

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

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

이기영

한성과학고등학교(leeky321@chol.com)

**요약** : 본 연구에서는 중학교 과학 영재아들이 가지고 있는 조석에 관한 정신모형을 탐색하기 위하여 상황에 따른 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, 각 유형들은 내용-일반적 국면을 공통적으로 포함하고 있었으나, 내용-특정적 국면과 전략적 국면에서는 많은 차이를 나타내었다. 두 가지 상황에서 나타나는 개념 유형들과 이들 유형을 구성하는 국면들을 조합하여 학생들의 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 모형이며, Hybrid model은 혼합 모형으로 상황에 따라 나타나는 개념 유형이 서로 부합되지 않는 모형이다. 중학교 과학 영재아들이 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.

## 서론

과학적으로 받아들여지고 있는 개념들을 형성하게 하기 위해서는 먼저 학생들이 가지고 있는 기존 개념들을 규명할 필요가 있다. 1970년대 중반부터 시작된 학생들의 과

학 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. 또한 학생들의 개념을 오개념 또는 소박한 믿음 같은 용어 대신 국면(facet)이라는 용어를 사용하였다. 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, 2003). 그러므로 상황에 따라 하나의 초안에 의해 서로 다르거나 모순된 국면들이 나타날 수도 있다.

정신모형에 관한 명확한 정의가 존재하는 것은 아니지만, 일반적으로 정신모형은 외부 세계(external world)와의 상호작용을 통해 형성한 내적 표상(internal representation)을 지칭한다(Van der Veer, 2000). 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). 정신모형은 diSessa의 현상론적 초안과 같은 보다 기초적인 인지 또는 지식 요소(element)들로 만들어지는 정신적 구조라고 이해할 수 있으며, 정신모형을 형성하기 위해서는 이러한 요소들이 일관된 방식으로 결합되어야 한다(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, Zollman, Hogg, & Redish, 2000; Linder, 1987; Schecker & Gerdes, 1999; 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. 본 연구에서는 이러한 정신모형의 상황 감수성(context sensitivity)을 탐색해보고자 한다.

## 연구 방법

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.

본 연구에서는 중학교 1학년 과학 교육과정의 「해수의 성분과 운동」 단원의 ‘조석’을 주제로 하여 2가지 상황(context)으로 설정된 과제로 구성된 검사 도구를 개발하였다.

- 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 조석현상의 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.

## 연구 결과 및 논의

두 가지 상황에 따른 개념 유형을 분류하고, 각 유형을 구성하는 국면들을 분석한 후 이 두 결과를 종합하여 중학교 영재아들의 조석에 관한 정신모형을 분류해본 결과,

Tide model, Force model, Phase model, 그리고 Hybrid model로 나눌 수 있었다.

Tide model은 상황1의 O-I 개념 유형과 상황 2의 P-I 개념 유형이 조합된 것으로 과학적으로 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 4가지의 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-II 유형을 나타내는 경우였다. 또한 Hybrid model을 가진 학생들 중 2명은 상황 1에서는 옳은 개념인 O-I 유형을 나타내나 상황 2에서는 옳지 않은 개념인 기타를 나타내었고, 나머지 1명은 상황 2에서는 옳은 개념을 나타내었으나 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 2명은 학생은 각각 (O-II) × (P-V)와 (O-IV) × (P-III)였다. 각 경우의 국면 조합을 살펴보면 (O-II) × (P-V)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 것이다. 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 달의위치와 연관

짓지 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 경우이다. 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.

본 연구를 통해 학생들의 정신모형의 상황의존성을 확인할 수 있었으며, 보다 명확한 정신모형의 규명을 위해서는 두 개 이상의 상황을 이용한 국면 분석이 필요한 것으로 분석되었다. 본 연구 결과는 조석 학습에서 개념변화를 위한 효과적인 교수 전략을 구안하는데 있어 기초 자료가 될 수 있을 것이다.

Table 1. Analysis of conceptual types and facets for context1(Moon's orbit)

Type	Frequency(%)	Figure	Facet
O-I (correct)	59 (73.8%)	<p><b>SPRING TIDE</b> FULL MOON, NEW MOON</p> <p><b>NEAP TIDE</b> FIRST QUARTER, THIRD QUARTER</p>	<p>O-I-c. 태양과 달의 힘이 더해지면 조차가 최대가 되고, 두 힘이 상쇄되면 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><b>NEAP TIDE</b> FULL MOON, <b>SPRING TIDE</b> NEW MOON</p>	<p>O-II-c-①. 두 힘이 같은 방향이면 합력이 커지고, 반대 방향이면 작아진다.</p> <p>O-II-c-②. 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><b>SPRING TIDE</b> FULL MOON, <b>NEAP TIDE</b> NEW MOON</p>	<p>O-III-c-①. 달의 모양이 커질수록 달의 인력도 커진다.</p> <p>O-III-c-②. 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><b>SPRING TIDE</b> FULL MOON, <b>NEAP TIDE</b> NEW MOON</p>	<p>O-IV-c-①. 지구에 두 힘이 정반대로 작용하면 조차가 커지고, 같은 방향으로 작용하면 조차가 작아진다.</p> <p>O-IV-c-②. 달이 안보이면 조차가 작아지고, 달이 보이면 조차가 커진다.</p> <p>O-IV-c-③. 불명확함</p> <p>O-IV-s-①. 달과 태양의 힘이 정반대로 작용하는 위치이면 사리가 되고, 같은 방향으로 작용하는 위치이면 조금이 된다.</p> <p>O-IV-s-②. 낮에 태양이 있을 때 달이 없고, 밤에 달과의 거리가 가까워지는 위치이면 사리가 되고, 그 반대이면 조금이 된다.</p> <p>O-IV-s-③. 달이 빛을 받지 못하는 위치이면 사리가 되고, 지구가 빛을 받지 못하는 위치이면 조금이 된다.</p>
O-V (incorrect)	1 (1.3%)	<p><b>SPRING TIDE</b> FIRST QUARTER, <b>NEAP TIDE</b> THIRD QUARTER</p>	<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	

Table 2. Analysis of conceptual types and facets for context2(Moon's phase)

Type	Frequency(%)	Figure	Facet
P-I (correct)	37 (46.3%)	<p>spring tide</p>  <p>neap tide</p> 	<p>P-I-c-①. 조차가 최대가 되는 날이 사리이고, 조차가 최소가 되는 날이 조급이다.</p> <p>P-I-c-②. 사리나 조급일 때 달의 위치가 다르므로, 달의 모양도 다르다.</p> <p>P-I-s. 보름달이나 그믐달일 때 사리가 되고, 상현달이나 하현달일 때 조급이 된다.</p>
P-II (incorrect)	10 (12.5%)	<p>spring tide</p>  <p>neap tide</p> 	<p>P-II-c. 사리나 조급일 때 달의 위치가 다르므로, 달의 모양도 다르다.</p> <p>P-II-s. 달의 위상이 클 때 사리가 되고, 달의 위상이 작을 때 조급이 된다.</p>
P-III (incorrect)	9 (11.3%)	<p>spring tide</p>  <p>neap tide</p> 	<p>P-III-c. 사리나 조급일 때 달의 위치가 다르므로, 달의 모양도 다르다.</p> <p>P-III-s. 달의 모양이 그믐달이면 사리가 되고, 보름달이면 조급이 된다.</p>
P-IV (incorrect)	2 (2.5%)	<p>spring tide</p>  <p>neap tide</p> 	<p>P-IV-c. 사리나 조급일 때 달의 위치가 다르므로, 달의 모양도 다르다.</p> <p>P-IV-s. 달의 모양이 보름달이면 사리가 되고, 그믐달이면 조급이 된다.</p>




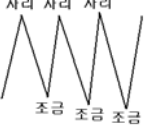
<p>P-V (incorrect)</p>	<p>1 (1.3%)</p>	<p>spring tide    neap tide  </p>	<p>P-V-c. 사리나 조금일 때 달의 위치가 다르므로, 달의 모양도 다르다.  P-V-s. 달의 모양이 상현달이면 사리가 되고, 보름달이면 조금이 된다.</p>
<p>Others</p>	<p>2 (2.5%)</p>	<p>사리    조금  사리 사리 사리    조금 조금 조금</p>	<p>사리와 조금의 의미를 제대로 알고 있지 못함</p>



Table 3. Identified students' mental models of tide

Model	Configuration of conceptual types	Frequency(%)	Configurations of facets
Tide model (scientifically accepted model)	$(O-I) \times (P-I)$	36(45.0%)	$(O-I-s) \times (P-I-s)$
Force model (incorrect model)	$(O-II) \times (P-III)$	8	$(O-II-s) \times (P-III-s)$
	$(O-II) \times (P-V)$	1	$(O-II-s) \times (P-V-s)$
	$(O-IV) \times (P-III)$	1	$(O-IV-s-①) \times (P-III-s)$
	sum	10(12.5%)	
Phase model (incorrect model)	$(O-III) \times (P-II)$	2	$(O-III-s) \times (P-II-s)$
	$(O-III) \times (P-IV)$	2	$(O-III-s) \times (P-IV-s)$
	$(O-IV) \times (P-II)$	2	$(O-IV-s-②) \times (P-II)$ $(O-IV-s-③) \times (P-II)$
	sum	6(7.5%)	
Hybrid model (mixed model)	$(O-I) \times (P-II)$	6	$(O-I-s) \times (P-II-s)$
	$(O-I) \times \text{Others}$	2	$(O-I-s) \times \text{Others}$
	$(O-I) \times \text{No response}$	15	$(O-I-s) \times \text{No response}$
	$(P-I) \times \text{Others}$	1	$(P-I-s) \times \text{Others}$
	sum	24(30.0%)	