

RESEARCH ARTICLE

What should Science Education Prepare for ‘Carbon Neutrality’? for Elementary School Students

Sung Man Lim¹ · Kwang-Ho Lee¹ · Seong Un Kim^{1*}

¹Korea National University of Education

‘탄소중립’을 위해 과학교육은 무엇을 준비해야 하는가? : 초등학생을 대상으로

임성만¹ · 이광호¹ · 김성운^{1*}

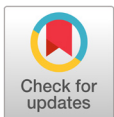
¹한국교육대학교

*Corresponding author: auul@naver.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate what needs to be prepared at the elementary school site to realize the carbon neutral policy of the Korean government, which declared 2050 carbon neutral. For the survey, 1,963 elementary school students nationwide participated in the survey. The data of elementary school students were collected evenly by grade level and region. As a result of analyzing the collected data first, elementary school students had a very small number of 410 students (20.9%) who had heard of carbon neutrality. Second, elementary school students experienced carbon neutrality through various channels, and it was surveyed that they experienced the most through ‘school classes’. Third, as for terms related to carbon neutrality, it was found that the term for global warming was more easily understood than the term carbon neutrality. Fourth, as a result of investigating the understanding of carbon neutrality, we came to the conclusion that it is not ‘easy to understand’ for elementary school students. In addition, it was confirmed that the level of comprehension increased as the grade level increased. Fifth, as a result of examining the understanding of how to practice carbon neutrality, it was concluded that elementary school students understood better than ‘content’ and did not have any difficulties in understanding. In addition, these results confirmed that the level of understanding increases as the grade level increases. These results are expected to provide a lot of help in setting the direction of overall carbon-neutral education in the future.

Key words: Carbon neutrality, elementary school student, science education, net zero



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2022, Vol. 12, No. 1, 97-117.

<https://doi.org/10.31216/BDL.20220007>

Received: February 14, 2022

Revised: March 15, 2022

Accepted: March 16, 2022

© 2022. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

최근 우리나라를 비롯해 세계 각국에서는 ‘탄소중립’ 선언을 하고 있다. 이러한 탄소중립 선언은 기후변화로 인해 일어나고 있는 여러 이슈에 적극 대응하기 위한 의지와 함께 지구를 보존하면서 지속가능한 발전을 이루기 위해 세계가 함께 힘써야 한다는 의미를 담고 있다. 해가 거듭될수록 과학과 기술은 발전한다. 그러나 과학과 기술의 발전은 사람을 포함한 자연의 터전인 ‘지구’의 보호·보존이라는 중요한 책무를 간과하게 하면서 ‘탄소중립’을 해야 할 만큼 지구 환경을 위험한 처지에 놓이게 했다.

한편, 과학, 기술, 그리고 사회의 상호관계를 인식하는 STS (Science-Technology-Society) 교육은 과학교육의 주요 목표 중 하나이다. 우리나라 또한 STS교육을 제 6차 교육과정부터 강조해오고 있다. STS교육은 과학과 기술의 발전에 수반되는 사회 및 환경의 변화와 관련된 주제를 포함한다(Cho, 1995). STS교육의 최근 흐름은 첨단 과학기술 시대에서 부각되는 과학기술과 관련된 사회·윤리적 쟁점들(이하 SSI, Socio-Scientific Issues)에 대해 관심을 갖고 대처할 수 있는 능력을 갖추도록 요구하는 적극적인 과학교육의 역할을 강조하는 방향으로 바뀌고 있다(Lee, 2016; Millar, 2006; National Research Council, 2010; OECD, 2004; Zeidler et al., 2005). STS와 SSI교육을 포함한 과학교육은 학습자에게 과학의 순기능과 역기능을 모두 이해하도록 하고 과학이 우리 사회에 미치는 영향에 대해 관심을 갖게 하며, 과학적 지식과 사고를 바탕으로 과학기술의 발전으로 발생하는 여러 가지 사회적 문제에 대해 옳은 판단을 내릴 수 있는 능력을 가질 수 있도록 도와야 한다.

앞서 언급되었던 ‘탄소중립’은 많은 학자들에 의해서 언급된 쟁점 중 하나이다. 과학기술의 발전으로 지구 평균 기온이 상승하면서 세계 여러 곳에서는 가뭄, 홍수, 폭우, 폭염, 북극 빙하 지역의 감소, 해수면 상승 등과 같은 문제가 발생되고 있다. 지구온난화와 관련하여 국제사회는 2016년 파리기후변화협정(Paris Climate Agreement)을 통해 온실가스를 줄이자는 전 지구적 합의를 만들었다. 수십 년간 협의 끝에 마련한 이 협약은 국제사회가 함께 노력해야 하는 최초의 기후 합의였다. 그럼에도 불구하고 세계 각국에서는 이와 관련된 구체적인 실행 노력이 이루어지지 않는 상황이다. 2019년 12월에는 유럽, 2020년 9월 중국, 2020년 10월 일본, 그리고 미국은 2021년 1월 바이든대통령이 취임하면서 파리협정에 재가입하고 2050년 탄소중립 달성을 약속했다. 우리나라는 다른 나라에 비해 다소 늦은 감이 있으나 2021년 8월에 ‘탄소중립’을 선언했다. 그렇다면 이제부터 과학교육을 비롯해 교육분야에서는 어떤 일을 해야 할까? 우리 모두의 보금자리인 지구를 지키기 위해 우리는 어떤 일을 해야 할까? 특히 ‘탄소중립’을 위해 과학교육은 무엇을 준비해야 할까? 본 연구는 이와 같은 물음에서 시작되었다.

현재 학교 현장에서는 2015 개정 교육과정이 적용되고 있다. 탄소중립과 관련된 온실 가스, 온실 효과, 지구 온난화 등은 현행 교육과정상 중학교 1~3학년군에 속한 과학 개념이다. 중학교 1~3학년군의 ‘(18) 기권과 날씨’에는 ‘[9과18-01] 기권의 층상 구조를 이해하고, 온실 효과와 지구 온난화를 복사 평형의 관점으로 설명할 수 있다.’라는 성취기준이 제시되어 있으며, 학습요소에도 온실 효과와 지구 온난화가 제시되어 있다. 그리고 고등학교 과정인 ‘통합과학’의 ‘(8) 생태계와 환경’의 학습요소에도 지구 온난화와 지구 환경 변화를 다루도록 제시되어 있으며, ‘(9) 발전과 신재생 에너지’에서도 지구 온난화 문제를 해결하는 방안을 구상하는 활동이 ‘<탐구 주제 및 활동(예시)>’에 제시되어 있다. 그리고 고등학교의 ‘지구과학 I’의 ‘(4) 대기와 해양의 상호 작용’과 ‘융합과학의 (6)에너지와 환경’에도 제시되어 있다. 이렇듯 탄소중립 및 지구온난화에 대한 개념은 초등학교에서는 다루고 있지 않았다.

아울러 탄소중립과 관련한 연구 논문을 검토해보았다. 탄소중립과 관련된 교육연구는 국내적으로 이루어진 바가 없었으며, 해외에서는 Kaczmarczyk & Urych (2022)가 폴란드 중학생과 대학생의 탄소중립에 대한 인식을 조사하였다. 지구온난화와 관련된 교육연구로는 지구온난화 교육 프로그램 개발 연구(Kim, 2011; Lee et al., 2011; Park & Hong, 2013), 지구온난화 및 기후변화와 관련된 인식 연구(Azeiteiro et al., 2018; Bang & Shin, 2016; Bofferding & Closer, 2015; Cho, 2012; Christensen & Knezek, 2018; Hestness et al., 2019; Hong, 2021; Karpudewan & Khan, 2017; Kil & Song, 2012; Lawson et al., 2018; Lawson et al., 2019; Lee et al., 2020; Lim et al., 2019; Littrell et al., 2020; Mongar, 2021; Mutlu & Nacaroglu, 2019; Oliver et al., 2020; Siegner & Stapert, 2020; Stevenson et al., 2018; Tolppanen et al., 2021; Yang et al., 2018; Yeo, 2018; Yoon et al., 2011; Zhao & Ewert, 2020) 등이 있었다. 세계적으로 이루어지고 있는 탄소중립 연구들도 정책과 제도와 관련된 연구와 건축과 관련된 연구로 양분할 수 있었으며, 교육과 관련된 연구는 찾기 힘들었다. 탄소중립 보다는 지구온난화와 관련된 교육 연구는 매우 많았다. 특히 Bozdogan (2011)은 1992년에서 2009년 사이에 출판된 지구온난화에 관한 62개의 연구 논문을 검토하여 지구온난화와 관련하여 학년별로 유사한 오해가 존재하며, 이 과정에서 미디어가 부정적인 영향을 미쳤다고 소개했다. 더불어 지구온난화에 대한 인식 교육에는 학생들이 적극적으로 참여하는 교육 방법, 시각 자료 및 학교 밖 사회 활동이 이 높은 교육적 효과를 나타냈다고 보고하였다. 또 이번 연구와 관련하여 Herman (2014)의 연구에서는 지구온난화에 대한 관점과 학습자의 사회문화적 배경이 지구온난화 방지에 대한 의지에 영향을 덜 미쳤음을 보고하였다. 특히 Herman은 연구를 통해 과학의 본성과 SSI에 대한 교육이 학습자에게 사회과학적 맥락의 문제 해결에 도움을 줄 수 있다고 주장하였다.

앞서 언급한 교육과정 및 선행 연구 결과를 보더라도 초등학생이 탄소 중립과 지구온난화와 관련된 개념이나 용어를 쉽게 이해하지는 못할 것이다. 그럼에도 불구하고 탄소중립을 실현을 위해서는 초등학교부터 실천적인 생활 습관을 형성시켜주는 것은 매우 중요하다. 특히 이러한 생활 습관 형성이 어린 나이일수록 쉽게 형성된다는 것은 많은 교육적인 연구를 통해 우리는 익히 알고 있다. 그렇다면 탄소중립의 실천을 위한 초등학생의 생활 습관 형성을 위해 과학교육은 무엇을 준비해야 할까? 초등학생은 탄소중립과 관련된 내용을 얼마나 이해하고 있을까? 그리고 탄소중립과 관련된 것들에 대해 경험해보았을까? 이러한 의문을 풀기 위해서는 먼저 탄소중립과 관련하여 초등학생이 이해할 수 있는 용어 및 이해 수준을 분석해보아야 한다. 본 연구는 이러한 점을 반영하여 현재 우리나라에서 탄소중립에 관한 초등학생용 자료를 바탕으로 초등학생의 이해 정도를 측정하여 분석하였다. 연구 결과는 앞으로 탄소중립을 실천하기 위해 만들어야 할 교육자료 구성에 도움을 제공할 것이며, 교사는 물론 정책입안자에게도 많은 시사점을 제공해줄 것이라 생각된다.

Method

Participants

초등학생의 '탄소중립'에 대한 인식을 알아보기 위한 이번 연구에는 Table 1과 같이 전국의 초등학생 총 1963명이 참여했다. 연구 참여자는 남학생 984명, 여학생 979명이었으며, 학년별로는 6학년 573명, 5학년 646명, 4학년 413명, 3학년 252명, 2학년 65명, 1학년 14명이었다. 5학년이 가장 많이 참여하였으며, 1학년이 가장 적게 참여하였다. 지역별로는 서울이 가장 많은 268명이었으며, 세종특별자치시가 가장 적은 41명이었다. 우리나라 17개 시도에서 모두 참여하여 탄소중립에 대한 우리나라 초등학생의 일반적인 이해도를 측정할 수 있게 되었다.

Table 1. Participants

		N	%
Gender		1,963	100.0
	Male	984	50.1
	Female	979	49.9
Grade		1,963	100.0
	1 st	14	0.7
	2 nd	65	3.3
	3 rd	252	12.8
	4 th	413	21.0
	5 th	646	32.9
	6 th	573	29.2
Provinces		1,963	100.0
	Seoul	268	13.7
	Gyeonggi	202	10.3
	Inchun	83	4.2
	Gangwon	56	2.9
	Chungbuk	69	3.5
	Chungnam	49	2.5
	Gyeongbuk	42	2.1
	Gyeongnam	90	4.6
	Jeonbuk	140	7.1
	Jeonnam	102	5.2
	Daegu	223	11.4
	Daejeon	61	3.1
	Busan	102	5.2
	Ulsan	182	9.3
	Gwangju	73	3.7
	Sejong	41	2.1
	Jeju	180	9.2

Development of Questionnaire Tool

이번 연구의 목적은 초등학생에게 탄소중립을 교육하기 위해 무엇을 준비해야 하는지 알아보기 위한 것으로 초등학생의 ‘탄소중립’에 대한 인식 및 이해를 알아보아야 했다. 이를 위해 우리나라 정부에서 개발해 ‘탄소중립’의 홍보에 이용하고 있는 카드뉴스를 이용하였다. 우리나라 정부는 2021년 전 지구적인 기후변화 위기에 대응하여 2050년 탄소중립사회를 목표로 하는 정책을 발표하였고, 이에 환경부는 전국민을 대상으로 탄소중립을 홍보하기 위하여 카드뉴스를 제작하여 배포하였다.

카드뉴스는 2가지 주제로 구성되어 있다. 우리나라 2050탄소중립 정책을 홍보하기 위한 카드 6장과 생활 속 탄소중립 실천 방법을 안내하기 위한 카드 5장이다. 카드뉴스는 모바일이나 SNS환경에서 쉽게 확인할 수 있는 크기로 가독성이 높게 구성되었다. 카드뉴스는 학생들에게 친근하게 읽힐 수 있도록 단순하며 이해하기 쉬운 사진, 삽화, 인포그래픽의 이미지와 짧은 텍스트로 구성되어 있다(Fig. 1).

조사 도구는 Table 2에서와 같이 개인 배경을 제외하고 크게 2개의 범주, 총 40개의 문항으로 구성하였다.

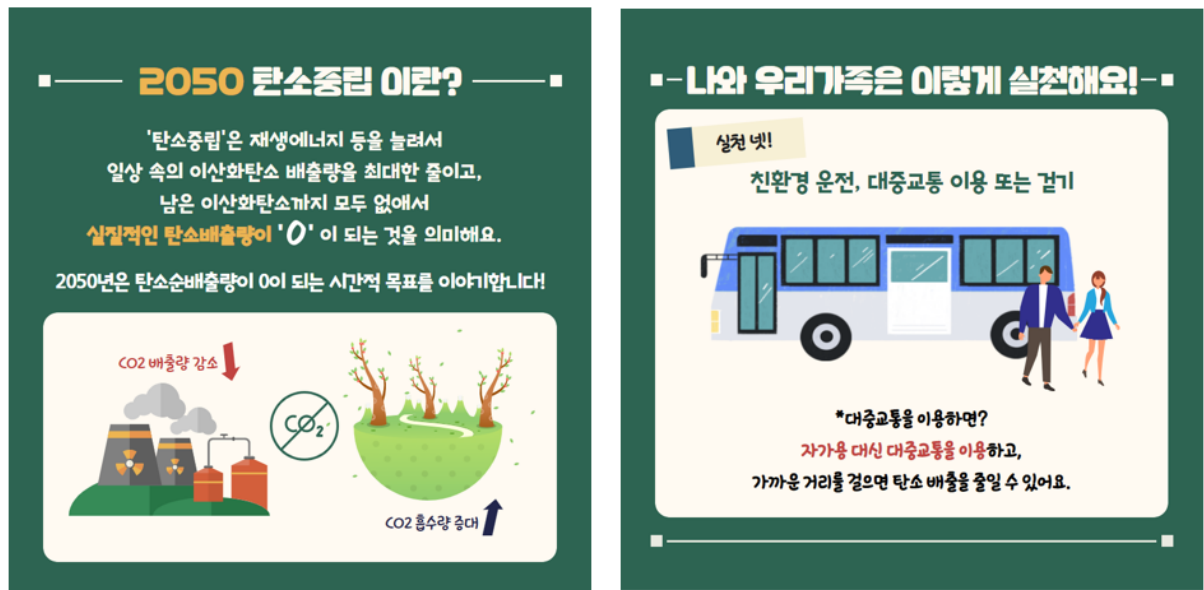


Fig. 1. Example of card news

Table 2. The questionnaire tool

Category	Content	Question number	Remarks
Personal background	Provinces	1	
	Grade	2	
	Gender	3	
1	Terms related to carbon neutrality.	Have you ever heard of the term	4, 8, 12, 16
		Where did you hear the term	5, 9, 13, 17
		Could you understand the term	6, 10, 14
		What you know about the term	7, 11, 15, 18
2	Understanding about card news.	Is the explanation of the card news easy to understand?	19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39
		What are the difficult words to understand in card news?	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40

조사 도구의 첫 번째 범주는 탄소중립 관련 용어에 대한 이해를 묻는 질문이었다. 용어는 탄소중립의 개념 이해에 필요한 용어로 “탄소중립”, “지구온난화”, “온실가스” 총 3개를 선정하였으며, 3개 용어를 모두 모르는 연구 참여자의 의견을 조사하기 위해 “지구가 더워지는 이유”를 추가하여 모두 4개로 정하였다. 용어에 대한 이해를 조사하기 위해 해당 용어를 들어본 적이 있는지, 용어를 어디서 들어봤는지, 용어를 이해할 수 있었는지, 용어에 대해 알고 있는 내용을 설명하도록 요청하는 질문으로 구성하였다. 두 번째 범주는 탄소중립에 대한 설명과 탄소중립 실천 방법에 대한 카드뉴스를 읽고 설명을 이해하기 쉬운지와 카드뉴스에서 이해하기 어려운 단어를 묻는 질문으로 구성하였다. 조사 도구 개발은 연구자 3인이 서로 협의하여 1차로 개발하였으며, 개발한 조사 도구는 초등학생 20명을 대상으로 Pilot test를 실시하였다. 검사 결과를 반영하여 문장을 자연스럽게 다듬는 작업과 연구 목적에 맞게 문항을 재배열하는 작업이 이루어진 후 조사 도구를 확정하였다.

탄소중립에 대한 카드뉴스의 이해정도를 묻는 문항의 Cronbach's α 계수는 0.85이며, 탄소중립 실천방법에 대한 카드뉴스의 이해정도를 묻는 문항의 Cronbach's α 계수는 0.86으로 나타나 도구의 신뢰도는 확보되었다고 판단되어진다.

Data Collection and Analysis

조사 도구의 배포를 위해 인터넷 포털사이트 N사의 설문조사 도구를 이용하여 온라인 설문지로 제작하였다. 조사는 전국적으로 고른 지역 배분을 위해서 전국의 초등학교 교사로 근무하는 지인들에게 문자 메시지와 개인 메신저로 배부하였으며 스노우 볼링의 기법으로 전국적으로 확산되었다. 자료 수집 기간은 2021년 9월 1일 ~ 9월 15일이었다.

수집한 자료는 통계프로그램인 SPSS 23.0으로 분석하였다. 조사 도구의 첫 번째 범주인 탄소중립 관련 용어에 대한 이해를 분석하기 위해 탄소중립 관련 용어를 들어본 적이 있는지, 어디에서 들어보았는지, 이해할 수 있는지를 기술통계로 분석하였다. 탄소중립 관련 용어에 대해서 알고 있는 내용은 2인의 연구자가 각자 답변의 의미를 질적으로 범주화하여 합의하였다. 범주화에서는 연구자가 이해하기 어려운 답변은 제외하였고, 인터넷 등에서 검색한 내용을 그대로 적은 경우, 용어를 그대로 언급한 경우(예, 탄소중립 - 탄소를 중립 되게 하는 것)는 제외하였다. 두 번째 범주인 카드뉴스로 제공한 설명이 이해하기 쉬운지에 대해 분석하기 위해 학년별로 각 카드 뉴스에서 제시한 탄소중립에 대해 설명하는 내용과 탄소중립을 위해 실천하는 방법의 2가지 분야에 대해 이해하는 정도를 일원배치 분산분석을 실시하였다. 그리고 카드뉴스로 제공한 과제에서 어떤 용어를 어려워하는지를 분석하기 위해 카드뉴스의 텍스트를 어절별로 구분하고 각 어절별로 응답한 연구 참여자의 수를 조사했다. 한 카드뉴스에서 반복적으로 유사한 용어가 제시된 경우는 누적적으로 개수를 세었고, 각 용어별로 응답한 연구 참여자수를 기록하였다.

Results

Elementary School Students' Experience and Understanding of Carbon-neutral Terms

초등학생들은 '탄소중립', '지구온난화', '온실가스', '지구가 점점 더워지고 있다.'와 같은 탄소중립과 관련된 용어에 대해 Table 3과 같이 들어본 적이 응답하였다. '지구가 점점 더워지고 있다.'는 표현은 전체 학생 1,963명중 92.4%인 1,813명의 학생들이 들어본 경험을 가지고 있었다. 그러나 '탄소중립'이라는 용어는 20.9%(410명)로 들어본 경험이 있다는 학생이 적었다. 또 '지구온난화'에 대해서는 74.4%(1,460명)의 학생들이 들어본 경험이 있었다. 이러한 점을 보면, 탄소중립과 관련된 교육이 학생들의 경험을 반영하여 '지구온난화'의 개념부터 시작해야 함을 알 수 있었다.

Table 3. Experience with terminology related to carbon neutrality (people)

	Carbon neutral	Global warming	Greenhouse gas	The earth is getting hotter.
I've heard	410 (20.9%)	1,460 (74.4%)	1,125 (57.3%)	1,813 (92.4%)
I've never heard	1,553 (79.1%)	503 (25.6%)	838 (42.7%)	150 (7.6%)

그렇다면 초등학생들은 탄소중립 관련 용어를 어떤 경로를 통해 경험해보았을까? 초등학생들은 Table 4에서 보는 것과 같이 탄소중립에 대해서는 TV 또는 영화(156명)를 통해서 가장 많이 경험하고 있음을 알 수 있었다. 미국 중학생을 대상으로한 Hestness et al. (2019)의 연구에서도 학교 안팎의 지역사회 및 인터넷, 텔레비전 등이 기후변화에 대한 인식을 높이는 중요한 요인이었다. 이러한 결과는 학생들의 탄소 중립에 대한 인식 전환을 위해서는 대중매체의 역할이 중요함을 나타낸다. 또한 다른 탄소중립 관련 용어인 지구온난화(1,400명), 온실가스(541명), 지구가 점점 더워지고 있다(1,229명)는 내용에 대해서는 대부분 학교 수업을 통해서 경험을 하고 있었다. 이러한 점을 보더라도 탄소중립과 관련된 교육은 학교 수업이 매우 중요함을 알 수 있었다. Christensen & Knezek (2018), Stevenson et al. (2018), Lawson et al. (2018)의 연구에서도 학교 교육은 학생들의 인식변화에 영향을 미치는 가장 중요한 요인이었다. 한편, 학교 수업을 제외한 다른 매체나 경로는 비슷하였으며, 어른이나 친구들과의 이야기를 통해서 경험하는 것은 상대적으로 적은 편이었다. Lawson et al. (2019)은 가정 내 부모와의 소통을 통한 기후 변화 교육이 지식 및 태도, 행동 등에서 효과적인 접근임을 강조하였다. 이에 학부모의 인식을 높여 가정 내 세대 간 학습에 대한 인식을 높일 필요도 있다.

Table 4. The path through which elementary school students gained experience related to carbon neutrality (people)

	Carbon neutral	Global warming	Greenhouse gas	The earth is getting hotter.
Book	131	951	471	853
TV or Movie	156	975	472	973
Internet	142	918	477	974
School class	135	1,400	541	1,229
Adults say	67	453	285	486
Friends say	16	315	78	269
Etc.	17	43	30	46
No answer	1,447	81	764	125

이렇게 다양한 경로를 통해서 경험하는 탄소중립과 관련된 용어를 초등학생들은 이해할 수 있었을까? 초등학생들의 이해수준을 파악한 결과는 Table 5와 같다. 설문조사는 초등학생들에게 탄소중립, 지구온난화, 온실가스, 지구가 점점더워지고 있다는 내용을 차례로 물어보았다. 예컨대, 탄소중립에 대해 먼저 들어본 적이 있는지를 물어보고 들어본 학생들에게는 어떤 경로를 들어보았는지를 물어보았다. 그리고 해당 용어를 들어본 경험이 있는 학생들은 탄소중립과 관련된 경험 경로, 탄소중립에 대한 이해도, 탄소중립에 대한 설명 및 알고 있는 내용을 물어보는 페이지로 이동하게 구성하였으며, 탄소중립에 관해 들어보지 못한 학생들은 다음 용어인 지구온난화에 대해 들어본 경험을 물어보는 페이지로 이동하게 구성하였다. 이후부터는 같은 형식으로 구성하였다. 그래서 탄소중립의 무응답자가 많은 것은 무응답자에는 탄소중립에 대해 들어본 적이 없는 학생들이 포함되어 있기 때문이다. Table 5를 보면, 초등학생들은 탄소중립에 대해 응답자 1,963명 중 167명(0.8%)만이 이해하고 있다고 응답하였다. 초등학생들은 탄소중립에 대해 전혀 이해하지 못하고 있다고 해도 과언이 아니다. 이러한 점은 추후 논의에서도 언급하겠으나 매우 우려스러운 결과라고 할 수 있다. 다행스러운 것은 지구온난화에 대해서는 1,621명(82.6%)의 학생들이 이해할 수 있다고 응답하였다. 즉 탄소중립 교육은 지구온난화라는 개념에서부터 시작해야 한다는 것을 시사해준다. 그러나 지구온난화의 개념에 속한다고 할 수 있는 온실가스에 대해 초등학생들은 592명(30.2%)의 학생이 이해할 수 있다는 응답을 보인 것은 지구온난화부터 시작해야 하는 탄소중립에 대한 교육이 개념의 위계를 고려하여 진행되어야 한다는 점을 보여준다고 하겠다.

Table 5. Understanding terms related to carbon neutrality (people)

	Carbon neutral	Global warming	Greenhouse gas
I understand	167	1,621	592
I don't understand	274	255	574
No answer	1,446	84	769

이번 설문조사에서는 초등학생들이 탄소중립과 관련된 용어에 대해 무엇을 알고 있는지 설명하거나 써보도록 개방형 질문을 실시하였다. 초등학생들의 응답에서 의미 있는 내용을 추출하여 분석한 결과는 아래와 같다. 탄소중립과 관련하여 초등학생들은 탄소 배출량과 흡수량, 기후변화, 환경오염, 지구온난화, 이산화탄소와 산소 등의 용어를 사용하여 설명하고 있었다.

탄소 배출량과 흡수량의 균형
탄소 배출을 줄이고 흡수를 늘리는 것
기후변화를 막기 위한 것
에너지 절약
쓰레기 분리 배출
지구를 건강하게 하는 것
환경 보호
탄소의 양이 늘어나는 것
탄소를 모두 제거, 탄소를 사용하지 않는 것
환경 오염, 대기 오염
지구온난화
지구온난화의 원인
이산화탄소, 탄산음료에 들어 있는 것
이산화탄소와 산소의 비율을 같게 하는 것
산소를 제거

<탄소중립과 관련해 알고 있는 내용>

지구온난화는 탄소중립과 관련된 용어(개념) 중에서 초등학생들이 가장 많이 들어보았으며, 알고 있다고 응답한 개념이다. 이러한 결과와 유사하게 지구온난화에 대한 초등학생들의 설명에는 이산화탄소의 증가, 기후변화, 이상기후, 온실가스, 오존층 파괴 등과 같은 매우 구체적인 용어나 개념들이 언급되고 있었다.

지구의 온도가 높아지는 것
이산화탄소가 늘어남
탄소 배출을 증가시키는 사람들의 활동(예, 자동차 매연, 자연 개발)
기후변화(예, 빙하를 녹임, 해수면이 높아짐)
이상기후
생태계 문제, 멸종 위기
지구가 아파함, 죽음
환경 오염
뜨거운 열기로 지구가 뜨거워짐

뜨거운 온실가스가 생김
태양 빛이 강해짐
오존층 파괴

<지구온난화와 관련해 알고 있는 내용>

온실가스와 관련해서는 지구온난화에 포함된 개념이라고 할 수 있어서인지 초등학생들의 응답에서도 지구, 지구온난화에 대한 언급이 많았으며, 지구의 담요, 지구의 옷과 같은 비유적인 표현도 많이 포함되어 있었다.

지구 복사를 흡수하는 기체
온실효과를 일으키는 기체
지구온난화의 원인
지구의 담요
지구의 옷
이산화탄소, 탄소
메탄
화석연료를 연소시킬 때 나오는 가스
소의 방귀
뜨거운 가스
지구를 오염시키는 가스
생태계를 파괴시키는 가스
산소가 아닌 것
가스가 새는 것
온실에서 쓰는 가스

<온실가스와 관련해 알고 있는 내용>

지구가 점점 더워지고 있다는 내용과 관련해서는 지구온난화라는 개념을 명확히 언급하는 고학년 학생들에 비해 명확한 개념을 가지고 있지 않은 저, 중학년 학년들은 '지구가 아파서 열이 남'과 같은 지구온난화와 관련된 이미지를 본 경험을 떠올려 응답하는 학생들도 많았으며, '지구와 태양 사이의 거리가 가까워짐'과 '오존층 파괴, 자외선 투과'와 같은 오개념이나 관련된 개념이 아닌 것을 이용해 설명하는 학생들도 있었다.

온실가스 배출의 증가
에너지 및 물질의 낭비
(물 전기 낭비, 쓰레기, 일회용품)
에너지 및 물질의 사용
환경 오염, 대기 오염
산업의 발달
지구가 아파서 열이 남
지구와 태양 사이의 거리가 가까워짐
오존층 파괴, 자외선 투과
지구의 기온이 올라갔기 때문
지구온난화 때문

<지구가 점점 더워지고 있다는 내용과 관련해 알고 있는 내용>

기후변화에 대한 학생들의 인식을 조사한 여러 선행 연구(Azeiteiro et al., 2018; Bofferding & Closer, 2015; Karpudewan & Khan, 2017; Littrell et al., 2020; Siegner & Stapert, 2020)에서와 마찬가지로 지구온난화 및 기후변화에 대한 원인과 결과, 특히 원인으로서의 인간의 활동으로 설명하는 경우가 많았다. 이와 같은 결과로부터 기후 변화에 대한 책임은 인간에게 있다고 인식하고 있으며, 문제해결을 위해서는 인간 활동의 개선이 필요함을 인식하고 있으므로 긍정적인 인식으로 볼 수 있다.

Elementary School Students Understand the Content of Carbon Neutrality

이번 연구에서는 탄소중립에 대한 초등학생들의 내용 이해를 알아보기 위해 우리나라 정부에서 탄소중립을 알리기 위해 사용하고 있는 ‘탄소중립 카드뉴스’를 이용하였다. 우리나라 정부가 탄소중립 2050을 발표한 지 1개월여 지난 시점이었기 때문에 탄소중립에 대한 홍보가 적극적으로 이루어지고 있었다. 카드뉴스는 총 6장이었다. 탄소중립 내용 이해에 대한 결과는 통계 프로그램을 이용하여 일원배치 분산분석을 실시하였다.

학년에 따른 탄소중립 내용 이해에 대한 평균과 표준편차는 Table 6과 같다. 탄소중립 내용 이해에 대한 각 카드뉴스의 평균은 2.49~2.94점을 나타냈다. 4점 리커트 척도라는 점을 감안하면 이해하기 쉬운 편은 아니었다는 것을 추론할 수 있다. 또 1학년을 제외하고 학년이 올라감에 따라 평균이 상승하는 것을 볼 수 있었다(1학년의 연구참여자가 많지 않아 통계적으로 유의미한 결과를 얻을 수 없다는 판단에 따라 통계분석에서 1학년을 제외함). 즉 학년이 올라감에 따라 카드뉴스에 제시된 탄소중립에 대한 내용을 조금 더 이해하고 있음을 알 수 있었다. 6장의 카드뉴스 중에서 가장 내용 이해가 높았던 것은 2.94점을 나타낸 ‘자연의 탄소 흡수 기능 강화’와 ‘재활용 · 재사용 최대화’에 대한 내용이었다. 또 ‘전기 · 수소를 모든 부문 이용’에 대한 내용도 2.93점을 나타냈다. 다른 카드뉴스에 비해 높은 점수를 나타낸 카드뉴스는 학생들이 생활 속에서 많이 들어본 내용으로 구성된 것을 확인할 수 있었다.

초등학생의 탄소중립 내용 이해는 학년에 따라 유의한 차이($F=6.67\sim14.49, p<.001$)가 있는 것으로 나타났다(Table 7). 이러한 학년에 따른 차이가 어떤 집단 간의 차이에서 기인한 것인지를 알아보기 위해 Scheffe 사후검증을 실시한 결과는 Table 8과 같이 나타났다.

학년에 따른 탄소중립 내용 이해에 대해 사후검증을 실시한 결과, 각 학년에 따른 탄소중립 내용 이해는 학년에 따라 유의미한 차이가 다르게 나타났다. Table 8을 보면, 19번 문항에 제시된 카드뉴스의 탄소중립 내용 이해에서는 2학년-5학년, 2학년-6학년, 3학년-6학년에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 21번과 23번 문항에서는 2학년-4학년, 2학년-5학년, 2학년-6학년, 3학년-5학년, 3학년-6학년, 4학년-6학년, 25번 문항에서는 2학년-전체 학년, 3학년-6학년에서, 27번 문항에서는 2학년-5학년, 2학년-6학년, 3학년-5학년, 3학년-6학년, 4학년-6학년에서 29번 문항에서는 2학년과 전체학년, 3학년-5학년, 3학년-6학년, 4학년-6학년에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.001$). 이러한 결과는 탄소중립 내용 이해가 학년에 따라 증가하는 발달적 양상을 보이고 있음을 나타낸다. 특히 2학년과 3학년에 비해 5학년과 6학년의 점수가 유의미하게 높은 것을 보면 학년이 올라가면서 탄소중립 내용 이해가 잘 이루어진다고 할 수 있으며, 반면에 초등학교 저학년 학생들에게는 탄소중립 카드뉴스의 내용이 어렵게 구성되었다는 것을 보여주는 방증이라고 할 수 있다. 기후변화에 대한 8-19세의 인식을 종합비교한 Lee et al. (2020)의 연구와 대학생의 인식을 비교한 Zhao & Ewert (2020)의 연구에서도 기후변화에 대한 학생들의 지식은 나이와 비례하여 일반적으로 증가하는 경향을 보였다. Kaczmarczyk & Urych (2022)의 연구에서도 학생들의 탄소중립에 대한 인식은 성인보다 낮았다. 이 연구들

은 이와 같은 결과에 대한 논의로 교육을 통한 대중의 인식 향상이 중요함을 언급하였다. 즉 교육과 경험을 통해 탄소중립에 대한 인식을 높일 수 있다.

Table 6. The mean and standard deviation of the understanding of carbon neutrality card news by grade (n=1,963)

Question number	Grade	n	mean	SD
19	1st	14	2.29	.994
	2nd	65	2.23	.825
	3rd	252	2.42	.905
	4th	413	2.51	.820
	5th	646	2.61	.823
	6th	573	2.68	.822
	Total	1,963	2.57	.841
21	1st	14	2.07	.616
	2nd	65	2.08	.835
	3rd	252	2.36	.910
	4th	413	2.51	.820
	5th	646	2.60	.847
	6th	573	2.75	.811
	Total	1,963	2.57	.852
23	1st	14	2.79	.579
	2nd	65	2.45	.830
	3rd	252	2.71	.956
	4th	413	2.84	.853
	5th	646	3.01	.823
	6th	573	3.05	.776
	Total	1,963	2.93	.845
25	1st	14	2.21	1.051
	2nd	65	1.92	.816
	3rd	252	2.36	.961
	4th	413	2.46	.810
	5th	646	2.56	.858
	6th	573	2.57	.803
	Total	1,963	2.49	.856
27	1st	14	2.93	.829
	2nd	65	2.55	.848
	3rd	252	2.77	.979
	4th	413	2.88	.863
	5th	646	2.99	.786
	6th	573	3.06	.796
	Total	1,963	2.94	.843
29	1st	14	2.57	.938
	2nd	65	2.14	.747
	3rd	252	2.56	.961
	4th	413	2.69	.857
	5th	646	2.82	.839
	6th	573	2.90	.814
	Total	1,963	2.76	.864

Table 7. One-way ANOVA on the understanding of carbon neutrality card news by grade (n=1,963)

Variables	Sources of variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
19	Between Groups	23.245	5	4.649	6.67***
	Within Groups	1,363.305	1,957	.697	
	Total	1,386.550	1,962		
21	Between Groups	50.857	5	10.171	14.49***
	Within Groups	1,373.549	1,957	.702	
	Total	1,424.406	1,962		
23	Between Groups	42.392	5	8.478	12.21***
	Within Groups	1,359.044	1,957	.694	
	Total	1,401.437	1,962		
25	Between Groups	33.826	5	6.765	9.44***
	Within Groups	1,402.831	1,957	.717	
	Total	1,436.657	1,962		
27	Between Groups	28.159	5	5.632	8.08***
	Within Groups	1,364.564	1,957	.697	
	Total	1,392.723	1,962		
29	Between Groups	51.281	5	10.256	14.19***
	Within Groups	1,414.708	1,957	.723	
	Total	1,465.989	1,962		

*** $p < .001$

이번 연구에서는 초등학생들의 탄소중립 내용 이해와 더불어 탄소중립 실천 방법에 대한 이해를 알아보았다. 실천 방법에 대한 내용도 우리나라 정부에서 탄소중립을 홍보하기 위해 제작된 ‘탄소중립 카드뉴스’를 이용하였다. 카드뉴스는 총 5장이었다. 초등학생들의 탄소중립 실천 방법에 대한 이해 결과는 일원배치 분산 분석을 실시하였다.

학년대에 따른 탄소중립 실천 방법내용 이해에 대한 평균과 표준편차는 Table 9와 같다. 탄소중립 실천 방법에 대한 각 카드뉴스의 평균은 3.18점~3.52점을 나타냈다. 이 결과는 초등학생들이 탄소중립 실천 방법에 대해서는 대체적으로 잘 이해할 수 있다는 것을 나타낸다. 또한 탄소중립 내용 이해에 비해 약 0.6점 정도 높은 점수를 나타내는 것으로 탄소중립의 내용 보다는 실천방법을 이해하기 쉽게 느꼈다는 것을 나타낸다. 이러한 결과는 생활 속에서 초등학생들이 경험하는 내용을 통해 탄소중립을 위한 실천 습관을 예시하고 있기 때문에 초등학생들이 쉽게 이해할 수 있었을 것이라 생각된다. 그러나 다수의 연구(Mutlu & Nacaroglu, 2019; Tolppanen et al., 2021; Yang et al., 2018)에서 지구온난화 및 기후변화에 대한 인식과 해결방안 및 실천에 대한 인식 사이에 수준의 차이가 있다고 보고하였다. 그 원인으로 실질적인 행동의지의 부족과 낮은 수준의 인식 때문으로 보고하고 있다. 이에 탄소중립 및 지구온난화 등에 대한 개념적 이해에 더하여 실천방안에 대한 지식 역시 전달되어야 함을 알 수 있다.

Table 8. Scheffe post test summary for understanding carbon neutrality card news by grade

Q19	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd					
4th					
5th	***				
6th	***	***			
Q21	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd					
4th	***				
5th	***	***			
6th	***	***	***		
Q23	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd					
4th	***				
5th	***	***			
6th	***	***	***		
Q25	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd	***				
4th	***				
5th	***				
6th	***	***			
Q27	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd					
4th					
5th	***	***			
6th	***	***	***		
Q29	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd	***				
4th	***				
5th	***	***			
6th	***	***	***		

p<.001

Table 9. The mean and standard deviation of the understanding of carbon neutrality practices by grade (n=1,963)

Question number	Grade	n	mean	SD
31 	1st	14	3.14	.663
	2nd	65	2.95	.738
	3rd	252	3.15	.869
	4th	413	3.25	.768
	5th	646	3.33	.731
	6th	573	3.35	.773
	Total	1,963	3.28	.774
33 	1st	14	3.00	.784
	2nd	65	2.78	.893
	3rd	252	2.92	.946
	4th	413	3.16	.793
	5th	646	3.18	.788
	6th	573	3.27	.771
	Total	1,963	3.15	.818
35 	1st	14	3.36	.633
	2nd	65	3.31	.865
	3rd	252	3.41	.835
	4th	413	3.52	.702
	5th	646	3.58	.693
	6th	573	3.54	.715
	Total	1,963	3.52	.729
37 	1st	14	3.43	.514
	2nd	65	3.18	.788
	3rd	252	3.30	.891
	4th	413	3.41	.730
	5th	646	3.50	.702
	6th	573	3.50	.699
	Total	1,963	3.45	.740
39 	1st	14	3.00	.679
	2nd	65	2.72	.857
	3rd	252	2.97	.948
	4th	413	3.17	.795
	5th	646	3.22	.768
	6th	573	3.34	.756
	Total	1,963	3.20	.810

초등학생의 탄소중립 실천 방법 이해는 학년에 따라 유의한 차이($F=3.39\sim12.85, p<.01, p<.001$)가 있는 것으로 나타났다(Table 10). 이러한 학년에 따른 차이가 어떤 집단 간의 차이에서 기인한 것인지를 알아보기 위해 Scheffe 사후검증을 실시한 결과는 Table 11과 같이 나타났다.

Table 10. One-way ANOVA on the understanding of carbon neutrality practices by grade (n=1,963)

Variables	Sources of variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
31	Between Groups	16.359	5	3.272	5.52***
	Within Groups	1,160.417	1,957	.593	
	Total	1,176.776	1,962		
33	Between Groups	30.615	5	6.123	9.34***
	Within Groups	1,282.842	1,957	.656	
	Total	1,313.457	1,962		
35	Between Groups	8.956	5	1.791	3.39**
	Within Groups	1,032.785	1,957	.528	
	Total	1,041.741	1,962		
37	Between Groups	14.317	5	2.863	5.29***
	Within Groups	1,058.870	1,957	.541	
	Total	1,073.187	1,962		
39	Between Groups	40.893	5	8.179	12.85***
	Within Groups	1,245.989	1,957	.637	
	Total	1,286.882	1,962		

** $p < .01$, *** $p < .001$

학년에 따른 탄소중립 실천 방법 이해에 대해 사후검증을 실시한 결과, 각 학년에 따른 탄소중립 실천 방법 이해는 학년에 따라 유의미한 차이가 다르게 나타났다. Table 11을 보면, 31번 문항에 제시된 카드뉴스의 탄소중립 실천 방법 이해에서는 2학년-5학년, 2학년-6학년, 3학년-6학년에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 33번과 35번 문항에서는 2학년-4학년, 2학년-5학년, 2학년-6학년, 3학년-4학년, 3학년-5학년, 3학년-6학년, 37번 문항에서는 2학년-5학년, 3학년-5학년, 3학년-6학년에서, 39번 문항에서는 2학년-4학년, 2학년-5학년, 2학년-6학년, 3학년-5학년, 3학년-6학년에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .001$). 이러한 결과는 탄소중립 실천 방법 이해가 탄소중립 내용 이해와 같이 학년에 따라 증가하는 발달적 양상을 보이고 있음을 나타낸다. 특히 탄소중립 실천 방법 이해에서도 탄소중립 내용 이해와 같이 2학년과 3학년에 비해 5학년과 6학년의 점수가 유의미하게 높은 것을 보면 학년이 올라가면서 탄소중립 실천 방법 이해가 높아진다고 할 수 있다. 이와 같은 결과는 앞서 언급한 것과 같이 탄소중립 실천 방법에 대한 인식을 높이기 위해서 교육과 경험이 중요하며 이에 대해 국가적인 관심을 가질 필요가 있다 하겠다.

이번 조사에서는 초등학생들의 탄소중립 내용 및 실천 방법에 대한 이해를 조사하면서 카드뉴스에 사용된 용어에서 이해하기 어려운 용어를 선택하는 개방형 조사도 함께 실시하였다. 탄소중립 내용 이해와 관련하여 초등학생들이 어려워하는 용어는 총 60개로 조사되었다. 60개 단어의 빈도에 따라 글자 크기별로 나타내면 Fig. 2와 같은 워드클라우드가 생성되었다. 탄소중립 내용 중에서 대표적 어려워하는 용어에는 탈탄소(733명 선택), 탄소배출량(584명), 체계(477명), 삶의 질(462명), EU(432명), 재생에너지(397명), 수소(395명), 그린 리모델링(395명), 포집(390명) 등이 있었다. 앞으로 초등학생을 위한 탄소중립 교육에서는 이와 같은 결과를 반영하여 교육이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Table 11. Scheffe post test summary for understanding carbon neutrality practices by grade

Q31	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd					
4th					
5th	***				
6th	***	***			
Q33	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd					
4th	***	***			
5th	***	***			
6th	***	***			
Q35	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd					
4th	***	***			
5th	***	***			
6th	***	***			
Q37	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd					
4th					
5th	***	***			
6th		***			
Q39	2nd	3rd	4th	5th	6th
2nd					
3rd					
4th	***				
5th	***	***			
6th	***	***			

 $p < .001$

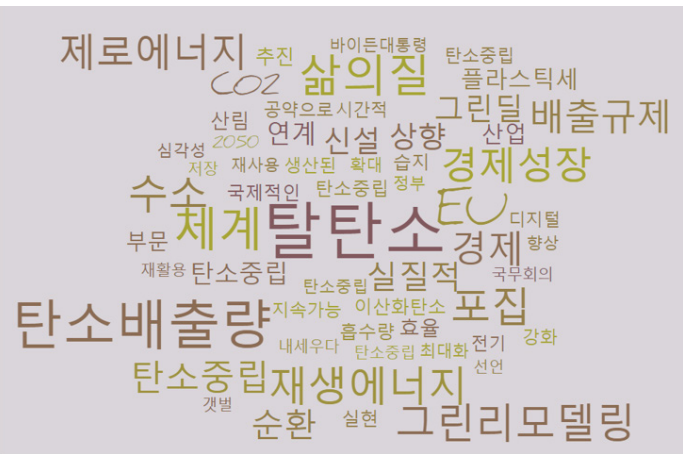


Fig. 2. The term that students find difficult in carbon neutrality card news

탄소중립 실천 방법과 관련하여 초등학생들이 어려워하는 용어는 총 35개로 조사되었다. 탄소중립 내용보다는 적은 수치였다. 45개 단어의 빈도에 따라 글자 크기별로 나타내면 Fig. 3과 같은 워드클라우드가 생성되었다. 탄소중립 실천 방법 중에서 대표적 어려워하는 용어에는 저탄소(403명 선택), 대기전력(269명), 고효율(258명), 온맵시(232명), 탄소(168명), 소비량(151명), 배출(151명), 온실가스(105명) 등이 있었다. 용어의 수나 선택한 학생의 수를 보더라도 초등학생들에게는 탄소중립 내용 보다는 실천 방법의 용어들이 쉽게 이해되는 것을 알 수 있었다.



Fig. 3. The term that students find difficult in carbon neutrality practices

Discussion and Conclusion

최근 과학교육에서는 과학과 관련된 사회적인 문제들에 대해 학습자가 합리적인 의사결정을 내릴 수 있도록 교육하는 것을 중요한 목표로 삼고 있다(Lee, 2018; Sadler et al., 2006; Zeidler et al., 2005). 이번 연구의 주제인 탄소중립은 과학과 관련된 대표적인 사회적 쟁점이라고 할 수 있다. 이에 대해 우리나라를 비롯한 세계 여러 나라에서는 그 심각성을 인식하고 탄소중립을 선언하고 있다. 그러나 탄소중립을 위해서는 일반 국민은 물론 학생들의 실천적인 행위가 매우 중요함에도 불구하고 아직까지 이에 대한 기초연구가 미흡한 실정이다. 이러한 점은 이번 연구에서도 확인할 수 있었다. 우리나라 전국 초등학생 1,963명을 대상으로 실시한 설문조사에서 1,553명(79.1%)의 학생이 '탄소중립'에 대해 들어본 적이 없다는 답변을 하였다. 물론 2050 탄소중립을 선언한지 얼마 지나지 않은 시점이기기는 하지만, 매우 높은 수치임에는 틀림없다. 우리나라 정부를 비롯한 교육 주체들의 적극적인 교육이 이루어져야 함을 알 수 있다.

탄소중립에 대한 인식 및 교육은 지속가능발전(Sustainable Development)과 관련하여 교육해야 한다. 최근 탄소배출과 관련된 글로벌 문제를 해결하기 위한 노력의 일환으로 현 세대는 물론 미래 세대 모두의 요구를 충족시키기 위해 지속가능발전이 강조되고 있다(Lim & Kim, 2017). 지구를 보존하기 위한 노력 중의 하나가 바로 탄소중립선언이다. 이러한 탄소중립을 위해, 지구를 보존하기 위해, 나아가 지구의 지속가능한 발전을 위해 학교 교육이 관련 개념을 이해시키고 확산시키는 역할을 해야 하며, 학생은 물론 교사들에게 지속가능발전교육의 필요성을 공감하도록 해야 한다(Lee et al., 2006).

이번 연구는 2050 탄소중립을 선언한 우리나라의 앞으로의 탄소중립에 관한 교육 계획 수립을 위한 기초 조사의 성격을 가지고 있었다. 연구 결과에서도 보듯이 탄소중립의 주요 핵심 개념이라고 할 수 있는 ‘지구온난화’에 대해서는 많은 초등학생들(1,621명)이 이해하고 있다고 응답하였다. 이러한 점을 보면 앞으로의 탄소중립의 교육은 초등학생의 이해가 높은 ‘지구온난화’와 연결시켜 이루어져야 하며, 학교급별 인지 수준을 고려하여 교육 자료가 개발되고 보급되어야 할 것으로 생각된다. 특히 초등학생들이 탄소중립과 관련된 경험의 경로로 대부분 ‘학교 수업’이라는 응답이 많이 한 것을 고려하여 학교에 보급되는 교육자료가 매우 중요함을 알 수 있다. 정부차원의 홍보 전략과 더불어 탄소중립에 관한 교육 자료를 개발하여 학교에 보급하는 것이 매우 중요한 일이라는 것을 확인할 수 있다. 학생들을 위한 시각적인 미디어자료는 탄소중립에 대한 인식을 높이는데 기여할 것이다(Kaczmarczyk & Urych, 2022). 그러나 현재 정부에서 개발하여 사용하고 있는 탄소중립에 관한 카드뉴스를 포함한 홍보 자료들은 학생들의 인지수준을 고려하여 학교급별로 차별화하여 제작·배포되었다고 볼 수 없다. 이러한 부분이 체계적으로 이루어질 때 탄소중립에 대한 의식이 높아져 탄소중립을 앞당길 수 있을 것이다.

이번 연구에서 실시한 탄소중립의 내용 및 실천 방법에 대한 이해에 대한 조사 결과를 보면, 초등학생들은 탄소중립에 대한 내용 이해에 비해 실천 방법에 대한 이해가 높았다. 그 이유는 실천 방법에서 사용하는 용어들이 학생들이 이해할 수 있는 쉬운 용어 및 일상 생활 용어로 진술되었기 때문이다. 이러한 점에서 탄소중립의 교육 자료를 제작하거나 홍보할 때 초등학생은 물론 일반인이 이해할 수 있는 쉬운 용어를 사용해야 할 필요가 있다. 특히 일반인들의 학력 및 연령의 차이가 크기 때문에 일반인을 대상으로 하는 홍보 교육 자료는 더욱더 쉬운 용어를 사용하여 제작되어야 한다. 초등학생을 위한 탄소중립 교육 자료는 이번 설문 조사 결과를 반영하여 초등학생들이 이해하고 있는 ‘지구온난화’라는 개념과 함께 설명하고 실천 방법 위주로 쉬운 용어를 사용하여 제작되어야 할 것이다.

탄소중립과 관련하여 정부 및 교육기관에서는 두 가지 접근 방식을 도모해야 한다. 하나는 지금과 같은 탄소중립에 대한 적극적인 홍보와 교육이다. 다른 하나는 보다 적극적인 탄소중립의 경험, 즉 탄소중립에 대한 학습 경험을 제공하는 것이다. 예컨대 Murley et al. (2017)의 연구를 보면, 예비교사들에게 미국 최초의 Net-Zero 학교에 현장 실습을 하게 하여 탄소중립에 대한 실천적 경험을 갖게 해줌으로써 탄소중립의 이점을 직접적으로 확인하게 하여 예비교사들의 탄소중립에 대한 인식뿐만 아니라 학습 환경 구성에 대한 교사로서의 생각을 바꿀 수 기회를 줄 수 있다는 것이다. 더불어 이번 연구는 전국의 초등학생들을 대상으로만 이루어진 조사였다. 이를 더 확대하여 전국의 중·고등학교 학생을 비롯한 전 국민을 대상으로 설문조사가 이루어지고 그 결과를 반영하여 앞으로 탄소중립 홍보 및 교육 계획을 수립하는데 이용해야 할 것이다.

Acknowledgement

This work was supported from the Korea Foundation for Science and Creativity, funded by the Ministry of Science and Technology in 2021.

References

- Azeiteiro, U. M., Bacelar-Nicolau, P., Santos, P.T., Bacelar-Nicolau, L., & Morgado, F. (2018). Assessing high school student perceptions and comprehension of climate change. In W. Leal Filho., E. Manolas. E., Azul, A., Azeiteiro, U., McGhie, H (Eds.), *Handbook of Climate Change Communication* (Vol 3, pp. 21-34). Cham, Switzerland: Springer.
- Bang, K. I., & Shin, D. H. (2016). Exploring of climate change education plan in elementary school using newspaper articles. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 6, 65-80.
- Bofferding, L., & Kloser, M. (2015). Middle and high school students' conceptions of climate change mitigation and adaptation strategies. *Environmental Education Research*, 21, 275-294.
- Bozdoğan, A. E. (2011). "The effects of instruction with visual materials on the development of preservice elementary teachers' knowledge and attitude towards global warming. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10, 218-233.
- Cho, H. G. (2012). Perceptions of pre-service elementary teachers about the global warming through classroom discussion. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 2, 31-39.
- Cho, H. Y. (1995). The meaning of STS and the attributes of STS education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 15, 371-378.
- Christensen, R., & Knezek, G. (2018). Impact of middle school student energy monitoring activities on climate change beliefs and intentions. *School Science and Mathematics*, 118, 43-52.
- Herman, B. (2014). The influence of global warming science views and sociocultural factors on willingness to mitigate global warming. *Science Education*, 99, 1-38.
- Hestness, E., McGinnis, J. R., & Breslyn, W. (2019). Examining the relationship between middle school students' sociocultural participation and their ideas about climate change. *Environmental Education Research*, 25, 912-924.
- Hong, J. E., (2021). A study on pre-service biology teachers' perceptions of global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 11, 165-173.
- Kaczmarczyk, B., & Urych, I. (2022). Perception of the Transition to a Zero-Emission Economy in the Opinion of Polish Students. *Energies*, 15, 1102.
- Karpudewan, M., & Mohd Ali Khan, N. S. (2017). Experiential-based climate change education: Fostering students' knowledge and motivation towards the environment. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 26, 207-222.
- Kil, J. H., Song, S. C. (2012). Study on elementary school students' conceptual understanding of the global warming. *Biology Education*, 40, 421-428.
- Kim, Y. G. (2011). A study on the development of an environmental education program about climate change in elementary schools. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 1, 135-146.
- Lawson, D. F., Stevenson, K. T., Peterson, M. N., Carrier, S. J., Strnad, R., & Seekamp, E. (2018). Intergenerational learning: are children key in spurring climate action?. *Global Environmental Change*, 53, 204-208.
- Lawson, D. F., Stevenson, K. T., Peterson, M. N., Carrier, S.J., L Strnad, R., & Seekamp, E. (2019). Children can foster climate change concern among their parents. *Nature Climate Change*, 9, 458-462.
- Lee, H. J. (2016). Conceptualization of an SSI-PCK framework for teaching socioscientific issue. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36, 539-550.
- Lee, H. J. (2018). *What is SSI Education*. Seoul: Parkyoung Story

- Lee, H. N., Kwon, Y. J., Oh, H. J., & Lee, H. D. (2011). Development and application of the educational program to increase high school students' systems thinking skills - Focus on global warming. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 32, 784-797.
- Lee, S. K., Lee, J. Y., Lee, S. C., Lee, Y. J., Min, K. S., Sim, S. K., ... Ha, K. H. (2006). The awareness of teachers and college students towards sustainable development and education for sustainable development. *Korean Journal of Environmental Education*, 19, 1-13.
- Lee, K., Gjersoe, N., O'Neill, S., & Barnett, J. (2020). Youth perceptions of climate change: A narrative synthesis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11, e641.
- Lim, H. J., Choi, S. Y., Park, H. Y., & Yeo, S. I. (2019). Understanding of applicants for science gifted education on the phenomena and problems of global warming. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 9, 293-301.
- Lim, S. M., & Kim, S. U. (2017). Development and effects analysis of a elementary school scientific inquiry learning module in view of ESD: Focusing on 'Volcano and Earthquake' unit. *Asia-Pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, 7, 603-613.
- Littrell, M. K., Tayne, K., Okochi, C., Leckey, E., Gold, A. U., & Lynds, S. (2020). Student perspectives on climate change through place-based filmmaking. *Environmental Education Research*, 26, 594-610.
- Millar, R. (2006). Twenty first century science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28, 1499-1521.
- Mongar, K. (2021). Bhutanese Teachers' and Students' Perceptions about Environmental Issues in Bhutan. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 18, e2263.
- Murley, L. D., Gandy, S. K., & Huss, J. M. (2017). Teacher candidates research, teach, and learn in the nation's first net zero school. *The Journal of Environmental Education*, 48, 121-129.
- Mutlu, F., & Nacaroglu, O. (2019). Examination of Perceptions of Gifted Students about Climate Change and Global Warming. *Journal of Baltic Science Education*, 18, 780-792.
- National Research Council [NRC]. (2010). Conceptual framework for new science education standards. Retrieved from http://www7.nationalacademies.org/bose/Standards_Framework_Homepage.html.
- Oliver, M. C., & Adkins, M. J. (2020). "Hot-headed" students? Scientific literacy, perceptions and awareness of climate change in 15-year olds across 54 countries. *Energy Research & Social Science*, 70, 101641.
- Organization for Economic and Co-operation and Development [OECD]. (2004). Scientific literacy. In J. Gilbert (Ed.), *The RoutledgeFalmer Reader in Science Education* (pp. 39-52). London and New York: RoutledgeFalmer, Taylor and Francis Group.
- Park, H. C., & Hong, S. H. (2013). The effects on environmental literacy change of elementary students through global warming educational program containing regional characteristics. *Journal of Educational Studies*, 44, 97-122.
- Sadler, T. D., Amirshokohi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 353-376.
- Stevenson, K. T., Nils Peterson, M., & Bondell, H. D. (2018). Developing a model of climate change behavior among adolescents. *Climatic Change*, 151, 589-603.
- Tolppanen, S., Claudelin, A., & Kang, J. (2021). Pre-service teachers' knowledge and perceptions of the impact of mitigative climate actions and their willingness to act. *Research in Science Education*, 51, 1629-1649.
- Yang, L., Liao, W., Liu, C., Zhang, N., Zhong, S., & Huang, C. (2018). Associations between knowledge of the causes and perceived impacts of climate change: a cross-sectional survey of medical, public health and nursing students in universities in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 2650.

- Yeo, S. I. (2017). Comparative analysis of elementary gifted and non-gifted students' perceptions about causes and effects of global warming and their data interpretation ability. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 7, 203-211.
- Yoon, H. G., Kim, M. J., Boyes, E., Stanisstreet, M. & Skamp, K. (2011). Understanding students' beliefs about actions and willingness to act on global warming in Korea and Singapore. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31, 181-197.
- Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M., & Howes, E. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89, 357-377.

Authors Information

Lim, Sung Man, Korea National University of Education, Professor, First Author.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6958-2913>

Lee, Kwang-Ho, Korea National University of Education, Professor, Co-author

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1320-2715>

Kim, Seong Un, Korea National University of Education, Researcher, Corresponding Author

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7455-6077>