

천문 유산을 활용한 천문학 교육 프로그램 개발 및 활용 가능성 탐색

이지혜¹ · 신동희^{2,*}

¹대전교육과학연구원 대전교육정책연구소, 34131, 대전광역시 유성구 대덕대로 507-50

²이화여자대학교 과학교육과, 03760, 서울특별시 서대문구 이화여대길 52

Development of Astronomy Education Programs using Astronomical Heritage and Exploring its Educational Possibility

Jihye Lee¹ and Donghee Shin^{2,*}

¹Daejeon Education Policy Institute, Daejeon Education & Science Research Institute, Daejeon 34131, Korea

²Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea

Abstract: This study aims to develop two science education programs using Angbuilgu and ancient astronomical data, are Korean astronomical heritage, and explore its educational possibility through the pilot application. Considering the TSK compositional characteristics of Angbuilgu and ancient astronomical data, linkage with science curriculum, and linkage with NOS, Angbuilgu was developed as a hands-on activity for elementary school students and ancient astronomical data as a science inquiry activity for middle and high school students. The educational availability of the developed program was confirmed by pilot application to elementary and high school groups. Through the Angbuilgu activity, the students refined their conceptual knowledge by correcting misconceptions about the solar motion by season and then confirmed the possibility of connection with the concept of the celestial coordinate system. Students recognized the scientific value of Angbuilgu and understood the nature of interactions STS. In the ancient astronomical data activity, students experienced inductive and deductive inquiry methods and utilized various information and strategies. Through the activities, students improved their scientific understanding and attitude towards TSK.

Keywords: Science education program, astronomical heritage, Angbuilgu, ancient astronomical data

요약: 이 연구의 목적은 한국 천문 유산인 앙부일구와 고대 천문 기록을 활용한 과학 교육 프로그램을 개발하고, 시범 적용을 통해 활용 가능성을 탐색하는 것이다. 앙부일구와 고대 천문 기록의 TSK 구성적 특성, 과학 교육과정과의 연계성, NOS와의 연계성을 고려하여 앙부일구는 초등학생을 위한 핸즈온 활동으로, 고대 천문 기록은 중·고등학생을 위한 과학 탐구 활동으로 개발했다. 개발된 프로그램을 초등과 고등 집단에게 시범 적용하여 활용 가능성을 확인했다. 앙부일구 활동을 통해 학생들은 절기별 태양 운동에 대한 오개념을 수정하며 개념 지식을 정교화했고, 이후 천구 좌표계 개념과의 연계 가능성을 확인했다. 학생들은 앙부일구의 과학적 가치를 인식했으며, 과학·기술·사회 간 상호작용의 본성을 이해했다. 고대 천문 기록 활동에서 학생들은 귀납 및 연역적 탐구 방법을 경험했고, 다양한 정보와 전략을 활용했다. 활동을 통해 학생들은 TSK에 대한 과학적 이해와 태도를 발전시켰다.

주요어: 과학 교육 프로그램, 천문 유산, 앙부일구, 고대 천문 기록

*Corresponding author: donghee@ewha.ac.kr
Tel: +82-02-3277-2719

서론

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.

인류에게 하늘은 끊임없는 호기심의 대상이었으며, 하루의 시작과 끝을 제공하는 절대적 존재였다. 하늘에 적응하며 살아온 인류에게 천문학은 가장 오래된 지식 분야이며, 근대 과학의 시작이기도 하다. 하늘

은 사람들에게 낭만과 호기심의 대상이지만, 거대한 규모의 시간적·공간적 개념 이해를 요구하는 특성 때문에 학생들이 어려워하는 과목 중 하나다. 우리나라는 역사적으로 천문학이 번성했던 시기가 많았고, 당대 세계 어느 문화권과 비교해도 뒤지지 않는 천문학 유산을 가지고 있다. 오랜 기간 한반도에서 축적된 천문 지식과 기술은 삼국시대를 거쳐 조선 세종대에 가장 빛을 발하며 다양한 천문 관측 기기와 기록 유산으로 남아 있다. 수 천 년 동안 축적된 천문학 지식과 사상들은 세종대의 역사상 유래 없이 특출했던 과학 업적들의 배경이 되었다(Kim, 1993).

이런 풍부한 천문 역사와 유산을 보유하고 있음에도 불구하고, 그동안 천문학 교육에 활용되는 소재는 매우 한정적이었다. 그마저도 관련 단원에서 흥미를 유발하거나, 역사적 정보 제공 형태로 제시되어 학생들은 우리 천문 유산의 우수성을 그저 읽을거리 소재로만 배워온 경향이 있었다. 우리 전통 천문학이 과학 교육에 활용되기 어려웠던 것은 관련 개념 지식이 관측 기기로 구현된 형태로 남아있는 것이 많아 교육 자료로 활용되기에는 다소 어렵기 때문이라고 추측할 수 있다. 천문 유산이 내포한 과학 지식과 활동이 현대 과학의 이미지와 다르게 보인다는 것도 또 다른 이유다. 대부분의 문화권에서 천문학은 국가 권력의 상징으로 정치적 목적과 수단으로 이용되어 왔다. 과학 교과서에서 코페르니쿠스의 근대 우주관과 아라비아, 중국, 인도 등의 고대 우주관이 대비되어 제시되는 것처럼, 우주와 세계에 대한 옛날 사람들 특히 동양인의 관점이 비과학적이고 미신적으로 비취지는 측면도 있다.

그러나, 우리가 말하는 과학 지식의 법칙과 내용은 과학적 진리의 보편성을 말할 뿐, 그것을 발견하는 과정이나 이용하는 일은 민족의 특성에 따라 서로 다른 방식으로 진행되어 왔다(Park, 2002). 과학적 합리성이 당대의 역사와 문화적 맥락에 기반하여 판단되고 이해되어야 함은 오늘날의 학생들이 알아야 할 중요한 과학의 본성(nature of science: NOS)이다. Elkana(1981)는 예술, 종교, 윤리, 정치 등 대부분의 분야에서 문화적 다양성이 인정되는 반면, 과학은 비교 대상이 없는 유일한 학문이라고 지적했다. 우리나라를 비롯한 모든 문화권에는 고유한 전통 과학 지식(traditional science knowledge: TSK)이 있으며, 이는 현대 과학 문명을 이룩한 토대로, 자연을 바라보는 다양한 관점과 기술들이 지역에서 지역, 세대에서

다음 세대로 전해지는 과정을 통해 점진적으로 발전해 왔음을 가르칠 필요가 있다. 나아가 비약적으로 발전한 서양 근대 과학 이후 동양 문화권의 통합적 사고와 통찰이 더해져 현대 과학으로 도약할 수 있었음을 강조해야 한다(Kawagley et al., 1998).

오늘날의 대부분 국가의 과학 교육 내용은 실증주의 철학을 바탕으로 서유럽을 중심으로 발전하여 과학혁명을 통해 하나의 완전한 지식 분야로 자리잡은 서양 근대 과학(western modern science: WMS)으로 구성되어 있다. 한편, 서유럽 이외의 국가들에서는 실증주의의 한계를 극복하고, 자국의 과학 교육에 정체성과 맥락성을 부여하고자 토착 과학(Indigenous knowledge: IK)을 도입하려는 연구가 꾸준히 진행되고 있다(Kawagley et al. 1998; Ogawa, 1995; Snively & Corsiglia, 2001). IK는 동일한 지역에 사는 사람들이 그들을 둘러싼 자연과 상호작용한 결과로 생성되는 지적 유산이며, 그 지역만의 독특한 세계관, 관습, 생활 양식 등을 포함한다(Hart, 2010). 우리나라의 경우 전통 온돌 문화, 대청마루, 김치 등에 우리의 IK가 포함되었다고 볼 수 있다.

대상을 객관적이고 분석적인 관점으로 파악하는 WMS 중심의 학교 과학에 더하여 TSK는 자연에 대한 전체론적이고 순환적인 관점을 제공함으로써 학생들이 과학에서 균형 잡힌 시각을 기를 수 있도록 돕는다(Nisbett, 2004). 또한, 이는 우리의 과학 문화 정체성을 형성해 가는데 기초가 될 것이다. 우리의 과학 문화를 객관적으로 파악하려면 과학 기술 전통과 문화유산에 대한 이해가 선행되어야 하며, 세계사적 안목에서 우리 과학기술사를 재구성할 수 있어야 한다. 전통 과학을 지나간 과거가 아닌 현재 살아 움직이는 전통과 현실 속에서 이해하기 위해서는 경험 과학적 탐구가 필수적이다(Lee, 2001). 우리 TSK를 활용한 천문학 수업은 우리나라 학생을 비롯해 WMS 중심의 과학을 배우는 학생들에게도 과학 지식과 방법에 대한 새로운 관점을 제공하는 계기가 된다.

학교 과학은 과학자가 되기 위한 일부 학생들을 위한 교육이 아니라 모든 학생들이 일상에서 직면하는 과학 기술 문제들에 대해 합리적 의사결정을 내릴 수 있는 과학적 소양을 갖출 수 있도록 하기 위한 것이어야 한다. 현재 과학 교육은 과학에 대한 학생들의 흥미 저하와 넓고 활동적인 상호작용을 추구하는 사회적 요구라는 두 가지 문제에 직면해 있다(Song, 2006). 과학적 소양 향상을 위한 실제적 과학

탐구와 핸즈온 활동의 교육적 효과 및 중요성은 오랫동안 과학 교육에서 강조되어 왔다. 실제적 과제를 활용한 수업은 학생들이 과학 개념에 더욱 몰입할 수 있게 하여 개념 이해를 깊게 할 뿐만 아니라, 진지한 과학적 사고와 태도를 경험할 수 있게 한다. 학생들은 동기과 주도성을 가지고 참여하게 되고, 수집된 자료를 해석하고 자신의 활동을 반성하는 과정을 통해 ‘어떻게’를 알면 ‘왜’를 이해하는 데에도 도움이 된다는 것이다(Urbancic & Clazar, 2012). 또한, 과학 핸즈온(hands-on) 활동과 탐구 활동은 학생들이 기존의 과학 개념 지식을 잘 조직화하여 이해하게 할 뿐만 아니라, 모둠 활동을 통해 서로 다른 생각들을 공유하고 협력을 통한 문제 해결을 경험하게 할 수 있게 한다(Sadler, 2009).

우리 천문 유산은 소중한 과학 문화유산인 동시에 훌륭한 과학 교육 소재다. 학생들에게 천문 유산들은 역사·문화적으로는 친숙하지만, 그것에 대한 과학적 접근 경험은 많지 않기 때문에 새로운 과학 소재로 발굴될 수 있다. 우리 천문 유산은 앙부일구와 같이 탐구 및 핸즈온 활동으로 개발되기에 적합한 기술과 도구로 남아 있는 것이 많다. 또한, 고대 천문 기록은 이제까지 과학 교육에 활용된 적이 없는 실제 자연 기록으로 기상청에 의해 활용이 유용한 자료로 재구성되었다. 이 연구의 목적은 우리 천문 유산인 앙부일구와 고대 천문 기록을 교육 소재로 활용한 천문 교육 프로그램을 개발하고, 시범 적용을 통해 활용 가능성을 탐색하는 것이다. 구체적인 연구 내용은 다음과 같다. 첫째, TSK의 구성적 특성, 과학 교육과정과의 연계성, NOS 연계성 등을 고려한 앙부일구와 고대 천문 기록 교육 프로그램을 개발한다. 둘째, 개발된 교육 프로그램 시범 적용하여 활용 가능성을 확인한다.

천문 유산의 교육적 가치

그동안 우리 전통 과학은 ‘과학 문화’의 측면보다 ‘과학적인 문화’의 측면이 더욱 부각되어 왔다. 전통 과학을 과학 교육 소재로 활용한 연구들에도 문화유산 현장이나 전통 문화를 활용한 사례가 많다. 그중 수원화성(Choi & Pak, 2004; Yoon & Pak, 1999), 창녕·영산 일원 과학 문화재(Cho & Kim, 2001), 고창 고인돌 유적(Kim, 2013), 종묘(Kim & Shin, 2014), 경주지역 문화재(Kim, 2002), 창덕궁(Lee &

Shin, 2017b) 등과 같이 문화유산 현장에서 할 수 있는 과학 탐구 프로그램 개발 연구가 가장 활발히 이루어졌다. 또한, 전통 문화인 옷, 책, 비누, 전통 염색(Kang & Lee, 2008), 온돌(Sung & Shin, 2014), 옷놀이(Kim, 2021)와 같이 전통 문화에 포함된 TSK를 활용한 핸즈온 활동 또는 융합 교육 개발 연구도 이루어졌다. 이는 생활이나 문화에 적용되어 문화유산으로 전해져 내려온 우리 전통 문화 속 과학지식으로서의 TSK를 활용한 것으로 해석할 수 있다.

한편, 우리 TSK의 독자적인 과학 발전을 드러낼 수 있는 것은 천문학 분야가 대표적이다. 과학관이나 박물관을 통해 전통 과학의 사례로 소개되고 있는 소재는 천상열차분야지도, 일성정시의, 소간의, 침성대, 규표, 적도의, 지구의 등 천문도 및 천문관측 기기에 관련된 것이 많다(Lee et al., 2018). 또한, 천구의 구조나 태양 운동에 대한 이해를 바탕으로 한 앙부일구, 현주일구, 천평일구, 정남일구 등의 해시계도 전통 천문학의 성과로 볼 수 있다. 이처럼 다양하게 남아 있는 천문학 분야 업적에도 불구하고 우리 전통 천문학을 과학 교육에 직접 활용한 예는 많지 않다. 그 이유로는 당대 천문학 지식의 많은 부분이 관측 기기에 적용된 형태로 남아있고, 그것에 쓰인 기술과 한자 용어의 난이도도 상당히 높다는 것을 들 수 있다. 현재에도 전통 과학 분야 역사학자들과 고천문학자들에 의한 우리 전통 과학 기술의 역사적·과학적 고증이 진행되고 있다(Kim et al., 2011; Lee et al.; 2006; Yi, 2012).

한편, 해시계를 과학 교육에 직접 활용한 예는 일부 있었다. Oh(2000)는 앙부일구에 포함된 과학 원리와 당시 초·중등 과학 교과 내용의 연관성을 분석해 과학교육에 앙부일구의 도입 가능성을 제시했다. Roh(2015)는 다양한 해시계를 활용해 천구 및 좌표계의 개념을 돕기 위한 중등 천문단원 교수학습 프로그램을 개발했는데, 오목해시계 앙부일구와 지평해시계 규표, 신법지평일구, 적도식 해시계 현주일구, 천평일구, 일성정시의, 수직해시계에 대한 특징과 원리를 비교하는 활동이 포함되었다. 이처럼 앙부일구의 경우 선행 연구에서 과학 교육 프로그램으로 개발되었거나 교과서에 소개된 사례가 있었지만, 앙부일구 원리를 자료를 통해 알아보거나 시간을 읽어보는 등 단편적 활용에 그쳐 적극적 체험으로 이어지지 못한 한계가 있었다.

앙부일구는 우리나라 전통 해시계로 세종대에 과학

기술자 장영실이 개발했다. 앙부일구는 다른 평면 해시계와 다르게 전통 가마솥을 연상시키는 반구 형태를 하고 있는 것이 특징이다. 앙부일구[仰釜日晷, Angbuilgu]라는 명칭 또한 ‘하늘을 우러러 보는 솥’이라는 뜻을 가지고 있다. 반구 안쪽의 둥근 면을 따라 13줄의 시각선과 7줄의 절기선이 교차되어 그려져 있다. 앙부일구는 항상 북쪽을 향하도록 되어 있고, 남쪽면 가장자리에 고정된 바늘의 그림자가 시각선과 절기선 위에 나타나 시간과 절기를 나타낸다. 반구 형태의 앙부일구는 기존의 평면 해시계와 달리 천구상에서의 태양 이동 경로를 직관적으로 반영하고 있기 때문에 교육적 활용 가능성이 높다. 앙부일구는 시각과 절기를 동시에 나타내고 있어 절기에 따른 태양 운동의 변화를 이해하는 데 유용하다. 계절별 태양 남중고도와 일주운동의 변화 개념은 학생들이 천문학 영역에서 만나게 되는 어려운 공간적 개념 이해 과제다. 앙부일구는 계절별 태양 일주운동 개념의 공간적 이해를 돕고, 계절마다 남중고도가 다른 이유, 해가 뜨고 지는 위치가 다른 이유를 표현하고 있다. 앙부일구는 태양의 공간적 움직임을 직관적으로 이해할 수 있는 소재다.

앙부일구는 과학 개념뿐만 아니라, 역사, 한국 TSK와 일상생활 지식을 포함한 우리 과학 문화를 모두 포함한 융합 과학 소재다. 특히, 해시계가 세계의 어느 문명권에서나 공통적으로 발명되고 사용된 것이라는 과학 기술의 보편성을 확보함과 동시에 조선 사회의 문화적 특수성을 반영한다는 점에서 과학 기

술의 사회적 특성을 학습하기에도 좋은 소재다(Oh, 2000). 과학을 포함한 다양한 개념 지식이 해시계로 구현되어 실생활에 활용되었다는 것으로 과학·기술과 사회와의 연관성을 명시적으로 드러내고 있다.

한편, 우리나라의 자연 현상 기록 역사는 수천 년 전부터 시작한다. 기상청은 삼국사기와 삼국유사에 등장하는 BC 54년부터 934년까지의 기상, 천문, 지진과 관련된 자연 현상 기록들을 시간 순서대로 정리해 자료집으로 발간했다. 삼국사기와 삼국유사는 고대 한국의 정치사, 외교사, 인간 생활, 자연 현상 등을 담은 역사 기록 서적으로 여기에는 정치사와 함께 당시 일어난 중요한 자연 현상들을 기록하고 있다. 과거 천문과 기상 현상은 국가의 미래를 암시한다고 생각했기 때문에 고대 국가에서 자연 현상을 관찰하고 기록하는 것은 매우 중요한 일이었다.

기상청 자료집에서 소개하는 자연 기록 사례는 Fig. 1과 같다. 본 자료집에는 자연 현상 기록의 기록 연대, 한글 번역, 한자로 쓰인 원문, 연호, 양력, 출전 등이 제시되어 있다. 여기에는 112회의 기상 기록(가뭄, 서리, 우박, 비, 눈, 홍수, 천둥, 바람, 번개 포함), 66회의 천문 기록(일식, 혜성, 유성, 금성 포함), 88회의 지진 기록이 포함된다. 개별 기록에 대해 주요 지명, 인물, 사건에 대한 설명과 시대별 영토 변화, 역대 왕의 재위 기간, 당대의 도량형, 주요 용어 해설 등을 역사적 추가 설명을 각주로 제공하고 있다.

이는 우리 선조들이 하늘과 땅에서 일어나는 온갖 현상을 철저히 관찰해 기록해 놓은 것으로, 인류 생

《삼국사기》〈본기〉

BC 54년

여름¹⁾ 4월 초하루 신축에 일식(日食)이 있었다.²⁾
夏四月 辛丑朔 日有食之 (역거세거서간 4년 / 양 5.9.³⁾ / 신1)

BC 49년

봄 3월에 혜성⁴⁾이 왕량(王良)⁵⁾ 별자리에 나타났다.
春三月 有星孛于王良 (역거세거서간 9년 / 양 4.14.~5.12. / 신1)

BC 44년

여름 4월에 혜성이 삼(參)⁶⁾ 별자리에 나타났다.
夏四月 有星孛于參 (역거세거서간 14년 / 양 5.18.~6.16. / 신1)

1) 음력 정월을 시작으로 3개월 단위로 사계절을 구분했다. 즉, 봄은 음력 1월에서 3월, 여름은 4월에서 6월, 가을은 7월에서 9월, 겨울은 10월에서 12월이다.

2) 본 기사는 중국의 역사서인 《한서》에서도 확인된다. 즉 “(한 선제) 오봉(五鳳) 4년 4월 신축 초하루 일식이 있었는데 평수(暁宿)의 19도 위치에 있었다.”라고 기록되어 있다 (《한서》권27, <오봉지> 7下). ‘일식’은 박창범(2002), 《하늘에 새긴 우리역사》, 김영사)을 따르나 그 외 천문현상은 중국기록과 비교하여 기록하였다.

3) ‘4월 초하루 신축’을 양력으로 변환한 것이다. 이하의 양력(율리우스력) 표기는 《삼국시대 연대표》(한국천문연구원, 2002)를 따

Fig. 1. Examples of recording: Meteorological Records from Ancient Korea including Astronomical and Seismological Records from SAMGUK SAGI (History of the Three Kingdoms) and SAMGUK YUSA (Memorabilia of the Three Kingdoms)

존과 지식 확장을 위한 가장 기본적 과학 행위로 볼 수 있다(Park, 2007). 또한, 인간이 주변 자연을 관찰하고 기록한 행위는 시대와 지역을 초월해 보편적으로 진행되어 온 하나의 과학 활동으로 볼 수 있다(Snively & Corsiglia, 2000). 한 지역에서 일어난 자연 현상을 천 년 이상 객관적 자료로 기록한 것은 인류사 어디에서도 보기 드문 우리의 소중한 문화유산일 뿐만 아니라, 자연 과학의 연구 자료로서도 가치가 높다.

연구 방법

연구 과정

양부일구와 고대 천문 기록의 TSK 특성과 NOS의 이해를 접목한 천문 교육 프로그램을 개발하기 위해 연구 과정을 Fig. 2와 같이 설계했다.

먼저, 선행 연구 및 자료 분석을 통해 다양한 한국 천문 유산 가운데 과학 활동으로 구현될 수 있는 소재들의 목록을 추출했다. 천문 유산이 드러내는 TSK 정보의 명확성과 시대적 다양성 그리고 학교 과학 개념과의 연계 가능성 등을 고려해 후보를 선정하고 연구진 회의를 통해 양부일구와 고대 천문 기록이라는 소재를 선택했다.

둘째, 양부일구와 고대 천문 기록의 TSK 구성 측면의 특성, 과학 교육과정과의 연계성, NOS와의 연계성 등을 고려하여 프로그램의 개발을 방향을 설정했다. 양부일구와 고대 천문 기록이 선행연구에 제시된 한국 TSK의 다양한 구성 가운데 무엇에 속하며, 어떤 특성을 가지고 있는지 확인했다. 2015 개정 교육과정의 목표 및 핵심 역량과 양부일구와 고대 천문 기록 관련 과학 개념 내용과 수준을 참고했다. 선행연구에 제시된 네 가지 NOS 영역을 중심으로 양부일구와 고대 천문 기록 활동을 통해 학생들에게 제공할 수 있는 NOS 내용이 무엇인지 확인했다.

셋째, 두 천문 교육 프로그램을 개발했다. 양부일구는 ‘계절별 태양 운동’ 관련 과학 개념 이해를 위

한 핸즈온 활동으로 초등학교 고학년을 대상으로 개발했다. 이 활동은 양부일구와 관련된 ‘계절의 변화’ 단원 과학 개념의 이해 및 NOS 영역 가운데 ‘STS 간 상호작용의 본성 이해’와 연관된다. ‘고대 천문 기록을 활용한 과학 탐구’는 가설-연역적 탐구 활동으로 중·고등학교 학생들을 대상으로 개발했다. 이 프로그램은 ‘과학적 탐구의 본성 이해’와 연관된다. 프로그램의 개발 과정에는 과학 교육 전문가를 포함한 연구진과 과학 교사 포함 7인의 프로그램 개발팀이 10회 이상의 프로그램 개발 회의에 참여했다.

넷째, 개발된 프로그램을 초등학교 5, 6학년 20명과 고등학교 1학년 17명에게 각각 1차시씩 시범 적용했다. 연구자가 직접 수업을 진행했으며, 수업의 전 과정을 녹화하고 전사한 후 분석했다. 학습 장면과 대화, 활동 결과, 자기 평가지 등을 통해 개념 이해, TSK의 과학적 특성 이해, NOS 이해 등을 확인했다.

마지막으로, 프로그램의 시범 적용 결과를 반영하여 프로그램의 적용 가능성을 도출했다. 이 연구에서 개발된 두 천문학 프로그램은 과학 교육 전문가 1인과 현직 과학 교사, 과학 교육 전공 대학원생 등으로 구성된 과학사 교육 프로그램 개발팀의 성과 중 하나로, 프로그램 개발과 수정 과정에서 아이디어를 공유하고 내용의 오류를 검토하는 과정을 거쳤다.

프로그램 개발 방향

양부일구와 고대 천문 기록을 활용한 교육 프로그램 개발의 방향을 설정하기 위해 TSK 구성 측면의 특성, 과학 교육과정과의 연계성, NOS와의 연계성 등을 확인했다. 먼저, 양부일구와 고대 천문 기록의 TSK 측면의 특성을 파악하기 위해 알아보기 위해 Lee & Shin(2017a)이 제시한 TSK의 정의와 구성을 활용했다. 둘째, 양부일구와 고대 천문 기록의 과학 교육과정과의 연계성 분석을 위해 2015 개정 초·중·고 과학 교과서에서 양부일구와 고대 천문 기록과 관련된 과학 개념이 포함된 단원들을 찾아 내용을

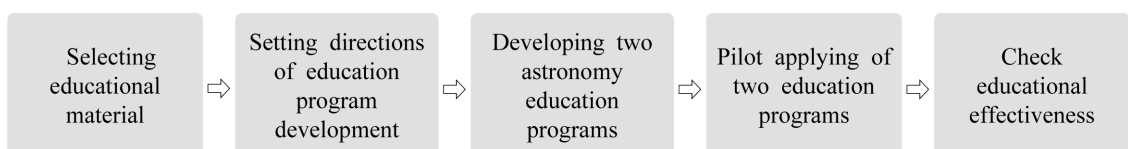


Fig. 2. Research process

Table 1. Setting directions of education program development

Category	Angbuilgu program		Ancient astronomical data program
Characteristics of materials	TSK	Results of doing systematic scientific activities	Results of doing systematic scientific activities
	Science curriculum	<ul style="list-style-type: none"> • K-6, Science 6-1: 2. Motion of the earth and moon • K-6, Science 6-2: 2. Seasonal change 	<ul style="list-style-type: none"> • K-5, Science 5-1: 3. Solar system and stars • K-8, (middle school) science 2: 3. Solar system
	NOS	<ul style="list-style-type: none"> • Nature of interactions among science, technology, and society - Science and technology impact each other - Social and cultural influences on science 	<ul style="list-style-type: none"> • Nature of scientific inquiry - Learning through using data - Learning through using pictures and tables - Scientific observation and reasoning - Gathering information from the internet - Analysis and interpretation of data
Direction of education	Subject for education	<ul style="list-style-type: none"> • Elementary school students 	<ul style="list-style-type: none"> • High school students
	Educational goals	<ul style="list-style-type: none"> • Scientific excellence of TSK • Science concepts • The nature of interactions among STS 	<ul style="list-style-type: none"> • Scientific excellence of TSK • The nature of scientific inquiry
	Teaching methods	<ul style="list-style-type: none"> • Hands-on activity 	<ul style="list-style-type: none"> • Hypothetical deductive inquiry

확인했고, 이를 고려하여 교육 대상을 결정했다. 마지막으로, Jeon & Lee(2020)가 제시한 네 가지 NOS 영역과 하위 항목 중 앙부일구와 고대 천문 기록의 활동을 통해 학생들에게 제공할 수 있는 NOS 영역과 내용이 무엇인지 확인했다.

앙부일구와 고대 천문 기록의 TSK 구성적 특성, 과학 교육과정과의 연계성, NOS 연계 가능성을 종합한 교육 프로그램의 개발 방향은 Table 1과 같다. 앙부일구와 고대 천문 기록은 모두 ‘독자적인 과학 활동의 결과’로의 TSK라는 특성이 있어 프로그램에서 TSK의 과학성을 명시적으로 드러내고자 했다. 앙부일구는 초등 6학년 단원과 밀접하게 연계되어 초등 고학년 대상이 적합하며, 천문 현상의 내용은 초등부터 고등까지 여러 단원에 등장하기 때문에 배경 지식이 다양하게 갖추어진 중·고등학생에게 적합하다고 판단했다. NOS의 다양한 측면 가운데 앙부일구는 ‘STS 간 상호작용의 본성’을 드러내며, 고대 천문 기록을 활용한 과학 탐구 활동은 ‘과학적 탐구의 본성’과 연계된다. 이에, 앙부일구는 초등학생 대상 과학 개념 및 STS 간 상호작용의 본성 이해를 목적으로 한 핸즈온 활동으로, 천문 기록은 중·고등학생 대상 과학적 탐구의 본성 이해를 위한 가설-연역적 탐구 활동으로 프로그램의 개발 방향을 설정했다.

TSK의 구성 측면의 특성

Lee & Shin(2017a)이 제시한 우리 TSK의 의미와

구성을 토대로 한 앙부일구와 고대 천문 기록의 TSK 구성 측면의 특성은 Table 2와 같다. 앙부일구는 조선 전기 한반도의 시각과 절기에 맞춘 정확한 해시계를 만들고자 한 세종의 의지로 과학기술자 장영실이 발명했다. 앙부일구는 한반도에 맞는 계절별 태양 운동 개념을 직접 반영하고 있고, 앙부일구가 제작되었던 당시 계절별 태양 운동에 대한 정확한 지식이 있었으며 이를 시계로 구현할 만큼 당대 기술력이 뛰어났음을 보여준다. 앙부일구는 실제 관찰과 활용이 용이한 유형의 문화 유산이라는 장점도 있다. 고대 천문 기록은 우리 선조들이 천 년 이상 한반도의 천문 현상을 관찰하고 기록한 것이다. 이렇게 여러 왕조를 거쳐 오며 꾸준히 자연 현상에 대한 기록을 남겼다는 것은 세계 어느 시대와 지역에서도 보기 어려운 귀중한 과학 유산일 뿐만 아니라 유용한 과학 기록 자료로도 가치가 높다. 기상청(Korea Meteorological Administration, 2011)은 삼국사기와 삼국유사를 포함한 역사서를 중심으로 고대 자연 기록 자료를 명확하고 풍부하게 재구성했다.

이상의 특성을 종합할 때 앙부일구와 고대 천문 기록은 선조들의 의도적인 과학 활동으로 이루어낸 독자적 과학 체계 구축 측면의 TSK라는 공통점이 있다. 앙부일구는 특정 시대의 과학·기술사적 맥락을 명확히 보여주며, 고대 천문 기록은 특정 지역에서 일어난 자연 현상 기록을 종합적으로 보여준다. 이 연구에서는 앙부일구와 고대 천문 기록을 통해 우리

Table 2. Characteristics of TSK in Angbuilgu and ancient astronomical data

	Angbuilgu	Ancient astronomical data
Purpose	Invention using science and technology	Observation and record of nature
Scientist	Dynasty: Jang Young-sil and King Sejong	Dynasty: King and record managers
Heritage type	Tangible/ cultural heritage	Documentary heritage
TSK component	Result of doing systematic scientific activities	Result of doing systematic scientific activities

선조들의 독자적인 과학 활동과 TSK의 과학성을 명시적으로 드러내고자 한다. 그동안 관련 과학 개념 학습의 보조 자료로 활용된 앙부일구는 핸드온 활동을 통해 TSK의 과학 원리를 직접 찾아가는 활동으로 구현했다. 또한, 그동안 과학 교육에 활용된 적이 없었던 고대 천문 기록을 교육 자료로 재구성하여 과학 탐구 활동 소재로 활용했다.

과학 교육과정과의 연계

앙부일구는 초등학교 6학년 1학기의 ‘2. 지구와 달의 운동’ 그리고 6학년 2학기의 ‘2. 계절의 변화’ 단원과 연계된다. ‘지구와 달의 운동’ 단원에서는 지구의 자전과 공전으로 인해 달이 뜨고 지는 현상, 계절의 변화, 별자리의 변화 등이 포함된다. 지구의 자전축이 기울어져 서에서 동으로 회전한다는 것과 하루 동안 태양이 동쪽에서 남쪽을 지나 서쪽으로 이동한다는 내용이 앙부일구와 연계된다. 한편, 초등 과학 6학년 2학기의 ‘계절의 변화’ 단원에 등장하는 하루 동안 태양의 고도, 그림자 길이, 계절별 태양의 남중 고도, 낮의 길이 등의 개념은 앙부일구의 TSK와 직접적으로 연계된다. 또한, 이 단원의 마지막에는 앙부일구를 소개하는 내용이 제시되기도 한다. 여기에는 앙부일구가 단원에서 배운 개념을 적용하여 만든 전통 해시계라는 것과 앙부일구의 구조나 제작자 등에 대한 정보를 제공하고, 앙부일구와 같은 과학 유물에 대해 연구하는 분야가 있음을 설명했다. 이에, 앙부일구는 과학 교육과정 가운데 계절별 태양 운동 개념과 직접적으로 연계되어 있다는 점과 핸드온 활동의 난이도, 흥미 등을 고려해 초등 고학년을 대상으로 하는 것이 적절하다고 판단했다.

한편, 고대 천문 기록에는 일식, 혜성, 유성, 금성, 화성 등 지구에서 육안으로 관측 가능한 천체들의 기록이 관측된 날짜, 시간, 위치 정보 등과 함께 기록되었다. 초등학교급에서 지구와 달을 제외한 천체와 관련된 내용은 초등학교 5학년 1학기의 ‘3. 태양

계와 별’ 단원에 처음 등장한다. 태양계를 구성하는 행성들의 종류를 소개하고 행성들의 상세한 물리적 특성보다는 상대적인 크기와 거리를 이해하도록 구성되어 있다. 유성과 혜성은 명시적으로 제시되지 않았으나, 단원 학습에 포함될 가능성이 있다. 중등 과학에서는 중학교 2학년 ‘3. 태양계’ 단원과 연관된다. 이 단원에는 지구의 자전과 공전으로 인해 일어나는 현상으로 달의 위상 변화와 일식, 월식의 원리를 자세히 소개하고 있다. 또한, 태양계를 구성하는 지구형, 목성형 행성들과 태양의 물리적 특징들이 포함되었으나 혜성과 유성에 대한 내용은 없다. 망원경을 이용한 천체 관측 방법을 다루며, 과학적인 관찰 태도에 대한 내용이 포함되어 있다.

초등부터 중등 교육과정에는 일식, 월식, 금성, 화성의 내용이 포함되어 있으나, 혜성과 유성에 대한 내용은 뚜렷하게 드러나지 않는다. 다만, 태양계와 관련한 단원에서 함께 다루어질 가능성이 있다. 고대 천문 기록에 포함된 다양한 천체 현상이 특정 단원과 직접 연계되지는 않아 고대 천문 기록 자료를 이해하고 통찰력을 발휘하기 위해서는 천문학 전반의 지식이 요구된다. 또한, 과학 탐구 활동에는 절차적 지식과 태도 그리고 과학적 사고력도 필요하기 때문에, 고대 천문 기록 활용 탐구 프로그램은 중등 이상의 학생들에게 적용되는 것이 타당하다고 판단했다.

NOS 이해와의 연계

2015 개정 교육과정의 과학영역에서는 학생들의 과학적 소양 함양을 위해 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등을 과학과의 핵심 역량으로 제시하고 있다(Ministry of Education, 2015). 각 단원의 학습에서 다양한 탐구 중심의 학습을 적용할 것을 강조하고 있다. 또한, 현대 과학의 목표인 과학적 소양을 함양하기 위해서는 과학 지식의 적절한 이해와 더불어 과학 개념 생성 과정의 과학적 탐

구의 특징, 과학의 사회·문화적 관계 등 NOS에 대한 이해가 필수적이다(Jeon & Lee, 2020).

과학적 탐구력은 과학적 문제 해결을 위한 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력이다. 학생들이 과학자들의 실제적 탐구를 직접 경험하는 것은 과학적 탐구의 본성을 이해하고 과학적 탐구력을 향상하는데 가장 유용한 방법이다(Cho, 2020). NOS는 과학 지식의 본성(nature of scientific knowledge), 과학적 탐구의 본성(nature of scientific inquiry), 과학적 사고의 본성(nature of scientific thinking), 과학·기술·사회(science, technology, and society: STS) 간 상호작용의 본성(nature of interactions STS) 등 네 가지 영역을 포함하며, 이는 다양한 연구에서 NOS 분석 기준으로 활용되어 왔다(Kim et al., 2016; Lee, 2013).

이 연구에서는 Jeon & Lee(2020) 연구에서 과학의 본성 개념적 틀로 재구성한 4가지 측면의 과학의 본성 하위 항목들을 활용하여 앙부일구와 천문 유산을 활용한 과학 활동이 각각 어떤 NOS와 연계될 수 있는지 분석했다. 앙부일구 태양과 그림자의 관계라는 경험 지식과 당대 기술력을 바탕으로 제작된 앙부일구는 과학과 기술의 밀접한 관계를 드러낸다. 또한, 농경 생활에서 절기와 시각은 매우 중요했기 때문에 글을 모르는 백성들이 시각을 알 수 있도록 그림으로 표현한 것은 앙부일구의 과학·기술이 당대 사회·문화적 상황에 영향을 받았음을 보여준다. 그렇기 때문에 앙부일구를 통한 활동은 NOS 가운데 ‘STS 간 상호작용의 본성’과 연관된다. 한편, 고대 천문 기록의 실제 자료를 활용한 탐구 활동은 학생들이 직접 가설을 세우고 다양한 방법을 통해 가설을 검증

하는 과정으로 ‘과학적 탐구 본성’과 밀접하게 연계된다. 고대 천문 자료를 통한 탐구 활동에는 과학적 탐구의 본성 내용 요소인 ‘자료의 활용을 통한 학습’, ‘그림과 표의 활용을 통한 학습’, ‘인터넷으로 정보 수집’, ‘과학적인 관찰과 추론의 이용’, ‘자료의 분석과 해석’ 등의 활동이 포함된다.

교육 프로그램의 적용과 분석

연구 참여자

개발된 두 개의 프로그램을 초등학교와 고등학교 학생들에게 각각 1차시씩 시범 적용했다(Table 3). 앙부일구 프로그램은 초등 5~6학년 20명의 학생들을 대상으로 1시간 20분간 진행되었다. 고대 천문 기록 프로그램은 고등학교 1학년 학생들을 대상으로 2시간 가량 진행되었다. 이 활동에 참여한 학생들은 사범대학 과학교육과에서 진행되는 초등 영재교실과 고등학교 대상 과학교실에 각각 참여하는 학생들로 과학에 대한 흥미와 지식 수준이 일반 학생들에 비해 높은 편이었다. 학생들은 이 연구에서 개발된 프로그램 이외에 다양한 프로그램에 참여했고, 활동이 끝난 후 간단한 소감을 자기 평가지로 제출했다.

분석 내용

앙부일구와 고대 천문 기록 프로그램은 연구자가 직접 수업을 진행했으며, 수업의 전 과정을 녹화하고 전사한 후 질적 분석했다(Table 4). 앙부일구 수업에서는 녹화된 수업 영상과 학생들의 개별 활동지, 수업 후 자기 평가지를 수집해 분석했고, 고대 천문 기록 수업에서는 녹화된 수업 영상과 모듈별 탐구 활동의 결과인 발표 자료가 주요 분석 자료로 활용되

Table 3. Participants

	Angbuilgu program	Ancient astronomical data program
Students' grade	K-5 or K-6	K-7
Number of Students	20 (13boys, 7girls)	17 (All girls)
Class time	1hours 20minutes	2hours
Group	4 (5 students)	3 (5~6 students)

Table 4. Analysis data

Educational goals	Analysis data
Science concept	Learning scene and group conversations, Activity output
Scientific characteristics of TSK	Q&A, Whole discussion, self-assessment
NOS	Q&A, Whole discussion, self-assessment

었다. 녹화된 수업 영상은 모두 전사하여 주요 수업의 장면과 활동 결과물을 중심으로 과학 개념의 이해, TSK의 과학적 특성에 대한 이해, NOS의 이해 등이 이루어졌는지 분석했다.

교육 프로그램

양부일구 프로그램

양부일구 활동은 Table 5와 같이 크게 세 단계로 진행된다. 도입에서는 과거와 오늘날의 시간과 시계의 의미를 생각해보고, 장영실과 양부일구를 소개한다. 그리고 해시계의 원리인 그림자 생성 개념을 확인한다. 본 활동으로 절기별 태양 이동 경로를 추적하는 핸즈온 활동을 수행하고, 계절별 태양 남중고도를 확인한다. 정리에서는 양부일구의 과학적, 역사적 의미에 대해 전체 토론을 한다. 수업은 전체 활동과 모둠 활동을 병행하며 진행된다.

도입: 양부일구와 활동 방법 소개

활동 도입에서는 시간의 의미에 대해 탐색한다. 학생들은 시계가 우리에게 왜 필요한지, 시계가 없던

시절 옛날 사람들이 시간을 어떻게 알 수 있었는지 질문에 대답함으로써 해시계가 발명된 배경을 스스로 찾아볼 수 있다. 그리고 과학기술자 장영실과 양부일구에 대해 소개한다. 장영실은 국내 과학 분야의 대표 위인이고, 양부일구도 과학과 역사 교과서에 몇 차례 소개되고 있어 학생들에게는 친숙하다. 다만, 장영실이 측우기를 발명했다거나 세종에게 발탁되었다는 등 잘못 알려진 정보도 많아 이를 바로 잡으며 장영실과 당대 과학사를 바르게 이해한다. 또한, 양부일구의 구조를 안팎으로 자세히 관찰한다. 양부일구의 가로선과 세로선 개수와 줄마다 찍어있는 글자, 반구 바닥에 난 구멍, 십자 받침대의 안쪽이 비어있는 것 등을 관찰하고 그 이유를 예상한다.

하루 동안 태양이 어느 방향에서 어디로 이동하는지, 그리고 태양 위치에 따라 그림자의 길이와 방향이 어떻게 변화하는지에 대해 일상생활 지식을 활용해 답하며 선행 지식을 확인한다(Fig. 3). 또한, 간단한 도구를 활용해 그림자 실험을 수행한다. 서양의 고대 해시계 그노몬(gnomon)의 모습을 보고 해시계의 원리 설명을 듣는다.

Table 5. Outline of Angbuilgu program

Subject	Contents	Methods
1. Introduction (15min)	- How could we know the time without a watch? - What is history of Jang Young-sil and King Sejong? - How do shadows change with the sun's position?	Q&A Lecture
2. Hands-on activity: Principle of Angbuilgu (45 min)	1) Read the season and time of Angbuilgu in a picture. 2) Draw the solar paths of 3 solar terms. 3) Measure the angles of 3 solar terms. 4) Check the rising and setting position of the sun by season.	Hands-on activity
3. Meaning of Angbuilgu (20 min)	- What are the advantages of Angbuilgu? - What are the disadvantages of Angbuilgu? - Why did King Sejong ask Jang Young-sil to make a sundial? - If I were Jang Young-sil, what kind of watch would you like to make?	Whole discussion

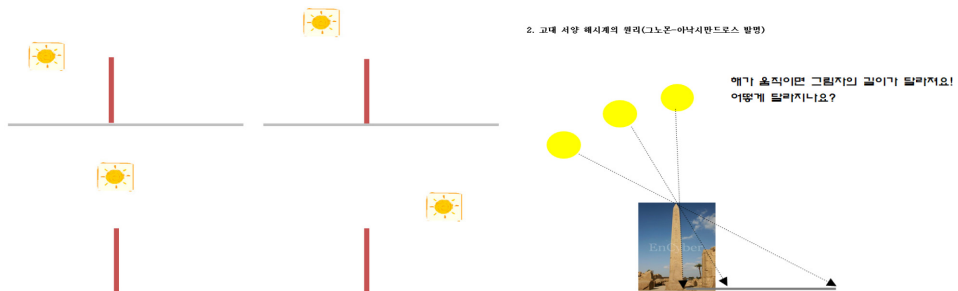


Fig. 3. Confirmation of prior knowledge: the relationship between the sun height and shadow length

본 활동: 절기별 태양 이동 경로 추적

본 활동은 모둠 활동으로 네 단계로 진행된다. 먼저, 그림자가 나타난 양부일구 사진의 절기와 시각을 읽어본다. 양부일구의 시각(12지신 동물 한자)과 절기는 한자로 쓰여 있기 때문에, 교사는 시작되는 시각과 마지막 시각, 하지선, 동지선, 춘·추분선을 위주로 시각과 절기를 확인시켜 주고, 학생들 스스로 시각과 절기를 읽어보도록 한다. 두 번째 단계는 양부일구를 덮은 투명 반구 위에 동지, 하지, 춘·추분에서의 태양 이동 경로를 그리는 활동이다. 교사가 미리 만들어 놓은 모형 양부일구 위에 투명 반구를 씌워 고정하고 방위를 표시한다. 영침의 그림자가 태양이 뜨는 시각에서 지는 시각으로 이동하도록 투명 반구 위에서 태양을 의미하는 손전등을 움직이며, 태양 위치를 2시간 간격으로 기록하고 경로를 따라 그린다. 이때, 손전등은 투명 반구에 밀착시켜 각도가 틀어지지 않도록 주의하고, 선명한 그림자가 나타나도록 교실의 불을 끄고 진행한다. 태양 이동 경로는 하지, 동지, 춘·추분 때의 3개 선으로 그린다. 세 번째 단계에서는 각도기를 활용해 각 절기별로 그려진 선의 남중고도를 재어본다. 또한, 이를 실제 우리나라의 계절별 남중고도와 비교하고 모둠에서 그려진 선이 바른지 확인한다. 그리고 각 절기에서의 남중고도 위치와 태양이 뜨고 지는 지점을 확인한다.

정리: 양부일구의 의미 도출

양부일구의 과학적, 역사적 의미를 도출한다. 헤시계 양부일구의 장점과 단점은 무엇인지, 당시 세종이 장영실에게 양부일구를 만들도록 한 이유가 무엇이었는지, 내가 장영실이라면 어떤 시계를 만들었는지 등을 생각하고 전체에게 발표하여 생각을 공유한다.

고대 천문 기록 프로그램

고대 천문 기록을 활용한 탐구 활동은 Table 6과 같이 크게 세 단계로 진행된다. 이 활동은 학생들이 고대 천문 기록 자료를 활용하여 가설을 설정하고, 자료 수집, 자료 분석, 결과 해석, 발표 및 논의 등을 수행하는 가설-연역적 과학 탐구 활동이다. 5~6명이 한 모둠을 이루고 모든 활동은 학생들이 주도하여 진행한다. 학생들은 실제 과학 데이터를 기반으로 선행 과학 지식과 정보를 모으고 과학적인 분석 방법을 동원하여 의미 있는 결과를 찾아내는 실제적 탐구 활동을 수행한다. 교사는 수업 시작에서 자료와 활동을 소개하고, 활동이 이루어지는 동안 과학 활동 결과에 과학적 의미를 부여하는 것을 돕는 조력자의 역할을 수행한다.

도입: 활동 소개 및 주제 선택

수업의 도입에서 교사는 기상청의 고대 자연 기록 자료 전체를 소개하고 탐구 활동 방법을 설명한다. 전체 학생들을 5~6명으로 이루어진 여러 모둠을 구성하여, 모둠당 하나의 주제로 과학 탐구를 진행한다. 교사는 과학 탐구에 대해 설명하고, 이 활동이 역사적 기록 자료 기반 활동인 점을 부각하여 자료에서 객관적 사실과 주관적 판단을 구분할 필요성을 설명한다.

천문, 기상, 지질 분야를 포함한 고대 자연 기록 자료 중 이 연구에서는 천문 기록을 중심으로 교육 자료를 구성했다. 학습 자료에는 일어난 자연 현상의 년도, 내용, 원문 등을 포함했고, 학생들이 편집 및 분석할 수 있도록 엑셀 파일로 제공했다(Fig. 4). 또한, 기상청 자료집 원본을 제공해 추가 정보를 찾아볼 수 있도록 했다. 각 모둠은 천문 기록만 모은 자

Table 6. Outline of ancient astronomical data program

Subject	Contents	Methods
1. Introduction (20 min)	- Explain the process of science inquiry - Understanding the characteristics of the ancient data - Choose an astronomy topic for an inquiry activity	Lecture
2. Hypothetical deductive inquiry (50 min)	1) Setting hypothesis and research design 2) Data collection and data analysis 3) Interpretation of results 4) Making the presentation	Inquiry activity
3. Presentation and discussion (30 min)	- Presentation of research process and results - Q & A on research results	Whole discussion

년도	내용	원문
BC 54년	여름 1) 4월 초하루 신축에 일식(日食)이 있었다.2)	夏四月 辛丑朔 日有食之 (역거세거서간 4년 / 양 5.9.3/ 신1)
BC 49년	봄 3월에 혜성4)이 왕망(王良)5) 별자리에 나타났다.	春三月 有星李于王良 (역거세거서간 9년 / 양 4.14.-5.12. / 신1)
BC 44년	여름 4월에 혜성이 삼(參)6) 별자리에 나타났다.	夏四月 有星李于參 (역거세거서간 14년 / 양 5.18.-6.16. / 신1)
BC 35년	가을 7월에 상서로운 구름8)이 골령9) 남쪽에 나타났는데 그 빛깔이 푸르고 붉었다.	秋七月 慶雲見鵲嶺南 其色青赤 (동명성왕 3년/ 양 8.6.-9.3./ 고1)
BC 34년	여름 6월 그믐 임신에 일식이 있었다.11)	夏六月 壬申晦 日有食之 (역거세거서간 24년/ 양 8.23/ 신1)
BC 28년	여름 4월 그믐 기해에 일식이 있었다.12)	夏四月 乙亥晦 日有食之 (역거세거서간 30년/ 양 6.19/ 신1)
BC 26년	가을 8월 그믐 을유에 일식이 있었다.13)	秋八月 乙卯晦 日有食之 (역거세거서간 32년/ 양 10.23/ 신1)
BC 15년	봄 2월 그믐 을유에 일식이 있었다.16)	春二月 乙酉晦 日有食之 (역거세거서간 43년/ 양 3.29/ 신1)
BC 13년	가을 7월 그믐 신미에 일식이 있었다.18)	秋七月 辛未晦 日有食之 (은조왕 4년/ 양 8.30/ 백1)
BC 7년	봄 정월에 형족(형성이) 심성(心星)19)을 지켰다.	春正月 癸感守心星 (유리명왕 13년/ 양 1.31.-3.1./ 고1)
BC 4년	봄 2월 기유에 혜성이 하고(河鼓)22) 별자리에 나타났다.	春二月 己酉 星李于河鼓 (역거세거서간 54년/ 양 2.26.-3.27.23/ 신1)
BC 2년	봄 정월 초하루 신축에 일식이 있었다.24)	春正月 辛丑朔 日有食之 (역거세거서간 56년/ 양 2.5/ 신1)

Fig. 4. The reconstructed data on astronomy

료를 컴퓨터 파일로 받아 조별 검토와 논의 후 주제를 선택한다.

학생들이 자료의 특성을 이해하고 본문에 포함된 과학과 역사 분야 정보를 두루 활용할 수 있도록 기상청 전체 자료를 함께 제공한다. 자료집에는 기록에 대한 역사적 배경이나 현대 과학적 해석, 부연 설명 등을 제공하고 있어 당시 사람들이 가지고 있던 생각, 관점, 믿음, 의도 등 기록의 배경에 대해 추리해 볼 수 있다. 학생들이 주어진 자료를 쉽게 재구성하고 추가적인 정보도 검색할 수 있도록 활동은 컴퓨터와 인터넷을 사용할 수 있는 환경에서 진행된다.

본 활동: 가설-연역적 탐구 수행

학생들은 과학, 역사, 문화, 일반 상식 등 다양한 분야의 선지식과 창의성을 발휘하여 탐구 가설을 도출한다. 천문학 분야 전체 자료 중 일식이나 혜성과 같은 하나의 천체 기록만 추출해 최근의 과학 자료와 비교해 볼 수 있다. 학생들은 교사의 사전 안내에 따라 국가기상청, 한국천문연구원의 천문우주지식정보, 국·공립 과학관 등 다양한 기관에서 제공하는 자료를 검색하고 정보를 모으는 과정에서 창의성과 통찰력을 활용해 탐구 가설(문제)을 도출하거나 분석의 방향을 결정할 수 있다. 학생들이 도출한 가설은 새로운 과학 지식을 얻고자 하는 아이디어일 수도 있고, 이미 알고 있는 과학 지식을 확인하기 위한 것일 수도 있다. 학생들이 도출한 주제가 전혀 새로운 것이 아닐지라도 실제 자료를 기존의 과학 지식을 활용해 검증해보는 것 또한 의미 있는 과학 연구 활동

이라는 점을 설명한다.

학생들이 과학 탐구를 진행하는 데에는 수준 높은 과학 개념이나 컴퓨터 활용 능력이 반드시 요구되지는 않는다. 오히려 학생들에게 친숙한 프로그램을 활용하고, 다양한 과학 정보들을 검색하여 자신들의 수준에서 이해할 수 있는 형태로 바꾸며 연구의 논리를 만들어나가도록 유도한다. 교사는 학생들에게 주어진 자료를 과학, 역사, 문화, 상식 등 다양한 관점에서 관찰하고 조합, 분석, 확인하여 새로운 유형, 아이디어, 해석 등을 만들어 내도록 안내한다.

정리: 발표 및 토론

모둠별 탐구 활동 후 학생들은 자신들이 탐구한 내용을 전체 학생들에게 발표한다. 발표 자료에는 그 주제를 선택한 이유, 연구를 통해 확인하고자 하는 것(가설), 연구 방법, 연구 결과, 결과 해석 등을 포함한다. 자신들이 생각하고 수행한 모든 과정 가운데 다른 친구들을 논리적으로 설득할 수 있는 내용을 선별하고, 표와 그래프를 포함하여 발표 자료를 만든다. 여러 모둠에서 동일한 자료를 가지고 탐구를 수행했다 하더라도, 모둠마다 분석한 방법과 해석한 시각이 다르기 때문에 다양한 결과가 도출될 수 있다. 각 모둠은 전체를 대상으로 한 발표와 질의응답 과정을 통해 자신들의 과학 연구 과정과 해석에 대한 타당성을 확보한다. 또한, 이 과정에서는 기록된 내용이 사실인지, 고대인들이 천체 현상을 기록한 이유가 무엇인지, 고대 천문 기록이 현재의 과학에 주는 영향력은 무엇인지에 대한 논의가 자연스럽게 이루어

지도록 한다. 또한, 과거와 현재 과학 활동의 공통점과 차이점은 무엇인지와 과거의 과학이 우리에게 주는 의미는 무엇인지에 대한 생각을 공유한다.

교육 프로그램의 활용 가능성

양부일구 프로그램의 시범 적용 결과

양부일구 활동을 통한 개념 이해 효과

선행 지식의 확인과 오개념 수정: 수업 초반의 간단한 질문을 통해 학생들이 가지고 있던 과학 개념 지식, 전통 과학과 역사에 대한 지식 그리고 일상생활 지식 등을 확인하고 상기했는데, 이러한 선행 지식의 확인은 이후 양부일구 핸드온 활동에도 크게 영향을 주었다. 또한, 학생들은 확인된 선지식을 양부일구 활동에 적용함으로써 관련 개념 지식을 정교화하는 동시에 오개념을 수정할 수 있었다. 수업 초반에 “하루 중 해가 가장 높이 뜨는 시간은 언제일까?”라는 질문에는 “12시” 또는 “정오”라는 대답과 함께 “2시” 또는 “3시”로 대답하는 학생들도 많았다. 하루 중 태양의 고도가 높은 시각과 온도가 가장 높은 시각을 혼동하는 학생이 많았다.

활동 전 그림자 실험을 통해 빛의 위치에 따른 그림자 길이와 방향을 확인 과정은 이러한 오개념을 수정하고 양부일구의 원리를 정확하게 이해하는데 도움을 주었다. 간단한 그림자 실험을 통해 태양의 고도와 그림자 길이 및 위치의 관계를 정확히 확인했고, 이를 양부일구 절기선 위치와 연결해 생각하며 활동을 무리없이 수행할 수 있었다. 한 학생은 “겨울에는 해가 아래로(낮게) 뜨는데요, 여기서 실험했던 것 같이 해가 아래로 뜰수록 그림자의 길이가 길고, 여름에는 해가 더 높이 뜨기 때문에 그림자의 길이가 짧아져요”라고 설명할 수 있었다.

학생들은 모듈별로 협력하여 양부일구 활동을 수행했고 동지, 하지, 춘·추분 3개의 선을 그렸다. 모든 모듈에서 3개의 선이 각 절기별 남중고도 지점을 지나가도록 그렸으나 해가 뜨고 지는 위치의 표시에는 차이가 있었다. 위치를 바르게 그린 모듈에서도 절기마다 해가 뜨고 지는 위치가 다르게 나타나는 것을 이상하게 생각했고, 또는 실험 결과와 다르게 세 절기의 해가 뜨고 지는 위치를 같게 이어 그리기도 했다. 절기별 태양이 뜨고 지는 위치에 대한 오개념이 드러난 것이다. 활동의 마무리에서 그 이유를 확인하고 오개념을 바로잡을 수 있었다. 한 학생은 자기 평

가지에 “양부일구에 대해서 알던 있는 것도 있었지만, 실제로 손으로 해봤을 때 남중고도가 이렇게 바뀐다는 것을 알고 신기했다”고 이야기했다. 개념이 일방적으로 전달되는 방식의 수업에서 불완전하게 형성되었던 개념과 이해가 양부일구 활동을 통해 정교화된 것을 확인할 수 있었다.

친구의 구조 이해로의 개념 확장: 세 모듈은 최종 결과물로 동지, 하지, 춘·추분에서의 태양 이동 경로를 그렸다(Fig. 5). 활동에는 각도기로 남중고도를 측정해보는 활동이 포함되어 있었다. 남중고도의 개념을 이미 알고 있던 학생들은 각자 그린 선들의 각도를 재며 남중고도 개념에 대한 혼동을 드러냈다. 일부 학생들이 각 계절에서의 남중고도를 암기하고 있었으나, 그 원리를 정확하게 이해하지는 못하고 있었다. 한 학생은 남중고도가 70°가 나오자 한 학생은 “어? 이상하네, 원래 하지 때의 남중고도는 90° 아닌가?”라고 의아해하기도 했다.

마무리 단계에서 학생들이 양부일구 활동으로 그려진 3개의 선을 우리나라 절기별 태양 이동 경로 및 남중고도, 일출과 일몰 위치 등의 개념과 연결해 설명한 뒤, 계절별 남중고도를 중심으로 친구의 구조를 추가로 소개했다. 이는 초등학교 수준에는 다소 어려운 개념이나 황도를 포함한 친구의 구조를 가시적으로 보여줌으로써 계절별 태양 경로가 달라지는 것에 대해 직관적으로 이해할 수 있는 계기가 되었다. 중·고등학교에서 학습하게 될 친구 좌표계 개념을 간단히 소개하는 것으로 학습 간 연결 고리로 활용될 수 있다. 또한, 양부일구 활동에 포함된 과학 개념을 계절별 태양 운동, 계절별 태양의 남중고도, 친구의 구조로 점차 확장하고 활동의 난이도를 조절하여 다양한 학교급에 활용할 수 있다.

양부일구 활동을 통한 NOS 이해 효과

양부일구의 과학적 가치 인식: 학생들은 양부일구가 해시계라는 것을 알고 있었으며, 역사나 과학 교과서에서 소개된 것을 본 적이 있어서 꽤 친숙하게 생각했다. 종이로 양부일구를 만들어 봤거나, “세종대왕 동상 앞”, “과학관”, “경복궁”에서 보고 온 경우도 많았다. 수업 전에도 많은 학생들이 양부일구가 우리의 훌륭한 과학 기구라도 표현했지만, 어떤 점에서 우수한 것인지는 표현하지 못했다.

양부일구 활동을 통해 관련 과학 개념을 확인하고,

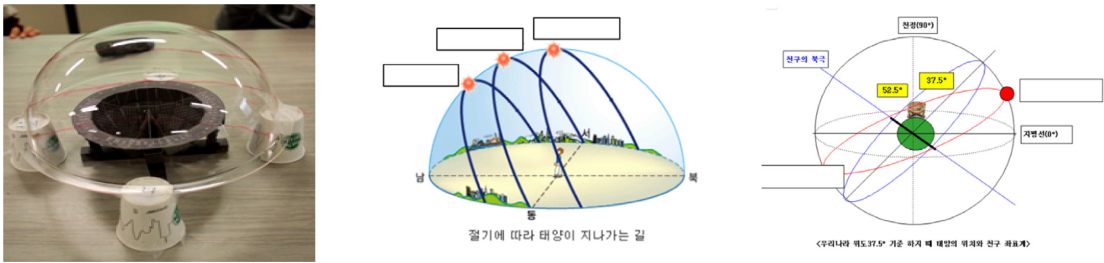


Fig. 5. Expansion of science concept through Angbuilgu activity

기존에 가지고 있던 오개념도 수정하면서 “양부일구가 정말 과학적이다”, “옛날 우리 선조들이 매우 똑똑했다”라는 반응을 보였다. 이전에는 전통적 상징물로만 여겼던 12지신과 24절기가 시간과 계절에 대한 선조들의 TSK이며, 당대 선조들이 자연을 면밀히 관찰했고 나름대로의 과학 지식을 가지고 있었음을 알게 되어, “24절기도 과학적이네요”라고 표현하기도 했다. 또한, “우리나라가 독자적인 연구를 해서 (양부일구) 실생활에서 사용할 수 있게 만들어놓은 것 자체가 너무 과학적이다”라며 양부일구의 실용적 가치를 강조하기도 했다. 이러한 실제적이고 구체적인 활동은 양부일구의 과학적 우수성을 글이나 말로 전달했던 기존의 방식을 넘어, 학생들 스스로 경험하고 판단할 기회를 제공함으로써 우리 과학 문화에 대한 근거 있는 자부심을 형성할 수 있게 도왔다. 학생들은 우리 TSK를 소재로 과학을 배우는 활동을 통해 우리 TSK의 과학성을 명확하고 인식했고, 우리 과학 문화를 객관적으로 판단할 수 있었다.

STS 간 상호작용의 특성 이해: 학생들은 과거와 오늘날의 시간과 시계의 의미 그리고 세종과 장영실에 대한 생각 나누기 활동을 통해 STS 간 상호작용의 특성을 이해하고 있음을 보였다. “시계가 없을 때, 우리는 어떻게 시각을 알 수 있었을까?”에 대한 질문에서는 “태양 또는 별의 움직임을 보고”라는 대답이 가장 많았으며, 오늘날에는 “스마트폰으로 전 세계가 같은 시각을 공유한다” 또는 “원자 시계를 통해 미세한 단위의 시각까지 알 수 있다”고 대답하여 시대의 과학 지식과 기술에 따라 시간 개념이 달라졌음을 이야기했다. 또한, 과거에는 “생업(농사, 어업)을 위해”, “자연의 위협으로부터 스스로를 지키기 위해” 시간을 아는 것이 중요했다면, 오늘날에는 “약속을 지키기 위해”, “자신의 하루 시간을 관리하기 위

해” 시간을 아는 것이 무엇보다 중요하며 과거와 현재 사회적 시간의 의미 차이에 대해서도 생각했다.

학생들은 당시 세종이 장영실에게 양부일구를 만들라고 지시했던 이유에 대해서 “시계가 당시 농사에 너무 중요했기 때문에”, “더 규칙적으로 살려고요”, “춘분은 봄이 시작되는 거고, 추분은 가을이 시작되는 거니까 24절기와 천체 현상을 보며 농사를 지으려고요”, “장영실에게 백성들이 시간을 알 수 없으니 시각과 방위를 모두 알 수 있는 시계를 만들어 주라고 했어요”라고 대답하며 양부일구가 당시의 생활상을 반영해 제작되었음을 이해했다. 또한, 학생들은 오늘날의 표준시와 태양시에 대해 이해하고, 양부일구의 장·단점에 대한 솔직한 생각을 나누었다. 양부일구의 장점으로 “전자 시계(오늘날의 시계)는 외국에 나가면, 나라마다 시간이 다르기 때문에 쓸 수 없지만, 양부일구는 태양이 있는 곳 어느 곳에서나 몇 시인지 알 수 있다”는 점을 들었다. “배터리가 필요 없는 친환경 시계다”, “많은 사람들이 공유할 수 있다”고 이야기하기도 했다. 한편, 양부일구의 단점으로 “비가 오는 날이나 흐린 날에는 쓸 수 없다”는 것과 “밤에 시간을 알 수 없다”는 점을 들었다. 그리고 당시 만들고 싶은 시계에 대해 조선 전기 당시의 과학 기술 수준과 생활상을 고려하여 물시계나 금속시계의 의견을 내는 등 논의 활동에서 과학, 기술, 사회 간의 밀접한 관계를 인식하는 모습을 보였다.

고대 천문 기록 프로그램의 시범 적용 결과

다양한 탐구 과정의 경험

학생들은 한 모듬에 5~6명씩 세 모듬을 이루어 탐구 활동을 수행했다. 두 모듬은 일식을 선택해 일식의 주기성과 일식 기록의 정확성을, 다른 한 모듬은 혜성 기록의 의미를 탐구했다. 세 모듬에서 일식과 혜성을 통해 탐구 주제를 설정하고 이를 검증해가는

Table 7. Students' scientific research using ancient astronomical data

	Process	Students' inquiry
1	Subject	Temporal periodicity of solar eclipse.
	Data analysis	Draw a graph of the interval between the occurrence of a solar eclipse.
	Result interpretation	No periodicity in eclipse.
2	Subject	Accuracy of eclipse records.
	Data analysis	Application of the scientific concept "A solar eclipses occur near the new moon" Check the results of scientific concepts and data.
	Result interpretation	Ancient eclipse records are not false.
3	Subject	Meaning of Comet record.
	Data analysis	Analysis and interpretation of data. Consider social cultural context.
	Result interpretation	The appearance of a comet was taken as an ominous omen at the time.

탐구 과정은 다양했다. 세 모둠의 과학 탐구 주제, 자료 분석 방법, 결과 도출 과정은 Table 7과 같다.

첫 번째 모둠은 “일식에 주기 시간적 패턴이 있는가”를 탐구 주제로 설정했다. 이들은 총 62회의 일식 발생 기록을 추출하여 기록된 연도를 연속된 숫자로 변환했고, 시간 간격을 계산해 일식이 발생한 사건과 시간 사이의 그래프를 만들었다. 이를 통해 일식 기록에 반복되는 시간 패턴이 있는지 확인했다. 그 결과는 일식 현상이 1~35년 사이의 간격으로 불규칙하게 일어난 것을 확인했고, 이 중에는 195년의 시간 간격도 있었다. 이를 통해 학생들은 일식 발생이 주기적으로 일어나지 않는다는 결론을 내렸다.

두 번째 모둠은 “일식의 기록이 허위이다”라는 가설을 설정해 연역적인 탐구를 수행했다. 이들은 일식에 대한 전체 자료를 살펴보던 중 일식이 일어난 기록이 모두 그림 또는 초하루라는 날짜와 함께 기록된 것을 발견하는 귀납적 경로를 통해 가설을 도출했다. 학생들은 이 가설을 검증하기 과학 개념을 활용했다. 온라인으로 일식에 대한 정보를 찾아 일식이 일어나기 위해서는 달이 태양 근처에 위치해야 하고 일식은 음력으로 초하루에서 일어난다는 사실을 확인했다. 이에 학생들은 다시 고대 일식 자료를 그림과 초하루를 기준으로 나누어 정리하고, 자신들이 찾은 과학 개념과 일치하는지 확인했다. 학생들은 모든 일식 기록이 그림 혹은 초하루에 관측되어 기록되었다는 사실을 확인했다. 또한, 일식이 그림에도 나타난 이유는 자료집을 통해 당시 삭망월이 현재보다 조금 길었기 때문이라는 것을 알았다. 이에 학생들은 자료집에 기록된 모든 일식 관측 기록이 허위 기록이 아니라는 결론을 내렸다.

세 번째 모둠은 전체 자료에서 혜성이라는 명칭으로 총 44회의 기록을 찾았다. 학생들은 혜성 기록이 주는 정보인 시간, 계절, 발생 기간 등에서 규칙적인 정보를 찾아보려 했으나 전체 자료의 정보가 일정하지 않아 가설 설정에 어려움을 겪었다. 학생들은 혜성이 등장하고 사라졌다는 44회의 기록 중 대부분이 혜성의 등장을 부정적인 사건 또는 어조와 함께 표현한 것에 주목했다. 학생들은 혜성의 기록에 느낌이나 해석이 나타난 경우 모두 “혜성이 동쪽에 나타났다가 25일 만에 없어졌다”와 같이 부정적 어조 또는 “혜성이 서북쪽에 나타났는데 길이가 두 길 가량이었다. 가을 8월에 황충이 곡식을 해쳤고 기근이 들었다”와 같이 불길한 사건과 함께 기록된 것을 확인했고, “옛날 사람들에게 혜성은 불길한 일의 징조였다”는 결론을 내렸다.

초기의 활동은 주어진 자료를 통해 가설을 세우고 그 가설의 검증 방법을 고안하여 자료를 모으고 분석한 후 결론을 도출하는 가설-연역적 탐구 활동으로 설계되었다. 그러나 학생들의 실제 탐구 과정 전반에서는 가설-연역적 추론뿐만 아니라 귀납적 추론도 활용되었다. 학생들은 주어진 자료의 전반을 관찰하고 공통성을 찾는 귀납적 추론 과정을 통해 가설을 도출했다. 그리고 가설을 검증하기 위해 자료를 다시 분석, 비교하는 활동을 거쳐 예상을 확인하고, 도출된 결과를 해석해 논리적 연결 체계를 만들어 보는 연역적 추론을 활용했다.

다양한 정보와 탐구 전략 활용

학생들은 주제 설정부터 결론 도출까지의 다양한 정보와 탐구 전략을 활용하며 탐구를 수행했다. 첫

번째 모둠은 일식의 주기성을 확인하기 위해 엑셀을 활용하여 연도 자료를 연결된 숫자로 변환하고, 다시 시간 간격으로 변환하여 그래프로 그려보는 전략을 활용했다. 이 학생들은 일식의 주기성을 크고 작은 시간 규모에서 다시 확인하기 위해 시간 간격이나 그래프의 크기를 조절하며 탐구했다. 또한, 탐구 결과 일식의 주기성이 확인되지 않자, 온라인을 통해 일식에 주기성이 있는지, 일식을 예측하는 것이 가능한지의 과학 정보를 검색하기도 했다. 두 번째 모둠은 이미 가지고 있던 일식 현상에 대한 과학 개념 지식을 활용했다. 학생들은 온라인 자료 검색을 통해 일식이 음력 초하루에 발생할 수밖에 없음을 그림으로 확인했고 동료들에게 소개할 발표 자료에도 이를 활용했다.

혜성 기록에 포함된 정보들은 다양하고 불규칙한 특성이 있었다. 학생들이 잘 알지 못하는 용어도 많이 등장하기 때문에 혜성을 주제로 선택한 학생들은 연구 가설을 만드는데 어려움을 겪었다. 학생들은 온라인 검색을 통해 혜성에 대한 다양한 과학 정보를 모아 정리하는 것을 먼저 시작했다. 학생들은 자료 검색을 통해 혜성의 정의, 모양, 특징, 종류 그리고 혜성 관측의 특징 등을 확인하고, 고대 혜성 기록 자료에서 이러한 특징들을 확인할 수 없는지 검토해 나갔다. 학생들은 기록에서 “혜성이 20일 만에야 없어졌다”는 표현이 여러 번 등장하는 보고 “혜성은 짧게는 2주, 길게는 몇 달 가까이 관측된다”는 가설을 세워 자료를 확인했으나 기록 중에는 혜성이 관측된 기간이 명확히 드러나지 않은 것도 많아 분석하기 어렵다고 판단했다. 또한, 학생들은 고대 혜성 기록에 혜성의 종류를 알 수 있는 정보가 드러나는지 또는 계절이나 시대에 따라 혜성 관측 내용에 차이가 있는지를 확인하기도 했다.

이처럼 학생들은 맡은 자료와 특성과 주제에 따라 과학적이고 역사적 정보를 더하며 다양한 과학 탐구 방법의 활용을 경험했다. 다양한 온라인 정보 가운데 신뢰할만한 정보가 무엇인가에 대해 논의했고, 필요한 과학 정보를 얻기 위한 검색 전략에 대해 논의했다. 여기에는 과학 개념 지식과 과학사 지식, 역사적 정보 등이 포함된다. 이와 같이 고대 천문 기록을 활용한 과학탐구 활동은 학생들에게 다양한 분야의 정보와 탐구 전략을 활용하는 경험을 통해 과학적 탐구의 본성을 이해할 수 있는 기회를 제공했다.

TSK를 이해하는 합리적 시각 형성

고대 천문 기록을 과학적인 방법으로 검증해보는 탐구 활동을 통해 학생들은 TSK의 특성을 이해할 수 있었다. 이 활동에서 학생들은 과학 유산 자료의 다양한 정보 가운데 필요한 과학 정보를 선별하고 재구성하는 능력을 발휘했다. 처음 자료를 처음 접한 학생들은 이 고대 자료가 현재의 과학 연구에 도움이 될 수 있다는 생각을 하지 못했다. 고대 자연 기록이 과학 기호나 숫자가 아닌 글로 쓰여 있고, ‘큰’, ‘작은’, ‘잠시 후’와 같이 정확하지 못한 어휘도 많았다. 또한, 학생들은 고대 천문 기록이 아주 오래 전에 기록된 것들이기 때문에, 자연에 대한 당대의 생각을 확인하는 것 이외에는 주목할 만한 점이 없다고 생각하는 모습을 보였다. 한 학생은 “고대 자연 현상의 원인이 현재와는 다르다”라고 생각하는 오개념을 드러내기도 했다.

그러나, 실제의 과학 탐구 활동 후 고대 천문 기록에 대한 학생들의 생각은 변화했다. 하나의 천체 현상을 중심으로 자료를 모아 보았을 때, 역사 자료와 과학 자료로 활용될 수 있었다. 자료를 다양하게 분석해 본 학생들은 당대 사람들이 보기보다 객관적이고 일관된 시각을 가지고 자연을 기록했다는 것을 알 수 있었다. 한 학생은 “우리 과학은 지금과는 방향이 조금 다른 것 같아요. 목적이 조금 달랐던 것 같아요”라며 표현된 방식이 현재의 과학과는 다소 차이가 나더라도 엄연한 관찰과 기록이었다는 것과 시대에 따라 과학의 방법과 지식의 표현이 다르다는 것을 이해했다.

또한, 학생들은 TSK를 이해하는 합리적 시각을 형성했다. 고대 천문 기록 자료를 분석하고 결과를 해석하는 과정에서 “자연스럽게 ‘당시의 사람들이 왜 이렇게 기록했는가?’에 대한 논의가 이어졌다. 일식이나 혜성과 같은 천체 기록의 주기가 규칙적이지 않거나 기간에 큰 공백이 있는 경우, 학생들은 합리적 원인을 찾기보다 “혜성이 자주 나타나서, 왕이 누군가에게 죽음을 당했다” 또는 “처음에는 혜성이 신기하니까 열심히 관찰하지만, 시간이 지날수록 아무 일도 안 일어나니까 흥미가 떨어진 거야. 그래서 관찰을 안 하게 된 게 아닐까?”는 등의 상상력에 의존해 해석하기도 했다. 과학사 주제를 활용한 수업에서 학생들이 과거의 상황과 인물의 생각을 인식하며 추리해 나가는 과정도 중요하지만, 학생들이 명확한 근

거 없이 사실을 왜곡하거나 오해하지 않도록 교사의 중재와 개입이 필요하다. 이 활동을 통해 학생들은 TSK를 과학적인 관점으로 바라보고 합리적으로 해석하는 과정을 경험했다.

초반에 학생들은 과거 우리나라에는 과학이 없었고, 자연 현상을 우연과 미신으로 받아들였다고 생각하는 모습을 보였으나 탐구 활동을 통해 당대 사람들이 자연을 과학적 시각으로 파악하고 있었음을 알았고 고대 천문 기록이 현대 과학에도 크게 기여할 수 있다고 생각했다. 특히, 우리나라가 다양한 자연 현상 기록을 천 년 이상 이어왔다는 데 큰 자부심과 놀라움을 드러냈다. 수업이 끝난 후 학생들은 우리 전통 과학에 대한 생각을 다양하게 표현했다. 학생들은 전반적으로 수업을 통해 우리 TSK에 대한 지식이 더욱 풍부해졌다고 이야기했다. 학생들은 “우리 과학이 열등하다는 근거 없는 생각을 버려야 한다”, “우리 과학을 배우면 좀 더 넓은 사고를 할 수 있을 것 같다”고도 표현했다. 천문 기록을 활용한 탐구 활동을 통해 학생들은 TSK의 특성을 이해하고 이를 바탕으로 TSK를 합리적으로 판단하는 시각을 형성할 수 있었다.

결론 및 시사점

이 연구에서는 조선시대 해시계 앙부일구와 고대 천문 기록이라는 천문 유산을 활용해 초등과 중등 교육에서 활용할 수 있는 과학 교육 프로그램을 개발하고 시범 적용 결과를 통해 개발된 교육 프로그램의 활용 가능성을 확인했다. 앙부일구와 고대 천문 기록의 TSK 구성 측면의 특성, 과학 교육과정과의 연계성, NOS와의 연계성 등을 고려해 교육 프로그램의 개발 방향을 설정했다. 앙부일구는 초등 고학년을 대상으로 TSK의 과학적 우수성, 계절별 태양 운동과 관련한 과학 개념 이해, STS 간 상호작용의 본성 이해를 위한 핸즈온 활동으로 개발했다. 고대 천문 기록은 고등학교 학생들을 대상으로 학생들이 실제 TSK 자료를 활용한 과학 탐구를 진행함으로써 TSK의 과학적 우수성과 함께 과학적 탐구의 본성을 이해할 수 있는 과학 탐구 활동으로 개발했다.

개발된 두 교육 프로그램을 초등학교 5~6학년 20명과 고등 1학년 17명의 두 집단에게 각각 시범 적용하여 프로그램의 효과 및 활용 가능성을 확인했다. 앙부일구 프로그램의 적용 결과 학생들은 앙부일구

활동에서 그림자의 원리, 계절별 남중고도, 일출과 일몰 지점 등의 선행 지식을 확인하고 오개념을 수정하며 관련 과학 개념 지식을 정교화해가는 효과를 보였다. 또한, 앙부일구의 원리 이해는 친구의 구조 개념으로 확장하여 설명할 수 있으며, 이는 초등학생들에게 다소 어려운 개념이지만 친구 좌표계에 대한 직관적 이해와 이후 학습과의 연결고리를 제공할 수 있었다. 학생들은 앙부일구의 과학적 가치를 명확히 인식할 수 있었으며, 앙부일구가 당대의 과학·기술 수준과 사회적 요구를 반영했다는 점을 인식하고 그것의 가치를 인정하는 등 STS 간 상호작용의 본성을 이해할 수 있었다.

한편, 천문 유산을 활용한 탐구 활동 프로그램의 적용 결과 학생들은 가설-연역적 탐구와 귀납적 탐구를 두루 경험했고, 그 가운데 다양한 정보와 전략을 활용하는 모습을 보였다. 또한, 초반에는 비과학적인 정보로 여겨졌던 고대 천문 기록이 과학 탐구에 유용하게 활용되고 과학적 가치가 확인됨으로써 학생들은 TSK의 과학성을 점차 합리적 시각에서 이해하는 모습을 보였다. 이상의 결과를 통해 이 연구에서 개발된 두 교육 프로그램의 활용 가능성이 확인되었다.

우리 천문 유산을 활용한 교육 프로그램의 활용 방향을 다음과 같이 제안한다. 첫째, 이 연구에서 개발된 교육 프로그램들을 학교 과학의 해당 단원 학습에서 다양한 관점과 창의성을 기르기 위한 학습 소재로 활용할 수 있다. 이는 우리 천문 유산에 담긴 과학 개념 지식을 탐구하거나 관련 과학 개념 단원 수업에 천문 유산을 적용해 보는 방식으로 활용 가능하다. 다가온 4차 산업혁명 시대에는 과학뿐만 아니라 다양한 분야의 지식과 사고를 활용할 줄 알고, 다양한 관점을 융합하여 새로움을 창조해 낼 수 있는 능력이 강조되고 있다. 현재 우리나라의 과학교육은 WMS 위주로 구성되어 있기 때문에, 학생들이 과학의 실제적인 문제들을 해결 과정에서 다양하게 생각하는 수 있는 능력을 길러주기 위해서는 문화적 다양성 도입이 필요하다. 이러한 다양한 생각은 인류가 이룩해 온 문화적 다양성에 포함되어 있기 때문이다. 사람들이 세상을 바라보는 독특한 시각인 세계관은 국가, 지역, 문화마다 다르게 나타나며, 과학 문화도 예외는 아니다(Allen & Crawley, 1998). 동일한 자연 현상이나 과학 개념의 학습에 서로 다른 관점, 다른 과학 문화적 소재를 활용하는 것은 학생들이 과학에 대한 다양한 관점을 기를 수 있도록 돕는다.

전통 천문 유산에 포함된 TSK를 활용한 수업은 학생들에게 다양한 관점과 창의성을 기르는데에도 최적화된 소재가 될 것이다.

둘째, 과거부터 지금까지 과학 교육 분야에서 강조되어 온 NOS를 명시적으로 가르치는 새로운 소재로 활용할 수 있다. 과학이 시대나 장소에 따라 달라져 온 시간 의존성, 공간 의존성, 과학자 의존성을 모두 가지고 있음을 아는 것은 매우 중요하다(Hong et al., 2002). 하늘에 대한 지식은 어느 시대 혹은 어느 지역이나 존재했으며, 여러 지역의 지식이 다른 지역, 문화, 학분 분야 등으로 전해지고 진화하며 지금의 천문학으로 발전했음을 아는 것은 중요한 NOS다. 이 연구에는 NOS의 다양한 측면 가운데 일부의 특성만을 다루었지만, TSK의 다양한 소재를 활용하면 NOS의 다양한 측면을 가르치는 커리큘럼으로 개발될 수 있을 것이다. 지금까지 과학 교육 분야에서 NOS의 학습이 서양 과학사를 위주로 개발되어 온 측면이 있기 때문에 TSK를 활용한 NOS 교육은 우리 학생들에게 더욱 친숙하고 의미있게 받아들여질 수 있을 것이다.

셋째, 우리 천문 유산이 전시되고 소개되는 학교 밖 교육 장소에서 천문 유산의 과학적 가치를 분명하게 드러내기 위한 교육으로 활용할 수 있다. 우리 전통 과학은 현대 과학적 관점에서도 그 과학성이 인정될 만한 소재들이 많음에도, 과학적인 가치는 역사·문화적 측면에서 더하여 전달되는 특성이 있다. 우리의 천문 유산이 소개되는 현장에서의 교육을 통해 우리 전통 유산에 포함된 TSK와 과학 활동이 무엇이었는지 명확히 전달하고, 그것의 과학적 가치는 학생 스스로 찾아내고 활용할 수 있어야 한다. 우리가 가진 우수한 천문 유산을 표면적으로 이해하고 받아들이도록 하는 것에서 나아가 학생들이 직접 탐구하고 판단할 수 있는 교육 기회를 더 확대할 필요가 있다. 이를 위해 우리 천문학의 업적을 이해하고 해석하는 연구 분야뿐만 아니라, 그 결과를 바탕으로 학생들을 비롯한 일반인들이 활용할 수 있는 문화 콘텐츠 및 교육 자료로 개발하는 분야의 연구도 활발히 진행될 필요가 있다.

본 연구에서 활용한 양부일구와 고대 천문 기록이라는 소재는 한반도라는 지역적 맥락을 통해 과학을 학습할 수 있기 때문에 우리나라 학생들에게는 더욱 유용한 과학 소재다. 또한, 하늘을 관측한 목적과 방법에서 현대의 천문학과 다른 점도 있지만, 우리의

전통 천문학은 세계 어느 문화권에서도 보기 어려운 우수한 천문 관측 역사와 유산을 가지고 있다. 이 연구에 소개된 소재를 포함해 전통 천문 사상, 천문도, 관측 기록, 역법, 천문 기기, 천문학자 등 천문 교육에 활용할 수 있는 소재들이 많다. 우리의 전통 천문학은 기술과 기기로 활용된 형태가 많기 때문에 과학 활동으로 유용하고, 우리 역사 및 문화와 유기적으로 연결되어 있어 융합 교육의 소재로도 적합하다. 또한, 교육 내용은 과거의 과학을 알고 과학 개념을 이해하는 것부터 미래를 위해 응용하고 창조하는 것까지 확장할 수 있다. 이 연구를 통해 앞으로 다양한 형태의 천문 유산을 활용한 과학 교육의 관심이 확대되어 나가기를 기대한다.

사 사

이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017S1A5B5A01024101)

References

- Allen, N., & Crawley, F. E., 1998, Voice from the bridge: worldview conflicts of Kickapoo students of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 111-132.
- Cho, E. J., 2020, Investigation into tenth graders' understanding of the nature of scientific inquiry. *Journal of Korean Earth Science Society*, 41(3), 273-290. (in Korean with English abstract)
- Cho, O. G., & Kim, Y. M., 2001, An analysis of high school students' scientific attitudes and inquiry abilities in traditional cultural contexts. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 21(1), 174-184. (in Korean with English abstract)
- Choi, J. H., & Pak, S. J., 2004, The development of students' scientific perspectives on historical heritages through the science field trip of Hwasong. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 24(5), 930-936. (in Korean with English abstract)
- Elkana, Y., 1981, A programmatic attempt at an anthropology of knowledge. In E. Mendelshohn & Y. Elkana (Eds.), *Science and culture: Anthropological and historical studies of the sciences* (pp. 1-77). Dordrecht, The Netherlands: Reidel.
- Hart, M. A., 2010, Indigenous worldviews, knowledge, and research: the development of an indigenous research

- paradigm. *Journal of Indigenous Voice in Social Work*, 1(1), 1-16.
- Hong, Y. S., Uhm, J. K., Kim, U. R., and Kim, H. M., 2002, *History of science (과학의 역사)*. Kyowoo Press. (in Korean)
- Jeon, Y. B., & Lee, Y. H., 2020, Analysis of nature of science (NOS) in integrated science textbooks of the 2015 revised curriculum. *Journal of science education*, 44(3), 273-288. (in Korean with English abstract)
- Kang, Y. W., & Lee, J. H., 2008, Effects of early childhood HPS activities developed from Korean traditional living science themes. *Journal of Early Childhood Education*, 28(4), 5-35. (in Korean with English abstract)
- Kawagley, A. O., Norris-Tull, D., and Norris-Tull, R. A., 1998, The indigenous worldview of Yupiaq culture: its scientific nature and relevance to the practice and teaching of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 133-144.
- Kim, C., 2021, A study on software convergence education for elementary school using Yut-nori. *Korean Association of Information Education*, 25(1), 113-112. (in Korean with English abstract)
- Kim, E. G., 2002, A study on the practices of scientific visit in Korean traditional cultural assets as a scientific inquiry activity. Unpublished master's thesis, Univ. of Daegu, Gyeongsan, Korea. (in Korean with English abstract)
- Kim, J. H., Lee, Y. H., & Min, B. M., 2016, Analysis of the presentation for the nature of science in life science chapters of the 2009 revised middle school science textbooks. *Biology Education*, 44(1), 25-34. (in Korean with English abstract)
- Kim, J. K., & Shin, D. H., 2014, Exploring possibilities of science field experience in Jongmyo shrine. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(2), 286-305. (in Korean with English abstract)
- Kim, S. H., Mihn, B. H., Ahn, Y. S., & Lee, Y. S., 2011, Inference on the arrangement and scale of the Ganuidae in the Joseon Dynasty. *Publications of the Korean Astronomical Society*, 26(3), 115-127. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y. H., 2013, Development and application of STEAM learning materials for geological environment in the Gochang. Jeonbuk, Korea, Unpublished doctoral dissertation, Univ. of Jeonbuk, Jeonju, Korea. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y. W., 1993, The context of Korean traditional science (한국 전통 과학의 맥락). *Professor Academy series*, 6, 348-356. (in Korean with English abstract)
- Korea Meteorological Administration, 2011, *Meteorological Records from Ancient Korea including Astronomical and Seismological Records from 《SAMGUK SAGI (History of the Three Kingdoms)》 & 《SAMGUK YUSA (Memorabilia of the Three Kingdoms)》* (in Korean)
- Lee, C. S., 2001, Critical reconstruction of the Korean science culture. *Korean Association Of Science And Technology Studies*, 1(1), 5-27. (in Korean)
- Lee, J. H., & Shin, D. H., 2017a, Exploring the educational value of Korean traditional science knowledge. *Korean Journal of Educational Research*, 55(3), 369-411. (in Korean with English abstract)
- Lee, J. H., & Shin, D. H., 2017b, Exploring the use of traditional science knowledge by 'being a commentator on Korean traditional science culture' activities. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 37(1), 193-214. (in Korean with English abstract)
- Lee, J. H., Yoon, Y. H., and Shin, D. H., 2018, Analysis of the TSK (Traditional Science Knowledge) Characteristics in Korean Traditional Science Exhibits: Focused on Field of Astronomy, Clocks, and Weather. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 22(6), 355-370. (in Korean with English abstract)
- Lee, Y. H., 2013, A proposal of inclusive framework of the nature of science (NOS) based on the 4 themes of scientific literacy for K-12 school science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(3), 553-568.
- Lee, Y. S., Jeong, J. H., Kim, C. H., and Kim, S. H., 2006, The principle and structure of the Gypyo (Gnomon) of King Sejong's reign in Choson Dynasty. *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 23(3), 289-302. (in Korean with English abstract)
- Ministry of Education, 2015, 2015 revised science curriculum (2015-74, Separate books 9). Seoul: Auther. (in Korean)
- Nisbett, R. E., 2004, *The geography of thought: How Asians and Westerners think differently and why*. Seoul, Gimm-Young Publication Co.
- Ogawa, M., 1995, Science education in a multisience perspective. *Science Education*, 79(5), 583-593.
- Oh, I. J., 2000, Introducing of traditional science to science subject matter. Masters thesis, Dankook University. (in Korean with English abstract)
- Park, C. B., 2007, *Astronomy as a Korean traditional science (한국의 전통 과학 천문학)*. Seoul, Ewha Womans University Co. (in Korean)
- Park, S. R., 2002, The story of ethnic science to look back (다시 보는 민족과학 이야기). Doosan Dong-A Co., p 38. (in Korean)
- Roh, S. Y., 2015, Development of a astronomy field teaching and learning program using sundial: Focused on the curriculum of 3th trade in middle school. Masters thesis, Younsei University. (in Korean with English abstract)

- Sadler, T. D., 2009, Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1-42.
- Snively, G., & Corsiglia, J., 2001, Discovering indigenous science: implications for science education. *Science Education*, 85(1), 6-34.
- Song, J. W., 2006, Humanistic science education through context-rich approaches. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 25(4), 383-395. (in Korean with English abstract)
- Yi, M., 2012, A science cultural understanding of traditional astronomy in East Asia. *Science and Technology studies*, 12(2), 159-183. (in Korean with English abstract)
- Sung, S. K., & Shin, D. H., 2014, Value of 'Ondol' as a theme for convergence education. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 14(3), 279-301. (in Korean with English abstract)
- Urbancic, M., & Glazar, S., 2012, Impact of Experiments on 13-years-old pupils' understanding of selected science concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(3), 207-218.
- Yoon, H. K., & Pak, S. J., 1999, The change of middle school students' cognitive engagement in the extended science investigations. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 19(4), 684-695. (in Korean with English abstract)

Manuscript received: April 7, 2021

Revised manuscript received: June 15, 2021

Manuscript accepted: June 30, 2021