

상황에 따른 개념 유형의 국면 분석을 통한 중학교 과학 영재아들의 조석에 관한 정신모형 탐색

이 기 영*

한성 과학 고등학교, 120-080, 서울특별시 서대문구 현저동 산 5번지

Investigation of Mental Models about Tide for Scientifically Talented Middle School Students by Analyzing Facet of Conceptual Types by Context

Ki-Young Lee*

Hansung Science High School, San 5, Hyeonjeo-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-080, Korea

Abstract: The study investigates mental models of scientifically gifted, middle school students when it comes to tides. This was done by analyzing facet of conceptual types for two contexts. We carried out two performance tasks of tide with different context. A large number of students showed different conceptual types by context. As a result of analyzing facet of conceptual types by context, there was a slight difference in content-specific facet, but a remarkable one in strategic facet. We classified four mental models about tide by configuring facets of conceptual types: (1) Tide model (2) Force model (3) Phase model (4) Hybrid model. The Tide model is scientifically accepted model, but Force model and Phase model are incorrect models, and Hybrid model is mixed model. In cases of Force model and Phase model, conceptual types concur with each other, but these types of students comprehend tides as a result of joined forces of Moon & Sun and phase change of Moon, respectively. Arranging four mental models in proportional order, Tide model (45.0%), Hybrid model (30.0%), Force model (12.5%), and Phase model (7.5%).

Keywords: mental model, conceptual type, facet, context, tide, talented student

요 약: 본 연구에서는 중학교 과학 영재아들이 가지고 있는 조석에 관한 정신모형을 탐색하기 위하여 두 가지 상황에서의 개념 유형을 분류하고, 각 유형들을 구성하는 국면들을 분석하였다. 조석 현상에 관해 두 가지 상황으로 구성된 과제 수행을 실시한 후 그 응답 결과를 분석한 결과, 상당수의 학생들이 상황에 따라 서로 다른 개념 유형을 나타내었다. 상황에 따른 개념 유형들을 구성하고 있는 국면을 분석한 결과, 내용-특정적 국면에서는 큰 차이가 없었으나 전략적 국면에서는 많은 차이를 나타내었다. 두 가지 상황에서 나타나는 개념 유형들과 이들 유형을 구성하는 국면들을 조합하여 학생들의 조석에 관한 정신모형을 분석한 결과 다음과 같은 4가지 모형으로 나눌 수 있었다: (1) Tide model (2) Force model (3) Phase model (4) Hybrid model. Tide model은 과학적으로 옳은 모형이며, Force model과 Phase model은 옳지 않은 모형으로, 상황에 따른 개념유형은 서로 일치하나 조석현상을 각각 달과 태양의 합력과 달의 위상(모양)과의 관계로만 이해하고 있는 경우이다. Hybrid model은 혼합 모형으로 상황에 따라 나타나는 개념 유형이 서로 부합되지 않는 모형이다. 중학교 과학 영재아들은 조석 현상에 대해 가장 많이 가지고 있는 모형은 Tide model(45.0%)이었으며, 그 다음으로는 Hybrid model(30.0%), Force model(12.5%), Phase model(7.5%) 순으로 나타났다.

주요어: 정신모형, 개념유형, 국면, 상황, 조석, 영재아

*Corresponding author: lecky321@chol.com

Tel: 82-17-424-8098

Fax: 82-2-363-5892

서 론

연구의 필요성 및 목적

과학적으로 받아들여지고 있는 개념들을 형성하게 하기 위해서는 먼저 학생들이 가지고 있는 기존 개념들을 규명할 필요가 있다. 1970년대 중반부터 시작된 학생들의 과학 개념 변화(conceptual change)에 관한 연구는 diSessa(1993)의 현상론적 초안(phenomenological primitives) 및 Minstrell(1992)의 국면(facet) 연구, 그리고 Vosniadou(1994)의 정신모형(mental model)에 이르기까지 다양한 형태로 발전되어 왔다. diSessa는 물리적 세상에 대한 직관적 지식이나 논리적 조각(logical building block)을 현상론적 초안(p-prims)이라고 명명하였으며, 개념 변화를 이러한 초안들이 연결되고 표상되어지는 일련의 과정이 변화되는 것으로 보았다. Minstrell은 diSessa의 현상론적 초안과 유사한 개념으로 특정 상황(context) 속에서 학생들이 사용하는 전략이나 지식의 조각을 국면(facet)이라고 정의하였다. 국면은 오개념보다는 작은 인지적 자원(cognitive resource)으로 현상론적 초안과 마찬가지로 맥락이 옳고 그름을 결정한다고 보았다. 또한 Minstrell은 학생들이 오개념을 가지는 것이 맥락(context)을 잘못 이해하고 국면을 적용하였기 때문인 것으로 보았으며, 새로운 국면을 첨가하거나 수정 혹은 국면 간의 관계가 정교화되는 것을 개념변화로 보았다(박지연과 이경호, 2004). 추상적 초안들은 특정한 상황 하에서 구체적인 국면들로 나타나게(mapping) 된다(Redish, 1994). 그러므로 상황에 따라 하나의 초안에 의해 서로 다르거나 모순된 국면들이 나타날 수도 있다.

정신모형에 관해 명확하게 통일된 하나의 정의가 존재하는 것은 아니지만, 일반적으로 정신모형은 외부 세계(external world)와의 상호작용을 통해 형성한 내적 표상(internal representation)을 지칭하는 것으로(Van der Veer, 2000), 특정 시간이나 상황에 대한 정지된 이미지가 아닌 영화 등에서 상영되어지는 사건들을 보는 방식으로 마음 속에 떠오르는 것으로 본다. 이러한 관점에서는 정신모형을 특정한 문제 풀이 상황에서 즉각적으로 형성되어지는 역동적인 구조라고 가정한다. 한편, 정신모형은 개개인이 물리적 세계를 인과적으로 설명하는 매개체 역할을 하며, 신념이나 비유, 일반화 등에 기초하여 새로운 사실을 찾고자 하는 발견법(heuristic methods)이기도 하다(Greca & Moreira, 2002). 또한 정신모형은 diSessa의 현상

론적 초안과 같은 보다 기초적인 인지 또는 지식 요소(fundamental cognitive or knowledge elements)들로 만들어지는 정신적 구조라고 이해할 수 있으며, 정신모형을 형성하기 위해서는 이러한 요소들이 일관된 방식(coherent way)으로 결합되어야 하는 것으로 본다(Vosniadou, 1994).

학생들이 지닌 개념은 상황 의존적이라는 특성 때문에 제시되는 과제 상황에 따라 다양한 형태로 나타난다(안수영과 권재술, 1995). 이와 마찬가지로 정신모형 또한 상황 의존적이다(Bao et al., 2000; Linder, 1987; Wittmann et al., 2002). 다시 말해, 같은 개념 영역이라도 학습자들은 서로 다른 상황으로 설정된 과제에서 몇 개의 서로 다른 설명 도식(explanatory schemes)을 사용할 수 있으며, 전문가들에게는 동일한 상황으로 받아들여지는 두 가지 상황이 비전문가들에게는 서로 다른 상황으로 받아들여질 수 있다는 것이다. 따라서 하나의 상황만으로는 학습자의 정신모형이 명확하게 드러나지 않으므로 보다 명확한 정신모형의 규명을 위해서는 두 개 이상의 상황이 필요한 것으로 본다. 본 연구에서는 이러한 정신모형의 상황 감수성(context sensitivity)에 대해서 탐색해보고자 한다.

지구과학 분야에서 개념 변화에 관한 연구는 다양한 영역에서 이루어져왔다(국동식, 2003, 2004; 박진홍과 정진우, 1999; 이성호와 임청환, 1998; 전인영과 국동식, 1998; 제귀연과 안희수, 1999). 본 연구와 관련한 조석에 관한 오개념 연구로는 국동식(1995)의 연구가 있다. 이 연구에서는 객관식 문항을 이용하여 중·고등학생들의 조석에 관련된 오개념을 조사하였는데, 상당수의 중학생들이 달의 모양이 작을 때 기조력도 작고 태양, 지구, 달이 일직선 상에 있을 때 기조력이 작으며, 지구가 자전하지 않으면 조석이 일어나지 않는다고 이해하고 있는 것으로 나타났다. 또한 다수의 고등학생들은 태양, 지구, 달이 직각으로 위치할 때 조차가 가장 작다고 있었지만 조차를 기조력과 별개로 생각하고 있으며, 조석의 원인을 달의 인력으로만 이해하는 것으로 나타났다. 하지만 이들 연구들이 주로 오개념 판정과 수업 처치를 통한 개념 변화에 초점을 두었기 때문에 개념을 형성하는데 영향을 미친 인지 구조와 요인들에 관한 종합적인 이해를 위한 정신모형에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 외국의 경우, 아동들의 지구의 모양에 관한 정신모형 연구나(Vosniadou & Brewer, 1992) 지

구의 내부구조와 이에 따른 화산 분화에 관한 정신 모형 연구가 있으나(Gobert, 2000), 국내에서는 아직 지구과학 개념에 대한 정신모형 연구가 이루어지지 못한 실정이다. 이에 본 연구에서는 중학교 과학 영재아들을 대상으로 조석현상에 대해 이들이 가지고 있는 개념들을 유형별로 분류하고, 이들 개념 형성에 영향을 준 요인들을 알아내기 위해 각각의 개념 유형에 포함된 학생들의 전략이나 지식의 조각인 국면(facet)을 분석하고, 이 자료들을 토대로 중학교 과학 영재아들이 조석에 대해 가지고 있는 정신모형을 탐색하고자 하였다.

본 연구에서의 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 상황에 따른 중학교 과학 영재아들의 개념 유형은 어떻게 나타나는가?
- 2) 상황에 따른 각각의 개념 유형을 구성하는 국면에는 어떤 것들이 있는가?
- 3) 조석 개념에 대한 중학교 과학 영재아의 정신 모형은 어떤 형태로 나타나는가?

연구 방법 및 절차

연구 대상

본 연구는 서울특별시 서대문구 소재 H 과학 고등학교 2005년 영재 교육원 3차 입학 전형에 응시한 중학교 1학년 학생 80명을 대상으로 하였다. 이 학생들은 영재 교육원에 응시하여 1차 서류 전형, 2차 기초 탐구 능력 검사 및 창의성 검사를 거쳐 선발된 학생들이다. 3차 전형은 과제 수행 검사이며, 실험이나 실습으로 구성된 수행평가 형태로 진행된다. 이 연구에서 일반 학생들이 아닌 영재아를 대상으로 한 이유는 일반 학생들에 비해 영재아들이 조석 개념에 대한 분화 정도가 더 깊고 정교화 되어 있어 보다 다양한 정신모형의 규명이 가능하리라 판단하였기 때문이다.

검사 도구 개발

본 연구에서는 중학교 1학년 과학 교육과정의 「해수의 성분과 운동」 단원의 ‘조석’을 주제로 하여 2가지 상황(context)에서의 과제 수행 형태로 구성된 검사 도구를 개발하였다. 조석 개념에 관한 국동식(1995)의 연구에서는 중·고등학생들의 대체적 개념들을 알아내기 위하여 객관식 질문지를 사용하였지만, 본 연구에서는 학생들의 개념 분화 정도를 보다 면

밀하게 알아보기 위하여 서술형 및 실습 형태의 과제 수행 평가를 사용하였다.

상황 1: 사리와 조금일 때 공전 궤도상의 달의 위치를 그리고, 그 위치에서 사리와 조금이 되는 이유를 설명한다. 태양, 지구, 달의 위치 관계가 나타나도록 그려야 하며, 달의 공전 궤도상의 위치만 표시하고, 해수면의 모양은 그리지 않는다.

상황 2: 인터넷에서 실시간으로 제공되는 어느 달의 조석예보표를 제시하고, 이 자료를 이용하여 조석 곡선을 그래프로 그린 다음, 조석 곡선에서 사리와 조금의 위치를 표시하고 각각에 해당되는 달의 위상(모양)을 그린다.

상황 1과 2는 기본적으로 같은 내용을 다루고 있으며, 두 과제를 해결하는데 있어 요구되는 조석현상에 대한 중핵 개념(core concept)은 서로 동일하다. 하지만 상황 1은 원리적인 측면에서 설명을 요구하고 있고, 상황 2는 현상적인 측면에서 해석을 요구하고 있다. 전문가 입장에서 동일한 것으로 판단되는 이 두 가지 상황을 비전문가인 학생들은 어떻게 받아들이는지 알아보는 것이 이 연구에서 중요한 문제 중의 하나이다.

국면 분류

국면은 3가지 단계로 나누어 내용-일반적(generic and cross content), 내용-특정적(content-specific), 전략적(strategic) 국면으로 분류하였다. 내용-일반적 국면은 특정 내용에 국한되지 않고 어떤 내용에서든 일반적으로 사용될 수 있는 것이다. 예를 들면, ‘~이 더 많을수록(more) ~이 더 많아진다(more).’와 같은 형태를 의미한다. 내용-특정적 국면은 내용-일반적 국면에 특정 내용을 구체적으로 포함시킨 것으로, 물리 교과와 경우에 ‘도선의 길이가 길수록 저항이 더 커진다.’와 같은 형태이며, 지구과학 교과와 경우는 ‘달의 위상이 커질수록 인력이 커진다.’와 같은 형태의 국면이다. 전략적 국면은 내용-특정적 국면을 좀 더 기능적으로 정교화 한 것으로 ‘달이 보름달 위치이면 달의 인력이 최대가 되므로 사리가 되고, 그믐달 위치이면 달의 인력이 최소가 되므로 조금이 된다.’와 같은 형태의 국면이다.

연구 결과 및 논의

상황에 따른 학생 응답 분석

Table 1은 두 가지 상황에 따른 학생들의 응답을 분석한 것이다. 완전하게 옳은 답을 한 학생 수는 상황 1이 상황 2보다 많았으며, 부분정답을 포함한 옳지 않은 답을 한 학생 수는 두 상황에서 거의 비슷한 비율로 나타났다. 하지만 무응답을 한 학생 수는 상황 2가 상황 1보다 훨씬 많게 나타났다. 전체적으로 상황 2가 상황 1에 비해 학생들에게 익숙하지 못한 상황이었거나 좀 더 어려웠던 것으로 판단된다.

상황 1(달의 공전궤도)에서 나타난 개념 유형 및 국면 분석

상황 1에서 학생들이 나타낸 개념 유형은 Table 2에서와 같이 과학적으로 옳은 개념 유형 1개와 옳지 않은 개념 유형 4개로 총 5가지 유형으로 분류할 수 있었다. 전체의 73.8%에 해당하는 학생들이 상황 1에 대해 옳은 개념 유형(O-I)을 나타내었으며, 나머지 26.3%의 학생들은 옳지 않은 개념 유형(O-II~V)을 가지고 있는 것으로 나타났다.

O-I 유형을 구성하는 국면은 크게 두 가지로 나눌 수 있었는데, 이 중 O-I-c는 내용-특정적 국면이고, O-I-s는 전략적 국면이다. 하지만 O-I-c와 O-I-s 국면을 추론하는 데 기본이 되는 내용-일반적 국면은 모든 개념 유형에 공통적으로 포함되는 것이므로 생략하였다. 옳지 않은 개념 유형 중 가장 많은 비율을 나타낸 것은 O-II 유형으로 12.5%를 차지하였다. O-II는 달이 태양의 인력과 같은 방향으로 작용하는 위치에 있을 때 조차가 가장 커지는 사리가 되며, 달이 태양의 인력과 반대 방향으로 작용하는 위치에 있을 때 조감이 된다는 개념 유형이다. 이 유형은 조석현상에서의 해수면 변화를 단순한 물리적 두 힘의 합력으로만 파악하는 경우로 크게 두 개의 국면으로 구성된 것으로 분석되었다. O-II-c는 내용-특정적인 국면으로, 이 중 O-II-c-①은 물리 영역에서 일반적으로 사용되는 국면이며, O-II-c-②는 이것을 지구과학 영역의 조석에 적용한 국면이다. 또한 이 유형에서는 O-II-s와 같은 전략적 국면을 사용하고 있는 것으로 분석되었는데, 이것은 O-II-c 국면이 보다 정교화되고 구체화된 것으로 볼 수 있다.

O-III는 O-II와 공전궤도상의 달의 위치가 반대가 되는 유형으로, 달의 위상이 커질수록 조차가 증가한

Table 1. Analysis of students' answers by context

	Context 1 (Moon's orbit)	Context 2 (Moon's phase)
Correct	59 (73.8%)	37 (46.3%)
Incorrect	19 (23.8%)	24 (30.0%)
No response	2 (2.5%)	19 (23.8%)
Sum	80 (100%)	80 (100%)

다고 생각한다. 이 유형에서는 '달의 위상이 가장 큰 위치에서 사리가 되고, 위상이 가장 작은 위치에서 조감이 발생한다.'라는 전략적 국면을 가지는 것으로 분석되었다. O-III는 O-II에 비해서는 적은 비율을 차지하는 유형이지만 상황 1에서 나타나는 가장 특징적인 유형 중 하나이다. O-IV는 O-III와 공전궤도상의 달의 위치는 같지만 그 이유를 완전히 다르게 설명하고 있는 유형이다. 그러므로 내용-특정적 국면과 전략적 국면이 O-III와는 매우 다르다. 이 유형에서 내용-특정적 국면과 전략적 국면은 각각 3개인 것으로 분석되었다. 첫 번째 국면인 O-IV-c-①과 O-IV-s-①은 달과 태양의 인력이 반대로 작용하는 위치에서 조차가 최대가 된다는 것이다. 두 번째 국면인 O-IV-c-②와 O-IV-s-②는 다소 불명확한 국면으로, 달의 위상 변화와 관련된 것으로 판단된다. 이 국면에서는 낮에는 달이 안보이고 밤에 달이 보이는 위치에서 조차가 최대가 된다고 생각한다. 세 번째 국면인 O-IV-c-③과 O-IV-s-③은 앞뒤가 맞지 않고 백락이 불명확한 국면으로, 달이 지구에 가려져 태양 빛을 받지 못하는 위치이면 조차가 최대가 되고 지구가 달에 가려져 빛을 받지 못하는 위치에서 조차가 최소가 된다고 생각한다.

상황 2(달의 위상)에서 나타난 개념 유형 및 국면 분석

Table 3은 상황 2에서 나타난 개념 유형과 그에 따른 국면을 분석한 것이다. 크게 5가지 개념 유형으로 나눌 수 있었으며, 사리와 조감의 의미를 제대로 알고 있지 못하는 기타의 경우가 있었다. P-I은 과학적으로 옳은 개념유형으로, 전체의 46.3%를 차지하는 36명의 학생들이 가진 유형인 것으로 나타났다. 옳지 않은 개념유형 중에서 많은 비율을 차지한 것은 P-II와 P-III로 각각 12.5%와 11.3%를 차지하였다. P-II는 내용-특정적 국면은 옳은 개념유형인 P-I와 같으나, 전략적 국면은 달과 달의 위상이 초승달 모양일

Table 2. Analysis of conceptual types and facets for context 1 (Moon's orbit)

Type	Frequency (%)	Figure	Facet
O-I (correct)	59 (73.8%)		<p>O-I-c. 태양과 달의 힘의 방향이 같으면 조차가 최대가 되고, 두 힘이 교차되면 조차가 최소가 된다.</p> <p>O-I-s. 달이 태양과 일직선상에 위치하게 되면 사리가 되고, 직각으로 위치하게 되면 조금이 된다.</p>
O-II (incorrect)	10 (12.5%)		<p>O-II-c①. 두 힘이 같은 방향이면 합력이 커지고, 반대 방향이면 작아진다.</p> <p>O-II-c②. 달과 태양이 같은 방향이면 조차가 최대가 되고, 반대 방향이면 조차가 최소가 된다.</p> <p>O-II-s. 달이 태양 쪽에 위치하면 사리가 되고, 반대쪽에 위치하면 조금이 된다.</p>
O-III (incorrect)	4 (5.0%)		<p>O-III-c①. 달의 모양이 커질수록 달의 인력도 커진다.</p> <p>O-III-c②. 보름달이면 달의 인력이 커지고, 그믐달이면 달의 인력이 작아진다.</p> <p>O-III-s. 달이 보름달 위치이면 사리가 되고, 그믐달 위치이면 조금이 된다.</p>
O-IV (incorrect)	3 (3.8%)		<p>O-IV-c①. 지구에 두 힘이 정반대로 작용하면 조차가 커지고, 같은 방향으로 작용하면 조차가 작아진다.</p> <p>O-IV-c②. 달이 안보이면 조차가 작아지고, 달이 보이면 조차가 커진다.</p> <p>O-IV-c③. 불명확함</p> <p>O-IV-s①. 달과 태양의 힘이 정반대로 작용하는 위치이면 사리가 되고, 같은 방향으로 작용하는 위치이면 조금이 된다.</p> <p>O-IV-s②. 낮에 태양이 있을 때 달이 없고, 밤에 달과의 거리가 가까워지는 위치이면 사리가 되고, 그 반대이면 조금이 된다.</p> <p>O-IV-s③. 달이 빛을 받지 못하는 위치이면 사리가 되고, 지구가 빛을 받지 못하는 위치이면 조금이 된다.</p>
O-V (incorrect)	1 (1.3%)		<p>O-V-c. 불명확함</p> <p>O-V-s. 달의 인력이 바로 정면으로 작용하면 사리가 되고, 반대편으로 작용하면 조금이 된다.</p>
Others	1 (1.3%)	공전 궤도상의 달의 위치는 맞게 표시하였으나 그 이유를 설명하지 못함	

때를 조금이라고 생각한다. 국면 분석 결과, 이 유형은 달의 위상이 조차를 결정한다고 생각하고 있거나 상현과 하현일 때 달의 모양을 잘못 알고 있는 경우인 것으로 판단된다. P-III는 P-I나 P-II와 같은 내용-특정적 국면을 포함하고 있으나, 전략적 국면은 완전히 다른 유형이다. 국면 분석 결과로 보아 이 유형은 상황 1의 O-II에 부합되는 것으로, 달의 위상이 삭이 되는 위치에서 사리가 발생하고 망이 되는 위치에서 조금이 발생한다고 생각한다. P-IV는 P-III와 반대되는 유형으로, 같은 내용-특정적 국면을 포함하고 있으나 정반대인 전략적 국면을 포함한다. 이 유형은 상황 1의 O-III에 부합되는 것으로 달의 위상이 망이

되는 위치에서 사리가 발생하고 삭이 되는 위치에서 조금이 발생한다고 생각한다. 하지만 P-IV는 P-III에 비해 그 비율이 2.5%로 매우 낮게 나타난 유형이다. P-V는 국면 분석 결과, 옳은 개념유형인 P-I과 정반대인 유형으로 1명의 학생이 이에 해당하였다. 기타의 경우는 조석 곡선에서 마루 부분이 사리이고 골 부분이 조금이라고 생각하는 경우와 조차가 최대인 날의 마루가 사리이고 골이 조금이라고 생각하는 두 가지 경우가 있었다.

조석에 관한 중학교 과학 영재아들의 정신모형

두 가지 상황에 따른 개념 유형을 분류하고 각 유

Table 3. Analysis of conceptual types and facets for context 2 (Moon's phase)

Type	Frequency (%)	Figure	Facet
P-I (correct)	37 (46.3%)	spring tide 	P-I-c-①. 조차가 최대가 되는 날이 사리이고, 조차가 최소가 되는 날이 조금이다.
		neap tide 	P-I-c-②. 사리나 조금일 때 달의 위치가 다르므로, 달의 모양도 다르다. P-I-s. 망이나 삭일 때 사리가 되고, 상현이나 하현일 때 조금이 된다.
P-II (incorrect)	10 (12.5%)	spring tide 	P-II-c. 사리나 조금일 때 달의 위치가 다르므로, 달의 모양도 다르다.
		neap tide 	P-II-s. 망이나 삭일 때 사리가 되고, 초승달 모양일 때 조금이 된다.
P-III (incorrect)	9 (11.3%)	spring tide 	P-III-c. 사리나 조금일 때 달의 위치가 다르므로, 달의 모양도 다르다.
		neap tide 	P-III-s. 달의 위상이 삭이면 사리가 되고, 망이면 조금이 된다.
P-IV (incorrect)	2 (2.5%)	spring tide 	P-IV-c. 사리나 조금일 때 달의 위치가 다르므로, 달의 모양도 다르다.
		neap tide 	P-IV-s. 달의 위상이 망이면 사리가 되고, 삭이면 조금이 된다.
P-V (incorrect)	1 (1.3%)	spring tide 	P-V-c. 사리나 조금일 때 달의 위치가 다르므로, 달의 모양도 다르다.
		neap tide 	P-V-s. 달의 위상이 상현이면 사리가 되고, 망이면 조금이 된다.
Others	2 (2.5%)		사리와 조금의 의미를 제대로 알고 있지 못함

형을 구성하는 국면들을 분석한 후, 이 두 결과를 종합하여 중학교 영재아들의 조석에 관한 정신모형을 분류해본 결과는 Table 4와 같다.

중학교 과학 영재아들은 조석에 관해 Tide model, Force model, Phase model, 그리고 Hybrid model을 가지고 있는 것으로 나타났다. Tide model은 상황 1의 O-개념 유형과 상황 2의 P-개념 유형이 조합된

것으로 과학적으로 옳게 받아들여지고 있는 모형이며, 전체 학생의 45.0%에 해당하는 36명의 학생들이 가진 것으로 나타났다. 두 번째로 많은 정신모형은 혼합 모형인 Hybrid model로 전체 학생의 30.0%(24명)를 차지하였다. 이 모형은 두 상황 중 하나는 옳은 개념 유형을 가지나, 나머지 하나는 옳지 않은 개념 유형을 가지는 학생들이 지닌 것으로 여기에는 4가

Table 4. Identified talented students' mental models of tide

Model	Configuration of conceptual types	Frequency (%)	Configurations of facets
Tide model (scientifically accepted model)	(O-I)×(P-I)	36 (45.0%)	(O-I-s)×(P-I-s)
	(O-II)×(P-III)	8	(O-II-s)×(P-III-s)
Force model (incorrect model)	(O-II)×(P-V)	1	(O-II-s)×(P-V-s)
	(O-IV)×(P-III)	1	(O-IV-s①)×(P-III-s)
	sum	10 (12.5%)	
Phase model (incorrect model)	(O-III)×(P-II)	2	(O-III-s)×(P-II-s)
	(O-III)×(P-IV)	2	(O-III-s)×(P-IV-s)
	(O-IV)×(P-II)	2	(O-IV-s②)×(P-II)
	sum	6 (7.5%)	(O-IV-s③)×(P-II)
Hybrid model (mixed model)	(O-I)×(P-II)	6	(O-I-s)×(P-II-s)
	(O-I)×Others	2	(O-I-s)×Others
	(O-I)×No response	15	(O-I-s)×No response
	(P-I)×Others	1	(P-I-s)×Others
	sum	24 (30.0%)	

지의 경우가 있었다. Hybrid model을 가지는 학생들 중 가장 많은 것은 상황 1에서는 옳은 개념을 가지나 상황 2에 대해서는 답을 하지 못하는 경우로 24명 중 15명이 이에 해당하였다. 그 다음은 상황 1에서는 옳은 개념인 O-I 유형을 나타내나 상황 2에서는 옳지 않은 P-II유형을 나타내는 경우였다. Hybrid model에 해당되는 세 번째는 상황 1에서는 옳은 개념인 O-I 유형을 나타내나 상황 2에서는 옳지 않은 개념인 기타를 나타낸 경우였고, 네 번째는 상황 2에서는 옳은 개념을 나타내나 상황 1에서는 옳지 않은 개념인 기타를 나타낸 경우였다.

Force model은 과학적으로 옳지 않은 모형으로 12.5%의 학생들이 가지고 있는 것으로 나타났다. 이 모형은 조석 현상을 태양과 달의 물리적인 힘의 합력으로만 이해하고 있는 것으로 분석된다. Force model 중 가장 많은 것은 상황 1과 2에서 각각 옳지 않은 O-II와 P-III 개념 유형을 나타낸 경우로 10명 중 8명의 학생들이 해당되었다. 이 경우의 국면 조합은 '달이 태양과 같은 방향으로 인력이 작용하는 위치에서 사리가 되고, 반대 방향으로 작용하는 위치에서 조금이 된다. 그러므로 사리에서 달의 모양은 그믐달이 되고, 조금에서는 보름달이 된다.'이다. Force model에 해당되는 나머지 두 경우는 각각 (O-II)×(P-V)와 (O-IV)×(P-III)였다. 각 경우의 국면 조합을 살펴보면, (O-II)×(P-I)는 달과 태양의 합력으로 조석 현상을 이해하고 있으나 달의 모양을 제대로 연결짓지 못하는 경우이며, (O-IV)×(P-III)는 달과 태양의

합력으로 조석 현상을 이해하고 있으나 각 위치에서 달의 모양을 반대로 생각하고 있는 경우이다.

전체의 7.5%를 차지하는 학생들이 가지고 있는 Phase model 또한 과학적으로 옳지 않은 모형으로, 조석 현상을 달의 모양에 따라 달라지는 것으로 이해하고 있는 경우이다. 이 모형에는 3가지 경우가 해당되었는데, 첫 번째는 (O-III)×(P-II)로 '달의 위상에 따라 조차가 달라지는데, 보름달이나 그믐달에서 모양에서 사리가 되고, 초승달 모양에서는 조금이 된다.'고 생각하는 경우이다. 이 경우는 달의 모양으로 보아서는 비교적 과학적으로 옳은 개념에 근접되어 있으나, 이것을 공전 궤도 상의 달의 위치와 제대로 연결짓지 못하고 있다. 두 번째 (O-III)×(P-IV)는 '달의 위상이 가장 큰 보름달의 위치에서 사리가 되고, 위상의 가장 작은 그믐달의 위치에서 조금이 된다.'고 생각하는 경우이며, 마지막 세 번째 (O-IV)×(P-II)는 달의 모양 변화에 따라 조석 현상을 이해하고 있으나, 상황 1과 상황 2에서 개념 유형이 불일치하는 모순된 경우이다.

결론 및 제언

본 연구에서는 조석 현상에 대한 중학교 과학 영재아들의 정신모형을 탐색하고자 하였다. 이를 위해 조석에 관한 2가지 상황에서 나타나는 개념유형들을 분류하고, 각 유형이 포함하고 있는 국면들을 분석하였다.

두 가지 상황에서 학생들이 보이는 개념유형을 분석해본 결과에서는 같은 상황이라도 학생들은 다양한 개념유형을 가지며, 상황에 따른 개념유형의 다양성에서도 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 상당수의 학생들이 두 상황에서 나타난 개념유형이 서로 다른 것으로 나타났는데, 이것은 어떤 상황에서는 과학적으로 옳은 개념유형을 보이나 또 다른 상황에서는 옳지 않은 개념유형을 보임을 의미한다. 이러한 분석 결과를 통해 영재아들의 개념유형이 상황에 따라 매우 다르게 나타날 수 있음을 확인할 수 있었으며, 상당수 학생들의 조석 개념에 대한 파지(retention)나 이해의 정도가 깊지 않음을 알 수 있었다.

두 상황에서 나타난 각 개념유형들의 국면을 분석해본 결과, 개념유형에 따라 내용-특정적 국면에서는 큰 차이를 보이지 않은 반면, 전략적 국면에서 많은 차이를 나타내었다. 개념유형은 다르더라도 같은 내용-특정적 국면을 포함하는 경우가 다수 있었으나, 내용-특정적 국면을 정교화하여 구체화시킨 전략적 국면은 개념유형에 따라 모두 다르게 나타났다. 이와 같은 국면 분석 결과를 토대로 할 때, 어떤 상황에서 학생들이 나타내는 개념유형의 차이는 내용-특정적 국면보다는 전략적 국면의 설정(mapping) 과정에서 기인되는 것으로 판단된다.

두 가지 상황에 따른 개념 유형들이 포함하는 국면들을 조합하여 중학교 과학 영재아들의 조석에 관한 정신모형을 분석한 결과에서는 크게 4가지 모형으로 나눌 수 있었는데, 조석현상을 각각 달과 태양의 합력(Force model)과 달의 모양(Phase model)과의 관계로만 이해하고 있는 경우와 상황에 따라 나타나는 개념 유형이 서로 일치되지 않는 경우(Hybrid model)가 전체의 절반 정도를 차지하였다. 이것은 기초력과 조차를 별개로 생각하는 학생들이 많다는 국동식(1995)의 연구와도 일치하는 결과이다. 또한 Hybrid model의 비율이 높다는 것은 상황에 따라 정신모형이 달라지는 학생들이 많다는 것을 의미하는 것이므로 어떤 개념에 대한 학생들의 정신모형을 명확하게 파악하기 위해서는 다양한 상황에서의 국면 분석이 필요함을 시사한다고 볼 수 있다.

본 연구를 통해 중학교 과학 영재아들의 조석에 관한 정신모형의 다양성과 상황의존성을 확인할 수 있었으며, 보다 명확한 정신모형의 규명을 위해서는 두 개 이상의 상황을 이용하여 정신모형을 구성하는 논리적 조각인 국면의 분석이 필요함을 알 수 있었

다. 본 연구에서 수행한 조석 이외에 지구과학의 다른 개념 영역에서도 국면 분석을 통한 학생들의 정신모형의 규명이 이루어져야 할 것이다. 또한 횡적인 정신모형의 규명뿐만 아니라 시간에 따른 정신모형의 변화를 분석해보는 종적 연구도 함께 수행되어야 할 것이다. 이러한 작업들을 통한 결과물들이 계속 축적된다면 정신모형의 조사 방법을 보다 체계적으로 발전시켜 나갈 수 있을 것이며, 지구과학 오개념의 구조와 원인을 규명하고 이를 효과적으로 치유하기 위한 교수 전략을 구안하는데 있어 유용한 기초 자료가 마련될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 국동식, 1995, 조석 개념에 대한 학생들의 이해 특성. 한국과학교육학회지, 15(4), 429-436.
- 국동식, 2003, 온실효과 개념에 대한 오개념 원인으로서의 10학년 과학 교과서 분석. 한국과학교육학회지, 23(5), 592-598.
- 국동식, 2004, 대기와 해양의 몇 개념들에 대한 중·고등학교 과학 교사의 개념. 한국지구과학회지, 25(6), 402-408.
- 박지연, 이경호, 2004, 과학개념변화 연구에서 학생의 개념에 대한 이해: 오개념에서 정신모형까지. 한국과학교육학회지, 24(3), 621-637.
- 박진홍, 정진우, 1999, 붉은 인의 실험에 대한 중학교 학생들의 기압 개념 이해. 한국지구과학회지, 20(4), 334-341.
- 안수영, 권재술, 1995, Pascual-Leone의 신 피아제 이론에 의한 오개념의 본질에 대한 심리학적 접근. 한국과학교육학회지, 15(2), 185-193.
- 이성호, 임청환, 1998, 공기의 성질에 관한 초등학교 학생들의 개념유형 및 갈등상황 후 변화. 한국지구과학회지, 19(5), 512-523.
- 전인영, 국동식, 1998, 구름 생성 개념에 대한 중·고등학교의 오개념 연구. 한국지구과학회지, 19(3), 269-275.
- 제귀연, 안희수, 1999, 온실효과에 대한 학생들의 개념 분석. 한국과학교육학회지, 19(4), 585-594.
- Bao, L., Zollman, D., Hogg, K., & Redish, E. F., 2000, Model analysis of fine structures of student models: An example with Newton's third law. Journal of Physics Education Research, submitted.
- DiSessa, A. A., 1993, Toward an Epistemology of Physics. Cognition and Instruction, 10, 105-225.
- Gobert, J. D., 2000, A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. International Journal of Science Education, 22, 937-977.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A., 2002, Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning

- of physics. *Science Education*, 86(1), 106-121.
- Linder, C. J., 1987, Tertiary physics: a case study in students' conceptions of sound. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar: "Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics"*, 3, 322-334. Cornell University, Ithaca, NY, USA.
- Redish, E. F., 1994, The implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, 62(6), 796-803.
- Van der Veer, G., 2000, Mental models of incidental human-machine interaction [www]. Faculty of Sciences, Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands. Retrieved Jun, 10, 2002, from the World Wide Web: <http://www.cs.vu.nl/~gerrit/mmi9910-report1.doc>
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F., 1992, Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognition and Instruction*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S., 1994, Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-70.
- Wittmann, M. C., Steinberg, R. N., & Redish, E. F., 2002, Understanding and Addressing Student Reasoning about Sound. Manuscript submitted for publication.

2005년 10월 14일 접수
2005년 12월 5일 수정원고 접수
2005년 12월 6일 원고 채택