

Development and Application of STEM Education Program applying Problem-Based Learning Model: Focusing on ‘Space Exploration’ subject in Middle School

Hyeon-Jin Oh¹⁾ · Jungjoo Sohn^{*2)}

¹⁾Pohang IDong High School · ²⁾Korea National University of Education

문제중심학습 모형을 적용한 STEM 교육 프로그램 개발 및 적용: 중학교의 ‘우주탐사’ 주제를 중심으로

오현진¹⁾ · 손정주^{*2)}

¹⁾포항이동고등학교 · ²⁾한국교원대학교

<ABSTRACT>

The purpose of this study is to develop STEM education program applied Problem-Based Learning learning model for the subject of Space Exploration and to analyze student's attitudes toward science, technology, engineering and mathematics. The study topic of ‘space exploration’ was selected in the 2015 revised curriculum, and the two kinds of activities, ‘space exploration history table production’ and ‘soft landing space exploration ship’ were design. Developed STEM program was composed with 6 lessons and modified and supplemented based on eight experts' content feasibility checks. The final STEM education program was conducted on 120 middle school students in Pohang. Data analysis analyzed the effects of changing attitudes toward science, technology, engineering, and mathematics before and after class by conducting a t-test before and after a same group. As a result, this STEM program had a positive effect on students' attitudes toward science, technology, engineering, and mathematics, and overall, it had a high effect on their abilities.

Key words : STEM program, space exploration, problem-based learning, middle school

I. Introduction

우주 탐사는 우주와 생명의 기원과 구조에 대한

근원적인 질문의 답을 찾기 위한 과학과 공학의 심도 있는 연구와 동시에 높은 기술적 발전 가치를 갖는 분야이다. 우주 탐사의 범위는 학문적으로 과학,

* Corresponding Author : Jungjoo Sohn, jjsohn27@gmail.com

Received December 8, 2020; Reviewed December 11, 2020 Corrected December 21, 2020; Accepted December 24, 2020
© 2020. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

기술, 공학, 수학의 영역을 포괄하고, 활동 영역에서는 지구 관측 활동을 넘어 우주 영역에 대한 관측 연구와 탐사 활동을 포함한다(Lee & Sin, 2016).

과거 국가 수준으로 진행되어온 우주 탐사 활동은 최근 스페이스 X사의 재사용이 가능한 발사체의 성공적 개발과 버진갤럭틱사의 민간 우주여행 상품 시범 운영의 성공 등으로 민간 주도의 우주탐사 관련 산업계에 빠른 속도의 발전과 활성화를 견인하고 있다. 이렇듯 다각화 된 우주 탐사 활동의 전개로 우주 자원의 활용과 이와 관련된 기술 개발로 인한 부가 가치가 더욱 강조되고, 우주개발 선진국의 우주를 향한 연구와 탐사 경쟁도 더욱 심화되고 있다(Jeong, 2013). 이에 우주개발 선진국은 국가 경쟁력을 강화하는 장기적인 노력의 일환으로 미래 인재 교육에 힘을 기울이고 있다.

미국의 항공우주연구소, 또는 제트추진연구소에서는 후속세대와 미래 인재 양성을 위해 과학, 기술, 공학, 수학에 대한 교육을 위한 교육 예산과 조직을 갖추어 학교교육을 위한 교육과정이나 교육 콘텐츠 개발 및 관련 교사 연수 운영으로 다양한 학교교육 지원프로그램을 개발하여 공유하고 있다. 우리나라의 우주 과학 교육은 2015 개정 중학교 과학과 교육과정 중 ‘별과 우주’ 단원의 학습요소 ‘우주탐사 성과와 의의’로 소개되고 있으나 관련한 항공, 우주 관련연구소와 학교 현장 간의 교육 연계활동이 아직은 초기 단계에 있으며, 학교 교육 현장에서 즉각적인 활용이 용이한 검증된 교육 자료가 부족한 실정이다(Ministry of Education and Science Technology, 2011).

한편, 미래 사회는 융합 기술이 주도하는 시대이고(Ministry of Education, 2017) 세계적으로 융합기술의 전문성 신장과 함께 융합인재 양성을 위한 STEM 교육이 강조되고 있다. STEM 교육은 수학과 과학을 바탕으로 기술과 공학이 융합된 통합적 교육이며, 메타 학문적인 접근으로 정규 교육과정에 기술과 공학을 통합하여 수학 과학과 같은 교과목의 수업을 혁신시키는 교육으로 정의된다. 나아가 문제해결, 발견, 실험 학습 등으로 과정이 중요시되고 학생이 중심이 되는 수업으로 변화시키는 동력이 된다(NSF, 2010). 과학, 수학 교육에 기술과 공학을 도입하는 STEM 교육은 미국뿐 아니라 영국,

호주 등 여러 선진국에서 대두되어(Baek et al., 2011), 이제는 개발도상국가에서도 미래의 직업과 능력에 대비하기 위한 다양한 교육적 연구와 함께 STEM 교육의 현장 적용이 추진되고 있다.

급속한 과학 기술의 발전으로 관련 직종의 노동 시장에 빠른 변화가 나타나고, 이에 과학, 기술, 공학, 수학 연계 직업군에 요구되는 핵심 역량을 분석하여 관련한 역량을 기를 수 있는 현장 교육의 필요성이 강조되고 있다(Jang, 2018). 2015 개정 교육과정에서도 미래 인재를 위한 교육을 위해 추구하는 인간상으로 ‘바른 인성을 갖춘 창의 융합형 인재’와 함께 6가지 핵심역량을 제시하고 있다(Ministry of Education, 2017).

이를 구현하기 위해서는 각 분야의 이해와 함께 다양한 분야의 지식과 기술을 융합적으로 활용하는 사고를 길러야 하며, 학생 스스로 특정 맥락에서 학습한 내용을 새로운 문제 상황에 적용하여 문제 해결할 수 있는 능력이 요구된다(Choi & Kwon, 2015). 제한된 자원으로 주어진 상황의 문제를 해결하는 과정에서 교과 내, 교과 간 연결로 융합이라는 실천적 행위를 배우고 핵심 역량을 함양할 수 있다(Kim & Kim, 2020; Ministry of Education, 2017). 학습자 수준에서 해결 방안을 끌어낼 수 있는 관심을 끝마친 문제를 제시하는 것으로 수업을 시작하여 학생들이 스스로 주어진 문제를 해결하는 과정에서 협동하여 학습하고, 이 과정에서 창의적으로 해결하는 능력, 정보처리 능력, 의사소통 능력과 협동 능력이 향상될 수 있다(Cho & Lee, 2006).

국내에 개발된 다수의 STEM 또는 STEAM교육 프로그램은 문제 해결 과정 보다는 과목 간 요소의 결합과 산출물 제작 활동에 중점을 두어 왔다. 그러한 이유로 주어진 상황의 문제를 분석하는 과정에서 해결방법을 찾는 문제중심학습 모형을 적용한 융합인재교육 프로그램 연구의 필요성이 제기되기도 한다(Lee & Shim, 2019).

이에, 본 연구는 2015 개정 교육과정에 제시된 ‘우주탐사’를 주제로 과학, 기술, 공학, 수학 교과와의 융합으로 학생 중심의 문제 해결 활동으로 구성된 STEM 프로그램을 개발하고 이를 현장에 적용하여 효과성을 검증하고자 한다. 우주탐사 학습활동에서 제한된 자원과 주어진 상황을 제시하고 학생들 스

스로 해결할 문제가 제시되고 협력 활동 중에 STEM 요소를 종합적으로 적용하여 당면한 문제를 해결해나가는 문제중심학습 모형을 적용한 STEM 프로그램을 개발하고자 했다.

따라서, 본 연구에서는 중학교 과학과 교육과정의 우주탐사 주제의 문제중심학습 모형을 적용한 STEM 프로그램을 개발하고, 개발된 프로그램을 현장 적용한 후, 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학에 대한 태도에 미치는 효과를 분석하였다.

II. Materials and Methods

1. Participants

본 연구에서 개발한 프로그램은 P시 소재의 중학교 3학년 5개 학급을 연구 대상으로 실시되었다. 연구 대상이 있는 I중학교는 33학급의 대규모 중학교이고, 그 중 총 120명의 학생을 대상으로 우주탐사 교육을 위한 문제중심학습 모형이 적용된 STEM 프로그램을 투입하였다. 개발된 교수·학습 프로그램은 총 6차시에 걸쳐 2019년 11월 18일부터 12월 20일까지 정규교육과정 내 과학 수업시간에 이루어졌다.

2. Procedure

STEM 과목에 대한 태도의 변화를 알아보고자 2015 개정교육과정의 과학과 전체에서 우주 영역의 내용 체계를 확인했다. 태양계의 구성과 운동, 별의 특성과 진화, 우주의 구조와 진화가 핵심 개념으로 포함되어 있다. 이 중 우주탐사와 직접적으로 관련이 있는 내용 요소는 중학교 ‘별과 우주’ 단원의 ‘우주탐사 성과와 의의’이며, 과학 교과 이외에도 기술, 공학, 수학 분야와 융합이 되어 STEM 요소를 골고루 포함하고 있는 내용 요소이다. 본 연구에서는 ‘우주탐사 성과와 의의’에 활동을 포함하여 ‘우주탐사’를 학습 주제로 설정하였다.

<Table 1>은 중학교 3학년 ‘별과 우주’ 단원 관련 성취기준 및 학습활동이다. 성취기준에 도달하기 위해 ‘우주탐사’를 학습 주제로 ‘우주탐사 연대표 제작’

‘우주탐사선 연착륙’을 주요학습활동으로 설정하였다. 구체적으로, ‘우주탐사 연대표 제작’ 학습 활동을 통해 21세기 우주탐사의 성과를 학습할 수 있으며, ‘우주탐사선 연착륙’ 학습 활동을 통해 우주탐사의 방법과 의의를 학습할 수 있다.

<Table 2>는 활동주제별 STEM 요소이다. 교과별 내용체계에서의 교육 대상 수준을 고려하여 중학교 기술·가정, 수학 교과에 대한 2015 개정 교육과정 분석을 함께 진행하였다.

문제중심학습 모형이 적용된 STEM 프로그램에서는 과학을 기반으로 수학과 기술 교과가 연계되었다. 공통적인 주제인 우주탐사를 바탕으로 기술 교과에서는 수송 기술 단원의 항공 우주 기술의 발달과정과 연계하였으며, 수학 교과에서는 기하 단원의 정다면체의 성질과 연계하여 STEM의 요소를 추출하였다.

우주탐사의 현 위치를 확인하기위해 현재까지의 우주탐사 성과를 살피는 연대표 작성 활동과 천체의 표면에 탐사선을 무사히 안착시키는 활동을 시작하기 전 도입에서 문제중심학습 모형을 적용하여 학생들 스스로 활동 계획을 세울 수 있도록 하였다.

<Table 1> Achievement standards and learning activity

Unit	Achievement Standard	Learning Activity	Learning Content
VII. Stars and Space	[9과23-04] The significance of space exploration and its impact on mankind can be investigated and published.	1. Achievements of Space Exploration in the 21st Century	Exploration of Space Production Timetable
		2. Space probe Landing	Methods and Meanings of Space Exploration

<Table 2> STEM elements by activity topic

Activity	Learning element	STEM
----------	------------------	------

Topic	element
1. Exploration of Space Production Timetable	Result of space exploration S
	Space aviation technology T
	Usefulness of space exploration E
	Timetable production M
2. Space probe Landing	Characteristics of an exploration planet S
	Probe's landing system T
	Design and Fabrication of the Probe E
	Probe Landing Function Test E
	Characteristics of a polyhedron. M

문제중심학습 모형의 장점을 살려 학생들이 이미 학습한 내용을 새로운 문제 상황에 적용하여 문제를 해결하도록 학습자의 수준에서 해결 방안을 끌어낼 수 있는 문제제기를 하여 학생들이 주도적으로 문제를 해결하는 과정에서 학습을(Cho & Lee, 2006) 유지할 수 있도록 교수학습 과정을 설계했다.

3. Data Collect

교수·학습 과정안과 활동지는 지구과학 교육 전문가와 현직 교사에게 문제중심학습 모형 타당도 검토 체크리스트(Kang et al., 2007)에 서술식 문항을 추가한 내용의 타당도 검증을 진행하였다. 프로그램 개발 시 전공 내용과 교과 간 연계에 대해서 지구과학 교육 분야의 교수 1명, 과학 1급 정교사 5명, 수학 1급 정교사 1명, 기술·가정 1급 정교사 1명으로 총 8명으로부터 검토를 받았다.

타당도 검증 결과 중요하게 지적된 수학 교과와 관련한 내용의 제시 방법, 학생 수준을 고려한 실험 재료에 대한 안내, 학습 목표의 도달 여부를 확인할 수 있는 적절한 평가 방법을 등을 포함하여 전체 수정 및 보완하여, 최종 교수·학습 과정 안을 완성하였다.

4. Data Analysis

이 연구에서 적용한 STEM에 대한 학생들의 태도 검사 도구로 <Table 3>의 Mahoney(2009)가 개발한 'Student Attitude Toward STEM'을 바탕으로 서보현(2012)이 재구성한 'STEM에 대한 태도 검사지'를 사용하였다. 이 검사 도구는 STEM 교과에 대해 인식, 능력, 가치, 흥미의 지속성으로 네 개의 하위 영역으로 구분되고, 다시 하위 영역별로 각각 6문항으로 구성되어 전체 포함되는 문항은 총 24문항이다. 검사도구의 신뢰도(Cronbach α) 수치는 과학 .94, 기술 .91, 공학 .93, 수학 .96이다. 검사 도구는 4단계 척도 문항이며, 검사 결과는 '아주 많이'는 4점, '많이'는 3점, '조금'은 2점, '아주 조금'은 1점으로 배점하였다. 부정 문항은 의미를 반영하여 점수를 역으로 부여하여 점수를 산출하였다.

<Table 3> Configuring questionnaire by attitude measure sheet item for STEM (Seo, 2012)

Category	Question number	Reliability			
		Science	Technology	Engineering	Mathematics
Awareness	1, 2, 3, 4*, 5, 6				
Ability	7*, 8, 9, 10*, 11, 12*				
Value	13, 14, 15*, 16, 17, 18*	.94	.91	.93	.96
Commitment	19, 20*, 21, 22, 23*, 24				

(*negative question)

본 연구에서 개발한 문제중심학습이 적용된 STEM 프로그램 적용의 효과를 검증하기 위해 단일 학교 내 중학교 3학년 120명 학생들을 대상으로 사전검사와 사후 검사를 실시하여 연구 자료를 수집하였다.

수업 및 검사에 참여하지 못하거나 전체적으로 불성실한 응답을 한 학생의 자료는 사전·사후 결과에서 제거하였다. 사전 검사는 수업 일주일 이전에 실시하였다. 사후검사는 학습자의 기억효과의 영향을 최소화하기 위해 사전검사 실시 후 4주 후 실시하였으며 수업이 종료된 후 일주일 이내에 실시하였다. STEM에 대한 태도 검사는 프로그램이 투입

되는 수업의 전과 후에서 통계적으로 유의미한 차이가 있는지 알아보기 위해서 단일집단 대응표본 t -검정(Paired sample t -test)을 실시하였다.

III. Results

1. Development of STEM Education Program Focusing on ‘Space Exploration’

전문가 검토결과가 반영된 총 6차시로 구성된 최종 완성된 ‘우주탐사’ 주제의 STEM 프로그램의 개요는 [Figure 1]과 같다.

문제정의단계에서 상황 속의 문제제시와 문제파악을 하도록 하였다. 문제중심학습(PBL, Problem Based Learning) 모형이 강조하는 활용될 문제가 가지는 4가지 특성을 고려하여(Cho & Lee, 2006) [Figure 2]와 같이 문제 시나리오를 개발하였다.

첫째, 우주탐사선의 안전한 착륙이라는 문제와 부분적인 정보를 제시하여 해결책이 다양할 수 있는 비구조화 된 문제를 제시하였다. 둘째, 문제에서 우주탐사에서 ‘공포의 7분’이라는 현실의 상황과 실질적인 데이터를 포함하여 현실 세계에서 일어날 가능성이 높은 문제를 제시하였다. 셋째, 문제에 직면하는 당사자인 중학교 학생들의 어휘력, 문장이해력, 관심사 등을 고려한 문제를 제시하였다. 넷째, 교육과정의 탐구활동을 포함하여 성취 기준에 도달할 수 있도록 문제를 개발하였다.

다음으로 탐색 단계에서 우주탐사 연대표 제작활동과 탐색한 자료를 바탕으로 안전하게 착륙할 수 있는 우주탐사선을 제작하게 된다.

탐색활동으로 총 5가지 활동을 구성하였다. 첫 번째로 21세기 우주 탐사의 성과를 조사하는 활동이다. 두 번째는 조사내용을 바탕으로 보고서를 작성하여 학급 단위 우주탐사 연대표를 완성하는 것이다. 세 번째 탐색활동은 우주 탐사선의 착륙을 위해 낙하선의 설계 및 제작을 하고, 네 번째 탐색활동은 우주 탐사선의 착륙을 위해 구조물을 설계한다. 다섯 번째 탐색활동은 3D펜으로 구조물을 제작하는 활동이다. 마지막으로 문제해결 단계에서는 우주 탐사선을 직접 착륙시킨 후에 발표를 통해 자료를 공

유한다. 그리고 자기평가 및 동료평가를 통해서 학습과정을 반성하는 것으로 마무리된다.

차시	학습활동	PBL 단계	STEM 요소
1	□동기유발 - 민간 우주 개발 산업의 다양한 활약을 보고 21세기 우주탐사에 대해 흥미 갖기 □문제제시 - 우주탐사선을 안전하게 착륙시키기 위한 문제 제시 □문제파악 및 정의하기 - 제시된 문제가 어떤 상황이며, 무엇이 해결되어야 하는지 정의하기	문제 정의	S T
2	□문제해결 계획표 작성하기 - 알고 있는 것, 알아야 할 것, 알아내는 방법 진술하기 □문제해결을 위한 탐색하기 - 탐색활동1: 21세기 우주탐사 성과 조사하기	탐색	S T E M
3	- 탐색활동2: 학급 단위 우주탐사 연대표 제작하기		
4	- 탐색활동3: 우주탐사선의 낙하선 설계 및 제작하기		
5	- 탐색활동4: 우주탐사선의 구조물 설계하기		
6	□문제해결 □문제해결 계획표 작성하기 - 우주탐사선 안전하게 착륙시키기 □문제해결 발표 및 공유하기 - 모둠별 문제해결 발표 및 최선의 해결책 논의 □문제해결 과정 평가 - 자기평가 및 동료평가	문제 해결	S E

[Figure 1] Overview of the developed STEM program

우주탐사선 착륙 프로젝트

안녕하세요? 저는 한국항공우주연구원 원장입니다.
여러분은 ‘MARS 2020’이라는 우주탐사선에 대해 알고 있나요? 마로 2020년에 발사 예정인 화성 탐사 로버입니다. 화성은 제1의 지구라고 할 만큼 태양계에 있는 행성들 중에서 가장 지구와 비슷한 행성이어서 많은 탐사선이 보내졌습니다.

화성에 탐사선을 보내는 일 중에 가장 큰 어려움은 탐사선이 무사히 착륙하는 것이라고 합니다. 정말 고난도 기술이 필요해서 ‘공포의 7분’이라 불린다고 알려졌는데, 어떤 상황을 말하는 걸까요?
탐사선이 대기권에 진입하여 착륙하는데 걸리는 7분의 상황을 뜻합니다. 착륙 전 속도를 줄여야 하는데 화성 대기압은 지구의 0.7%밖에 안 되기 때문에 이때 감속하는 게 굉장히 어렵습니다. 가장 중에 돌풍이 불어 우주선이 뒤집히거나, 낙하산 줄이 꼬이는 사고가 일어날 수 있으며, 또 탐사선 다리가 휘어지는 등 예기치 못한 상황이 많이 발생했습니다. 현재 화성 착륙에 성공한 나라는 미국밖에 없고, 그 성공확률조차 40%에 불과합니다. 그래서 이 과정이 화성 임무에서 가장 어려운 과정이고, 공포의 7분이라고 부르는 이유입니다.

여러분에게 무사히 착륙시켜야 할 탐사선이 있습니다. 지금부터 저와 함께 한국항공우주연구원의 우주탐사연구원이 되어 임무를 수행해봅시다. 먼저, 성공적인 임무를 수행하기 위해서는 21세기 우주탐사에 대한 연구가 필요합니다. 우주탐사 성과를 연도순으로 조사해봅시다. 그리고 조사한 내용을 바탕으로 탐사선이 안전하게 착륙할 수 있도록 낙하산과 구조물을 제작해봅시다. 그럼 여러분의 멋진 생각을 기대하겠습니다.

출처: YTN사이언스(science.ytn.co.kr)

[Figure 2] Activity sheet(PBL scenario)

2. Learning Process Plan

본 우주탐사 교육을 위한 문제중심학습 모형이 적용된 STEM 프로그램은 6차시에 걸쳐 수업이 이루어진다. [Figure 3]은 2차시 교수·학습 과정안의 일부이며, 조사 내용을 바탕으로 모듈별 보고서를 작성하고 학급 단위의 연대표를 제작하는 활동이다. [Figure 4]와 같이 각 모듈별로 완성한 주요 우주탐사 성과보고서를 칠판의 연대표의 알맞은 위치에 게시하여 학급 단위 전체 우주탐사 연대표를 완성한다. 모듈별 조사 주제가 다르므로 발표를 통해 학급 학생들과 공유한다. 과학실이나 교내에 연대표를 전시할 공간이 있다면 학년 단위 우주탐사 연대표를 제작 시 더 풍성한 내용을 포함할 수 있다.

대상	중학교 3학년	차시(시간)	2/6(45분)
단계	교수·학습활동		STEM 요소
도입 (5분)	• 우리나라의 우주탐사 계획 소개하기 -우주개발 중장기 계획에 대해 알고 우주탐사에 대해 흥미 갖기		S 우주 탐사의 성과
전개 (35분)	• 우주탐사 성과 보고서 작성 -1차시 조사 내용을 바탕으로 모듈별 보고서 작성 • 탐색활동2: 학급 단위 우주탐사 연대표 제작하기 -보고서를 알맞은 위치에 게시하여 학급 단위 우주탐사 연대표 만들기 • 21세기 우주탐사 성과 발표 -연도순으로 조사 결과 모듈별 발표하기 -발표 내용을 듣고, 우주탐사가 인류에게 미치는 영향을 생각하기		T 우주 항공 기술 E 우주 탐사의 유용성
정리 (5분)	• 자기 평가		M 연대표 그리

[Figure 3] Second learning process plan

[Figure 5]과 [Figure 6]은 각각 4차시와 5차시의 교수·학습 과정안의 일부이며, [Figure 7]은 수업활동에서 사용한 재료와 설명에 해당한다. 수업재료는 상황에 맞게 조정할 수 있겠다. 4~5차시에 걸친 네 번째 탐색활동은 탐사선을 보호할 수 있는 구조물을 설계하고 주어진 재료를 이용하여 학생들이 직접 제작하는 것이다.

구조물은 설계 및 제작은 수학 교과와 정다면체 특징과 정다면체의 순환 원리를 포함하였다. 3D펜을 사용하여 3차원적인 구조물을 만드는 과정이 쉽



[Figure 4] Example of students' reports and timeline

지 않다. 정다면체는 모든 면이 합동이므로 정다각형의 반복하여 만들어 붙이는 방법으로 3차원 구조물인 정다면체를 쉽게 완성할 수 있다. 어떤 모양의 다각형이 몇 개가 반복되어야 정다면체가 될 수 있는지 알아보기 위해 설계도를 작성하고, 정다면체의 순환 원리를 이용하여 정다면체 안에 또 다른 정다면체를 포함하는 더 안전한 구조물을 설계하였다.

대상	중학교 3학년	차시(시간)	4/6(45분)
단계	교수·학습활동		STEM 요소
도입 (5분)	• 정다면체는 정다면체를 품을 수 있을까? -정다면체의 순환에 흥미 갖기		
전개 (35분)	• 정다면체의 특징과 순환 이해하기 -5종류의 정다면체의 특징 -정다면체의 순환 • 탐색활동4: 우주탐사선의 구조물 설계하기 -우주탐사선 안전하게 착륙시키기 위해 구조물 설계도 그리기 -정다면체를 이루는 면의 모양과 면의 개수 구하기 -정다면체의 순환을 이용하여 구조물 설계하기		S 탐사 행성의 특징 E 탐사선 설계 M 정다면체의 성질
정리 (5분)	• 정리 및 차시예고		

[Figure 5] Fourth lesson learning process plan

대상	중학교 3학년	차시(시간)	5/6(45분)
단계	교수 · 학습활동		STEM 요소
도입 (5분)	· 지난 시간 내용상기		S 탐사 행성의 특징 T 탐사선의 착륙 시스템 E 탐사선제 작 M 정다면체 의 성질
전개 (35분)	· 탐색활동4: 우주탐사선의 구조물 설계 및 제작하기 -지난 시간 설계도를 토대로 구조물 제작하기 -낙하산과 구조물 연결시키기 -주의사항: 3D펜을 사용 시 면장갑을 반드시 착용하며 화상에 주의한다. 니퍼를 조심히 사용한다.		
정리 (5분)	· 정리 및 차시예고		

[Figure 6] Fifth lesson learning process plan

구분	실험 재료
탐사선	탐사선의 역할을 하는 실험 재료는 LED 발광볼, 달걀 등을 사용할 수 있다. 본 수업에서는 LED 발광볼을 사용하였는데, 충격을 받으며 불빛으로 나타나 결과를 분명하고 즉각적으로 확인할 수 있었다. 또한 달걀에 비해 재료 보관과 활동 이후에 뒤처리 가 용이하다.
구조물	본 수업에서는 학생들이 흥미있어 하는 3D펜을 사용하여 구조물을 제작하였다. 구조물의 재료는 PLA 필라멘트를 사용하였다. PLA는 옥수수 전분에서 추출한 원료로 만든 생분해성 플라스틱이다. 구조물 역할을 하는 재료는 고무줄, 젓가락, 빨대 등 일상생활에서 자주 사용하는 재료를 사용할 수 있다. 다양한 재료 중에서 충격을 흡수하기 위한 탄성이 있는 고무줄과 같은 재료를 포함해야 한다.

[Figure 7] Experimental materials

[Figure 8]은 학생들의 완성한 우주낙하 구조물 예시이다. 5차시에서는 설계도를 바탕으로 3D펜 사용하여 구조물을 제작하는 과정으로 구조물 제작이 완성되면 4차시에서 제작한 낙하선과 연결시킨다. [Figure 9]은 마지막 6차시 교수·학습 과정안의 일부이며, 제작한 탐사선을 연착륙시키는 과정의 해결책을 제시하고 결과 발표를 통해 해결책 공유하는 수업이다.

어떤 모듈의 수행 결과가 가장 적절한 해결책이라고 볼 수 있는지 활동지에 작성하여 최선의 해결책을 알아본다. 또한 활동이 끝난 후 우주 탐사가 인류에게 미치는 영향에 대해 발표하는 시간을 통해 우주탐사의 의의를 알아본다. 평가기준에 비추어 모듈별로 탐색활동이 어느 정도 잘 수행되었는지 동료평가를 통해 확인한다. 또한 학생들 스스로가 해결의 과정에서 어떠한 어려움과 만족감을 느꼈는지 자기평가를 통해 반성하게 한다.

2, 4, 6차시 학생활동지, 자기 및 동료평가 양식이 제공되었다. [Figure 10]은 4차시의 활동지로 정다면체의 성질을 이용하여 구조물을 설계하는 과정이다. [Figure 11]는 평가양식으로 2차시에 쓰인 자기평가 양식과 6차시에 사용된 동료평가 양식이다. 자기 평가에서는 상, 중, 하, 동료평가에서는 순위를 빈칸에 넣고 각각 느낌과 의견을 담을 수 있도록 하였다.



[Figure 8] Example of a falling structure

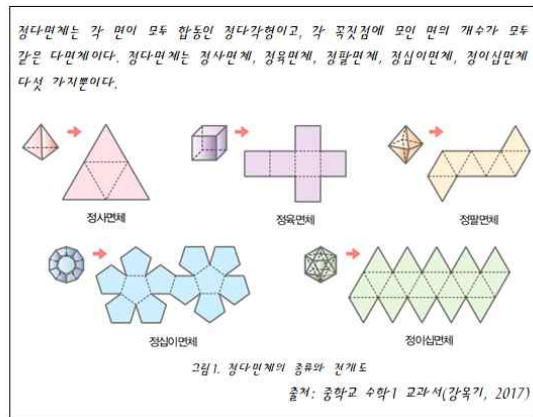
대상	중학교 3학년	차시(시간)	6/6(45분)
단계	교수·학습 활동		STEM 요소
도입 (5분)	• 화성에 이름을 보내는 이름 탐승권 발급 소개		 탐사 행성의 특징  탐사선의 착륙 시스템  탐사선 착륙 기능 테스트 하기
전개 (35분)	• 해결책 고안 및 제시하기 —우주탐사선 착륙시키기, 우주탐사선의 무게 측정, 낙하시간 기록, 탐사선의 상태 확인하기 —주의사항: 낙하산이 잘 퍼지도록 떨어뜨리기 전에 손으로 낙하산 모양을 잘 잡아주어야 한다. 일정한 높이에서 끈이 꼬이지 않도록 주의하면서 낙하산을 떨어뜨린다. 높은 곳에서 안전을 유의한다. 자상에 사람이 없는 것을 확인하고 낙하한다. • 해결책 발표 및 공유하기 —낙하속도가 가장 긴 낙하산은?, 가장 안정적인 구조물은?, 우리 모듈의 보완할 점은? 등 • 우주탐사의 의의 발표하기 —우주탐사가 인류에게 주는 영향 및 이점		
정리 (5분)	• 자기 평가, 동료 평가(모둠 평가)		

[Figure 9] Sixth lesson learning process plan

탐구 주제	우주탐사선의 구조를 설계		차시	4/6
학습 목표	우주탐사 과정을 알고, 안전한 착륙선을 제작할 수 있다.			
모둠명	() ()	학년 ()	반 ()	번 이름: ()
준비물	30cm 자, 각도기			

탐색활동4. 우주탐사선 구조물 설계

1. 다음 내용을 읽고 정다면체에 대해 이해하자.



2. 위 그림을 참고하여 표를 채워보자.

정다면체	정사면체	정육면체	정팔면체	정십이면체	정이십면체
면의 모양					
면의 개수					

[Figure 10] Example of a falling structure

평가

평가1. 우주탐사 연대표 제작 활동 자기 평가

나의 활동 모습에 대해 스스로 평가하여 봅시다.

활동	평가 영역	평가 항목	상	중	하
21세기 우주탐사 성과조사	과학적 의사소통 능력	내가 맡은 역할을 잘 수행하였는가?			
		자료 조사에 모동원과 협력하였는가?			
우주탐사 연대표 만들기	과학적 사고력	주제와 적합한 내용으로 자료 조사를 하였는가?			
		자료의 내용을 논리적으로 구성하였는가?			
		자료를 만들 때 다양한 아이디어를 구성하였는가?			

<느낀 점>

평가2. 우주탐사선 착륙 활동 동료(모둠) 평가

발표 및 우주탐사선 착륙 활동에 대해 모둠별로 동료 평가를 합니다. 순위에 해당하는 모둠을 빈칸에 적어주세요.

활동	평가 영역	평가 항목	1순 위	2순 위	3순 위
탐사선 착륙	과학적 문제 해결력	탐사선의 낙하산이 효율성을 높이도록 설계하였는가?			
		탐사선의 구조물이 안정성을 높이도록 설계하였는가?			
		탐사선의 경제성을 높이기 위한 아이디어를 제시하였는가?			
		조사한 과학적 지식을 활용하여 탐사선을 제작하였는가?			
결과 발표	과학적 의사소통 능력	발표 내용의 구성이 주제와 적합하고, 핵심적인 내용을 포함했는가?			
		발표 시간, 성량, 속도, 시선처리, 발표 태도 모두 적절했는가?			
		다른 모둠의 발표 시 경청하였는가?			

[Figure 11] Self-evaluation, peer-evaluation

3. Result Analysis

<Table 4-7>은 105명 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학의 4개 교과목 별 인식, 능력, 가치, 흥미의 지속 영역으로 측정된 총 96문항의 결과를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

<Table 4> *t*-test results by attitude area of science

Factor	N	Pre-test		Post-test		<i>t</i>	<i>p</i>
		Aver age (M1)	Standard deviation (SD1)	Aver age (M2)	Standard deviation (SD2)		
Awareness	105	2.48	.94	2.57	.87	-1.98	.023*
Ability	105	2.40	.93	2.57	.86	-3.74	.000**
Value	105	2.76	.94	2.90	.86	-2.79	.002**
Commitment	105	2.55	.99	2.67	.87	-2.42	.007**

p*<.05, *p*<.01

<Table 5> *t*-test results by attitude area of technology

Factor	N	Pre-test		Post-test		<i>t</i>	<i>p</i>
		Aver age (M1)	Standard deviation (SD1)	Aver age (M2)	Standard deviation (SD2)		
Awareness	105	2.10	.86	2.25	.84	-9.71	.000*
Ability	105	2.29	.94	2.54	.87	-5.81	.000**
Value	105	2.49	.92	2.69	.89	-4.17	.000**
Commitment	105	2.30	.94	2.51	.88	-4.62	.000**

p*<.05, *p*<.01

<Table 6> *t*-test results by attitude area of engineering

Factor	N	Pre-test		Post-test		<i>t</i>	<i>p</i>
		Aver age (M1)	Standard deviation (SD1)	Aver age (M2)	Standard deviation (SD2)		
Awareness	105	2.10	.95	2.26	.85	-3.41	.000*
Ability	105	2.24	.91	2.49	.87	-5.80	.000**
Value	105	2.46	.93	2.67	.89	-4.20	.000**
Commitment	105	2.31	.94	2.50	.89	-4.10	.000**

p*<.05, *p*<.01

<Table 7> *t*-test results by attitude area of mathematics

Factor	N	Pre-test		Post-test		<i>t</i>	<i>p</i>
		Average (M1)	Standard deviation (SD1)	Average (M2)	Standard deviation (SD2)		
Awareness	105	1.99	.96	2.19	.93	-4.01	.000*
Ability	105	2.17	1.01	2.43	.82	-5.20	.000**
Value	105	2.61	1.03	2.77	.95	-2.80	.000**
Commitment	105	2.29	1.01	2.50	.92	-4.03	.000**

p*<.05, *p*<.01

과목별 태도 영역을 분석한 결과, 프로그램 적용 후에 과학에 대한 각 태도에서 평균 점수 차이는 능력 0.17, 가치 0.14, 흥미의 지속 0.12, 인식 0.09 순으로 나타나 과학에 대한 태도 중 능력 영역에서 가장 큰 평균 차이가 있었고, 인식에서 가장 작은 평균 차이가 있었다. 기술에 대한 각 태도에서 평균 점수 차이는 능력 0.25, 흥미의 지속 0.21, 가치 0.2, 인식 0.15 순으로 나타나 기술에 대한 태도 중 능력 영역에서 가장 큰 평균 차이가 있었고, 인식에서 가장 작은 평균 차이가 있었다. 공학에 대한 각 태도에서 평균 점수 차이는 능력 0.25, 가치 0.21, 흥미의 지속 0.19, 인식 0.16 순으로 나타나 공학에 대한 태도 중 능력 영역에서 가장 큰 평균 차이가 있었고, 인식에서 가장 작은 평균 차이가 있었다. 수학에 대한 각 태도에서 평균 점수 차이는 능력 0.26, 흥미의 지속 0.21, 인식 0.2, 가치 0.16 순으로 나타나 수학에 대한 태도 중 능력 영역에서 가장 큰 평균 차이가 있었고, 가치에서 가장 작은 평균 차이가 있었다.

기술, 공학, 수학에 대한 평균 점수의 변화가 비슷하나 과학에 대한 평균 점수 차이가 유독 낮았다. 이는 사전·사후 검사의 점수가 모두 높아 변화 차이가 적은 것으로 해석된다. 이는 사전·사후검사에서 기술, 공학, 수학에 대한 태도 점수 보다 과학에 대한 모든 태도에서 높은 점수를 보이고 있다는 Seo (2012), Park (2015)의 연구결과와 일치한다.

또한 STEM의 모든 교과에서 태도 중 능력 영역에서 가장 큰 평균 점수의 변화를 보였다. 이것은 기술과 공학에 대한 태도에서는 능력 영역에서 긍정적인 영향을 보이는 Seo (2012), Park (2015)연구와 일치한

다. 이는 학생들이 문제중심학습 STEM 프로그램을 통해 활동 중심 수업을 하면서 성공적 경험을 바탕으로 자신감을 얻으면서 변화한 것으로 예측된다.

기존의 연구결과와는 다르게 과학, 기술, 공학에서는 인식 영역에서 가장 작은 평균 점수의 변화가 나타났다. 이는 인식에서 가장 큰 변화가 있는 Seo (2012)의 연구결과와 불일치한다. 학생들이 문제중심학습 모형이 적용된 STEM 프로그램에서 흥미와 호기심을 많이 느꼈으나, 이 흥미와 호기심이 STEM 교과로 온전하게 연장되지 못했다고 생각한다. 프로그램이 일시적으로 학생의 관심과 흥미를 끌더라도 STEM 교과에 대한 흥미를 지속적으로 유지시키지 못한다. 이는 STEM 교과에 대한 인식을 개선하기 위해서는 일시적인 문제중심학습 모형이 적용된 STEM 프로그램 운영이 아닌 학생들의 흥미를 꾸준히 불러일으킬 수 있는 대안이 필요하다.

본 연구를 통해 개발한 ‘우주탐사’ 주제의 문제중심학습 모형이 적용된 STEM 교수학습프로그램은 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학에 대한 태도 향상에 긍정적인 효과가 있었다. 인식, 능력, 가치, 흥미의 지속 각 영역에서 사전 검사에 비해 사후 검사에서 평균 점수가 모두 올랐으며, 통계적으로도 유의미한 변화를 보였다.

수업 활동지의 자율 서술형식 문항에 대한 학생들의 의견은 [Figure 12]와 같다. 인식 영역과 관련한 서술식 답변으로 긍정적 답변은 태도 영역에서 가장 많았다. STEM에 대한 태도 검사지에서 인식 영역의 평균 변화가 가장 작은 것과는 상반된 결과이다. 총 6차시의 교육 프로그램이 우주탐사라는 주제에 대한 긍정적 인식변화가 STEM 과목에 대한 인식변화로 이루어지기에는 짧은 시간일 수 있으나, STEM에 대한 태도 검사지의 모든 교과에서 능력 영역의 평균 변화가 가장 큰 것과 마찬가지로 서술식 답변도 긍정적 답변이 많았다.

또한 [Figure 13]을 보면 학생들 스스로가 느끼기에 쉽지 않은 내용임에도 불구하고 활동을 통해 내용 파악 및 이해도를 높였다고 대답하였다. 능력 영역에서 가장 큰 평균 차이를 보였던 것은 성공적 경험을 하여 자신감을 얻었기 때문으로 보인다. STEM에 대한 태도 중 가치 영역과 관련한 답변을 분석한 결과 학생들이 실제적 상황과 유사한 문제

상황에서 경험을 해봄으로써 우주탐사의 가치와 필요성을 느껴 평균 변화에 영향을 끼친 것으로 보인다. STEM에 대한 태도 중 흥미의 지속성과 관련한 답변은 거의 찾을 수 없었다. 수업 시간의 일시적 흥미가 교과목에 대한 흥미의 지속으로 연장되기에 짧은 시간인 것으로 판단된다.

(A학생)
“우주탐사에 대해서 자세히 알아볼 수 있는 기회가 많이 있는데 전문가까지는 아니더라도 알아보고 만들어 봐서 매우 좋았다.”
(B학생)
“우주탐사는 어렵고 지루하다고 생각했는데, 수업을 하고 나니 어렵지만 재미있다는 생각으로 바뀌었다. 어려워도 재미있고 지루하지 않다.”
(C학생)
“구조물을 만들고 3D펜으로 수업을 할 때 우주 기술에서 하는 것과 비슷한 것을 하면서 재미있다고 생각했다. 구조물을 만들어서 실험하는 것도 신기하고 새로운 경험이라서 좋았다.”
(D학생)
“우주탐사가 멀게만 느껴지던 항목이었는데 수업을 하고 나서 좀 더 가깝게 느껴졌다.”
(E학생)
우주탐사에 대해서 평소에 많은 관심을 가지지 않았는데 이번 STEM 수업을 통해 관심과 흥미를 가질 수 있었고 새로운 것을 배울 수 있는 계기가 된 것 같습니다.
(F학생)
원래는 우주에 관한 생각이 전혀 없었는데 수업을 듣고 나서 우주에 대한 흥미가 생겼다.

[Figure 12] Descriptive answer to the awareness

(A학생)
“실험 전에는 말로만 설명을 들어서 이해가 잘 안되었지만 직접 실험을 해보고 성공한 팀의 사례를 보니 이해가 잘 되었다.”
(B학생)
“우주탐사의 과정 자체를 인식하지 못하고 있었는데 작은 활동들이 모여 우주탐사가 이루어짐을 알게 되었다.”
(C학생)
“우주탐사는 과학과 수학, 공학 등 모든 이과적 과목에 관련이 있다는 것을 알게 되었고, 내용이 흥미로웠다.”
(D학생)
“초등학교 때부터 우주에 대한 관심이 매우 많았는데 이번 재미있는 과학 수업으로 인해 더욱 깊숙이 상세하게 알게 되어 나의 지식이 한층 더 쌓인 기분이 다 만족합니다.”
(E학생)
“처음에는 우주탐사선 개발이 어려운 줄 알았지만 여러 세부적 내용을 접하고 생각하도록 생각을 바꿀 수 있었다.”
(F학생)
“우주탐사가 하려면 복잡한 것만 알고 있었지만 그 복잡한 것이 무엇인지에 대해서 알게 되었다.”
(G학생)
“우주탐사는 그냥 이루어지는 것이 아닌 과학, 기술, 공학 수학이 복합적으로 이루어지는 것이며, 우주탐사를 위해 많은 노력이 있었다는 것을 알 수 있었다.”

[Figure 13] Descriptive answer to the ability

IV. Conclusions

본 연구에서는 우주탐사 교육을 위한 문제중심학습 모형이 적용된 STEM 프로그램을 개발하고 중학교 수업에 적용하였다. 2015 개정 교육과정에서 STEM 프로그램이 필요한 우주탐사를 학습주제로 두고, ‘우주탐사 연대표 제작’과 ‘우주탐사선 연착륙’이라는 2가지 주요 활동으로 개발하여, 총 6차시의 교수·학습 과정안과 학생 활동지, 평가 자료를 구성하였다. 개발된 교육 프로그램은 전문가 8인에게 내용 타당도 점검을 받아 수정·보완하여 최종 문제중심학습 모형이 적용된 ‘우주탐사’ 주제의 STEM 교육 프로그램을 개발하였다. 비구조화 된 상황 제시 문제로부터 시작하는 문제중심학습을 적용하여 학생 중심의 탐구활동으로, 중학교 과학 ‘별과 우주’ 단원의 우주탐사 내용과 수학 ‘기하’ 단원의 다면체의 성질과 기술 ‘기술시스템’ 단원의 우주수송 기술 내용을 바탕으로 과학, 기술, 공학, 수학 교과를 융합한 STEM 프로그램을 개발하였다.

2015개정교육과정에서 추구하는 미래인재에 필요한 역량과 중학교 과학과의 우주탐사 교육을 위해 개발된 STEM 프로그램은 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학에 대한 태도에 다음과 같은 변화가 있었다.

첫째, 문제중심학습 모형을 적용한 STEM 프로그램을 적용 이후에 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학 교과에 대한 태도인 인식, 능력, 가치, 흥미의 지속 영역에서 사전 검사에 비해 사후 검사에서 통계적으로 유의미하게 평균 점수가 모두 상승하는 변화를 보였다($p < 0.05$).

둘째, 과학에 대한 태도 영역에서 평균 점수 변화는 능력, 가치, 흥미의 지속, 인식 순으로 높게 나타났다. 기술에 대한 태도 영역에서 평균 점수 변화는 능력, 흥미의 지속, 가치, 인식 순으로 높게 나타났다. 공학에 대한 태도 영역에서 평균 점수 변화는 능력, 가치, 흥미의 지속, 인식 순으로 높게 나타났다. 수학에 대한 태도 영역에서 평균 점수 변화는 능력, 흥미의 지속, 인식, 가치 순으로 높게 나타났다. 결과적으로 우주탐사 교육을 위한 문제중심학습 모형이 적용된 STEM 프로그램이 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학 교과에 대한 태도에 긍정적인 영향

을 미쳤다고 분석할 수 있다.

본 연구에서 우주탐사 교육을 위한 문제중심학습 모형을 적용한 STEM 프로그램을 활용한 수업이 중학교 학생들의 STEM 교과에 대한 긍정적 태도를 갖게 하는 것을 확인 할 수 있었다. 선행연구를 분석한 결과 2015 개정 교육과정에서 제시하는 내용요소와 성취기준을 반영한 학생 중심의 검증된 STEM 프로그램이 매우 부족한 실정이다. 이에 따라 중학생뿐 아니라 초등학생, 고등학생을 위한 다양한 문제중심학습 STEM 프로그램을 개발이 요구된다.

References

- Kang, I. A., Jung, J. H., & Jeong, D. N. (2007). *Practical understanding of PBL*. Seoul: Moonumsa
- Kim, H. J., & Kim, H. S. (2020). Analysis of the science education objectives in textbook of 2nd grade middle school following the 2015 revision national curriculum - based on Klopfer's classification of educational goals. *Brain, Digital, & Learning*, 10(1), 123-135.
- Ministry of Education and Science Technology. (2011). *The construction of NASA-level education system*. Seoul: Korea.
- Ministry of Education. (2017). *Explanation of the 2015 revised curriculum: middle school*. Sejong: Korea.
- Park, B. Y. (2013). Development and application of systems thinking-based STEAM education program to improve secondary science gifted and talented students' systems thinking skill. *Journal of Gifted/Talented Education*, 24(3), 421-444
- Baek, Y., Park, H., Kim, Y., Noh, S., Park, J. Y., Lee, J., et al. (2011). STEAM education in Korea. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 11(4), 149-171.
- Seo, B. H. (2012). *Development and implementation of creative design and scientific inquiry-based STEM education program*. Unpublished Master's Thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea.
- Lee, J. M., & Sin, M. S. (2016). *R&D policy for sustainable space exploration*. Seoul: KISTEP Issue paper
- Lee, J. Y., & Shim, K. C. (2019). The effect of problem-based STEAM program on the science-related attitudes and the perception about the STEAM instruction for high school students. *Biology Education*, 47(1), 59-71.
- Jang, H. W. (2018). Identifying key competencies required for STEM occupations. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(6), 781-792.
- Jeong, S. Y. (2013). Space programs and policies of the major space-faring nations and their implications to Korea. *The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, 1021-1024.
- Cho, Y. S., & Lee, M. J. (2006). *Theory & practice of PBL*. Seoul: Hakjisa.
- Choi, Y. G., & Kwon, Y. J. (2015). A discussion on the meaning and effect of the convergence learning in science education. *Brain, Digital, & Learning*, 5(3), 11-18
- Mahoney, M. P. (2009). *Student attitude toward STEM: Development of an instrument for high school STEM-based programs*. Unpublished Doctorial Dessertation, The Ohio State University, USA.
- National Science Foundation (2010). *Preparing the next generation of stem Innovators: Identifying and developing our nation's human capital*. National Science Board.

[저자의 소속과 직위]

오현진 : 포항이동고등학교, 교사, 제 1저자

손정주 : 한국교원대학교, 교수, 교신저자