



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학석사 학위논문

학생 행위주체성 함양을 위한
데이터 기반 탐구프로그램
개발 및 적용
- 환경 문제를 중심으로 -

2023년 8월

서울대학교 대학원
AI융합교육학과 AI융합교육전공
오혜란

학생 행위주체성 함양을 위한
데이터 기반 탐구프로그램
개발 및 적용

- 환경 문제를 중심으로 -

지도교수 정 대 홍

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함
2023년 8월

서울대학교 대학원
AI융합교육학과 AI융합교육전공
오 혜 란

오혜란의 석사 학위논문을 인준함
2023년 8월

위 원 장 유 준 희 (인)

부위원장 조 정 효 (인)

위 원 정 대 홍 (인)

국문초록

행위주체성은 학생들이 미래사회에서 목적의식을 가지고 주도적으로 자신의 삶을 잘 살아가게 하는 데 필요한 중요한 역량이다. 본 연구는 학생 행위주체성을 함양하기 위한 데이터 기반 탐구프로그램을 개발하고 적용하여 그 효과를 검증하고자 하였다. 여러 측면의 행위주체성 중 환경보존과 환경과학의 맥락에서 행위주체성을 탐색하는 환경과학 행위주체성(environmental science agency, ESA) 관점에서 프로그램을 개발하고 학생의 행위를 분석하였다.

프로그램의 단계는 ‘도입-탐색-실행-평가-확장’으로, 환경 문제와 관련하여 탐구 문제를 설정하고 실제적 데이터를 수집하여 분석한 후, 탐구 결과를 공동체와 공유하도록 구성하였다. 환경과학 행위주체성을 함양시킬 수 있는 요소를 반영하여 프로그램 내용과 운영 규칙을 설정하였다. 개발한 프로그램에 대해 전문가 5인에게 내적 타당화(CVI \geq 0.8, IRA \geq 0.8)를, 현장 교사 3인에게 경험적 탐색을 받았다.

고등학교 1학년 학생 6명을 대상으로 개발한 프로그램을 적용하였다. 학생들의 환경과학 행위주체성의 양상과 변화를 살펴보기 위해 본 연구에서 개발한 행위주체성 검사 결과, 참여관찰일지, 탐구일지, 탐구보고서, 면담 전사본, 수업 평가 결과 등 다양한 자료를 수집하여 분석하였다.

학생들은 본 연구에서 개발한 행위주체성 검사의 모든 문항에 대해 프로그램 활동 후 향상되었다는 범주에 응답하였다. 특히, ‘지속적으로 환경 관련 문제에 관심을 가지고 해결 방안을 찾는다’, ‘환경적으로 지속 가능한 세상을 만들기 위해 실천한다’ 문항에 대

한 향상 정도 점수가 가장 높게 나와 학생들이 환경 문제에 대해 적극적인 행위자로 변화하는데 본 연구에서 개발한 프로그램이 초석이 될 수 있음을 보여주었다.

학생들은 프로그램 탐구를 수행하면서 환경 과학 및 데이터 분석 관련 지식을 능동적으로 습득해 나가고 각자 자신 있는 전문 영역을 형성하여 책임 있는 역할을 맡는 모습을 보였다. 탐구 문제와 관련된 환경 문제를 자신에게 영향을 미칠 수 있는 중요한 문제로 인식하고 문제를 해결하기 위한 친환경적 행동을 해야겠다고 생각하게 되었다. 여기에 그치지 않고 실제적 데이터를 근거로 한 탐구 결과를 공유하는 것이 중요한 과정이며 공동체의 변화를 이끌어내는 토대가 될 수 있다는 것을 깨닫게 되었다.

환경과학 행위주체성 함양에 영향을 미친 프로그램의 중요 요소는 ‘환경 문제와 관련된 탐구 주제 설정’, ‘실제적 데이터 분석’, ‘참 탐구에 가까운 개방형 탐구’이었다.

본 연구는 미래 사회 핵심역량인 행위주체성을 함양할 수 있는 데이터 기반 탐구프로그램을 제안하고 현장 적용 가능성을 확인하였으며, 환경과학 행위주체성을 포착할 수 있는 행위를 규명하였다는 데 그 의의가 있다. 이 연구를 토대로 환경과학 행위주체성을 함양할 수 있는 데이터 기반 탐구 프로그램들이 다양하게 개발되고 학교 현장에 활발히 적용되기를 기대한다.

주요어 : 행위 주체성, 환경과학 행위주체성, ESA, 실제적 데이터, 데이터 기반 탐구

학 번 : 2021-21994

목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구의 목적 및 필요성	1
제 2 절 연구 문제	4
제 3 절 용어의 정의	5
제 2 장 이론적 배경	7
제 1 절 데이터 기반 과학 탐구	7
제 2 절 학생 행위주체성	9
제 3 절 과학교육에서 나타나는 행위주체성	11
제 4 절 환경과학 행위주체성	13
제 3 장 연구 방법	17
제 1 절 연구 절차	17
제 2 절 연구 대상	18
제 3 절 연구 도구	18
1. 전문가 타당화 검사지	18
2. 행위주체성 검사지	19
3. 참여관찰일지	22
4. 탐구 일지, 탐구 보고서	22
5. 수업 평가 설문지	23
제 4 절 자료 수집	24
1. 내적 타당화 및 경험적 탐색	24
2. 외적 타당화	25
3. 행위주체성 발현 양상 파악	25

제 5 절 자료 분석	26
1. 전문가 타당화 자료	26
2. 행위주체성 검사 자료	26
3. 참여관찰일지, 면담 자료, 탐구일지, 탐구 보고서	27
제 4 장 연구 결과	30
제 1 절 프로그램 개발	30
1. 프로그램 개발 절차	30
2. ESA 함양 요소 추출	30
3. 데이터 기반 탐구프로그램 단계 구성	32
4. 초기 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램	34
5. 전문가 타당화 및 경험적 탐색	37
6. 수정된 탐구프로그램	41
제 2 절 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램 적용 ...	47
1. 프로그램 준비 및 실행	47
2. 모듈별 탐구 내용	51
제 3 절 행위주체성 발현 양상	59
1. 행위주체성 변화 검사 결과	59
2. 행위 주체성 양상과 변화	61
3. 수업 만족도	70
제 5 장 결론 및 제언	73
제 1 절 요약 및 결론	73
제 2 절 제한점 및 제언	76
참고문헌	78

부록	84
[부록 1] 전문가 내적 타당화 검사지	84
[부록 2] 사후 면담 질문지	91
Abstract	92

표 목 차

[표 2-1] 데이터 기반 탐구 수업 선행 연구	7
[표 3-1] 프로그램에 대한 타당화 평가 문항	19
[표 3-2] ESA 검사 문항	20
[표 3-3] 참여관찰일지 양식	22
[표 3-4] 수업 평가 문항	23
[표 3-5] 전문가 타당화에 참여한 전문가 프로필	24
[표 3-6] 경험적 탐색을 위한 현장 교사 프로필	25
[표 3-7] 환경과학 행위주체성 분석틀	28
[표 4-1] ESA 함양에 영향을 준 요소	31
[표 4-2] ESA 함양을 위한 규칙	32
[표 4-3] 프로그램 개발에 바탕이 된 데이터 기반 탐구모형	33
[표 4-4] 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램 단계	34
[표 4-5] 차시별 활동 내용	36
[표 4-6] 초기 프로그램에 대한 전문가 타당화 결과	38
[표 4-7] 전문가 의견과 수정 사항	38
[표 4-8] 현장 교사의 경험적 탐색 의견	40
[표 4-9] 수정 탐구프로그램 개요	41
[표 4-10] 수정 탐구프로그램 단계별 활동 내용	42
[표 4-11] 프로그램 참여 학생 사전 조사	48
[표 4-12] 1 모듈 탐구 보고서 요약	54
[표 4-13] 2 모듈 탐구 보고서 요약	57
[표 4-14] 행위주체성 검사 결과	59
[표 4-15] 학생의 환경과학 행위주체성 양상	62

[표 4-16] 프로그램 만족도 조사 결과	71
[표 4-17] 프로그램에서 좋았던 점	71
[표 4-18] 프로그램에서 아쉬웠던 점	72

그 립 목 차

[그림 2-1] 학생 행위주체성 모형	10
[그림 2-2] ESA 범주	14
[그림 3-1] 연구 절차	17
[그림 3-2] 분석틀 도출 과정	27
[그림 4-1] 프로그램 개발 절차	30
[그림 4-2] 프로그램 홍보 포스터	47
[그림 4-3] 프로그램을 위해 개설한 구글 클래스룸	48
[그림 4-4] 프로그램 활동 모습	50
[그림 4-5] 탐구일지	50
[그림 4-6] 환경 빅데이터 플랫폼과 환경 문제 범주	51
[그림 4-7] 차시별 탐구 보고서와 피드백의 예	52
[그림 4-8] 공공 데이터 내려받기와 분석에 활용한 파이썬 코드	53

제 1 장 서론

제 1 절 연구의 목적 및 필요성

미래 교육 담론에서 지식정보사회의 도래와 함께 행위주체성(agency)이 중요하게 거론되고 있다. OECD ‘Education 2030’ 프로젝트에서는 미래 교육과정 실행에 있어 가장 핵심적인 요소로 학생 행위주체성(student agency)(OECD, 2018, 2019)을 꼽고 있으며, 우리나라 2022 개정 교육과정에서도 학생 행위주체성을 중요한 역량으로 강조하고 있다(교육부, 2021). 행위주체성에 대한 정의는 연구에 따라 다양하지만, 자신의 선택에 따라 어떠한 행위를 할 수 있는 역량이라는 의미가 담겨있다(Bandura, 1989; Emirbayer & Mische, 1998; Giddens, 1979; Pickering, 1995; Schlosser, 2015). 학생 행위주체성은 스스로 목적을 설정하고 목적을 달성하기 위해 적극적으로 행동하는 것이며, 결정과 선택에 책임을 지는 것이다. 행위주체성은 변동성, 불확실성, 복잡성이 특징인 미래사회에서 학생들이 목적의식을 가지고 자신의 삶을 잘 살아갈 수 있도록 하는 데 매우 중요한 요소라 할 수 있다(한국교육개발원, 2019). 학생 행위주체성은 변화 가능하며 학습 가능한 속성을 가지므로(OECD, 2019), 행위주체성을 지원하고 함양할 수 있는 교육이 요구된다.

과학 교육의 맥락에서 학생 행위주체성을 함양하는 방법에는 참 탐구(authentic inquiry)가 있다. 참 탐구란 과학 추론(authentic scientific reasoning)의 속성을 반영한 탐구로 실제 과학자들의 탐구가 가지고 있는 과학적 추론의 핵심 요소들을 반영한 것이다(Chinn & Malhotra, 2002). 참 탐구에서 학생들은 연구 문제를 직접 도출하고 문제를 해결하

려는 연구 절차를 고안하며 이 과정에서 어떠한 변인들을 대상으로 연구를 수행할지 선택한다. 또한 연구를 수행하는 과정에서 다양한 변인을 통제하고, 필요할 경우 추가적인 변인을 고려하거나, 선택된 변인 중 일부를 연구에서 제외한다. 결과를 해석하는 과정에서, 데이터를 여러 형태로 변형해가며 의미를 찾아가고 결론을 도출한다. 이러한 참 탐구는 학생들을 진정한 탐구 주체로 참여하게 하고, 행위주체성을 함양할 수 있도록 한다. 그런데 학교 현장에서는 여러 제한 요소로 인해 참 탐구가 이루어지기 어렵다. 학교 과학 탐구는 대부분 구조화된 환경에서 선형적으로 이루어지며, 주로 목표 현상을 재현하는 단순한 실험이나 예증의 형태로 나타난다(이재원 외, 2019). 탐구 과정에서 데이터 수집은 교사가 정밀하게 설계한 실험 과정을 통해 한정된 측정자료를 얻는 방법으로 수행되는 경우가 많다.

기술의 발달로 실제 현상에 대한 데이터의 지속적이고 누적적인 수집이 수월해지고 다양한 실제적 데이터에 접근이 가능해지면서, 학교 과학 탐구 과정을 참 탐구에 가깝게 구성할 수 있게 되었다. 방대한 양의 정제되지 않은 데이터를 직접 측정하거나 수집하는 경험은 학생들에게 과학자가 수행하는 것과 같은 귀납적 과학 탐구, 즉 참 탐구를 경험할 수 있게 해준다. 학생들은 다량의 데이터를 탐색하면서 새로운 문제를 인식하고 가설을 제안하기도 하며, 직접 방대한 자료의 변형과 분석을 경험할 수 있고, 데이터를 다양한 방법으로 변형하고 해석할 수 있어 통찰력 및 창의성을 발휘할 수 있다(손미현 등, 2018; 조정효 등, 2022). 이처럼 실제적 데이터를 활용한 탐구 활동은 참 탐구의 요소를 갖추었으며 학생 주도의 탐구가 가능하므로 학생 행위주체성을 함양할 수 있다.

실제적 데이터를 활용한 탐구 수업에 관한 연구들이 활발히 이루어지고 있으나 이러한 연구들은 대부분 데이터를 수집·분석하고 결론을 도출하

는 과정에서 길러지는 지식정보처리역량이나 데이터 리터러시에 초점을 두고 있다(손미현과 정대홍, 2020; 정은주와 손정우, 2020b; 최유정, 2021; 한미영 등, 2022). 또 다른 연구들은 과학과 역량과 관련하여 데이터 기반 탐구를 통한 과학 개념, 과학적 소양, 탐구 능력, 과학에 대한 흥미의 증가에 주목하였다(Brogan et al., 2016; Goldberg et al., 2015; Schultheis & Kjellvik; 2015; Wyner, 2013; 박찬솔과 손정우, 2020; 정용욱, 2021). 그러나 데이터 활용 탐구 수업과 관련하여 학생의 행위주체성에 초점을 둔 연구는 드물다.

행위 주체성에는 학생들의 실천 의지가 포함되므로 탐구의 주제는 시민 참여 과학 또는 민주시민으로서의 올바른 태도를 함양시킬 수 있는 전지구적인 문제를 다룬 것일 때 더욱 효과적일 수 있다. 따라서 기후 위기를 비롯한 환경 문제는 학생들이 미래 사회 시민으로서 환경 문제에 관심과 책임감을 가지고 환경 보존을 위한 실천을 이끌어내기 위한 측면에서 행위주체성 함양을 위한 탐구 주제로 적절하다.

이에 본 연구에서는 환경 문제를 중심으로 학생들의 행위주체성을 함양할 수 있는 데이터 기반 탐구프로그램을 개발하여 적용하고 그 효과를 분석하고자 한다.

제 2 절 연구 문제

본 연구는 데이터 기반 탐구프로그램을 통해 학생의 행위주체성을 함양시키는 방안을 모색하는 데 그 목적이 있다. 특히, 환경 문제와 이와 관련된 데이터를 중심으로 학생 행위주체성을 함양할 수 있는 프로그램을 개발하고자 한다. 이에 따른 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

1. 환경 문제와 관련된 데이터 기반 탐구프로그램에서 학생의 행위주체성은 어떻게 나타나고 변화하는가?
2. 환경 문제와 관련된 데이터 기반 탐구프로그램에서 학생의 행위주체성을 함양시키는 요소는 무엇인가?

제 3 절 용어의 정의

데이터 기반 탐구

본 연구에서 탐구에 활용하는 데이터는 실제적 데이터이다. 실제적 데이터란 과학적 관찰과 조사를 통해 실제 현상으로부터 수집된 사실, 양적 또는 질적인 정보를 나타낸다(Kjelvik & Schultheis, 2019; Schultheis & Kjelvik, 2020). 실제적 데이터는 특정 패턴을 나타내기 위해 의도적으로 생성되거나 가설에 근거한 통제 속에서 나타난 결과를 관찰한 데이터와는 대비된다. 본 연구에서 의미하는 데이터 기반 탐구는 실제적 데이터를 이용하는 탐구를 말하며, 통제된 실험 수행 과정에서 얻어지는 결과를 분석하는 탐구가 아니라 실제 현상을 지속적이고 누적적으로 측정된 데이터를 활용하여 탐구하는 것을 의미한다(손미현, 2020).

행위주체성

행위주체성은 연구 문제와 맥락에 따라 서로 다른 관점에서 논의되고 있으며 어떠한 실행에서 행위주체성을 포착할 수 있을지에 대해서도 다양하다(하희수 & 김희백, 2019). 본 연구에서 개발하는 프로그램은 환경과 관련된 탐구 문제를 설정하고, 환경 관련 데이터를 기반으로 탐구를 진행하는 프로그램이다. 따라서 환경과학 맥락에서 행위자의 주체성을 탐색하는 환경과학 행위주체성(environmental science agency, ESA)을 분석 틀로 활용한다. 환경과학 행위주체성은 환경 문제에 대하여 학생들

이 과학 지식 및 탐구 기능을 어떻게 활용하는지, 환경 문제 관련하여 학생들의 정체성은 어떻게 발달하는지, 환경 보존을 위해 실천을 해야 한다는 신념은 어떻게 발달하는지에 초점을 둔다(Ballard et al. 2017). 그러므로 ESA는 환경과 관련된 실천 의지 및 행동만을 강조하는 행위주체성이라기보다 환경과학수업이나 프로젝트를 수행할 때 학생들에게 나타나는 행위주체성을 어떠한 실행으로부터 포착할 것인가, 중점적으로 탐색해야 할 요소는 무엇인가에 대한 프레임워크이며, 인식적 · 변화적 · 비판적 행위주체성에서 강조하는 요소를 모두 포함한다.

제 2 장 이론적 배경

제 1 절 데이터 기반 과학 탐구

데이터 기반 수업에서 활용하는 데이터들은 주로 실제 맥락 속에서 지속적이고 누적적으로 수집된 측정값들이다. 특정 패턴을 드러내기 위해 의도적으로 단순화한 데이터와는 대조되는 이러한 데이터들을 실제적 데이터(Authentic Data)라 한다. 실제적 데이터는 1차 데이터와 2차 데이터로 구분할 수 있다. 1차 데이터(first-hand data)는 실험이나 현상 조사를 통해 직접 측정하고 수집한 데이터(Hug & McKeill, 2008)이며, 2차 데이터(second-hand data)는 다른 사람에 의해 조사된 간접 데이터로 다양한 외부 출처로부터 얻은 데이터(Mangnusson et al., 2004; Hug & McNeill, 2008) 이다.

주로 관찰·실험·조사로 얻은 사실이나 정보를 의미하던 과학 탐구에서의 데이터도 그 의미가 확장되어, 실시간으로 얻어진 지속적이고 누적적인 측정값 또는 지속적으로 수집된 결과의 의미를 포함하게 되었다(구자욱, 2006; 김봉철 등, 2021; 김용남 등, 2009; 손미현, 2020). 또한, 가설 설정이나 증명 과정에서 2차 데이터도 탐구의 데이터로 활용한다(Lehrer & Schauble, 2002; Schultheis & Kjervik, 2015; 최유정, 2021; 한미영 등, 2022). 이러한 시대적 흐름에 따라 실제적 데이터 기반 탐구에 관한 연구들이 이루어지고 있으며, 최근의 선행 연구는 [표 2-1]과 같다.

[표 2-1] 데이터 기반 탐구 수업 선행 연구

연구자	내용
Forster et al.	생태 연구 학습을 위한 Data Jam 수업 모형(실제적 데이터

(2018)	제공-데이터 분석 기회 제공-과학 산출물 제작-분석 결과 창의적 표현-프로젝트 결과물 공유-여러 전문가 평가) 제시
Kastens, Krumhansl & Baker (2015)	전문적으로 수집된 대규모 데이터 활용 수업을 소개하고 이에 따른 수업 전략 4가지 제시
Schultheis & Kjolvik (2015)	환경 생태와 관련된 실제적 데이터를 바탕으로 학생들의 정량적 탐구 능력의 향상 방안 제안
Kerlin SC, McDonald SP & Kelly GJ (2010)	실제의 복잡한 지질 데이터와 교과서에 제시된 단순한 데이터를 제시하고 학생들의 논쟁을 분석하여 복잡한 데이터가 제시되었을 때 증거 사용의 측면에서 학생들의 담화가 다양하고 높은 수준까지 도달함을 보고
Lehrer & Schauble (2002)	수학과 과학 수업에서 질문 만들기, 자료 수집, 질문에 대한 데이터 모델의 구성을 중심으로 한 실제적 데이터 활용 교육 사례를 발표
한미영, 정대홍과 김현정(2022)	2차 데이터 기반 과학 탐구에서 나타나는 데이터 리터러시 요소와 과학 탐구 요소 분석
정용욱(2021)	마이크로비트를 활용하여 학생들이 직접 실제적 데이터를 수집하고 이를 통해 일상생활의 맥락에서의 데이터를 분석하는 탐구 사례를 보고
최유정(2021)	실제적 데이터를 활용한 생명과학 수업 개발. 고등학생의 데이터 리터러시와 그래프 능력에 미치는 영향 분석
박찬솔과 손정우 (2020)	탐구적 과학 글쓰기를 통한 데이터 기반 과학 탐구학습 프로그램 개발. 초등학생의 과학과 핵심역량에 미치는 영향 분석
손미현과 정대홍 (2020)	지식정보처리역량 함양을 위한 데이터 기반 과학탐구 모형과 수업 전략 개발
정은주와 손정우 (2020b)	디지털 탐구 도구로 측정된 데이터를 활용하는 과학 탐구 수업 개발, 초등학생 지식정보처리역량과 협력적 문제해결력에 미치는 영향 분석
김용남 등 (2009)	자동기상관측시스템을 이용하여 기상 데이터를 수집하고 실시간으로 웹페이지에 제공하는 시스템을 개발하여 학교 현장에서 지구과학 교과의 기상 분야 탐구 학습에 적용

구자옥 (2006)	웹페이지에 제공된 실시간 데이터를 지구과학 탐구 학습에 적용하여 학생들의 탐구에 대한 태도에 미치는 효과를 분석
---------------	--

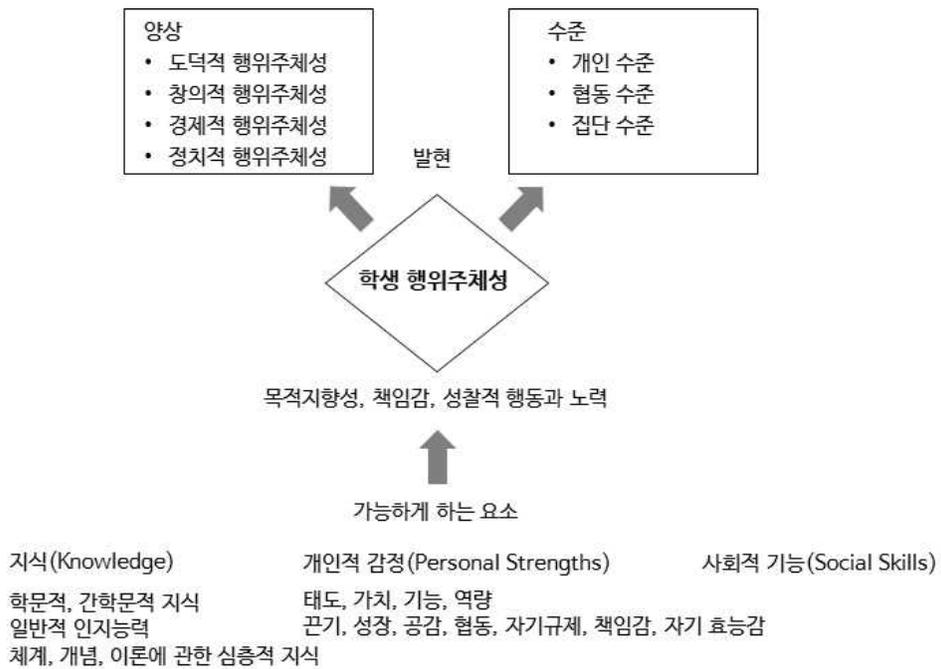
이처럼 선행 연구들은 주로 ‘지식정보처리역량’, ‘데이터 리터러시’, ‘과학 핵심 역량’의 관점에서 데이터 기반 탐구 수업을 분석하고 있음을 알 수 있다.

제 2 절 학생 행위주체성

행위주체성은 행위의 주체가 적극적이고 능동적으로 자신의 목적을 달성하기 위해 행위의 자원을 선택하고 조정하여 구체적인 사회 행위에 적용할 수 있는 능력이다(Sewell, 2005; 김현애, 2016). 행위주체성은 변화를 계획하고 진보를 꾀하는 개인의 의도 및 목적과도 관련된다(Barton & Tan, 2010). 행위성을 가진 주체를 행위자라고 명하며, 행위자를 통해서 행위주체성이 실현된다. 행위주체성의 발현은 개인적인 자유나 개인의 자아실현, 또는 사회의 개선을 가져올 수 있다(Popkewitz, 2008).

미래사회에 대비한 교육 방향에 대한 논의에 있어서 학생 행위주체성에 대한 관심이 높아지고 있다. 국제적인 수준에서 미래 학습의 틀을 제시하고 교육과정 변화 방향을 논의하고 있는 OECD의 ‘Education 2030’ 프로젝트에서는 미래지향적 교육과정 실행에 있어서 가장 핵심적인 요소로 학생 행위주체성(student agency)을 꼽는다. 학생 행위주체성은 학생들이 자신 주변의 일에 관심을 갖고 책임감 있게 생각하고 참여함으로써 자신의 행복뿐만 아니라 주변 사람들·현상·환경에도 긍정적인 영향을 줄 수 있는 것을 의미한다(OECD, 2019h). 학생 행위주체성의 개념은 학습의 과정에서 학생의 ‘자기-통제’, ‘자기-선택’, ‘자기-결정’, ‘자기-주도’,

‘자기-개발’을 강조함으로써 학생의 ‘자율성’을 존중하고 본인의 선택에 대해 ‘자기-책임’의 중요성을 부각시킨다(이상은, 2018). OECD ‘Education 2030’프로젝트에서 제시하는 학생 행위주체성 모형은 [그림 2-1]과 같다(한국교육개발원, 2019).



[그림 2-1] 학생 행위주체성 모형(한국교육개발원, 2019)

행위주체성은 학생의 삶 속에서 여러 가지 양상으로 나타나며, 학생 행위주체성이 발현되기 위해서는 기본적으로 지식, 기능, 태도와 가치 등의 역량을 갖추는 것이 요구된다. 학생 행위주체성은 목적 지향성, 반성, 투자, 책임감이라는 네 가지 요소를 포함할 때 성립한다(Leadbeater, 2017). 첫째, 목적 지향성은 배움의 과정에서 학생 스스로 자신이 추구하고자 하는 목표를 설정하는 것이다. 학생들의 목적의식은 배움을 더욱

의미 있게 만든다. 둘째, 학생들은 자신이 설정한 목표를 실행하는 과정에서 자신이 선택한 방식과 과정이 적합한 것인지 반성적으로 성찰할 필요가 있다(이상은, 2018). 셋째, 학생들은 자신의 목적을 적극적으로 추구하는 데에 투자할 필요가 있다. 자신의 목표를 실행하는 과정에서 다투는 위험을 감수하고 여러 가지 어려움을 극복하면서 자신의 시간과 노력, 그리고 지적, 신체적 수고를 쏟아붓는 것이 필요하다(이상은, 2018). 넷째, 학생들은 그들의 행동에 대해 책임을 지는 법을 배울 필요가 있다. 책임감은 성숙한 행위주체성의 핵심 요소로서 자신의 행동이 어떤 결과를 가져올지 이해하고 자신이 선택한 행위가 영향을 미칠 수 있는 힘을 이해하는 것이다(한국교육개발원, 2019).

제 3 절 과학교육에서 나타나는 행위주체성

과학교육에서 학생들이 학습의 주체가 되어야한다는 연구는 많으나, 연구 맥락에 따라 서로 다른 관점에서 행위주체성을 논하고 있다. 과학교육에서 다루어진 행위주체성은 크게 인식적, 변화적, 실천적, 학문적, 물질적 측면으로 구분할 수 있다(하희수, 김희백, 2019).

인식적 행위주체성(epistemic agency)은 인식적 측면에서 학생들이 주체가 되어 과학 지식을 구성해 가는 행위주체성에 초점을 둔다. 과학교육 분야의 연구와 교육과정에서 학생들이 과학 지식을 구성하는 과정에 참여하는 것을 강조하고 있는 만큼(NRC, 2012; 교육부, 2015), 행위주체성의 인식적 측면을 탐색한 연구가 많다(하희수, 김희백 review, 2019). 인식적 행위주체성을 논하는 연구들에서는 학생이 주체가 되어 과학 지식을 구성해 나가는 행위에 초점을 둔다. 이들은 교사가 학생들에게 지식을 전달하던 체계에서 벗어나는 교수학습 환경의 조성을 추구

하며, 학생들의 생각을 지식 구성에 기여할 수 있는 잠재적인 자원으로 바라볼 것을 촉구한다(Kane, 2015; Sharma, 2007; Stroupe, 2014).

행위주체성의 변화적 측면은 이와 비교하여 기존의 구조에 변화를 야기하는 모습에서 행위주체성을 포착하는 경우를 일컫는다(Hays, 1994). 변화적 행위주체성(transformative agency)은 주로 비판이론 관점의 연구에서 다루어지는데, 이들은 과학 활동 속에서 학생들이 정체성을 발달시켜나가는 측면(Brickhouse et al., 2000; Holland et al., 1998; Olitsky, 2006)에서 학습을 바라본다. 여기서 정체성은 ‘나는 과학 수업에서 어떤 사람인가’, ‘어떠한 사람이 되고자 하는가’를 의미하기도 하고(Tan & Barton, 2008), 다른 사람에 의해 어떻게 여겨지는지, 다른 사람들의 반응을 어떻게 해석하고 그에 본인이 어떻게 반응하는지까지 나아가기도 한다(Buxton, 2005).

행위주체성의 실천적 측면을 다룬 연구들은 과학 지식을 구성하는 과정에서 학생들이 사회의 변화에 기여하겠다는 의지를 가지고 이를 실천하는 것까지 다룬다(Birmingham & Barton, 2014). 연구자들은 학생들이 학습한 바를 바탕으로 직접 사회의 발전과 개선에 영향을 미칠 수 있는 실천으로 나아갔다는 점을 강조하며, 학생들이 실천적 행위주체성(educated action in science)을 발휘할 수 있게 촉진한 비형식적 교수학습 맥락의 요인을 탐색하였다(하희수, 김희백, 2019).

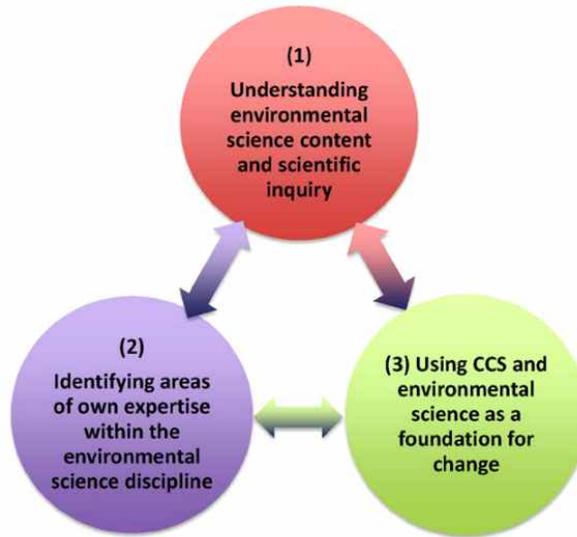
학문의 행위주체성(disciplinary agency)은 과학이라는 학문 분야에 속하는 것으로 여겨질 수 있는 행위를 행하는 능력에 주목한다. 특정 학문 영역에 속하는 실행을 한다는 것은 인간 개인의 의지에 기인하기보다는 그 학문 영역의 문화를 따르는 것이라 할 수 있으며, 이러한 인간의 수동적인 면을 학문의 행위주체성으로 설명할 수 있다(Pickering, 1995).

Pickering(1995)은 물질세계에서 현상이 일어나는 과정에서 과학자는

수동적인 위치에 있게 된다는 점에서 물질의 행위주체성(material agency)에 주목하고. 물질의 행위주체성과 인간의 행위주체성은 서로 영향을 미치며 순간적으로 드러나게 해준다는 측면에서 뒤엎혀있다고(mangle) 주장했다. 물질의 행위주체성은 학생들이 직접 과학 탐구 과정을 이끌어가는 과정을 논하기에 유용한 개념이 될 수 있다(하희수, 김희백, 2019). 학생들에게 연구 과정을 진행할 책임과 선택권이 많이 부여되는 활동일수록 학생들은 자신의 의도와 다른 상황을 더 자주 맞닥뜨리게 된다(이선경 등, 2015; 이차은, 김희백, 2016; 윤현정, 김희백, 2018). 물질의 행위주체성과 행위주체성의 뒤엎힘은 학생들이 이러한 불확실성을 해결해가는 과정을 탐색하여, 그 과정에서 학생들이 어떻게 인식적 수준을 향상시킬 수 있었는지 분석하는 유용한 관점이 될 수 있다(하희수, 김희백, 2019).

제 4 절 환경과학 행위주체성

환경과학 행위주체성(environmental science agency, ESA)은 Basu & Calabrese Barton (2009, 2010)의 비판적 과학 행위주체성을 Ballard et al. (2017)이 환경보존과 환경과학의 맥락에 맞추어 변용한 것으로, 환경과학영역에서 행위자가 주변 세계에 영향을 미칠 수 있는 능력을 의미한다(가석현, 2021). Ballard et al. (2017)는 ESA의 세 범주를 [그림 2-2]과 같이 도출하고 ESA 범주별로 ESA를 탐색할 수 있는 학생의 행위를 제시하였다.



[그림 2-2] ESA 범주(Ballard et al. (2017))

- 1) 환경 과학 내용 지식 및 탐구 과정, 탐구 기능에 대한 이해
 - 학생들이 어떤 개념, 관행, 인식론을 받아들이는가?
 - 학생에 따라 어떻게 다른가?
- 2) 환경과학 내에서 자신만의 전문 영역 발견
 - 환경과학분야나 프로젝트 안에서 자신의 역할을 어떻게 발전 시키는가?
 - 행위자들은 어떻게 전문성을 갖게 되는가?
 - 프로젝트 작업과 참여 과정에서 자신이 자신을 어떻게 위치 짓는가?
 - 다른 사람들이 그들을 어떻게 위치짓는가?
- 3) 변화의 토대로 환경과학 전문성과 실습 경험 이용
 - 환경과학 프로젝트에서의 실습 경험과 숙달된 능력을 그 프로

젝트에 한정되는 것이 아니라 더 넓은 영역에서의 자신의 역할이나 정체성 변화에 이용하는가?

- 일상 세계를 이해하기 위해 새로운 방식으로 과학의 관점과 도구 활용하는가?
- 개인의 야망과 목표를 새로운 방식으로 설정하는가?
- 환경적으로 지속 가능한 방식으로 세계를 구상하기 위해 실천하는가?

ESA의 관점에서 환경과 관련된 프로젝트나 프로그램의 효과를 분석한 선행 연구는 다음과 같다. Ballard et al. (2017)은 청소년 중심의 지역사회 시민과학(community and citizen science, CCS) 프로그램에서 학생들의 ESA가 어떻게 나타나며, ESA가 발달하는 데 영향을 미친 CCS의 요소가 무엇인지 분석하였다. 분석한 CCS는 캘리포니아 지역에서 지역 사회의 전문가, 시민, 학생들이 해안과 수질을 모니터링하고 생물 종 보존 활동을 하는 프로그램이었다. 연구 결과 정밀한 데이터 수집, 과학적 발견 외부에 알리기, 복잡한 생태계 시스템에 대한 탐구 활동 경험이 ESA 함양에 도움이 되었다. ESA는 환경 관련지식에 대한 이해뿐만 아니라 생태계 보존에 대한 신념 및 정체성이 결합되어 나타나며, CCS 프로그램은 환경 보전 활동에 청소년의 참여를 촉진하고 환경 보존 역량을 구축할 수 있음을 시사하였다.

Harris & Ballard (2021)은 초등학생을 대상으로, 다양한 과학 수업 맥락(교실, 교정, 실험실)에서 학생 주도 탐구가 이루어질 때, 학생들이 어떤 행위를 하는지 탐색하면서 ESA를 촉진하거나 제한하는 학습 환경에 관하여 연구하였다. 수업은 학교 정원에서 무당벌레를 조사하고 진딧물 해결 방안을 탐구하여, 학교 쇼케이스를 통해 지역사회 구성원에게

발표하는 것으로 이루어졌다. 학생 3명의 사례와 교사 인터뷰를 통해 질적 분석을 한 결과 다양한 자원에 접근 가능한 것, 유연하고 독립적인 그룹 활동을 허락하는 수업 구조, 질문에 개방적인 교사의 태도, 다양한 선택지가 있는 활동, 탐색을 지원하는 수업 구조가 ESA를 강화하는 데 도움이 된 것으로 나타났다.

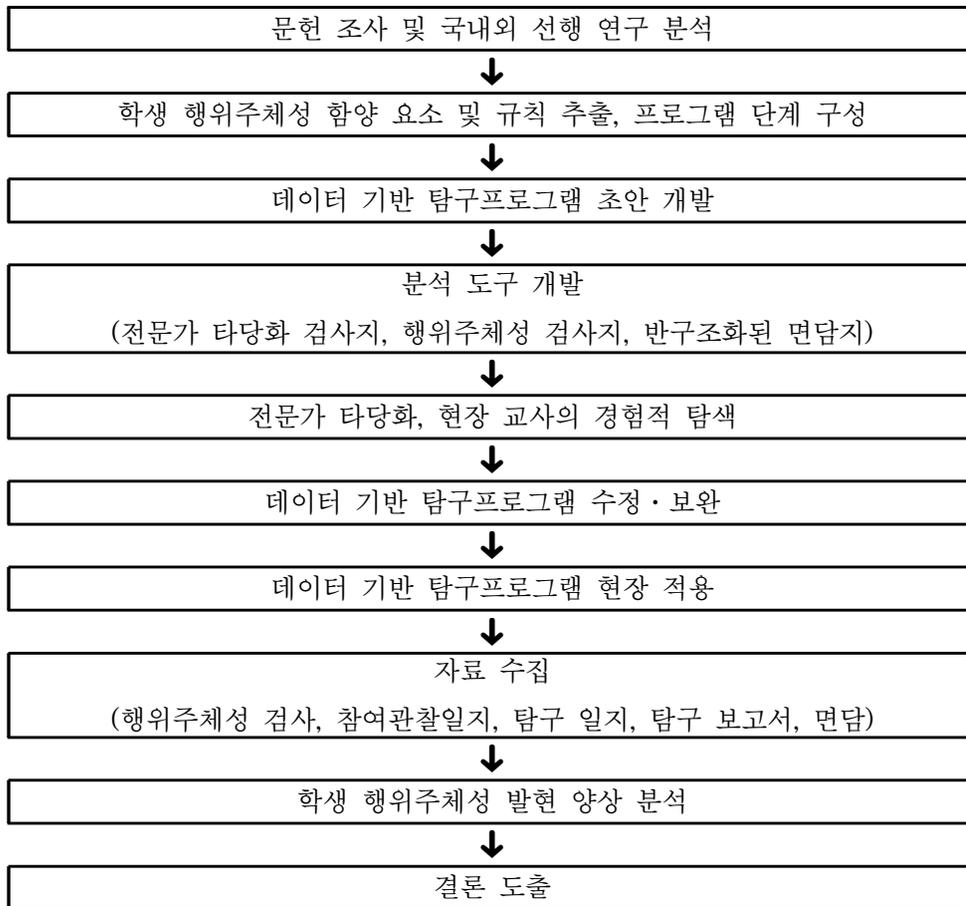
Komodiki et al. (2021)은 환경친화적 기업가정신 프로그램이 초등학생의 ESA의 함양에 미치는 효과에 대하여 탐색하였다. 프로그램 적용 결과 ESA 요소 중 학생들의 환경 지식 함양과 역할 개발에 긍정적인 효과가 있었다. 초등학생들에게 환경친화적 기업가정신 프로그램을 통해 ESA를 함양시키는 것은 학생들이 환경을 보존하기 위해 행동하고자 하는 의도와 의지를 가지는데 초석이 될 수 있다는 점에서 중요하다고 하였다.

가석현(2021)은 학생들이 시민으로서 SSI(Socio-Scientific Issues)에 참여하는데 필요한 능력을 개발할 수 있도록 피지컬컴퓨팅 및 사물인터넷기술 기반의 DIY 측정장치(Do It Yourself Measurement Device using Physical Computing and Internet of Things, DIY-MD)를 활용한 실천지향 과학교육 수업을 개발하고 이를 사범대 예비교사 대학생을 대상으로 적용하여 ESA 양상과 변화를 연구하였다. 연구 결과 학생들은 환경과학 문제에 대한 지식을 주도적으로 습득하고 환경 문제에 영향을 받는 당사자라 인식해나갔으며, 문제해결을 위해 행동해야겠다는 생각을 하게 되었다고 나타나, 학생들이 프로그램을 통해 적극적인 행위자로 변화하고 있음을 보여주었다.

제 3 장 연구 방법

제 1 절 연구 절차

본 연구는 학생 행위주체성 함양을 위해 데이터 기반 탐구프로그램을 개발하고 적용하여 그 효과를 검증하는 것을 목적으로 한다. 이에 따른 구체적인 연구 절차는 [그림 3-1]과 같다.



[그림 3-1] 연구 절차

제 2 절 연구 대상

서울 소재 일반계 고등학교 1학년 학생 중 희망자 6명의 학생을 대상으로 연구가 진행되었다. 프로그램 참여 학생들을 모집하기 위하여 교과 및 동아리 시간을 활용하여 프로그램의 활동 내용과 일정을 학생들에게 안내하고 홍보 포스터를 교내 곳곳의 게시판에 게시하였다. 1학년 학생 중 8명의 학생이 참여 신청을 하였으나, 프로그램에 마지막까지 참여한 학생은 총 6명이었다. 참여자 전원에게 연구 내용과 프로그램에 대해 상세히 설명하고 참여 동의서를 받은 후 프로그램을 진행하였다.

참여 학생들은 학업성적이 중상위권인 학생들로 1년 동안 ‘과학탐구 실험’ 교과를 배우면서 탐구 경험을 쌓았으며, ‘정보’ 교과 학습을 통해 파이썬(Python) 언어를 접한 적이 있었다. 정보·과학·환경 분야에 관심이 있는 학생들이었으나 실제적 데이터를 활용하는 수업이나 교과 내용 외 탐구 활동 경험은 많지 않은 학생들이었다.

본 연구자이기도 한 지도 교사는 교육 경력 20년의 생물 교육 전공자로, 탐구 활동 지도 경험이 많고 학생 주도의 과학 탐구를 중요하게 생각하며 실제적 데이터를 활용하는 수업에 관심이 많다.

제 3 절 연구 도구

본 연구에서 사용된 연구 도구는 내적 타당화를 위한 전문가 타당화 검사지, 외적 타당화를 위한 행위주체성 검사지, 참여관찰일지, 탐구 일지 및 보고서, 학습자 대상 수업 반응 설문지이다.

1. 전문가 타당화 검사지

전문가 타당화에 사용한 검사지는 김근재(2019)의 평가문항을 재구성하여 손미현(2020)이 사용한 전문가 타당화 검사지를 본 연구의 맥락에 맞게 수정하여 사용하였다. 프로그램 대한 타당성, 설명력, 유용성, 이해

도, 보편성을 4점 척도(4: 매우 그렇다, 3: 그렇다, 2: 그렇지 않다, 1: 매우 그렇지 않다)로 검토받았으며, 개방형 문항을 추가하여 프로그램에 대한 수정 및 개선 사항에 대한 자문을 구하였다.

[표 3-1] 프로그램에 대한 타당화 평가 문항

구분	평가 문항
타당성	본 프로그램은 학생 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구 프로그램으로 타당하다.
설명력	본 프로그램은 학생 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구 프로그램의 단계들을 잘 설명하고 있다.
유용성	본 프로그램은 학생 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구 프로그램으로 유용하게 활용될 수 있다.
이해도	본 프로그램은 학생 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구 프로그램을 이해하기 쉽게 표현하고 있다.
보편성	본 프로그램은 학생 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구 프로그램에 보편적으로 활용될 수 있다.

ESA 함양을 위해 프로그램에 반영한 요소와 운영 규칙에 대한 의견도 자유롭게 서술할 수 있도록 하였다.

2. 행위주체성 검사지

행위주체성은 연구 목적과 맥락에 따라 여러 관점에서 분석될 수 있으나 본 프로그램은 환경 문제와 관련된 데이터 기반 탐구를 진행하여 행위주체성을 함양하는 것에 목적이 있으므로 환경과학 행위주체성(Environmental Science Agency, ESA)의 관점에서 학생 행위주체성을 탐색하고자 하였다. 프로그램의 효과를 분석하기 위해, ESA의 증거가

될 수 있는 학생들의 행위를 규명하고, 이 행위들을 문항 내용으로 하는 검사지를 개발하였다. 프로그램 적용이 모두 끝난 직후 검사지를 이용하여 학생들의 ESA의 향상 정도를 측정하였다. 검사 결과는 ESA의 발현 양상에 대한 질적 연구 자료의 보완 자료로 활용하였다.

문항 개발을 위해 Ballard et al. (2017)과 Harris & Ballard (2021)의 연구에서 제시한 ESA 범주를 본 프로그램의 특성에 맞게 5개의 하위 요소로 세분하였다. ESA의 첫 번째 범주인 ‘지식·이해’에 대한 문항은 과학과 핵심 역량 조사 문항(박찬솔과 손정우, 2020)과 데이터 기반 탐구 기능 문항(송유경, 2021) 중 본 연구 맥락에 맞는 문항 일부를 수정하여 구성하였다. ESA의 나머지 범주인 ‘전문성 개발·역할 배치’, ‘확장·변화’ 범주에 대한 문항은 Harris & Ballard (2021)의 ESA 사례와 가석현 (2021)의 ESA 분석 내용을 바탕으로 구성하였다. 본 연구에서 개발한 ESA 하위 요소 및 검사 문항은 표 [3-2]과 같다.

[표 3-2] ESA 검사 문항

ESA 범주	하위 요소	문항	연구자
지식 · 이해	환경과학 내용 지식	1. 나는 환경 문제의 종류에 대해 알고 있다.	가석현 (2021)
		2. 나는 환경 문제의 원인에 대해 과학적으로 설명할 수 있다.	박찬솔과 손정우 (2020)
		3. 나는 환경 문제를 해결하기 위해 과학적 지식을 사용한다.	박찬솔과 손정우 (2020)

		4. 나는 가설을 검증하기 위한 탐구를 설계할 수 있다.	박찬솔과 손정우 (2020)
	데이터 기반 탐구 기능에 대한 이해	5. 나는 데이터를 보면 의미를 알고 해석할 수 있다.	송유경 (2021)
		6. 나는 필요한 데이터를 수집하고 선별할 수 있다.	송유경 (2021)
		7. 나는 데이터를 분석할 수 있다.	송유경 (2021)
		8. 나는 과학 탐구에 능숙하다.	가석현 (2021)
	자신만의 전문 영역 형성	9. 나는 일상생활에서 탐구할 만한 주제를 잘 찾아낸다.	박찬솔과 손정우 (2020)
전문성		10. 나는 데이터를 다루고 결론을 도출하는 데 능숙하다.	송유경 (2021)
개발		11. 나는 탐구 결과를 효과적으로 표현할 수 있다.	Harris & Ballard (2021)
·			
역할 배치	그룹 활동 내에서 역할 개발	12. 나는 협동적으로 해야 하는 탐구 활동에 주도적으로 참여하여 내가 맡은 책임을 다한다.	Harris & Ballard (2021)
		13. 모듈별 탐구 활동을 할 때 내가 주로 맡는 역할이 있다.	Harris & Ballard (2021)
		14. 환경 문제는 나의 일상생활과 관련이 있다.	가석현 (2021)
		15. 나는 지속적으로 환경 관련 문제에 관심을 가지고 해결 방안을 찾으려 할 것이다.	Harris & Ballard (2021)
확장	더 넓은 영역으로의 확장	16. 환경 관련 탐구 결과를 주변 지인 혹은 대중들과 공유하는 것이 필요하다.	가석현(2021)
·			
변화		17. 환경적으로 지속 가능한 세상을 만들기 위해 실천한다.	Harris & Ballard (2021)

본 검사지를 이용한 목적은 프로그램 적용 후 ESA 각 하위 요소에 대해 학생들이 느끼는 향상 정도를 알아보고 검사 결과를 질적 분석의 토대로 삼으려는 것이었다. 따라서 프로그램 적용 전후의 능력을 평균값의 차이로 비교하는 것보다 향상 정도에 대한 인식을 측정하는 것이 더 의미 있다고 판단하여 프로그램 활동이 모두 끝난 직후 각 문항에 대한 향상 정도를 4점 척도(4: 매우 향상됨, 3: 향상됨, 2: 조금 향상됨, 1: 변화 없음)로 응답하도록 하였다.

3. 참여관찰일지

프로그램이 진행되는 동안 수업 시간마다 참여관찰일지를 작성하였다. 참여관찰일지에는 지식 구성 방식, 선택적인 정보의 여과, 책임과 역할의 배치(positioning)와 같은 학생들의 행위와 그때의 프로그램 구조를 기록하였다. 참여관찰일지 양식은 [표 3-3]과 같다.

[표 3-3] 참여관찰일지 양식

날짜: 0000.00.00 (0차시)	프로그램 단계: 00
프로그램의 구조	ESA를 나타내는 학생의 행위
특이 사항:	
수업 개선이 필요한 점:	

4. 탐구 일지, 탐구 보고서

탐구 일지에는 탐구 날짜, 본인이 한 활동, 주도적으로 한 역할, 새로 배운 것, 기존 지식이나 기능을 활용한 것, 좋았던 점, 어려웠던 점 등을 기록하여 본인의 행위를 성찰하는 데 도움이 되도록 하였다. 탐구 일지는 패들렛(Padlet)에 작성하고 공유하여 교사와 동료의 피드백을 받을 수 있도록 하였다.

탐구 보고서는 차시별 탐구 보고서와 최종 탐구 보고서를 작성하도록 하였다. 차시별 탐구 보고서는 수업 시간마다 수행한 탐구 활동 내용을 정리하여 기록하도록 하였다. 기록한 활동 내용마다 교사가 피드백을 주어 탐구 진행이 원활하게 이루어지도록 지원하였다. 최종 탐구 보고서는 모듈별로 공동 작업하여 발표하도록 하였다. 탐구 문제, 탐구 문제 선정 이유, 수집한 데이터 목록, 데이터 분석, 결론으로 구성하도록 안내하였으며 발표하는 동안 동료 평가 및 피드백이 이루어지도록 하였다.

5. 수업 평가 설문지

프로그램에 대한 학생들의 의견을 조사하기 위해 수업 평가 설문지를 이용하였다. 수업 평가 문항은 총 7문항으로 [표 3-4]와 같으며 1~5번은 5점 척도(5: 매우 그렇다, 4: 그렇다, 3: 보통이다, 2: 그렇지 않다, 1: 매우 그렇지 않다)로, 6~7번은 자유 서술로 응답하도록 하였다.

[표 3-4] 수업 평가 문항

번호	문항 내용
1	나는 22 에디 ¹⁾ 활동 전체 과정에 적극적으로 참여하였다.
2	나는 22 에디 활동에 전반적으로 만족한다.
3	나는 이번 수업을 통해 객관적 데이터에 기반하여 결론을 도출하는 것의 중요성을 깨달았다.
4	데이터 기반 탐구는 환경 문제에 관심을 향상시키고 친환경적 행동 및 실천을 하는 데 도움이 되었다.
5	이와 비슷한 데이터 기반 탐구 수업이 있다면 다시 참여하고 싶다.
6	수업에서 좋았던 점을 적어주세요.
7	수업에서 아쉬웠던 점 혹은 개선해야 할 점을 적어주세요.

1) 에디: 프로그램을 적용할 때 명칭을 에디(EDI: Environmental Data driven Inquiry)로 정하고, 학생들에게 소개하였다.

제 4 절 자료 수집

1. 내적 타당화 및 경험적 탐색

프로그램의 내적 타당화를 위해 전문가에게 검토를 의뢰하였다. 과학 교육 전문가이면서 학생 행위주체성 관련 연구 경험이 있는 전문가 1인, 환경교육 전문가 1인, 탐구 수업 경험이 많은 석사 이상 현장 교사 3인으로 전문가 집단을 구성하고 4점 척도의 타당도 검사 응답에 대한 CVI, IRA 값을 도출하여 타당도를 검증받았다. 개방형 문항을 통해 프로그램의 요소와 운영 규칙의 개선 사항에 대한 의견도 받았다.

[표 3-5] 전문가 타당화에 참여한 전문가 프로필

전문가	직업	경력	최종 학력	전공 분야
A	조교수	10년	박사	과학교육
B	연구원	14년	박사	환경교육
C	교사	30년	박사	과학교육
D	교사	17년	석사	과학교육
E	교사	13년	박사	과학교육

환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램에 대한 사례 연구가 많지 않기 때문에, 프로그램을 적용하기 전에 일반고에서 탐구 수업과 데이터 분석 수업을 경험해 본적이 있는 현장 교사에게 적용 가능성에 대한 자문을 구할 필요가 있었다. 이에 교사 3인(과학 교사 2인, 정보 교사 1인)에게 본 연구의 목적과 프로그램 활동 내용을 설명하고 자문을 구하였다. 경험적 탐색에 참여한 현장 교사의 프로필은 [표 3-6]과 같다.

[표 3-6] 경험적 탐색을 위한 현장 교사 프로필

전문가	경력	최종 학력	전공 분야	본 연구와의 관련성
A	20년	석사	과학 교육	탐구 수업, 데이터 분석 수업, 과학 동아리 탐구 활동 지도 경험 다수
B	6년	학사	과학 교육	탐구 수업, 실험 수업, 과학 동아리 탐구 활동 지도 경험 다수
C	10년	학사	정보 교육	파이썬 교육, 데이터 분석 수업 경험 다수

2. 외적 타당화

본 연구는 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램을 개발하고 프로그램을 통해 학생 행위주체성이 함양되는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 본 연구에서 개발한 프로그램을 일반계 고등학교 현장에 적용하였다. 학기 중에는 필수 교육과정을 진행하기에도 일정이 넉넉지 않아 방학 특별 프로그램으로 운영하였다. 참여 희망 학생을 모집하여 프로그램을 적용하였으며 6명의 학생이 마지막까지 참여하였다. 프로그램 적용 후 수업 평가 설문지에 나타난 학생 응답을 통해 프로그램에 대한 만족도와 개선점을 파악하였다.

3. 행위주체성 발현 양상 파악

다양한 맥락에서 학생 행위주체성 발현 양상을 분석하기 위해 행위주체성 검사 결과, 학생들이 탐구 과정에서 제출한 탐구 일지, 파이썬을 이용한 데이터 분석 파일, 탐구 보고서를 수집하였다. 행위주체성 검사는 프로그램 마지막 단계 직후 실시하여 결과를 분석하였다. 응답에 대한 추가 분석이 필요한 경우 면담을 할 때 응답 내용에 대해 더 구체적으로 물어보았다. 탐구 일지, 탐구 보고서, 데이터 분석 파일은 모두 구글 클래스룸과 연동하여 수월하게 수집할 수 있었다. 프로그램 적용 중 실시간으로 참여관찰일지를 작성하였으며 학생의 행위와 당시의 프로그램 요소를 기록하여 분석 자료로 활용하였다.

프로그램 중 나타난 학생의 행위를 이해하기 위해 면담을 하였다. 면담은 프로그램 완료 후 모듈별 집단 면담의 형태로 이루어졌으며, 필요시에는 특정 차시가 끝난 직후 개별 면담을 진행하기도 하였다. 면담은 반구조화된 질문지를 바탕으로 하여 학생이 행한 특정 행위의 동기, 역할·태도·가치에 대하여 프로그램을 통해 변화된 점, 변화를 일으킨 요인, 모듈 내에서의 역할 배치에 관한 질문으로 이끌어 갔다. 한 모듈별로 2시간 정도 진행되었으며 면담 내용은 녹음 후 전사하였다.

제 5 절 자료 분석

1. 전문가 타당화 자료

전문가 타당화 검사지 응답에 대하여 내용 타당도 지수(Content Validity Index: CVI)와 평가자 간 내용 일치도 지수(Inter-Rater Agreement: IRA)를 구하여 내적 타당화를 진행하였다. 내용 타당도 지수(CVI)는 전문가들의 긍정적 평가가 얼마나 일치하는지를 나타낸 것으로 항목별로 긍정적인 평가를 한 전문가의 수를 전체 전문가의 수로 나누어 계산하였다. 평가자 간 내용 일치도 지수(IRA)는 전문가들이 일치되게 긍정적으로 답변한 문항이 얼마나 되는지를 나타내는 것으로 전체 문항 중 전문가들의 긍정적 답변(3점 혹은 4점)이 일치한 문항의 비율로 계산하였다. CVI와 IRA는 일반적으로 0.80 이상이면 타당하다고 판단한다(Grant & Davis, 1997; Rubio Berg-Weger., Tebb., Lee., & Rauch, 2003).

2. 행위주체성 검사 자료

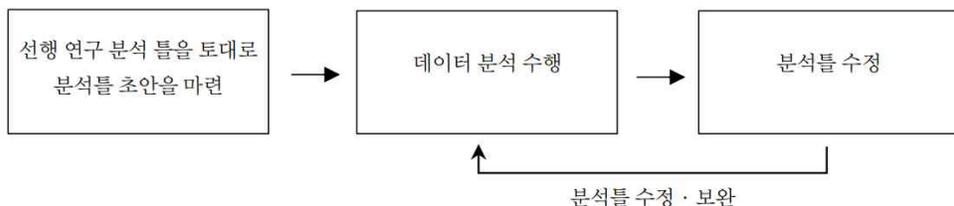
연구 참여 학생 수가 작았기 때문에(N=6) 학생 행위주체성 검사 결과를 양적으로 분석하는 것은 통계적으로 유의미하지 않다고 판단하였다.

따라서 문항별로 평균을 구하고 학생들이 프로그램을 통해 주로 향상되었다고 생각하는 문항이 무엇인지 파악하여 질적 분석을 위한 보조자료로 활용하였다.

3. 참여관찰일지, 면담 자료, 탐구일지, 탐구 보고서

프로그램의 효과 분석을 위해 양적, 질적 연구를 모두 사용하지만 대체로 질적 연구기법에 더 중점을 두어 분석하였다. 학습자의 행위주체성은 탐구프로그램의 여러 단계 및 맥락에서 학생들의 실질적 행위를 통해 탐색할 수 있기 때문이다(Holland et al., 1988).

수집된 자료들은 모두 근거이론에 기반한 지속적 비교분석법(Charmaz, 2006; Glaser, 1965)에 따라 질적 분석을 하였다. 본 연구에서 주목하는 행위주체성의 맥락은 ESA이므로, 선행 연구(Ballard et al., 2017; Harris & Ballard, 2021; 가석현, 2021) 사례에서 사용한 ESA 프레임워크를 수정·보완하여 수집된 자료를 분석하는데 이용하였다. 선행 연구에 기초해서 초기 분석틀을 만든 후, 이를 토대로 자료 분석을 시도하였다. 초기 분석틀로 분석하기에 한계가 있는 자료가 나타나면 분석틀을 수정하였고, 수정된 분석틀로 다시 자료를 해석하였다.



[그림 3-2] 분석틀 도출 과정(가석현, 2021)

이러한 과정을 반복적으로 거쳐 최종적으로 분석에 사용된 분석틀은 [표 3-7]과 같다. 참여관찰일지, 면담의 전사본, 학생의 탐구일지, 탐구 보고서 등 수집된 모든 자료를 반복적으로 읽으며 분석틀에 따라 코드로 명명하였으며, 코드로 명명된 행위들을 적용한 데이터 기반 탐구프로그램의 구조와 연결지어 분석하였다.

[표 3-7] 환경과학 행위주체성 분석틀

ESA 범주	분류 코드 및 내용
	능동적 지식 형성(Understanding)
지식·이해	U1. 환경 과학과 관련된 능동적 지식 형성 U2. 데이터 분석과 관련된 능동적 지식 형성
전문성 개발 · 역할 배치	자신의 전문 영역 형성(Own expertise) O1. 프로그램 수행 과정에서 자신의 전문 영역 형성
	환경 문제에 대한 ‘나’의 위치 짓기(Positioning) P1. 환경 문제를 ‘나’의 문제로 인식 P2. 환경 문제 해결의 행위자로서 ‘나’를 인식
확장·변화	프로그램 맥락을 넘어서 바깥으로 행위를 확장(Extensionality) E1. 변화의 토대로 데이터의 중요성 인식 E2. 공동체와 연구 성과를 공유하는 것에 흥미를 느낌

본 연구는 주로 질적 분석 방법을 사용하였기 때문에 Creswell (2012)이 제시한 검증 방법에 따라 다음과 같이 연구의 신뢰성을 확보하였다. 첫째, 다양한 자료를 확보하여 삼각검증이 이루어질 수 있도록 하였다. 참여관찰일지, 면담 전사본, 행위 주체성 검사지, 학생이 생성한 산출물을 비롯하여 최소 두 가지 이상의 자료를 분석에 사용하고, 이 자료들의 비교를 통해 분석과 해석을 하였다. 둘째, 동료 검증 방법을 이용하

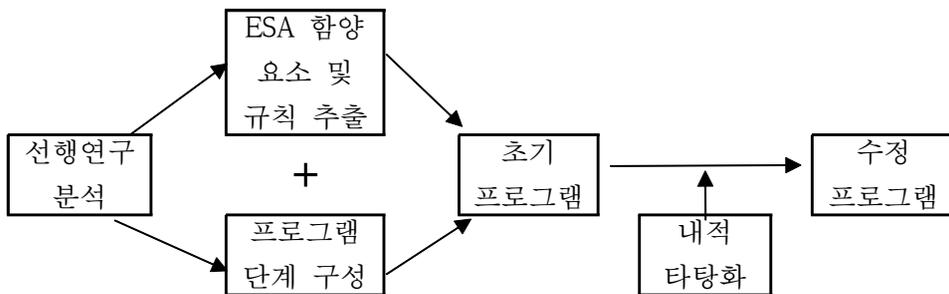
여 1명의 박사급 연구자와 함께 교차 검증을 진행하였고, 연구자의 해석이 자의적이거나 잘못된 부분이 없는지에 대해 지속해서 검토하였다. 분석에 이견이 있는 경우에는 논의를 통해 합의에 이르도록 하였다. 셋째, 연구 상황과 연구 참여자에 대해 상세히 기술하였다. 이는 독자들이 본 연구 결과를 다른 연구 상황에 활용할 수 있는지에 대해 판단할 수 있도록 할 것이다.

제 4 장 연구 결과

제 1 절 프로그램 개발

1. 프로그램 개발 절차

본 연구의 목적은 학생 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구프로그램을 개발하는 것이다. ESA와 관련된 선행 연구들로부터 ESA 범주 및 ESA를 함양할 수 있는 요소를 분석하여 프로그램 내용을 구상하였다. 이후, 데이터 기반 탐구모형에 관한 선행 연구를 바탕으로 프로그램의 단계를 설정하고 활동 내용을 구성하였다. 이에 대해 전문가 타당화를 받았으며, 적용 가능성에 대해 현장 교사들에게 자문을 구하였다. 이 과정에서 나온 의견을 반영하여 프로그램 활동 내용을 수정하여 총 10차시의 프로그램을 구성하였다.



[그림 4-1] 프로그램 개발 절차

2. ESA 함양 요소 추출

환경과학 프로그램을 통한 ESA 발현 및 변화 양상을 분석한 선행 연구로부터 ESA를 함양할 수 있는 교육 프로그램의 요소를 [표 4-1]과 같이 추출하였다.

[표 4-1] ESA 함양에 영향을 준 요소

ESA 함양에 영향을 준 요소	선행 연구
복잡한 생태계 시스템에 대한 탐구 활동 경험	Ballard et al. (2017)
환경친화적 탐구 주제	komodiki et al. (2021)
실제적 데이터 수집과 분석	Ballard et al. (2017), 가석현(2021)
접근 가능 다양한 자원, 자유롭고 유연한 탐색	Harris & Ballard (2021)
학생의 흥미로부터 도출된 탐구 문제 설정	Harris & Ballard (2021)
학생 주도의 탐구 설계 및 결론 도출	Ballard et al. (2017), Harris & Ballard (2021), komodiki et al. (2021)
학생들이 주체가 되어 책임을 공유하며 공동의 과업 수행	Ballard et al. (2017), komodiki et al. (2021)
연구 결과 외부(전문가·지역사회 구성원·일반 대중들)와 공유	Ballard et al. (2017) Harris & Ballard (2021)

위 요소들을 반영하여 프로그램은 환경 관련 문제를 탐구 주제로 설정하도록 하고 탐구 문제 해결에 실제적 데이터를 활용할 수 있도록 하였다. 탐구 문제 설정부터 결론 도출까지 학생이 주도하도록 프로그램을 구성하며 탐구 결과를 더 넓은 집단과 공유하기 위한 단계도 포함하였다.

같은 프로그램이라도 이것을 현장에 적용할 때 어떻게 운영하느냐에 따라 그 효과는 매우 달라진다. 학생들의 행위는 규칙과 자원으로 구성된 수업의 구조와 역동적으로 상호작용하기 때문이다(Giddens, 1984, 2001). 개발한 프로그램을 현장에 적용할 때, [표 4-2]와 같은 규칙을 가지고 운영하도록 하였다.

[표 4-2] ESA 함양을 위한 규칙

ESA 함양을 위한 프로그램의 규칙	선행 연구
학생 주도의 탐구	Ballard et al. (2017) Harris & Ballard (2021) 이민주, 김희백(2019) 가석현(2021) Ballard et al. (2017)
탐구 설계의 수정, 시행착오로 인한 회귀 허용	Harris & Ballard (2021) Park et al.(2009) 이민주, 김희백(2019)
탐구 및 분석에 대한 충분한 시간 보장	이민주, 김희백(2019)
모둠원들과 아이디어·자료 모두 공유, 협력	이민주, 김희백(2019) 이민경(2016)
유연하고 독립적인 그룹 활동 허용	Harris & Ballard (2021)
학생에게 친근한 지역을 선정	Ballard et al. (2017)
질문에 개방적인 교사의 태도	Harris & Ballard (2021)

3. 데이터 기반 탐구프로그램 단계 구성

본 연구에서 프로그램 단계를 구성할 때 바탕으로 삼은 모형은 ‘데이터 기반 탐구학습(정은주, 손정우, 2019)’, ‘탐구적 과학 글쓰기(SWH)를 통한 데이터 기반 과학 탐구학습(박찬술, 손정우, 2019)’, ‘ESDA(Exploratory Scientific Data Analysis Inquiry Model) 탐구 모형(손미현, 2020)’이다([표 4-3]).

[표 4-3] 프로그램 개발에 바탕이 된 데이터 기반 탐구모형

데이터 기반 탐구학습 단계		
데이터 기반	SWH-데이터 기반	EDSA
탐구학습	과학탐구학습	탐구 모형
탐색	데이터 탐색	도구 탐색
	문제 설정	데이터 수집
실행	디지털 탐구도구 선정	추가 데이터 수집
	탐구 설계	
	데이터 수집	
평가	데이터 분석	자료 해석
	정보에서 지식 도출	결론 및 표현

개발한 프로그램 단계는 정은주, 손정우(2019)의 ‘데이터 기반 탐구학습’ 단계를 따라 크게 탐색-실행-평가로 구성하였다. 여기에 데이터와 관련된 학생 활동이 구체적으로 제시된 ‘탐구적 과학 글쓰기(SWH)를 통한 데이터 기반 과학 탐구학습(박찬술, 손정우, 2019)’과 ‘ESDA(Exploratory Scientific Data Analysis Inquiry Model) 탐구 모형(손미현, 2020)’을 통합하여 단계별 활동을 설정하였다.

일반계 고등학교 학생들 대부분은 실제적 데이터를 수집하고 분석하는 탐구 활동 경험이 많지 않으므로 프로그램 첫 단계에 환경 관련 데이터 기반 과학 탐구 사례를 소개하고 수업 활동을 안내하는 도입 단계를 추가하였다. 또한 ESA의 주요 요소이기도 한 ‘결론 외부로 확장하여 실천하기’ 활동을 포함하는 ‘사회적 실천’ 단계를 추가하였다.

환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램 초안의 단계는 [표 4-4]와 같다.

[표 4-4] 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램 단계

프로그램 단계	내용
도입	- 환경 이슈 논의 - 환경 관련 데이터 및 탐구 사례 소개 - 활동 안내
탐색	- 환경 관련 공공 데이터 탐색 - 문제 발견
실행	- 설정한 문제와 관련된 데이터 추가 수집 - 데이터의 특징 파악, 융합, 전처리 - 데이터 분석
평가	- 결론 도출 - 결론 공유 및 발표
사회적 실천	- 학교, 지역사회, 전문가 집단 등에게 결론 알리기 - 캠페인 - 환경 전문가, 환경 단체와 활동 공유하기

4. 초기 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램

본 연구에서 개발한 프로그램은 프로젝트 형식의 데이터 기반 탐구프로그램으로, 학생들은 환경 문제와 관련된 실제적 데이터를 분석하여 탐구를 수행하고 결론을 도출한 후, 탐구 결과를 외부로 확장하는 것으로 구성되어 있다. 총 10차시로 이루어져 있으며, 1차시는 50분 동안 진행된다. 차시별 활동 내용은 [표 4-5]와 같다.

‘도입’ 단계에서는 학생들에게 환경에 대한 실제적 데이터 활용 사례를 소개한다. 이후 특정 사례를 선택하여 그 사례에서 어떠한 환경 데이터를 활용하였는지, 어떻게 활용하였는지, 산출물은 무엇인지 분석하여 정리하고 발표하여 내용을 공유하도록 한다. 앞으로 이루어질 활동에 대하여 안내하며 수업을 마무리한다.

‘탐색’ 단계에서는 관심 있는 환경 주제를 설정한 후 관련 데이터를

검색한다. 데이터 플랫폼에서 데이터를 내려받아 데이터의 내용을 확인하고 여러 변인(기간, 장소, 측정값 등)으로 데이터를 정렬하여 분석해 본다. 데이터와 관련하여 탐구하고 싶은 문제를 설정하고 이를 탐구 일지에 기록한다. 탐구 일지는 공유 문서로 작성하여 다른 학생 및 교사가 피드백할 수 있도록 한다. 환경 범주 및 탐구 문제는 학생의 흥미로부터 도출되도록 하며, 모둠원들과 아이디어를 공유하며 논의가 활발하게 이루어질 수 있도록 지원한다. 학생들은 보통 탐구 문제 및 가설을 설정하는 단계를 매우 어려워 하고 이 단계에 많은 시간이 걸릴수도 있으므로(가석현, 2021; 한미영 등, 2022) 2차시 이상의 충분한 시간을 확보해 주도록 한다.

‘실행’ 단계는 학생들의 주도적으로 탐구를 진행하는 단계로 데이터를 수집하고 분석하는 단계이다. 이 단계에서 학생들은 데이터의 특징을 파악하고, 필요한 데이터들을 융합하고 전처리 하여 변수들간의 상관 관계나 변화 추이를 분석하게 된다. 분석 결과를 시각화하는 활동도 실행 단계에 포함된다. 학생 주도의 탐구가 이루어지도록 하며, 탐구 설계를 수정하거나 시행 착오로 다시 도입 단계로 돌아가는 회귀도 허용한다. 모둠원들과 모든 자료를 공유하고 협력하도록 하며 4차시 이상의 충분한 시간을 확보해 주도록 한다.

‘평가’ 단계에서는 데이터 분석 결과를 종합하여 결론을 도출하도록 하고 탐구 보고서를 작성하여 프리젠테이션을 하여 결과를 공유한다.

마지막으로 ‘사회적 실천’ 단계에서 탐구 결과를 수업에 참여한 학생들 외에 더 넓은 공동체에게 알리기 위한 방안을 논의하고 도출한 방안을 실제 행위로 실천하도록 한다.

[표 4-5] 차시별 활동 내용

단계 (차시)	활동 내용
	운영 규칙
도입 (1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 데이터 기반 탐구 활동 사례 소개 <ul style="list-style-type: none"> * 사례 참고 자료: <ul style="list-style-type: none"> - Globe Project²⁾, - 환경데이터 분석·활용 공모전 수상작 - 환경 빅데이터 플랫폼 활용 사례 등) 포스트 코로나 전후 온실가스 및 항공 데이터 분석을 통한 온실가스 감축 서비스 제안 2. 사례 분석하기(활용한 데이터의 종류, 분석 방법, 산출물 형태) 3. 활동 안내 <ul style="list-style-type: none"> · 소개된 사례를 학생이 직접 선택하여 분석
탐색 (2~3)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 환경 관련 공공 데이터 탐색 2. 데이터 변형과 해석 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 내려받기, 저장, 변수, 장소, 기간, 측정값 확인 - 특정 변수 선택, 정렬, 시각화 3. 문제 발견 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터에서 주목할 특징 찾기, 원인 생각해 보기 - 탐구하고 싶은 문제 발견 - 가설 설정 - 가설 설정 및 이유 탐구 일지에 기록, 피드백 <ul style="list-style-type: none"> · 학생 흥미로부터 도출된 문제 설정 · 학생에게 친근한 지역을 선정 · 모듈원들과 아이디어 공유 · 분석에 대한 충분한 시간 보장
실행 (4~8)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 가설을 증명하기 위한 추가 데이터 수집 <ul style="list-style-type: none"> * 환경 관련 주요 데이터 플랫폼 <ul style="list-style-type: none"> - 환경 빅데이터 플랫폼 - 공공데이터 포털 - 환경 통계 포털 - 기후정보 포털

	<p>2. 데이터 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 데이터의 특징 파악, 융합, 전처리 - 변수 선택, 상관관계 분석, 변화 추이 분석 - 여러 방식으로 시각화(그래프 종류, 색, 형태, 축, 범례 다양화) 해 본 후 데이터의 특징을 가장 잘 나타내는 차트 선택 - 변수 간의 상호관계 분석 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> · 학생 주도의 탐구 · 탐구 설계의 수정, 시행착오로 인한 회귀 허용 · 분석에 대한 충분한 시간 보장 · 모듈원들과 자료 모두 공유, 협력
<p>평가 (9)</p>	<p>1. 결론 도출</p> <ul style="list-style-type: none"> - 분석 결과와 과학적 지식을 연계하여 해석 <p>2. 결과 공유</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연구 일지, 보고서 웹문서로 기록, 구글 클래스룸에 공유 - 탐구 내용 프레젠테이션 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> · 학생 주도의 탐구 · 모듈원들과 협력
<p>사회적 실천 (10)</p>	<p>1. 내가 속한 공동체(가족, 친구, 학교, 지역사회, 전문가 집단 등) 에게 탐구 내용 알릴 방안 논의</p> <p>2. 결론 알리기</p> <ul style="list-style-type: none"> * 공유 예시 - SNS, 기관에 의견 개진 - 캠페인, 포스터 게시 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> · 학생 주도의 사회적 실천

5. 전문가 타당화 및 경험적 탐색

초기 프로그램 단계와 활동 내용에 대한 전문가 타당화는 전문가 5인에 의해 이루어졌다. [표 4-6]에서 보듯 전문가 타당화 결과 타당성(평균

2) <https://www.globe.gov/> 110개국의 대표들이 해당 국가의 지역적 광역적 특색에 따른 환경 데이터 수집, 데이터 기반 연구 수행. 데이터는 공개 소스로 누구든지 이용 가능.

3.4점), 설명력(평균 3.6점), 유용성(평균 3.6점), 이해도(평균 3점), 보편성(평균 3.4점) 모두 긍정적 평가를 받았으며, 각 영역에 대한 CVI와 IRA도 모두 0.8 이상으로 나와 프로그램이 ESA 함양에 있어 타당하고 판단하였다.

[표 4-6] 초기 프로그램에 대한 전문가 타당화 결과

영역	전문가					평균	CVI	IRA
	A	B	C	D	E			
타당성	4	4	3	3	3	3.4	1	
설명력	4	3	4	4	3	3.6	1	
유용성	4	4	3	4	3	3.6	1	0.8
이해도	4	3	3	3	2	3	0.8	
보편성	4	4	3	3	3	3.4	1	

전문가 타당화에서 수집된 전문가들의 의견과 이를 반영한 수정 사항은 [표 4-7]과 같다.

[표 4-7] 전문가 의견과 수정 사항

구분	전문가 의견	수정 사항
수업 내용	· 학생의 흥미를 유발할 수 있는 도입 활동 필요	· 참여 학생 사전 조사를 통해 관심 있는 환경 문제를 파악하여 관련된 탐구 사례 제공
	· 충분한 시간 확보가 중요하다고 하였는데 여전히 시간이 많이 걸리는 문제에 봉착할 수 있어 보임	· 방학 중 오전 프로그램으로 개설하여 정해진 수업 이후에도 탐구할 수 있도록 시간 확보

	<ul style="list-style-type: none"> · 사회적 실천의 대상에 있어 내가 소속된 공동체의 범주를 보다 유연하게 풀어줄 필요가 있음 · 사회적 실천의 방안으로 제시된 결론 알리기, 의견 개진 및 결과물 게시 등의 포명한 결과물의 형태 외에도 학생의 행위자 주체성을 살려 직접적인 시민행동/의사소통 요소를 포함하면 좋겠음 · 실천가로서의 정체성 발달을 돕기 위해 지역사회 실천 그룹(환경교육 단체 등)과 공유하는 장을 마련하면 좋겠음 	<ul style="list-style-type: none"> · 탐구 결과 공유할 공동체 및 실천 방안은 교사가 한정하여 제시하지 않고 학생들 스스로 선택하고 고안하게 함
<p>데이터 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 고등학생 수준에서 학생들이 할 수 있는 데이터 분석의 방법과 결과에 대한 명확한 확인 필요 · Raw data가 자신의 탐구 목적을 달성하는 데 어려움이 있다면, 탐구를 다시 설계하거나 다른 raw data를 선택해야 하기 때문에 많은 어려움이 있을 수 있음. · 무한하게 주제를 열어두기보다, 일부 주제로 한정된 후(예. 미세먼지 관련 연구), 관련된 데이터를 제공하면 프로그램 진행이 수월할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 참여 학생의 파이썬 능력 정도를 조사하는 것을 프로그램 운영 규칙에 포함 · 교사가 미리 여러 예상 탐구 주제들을 뽑아보고, 그에 맞는 적절한 raw data를 사전에 추려 놓아 적절한 스캐폴딩 제공 · 환경 관련 주요 키워드 제시

- 학생 주도성을 고려하면서도 적절한 전문적 자원과 피드백 지원이 필요
- 파이썬 활용 데이터 요약· 분석· 시각화 코드 소스 제공, 참고 자료 제공

한편, 경험적 탐색에서 차시별 활동 내용에 대한 초안을 검토한 현장 교사들은 [표 4-8]과 같은 의견을 제시하였다.

[표 4-8] 현장 교사의 경험적 탐색 의견

구분	현장 교사의 의견	수정 사항
수업 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 도입 단계에서 50분 동안 해야 할 활동이 너무 많음 · 제시된 사례가 학생 수준에서 어렵게 느껴질 수 있음 · 활동 내용이 더 구체적으로 표현되면 좋겠음 	<ul style="list-style-type: none"> · 환경데이터 공모전 수상작 등과 같은 사례는 제목과 내용을 간단하게 소개하고, 학생들 수준에 맞는 데이터 활용 기사 분석으로 활동 대체
데이터 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 파이썬을 활용한 데이터 분석 및 시각화 연습 필요 · 가설 검증을 위한 2차 데이터가 존재하지 않을 가능성도 있음 · 실제적 데이터 분석 경험이 적은 학생들이기 때문에 관심 있는 환경 문제와 관련된 데이터를 찾아 분석하는 것만으로도 의미가 있다고 판단됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 실행 단계에서 데이터 분석 연습 활동을 추가함 · 탐구 과정을 ‘가설 설정 → 변수 추출 → 변수와 관련된 2차 데이터 수집 → 변수 간 상관관계 도출 → 가설 검증’의 형태에서 ‘주제 설정 → 관련 데이터 수집 → 데이터 분석 → 정보 도출’로 내용을 변경

6. 수정된 탐구프로그램

전문가 및 현장 교사 검토 의견을 반영하여 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램을 수정하였다([표 4-9]).

[표 4-9] 수정 탐구프로그램 개요

단계	도입	탐색	실행	평가	확장
내용	· 데이터 기반 탐구 사례 소개	· 탐구 문제 설정 · 데이터 수집	· 파이썬 활용 데이터 분석 연습 · 데이터 분석 및 시각화	· 결론 도출 · 탐구 보고서 작성 · 발표	· 탐구 내용 외부와 공유 방안 논의 · 방안 실천
지원	· 학생 수준에 맞는 데이터 활용 기사	· 환경 관련 대표 키워드 · 주요 공공 데이터 포털	· 파이썬 코드 소스	· 보고서 양식	
운영 규칙	<ul style="list-style-type: none"> · 사전에 학생 환경 관심사와 파이썬 능력 정도 조사 · 학생 주도의 탐구 및 실천 · 학생 흥미로부터 도출된 문제 설정 · 학생에게 친근한 지역을 선정 · 탐구 설계의 수정, 시행착오로 인한 회귀 허용 · 분석에 대한 충분한 시간 보장 · 모듈원들과 자료 모두 공유, 협력 				

프로그램을 적용하기 전에 환경 문제에 관한 학생들의 관심 분야를 미리 조사하여 예상 탐구 주제를 만들어 보고 관련된 공공 데이터를 찾아놓아, 학생들이 문제 설정이나 데이터 수집에 어려움을 겪을 때 적절하게 지원할 수 있도록 운영 규칙에 사전조사를 추가하였다. 데이터 분석에 특정 프로그램을 사용한다면 해당 프로그램에 대한 학생들의 능력 정도

를 미리 파악하여 탐구 활동 수준을 조정하는 것도 필요하기 때문에 이 내용도 운영 규칙에 포함하였다.

‘사회적 실천’ 단계는 ‘확장’으로 변경하였다. 본 연구에서 개발한 탐구 프로그램은 참 탐구의 성격을 띠는 개방된 형태의 탐구이므로, 탐구 결과에 따라 학생의 직접적인 사회적 행동이 필요하지 않은 경우도 발생할 수 있다(가석현, 2021). 따라서 마지막 단계는 탐구 결과를 외부로 확장하여 공유하는 활동까지만 진행하 것으로 변경하였다. 수정된 탐구 프로그램의 단계별 활동 내용은 [표 4-10]과 같다.

[표 4-10] 수정 탐구프로그램 단계별 활동 내용

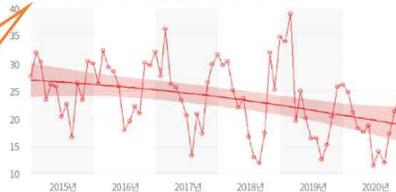
단계 (차시)	활동 내용								
도입 (1)	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 기반 탐구 활동 사례 소개 1 (간단히 살펴 보기) <참고 자료_환경 데이터 활용 프로젝트> Globe Project, 환경데이터 분석·활용 공모전 수상작, 환경 빅데이터 플랫폼 활용 사례 등) 포스트 코로나 전후 온실가스 및 항공 데이터 분석을 통한 온실가스 감축 서비스 제안 • 데이터 기반 탐구 활동 사례 소개 2 <ul style="list-style-type: none"> - 실제적 데이터가 활용된 기사 분석 - 탐구 문제, 활용한 데이터, 데이터 분석 및 시각화한 방법을 분석하여 탐구 보고서 표에 정리 <table border="1" style="width: 100%; margin: 10px 0;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">탐구 문제 (질문)</th> <th style="width: 25%;">활용한 데이터</th> <th style="width: 25%;">분석 방법</th> <th style="width: 25%;">시각화한 방법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 30px;"> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p><참고자료_기사 분석 예> 줄어든 미세먼지, 코로나19 때문일까(시사IN, 2021.06.08.)</p>	탐구 문제 (질문)	활용한 데이터	분석 방법	시각화한 방법				
탐구 문제 (질문)	활용한 데이터	분석 방법	시각화한 방법						

• 탐구 동기

5월 둘째 주말 프랑수아 경기가 미세먼지 때문에 취소됐다. 언론은 '최악의 미세먼지, 프랑수아 취소' 등의 관련 보도를 쏟아냈다. 야구팬들은 미세먼지를 원망했지만 이번 사태의 주범은 황사다. 황사는 몽골과 중국 사막지대의 흙먼지와 모래가 게트기류를 타고 멀리 퍼지는 현상이다. '삼국사기'에도 기록됐을 만큼 오래된 볼살 자연현상이다. 미세먼지와 달리 합승 마그네슘 등 자연 기원 물질이 많이 포함됐다. 이런 언론보도에 대해 국립환경과학원 관계자는 "엄밀하게 따지면 미세먼지와 황사는 구분해서 보도해야 한다"라고 말했다.

야구경기 취소가 다스칸 충격이었던 이유는 코로나19 이후 미세먼지 상황이 꾸준히 좋아지고 있었기 때문이다. 예년과 달리 지난해부터 미세먼지로 괴로운 날이 부족 줄었다. 체감은 물론 실제 데이터로도 그렇다. 올해 초 국립환경과학원은 2020년 초미세먼지(PM2.5) 농도가 관측 이래 최저치를 기록했다고 발표했다. 전국 472개 국가 대기오염 측정망 관측값을 분석한 결과다(아래 <그림 1> 참조). 2020년 연평균 농도는 19마이크로그램($\mu\text{g}/\text{m}^3$)으로, 초미세먼지 관측을 시작한 2015년(26.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 이래 가장 낮은 수치였다. 2019년(23.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)에 비하면 17.4%(4.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)가 줄어 가장 큰 연간 감소 폭을 기록했다.

<그림 1> 2015년 이후 국내 월별 초미세먼지 농도 변화 (단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



- 2015~2020년 월별 국내 초미세먼지 농도 데이터 시각화
- 선 그래프, 연도별 평균값도 표시 → 추세 확인 용이

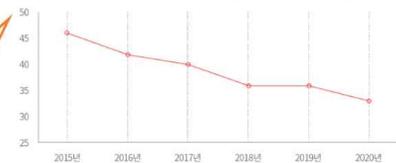
• 2019년, 2020년 미세먼지 예보 일수 비교

시민들이 쉽게 체크하는 '날뽕' '물뽕' 미세먼지 예보 등급을 봐도 그렇다. 2020년 초미세먼지 나쁨(36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상) 일수는 총 27일로 2019년 대비 20일 감소했다. 이 역시 관측 이래 최소였다. 좋음(15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하) 일수는 자연스럽게 154일로 늘었다. 2019년 대비 39일 증가해 관측 이래 정령한 날이 가장 많았던 해로 분석되었다. 특히 2020년에는 '매우 나쁨'이 단 하루도 발생하지 않았다.

그동안 우리를 괴롭혔던 미세먼지는 어떻게 이처럼 줄어들었을까. 국립환경과학원은 네 가지 이유를 들었다. ①국내 경제 호황-고종국민 지속적인 미세먼지 개선 추세 ②코로나19 영향 ③오염원 감축 조치였다. 이를 하나하나 살펴보자. 우선 국내 경제 효과로는 2019년 12월부터 도입된 계절관리제를 들 수 있다. 미세먼지가 가장 많이 발생하는 12월~3월 동안 배출가스 5등급 차량의 수도권 운행 제한, 석탄화력발전소의 가동 중단 및 출력 제한 등을 실시하고 있다.

중국도 국가 차원에서 강력한 미세먼지 대책을 추진하는 중이다. 중국 전역 337개 지역의 초미세먼지 연평균 농도가 2015년 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2020년 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 감소했다. 국립환경과학원은 발표했다(아래 <그림 2> 참조).

<그림 2> 2015년 이후 중국 337개 도시 연평균 초미세먼지 농도 변화 (단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



자료: 국립환경과학원

- 미세먼지가 왜 줄었을까?
- 감소 이유 제시
- 감소 이유를 정당화할 수 있는 데이터 제시 및 분석

• 2015년 이후 중국 연평균 초미세먼지 농도 데이터 선 그래프로 시각화 → 감소 검증

- 기상은 어떤 요인이었을까?
- 2019, 2020 강수량 비교
- 2019, 2020 대기 정체일 비교

기상도 한몫했다. 비가 많이 내려 대기가 정화됐다. 2020년 전국 평균 강수량은 1588mm로, 2019년 1184mm에 비해 34% 증가했다. 바람도 많이 불었다. 대기 정체일(평균 풍속이 2m/s 이하인 날) 수도 2020년 245일로 2019년 256일에 비해 4.3% 줄었다.

코로나19 영향은 어떻게. 아직 정확하게 분석하기에는 이르지만, 몇 가지 것들이 있다. 에너지소비와 교통량이다. 국가 에너지소비량은 전년 동기 대비 3.8%, 선박 입출항 수는 7.6%, 항공운항 편수는 43.7% 감소했다. 도로 교통량도 줄었다. 4월25일 국토교통부에 따르면 2020년 하루 평균 도로 교통량은 2019년보다 1.1%가량 줄었다. 지난 10년간 도로 교통량은 연평균 1.7%가량 꾸준히 증가했

- 코로나19 영향은 어떻게 알아볼 수 있을까?
- 2019, 2020 에너지 소비량 비교
- 도로 교통량 비교

• 향후 활동 안내



• 모듈별 탐구 문제 논의 및 설정

- 데이터 기반 환경 관련 대표 키워드 제시

표 4-1: 각 문서집단의 대표 키워드 정리

문서 집단	네이버 환경뉴스	환경 관련 학회지	KEI 연구보고서	환경부 환경백서
Uni-gram 키워드	미세먼지 환경부 쓰레기 초미세먼지	미세먼지 흡착 토양 중금속	기후변화 에너지 배출량 환경영향평가 폐기물 미세먼지 미세플라스틱	폐기물 미세먼지 온실가스 기후변화 미세플라스틱 통합물관리
Bi-gram 키워드	미세먼지 농도 환경부 장관 미세먼지 대책 고농도 미세먼지 미세먼지 비상저감조치	가습기 살균제 저영양개발 기법 플라즈마 가스 미세먼지 농도 해양 산성화 호기성 그래놀 이산화탄소 농도	기후변화 대응 온실가스 감축 국토환경 지리정보 기후변화 리스크 지속가능성 지수	멸종위기 야생생물 온실가스 감축 온실가스 배출량 분야별 환경정책 미세먼지 비상저감조치 자원순환 성과관리

탐색
(2~3)

3)

- 설정한 탐구 문제에 대한 교사 및 동료 피드백
- 탐구 문제 구체화

• 탐구 문제에 필요한 데이터 목록 작성

• 데이터 수집 및 저장(저장 폴더 반드시 확인)

	<p>- 환경 관련 주요 데이터 포털 안내</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> · 공공데이터 포털 https://www.data.go.kr/ · 환경 빅데이터 플랫폼 https://www.bigdata-environment.kr/user/data_market/list.do · 기상자료개방 포털 https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do · 환경통계포털 https://stat.me.go.kr/portal/main/indexPage.do#section1 · 기후정보포털 http://climate.go.kr/home/ · kosis국가통계포털 https://kosis.kr/index/index.do • 환경소비 트렌드 분석 서비스 http://mylife-bigdata-environment.skku.edu/estas/ </div>
<p>실행 (4~8)</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 분석 연습(파이썬 코드 소스4) 제공 <p><참고 자료> 초미세먼지 농도는 강수량의 영향을 받을까?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 필요한 데이터: <ul style="list-style-type: none"> - 초미세먼지농도 데이터: 환경통계포털 (https://stat.me.go.kr/portal/stat/easyStatPage.do) - 강수량 데이터: 기상자료개방포털 (https://data.kma.go.kr/stcs/grnd/grndRnList.do?pgmNo=69) 2. 기간, 지역 설정하여 데이터 내려받기 3. 농도 데이터와 강수량 데이터 월별로 합치기 4. 코랩 플랫폼에서 파이썬 이용하여 데이터 분석하기 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 준비 및 확인 <ul style="list-style-type: none"> * 필요한 라이브러리(판다스, 넘파이) 불러오기 * CSV 파일 업로드 * 데이터 요약, 기술 통계(최소, 최대, 평균 등) 확인 - 항목별 시각화 <ul style="list-style-type: none"> * 필요한 라이브러리(맷플롯립, 시분) 불러오기 * 선그래프 그려보기, 3월 데이터만 시각화 해보기 * 미세먼지 월별로 따로 그려보기 * 산점도, 막대그래프 그려보기 - 초미세먼지 농도와 강수량 상관관계 구해보기

	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 분석 안내 <ol style="list-style-type: none"> 1. 무엇(변수)을 어떻게 분석할 것인지 확실하게 하기 2. 1번 전략에 맞게 데이터 다듬기(필요한 항목만 남기기, 데이터 융합하기 등) 3. 파이썬으로 csv 파일 불러오기 4. 데이터 정보, 특징 살펴보기 5. 시각화 6. 상관 관계 혹은 추세 분석 • 데이터 분석 및 시각화 수행
평가 (9)	<ul style="list-style-type: none"> • 결론 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 분석 결과에 근거하여 결론 도출 • 최종 탐구 보고서 작성 및 발표 <ul style="list-style-type: none"> - 탐구 보고서 양식 제공 <ul style="list-style-type: none"> * 서론: 탐구 목적, 탐구 이유, 탐구 문제 * 본론: 사용한 데이터, 분석 과정 * 결과: 데이터 시각화 자료, 변수별 상관관계 * 결론
확장 (10)	<ul style="list-style-type: none"> • 탐구 내용 외부 확장 방안 논의 <ul style="list-style-type: none"> - 공유할 공동체의 범위 - 공유 방안 • 공유 실천

3) 출처: 성균관대학교 빅데이터팀(2019), 비정형 데이터 마이닝을 통한 환경분야 주요 이슈 분석

4) <https://colab.research.google.com/drive/1GWxHuL6TSa-V-N6KmiwyIOAofp4xHsVF>

제 2 절 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램 적용

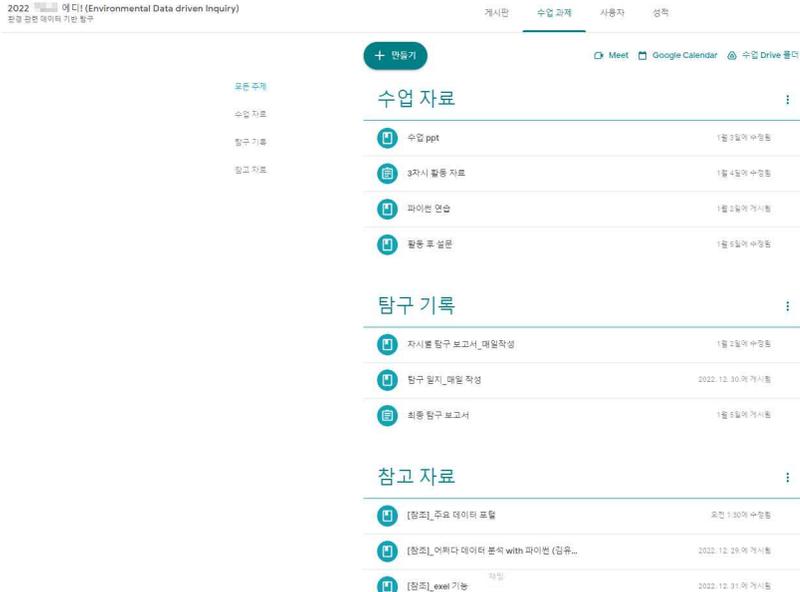
1. 프로그램 준비 및 실행

프로그램 이름을 에디(EDI: Environmental Data driven Inquiry)로 정하고 2023년 11월부터 프로그램을 적용할 준비를 하였다. 정규 교육과정 외 겨울방학 특별 프로그램으로 수업을 개설하였다. 참여 희망자를 모집하기 위해 프로그램 내용과 일정을 소개하는 포스터([그림 4-2])를 만들어 교내 게시판 곳곳에 게시하였고, 교과 및 동아리 시간을 활용하여 프로그램을 직접 소개하였다.



[그림 4-2] 프로그램 홍보 포스터

시·공간의 제약 없이 자료 및 보고서에 접근할 수 있도록 하고 소통과 협업을 원활하게 할 수 있도록 구글 클래스룸 플랫폼에 에디 클래스룸을 개설하였다([그림 4-3]). 클래스룸에 ‘참고 자료’ 카테고리를 만들어 환경 관련 데이터 플랫폼, 파이썬을 활용한 데이터 분석 예제, 엑셀 주요 기능 등 학생들의 탐구 활동을 지원해 줄 수 있는 자료를 탑재해 두었다. 또한 활동 안내 자료, 수업 시간에 사용한 프리젠테이션 파일, 파이썬을 활용한 데이터 분석 연습 코드 링크를 탑재하여 활동 내용에 언제든 접근할 수 있도록 하였다. 탐구 일지는 패들릿으로, 차시별 탐구보고서는 구글 문서로, 최종 탐구보고서는 구글 슬라이드로 양식을 만들어 작성할 때 실시간 협업과 피드백이 가능하도록 하였고 이 문서들에 대한 링크를 클래스룸에 탑재하여 학생들이 편리하게 접근할 수 있도록 하였다.



[그림 4-3] 프로그램을 위해 개설한 구글 클래스룸

프로그램은 2023년 1월 첫째 주에 10차시에 걸쳐 진행되었다. 1차시는 50분 기준으로 운영하였으나 방학 중 오전에 개설된 특별 프로그램인 만큼 탐구 시간이 더 필요한 학생은 수업 후에도 남아서 탐구를 더 진행할 수 있도록 하였다.

참여 신청을 받으면서 학생들에게 참여 동기, 평소 관심 있었던 환경 문제, 파이썬을 다루는 능력 정도를 조사하여 프로그램을 진행할 때 반영하였다([표 4-11]).

[표 4-11] 프로그램 참여 학생 사전 조사

학생	참여 동기	관심 있는 환경 문제	파이썬 능력 5)
Y	재미있어 보여서	기후 변화	2
B	파이썬을 더 자세하게 배워 보고 싶어서	기후 위기	2

P	방학을 알차게 보내려고	쓰레기 재활용	4
C	홍보를 들고 환경, 데이터 수업이 궁금해져서	쓰레기 포화, 자연분해 물질	3
E	포스터를 보고 탐구 수업에 흥미가 생겨서	지구 온난화, 탄소 중립, 재활용	3
S	방학 오전을 무료하게 보내기 싫어서	탄소 배출, 기후 변화	5

참여 동기는 단순 호기심, 방학 잉여 시간 활용, 환경 및 데이터 탐구 수업에 대한 흥미 등 학생마다 다양하였다. 관심 있는 환경 문제는 기후 변화, 지구 온난화, 탄소 중립, 쓰레기 문제로 분류되었다.

독립적이고 유연한 그룹 활동이 자신만의 전문 영역 개발과 역할 배치에 도움이 되었다는 Harris & Ballard (2021)의 연구에 따라 탐구는 모듈 활동으로 진행하였다. 학급이 대부분 달라 학생들 간의 친밀도가 높은 편은 아니었는데, 사전 조사 내용을 공유하고 학생들에게 스스로 모듈을 구성하게 하였더니 관심사에 따라 자연스럽게 두 모듈이 구성되었다. 1 모듈은 학생 P, C, E로 쓰레기 문제가 공통 관심사였고 2 모듈은 학생 Y, B, S로 기후 문제, 탄소 중립이 관심사였다.

데이터 분석에 주로 파이썬을 활용하고자 하였기 때문에 학생들에게 파이썬을 다룰 수 있는 능력 정도를 물었다. 참여자 중 4명(학생 Y, 학생 B, 학생 C, 학생 E)은 교사 도움이나 참고 자료만 있으면 파이썬을

5) 파이썬 능력

1. 전혀 모른다.
2. 선생님이 도와주면 따라 할 수 있을 것 같다.
3. 참고 자료만 있으면 선생님 도움 없이도 할 수 있을 것 같다.
4. 참고 자료나 도움 없이 스스로 할 수 있다.
5. 스스로 할 수 있는 것을 넘어서서 친구를 도와줄 수 있을 것 같다.

다를 수 있다고 응답하였고, 1명(학생 P)은 도움 없이 스스로 파이썬을 다룰 수 있고, 1명(학생 S)은 스스로 할 수 있는 것을 넘어서 친구를 도와 줄 수 있다고 답하였다. 파이썬 능력 정도도 모듈별로 적절하게 분배되어 데이터 분석 및 시각화 활동을 무리 없이 진행할 수 있다고 판단하였다.



[그림 4-4] 프로그램 활동 모습



[그림 4-5] 탐구 일지

2. 모듈별 탐구 내용

도입 단계에서 환경데이터를 활용한 프로젝트 사례들을 소개해 주었다. 그 후 주장을 뒷받침하기 위해 실제적 데이터를 근거로 활용한 기사(줄어든 미세먼지, 코로나19 때문일까(시사IN, 2021.06.08.))를 선정하여 분석해 보도록 하였다. 어떤 종류의 데이터를 분석하였는지 어떻게 결과를 표현했는지 확인하는 활동을 하도록 하여 데이터가 질문에 대한 답과 주장에 대한 근거로 활용되는 방식을 경험하도록 하였다.

다음 차시부터는 모듈별로 탐구 문제를 설정하는 활동을 하였다. 막연한 상태로 주제를 선정할 때 학생들은 부담을 느끼고 문제 선정을 어려워하므로(정우경 외, 2011; 심헌태와 유선아, 2018), 탐구 문제 구체화를 지원하기 위해 환경 관련 대표 키워드를 소개하여 주었으며, 환경 관련 기사나 논문을 검색해 보도록 하였다. 환경 빅데이터 플랫폼⁶⁾을 소개하고 이 포털에서 관심 있는 환경 문제 영역과 데이터를 살펴보는 것도 제안해 주었다.



[그림 4-6] 환경 빅데이터 플랫폼과 환경 문제 범주

6) <https://www.bigdata-environment.kr/user/main.do>) 회원 가입 필요, 다양한 환경 관련 데이터를 무료로 내려받을 수 있음. 카테고리가 명확하고 취향별 추천 데이터, 인기 데이터, 인기 검색어, 언론 기반 환경 이슈 분석, 플랫폼 활용 사례 등을 제공하고 있어 학생들이 관심 있는 환경 데이터에 접근하기에 적합함.

탐구 문제를 설정한 이후에는 필요한 데이터 목록을 작성하고 데이터를 찾아 수집하도록 하였다. 이 과정을 지원하기 위해 ‘초미세먼지 농도는 강수량의 영향을 받을까?’라는 탐구 문제를 제시하고 필요한 데이터를 공공데이터 포털에서 내려받아 파이썬으로 분석하는 연습을 해 보았다. 학생들이 데이터 분석에 주로 활용할 파이썬 코드는 코랩(Colab)에 작성하여 링크를 제공하였다.

탐구 문제: 초미세먼지 농도는 강수량의 영향을 받을까?

- 필요한 데이터:
 - 초미세먼지 농도 데이터: 환경통계포털(<https://stat.me.go.kr/portal/stat/easyStatPage.do>)
 - 강수량 데이터: 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/stcs/grnd/gmrdRnList.do?pgmNo=69>)

연습해 봅시다!

연습해 봅시다!

(7) csv 파일로 저장

구글 공유 드라이브에 저장해 놓았음**

연습해 봅시다!

검색 조건 초미세먼지 농도 데이터 기간과 같게

2015~2020년 초미세먼지 + 강수량 분석

- 월별 초미세먼지 농도 데이터: 환경통계포털(<https://stat.me.go.kr/portal/stat/easyStatPage.do>)
 - 년도: 월 별 리 주출
 - 장륙영: 영역로 변경
- 강수량 데이터: 기상자료개방포털 (<https://data.kma.go.kr/stcs/grnd/gmrdRnList.do?pgmNo=69>)
 - 장륙영: 영역로 변경 후 1번 데이터에 추가

데이터 확인

```

[ ] from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
Mounted at /content/drive

[ ] #문디스 강미보경라 불러오기
import pandas as pd
import numpy as np

[ ] # csv 파일 열람도
# 구글 드라이브에 데이터 저장하면 관리합, 파일 찾아 경로 복사, 문자는 항상 ':'로 끊기
df_pm = pd.read_csv('/content/drive/myDrive/my_2022 구글 드라이브/미세먼지+강수량(15-20)')

[ ] df_pm.head()

```

	year	month	mean	precipitation
0	2015	1	28	26.1
1	2015	2	32	25.4
2	2015	3	30	41.7
3	2015	4	24	128.7
4	2015	5	26	57.6

```

[ ] #월별 데이터만 한층해서 시간화
search_df = df_pm.query("month == 3")
sns.linelplot(x='year', y='mean', hue='month', data=search_df)

<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot at 0x7154e4861580>

```

미세먼지 농도를 월별로 비교 표시

```

sns.linelplot(x='year', y='mean', hue='month', data=df_pm)

<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot at 0x7154e4306ee0>

```

[그림 4-8] 공공 데이터 내려받기와 분석에 활용한 파이썬 코드

참여 학생들은 모두 정보 교과 수업에서 코랩으로 파이썬 코딩 언어를 접해 본 적이 있었기 때문에 제공한 파이썬 코드를 자신이 분석할 내용에 맞게 수정하여 원활하게 활용하였다. 어려움에 부딪힌 경우 다른 모둠원의 도움을 받아 해결하는 모습을 보이기도 했다.

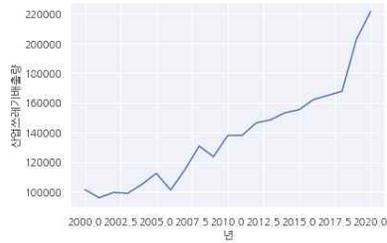
확장 단계에서 두 모둠 모두 탐구 결과를 공유할 집단으로 같은 학교 친구들을 설정하고 공유 방법을 논의하였다. 모둠별 구체적 탐구 내용은 [표 4-12], [표 4-13]과 같다.

[표 4-12] 1 모둠 탐구 보고서 요약

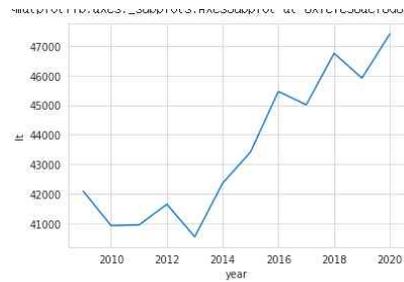
탐구 제목	<ul style="list-style-type: none"> 쓰레기 매립지가 정말 부족할까?
탐구 이유	<ul style="list-style-type: none"> 쓰레기 매립지 확장 이슈와 그로 인한 사회적 갈등에 관한 기사를 보고 정말로 매립지가 부족한지 궁금해졌다.
탐구 문제 (가설)	<ul style="list-style-type: none"> 폐기물의 배출량이 늘어날수록 잔여 매립지는 줄어들 것이다.
사용한 데이터	<ul style="list-style-type: none"> 2009~2020년의 생활 폐기물 배출량, 산업 폐기물 배출량, 쓰레기 잔여 매립량, 2014년부터 2020년까지의 쓰레기 처리 방법 비율 (전국단위) 출처 <ul style="list-style-type: none"> - 생활, 산업 폐기물 배출량: https://stat.me.go.kr/portal/main/indexPage.do#section1 - 잔여 매립량: https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=106&tblId=DT_106N_99_3300027 - 쓰레기 처리 방법: https://insfiler.com/detail/rt_waste_total-0012
분석 과정	<ul style="list-style-type: none"> 2009~2020년 잔여매립량 데이터와 생활폐기물, 산업폐기물 배출량 데이터를 연도별로 정리하여 선 그래프로 시각화함. 쓰레기 배출량과 잔여매립량의 상관관계 분석

데이터
시각화

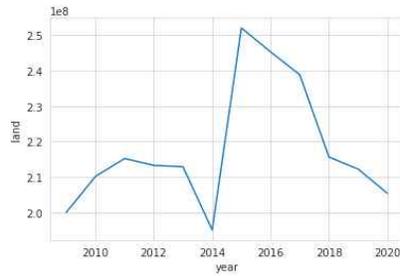
• 연도별 산업 쓰레기 배출량



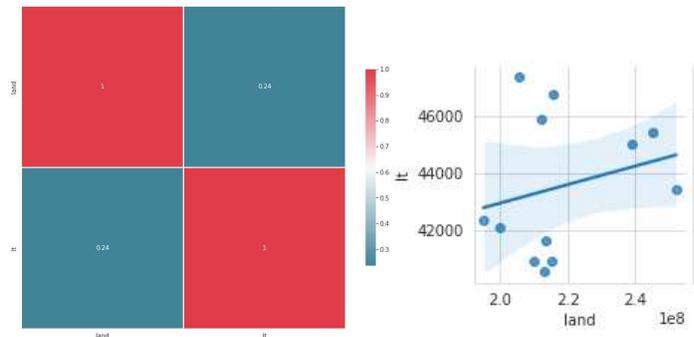
• 연도별 생활 쓰레기 배출량

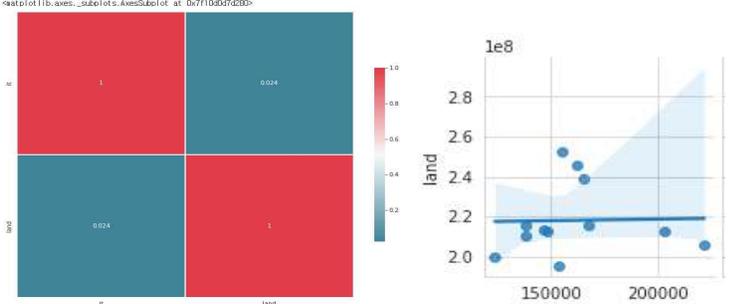


• 연도별 잔여매립량

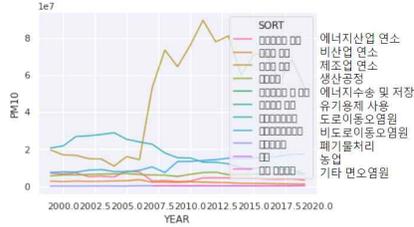


• 잔여매립량과 생활폐기물 배출량 간의 상관관계



	<ul style="list-style-type: none"> • 잔여매립량과 산업폐기물 배출량 간의 상관관계 
결론	<ul style="list-style-type: none"> • 산업폐기물과 생활폐기물이 계속해서 증가하고 있다는 것, 잔여 매립량이 2014년에서 2015년 사이에 폭증했다가 2015년부터 감소한다는 것을 알 수 있었다. • 하지만 폐기물의 양이 증가할수록 잔여 매립량이 감소할 것이라는 예상과 달리 별다른 상관관계를 보이지 않았다.
추가탐구	<ul style="list-style-type: none"> • 예상과 다르게 폐기물 양과 잔여 매립량의 상관 계수가 낮게 나옴. 이유가 무엇일지 논의해 봄. • 매립지 잔여량에 영향을 미치는 여러 변수를 고려하지 않음. • 매립지의 수 증가량, 폐기물 양 중 재활용량, 소각량을 반영해야 함 • 재활용량, 소각량을 추가로 조사해 봄.
확장	<ul style="list-style-type: none"> • 인스타, 트위터, 카톡 프로필에 스토리로 분석한 데이터 그래프를 올린다. • 유튜브에 쇼츠로 쓰레기 매립지 이슈 영상을 올리고 공유 릴레이 캠페인을 한다. • 쓰레기 처리 방법 중 ‘재활용’의 비율을 올리기 위해 올바른 분리배출방법 포스터를 각 반 쓰레기통 위에 붙인다. • 재활용의 중요성, 분리배출방법에 대한 포스터를 만들어서 학교 화장실 안쪽 문에 붙인다.

2000~2020년 PM10 연도별 배출량 그래프

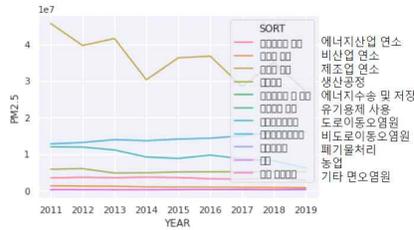


2006년 이후 제조업 연소로 인한 배출량의 비중이 가장 큼

2005~2008년 사이 제조업 연소로 인한 PM10 배출량 급격히 상승

2011년 이후로 제조업 연소로 인한 PM10 배출량 전체적으로 감소

2011~2019년 PM2.5 연도별 배출량 그래프

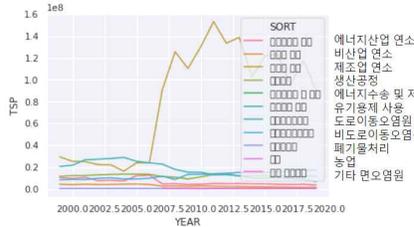


제조업 연소로 인한 배출량의 비중이 가장 큼

PM2.5(초미세먼지)는 2011년 부터 측정 (이전 데이터 없음)

2011년 이후로 제조업 연소로 인한 PM2.5 배출량 전체적으로 감소

2000~2020년 TSP 연도별 배출량 그래프



2006년 이후 제조업 연소로 인한 배출량의 비중이 가장 큼

2005~2008년 사이 제조업 연소로 인한 TSP 배출량 급격히 상승

2011년 이후로 제조업 연소로 인한 TSP 배출량 전체적으로 감소

결론	<ul style="list-style-type: none"> 이산화탄소, 온실가스 배출량 증가추이는 줄었지만 배출량을 감소시키기 위한 노력은 여전히 필요하다. TSP의 배출은 대부분 제조업에서 사용한 화석연료로부터 발생한다. 제조업 연소를 줄이기 위해 사용하는 물품의 양을 줄일 필요가 있다.
확장	<ul style="list-style-type: none"> 급식 대기질 근처 게시판에 대기오염 배출량 그래프 현황을 게시하여 기다리면서 배출량을 보게 한다. 00억 앞에서 제조업에서의 TSP 배출량 그래프 게시와 함께 물품 사용을 줄이자는 캠페인을 한다.

제 3 절 행위주체성 발현 양상

1. 행위주체성 변화 검사 결과

프로그램 적용 직후 행위주체성 검사를 실시하였다. ESA 범주의 각 문항 내용에 대해 향상된 정도를 물어보았으며, 4점 척도(4: 매우 향상됨, 3: 향상됨, 2: 조금 향상됨, 1: 변화 없음)로 응답하게 하였다. 결과는 [표 4-14]와 같다.

[표 4-14] 행위주체성 검사 결과

ESA 범주		문항	평균	표준 편차
지식 · 이해		1. 나는 환경 문제의 종류에 대해 알고 있다.	3.50	0.53
		2. 나는 환경 문제의 원인에 대해 과학적으로 설명할 수 있다.	3.00	0.58
		3. 나는 환경 문제를 해결하기 위해 과학적 지식을 사용한다.	3.17	0.38
		4. 나는 가설을 검증하기 위한 탐구를 설계할 수 있다.	3.50	0.53
		5. 나는 데이터를 보면 의미를 알고 해석할 수 있다.	3.71	0.49
		6. 나는 필요한 데이터를 수집하고 선별할 수 있다.	3.57	0.53
		7. 나는 데이터를 분석할 수 있다.	3.50	0.58
전문성 개발 · 역할 배치		8. 나는 과학 탐구에 능숙하다.	2.83	0.82
		9. 나는 일상생활에서 탐구할 만한 주제를 잘 찾아낸다.	3.00	0.76
		10. 나는 데이터를 다루고 결론을 도출하는 데 능숙하다.	3.71	0.53
		11. 나는 탐구 결과를 효과적으로 표현할 수 있다.	3.67	0.79
		12. 나는 협동적으로 해야 하는 탐구 활동에 주도적으로 참여하여 내가 맡은 책임을 다한다.	3.00	0.76
		13. 모듈별 탐구 활동을 할 때 내가 주로 맡는 역할이 있다.	3.50	0.79

	14. 환경 문제는 나의 일상생활과 관련이 있다고 생각한다.	3.67	0.53
확장	15. 나는 지속적으로 환경 관련 문제에 관심을 가지고 해결 방안을 찾는다.	3.83	0.38
변화	16. 환경 관련 탐구 결과를 주변 지인 혹은 대중들과 공유하는 것이 필요하다.	3.67	0.38
	17. 환경적으로 지속 가능한 세상을 만들기 위해 실천한다.	3.83	0.49

모든 문항에서 ‘변화 없음’에 응답한 학생은 없었으며, 8번 문항을 제외한 모든 문항의 평균이 3점 이상으로 나타나, 학생들은 프로그램을 통해 문항 내용에 해당하는 ESA가 향상되었다고 생각하였다.

‘15. 지속적으로 환경 문제에 관심을 가지고 해결 방안을 찾는다’와 ‘17. 환경적으로 지속 가능한 세상을 만들기 위해 실천한다’ 문항에서 가장 높은 값(3.83)이 나왔다. 이러한 신념은 지속적으로 환경 문제에 관심을 가지고 미래에 환경친화적인 행동 및 실천을 이끌어낼 수 있는 잠재력이 있으므로 중요하다.

한편, ‘8. 나는 과학 탐구에 능숙하다.’에 대한 문항은 다른 문항들과 비교하였을 때 가장 낮은 값(2.83)이 나왔다. 이 프로그램은 탐구 주제 설정이 자유로웠고 수행 과정도 학생들이 직접 설계하는 개방형 탐구였기 때문에 주로 교수자에 의해 준비된 탐구를 수행해 왔던 학생들에게는 어렵게 느껴졌을 것이다. 수업에 대한 의견 설문과 면담에서도 탐구 주제를 설정하는 단계가 매우 어려웠다는 의견이 있었다. 따라서 능숙하게 과학 탐구를 수행할 수 있다는 문항이 다른 항목에 비해 낮은 값을 나타낸 것으로 판단된다.

2. 행위 주체성 양상과 변화

연구자는 수집된 자료 분석을 통해 학생의 환경과학 행위주체성 양상을 ‘능동적 지식 형성’ 2가지, ‘자신의 전문 영역 형성’ 1가지, ‘환경 문제에 대한 ‘나’의 위치 짓기’ 2가지, ‘프로그램 맥락을 넘어서 바깥으로 행위를 확장’ 2가지로 분류할 수 있었다. 분류 별로 어떤 환경과학 행위주체성 양상이 나타났는지는 [표 4-15]에 요약하였다.

2.1 환경 과학과 관련된 능동적 지식 형성(U1)

환경 관련 이슈와 데이터를 탐색하면서 학생들은 환경 문제와 관련된 새로운 정보와 지식을 알게 되었다.

쓰레기 처리 방법에 매우 다양하다는 것을 알게 되었다. 특히 중간처리에 대해서 알게 되었는데, 중간처리에는 기계적 처리, 화학적 처리, 생물학적 처리 방법이 있다는 것을 알게 되었다.

[학생 P의 탐구 일지]

즉 총 부유먼지가 미세먼지와 초미세먼지를 포함하고 대기 중 입자상 오염물질은 유해 금속을 함유하거나 가스 상 오염물질들을 흡착한다는 것을 알게 되었고 그것이 기후와 일상생활에 미치는 영향을 더 정확하게 알게 되었다.

[학생 S의 탐구 일지]

학생들은 평소보다 더 적극적으로 정보를 찾아보았고 찾은 정보에서 궁금한 것이 생기면 그 궁금증을 해결하기 위해 추가로 정보를 찾아 능동적으로 지식을 형성하였다.

[표 4-15] 학생의 환경과학 행위주체성 양상

ESA 내용	분류 코드	양상
능동적 지식 형성	U1. 환경 과학과 관련된 능동적 지식 형성	<ul style="list-style-type: none"> · 환경 문제에 대해 평소보다 더 적극적으로 정보를 찾음 · 환경 지식 내용에서 의문점이 발생하면 추가 정보를 찾아 해결함 · 환경 데이터 분석 결과가 예측과 다르게 나왔을 때 새로운 변인에 대해 논의하고 데이터를 수집함
	U2. 데이터 분석과 관련된 능동적 지식 형성	<ul style="list-style-type: none"> · 같은 데이터로 여러 종류의 그래프를 그려봄 · 데이터를 분석하면서 오류가 났을 때 기존에 알고 있던 지식을 활용하여 해결해 나감 · 공공데이터 수집 방법에 대해 알게됨 · 데이터 분석 능력이 향상되었다고 인식함
자신의 전문 영역 형성	O1. 프로그램 수행 과정에서 자신의 전문 영역 형성	<ul style="list-style-type: none"> · 과학 탐구 경험이 많은 학생들은 탐구 주제 설정, 변인 추출에 주도적인 역할을 함 · 파이썬 활용 능력이 높은 학생은 데이터 분석에 책임 있는 역할을 맡음 · 프로그램 활용에 어려움을 겪는 다른 모둠원을 도와주면서 자신만의 노하우를 습득해 나감 · 보고서 작성 및 발표자로서의 전문 영역 형성
환경 문제에 대한 ‘나’의 위치 짓기	P1. 환경 문제를 ‘나’의 문제로 인식	<ul style="list-style-type: none"> · 탐구 주제와 관련된 환경 문제에 대한 관심이 더 증가함 · 탐구를 진행하면서 나에게 영향을 미칠 수 있는 중요한 문제라고 인식하게 됨
	P2. 환경 문제 해결의 행위자로서 ‘나’를 인식	<ul style="list-style-type: none"> · 탐구 주제와 관련된 환경 문제를 감소하기 위한 실천을 다짐하게 됨
프로그램 맥락을 넘어서 바깥으로 행위를 확장	E1. 변화의 토대로 데이터의 중요성 인식	<ul style="list-style-type: none"> · 설득의 근거로 실제적 데이터의 중요성을 인식함 · 데이터 분석 결과가 문제 인식에 중요한 영향을 미침
	E2. 공동체와 연구 성과를 공유하는 것에 흥미를 느낌	<ul style="list-style-type: none"> · 친구들에게 탐구 결과를 알리고 싶어함 · 더 넓은 공동체에게 친환경적인 실천을 촉구해야 한다고 인식함

평소에 직접 기후와 대기오염에 대한 자료를 찾아보지 않았지만 이번 시간을 통해 많은 검색을 하고 미역 같은 해조류들이 탄소를 저장하는 역할을 하고 또한 나무를 무작정 심는 것은 오히려 환경에 역효과를 일으킬 수 있다는 등등의 새로운 정보를 알게 되었다. [학생 B의 탐구 일지]

쓰레기 처리 방법 중 '기타' 라는 항목이 있어서 자세히 찾아보았다. [학생 C의 탐구 일지]

또한, 기존에 알고 있거나 관심이 있었던 환경 문제에 대한 정보를 찾고 이 과정에서 생기는 의문점을 해결해 가는 능동적인 모습을 보였다.

학생 S: 이번에 탐구 주제 뭐할까 검색하다가 TSP라는 걸 봤어요. TSP가 뭔지 몰랐는데 찾아보니 총 부유 먼지더라구요. TSP에 대해 더 조사해보면 좋겠더라고요.

학생 Y: S가 부유먼지에 꽃혀가지고요. 부유먼지 부유 먼지...하니까 저는 첫 시간에 기사에서 본 미세먼지랑 초미세 먼지가 진짜 나쁜가..... 데이터가 궁금해 지더라구요. 그래서 그 부분에 대해 조사했어요. [2 모둠 사후 면담]

학생 P: 코로나 후에 쓰레기양 엄청 늘었다고 뉴스에 많이 나왔잖아요. 배달 음식 많이 먹어가지고....그래서 애들이랑 얘기해서 일단 쓰레기 배출량 데이터 분석해보자 했는데, 찾다보니 생활쓰레기랑 산업쓰레기 배출량이 따로 수집되어 있더라구요. 이거 두 개를 따로 분석해 봤더니 의외로 생활쓰레기보다 산업쓰레기 배출량이 더 많이 증가했더라고요. 진짜 의외였어요. [1 모둠 사후 면담]

데이터 분석 결과가 예측한 것과 다르게 나왔을 때, 새로운 변수들을 생각해 보고 이와 관련된 데이터를 찾아 지식을 형성해 나가기도 하였다.

학생 E: 저희는 당연히 쓰레기 배출량이 늘면 잔여 매립지량이 감소하니까 상관계가 높다고 나올줄 알았거든요? 그런데 거의 상관계가 0.2인가..암튼 엄청 낮게 나왔어요. 완전 멘붕...

학생 C: 맞아요. 그 때 어떻게 할까.. 데이터가 이상한가 생각도 해보고.... 그런데 P가 쓰레기 재활용 애길 한거예요. 배출량이 많아도 재활용이 많이 되면 실제 매립되는 쓰레기량은 별로 없는 거니까요. 그래서 다른 변수도 얘기해서 보고서 쓰자고 했어요. 생각해 보니 쓰레기 매립지가 새로 생겨서 쓰레기양 이랑 상관없이 잔여매립지량이 확 늘수도 있고.....

[1 모둠 사후 면담]

2.2. 데이터 분석과 관련된 능동적 지식 형성(U2)

학생들은 프로그램 수행 과정에서 데이터 분석에 필요한 지식과 기능을 능동적으로 형성해 나갔다. 다양한 공공 데이터 포털이 있고 환경과 관련된 실제적 데이터에 수월하게 접근할 수 있음을 알게 되었다. 탐색 단계에서 제시한 환경 데이터 활용 프로젝트 사례와 정보 교과에서 배운 파이썬 기본 언어에 대한 지식을 모둠의 탐구 주제에 맞게 변형하여 활용하는 등 데이터를 분석하는 방법을 주도적으로 익혀나갔다.

학생 P: 데이터 찾아보는게 재미있어서 추가로 쓰레기 재활용 비율이랑 쓰레기 처리 방법별 비율 찾아서 이번엔 막대그래프로 그려봤어요. 항목별 비율은 막대그래프로 그리는게 더 눈에 잘 보이더라구요. [1 모둠 사후 면담]

정보시간에 데이터를 그래프로 나타내는 것을 matplotlib 으로 배웠었는데 또 다른 방식인 seaborn을 사용했는데 전체적인 흐름은 matplotlib과 크게 다른것 같지 않아서 기존 matplotlib 을 사용했던 코드를 활용할수 있을것 같아서 활용해봤다. 그래프에 변수를 한글로 나타낼수 있게 하는 코드를 가져와서 matplotlib으로 되어있는 부분을 seaborn으로 바꾸고 실행하고, 그리고 폰트를 설정해주니 한글로 나타냈다. [학생 P의 탐구 일지]

여태까지 했던 활동을 되돌아보니 내 스스로 한 것으로 데이터를 수집하고 분석하는 탐구를 계획하는 능력이 향상된 것 같다. [학생 C의 탐구 일지]

이것저것 해보면서 데이터 분석과 종류에 대해서 배우게 됐고 공공데이터 포털,환경 빅데이터 플랫폼,기상자료 개방 포털, 환경통계포털, 기후정보포털, kosis국가통계포털 등등을 통해 우리는 일상생활 속에서도 손쉽게 접근하여 환경데이터를 참고 할 수 있다는 것을 알게 되었다. [학생 B의 탐구 일지]

2.3 프로그램 수행 과정에서 자신의 전문 영역 형성(O1)

모둠 내에서 역할 분담은 다른 학생에 비해 더 자신 있거나 사전 경험이 있었던 영역으로 자연스럽게 이루어졌으며 학생들은 그 영역에서 리더십을 발휘하며 자신의 전문 영역을 형성하였다.

학생 C와 학생 Y는 과학 관련 동아리 소속으로 다른 학생들보다 탐구를 준비하거나 실험을 해 본 경험이 많았다. 이 두 학생은 프로그램에서 탐구할 주제를 설정하고 분석해야 할 변인을 추출할 때 주도적인 역할을 수행하였다.

학생 P와 학생 S는 필요한 데이터를 수집하여 가공하고 파이썬을 활

용하는 부분에서 주도적 역할을 하며 전문 영역을 형성하였다. 학생 P는 데이터 탐색과 분석에 흥미가 많고 데이터를 활용하여 정보를 제공하고 있는 사이트를 다양하게 알고 있었다. 모둠원들은 엑셀이나 파이썬 활용에 어려움이 생기면 학생 P에게 도움을 요청하였고, 학생 P는 다른 모둠원들을 도와주는 과정에서 파이썬을 활용한 데이터 분석에 더 능숙해지는 모습을 보였다. 학생 S는 첫 시간에 자바(JAVA)를 ‘굉장히’ 잘 안다고 자기소개를 하였다. 기사를 분석할 때 개발자 모드로 그래프의 정확한 값을 확인하는 법을 모둠원들에게 알려주고, 엑셀을 다루는데 어려움을 겪었던 다른 모둠원들을 도와주었다. 자바의 기능과 비교해 가면서 파이썬으로 데이터를 분석하는 자신만의 노하우를 습득해가는 모습을 관찰할 수 있었다.

반면, 학생 C와 학생 B는 엑셀이나 파이썬을 활용하는 것에 대한 자신감이 없어 2차시 탐색 과정에서 데이터를 수집할 때 다른 모둠원들이 수행하는 것을 보고 있거나 그대로 따라 하는 모습을 자주 보였다. 그러나 4-5차시 수업에서부터는 데이터 분석 연습 과정을 거쳐 요령을 익히고 자신이 입력한 데이터를 파이썬 코드로 시각화해 보면서, 데이터를 수집하고 분석하는 탐구 수행에 적극적으로 참여하는 변화를 보였다.

학생 C는 ‘보고서 작성 및 발표자’로서의 전문 영역을 형성하였다. 탐구 일지와 면담에서 학생 C는 발표 자료 작성 경험이 많고 다른 사람들 앞에서 발표해 본 경험이 많아 그 역할을 자신이 맡게 되었다고 하였다.

보고서를 작성할 때 발표 자료를 많이 만들어봐서 조금 더 수월하게 작성할 수 있었기 때문에 내가 많은 부분을 썼다.

[학생 C의 탐구 일지]

학생 C: 제가 발표는 좀 잘하거든요. 그래서 이번에도 제가 발표하겠다고 했어요. 애들도 저보고 하라하고. 보고서도 완전 잘쓰잖아요. 수행할 때도 그런 부분은 제가 많이 해요.

[1 모둠 사후 면담]

2.5 환경 문제를 ‘나’의 문제로 인식(P1)

프로그램을 수행하면서 학생들은 환경 문제에 대한 관심이 증가하였으며, 본인과 관련된 문제로 인식하게 되었다. 프로그램 초반에는 탐구 주제에 대해 ‘나’의 문제로 생각하는 학생도 있었고, 그렇지 않은 학생도 있었으나 주제를 잡은 후 추가적인 데이터들을 찾아보는 과정에서 나에게 영향을 미칠 수 있는 중요한 문제라고 인식하게 되었다.

학생 E: 환경 문제 중에서는 재활용에 관심이 있었거든요. 그런데 막상 선으로(년도별 산업.생활폐기물 배출량 선그래프) 막 올라가는 걸 보니까 계속 많아져서 큰 일이다 싶었어요.

학생 P: 저도 재활용에 관심이 있긴 했는데...딱히 뭐 제 문제라고는 생각안했고요. 잘 되고 있으니까 뭐. 그런데 잔여 매립량이 엄청 줄었잖아요. 기사 검색하다보니까 2050년에는 포화된다고 하고, 걱정이 되더라구요.

학생 C: 저는 쓰레기 포화 문제에 관심이 있었고요, 이렇게 가다가는 지구가 온통 쓰레기 더미가 될지도 몰라요.

[1 모둠 사후 면담]

학생 S: 목이랑 눈이 안 좋아서 원래 대기 질에 관심이 많아요. 0000 앱 매일 확인할 정도로....탐구 주제가 그 쪽이어가지고 심각성을 더 느꼈어요.

학생 Y: 저는 기후 변화가 중요한 환경 문제라고 생각하거든요. 사전

조사 때로 그렇게 썼고. 그래서 기후 변화 관련해서 이산화탄소 배출량, 대기오염 물질 배출량을 찾아봤어요. 이상하게 일교차도 너무 심하고. 이제 우리나라에서도 열대과일이 재배된대요.

[2 모둠 사후 면담]

TSP에 대해서 여러조사를 하면서 미세먼지와 초미세먼지의 발생 원인과 그것이 기후와 인간에게 주는 영향을 알게 되어 평소에 대수롭게 생각했지만 더욱더 미래를 위해서라도 우리가 공동으로 해결해야 하는 문제라는 것을 깨닫게 되었다.

[학생 B의 탐구 일지]

2.6 환경 문제 해결의 행위자로서 ‘나’를 인식(P2)

프로그램을 진행하면서 학생들은 친환경적인 행동 및 실천을 다짐하며 환경 문제 해결의 행위자로서 ‘나’를 인식해 가는 모습을 보였다.

실제 데이터를 분석하면서 쓰레기 배출량이 계속 증가하고 있다는 것을 알게되니 쓰레기를 줄여야 겠다는 생각을 했다.

[학생 E의 탐구 일지]

직접 연도별 온실가스 데이터를 가공하고 그래프로 시각화 하니 온실가스가 폭증 한 구간이 있었는데 아제 더이상은 우리 모두의 기후를 위해서 라도 온실가스를 줄여야 한다고 생각한다.

[학생 B의 탐구 일지]

학생 S: TSP 연도별 배출량을 분석해 보니까 TSP는 제조업에서의 화학 연료 연소로 인한 배출량의 비중이 제일 크더라고요. 제조업은 우리가 쓸 물건을 만드는 거니까 물품 사용을 줄여야 하지 않을까요? 굳이 필요없는데 안써도 되는 물건도 많이 사니까요.

[2 모둠 사후 면담]

2.7 변화의 토대로 데이터의 중요성 인식(E1)

학생들은 본인들이 프로그램 활동을 수행하며 환경 문제에 대한 관심과 실천의지가 높아졌던 것처럼, 실제적 데이터를 활용한 연구가 개인적 변화를 일으키는 출발점이 될 수 있다는 것 인식하게 되었다.

학생 E: 재활용 중요하다고 하는데 별로 생각안 하는 사람도 많잖아요. 실제로 측정된 데이터를 분석한 결과로 설득하면 더 잘 되겠다고 생각했어요. [1 모둠 사후 면담]

학생 Y: 수업 중에 이런 거, 그러니까 실제 측정된 데이터 모아가지고 결과내는 거 잘 안하니까, 이렇게 있는지도 잘 못느꼈거든요. 그런데 직접 (데이터를) 모아보고 그래프로 그려보고 하니까 더 느껴지는 것 같아요. 다른 애들도 한 번 해봤으면 좋겠어요. [2 모둠 사후 면담]

2.8 공동체와 연구 성과를 공유하는 것에 흥미를 느낌(E2)

프로그램의 ‘확장’ 단계를 통해 학생들은 탐구 결과를 외부와 공유하는 활동이 중요하다고 생각하게 되었다. 나아가 더 많은 사람들과 탐구 결과를 공유하고 싶어지게 되었다.

학생 C: 데이터 분석 결과를 우리끼리만 아는 게 아니라 친구들에게도 알릴 방법을 논의하다보니까 더 잘 알리고 싶고..... 그 부분이 제일 중요했다는 생각이 들어요.

[1 모둠 사후 면담]

학생 Y: 학원 친구들이 방학인데 왜 학교나가냐고 묻길래 저희 모듬이 한 코랩(파이썬을 활용하여 년도별 이산화탄소 배출량 선그래프로 시각화한 것) 보여줬거든요? 이것저것 얘기하면서 이산화탄소 배출량과 관련된 문제들을 얘기하게 되더라구요. 그래서 이런 결과를 친구들에게 알려주는게 좋겠다라고 생각했어요.

[2 모듬 사후 면담]

학생 S: 공유할 때 일단 학교 친구들이랑 폐친(페이스북 친구)들에게 알릴 방법에 대해 주로 얘기했는데요. 저는 제조업 화석 연료 사용을 줄이기 위해 물품 사용을 줄이자고 더 널리 알려야 한다고 생각해요. 예를 들면 외국에까지도요. 그런 의미에서 유튜브에 우리 탐구 결과랑 설명 게시하는 것도 좋을 것 같기도 해요. 빨리 퍼지니까.

[2 모듬 사후 면담]

3. 수업 만족도

프로그램 종료 후 수업 평가 설문을 하였다. 프로그램에 얼마나 적극적으로 참여하였는지, 만족하는지, 효과는 어떠한지에 대해 5점 척도로 물었다. 6명의 학생이 모두 수업에 적극적으로 참여하였으며 프로그램 활동에 만족한다고 응답하였다. 또한 데이터 기반 탐구 활동을 통해 데이터 기반 결론 도출의 중요성과 환경 문제에 대한 관심 증가, 친환경적 행동 및 실천에 도움이 되었다고 응답하였다. 구체적 결괏값은 [표 4-16]과 같다.

[표 4-16] 프로그램 만족도 조사 결과

(N=6)

번호	수업 평가 내용	평균	표준편차
1	나는 에디 활동 전체의 과정에 적극적으로 참여하였다.	4.43	0.53
2	나는 에디 활동에 전반적으로 만족한다.	4.86	0.38
3	나는 이번 수업을 통해 객관적 데이터에 기반하여 결론을 도출하는 것의 중요성을 깨달았다.	4.86	0.38
4	데이터 기반 탐구는 환경 문제에 관심을 향상시키고 친환경적 행동 및 실천을 하는데 도움이 되었다.	4.71	0.49
5	이와 비슷한 데이터 기반 탐구 수업이 있다면 다시 참여하고 싶다.	4.14	0.89

수업에서 좋았던 점과 아쉬웠던 점 혹은 개선해야 할 점을 자유롭게 서술하도록 하였는데, 환경에 대해 더 알게 되고 관심을 가지게 된 점, 실제적 데이터를 직접 분석해 본 활동, 주도적 탐구와 성찰을 좋았던 점으로 꼽았다. 반면 시간 부족의 문제와 탐구 주제 설정의 어려움을 아쉬웠던 점으로 응답하였다. 구체적인 응답 내용은 [표 4-16], [표 4-17]과 같다.

[표 4-17] 프로그램에서 좋았던 점

구분	내용
환경 문제 탐구	<ul style="list-style-type: none"> 친구들과 함께 환경 문제에 대해 생각해 볼 수 있는 좋은 기회였다. 환경에 관한 관심 증가 주제와 관련한 내용을 찾다 보니 우리나라 환경에 대해서 조금 더 자세히 알고, 관심을 갖게 된 것 같아서 좋았다.

실제적 데이터 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 연습용이 아닌 실제 인터넷에 있는 데이터를 가지고 한 것도 좋았던 것 같다. 오히려 복잡하고 오류가 나도 더 많은 것을 알게 해주었기 때문이다. • 여러 통계 자료를 찾고 데이터를 분석하는 방법을 배울 수 있어서 좋았다. • 요즘 같은 정보나 데이터가 중요한 시대에 직접 공개된 데이터를 수집하고 가공하여 시각적으로 표현하는 법을 배웠고 한가지 주제를 정하고 깊이 파고들어 탐구하고 데이터로 시각화할 수 있어서 좋았습니다. • 정보화 시대에 맞추어 Python을 활용한 데이터 가공 • 데이터 분석은 하면 할수록 재밌어졌고 힘든 부분을 의지해 나가면서 같이 할 수 있어 좋았다. • 데이터를 모아서 분석하는 것을 어렵게만 생각했는데 직접 해보고 나니까 생각보다 해볼 만하고 재미있었던 것 같다.
운영 규칙	<ul style="list-style-type: none"> • 주제를 직접 선정하고 탐구해서 자기주도적 능력 향상 • 탐구일지를 매일 쓰니까 내가 무슨 활동을 했는지 알 수 있어서 좋았다. • 활동 이후 구체적인 피드백이 다음 탐구 진행에 도움이 됨 • 모둠으로 해서 협력할 수 있어서 좋았다.

[표 4-18] 프로그램에서 아쉬웠던 점

구분	내용
주제 설정	<ul style="list-style-type: none"> • 처음에 탐구주제를 정하는게 어려워서 시간을 많이 소비한 것 같아서 아쉽다. • 스스로 주제를 결정하기 때문에 주제 선정을 고민하다가 나머지 탐구할 시간이 부족했던 점이 아쉬웠다.
탐구 시간	<ul style="list-style-type: none"> • 기간이 짧아 아쉬웠다 • 기간이 짧아 데이터를 많이 모으지 못하고 탐구를 진행했던 것 같아 아쉽다.
기타	<ul style="list-style-type: none"> • 방학 중 매일 나오는 것이 힘들었다.

제 5 장 결론 및 제언

제 1 절 요약 및 결론

본 연구의 목적은 환경 문제를 중심으로, 학생 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구프로그램을 개발하여 적용하고 그 효과를 살펴보는 것이다. 여러 측면의 행위주체성 중 환경보존과 환경과학의 맥락에서 행위주체성을 탐색하는 환경과학 행위주체성(environmental science agency, ESA) 관점에서 프로그램을 개발하고 적용하여 학생의 행위를 분석하였다.

프로그램 개발을 위해 우선 선행 연구(Ballard et al., 2017; Harris & Ballard, 2021; komodiki et al., 2021; 가석현, 2021)로부터 ESA를 함양할 수 있는 중요 요소를 추출하였다. 추출한 요소는 환경친화적 탐구 경험, 학생 주도의 탐구 문제 설정·탐구 과정 설계·탐구 수행, 외부 집단과 탐구 결과 공유 등이었다. 이 요소들을 반영하여 실제적 데이터를 분석하고 결론을 도출하여 탐구 결과를 외부로 확장하는 프로그램을 개발하였다.

프로그램 단계는 데이터 기반의 탐구학습 모형(정은주와 손정우, 2019)을 수정·보완하여 ‘도입-탐색-실행-평가-사회적 실천’으로 설정하고 SWH-데이터 기반 과학 탐구학습(박찬솔과 손정우, 2019)과 EDSA 탐구 모형(손미현, 2020)을 참조하여 활동 내용을 구성하였다. 초기 프로그램에 대해 전문가 5인에게 내적 타당화를 받았는데 CVI, IRA 값이 모두 0.8 이상이 나와 개발한 프로그램이 환경과학 행위주체성 함양에 타당하다고 판단하였다. 전문가 의견과 현장 교사 3인의 경험적 탐색 의견을 반영하여 활동 수준을 조정하고, ‘사회적 실천’ 단계를 ‘확장’ 단계로

수정하였다. ‘사회적 실천’ 단계에는 학생의 친환경적 실천이 포함되어 있었는데 한 번의 프로그램 적용으로 학생 주도의 사회적 실천까지 나아가기는 어렵다고 판단하였다. 따라서 탐구 결과를 외부와 공유하는 것까지만 포함하는 활동으로 마지막 단계를 수정하였다. 또한 학생 주도의 탐구로 이끌어 가되, 필요에 따라 적절하게 학생들을 지원할 수 있도록 환경 문제 키워드, 다양한 데이터 포털, 파이썬 코드 소스를 추가로 제시하였다.

고등학교 1학년 6명을 대상으로 개발한 프로그램을 적용하고 이 과정에서 나타난 학생들의 환경과학 행위주체성의 양상과 변화를 살펴보았다. 학생들은 본 연구에서 개발한 행위주체성 검사의 모든 문항에 대해 프로그램 활동 후 향상되었다는 범주에 응답하였다. 특히, ‘지속적으로 환경에 대해 관심을 갖으며 해결 방안 찾기’, ‘환경을 위해 실천하기’ 문항에 대한 향상 정도 인식 점수가 가장 높게 나와(평균 3.83, 4점 척도) 학생들이 환경에 대해 적극적인 행위자로 변화하는데 본 연구에서 개발한 프로그램이 초석이 될 수 있음을 보여주었다.

학생들은 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램을 수행하면서 환경 과학 및 데이터 분석과 관련된 지식을 능동적으로 습득하고 각자 자신 있는 영역에서 책임 있는 역할을 맡아 주도적으로 활동을 이끌어 나갔다. 탐구 문제와 관련된 환경 문제를 자신의 문제로 인식하고 문제를 해결하기 위한 친환경적 행동을 해야겠다고 생각하게 되었다. 여기에 그치지 않고 여러 집단과 연구 결과를 공유하는 것이 중요한 과정이며 데이터 기반 연구 결과가 변화를 이끌어내는 토대가 될 수 있다는 것을 깨닫게 되었다. 프로그램 동안 학생들에게서 나타난 이러한 행위들은 ESA의 증거가 되며 프로그램이 ESA 함양에 도움이 되었다는 것을 나타낸다.

연구 결과로부터 ESA 함양에 영향을 미친 프로그램의 중요 요소를

다음과 같이 도출할 수 있다.

첫째, 탐구 주제로 환경 문제를 다루는 것이다. 학생들은 탐구 문제를 설정하고 환경 관련 데이터를 분석하면서 환경 문제의 종류와 원인, 환경 문제와 관련된 과학 지식을 능동적으로 습득하였다. 탐구 주제와 관련 있는 환경 문제가 본인과 관계가 깊은 중요한 문제라고 인식하였고 환경 문제에 더 관심을 가지게 되었고 친환경적인 행동에 대한 적극적 의지를 다지게 되었다.

둘째, 탐구에 실제적 데이터를 활용한다는 것이다. 실제적 데이터는 의도적으로 생성된 데이터가 아니라 실제 현상을 측정하여 얻은 데이터로 직접 분석해 보기 전에는 결과를 단정 지을 수 없다. Gould, Sunbury, Dussault(2014) 연구에서처럼 실제적 데이터를 분석하는 활동에서 학생들은 정답이 없는 실제 현상에 대해 추가 질문을 제기하고 능동적으로 지식을 형성하였다. 또한 환경과 관련된 실제적 데이터를 수집하고 이를 분석해보는 경험을 통해 학생들은 환경 문제에 대해 더 많은 관심을 가지게 되고 실천 의지를 다지게 되었다.

셋째, 참 탐구에 가까운 개방형 탐구가 이루어진다는 것이다. 환경 문제에 한정하여 탐구 문제를 설정하도록 했지만, 그래도 여전히 탐구할 문제를 학생들에게 자유롭게 찾아보도록 했고 문제해결에 어떠한 데이터가 필요한지, 어떻게 데이터를 수집하고 분석하여 나타낼지, 탐구 결과를 어느 범위의 집단과 공유할지, 어떻게 공유할지에 대해 모두 학생들이 주도권을 가지고 끝나가게 하였다. 이 과정에서 학생들은 자신의 전문 영역을 형성하였으며 그 영역에서 주도적인 역할을 하는 모습을 보였다.

제 2 절 제한점 및 제언

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다.

첫째, 본 연구는 소수의 학생인 6명을 대상으로 진행되었으며, 참여 학생들은 평소 환경 문제에 대한 관심이 많았고 탐구 활동에 대한 흥미도 높은 학생들이었기 때문에 연구 결과를 일반화하기에는 한계가 있다.

둘째, 질적 연구로 양적인 효과검증이 이루어지지 않았다. 본 연구에서 ESA에 대한 검사지를 개발하였으나 문항에 대한 타당도를 확인하는 후속 연구가 필요하다.

그러나 본 연구는 미래 사회 핵심역량인 행위주체성을 함양할 수 있는 데이터 기반 탐구프로그램을 제안하고 현장 적용 가능성을 확인하였으며, ESA를 포착할 수 있는 행위를 규명하였다는 데 그 의의가 있다.

연구 결과로부터 발견한 프로그램 운영 시 시사점은 다음과 같다.

첫째, 학생 주도로 프로그램을 진행해야 하지만 동시에 적절하게 지원해 주는 것도 필요하다. 개방된 형태의 탐구에서 학생들은 탐구 문제를 설정하는 것에서부터 어려움을 호소하였으며 그 단계에서 가장 많은 시간을 보냈다. 본 연구에서 개발한 프로그램에서는 환경 문제와 관련된 주요 키워드와 환경 데이터 플랫폼에서의 다양한 환경 분야의 데이터를 제공해 주어 어느 정도 어려움을 덜어 주었으나 지원 방식에 대한 고민이 더 필요하다. 또 탐구 과정에서 원하는 데이터가 잘 구해지지 않을 수도 있고 수집한 데이터가 탐구 목적을 달성하는데 적절하지 않을 수도 있어 이러한 경우에 어떻게 대처할 것인지에 대한 준비가 필요하다.

둘째, 탐구 결과를 더 넓은 범위의 공동체와 공유하는 경험이 필요하다. 본 연구에서는 프로그램에 참여한 두 모둠 모두 탐구 결과를 공유할 집단으로 같은 학교 구성원으로 설정하였으나 공유 집단을 더 확장시킬

필요가 있다. 그 집단은 전문과 집단일 수도 있고 일반 대중일 수도 있을 것이다. 예를 들어 환경 연구자 혹은 지역사회의 환경 단체와 탐구 결과를 공유하며 피드백을 받는 경험은 연구자이자 실천가로서의 정체성 발달에 도움이 될 수 있다. 일반 대중에게 탐구 결과를 알리고 소통하는 경험은 환경과 공동체에 대해 자신이 중요한 역할을 할 수 있음을 느낄 수 있게 해줄 것이다.

셋째, 충분한 시간 확보가 필요하다. 본 연구에서 개발한 탐구프로그램은 개방적 참 탐구에 가깝게 구성되어 있다. 개방적 탐구에서 학생들의 탐구는 시간에 따라 순서대로 진행되기보다는 전 단계로 돌아가 그 단계부터 다시 진행되는 경우가 빈번하다. 학생들은 시행착오를 겪으며 탐구 문제 재설정, 탐구 설계 수정, 추가적인 데이터 수집을 할 수 있다. 탐구의 완성도를 높이기 위한 전단계로의 회귀와 실행은 학생들이 탐구에 주체적으로 참여하였음을 입증하는 근거가 되기 때문에(이민주와 김희백, 2019) 이 과정을 보장해 주기 위한 충분한 시간 확보가 필요하다. 본 프로그램은 10차시에 걸쳐 진행하였지만, 이보다 더 긴 시간을 확보하여 프로그램을 진행할 필요가 있다.

행위주체성은 미래 세대가 사회의 급격한 변화와 함께 생겨나는 여러 문제를 해결하여 지속 가능한 사회를 이루고 행복한 삶을 영위하기 위해 필요한 핵심 역량이다(OECD, 2018, 2019). 특히 환경과학 행위주체성 함양은 환경 문제에 관심과 책임감을 가지게 하고 환경 보존을 위한 실천의 동력이 된다는 측면에서 매우 중요하다. 이 연구를 토대로 환경과학 행위주체성을 함양할 수 있는 프로그램들이 다양하게 개발되고 학교 현장에 활발히 적용되어 학생들이 환경 보존에 대한 적극적인 행위자로 변화하는 데 이바지할 수 있기를 기대한다.

참 고 문 헌

- 가석현 (2021). **사물인터넷을 활용한 실천지향 과학교육프로그램의 개발 및 적용**. 박사학위논문, 서울대학교.
- 교육부 (2015). **2015 개정 과학과 교육과정**. 교육부 고시 제 2015-74호 [별책 9].
- 교육부 (2021). **2022 개정 교육과정 총론 주요사항(시안)**. 교육부.
- 구덕희, 김동진 (2020). 문제 해결 학습 모형 기반의 데이터 과학 교육 프로그램 개발. **한국초등교육**, 31 특별호, 203-215.
- 김시내. (2018). 데이터 예술(Data Art)을 통한 확장된 데이터 시각화 교육 방안 모색. **조형교육**, 68, 1-24.
- 구자옥 (2006). **실시간 데이터를 활용한 지구과학 탐구학습 자료 및 홈페이지 개발과 적용**. 박사학위논문, 서울대학교.
- 김용남, 성기홍, 홍정희, 강동일 (2009). 자동기상관측시스템을 활용한 실시간 기상 관측 자료 제공 웹 페이지 개발. **한국지구과학회지**, 30(4): 478-484.
- 김종욱, 김찬중 (2021). 과학 관련 사회적 문제 (SSI) 교육 맥락에서 초등학생의 위치짓기 양상 -실천 지향 기후변화 동아리 활동을 중심으로-. **한국과학교육학회지**, 41(6), 501-517
- 김종욱 (2021). **실천 지향 기후변화 활동 참여를 통한 초등학생의 실행 과정에서의 기후 실천가 정체성 탐색**. 박사학위논문, 서울대학교.
- 김현애 (2016). **과학 프로젝트 학습에서 드러나는 초등학생의 행위성 탐색**. 석사학위논문, 서울대학교.
- 박찬술 (2021). **초등학생을 위한 데이터 기반 과학 탐구의 교수·학습**

- 방법과 과학과 핵심역량에 미치는 영향. 박사학위논문, 경상국립대학교.
- 박찬솔, 손정우 (2020). 탐구적 과학 글쓰기를 통한 데이터 기반 과학 탐구학습이 초등학생의 과학과 핵심역량에 미치는 영향. **교사교육연구**, 59(2), 245-258.
- 서수현 (2021). 사회적 실천 지향 기후변화 SSI 동아리 참여 학생들의 사회적 환경 정체성 탐색. 박사학위논문, 서울대학교.
- 손미현, 조형환, 정대홍 (2018). 어포던스 관점에서 살펴본 디지털 탐구도구의 역할과 특징: 과학탐구 활동 사례를 중심으로. **현장과학교육**, 12(2), 274-286.
- 손미현 (2020). 지식정보처리역량 함양을 위한 데이터 기반 과학탐구 모형 개발. 박사학위논문, 서울대학교.
- 손미현 & 정대홍. (2020). 지식정보처리역량 함양을 위한 데이터 기반 과학탐구 모형 개발. **한국과학교육학회지**, 40(6), 657-670.
- 송유경 (2021). 데이터 리터러시 향상을 위한 데이터 기반 토론 수업 모형 개발. 석사학위논문, 서울대학교.
- 송유경, 송석리, 김예지, 임철일 (2021). 데이터 리터러시 향상을 위한 데이터 기반 토론 수업 모형 및 교수전략 개발 연구. **교육공학연구**, 37(4), 943-982.
- 양윤정 & 유미현. (2017). 빅데이터를 활용한 수학 기반 STEAM 프로그램이 중 학생 영재의 창의적 문제해결력, 수학 진로지향도 및 STEAM 핵심역량에 미치는 영향. **영재교육연구**, 27(4), 607-629.
- 윤현정, 김희백 (2018). 자유탐구 활동에서 나타난 과학고등학교 학생들의 인식적 목표, 인식적 이해와 추론의 복잡성 탐색. **한국과학교육학회지**, 38(4), 541-553.

- 이민경(2016). 학생 주도 참여 활동(Changemaker)의 교육적 의미: S중학교 '사상최대의 수업 프로젝트' 사례 연구. **한국교육학연구**, 22(3), 235-264.
- 이민주, 김희백 (2019). 학생 주도의 R&E 활동에서 드러나는 연구 활동의 주요 단계 및 학생의 인식적 행위주체성. **한국과학교육학회지**, 39(4), 511-523.
- 이상은 (2018). 미래지향적 교육과정 담론에 나타난 학생 주체성의 재개념화. **교육철학**, 68, 119-145.
- 이선경, 한지원, 이재원, 노태희 (2015). 프로젝트 기반 과학 활동 과정에서 나타나는 학생 탐구의 특징: 증거-이론-방법의 조정과 도구 사용의 숨씨를 중심으로. **한국과학교육학회지**, 35(4), 599-608.
- 이재원, 이규열, 안지현 (2019). 개정 교육과정에 따른 과학탐구실험 교과서에 나타난 참탐구 요소 분석. **대한화학회지**, 63(3), 183-195.
- 이준행, 조정효, 채승철 (2021). 인공지능 융합교육을 위한 데이터 기반 교육자료 개발: 감쇠진동을 중심으로. **현장과학교육**, 15(2), 121-136.
- 이차은, 김희백 (2016). 과학적 모형 구성 과정에서 나타난 사고 질문의 개념적 자원 활성화의 이해 -인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍을 중심으로. **한국과학교육학회지**, 36(3), 471-483.
- 정대홍, 조영환, 임철일, 손미현, 김민성, 이상일, 김선희, 류나영, 김기택, 이병민, 성민창, 정상환, 이옥선, 박재범, 이경화, 유연주, 조정효, 문공주, 박동열, 모경환, 강은희 (2022). **인공지능 시대 교사가 만드는 미래학교**, 파주:교육과학사.
- 정용욱 (2021). 마이크로비트를 이용한 무선센서 네트워크 와 과학탐구 교육의 변화. **한국현장과학교육학회 정기 학술대회자료집**, 37.

- 정은주, 손정우 (2019). 데이터 기반 과학탐구에 대한 초등학생의 인식 조사. **과학교육연구지**, 43(2), 227-238.
- 정은주 & 손정우. (2020a). 초등학교 과학 교과서 과학 탐구 활동의 지식정보처 리역량 요소 분석. **과학교육연구지**, 44(1), 84-91.
- 정은주 & 손정우 (2020b). 디지털 탐구도구로 측정된 데이터를 활용하는 과학 탐구 수업이 초등학생의 역량에 미치는 영향. **과학교육연구지**, 44(2), 205 - 213.
- 조연수 (2022). 인공지능을 융합한 과학 수업이 중학생들의 인공지능에 대한 태도 및 데이터 리터러시 역량에 미치는 효과. 석사학위논문, 이화여자대학교.
- 최병영. (2018). 고등학교 정치과목에서 빅데이터를 활용한 융합수업의 사례 연구 : 구글 트렌드와 R을 이용한 데이터 시각화를 중심으로. **사회과교육연구**, 25(2), 115-131.
- 하희수, 김희백 (2019). 학생 중심의 과학 학습 공동체 이해를 위한 행위 주체성에 대한 이론적 고찰. **한국과학교육학회지**, 39(1), 101-113.
- 한국교육개발원 (2019). OECD 교육 2030 참여 연구: 미래지향적 역량교육의 실행 전략 탐색. 연구보고 RR 2019-06.
- 한미영, 김현정, 정대홍 (2022). 데이터 기반 과학 탐구 사례 연구. **현장 과학교육**, 16(2), 165-178.
- 허희정, 천재순 (2022). 인공지능을 주제로 한 과학탐구실험 교과 내 첨단과학탐구단원 수업 프로그램의 개발 및 적용. **학습자중심교과교육연구**, 22, 173-190.
- 황요한, 문공주 (2020). 과학적 문제해결과정과 컴퓨팅 사고의 관련성 탐색을 통한 컴퓨팅 사고 기반 과학 탐구(CT-SI) 모형의 제안. **科學教育研究誌**, 44(1), 92-111.

- 황홍섭 (2019). 빅데이터를 활용한 사회과 교수학습 모형의 탐색. *사회과 교육*, 58(1), 63-98
- 홍옥수, 장진아, 임인숙 (2021). 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터, 확장현실 기술을 활용한 과학탐구의 특징: IDEA형 과학교사연구회를 중심으로. *현장과학교육*, 15(5), 407-422.
- Ballard, H. L., Dixon, C. G., & Harris, E. M. (2017). Youth-focused citizen science: Examining the role of environmental science learning and agency for conservation. *Biological Conservation*, 208, 65-75.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175 - 218. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Forster, M., Bestelmeyer, S., Baez-Rodriguez, N., Berkowitz, A., Caplan, B., Esposito, R., ... & McGee, S. (2018). Data jams. *The Science Teacher*, 86(2), 48-57.
- Giddens, A. (1984). *The constitution of society*. Berkeley: University of California Press.
- Giddens, A. (2001). *Mordernity and self-identity: Self and society in the late modern age*. Oxford: Polity Press.
- Gould, R., Sunbury, S., & Dussault, M. (2014). In praise of messy data. *The Science Teacher*, 81(8), 31.
- Harris, E. M., & Ballard, H. L. (2021). Examining student environmental science agency across school science contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(6), 906-934.

- Holland, D., Lachicotte, W., Skinner, D., & Cain, C. (1998). *Identity and agency in cultural worlds*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kastens, K., Krumhansl, R., & Baker, I. (2015). Thinking big. *The Science Teacher*, 82(5), 25.
- Kerlin SC, McDonald SP and Kelly GJ (2010) Complexity of secondary scientific data sources and students' argumentative discourse. *International Journal of Science Education* 32(9): 1207-1225.
- Kjelvik, M. K., & Schultheis, E. H. (2019). Getting messy with authentic data: Exploring the potential of using data from scientific research to support student data literacy. *CBE—Life Sciences Education*, 18(2), es2.
- Komodiki, A., Charalambides, A., & Ioannou, A. (2021). The development of environmental science agency for primary school students through an environmental entrepreneurship intervention programme. *Entrepreneurship Education*, 4(3), 273-289.
- OECD (2018). *The Future of Education and Skills: Education 2030*. OECD.
- OECD (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030*. OECD.
- Schultheis, E. H., & Kjelvik, M. K. (2020). Using Messy, Authentic Data to Promote Data Literacy & Reveal the Nature of Science. *The American Biology Teacher*, 82(7), 439-446.

[부록 1] 전문가 내적 타당화 검사지

**‘학생 행위주체성 함양을 위한
데이터 기반 탐구프로그램 개발 및 적용
-환경 문제를 중심으로-’
연구의 전문가 타당화 설문지**

안녕하십니까? 저는 서울대학교 사범대학 AI융합교육학과 석사과정 3학기에 재학 중인 오혜란입니다.

본 설문지는 ‘학생 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구프로그램’ 연구를 위해 개발한 프로그램 초안에 대한 전문가 타당화 설문지입니다. 전문가로서 선생님의 검토 의견은 더욱 나은 프로그램을 개발하는 데에 큰 도움이 될 것입니다. 본 설문지는 다음과 같이 구성되어 있습니다.

1. 전문가 인적 사항
2. 연구의 소개
3. 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램
 - 1) 프로그램 개요
 - 2) 차시별 활동 내용
 - 3) 프로그램의 요소와 관련된 ESA
 - 4) ESA 함양을 위한 프로그램의 규칙
4. 타당도 검토
 - 1) 프로그램 전반에 대한 타당도
 - 2) ESA 함양을 위한 프로그램 요소에 대한 의견
 - 3) ESA 함양을 위한 프로그램의 규칙 제안

질문에 응답하실 때 이해가 되지 않거나 추가로 설명이 필요한 부분은 연구자에게 질문하실 수 있습니다. 본 설문지의 응답 예상 소요 시간은 약 30분입니다.

성함은 자료 식별용으로만 사용되며 논문에는 언급되지 않을 것입니다. 다만 전공 분야, 최종 학력, 소속, 경력 등의 정보는 논문에 언급될 예정입니다. 바쁘신 와중에 소중한 시간을 내어주셔서 진심으로 감사드립니다.

서울대학교 사범대학 AI융합교육학과 석사과정 오혜란 올림



연구 담당자: 오혜란

연락처:

1. 전문가 인적 사항

- 전공 분야 :
- 최종 학력 :
- 소속 :
- 경력 :

2. 연구의 소개

본 연구는 학생 행위주체성을 함양할 수 있는 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램을 개발하는 것을 목적으로 합니다. 행위주체성은 스스로 목적을 설정하고 목적을 달성하기 위해 적극적으로 행동하는 것이며, 결정과 선택에 책임을 지는 것입니다. 행위주체성은 학생들이 미래사회에서 주도적으로 자신의 삶을 잘 살아 가게 하는 데 필요한 중요한 역량이기에 미래 교육 담론에서 중요하게 거론되고 있습니다(OECD, 2018, 2019; 교육부, 2021). 과학교육의 맥락에서 행위주체성을 함양하는 방법으로 참 탐구(authentic inquiry)가 있으며, 실제적 데이터 기반 탐구는 참 탐구의 요소를 갖출 수 있습니다. 따라서 본 연구에서는 환경 문제를 중심으로 실제적 데이터를 활용한 탐구프로그램을 개발하고 적용하여 학생들의 행위주체성의 변화 양상과 행위주체성을 함양시키는 데 영향을 미친 프로그램 요소를 분석하고자 합니다. 본 연구에서 행위주체성은 ‘**환경과학 행위주체성 (environmental science agency, 이하 ESA)**’의 관점을 취합니다. ESA는 환경 문제에 대하여 학생들이 과학 지식 및 탐구 기능을 어떻게 활용하는지, 환경 문제 관련하여 학생들의 정체성은 어떻게 발달하는지, 환경보존을 위해 실천을 해야 한다는 신념은 어떻게 발달하는지에 초점을 둡니다(Ballard et al. 2017).(**부록 참조**). 선행 연구로부터 ESA 함양에 영향을 준 요소를 추출하고(<표1>), 프로그램 단계를 도출하였습니다(<표2>).

〈표1〉 ESA 함양에 영향을 준 요소

ESA 함양에 영향을 준 요소	선행 연구
복잡한 생태계 시스템에 대한 탐구 활동 경험	Ballard et al. (2017)
환경친화적 탐구 주제	komodiki et al. (2021)
실제적 데이터 수집과 분석	Ballard et al. (2017), 가석현(2021)
접근 가능 다양한 자원, 자유롭고 유연한 탐색	Harris & Ballard (2021)
학생의 흥미로부터 도출된 탐구 문제 설정	Harris & Ballard (2021)
학생 주도의 탐구 설계 및 결론 도출	Ballard et al. (2017), Harris & Ballard (2021), komodiki et al. (2021)
학생들이 주체가 되어 책임을 공유하며 공동과업 수행	Ballard et al. (2017), komodiki et al. (2021)
연구 결과 외부(전문가·지역사회 구성원·일반대중들)와 공유	Ballard et al. (2017) Harris & Ballard (2021)

〈표2〉 프로그램 개발에 바탕이 된 데이터 기반 탐구모형

데이터 기반 탐구학습 단계		
데이터 기반 탐구학습 (정은주, 손정우, 2019)	SWH-데이터 기반 탐구학습 (박찬솔, 손정우, 2019)	EDSA 탐구 모형 (손미현, 2020)
탐색	데이터 탐색 문제 설정	도구 탐색 데이터 수집 문제 발견
실행	디지털 탐구 도구 선정 탐구 설계 데이터 수집	추가 데이터 수집
평가	데이터 분석 정보에서 지식 도출	자료 해석 결론 및 표현

3. 환경 관련 데이터 기반 탐구프로그램

1) 프로그램 개요

탐구프로그램 초안의 단계는 ‘도입-탐색-실행-평가-사회적 실천’의 5단계로 각 단계의 내용은 <표 3>과 같습니다.

〈표 3〉 프로그램 단계 및 내용

프로그램 단계	내용
도입	- 환경 이슈 논의 - 환경 관련 데이터 및 탐구 사례 소개 - 활동 안내
탐색	- 환경 관련 공공 데이터 탐색 - 문제 발견
실행	- 설정한 문제와 관련된 데이터 추가 수집 - 데이터의 특징 파악, 융합, 전처리 - 데이터 분석
평가	- 결론 도출 - 결론 공유 및 발표
사회적 실천	- 학교, 지역사회, 전문가 집단 등에게 결론 알리기 - 캠페인 - 환경 전문가, 환경 단체와 활동 공유하기

2) 차시별 활동 내용

프로그램은 총 10차시로 구성하였으며, 1차시는 50분으로 이루어집니다. 방학 중 특별 프로그램으로 고등학교 1학년 학생들에게 적용할 예정이며, 모듈별 탐구 활동으로 진행됩니다. 이 학생들은 ‘정보’ 교과 시간에 파이썬의 기초 문법에 대해 학습하였습니다. 차시별 활동 내용은 〈표 4〉와 같습니다.

〈표 4〉 차시별 활동 내용

단계 (차시)	활동 내용
	운영 규칙
도입 (1)	1. 데이터 기반 탐구 활동 사례 소개 * 사례 참고 자료: - Globe Project ?, - 환경데이터 분석·활용 공모전 수상작 - 환경 빅데이터 플랫폼 활용 사례 등) 포스트 코로나 전후 온실가스 및 항공 데이터 분석을 통한 온실가스 감축 서비스 제안 2. 사례 분석하기(활용한 데이터의 종류, 분석 방법, 산출물 형태) 3. 활동 안내 · 소개된 사례를 학생이 직접 선택하여 분석

<p>탐색 (2~3)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 환경 관련 공공 데이터 탐색 2. 데이터 변형과 해석 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 내려받기, 저장, 변수, 장소, 기간, 측정값 확인 - 특정 변수 선택, 정렬, 시각화 3. 문제 발견 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터에서 주목할 특징 찾기, 원인 생각해 보기 - 탐구하고 싶은 문제 발견 - 가설 설정 - 가설 및 설정 이유 탐구 일지 공유 문서에 기록, 피드백 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> · 학생 흥미로부터 도출된 문제 설정 · 학생에게 친근한 지역을 선정 · 모둠원들과 아이디어 공유 · 분석에 대한 충분한 시간 보장
<p>실행 (4~8)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 가설을 증명하기 위한 추가 데이터 수집 <ul style="list-style-type: none"> * 환경 관련 주요 데이터 플랫폼 <ul style="list-style-type: none"> - 환경 빅데이터 플랫폼 - 공공데이터 포털 - 환경 통계 포털 - 기후정보 포털 2. 데이터 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터의 특징 파악, 융합, 전처리 - 변수 선택, 상관관계 분석, 변화 추이 분석 - 여러 방식으로 시각화(그래프 종류, 색, 형태, 축, 범례 다양화) 해 본 후 데이터의 특징을 가장 잘 나타내는 차트 선택 - 변수 간의 상호관계 분석 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> · 학생 주도의 탐구 · 탐구 설계의 수정, 시행착오로 인한 회귀 허용 · 분석에 대한 충분한 시간 보장 · 모둠원들과 자료 모두 공유, 협력
<p>평가 (9)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 결론 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 분석 결과와 과학적 지식을 연계하여 해석 2. 결과 공유 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 일지, 보고서 웹문서로 기록, 구글 클래스룸에 공유

	- 탐구 내용 프레젠테이션
	· 학생 주도의 탐구 수행 · 모둠원들과 협력
사회적 실천 (10)	1. 내가 속한 공동체(가족, 친구, 학교, 지역사회, 전문가 집단 등)에 게 탐구 내용 알릴 방안 논의 2. 결론 알리기 * 공유 예시 - SNS, 기관에 의견 개선 - 캠페인, 포스터 게시
	· 학생 주도의 사회적 실천

4. 타당도 검토

1) 프로그램 전반에 대한 타당도

- 다음은 프로그램 전반에 대한 타당성을 묻는 문항입니다. 질문을 읽고 해당 하는 곳에 √(체크) 표시하여 주시기 바랍니다.

구분		전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	그렇다	매우 그렇다
타당성	본 프로그램은 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구프로그램으로 타당하다.	①	②	③	④
설명력	본 프로그램은 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구에 대해 잘 설명하고 있다.	①	②	③	④
유용성	본 프로그램은 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구프로그램으로 유용하게 활용될 수 있다.	①	②	③	④
이해도	본 프로그램은 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구프로그램을 이해하기 쉽게 표현하고 있다.	①	②	③	④
보편성	본 프로그램은 행위주체성 함양을 위한 데이터 기반 탐구프로그램에 보편적으로 활용될 수 있다.	①	②	③	④
기타의견					

- 7) <https://www.globe.gov/> 110개국의 대표들이 해당 국가의 지역적 광역적 특색에 따른 환경 데이터 수집, 데이터 기반 연구 수행. 데이터는 공개 소스로 누구든지 이용 가능.

2) ESA 함양을 위한 프로그램 요소에 대한 의견

- 다음은 ESA의 함양에 영향을 미칠 것이라고 기대되는 프로그램의 요소입니다. 각 요소가 ESA 함양에 타당한지의 여부와 그 외 의견을 자유롭게 적어주십시오.

ESA를 위한 프로그램 요소	의견
- 환경 문제 탐구	
- 실제적 데이터 기반 탐구	
- 평가·사회적 실천 단계	

3) ESA 함양을 위한 프로그램의 규칙 제안

ESA 함양을 위한 프로그램의 규칙
학생 주도의 가설 설정·탐구 설계 및 수행
탐구 설계의 수정, 시행착오로 인한 회귀 허용
탐구 및 분석에 대한 충분한 시간 보장
모둠원들과 아이디어·자료 공유, 협력
유연하고 독립적인 그룹 활동 허용
학생에게 친근한 지역을 선정
질문에 개방적인 교사의 태도

- 위에서 제안한 ESA 함양을 위한 프로그램의 규칙에 대한 의견이 있다면 자유롭게 적어주십시오.

- 제안된 규칙 외에 선생님께서 학생 행위 주체성 함양에 도움이 되는 프로그램 운영 방식이 있다면 자유롭게 적어주십시오.

- 귀중한 시간 내주셔서 감사합니다 -

[부록 2] 사후 면담 질문지

ESA 요소	질문 내용
지식 · 이해	● 이 프로그램에 참여하게 된 이유는 무엇인가요?
	● 평소에 환경 문제에 관심이 많았나요?
	● ()를 주제로 선택하게 된 이유는 무엇인가요?
	● 탐구할 때 본인의 행동에 영향을 미친 의지, 심리적 상태, 혹은 지식이 있었나요?
	● 탐구 과정에서 이전에 알고 있던 지식이나 사실을 사용하였나요?
	● 프로그램 단계마다 어떤 활동을 했나요?
	● 탐구 과정에서 어려웠던 점은 무엇이었나요?
전문성 개발 · 역할 배치	● 탐구하는 과정에서 모둠원과 협력한 것이나 상호작용한 것에는 무엇이 있나요?
	● 모둠원의 역할 분담은 어떻게 이루어졌나요?
	● 모둠 탐구에서 본인이 했던 역할은 구체적으로 무엇이었나요? 이유는?
	● 탐구 과정에서 더 능숙해진 역할이나 전문성이 있나요?
확장 · 변화	● 이 문제를 꼭 자신이 해결해야 할 문제라고 생각하나요? 이유는?
	● 환경 문제와 관련된 태도에 있어서 달라진 점이 있나요?
	● 이러한 활동이 가치가 있다고 생각하나요?
	● 탐구프로그램에서 얻게 된 것(배운 점)을 일상생활에서도 활용할 것 같은가요?
	● 환경 관련 사회적 실천에 적극적인 편인가요?
	● 이 활동을 참여하고 나서 달라진 점이 있나요? 프로그램의 어떤 측면이 특히 영향을 미쳤나요?
	● 이 활동이 앞으로의 삶에 어떤 도움이 될 것으로 예상하나요?
	● 탐구 프로그램에서 가장 중요하거나 가치 있다고 생각하는 단계는 무엇인가요? 이유는?

Abstract

Development and Application of Authentic Data-Driven Inquiry for Student Agency

:Focused on Environmental Issues

Oh Hye ran

Artificial Intelligence Integrated Education

The Graduate School

Seoul National University

Agency is an important competency required for students to lead their lives well with a sense of purpose in the future society. This study aimed to develop and apply a data-based inquiry program to foster student agency and verify its effectiveness. Among various aspects of agency, a program was developed from the perspective of environmental science agency(ESA), which explores agency in the context of environmental preservation and environmental science, and student behavior was analyzed.

This study developed an authentic data driven inquiry program focused on environmental issues. The program consisted of activities to set inquiry problems, analyze data, draw conclusions, and share the research with other community members. The developed program was validated by 5 experts ($CVI \geq 0.8$, $IRA \geq 0.8$) and empirically explored by 3 field teachers.

The program was applied to 6 Grade-10 students for 10 sessions. The degree of ESA improvement was measured with the items developed in this study to assess ESA. I investigated students' agency in the class using the ESA lens through students' reflection notes, inquiry report, the post-interview on the project activities of the students in the class, the researcher's field notes.

As a result of the study, led to four conclusions. First, students are actively developing the science content and inquiry associated with environmental science and data science. Second, students are positioning themselves by taking on specific roles and identifying themselves as having expertise in specific areas like as science inquiry or data analysis. Third, students are recognizing the environmental problem related to the research problem as an important problem that can affect oneself. Fourth, by grasping meaningful data, students recognized themselves as actors of environmental problems.

The key process of the program that had an impact on ESA were 'setting research topics for environmental issues', 'using authentic data', and 'open inquiry close to authentic science'.

This study is significant in that it proposed a data-based inquiry program that can develop agency, a core competency of future society, confirmed the possibility of field application, and identified behaviors that can capture agency in environmental science. Based on this study, it is expected that various programs that can cultivate ESA will be developed and actively applied to school sites.

**keywords : Agency, Environmental Science Agency, ESA,
Authentic Data, Data-Driven Inquiry**

Student Number : 2021-21994