

청소년 대상 탄소중립 숲교육 효과 및 만족도 분석

최재혁 · 하시연 

국립산림과학원 산림휴먼서비스연구과

Effectiveness of Carbon-Neutral Forest Education for Elementary and Middle School Students

Jae Hyeok Choi and Si Yeon Ha 

Division of Forest Human Service, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

요약: 본 연구는 초등학교 4~6학년 학생과 중학생을 대상으로 탄소중립 숲교육의 효과를 확인하는 데 목적이 있다. 산림청은 2022년 탄소중립 중점학교 및 시범학교를 대상으로 숲교육 프로그램을 개발하고 학교 현장에서 교육을 진행하였다. 프로그램의 교육 효과를 검증하기 위해 숲에 대한 인식, 탄소중립 숲교육 효과 척도(지식, 태도, 행동), 교육 만족도를 조사하였으며, 프로그램 사전·사후 설문에 모두 응답한 895명의 데이터를 분석하였다. 분석 결과, 워드클라우드를 활용한 숲 인식 조사에서 프로그램 참가 후 탄소중립 관련 단어의 출현 빈도가 증가하여, 프로그램이 탄소중립 개념 확산에 기여했음을 확인할 수 있었다. 탄소중립 숲교육 효과는 지식, 태도, 행동의 모든 영역에서 통계적으로 유의미한 변화가 나타났다($p < .01$). 초등학교 4~6학년과 중학생을 구분하여 분석한 결과 두 집단 모두 모든 영역에서 긍정적인 변화를 보였으나, 태도 변화에서는 초등학교와 중학생 간 유의미한 차이가 나타났다($p < .05$). 또한, 초등 4~6학년 학생의 만족도가 중학생보다 높은 것으로 나타났다. 결론적으로, 탄소중립 숲교육은 초등학교와 중학생의 탄소중립에 대한 인식을 제고하고, 지식, 태도, 행동의 변화를 유도하는 데 효과적인 교육 프로그램임을 확인하였다. 본 연구는 탄소중립 숲교육의 중요성과 효과를 실증적으로 검증함으로써, 향후 탄소중립 숲교육 활성화를 위한 기초자료를 제공했다는 점에서 의의가 있다.

Abstract: This study examined the effectiveness of carbon-neutral forest education for upper elementary (grades 4-6) and middle school students. In 2022, the Korea Forest Service developed and implemented a forest education program in carbon-neutral model schools and pilot schools. To evaluate the educational impact of this program, the study conducted pre- and post-surveys to assess the students' perceptions of forests, effectiveness of the program (including on knowledge, attitudes, and behaviors), and their satisfaction with the program. The analysis included 895 students who completed both the pre- and post-surveys. The results of a word cloud analysis revealed that, after participating in the program, the use of carbon-neutral-related words increased among students, indicating that the program contributed to spreading awareness of carbon neutrality. The effectiveness of the program was statistically significant across all domains of knowledge, attitudes, and behaviors ($p < 0.01$). Both elementary and middle school students exhibited positive changes in all domains. However, the change in attitude showed a statistically significant difference between the two groups ($p < 0.05$). Additionally, the elementary students reported higher satisfaction with the program than the middle school students. Thus, the carbon-neutral forest education program was found to be an effective educational tool for enhancing students' awareness of carbon neutrality and fostering changes in their knowledge, attitudes, and behaviors. This study provided a foundational resource for promoting and expanding future carbon-neutral forest education by empirically verifying its importance and effectiveness.

Key words: 2050 carbon neutrality, forest education, educational effectiveness, school education

* Corresponding author
E-mail: hashon@korea.kr

ORCID
Si Yeon Ha  <https://orcid.org/0000-0003-0344-7695>

서론

지구온난화, 생태계 변화, 기후 위기 등의 문제가 대두되면서 탄소중립이 전 세계적으로 주요한 키워드로 꼽히고 있다. IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 제6차 보고서는 향후 대부분의 기후변화 시나리오에서 가까운 미래에 전 지구 평균 온도가 1.5°C 상승하는 것으로 예측하고 있다(IPCC, 2022). 국제사회는 산업화 이전 대비 지구의 평균 온도 상승 1.5°C 이내로 유지하고자 하는 파리협정(신기후체제)의 목표 달성을 통해 이를 대비하고자 하였고, 2050년까지 이산화탄소 배출량과 흡수량이 균형을 이루는 ‘순 배출 0’을 달성하는 탄소중립에 도달할 것을 선언했다(Lee et al., 2022).

한국은 2050 탄소중립 시나리오를 통해 탄소흡수원으로 중요한 역할을 하는 산림에 대한 탄소중립 계획을 발표하였다(2050 CNC, 2021). 2050 탄소중립 선언을 통해 “적응적 감축”에서 “능동적 대응”으로 탄소중립 사회에 대한 국민 인식 제고 필요성이 증가하면서 능동적 대응 방법으로 탄소중립을 위한 교육의 역할이 증대되었다.

이에 대응할 수 있는 교육적 기반을 마련하기 위해 2021년에 「교육기본법 제22조의2(기후변화 환경교육)」가 제정되었고 이에 생태전환교육이 신설되었다. 해당 법안은 “제22조의2(기후변화 환경교육) 국가와 지방자치단체는 모든 국민이 기후변화 등에 대응하기 위하여 생태 전환교육을 받을 수 있도록 필요한 시책을 수립·실시하여야 한다.”를 명시하고 있다. 또한 탄소중립기본법 제67조(녹색생활 운동 지원 및 교육·홍보)에서는 국민이 관련 활동에 참여하고 녹색생활을 실천할 수 있도록 탄소중립 교육·홍보를 확대해야 한다고 명시되어 있다.

이러한 요구를 충족하기 위해 산림청은 탄소중립 시범 학교의 숲교육을 지원하고자 탄소중립 숲교육 프로그램을 개발하고 학교 현장에서 교육을 진행하였다(KFS, 2022). 탄소중립 숲교육의 교육 내용은 탄소중립의 개념, 산림의 탄소 저감 관련 3개 영역(탄소흡수·탄소 저장·탄소 저감), 산림의 기능 및 역사로 총 5개 영역으로 구성하였다. 산림의 탄소중립 3개 영역은 <2050 탄소중립 산림부문 추진전략(KFS, 2021)>의 전략과제 세부 로드맵 구성, <탄소중립사회 실현을 위한 목재의 효율적 활용 방안(NIFOS, 2021)>의 우리나라 산림의 탄소중립체계 추진전략, <한국산림과 온실가스·흡수·저감 및 저감방안(FRI, 1996)>의 목차 구성을 참조하여 개발되었다.

기존 산림교육의 효과를 측정한 선행연구들은 산림교육과 유사한 환경교육 효과 평가도구를 이용하거나 심리적 요인을 측정하는 도구를 이용하여 효과를 평가하였다

(Choi and Ha, 2021). 환경교육 평가도구를 이용하여 산림교육 연구를 보완하기 위해 회복환경지각척도(Berto, 2005)를 숲체험교육 효과 측정을 위해 수정하여 활용하거나(Lee et al., 2017), 기개발된 자연친화적 태도와 과학적 탐구 능력을 측정하는 척도를 활용하여 숲 체험활동을 통한 환경교육 효과를 측정하였다(You and Chae, 2014). 이러한 한계를 극복하기 위해 Choi and Ha(2024)는 산림을 주제로 한 탄소중립 숲교육 효과를 측정할 수 있는 척도를 개발하였다. 개발된 척도는 3개의 요인과 24개의 문항으로 구성된 탄소중립 숲교육의 효과를 측정하는 도구로 생태소양 척도(Lim and Huh, 2018), 환경감수성 및 환경친화적 태도(Park, 2011), 생태감수성 척도(Kim and Kim, 2019)를 참고하여 탄소중립 숲교육 관련 내용으로 수정하여 개발되었다.

본 연구는 기존 선행연구와 달리 탄소중립 숲교육의 효과를 측정하기 위해 개발된 탄소중립 숲교육 효과 척도를 사용하여, 교육 이후 학생들의 숲에 대한 인식 및 지식·태도·행동의 변화를 확인하고자 했다. 교육 전·후 학생들의 탄소중립 숲교육에 관련된 지식·태도·행동의 변화를 파악함으로써 탄소중립 숲교육 프로그램의 실효성과 질을 개선하고자 하였다. 교육의 효과를 평가함으로써 현재 산림과 관련된 탄소중립교육을 점검하고 개선 방안을 도출하여 의사결정을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구 대상

탄소중립 숲교육 프로그램은 총 3차시로 구성되었고, 2022년 9월부터 2022년 11월까지 프로그램이 진행되었다(KFS, 2022). 프로그램 참가 전·후(이하 사전·사후)로 자기기입식 설문조사를 통하여 탄소중립 숲교육에 참가한 초등학교 4~6학년 및 중학생을 대상으로 효과를 조사하였다. 설문 부수는 사전 2,659부와 사후 2,079부가 수집되었으며 동일한 학생이 프로그램 참가 전과 후에 모두 응답한 유효 설문지 895부를 분석에 사용하였다.

2. 측정도구

본 연구에서는 탄소중립 숲교육 참가자에게 ‘숲 하면 생각나는 것’을 단어 형태로 자유롭게 기재하게 하였고, 프로그램 참가 전과 후의 단어 빈도수 비교를 통해 변화를 확인하였다. 또한 교육 효과를 확인하기 위하여 Choi and Ha(2024)에 의해 개발된 탄소중립 숲교육 효과 척도를 활용하여 초등학교 4~6학년과 중학생을 대상으로 교육 효과를 분석하였다.

1) 워드 클라우드 분석

자료를 분석하기 위해 자유 서술형 응답 데이터를 시각화하고 핵심 키워드를 도출하기 위한 보조적 기법으로 워드클라우드 분석을 병행하였다. Yoon et al.(2019)에 따르면 워드클라우드 분석은 문자 텍스트나 데이터 키워드를 시각화하는 기법으로(Mansouri, 2015), 최근 웹사이트 및 광고 뿐 아니라 논문 및 연구 결과의 데이터를 제시하거나 결과 정리 시 워드클라우드 기법을 활용하고 있다. 선행연구를 살펴보면, Kim et al.(2024)에서 워드클라우드 분석은 혁신교수법 교과목 수강 학생들의 경험을 언어적 데이터로 도출하여 직관적으로 결과를 파악하는 데 활용된 바 있다. 본 연구에서는 탄소중립 숲교육 프로그램에 참가한 학생의 프로그램 전과 후에 도출된 키워드 비교를 통해 파악함으로써 산림에 대한 인식적 특성 변화를 확인하고자 하였다.

2) 탄소중립 숲교육 효과 척도

Choi and Ha(2024)가 개발한 탄소중립 숲교육 효과 척도는 생태소양 척도(Lim and Huh, 2018), 환경감수성 및 환경친화적 태도(Park, 2011), 생태감수성 척도(Kim and Kim, 2019)를 참고하여 탄소중립 숲교육 관련 내용으로 수정한 후 요인분석을 활용하여 최종 척도를 도출하였다. 탄소중립에서 산림의 역할에 관한 내용을 바탕으로 교육 효과를 측정하는 문항을 구성했다. 문항의 타당성 검토를 위하여 관련 전문가 5명의 검토를 받아 중복되는 문항 삭제 및 수정을 통해 31문항을 도출하였으며, 확인적 요인분석(CFA)과 탐색적 요인분석(EFA)을 통해 최종 3개의 요인과 24개의 문항을 도출하였다. 요인은 해당 문항의 내용과 Kemm and Ann(1995)이 고안한 KAB 모델(Knowledge-Attitude-Behavior Model)을 바탕으로 각각 지식(7문항), 태도(9문항), 행동(8문항)으로 명명했다. KAB 모델은 대중의 인식 개선을 통해 행동 변화를 유도하는 데 매우 유용한 모델로서 습득된 지식이 태도 변화를 통해 행동을 변화시킨다고 설명한다(Lim, 2020). 이 모델은 특히 환경교육 등에서 널리 활용되며, 교육개입의 효과를 세분화한 영역별로 측정하는 데 적합한 틀을 제공한다는 점에서 본 연구에 적용되었다. 다만, KAB 모델은 지식, 태도, 행동 간의 관계를 지나치게 단순화하였으며, 실제 행동의 형성은 직접적이거나 선형적이라기보다 더 많은 변수와 복잡한 과정을 수반한다는 점에서 한계가 있다(Hungerford and Volk, 1990; Marcinkowski, 2001; Ryu, 2020). 따라서 본 연구에서의 KAB 모델 적용에 있어 해석상의 유의가 요구된다.

본 척도의 지식 요인은 탄소중립에서 숲의 역할과 관련된 정보에 대한 이해와 인지 수준을 평가하기 위한 문항으로 구성되어 있다. 구체적으로 탄소흡수원으로서 산림의

역할, 산림 관리가 탄소중립에 미치는 영향 등에 대한 내용을 다루고 있다. 태도 요인은 숲과 탄소중립에 대한 개인의 정서적 반응 및 가치관을 평가하기 위한 문항으로, 탄소중립 목표를 지지하거나 지속 가능한 산림 관리를 중요하게 여기는 정도를 반영한다. 행동 요인은 탄소중립을 실천하기 위해 숲과 관련된 구체적인 행동(예: 나무 심기, 산림 관리 참가, 배운 내용에 대한 확산 등)에 대한 실천 의지를 측정하는 문항으로 구성되어 있다.

3. 프로그램 구성

탄소중립 숲교육 프로그램(KFS, 2022)은 3차시로 구성된 수업을 통해 탄소중립의 중요성 및 탄소흡수·저장원으로써 숲과 목재의 역할을 인지하고, 목재의 탄소흡수·저장 기능을 배우는 과정에서 학교숲의 CO₂(이산화탄소) 흡수량을 계산하고 숲가꾸기의 필요성을 깨닫는 과정을 통해 기후 위기 시대 탄소중립 실현을 위한 산림의 역할을 인지하는 학생들을 육성하고자 하였다. 교육 프로그램은 산림청에서 콘텐츠를 기획·개발하여 학교 현장에 보급하였다.

프로그램 내용은 산림의 탄소흡수·저장원으로서의 숲의 역할과 가치, 실천 행동을 모색하는 내용으로 이루어져 있다. 주요 교육 주제 및 교육 목표는 아래 표와 같다(Table 1). 학교 상황마다 일부 변동이 있었으나, 3차시 모두 참가한 청소년을 대상으로 효과를 검증하였다.

4. 연구 방법

본 연구는 탄소중립 숲교육 프로그램 참가 전후 ‘숲에 대한 인식’ 및 탄소중립 숲교육 효과 결과를 비교 분석하였다. 탄소중립 숲교육 프로그램에 참가한 청소년을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 사전 설문 2,659부와 사후 설문 2,079부가 수집되었다. 이후, 무응답 또는 중복 응답이 포함된 설문지를 제외하고, 프로그램 3차시에 모두 참가하며 사전·사후 설문에 모두 응답한 895부를 최종 유효 표본으로 선정하였다.

수집된 설문 자료는 SPSS 20.0 프로그램을 이용하여 빈도분석과 대응 표본 T-검증을 통해 분석하였다. 추가로 독립표본 T-검증을 통해 탄소중립 숲교육 효과 척도의 평균 변화량 차이를 비교하였다. 교육부의 초·중등학교 교육과정 총론(ME, 2022)에 기반하여 응답 학생을 초등학교 4-6학년 학생과 중학생으로 구분하였으며 이러한 구분은 교육 단계별 특성을 고려하여 탄소중립 숲교육이 초등학교생과 중학생에게 미치는 효과를 더욱 구체적으로 분석하기 위해 이루어졌다.

Table 1. The contents of the carbon-neutral forest education program(KFS, 2022)

Division	Topic	Objective
1st session	The Importance of Carbon Neutrality and the Role of Forests and Wood as Carbon Absorption and Storage Sources	Cognition : Understanding the concept of carbon neutrality and the role of forests and wood as carbon absorption and storage sources. Emotion : Developing empathy for the importance of carbon neutrality and increasing interest in forests and wood. Behavior : Making efforts to reduce CO ₂ emissions in daily life.
2nd session	Understanding the Carbon Absorption and Storage Function of Trees and Calculating the CO ₂ Absorption of Our School's Forest	Cognition : Learning about the trees on the school grounds and acquiring the method for calculating CO ₂ absorption. Emotion : Enhancing sensitivity to nature by physically touching and observing trees (wood). Behavior : Observing and identifying the location, species, and characteristics of school trees, and realizing through calculations that the carbon absorption and storage capacity is insufficient compared to emissions.
3rd session	The Necessity and Process of Forest Management to Achieve Carbon Neutrality	Cognition : Recognizing the differences between managed and unmanaged forests and understanding the effects and procedures of forest management. Emotion : Changing the negative perception of tree cutting and fostering interest in wood use with a positive perspective. Behavior : Experiencing a game that offsets CO ₂ emissions through tree planting, forest management, and wood utilization, leading to an awareness of the need for forest conservation and sustainable use.

연구 결과

1. 참가자 일반적 특성

탄소중립 숲교육에 참가한 대상의 일반적인 사항은 여학생이 60%(n=537)로 남학생(38.32%, n=343)보다 많았다. 대상자의 연령은 초등학교 5학년이 29.27%(n=262) 명으로 가장 많았고, 중학교 1학년 28.04%(n=251), 초등학교 6학년이 18.88%(n=169)로 뒤를 이었다(Table 2).

2. 탄소중립 숲교육 효과 평가

탄소중립 숲교육의 사전과 사후의 숲에 대한 인식 및 탄소중립 숲교육 효과 척도를 비교분석하였고 교육 만족도를 확인하였다.

1) 숲에 대한 인식

숲에 대한 인식 변화를 알아보기 위해 워드클라우드를 이용하여 교육 프로그램 참가 전·후에 숲 하면 떠오르는 단어에 대한 응답을 수집하여 비교하였다. 빈도가 높게 나타난 키워드 상위 5개 키워드를 비교해 보면, 사전에는 ‘나무(753회)’, ‘자연’, ‘동물’, ‘공기’, ‘산’이 주요 응답으로 나타났고, 사후에는 ‘나무(886회)’, ‘자연’, ‘동물’, ‘공기’에 더해 ‘탄소중립’이 새롭게 포함되었다. 또한 ‘이산화탄소’, ‘탄소’

등의 관련 개념이 상위 10가지 키워드 안에 포함되었다. 이는 교육 프로그램 참여를 통해 청소년들이 숲을 단순한 자연경관이나 생태적 이미지로만 인식하던 수준에서 벗어나, 기후 위기 대응과 직결된 탄소중립과 연관된 장소로서 숲의 사회적·환경적 기능을 내면화하기 시작했음을 시사한다. 특히 ‘탄소중립’이라는 개념은 사전 응답에서는 거의 등장하지 않았으나, 교육 후 핵심 키워드 중 하나로 도출된 점에서 교육이 청소년의 숲 인식을 변화시키는 데 일정한 효과가 있었음을 보여준다. 이는 단어 빈도 변화에 그치지 않고, 청소년들이 숲과 탄소중립의 관계에 대해 인식하게 하는 정성적 전환을 유도했다는 점에서 교육적 의의가 있다. 이러한 결과는 탄소중립을 주제로 한 숲교육이 청소년 대상 산림교육의 방향성을 확장시키는 데 기여할 수 있음을 시사한다(Table 3).

2) 탄소중립 숲교육 효과

탄소중립 숲교육 프로그램에 참가한 학생을 대상으로 교육효과 척도를 이용하여 사전·사후를 비교한 결과, 탄소중립 숲교육 효과 척도(5점)에서 사전 전체 평균 3.68점에서 사후 평균 4.01점으로 통계적으로 유의하게 증가하였다($t=-11.922, p<.01$). 탄소중립 숲교육 효과를 하위척도에 따라 분석한 결과 지식은 사전 3.83점에서 사후 4.12점, 태도는 사전 3.98점에서 사후 4.12점, 행동은 사전 3.22점에서

Table 2. Profile of survey participant characteristics.

Division			N	%
Gender	Female		537	60.00
	Male		343	38.32
	Non-response		15	1.68
	Total		895	100.0
Grade	Elementary school	4th	99	11.06
		5th	262	29.27
		6th	169	18.88
	Middle school	1st	251	28.04
		2nd	15	1.68
		3rd	99	11.06
	Total		895	100.0

Table 3. Word-cloud results for perception of the forest

Question) When you think of forest, what comes to mind? Please write down whatever comes to mind, regardless of the number of items.



Rank	Item	Frequency	Rank	Item	Frequency
1	Trees	753	1	Trees	886
2	Nature	619	2	Nature	339
3	Animals	321	3	Animals	256
4	Air	177	4	Air	237
5	Mountain	150	5	Carbon-neutral	158
6	Insects	100	6	Flowers	106
7	Flowers	93	7	Mountain	79
8	Fruits	35	8	Insects	71
9	Water	25	9	CO ₂	51
10	Bugs	13	10	Green	41

사후 3.82점으로 모든 영역에서 증가하였으며, 이는 통계적으로 모두 유의한 차이가 있었다($p<.01$). 이를 통해 탄소중립 숲교육에 참가함으로써 학생들의 탄소중립에서 산림의 역할에 대한 지식, 태도, 행동이 긍정적으로 변화한 것을 알 수 있다. 항목별로 살펴보면, 행동에 대한 항목에서 변화 폭이 가장 큰 것으로 나타났다(Table 4).

탄소중립 숲교육 프로그램 교육효과를 초등학교 4-6학년을 대상으로 분석한 결과, 사전 전체 평균 3.70점에서 사후 평균 4.01점으로 통계적으로 유의하게 증가하였다($t=12.452$, $p<.01$). 탄소중립 숲교육 효과는 지식은 사전 3.88점에서 사후 4.14점, 태도는 사전 4.05점에서 사후 4.15점, 행동은 사전 3.14점에서 사후 3.75점으로 모든 영역에서 유의미하게 증가하였다($p<.01$). 이는 탄소중립 숲교육에 참가함으로써 초등학교 4-6학년 학생들의 탄소중립과 숲의 역할에 대한 지식, 태도, 행동이 긍정적으로 변화한 것으로 해석된다. 탄소중립 숲교육 효과 측정 항목 중 초등학교 4-6학년 학생들의 행동 항목의 평균 변화 폭이 가장 큰 것으로 나타났다(Table 5).

중학생을 대상으로 분석했을 때, 사전 전체 평균 3.66점에서 사후 평균 4.03점으로 통계적으로 유의하게 증가하

였다($t=9.532$, $p<.01$). 탄소중립 숲교육 효과 중 지식은 사전 3.77점에서 사후 4.09점, 태도는 사전 3.87점에서 사후 4.07점, 행동은 사전 3.32점에서 사후 3.93점으로 모든 영역에서 증가하였으며, 통계적으로 유의한 변화로 나타났다($p<.01$). 이는 탄소중립 숲교육에 참가함으로써 중학교 학생들의 탄소중립과 숲에 대한 지식, 태도, 행동이 긍정적으로 변화한 것을 알 수 있다(Table 6).

초등학교 4-6학년과 중학생의 탄소중립 숲교육 효과를 참가 전과 후의 변화 차이가 유의미한지 확인하기 위해 독립표본 t-검정을 수행하였다(Table 7). 분석 결과, 전반적으로 두 집단 모두 사전(pre-test)과 사후(post-test)에서 긍정적인 변화가 나타났으나, 지식($p = 0.253$)과 행동($p = 0.919$) 변화량은 유의미한 차이가 없었으며 태도 변화량($p = 0.028$)에서 유의미한 차이가 확인되었다($p<.05$). 이는 프로그램이 프로그램 참가 이후 두 집단 모두 산림의 탄소중립에 대한 역할에 대한 지식증진과 행동 실천 의지 및 태도가 강화된 것으로 해석할 수 있으며, 탄소중립 숲교육이 초등학교생의 태도 변화에 미치는 영향이 중학생에게 미치는 영향보다 클 수 있음을 시사한다.

Table 4. The overall results of the carbon-neutral forest education effectiveness scale

Division			N	M	SD	t	p
Carbon-neutral forest education effectiveness scale (Total)	Total	pre-test	895	3.68	.629	-11.922	.000**
		post-test	895	4.01	.736		
	Knowledge	pre-test	895	3.83	.668	-9.802	.000**
		post-test	895	4.12	.727		
	Attitude	pre-test	895	3.98	.664	-4.599	.000**
		post-test	895	4.12	.746		
	Behavior	pre-test	895	3.22	.767	-18.247	.000**
		post-test	895	3.82	.850		

** $p<.01$

Table 5. The results of the carbon-neutral forest education effectiveness scale for upper-grade elementary school students

Division			N	M	SD	t	p
Carbon-neutral forest education effectiveness scale (Upper-grade elementary school student)	Total	pre-test	530	3.70	.619	-12.452	.000**
		post-test	530	4.01	.741		
	Knowledge	pre-test	530	3.88	.658	-9.692	.000**
		post-test	530	4.14	.732		
	Attitude	pre-test	530	4.05	.642	-3.378	.001**
		post-test	530	4.15	.748		
	Behavior	pre-test	530	3.14	.776	-18.623	.000**
		post-test	530	3.75	.882		

** $p<.01$

3) 탄소중립 숲교육 프로그램 만족도

탄소중립 숲교육 프로그램에 대한 만족도를 분석한 결과, 전체 참가 학생(Total)의 만족도 평균(AVR)은 5점 만점에 4.14로, 프로그램이 전반적으로 긍정적인 평가를 받았음을 알 수 있다. 세부 항목별로 살펴보면, 교육을 진행한 강사(Instructor) 항목이 4.23으로 가장 높은 점수를 기록했으며, 이는 교육 프로그램을 진행한 산림교육전문가가 참가 학생들과 긍정적인 상호작용을 발휘한 것으로 해석할 수 있다. 반면, 교육 장소(Venue)에 대한 만족도는 4.02로 타 항목에 비해 비교적 낮은 점수를 보였다. 이는 교실이 평소 학생들이 교육받는 일상적 장소이기 때문에 장소에 대한 만족감이 프로그램 사후에 높아지지 않은 것에 영향을 주었다고

볼 수 있다. 향후, 교실이 아닌 숲에서 교육과 비교를 통해 장소에 대한 만족도 변화 분석이 필요하다(Table 7).

초등 4~6학년과 중학생 간의 만족도를 비교해 보면, 초등 4~6학년이 모든 영역에서 더 높은 만족도를 나타냈다. 초등 4~6학년의 총점은 4.19로 중학생의 4.08보다 높았으며, 특히 교육을 진행한 강사(Instructor)와 교육 방법(Direction) 항목에서 가장 큰 폭의 만족도 차이를 보였다. 이는 초등 4~6학년이 산림교육전문가가 진행한 프로그램의 전반적인 과정을 더 흥미롭고 적합하게 느꼈을 가능성을 시사한다. 반면, 중학생은 상대적으로 낮은 점수를 보였으나, 전 항목 모두 4.0 이상의 만족도를 유지했다. 이는 프로그램이 초등 4~6학년과 중학생 모두에게 긍정적인 경

Table 6. The results of the carbon-neutral forest education effectiveness scale for middle school students

Division			N	M	SD	t	p
Carbon-neutral forest education effectiveness scale (Middle school student)	Total	pre-test	365	3.66	.645	-9.532	.000**
		post-test	365	4.03	.729		
	Knowledge	pre-test	365	3.77	.677	-8.045	.000**
		post-test	365	4.09	.720		
	Attitude	pre-test	365	3.87	.681	-4.829	.000**
		post-test	365	4.07	.742		
	Behavior	pre-test	365	3.32	.740	-13.541	.000**
		post-test	365	3.93	.789		

**p<.01

Table 7. Mean Changes in Knowledge, Attitude, and Behavior Between Elementary and Middle School Groups

Division		N	Mean Change(△)	SD	t	p
Knowledge Change	Elementary School	530	+0.26	0.63	-1.144	.253
	Middle School	365	+0.32	0.76		
Attitude Change	Elementary School	530	+0.09	0.61	-2.195	.029*
	Middle School	365	+0.20	0.78		
Behavior Change	Elementary School	530	+0.61	0.75	-0.101	.919
	Middle School	365	+0.61	0.86		

*p<.05

Table 8. The results of the satisfaction survey for the carbon-neutral forest education program.

Division		AVR	Contents	Direction	Venue	Time	Materials & Tools	Instructor
The satisfaction of the carbon-neutral forest education program	Total	4.14	4.19	4.14	4.02	4.11	4.16	4.23
	Elementary school students	4.19	4.23	4.19	4.03	4.16	4.21	4.30
	Middle school students	4.08	4.13	4.07	4.00	4.05	4.08	4.14

험을 제공했음을 보여주며, 연령별 특성을 고려한 세부적인 개선 방안이 향후 프로그램의 만족도를 더욱 높이는 데 기여할 수 있음을 시사한다(Table 8).

결론 및 제언

본 연구는 탄소중립 숲교육에 참가한 청소년을 대상으로 탄소중립 숲교육 프로그램의 효과를 살펴보았다. 탄소중립 숲교육 프로그램 교육 효과 분석을 통해 학생들이 산림이 탄소중립에서 미치는 영향에 대한 인식과 행동 실천에 대한 변화를 구체적으로 평가함으로써 효과적인 교육 프로그램 설계에 기여할 수 있다.

선행연구를 살펴보면, Joo(2001)는 숲 환경해설 프로그램이 참가자의 환경 태도 개선에 미치는 영향을 분석하며, 프로그램이 환경교육의 한 형태로 긍정적인 변화를 유도할 수 있음을 제시하였다. Jeong et al.(2021)은 산림교육 프로그램이 중학생의 사회성과 숲에 대한 태도 변화에 미치는 영향을 분석하였으며, 산림 체험활동이 청소년의 정서적 발달에 기여할 가능성을 강조하였다. 또한, Lee and Kim(2005)은 학교숲이 초등학생의 학교와 자연에 대한 인식에 미치는 효과를 연구하며, 정규 교육과정 내에서 지속적인 자연 체험활동이 학생들의 환경감수성을 증진하는데 효과적임을 확인하였다.

이와 비교할 때, 본 연구는 기존 선행연구가 주로 숲교육의 일반적인 효과(예: 태도 변화, 사회성 발달, 감수성 증진)에 초점을 맞추었던 것과 달리, 탄소중립이라는 특정 주제를 중심으로 한 숲교육 프로그램의 효과를 검증했다는 점에서 차별성을 가진다. 기존 연구에서는 숲의 생태적 가치나 정서적 효용성이 강조되는 반면, 본 연구는 산림이 탄소중립에 구체적으로 어떻게 기여하는지를 학생들이 인지하는 정도를 평가하기 위해 기개발된 탄소중립 숲교육 효과척도(Choi and Ha, 2024)를 활용하여 교육 참가 후 지식, 태도, 행동 영역에서 변화를 측정하는 것에 의의가 있다.

본 연구의 결과에 대한 논의는 다음과 같다.

탄소중립 숲교육 프로그램 참가 전·후 ‘숲’에 대해 떠오르는 이미지를 비교한 결과, 참가 후 응답에서는 ‘탄소중립’을 비롯해 ‘이산화탄소’, ‘탄소’등 관련 단어가 새롭게 등장하였다. 이는 학생들이 단순히 숲을 자연 경관으로 인식하던 수준에서 벗어나, 숲을 탄소중립과 연관된 장소로 인식하게 되었음을 시사한다. 즉, 숲과 탄소중립의 관계에 대한 인식이 형성되었으며, 이는 프로그램이 청소년의 숲에 대한 인식 전환을 유도하는 데 일정한 교육적 효과를 가졌음을 보여준다.

탄소중립 숲교육 프로그램은 참가 학생들의 탄소중립과 산림에 대한 인식 변화에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 지식(Knowledge), 태도(Attitude), 행동(Behavior) 영역에서 모두 사전 대비 점수가 향상되었다. 이는 참가자들이 숲과 탄소중립의 중요성을 깊이 인식하고, 탄소중립 숲교육을 긍정적으로 받아들였음을 시사한다. 특히 초등학교 4-6학년과 중학생을 비교한 결과, 태도 변화량에서 두 그룹 간 차이가 통계적으로 유의미하게 나타났다($p<.05$). 반면, 지식과 행동 영역에서는 유의미한 차이가 확인되지 않았다. 이는 학생들의 태도 변화 정도가 연령에 반비례하여, 상대적으로 어린 연령대에서 더 효과적으로 나타날 가능성을 시사한다. 선행연구에서도 유사한 경향이 확인되었다. Shin and Shin(2021)은 초·중학생의 기후변화에 대한 태도, 탐구, 지식 인식이 거주지와 학년군에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보였으며, 학년이 증가할수록 인식 수준이 향상되지 않는다는 점을 밝혀냈다. 또한, Lee et al.(2022)은 초등학생이 다른 학교급(중·고등학교) 학생에 비해 기후변화에 대한 인식과 태도가 더 높게 나타난다고 보고하였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로, 향후 탄소중립 숲교육 프로그램은 학교급별 교육 효과의 차이를 고려하여 초등학생을 중심으로 설계할 필요가 있다.

탄소중립 숲교육 프로그램의 만족도는 초등 4-6학년과 중학생 모두에서 전반적으로 높은 점수를 기록하며 프로그램의 긍정적인 효과를 뒷받침한다. 특히, 초등 4-6학년이 중학생보다 전반적으로 높은 만족도를 보인 점은 탄소중립 숲교육 프로그램 초등학생에게 더욱 흥미롭고 적합하게 설계되었음을 시사한다. 또한, 장소와 시간 항목에서 비교적 낮은 점수가 기록된 점은 프로그램 운영 측면에서 개선의 여지가 있음을 의미한다. Kim and Hong(2014)의 연구에서 동일한 내용을 야외에서 교육했을 때 학생들의 만족도가 더 높아졌다는 결과를 고려할 때, 향후 프로그램에 교내를 벗어난 야외 활동을 포함한다면 교육 만족도를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 보인다.

본 프로그램은 다른 탄소중립 교육과 달리 탄소흡수원인 ‘숲’을 중심으로 산림과 탄소중립의 관계를 학생들에게 인식시키는 교육이라는 차이가 있다. 본 연구를 통해 확인한 결과는 숲을 소재로 탄소중립교육 개발에 있어 기초자료로 제공할 수 있다. 또한 본 연구는 탄소중립에 대한 지식과 태도, 행동 척도를 통해 본 프로그램이 청소년의 ‘탄소중립’과 관련된 지식·태도·행동에 미치는 영향에 대해 확인할 수 있었다. 이를 토대로 추후 연구에서는 다양한 학교급에 적용할 수 있는 교육 프로그램을 개발하여 더 많은 청소년을 대상으로 탄소중립 숲교육 효과에 대해 살펴보는 것을 제안한다. 또한 본 프로그램의 내용을

지역적 특징과 시기적 특징에 맞게 수정·보완한 숲교육 프로그램 개발을 통해 산림을 지키고 탄소중립을 실천하는 청소년 양성을 기대할 수 있다.

한편, 본 연구는 실험집단의 사전·사후 비교만을 통해 효과를 분석하였기 때문에 외적 요인의 영향을 통제하지 못한 점에서 인과적 해석에 한계가 있다. 또한 조사 시기와 대상이 2022년 가을, 일부 학교의 청소년으로 한정되어 있어 결과의 일반화에는 신중한 접근이 필요하다. 향후 연구에서는 통제집단을 포함한 비교 설계와 함께, 시간의 흐름에 따른 인식과 행동 변화까지 살펴볼 수 있는 후속 연구가 이루어질 필요가 있다.

References

- Berto, R. 2005. Exposure to restorative environments helps restore attentional capacity. *Journal of Environmental Psychology* 25(3): 249-259.
- Choi, J.H. and Ha, S.Y. 2024. Development of Carbon-Neutral Forest Education Effectiveness Scale.
- Choi, S.H. and Ha, S.Y. 2021. The effect of forest education teacher job training on teacher's cognition and emotions: effectiveness evaluation of the forest education program for teacher's job training in 2020. *The Journal of Korean institute of Forest Recreation* 25(4): 13-23.
- Framework Act on Carbon Neutrality and Green Growth for Coping with Climate Crisis. Article 67 (Support, Education, and Public Relations for Green Life Campaign). 2021.
- Framework Act on Education. Article 22-2 (Environmental Education on Climate Change). 2023.
- FRI (Forestry Research Institute), 1996. Korean Forests and Greenhouse Gases: Absorption, Reduction, and Mitigation Strategies.
- Hungerford, H.R. and Volk, T.L. 1990. Changing learner behavior through environmental education. *Journal of Environmental Education* 21(3): 8-21.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2022. Climate change 2022 Mitigation of Climate Change: Summary for Policy makers. Retrieved from https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf
- Jeong, S.H., Lee, G.Y., Park J.S. and An, K.W. 2021. The effect of forest education program on changes in sociality and attitudes toward forests of middle school students. *Journal of Agriculture & Life Science* 55(6): 23-30.
- Joo, S.H. 2001. Measuring the environmental attitude effects of forest environmental interpretation program. *Current Research on Agriculture and Life Science* 19: 9-16.
- Kemm, J. and Close, A. 1995. Health promotion: theory and practice. Basingstoke. Hampshire: Macmillan.
- KFS (Korea Forest Service), 2021, Forestry Sector Strategy for Achieving Carbon Neutrality by 2050.
- KFS (Korea Forest Service). 2022. Carbon Neutral Forest Education Program for Achieving Carbon Neutrality in Schools.
- Kim, D.H. and Hong, S.H., 2014, The development and application effects of convergence program for field trip and STEAM education related geology. *Journal of Korean Elementary Science Education* 33(2): 364-379.
- Kim, H.S., Moon, H.J., Choi, B.K. and Jung, M.A. 2024. Word cloud analysis of students' experience about innovative teaching method. *Jouanal of the Korea Contents Association* 24(4): 531-540.
- Kim, K.R. and Kim, H.J. 2019. The effect of the environmental fine arts class based on PBL on learner's ecological sensitivity: Focusing on the environment club activity of High School. *Journal of Art Education* 56: 65-102.
- Lee, B.W., Lee, S.Y. and Jho, H.K. 2022. Analysis of primary and secondary students' perceptions and attitudes toward climate change. *Journal of Energy and Climate Change Education* 12(2): 153-163.
- Lee, J.Y. and Kim, A.Y. 2005. Effects of school forest on elementary school students' awareness of school and nature. *Korean Journal of Environmental Education* 18(2): 90-100.
- Lee, K.Y., Im, H., Lee, S.H. and Kim, H.S. 2017. The study of changes in subjective greenness and perceived restorativeness during forest experience program. *Discourse and Policy in Social Science* 10(2): 101-121. 10.22417/DPSS.2017.10.10.2.101
- Lee, W.K. et al. 2022. Scientific basis of forest carbon management in the era of carbon neutrality to respond to the climate crisis. *Jieul*.
- Lim, J.K. and Huh, H.G. 2018. A study on the development of an ecoliteracy scale for young children. *The Journal of Eco Early Childhood Education & Care* 17(4): 221-253.
- Lim, O.Y. 2020. The Relationship among Dementia Knowledge, Attitude and Behavioral Intention of Residents, *Crisisonomy* 16(4): 17-32.
- Mansouri, V. 2015. Vocabulary Instruction: Software Flashcards vs. Word Clouds. *Advances in Language and Literary Studies* 6(1): 41-45.
- Marcinkowski, T. 2001. An Overview of an Issue and Action Instruction Program for Stewardship Education.

- Ministry of Education. 2022. 2022 Revised Curriculum for Elementary and Secondary Schools.
- NIFOS (National Institute of Forest Science). 2021. Efficient Utilization Strategies of Wood for Achieving a Carbon Neutral Society.
- Park, S.H. 2011. Effect of the environmental sensitivity and pro-environmental attitude of the elementary school students on forest environment awareness. Master's thesis. Jinju National University of Education.
- Ryu, M. 2020. Development and application of the ocean environmental education program about life history of land crab (*Sesarma haematoche*). Doctoral Dissertation, Seoul National University.
- Shin, W.S and Shin, D.H., 2021. A study on climate change attitudes, inquiry, and knowledge of elementary and middle school students. *Journal of Energy and Climate Change Education* 11(2): 95-107.
- Yoon, T.N., Seok, K.O. and Choi, G.Y. 2019. A study of elementary school students' vocabulary and affective domain changes using wordclouds. *Studies in Foreign Language Education* 33(4): 429-447.
- You, S.W. and Chae, Y.R. 2014. Influence of environmental education using forest activities on young children's environment-friendly attitudes and science process skills. *Korean Education Inquiry* 32(4): 201-222.
- 2050 Carbon Neutral Green Growth Committee. 2021. 2050 Carbon Neutrality Scenario.

Manuscript Received : March 19, 2025

First Revision : May 8, 2025

Accepted : May 26, 2025