

# 포트폴리오를 활용한 과학 기반 STEAM 수업이 초등학생들의 과학 개념 형성에 미치는 영향

강주희 · 주은정 · 장신호  
(서울교육대학교)

## The Effect of Science-based STEAM Program using a Portfolio on Elementary Students' Formation of Science Concepts

Kang, Juhee · Ju, Eun Jeong · Jang, Shinho  
(Seoul National University of Education)

### ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the effect of science-based STEAM program using a portfolio on elementary students' formation of science concepts and investigate students' opinion about the program. The developed program was applied to 1 experimental class(10 boys and 12 girls) and general science lessons, using a science textbook, was applied to 1 controlled class(11 boys and 13 girls) of 5<sup>th</sup> grade students at S elementary school in Seoul through a total 6 sessions. Concept tests of the solar system were conducted before and after lessons and analysis of covariance was conducted. The results of this study were as follows. First, science-based STEAM program using a portfolio was effective to form science concepts. Second, students opinion about science-based STEAM program using a portfolio was positive. Students think the program was effective in understanding science contents, promoting thinking, self-motivation. It is expected that this study will be basic material to expand STEAM in science education.

**Key words** : portfolio, STEAM program, science concepts

### I. 서 론

현대 사회는 이른바 지식기반사회라고 일컬어지며, 지식이 폭발적으로 증가할 뿐 아니라, 빠르게 변화하는 특징을 가지고 있다. 이러한 사회를 살아가는 개인에게는 개별적 지식을 단순히 획득하는 것 보다 문제 해결에 필요한 종합적 지식과 사고능력이 더욱 필요하다. 이와 같은 사회적 요구로 인하여 학습의 중복을 최소화하면서 기본 개념을 바탕으로 실생활 문제와 관련된 문제 해결 능력을 키울 수 있으며, 능동적인 통합적 지식의 창조자를 길러낼 수 있는 통합 교육에 대한 필요성이 다시금 강조되고 있는 상황이다(Burns, 1995; Masson, 1996;

Ingram, 1979).

최근 과학, 기술, 공학, 수학을 통합한 STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics) 교육이 국제적으로 주목을 받고 있다. STEM 교육을 통해 교육자들은 국가 발전을 주도할 융합적 과학기술 인재를 양성할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 미국의 경우, PISA(Programme for International Student Assessment)에서 낮게 나온 과학 수학 분야에서의 성적을 향상시켜 과학기술 경쟁력을 강화하기 위한 목적으로 STEM 교육이 제안되었다. 1990년대, 미국의 국가 과학기구(NSF: National Science Foundation)에서는 “과학(science), 수학(mathematics), 공학(engineering), 기술(technology)”의 약자를 사용해 “SMET”이

라는 단어를 처음 사용하여 융합교육을 시도하였다. 이후 STEM으로 명칭이 전환되었으며, 현재 기술, 공학을 중심으로 STEM 교육을 강화되고 있는 상황이다(Sanders, 2009).

우리나라의 경우에는 STEM에 “A(art)”가 추가된 STEAM 교육을 시행하고 있으며, 한국과학창의재단(2011)에서 STEAM 교육을 ‘융합인재교육(STEAM)’으로 공식 명명하였다. 교육과학기술부는 체계적인 과학기술인재 양성을 위해 초·중등 STEAM 교육을 강화하겠다고 한데 이어(교육과학기술부, 2010), 2009 개정 교육과정에 따른 과학과 교육 과정 목표에서 “과학을 기술, 공학, 예술, 수학 등 다른 교과와 관련지어 통합적이고 창의적으로 사고할 수 있는 능력을 신장시키도록 한다.”고 발표하여 STEAM 통합교육을 더욱 강화하겠다는 의지를 밝혔다(교육과학기술부, 2011).

이러한 STEAM 교육의 중요성이 부각된 배경에는 STEAM 교육에 대한 긍정적인 효과를 밝힌 여러 연구들이 기여한 바가 크다고 할 수 있다. 최근 진행된 STEAM 교육의 효과는 주로 정의적 영역에 집중되어 있는 편이며, 특히 학생들의 과학적 태도, 창의적 문제해결력, 자기효능감, 과학적 흥미 등에 긍정적인 영향을 미친다고 보고되고 있다(김권숙, 최선영, 2012; 박혜원과 신영준, 2012). 이에 반해 과학 기반 STEAM 교육이 과학 교육의 중요한 목표 중 하나인 과학 개념 형성에는 어떤 영향을 끼치는지에 대한 연구는 아직까지 잘 이루어지지 않은 편이다.

사실, STEAM과 같은 통합교육이 과학개념 형성에 긍정적인 영향을 미치는가에 관해서는 엇갈리는 주장들이 있다. 몇몇 연구자들은 STEAM과 같은 통합교육에서 활동이 지나치게 강조된 나머지 체계적인 학습이 일어나지 못할 수도 있다는 우려를 나타내기도 하였다(유지연, 2004; 박현주, 2012). STEAM 교육을 최초로 제안한 것으로 알려진 Sanders 등(2007)도 통합적 접근이 종종 국가 내용기준을 충족시키기에 부적절하다고 생각하는 비판에서 자유롭지 못함을 지적하였다.

한편에서는 통합수업이 전통적 수업에 비해 학습자 중심의 교육을 가능하게 하여, 학업 성취도, 학습 능력, 학습 기억력에 효과가 있다고 주장이 있다(Hartzler, 2000; James *et al.*, 2000). Becker와 Park(2011)이 28개의 선행 연구를 메타 분석한 연구 결

과를 보면, STEM 과목의 통합적 접근은 교과 성취도에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 또한 고현지(2013)의 연구에서도 과학·수학 융합 프로그램 개발이 수학적/과학적 개념 형성에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났으며, 김진영(2012)이 STEAM 프로그램에 대해 참여자들의 인식 조사를 한 연구에서도 대부분의 참여자들이 정의적 영역 및 인지적 영역에서 긍정적인 도움을 주었다고 응답하였다. 이러한 연구들은 모두 STEAM 교육이 인지적 측면에도 효과적일 것이라는 시사점을 제시해 주고 있다.

이와 같이 통합교육의 인지적 학습에 대한 효과에 있어 상반된 주장이 공존하는 중요한 이유 중 하나는 STEAM과 같은 통합교육에서 활동이 지나치게 강조된 나머지 다소 체계적이지 않은 학습이 이루어지기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 STEAM 교육에서의 개념 학습의 효과를 높이기 위해 포트폴리오를 이용할 것을 제안하고자 한다. 학습의 과정에서 포트폴리오를 활용하는 것이 가진 장점은 학습에 있어 체계성과 자발성을 높일 뿐만 아니라, 자기반성의 기회를 갖게 된다는 것이다. 학생들은 스스로 학습 과정을 성찰해 봄으로써 자신이 수행한 학습 과정과 현재 자신이 수행하고 있는 학습 내용, 그리고 앞으로 성취해야 할 내용에 대해 분명하게 인지하게 된다(Barrow, 1992; Barton & Collins, 1997; Slater, 1997; 김찬중, 2012). 대체로 활동을 중심으로 이루어지는 STEAM 교육을 수행함에 있어 학생들은 이와 같은 활동이 무엇을 위한 것인지, 즉 학습의 목표가 무엇인지를 파악하지 못한 채 눈앞에 주어진 활동을 수행하는 데만 급급하는 경향이 있다. 뿐만 아니라 교사 역시 학생들의 과학, 기술, 수학 등에 대한 학생들의 흥미와 호기심을 끌어올릴 목적으로 활동간의 연계성을 제시하지 못하고, 분절된 형태로 교수학습을 진행시킬 가능성이 있다. STEAM 교육을 실시함에 있어 포트폴리오를 활용하게 되면 학생들은 각 활동이 가진 의미를 융합적으로 받아들일 수 있게 되며, 교사는 학생들의 인지적 변화 과정에 대한 피드백을 얻을 수 있다. 결과적으로 학생들의 과학에 대한 흥미와 호기심을 고취시킬 수 있는 STEAM 교육에 포트폴리오를 활용함으로써 더욱 효과적인 개념학습을 할 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 이 연구는 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업이 초등학생들의 태양계 개념 형성에 어떠한 영향을 미쳤으며, 이러한 변화를 이끈 요인이 무엇인지 밝히는 데 목적이 있다. 이 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 포트폴리오를 활용한 태양계 STEAM 수업이 초등학생들의 태양계 개념 형성에 미치는 영향은 어떠한가?

둘째, 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업의 어떠한 요소들이 학생들의 태양계 관련 개념 변화에 영향을 미쳤는가?

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 연구 대상 및 연구 설계

이 연구는 서울시 소재 S초등학교 5학년 2개 반을 대상으로 실험반(남자 14명, 여자 14명)과 비교반(남자 13명, 여자 15명)으로 나누어 진행하였다. 이 중 수업에 1주 이상 참여하지 못하였거나 사전, 사후 검사 중 어느 하나에 응하지 못한 학생을 제외하여 실험반 24명(남자 10명, 여자 14명), 비교반 24명(남자 11명, 여자 13명), 총 48명의 적용 결과를 분석하였다. 연구 설계는 수업의 효과를 분석하는 사전-사후 검사 통제 집단 설계로 실험을 설계하였다. 실험반은 포트폴리오를 활용한 태양계 STEAM

수업을, 비교반은 교과서를 중심으로 하는 일반적인 과학 수업을 적용하였으며, 태양계 개념 검사 결과를 비교분석하였다.

### 2. 포트폴리오를 활용한 태양계 STEAM 수업 개발

포트폴리오를 활용한 STEAM 수업을 개발하는데 있어, 김진수(2011)가 개발한 PDIE 절차 모형을 바탕으로 하였다. 이 연구에서 ‘PDIE 절차 모형’을 바탕으로 진행된 구체적인 STEAM 수업 개발 단계는 그림 1과 같다. 포트폴리오를 활용한 태양계 6차시 STEAM 수업은 태양계 수업과 관련하여 공학, 기술, 예술, 수학의 통합 수업 요소를 타 교과에서 추출하여 6차시로 재구성하였으며, 이는 표 1에 제시되어 있다.

### 3. 자료 수집 및 분석

태양계 개념 검사지는 Sharp와 Kuerbis(2006)가 실시한 태양계 개념에 관한 면담 분석틀과 이병기(2009)의 태양계에 대한 개념 검사지를 바탕으로 수정 보완하여 표 2와 같이 10문항을 개발하였으며, 이를 사전·사후 개념 검사에서 사용하였다. 개념 검사지 문항은 크게 태양계 구성원, 행성의 상대적인 거리와 크기, 행성의 특징과 운동을 주제로 구성되었다. 태양계 개념 검사는 개발된 개념 검사

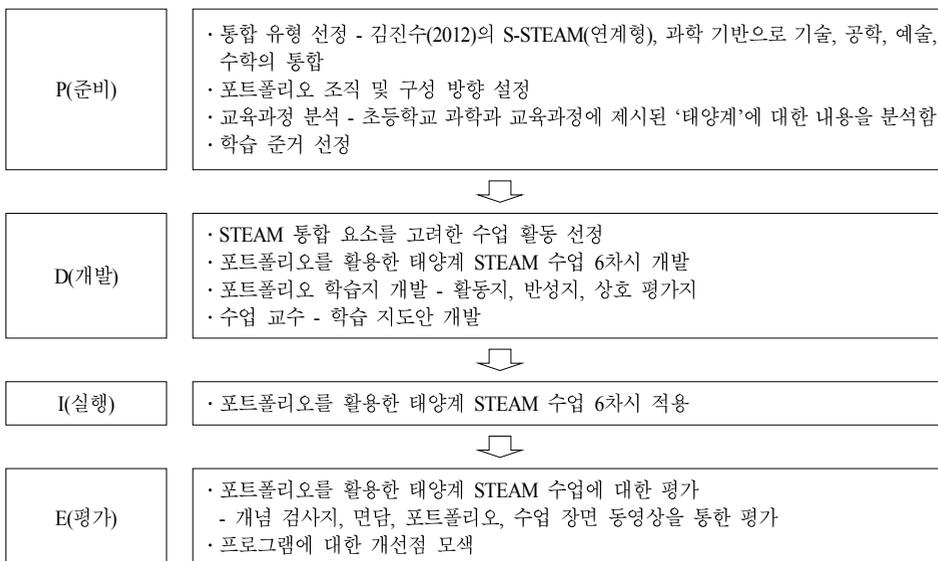


그림 1. 포트폴리오를 활용한 태양계 STEAM 수업 개발 단계(PDIE 모형)

표 1. STEAM 요소를 적용하여 재구성한 태양계 수업

차시	활동 주제	학습활동	S	T	E	A	M
			관련단원				
1	태양	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 태양 관측경 만들기</li> <li>· 태양 관찰하고 그림그리기</li> <li>· 태양의 특징과 알아보기</li> <li>· 태양의 소중함 느끼기</li> <li>· 태양 관련 8컷 만화 그리기</li> </ul>	○		○	○	
			과학(5-2) 태양계와 별 미술(5) 관찰 표현 미술(5) 이야기와 미술				
2	태양계 구성원	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 명왕성 퇴출 논란과 관련하여 행성의 조건에 대해 토의하기</li> <li>· 태양계 구성원에 대해 알아보기</li> <li>· 천문 관측 프로그램을 이용하여 태양계 탐험하기</li> <li>· 태양계 관련 서평쓰기</li> </ul>	○	○	○	○	
			과학(5-2) 태양계와 별 국어(5-1) 깊이 있는 생각 국어(5-1) 주고받는 마음				
3-4	행성의 상대적인 거리, 크기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 행성의 상대적인 크기 구하기</li> <li>· 태양에서 행성까지 상대적인 거리 구하기</li> <li>· 행성의 상대적인 크기와 거리를 활용하여 태양계 띠 만들기</li> </ul>	○			○	○
			과학(5-2) 태양계와 별 수학(4-1) 큰 수 수학(4-2) 수의 범위와 어렵 수학(4-1) 길이와 시간 수학(5-2) 비와 비율 미술(5) 만들기 세상				
5	행성의 운동	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 천문 프로그램을 이용하여 행성의 움직임 조사하기</li> <li>· 자료를 보고 행성 운동의 규칙성이나 특징 알아보기</li> <li>· 태양계 행성의 움직임을 그림이나 몸으로 표현하기</li> </ul>	○	○			○
			과학(5-2) 태양계와 별 체육(5) 표현활동 실과(6-2) 인터넷과 정보				
6	행성의 특징, 행성 탐사	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 조사해온 행성들의 특징을 바탕으로 태양계 띠 완성하기</li> <li>· 행성의 특징 알기</li> <li>· 우주송 노래 부르며 행성 특징 탐구하기</li> <li>· 인류의 우주 탐사의 역사와 기술에 대해 알아보기</li> <li>· 우리나라 최초의 우주인</li> <li>· 행성의 특징을 바탕으로 탐사 계획 세우기</li> <li>· 우주 탐사선 설계하기</li> </ul>	○	○	○	○	
			실과(6) 일과 진로 음악(5) 음악과 생활 미술(5) 만들기 세상 사회(6-2) 정보화, 세계화 그리고 우리				

표 2. 태양계 검사지 문항 개발

주제	번호	문항 내용
태양 구성원	1	태양계 구성원
	2	행성의 수
	3	태양으로부터 행성의 순서
행성의 상대적인 거리, 크기	9	태양으로부터 거리와 행성들 사이의 관계
	4	크기가 가장 작은 행성
	5	크기가 가장 큰 행성
	6	지구와 크기가 가장 비슷한 행성
행성의 특징, 운동	7	행성의 특징
	8	행성의 공통점
	10	행성의 운동

지를 이용하여 실험반과 비교반 학생들을 대상으로 초등학생들의 수업 시간과 동일하게 40분 동안 이루어졌다.

학생들이 작성한 개념 검사 결과를 분석하기 위

해 Sharp와 Kuerbis(2006)가 만든 태양계 개념 검사 4단계 분석틀을 수정 보완하여 개념 분석틀을 개발 하였다. 개발된 검사틀에서 ‘모르겠음’이라고 답한 경우를 수준 0이라고 보았으며 과학적 개념 틀이 아닌 비과학적 개념 틀을 지니고 있으며, 많은 오류를 포함하고 있는 경우를 수준 1로 간주하였다. 또한 기본적인 과학 지식과 이해를 가지고 있으나 일부 오류를 포함하고 있는 경우를 수준 2로 보았으며 과학적 개념을 지니고 있으며, 오류가 거의 없는 경우는 수준 3으로 보았다. 각 문항의 배점은 Harwood와 Jackson(1993)의 연구를 참고하여 3점을 만점으로 하였다.

개발된 태양계 개념 분석틀을 이용하여 연구자를 포함한 대학원생 3인이 개념 검사 결과를 교차 분석하였다. 1차 교차 분석 후 분석틀을 수정 보완 하여 2차 교차 분석을 하였으며 분석자간 일치도는 .92를 나타내었다. 주제별로 개념 검사지의 개념 수

준 점수를 합산하였으며, 이를 바탕으로 실험반과 비교반의 평균 점수를 분석하였다. 사전 개념검사에서 실험반과 비교반 간의 유의미한 점수 차이가 있었으므로 이를 통제하여 수업 처치의 효과를 살펴볼 수 있는 공분산 분석(ANCOVA)을 실시하였다. 모든 통계 분석은 SPSS IBM 19.0 프로그램을 사용하였다.

실험반의 개념 수준의 변화를 좀 더 자세히 알아보기 위하여 각 문항에 대해 개념 변화도로 나타내었다. 개념 변화도에는 각 개념 수준에 해당하는 인원수를 나타내었으며, 사전 검사에서 사후 검사로 개념 수준이 어떻게, 몇 명이 변화하였는지 표시하였다. 또한 사전 사후 검사지 응답 내용을 반복 검토하여 공통적인 내용을 도출하였으며, 이에 대한 서술을 위해 대표적인 응답 예시를 제시하였다.

포트폴리오를 활용한 STEAM 수업에서 학생들의 개념 변화에 영향을 미친 요소가 무엇이었는지 알아보기 위하여 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업에 대한 인식조사 설문을 실시하였다. 설문지는 김혜정(1998)의 ‘포트폴리오 교수-학습에 대한 학생들의 인식’ 문항을 바탕으로 수정 과정을 거쳐 4수준의 응답 범주로 개발하였다. 각 설문지 문항에 응답한 인원수를 백분율로 조사하였으며, 4점 만점을 기준으로 각 문항의 평균을 조사하였다.

포트폴리오를 활용한 태양계 STEAM 수업에 참여한 학생들은 개인별로 관련 수업에서 포트폴리오를 구성하도록 하였다. 포트폴리오에는 수업 시간 활동지와 스스로 학습지, 자기 점검지 등이 포함되었다. 자기 점검지를 통해 수업 전과 후를 비교하여 개념이 어떻게 변하게 되었는지 반추해 보도록 하였으며, 더 알고싶은 것, 스스로에게 칭찬할 점과 반성할 점 등을 생각해 보도록 하였다. 학생들이 구성한 포트폴리오는 모두 수거하여 분석에 이용하였다. 연구자들은 수집된 포트폴리오에서 학생들의 개념 변화 모습을 알아보기 위하여 개인별로 기록한 개념 변화 반응을 목록으로 정리하였으며, 주제별로 공통적으로 가지는 개념 변화 모습과 특징적인 모습을 분석하였다.

인터뷰는 개념검사 결과와 포트폴리오 내용 등을 분석한 결과, 특징적인 응답을 한 학생들을 대상으로 반구조화된 면담 형태로 이루어졌다. 주로 자신의 태양계 개념이 어떻게 변화되었는가에 관한 질문과 일반 과학 수업과 본 수업의 차이점, 각

차시의 수업활동 내용, 조 활동을 통한 문제 해결 과정 등에 대한 내용을 면담하였다. 분석을 위해 면담 결과를 녹취하였으며, 녹취된 데이터를 모두 전사하였다. 전사된 내용을 반복 검토하여 개념 검사, 포트폴리오 분석, 설문지 조사 결과를 뒷받침할 수 있는 내용을 추출하였다. 논문에 제시된 개념 검사 결과 및 포트폴리오 예시, 인터뷰에 등장하는 학생 이름은 가명임을 밝혀둔다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 학생들의 과학 개념의 변화

##### 1) 태양계의 구성원에 대한 개념 형성

태양계의 구성원에 대한 개념 검사의 실험집단과 통제 집단의 사전, 사후, 교정 사후 점수의 평균과 표준편차는 표 3과 같다. 사전 개념 검사 점수를 통제한 교정 사후 점수의 실험반 평균은 5.30, 비교반 평균은 5.03으로 실험반의 평균이 높았다. 따라서 교정 사후 점수가 교수법에 따라 유의미한 차이가 있는지에 대한 공분산분석 결과는 표 4와 같다.

공분산 분석 결과, *F*통계 값은 5.17로 유의수준 .05 이내에서 교정 사후 점수에 유의미한 차이가 있었다. 이를 통해 포트폴리오를 활용한 태양계 STEAM 수업이 태양계 구성원에 대한 개념 형성에 효과적임을 알 수 있다. 좀 더 자세한 개념 변화를 알아보기 위하여 비교반과 실험반의 개념 변화도를 살펴보면 그림 2, 그림 3과 같다.

표 3. 태양계 구성원에 대한 사전, 사후, 교정 사후 점수

	사전		사후		교정 사후	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
실험반 (N=24)	3.92	1.20	5.29	.46	5.30	.084
비교반 (N=24)	4.17	1.02	5.04	.36	5.03	.084

표 4. 태양계 구성원에 대한 교정 사후 점수의 공분산 분석 결과

변량원	제곱합	자유도	평균제곱	<i>F</i>
주효과(집단)	.87	1	.87	5.17*

\**p*<.05



그림 2. 비교반의 태양계 구성원에 대한 개념 변화도



그림 3. 실험반의 태양계 구성원에 대한 개념 변화도

비교반의 경우, 태양계 구성원에 대한 사전 검사에서 수준 0에 3명, 수준 1에 1명, 수준 2에 20명, 수준 3에 0명이었다. 실험반의 경우, 태양계 구성원에 대한 사전 검사에서 수준 0, 수준 3에 해당하는 학생은 전혀 없었으며, 수준 1에 해당하는 학생이 3명, 수준 2에 해당하는 학생이 21명인 것으로 비교반과 실험반의 큰 차이가 없었다. 그러나 사후 검사에서는 비교반의 경우 수준 2에 22명, 수준 3에 2명이 속한 것에 비해, 실험반은 수준 2에 17명, 수준 3에 7명의 학생이 속하여 실험반의 학생이 비교반에 비해 높은 수준의 과학적 개념에 도달하는 학생이 많은 것으로 나타났다.

실험반 학생의 사전과 사후에 각 개념 수준별 태

양계 구성원에 대한 응답을 살펴보면 사전 검사에서 수준 1에 속한 학생들은 예선 학생처럼 블랙홀, 화이트홀과 같이 태양계 밖의 천체를 포함하여 응답하는 경우가 많았다(표 5). Trumper(2001)에 따르면 초등학교 3~5학년 정도의 학생들이 별을 태양계 구성원으로 포함하여 생각하는 경향이 있다. 즉, 이 또래의 학생들은 태양계의 개념을 우주 전체로 확장시켜 생각한다고 한다는 것이다. 그러나 포트폴리오를 활용한 태양계 STEAM 수업을 적용한 후에는 표 5에서 제시한 응답 예시와 같이 학생들은 대체로 태양계가 우주의 일부분임을 인식하는 수준(수준 2 또는 수준 3)으로 향상되었다.

이 연구에 참여한 학생들의 대부분은 수준 2에

표 5. 개념 검사지에 나타난 실험반 학생들의 태양계 구성원에 대한 개념 변화 예시

학생	수준변화	사전	사후
예선	1→2	행성, 운성, 별자리, 블랙홀, 화이트홀	행성, 혜성, 왜소행성, 위성
성현	2→2	수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성	수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성, 소행성, 위성
재진	2→3	지구, 화성, 목성, 토성, 금성, 해왕성, 태양, 천왕성, 수성, 소행성	태양, 행성, 위성, 혜성, 소행성, 왜소행성

해당하였는데(그림 2, 3), 사전 검사의 응답은 표 5에서 제시한 성현, 재진 학생의 응답 내용과 유사하였다. 수준 2에 해당하는 학생들은 대체로 수업 적용 전에 ‘수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성’ 등의 행성 위주로 태양계의 구성원을 인식하고 있었다(표 5). 이는 초등학생들의 경우, 태양계 구성원으로 행성만을 한정하여 생각하는 경향이 있기 때문인 것으로 생각된다(이병기, 2009). 실험반 학생들의 태양계 구성원에 대한 개념 변화를 보여주는 그림 2를 볼 때, 사전 검사 수준에서 2에 머물렀던 학생 중 15명이 사후 검사에도 여전히 수준 2에 머물러 있다. 그러나 성현 학생의 사례에서 볼 수 있는 것과 같이 개념 수준에서 변화가 없는 것으로 평가된 학생들도 수업 적용 후에 행성뿐 아니라, 소행성, 위성과 같이 다른 태양계 구성원을 포함하여 응답하여 같은 수준 안에서 태양계 구성원에 대한 개념이 다소 발전되었음을 알 수 있다. 또는 재진 학생과 같이 사전 검사에서는 나타나지 않았던 태양계 구성원을 모두 서술하여 개념 수준 2에서 개념 수준 3으로 개념 향상이 이루어진 경우도 있었다. 따라서 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업은 학생들의 태양계 구성원 개념 학습에 긍정적인 효과를 나타내었다고 할 수 있다.

## 2) 행성의 상대적인 거리, 크기에 대한 개념 형성

행성의 상대적인 거리, 크기에 대한 실험집단과 통제 집단의 개념 검사 사전, 사후, 교정 사후 점수의 평균과 표준편차는 표 6과 같다. 사전 개념 검사 점수를 통제한 교정 사후 검사의 실험반의 평균은 13.92, 비교반의 평균은 12.71로 실험반의 평균이 높았다. 교정 사후 검사 점수가 교수법에 따라 유의미한 차이가 있는지에 대한 공분산 분석 결과는 표 7과 같다.

공분산 분석 결과, *F*통계 값은 5.72이었으며, 유의수준 .05 이내에서 교정 사후 점수에 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 따라서 포트폴리오를 활용한 태양계 STEAM 수업이 행성의 상대적인 거리, 크기에 대한 개념 형성에 효과가 있는 것으로 나타났다.

학생들이 수업 전에 가지고 있던 행성의 상대적인 거리 또는 크기에 대한 오개념은 대부분 행성에 대한 일부 특징을 전체적인 특징으로 과장시켜 생각하는 경향에 의해 생겨나는 것으로 판단된다. 예를 들어, 수업 전 실험반 학생 중에는 화성을 지구

**표 6.** 행성의 상대적인 거리, 크기에 대한 문항의 사전, 사후, 교정 사후 점수

	사전		사후		교정 사후	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
실험반 (N=24)	9.00	3.01	13.92	2.00	13.92	.36
비교반 (N=24)	9.13	4.08	12.71	1.42	12.71	.36

**표 7.** 행성의 상대적인 거리, 크기에 대한 교정 사후 점수의 공분산 분석 결과

변량원	제곱합	자유도	평균제곱	<i>F</i>
주효과(집단)	17.60	1	17.60	5.72*

\**p*<.05

와 가장 비슷한 크기의 행성이라고 생각하는 학생(15명)이 금성으로 생각하고 있는 학생(2명)보다 훨씬 많았는데, 그와 같이 생각한 이유에 대해 한 학생은 다음과 같이 이야기하였다.

교사: 왜 화성이 지구와 가장 크기가 비슷한 행성이라고 생각했나요?

가영: 예전에 화성이 지구와 가장 비슷하다고 했던 말을 들었던 것 같아요. 화성에 물이 있을지도 모른다는 말도 있고... 그래서 크기도 가장 비슷할 거라고 생각했어요.

이 학생은 화성이 지구와 비슷하다는 정보를 접하면서 자연스럽게 화성의 모든 부분이 지구와 가장 닮았을 것이라는 생각을 가지게 되어서 크기 또한 화성이 지구와 가장 비슷할 것이라고 생각하게 되었다고 하였다. 화성을 지구와 가장 비슷한 크기의 행성이라고 응답한 학생들은 대부분 가영이와 유사하게 생각하고 있었다. McClosky(1983)에 따르면 학생들은 한 가지 결과만을 보고 과다하게 일반화하는 경향이 있으며, 이는 오개념 형성에 주요한 원인이 된다고 한다. 이 연구에서 학생들이 화성이 지구와 가장 비슷하다는 오개념을 보인 것 역시 이와 관련이 있을 것으로 생각된다. 학생들은 책, 뉴스 등의 경로로 화성이 지구와 유사한 환경을 가지고 있다는 정보를 갖게 되었고, 이로 인하여 화성의 크기 역시도 지구와 가장 비슷하다는 오개념을 갖게 된 것으로 추측된다. 이러한 오개념은 사후 검사에서 2명의 학생을 제외하고, 모두 금성이 지구와 크

**표 8.** 포트폴리오에 나타난 행성의 상대적인 거리, 크기에 대한 학생들의 개념 변화 예시

학생	수업 전	수업 후
현충	행성과 행성 사이의 거리가 일정하다.	행성과 행성 사이의 거리가 태양에서 멀어질수록 멀어진다.
은경	행성과 행성의 거리 차는 몇 백 km 단위 정도일 것이다.	행성과 행성의 거리 차는 몇 백 km보다 더 길다.
진호	행성의 상대적인 크기에 대해 알지 못했다.	행성의 상대적인 크기와 거리를 알게 되었다.
은비	화성이 태양에서 가장 가깝다.	수성이 태양에서 가장 가깝다.

기가 가장 비슷하다는 과학적 개념으로 변화였다.

학생들의 포트폴리오에서도 행성의 상대적인 거리, 크기에 대한 개념 변화를 관찰할 수 있었다(표 8). 수업 전에는 상대적인 크기와 거리에 대해 잘 알고 있지 못했지만, 수업 후에는 ‘금성이 지구와 크기가 가장 비슷하다.’, ‘수성이 태양에서 가장 가깝다.’와 같이 과학적 개념을 형성하고 있는 것으로 나타났다. 또한 수업 전에는 행성과 행성 거리 차는 몇 백 km 단위 정도일 것으로 생각하였으나, 수업 후에는 이보다 훨씬 더 크다는 것을 알게 되었다는 것이 나타나 있었다. 사전 검사에서 행성들 사이의 거리를 몇 백 km 차이 정도로 생각한 것은 큰 수로 km 단위까지 학습하였으며, 경험에서 몇 백 km 차이면 큰 차이라고 생각했기 때문인 것으로 보인다. 그러나 본 수업을 통해 경험을 바탕으로 한 오개념이 과학적 개념으로 바뀔 수 있었으며, 우주에서는 km 보다 큰 단위 도입에 대한 필요성을 느끼는 것으로 보였다.

**3) 행성의 특징, 운동에 대한 개념 형성**

행성의 특징, 운동에 대한 실험집단과 통제 집단의 개념 검사 사전, 사후, 교정된 사후 점수의 평균과 표준편차는 표 9와 같다. 사전 개념 검사 점수를 통제한 교정된 사후 검사의 실험집단의 평균은 7.70, 통제집단의 평균은 6.30이다. 교정된 사후 검사 점수가 교수법에 따라 차이가 있는지에 대한 공분산 분석 결과, *F*통계 값은 15.13이며, 유의수준 .001 이 내에서 교정 사후 점수에 유의미한 차이가 있었다(표 10). 이를 통해 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업이 행성의 특징, 운동에 대한 개념 형성에 효과적임을 알 수 있다.

학생들은 대체로 수업 이전에 지구가 자전하면서 낮과 밤이 생긴다는 것은 알고 있지만, 행성들이 태양 주위를 공전한다는 개념은 아직 형성되지 못한 편이었다(표 11). 이는 학생들이 달과 태양이 지구를 중심으로 반대편에 고정되어 있으며, 지구

**표 9.** 행성의 특징, 운동에 대한 문항의 사전, 사후, 교정 사후 점수

	사전		사후		교정 사후	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
실험반 (N=24)	5.63	1.44	7.75	1.19	7.70	.24
비교반 (N=24)	4.58	1.32	6.25	1.11	6.30	.24

**표 10.** 행성의 특징, 운동에 대한 교정된 사후 점수의 공분산 분석 결과

변량원	제곱합	자유도	평균제곱	<i>F</i>
주효과(집단)	20.18	1	20.18	15.13**

\*\**p*<.001

가 그 사이에서 회전하면서 낮과 밤이 생긴다고 생각하는 오개념을 가지고 있기 때문일 수도 있다(Vosniadou & Brewer, 1992). 그러나 표 10에서 나타난 것과 같이 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업 후, 학생들은 대체로 행성들이 자전을 하면서 공전을 한다는 개념을 바르게 형성하였으며, 태양과 가까이 있는 수성은 빨리 공전하고, 태양과 먼 해왕성은 느리게 공전한다는 개념도 형성하였다.

**2. 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업이 학생들의 개념 변화에 영향을 미친 요인**

지금까지 살펴본 바와 같이 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업은 태양계의 구성원, 행성의 상대적인 거리와 크기, 행성의 특징과 운동을 포함하는 모든 주제별 과학 개념 형성에 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 이 절에서는 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업의 어떠한 요소들이 학생들의 태양계 관련 개념 변화에 영향을 미쳤는지 알아보고자 한다.

**1) 학습에 대한 주도권 확보**

표 11. 개념검사지에 나타난 행성의 운동에 대한 학생의 개념 변화 예시

학생 수준변화	사전	사후
진영 1→2		
	<p>지구는 자전을 하기 때문에 낮과 밤을 나타낼 수 있다.</p>	<p>행성들이 공전을 하면서 이중 수성은 태양에 가까우며, 태양 주위를 아주 빨리 공전하지만, 해왕성은 태양으로부터 멀어서 태양 주위를 아주 느리게 공전합니다. 모든 행성은 자전을 하며 공전을 합니다.</p>

표 12. 학습 주도권 확보와 관련한 설문지 응답

질문	매우 그렇다	대체로 그렇다	대체로 아니다	전혀 아니다	평균
수업시간에 더욱 열심히 참여하였다.	12명 50%	10명 42%	2명 8%	0명 0%	3.42
자기 스스로 공부를 하게 만든다.	7 29%	14 58%	3 13%	0 0%	3.17

포트폴리오를 활용한 STEAM 수업이 학생들의 개념 변화에 긍정적인 영향을 미친 첫 번째 요인은 학생들로 하여금 학습자 중심의 학습이 일어날 수 있도록 도움을 주었기 때문인 것으로 나타났다. 학생들은 이와 관련한 설문 항목에서 다음과 같은 답변을 하였다(표 12).

‘수업시간에 더욱 열심히 참여하였다.’와 ‘자기 스스로 공부를 하게 만든다.’는 문항에 대해 각각 참여 학생 중 22명(92%), 21명(87%)이 ‘매우 그렇다’, 또는 ‘대체로 그렇다’ 등 긍정적인 답변을 하였으며, 각 항목의 4단계 리커트 척도 평균 점수는 3.42, 3.17점인 것으로 분석되었다. 또한 학생들의 학습 주도권과 관련하여 참여 학생 중 일부는 면담을 통해 실험관찰과 비교한 포트폴리오 활동에 관해 다음과 같은 생각을 밝혔다.

현식: 실험관찰을 할 때 별로 잘 생각이 안 났는데, 포트폴리오를 할 때는 저절로 열심히 하게 되었던

거 같아요.

가은: 실험관찰 책에서는 질문이 정해져 있고, 거기에 답을 해야 하는 거여서 틀에 박힌 것 같아서 하기 싫었는데, 포트폴리오는 몇 가지 질문을 제외하고는 형식이 딱 정해져 있지 않잖아요. 그러니까 자유롭게 할 수 있어서 좋았어요.

명진: 실험관찰에는 사진이나 그림이 다 나와 있어서 제가 하는 비중이 적었는데, 포트폴리오에는 자유롭게 할 수 있어서 더 많이 배울 수 있었던 것 같아요.

사실 학습동기는 학생들이 학습에 대하여 가지는 주인의식에 뿌리를 두고 있다(Theobald, 2006). 면담에 참여한 학생들은 실험관찰에 비해 포트폴리오를 통한 결과 정리가 자유로웠고, 그래서 좀 더 열심히 하였다고 이야기하였다. 선행 연구에 따르면 포트폴리오 활동은 학생들이 학습 주도권을 가질 수 있도록 도움을 주며, 이는 학생들의 학업 성취도 향상에 도움을 준다(Barton & Collins, 1997; 이지혜, 2002). 실험관찰에 비해 내용 구성이 자유

롭고 학습자의 역할 비중이 큰 포트폴리오 활동을 통해 학습자들이 학습의 주도권을 가지게 됨으로써 학습동기 고취에 긍정적인 역할을 한 것으로 보인다. 뿐만 아니라 James 등(2000)에 의하면 통합 수업의 경우, 학생 중심의 학습이 이루어지며, 이를 통해 학생들의 학습 기억력이 향상되는 등 학습의 효율이 높아질 수 있다. 이 연구에서 개발한 STEAM 수업은 ‘탐사선 설계하기’, ‘태양계 띠 만들기’, ‘행성의 운동 몸으로 표현하기’ 등과 같이 학생 중심의 다양한 활동이 포함되어 있었다. 이러한 학생 중심의 활동 역시, 학생들은 학습에 대한 주인의식을 가지는데 도움을 주었다고 볼 수 있다. 결과적으로 볼 때, 포트폴리오 활동과 STEAM을 통한 통합학습은 모두 학습자의 학습 주도권을 넘겨주는 형태의 학습이며, 이러한 두 가지 형태의 학습자 중심 프로그램은 함께 학생들로 하여금 동기를 부여하고 적극적으로 학습에 참여하도록 유도하는데 시너지를 가지는 것으로 생각된다.

**2) 포트폴리오 활동을 통한 통합적 활동과 인지 학습의 연결**

학생들은 STEAM 수업을 통해 과학 개념 이해를 위한 다양한 방식의 접근을 할 수 있었다고 이야기하였다.

- 성진: 행성의 운동에 대해 몸으로 표현해 보는 활동을 하니깐 내가 행성이 된 거 같고, 다른 행성들하고 부딪히지 않게 거리를 다르게 해서 돌아보는 것도 재미있었어요.
- 지은: 행성들이 어떤 방향으로 도는지 몸으로 직접 표현하니깐 행성이 움직이는 거에 대해 잘 알게 되는 것 같아요.
- 진철: 행성이 공전만 하는 게 아니라 자전도 하니깐 어지러웠어요.

학생들은 몸으로 표현하는 활동이 재미있었으며, 행성의 움직임에 대해 잘 알게 되는 것 같다고 응

답하였다. 학생들이 행성의 운동을 몸으로 표현하는 활동에 대한 아이디어를 내고, 역할을 나누어 직접 몸으로 표현하는 활동이 행성의 운동에 대한 개념을 형성하는데 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 인식하였다. 중요한 것은 STEAM의 통합적 수업이 활동으로 그치는 것이 아니라, 학습으로 연결할 수 있도록 도와주어 개념 형성에 긍정적인 영향을 끼쳤다는 점이다.

학생들은 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업이 과학 내용 이해에 도움이 되었다고 응답하였다(표 13). 설문 항목 중 ‘과학 내용을 더 이해하기 쉽게 되었다.’에서는 23명(96%)이 ‘과학 내용을 더 확실하게 알게 되었다.’에 22명(92%)이 긍정적으로 응답하였으며, 4단계 리커트 척도로 평균을 계산하였을 때 3.42와 3.54로 높은 점수가 나왔다.

통합적 수업은 학생 중심의 학습이 이루어지도록 도와주기 때문에 학습 기억력 향상에 도움을 주며, 학생들의 흥미를 높이는 하나(James et al., 2000), 유지연 등(2004)은 체계적인 학습이 일어나지 않을 수 있다는 문제점을 지적하였다. 그러나 이 연구에서 주장하는 바와 같이 STEAM 수업에서 포트폴리오를 활용하게 되면 단순히 통합적 측면에서 다양한 학습자 중심 활동만 시도하는 것이 아니라, 포트폴리오를 통해 체계적이고 구조적으로 학습 과정 및 결과를 정리하게 된다. 이를 통해 학습 주제에 대한 반추가 계속적으로 이루어져 학생들로 하여금 학습에 대한 초점을 잃지 않도록 하는데 도움을 줄 수 있다. 이와 같은 수업의 특징은 통합 수업 포함된 각각의 활동을 날개의 분리된 것이 아닌 맥락적 상황 속에서 학습으로 연결할 수 있도록 해준다는 점이다(Barrow, 1992). 따라서 포트폴리오는 STEAM 수업이 학생의 흥미를 끌 수 있는 다양한 통합 활동을 해보는 것에 그치지 않고, 인지적으로 유의미한 학습으로 연결될 수 있도록 도움을 주어, 학생들이 효과적으로 과학 개념 학습을 할 수 있었던 것으로 해석된다.

**표 13.** 과학 내용 이해에 미치는 영향에 대한 설문지 응답

질문	매우 그렇다	대체로 그렇다	대체로 아니다	전혀 아니다	평균
과학 내용을 더 이해하기 쉽게 되었다.	11 46%	12 50%	1 4%	0 0%	3.42
과학 내용을 더 확실하게 알게 되었다.	15 63%	7 29%	2 8%	0 0%	3.54

### 3) 다양한 피드백을 통한 능동적 참여

이 연구에서 개발된 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업은 과정에 대한 평가와 다양한 평가 주체에 의한 평가가 가능해지면서 학습에 대한 피드백이 수시로 이루어져서 개념 형성에 도움을 준 것으로 보인다. 다음은 포트폴리오 평가와 지필 평가에 대한 면담 내용이다.

- 교사: 그럼 포트폴리오를 통해 평가하는 것과 지필평가로 평가할 때와 비교한다면 어떤 게 더 공부에 도움이 되는 것 같나요?
- 현식: 포트폴리오가 더 효과적이었던 것 같아요. 시험공부는 그냥 외우기만 하면 얼마 후에 잊어버리는데 포트폴리오는 조사하면서 더 잘 이해되고 기억에 잘 남는 것 같아요.
- 교사: 친구들과 포트폴리오를 서로 평가한 부분은 어땠나요?
- 현식: 친구들이 한 걸 보니까 제가 부족한 부분을 알 수 있고, 나중에 어떤 부분을 더 하면 좋은지 알 수 있었어요.
- 가은: 부모님들은 보통 그런 것 해보셨을 테니까 더 잘 알려주실 수 있을 것 같고, 어떻게 하면 좋을지 알려주실 수도 있고, 부족한 점에 대해서도 알려주실 수도 있어요.
- 명진: 과정을 아시니까 결과보다 과정에 대해 더 많이 생각하시는 것 같아요. 열심히 했으면 더 좋게 평가해 주시는 것 같아요.

면담에 참여한 학생은 포트폴리오를 통한 평가는 학습내용에 대한 이해와 기억에 도움이 된다고 응답하였다. 학생들은 포트폴리오 활동이 과학 개념 형성에 긍정적이며, 학습 효과가 오래 지속되는 것으로 인식하고 있었다. 또한 친구와 부모님의 평가를 통해 자신의 부족한 부분과 개선 방향을 알 수 있었으며, 과정에 대한 평가로 좀 더 열심히 할 수 있었다고 응답하였다. 이는 기존의 교사 중심, 결과 중심의 지필평가보다 포트폴리오를 통한 과정 중심, 다양한 평가 주체에 의한 평가를 통해 학습

에 대한 반성적 활동이 촉진되며, 과정 중심의 학습이 이루어질 수 있음을 보여준다. 이는 개발된 프로그램이 Vygotsky(1978)가 주목한 학습의 사회적 측면, 상호작용을 활성화시켜 학습의 효과를 높인 것으로 생각된다.

개발된 프로그램에서는 포트폴리오를 활용하여 학습 과정에 대한 평가가 이루어지게 되어, 학생들은 STEAM 수업에 보다 적극적으로 참여하였다. 또한 ‘교사-학생’, ‘학생-학생’, ‘학생-학부모’의 다양한 평가 주체에 의한 평가는 학생들로 하여금 수동적인 존재가 아닌 평가의 주체가 될 수 있도록 도와주었다. 또한 과정에 대한 평가와 다양한 평가 주체에 의한 평가는 평가를 통해 학생들이 학습에 대한 피드백을 수시로 풍부하게 얻을 수 있게 되어 좀 더 발전적인 학습이 일어나게 되었다. 이는 포트폴리오 학습과 구성주의 학습에 대해 연구한 선행연구에서 나타나듯 포트폴리오는 학습 목표를 공유하고, 산출물을 선정, 평가 등을 통해 학습자 스스로 학습에 대한 반추 과정을 가지게 되며, 학생과 교사, 동료, 학부모의 상호작용을 통해 잠재적 발달 수준까지의 발달을 도와주어 개념 형성에 긍정적인 영향을 끼친 것으로 보인다.

### 4) 사고과정의 촉진

참여 학생들은 포트폴리오를 활용한 STEAM 프로그램 사고 촉진에 긍정적인 영향을 미치고 있다고 인식하고 있었다(표 14). 학생들은 ‘다양한 생각을 많이 하게 한다.’는 문항에서는 24명(100%)이 긍정적으로 인식하였으며, ‘포트폴리오를 활용한 STEAM 수업을 하면서 새로운 생각이 많이 떠올랐다.’는 문항에서는 20명(84%)이 긍정적인 응답을 하였다. 따라서 프로그램에 참여한 학생들은 본 프로그램이 사고 촉진에 긍정적인 영향을 끼친다고 인식하고 있었다.

학생들은 개발된 프로그램 중 일부인 행성탐사선 설계하기 수업에 대해 다음과 같은 의견을 가지

표 14. 사고 촉진에 미치는 영향에 대한 설문지 응답

질문	매우 그렇다 대체로 그렇다 대체로 아니다 전혀 아니다				평균
다양한 생각을 많이 하게 한다.	10 42%	14 58%	0 0%	0 0%	3.42
포트폴리오를 활용한 STEAM 수업을 하면서 새로운 생각이 많이 떠올랐다.	10 42%	10 42%	4 17%	0 0%	3.25

고 있었다.

교사: 행성 탐사선 설계하기 수업은 어땠나요?

은비: 탐사할 행성의 특징을 고려해서 설계를 해야 하나  
 까요. 그래서 행성의 특징에 대해 좀 더 계속 생  
 각해 봤던 것 같아요. 온도는 어떤지... 압력은 센  
 지... 너무 뜨거우면 사람이 직접 가기는 좀 어려  
 울 거 같고... 암튼 생각을 좀 많이 하게 됐어요...

형준: 목성 탐사선을 만들고 싶었는데... 기체라고 하니까 어  
 떻게 탐사해야 할지... 행성 탐사선 설계할 때 그게  
 좀 어려웠어요. 그냥 착륙 안하고 탐사해야겠다...

학생들은 행성 탐사선을 설계할 때 탐사할 행성  
 의 특징을 고려해야 하기 때문에 행성에 대한 생각  
 을 많이 하게 되었다고 이야기하였다. 또한 학생들  
 이 설계한 포트폴리오의 탐사선 모습을 살펴보면  
 (그림 4) ‘화성은 뜨거우니...’, ‘화성에는 황산가스  
 때문에 찌그러질 수 있으니...’, ‘화성은 물이 없으  
 니...’ 등과 같이 화성의 특징에 대한 고려를 많이  
 하였음을 알 수 있다. 위의 활동을 바탕으로 본 프  
 로그램을 통해 학생들은 문제 해결에 필요한 과학  
 개념에 대한 사고의 기회를 더 많이 갖게 되어 과  
 학 개념 형성에도 긍정적인 영향을 끼쳤을 것으로  
 해석된다.

뿐만 아니라 조원들과 함께 아이디어를 나누어  
 문제를 해결하는 과정에서도 학생들의 사고가 촉  
 진된 것으로 드러났다. 문제 해결과정에서 학생들  
 은 조원들과 아이디어를 나누는 활동을 하였는데,  
 이에 대한 면담 내용이다.

선생님: 포트폴리오 조 활동에서 좋았던 점은 무엇인가요?

명진: 제가 생각하지 못한 점을 친구들이 아이디어를 내  
 주었던 게 좋았어요.

가은: 좀 싸우긴 했지만 제가 생각하지 못했던 부분에  
 대해서도 애들이 같이 얘기하고 그러니까 생각이  
 좀 틈인 거 같았어요.

선생님: 구체적으로 예를 들어줄래요?

가은: 태양계에서 행성까지의 거리를 구하는 활동 같은  
 경우 저는 어렵게 다 계산하고 있는데, 조 친구들  
 이 아이디어를 내서 단위를 곱아서 계산해서 쉽게  
 해결했어요.

면담에서 학생들은 회의를 통해 더 나은 문제 해  
 결 방안을 찾게 되었으며, 토의를 통해 자신이 고  
 집하던 기존의 생각이 바뀌게 되는 경우가 있었다  
 고 하였다. 때문에 학생들은 아이디어를 나누는 활  
 동을 통해 다양한 생각을 하게 되었다고 생각하는  
 것으로 해석된다. 친구들과 함께 문제 해결을 하는  
 과정에서 사고가 좀 더 촉진되었으며, 이는 학생들  
 의 사고를 바탕으로 과학 개념이 형성될 수 있는  
 바탕이 되어 과학 개념 형성에 긍정적 영향을 끼친  
 것으로 보인다.

#### IV. 결론 및 제언

포트폴리오를 활용한 과학 기반 STEAM 수업이  
 초등학생들의 과학 개념 형성에 미치는 영향과 학  
 생들의 인식을 조사한 결과, 다음과 같은 결론을  
 얻었다. 포트폴리오를 활용한 과학 기반 STEAM  
 수업은 초등학생들의 과학 개념 형성에 효과적이  
 었다. 교과서를 중심으로 과학 수업을 진행한 비교  
 반에 비해 태양계의 구성원, 행성의 상대적인 거리  
 와 크기, 행성의 특징과 운동, 모든 주제에서 실험  
 반이 통계적으로 유의미하게 높은 점수를 보였다.  
 따라서 본 프로그램이 과학 개념 형성에 효과가 있  
 다고 결론 내릴 수 있다. 위의 결과를 종합해 보면  
 포트폴리오를 활용한 STEAM 수업은 태양계의 구  
 성원, 행성의 상대적인 거리와 크기, 행성의 특징과  
 운동을 포함하는 태양계 관련 모든 주제의 과학 개  
 념 형성에 긍정적인 영향을 끼쳤으며, 일반 수업에  
 비해 효과적인 것으로 나타났다. 실험반의 개념 검  
 사지 응답과 포트폴리오, 면담을 분석한 결과, 사전  
 의 주관적이고 막연하던 개념이 수업 후에는 과학  
 적 개념으로 많이 변하였으며, 수업 전 가지고 있  
 던 과학 개념이 수업 후에는 좀 더 확장된 과학 개  
 념으로 변하는 것을 알 수 있었다.

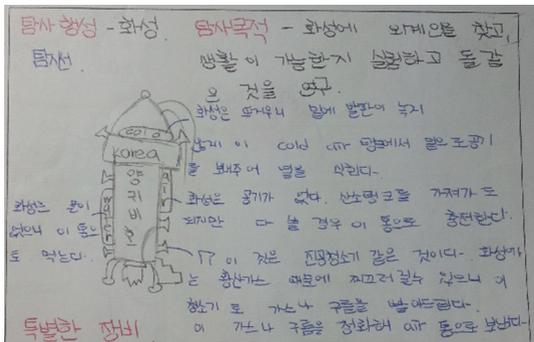


그림 4. 포트폴리오의 탐사선 설계 모습

본 프로그램이 학생들의 과학 개념 형성에 긍정적이었던 요인은 다음과 같다. 첫째, 학습자 중심의 학습이 일어날 수 있도록 도와주어 개념 형성에 긍정적인 영향을 끼친 것으로 보인다. 본 프로그램의 통합적 활동에서 문제해결을 위한 다양한 활동을 하였으며, 학생들은 흥미를 가지고 주도적으로 학습에 참여하였다. 또한 포트폴리오를 학생들이 주도적으로 구성하면서 학습자 중심의 학습이 일어날 수 있도록 도와주었다. 둘째, 수업이 활동으로 그치는 것이 아니라, 학습으로 연결할 수 있도록 도와주어 개념 형성에 긍정적인 영향을 끼친 것으로 보인다. 본 프로그램에서는 포트폴리오를 구성하면서 학습 주제에 대한 반주가 계속적으로 이루어져, 학습에 대한 초점을 잃지 않도록 도와주었으며, 활동을 날개의 분리된 것이 아닌 맥락적 상황 속에서 학습으로 연결할 수 있도록 도와주었다. 셋째, 과정에 대한 평가와 다양한 평가 주제에 의한 평가가 가능해지면서 학습에 대한 피드백이 수시로 이루어져서 개념 형성에 도움을 준 것으로 보인다. 본 프로그램에서는 포트폴리오를 활용하여 학습 과정에 대한 평가가 이루어지게 되어 학생들은 STEAM 수업에 보다 적극적으로 참여하였다. 또한 평가를 통해 학생들이 학습에 대한 피드백을 수시로 풍부하게 얻을 수 있게 되어 좀 더 발전적인 학습이 일어나게 된 것으로 보인다. 넷째, 과학과 다른 영역이 통합된 문제 해결 상황을 통해 학생들의 사고가 촉진되었으며, 문제 해결을 위해 친구들과 토의를 하는 과정에서 보다 다양한 생각과 새로운 생각을 할 수 있게 된 것으로 보인다. 통합적 문제를 해결하기 위해서는 과학적 개념을 적용해야 하기도 하였으며, 과학적 개념을 얻는 과정에서 다른 교과와 도움을 통해 해결을 해야 할 때도 있었는데, 이러한 STEAM의 통합적 문제 해결 상황은 학생들의 사고 촉진에 도움을 준 것으로 보인다. 게다가 친구들과의 아이디어 토의는 좀 더 사고 촉진에 도움을 주었으며, 이러한 사고 촉진은 과학 개념 형성에도 긍정적인 영향을 끼친 것으로 생각된다.

이 연구를 통해 포트폴리오를 활용한 과학 기반 STEAM 프로그램은 초등학생들의 과학개념 형성에 효과적이며, 긍정적인 영향을 끼치므로 과학 교과 수업에서 활용할 가치가 있음을 알 수 있다.

이 연구를 바탕으로 후속 연구에 대한 제언을 하면 다음과 같다. 첫째, 과학 개념 형성에 미치는 영

향뿐 아니라, STEAM 영역의 종합적 개념 형성에 어떤 도움을 주는지 특정 교과를 넘어서는 연구가 필요할 것으로 보인다. 둘째, 좀 더 일반화된 객관적 연구 결과를 얻기 위해서는 더 많은 학생, 다양한 학년의 학생들, 장기간에 걸친 연구가 필요하다. 셋째, STEAM 교육이 추구하는 목적에 따른 성취 기준과 평가 방법이 개발되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- 강주희(2013). 포트폴리오를 활용한 과학기반 STEAM 수업이 초등학생들의 과학개념 형성에 미치는 영향. 서울교육대학교 대학원 석사학위논문.
- 고현지(2013). 과학·수학 융합 프로그램 개발 및 적용을 통한 초등학생들의 수학적/과학적 개념 발달과정과 상호작용 유형 분석: 친체의 등글기를 중심으로. 서울대학교 석사학위논문.
- 교육과학기술부(2010). 창의인재와 선진과학기술로 여는 미래 대한민국. 2011년 업무 보고서.
- 교육과학기술부(2011). 2009 개정 교육과정에 따른 과학과 교육과정. 교육과학 기술부 고시 제 2011-361호.
- 김민숙, 최선영(2012). 과학 기반 STEAM 프로그램이 초등과학 영재 학생들의 창의적 문제해결력과 과학적 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 31(2), 216-226.
- 김진수(2011). STEAM 통합 교육의 수업 자료 제작을 위한 PDIE모형 개발. 대한공업교육학회 학술대회발표논문.
- 김진수(2012). STEAM 교육론. 서울: 양서원.
- 김찬중(2012). 포트폴리오 교수-학습 및 평가 과학교과를 중심으로. 서울: 교육과학사.
- 김혜정(1998). 초등학교 과학 평가에서 포트폴리오 평가의 적용이 과학 지식과 탐구능력 및 태도에 미치는 영향. 청주교육대학교 석사학위논문.
- 박현주(2012). 우리나라 STEAM 교육을 위한 고려 사항. 한국과학교육학회 동계 학술대회 논문집, 27-30.
- 박혜원, 신영준(2012). 융합인재교육 (STEAM)을 적용한 과학수업이 자기효능감, 흥미 및 과학 태도에 미치는 영향. 한국생물교육학회지, 40(1), 132-146.
- 유지연(2004). 지식의 구조 관점에서의 과학 개념 중심 통합 프로그램 개발. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 이병기(2009). 태양계에 대한 초등학생의 선개념과 개념 변화에 대한 연구. 광주교육대학교 석사학위논문.
- 이지혜(2002). 중학교 과학과 지구과학 분야에서 포트폴리오 적용 수업이 학생의 학업 성취도와 과학에 대한 태도에 미치는 영향. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 한국과학창의재단(2011). STEAM 교육 국제 세미나 및 STEAM 교사 연구회 오리엔테이션. STEAM 교육 세

- 미나 및 STEAM 교사 연구회 오리엔테이션 자료집, 39-76.
- Barrow, D. (1992). The use of portfolios to assess student learning. *Journal of College Science Teaching*, 22(3), 148-153.
- Barton, J. & Collins, A. (Eds.) (1997). *Portfolio assessment: A handbook for educators*. Addison-Wesley: Menlo Park, CA, USA.
- Becker, K. & Park, Kyungsuk (2011). Integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5-6), 23-37.
- Burns, R. C. (1995). 김대현, 강태용 외 역 (2001). *교과 경계선 허물기*. 서울: 학지사.
- Hartzler, D. S. (2000). A meta-analysis of studies conducted on integrated curriculum programs and their effects on student achievement. Doctoral dissertation. Indiana University.
- Harwood, D. & Jackson, P. (1993). "Why did they build this hill so steep?": Problems of assessing young children's understanding of physical landscape features in the context of the UK National Curriculum. *Geographic and Environmental Education*, 2(2), 64-79.
- Ingram, J. B. (1979). 배진수, 이영만 역 (1995). *교육과정 통합과 평생교육*. 서울: 학지사.
- James, R. K., Lamb, C. E., Householder, D. L. & Baily, M. A. (2000). Integrating science, mathematics and technology in middle school technology rich environments; A study of implementation and change. *School Science and Mathematics*, 100(1), 27-35.
- Masson, T. C. (1996). Integrated curricula: potential and problems. *Journal of Teacher Education*, 47(4), 263-270.
- McClosky, M. (1983). Intuitive physics. *Scientific American*, 248(4), 122-130.
- Sanders, M., Wells, J. & Wilkins, J. (2007). *Strategies for integrating STEM content: A pilot study*. Fred Figliano.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sharp, J. G. & Kuerbis, P. (2006). Children's ideas about the solar system and the chaos in learning science. *Science Education*, 90(1), 124-147.
- Slater, T. (1997). The effectiveness of portfolio assessment in science. *Journal of College Science Teaching*, M/A, 315-318.
- Theobald, M. A. (2006). *Increasing students' motivation: Strategies for middle and high school teachers*. Thousand Oaks, CA, USA: Corwin Press.
- Trumper, R. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1111-1123.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535-585.
- Vygotsky, L. S. (1978). 정희욱 역 (2009). *마인드 인 소 사이어티*. 서울: 학이시습.