

과학사 자료를 활용한 중학생들의 천동설에서 지동설로의 개념 변화

최진희¹ · 김희수^{2,*} · 정정인³

¹천전중학교, 440-330 경기도 수원시 상안구 천전동 510

²공주대학교 지구과학교육과, 314-701 충남 공주시 신관동 182

³청주교육대학교 과학교육과, 361-712 충북 청주시 흥덕구 수곡동 135

Middle School Student's Conceptual Change from Geocentrism to Heliocentrism Using Science History Materials

Jin-Hee Choi¹, Hee-Soo Kim^{2,*} and Jung-In Chung³

¹Chonchon Middle School, Suwon, Kyeonggi 440-330, Korea

²Department of Earth Science Education, College of Education, Kongju National University, Kongju, Chungnam 314-701, Korea

³Department of Science Education, Cheongju National University of Education, Cheongju, Chungbuk 361-712, Korea

Abstract: The objective of this study is to examine the cognitive process that undergoes a middle student's conceptual change about the universe by the cognitive conflict, using science history materials as a teaching strategy. Four eighth graders were selected and classified by three cognitive level. Students were interviewed and conducted to an inquiry activities regarding their viewpoint about the universe after each class, and their conceptual change patterns were analysed from pre-test and post-test. This study showed that each student held dissimilar astronomical preconceptions and various misconceptions about celestial motion. Students at the formal operational stage and transitional stage experienced the conceptual change from geocentrism to heliocentrism by instructional model upon the science history materials. Student at the concrete operational stage had either unscientific conception, no conception, or could not have a conceptual change even when being presented with an environment that arouses cognitive conflict (R¹: Phase change of Venus and its Rise and set time). They ended up having a cognitive change from geocentrism to heliocentrism by solving another problem (R²: Relation between visible diameter and position of Mars). After the instruction, a conceptual achievement progress was reported with a 10% improvement. Therefore, the instruction model based upon science history was effective on student's scientific conceptual change.

Keywords: science history, viewpoint on the universe, heliocentrism, geocentrism, cognitive conflict, misconception, conceptual change

요 약: 본 연구의 목적은 중학생에게 과학사 자료를 활용한 인지 갈등 수업을 하였을 때 나타나는 '우주관'에 대한 개념 변화의 인지적 과정을 살펴보는 것이다. 연구 대상은 인지수준이 각각 상, 중, 하인 중학교 2학년 학생 남녀 4명을 모집 하였다. 매 차시별 수업 후 형성된 학생의 '우주관' 개념에 대해 면담과 탐구 활동지 분석을 실시하였으며, 사전·사후 개념 검사로 개념 변화 정도를 알아보았다. 연구결과 4명의 학생들이 가지고 있는 천문학의 선개념은 차이가 있었고 천체의 운동과 관련된 오개념도 다양하였다. 형식적 조작기와 전이단계 있는 학생은 과학사를 이용한 수업에 통하여 천동설에서 지동설로 개념 변화가 이루어졌다. 그에 비하여 구체적 조작기에 해당하는 학생의 선개념은 전반적으로 비과학적이거나 무개념 상태였으며, 인지 갈등을 일으킬 만한 현상을 제시하여도 개념 변화를 일으키지 못하는 등 과정

*Corresponding author: heesoo54@kongju.ac.kr

Tel: 82-41-850-8291

Fax: 82-41-850-8299

에 어려움을 보였다. 이 단계의 학생에게는 새로운 자료를 제시하고 이를 설명하게 하는 인지 갈등 과정을 통하여 전통설에서 지동설로의 개념 변화를 일으켰다. 수업 처지 후 학생들의 개념 검사의 신뢰도가 10% 이상 높아졌다. 이는 과학사 자료를 이용한 학습지도가 과학의 개념 변화에 있어 효과적이라고 할 수 있다.

주요어: 과학사, 우주관, 전통설, 지동설, 인지갈등, 오개념, 개념 변화

서 론

지식의 생성은 어떤 사실적 자료를 토대로 분석과 종합의 반복적 과정을 통해 얻어진다. 예를 들면 하나의 숲의 특성을 잘 알아내기 위해서는 숲의 전체적인 윤곽을 파악하면서 그 숲을 이루고 있는 개개의 나무의 특성들도 잘 파악해나가는 것이다. 과학교육도 마찬가지이다. 단편적인 지식으로서의 과학을 배우는 것이 아니라 전체적인 흐름 속에서 과학을 배워야만 한다. Hendrick(1992)은 과학적 본질의 효과적인 인식을 위해서 과학사를 통한 교수 및 학습이 이루어져야 한다고 강조했다. Mathews(1992)는 효과적인 과학 학습 시도와 새로운 과학교육의 방향 설정을 위한 방법으로 과학사를 과학교육에 도입하려는 시도가 중요하다고 하였다. 특히 학생의 과학 선 개념(preconception) 확인과 교정을 위해 과학사를 학습 과정에 도입하는 것이 효과적이라는 주장이 있다(Sequeira and Leite, 1991; Song et al., 1996). 이는 학생들이 과학적인 지식을 받아들이는 방법이 인류 문화가 과학적인 지식을 받아들이는 방법과 같아 보이며 때로 학생들의 생각이 초기의 문화와 상당히 유사하다는 입장이다.

80년대 후반부터 교육 분야, 특히 교육공학 분야에서는 객관주의에 대한 대안으로서 구성주의가 교수 설계 및 교수에 대한 변혁을 요구하는 패러다임으로 등장하였다. 이러한 구성주의적 접근이 도입된 이후 개념 변화가 과학 교육의 관심이 되어왔으며 최근 들어 여러 가지 전략들이 학생들의 개념을 과학적인 개념으로 변화시키기 위한 수단으로 제안되고 있고 그 중에서 과학사적인 접근이 가장 유용한 방식 중의 하나로 생각되고 있다(Song et al., 1996). 한편, Sequeira and Leite(1991)는 현대 학생들의 개념 발달과 과학사에 나타난 개념의 역사적 변천과정 사이에 유사성이 두드러진다고 밝혔다. 과학사에 관심을 가지게 한 이러한 유사성(Similarity)은 과학사가 학생들이 수업에서 처음 접하는 개념을 훨씬 과학적으로 수용 가능한 개념쪽으로 진행하도록 돕는 아주 적합한

한 수단임을 제시하였다(Mathews, 1992). 그러나 과학교육에 있어 과학사의 긍정적인 역할이나 그에 대한 관심에도 불구하고(박승재와 조희형, 1994; 양승훈, 1996; Mathews, 1992) 과학사가 과학 교수에 실습적인 지침을 줄 수 있을 정도로 상세하게 연구된 것으로는 보이지 않는다(Song et al., 1996). 덧붙여 지구과학교육과정에서도 과학사에 대한 교사들의 인식이나 교사들에게 도움이 될 만한 체계적인 자료가 부족한 것이 실제 교육 현장의 현실이다(이기영, 1998).

전문학 분야의 지식은 그것을 인식할 수 있는 범위가 일상적인 경험의 영역이 아니기 때문에 구체적인 개념이면서도 학생들이 배우기 어려워하는 분야 중의 하나이다(조희영, 1985). 이러한 현행 교육 과정에서의 전문학 지식에 대한 학생들의 이해 부족이 선행 연구에서 많이 다루어졌으나(현광호, 2003; Barnett, 2002; Sharp, 1996; 채동원, 1992), 이러한 선행 연구 결과들이 실제 교육 현장의 전문학 교육에 반영되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 과학사 자료를 이용하여 수업지도안을 작성하고 이를 토대로 수업을 하였을 때 전통설에서 지동설로의 개념 변화 과정을 알아보고자 한다. 학습자들이 전통설이라는 선개념을 갖고 있는 관계로 전문학 관련 과학자적 개념 구성의 어려움이 있으며 학습자들이 경험한 구체적 경험 세계는 전통설 개념에 더 가깝기 때문에 지동설 개념의 인내가 어렵다. 특히 전문학적 개념은 시간과 함께 변하는 전문학적 공간 개념에 대한 이해가 필요하며, 3차원 공간상에서 일어나기 때문에 추상적이고 고도 고도의 형식적 사고가 요구되기 때문에 교수-학습 과정에서 어려움을 겪는다. 과학사를 이용한 수업 과정을 통해서 과학 지식을 이미 완전히 틀 지워진 체계적이고 고정적인 생생물로 인식하고 그 결과물을 학습하는 것이라는 보수적인 생각에 대해서 돌아보게 하고, 학습자로 하여금 과학사를 활용하여 과학 본성에 대한 더욱 폭 넓은 사고를 할 수 있는 기회를 제공하여 전통설 개념에서 지동설 개념으로의 변화를 이끌고자 한다.



Fig. 1. research procedure.

연구 방법 및 절차

연구 대상

본 연구는 사례 연구를 위해 표집된 4명의 중학교 2학년들을 대상으로 과학사 자료를 이용한 수업을 통하여 천동설에서 지동설로의 개념 변화 과정을 살펴 보는데 중점을 두었다. 이들은 경기도 수원에 소재한 C중학교의 2학년 2개 학급 80명을 대상으로 논리적 사고력 검사지(GALT검사지)를 이용한 인지 수준 검사를 실시한 후, 인지 사고 수준이 각각 상, 중, 하인 4명(상 1명: 형식적 조작기, 중 2명: 전이단계, 하 1명: 구체적 조작기)의 학생을 표집하여 연구대상으로 하였다.

연구 절차

본 연구에서는 Fig. 1과 같은 순서에 따라 연구내용이 전개된다. 우선 문헌 연구를 통하여 과학사와 과학교육의 관계 및 개념변화에 대한 선행 연구를 정리하고 연구 주제를 선정하였다. 그리고 연구과정에서 사용할 개념 검사지, 교수-학습 지도안을 작성하였다. 과학사 자료를 이용한 학습 지도안은 본 연구자가 우주관의 역사적 변천과정을 토대로 작성하였으며, 몇 차례에 걸쳐 교과 전문가와 협의하여 검토 및 수정을 하였다. 학습지도안은 권재술(1989)의 인지갈등수업모형을 적용하여 4차시로 개발하였다.

개념 검사지를 이용하여 학생들의 천체 운동에 대한 선개념을 측정할 다음, 고대인의 우주관에 대한 수업, 금성의 위상변화 자료를 이용한 천동설의 개념 변화에 대한 수업, 화성의 겉보기 운동 자료를 이용한 천동설의 개념변화에 대한 수업, 역할놀이 수업으로 진행하였다. 수업이 진행되는 동안 학생들의 개념 변화 과정을 분석하였고, 수업이 완료된 다음 개념의 변화 정도를 알아보기 위해 개념 검사지를 이용하여 사후 검사를 실시하고 자료를 수집하고 그 결과를 분석하였다. 자세한 수업의 진행과정은 Table 1과 같다.

수업처치

본 연구에서는 과학사 자료를 이용하여 천동설의

개념 변화의 과정을 알아보았다. 학생들의 선행 학습 개념 및 사고 유형을 알아보고 과학사 자료를 이용한 4차시에 걸친 수업을 통하여 개념 변화를 분석하고 그 결과에 대해 논의하였다.

우선, 학생들의 천체 운동에 관련된 배경 지식과 선개념을 알아보기 위해 30분 정도 사전 검사를 실시하였다. 태양계에 관한 선개념을 알아보기 위해서 그림을 그리게 하고 5분에서 10분 정도로 설명하게 하였다. 이어서 고대인이 생각한 우주관을 직접 접하면서 각자가 고대인이 되어 우주관에 대하여 생각하게 하고 본인이 생각한 우주관과 고대인이 생각한 우주관을 비교하여 어떤 차이점이 있는지 생각하고 발표하게 하였다.

금성의 위상 변화 사진을 제시하여 위상 변화를 설명할 수 있도록 태양, 금성, 지구를 그리게 하고 각자의 생각을 설명도록 하였다. 그리고 지구중심설로 설명한 학생과 태양중심설로 설명한 학생 모두에게 금성의 위상 변화와 뜨고 지는 시각이 나타나는 또 다른 사진을 제시한 후 다시 천체들의 위치 관계를 설명하게 한다. 4명이 모두 각자의 생각을 발표하면서 서로 설명되지 않는 부분을 지적하고 교사도 조언하면서 개념 변화 과정을 기록하였다.

이어서 역서에 나타난 화성의 적경, 적위 값을 제시하여 화성의 위치를 그래프로 그리게 하고 화성의 겉보기 운동의 특징을 찾게 하였다. 화성의 겉보기 운동을 태양, 화성, 지구를 이용하여 설명하게 한 후, 화성의 위치에 따른 크기 변화를 찍은 또 다른 사진을 제시하여 다시 천체들의 위치 관계를 설명하게 한다. 4명이 모두 각자의 생각을 발표하면서 서로 설명되지 않는 부분을 지적하고 교사도 조언하면서 개념 변화 과정을 기록하였다.

우주관의 변천 과정에 관한 과학사적 읽기 자료를 제시한 다음 역할극을 통하여 우주관을 정리하였으며, 이 과정에서 사전 검사지, 면담, 관찰, 학생들의 기록물, 사후 검사지 등을 이용하여 학생들의 개념 변화 과정을 관찰하였다.

연구결과 및 논의

천문학적 개념에 대한 사전 개념 분석

본 연구에서 다루는 천문학적 개념은 '태양계의 구조는 어떻게 생겼을까?', '태양계는 어떤 운동을 하고 있나?'란 문제와 관련되어 있다. 학생들은 책이나 방

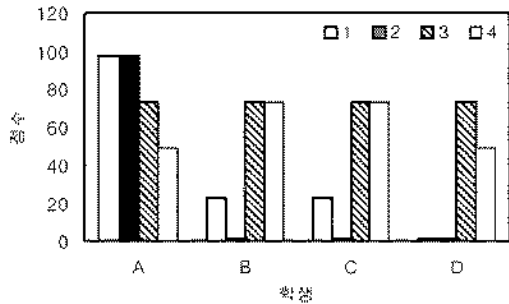


Fig. 2. Questionnaire Analysis of pre-test.

송 등 여러 매체를 통해 이미 천동설과 지동설에 대한 내용을 많이 접했으며, 역사 시간을 통해서 그 내용을 학습하였다. 그러나 학습자들은 천동설이라는 선개념을 갖고 있는 관계로 천문학 관련 과학자적 개념 구성이 매우 힘들며, 학습자들이 경험한 구체적 경험 세계는 천동설 개념에 가깝기 때문에 지동설의 안내가 매우 어려운 상황이다.

Fig. 2는 사전 검사지의 문항별 분석표이다. 사전 검사지에 대한 문항별 학생들의 개념 수준은 다음과 같다. 1, 2번 문항은 지구의 자전과 별의 일주운동에 관한 개념이다. 인지 수준이 상인 학생(A)은 다른 학생들에 비해 지구의 자전 현상에 대한 개념이 매우 잘 정립되어 있으며, 과학적 논리적인 사고 체계를 지니고 있었다. 지구가 자전에 의해 관찰되는 현상을 상대 운동의 논리적 개념으로 인지하고 있었다. 인지

수준이 중 이하의 학생들은 개념이 거의 형성되지 않았다.

3번 문항은 태양계의 구조에 관한 개념으로 4명 모두가 올바른 개념을 가지고 있었다. 인지 수준이 높은 학생(A)은 태양계의 구성과 행성의 특징에 대해서 매우 구체적으로 알고 있었다. 특히 행자와 관련하여 행성들의 이름과 특징을 해석하였는데 이로 인한 오개념도 형성되어 있었다. 밤낮이 생기는 원인을 지구의 자전으로 설명하였으며 행성들이 태양을 중심으로 공전하고 있음을 잘 알고 있었다. 그러나 공전 궤도에 대한 개념은 정립되어 있지 않았다.

4번 문항은 달의 위상 변화와 시각에 대한 것으로 태양과 지구와 달의 위치관계와 지구의 자전 방향, 밤낮이 생기는 원인 등 여러 가지 천체 운동의 개념에 대한 문제이다. 학생들은 완전한 개념을 형성하고 있지 않았고 단순 암기수준에 불과한 양상도 보였다. 우주 공간에서의 태양과 지구에 대한 운동에 대해서는 어느 정도 알고 있었지만 달의 운동에 대해서는 모두 정확하게 알고 있지 않았다(Table 1). 고등학생을 대상으로 지구와 달의 운동에 대한 개념 조사에서 정남식(1996)은 달의 위상 변화 원인 분석 결과 중학교 학습 내용의 이해가 부족하다고 보고하고 있다. 결과는 중학생에서 유의미한 학습이 일어나지 못했고 또한 본 학습 과정에서 월식과 일식에 관한 이론 학습이나 실습이 없었기 때문이라고 보고하고 있다.

태양, 지구의 운동도 전 학년에서 들은 내용을 기

Table 1. The instruction process using science history materials

차시	주제	수업내용	비고
	사전 개념 측정	<ul style="list-style-type: none"> 연구 목적과 내용 설명 전문학적 사전 개념 측정 	사전 검사지
1	고대인의 우주관	<ul style="list-style-type: none"> 고대인(수메르인, 인도인, 이집트인, 중국인)들의 우주관에 대한 그림을 보고 각자의 생각을 발표한다. 고대인들의 지구관은 과학인지 아닌지를 토론해 본다. 아리스토텔레스, 프톨레마이오스, 코페르니쿠스, 티코브라헤, 갈릴레오 갈릴레이, 케플러 등 천문학자들의 우주관을 조사 발표한다. 	학습지 프리젠테이션
2	금성의 위상변화	<ul style="list-style-type: none"> 금성의 위상 변화 사진을 보고 태양, 금성, 지구의 위치 관계에 대한 자신만의 가설을 설정한다. 금성의 관측 시간에 따른 위상 변화에 대한 또 다른 사진을 제시하여 자신의 가설을 검증한다. 	학습지 프리젠테이션
3	화성의 길보기 운동	<ul style="list-style-type: none"> 화성의 길보기 운동 자료를 제시하여 태양, 화성, 지구의 위치 관계에 대한 자신만의 가설을 설정한다. 화성의 위치에 따른 크기 변화에 대한 또 다른 사진을 제시하여 자신의 가설을 검증한다. 	학습지 프리젠테이션
4	역할놀이	<ul style="list-style-type: none"> 천동설 지동설 암기 자료를 읽은 후 갈릴레이 세관에 대한 역할놀이를 한다. 갈릴레이 세관을 통하여 과학과 사회의 관련을 이해한다. 	학습지
	사후 개념 측정	<ul style="list-style-type: none"> 전문학적 사후 개념 측정 	사후 검사지

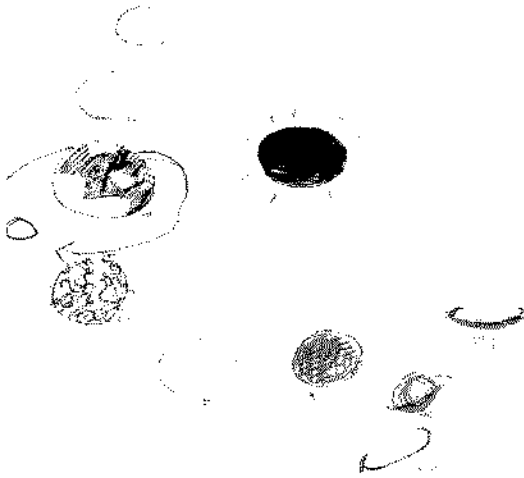


Fig. 3. Drawing sheet for interviewer of cognitive level D.

억해내는 수준이었다. 또한 자전 주기와 공전 주기에 대한 개념은 없었다. 특히 인지 수준이 하인 학생(D)인 학생이 달의 공전 주기를 15일로 이해하고 있었다. 보름달이 보름을 주기로 뜬다고 하는 은유에 의한 오개념을 가지고 있음이 나타났다. 우주에서의 위, 아래에 대한 개념은 잘 정립되어 있었다.

[인지 수준이 하인 학생(D)의 사전면담 예시]

선생님: 네가 그린 그림(Fig. 3)을 설명해 줄래?
 학생: 색깔이요?
 선생님: 색깔도 설명해 주고 우선 각각의 위치를 설명해 줄래?
 학생: 태양이 중간에 있다는 것은 예전부터 알았어요, 다른 행성들의 위치는 잘 모르겠어요, 그냥 지구가 제일 큰 줄 알았어요, 그래서 지구를 제일 크게 그렸어요, 그냥 태양을 중심으로 둘러싸고 있을 것 같았어요, 또 이 행성들은(수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성) 이름이 누 글자씩이라서 태양 근처에 그렸고 다른 행성들은(천왕성, 해왕성, 명왕성) 이름이 세 글자라서 외진 곳에 있을 것 같아서 이렇게 그렸어요.
 선생님: 천왕성, 해왕성, 명왕성에 고리를 그린 이유는 뭐지?
 학생: 모르고 그린 거예요, 그리고 화성은 철 화자니깐 빨간색으로 그렸어요.
 선생님: 그렇구나, 네 그림 속에서 달을 그리지 않

았거든, 지금 그려 볼래?
 학생: 달은 지구 주위를 돌고 있어요,
 선생님: 자! 그럼 태양과 지구와 다른 행성들이 어떻게 움직이고 있는지 설명해 줄래?
 학생: 모두 자전을 할 것 같아요,
 선생님: 그럼 자전만 하고 움직이지 않을까?
 학생: 예 그냥 제자리에서 자전만 하고 있어요,
 선생님: 밤과 낮은 어떻게 생기는지 설명해 주겠니?
 학생: 지구가 자전하면서 태양을 바라보게 되면 낮이 되구요, 반대 방향을 바라보면 그림자 속으로 들어가면 밤이 되요,
 선생님: 아! 지구의 자전에 의해서 밤낮이 생긴다는 거지?
 학생: 예,
 선생님: 태양과 다른 행성들과의 거리는 어떨 것 같아?
 학생:
 선생님: 서로 비슷한 거리에 있을 것 같아? 아니면 다를 것 같아?
 학생: 비슷한 위치에 있을 것 같아요,
 선생님: 공전이라는 말을 들은 적 있니?
 학생: 예, 지구가 태양인지 어떤 것을 중심으로 뱅글뱅글 돌면서 돌 것 같아요,
 선생님: 뱅글뱅글 돈다는 것은 어떻게 도는 걸 말하는 거지?
 학생: 아, 제자리에서 돌면서 어떤 것을 중심으로 또 도는 거예요,
 선생님: 지구가 공전할 때 그 중심은 무엇인지 아냐?
 학생: (자신 없이)태양일 것 같아요,
 선생님: 그럼 다른 행성 예를 들어 수성이나 금성들은 공전을 할까?
 학생: 공전하지 않고 제자리에 있어요,
 선생님: 태양은?
 학생: 태양도 제자리에서 자전만 할 것 같아요.

과학사 적용 수업을 통한 천동설의 개념 변화
 과학사를 적용한 수업을 통하여 천동설의 개념 변화 과정을 알아본 결과는 다음과 같다.

1) 고대의 우주관
 고대인들의 우주관에 대한 발표, 토론을 통하여 학생들이 생각하는 고대의 우주관에 대하여 알아보았다. 「그리스 로마 신화」에 관한 책을 읽은 학생들이어

인되었음을 의미한다.

금성의 위상 변화 사진(R1)을 제시하여 학습자가 가지고 있는 현재의 개념(C1)을 알아보았다. 이어 금성의 위상 변화와 뜨는 시각이 나타나 있는 사진을 제시(R2)하여 인지 갈등을 유발하였다. A학생은 태양계의 구조, 금성의 공전, 지구의 자전, 공전을 정확하게 이해하여 금성의 위상 변화를 설명하였다. 이 경우 R2(금성의 위상변화와 뜨는 시각 사진)에 의하여 학습자의 기존 인지 구조에 C2(지동설)이 의미 있게 통합되어짐을 알 수 있다. 수업 전 지동설 개념은 기존 인지 구조에 완전 통합되지 않고 불확실하게 병치되어 있었으나 인지갈등과정을 거치면서 인지 구조에 의미 있게 통합되었음을 확인하였다. B학생은 인지 수준이 중으로 나왔으나, 사전 검사에서 아직 지구의 자전, 공전을 구별하지 못하였으며, 밤과 낮이 생기는 원인을 '행성이 태양을 가려서'라고 대답하여 전문학적 오개념이 심각한 상태의 학생이다. 이 경우 Sadler(1987)의 연구에서 학생들이 밤과 낮이 생기는 이유를 달이 태양을 가리기 때문이라는 오개념과 유사하다. 금성의 위상 변화를 태양중심설로 설명하였으나, 여전히 지구는 긴 타원형의 공전 궤도를 가지고 있다고 설명하는 것으로 보아 금성의 크기 변화에 강한 집착을 보였다. 그러나 금성의 위상 변화에 대해서는 논리적으로 설명하였다. 특히 인지 수준이 상(A)인 학생은 (B)학생의 그림을 보고 질문을 함으로써 인지 수준이 중인 학생의 인지 갈등을 유발하였다. 다른 사람의 그림을 보고 오류를 찾아내는 A학생은 지동설의 개념이 완전히 정립된 학생임을 알 수 있다. B학생 또한 자신의 선개념에 의해 설명할 수 없는 현상에 직면함으로써 자신의 생각이 잘못된 것임을 명료하게 인식하게 되었다. C학생은 매스컴이나 과학 잡지 등을 통하여 태양계의 구조를 이미 잘 알고 있었기 때문에 지동설로 개념 변화가 되어 있었다. 그러나 전체의 운동과 그로 인해 나타나는 여러 가지 현상에 대하여 명쾌한 대답을 하지 못하였다. 이는 개념이 형성되었다기보다는 단순히 학습에 의해 암기된 것으로 보여진다. 이 학생의 경우는 전체에 대한 근본적인 이해가 필요하다고 보았다. D학생은 새로운 현상 R2를 제시하여도 인지 갈등을 일으키지 않았다. 이 학생은 지구중심적인 생각이 너무 강하게 자리잡고 있는 학생이다. 지구중심설로 금성의 위상 변화는 설명하였지만 뜨는 시각에 대해서는 설명하지 못하였으며 이에 대한 인지 갈등

도 발생하지 않았다. D학생은 인지 발달의 미숙에 의한 오개념이 고착화됨을 알 수 있으며, 밤낮이 생기는 원인을 '태양이 하루에 한 바퀴씩 지구를 돈다'고 지구중심적으로 설명한 것으로 보아 다른 갈등상황을 제시할 필요가 있었다.

[인지 수준이 하인 학생(D)의 변답 예시]

교사: 내 생각을 말해 줄래?

D학생: 전 저음 생각과 변함이 없어요, 지구가 중심이고 금성이 태양보다 더 왼쪽에서 돌고 있어요, 저음 생각과 좀 다른 심은요, 태양도 공전한다는 거예요, 인터넷에서 찾아보니까 금성은 240일정도 만에 한 바퀴 돌고(공전), 태양은 365일 만에 한 바퀴 돌아요(공전), 그렇다고 태양의 공전 속도가 느리다는 것은 아니예요, 금성은 왼쪽에서 돌고 태양은 바깥쪽에서 돌니까 그만큼 반지름이 길잖아요, 그래서 금성보다 공전 시간이 더 걸리는 것 같아요, 제 생각에는요, 공전 속도는 비슷하거나 태양이 조금 느릴 것 같아요.

교사: 그럼 이런 위상 변화와 시각은 어떻게 설명되지?

D학생: 금성이 지구 주위를 돌 때 태양이 금성보다 좀 느리게 돌아요, 그러나 보면 제가 그린 그림처럼 금성의 위상 변화를 설명할 수 있어요, 금성이 지구로부터 긴 반지름으로 돌고 있을 때 지구에서 보면 작게 보이고 모양은 보름달과 비슷해져요, 근데 태양, 지구, 금성이 일직선상으로 있게 되면 지구가 태양을 가려서 금성이 보이지 않게 되고, 인터넷으로 찾아 봤을 때 보름달의 금성을 볼 수가 없다고 했어요, 금성이 크게 보일 때 지구로부터 짧은 반지름으로 돌고 있을 때 모양은 반달모양에서 점점 얇아지는 모양이 되고, 그리고 태양이 도는 궤도와 금성의 궤도가 같은 평면상에 있는 게 아니라 금성이 좀 세워진 궤도로 돌고 있어요.

교사: 금성이 기울어진 궤도로 타원으로 돌고 있다는 말이지?

D학생: 네.

교사: 왜 금성이 타원 궤도로 돌고 있다고 생각하니?

D학생: 지구에서 봤을 때 금성의 크기가 다르잖아요.

교사: 금성이나 태양이 지구를 중심으로 돌고 있는 이유는 뭐지?

D학생: 중력과 원심력 때문이에요.

Table 2. An answer for the questionnaire 4 of pre-test

	4①	4②	4③
A	태양과 지구, 달의 위치관계에 따라 다르다.		
B	지구의 그림자가 달을 가려서		
C	태양에서 빛이 들어오면 빛을 받는 부분과 보는 부분이 서로 다르기 때문		
D	지구가 돌면서 달을 보는 위치가 달라짐		

교사: 그림 금성이 지구와 가까이 있을 때 지구로부터의 중력이 더 커서 끌려오지 않을까?

D학생: 아! 상대적으로 반대쪽보다 가깝다고 해서 지구로 끌려올 정도로 더 크진 않아서 타원 궤도를 그리면서 돌 수 있어요.

교사: 금성이 태양 반대쪽(학생의 3번 그림)에 있을 때 지구에서 몇 시경에 관측할 수 있을까?

D학생: 한밤중에 볼 수 있어요.

교사: 금성은 초저녁이나 새벽녘에만 볼 수 있거든. 네 설명으로는 3번의 위치에 있는 금성을 설명할 수 없구나.

D학생: (자신없는 목소리로)네....

교사: 지구는 자전할까? 하지 않을까?

D학생: 자전하고 있지 않아요.

교사: 그림 밝과 낮은 어떻게 생기지?

D학생: 지구는 가만히 있고요, 해가 돌아요. 지구는 공전도 하지 않고 자전도 하지 않아요.

교사: 그림 해가 하루에 한바퀴씩(공전) 돌겠네?

D학생: 예.

교사: 네가 태양은 365일 만에 한바퀴씩 돈다고 했

잖아.

D학생: (자신없는 목소리로) 네.....

교사: 어떤 말이 맞는 거니?

D학생:(설명하지 못한다.)

3) 화성의 겉보기 운동을 이용한 천동설과 지동설 개념변화

3차시 수업에서는 역시에 나타난 화성의 작위값을 제시하여 화성의 위치를 그래프로 그려 겉보기 운동의 특징을 정리해 보고 그 현상을 어떻게 생각할 것인가를 학습하였다. 학생 모두 화성의 겉보기 운동 그래프를 잘 그렸으며 이를 바르게 해석 하였다. 학생들은 순행이 일어나는 구간, 역행이 일어나는 구간, 화성이 머물고 있는 위치와 기간을 찾을 수 있었으며, 이를 바탕으로 화성의 겉보기 운동에 대하여 그림을 그려 설명하게 했다.

A학생은 과학적 개념이 잘 정립되어 있는 학생이었기 때문에 화성의 겉보기 운동을 논리적으로 잘 설명하였다. 즉, 이 학생은 화성이 외행성이어서 내행성인 금성과는 겉보기 운동이 다르다는 것을 비교

직 논리적으로 이해하고 있다. 화성의 공전 주기가 지구의 공전 주기보다 길다는 사실을 알고 있었지만 실제 천구에 투영시켰을 때 역행하는 것을 설명하기 어려워했다. 그러나 전체적으로 볼 때, 이 학생은 선행 학습에 대한 과학적 개념 체계가 논리적으로 정리되어 있는 학생이다.

B학생은 태양중심설로 설명하였지만 여전히 지직인 비평형 상태에 있었다. B학생은 아직 전체의 운동에 대한 과학적 개념이 형성되어 있지 않아 화성의 질보기 운동을 설명하지 못하였다. 2차시 수업에서 ‘갑자기 생기는 원인’에 대해서는 빈담 과정 중심적 갑동이 유발되면서 새로운 개념의 지직 평형 상태에 도달하기도 하였다. 그러나 B학생은 숲을 보지 못하고 나무만 보는 수준으로 개념을 형성하고 있었으며, 이는 잘못된 전경현이나 직관에 의한 오개념이 형성되었기 때문이므로 새로운 인지적 갑동을 유발시킬 수 있는 R2를 제시할 필요성이 있는 학생이다.

C학생은 A학생처럼 태양을 중심으로 지구, 화성 순으로 공전을 한다고 하였으나 공전 주기에 대한 정확한 정보가 부족하여 역행 운동을 설명하지 못하였다.

D학생은 2차시 금성의 위상 변화 수업 후임에도 불구하고 전동설로 행성들의 움직임을 설명하려 하였으며, ‘화성이 지구 주위를 돌다가 운석이나 다른 행성들과 부딪히게 되면 궤도가 달라져서 역행 현상이 관측된다’고 설명하는 것으로 보아 이 학생의 전체 운동 개념은 유년적 개념에서 출발하는 것으로 판단된다. D학생은 전동설이 선개념으로 강하게 자리잡고 있어서 천문학 관련 과학자적 개념 구성의 어려움을 겪고 있었으며, 지직 비평형 상태를 유발시킬 새로운 현상(R2)을 제시할 필요가 있었다.

이러 화성의 위치에 따른 크기 변화(R2)를 찍은 사진을 제시하여 갑동을 유발하였다. A, B, C 학생들은 이미 전동설에서 지동설로의 개념 변화가 되었지만 인지 수준이 하인 D학생은 아직 개념 변화가 되지 않았기 때문에 화성의 위치에 따른 크기 변화(R2) 사진은 D학생에게만 의미가 있고 나머지 학생들에게는 자신들의 생각을 확인하는 수준이었다.

A학생의 경우, 화성의 역행 운동과 크기 변화를 지동설로 바르게 설명하였다. 공전주기를 알려주었을 때 천구에 투영된 화성의 질보기 운동을 논리적으로 잘 설명하는 것으로 보아 개념 변화가 성공적으로

이루어졌음을 알 수 있었다.

B학생의 경우, 사전 개념에서 전체 운동 개념에 대한 오개념을 가지고 있었지만 인지 갑동을 유발시켜 개념 변화가 일어났으며, 화성의 역행 운동과 크기 변화의 원인에 대해서도 논리적으로 설명하였다.

C학생의 경우, 화성의 역행 원인을 잘 알고 있었으나 천구에 투영된 질보기 운동을 그려내지는 못하였다. C학생은 인지수준이 중인 학생으로서 구체적 조작기와 전이 단계의 중간 단계의 학생이며, 그림으로 표현하기를 힘들어하였다.

D학생은 주어진 갑동 상황을 해결하기 위하여 전동설에서 지동설로 개념 변화를 일으켰다. 그러나 경형적 오개념이 매우 강하기 때문에 지동설이 아직 인지 구조에 완전 통합되지 않고 불확실하게 병치(Juxtapose)되어 있었다.

C와 D학생은 구체적 조작기의 학생으로 이해를 돕기 위해 구체적인 활동을 제시하였다. 직접 화성의 공전 궤도와 지구의 공전 궤도를 만들어서 화성의 역행 운동을 직접 수행하였다.

4) 역할극을 통한 전동설에서 지동설로의 개념 변화

4차시 수업에서는 역할극을 통하여 전동설에서 지동설로의 개념 변화를 정리하였다. 학생들에게 과학자들의 과학 하는 방법과 개인적인 특성, 그 시대의 상황까지 정리한 암기 자료를 제시한 다음 갈릴레이 재판을 재인함으로써 과학과 사회를 관련지어 이해하게 하였다.

과학사를 이용한 수업 전·후의 개념 변화

수업 전 학생들의 배경 지식과 전문학적 개념 정도를 측정하기 위해 사전 개념견사를 실시하였다. 과학사를 이용하여 4차시에 걸친 수업을 실시하고 3주 후 학생 사후 개념 견사를 실시하였다.

Fig. 6은 사전 개념 견사와 사후 개념 견사를 실시했을 때 학생별로 개념 변화 정도를 나타낸 것이다. 4명 학생들은 과학사를 이용한 수업 처치 후 높은 심수 분포를 보였다. 그러나 C학생의 경우 개념 변화에 의해서 학습되었다기보다 단순 암기에 의존하는 경향을 보였기 때문에 수업 후에도 큰 변화를 보이지 않은 것으로 판단되며, 개념 변화 과정에서 지구의 자전, 공전, 행성들의 운동의 사전적인 의미만 파악하고 그에 의해 나타나는 현상을 이해하지 못하고 있음을 알 수 있었다.

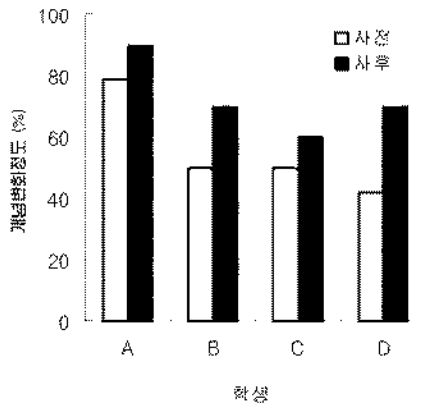


Fig. 6. Comparison of concept change between pre-test and post-test.

사후 점사의 성취도가 사전 검사보다 높게 나타난 것은 과학사를 적용한 수업에 의해 학생들의 인지 갈등이 해소되어 천동설에서 지동설로의 개념 변화가 이루어졌음을 말하며, 따라서 과학사를 적용한 수업이 천동설에서 지동설로의 개념변화에 효과적이었음을 알 수 있었다.

우주관에 대한 학생의 개념이 과학사적 개념과 정확하게 같은 체계를 복사해 내지는 않지만 학생의 개념과 과학사적 개념은 그 변천사가 유사하였다. 섰은춘(1999)는 지구의 모양과 우주관에 대한 학생의 개념과 과학사적 개념 사이에는 개념의 유형과 그 변천사에 있어 뚜렷한 유사성을 보인다고 연구한 바 있다. 이러한 뚜렷한 유사성의 존재는 학생들이 가지고 있는 오개념이 과거 과학자들이 주장했던 이론과 일치하는 점이 있으며 그러한 관점에서 역사적으로 개념을 고찰하는 방법이 학생들에게 오개념을 지적할 수 있는 기회를 제공하고 오개념을 수정할 수 있는 대체 개념을 제공하는 것이다.

결론 및 제언

본 연구에서 활용한 과학사를 이용한 인지 갈등 수업은 학생들의 과학적 개념을 변화시키는데 효과적이었으며 많은 점을 시사하였다. 그 결과를 분석하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 학생들이 가지고 있는 천문학적 선개념과 이에 관련된 오개념은 학생마다 다양하였고, 학생들의 개념 변화 과정은 과학사적 변천 과정과 유사하였다. 수업을 통한 개념 변화의 내용은 다음과 같다.

인지 수준이 높은 학생(A)의 경우, 비가시적인 현상에 대한 이해 부족 및 생활 중심적 사고로 인한 오개념이 형성되어 있어 천체 운동을 천동설로 이해하고 있었다. 그러나 제시된 과학사 자료(R2)를 통하여 자신의 선개념으로 설명할 수 없는 현상에 직면하게 함으로서 인지 갈등 과정을 거치게 되고, 태양 중심설로 천체의 운동과 현상을 과학적으로 설명하게 되었다. 이는 지동설이 A학생의 인지 구조에 의미있게 통합되었음을 보여준다. 인지 수준이 중인 학생(B)의 경우, 자전과 공전의 의미에 혼동을 일으키고 있었으며 행성의 크기와 위치에 대해서 개념이 모호한 상태였다. 또한 낮과 밤이 생기는 원인을 다른 행성이 태양을 가리기 때문이라고 대답하여 직관에 의한 오개념이 고착화된 상태였다. 이 학생은 과학사 자료를 이용한 수업을 받은 후 천체의 운동과 이에 의해 발생하는 현상을 지동설로 설명하였다. 그러나 제시한 금성의 크기 변화 사진을 통한 활동에서 이 심플이 큰 공전 궤도로 설명하는 새로운 오개념을 형성하기도 하였다. 인지 수준이 중인 학생(C)의 경우, 비교적 논리적인 선개념을 형성하고 있었으나 수업 과정을 통하여 큰 개념 변화를 보이지 않으며, 이미 형성된 선개념은 논리적인 개념이 아닌 단순 암기에 의해 형성된 개념임을 단적으로 보여 주었다. 이는 교사의 전통적 수업에 의하여 비판적이고 반성적인 사고를 하지 않고 받아들인 개념이 쉽게 망각되어 있거나 직관이나 유년적 개념을 가지고 있기 때문으로 보인다. 더구나 초등학교 때부터 학습되어 온 개념임에도 불구하고 이 학생은 천체의 운동에 대한 학습 능력이 단순 암기 상태이며, 자전과 공전의 사진적 의미만 알고 있기 때문에 그에 의해 나타나는 현상을 명확히 설명하지 못하였다고 본다. 인지 수준이 하인 학생(D)의 경우, 천체에 대한 선개념이 더욱 비과학적이거나 무개념의 상태였다. 이 학생에게는 인지 갈등을 일으킬 만한 현상(R2: 금성의 위상 변화와 뜨는 시각)을 제시하여도 개념 변화를 일으키지 못하였으며, 새로운 상황인 화성의 위치에 따른 크기의 변화(새로운 R2)를 제시해서야 천동설에서 지동설로 개념 변화를 일으켰다. 그러나 D학생의 경우 경험적 오개념이 매우 강하였기 때문에 지동설이 그의 인지 구조에 완전 통합되지 않고 불확실하게 병치(Juxtapose)되어 있었다.

둘째, 사전 개념 검사와 사후 개념 검사를 실시한 결과 학생의 성취도가 10-20% 정도 향상되었다. 이

러한 결과는 과학사 자료를 이용한 인지 갈등 수업이 학생들의 과학적 개념 변화에 매우 효과적임을 암시한다.

요컨대, 학생들의 전문학적 선개념이 차이가 있었으며, 과학사를 이용한 수업 후 학생들의 사후 개념 선사의 성취도가 향상되어 본 연구에서 활용한 수업 전략이 전문학에 관한 과학적 개념 이해에 매우 효과적이었다. 이는 과학사적인 개념 발달 순서에 따라 학습하다 보면 과거에는 옳은 것으로 받아들여지던 것이 이후에 옳지 못한 것으로 드러나게 되는 여러 가지 오개념을 자신의 개념과 비교해 보는 반성적 사고를 할 기회를 갖게 되기 때문이다. 따라서 개념 발달 및 변화 와 관련된 과학사 학습 내용의 경우, 본 연구의 전략을 교수-학습 과정에 활용하면 매우 효과적인 학습 결과를 얻을 수 있다고 기대한다.

덧붙여 본 연구는 4명의 학생을 선정하여 얻어진 결과로서 일반화하기에는 제한점이 따르므로 향후 이 연구와 관련된 보다 깊은 연구를 위하여 다음과 같은 심들이 더 연구되고 논의되어야 할 것으로 본다. 첫째, 과학사를 통한 학습 시도 방법은 학습 내용과 주제 그리고 학습자의 발달 정도에 따라 적절하게 활용하는 것이 중요하며 과학사를 학습 내용과 연계해서 다루어야 할 것이다. 그리고 실제 현장에서 과학사를 이용한 시도 방법을 교수-학습에 적용한 경우가 많지 않으므로 단원인제 교수-학습 시도 방식에 대한 많은 연구가 뒤따라야 할 것이다. 둘째, 전문학적 개념 학습을 위해 과학사적 순서에 따른 현상을 제시하여 인지 갈등을 유발하는 방법을 활용하였으나 현상 제시가 아닌 논리, 실제 관측 활동, 체험 제시 등 다양한 인지 갈등 유발 방법을 활용한 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 학술진흥재단 연구비 지원(KRF-2003-005-C00034)에 의해 수행되었다. 본 논문을 꼼꼼히 심사해 주신 분들께 감사드립니다.

참고문헌

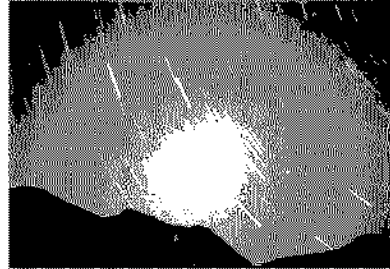
권제술, 1989, 과학개념에 대한 인지적 모형, 한국물리학회

지, 7, 1-9.
 박승재, 조희영, 1994, 학습된과 과학교육, 교육과학사, 50 p.
 선은초, 1999, 지구의 모양과 우주관에 대한 학생 개념과 과학사적인 개념의 비교연구, 한국교육대학교 교육대학원 석사학위논문, 65 p.
 정남식, 1996, 소집단 역할놀이와 토의를 통한 고등학생들의 지구의 달의 운동개념 변화, 한국교육대학교 대학원 박사학위 논문, 192-194.
 조희영, 1985, 과학개념의 선입과 과학교육 및 과학교사교육과의 관계, 과학교육논총, 10, 121-130.
 양승훈, 1996, 물리학과 역사·역사적 교수법을 이용한 물리학 개념학습, 정문각, 53 p.
 이기영, 1998, 과학사를 이용한 지구과학 개념 학습 지도에 관한 연구, 서울대학교 교육대학원 석사학위 논문, 58 p.
 채동현, 1992, 계절변화의 원인에 관한 학생들의 유년적 사고, 한국지구과학학회, 133, 283-289.
 현광호, 2003, 중학교 학생과 교사의 태양, 지구, 달의 천체 운동 방향에 관한 개념, 한국교육대학교 교육대학원 석사학위논문, 73 p.
 Barnett M., 2002, Addressing children's alternative frameworks of the Moon's phases and eclipses, *International Journal of Science Education*, 24, 859-879.
 Hendrick R. M., 1992, The role of history in teaching science-A case study: The popularization of science in nineteenth-century France, *Science and Education*, 1, 145-162.
 Matthews, M. R., 1992, History, philosophy and science teaching: The present approachment, *Science and Education*, 1, 11-47.
 Sadler, P. M., 1987, Misconception in astronomy, *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Volume 40*, Ithaca, NY: Cornell University, 422-425.
 Soqueira, M. and Leite, L., 1991, Alternative conceptions and history of science in physics teacher education, *Science Education* 75, 45-56.
 Sharp, J. G., 1996, Children's astronomical beliefs: a preliminary study of Year 6 Children in south-west England, *International Journal of Science Education*, 18, 685-712.
 Song J. W., Jang K. E and Park S. J., 1996, Student's conceptions and the historical change of the concept: free-all motion, *Journal of the Korean Association for Research Education*, 16, 164-174.

2005년 4월 6일 원고 접수
 2005년 6월 25일 수정원고 접수
 2005년 6월 25일 원고 채택

<부록1.> 사전·사후 검사지

1. 오른쪽 사진은 우리나라에서 어느 하늘의 별들의 궤적을 찍은 것이다.



- ① 어느 방향 하늘의 별들을 찍은 것인가?
- ② 두드러진 별자리 이름은 무엇인가?
(밝은 궤적의 중심을 점으로 찍은 다음 서로 연결해 보자)
- ③ 점상의 별들이 길게 선의 궤적으로 나타난 까닭은 무엇인가?
- ④ 이러 사진은 어떤 방법으로 찍을 수 있을까?

2. 밤하늘에 반짝이는 별이 있다. 시간을 두고 그 별을 관측한다면 아마 북극성 주위로 한바퀴 돌 것이다. 또한 지상의 동서남북 어느 방향의 밤하늘 별을 찍든 위 사진처럼 찍힌다.

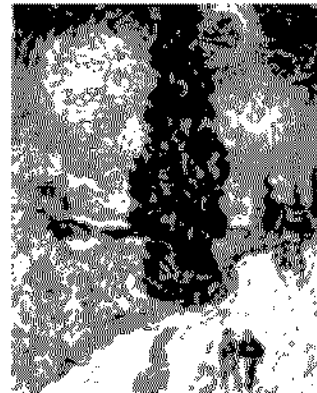
- ① 만약 달에서 이와 같은 별들을 방향에 따라 찍는다면 그 결과는 어떨까?
- ② 만약 우주 공간에서 이와 같은 별들을 방향에 따라 찍는다면 그 결과는 어떨까?

3. 우리가 살고 있는 지구를 포함하여 깨알 같이 뜨고 지는 태양과 달과 별들은 어떻게 위치하고 있을까?

- ① 그림을 그려서 설명해 보세요. (지구, 달, 태양을 포함한 우주의 모습을 A4용지에 그리세요.)
- ② 우주 공간에서 태양, 달, 지구는 어떻게 운동할까?
태양:
지구:
달:
- ③ 우주에서 위, 아래의 개념이 있을까?
- ④ 그림 그들(태양, 달, 지구, 별 등)이 한바퀴 도는데 걸리는 시간은?
태양:
지구:
달:
별:

4. 지구에서 봤을 때 달은 모양이 조금씩 변하게 됩니다.

- ① 그 이유는 무엇인지 설명해 보세요.
- ② 보름달이 되려면 지구, 달, 태양의 위치관계를 그려 보세요.
- ③ 상현달과 하현달이 되려면 지구, 달, 태양의 위치관계는?
- ④ 다음 그림은 빈센트 반 고흐의 작품이다.
그림에서 달과 밝은 별이 서산에 걸려있는 모습을 분석하여 언제 어느 장소에서 이 그림을 그렸는지 분석하여 보자.



<삼나무와 별이 있는 길>