

천문학적 공간 개념 측면에서 초등학교 과학 교과서의 내용 및 조직의 특징 탐색

유은정 · 박경진 · 정찬미[†]

Exploring the Characteristics of the Content and Organization of Elementary School Science Textbooks from the Perspective of the Astronomical Spatial Concept

Yu, Eun-Jeong · Park, Kyeong-Jin · Jung, Chan-Mi[†]

국문 초록

본 연구는 천문 영역 초등학교 과학 교과서의 내용 및 조직의 특징을 천문학적 공간 개념 이해라는 관점에서 탐색하고자 한다. 이를 위해 2015 과학과 개정 교육과정에서 ‘우주’ 영역 성취기준의 해당 단원을 초등학교 교과서에서 찾아 텍스트, 삽화, 탐구 활동을 중심으로 귀납적으로 도출한 공간 개념 분석 준거에 따라 중등학교 교과서와 비교하여 분석하였다. 연구 결과 초등학교 과학 교과서는 학습 내용의 적정화를 준수하고자 실생활과 연계된 관찰 가능한 천체를 대상으로 개념보다는 현상 위주로 내용을 조직하였다. 그러나 관찰과 현상 위주의 실생활과 연계된 천체 관측 학습 내용이 초등학생의 호기심과 상상력을 자극하고 학생들의 지적 참여를 격려하기 위해서는 ‘왜’라는 질문에 대해 학생 스스로 답을 찾을 수 있도록 공간 개념에 대한 이해가 뒷받침되어야 한다. 단순히 과학적 실험을 통해 학생들이 관찰한 현상을 정확하게 기술하여 결과를 제시하는 것에 주목하기보다, 과학적 실험 과정에서 발생할 수 있는 다양한 질문에 답할 수 있도록 전이 가능한 공간 개념을 중심으로 핵심 개념에 대한 내용 조직이 이루어져야 할 것이다.

주제어: 초등학교, 천문학, 공간 개념, 교과서, 이해

ABSTRACT

This study intends to explore the content and organization characteristics of elementary school science textbooks in the astronomical domain from the perspective of understanding the astronomical spatial concept. This study analyzed the relevant unit of the achievement criteria in the 2015 revised science curriculum for the ‘space’ domain in elementary school science textbooks in comparison with that in secondary school textbooks according to the spatial concept analysis criteria by texts, illustrations, and inquiry activities. As a result, elementary school science textbooks were found to be organized around phenomena rather than concepts, targeting observable celestial bodies linked to real life in order to optimize the amount of learning content. However, the learning contents of astronomical observation related to observation and phenomena-centered real life should stimulate the curiosity and imagination of elementary school students and encourage their intellectual participation. Students need to be supported for understanding of the spatial concept to find an answer to the question of ‘why’. The content organization for core concepts should be organized around the transferable spatial concept rather than simply focusing on presenting results by accurately describing the phenomena observed by students through scientific practice in order for students to answer various questions that arise in the course of scientific practice.

Key words: elementary school, astronomy, spatial concept, textbooks, understanding

2021.10.18(접수), 2021.10.19(1심통과), 2021.10.25(2심통과), 2021.10.28(최종통과)

E-mail: chan10@kice.re.kr(정찬미)

I. 서 론

어두운 밤하늘의 별을 바라보며 신비로움과 설렘에 질문을 던져보기도 하고, 과학자가 되겠다는 꿈을 꾸며 상상의 나래를 펼치거나, 과학 독서에 심취하게 되는 등 과학 학습에 있어 천체 관측은 학습 동기를 유발하고 과학의 아름다움을 느끼게 되는 특별한 경험으로 인식되어 왔다(신명렬, 이용섭, 2011; 유은정, 2020; 조상호, 2008). 이처럼 ‘우주’ 영역은 학생들의 높은 관심과 호기심, 낭만과 꿈의 대상이지만, 직접 지각하거나 조작할 수 없고(임청환, 정진우, 1993; Subramaniam & Padalkar, 2009) 천체의 상대적 운동과 절대적 운동 사이의 상호 관계를 이해하고 관찰 결과를 해석하기 위해서는 높은 수준의 형식적 사고를 요구하므로 가르치는 교사와 학생 모두에게 매우 어려운 영역으로 지적되어 왔다(김형욱 등, 2018; 명전옥, 2001; 이면우, 장은숙, 2007; 이명제, 2016; 이정아 등, 2015).

인지 발달 단계를 고려할 때 대부분의 초등학생들은 구체적 조작기에 해당하는데(송욱, 김효남, 2020), 형식적 조작기에 도달하지 못한 초등학생들에게 천문 분야를 어떻게 효과적으로 가르치고 배울 것인가에 대한 연구가 국내외에서 다각도로 진행되어 왔다. 먼저, 국내 선행 연구를 살펴보면 크게 천문 영역에 대한 학생 및 (예비)교사의 개념, 질문, 정신모형 등을 분석한 연구(맹승호, 이기영, 2018; 오준영, 김유신, 2006; 정진우, 한신, 2010), 천문 프로그램의 효과를 분석한 연구(김형욱 등, 2018; 신명렬, 이용섭, 2011; 이지혜, 신동희, 2021), 교과서 내용, 과학 용어 및 탐구 요소 등을 비교한 연구(권계현, 박일수, 2010; 김경미 등, 2008; 유은정, 2019; 임성만, 2020) 등 다양한 연구가 수행되었다. 이들 연구에서 지적하는 공통적인 천문 영역 교수·학습의 문제점은 천체의 운동을 이해하기 위해서 요구되는 천문학적 공간 개념에 대한 고려가 부족하다는 점이다.

공간 개념(spatial concept)은 공간 능력(spatial ability), 공간 감각(spatial sense), 공간적 사고(spatial thinking) 등 학자에 따라 여러 용어로 사용될 뿐 아니라 그 의미도 조금씩 다르지만(김희수 등, 2003; Del Grande, 1990; Linn & Petersen, 1985; McGee, 1979; National Research Council, 2006), 여러 연구자들은 공통적으로 공간 개념이 천문학 학습을 위해

매우 중요한 요소임을 강조하고 있다. 천문학 교육에서 공간적 사고와 관련된 국외 연구 흐름을 살펴보면 크게 3가지 범주로 구분하여 설명할 수 있다(Cole *et al.*, 2018). 첫째, 비중재적 연구(nonintervential studies)로 학생들의 천문학적 오개념을 기술한 연구(Plummer *et al.*, 2016; Sherrod & Wilhelm, 2009)와, 둘째, 중재적 연구(intervential studies)로 학생들의 천문학적 오개념을 개선하기 위한 연구(Plummer *et al.*, 2014; Plummer *et al.*, 2011), 마지막으로 학습발달과정(learning progression) 연구로 천문학적 현상의 정확한 설명을 발달시키는 과정을 제안하는 연구(Sneider *et al.*, 2011; Plummer & Krajcik, 2010)가 이에 속한다. Rudmann (2002)는 천문학적 공간 개념을 위에서 혹은 옆에서 보는 관점과 3차원 공간에 통합적으로 천체의 이미지를 시각화하는 능력으로 정의하였으며, Plummer (2014)는 천문학적 공간 사고를 지구에서 관측하는 관점과 우주에서 관측하는 관점을 상호 전환시킬 수 있는 관점 전환 사고로 정의하였다.

지구과학은 기본적으로 공간 데이터에 대한 인지적, 정신적 조작을 필요로 하는 공간 과학(spatial science)이지만(Liben & Titus, 2012), 공간 개념과 관련된 교육은 과학 교실에서 간과되어 온 측면이 크다(Mathewson, 1999). 특히 학습자의 공간 개념이 시간의 흐름에 따라 자연스럽게 습득되고 성장하는 것이 아님에도 불구하고, 초·중등 교육과정 중 어디에서도 공식적, 체계적으로 다루지 않고 있으며(National Research Council, 2006), 이는 천문 영역 교수·학습을 어렵게 할 수 있다는 점에서 우려스러운 일이다.

최근 교육과정 개선 방향은 반복과 중복을 피하고 개별 지식을 나열하기보다는 핵심 개념을 사용하여 전이 가능한 이해 중심의 교육과정의 중요성이 부각되고 있다(Erickson *et al.*, 2017). 이에 따라 2015 개정 과학과 교육과정에서도 교육 내용 적정화의 의미와 목적을 새롭게 규정하고 단순한 양의 축소에서 벗어나 소수의 핵심 개념을 중심으로 교과 교육과정을 재구조화함으로써, 내용의 질적 적정화를 이루어 학습자들의 학습 부담을 줄이는 것과 함께 의미 있는 학습이 이루어질 수 있도록 하는 교과 교육과정 개선 방향을 강조하고 있다(교육부, 2015).

과학 교과서는 교육과정의 목표를 달성하기 위

해 개발된 교재로 교과 내용을 효율적으로 구성한 과학 교수·학습에서 핵심적인 자원이다(Abraham *et al.*, 1992; Tobin, 1990). 특히 타 교과서에 비해 과학 교과서는 학습자의 의존도가 매우 높는데, 이는 과학적 원리와 지식 체계에 대한 학습 기회와 노출이 상대적으로 학교 과학 시간에 국한되는 경우가 많기 때문이다(류지수, 전문기, 2021). 특히 과학 교과를 세부 전공으로 교육받는 중등 교사와는 달리 초등 교사의 경우 전 과목을 가르쳐야 하는 만큼 과학 교과에 대한 교수 효능감은 상대적으로 부족할 수 있을 뿐 아니라, 현재의 초등학교 과학 교과서가 국정 체제인 만큼 1종 체계하에서 천문 영역을 학생들이 학습하거나 교사들이 가르칠 때 교과서의 영향력은 가히 절대적이라 할 수 있다.

이처럼 초등학교 과학 수업에서 교과서가 교사 및 학생들에게 미치는 영향을 고려할 때, 천문 영역 교수학습 자원으로서 교과서의 내용과 조직을 분석하여 2015 개정 교육과정에서 강조하는 학습 부담을 줄이되 의미 있는 학습이 이루어질 수 있도록 개선점을 찾는 것은 매우 중대한 일이라 여겨진다. 최근 초등학교 국정 교과서 체계의 문제점을 개선하고자 초등학교 사회, 수학, 과학 과목 교과서를 검정도서로 전환하여 2022년부터 단계적으로 현장에 적용할 예정임을 교육부가 고시한바 있다(교육부 보도자료, 2019). 초등 국정도서의 검정도서로의 일부 전환은 다양하고 창의적인 교과서 발행을 통해 교육과정 자율화를 지원하고, 경쟁을 통한 품질 향상 및 교사·학생의 선택권을 보장하기 위함이라고 밝히고 있다. 2022년에 3~4학년군에 적용될 검정 교과서 심사 및 선정이 2021년 9월 현재 마무리되었으며, 2023년에 5~6학년군에 적용될 과학 교과서 심사 및 선정이 2022년 9월까지 진행될 예정이다. 이러한 시점을 감안할 때, 본 연구에서 우주 영역의 개념 이해를 위한 초등학교 과학 교과서 내용 및 조직의 적절성을 검토하는 것은 교과서 선정 및 개발에 기초적인 자료를 제공해 줄 것이다.

과학을 처음 접하는 초등학생들의 경우, 배경지식이나 인지 수준이 중등학생에 비해 낮다는 점을 감안하여 초등학교의 천문 영역 교과서 내용과 조직의 특징을 중등학교 교과서와 비교하여 살펴보는 것은 초등학교 교과서를 거시적 시각에서 분석하는 데 도움을 줄 것으로 보인다. 2015 개정 과학과 교육과정에서는 핵심 개념을 학습하여 질적 양

적 적정화를 구현하고 빅 아이디어 중심의 개념의 전이를 강조한다. 또한 나선형 교육과정과 달리 학교 급간의 내용 중복을 최대한 줄여서 필요한 핵심 개념 위주로 교육과정을 조직하였다. 다시 말해, 초등학교에서 배운 내용을 중등학교에서 다시 반복하여 배우기보다 이를 기반으로 상위 개념을 중등학교에서 학습할 것으로 기대할 수 있다.

이에 본 연구에서는 초등학교 ‘우주’ 영역의 교과서 내용과 조직의 특징을 천문학적 공간 개념 이해라는 관점에서 귀납적으로 도출된 분석 준거에 의거하여 질적으로 분석하고자 한다. 본 연구 결과는 초등학교 ‘우주’ 영역 교과서 및 교수학습 자료를 개발하고 적용하는 데 기초자료로 활용될 것이며, 중등학교 천문 영역 학습의 연계성 측면에서도 의미 있는 시사점을 제공해 줄 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

2015 개정 과학과 교육과정의 내용 체계는 ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’ 영역과 ‘통합’ 주제로 이루어져 있다. 지구과학 영역에 해당하는 ‘지구와 우주’ 영역은 초등학교에서는 ‘지구의 변화’, ‘지층과 화석’, ‘화산과 지진’, ‘지구의 모습’, ‘태양계와 별’, ‘날씨와 우리 생활’, ‘지구와 달의 운동’, ‘계절의 변화’라는 총 8개의 대단원으로 구성되어 있다. 이들 지구과학 영역 중 천문 영역에 해당하는 ‘우주’ 영역은 2015 과학과 교육과정 내용 체계표(교육부, 2015)를 참조하면 초등학교의 경우 3~4학년군의 ‘지구의 모습’과 5~6학년군의 ‘태양계와 별’, ‘지구와 달의 운동’, ‘계절의 변화’ 대단원이 이에 해당된다.

연구 대상 교과서는 초등학교 ‘우주’ 영역에 대해 본격적으로 다루기 시작하는 초등학교 5~6학년 과학 교과서로 한정하였다. 초등학교 과학 5-1, 5-2, 6-1, 6-2 국정 교과서 각 1권 중 ‘우주’ 영역이 포함되지 않은 과학 5-2 교과서를 제외한 총 3권을 연구 대상 교과서로 선정하고, 초등학교 교과서의 내용과 조직의 특징을 분석함에 있어 거시적인 시각을 견지하기 위해 중등학교 교과서를 보조적 자료로 활용하였다. 보조적 자료로 활용한 중등학교 교과서는 ‘우주’ 영역의 내용 요소를 다루고 있는

중학교 과학 교과서와 고등학교 지구과학 I, 지구과학 II 교과서이다. 중등학교 교과서 체계는 초등과 달리 검정 도서 체계이므로 그 종수가 다양한데, 중학교와 고등학교에서 공통적으로 검정을 통과한 출판사의 교과서 중에서 학교 현장의 채택률이 높은 3종의 교과서 비상교육(이하 A), 미래엔(이하 B), 천재교육(이하 C)을 선택하여 참고 도서로 활용하였다.

2. 자료 분석 절차

본 연구에서 초등학교 5~6학년 과학 교과서에 제시된 ‘우주’ 영역에 해당되는 내용 및 조직의 특징을 천문학적 공간 개념을 중심으로 분석하기 위하여 자료 분석은 3단계로 수행되었다.

1단계에서는 초등학교 과학 교과서를 여러 번 읽어보면서 중등학교 과학 교과서와 전체적인 차이점을 일정한 틀 없이 다양한 각도에서 거시적으로 살펴보는 작업을 실시하였다. 이 과정에는 지구과학교육 전문가 3인이 참여하여 초등학교 교과서의 특징으로 발견한 요소들이 다른 연구자에게도 공통적으로 발견되는지를 논의하는 과정을 거치면서 초등학교 과학 교과서의 기본적 특징을 정리하였다. 다음으로 2단계에서는 1단계에서 3인의 연구자가 공통적으로 논의한 키워드를 중심으로 교과서 내용과 조직을 보다 세밀하게 살펴보았다. 이 과정에서 천문 영역에 대한 학생의 개념 이해를 위한 분석 목적을 논의하면서 공간 개념을 중심으로 분석의 방향을 수립하였고, 공간 개념에 대한 여러 분야의 선행 연구를 바탕으로 천문학적 공간 개념에 대한 분석틀을 정립하였다. 마지막으로 분석의 3단계에서는 거시적인 측면과 미시적인 측면의 균형을 잡고자 중등학교 ‘우주’ 영역을 기술한 교과서를 참고하여 초등학교 교과서 내용과 조직의 특징을 질적 분석하였다. 본 연구에서 초등학교 교과서 분석 범위는 중등학교 교과서의 본문에 해당하

는 ‘과학 탐구’의 텍스트, 삽화, 탐구활동에 한정하여 살펴보았으며, 연구 결과의 타당도를 확보하기 위하여 지구과학교육 전문가와 초등학교 과학교사 3인에게 검토를 받아 보완하였다.

3. 천문학적 공간 개념 분석틀

천문학뿐만 아니라 수학 및 인지심리학 분야에서도 공간 속 사물 사이의 관계를 나타내기 위하여 Table 1과 같이 연구자에 따라 공간 개념(spatial concept), 공간 능력(spatial ability), 공간 감각(spatial sense), 공간 사고(spatial thinking) 등 다양한 용어를 사용하며 하위 범주로 나누어 그 개념을 구체화하고 있다.

그러나 김희수 등(2003)이 지적한 바와 같이 천문학적 공간 개념은 일반적인 공간 개념과 달리 시간이라는 변수에 따라 천체의 공간적 상황이 계속 변한다는 점에서 수학이나 인지 심리학에서 사용하는 일반적인 공간 개념과는 다소 차이가 있다. 이에 김희수 등(2003)은 천문학적 공간 개념을 공간 위치(spatial position), 공간 추리(spatial reasoning), 공간 변화(spatial variation)로 세분화하고, 공간 위치란 관찰자 위치와 방향에 따른 천체의 형태를 파악하는 능력으로, 공간 추리는 3차원 공간의 구체적 형태나 구조를 찾아내는 능력으로, 공간 변화는 시간에 따른 천체의 위치의 변화를 파악하는 능력으로 정의하였다. 그러나 김희수 등(2003)의 천문학적 공간 개념은 검사 도구를 개발하기 위해 공간 개념의 요소를 조작적으로 정의한 것이므로 이를 이용하여 과학 교과서를 비교·분석하기에는 어려움이 존재하였다. 이에 공간 위치, 공간 추리, 공간 변화에 대한 각 범주를 보다 구체적인 하위 범주로 나누어 정교한 분석틀을 도출하는 것이 필요하다는 합의점에 이르렀다. 이 과정에서 Newcombe & Shipley (2015)의 공간 능력 그물망(Newcombe- Shipley

Table 1. Comparison of Spatial Concept

	공간 능력(spatial abilities)		공간 개념(conception of space)	
	Linn & Petersen (1985)	McGee (1979)	Piaget & Inhelder (1956)	김희수 등(2003)
공간 방향화 (spatial orientation)	공간 지각 (Spatial sense)	공간 방향화 (spatial orientation)	위상적 (topological),	공간 위치 (spatial position)
공간 관계 (spatial relation)	회전 (mental rotation)	-	투영적 (projective)	공간 추리 (spatial reasoning)
공간 시각화 (spatial visualization)	공간 시각화 (spatial visualization)	공간 시각화 (spatial visualization)	유클리드적 (euclidean)	공간 변화 (spatial variation)

Table 2. Analysis framework of astronomical spatial concept

개념	대범주	소범주	코드	정의
천문학적 공간 개념 (astronomical spatial concept)	공간 위치 (spatial position)	본질적(Intrinsic)	I	천체의 위치와 방향을 참조 프레임 없이 대상 천체만 표시
		외재적(Extrinsic)	E	천체의 위치와 방향을 참조 프레임과 함께 대상 천체를 표시
	공간 추리 (spatial reasoning)	지구적(Global)	G	보이는 천체의 공간 상황을 지구적 관점에서 표시
		우주적(Cosmic)	C	보이는 천체의 공간 상황을 우주적 관점에서 표시
공간 변화 (spatial variation)	정적(Static)	S	시간에 따른 천체의 위치, 방향, 모양 등의 변화를 정적으로 표시	
	동적(Dynamic)	D	시간에 따른 천체의 위치, 방향, 모양 등의 변화를 동적으로 표시	

topology of spatial skills)의 개념을 교과서 분석틀을 도출하는데 적용할 수 있었다. Newcombe and Shipley(2015)의 공간 능력 그물망은 크게 네 가지 범주로 나눌 수 있는데 1) 본질적-정적(Intrinsic-Static), 2) 본질적-동적(Intrinsic-Dynamic), 3) 외재적-정적(Extrinsic-Static), 4) 외재적-동적(Extrinsic-Dynamic)으로 설명하고 있다. 첫째, 본질적-정적(Intrinsic-Static)은 크기와 부분의 배열, 즉 구성(예: 개체를 범주의 구성원으로 식별하기 위해)을 포함하여 개체의 공간적 특징을 코딩하는 것이고, 둘째, 본질적-동적(Intrinsic-Dynamic)은 회전, 횡단면, 접기, 소성 변형을 포함한 물체의 공간 코딩을 변환하는 것이며(예: 미래의 상황을 상상하기 위해), 셋째, 외재적-정적(Extrinsic-Static)은 다른 객체 또는 참조 프레임에 대한 객체의 공간적 위치를 코딩하는 것이며(예: 환경을 구성하는 객체를 나타내고 연속적이고 범주형 정보를 결합하기 위해), 넷째, 외재적-동적(Extrinsic-Dynamic)은 뷰어를 포함하여 하나 이상의 객체가 움직일 때 객체의 상호관계를 변환하는 것(예: 탐색 중에 세계의 안정적인 표현을 유지하고 원근감을 활성화하기 위해)이다(Newcombe & Shipley, 2015, p.182). 이에 연구자들은 김희수 등(2003)의 천문학적 공간 개념과

Newcombe and Shipley(2015)의 공간 기능 그물망 두 개의 분석틀을 참조하여 본 연구의 최종 분석틀을 귀납적으로 도출한 결과 Table 2와 같다.

Table 2의 대범주와 소범주 각각을 설명하면 다음과 같다. 첫째, 공간 위치는 대상 천체의 위치와 방향을 표시하는데 있어 참조 프레임 유무에 따라 본질적(I)과 외재적(E)으로 분류하였고, 둘째, 공간 추리는 대상 천체의 공간 상황을 바라보는 관점에 따라 지구적(G)과 우주적(C)으로 분류하였으며, 셋째, 공간 변화는 대상 천체의 위치, 방향, 모양 등의 시간에 따른 변화 유무에 따라 정적(S)과 동적(D)으로 분류하였다. 예를 들어 본질적-지구적-정적(I-G-S)은 대상 천체의 위치와 방향을 주변에 참조할 만한 배경 없이 단독으로 지구적 관점에서 고정된 상태로 표시한 경우이며, 외재적-우주적-동적(E-C-D)은 대상 천체의 위치와 방향을 주변에 참조할 만한 배경 프레임과 함께 우주적 관점에서 시간에 따른 움직임을 동적으로 표시한 경우이다.

III. 연구 결과 및 논의

천문학적 공간 개념 측면에서 분석한 초등학교 ‘우주’ 영역 교과서의 특징을 5-1의 ‘태양계와 별’,

Table 3. Content composition of the solar system and stars (5-1)

영역	핵심 개념	일반화된 지식	성취기준	
			초등학교 5~6학년	5-1 교과서
태양계의 구성과 운동	태양계는 태양, 행성, 위성 등 다양한 천체로 구성되어 있다.	[6과02-01] 태양이 지구의 에너지원임을 이해하고 태양계를 구성하는 태양과 행성을 조사할 수 있다.	- 태양은 우리에게 어떤 영향을 미칠까요? - 태양계는 어떤 구성원이 있을까요? - 태양계 행성의 크기를 비교해 볼까요? - 태양계 행성은 태양에서 얼마나 떨어져 있을까요?	
우주 별의 특성과 진화	우주에는 수많은 별이 존재하며, 표면온도, 밝기 등과 같은 물리량에 따라 분류된다.	[6과02-02] 별의 의미를 알고 대표적인 별자리를 조사할 수 있다.	- 별과 별자리를 찾아볼까요?	
		[6과02-03] 북쪽 하늘의 별자리를 이용하여 북극성을 찾을 수 있다.	- 밤하늘에서 북극성은 어떻게 찾을까요? - 행성과 별은 어떤 점이 다를까요?	

6-1의 ‘지구와 달의 운동’, 6-2의 ‘계절의 변화’ 순으로 제시하면 다음과 같다.

1. 태양계와 별(5-1)

5-1에 학습하는 대단원 ‘태양계와 별’(Table 3)은 초등학생들이 ‘우주’ 영역에서 가장 먼저 접하는

단원이다. 학생마다 배경 지식, 인지 능력, 읽기 능력을 일반화하여 말할 수는 없지만 천문학 단원을 배우는 전체 학교급에서 상대적으로 낮은 인지 수준의 학생들이 것이라고 간주할 수 있다. 2015 개정 과학과 교육과정의 내용 체계표와 비교하여 살펴보면, 다음과 같은 특징을 발견할 수 있다.

Table 4. Comparison of spatial concepts for the planets of the solar system (5-1)

교과서	공간 개념	텍스트	삽화	탐구활동																																																						
	E-C-D	태양계는 어떤 구성원이 있을까요? 지구는 태양계에 속해 있습니다. 태양계는 태양과 태양의 영향을 받는 천체들 그리고 그 공간을 말합니다. 태양계는 태양, 행성, 위성, 소행성, 혜성 등으로 구성됩니다. 태양계 구성원 중 행성의 특징을 조사해 봅시다.		태양계 행성의 특징 조사하기 - 무엇이 필요할까요? 태양계를 다룬 책, 스마트 기기 - 어떻게 할까요? 1 태양계를 구성하는 행성에는 무엇이 있는지 알아봅시다. 2 태양계 행성 중 하나를 골라 행성의 색깔, 표면의 상태, 고리, 그 밖의 특징을 조사해 봅시다. (중략) (pp.54 ~ 55)																																																						
초등학교 과학 5-1	I-無-S	태양계 행성의 크기를 비교해 볼까요? 태양계 행성 중에서 가장 작은 것은 수성이고, 가장 큰 것은 목성입니다. 지구와 크기가 가장 비슷한 행성은 금성입니다. 수성, 금성, 지구, 화성은 상대적으로 크기가 작은 행성에 속하며, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성은 상대적으로 크기가 큰 행성에 속합니다.		태양계 행성의 크기 비교하기 어떻게 할까요? 1 행성 크기 비교 도면을 모두 뜯어낸 다음 출몰 가위를 사용한다. 2 행성 크기 비교 도면의 출몰 같은 행성까지 가위 맞추고 연결 부분에 셀로테이프를 붙여 행성 크기 비교 도면을 완성한다. 3 완성된 행성 크기 비교 도면으로 행성의 상대적인 크기를 비교해 봅시다. 4 행성을 지구보다 큰 행성과 작은 행성으로 분류해 봅시다. (pp.56, 57)																																																						
	I-無-S	태양계 행성은 태양에서 얼마나 떨어져 있을까요? 태양계 행성 중 태양에서 가장 가까운 행성은 수성이고, 태양에서 가장 먼 행성은 해왕성입니다. 수성, 금성, 지구, 화성은 목성, 토성, 천왕성, 해왕성에 비하면 상대적으로 태양 가까이에 있습니다.		태양에서 행성까지의 상대적인 거리 비교하기 (pp.58 ~ 59)																																																						
중학교 과학 2	I-C-D	행성의 분류 태양계 행성은 태양으로부터 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성 순으로 위치하며, 태양 주위를 공전한다. 지구의 공전 궤도를 기준으로 안쪽에서 공전하는 수성과 금성을 <u>내행성</u> , 바깥쪽에서 공전하는 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성을 <u>외행성</u> 이라고 한다.		태양계 행성을 어떻게 분류할 수 있을까? 표는 태양계 행성들이 여러 가지 물리적 특성을 나타낸 것이다. <table border="1" data-bbox="991 1646 1282 1731"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>수성</th> <th>금성</th> <th>지구</th> <th>화성</th> <th>목성</th> <th>토성</th> <th>천왕성</th> <th>해왕성</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>반지름(지구=1)</td> <td>0.39</td> <td>0.95</td> <td>1.00</td> <td>0.53</td> <td>11.21</td> <td>9.45</td> <td>4.41</td> <td>3.85</td> </tr> <tr> <td>질량(지구=1)</td> <td>0.06</td> <td>0.82</td> <td>1.00</td> <td>0.11</td> <td>317.83</td> <td>95.14</td> <td>17.14</td> <td>17.22</td> </tr> <tr> <td>평균 밀도 (g/cm³)</td> <td>5.43</td> <td>5.24</td> <td>5.51</td> <td>5.26</td> <td>1.33</td> <td>0.69</td> <td>1.27</td> <td>1.64</td> </tr> <tr> <td>회전 수명 (시간)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>99</td> <td>95</td> <td>27</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>기타의 특징</td> <td>무명</td> <td>무명</td> <td>대문</td> <td>대문</td> <td>대문</td> <td>대문</td> <td>대문</td> <td>대문</td> </tr> </tbody> </table> (교과서 B, pp.104 ~ 105)	구분	수성	금성	지구	화성	목성	토성	천왕성	해왕성	반지름(지구=1)	0.39	0.95	1.00	0.53	11.21	9.45	4.41	3.85	질량(지구=1)	0.06	0.82	1.00	0.11	317.83	95.14	17.14	17.22	평균 밀도 (g/cm³)	5.43	5.24	5.51	5.26	1.33	0.69	1.27	1.64	회전 수명 (시간)	0	0	1	2	99	95	27	14	기타의 특징	무명	무명	대문	대문	대문	대문	대문	대문
구분	수성	금성	지구	화성	목성	토성	천왕성	해왕성																																																		
반지름(지구=1)	0.39	0.95	1.00	0.53	11.21	9.45	4.41	3.85																																																		
질량(지구=1)	0.06	0.82	1.00	0.11	317.83	95.14	17.14	17.22																																																		
평균 밀도 (g/cm³)	5.43	5.24	5.51	5.26	1.33	0.69	1.27	1.64																																																		
회전 수명 (시간)	0	0	1	2	99	95	27	14																																																		
기타의 특징	무명	무명	대문	대문	대문	대문	대문	대문																																																		


첫째, 5-1에 배우는 ‘태양계와 별’ 단원은 서로 다른 2개의 핵심 개념인 ‘태양계의 구성과 운동’, ‘별의 특성과 진화’를 하나의 대단원에 구성하여, 대단원 1개에 핵심 개념 2개가 공존하여 교사와 학생 모두 교수학습 상황에서 학습 내용을 유기적으로 연결시키는데 제한점이 있을 것으로 추정된다.

둘째, 핵심 개념 “태양계의 구성과 운동”은 초등학교 ‘우주’ 영역을 배우는 5-1, 6-1, 6-2의 세 학기에 걸쳐 계속 심화·보충하면서 반복적으로 다루는 개념이지만, 핵심 개념 ‘별의 특성과 진화’는 초등학교에서는 5-1에만 유일하게 다루는 개념이다. 따라서 5-1에 이해의 공백이 발생한 경우 초등학교에서는 더 이상 보충할 기회가 없으므로 더욱 전문학적 공간 개념이 잘 정립되도록 주의가 필요한 부

분으로 판단된다.

마지막으로, 5-1에 학습하는 주제 “밤하늘에서 북극성은 어떻게 찾을까요?”는 핵심 개념이 ‘별의 특성과 진화’이다. 이는 북극성의 일주 운동을 지구의 자전과 관련하여 학습하는 중등학교의 경우 핵심 개념이 ‘태양계의 구성과 운동’에 포함되는 것과는 대조적이다. 또한 “행성과 별은 어떤 점이 다를까요?” 역시, 초등학교에서는 핵심 개념이 ‘별의 특성과 진화’이지만, 중등학교의 경우 공전에 의한 행성의 겉보기 운동에 초점을 두어 학습하므로 핵심 개념이 ‘태양계의 구성과 운동’에 포함되어 있다. 이러한 핵심 개념의 차이는 초등과 중등에서 교과서 내용을 조직함에 있어 공간 개념의 비중을 다르게 고려하고 있음을 유추해 볼 수 있다.

Table 5. Comparison of spatial concepts for constellations in the northern sky (5-1)

교과서	공간 개념	텍스트	삽화	탐구활동
	I-無-S	별과 별자리를 찾아볼까요? 옛날 사람들은 북쪽 밤하늘의 밝은 별을 연결해 북두칠성, 작은곰자리, 카시오페이아자리라는 이름을 붙였습니다. 별자리 모양을 확인하고 북쪽 밤하늘에서 별자리를 찾아봅시다.		별자리 관측하기 별자리를 통해 어디에서 관측하는 것이 좋을까? 아두하린 뒤에 별이 보일지 대강아기 지은 시간을 알아야 해. 문만! 약 1인 줄이 들을 것 같아. 나창민 손민형
초등학교 과학 5-1	I-G-S	밤하늘에서 북극성은 어떻게 찾을까요? 옛날 사람들은 북쪽 밤하늘의 별자리를 중요하게 생각했습니다. 이 별자리들은 언제나 북쪽 밤하늘에서 보이기 때문입니다. 특히 북극성은 정확한 북쪽에 항상 있기 때문에 북극성을 찾으면 방위를 알 수 있었습니다.		북쪽 밤하늘 별자리를 이용해 북극성 찾아보기 
중학교 과학 2	E-G-D	지구의 자전과 일주 운동 우리는 매일 태양이 동쪽에서 떠서 서쪽으로 지고, 낮과 밤이 반복되는 것을 알고 있다. 태양과 마찬가지로 별도 동쪽에서 떠서 서쪽으로 진다. 또, 밤에 북쪽 하늘을 보면 북극성을 중심으로 별들이 원을 그리면서 움직이는 것을 볼 수 있다. 이와 같이 별이 하루에 한 바퀴씩 원을 그리며 도는 현상을 별의 일주 운동이라고 한다.		별은 어떻게 움직일까? 

천문학적 공간 개념 측면에서, 5-1 ‘태양계와 별’ 주제 중 태양계 행성과 관련된 초등학교 교과서 내용 및 조직의 특성을 중등학교와 비교하여 분석한 결과는 Table 4와 같다.

가장 먼저 다루는 소주제인 “태양계는 어떤 구성원이 있을까요?”의 경우, 태양계 구성원으로 행성 뿐만 아니라 소행성과 혜성까지 포함하여(E) 대상 천체를 우주적(C) 관점에서 동적(D)으로 표시하고 있다. 이는 소행성과 혜성 등을 언급하지 않는 중등학교 교과서보다 공간 위치에 대한 정보는 더 많은 것으로 보인다. 그러나 태양계 행성의 구성원을 학습한 후, 다시 “태양계 행성의 크기를 비교해 볼까요?”, “태양계 행성은 태양에서 얼마나 떨어져 있을까요?”라는 소주제로 크기와 거리에 대해 병렬적으로 다루어 천문학적 공간 개념보다는 태양계 행성의 크기와 거리 그 자체에 더 집중하는 경향이 나타난다. 즉, 참조할 만한 다른 배경 프레임 없이 (I) 오직 태양계 행성들만을 서로 비교하기 위해 행성의 크기순으로 큰 것부터 작은 것까지 임의의 공간에 배열하여 공간 추리의 개념이 나타나지 않으며,

행성의 거리도 태양으로부터 가까운 것부터 먼 순서대로 일렬로 배열하여 공간 추리의 개념이 드러나지 않는다(無). 또한 행성의 크기와 거리를 별개의 주제로 다루어 태양계 행성을 고정된 위치에서 정적(S)으로 표시하여 공간의 변화를 다루지 않는다.

반면, 중학교 교과서는 태양계 행성들(I)을 각자의 공전 궤도 위에 표시하여 시간에 따른 천체의 움직임을 우주적 관점(C)에서 동적(D)으로 이해할 수 있도록 하였다.

다음으로, 북쪽 하늘의 별자리와 관련된 초등학교 교과서 내용 및 조직을 중등학교와 비교하여 분석한 결과는 Table 5와 같다.

초등학교 교과서 구성에서 다수의 병렬적 주제 배열의 특징이 북쪽하늘의 별자리에서도 반복되어 나타나고 있다. 즉, 초등학교 교과서에서 다루는 북쪽 하늘의 별자리 내용은 “(북쪽 밤하늘)별자리 찾기”와 “북극성 찾기”라는 하나로 통합 가능한 주제를 2개의 소주제로 나누어 천문학적 공간 변화보다는 핵심 개념인 ‘별의 특징과 진화’에 더 초점이 맞

Table 6. Comparison of spatial concepts for the apparent motion of planets (5-1)

교과서	공간 개념	텍스트	삽화	탐구활동																																																																																																																																																																				
초등학교 과학 5-1	I-G-S	행성과 별은 어떤 점이 다를까요? 금성이나 화성과 같은 행성도 별과 같이 빛을 내는 것처럼 보입니다. 하지만 행성은 스스로 빛을 내는 것이 아니라 태양 빛을 반사하는 것입니다. 또한 행성은 태양 주위를 돌기 때문에 여러 날 동안 지구에서 보면 위치가 변하는 것처럼 보입니다. 행성과 별은 어떤 점이 다른지 알아봅시다.																																																																																																																																																																						
고등학교 지구과학 II	E-G-D	행성의 겉보기 운동 행성은 천구 상에서 한 방향으로만 이동하지 않고 거슬러 움직이기도 한다. 이를 구분하기 위해 순행과 역행이라는 개념을 도입하였다. 순행은 행성이 별을 배경으로 서에서 동으로 이동하는 시기로, 이때 행성의 적경은 증가한다. 역행은 행성이 순행과 반대 방향, 즉 동에서 서로 이동하는 시기로, 이때 행성의 적경은 감소한다. (중략)		<p>성도에 수성과 화성의 역행 현상 그리기</p> <p>표는 2016년 수성, 화성, 태양의 적경과 직위를 나타낸 것이다. (출처: KHL, 2016)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">날</th> <th colspan="2">수성</th> <th colspan="2">화성</th> </tr> <tr> <th>적경(°)</th> <th>직위(°)</th> <th>적경(°)</th> <th>직위(°)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>28</td><td>19</td><td>03</td><td>-19</td></tr> <tr><td>2</td><td>05</td><td>19</td><td>25</td><td>-20</td></tr> <tr><td>3</td><td>30</td><td>20</td><td>43</td><td>-19</td></tr> <tr><td>4</td><td>06</td><td>22</td><td>13</td><td>-15</td></tr> <tr><td>5</td><td>23</td><td>23</td><td>53</td><td>-02</td></tr> <tr><td>6</td><td>05</td><td>25</td><td>11</td><td>11</td></tr> <tr><td>7</td><td>20</td><td>26</td><td>06</td><td>20</td></tr> <tr><td>8</td><td>03</td><td>28</td><td>06</td><td>29</td></tr> <tr><td>9</td><td>22</td><td>30</td><td>07</td><td>37</td></tr> <tr><td>10</td><td>02</td><td>32</td><td>14</td><td>46</td></tr> <tr><td>11</td><td>19</td><td>34</td><td>22</td><td>54</td></tr> <tr><td>12</td><td>01</td><td>36</td><td>30</td><td>62</td></tr> <tr><td>13</td><td>18</td><td>38</td><td>38</td><td>70</td></tr> <tr><td>14</td><td>00</td><td>40</td><td>46</td><td>78</td></tr> <tr><td>15</td><td>17</td><td>42</td><td>54</td><td>86</td></tr> <tr><td>16</td><td>00</td><td>44</td><td>02</td><td>94</td></tr> <tr><td>17</td><td>16</td><td>46</td><td>10</td><td>102</td></tr> <tr><td>18</td><td>00</td><td>48</td><td>18</td><td>110</td></tr> <tr><td>19</td><td>15</td><td>50</td><td>26</td><td>118</td></tr> <tr><td>20</td><td>00</td><td>52</td><td>34</td><td>126</td></tr> <tr><td>21</td><td>14</td><td>54</td><td>42</td><td>134</td></tr> <tr><td>22</td><td>00</td><td>56</td><td>50</td><td>142</td></tr> <tr><td>23</td><td>13</td><td>58</td><td>58</td><td>150</td></tr> <tr><td>24</td><td>00</td><td>60</td><td>06</td><td>158</td></tr> <tr><td>25</td><td>12</td><td>62</td><td>14</td><td>166</td></tr> <tr><td>26</td><td>00</td><td>64</td><td>22</td><td>174</td></tr> <tr><td>27</td><td>11</td><td>66</td><td>30</td><td>182</td></tr> <tr><td>28</td><td>00</td><td>68</td><td>38</td><td>190</td></tr> <tr><td>29</td><td>10</td><td>70</td><td>46</td><td>198</td></tr> <tr><td>30</td><td>00</td><td>72</td><td>54</td><td>206</td></tr> <tr><td>31</td><td>09</td><td>74</td><td>02</td><td>214</td></tr> </tbody> </table>	날	수성		화성		적경(°)	직위(°)	적경(°)	직위(°)	1	28	19	03	-19	2	05	19	25	-20	3	30	20	43	-19	4	06	22	13	-15	5	23	23	53	-02	6	05	25	11	11	7	20	26	06	20	8	03	28	06	29	9	22	30	07	37	10	02	32	14	46	11	19	34	22	54	12	01	36	30	62	13	18	38	38	70	14	00	40	46	78	15	17	42	54	86	16	00	44	02	94	17	16	46	10	102	18	00	48	18	110	19	15	50	26	118	20	00	52	34	126	21	14	54	42	134	22	00	56	50	142	23	13	58	58	150	24	00	60	06	158	25	12	62	14	166	26	00	64	22	174	27	11	66	30	182	28	00	68	38	190	29	10	70	46	198	30	00	72	54	206	31	09	74	02	214
날	수성		화성																																																																																																																																																																					
	적경(°)	직위(°)	적경(°)	직위(°)																																																																																																																																																																				
1	28	19	03	-19																																																																																																																																																																				
2	05	19	25	-20																																																																																																																																																																				
3	30	20	43	-19																																																																																																																																																																				
4	06	22	13	-15																																																																																																																																																																				
5	23	23	53	-02																																																																																																																																																																				
6	05	25	11	11																																																																																																																																																																				
7	20	26	06	20																																																																																																																																																																				
8	03	28	06	29																																																																																																																																																																				
9	22	30	07	37																																																																																																																																																																				
10	02	32	14	46																																																																																																																																																																				
11	19	34	22	54																																																																																																																																																																				
12	01	36	30	62																																																																																																																																																																				
13	18	38	38	70																																																																																																																																																																				
14	00	40	46	78																																																																																																																																																																				
15	17	42	54	86																																																																																																																																																																				
16	00	44	02	94																																																																																																																																																																				
17	16	46	10	102																																																																																																																																																																				
18	00	48	18	110																																																																																																																																																																				
19	15	50	26	118																																																																																																																																																																				
20	00	52	34	126																																																																																																																																																																				
21	14	54	42	134																																																																																																																																																																				
22	00	56	50	142																																																																																																																																																																				
23	13	58	58	150																																																																																																																																																																				
24	00	60	06	158																																																																																																																																																																				
25	12	62	14	166																																																																																																																																																																				
26	00	64	22	174																																																																																																																																																																				
27	11	66	30	182																																																																																																																																																																				
28	00	68	38	190																																																																																																																																																																				
29	10	70	46	198																																																																																																																																																																				
30	00	72	54	206																																																																																																																																																																				
31	09	74	02	214																																																																																																																																																																				

(pp.64~65)

(교과서 A, pp.166~167)

추어져 있는 것으로 보인다.

“별과 별자리를 찾아볼까요?”의 경우, 북두칠성, 작은곰자리, 카시오페이아자리 등의 별자리를 각각 하나의 카드에 하나의 별자리를 단독으로 배치하여(I), 실제 관측 상황에서 보이는 별자리의 공간 상황을 고려하지 않고(無), 고정된 상태(S)로 기술하고 있어 천문학적 공간 개념의 세 범주인 공간 위치, 공간 추리, 공간 변화의 정보가 제공되지 않는 특징을 보인다. 별자리는 천구 상에 있는 별들의 위치를 기억하기 편리하도록 이름 붙인 것으로, 모양만이 아니라 하늘의 영역(공간)을 나타내기 위한 것이다(조상호, 2008). 따라서 별자리 모양에만 초점을 맞추어 하나의 카드에 하나의 별자리를 묘사하면, 학생들이 실제 관측을 하는 상황에서 교과서에 나온 별자리의 크기와 하늘에서 보이는 실제 별자리의 크기가 달라 관측에 어려움이 가중될 수도 있음을 고려해야 할 것이다.

“밤하늘에서 북극성을 어떻게 찾을까요?”의 경우, 북쪽 하늘의 대상 별자리만 단독으로 표시하여(I) 천체가 보이는 위치를 관측자가 가늠하기 어렵다. 또한 별자리와 북극성을 고정된 상태(S)로 지구에서 바라보는(G) 관점으로 표현하고 있다.

반면, 중학교 교과서를 살펴보면, 북극성을 중심으로 별의 일주운동을 반시계 방향(D)으로 표시하고, 북극성의 고도를 짐작할 수 있도록 관측자가 바라보는 시선 방향으로 산과 지평선 등 배경 프레임의 함께 그려 넣어(E) 지구상(G)의 관측자가 실제 관측 상황에서 공간 위치와 공간 변화를 이해하는데 도움이 될 것으로 보인다.

마지막으로, 행성의 겉보기 운동과 관련된 초등학교 교과서 내용 및 조직을 중등학교와 비교하여 분석한 결과는 Table 6과 같다.

“행성과 별은 어떤 점이 다를까”를 살펴보면, 별과 행성은 스스로 빛을 내는 별과 그 빛을 반사하여 밝게 보이는 행성의 개념적 차이를 언급한 후, 관측 시 둘 다 밝게 보이지만 관측상 차이점으로 행성은 태양 주변을 돌기 때문에 그 위치가 변하는 것처럼 보인다고 언급하고 있다. 그러나 삽화를 보면 대상 천체인 별과 행성을 참조 프레임 없이(I) 지구상(G)의 관측자 관점에서 고정된 점(S)으로 천체의 위치를 표시하였다.

반면, 고등학교 교과서의 경우, 대상 천체인 별과 행성 이외에 별자리 선을 추가하여(E) 별과 행

성을 쉽게 구별할 수 있도록 하여 공간 위치를 이해하는 데 도움을 주고 있다. 또한 여러 날 동안 지구상(G)에서 일정한 시간 간격으로 연속적으로 관측한 행성의 겉보기 운동을 화살표 방향으로(D) 표시하여 공간 변화를 이해하기 쉽도록 구성하고 있다. 행성과 별의 관측상의 차이점을 이해하기 위해서는 고등학교에서 배우는 행성과 지구의 공전 속도 차이 때문에 나타나는 순행, 역행, 유 등 상대운동에 대한 종합적 이해가 선행되어야 한다. 그러나 초등학교 교과서의 경우 중등과 달리 핵심 개념이 ‘태양계의 구성과 운동’이 아닌 ‘별의 특징과 진화’이므로 행성의 동적인 움직임보다는 별의 정적인 특징을 강조하고 있다.

2. 지구와 달의 운동(6-1)

6-1에 학습하는 대단원 ‘지구와 달의 운동’(Table 7)은 지구의 공전과 자전 등 천체의 운동에 대해 본격적으로 다루는 단원으로 다음과 같은 특징을 발견할 수 있다.

첫째, 지구의 공전과 자전은 다루지만, 달의 공전과 자전을 명시적으로 다루지 않아 지구에서 관측되는 달의 위치와 위상 변화를 개념적으로 접근하기에는 상당한 어려움이 있을 것으로 예상된다. 이는 주형미 등(2020)의 2015 개정 교육과정에 따른 초·중학교 과학 교과교육 내용의 적정성을 분석한 연구에서도 ‘지구와 달의 운동’ 영역의 교수·학습상의 어려움을 지적하고 있다.

둘째, 초등학교에서 탐구 활동이 주로 육안 관측 중심으로 이루어지다 보니 ‘지구와 달의 운동’ 내용도 대부분 우주적 관점이 아닌 보이는 그대로를 묘사하는 가장 초보적 수준의 지구적 관점에서 기술하고 있다. 이는 중학교에서 천체의 운동을 설명할 때, 현상 위주의 지구적 관점을 전환하여 우주적 관점으로 제시하는 방식과 대조적이다. 그러나 우주적 관점을 더욱 심층적으로 설명하기 위해서는 공간 추리를 통해 다시 우주적 관점을 지구적 관점으로 전환하여 제시할 수 있다. 따라서 초등학교의 서술 방식인 초보적인 수준의 지구적 관점으로 제시된 내용이 가장 높은 수준의 지구적 관점과 표면상으로는 동일한 방식으로 서술되어 있어 이러한 내용을 이해하기 위해서는 상당한 수준의 공간 개념이 필요할 것으로 보인다.

천문학적 공간 개념 측면에서, 6-1 ‘지구와 달’

Table 7. Content composition of the Earth's and Moon's motions (6-1)

영역	핵심 개념	일반화된 지식	성취기준	
			초등학교 5~6학년	6-1 교과서
우주	태양계의 구성과 운동	태양계 천체들의 운동으로 인해 다양한 현상이 나타난다.	[6과09-01] 하루 동안 태양과 달의 위치가 달라지는 것을 지구의 자전으로 설명할 수 있다.	지구의 자전은 무엇일까요? 하루 동안 태양과 달의 위치는 어떻게 달라질까요? 낮과 밤이 생기는 까닭은 무엇일까요?
			[6과09-02] 계절에 따라 별자리가 달라진다는 것을 지구의 공전으로 설명할 수 있다.	지구의 공전은 무엇일까요? 계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭은 무엇일까요?
			[6과09-03] 달의 모양과 위치가 주기적으로 바뀌는 것을 관찰할 수 있다.	여러 날 동안 달의 모양은 어떻게 달라질까요? 여러 날 동안 달의 위치는 어떻게 달라질까요?

주제별 특징을 중등학교 교과서와 비교하여 분석한 결과를 정리하면 다음과 같다. Table 8은 지구의 자전 방향과 관련된 초등학교 교과서 내용 및 조직을 중등학교와 비교하여 분석한 결과이다.

초등학교 교과서에서 다루는 지구의 자전 방향을 살펴보면 기준점이 아닌 기준축인 자전축을 명시하고, 자전축을 중심으로 지구가 자전하는 방향은 서쪽에서 동쪽이라고 언급하고 있다. 탐구활동의 경우에도 오직 한 곳인 우리나라에(I) 관측자 모형을 세워 놓고 우리나라의 지리적 위치를 기준으로 동, 서, 남, 북을 고정된 점(S)으로 표시하여 우

주적 관점(C)에서 지구가 자전하는 방향이 서에서 동임을 이해하도록 하고 있다.

반면, 고등학교 교과서를 살펴보면, 우주적 관점(C)에서 북극점과 남극점이 기준점임을 명시하고 있으며, 이에 수직하는 방향을 동쪽과 서쪽이라고 언급하고 있다. 또한 우리나라뿐만 아니라 지구본상의 다양한 지리적 위치를 기준으로 동쪽과 서쪽 방향이 상대적으로 어떻게 달라지는지 여러 개의 참조 프레임을 함께 제공(E)하여 공간 위치에 대한 정보를 다양하게 제시하고 있다. 공간 변화 측면에서도 동, 서, 남, 북 방위를 표시함에 있어 초등학교

Table 8. Comparison of spatial concepts for the direction of the earth's rotation (6-1)

교과서	공간 개념	텍스트	삽화	탐구활동
초등학교 과학 6-1	I-C-S	지구의 자전은 무엇일까요? 지구의 북극과 남극을 이은 가상의 직선을 지구의 자전축이라고 합니다. 지구가 자전축을 중심으로 하루에 한 바퀴씩 서쪽에서 동쪽으로 회전하는 것을 지구의 자전이라고 합니다.		하루 동안의 지구의 움직임 알아보기 관측자, 관측자 모형, 것 없는
고등학교 지구과학 II	E-C-D	방위와 시각 우리는 보통 방위를 동서남북으로 나타내며, 북쪽과 남쪽을 기준으로 이에 수직하는 방향을 동쪽과 서쪽으로 나눈다. 그림과 같이 북쪽과 남쪽은 각각 북극점과 남극점을 향한다.		-

(pp.26~27)

(교과서 A, pp.161)

교과서와 달리 고정된 점이 아닌 화살표를 이용하여 동적(D)으로 방향을 표시하고 있어 공간 변화 개념을 이해하는 데에도 도움이 될 것으로 보인다.

다음으로, 계절별 별자리와 관련된 초등학교 교과서 내용 및 조직을 중등학교와 비교하여 분석한 결과는 Table 9와 같다.

“계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭은 무엇일까?”의 경우, 지구적 관점(G)에서 참조 프레임 없이(I) 봄, 여름, 가을, 겨울 어느 한 시점에 보이는 별자리를 고정된(S) 상태로 묘사하고 있다. 텍스트에는 밤 동안 남쪽을 지나 서쪽 하늘로 별자리가 움직인다고 설명하고 있지만, 이러한 공간 변화 개념이 삽화에는 드러나 있지 않아 일주 운동 방향에 대한 정보는 제공되지 않고 있다. 한편, 탐구활동의 경우, 보이는 그대로를 지구적 관점에서 묘사한 삽화와 달리 우주적 관점(C)으로 관점이 전환되어 있어 공간 추리 개념을 형성하는데 도움이 될 것으로 보인다. 다만, 탐구활동에서 학생들이 들고 있는 별자리는 텍스트에서 설명하는 각 계절에 가장 오래 볼 수 있는 밤 9시 동쪽하늘에서 관측되는

별자리가 아닌, 태양 반대쪽인 자정 0시 남쪽하늘에서 보이는 별자리를 설명하는 모형이다. 이와 같이 텍스트 내용과 탐구활동의 모형이 불일치하게 된 원인은 지구적 관점에서 보이는 그대로를 상세히 설명하는 초등학교 교과서의 텍스트 설명 내용이(예: “별자리들은 한 계절에만 보이는 것이 아니라 두 계절이나 세 계절에 걸쳐 보입니다.”) 중학교 교과서에 제시된 텍스트 내용보다(예: “계절에 따라 밤하늘에 보이는 별자리도 달라진다.”) 관측된 현상을 지구적 관점에서 자세히 묘사하고 있기 때문에 나타난 결과로 보인다. 또한 학생들이 별자리를 들고 고정된 위치에서 있어서 정적(S)으로 계절별 별자리를 제시하고 있어 공간 변화 정보가 나타나지 않는다.

반면, 중학교 교과서의 경우 계절별 별자리를 지구적 관점이 아닌 우주적 관점(C)에서 태양이 지나가는 황도 상에 있는 별자리(황도 12궁)를 중심으로(E) 태양 반대쪽에 위치한 별자리가 어떻게 계절마다 다르게 보이는지를 태양의 연주 운동과 관련하여 화살표를 이용하여 동적(D)으로 설명하고 있다.

Table 9. Comparison of spatial concepts for seasonal constellations (6-1)

교과서	공간 개념	텍스트	삽화	탐구활동
초등학교 과학 6-1	I-G/C-S	계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭은 무엇일까요? 봄철 저녁 9시 무렵 하늘에서는 사자자리를 볼 수 있습니다. 사자자리는 밤 동안 남쪽을 지나 서쪽 하늘로 움직이는 것처럼 보이기 때문에 다른 별자리 보다 볼 수 있는 시간이 깁니다. 이처럼 어느 계절에 보이는 시간이 긴 별자리를 그 계절의 대표적인 별자리라고 합니다. (중략) 별자리들은 한 계절에만 보이는 것이 아니라 두 계절이나 세 계절에 걸쳐 보입니다.		계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭 알아보기
중학교 과학 2	E-C-D	지구 공전으로 나타나는 현상은 무엇일까요? (중략) 이를 태양의 연주 운동이라고 한다. 이때 태양이 지나가는 길인 황도에 있는 12개의 별자리가 황도 12궁이다. 지구가 공전하는 동안 지구에서는 태양이 있는 쪽 별자리는 보이지 않고 태양의 반대쪽에 있는 별자리가 우리나라의 경우 한밤중에 남쪽 하늘에서 보인다. (중략) 계절에 따라 밤하늘에 보이는 별자리도 달라진다.		태양의 위치에 따른 별자리 변화 알아보기

(pp.34~35)

(교과서 A, pp.96-97)

Table 10. Comparison of spatial concepts for the phases and positions of the moon (6-1)

교과서	공간 개념	텍스트	삽화	탐구활동
초등학교 과학 6-1	無-G-D	<p>여러 날 동안 달의 모양은 어떻게 달라질까요? 여러 날 동안 달을 관찰하면 달의 모양은 약 30일을 주기로 초승달, 상현달, 보름달, 하현달, 그믐달의 순서로 변한다는 것을 알 수 있습니다. 음력 2~3일 무렵에는 초승달, 음력 7~8일 무렵에는 상현달, 음력 15일 무렵에는 보름달, 음력 22~23일 무렵에는 하현달, 음력 27~28일 무렵에는 그믐달을 볼 수 있습니다.</p>		<p>달의 모양 변화 관찰하기</p> 
				(pp.37)
	E-G-S	<p>여러 날 동안 달의 위치는 어떻게 달라질까요? 태양이 진 직후에 초승달은 서쪽 하늘에서 보이고, 상현달은 남쪽 하늘에서 보입니다. 그리고 보름달은 동쪽 하늘에서 보입니다.</p>		<p>여러 날 동안 같은 시각, 같은 장소에서 달의 위치 관측하기</p> 
				(pp.38~39)
중학교 과학 2	E-C-D	<p>모양을 바꾸는 달 달은 그림과 같이 약 한 달을 주기로 지구 주위를 서에서 동으로 공전한다. 우리는 햇빛을 반사하는 달의 표면 중 지구를 향한 부분만 볼 수 있는데, 달의 공전 위치에 따라 모양이 다르게 보인다. 이처럼 우리에게 관측되는 달의 모양을 달의 위상이라고 한다. 달이 지구를 기준으로 태양의 반대편에 오면 보름달로 보이는데, 이때를 망이라고 한다. (중략)</p>		<p>달의 모습은 왜 변할까?</p> 
				(교과서 C, pp.90~91)

탐구활동의 경우에도 텍스트와 일치하게 태양 반대편인 자정에 보이는 별자리를 배경에 표시하고 있으며, 학생이 직접 지구의 위치에서 관찰자가 되어 태양 모형인 전등을 중심으로 공전하면서 계절 별 별자리가 어떻게 달라지는지를 역할 놀이를 통해 경험하도록 구성하고 있어 공간 위치, 공간 추리, 공간 변화 개념을 형성할 수 있는 기회를 제공해 주고 있다.

마지막으로, 달의 위상 변화와 관련된 초등학교 교과서 내용 및 조직을 중등학교와 비교하여 분석

한 결과는 Table 10과 같다.

6-1의 달의 위상 변화의 경우, 앞서 언급한 5-1의 태양계 행성과 북쪽하늘의 별자리 관련 주제에서 발견되었던 병렬적 주제 구성의 특징이 이 단원에서도 나타난다. 달의 위상과 관측 위치를 분리하여 다른 소주제로 학습하므로 공간 개념을 통합적으로 이해하는 데에는 제한점이 있어 보인다. “여러 날 동안 달의 모양은 어떻게 달라질까?”의 경우, 공간 위치에 대한 개념은 드러나지 않는다(無). 임의의 공간에 지구에서 관측(G)되는 초승달, 상현달,

보름달 등의 달의 모양이 어떻게 변화되어 가는지 화살표로(D) 표시하고 있다. 천문학적 공간 개념을 이해하기 위해서는 가장 기본이 되는 대상 천체의 공간 위치가 정해져야 하는데, 그렇지 않은 상태에서 공간 추리와 공간 변화 개념을 형성하기는 어려워 보인다. 이는 초등학교에서는 공간 개념을 이용한 이해보다는 지구에서 관측된 달의 위상과 관측 위치를 현상적으로 묘사하는 것에 더 초점이 맞추어져 있기 때문으로 보인다. 한편, “여러 날 동안 달의 위치는 어떻게 달라질까?”의 경우, 지구적 관점(G)에서 대상 천체인 달을 주변 풍경과 함께 방위(동, 남, 서) 표시를 포함하여(E) 천체의 위치를 표시하고 있으나 세 장의 삽화가 서로 다른 날 저녁 7시경에 서로 다른 위상의 달을 관측한 상황이라 시간의 연속적 흐름이 나타나지 않고, 고정된(S) 공간 위치를 묘사하고 있어 공간 변화에 대한 정보가 제한적이다.

반면, 중학교의 경우, 달의 위상 변화를 우주적 관점(C)에서 한 달을 주기로 지구 주위를 공전하는 달이 햇빛을 반사하여 밝게 보이는 부분만 지구에서 관측할 수 있다고 언급하고 있으며, 태양-지구-달의 상대적 위치(E)에 따라 달의 위상이 어떻게 달라지는지 달의 공전 궤도 상에 동적(D)으로 표현하고 있다. 초등학교 교과서에서 다루는 달의 위상과 위치는 가장 초보적인 수준인 보이는 그대로의 지구적 관점을 묘사하는 것에 초점을 두고 있으나, 지구적 관점에서 제시된 달의 위상과 위치에 대한 원리를 이해하기 위해서는 가장 최상위 수준의 공간 개념이 필요하다. 즉, 중학교에서 제시한 우주적 관점을 다시 지구적 관점으로 전환시켜 공간에 대한 정보를 해석해야 하므로 중학교 보다 더 높은 수준의 천문학적 공간 개념이 필요하게 된다. 따라

서 달의 위상과 위치에 대한 학습 내용을 초등학생들이 의미 있게 이해하는 데에는 상당한 한계점이 있을 것으로 보인다.

3. 계절의 변화(6-2)

6-2에 학습하는 대단원 ‘계절의 변화’(Table 11)는 초등학교에서 마지막으로 다루는 ‘우주’ 영역 내용이다. 5-1, 6-1에는 주로 현상 위주의 육안 관측을 중심으로 탐구활동이 이루어진 반면, 6-2 “계절의 변화”는 현상과 개념을 모두 종합적으로 다루고 있어 위계적인 천문학 개념 학습과 높은 수준의 천문학적 공간 개념까지 이해해야 하는 난도가 매우 높은 단원이라고 여겨진다. 또한 종적 연계성 측면에서 초등학교에서 배운 개념을 중학교 과학에서는 다루지 않고 있어, 계절의 변화에 대한 개념의 공백을 보충하기 위해서는 고등학교에서 지구과학 II의 지평 좌표계, 적도 좌표계, 천구 등의 개념과 종적으로 연계되는 단원이다.

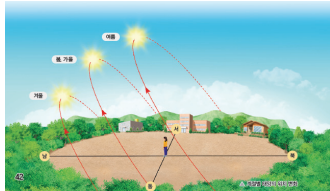
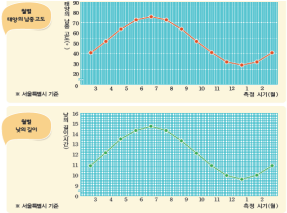
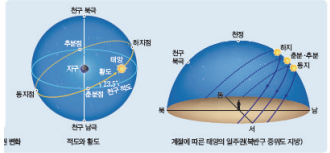

천문학적 공간 개념 측면에서, 6-2 ‘계절의 변화’ 내용 중 “계절에 따라 태양의 남중 고도와 낮의 길이는 어떻게 달라질까요?”에 해당하는 내용에 대해 천문학적 공간 개념을 중등학교 교과서와 비교하여 분석한 결과는 Table 12와 같다.

초등학교 교과서에서 다루는 “계절에 따라 태양의 남중 고도와 낮의 길이는 어떻게 달라질까?”의 경우, 운동장, 지평선, 하늘 등이 그려진 천구의 개념과 유사한 공간(E)에 계절에 따른 태양의 상대적 위치 변화(D)를 우주적 관점(C)에서 태양의 위치를 나타내고 있다. 계절의 변화를 이해하기 위해서는 천문학적 내용 이해와 천문학적 공간 개념이 모두 복합적으로 이해 가능한 상황이어야 한다. 실제로

Table 11. Content composition of the change of seasons (6-2)

영역	핵심 개념	일반화된 지식	성취기준	
			초등학교 5~6학년	6-2 교과서 2. 계절의 변화(pp.32~53)
우주	태양계의 구성과 운동	태양계 천체들의 운동으로 인해 다양한 현상이 나타난다.	[6과14-01] 하루 동안 태양의 고도, 그림자 길이, 기온을 측정하여 이들 사이의 관계를 찾을 수 있다.	- 하루 동안 태양의 고도, 그림자 길이, 기온은 서로 어떤 관계가 있을까요?
			[6과09-02] 계절에 따라 별자리가 달라진다는 것을 지구의 공전으로 설명할 수 있다.	- 계절에 따라 태양의 남중 고도와 낮의 길이는 어떻게 달라질까요? - 계절에 따라 기온이 달라지는 까닭은 무엇일까요?
			[6과14-03] 계절 변화의 원인은 지구 자전축이 기울어진 채 공전하기 때문임을 모형실험을 통해 설명할 수 있다.	- 계절의 변화가 생기는 까닭은 무엇일까요?

Table 12. Comparison of spatial concepts for solar altitudes according to seasons (6-2)

교과서	공간 개념	텍스트	삽화	탐구활동
초등학교 과학 6-1	E-G-D	계절에 따라 태양의 남중 고도와 낮의 길이는 어떻게 달라질까요? 태양의 남중 고도가 높아질수록 낮의 길이도 길어집니다. 그러므로 태양의 남중 고도가 높은 여름에는 낮의 길이가 길고, 태양의 남중 고도가 낮은 겨울에는 낮의 길이가 짧습니다. 태양의 남중 고도와 낮의 길이는 계절별 기온에 영향을 줍니다.		계절별 태양의 남중 고도와 낮의 길이를 비교하기 
고등학교 지구과학 II	E-C/G-D	적도 좌표계 적도 좌표계는 춘분점과 천구 적도를 기준으로 하여 천체의 위치를 적경과 적위로 나타낸 좌표계이다. (중략)		 천구의 (교과서 B, pp.164~165)

고등학교 교과서에 제시된 적도 좌표계에 일 년 동안 황도 상에 나타난 춘분점, 하지점, 추분점, 동지점의 위치 변화가 어떻게 나타나는지를 이해함과 동시에, 계절에 따른 태양의 일주권을 이해해야 한다. 초등학생들이 계절이 변하는 원리를 이해하려면 단계적인 개념 위계가 잘 정립되어 있어야 하는데, 형식적 조작기에 도달하지 못한 대부분의 초등학생들에게(송옥, 김효남, 2020), 상당한 이해의 공백이 발생할 것으로 예상된다. 인지 발달 단계를 고려할 때 다수의 구체적 조작기에 해당할 것으로 보이는 초등학생들에게 천문학적 공간 개념을 형성시키기 위해 정교하게 계획하여 집필된 교과서 내용이더라도 만약 학생들이 위계적인 천문학 개념을 단계적으로 이해하지 못한다면 Table 12에 제시된 내용을 이해하는 것은 학생들에게 매우 도전적일 것으로 보인다.

정선라와 이용복(2013)에 의하면, 계절의 변화를 이해하기 위해서는 1차적으로 계절이 변하는 직접적 원인인 지구 자전축 경사와 지구의 자전과 공전을 우주적 관점에서 이해해야 하며, 2차적으로 1차 요인에 의해 나타나는 태양의 적위 변화로 인한 태양 남중고도 변화와 낮의 길이 변화를 우주적 관점

과 지구적 관점으로 상호 관점 전환을 통해 이해해야 하며, 3차적으로 2차 요인에 의해 발생하는 단위 면적당 태양 에너지량과 일조 시간에 따른 태양 에너지량의 증감을 지구적 관점에서 이해해야 한다고 언급하고 있다. 이처럼 천문학적 개념 이해와 공간 이해가 복합적으로 필요한 단원으로 천구에 대한 개념이 없는 초등학생들에게 단순히 정보의 나열로 암기해야 할 부분으로 인식될 가능성이 높아 보인다. 천문학적 공간 개념 중 좌표계 부분은 학생들이 가장 어려워하는 부분 중 하나로 수능에서도 고난도의 문항으로 자주 출제되었던 내용이다. 지구과학II에서 학습하는 지평 좌표계와 적도 좌표계를 이용하여(E) 계절에 따른 태양의 고도 변화(D)를 적경과 적위를 통해 우주적 관점(C)과 지구적 관점(G)에서 관점을 전환시키며 천구의 개념을 종합적으로 이해해야 계절의 변화를 단계적으로 이해할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 초등학교 교과서의 내용과 조직을 천문학적 공간 개념 이해라는 관점에서 중등

학교 교과서와 비교 분석하는 것이었다. 이를 위하여 초등학교에서 ‘우주’ 영역에 대해 본격적으로 다루기 시작하는 초등학교 과학 5-1, 6-1, 6-2 국정 교과서 각 1권을 선행 연구를 통해 귀납적으로 도출한 천문학적 공간 개념 분석틀을 이용하여 3종의 중등학교 교과서를 참고하여 질적 분석하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 태양계 행성과 달의 위상 변화에 대해서는 초등학교와 중등학교 교과서에서 주목하는 공간 개념의 제시 방식이 상당히 다르다는 점을 발견할 수 있었다. 초등학교 교과서의 경우, 대상 천체 그 자체에 집중하여(본질적), 천체가 보이는 그대로를(지구적), 관측하는 그 시점과 장소에서(정적) 관측 가능한 구체적인 상황을 제시하려는 경향이 높게 나타났다. 반면, 중등학교 교과서의 경우, 대상 천체 이외의 배경 프레임까지 포함하여(외재적), 우주 공간 상에서(우주적), 자전과 공전에 따른 천체의 운동을 궤도 상에(동적) 제시하여 관측된 현상의 원인이 무엇인지를 개념적으로 접근할 수 있도록 하는데 강조점이 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 초등학교 학생들에게 ‘우주’ 영역 학습 내용이 학생들의 삶과 유리되지 않도록 구체적인 탐구 경험을 제공하여 자연 현상에 대한 흥미와 호기심을 유발하기 위함으로 해석된다.

둘째, 북쪽 하늘의 별자리와 별과 행성의 차이에 대해서는 초등학교와 중등학교 모두 지구적 관점에서 공간을 추리하도록 구성되어 있었으나, 공간 위치와 공간 변화의 제시 방식이 상이하였다. 초등학교 교과서의 경우, 반시계 방향으로 일주 운동을 하는 북쪽 하늘의 별자리보다 북쪽 방위의 기준점이 되는 북극성의 정적인 특징에 주목하였으며, 여러 날 동안 관측하였을 때 위치가 변하는 동적인 행성보다 배경이 되는 정적인 별에 주목하였다. 반면, 중등학교의 경우, 북극성을 중심으로 반시계 방향으로 일주 운동하는 북쪽 하늘의 별자리의 회전에 주목하였으며, 배경 별자리 사이를 움직이며 일정한 시간 간격으로 공간 변화를 보이는 행성의 겉보기 운동에 주목하는 특징을 보였다. 이러한 차이는 초등학교 ‘우주’ 영역 과학 교육과정 내용 체계 표 상의 해당 내용의 핵심 개념이 ‘태양계의 구성과 운동’이 아닌 ‘별의 특성과 진화’이므로 태양계 행성의 자전과 공전 등의 공간 개념 보다는 우주에 존재하는 수많은 별의 개념적 특성에 주목하여 초

등학교 학생들이 밤하늘에 보이는 별을 친숙하게 느낄 수 있도록 하기 위함으로 해석된다.

셋째, 초등학교에서 다루는 ‘태양계와 별’, ‘지구와 달의 운동’이 주로 육안 관측 중심의 현상 위주로 교과서의 내용과 조직이 구성된 반면, ‘계절의 변화’는 현상과 개념을 모두 종합적으로 다루고 있어, 중등학교 교과서의 지평 좌표계, 적도 좌표계, 천구 등의 천문학 개념 학습과 공간 개념이 종적으로 연계되는 단원으로 파악되었다. 초등학생들의 인지 발달 단계를 고려할 때, 천문학적 공간 개념을 형성시키기 위해 정교하게 집필된 교과서 내용이더라도 학생들이 위계적인 천문학 개념 학습이 단계적으로 이루어지지 못한다면, 해당 내용을 이해하는 것은 매우 도전적인 것으로 보인다. 계절의 변화를 이해하기 위해 1차적으로 지구 자전축 경사와 지구의 자전과 공전을 우주적 관점에서 이해해야 하고, 2차적으로 태양의 적위 변화로 인해 나타나는 태양의 남중고도 변화와 낮의 길이 변화를 우주적 관점과 지구적 관점으로 상호 관점 전환을 통해 이해해야 하며, 마지막으로 단위 면적당 태양 에너지량과 일조 시간에 따른 태양 에너지량의 증감을 지구적 관점에서 이해해야 한다(정선라, 이용복, 2013). 이러한 과정에서 학생들은 자연 현상에 대한 경험적 이해를 바탕으로 각자의 논리적 체계를 형성하여 천문 현상의 인과 관계를 천구라는 공간 개념으로 시각화해 보려는 적극적인 노력이 동반되어야 할 것으로 보인다. 그러나 수업 시간 중에 많은 생각과 질문들을 품고 있을 초등학생들에게 주어진 천문학적 공간 정보와 단계적 개념이 이해 가능한 사고 범위 이내에 존재하는지 심도 있는 논의가 필요해 보인다.

이상의 연구 결과를 바탕으로 초등학교 ‘우주’ 영역 교과서 및 교수학습 자료를 개발하고 적용하는데 기초 자료를 제공하고, 천문 영역 학습의 종적 연계성 측면에서 개선할 수 있는 방안을 제고하기 위하여 결론 및 후속 연구를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 현재 초등학교 교과서에 나타난 대상 천체에 대한 본질적, 지구적, 정적으로 기술된 천문학적 공간 개념의 특징이 실제로 초등학생들에게 밤하늘의 천체를 관측하는 상황에서 자연 현상을 이해하고 기초 탐구로서 관찰 능력을 함양하는데 긍정적인 역할을 하고 있는지 확인하는 후속 연구가 필요해 보인다. 또한 중등학교 교과서와 같이, 천문학

적 공간 개념을 강조하여 대상 천체에 대해 외재적, 우주적, 동적으로 교과서를 구성하였을 때, 초등학생들에게 관측된 천문학적 현상의 원인이 무엇인지를 개념적으로 이해시키는 데 유의미한 효과가 있는지, 아니면 어떠한 제한점이 나타나는지 등 다양한 요인들 간의 관계를 천문학적 공간 개념과 관련하여 세부적으로 살펴볼 필요가 있을 것이다.

둘째, 우주적 관점에서 천체의 실제 운동을 이해하기 위한 구체적인 모형을 이용한 탐구 활동의 경우, 천문학적 공간 개념 형성을 위해 모형이 가지는 한계점이 존재할 수 있다는 점을 인식해야 할 것이다. 모형을 이용한 탐구 활동이 실제 천체의 운동과 동일하게 일대일로 대응되는 것이 아니라 점을 학생들에게 명시적으로 안내할 필요가 있어 보인다. 각각의 모형과 실제의 대응물이 무엇이며, 모형의 한계와 제한점이 무엇인지 학생들의 생각을 드러낼 기회가 주어진다면 학생들이 공간 개념 형성 과정에서 겪을 시행착오와 어려운 점을 교사가 구체적으로 파악하고 천문학 학습을 위한 비계를 명시적으로 제공해 줄 수 있을 것이다.

셋째, 천문학적 공간 개념의 중요성에 동의하더라도 초등학생들의 인지 수준이나 정서를 고려할 때, 어느 정도까지 천문학적 공간 개념을 교과서에서 다루어야 하는지에 대해서는 과학교육전문가들 사이에서 이견이 존재할 수 있을 것이다. 본 연구 결과가 초등의 1종 국정 교과서를 중등의 여러 종의 검정 교과서와 비교 분석하였으므로 본 연구 결과를 해석하는데 주의가 필요해 보인다. 그럼에도 불구하고 초등학교 교과서에서 다루는 초보적인 수준인 보이는 그대로의 지구적 관점으로 대상 천체를 제시한 경우, 학생들이 관측된 현상의 원인이 무엇인지 궁금증이 생겼을 때 의미 있는 학습이 이루어지기 위해서는 더 많은 천문학적 공간 정보가 필요해 보인다. 구체적인 탐구 경험 제공, 자연 현상에 대한 흥미와 호기심, 전이 가능한 핵심 개념 등 초등학교 과학 수업의 궁극적 목표를 달성하기 위해서는 관찰 현상에 대해 학생 스스로 자신이 알고 있는 개념을 적용하여 해석하는 시각화 과정이 반드시 동반되어야 할 것이며, 이러한 공간 개념은 현상에 대한 흥미와 질문을 이어 나가게 하는 원동력이 될 수 있을 것이다.

본 연구 결과는 관찰과 현상 위주의 실생활과 연계된 천체 관측 학습 내용이 초등학생의 호기심과

상상력을 자극하고 학생들의 지적 참여를 격려하기 위해서는 ‘왜’라는 질문에 대해 학생 스스로 답을 찾을 수 있도록 공간 개념에 대한 이해가 뒷받침되어야 한다는 점을 환기하고자 하였다. 단순히 과학적 실행을 통해 학생들이 관찰한 현상을 정확하게 기술하여 결과를 제시하는 것에 주목하기보다, 과학적 실행 과정에서 발생할 수 있는 다양한 질문에 답할 수 있도록 전이 가능한 공간 개념을 중심으로 핵심 개념에 대한 내용 조직이 이루어져야 할 것이다. 초등학교 교과서는 개념보다는 현상 위주의 학습이 주가 되는 만큼 학생들이 공간 개념을 이해하지 못한다면 교과서 내용의 서술이 학생들에게 의미 있게 다가오기는 어려울 것이다. 학생에 따라 공간 개념을 이해하는 방식은 다양하겠지만 매 주제마다 공간 개념을 이해할 수 있도록 정교하게 편집된 교과서에 반복적으로 노출된다면, 천문학 내용이나 지식 그 자체는 잊어버리더라도 천체의 공간 운동을 이해하기 위한 특정 사고가 가능한 임계 포인트(맹승호, 이기영, 2018)인 공간 개념에 대한 학습은 중등학교에서 심화된 천문 내용을 학습하는 데 중요한 도구가 될 것이기 때문이다.

참고문헌

- 교육부 보도자료(2019). 초등학교 교과서. 2022년 국정에서 검정으로 전환.
- 교육부(2015). 초중등학교 교육과정 총론. 별책 1 제 2015-74호.
- 권계현, 박일수(2010). 우리나라 미국 초등 과학 교과서의 천문 영역 내용 비교 분석. 초등과학교육, 29(2), 166-185.
- 김경미, 박영신, 최승언(2008). 과학 교과서 천문 단원의 탐구 활동 분석. 한국지구과학회지, 29(2), 204-217.
- 김형욱, 정소진, 정소리, 문성윤(2018). 3D 천문 프로그램을 활용한 과학 수업이 초등학생의 과학 학습 동기 및 공간지각능력에 미치는 영향. 현장과학교육, 12(1), 37-48.
- 김희수, 서창현, 이항로(2003). 천문학적 공간개념 수준에 관한 검사도구 개발. 한국지구과학회지, 24(6), 508-523.
- 류지수, 전문기(2021). 과학교과서의 학년 간 언어적 특성 분석: 텍스트 정합성을 중심으로. 한국과학교육학회지, 41(2), 71-82.
- 맹승호, 이기영(2018). 지구의 공전과 별자리 걸보기 운동에 대한 초등학생들의 공간적 추론 발달 경로의 사

- 레 연구. 한국과학교육학지, 38(4), 481-494.
- 명전옥(2001). 예비교사들의 지구과학 문제 해결 실패 요인: 달과 행성의 운동을 중심으로. 한국지구과학회지, 22(5), 339-349.
- 송옥, 김효남(2020). 초등학교 3-6학년 학생의 과학적 탐구 능력과 인지 발달 수준 분석. 청람과학교육연구논총, 25, 9-17.
- 신명렬, 이용섭(2011). 과학영재 학생을 위한 RSM 기반 천체관측 프로그램이 천문학적 공간개념과 자기주도적 학습능력에 미치는 효과. 영재교육연구, 21(4), 993-1009.
- 오준영, 김유신(2006). 천문 현상들을 설명하는 예비초등 교사들의 정신모형 구조: 계절과 달의 위상 변화. 한국과학교육학회지, 26(1), 68-87.
- 유은정(2020). 과학영재학교에서 천문학 전공 희망자의 학습자 정체성 탐색. 학습자중심교과교육연구, 20(19), 329-355.
- 윤은정(2019). 과학교과서에 제시된 과학용어에 대한 명시적 및 암시적 교육 사례 분석. 한국과학교육학회지, 39(6), 767-775.
- 이면우, 장은숙(2007). 한일 초등 예비교사들의 천문학 기초개념 이해와 천문학에 대한 태도. 한국지구과학회지, 28(7), 789-802.
- 이명제(2016). 초등 과학교과서 천문 내용에 대한 예비 교사들의 질문의 배경지식 유형과 출처 분석. 초등과학교육, 35(2), 194-204.
- 이정아, 이기영, 박영신, 맹승호, 오현석(2015). 초등학교 태양계 별 수업에서 나타나는 공간적 사고 사례 연구. 한국과학교육학회지, 35(2), 179-197.
- 이지혜, 신동희(2021). 천문 유산을 활용한 천문학 교육 프로그램 개발 및 활용 가능성 탐색. 한국지구과학회지, 42(3), 325-343.
- 임성만(2020). 초등학교 과학교과서에 제시된 탐구활동의 교수전략, 유형, 개념과의 연관성 분석: 지구과학 영역을 중심으로. 초등과학교육, 39(3), 449-463.
- 임청환, 정진우(1993). 국민학교 자연과 천문분야 내용 분석과 문제점. 한국과학교육학회지, 13(2), 247-256.
- 정선라, 이용복(2013). 계절변화 개념 위계에 관한 연구. 한국지구과학회지, 34(4), 366-377.
- 정진우, 한신(2010). 초등학교 교사들의 천문학적 거리에 대한 개념 연구. 한국지구과학회지, 31(7), 827-838.
- 조상호(2008). 성도, 사계절 별자리, 성운, 성단, 은하를 모두 담은 우리 밤하늘 지도. 사이언스북스.
- 주형미, 김종운, 배화순, 변희현, 유금복, 서지영, 장근주, 박소영, 배주경(2020). 2015 개정 교육과정에 따른 초·중학교 교과 교육내용의 적정성 분석: 수학, 과학. 한국교육과정평가원 연구보고. RRC 2020-6-2.
- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.
- Cole, M., Cohen, C., Wilhelm, J., & Lindell, R. (2018). Spatial thinking in astronomy education research. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 2469-9896.
- Del Grande, J. (1990). Spatial sense. *The Arithmetic Teacher*, 37(6), 14-20.
- Erickson, H. L., Lanning, L. A., & French, R. (2017). Concept-based curriculum and instruction for the thinking classroom (2nd ed.). Thousand Oaks, Ca: Corwin.
- Liben, L. S., & Titus, S. J. (2012). The importance of spatial thinking for geoscience education: Insights from the crossroads of geoscience and cognitive science. In K. A. Kastens & C. A. Manduca (Eds.), *Earth and Mind II: A Synthesis of research on Thinking and Learning in the Geosciences: Geological Society of American Special Paper*, 486, 51-70.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498.
- Lohman, D. F. (1979). Spatial ability: A review and re-analysis of the correlational literature. *Technical Report*, 8, 25-27.
- Mathewson, J. H. (1999). Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83(1), 33-54.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918.
- National Research Council. (2006). *Learning to think spatially*. The National Academies Press.
- Newcombe, N. S., & Shipley, T. F. (2015). Thinking about spatial thinking: New typology, new assessments. In J. Gero (Ed.), *Studying Visual and Spatial Reasoning for Design Creativity*. Springer, Dordrecht. 179-192.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The child's conception of space*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Plummer, J. D. (2014). Spatial thinking as the dimension of progress in an astronomy learning progression. *Studies in Science Education*, 50(1), 1-45.
- Plummer, J. D., Bower, C. A., & Liben, L. (2016). The role of perspective taking in how children connect

- reference frames when explaining astronomical phenomena. *International Journal of Science Education*, 38(3), 345-365.
- Plummer, J. D., Wasko, K. D., & Slagle, C. (2011). Children learning to explain daily celestial motion: Understanding astronomy across moving frames of reference. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1963-1992.
- Plummer, J. D., & Krajcik, J. (2010). Building a learning progression for celestial motion: Elementary levels from an Earth-based perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 768-787.
- Plummer, J. D., Kocareli, A., & Slagle, C. (2014). Learning to explain astronomy across moving frames of reference: Exploring the role of classroom and planetarium-based instructional contexts. *International Journal of Science Education*, 36(7), 1083-1106.
- Rudmann, D. S. (2002). Solving astronomy problems can be limited by intuited knowledge, spatial ability, or both. Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, ED 468 815, 1-11.
- Sherrod, S. E., & Wilhelm, J. A. (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.
- Sneider, C., Bar, V., & Kavanagh, C. (2011). Learning about seasons: A guide for teachers and curriculum developers. *Astronomy Education Review*, 10(1), 1-22.
- Subramaniam, K., & Padalkar, S. (2009). Visualization and reasoning in explaining the phases of the moon. *International Journal of Science Education*, 31(3), 395-417.
- Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-418.

유은정, 한국교육과정평가원 부연구위원(Yu, Eun-Jeong; Associate Research Fellow, Korea Institute for Curriculum and Evaluation).

박경진, 한국교육과정평가원 부연구위원(Park, Kyeong-Jin; Associate Research Fellow, Korea Institute for Curriculum and Evaluation).

† 정찬미, 한국교육과정평가원 부연구위원(Jung, Chan-Mi; Associate Research Fellow, Korea Institute for Curriculum and Evaluation).