

ORIGINAL ARTICLE

달의 위상변화 원인에 대한 초등학생들의 논증과 개념 분석

김영대*

(*한국교육대학교)

Elementary School Students' Arguments on Causes of Phases of the Moon and Concept Analysis

Youngdae Kim*

(*Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study is to characterize students' conceptions on causes of the phases of the moon. For this purpose, students were given a worksheet for argumentative writing activity where in they need to choose the right answer between five statements and provide reasonable evidences about causes of the phases of the moon. Written arguments collected were used as analysis data and TAP(Toulmin's argument pattern) including conceptual analysis of TAP elements were utilized to figure out logical structures and subordinate conceptions. The result showed that students had various alternative concepts about causes of the phases of the moon and associated with celestial. Also 70.5% of subjects had incomplete argument structures, and error types of concepts had difference according to types of alternative concepts as well as TAP. These results mean that importance of checking students' preconceptions, need of scientific argumentation, and appropriate instructional strategies considering alternative conception types and fallacy types that students had.

Key words : phases of the moon, alternative conception, misconception, scientific argument

1. 서론

학생들은 일상적으로 관찰할 수 있는 다양한 자연현상들을 이해하기 위해 자신이 겪은 경험들을 토대로 나름대로의 설명체계 또는 개념을 구성한다(Lawson, 1995). 하지만 학생들이 개인적 경험을 통해 형성한 개념들은 현대적 관점의 과학 개념과는 다른 개념인 경우가 많다. 이것을 오개념(misconception)이라고 하며, 대안개념(alternative conception)이란 용

어로도 표현한다(Lawson, 1995). 학생들이 형성한 대안개념은 대부분 논리 체계가 부실하지만(Hewson & Hewson, 1988), 일반적이고 정형화된 수업을 통해서 쉽게 바뀌지 않는 특성이 있다(Vosniadou, 2004). 이것은 자신만의 논리체계를 구성했지만 근거가 되는 과학적 사실을 잘못 알고 있거나(Hammer, 1996) 과학적 추론 오류가 원인일 수 있다. 따라서 교사는 수업 전에 학생들이 지닌 선개념(preconception)을 점검하고 대안개념을 가지고 있을 경우, 이를 개선하기 위한 전략적인 수업을 준비해

Received 6 July, 2017, Revised 29 August, 2017, Accepted 30 August, 2017

*Corresponding author : Youngdae Kim, Korea National University of Education,
250, Taeseongtabyeon-ro, Gangnae-myeon, Heungdeok-gu, Cheongju-si,
Chungcheongbuk-do, 28173, Republic of Korea

Phone: +82-10-5609-9686

E-mail: kyd0244@naver.com

© The Korean Society of Earth Sciences Education . All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

야 한다.

한편, 지구과학의 여러 영역 중 천문영역은 학생들이 어린 시절부터 직접 관찰을 하거나 다양한 출처를 통해 정보를 습득할 수 있는 영역이다(Hannust & Kikas, 2007). 하지만 천문 영역은 시·공간적인 규모가 매우 크기 때문에 많은 학생들은 지구라는 한정된 공간에서 관측한 자료를 토대로 과학적인 개념을 구성하는 것을 어려워한다(양일호 외, 2015). 따라서 천문 영역은 다른 과학 영역에 비해 대안개념을 형성할 가능성이 많은 과학 영역이다(Kanli, 2014). 이에 따라 선행연구들은 학생과 교사들이 지니고 있는 천문영역의 대안개념을 밝히기 위해 노력해왔으며, 그 중 달의 위상변화는 천문 영역의 대안개념에 대한 대표적인 연구주제이다(Trundle et al., 2007). 달의 위상변화는 태양을 중심으로 하는 지구와 달의 운동과 빛(Sherrod & Wilhelm, 2009), 상대적 위치에 따른 각도의 변화 등 다양한 개념을 함께 고려해야 하므로(Bailey & Slater, 2003) 학생들이 어려워하는 대표적인 천문 개념 중 하나이다(Abell et al., 2001).

우리나라의 2009 개정 교육과정 5~6학년(군)에서는 달의 위상변화를 소재로 천체의 기본 운동이라고 할 수 있는 자전과 공전의 개념을 도입하고 있다(교육부, 2015). 구체적으로 달을 관찰하여 위상이 변함을 인지하고 그 원인을 달의 공전으로 설명할 수 있도록 했다. 이것은 중학교 1~3학년(군)에서 달의 위상변화로 인해 나타나는 현상 및 일상생활에 미치는 영향을 이해하는 내용과 연계되며 심화된다. 우리나라 교육과정의 개념적 위계를 고려할 때 천체의 운동에 대한 이해의 출발점으로서 초등학교 과학 교육과정의 달의 위상변화를 명확히 이해하는 것은 학생들의 후속 학습에도 매우 중요한 의미를 지닌다.

달 위상변화의 대안개념에 대한 국내·외 선행연구들은 초등학생(채동현, 1996; Baxter, 1989; Hannust & Kikas, 2007), 중·고등학생(Trundle et al., 2007; Trumper, 2001), 대학생(Trumper, 2000), 심지어 예비교사(Schoon, 1995; Trundle et al., 2002) 및 현직 교사(Brunsell & Marcks, 2005)까지 다양한 대안개념을 지니고 있다는 것을 밝혔다. 선행연구들에서 밝힌 달의 위상변화 원인에 대한 대표적인 대안개념으로는 구름과 같은 기상 요소의 영향, 태양의 그림자, 지구의 그림자, 지구와 달의 운동에 따라 달라지

는 태양 빛의 양 등이 있다. 특히 지구의 그림자에 의한 식 현상으로 달의 위상변화를 설명하는 것은 초등학교 저학년을 제외하고 초등학교 중학년부턴 교사까지 공통적으로 가지고 있는 대안개념이다.

이와 같은 선행연구들은 학습자들이 가지고 있는 달의 위상변화 원인에 대한 다양한 대안개념의 유형을 밝혔는데 의의가 있다. 하지만 대안개념의 유형만 제시했을 뿐 구체적인 특징을 밝히는 데는 미흡했으며, 특히 국내에서 달의 위상변화에 대해 초등학생들이 가지고 있는 개념을 상세히 분석한 연구는 찾을 수 없었다. 학생 개개인이 가지고 있는 학습능력과 경험, 서로 다른 인지구조를 고려할 때, 같은 개념을 지녔더라도 개념의 구조 및 특성은 서로 다를 것으로 예상할 수 있다. 대안개념을 이루는 하위 개념과 그 구조를 파악하는 것은 학생들의 대안개념을 명확히 이해할 수 있을 뿐만 아니라 정확한 과학적 개념과의 차이점 또한 분석할 수 있을 것이다. 따라서 대안개념 형성 원인의 추정과 함께 효과적인 개념변화를 돕기 위한 수업 설계에도 시사점을 제시할 수 있을 것으로 생각한다. 이에 이 연구에서는 학생들이 가지고 있는 달의 위상변화 원인에 대한 생각을 논증의 구조적 측면과 개념적 측면으로 분석하여 그 특징을 상세히 파악하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대도시 1개 지역, 중·소도시 2개 지역, 읍·면 1개 지역을 선택하여 각 지역별로 초등학교 6학년 1개 학급씩 총 4개 학급의 학생 108명을 대상으로 하였다. 이 중 1개 학급의 학생 2명이 자료 수집 기간 중 결석하였고, 1명은 특수교육 대상자이므로 분석대상에서 제외하였다. 따라서 최종 분석대상은 지역별로 4개 학급의 105명이며, 분석 과정에서 성별은 고려하지 않았다. 학생들은 모두 2015년 3월 2주부터 4월 1주까지 4주 동안 11차시에 걸쳐 2009 개정교육과정에 따른 교과서로 달의 위상변화에 대한 수업을 받았다. 각 학급 담임교사들과 수업방법에 대한 면담 결과 특별한 처치 없이 지도서의 과정을 그대로 따라 수업했음을 확인했다. 또한 연구대상 모두가 증거에 기초한 과학적 논증활동 및 토론의 경험이 없었다.

2. 자료 수집 방법

학생들의 과학적 논증 및 개념을 이끌어내기 위해 과학 논증활동 프로그램인 Osborne et al.(2004)의 IDEAS(IDEas, Evidence & Argumentation in Science) 프로그램을 투입하였다. 이 연구에서는 IDEAS 프로그램 중 ‘달의 모양 변화(4. Why does the Moon have Phases?)’과제를 활용하였다. 이 과제는 Table 1과 같이 달의 위상변화 원인에 대한 대표적인 대안개념 (Osborne et al., 2004)을 포함한 총 5개의 설명 중 옳은 설명을 선택하고 그에 대한 이유를 서술하도록 되어 있다. 선택한 설명을 제외한 나머지 설명들이 틀리다고 생각하는 이유 또한 서술하도록 되어 있다.

자료 수집을 위한 수업은 2015년 5월 1주부터 2주 사이에 각 지역별로 2차시(80분) 동안 연구자가 직접 진행 하였다. 수업 과정은 IDEAS 프로그램에서 제공하는 수업 절차대로 브레인스토밍(10분)과 개인별 논증 글 작성(15분), 모둠별 논증활동(20분), 모둠 간 논증활동(15분), 교사의 개념설명의 순서로

진행되었다. 최종적으로 수집한 자료는 학생들이 작성한 활동지와 모둠별 논증활동 녹음자료의 전사본이다. 주요 분석대상은 학생들이 활동지에 작성한 논증 글이며, 모둠별 논증활동 전사본은 논증 글의 의미를 명확히 파악하기 위한 보조 자료로 활용하였다.

3. 자료 분석 방법

학생들의 논증 글은 Toulmin(2003)의 논증 구조 (TAP)에 따라 분석하였다. TAP는 실제 의사소통에서 사용하는 언어를 절차적으로 분석할 수 있다는 장점이 있다(Osborne et al., 2004). TAP는 과학교육을 비롯한 다양한 교육 연구 분야에서 학생들의 글 및 담화를 분석하고 평가하는데 활용해 왔으며 (Erduran et al., 2004; 2000; Osborne et al, 2004), 교육 방법으로도 활용되고 있다(McNeill, 2009; Osborne et al., 2004). TAP는 주장(claim)과 주장을 뒷받침하는 증거와 사실인 자료(data), 주장과 자료를 연결하는 설명인 보장(warrant), 보장을 정당화하는 가정을 제

Table 1. Explanations about causes of moon phases

선택 항목	
A.	달은 자전을 하고 있어서 빛을 내는 반쪽을 매일 똑같이 관찰할 수 없기 때문이다.
B.	달의 실제 모양과 크기가 한 달 동안 작아졌다 커지기 때문이다.
C.	달의 일부분이 구름에 가리기 때문이다.
D.	달은 태양 빛을 받아 항상 같은 면적이 빛나고 있지만, 그것을 매일 똑같이 관찰할 수 없기 때문이다.
E.	달이 지구의 그림자를 넘나들어 태양 빛이 달에 닿지 못하는 경우가 있기 때문이다.

Table 2. Definition of codes

범주	코드	정의
과학적 개념	SciOrb(Scientific-Orbit)	달은 일정한 궤도로 지구를 공전한다.
	SciRef(Scientific-Reflection)*	달은 태양 빛을 반사하여 빛난다(불완전한 SciHaf 개념).
	SciHaf(Scientific-Half)	달은 태양을 향한 절반이 일정하게 빛난다.
	SciSee(Scientific-See)	지구에서 보는 달의 빛나는 부분이 우리가 보는 달의 위상이다.
	SciEMS(Scientific-Earth-Moon-Sun)	태양-지구-달의 상대적인 위치가 달의 위상을 결정한다.
대안 개념	AltOrb-E(Alternative-Orbit-Earth)	지구가 달을 공전한다.
	AltOrb-M(Alternative-Orbit-Moon)*	달의 공전을 잘못 이해하고 있다.
	AltOrb-S(Alternative-Orbit-Sun)*	태양이 지구 및 달 주위를 공전한다.
	AltAre(Alternative-Area)*	달에 도달하는 태양 빛에 대해 잘못 이해하고 있다.
	AltSiz(Alternative-Size)*	지구와 태양, 달의 크기 차이가 위상변화의 원인이다.
	AltClo(Alternative-Cloud)	구름에 가려지는 정도로 달의 위상이 결정된다.
	AltEcl(Alternative-Eclipse)	태양 또는 지구에 가려지는 정도에 따라 달의 위상이 결정된다.
	AltGeo(Alternative-Geography)*	지구상의 지리적 위치에 따라 달의 위상이 달라진다.
	AltEMS(Alternative-Earth-Moon-Sun)*	태양-지구-달의 상대적인 위치에 따른 달 위상을 잘못 이해하고 있다.

* 이 연구에서 추가한 개념 유형 코드

시한 보장(backing), 주장이 맞을 수 있는 범위를 제한하는 한정(qualifiers), 자료 또는 보장이 틀릴 수 있는 경우를 진술한 반증(rebuttals)의 6개 요소로 이루어져 있다. TAP 요소는 각각 C, D, W, B, Q, R로 코딩하고, 각 요소의 조합으로 논증의 구조를 표현한다(Erduran et al., 2004).

예를 들어, 논증에 주장과 자료, 보장 요소가 제시된 경우는 CDW로 나타낸다. 또한 TAP의 각 요소들은 학생들의 과학적 사고 과정을 언어적으로 표현한 것이기 때문에 제시된 TAP 요소의 종류 및 요소 사이의 논리적 관계를 통해 개념이해 정도(Chen et al., 2013) 및 추론(Erduran et al., 2004)을 파악할 수 있다.

논증 글의 외형적인 TAP 구조뿐만 아니라 달의 위상변화 원인과 관련된 학생들의 개념을 분석하기 위해 Table 2와 같이 Trundle et al.(2002)의 달의 위상변화 분류 코드를 일부 수정하여 코딩에 활용했다. Trundle et al.(2002)은 예비교사들의 달 위상변화에 대한 개념을 분석하기 위해 여러 선행연구 결과 및 수집한 자료를 바탕으로 개념 분석틀을 제시하였고, 이 연구에서 이를 활용하고자 하였다. 하지만 논증 글을 분석하는 과정에서 Trundle et al.(2002)의 코드로 분류하기 어려운 사례가 나타나 명확한 분석을 위해 각 사례에 해당하는 코드를 추가하였다. 또한 개념 코딩 자료를 바탕으로 달 위상변화 원인에 대한 학생들의 이해 유형을 Table 3과 같이 5가

지로 분류하였다. 개념 이해 유형은 기본적으로 선택의 근거 제시 유무와 개념 유형에 따라 구분하였다. 더 나아가 TAP 분석 및 개념 분석 결과를 종합하여 학생들이 가지고 있는 대안개념의 문제점을 도출하고 개념변화 수업을 위한 시사점을 찾고자 하였다.

코딩 결과의 신뢰도를 높이기 위해 연구자 외 논증 분석 연구 경험이 있는 동료 연구자 1인과 함께 2차례에 걸쳐 코딩을 하였으며, 분석자간 일치도를 확인하였다. 1차 코딩 때는 일부 자료를 대상으로 코딩 후 코딩 정의를 명확히 하였으며, 2차에는 각자 전체 전사 자료를 대상으로 코딩하여 일치도를 확인하였다. 최종 일치도 확인 결과 TAP 일치도는 98.5%, 개념 코딩 일치도는 95.0%, 개념 이해 유형 코딩 일치도는 95.0%로 나타났다. 일치하지 않는 일부 내용은 연구자 간 협의를 통해 분석 결과를 일치시켰다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 학생들의 응답 분석

활동지의 달의 위상변화 원인에 대한 학생들의 응답 결과는 Table 4와 같다. 5가지 설명 중 학생들이 가장 많이 선택한 항목은 D(48.6%, 51명)였으며,

Table 3. Types of conceptual understanding and criteria used to describe conceptual understandings

개념 이해 유형	정의
Scientific	과학적 개념을 모두 이해하고 제시했다.
SciFra(Scientific-Fragment)	과학적 개념 중 일부만 이해하고 제시했다.
AltFra(Alternative-Fragment)	한 가지 대안개념 또는 여러 개를 제시했다.
SciFra + AltFra	과학적 개념과 대안개념을 혼재하여 제시했다.
None	근거를 전혀 제시하지 않았다.

Table 4. Students' answer about cause of moon phases

주장	명(%)
A. 달은 자전을 하고 있어서 빛을 내는 반쪽을 매일 똑같이 관찰할 수 없기 때문이다.	4(3.8)
B. 달의 실제 모양과 크기가 한 달 동안 작아졌다 커지기 때문이다.	3(2.9)
C. 달의 일부분이 구름에 가리기 때문이다.	13(12.4)
D. 달은 태양 빛을 받아 항상 같은 면적이 빛나고 있지만, 그것을 매일 똑같이 관찰할 수 없기 때문이다.	51(48.6)
E. 달이 지구의 그림자를 넘나들어 태양 빛이 달에 닿지 못하는 경우가 있기 때문이다.	29(27.6)
기타. A-E 중에서 달의 위상변화에 대한 올바른 설명이 없다.	5(4.8)
합계	105(100)

E 27.6%(29명), C 12.4%(13명) A 3.8%(4명), B 2.9%(3명) 순으로 나타났다. 연구 대상 중 4.8%(5명)는 제시된 설명 중 옳은 것이 없다고 선택하여 기타로 분류하였다.

Table 4에 제시된 항목 중 A, B, C, E는 달의 위상 변화 원인에 대한 대표적인 대안개념이다(Osborne et al., 2004). 4개의 대안개념은 크게 두 수준으로 나누어 볼 수 있다. 대안개념 A, B, C는 주로 유아 또는 초등학교 저학년 학생들이 가지고 있는 대안개념이고(Stahly et al., 1999; Wilhelm, 2014), E는 보통 빛과 그림자에 대한 과학적 개념이 형성된 초등학교 고학년부터(채동현, 1996; Baxter, 1989) 대학생, 심지어 교사에 이르기까지 다양한 연령대에서 나타나는 대안개념이다(Trundle et al., 2002). 대안개념 A, B는 ‘달의 반쪽만 스스로 빛난다’, ‘달의 실제 크기가 변한다’와 같은 비과학적 내용을 포함하고 있다. 따라서 대안개념 A, B를 선택한 학생들은 달의 기본적인 물리적 특성에 대한 이해가 부족하거나 잘못된 개념을 가지고 있을 가능성이 높다. 대안개념 C는 구름을 달 위상변화의 원인으로 생각하는 것으로서, C를 선택한 학생들은 구름의 특성과 함께 달의 위상변화의 규칙성에 대한 잘못된 개념을 가졌을 가능성이 있다. 대안개념 A, B, C를 선택한 학생들의 경우 기초 개념의 오류 때문에 선택의 근거를 서술한 논증 글의 논리적 구조 또한 부실할 것으로 예상할 수 있다. 대안개념 E의 경우는 대안개념 A, B, C와 달리 성인을 포함한 다양한 연령대에서 나타나는 대안개념으로서 가장 흔하게 나타나며(Trundle et al., 2002), 달의 위상변화 원인을 식 현상으로 이해하는 것이다. 식 현상을 이해하기 위해서는 태양, 지구, 달의 운동과 함께 빛의 특성에 대한 이해도 필요하다(Wilhelm, 2014). 따라서 E를 선택한 학생들은 달의 기본적 특성은 이해하고 있을 가능성이 높지만, 과학적 사실을 해석하여 추론하는 과

정에서 오류가 발생했을 가능성이 높을 것으로 생각된다. 또한 여러 연령대에서 지속적으로 나타나는 것은 대안개념 E가 과학적 개념으로 바뀌기 어렵다는 것을 나타내며(Vosniadou, 2004), 비교적 학생 자신만의 논리체계를 형성했을 가능성이 높음을 의미한다.

학생들의 단순 응답 분석 결과만 보면 연구 대상의 48.6%(51명)는 과학적 개념을 가졌고, 51.4%(54명)는 대안개념을 가졌다고 볼 수 있다. 하지만 단순 선택으로는 학생들의 개념을 정확히 파악하는데 한계가 있으며(Korur, 2015), 기타를 선택한 학생들에 대한 분석은 불가능하다. 따라서 좀 더 명확한 개념 및 이해 정도를 파악하기 위해 학생들이 작성한 논증 글의 구조 및 하위 개념들을 분석하였다.

2. 논증 구조 분석

학생들이 서술한 논증 글의 구조를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 학생들이 제시한 근거의 논증 유형은 CD 유형(30.5%, 32명)이 가장 많이 나타났고, 다음으로 CDW 유형(27.6%, 29명), C 유형(26.7%, 28명), CW 유형(12.4%, 13명), CDWB 유형(1.9%, 2명), CWB 유형(1.0%, 1명)으로 나타났다.

생각을 명확히 표현하는 완성된 논증 구조를 갖기 위해서는 최소한 주장(Claim)과 이를 뒷받침하는 과학적 사실인 자료(Data), 주장과 자료를 연결하는 논리적인 설명인 보장(Warrant)이 필요하다(Erduran et al., 2004). 하지만 논증 글의 TAP 구조를 분석한 결과 미완성 구조로 논증 글을 작성한 학생은 70.5%(74명)로 나타났다. 이것은 자신의 주장을 논리적으로 설명하지 못한 학생들이 많았음을 나타낸다(Osborne et al., 2004). 또한 어떠한 근거 제시도 없이 단순히 선택만 한 학생도 전체의 26.7%(28명)로 나타났다. 이와 같은 학생들은 정진우 등(1992)이 밝

Table 5. TAP structures of students' written arguments

TAP 구조	A(%)	B(%)	C(%)	D(%)	E(%)	기타(%)	합계(%)
C		2(66.7)	4(30.8)	12(23.5)	10(34.5)		28(26.7)
CD	3(75.0)	1(33.3)	7(53.8)	16(31.4)	2(6.9)	3(60.0)	32(30.5)
CW			2(15.4)	6(15.4)	4(13.8)	1(20.0)	13(12.4)
CWB					1(3.4)		1(1.0)
CDW	1(25.0)			17(33.3)	10(34.5)	1(20.0)	29(27.6)
CDWB					2(6.9)		2(1.9)
합계	4(100.0)	3(100.0)	13(100.0)	51(100.0)	29(100.0)	5(100.0)	105(100.0)

힌 것과 같이 과학적 사고가 아닌 단순 직관으로 활동지의 설명 중 1가지를 선택한 것으로 생각된다.

선택 항목별로 TAP 구조를 살펴보면, 유·초등 저학년 수준의 대안개념인 A, B, C를 선택한 학생들 중 95.0%(19명)가 미완성된 논증 구조인 C 유형과 CD 유형, CW 유형을 보이고 있었다. 이것은 A, B, C 대안개념을 가진 학생들 중 95.0%가 근거 없는 단순 선택 유형(C 유형, 30.0%, 6명), 자료를 제시했지만 주장과의 논리적 연결 관계를 명확히 제시하지 못한 유형(CD 유형, 55.0%, 11명), 근거 없는 추론 제시 유형(CW 유형, 10.0%, 2명)으로 선택을 뒷받침하는 논증 글을 작성했다는 것을 나타낸다.

대안개념 E를 선택한 학생들의 미완성 논증 구조는 58.6%(17명)로 나타났다. 이 결과는 다른 대안개념을 선택한 학생들과 달리 완성된 논증 구조인 CDW 유형과 CDWB 유형을 보이는 학생이 비교적 많았으며, 비록 대안개념일지라도 자신만의 논리적 체계로 근거를 제시했다는 것을 의미한다(Erduran et al., 2004). 이것은 대안개념 E가 다른 대안개념들과 다른 특성을 가졌음을 나타낸다.

과학적 개념 D를 선택한 학생들의 66.7%(34명) 역시 미완성 논증 구조로 논증 글을 작성하였다. 이것은 과학적 개념 D를 선택했다더라도 증거를 제시하지 못하거나 개념을 논리적으로 설명하지 못할 수 있음을 나타낸다. 반면 CDW 이상의 구조로 논증 글을 작성한 사례(17명) 역시 D를 선택한 학생들 중에서 가장 많이 나타났다. 이것은 Chen et al.(2013)의 주장과 같이 올바른 과학 개념을 지닌 학생일수록 논리적으로 자신의 생각을 표현하는 능력이 높을 가능성이 있음을 나타낸다.

3. 논증 요소의 개념 분석

가. 달의 위상변화 원인에 대한 이해 유형

논증 요소에 포함된 개념들을 분석하여 이해도를

평가한 결과는 Table 6과 같다. 연구대상 중 단 1.9%(2명)만이 Scientific 유형을 보였다. Scientific 유형은 달의 위상변화에 대한 논증 글에서 SciOrb, SciHarf, SciSee, SciEMS 개념을 모두 표현하여 과학적 개념 D를 선택한 근거를 제시한 유형이다(Trundle et al., 2002). 가장 많이 나타난 이해 유형은 AltFra로 전체의 31.4%(33명)가 대안개념을 바탕으로 달의 위상변화 원인을 설명하고 있는 것으로 나타났다. 다음으로 어떠한 근거도 제시하지 않은 유형인 None이 27.6%(29명), 과학적 개념과 대안개념을 함께 근거로 제시한 SciFra+AltFra 유형이 21.0%(22명), 설명에 필요한 과학적 개념 중 일부만 표현한 SciFra 유형이 18.1%(19명)로 나타났다. 이와 같은 결과는 학생들이 달의 위상변화 원인을 이해하고 있는 수준이 다양함을 의미하며, 올바른 개념 변화를 이끌어내기 위해서 대안개념 유형별로 다른 방법을 적용해야 할 필요성 또한 시사한다. 주목할 만한 점은 대안개념 A, B, C의 개념 이해 유형과 E, 기타를 선택한 학생들의 이해 유형이 서로 다르게 나타났다는 것이다. 이것은 대안개념을 가졌더라도 필요한 하위 개념의 이해 정도가 서로 다르며, 대안개념의 특성 또한 서로 다를 수 있음을 나타낸다.

나. 자료(D)와 보장(W)의 개념 분석

선택에 대한 근거를 서술한 논증 글에서 제시한 TAP 요소 중 자료(D)와 보장(W)으로서 제시된 달 위상변화 관련 개념 유형은 Table 7과 같다. 학생들의 논증 글 분석 결과 5개의 과학적 개념 유형과 9개의 대안개념 유형이 나타났다. 전체적으로 학생들이 달의 위상변화 원인을 설명하기 위해 드러낸 개념 중 과학적 개념은 43.2%(57개), 대안개념은 56.8%(75개)로 나타났다.

달의 위상변화 원인을 설명하기 위해서는 태양을 향한 달의 절반은 항상 일정하게 빛남(SciHaf), 달은

Table 6. Result of analysis of understanding types about cause of moon phases

이해 유형	A(%)	B(%)	C(%)	D(%)	E(%)	기타(%)	합계(%)
Scientific				2(3.9)			2(1.9)
SciFra			1(7.7)	12(23.5)	3(10.3)	3(60.0)	19(18.1)
AltFra	4(100.0)	1(33.3)	8(61.5)	12(23.5)	7(24.1)	1(20.0)	33(31.4)
SciFra+AltFra				13(25.5)	8(27.6)	1(20.0)	22(21.0)
None		2(66.7)	4(30.8)	12(23.5)	11(37.9)		29(27.6)
합계	4(100.0)	3(100.0)	13(100.0)	51(100.0)	29(100.0)	5(100.0)	105(100.0)

지구 주위를 공전하고 있음(SciOrb), 지구에서 볼 수 있는 달의 빛나는 면이 달의 위상임(SciSee), 태양-지구-달의 상대적 위치가 달의 위상을 결정함(SciEMS)이라는 4개 개념이 달의 위상변화를 설명하는데 필수적인 개념이다(Bailey & Slater, 2003; Trundle et al., 2002). 하지만 논증 요소의 개념들을 분석한 결과 과학적 개념 중 ‘달이 태양 빛을 받아 빛남(SciRef)’이라는 불완전한 SciHaf 개념(15.8%)과 SciOrb 개념(17.3%)만 비교적 높은 비율로 나타났고, SciHaf(3.0%), SciSee(4.5%), SciEMS(2.3%) 개념은 낮게 나타났다. 대안개념의 유형을 살펴보면, 태양, 지구, 달의 공전에 대한 대안개념(AltOrb-S, AltOrb-E, AltOrb-M) 및 달에 도달하는 태양 빛의 특성에 대한 대안개념(AltAre) 등과 같이 기초적인 개념을 잘못 이해하고 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Hammer(1996)의 주장과 같이 기초적인 개념의 부재 및 오류가 대안개념 형성의 주요한 원인 중 한 가지임을 나타낸다.

각 선택 항목별로 살펴보면, 대안개념 A와 B를 선택한 학생들이 선택의 근거를 서술한 논증 글에서는 달의 위상변화 원인을 설명하기 위한 과학적 개념이 전혀 나타나지 않았다. 근거로서 제시한 개념에서는 주로 지구와 달의 공전에 대한 대안개념(AltOrb-E, AltOrb-M)과 달에 도달하여 반사되는 태양 빛에 대한 대안개념(AltAre)이 나타났다. 또한 지구와 달의 운동을 표현할 때는 공전 또는 자전이라

는 과학적 용어 대신 A, B를 선택한 모든 학생이 ‘회전’, ‘움직임’, ‘돈다’와 같은 모호한 의미의 용어로 표현하는 특징도 보였다. AltOrb-E와 AltAre를 가진 [S-036] 학생의 경우 CDW 구조로 논증 글을 작성했으나, 다음 예시와 같이 ‘달은 절반만 스스로 빛을 내고 있지만 지구가 달 주위를 공전하고 있기 때문에 달의 위상이 달라진다’와 같은 대안개념을 드러냈다.

[S-036] 지구는 달을 회전해서(AltOrb-E / Data) 지구에서 달에서 보이지 않는 쪽이 보일 수 있다(AltAre / Warrant). 그래서 A(Claim)가 맞다.

[S-036]의 논증 글은 달이 전체 면적의 1/2만 스스로 빛을 내고 지구가 달 주위를 공전한다는 가정이 옳을 경우 달의 위상이 변한다는 것이 논리적인 수 있으나, 자료로 제시한 개념을 잘못 이해하고 있기 때문에 대안개념을 형성한 경우로 볼 수 있다. 다른 사례들도 [S-036]의 사례와 마찬가지로 자료(D)로 제시한 개념을 잘못 알고 있는 특징을 보였다.

대안개념 C를 선택한 학생들의 경우에도 대안개념 A, B와 비슷한 유형의 문제점이 나타났다. 90%(9명)의 학생들이 달의 위상변화 원인을 설명하기 위한 자료로서 대안개념을 제시하였으며, [S-082]의 사례와 같이 구름의 존재를 자료로서 제시하는 대안개념(AltClo)이 가장 많이 나타났다.

Table 7. Result of analysis of concept types in Data and Warrant of written arguments

개념유형		A(%)	B(%)	C(%)	D(%)	E(%)	기타(%)	합계(%)
과학적 개념	SciOrb				12(16.9)	6(16.7)	5(62.5)	23(17.3)
	SciRef*			1(10.0)	13(18.3)	7(19.4)		21(15.8)
	SciHaf				4(5.6)			4(3.0)
	SciSee				5(7.0)	1(2.8)		6(4.5)
	SciEMS				3(4.2)			3(2.3)
대안 개념	AltOrb-E	1(16.7)	1(50.0)		6(8.5)	4(11.1)		12(9.0)
	AltOrb-M	3(50.0)	1(50.0)	1(10.0)	5(7.0)	1(2.8)	1(12.5)	12(9.0)
	AltOrb-S				2(2.8)			2(1.5)
	AltAre	2(33.3)			12(16.9)	2(5.6)	1(12.5)	17(12.8)
	AltSiz				4(5.6)			4(3.0)
	AltClo			7(70.0)				7(5.3)
	AltEcl			1(10.0)	3(4.2)	14(38.9)	1(12.5)	19(14.3)
	AltGeo				2(2.8)			2(1.5)
	AltEMS					1(2.8)		1(0.8)
합계		6(100.0)	2(100.0)	10(100.0)	71(100.0)	36(100.0)	8(100.0)	133(100.0)

* SciHaf의 불완전한 개념

[S-082] 지구에는 구름이 많고 구름은 사라지지 않아서(AltClo / Data) 달이 구름에 가려진다(AltClo / Data). 그래서 C(Claim)가 맞다.

[S-082]의 사례와 같이 대부분 자신의 경험을 근거로 ‘구름은 하늘에 항상 있다’, ‘태양도 구름에 가려져 안보이듯이 달도 가려져 모양이 변할 수 있다’와 같은 대안개념을 드러냈다. [S-043]의 경우 ‘태양이 달을 가릴 수도 있을 것이다’라는 관련성이 전혀 없는 대안개념(AltEcl)을 보장(W)으로서 제시한 경우도 나타나 논리적 일관성 또한 결여된 사례도 나타났다.

과학적 개념 D를 선택한 학생들의 경우는 앞선 사례들과 달리 다양한 개념들이 나타났다. D를 선택한 학생들이 근거로서 제시한 개념들 중 52.1%(37개)는 과학적 개념이었으며, 개념을 표현함에 있어서도 ‘공전’, ‘자전’, ‘반사’와 같은 과학적 용어로 논증 글을 서술하였다. 하지만 D를 선택한 학생들이 제시한 개념들 중 47.9%(34개)는 대안개념으로 나타났다. 이와 같은 결과는 과학적 개념을 선택했다라고 근거로 제시한 자료 및 보장의 개념들이 대안개념인 경우가 많으며 명확한 이해 없이 설명을 선택한 경우가 많았음을 의미한다. 한 가지 사례로 [S-106]은 CDW 유형으로 근거를 제시했으나 자료가 대안개념이었으며 이에 따른 보장에서도 대안개념을 드러냈다.

[S-106] 달은 움직이지 않고(AltOrb-M / Data) 태양이 지구 주변을 돌면서(AltOrb-S / Data) 달에 빛이 옵니다(SciRef / Data). 그래서 태양이 움직이면서 달에 비치는 태양 빛이 달라지고(AltAre / Warrant), 달의 위치마다 모양이 달라집니다(SciEMS / Warrant). 그래서 D(Claim)가 옳은 설명입니다.

[S-106] 사례의 경우 달과 태양의 공전에 대한 대안개념(AltOrb-M, AltOrb-S)을 자료로 제시하고 보장으로서 달에 비치는 태양 빛의 양이 달라진다는 대안개념(AltAre)을 제시하여 일관성 없는 추론을 전개하였다. D를 선택한 학생들의 경우 이 연구에서 분석할 수 있었던 13개의 개념 중 AltClo를 제외한 12개의 개념이 모두 나타났고 그에 따른 논증 글의 논리 전개 방식 또한 다양하게 나타났다.

대안개념 E를 선택한 학생들의 경우 논증 글에

나타난 개념 중 과학적 개념의 비율이 40.0%(14개)로 나타났다. 학생들이 사용한 용어 또한 주로 과학적 용어를 사용하였다. 이것은 E를 선택한 학생들이 대안개념 A, B, C를 선택한 학생들과 달리 달의 위상변화 원인과 관련된 기본 개념은 비교적 잘 이해하고 있으나, 일부 과학적 개념의 누락 또는 보장에서의 오류로 대안개념을 가졌을 가능성이 높다는 것을 의미한다. 다음 [S-022]의 사례가 대표적이다.

[S-022] 달은 지구 주위를 공전하고 있고(SciOrb / Data) 태양 빛을 반사해서 우리 눈에 보인다(SciRef / Data). 그런데 지구는 태양 주위를 공전하고 있어서 달로 가는 태양 빛을 막는다(AltAre / Warrant). 그래서 달이 지구 앞에 있으면 달 전체가 보이고, 지구 뒤에 있으면 달이 안 보인다(AltEMS / Backing).

[S-022]의 경우 CDWB 유형으로 연구대상 중 가장 높은 TAP 구조를 논증 글을 작성했고 자료로서 SciOrb, SciRef를 제시했지만 보장으로서 AltAre, 보강으로서 AltEMS를 제시하였다. [S-022]의 사례와 같이 대안개념 E를 선택한 학생들은 주로 보장에서 AltAre를 제시하는 문제점을 나타냈다.

선택항목 중 옳은 것이 없다고 응답한 학생들의 경우는 논리적인 근거를 제시하기 보다는 단순히 ‘달이 공전하기 때문’이라는 SciOrb 개념을 자료로서 제시하는 특징을 보였다. 특히 [S-019], [S-024], [S-028]은 SciOrb 만이 달의 위상변화 원인에 대한 올바른 설명이기 때문에 활동지의 항목 중 옳은 것이 없다고 선택했다. 이러한 학생들은 태양, 지구, 달 사이의 시스템적 사고의 부재를 보이고 있으며, 단순 암기 내용만을 표현했기 때문에 대안개념을 지닌 것으로 볼 수 있다. 또한 이 사례는 2009 개정 교육과정에 따른 지도서의 학습목표 및 실험관찰에 제시된 ‘달 위상변화의 원인은 달의 공전 때문이다’라는 예시 정답이 주요한 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

다. 논증 오류 유형

완성된 기본 논증 구조인 CDW를 바탕으로 논증 글 속의 자료(D) 보장(W) 요소의 개념 분석을 진행하는 동안 몇 가지 오류 유형을 발견할 수 있었으며, 이를 분석한 결과는 Table 8과 같다. 개념 이해 유형(CDW-Sci)을 제외한 오류 유형은 자료의 오류

(D-error), 보장의 오류(W-error), 근거 제시 없음(DW-none)으로 구분할 수 있었다. D-error 유형으로는 자료로서 대안개념은 없지만 달의 위상변화 원인을 설명하기 위해 필요한 4가지 과학적 개념 중 일부만 제시한 D-lack 유형, 모두 대안개념만 제시하거나 일부 대안개념이 포함되어 있는 D-Alt 유형이 나타났다. W-error 유형으로는 자료에는 올바른 개념을 제시했지만 보장으로서 대안개념을 제시하거나 논리적으로 일관성이 없는 내용을 제시한 W-Alt 유형, 어떠한 자료도 없이 대안개념을 포함하거나 논리적으로 일관성이 없는 보장을 제시한 W-lack-D 유형이 나타났다.

대안개념 A, B, C를 선택한 학생들은 D-error 유형 중 D-Alt 유형이 55%(11명)로 가장 많이 나타났다. 이와 달리 대안개념 E를 선택한 학생들은 주로 W-error 유형이 나타났으며, W-Alt 유형(27.6%, 8명)과 W-lack-D(24.1%, 7명) 유형이 비슷한 비율로 나타났다. 과학적 개념 D를 선택한 학생들의 논증 글에서도 오류를 발견할 수 있었으며, 주로 D-Alt 유형(29.4%, 15명), D-lack 유형(25.5%, 13명), DW-none 유형(23.5%, 12명)이 나타났다.

IV. 결론

이 연구는 달의 위상변화 원인에 대해 학생들이 가지고 있는 개념의 특성을 알아보기 위해 실시하였다. 이를 위해 달 위상변화 원인에 대한 대표적인 대안개념을 포함한 5가지 설명 중 옳은 것을 선택하고 근거를 서술하도록 하는 논증 과제를 투입하였으며, 학생들의 개념 선택과 근거에 포함된 하위 개념 및 TAP 구조를 분석하였다. 이상의 결과를 바탕으로 결론을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 학생들은 달의 위상변화 원인에 대해 다양

한 대안개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이와 함께 학생들이 선택의 근거로서 제시한 개념들 역시 다양한 대안개념들로 나타났다. 2009 개정 교육과정에서는 달의 위상변화 원인을 달의 공전으로 설명하도록 되어있지만, 학생들이 제시한 개념 중 약 17%만이 ‘달의 공전’에 대한 과학적 개념으로 나타났다. 대부분 달의 공전 이외의 다른 개념들로 달의 위상변화 원인을 설명하였다. 개념을 잘못 이해하여 제시한 사례, 달의 위상변화와 관련 없는 개념을 제시한 사례, 초등 교육과정 및 교과서에서 다루지 않는 개념들을 제시한 사례 등 다양한 양상을 나타냈다. 특히 지구와 달의 크기 차이 등 달의 위상변화와 직접적 관련이 없는 개념을 제시한 사례와 지구와 달의 그림자, 지구상 관찰자의 위치, 기상요소, 동일한 달의 공전과 자전 주기 등과 같이 교육과정에서 다루지 않는 개념 등을 제시한 사례는 학생 나름대로의 배경지식을 동원하여 설명 체계를 구성하려고 노력했음을 나타낸다. 이것은 Lawson(1995)이 과학적 개념의 특성에서 제시한 것과 같이 학생들이 수업 전에 관찰, 독서와 같은 개인적인 경험을 통해 선개념을 가지고 있었거나, 수업 중 학습 목표와 다른 나름대로의 추론을 통해 대안개념을 구성했다는 것을 나타낸다.

둘째, 대부분의 학생들은 달의 위상변화 원인에 대한 증거를 제시하지 못하거나 증거를 제시했다고 하더라도 주장과 논리적으로 연결하여 설명하지 못하는 등 불완전한 TAP 구조로 논증 글을 작성한 것으로 나타났다. 구체적으로 주장(C)만 제시한 유형, 자료(D)를 제시하지 않았거나 대안개념을 자료로 제시한 유형, 자료 없이 보장(W)만 제시하거나, 자료와 주장을 논리적으로 연결시켜주지 못한 보장 제시 유형이 나타났다. 이와 같은 결과는 연구대상 전체가 논증활동을 전혀 경험해보지 못한 것에 기인한 결과일 수 있다. 하지만 주목할만한 점은 연구

Table 8. Result of analysis of TAP error types

오류 유형		A(%)	B(%)	C(%)	D(%)	E(%)	기타(%)	합계(%)
CDW-Sci					2(3.9)			2(1.9)
D-error	D-lack			1(7.7)	13(25.5)	2(6.9)	3(60.0)	19(18.1)
	D-Alt	4(100.0)	1(33.3)	6(46.2)	15(29.4)	2(6.9)	1(20.0)	29(27.6)
W-error	W-lack-D			2(15.4)	4(7.8)	7(24.1)		13(12.4)
	W-Alt				5(9.8)	8(27.6)	1(20.0)	14(13.3)
DW-none			2(66.7)	4(30.8)	12(23.5)	10(23.5)	0(0.0)	28(26.7)
합계		4(100.0)	3(100.0)	13(100.0)	51(100.0)	29(100.0)	5(100.0)	105(100.0)

대상의 약 30%는 CDW 이상의 구조로 논증 글을 작성했으며, 과학적 개념 D를 선택한 학생들과 빛과 천체의 기본적 운동에 대한 이해가 필요한 대안개념 E를 선택한 학생들의 비율이 높았다는 것이다. 이것은 과학적 지식의 이해와 논증 수준과는 서로 깊은 관련이 있다는 Chen et al.(2013)의 주장과 같은 맥락으로 볼 수 있다. 또한 초등학생들도 충분히 과학적 논증활동을 할 수 있으며, 과학개념의 이해를 향상시키기 위해 논증활동이 필요하다는 Osborne et al.(2004)의 주장을 뒷받침하는 증거로 볼 수 있다.

셋째, 대안개념에 따라 근거로서 제시한 개념 및 논증 구조 측면에서 서로 다른 특징을 나타냈다. 유치동 저학년에게서 주로 나타나는 대안개념을 가지고 있는 경우는 대부분 자료로 제시한 기초 개념에 오류가 있는 것으로 나타났다. 이와 달리 달 위상변화를 식 현상으로 이해하고 있는 경우는 TAP 요소 중 보장 요소에서의 오류를 드러내 추론의 문제점을 드러냈다. 이것은 대안개념의 형성원인을 크게 기초 개념의 부재 및 오류와 추론 과정에서의 문제점으로 추정할 수 있으며, 대안개념의 특성에 따라 서로 다른 교육적 처방이 필요함을 의미한다.

달의 위상변화 원인에 대한 초등학생들의 개념을 논증 글을 통해 분석한 결과 학생들 나름대로의 개념 구성을 시도했다는 것을 알 수 있었으며, 과학개념 이해와 논증 구조와의 관계, 그리고 대안개념의 형성 원인을 추정할 수 있었다. 이를 통해 얻을 수 있는 교육적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 수업 전 학생들이 가지고 있는 선개념을 점검하는 과정이 반드시 필요하다. 과학적 개념과 다른 선개념은 학습 과정에서 올바른 과학적 개념의 형성을 방해할 수 있기 때문이다. 또한 선개념이 기초 개념의 오류에 의한 대안개념일 경우 기초 개념을 확실히 지도한 후 본격적인 수업을 진행해야 학생들이 올바른 과학적 개념을 이해하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

둘째, 논증 글쓰기 및 과학적 증거를 바탕으로 하는 토론 과정 등 과학적 논증활동을 수업에 적극적으로 도입해야 할 필요가 있다. 논증활동은 학생들의 과학적 개념의 이해에 도움을 줄 수 있으며, 교사에게는 학생들이 증거를 해석하고 주장과 연결 짓는 추론 과정을 확인할 수 있는 실제적 자료를 제공해 줄 수 있기 때문이다.

셋째, 대안개념에 따라 서로 다른 특성을 가지고

있기 때문에 대안개념의 특성을 고려하여 과학적 개념으로 변화를 유도할 수 있는 전략 또는 프로그램의 개발이 필요하다.

이 연구는 논증 글만을 분석 대상으로 학생들의 대안개념을 분석했기 때문에 담화 논증활동 과정에서 드러나는 학생들의 개념까지는 고려하지 못했다. 또한 개인적인 논증 글과 협력적인 담화 논증활동의 양상은 다르기 때문에 담화 논증활동까지 고려한 학생들의 개념분석 연구와 두 논증활동에서 드러나는 개념 비교 연구도 진행할 필요가 있다.

국문요약

이 연구의 목적은 논증 글을 통해 달의 위상변화 원인에 대해 학생들이 가지고 있는 개념의 특성을 파악하는 것이다. 이를 위해 달 위상변화 원인에 대한 대표적인 대안개념을 포함한 5가지 설명 중 옳은 것을 선택하고 근거를 서술하도록 하는 논증 과제를 투입하였으며, 학생들의 개념 선택과 근거의 TAP 구조 및 하위 개념을 분석하였다. 분석결과 학생들은 달의 위상변화 원인뿐만 아니라 관련 개념에서도 다양한 대안개념을 가진 것으로 나타났다. 연구대상의 70.5%가 불완전한 논증 구조를 보였으며, 대안개념의 유형에 따라 주로 나타나는 오류 유형이 다르다는 특징도 확인할 수 있었다. 이러한 결과들은 학생들이 지닌 선개념 점검의 중요성과 논증활동의 필요성, 대안개념의 유형에 따른 적절한 교육적 처방의 필요성을 나타낸다.

References

- 교육부(2015). 초등학교 교사용 지도서 과학 6-1. 세종: 교육부.
- 박지현, 현동걸, 신애경(2016). 지구와 달의 공전궤도를 고려한 달의 위상 변화 관찰 교구의 효과. 대한지구과학교육학회지, 9(3), 323-340.
- 양일호, 김정연, 임성만(2015). 2007과 2009 개정 과학교과서에 제시된 달의 위상 변화 삽화에 대한 초등학교 5학년 학생들의 이해. 대한지구과학교육학회지, 8(1), 56-65.
- 이효녕, 조현준(2012). 학교 과학교육에서의 과학적 논증활동을 위한 탐구학습 지도방법 탐색. 대한

- 지구과학교육학회지, 5(2), 175-188.
- 정진우(1992). 중학교 학생들의 지구과학 개념에 대한 오개념의 형성 원인 분석. *청람과학교육연구논총*, 2(1), 248-266.
- 채동현(1996). 학생들의 달 위상변화의 원인에 대한 개념 조사. *초등과학교육*, 15(1), 45-55.
- 채동현(2009). 중학교 3학년 과학 교과서의 ‘달의 위상변화’ 문제점 분석. *한국과학교육학회지*, 29(8), 874-885.
- Abell, S., Martini, M., & George, M. (2001). That's what scientists have to do: pre-service elementary teachers' conceptions of the nature of science during a Moon investigation. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1095-1109.
- Bailey, J. M., & Slater, T. F. (2003). A review of astronomy education research. *Astronomy Education Review*, 2(2), 20-45.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513.
- Bell, R. L., & Trundle, K. C. (2008). The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 346-372.
- Brunsell, E., & Marcks, J. (2005). Identifying a baseline for teachers' astronomy content knowledge. *Astronomy Education Review*, 2(3), 38-46.
- Chen, Y., Hand, B., & McDowell, L. (2013). The effects of writing-to-learn activities on elementary students' conceptual understanding: learning about force and motion through writing to older peers. *Science Education*, 97(5), 745-771.
- Erduran, S., & Simon, S. Osborne.(2004). TAPing into argumentation: Development in the use of Toulmin's argumentation pattern in studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-953.
- Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics*, 64(10), 1316-1325.
- Hannust, T., & Kikas, E. (2007). Children's knowledge of astronomy and its change in the course of learning. *Early Childhood Research Quarterly*, 22(1), 89-104.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics education*, 34, 294-299.
- Hewson, P. W., A'B, H., & Mariana, G. (1988). An appropriate conception of teaching science: A view from studies of science learning. *Science Education*, 72(5), 597-614.
- Kanli, U. (2014). A Study on Identifying the Misconceptions of Pre-service and In-service Teachers about Basic Astronomy Concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(5).
- Korur, F. (2015). Exploring Seventh-Grade Students' and Pre-Service Science Teachers' Misconceptions in Astronomical Concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5).
- Lawson, A. E. (1995). Science teaching and the development of thinking. California: Wadsworth.
- McNeill, K. L. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Science Education*, 93(2), 233-268.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Schoon, K. J. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the earth and space sciences: A survey of pre-service elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7(2), 27-46.
- Sherrod, S. E., & Wilhelm, J. (2009). A study of how classroom dialogue facilitates the development of geometric spatial concepts related to understanding the cause of moon phases. *International Journal of Science Education*, 31(7), 873-894.
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.

- Stahly, L. L., Krockover, G. H., & Shepardson, D. P. (1999). Third grade students' ideas about the lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 159-177.
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. Cambridge university press.
- Trumper, R. (2000). University students' conceptions of basic astronomy concepts. *Physics Education*, 35(1), 9-15.
- Trumper, R. (2001). A cross-age study of senior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *Research in Science & Technological Education*, 19(1), 97-109.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 633-658.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2007). A longitudinal study of conceptual change: Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 303-326.
- Vosniadou, S., Skopeliti, I., & Ikospentaki, K. (2004). Modes of knowing and ways of reasoning in elementary astronomy. *Cognitive Development*, 19(2), 203-222.
- Wilhelm, J. A. (2014). Young children do not hold the classic Earth's shadow misconception to explain lunar phases. *School Science and Mathematics*, 114(7), 349-363.