



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학석사학위논문

과학적 모형의 사회적 구성 과정을 적용한 야외
지질 답사 사례 연구: 모형 구성 과정을
중심으로

Case Study for Applying Co-construction of Scientific
Modeling Process to Geological Field: Focusing on Model
Developing Course

2015년 2월

서울대학교 대학원
과학교육과 지구과학전공
최요한

교육학석사학위논문

과학적 모형의 사회적 구성 과정을 적용한 야외
지질 답사 사례 연구: 모형 구성 과정을 중심으로
Case Study for Applying Co-construction of Scientific Modeling
Process to Geological Field: Focusing on Model Developing
Course

2015년 2월

서울대학교 대학원
과학교육과 지구과학전공
최요한

국문초록

최근 과학 교육계에서는 학생 주도의 효과적인 과학 탐구 학습을 위하여 과학적 모형을 활용하는 교수 프로그램에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 지구과학의 탐구 대상들은 대개 제한된 공간에서의 탐구가 어렵기 때문에, 야외 지질 답사가 효과적인 지구과학 학습의 대안으로서 각광받는 추세이다.

본 연구에서는 중학교 영재 학생들을 위한 야외 지질 현장 학습에 과학적 모형의 사회적 구성 전략을 적용하여 학생들의 과학적 모형의 발전 양상을 파악하고, 이 과정에 영향을 준 요인들을 조사하였다. 연구참여자는 S대학교 과학영재교육원에 다니는 중학교 2학년 학생 20명이다. 야외 지질 현장 학습 장소는 전북 진안 마이산이며, 목표는 ‘마이산의 형성 과정’이었다.

학생들은 과학적 모형의 사회적 구성 전략에 기반한 현장 학습을 하였으며, 현장 학습이 이루어진 날 두 차례의 조별 토의 과정을 가졌고 다음 날 아침에 마지막으로 전체 발표과정을 거쳤다. 총 5개 조(4인 1조) 가운데 특색이 있는 3개 조를 연구자가 선정하여, 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 각 조들은 교사진이 활동 초에 설정한 목표 모형의 틀과 유사한 형태로 조별 모형을 발달시키는 데 성공하였다. 그 과정에서 주로 관찰 사실을 통해 얻은 정보들을 바탕으로 교사와 학생들 간의 상호작용 속에서 모형이 구성되는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 각 조의 모형은 주로 학생들의 관찰 사실로부터 추론 과정을 거쳐 모형이 발달되는 것이 나타났다. 하지만 그 과정에서 교사의 개입이 두드러졌다. 그리하여 주로 관찰 사실들을 교사가 확인시켜 주고, 이를 학생의 추론을 거쳐 모형의 형태로 발달되는 양상으로 전개되는 것을 볼 수 있었다.

그 밖에 조원들 각각의 개인적 맥락 하에서 논의에 참여하는 방식이 전체적인 모형 구성에 영향을 미쳤다.

교실 내에서의 과학적 모형 구성 수업은 처음부터 정답을 설정하지는 않으나, 교사가 제공하는 한정된 자료들을 바탕으로 특정한 수업 목표를 향해 논의가 이루어지는 방식으로 진행된다. 반면, 야외 지질 답사는 다양한 관찰 사실들을 바탕으로 학생들의 폭넓은 모형의 발전을 유도할 수 있다. 또한 각자의 개인 모형을 가지고 동료와 토의를 하여 조별 모형을 합의하고 이를 발표하는 일련의 과정이 과학의 본성을 함양하는 좋은 기회가 될 수 있을 것으로 생각된다.

주요어 : 과학적 모형, 사회적 구성, 야외 지질 답사

학번 : 2013-21453

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 문제	4
II. 이론적 배경	5
1. 과학 교육에서의 과학적 모형	5
2. 과학 교육에서의 모형 형성과 사회적 구성	7
3. 야외 지질 답사	8
III. 연구 방법	10
1. 연구 참여자	10
가. 연구 참여 집단	10
나. 연구 참여 강사	11
다. 연구 참여 학생	11
2. 강의 설계 - ‘마이산의 형성 과정’	16
가. 목표 모형 설정	16
나. 활동 과정 설계	17
3. 자료 수집	19
4. 자료 분석	20
IV. 연구 결과	23
1. 1조의 사례	23
가. 조별 모형 발달 과정	23

나. 조별 모형 형성 과정에 영향을 미친 요인	29
2. 2조의 사례	40
가. 조별 모형 발달 과정	40
나. 조별 모형 형성 과정에 영향을 미친 요인	44
3. 3조의 사례	56
가. 조별 모형 발달 과정	56
나. 조별 모형 형성 과정에 영향을 미친 요인	61
V. 결론 및 제언	73
1. 결론	73
2. 제언	76
참고문헌	79
부 록	84
Abstract	91

표 목차

표 1. Numez-Obeido et al(2007)의 모형 발달 분석	22
표 2. 1조 학생들의 모형 구성 논의 참여 양상	39
표 3. 2조 학생들의 모형 구성 논의 참여 양상	55
표 4. 3조 학생들의 모형 구성 논의 참여 양상	72

그림 목차

그림 1. 과학 탐구에서 과학적 모형의 기능	6
그림 2. MLC (Halloun, 2006)	7
그림 3. ‘마이산 형성 과정’ 목표 모형	17
그림 4. 1조의 모형 발달 과정(마이산 관찰 활동)	24
그림 5. 1조의 모형 발달 과정(1차 조별 토의)	26
그림 6. 1조의 모형 발달 과정(2차 조별 토의)	28
그림 7. 2조의 모형 발달 과정(1차 조별 토의)	42
그림 8. 2조의 모형 발달 과정(2차 조별 토의)	44
그림 9. 3조의 모형 발달 과정(1차 조별 토의)	57
그림 10. 3조의 모형 발달 과정(2차 조별 토의)	60

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

근대 이후 우리나라의 과학은 기술적인 측면과 함께 지속적으로 발전하여 왔다. 그러나 그 분야는 주로 자본과 직접적인 관련이 있는 응용과학 위주로 편중되어 있으며, 기초과학에 대한 국민적 관심이 매우 부족한 실정이다. 우리나라의 미래를 이끌어 나갈 어린 학생들 또한 사회의 현실적인 어려움으로 인해 과학에 대한 관심이 점차 줄어들고 있는 추세이다.

2009 개정 교육과정에서의 과학 교과 학습의 목표는 학생들이 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학 탐구 능력과 과학적 태도를 기르며, 민주주의 사회의 구성원으로서 갖추어야 할 과학적 소양을 함양시키는 것으로 명시되어 있다(교육과학기술부, 2011). 즉, 과학 교육의 가장 궁극적인 목표는 과학적 소양의 함양에 있으며(이명제, 2009), 이를 위해 학교 현장에서는 과학탐구의 실행을 중요한 목표로 삼고 있다(김정훈, 박영신, 2012).

하지만 교육현장에서 실시되는 대부분의 탐구 활동은 결과를 확인하기 위한 하나의 수단으로서 교사가 주도하여 이루어지는 경우가 많다(김재우, 오원근, 2002). 이러한 형태로 교사에 의해 구조화된 탐구 활동은 과학적 소양에 대한 이해를 이끌어 내기 어렵다는 비판이 지속적으로 제기되어 왔다(Wallace et al., 2003).

이러한 문제를 개선하기 위하여 최근 과학적 모형 구성을 기반으로 하는 탐구학습에 대한 관심이 높아지고 있는 추세이다. 과학적 모형 구성은 학습자의 장기 기억 속에 저장된 지식과 신념, 주어진 현상에 대한 학습자의 인식 체계를 드러나게 하여 앞으로의 과학 학습 방향을 결정하는데 중요한 정보를 제공한다(Johnson-Laird, 1983).

최근에는 이와 같은 과학적 모형을 사회적으로 공동 구성하는 학습 전략에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 과학적 모형을 사회적으로 구성한다는 것은 학습자가 자연현상이나 개념에 대해 이미 가지고 있는 지식을 활용하여 초기 모형을 구성하고, 이를 수집한 증거와 사회적 상호작용을 바탕으로 수정·보완하는 과정을 의미한다(정영은, 2012). 최근 연구들에서는 이와 같은 과학적 모형의 사회적 구성 활동을 효과적으로 학교 수업에 접목시키기 위한 전략을 개발하고, 학생들이 과학적 모형을 구성하는 과정과 상호작용하는 양상을 분석하는 데 초점을 맞추었다(강은희 외, 2012; 유희원 외, 2012; 이신영 외, 2012; 정영은, 2012; 장지은, 2013; 이태훈, 2013).

한편, 지구과학은 우리의 삶의 터전인 지구와 이를 둘러싸고 있는 우주에서 일어나는 자연 현상을 종합적으로 탐구하는 학문이다(조규성, 2002). 그러므로 지구과학의 탐구 대상은 다른 학문과는 달리 거대한 시·공간적 규모, 접근 불가능성, 통제 불가능성, 복잡성 등을 지니고 있어 제한된 공간에서 조작을 통해 탐구하는 것은 거의 불가능하다(이규호, 권병두, 2010). 그러므로 학교 현장에서의 지구과학 교육에서 과학적 모형을 활용하는 것은 지구과학의 본질적인 속성을 반영한다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있으며, 그 대상이 되는 과학적 개념들과 현상들에 대한 학생들의 이해를 증진시키는 효과가 있다(오필석, 2007).

지구과학의 각 분야들 가운데 지질학의 경우, 대상의 원리를 알아보기 위한 실험이나 모형들이 학생들로 하여금 실제 자연 현상을 이해하는 데 혼란을 주는 경우가 있다(박진홍, 2000). 야외는 지구과학 학습에 있어 학생들에게 과학에 대한 올바른 이해를 개발시켜 줄 수 있는 학습 환경이며(박진홍, 2001), 야외 지질 학습은 교실에서 경험할 수 없는 실제 물질과 현상을 관찰하고 직접 경험할 수 있는 기회를 학생들에게 제공할 수 있다는 차원에서 매우 중요하다(Orion, 1989). 또한 야외 지질 학습은 자기 주도적인 학습을 유도할 수 있기 때문에, 학습자 또는 수요자 중심 교육의 요구와 맞물려 최근 교육 현장에서 많은 관심을 모으고 있다(박

한숙, 1999). 그리하여 지금까지 우리나라에서 야외 지질 학습과 관련하여 여러 장소에서의 야외 지질 학습 자료 개발에 대한 연구(박정웅 외, 2000; 박진홍 외, 2000; 강지현, 2002)와 야외 지질 학습이 이루어진 후 학생들의 인지적·정의적 영역에 미치는 영향을 알아보는 양적·질적 연구(전영호, 1996; 최영산, 2001; 조규성 외, 2002; 맹승호, 2005; 지호선, 2004; 윤성호 외, 2005)가 활발히 이루어져 왔다.

그럼에도 불구하고 야외 지질 답사는 학교 현장에서 충분히 이루어지지 못하고 있다(Anderson, 1980). 학교 현장의 구조적 문제와 더불어, 야외 활동 자료의 부족, 교사들의 야외 활동 진행 방법의 미숙과 같은 문제들이 야외 지질 답사가 현장에서 활성화되지 못하는 원인이 되고 있다(박진홍, 2000). 또한 개발된 지질 답사 지역이 대부분 지질 층서에 대한 서술적 설명으로 기재되어 있어 중, 고등학생들에게 적합하지 못하며(Folkmer, 1981), 교사들 또한 야외 지질 답사에 익숙하지 않기 때문이다(Fido and Gayford, 1982; Lock, 1998, McKenzie et al., 1986). 그 결과 현재 야외 지질 답사는 주로 해당 지역의 층서, 특징적인 지질 구조 등에 대한 교사의 설명 위주로 진행되는 경우가 많은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 현재 학교 현장에서 주로 시행되고 있는 전통적인 형태의 야외 지질 답사의 문제점을 보완하고, 효과적인 학습과 더불어 학생들의 과학적 소양 함양을 추구할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다. 이를 위하여 기존 야외 지질 답사에 과학적 모형의 사회적 구성 방식의 학습 전략을 접목한 새로운 야외 지질 답사 프로그램을 고안하여 실제 학생들을 대상으로 적용하여, 학생들이 문제 해결을 위해 모형을 구성하는 과정에 영향을 미치는 요인들에 대해 이해할 필요가 있다.

2. 연구 문제

이 연구의 목적은 야외 지질 답사에 과학적 모형의 사회적 구성 수업 전략을 적용한 프로그램을 현장에서 적용하였을 때, 학생들의 모형 구성 양상을 파악하고자 하는 것이다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

1. 과학적 모형의 사회적 구성 수업 전략을 적용한 야외 지질 답사 활동에서 학생들의 조별 모형이 발달하는 과정은 어떠한가?
2. 활동에 참여한 주체(학생, 인솔교사)가 조별 모형의 구성에 영향을 준 요인은 무엇인가?

II. 이론적 배경

1. 과학 교육에서의 과학적 모형

과학적 모형(scientific model)이란 어떤 자연 현상을 설명하기 위해 구성된 설명 체계이다(Hestenes, 2006). 과학자들은 과학적 모형을 구성하면서 추상적 실체에 대해 시각화하고, 복잡한 현상을 단순화하기 위한 다양한 시도를 하며, 이는 과학 활동에서 상당히 중요한 역할을 한다.

Halloun(2006)은 과학적 방법론이 물리적인 현실에서 패턴에 대한 개념적 모형을 만들고 평가하며 사용하는 것이 우선이라고 설명하였으며, Passmore 외(2009)는 이러한 모형 구성, 즉 모델링의 과정이 과학적 탐구라고 비유하였다.

과학에서 모델링을 수행하는 3가지 원리적 목적은 다음과 같다(Gilbert & Rutherford, 1998a, 1998b; Passmore & Stewart, 2002; Ramadas, 2009; Thomas & McRobbie, 2001). 첫째, 단순한 형태의 대상 또는 개념을 만들어내는 것이다. 둘째, 학습 또는 개념의 형성을 위한 자극을 제공하고, 이를 통해 몇 가지 현상을 시각화하도록 지원하는 것이다. 셋째, 과학적 현상의 설명을 제공하는 것이다.

과학적 모형에 대해 Gilbert 외(2000)는 모형이 이론의 추상성을 구체화하고, 이를 통해 실재와 이론 간의 연결고리 역할을 한다고 주장하였다. 또한 모형은 과학적 탐구에서 그림 1과 같은 4가지 확인된 기능을 가진다(Cosgrove, 1995; Holyoak & Thagard, 1996, 1997). 첫째, 발견(discovery)은 모형이 새로운 지식, 또는 가설의 형성이나 발달에 공헌할 때 나타난다. 둘째, 가설이나 발견이 나타나면 모형은 추가적으로 이들을 발달(development)시키는 방향으로 활용된다. 셋째, 모형이 발달하게 되면 그 모형을 평가(evaluation)하게 되고, 가설에 대해 토론을 실시하게 된다. 마지막으로 모형은 이론이나 가설을 다른 사람들에게 설명

(exposition)하기 위해 활용된다.

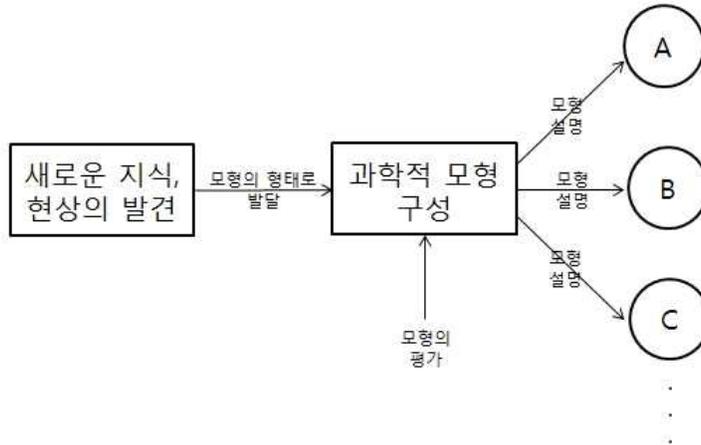


그림 1. 과학 탐구에서 과학적 모형의 기능

과학적 모형에 기반한 탐구 방식의 수업 프로그램은 학생이 직접 현상을 탐구하고 과학적 실험 결과를 감안하여 모델을 구성 및 재구성하는 탐구에 참여할 수 있도록 하는 전략이다(Campbell 외, 2012). 이러한 수업 프로그램에 참여하는 학생들은 모델링 과정에 참여하여 직접 모형을 구성하고, 수정과 평가의 과정을 거쳐 과학적 지식을 능동적으로 구성하면서 학습에 참여할 수 있다(Harrison & Treagust, 2000; Justi & Gilbert, 2002).

Halloun(2006)은 학습자의 모델링 학습 과정(modeling learning cycle)에 대해 다음과 같이 그림 2와 같이 제시하였다. 이는 탐색(exploration)으로 시작하여 모형의 예증(model abduction)을 거쳐 모형의 생성(model formation)과 배치(model deployment), 패러다임적 종합(paradigmatic synthesis)으로 이어지게 된다.

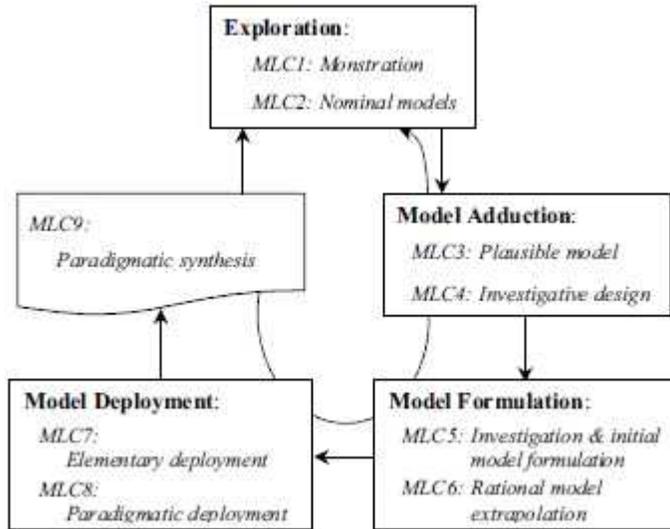


그림 2. MLC (Halloun, 2006)

2. 과학 교육에서의 모형 형성과 사회적 구성

기존에는 과학 지식의 획득에 대해 Piaget의 영향을 받은 인지적 속성이 강하게 나타났다. Piaget의 발달심리 이론에서는 인지적 구성주의는 학습자와 학습 내용 간의 상호작용에 초점을 맞추고, 개인의 인지적 학습 능력과 지적인 활동을 강조하였다. 하지만 점차 과학 지식의 사회적 맥락에 대한 사회적 관심이 높아져 갔으며, 인지적 구성주의의 경우는 개인의 지식 추구에 지나치게 의존하고 있다는 비판이 확산되었다.

이러한 사회적 분위기 속에서 과학 교육계 또한 Vygotsky로부터 발달되어 온 사회적 구성주의가 점차 그 중요성이 부각되기 시작하였다. Vygotsky에 따르면, 지식은 개인과 개인, 개인과 집단 간의 사회적 상호작용을 통해 학습자들이 지식을 재구성해 가는 것으로 설명하며, 언어는 개인적 사고의 결과물인 동시에 이를 표현하는 도구라고 할 수 있다.

Vygotsky의 관점에서 학생들의 발달 과정을 살펴보면, 학습자가 현재

도달해 있는 수준은 실제적 발달 수준이라고 한다. 반면에 교사 또는 주변 동료들과의 상호작용을 통해 달성할 수 있는 잠재적 발달 수준 또한 존재한다. 즉, 학생들은 사회적 상호작용 속에서 실제적 발달 수준을 뛰어넘는 성취를 이루어낼 수 있는 것이다.

사회문화적 관점에서는 사회적 상호작용에서 학습자들의 활발한 참여, 문화적 활동 속에서 학습자가 점진적으로 더 활발한 참여자가 되어 가는 문화화 과정으로서의 학습, 배운 지식의 적용과 관련하여 참되고 의미있는 상황 속에서의 목적지향적 학습 활동을 강조한다(함동철, 2012).

과학 교육에서 사회적 구성주의에서의 학습은 사회적 상호작용을 통해 학습자가 속한 분야의 관습을 내면화하고 의미를 만들어 가는 과정을 말한다(Kumpulainen & Wray, 2002). 이러한 관점 속에서의 학교 과학 탐구에서 학생들은 실험과 탐구를 통해 수집한 자료를 바탕으로 동료 또는 교사와 생각을 공유하거나 반박하는 토의 과정을 통해 과학적 지식의 정립되는 과정을 이해할 필요가 있으며(박영신, 2006), 그러한 과정을 통해 과학적 모형이 형성·발달된다.

3. 야외 지질 답사

지구과학의 각 분야들 가운데 지질학의 경우, 대상의 원리를 알아보기 위한 실험이나 모형들이 학생들로 하여금 실제 자연 현상을 이해하는 데 혼란을 줄 수 있다(박진홍, 2000). 그러므로 지질학 개념들을 학생들에게 구체적이고 명확하게 전달하기 위해서 직접적인 관찰과 경험하는 활동들이 요구된다(Orion, 1989).

학교 현장에서의 야외 지질 답사는 효과적인 지질학 학습의 기회가 될 수 있다. Orion(1993)은 이러한 학습 과정에서의 야외 답사는 구체적 현상과 자료들을 접할 수 있는 직접적 경험을 제공하며, 또한 야외 답사를

통해 직접 경험해 보는 것만이 직접적인 감각 운동적 경험으로 이어질 수 있다고 주장하였다.

최근 학교 현장에서 야외 지질 답사는 학습자 중심 교육의 요구와 맞물려서 많은 관심을 모으고 있다. 실제로 교사들은 지구과학에서 야외 지질 학습은 중요하며, 학습효과가 높기 때문에 학생들에게 필요하다고 인식하고 있었다(권홍진 & 김찬중, 2007). 그럼에도 불구하고 실제 학교 현장에서 야외 지질 답사는 충분히 이루어지지 못하고 있는 상황인데, Anderson(1980)은 이에 대해 다음과 같은 이유를 들고 있다. 첫째, 교사들이 야외 지질 답사의 내용을 준비하는 데 부담을 느끼고 있으며 여기에 많은 시간이 필요한 것으로 이해한다. 둘째, 교사들은 야외 지질 답사를 독립된 행사로 생각하는 경향이 있기 때문에 교육과정의 목표와 야외 지질 학습을 연계시키는 것을 어렵게 만든다. 셋째, 교사들은 야외 학습에 대한 교수법에 익숙하지 못하며, 적절한 교수 학습 자료가 부족한 실정이다. 넷째, 학생들이 야외 지질 답사를 학습의 기회로 보지 않고 놀러가는 것으로 볼 가능성에 대해 우려한다.

일부 학교와 영재원 등에서는 최근에도 지속적으로 야외 지질 답사 프로그램을 시행하고 있다. 하지만 지금까지의 야외 지질 답사는 주로 교사가 중심이 되는 활동에 그치고 있다. 전통적인 야외 지질 답사는 특정 관찰 사이트에 대해 교사는 직접적인 내용과 사전에 계획된 활동을 학생들에게 제공하고, 학생들은 무비판적으로 수용하는 과정의 연속으로 짜여져 있다. 이는 야외 지질 답사 자료의 부족과 더불어 교사들의 활동 진행 방식의 미숙 등의 요인이 작용하였기 때문이다(박진홍, 2000). 야외에서의 활동은 교실 내에서의 활동과 환경적 맥락에서 차이점이 존재하는데, 이에 대한 교사들의 사전 지식이 부족한 것으로 인해 마치 교실 수업과 유사하게 교사 중심적인 ‘야외강의(outdoor lecture)’ 수준으로 진행되는 것이다(Munn et al., 1995). 이로 인해 참여 학생들은 야외 지질 답사만의 참신함을 느끼지 못하면서 지루함을 느끼게 되고, 그 결과 효과적인 학습이 이루어지지 못하는 상황으로 이어지게 된다.

Ⅲ. 연구 방법

본 연구에서 적용, 분석한 수업은 2013년도 S 대학교 과학영재교육원 지구과학분과 학생들을 대상으로 한 여름 과학캠프였다. 이 수업 모형은 S 사범대 지구과학교육과 정교수 2인과 충분한 학생 지도 경험을 가진 교사진들, 그리고 교사 출신 대학원 석사과정생들이 학생들의 활동을 총괄, 지원하였다. 강의 과정을 고안하기에 앞서, 과학적 모형의 사회적 구성을 목표로 하는 다양한 문헌들을 조사하였다. 이를 바탕으로 하여 여름 과학캠프 운영진들 간의 논의를 거쳐 과학캠프 답사 지역을 선정하고, 활동 계획을 수립하였다. 또한 기존에 활용하던 답사 자료집을 과학적 모형 구성 활동에 적합한 형태로 보완하고, 학생들이 주도적으로 해결할 수 있도록 하는 열린 문항들을 추가하였다. 이를 바탕으로 하여 2013년 7월 29~30일 이틀에 걸쳐 여름 과학캠프 야외 답사 활동을 수행하였다. 모든 활동 과정은 인솔교사들에 의해 기록되어 이후 분석에 활용되었다.

1. 연구 참여자

가. 연구 참여 집단

본 연구는 서울 소재 S 대학교 과학영재교육원(이하 S대 영재원) 지구과학분과 학생들을 대상으로 진행되었다. 일반 교사급 인력 위주로 구성된 지역 영재교육원들과는 달리, S대 영재원은 최소 박사급 이상의 인력이 강사진으로 구성되어 있고 타 분과 학생들과 합동으로 다양한 프로그램이 운영된다는 장점이 있다. 또한 강의 수준이 높기 때문에 영재교

육에 관심이 있는 서울 지역 학생과 학부모들의 수요가 높다. 주로 강남구나 송파구와 같이 소득 수준이 높은 지역의 학생들이 많은 편이나, 대체적으로 서울시 내의 다양한 지역의 학생들이 고루 참여한다. 학생들의 학업 성취도와 강의에 대한 동기 또한 일반 학생들에 비해 높은 편이다. 그러므로 강사가 준비한 프로그램에 대한 관심이 높고 강의 태도와 참여도 또한 좋으며, 대부분 자기 주도적이고 협동적인 학습을 좋아하여 항상 활발한 강의 분위기가 조성되는 경향이 있다. 비록 매주, 또는 격주에 한 차례 씩의 강의로 인해 서로 간에 의사소통을 나눌 기회가 부족함에도 불구하고 학생들 간의 관계도 원만하다. 강의는 주로 S대 사범대학에서 이루어졌으며, 조별 활동이 필요한 강의의 경우 사전에 정해진 4인 1조, 총 5개 조로 운영되었다.

나. 연구 참여 강사

연구 참여 강사는 총 7명으로, 2명의 현직 교수와 5명의 현직 교사로 이루어져 있다. 2명의 교수는 S 대학교 소속으로 영재교육과 모형 구성 수업에 대한 전문적인 지식을 보유하고 있으며, 이를 바탕으로 야외 답사 활동 전반을 총괄하였다. 그리고 5개 조별로 각각 한 명씩의 현직 교사들이 배치되었다. 이들은 모두 교직경력 5년 이상의 노련한 교사로서 이와 같은 협동학습에 우호적인 입장에 있으며, 관련 분야의 연구를 통해 과학적 모형 구성 수업에 대한 풍부한 지식을 보유하고 있다. 교사들은 학생들을 인솔하는 것과 함께 모형 구성 토의 과정에서 학생들의 논의 전개를 지원하는 역할을 맡았다.

다. 연구 참여 학생

본 연구에 참여한 지구과학분과 학생은 총 20명으로, 중학교 2학년 남학생 13명, 여학생 7명으로 구성되어 있다. 강의는 4인 1조로 하여 총 5

개의 조로 활동이 진행되었다. 남학생이 많은 관계로 1조와 2조는 여학생 없이 남학생들로만 구성되었고, 3조는 여학생 3명에 남학생 1명으로 활동을 진행하였다. 4조와 5조는 남학생 2명, 여학생 2명으로 구성되었다. 학생들 모두 학업 성취도가 높은 편이기 때문에, 조를 구성할 때 학업 성취도를 고려하지 않아도 각 조의 학업 능력 차이는 거의 없었다.

(1) 1조

1) 학생 A

학생 A는 서울 양천구에 거주하며, 초등학교부터 각종 영재교육 프로그램에 참여하고 발명과 독서에 관심이 많았다. 부모의 학력 수준은 매우 높으며, 천체물리학자를 장래희망으로 가지고 있을 정도로 지구과학, 특히 천문학을 좋아했다. 천문학 관련 서적을 찾아 읽고, 천체동아리 활동도 활발하게 진행하였다. 한편, 평소에 사교성이 좋아 친구 관계가 원만하나, 자신의 주장을 무조건 몰아 붙이는 것보다는 상대방의 의견을 듣고 존중하는 성향이 강했다.

2) 학생 B

학생 B는 서울 관악구에 거주하며, 학생 A와 마찬가지로 토론, 발명, 과학탐구 등의 다양한 수상경력과 영재교육 프로그램을 경험하였다. 부모의 학력 수준은 상위권이었으며, 장래 고생물학자 또는 교사가 되기를 희망했고 지질학을 매우 좋아했다. 지속적인 대내외 활동에 관심이 많으며, 학습에 대해 뚜렷한 목표 의식을 가지고 있었다. 대체적으로 원만한 성격을 가졌으나, 다소 내성적인 성격을 가져 다른 사람들의 앞에서 자신의 의견을 강하게 언급하지는 못하였다.

3) 학생 C

학생 C는 서울 강북구에 거주하고 앞의 두 학생에 비해 교외활동 수

상경력은 그리 많지 않았다. 하지만 이 학생 또한 영재교육 프로그램을 경험하였다는 점은 같았다. 부모의 학력 수준은 상위권이고, 부모와 학생 모두 장래에 천체물리학자가 되는 것을 목표로 할 정도로 천문학에 큰 관심을 가지고 있었다. 성격이 매우 활발하고 자신의 의견을 적극 피력하는 경향이 많아서 본 연구에서의 조별 활동에서 리더 역할을 수행했다.

4) 학생 D

학생 D는 서울 서초구에 거주하고, 학생 C와 비슷한 교외활동과 영재원 수료 경력을 가지고 있었다. 부모의 학력 수준도 대졸 이상으로 높았고, 검사 또는 고생물학자가 장래희망으로 지구과학, 특히 지질학에 관심이 많았다. 활발하고 장난기 많은 성격에 좋은 대인관계를 가졌으며, 자신의 의견을 주장하는 것을 좋아했다. 특히 근거를 들어 자신의 의견을 논리정연하게 표현하는 데 능해 조별 모형 발달에 크게 기여하였다.

(2) 2조

1) 학생 E

학생 E는 서울 서초구에 거주하며, 초등학교에서 창의 사고력 대회에서 수상하고 중학교 1학년에 발명영재학급에 참여하는 등 다양한 교외활동에 관심을 보였다. 부모의 학력도 대졸 이상으로 높은 편이며, 우주과학자가 장래희망일 정도로 지구과학, 특히 천문학을 좋아하는 학생이다. 다소 내성적인 성격이고 말수가 적은 성격이나, 1학기 영재원 수업을 거치면서 학생들과 잘 어울리고 간간히 자신의 의견을 적극적으로 피력하기도 했다.

2) 학생 F

학생 F는 서울 서초구에 거주하며, 교외 활동에 활발히 참여하지는 않

는 평범한 학생이지만 초등학교 6년 내내 학급 회장으로 적극적으로 활동해 왔다. 부모의 학력은 대졸로 높은 편이고, 기상학자가 되는 것이 목표이다. 학생 E와 마찬가지로 조용하고 내성적인 성격으로, 평소에도 다른 학생들 앞에 나서지 않는 편이나, 교우관계는 좋은 편이다.

3) 학생 G

학생 G는 서울 송파구에 거주하며, 초등학교부터 발명 대회, 창의력 대회와 같은 다양한 교외 활동에서 우수한 성적을 거두었고 지속적으로 영재교육에도 참여하여 왔다. 부모의 학력도 대졸 이상으로 높은 편이며, 비록 뚜렷하진 않지만 이공계 관련 직업에 종사하고자 하는 목표를 가졌다. 앞에 두 학생과는 다르게 활발한 성격을 가졌으며, 교우관계 뿐 아니라 수업 내 활동에도 적극적으로 임하는 편이다.

4) 학생 H

학생 H는 서울 강동구에 거주하며, 다양한 교외 활동에서 우수한 성적을 거두었으며, 초등학교부터 영재교육에 지속적으로 참여해 왔다. 부모의 학력도 대졸 이상으로 높으며, 특히 우주에 관심이 많아 천문학과 천체물리학을 전공하여 관련 직업을 갖는 것이 목표이다. 학생 G와 같이 평소에도 활발하고 매사에 적극적으로 임하는 성격이며, 지구과학 분야의 지식이 상당히 풍부하여 영재원 학생들 가운데에서도 가장 활발하게 강의에 참여한다.

(3) 3조

1) 학생 I

학생 I는 서울 강남구에 거주하며, 초등학교부터 각종 영재교육과 대외활동에 활발히 참여하여 우수한 성적을 거두었던 학생이다. 부모의 학력도 대졸로 높으며, 다양한 과학 분야를 함께 연구하는 과학자가 되는

것이 목표이다. 항상 밝고 명랑하여 주변 학생들과 잘 어울리며, 수업 내 활동 또한 적극적으로 수행하는 모습을 보이는 전형적인 모범생 스타일의 학생이다.

2) 학생 J

학생 J는 서울 종로구에 거주하며, 2011년과 2012년 두 차례 영재원 수료 경력이 있으나 기타 대외활동은 없다. 부모의 학력은 대졸 이상으로 높으며, 천체물리학 교수가 되는 것이 목표이다. 꼼꼼한 성격으로 자신의 공부에 도움이 될 수 있는 다양한 방식을 개발하면서 발전하는 모습을 보이나, 내성적이고 말수가 없어 많은 친구들을 사귀지는 못하는 양상이다. 영재원 수업에서의 활동에는 어느 정도 참여하나, 자신감 있는 모습을 보이지는 못한다.

3) 학생 K

학생 K는 서울 은평구에 거주하며, 본 영재원에서 학생 H에 준하는 정도의 교외활동에 참여하여 우수한 성적을 거둔 학력을 가지고 있다. 부모의 학력은 대졸 이상이며, 항공우주과학 분야의 교수가 되는 것이 장래희망일 정도로 지구과학에 관심이 높다. 매사 꼼꼼하게 처리하는 스타일이며, 향후 교외활동에도 적극적으로 참여하고 학생회장에 출마할 예정인 만큼 적극적인 성격을 가지고 있다. 영재원 수업 내 활동에서도 본인의 주장을 뚜렷이 제시하고, 같은 조원들을 이끌어 나가는 리더의 역할을 맡는다. 교우관계 또한 원만하다.

4) 학생 L

3조에서 유일한 남학생인 학생 L은 서울 서초구에 거주하며, 초등학교 시절 교외 활동에 적극적으로 참여하여 좋은 성적을 거두었다. 부모의 학력은 대졸 이상으로 매우 높으며, 과학자가 되는 것이 장래희망일 정도로 과학에 관심이 많다. 학습과 운동에 열의가 많아 열심히 하지만, 다

소 소극적이고 낮을 가리는 성격 때문에 학기 초에 교우관계가 그리 원만하지 못한 편이었으나 1학기를 보내면서 점차 나아지는 양상이었다. 하지만 이번 야외 답사에서는 여학생들과 한 조가 되면서 낮을 많이 가리는 모습을 보였다.

2. 강의 설계 - ‘마이산의 형성 과정’

가. 목표 모형 설정

전라북도 진안군에 위치한 마이산은 선캠브리아기의 기반암 위에 형성된 거대한 역암체이다. 한반도에는 주로 중생대에 지각 변동이 활발했는데, 그 중에서도 쥐라기 말에 일어났던 대보 조산 운동이 가장 규모가 큰 지각 변동이었다. 이 때 진안군 일대에 함몰대 내지 단층선들을 따라 분지들이 생성되었다. 이 진안 분지군 중 한 곳에 급격한 쇄설류(debris flow)가 발생하여 큰 규모의 쇄설물들이 상대적으로 짧은 시간 동안에 퇴적되었다. 이후에 이 지역이 융기되어 산의 형태를 띠게 되었는데, 봉우리 정상 부분에 퇴적물들 사이의 결합력이 약하여 생긴 틈(crack)에 물, 바람 등 다양한 요인들이 작용하여 지속적으로 풍화·침식이 발생하였고, 그 결과 지금과 같은 형태를 띤 마이산이 형성되었다. 이와 같은 마이산의 생성 과정을 바탕으로 다음과 같은 목표 모형을 설정하였다.

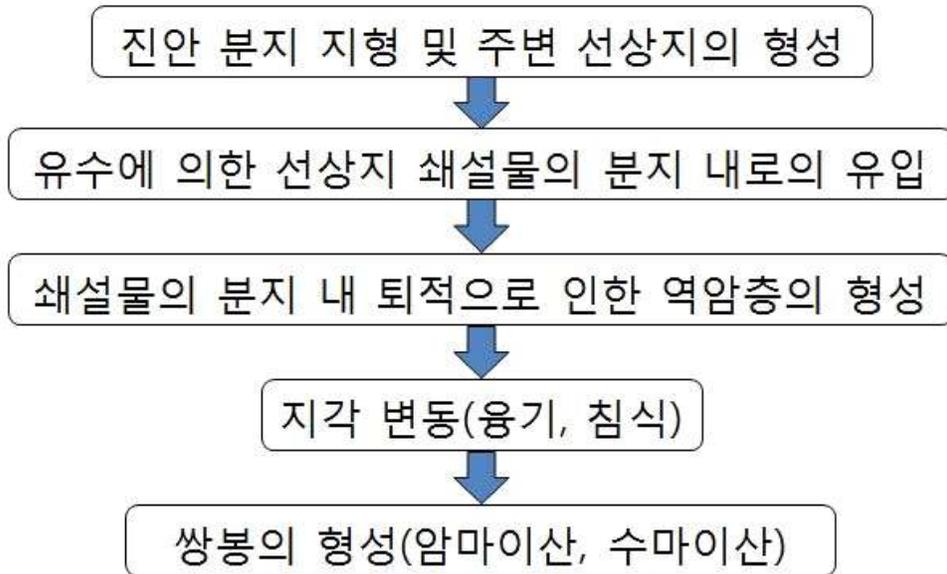


그림 3. ‘마이산 형성 과정’ 목표 모형

나. 활동 과정 설계

본 연구에서의 강의 주제는 ‘마이산의 형성 과정’이다. 과학적 모형 구성 활동에서는 충분한 토의 시간이 보장될 필요가 있다. 하지만 다음 날 일정에 포함된 변산반도의 해안가 지역 답사가 햇볕이 강하게 내리쬐는 낮 시간에 배정되었다. 그러므로 학생들의 건강상 문제를 우려하여, 충분히 주변 지형을 관찰하고 정보를 획득할 수 있을 만큼의 시간을 배정하기 어려웠다. 그러므로 상대적으로 관찰이 용이하고 휴식 및 토의를 위한 장소를 충분히 확보할 수 있는 마이산 일정에 본 수업 모형을 적용하였다. 본 활동의 목표는 현장에서의 관찰을 통해 얻을 수 있는 특징적인 자료들을 바탕으로 마이산의 형성 과정에 대해 설명할 수 있는 조별 모형을 구성하는 것이었다. 학생들에게 제공되는 두 차례의 토의 시간을 활용하여 각자의 의견을 공유하고 통합하여 합의된 조별 모형을 만들고, 전체 발표 및 토의로 마무리하는 것이 이번 활동의 전체적인 흐름이었

다.

1) 사전 오리엔테이션

현행 2009 교육과정에서는 중학교 1학년 과정에서 화성암과 변성암, 퇴적암에 대한 간략한 소개만을 다루고 있다. 이로 인해 본 활동에 참여하는 학생들은 야외 답사에서 필요한 지질학적 기초 지식이 매우 부족한 실정이었다. 이 점을 고려하여 연구 책임자는 답사 이틀 전 오리엔테이션을 통해 학생들에게 자료집을 배부하고, 야외 답사와 관련된 전반적인 기초 지식과 답사지와 관련된 암석들의 특징 및 구조, 답사 예정 지역들에서 주목할 만한 점에 대한 정보를 제공하였다.

2) 마이산 관찰 활동

마이산 관찰 활동은 마이산 입구에서 산의 전경을 살펴보고 그 특징을 정리하는 것으로 시작하였다. 이후에 두 봉우리가 갈라진 산 중턱 지점까지 등반하고 나서, 각 조별로 배정된 인솔교사 1인이 학생들을 이끌고 내려오면서 특정 지점(site)들에서 산을 구성하는 역암들의 지질학적 구조들을 확인하는 과정으로 활동이 진행되었다. 학생들이 지형들을 관찰하여 얻은 정보들에 대한 기억이 생생할 때 조별 활동이 이루어질 수 있도록 가급적 마지막 관찰 지점에 가까운 곳에서 조별 토의를 수행할 장소를 위해 동선을 미리 파악하였고, 이에 따라 관찰 활동을 수행하였다.

3) 1차 조별 토의

마이산 등반을 마친 학생들은 남쪽 출구에 위치한 쉼터에서 약 30분간 1차 조별 토의를 수행하였다. 이 곳에서는 학생들이 산에서의 관찰 활동을 통해 얻은 다양한 정보를 바탕으로 조원 개인별로 형성한 초기 모형 및 아이디어를 공유하고, 기초적인 마이산의 형성 모형을 구성하기 위한 초기 작업을 수행하였다. 이 과정에서 각 조의 인솔교사들은 본 활동의 자유도에 대해 밝히고, 다양한 방법들을 동원하여 논의를 수행하는

학생들을 지원하였다.

4) 2차 조별 토의

야외 활동을 마친 이후에는 숙소로 돌아와 학생들 자신의 생각을 정리하는 시간을 거쳐 2차 조별 토의를 수행하였다. 이 시간에는 지난 1차 조별 토의 과정에서 시간 관계상 충분한 논의를 하지 못 했던 부분들을 보완하고, 논의를 바탕으로 합의된 모형을 구성, 발전시켜 조를 대표하는 합의된 조별 모형을 완성하는 것이 목표였다. 인솔교사들은 1차 토의와 마찬가지로 최대한 자유로운 분위기에서 조별 모형을 합의할 수 있도록 학생들을 지도하였다. 또한 합의된 조별 모형을 전체 토의 시간에 다른 학생들의 앞에서 발표하기 위한 자료를 준비하도록 지시하였다.

5) 전체 토의 및 정리

다음 날 아침에는 2차 조별 토의를 통해 합의된 조별 모형을 전체 학생들을 대상으로 발표하고, 이에 대한 의견을 공유하는 전체 토의 시간을 가졌다. 그 이후에 2명의 지도교수가 토의 과정에서 학생들의 모형에 포함된 오개념들을 바로잡고, 의미 있는 협동 학습을 위해 유의해야 할 점들에 대해 전달하는 것으로 전체 활동을 마무리하였다.

3. 자료 수집

본 연구에서 답사 활동을 시작하기에 앞서 5명의 인솔교사에게 각각 소형 캠코더와 녹음기를 지급하였다. 인솔교사들은 지급받은 장비를 활용하여 학생들의 활동 전반을 촬영, 녹음하여 분석에 필요한 기초 자료를 수집하였다.

총 5개 조 가운데 1조, 2조, 3조 학생들이 분석 대상으로 선정되었다. 1조와 2조는 마이산 관찰 활동 당시 인솔교사가 함께 해당 조의 학생들

을 데리고 하산하면서 관찰 활동을 안내하면서 모형 형성에 도움이 될 다양한 정보들을 제공하였다. 반면 3~5조의 경우는 인솔교사들이 학생들의 인솔에 집중하면서 본인의 안내를 최소화하였기 때문에 학생들이 스스로 관찰 활동을 수행하면서 정보를 획득하였다. 그로 인해 관찰 활동이 끝난 다음에 1조의 인솔교사가 이 학생들을 대상으로 지질학에 대한 기초적인 지식과 함께 관찰 정보를 구체화하는 설명을 하는 시간을 가졌다. 그 결과 3~5조 학생들은 관찰 활동의 양상이 거의 동일하였으며, 조별 모형의 발달 과정 또한 특이점을 찾기 어려웠기 때문에 분석 대상에서 제외되었다.

촬영 및 녹음된 자료들은 야외 답사 활동이 끝난 다음 모두 전사되어 각 조의 조별 모형이 합의되는 과정을 파악하기 위한 자료로 활용되었다. 본 연구는 특정한 자연 현상만을 설명하기 위한 모형과는 달리 현상이 나타나기까지의 과정을 설명하는 것을 목표로 하고 있다. 그러기 위해서 각각의 모형들에 영향을 미치는 다양한 요인들이 무엇인지를 파악하여 야외 답사 활동 모형이 구성되는 과정을 분석하는 것에 초점을 맞추어 분석을 진행하였다. 마이산 관찰 활동의 양상이 1, 2조와 달랐던 3조의 경우는 학생들이 작성한 활동지 또한 분석에 활용하였다.

4. 자료 분석

본 연구에서는 학생들이 야외 학습에서 문제 해결을 위한 모형을 형성하는 과정에 초점을 맞추어 분석을 진행하였다. 교사가 특정한 관찰 사실에 대한 문제 해결에 필요한 정답을 바로 제시하지 않고 학생들의 자발적인 활동을 지원하는 상황에서, 그들이 구성하는 모형 발달의 흐름을 분석하기 위하여 Nunez-Obeido et al(2007)가 선행 연구에서 사용한 4가지 모드를 활용하였다. 각각의 모드는 불일치 모드(Disconfirmation mode), 수정 모드(Modification mode), 확증 모드(Confirmation mode),

그리고 첨가 모드(Accretion mode)로, 다음과 같다.

1) 불일치 모드

학생들은 모든 현상에 대해 각자의 선행 지식을 보유하고 있다. 그리고 이를 활용하여 특정 현상에 대한 해석을 시도한다. 이러한 선행 지식 또는 선입견들은 학생들마다 서로 다르며, 이로 인해 현상에 대해 서로 다른 해석이 나타나게 된다. 그러나 교사에 의해 모순된 정보나 사건, 질문 등을 제공받을 경우 학생들의 사고 내에서 기존의 지식과 제공받은 정보 사이에 불일치가 나타나게 된다. 이로 인해 특정 현상에 대한 학생들의 해석 전체 또는 특정한 요소가 파기되는 일련의 과정이 불일치 모드이다. 이러한 불일치 모드가 논의의 특정 지점에서 출현한 후, 이후 논의에 걸쳐 그 대상이 된 모형이 나타나지 않으면 학생들이 이 모형을 완전히 거부하였다는 증거가 될 수 있다.

2) 수정 모드

수정 모드에서는 불일치 모드와 비슷한 과정이 나타난다. 하지만 기존의 사고를 폐기하는 불일치 모드와는 달리, 수정 모드에서는 학생들의 모형이 지니고 있던 개념에 추가적인 개념을 도입하거나 수정이 발생하게 된다. 이 때 학생들의 초기 모형의 부족한 점을 보완하거나 삭제하는 과정에서 나타나는 수정 모드가 학생들의 모형 발달에 도움을 줄 수 있다. 실제로 본 조별 모형의 발달 또한 특정한 정보를 해석하는 과정에서 초기 모형이 변화하는 수정 모드가 주로 나타났다.

3) 확증 모드

확증 모드에서는 교사 또는 학생들이 자신의 모형을 지지하는 증거를 제시하게 된다. 야외 답사의 경우, 노두에서의 다양한 관찰 사실들이 문제를 해결하기 위한 1차적인 증거가 된다. 이러한 1차적 증거의 해석을 통해 자신이 제시하는 모형의 근거를 제시하는 과정이 확증 모드가 된

다. 이처럼 제시된 근거가 해당 모형을 충분히 지지할 수 있는 역할을 수행하면 이 모형은 교사 또는 동료 학생들의 평가에서 살아남을 수 있으며, 모형에 대한 신뢰가 축적되게 된다. 이러한 과정이 지속적으로 이루어지게 되면 해당 모형은 문제 해결을 위한 설명 모형으로서 인정받을 수 있게 된다. 확증 모드는 모형 형성 전체에 걸쳐 적용되기도 하고 각 모형들의 요소들마다 적용될 수도 있다.

4) 첨가 모드

첨가 모드는 교사와 학생들 간의 상호작용 패턴을 구체화한다. 예를 들어, 교사가 학생에게 질문(Q)하고 학생이 이에 대답(A)하며 다시 교사가 긍정적 피드백(PF)을 제공하는 패턴이 반복되는 것이 첨가 모드라고 할 수 있다. 교사는 이 과정에서 “맞아”, “그렇지” 등의 표현을 사용하거나 다음 질문을 바로 이어서 하는 것 등을 통해 학생들과의 대화에 참여하고 그들의 대답에 대한 긍정적 피드백을 제공할 수 있다. 첨가 모드는 활동에 참여하는 주체들 간의 의사소통에서 나타나는 것이므로, 학생과 학생 간의 대화에서도 나타날 수 있다.

불일치 모드	모순되는 증거의 제시 => 기존 모형 전체 or 특정 요소 파기
수정 모드	모순되는 증거의 제시 => 해당 내용의 수정, 새로운 모형으로 발전
확증 모드	특정 모형이 적합한 것으로 확인되어 조별 모형으로 확정
첨가 모드	교사와 학생 간의 대화와 피드백이 오가는 일련의 과정

표 1. Nunez-Obeido et al(2007)의 모형 발달 분석

IV. 연구 결과

1. 1조의 사례

1조 학생들과 교사 1은 2조와 공동으로 마이산 관찰 활동을 수행했다. 그 과정에서 야외 답사 경험이 풍부한 교사 1이 두 조의 학생들에게 관찰 사실들을 바탕으로 제공한 다양한 정보들은 이후에 마이산 형성 과정에 대한 모형을 구성할 때 중요한 바탕으로 되었다. 전반적으로 학생들의 활동 참여도는 훌륭하였고, 학생들 간의 의사소통도 활동 내내 활발히 이루어졌다.

가. 조별 모형 발달 과정

1) 마이산 관찰 활동

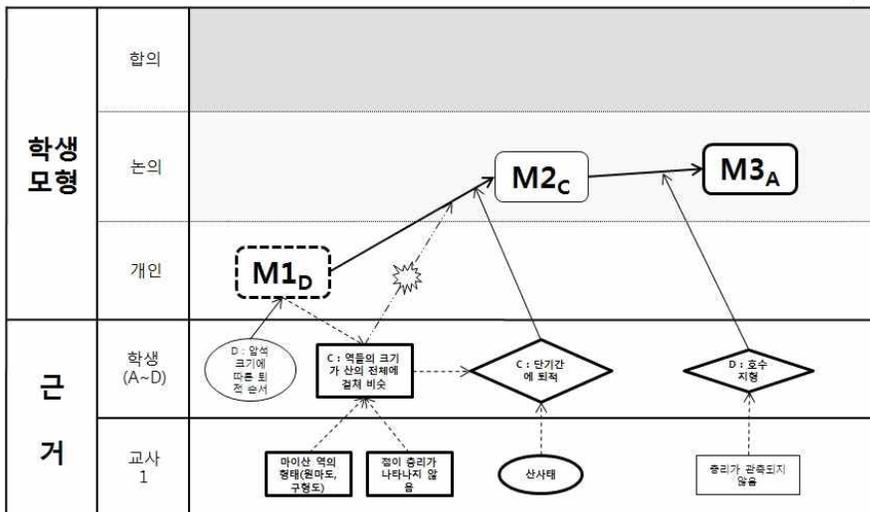
마이산 관찰 활동에서는 학생 D가 퇴적과 지각 변동의 과정에 대한 자신의 생각을 밝히는 것으로 조별 모형 구성 활동이 시작되었다. 그는 퇴적 당시 얕은 곳과 깊은 곳에 퇴적되는 알갱이의 크기가 달랐다는 인솔교사의 안내와, 크기가 다양한 역들이 관찰된다는 점에 기인하여 자신의 초기 모형 M1_D를 주장하였다.

이 모형에 대해 학생 C는 마이산을 구성하는 역들의 크기가 고르며, 이처럼 대규모의 쇄설물이 퇴적되기 위해서는 큰 호수 또는 강이 필요하다는 점에 초점을 맞추었다. 또한 지질학적으로 비교적 짧은 기간에 걸쳐 쇄설물들이 퇴적되었을 가능성에 대한 교사의 안내를 바탕으로 M2_C 모형을 제안하였다. 이 모형은 특히 ‘쇄설물의 유입’이라는 측면에서 산사태와 같은 대규모 환경 변화가 존재했을 것이라는 교사의 안내를 바탕으로 다른 학생들의 공감을 얻을 수 있었다.

학생 A는 앞의 두 학생의 모형을 바탕으로 호수 지형이 존재했을 가

능성에 주목하였다. 그가 제시한 M3_A 모형에서는 M2_C 모형을 바탕으로 호수에 쇄설물이 퇴적되고, 추가로 흙이 퇴적된 이후에 용기된다. 이는 학생 C와 D의 생각에 동의하면서 두 학생의 모형을 접목시킨 형태의 모형으로 다른 학생들의 인정을 받았다. 하지만 M3_A 모형은 아직 조원들 간의 충분한 논의를 통한 수정 및 보완이 이루어지지 못한 상태에 그쳤다.

1조 - M1_D~M3_A



- ♠ M1_D : 쇄설물의 크기에 따라 순차적으로 퇴적 후 용기
- ♠ M2_C : 산사태에 의해 단기간에 퇴적
- ♠ M3_A : 호수 지역에 산사태가 발생하여 쇄설물이 퇴적 후 용기

그림 4. 1조의 모형 발달 과정(마이산 관찰 활동)

2) 1차 조별 토의

마이산 관찰 활동을 모두 마치고 야외에서 수행한 1차 조별 토의에서는 마이산 역의 형태와 층리 존재 여부와 같은 1차적인 관찰 사실들을 바탕으로 조원들 간의 동의를 바탕으로 논의가 전개되었다.

먼저 학생 B는 마이산의 두 봉우리가 과거에 한 덩어리였을 가능성이

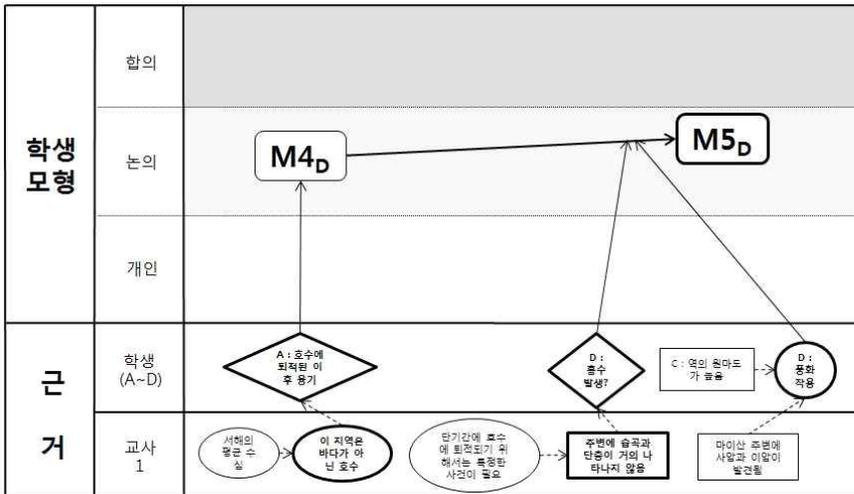
있다고 언급한 학생 D의 의견을 바탕으로, 지하에 존재하던 화강암 암맥이 용기한 이후에 흠 부분이 침식하여 산이 형성되었다는 자신의 생각을 제시하였다. 이는 지난 1학기 영재원에서의 지질학 수업에서 다루었던 ‘관악산의 생성 과정’에서 다른 학생들에 의해 구성된 모형을 바탕으로, 화강암과 변성암 역이 다수 발견되었다는 점을 근거로 하였다. 하지만 마이산과 이 일대는 역암층, 즉 퇴적암 지형이라는 근거를 바탕으로 보았을 때 ‘화강암 암맥의 용기’라는 요소는 전혀 마이산의 형성을 설명하기 적절하지 않다. 그러므로 이 모형은 다른 학생들의 인정을 받지 못하고 폐기되는 전형적인 불일치 모드에 해당한다.

이후에 교사 1은 마이산을 구성하는 역들이 연령이 매우 높은 편이며 단기간에 퇴적되었을 가능성에 주목하여 학생들에게 관련 정보들을 제공하였다. 또한 그는 이 지역이 과거에 호수였을 것이라는 M3_A 모형과 같은 맥락의 설명을 제시하였으며, 학생 D는 이와 같은 교사의 안내를 근거로 M4_D 모형을 고안하였다. M4_D 모형은 호수의 형성 이후에 주변 쇄설물이 퇴적되어 역암체가 형성되고, 용기와 풍화를 거쳐 현재의 산의 형태가 되는 것으로 산의 형성 과정을 표현하고 있다. 이 모형을 통해 1조의 마이산 형성 과정 모형의 기본적인 틀이 확립되었고, 이후에는 이 모형이 수정 모드와 확증 모드를 거쳐 합의된 조별 모형으로 발전하게 된다.

M4_D 모형 이후로 조원들은 바닷물로 인한 침식으로 분지 지형의 형성될 가능성에 대해 논의를 거듭하였다. 그러나 서해의 평균 수심이 44미터 가량인 점을 감안하였을 때 바다의 영향으로 500미터가 넘는 해발 고도를 가진 마이산이 형성되기 위해 필요한 규모의 분지가 형성된다는 주장은 신빙성이 떨어진다는 쪽으로 학생들의 의견이 모아졌다. 그리하여 이 주장은 기각되었고, 이후에 추가적인 교사 1의 안내와 학생들의 논의를 거쳐 학생 D가 자신의 이전 모형을 다듬어 M5_D 모형을 주장하였다. 이 모형은 M4_D 모형 이후에 추가로 논의되었던 다양한 요소들이 접목되어 발전된 것이다. 첫째로, 호수에 쇄설물들이 단기간에 퇴적되기 위해서

는 특정한 사건이 요구되는데, 주변에 습곡과 단층이 거의 나타나지 않는다는 관찰 사실을 기반으로 보았을 때 산사태보다는 홍수가 쇄설물들을 호수 내로 운반했을 것이라는 추측이 모형에 반영되었다. 둘째, 마이산과 그 주변에서는 사암과 이암의 존재를 확인할 수 있는데, 역의 원마도가 높다는 관찰 결과를 바탕으로 하여 이 지역에서는 지속적인 풍화작용이 발생했다는 점이 모형에 고려되었다. 그러므로 M5_D 모형은 하천상류 일대의 쇄설물들이 홍수에 의해 호수로 운반, 퇴적되고, 이후 용기와 풍화에 의해 지금의 마이산 형태가 갖추어졌다는 형태의 모형이 완성될 수 있었다. 이 모형을 통해 학생 D는 쇄설물의 형성 및 유입에 홍수 또는 산사태와 같은 환경 변화 요인이 작용한 것과, 쇄설물이 퇴적된 호수를 분지 지형으로 인식하는 것을 확인할 수 있었다.

1조 - M4_D~M5_D



- ♠ M4_D: 호수가 형성된 이후 쇄설물의 퇴적 발생. 이후 용기 및 풍화.
- ♠ M5_D: 홍수에 의해 하천 상류의 쇄설물들이 호수에 퇴적. 이후 용기되고, 기존의 호수 지역 퇴적 물질들이 풍화됨.

그림 5. 1조의 모형 발달 과정(1차 조별 토의)

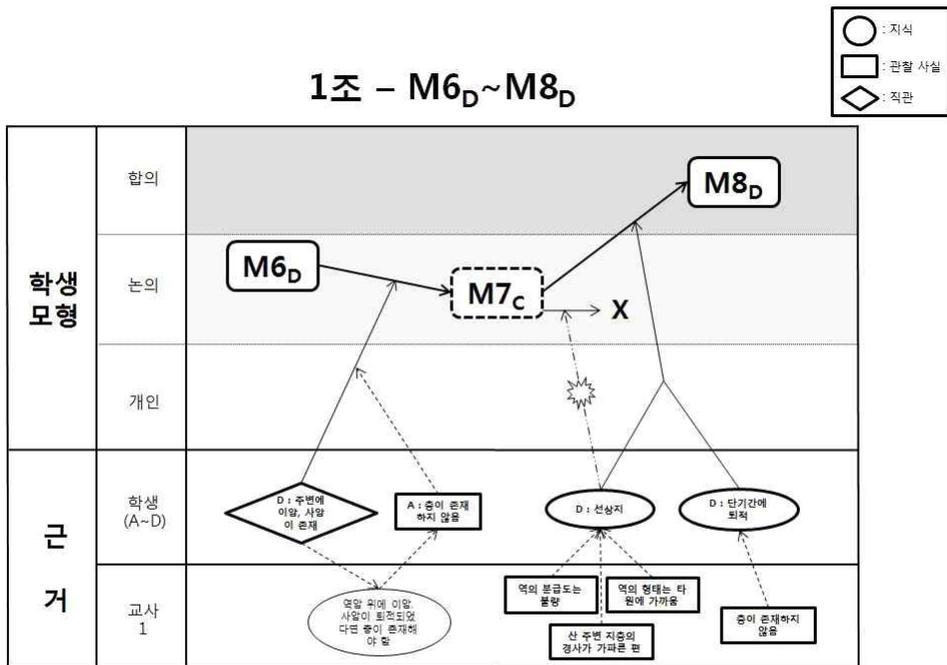
3) 2차 조별 토의

숙소로 옮겨 새롭게 토의를 시작한 학생들은 우선 1차 조별 토의에서 마지막으로 다루었던 M5_D 모형을 바탕으로 논의를 재개했다. 학생 D는 본인의 이전 모형에서 부족한 쇄설물들의 형성과 그 이전의 상황, 그리고 두 개의 봉우리로 갈라진 형태의 산의 형성에 대한 추가적인 논의를 진행하고자 다른 조원들의 기억을 되살리고자 하는 의미로 M5_D 모형과 같은 맥락의 M6_D 모형을 제시하였다. 토의 초반의 이 모형을 통해 학생들이 동의하는 마이산 형성 모형의 중요한 메커니즘이 M5_D 모형을 통해 어느 정도 정립되었다는 점을 확인할 수 있다. 또한 조원들 간에 쇄설물 퇴적의 환경적 측면에 대한 합의가 이루어진 것을 이 모형을 통해 알 수 있다.

쇄설물의 형성 및 분지로의 유입, 퇴적 작용, 그리고 이후의 용기와 침식 과정에 이르기까지의 모형은 M6_D 모형을 통해 어느 정도 정립되었다. 이후에는 주로 분지 지형의 형성 과정과 쌍봉 형태로 산이 완성되는 과정에 초점을 맞추어 논의가 진행되었다. 학생 C는 M7_C 모형을 통해 이와 같이 정리된 형태의 M6_D 모형과는 다른 방식으로 설명하려고 시도하였다. 그는 분지 지형으로의 쇄설물 유입 요인으로 ‘강의 흐름’을 제시하였고, 퇴적지는 강의 하류이었을 것으로 주장했다. 또한 마이산의 용기 과정에서 산이 파인 가운데 부분으로 하천이 흐르면서 지속적으로 침식이 발생, 지금과 같은 쌍봉의 형태를 띠게 되었다고 주장하였다. 이 모형은 앞에서 조원들이 초보적인 수준으로 논의를 진행하였던 역암체의 용기 이후의 상황에 대해 학생 C의 추측이 곁들여진 설명이라고 볼 수 있다. 또한 비록 M6_D 모형과 맥락이 다르지만 야외 답사 전에 교사진들이 설정한 목표 모형의 각 단계들의 대부분에 대해 설명할 수 있게 되었다.

M7_C 모형을 접한 교사 1은 조원들에게 ‘선상지’ 개념을 도입하여 본인이 생각한 형성 과정에 대한 자신의 의견을 일부 소개하였다. 급격한 경사의 변화로 인해 흐르던 강의 유속이 약화되는 지점이 선상지로서 형성되고, 이 곳에 마이산을 형성하게 될 역들이 임시로 퇴적되었다는 것이

다. 이 의견에 동의한 학생 D는 M8_D 모형을 제안하였다. 그는 지각 변동에 의해 마이산 일대에 거대한 분지 지형이 생성되었고, 이곳에 물이 유입되어 호수가 형성되며, 호수 주변에는 다수의 선상지 지형이 만들어졌을 것이라고 주장하였다. 그리고 나서 홍수가 발생하여 선상지에 퇴적되어 있던 쇄설물들이 급작스럽게 퇴적되어 역암체가 형성되고, 용기가 발생하며, 용기 과정에서 강의 흐름으로 인한 지속적인 침식을 통해 마이산의 형태가 만들어진 것으로 자신의 모형을 정리하였다. M8_D 모형은 사전에 설정한 목표 모형의 모든 과정을 아우르는 최종적인 형태를 띠게 됨으로서 다른 조원들에게 인정을 받아 1조에서의 합의된 조별 모형으로 확정되었다.



- ♣ M6_D : 홍수에 의해 하천 상류의 쇄설물이 호수(분지)에 퇴적. 이후 용기.
- ♣ M7_C : 하천 하류에 쇄설물이 퇴적. 이후 용기 과정에서 유수에 의한 산 중앙부 침식.
- ♣ M8_D : 분지 주변으로 선상지 형성. 홍수에 의해 쇄설물이 분지 내로 퇴적. 이후 용기 과정에서 산 정상부의 풍화, 침식.

그림 6. 1조의 모형 발달 과정(2차 조별 토의)

나. 조별 모형 형성 과정에 영향을 미친 요인

(1) 상호작용 내에서의 요인

1) 마이산 관찰 활동

① M1_D ~ M2_C

관찰 활동을 시작하면서 교사 1은 학생들이 하산하면서 주변의 노두들을 자유롭게 관찰할 수 있도록 하였는데, 추가로 노두가 역암체로 구성되어 있고, 이를 구성하는 역들의 형태가 어떤지, 그리고 산의 상부와 하부 역의 형태의 변화 여부에 초점을 맞추어 관찰을 수행하도록 했다. 관찰 활동이 진행되는 동안 학생 D가 먼저 퇴적암의 형성 과정에 대한 기초적인 지식을 바탕으로, 크기가 큰 쇄설물이 먼저, 작은 것이 나중에 퇴적되었을 것이라는 M1_D 모형을 제안하였다.

T1 : 그리고 퇴적되면, 너네가 지금 퇴적된다고 했지? 퇴적되면 어쨌든 지표면보다 아래라는 소리 아냐. 호수든 바다든. 쌓이는데 바다. 니들이 그 물에 의해서 일반적인 강이나 하천의 흐름에 의해서 쌓일 때 얕은 곳과 깊은 곳에 쌓이는 알갱이 크기가 어떻게 다를 것인지도 한번 생각해 봐. 그리고 그거를 지금 여러분들이 관찰한 것과 매치를 시켜 보란 말이야.

C : 네. 내 생각엔 그 큰 암석도 있고 작은 것도 있는 걸 보니까 한번, 한 번에 쌓였는데...

D : 그러니까 처음에 자갈 먼저 쌓인 다음에 그 다음에 흙하고 그런 것들이 다 쌓여가지고 융기된 거 아니야?

이는 산 전체가 역암으로 구성되어 있다는 교사 1의 안내와 각 사이트의 역의 크기 변화를 관찰한 것을 근거로 하고 있다.

이 모형에 대해 학생 C는 역의 크기가 산 전체에 걸쳐 비슷하다는 새로운 관찰 사실을 제시하였다.

C : 다 고르고 일단 입자 알갱이 크기가 작은 거랑 큰 게 같은 층에 있단 말야. 그러면..

A : 그러면 그 자갈 같은 건 다 밑에 있다는 소리네?

C : (동시에) 그러면 그 뭐가, 한번에 내려왔다는 건데...

그리고 교사가 마이산 역의 원마도와 구형도에 초점을 맞추어 관찰하도록 하고, 점이 층리가 존재하지 않다는 점을 지적하였다.

T1 : 애가 만약, 이게 바다에서 형성된 거라면 벌써 저 위쪽에서 역암이 있고 아래로 내려올수록 점점 어떻게 될까? 조금씩 작아져야 할 것 같은데.

A : (교사와 동시에) 아, 그럼 바다말고 호수일 가능성이 커.

T1 : 그럼 애는, 어. 그렇지. 뭔가 바다는 일반적인 바다는 아닐 거라는 생각이 들지? 응. 바다는 아닐 거고 지금 벌써 저 위에서부터는 벌써 50미터 가까이 내려왔으니까. 50미터 가까이 내려오는 동안 50미터의 지층 변화가 있는지 없는지도 잘 봐.

마이산이 M1_D 모형에 따라 만들어졌다면, 산의 곳곳에 점이 층리 구조를 확인할 수 있어야 한다. 호수 또는 바다와 같은 지역에 쇄설물이 장시간 퇴적될 경우에만 점이 층리 구조가 나타날 수 있기 때문이다. 하지만 점이 층리 구조가 발견되지 않는다는 관찰 사실은 이 모형에 대해 모순되는 증거라고 볼 수 있다. 그 결과 M1_D 모형은 학생들의 인정을 받지 못하게 되었으며, 학생 C는 이 모형에서 퇴적 시간 간격을 수정한 M2_C 모형을 제시하였다. 이 과정에서 모순되는 증거에 의해 모형의 일부가 수정되는 형태의 수정 모드가 나타나는 것을 확인할 수 있다.

② M2_C ~ M3_A

M2_C 모형은 쇄설물들이 단기간에 퇴적된 것이 핵심이다. 하지만 이 모형에는 두 가지 내용이 추가되어야 한다. 하나는 쇄설물이 퇴적된 장소의 환경, 다른 하나는 단기간에 퇴적되기 위한 사건이다. 학생 C는 이 중에서 퇴적이 발생하기 위한 사건에 대해 교사 1의 설명을 활용하였다. 교사 1은 마이산 상부와 하부의 역의 크기 변화가 거의 없다는 점을 바탕으로 쇄설물들이 단기간에 퇴적되었을 가능성을 지적하면서, 이러한 퇴적이 일어날 수 있는 사건으로 산사태를 언급하였다. 학생 C는 이를 활용하여 ‘산사태에 의한 퇴적’으로 자신의 모형을 설명하였다.

T1 : 50미터 가까이 내려오는 동안 50미터의 지층 변화가 있는지 없는지도 잘 봐. 그러면 천

친히 물의 흐름에서 쌓이는 것이 아니라.
A : (동시에) 아, 갑작스럽게.
T1 : 뭐, 산사태가 있을 수도 있는 거고.

하지만 그는 쇄설물이 퇴적된 지역의 환경에 대해서는 설명하지 못했는데, 이를 설명한 모형이 M3_A이다. 교사 1은 마이산 일대에 층리가 관측되지 않는다는 사실을 강조하였는데, 이를 바탕으로 학생 A는 퇴적 지역의 환경으로 호수를 지목한 M3_A 모형을 제시하였다.

C : 역시 산사태가 맞는 것 같은데? 갈수록.
A : 지금 암석의 크기가 위에랑 여기랑 거의 비슷해.
C : 그러니까, 변화가 없어.
A : 변화가 없으니까 잔잔한 호수 같은 데서 산사태로 꽂 온 거야. 그 다음에 흩하고 퇴적됐고 갑자기 융기되어 갖고 올라온 거야.

그는 분급이 불량한 패턴이 산의 전체에 걸쳐서 균일하게 나타난다는 정보를 바탕으로 호수 지형에 쇄설물들이 퇴적된 모형을 형성하였다. M3_A 모형은 M2_C 모형과 마찬가지로 교사가 제시한 정보를 접한 학생이 자신의 추론을 통해 형성하였다는 점에서 공통점을 갖지만, 층리가 관측되지 않는다는 관찰 사실을 교사 1이 확인해 주는 과정을 거쳤다는 점에서 ‘산사태’라고 하는 교사의 설명을 기반으로 하는 M2_C 모형과 차이가 있다.

2) 1차 조별 토의

① M3_A ~ M4_D

1차 조별 토의를 시작한 학생들은 M3_A 모형부터 논의를 이어나가기 시작했다. 이 모형은 두 가지 요소, 즉 호수에 퇴적되었다는 것과 산사태에 의한 퇴적이 되었다는 것을 바탕으로 하고 있다. 이에 대해 학생들은 앞의 활동에서 M3_A 모형을 제시하였지만, 확실한 이해에 도달하지는 못하였다. 교사 1은 이런 학생들을 위해 서해의 평균 수심이 50m가 채 되

지 않는다는 점을 들어, 이 지역은 바다가 아닌 호수를 기반으로 형성되었다는 정보를 학생들에게 제공하였다.

T1 : 호수일 확률도 있지. 그러니까 여기가 바다일 수도 있지만, 아까 한 친구가 얘기했듯이 바다라고 생각했더니 바다가기엔 너무 층서가 없다고 했지? 친구가. 그치? 역암이 있으면 그 옆으로 사암이 있고 조금씩 깊어지면서 점점 작은 알갱이가 있어야 하는데 그런 건 없고 통짜라고 했지? 바다가 한 번에 통짜로 쌓이기엔..?

B : 어렵죠.

T1 : 한번 생각해 봐. 서해의 수심은 평균 20미터도 채 안 돼. 서해가 깊은 데는 50미터도 안 된다고. 30미터인가? 35미터가 최고 수심으로 알고 있거든? 서해 자체가? 지금도.

C : 그렇다고 동해에서 만들어져서 걸어올 리는 없잖아요?

이를 통해 학생 A는 앞에서 구성한 자신의 모형대로 호수에 퇴적된 이후 용기되었을 가능성에 대한 추론 결과를 언급하게 되었으며, 이는 학생 D가 제안한 M4D 모형으로 이어지게 되었다.

A : 그러니까 1억 년 전에, 이 일대가 아예 다, 거대한... 거대한 호수가 아니었을까?

C : 점점 막장이 되어 가고 있습니다.

A : 아니, 그럴 가능성이 있다는 거지.

D : 아 근데 그러려면...

A : 서해안 수심이 낮다는 거는 충분히 검증할 수 있으니까.

(중략)

D : 그러니까, 이게 딱 오래 된.. 이미 쌓여 있는데, 그걸 중심으로 호수가 형성이 됐는데, 여기에 또 탄 게 쌓인 거야. 그게 딱 용기가 되면서, 최근에 쌓인 부분이 약하니까... 풍화나 그런 거.

그리고 산사태의 경우, 학생 D는 당시에 산사태가 발생했다는 것을 증명할 수 있는 명확한 근거를 확인하지 못하였기 때문에, 본인의 모형에서 일단 산사태라는 요소를 제거하고 ‘쇄설물이 퇴적’되었다는 정도로 간략하게 언급하였다.

② M4D ~ M5D

학생 D에 의해 M4D 모형이 제안된 이후의 논의는 주로 퇴적이 발생하게 된 계기에 집중되었다. 이에 대한 학생들의 단편적인 언급들이 이

어지자, 교사 1이 논의의 방향을 정리하고자 앞의 모형에서 합의한 사항부터 차례로 정보를 제공하였다. 그는 우선 퇴적 환경이 호수, 즉 분지 지역이라는 점을 확인하였고, 단기간에 호수 주변에 퇴적된 쇄설물들이 퇴적되기 위해서는 특정한 사건이 필요하다는 점을 강조하였다. 그러면서 그는 자연스럽게 마이산 일대에 습곡, 단층과 같은 지각 변동의 흔적이 관찰되지 않았던 관찰 사실까지 복합적으로 학생들에게 제시하였다. 이를 통해 학생들은 600m에 육박하는 쇄설물이 단기간에 퇴적될 정도의 거대한 지각 변동이 발생했다면 그 흔적이 확인되어야 하지만, 마이산에서는 그러한 것들을 확인하지 못하였기 때문에 산사태는 퇴적을 일으킨 요인이 되기 어렵다는 것까지 사고가 확장되었다. 대신, 학생 D는 홍수가 발생하여 쇄설물이 호수로 떠내려오면서 퇴적이 이루어졌을 것이라는 추측을 하게 되었는데, 이것이 다음 모형에 반영되었다.

다른 한 가지 논의점은 호수에 쇄설물이 퇴적되어 형성된 역암체가 용기된 이후의 과정이었다. 지금까지 학생들의 논의의 핵심은 주로 ‘역암체가 어떻게 퇴적되었는가?’에 초점이 맞추어져 있었다. 하지만 어느 정도의 논의를 통해 이 문제에 대한 해결 방안을 합의한 이후에는 역암체가 용기되어 현재 마이산의 모습을 갖추기까지의 과정을 살펴보고자 하는 것이었다. 학생 C는 역의 원마도가 높은 편이라는 점을 강조하였는데, 이는 충분히 침식이 발생할 수 있는 지역에서 오랜 시간 동안 역암을 구성하는 쇄설물들이 존재했다는 점을 입증할 수 있다. 또한 교사 1은 마이산 일대에서 사암, 이암과 같은 다른 퇴적물들도 발견되었다는 관찰 사실을 제시하였다. 이와 같은 두 가지 관찰 사실을 바탕으로 학생들은 마이산을 구성하는 역들이 풍화 작용이 일어나기 용이한 환경에서 존재하였으며, 실제로 활발한 풍화 작용이 발생했다는 사실을 명확히 할 수 있었다. 그리고 그들은 풍화된 흔적들이 마이산 주변에서 사암과 이암의 형태로 퇴적되어 있다는 것까지 확인하였다.

결과적으로 이 두 가지 요소들을 앞의 모형에 결합한 것이 M5_D 모형이다. 학생 D에 따르면, 호수 일대의 쇄설물들이 홍수에 의해 단기간에

때내려오면서 호수에 대규모로 퇴적되어 역암체가 형성된다. 그리고 역암체가 용기한 다음, 그 과정에서 역암체의 윗부분과 주변에 존재하던 퇴적 물질들이 풍화되어 마이산이 형성된 것이다. M5_D 모형은 1조의 다른 학생들 모두의 신뢰를 얻었으며, 이후 구성하게 되는 합의된 조별 모형의 핵심이 되었다.

3) 2차 조별 토의

① M6_D ~ M7_C

2차 조별 토의를 시작하기 앞서 학생 D는 1차 조별 토의를 마무리할 때 언급한 M5_D 모형과 같은 M6_D 모형을 말하였다. 이는 두 활동 사이에 약 5시간 가까운 시간 간격이 존재하였기 때문에 학생들의 기억을 환기하고자 한 것이었다. 실제로 1차 조별 토의에서 마이산의 형성에 있어 핵심적인 부분은 대부분 합의가 끝난 상황이었기 때문에, 1조 학생들은 쇄설물이 형성되기 전의 상황과 역암체가 용기된 이후에 산이 형성되는 과정에 대한 논의가 필요하였다. 하지만 중간에 학생 C가 제시한 모형으로 인해 마이산 형성의 전반적인 과정을 다시 검토하게 되었다.

학생 D는 주변에 사암, 이암과 같은 퇴적암이 존재한다는 관찰 사실을 재확인하였는데, 이에 대해 교사 1은 역암 주변에 이러한 퇴적암이 존재하기 위해서는 층이 존재해야 한다는 내용을 학생들에게 전달하였다. 그런데 마이산에는 층이 존재하지 않는다는 관찰 사실을 이미 모두가 앞에서 활동을 통해 파악한 상태였다. 하지만 교사 1이 제시한 이 사실은 학생들이 앞에서 이해한 내용에 대해 모순되는 것이었다. 그러므로 학생 C는 호수가 아닌 하천 하류에 쇄설물이 퇴적되었다는 것을 중심으로 하는 M7_C 모형을 제안하였다.

C : 그닥... 이건 어때? 하천에 쌓였어. 하천에 쌓였는데 아래쪽에, 그러니까 하류에 쌓인 거야. 근데 그 하류가 일단은, 물길의 흐름이 구불구불하진 않잖아. 이렇게 곧을 거란 말야. 그러면 그 곧은 부분에 쌓인 거지. 그러면 이게 만약 그 용기됐다고 했을 때 일단 그 가정을, 일단, 일

단 대충 해서 약 직육면체 모양이라고 한 다음에... 그러면 그 위쪽에 하천이 흐르면 그렇게 깎이지 않겠어? 그러니까 쭉봐. 이게 그림을 그려줄게.

A : 어, 이게 파란색이 있었는데...

C : 여기 상류야. 여기 상류야. 여긴 중류고. 그리고 여기.. 이렇게 하류겠지, 이렇게? 그리고 여긴 바다고? 그러면 이쪽에서 들어왔어. 아니아니, 이쪽에서 들어온 게 아니라, 상류 쪽에 있던 화강암이나 상류, 중류에 있던 게 아래쪽으로 몰려들었어. 그러니까, 여기까진 우리가 아까 봤잖아. 그치? 그러면 이 부분이 용기를 한 거야. 용기를 했으면 좀 떨어져 나가는 것도 있겠지. 용기한 모양은 대충 이렇게 될 거란 말야. 그러면 이 쪽에 계속 하천이 지나가.

이 모형에 따르면 하천 하류의 특정 지점에서 마이산을 형성하는 역암체들이 퇴적되는데, 유수에 의해 마이산 일대에서 사암과 이암을 구성하게 되는 쇄설물들이 역암체의 퇴적 지역 주변으로 운반되어 퇴적된 것으로 설명하는 것이 가능하다. 여기서 학생들이 모순되는 정보들을 통해 기존의 모형에서 새로운 모형의 형태로 발전해 나가는 수정 모드가 나타나는 것을 확인할 수 있다.

또한 이 모형은 기존까지 논의의 중심에서 벗어나 있었던 ‘쌍봉의 형성’이라는 측면에 대해 조원들로 하여금 관심을 가지게 하는 계기가 되었다. M7_C 모형에서 학생 C는 용기 과정에서 역암체의 가운데 부분을 통과하는 유수로 인해 점차적으로 침식이 발생, 현재의 마이산 형태가 완성되었다고 주장하였다. 마이산의 형성에 유수의 개입이 있었다는 것은 이미 앞의 논의들을 통해 확인하였기 때문에, 용기되는 과정에서 유수에 의한 침식이라는 아이디어는 다른 조원들의 동의를 얻을 수 있었다.

② M7_C ~ M8_D

M7_C 모형과 앞에서 제시된 모형들 간의 차이는 쇄설물이 퇴적되는 지역이 강의 하류였다는 점이다. 이 모형에 대해 교사 1은 다양한 관찰 사실들을 다시 학생들에게 확인시켜 주었다. 우선, 마이산 역암을 구성하는 역들의 분급도가 상당히 불량했으며, 역의 형태는 타원에 가까웠고, 산 주변 지층의 경사가 가파른 편이었다. 이러한 점에 비추어 보았을 때, 강의 하류에 퇴적되었다는 M7_C 모형은 설득력을 잃게 된다. 강의 하류에

서는 유수의 속도가 느려지고 퇴적된 쇄설물들의 크기가 고른 편이며, 상류에서부터 긴 시간 동안 침식을 받아 왔기 때문에 쇄설물의 형태가 원형에 가깝고 크기도 작다. 또한 하류 일대는 대체로 경사가 완만하다. 그러므로 마이산이 퇴적될 당시 이 지역은 강의 하류로 보기 어렵다. 교사 1은 가파른 경사의 강 상류 지역에서 중류 지역으로 들어설 때 경사가 완만해지는데, 이러한 지역에 흔히 형성되는 선상지라는 퇴적 구조를 논의에 도입하였다. 다시 말해서, 마이산을 구성하게 될 쇄설물들이 이 분지 지역에 형성된 호수에 퇴적되기 전까지 이 일대에 구성되어 있는 선상지에 퇴적되어 있었다는 것이다. 그러므로 M7_C 모형에서 강조하였던 하천의 하류 지역의 퇴적은 교사 1이 제시한 모순된 관찰 결과에 의해 파기되고, 다시 이 일대에 형성되어 있던 호수에 퇴적된 것으로 돌아가게 되었다. 그리고 교사 1이 마이산에 층이 존재하지 않는다는 관찰 사실을 재확인하자, 학생 D는 쇄설물들이 단기간에 퇴적되었다는 사실로 논의의 흐름을 자연스럽게 연결하였고, 이들을 종합하여 M8_D 모형을 제시하게 되었다. 이 모형에 따르면, 진안 지역에 형성되어 있던 분지 주변으로 선상지들이 형성되어 있다가 대규모의 홍수가 발생하자 선상지에 퇴적된 쇄설물들이 호수를 형성하고 있던 분지 내로 퇴적되어 역암체가 형성되었다. 이후에 산의 융기가 발생할 때, 이 지역을 흐르던 유수에 의해 산 정상부에 해당하는 지점에서 풍화와 침식이 복합적으로 발생하면서 지금과 같은 쌍봉의 형태를 띠게 되었다는 것이다. M8_D 모형은 앞의 M7_C 모형에서 퇴적 위치에 대한 요소는 파기하였으나, 유수에 의한 침식이라는 요소는 그대로 살리는 형태로 완성되었다. 이 모형은 마이산 형성 과정이라는 문제를 해결하기 위한 적절한 모형으로서 1조 학생들에게 인정받게 되어 1조의 합의된 조별 모형으로 확정되었다.

4) 본 활동에서 확인할 수 있는 첨가 모드

본 모형 구성 활동에서 각 인솔교사들은 총 세 가지 형태의 발화를 제

시하였다. 하나는 학생들로 하여금 직접 마이산 지형의 특징적인 부분을 관찰하게 하고 유의미한 정보를 얻어내도록 유도하는 지시형 발화, 다른 하나는 모형 구성을 위한 기본적인 정보들을 제공하는 설명형 발화, 마지막으로 학생들에게 질문하고 그들이 제시하는 답변에 피드백하는 첨가 모드형 발화이다.

교사 1의 경우, 활동 전체의 담화에서 첨가 모드형 발화의 비중이 상당히 높게 나타났다. 우선, 마이산 관찰 활동에서 학생들에게 정보를 제공하려는 목적의 설명형 발화에 질문과 답변, 피드백을 조합한 형태의 첨가 모드형 발화 위주의 발언이 나타났다.

하지만 1차 조별 토의에서 교사 1은 학생들이 어려움을 겪는 문제들에 대한 적극적인 힌트와 제한점(constraint)을 제공하는 설명형 발화 위주의 발언을 하였다. 당시 학생들이 아직 모형 형성이 가능한 수준의 충분한 정보를 가지고 있지 못했고 관찰 결과에 대한 유의미한 해석이 미처 이루어지지 못했다. 그러므로 교사 1은 관찰 결과에 대해 상세히 소개하고 이를 통해 유기적인 모형 형성이 가능하도록 다양한 가능성을 제시하였다. 그 결과 학생들의 답변에 대한 활발한 피드백을 제공하기보다는 일방적인 정보 제공의 비중이 높은 편이었다.

2차 조별 토의에서도 앞에서의 활동과 마찬가지로 설명형 발화의 비중이 높았다. 특히 논의 초반에 교사 1은 1차 조별 토의까지 언급되었던 내용들을 정리하여 학생들에게 다시 인식시키는 데 중점을 두어 설명을 제공하였는데, 그들이 모형을 정리하면서 부족한 부분을 보완하면서 합의된 조별 모형에 도달하도록 하는 데 도움을 주었다.

(2) 학생 개인적 요인

1조의 학생들은 전반적으로 매우 활발한 분위기에서 활동에 임하였다. 관찰 활동 중에도 항상 왕성한 호기심을 나타내며 관찰을 하였고, 이후

두 차례의 토의 활동에서도 밝은 분위기 중에서도 근거를 기반으로 하는 주장과 비판을 반복하며 초기 모형을 지속적으로 발전시켜 나갔다. 학생들의 학력 수준에 큰 차이가 나지 않았고, 서로 친했던 남학생들이 모였던 만큼 원활한 의사소통이 가능하였다. 그 결과, 그들의 모형은 5개 조 가운데 교사들이 사전에 설정했던 초기 모형에 가장 근접한 형태의 조별 모형을 구성할 수 있었다. 하지만 그 와중에 두 학생에게 논의가 편중되고, 다른 두 학생 중 하나는 논의에 유의미한 참여를 하지 않는 경향이 나타나는 것 또한 분석을 통해 확인할 수 있었다.

학생 A는 자신의 모형을 적극적으로 제시하는 형태로 참여하지는 않았으며, 논의에도 대체로 활발하게 참여하였으나 자신이 의도한 대로 논의의 흐름을 주도적으로 이끌어내가지는 못하였다. 이는 학생 C와 D가 활발한 논의를 전개하면서 주로 이 둘이 의도한 방향으로 논의가 전개되었기 때문인 것으로 보인다.

학생 B는 논의에 거의 참여하지 않고, 간간히 발언할 때에도 자신의 생각에만 의존하는 경향을 볼 수 있었다. 그는 1차 조별 토의 초반에 자신의 생각을 학생들에게 제시했으나, 이는 마이산의 형성과는 상관이 없는 내용이었으며, 오히려 그 해 4월에 ‘관악산의 생성 과정’을 주제로 한 수업에서 다루었던 것이다. 다른 세 학생들은 이런 그의 생각을 전혀 진지하게 고려하지 않고 무시했으며, 이후 학생 B는 모형 구성 논의에 도움이 되지 않는 발언들만을 하는 것을 확인할 수 있었다.

1조에서 실질적으로 활동에 적극적으로 임한 것은 학생 C와 D였다. 두 학생은 교사 1이 학생들에게 제공한 관찰 사실과 지식, 그리고 자신들의 추론을 그들이 형성한 모형의 근거로서 활용하였다. 특히 학생 D는 네 명 가운데 가장 많은 모형들을 구성하였으며, 항상 적절한 근거를 통해 이 모형들을 뒷받침하려고 노력하는 모습을 볼 수 있었다. 그에 비해 학생 C는 간간히 자신의 추론에 의존하는 모습도 나타났지만, 전체적인 성향은 학생 D와 유사했다.

결과적으로 1조의 논의는 교사 1과 학생 C, D가 주도적으로 이끌어

나갔으며, 이들이 논의에서 부족한 점들을 학생 A가 보완하는 패턴으로 전개되는 것을 확인할 수 있었다.

	모형 구성 활동의 참여도	근거의 적절성	비고
학생 A	- 활발히 참여하나, 논의를 주도적으로 이끌지 못함	- 인솔교사의 설명, 관찰 결과를 바탕으로 함	일반적 참여자
학생 B	- 논의에 거의 참여하지 않음	- 자신의 생각에 의존	프리 라이더
학생 C	- 적극적으로 활발하게 논의에 참여	- 인솔교사의 설명과 관찰 결과를 바탕으로 함 - 자신의 생각에 의존	상생적 리더
학생 D	- 적극적으로 활발하게 논의에 참여 / 합의된 조별 모형 제시	- 인솔교사의 설명과 관찰 결과를 바탕으로 함	상생적 리더

표 2. 1조 학생들의 모형 구성 논의 참여 양상

2. 2조의 사례

앞에서 언급한 바와 같이, 2조 학생들과 교사 2는 1조와 함께 관찰 활동을 수행했다. 주로 학생들에게 모형 형성에 도움이 될 만한 적절한 정보를 제공한 것은 교사 1이었고, 교사 2는 가급적 자유롭게 학생들에게 관찰 활동을 수행할 수 있도록 하였다. 하지만 2조 학생들은 전반적으로 1조와는 다른 관찰 활동 패턴을 보였으며, 이는 앞으로의 토의 활동에 영향을 주었다.

가. 조별 모형 발달 과정

1) 마이산 관찰 활동

2조의 경우 마이산 관찰 활동 당시에 학생들이 1조의 학생들과 함께 관찰 활동을 수행하였다. 하지만 1조와는 다르게 2조 학생들은 본인들이 특정한 모형을 제시하지 않고 조용히 관찰 활동을 수행했다. 다만 학생 H는 마이산 지형을 관찰하면서 지속적으로 정보들을 확인하는 발언들을 하는 것을 볼 수 있었다.

2) 1차 조별 토의

1차 조별 토의에서는 학생들이 관찰한 내용을 바탕으로 하여 초기 모형을 구성해 나가는 과정이 전개되었다. 학생 H가 전체적인 논의를 주도해 나가는 가운데, 다른 학생들은 주로 학생 H가 제시하는 정보들이 적합한지 여부를 확인하는 형태의 다소 소극적인 활동을 수행하였다.

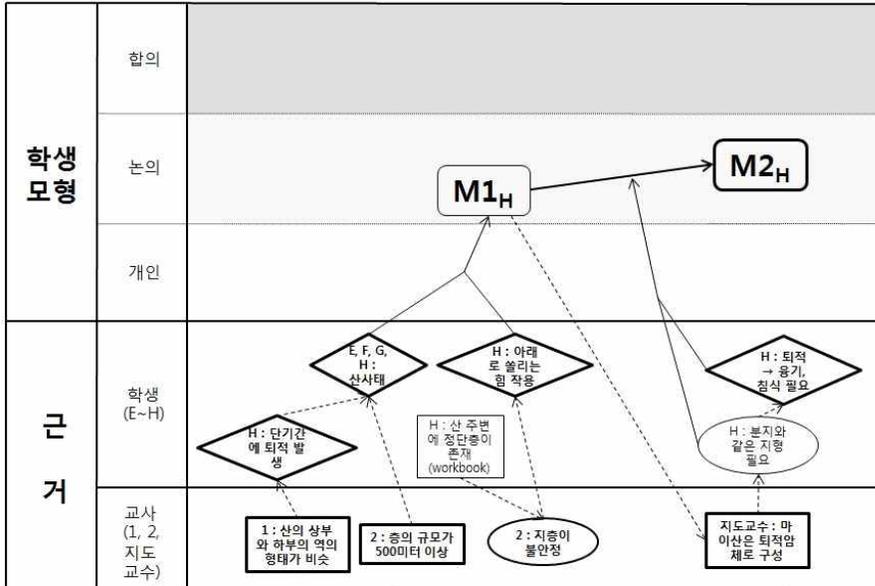
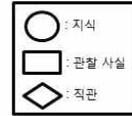
우선 학생 H는 마이산의 역들이 주로 화성암과 변성암으로 구성되어 있다는 관찰 사실을 바탕으로 산의 형성에 화산 활동의 개입 가능성에 대한 자신의 생각을 제시하였다. 하지만 학생 G는 마이산 주변에 화산 지형이 존재하지 않으며, 이곳이 판의 경계나 열점은 아닌 만큼 화산 활동이 직접 개입할 가능성이 적다는 점을 들어 이 모형을 비판하였고, 이

생각은 학생들의 신뢰를 얻지 못하게 되었다.

이후에는 학생 G는 산의 식생 분포를 토대로 산사태로 인한 퇴적에 대한 자신의 의견을 밝혔다. 이러한 학생 G의 생각과 주변 지형의 단층면이 존재한다는 점을 통해 학생 H는 분지 주변의 쇄설물이 산사태와 같은 환경 변화에 의해 분지로 유입, 단시간에 퇴적되었다는 M1_H 모형을 제시하였다. 이 모형은 마이산 형성 과정에서 쇄설물의 형성에서 퇴적 작용까지의 과정을 담고 있으며, 과거에 진안 분지가 존재했고, 쇄설물과 교결 물질들의 기원이 어디였는지에 대해 생각해보도록 유도하였던 교사의 안내가 모형의 형성에 영향을 미쳤다.

학생 H는 지도교수와의 문답 과정을 통해 모형 형성과 관련된 추가적인 정보들을 획득하였다. 이 과정에서 지도교수는 학생 H에게 직접적인 단서를 제시하지 않고, 앞에서의 관찰 활동에서 확인했던 정보들을 주도적으로 해석할 수 있도록 지원하는 다양한 질문들을 제시하였다. 학생 H는 이러한 문제들을 해결하는 과정을 통해 정보를 확인하고, 앞의 모형에서 부족했던 점을 보완하여 M2_H 모형을 제시하였다. 하지만 이 모형은 다른 학생들과 거의 논의가 이루어지지 못한 주관적인 모형이었고, 추가적인 논의는 다음 토의 활동에서 이루어지게 되었다.

2조 - Pre M1_H ~ M2_H



- ♠ M1_H: 분지 지형에 쇄설물이 퇴적. 지각 변동에 의해 갑자기 산이 형성.
- ♠ M2_H: 분지 지형에 쇄설물이 퇴적. 용기를 통해 지형이 상승, 침식 발생.

그림 7. 2조의 모형 발달 과정(1차 조별 토의)

3) 2차 조별 토의

1차 조별 토의가 주로 학생 H에 의해 주도된 반면, 2차 조별 토의에서는 다른 학생들의 참여가 활발해지는 모습을 볼 수 있었다. 교사 2 또한 이전 조별 토의에서보다 한층 더 적극적으로 학생들에게 정보를 제공하고 그들의 의견에 피드백하여 학생들이 합의된 조별 모형에 도달할 수 있도록 지원하였다.

우선 산의 외형과 역암체의 특징을 확인하는 것으로 활동이 시작되었다. 교사는 관찰 자료를 바탕으로 학생들에게 지속적으로 질문을 던졌고, 이를 통해 학생들은 과거에 마이산 일대가 분지 지형이었고, 산이 형성되기 위해서는 쇄설물들이 단기간에 퇴적되어야 한다는 점을 확인하였다. 이러한 과정에서 학생 G는 산의 형성 과정에 대한 설명과 더불어 타

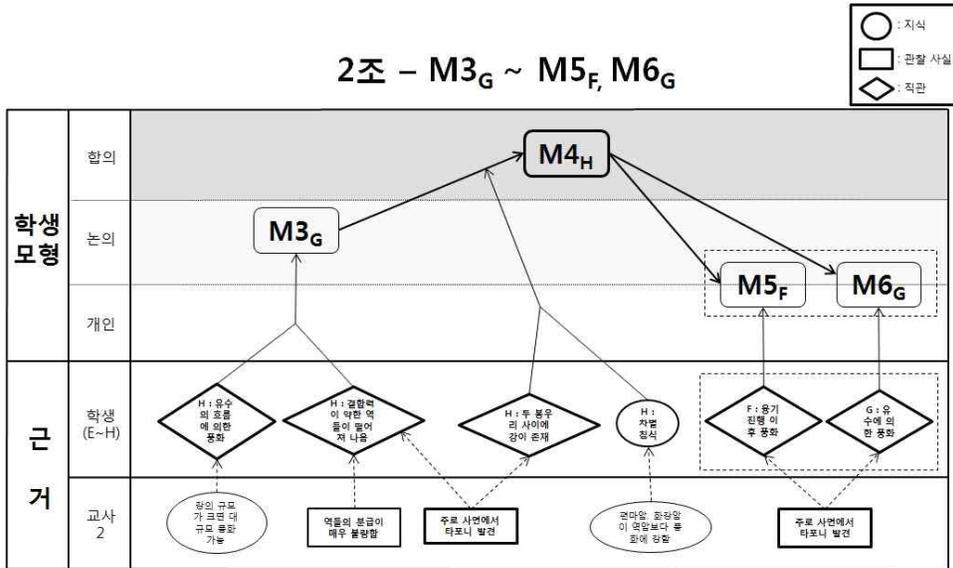
포니가 만들어진 원인을 바탕으로 M3_G 모형을 제시하였다. 이 모형에 따르면, 마이산 일대가 용기와 침강을 거치면서 결합력이 약한 쇄설물들 또는 큰 역들이 빠져나와 타포니가 형성되었다. 이는 마이산이 하나의 거대한 역암체로 구성되어 있으며, 쇄설물들이 단기간에 퇴적되어 부분적으로 결합력이 약한 부분이 존재했다는 사실의 주요 근거가 된다. 학생 H는 앞에서 자신이 제안한 모형에 M3_G 모형을 보완한 형태의 M4_H 모형을 제시하였고, 이 모형은 학생들이 필요로 하는 마이산 형성 과정의 대부분을 설명할 수 있었다.

어느 정도 논의가 마무리되면서 학생들은 조별 모형을 발표할 수 있도록 정리하기 시작하였다. 그러면서 교사 2는 학생들로 하여금 쌍봉이 형성된 과정을 설명할 수 있도록 하기 위하여 차별 침식이라는 개념을 학생들에게 제공하였다. 차별 침식의 양상에 대해 학생들과 논의를 하던 중, 학생 E와 마찬가지로 참여가 저조했던 학생 F가 쌍봉의 형성에 대해 M5_F 모형을 통해 설명을 시도했다. 이 모형은 용기 후 조산 운동에 의해 산의 가운데 부분에 약간의 틈이 발생하고, 이곳을 통해 풍화 작용이 일어나 점차 산이 벌어져 지금과 같은 형태를 갖추게 되었다고 주장한다. 이 모형은 쌍봉이 형성된 원인과 함께, 교사가 앞에서 제시했던 ‘타포니 밀집 지역의 발생 원인’을 해명할 수 있었다. 이 모형은 교사가 제시했던 차별 침식의 개념을 바탕으로 하며, 타포니가 밀집해 있는 면을 근거로 제시하여 다른 학생들로부터 설득력을 얻을 수 있었다.

M5_F 모형과 더불어, 학생 G가 제시한 M6_G 모형은 강이 쇄설물로 퇴적된 분지를 가로질러 흐르면서 쇄설물들의 침식이 발생하고, 용기하는 과정에서 지속적으로 풍화되면서 틈이 생기게 된다고 하였다. 이 모형은 용기하던 산의 틈에서 지속적인 풍화가 발생하여 산이 벌어진다는 점에서 M5_F 모형과 같다. 하지만 틈이 발생하게 된 계기가 조산 운동 등 외력에 의해서라는 M5_F 모형과는 달리, M6_G 모형에서는 용기 전부터 존재하던 유수에 의해서 발생한 것이었다.

결과적으로 이 두 가지 모형에 대한 추가적인 논의는 시간 관계상 이

루어지지 못하였기 때문에, 2조의 조별 모형은 퇴적 작용의 발생에 대한 메커니즘까지는 M4_H 모형이 선정되었고, 이후의 지각 변동 단계에서 두 가지 모형이 모두 가능성이 있는 것으로 합의되었다.



- ♣ M3_G: 퇴적 이후 용기되는 과정에서 결합력이 약하고 규모가 큰 역층이 떨어져 나오게 되면서 봉우리가 갈라짐.
- ♣ M4_H: 분지 지형으로 홍수로 인한 산사태가 발생하여 주변 쇄설물이 퇴적. 이후 용기 과정에서 차별 침식으로 인해 타포니 형성.
- ♣ M5_F: 조산 운동 과정에서 가운데에 벌어진 틈으로 침식이 집중.
- ♣ M6_G: 용기 전부터 존재하던 유수에 의해 가운데가 벌어짐.

그림 8. 2조의 모형 발달 과정(2차 조별 토의)

나. 조별 모형 형성 과정에 영향을 미친 요인

(1) 상호작용 내에서의 요인

1) 1차 조별 토의

① 토의 시작 ~ M1_H

2조 학생들은 관찰 활동 중에는 각 사이트별로 관찰한 사실들에 대해 확인하고 정리했을 뿐, 별다른 의견의 교환은 없었다. 실제로 활동을 시작한 것은 1차 조별 활동에서부터였다.

1차 조별 활동을 시작할 때, 2조 학생들과 교사 2는 잠시 1조와 함께 의견을 나누었다. 그러면서 교사 1이 2조 학생들에게도 모형 구성에 도움이 될 만한 정보들을 제공하였다. 기초적인 관찰 사실들을 확인하는 것으로 활동을 시작한 2조 학생들에게 교사 1은 산이 형성되는 운동, 즉 조산 운동 가운데 용기와 침식에 대해 간략하게 소개하였다. 여기서 학생 D는 역암이 화성암과 변성암들보다 침식에 약하다는 사실을 확인하였는데, 이 사실은 향후 산의 침식 과정에 대한 모형을 형성할 때 기여하게 되었다.

또한 교사 1은 산의 상부와 하부의 역의 형태가 비슷하였다는 관찰 사실을 학생들에게 제시하였는데, 이는 1조의 사례와 마찬가지로 학생 H에 의해 모형의 형태로 발전하였다. 그는 산 전체의 역의 크기나 퇴적 형태가 비슷하기 위해서는 단기간에 퇴적이 이루어져야 할 것이라고 생각하였고, 이러한 학생 H의 추론을 들은 2조 학생들이 쇄설물의 퇴적을 유발한 사건으로서 산사태라는 요인을 제시하였다. 이는 이후에 교사 2에 의해 지속적으로 언급되었다.

교사 2 : 아까 거기서 너희들이 얘기할 때 산사태 얘기 나오지 않았니?

학생 E : 네.

(잠깐 소란)

학생 F : 산사태가 났는데, 호수 물이...

교사 2 : 아니면 우리 작년어? 제작년어?

학생 E : 우면산.

교사 2 : 어. 우면산 났잖아. 왜 났는데?

다 함께 : 비가 너무 많이 와서.

학생 H : 거기다 비가 너무 많이 와서 산사태가 날 수도 있고, 지진 같은 게 났을 때 무너질 수도 있는 거고. 어쩐지 불안함.

교사 2 : 응. 그렇지. 근데... 그 중에 어느 걸까? 생각을 해 봐. 화산일까? 지진일까? 산사태일까?

이제는 본격적으로 각 조별로 나누어 토의를 진행했는데, 학생 H는 사전에 제공한 자료집을 바탕으로 산 주변에 정단층이 존재한다는 사실을 확인하였다. 이를 들은 교사 2는 정단층이 존재한다는 사실로 비추어보았을 때 퇴적 당시의 지층이 불안정했을 가능성이 있다는 점을 언급하였다. 정단층은 반대쪽으로 지층을 잡아당기는 장력이 작용하여 만들어진다는 점을 고려했을 때, 이 사실은 마이산 일대에 퇴적이 발생했을 때 지각 변동의 요소가 개입했다는 가설을 학생들이 인정할 수 있도록 하는 중요한 근거가 되었다. 학생 H는 이 정보를 바탕으로, 양 옆으로 당겨지는 힘에 의해 진안 분지 지역의 가운데 부분은 아로 가라앉는 힘이 작용하였을 것이라는 추론을 제시하였다.

결과적으로 단기간 동안의 퇴적을 유발한 산사태라는 사건과 주변 지형에 정단층이 발견된다는 사실을 바탕으로 학생 H는 M1_H 모형을 구성할 수 있었다.

학생 H : 그 전에 여러 가지 힘을 받아서 여러 가지...

교사 2 : 여러 가지.

학생 H : 그러니까 그 전에 이미 여러 가지 광물이 쌓여 있었다가 어떤 변동에 의해서 갑자기 산이 생겨서...

이 모형은 2조에서 학생들과 교사의 논의에 의해 구성된 첫 모형인데, 학생 H는 퇴적된 환경이 분지라는 것에 대해서 인식하고 있었다. 거대한 역암체가 퇴적되기 위해서는 쇄설물이 퇴적될 수 있는 거대한 공간인 분지가 필요하기 때문이다. 그리고 그는 짧은 시간 간격 동안에 퇴적이 발생한 것과, 이를 위해 특정한 사건이 필요하다는 것 또한 이해했다. 하지만 명확하게 산사태인지 여부에 대해 설명할 수 있는 단서가 부족하였기 때문에 ‘어떤 변동’이라고 하는 다소 모호한 표현을 사용하는 모습을 볼 수 있었다.

② M1_H ~ M2_H

학생 H가 구성한 M1_H 모형을 통해, 2조 학생들은 1조에 비해 빠른 시간 내에 산의 형성을 설명할 수 있는 개략적인 메커니즘을 완성할 수 있었다. 주변 쇄설물들이 퇴적되었던 과거 이 지역의 형태와 쇄설물이 유입되기 위한 사건을 M1_H 모형을 통해 설명할 수 있었기 때문이다. 하지만 학생 H는 이 모형을 통해 쇄설물이 퇴적된 이후의 상황을 설명하지 못하였다. 이 때, 야외 답사 활동 전반을 총괄하는 역할을 맡았던 지도교수와 대화를 통해 그는 자신의 모형에서 부족한 점에 대해 보완할 수 있었다.

지도교수는 마이산이 퇴적암체로 구성되어 있다는 전제로 대화를 시작하였다. 학생 H는 이러한 퇴적암체가 구성되기 위해서는 분지와 같은 거대한 지형이 필요하다는 점에 대해 인지하고 있었다. 하지만 지도교수가 쇄설물들의 퇴적 이후의 과정에 대한 질문을 하자, 그는 퇴적된 쇄설물들이 산의 형태를 갖추기 위해서는 용기와 침식 과정이 필요하다는 사실을 확인할 수 있었다. 이러한 점을 바탕으로 그는 M2_H 모형을 구성하였다.

지도교수 : 낮아야 쌓이지. 높은 데 있으면 깎이잖아. 그렇지? 그런데 왜 하필 분지야? 조금만 낮으면 안 돼? 분지처럼... 깊은 거 같은데.

H : 이만큼 많은 양이 한꺼번에 쌓이기 위해서는 깊어야...

지도교수 : 깊이가 필요하다? (칭찬) 아주 잘 하고 있네. 그 다음에. 깊은 분지에 두껍게 쌓였어. 그 다음에 무슨 일이 벌어져?

H : 용기를 해서 주변 지형이 높아져요.

(중략)

H : 그 다음에, 그... 가운데 부분이...

지도교수 : 용기한 다음에 무슨 일이 벌어져?

H : 침식이 일어나요.

이 모형은 비록 구체적 형태로 나타나지는 않으나, M1_H 모형에서 설명이 미흡하였던 퇴적 이후의 상황에 대한 설명을 보완하고 있다는 측면에서 한걸 발전된 형태의 모형으로 간주할 수 있다.

2) 2차 조별 토의

① Pre M3_G

2조 학생들은 1차 조별 토의에서 구성한 M1_H 모형을 통해 마이산 형성에 대해 개략적으로 확인할 수 있었다. 여기에 토의 후반부에 있었던 지도교수와 학생 H 간의 대화를 통해 퇴적암체의 용기 후의 과정에 대한 내용이 보장되었다. 2차 조별 토의에서는 이러한 모형을 세밀한 형태로 다듬는 형태의 논의가 주로 이루어졌다.

1조와 마찬가지로 학생들의 논의가 발전될 수 있도록 망아쇠 역할을 맡은 것은 교사 2였다. 그는 하천의 규모가 크면 풍화가 대규모로 발생할 수 있다는 사실을 제시하였는데, 이는 학생 H로 하여금 역암체의 용기 이후 침식에 대해 설명할 수 있도록 하는 단서를 생각해보도록 하는 계기가 되었다. 학생 H는 용기되는 역암체 위로 유수가 흐르면서 지속적으로 풍화가 발생하는 것의 가능성에 대해 언급하였다.

T2 : 여긴 강이 있었을까?

E : 그런데 생겼다가 없어졌을 수는 있지.

H : 없어질 수는 있는데, 여기가 이렇게 산이 있는 상황에서 여기에서 그냥 이렇게 흐르기는 힘들단 말야.

T2 : 바로 그렇게 되긴 힘들지.

H : 여기만 깎았을 수가... 힘들잖아요. 원래 이렇게 흐르던가 이렇게 흐르던가. 이곳저곳으로 흐르지 한 곳으로만 하는 경우는.

T2 : 근데 큰 강이 흐르면 여기만 깊게 파일 수도 있지. 큰 강이 흘렀으면.

E : 그럼 그건 진짜 큰 강이에요.

T2 : 응. 진짜 큰 강이 흘렀으면.

H : 아, 어떻게 된 건지 대충 알겠다. 산사태 때문에 강이 막혔어요. 그 사이에 강이 내려오니까 거기가 뚫렸을 수도 있어요.

T2 : 그렇지. 그리고 또 한 가지는 뭐냐면...

H : 강이 이렇게 흐르고 있는데 여기에 산사태로 이렇게 막혀는데 강이 계속 흘러가지고 뚫려서 이렇게.

또한 그는 교사 2가 역들의 분급이 불량하다는 것과 사면에서 타포니가 많이 발견된다는 관찰 사실을 상기시켜 주자, 이를 다양한 크기의 역

들이 퇴적되어 있던 와중에 결합력이 약해 느슨하게 퇴적되어 있던 역들이 떨어져 나왔다는 추론으로 연결시켰다.

T2 : 그렇게 보면 선상지일 수도 있고, 그리고 또 원마도를 보면 중류일 수도 있고, 그쯤 어디 선가 형성된 거 같지. 그렇지? 응응. 그렇게 보일 수도.

H : 분급이 일정하지 않을 수도 있죠.

T2 : 분급이 일정하지 않겠지. 그리고 타포니 구조를 이렇게 보면, 거기가 역암만 이렇게 빠져 나왔잖아. 왜 거기는 그거만 빠져 나왔지?

H : 결합력이 약해서.

T2 : 결합력이 약해서. 거기에 개가 빠져 나와서 거기가 계속 풍화가 되었겠지? 그리고 더 커졌겠지. 자, 그러면 여기는 왜 이렇게 풍화가 됐을까? 생각을 해 보자.

H : 산이 이렇게 있을 때, 여기 위에 있던 커다란 어떤 게 떨어져 나가면서.

학생 H가 구상한 이러한 추론들을 바탕으로, 간간히 논의에 참여하던 학생 G가 M3_G 모형을 제안하였다.

학생 G : 아니면 애초에 땅이 막, 흙이랑 그런 게 막 이런 식으로 존재하고 여기에 뭐 바위 같은 게 있었는데 이게 올라오고 나머지 떨어지고 가운데 있던 것도 팍 떨어져가지고 이렇게 둥그렇게 있었다면 여기가 사암이고 밑에가 그, 큰 그런 게 깔려 있다는 것도 설명되지 않나요?

이 모형은 M2_H 모형에서 쇄설물의 퇴적 이후의 과정을 다룬 것으로, 퇴적된 역암체가 용기되는 과정에서 결합력이 약하고 규모가 큰 역들이 떨어져 나오면서 쌍봉의 형태를 갖추게 되었다고 설명하고 있다. 이 모형은 M2_H 모형에서 부족한 부분을 보완한 형태의 모형으로, 다른 조원들에게 인정받게 되면서 점차적으로 합의된 조별 모형에 근접하고 있는 것을 확인할 수 있다.

② M3_G ~ M4_H

주변 쇄설물들이 분지 지형에 퇴적되기까지의 과정을 담은 M2_H 모형과 그 이후를 담은 M3_G 모형이 구성됨에 따라 실질적으로 마이산 형성 과정이라는 문제 해결을 위한 모형 구성은 완료되었다. 학생 H는 여기에 추가로 타포니 구조를 설명하기 위한 논의를 이어 나갔다. 앞에서 교

사 2가 산 사면에서 타포니가 발견된다는 관찰 사실을 제시했는데, 학생 H는 다른 학생들과의 논의를 통해 두 봉우리 사이에 강이 존재했을 것이라는 추론을 제시했다. M3_G 모형은 역들이 떨어져 나오게 된 구체적인 과정을 설명하지 못했는데, 그는 앞에서 유수에 의한 풍화가 발생했을 것이라고 추론했던 사항을 통해 마이산의 타포니 구조의 형성을 설명하려고 시도하였다. 또한 교사 2는 타포니 형성에 대한 모형 구성을 돕기 위하여 편마암과 화강암 같은 암석들은 퇴적암에 비해 풍화에 단단하다는 점을 스케폴딩으로서 제시하였는데, 학생 H는 이를 통해 차별 침식의 개념을 모형에 적용하였다. 그 결과, 그는 분지 지형에 홍수로 인한 산사태 형성으로 주변 쇄설물이 퇴적되고, 이후에 융기 과정을 거치는 와중에 산 중앙부에서 흐르던 하천에 의해 차별 침식이 발생하면서 타포니가 형성된다는 M4_H 모형을 완성할 수 있었다.

이 모형을 통해 2조 학생들은 1조의 사례와는 달리, 마이산 노두에서 관찰했던 타포니 구조를 마이산의 형성 모형과 연계하여 설명할 수 있게 되었다. 뿐만 아니라, 마이산이 역암체로 구성되어 있다는 관찰 사실로부터 시작하는 여러 가지 관찰 사실들과 관련 내용들이 자연스럽게 연결될 수 있게 되어 모형의 신뢰도가 증가하게 되는 결과를 얻을 수 있었다. 2조의 다른 학생들 모두가 이 모형에 동의함으로써, M4_H 모형은 2조의 합의된 조별 모형으로서 확정되었다.

③ M4_H ~ M5_F, M6_G

앞에서의 논의를 통해 2조 학생들은 어느 정도 조별 모형을 합의하게 되었다. 하지만 풍화로 인해 마이산 봉우리가 지금과 같은 쌍봉의 형태를 이루게 된 점에 대해 지금까지 논의에 수동적으로 참여하던 학생 F가 자신의 의견을 제시하게 되면서 논의가 이어지게 되었다.

교사 2는 앞에서 마이산의 사면에 주로 타포니가 많이 관측되었다는 관찰 사실을 학생들에게 전달하였다. 이를 두고 학생 F는 앞에서 학생 H가 주장한 모형과 다른 형태로 설명을 시도하였다. 그는 조산 운동이

발생한 이후에 풍화가 이루어진 것이라고 추론하였다. 즉, 마이산이 용기 될 때 봉우리 부근에 발생한 틈으로 지속적으로 침식이 집중되면서 암마 이봉과 수마이봉의 형태를 띠게 된다는 것이다. 이를 바탕으로 쌍봉 형성 과정에 대해 M5_F 모형을 제안하였다.

F : 아니면 조산 운동 같은 거 하다가 점점 벌어지는데 여기 서서히 풍화되면서 여기 길이랑 속이 달라져가지고 그럴 수도...

T2 : 그럴 수도 있겠다. 정리해 봐. (잠시 잠담)

F : 그러니까 높은 산이 있었는데, 조산 운동에 의해서 약간 여기가 벌어지게 됐는데 여기 사이가 풍화 작용에 의해서 점점 이렇게 벌어지면서 결과 속이 달라져가지고 이쪽으로는 타포니가 많이 생겼지만 이쪽 부분은 생기지 않은 걸로... 라고 정리해.

하지만 같은 관찰 사실을 놓고 학생 G는 앞에서 학생 H가 주장한 것과 같은 맥락의 모형인 M6_G 모형을 제시하였다.

G : 그러니까 그게 원래, 틀린 거잖아.

T2 : 아니, 유수 작용에 의해서... 아래에 있다가 올라갔다며.

G : 아, 그러니까 아까 여기 강이 흐른다고 했으면 이렇게 높은 지형에서 올라와가지고 강이 흐르기에는 뭔가 그, 그 애초에 원인 같은 것도 확인이 안 되고 그레가지고... 저지대에서 처음부터 아예, 뭐 V자곡이나 U자곡처럼 강이 흐르고, 처음부터 봉우리 모양이 일단 기본이 받혀 준 다음에 올라오면서 침식되고 풍화되고 그래서...

이 모형에 따르면, 산이 용기되기 전부터 하천이 존재하였는데, 산이 용기될 때 이 유수에 의해 지속적으로 침식이 발생하여 가운데가 벌어진 지금 형태의 마이산이 되었다. 이는 2차 조별 토의 초반에 학생 H가 주장한 모형과 맥락이 유사하다.

이 두 개의 모형은 쌍봉을 이루고 있는 마이산의 형태가 완성되기까지의 과정에 대한 것으로, 1조의 경우는 M6_G 모형과 유사한 내용을 조별 모형으로 채택하였다. 그런데 M5_F 모형이 등장함에 따라서, 두 모형 가운데 하나만 조별 모형으로서 합의될 필요가 있었다. 하지만 결과적으로 두 모형은 하나로 합의되지 못했다. 이는 2차 조별 토의로 예정된 1시간이 모두 지났고, 학생들이 이른 아침부터 저녁까지 장시간 이동하며 야

의 답사 활동을 수행하면서 쌓인 피로에 의해 더 이상 토의에 집중할 수 없었기 때문이었다. 결과적으로 2조 학생들은 M5_F 모형과 M6_G 모형 둘 다 마이산 봉우리 형성 과정으로서 가능성이 존재하다는 것으로 조별 모형을 합의하기로 하는 것으로 토의 활동을 종료하게 되었다.

4) 본 활동에서 확인할 수 있는 첨가 모드

마이산 관찰 활동에서 교사 2의 경우 앞 조와 마찬가지로 지시형 발화와 설명형 발화 위주의 발언들이 나타났다. 하지만 1조와는 달리, 2조 학생들은 모두 관찰과 그들 간의 대화는 있었지만 교사에게 직접 질문하는 경우가 거의 없었다. 즉, 첨가 모드형 발화 형태는 별로 나타나지 않았다.

1차 조별 토의에서의 경우, 교사 2는 학생들의 논의 전반을 독려하고, 논의 진행 연결에 필요한 정보를 제공하는 설명형 발화가 주를 이루었다. 또한 제공한 정보를 바탕으로 학생들에게 질문을 던지고, 이를 해결하면서 동시에 조별 모형의 구성까지 이어지도록 하는 발언들이 나타나는 것을 볼 수 있었다. 첨가 모드형 발화는 설명형 발화에 비해 그 비중이 적었는데, 주로 학생 H와의 문답 과정에서 나타났다. 이는 논의 도중에 자주 인솔교사에게 질문을 던졌던 1조와는 달리, 2조 학생들은 교사에게 질문하기보다는 스스로 생각에 잠기거나 그들 간의 대화로 문제를 해결하려고 하는 성향이 강했기 때문에 나타나는 현상이었다. 그 와중에 학생 H는 적극적으로 교사에게 질문하여 의문점을 해결하려고 노력하는 모습을 볼 수 있었다. 한편, 논의 후반부에서는 본 답사 활동의 지도교수가 학생들의 논의를 지원하였다. 지도교수는 관찰 사실들에 대해 학생들에게 폭넓은 질문을 던져 그들의 사고를 유도하고, 이에 대한 학생들의 답변을 바탕으로 하는 새로운 질문을 통해 모형 형성에 필요한 정보들을 학생들이 스스로 정리할 수 있도록 하는 첨가 모드형 발화를 활용하였다. 하지만 이 과정에서도 다른 학생들보다 학생 H가 주도적으로 지도교수와 의 문답에 적극적으로 참여하는 모습이 나타났다.

2차 조별 토의에서도 전체적인 양상은 1차 토의에서와 비슷하게 전개되었다. 교사 2는 1차 조별 토의에서 전체적인 논의의 흐름과 목표 모형, 관찰 사실들 간의 관계가 명확하게 정립되지 못한 듯한 모습을 보였다. 하지만 지도교수와 학생 H 간의 문답 이후에는 이러한 부분이 어느 정도 안정화된 모습을 볼 수 있었다. 2차 조별 토의에서는 사실상 조별 모형의 기본적인 틀이 완성되었고, 쌍봉의 형태를 갖추게 된 과정에 대한 논의가 남아 있었다. 그러므로 교사는 우선 학생들에게 기존의 논의를 상기하도록 하는 질문들을 제시한 이후, 침식 과정에 대해 대화를 나눔으로써 학생들이 쌍봉 형성 과정에 대한 그들의 생각을 확립할 수 있도록 지원하는 첨가 모드형 발화를 활용하였다. 그러나 이 과정에서도 교사와 적극적으로 대화에 임하는 것은 학생 H 뿐이었으며, 다른 학생들은 전체 활동이 끝날 때까지 교사와의 대화에는 비교적 소극적인 자세로 임하였다. 어느 정도 논의가 마무리된 중반 이후에는 발표 자료 작성을 위해 지시형 발화 위주의 발화 형태가 나타나는 것을 볼 수 있었다.

(2) 학생 개인적 요인

1조와는 대조적으로, 2조의 학생들은 활동 전반에 걸쳐 대체로 수동적인 자세로 참여하였다. 2조의 경우, 마이산 관찰 활동은 1조의 학생들, 그리고 교사 1과 함께 이동하면서 활동을 수행하였다. 각 관찰 지점에서 적극적으로 활동에 참여한 1조의 학생들과 달리, 2조 학생들은 대체로 교사의 이야기를 수동적으로 듣고 눈으로 관찰만 하는 정도로 관찰 활동에 임하였다. 학생들 간의 대화 또한 별로 나타나지 않는 모습을 볼 수 있었는데, 이로 인해 관찰 활동 당시 자신들의 개인 모형 형성에 필요한 의견 교환은 거의 이루어지지 못하였다. 이후에 이어진 두 차례의 토의 활동에서도 학생 H가 실질적인 아이디어 बैं크의 역할을 수행했고, 옆에서 토의 활동을 지원한 교사 2와 지도교수 또한 대부분 학생 H와 대화

하다 보니, 다른 학생들이 자신의 의견을 제시할 기회가 별로 없는 경향이 나타났다.

학생 E는 개인적으로도 조용한 성격의 소유자로, 학생들과의 대화를 그리 즐기지 않는 편이다. 그리하여 논의에 참여할 때도 주로 자신의 생각을 단편적인 단어의 형태로 발언하거나, 교사나 학생의 질문에 단답형으로 대답하거나 당황하여 우물쭈물하는 의사소통 경향이 나타났다.

학생 F의 경우 또한 학생 E와 마찬가지로 조별 모험 구성에 자신의 생각을 적극적으로 표현하지 못하였다. 비록 토의 활동에 참여는 하였지만, 자신의 의견을 다른 학생들에게 이야기하는 경우가 거의 없었다. 하지만 토의 후반부에 퇴적 이후의 침식 과정에 대한 논의가 진행될 때 자신이 생각한 의견을 제시하였는데, 추가 논의 시간의 부족으로 인해 모형의 신뢰도를 확인하지 못한 상태에서 조별 모험으로 채택, 전체 토의에서 이를 발표하게 되었다.

학생 G는 평소에 학생 H와 더불어 영재로서의 충분한 자질을 보유하고 있었다. 그는 평상시의 수업에서도 참여도가 높은 편이었고, 자신의 의견을 표현할 때도 근거를 활용하는 능력이 있었다. 이번 야외 답사 활동에서도 학생 G의 경우는 어느 정도 그러한 모습이 나타날 것으로 예상했으나, 실제로는 학생 H의 아이디어 제시와 교사, 지도교수와의 대화 등에 의해 뚜렷한 활동을 하지 못하였다. 하지만 전체적으로 학생 H가 제시한 의견에 동의하고 있으며, 2차 조별 토의에서는 그의 의견을 보완하는 형태의 모형을 제시하는 등 조별 토의 활동에 기여하려고 하는 노력을 보였다.

학생 H는 2조의 논의에서 가장 독보적으로 활동에 참여하였다. 물론 1조 학생들과 함께 했던 마이산 관찰 활동에서는 그들에 비해 활동이 뚜렷하지는 못하였고, 다른 학생들과의 의견 교환 없이 주로 관찰 활동에 집중하였다. 하지만 1차 조별 토의에서부터 학생 H는 교사 2와 지도교수가 제시한 관찰 사실들을 바탕으로 다양한 추론을 선보였다. 그리고 이를 바탕으로 조별 모험으로서 인정받을 만한 수준의 모형을 이미 1차

조별 토의에서 구성할 수 있었다. 2차 조별 토의에서도 자신의 모형을 보완한 학생 G의 모형을 바탕으로 M4H 모형을 구성하여 쇄설물의 퇴적으로 구성된 역암체의 용기 과정 이전까지의 과정을 정리하는 데 핵심적인 역할을 담당하였다. 이는 다른 학생들에 비해 지질학에 대한 기초 지식이 풍부하고, 이를 바탕으로 다른 이들이 제공하는 사실들을 자신의 주장의 근거로서 잘 활용하며, 단편적인 지식들을 연결하여 모형의 형태로 재구성하는 능력이 탁월하기 때문이었다. 하지만 이러한 학생 H의 능력으로 인해 다른 학생들은 그의 생각을 거의 무비판적으로 받아들이는 경향이 나타났는데, 이것이 다른 조에 비해 학생들 간의 상호작용이 잘 나타나지 않게 하는 원인이 되었다.

	모형 구성 활동의 참여도	근거의 적절성	비고
학생 E	- 간간히 자신의 의견을 주장하려고 시도하였으나, 전체적으로 소극적인 자세로 토의에 임함	- 인솔교사와 학생 간의 대화를 바탕으로 함	소극적 참여자
학생 F	- 활동에 거의 참여하지 않았으며, 마지막에 제시한 모형은 충분한 합의가 이루어지지 못함	- 인솔교사와 학생 간의 대화를 바탕으로 함	프리 리더
학생 G	- 활동 초반에는 거의 논의에 참여하지 않았으나, 점차 자신의 의견을 조심스럽게 피력하는 모습을 보임	- 인솔교사의 설명과 관찰 결과를 바탕으로 함 - 자신의 생각에 의존	소극적 참여자
학생 H	- 자신 혼자 활동하는 느낌이 들 정도로 적극적으로 활발하게 활동을 수행	- 인솔교사의 설명과 관찰 결과를 바탕으로 함	독자적 리더

표 3. 2조 학생들의 모형 구성 논의 참여 양상

3. 3조의 사례

3조 학생들과 교사 3은 4, 5조와 함께 관찰 활동을 수행하였다. 교사 3은 교사 2와 같이 관찰 활동에서는 거의 개입하지 않고 학생들이 자유롭게 활동할 수 있도록 하였는데, 전반적으로 학생들 간의 의사소통이 부족하고 효과적인 관찰이 이루어지지 못하였다. 하지만 마이산을 거의 하산한 시점에서 들른 탐사에 모인 3조 학생들은 교사 1에게 모형 형성에 기반이 될 정보들을 전달받을 수 있었다. 결과적으로 그들은 이 정보들을 적절히 활용하여 조별 모형을 준비할 수 있게 되었다.

가. 조별 모형 발달 과정

1) 마이산 관찰 활동

3조 학생들은 다른 조 학생들과 함께 마이산 탐사에서 교사 1로부터 모형 구성에 필요한 기본적인 정보들을 확인하는 시간을 거쳤다. 교사 1은 지질 구조에 층리가 보이지 않는다는 관찰 사실을 제공하는 것과 함께 역들을 구성하는 암석의 종류, 그리고 화성암과 퇴적암의 침식도의 차이에 대해 설명하였다. 이러한 안내를 통해 3조 학생들은 마이산의 형성에 대한 기초적인 메커니즘을 형성할 수 있는 자료를 확보할 수 있었다. 하지만 이러한 모형 구성의 기반 구축은 구성원들의 토의를 통한 결과물이 아닌 교사의 일방적인 정보 제공에 의한 것이 앞의 두 조 학생들과의 차이점이라고 할 수 있다.

2) 1차 조별 토의

3조에서의 조별 토의 활동은 주로 교사 3의 주도로 각자의 초기 모형을 발표하고, 이를 바탕으로 논의를 전개하는 방향으로 이루어졌다.

우선 교사 3은 앞에서의 관찰 사실들을 바탕으로 하는 다양한 질문들을 제시하고, 이에 대해 학생들이 응답하는 과정을 통해서 초기 모형을

구성, 정리하여 발표하도록 하였다. 주로 마이산을 구성하는 암석의 종류와 암석의 형성 과정에 대한 질문들이 주를 이루었다. 이러한 교사 3의 안내와 앞에서 있었던 교사 1의 안내를 바탕으로 학생들은 마이산이 퇴적암체로 구성되었고, 퇴적이 단시간에 이루어졌으며, 마이산의 퇴적 환경이 분지 지형이라는 기본 정보들을 확인할 수 있었다.

이러한 정보들을 바탕으로 교사 3은 학생들에게 각자 설정한 초기 모형을 학생들에게 발표해 보도록 했다. 먼저 학생 K는 M1_K 모형을 통해 초기 모형인데도 불구하고 분지 지형 형성부터 지각 변동에 이르기까지의 과정을 간단히 표현하였다. M1_K 모형에 따르면, 지진 또는 화산 활동에 의해 마이산 역들을 구성하는 화성암과 변성암이 형성되었으며, 쇄설물들이 대규모 홍수에 의해 단시간 내에 퇴적된 이후, 용기와 침식을 거쳐 산이 형성되었다.

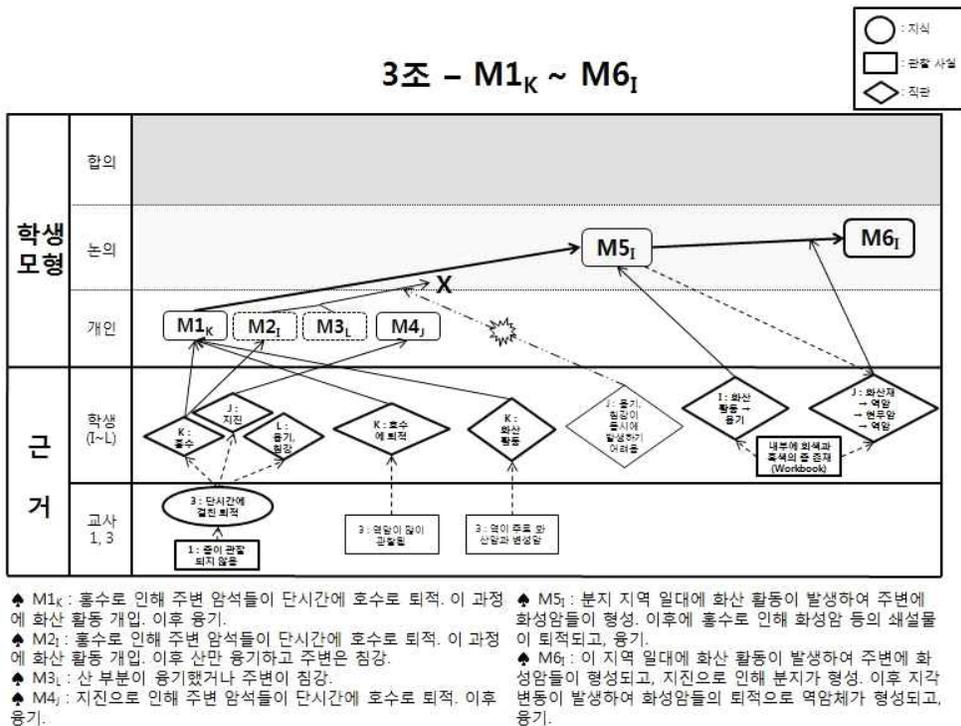


그림 9. 3조의 모형 발달 과정(1차 조별 토의)

이어서 학생 I도 학생 K와 같은 근거를 바탕으로 M2_I 모형을 발표하였다. 하지만 쇄설물의 형성 과정에서 지진, 화산 활동이 개입했다는 M1_K 모형과는 달리, 이 모형은 주변 쇄설물의 퇴적 과정에 화산 활동이 개입되었다는 점에서 차이를 보인다. 또한 지각 변동 과정에 대해서도 단지 용기와 침식 작용이 이어졌을 것이라는 M1_K 모형에 비해, M2_I 모형에서는 마이산 일대만 용기하고 주변은 침강한 것으로 묘사되었다.

학생 L은 M3_L 모형을 통해 학생 I의 의견에 동의하는 모습을 보였다. 그와 더불어 마이산이 처음부터 현재의 형태로 용기했을 가능성도 있다는 의견을 추가로 제시했다.

마지막으로 학생 J가 제시한 M4_J 모형의 경우는 쇄설물의 형성 과정에 대한 설명은 부족하다. 하지만 지진으로 인해 쇄설물이 퇴적되고, 이후에 용기된다고 주장하였다. 이 모형을 통해 학생 J는 다른 학생들과 달리 처음부터 화산 활동의 개입 가능성에 대해 고려하지 않고 있으며, 기존의 쇄설물들이 퇴적된 요인으로 지진의 발생에 주목한 점이 특징적이라고 할 수 있다. 앞의 학생들과 마찬가지로 M4_J 모형 또한 야외 답사를 통해 관찰한 내용을 교사 1이 정리해 준 내용을 근거로 하고 있다.

서로의 초기 모형을 공유한 이후에는 각 모형들의 신뢰도를 검증하기 위한 학생들의 논의가 이어졌다. M2_I 모형과 M3_L 모형의 경우, 마이산 부근만 용기하고 주변은 침강이 일어나면서 산이 형성되었다고 주장하고 있다. 하지만 학생 J는 용기와 침강이 같은 지역에서 동시에 발생하기는 어렵다는 점을 지적하였고, 이로 인해 학생 I와 L은 자신들의 모형을 포기하고 M1_K 모형에 동의하게 되었다.

이어서 학생 I와 J는 마이산의 내부에 검은색 층이 존재한다는 자료집의 설명을 바탕으로 하여 그들의 초기 모형을 발전시켰다. 학생 J는 앞에서 제시한 모형들이 내부의 검은 층을 설명하기 어려운 점에 대해 의견을 제기하였다. 이 의견에 대해 학생 I는 화산 활동이 분지 형성 전에 일어나서 화성암이 형성되었고, 이후에 홍수가 아닌 지각 변동을 통해 쇄설물이 분지에 유입되었다는 자신의 생각을 M5_I 모형을 통해 제시하

였다. 이는 홍수 뿐 아니라, 지진과 같은 지각 환경의 변화가 마이산의 형성에 관여했을 것이라는 학생 K의 의견을 근거로 한 것이었다. M5_I 모형은 화산재와 현무암의 형성 사이에 역암체가 만들어졌을 가능성에 대해 추론한 학생 J의 영향을 받아 M6_I 모형으로 발전되었다. 하지만 M6_I 모형에 대한 추가적인 검증은 다음 조별 토의로 미루어지게 되었다.

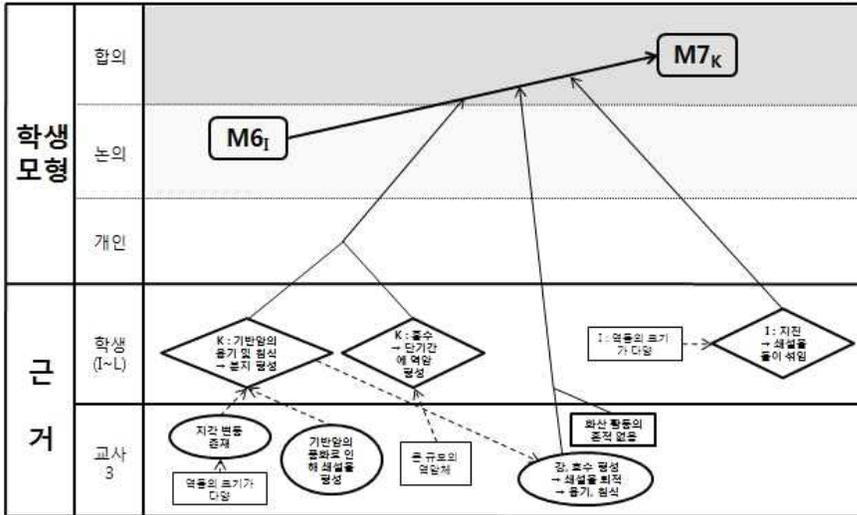
3) 2차 조별 토의

2차 조별 토의에서 학생들은 앞의 모형 구성 활동에서 어느 정도 정립된 모형들, 특히 M6_I 모형에 대한 당위성을 검증하는 논의를 하였다. 교사 3 또한 학생들의 발언들을 다시 확인하면서 전반적인 논의의 흐름을 돕고, 조별 모형을 구성하여 발표할 수 있도록 안내하였다.

먼저 분지 내 퇴적 작용에 관여한 물과 화성암 역들의 유입 과정에 대한 논의가 이루어졌다. 교사 3은 퇴적 당시 진안 분지 일대가 주변에 비해 낮은 지대였으며, 다양한 크기의 역들이 대규모로 퇴적되기 위해서는 지각 변동 등의 사건이 필요하다는 점에 대해 안내하였다. 이에 따라 학생 K는 기반암의 용기와 침식에 분지 형성이 필요하다는 추론을 전개하였다.

또한 교사 3은 기반암의 침식과 분지의 형성 과정에 대해 연결지어 생각하도록 하였으며, 앞에서 논의하였던 화산 활동은 마이산이나 그 일대에서도 그 흔적을 찾아볼 수 없었다는 점을 강조하였다. 한편, 교사 3은 마이산이 거대한 역암 덩어리라는 사실을 학생들에게 상기시켜 주었는데, 학생 K는 교사 1의 안내와 연결하여 역암체 형성이 단기간에 발생했다는 의견을 제시하였다.

3조 - M6_I ~ M7_K



- ◆ M6_I: 이 지역 일대에 화산 활동이 발생하여 주변에 화성암들이 형성되고, 지진으로 인해 분지가 형성. 이후 지각 변동이 발생하여 화성암들의 퇴적으로 역암체가 형성되고, 용기.
- ◆ M7_K: 기반암이 용기 및 침강을 거쳐 분지가 형성되고, 분지에 강, 호수가 형성. 이후 물의 작용으로 주변 쇄설물들이 퇴적되고, 지진에 의해 뒤섞이게 되면서 교결 작용을 받아 역암체가 형성. 다시 용기와 침식을 거쳐 산이 형성.

그림 10. 3조의 모형 발달 과정(2차 조별 토의)

마지막으로, 학생 I는 마이산을 구성하는 역들의 크기가 다양하였다는 관찰 사실을 바탕으로, 지진이 발생한 이후 쇄설물들이 섞였을 것이라는 생각을 제시하였다.

결과적으로 학생 K는 이러한 논의들을 종합하여 M7_K 모형을 제시하였다. 이 모형을 통해 학생 K는 목표 모형의 각 단계에 대한 설명을 완성하였다. 분지 지형 형성에 대한 설명에서 침식이라는 요소를 제거하였다. 또한 쌍봉의 형성 과정에 대해 봉우리의 가운데가 부분적으로 침식된 것으로 설명하고, 학생 I의 의견을 반영하여 지진으로 인해 퇴적물들이 섞인 것으로 모형을 구성한 점이 다른 조의 모형과는 달랐다. 이 모형은 3조의 학생들 간에 합의된 조별 모형으로 확정되었다.

나. 조별 모형 형성 과정에 영향을 미친 요인

(1) 상호작용 내에서의 요인

1) 1차 조별 토의

① 토의 시작 ~ M1_K, M2_L, M3_L, M4_J

앞에서 언급한 바와 같이, 3조는 앞에서 본 1, 2조의 경우와는 다소 다른 환경에서 관찰 활동을 진행하였다. 교사 1과 2의 안내 하에서 마이산의 특징적인 구조들을 확인할 수 있는 몇몇 사이트들을 관찰하면서 내려온 앞의 조들과 달리, 3조는 교사가 학생들의 관찰 활동 안내에 개입하는 것을 최소화하였다. 그렇게 되면서 학생들은 단순히 마이산의 외형에 대한 관찰을 수행하여 기본적인 정보들을 획득하였으나, 마이산 형성 과정 모형의 구성에 활용할 수 있는 형태로 이들을 재조합하는 과정은 거치지 못하였다. 교사 1은 이러한 학생들의 관찰 활동 상황으로 인해 조별 모형 구성에 어려움을 겪지 않도록 마이산 탐사에서 3~5조 학생들에게 이후의 토의 활동에 필요한 정보들을 제공하였다. 그 중에서 가장 핵심이 되는 정보는 마이산이 퇴적암체로 구성된 산인데도 불구하고 층이 발견되지 않는다는 점이었다. 실질적으로 관찰 활동 중에 확인해야 하는 정보는 산이 역암으로 구성되어 있다는 것과 더불어, 퇴적물들의 층이 발견되지 않고, 마이산 상부와 하부의 퇴적암체의 형태가 유사하다는 것이다. 역암이라는 것은 학생들도 쉽게 확인할 수 있지만, 다른 두 가지 관찰 사실에 대해 알기 위해서는 교사의 도움이 필요하다. 교사 1은 바로 이 점을 마이산 탐사에서 학생들에게 확인시켜 주었다.

교사 3은 이와 같이 교사 1이 제공한 정보를 바탕으로 1차 조별 토의에서 논의를 시작하였다. 다른 조와 마찬가지로, 교사 3 역시 마이산의 퇴적 구조가 형성되기 위해서는 단기간에 퇴적이 이루어져야 한다는 점을 학생들에게 설명하였다. 그러자 이를 바탕으로 학생들이 각자 생각들

을 초기 모형의 형태로 제시하기 시작하였다.

우선 학생 K는 쇄설물이 퇴적되기 위해서 홍수라는 사건이 발생했을 것이라고 추론하였다.

K : 응. 아까 조교님께서 뭐지? 아까 그거 어딴지? 큰 돌 같이 생성될려면 홍수가 일어나야 한다고.

교사 3 : 홍수?

K : 홍수.

교사 3 : 근데 이게 한 번에 이렇게 탁 크기가...

L : 근데 그런.. 홍수로 그러기엔 너무 양이 많지 않아요?

교사 3 : 그렇지. 뭐가... 양이 많아.

K : 근데 이게 맨 처음에 분지 지형이었잖아. 그러면 산이 주변에, 가운데 있고 가운데 물이 쌓이는데 계속 장마가 와서... 그것도 어느 정도 영향을 끼쳤을 거 같아.

이를 바탕으로 그는 먼저 $M1_K$ 모형을 구성하였다. 이 모형은 호수, 즉 분지 주변에 존재하던 쇄설물들이 홍수라는 요인으로 인해 퇴적되고, 이 과정에 화산 활동이 개입하였다고 설명한다. 화산 활동의 경우는 마이산의 역들이 주로 화성암과 변성암으로 이루어져 있다는 것으로 인해 제시되었다.

학생 I 역시 홍수라는 사건으로 인해 쇄설물들이 퇴적되었다는 학생 K의 아이디어에 동의하여 구성한 $M2_I$ 모형을 발표했다. 이 모형은 쇄설물들의 퇴적까지의 과정, 그리고 화산 활동의 개입 가능성까지 $M1_K$ 모형과 유사하다. 하지만 단순히 산 부분만 용기했다고 주장한 $M1_K$ 모형과는 달리, $M2_I$ 모형에서는 산이 용기하면서 동시에 주변이 침강하는 과정을 통해 산이 형성되었다고 보고 있다.

학생 L은 단순히 마이산에 해당하는 부분이 용기했거나 주변이 침강하여 산이 만들어졌다는 $M3_L$ 모형을 제안하였다. 이 모형은 학생 I가 주장한 모형에서 쇄설물의 퇴적 이후의 과정이 유사하지만, 현재의 마이산 지역을 제외한 다른 지역이 침강하여 만들어졌을 가능성에 대해 다루었다는 점에서 앞의 모형과는 차이를 보인다.

마지막으로 학생 J의 경우는 산의 퇴적 과정에 지진이라는 사건이 개

입하였다는 점이 핵심인 M4_J 모형을 제시했다. 이 모형에 따르면, 지진이 발생하여 주변에 퇴적되어 있던 쇄설물들이 호수로 쏟아져 들어와서 퇴적이 되어 역암체가 형성하였고, 이후에 용기 과정을 통해 마이산이 형성되었다.

이 4개의 모형은 두 교사가 학생들과 함께 관찰한 사실을 바탕으로 제공한 ‘쇄설물의 단시간에 걸친 퇴적’이라는 내용을 바탕으로 학생들의 해석을 통해 구성된 것이다. 즉, 교사가 학생들의 모형 구성에 가장 기초적인 내용부터 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

② M1_K, M2_I, M3_L, M4_J ~ M5_I

초기 모형으로서 교사 3이 학생들에게 발표해보도록 한 4개의 모형 중 M2_I와 M3_L 모형은 개인 모형 수준에서 더 이상 나아가지 못하고 파기되었다. 이 두 모형들은 퇴적으로 인한 역암체의 형성 이후의 과정에 대해 용기와 침강을 함께 언급하였다. M2_I 모형은 역암체가 용기하고 그 주변은 침강하여 모형이 구성되었다고 주장하고 있고, M3_L 모형은 용기와 침강 둘 중 하나가 발생하여 산이 만들어졌다고 하고 있다. 하지만 국지적인 규모일 경우, 용기와 침강은 매우 광범위하게 영향을 미치는 지각 변동이기 때문에 단기간에 같이 발생하기 어렵다. 또한 마이산 정도의 특정한 소규모 지점만 용기하는 경우는 있을 수 없으며, 만약 용기와 침강 같은 지각 변동이 발생하게 되면 마이산 일대 넓은 지역도 이와 같은 영향을 받아야 한다.

K : 아까 너하고 J가 말했듯이, 용강.. 용기, 침식... 아, 침강, 침식은 분명히 일어났다고 하고, 가정하고... 그리고 I 말대로도 마이산 지역은 용기하고 그 지역 외에는 다 침강.

I : 용기, 침강 다 같은 거 아닌가?

J : 좀 더 생각해 보면, 이렇게 좁은 지역에서 용기, 침강 두 개가 같이 일어나기엔 조금 힘들지 않을까?

K : 근데 그거 아니면 어떻게 되지?

J : 침식.

학생 J가 다른 학생들에게 언급한 이러한 사실은 M2_L와 M3_L 모형에 있어 모순되는 증거가 되었다. 그 결과, 두 모형이 3조 학생들에게 인정받지 못하고 폐기되는 불일치 모드가 나타나게 되었다.

실제로 모형의 발달이 이루어진 것은 M1_K 모형이었다. 학생 I 또한 화산 활동이라는 사건이 마이산의 형성에 핵심적인 요소일 것이라는 추측에 동의하였다.

I : 근데 아까 침식이 화강암이 더 잘, 안 일어난다고 했잖아. 그런데 아까 전에 설명을 보니까 마이산 내부에 화강암으로 이루어진 층이 있는 것 같다고 난 읽었거든. 그러면 그 전에 낮은 지형이 있었는데, 거기서 화산 폭발이 일어나서 그 안에 화강암이 생성된 상태에서 용기를 하면 그러면.. 그 내부에 이 마이산이 다양한 암석 종류를 가진...거에 좀 더 가능성이 높아질 거 같아서.

K : 그럼 주변에서 화산 활동이 일어난 게 아니고 그냥 이 지형이 용기하고 침식하기 전에 화산 활동이 일어났다?

I : 근데 그렇게 만약에, 만약에 그렇게 됐으면 전체적으로 다 섞여 있어야 하는데, 지금 마이산 내부에, 앞에 보면 마이산 내부에 그 화강암 층이 있다고 그렇게 설명이 나와 있었어. 그러면 여기 전체에서 화산 활동이 일어났으면 주변 지형까지 다 화강암이 있었어야 되는데 아니고 마이산 내부에만 있는 거니까... 마이산이 용기하기 전에 그 화산 활동이 일어난 게 되니까... 그러니까 그 전에 화산 활동이 일어나고 그 다음에 용기했을 가능성이 더 높을 거 같아.

J : 근데 화산 활동이 실제로 일어나지 않고 그냥 잠재적인 화산..?

I : 아니, 주변에서 일어났을 수도 있지.

K : 그러니까 대규모 화산이 아니고 소규모 화산 활동이 일어난 거지. 마이산이 용기, 침식 전에 소규모 화산 활동이 일어났다.

이는 자료집에 있었던 ‘산의 내부에 회색과 흑색으로 구성된 층이 존재’한다는 구절을 바탕으로 한 것이었다. 활동 초기에 마이산의 역들이 주로 화성암과 변성암으로 구성되어 있다는 것을 앞에서의 관찰을 통해 확인하였기 때문에, 3조 학생들은 화산 활동에 대한 강한 선입견을 가지게 되었다. 이로 인해 자료집의 구절이 화산재로 인해 형성된 응회암층일 것으로 가정하게 되었다. 결과적으로 이 모형은 M5_L 모형으로 발전하였다. 이 모형은 분지 지역 일대에 화산 활동으로 인해 화산암과 변성암 등으로 구성된 쇄설물들이 형성, 축적된 이후에 홍수에 의한 쇄설물들의 퇴적과 용기가 뒤따른다. M5_L 모형은 앞에서 살펴보았던 두 개 조의 경우와는 달리 쇄설물의 기원으로부터 산의 형성에 대한 논의를 시작했다

는 점이 주목할 만하다.

③ M5_I ~ M6_I

3조에서 모형 구성 활동 초기부터 M5_I 모형까지 마이산 형성 과정을 설명하는 데 있어 핵심이 되는 것은 ‘화산 활동의 개입’이었다. 이는 마이산 역의 대부분이 화성암, 특히 화강암과 변성암들로 구성되어 있기 때문이었다. 또한 자료집의 설명 또한 화산 활동의 개입이 이루어졌을 것이라는 학생들의 추측을 뒷받침하는 근거로서 기능하였다. 하지만 화산 활동에 의한 층을 설명하기 위한 메커니즘을 3조 학생들이 모형을 통해 명쾌하게 설명하기에는 한계가 있었기 때문에, 학생 I는 내부의 층 형성을 배제한 형태의 모형을 구성하였다.

학생 J는 앞에서 제시된 자료집의 내용, 즉 산의 내부에 존재하는 회색과 흑색의 층에 대한 설명을 시도하였다. 그는 이러한 두 가지 층이 내부에 형성되기 위해서는 먼저 화산재가 축적되어 암석이 형성되고, 이후에 역암이 만들어지고, 그 위에 또 다른 화산 활동으로 형성된 현무암이 놓인 다음, 마지막으로 역암체가 다시 퇴적되어야 할 필요가 있다고 보았다. 그러자 마이산 내부 층의 형성에 대해 모형을 구성하는 데 한계를 느낀 학생 I는 M5_I 모형을 보완한 M6_I 모형을 제안하였다. 이 모형에 따르면, 마이산 주변에 화산 활동으로 인해 화성암이 형성되고, 지진이 발생하여 마이산 지역이 움푹 파인 형태의 분지가 만들어진다. 이후에 추가적인 지각 변동을 통해 주변에 퇴적된 쇄설물들이 분지 내부로 유입되면서 퇴적이 되고, 이것이 용기되어 산이 형성된다는 것이다.

그런데 M6_I 모형은 앞서의 모형과는 몇 가지 차이점이 나타난다. 첫째, 학생 I는 마이산 형성 모형에서 화산 활동이라는 요소를 포기하지 않았지만, 퇴적 과정에 화산 활동이 개입한다는 기존의 모형과는 달리 화산 활동이 산의 형성 과정 초기 쇄설물이 형성될 때에 개입한다는 것으로 자신의 입장을 수정하였다. 둘째, M6_I 모형 안에서 분지 형성을 설명하기 위해 ‘지진’이라는 요소를 추가하였다. 이는 특정한 관찰 사실을

통해 뒷받침하기가 어렵지만, 내부에 퇴적된 쇄설물이 산을 형성할 정도로 거대한 규모의 분지가 형성되었다는 점을 설명하기 위해서는 특정한 사건이 개입될 필요가 있으며, 그것이 지진이라는 것이 학생 I의 생각이었다. 셋째, M5_I 모형에서는 쇄설물의 유입이 홍수에 의해서 이루어졌다고 보았지만, M6_I 모형은 또 다른 지각 변동에 의해 유입이 발생했다고 보고 있다. 이 또한 근거로 삼을 수 있는 관찰 사실이 존재하지 않는, 학생 I의 추론을 통해서 나온 것이다.

이러한 점을 비추어 보았을 때, 학생들은 자신이 획득할 수 있는 근거를 통해 설명할 수 없는 경우 자연스럽게 상상력과 추론에 의존하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, M5_I 모형 구성 이후로 교사 3은 학생들의 논의에 개입하여 보조하는 등의 활동을 최소화하였는데, 이러한 점이 자유로운 추론을 통해 M6_I와 같은 모형이 발전하게 된 계기가 되었다고 볼 수 있다.

2) 2차 조별 토의 (M6_I ~ M7_K)

1차 조별 토의에서 3조 학생들은 주로 화성암과 변성암으로 이루어진 역의 근원, 쇄설물들이 퇴적된 분지라는 지질 구조가 형성된 과정, 그리고 쇄설물이 운반되어 분지 내로 퇴적되기까지의 과정에 대해 논의하였다. 2차 조별 토의는 이를 바탕으로 구성한 M6_I 모형으로부터 시작하였다.

앞에서의 모형 구성 토의에서 교사 3은 학생들의 발언에 대해 맞장구치거나 촉진하는 정도로 자신의 역할을 한정하고 그들의 논의에 개입하는 것을 최소화하였다. 하지만 2차 조별 토의에서는 교사 3 또한 M6_I 모형을 수정, 보완하기 위한 다양한 정보들을 제공하는 등 적극적으로 활동에 참여하였다.

2차 조별 토의 활동은 크게 세 가지로 나누어볼 수 있다. 첫째, 교사 3은 마이산 역들의 크기가 다양한 편이었다는 관찰 사실을 제시하였다.

역의 크기가 다양하다는 사실은 특정한 지각 변동이 퇴적 과정에 개입하였다는 것으로 해석할 수 있다. 또한 그는 기반암의 풍화가 발생하였을 때, 그 부스러기들이 쇄설물로서 형성될 수 있다는 사실을 3조 학생들에게 제공하였다. 이를 통해 학생 K는 기반암이 지각 변동, 즉 융기 및 침식 등의 과정을 거치면서 분지가 형성되었을 가능성에 대해 언급하였는데, 이 아이디어를 통해 자연스럽게 기반암에서 떨어져 나온 쇄설물들이 분지 주변에 생성, 퇴적되어 있었다는 역암체 형성 이전 과정까지 설명할 수가 있게 된다.

교사 3 : 비슷해. 처음에 여러분들이 처음에 생각했던 대로 생각을 해 봐. 이런 걸 다 집어넣으려고 하지 말고, 그냥 산이 형성될 때 처음에 기반암이 있었지. 근데 그게 무슨 작용에 의해서 깎였을 거야. 그 알갱이, 역암들이 퇴적암이 됐을 거고, 그냥 그 퇴적된 상태가 아니고 이제 산을 형성하려면 무슨 작용을 받아서 산이 형성이 되어야 되고... 그건 알잖아. 그런데 그게 좀 더 여러분들이 구체화시키면 돼. 이런 걸 다 집어넣지 않아도 돼. 홍수가 났다는 등, 뭐 이런 건 그냥 우리가 예측할 뿐이잖아. 그래야 확실한 걸 알잖아. 그러면? 단순하게 생각해 봐. 단순하게. 처음에 여러분이 생각한 건 많이... 좋아. 음, 잘한 거 같은데?

(잠시 침묵)

I : 그럼 이걸 그림으로 어떻게 나타낼 지가 문제네?

K : 우선 그냥 맨 처음에 그냥 기반암이 이렇게 있는 거고, 이게 지각 변동에 의해서 올라... 융기돼서 쭉 올라가요.

교사 3 : 응.

K : 그 다음에 주변은 침강이나 침식으로 없어지고, 가운데만 남고, 그게 분지 지형으로 발달해요.

우리나라의 기반암은 주로 화강암과 선캄브리아대 변성암 등으로 구성되어 있는데, 이러한 기반암의 풍화로 인해 쇄설물이 형성되었다는 설명은 마이산 역의 근원에 대해 한층 더 설득력 있게 모형을 제시할 수 있게 하는 근거가 되었다. 또한 교사 3이 산의 주변에 화산 활동으로 인한 흔적이 발견되지 않았다는 관찰 사실을 제시하였는데, 이는 화산 활동이 모형 형성에 영향을 미쳤다는 기존의 모형에 모순되는 근거가 된다. 결과적으로 학생들은 이러한 근거를 통해 화산 활동이라는 요인을 제거하고, 이 지역의 분지 형성 과정에서 기반암의 지각 변동으로 인해 쇄설물들이 발생한 것으로 모형을 수정하게 되었다. 한편, 교사 3은 학생들이

기반암을 통한 설명에 도달하자, 하천 또는 호수가 형성된 이후에 쇄설물이 퇴적되고, 용기와 침식이 발생했다는 점에 대해 다시 한 번 정리해주었고, 이는 조별 모형의 완성에 기여하게 되었다.

둘째, 교사 3은 마이산이 특정한 퇴적층이 보이지 않는 거대한 역암체로 이루어져 있다는 관찰 사실을 학생들에게 재확인해 주었다. 학생 K는 이를 활용하여 자신의 초기 모형(M1_K)에서와 같이 홍수라는 사건에 의해 유수가 단기간에 마이산 역암을 형성하는 데 영향을 미쳤을 것이라고 주장하였다. 이 또한 쇄설물의 이동을 지진을 통해 설명하려던 M6_I 모형이 수정되도록 하는 요소들 중 하나가 되었다.

셋째, 학생 K는 마이산 역들의 크기가 다양하다는 교사 3의 안내에서 한 걸음 더 나아가, 쇄설물들이 퇴적된 이후에 지진이 발생하여 골고루 섞였을 것이라는 아이디어를 학생들에게 제안하였다. 즉, 수중에서 퇴적된 쇄설물들이 완전히 교결되기 전에 외력에 의한 강력한 흔들림에 의해 섞였다고 생각한 것이다.

교사 3 : 그 다음에 어떤 과정이 있었을까? 방금 말한 것처럼, 너가 말한 게 기반암이 요런 게 있었고, 지각 변동으로 인해서 그 지역이 낮은 지역이 됐어. 분지가 발달하면서. 그리고 난 다음에 어떤, 그 다음 어떤 작용이야?

K : 지진이나 화산 같은 큰 대규모 지각 변동이 일어나면서 자갈이 섞일 거 같아요.

교사 3 : 그러면서 큰 알갱이들이 섞일 거 같아?

(중략)

교사 3 : 그 다음에?

L : 뭐 내용인지 모르겠어.

K : 지진이 일어날 거...

교사 3 : 지진이 일어나서?

K : 섞일 거 같아요. 지진이 일어나서 섞임.

교사 3 : 지진이 일어나서 섞일 거 같아. 그래서 알갱이가 다양한 크기의 알갱이들이 그렇게 생길 수 밖에 없었다.

이러한 학생 K의 생각은 기존 모형들을 형성하는 과정과 마찬가지로 학생 I의 추론에 의해 형성된 것으로, 비록 뒷받침할 만한 적절한 근거는 없었지만 다른 학생들로 하여금 추론을 통해 접근할 수 있는 상식적인

주장이라고 판단되어 동의를 구할 수 있었다.

결과적으로 학생 K는 M6_I 모형에 이러한 세 가지 요소들을 적용하여 M7_K 모형을 구성하였다. 이 모형에 따르면, 이 지역의 기반암이 지각 변동(용기 및 침강)을 거쳐 분지가 형성되고, 여기에 담수가 고여 강과 호수가 형성된다. 그 과정에서 쇄설물들이 주변에 퇴적된다. 이후에는 홍수와 같은 물의 작용에 의해 쇄설물들이 호수로 퇴적되고, 교결 작용을 거쳐 고화되기 전에 발생한 지진에 의해 뒤섞이게 되어 전체적으로 알갱이들의 분포가 고른 역암체가 형성된다. 마지막으로 용기와 침식을 통해 마이산이 형성된다. 이 모형이 결과적으로 3조 학생들의 동의를 얻어 합의된 조별 모형으로 인정받았다.

M7_K 모형은 앞에서 살펴본 두 조에서 관심을 가지지 않은 분지 형성 과정에 대해서 자세하게 다루고 있다는 점이 특징적으로 나타난다. 이는 논의의 시작을 마이산 역을 구성하는 물질들이 화성암과 변성암 위주라는 관찰 사실로 하였기 때문이다. 이를 통해 3조 학생들은 화산 활동이 쇄설물의 퇴적에 관여하였을 가능성에 대해 토의하였으며, 이러한 흐름이 자연스럽게 분지 형성에 대한 설명까지 이어졌다고 볼 수 있다. 한편, 다른 조와는 달리 3조는 합의된 조별 모형을 통해 마이산이 다른 산들과 달리 마치 말의 귀처럼 보이는 쌍봉의 형태를 갖추게 된 요인에 대한 설명은 추가하지 못하였다. 이러한 현상은 학생들이 처음 마이산을 오르기 전에 원거리에서 산을 관찰했을 때 얻을 수 있었던 관찰 사실들에 대해 토의 활동 내내 활용하지 못하였고, 교사 3 또한 이에 대해 적절히 안내하지 못했기 때문에 발생한 것으로 보인다.

3) 본 활동에서 확인할 수 있는 첨가 모드

교사 3은 마이산 관찰 활동 당시 조원들의 통제를 최소화하였기 때문에 1차 모형 구성 과정부터 학생들의 논의 활동에 참여하였다. 그리고 학생들과의 문답이 이어지는 형태의 첨가 모드형 발화가 나타났으며, 전

반적인 활동 운영을 위한 지시형 발화가 곳곳에서 나타났다. 하지만 본인이 학생들에게 정보를 전달하는 설명형 발화의 비중은 적은 편이었다.

1차 조별 토의는 먼저 조원들로 하여금 마이산 관찰 결과에 대한 본인들의 생각을 자유롭게 나누는 것으로 시작하였다. 이 과정에서 교사는 학생들의 의견에 대한 질문을 제시하여 학생들의 사고가 한층 깊어질 수 있도록 유도하였다. 이후에는 자료집에 학생들이 초기 모형을 구상하여 기록하고, 한 명씩 자신의 모형을 공유하도록 할 때 지시형 발화를 확인할 수 있었다. 또한 본격적으로 학생들이 서로의 초기 모형에 대해 논의하는 과정에서 교사 3은 학생들의 모형에 의문점을 제시하고 추가적인 논의가 이루어질 수 있도록 하는 연결고리 역할을 수행하였다. 그 과정에서 관찰 사실들을 학생들에게 상기시키는 설명적 발화가 나타났다.

2차 모형 구성에서는 다른 조와 마찬가지로 앞의 활동에서 제시, 수정된 모형들을 바탕으로 학생들의 논의를 통해 조별 모형의 형태로 발전되어 가는 양상을 볼 수 있었다. 이 과정에서 교사 3은 논의를 심화·발전시키기 위해 주로 학생 K와의 문답을 기반으로 하는 첨가 모드형 발화와 함께, 학생들이 놓치고 있는 기존 논의와 관찰 결과들을 다시 짚고 넘어가는 형태의 설명형 발화를 활용하여 전체 논의의 흐름을 조율했다. 또한 마이산 형성 과정 중 일부에 대해 학생들이 제시한 추론들을 바탕으로 교사 본인이 구성한 모형을 제안하기도 하였다. 결과적으로 M7_K 모형이 합의된 조별 모형으로 인정받는 방향으로 토의 활동이 마무리됨에 따라, 교사는 그 모형을 바탕으로 학생들의 사고를 정리하여 전체 발표를 준비할 수 있도록 하였는데, 이 과정에서는 주로 지시형 발화가 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

(2) 학생 개인적 요인

마이산 관찰 활동에서 3조 학생들은 1조보다 대체로 2조 학생들과 비슷한 성향을 보였다. 적극적으로 자신들끼리 의사소통하기 보다는 관찰

사실들을 촬영하고 자료집에 기록하는 등 개인적으로 관찰 자료를 정리하는 데 집중하는 양상이 나타났다. 앞에서 언급한 바와 같이, 3·5조의 경우는 관찰 활동을 수행할 때 교사들이 학생들의 활동을 안내하는 것을 최소화하는 경향이 있었다. 이러한 상황인데도 학생들은 자신들 간의 의사소통을 통해 문제를 해결하기보다는 개인적으로 관찰 자료를 수집, 정리하는 데 집중하는 양상이 나타났다. 하지만 1, 2차 조별 토의 활동에서 학생들 간에 의사소통이 이루어질 수 있는 환경이 조성되자, 2조 학생들에 비해 한결 활발하게 서로의 의견을 교환하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 3조의 경우 여학생 3명, 남학생 1명으로 구성되어 있고 남학생이 여학생과의 대화에 익숙하지 않은 점 등으로 인해 남학생이 토의 활동 참여가 상당 부분 위축되었다.

학생 I는 학생 K와 함께 다양한 의견을 교환하고 적극적으로 모형을 구성하였다. 또한 주도적으로 조별 토의를 이끌어나가던 학생 K의 생각들에 대해 비판하는 의견들을 적절히 제시하면서 조별 모형을 다듬고 발달시키는 데 기여하는 ‘적극적 참여자’로서 전체 활동에 참여하였다.

학생 J는 평소에도 조용한 성격으로 인해 다른 학생들과의 의견 교환이 활발하지 못한 편이었는데, 이번 활동에서도 자신이 주도하는 모형은 제시하지 못했다는 점에서 그러한 소극적인 성격이 잘 드러났다. 하지만 관찰 사실과 자료집의 설명 등을 근거로 학생 I와 K가 제시하는 다양한 생각들의 신뢰성 여부를 판단하고 비판하는 역할을 적절히 수행하였다. 즉, 학생 J는 소극적 참여자로서 이번 조별 활동에 임하였다.

3조에서 실질적으로 논의 전체를 이끈 것은 학생 K였다. 그는 처음부터 활발한 성격의 소유자답게 가장 적극적으로 자신의 생각을 표현하였다. 학생들 넷이 각자 초기 모형으로 제시할 때 M1_K 모형이 전체적인 조별 모형 구성의 초기 형태로서 채택된 점부터, 2차 조별 토의에서 학생들의 다양한 의견들을 정리하고 묶어서 모형의 형태로 재구성하는 과정을 통해 합의된 초기 모형을 구성하기까지, 조별 모형 구성에서 학생 K는 토의에서 가장 요구되는 역할을 적극적으로 수행하였다. 또한 교사

3과 다른 조원들이 제시하는 다양한 근거들을 바탕으로 하는 추론들을 통해 조별 모형을 완성하는 데 기여하였다. 결과적으로 학생 K는 3조 학생들의 논의 방향을 이끌고, 자신의 생각을 활발하게 모형의 형태로 제시하는 독자적인 리더의 역할을 수행하였다고 볼 수 있다.

학생 L은 평소에도 운동을 좋아하고 다른 학생들과의 활발한 상호작용을 하는 모습을 보였는데, 이번 야외 지질 답사에 같은 조로 소속된 학생들 중에서 유일한 남학생이었다. 자신과 별로 친분이 없는 여학생들과 함께 활동을 임하게 된 것으로 인해, 학생 L은 활동 전반에 걸쳐 거의 논의에 참여하지 못했다. 교사 3에 의해 자신의 초기 모형을 제시한 1차 모형 구성 활동 이후로 그는 다른 학생들의 의견을 듣기만 하거나 만찬을 피우는 등 조별 모형 구성에 아무런 도움이 되지 않았다. 그나마 다른 학생들이 그의 의견을 물을 때에만 발언을 하였는데, 그마저도 구체적인 근거가 없는 자신의 생각에만 기반을 둔 것이었기 때문에 학생들이 모형 구성에 참고할 만한 내용들이 되지는 못하였다. 결과적으로 학생 L은 이번 활동에서 전형적인 프리 라이더로서 참여한 것으로 나타났다.

	모형 구성 활동의 참여도	근거의 적절성	비고
학생 I	- 논의에 적극 참여하며, 학생 K의 모형을 건설적으로 비판하고 보완하는 역할을 맡음	- 인솔교사의 설명, 관찰 결과, 자료집을 바탕으로 함	적극적 참여자
학생 J	- 소극적인 성격으로 논의에 적극적으로 참여하지는 못하지만, 종종 동료의 의견을 날카롭게 비판함	- 인솔교사의 설명, 관찰 결과, 자료집을 바탕으로 함	소극적 참여자
학생 K	- 조원들 가운데 가장 적극적이고 활발하게 논의에 참여하며, 다른 학생들을 이끄는 역할을 수행함	- 인솔교사의 설명, 관찰 결과, 자료집을 바탕으로 함 - 다른 조원의 의견 또한 조별 모형에 적절히 반영함	독자적 리더
학생 L	- 논의에 거의 참여하지 않음	- 자신의 생각에 의존	프리 라이더

표 4. 3조 학생들의 모형 구성 논의 참여 양상

V. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 중학교 2학년 학생들을 대상으로 야외 답사 활동을 수행할 때, 조별 활동을 통해 과학적 모형을 구성하는 과정을 살펴보았다. 그 결과 세 조의 조별 모형 결과는 전혀 다르게 나타났다. 1조는 ‘선상지’라는 퇴적 구조의 형성 이후에 분지 지형으로 퇴적, 이후 과정을 거쳐 산이 완성된다고 주장하였고, 2조는 홍수와 산사태의 개입으로 인해 퇴적이 되었으며, 그리고 3조는 기반암에서 분지가 형성되는 동안 쇄설물이 형성되어 이후에 퇴적과 용기를 통해 마이산이 형성된다고 보았다. 학생들의 전반적인 조별 토의 활동을 분석한 결과 다음과 같은 요소들이 나타나는 것을 볼 수 있었다.

우선, 학생들은 자신들의 모형을 구성할 때 마이산에서 하산하면서 관찰한 다양한 사실들을 활용하였다. 비록 그들이 활동 전 오리엔테이션을 통해 야외 지질 답사를 위한 기초적인 정보를 제공받았고, 활동 자료집을 통해 마이산의 개괄을 확인할 수 있었지만, 학생들이 1차적으로 토의에서 자신들이 제시한 모형을 보조하기 위하여 활용한 자료는 관찰 사실이었다. 하지만 학생들은 주도적으로 그러한 관찰 사실들을 활용하는 능력이 부족한 모습이 나타났고, 논의가 구체적인 방향성을 띠지 못하고 중구난방하는 경향이 있었다. 실제로 이러한 그들의 논의 과정을 안내한 것은 인솔교사들이었다. 교사들은 마이산에서 관찰한 사실들을 학생들이 떠올릴 수 있도록 정리하여 제시하고, 학생들이 제시한 모형이나 단편적인 아이디어들을 보조할 수 있도록 안내하였다. 학생들 또한 교사들이 제시한 관찰 사실이나 지질학적 지식들을 근거로 하여 특정 현상들이 발생하게 된 원인들을 추정하고 이를 마이산 형성 모형으로 발전시키는 형태로 활동을 수행하였다. 결론적으로 본 활동은 ‘교사에 의한

관찰 사실 or 지질학적 지식 제공 → 학생들의 추론 및 모형 구성 → 다른 학생들과 교사에 의한 검증'의 형태로 진행되었다.

그리고 각 조의 구성원들 간의 개인적인 관계가 전반적인 모형 구성 활동에 영향을 미쳤다. 다양한 의견들과 모형들을 거침 없이 제시하였던 1조의 경우, 네 학생들 모두가 개인적으로도 친분이 두터웠기 때문에 각자의 의견을 부담 없이 제시할 수 있었다. 반면 2조 학생들은 그다지 서로 친한 학생들이 아니었으며 학생들의 말수도 적은 편이었다. 또한 학생 H가 다른 학생들에 비해 풍부한 지질학적 지식을 보유하고 있었던 점 또한 2조의 모형 형성에 영향을 미쳤다. 3조는 세 명의 여학생들 간에는 친밀한 관계를 유지하였기 때문에 학생들 간에 거부감 없이 활발한 논의가 이어졌다. 하지만 남학생 하나는 말수가 많고 활발한 성격임에도 불구하고 여학생들과 전혀 어울리지 못했기 때문에 조별 모형 구성에 전혀 기여하지 못하는 것을 볼 수 있었다.

본 활동을 통해 학생들은 마이산 형성 과정이라는 과제를 해결하기 위해 실제로 야외 현장에 나가서 노두를 관찰하고, 그로 인해 얻은 정보들을 활용하여 서로간의 토의를 통해 합의된 조별 모형을 완성하는 데 성공하였다. 하지만 그 과정에서 다음과 같은 점들은 아쉬움으로 남았다.

첫째, 과학적 모형의 사회적 구성 수업 전략에서의 핵심은 '학생 주도'의 지식 창출이라고 할 수 있다. 과학자들은 관찰과 실험 등을 통해 얻은 다양한 자료들을 재구성하여 모형을 만든다. 학생들 또한 문제를 해결을 위해 관찰 사실들을 바탕으로 모형을 구성하는 과정을 스스로 시도하는 것이 본 활동의 의의라고 할 수 있다. 다만, 중학교 학생들이 전문적인 과학자들 수준의 모형을 구성하는 것은 어렵기 때문에 다른 학생들 간의 토의를 통해 정보를 교환하고, 교사가 상황에 맞게 적절한 비계(scaffolding)를 제공하여 생각의 흐름을 조절해 주는 과정을 거치게 되는 것이다. 하지만 본 활동에서는 학생들이 자신들이 관찰한 다양한 정보들을 체계적으로 조합하는 능력이 다소 부족한 것을 확인할 수 있었다. 또한 야외에서 관찰과 토의 활동이 진행되었다는 점으로 인해 전반

적인 활동 분위기가 진지하지 못하였다. 또한, 교실 내에서의 협동 학습의 경우 학생들은 문제 해결과 관련된 자료들을 사전에 교사에게 배부받거나 시청각적 자료를 제공받는 등 쉽게 해당 자료에 접근할 수 있다. 하지만 본 활동에서는 노두 사진을 찍거나 스케치, 메모 등을 통해 각 관찰 사이트에서 얻은 정보들을 체계적으로 정리하는 과정이 수행되지 못하였다. 그 결과 학생들이 관찰한 사실들인데도 불구하고 정작 조별 토의에 참여할 때는 활용하지 못하는 경우들이 나타나게 되었다. 이로 인해 교사들은 학생들이 떠올리지 못하는 다양한 관찰 사실과 정보들을 학생들에게 일일이 설명하는 것이 필요하였고, 이는 본 활동의 핵심에서 다소 벗어나는 결과로 이어지게 되었다.

둘째, 일반 학교의 경우와 달리 본 활동에 참여한 학생들은 어느 정도 토론식 수업에 익숙한 편이었다. 다시 말해, 자신의 생각을 근거를 통해 논리적으로 다른 사람들에게 제시할 수 있는 능력을 갖춘 학생들이다. 하지만 이번 야외 지질 답사 활동에서의 학생들은 기존의 교실 내에서의 자신감 있는 의사소통과는 다소 다른 모습을 보였다. 주관적인 추측에 입각한 주장이 대부분이었으며, 아예 논의에 참여하지 않는 학생들도 나타났다. 이러한 모습은 학생들의 개인적 맥락과 함께 학습 환경 또한 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. 기존에 소극적인 성격을 가진 학생들은 자유로운 토론 환경 하에서도 쉽게 다른 학생들과 이야기를 주고받지 못했다. 그리고 지구과학에 관심이 많은 학생들임에도 불구하고, 지질학에 대한 기초적인 지식이 부족하였기 때문에 마이산에서 볼 수 있는 구조들을 바탕으로 산의 형성 과정에 대해 추론하는 데 어려움을 겪었던 점도 적극적인 논의를 가로막은 요인이 되었다. 마지막으로, 사전 오리엔테이션에서 전반적인 활동을 평가하여 점수화하지 않는다는 점을 미리 공지하였던 것 또한 학생들이 절실한 마음으로 조별 토의에 참여하지 않게 된 원인이 되었다.

2. 제언

기존의 야외 지질 답사는 교사의 설명을 단순히 자료집에 기록하고, 교사가 지정하는 지질 구조를 스케치하거나 사진을 촬영하여 자료를 남기기 급급한 형태로 수행되었다. 하지만 이번 야외 지질 답사 활동 프로그램은 자료 수집부터 문제 해결에 이르기까지 교사가 아닌 학생이 중심이 되어 수행하도록 구성되었다. 그리하여 이번 프로그램에서는 특정 지점을 관찰하고, 자료를 모으며, 이를 바탕으로 개인 모형을 구성하고 주변 동료들과 토의하는 과정을 경험함으로써 실제 과학자들이 연구하는 것을 간접적으로 체험할 수 있도록 하는 좋은 계기가 될 수 있었다. 그럼에도 불구하고 결론에서 언급한 학생들의 개인적 맥락과 환경적인 측면 등은 본 활동을 원활하게 이끌지 못하게 하는 요인들이 되었다. 그러므로 이러한 과학적 모형의 사회적 구성 방식을 적용한 야외 지질 답사 관련 후속 연구를 위해 다음 사항들을 제안하고자 한다.

첫째, 과학적 모형 구성 활동에 참여하는 학생들의 문화적 맥락이 전체 활동에 구체적으로 어떠한 영향을 미치는지에 대해 야외 지질 답사는 맥락 속에서 연구할 필요가 있다. 본 연구에서는 학생들이 부담감 없이 즐거운 분위기에서 적극적으로 야외 답사 활동에 참여할 것으로 기대하였다. 하지만 실제로 개인적인 맥락, 다른 학생들 간의 교우관계 등이 그들의 의견 제시에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었는데, 이에 대한 충분한 고찰이 후속 연구에서 이루어질 수 있을 것으로 기대한다.

둘째, 학생 중심의 야외 지질 답사 활동에서 교사의 역할이 무엇인지에 대한 연구가 요구된다. 연구 프로그램을 계획할 당시에 교사는 학생들이 관찰 활동을 수행할 때 모형 구성에 필요한 정보들을 획득할 수 있을 정도로만 지원하고, 조별 토의에서도 학생들의 자유로운 토의를 장려하면서 큰 난관에 부딪혔을 때 적절한 비계 설정을 통해 보조하는, 다소 소극적인 참여를 하기로 하였다. 그러나 실제로 활동을 수행할 때는 학

생들이 주체적인 활동을 진행하는 데 있어 대체로 어려움을 겪었으며, 이 점이 교사들이 그들을 지도하는 개별적인 성향과 맞물려 다양한 형태로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 조별 모형이 구성되는 과정에 초점을 맞추었기 때문에, 이러한 부분에 대해서는 피상적으로 살펴보는 수준에 그쳤다는 점이 한계로 지적될 수 있다. 그러므로 향후 연구에서는 야외 지질 답사 활동을 수행할 때 학생들을 인솔하는 교사의 개인적인 맥락이 전체 활동에 미치는 영향에 대한 고찰이 필요할 것이다.

셋째, 과학적 모형 구성 활동이 용이한 야외 지질 답사 프로그램을 구성하는 방안을 강구할 필요가 있다. 본 연구에서 대상으로 하는 마이산 지역은 과학적 모형 구성 방식을 적용한 야외 답사 프로그램을 설계하기 적합한 환경을 갖추고 있었다. 학생들이 충분히 관찰 활동을 수행할 시간을 확보할 수 있었고, 이를 통해 획득한 정보들에 대한 기억이 생생한 상태에서 간단한 조별 토의를 할 수 있는 시간과 공간이 확보되었다. 하지만 마이산이라는 지형 자체가 여전히 형성 과정에 대한 명확한 메커니즘이 밝혀지지 않았으며, 일반적인 퇴적 지형에서 볼 수 있는 지층과 같은 구조들이 나타나지 않아 야외 답사에 익숙하지 않은 학생들이 산의 형성에 대한 모형을 구성하는 데 어려움을 겪어야 했다. 그러므로 후속 연구를 통해 과학적 모형 구성 활동이 주가 되는 효과적인 야외 지질 답사 경험을 제공할 수 있는 지역의 선정부터, 인적 자원 구성, 학생들의 조 구성 등에서 교사가 준비해야 할 점 등을 총망라한 야외 지질 답사가이드라인이 요구된다.

과학적 모형의 사회적 구성 방식의 수업 프로그램은 이에 참여하는 학생들이 주도적으로 과학자들과 같은 방식의 지식 창출의 경험을 얻을 수 있고, 과학적 소양을 함양할 수 있는 좋은 기회가 된다는 점에서 의미가 있다. 그리고 교실 밖 야외에서 수행하는 과학 체험 학습 활동들은 제한적인 매체를 통해서만 얻을 수 있는 정보들을 직접 체험하는 과정을 통해 얻게 됨으로써, 학생들이 그 과정에서 대상에 대한 확실한 정보를 얻

을 뿐만 아니라, 과학이라는 학문에 대해 이해하고 흥미를 가지게 할 수 있는 계기가 마련될 수 있다. 이와 같은 두 가지 요소를 결합한 형태의 야외 답사 프로그램을 통해 학생들은 교실 안에서 접할 수 없는 즐거움을 느낄 뿐 아니라, 과학이라는 과목에 대한 새로운 지평을 넓힐 수 있게 될 것이다.

참 고 문 헌

- 장은희, 김찬중, 최승언, 유준희, 박현주, 이신영, & 김희백 (2012). 심장 혈액 흐름의 모형 구성 과정에서 나타난 소집단 상호작용과 소집단 규범. *한국과학교육학회지*, 32(2), 372-397.
- 강지현, & 윤형범 (2002). 야외 학습 모듈을 이용한 제주도 송악산 일대 야외 학습장 개발. *제 48 회 제주도과학전람회*, 6-22.
- 교육과학기술부 (2011). *과학과 교육과정*. 교육과학기술부 고시 제 2011-361호.
- 권홍진, 김찬중. (2007). 야외 지질 학습에 대한 초임 지구과학 교사의 인식. *한국지구과학회지*, 28(1), 14-23.
- 김재우, & 오원근 (2002). 연구논문: 중학교 1 학년 상위권 학생들의 적절한 탐구 문제에 대한 생각. *한국과학교육학회지*, 22(2), 261-266.
- 김정훈, & 박영신 (2012). 중등 예비 과학교사들의 지구과학영역 탐구문제 개발 능력 분석. *한국지구과학회지*, 33(3), 294-305.
- 맹승호, & 위수민. (2005). 논문: 경기도 시화호 탄도 해안과 한염 지역의 야외 지질 답사 수업모형에 대한 질적 분석. *한국지구과학회지*, 26(1), 9-27.
- 박영신 (2006). 교실에서의 실질적 과학 탐구를 위한 과학적 논증 기회에 대한 이론적 고찰. *한국지구과학회지*, 27(4), 401-415.
- 박정웅, 전영호, 김재현, 정구송, 조후자, 이소라, 박정희 (2000). 시화호로 떠나는 자연사 여행 CD-ROM. *서울 지구과학교육연구회*.
- 박진홍, 정진우, 조규성, & 이병주 (2000). 중고등학생을 위한 야외 지질 학습장 개발 및 야외 활동 지도 방안. *한국지구과학회지*, 21(1), 13-21.
- 박한숙 (1999). 자기 주도적 학습능력 향상을 위한 학습기술훈련 가능성 탐색. *열린교육연구*, 7(2), 139-158.
- 오필석 (2007). 중등학교 지구과학 수업에서 과학적 모델의 활용 양상 분석: 대기 및 해양 지구과학 관련 수업을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 27(7), 645-662.
- 유희원, 차현정, 김민석, 함동철, & 김희백 (2012). 과학적 모형의 사회적

- 공동구성 수업에서 나타나는 과학 영재 학생들의 상호작용 역할과 개인의 내적, 관계적 요인 사이의 관련성. *영재교육연구*, 22(2).
- 이규호, & 권병두 (2010). 지구과학적 현상의 특성을 고려한 추론 중심 탐구수업 모형 제안. *한국지구과학회지*, 31(2), 185-202.
- 이명제 (2009). '과학적 소양'의 정의를 향하여. *초등과학 교육*, 28(4), 487-494.
- 이신영, 김찬중, 최승언, 유준희, 박현주, 강은희, & 김희백 (2012). 소집단 상호작용에 따른 심장 내 혈액 흐름에 대한 소집단 모델 발달 유형과 추론 과정 탐색. *한국과학교육학회지*, 32(5), 805-822.
- 장지은 (2013). *중학교 과학영재들의 초파리 유전 실험 결과 해석 과정에서 나타난 협력적 설명모형 구성 과정 이해*. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 전영호 (1996). *충북 영동 지역의 야외 지질학습 자료 개발 및 활용에 관한 연구*. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 정영은 (2012). '과학적 모형의 사회적 구성' 중심 탐구학습전략의 개발과 적용. *조선대학교 대학원 석사학위논문*.
- 조규성, 변홍룡, & 김정빈 (2002). 야외지질학습장의 개발과 활용에 따른 학생들의 과학에 대한 정의적 영역과 학업 성취에 미치는 효과. *한국지구과학회지*, 23(8), 649-658.
- 최영산 (2001). *광주지방의 중학교 야외 지질 학습장의 개발과 활용에 관한 연구*. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 함동철 (2012). *천문 단원 모형 구성 수업에서 또래간 상호작용에 의한 중학생의 모형 변화 과정*. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- Anderson, V. (1980). Field Tripping: Toronto: Ontario. *Institute for Studies in Education. Informal Series No.21*.
- Campbell, T., Oh, P.S. & Neilson, D. (2012). Discursive Modes and Their Pedagogical Functions in Model-Based Inquiry (MBI) Classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2393-2419.
- Fido, J. H. & Gayford, G. C. (1982). Field work and the biology teacher. A survey in secondary schools in England and Wales.

- Journal of Biological Education*, 16, 27–34.
- Folkmer, T. H. (1981). Comparison of Three Methods of Teaching Geology in Junior High School. *Journal of Geological Education*, 29(2), 74–75.
- Gilbert, J. K., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998). Models in explanations. Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83 - 97.
- Gilbert, J. K., Pietrocola, M., Zylbersztajn, A., & Franco, C. (2000). Science and education: Notions of reality, theory and model. In *Developing models in science education* (pp. 19–40). Springer Netherlands.
- Halloun, I. A. (2006). *Modeling theory in science education*. Netherlands: Springer.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), pp. 509 - 534.
- Hestenes, D. (2006). Notes for a modeling theory. In Proceedings of the 2006 GIREP conference: *Modeling in physics and physics education*.
- Holyoak, K. J. (1996). Mental leaps: Analogy in creative thought. *MIT press*.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1997). The analogical mind. *American Psychologist*, 52(1), 35.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness (No. 6). *Harvard University Press*.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teacher's views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), pp. 369–387.

- Kumpulainen, K., & Wray, D. (Eds.). (2002). *Classroom interaction and social learning: From theory to practice*. Psychology Press.
- Lock, R. (1998). Fieldwork in the life sciences. *International Journal of Science Education*, 20, 633-642.
- Mckenzie, G. D., Utgard, R. O. & Lisowski, M. (1986). The importance of field trips. *Journal of College Science Teaching*, 16, 17-20.
- Munn, B. J., Tracy, R. J., & Jenks, P. J. (1995). A collaborative approach to petrology field trips. *Journal of Geological Education*, 43, 381-381.
- Núñez-Oveido, M. C., Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). *Developing complex mental models in biology through model evolution*. In Model based learning and instruction in science (pp. 173-193). Springer Netherlands.
- Orion, N. (1989). Development of a high-school geology course based on field trips. *Journal of geological education*, 37(13), 13-17.
- Orion, N. (1993). A model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325-331.
- Passmore, C., & Stewart, J. (2002). A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 185 - 204.
- Passmore, C., Stewart, J., & Cartier, J. (2009). Model-based inquiry and school science: Creating connections. *School Science and Mathematics*, 109(7), 394 - 402.
- Ramadas, J. (2009). Visual and spatial modes in science learning. *International Journal of Science Education*, 31(3), 301 - 318.
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Wallace, C. S., Tsoi, M. Y., Calkin, J., & Darley, M. (2003). Learning from inquiry based laboratories in nonmajor biology: An

interpretive study of the relationships among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 986-1024.

부 록

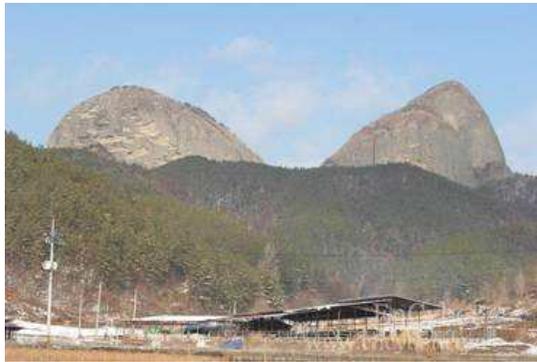
[부록1] 마이산의 형성 과정 모형 구성 학생용 자료집

#2-1 마 이 산

- ▷ 소 재 지 : 전라북도 진안군
- ▷ 소요 시간 : 2시간 30분 (10:00 - 12:30)
- ▷ 층의 순서 : 선캠브리아 시대의 기반암, 중생대 백악기의 마이산 층
- ▷ 구 조 : 층리, 타포니

지질 개요

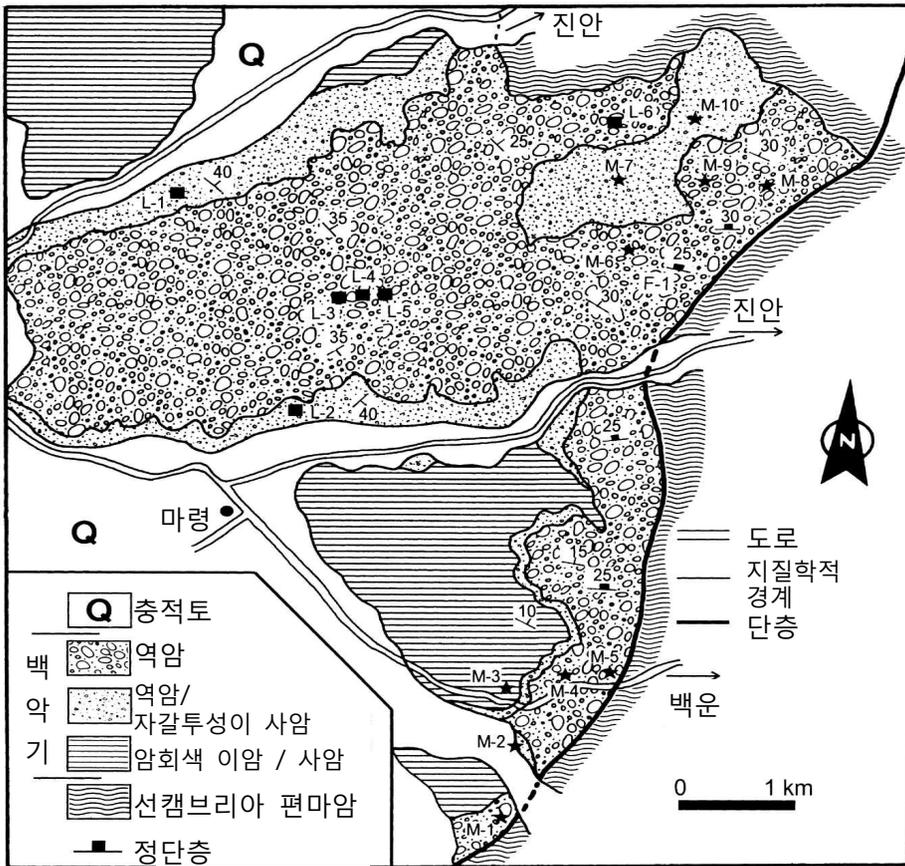
전라북도 진안군에 위치한 마이산은 말의 양쪽 귀의 모양을 닮았다고 해서 붙여진 이름이다. 마이산은 주변 지형과는 달리 나무나 풀이 거의 없는 독특한 형태를 띤다. 산의 내부에는



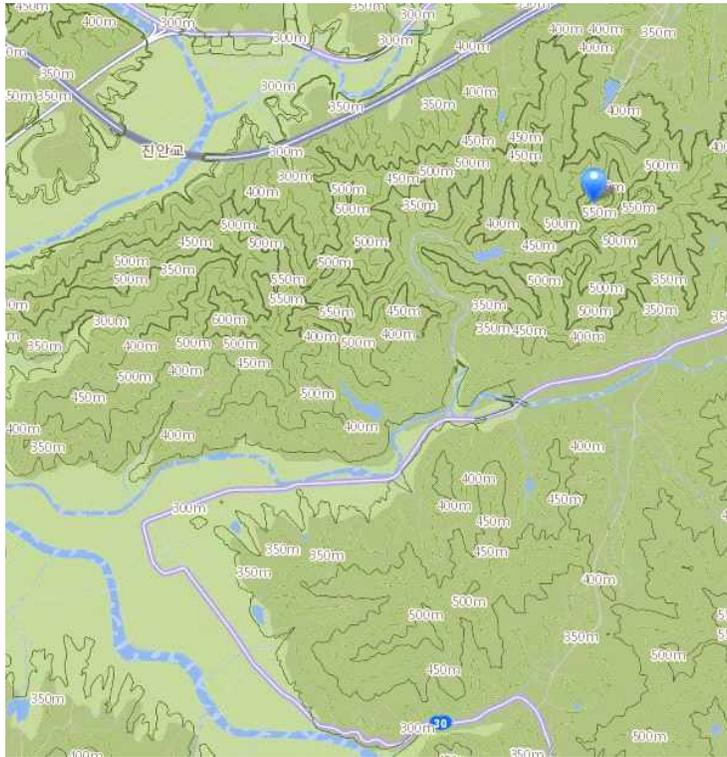
얇은 회색의 층과 0.5~5m에 이르는 흑색의 층이 혼재한다. 마이산을 이루고 있는 전체 층의 두께는 약 500m 가량으로 이는 선캠브리아대(약 5억 7천만 년 전)에 만들어진 기반암 위에 놓여 있다.

중생대(약 2억 4,700만 년 전~6,500만 년 전) 동안에 발생했던 대규모의 지각 변동으로 인해 한반도 남서쪽에 형성되어 있던 지

층이 심하게 변형되었으며, 이로 인해 대구광역시 일대와 비슷한 소규모의 분지 지형이 만들어졌다. 전라북도 진안 일대에 형성되어 있는 진안층군 또한 이러한 변화를 겪었으며, 이렇게 형성된 진안분지 위에 마이산이 형성되었다. 현재 산 정상까지의 등반은 안전상의 이유로 금지되어 있는 상황이다.



< 마이산 인근 지역의 지질도 (Lee and Chough, 1999)>



< 마이산 인근 지역의 지형도 >

1. 마이산의 전체 모습과 주변 지형을 멀리서 관찰한 다음, 산의 형태와 그 특징을 비교해 보자.

2. <혼자서 생각해 보기>

이 지역에서 관찰한 암석이 잘 보일 수 있도록 사진을 촬영하고, 다음 물음에 답해 보자.

1) 이러한 암석들의 외형이 가진 특징에 대해 적어 보자.

알갱이의 크기	
원마도(평균)	
알갱이 사이의 물질	

2) 이러한 암석들이 생성된 과정에 대해 생각해 보자.

3. <모듬별 활동하기>

아래 표에 모듬원의 이름을 적고, 각자의 의견과 그 원인에 대해 정리해 보자.

	의견	원인
모듬원 1 ()		
모듬원 2 ()		
모듬원 3 ()		

4. 관찰한 지형과 암석의 자료를 이용하여 마이산의 생성 과정을 설명해 보자.

--

5. <다 같이 생각해 보기>

다른 모둠에서 제시한 설명을 아래 표에 정리하고, 우리 모둠에서 구성한 설명과의 차이점을 적어 보자.

모둠	설명	차이점

6. 전체 발표 결과를 이용해서 마이산의 생성 과정을 완성해 보자.

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for a student to draw or write the formation process of Maeseon Mountain.

Abstract

Case Study for Applying Co-construction of Scientific Modeling Process to Geological Field: Focusing on Model Developing Course

Choi, Yo Han

Earth Science Major in Science Education Division

The Graduate School

Seoul National University

In the science education academia in Korea, this is increasing interest of teaching program using scientific model for student-centered scientific exploration study. And because exploration contents of earth-science are usually difficult in limited space, geological field is receiving the spotlight for the alternative of effective earth-science study.

In this study, co-construction of scientific modeling strategy was applied by geological field for middle-school gifted-talent student. We observed developments of their scientific model, and investigated about factors that influence on that model developing course. Participants of our project are 20 persons that 2th grade of middle-school students

and member of S University's institute of science-gifted education. The place for this geological field is Mai mountain located in Jinan, Jeollanam-do. And the target of this field work was 'Formation of Mai mountain'.

Students were engaged in field trip which is based on the co-construction of scientific modeling strategy. They had second times of group discussing time, and next morning they announced their model to the other group and teachers. They were 5 groups(4 students in a group). And we choose 3 groups that have unique features and analyzed. The conclusive summary of this study is in the following.

First, whole groups arrived their group models similar to the target model that teachers agreed before field work. We confirmed that based on data from their observed facts in the mountain, group models were constructed by interaction between teacher and students.

Second, group models were usually developed from students' observed facts over their inferences. But teacher's intervention in the course showed up so greatly. So we analyzed that mainly teachers offered observed fact, and over students' inferences, they developed some models.

Finally, how to participate in this discussion, group member's personal contexts was influence on this overall model construction.

Co-construction of scientific modeling class in the school don't lay answer of the problem, and based on limited data which teacher offered, this class is conducted in the manner discuss formed to the target. On the other hand, geological field can induce students' model development based on various observed fact. And we think that this activity which devate with colleagues with their personal model, agree in the group model, and announce to the whole class is a good chance to develop students' nature of science.

Keywords : scientific model, social co-construction, geological field, field work

Student number : 2013-21453