

달의 위상 변화에 대한 과학적 모형 구성 수업에서 나타나는 과학 영재들의 모형 생성 및 발달 과정

유 희 원	함 동 철	차 현 정	김 민 석	김 희 백
서울대학교	평촌고등학교	서울대학교	서울대학교	서울대학교
유 준 희	박 현 주	김 찬 종	최 승 언	
서울대학교	조선대학교	서울대학교	서울대학교	

본 연구에서는 달의 위상 변화에 대한 과학적 모형 구성 수업에서 나타나는 영재 학생들의 모형 생성 및 발달 과정의 특징과 학생과 교사의 활동이 이 과정에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. 이를 위해 과학영재 학생을 대상으로 과학적 모형 구성 수업을 실시하였다. 수업 전체 및 모듈별 활동을 영상 촬영, 음성 녹음하였으며 선택한 모듈에 대한 면담을 실시하고 학생들의 활동지를 분석 자료로 활용하여 모듈별·개인별 학생들의 모형 생성 및 발달 과정을 재구성하였으며, 학생들의 활동 양상과 교사의 역할이 여기에 미치는 영향을 도출하였다. 모듈 내에서의 토론이 모듈의 모형 생성 및 발달과정에 기여하며, 표적 모형과 초기모형의 유사성 정도에 따라 개인 모형의 발달 과정이 달라졌다. 모듈활동에 적극적으로 참여하는 학생이 많을수록 초기 모형은 다양해지고 최종 모형도 더욱 정교하게 나타났으며, 교사는 모형의 생성 및 발달과정에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

주제어: 달의 위상 변화, 과학적 모형, 모형 발달, 모형 수정, 영재 교육

I. 서 론

과학자의 활동에서 과학적 모형은 매우 중요한 역할을 한다고 여러 학자들이 지적하였다. Gilbert, Pietrocola, Zylbersztajn과 Franco (2000)는 모형은 이론의 추상성을 구체화하여 실제(realism)와 이론을 연결시켜 주는 역할을 한다고 하였다. 또한, Hollun(2006)은 과학적 패러다임에서의 개념에 대한 조직도를 제시하면서 모형(model)을 통해서 이론

(theory)이 과학적 패러다임의 개념적 내용을 제공한다고 설명하였고 모든 과학적 이론은 이론에 의해 제공되는 모형의 세트(set)를 포함하고 있으며 모형을 거쳐야만 개념에 이를 수 있다고 보았다. 그리고 Giere(1990)도 과학을 과학적으로 잘 설명하기 위해서는 잘 구성된 모형의 세트가 필요하다고 하여 모형의 중요성을 강조하였다.

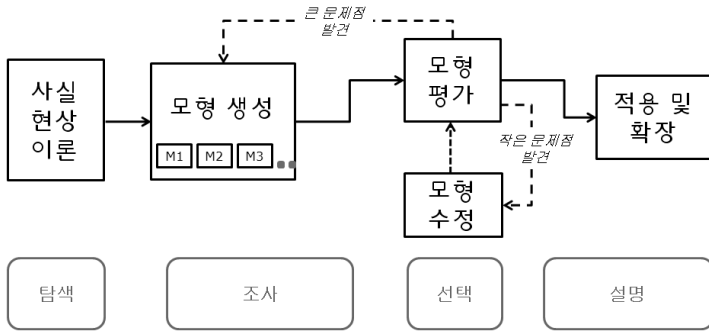
Hodson(1993)은 과학의 개념과 이론을 이해하는 것(Learning science), 과학의 본성과 방법에 대한 이해를 개발하는 것(Learning about science), 과학 탐구 실행에 참여하고 전문 지식을 개발하는 것(Learning to do science)으로 과학교육의 세 가지 목적을 제시한다. 즉, 단순 지식 습득을 넘어서는 것을 의미하고 있다. 모형을 활용하여 자신의 생각을 표현하는 것은 과학적 현상을 이해하는 것에도 도움이 되며 과학의 본성을 이해하고 탐구 실행에 참여하는 핵심적 역할을 수행하도록 돕는다. 이처럼 과학학습에서 과학적 모형의 도입은 매우 중요하다(Clement, 1989; 1993; Clement & Steinberg, 2002; Hestenes, 2006; Justi & Gilbert, 2002).

과학적 모형이란 어떤 자연 현상을 설명하기 위해 구성한 설명체계이며, 모형을 구성해 나가는 과정을 모델링 또는 모형 형성이라고 한다(Hestenes, 2006). 모형 형성과정은 학생들의 초기 모형 구성에서 출발하여 중간 단계를 거쳐 최종 모형에 이르는 것으로 알려져 있다.

Clement(1989, 1993)는 모형 형성과정을 GEM 순환으로 설명하였다. GEM은 각각 Generation, Evaluation, Modification을 지칭하며, 초기 모형의 생성(G), 모형의 평가(E), 모형의 수정(M)이 순환적으로 일어남을 의미한다. 즉, GEM 순환은 초기 모형이 비판받고 여러 충고를 수용하면서 점차 구체성이 증가하는 모형으로 개선되어가는 과정을 설명한다. 모형 형성 과정에서 학생들은 교사나 동료와 상호작용과 학습 활동을 통해 자신의 초기 모형을 교사가 사전에 의도한 과학적 모형에 점점 더 가까워지도록 변형시키게 되는데(Clement & Steinberg, 2002), 이와 같이 과학 지식을 정확하게 표현한다고 교사가 사전에 설정한 모형을 ‘표적 모형’이라고 한다. 이런 과정을 통해 학생들은 모형을 생성, 수정, 재구성하면서 학습을 하게 된다(Justi & Gilbert, 2002).

학생들의 모형 형성 과정에 대해서는 GEM 순환보다 더 복잡한 과정을 제안하는 학자도 있다. 예상보다 학생들이 자주 이전 모델로 돌아가면서 모델 구성에서의 mini-cycle이 자주 나타나며(Rea-Ramirez, 1998), 두개 이상의 GEM 순환이 엮여져 구성된 교사와 학생 간 상호작용 패턴인 micro cycle이 나타나기도 함(Nunez-Oviedo, 2003)이 밝혀졌다. 또한 Halloun(2006)은 생성한 모형의 적용 과정의 중요성을 강조하였다. 이 연구에서는 학생들의 모형 생성 과정을 이해하기 위하여 GEM 순환을 그림 1과 같이 수정하여 활용하였다. 사실, 현상, 이론을 모형 생성 전에 제시하는 것과 만들어진 모형을 통해 적용을 하는 것이 수정된 부분이다.

수정된 GEM cycle에 의하면 학생들은 현상, 사실, 이론을 기반으로 모형을 생성하고 모형을 평가한다. 이 때 큰 문제점이 발생하면 새로운 모형을 생성하기 위해 되돌아가며 작은 문제점이 발생하면 모형의 일부를 수정한다. 이런 일련의 과정으로 모형 평가를 거



[그림 1] 수정 GEM cycle

친 모형에 문제점이 발견되지 않으면 실제 현실에 이를 적용하여 모형에 이상이 없는지 확인한다. M1, M2, M3는 각각의 생성된 모형을 의미하며, [그림 1]의 하단 부분의 탐색-조사-선택-설명 과정은 귀추적 수업 모형(오필석, 김찬중, 2005)의 4단계를 나타낸다. 수정된 GEM 순환의 각 단계와 귀추적 수업 모형의 각 단계는 서로 잘 대응된다. 귀추적 모형은 지구과학 주제의 학습에 유용할 것으로 기대되기 때문에(오필석, 김찬중, 2005), 달의 위상변화에 대한 학습 과정안을 계획할 때 각 단계의 특성을 명확하게 해 줄 수 있을 것으로 판단된다.

과학영재학생들은 일반 학생들과는 다르게 높은 인지 능력과 창의적 사고, 과학에 대한 높은 동기, 과제 집착력, 자신감을 가지고 있으며(김선희, 김기연, 이종희, 2005; Brandwein, 1981; 이명자, 2002 재인용), 의문제기를 좋아하며 지속적인 탐구를 실시하고(Roe, 1953; 이명자, 2002 재인용), 원인에 대한 호기심이 높다(이정철 외, 2009). 이러한 차이로 인해 과학 영재학생들은 자발적 학습, 비구조화된 학습을 선호하며(Chan, 2001; 김미숙 외, 2005 재인용), 조별 협동을 통해 함께 토론하며 직접 활동하는 자기주도적인 수업과 개방형 과제를 선호한다(이정철 외, 2009; 김종백, 2006). 또한 영재학생이라고 할지라도 자발적인 과학 탐구를 혼자서 진행하기 매우 어렵워한다(Resnick & Eisenberg, 2000). 즉, 영재학생 대상 수업에서도 학생들이 직접 상호작용을 통해 모형을 구성해가는 수업이 중요하다고 볼 수 있다.

이 연구에서는 수정된 GEM 순환 모형을 바탕으로 수업을 계획하고 학생-학생, 교사-학생 사이의 상호작용을 통한 과학적 모형 형성 및 발달 과정을 이해하고자 하였다. 특히 그 동안 과학적 모형 형성에서 많이 연구되지 않은 달의 위상 변화를 학습 주제로 삼았다. 세부 연구 문제는 다음과 같다.

- 가. 달의 위상 변화에 대한 과학적 모형 형성 수업에서 나타나는 과학영재학생들의 모형 생성 및 발달의 유형과 특성은 어떠한가?
- 나. 모형이 발달하는 과정에 영향을 미치는 모둠활동의 특성과 교사의 역할은 무엇인가?

II. 연구 과정 및 수업 개요

이 연구는 문헌 조사를 통한 이론적 연구, 수업 계획안 개발, 수업 실시 및 자료 수집, 자료 분석의 순서로 실시되었다. 이론적 연구를 통하여 수정된 GEM 순환 모형을 완성하였으며, 이를 바탕으로 달의 위상 변화에 대한 과학적 모형 수업 계획안을 개발하였다.

1. 자료 수집 과정

2011년 여름 방학 중, 개발한 과학적 모형 수업 계획안을 서울시 소재의 G영재교육원 지구과학 수업에 적용하였다. 중학교 2학년 두 반을 대상으로 수업을 하였으며, 총 수업 시간은 각각 3시간이었다. 수업의 주제는 ‘달의 위상변화와 달의 출몰 시각이 변화하는 이유’였다. 비디오카메라와 보이스 레코더를 사용하여 수업 전체와 모듈별 활동을 녹화, 녹음하였다. 수업에 대한 학생들의 구체적인 생각을 알아보기 위해 수업이 끝난 후에 각 반에서 2개 모듈을 선택하여 반구조화된 인터뷰를 실시하였으며, 인터뷰 내용은 참여 후 느낀 점, 수업 전반에 대한 인식, 모델링 과정, 동료와 상호작용에 대한 인식, 수업 개선 점 등이었다.

학생들이 수업에서 사용했던 활동지를 수집하였으며, 이를 활용하여 각 개인의 모형 변화 과정을 파악하였다. 활동지에는 개인이 표현했던 초기 모형과 모듈 토론을 거쳐 결정된 모듈의 모형(중간 모형), 전체 토의를 통해 결정한 최종 모형을 그리게 되어 있어서 개인의 모형 변화를 쉽게 확인할 수 있었다. 그러나 활동지에는 결과물만 그려져 있기 때문에 좀 더 세밀한 모형 변화 과정분석을 위해 모듈 칠판에 나타난 자료를 활용했다. 모듈 칠판을 활용하여 학생들이 자유로이 자신의 생각을 모형으로 표현할 수 있도록 하였으며, 활동지에는 나타나지 않은 모형을 촬영된 영상을 통해 알아낼 수 있었다. 다만 본 연구에서는 영상을 캡처한 화면의 해상도가 너무 낮아서 영상을 보고 연구자가 직접 그려 재구성한 것을 활용하였다. 또한 수업 내용을 전사하여 학생들의 모듈활동의 특징과 교사의 활동을 정리하고 이것이 모형 발달에 주는 영향을 도출해보고자 하였다.

2. 연구 참여자

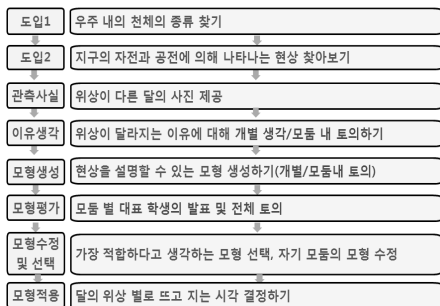
이 연구에 참여한 학생들은 모두 2011년도 당시 서울시 소재 G영재교육원에서 교육을 받았던 학생들이다. 과학 심화 2개 반에 소속된 32명의 학생으로서, 기초 1년 과정을 마치고 2년차 심화 과정 중에 있는 학생들이다. 학생들은 자율적 학습자로서 모듈활동이나 실험 등 직접 활동하는 것에 초점을 둔 교육을 받아왔다. 학생들의 학업 수준은 모두 각 학교에서 상위권의 학생들이며, 지구과학에 대한 흥미는 학생들마다 차이가 있었으나 지구과학 지식수준은 큰 차이를 보이지 않았다. 표1에 연구에 참여한 학생들의 상황에 대해 간략하게 정리하였다. 한 개의 모듈은 3~5명의 학생으로 구성되었으며 총 8개의 모듈 중 1개 모듈을 제외하고 같은 성별의 학생으로 모듈이 구성되었다. 1반은 알파벳 대문자로 표시하였으며, 2반은 알파벳 소문자로 표시하였다.

<표 1> 연구 참여자 목록

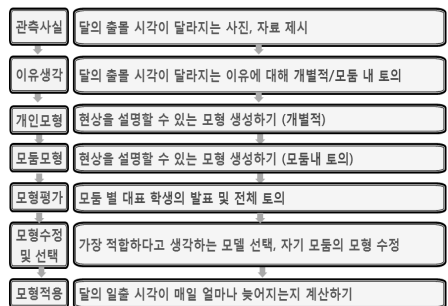
소속	학생구성	성별	소속	학생구성	성별
1반 1모둠	학생A, 학생B, 학생C, 학생D	전원 남학생	2반 1모둠	학생a, 학생b 학생c	전원 남학생
1반 2모둠	학생E, 학생F, 학생G, 학생H, 학생I	전원 남학생	2반 2모둠	학생d, 학생e, 학생f, 학생g	전원 여학생
1반 3모둠	학생J, 학생K, 학생L, 학생M	남(학생M) 여(나머지)	2반 3모둠	학생h, 학생i, 학생j	전원 남학생
1반 4모둠	학생N, 학생O, 학생P, 학생Q	전원 남학생	2반 4모둠	학생k, 학생l 학생m, 학생n, 학생o	전원 남학생

3. 수업의 흐름

수업은 3시간에 걸쳐서 이루어졌으며, 2가지 주제에 대한 모형 형성을 하는 것으로 구성되었다. 전반부에는 ‘달의 위상변화가 일어나는 이유’에 대해, 후반부에는 ‘달의 출몰시각이 변화하는 이유’에 대한 것으로 [그림 2]와 [그림 3]에 수업의 흐름을 나타내었다. 수업은 수정된 GEM모형을 바탕으로 계획되었으며, 학생용 활동지도 함께 개발하였다. 활동지에는 개인의 초기 모형과 모둠의 모형(중간 모형), 최종 모형을 모두 그리도록 하여 개인의 모형 변화를 나타내도록 하였다. 모형 형성을 위해 교사가 관측 자료를 제시하는 것으로 시작하며, 학생 개인이 초기 모형을 형성하는 시간을 부여한 뒤 이를 바탕으로 모둠 내에서 토의를 실시한다. 토의 시간동안 나타나는 생각을 모형으로 표현하도록 하였다. 모둠 내에서 모둠원 간 충분한 토의를 거친 뒤 결정된 각 모둠의 모형은 발표를 통해 반 전체에서 공유하였으며, 전체 토의를 통해 반에서 하나의 모형을 결정하였다. 그리고 마지막으로 결정된 모형을 실제의 현상에 적용하여 그 현상을 설명하는 것으로 수업이 진행되었다.



[그림 2] 수업전반부 흐름



[그림 3] 수업후반부 흐름

4. 자료의 분석

수업과 인터뷰에 대한 영상 및 녹음 자료는 전사하여 정리하였으며, 활동지와 모둠칠판을 활용하여 학생들의 모형 변화를 정리하고 이를 질적으로 분석하였다. 각 모둠별로 수업의 흐름에 따라 제시된 모형과 말로 표현된 의견을 순차적으로 정리하고 표적모형으로 발달되는 것과 관련된 것을 그림으로 정리하였다. 이를 바탕으로 모둠과 개인의 모형 생성 및 발달 과정을 분석하고 사회적 공동 구성을 추출하였다. 또한, 여러 근원(수업 촬영, 수업 관찰, 모둠별 활동 촬영 및 녹음, 학생 활동지, 면담 결과)에서 산출된 자료를 이용하여 분석 및 해석의 일치를 점검하는 삼각 검증법을 통하여 타당도를 높였으며, 연구자 사이의 지속적인 협의를 통해 분석의 정교함을 더하도록 하였다.

III. 연구 결과

연구 결과는 달의 위상변화와 출몰시각 변화에 대하여 과학적 모형의 형성 및 발달 과정과 모둠 활동 및 교사 개입이 주는 영향으로 크게 구분하여 서술하였다.

1. 모형 형성 및 발달 과정

모형 형성 및 발달 과정은 다시 두 가지 수준으로 나누어서 정리하였다. 먼저 모둠 수준에서 모형 발달 과정을 서술하고, 이어서 개인 수준에서 모형의 발달 과정을 살펴보았다. 달의 위상변화 모형과 달의 출몰시각 변화에 대한 모형의 2가지 모형을 형성, 발달하는 과정을 살펴보았다.

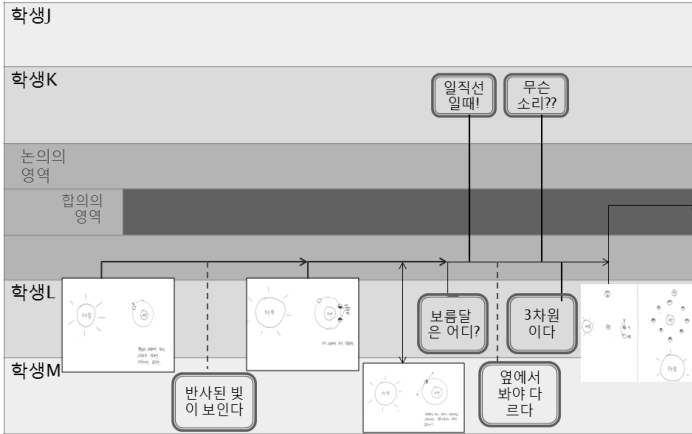
가. 모둠의 모형 발달 과정

모둠의 모형이 생성되고 학생들 간의 사회적 협의를 통해 모형이 발달하는 과정은 모형 합의를 통한 표적 모형 도달 여부, 학생 간 토의가 원활하게 진행되는지의 여부에 따라 크게 4종류로 나누어 살펴볼 수 있었다. 같은 모둠일지라도 과제에 따라서는 모형 형성 과정이 다르게 나타나서 다른 유형으로 구분되기도 하였다.

(1) 원활한 토의에 따라 표적모형 도달한 경우

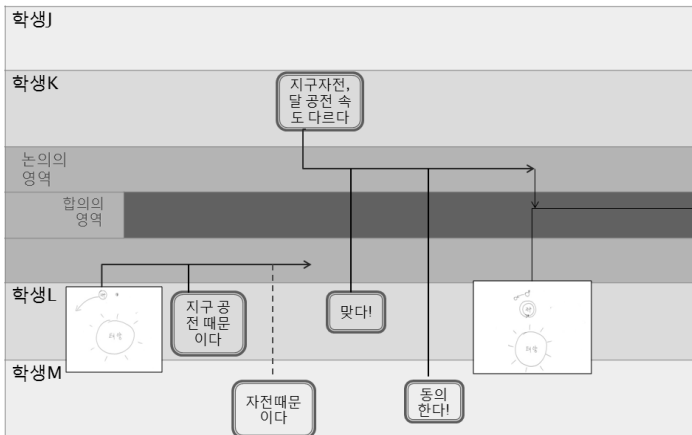
이 유형은 모둠 구성원 사이의 상호작용이 활발하고 토의가 잘 이루어지며, 이를 통해서 구성원의 합의에 따라 표적 모델에 도달한 경우이다. 1반 3모둠과 2반 3모둠의 두 개 과제와 2반 2모둠과 4모둠, 1반 2모둠의 첫 번째 과제가 여기에 해당되었다.

1반 3모둠에서 처음으로 제시된 모형은 햇빛이 달에 비추었을 때 그림자가 생기기 때문이라는 것이었으나 이 모형은 학생M의 반대에 의해 곧바로 폐기 되었다. 빛이 지구에 가려져서 달의 위상이 바뀐다는 새로운 모형이 제시되지만 그림자에 의해 달의 위상이 결정되는 것이 아니라고 강력하게 주장한 학생M의 의견에 의해 그림자를 고려한 모형은 완전히 폐기된다(그림4). 학생M이 강경한 태도로 그림자 모형을 반박하면서 학생들이 그 모



[그림 4] 1반 3모둠 1번 과제 모형 발달 과정

형을 신뢰하지 않게 된 것이다. 하지만 모둠원들이 학생M의 의견을 일방적으로 쫓아가지도 않았다. 보름달과 월식의 문제에 있어서 모두가 만족할만한 답을 얻지 못하자 이를 해결하기 위해 모둠원들이 활발하게 토의를 진행해 나갔다. 주로 학생M의 의견이 타당성이 있었으나 나머지 학생들이 바로 수용하기보다는 모르는 것에 대해 충분히 질문하고 이해가 된 뒤에 합의를 하는 모습이 나타났다. 이러한 과정을 통해 보름달과 월식을 구분하기 위해 위와 옆에서 본 모습을 나누어 표현하는 것으로 모둠 모형을 결정하였다. 초기 모형에서는 지구의 그림자에 의해 달의 위상이 결정되는 것으로 표현했으나 모둠의 최종 모형에선 달은 태양의 방향에 따라 동일한 면에 빛을 받는데 지구에서 볼 때 모양이 달라진다는 모형으로 변화되었다.



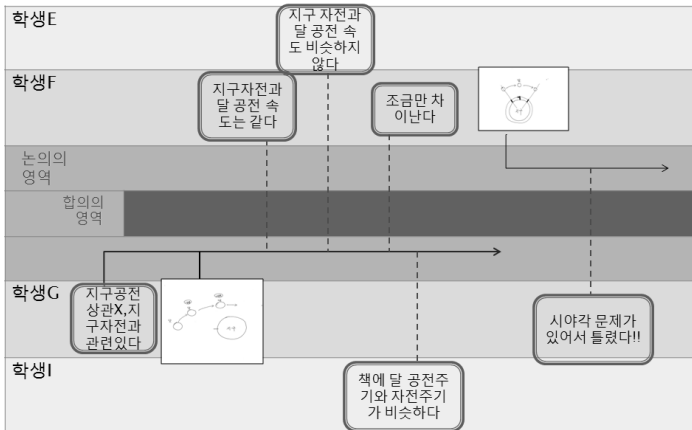
[그림 5] 1반 3모둠 2번 과제 모형 발달 과정

두 번째 과제에서는 지구의 자전과 공전, 달의 자전과 공전에 있어서 어떤 요소를 고려해야 하고 각각의 속도는 어떻게 다른가에 대한 토의가 먼저 진행되었다([그림5]). 처음에 학생L은 달의 출몰시각이 늦어지는 이유를 지구의 공전으로 파악하여 모형을 제시하였다. 이 모형은 지구 자전 때문이라는 다른 모둠원의 의견에 반박당했으며 곧 폐기되었다. 그러나 모둠원 간의 토의를 통해 지구 공전보다 지구의 자전과 달의 공전이 더 결정적인 요소라는 의견에 합의를 하면서 표적 모형에 더욱 가까워졌다. 이를 바탕으로 지구가 한 바퀴 자전하는 동안 달이 공전하여 옆으로 이동하기 때문에 출몰 시각이 달라진다는 것으로 모둠의 모형이 결정되었다. 즉, 학생들은 의견에 반박을 당했을 때 이에 재반론을 하지 못하면 그 의견을 폐기하는 경향이 많았으며, 재반론에 성공하는 경우 학생들은 합의에 이르게 되었다. 두 번째 과제의 경우 첫 번째 과제보다 난이도가 높은 과제가 제시되면서 7개 모둠 중 합의를 통해 모형 형성에 성공한 모둠이 2개 밖에 되지 않았다.

(2) 원활한 토의가 진행되었으나 표적모형에 도달하지 못한 경우

이 유형은 모둠 구성원 사이의 상호작용이 활발하고 토의가 잘 이루어졌으나 구성원의 합의가 잘 되지 않거나 표적모형에 도달하지 못한 경우로서 1반 2모둠과 2반 2모둠의 두 번째 과제가 여기에 해당한다.

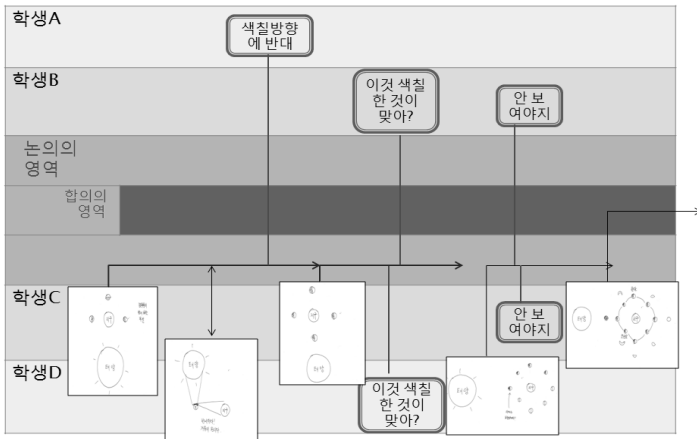
1반 2모둠의 경우, 학생G가 표적 모형에 가장 근접한 생각을 제시하였으나([그림 6]) 지구의 자전과 달의 공전속도가 똑같다는 학생F의 반론을 설명할만한 효과적인 답변을 하지 못하면서 합의를 이루지 못하고 대립하다가 토의 시간이 종료되었다. 즉, 토론이 원활하더라도 반론에 적절한 답변을 하지 못하게 되면 학생들은 그 의견에 문제가 있다고 생각하게 되어 모둠의 모형으로 사용하지 않게 되었다.



[그림 6] 1반 2모둠 2번 과제 모형 발달 과정

(3) 원활한 토의가 부족했으나 표적 모형에 도달한 경우

학생간의 토의과정을 통해 모형을 구성하기 보다는 한 학생의 모형을 선택하여 이를 곧바로 모둠의 모형으로 선택한 경우도 있었다. 이 경우 놀랍게도 표적 모형에 거의 유사한 모형이 만들어졌으며, 오히려 토의과정을 통해 모형 합의에 성공한 경우보다 더 정교한 모형이 만들어지는 경우도 있었다. 모둠 내 한 명의 학생이 표적 모형에 가까운 생각을 사전에 미리 가지고 있는 경우 이런 현상이 나타났다. 나머지 학생들은 별다른 반론을 제기하지 않았으며 자신이 관련 내용을 잘 모르기 때문에 의견을 바로 수용한 것인지, 아니면 그 의견이 적절하다고 판단했기 때문인지는 명확하게 알 수는 없었다. 즉, 학생들은 아무도 반론을 제기하지 않는 의견의 경우, 그 의견을 옳다고 여기고 수용하는 경향이 있었다. 여기에 해당하는 것은 1반의 1모둠의 두 가지 과제 모두와 1반 4모둠의 두 번째 과제다.

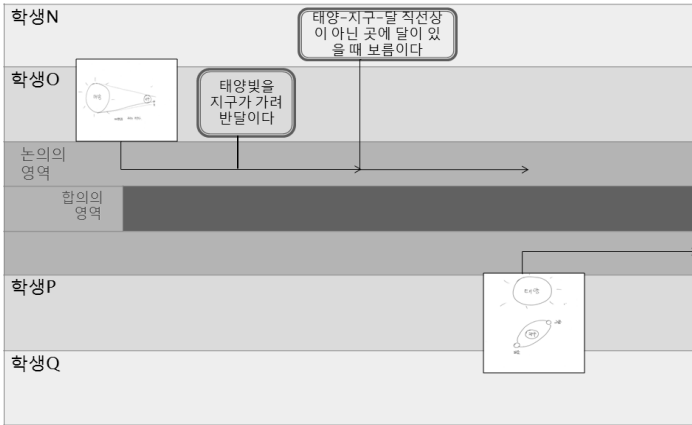


[그림 7] 1반 1모둠 1번 과제 모형 발달 과정

[그림 7]은 1반 1모둠의 첫 번째 과제 해결 과정을 간단하게 나타낸 것이다. 주로 학생 C에 의해 모형이 제시되고 수정되어지고 있으며, 이에 반대하는 다른 학생의 의견이나 모형은 제대로 수용되지 않았다. 학생D의 두 번째 모형이 표적 모형에 가까웠는데, 처음에는 학생C가 이 모형을 무시하였으나 갑작스럽게 자신의 모형을 버리고 합의가 아닌 선택을 통해 학생D의 모형을 모둠 모형으로 결정해 버렸다. 결국 1모둠의 모형은 학생D가 제시한 모형을 학생C가 주도적으로 거부하다가 갑작스럽게 태도를 바꿔서 모둠원들이 강제적으로 수용하도록 만드는 과정을 통해 결정되었다. 앞의 사례와 마찬가지로 한 명의 학생이 강력하게 주장하는 내용에 대해 아무도 반론을 제기하지 않았기에 그 의견이 손쉽게 모둠의 의견으로 채택하는 모습이 나타났다.

(4) 원활한 토의도 부족했고 표적 모형에 도달하지 못한 경우

학생 간 토의가 나타나지 않으면서 자연스럽게 모형 합의에도 실패한 경우는 1반 4모듬의 첫 번째 과제와 2반 4모듬의 두 번째 과제다. 두 경우 모두, 한 명의 학생에 의해 표적 모형과는 거리가 먼 초기 모형이 제시되었는데 이 모형을 다른 모듬원들이 아무런 비판이나 검토 없이 곧바로 수용하면서 표적 모형에 도달하지 못했다. 학생 간 토의가 없었기 때문에 모형의 수정이나 발달은 나타나지 않았다.



[그림 8] 1반 4모듬 1번 과제 모형 발달 과정

[그림 8]에 나타나는 것처럼 1반 4모듬의 경우 각 학생들의 의견이 연결되면서 토의가 진행되는 것이 아니라 서로 분절적으로 떨어져 있다. 학생O가 그림자에 관련된 모형을 제시하지만 여기에 별다른 의견이 없었으며 학생N이 잘못된 위치에 보름달이 그려진 모형을 제시하자 모두 이 의견을 일방적으로 따르면서 표적 모형 도달에 실패했다.

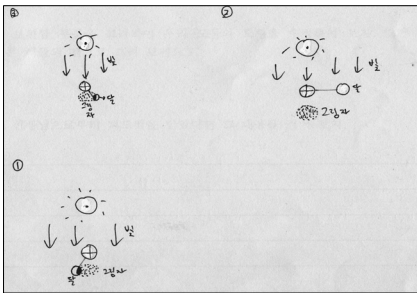
나. 개인의 모형 발달 과정

학생별로 과제 해결에 대한 기본적인 지식수준이 동일하지 않고, 자신이 생각하고 있는 바를 표현하는 능력에 차이가 있기 때문에 학생들의 초기 개인 모형은 매우 다르며, 모형이 수정되어 발달되어 가는 과정도 다르게 나타났다. 첫 번째 과제의 경우 초기에는 많은 학생들이 지구 그림자로 인해 달의 위상이 바뀐다고 생각을 하고 있어서 개인의 모형도 시간에 따라 급진적인 변화가 일어나는 경우가 많았다. 학생들이 지구의 그림자로 인해 달의 위상이 바뀐다는 오개념을 많이 가지고 있다는 선행연구와도 일치하는 결과다. 반면, 두 번째 과제의 경우에는 난이도가 첫 번째 과제보다 높아서 초기에는 아예 모형을 표현하지 못하는 학생도 많았으며, 의외로 손쉽게 처음부터 표적 모형에 유사한 모형을 나타내는 학생도 있었다.

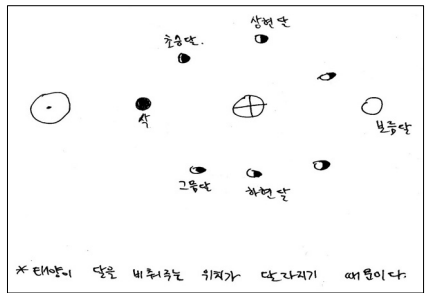
개인의 모형 발달 과정은 학생들의 활동지를 기초로 하여 분석하였으며 필요에 따라 모둠 칠판에 그린 모형을 참고하기도 하였다. 개인 모형 발달 과정은 다른 모둠원의 의견을 듣고 자신의 모형을 아예 바꾸는 경우, 다른 모둠원과의 토의 과정을 통해 자신의 모형을 수정·보완하는 경우, 초기모형과 변화가 거의 없는 경우의 3가지로 구분할 수 있었다.

(1) 자신의 모형을 급진적으로 바꾸는 경우

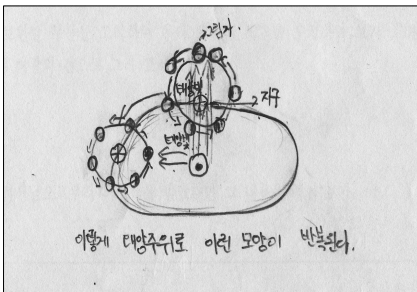
다른 모둠원의 의견을 듣거나 제시된 모형을 보고 자신의 모형을 아예 바꾸는 경우가 있었다. 학생D, 학생H, 학생E, 학생g, 학생h, 학생n, 학생o가 여기에 해당한다. 초기 모형이 표적 모형과 매우 다르다고 판단되는 경우 개인의 모형이 급진적으로 변화하였다. 학생들의 토론을 통해 지구 그림자에 의한 모형이 부적절하다는 것이 밝혀지면서, 초기 모형을 ‘지구 그림자’에 의한 것으로 나타낸 학생들의 모형이 급진적으로 수정되는 경우가 나타났다.



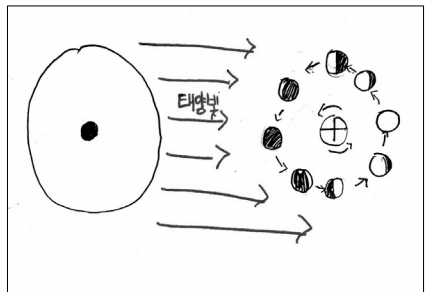
[그림 9] 학생g의 초기모형



[그림 10] 학생g의 중간모형



[그림 11] 학생h의 초기모형



[그림 12] 학생h의 중간모형

[그림 9]와 [그림 11]에서 나타나는 두 학생의 초기 모형은 지구의 그림자에 의해 달의 위상이 결정되는 것을 보여준다. 그러나 모둠 내에서 토의가 진행됨에 따라 제시된 다양한 의견과 모형 중에서 과학적으로 올바른 설명이라고 생각하는 것을 선택하는 것을 통해 자신의 모형을 점진적으로 수정하였다. 그 결과 자신의 초기 모형과는 완전히 다른 새로운 모형이 나타나게 되는데 이를 [그림 10]과 [그림 12]에 나타냈다. 두 학생의 중간모형

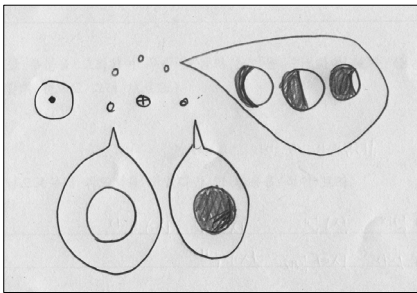
은 표적모형에 상당히 유사해졌으며 지구의 그림자가 아닌 태양-지구-달의 위치관계에 따라 지구에서 보는 달의 모양이 달라진다는 사실에 기초를 두고 있다.

(2) 모형을 세부적으로만 수정, 보완하는 경우

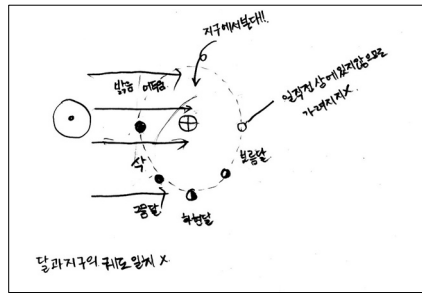
초기 모형이 표적 모형과 큰 차이가 없는 경우 세부적인 보완을 통해 최종 모형이 완성되었다. 학생 A, B, F, G, I, K, J, N, P, d, f, e, k가 여기에 해당하며 가장 많은 학생이 이러한 변화를 보였다. 모뎀원 간 토의를 통해 생성된 모형이 수정되고 발달해 나가는 것을 뚜렷하게 확인할 수 있었다.

가) 태양빛이 비치는 달의 면이 밝다는 사실을 인지 못하는 초기모형

먼저 [그림 13]과 [그림 14]에 나타난 학생 f의 모형은 처음부터 지구의 그림자가 아닌 지구에서 바라보는 달의 모양이 다르다는 사실에 입각하여 초기 모형을 구성했으며 중간 모형도 같은 원리에 기초하고 있다. 그러나 초기의 학생의 생각이 불완전하다는 점을 확인할 수 있는데, 초기모형의 경우 태양과 지구 사이의 달이 보름달인 반면, 중간 모형에서는 태양과 지구 사이의 달이 삭을 나타내고 있다. 이는 지구에서 바라보는 달의 모양이 다를 뿐이라는 사실을 생각하고는 있으나 정확하게 어떻게 다른지, 무슨 요인에 의해 달라지는지에 대한 인식이 부정확함을 나타내고 있다고 판단할 수 있다. 또한 중간 모형이 초기 모형에 비해 훨씬 시각적으로 정리가 잘 되어 있으며, 각각의 달의 이름까지 표시하여 더욱 구체화된 것을 볼 수 있다.



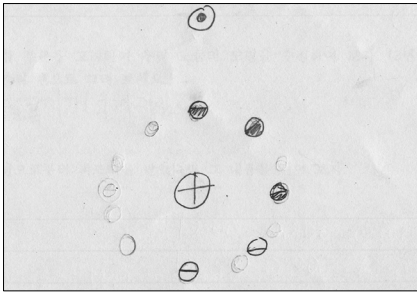
[그림 13] 학생의 초기모형



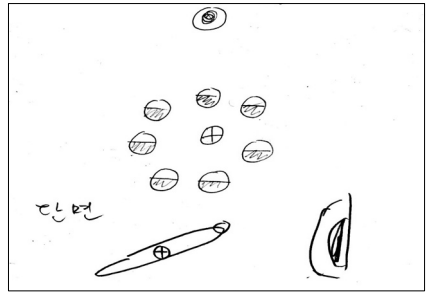
[그림 14] 학생의 중간모형

나) 태양빛이 비치는 달의 면이 밝다는 사실에 기반, 달의 위상 관련성 인식 못하는 초기모형
 학생 F의 초기 모형은 태양-지구-달의 위치관계에 따라 무언가 달라진다는 사실을 표현하려고 한 것으로 보인다. 태양을 향하고 있는 달의 반쪽면만 밝고 나머지는 모두 어둡다는 사실을 정확하게 나타냈으나 이것이 실제 달의 위상과의 관련성에 대한 명확한 표현이 없었다([그림 15]). 또한 월식과 보름이 생기는 경우에 대해 명확하게 인식을 하지 못해서 혼동하는 상태였다. 그러나 중간모형의 경우 여전히 달의 위상이 어떻게 바뀌는지에 대해서는 언급이 없지만 월식과 보름이 생기는 경우를 구분할 수 있게 되면서 앞에서 본 모양

(단면)을 추가적으로 나타내어 월식과 보름을 구분하여 나타내었다([그림 16]).

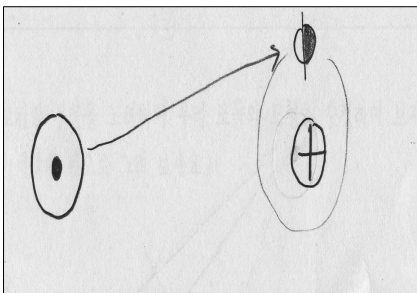


[그림 15] 학생F의 초기모형

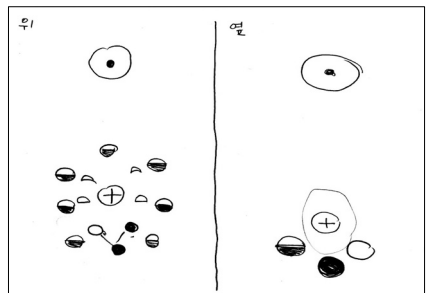


[그림 16] 학생F의 중간모형

다) 태양빛이 비치는 달의 면이 밝다는 사실에 기반, 달의 위상 관련성 파악 불가 초기 모형 한편 학생J는 초기모형에서 태양빛이 비춰지는 달의 왼쪽면만 밝게 보이고 나머지 반쪽은 어둡게 보인다는 사실을 나타냈다. 지구의 그림자에 의해서 위상이 결정되는 것이 아니라는 점을 초기 모형부터 나타내고 있었다. 그러나 1개의 달만 나타내서 구체적으로 달이 어느 위치에 있을 때 어느 위상으로 보이게 되는지 알 수가 없었다([그림 17]). 중간 모형에 이르러 학생J의 모형은 매우 구체적으로 변화되었다. 우선 월식과 보름달 문제를 해결하기 위해서 태양-지구-달이 일직선으로 배열되었을 때를 가정하여 옆에서 본 모습을 그렸다. 이를 통해 왜 항상 월식이 생기지 않으며, 보름달과 월식일 때의 3차원적인 위치 관계 차이를 설명하고 있었다. 또한 다른 모둠의 학생들과 달리, 달의 위치별로 나타나는 위상까지 함께 표현하여 언제 어떤 위상이 나타나는지 쉽게 알 수 있도록 모형을 나타내었다([그림 18]). 앞의 학생F와 비교한다면 위상의 모습을 함께 표현했다는 점이 차이점이라 할 수 있다.



[그림 17] 학생J의 초기모형



[그림 18] 학생J의 중간 모형

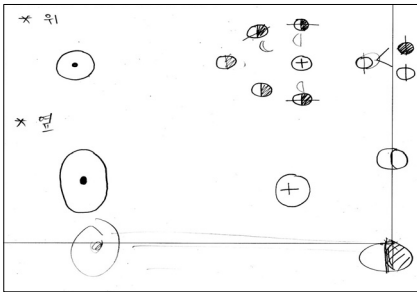
이상 3가지 경우를 통해 현상을 설명하는 과학적 사실이나 원리에 대해 초기부터 어느 정도 인식이 있는 경우 모형을 수정하고 보완하는 수준으로 변화가 일어남을 알 수 있었다.

(3) 모형의 변화가 나타나지 않는 경우

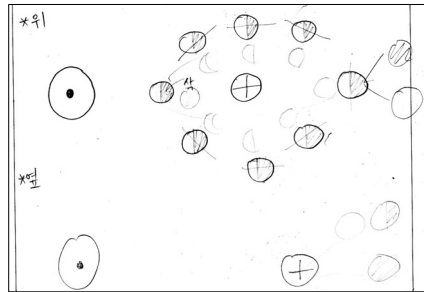
모형의 변화가 나타나지 않는 것은 초기의 개인 모형이 표적 모형과 유사한 경우, 초기의 잘못된 모형이 그대로 유지되는 경우의 두 가지가 있다.

가) 표적 모형과 유사한 초기 모형

[그림 19]와 [그림 20]을 보면 학생L의 초기모형과 중간모형에 그다지 변화가 없는 것을 볼 수 있다. 초기 모형에서부터 표적 모형에 가까운 모형을 나타낸 경우 토의를 통해서 결국 자신의 모형이 가장 올바르게 그려졌음을 확인하게 되어 모듬의 모형을 표현한 중간 모형에서도 변화가 거의 없게 나타나게 된다.



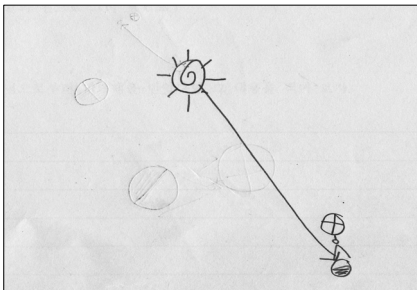
[그림 19] 학생L의 초기모형



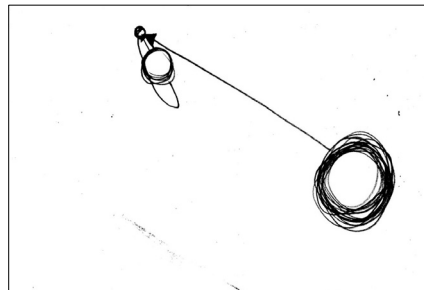
[그림 20] 학생L의 중간모형

나) 잘못된 초기모형이 유지되는 경우

그러나 반대로 틀린 모형에서 일관되게 잘못된 모형으로 유지되는 경우가 있다. 이런 경우 모듬 내에서 과제 해결이 제대로 진행되지 못하면서 자신의 모형이 옳고 그른지의 여부를 제대로 확인하지 못하게 되면서 초기의 모형에서 중간모형으로 넘어와도 모형에는 큰 변화가 나타나지 못했다([그림 21], [그림 22]).



[그림 21] 학생Q의 초기모형



[그림 22] 학생Q의 중간모형

2. 모둠활동과 교사 개입이 모형 형성 및 발달에 주는 영향

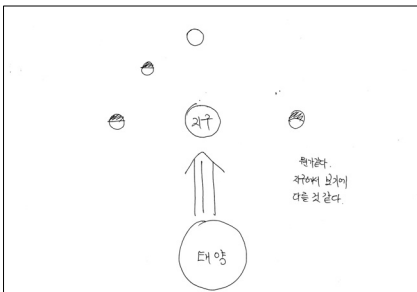
모형 형성 및 발달에 주는 영향에 대해 두 가지로 나눠서 분석을 하였다. 모둠활동의 특징이 주는 영향과 교사의 개입이 모형 형성 및 발달에 주는 영향을 분석하였다.

가. 모둠활동의 특징과 모형 발달

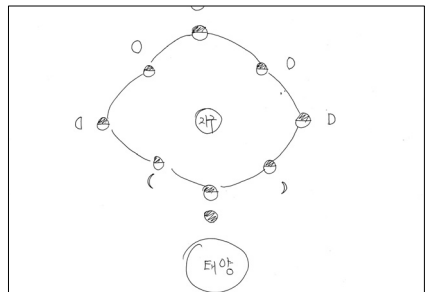
모형을 생성, 수정하는 과정에서의 상호작용이 활발한지의 여부에 따라 모형의 발달 과정은 다소 다르게 나타났다.

(1) 상호작용이 활발한 모둠

상호작용이 활발한 모둠에서는 과제 해결을 위한 모형을 빈번하게 제시하는 학생이 존재하고 이에 대해 반박을 하거나 모형을 구체화시키는 역할을 하는 학생이 존재했다. 내용에 따라서는 직접적으로 모형에 반박을 하거나 모형을 수정하기 전에 제시된 모형이 설명하는 점을 말로써 먼저 반박을 하는 경우도 있었다. [그림 23]에서는 한 학생이 자신의 생각을 모형으로 표현하고 ‘제3의 시점에서는 달은 똑같이 보인다’고 하면서 그림자가 아닌 다른 이유로 달의 위상 변화를 설명하고 있다. 이에 대해 다른 학생이 ‘그렇군’이라고 동의하면서 [그림 24]와 같은 그림을 그려서 그림23에서 담아내지 못했던 달의 위상 모양까지 포함하여 모듬의 모형을 완성시키고 있다. 즉, 활발한 상호작용은 모듬의 모형을 더욱 정교화는 데 기여하는 것을 확인할 수 있었다. 세부적으로 볼 경우 상호작용이 활발한 경우는 모듬원의 대부분이 참여하는 경우와 일부 학생만 참여하는 경우로 나눌 수 있다. 대부분의 모듬원이 참여하는 경우(1반 3모듬)가 일부만 참여하는 경우(1반 2모듬)에 비해 더 다양한 초기 모형이 제시되며, 모듬의 모형도 더 세부적인 것을 나타내면서 정교화되는 것을 볼 수 있었다.



[그림 23] 제시된 모형

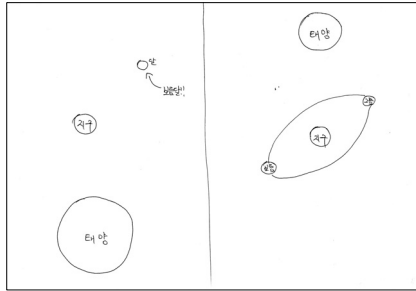


[그림 24] 수정, 보완된 모형

(2) 상호작용이 부진한 모듬

상호작용이 부진한 모듬에서는 모형의 발달 자체가 나타나지 않았다. 이 모듬의 경우

한 학생의 모형에 대한 아무런 피드백과 토의가 이루어지지 않아서 모형이 정교화될 여지가 없었다. [그림 25]의 왼쪽 그림에서 나타나는 것처럼 한 학생이 보름달 위치를 잘못 생각하고 모형을 제시했는데 모둠원들이 이에 대해 아무런 피드백을 하지 않으면서 자연스럽게 이 학생의 모형이 모둠의 모형으로 나타나게 되었다([그림 25] 오른쪽). 이를 통해 상호작용이 일어나지 않으면 모형의 발달은 거의 일어나지 않으며, 개인의 모형 또한 수정되지 않아서 학습을 하는 데 어려움을 겪게 되는 것으로 보인다.



[그림 25] 모형 수정이 되지 못한 경우

나. 의견을 주고받을 때의 태도

학생들은 과제 해결에 대한 의견을 제시하고 이에 따라 피드백을 하였다. 어떤 모형에 대한 특정 학생의 지적을 다른 모둠원들이 수용하게 되면 의견을 제시한 학생의 의도대로 모형이 수정·보완되는 과정을 거치며, 반대로 특정 학생의 의견을 반대하게 되면 토론과정을 거쳐서 새롭게 합의점에 이르거나 모형이 폐기되었다.

(1) 의견제시자가 자신감을 가지고 있을 경우

의견에 반대를 당했을 경우, 원래 의견을 제시한 학생이 자신감을 가지고 있거나 과학적으로 옳은 사실에 바탕을 두었을 때는 새로운 합의점을 찾거나 모형 수정이 일어난다. 다음 인용문에서 보는 것처럼 학생G는 당당하게 제3의 관점(칠판 밖에서 보는 전지적 시점이 아닌 지구에서 보는 관점)을 언급하며 다른 모둠원의 반박에 굴복하지 않고 모둠원들의 생각이 틀렸음을 주장한다. 실제로 다른 모둠원의 생각이 틀렸고 제3의 관점으로 보는 것이 맞았지만, 학생G가 그린 달의 위상의 위치도 틀렸었다. 그러나 학생G는 당당하게 주장했고 토의를 통해 제3의 관점이 수용되어지면서 올바른 태양-지구-달의 위치를 나타내도록 모형이 수정되었다.

학생F: 뭐가 이상하지 않아? ~(중략)~ (칠판을 다시 지우며) 그러니까 우리가 생각을 다시 해야 한다는 거지.

학생G: (당당하게) 나는 아까 그 문제 때문에 지구를 관점으로 두고 돌린다는 생각으로 그린

건데. ~(중략)~

학생G: 원지 알겠어? 그러니까 이건 제3의 관점에서 본거고, 제3의 관점에서는 이런데... 지구에서 볼 땐 달라지는 거지.

(2) 의견 제시자가 자신감이 없을 경우

반면 의견 제시한 학생이 자신감이 없거나 틀린 내용에 바탕을 두었을 경우에는 모둠원 대다수가 근거 없이 직관을 통해 반대하며, 만약 반대하는 내용에 대해 적절하게 답변하지 못할 경우에는 모형이 폐기되었다. 또한 다음의 인용문에서 나타나는 것처럼 내용이 과학적으로 틀렸더라도 자신감 있게 주장하면 학생들은 그 의견을 믿고 쫓아가는 경향이 있었으며 그 의견대로 모형이 형성되는 모습이 나타났다.

학생N: 그럼 지구가... 아! 내가 여기 있을 때잖아. 그러면 보름달로 보이겠네! 보름달이야. (실제로는 보름과 상현의 중간 위치)

학생P: 보름달은... 그런가? (다른 반론을 하지 않고 수긍한다)

다. 교사의 역할

수업 직후 실시한 인터뷰에 따르면 교사로부터 구체적인 도움은 받지 않았다고 말하는 학생이 많았다. 그러나 표적 모형에 가까운 모형을 그릴 수 있도록 아이디어를 주거나 세부적으로 풀지 못하는 부분을 해결할 수 있도록 도움을 주었다는 의견도 있었다. 이런 측면에서 교사는 학생들의 모형 발달 과정에 직·간접적으로 많은 영향을 주었다.

I: 이건 뭐... 알았어요?

S: 예. 근데 이거는, 이거는 선생님이 설명해준 거라... 좀 틀린 거라.

I: 음...

S: 이거 쟈 흥미로웠어요.

I: 이 아이디어는 어디에서 왔어요?

S: 일단 처음에 선생님이 천동설 설명해줄 때, 일... 뭐 친구랑 지구... 이런 게 천동설의 기본 배경 지식이다. 이런 거를 선생님이 말해주셨고... 그리고 평소에 뭐... 천동설, 지동설이 뭐 뭐다. 간단하게는 알고 있어서 그냥... 그거를 종합해보고 친구들이랑 얘기도 해보고 그래서...

(I는 interviewer, S는 참여 학생)

모형 발달 과정에 있어서 교사는 1반과 2반 수업에서 다소 다른 역할을 하였다. 1반에서는 주로 교사가 학생들의 개별적인 질문에 답변함으로써 모형을 정교화하는 데 필요한 내용을 간접적으로 알려주는 역할을 했다면, 2반에서는 학생들이 모형을 수정해 나가는 데 있어서 결정적인 내용을 전체 학생 대상으로 알려주는 역할을 하였다. 두 반에서 교사의 역할이 달랐던 이유는 교사가 학생들이 지닌 선행 지식수준을 정확하게 판단하지 못하

면서 첫 수업이었던 2반 수업의 경우 학생들이 모형을 형성하는 데 필요한 정보가 충분히 제공되지 못했기 때문이었다. 예를 들어 교사는 달의 위상만 보면 학생들이 달의 이름을 정확하게 알 수 있는 수준일 것이라고 예상했으나 학생들은 상현과 하현은 물론, 삭과 그믐조차도 구분하지 못했다. 아래 인용문에서 볼 수 있는 것처럼 2반의 경우 교사가 월식과 보름일 경우 차이를 전체적으로 설명한 뒤에야 학생들은 달의 위상 변화가 그림자 때문이 아니라 태양-지구-달의 위치 관계 때문이라는 사실을 인지하였다. 즉, 교사의 설명 후에 모형의 급진적인 변화가 일어났다. 만약 교사의 전체적인 설명이 없었다면 표적 모형에 도달하기는 훨씬 어려웠을 것으로 예측할 수 있다.

학생g: 정말 그냥 내 생각대로 그림자라고 해서 그림자대로 말했어.

학생f: 나는 지구가 여기 있으면 달이 이렇게 도는 거니까. 달이 이쪽에 있으면 제일 많고, 이쪽에 있으면 제일 적고.

~(중략)~

학생g: 보름달은 대체 어느 위치에 있을 때 생기는 걸까요?

학생d: 4명 다 보름달 위치가 달라요.

~(중략)~

교사: 보름달은 언제 생기는데 대해 궁금해 하네요. 왜냐하면 위치적으로 봤을 때 이거 안 보이는 거 아니냐 하는 사람들이 많아요. ~(중략)~ 일직선인데 3차원으로 보면 같은 평면에 있지 않죠. 일직선이지만 태양이 비추는 거죠.

~(중략)~

학생g: 달에서 반사된 빛을 우리가 보는 거잖아.

반면 1반에서는 교사가 모둠별 토의 시작 전에 달의 위상에 대한 이름과 모형 형성에 필요한 기본 지식을 2반 수업 때보다 더 많이 제시하였으며, 세부적인 내용에 대한 학생들의 개별적 질문에 답변하는 정도로 개입을 하였다. 학생들은 의심하고 있던 요소들을 제거하고 더 과학적으로 옳다고 판단되는 것을 선택하여 모형을 세부적으로 수정해 나갔다.

라. 모듬원의 역할

학생들 간의 토의 시간을 부여하여 의견과 질문/답변을 주고 받는 과정은 모형의 형성과 발달 과정에 도움을 주었다. 다음 인용문처럼 대다수의 학생들은 모형을 수정할 때 모듬 친구들의 도움을 많이 받았다고 응답하였다. 자신의 생각을 이야기했을 때 모듬원의 의견이 다르면 무엇이 맞는지 고민할 수 있었고, 그런 시간을 통해 어떤 것이 옳은 의견인지 판단할 수 있어서 모형을 수정할 수 있다고 하였다(I는 interviewer, S는 참여 학생).

I: 아. 그럼 이거는 누구의 의견이었어?

S: 아. 이게... 어... 이게 (생각한다)

I: 그니까 친구들로부터 이 의견을 받아서 이제 이렇게 수정을 하게 된 거지? 그치?

S: 네.

또한 친구들과 함께 과학적 모형을 구성하는 과정을 통해 무엇이 맞는지 고민하면서 학습이 일어나는 것 같으며, 이런 과정 때문에 기억에 더 잘 남는다는 의견도 있었다.

I: 친구들이랑 같이 하는 게 더 좋다고요?

S: 네!

I: 왜 그렇게 생각해요?

S: 서로 생각을, 의견을 주고받고 그 다음에 토론도 하고 이야기를 더 나눠본 상태에서, 아무래도 과학 주제에 대해서 생각을 많이 해본 상태에서 그 다음에 결과를 받아들이는 게 좀 더... 과학에 대해서 습득하기도 쉽고 좀 더 흥미를 가지게 되는 것 같아요. (작은 소리로) 맞아요?

V. 결론 및 제언

1. 결론

이 연구에서는 과학적 모형의 사회적 구성 과정을 이해하고자 하였다. 그 중에서도 지구과학 분야의 달의 위상 변화와 달의 출몰 시각을 학습 주제로 선정하고 과학 영재교육원의 맥락에서 영재 학생들의 설명적 모형의 구성 과정을 이해하고자 하였다. 영재 학생들의 모형 생성 및 발달 과정을 파악하고 모둠활동의 양상과 교사의 개입이 여기에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 이러한 과정을 통해 얻어진 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

가. 모형 발달 과정

개인의 모형 발달을 초기 모형에서 수정된 정도에 따라 구분할 수 있었다. 첫째, 초기 모형을 표현할 때 기반했던 아이디어가 실제 과학적 원리와 다른 경우 완전히 다른 모형으로 변화되어 초기 모형과 중간 모형이 급격하게 달라졌다. 이 과정에서 학생들은 토론을 통해 자신의 생각보다 다른 학생의 의견이 더 과학적이라는 결론을 내리게 되었으며, 그 결론에 따라 모형을 수정하였다. 둘째, 초기 모형이 올바른 과학적 원리에 기반했을 때는 대부분의 경우 토론의 과정을 통해 모형을 정교화하는 방향으로 수정하게 되었다. 보통 시각적으로 더 보기 편안한 방향으로 수정되거나 이해를 돕기 위해 추가적으로 표현하는 것이 생기는 방향으로 수정되었다. 이 경우 학생들은 서로 간의 토의를 통해 자신의 모형의 부족한 점을 보완하여 더 세밀한 모형으로 수정되고 있었다. 셋째, 초기 모형부터 표적 모형과 거의 유사하게 나타내어 모형의 변화가 없는 경우도 일부 존재했으며, 모둠활동이 제대로 이뤄지지 않고 표적 모형 도달에 실패했던 모둠의 학생들의 모형은 초기 모형과 모둠의 모형이 동일하게 올바르게 나타내지 않은 것으로 나타나 있었다. 초기 모형이 표적

모형과 유사한 경우는 그 학생의 모형이 모둠의 모형에 가장 많은 영향을 미친 것을 확인할 수 있었으며, 잘못된 모형이 유지된 경우 모형 발달이 전혀 나타나지 않았다.

달의 위상 변화에 대한 초기 모형은 일상 경험인 그림자 모형인 경우가 많다. 이는 학생들이 흔히 보유하는 것으로 알려진 지구 그림자 때문에 달의 위상변화가 생긴다는 연구 결과와도 일치된다. 따라서 학생들은 표적 모형에 도달하기 전에 지구 그림자 때문이 아니라는 점을 명확하게 알 필요가 있으며, 월식과 보름달의 차이에 대한 명료화 과정을 거친다.

달의 출몰 시각에 대한 초기모형에서 학생들은 지구의 자전과 공전, 달의 자전과 공전 주기의 차이와 이에 따른 현상에 대한 부정확한 인식을 드러냈다. 지구의 자전과 달의 공전 속도가 같다는 생각, 달의 출몰시각의 변화가 지구의 공전에 의한 것이라는 생각이 빈번했다. 따라서 학생들은 표적 모형에 도달하기 전에 지구의 자전과 공전, 달의 자전과 공전 주기에 대한 정확한 이해가 필요하며, 이에 따르는 현상에 대해서도 이해할 필요가 있다.

나. 영향을 미치는 요인

모형 발달 과정에 영향을 미치는 요인을 모둠별 토의, 학생의 확신도, 교사의 개입으로 나누어 정리할 수 있었다.

첫째, 모둠활동이 활발한 경우 모형의 제시와 수정이 빈번하게 일어났으며, 학생들 간의 합의에 의해 모형이 결정되었다. 특히 모둠 내 참여자가 많은 경우 초기 모형은 더욱 다양하게 나타났으며 수정과정을 통해 결정된 모둠의 모형도 훨씬 세부적인 것을 나타내는 방향으로 더욱 정교화되었다. 반면 모둠활동이 부진한 경우 제시되는 모형도 매우 적고, 수정 과정이 거의 나타나지 않았다. 둘째, 의견을 제시한 학생의 태도에 따라 모형 발달과정은 다르게 나타났다. 모형을 제시한 학생이 확신과 자신감을 가지고 과학적으로 옳다고 판단하는 것에 바탕을 두었을 때는 새로운 합의점에 도달하거나 모형 수정이 일어나지만 모형 제시한 학생이 자신감이 없을 경우에는 반박을 당했을 때 그 모형이 폐기되는 것으로 나타났다. 특정 의견에 대한 반론에 대해 재반론이 나올 경우 그 모형은 살아남았지만, 재반론이 적절하게 나타나지 못하면 폐기되는 경향이 나타났다. 일부 경우에는 과학적으로 틀렸더라도 모형을 자신감 있게 주장하면 그 의견을 믿고 모둠의 모형이 결정되는 경우도 있었다. 셋째, 교사와의 상호작용을 통해 교사에게 질문을 던지거나 교사가 전체적으로 설명을 하는 것이 모형을 수정하는 데 직접적인 영향을 주기도 하였으며, 대다수의 경우에는 모형을 정교화하는 데 큰 영향을 주었다.

2. 토의 및 시사점

학생들은 달의 모양 변화, 출몰 시각 변화 등의 현상을 일상적으로 경험해 왔으며, 초등학교에서 이와 관련된 내용을 학습하였다. 그러나 달의 위상이 변화하는 것은 태양-지구-달의 상대적 위치에 따라 결정되므로 학생들의 일상적 경험의 수준을 넘어서게 된다. 그래서 이런 현상을 일상적 수준에서 설명하기는 매우 어렵다. 달의 위상 변화를 설명하

기 위해서는 태양, 지구, 달의 운동과 빛의 반사, 지구에서 보이는 달의 모습 이해 등과 같은 다양한 측면의 지식과 능력이 필요하다. 초기 모형 생성 때 학생들이 가용한 자원은 그림자 모형, 태양을 중심으로 지구가 공전, 지구를 중심으로 달이 공전한다는 사실 등이 있다. 모형 변화와 발달을 위해서는 월식과 보름달의 차이, 다른 각도에서 바라보기 등의 추가적인 자원을 학생들 간 토의를 통해 얻거나 또는 교사로부터 자원을 얻어야 한다.

달의 출몰 시각이 변화하는 것도 지구의 자전과 달의 공전 속도 차이에 의해 발생하므로 학생들의 일상 경험의 수준을 넘는다. 이를 설명하기 위해서는 지구와 달의 자전과 공전, 각각의 주기, 이런 운동이 동시에 일어났을 때의 위치 변화를 파악하는 능력 등이 필요하다. 초기 모형 생성 때 학생들이 가용한 자원은 지구가 자전하며 태양을 공전한다는 사실, 달이 자전하며 지구를 공전한다는 사실 등이 있다. 모형 변화를 위해서는 각각의 자전과 공전 주기의 차이, 각각의 운동이 동시에 일어났을 때 태양-지구-달의 위치변화 등 더욱 구체적인 내용을 담은 자원이 필요하다.

학생들은 추가적으로 얻은 자원을 바탕으로 질의·응답하고 이해를 시도하며 최종적으로 합의에 이르는 의미 협상 과정을 거친다. 이런 과정을 거쳐서, 위와 옆에서 본 모습을 함께 표현하는 것, 지구의 자전과 달의 공전만으로 설명하는 것으로 타협하게 되었다. 이 과정에서 의견을 제시하는 학생들의 확신 정도나 자신감이 의미 협상과 타협에 영향을 준다.

생성된 과학적 모형의 발달을 위해서는 언제 어떤 외부 지원이 필요한지를 파악하는 것이 중요하다. 왜냐하면 추가지원 없이는 모형 발달이 이루어지지 못할 수 있기 때문이다. 교사의 개입을 통한 학생과 교사의 상호작용이 토의 과정에서 모호함을 줄이고, 학생들의 모형을 정교화하는 데 기여하게 된다. 또한 추가지원은 모두의 토의를 활성화시킬 수 있다. 한편, 모두의 분위기가 중요하다. 만약 모두의 분위기가 개방적이라면 원활한 토의와 의미 협상과정이 가능하여 학습에 효과적이다.

영재 학생은 상대적으로 일반 학생보다 더 많은 가용 자원을 가지고 있다. 이러한 측면이 모형 형성 및 발달을 용이하게 만든다. 초기 모형과 표적 모형이 큰 차이가 없어서 일부 수정뿐만 아니라 일어나는 사례가 이를 보여준다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 모두 활동에서 충분한 토의가 일어나지 않거나, 잘못된 초기 모형이 발달되어 수정되지 않는 사례도 동시에 나타난다. 그러므로 다양한 수업 상황에서의 모형 활용과 모형 발달을 돕는 외부지원에 대한 검토와 연구가 지속적으로 이루어질 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 김미숙, 윤초희, 조석희 (2005). 우리나라 중학생 영재의 지적, 정의적 특성: 일반학생과의 비교 및 학년과 성별 분석. **아시아교육연구**, 6(3), 25-58.
- 김선희, 김기연, 이종희 (2005). 중학교 수학생재와 과학영재 및 일반학생의 인지적, 정의적, 정서적 특성 비교. **한국수학교육학회지 시리즈A '수학교육'**, 44(1), 113-124.

- 김종백 (2006). 과학영재를 위한 교수-학습 전략. **영재와 영재교육**, 5(2), 19-32.
- 오필석, 김찬중 (2005). 지구과학의 한 탐구방법으로서 귀추법에 대한 이론적 고찰. **한국과학교육학회지**, 25(5), 610-623.
- 이정철, 강순민, 허홍욱 (2009). 한국과학영재학교 학생들의 과학적 태도, 학습양식, 선호하는 수업형태와 수업환경 조사를 통한 수업전략의 수립. **영재교육연구**, 19(1), 138-159.
- Anderson, C. W. (2007). Perspectives on science learning. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 3-30). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate.
- Brandwein, P. (1981). *The gifted student as future scientists*. LA: National/State Leadership Training Institute on the Gifted and Talented.
- Chan, D. (2001). Learning styles of gifted and nongifted secondary students in Hong Kong. *Gifted Child Quarterly*, 45(1), 35-44.
- Clement, J. J. (1989). Learning via model construction and criticism. In G. Glover & R. Ronning, C. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity: Assessment, theory and research* (pp. 341-381). New York: Plenum.
- Clement, J. J. (1993). *Model construction and criticism cycles in expert reasoning*. Fifteenth Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Hillsdale, NJ.
- Clement, J., & Steinberg, M. (2002). Step-wise evolution of models of electric circuits: A "learning-aloud" case study. *Journal of the Learning Sciences*, 11(4), 389-452.
- Gilbert, J. K., Pietrocola, M., Zylbersztajn, A., & Franco, C. (2000). Science and Education: Notions of Reality, Theory and Model. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 19-40). Netherland: Kluwer Academic Publishers.
- Giere, R. (1990). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago, IL: University of Chicago press.
- Halloun, I. A. (2006). *Modeling Theory in Science Education*. Netherland: Springer Science.
- Hestene, D. (2006). Notes for a modelling theory of science, cognition and instruction. In E. Berg, T. Ellermeijer, & O. Slooten (Eds.) *Proceedings GIREP Conference, 2006; Modelling in physics education* (pp. 34-65). Amsterdam: University of Amsterdam.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, Teachers' Views on the Nature of Modelling and Implications for the Education of Modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Martin, S. N., Milne, C., & Scantlebury, K. (2006). Eye-Rollers, Risk-Takers, and Turn Sharks: Target Students in a Professional Science Education Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(8), 819-851.
- Nunez-Oviedo, M. C. (2003). *Teacher-student co-construction processes in biology: Strategies*

for developing mental models in large group discussions. Unpublished Doctoral Dissertation. University of Massachusetts.

Roe, A. (1953). *The making of scientist*. New York: Dedd, Mead.

Rea-Ramirez, M. A. (1998). *Model of conceptual understanding in human respiration and strategies for instruction*. Doctoral Dissertation. University of Massachusetts.

Resnick, M., Berg, R., & Eisenberg, M. (2000). Beyond black boxes: Bringing transparency and aesthetics back to scientific investigation. *The Journal of the Learning Sciences*, 9, 7-30.

= Abstract =

Model Creation and Model Developing Process of Science Gifted Students in Scientific Model Constructing Class for Phase Change of the Moon

Hee Won Yu

Seoul National University

Dong Cheol Ham

Pyeongchon High School

Hyun Jung Cha

Seoul National University

Min Suk Kim

Seoul National University

Heui Baik Kim

Seoul National University

June Hee Yoo

Seoul National University

Hyun Joo Park

Chosun University

Chan Jong Kim

Seoul National University

Seung Urn Choe

Seoul National University

This study try to analyze feature of model creation and model developing process for gifted students and the activity of students and teachers affected those processes in scientific model constructing class for phase change of moon. For this, I teach scientific model constructing class for science gifted students. I shoot video and record the voice for whole class and each group activity, have a face-to-face talk for selected group members, analyze the paper of activities. I reconstruct model creation and model developing process for each groups and each students, draw a influence that activity aspects of the students and role of the teacher affected modelling process based on those data. After analyzing, I find that discussion in the group contribute

model creation and model developing process and developing process of each model changed according to the similarity between target model and first model. The more the students actively participate group activities, the more first model is diversified and final model is more elaborated. Also, the teacher influence model creation and developing process.

Key Words: Moon's Phase change, Scientific model, Model development, Model modification, Gifted education

1차 원고접수:	2012년	5월 13일
수정 원고접수:	2012년	6월 14일
최종 게재 결정:	2012년	6월 14일