

예비 과학교사들의 암석에 대한 이해수준에 따른 육안분류 능력

박경진 · 조규성*

전북대학교 과학교육학부/과학교육연구소/융합과학연구소, 561-756, 전라북도 전주시 덕진구 백제대로 567

The Classification Ability with Naked Eyes According to the Understanding Level about Rocks of Pre-service Science Teachers

Kyeong-Jin Park and Kyu-Seong Cho*

Division of Science Education/Institute of Science Education/Institute of Fusion Science,
Chonbuk National University, Jeonbuk 561-756, Korea

Abstract: This study aimed to investigate the classification ability with naked eyes according to the understanding level about rocks of pre-service science teachers. We developed a questionnaire concerning misconception about minerals and rocks. The participants were 132 pre-service science teachers. Data were analyzed using Rasch model. Participants were divided into a master group and a novice group according to their understanding level. Seventeen rocks samples (6 igneous, 5 sedimentary, and 6 metamorphic rocks) were presented to pre-service science teachers to examine their classification ability, and they classified the rocks according to the criteria we provided. The study revealed three major findings. First, the pre-service science teachers mainly classified rocks according to textures, color, and grain size. Second, while they relatively easily classified igneous rocks, participants were confused when distinguishing sedimentary and metamorphic rocks from one another by using the same classification criteria. On the other hand, the understanding level of rocks has shown a statistically significant correlation with the classification ability in terms of the formation mechanism of rocks, whereas there was no statistically significant relationship found with determination of correct name of rocks. However, this study found that there was a statistically significant relationship between the classification ability with regard to formation mechanism of rocks and the determination of correct name of rocks.

Keywords: pre-service science teacher, understanding level, rock classification ability, formation mechanism, criterion of classification

요약: 이 연구는 예비과학교사들의 암석에 대한 이해수준에 따른 육안분류 능력을 알아보기 위한 것이다. 이를 위하여 광물과 암석에 대한 비과학적 개념과 관련된 설문지를 개발한 후 예비 과학교사 132명에게 응답하게 하였고, 수집된 자료는 라쉬 모형을 이용하여 암석에 대한 이해수준에 따라 숙달 집단과 미숙달 집단으로 구분하였다. 이렇게 구분된 집단의 육안분류 능력을 알아보기 위해 17종(화성암 6종, 퇴적암 5종, 변성암 6종)을 제시한 후 각자의 기준에 따라 암석을 분류하도록 하였다. 분석 결과 예비 과학교사들은 주로 조직, 색깔, 입자 크기 등을 분류기준으로 사용하였다. 또한 화성암을 분류하는 것은 비교적 쉽게 해결하였지만 퇴적암과 변성암은 동일한 기준을 사용하여 분류하는데 혼동하고 있었다. 한편 암석에 대한 이해수준과 생성원인에 따른 분류능력은 유의미한 상관관계를 보였지만 암석명을 정확하게 분류하는 능력과는 유의미한 상관관계가 없었다. 하지만 생성원인에 따른 분류 능력과 암석명을 정확하게 분류하는 능력과는 높은 상관관계를 보였다.

주요어: 예비 과학교사, 이해수준, 암석분류능력, 생성원인, 분류기준

*Corresponding author: earthcho@jbnu.ac.kr

Tel: +82-63-270-2805

Fax: +82-63-270-2802

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.

서 론

일반적으로 분류는 사물이나 사건, 사람에 대한 관찰을 통해 공통점과 차이점을 찾아 범주화하고 위계적 순서를 정하는 활동으로서 과학지식의 생성에 필수적인 기초 정보를 제공하는 것으로 알려져 있다(Hammer et al., 2010). 즉, 과학에서의 분류 활동은 관찰 대상을 체계적으로 구조화할 수 있을 뿐 아니라 개념의 이론적 틀을 제공하기 때문에 미국의 국가과학교육기준에서는 현상에 대한 분류 활동을 통해 형성되는 패턴의 발견이 과학지식 생성의 출발점으로 보고 있다(National Research Council, 2012). 이와 같이 중요한 분류 능력을 기르기 위해 과학교육계에서는 1960년대 이후부터 분류를 과학교육과정의 중요한 탐구 요소로 포함하고 있으며, 우리나라도 관찰, 측정, 예상, 추리와 함께 기초탐구기능 중 하나로 중요하게 다루고 있다(Ministry of Education, Science and Technology, 2011).

분류 활동은 일상생활 뿐 아니라 모든 과학 영역에서 중요한 탐구과정으로 인식되고 있지만 지금까지 과학교육에서 이에 대한 연구는 주로 생물학을 중심으로 수행되어 왔다. 왜냐하면 생물학은 생명체의 다양성을 과학적으로 설명하기 위해 생물들의 분류가 중요한 능력으로 여겨져 왔기 때문이다(Kwon et al., 2007). 그러나 지구과학에서도 분류 활동은 매우 중요한 학습과제라 할 수 있는데, 특히 지질학은 지각의 구성물질인 광물과 암석에 대한 이해, 지층의 생성순서에 대한 정보를 바탕으로 지구의 역사와 변화 과정을 체계적으로 이해하고자 하는 학문이기 때문에 무엇보다 이에 대한 기본정보를 제공하는 암석을 세부적으로 분류하고 이해하는 활동이 매우 중요하다 할 수 있다(Lee, 1978).

암석을 세부적으로 분류하기 위해서는 분석기기를 통한 화학적 방법이나 편광현미경을 통한 광학적 특성을 이용한 방법이 사용될 수 있지만 이런 방법들은 많은 시간과 노력이 필요하다는 점에서 보다 전문적인 영역을 다루는 암석 전문가들이 주로 활용하고 있다(Moon et al., 2005). 그렇기 때문에 일반적인 암석의 분류 방법은 구성광물의 종류, 조직, 입자의 크기, 암석의 색깔에 대한 육안 관찰이 주로 사용되고 있으며 이에 2009 개정 과학교육과정에서도 육안으로 관찰되는 암석의 다양한 특징과 실험을 통해 암석의 구분 기준을 세우고 분류하는 활동을 강조하

고 있다(Ministry of Education, Science and Technology, 2011). 이와 같은 암석분류 능력을 배양하기 위해서는 무엇보다 야외에서 여러 암석을 직접 관찰할 수 있는 경험이 중요하기 때문에 지속적으로 야외지질학습의 필요성이 강조되고 있지만 현실적인 제약으로 인해 실질적으로 정규 수업 상황에서의 야외지질학습은 거의 이뤄지지 않고 있다(Orion and Hofstein, 1997). 이로 인해 일선 교육현장에서 암석과 관련된 단원을 지도할 때는 여전히 학생들이 자연의 실물을 육안으로 관찰하고 손으로 만져볼 수 있는 체험 기회를 제공하기 보다는 그림이나 사진만을 보여주거나 지식 위주의 수업을 하는데 그치고 있다(Jung et al., 1999). 또한 실질적인 육안분류 실험이 이뤄지지 않은 이유는 암석지도에 대한 자신감, 암석단원의 실생활과의 연계성 부족 등으로 인한 교사들의 암석분류 능력의 미흡함 등이 원인으로 작용하고 있다(Finley et al., 1982). 그렇기 때문에 이런 문제를 해소하기 위해서는 무엇보다 향후 학생들을 가르쳐야 할 예비 과학교사들의 암석 육안분류 능력과 특성을 알아보고 이 결과를 바탕으로 이들을 어떻게 지도할 것인지에 대한 이해가 필요할 것이다.

한편 자연에 존재하는 암석들은 생성환경에 따라 점이적으로 변화하기 때문에 육안관찰을 통한 암석 분류는 어려운 과제라 할 수 있다. 따라서 암석분류 능력의 배양을 위해서는 야외학습처럼 학교에서 자연의 실물을 직접 관찰할 수 있는 경험을 제공하는 것이 필요하다. 하지만 야외학습이 어려운 현 상황을 감안한다면 학교 내에서 암석원이나 암석 표본을 활용한 수업이 효과적인 대안이 될 수 있으며(Cho, 2011), 이 중에서도 암석원이 설치되지 않은 학교 또한 상당수 있다는 점에서 그나마 암석 표본을 활용한 수업이 현실적인 차선택이 될 수 있다(Kwon and Kim, 2012). 물론 암석원이나 암석 표본으로 사용된 것들은 여러 암석 중에서도 전형적인 특성을 가진 것들을 주로 활용한다는 점에서 실제 야외에서 관찰할 수 있는 암석과는 차이가 있으며, 이 때문에 학교에서의 실제적인 암석 분류 수업이 이뤄지지 않은 원인으로 지적되기도 한다(Dyar et al., 2004). 그럼에도 불구하고 암석 표본을 이용한 육안분류 활동은 관찰 경험의 제공을 통해 예비 과학교사들의 암석지도에 대한 자신감을 배양시켜 줄 수 있다는 점에서 큰 의미를 가진다.

그렇다면 육안관찰을 통해 암석을 과학적으로 분류

하기 위해서는 어떤 능력이 필요한가? 이에 대해 Howe (2001)는 광물과 암석에 대한 개념적 이해를 바탕으로 내재적인 논리를 가지고 있어야 한다고 주장하였다. 그렇다면 광물과 암석에 대한 높은 배경지식을 가지고 있다면 육안관찰을 통해 암석을 정확하게 분류할 수 있을 것인가? 일반적으로 광물과 암석에 대한 이해수준이 높으면 육안분류 능력 또한 높을 것으로 예상할 수 있지만 과학교사들조차 암석의 육안분류를 어려운 과제로 인식하는 것으로 볼 때(Finley et al., 1982; Moon et al., 2005), 광물과 암석에 대한 이해수준이 높더라도 실제적인 육안분류 능력과는 서로 차이가 있을 수 있다. 이처럼 암석에 대한 이해수준에 따른 암석 육안분류 능력의 특성을 살펴보는 것은 학교에서 배운 지식과 일상생활에서 직면하는 문제를 해결하는데 어떤 관계가 있는지 알아본다는 점에서 과학에 대한 기본개념의 이해를 바탕으로 일상생활의 문제해결과 실천 태도를 강조한 2009 개정 교육과정의 목표와 일치한다고 볼 수 있다(Ministry of Education, Science and Technology, 2011). 그럼에도 불구하고 아직까지 암석의 분류능력에 대해 분석한 연구는 몇몇 사례에 불과하다.

암석의 분류 특성을 분석한 선행연구를 살펴보면 Shin (1994)과 Park (2000)이 고등학생과 중학생을 대상으로 암석분류의 학습 효과를 알아본 결과 낮은 수준의 능력과 여러 가지 오류를 범하고 있다고 제시했을 뿐 그 원인에 대한 분석은 미흡했다. 한편 Moon et al. (2005)은 예비 과학교사를 대상으로 화성암의 육안분류 과정에서 어떤 기준을 적용하고 있는지 또는 어떤 어려움이 있는지에 대해 알아봄으로써 암석의 육안분류에 대한 유용한 정보를 제공해주고 있지만 화성암만을 주제로 했기 때문에 암석 전체에 대한 육안분류 능력의 특성을 알아보지 못하고 있다. 다시 말해 화성암은 양적으로 암석권에서 높은 비율을 차지하여 중요한 학습과제라 할 수 있지만 실제 지표상에는 이뿐만 아니라 퇴적암, 변성암도 다수 분포하고 있다는 점에서 암석의 육안분류에 대한 다양한 정보를 제공하지 못하고 있다는 한계를 보인다.

따라서 이 연구에서는 암석의 육안분류에 대한 보다 실제적인 정보를 제공하기 위해 예비 과학교사들을 대상으로 화성암, 퇴적암, 변성암의 암석 표본을 제시하여 관찰하게 한 후 암석에 대한 이해수준에 따라 암석의 육안분류 능력은 어떤 특성이 있는지

알아보고자 하였다. 이를 위하여 암석의 이해수준에 따라 두 집단으로 구분한 후 여러 암석을 관찰하여 분류해보도록 하고 이 과정에서 보이는 육안분류의 특성을 살펴보았다. 즉, 예비 과학교사들은 암석을 분류할 때 어떤 기준을 적용하는지, 또한 생성원인에 따라 얼마나 정확하게 암석을 분류하는지, 그리고 최종적으로 암석명을 결정할 때 얼마나 정확하게 분류하고 어떤 암석 표본을 분류하는데 어려움을 느끼는지 알아보려고 하였다.

이때 이 연구에서는 암석의 이해수준에 따른 집단 구분과 암석의 육안분류 능력의 특징을 알아보기 위해 문항반응이론(Item Response Theory; IRT)의 라쉬 모형(Rasch model)을 이용하여 분석하였다. 여기서 IRT는 기존의 고전검사이론에 비해 여러 가지 장점을 지니고 있다. 즉, 고전검사이론에서는 검사 총점을 바탕으로 학생의 능력을 분석하고 문항의 특성이 피험자의 집단에 따라 달라지며 피험자의 능력 추정 또한 문항의 특성에 따라 다르게 측정될 수 있는 단점이 있다. 하지만 IRT를 기반으로 한 라쉬 모형은 피험자의 능력이나 검사반응을 추정하는데 있어 등간 척도 성격을 지닌 로지트(logit) 점수를 제공하며 문항의 특성과 피험자 집단의 특성이 서로 독립성을 유지한다는 점에서 보다 정확하게 피험자의 능력을 측정할 수 있다(Baek and Choi, 2006; Wright and Stone, 2004; Zi and Chae, 2000). 그렇기 때문에 라쉬 모형을 통해 도출된 결과는 예비 과학교사들의 암석의 육안분류 능력에서 볼 수 있는 특성을 보다 분명하게 확인할 수 있을 것으로 기대된다. 이에 본 연구의 목적을 달성하기 위해 설정한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 예비 과학교사들은 암석에 대한 이해수준에 따라 어떤 이해 차이가 있는가?

둘째, 예비 과학교사들은 어떤 기준에 따라 암석을 분류하고 있는가?

셋째, 예비 과학교사들은 얼마나 정확하게 암석을 육안으로 분류하고 있는가?

넷째, 암석에 대한 이해수준과 암석의 육안분류 능력과는 어떤 관계가 있는가?

연구 방법 및 절차

연구 대상

이 연구를 위해 전라북도 소재 C 대학교 사범대학

과학교육학부에 재학 중인 예비 과학교사 132명을 연구 대상으로 선정하였다. 연구에 참여한 학생들은 대학 1학년부터 대학원 석사과정에 재학 중인 자들로 대부분 일반지구과학 수준 이상의 지질학 강의를 이수한 경험이 있었다. 그리고 사전 설문을 실시한 결과 전체 학생 중 99명은 다양한 방법을 통해 광물이나 암석에 대한 관찰 경험을 가지고 있었다. 구체적인 관찰방법은 중복응답을 하여 암석 표본을 관찰(63명)하거나 야외지질학을 통해 관찰(41명)한 경험이 있다고 응답한 경우가 가장 많았으며, 이외에도 주변의 암석을 관찰(15명)하거나 학교에 설치된 암석원에서의 관찰(10명) 경험이 있다고 응답하였다. 그러나 대부분 정규 수업에서 암석을 관찰한 경험은 1-2회 정도에 불과하였으며, 생성원인이 다양한 여러 암석을 한꺼번에 관찰함으로써 서로의 특징을 비교해 볼 수 있는 경험은 거의 없는 것으로 확인되었다.

연구 과정과 방법

연구 과정

이 연구는 예비 과학교사들의 암석에 대한 이해수준에 따른 암석의 육안분류 능력 특성을 알아보기 위한 것이다. 이를 위해서는 예비 과학교사들이 가지고 있는 암석에 대한 이해수준에 따라 집단을 구분한 후 여러 암석을 제시하여 육안분류 능력을 비교해야 할 것이다. 이에 본 연구에서는 먼저 광물과 암석에 대한 학생들의 비과학적 개념을 분석한 문헌연구(Cho et al., 2003; Kim et al., 2011; Moon et al., 2005; Wee and Choi, 2002; Wee et al., 2007)를 통해 1차적으로 광물과 암석에 대한 이해수준을 알아보기 위한 검사지를 개발하였다. 이렇게 개발된 검사지는 예비 과학교사 20명을 대상으로 예비연구를 실시하였으며 이 결과를 바탕으로 검사지의 문항을 일부 수정하는 과정을 거쳤다. 즉, 이 연구는 일반지구과학 수준 이상의 강의를 이수한 경험이 있는 예비 과학교사를 대상으로 하기 때문에 상대적으로 광물과 암석에 대한 이해 정도가 높아 문항의 난이도를 조정하였으며, 이렇게 조정된 문항은 지질교육 전문가에게 내용 타당도를 검증받아 최종적으로 20개의 문항으로 구성된 검사지를 개발하였다.

개발된 검사지는 연구 참여에 동의한 예비 과학교사들에게 응답하게 하였으며, 수집된 자료는 라쉬 모형을 이용하여 암석에 대한 이해수준에 따라 두 집

단으로 구분하였다. 또한 구분된 집단의 암석의 육안분류 능력을 알아보기 위해 2009 개정 과학교육과정에서 다루지는 암석 표본을 제시한 후 학생들이 자유롭게 관찰하도록 하고 관찰 내용을 탐구 활동지에 자세히 기록하도록 지도하였다. 이때 암석 표본은 지질학 전공 교수의 감수를 받은 화성암 6종(현무암, 반려암, 안산암, 섬록암, 유문암, 화강암), 퇴적암 5종(이암, 세일, 사암, 역암, 석회암), 변성암 6종(점판암, 천매암, 편암, 편마암, 규암, 대리암) 등 총 17종을 선정하여 사용하였다. 그리고 예비 과학교사들에게 돋보기, 조흔판, 모스 굳기계, 10% 염산 등을 제공하여 암석 표본을 관찰하는데 어려움이 없도록 하였다(Moon et al., 2005).

또한 예비 과학교사들의 암석에 대한 육안분류 능력을 알아보기 위해 세 단계의 절차를 거쳐 연구를 수행하였다. 첫째, 예비 과학교사들은 어떤 정보도 제공하지 않은 상태에서 암석 표본을 화성암, 퇴적암, 변성암으로 구분한다고 할 때 어떤 분류기준을 사용하는지 알아보았고, 둘째, 생성원인에 따라 암석을 분류할 때의 정확성과 최종적으로 분류한 암석명의 정확성을 확인하였다. 마지막으로 예비 과학교사들이 보인 암석의 이해수준과 육안분류 능력을 서로 비교하여 두 변수 사이의 관계를 분석하였다. 이렇게 수집된 자료를 바탕으로 예비 과학교사들의 암석의 육안분류 능력의 정도와 육안분류에 어려워하는 암석 표본은 무엇인지 분석하였으며, 학생들이 암석을 분류 결과에 대한 정확한 해석을 위해 필요시 개별 면담을 실시함으로써 예비 과학교사들이 보인 암석의 육안분류 능력의 특징을 확인하는 절차를 거쳤다.

암석에 대한 이해 수준에 따른 집단 구분

이 연구에 참여한 예비 과학교사들은 학년이 다양할 뿐 아니라 본인의 관심 정도에 따라 암석의 이해수준이 매우 다양할 수 있다. 그렇기 때문에 이 연구의 목적인 암석의 이해수준에 따른 암석의 육안분류 능력의 특성에 대한 신뢰성 있는 결과를 얻기 위해서는 무엇보다 이해수준에 따른 집단 구분의 타당성이 확보되어야 한다. 따라서 이 연구에서는 피험자의 응답 결과에 따라 어느 정도의 성취 기준을 달성했는지에 관한 새로운 기준설정 방법을 제시하고 있는 라쉬 모형을 이용하여 집단을 구분하였다. 왜냐하면 이 모형은 신뢰구간을 활용하여 기준을 설정함으로써 다른 방법에 비해 타당성을 확보할 수 있다는 것이

여러 연구자들에 의해 검증되었기 때문이다(Baek and Choi, 2006; Kim et al., 1999; Linacre, 1996; Seol, 2013; Smith, 1997).

이를 위하여 먼저 개발된 검사지 문항 중 핵심 준거문항을 선정하기 위해 지질교육 전문가 3인에게 예비 과학교사들의 암석의 육안분류 능력을 측정하는데 필수적으로 알아야 한다고 판단되는 문항을 요구하여 전문가에 따라 13-15문항을 선정하였다. 이렇게 선정된 핵심문항들의 평균 난이도를 산출하기 위해 각 전문가들이 선정한 문항의 평균 난이도를 합하고 전문가의 숫자로 나누어 최종적인 평균 난이도를 산출한 결과 -0.09 로지트(logit), 표준오차는 0.24 로지트 값이 산출되었다. 그 후 암석에 대한 이해의 숙달 수준을 결정한 후 이를 로지트 척도로 변환하였다. 이때 이 연구는 숙달수준을 일반적인 기준인 70%로 설정하였으며 이렇게 설정된 숙달수준을 로지트 척도로 전환하면 0.8 로지트가 된다(Wright et al., 1994). 또한 보다 안정성 있는 집단 구분을 위하여 95%의 신뢰 구간을 설정하여 계산한 결과 숙달 집단(master group)의 하한계와 미숙달 집단(novice group)의 상한계가 각각 1.18 과 0.24 로 설정되었다. 이와 같은 절차에 따라 95%의 신뢰수준에서 최종적으로 집단을 구분한 결과 전체 132명 중 숙달 집단은 58명, 미숙달 집단은 50명으로 구분하였다. 한편 예비 과학교사들의 암석 육안분류 능력을 알아보기 위한 실험 과정에서 예비 과학교사 중 일부가 개인적인 사정으로 참여하지 못하여 최종적으로 수업에 참여한 인원은 104명이었으며, 이 중에서 앞서 암석에 대한 이해수준에 따라 구분된 숙달 집단은 32명, 미숙달 집단은 44명으로 확인되었다.

자료 분석

이 연구에서는 예비 과학교사들의 암석에 대한 이해수준에 따른 암석의 육안분류 능력 특성을 알아보기 위해 크게 라쉬 모형과 상관관계 분석을 이용하였다. 라쉬 모형의 기본 논리는 피험자가 특정 문항에 응답할 확률은 해당 문항의 난이도와 피험자의 능력 차이에 의해 결정된다는 것으로 피험자의 능력이 문항의 난이도보다 높을수록 그 문항의 정답을 맞힐 확률이 높아지고 피험자의 능력이 문항의 난이도보다 낮을수록 문항에 오답할 확률이 높아지는 것으로 본다(Kim, 2008; Rasch, 1981). 그리고 암석에 대한 이해수준과 실제 암석의 육안분류 능력과의 관

계를 알아보기 위해 숙달 집단과 미숙달 집단에서 보인 생성원인에 따른 분류능력과 정확한 암석명을 결정하는 능력에 대한 능력 측정치를 100점 만점으로 환산한 등간척도로 변환한 후 변수 사이의 상관관계를 분석하였다. 여기서 라쉬 모형 분석을 위해 사용한 프로그램은 Winsteps 3.68.2 version, 상관 분석은 PASW Statistics 18.0의 프로그램을 사용하였다.

연구 결과 및 논의

암석에 대한 이해수준에 따른 이해 차이

먼저 예비 과학교사들의 암석에 대한 이해 차이를 알아보기에 앞서 개발된 검사지가 예비 과학교사에게 적용하기에 적절한 문항들로 구성되어 있는지에 대한 확인이 필요하다. 이 결과는 20개 문항의 난이도와 예비 과학교사들의 능력 측정치를 나타낸 Fig. 1의 Person-Item map을 통해 확인할 수 있다. 즉, Fig. 1의 좌측은 각 문항에 대한 난이도를 제시한 것으로 언더 바(p1)로 표시된 것은 전문가들에 의해 선정된 핵심문항을 나타낸 것이며, 우측은 예비 과학교사들의 능력 측정치와 그 비율을 제시한 것이다. 여기서는 검사지에 사용된 문항의 난이도와 피험자의 능력 측정치를 동일한 척도 상에 나타냄으로써 검사지의 문항이 예비 과학교사들의 암석에 대한 이해수준 능력 분포에 대해 제대로 기능하고 있는지에 대한 시각적 정보를 제공해 준다. 즉, 예비 과학교사들의 능력 분포에 대해 검사 문항의 난이도 분포가 너무 위쪽에 몰려 있거나(너무 어렵거나) 너무 아래쪽에 몰려 있으면(너무 쉽거나) 그 검사는 제대로 기능한다고 볼 수 없다(Kim, 2008). Fig. 1에서는 좌측의 20개 문항이 가장 높은 난이도부터 아래로 순서대로 제시되어 있으며, 우측에는 가장 높은 능력 추정치를 가진 피험자로부터 아래로 순서대로 제시되어 있어 검사문항의 난이도 분포가 예비 과학교사들의 능력 분포 전반에 걸쳐 잘 기능하고 있다는 것을 보여주고 있다.

이와 같은 문항의 난이도와 피험자의 능력 분포를 수치적으로 보여주는 것이 문항 신뢰도(item reliability)와 응답자 신뢰도(person reliability)이다. 문항 신뢰도는 연구의 참여자가 문항의 적합성을 확인하는데 적절한 대상인지를 보여주는 것으로 예를 들어 고등학생 수준의 과학개념 검사문항을 개발했다면 초등학교생에게 문항의 타당도를 확인할 수 없는 것과 같은

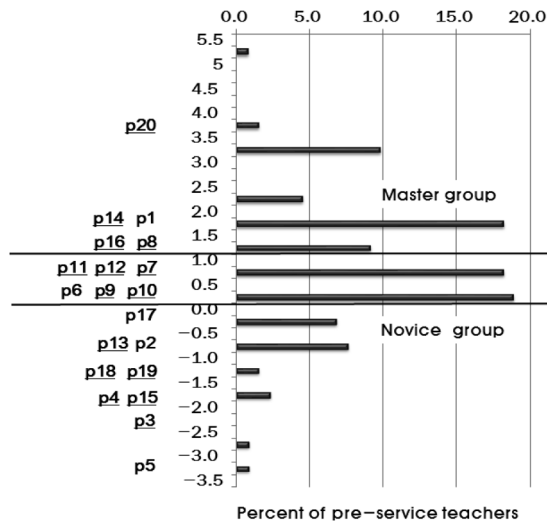


Fig. 1. The dividing result of group according to understanding level of rocks in person-item map.

의미를 지닌다(Ha and Lee, 2013). 일반적으로 신뢰도 값은 0.8에 근접하거나 그 이상이면 적합하다고 할 수 있는데(Bond and Fox, 2001), 이 연구에서는 0.97로 암석의 이해 수준을 알아보기 위한 검사지가 예비 과학교사에게 적용하기 적절한 것임을 확인할 수 있다. 또한 응답자 신뢰도는 해당 문항이 학생들의 수준 차이를 어느 정도 구분해 낼 수 있는지를 반영하는 것으로 본 연구에서는 0.72로 계산되어 0.8에 근접하기 때문에 예비 과학교사들의 암석에 대한 이해 수준 차이를 적절히 구분하고 있다고 해석할 수 있다.

Table 1은 검사지에 대한 각 문항의 주요 내용과 집단별 정답률과 그 차이, 그리고 문항 난이도의 측정치를 제시한 것으로 문항의 평균 정답률은 62.8%이며, 각 집단과 문항에 따라 정답률은 다소 차이를 보였다. 먼저 숙달 집단의 평균 정답률은 80.5%, 표준편차는 18.9, 미숙달 집단의 평균 정답률은 45.1%, 표준편차는 28.3로 계산되었다. 두 집단의 표준편차를 살펴보면 미숙달 집단이 숙달 집단에 비해 크게 나타나는데 이는 미숙달 집단이라 할지라도 일반지구 과학 수준 이상의 지질학 강의를 이수한 경험이 있기 때문에 대체로 광물과 암석에 대한 과학적 개념을 가지고 있지만 특정 문항에 대해서는 비과학적 개념을 가진 예비 과학교사가 많기 때문에 나타난 결과로 해석된다.

한편 라쉬 모형은 각 문항의 속성에 대한 직관적인 이해를 돕기 위해 문항 난이도를 측정치(measure)에 의해 규정하지 않고 언어적 표현으로 나타낼 수도 있다. 이에 대한 명확한 범위는 없지만 일반적으로 (-0.5)-(+0.5) 로지트 값을 보이는 문항은 중간 정도의 난이도를 가진 문항, -0.5 이하이면 쉬운 문항, +0.5 이상이면 어려운 문항으로 간주된다(Baker, 1985; Seong, 2001). 이런 측면에서 볼 때 비교적 쉬운 문항은 8개, 중간 정도의 난이도를 가진 문항은 4개, 어려운 문항은 8개로 확인되었다. 여기서는 내용 전문가에 의해 예비 과학교사들의 암석분류 능력을 측정하는데 필수적으로 알아야 한다고 공통적으로 선정된 핵심문항에 대한 집단 간의 이해 차이를 비교해 보면 다음과 같다.

먼저 예비 과학교사들이 가장 어려워한 것은 문항 난이도 3.71인 백운암(dolomite)의 염산반응 유무를 묻는 문항(p20)이었다. 즉, 숙달 집단의 정답률은 20.7%, 미숙달 집단은 2.0%에 불과하여 집단에 관계없이 매우 어려워하는 문항으로 확인되었다. 이와 같은 결과는 같은 탄산염 광물인 석회암이 염산용액에 활발하게 반응하는 것에 반해 칼슘-마그네슘질의 탄산염광물[Ca·Mg(CO₃)₂]로 이루어진 백운암은 분말 상태가 아니면 거의 반응하지 않는 특징이 있기 때문에 백운암의 염산반응을 관찰한 경험이 적을 뿐 아니라 일반지구과학 수준에서 잘 다루지지 않는 내용이기 때문에 어려워하는 것으로 생각된다.

두 번째로 어려워한 문항은 문항난이도 1.86인 반상조직(porphyritic texture)이 세립질과 조립질의 중간 정도의 입자 크기를 가지는지를 묻는 문항(p14)으로 숙달 집단은 55.2%의 정답률을 보였지만 미숙달 집단은 16.0%에 그쳤다. 반상조직은 조립질과 세립질의 중간 정도의 입자 크기를 가지는 것이 아닌 반정과 석기의 상대적인 결정의 크기에 따라 결정되는 것으로 생성환경의 변화에 따라 입자의 크기가 달라질 수 있는 것으로 다양한 화성암의 생성과정을 이해할 수 있는 주요 개념이라 할 수 있다(Kim et al., 2011). 그럼에도 불구하고 미숙달 집단의 경우 대부분 반상조직의 개념 자체를 잘 모른다고 답하여 이에 대한 학습이 제대로 이뤄지지 않기 때문에 낮은 정답률을 보였다.

화강암과 현무암 중 어떤 것이 밀도가 큰지를 묻는 문항(p16)에 대해서도 숙달 집단은 72.4%가 현무암이 화강암에 비해 Mg, Fe와 같은 무거운 원소를

많이 함유하고 있기 때문에 밀도가 더 크다는 과학적 개념을 가지고 있었다. 하지만 미속달 집단은 12.0%를 제외한 대부분의 예비 과학교사들이 화강암이 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 결정의 크기가 크기 때문에 밀도 또한 큰 반면, 현무암은 용암이 지표에서 분출하여 공기가 빠져 나가는 과정에서 기공이 형성되기 때문에 밀도가 작을 것이라는 비과학적 개념을 가지고 있었다.

또한, 현무암의 표면에서 관찰할 수 있는 기공이 모든 현무암에서 발견되는가를 묻는 문항(p8)에 대해 속달 집단은 75.9%의 정답률을 보였으며, 그 이유로 기공은 현무암의 표면 특성일 뿐이며 생성 환경에 따라 기공이 있을 수도 또는 없을 수도 있다는 과학적 개념을 가지고 있었다. 그러나 미속달 집단의 정답률은 18.0%에 불과하였으며, 대부분 현무암이 지표 밖에서 빠르게 냉각된 것이기 때문에 용암에 포함된 가스가 빠져나가 기공이 생기며, 그동안 기공이 없는 현무암을 본 적이 없다는 이유를 들어 현무암은 반드시 기공을 가지고 있다는 비과학적 개념을 가지고 있었다.

조흔색을 이용하여 암석을 구분할 수 있는지를 묻는 문항(p11) 또한 속달 집단이 65.5%, 미속달 집단은 22.0%의 정답률을 보여 집단의 평균보다 작은 값

을 보였다. 여기서 조흔색은 광물을 구분하는 특성일 뿐 여러 광물이 혼합된 암석을 구분하는 특성이 아님에도 불구하고 미속달 집단 다수의 예비 과학교사들은 광물과 암석의 특성을 혼동하여 조흔색으로도 암석을 구분할 수 있을 것이라는 비과학적 개념을 가지고 있었다. 한편 현무암과 화강성분이 비슷한 암석이 반려암인지를 묻는 문항(p12)은 속달 집단과 미속달 집단의 정답률 차이가 62.5%로 크게 나타난 것 중 하나였다. 즉, 속달 집단은 정답률이 84.5%를 보여 현무암과 반려암의 차이를 분명하게 인식하고 있었지만, 미속달 집단은 정답률이 22.0%에 불과하였다. 또한 산성암과 염기성암의 용어가 가지는 의미를 묻는 문항(p7)에 대해 속달 집단은 81.0%가 화학적인 특성 즉, pH에 따라 암석을 구분하는 것이 아닌 SiO₂ 함량에 따라 구분한 것이라는 과학적 개념을 가지고 있었지만 미속달 집단은 34.0%만이 과학적 개념을 가지고 있을 뿐이었다.

한편 반상조직이 반심성암에서만 관찰할 수 있는지를 묻는 문항(p9) 또한 속달 집단에서는 정답률이 86.2%, 미속달 집단은 36.0%으로 나타나 둘 사이의 정답률 차이가 50.2%로 나타났다. 이 또한 앞서 p14와 마찬가지로 미속달 집단의 경우 반상조직에 대한 용어가 친숙하지 않기 때문에 나타난 결과로 판단된

Table 1. The percentage of correct answers and item difficulty about questionnaires of mineral and rocks

Item	Contents	Percentage of correct answers			Measure
		Mastery (A)	Novice (B)	A-B	
p1	melting point of mineral	63.8	4.0	59.8	1.77
p2	mineral stability in weathering	94.8	64.0	30.8	-0.91
p3	Mohs hardness	96.6	84.0	12.6	-2.02
p4	color of mineral	94.8	86.0	8.8	-1.81
p5	hardness of diamond	98.3	96.0	2.3	-3.21
p6	crystal type of quartz	70.7	42.0	28.7	0.46
p7	meaning of acidic and basaltic rocks	81.0	34.0	47.0	0.5
p8	surface characteristics of basalt	75.9	18.0	57.9	1.18
p9	porphyritic texture of rock	86.2	36.0	50.2	0.34
p10	meaning of mudstone and shale	75.9	48.0	27.9	0.25
p11	streak of rock	65.5	22.0	43.5	0.9
p12	difference of basalt and gabbro	84.5	22.0	62.5	0.58
p13	color of sedimentary rocks	89.7	58.0	31.7	-0.57
p14	grain sizes of porphyritic texture	55.2	16.0	39.2	1.86
p15	difference of grain size of granite and basalt	100	76.0	24.0	-1.81
p16	composition element of basalt	72.4	12.0	60.4	1.35
p17	density difference of granite and basalt	86.2	44.0	42.2	0.04
p18	hydrochloric acid reaction of limestone	98.3	64.0	34.3	-1.16
p19	hydrochloric acid reaction of marble	100	74.0	26.0	-1.45
p20	hydrochloric acid reaction of dolomite	20.7	2.0	18.7	3.71

다. 그리고 이암과 세일의 차이를 묻는 문항(p10)에 대해서는 숙달 집단과 미숙달 집단의 정답률이 각각 75.9%와 48.0%로 다른 문항에 비해 미숙달 집단의 정답률은 다른 문항에 비해 높게 나타났지만 그 이유에 대해서는 적절하게 설명하지 못하였다. 즉, 숙달 집단은 이암과 세일이 진흙이 쌓여서 생성된 퇴적암이라는 점에서 공통점을 가지지만 세일은 그 중에서도 박리성을 띠는 점에서 차이가 있다는 과학적 개념을 가지고 있었지만 미숙달 집단은 이암과 세일의 구성물질이 서로 다르다는 비과학적 개념을 가지고 있었다.

암석의 색깔에 따라 퇴적암을 구분할 수 있는지를 묻는 문항(p13)에 대해 숙달 집단과 미숙달 집단이 각각 89.7%와 58.0%의 정답률을 보여 두 집단의 평균 정답률보다 높게 나타나 두 집단 모두 비교적 퇴적암은 퇴적환경에 따라 암석의 색깔이 달라질 수 있기 때문에 색을 통해 암석을 구분해선 안 된다는 과학적 개념을 가지고 있었다. 또한 백운암과는 달리 석회암과 대리암의 염산반응 유무를 묻는 문항(p18, p19)에 대해서는 집단에 관계없이 많은 예비 과학교사들이 이들 암석이 염산에 반응한다는 과학적 개념을 가지고 있었다. 그리고 현무암과 화강암의 입자 크기가 다른 이유를 묻는 문항(p15)는 문항 난이도가 -1.81로 비교적 쉬운 문항에 해당하였으며, 이 때문에 정답률도 숙달 집단은 100%, 미숙달 집단은 76.0%에 달하였다. 이런 결과는 현무암과 반려암의 차이를 묻는 문항에 비해 높은 정답률을 보인 것으로 반려암에 비해 현무암, 화강암이 비교적 친숙하게 봐왔던 암석이기 때문에 그만큼 이해도가 높기 때문으로 판단된다.

위의 결과에서 볼 수 있듯이 숙달 집단과 미숙달 집단은 암석에 대한 이해에 차이가 있다는 것을 확인할 수 있다. 특히, 미숙달 집단에 포함된 예비 과학교사들의 상당수가 암석에 대한 비과학적 개념을 가지고 있다는 것을 알 수 있으며 이는 여러 대상으로부터 확인된 광물과 암석에 대한 비과학적 개념과도 유사한 형태를 보였다(Kim et al., 2011; Moon et al., 2005; Wee et al., 2007). 특히, 조흔색을 이용한 암석 구분 가능 여부(p11), 현무암과 반려암의 차이(p12), 산성암과 염기성암의 차이(p12), 반상조직에 대한 이해(p9), 이암과 세일의 차이(p10)를 묻는 문항인 숙달 집단의 하한계와 미숙달 집단의 상한계 사이의 난이도를 가진 문항들은 두 집단을 구분하는데

중요하게 사용되고 있었다.

암석의 육안관찰을 위한 분류 기준

육안관찰을 통해 암석을 과학적으로 분류하기 위해서는 무엇보다 광물과 암석에 대한 기본적인 배경지식을 바탕으로 나름대로 분류기준에 대한 논리가 있어야 한다(Howe, 2001). 이에 먼저 예비 과학교사들은 육안관찰을 통해 암석을 구분할 때 어떤 분류기준을 주로 사용하는지 알아보았다. Table 2는 17개의 암석 표본을 관찰하면서 나름대로의 논리에 따라 화성암, 퇴적암, 변성암을 구분할 때 어떤 기준에 따라 분류하는지를 나타낸 것이다. 예비 과학교사들은 입자의 크기, 암석의 색깔, 염산반응 유무, 조직, 광택, 굳기, 비중, 겉보기 특성, 촉감 등 암석의 여러 특성을 이용하여 암석을 분류하고 있었으며, 이때 사용된 분류기준의 수는 숙달 집단이 평균 2.18개, 미숙달 집단은 2.24개로 큰 차이는 없었다. 암석에 대한 이해수준과 관계없이 예비 과학교사들이 사용한 여러 분류 기준 중에서 높은 사용 비율을 보인 것은 암석에서 관찰할 수 있는 줄무늬의 유무와 같은 조직의 특성으로 나타났다. 일반적으로 조직(texture)은 결정들의 크기, 모양 또는 배열 상태를 기초로 암석의 산출 상태를 일컫는 용어지만 여기서는 예비 과학교사들의 응답 결과에서 입자(또는 결정)의 크기를 또한 자주 언급되어 이와 구분하기 위해 입자들의 모양과 배열상태 만을 국한하여 조직의 범주로 구분하였다. 한편 조직 다음으로 가장 높은 사용 비율을 보인 분류기준은 입자의 크기가 조립질 또는 세립질인지 또는 기공과 같은 암석 표면에서 볼 수 있는 특성 그리고 암석이 밝은 색 또는 어두운 색을 띠는지에 따라 구분하고 있었다. 이처럼 숙달 집단과 미숙달 집단이 암석을 구분할 때 자주 사용한 분류기준에 큰 차이가 없었지만 생성원인에 따라서는 다소 차이를 보였다.

화성암을 분류할 때 예비 과학교사들이 주로 사용한 기준은 입자 크기, 암석의 색깔과 겉보기 특성 등이었다. 일반적으로 화성암은 마그마의 SiO₂ 함량과 냉각속도에 따라 암석의 색깔과 입자의 크기가 달라진다는 점에서 예비 과학교사들이 보인 화성암에 대한 분류 기준은 적절한 것으로 보인다. 그러나 이외에도 암석의 표면 특성을 기준으로 사용한 비율 또한 숙달 집단이 34.4%, 미숙달 집단이 40.9%로 암석의 색깔보다 높았는데, 이런 결과는 현무암의 표면에

서 관찰할 수 있는 기공의 유무를 바탕으로 화성암을 분류하고 있었기 때문이다. 하지만 광물과 암석에 대한 이해수준을 알아보기 위한 검사지에서 숙달 집단은 현무암의 표면에 기공이 있을 수도 또는 없을 수도 있다는 과학적 개념을 가진 학생이 75.9%로 높은 비율을 보였지만 실제로 암석을 분류할 때는 기공의 유무를 분류기준으로 사용한 비율 또한 집단에 관계없이 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 숙달 집단조차 현무암에 대한 과학적 접근보다는 그동안의 관찰 경험을 바탕으로 암석을 분류하고 있으며, 그렇기 때문에 만약 기공이 없는 현무암을 제시했을 때는 암석을 분류하는데 많은 어려움이 있을 것으로 생각된다. 따라서 이와 같은 오류를 범하지 않기 위해서는 암석 관련 수업에서 기공이 없는 현무암 표본이나 사진을 보여주면서 모든 현무암이 기공이 있는 것은 아니라는 것을 알려줄 뿐 아니라 화성암을 분류할 때는 기공과 같은 표면적 특성보다는 암석의 색깔과 입자의 크기가 중요하다는 것을 강조할 필요가 있을 것이다.

한편 예비 과학교사들이 퇴적암을 구분할 때 주로 사용한 분류기준은 줄무늬의 유무와 입자의 크기였다. 일반적인 퇴적암은 퇴적물의 기원에 따라 크게 쇄설성과 화학적·유기적 퇴적암으로 구분되고 쇄설성 퇴적암은 다시 입자의 크기에 의해 세분되며, 또한 입자 크기, 광물성분, 퇴적환경의 변화로 인해 서로 다른 층들의 집합인 층리(beds)가 형성될 수 있다. 퇴적암이 가지는 이런 특성에 근거하여 예비 과학교사들은 퇴적물의 입자 크기에 따라 자갈, 모래, 진흙으로 구분하고 있었으며, 특히, 줄무늬 유무에 따라 퇴적암으로 분류한 예비 과학교사들은 숙달 집단이 81.3%,

미숙달 집단이 81.8%로 높은 비율을 보였다. 한편 퇴적암을 분류할 때 색깔을 분류기준으로 사용한 비율은 숙달집단이 12.5%, 미숙달 집단이 18.2%로 비교적 높게 나타났는데, 퇴적암에서 색깔은 퇴적환경의 특성을 제시하는 만큼 분류기준이 아닌 통제변인으로 두는 것이 적절할 것이다.

변성암은 변성작용의 정도에 따라 암석의 밀도가 증가하거나 입자 크기의 변화하고 층상광물이 일정 방향으로 배열된 엽리가 형성되기 때문에 변성암들은 크게 엽리의 형태에 따라 분류된다. 여기서도 예비 과학교사들은 엽리로 대표되는 줄무늬의 유무를 변성암을 분류하기 위한 주요 기준으로 활용하였으며, 숙달 집단의 사용 비율은 75.0%, 미숙달 집단은 45.5%에 달하였다. 이외에도 변성암을 분류하는 기준으로 숙달 집단은 입자의 크기, 광택, 굳기를 사용한 비율이 미숙달 집단에 비해 다소 높게 나타났다. 이는 숙달 집단의 경우 암석에 대한 높은 이해수준을 바탕으로 변성암의 경우 변성정도에 따라 입자의 크기가 커지거나 조직이 치밀해지고 운모와 같은 층상광물이 많이 생성되어 광택이 잘 나타난다는 사실을 잘 알고 있기 때문에 나타난 결과라 할 수 있다.

생성원인에 따른 육안분류의 정확성

Table 3은 숙달 집단과 미숙달 집단이 17개 암석 표본에 대해 화성암, 퇴적암, 변성암으로 생성원인에 따라 얼마나 정확하게 구분하고 있는지에 대한 정답률과 문항난이도를 제시한 것이다. 전체적으로 각 암석을 생성원인에 따른 분류의 정확성은 숙달 집단은 70.6%, 미숙달 집단은 54.1%의 정답률을 보여 대체로 숙달 집단이 생성원인에 따른 암석 분류를 더 정

Table 2. The criterion of classification according to formation mechanism of rocks (%)

Level	Rock type	Criterion of classification							
		Grain size	Color	H.A.* reaction	Texture	Luster	Hardness	Specific gravity	Surface
Master Group	IGN.	59.4	28.1	0.0	15.6	3.1	12.5	3.1	34.4
	SED.	59.4	12.5	3.1	81.3	3.1	9.4	0.0	6.3
	MET.	31.3	15.6	15.6	75.0	11.4	13.6	0.0	12.5
	Mean	50.0	18.8	6.3	57.3	5.9	11.8	1.0	17.7
Novice Group	IGN.	59.1	20.5	0.0	6.8	4.5	6.8	0.0	40.9
	SED.	40.9	18.2	2.3	81.8	0.0	4.5	0.0	20.5
	MET.	11.4	18.2	9.1	45.5	4.4	3.1	0.0	15.9
	Mean	37.1	18.9	3.8	44.7	3.0	4.8	0.0	25.8
Total mean		43.6	18.8	5.0	51.0	4.5	8.3	0.5	21.7

*hydrochloric acid

확하게 하고 있었다. 이를 세부적으로 보면 화성암의 평균 문항난이도 지수는 -1.52 로 나타나 예비 과학교사들이 비교적 쉽게 분류하고 있었으며, 이에 따라 한 평균 정답률 또한 숙달 집단이 80.1% , 미숙달 집단이 67.2% 으로 다른 것에 비해 높은 정답률을 보였다. 이처럼 화성암의 분류의 정확성이 높은 이유는 집단에 관계없이 예비 과학교사들이 화성암의 분류기준으로 입자 크기와 암석의 색깔을 주로 사용하는 것과 깊은 관련이 있다. 즉, 암석을 구성하는 광물 입자를 관찰한 후 입자의 크기가 크고 밝은 색과 어두운 색 광물의 양에 따라 색깔 차이가 비교적 명확한 반려암, 섬록암, 화강암은 문항 난이도가 -0.5 이하로 비교적 쉽게 화성암으로 분류하고 있었다. 또한 현무암은 과거에 관찰한 경험과 기공의 유무에 따라 분류한 결과 문항난이도가 -4.59 로 반려암과 더불어 거의 100% 에 가까운 정답률을 보이고 있었다. 이는 본 연구에서 제시한 현무암 표본 또한 기공을 가지고 있는 것을 제시했기 때문으로 만약 기공을 가지지 않는 현무암을 제시할 때에는 화성암으로 구분하는데 큰 어려움이 있을 것으로 생각된다.

한편, 현무암을 제외한 화산암인 안산암과 유문암은 육안으로 구성하는 광물 입자를 관찰할 수 없기 때문에 문항 난이도가 각각 1.62 와 1.88 로 화성암으로 분류하는데 어려웠다. 특히, 미숙달 집단의 경우 안산암을 화성암으로 옳게 분류한 정답률이 13.6% 에 불과해 숙달 집단과의 차이가 52.0% 에 달했다. 세립질 또는 유리질의 암석인 안산암은 입자의 크기가 작아 구성광물의 종류를 통해 분류할 수 없기 때문에 화학성분에 대한 분류가 적절하나 육안관찰로는 화학성분을 알 수 없기 때문에 미숙달 집단의 예비 과학교사들은 단지 암석의 색깔이 비교적 어둡게 보인다는 관찰 특성을 바탕으로 분류하고 있었다. 그러나 실제로 안산암에 대한 관찰 경험이 없어 어느 정도나 어두운 색을 띠어야만 안산암으로 구분할 수 있는지에 대한 기준이 없기 때문에 적절하게 분류하지 못한 것으로 보인다. 특히, 숙달 집단의 경우에도 안산암에서 관찰할 수 있는 작은 암편이 재결정 작용의 흔적일 것이라는 직관적 관념을 근거로 들어 변성암일 것이라는 응답을 보이기도 했다. 한편, 유문암은 집단에 관계없이 낮은 정답률을 보였는데 이 또한 유상구조를 보고 퇴적암이나 변성암에서 관찰할 수 있는 줄무늬로 판단했기 때문이다.

이와 같은 결과는 예비 과학교사들을 대상으로 화

성암의 육안분류 능력을 알아본 선행연구(Moon et al., 2005)와 유사한 결과를 보이고 있다. 다만 선행 연구는 학부 1학년을 대상으로 한 반면 본 연구는 이 외에도 2학년부턴 석사과정 학생을 대상으로 했다는 점에서 암석에 대한 비교적 높은 개념이해를 바탕으로 암석의 조직과 색깔을 이용하여 구분함으로써 선행연구에 비해 심성암의 분류에 대한 정답률이 높게 나왔다. 하지만 현무암을 제외한 안산암, 유문암 표본에 대해서는 여전히 선행연구에서 확인된 비과학적 개념을 가지고 있었다.

한편 예비 과학교사들은 퇴적암과 변성암의 분류에 대한 평균 문항난이도 지수가 각각 0.50 과 1.11 로 나타나 화성암에 비해 어렵게 인식하고 있음을 알 수 있다. 하지만 암석의 종류에 따라 난이도 지수의 편차가 크게 나타났는데 역암과 사암의 경우 문항 난이도가 -0.5 이하로 다른 퇴적암에 비해서는 다소 낮게 나타났는데, 이는 두 암석이 다른 것에 비해 구성하는 퇴적물이 쉽게 구분되는 자갈과 모래로 구성되어 있기 때문이다. 하지만 미숙달 집단의 경우 사암에서 관찰할 수 있는 모래 알갱이가 마그마의 작용에 의해 형성되었을 것이라는 직관적 사고를 통해 화성암으로 판단한 예비 과학교사가 많아 숙달 집단과의 정답률 차이가 29.2% 로 크게 나타났다.

또한 뚜렷한 줄무늬와 큰 입자 크기를 가진 편암의 경우 문항 난이도 지수가 -0.55 로 낮아 비교적 변성암으로 구분하는데 큰 어려움을 느끼지 않았다. 하지만 이를 제외한 암석들은 분류에 큰 어려움을 보였는데 이는 퇴적암과 변성암을 서로 혼동하고 있기 때문에 나타난 결과라 할 수 있다. 왜냐하면 앞서 살펴본 바와 같이 집단에 관계없이 예비 과학교사들은 줄무늬의 유무와 같은 조직의 특성을 가장 높은 비율로 퇴적암과 변성암을 분류하는 기준으로 사용하여 퇴적암의 층리와 변성암의 엽리를 서로 혼동하고 있기 때문에 나타난 결과로 해석된다. 예를 들어 세일의 미세한 줄무늬를 관찰한 후 68 명이 퇴적암으로 옳게 분류하였지만 32 명은 변성암으로 잘못 분류하였고, 편암의 경우 24 명의 예비 과학교사가 변성암으로 옳게 분류하였지만 73 명은 퇴적암으로 잘못 분류하고 있었다. 이때 퇴적암을 변성암으로 잘못 인식하는 것보다는 변성암을 퇴적암으로 인식하는 경우가 더 많았으며, 그 결과 퇴적암에 대한 정답률(63.4%)이 변성암에 대한 정답률(50.0%)보다 더 높게 나타났다. 하지만 퇴적암과 변성암에서 모두 줄무늬를 관

Table 3. The percentage of correct answers and item difficulty about classification according to formation mechanism of rocks

Contents	Percentage of correct answer			Measure	
	Master (A)	Novice (B)	A-B		
Igneous Rocks	Gabbro	100	97.7	2.3	-4.59
	Diorite	81.3	77.3	4.4	-0.63
	Granite	96.9	90.9	6.0	-2.82
	Basalt	100	95.5	4.5	-4.59
	Andesite	65.6	13.6	52.0	1.62
	Rhyolite	36.4	28.1	8.3	1.88
	Mean	80.1	67.2	12.9	-1.52
Sedimentary Rocks	Conglomerate	84.4	72.7	11.7	-0.47
	Sandstone	90.6	61.4	29.2	-0.13
	Mudstone	59.4	37.2	22.2	1.32
	Shale	78.1	59.1	19.0	0.29
	Limestone	50.0	40.9	9.1	1.47
	Mean	72.5	54.3	18.2	0.50
Metamorphic Rocks	Slate	52.3	40.6	11.7	1.27
	Phyllite	62.5	52.3	10.2	0.72
	Schist	34.4	13.6	20.8	2.46
	Gneiss	87.5	71.1	16.4	-0.55
	Quartzite	50.0	25.0	25.0	1.88
	Marble	68.8	40.9	27.7	0.87
	Mean	59.3	40.6	18.6	1.11
Total mean	70.6	54.1	16.5		

찰할 수 있지만 퇴적암의 층리가 수평 방향으로의 연장성이 잘 나타나는 반면 변성암의 엽리는 각 면마다 모양이 일치하지 않을 수 있기 때문에 이런 차이를 이해시킨다면 둘 사이의 혼동을 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 이를 위해서는 무엇보다 직접 층리와 엽리를 가진 암석 표면의 무늬를 관찰하게 해보고 스케치를 해봄으로써 둘 사이의 차이를 서로 비교해 볼 수 있도록 지도하는 방안이 필요할 것으로 판단된다.

또한 예비 과학교사들은 사암과 규암, 석회암과 대리암, 이암과 혼펠스를 서로 혼동하는 경우가 많았으며, 이런 특징은 속달 집단보다는 미속달 집단에서 더 크게 나타났다. 이와 같은 결과 또한 퇴적암과 변성암을 구분하는데 암석을 못으로 긁어보거나 두 암석의 무게를 비교해 보는 등 굳기나 비중 등을 잘 활용하지 않았기 때문이라 할 수 있다. 그러므로 이와 같은 혼동을 줄이기 위해서는 무엇보다 암석에 대한 이론 수업에서 퇴적암과 변성암의 표면 특성, 입자 크기, 배열 상태, 굳기 등에 대한 차이를 명확히 가르칠 필요가 있을 것이며, 이와 함께 실제 암석을 관찰하여 서로의 특징을 비교할 수 있는 시간이 제공되어야 할 것이다.

암석명의 분류에 대한 정확성

속달 집단과 미속달 집단은 앞서 살펴본 바와 같이 나뉠대로의 분류 기준에 따라 암석 표본을 화성암, 퇴적암, 변성암으로 구분하고 있었다. 그렇다면 예비 과학교사들은 실제 암석명을 얼마나 정확하게 분류할 수 있는지를 분석하였다. Fig. 2는 17개의 암석 표본에 대한 예비 과학교사들의 육안분류 능력과 각 암석의 육안분류에 대한 난이도를 나타낸 것이다. Fig. 2를 보면 좌측의 각 암석에 대한 문항난이도에 비해 우측의 예비 과학교사들의 능력측정치가 너무 아래쪽에 몰려 있는 것을 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 암석에 대한 이해수준에 관계없이 많은 예비 과학교사들이 정확하게 암석명을 분류하는데 어려움을 느끼고 있다고 해석할 수 있다. 또한 암석의 육안분류에 대한 문항 신뢰도는 0.92로 높은 값을 보여 예비 과학교사에게 적용하는데 적절하다는 것을 확인할 수 있었으나 응답자 신뢰도는 0.12으로 매우 작은 값을 보여 예비 과학교사들의 암석의 육안분류 능력의 수준을 적절히 구분하고 있지 못하다는 것을 통해서도 확인할 수 있다.

한편 예비 과학교사들이 암석을 정확하게 분류하는데 비교적 쉽게 생각하는 표본은 6개, 중간 정도의

난이도를 가진 표본은 5개, 어렵게 생각하는 표본은 6개로 확인되었다. 이를 세부적으로 살펴보면 예비 과학교사들이 암석명을 결정하는데 비교적 쉽게 느끼는 암석은 현무암, 역암, 화강암, 편마암, 반려암, 대리암 순으로 나타났다. 이들 암석들은 생성원인에 따라 쉽게 분류된 것으로 암석에 따라 다소 차이는 있지만 대체로 생성원인에 대한 분류가 잘 이뤄진다면 암석명을 정확하게 분류하는 것도 잘 이뤄질 수 있음을 보여준다. 특히, 현무암과 화강암은 다른 암석에 비해 과거에 관찰한 경험이 많기 때문에 가장 쉽게 구분할 수 있었으며, 역암은 모양과 크기가 다양한 자갈로 구성된다는 표면 특성 때문에 쉽게 구분하고 있었다. 그리고 편마암은 다른 변성암에 비해 우백대와 우흑대가 분명하게 분리되는 등 뚜렷한 줄무늬가 나타나기 때문에 쉽게 분류할 수 있다고 하였으며, 대리암은 염산용액과 반응한다는 점과 석회암에 비해 표면이 매끄럽고 비중이 크기 때문이라는 이유를 들어 옳게 분류하였다.

한편 반려암은 주변에서 쉽게 관찰할 수 있는 암석은 아니지만 화강암과 비교하여 입자의 크기가 비슷하고, 암석의 색깔이 어둡게 보인다는 관찰 결과를 바탕으로 비교적 쉽게 분류하고 있어 미숙달 집단에 포함된 예비 과학교사들의 반려암에 대한 이해수준이 낮게 나타났다는 Table 1의 결과와는 다소 차이를 보였다. 이와 같은 결과는 미숙달 집단에 포함된 예비 과학교사라 할지라도 반려암에 대한 관찰 및 학습 경험이 부족하여 이에 대한 이해 수준은 낮았지만 일반지구과학 수준 이상의 강의를 들은 경험이 있기 때문에 화강암과 비교하여 공통점과 차이점을 알아보는 활동을 통해 나타난 결과로 해석된다. 이와 같은 하나의 결과로 일반화할 수는 없지만 암석의 육안분류에 관한 수업을 할 때에는 개개의 암석을 관찰하기 보다는 여러 가지의 암석을 한꺼번에 관찰하여 서로의 특징을 비교해 보는 것이 더욱 효과적인 방법이 될 수 있음을 시사한다.

한편 중간 정도의 난이도를 가진 암석 표본은 규암, 석회암, 사암, 셰일, 섬록암으로 확인되었다. 특히, 섬록암 표본은 비교적 생성원인에 따라 화성암으로 정확히 구분했던 것에 반해 실제 암석명은 화강암일 것이라고 답한 예비 과학교사가 44명에 이르며 일부는 반려암이라고 답하는 등 반려암, 섬록암, 화강암을 서로 구분하는데 어려움을 느끼고 있었다. 섬록암은 화강암과 비슷한 조립질의 관입암이지만 밝은 색

의 장식과 어두운 색의 각섬석이 비슷한 함량을 보이기 때문에 암흑색 반점들이 희끗희끗하게 분포하는 모양으로 나타나 전체적으로 화강암보다 어두운색을 띤다. 그럼에도 불구하고 많은 예비 과학교사들이 섬록암과 화강암을 혼동하는 이유는 이들을 서로 비교해 본 경험이 없어 암석 표본 색깔의 밝은 색과 어두운 색, 또는 중간색을 서로 혼동하고 있기 때문이라 할 수 있다(Moon et al., 2005). 이와 같은 결과는 화강암에 비해 암석의 색깔이 어두운 반려암을 구분하는 것은 쉽게 생각하고 있지만 화강암과 색깔 차이가 적은 섬록암을 구분하는 것은 어려워하고 있는 것을 통해서도 확인할 수 있다.

또한 사암은 입자 크기가 작고 반짝거리는 모래입자로 구성되어 있다는 점을 들어 정확하게 분류하고 있었지만 전체적으로 26명의 예비 과학교사들은 규암을 사암으로 혼동한 경우가 많았다. 또한, 석회암은 염산용액에 반응한다는 점을 들어 옳게 분류하였으나 전체적으로 81명이 대리암과 혼동하는 경우가 있었다. 이와 같은 결과는 앞서 생성원인에 따른 암석 분류에서도 설명했다시피 구성물질이 비슷한 퇴적암과 변성암을 서로 혼동하고 있다는 결과와 같은 맥락으로 해석할 수 있다. 한편 29명은 사암을 역암과 혼동하고 있었는데, 이는 사암 내에 모래보다 약간 큰 왕모래(*granule*)가 일부 포함된 것을 관찰한 결과 때문이라고 답하였다. 이와 같은 결과는 암석의 정확한 이름을 결정할 때에는 암석에서 관찰할 수 있는 전반적인 특징을 대표할 수 있도록 해야 함에도 불구하고 그러지 못했기 때문에 나타난 것이라 할 수 있다. 즉, 퇴적암을 명명할 때 다소 조립질 입자가 섞여 있더라도 대부분 모래 입자로 구성되어 있으면 사암, 직경 2mm 이상의 자갈이 25% 이상 포함되어 있고 모래나 실트 같은 세립의 기질 속에 들어 있으면 역암이라 할 수 있다(The Korean Earth Science Society, 2009). 그렇기 때문에 암석 표본을 관찰할 때 일부 특성이 아닌 전체적인 특성을 바탕으로 암석명을 결정해야 한다는 점을 강조하여 가르칠 필요가 있을 것이다.

마지막으로 암석명을 구분하는데 어렵게 느끼는 암석 표본은 유문암, 이암, 안산암, 점판암, 천매암, 편암으로 확인되었다. 특히, 예비 과학교사들은 안산암 표본을 유문암으로 분류한 경우보다 유문암 표본을 안산암으로 분류한 경우가 더 많았다. 이는 암석 표본에서 볼 수 있는 암석의 밝은 색과 예비 과학교사

들이 생각하는 밝은 색이 서로 일치하지 않다는 것을 보여주는 것으로(Moon et al., 2005), 이는 여러 암석 표본을 서로 비교 관찰해 본 경험이 부족하여 암석의 색깔에 대한 기준이 모호하기 때문에 판단된다. 또한 34명의 예비 과학교사가 이암을 셰일이라고 응답하여 서로 혼동하고 있었는데, 특히 미속달 집단일수록 이암을 셰일이라고 잘못 분류한 사람이 더 많았다. 이와 같은 결과는 Table 1에서 이암과 셰일의 차이를 묻는 문항의 결과와 서로 관련이 있을 것으로 생각된다. 즉, 이암은 실트나 점토 크기의 입자로 구성된 모든 퇴적암을 지칭하는 것으로 이중에서 엽층리가 발달하여 잘 쪼개지는 것을 셰일이라고 할 수 있기 때문에 이암이 더 포괄적인 개념이라 할 수 있지만 미속달 집단에서 이암을 셰일로 잘못 분류한 것은 셰일과 이암에 대한 잘못된 과학적 개념으로부터 비롯된 것으로 판단된다. 또한 예비 과학교사들이 가장 어려운 것은 변성암 중에서도 편암과 천매암으로 나타났다. 특히, 속달 집단의 경우 편암에서 관찰할 수 있는 밝은 색과 어두운 색 광물에 의해 나타나는 줄무늬와 천매암에서 주로 관찰되는 광택에 대한 관찰 특징에 대해서는 비교적 잘 기술하고 있지만 실제 암석명을 기록하지 못하였다. 일부 예비 과학교사와 면담을 실시한 결과 편암과 천매암에 대해서는 알고 있었지만 실제로 암석을 관찰한 경험이 없었기 때문에 정확한 암석명을 알지 못하였

다고 답하였다.

암석에 대한 이해수준과 육안분류 능력과의 관계

그렇다면 암석에 대한 이해수준과 암석 육안분류 능력은 어떤 관계에 있는지 알아보기 위해 속달 집단과 미속달 집단에 포함된 예비 과학교사들의 암석의 이해 수준과 암석명을 정확하게 구분하는 능력에 대한 결과를 산포도로 그려보았다. Fig. 3은 예비 과학교사들의 능력 측정치를 로지트 척도로 제시한 것으로 X축은 암석에 대한 이해수준을, Y축은 육안관찰을 통해 정확하게 암석명을 구분할 수 있는 능력을 나타낸 것이다. 여기서 암석에 대한 이해 수준은 낮지만 육안분류 능력이 높은 사람의 분포 영역(1/4분면)은 한 명도 없었으며, 또한 암석의 이해 정도도 높고, 육안분류 능력도 뛰어난 사람의 분포 영역(2/4분면)에 포함된 예비 과학교사는 1명에 불과하였다. 그러나 암석에 대한 이해수준도 낮고 실제 암석 분류 능력도 낮은 능력을 보인 사람의 분포 영역(3/4분면)에는 미속달 집단의 다수가 포함되어 있었으며, 암석에 대한 이해 수준은 높지만 육안분류 능력이 낮은 사람의 분포 영역(4/4분면) 역시 속달 집단의 다수가 포함되어 있었다. 이와 같은 결과는 암석에 대한 이해수준이 낮으면 암석의 육안분류 능력은 낮게 나타나지만 이해수준이 높다고 하더라도 육안관찰을 통해 암석명을 정확하게 구분하는 능력이 항상

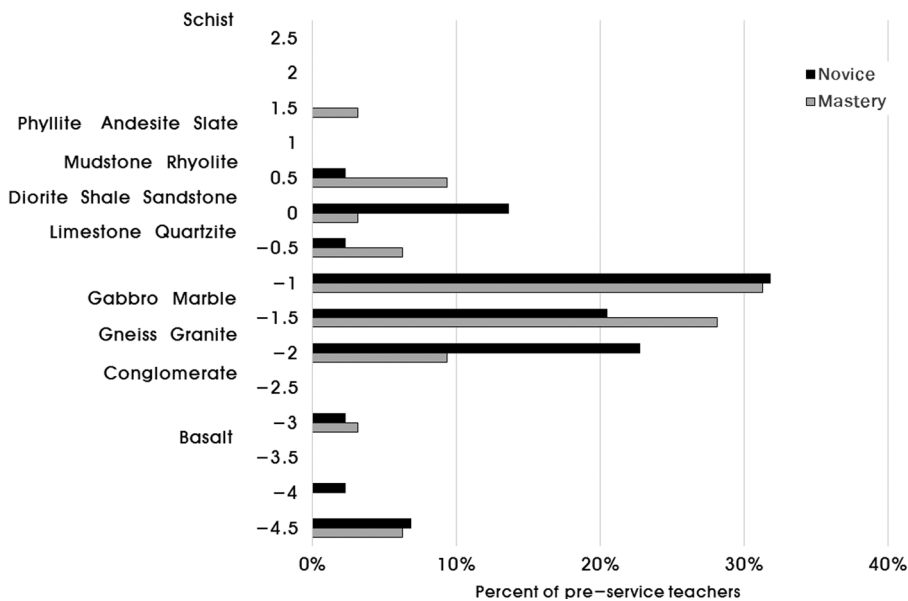


Fig. 2. The person-item map about the classification ability of rocks of pre-service science teachers.

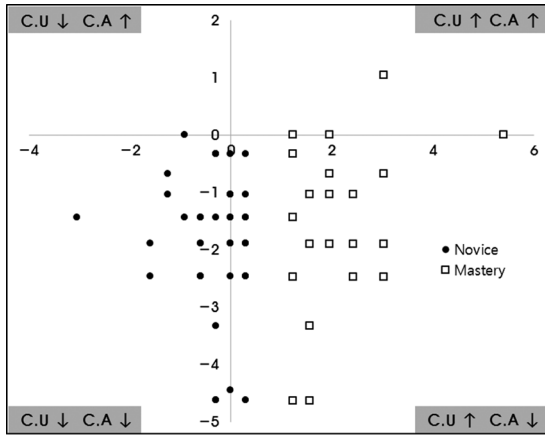


Fig. 3. The scatter plot between the conceptual understanding and classification ability of rocks (C.U.: Conceptual understanding level, C.A.: Classification ability).

높은 것은 아니라는 것을 보여주고 있다.

암석에 대한 이해수준과 육안분류 능력과의 관계는 이들 사이의 상관관계를 분석하면 더욱 명확하게 확인할 수 있다. 이를 위하여 숙달 수준, 암석에 대한 이해 정도, 생성원인에 따른 암석분류, 정확한 암석명을 구분하는 능력 결과에 대한 측정치 값을 100점 만점으로 환산한 등간척도로 변환한 후 이들 사이의 관계를 알아보았다. Table 4는 앞서 제시한 각 변수 사이의 관계에 대한 상관 분석(correlation analysis) 결과를 나타낸 것이다. 여기서 숙달 수준과 암석에 대한 이해수준의 상관계수(Pearson r)는 0.835로 통계적으로 유의미한 매우 높은 상관관계를 보여 이해수준에 따라 집단 구분이 잘되어 있음을 볼 수 있다 ($p < .01$). 또한 암석에 대한 이해수준과 생성원인에 따른 분류능력과의 상관계수는 0.335로 상관관계는 다소 낮지만 통계적으로 유의미한 결과를 보이고 있었다 ($p < .01$). 하지만 암석에 대한 이해수준과 암석명을 정확하게 구분하는 육안분류 능력 사이의 상관계수가 0.124에 불과하여 상관관계가 거의 없는 것으로

나타났다. 그러나 생성원인에 따른 암석 분류능력과 실제 암석명을 정확하게 분류하는 능력 사이에는 상관계수가 0.550으로 통계적으로 유의미한 다소 높은 상관관계를 보여주고 있었다 ($p < .01$).

암석에 대한 이해수준과 암석 육안분류 능력과의 관계를 살펴본 결과 암석에 대한 이해수준이 실제 암석명을 정확하게 구분하는 데는 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알려준다. 일반적으로 암석에 대한 이해수준이 높을수록 암석에 대한 분류 능력 또한 높을 것으로 예상할 수 있지만 암석에 대한 관찰 경험의 부족으로 과학교사들조차 암석명을 정확하게 분류하는 것을 어려워한다는 여러 연구와 유사한 결과를 보인 것으로 해석된다. 즉, 암석에 대한 높은 이해수준이 암석명을 정확하게 분류하는 것을 보장하지는 않는다는 것을 알 수 있다. 하지만 암석에 대한 이해수준과 생성원인에 따른 분류 능력과는 낮지만 유의미한 상관관계가 있는 것을 볼 때 암석에 대한 이해수준은 예비 과학교사들로 하여금 암석분류를 위한 나름대로의 분류 기준을 설정하는데 중요하게 작용하고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 암석에 대한 높은 이해수준이 암석을 정확하게 분류하는 데 충분 조건은 아니지만 필요조건이라는 것을 의미한다.

또한 암석의 생성원인에 따른 분류와 암석명을 정확하게 구분하는 능력과는 높은 상관관계가 있는 것으로 볼 때 생성원인에 대한 분류가 잘 이뤄진다면 암석명도 정확하게 분류할 가능성 또한 높아질 수 있다는 것을 보여준다. 이와 같은 결과는 육안관찰을 통한 암석의 육안분류 능력을 배양하기 위해서는 무엇보다 광물과 암석에 대한 정확한 개념 이해를 바탕으로 분류 기준에 대한 적절한 논리를 가지고 있어야 하며, 또한 설정된 분류 기준을 이용하여 실제로 암석 표본이나 노두에서 여러 암석을 관찰하여 각 암석에 대한 공통점과 차이점을 비교하는 활동이 수반되어야만 암석의 육안분류 능력을 배양할 수 있다는 것을 보여준다. 따라서 2009 개정 과학교육과정

Table. 4. The results of correlation between the understanding level and classification ability

	Mastery level	Conceptual understanding	Classification of formation mechanism	Rock classification ability
Mastery level	1.000			
Conceptual understanding	.835**	1.000		
Classification of formation mechanism	.381	.335**	1.000	
Rock classification ability	.100	.124	.550**	1.000

** $p < .01$

에서도 육안관찰을 통해 암석을 분류할 수 있는 능력을 배양하는 것을 주요한 목표로 삼고 있기 때문에 일선 학교는 물론 교사를 양성하는 사범대학에서부터 육안관찰을 통한 암석분류의 수업이 내실 있게 이뤄져야 할 것이다.

결론 및 제언

이 연구는 예비 과학교사들이 가지는 암석에 대한 이해수준과 실제 암석의 육안분류 능력과는 어떤 관계가 있는지 알아보았다. 이를 위하여 예비 과학교사들을 암석에 대한 이해수준에 따라 두 집단으로 구분한 후 17종의 화성암, 퇴적암, 변성암 표본을 제시하여 관찰하도록 하였다. 이 과정에서 이들의 육안분류 능력의 특징을 확인하였으며, 이를 통해 암석의 이해수준과 육안분류 능력과는 어떤 관계가 있는지 알아보았다. 이 연구를 통해 얻은 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 예비 과학교사들의 암석에 대한 이해를 알아본 결과 다양한 이해수준을 보이고 있었으며 일부는 대학 수준의 교육을 받았음에도 불구하고 여전히 중·고등학생들과 유사한 형태의 비과학적 개념을 가지고 있었다. 비록 이 연구가 제한된 인원을 대상으로 했다는 점에서 결과를 일반화하는데 무리가 있지만 참여 지역과 대상을 한 여러 연구에서 유사한 비과학적 개념을 가지고 있다는 것은 그만큼 광물과 암석에 대한 비과학적 개념이 오랫동안 견고하게 유지되고 있는 것으로 해석된다. 따라서 일선 중·고등학생들 뿐 아니라 사범대학의 과학교육학부에서 광물과 암석에 대한 수업을 할 때 학생들이 가지는 비과학적 개념에 대한 사전 확인을 통해 과학적 개념으로 변화시킬 수 있는 적절한 교수 처치가 필요할 것으로 생각된다.

둘째, 예비 과학교사들이 암석을 분류할 때 사용한 기준은 전체적으로 큰 차이가 없었지만 생성원인에 따라 암석을 분류할 때는 다소 차이를 보였다. 즉, 화성암은 주로 입자의 크기와 암석의 색깔을 기준으로 분류하여 적절한 분류기준을 보였지만 기공의 유무와 같은 표면적 특성 또한 높은 비율을 보이고 있었다. 한편 퇴적암과 변성암에 대해서는 암석에서 관찰할 수 있는 줄무늬의 유무, 입자의 크기를 동일한 분류기준으로 사용하고 있었다.

셋째, 암석의 육안분류에 대한 정확성을 살펴보면

화성암은 암석의 색과 입자 크기를 분류기준으로 하여 심성암인 화강암, 섬록암, 반려암 등을 비교적 쉽게 화성암으로 분류하고 있었지만 상대적으로 현무암을 제외한 화산암은 분류에 어려움을 느끼고 있었다. 또한 퇴적암과 변성암은 줄무늬의 유무와 입자 크기와 같은 동일한 분류기준을 사용함으로써 두 암석 유형의 차이를 잘 구분하지 못하였다. 특히, 퇴적암의 층리와 변성암의 엽리를 혼동하여 편암 등의 변성암을 퇴적암으로 잘못 구분한 경우가 많았으며, 또한 사암과 규암, 또는 석회암과 대리암 등 비슷한 광물로 구성된 퇴적암과 변성암을 구분하는데 어려움을 느끼고 있었다. 이런 문제를 해소하기 위해서는 먼저 수업에서 층리와 편리를 생성과정 및 표면 특성과 관련지어 설명해야 하며, 또한 퇴적암이 변성작용을 받을 때 나타나는 조직의 변화를 분명하게 가르칠 필요가 있을 것이다.

마지막으로 암석에 대한 이해수준과 암석의 육안분류 능력과의 관계를 살펴본 결과 이해수준이 높을수록 생성원인에 따른 육안분류 능력은 높았지만 암석명을 정확하게 구분하는 능력과는 유의미한 상관관계를 보이지 않았다. 그러나 생성원인에 따른 육안분류 능력이 높을수록 실제 암석명을 정확하게 구분하는 능력은 높은 상관관계를 보이고 있었다. 이와 같은 결과는 육안관찰을 통해 정확하게 암석명을 구분하기 위해서는 무엇보다 먼저 생성원인에 따른 암석분류가 정확하게 이루어져야 한다는 것을 보여준다. 이때 생성원인에 따른 암석분류를 정확하게 하기 위해서는 광물과 암석에 대한 기본지식을 바탕으로 나름대로의 논리를 갖추고 있어야 한다. 그러나 이러한 논리는 이론적으로 얻어지는 것이 아니라 여러 차례의 관찰 경험을 통해 얻어지는 것이다. 또한 화성암, 퇴적암, 변성암을 개별적으로 관찰하기 보다는 한꺼번에 관찰하는 경험을 통해 각 암석 유형의 공통점과 차이점을 바탕으로 분류기준을 고안해 보고 이 중에서 가장 적합한 분류기준을 선택하고 이들의 위계적인 순서를 정하는 절차에 대한 반복적인 연습이 있어야지만 얻어질 수 있다. 2009 개정 과학교육과정의 지구과학 II의 목표에서도 지구과학과 관련된 주요 개념을 바탕으로 실제적인 문제 해결에 적용하는 것을 강조하고 있기 때문에 광물과 암석에 대한 기본개념 이해를 바탕으로 암석의 육안분류 능력이 배양될 수 있도록 앞으로 암석의 육안관찰 실험의 기회가 확대될 필요가 있을 것이다.

References

- Baek, S.G. and Choi, I.H., 2006, The mastery learner judgement consistency rate of Rasch model-based standard setting method: Focused on the comparison with raw-score and Angoff method. *Journal of Education Evaluation*, 19, 157-178. (in Korean)
- Baker, F.B., 1985, *The basic of item response theory*. Heinemann, Portsmouth, USA, 131 p.
- Bond, T.G. and Fox, C.M., 2001, *Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human science*. Mahwah, New Jersey, USA, 288 p.
- Cho, K.S., 2011, Petrological investigation of the specimens in school rock garden in Jeonju, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 32, 113-123. (in Korean)
- Cho, K.S., Hwang, J.H., and Kim, C.B., 2003, Cognition of middle school students about 'the material and change of the earth's crust'. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 24, 128-134. (in Korean)
- Dyar, M.D., Gunter, M.E., Davis, J.C., and Odell, M.R.L., 2004, Integration of new methods into teaching mineralogy. *Journal of Geoscience Education*, 52, 23-30.
- Finley, F.N., Stewart, J., and Yaroch, W.L., 1982, Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66, 531-538.
- Ha, M.S. and Lee, J.K., 2013, The item response, generalizability, and structural validity for the translation of science motivation questionnaire II (SMQ II). *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 13, 1-18. (in Korean)
- Hammer, R., Brechmann, A., Ohl, F., Weinshall, D., and Hochstein, S., 2010, Differential category learning process: The neural basis of comparison-based learning and induction. *NeuroImage*, 52, 699-709.
- Howe, A.C., 2001, *Engaging children in science (3rd ed.)*. Prentice Hall, Ohio, USA, 334 p.
- Jung, S.G., Choi, S.W., and Kim, H.S., 1999, Development of CBI CD-ROM on identification of rocks. *Report of Science Education*, 30, 291-298. (in Korean)
- Kim, H.J., 2008, Item analysis of advanced progressive matrices for discrimination test of gifted based on Rasch model. *Journal of Educational Evaluation*, 21, 121-144. (in Korean)
- Kim, S.W., Yoon, M.H., and Zi, E.R., 1999, The comparative analysis of standard setting method for criterion-reference test. *The Journal of Educational Research*, 37, 227-247. (in Korean)
- Kim, Y.H., Chung, D.H., Cho, K.S., Choi, J., and Park, K.J., 2011, A perception of beginning earth science teachers on porphyritic texture. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 32, 860-870. (in Korean)
- 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, 83-94. (in Korean)
- Kwon, Y.J., Lee, J.K., and Lee, I.S., 2007, Development of the classification ability quotient equation through the analysis of science teachers' classification knowledge generated in the pollen classification task. *Secondary Education Research*, 55, 21-43. (in Korean)
- Lee, J.D., 1978, A study on the teaching plan of rock identification in earth science education. *Journal of Science and Science Education*, 3, 19-23. (in Korean)
- Linacre, J., 1996, A standard setting exercise. *Rasch Measurement Transactions*, 10, 521.
- Ministry of Education, Science and Technology, 2011, *Science curriculum*. Ministry of Education, Science and Technology, Seoul, Korea, 269 p. (in Korean)
- Moon, B.C., Jeong, J.W., and Chung, C.H., 2005, The classifying ability of the igneous rocks with naked eyes for preservice science teachers. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 26, 630-639. (in Korean)
- National Research Council, 2012, *A framework for K-12 science education: Practices, cross-cutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press, Washington, D.C., USA, 385 p.
- Orion, N. and Hofstein, A., 1997, Development and validation of an instrument for assessing the learning environment of outdoor science activities. *Science Education*, 81, 161-171.
- Park, G.H., 2000, The learning effect on the rock identification of middle school students in the inquiry laboratory activities using the rock key. *Korea National University of Education, Chungbuk, Korea*, 95 p. (in Korean)
- Rasch, G., 1981, *Probabilistic model for some intelligence and attainment tests*. The University of Chicago Press, Chicago, USA, 199 p.
- Seol, H.S., 2013, Standard setting method using item response theory. *Korean Education Inquiry*, 31, 179-192. (in Korean)
- Seong, T.J., 2001, *The understanding and applyment of item response theory*. Kyoyookbook, Gyeonggi, Korea, 147 p. (in Korean)
- Shin, D.H., 1994, The learning effect on the rock identification of high school students in the inquiry laboratory activities using the rock key. *Korea National University of Education, Chungbuk, Korea*, 102 p. (in Korean)
- Smith, R., 1997, Validating standard setting with modified Nedelsky procedure through common item test equating. *Journal of Outcome Measurement*, 1, 164-172.
- The Korean Earth Science Society, 2009, *Dictionary of earth science*. Bookshill, Seoul, Korea, 1235 p. (in Korean)

- Wee, S.M. and Choi, J.K., 2002, High school students' interest on minerals and rocks. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 23, 625-631. (in Korean)
- Wee, S.M., Cho H., Kim, J.S., and Kim Y.J., 2007, Characteristics of high school students' conceptual understanding about minerals and rocks. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 28, 415-430. (in Korean)
- Wright, B.D. and Stone, M.H., 2004, *Making measures*. The Phaneron Press, Chicago, USA, 140 p.
- Wright, B.D., Linacre, J.M., Gustafson, J.E., and Martin-Lof, P., 1994, Reasonable mean-square fit values. *Rasch Measurement Transactions*, 8, 370.
- Zi, E.L. and Chae, S.H., 2000, *The theory and practices of Rasch model*. Kyoyookbook, Seoul, Korea, 100 p. (in Korean)

Manuscript received: September 1, 2014

Revised manuscript received: September 22, 2014

Manuscript accepted: September 30, 2014