생들의 빈도분포를 나타낸 것으로서 각각의 문항에 제시된 정답 빈도수를 네 개씩 묶어, 각 항목에 나타난 빈도가 학년에 따라 유의한 차이가 있는지 독립성 검정을 실시한 결과이다. 통계적 검정결과,  $\chi^2$  이 0.098과 0.088로 나타났으며, 이 값은 검정 통계량  $\chi^2_{(3, 0.05)} = 7.815$  보다 작으므로 영가설이 채택된다. 이것은 10학년 학생들과 11학년 학생들의 각각의 항목에 대한 응답 빈도 분포는 통계적 유의수준 5% 범위 내에서 서로 독립적임을 나타낸다. 따라서 두 학년의 응답 빈도가 어느 학년이 다른 학년에 비해 높다고 할 수가 없다.

따라서 1번 문항에 대한 고등학교 10학년과 11학년에 대한 이해 정도는 차이가 나지 않음을 알 수 있다. 학생들이 1-1번 문항의 결과와 같이 광물과 암석에 대해 상당한 비과학적 개념을 가지고 있음에도 1-2번 문항에 대한 정답률이 높은 것은 학생들이 중학교 때 암석 이름은 끝에 ‘~암(巖)’으로 끝난다고 배워서 그것을 기억하고 있었기 때문이라고 대답한 것으로 보아 중학교 때 습득한 한자기반 과학용어가 학생들의 과학 개념 기억에 기여했기 때문으로 여겨진다. 이러한 추론은 1-1번 문항의 비과학적 개념의 한 예인 (7)번 항목에서처럼 광물(鑛物)을 광물(光物)로 오인(誤認)하여 반짝이는 물질로 이해하고 있음을 통해 뒷받침될 수 있다.

**광물에 대한 개념 영역**

2-1번 문항은 모스경도계의 척도에 대한 개념을 알아보기 위한 것으로 학생들은 모스경도 1부터 10까지 나열된 광물에 대하여 모스경도를 절대적인 척도로 이해하고 있는지, 상대적인 순서에 의한 것으로 이해하고 있는지를 알아보는 문항이다. Table 4에서 보는 바와 같이, 10학년의 경우 응답자의 44.1%, 11학년이 51.3% 정도가 상대적 척도로 이해하고 있었으며 나머지 절반 정도의 학생이 모스경도를 절대적인 척도로 잘못 이해하고 있는 것으로 나타났다.

2-2번 문항은 감람석, 휘석, 각섬석, 흑운모, 석영 중에서 녹는점이 가장 높은 광물을 선택하는 것으로서 10학년 학생들은 9.7%가 정답률을 보였으며, 11학년은 9.2%의 정답률을 보였다. 이 문항은 광물 영역에서 두 학년 모두 가장 낮은 정답률을 보였으며, 두 학년 학생 모두 석영을 녹는점이 가장 높은 광물로 응답하고 있었다(10학년 48.4%, 11학년 55.5%). 학생들이 그렇게 생각하게 된 이유를 분석한 결과,

- (1) (보기 중에서) 석영의 모스경도가 가장 크므로

**Table 5.** Result of the test of independence on frequency distributions about right answers in question no. 1-2

학년별 정답빈도(명)*	항목				흑운모	장석	편마암	다이아몬드
	감람석	화강암	대리암	석회암				
10학년	64(68.8)	78(83.9)	80(86.0)	78(83.9)	80(86.0)	78(83.9)	74(79.6)	65(69.9)
11학년	89(74.8)	105(88.2)	104(87.4)	106(89.1)	98(83.9)	88(73.9)	106(89.1)	108(90.8)
검정결과	$\chi^2 = 0.098$				$\chi^2 = 0.088$			
$\chi^2_{(3, 0.05)} = 7.815$								

\*무응답 빈도는 제시하지 않았음

녹는점이 가장 높다. - 광물의 굳기와 녹는점과의 잘 못된 연결 - 비과학적 개념

(2) 석영으로 유리를 만들기 때문에 녹는점이 높다.  
- 생활에의 이용에서 형성된 비과학적 개념

라고 생각하고 있어 석영의 굳기와 녹는점을 연관 시켜 생성된 개념과 생활에의 이용과 관련된 부분에서 형성된 비과학적 개념이 대다수의 학생들에게 형성되어 있었기 때문이었다.

2-3번 문항은 2-2번 문항과 같은 보기들 중에서 풍화에 가장 강한 광물을 선택하도록 한 것이다. 광물의 풍화는 대체로 유색광물이 약하며 석영이 풍화에 대한 저항 강도가 대체로 높아 풍화에 강하다. 따라서 보기 중 가장 풍화에 강한 것은 석영이다.

풍화에 가장 강한 광물로 10학년 학생들은 석영을 68.8%, 11학년 학생들은 55.5%의 정답률을 보였다. 비교적 절반 이상의 학생들이 정답을 나타냈고, 그렇게 생각한 이유를 분석한 결과, 경도가 강하면 풍화에 강할 것으로 생각하고 있어서 이 부분에 대해서 응답자의 절반정도의 학생들이 과학적 개념을 형성한 것으로 나타났다.

3번 문항은 광물의 성질 중 조흔색을 이용하여 광물을 구별하게 한 것으로 조흔색에 대한 개념을 알아보고자 한 것이다. 10학년 학생들의 41.9%정도가 정답을 나타냈으며, 응답자의 1/4정도가 조흔색을 암석의 특성으로 오인하고 있었다. 11학년 학생들의 응답 경향은 Table 6과 같이, 10학년 학생들의 응답 경향과 크게 다르지 않았다. 독립성 분석 결과, 10학년 학생들과 11학년 학생들의 응답 분포는 통계적으로 유의하지 않았다.

이들은 암석마다 고유의 조흔색이 있다고 응답하고 있어 광물의 물리적 특성 중 하나인 조흔색을 광물의 특성이 아닌 암석의 특성으로 잘 못 이해하고 있는 것으로 나타났다.

4번 문항은 금속광물의 산출상태에 대한 개념을 알아보는 것이다. 학생들의 응답 분포는 Table 6에서와 같이,  $\chi^2$ 가 4.782로 나타나 검정 통계량  $\chi^2_{(1, 0.05)} = 3.841$  보다 크므로 영가설이 기각되었다. 이러한 차이를 나타나게 하도록 차이가 많이 나타난 항목은 Table 6에서 보는 바와 같이, 11학년 학생들이 10학년 학생들에 비해 정답 빈도가 높았기 때문이다.

따라서 11학년 학생들이 10학년 학생들에 비해 금속광물 산출 상태에 대해 통계적으로 더 많은 과학

**Table 6.** Result of the test of independence on frequency distributions about students' answers in question no. 3

학년별 응답빈도: 명(%)*	보기			
	①	②	③	④
10학년	24(25.8)	12(12.9)	14(15.1)	39(41.9)
11학년	30(25.2)	24(20.2)	16(13.4)	43(36.1)
검정결과	$\chi^2 = 2.174$ $\chi^2_{(3, 0.05)} = 7.815$			

\*무응답 빈도는 제시하지 않았음, 이탤릭체는 정답 빈도를 나타냄

**Table 7.** Result of the test of independence on frequency distributions about students' answers in question no. 4

학년별 응답빈도: 명(%)*	보기	
	○	×
10학년	36(38.7)	45(48.4)
11학년	33(27.7)	80(67.2)
검정결과	$\chi^2 = 4.782$ $\chi^2_{(1, 0.05)} = 3.841$	

\*무응답 빈도는 제시하지 않았음, 이탤릭체는 정답 빈도를 나타냄

적 이해를 가지고 있다고 볼 수 있다. 이러한 학년의 차이는 11학년 학생들이 현재 배우고 있는 화학 I 시간에 원소 형태로 존재하는 금속과 산화물 형태로 존재하는 금속에 대해 배운 적이 있다고 응답한 것으로 보아 관련 다른 교과 지식이 지질학 분야의 광물 개념 형성에 영향을 주었기 때문이었다.

또한 오답을 보인 학생들은 광산이 매우 크므로 광물도 큰 덩어리일 것이라는 개념과 단단해서 잘 쪼개지지 않으므로 큰 덩어리로 발견될 것이라는 공통적인 비과학적 개념이 형성되어 있었다.

최준경(2000)은 자신의 연구에서 고등학교 지구과학 교과서에서 다루고 있는 광물의 종류는 교과서별로 많게는 10종, 적게는 2종으로 나타났으며, 광물명만 제시하고 사진 자료 등의 부가 자료가 제시되지 않아 학생들의 이해뿐만 아니라 흥미도 떨어질 것으로 분석하였다. 이 부분에 대해 보완자료 등을 활용하여 학생들의 이해를 높일 수 있는 교수활동이 요구된다.

### 암석에 대한 개념 영역

암석에 대한 개념을 알아보기 위한 영역에는 지각에 분포하는 암석의 분포 비율에 대한 개념과 퇴적암, 화성암, 변성암에서 일반적으로 나타나는 특징에

대한 개념 등 2개의 문항으로 구성하였다.

지각에 분포하는 암석의 분포 비율에 대한 개념에 관한 문항 중 지각 전체에서 가장 많이 차지하는 암석은 무엇인지 묻는 문항(5-1)에 대한 응답 결과, 두 학년에서의 응답 분포는 독립적이었으며( $\chi^2=4.201$ ,  $\chi^2_{(2, 0.05)}=5.992$ ), 정답인 화성암을 선택한 학생은 10학년이 31.2%, 11학년이 34.5%로 나타났고 두 학년에서 모두 퇴적암을 가장 많이 선택한 것으로 나타났다(10학년 55.9%, 11학년 45.4%). 이렇게 퇴적암이 가장 많다고 생각하게 된 배경으로 학생들은 ‘지구는 생성된 이후 계속 퇴적되므로 퇴적암이 많다’, ‘침식, 운반, 퇴적의 과정을 통해 퇴적되기 때문이다’라는 것으로 이들은 지표와 지각을 혼동하고 있기 때문으로 여겨졌다. 이러한 추론은 문항 5-2의 결과에서도 지지된다.

5-2번 문항을 통해 알아본 지표 부근에서 가장 많은 암석에 대한 개념은, 정답인 퇴적암을 선택한 학생이 10학년 51.6%, 11학년 50.4%로 가장 많았고, 그 다음으로 두 학년에서 모두 화성암을 많이 선택한 것으로 나타났다(10학년 25.8%, 11학년 28.6%). 이 문항의 응답 분포도 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다( $\chi^2=0.524$ ,  $\chi^2_{(2, 0.05)}=5.992$ ). 학생들은 5-1번에서 제시한 이유와 유사하게 ‘풍화, 침식, 퇴적의 과정을 쉽게 확인할 수 있다’고 말하고 있어 5-1번 문항과 5-2번 문항을 통해 지표와 지각의 개념이 모호한 상태임을 알 수 있었다.

한편, 정답 빈도 다음으로 많은 선택 비율을 보인 화성암이었다. 이 화성암을 선택한 학생들은 ‘화산활동에 의해 화성암이 많이 생성 된다’고 공통된 인식을 가지고 있었다.

퇴적암, 화성암, 변성암에서 나타나는 특징에 대한 개념을 알아보는 6번 문항은 퇴적암의 특징(6-1번), 화성암의 특징(6-2번), 변성암의 특징(6-3번)의 세 하위 문항으로 구성되었다. 6번 문항은 다른 문항들과는 다르게 복수응답형으로 제시되었다. 6-1번 문항과 6-3번 문항은 정답이 두 개이며, 학생들은 정답 두 가지를 모두 선택해야 과학적 개념을 형성한 것으로 볼 수 있으나 여기에서는 통계적 빈도 분석 처리를 위해 각각의 예시에 반응했는가, 하지 않았는가만 제시하였으며, 반응 분포는 Table 8과 같다. Table 8과 같이 6번 문항에 대한 전체적인 응답 분포는 정답에 대한 반응 빈도가 높은 것으로 나타났다.

6-1번 문항에 대한 응답은, 두 학년 모두 퇴적암의 특징인 층리와 화석에 대한 빈도가 다른 예시에 비해 높았다. 그러나 통계적 검정 결과, Table 8에서 보는 바와 같이, 두 학년의 빈도 분포가 통계적으로 유의한 차이( $\chi^2=10.158$ ,  $\chi^2_{(4, 0.05)}=9.488$ )를 나타내고 있어 10학년에 비해 층리, 화석을 선택한 11학년의 빈도가 높음을 알 수 있었다.

또 6-2번 문항에 대한 응답 분포도 6-1번 문항에 대한 응답 빈도분포와 마찬가지로 두 학년의 빈도 분포가 통계적으로 유의한 차이( $\chi^2=10.256$ ,  $\chi^2_{(4, 0.05)}=9.488$ )를 나타내고 있어 11학년 학생들이 10학년 학생에 비해 화성암에서 발견될 수 있는 특징을 더 잘 이해하고 있다고 볼 수 있었다. 특히, 10학년 학생들의 오답 분포 중 화석에 대한 선택 비율이 정답

Table 8. Result of the test of independence on frequency distributions about students' answers in question no. 6

문항 구분	학년별 응답 빈도: 명(%)*	보기				
		층리	세립질 · 조립질	편리	편마구조	화석
6-1퇴적암	10학년	49(52.7)	29(31.2)	11(11.8)	9(9.7)	50(53.8)
	11학년	81(25.2)	23(20.2)	30(13.4)	8(36.1)	83(69.7)
	검정결과	$\chi^2=10.158$ $\chi^2(4, 0.05) = 9.4886-2$				
화성암	10학년	10(10.8)	35(37.6)	20(21.5)	21(22.6)	33(35.5)
	11학년	16(13.4)	58(48.7)	38(31.9)	28(23.5)	21(17.6)
	검정결과	$\chi^2=10.256$ $\chi^2(4, 0.05) = 9.4886-3$				
변성암	10학년	6(6.5)	21(22.6)	40(43.0)	35(37.6)	12(12.9)
	11학년	19(16.0)	32(26.9)	56(47.1)	74(62.2)	12(10.1)
	검정결과	$\chi^2=5.713$ $\chi^2(4, 0.05) = 9.488$				

\*무응답 빈도는 제시하지 않았음, 이탤릭체는 각 문항별 정답 빈도를 나타냄



인 세립질, 조립질의 선택비율에 크게 떨어지지 않았다. 화성암에서 발견될 수 있는 특징으로서 화석을 선택한 학생들은 ‘용암이 생물을 갑자기 덮쳐서 그 생물이 화석이 된다’, ‘화산재가 생물을 덮쳐서 그 생물체가 화석이 된다’ 그 응답한 것으로 나타나 화석의 생성 조건에 대한 비과학적 개념도 형성되어 있을 것을 암시하였다. 그러나 이러한 개념이 11학년으로 진급하면서 11학년 지구과학 I의 『지구환경의 변화』 단원을 통해 지질시대와 화석, 퇴적구조에 대한 학습의 기회가 제공되어 관련 과학적 개념 형성에 기여한 것으로 풀이되었다.

6-3번 문항에 대한 반응 분포는 6-1번 문항과 6-2번 문항과는 다르게 학년에 따른 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

6번 문항의 응답물을 분석한 결과, 대체로 10학년에 비해 11학년의 정답률이 높았다. 이것은 지구과학 I을 통해 관련 개념 습득이 암석에 대한 과학적 개념 형성에 기여했기 때문으로 판단된다.

### 화성암에 대한 개념 영역

화성암에 대한 개념 영역은 3개의 하위영역으로 구성되어 있다. 첫째, 산성암, 염기성암의 분류에 대한 것 1문항과 둘째, 화강암과 현무암의 특징에 대한 개념 4문항, 셋째, 화성암, 화산암, 화강암의 개념에 대한 1문항으로 구성되어 있다.

먼저, 수소이온농도를 표시하는 pH와 관련 없이 SiO<sub>2</sub>의 함량비에 따른 분류 명칭인 염기성암과 산성암에 대해 학생들은 어떻게 이해하고 있는지에 대하여 분석하였다(문항 7). 7번 문항을 통해 화학과에서 배운 산성, 중성, 염기성과 지구과학과의 암석 이름에 붙여진 산성암, 중성암, 염기성암과 관련하여 어떻게 이해하고 있는지를 알아보았다. Table 9에서 보는 것처럼, 10학년, 11학년 학생 모두 정답률이 오답에 응답한 비율보다 적었다. 따라서 10학년, 11학년 학생들의 절반 이상은 염기성암과 산성암에 대하여 수소이온농도와 관련지어 인식하고 있는 것으로 파악되었다. 특히, 정답에 대한 빈도율이 10학년 34.4%에서 40.3%로 증가하는 것처럼 보이나, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타나( $\chi^2=0.583$ ,  $\chi^2(1, 0.05)=3.842$ ) 학년이 올라가도 이러한 비과학적 개념은 비교적 견고하게 유지되는 것으로 나타났다.

오답을 선택한 학생들은 대체로 ‘산성, 염기성을 띠기 때문에 그런 이름이 붙었을 것이다’, ‘암석을

**Table 9.** Frequency distributions about students' answers in question no. 7

학년별 응답빈도: 명(%)*	보기	
	○	×
10학년	51(54.8)	32(34.4)
11학년	61(51.3)	48(40.3)
검정결과	$\chi^2=0.583$ $\chi^2(1, 0.05)=3.842$	

\*무응답 빈도는 제시하지 않았음, 각 문항별 이탤릭체는 정답을 나타냄

물에 녹인 후 지시약으로 판별할 수 있다’로 인식하고 있어 화학과에 관련 지식이 오히려 지구과학과 과학적 개념 형성에 저해 요인으로 작용할 수 있음을 시사하였다.

화강암과 현무암의 특징에 대한 개념으로 화강암과 현무암의 결정 크기와 냉각속도에 관한 개념(문항 8), 밀도크기에 대한 개념(문항 9), 구성원소에 대한 개념(문항 10), 현무암 표면의 구성에 대한 개념(문항 11)의 4개의 문항으로 구성되어 있었다.

먼저, 현무암과 화강암의 결정입자 크기에 대한 개념(8-1번 문항)과 냉각속도에 대한 개념(8-2)에 대한 분석 결과는 다음과 같다.

8-1번 문항에 대하여 10학년 학생들 68.8%, 11학년 학생들이 67.2%의 정답률을 보였으며, 오답률은 각각 23.7%와 26.9%로 나타나 응답 분포는 비교적 비슷하였다. 따라서 학생들은 대체로 화강암과 현무암을 구성하는 성분이 다르다고 인식하는 것으로 나타났다. 화강암과 현무암의 구성성분과 관련된 10번 문항의 응답률을 분석 결과는 Table 10과 같다. 학생들은 Table 10에서 보는 바와 같이, 현무암을 구성하는 주 구성원소 중 가장 많은 것(10-1번 문항)으로 10학년 학생들은 Mg 40.9%, Fe 34.4%로, 11학년 학생들은 Si 55.5%, Fe 35.5%로 가장 많이 선택한 것으로 나타났다. 화강암을 구성하는 주 구성원소 중 가장 많은 것(10-2번 문항)으로 10학년 학생들은 현무암에서와 같이, Fe 32.3%, Mg 28.0%로, 11학년 학생들은 Si 55.5%, Mg 32.8%로 가장 많이 선택한 것으로 나타났다.

이에 대한 오답물을 분석해 보면, 학생들은 지각 구성의 8대 원소 중 Si와 O가 가장 많은 비율을 차지한다는 것을 이해하고는 있지만, 현무암과 화강암의 구성원소로 적용하지는 못한 것으로 파악되었으며,

**Table 10.** Result of the test of independence on frequency distributions about students' answers in question no. 10

문항 구분	학년별 응답빈도: 명(%)*	항목							
		Ca	Na	K	Mg	Fe	Si	O	Al
10-1	10학년	18(19.4)	8(8.6)	15(16.1)	38(40.9)	32(34.4)	30(32.3)	16(17.2)	8(8.6)
	11학년	9(7.6)	5(4.2)	13(10.9)	42(35.3)	45(37.8)	66(55.5)	34(28.6)	11(9.2)
	검정결과	$\chi^2 = 3.375$				$\chi^2 = 2.620$			
		$\chi^2_{(3, 0.05)} = 7.815$							
10-2	10학년	10(10.8)	20(21.5)	24(25.8)	26(28.0)	30(32.3)	21(22.6)	15(16.1)	17(18.3)
	11학년	18(15.1)	17(14.3)	19(16.0)	39(32.8)	35(29.4)	66(55.5)	25(21.0)	8(6.7)
	검정결과	$\chi^2 = 4.760$				$\chi^2 = 18.432$			
		$\chi^2_{(3, 0.05)} = 7.815$							

\*무응답 빈도는 제시하지 않았음, 이탤릭체는 각 문항별 정답 빈도를 나타냄

이들이 제시한 이유를 살펴보면 현무암은 색이 어둡고 단단하기 때문에 철과 마그네슘이 가장 많다고 생각하고 있었으며, 화강암은 단단하므로 철이 많고 밝은 색을 나타내니까 Si를 많이 갖고 있다고 생각하고 있었다.

현무암과 화강암의 냉각속도에 관련된 8-2번 문항의 응답률 분석 결과, 화강암이 현무암보다 천천히 냉각된다고 바르게 선택한 학생들은 10학년 64.5%, 11학년 60.5%로 나타났다. 한편, 현무암이 화강암보다 빠르게 냉각한다고 대답한 학생들은 '현무암이 천천히 굳으면서 검게 변했다', '현무암이 천천히 식으면서 공기가 새어나가 표면에 구멍이 생겼다'고 대답해 현무암의 외형적 특성에 대해 잘못 이해하고 있었음이 나타났다.

화강암과 현무암의 밀도 비교에 관한 9번 문항의 응답에서 현무암이라고 대답한 학생들이 10학년에 20.4%, 11학년에 24.4%로 나타나 많은 학생들이 현무암에 비해 화강암이 밀도가 크다는 비과학적인 개념을 형성하고 있는 것(10학년 71.0%, 11학년 73.1%)으로 나타났다. 이러한 비과학적 개념의 배경에는 '화강암은 천천히 식으면서 입자가 치밀하게 모여 빈공간이 없어 밀도가 크다'와 '현무암이 구멍이 뚫려서 밀도가 작다'라는 구멍의 유무라는 외형적 특징에 의한 잘못된 이해를 나타냈으며, 산출장소에 따라 '화강암이 깊은 곳에서 만들어졌기 때문에 더 밀도가 클 것'이라는 비과학적 개념도 있었다. 그리고 학생들의 응답률이 학년에 따른 차이가 없어 저학년에서 형성된 비과학적 개념이 11학년이 되어 관련 단원인 『지구의 변동』 용암의 성질에 대한 학습이후에도 비교적 견고하게 형성되어 있는 것으로 나타났다.

현무암의 표면에서 발견되는 구멍은 모든 현무암에서 발견될 수 있는 가를 묻는 11번 문항에 대해서 10학년 학생들의 66.7%, 11학년 학생들이 83.2%가 '그렇다'라고 응답해 많은 학생들이 비과학적 개념을 가지고 있음을 보였다. 10학년 학생에 비해 11학년 학생들의 비과학적 개념의 응답비율은 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았으나( $\chi^2 = 3.391$ ,  $\chi^2_{(1, 0.05)} = 3.842$ ), 10학년에 비해 비교적 더 많은 오답률을 보인 것은 '제주도에 구멍 뚫린 현무암이 많이 있다'는 일상에서의 경험과 '교과서에 제시된 구멍이 있는 현무암 사진을 본적이 있지만, 구멍이 없는 것은 본적이 없다'는 기억과 '화산활동으로 인한 용암 분출로 급격히 냉각되어 만들어졌기 때문에 구멍이 생긴다'고 배웠던 것을 바탕으로 응답하고 있었음이 확인되었다. 이것은 일상에서의 경험과 관련된 학습이 복합적으로 작용해 현무암의 특징에 대한 모호한 이해를 갖게 하여 비과학적 개념 형성에 원인으로 작용했을 것으로 보인다.

마지막으로, 화강암, 화성암, 화산암의 개념 정의에 의한 분류를 하도록 하는 12번 문항의 분석 결과는 Table 11과 같다. Table 11에서 보는 바와 같이, 12-1, 12-2번 문항에서 학년 간 유의한 차이는 나타나지 않아, 화성암과 화산암에 대한 용어의 혼동은 11학년 단원인 『지구의 변동』에 대한 학습이후에도 비교적 견고하게 형성되어 있는 것으로 나타났다.

12-1번과 같이 화성암의 분류에서 최상위 개념인 화성암을 선택한 비율은 10학년과 11학년 모두 낮게 나타났고 대부분의 학생들이 화산암으로 잘못 인식하고 있는 것으로 나타났다. 또한 생성되는 깊이에 따라 심성암과 화산암으로 분류될 수 있으나(12-2번 문

**Table 11.** Result of the test of independence on frequency distributions about students' answers in question no. 12

문항 구분	학년별 응답빈도: 명(%)*	항목		
		화강암	화성암	화산암
12-1	10학년	5(5.4)	17(18.3)	52(55.9)
	11학년	10(8.4)	30(25.2)	72(60.5)
	검정결과	$\chi^2 = 0.756$ $\chi^2_{(2, 0.05)} = 5.992$		
12-2	10학년	9(9.7)	51(54.8)	16(17.2)
	11학년	17(14.3)	62(52.1)	32(26.9)
	검정결과	$\chi^2 = 2.399$ $\chi^2_{(2, 0.05)} = 5.992$		
12-3	10학년	66(71.0)	8(8.6)	4(4.3)
	11학년	84(70.6)	19(16.0)	8(6.7)
	검정결과	$\chi^2 = 2.282$ $\chi^2_{(2, 0.05)} = 5.992$		

\*무응답 빈도는 제시하지 않았음, 각 문항별 이탤릭체는 정답을 나타냄

항) 학생들은 대부분 화성암으로 잘못 인식하고 있었다. 12-1과 12-2번 문항의 분석 결과 학생들은 화성암과 화산암의 용어에 대해 혼동하고 있는 것으로 파악되었다. 이러한 배경에는 화산의 분출에 의해서만 화성암이 생성된다는 인식이 자리 잡고 있었기 때문이었다.

12-1과 12-2번 문항의 정답 비율과는 상대적으로 12-3의 정답비율이 두 학년 모두 높은 것으로 나타나 학생들은 대체로 심성암의 한 종류로 화강암이 이에 속한다고 바르게 인식하고 있는 것으로 파악되었다. 그러나 ‘현무암, 화강암 등의 화성암은 화산이 분출하였을 때 생성 된다’고 응답한 것으로 보아 12-1과 12-2번 문항에서 응답한 것과는 모순되게 ‘화산의 분출에 의해서만 화성암이 만들어진다’는 인식을 가지고 있었다.

10학년과 11학년 학생들이 가지고 있는 특징적인 비과학적 개념들로는 광물과 암석의 분류 영역에서 광물과 암석을 한 가지 기준(이분형) 또는 두 가지 기준(복합형)을 사용하여 쉽게 구분할 수 있다는 것, 광물을 보석, 천연자원 등 경제적 가치가 있는 것 또는 반짝인다는 것이 있었다. 광물 개념 영역에서는 10학년, 11학년 모두 절반가량의 학생들의 모순경도를 절대적인 척도로 인식하고 있었으며, 광물의 녹는 점에 관한 개념에서는 절반가량의 학생들이 석영이 녹는점이 높은 것으로 인식하고 있었다. 암석 영역에

서는 특히 10학년 학생들이 11학년 학생들에 비해 화성암에서 화석이 발견될 수 있다는 비과학적 개념을 형성하고 있었다. 화성암 영역에서는 절반 이상의 학생들이 산성암과 염기성암은 수소이온농도에 따라 구분된다는 비과학적 개념을 가지고 있었으며, 현무암과 화강암을 구성하는 주 구성성분이 두 암석의 어두운 색과 밝은 색에 따라 달라진다는 개념을 가지고 있었다. 또 두 암석의 밀도에 대해서는 현무암은 구멍이 있어서 밀도가 작고 화강암은 깊은 곳에서 만들어져서 밀도가 크다는 비과학적 개념이 대다수 학생들에게서 형성되어 있었다. 두 학년 모두 화성암과 화산암에 대한 혼동된 개념을 가지고 있었다.

광물에 대한 개념 영역 4번 문항의 경우, 11학년의 학생들은 10학년 학생들에 비해 더 많은 과학적 개념이 형성되어 있었고 그러한 배경에는 주변 관련 교과에서 얻은 배경지식이 지구과학 개념 형성에 도움을 주었기 때문이었다. 암석에 대한 개념 영역의 퇴적암과 화성암에 관한 문항과 화강암과 현무암의 주 구성원소에 대한 문항에서도 11학년 학생들이 10학년 학생들에 비해 더 많은 과학적 개념을 형성하고 있었다. 이것은 지구과학 I 을 통해 배운 배경지식으로 인한 것이었다.

반면, 학년이 올라감에도 통계적으로 유의하지는 않았지만 오히려 비과학적 개념의 빈도가 줄어들지 않고 늘어나는 경향을 보인 것도 있었다. 현무암의 표면에서 발견되는 구멍은 모든 현무암에서 발견될 수 있는 가를 묻는 문항에서 11학년 학생들이 10학년 학생에 비해 비과학적 개념의 응답 빈도가 늘어난 경향을 보인 것이 주목할 필요가 있다.

또한 대상학생들 절반 이상이 염기성암과 산성암에 대하여 수소이온농도와 관련지어 인식하고 있는 것과 지구과학 교과서에 제시되어 있는 현무암 사진들이 그 예다. 따라서 주변교과의 관련 지식이 지구과학 영역의 과학적 개념 형성에 저해될 수 있음을 주목할 필요가 있다.

## 결론 및 제언

이 연구를 통해 고등학교 10학년, 11학년 학생들의 광물과 암석에 대한 개념을 알아보았다. 이를 위해 광물과 암석의 분류, 광물의 개념, 암석의 개념, 화성암의 개념으로 구분된 질문지를 통해 이들의 이해 정도를 분석한 결과로 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 대체로 학생들은 광물과 암석의 분류 영역과 광물 영역, 암석 영역에서의 정답 평균이 비교적 유사했으며, 10학년은 화성암 영역에서, 11학년은 암석 영역에서 다소 낮은 이해를 보였으며, 광물의 녹는점과 관련된 특정 개념에서 매우 낮은 이해를 나타냈다.

둘째, 10학년과 11학년의 학생들 사이에서 과학적 개념이 형성되어 있는 비율은 대체로 유사하게 나타나 비과학적 개념이 학년이 올라감에 따라 견고하게 유지되고 있었다. 그러나 구체적인 몇몇 문항에서는 학년이 올라감에 따라 과학적 개념 형성 비율이 증가한 경우도 있었다.

셋째, 학생들의 과학적 개념 형성에 지구과학 교과에서 배운 개념뿐만 아니라 주변 과학교과에서 배운 개념이 광물과 암석 개념 형성에 도움을 준 것도 있었지만 오히려 방해된 것도 있었다.

이 연구 결과, 주변 교과의 개념지식이 오히려 지구과학 개념 형성에 저해될 수 있다는 것과 지구과학 교재에서 제시되어 있는 사진 자료 등으로 인해 서도 비과학적 개념이 고착화되는 경우를 알게 되었다. 이를 통해 학생들에게 지구과학 교과에서 사용되는 특징적인 용어(예, 산성암과 염기성암의 산성과 염기성 등)들에 대한 교육을 할 경우 타 교과에서 사용되는 의미와는 별도로 이해되어야 한다는 것을 염두에 두고 가르칠 필요가 있다. 또한 현무암의 대표적인 사진자료가 오히려 학생들에게 편중된 개념을 갖게 할 수 있으므로 다양한 학습자료를 활용하여 다양한 사례가 관찰될 수 있음을 주시시킬 필요가 있다.

이 연구는 광물과 암석의 특정 개념에 대한 분석 결과로서 포괄적인 의미로 이해되기에 부족한 점이 있지만 지구과학 영역에서 지질 분야에 대한 개념 연구가 양적·질적으로 매우 부족한 현실에서 진행된 것에 의의가 있다. 따라서 학생들이 학습해야 할, 교육과정에 제시되어 있는 필수 지질 분야에 대한 개념연구로 확대될 필요가 있으며, 비과학적 개념을 가지고 있는 학생들은 왜 그러한 개념이 형성되어 있는지 보다 구체적으로 이해하기 위한 심층적인 연구가 진행될 필요가 있다.

## 사 사

이 연구는 2007학년도 한국교원대학교 기성회계 학술연구비에서 지원 받아 수행된 것입니다. 아울러

이 논문의 완성도를 높이기 위해 세심한 지적과 조언을 해주신 조규성 교수님과 익명의 심사위원님, 그리고 편집위원님들께 진심으로 감사드립니다.

## 참고문헌

- 성태제, 2002, 타당도와 신뢰도. 학지사, 서울, 191 p.
- 위수민, 최준경, 2002, 고등학생들의 광물과 암석에 대한 흥미도. 한국지구과학회지, 23(8), 625-631.
- 정창희, 2006, 지질학개론. 박영사, 서울, 642 p.
- 조규성, 황지현, 김정빈, 2003, '지각의 물질과 변화' 단원에 대한 중학생들의 인식. 한국지구과학회지, 24(3), 128-134.
- 최준경, 2000, 고등학생들의 광물 및 암석에 대한 흥미도 및 이해도에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문, 63 p.
- Abimbola, I.O., 1988, The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72 (2), 175-184.
- Bahar, M., 2003, Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational Science: Theory & Practice*, 3 (1), 55-64.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., and Scott, P., 1994, Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23 (7), 5-12.
- Gilbert, J.K. and Swift, D.J., 1985, Towards a Lakatosian analysis of Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69 (5), 681-696.
- Glynn, S.M., Yeany, R.H., and Britton, B.K., 1991, A constructive view of learning science. In Glynn, S.M. Yeany, R.H. and Britton, B.K. (eds.), *The psychology of learning science*. Lawrence Erlbaum Associate, Hillsdale, NJ, USA, 3-19.
- Howe, A.C. and Jones, L., 1998, *Engaging children in science*. Merrill, Prentice Hall, Inc., (2nd ed.), Columbus, Ohio, USA, 352 p.
- Kang, S., Scharmann, L.C., and Noh, T., 2004, Reexamining the role of cognitive conflict in science concept learning. *Research in Science Education*, 34 (1), 71-96.
- Miller, R., 1989, Science education and science studies. In Miller, R. (ed.), *Doing science: Images of science in science education*. The Falmer Press, London, United Kingdom, 1-9.
- Salierno, C., Edelson, D., and Sherin, B., 2005, The development of student conceptions of the Earth-Sun relationship in an inquiry-based curriculum. *Journal of Geoscience Education*, 53 (4), 422-431.
- Strike, K. and Posner, G., 1985, A conceptual change view of learning and understanding. In West, L.H.T. and Pines, A.L. (eds.), *Cognitive structure and conceptual change*. Academic Press, Orlando, USA, 211-231.
- Norman, D., 1983, Some observations on mental models.

In Gentner, D. and Stevens, A.L. (eds.). *Mental Models*. Erlbaum, NJ, USA, 7-14.  
Wandersee, J.H., Mintzes, J.J., and Novak, J.D., 1994, Research on alternative conceptions in science: Part II

learning. In Dorothy, G.L. (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Macmillan Publishing Co., NY, USA, 177-210.

---

2007년 4월 30일 접수  
2007년 6월 6일 수정원고 접수  
2007년 6월 20일 채택

## Appendix 1.

1. 다음 문항은 광물과 암석을 구분하는 문제입니다.

(1) 광물과 암석은 어떻게 다른 것인지 간단히 써봅시다.

광물: \_\_\_\_\_

암석: \_\_\_\_\_

(2) 보기에서 광물인 것에는 (광), 암석인 것에는 (암) 표시하십시오.

감람석	화강암	대리암	석회암	흑운모	장석	편마암	다이아몬드
( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )

2. 광물의 성질에 대한 물음에 답하십시오.

(1) 다음 표는 광물의 물리적 성질인 굳기를 나타낸 모스경도계이다.

모스경도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
광물	활석	석고	방해석	형석	인회석	정장석	석영	황옥	강옥	금강석

“황옥은 형석에 비해 2배 단단하다” 이 설명이 맞으면 ○, 틀리면 ×를 고르시오.

- ① ○                      ② ×

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

(2) 다음의 광물 중 어느 광물이 녹는점이 가장 높을 것으로 생각되는가?

- ① 감람석   ② 휘석   ③ 각섬석   ④ 흑운모   ⑤ 석영

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

(3) 다음 광물 중 어느 광물이 풍화에 가장 강할 것으로 생각되는가?

- ① 감람석   ② 휘석   ③ 각섬석   ④ 흑운모   ⑤ 석영

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

3. 다음 보기의 설명 중 옳은 것을 고르면?

- ① 암석을 조흔판에 긁으면 조흔색이 나타나 암석을 구별할 수 있다.
- ② 암석을 조흔판에 긁으면 조흔색이 나타나 광물을 구별할 수 있다.
- ③ 광물을 조흔판에 긁으면 조흔색이 나타나 암석을 구별할 수 있다.
- ④ 광물을 조흔판에 긁으면 조흔색이 나타나 광물을 구별할 수 있다.

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

4. 다음 문제는 ○, × 문제입니다.

“금속은 자연 상태에서 큰 덩어리 형태로 발견 된다” 이 설명이 맞으면 ○, 틀리면 ×를 고르시오.

- ① ○                      ② ×

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

5. 지구상에 존재하는 암석의 종류를 생성원인에 따라 분류하면 화성암, 변성암, 퇴적암으로 분류할 수 있다.

(1) 지각 전체에서 가장 많은 양을 차지하는 암석은 무엇인가?

- ① 화성암 ② 변성암 ③ 퇴적암

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

(2) 지표면에 분포되어 있는 암석으로 가장 많은 양을 차지하는 암석은 무엇인가?

- ① 화성암 ② 변성암 ③ 퇴적암

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

6. 보기는 퇴적암, 화성암, 변성암에서 나타나는 특징을 나타낸 것이다.

(1) 퇴적암에서 나타날 수 있는 것을 모두 고르면?

- ① 층리 ② 세립질, 조립질 ③ 편리 ④ 편마구조 ⑤ 화석

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

(2) 화성암에서 나타날 수 있는 것을 모두 고르면?

- ① 층리 ② 세립질, 조립질 ③ 편리 ④ 편마구조 ⑤ 화석

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

(3) 변성암에서 나타날 수 있는 것을 모두 고르면?

- ① 층리 ② 세립질, 조립질 ③ 편리 ④ 편마구조 ⑤ 화석

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

7. 화산활동에 의해 만들어진 암석은  $\text{SiO}_2$ 의 함량비에 따라 밝은 색을 띠는 암석을 산성암, 중간색을 띠는 암석을 중성암, 어두운 색을 띠는 암석을 염기성암으로 분류한다.

(1) 다음 문제는 ○, × 문제입니다.

“산성암, 염기성암은 화학적인 산성, 염기성으로 구분 가능하다” 이 설명이 맞으면 ○, 틀리면 ×를 고르시오.

- ① ○ ② ×

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

(2) (1)에서 ○로 답하였다면, 암석을 어떤 방법으로 실험해야 산성과 염기성을 확인할 수 있는가?

( )

8. 화강암과 현무암에 대한 문제입니다.

(1) 화강암과 현무암의 결정 입자 크기가 다른 이유는 현무암과 화강암을 구성하는 물질이 다르기 때문이다.

- ① ○ ② ×

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

(2) 화강암과 현무암 중 천천히 냉각된 것은 ( )이다.

- ① 현무암 ② 화강암

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

9. 화강암과 현무암 중 밀도가 큰 것은 ( )이다.

- ① 현무암    ② 화강암

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

10. 현무암과 화강암을 구성하는 성분에 대한 문제입니다.

(1) 현무암을 구성하는 성분 중 가장 큰 부피를 차지하는 성분 2개를 고르면?

- ① Ca   ② Na   ③ K   ④ Mg   ⑤ Fe   ⑥ Si   ⑦ O   ⑧ Al

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

(2) 화강암을 구성하는 성분 중 가장 큰 부피를 차지하는 성분 2개를 고르면?

- ① Ca   ② Na   ③ K   ④ Mg   ⑤ Fe   ⑥ Si   ⑦ O   ⑧ Al

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

11. 다음 빈칸에 들어갈 말을 보기에서 고르시오.

현무암의 암석 표면에는 기공(구멍)이 ( ).

- ① 있다  
 ② 있는 현무암도 있고, 없는 현무암도 있다  
 ③ 없다

그렇게 생각한 이유: \_\_\_\_\_

12. 화강암, 화성암, 화산암이 무엇을 의미하는지 알아보는 문제입니다. 그림의 빈칸에 알맞은 단어를 써보시오. 화강암, 화성암, 화산암 중에서 골라 쓰시오.

