

초등학교 교사들의 천문학적 거리에 대한 개념 연구

정진우 · 한 신*

한국교원대학교 지구과학교육과, 363-791, 충북 청원군 강내면 다락리 산 7

The Conceptions of Astronomical Distance of Elementary School Teachers

Jinwoo Jeong and Shin Han*

Department of Earth Science Education, Korea National University of Education,
Chungbuk 363-791, Korea

Abstract: The purpose of this study is to identify the conceptions of elementary school teachers regarding the variation scale about astronomical distance and its accuracy with distance increased. The astronomical distance questionnaire was administered to 69 elementary school teachers, then; three teachers were selected to interview about their conceptions. Results showed that many elementary school teachers overestimated the distance from the Earth to the Moon and to the Sun, and dramatically underestimated the distances to the nearest star and to the nearest galaxy. They inferred astronomical distance with the use of both intuitive (psychological) measure and theoretical (calculative) measure. They well recited the terminology such as AU and a light-year, yet they did not show a good understanding of what the terms exactly means. Some teachers thought that the distance to Neptune is farther than the distance from Earth to the nearest star. There was a considerable variability in the participants' estimates of astronomical distances. Elementary school teachers showed a tendency to overestimate the distance as it gradually increases to the outer solar system.

Keywords: astronomical distance, conception, elementary school teacher

요약: 본 연구의 목적은 현직 초등학교 교사들의 천문학적 거리 개념을 확인하고 천문학적 거리에 대한 편차 규모와 천문학적 거리를 점점 확대 시켰을 때 정확성을 알아보기 위한 것이다. 경기도 소재 초등학교 교사 69명을 대상으로 천문학적 거리 관련 질문지를 배포하여 결과를 분석한 후 3명을 임의 추출하여 그들이 작성한 질문지를 바탕으로 인터뷰를 실시하여 그들의 천문학적 거리 개념을 분석하였다. 많은 초등학교 교사들이 지구와 달, 태양 사이의 거리를 과대 평가하였고, 항성 및 은하까지의 거리는 매우 과소평가하였으며, 천문학적 거리를 이론적(계산적) 척도와 직관적(심리적) 척도를 활용하여 추정하였다. 그들은 AU, 광년과 같은 단어를 익히 들어 잘 알고 있으나 그 의미를 정확하게 이해하지 못하는 사례도 있었으며, 지구에서 해왕성까지의 거리가 항성까지 거리 보다 더 멀다고 인식하는 사례도 있었다. 천문학적 거리를 추정할 때 상당한 변이성이 존재하며, 태양계 내에서 태양계 밖에 존재하는 천체로 거리를 늘려나갈 수록 초등 교사들은 그 거리를 점점 더 과소평가하였다.

주요어: 천문학적 거리, 개념, 초등학교 교사

서론

우리는 2차원이나 3차원의 모양이나 물체에 둘러싸여 있는 공간 속에서 살아가고 있다. 그 공간 속에서 원활한 활동을 하며 살아가기 위해서는 사물들

사이의 공간 관계에 관한 직관력이 필요하다 (Baroody and Coslick, 1998). 공간은 우리 실생활과 분리될 수 없는 것으로, 오래전부터 많은 학자들로부터 관심을 받아왔다. 공간과 관련된 용어는 공간 능력, 공간 감각, 공간 지각, 공간 시각화, 공간 능력 등 다양하게 사용되고 있다(김은선, 2010).

사물과 그 주변 공간에 대한 직관적인 느낌이 공간 감각이며(National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1989), 3차원 세계에서 학생

*Corresponding author: geoscience@naver.com
Tel: 82-43-230-3794
Fax: 82-43-232-7176

들이 사물과 사물의 위치 사이의 관계를 이해하도록 도와준다(Kennedy and Tipps, 2000).

공간능력이란 공간에 있는 대상에 가해진 어떠한 물리적인 변화를 인지하고 원래의 대상과 물리적 변화가 일어난 대상 사이의 공통점과 차이점을 인식할 수 있는 능력(한기완, 2001)으로, 자신이 인지한 공간 안에서 물체를 정신적으로나 육체적으로 다루거나 빠르게 인식하는 능력이다(이성미와 방정숙, 2007). 또는 공간능력은 인간에 대한 심리 측정적 연구 방법으로부터 나온 구인으로, 공간 속에 있는 내적 표상을 기호화하거나 기억하여 다른 사물 또는 공간 위치에 관련시키는 능력을 말한다(김상달 외, 2005).

이성미와 방정숙(2007)은 McGee(1979), Linn and Peterson(1985), Del Grande(1990)의 공간능력 하위 요인을 종합하여 공간 시각화, 공간 방향화, 공간 관계로 보았다. 그 중 공간 관계는 물체와 자신 사이의 관계를 파악하는 능력과 두 개 이상의 물체들 사이의 관계를 인식하는 능력으로 두 개 이상의 물체들 사이의 거리, 위치, 방향 등의 관계를 파악할 수 있는 능력(이성미와 방정숙, 2007)이며, 3차원 세계에서 사물과 사물의 위치 사이의 관계를 이해하도록 도움을 주기 때문에(Kennedy and Tipps, 2000), 공간 관계는 거리와 밀접한 관계를 맺고 있다고 할 수 있다.

천문 분야에서 사용되는 거리의 단위는 일상에서 쓰이는 거리의 단위에 비하여 엄청나게 크다. 천문학적 거리의 명백한 난점은 사람들이 단순히 지식이 부족하다기보다 이러한 거리를 추정할 때 사람들은 실수(error)를 범하는데, 이러한 실수가 오개념이라고 할 수 있다(Miller and Brewer, 2010). 오개념은 지식이 부족하기 때문에 범하는 실수(error)와는 다른 것이다. 왜냐하면 오개념이란 어떤 개념 이해를 어렵게 만드는 선행 믿음(prior beliefs)의 체계 속으로 빠져 들게 되는 것이기 때문이다. 따라서 오개념은 더욱 조직적이고, 어떤 상황에서 일관적이며, 변화하기 힘든 것이다(Carly, 1985; Driver et al., 1985).

천문학적 거리에 대한 오개념은 사람들마다 거리를 추론할 때 각자 일상 생활 속에서 경험한 거리를 바탕으로 추정하기 때문에 실수(error)를 범할 수 있다(Miller and Brewer, 2010). 천문학적 거리에 대한 오개념은 우주 본성에 대한 천문학적이고 물리적인 개념과 연관되어 있으며, 지질학적 시간에 대해 가지는 오개념과 비슷하다(Ritger and Cummins, 1991; Trend, 2001).

그동안 천문학적 거리 이해와 관련된 많은 연구들이 있었다. 김은주 등(2008)은 ‘태양계의 크기와 거리’라는 구체적 영역에 접합하여 일반계 고등학교 학생들에게 적합한 태양계 축소 수업 프로그램을 개발하면서 태양계의 크기는 학생들이 체감하기 어려운 천문학적 단위로 상대적인 거리나 크기를 비교하기 어렵다고 하였다. 미국 고등학교 학생들을 대상으로 한 Sadler(1992) 연구에서는 태양을 농구공 크기 혹은 태양과 다른 항성을 포도 크기라고 가정한 후, 각 천체들 간의 거리를 측정하는 5지 선다형의 질문지를 개발하였다. 그 질문지의 경우 선택 문항을 모두 숫자로 제시한 후 오름차순으로 정렬하였고, 정답은 숫자가 가장 큰 것이었다. 연구 결과 단지 30%의 학생들이만 정답을 택하였으며, 27%는 과소평가하였고, 42%는 과대평가하였다. 어떤 학생들은 지구와 달까지의 거리를 암기하고 있는 경우도 있었으나 이 경우 실제로 암기한 정보의 의미를 정확하게 이해하지 못하기도 하였다.

Shore and Kilburn(1993)는 같은 질문지를 22명의 초등교사에게 적용하였다. 연구 결과 64% 정도의 초등 교사들이 태양과 달까지의 거리를 올바르게 선택하였으나 그들은 가장 가까운 항성까지의 거리를 추정하도록 하는 질문은 하지 않았다. Trumper(2001)는 이스라엘의 중, 고등학생, 천문 수업을 듣지 않은 대학생, 예비 초등교사, 예비 중등교사들에게 적용하였다. 그 결과 지구와 태양 사이의 거리를 중학생 20%, 대학생들과 예비 교사들은 30% 이상의 정답을 선택하는 비율을 보였다. 그리고 가장 가까운 항성까지의 거리에 대해서는 중학생이 18%, 고등학생이 19%, 예비 교사가 25% 정도 정답을 선택하였는데, 학년이 높을 수록 정답을 선택하는 비율이 조금씩 변화하는 모습을 보여주었다.

Summers and Mant(1995)는 초등 교사를 대상으로, 태양을 농구공 크기로 가정한 후, 지구와 태양 사이의 거리를 추정하는 동일한 질문지를 사용하였다. 이들은 질문지에 “모름”, “NA”와 같은 선택항목을 포함해 Sadler(1992)가 사용했던 5지선다형의 문항에서 9지선다형의 문항으로 확대하였다. 질문지는 선택 문항을 모두 숫자로 제시한 후 오름차순으로 정렬하였고, 정답을 선택지 9개 중 가운데에 위치한 5번에 배치하였다. 그 결과 Sadler(1992)와 Trumper(2001)의 연구 결과와 반대되는 결과가 나타났다. 선택지에 답한 교사들 중 50%는 과대평가, 34%는 과

소 평가하였고 단지 16%만이 정답을 추정하였다.

Miller and Brewer(2010)는 이러한 결과에 대해 천문학적 거리에 대한 개념을 테스트하는 맥락에서, 다중 선택지에 쓰여진 문제의 타당도에 매우 중대한 제한점이 있음을 언급하였다. 즉, 다중 선택지를 사용하는 것은 선택 가능한 범위를 제한하며, 그것을 선택한 사람들의 소박한(naive) 믿음의 정도나 본성을 밝히기 어렵다고 지적하였다. 그리고 Sadler(1992), Shore and Kilburn(1993), Trumper(2001)의 연구에서는 수치가 가장 큰 것을 정답으로 지정하였는데, 이는 연구 참여자들이 더 큰 수로 거리를 과대평가하거나 더 작은 수로 과소평가 할 수 있는 범위를 제한할 수 있다고 하였다. 따라서 다중 선택지가 여러 면에서 유용하고 적절하지만 천문학적 거리에 대한 오개념을 알기 위해 그것을 사용하는 것은 문제가 있음을 지적하였다. Miller and Brewer(2010)는 구체적인 개념들을 밝히기 위한 천문현상 개념 이해 정도를 보여주도록 고안된 개방형 질문지를 만들어 미국 대학생들에게 적용하였다. 그 질문지 문항 중에 지구와 달, 태양, 항성, 은하까지의 거리를 수치로 측정해 보게 하였다. 연구 결과 미국 대학생들은 천문학적 거리에 대해 오개념을 가지고 있고, 대부분의 학생들은 달까지의 거리를 과대평가하며, 다른 천체까지의 거리는 점점 과소평가하고 있음을 보여주었다.

현재까지의 천문학적 거리 관련 선행 연구들을 살펴보면, 다중 선택 문항을 통해 거리를 추정하는 연구(Sadler, 1992; Shore and Kilburn, 1993; Summers and Mant, 1995; Trumper, 2001)가 대부분이었고, Miller and Brewer(2010)는 대학생을 대상으로 개방형 질문지를 이용해 연구하였다. 그러나 초등 교사를 대상으로 한 연구는 그다지 활발하게 이루어지지 않은 상태라 할 수 있다. 교사가 교과서에 제시된 개념을 정확하게 이해하고 있을 때 학생의 정확한 개념 형성에 영향을 미칠 수 있으며, 교사가 지닌 교과 내용의 지식은 교실에서의 학습 내용 논의 수준을 결정한다(Carlsen, 1999). 또한 교사가 교과 내용 지식이 부족한 단원을 가르치는 경우 효과적인 수업은 이루어지지 않는다(Childs and McNicholl, 2007). 그러므로 초등 교사들이 천문학적 거리에 대한 개념을 어느 정도 가지고 있는지에 대한 연구는 큰 의미가 있다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 초등학교 교사를 대상으로 천문학적 거리에 대한 개념을 알아보고자 개방형 질문지

를 개발하여 적용하였다. 초등학교 교사들이 지닌 천문학적 거리에 대한 심리적 표상을 측정하기 위해 Miller and Brewer(2010)가 사용했던 질문지를 활용하여 초등 교사들에게 개방형으로 답하게 한 후, 그것을 실제 물리적 거리와 비교 분석하였다. 초등학교 교사들이 오개념을 일으킬 수 있는 문제점을 줄이기 위해 유추적인 방법을 사용하여 질문지를 구성하였고, 그들이 적절하게 느끼는 방법으로 대답할 수 있도록 개방형 답변 형식을 사용하였다. 본 논문은 초등학교 교사들의 천문학적 거리 개념을 신장시키는데 연구의 목적을 두었으며, 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 초등학교 교사들이 가지고 있는 천문학적 거리 개념은 무엇인가?

둘째, 천문학적 거리를 점점 확대 시켰을 때 초등학교 교사들의 정확성은 어떻게 변화되는가?

연구 방법 및 절차

연구 대상

본 연구에서는 경기도 하남시, 김포시, 시흥시에 있는 4개 초등학교 96명의 교사를 대상으로(남자 37명, 여자 59명) 질문지의 답을 받았으나, 질문에 응답하지 않거나 '너무 멀다'와 같이 해석이 어려운 27명을 제외한 나머지 69명의 교사 응답을 대상으로 분석하였다.

분석 가능한 현직 교사들 중 21명은 남자, 48명은 여자 교사였다. 교직 경험이 5년 미만인 교사는 18명, 5년-10년인 교사는 14명, 11년-20년인 교사 19명, 30년 이상인 교사 16명, 교직 경력에 답변하지 않은 교사 2명이었다. 초등학교 교사를 대상으로 하는 초등교사 과학과 직무연수를 받은 경험이 있는 교사는 52명이었고, 최근 5년 내에 5, 6학년을 가르치면서 태양계, 천체 관련 단원을 지도해 본 경험을 가진 교사는 60명에 달하였다.

본 연구에 참여했던 참여자들 중 비교적 정확한 개념을 가지고 있는 교사 1인(교사 H), 천체간의 거리를 매우 과소평가 했던 교사 1인(교사 L), 지구와 태양사이의 거리를 과대평가 했던 교사 1인(교사 J)을 임의 선정하여 연구의 목적을 알린 후 면담을 요청하고 동의를 받았다. 이들의 인적사항은 Table 1과 같으며, 세 명의 교사 모두 교육대학에서 초등교육을 전공하였으며, 심화 과정을 교사 H는 과학, 교사 L

Table 1. Participants' personal information

Teacher	Teaching career (year)	Gender	Intensive major	Final degree	Scientific training experience	Experience in science class curriculum overtime	Astronomy teaching experience
Teacher H	10	Male	Science	Master	○	○	○
Teacher L	5	Male	Korean	Master	○	×	○
Teacher J	0.6	Female	실과	BA	×	×	×

은 국어, 교사 J는 실과였다.

교사 H는 5학년 담임으로 10년 정도의 교직 경력을 가지고 있었고, 별자리에 관심이 많이 별자리 관련 교사 동호회 활동을 활발하게 수행하고 있었다. 그리고 각 학교를 순회하며 교사와 학생을 대상으로 별자리 관련 강의를 하고 있었다. 교사 L은 4학년 담임으로 교직 경력이 5년 정도이며, 대학원에서 상담 심리를 전공하고 있다. 2009년에 시 교육청에서 주관한 초등 교사 과학과 직무 연수를 받은 경험이 있다. 교사 J는 2010년 3월에 신규 발령을 받은 초임 교사이다. 6학년 담임이며, 과학과 관련된 직무 연수를 한 번도 받아 보지 못했다.

면담은 사전에 실시하였던 질문지를 바탕으로 기본적인 질문 문항들을 만들고, 면담 중 추가 질문을 하는 반구조화된 형태로 진행하였다. 면담 소요시간은 약 30분 정도였으며, 면담 장소는 교사들이 근무하고 있는 초등학교의 학년 연구실에서 이루어졌다. 면담의 전 과정을 교사들의 허락 하에 녹음하였고, 이후 자료 분석을 위하여 전사하였다.

검사 도구

본 연구에서 사용된 천문학적 거리 관련 질문지는 '기초 천문현상 개념' 문항과 '천문학적 거리 개념' 문항 요소로 나누어 분석하였다. 질문지는 기초 천문현상 개념 관련 문항을 6개로 구성하였는데, 이는 천문 현상을 어느 정도 이해하고 있는지 알기 위한 것이다. '천문학적 거리 개념' 문항은 지구에서 달, 태

양, 가장 가까운 항성, 은하까지의 거리를 수치로 추정할 수 있는 개방형 질문지 형태로 구성하였다 (Table 2).

다중 선택지를 사용하는 것은 선택 가능한 범위를 제한하기 때문에 지식, 신념의 정도나 본성을 밝히기 어렵다(Brewer, 2008). 이는 천문학적 거리에 대한 개념을 연구하는데도 어려운 문제이다. Sadler(1992), Shore and Kilburn(1993), Summers and Mant(1995), Trumper(2001) 등의 연구는 선다형 선택지를 사용하였다. 이러한 선다형 선택 방법은 연구 참여자들이 거리를 더 과대 평가하거나 과소 평가하는 범위를 제한할 가능성이 있다. 따라서 본 연구의 질문지에 사용된 문항은 Miller and Brewer(2010)가 사용한 개방형 방법을 따른 것으로, 우리나라 실정에 맞게 보완하여 2차례의 예비 검사를 통해 수정되었고 지구 과학교육 전문가 및 지구과학교육을 전공하는 박사과정 현직 교사 2인과 여러 차례 협의를 통해 수정 및 보완하였다.

자료 수집 및 분석

최종적으로 완성된 천문학적 거리 관련 질문지는 개방형 형식을 취하였으며, 연구 참여자들이 답하는데 편리한 방법으로 다양하게 답할 수 있도록 하였다. 어떤 참여자들은 cm, m, km와 같은 단위를 사용하였으며, 다른 연구 참여자들은 자신에게 친숙한 건물, 거리, 도시, 나라 이름 등을 이용하여 작성하였다. 건물, 거리, 도시, 나라 이름 등으로 자유롭게 답한

Table 2. Descriptions of questionnaire items about the conceptions of basic astronomical phenomena and astronomical distance

Comprehension questions about basic astronomical phenomena concept	Comprehension questions about astronomical distance concept
1. Sunrise and sunset direction	1. Imagine that the Earth is a baseball (roughly 8 cm)
2. Changes in the ecliptic	① How far away would the Moon be?
3. Season difference of Southern hemisphere and northern hemisphere	② How far away would the Sun be?
4. Cause of seasonal variation	③ How far away would the nearest star be? (Proxima Centauri)
5. Moon phase	④ How far away would the nearest Galaxy be? (the Large Magellanic Cloud)
6. Same shape observation reason of the moon	

Table 3. The estimated percentiles of astronomical distances and the actual physical distance

Percentile	Moon	Sun	Star	Galaxy
100th	11,000,000	18,800,000	300,000,000,000	600,000,000,000
90th	400,000	11,000,000	380,000,000	150,000,000,000
75th	2,600	400,000	11,000,000	380,000,000
Median	10	2,600	400,000	11,000,000
25th	0.08	150	9,000	400,000
10th	0.01	20	83	2,280
The actual physical distance	2.3	894	238,343,907	10,109,100,000,000

개방형 답변들을 공통된 기준으로 바꾸는 작업이 필요했기 때문에 구글 어스(Google Earth) 프로그램을 이용해 일직선 거리를 측정 후, 거리를 미터법으로 바꾸었다. 거리는 각 건물 간의 중심점까지의 거리, 도시와 도시의 가장 가까운 거리, 나라와 나라의 가장 가까운 거리를 측정하였고, 수집된 자료를 통해 초등 교사들이 지닌 천문학적 거리에 대한 심리적 거리(Psychological Distances)와 실제 천체들 간의 물리적 거리(Physical Distances)를 비교하였다. 이를 비교하기 위해, 물리적 거리는 지구를 야구공 정도(약 8 cm) 크기로 표현하였다.

모든 천문학적 거리에 대한 개방형 질문의 답변들은 미터법으로 바꾸었으며, 이 답변들을 통해 현직 교사들이 갖는 각 천체까지의 심리적 거리 중간값을 확보하였다. 연구 참여자들이 천문학적 거리에 대해 갖고 있는 심리적 거리에 대한 분포를 백분위수로 계산하였는데, 이 백분위수는 연구 참여자들의 편차 정도와 중간값 추정 정보를 제공해 주었다. 심리적 거리 추정은 Table 3에 나타나 있으며, 본 논문에서는 물리적 거리와 함께 제공하였다.

연구 결과 및 논의

초등 교사들의 천문학적 거리에 대한 개념

많은 초등 교사들은 지구와 달 사이의 거리를 과대평가하고 있었다. 이는 Miller and Brewer(2010)의 연구와 비슷한 연구 결과를 보여주고 있는 것이지만, 약 40% 정도의 연구 참여자들은 거리를 과소평가하고 있는 점에서 약간 다른 경향을 나타내고 있었다. 지구와 태양까지의 거리를 추정할 때 많은 초등 교사들이 과대평가 하였는데 이러한 결과는 많은 사람들이 태양과 지구 사이의 거리를 적절하게 평가하였던 Miller and Brewer(2010)의 연구와 반대되는 사례라 할 수 있다. 또한 중간값 수치를 비교해 볼 때

Miller and Brewer(2010)의 연구에서는 태양-지구 거리를 반도 안 될 정도로 과소평가하였지만, 본 연구에서는 그 거리를 약 3배 정도 과대평가하는 결과를 보였다. 달과 태양간의 거리 추정 시 이러한 차이가 나타나는 이유는 초등 교사들이 거리에 대한 개념 혹은 감이 부족하기 때문이다. 3차원 세계에서 사물과 사물의 위치 사이의 관계를 이해하는 것이 공간 능력이라고 한 Kennedy and Tipps(2000)의 정의에 비추어 볼 때, 초등학교 교사들의 공간 능력이 떨어진다고 판단할 수 있다.

가장 가까운 항성 및 은하까지의 거리를 보면 상당수의 교사들이 과소평가 하고 있었으나, 초등 교사 두 명이 지구와 가장 가까운 항성까지의 거리를 거의 정확하게 예측하였다. 그 이유는 그 교사들의 경우 천문, 별자리에 많은 관심을 갖고 있어 별자리 관련 교사 동호회 활동을 하고 있으며, 각 천체들 간의 거리를 대체로 정확하게 기억하여 그 거리를 비례식을 활용해 해결하였기 때문으로 판단된다.

1) 교사 H의 천문학적 거리 개념

(1) 교사 H의 천문학적 거리 인식

교사 H는 지구가 자전축이 기울어진 채로 자전과 공전을 하면서 태양의 남중 고도가 변화되고, 밤과 낮의 길이가 변하기 때문에 계절이 변

계절 변화 원인 및 달의 위상 등과 관련된 천문 현상에 정확한 지식을 가지고 있었다. 그 때문인지 인터뷰를 요청하고 만나서 이야기를 나눌 때 자신이 초등 교사, 학생을 대상으로 별자리 관련 강좌를 하여 많은 지식을 갖추고 있음을 강조하였고, 면담 내내 자신감 있는 모습을 보여주었다.

H: 천문학적 거리라는 단어 자체를 처음 들어봤어요. 그렇기 때문에 솔직히 천문학적 거리라는 개념 자체도 잘 모르겠고요. 우리가 일상적으로 사용하는 거리 개념과는 많이 다른 것 같긴 한데.. 상당히 넓은, 방대한 거리랄까? 뭐 그

런 이미지예요. 그렇다보니 1 cm, 1 m, 1 km라고 하면 어느 정도 감이 잡히는데, 보이니까.. 천문학적 거리 이것을 긴 거리로 변환한다고 생각하니 엄두가 나진 않아요.

Q: 초등학교 교과서에 나오는 천문학적 거리를 어떻게 가르치시나요?

H: 5학년 과학에 (천문 단위가) 나오잖아요. 기차타고 가면 몇 년, 비행기 타고 가면 몇 년.. 걸어서는 4000년이던가? 그래서 단군 할아버지가 우리나라 건국하시고 출발하시면 지금쯤 태양 찍으셨다고 비유해서 이야기도 해 준 적 있어요. 이런 거 이야기 해 주면서 저도 느끼는 게 꽤 멀군.. 그 정도죠. 더 이상의 느낌은 없는 것 같아요. (중략) 태양계의 크기가 제가 들기론 1광년 정도 크기라고 들었는데, 무척 크다. 암튼 무지 큰 개념이 천문학적 거리인 것 같다는 생각입니다.

교사 H는 천문학적 거리라는 단어를 처음 들어봄에도 불구하고, 교사 및 학생들을 대상으로 한 연수 경험이 풍부하여 직관적으로 개념을 도출해 내었다. 본 논문에는 제시되지 않았으나 그는 천문 단위인 AU 및 광년의 개념을 정확하게 인지하고 있었다. 그러나 그 거리가 어느 정도 멀리 떨어져 있는 것인지에 대해서는 개념적으로 이해할 뿐 정확하게 인지하지는 못하고 있는 듯하다. 5학년에 나오는 태양계 행성 간의 거리를 가르칠 때 학생들의 흥미를 일으킬만한 내용을 사용하여 가르치는 것을 엿볼 수 있었다.

(2) 교사 H의 이론적(계산적) 척도를 이용한 거리 추정

H: 계산하는 문제는 아니지만 대충 계산을 해야 겠단 생각에 계산했어요. 지구 크기가 6400 km 정도니까 이걸 10 cm로 하면 대충 거리가 2-3m 정도가 나오더군요. 같은 방법으로 태양과 별까지의 거리를 계산해 봤구요. 근데 은하로 넘어가니 상황이 많이 복잡하더라고요. (중략) 아무튼 제가 알기로 항성이 한 4광년 정도, 은하가 몇 십만 광년 정도 떨어져있는 걸로 알고 있는데.. 이걸 항성 계산할 때 너무 힘들어서, 은하의 경우는 감으로 찍었습니다. 거리를 추정한다는 것 자체가 너무 힘들더군요. 아무튼 이것을 계산하는데 그동안 외우고 있던 내용이 도움이 된 것이 사실입니다.

교사 H는 별자리 동호회 활동에 활발히 참여하고 있는 교사답게 각 천체 및 항성, 은하계 거리를 비교적 정확하게 기억하고 있었으며, 이를 활용하여 천체 간 거리를 비례식을 활용해 정확하게 계산하였다. 그러나 교사 H는 큰 거리를 이해하는데 있어 암기하고

있는 것에 초점이 맞춰져 있어 실제 천체 간의 거리는 제대로 이해하지 못하는 것 같다.

2) 교사 L의 천문학적 거리 개념

(1) 교사 L의 천문학적 거리 인식

교사 L은 천문 현상과 관련한 지식이 상당히 빈약하며, 인터뷰 내내 자신이 천문 개념이 하나도 없어서 많이 부담됨을 강조하였다.

L: 천문학적 거리라는 단어는 처음 들어보았습니다. 단어로는 어느 정도 유추가 될 것 같아요. 천문이니까 별이나 행성과 관련되어 있는 것 같고, 거리니까 얼마나 떨어져 있나. 뭐 그런 것 같아요. 요약하면, 별이나 행성까지 얼마나 떨어져 있나 하는 거겠죠.

교사 L은 천문학적 거리를 자신이 기존에 가지고 있던 천문과 거리라는 단어 및 기존 지식을 활용하여 유추하였다. 천문학적 거리라는 용어가 초등 교사들에게 생소한 단어임은 확실하지만, 배경 지식을 활용한다면 충분히 이해할 수 있는 것으로 판단된다.

(2) 교사 L의 천문학적 거리에 대한 오개념

L: 천문학적 거리와 일상 거리 개념은 일단 크기가 다른 것 같아요. 천문학적 거리 단위 중에 뭐가 있을까요? 아.. 광년.. 빛이 1년 동안 이동하는 거리가 광년이라고 하잖아요. 빛의 속도를 이용해서 하는 것. 과학자들이 만든 크기 개념인 것 같아요. 즉, 일상 거리 개념은 거리 개념인 것 같고, 천문학적 거리 개념은 크기 개념인 것 같아요. 너무 크다 보니까 그런 것 같아요.

거리는 어떤 사물들이 얼마나 멀리 떨어져 있는가를 수치로 나타낸 것인 반면, 크기는 사물의 넓이, 부피, 양 따위의 큰 정도를 나타낸 것이다. 그러나 교사 L은 거리와 크기 개념을 많이 혼란스러워 하고 있었다. 그리고 일상 거리 개념과 천문학적 거리 개념을 다른 것으로 인식하는 경향도 보였다. 이는 교사 L이 천문학적 거리를 배경지식을 활용해 얼마나 떨어져 있는 것인가라는 것을 유추했음에도 불구하고, 천문학적 거리를 아주 생소한 개념으로 재인식하는 과정 중에 개념상 충돌을 일으킨 것으로 판단된다.

Q: 태양계에서 가장 멀리 떨어져있는 행성이 어딘지 아나요?

L: 수, 금, 지, 화, 목, 토, 천, 해.. 해왕성이요.

Q: 해왕성까지의 거리와 다른 별까지의 거리 중에서 어디가 더 멀까요?

L: 태양하고 지구까지 거리가 상대적으로 해왕성까지 거리보다 가깝잖아요. 근데 다른 별일 경우는.. 음.. (한숨) 별이.. 아.. 우리 눈에 보이죠? 음.. 모르겠는데.. 어렵네요. 별이 눈에 보이니까.. 음.. 해왕성은 눈에 안보이는 걸로 알고 있고, 아. 해왕성은 보이지 않고 별은 눈에 보이니까 별이 더 가까운 것 같아요. 일단 눈에 보이니까. 보이기 때문에 다른 별이 더 가깝다고 생각돼요. 천문 개념이 잘 서 있지 않아서 정말 모르겠어요.

교사 L은 처음 실시하였던 질문지에서 지구와 태양, 항성, 은하까지의 거리 중 태양과 항성까지의 거리가 같다고 답하였으며, 은하의 경우 태양과 항성까지의 거리에 2배 정도라고 답하였다. 교사 L에게 태양계에서 가장 멀리 떨어져 있는 해왕성과 가장 가까운 별까지의 거리를 비교하는 질문을 하였는데, 교사 L은 눈에 보이느냐, 보이지 않느냐 기준으로 거리를 비교하였다. 그 결과 해왕성이 더 먼 거리에 있다는 결론을 내렸는데, 이는 교사 L은 별과 행성의 크기 및 특성을 제대로 모르고 있음을 보여주는 자료라 할 수 있다.

(3) 교사 L의 직관적(심리적) 척도를 이용한 거리 추정

L: 기초 지식이 없어서 짐작으로 하는 방식 때문에 어려웠어요. 만약 구체적인 지식이 있었다면 편하게 했을 것 같아요. 그림을 그린다거나 혹은 비례식을 이용해서 천체간의 거리를 구할 수 있었을 텐데.. 모르겠어서 그냥 직관적으로, 느낌으로, 또 감, 짐작으로 눌었어요. 배경지식은 없이 이쯤되지 않을까하고 눌었어요.

교사 L은 자신이 고등학교 때 문과였으며, 지구 과학 내용을 고등학교 1학년 이후로 배운 적이 없음을 강조하였다. 그 이유는 지구과학 내용이 너무 어려웠기 때문이라고 했다. 이 때문에 지구과학에 대해서는 자신이 알고 있는 배경지식이 거의 없으며, 학생들을 지도할 때 지구과학 관련 내용이 가장 가르치기 힘든 분야임을 이야기하였다. 그 이유 때문인지 천문학적 거리를 추정하는 문제에서도 자신의 배경 지식과 무관하게 직관적인 느낌에 의존했음을 보여주었다.

3) 교사 J의 천문학적 거리 개념

(1) 교사 J의 천문학적 거리 인식

교사 J는 천문 현상과 관련된 여러 용어들을 알고 있었으나 그것이 뜻하는 의미는 자세하게는 이해하지는 못하였다. 인터뷰 내내 자신이 알고 싶은 천문 개념에 대해 많은 질문을 하였다.

남에 대해 많은 질문을 하였다.

J: 천문학적 거리라는 단어를 들어본 적은 없고요. 따로 과학 책자를 봤을 때 어느 정도 거리가 떨어져 있다는 것을 본 적이 있지만, 그것을 따로 기억하고 있진 않아요. (천문학적 거리를) 대표하는 단위들일 것 같긴한데.. 수치들이 우주, 천문학에서 단위들은 일상적인 길이나 양 들과 비교했을 때 차이가 많이 나는 것 같아요. 이런 천문학적 거리를 따진다고 하면 짧고, 순간적인 것에 비해 엄청나게 큰 거다.. 엄청 크다는 것 밖에는 잘 모르겠어요.

교사 J는 과학에 흥미가 있어 과학 잡지를 자주 사서 보거나 1년 단위로 정기 구독을 하고 있다고 하였다. 그 이유 때문인지 천문학과 관련된 용어들을 많이 알고 있었으며, 천문학적 거리라는 개념을 직관적으로 정확하게 인식하고 있었다. 또한 일상적으로 많이 사용하는 거리 단위들과 비교할 때 매우 큰 단위라는 것은 인식하고 있으나 그 거리의 간격이 얼마나 큰 것인지에 대해서는 올바르게 인식하고 있지 않은 듯 하였다.

(2) 교사 J의 천문학적 거리에 대한 오개념

Q: 그럼 혹시 광년이란 단어를 많이 들어보셨죠?

J: 네.

Q: 광년의 뜻이 무엇인지 알고 계신가요?

J: 글썽요. 잘 모르겠는데요. 중, 고등학교 다닐 때 배워본 것 같긴 한데. 잘 기억은 나지 않아요. 확실하게는 잘 모르겠어요. 그냥 엄청 큰 단위가 아닐까? 라고 생각은 하는데. 솔직히 마음에 와 닿지 않으니 정말 모르겠어요. 빛이 우리 지구에 오는 거리인가요? 아닌가요? (웃음) 정확히는 잘 모르겠어요.

교사 J는 과학에 관심을 갖고 있고 관련 서적을 많이 읽어 AU, 광년과 같은 천문 단위를 잘 외우고 있었다. 그럼에도 불구하고, 교사 J는 광년의 개념을 이해하지 못하였다. 또한 광년의 개념을 언급하면서 “빛이 지구에 오는 거리”라고 표현을 하였는데, 이는 우주의 중심을 지구로 생각하고 있는 듯하며, 지구 중심적인 사고로 우주를 바라보고 있음을 보여주는 자료라 하겠다.

Q: 우리 태양계의 행성 중에 가장 먼 행성이 무엇인지 아시나요?

A: 네. 예전엔 명왕성이었지만, 퇴출된 걸로 알고 있고요. 이 유는 정확히 모르겠지만요. 아무튼 지금은 해왕성인 걸로 알고 있어요.

Q: 해왕성과 다른 별까지 거리 중 어느 것이 더 가깝다고 생

각하세요?

- A: 어렵네요. 그런 것에 대해선 지금까지 배워본 적이 없는 것 같아서요. 같은가? 거리가 모두 다 너무 멀다는 생각은 드는데. 정확히 무엇이 가까운지는 잘 모르겠어요. 사실 태양까지는 지구랑 상대적으로 가깝다는 생각은 드는데. 해왕성까지 거리나 다른 항성까지 거리는 거의 비슷하지 않을까요? 거의 비슷한 거리일 것 같아요.

교사 J는 처음 실시하였던 질문지에서 지구와 태양, 항성, 은하까지의 거리 중 태양까지의 거리를 11,000 km 정도로 과대평가하였으며, 항성과 은하까지의 거리는 태양까지의 거리의 2배, 4배 정도로 답하였다. 이를 토대로 교사 J에게 태양계에서 가장 멀리 떨어져 있는 해왕성과 가장 가까운 별까지의 거리를 비교하는 질문을 하였는데, 교사 J은 해왕성까지의 거리와 비슷한 위치에 다른 항성이 위치할 것으로 판단하였다. AU나 광년과 같은 천문단위를 거리로 확장시켜 비교하는 사고가 부족하며, 그저 멀리 떨어져 있는 것이라고만 인지하기 때문에 이러한 현상이 벌어진 것이 아닌가 생각된다. 본 연구에서 연구 참여자들이 태양까지의 거리를 과대 평가하는 경향을 많이 보였는데, 이러한 경향은 교사 J의 생각과 무관하지 않다고 판단된다.

(3) 교사 J의 직관적(심리적) 척도를 이용한 거리 추정

- L: 진짜 잘 와 닿지 않아요. 지난번에 조사를 하실 때 지구를 축소를 했다고 하는 것도 잘 모르겠고요. 운동장에서부터 학교 어디까지라고 하는 눈으로 볼 수 있는, 가시적인 것은 알 수 있겠는데, 광년, AU라는 천문단위 자체는 수치 같은 것을 비례식으로 푼다면 할 수는 있겠지만 느낌이 전혀 오지 않는 것 같아요.
- L: 수치 자체가 너무 커서 감이 안와요. 평상시에도 몇 킬로미터를 간다고 하면 대충 말로는 하지만, 그 길이가 머릿속으로 그려지지 않거든요. 먼 거리인데. (중략) 애초에 어느 정도 떨어져 있는지 자체를 모르니까 그게 큰 의미는 없었던 것 같아요. 정확하게 알고 있는 상태에서 어느 정도의 거리니까 실제로 줄었을 때 어느 정도 된다는 비로 나타낼 수 있지만, 우선 그런 거리 차이를 모르니까 그 문제가 가장 힘들었던 것 같아요. 머릿속에 담겨 있는 것이 아예 없으니까요.

교사 J는 천체 간 거리를 외운 적이 없고, 심적으로 멀다고만 느끼고 있기 때문에 질문지를 해결할 때 무척 힘들었으며, 그것이 의미가 있는 것인지에

대해 회의를 느끼고 있었다. 이곳에는 언급이 되어 있지 않지만 어차피 너무 멀리 떨어져 있어 하루, 이틀 안에 가지도 못하고 생명이 살고 있지 않는 곳의 거리를 알 필요가 있는지에 대해 되묻기도 하였다. 즉, 앞서서도 언급하였듯이 지구 중심적인 사고를 바탕으로 우주를 바라보기 때문에, 천체들 간의 거리를 언급하는 것이 필요한 것인지에 대해 궁금해 하였다. 이는 우리나라 현직 초등 교사를 대상으로 천문 분야에 대한 연수 및 교육이 필요함을 시사한다고 판단된다.

천문학적 거리를 확대 시킬 때 정확 변화

천문학적 거리에 대한 연구 참여자들의 추정치에는 상당한 가변성들이 존재한다. 지구에서 달, 태양까지의 거리를 보면 25, 75 백분위에 해당하는 연구 참여자들의 추정치들 사이의 차이는 대략 103과 105 정도였다(Table 3). 이러한 결과는 Miller and Brewer (2010)의 연구와는 약간 차이가 있다. 그 이유는 앞서서도 언급 하였듯이, 초등 교사들이 AU와 광년과 같은 천문단위는 잘 알고 있으나 그 거리를 비교해 볼 수 있는 공간 사고가 부족하며, 그저 멀리 떨어져 있는 것이라고만 인지하기 때문일 것으로 판단된다.

지구에서 항성, 은하까지의 거리를 보면 추정 차이는 대략 103 정도였는데, 이는 Miller and Brewer (2010)의 연구 결과와 거의 일치하는 형태였다. 이러한 이유는 항성이나 은하까지의 거리가 광년이란 개념과 같은 큰 단위로 넘어가기 때문에 큰 숫자를 추정하는데 한계가 있기 때문일 것이다.

지구와 다른 천체들 간의 거리를 과소평가하는 연구 참여자들의 백분율을 계산하면, 여러 천문학적 거리에 대한 초등 교사들의 전체적인 경향을 알 수 있다(Miller and Brewer, 2010). 본 연구에서 거리를 과소평가 했던 초등 교사들은 달 45%, 태양 28%, 항성 88%, 은하는 100%였다. 이러한 결과는 초등 교사들의 천문 오개념이 규모에 있어서 매우 클 뿐만 아니라 태양계 밖에 존재하는 천체를 생각할 때 많이 보급되어 있음을 알려주는 지시자라고 할 수 있다(Miller and Brewer, 2010).

종합 논의

과거의 초등학교 과학 교육은 아동들의 과정 기능(관찰, 기록, 자료 해석, 계획 등)을 개발하는데 초점을 두었고, 개념 이해 발달이란 측면은 거의 강조되

지 않기 때문에, 최근에는 초등 교사들이 학생들에게 개념을 자신감을 갖고 효과적으로 가르치는데 충분히 이해하고 있는지가 중요한 쟁점으로 부상하였다(Summers and Mant, 1995). 이 때문에 과학적 소양 교육과 관련된 주제가 다시 제기 되었고(Trumper, 2001), 과학적 소양은 과학 분야 소양인이 되기 위한 실제 동기(incentive) 부족과 비과학도들에게 과학을 의미있게 가르치는데 있어 방법론 결핍으로 성취하기 어려운 것으로까지 언급되었다(Shamous, 1984). 최근 과학 소양 교육에서는 과학적 사고 학습에까지 구성주의적 접근을 채택하도록 주장하고 있다(Driver and Oldham, 1986). 이러한 접근 방법의 주요 특징은 사람들이 가지고 있는 여러 선개념들(preconceptions)을 학습 상황으로 가져오게 하는 것이다(Summers and Mant, 1995).

본 연구의 연구 참여자들이 지구와 달, 태양 사이의 거리를 과대평가하고, 거리를 확장시켜 나갈 경우 그 거리를 굉장히 과소평가 하고 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 현직 초등학교 교사 3인을 대상으로 인터뷰한 결과 천문학적 거리와 관련된 그들의 오개념과 난점을 확인할 수 있는 점에서 가치가 있다고 할 수 있다.

천문 관련 내용은 우리가 살고 있는 세계를 이해하는 능력을 향상 시킬 수 있으며, 천문 분야에서 새롭게 발견되는 내용들은 흥미를 불러일으키고, 과학을 배우려고 하는 사람들의 동기를 불러일으킬 수 있다(Trumper, 2001). 그러나 천문학적 거리를 인식할 때 가시적으로 확인할 수 있는 주변 사물에 대한 심리적 거리 측정법에 의지하기 때문에, 천문 분야에 포함된 여러 거리에까지 적용하는 데는 어려움이 따른다고 할 수 있다. AAAS(1989)에서는 이점을 다음과 같이 지적하고 있다.

“많은 물리학 발견들은 실제로 우리가 이해할 수 없었다. 그 이유는 그 발견들이 인간 경험과는 동떨어진 차원의 현상들이기 때문이다. 우리는 빛의 속도, 항성간의 거리, 은하 내에 존재하는 항성의 개수, 태양의 나이를 측정하고 말할 수 있으나, 이러한 규모는 우리가 직관적으로 이해하는 것보다 더 엄청난 숫자들이다”(p. 130)

본 연구를 통해 현직 초등학교 교사들이 천문학적 거리에 대해 거리를 크기로 인식하고, 광년을 빛이 지구에 오는 거리 그리고 해왕성까지의 거리가 다른 항성보다 더 멀리 떨어져 있다고 인식하는 오개념을

확인할 수 있었다. 현재 천문 교육에서의 문제는 천체간의 엄청난 거리를 기억하거나 암기하는 것에 초점을 맞추고 있기 때문에, 초등 교사들에게 천문학적 거리 주제와 관련된 문제를 이해시키는데 많은 노력이 필요함을 보여 준다. 거리에 대한 교육은 지구과학 교과 뿐만 아니라 다른 과학 교과와 수학 교과에서 심층적으로 다루어져야 할 것으로 판단된다. 거리에 대한 개념을 여러 과학 주제에서 반복적으로 학습할 때 교사들이 큰 거리와 시간에 대한 공간 지각 능력과 이상적인 심리적 직관을 발달시킬 수 있을 것이다. 또한 우주의 크기를 숫자로 간략하게 강조하여 제시하는 것 보다 효과적인 천문 관련 연수를 통해 정교화 시키는 것이 필요할 것이다. 왜냐하면 천문학적 거리에 대한 오개념은 천체 사이의 거리를 일반적으로 과소평가하는 것 보다 더 복잡하기 때문이다. 이러한 결과는 천문학적 거리에 대한 오개념이 처치되고 해결되어야 할 필요가 있음을 보여준다.

결론 및 제언

본 연구는 현직 초등학교 교사들의 천문학적 거리에 대해 어떤 개념을 지니고 있는지 살펴보기 위해 경기도 소재 초등학교에 근무하는 초등학교 교사들을 대상으로 조사하였다. 연구 대상 선정에 있어 제한적인 하지만, 이 연구를 통해 초등 교사들이 가지고 있는 천문학적 거리와 관련된 그들의 오개념과 난점을 확인할 수 있는 점에서 의의를 찾을 수 있으며, 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 연구에 참여한 많은 초등학교 교사들은 지구와 달, 태양 사이의 거리를 과대 평가하였고, 항성 및 은하까지의 거리는 매우 과소평가하고 있었다. 그러나 달과 태양까지의 거리를 과대평가하고 있는 초등 교사들도 상당수 나타났다. 그 이유는 초등 교사들이 거리에 대한 개념 혹은 감이 없고 지구와 달, 태양, 항성, 은하까지의 거리를 아예 모르기 때문이다. 따라서 현직 초등학교 교사들의 공간 지각 능력이 떨어지는 결과라 할 수 있다.

둘째, 초등 교사들은 천문학적 거리라는 용어를 생소한 개념으로 생각하였으며, 천문학적 거리를 이론적(계산적) 척도와 직관적(심리적) 척도를 활용하여 추정하였다. 그리고 AU, 광년과 같은 단어를 익히 들어 잘 알고 있었으나 그 의미를 정확하게 이해하지 못하며, 지구에서 해왕성까지의 거리가 항성까지

거리 보다 더 멀다고 인식하는 사례도 있었다. 천문 분야에 많은 관심을 갖고 있는 교사는 자신이 외우고 있는 천체간 거리와 비례식을 활용하여 천체간 거리를 추정하였으나 큰 거리를 이해하는데 있어 자신이 암기하고 있는 지식에 초점이 맞춰져 있어 실제 천체 간 거리는 제대로 이해하지 못하였다. 천문 분야 지식이 부족한 교사들은 직관적으로 매우 큰 개념이라고 생각하고 직관적으로 거리를 추정하였으며, 이는 초등 교사들의 공간 능력이 부족한 것 때문일 것이다.

셋째, 초등 교사들이 천문학적 거리를 추정할 때 상당한 변이성(variability)이 존재하며, 태양계 내에서 태양계 밖에 존재하는 천체로 거리를 늘려나갈 수록 초등 교사들은 그 거리를 점점 더 과소 평가하였다.

본 연구 결과에 따라 초등교사이 가진 천문학적 거리 개념에 따라 학생이 어떤 영향을 받고 있고, 교사는 수업 준비와 실행과정에서 어떤 인식과 지식의 변화를 보이며 수업 중 교사와 학생 간의 상호작용에 대한 연구도 실행해 볼 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 2010학년도 한국교원대학교 기성회계 학술연구비에서 지원 받아 수행하였습니다.

참고문헌

- 김남균, 오은선, 2008, 초등학생의 공간 능력에 대한 조사 연구. 한국수학교육학회지, 11, 21-38.
- 김상달, 이용섭, 이상균, 2005, 초등학교 학생들의 공간능력과 천체운동개념 및 과학탐구능력과의 관계. 한국지구과학회, 26, 461-468.
- 김은선, 2010, 공간능력을 활성화하는 과학 활동이 초등학생의 공간능력과 창의성에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사논문, 82 p.
- 김은주, 이효녕, 윤일희, 강천덕, 2008, 창의적 사고 계발을 위한 고등학교 학습 프로그램 개발: 태양계 축소 모형을 중심으로. 한국지구과학회, 29, 290-340.
- 이성미, 방정숙, 2007, 초등학생들의 공간감각 이해능력 실태 조사. 한국수학교육학회지, 46, 273-292.
- 임정환, 정진우, 1993, 국민학교 자연과 천문분야 내용 분석과 문제점. 한국과학교육학회지, 13, 247-256.
- 한기완, 2001, 공간감각의 개념 분석 및 교수-학습 방안 탐색. 초등수학교육, 5, 57-69.
- AAAS (American Association for the Advancement of Science), 1989, Science for all Americans. American Association for the Advancement of Science, Oxford University Press, Washington, USA, 272 p.
- Baroody, A.J. and Coslick, R.T., 1998, Fostering Children's mathematical power: An investigative approach to k-8 mathematics instruction. Lawrence Erlbaum Associates, NJ, USA, 632 p.
- Brewer, W.F., 2008, Naïve theories of observational astronomy: Review, analysis and theoretical implications. In Vosniadou, S. (ed.), International handbook of research on conceptual change. Routledge, NY, USA, 155-204.
- Carlsen, W.S., 1999, Domains of teacher knowledge. In Gess-Newsome, J. and Lederman, N.G. (eds.), Examining Pedagogical Content Knowledge. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 133-144.
- Carly, S., 1985, Conceptual change in childhood. MIT press, Cambridge, MA, USA, 240 p.
- Childs, A. and McNicholl, J., 2007, Investigating the relationship between subject content knowledge and pedagogical practice through the analysis of classroom discourse. International Journal of Science Education, 29, 1629-1653.
- Del Grande, J., 1990, Spatial sense. The Arithmetic Teacher, 37, 14-20.
- Driver, R., Guesne, E., and Tiberghien, A. (eds.), 1985, Children's ideas in science. Open University Press, Milton Keynes, UK, 208 p.
- Driver, R. and Oldham, V., 1986, A constructivist approach to curriculum development in science. Studies in Science Education, 13, 105-122.
- Kennedy, L.M. and Tipps, S., 2000, Guiding children's learning of mathematics (9th ed.). Wadsworth/Thomson Learning, Belmont, CA, USA, 576 p.
- Linn, M.C. and Peterson, A.C., 1985, Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. Child Development, 56, 1479-1498.
- McGee, M.G., 1979, Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal and neurological influence. Psychological Bulletin, 86, 889-918.
- Miller, B.W. and Brewer, W.F., 2010, Misconceptions of astronomical distances. International Journal of Science Education, 32, 1549-1560.
- National Council of Teachers of Mathematics, 1989, Curriculum and evaluation standards for school mathematics. National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA, USA, 258 p.
- Ritger, S.D. and Cummins, R.H., 1991, Using student-created metaphors to comprehend geologic time. Journal of Geological Education, 39, 9-11.
- Sadler, P.M., 1992, The initial knowledge state of high school astronomy students. Ph.D. dissertation, Harvard University, US, USA, 123 p.
- Shamos, M., 1996, The myth of scientific literacy. Rutgers University Press, NJ, USA, 288 p.
- Shore, L.S. and Kilburn, R., 1993, The effect of astron-

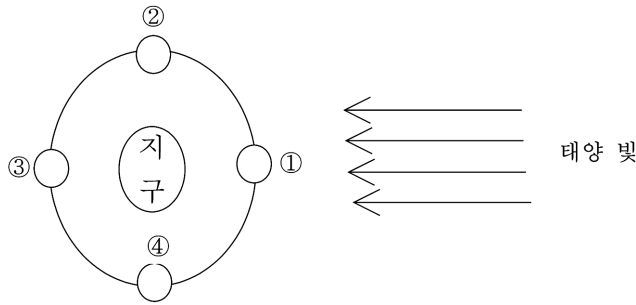
- omy teaching experience on the astronomy interest and conceptions of elementary school teachers. In Proceedings of the 3rd international seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca, NY, USA, 1-30.
- Summers, M. and Mant, J., 1995, A survey of British primary school teachers' understanding of the Earth's place in the universe. *Educational Research*, 37, 3-19.
- Trend, R.D., 2001, Deep time framework: A preliminary study of UK primary teachers' conceptions of geological time and perceptions of geoscience. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 191-221.
- Trumper, R., 2001, Assessing students' basic astronomy conceptions from junior high school through university. *Australian Science Teachers Journal*, 41, 21-31.

2010년 11월 23일 접수
2010년 12월 7일 수정원고 접수
2010년 12월 21일 채택

부록. 천문학적 거리(Astronomical Distance)에 관한 초등 교사들의 개념 조사 설문지

<기초 천문 현상 개념 이해>

1. 오늘 태양의 일출과 일몰을 보려 한다면 동, 서, 남, 북 중 어느 쪽 방향을 바라 보아야 할까요?
① 일출: _____ ② 일몰: _____
2. 태양은 매일 같은 황도를 따라 움직일까요? 아니면 황도가 매일 변할까요?
3. 우리나라의 계절이 겨울일 때, 오스트레일리아와 같은 남반구 지역의 계절은 무엇일까요?
4. 우리가 매년 경험하는 계절이 변하는 이유가 무엇인가요?
5. 달의 위상은 한달을 주기로 규칙적으로 변합니다. 아래의 그림을 보고 달이 그믐(삭, new moon)일 때 어느 곳에 위치할지 선택해 주세요.



6. 지구에서 달을 관찰하면 항상 같은 면만을 보게 되는데, 그 이유가 무엇인가요?

<천문학적 거리 개념 이해>

1. 지구의 지름이 야구공 정도의 크기(약 8cm)로 축소되어 선생님께서 근무하고 있는 학교 본관 꼭대기 정중앙에 위치해 있다고 가정했을 때, 아래의 천체들은 어느 정도 거리에 위치해 있을까요? (정답은 cm, m, km, 건물 이름, 도시 이름, 나라 이름 등 자유롭게 적으셔도 됩니다. 예: 1cm, 1m, 1km, 서울시청, 광화문사거리, 부산, 미국 등)
 ① 달까지의 거리:
 ② 태양까지의 거리:
 ③ 태양으로부터 가장 가까운 별(센타우르스자리 프록시마)까지의 거리:
 ④ 우리 은하와 가장 가까운 은하(대 마젤란 은하)까지의 거리: