

## 고등학생들의 극지 소양 평가 결과 분석 및 극지 교육에의 시사점

정수임<sup>1</sup> · 최하늘<sup>2</sup> · 김민지<sup>3</sup> · 신동희<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>은행고등학교, 14916, 경기도 시흥시 은행고길 85

<sup>2</sup>동덕여자고등학교, 06700, 서울특별시 서초구 효령로2길 123-5

<sup>3</sup>이화여자대학교 과학교육과, 03760, 서울특별시 서대문구 이화여대길

### Analysis of High School Students' Polar Literacy and Its Implications for Polar Education

Sueim Chung<sup>1</sup>, Haneul Choi<sup>2</sup>, Minjee Kim<sup>3</sup>, and Donghee Shin<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Eunhaeng High School, Siheung 14916, Republic of Korea

<sup>2</sup>Dongduk Girls' High School, Seoul, 06700, Republic of Korea

<sup>3</sup>Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 03760, Republic of Korea

**Abstract:** This study suggests the need for polar literacy education as an effective conceptual system to explain climate change in terms of science education in line with the common effort of humankind to respond to global environmental changes. To this end, we investigated the status of polar literacy in high school students through quantitative tests and qualitative interviews and discussed the resulting implications. A total of 329 high school sophomore students from two high schools participated in a test consisting of 25 true and false questions developed by referring to the Polar Literacy Principles, while 13 students agreed to be interviewed. The results showed that a somewhat insufficient understanding and conceptual gaps appeared regarding several areas of the Polar Literacy Principles. Knowledge of the geographic features of the polar regions was weak, and little was known about the components and key characteristics of the cryosphere. The lack of understanding of these concepts results in the inability of students to link the operational mechanisms of polar and global climate change sufficiently. While accepting unsatisfactory concepts in the school curriculum without criticism from outside media, students perceived the mechanism of climate change as somewhat monotonous or distorted. Moreover, linguistic information, analogies, and visual observation were used as cognitive strategies to compensate for the ambiguous understanding of polar and climate change. Based on the abovementioned results, we argue that polar literacy education should be introduced as a new knowledge system that can be used to aid a systematic and comprehensive understanding of climate change within the school science curriculum. Additionally, we suggest the following implications: review the consistency of knowledge related to polar literacy in other subjects, provide critical standards for out-of-school media information related to climate change, examine students' misconceptions, and identify improved thinking strategies.

**Keywords:** polar region, polar literacy, polar education, polar literacy education, high school students, polar knowledge

**요약:** 이 연구는 전 지구적 환경 변화에 대응하려는 인류 공동의 노력에 발맞추어 과학교육 측면에서 기후 변화를 설명하는 효과적 개념 체계로서 극지 소양 교육의 필요성을 제안한다. 이를 위해 현재 고등학생들의 극지 소양 현황을 양적 검사와 질적 면담을 통해 조사하고 시사점을 논의했다. 연구에 참여한 대상은 2개 고등학교 2학년 학생 329명으로 극지 소양 원리를 참조해 개발한 진위형 25문항으로 이루어진 검사에 참여했고, 이들 중 13명이 면담에 참여했다.

\*Corresponding author: donghee@ewha.ac.kr

Tel: +82-2-3277-2719

연구 결과, 극지 소양 원리의 일부 영역에서 다소 미흡한 이해와 함께 개념적 공백이 나타났다. 극지의 지리적 특징에 대한 지식이 견고하지 못하고, 빙권의 구성 요소와 주요 특성을 거의 알지 못했다. 이러한 개념의 결손으로 극지 변화와 전 지구적 기후 변화의 작동 기작을 잘 연결하지 못했다. 학교 교육과정에서 충족되지 못한 개념을 학교 밖 매체로부터 비판 없이 수용하면서 기후 변화의 기작을 다소 단조롭거나 왜곡되게 인식했다. 한편, 극지와 기후 변화에 대한 모호한 이해와 함께 이를 보완하기 위한 인지 전략으로 언어 정보, 비유, 시각적 관찰 등을 활용했다. 이상의 연구 결과를 바탕으로 학교 과학 교육과정에 기후 변화를 체계적, 종합적으로 이해할 수 있는 새로운 지식 체계로서 극지 소양 교육을 도입할 것을 주장했다. 이밖에도 타교과의 극지 소양 관련 지식의 일관성 검토, 기후 변화를 다루는 학교 밖 매체 정보에 대한 비판적 기준 제공, 학생들의 오개념 점검 및 사고 전략 파악 등을 시사점으로 제시했다.

주요어: 극지, 극지 소양, 극지 교육, 극지 소양 교육, 고등학생, 극지 지식

## 서 론

세계 경제 포럼(World Economic Forum)이 2022년 발간한 Global Risks Report 2022 (WEF, 2021)는 10년 내 전 지구적으로 가장 위협한 요인으로 기후 대응 실패, 극한 기상, 생물 다양성 손실을 차례로 1, 2, 3위로, 인간의 환경 파괴, 자연 자원 위기를 각각 7, 8위로 선정했다. 사실상 10개의 위기 요인 중 5개가 환경 요인으로, 기후 변화와 지구 환경은 이제 온 인류가 체감하는 시급한 공동 과제임이 밝혀졌다. IPCC에서 제출한 6차 보고서는 불과 3년 만에 지난 2018년 ‘지구온난화 1.5°C’ (IPCC, 2018)에서 제시했던 시기인 2030-2052년보다 더 앞당겨진 2021-2040년 중에 1.5°C 시점에 도달할 가능성(IPCC, 2021)을 경고했다. 이들은 현재의 기후 상태에 대한 여러 요소들의 변화치를 과거와 비교하거나, 기후 영향 인자들의 시나리오 결과를 제시하며 미래 기후 변화의 억제 정책을 촉구했다. 주요한 인위적 온난화의 억제 방법으로 이산화탄소 배출량의 제한을 골자로 한 탄소 중립과 함께 다른 종류의 온실 기체 배출 감축을 주장했다. 이렇게 경제적 측면에서, 과학적 측면에서 경고하는 지구 환경 변화의 위기 앞에 온 인류는 공동 운명체로서 대응해갈 체비를 갖추어 가고 있다. 2019년 9월 국제 사회는 ‘기후 행동 정상회의’와 12월 ‘제25차 기후변화당사국 총회(COP25)’를 통해 온실 기체 감축을 위한 국제 사회의 모든 역량을 집중해야 할 시간이 왔음을 결의했고, 파리협정에 따라 장기저탄소발전전략(Long-term low greenhouse gas emission development strategies)과 국가온실기체감축 목표(Nationally determined contributions)를 제출하기로 합의했다(2050 Net Zero Portal, 2022). 지난 2020년 12월, 우리나라도 2050년까지 국가 온실 기체 순 배출량을 제로로 하겠다는 2050 탄소 중립 목

표를 선언했다(MOEF, 2020).

이와 같이, 지구 온난화로 인한 기후 변화 관련 쟁점은 21세기 인류의 최대 관심사가 되었고, 우리나라 국민도 예외가 아니다. 환경부가 수행한 기후 변화에 따른 전 국민 의식 조사(MOE, 2008)에 의하면 우리 국민의 91%가 지구 온난화와 기후 변화에 큰 우려를 보였고, 2010년 Pew Research Center가 22개국을 대상으로 조사한 결과(Pew Research Center, 2010)에서도 우리나라 국민이 4번째로 높은 우려 수준을 나타냈다. 이처럼 기후 변화에 대한 인식과 관심이 높음에도 불구하고, 국내에서는 최근 들어 학교 교육과정에서 기후 변화에 대해 학생, 교사 등의 개념 이해를 심층적으로 연구하기 시작했다. 기후 변화 관련 과학 개념을 포함한 소양 측정 도구나 설문 문항 개발(Lee et al., 2021a; Lee et al., 2021b; Shin and Shin, 2020)을 통해 관련 개념에 대한 학생 이해를 양적으로 분석한 연구, 지구 온난화에 대한 개념을 열수지 문항과 서술형 답안을 통해 질적으로 분석한 연구(Chung and Yu, 2021) 등 다양한 방법으로 학생들의 정교한 이해 수준을 파악하기 시작했다. 또한, 프로그램 운영 효과를 측정하기 위한 목적으로 검사 문항을 통해 기후 변화 개념 수준을 단편적으로 파악하는 연구(An and So, 2020; Jeong and Lee, 2018; So and Ha, 2016)들도 보고되었다.

한편, 지구 온난화, 해수면 상승, 극한 기후와 같이 전 지구적 환경 변화를 민감하게 감지할 수 있는 최적의 장소이며 해수 순환의 발원지로서 기후 변화 문제의 지표가 되는 극지 연구의 중요성도 점차 부상하고 있다(IPCC, 2021; Couchon and McCall, 2020; IPCC, 2018; Hur et al., 2017; Francis and Skific, 2015; Francis and Vavrus, 2012; Chang et al., 2003). 특히 극지 과학자와 교육자들의 협력 단체인 Polar-ICE (Polar Interdisciplinary Coordinated

Education) Team은 기후 변화의 영향이 극지에서 빠르게 확장되면서 장단기적으로 인류에 중대한 영향을 미친다는 점에 주목해서 극지 소양 원리(Polar Literacy Principles)를 합의하고 이를 청소년 교육 및 대중 교육에 활용할 것을 제안했다. 극지 소양 원리는 대중이 극지에 대해 이해해야 할 핵심 개념을 7가지로 제시하며, 극지의 지리적·기후적 특성, 전지구적 기후 변화와의 관계, 극지 변화가 생태계와 인류에게 영향을 주고받는 작동 원리를 주요 내용으로 한다. 이를 통해 과학자는 극지에서 진행되는 연구 프로젝트를 대중에게 효과적으로 전달하고, 연구의 광범위한 영향을 전달할 주요 개념을 정의한다. 한편, 교육자에게는 극지에 대해 가르쳐야 할 중요 개념에 대한 지침을 제공(Polar Literacy, 2022)할 뿐 아니라 극지 교육을 학교 안팎에서 전개되는 교육 활동에 통합(McDonnell et al., 2020)할 수 있는 방향을 제시한다.

이처럼 극지 연구 성과를 이해하고 대중에게 극지 과학 문화를 전파하기 위해 극지 과학자와 교육자들이 협업해야 할 필요성이 제기됨(AAAS, 2007; Wise, 2010; Illingworth and Roop, 2015)에 따라 세계 각국에서 극지 과학 교육 홍보 프로그램을 개발·운영했다(Beck et al., 2014; Krupnik et al., 2011; Allison and Béland, 2009). 극지를 소재로 한 게임 프로그램(Turrin et al., 2020)이 개발되고, 학생이 극지 환경에서 산출된 실측 자료를 활용해서 연구를 진행하는 프로젝트도 실시(Wood, 2020; McDonnell et al., 2020; Hunter-Thomson, 2020, Bigwarfe and Sebert, 2020)되었다. 특히 ‘국제 극지의 해(International Polar Year)’는 60개국의 과학자와 교육자가 참여해 극지 환경과 사회적 과정을 전 지구적 관점으로 조명한 대표적 교육 프로그램이며(Salmon et al., 2011), 극지 소재가 다양한 학제를 관통하는 교육 소재임을 확인했다. 학교 밖 프로그램 뿐 아니라 학교 수업에서도 극지 과학을 도입하려는 시도가 오하이오주립대학의 극지 기후 연구소인 Byrd Polar Research Center를 중심으로 수행(BPRC, 2020)되었다. 교실에서 학교 교육과정과 연계해 수행할 수 있는 극지 소재를 활용한 탐구 자료를 개발, 공개하며 극지 과학 학습을 소개한다.

최근 우리나라에서도 극지 연구의 중요성뿐 아니라, 극지 교육의 필요성을 강조하는 연구가 활발하게 발표되고 있다. 극지연구소 견학 프로그램 개발과 국내외 극지 교육 프로그램 분석(Choi et al., 2021; Jung et al., 2020) 연구를 시작으로 국내외 교과서 분석

(Chung et al., 2021a), 학생들의 극지 인식(Chung et al., 2021b; Choi et al., 2022), 교사들의 극지 소양(Chung et al., 2021c) 등 학교 교육과정에 체계적 극지 교육을 도입하기 위한 기초 연구가 진행되고 있다. 이 연구 결과에서 주목할 만한 것은 교사들이 극지 변화와 기후 변화의 연계 기작에 대해 다소 모호하게 이해하고 있으며, 학생들은 기후 변화를 ‘지구 온난화로 빙하가 녹아 해수면이 상승해서 북극곰이 살 곳을 잃는다’고 인식하는 등 극지에 대한 교사와 학생들의 이해 부족이다. 학생들이 지닌 기후 변화와 극지에 대한 이해 수준을 정확히 파악해야 기후 변화에 대한 과학적 지식 체계를 형성할 수 있는 교육적 처방이 가능함을 시사했다.

국외의 경우, 기후 변화 문제에서 극지의 중요성을 인식하여 대중의 인식을 지속적으로 점검하는 조사 연구가 진행되었다. Hamilton(2008)은 극지 기후 변화 캠페인에 참가했던 참여자조차 극지에 대한 지식이 부족했다는 연구 결과에 기반해, 효과적 극지 교육 필요성뿐 아니라 극지 교육 현황을 파악할 설문 조사의 중요성을 주장했다(Hamilton, 2016; Hamilton et al., 2012). 특히 2000년대 이후 극지에 대한 인식과 지식을 조사하는 연구가 활발히 진행되었는데(Anisimov & Orttung, 2019; Minor et al., 2019; Hamilton et al., 2019; Hamilton et al., 2017; Eliassen et al., 2012; Hamilton, 2012; Cracium, 2010; Leiserowitz & Cracium, 2006), 극지 관련 정책에 대한 지지나 반대에 대중의 극지 인식이 지대한 영향을 미친다는 점(Leiserowitz, 2005)에서, 그 결과에 주목할 필요가 있다. 2006년과 2010년에 미국에서 실시했던 General Social Survey (GSS)(Smith et al., 2019)에는 극지에서 온난화의 영향, 해빙(海水), 생태계 변화와 인간에 대한 일반적 지식 문항을 포함하여 대중들의 극지 인식을 지속적으로 모니터링하고 있다.

그러나 학교 교육과정의 측면에서 학생들이 지닌 극지에 대한 지식 현황을 탐색한 연구는 국내외를 통틀어 부족한 실정이다. 앞서, Choi et al.(2022)와 Chung et al.(2021c)은 학생과 교사가 지닌 극지 소양을 지식과 기능의 인지적 영역과 신념과 태도의 정의적 영역으로 나누어 극지 소양의 현황을 측정한다. 이들의 연구 목표는 극지 소양을 측정하는 척도의 개발 및 타당화보다, 극지 소양의 7가지 원리에 대해 교사와 학생들이 반응하는 결과로써 극지 소양의 현황을 진단하고, 학교 교육과정에 극지 소양

을 도입할 근거를 찾는 데 있었다.

이에 본 연구는 학교급에 따라 학생들이 지닌 극지 변화와 기후 변화에 대한 지식의 이해 수준을 파악해서 학교 교육과정에 극지 소양 교육의 도입 필요성과 구체적인 방안을 제안하기 위해 선행 연구(Choi et al., 2022; Chung et al., 2021c)의 연구 대상을 고등학생으로 확장했다. 고등학생을 대상으로 극지 소양 지식을 측정하고, 학생 면담을 통해 극지와 기후 변화에 대한 이해 수준을 심층적으로 조사함으로써 현행 과학 교육과정에서 극지 소양 관련 내용의 공백을 찾고, 이를 교육과정에 포함할 방안이 있는지 탐색한다. 연구 문제는 첫째, 극지 소양 검사 결과 나타난 고등학생들의 극지에 대한 지식 현황 파악, 둘째, 면담을 통해 파악된 고등학생들의 극지 소양 지식의 특성 파악 등이다. 또한, 이러한 연구 문제를 바탕으로 과학 교육과정에 극지 소양을 반영할 필요성을 논의했다.

## 연구 방법

### 연구 대상

이 연구는 고등학생들이 지닌 극지에 대한 지식 현황을 극지 소양 검사의 지식 문항을 통해 파악하고, 학생 면담을 통해 검사 결과를 해석하면서, 이들이 지닌 극지 관련 지식의 특성을 분석했다. 연구에 참여한 대상은 고등학교 2학년 학생 329명으로 이들은 대도시 1개교, 중소 도시 1개교 등 총 2개 고등학교에서 참여했다. 2021년 4월 21일부터 4월 29일까지 연구자 2인이 직접 학생들에게 연구의 필요성과 의미를 설명하고, 자료 제공 동의서를 사전에 배부한 후, 법정 대리인의 동의를 얻은 363명에게 검사지를 회수했다. 실제 검사는 담당 과학 교사가 임장하여 30분 동안 실시했고, 모든 검사는 5월 30일에 종료되었다. 미응답 문항이 많거나, 모든 문항에 획일적 반응으로 의미 있는 분석이 불가능한 경우를 제외한 후, 최종 분석에 사용한 자료는 329건이다. Table 1은 검사에 참여한 학생 현황이다.

극지 소양 검사 결과를 분석한 후, 결과 해석 및 특성 파악을 위해 학생 면담을 실시했다. 극지 소양에 대한 인지적·정의적 점수를 4분위로 나누어 인지적 점수가 높거나 낮은 학생, 정의적 점수가 높거나 낮은 학생이 고르게 포함된 표본을 선정했다. 극지 소양 지식의 수준뿐 아니라 정의적 특성의 수준에 따라 다양한 이해 특성을 분석하고자, 인지적 수준과 정의적 수준이 일치하거나, 불일치한 경우를 포함했다. 인지적, 정의적 수준이 모두 높거나 낮은 경우와 달리, 두 영역의 성취가 불일치한 경우는 극지 소양 지식의 형성 과정에서 겪는 어려움을 구체적으로 드러낼 수 있다(Chung and Shin, 2018). 그러나 모든 유형의 학생들이 실제 면담에 동의하지는 않아, 연구 참여에 동의한 13명의 학생만을 대상으로 2021년 9월 1일부터 12월 21일까지 면담을 실시했다. Table 2는 면담에 참여한 학생에 대한 인적 사항과 극지 소양 지식 점수와 태도 점수다. 13명에 대한 면담 시간은 총 368분으로 1명 평균 28분이 소요되었고, 2명의 연구자가 각각 6명, 7명으로 나누어 방과 후, 대면 및 화상 면담을 진행했다. 이때 면담 학생의 심리적 안정성을 고려해 1회당 면담 인원은 1인, 2인, 3인 등으로 나누어 실시했고, 면담 내용을 녹음하고 전사하는 것에 대해 사전에 학생과 보호자의 동의를 얻어 연구를 진행했다.

### 검사 문항 개발 및 검사 실시와 결과 분석

학생들의 극지 소양 지식 수준을 파악하기 위한 검사지를 Table 3, 4에 정리했다. 극지 연구자와 교육자들의 단체인 Polar-ICE가 제공하는 7가지 극지 소양 원리로부터 25문항의 진위형 문항을 구성했다. 문항 개발에는 2021년 1월부터 2월 16일까지 고등학교 과학 교사 2인과 문항 개발 전문가를 포함한 과학 교육 전문가 4인의 협의로 1차 제작한 31문항을 교사 5인의 의견을 반영해서 수정했다. 문항 제작의 주요 목적이 극지와 기후 변화에 대한 학생의 이해 특성을 파악하는 데 있기에 극지 소양 관련 내용 타

Table 1. Demography of students

| 학교 수     | 학생 수(%) | 학생 수(%)   |           |           |           | 계          |
|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|          |         | 성별        |           | 희망 진로     |           |            |
|          |         | 남         | 여         | 인문/사회/예체능 | 과학/공학     |            |
| 극지 소양 검사 | 2       | 168(51.1) | 161(48.9) | 180(54.7) | 149(45.3) | 329(100.0) |
| 면담       | 2       | 5(38.5)   | 8(61.5)   | 4(30.8)   | 9(69.2)   | 13(100.0)  |

Table 2. Background of interviewee

| 학생 구분 | 성별 | 희망 진로     | 극지 소양 검사 결과 |           | 특이 사항                            |
|-------|----|-----------|-------------|-----------|----------------------------------|
|       |    |           | 지식(25점 만점)  | 태도(4점 척도) |                                  |
| 학생1   | 남  | 과학/공학     | 18          | 3.1       | 극지 소양 검사 결과, 지식과 태도 모두 상위 25% 이내 |
| 학생2   | 남  | 과학/공학     | 18          | 3.3       |                                  |
| 학생3   | 남  | 과학/공학     | 17          | 3.1       |                                  |
| 학생4   | 여  | 인문/사회/예체능 | 19          | 3.4       |                                  |
| 학생5   | 여  | 과학/공학     | 22          | 3.5       |                                  |
| 학생6   | 남  | 과학/공학     | 21          | 3.0       |                                  |
| 학생7   | 여  | 과학/공학     | 17          | 2.6       | 지식은 상위 25% 이내지만 태도는 하위 25% 이내    |
| 학생8   | 여  | 인문/사회/예체능 | 22          | 2.6       |                                  |
| 학생9   | 남  | 과학/공학     | 18          | 2.6       |                                  |
| 학생10  | 여  | 과학/공학     | 17          | 2.7       |                                  |
| 학생11  | 여  | 과학/공학     | 11          | 3.4       | 태도는 상위 25% 이내지만, 지식은 하위 25% 이내   |
| 학생12  | 여  | 인문/사회/예체능 | 12          | 3.4       |                                  |
| 학생13  | 여  | 인문/사회/예체능 | 9           | 3.5       |                                  |

당도를 검토했다. 지구과학교육을 전공한 과학 교육 전문가 3인이 3점 척도로 검토하면서 한 문항당 3점 만점 중 3인의 평균이 2.3점 이하인 문항은 제거 혹은 수정했다. 평가자 3인의 신뢰도인 플레이스 카파 계수(Fleiss' kappa)는 .638 ( $p < .001$ )로 상당히 일치(substantial agreement)했다(Laerd Statistics, 2019; Landis and Koch, 1977).

내용 타당도 검토 결과, ‘남극에는 곰, 순록, 여우, 펭귄, 고래, 물개 등 다양한 동물들이 산다.’라는 내용의 1문항을 제거했다. 남극과 북극의 자연·지리적 특성에 기인해서 남극이 북극에 비해 생물 다양성이 낮음을 판단하는 취지의 내용인데, 남극과 북극에 사는 생물을 옳게 분류할 수 있는지를 묻는 문항으로 오해될 수 있기 때문이다. 이 문항은 평가자 3인 중 2인이 타당하지 않다는 의견을 제시했다. 이후 30문

항에 대해 2021년 3월 15일까지 고등학생 46명을 대상으로 예비 검사를 실시했고, 문항 수에 대한 검사의 피로도, 가독성 등을 고려해 최종 25문항을 확정했다. 제거한 문항 중에는 ‘북극은 육지 위에 있다’, ‘남극은 육지 위에 있다’의 두 문항을 ‘북극은 바다 위에, 남극은 육지 위에 위치한다’의 한 문항으로 결합하면서 삭제하거나, 예비 검사에 참여한 학생 전원이 정답을 맞힌 문항 등이 있었다. 예컨대 ‘극지가 온난화되면 인간 생활과 생태계에 변화가 일어난다’, ‘극지가 따뜻해져 눈과 얼음이 녹으면, 극지는 더 따뜻해진다’는 문항은 이견이 없이 옳은 명제로 판단할 가능성이 있기 때문이다. Table 3은 극지 소양 원리별 문항을 정리한 것이고 Table 4는 각 문항이 참조한 극지 소양의 하위 원리다.

진위형 문항의 답안을 표기할 때 추측에 의한 오

Table 3. Composition of items

| 극지 소양 원리   | 유형  | 문항 수 |
|--|-----|------|
| PLP-1. 북극과 남극은 지리상 위치로 인한 특징이 있다.  |     | 3    |
| PLP-2. 얼음은 극지의 주요한 특징이다.   |     | 4    |
| PLP-3. 극지는 지구 날씨와 기후를 조절하는 중심적 역할을 한다.   |     | 2    |
| PLP-4. 극지에는 생산적 먹이 그물이 있다.   | 진위형 | 3    |
| PLP-5. 극지는 급속도로 기후 변화의 영향을 겪고 있다.  |     | 5    |
| PLP-6. 인간은 극지 시스템의 일부다. 북극은 풍부한 문화 역사와 원주민의 다양성이 있다.                                 |     | 4    |
| PLP-7. 기존 기술의 새로운 응용뿐 아니라 새 기술, 센서와 도구는 극지의 육지, 얼음, 바다, 대기 및 생물을 연구하는 과학자의 능력을 확장한다. |     | 4    |

Table 4. Polar Literacy Principles and polar literacy knowledge items

| 극지 소양 원리 | 문항  | 문항 관련 하위 원칙*  |
|----------|-----|---|
| PLP-1    | k1  | 1A-1. 북극은 육지로 둘러싸인 얼음으로 덮인 바다다.<br>1A-3. 남극은 남극해로 둘러싸인 얼음으로 덮인 대륙(땅)이다.   |
|          | k2  | 1B. 지구의 기울어진 자전축은 극지 계절(여름과 겨울)에 영향을 미친다.   |
|          | k3  | 1C-1. 남극 대륙의 기온은 북극보다 훨씬 춥다.  |
| PLP-2    | k4  | 2A-1. 육지 얼음에는 압축된 눈(담수)으로 만든 빙하와 빙상이 포함된다.<br>2A-3. 빙산은 담수로 만들어져 바다에 떠있다. 빙산은 바람과 해류와 함께 움직인다.<br>2A-4. 해수가 얼면 해빙이 형성된다. 그 과정에서 소금이 침전되기 때문에 대부분 담수로 만들어진다.                   |
|          | k5  | 2A-4. 해수가 얼면 해빙이 형성된다. 그 과정에서 소금이 침전되기 때문에 대부분 담수로 만들어진다.   |
|          | k6  | 2B-3. 남극 빙산은 지구상에서 가장 큰 빙하로 세계 얼음의 90%를 포함하고 그린란드 빙산은 10%를 포함한다.  |
|          | k7  | 2C. 해빙은 계절에 따라 자연스럽게 줄어들고 확장한다.   |
| PLP-3    | k8  | 3A. 극지 해양은 지구 온난화를 유지하는 해수와 기단의 지구 순환에 중요한 역할을 한다.  |
|          | k9  | 3B-1. 얼음과 눈은 반사율(알베도)이 높지만, 바위와 바다 표면은 반사율이 낮다. 얼음과 눈이 녹으면 양의 피드백 순환이 생성된다.<br>3B-4. 극지방의 눈과 얼음은 주로 양의 피드백에 관여한다.   |
|          | k10 | 4C. 남극의 먹이 그물은 단순하고 얼음에 의존한다.<br>4D. 북극에는 더 복잡한 먹이 그물이 있다.  |
| PLP-4    | k11 | 4E. 해양 및 육상 포식자는 먹이그물의 변화를 예측하는 지표다. 기후 변화의 영향은 생태계에 혼란을 일으키고 있다.   |
|          | k12 | 4B-2. [생략] 어린 크릴새우는 해빙 밑에 있는 해조류를 먹으며 첫 겨울을 살아남으며 얼음은 포식자로부터 피난처를 제공한다.<br>4B-3. 크릴은 극지방 먹이 그물에서 더 높은 단계의 먹이 역할을 한다.  |
|          | k14 | 5A-3. 녹는 해빙은 해수면 상승에는 기여하지 않는다. 이 얼음은 이미 물 위에 떠있어서 녹아도 수위는 그대로 유지된다.  |
| PLP-5    | k15 | 5D. 따뜻한 극지방은 습한 대기를 가지므로 더 많은 강수가 발생한다.   |
|          | k16 | 5D-1a. 남극에서 아델리 펭귄의 번식은 폭설과 비로 인해 방해받을 수 있다.  |
|          | k17 | 5D-1b. 북극에서 강수는 세기말까지 20% 증가할 것으로 예상되며, 대부분 비의 형태다. 비가 증가하면 바닷물이 담수화되어 해양 생태계에 영향을 미칠 것이다.  |
|          | k18 | 5E-1. 그린란드와 남극 빙산과 빙하를 만들기 위해 얼어붙은 물의 양은 현재 해수면을 조절하는 데 도움이 된다.   |
| PLP-6    | k13 | 6C-1. 후퇴하는 해빙은 얼음 덮개에 의존하는 동물에 영향을 미친다.<br>6C-2. 생물 종은 이동 혹은 감소하고 있으며, 식량, 의복 등 해당 종에 의존하는 사람들과 생태계에 더 큰 영향을 미친다.<br>6C-4. 알래스카의 해안 마을은 특히 겨울 폭풍 동안 해안 침식 및 폭풍 해일의 영향을 받기 쉽다. |
|          | k19 | 6A. 인간은 수천 년 동안 북극에 거주해 왔다.<br>6D-1. 극지방의 토착 지식은 자연 생태 주기의 이해와 기후 변화가 시스템에 미치는 영향에 기여한다.<br>6D-2. 전통 지식은 생계 수확 및 천연 자원의 지속 가능한 관리에 필수적인 것으로 입증되었다.                            |
|          | k20 | 6B-2. 기후 변화-극에서의 변화는 지구 생태계 변화를 통해 전 세계 사람들에게 영향을 미친다.  |
|          | k21 | 6E. 미국의 북극 지역은 상당한 규모의 입증 된 잠재적 종래의 에너지와 재생 가능 에너지를 보유하고 있다. 자원 추출의 영향은 확실치 않다.   |
| PLP-7    | k22 | 7C-1. 현재 데이터와 과거 데이터를 결합하여 과학자들은 과거의 연결을 이해하고 극지의 미래 환경 조건에 대한 예측을 개선하는 모델을 구성할 수 있다.   |
|          | k23 | 7D. 남극 대륙의 높은 고도와 건조한 대기를 통해 우주 마이크로파 배경복사(초기 우주의 화석 빛)를 측정할 수 있다.  |
|          | k24 | 7F-1. 극지 종의 유전체 염기 서열 분석은 복잡한 생물학적 과정과 생명 공학적 이용(신약 개발, 생물 치료제, 식품 시스템 등)에 대한 통찰력을 제공한다.  |
|          | k25 | 7E. 과학자들은 기후 변화가 북극에 미치는 영향을 관찰하기 위해 수십 년 동안 얼음과 눈의 수준을 측정한다.   |

\*극지 소양 원리 하위 원칙(Polar Literacy, 2022)

Table 5. Interview items

| 항목         | 면담 내용  |
|------------|--|
| 전반적 인식     | 학교 수업 경험, 북극과 남극에 대한 이미지, 극지 정보 획득 매체 및 신뢰도                                |
| 과학적 이해     | 북극과 남극의 정의, 극지에서 일어나는 현상, 극지의 빙권 관련 명칭 및 형성 원리, 극지와 담수, 빙하의 용해에 의한 변화      |
| 기후 변화 관련성  | 극지 기후 변화로 나타나는 현상, 극지 기후 변화가 전지구에 미치는 영향, 지구 온난화와 관련성, 기후 변화의 원인과 극지 기후 변화 |
| 극지 연구의 필요성 | 극지에서 수행되는 연구 인식, 극지 연구의 이유 및 필요성   |

차를 제거하기 위해 ‘옳다’와 ‘옳지 않다’의 답지 외에 ‘모른다’를 추가해서 3개의 답지로 구성했다. 확정된 극지 소양 지식 25문항은 2021년 3월 21일부터 5월 30일까지 보호자의 동의를 얻어 초, 중, 고등학생 1,010명을 대상으로 본검사를 실시했으며, 본 연구에서는 이중 고등학생 329명의 검사 결과를 분석했다. 회수한 검사지의 내용 중 배경 변인과 정답률, 오답률 등 양적 자료는 SPSS Statistics 27 프로그램을 활용하여 분석했다.

### 면담 실시와 면담 결과 분석

극지 소양 지식 검사 결과를 바탕으로 2개교에서 13명의 대상자를 선정했다. 면담은 2개교에서 실시되었고, 동일한 질문을 기본으로 학생들의 답변에 따라 구체적 사항을 추가로 질문하는 방법으로 진행되었다. Table 5는 연구자들이 사용한 질문 내용을 정리한 것이다. 2개교에서 얻은 면담 전사본을 취합 후 합분하여 동일한 인물의 연속적 발언을 1개의 분석 단위로 집계하는 방법으로 모두 1,013개의 분석 단위로 나누었다. 하나의 분석 단위는 질문에 대한 학생의 답변이 교사의 추가 질문으로 중단되기 이전의 연속된 모든 진술을 의미한다. 하나의 분석 단위 안에는 질문에 대한 학생의 답변 이외에도 그렇게 생각한 이유와 맥락, 자신의 느낌과 의견이 추가되는 경우가 있어, 여러 문장이나 진술이 포함되기도 한다. 이중 교사 진술 287개를 제외한 726개의 학생 진술 단위를 분석에 포함했다. 각 분석 단위는 엑셀에 입력해 학생별, 질문 문항별, 검사지 관련 문항별, 발견 특성별로 정리했다.

## 연구 결과

### 학생들의 극지에 대한 지식 현황

고등학생들이 극지에 대해 알고 있는 지식의 현황

을 극지 소양 검사 결과로부터 분석했다. 극지 소양 검사 중 지식 문항들은 극지 소양 원리(Polar Literacy, 2022)로부터 추출한 7가지 원리의 하위 진술을 진위 형으로 구성했다. Table 6은 각 원리에 따른 문항군들의 평균 점수를 성별, 진로 희망 집단에 따라 나타낸 것이다. 전체 학생들의 평균 점수는 13.09점으로 만점인 25점에 대해 52% 정도의 성취율을 보였고, 인문/사회/예체능 계열을 진로로 희망한 학생의 점수(12.29)보다 과학/공학 계열 학생의 성취 점수(14.05)가 유의미하게( $p < .01$ ) 높았다. 이는 극지 소양 지식이 일부 과학적 사고를 요구하는 지식을 포함하고 있어 과학에 관심이 많은 학생들에게 유리한 측면이 있기 때문이다.

7가지 극지 소양 원리별로는 극지와 인간(PLP-6)에 대한 문항군의 평균 정답률은 81%로 가장 높았고, 극지의 주요 특징인 얼음(PLP-2)의 정답률이 28%로 가장 낮았다. 세부 원리에서도 과학/공학 집단 학생들의 점수가 통계적으로 의미있게 높게 나타났는데, 지구 날씨와 기후 조절자 극지(PLP-3), 기후 변화의 영향을 받는 극지(PLP-5), 극지와 인간(PLP-6), 과학 기술과 극지(PLP-7) 등의 원리다. 근소하게 과학/공학 계열 학생들의 점수가 높지만 통계적 의미가 없었던 극지의 지리적 특징과 독특성(PLP-1)과 극지의 주요 특징인 얼음(PLP-2)은 정답률이 각각 32%, 28%로 비교적 낮게 나타났다. 이는 두 원리가 진로 계열에 상관없이 모두 어렵게 느껴졌고, 과학에 대한 필요와 관심이 많더라도 이 분야에 대한 지식에는 다소 결핍이 있음을 의미한다. 반면 진로에 따른 집단 차이가 없지만 정답률 67%로 비교적 높은 극지의 생물(PLP-4)의 문항군은 극지 생물에 대해 질문하고 있어, 두 집단 모두에게 관심이 많거나 친숙한 소재임을 짐작할 수 있다.

Table 7은 극지 소양 검사의 지식 문항 25개에 대한 정답과 오답 등의 응답 비율을 정리한 것이다. 정

Table 6. Average of item groups by polar literacy principles

| 극지 소양<br>원리*** | 극지 소양 원리별 문항군의 평균 |       |          |          |       |          |       | 계  | 정답률<br>(%) |
|----------------|-------------------|-------|----------|----------|-------|----------|-------|----|------------|
|                | 성별                |       |          | 진로 희망    |       |          |       |    |            |
|                | 남                 | 여     | 집단 차이(t) | 인문/사회/예체 | 과학/공학 | 집단 차이(t) |       |    |            |
| PLP-1          | 1.07              | 0.83  | 2.456*   | 0.87     | 1.05  | -1.734   | 0.95  | 32 |            |
| PLP-2          | 1.15              | 1.11  | 0.422    | 1.08     | 1.19  | -0.894   | 1.13  | 28 |            |
| PLP-3          | 1.15              | 1.12  | 0.410    | 1.02     | 1.27  | -3.294** | 1.13  | 57 |            |
| PLP-4          | 1.94              | 2.11  | -1.772   | 1.97     | 2.09  | -1.308   | 2.02  | 67 |            |
| PLP-5          | 2.01              | 2.16  | -1.229   | 1.94     | 2.25  | -2.406*  | 2.08  | 42 |            |
| PLP-6          | 3.14              | 3.34  | -1.748   | 3.06     | 3.44  | -3.448** | 3.23  | 81 |            |
| PLP-7          | 2.44              | 2.63  | -1.332   | 2.34     | 2.76  | -2.958** | 2.53  | 63 |            |
| 계              | 12.90             | 13.09 | -0.777   | 12.29    | 14.05 | -3.554** | 13.09 | 52 |            |

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

\*\*\* PLP-1: 극지의 지리적 특징과 독특성, PLP-2: 극지의 주요 특징인 얼음, PLP-3: 지구 날씨와 기후 조절자 극지, PLP-4: 극지의 생물, PLP-5: 기후 변화의 영향을 받는 극지, PLP-6: 극지의 인간, PLP-7: 과학 기술과 극지

답의 추측 요인을 감소시키기 위해 ‘모름’에 응답한 비율을 함께 나타냈다. 극지 소양 지식 문항의 정답률은 5% (k14-북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다)에서 91% (k13-전 세계적 기후 변화는 극지에 사는 사람들과 생물에게 영향을 미친다)의 범위로 나타났다, 전체 문항의 정답률 평균은 52.3%다. 정답률이 높아 비교적 쉽게 응답한 문항은 k13 (전 세계적 기후 변화는 극지에 사는 사람들과 생물에게 영향을 미친다, 91%), k20 (극지의 기후 변화는 전 세계 사람들과 생물에게 영향을 미친다, 90%), k18 (남극의 빙하가 녹으면 해수면이 상승한다, 84%), k22 (극지 연구를 통해 과거 지구의 역사를 알 수 있다, 84%), k12 (극지의 겨울에 바다 위 얼음이 넓어지면 생물들이 살 수 없다, 82%), k8 (극지가 따뜻해질 때, 극지와 멀리 떨어진 우리나라의 기후는 영향을 받지 않는다, 78%), k21 (극지에는 천연가스와 석유와 같은 화석 에너지 자원은 존재하지 않는다, 75%)이다. 정답률이 낮아 어렵게 반응한 문항은 k14 (북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다, 5%), k5 (바닷물이 얼어서 만들어진 해빙을 그대로 녹이면 다시 바닷물이 된다, 19%), k2 (북극에서 여름에는 해가 지지 않고, 겨울에는 해가 뜨지 않는다, 24%), k6 (세계에서 담수(민물)가 가장 많이 저장된 곳은 남극이다, 26%), k4 (빙하와 빙산은 바닷물이 얼어서 만들어졌다, 28%), k15 (극지가 온난화되면, 극지에 비나 눈이 많이 온다, 28%) 등이다. 변별도의 분포는 0.03 (k14-북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다)에서 0.50

(k24-극지 생물을 유전적으로 분석하면 새로운 약과 치료제를 개발할 수 있다)으로 나타나, 정답률이 가장 낮아 모두에게 어려웠던 k14 (북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다)와 정답률이 가장 높아 모두에게 쉬웠던 k13 (전 세계적 기후 변화는 극지에 사는 사람들과 생물에게 영향을 미친다)의 변별도가 낮았다.

물라서 진위를 판단할 수 없다는 반응이 높았던 문항은 k6 (세계에서 담수(민물)가 가장 많이 저장된 곳은 남극이다, 65%), k2 (북극에서 여름에는 해가 지지 않고, 겨울에는 해가 뜨지 않는다, 53%)이고, 모른다는 응답 비율이 가장 낮았던 문항은 k14 (북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다, 5%), k13 (전 세계적 기후 변화는 극지에 사는 사람들과 생물에게 영향을 미친다, 7%), k20 (극지의 기후 변화는 전 세계 사람들과 생물에게 영향을 미친다, 9%), k12 (극지의 겨울에 바다 위 얼음이 넓어지면 생물들이 살 수 없다, 10%)로 나타났다. 모른다는 응답이 많을 때 정답률이 낮거나 정답과 오답 비율이 비슷하게 나오는 경우, 모른다는 응답이 적을 때 정답률이 높게 나오는 경우는 대체로 예측 가능한 상황이다. 그러나 대부분 학생들이 모른다는 문항에서 정답률이 높은 경우는 해당 문항에 대한 지식의 특성이 표면적으로는 낮설지만, 생소함의 장벽만 넘어서면 사고 과정이 단순하거나 해결이 용이한 종류일 것이다. k1 (북극은 바다 위에, 남극은 육지 위에 위치한다), k6 (세계에서 담수(민물)가 가장 많이 저장된 곳은 남극이다),



Table 7. Test results for polar literacy knowledge

|     | 문항  | 정답 | 응답한 비율(%) |    |    | 변별도  |
|-----|---|----|-----------|----|----|------|
|     |   |    | 정답        | 오답 | 모름 |      |
| k1  | 북극은 바다 위에, 남극은 육지 위에 위치한다.                          | T  | 35        | 21 | 44 | 0.22 |
| k2  | 북극에서 여름에는 해가 지지 않고, 겨울에는 해가 뜨지 않는다.                 | T  | 24        | 23 | 53 | 0.24 |
| k3  | 대체로 북극은 남극보다 더 춥다.                                  | F  | 37        | 33 | 30 | 0.27 |
| k4  | 빙하와 빙산은 바닷물이 얼어서 만들어졌다.                             | F  | 28        | 45 | 27 | 0.26 |
| k5  | 바닷물이 얼어서 만들어진 해빙을 그대로 녹이면 다시 바닷물이 된다.               | F  | 19        | 53 | 28 | 0.15 |
| k6  | 세계에서 담수(민물)가 가장 많이 저장된 곳은 남극이다.                     | T  | 26        | 9  | 65 | 0.31 |
| k7  | 해빙의 크기는 여름에 줄었다가, 겨울에 커진다.                          | T  | 41        | 16 | 43 | 0.35 |
| k8  | 극지가 따뜻해질 때, 극지와 멀리 떨어진 우리나라의 기후는 영향을 받지 않는다.        | F  | 78        | 6  | 16 | 0.26 |
| k9  | 얼음과 눈이 덮여있는 면적이 늘어나면 지구로 들어오는 태양복사 에너지가 늘어난다.       | F  | 35        | 19 | 46 | 0.32 |
| k10 | 북극과 남극에 사는 생물의 종류는 서로 비슷하다.                         | F  | 51        | 17 | 32 | 0.34 |
| k11 | 기후가 변화하면 북극곰의 먹이도 변화한다.                             | T  | 69        | 16 | 15 | 0.30 |
| k12 | 극지의 겨울에 바다 위 얼음이 넓어지면 생물들이 살 수 없다.                  | F  | 82        | 8  | 10 | 0.19 |
| k13 | 전 세계적 기후 변화는 극지에 사는 사람들과 생물에게 영향을 미친다.              | T  | 91        | 2  | 7  | 0.13 |
| k14 | 북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다.                              | F  | 5         | 90 | 5  | 0.03 |
| k15 | 극지가 온난화되면, 극지에 비나 눈이 많이 온다.                         | T  | 28        | 28 | 44 | 0.25 |
| k16 | 남극에 비나 눈이 많아지면 펭귄의 수는 증가한다.                         | F  | 47        | 10 | 43 | 0.33 |
| k17 | 극지에 비나 눈이 많아지면 바닷물의 염분은 낮아진다.                       | T  | 44        | 21 | 35 | 0.38 |
| k18 | 남극의 빙하가 녹으면 해수면이 상승한다.                              | T  | 84        | 3  | 13 | 0.18 |
| k19 | 북극의 원주민은 혹독한 자연 환경 때문에 고유한 문화와 환경에 적응한 지식을 갖추지 못했다. | F  | 68        | 7  | 25 | 0.35 |
| k20 | 극지의 기후 변화는 전 세계 사람들과 생물에게 영향을 미친다.                  | T  | 90        | 1  | 9  | 0.17 |
| k21 | 극지에는 천연가스와 석유와 같은 화석 에너지 자원은 존재하지 않는다.              | F  | 74        | 3  | 23 | 0.36 |
| k22 | 극지 연구를 통해 과거 지구의 역사를 알 수 있다.                        | T  | 84        | 2  | 14 | 0.25 |
| k23 | 남극은 우주에서 들어오는 빛과 물질을 연구하기에 좋은 장소다.                  | T  | 50        | 4  | 46 | 0.42 |
| k24 | 극지 생물을 유전적으로 분석하면 새로운 약과 치료제를 개발할 수 있다.             | T  | 51        | 4  | 45 | 0.50 |
| k25 | 극지의 얼음과 눈을 관측하면 기후 변화를 감지할 수 있다.                    | T  | 68        | 3  | 29 | 0.42 |

k16 (남극에 비나 눈이 많아지면 펭귄의 수는 증가한다), k23 (남극은 우주에서 들어오는 빛과 물질을 연구하기에 좋은 장소다), k24 (극지 생물을 유전적으로 분석하면 새로운 약과 치료제를 개발할 수 있다)는 모른다는 응답이 높지만, 정답률이 오답률보다 높아 이러한 특성을 나타내는 문항들이다. k16 (남극에 비나 눈이 많아지면 펭귄의 수는 증가한다)을 제외하고 북극과 남극에 대한 구체적 지식이므로 알거나 들어본 적이 있으면 맞힐 가능성이 높다. 한편, 모른다고 응답하는 학생이 극히 드문 문항에서 정답률과 오답률이 팽팽하거나, 정답률이 낮은 문항에 주목할 필요가 있다. 모두가 잘 알고 있다고 생각하지만, 잘못된 개념이 단단히 결합되어 있을 수 있기 때문이다. k3 (대체로 북극은 남극보다 더 춥다), k4 (빙하

와 빙산은 바닷물이 얼어서 만들어졌다), k5 (바닷물이 얼어서 만들어진 해빙을 그대로 녹이면 다시 바닷물이 된다), k14 (북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다)는 이러한 조건에 부합한 문항으로 극단적인 예가 바로 k14다. ‘북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다’는 진술은 95%의 학생들이 확실히 알고 있다고 여겼지만, 90%의 학생들이 오답을 했다. 따라서 이러한 결과가 나타난 문항을 이루는 지식에 대한 학생들의 이해 특성을 분석하고 학습에 반영할 필요가 있다. 해당 문항 관련 이해 특성을 학생 면담에 포함했다.

학생들이 어렵거나 잘 모르겠다는 반응을 한 문항들은 PLP-1 (극지의 지리적 특징과 독특성)에서 1문항, PLP-2 (극지의 주요 특징인 얼음)에서 3문항,

Table 8. Examples of items with specific responses

|       | 문항  | 통계 결과            | 특징   |
|-------|---|------------------|--|
| PLP-1 | k2<br>북극에서 여름에는 해가 지지 않고, 겨울에는 해가 뜨지 않는다.   | 정답률 낮음           | • 지구 자전에 의한 일주 운동은 중학교 2학년 과학에서 다루나 위도에 따른 일주 운동을 언급하지 않기 때문에 사실상 교육과정에서 백야와 극야 현상을 다루지 않음.  |
|       | k3<br>대체로 북극은 남극보다 더 춥다.                    | 정답률과 오답률이 비슷     | • 극지를 북극과 남극으로 구분 짓지 않고, 모두 추운 곳이라고 생각.<br>• 학생 면담에 의하면 남극은 대륙이므로 비열이 작아 겨울에는 북극보다 더 춥다고 생각하거나, 북극에 대륙이 많이 분포해서 인간 활동으로 더 온난하다고 생각함.           |
|       | k4<br>빙하와 빙산은 바닷물이 얼어서 만들어졌다.               | 정답률 낮음           | • 빙하가 눈이 쌓여서 만들어진다는 개념은 초, 중, 고 모두 다루고 있지만, 바다 위 빙산의 시각적 이미지에 물이 얼어서 얼음이 만들어진다는 생각이 더해짐.   |
| PLP-2 | k5<br>바닷물이 얼어서 만들어진 해빙을 그대로 녹이면 다시 바닷물이 된다. | 정답률 낮음           | • '해빙'이라는 용어를 교육과정에서 배운 바 없어 형성 원리를 알지 못하며, '바닷물이 얼어서 만들어진'이라는 진술을 문자 그대로 해석함.   |
|       | k6<br>세계에서 담수(민물)가 가장 많이 저장된 곳은 남극이다.       | 정답률 낮음           | • 중학교 2학년 과학과에서 수권의 담수 중 빙하가 가장 많은 양을 차지하고 있음을 학습하나 북극, 남극을 구별해서 명시적으로 학습하는 내용은 아님. 단순 지식으로 여겨 추론하려 하지 않으며, 추론하기 위해서 극지에 대한 몇 가지 지식들이 전제되어야 함. |
| PLP-5 | k14<br>북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다.               | 모름 비율 낮고, 정답률 낮음 | • 빙권을 구성하는 요소에 대한 학습은 교육과정에서 다루지 않음. 빙하가 녹아서 해수면이 상승한다는 강한 인식이 학교와 일상에서 학습되어, 바다 위에 떠 있는 얼음이 차지하는 부피와 해수면의 관계를 과학적으로 따져보지 않음.                  |
|       | k15<br>극지가 온난화되면, 극지에 비나 눈이 많이 온다.          | 정답률 낮음           | • 극지가 따뜻해지면 오히려 눈이 내리지 않을 것이므로 생각함.  |

PLP-5 (기후 변화의 영향을 받는 극지)에서 2문항으로 나타났다. 앞서 계열별 집단 차이가 나타나지 않았으면서도 정답률이 낮았던 극지의 지리적 특성(PLP-1)과 얼음 관련 지식(PLP-2)과 함께 기후 변화의 영향을 받아 극지에서 나타나는 현상(PLP-5)과 관련되며, 모른다는 응답이 적음에도 정답률은 낮았던 5문항 중 4문항이 이에 해당한다. Table 8은 해당 문항들의 특성을 학생 면담을 통해 밝혀진 내용과 함께 정리한 것이다. 정답률이 낮았던 문항들의 특징은 학교 과학과 교육과정에서 잘 다루지 않아서 개념의 결손이 있는 경우로 k2(북극에서 여름에는 해가 지지 않고, 겨울에는 해가 뜨지 않는다), k5(바닷물이 얼어서 만들어진 해빙을 그대로 녹이면 다시 바닷물이 된다), k14(북극의 해빙이 녹으면 해수면이 상승한다), 일상에서 형성된 강력한 심상이나 경험과 결합한 경우로 k3(대체로 북극은 남극보다 더 춥다), k4(빙하와 빙산은 바닷물이 얼어서 만들어졌다), k15(극지가 온난화되면, 극지에 비나 눈이 많이 온다)가 이에 해당한다. 그 밖에 k6(세계에서 담수(민물)가 가장 많이 저장된 곳은 남극이다)과 같이 단순 지식처럼 보이지만, 극지에 대한 다양한 지식을 종합해야 하는 경우로 분석되었다.

극지 소양 검사 결과를 통해 고등학생들이 지닌 극지에 대한 지식 현황을 분석한 결과, 극지 소양의 7가지 원리 중 극지의 지리적 특성과 빙권의 주요 특성에 대한 개념의 결손으로 결과적으로 극지의 변화와 전 지구적 기후 변화의 기작을 정확히 적용하지 못하고 있음이 드러났다. 극지 소양 교육을 확산하고 학교 교육과정에 반영하기 위해서는 극지 소양 원리를 중심으로 교육과정에 결여된 내용을 추가하거나 재구성하는 방안이 검토되어야 하며, 이에 대한 학생의 이해 특성을 우선 살펴보아야 할 것이다.

#### 면담을 통해 파악된 학생들의 극지 소양 지식 특성 극지의 지리적 특성에 대한 지식 부족

극지 소양 검사를 통해 양적으로 측정된 극지 지식 현황과 함께 학생들의 면담 자료를 함께 분석했다. 검사를 통해 드러난 학생들의 극지 지식 현황에서 가장 특징적인 것은 빙권에 대한 개념 결여다. 극지 소양의 첫 번째 원리였던 문항들에 대해 정답률 32%를 나타낸 만큼, 대체로 북극과 남극의 지리, 기후 등 기본적 특성에 대해 확실한 지식을 지니고 있지 않았다. 특히 북극해와 남극 대륙은 초등학교에서 배우는 지리 지식이지만, 이에 대한 학생들의 지식은

견고하지 않았다. 북극이 대륙이라고 알고 있는 학생 2는 북반구에 대륙이 많은 사실로부터 북극을 대륙이라고 생각했다. 북극이 남극보다 대체로 기온이 높다고 생각하는 이유에 대해서도 대륙에 살고 있는 인간과 육상 생물이 내뿜는 온실 기체 때문이라 생각했다. 학생3은 남극이 대륙이라는 사실은 알고 있지만, 그래서 비열이 바다보다 작아 겨울에 더 혹독하게 춥다고 이야기했다. 결과적 현상은 맞지만, 이들이 사고한 과정과 이유는 정확하지 않다. 그들이 알고 있는 과학적 사항들과 잘못 연결했지만, 자신의 사고 안에서 그럴듯하게 들어맞았고 나름의 지식 체계로 굳어졌다.

음, 북극이 대륙이고 남극이 빙하로 이루어진 것으로 알고 있어요. 북극은 흙으로 덮여있고, 남극은 빙하로, 그런데 북극은 북쪽에 대륙이 많아서, 대륙에 사는 인간 활동의 영향을 받아서 덥고, 남극은 인간이 별로 없어서 춥고. (학생2)

남극이 더 (춥죠), 남극은 대륙이니까 물보다는 더 빨리 식고 빨리 데워지는 그래서 겨울에는 더 추워지는, 그러지 않을까. (학생3)

**빙권에 대한 개념의 결론**

Table 9는 해빙의 사진과 바다 위에 떠 있는 빙하(빙산)의 사진을 보여준 후 얼음의 명칭과 형성 원리를 질문한 결과다. 앞서 두 번째 극지 소양인 극지의 얼음에 대한 지식 문항들에 대해 정답률 28%로 조사되었다. 학교 교육과정에서 명시적으로 언급된 빙권의 명칭은 단 하나, 눈이 쌓여서 만들어진 육지 기원의 빙하뿐이며 해수 기원의 해빙(海氷)이라는 명칭은 학교에서 학습한 경험으로는 전무했다. 학생들은 빙하/빙산에 대해서 대체로 ‘빙하’라고 응답했으나, 해빙에 대해서는 빙하, 빙판, 녹은 빙하 등으로 답했다. 이때 해빙의 모습이 평평하고 빙하(빙산)의 모습이 높이 솟아있는 모습에 착안해서 해빙을 ‘빙하’나 ‘빙

판’으로, 빙하를 ‘빙산’으로 표현하는 학생이 다수 있었다. 학습되지 않은 ‘해빙’과 같은 개념을 불러오는 전략은 관찰한 사실과 추론한 내용을 익히 알고 있는 언어와 연결하는 것이며, 학생1은 빙하의 ‘하’를 아래(下) 혹은 평평함과 연결했고, 학생10은 판 모양을 연상해 일상에서 쓰는 빙판이라는 용어를 가져왔다.

빙하는 ‘하’니까 아래 있는 그래서 물이나 그런 얼음이 많이 딱딱하게 뭉쳐서 평평할 것 같고, 빙산은 눈이 위에서 내려서 높게 산처럼 쌓이는. (학생1)

애를 뭔가 빙하로 하기에는 좀 그렇지 않아요? 너무 얇은 판때기 잦아요. 그러니까 빙판. (학생10)

교육과정에 없는 해빙이라는 새 개념을 도입하지 않고는 북극해를 덮고 있는 해빙의 면적 변화와 알베도의 관계, 빙하의 용해와 해수면 상승 기작을 정확히 파악하기에 한계가 있다. 북극해를 덮고 있는 얼음이 해빙이든 빙하든 명칭을 구분하는 것이 중요할 것이 없다 하더라도, 이를 구분하지 않고서는 형성 원리를 알 수 없기 때문이다. 학생들은 학교에서 배운 적이 있는 빙하/빙산의 형성 원리는 과학적 개념으로 잘 말하지만, 해빙의 형성 과정에 대해서는 다양한 추측들을 제안했고 바닷물이 언 것이 아니라 빙하로부터 유래된 일부로 인식한 학생들이 많았다. 평평한 조각처럼 보이는 해빙은 빙하에서 떨어져 나온 조각이라는 학생6의 추론을 따르자면, 해빙의 기원도 빙하와 동일한 육상 기원의 강수로 생각하게 되는 것이다.

이제 2번이 빙산이잖아요. 애가 여름이 되면, 북극 사진 같은데, 애가 녹아서 결국 얼음 조각이 떨어지는 거잖아요. 그러면 얼음 조각이 또 녹아서 분해돼 가지고 결국에는 이제 빙하이 모양처럼 조각조각 흩어지고 그래서 이렇게 (해빙이)된 게 아닐까. (학생6)

**Table 9.** Response examples of sea ice and iceberg

|        | 학생 응답 사례   |   |
|--------|--|---|
|        | 해빙(sea ice)  | 빙하/빙산(glacier/iceberg)  |
| 빙권의 명칭 | 빙하, 빙판, 녹은 빙하  | 빙하, 빙산, 안녹은 빙하  |
| 형성 원리  | <ul style="list-style-type: none"> <li>바닷물이 얼어서/바닷물 중 물만 얼어서(과학적 개념)</li> <li>빙하가 녹아 바닷물에 섞여 얼면서 만들어짐</li> <li>빙하가 조각이 나면서 뭉쳐서 만들어짐</li> <li>짧은 기간 동안 눈이 얼었다 녹았다 반복하며 만들어짐</li> <li>빙산에서 떨어져 나와서 만들어짐</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>눈이 쌓이고 다져져서 만들어짐(과학적 개념)</li> <li>육지에서 눈이 쌓여 만들어진 얼음덩어리가 육지로부터 분리되어 바다로 들어옴(과학적 개념)</li> <li>빙하들이 부딪쳐 솟아서 빙산이 됨</li> <li>바닷물이 얼은 것이 쌓여서</li> </ul> |

그러나 학생들이 말한 이런 내용들은 앞서 극지 소양 검사 문항의 k4(빙하와 빙산은 바닷물이 얼어서 만들어졌다)와 k5(바닷물이 얼어서 만들어진 해빙을 그대로 녹이면 다시 바닷물이 된다)의 응답 결과와는 대조를 이룬다. 상당수 학생들(45%)은 빙하를 해수 기원으로 생각했고, ‘바닷물이 얼어서 만들어졌다’는 기원을 밝히면서 새롭게 해빙이라는 개념이 등장했는데, 해빙을 녹이면 다시 바닷물이 된다는 응답이 절반 이상(53%)으로 나타났다. 많은 학생들은 빙하, 빙산, 해빙이라는 용어를 차별적으로 인식하기보다는 바다 위에 떠있는 얼음이라는 시각적 이미지와 함께 잘 모르는 용어와 결합한 언어, 예컨대 ‘바닷물이 얼어서 만들어진(언어 정보)+해빙(용어)’과 같이 언어적인 일차 정보로부터 즉각적으로 판단했다. 이는 이전의 학습에서 배운 바 없는 개념에 대해 학생들이 개념 결손을 메우는 방법이었다. 빙권의 사진을 보며 빙하와 해빙의 형성 원리를 추론했던 면담의 경우에도, 언어적 정보만으로 빠르게 판단했던 검사의 경우에도, 결국은 모르는 개념을 바탕으로 깔고, 모호한 지식 체계를 쌓으며 다음 단계의 사고로 진행한다.

여름이 되거나 지구 온난화로 기온이 높아지면 해빙이든 빙하/빙산이든 바다를 덮거나 그 위에 떠있는 얼음이 녹는다. 학생들은 얼음이 녹는 현상에 대해 자연스럽게 해수면 상승, 해수의 염분 및 밀도 변화와 그로 인한 해양 순환의 변화를 떠올린다. 북극해의 해빙이 녹아서 해수면이 상승한다는 k14에는 90%의 학생들이 그렇다고 응답했다. 실제로 바다 위의 해빙이나 빙산보다는 육지 위 빙하가 녹을 때 해수면 상승 효과가 크기 때문에, 이는 오답임에도 불구하고 무려 90%의 학생들에게 그럴듯한, 매력도가 높은 오답이다. k14에 정답을 한 학생8의 응답은 거의 과학적 개념에 가깝지만, 해빙을 ‘빙하’로 오해하고 있는 학생2는 해빙과 빙산을 구분해서 상승 정도를 달리 생각한다. 실제 바닷속에 잠겨 있는 빙산도 해빙과 마찬가지로 해수면 상승에 큰 영향은 없지만, 얼음의 종류에 따라 상승 정도가 다를 수 있다는 생각에 이르게 된 것이다. 한편 학생8의 말을 듣고, 학생7은 해수면이 상승해서 저지대가 침수된다는 이야기가 교과서에 있는데 정확하지 않을 리가 없다고 반문했다.

매가 녹아있든 얼어있든 어차피 바닷물에 있는 거니까 부피 차이가 그렇게 나지는 않지 않을까요? 물이 이렇게 있는데 얼음이 있으면 물이 높아지는 거잖아요. 물이 녹아 가지고 물이

높아지는 거랑 똑같잖아요. 그래서 거의 비슷할 거 같아요. (학생8)

빙하(해빙)가 녹으면 해수면이 오르는 않고 그대로고, 빙산이 녹으면 해수가 올라갈 거 같아요. 빙산이 해수보다 떠 있잖아요. 그래서 해수의 부피를 포함하지 않고 있으니까 또 다른 물이 생기는 거랑 똑같은 현상이 일어나는 거니까, 빙하(해빙)는 모양이 평평하니까 해수의 부피에 포함된, 없어서. (학생2)

해수면 상승도 있고 바닷물에 얼음이 녹아드니까 밀도가 낮아지는 거잖아요. 그래서 해수 순환 같은 것도 잘 안일어나고. 저는 중학교 때도 과학 시간뿐 아니라 사회 시간에도 저지대 침수 같은 그런 얘기도 교과서에 있는 데 그게 틀린 말일까요? (학생7)

바다 위 얼음인 해빙이 녹으면 해수면이 상승하는지의 판단은 우선 ‘해빙’의 개념과 기원이 전제되어야 할 문제다. 이에 대비되는 개념인 빙하와 빙하의 기원 그리고 이 빙하가 육지 위에 있을 때나 바다 위에 있을 때의 상태와 영향은 자연스럽게 후속되는 내용일 것이지만 명시적으로 해수 위의 빙하와 대륙 빙하를 구분하는 내용을 교육과정에서 다루지 않는다. 다만, 바다 위든 육지든 ‘빙하가 녹으면 해수면이 상승한다’는 메시지는 학교 수업과 매체로부터 끊임없이 제기된다. 교과서에서 배운 내용은 그 자체로 권위가 있고(학생7), 인터넷 동영상도 여러 경로를 통해 반복되면서 근거나 자료가 축적되면서(학생4), 권위 있는 연구 결과로 믿게 된다. 학생12의 이야기처럼 극지를 직접 체험할 수 없다는 한계점도 매체의 존성을 높인다.

왜냐면 직접 학교에서 수업을 받거나 이런 게 없어서 그냥 그런 인터넷 매체 나오는 정보를 그냥 그대로 흡수하는 것 같아요. 거기 가서 직접 느껴볼 수도 없고, 그냥 저희가 접할 수 있는 거는 그러한 매체를 통해서 밖에 없는데. (학생4)

저는 좀 많이 보고 이거 좀 많이 나왔다고 싶으면 믿는 편이에요. 이 동영상을 다른 곳에서도 여러 번 봤다, 이런 현상이 다른 동영상에서도 많이 나왔다고 약간 이러면 믿는 편. (학생12)

이때, 극지방에서 해빙이든 육지 기원의 빙하든 기원을 구분하지 않고 얼음 혹은 빙하가 녹으면 해수면이 상승한다고 당연하게 가르치는 것이 합당한 것인지, 기후 변화의 기작을 이로써 잘 설명할 수 있는지에 대한 논란은 여전히 남는다. 극지 소양 원리(Polar Literacy, 2022)는 빙하, 빙상, 빙봉, 빙산, 해빙과 같은 빙권의 요소를 PLP-2에서 자세히 정의하고,

PLP-3에서는 빙권의 변화에 의한 알베도와 양의 피드백으로 북극의 빠른 온난화를 설명하며, PLP-5에서 해수면 상승의 원인을 육지 빙상의 손실과 열팽창으로 설명한다. 빙하가 녹아서 해수면이 상승하고 생물들의 서식지가 줄어들고, 저지대가 침수된다는 식의 한 방향 시나리오를 획일적인 공식처럼 되뇌는 학생들의 진술과 비교해 극지 소양 원리는 기후 변화가 일어나고, 영향을 주는 기작을 여러 측면에서 과학적이고 구체적으로 전개하며, 기후 변화의 원인과 영향에 대한 풍부하고 복합적인 설명을 제공한다. 면담에 참여한 학생 중 어느 누구도 열팽창에 의한 해수면 상승을 언급한 이가 없었고, 육지 기원 빙하의 중요성을 구분하지 않았다. 해수면 상승의 주요 요인을 대륙 빙하 및 빙상과 함께 해수의 열팽창(Ruddiman, 2014; IPCC, 2021)으로 보고 있는 과학적 분석이 단편적으로 반영되었을 뿐이다. 기후 변화가 주요한 쟁점이며 모든 인류가 해결해야 할 공동의 과제로 대두되고 있는 시점에서, 이는 지구 기후 변화와 온난화의 작동 원리와 영향, 그리고 구체적 기작을 이해하는 데 있어 큰 공백이 될 것이다. 학교 교육과정에서 기후 변화의 원인과 영향을 보다 정확하고 풍부하게 제공하기 위해서 극지 소양 원리를 도입하고 극지 교육의 중요성을 강조할 필요성이 제기된다.

## 논 의

이상 극지 소양 검사의 양적 결과와 학생 면담으로부터 얻은 질적 결과로부터, 학생들이 극지에 대해 다소 빈약한 지식을 지녔으며, 이와 관련해 기후 변화에 대한 획일적 심상과 모호한 이해가 함께 나타나고 있음을 보였다. 극지를 우리 삶과 동떨어진 미지의 동토로 여기면서 관심은 비교적 낮았지만, 다수 매체들은 기후 변화를 호소하기 위한 대중적 소재로 사용했다. 충분한 과학적 설득 없이 학생들에게 단편적으로 파고든 극지 영상은 기후 변화에 대한 부분적이며 부정확한 이해에 일조했다. 본 연구는 학교 교육과정이 이러한 매체들을 보다 합리적으로 비판할 수 있는 과학적 관점을 충분히 제공해야 한다고 제안하며, 연구 결과에 근거한 몇 가지 논의로 이러한 주장의 근거를 제시하고자 한다.

첫째, 빙권에 대한 몇 가지 개념을 도입하면 극지 변화와 기후 변화 사이에 일어나는 기작을 풍부하게

설명할 수 있으며 다양한 현상에 연계할 수 있는 전이 또한 용이할 것으로 생각한다. Table 10은 2015 개정 과학과 교육과정(MOE, 2015)에서 빙권을 다룬 영역, 핵심 개념과 일반화된 지식, 내용 요소 등을 정리한 것이다. 빙권에 대한 개념 및 내용은 초등학교에서 물의 고체 상태의 특징으로부터 시작해 물이 순환하는 과정에서 빙하로 존재한다는 것, 중학교에서는 빙하가 수권의 한 영역임을 지구계의 관점으로 소개한다. 이어서 수권의 담수가 얼음이나 눈의 형태인 빙하에 가장 많이 존재함을 소개한다. 그러나 고등학교 통합과학에서는 더욱 심화된 빙권에 대한 소개로 진전되지 않으며 물의 순환 과정 중 한 형태로 존재한다는 내용(Shin et al., 2018)과 빙하가 녹으며 해수면이 상승한다는 수준의 언급만을 반복한다. “지구과학 I” 과목에서도 빙권에 대한 내용은 고기후 연구를 위한 빙하 코어 연구와 기후 변화의 지구 내적 요인으로서 빙하에 의한 지표 반사를 변화(Oh et al., 2018)를 소개한다. 이때도 빙권을 구체적으로 구분하지 않고 ‘빙하’라는 용어만 사용한다.

통합과학: 눈으로 내린 물은 지권에 쌓여 빙하가 되고 빙하는 움직이며 지표를 깎아낸다(Shin et al., 2018).

지구과학 I: 빙하는 주로 극 지역의 대륙 위에서 만들어지므로 남극 대륙의 위치가 빙하 형성에 중요한 역할을 한다. 빙하가 형성되면 지표의 반사율이 증가하므로 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지량은 감소하게 된다(Oh et al., 2018).

2015년 개정 과학과 교육과정에서 ‘빙하’라는 용어는 2회, ‘만년설’은 1회 사용되지만 ‘해빙’이라는 용어는 사용되지 않고 있다. 우리나라 과학과 교육과정에서 빙권을 구체적으로 다루지 않으므로, 빙권의 기원을 규명하지 못하고, 담수의 분포와 기원이 다른 빙권의 용해가 기후 변화에 미치는 영향을 정확히 짚어내지 못하게 된다. 따라서 빙권을 이루는 요소 중 육지 기원의 빙하와 해수 기원의 해빙을 구분하는 개념을 도입함으로써 극지 변화와 기후 변화를 연결하는 작동 원리를 풍부하게 설명할 수 있는 지식 체계의 토대를 생성할 수 있을 것으로 기대한다.

둘째, 극지 변화와 기후 변화를 연계하는 개념의 공백을 점검하고, 이를 대체한 대안적 개념 체계의 적절성을 검토해야 한다. 학생들에게 극지 개념과 관련 현상 등은 대충 이해할 수밖에 없는 것들이나 경우가 종종 있다. 정확한 지식 형성이 안 된 개념이나 용어에 대해서 학생들은 언어적 지식을 동원해 추론

**Table 10.** Contents related to the cryosphere in the 2015 Science Curriculum

| 영역         | 핵심 개념         | 일반화된 지식  | 내용 요소   | 세부 내용                                       |
|------------|---------------|--|---|---|
| 물질의 성질     | 물질의 상태        | 물질은 여러 가지 상태로 존재한다.  | • 고체, 액체, 기체(초3-4)<br>• 여러 가지 기체(초5-6)              | • 읽기 자료에서 '빙하 속 공기를 연구하는 과학자' 소개            |
| 물질의 변화     | 물질의 상태 변화     | 물질은 온도와 압력에 따라 상태가 변화한다.                                     | • 물의 상태 변화(초3-4)<br>• 세 가지 상태와 입자 배열(중1-3)          |   |
| 고체 지구      | 지구계와 역할       | 지구계는 지권, 수권, 기권, 생물권, 외권으로 구성되고, 각 권은 상호 작용한다.               | • 지구의 환경(초3-4)<br>• 지구계의 구성 요소(중1-3)                | • 빙하가 수권의 한 영역임을 소개                         |
| 대기와 해양     | 해수의 성질과 순환    | 수권은 해수와 담수로 구성되며, 수온과 염분 등에 따라 해수의 성질이 달라진다.                 | • 물의 순환(초3-4)<br>• 수권(중1-3)                         | • 수권에서 담수는 얼음 또는 눈의 형태로 존재하며 빙하라는 용어 사용     |
| 대기와 해양     | 대기와 해양의 상호 작용 | 대기와 해양의 상호 작용으로 다양한 기후 변동이 나타난다.                             | • 지구 온난화(지구과학 I)                                    | • 인간 활동에 의한 기후 변화 소개                        |
| 대기와 해양     | 대기와 해양의 상호 작용 | 기후 변화는 인위적 요인과 자연적 요인으로 설명된다.                                | • 고기후(지구과학 I)<br>• 기후 변화 요인(지구과학 I)                 | • 빙하코어를 이용한 고기후 연구 방법<br>• 빙하 형성과 지표 반사를 변화 |
| 시스템과 상호 작용 | 지구 시스템        | 지구 시스템은 지권, 수권, 기권, 생물권, 외권으로 구성되고, 각 권은 상호 작용한다.            | • 지구 시스템의 에너지와 물질 순환(통합과학)<br>• 기권과 수권의 상호 작용(통합과학) | • 지구에서 물의 순환 중에 눈으로 내린 물이 빙하가 된다고 소개        |
| 환경과 에너지    | 생태계와 환경       | 생태계의 구성 요소는 서로 밀접한 관계를 맺고 있으며, 지구 환경 변화는 인간 생활에 다양한 영향을 미친다. | • 지구 온난화와 지구 환경 변화(통합과학)                            | • 빙하코어를 이용한 고기후 연구 방법<br>• 빙하가 녹아 해수면 상승    |

하기도 한다. 이 과정에서 전체 지식 체계가 부정확해져 버리는 결과를 초래할 수 있다. Table 11은 극지에 대한 근본적 인식, 북극과 남극을 어떻게 인식하고 있는지를 정리한 것이다. 일부 학생들은 자전축, 자기장, 북극성, 좌표계 등을 연계해서 극지를 정의해 보려고 시도했는데, 비록 지리상 북극과 자북극을 잘 구분하지는 못했지만, 적어도 이들은 과학적 정의를 이야기했다. 반면 다수 학생들은 북극과 남극을 정의하기 위해 언어적 해석이나 비유적 표현을 사용했다. '극한 곳'이므로 극지라거나 '양 끝'이라는 언어적 해석과 함께 에어컨, 옆집, 아이스크림, 표본 등의 비유로 극지를 정의했다. 특히 '에어컨'이라는 표현이 자주 언급되었으며, 이는 타교과에서 들었던 극지 변화와 지구 온난화의 관계를 통해 형성되었다고 했다. 극지 개념이 에어컨이라는 친숙한 비유물로 대체될 때, 극지를 더 잘 이해하고 나아가 극지에서

일어나는 현상을 적절히 설명하는 개념 체계를 형성할 수 있을지(Noh & Kwon, 1999; Dagher, 1995), 아니면 비유물의 속성이 극지에 대한 사고를 제한하거나 왜곡하고 있지는 않은지(Clarke, 2005; Rule & Furletti, 2004; Friedel et al., 1990) 등도 검토해야 한다. "극지의 온도가 올라가면 에어컨처럼 지구 전체를 시원하게 유지시켜주던 역할을 못하게 되어 지구 전체가 더워진다(학생11)"는 학생의 비유는 극지의 변화가 전 지구에 영향을 미치며, 극순환을 통해 에너지가 이동하는 현상에 대한 이해는 가능하지만, 그 안에서 가동하는 구체적 과정과 단계에 대한 더 이상의 진전된 사고로 나아가갈 필요를 느낄 수 없도록 사고를 제한하기도 한다. 또한 지구의 기후 변화가 극지에 미치는 반대 방향의 영향을 간과하게 되고, 원인과 결과가 상호적인 기후 변화와 그 결과로 나타나는 현상을 단순화시킬 수 있다.

**Table 11.** Students' defining of polar, arctic and antarctic regions

| 과학적으로 정의하려는 시도   | 과학 이외의 정의   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 적도 기준</li> <li>• 자전축 관련</li> <li>• 자기장 관련(N극과 S극, 나침반)</li> <li>• 북극성 관련</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 극한 곳</li> <li>• 양쪽 끝(엄청 북쪽, 엄청 남쪽, 제일 위쪽, 제일 아래쪽)</li> <li>• 비유적 정의(에어컨, 옆집, 아이스크림, 표본)</li> </ul> |

이렇게 학생들이 극지에 대한 과학적 정의에 앞서 비유와 언어를 우선 사용하는 주요 이유는 학교 교육과정에서 관련 개념 체계에 대한 설명이 부족하거나 결손된 상태에서 검증되지 않은 일상적 매체의 설명 방식이 깊게 자리잡았기 때문이다. 잠재적 팬데믹으로 가장 유력한 기후 변화가 전 인류의 공동 관심사로 부각되는 현 상황에서 각종 매체가 쏟아내는 선정적 정보를 과학적으로 검증하고 비판할 수 있는 역량을 학교 교육이 제공해야 한다. 이를 위해 기후 변화에 대해 생성력과 교육적 전이가 풍부한 지식 체계가 필요하며, 극지 소양을 그 대안으로 검토해 볼 수 있음을 제안한다.

## 결론 및 시사점

본 연구는 기후 위기를 포함한 범지구적 환경 변화에 대응하려는 세계적 연대에 동참하기 위해 과학 교육적 측면에서 효과적 개념 체계인 극지 소양의 도입을 제안한다. 이를 위해 현재 고등학생들이 지닌 극지 소양을 점검하고, 그를 근거로 지구 환경 변화를 설명할 극지 소양을 과학 교육과정에 포함할 필요성을 논의했다. 연구에 참여한 대상은 2개교의 고등학교 2학년 학생 329명으로, 7가지 극지 소양 원리에 대한 지식을 진위형으로 개발한 25문항의 검사에 응했다. 조사 결과는 정답률과 모름에 응답한 비율, 변별도 등으로 나타냈고, 성별, 희망 진로별 평균과 함께 집단 차이를 분석했다. 검사의 양적 분석 결과 극지 소양 지식이나 태도 점수가 높은 13명의 학생을 면담하여 극지 지식에 대한 세부적 이해 수준을 질적으로 파악했다. 이상으로부터 검사와 면담의 양적, 질적 자료를 분석한 결과 고등학생들의 극지 소양 지식의 이해 특성을 파악했고, 그를 근거로 극지 소양 교육을 학교 교육과정에 반영해야 할 필요성을 논의했다. 본 연구에서 도출한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 극지 소양 검사 결과 나타난 고등학생들의 극지에 대한 지식 현황은 평균 52% 정도의 성취율을 보였으며, 과학/공학 계열 학생들이 인문/사회/예체능 계열 학생보다 높은 점수를 나타냈다. 극지 소양 원리의 세부 영역 일부에서 다소 미흡한 이해가 나타났는데, 극지의 지리적 특징에 대한 단순 지식부터 과학적 현상까지 개념 체계를 견고하게 형성하지 못했고, 특히 빙권의 주요 특성에 대한 개념은 거의

공백에 가까웠다. 이러한 개념의 결손으로 극지 변화와 전 지구적 기후 변화의 상호 작용과 작동 원리를 정확히 적용하지 못하는 결과를 초래했다.

둘째, 면담을 통해 파악된 고등학생들의 극지 소양 지식의 특성은 빙권의 요소 중 육지 기원의 빙하와 해수 기원의 해빙을 구분하지 못해서 후속하는 기후 변화의 구체적 기작에 대한 개념 체계와 원활히 연계하지 못했다. 해빙 개념의 결손을 설명하려는 학생들의 주요 전략으로 언어적 정보와 시각적 관찰을 종합하려 했으나, 학생들의 제한된 경험과 사고 체계 안에서 효과적으로 작동하지 못하고 모호한 이해를 형성했다. 또한, 불완전한 개념 체계에 기반한 정보를 기후 변화와 연결함으로써 획일적 기후 변화의 시나리오를 생성했다.

학생들의 극지 소양 검사와 면담 결과를 바탕으로 과학 교육과정에 극지 소양 원리를 반영해야 하는 필요성을 논의했다. 우선 과학과 교육과정에 빙권의 요소를 보완하는 개념을 도입하고, 극지와 기후 변화에 대한 단편적 정보를 비판할 수 있는 기준을 학교 교육과정이 제공해야 한다. 아울러 학생들의 개념 공백에 스며든 대안 개념 체계를 점검해야 한다. 이 두 가지 시사점을 모두 충족할 수 있는 방안이 바로 극지 소양 교육이 될 수 있다. 이상 본 연구 결과를 토대로 도출한 시사점은 다음과 같다.

첫째, 기후 위기와 지구 환경 변화를 빅 아이디어로 설정한 교육과정을 마련할 필요가 있다. 최신 연구 결과를 반영한 기후 변화의 작용 기작이 추가되어야 하고, 다양한 측면의 원인과 결과를 묶어낼 수 있는 완전한 개념 체계를 포함해야 한다. 극지 소양 교육과 같이 전이성이 풍부한 개념을 적극 발굴해야 한다.

둘째, 지구 환경 변화를 중심으로 한 교육과정의 재정비에는 과학과 교육과정뿐 아니라 과학 관련성이 높은 내용을 다루는 타교과, 예를 들어 사회과나 실용교과의 교육과정 등도 함께 검토하고 정비해야 한다. 과학과에서 제공하는 개념 체계와 충돌하거나 부합하지 않는 내용이 있는지, 과학적 개념을 설명하는 방법에 오류가 없는지 적극적인 교차 검토가 필요하다. 학교 교육과정에서 다루는 동일한 개념을 설명하는 체계에 대해서는 관련 교과 간 일관성이 필요하다.

셋째, 수많은 매체로부터 쏟아지는 정보의 과학성을 판단하는 과학적 기준을 제공해야 한다. 잠재적 팬데믹으로서 기후 위기는 전 세계인의 관심과 이목

을 집중시킨다. 특히 다방면의 이익과 연결되어있는 매체들은 어느 정도 선정성과 선동성을 갖추고, 학생들의 마음과 사고를 공략하며, 이렇게 잠식된 사고 체계는 쉽게 교정되지 않는다. 이는 기후 변화에 국한된 문제는 아닐 것이며, 교육계는 새로운 목표와 과제-급변하는 현대사회의 쟁점을 비판적으로 검토하고 의사 결정할 수 있는 역량을 함양해야 하는 과제를 부여받았다. 기후 위기와 극지 문제는 이러한 역량이 결집 되어야 하는 결정체다. 이를 위해 근본적으로는 기후 변화를 포함한 지구 환경 변화에 대한 지식 체계의 형성이 우선되어야 하며 이런 탄탄한 과학적 개념 체계를 구축하는 것은 과학 교육자와 교육과정의 몫이다. 부차적으로 기후 변화 등의 특정 내용에서 과학성이 결여된 정보를 판단하는 기준을 표준화하거나 신뢰할 수 없는 정보의 특성들을 정리한 안내서 등을 마련할 필요가 있다.

넷째, 최근 쟁점으로 대두된 지구 환경 변화의 원리를 효과적으로 아우를 수 있도록 새로운 패러다임으로 전환해야 할 시기이며 새 패러다임의 대안으로서 극지 소양 원리를 제안한다. 극지 소양 원리는 물리, 화학, 생물, 지구과학과 같이 과학 영역을 분절적으로 다루지 않으며, 이들을 통합하고 인문, 사회 영역과 융합해서 극지 변화와 기후 변화를 조망하는 종합적 관점을 제공한다. 또한, 최신의 연구 결과를 기반으로 현상의 면모를 일방향으로 단정하지 않고, 다양한 측면의 원인과 결과를 복합적으로 바라보도록 이끌어 준다는 점에서 융합적 사고를 촉진한다.

마지막으로 교육과정과 학습 경험으로부터 얻지 못했던 개념이나 정보를 인식하는 학생들의 사고 전략에 주목해야 한다. 과학 교육과정이 사실상 모든 개념을 명시적으로 다룰 수 없는 현실을 인정할 때, 이들이 사용하는 전략, 예컨대 본 연구에서 드러난 언어, 심상, 비유의 전략들을 최대한 적절하게 사용해서 과학적 개념과 바르게 대응시킬 수 있는 방안에 관심을 가져야 한다. 합당하게 사용된 언어, 심상, 비유 등의 방법은 앞으로 쏟아질 수많은 새로운 과학 개념을 빠르게 파악할 수 있는 생성력 높은 인지 전략일 수도 있다.

## 감사의 글

본 연구는 2021년도 한국해양과학기술원 부설 극지연구소의 PAP 사업 지원을 받아 수행된 연구임.

## References

- American Association for the Advancement of Science (AAAS), 2007, Communicating and learning about global climate change. Lonnie Thompson, Washington DC, USA, p. 32
- Allison, I., Béland, M., 2009, The state of polar research. World Meteorological Organization, Geneva, 16 p.
- An, J., and So, K., 2020, The effects of climate change education program using smart devices on elementary school students' knowledge, perception and attitude about climate change. The Journal of the Korean Society of Energy and Climate Change Education, 10(1), 51-60. (in Korean Abstract)
- Anisimov, O., & Ortung, R., 2019, Climate change in Northern Russia through the prism of public perception. Ambio, 48(6), 661-671.
- 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 Sebert, 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, 2020, <https://byrd.osu.edu/create-classroom-ice-cores> (December 1st 2020)
- Chang, S. K., Lee, B. Y., Chung, H. S., and Kang, S. H., 2003, Global environmental changes and the antarctic. Journal of the Korean Earth Science Society, 24(3), 216-233. (in Korean with English abstract)
- 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. (in Korean with English abstract)
- 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. (in Korean with English abstract)
- Chung, S., Choi, H., Choi, Y., Kang, H., Jeon, J., and Shin, D., 2021a, Analysis of polar region-related topics in domestic and foreign textbooks. The Journal of the Korean Earth Science Society, 42(2), 201-220. (in Korean with English abstract)
- Chung, S., Choi, H., Choi, Y., Kang, H., Jeon, J., 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., 2021c, Elementary and secondary school teachers' Polar Literacy. The Journal of the Korean Earth Science Society, 42(6), 734-751. (in Korean with English abstract)



- abstract)
- Chung, S., and Yu, E., 2021, Assessing middle school students' understanding of radiative equilibrium, the greenhouse effect, and global warming through their interpretation of heat balance data. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 42(6), 770-788. (in Korean with English abstract)
- Chung, S., and Shin, D., 2018, Exploring the science learning experiences of science and engineering track high school students: Focusing on similarities and differences according to the types of cognitive-affective achievement. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 22(3), 163-182.. (in Korean with English abstract)
- Clarke, C. B., 2005, The impact of self-generated analogies on at-risk students' interest and motivation to learn. Doctoral dissertation, The Florida State University, Tallahassee, Florida, U.S.A.
- 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.
- Craciun, J., 2010, Public views of climate change in the Northwest Arctic Borough. Alaska: A Survey Research Report, Craciun Research Group.
- Dagher, Z. R., 1995, Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- Eliassen, B.-M., Melhus, M., Kruse, J., Poppel, B., and Broderstad, A. R., 2012, Design and methods in a survey of living conditions in the Arctic; the SLiCA study. *International Journal of Circumpolar Health*, 71(1), 17229.
- Francis, J. A. and Vavrus, S. J., 2012, Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes. *Geophysical Research Letters*, 39, doi:10.1029/2012GL051000
- Friedel, A. W., Gabel, D. L., and Samuel, J., 1990, Using analogs for chemistry problem solving: Does it increase understanding? *School Science and Mathematics*, 90(8), 674-682.
- Hamilton, L. C., 2008, Who cares about polar regions? Results from a survey of US public opinion. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 40(4), 671-678.
- Hamilton, L. C., 2012, Did the Arctic ice recover? *Weather, Climate, and Society*, 4(4), 236-249.
- Hamilton, L. C., 2016, Where is the North Pole? An election-year survey on global change. Carsey Institute, Durham, NH.
- 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.
- Hamilton, L. C., Wirsing, J., Brunacini, J., and Pfirman, S., 2017, Arctic knowledge of the U.S. public. *Witness the Arctic*.
- Hamilton, L. C., Hartter, J., and Bell, E., 2019, Generation gaps in U.S. public opinion on renewable energy and climate change. *PLOS One*, 14(7), e0217608.
- Hunter-Thomson, K., 2020, Bring on the polar data: Two approaches to connect students with polar data through the Polar-ICE Project. *Current: The Journal of Marine Education*, 34(1), 10.
- Hur, S. D., Lee, J. I., and Woo, J. S., 2017, Polar research. *Journal of the Geological Society of Korea*, 53(4), 487-488. (in Korean with English abstract)
- Illingworth, S. M., and Roop, H. A., 2015, Developing keyskills as a science communicator: Case studies of two scientist-led outreach programmes. *Geosciences*, 5(1), 2-14.
- 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.
- Francis, J., and Skific, N., 2015, Evidence linking rapid Arctic warming to mid-latitude weather patterns. *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences.*, 373, 1-12.
- Jeong, Y., and Lee, S., 2018, The effect of climate change education on the awareness, knowledge, attitude about climate change, environmental sensitivity, and environmental attitude of elementary school students using climate change experience center in Busan. *The journal of the Korean Society of Energy and Climate Change Education*, 8(2), 113-127. (in Korean with English abstract)
- Jung, C., Choi, K., Baek, E., and 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)
- 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, 2019, Fleiss' kappa using SPSS Statistics. Statistical tutorials and software guides. Retrieved on October 30, 2021 from <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/fleiss-kappa-in-spss-statistics.php>
- Landis, J. R., and Koch, G. G., 1977, The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159-174.
- Lee, S., Jho, H., and Lee, B., 2021a, Development of conceptual inventory of climate change (I): Focus on the scientific concepts related to climate change. *The*

- Journal of the Korean Society of Energy and Climate Change Education, 11(2), 109-123. (in Korean with English abstract)
- Lee, S., Jho, H., and Lee, B., 2021b, Literacy survey of high school students on climate change: Focusing on climate change scientific concepts. The Journal of the Korean Society of Energy and Climate Change Education, 11(3), 273-285. (in Korean with English abstract)
- Leiserowitz, A., 2005, American risk perceptions: Is climate change dangerous? Risk Analysis, 25, 1433-1442.
- Leiserowitz, A., and Craciun, J., 2006, Alaskan opinions on global warming(No. 06-10). Decision Research.
- 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.
- Ministry of Environment, 2008, Public awareness survey [2nd] result report on response to climate change. (in Korean)
- Ministry of Education (MOE), 2015, 2015 Science curriculum. [Annex 9]. 2015-74.
- Ministry of Economy and Finance(MOEF), 2020, [https://www.moef.go.kr/nw/nes/detailNesDtaView.do?searchBbsId1=MOSFBBS\\_000000000028&searchNttId1=MOSF\\_000000000052647&menuNo=4010100](https://www.moef.go.kr/nw/nes/detailNesDtaView.do?searchBbsId1=MOSFBBS_000000000028&searchNttId1=MOSF_000000000052647&menuNo=4010100) (February 22rd 2022)
- Minor, K., Agneman, G., Davidsen, N., Kleemann, N., Markussen, U., Olsen, A., Lassen, D., and Rosing, M. T., 2019, Greenlandic perspectives on climate change 2018-2019: Results from a National Survey. University of Greenland and University of Copenhagen, Kraks Fond Institute for Urban Research.
- Noh, T., and Kwon, H., 1999, A study on science teachers' practices and perceptions of using analogies. Journal of the Korean Association for Science Education, 19(4), 665-673.
- Oh, P., Cho, H., Oh, S., Lee, H., Moon, B., Soh, Y., Jeon, H., and Park, C., 2018, Earth science?. Chunjae Textbook, Seoul. (in Korean)
- Pew Research Center, 2010, Obama more popular abroad than at home, Global image of U.S. continues to benefit. [http://www.Pewglobal.Org/Files/2010/06/Pew-Global-Attitudes\\_Spring-2010-RepoRt.Pdf](http://www.Pewglobal.Org/Files/2010/06/Pew-Global-Attitudes_Spring-2010-RepoRt.Pdf). (February 22rd 2022)
- Polar Literacy, 2022, <https://polar-ice.org/polar-literacy-initiative/> (February 1st 2022)
- Ruddiman, W. F., 2014, Earth's climate: Past and future, Third edition. W. H. Freeman and Company, New York.
- Rule, A. C., & Furletti, C., 2004, Using form and function analogy object boxes to teach human body systems. School Science and Mathematics, 104(4), 155-169.
- 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.
- Shin, Y., Oh, S., Jeon, Y., An, P., Lim, H., Kang, N., Choi, W., Oh, P., Kim, H., Park, C., Lee, S., and Jee, J., 2018, Intergrated Science. Chunjae textbook, Seoul. (in Korean)
- Shin, W., and Shin, D., 2021, A study on climate change attitudes, inquiry, and knowledge of elementary and middle School Students. The Journal of the Korean Society of Energy and Climate Change Education, 11(2), 95-107. (in Korean Abstract)
- Smith, T. W., Davern, M., Freese, J., and Morgan, S. I., 2019, General Social Surveys, 1972-2018. National Opinion Research Center.
- So, K., and Ha, N., 2016, The influence of climate change education program for club activity on recognition, attitude about climate change and environmental world view of primary school students. The journal of the Korean Society of Energy and Climate Change Education, 6(2), 139-147. (in Korean with English abstract)
- Turrin, M., Pfirman, S., and Hamilton, L., 2020, Polar fun and games. Current: The Journal of Marine Education, 34(1), 3-5.
- Wise, S. B., 2010, Climate change in the classroom: Patterns, motivations, and barriers to instruction among Colorado science teachers. Journal of Geoscience Education, 58(5), 297-309.
- 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 Economic Forum, 2022, The Global Risks Report 2022 17th Edition. Cologny, Geneva, Switzerland, p. 96.
- 2050 Net Zero Portal, 2022, <https://www.gihoo.or.kr/netzero/intro/intro0401.do> (February 22rd 2022)

---

Manuscript received: May 6, 2022

Revised manuscript received: May 30, 2022

Manuscript accepted: June 24, 2022