

## 초·중학생 대상 극지 소양 교육 프로그램의 효과

정수임<sup>1</sup>, 신동희<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>은행고등학교, <sup>2</sup>이화여자대학교

### Effects of Polar Literacy Education Program for Elementary and Middle School Students

Sueim Chung<sup>1</sup>, Donghee Shin<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Eunhaeng High School, <sup>2</sup>Ewha Womans University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 29 March 2023

Received in revised form

17 April 2023

Accepted 20 April 2023

##### Keywords:

polar literacy principles, polar literacy education program, polar literacy test, program effectiveness, Wilcoxon signed-rank test, elementary and middle school students

#### ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effectiveness of a polar literacy education program for elementary and middle school students, and to derive implications for new education to respond to climate change. We developed modular education programs based on the seven principles of polar literacy established by the Polar-ICE team. We divided them into two courses, one emphasizing science concepts and another emphasizing humanities and sociological issues. We then selected and structured detailed programs suitable for the two courses. These two courses were applied to 26 elementary and middle school students for approximately 69 hours in a Saturday science class hosted by the Department of Science Education at a university in Seoul. The 26 students were divided into three groups. Two groups completed the science education program for polar literacy and a humanities and social studies education program for polar literacy, respectively. The third group, the control group, received general science education unrelated to polar literacy. Before and after running the programs, all three groups responded to a polar literacy test and questionnaires that used vocabulary and presented scenes associated with polar regions. The test results were expressed using Wilcoxon signed ranks, which is a non-parametric test method, and improvements made upon completion of the program were analyzed. From a cognitive aspect, all three groups showed improvement after completing the program in the knowledge area; however, the experimental groups showed a greater degree of improvement than the control group, and there was a clear difference in the contents or materials explicitly covered. From an affective aspect, the difference between before and after the program was minor, but the group that focused on humanities and social issues showed a statistically significant improvement. Regarding changes in polar imagery, the two experimental groups tended to diverge from monotonous images to more diverse images compared to the control group. Based on the above results, we suggested methods to increase the effectiveness of polar literacy education programs, the importance of polar literacy as appropriate material for scientific thinking and earth system education, measures to improve attitudes related to the polar region, and the need to link to school curriculums.

## 1. 서론

2023년 1월에 개최된 미국기상학회(American Meteorological Society)에서는 오존층 파괴 물질의 생산 폐지를 결의한 국제적 대응으로서 몬트리올 의정서의 효과에 대한 과학적 평가 보고서를 발표했다. 유엔의 지원을 받은 전문가 패널은 몬트리올 의정서가 오존층을 보호하는 데 성공했고, 앞으로 40년 이내에 오존홀 형성 이전의 값으로 회복될 것을 전망했다(UNEP, 2023; WMO, 2022). 인류가 맞닥뜨린 환경 위기에 국제 사회가 공동으로 원인을 분석하고 한 방향으로 나아갔던 노력의 결실을 맺었고, 이로써 현재 우리에게 닥친 기후 변화의 위기도 온 인류가 공동 운명체로서 함께 하며 극복할 수 있다는 희망을 갖게 한다.

교육부는 지난 2022년 12월에 고시한 2022 개정 교육과정 총론을 통해 감염병 대유행 및 기후·생태 환경 변화 등에 의한 사회 불확실성 증가를 개정 배경 중 하나로 밝혔다. 이에 따라 교육과정의 중점을

‘기후·생태 환경 변화 등에 따른 미래 사회의 불확실성에 능동적으로 대응할 수 있는 능력’의 함양으로 설정했다(MOE, 2022). 또한, 2021년에 부분 개정된 「교육기본법」 제22조의2에서는 기후 변화에 대응하기 위해 모든 국민이 생태 전환 교육을 받을 수 있도록 시책을 수립·실시하도록 의무화했고(MOGL, 2021), 2022년 6월에는 「환경 교육 지원과 활성화에 관한 법률」에서 학교 환경 교육을 실시하도록(MOGL, 2022) 제10조의2 조항을 신설했다. 이처럼 우리나라는 학교 교육과정에서 기후와 환경, 생태 교육이 적극적으로 이루어질 수 있도록 법과 교육 제도를 정비하면서 지구 온난화로 인한 지구 환경 변화를 우려하는 과학계의 경고(IPCC, 2021; IPCC, 2018)에 적극적으로 응답하고 있다. 국제 사회는 이산화탄소 배출량을 제한하는 탄소 중립과 함께 다른 온실 기체의 배출을 감축하기 위해 각 국가의 역량을 집중할 것을 합의했다(2050 Net Zero Portal, 2022). 이에 발맞추어 지난 2020년 우리나라는 온실 기체 순 배출량을 2050년까지 제로로 하겠다는 2050 탄소 중립 목표를 발표했고(MOEF, 2020), 산

\* 교신저자 : 신동희 (donghee@ewha.ac.kr)

본 연구는 해양수산부 재원으로 2022년도 한국해양과학기술원 부설 극지연구소의 PAP 사업 지원을 받아 수행된 연구임.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.3.209>

업과 경제를 넘어 교육 분야에서도 기후 위기에 대응하는 능동적 인간을 양성하려는 목표를 설정했다. 2015 개정 교육과정에서 기후 변화 내용은 교과 교육과 창의적 체험 활동 등의 비교과 교육에서 다루어지고 있으며 교과에서는 주로 과학, 사회과를 중심으로, 지속 가능 발전 교육과 관련한 범교과 학습의 주제로 다루고 있다(Shin *et al.*, 2020; Shin, 2017; Chung and Yu, 2022). 반면 2022 개정 교육과정에서는 고등학교 과정에 ‘기후 변화와 환경 생태’, ‘기후 변화와 지속 가능한 세계’ 등 기후 변화를 명시한 과목을 신설하고, 생명 존중, 지속 가능, 생태 환경 감수성 등을 교육 목표로 반영하는 내용 기준을 마련하여 교과 교육에 연계했다(MOE, 2022).

한편, 기후 변화의 중요한 지시자로서 극지의 중요성을 널리 알리려는 교육 운동이 Polar-ICE(Polar Interdisciplinary Coordinated Education) Team을 중심으로 확산되고 있다. 극지 과학자와 교육자의 협업 단체인 이들은 극지에서 빠르게 진행되는 기후 변화의 영향이 장단기적으로 인류에 중대한 영향을 미칠 수 있다는 점을 강조하며 기후 변화의 기작을 이해하는 핵심 개념으로서 극지 소양 원리(Polar Literacy Principles)를 대중 교육과 청소년 교육에 활용할 것을 제안했다(Polar Literacy, 2022; McDonnell *et al.*, 2020). 우리나라는 최근 한국해양과학기술원 부설 극지연구소를 중심으로 북극과 남극의 과학 기지와 연구를 운영하고, 원격 탐사 기술을 융합하여 세계적 극지 연구와 기후 변화 연구에 공동으로 참여해서 주목할 만한 성과를 내고 있다(Gibney, 2019; MOF, 2018; Kim *et al.*, 2018). 우리나라의 극지 연구 범위와 수준이 비약적으로 발전해 왔고, 극지 연구에서 우리나라의 위상과 국제적 지명도가 높아지고 있다. 이에 발맞추어 극지 연구의 중요성을 대중에게 알리려는 노력 또한 함께 전개되고 있는데, 극지연구소의 인프라를 이용한 대중 홍보 및 교육 활동과 초·중등 학생을 대상으로 한 학교 혹은 학교 밖 교육 활동이 탐색되고 있다. 극지연구소의 인적, 물적 자원을 이용한 견학 및 체험은 온·오프라인으로 이루어진다. 북극/남극연구체협단, 극지연구소 견학, 교사 연수, 소속 과학자의 강의 지원, 아라온호 승선 체험 등의 오프라인 활동(KOPRI, 2018; Jung *et al.*, 2020)과 함께 극지 관련 가상 현실 체험, 월동 대원의 생활상 소개, 극지의 자연과 동식물을 영상으로 공개하는 등의 온라인 활동은 극지에 대한 대중의 상상력과 호기심을 불러일으킨다. 그러나 연구소와 극지에 접근할 수 있는 물리적, 공간적 제약으로 교육에 참여할 수 있는 대상은 다소 제한적이며, 일회성, 이벤트성, 일방적으로 운영되는 교육은 연속적이며 체계적 경험을 제공하기 어렵다는 한계 또한 드러난다. 따라서 극지가 지구 환경과 기후에 미치는 영향의 중대성을 인지하고 그래서 극지 연구가 중요하다는 인식을 많은 이들에게 연속적이며 체계적으로 홍보하기 위해서는 초·중등 학생을 대상으로 한 학교 교육과정 및 학교 밖 교육 프로그램이 보다 효과적이라는 주장이 제기되었다(Chung *et al.*, 2021a; Choi *et al.*, 2021; Gold *et al.*, 2021).

국외의 경우, 극지에 활발히 진출한 일부 국가들은 극지 연구를 활용한 교육 프로그램을 개발, 적용하면서 극지 연구의 필요성을 대중과 학생들에게 홍보하고 있다. 지구 환경과 기후의 변화를 이해하기 위해서는 극지의 대기와 해양, 대륙의 상호작용을 이해해야 하며 이를 위해 세계 공동의 연구가 필요하다는 취지에서 제정된 국제극지 의해(International Polar Year: IPY)는 1882년의 제1차 IPY 이후 과학자들의 국제적 연대를 통해 기후 연구 및 과학 발전에 공헌하고 있다.

2019년에서 2020년까지 1년 동안 연구선이 해빙에 얼어붙은 채로 북극해를 표류하며 북극 기후를 연구했던 다학제 표류 관측소 탐험(The Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate, MOSAiC)은 20개 이상의 국가에서 온 500명 이상의 연구자들이 참여한 공동 프로젝트(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023)의 예다. 이에 앞서 2007년과 2008년 제4차 IPY에는 63개국의 과학자와 교육자가 참여한 국제 과학 협력 프로젝트를 진행했고, 그로써 극지 내용이 극지의 환경과 사회적 과정을 전지구적 관점에서 조명하면서 극지 소재가 세계적 공감대를 유도함과 동시에 다양한 학제를 융합하는 교육 재료가 될 수 있음을 확인했다(Krupnik *et al.*, 2011; Salmon *et al.*, 2011; Beck *et al.*, 2014). Gold *et al.*(2021)은 이러한 대규모 연구 프로그램의 상당수가 공공 지원과 투자를 필요로 하지만 대중의 관심과 지식이 이에 미치지 못함을 지적하며 극지 과학과 교육을 연결하고, 학습자가 연구에 참여할 수 있는 기회를 제공해야 한다고 제안했다. 특히 Polar-ICE Team은 극지 소양 원리를 중심으로 개발, 적용한 극지 교육 프로그램을 소개했다. 극지 연구를 활용한 교육 프로그램으로서 극지 환경의 실제 자료를 학생이 활용하는 연구 프로젝트(McDonnell *et al.*, 2020; Bigwarfe and Sebert, 2020; Wood, 2020, Hunter-Thomson *et al.*, 2020), 극지를 소재로 한 게임 프로그램(Turrin *et al.*, 2020a), 과학자가 산출한 연구 자료를 통한 교육(Turrin *et al.*, 2020b; Thibodeau, 2020; Couchon and McCall, 2020) 등이 그것이다. 이밖에도 온라인 플랫폼을 통해 극지 관련한 자료를 생성하거나 활용하는 교육 프로그램(IARC, 2020; BPRC, 2020a; SPRI, 2023), 극지 과학을 교실 수준에서 재구성한 교육 프로그램(BPRC, 2020b; BPRC, 2020c), 과학적 글쓰기 프로그램(BPRC, 2020d) 등도 운영되고 있다.

국내에서 명시적으로 극지 교육을 주제로 한 연구를 발표한 것은 2020년 Jung *et al.*(2020)이 극지연구소의 체험형 견학 프로그램을 개발하면서부터다. 이들은 극지연구소의 연구 및 전시 시설을 활용한 견학 프로그램과 체험 프로그램 및 키트, 활동지가 포함된 매뉴얼을 제작했으나 극지연구소 견학 프로그램이라는 점에서 공간과 교육 대상의 제약성은 여전히 남아있다. Chung *et al.*(2021)은 학교 교육과정에 포함된 극지 내용을 파악하기 위해 국내를 포함한 6개국의 K-12 과학 및 사회과 교과서 110권을 분석했고, Choi *et al.*(2021)은 9개 국가의 16곳의 연구소에서 운영한 120개의 극지 교육 프로그램을 분석했다. 이들은 학교 교육과정 속 극지 내용 현황과 학교 밖 극지 교육 프로그램의 운영 현황을 분석함으로써 극지 관련 내용이 기후 변화를 설명하는 기작으로 좋은 소재가 될 수 있음에도 불구하고 국내외 교육 과정에 체계적으로 제시되지 않음에 주목했다. 이들은 학교 현장에서 교사와 학생들이 극지에 대해 지닌 인식을 조사하고(Chung *et al.*, 2021a; Chung *et al.*, 2021b) 극지 관련 지식과 기능, 태도를 측정하는 극지 소양 검사를 실시해서 교사와 학생들의 극지 소양 현황을 파악하고, 새로운 기후 변화 교육의 비아이디어로서 극지 소양 원리의 가능성을 탐색했다(Chung *et al.*, 2021a; Choi *et al.*, 2022; Chung *et al.*, 2022). 특히 Chung *et al.*(2022)과 Choi *et al.*(2022)은 초·중등 학생들이 빙권에 대한 개념의 공백으로 기후 변화의 주요 기작을 과학적으로 연결하지 못하는 현상에 주목하고 극지 소양과 기후 변화 교육이 밀접하게 연계되어야 하며, 극지 소양 원리를 기후 변화 교육 및 학교 교육과정 내용에 반영할 것을 제안했

다. 또한 학생들이 느끼는 물리적, 공간적 거리감으로 말미암아, 극지가 우리 생활과 기후 변화에 미치는 중대성을 제대로 인식하지 못했음을 보였다. 따라서 이들은 극지 문제가 우리와 우리를 둘러싼 지역 사회의 문제임을 인식하도록 과학적 접근뿐 아니라 인문학적, 사회학적 접근 또한 시급하다고 시사했다. 이처럼 국내에서 극지 관련 교육은 극지연구소의 온·오프라인 거점을 통한 대국민 홍보와 함께, 더욱 근본적 저변 확대를 위한 학교 교육에의 반영을 방향으로 잡고 진행되고 있다. 그러나 극지 교육이 교실 수준에서 어떤 내용과 경험을 준비하고 구현해야 할지 구체적 교수·학습 프로그램은 제시되고 있지 못한 실정이며, 이에 따라 극지 관련 내용을 수업한 효과를 평가한 사례도 찾아보기 어렵다. 이에 본 연구에서는 극지 소양과 관련해 과학적 혹은 인문·사회적 개념을 강조하여 차별화한 프로그램을 개발 후 적용한 효과를 인지적 측면, 정의적 측면에서 살펴봄으로써 극지 소양 교육의 효과성을 탐색하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구의 대상과 맥락

이 연구는 초·중등 학생의 극지 소양을 증진하기 위해 개발된 극지 소양 과학교육 프로그램의 적용 효과를 분석하기 위해 수행되었다. Polar-ICE Team이 합의한 7가지 극지 소양 원리를 근거로 극지 교육 프로그램을 총 6영역에 걸쳐 49편 개발했고 Table 1은 그 현황을 나타낸 것이다. 각 프로그램은 모듈식으로 개발되어 교육 목적에 따라 선택과 조합을 자유롭게 구성할 수 있다.

이 프로그램들을 적용했을 때 극지 소양 함양에 효과가 있는지 평가하기 위해 서울 소재 대학 과학교육과에서 운영하는 토요과학교실에서 초등학생 11명과 중학생 15명이 참가했다. 보호자의 동의를 얻어 초반에 연구에 참여한 학생들은 총 34명이었으나, 프로그램 후반부로 가면서 참석률이 낮거나, 사전·사후 검사 결과를 모두 확보하지 못한 학생 6명을 제외하고 26명의 검사 결과만을 분석했다. Table 2는 연구에 참여한 학생 현황을 정리한 것으로, 과학적 소양과 극지 소양 검사의 사전 점수를 함께 정리했다. 초등학생 11명은 모두 6학년이고, 중학교 1학년이 7명, 중학교 2학년이 7명, 중학교 3학년이

1명으로 최대 4년의 연령차가 있었다. 교육 프로그램은 세 집단으로 나누어 69시간 진행했는데, 그중 한 집단은 극지와 관련 없는 과학 주제로 운영했고, 이들을 극지 교육 프로그램을 적용한 두 집단에 대한 대조군이라는 의미에서 일반 과학(C) 집단으로 명명했다. 나머지 두 집단 중 극지 과학 집단(이하 S 집단)은 극지 소양 관련 과학 개념을 강조한 과학 교육 및 재해 재난 교육을 받았고, 극지 인문/사회 집단(이하 H 집단)은 극지 관련 인문사회학적 주제와 쟁점을 강조한 프로그램을 적용받았다.

세 집단에 대해 다른 프로그램을 적용하게 된 배경에는 학교급과 연령이 다른 학생들이 혼재된 집단 특성을 고려한 측면이 있다. 극지 소재를 다룬 프로그램을 선택한 학생 중 초등학생과 중학생이 함께 편성된 집단의 경우 발달 수준이나 과학적 지식의 격차가 나타날 수 있다고 판단했고, 이들에게는 과학과 관련한 선지식의 차이가 학습의 제한점으로 작용할 가능성이 적은 인문사회학적 주제에 참여할 수 있도록 프로그램을 조정했다. Table 2에서 H 집단의 경우 과학적 소양의 평균은 초등학생(3.3점)이 중학생(6.0점)보다 낮아서 이들이 함께 있는 교실에서 과학 개념을 강조한 극지 과학 프로그램을 적용하기 어려웠다. 반면, C 집단의 경우 초등학생(6.8점)이 중학생(6.0점)보다 과학적 소양 점수의 평균이 높아, 이 집단에서 과학에 대한 선지식은 학교급의 차이보다는 개인적 변인으로 볼 수 있다. TBSL(Test of Basic Scientific Literacy)(Laugksch & Spargo, 1996a; Laugksch & Spargo, 1996b)에서 발췌한 과학적 소양 점수는 개인의 의사결정과 사회·문화적 활동 등에 필요한 과학적 개념과 지식 및 이해의 정도로서, 프로그램을 적용받기 이전에 학생들이 지닌 과학 지식 수준으로 가정할 수 있다. 따라서 각 집단을 구성하는 학생들의 과학적 소양 점수의 양상은 점수의 차이가 개인차로부터 기인한 것인지, 학교급이나 연령의 차이인지 추론할 수 있는 근거를 제공할 수 있다.

Table 3은 세 집단의 학생들에게 적용한 과학 교육 프로그램의 특징을 정리한 것이다. 세 집단 모두 69시간의 수업 활동을 했으나, 각 집단에 따라 극지 교육 프로그램의 종류와 프로그램을 적용한 시간은 서로 다르다. 대조군인 C 집단은 극지 관련성이 낮은 활동을, S 집단은 극지 관련이 비교적 높은 극지 과학 수업을, H 집단은 인문학과 사회학적 주제 및 쟁점을 강조한 과학 프로그램을 진행했다. 극지 과학 프로그램을 적용한 S 집단은 ‘자연 재해 서바이벌’과 ‘꼬마 월동대’라는 두 프로그램을 수행했다. 전 지구 기후 변화로 인한 자연

Table 1. Polar education programs developed in this study

분류(프로그램 수)	프로그램 명
고체지구(10)	얼음에도 이름이 있어요, 극지에서 보이는 여신의 드레스, 영원히 녹지 않는 땅, 영구 동토층, 극지에도 화산이?, 극지의 대동여지도, 극지에는 누가 살고 있을까?, 극지로 가는 길, 아무튼 출근! 극지 연구 기지 월동 대원 편, 멀리서 봐야 잘 보이는 것들, 극한 자원을 찾아서! 당신의 선택은?
대기·해양·우주(12)	해빙(海氷) 정복하기, 눈에 숨겨진 이야기, 얼음 속 숨겨진 역사를 찾아라!, 사라지는 빙하, 기후 변화가 온다!, 기상학자 되어보기, 대기에 구멍이 생겼다고?, 극지, 너의 모든 것을 관측하겠어!, 오염 물질, 짝짝 마!, 서로 다른 남극 이야기, 남극 일지가 궁금해, 북극해를 구해줘!, 오로라 정복하기
생명과학(8)	극지에 사는 친구들, 극지에 사는 생물들, 북극곰은 펭귄을 만날 수 있을까?, 극한 환경에 살아남다, 극지에 숨어있는 치료제, 극지 플랑크톤의 역할, 해빙이 사라지면? 극지 생태계를 위협하는 오염 물질
인문학과 사회학(6)	펭귄 마을 171에서 생긴 일, 극지 지정학 신문 만들기, 극지에 사는 사람들, 남극에도 울산바위가 있다고요?, 북극 표류 어벤저스, MOSAiC 탐사대의 눈이 되다!, 극지를 탐험한 과학자
재해와 재난(8)	슈퍼 태풍을 피해라!, 극지와 자연 재해, 북극곰을 구하자?, 빙하의 습격에 대응하라, 얼음에 갇힌 폴라호를 구출하라!, 우리 집의 주거 환경 상태는?, 플라스틱의 여정, 북극에도 미세 먼지가?
SAQ(Socially Acute Questions)(5)	우리나라 GMO 개발이 필요한가요?, 극지 자원을 개발할까요? 보존해야 할까요?, ‘탄소 중립’ 앞장서야 하나요? 속도 조절이 필요한가요?, 나노 기술은 우리 생활을 위해 필요한가요?, 우리나라에 원자력 발전이 필요한가요?

Table 2. Students' background in the program

학생	성별	학교급 (학년)	참여 프로그램(시간)	사전 검사 결과				
				과학적 소양 (10점 만점)	극지 소양			
					지식(25점 만점)	기능(4점 만점)	신념(4점 척도)	태도(4점 척도)
C1	남	초(6)	일반 과학(69)	7	13	1	3	3.2
C3	남	초(6)		5	11	1	3	3.0
C4	여	초(6)		8	16	4	4	3.3
C6	남	초(6)		7	16	3	3.5	3.1
C7	남	초(6)		5	24	3	3	3.1
C8	남	초(6)		7	11	2	3.3	3.2
C9	남	초(6)		7	13	0	3.7	3.2
C10	남	초(6)		8	18	3	3.2	2.2
C11	남	중(2)		6	19	2	3.7	3.1
C13	여	중(2)		6	13	3	3.3	4.0
S14	남	중(1)		극지 소양 및 재해 관련 과학 교육(69)	5	8	1	2.8
S15	남	중(1)	7		13	1	3.0	2.9
S16	남	중(1)	3		8	2	3.8	3.0
S17	남	중(1)	7		21	2	4.0	3.4
S18	남	중(1)	3		16	0	4.0	3.1
S19	여	중(2)	8		15	1	3.8	3.4
S20	남	중(2)	10		23	3	4.0	3.6
S21	여	중(2)	7		14	1	3.0	3.0
S22	남	중(3)	5		18	3	3.7	2.7
H23	여	초(6)	일반 과학(25) 극지 관련 인문/ 사회 주제 교육(44)		2	5	2	3.0
H24	여	초(6)		4	12	1	2.7	2.5
H25	여	초(6)		4	8	2	3.2	2.9
H26	여	중(1)		7	16	2	3.0	3.4
H27	여	중(1)		6	11	1	3.5	3.4
H28	여	중(2)		7	14	4	3.5	3.3
H32	여	중(2)		4	13	1	3.3	3.2

재해를 극지 변화와 관련지은 자연 재해 프로그램은 7차시(48시간)에 걸쳐 탐구 실험, 모형 제작, 완구 제작, 조사 활동 등을 중심으로 운영되었다. 극지와 기후 변화의 기작을 과학적으로 다룬 꼬마 월동대 프로그램은 7차시(21시간)에 걸쳐 탐구 및 귀추를 중심으로 한 학습을 실시했고, 특히 자연 현상을 시뮬레이션하는 실험, 수학을 도구로 활용하며 자료를 정량화하는 활동, 도표와 그래프로 표상화하는 활동에 중점을 두었다. 극지를 주제로 한 인문/사회적 쟁점을 다룬 H 집단

은 전체 69시간 중 16차시(44시간) 동안 ‘극지, 인간, 환경’, ‘SAQ(Socially Acute Questions) 활용 교육’, ‘자기 환경화 극지 프로그램’ 등 세 개의 프로그램을 수행했다. 이들은 극지 소재를 활용해 과학적으로 민감한 쟁점을 생성하고 인간과 사회가 극지라는 자연 안에서 상호작용하며 생성하는 문제를 탐색하고 의사결정 과정에 참여하는 활동을 했다.

Table 3. Program outline for each group

집단	프로그램 운영 주제	운영 시간	내용	극지 관련성		
				낮다	부분적	높다
일반 과학	고마운 과학, 행복한 과학(초)	69	적정 기술, 과학 수사, 요리 속 과학	✓		
	기초 과학 학습(중)	69	개인 맞춤형 과학 교과 학습	✓		
극지 과학	자연 재해 서바이벌	48	극지 자연 재해, 폭염, 지진, 태풍, 미세먼지, 산사태, 대설			✓
	꼬마 월동대	21	아이스코어와 고기후 해석, 해수면 상승, 해빙, 북극 해양 순환, 해빙과 온난화, 극지 퇴적물, 원격 상관			✓
극지 인문/사회	생물학자 되어보기	25	식물 채집, 현미경 관찰, 유전학, 소화제, 의학과 건강	✓		
	극지, 인간, 환경	8	극지 지리, 극지 영유권, 극지와 지구, 인간의 상호작용			✓
	SAQ 활용 교육	21	원자력 발전, 탄소 중립, GMO개발, 나노기술, 극지 자원 개발		✓	
	자기 환경화 극지 프로그램	15	극지를 탐험한 과학자, 극지의 사람과 생물, 사라지는 빙하			✓

Table 4. Composition of tools

분류	소분류	문항 번호	문항 수	문항 유형	
과학적 소양*	물리, 화학, 생물, 건강, 지구, 우주	s1-s10	10	진위형	
인지적	지식	PLP-1	k1-k3	3	
		PLP-2	k4-k7	4	
		PLP-3	k8-k9	2	
		PLP-4	k10-k12	3	진위형
		PLP-5	k14-k18	5	
		PLP-6	k13, k19-k21	4	
		PLP-7	k22-k25	4	
정의적	기능	자료 해석, 예상, 추론, 문제 인식	sk26-sk29	4	선택형
	신념	극지와 기후 변화에 대한 신념	b30-b35	6	리커트 4점
	태도	감수성, 공감, 행동 선택	a36-a49	15	리커트 4점
	극지 심상	극지 연상 단어, 장면		3	서술형

\*Laugksch & Spargo(1996a, 1996b)의 TBSL(Test of Basic Scientific Literacy) 중 10문항 발췌

## 2. 분석 도구

극지 교육 프로그램에 참여한 학생들의 극지 소양에 변화가 있는지 확인하기 위해 극지 소양 검사를 프로그램 운영 전 4월과 운영 후 11월에 실시했다. 극지 소양 검사 도구(Chung *et al.*, 2021a; Choi *et al.*, 2022; Chung *et al.*, 2022)는 Polar-ICE의 극지 소양 원리를 진위형으로 구성한 지식과 기능, Chu *et al.*(2007)의 환경 소양 척도 (Environment Literacy Instrument for Korean Children)와 Hamilton *et al.*(2012)의 General Social Survey(GSS)에 포함된 극지 관련 지식과 인식을 참고한 신념과 태도 영역 등 네 개의 구인으로 이루어졌다. 극지 소양 검사 도구 중 지식의 25문항에 대한 내용 타당도는 Chung *et al.*(2022)에서 평가자 3인의 플레이스 카파 계수(Fleiss' kappa)가 .638( $p<.001$ )로 상당히 일치한다는 신뢰도를 나타냈다. Choi *et al.*(2022)이 초등학생 323명에게 극지 소양 검사를 실시한 결과, 정의적 특성 문항 중 신념과 태도 문항에 대한 신뢰도 계수는 각각 .833, .827로 나타났다. 또한, 학생들이 사전에 지닌 과학 지식의 정도를

추론하기 위해 TBSL(Test of Basic Scientific Literacy)로부터 발췌한 과학적 소양 검사 10문항을 포함했고, 학생들이 지닌 극지에 대한 심상을 알아보기 위해 극지 연상 단어와 장면을 서술형으로 쓰는 문항을 포함했다. Table 4는 사전·사후 검사 도구를 이루는 구인을 정리한 것이다.

## 3. 분석 방법

극지 교육 프로그램 적용의 효과를 비교하기 위해서 비모수 검정 방법인 Wilcoxon의 부호 순위 검정법을 사용했다. 프로그램 전후의 검사 결과 차이를 통계적으로 비교할 때, 26명의 학생들을 각각 10명, 9명, 7명으로 나누었으므로 표본수가 작고, 모집단의 정규 분포를 가정할 수 없었다. 부호 순위 방법은 평균과 표준오차에 기반한 t검정과 달리 차이의 부호와 순위에 의미를 두어 값을 처리(Meek *et al.*, 2007; Laerd Statistics, 2018)한다. 그러나 해석에 있어서 t검정에서 t값의 절댓값과 유의도로 차이를 기술하듯이, 부호 순위 검정법에서도 Z값

Table 5. Analysis method

분류	소분류	분석 방법
인지적	과학적 소양	집단의 원점수 평균(0~10점) 및 표준 편차, 부호 순위 검정 Z값 및 유의도
	지식	집단의 원점수 평균(0~25점) 및 표준 편차, 부호 순위 검정 Z값 및 유의도, 정답률(0~100%)
	기능	집단의 원점수 평균(0~4점) 및 표준 편차, 부호 순위 검정 Z값 및 유의도
정의적	신념	집단의 원점수 평균(1~4점) 및 표준 편차, 부호 순위 검정 Z값 및 유의도
	태도	집단의 원점수 평균(1~4점) 및 표준 편차, 부호 순위 검정 Z값 및 유의도
	극지 심상	사례를 유형화한 빈도 수

Table 6. Types of open-ended response

분류	내용
극지 연상 단어	(PLP-1) 지리적 위치, 기온 (PLP-2) 빙하, 녹는 빙하, 해빙(海氷) (PLP-3) 색 (PLP-4) 극지 동물, 기타 극지 동물 (PLP-5) 기후 변화, 지구 온난화, 환경 오염, 재해, 해수면 상승 (PLP-6) 인간(생물)에 대한 피해, 자원 개발 (PLP-7) 극지 연구
극지 연상 장면	극지의 풍경 및 자연 환경, 해빙의 역할, 극지 동물의 생활사, 빙하의 소실, 빙하 감소로 인한 생태계 변화, 빙하 감소로 인한 해수면 상승과 생태계 변화, 빙하 감소로 인한 재해, 빙하 감소로 인한 이익, 지구 온난화로 빙하가 감소하고 해수면 상승하며 생태계 및 인간에 영향, 지구 온난화로 빙하가 감소하고 생태계 및 인간에 영향, 극지의 환경 오염, 극지 자원 개발, 빙하 관측, 극지 연구
극지 방문 이유	생물 관람 및 관찰, 과학 기지 방문, 안전/쾌적/접근성, 호기심/체험/탐구/개발, 구제/보호/걱정

Table 7. Test results by school level and gender

			과학적 소양 (만점 10점)		극지 소양							
			사전	사후	지식(만점 25점)		기능(만점 4점)		신념(4점 척도)		태도(4점 척도)	
					사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후
학교급	초 (n=11)	평균	5.8	6.5	13.4	17.0	2.0	3.1	3.2	3.5	2.9	3.1
		표준 편차	1.9	2.3	5.1	3.8	1.2	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4
	중 (n=15)	평균	6.1	6.7	14.8	18.4	1.8	2.7	3.5	3.5	3.2	3.3
		표준 편차	1.9	2.1	4.3	4.1	1.1	0.7	0.4	0.5	0.3	0.4
성별	남 (n=15)	평균	6.1	6.5	15.5	18.0	1.8	2.9	3.4	3.3	3.1	3.0
		표준 편차	1.8	2.0	5.0	3.8	1.1	0.8	0.4	0.5	0.3	0.4
	여 (n=11)	평균	5.7	6.8	12.5	17.5	2.0	2.8	3.3	3.7	3.2	3.4
		표준 편차	2.0	2.3	3.4	4.3	1.2	0.8	0.4	0.3	0.4	0.4
전체 (n=26)	평균	6.0	6.7	14.2	17.8	1.9	2.9	3.4	3.5	3.1	3.2	
	표준 편차	1.9	2.1	4.6	3.9	1.1	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	

의 절댓값과 유의도로 프로그램 적용 이후의 향상이 통계적으로 의미가 있는지 판단한다. Table 5는 인지적 영역과 정의적 영역에서 검사한 결과를 나타낸 분석 방법을 정리한 것이다. 인지적 영역은 정답을 한 문항에 대해 각 1점으로 합산한 원점수를 집단에 따라 부호 순위 검정한 결과로 나타냈고, 정의적 영역의 신념과 태도는 리커트 척도로 나타낸 평균 점수를 집단에 따라 부호 순위 검정을 실시했다. 두 영역의 결과 값은 모두 SPSS Statistics 27 통계 프로그램으로 처리했다. 한편 학생들이 극지를 떠올릴 때 연상되는 심상과 장면, 극지에 방문하고 싶은 이유 등의 서술형 문항을 유형화해 빈도로 나타낸 후 프로그램 적용 전후의 변화를 분석했다. Table 6은 서술형에서 나타난 사례를 유형화한 결과다.

### III. 연구 결과 및 논의

토요 과학 프로그램에 참여한 26명의 학생들은 초등학교 11명과 중학생 15명, 남학생 15명, 여학생 11명으로 구성되었으며 이들의 과학적 소양 검사와 극지 소양 검사 결과를 Table 7에 정리했다. 10문항으로 이루어진 과학적 소양 검사에서 초등학교의 사전 점수는 5.8점, 중학생은 6.1점으로 중학생의 점수가 높았지만 유의미한 차이는 없었다. 극지 소양을 다룬 문항에서도 사전 검사에서는 기능을 제외한 지식, 신념, 태도 영역에서 모두 중학생이 초등학교보다 근소하게 높은 점수를 보였다. 총 25점 만점인 극지 지식 영역에서 초등학교와 중학생은 각각 13.4점과 14.8점으로 학교급에 따른 점수 차이는 크지 않았다. 극지 관련 지식은 학교 교육과정에서 다루는 기회가 드물어서 초등학교생이나 중학생 모두에게 생소하며 개인적으로 획득한 정보에 따라 점수에 영향을 받은 것으로 보인다. 사전 검사의 남녀별 차이

는 과학적 소양이나 극지 소양 지식에서는 남학생이 각각 6.1점과 15.5점으로 나타나 여학생의 5.7점과 12.5점에 비해 높게 나타났으나 기능 영역에서는 여학생(2.0점)이 남학생(1.8점)보다 높았다. 그 외 정의적 영역에서는 비슷한 결과가 나타났다.

한편, 69시간의 토요 과학 프로그램을 이수한 후 극지 소양은 초등학생과 중학생 집단 모두 대체로 사전보다 사후 점수가 높아지는 경향을 보였다. 특히 극지 지식에서는 14.2에서 17.8로, 기능에서는 1.9에서 2.9로 상승하는 등, 인지적 영역에서 그 차이가 뚜렷하다. 그러나 정의적 영역인 신념은 3.4에서 3.5로, 태도는 3.1에서 3.2로 나타나 그 차이가 매우 근소하며 의미 있는 차이로 구분 짓기 어렵다. 반면, 남녀별 결과에서 여학생은 극지 지식, 기능, 신념 및 태도 전반에서 남학생보다는 높은 향상 경향을 보이거나 이 또한 실험군과 대조군의 성별 분포나 학교급을 고려한다면 원점수 향상으로 인한 획일적 분석은 주의를 요한다. 전반적으로 사전과 사후 결과를 비교해 보았을 때 프로그램 운영의 효과는 인지적 측면에서 향상됨을 보였지만, 프로그램을 적용한 집단과 대조 집단을 구분해서 적용의 효과를 구체적으로 밝힐 필요가 있다.

#### 1. 인지적 측면: 지식과 기능

극지 소양 지식과 기능의 인지적 영역을 살펴보기 전에 연구 대상 학생들의 인지적 출발점으로서 과학적 소양을 검사했다. 이때 적용한 프로그램에 따라 일반 과학 집단(이하 C 집단), 극지 과학 집단(이하 S 집단), 극지 인문/사회 집단(이하 H 집단)으로 나누어 그 결과를 Table 8에 정리했다. 10문항 10점 만점에 대해 C 집단은 6.6점, S 집단은 6.1점, H 집단은 4.9점으로 C 집단이 가장 높은 출발점을 보이

Table 8. Pre-post test results of scientific literacy by groups

집단(명)	평균(만점 10점)		사전>사후	학생 수(명)		부호 순위 검정	
	사전	사후		사전=사후	사전<사후	Z*	유의도(양측)
일반 과학 (n=10)	6.6	7.3	2	2	6	-1.150	.250
극지 과학 (n=9)	6.1	6.7	1	4	4	-1.131	.258
극지 인문/사회 (n=7)	4.9	5.7	1	3	3	-1.134	.257
전체 (N=26)	6.0	6.7	4	9	13	-1.936	.053

\* Wilcoxon 부호순위검정 통계량으로 (-)부호는 사후 값이 사전 값보다 큰 것을 나타내며, Z는 순위 합계의 함수이며 절댓값이 클수록 사전과 사후 값의 차이가 크다고 해석함.



Table 9. Pre-post test results of polar knowledge by groups

집단(명)	평균(만점 25점)			학생 수(명)		부호 순위 검정	
	사전	사후	사전>사후	사전=사후	사전<사후	Z	유의도(양측)
일반 과학 (n=10)	15.4	17.7	1	2	7	-1.973	.049
극지 과학 (n=9)	15.1	19.0	0	2	7	-2.375	.018
극지 인문/사회 (n=7)	11.3	16.4	0	0	7	-2.371	.018
전체 (N=26)	14.2	17.8	1	4	21	-3.825	.000

Table 10. Pre-post test results of polar skill by groups

집단(명)	평균(만점 4점)			학생 수(명)		부호 순위 검정	
	사전	사후	사전>사후	사전=사후	사전<사후	Z	유의도(양측)
일반 과학 (n=10)	2.2	3.0	2	2	6	-1.867	.062
극지 과학 (n=9)	1.6	2.9	0	1	8	-2.588	.010
극지 인문/사회 (n=7)	1.9	2.7	1	0	6	-1.387	.165
전체 (N=26)	1.9	2.9	3	3	20	-3.318	.001

고 사후 점수도 가장 높다. 각 집단에 따라 학교급별, 성별 구성원이 다르며 그에 따른 결과가 반영되어 있어 일률적으로 어느 집단의 우위를 판단할 수 없지만, 프로그램 적용 전 후의 향상이 통계적으로 의미가 있는지 알아보기 위해 비모수 검정 방법인 Wilcoxon 부호 순위 검정의 Z값과 유의도를 산출했다. 이에 따르면 과학적 소양에 있어 세 집단 모두 사전보다 사후 점수의 평균이 높아졌지만 유의 수준이  $p<.05$ 에서 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다.

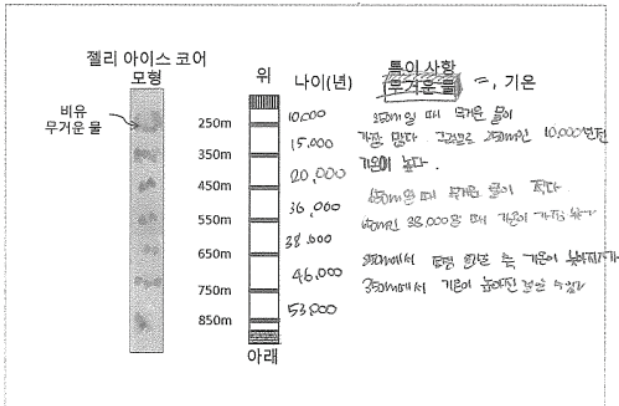
Table 9는 일반 과학 프로그램을 적용받은 C 집단에 대해 극지 과학 프로그램 적용 집단인 S 집단과 극지 인문 사회 영역을 강화한 프로그램을 적용받은 H 집단의 극지 소양 중 지식 영역의 사전 사후 검사 결과와 부호 순위 검정 결과를 정리한 것이다. 세 집단은 모두 유의도  $p<.05$  수준에서 전후의 점수 차가 없다는 영가설을 기각하므로 각각의 프로그램을 적용한 효과는 통계적으로 유의미하다고 확인되었다. 이때, 극지와 관련성이 적은 일반 과학 프로그램도 어느 정도 극지 소양의 향상에 효과가 있었다. 다만 Z값의 절댓값은 S 집단과 H 집단이 C 집단보다 커서 프로그램 적용 후 향상의 정도는 더 크다는 점을 확인할 수 있다.

극지 소양 기능 4문항에 대한 각 집단의 사전 사후 검사 결과를 Table 10에 나타냈다. 기능은 탐구 기능에 해당하는 역량으로 극지와

관련한 자료를 해석, 추론, 예상, 문제를 인식하는 능력이다. 원점수를 기준으로 사후 점수가 사전 점수의 평균보다 높아졌고, 개별 학생들의 사후 점수가 더 높아진 사례가 더 많지만 통계적으로 유의미한( $p<.05$ ) 값은 S 집단에게만 나타났다. S 집단에 적용된 극지 과학 프로그램은 연구 문제를 설정해서 과학 탐구를 직접 수행하거나 극지에서 산출한 자료를 활용하므로 문제를 인식하고 자료를 해석해서 예상하거나 추론하는 탐구 기능을 명시적으로 학습하는 기회가 많았다. Figure 1은 S 집단에 적용한 ‘아이스코어의 비밀’ 프로그램 중 남극의 가상 지점에서 얻은 아이스코어의 깊이, 나이, 무거운 물의 비율로 고기후를 추론해서 그래프를 작성한 학생 S19의 사례다. 해당 과제를 수행하기 위해서는 관찰, 측정, 추리 등의 기초적 탐구 기능뿐 아니라 자료 변환과 해석, 결론을 도출하거나 일반화하는 통합적 탐구 기능도 초보적 수준에서 필요하다. 명시적 수업을 적용할 때 과학 탐구 기능의 향상에 효과가 있다는 연구들(Grossen, 1993; Akerson *et al.*, 2000; Hong & Son, 2011; Lee, Min, and Son, 2012)의 사례에서 보듯 인문/사회적 주제와 상호작용을 강조한 집단보다는 과학 개념과 탐구를 강조하거나 빈번히 노출한 집단에서 기능 영역에서의 향상이 있었다.

Table 11은 지식 문항에 포함된 극지 소양 원리별로 세 집단의 사전 사후 검사 결과를 정리한 것이다. 극지 소양 원리는 극지 연구자

③ 캠프-코프리(Camp-Kopri) 아이스 코어 모형



④ 아이스 코어 모형에 나타난 기온 그래프 그리기

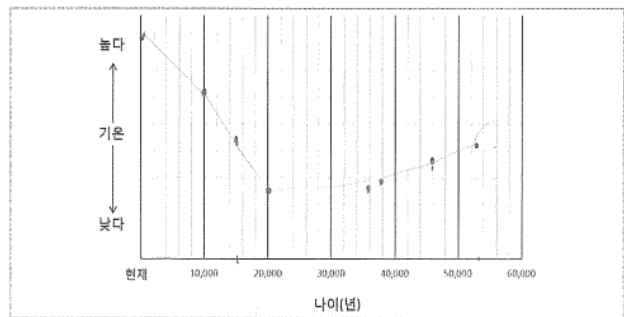


Figure 1. An example of student's report in a polar science program

Table 11. Test results of principles of the polar literacy by groups

집단		극지 소양 원리***						
		PLP-1 (3문항 3점)	PLP-2 (4문항 4점)	PLP-3 (2문항 2점)	PLP-4 (3문항 3점)	PLP-5 (5문항 5점)	PLP-6 (4문항 4점)	PLP-7 (4문항 4점)
일반 과학 (n=10)	사전	1.3	1.3	1.5	2.2	2.3	3.6	3.2
	사후	1.7	2.3	1.2	2.3	3.0	3.4	3.8
	Z	-2.000*	-1.913	-1.732	-0.276	-1.473	-0.816	-2.121*
극지 과학 (n=9)	사전	1.1	1.2	1.3	1.9	2.9	3.7	3.0
	사후	2.2	2.3	1.8	2.3	3.3	3.6	3.4
	Z	-2.232*	-1.723	-2.000*	-1.265	-1.265	-1.000	-1.633
극지 인문/사회 (n=7)	사전	0.9	0.6	1.0	2.3	1.4	2.9	2.3
	사후	2.3	1.1	1.4	2.6	2.4	3.6	3.0
	Z	-2.232*	-1.190	-1.732	-0.816	-2.333*	-1.890	-1.890
전체 (N=26)	사전	1.1	1.1	1.3	2.1	2.3	3.4	2.9
	사후	2.0	2.0	1.5	2.4	3.0	3.5	3.5
	Z	-3.624**	-2.865**	-1.265	-1.342	-2.627**	-0.513	-3.217**

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

\*\*\*PLP-1: 지리적 위치로 인한 극지의 독특성, PLP-2: 극지의 주요한 특징인 얼음, PLP-3: 지구 날씨와 기후의 조절자 극지, PLP-4: 극지의 생물, PLP-5: 기후 변화의 영향을 급속도로 받는 극지, PLP-6: 극지와 인간, PLP-7: 과학 기술과 극지

와 교육자들의 협업 단체인 Polar-ICE가 제공하는 7가지 원리들로 극지의 특성(PLP-1, 2), 극지의 생물(PLP-4), 지구 환경 및 기후와 극지의 관계(PLP-3, 5), 극지와 인간, 과학 기술(PLP-6, 7) 등을 다룬다. 일반 과학 프로그램을 적용한 C 집단에 통계적으로 유의한 전후 차이(p<.05)가 나타난 원리는 지리적 위치 때문에 나타나는 극지의 독특성인 PLP-1과 극지 관련 과학 기술에 대한 문항군인 PLP-7이다. 극지 과학 프로그램을 적용한 S 집단은 PLP-1과 함께 지구 기후를 조절하는 극지 과학과 관련한 PLP-3에서 유의미한 향상(p<.05)이 확인되었다. 인문 사회학을 강조한 프로그램을 이수한 H 집단은 PLP-1과 기후 변화의 영향을 빠르게 받는 극지 관련 원리인 PLP-5에서 통계적으로 의미 있는 차이(p<.05)가 있었다. PLP-1은 모든 집단에서 차이가 나타났으며 집단에 따라 유의미한 차이가 나타난 원리도 각기 달라서 어떤 종류의 극지 프로그램이 특정한 극지 소양 원리 이해에 효과가 있었는지 여부를 판단하기 어렵다. 이는 곤란도와 변별도가 각기 다른 문항들을 내용에 따라 극지 소양 원리라는 요인으로 묶어 합산 값으로 나타냈기 때문이다. 예를 들어 극지 생물에 대한 문항군인 PLP-4와 극지와 인간의 관계를 다룬 문항군인 PLP-6은 곤란도가 높고 변별도가 낮은 문항들로 이루어져 있어 학습에 의한 사전과 사후의 결과 차이가 뚜렷하지 않다. 곤란도와 변별도가 각기 다른 여러 문항을 조합하고 그 값을 합산하면, 조합의 양상에 따라 대응된 표본의 결과 값이 달라지므로 이를 근거로 프로그램 효과를 독립적으로 판단하기 어렵다.

정답률이 낮았던 개별 문항들에 대하여 각기 다른 프로그램을 적용했을 때 변화한 정답률의 차이를 Table 12에 나타냈다. 앞서, 여러 문항들을 각각의 극지 소양 원리 요인으로 묶을 때 집단에 따른 프로그램 적용 효과를 판단하기 어렵다는 점을 보완하기 위해 개별 문항에 대한 정답률 변화를 나타냈다. 이를 통해 개념 변화의 구체적 내용이 드러나며 프로그램의 적용 효과를 단순화해서 보여줄 수 있다. 사전 검사에서 낮은 정답률을 보였던 문항이 학습 프로그램을 적용한 이후 정답률이 높게 나타나거나 집단에 따라 다른 양상이 나타난다면 해당 프로그램의 효과를 판정할 근거가 될 수 있다. PLP-4와 PLP-6을

제외하고 5개의 원리에 포함되는 12문항이 정답률 50% 이하로 나타났다. 극지의 지리적 특징인 PLP-1에서는 세 집단 모두 어느 정도 정답률이 증가했으며 특히 S 집단과 H 집단의 향상이 뚜렷하다. S 집단과 H 집단은 프로그램 적용 후 북극과 남극의 지리적 특징과 기후에 대해 대다수 학생들이 정답을 했다. 극지의 주요한 특징인 얼음에 대한 지식인 PLP-2에서는 H 집단이 프로그램 적용 후에도 여전히 다른 두 집단에 비해 낮은 정답률을 보이며 사전과의 반응 차이도 작다. S 집단은 극지 얼음의 기원에 대한 k4와 해빙의 상태에 대한 k7에서 정답률이 증가했다. C 집단도 대체로 정답률이 증가했다. 극지가 지구 기후를 조절하는 기작으로 알베도를 물어보는 PLP-3의 k9는 극지 관련 소재를 학습 활동에서 명시적으로 다루는 S 집단과 H 집단에서 정답률이 높아졌다. 기후 변화가 극지에 미치는 영향에 대한 원리인 PLP-5에서는 오히려 C 집단의 정답률이 높아졌지만, 해빙과 해수면 상승의 관계를 묻는 k14 문항에는 S 집단만이 정답자가 급격하게 많아졌다. 해수 기원인 해빙이 녹아도 해수면 상승 효과는 미미하다는 극지 소양 원리 5A-3(Polar Literacy, 2022)을 확인하는 이 문항에 대해 사전 검사에서 거의 모든 학생들이 오답을 했고, 사후 검사에서도 C 집단과 H 집단의 학생들은 모두 오답을 유지했다. 이러한 오답 반응은 빙하가 녹으면 해수면이 상승한다는 상식이 일반적인데 비해 빙권의 기원을 구분해 기후 변화의 기작을 밝히지 않는 학교 교육과정의 영향(Chung et al., 2022; Choi et al., 2022; Chung et al., 2021a)이기도 하다. S 집단은 해빙의 수면 상승 효과를 탐구하는 활동을 통해 명시적으로 오개념을 과학적 개념으로 수정하는 수업에 참여했고, 9명의 학생 중 6명의 학생들이 정답을 했다. 극지와 관련한 과학 기술에 대한 소양을 물어보는 PLP-7의 k24문항에서는 H 집단에서 정답을 하는 학생들의 수가 분명히 증가했다. C 집단(80%)과 S 집단(67%)에서도 결국에는 대다수 이상의 학생들이 정답을 했지만, 사전(29%)과 사후(71%)의 차이가 상대적으로 컸던 집단은 H 집단이다. H 집단 역시 극지 관련 인문 사회 프로그램을 통해 명시적으로 이 내용을 학습한 바 있다.

극지 소재를 다루지 않았던 일반 과학 프로그램에 참여한 집단(C



Table 12. Proportion of correct answers on knowledge questions of polar literacy by groups (items with a correct answer rate of 50% or less in the pre-test)

문항	집단별 정답률(%)										
	일반 과학			극지 과학			극지 인문/사회				
	사전	사후	차이	사전	사후	차이	사전	사후	차이		
PLP-1	k1	북극은 바다 위에, 남극은 육지 위에 위치한다.	60	50	-10	33	78	45	29	100	71
	k2	북극에서 여름에는 해가 지지 않고, 겨울에는 해가 뜨지 않는다.	20	60	40	33	67	34	14	71	57
	k3	대체로 북극은 남극보다 더 춥다.	50	60	20	44	78	34	43	57	14
PLP-2	k4	빙하와 빙산은 바닷물이 얼어서 만들어졌다.	30	40	10	22	56	34	14	14	0
	k5	바닷물이 얼어 만들어진 해빙을 그대로 녹이면 다시 바닷물이 된다.	10	40	30	11	22	11	14	29	15
	k6	세계에서 담수(민물)가 가장 많이 저장된 곳은 남극이다.	40	60	20	44	67	23	14	43	29
PLP-3	k7	해빙의 크기는 여름에 줄었다가, 겨울에 커진다.	50	90	40	44	89	45	14	29	15
	k9	얼음과 눈이 덮여있는 면적이 늘어나면 지구로 들어오는 태양복사 에너지가 늘어난다.	50	30	-20	33	78	45	14	43	29
	k14	북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다.	0	0	0	11	67	56	0	0	0
PLP-5	k15	극지가 온난화되면, 극지에 비나 눈이 많이 온다.	30	70	40	56	56	0	14	29	15
	k16	남극에 비나 눈이 많이 오면 펭귄의 수는 증가한다.	40	60	20	56	67	11	29	43	14
PLP-7	k24	극지 생물을 유전적으로 분석하면 새로운 약과 치료제를 개발할 수 있다.	60	80	20	33	67	34	29	71	42

집단)이나 특정 분야를 강조해 극지 소재를 학습한 집단들(S 집단, H 집단)이나 대체로 프로그램 적용 이후에는 어느 정도 정답률에 있어 긍정적인 변화가 나타났다. 이는 극지 소양 원리가 대부분 현상의 원리, 원인, 결과, 상호작용 등을 다루며 과학적 사고에 기반하는 개념으로 이루어졌기 때문으로 추측된다. 과학적 사고를 촉진하는 과학 프로그램이라면 극지 소양 원리를 어느 정도 증진시킬 가능성이 높다는 의미이다. 다만 일반적 지식을 넘어서는 극지에 대한 특정 지식, 추론과 유추가 어려운 개념의 공백, 다양한 경로로 발생하여 고정된 오개념 등은 의도된 극지 소양 교육을 통해서 명시적으로 학습해야 인지적 향상이 가능하다는 점을 밝힐 수 있었다.

## 2. 정의적 측면

### 가. 신념과 태도 척도

극지 소양 프로그램을 적용한 후 정의적 측면에 변화가 있는지 알아보기 위해 극지 소양 검사 중 신념과 태도를 검사했고, Table 13은 이중 신념의 프로그램 적용 전후의 변화를 정리한 것이다. 신념과 태도는 1점에서 4점까지 리커트 4점 척도로 나타내, 점수가 높을수록 강하게 동의하거나, 극지에 대한 높은 관심이나 긍정적인 태도를 지시한다. 신념은 극지와 관련한 기후 변화로 나타나는 현상을 제시했을 때, 이 같은 현상이 실제로 일어날 것인지 동의하는 정도를 점수

로 표현한다. 기후 변화로 인한 결과를 예상하는 믿음의 정도를 나타낸다는 점에서 ‘신념’으로 나타났다. Fishbein과 Ajzen(1975)는 신념은 대상에 대한 정보로서 어떤 속성과 다양한 수준과 정도로 연결된 정보들을 통해 그 대상에 대한 선호나 태도를 형성할 수 있다고 했다. 개인마다 기후 변화의 지식과 정보를 수용하는 수준과 정도가 다르고 그 결과에 대한 믿음의 정도가 다르다면 이에 따라 기후 변화에 대한 태도가 좌우될 수 있다는 점(Koballa, 1988)에서 학생의 신념 변화를 주목할 가치가 있다.

대체로 모든 집단에서 사전 점수 3.2~3.6점의 높은 분포에서 시작했는데 이는 극지 기후 변화로 인해 예상되는 현상-해수면 상승, 해류 순환 이상, 생물과 인간에의 영향, 전 세계 날씨와 기후 변화가 나타난다는 데 강하게 동의한다는 출발점을 가졌다. 프로그램 적용 후에도 3.3~3.6점으로 큰 차이가 나타나지 않았으나 H 집단에서는 유의도  $p < .05$  수준에서 통계적으로 의미 있는 전후 차이가 나타났다. 인지적 영역과 대비되는 것은 신념이라는 정의적 측면에서는 처음 출발점이 높은 천장 효과(ceiling effect)가 나타나서 프로그램 후의 신념 변화를 판단하기 어려웠다. 그러나 극지, 자연 환경, 인간 사회 관련 쟁점을 다루었던 인문 사회 영역을 강조한 학습 프로그램을 경험한 H 집단은 극지의 변화로 인한 지구와 인간 사회에의 영향에 보다 강하게 동의하는 경향을 보였다.

Table 14는 태도 영역에 있어 프로그램 전후의 변화를 나타낸 것이다. 태도는 극지에 대한 정서, 공감, 감수성, 행동 선택을 나타내는 문항으로 구성되었다. 모든 집단이 3.0~3.1점의 대체로 높은 출발점

Table 13. Pre-post test results of belief among polar literacy by groups

집단(명)	평균(4점 척도)			학생 수(명)			부호 순위 검정	
	사전	사후	사전>사후	사전=사후	사전<사후	Z	유의도(양측)	
일반 과학 (n=10)	3.4	3.6	2	3	5	-1.549	.121	
극지 과학 (n=9)	3.6	3.3	4	3	2	-0.946	.344	
극지 인문/사회 (n=7)	3.2	3.6	1	0	6	-2.217	.027	
전체 (N=26)	3.4	3.5	7	6	13	-1.087	.277	

Table 14. Pre-post test results of attitude among polar literacy by groups

집단	평균(4점 척도)			학생 수(명)		부호 순위 검정	
	사전	사후	사전>사후	사전=사후	사전<사후	Z	유의도(양측)
일반 과학 (n=10)	3.1	3.2	5	0	5	-0.614	.539
극지 과학 (n=9)	3.1	3.2	4	1	4	-0.281	.779
극지 인문/사회 (n=7)	3.0	3.3	1	0	6	-2.132	.033
전체 (N=26)	3.1	3.2	10	1	15	-1.648	.099

에서 시작해 프로그램 후에는 3.2~3.3점으로 차이가 근소하게 나타났으며 부호 순위 검정 결과 신념 척도와 마찬가지로 H 집단만이 유의도  $p < .05$  수준에서 사후 점수가 유의미하게 높았다. Chung et al.(2021a)은 초·중등 교사의 극지에 대한 태도를 조사한 결과 극지 문제에 관심을 갖고 공감하려는 태도는 긍정적이었으나 문제 해결을 위해 행동으로 옮기겠다는 행동 선택 영역은 상대적으로 수동적 경향을 보였다. 또한 Choi et al.(2022)이 조사한 초등학교생들의 극지 소양의 태도에서도 같은 결과를 얻었다. 인지적 영역과 비교해 정의적 영역의 변화는 쉽게 나타나지 않았다. Choi et al.(2022)은 학생들이 극지 문제를 전지구적 문제로 인식하면서도 자기 자신과의 심리적 거리감이 존재해서 우리의 문제로 공감하기 어렵다는 점을 밝혔다. 따라서 극지 소양 함양을 위한 프로그램은 인지적 측면과 더불어 극지와 개인의 삶이 어떻게 연결되고 영향을 주고받는지 다양한 관점에서 경험할 수 있는 요소가 포함될 필요가 있다. Figure 2는 H 집단의 한 학생이 극지 인문 사회 강화 프로그램에 참여하면서 그린 마인드맵이다. 이전에 생각해 보지 않았던 극지의 소유권에 대한 쟁점을

이야기하는 과정에서 북극과 남극의 자연환경의 공통점과 차이점을 찾아보고 인간 사회의 정치, 경제, 문화와 어떤 관련을 맺고 있으며 우리나라와 나를 어떻게 연결하고 있는지 학생의 생각을 드러낸다. 극지를 나의 문제로 깊이 공감하기 위해서는 관습적으로 여겨오던 과학의 경계를 넘어서 삶과 사회가 융합된 맥락에서 경험할 수 있는 융합적 소재를 발굴해야 한다.

나. 극지 연상 심상

극지를 떠올릴 때 연상되는 단어나 장면이 프로그램 전후에 어떻게 변화되었는지 조사했다. Table 15는 북극이나 남극을 떠올릴 때 어떤 단어가 연상되는지 집단별로 정리한 것이다. 프로그램 전에는 북극곰이나 펭귄과 같은 극지 동물(17건)이 가장 많았고, 지구 온난화(14건), 빙하 및 녹는 빙하(13건) 등에 집중한 단순한 분포를 보인 반면, 사후에는 이러한 집중 경향이 완화되고, 보다 다양한 응답으로 분산되었다. 해빙(海水), 재해, 해수면 상승, 인간(생물)에 대한 피해, 자원 개발,

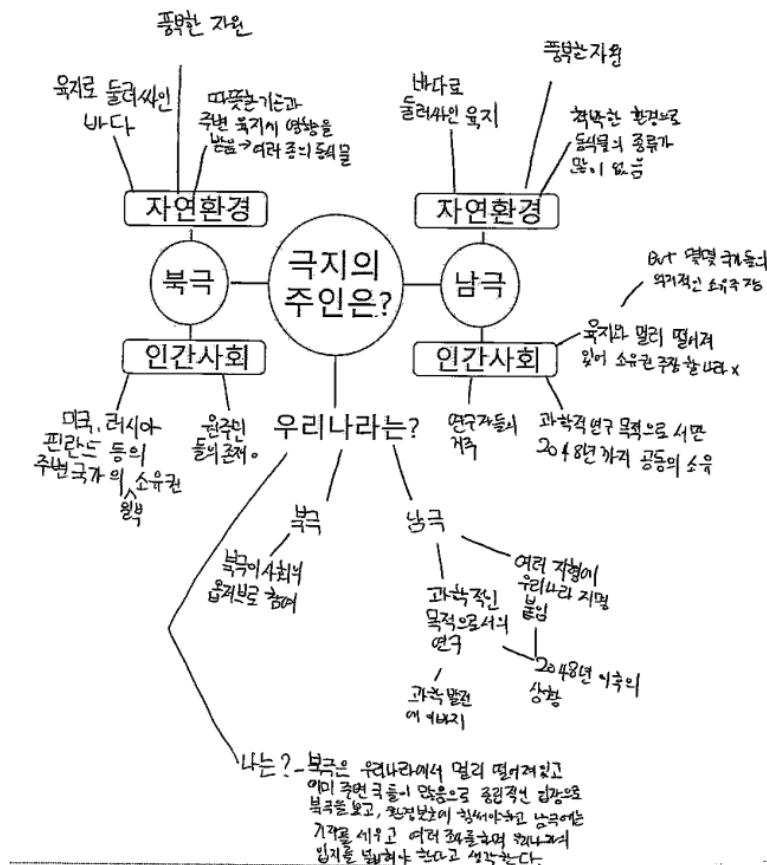


Figure 2. An example student's report in a polar humanities/social studies program

Table 15. Examples of polar association words by groups

극지 소양 원리	연상 단어	사례 수								사례 예시
		일반 과학		극지 과학		극지 인문/사회		전체		
		사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후	
PLP-1	지리적 위치	1		2	1	3	2	6	3	툰드라, 한대, 멀다, 극지방, 방위(북쪽, 남쪽)
	기온	1	1	2		1	1	4	2	추위
	빙하	4	7	6	2	2	2	12	11	빙하, 얼음
PLP-2	녹는 빙하			1					1	
	해빙(海氷)				1				1	
PLP-3	색	1						1		흰색
PLP-4	극지 동물	2	3	6		9	10	17	13	북극곰, 펭귄
	기타 극지 동물	1	1	1	1	2	2	4	4	북극여우, 하프물범, 불곰, 모기, 바다사자, 범고래
PLP-5	기후 변화	1	1			2	2	3	3	기후 변화, 이상 기후
	지구 온난화	5	5	5	4	4	2	14	11	
	환경 오염	1			1		1	1	2	환경 오염, 오존홀
	재해		1		1				2	위험, 물 부족
PLP-6	해수면 상승						2		2	
	인간(생물)에 대한 피해						1		1	고대 바이러스
	자원 개발						2		2	
PLP-7	극지 연구				1				1	아이스코어

극지 연구 등의 항목은 프로그램 적용 후에 새롭게 등장한 단어를 포함한다. S 집단과 H 집단에서 이러한 경향이 뚜렷한데, S 집단은 해빙, 환경 오염, 재해, 극지 연구에서 H 집단은 환경 오염, 해수면 상승, 인간(생물)에 대한 피해, 자원 개발 항목에서 새로운 단어를 언급했다. 이는 지구 온난화로 빙하가 녹으면서 극지 동물이 위기를 맞는다는 단순한 생각에서 벗어나 극지에 대한 다양한 관점의 접근이 가능함을 알리는 신호탄이다.

단편적 단어를 연결해서 학생들이 지닌 극지에 대한 심상이나 장면을 정리한 결과를 Table 16에 정리했다. 사전 검사에서는 대다수 학생들이 빙하가 소실(8건)되거나, 빙하의 소실로 생태계 변화(9건)가 나

타나거나, 지구 온난화 이후의 연쇄적 과정으로 인한 피해(5건)를 집중적으로 언급했다. 사후 검사에서는 이러한 대동소이한 결과가 흩어지면서 몇 장면이 새롭게 추가되었다. 해빙(海氷)의 역할(2건), 빙하 감소로 인한 재해(2건)와 이익(1건), 극지의 환경 오염(1건), 극지의 자원 개발(2건), 극지 연구(1건) 등이다. 이중 빙하 감소로 인한 재해 2건을 제외한 7건의 사례가 S, H 집단에서 나타났다.

다음은 사전과 사후 검사에서 응답한 내용이 달라진 S와 H 집단의 학생 응답 사례다.

해빙이 열을 반사하는 데 도움이 된다.(S18, 사후 검사)

Table 16. Cases of polar association scenes by groups

연상 장면(정보)	극지 소양 원리	사례 수							
		일반 과학		극지 과학		극지 인문/사회		전체	
		사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후
극지의 풍경 및 자연 환경	PLP-1					1			1
해빙(海氷)의 역할	PLP-3				2				2
극지 동물의 생활사(북극곰의 사냥)	PLP-4	1	1					1	1
빙하의 소실	PLP-5	4	4	2	3	2		8	7
빙하 감소로 인한 생태계 변화(북극곰)	PLP-5	3	1	4	1	2	1	9	3
빙하 감소로 인한 해수면 상승과 생태계 변화	PLP-5		1	1				1	1
빙하 감소로 인한 재해	PLP-6		2						2
빙하 감소로 인한 이익(항로 개척)	PLP-6						1		1
지구 온난화로 빙하가 감소하고 해수면 상승, 생태계 및 인간에 영향	PLP-5, 6			2		2	1	4	1
지구 온난화로 빙하가 감소하고 생태계 및 인간에 영향	PLP-5, 6	1			2			1	2
극지의 환경 오염(미세 플라스틱)	PLP-5						1		1
극지 자원 개발	PLP-6						2		2
빙하 관측	PLP-5, 7	1	1					1	1
극지 연구(아이스 코어)	PLP-7				1				1

Table 17. Reasons for hoping to visit the poles by groups

방문하고 싶은 이유	응답 사례	응답 학생 수							
		일반 과학		극지 과학		극지 인문/사회		전체	
		사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후
생물 관람 및 관찰	· 북극곰, 북극여우, 하프물범, 펭귄 등을 관찰해보고 싶어사다.(C6)	4	2	4	2	5	3	13	7
과학 기지 방문	· 남극 장보고과학기지, 세종과학기지 방문을 위해서다.(H28)				1		2		3
안전/쾌적/접근성	· 남극보다는 덜 추워서 연구나 탐구가 더 수월할 것 같다.(S18) · 북극은 떠있지만 남극은 그래도 땅 위에 있으니 덜 무섭다.(S20)	4	1	1	2	1	2	6	5
호기심/체험/탐구/개발	· 빙하와 해빙을 탐구하고 싶다.(S19) · 북극을 개발하고 싶기 때문이다.(C7)		5	3	4	1		4	9
구제/보호/걱정	· 빙하가 실제로 녹고 있는지 궁금하고, 기후 위기에 대한 경각심을 느껴야 할 것 같기 때문이다.(C4) · 북극곰을 실제로 도와주고 싶다.(C13)	2	2	1				3	2
	계	10	10	9	9	7	7	26	26

아이스코어로 과거를 연구한다.(S21, 사후 검사)  
 극지의 눈에서 미세 플라스틱이 검출된다.(H24, 사후 검사)  
 빙하가 녹으면서 배가 잘 다닌다.(H26, 사후 검사)  
 극지에는 석유, 석탄 등 다양한 자원이 많지만, 자원을 개발할 경우 환경이 훼손된다.(H 28)

S18, S21, H24의 세 학생들은 모두 사전 검사에서 빙하가 녹아 북극곰이 삶의 터전을 잃는다는 내용을 서술했으나, 프로그램 적용 후에는 각각 해빙의 역할, 극지 연구, 극지의 환경 오염을 연상했다. H26 학생은 사전 검사에서 “빙하가 녹고 있다”고 말했으나, 사후에는 빙하가 녹음으로써 연상되는 고정적 장면-북극곰이 살 곳을 잃는다거나 해수면이 상승하는 것과 같은 이미지를 깨고 “배가 잘 다닌다”는 의외의 아이디어로 표현했다. H28 학생도 사전 검사에서 “지구 온난화로 극지에 있는 빙하가 녹아 해수면이 상승하면서 많은 나라가 사라진다”고 했으나, 프로그램 적용 후에는 극지의 자원 개발에 따른 환경 훼손과 같은 딜레마로 심상이 바뀌었다.

극지에 방문해 보고 싶은 이유를 나타난 응답에서 극지에 대한 감정이나 호기심, 걱정, 두려움 등 다양한 정서와 의지가 복합된 학생들의 속내를 간접적으로 엿볼 수 있다. 멀리 떨어진 관념 속 장소가 아니라 방문이 가능한 구체적 장소로서 극지를 인식할 때 극지와 나 사이의 부정적 거리감뿐 아니라 거리를 뛰어넘는 소망이나 염원이 드러나기 때문이다. Table 17은 북극이나 남극에 방문하고 싶은 이유를 정리한 것이다. 사전 검사에서는 주로 극지 생물을 관찰하거나 만나고 싶다는 이유(13명), 안전이나 쾌적성을 포함한 접근성(6명), 호기심과 탐구(4명) 등에 집중되었으나, 사후 검사에서는 과학 기지 방문(3명)이 S 집단과 H 집단에서 새롭게 추가되었고, 가장 많았던 생물 관람 및 관찰이 줄고, 호기심과 체험, 탐구와 개발을 경험해 보고 싶다는 의견이 많아졌다. 학생들이 방문해 보고 싶은 극지를 선정하고 그 이유를 진술하려면 극지에 대해 자신이 알고 있는 정보와 감정을 종합하는 과정이 필요하다. 북극이 남극보다 덜 추워서 북극을 방문하고 싶다는 S18 학생이나 남극은 땅이라 덜 무섭다는 S20 학생은 북극과 남극의 지리적 위치로 인한 독특성을 인식하고 있으며, 북극곰을 도와주러 가고 싶다는 C13 학생의 진술은 북극의 변화와 생태계 위기를 이해하고 있어서 가능하다. 학생들은 극지 소양 프로그램을 통해 지식이 변화하고, 그 없이 토대가 되어 감정과 정서, 신념을 표현했다. 다만 이렇게 형성된 지식과 정서가 적극적 의지와 행동

선택으로 연결되기 위해서는 극지 소재의 특수성을 이해해야 한다.

극지라는 소재가 학생들의 일상생활과 다소 동떨어져 있다는 거리감은 극지에서 빠르게 확장되는 기후 변화의 영향이 우리의 삶에 장단기적으로 중대한 영향을 미친다는 사실을 간과하게 한다. 그런 이유로 극지 문제는 학생들의 일상과 연계된 여타 주제와 달리 온전한 나의 문제로 동화되기 어렵다는 한계점이 있고, 특히 행동적 선택을 동반하는 태도 변화로 즉각 연결되기 어렵다. 단순히 극지 문제를 다루는 차원을 넘어서 나의 삶과 극지가 전방위적으로 연계되는 실제적 맥락이 필요하며 이는 과학 교육을 넘어서 인문학과 사회학을 아우르는 다양한 학문이 융합될 때 가능하다. H 집단이 C 집단과 S 집단에 비교해 태도 측면에서 향상을 보였다는 점은 그 증거로서 주목할 만하다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 초·중등 학생의 극지 소양 함양을 위해 개발된 극지 소양 교육 프로그램을 적용한 후, 프로그램 운영의 효과를 평가하기 위해 수행되었다. 이를 위해 초등학생과 중학생 26명이 69시간의 과학 교육 프로그램에 참여했다. 극지 소양 교육 프로그램은 Polar-ICE가 정립한 7가지 극지 소양 원리를 핵심 개념으로 개발되었으며, 극지 관련 과학 소재를 강화한 교육 프로그램(S)과 인문사회학적 쟁점을 강화한 교육 프로그램(H)의 두 가지 과정으로 진행되었다. 이들 두 가지 프로그램을 적용한 두 집단 외에 극지 소재를 다루지 않은 일반 과학 프로그램을 적용한 대조군(C)을 포함해 세 집단에 대해 극지 소양 검사 및 인식 조사를 프로그램 적용 전후에 실시했고, 그 차이를 비모수검정 방법인 Wilcoxon의 대응쌍 부호 순위로 나타냈다. 극지 소양 검사는 극지 관련 지식, 기능, 신념, 태도 등 4가지 구인으로 구성되었다. 극지 소양 교육 프로그램을 적용한 효과는 검사 결과의 양적 자료와 학생들의 서술형 응답을 질적으로 분석해서 종합적으로 나타냈다. 연구 결과 및 결론은 다음과 같다.

첫째, 인지적 측면에서 극지 관련 지식은 세 집단 모두 프로그램을 적용한 후에 향상이 나타났고, 실험군인 S, H 집단은 대조군인 C 집단보다 더 크게 향상되었다. 탐구 기능에 해당하는 역량인 기능은 명시적으로 극지 관련 탐구 기능을 학습한 S 집단에서 통계적으로 의미 있는 향상이 나타났다. 정답률이 낮았으나 프로그램 적용 후에

향상이 있었던 문항들은 각 집단에서 명시적으로 다른 내용이나 소재에 따라 달리 나타났다. S 집단은 극지 얼음의 기원과 해빙의 상태, 알베도, 해수면 상승을 묻는 문항에서 다른 집단에 비해 우위를 나타냈고, H 집단은 상대적으로 S, C 집단에 비해 정답률의 향상이 두드러지지 않았으나 적용 프로그램에서 명시적으로 다른 내용에 대한 향상도는 높게 나타났다. 일반 과학만을 학습한 대조군 집단이나 극지 소재를 특화한 실험군 집단이나 프로그램 적용 후에 대체로 인지적 영역인 지식이나 기능에 있어 어느 정도 정적 변화가 나타났다. 극지 소양 원리는 대부분 자연 현상이 일어나는 원인과 작동 원리를 밝히는 과학적 사고에 기반하는 개념으로 이루어졌으며, 과학적 사고를 촉진하는 프로그램을 통해 향상된 역량은 과학적 소양 원리의 이해에도 정적으로 작용할 수 있다. 그러나 일반적 전이가 가능한 지식을 넘어서는 극지에 대한 특정한 지식, 추론과 유추가 어려운 개념의 공백, 다양한 경로로 발생해서 고착된 오개념 등은 극지 소양 교육을 통해 명시적으로 학습할 때 인지적 향상을 기대할 수 있다.

둘째, 정의적 측면에서 신념과 태도는 대체로 극지의 변화로 인한 자연과 우리 삶의 변화에 동의하거나, 극지 문제에 공감하고 긍정화하는 태도를 나타냈으나, 특히 극지에 대한 인문 사회적 쟁점을 강화한 프로그램을 적용한 H 집단에서만 유의미한 향상이 나타났고, 나머지 두 집단에서는 큰 차이가 없었다. 극지에 대한 심상이 프로그램 적용 후에 어떻게 변했는지 서술형 문항을 분석한 결과, 사전에는 몇 가지 단어와 맥락에 한정해 집중되었으나 사후에는 새로운 단어와 다양한 맥락이 추가되면서 응답의 내용이 분산되어 나타났다. 특히 S 집단과 H 집단에서 이러한 결과가 두드러져서 극지 소양 프로그램 적용으로 학생들이 극지에 대한 심상과 관점의 변화를 엿볼 수 있다. 정의적 측면에 있어서 극지 소양 프로그램을 적용한 실험군들이 대조군에 비해 큰 차이가 나타나지 않았다는 점은 극지와 관련해 정의적 영역의 변화가 쉽지 않음을 의미한다. 이런 결과가 선행 연구들에서 제기된 바와 같이 극지와 나의 거리감에 기인한 것이라면, 극지와 개인의 삶에 다양한 관점으로 접근하려는 시도가 유용해질 것이며, 과학의 경계를 넘어서 인간과 사회를 다루는 융합 소재를 발굴할 필요가 있다. 이상 극지 소양 교육 프로그램을 적용한 효과를 평가한 본 연구 결과를 토대로 도출한 시사점은 다음과 같다.

첫째, 극지 소양 원리를 과학 교육 프로그램으로 개발할 때 효과성을 높이기 위해서는 학교 교육 과정뿐 아니라 다양한 경로로 발생해서 고정된 학생들의 오개념을 사전에 파악해야 하며, 극지 소양 원리가 이들과 상충하거나 공백이 있거나 특정 지식에 편중되어 있는지 면밀히 분석한 후 학습 목표와 경험을 선정해야 한다. 또한 학생들은 학교에서 다루지 않은 극지 내용에 대해 다양한 경로를 통해 정보를 얻고 있으나, 그 정보의 정확성은 확실하지 않아서 그로 인한 오개념을 지니고 있을 수 있다. 극지 교육에 대한 이러한 특수성을 잘 반영한 극지 소양 교육 프로그램의 개발과 평가 결과는 앞으로 학교 과학 교육에 반영될 수 있는 내용과 수준에 방향성을 제시할 수 있다.

둘째, 극지 소양 원리는 자연 현상에 대한 과학적 원리와 작동 기작 및 지구계의 상호작용이 근간이 되므로, 극지 소양을 위한 과학교육 프로그램 이외에도 모든 과학 교육 프로그램에도 전이성이 풍부한 양질의 소재가 될 수 있다. 특히 극지 소양의 어떤 원리라도 지구계의 모든 하위계가 관여하며 하위계 간의 상호작용을 다루므로 지구계 교육을 위한 소재로 활용될 수 있다.

셋째, 극지에 대한 태도 향상을 어렵게 하는 요소를 점검하고 그를 극복할 수 있는 요소와 구체적 방안을 교육 프로그램에 반영해야 한다. 학생들이 극지와 지구가 연결된 공동체임을 인지적으로 이해하고 정서적으로 공감한다 하더라도 선뜻 행동을 선택하기에 주저하는 근본적 이유가 무엇인지 점검해야 한다. 특히 극지의 위기가 나의 위기와 직결되어 있다는 연계성을 인식하게 하고, 나와 우리의 삶에 영향을 미칠 수 있다는 자각은 전통적 과학 영역의 테두리를 넘어설 때 한층 실제적일 수 있다. 극지에서 벌어지는 일들은 과학적 소재이기도 하면서 우리의 삶과 관련된 인문 사회학적 질문을 생성하며, 그 답을 찾아가는 과정에는 과학과 인문 사회학적 해결책들이 복합적으로 융합되기 때문이다. 따라서 극지 소양 원리를 자기 관련성이 높은 내용으로 수용하기 위해서는 과학의 경계를 넘어 다양한 학문과 융합된 실제 맥락을 소재로 발굴해야 하며, 프로그램 개발에도 반영해야 한다.

마지막으로 극지 소양 원리 과학 교육 프로그램은 학교 교육 과정과 긴밀히 연계되어야 하고, 현재 전 세계 인류의 공동 목표인 기후 위기 대응을 위한 교육과정에 부분적 대안으로 편입될 방안을 모색해야 한다. 극지 소양 교육 프로그램을 개발하고 적용하는 근본적인 목적은 많은 학생들이 기후 변화 위기에 대한 과학적 지식을 바탕으로 올바른 태도를 형성하고 합리적 의사결정을 내릴 수 있도록 돕는 것이다. 이러한 목적을 효과적으로 실현할 수 있는 가장 좋은 방법은 학교 교육 과정에 기후 변화 대응 교육의 빅아이디어로서 극지 소양 원리를 반영하는 것이다. 극지 소양 교육 프로그램은 실제 교실에서 구현될 수 있는 학습 활동의 구체적 상황을 제시하면서 학습 경험의 내용과 수준을 가늠할 수 있도록 돕는 마중물이 될 것으로 기대한다.

## 국문요약

이 연구는 초·중등 학생의 극지 소양 함양을 위해 개발된 극지 소양 교육 프로그램을 적용한 효과를 평가하고, 기후 변화 대응 교육을 위한 시사점을 도출하기 위해 수행되었다. Polar-ICE 단체가 정립한 7가지 극지 소양 원리를 중심으로 개발한 모듈식 프로그램 중 과학 개념을 강조한 프로그램과 인문학과 사회학적 쟁점을 강조한 프로그램 등 두 과정에 적합한 세부 프로그램을 선정해서 구조화했다. 이 둘 두 가지 프로그램은 서울 소재 대학 과학교육과에서 주최한 토요 과학교실에서 초등학생과 중학생 26명에게 약 69시간에 걸쳐 적용되었다. 26명의 학생을 세 집단으로 나누어 두 집단에게는 각각 극지 소양을 위한 과학 교육 프로그램과 인문 사회학적 쟁점 교육 프로그램을 실시했고, 나머지 한 집단은 극지 소양과 관련 없는 일반 과학 교육을 적용하여 대조군이 되었다. 프로그램을 적용하기 전후에 세 집단의 학생들은 모두 동일하게 극지 소양 검사와 극지에 대한 연상 단어와 장면을 진술하는 설문에 응답했다. 검사 결과는 비모수검정 방법인 Wilcoxon의 대응쌍 부호순위로 나타나어 프로그램 적용 전후의 향상도를 비교했다. 연구 결과 인지적 측면에서 실험군과 대조군 모두 지식 측면에서 프로그램 적용 후 향상이 나타났으나 실험군이 대조군보다 향상의 정도가 더 컸으며, 명시적으로 다른 내용이나 소재에서 특히 분명한 차이를 나타냈다. 정의적 측면에서 프로그램 전후의 차이는 그다지 큰 차이를 나타내지 않았지만, 인문 사회학적 쟁점을 다루었던 집단은 통계적으로 유의미한 향상을 보였다. 극지 심상의

변화는 실험 집단인 두 집단이 대조 집단에 비해 단조로운 이미지에 서 좀 더 다양한 이미지로 분산되는 경향이 보였다. 이상의 연구 결과를 바탕으로 극지 소양 원리 과학 교육 프로그램의 효과를 높이기 위해 유의할 점, 과학적 사고를 함양하고 지구계 교육에 도움이 되는 소재로 활용할 필요성, 극지에 대한 태도를 향상하기 위한 방안, 기후 위기 대응을 준비하는 학교 교육 과정과의 연계 등의 시사점을 제안 했다.

**주제어 :** 극지 소양 원리, 극지 소양 교육 프로그램, 극지 소양 검사 도구, 교육 프로그램 효과, Wilcoxon 부호 순위 검정, 초등학생, 중학생

References

Akerson, V. L., Fouad, Abd-El-Khalick, & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.

Beck, I., Huffman, L. T., Xavier, J. C. C., and Walton, D. W. H. (2014). Education and polar research: Bringing polar science into the classroom. *Journal of Geological Resource and Engineering*, 4, 217-221.

Bigwarfe, H., and Severt, S. (2020). Polar-ICE data stories: Putting real data from polar regions into the hands of students. *Current: The Journal of Marine Education*, 34(1), 11.

Byrd Polar Research Center (2020a). Temperatures and geography in polar regions. Retrieved from <https://u.osu.edu/fever/2018/06/07/temperatures-and-geography-in-polar-regions/>

Byrd Polar Research Center (2020b). Keep it cool. Retrieved from <https://byrd.osu.edu/keep-it-cool>

Byrd Polar Research Center (2020c). Create classroom ice cores. Retrieved from <https://byrd.osu.edu/create-classroom-ice-cores>

Byrd Polar Research Center (2020d). Beyond penguins and polar bears. Retrieved from <https://beyondpenguins.ehe.osu.edu/>

Choi, H., Chung, S., Choi, Y., Kang, H., Jeon, J., and Shin, D. (2021). Analysis of polar education programs. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 42(1), 102-117.

Choi, H., Chung, S., Kim, M., and Shin, D. (2022). Elementary school students' Polar Literacy. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 42(1), 19-32.

Chung, S., Choi, H., Choi, Y., Kang, H., Jeon, J., and Shin, D. (2021). Analysis of polar region-related topics in domestic and foreign textbooks. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 42(2), 201-220.

Chung, S., Choi, H., Kim, M., and Shin, D. (2021a). Elementary and secondary school teachers' Polar Literacy. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 42(6), 734-751. (in Korean with English abstract)

Chung, S., Choi, H., Kim, M., and Shin, D. (2021b). Elementary, middle, and high school students' perception of polar region. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 42(6), 717-733. (in Korean with English abstract)

Chung, S., Choi, H., Kim, M., and Shin, D. (2021). Analysis of high school students' Polar Literacy and its implications for polar education. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 43(3), 446-463. (in Korean with English abstract)

Chung, S., and Yu. E. (2022). Current status of research and practice in ESD: Focused on the secondary school subject areas. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 22(13), 73-93.

Chu, H., Lee, E., Ko, Hee., Shin, D., Lee, M., Min, B., and Kang, K. (2007). Korean year 3 children's Environmental Literacy: A prerequisite for a Korean environmental education curriculum. *International Journal of Science Education*, 29(6), 731-746.

Couchon, K., and McCall, M. (2020). Bringing the ends of the earth to your classroom. *Current: The Journal of Marine Education*, 34(1), 20-24.

Fishbein, M., and Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, behavior: All introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Gibney, E. (2019). What to watch for in 2019. *Nature*, 565, 13-14.

Gold, A., Pfirman, S., and Scowcroft, G. (2021). The imperative for polar education. *Journal of Geoscience Education*, 69(2), 97-99.

Grossen, B. (1993). Instructional design considerations for teaching science to diverse learners. *Effective School Practices*, 12, 136-142.

Hamilton, L. C., Cutler M. J., and Schaefer, A. (2012). Public knowledge about polar regions increases while concerns remain unchanged. *Polar Geography*, 35(2), 155-168.

Hong, S. & Son, Y. (2011). A case study on development and application of the explicit teaching and learning strategy for comprehension of the middle school students' basic science process skills. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(4), 641-662.

Hunter-Thomson, K., Kohut, J., and Saba, G. (2020). Empowering students with polar science through real-world Data. *Current: The Journal of Marine Education*, 34(1), 13-18.

International Arctic Research Center (2020). Winterberry. Retrieved from <https://sites.google.com/alaska.edu/winterberry/home>

IPCC (2018). Summary for policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C*. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 p.

IPCC (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 35 p.

Jung, C., Choi, K., Baek, E., & Paik, H. S. (2020). Development of KOPRI's experiential field trip programs for the spread of polar science culture. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*. 13(1), 1-14. (in Korean with English abstract)

Kim, H., Hong, S., Park, S., and Lee, H. (2018). Polar remote sensing in Korea. *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6-2), 1155-1163.

Koballa, T. R. (1988). Attitude and related concepts in science education. *Science Education*, 72(2), 115-126.

Korea Polar Research Institute. (2018). <https://www.kopri.re.kr/kopri/html/comm/0502.html?mode=V&no=0ecc7925c4427106ad5fc9b14d7a8d01&GotoPage=3> (November 23rd 2018)

Krupnik, I., Allison, I., Bell, R., Cutler, P., Hik, D., López-Martínez, J., Rachold, V., Sarukhanian, E., and Summerhayes, C. (2011). *Year 2007-2008: University of the arctic*. CCI Press, Rovaniemi, Finland, 695 p.

Laerd Statistics (2018). Wilcoxon signed-rank test using SPSS Statistics. <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/wilcoxon-signed-rank-test-using-spss-statistics.php>(February 1st 2023)

Laugksch, R. C., & Spargo, P. E. (1996a). Development of a pool of scientific literacy test-items based on selected AAAS literacy goals. *Science Education*, 80(2), 121-143.

Laugksch, R. C., & Spargo, P. E. (1996b). Construction of a paper-and pencil Test of Basic Scientific Literacy based on selected literacy goals recommended by the American Association for the Advancement of Science. *Public Understanding of Science*, 5(4), 331-359.

Lee, H., Min, B. & Son, Y. (2012). Development and application of the explicit and reflective learning strategy for enhancement of the elementary school students' basic inquiry skills-based on observation and classification. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(1), 13-26.

McDonnell, J., Hotaling, L., Schofield, O., and Kohut, J. (2020). Key concepts in polar science: Coming to consensus on the essential polar literacy principles. *Current: The Journal of Marine Education*, 34(1), 1-7.

McDonnell J., Schofield, O., and Bean, C. (2020). Bringing long-term ecological research (LTER) at Palmer Station, Antarctica to your Classroom. *Current: The Journal of Marine Education*, 34(1), 6.

Meek, G. E., Ozgur, C., and Dunning, K. (2007). Comparison of the t vs. Wilcoxon signed-rank test for Likert scale data and small samples. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 6(1), 91-106.

Ministry of Education. (2022). General summary of elementary and secondary school curriculum. Notification No. 2022-33 of MOE. Seoul: MOE.

Ministry of Economy and Finance(MOEF). (2020). [https://www.moef.go.kr/nw/nes/detailNesDtaView.do?searchBbsId1=MOSFBBS\\_000000000028&se archNttId1=MOSF\\_000000000052647&menuNo=4010100](https://www.moef.go.kr/nw/nes/detailNesDtaView.do?searchBbsId1=MOSFBBS_000000000028&se archNttId1=MOSF_000000000052647&menuNo=4010100) (February 22rd 2022)

Ministry of Government Legislation. (2021). Framework Act on Education. Act No. 18456. Sejong: MOGL.

Ministry of Government Legislation. (2022). Environmental education promotion Act. Act No. 18916. Sejong: MOGL.

Ministry of Oceans and Fisheries. (2018). What to watch for in 2019, polar project. <https://www.gov.kr/portal/ntnadmNews/1723950> (December 18th 2018).

National Oceanic and Atmospheric Administration (2019). MOSAiC: Multidisciplinary Drifting Observatory for the Study of Arctic Climate. <https://psl.noaa.gov/mosaic/>(February 1st 2023).

Polar Literacy. (2022). <https://polar-ice.org/polar-literacy-initiative/>(February 1st 2022)

Salmon, R. A., Carlson, D. J., Zicus, S., Pauls, M., Baeseman, J., Sparrow,



- E. B., Edwards, K., Almeida, M. H., Huffman, L. T., Kolset, T., Malherbe, R., McCaffrey, M. S., Munro, N., Pomereu, J., Provencher, J., Rahman-Sinclair, A., and Raymond, M. (2011). Education, outreach and communication during the International Polar Year 2007-2008: Stimulating a global polar community. *The Polar Journal*, 1(2), 265-285.
- Scott Polar Research Institute (2023). The polar museum. Retrieved from <https://www.spri.cam.ac.uk/museum/>
- Shin, W., Jeon, Y., and Shin, D. (2020). Analysis of the contents of climate change education in the 2015 Revised Elementary and Secondary Curriculum. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 10(2), 121-129.
- Shin, Y. (2017). Analysis on contents related to appropriate technology, sustainable development, climate change and energy of the 2015 Revised National Curriculum. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 7(1), 15-23.
- Thibodeau, P. (2020). Using long-term data from antarctica to teach ocean acidification. *Current: The Journal of Marine Education*, 34(1), 19.
- Turrin, M., Pfirm, S., and Hamilton, L. (2020a). Polar fun and games. *Current: The Journal of Marine Education*, 34(1), 3-5.
- Turrin, M., Allan, E., Stock, J., and Zaima, L. (2020b). It takes a 'Superhero' to uncover the climate. *Current: The Journal of Marine Education*, 34(1), 8-9.
- United Nations Environment Programme. (2023). Ozone layer recovery is on track, helping avoid global warming by 0.5°C. <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/ozone-layer-recovery-track-helping-avoid-global-warming-05degc>(February 1st 2023)
- Wood, J. (2020). Using Polar-ICE data stories to drive small group student research projects. *Current: The Journal of Marine Education*, 34(1), 12.
- World Meteorological Organization. (2022). Scientific assessment of ozone depletion: 2022 Executive summary. GAW Report No. 278, p. 56.
- 2050 Net Zero Portal. (2022). <https://www.gihoo.or.kr/netzero/intro/intro0401.do>(February 22rd 2022)

## 저자정보

정수임(은행고등학교 교사)  
신동희(이화여자대학교 교수)