*J. Korean Soc. For. Sci. Vol. 113, No. 4, pp. 493~504 (2024)*
https://doi.org/10.14578/jkfs.2024.113.4.493

한국산림과학회지
JOURNAL OF KOREAN SOCIETY OF FOREST SCIENCE
ISSN 2586-6613(Print), ISSN 2586-6621(Online)
http://e-journal.kfs21.or.kr

# 탄소중립 숲교육 효과성 평가를 위한 교육 효과 척도 개발

**최재혁 · 하시연***
국립산림과학원 산림휴먼서비스연구과

# Development of an Effectiveness Scale for Carbon-Neutral Forest Education

**Jae Hyeok Choi and Si Yeon Ha***
*Division of Forest Human Service Research, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea*

**요 약:** 본 연구는 탄소중립 숲교육 프로그램의 효과성을 평가하기 위한 문항을 구성하여 신뢰도와 타당도를 검증하고, 척도를 개발하는 데 목적이 있다. 문헌 연구와 전문가 검토를 통해 탄소중립에서 산림의 역할이라는 주제와 내용을 바탕으로 41개의 문항을 추출하였고, 전문가 평가를 통해 중복되는 문항 삭제 및 수정을 통해 31개 문항을 도출하였다. 도출된 문항을 바탕으로 청소년(초등학교 4학년 ~ 고등학교 1학년) 2,097명에게 설문 조사를 진행하였다. 조사 결과를 바탕으로 요인 및 문항의 적합도를 알아보기 위해 탐색적 요인분석 및 확인적 요인분석을 실시하였다. 탐색적 요인분석 결과, 요인 간 중복되는 문항과 요인 부하량(≥0.4)에 적합하지 않은 문항을 제외하여 최종적으로 3개 요인(지식, 태도, 행동)과 24개의 문항을 선정하였다. 확인적 요인분석 결과, 탄소중립 숲교육 척도는 모델 적합도 지표인 CFI(≥.90), TLI(≥.90), RMSEA(≤.08), SRMR(≤.08)에서 유의미한 결과를 보였다. 본 연구를 통해 개발된 탄소중립 숲교육 효과평가 척도는 향후 탄소중립 숲교육 효과를 검증하여 탄소중립 관련 산림교육의 질적 향상에 기여할 수 있을 것이다.

**Abstract:** We aimed to develop a scale for evaluating the effectiveness of carbon-neutral forest education programs by firstly, constructing items; secondly, verifying their reliability and validity; and lastly, developing a measurement scale. After literature and expert reviews, we constructed 41 items based on the theme and content of the role of forests in carbon neutrality. A final list of 31 items was developed after eliminating and revising overlapping items through expert evaluation. Using these items, we surveyed 2,097 adolescents (4th grade elementary to 1st grade high school) and conducted exploratory factor (EFA) and confirmatory factor (CFA) analyses to examine the suitability of the factors and items based on the survey results. The EFA excluded items that overlapped between factors and those that did not meet the factor loading criterion (≥0.4), resulting in the final selection of 3 factors (knowledge, attitude, behavior) and 24 items. The CFA results showed that the carbon-neutral forest education scale had meaningful fit indices, with CFI, TLI, RMSEA, and SRMR values of ≥0.90, ≥0.90, ≤0.08, ≤0.08, respectively. We successfully developed a scale that measures the effectiveness of carbon neutral forest education and contributes to enhancing the quality of forest education by verifying the effectiveness of such education programs in the future.

***Key words:*** *carbon neutrality, scale development, factor analysis, educational effectiveness*

## 서 론

최근 기후변화와 환경오염 문제가 심각해짐에 따라 탄소중립의 중요성이 강조되고 있으며, 특히 어린 세대에게 이러한 개념을 교육하는 것이 중요하다(Kim and Kim, 2022). 탄소중립이란 대기 중에 배출되는 이산화탄소의 양과 흡수되는 양을 같게 하여 실질적인 배출을 0으로 만드는 목표인 넷제로(Net-Zero) 달성을 의미한다(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022). 이는 기후변화 완화와 환경 보호를 위해 필수적인 목표로, 각국 정부와 기업, 그리고 교육 기관에서 다양한 방식으로 추진되고 있다(Lim, 2023).

이처럼 탄소중립의 필요성이 전세계적으로 공감되고 있는 상황에서 학교는 2022 개정 교육과정을 통해 지속 가능

* Corresponding author
E-mail: hashon@korea.kr
**ORCID**
Si Yeon Ha https://orcid.org/0000-0003-0344-7695

한 사회를 위한 생태전환교육을 강화하고 기후변화에 대응하는 생태환경교육을 교육목표와 전 교과의 내용 요소에 반영하는 변화를 보였다(2050 Carbon Neutral Green Growth Committee, 2021). 탄소중립교육은 이러한 변화를 반영한 교육 중 하나로서 특히 학생들에게 기후변화의 심각성을 인식시키고, 환경 보호를 위한 실질적인 행동을 장려하는 데 중요한 역할을 한다(Ko and So, 2024). 기존 탄소중립교육은 탄소중립교육 프로그램과 학교 시설, 교육과정 재구성을 비롯한 다양한 방법을 통해 실행되고 있었으나 특정 학생 그룹에 국한되거나 일부 교사들에 의한 개인적 차원에서 탄소중립 관련 내용을 교과교육과 연계한 사례라는 한계를 가진다(Park, 2024).

2022년부터 6개 관계 부처(교육부, 환경부, 농림축산식품부, 해양수산부, 산림청, 기상청)와 시·도 교육청이 기후위기 극복 및 탄소중립 실천을 위해 학교 기후·환경교육 지원계획을 수립하였으며, 탄소중립 중점학교와 시범학교를 지정하고 숲교육을 지원해 오고 있다(Ministry of Environment, 2022). 이에 산림청은 탄소중립 숲교육 프로그램을 개발하고 학교 현장에서 교육을 진행하였다. 탄소중립 숲교육 프로그램은 3차시로 구성된 수업을 통해 탄소중립의 중요성 및 탄소흡수·저장원으로써 숲과 목재의 역할을 학습하게 하였다. 이와 함께 나무의 탄소흡수·저장 기능을 학습하는 과정에서 학교숲의 $CO_2$ 흡수량을 계산하고 숲가꾸기의 필요성을 학습하는 과정에서 기후 위기 시대 산림의 탄소중립을 위한 역할을 학습하게 하였다.

그러나 현재 탄소중립 숲교육의 효과를 체계적으로 측정한 연구는 부족하며, 이를 평가할 수 있는 척도 역시 미비한 실정이다. 대부분이 연구 내 프로그램의 참여도와 학생들의 주관적인 인식 변화에 초점을 맞추고 있을 뿐, 객관적이고 정량적인 평가 도구가 부족하다(Beon, 2021). 이는 탄소중립 숲교육의 실질적인 효과를 평가하고, 프로그램의 개선 방향을 제시하는 데 한계를 초래한다. 기존 선행연구를 살펴보면 산림교육의 효과성을 평가한 논문들은 산림교육과 유사한 환경교육과 연계하여 환경교육 평가 도구를 이용하거나 심리적 요인을 측정하는 도구를 이용하여 효과성을 평가하였다(Choi and Ha, 2021). 탄소중립교육과 관련한 선행연구를 살펴보면, 탄소중립 융합교육 프로그램을 통한 환경 의식과 태도 향상에 관한 연구(Kim and Kim, 2022), 탄소중립교육을 과학 교과에 적용하여 실행 경험을 분석한 연구(Kang, 2023)가 있었으나 탄소중립교육 척도를 개발한 연구는 없었다. 또한 선행연구에 쓰인 측정 도구의 경우 환경을 중심으로 내용이 구성되어 있어 탄소흡수원인 숲을 중점으로 한 탄소중립 숲교육의 효과 측정에 적절한 도구가 없기에 이를 개발하는 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 탄소중립 숲교육의 효과를 측정할 수 있는 척도를 개발하고자 하였다. 이를 통해 탄소중립 숲교육의 효과를 보다 명확히 파악하고, 교육 프로그램의 발전에 기여할 것이다. 구체적으로, 본 연구는 탄소중립 숲교육을 통한 학생들의 변화를 평가할 수 있는 기준을 마련하고, 추후 연구에서 교육 효과성 검증을 위한 평가도구로서 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구 절차

1) 문항 개발

탄소중립 숲교육 효과 척도는 탄소중립 숲교육의 효과를 측정하는 도구로 유아 생태소양척도(Lim and Huh, 2018), 환경감수성 및 환경친화적 태도(Park, 2011), 생태감수성 척도(Kim and Kim, 2019)를 참고하여 탄소중립 숲교육 관련 내용으로 수정하여 개발되었다. 유아 생태소양척도(Lim and Huh, 2018)는 국내 유아 대상 생태소양을 측정하기 위해 개발되었다. 해당 척도에서 생태 위기 무관심, 자원 보호에 대한 내용을 중점적으로 참고하였다. 본 연구에서 생태 위기 무관심은 산림 재난 상황으로, 자원 보호는 산림 보호에 대한 내용으로 수정하여 문항을 도출하였다. 환경감수성 및 환경친화적 태도(Park, 2011)는 3개 요인과 13개의 문항으로 구성된 척도를 활용하여 초등학교 6학년 학생을 대상으로 환경감수성 및 환경친화적 태도가 숲 환경인식에 미치는 영향을 조사하였다. 환경 문제 인지 및 행동에 대한 내용을 산림 및 탄소중립과 관련된 내용으로 수정하였다. 생태감수성 척도(Kim and Kim, 2019)는 생태계 환경의 공존을 모색하는 학생 중심 프로젝트 학습 과정의 환경미술수업을 통해 학습자의 생태적 감수성에 미치는 영향을 측정하고자 환경부에서 제공하는 환경교육에 의한 환경의식、태도변화 조사 보고서에서 사용한 ‘환경의식과 태도변화 조사 설문지’를 사용하였다. 해당 설문지는 태도의 언어적, 행동적, 정서적 관여 영역을 36문항으로 측정하는 척도로 구성되었다. 본 연구에서는 정서적 관여 중 동물에 관한 문항을 나무에 대한 문항으로 수정하였으며, 환경일반 및 오염에 관한 문항을 산림환경에 대한 문항으로 수정하였다.

탄소중립 숲교육 효과 측정을 위해 수정 도출된 41개 문항은 산림탄소중립 주제와 내용을 바탕으로 탄소중립과 연관성이 있는 내용으로 구성되었다. 개발된 문항의 타당성 검증을 위하여 관련 전문가 5명(산림교육연구자 1명,

산림교육현장전문가 2명, 초등학교 교사 1명, 중학교 교사 1명)에게 문항의 탄소중립과 관련성 및 적절성을 평가받았고, 추가적으로 문항 간 중복성을 검토 받았다. 검토 결과, 부적절 판정을 받은 문항을 삭제 및 수정하여 31개의 문항을 도출하였다(Table 1).

2) 설문조사

본 연구는 2022년 9월부터 11월까지 산림청에서 한국산림복지진흥원에 위탁하여 운영된 탄소중립 숲교육 프로그램에 참여한 초등학교 4학년부터 고등학교 1학년까지의 청소년 2,097명을 대상으로 프로그램 진행 전에 온라인 설문을 진행하였다. 프로그램 내용은 초등학교 고학년 수준의 3회차로 구성하였으며(Table 2), 활용된 설문지는 본 연구를 통해 도출된 탄소중립 숲교육과 관련된 31개 문항과 인구학적 질문으로 구성되었다. 설문 문항은 5점 Likert 척도로 구성하였고, 각 문항에 대해 '매우 그렇다(5점)'에서 '전혀 그렇지 않다(1점)'를 표기하게 하였다. 수집된 사전 설문 1,469부 중 중복응답과 무응답을 제외한 1,417부가 분석에 사용되었다. 탄소중립 숲교육 효과 척도 개발 절차는 Figure 1과 같다.

**Table 1. Measurement Items for the Effectiveness of Carbon-Neutral Forest Education.**

| Div | Items |
|---|---|
| 1 | 산불이 발생할 경우, 산불로 인해 숲이 훼손되는 것을 걱정한다.<br>I worry about the destruction of forests in case of a wildfire. |
| 2 | 나는 이산화탄소를 흡수하고 탄소를 저장하는 숲에 관심이 있다.<br>I am interested in forests that absorb carbon dioxide and store carbon. |
| 3 | "숲가꾸기" 단어의 의미와 해야 하는 이유를 설명할 수 있다.<br>I can explain the meaning of the term "forest management" and why it is necessary. |
| 4 | 주변 사람들에게 기후변화의 위험성과 숲의 중요성에 관한 이야기할 것이다.<br>I will talk to people around me about the dangers of climate change and the importance of forests. |
| 5 | 숲이 줄어드는 것을 중요하게 생각하지 않는다.<br>I don't consider the reduction of forests to be important. |
| 6 | 탄소중립에 대해 설명할 수 있다.<br>I can explain carbon neutrality. |
| 7 | 탄소중립을 달성하려면 나무로 된 건물이 많아져야 한다고 생각한다.<br>I believe that achieving carbon neutrality requires more wooden buildings. |
| 8 | 어떤 상황에서도 숲의 나무를 절대 베어서는 안 된다.<br>Under no circumstances should trees in forests be cut down. |
| 9 | 숲이 온실가스를 흡수하고 저장한다는 것을 알고 있다.<br>I know that forests absorb and store greenhouse gases. |
| 10 | 산불이 나면 탄소가 배출된다는 것을 알고 있다.<br>I know that wildfires release carbon. |
| 11 | 내가 숲을 보호하고 지키기 위해 어떻게 해야 하는지 알고 있다.<br>I know what to do to protect and conserve forests. |
| 12 | 숲을 보호하고 지키는 행동은 의미가 있다.<br>Actions to protect and conserve forests are meaningful. |
| 13 | 산이나 공원에서 쓰레기를 버리지 않고, 버려진 쓰레기는 주울 것이다.<br>I do not litter in mountains or parks, and I will pick up litter that I find. |
| 14 | 나무와 탄소에 관해 인터넷, 책 등을 찾아볼 것이다.<br>I will look up information about trees and carbon on the internet and in books. |
| 15 | 나의 생활 태도는 숲의 탄소 저장에 영향을 미칠 수 있다.<br>My lifestyle can affect the carbon storage of forests. |
| 16 | 숲의 면적이 감소한다면 숲에 사는 생물에게 어떤 어려움이 있을지 상상할 수 있다.<br>I can imagine the difficulties for creatures living in forests if the forest area decreases |
| 17 | 나무로 만든 물건을 사용하는 것은 탄소의 흡수·저장에 도움이 된다고 생각한다.<br>I believe that using wooden products helps in carbon absorption and storage. |

**Table 1. (Continued)**

| Div | Items |
|---|---|
| 18 | 다른 사람에게 탄소를 저장하는 숲의 중요성에 대해 설명할 수 있다.<br>I can explain to others the importance of forests for carbon storage. |
| 19 | 우리나라에서 생산한 목재를 사용해야 하는 이유를 설명할 수 있다.<br>I can explain why we should use domestically produced timber. |
| 20 | 주변에 있는 나무에 관심이 있다.<br>I am interested in the trees around me. |
| 21 | 잘 관리된 숲이 그렇지 않은 숲보다 탄소 흡수·저장 능력이 뛰어난 이유를 설명할 수 있다.<br>I can explain why well-managed forests have better carbon absorption and storage capabilities than unmanaged forests. |
| 22 | 숲의 면적이 줄어든다면 나의 삶에 어떤 영향을 미칠지 짐작할 수 있다.<br>I can guess how the reduction of forest areas might affect my life. |
| 23 | 숲과 탄소에 대해 더 배울 수 있는 기회가 생기면 참여할 것이다.<br>I will participate in opportunities to learn more about forests and carbon. |
| 24 | 숲을 가꾸기 위해 때로는 나무를 베어내는 활동이 필요하다고 생각한다.<br>I believe that sometimes cutting down trees is necessary for forest management. |
| 25 | 같은 종류의 물건이라면, 나무로 만들어진 제품을 사용할 것이다.<br>If there are similar products, I will use those made of wood. |
| 26 | 이산화탄소를 흡수하고 탄소를 저장하기 위해 나무를 심는 것이 중요하다고 생각한다.<br>I believe it is important to plant trees to absorb carbon dioxide and store carbon. |
| 27 | 숲을 보호하고 지킬 것이다.<br>I will protect and conserve forests. |
| 28 | 숲을 가꾸고 유지하기 위한 활동에 참여할 생각이 있다.<br>I am willing to participate in activities to manage and maintain forests. |
| 29 | 나무가 이산화탄소를 흡수하고 탄소를 저장하며, 산소를 배출하는 것을 알고 있다.<br>I know that trees absorb carbon dioxide, store carbon, and release oxygen. |
| 30 | 나는 가족과 친구들에게 숲을 소중히 해야 한다고 이야기할 것이다.<br>I will tell my family and friends that forests should be cherished. |
| 31 | 지구를 위해 나무를 심고 싶다.<br>I want to plant trees for the sake of the Earth. |

### 2. 분석 방법

본 연구는 R(ver. 4.4.1)을 이용하여 자료를 분석하였다. 빈도와 백분율을 통해 설문 응답자의 인구학적 특성을 도출하였고, 평균, 표준편차, 왜도 및 첨도를 산출하여 응답자의 반응 경향을 살펴보았다. 이후 탄소중립 숲교육 효과 척도 문항의 타당성을 확인하기 위해 탐색적 요인분석을 실시하였다. 요인구조 분석 시 요인별 연관성을 고려하여 주성분 분석 방법을 사각회전 방식 중 하나인 Oblimin 회전을 사용하였다. 또한 본 척도 모델의 적합도를 알아보기 위해 최대우도추정법을 이용한 확인적 요인분석을 실시하여 절대적합지수인 카이제곱값(chi-square), 자유도 비, 잔차를 이용하여 산출한 Root Mean Square Error of Approximation(RMSEA), Standardized Root Mean-square Residual(SRMR)과 증분적합지수인 Turker-Lewis Index (TLI), Comparative Fit Index(CFI)의 값을 살펴보았다. 마지막으로 최종 확정된 문항의 신뢰도를 확인하였다.

요인분석 결과를 바탕으로 도출된 척도의 3개 요인을 KAB 모델(Knowledge–Attitude-Behavior Model)을 바탕으로 각각 '지식', '태도', '행동'으로 명명하였다. KAB 모델은 대중의 인식 개선을 통해 행동 변화를 유도하는데 매우 유용한 모델로서 습득된 지식이 태도 변화를 통해 행동을 변화시킨다고 설명한다(Kemm and Ann, 1995; Lim, 2020).

**Table 2. The contents of the carbon-neutral forest education program.**

| Division | Topic | Objective |
|---|---|---|
| 1차시<br>1st session | 탄소중립의 중요성 및 탄소흡수·저장원으로써 숲과 목재의 역할 | 인지 : 탄소중립의 개념과 탄소흡수저장원인 숲과 목재의 역할 인지<br>감성 : 탄소중립의 중요성에 대한 공감 및 숲과 목재에 대한 관심 증진<br>행동 : 일상생활에서도 $CO_2$ 배출을 줄이려는 실천 노력 |
| 2차시<br>2nd session | 나무의 탄소흡수·저장기능을 알고 우리학교 숲의 $CO_2$ 흡수량 계산 | 인지 : 우리학교 안 나무에 대해 알고 $CO_2$ 흡수량 계산방법 터득<br>감성 : 나무(목재)를 실제로 만져보고 관찰하면서 자연감수성을 증진<br>행동 : 학교나무들의 위치와 종류, 특징 등 직접 관찰을 통해 파악하고, 계산을 통해 탄소흡수·저장량이 배출량에 비해 부족하다는 것을 체감 |
| 3차시<br>3rd session | 탄소중립을 실현하는데 도움을 주는 숲가꾸기의 필요성 및 과정 | 인지 : 가꾼 숲과 가꾸지 않은 숲의 차이를 인지하고, 숲가꾸기의 효과 및 진행절차에 대한 이해<br>감성 : 나무를 베는 행위에 대한 부정적인 인식을 전환하고, 목재사용에 대한 관심 및 긍정적인 인식 제고<br>행동 : $CO_2$ 배출량을 나무심기·숲가꾸기·목재사용을 통해 상쇄하는 방식의 놀이를 하면서 산림보호·활용에 대한 실천 필요성 체감 |

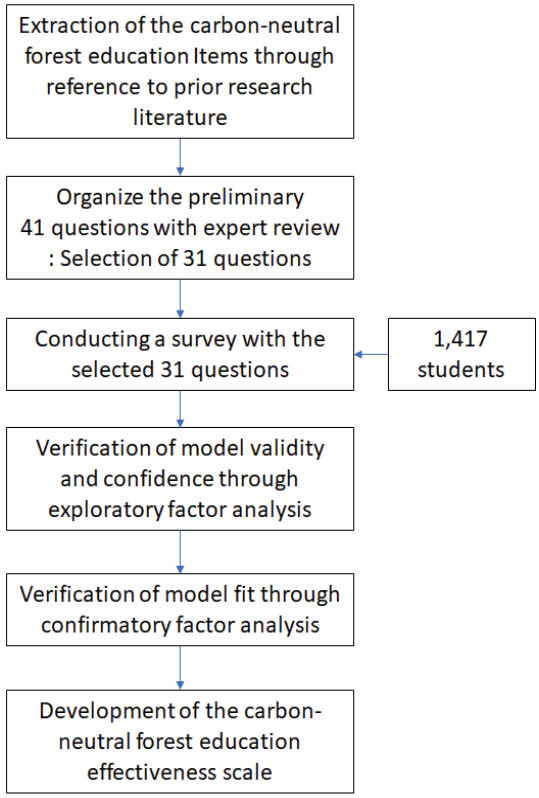


**Figure 1. Scale development procedure.**

## 연구 결과

### 1. 일반적 특성

탄소중립 숲교육 효과 프로그램 사전 설문 응답자는 여성이 48.41%(n=686)로 남성(48.27%, n=684)보다 많았다. 응답자는 초등학교 5학년이 31.90%(n=452)으로 가장 많았고, 중학교 1학년 28.65%(n=406), 초등학교 6학년이 19.90%(n=282)로 뒤를 이었다(Table 3).

### 2. 구성타당도 검증

1) 문항 분석

탄소중립 숲교육 효과 척도의 31개 문항의 평균과 표준편차, 왜도 및 첨도를 확인한 결과, 각 평균은 2.0~ 4.20, 표준편차는 .86~1.10, 왜도 –.94~1.14, 첨도 2.37~3.82로 나타났다. 문항과 전체 문항 간의 상관계수는 –.09~.75였으며, 전체 문항의 Cronbach's α값은 .93이었다. "5. 숲이 줄어드는 것을 중요하게 생각하지 않는다(-.09)." 문항은 상관계수가 .30 미만으로 나타나 최종 척도에서 제외하였다.

2) 탐색적 요인분석

탄소중립 숲교육 효과 척도가 요인분석에 적합한지 알

**Table 3. Profile of survey participant characteristics.**

| Division | | | N | % |
|---|---|---|---|---|
| Gender | Female | | 686 | 48.41 |
| | Male | | 684 | 48.27 |
| | Non-response | | 47 | 3.32 |
| | Total | | **1,417** | **100.0** |
| Grade | Elementary School | 4th | 104 | 7.34 |
| | | 5th | 452 | 31.90 |
| | | 6th | 282 | 19.90 |
| | Middle School | 1st | 406 | 28.65 |
| | | 2nd | 149 | 10.52 |
| | | 3rd | 23 | 1.62 |
| | High School | 1st | 93 | 6.56 |
| | Total | | **1,417** | **100.0** |

**Table 4. Exploratory Factor Analysis Results of the Carbon-Neutral Forest Education Effectiveness Scale.**

| Items | Factor 1 | Factor 2 | Factor 3 | Skewness | Kurtosis | Mean | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| q1 | | | **.47** | -.935 | 3.767 | 3.941 | .989 |
| q2 | | **.56** | | .007 | 2.847 | 3.15 | 1.018 |
| q3 | | **.59** | | -.035 | 2.713 | 3.074 | 1.028 |
| q4 | | **.51** | | -.173 | 2.857 | 3.277 | 1.016 |
| q5* | | | | 1.139 | 3.815 | 1.962 | 1.065 |
| q6 | | **.70** | | .003 | 2.636 | 3.071 | 1.047 |
| q7* | | | | .070 | 2.554 | 2.854 | 1.091 |
| q8* | | | | .146 | 2.373 | 3.147 | 1.045 |
| q9 | | | **.51** | -.495 | 2.612 | 3.661 | 1.083 |
| q10 | | | **.48** | -.484 | 2.561 | 3.612 | 1.095 |
| q11 | | | **.45** | -.504 | 3.096 | 3.796 | .933 |
| q12 | **.70** | | | -.948 | 3.817 | 4.191 | .861 |
| q13 | **.65** | | | -.403 | 3.213 | 3.658 | .919 |
| q14 | | **.54** | | -.024 | 3 | 3.1 | .995 |
| q15* | | | | -.258 | 2.99 | 3.509 | .952 |
| q16 | **.57** | | | -.531 | 3.005 | 3.937 | .901 |
| q17* | | | | -.033 | 2.898 | 3.12 | 1.012 |
| q18 | | **.71** | | -.063 | 2.87 | 3.311 | .974 |
| q19 | | **.75** | | .160 | 2.971 | 2.962 | .986 |
| q20 | | | **.47** | -.089 | 2.649 | 3.23 | 1.062 |
| q21 | | **.73** | | .180 | 2.82 | 3.003 | 1.023 |
| q22 | | | **.42** | -.445 | 3.007 | 3.703 | .965 |
| q23 | **.56** | | | -.115 | 2.817 | 3.462 | .980 |
| q24* | | | | -.123 | 2.764 | 3.046 | 1.030 |
| q25* | | | | -.010 | 3.175 | 3.056 | .939 |
| q26 | **.67** | | | -.561 | 2.916 | 4.018 | .895 |
| q27 | **.86** | | | -.545 | 2.929 | 3.967 | .911 |
| q28 | **.68** | | | -.155 | 2.898 | 3.536 | .955 |
| q29 | | | **.41** | -.343 | 2.58 | 3.759 | .997 |
| q30 | **.61** | | | -.273 | 2.868 | 3.644 | .959 |
| q31 | **.81** | | | -.674 | 2.964 | 3.938 | 1.010 |

*기준에 맞지 않아 탈락한 문항

아보기 위해 KMO 값과 Bartlett의 구형성 검정을 시행하였다. KMO값은 .96으로 나타났고, Bartlett의 구형성 검사는 $\chi^2$ = 21681.54(*df*=465 *p*<.001)로 요인분석을 하기에 적합한 것으로 나타났다.

선정된 문항에 대해 Oblimin 회전에 의한 최대우도법을 실시하였고, 요인의 수는 선행연구 및 전문가 의견을 기반으로 3개 요인으로 고정하여 탐색적 요인분석을 진행하였다(Table 4). 3요인은 고윳값이 1.0이 넘어 요인분석에 적합한 결괏값으로 나타났으며, 문항에서 도출된 요인별 부하량 중 가장 높은 부하량을 가진 요인에 문항을 포함시켰다. 또한 문항-총점 간 상관이 0.4 이하인 문항은 전체 척도에서 문항의 상관이 낮다는 것을 의미하므로 이에 해당하는 6개의 문항을 삭제하였다(Ebel, 1965; Choi and Ha, 2022).

이후 도출된 24개 문항의 요인분석 적합성을 확인하기 위해 탐색적 요인분석을 실시하였다. 그 결과, KMO값이 .97로 나타났고, Bartlett의 구형성 검사는 $\chi^2$=19158.3 (*df*= 207 *p*<.001), 설명량 53.18%로 요인분석을 하기 적합한 문항임이 확인되었다. 요인분석 결과를 바탕으로 도출된 24개 문항의 내용을 KAB 모델을 바탕으로 3개 요인을 각각 '지식', '태도', '행동'으로 명명하였다. 도출된 '지식(Factor 3)'요인은 7개의 문항으로 고유값은 4.13, 전체 변량의 17.21%를 설명하였고, '태도(Factor 1)' 요인은 9개의 문항으로 고유값은 6.40, 전체 변량의 26.67%를 설명하였으며, '행동(Factor 2)' 요인은 8개의 문항으로 고유값은 2.23, 전체 변량의 9.30%를 설명하였다.

3) 확인적 요인분석

탐색적 요인분석으로 확인된 탄소중립 숲교육 효과 척도의 구성타당도를 검증하고자 확인적 요인분석을 실시하였다. 분석에 활용된 24개 문항은 표준화 계수가 0.5 이상, SMC가 .20 이상으로 최종 문항으로 확정하였다(Table

**Table 5 Confirmatory Factor Analysis Results of the Carbon-Neutral Forest Education Effectiveness Scale.**

| Factor | Items | B | Standardized Estimate ($\beta$) | SE | CR | p-value | SMC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 지식 Knowledge | q22 | 1.000 | .703 | | | | .506 |
| | q29 | .959 | .653 | .041 | 23.599 | *** | .573 |
| | q10 | .917 | .568 | .045 | 20.540 | *** | .678 |
| | q20 | 1.069 | .683 | .043 | 24.617 | *** | .534 |
| | q9 | .865 | .546 | .044 | 19.764 | *** | .701 |
| | q11 | .872 | .631 | .038 | 22.814 | *** | .602 |
| | q1 | .794 | .545 | .040 | 19.713 | *** | .704 |
| 태도 Attitude | q27 | 1.000 | .802 | | | | .357 |
| | q31 | 1.039 | .752 | .034 | 30.989 | *** | .435 |
| | q12 | .781 | .666 | .029 | 26.646 | *** | .556 |
| | q28 | 1.028 | .786 | .031 | 32.793 | *** | .382 |
| | q26 | .816 | .668 | .031 | 26.710 | *** | .554 |
| | q13 | .874 | .701 | .031 | 28.527 | *** | .508 |
| | q30 | 1.010 | .770 | .032 | 31.961 | *** | .407 |
| | q16 | .821 | .669 | .031 | 26.671 | *** | .553 |
| | q23 | .969 | .722 | .033 | 29.333 | *** | .478 |
| 행동 Behavior | q19 | 1.000 | .597 | | | | .643 |
| | q21 | 1.188 | .684 | .050 | 23.802 | *** | .532 |
| | q18 | 1.285 | .777 | .057 | 22.630 | *** | .396 |
| | q6 | 1.202 | .676 | .058 | 20.583 | *** | .543 |
| | q3 | 1.159 | .664 | .057 | 20.312 | *** | .559 |
| | q2 | 1.234 | .714 | .058 | 21.378 | *** | .491 |
| | q14 | 1.228 | .730 | .056 | 21.770 | *** | .467 |
| | q4 | 1.275 | .739 | .058 | 21.900 | *** | .453 |

***$p$<.001

**Table 6. Fit Assessment Results of the Carbon-Neutral Effectiveness Scale.**

| Fitness | $\chi^2$ | df | CFI | TLI | SRMR | RMSEA | 90% 신뢰구간 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | L | H |
| Value | 1843.488 | 240 | .916 | .903 | .050 | .069 | .066 | .072 |

5). 이와 함께 절대 적합도 지수인 $\chi^2 \leq 2$(또는 3), SRMR ≤.08, RMSEA≤.08를 확인하였으며(Hu and Bentler, 1999; Jeon, 2023), 증분 적합도 지수인 TLI≥.90, CFI≥.90 기준을 적용하여 척도 모델의 적합성을 평가하였다(Browne and Cudeck, 1993; Park, 2019). 분석 결과 $\chi^2$은 1843.488.54 ($df$=240 $p$<.001)로 높게 나타났는데, 이는 $\chi^2$이 표본 크기에 민감하기 때문이다(Park, 2019). 그 외 RMSEA는 .069, SRMR은 .050, TLI와 CFI는 각각 .903과 .916으로 좋은 적합도를 보여 본 척도가 적합한 모델임을 알 수 있었다(Table 6). 척도 모델의 요인별 Cronbach's α를 살펴보면, 지식 .822, 태도 .912, 행동 .886으로 사회과학 분야에서 요구하는 신뢰도 기준(Cronbach's α 0.6 이상)을 충족하는 것으로 나타났다. 탄소중립 숲교육 효과 척도 모델은 Figure 2와 같다.

### 3. 최종 탄소중립 숲교육 효과 척도 도출

최종적으로 도출된 탄소중립 숲교육 효과 척도는 3개의 요인의 24개 문항으로 구성된 5점 Likert 척도(1점'전혀 그렇지 않다', 5점'매우 그렇다')로 확정되었다. 하부 요인에 따른 문항 구성은 Table 7과 같으며, 본 척도는 향후 탄소중립 숲교육의 효과를 측정하는 도구로써 활용할 수 있다.

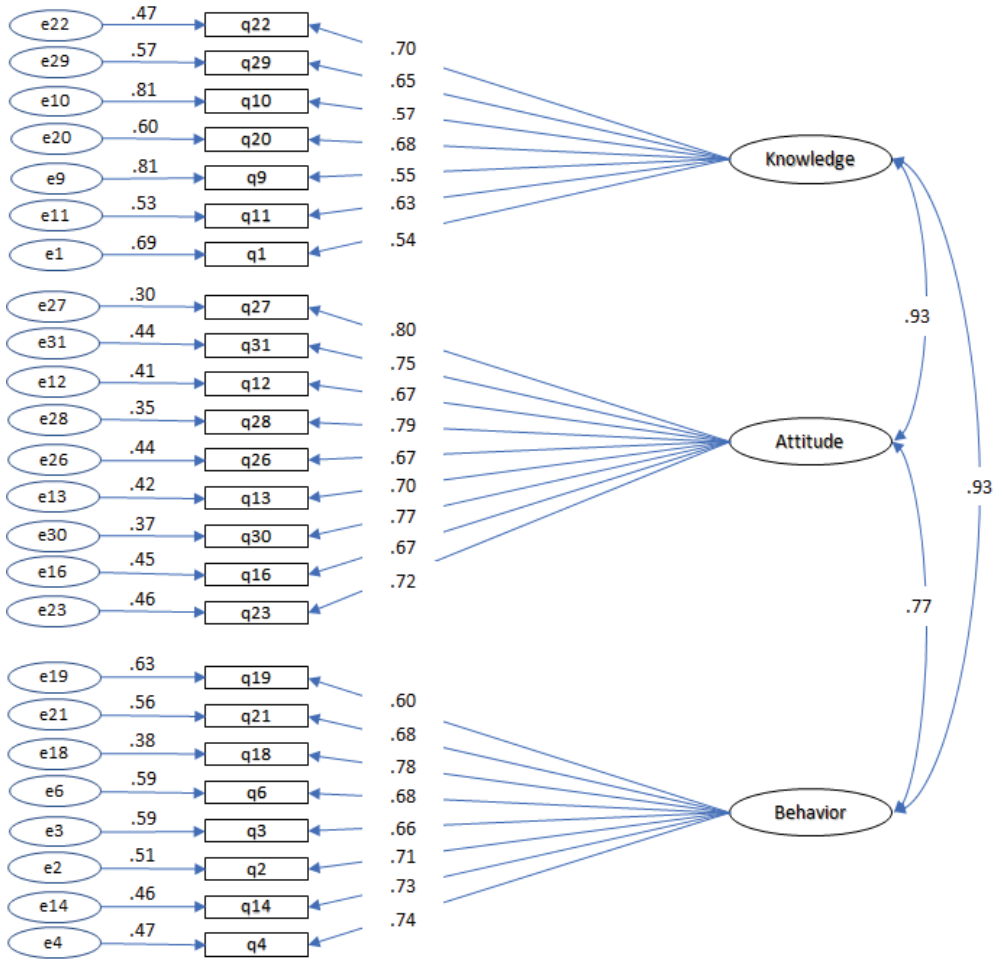


**Figure 2. Model of the Carbon-Neutral Forest Education Effectiveness Scale.**

**Table 7. Final Carbon-Neutral Forest Education Effectiveness Scale.**

| Division | Items |
|---|---|
| 지식<br>Knowledge | 산불이 발생할 경우, 산불로 인해 숲이 훼손되는 것을 걱정한다.<br>I worry about the destruction of forests in case of a wildfire.<br>숲이 온실가스를 흡수하고 저장한다는 것을 알고 있다.<br>I know that forests absorb and store greenhouse gases.<br>산불이 나면 탄소가 배출된다는 것을 알고 있다.<br>I know that wildfires release carbon.<br>숲을 보호하고 지키기 위해 어떻게 해야 하는지 알고 있다.<br>I know what to do to protect and conserve forests.<br>주변에 있는 나무에 관심이 있다.<br>I am interested in the trees around me.<br>숲의 면적이 줄어든다면 나의 삶에 어떤 영향을 미칠지 짐작할 수 있다.<br>I can guess how the reduction of forest areas might affect my life.<br>나무가 이산화탄소를 흡수하고 탄소를 저장하며, 산소를 배출하는 것을 알고 있다.<br>I know that trees absorb carbon dioxide, store carbon, and release oxygen. |
| 태도<br>Attitude | 숲을 보호하고 지키는 행동은 의미가 있다.<br>Actions to protect and conserve forests are meaningful.<br>산이나 공원에서 쓰레기를 버리지 않고, 버려진 쓰레기는 주울 것이다.<br>I do not litter in mountains or parks, and I will pick up litter that I find.<br>숲의 면적이 감소한다면 숲에 사는 생물에게 어떤 어려움이 있을지 상상할 수 있다.<br>I can imagine the difficulties for creatures living in forests if the forest area decreases.<br>숲과 탄소에 대해 더 배울 수 있는 기회가 생기면 참여할 것이다.<br>I will participate in opportunities to learn more about forests and carbon.<br>이산화탄소를 흡수하고 탄소를 저장하기 위해 나무를 심는 것은 중요하다고 생각한다.<br>I believe it is important to plant trees to absorb carbon dioxide and store carbon.<br>숲을 보호하고 지킬 것이다.<br>I will protect and conserve forests.<br>숲을 가꾸고 유지하기 위한 활동에 참여할 생각이 있다.<br>I am willing to participate in activities to manage and maintain forests.<br>나는 가족과 친구들에게 숲을 소중히 해야 한다고 이야기할 것이다.<br>I will tell my family and friends that forests should be cherished.<br>지구를 위해 나무를 심고 싶다.<br>I want to plant trees for the sake of the Earth. |
| 행동<br>Behavior | 나는 이산화탄소를 흡수하고 탄소를 저장하는 숲에 관심이 있다.<br>I am interested in forests that absorb carbon dioxide and store carbon.<br>"숲가꾸기" 단어의 의미와 해야 하는 이유를 설명할 수 있다.<br>I can explain the meaning of the term "forest management" and why it is necessary.<br>주변 사람들에게 기후변화의 위험성과 숲의 중요성에 관해 이야기할 것이다.<br>I will talk to people around me about the dangers of climate change and the importance of forests.<br>탄소중립에 대해 설명할 수 있다.<br>I can explain carbon neutrality.<br>나무와 탄소에 관해 인터넷, 책 등을 찾아볼 것이다. |

**Table 7. (Continued)**

| Division | Items |
|---|---|
| 행동 Behavior | I will look up information about trees and carbon on the internet and in books. |
| | 다른 사람에게 탄소를 저장하는 숲의 중요성에 대해 설명할 수 있다. |
| | I can explain to others the importance of forests for carbon storage. |
| | 우리나라에서 생산한 목재를 사용해야 하는 이유를 설명할 수 있다. |
| | I can explain why we should use domestically produced timber. |
| | 잘 관리된 숲이 그렇지 않은 숲보다 탄소흡수 저장 능력이 뛰어난 이유를 설명할 수 있다. |
| | I can explain why well-managed forests have better carbon absorption and storage capabilities than unmanaged forests. |

## 결론 및 제언

본 연구는 탄소중립 숲교육 효과를 확인하는 척도 개발을 통해 추후 탄소중립을 주제로 한 산림교육 효과를 확인하는 데 목적이 있다. 탄소중립 숲교육 측정 도구 개발을 위해 문헌 조사를 하였으며, 유아 생태소양척도(Lim and Huh, 2018), 환경감수성 및 환경친화적 태도(Park, 2011), 생태감수성 척도(Kim and Kim, 2019)를 참고하여 41개의 문항을 도출하였다. 이후 문항의 타당성 검토를 위하여 관련 전문가 5명에게 관련성과 적절성을 검토 받아 중복되는 문항 삭제 및 수정을 통해 31개의 문항을 선정하였다. 선정된 문항을 초등학교 고학년 이상의 청소년 2,097명을 대상으로 설문하였으며, 설문 결과를 바탕으로 요인분석을 실시하였다. 그 결과, 최종적으로 3개의 요인과 24개의 문항을 도출하였다.

본 연구에서 개발된 탄소중립 숲교육 효과 척도는 확인적 요인분석을 통해 기존 선행연구와 비교하여 적절한 적합성과 구성타당도를 나타냈다. 구체적으로, RMSEA는 .069, SRMR은 .050으로 Hu and Bentler(1999)가 제시한 절대 적합도 지수의 기준인 .08 이하를 충족하였다. 또한, 증분 적합도 지수인 TLI와 CFI는 각각 .903과 .916으로 기준값인 .90 이상을 상회하여 모델의 적합도를 입증하였다. 이러한 적합도 지수는 유사한 방법론을 활용한 선행연구인 자연소리와 회복환경척도(Jeon, 2023)에서 개발된 척도와 비교했을 때 유사한 수준으로 판단되었다. 더불어, 요인별 Cronbach's α 값이 지식 .822, 태도 .912, 행동 .886으로 나타나 기존 선행연구인 숲 경험(EF)척도(Kim, 2017)에서 개발된 척도와 유사하게 나타났다. 이는 본 척도가 탄소중립 숲교육의 효과를 측정하는 데 있어 신뢰성과 타당성이 높음을 의미하며, 구성타당도 측면에서 적절한 도구임을 시사한다. 따라서 본 척도는 향후 관련 연구 및 교육현장에서 활용 가치가 높을 것으로 기대된다.

아동、청소년 대상 탄소중립 숲교육이 확대되는 상황에서 기존 선행연구에서 활용된 척도는 탄소중립 숲교육의 효과를 체계적으로 측정하는 데 어려움이 있었다. 생태소양척도(Ju and Kim, 2013; Kim, 2018; Lim and Huh, 2018; Kim and Koo, 2019)는 주로 일반적인 생태 지식과 태도를 평가하여 탄소중립과 직접적으로 연관된 숲교육의 효과를 반영하기에 한계가 있었다. 환경감수성 척도(Lee and Lee, 2006; Kim and Choi, 2010; Ko and Hong, 2010; Park, 2011; Barbas et al, 2012)는 환경에 대한 감수성을 측정하지만, 탄소중립이나 산림의 구체적인 역할에 대한 인식을 평가하지 못하여 본 연구에 적합하지 않았다. 생태감수성 척도(Ju, 2018; Kim and Kim, 2019; Lee and Lee, 2019; Choi and Ha, 2022) 또한 생태계 전반에 대한 감수성에 초점을 맞추고 있어, 탄소중립 숲교육의 효과를 파악하는 데 한계가 있었다. 따라서 본 연구는 산림을 주제로 한 탄소중립 숲교육 효과를 측정할 수 있는 도구를 개발한 것에 의의가 있다.

본 연구 결과와 의의를 바탕으로 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 개발된 측정 도구를 바탕으로 탄소중립 숲교육이 청소년들의 탄소중립에 대한 인식을 향상시키고, 탄소중립을 위해 실천하는 청소년을 양성하는 데 효과가 있음을 확인하는 과정이 필요하다. 이를 위해 청소년을 대상으로 탄소중립 숲교육 사전과 사후에 탄소중립에 대한 학생들의 인식 변화를 비교하는 연구가 필요하다.

둘째, 탄소중립 숲교육의 장기적인 효과를 확인하기 위해 청소년들이 지속적으로 탄소중립을 위한 행동을 실천하는지에 대한 추적 연구가 필요하다. 이를 통해 교육 프로그램의 장기적인 영향을 평가하고, 필요시 프로그램을 수정 및 보완할 수 있을 것이다. 또한, 이를 통해 탄소중립 숲교육의 사회적 가치를 입증하고, 더 많은 학교와 지역사회에서 프로그램을 도입하도록 장려할 수 있을 것이다.

마지막으로 본 연구는 척도 내 일부 문항이 높은 오차항(e 값)을 보여 최종 척도 안에서 해당 문항이 충분히 설

명되지 않는 한계가 있었다. 이는 모델의 제한성, 문항의 내용적 문제, 혹은 응답자의 문항 이해 방식의 차이 등 다양한 요인에 기인할 수 있다. 향후 연구에서는 문항의 재검토 및 수정, 추가적인 요인의 도입, 보다 정교한 모델 구조의 탐색 등을 통해 모델의 적합도를 높이는 방향으로 연구를 진행할 필요가 있다.

결론적으로, 본 연구는 탄소중립 숲교육의 효과를 체계적으로 평가할 수 있는 새로운 척도를 개발하였으며, 이를 통해 산림교육의 질적 향상 및 역할 확대를 위한 토대를 마련하였다. 본 연구를 통해 개발된 척도는 청소년들이 탄소중립의 중요성과 산림의 역할을 명확히 인식하도록 돕고, 산림을 보호하기 위한 행동을 실천하는 데 기여할 것으로 기대된다.

## References


Barbas, T.A., Paraskevopoulos, S. and Stamou, A.G. 2009. The effect of nature documentaries on students' environmental sensitivity: A case study. Learning, Media and Technology 34(1): 61-69.

Beon, Y.M. 2021. Awareness and Needs of Kindergarten Teachers for Early Childhood Carbon Neutrality Education. Master's thesis. Busan. Pusan National University of Education.

Browne, M.W. and Cudeck, R. 1993. Alternative ways of assessing model fit. Sage Focus Editions 154: 136-136.

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.

Choi, S.H. and Ha, S.Y. 2022. Development of a Forest Ecological Sensitivity Scale for Evaluating the Effectiveness of Forest Education Programs. Journal of Korean Society of Forest Science 111(3): 450-460.

Ebel, R.L. 1965. Confidence weighting and test reliability. Journal of Educational Measurement 2(1): 49-57.

Hu, L.T. and Bentler, P. 1999. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. Struct Equ Modeling 6: 1-55. (in English absctact)

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

Jeon, J.Y. 2023. Nature Soundscape and Restoration: Based on the Development a Measurement Scale. The Journal of Korean institute of Forest Recreation 27(2): 67-77.

Ju, E.J. 2018. Changes of Elementary Students' Cognition of Nature and Ecological Sensitivity through Ecological Education based on Nature of Schoolyard. Biology Education 46(1): 141-153.

Ju, E.J. and Kim, J.G. 2013. Analysis of Children's Experiences in Plants and Their Relationship with Ecological Literacy. Journal of Korean Elementary Science Education 32(4): 404-414.

Kang, E.J. 2023. Analyzing Elementary School Teachers' Perceptions of Carbon Neutrality Education and Their Experiences in Implementing Carbon Neutrality Education in Science Subjects. Journal of the Korean Association for Science Education 43(5): 469-481.

Kemm, J. and Close. A. 1995. Health Promotion: Theory and Practice. Basingstoke. Hampshire: Macmillan.

Kim, B.M. 2018. The impact of community-based environmental education programs on elementary school students' ecological literacy. Global Studies Education 10(2): 65-96.

Kim, B.R. and Kim, H.J. 2022. How a STEAM Program Affects Opinions on Carbon Neutrality Among Elementary School Students: Environmental Awareness and Attitude Changes. The Korean Association of Practical Arts Education 35(4): 51-69.

Kim, H.R. and Koo, C.D. 2019. The Influence of Urban Forest and School Forest Experience Activities on Attitude Toward Forest, Psychological Well-being and Stress of High School Student. Korean Journal of Environment and Ecology 33(3): 341-353.

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.

Kim, S.S. and Choi, S.B. 2010. The Effects of Reflective Writing Activities about The Environment on The Environmental Sensitivity and Willingness to Act of Primary School Students. Journal of Environmental Science International 19(1): 69-80.

Kim, Y.S. 2017. The Development and Validation of Experience of Forest Scale. Journal of Motologie 3(2): 49-60.

Ko, S.W. and Hong, S.H. 2010. Effects of the Nature Game Experience Learning on Schoolchild's Environmental Sensitivity Change in Jeju Gotjawal Forest. Korean Journal of Environmental Education 23(3): 97-114.

Ko, W. and So, K.H. 2024. The Effects of Project-Based

Carbon Neutral Education on Environmental Literacy and Ecological Sensitivity of Elementary School Students, Elementary Education Research 39(2): 97-113.

Lee, J.B. and Lee, D.G. 2006. A Study on the Development and Measurement of Environmental Sensitivity among Middle School Environmental Class. Korean Journal of Environmental Education 19(3): 138-149.

Lee, S.H. and Lee H.C. 2019. The Effects of Writing Science Diary on Science Learning Motivation, Science Academic Achievement and Ecological Sensitivity of Elementary Students- Focused on the Unit of the Structure and Function of Plants. Journal of Korean Elementary Science Education 38(3): 387-394.

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, M.J. 2023. A Study on Energy Self-Sufficient and Carbon-Neutral Schools. PhD diss. Seoul. Sejong University.

Lim, O.Y. 2020. The Relationship among Dementia Knowledge. Attitude and Behavioral Intention of Residents, Crisisonomy 16(4): 17-32.

Ministry of Environment. 2022. Carbon Neutrality Practice Begins at Schools(Ministry of Education, Morning Press Release). https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=45241&searchDeptName=&menuSeq=971&searchEndDate=&searchEtc1=&searchEtc2=&searchEtc3=&searchEtc4=&searchEtc5=&currentPageNo=1&searchSelect=content&searchStartDate=&recordCountPerPage=&bbsSeq=10&searchValue=%EA%B8%B0%ED%9B%84. (2022.03.10).

Park, J.H. 2024. An Analysis of Science and Social Studies Education Content Related to Carbon Neutral Education in Elementary School. Teacher Education Research 63(1): 53-64.

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. Jinju National University of Education.

Park, W.R. 2019. Construction and Validation of Self-Concept Clarity Scale for Children and Adolescent in Korea. Korean Journal of Elementary Education 30(3): 1-18.

2050 Carbon Neutral Green Growth Committee. 2021. 2050 Carbon Neutrality Scenario.

Manuscript Received : September 3, 2024
First Revision : November 29, 2024
Accepted : December 2, 2024