

암석 판별 탐구에서 중학교 영재들의 과학적 관찰의 특징 탐색

유은정^{1,*} · 장선경² · 고선영³

¹한국교육과정평가원, 27873, 충청북도 진천군 덕산읍 교학로 8

²고척고등학교, 04516, 서울특별시 구로구 중앙로 15길 162

³경인고등학교, 08275, 서울특별시 구로구 경인로 46길 31

Exploring the Characteristics of Scientific Observation of Gifted Middle-School Students in Rock Identification

Eun-Jeong Yu¹, Sun Kyung Jang², and Sun Young Ko³

¹Korea Institute for Curriculum and Evaluation, chungchengbuk-do 27873, Korea

²Gocheok High School, Seoul 08239, Korea

³Kyeongin High School, Seoul 08275, Korea

Abstract: This study aimed to explore the characteristics of scientific observation and reasoning of gifted middle-school students in rock identification. Five rock samples that are considered important as per science textbooks, including igneous, metamorphic, and sedimentary rocks, were provided to 19 first-year middle-school students attending a gifted education center. Students were asked to infer the formation process, type, and name of each rock. The results showed that the characteristics of rocks that students primarily paid attention to included color, texture, and structure. Students immediately succeeded in identifying common rocks based on memory; however, meaningful inferences were not made. In case of rocks that students faced difficulty discriminating, significant reasoning processes were revealed through discourse. In addition, although scientific reasoning was properly constructed based on meaningful observations, there were cases wherein rock identification failed. These results will contribute to determining the current level of understanding of middle-school students in rock identification activities and finding ways to provide students with meaningful scientific observation and inference experiences through rock identification in the school field.

Keywords: rock identification, middle school, gifted, scientific observation

요약: 본 연구의 목적은 암석 판별 탐구에서 중학교 영재학생들의 과학적 관찰과 추론의 특징을 탐색하기 위함이었다. 이를 위하여 영재교육원에 다니는 19명의 중학교 1학년 학생들에게 과학 교과서에서 중요하게 다루는 화성암, 변성암, 퇴적암이 포함된 5가지 암석 샘플을 나누어 주고 각 암석의 형성과정, 종류, 이름 등을 유추해 보도록 하였다. 연구 결과, 학생들이 주로 주목하는 암석의 특징은 색, 조직, 구조로 나타났다. 전형적인 암석의 경우 기억에 의존하여 즉각적으로 암석 판별에 성공하나 관찰에 근거한 유의미한 추론이 이루어지지 못하는 반면, 판별에 어려움을 겪는 암석의 경우 관찰에 근거한 유의미한 추론 과정이 담화를 통해 드러나기도 하였다. 또한 유의미한 관찰 결과로부터 과학적 추론을 타당하게 구성하였으나 암석 판별에 실패한 경우도 나타났다. 본 연구 결과는 중학생들의 암석 판별 탐구 활동에서 학생들의 현 수준을 파악하고, 학교 현장에서 이루어지는 암석 판별 탐구가 학생들에게 과학적 관찰과 추론의 경험을 제공할 수 있도록 방안을 모색하고, 시사점을 제공하고자 한다.

주요어: 암석 판별, 중학교, 영재, 과학적 관찰

*Corresponding author: geoscience@kice.re.kr
Tel: +82-43-931-0313

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

암석 종류? 그냥 암석 이름을 다 정하자.
 편마암?
 편마암이 뭐지?
 그냥 찍었거든.
 근데 이름이 갑자기 생각이 안나.
 퇴적암이 많은 종류의 암석이 아니야?
 뭐가 퇴적암이야?
 기억나는 게 없어.
 솔직히 말하면 우리 다 지금 모르고 있어.
 (본 연구 참여자 2모둠 암석 판별 활동 중, 2020. 7.)

2015 개정 과학과 교육과정의 내용 체계를 살펴보면, 광물과 암석은 ‘고체 지구’ 영역에서 ‘지구의 구성 물질’을 핵심개념으로 하여 ‘지각은 다양한 광물과 암석으로 구성되어 있고, 이 중 일부는 자원으로 활용된다.’는 것을 학생들이 이해하는 것을 목표로 한다. 초등학교 3-4학년군 과학에서 ‘흙의 생성과 보존’, ‘풍화와 침식’, ‘화강암과 현무암’, ‘퇴적암’을 학습하고, 중학교 1-3학년군 과학에서 ‘광물’, ‘암석’, ‘암석의 순환’, ‘풍화작용’, ‘토양’을 학습한 후, 고등학교 선택과목 지구과학I에서 ‘변동대 화성암의 종류’, ‘퇴적 구조와 환경’을, 지구과학 II에서 ‘구산염 광물’, ‘광물식별’, ‘암석의 조직’, ‘광상’에 이르기까지 내용 요소들이 종적으로 연계되어 있다. 이를 통해 고체 지구에 대한 기본 개념의 통합적인 이해 및 과학의 탐구 경험을 통해 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생학습 능력 등의 과학과 핵심 역량을 함양하도록 하고 있다. 이를 위해, 광물과 암석에 대한 상세한 내용 암기를 지양하고, 암석 내에 기록되어 있는 다양한 구조로부터 암석이 생성되는 고유의 환경이 가지는 의미를 이해하는 데 중점을 두도록 하며, 나아가 우리의 실생활에서 다양하게 광물과 암석이 사용되고 있다는 것을 직접 체험할 수 있도록 교수·학습을 계획할 것을 권고하고 있다(MOE, 2015).

그러나 서두에서 소개한 어느 중학교 1학년 과학 영재의 암석 판별 활동에서 학생들의 담화처럼 암석 판별 탐구 활동에 대해 학생들은 큰 흥미를 느끼지 못하는 경우가 많고, 이해보다는 암기 위주의 단원으로, 외울 것이 많고 지루하며,

실생활과 전혀 관련이 없는 것으로 인식하는 경우가 많다(Lee, 2001; Park, 2005; Wee and Choi, 2002; Wee et al., 2007). 더구나 광물과 암석의 용어의 대부분이 한자어와 외래어를 한글로 표기한 것이 많고, 지질학 교재에 나와 있는 암석명의 경우도 각국의 용어를 원어 그대로 사용하는 경우가 많아 광물과 암석의 용어를 지구과학을 전공한 예비교사나 과학 교사들조차도 그 어원과 뜻을 이해하지 못하고 사용하는 경우가 많다(Lee et al., 2011; Park and Cho, 2014). 또한 초·중학교에 보관된 암석 표본과 암석원의 경우 명패와 설명서에 오류가 발견되기도 하며, 암석의 특징을 구별하기 어려울 만큼 오래된 표본이거나 잘못 감정된 경우가 있어 학습 자료로 활용하기에 문제가 있음을 밝히기도 하였다(Cho, 2011; Kwon and Kim, 2012).

이런 이유로 학생들이 광물과 암석 단원을 학습할 때 의미를 이해하기 보다는 지식을 암기하는 것에 초점이 맞추어져 지질학적 관점을 가지고 해석하고, 적용하여, 자기지식으로 재구성하는 추론으로서의 이해나 전이 가능한 이해(Wiggins and McTighe, 2005)에 이르지 못하는 경우가 많았다. 그러나 암석을 관찰하고 생성 과정을 추론하여 암석을 성인별로 분류하는 활동은 학생들이 과학적 관찰, 추론, 분류 등 다양한 과학적 탐구를 직접 경험할 수 있는 지구과학 분야에서 가장 대표적이며 중요한 탐구 활동 중 하나이다. 암석 판별 과학 탐구를 수행하는 것은 자연으로부터 증거를 수집하는 과정이며, 과학은 자연 세계에 대한 증거기반 지식을 얻기 위한 노력이다(Watson et al., 2004; Millar, 2004). 따라서 학생들에게 암석 판별 과정에서 흥미와 호기심을 유도하여 학생들이 암석 판별 탐구 활동에 참여하게 만들고, 이를 통해 학생들은 과학적 탐구를 경험하며 과학적 탐구 능력뿐만 아니라 과학적 지식 습득에도 도움을 받을 수 있어야 한다(Yu et al., 2021; van Schijndel et al., 2018; Wu et al., 2018).

암석 판별 과제가 의미 있게 진행되기 위해서 추론과제 맥락에서 혹은 지질학적 관찰 프레임워크를 활용하여 지질학적 맥락을 이해하고 이를 활용하는 방법을 제안하는 국내외 선행 연구가 여러 학자들(Ford, 2005; Froyland et al., 2016; Jung and Shin, 2020; Oh, 2020a; Remmen and

Froyland, 2020)에 의해 이루어지고 있다. 이들 연구에서는 암석 판별 탐구 활동이 암석명을 기억하여 제한 시간 내에 암석을 매칭하고 분류하는 활동에서 끝나지 않고, 과학적 관찰을 통해 암석의 특징을 암석의 형성 과정과 연결시킬 수 있도록 교사의 명시적 비계를 바탕으로, 학생들이 직접 가설을 설정해 보고, 지질학의 역사를 해석하고 추론하는 인과론적 탐구와 역사학적 탐구를 경험해 보는 것이 중요함을 강조한다. 왜냐하면 “지구과학에서의 탐구는 어떤 현상이 일어나기 위한 모든 조건들을 밝혀내기 어려운 경우가 많고, 원인과 결과의 관계를 설득력 있게 제시할 수 있는 범위 내에서 어떤 하나의 사건이나 사건들의 복잡한 상호작용을 원인으로 선택할 수 있을 뿐이기 때문이다”(Engelhard and Zimmermann, 1982; Oh and Kim, 2005). 이러한 이유로 이상의 선행 연구들은 주로 야외 지질답사 프로그램 맥락에서 여러 차시에 걸친 연구를 수행하면서 노두에 있는 암석을 직접 관찰하여 어떠한 특징과 단서를 찾아 개연성 있는 가설을 생성하여 가장 좋은 가설을 설명하기 위한 추론을 정교화하는 과정을 분석한 연구가 대부분이었다. 그러나 이들 연구는 중등학교에서 제한된 시간과 공간에서 암석 판별 탐구를 진행해야 하는 현장 과학 교사들에게 교수학습 상황을 개선하기 위한 시사점을 제공하는 데에 실증적 기여가 어려운 측면이 많았다. 학교 현장에서 이루어진 연구도 있으나 초등학생을 대상으로 하여 특정 암석에만 초점을 맞추는 등 암석 판별 활동의 실제적인 모습을 보여주는 데에는 한계점이 있었다.

이에 본 연구에서는 암석 판별 과정에서 나타나는 중학교 1학년 과학영재 학생들의 모듈별 담화내용과 탐구 활동지를 중심으로 암석 판별을 위한 관찰기반추론 과제 수행 수준을 분석하고 그 특징을 파악하여 구체적인 사례를 소개하고자 한다. 이를 통해 학교에서 이루어지는 암석 판별 탐구 활동이 단편적 지식 중심의 탐구가 아닌 유의미한 관찰 결과로부터 과학적 추론을 경험할 수 있는 탐구가 이루어지도록 향후 학생 지도에 시사점을 도출하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 참여자

본 연구는 2020년 7월 현재 수도권 소재 시도 교육청 영재교육원 중학교 1학년 학생을 대상으로 하였으며, 연구에 참여할 것을 동의한 19명(남학생 11명, 여학생 8명)의 중1 과학 영재이다. 이들은 서로 다른 중학교에 재학 중이며 정해진 토요일마다 과학영재 프로그램을 온라인 혹은 오프라인으로 수강하고 있었다. 영재교육원에서 암석 판별 탐구 활동이 이루어진 7월 당시 학생들은 각자의 학교 상황에 따라 과학 교과서 1단원 ‘지권의 변화’ 중 암석과 광물에 대해 대면 또는 비대면 수업으로 개념 학습을 이미 마친 상태였다. 그러나 학생마다 학습한 내용 및 방법이 상이하여 암석 표본을 실제로 관찰한 경험이 있는 학생들도 있는 반면, 온라인상에서 암석을 관찰한 학생도 있었다. 이를 보완하기 위하여 영재 교육원 지구과학 강사이자 본 연구의 공동 연구진 중 1인이 직접 녹화한 ‘광물과 암석’에 관한 온라인 강의를 구글 클래스룸에 업로드하고 온라인 과제도 부여하였다. 암석 판별 탐구를 수행하기 전에 학생들은 모두 온라인 수업을 수강하였고, 영상 강의를 통해 암석 샘플을 확인하고 본 연구에 참여하였다.

2. 자료수집

3~4인 1모듈으로 구성된 모듈별 암석 판별 탐구는 암석의 종류와 이름을 판별하기 위해 암석의 특징을 관찰하고 암석의 성인을 추론하는 탐구 활동이다. 19명의 학생들은 총 5개 모듈로 임의로 배정되었고, 모듈별로 서로 다른 암석 샘플 5개를 관찰하고 암석의 종류와 생성과정을 추론하여 활동지에 작성하도록 하였다. 5개의 암석 샘플을 판별하는 탐구 활동은 크게 2단계로 이루어졌다.

첫째, 코로나 19 상황에서 학생들 간의 접촉을 최소화하는 동시에 각자 암석을 충분히 관찰할 시간을 부여하기 위하여 1~5번까지 번호를 붙여 나누어 준 암석 샘플을 하나씩 개별적으로 관찰

| <p style="text-align: center;">모듬명: 이름:</p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">암석을 분류해보자.</p> <p style="font-size: small;">오늘 해볼 활동은 암석 분류하기 활동입니다. 여러분은 암석마다 다른 과정을 거쳐서 만들어졌다고 배웠습니다. 그리고 각각의 특징도 살펴보았습니다. 앞에 있는 1번부터 5번까지의 암석을 관찰하고 이 암석들의 이름과 생성 과정을 유추해 봅시다.</p> <p style="font-size: small;">◆ 어떻게 할까?</p> <p>1. 각지 5개의 암석을 한 개씩 관찰하고 이 암석의 이름과 생성 과정을 유추해 보고 학습지에 이 암석의 이름과 특징, 생성과정을 쓰고 왜 그렇게 생각하시는 이유를 최대한 구체적으로 설명하세요. 시간은 15분입니다.</p> <p style="font-size: x-small;">예) 그렇게 생각한 이유는 아래와 같은 문장으로 적습니다. " 이 암석은 이런.. 특징으로 보아 이렇게.. 생성되었다고 생각합니다. " " 이런..... 특징으로 보아 이렇게..... 생성되었다고 생각합니다. " " 이렇게..... 생성되었으므로 이런..... 특징이 있다."</p> <p>2. 모듬원끼리 모아서 암석 1번부터 5번까지 암석의 이름과 생성 과정을 유추해 봅니다. 돌아가면서 각 암석의 이름과 생성 과정에 대한 자신의 의견을 말하고 의견이 다를 경우 토의를 통해 최종적인 암석의 이름과 생성 과정을 결정합니다. 모듬원 토의는 15분이야 토의가 활발하게 이루어지도록 모두 참여해 주세요.</p> <p style="font-size: x-small;">● 토의가 이루어질 때는 반드시 마스크를 착용하고 거리를 유지하며 토의합니다. 마스크를 끼고 말하기 때문에 조금 큰 소리로 이야기해야 합니다. 토의는 주제 이외의 이야기는 하지 않습니다. 다른 친구가 이야기 할 때는 잘 듣고, 필요한 말만 하도록 합니다.</p> | <p style="text-align: center;">모듬명: 이름:</p> <p style="font-size: small;">◆ 모듬별 활동지</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="font-size: x-small;">암석 번호</th> <th style="font-size: x-small;">암석 이름</th> <th style="font-size: x-small;">암석 종류</th> <th style="font-size: x-small;">생성과정</th> <th style="font-size: x-small;">왜 그렇게 생각했나요?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> | 암석 번호 | 암석 이름 | 암석 종류 | 생성과정 | 왜 그렇게 생각했나요? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------|-------|--------------|------|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 암석 번호 | 암석 이름 | 암석 종류 | 생성과정 | 왜 그렇게 생각했나요? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fig. 1. Group Worksheet

하고 관찰 특징을 개별 활동지에 기록하는 시간을 10분 내외로 가졌다. 이때 학생들 간에 관찰한 내용이나 의문점 등은 공유하지 못하도록 주의를 주어 학생들은 의견 교환을 하지 않고 조용히 개별적으로 암석 판별 탐구를 수행하였다.

둘째, 모든 학생이 개별 관찰을 마무리한 후, 모듬별 상호의견 교환을 통해 최종적으로 암석 판별 탐구를 진행하도록 하였다. 모듬별로 상이한 암석 샘플을 나누어 주고 번호도 모듬마다 다르게 부여하여 학생들이 모듬 내 상호작용에 집중할 수 있도록 하였다. 이때 학생들이 주목하는 관찰 포인트와 그렇게 판별한 이유를 명확히 파악하기 위해 Oh(2020a)의 연구에서 제안한 추론 과제 형식과 같이 “~ 특징으로 보아, ~ 과정을 통해 만들어진 암석이라고 생각한다.” 라고 모듬별 활동지(Fig. 1)에 적고, 가능하다면 암석의 이

름도 기록하도록 하였다. 15분 내외의 시간 동안 모듬별 암석 판별 탐구가 진행되었으며, 모듬별 담화 내용을 녹음하였다. 자유롭게 의견 교환을 하되, 여러 학생이 한꺼번에 이야기하지 말고, 모든 학생이 참여하여 자신의 의견을 개진하는 것이 중요함을 강조하였다. 본 연구에서 분석에 사용한 자료는 주로 모듬별 녹음 자료로 모두 전사되었고, 전체 수업 상황을 녹화한 자료는 누락된 부분을 보완하는 방식으로 활용되었다. 모듬별 활동지는 담화 분석을 위한 참고 자료로 활용되었다.

학생들이 관찰한 암석 샘플은 연구자가 소장한 암석들이며, 중학교 과학1 교과서에서 중요하게 다루는 암석으로 각각 화성암, 변성암, 퇴적암이 고루 배치되도록 하였다. Table 1은 모듬별로 나누어 준 암석 샘플을 나타낸 것이다.

Table 1. Rock samples

| 1모듬 | | | | | 2모듬 | | | | | 3모듬 | | | | |
|-----|-----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 현무암 | 사암 | 세일 | 규암 | 편마암 | 반려암 | 사암 | 세일 | 화강암 | 편마암 | 현무암 | 사암 | 세일 | 규암 | 편마암 |
| 4모듬 | | | | | 5모듬 | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 대리암 | 반려암 | 사암 | 세일 | 현무암 | 규암 | 세일 | 현무암 | 유문암 | 편마암 | | | | | |

3. 자료 분석

본 연구에서는 학생들의 암석 판별 과정에서 나타나는 과학적 관찰과 추론의 특징을 이해하기 위하여 모듈별 담화 전사 기록물과 모듈별 활동지 분석을 4단계로 수행하였다.

1단계에서, 지구과학교육학 박사 2인과 석사 1인으로 구성된 3명의 연구진은 5개 모듈의 담화 전사 기록물과 모듈별 활동지를 여러 차례 읽으면서 각 모듈의 암석 판별 탐구의 특징을 일정한 틀 없이 다양한 각도에서 이해하고자 하였다. 이 과정에서 연구진은 각 모듈의 학생들이 주목하는 암석의 특징에 대해 범주화하며 합의가 이루어질 때까지 논의를 계속하였다.

2단계에서는 Oh(2020a)가 제시한 과학적으로 타당한 암석 기술어(rock descriptor)를 엑셀에 범주화하여 기록하고 각 모듈별 담화 전사 기록물과 모듈별 활동지에서 해당 내용을 찾아 발췌하는 작업이 이루어졌다. 이 과정에서 연구진은 암석 기술어를 조직, 구조, 색, 표면, 기타 등의 범주로 나누어 엑셀에 해당 내용을 기록하고, 각 모듈의 담화 전사물을 반복적으로 읽으며 집중적으로 특징을 파악하고자 하였다. 이를 위해 모듈별 활동을 암석별 혹은 성인별로 나누어 담화 내용을 분석한 결과, 암석 판별 과정에서 유의미한 관찰이 반드시 유의미한 추론으로 연결되는 것은 아니며, 암석 판별을 위한 담화가 유의미하지 않은 경우에도 암석 판별에 성공하는 사례가 있음을 발견할 수 있었다. 2단계에서 암석 판별 탐구 활동 분석을 위해 주목한 것을 정리하면 Fig. 2와 같다.

3단계에서는 학생들이 주목하는 암석의 특징이 암석 판별을 위한 유의미한 추론으로 연결되고 있는지 확인하기 위하여 Remmen and Frøyland (2020)가 제시한 암석 분류를 위한 관찰 프레임워크(observation framework for rock classification)

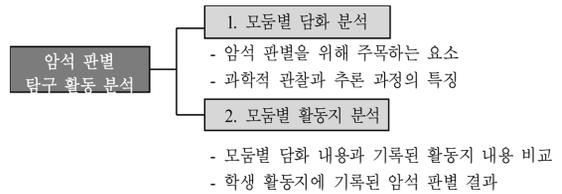


Fig. 2. Analysis content for each data

의 두 가지 과학적 요소인 ‘주목(noticing)’, ‘예상(expectation)’을 준거로 일상적(Everyday), 과도기적(Transitional), 과학적(Scientific) 수준으로 분류하는 작업을 수행하였다(Table 2). ‘주목’은 암석과 관련된 어떠한 특징에 주목하여 관찰하는 정도를 의미하며, ‘예상’은 주목하여 관찰한 암석의 특징이 암석의 생성 과정과 어떻게 연결되는지 추론하는 정도를 의미한다. ‘주목’과 ‘예상’ 각 요소는 ‘일상적’, ‘과도기적’, ‘과학적’의 세 가지 수준으로 구분되며, 피상적 학습에서 점차 심층적 학습으로의 진행을 반영한다. ‘주목’의 ‘일상적’ 수준은 암석의 부차적인 특징에 주목하거나 기억에 의존하여 암석을 판별하는 경우에 해당하며, ‘주목’의 ‘과도기적’ 수준은 암석의 주요한 특징에 주목하여 관찰하나 암석 판별과 유의미하게 연결 짓지 못하는 경우에 해당한다. ‘주목’의 ‘과학적’ 수준은 암석의 주요한 특징에 주목하여 관찰하고 이를 암석 판별에 유의미하게 연결 짓는 경우에 해당한다. 한편, ‘예상’의 ‘일상적’ 수준은 암석의 생성과정에 대해 지식이 부족하여 암석의 특징을 암석의 성인과 연결시키지 못하는 수준에 해당하며, ‘예상’의 ‘과도기적’ 수준은 주목한 암석의 특징을 암석의 생성과정에 대한 단편적 지식과 연결시켜 나름대로 추론을 시도하는 경우에 해당한다. ‘예상’의 ‘과학적’ 수준은 암석의 생성 과정에 대한 과학적 지식을 바탕으로 주목한 암

Table 2. Observation framework for rock classification

| | 일상적(Everyday) | 과도기적(Transitional) | 과학적(Scientific) |
|---------------------|--|---|---|
| 주목 (noticing) | - 암석의 부차적 특징에 주목하여 암석의 범주화와 관련된 정당화 과정 없이 암석명을 말하거나 기억에 의존하여 암석명을 명명함. | - 암석의 주요 특징을 알아차리지만 암석의 범주화와 관련된 지식이 부족하여 암석명을 유의미하게 명명하지 못함. | - 암석의 주요 특징에 주목하고 암석의 범주화와 관련된 과학적 지식을 이용하여 암석명을 유의미하게 명명함. |
| 예상 (expectation) | - 암석의 생성과정에 대해 지식이 부족하여 암석의 특징을 암석의 성인과 유의미하게 연결시키지 못함. | - 암석의 생성과정에 대한 단편적 지식을 바탕으로 암석의 특징을 암석의 성인과 나름대로 연결시켜 해석함. | - 암석의 생성과정에 대한 과학적 지식을 바탕으로 주목한 암석의 특징을 암석의 성인과 연결시켜 유의미하게 추론함. |

Table 3. Analysis framework

| | | 주목(noticing) | | |
|-----------------|----------|--|--|--|
| | | 일상적 | 과도기적 | 과학적 |
| 예상(expectation) | | - 암석 판별에 유의미하지 않은 암석의 부차적 요소를 관찰한 경우 (예: 냄새 등) | - 암석 판별에 유의미한 요소를 관찰하였으나, 실제 암석 판별에 유의미하게 사용하지 못한 경우 (예: 구조, 조직, 색 등) | - 암석 판별에 유의미한 요소를 관찰하고, 실제 암석 판별에 유의미하게 사용한 경우 (예: 구조, 조직, 색 등) |
| | 추론 과정 없음 | - 별다른 추론 과정이나 논리 없이 기억에 의존하여 암석을 즉각적으로 판별하고 생성 과정을 서술한 경우 | | |
| | 일상적 | - 관찰 사실과 연관 지어 암석의 생성 과정을 추론하였으나 과학적이지 않은 경우 | | |
| | 과도기적 | - 관찰 사실과 연관 지어 암석의 생성 과정을 의미 있게 추론하였으나 암석 판별에 실패한 경우 | | |
| | 과학적 | - 암석의 생성 과정을 정확하게 관찰 사실과 연관 지어 의미 있게 추론하였고, 암석 판별에도 성공한 경우 | | |

석의 특징을 암석의 성인과 연결시켜 추론하는 수준을 의미한다.

이 과정에서 학생들의 암석 판별 활동에서 나타나는 ‘주목’과 ‘예상’의 수준이 항상 일치하는 것은 아니므로 학생들의 모둠 담화 내용과 모둠 활동지를 입체적으로 해석하기 위하여 가로축에는 ‘주목’을 세로축에는 ‘예상’을 배치하고 각각을 일상적, 과도기적, 과학적 수준으로 나누어 해당 항목에 구체적인 사례를 적어 가면서 ‘주목’ 수준과 ‘예상’ 수준을 각각 분석하는 것이 필요함에 연구진은 합의하였다. 이에 분석틀을 Table 3과 같이 매트릭스 형태로 재배치하고 모둠 담화 내용과 모둠 활동지 분석 과정을 반복하여 해당 사례를 해당 칸에 배치하며 분석을 정교화 하였다. Table 3에서 예상에 ‘추론과정 없음’을 추가로 설정한 이유는 모둠 학생들이 잘 알고 있는 암석의 경우(예: 현무암) 유의미한 추론 과정 없이 직관적으로 암석명과 암석의 종류를 말하고, 관찰 사실이 아닌 기억에 의존하여 생성과정을 기술하는 사례가 다수 나타났기 때문이다. 이 경우는 관찰 사실에 근거한 추론 과정이 배제된 상태로 암석을 판별한 경우에 해당하므로 ‘예상’이 전혀 드러나지 않는 ‘추론과정 없음’에 해당한다고 판단되어 추가적으로 이 단계를 설정하였다.

마지막으로 최종 재구성된 분석틀에 의거하여

모둠별 담화 전사물과 모둠별 활동지를 개별 연구자가 재검토하며 최종 분석한 결과를 공유하였다. 이 과정에서 향후 암석 판별 탐구를 교수학습 상황에서 지도할 때 유의할 점이 무엇인지 논의하는 시간을 갖게 되었고 이를 통해 본 연구의 시사점과 의의를 도출할 수 있었다.

연구 결과

1. 학생들이 암석 판별 과정에서 주목하는 요소

학생들이 암석 판별 과정에서 주목하는 요소를 Oh(2020a)의 암석 기술어를 바탕으로 조직, 구조, 색, 표면, 기타 등으로 범주화하여 분석한 결과 Table 4와 같았다.

Table 4에서 보는 바와 같이, 학생들이 암석을 판별하는 과정에서 주로 주목하는 요소는 암석의 색이며, 다음으로 구조와 조직을 많이 언급하였고, 그 외에 촉감, 길모양, 표면, 염산 반응, 냄새 등을 필요에 따라 부차적으로 주목하는 것을 확인할 수 있다. 이를 암석 성인별로 나누어 주목하는 요소를 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 화성암의 경우 학생들은 구조와 색을 주요 판별 준거로 삼으며, 그 다음으로 조직에 주목하고, 염산 반응이나 광택을 간혹 이용하기도 한다. 학생들은 화성암의 주요 분류 기준인 입자

Table 4. Noticing factors in the process of rock identification

| 모둠 | 암석명 | 종류 | **학생응답 | | 조직 | 구조 | 색 | 표면 | 모양 | 촉감 | 광택 | 냄새 | *염산 반응 |
|----|-----|-----|--------|-----|------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------|-----|--------------|-----|----------|--------|
| | | | 암석명 | 종류 | 구성입자 입자크기 입자모양 입자분포 | 표면무늬 층리구조 엽리구조 구멍구조 | 한가지색 여러색 명암 투명도 | 이물질 흔적 | 겉모양 | 절대촉감 상대촉감 | 반짝임 | 식초 냄새 | |
| 1 | 현무암 | 화성암 | 현무암 | 화산암 | | ✓ | ✓ | | | | | | |
| | 사암 | 퇴적암 | 반려암 | 심성암 | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| | 세일 | | 이암 | 퇴적암 | ✓ | | ✓ | | | ✓ | | | |
| | 편마암 | 변성암 | 편마암 | 변성암 | | | | | | | | | |
| | 규암 | | 규암 | 변성암 | | ✓ | ✓ | | | | | | ✓ |
| 2 | 반려암 | 화성암 | 무 | 화산암 | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| | 화강암 | | 무 | 퇴적암 | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| | 사암 | 퇴적암 | 무 | 화산암 | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| | 세일 | | 편마암 | 변성암 | | ✓ | ✓ | | ✓ | | | | |
| | 편마암 | 변성암 | 무 | 화산암 | | | | | | | | | |
| 3 | 현무암 | 화성암 | 현무암 | 화산암 | | ✓ | ✓ | | | | | | |
| | 사암 | 퇴적암 | 반려암 | 심성암 | ✓ | | | | | | | | |
| | 세일 | | 세일 | 퇴적암 | ✓ | | | | | ✓ | | | |
| | 편마암 | 변성암 | 편마암 | 변성암 | | ✓ | ✓ | | | | | | |
| | 규암 | | 석회암 | 퇴적암 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | ✓ |
| 4 | 현무암 | 화성암 | 현무암 | 화산암 | | ✓ | | | | | | | |
| | 반려암 | | 반려암 | 심성암 | ✓ | | ✓ | | | | ✓ | | |
| | 사암 | 퇴적암 | 섬록암 | 퇴적암 | ✓ | | | | | | | | ✓ |
| | 세일 | | 세일 | 퇴적암 | ✓ | | ✓ | | | ✓ | | | |
| | 대리암 | 변성암 | 사암 | 퇴적암 | | | ✓ | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5 | 현무암 | 화성암 | 현무암 | 화성암 | | ✓ | ✓ | | | | | | |
| | 유문암 | | 무 | 화성암 | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | ✓ |
| | 세일 | 퇴적암 | 세일 | 퇴적암 | | ✓ | | | | ✓ | | | |
| | 편마암 | 변성암 | 편마암 | 변성암 | | ✓ | ✓ | | | | | | |
| | 규암 | | 대리암 | 변성암 | | | | | | | | | |

*염산 반응은 학생들이 시도하려고 하였으나, 제공되지 않았음

**셀 음영은 학생들이 암석명을 바르게 판별한 경우임

의 크기와 암석의 색 중 주로 색을 이용하여 화성암을 분류하는 것으로 나타났다.

둘째, 퇴적암의 경우 학생들은 주로 조직, 색, 촉감, 구조에 주목하였으며, 겉모양과 염산 반응 등을 간혹 언급하였다. 이는 쇄설성 퇴적암의 주요 분류 기준인 층리 구조와 구성 입자 등의 조직을 주요 판단근거로 하여 학생들이 퇴적암을 분류하고 있음을 보여준다. 그러나 퇴적암의 경우 퇴적 환경에 따라 암석의 색이 달라질 수 있음(Park and Cho, 2014)에도 학생들은 성인에 관계없이 암석의 색을 가장 주요한 암석 판별 척도

로 삼는 한계점을 보여 주었다. 비록 학생들은 구성 입자나 크기, 층리 및 촉감 등 암석의 조직과 구조를 퇴적암의 판별을 위해 언급하였으나 판별과 연결되지 않는 경우도 나타났다.

셋째, 변성암의 경우 학생들은 구조, 색 뿐만 아니라 조직, 표면, 모양, 광택, 냄새, 염산 반응 등 가장 많은 요소를 동원하여 판별에 활용하고 있었다. 이는 변성암의 경우 변성 작용의 정도에 따라 암석 조직의 치밀도, 운모 등의 층상광물 생성으로 인한 광택 증가, 엽리의 형태 변화, 입자의 크기 증가 등 변성암의 주요 특징과 연결되

는 요소들을 통해 적절하게 암석 판별에 활용하고 있음을 나타낸다. 그러나 제시된 암석과 관계 없는 요인에 집중하여 암석을 바르게 판별하지 못하는 경우도 다수 있었다. 이는 학생들이 암석을 판별할 때, 암석의 성인을 먼저 찾아낸 후 암석의 종류(이름)를 판별해야함에도, 암석의 이름을 찾아내는 데 집중하여 암석의 성인을 먼저 추론하는 과정을 거치지 않기 때문인 것으로 볼 수 있으며, 또한 각각의 성인에 따른 암석 판별 준거가 달라짐을 명확하게 인지하지 못하기 때문이라고도 볼 수 있다. 학생들에게 염산반응 관찰을 통해 암석을 구분하는 기회를 제공했다면 암석 판별에 유용하게 활용되었을 것으로 보인다. 암석 판별 탐구 과정에서 염산이 제공되지 않은 점은 본 암석 판별 수업에서 한계점으로 판단된다.

한편, 학생들의 암석 판별 평균 정답률을 살펴보면 전체 25개의 암석 중 12개의 암석 판별에

성공하여 48%에 해당함을 알 수 있다. 모듈별로 살펴보면 대부분의 모듈이 5개의 암석 중 3개의 암석 판별에 성공하는 등 비교적 전형적인 암석에 대해서는 암석을 잘 판별하고 있는 것으로 보인다. 그러나 2모듈의 경우 5개의 암석 중 1개의 암석도 판별해 내지 못하는 것으로 보아 학생들 간의 큰 편차가 존재한다는 점에 주의해야 할 것이다. 암석의 성인별 정답률을 살펴보면, 화성암의 경우 63%의 정답률을, 퇴적암의 경우 33%의 정답률을, 변성암의 경우 50%의 정답률을 나타낸다. 이는 암석의 성인별로 암석 판별에 난이도가 존재한다기 보다는 현무암의 경우 100% 암석 판별에 성공하고, 사암의 경우 100% 암석 판별에 실패한 결과로 기인한 것으로 판단된다.

학생들이 가장 쉽게 판별한 암석은 현무암으로 4개 모듈이 모두 판별에 성공하였고, 가장 판별에 어려움을 겪은 암석은 사암으로 4개 모듈이 모두

Table 5. Analysis results

| | | 일상적 | 과도기적 | 과학적 |
|-------------------|--|--|--|--|
| 주목(noticing) | | - 암석 판별에 유의미하지 않은 암석의 부차적 요소를 관찰한 경우 (예: 냄새 등) | - 암석 판별에 유의미한 요소를 관찰하였으나, 실제 암석 판별에 유의미하게 사용하지 못한 경우 (예: 구조, 조직, 색 등) | - 암석 판별에 유의미한 요소를 관찰하고, 실제 암석 판별에 유의미하게 사용한 경우 (예: 구조, 조직, 색 등) |
| | 예상(expectation) | | | |
| 추론 과정 없음 기억 회상 | - 별다른 추론 과정이나 논의 과정 없이 암석을 즉각적으로 판별하고 기억에 의존하여 생성 과정을 서술한 경우 | | 3모듈 사암(반려암/심성암) | 1모듈 현무암(현무암/화산암)* 3모듈 현무암(현무암/화산암)* 4모듈 현무암(현무암/화산암)* 5모듈 현무암(현무암/화산암)* 3모듈 세일(세일/퇴적암)* 4모듈 세일(세일/퇴적암)* 5모듈 세일(세일/퇴적암)* 1모듈 편마암(편마암/변성암)* 3모듈 편마암(편마암/변성암)* 5모듈 편마암(편마암/변성암)* |
| | 일상적 | - 관찰 사실과 연관 지어 암석의 생성 과정을 추론하였으나 과학적이지 않은 경우 | 2모듈 편마암(무/화산암) 5모듈 규암(대리암/변성암) 4모듈 대리암(사암/퇴적암) | |
| 과도기적 | - 관찰 사실과 연관 지어 암석의 생성 과정을 의미 있게 추론하였으나 암석 판별에 실패한 경우 | | 2모듈 사암(무/화산암) ** 4모듈 사암(섬록암/퇴적암)** 1모듈 사암(반려암/심성암)** 3모듈 규암(석회암/퇴적암)** 2모듈 세일(편마암/변성암)** 2모듈 화강암(무/퇴적암)** 2모듈 반려암(무/화산암)** 1모듈 세일(이암/퇴적암)** | 5모듈 유문암(무/화성암) |
| | 과학적 | - 암석의 생성 과정을 정확하게 관찰 사실과 연관 지어 의미 있게 추론하였고, 암석 판별에도 성공한 경우 | | 1모듈 규암(규암/변성암)*** 4모듈 반려암(반려암/심성암)*** |

()안은 모듈별 학생 응답임
I군*, II군**, III군***

판별에 실패 하였다. 그러나 100% 암석 판별에 성공한 현무암에서는 오히려 학생들의 논의가 거의 이루어지지 않는 반면, 100% 암석 판별에 실패한 사암의 경우 활발한 논의가 오고가는 것을 다음에 이어지는 담화 분석 결과에서 확인할 수 있다.

2. 암석 판별과 분류에서 학생들의 담화에 드러난 특징

암석 판별과 분류과정에서 학생들의 담화를 분석하여 ‘주목’ 영역의 관찰 수준과 ‘예상’ 영역의 추론 수준의 두 가지 관점에서 각각 일상적, 과도기적, 과학적 단계로 나누어 본 연구에서 제안한 분석틀에 배치하면 Table 5와 같으며, 이를 통해 다음과 같은 특징을 추론해 낼 수 있다.

가. 관찰에 근거한 추론 과정 없이 즉각적으로 암석을 판별하는 경우

현무암, 셰일, 편마암과 같이 전형적인 암석의 경우 별다른 추론 없이 즉각적으로 암석을 판별해내며, 기억에 의존하여 생성과정을 기술한다(I군*).

학생들이 대부분 암석의 명칭을 바르게 적은 것으로 미루어 볼 때, 주목 항목에서 암석 판별에 유의미한 요소를 관찰하고 실제 암석 판별에 유의미하게 사용한 것으로 추론되나, 예상 항목에서는 학생들의 담화에 별다른 추론이나 논의 과정이 드러나지 않으며 암석의 이름을 확인한 후 바로 보고서 기술에 들어가는 경우로 기억에 의존하여 보고서 서술을 하는 경우이다. Table 5에서 오른쪽 위에 위치한 사례들로 I군*에 해당한다.

Episode #1. 3모듬 현무암

학생 대화

- 1 1번은 현무암 생성 과정
- 2 지하 깊은 곳 마그마가 밖으로 나와서
- 1 화산이 분출해서 지표에서 빠르게 생성되어 만들어진 암석
- 1 그 다음 현무암 생성과정은?
- 1 현무암 생성과정은 화산 분출물이 지표로 흘러나와 식어 생성된 암석
- 2 1번 현무암은 색이 어둡고 광물의 결정이 작아. 광물의 결정이 작은 것 때문에 그리고 구멍이 있다.
- 4 제주도에서 많이 봤다.



| 암석명 | 종류 | 생성과정 | 이유 |
|-----|-----------|---------------------------|-----------------------------|
| 현무암 | 화성암 (화산암) | 화산분출물이 지표로 흘러나와 빠르게 식은 암석 | 색이 어둡다. 광물의 결정이 작다. 구멍이 있다. |

에피소드 #1을 살펴보면, 현무암 관찰 과정에서 학생들은 별다른 논의 없이 현무암을 명명하고 곧바로 조별 보고서의 생성 과정과 이유를 서술하고 있으며, 학생들의 짧은 담화 내용은 그대로 보고서에 기록된 것을 볼 수 있다.

Episode #2. 5모듬 셰일

학생 대화

- 3 퇴적암!
- 1 진흙이 쌓이고 쌓이고 압력을 받아서 돌이 되었다.
- 2 진흙이 쌓여 굳어서 암석이 되었다.
- 1 압력을 받아서 굳어서 암석이 되었다.
- 2 셰일! 진흙이 쌓여서
- 1 압력을 받아서. 지층이니까.
- 3 열을 받아서?
- 1 열은 변성암이야.
- 3 열은 안 받고...



| 암석명 | 종류 | 생성과정 | 이유 |
|-----|-----|----------------------|---------------------|
| 셰일 | 퇴적암 | 진흙이 쌓여 압력을 받아 생성되었다. | 입자가 곱고 층리가 있기 때문이다. |

에피소드 #2도 에피소드 #1과 마찬가지로 셰일 관찰 과정에서 학생들은 역시 암석의 이름을 먼저 명명한 후 별다른 논의 과정 없이 생성과정과 이유를 순서대로 기록하고 있다.

Episode #3. 5모듬 편마암

학생 대화

- 2 편마암은 썼지? 그러면
- 3 똑같이 썼어.

.....

- 1 편마암은 엽리가 있고 어둡다.



| 암석명 | 종류 | 생성과정 | 이유 |
|-----|-----|-------------------------|------------------|
| 편마암 | 변성암 | 암석이 높은 열과 압력을 받아 생성되었다. | 엽리가 있고 어둡기 때문이다. |

에피소드 #3의 편마암 관찰 담화에서 학생들이 무엇에 주목하여 관찰하고 있는지 거의 나타나지 않는다. 학생들은 쉽게 암석의 명칭과 생성과정을 모두 알고 있어 특별한 담화 없이 한 학생이 모듬 활동지에 편마암이라 명명한 이유와 생성과정을 기록한 것으로 보인다.

이상과 같이 학생들은 관찰에 근거한 추론 과정이 없이 즉각적으로 암석을 판별해내고, 기억에 의존하여 암석의 생성과정을 기록하고 있다. 기공이 있어 한 눈에 알아볼 수 있는 현무암, 층리가 눈에 띄게 나타나는 셰일, 엽리가 뚜렷하고 주변에서 흔하게 보아서 익숙한 편마암 등이 여기에 해당하며, 세 암석 모두 교육과정에 명시된 화성암, 퇴적암 및 변성암의 대표적 암석으로 중학교 1학년 교과서에서 사진을 포함한 암석의 특징을 제시하고 있으며 학생들이 직접적 또는 간접적으로 관찰이 가능한 암석에 해당한다.

나. 관찰에 근거하여 추론하였으나 암석 판별에 실패하는 경우

규암, 대리암, 사암과 같이 즉각적으로 암석을 판별하기 어려운 경우 관찰 결과를 바탕으로 암석의 생성 과정과 암석 판별에 대한 추론이 이루어진다(II군**).

주목 항목에서 암석 판별에 유의미한 요소를 관찰하였으나 실제 암석 판별에 유의미하게 사용

하지 못한 경우로 과도기적 관찰에 해당하며, 예상 항목에서 관찰 사실과 연관 지어 암석의 생성 과정을 의미 있게 추론하였으나 암석 판별에 실패한 경우로 과도기적 추론에 해당한다. Table 5에서 중앙에 위치한 사례들로 II군**에 해당한다. 학생들은 관찰 사실에 근거한 추론을 통해 암석의 판별을 시도하며, 여기에는 과학적 추론과 비과학적 추론이 동시에 나타나며, 특히 암석 판별의 성공 여부와 관계없이 암석 판별에 있어 관찰 사실에 근거한 의미 있는 추론 과정이 담화를 통해 드러나는 것을 확인할 수 있다.

Episode #4. 1모듬 사암

학생 대화

- 1 2번!
- 2 이걸 모르겠다.
- 3 나는 유문암인거 같아.
- 4 결정 크기가 크잖아. 잘 보면 결정이 꽤 커.
- 1 심성암중 하나인거 같은데...
- 3 심성암 중에서 화강암은 좀 밝잖아. 애는 어두우니까 유문암이지.
- 4 잠깐 유문암이...반려암이야! 반려암!
- 2 화성암에서 심성암 그럼 뭐라고써? 마그마가 천천히 식어서...(적는 중)
- 4 입자가 크고 어두운 색깔을 띤다.
- 3 색깔이 어두운 편이다.



| 암석명 | 종류 | 생성과정 | 이유 |
|-----|-----------|-------------------------|---------------------|
| 반려암 | 화성암 (심성암) | 지하에서 마그마가 천천히 식어 만들어졌다. | 입자가 크고 색깔이 어두운 편이다. |

에피소드 #4의 담화 시작 부분에서 학생들은 사암의 판별에 어려움을 느끼는 것을 볼 수 있으며, 암석 관찰 과정에서 특히 입자의 크기와 색에 주목한 후, 관찰 결과에 근거하여 화성암 중 유문암으로 판별하는 것을 볼 수 있다. 이후 다른 학생이 유문암을 반려암으로 정정해 주고 있다.

Episode #5. 2모듬 사암

학생

대화

- 4 그 다음에 2번은 뭐라 썼지? 화성암이었어.
- 2 난 이거 화산암이었던 거 같아.
- 3 나도 화산암!
- 4 나는 근데 변성암이라고 썼어. 셋 의견이 맞는 것 같아.
- 3 그러면 애는 이유도 써야 될 것 같아.
- 2 나는 색깔이 많이 통일되어 있어서 화산암이라 생각해서 그렇게 썼어.
- 3 나는 색깔도...(안 들림) 결정 크기도 규칙적인 것 같아.

(정적이 흐름)



| 암석명 | 종류 | 생성과정 | 이유 |
|-----|-----|--------------------------------|------------------------------|
| 무 | 화산암 | 화산이 폭발 하면서 나온 마그마가 식으며 만들어진 암석 | 결정의 크기가 일정하다. 색상이 결정마다 비슷하다. |

에피소드 #5의 대화에서 학생들은 에피소드 #4와 마찬가지로 입자의 크기와 색으로부터 화성암에 이르는 것을 볼 수 있으며, 앞선 연구 결과(Table 5의 I군*)와는 달리 관찰 결과를 바탕으로 암석을 판별한 이유를 설명하는 것을 볼 수 있다.

Episode #6. 4모듬 사암

학생

대화

- 2 3번 하자.
- 4 3번이 뭐야?
- 1 애가 최대 문제임... 문제가 문제...
- 4 화성암 아냐?
- 2 화성암인가? 퇴적암인가?
- 3 퇴적암 같은데.
- 1 퇴적암이 맞는 게 여기 보면 자갈, 돌 같은 게 섞여 있어.
- 2 그니까.
- 3 근데 이름이 생각이 안나
- 1 자갈 섞임..
- 3 아 그레 역암
- 4 저게 역암이라고?
- 2 아 그러기엔 너무 작잖아?
- 4 겁나 큰 알갱이가 아닌데?
- 1 너무 작아.
- 1 무엇이지?

3 사암인가?

.....

- 1 난 퇴적암인건 확실한 것 같아. 그러면 다른 것부터 하고 있어. 2번 먼저하고 있어.

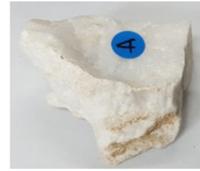


| 암석명 | 종류 | 생성과정 | 이유 |
|-----|-----|---------------|-----------------|
| 섬록암 | 퇴적암 | 작은 암석들이 굳어진다. | 여러 가지 알갱이들이 있다. |

에피소드 #6의 대화에서 학생들은 에피소드 #4와 마찬가지로 사암 판별의 어려움을 명시적으로 드러내고 있으며, 암석의 종류 구분 없이 암석의 명칭을 바로 판별하는 것이 아니라 관찰을 하면서 화성암인가 퇴적암인가를 먼저 결정한 후, 입자의 크기를 고려하여 사암에 이르는 것을 볼 수 있다. 이렇게 사암을 판별하는 과정이 과학적으로 유의미하게 이루어졌으나, 어떤 이유에서인지 보고서 작성 최종 단계에서 학생들은 시간에 쫓겨 섬록암이라고 기록하게 된다.

사암의 경우 실제로 화성암과 구별하기 어려운 경우에 해당하며, 본 연구에서 학생들은 사암을 판별하는데 100% 실패하였다. 그러나 사암의 관찰 과정에서 학생들은 암석의 조직, 구성 입자의 크기, 색 등을 관찰하고, 관찰 결과를 바탕으로 암석의 성인을 추론하고 암석을 판별하는 유의미한 담화를 일부 구성하고 있는 것을 볼 수 있다. 사암 이외에도 셰일, 반력암, 규암에서 이와 유사한 담화가 관찰되었는데 이를 통해 알 수 있는 점은 암석의 판별 자체도 중요하지만 암석 판별 성공 여부와는 별도로 암석의 판별과 분류 활동이 학생들에게 과학적 추론의 경험을 제공할 수 있다는 것이다. 특히, 사암의 경우 지질도나 편광현미경 박편 관찰 없이 사암과 화성암을 구별하는 것은 실제로 어려울 수 있으며, 사암과 화성암을 육안으로 구분하여 판별하는 것이 교육과정을 넘어서는 과정이라고 볼 수 있다. 따라서 이 과정에서 암석의 판별 여부보다는 관찰과 추론을 통해 유의미한 과학적 탐구 과정을 경험하게 되며, 이는 과학의 본성을 학습할 수 있는 과정으로

로 볼 수 있다. 또한 이 과정에서 암석 판별 실패가 학생들의 오개념으로 이어지지 않도록 교사의 명시적 비계를 통해 이후 유의미한 학습 과정으로 안내하는 교사의 역할이 매우 중요하다고 볼 수 있다.



다. 관찰 결과를 바탕으로 추론하여 암석 판별에 성공하는 경우

암석 판별 및 분류 활동을 통해 학생들에게 기대할 수 있는 가장 이상적인 경우에 해당한다(III군*).**

주목 항목에서 암석 판별에 유의미한 요소를 관찰하고, 실제 암석 판별에 유의미하게 사용된 경우에 해당하며, 예상 항목에서 암석의 생성 과정을 정확하게 관찰 사실과 연관 지어 의미 있게 추론하였고, 암석 판별에도 성공한 경우이다. Table 5에서 오른쪽 아래에 위치한 사례들로 III군***에 해당한다.

| 암석명 | 종류 | 생성과정 | 이유 |
|-----|-----|-----------------------|---|
| 규암 | 변성암 | 사암이 열과 압력을 받아서 만들어졌다. | 엽리가 보이므로 변성암이라고 생각했다. 그런데 변성암 중에 흰색은 규암이 대표적이므로 규암일 거라고 생각한다. |

에피소드 #7에서 학생들은 암석의 색과 엽리 구조를 관찰하고, 엽리 구조가 나타나므로 변성암이고 그 중 밝은 색 암석에 해당하는 규암을 판별하고 있다. 규암의 경우 자세하게 관찰해야 볼 수 있는 엽리를 서로서로 세심하게 관찰하면서 학생 간에 논의가 길게 이어지고 있으며, 특히 학생들의 담화에서 색이 유사한 다른 암석에 대한 가능성에 대해 논의하는 것을 보여주고 있다. 유사하게 진행된 다른 조의 담화에서는 석회암이나 대리암으로 판별된 경우가 있었는데, 이 경우에도 학생들은 염산 반응에 대한 언급을 하고 있어, 만일 염산이 제공되었다면 학생들의 암석 판별 과정이 좀 더 수월하게 진행될 수 있었을 것으로 추정할 수 있다.

Episode #7. 1모듬 규암

| 학생 | 대화 |
|----|--|
| 1 | 자세히 보면 엽리 있잖아 살짝씩 곁이 있잖아. |
| 2 | 진짜 자세히 보면..... |
| 4 | |
| 3 | 근데 규암이 아니면 이렇게 밝은 게... 방해석 아니면 석영? |
| 1 | 아니면... 딱 하나 더 있지. 석회암! 석회암일수도 있잖아. |
| 4 | 그런가? 이게 너무 헛갈려 색깔 보고는 맞출 수가 없어. |
| 2 | 약간 투명한 게 살짝씩 있지 않아? 자세히 보면? |
| 3 | 염산 떨어뜨려 봐야지. |
| 2 | 지금 그럴 수가 없잖아. |
| 4 | |
| 2 | 이거 색깔 보고 하면 하얀색이 너무 많아가지고.... |
| 1 | 근데 약간 살짝 줄무늬 있는 거 같기도 해. 진짜 엄청 자세히 보면. |
| 2 | 세로로 이렇게. |
| 1 | 그 방향으로 꺾 수 있어? |
| 2 | 그럼 층리 아니면 엽리? |
| 3 | 변성암이면 엽리지. |
| 1 | 엽리지. |
| 3 | 내가 봤을 때는 규암이 맞는 거 같아. |
| 4 | |
| 2 | 엽리가 보이므로 변성암 (적는 중) 이라고 생각되었다. 그런데 하얀색이니까... 밝은 색은? 흰색은? 흰색은 규암이다. |
| 1 | 흰색이라고 규암이라고 단정지을 수 있나? |

Episode #8. 4모듬 반려암

| 학생 | 대화 |
|----|---|
| 3 | 2번은 반려암 같은데... 심성암 반려암. |
| 1 | 반려암이야? |
| 3 | 왜냐면 일단 어두운색 광물이 많고, 알갱이들이, 결정이 크잖아. |
| 1 | |
| 4 | 반려암이 변성암이야? |
| 2 | 아니야, 반려암은 심성암인데, 마그마가 식어서 굳어진 거라고. |
| 3 | 화성암 아냐? |
| 2 | 크게 봤을 때는 화성암인데. |
| 1 | 화성암 안에 분류인거지. |
| 2 | 화성암 안에 심성암하고 화산암이 있지? |
| 1 | 화산암은 분출되어서 |
| 1 | 응. 근데 심성암은 아예 분출하기 전에 마그마에서 식어서 굳어진 거. 마그마 상태에서 식어가지고 결정이 만들어진 건데.. |

- 2 천천히 식어서 결정이 뭉칠 시간이 많아서 결정이 크다.
- 1 이라서 여기 반짝반짝 하는 거 있고, 결정이 크고 이렇게 쓰자.



| 암석명 | 종류 | 생성과정 | 이유 |
|-----|-----|--------------------|-----------------------|
| 반려암 | 심성암 | 마그마가 서서히 식어 만들어졌다. | 결정이 크다. 어두운 색 광물이 많다. |

에피소드 #8에서 학생들은 암석의 색과 결정의 크기를 관찰하여 반려암을 판별하는 과정을 보여 주고 있다. 아쉬운 점은 학생들이 암석의 성인을 화성암, 퇴적암, 변성암 중 화성암으로 추론하는 과정 없이 바로 반려암을 판별한 후, 화성암에 대한 설명을 이어가고 있다는 점이다. 이는 에피소드 #8의 경우뿐만 아니라 학생들의 암석 판별 과정 담화에서 공통적으로 나타나는 패턴에 해당한다. 이는 교과서에서 암석을 다룰 때 전체를 통틀어서 다루지 않고 성인에 따라 분리하여 단원별로 학습하고, 각 성인에 해당하는 암석들을 묶음으로 학습하는 과정에서 기인하는 것으로 보인다. 학생들은 교수학습 과정에서 암석을 관찰하고, 관찰한 결과를 바탕으로 암석의 성인을 생각해 보는 과정을 경험해보지 않으며, 이로 인해 학생들이 암석 판별 탐구를 할 때 성인을 추론하는 과정보다는 암석의 명칭을 추론하는 과정이 익숙하기 때문일 수 있다.

한편, 암석 판별 탐구 수업을 진행한 지구과학 강사의 수업 성찰일지의 일부분을 제시하면 다음과 같다.

암석을 개별적으로 관찰하게 두었을 때에는 학생들이 무척이나 난감해했다. 출석 수업을 못한 상황에서 실제 암석 샘플을 보지 못한 학생들도 있었고 자신이 본 암석이 아닌 다른 암석 샘플을 받고 어떻게 과제를 해결해야 할지 당황스러운 눈치였다. 게다가 암석의 이름을 잘 못 맞추게 될까봐 걱정하는 학생도 보였다. 그러나 모둠별 활동으로 암석 판별을 시작하니 활발한 논의가 이루어지면서 꽤나 열심히 활동에 참여하였다. 다른 사람이 관찰한 내용과 내가 관찰한 내용을 공유하면서 적극적으로 논의가 이루어지면서 암석에 대해 자신이 모르면

내용도 새로 알게 된 점이 많다고 했다. 수업이 끝나고 나서 한 학생이 “오늘 뭔가 재미있었어요.” 라는 말을 들었는데 이 활동은 개별 활동 보다는 모둠 활동에 적합하다는 생각이 들었다. 암석 분류 활동에서 이렇게 좋은 반응을 보일 줄은 몰랐는데 영재 학생들이라 그런지 적당히 어려운 과제에 대해서 흥미를 느끼고 즐기는 모습을 볼 수 있었다.

(교사성찰일지. 2020. 7.)

교사성찰일지를 통해 학생들은 암석 판별 탐구에서 모둠별로 관찰한 암석의 특징을 성인과 연결하기 위해 학생들끼리 논의하는 과정에서 접차 의미 있는 과학적 탐구의 과정을 경험하는 것으로 보인다.

결론 및 제언

본 연구의 목적은 암석 판별 탐구에서 중학교 영재 학생들의 과학적 관찰과 추론의 특징을 탐색하기 위함이었다. 이를 위하여 영재교육원에 다니는 19명의 중학교 1학년 학생들에게 과학 교과서에서 중요하게 다루는 화성암, 변성암, 퇴적암이 포함된 5가지 암석 샘플을 나누어 주고 각 암석의 특징을 통해 생성 과정, 종류, 암석명 등을 유추해 보도록 한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 학생들이 주로 주목하는 암석의 특징은 색, 조직, 구조이며, 모둠별로 다소 차이는 있으나 암석 판별 성공률은 평균 48% 이며, 화성암, 변성암, 퇴적암 순으로 낮아졌다. 현무암은 100% 암석 판별에 성공하였고, 사암은 100% 암석 판별에 실패하였다. 특히 모래로 구성된 퇴적물을 화성 작용이나 변성 작용에 의한 구성 입자의 특징으로 파악하는 경향이 높게 나타났다.

둘째, 현무암, 세일, 편마암 등과 같이 전형적인 암석의 경우 기억에 의존하여 즉각적으로 암석 판별에 성공하나 유의미한 추론이 이루어지지 못하는 반면, 판별에 어려움을 겪는 규암, 사암 등은 관찰 사실에 근거한 추론을 통해 암석 판별을 시도하며, 여기에는 과학적 추론과 비과학적 추론이 동시에 나타났다. 주목할 점은 암석 판별의 성공 여부와 관계없이 암석 판별에 필요한 의미 있는 추론 과정이 담화를 통해 드러나는 것을 확인할 수 있었다.

셋째, 학생들의 암석 판별 담화에서 나타나는 공통적 패턴으로 성인에 따른 암석 분류가 나타

나지 않고, 곧바로 암석명 판별로 들어간다는 점이며, 암석명을 먼저 정한 후, 교과서에 기술된 그 암석의 특징을 회상하여 관찰한 암석에 대한 성인을 논의하는 경향이 나타났다. 즉, 암석 판별 탐구를 할 때 성인을 추론하는 과정보다는 암석의 명칭을 추론하는 과정에 더 익숙한 것으로 보인다.

이상의 연구 결과를 바탕으로 결론과 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 지질학자처럼 암석의 특징을 해석하고 지질학적 관점으로 암석을 성인에 따라 분류하는 활동은 학생들에게 매우 도전적인 일이다(Guffey, Slater, and Slater, 2017). 이런 이유로 학생들은 암석 판별 탐구 활동을 할 때 수업이나 교과서에서 다루었던 암석의 외형적 특징을 기억했다가 암석 샘플과 일치하면 그대로 명명하는 경우가 자주 관찰되었다. 암석의 성인에 대해 추론해 보는 과제에서도 관찰한 결과와 생성 과정을 연결하여 이해하는 과정을 거치기보다는, 교과서 내용 지식을 그대로 보고서에 적어 놓은 경우가 종종 나타났다. 일부 사례에서는 관찰을 통해 유의미한 추론을 이끌어 냈음에도 갑자기 활동지에는 모둠 활동에서 논의된 것과 무관한 교과서의 지질학 용어나 암석명을 기록하는 사례도 나타났다. 이는 선행연구(Frøyland et al., 2016)에서도 밝힌 바와 같이, 학생들은 암석의 특징을 관찰하는 대신 이전에 보았던 암석을 암기하여 과학적 관행과 일치하지 않는 '이름 삭제' 전략으로 이어지거나, 회상에 의해 암석 판별이 어려울 경우 암석의 색, 조직, 구조 등의 특징을 살펴보기 시작하는 것보다 유사한 패턴으로 보인다. 이러한 특징은 Mupira와 Ramnarain(2018)가 제시한 탐구 기반 학습을 경험한 학생들은 학습 내용을 내재화하려는 동기가 증가하나, 전통적인 강의 중심 과학 수업에 참여한 학생들은 내용 이해보다는 수행의 결과를 중요시 여겨 실패를 회피하려는 동기가 더 강화되어 나타난 현상(Yu et al., 2021)으로 해석할 수도 있을 것이다.

둘째, 암석 판별 성공 여부와 무관하게 암석 판별 탐구 활동은 학생들에게 과학자들이 연구하는 것과 유사한 활동을 통해 과학을 배우는 과정을 경험하고, 자연에 대한 학생들의 이해를 확장하는 기회를 제공한 것으로 보인다. 이는 지질학

자들이 밝힌 암석에 관한 과학적 관찰 결과를 단순히 암기하고 확인하는 방식을 넘어, 암석 관찰 탐구 과정을 통해 암석의 성인을 학생들이 직접 해석해보고 추론할 수 있는 기회를 제공할 수 있음을 시사한다. 교육 접근법과 학생 학습 과정의 본질 사이에 연관성을 밝힌 선행연구(Blumenfeld, Kempler, and Krajcik, 2005)에 의하면, 일반적으로 전통적인 과학 교육 접근법에는 비대화형 강의, 정답을 요구하는 폐쇄형 질문, 단계별 실험, 교과서 및 기타 권위 있는 정보 자원의 남용과 같은 활동이 포함되어(Crawford, 2014) 학생들은 수동적으로 정보를 암기하고 재생산하는 표면 학습으로 이어지는 경향이 높다(Pellegrino and Hilton, 2012). 반면, 과학자가 연구하는 방식과 유사하게 학생들을 참여시키기 위해 교사가 “왜”, “만약”, “어떻게”를 수업 시간에 질문함으로써 학생들이 활동에 대해 성찰하도록 촉구하면, 학생들은 자신의 답을 정당화하는 과정을 통해 자연 세계에 대한 과학적 설명과 해석을 구축하게 되어 심층 학습을 지원할 가능성이 더 높다(NRC, 2012; Frøyland et al., 2016).

셋째, 교육과정과 교과서 기술 측면에서 암석 파트를 다루는 방식에 대한 고찰이 필요함을 시사한다. 현재 교과서 내용 체계는 암석 전체를 파악할 수 있도록 총체적으로 다루기보다는 성인에 따라 범주를 나누어 단원별로 학습하고, 각 성인에 해당하는 암석들의 묶음별로 암석 파트를 학습하고 있다. 그 결과 학생들은 교수학습 과정에서 성인별로 다른 암석이 섞여 있는 암석을 관찰하고, 성인에 따른 암석의 특징을 발견하고 이를 바탕으로 암석의 성인과 연결 지어 생각해 보는 과정을 경험해 볼 기회가 부족하다. 이로 인해 학생들은 암석 판별 탐구를 할 때 성인을 추론하는 과정보다는 암석의 명칭을 인출하는 과정에 더 익숙한 것으로 나타났다. 앞으로 교육과정과 교과서 기술 측면에서 암석 파트를 보다 총체적으로 조망할 수 있는 단원 설계 방식에 대한 후속 연구가 지속되어야 할 것이다.

넷째, 학생들은 판별이 쉬운 전형적 암석 보다는 판별에 어려움을 겪은 암석에서 의미 있는 결론을 도출하려는 시도와 더 많은 것을 배우고자 하는 열망을 보여주었다. 암석 판별 탐구를 통해 학생들이 지질학적 관점을 배우고 지사를 해석할

수 있는 기회를 갖고 과학 학습에 대한 관심과 즐거움, 과학에 대한 동기 부여, 과학 개념에 대한 심층적 이해 등과 같은 과학에 대한 긍정적인 탐구 경험을 제공해 주어야 할 것이다.

마지막으로 학생들이 지질학적 관점을 배울 수 있도록 무엇에 주목하여 암석을 관찰해야 하고, 이를 어떻게 암석의 성인과 연결지어 해석할 수 있는지 보다 명시적인 교사의 안내와 지도가 이루어져야 할 것이다. 또한 탐구 활동 이후 학생들의 관찰과 추론 과정이 오개념으로 이어지지 않도록 탐구 활동 이후에 이어지는 교사의 가이드가 반드시 필요하다. 과학에서의 관찰은 감각을 이용하여 일상적으로 보는 행위가 아니다. 과학에서의 관찰은 자연 현상을 특정하게 보는 것이다(Ford, 2008; Oh, 2020b). 단순히 암석의 표면적 특징을 관찰하여 기술하는 활동은 지질학적 관점을 배울 수도 없으며 과학적 사실의 타당성을 갖추기도 어렵다(Ford, 2005; Moon, 2013; Oh, 2020a). 과학적 탐구는 과학적 방법의 운용, 자료와 이론 간의 관계에 대한 탐색, 비판적 검증, 논변 등과 같이 과학 지식의 구성과 정당화의 과정을 다루며(Han, Choi, and Noh, 2012), 이는 과학 탐구의 본성(Schwartz and Lederman, 2008)과 연관이 있다(Yu et al., 2021 p. 36 재인용). 지질학적 관점을 배우는 것이 암석 판별 탐구의 목표임을 학생들도 이해할 수 있도록 교사의 명시적인 비계 설정의 필요성을 인식해야 할 것이다.

본 연구 대상이 특정 시도교육청 중학교 영재교육원 한 곳이며, 총 19명의 소수의 과학 영재 학생들을 대상으로 하였으므로 본 연구 결과를 해석하는데 주의가 필요하다. 그럼에도 불구하고 본 연구 결과는 이해보다는 암기 위주의 단원으로 인식되는 암석 판별 탐구 활동이 단편적 지식 중심의 탐구가 아닌 유의미한 관찰 결과로부터 과학적 추론을 경험할 수 있는 기회를 제공할 수 있다는 것을 환기하고자 하였다. 영재교육원이 아닌 일반 중학교 학생을 대상으로 이루어지는 암석 판별 탐구가 유의미한 과학적 관찰과 추론의 경험을 제공할 수 있도록 교수학습 방안을 모색하는 후속 연구가 추가적으로 지속되어야 할 것이다.

References

- Blumenfeld, P., Kempler, T., and Krajcik, J. 2005. Motivation and cognitive engagement in learning environments. In K. R., Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 475-488). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Cho, K. 2011. Petrological Investigation of the Specimens in School Rock Gardens in Jeonju, Korea. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 32(1), 113-123. (in Korean)
- Crawford, B. 2014. From inquiry to scientific practices in the science classroom. In N. G. Ledermann & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. 2) (pp. 515-541). New York, NY: Routledge.
- Engelhardt, W. and Zimmermann, J. 1982. *Theory of earth science* (translated by L. Fisher). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ford, D. 2005. The challenges of observing geologically: Third graders' descriptions of rock and mineral properties. *Science Education*, 89(2), 276-295.
- Ford, M. 2008. 'Grasp of practice' as a reasoning resource for inquiry and nature of science understanding. *Science & Education*, 17, 147-177.
- Frøyland, M., Remmen, K. and Sørvik, G. 2016. Name-Dropping or Understanding?: Teaching to Observe Geologically. *Science Education*, 100(5), 923-951.
- Guffey, S., Slater, T., and Slater, S. 2017. Development of the EGGs exam of geology standards to measure students' understanding of common geology concepts. *Journal of Astronomy & Earth Sciences Education*, 4(1), 25-61.
- Han, S., Choi, S., and Noh, T. 2012. Epistemological views of middle school students on scientific inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(1), 82-94. (in Korean)
- Jung, C. and Shin, D. 2020. Changes of the Abductive Inquiry Performance in Outdoor Geological Fieldwork. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 41(5), 531-554. (in Korean)
- Kwon, Y., and Kim, J. 2012. The Problems and Improvements of Rock Specimens used for Science Education in Elementary Schools. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 33(1), 83-94. (in Korean)
- Lee, C., Ryu, C., and Cho, J. 2011. The International Comparative Study on the Origin of the Terms of Mineral and Rock. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 32(3), 305-323. (in Korean)
- Lee, S. 2001. A study interest and understanding of

- middle school students on rock and mineral. Master Thesis, Chonnam National University, Chonnam, Korea. (in Korean)
- Millar R. 2004. The role of practical work in the teaching and learning of science, High school science laboratories: role and vision, Washington DC, USA: National Academy of Sciences, pp. 1-24.
- Ministry of Education. 2015. 2015 Revised Curriculum. Science 2015-74. MOE, Seoul, Korea. (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)
- Mupira, P., and Ramnarain, U. 2018. The effect of inquiry-based learning on the achievement goal-orientation of grade 10 physical sciences learners at township schools in South Africa. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(6), 810-825.
- National Research Council. 2012. A framework for K-12 science education: Practices, cross-cutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press.
- Oh, P. 2020a. Analyzing Rock Descriptors Used by Elementary School Students in Different Task Contexts. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 41(1), 61-74. (in Korean)
- Oh, P. 2020b. A Critical Review of the Skill-Based Approach to Scientific Inquiry in Science Education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(2), 141-150. (in Korean)
- Oh, P. and Kim, C. 2005. A theoretical studies on abduction as an inquiry method in Earth science. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 25(5), 610-623. (in Korean)
- Park, K. 2005. Elementary school student's interest and understanding of rocks. Master Thesis, Gyeongin National University of Education, Incheon, Korea. (in Korean)
- Park, K. and Cho, K. 2014. The Classification Ability with Naked Eyes According to the Understanding Level about Rocks of Pre-service Science Teachers. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 35(6), 467-483. (in Korean)
- Pellegrino, J., and Hilton, M. 2012. Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century. Washington, DC: National Academies Press.
- Remmen, K. and Frøyland, M. 2020. Students' use of observation in geology: towards 'scientific observation' in rock classification., *International Journal of Science Education*. 42(1), 113-132.
- Schwartz, R., and Lederman, N. 2008. What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education*, 30(6), 727-771.
- van Schijndel, T., Jansen, B., and Raijmakers, M. 2018. Do individual differences in children's curiosity relate to their inquiry-based learning? *International Journal of Science Education*, 40(9), 996-1015.
- Watson, R., Swain, J., and McRobbie, C. 2004. Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of science education*, 26(2), 25-45.
- Wee, S, and Choi, J. 2002. High school students' interest on minerals and rocks. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 23(8), 625-631. (in Korean)
- Wee, S., Cho, H., Kim, J. and Kim, Y. 2007. Characteristics of high school students' conceptual understanding about minerals and rocks. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 28(4), 415-430. (in Korean)
- Wiggins, G. and McTighe, J. 2005. Understanding by design (Expanded 2nd Ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Wu, P., Kuo, C., Wu, H., Jen, T., and Hsu, Y. 2018. Learning benefits of secondary school students' inquiry-related curiosity: A cross-grade comparison of the relationships among learning experiences, curiosity, engagement, and inquiry abilities. *Science Education*, 102(5), 917-950.
- Yu, E., Byun, T., Baek, J., Shim, H., Ryu, K., and Lee, D. 2021. International Research Trends Related to Inquiry in Science Education: Perception and Perspective on Inquiry, Support and Strategy for Inquiry, and Teacher Expertise for Inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 41(1), 33-46, (in Korean)

Manuscript received: May 30, 2021

Revised manuscript received: June 30, 2021

Manuscript accepted: June 30, 2021