



## 자연생태계와의 공생 공감지수 개발 - 이론적 타당성에 기반한 측정 도구 설계 -

### *Development of the Empathy Index for Symbiotic Living with the Natural Ecosystem - Designing a Measurement Tool Based on Theoretical Validity -*

이연숙\* · 이지연\*\* · 크리스토퍼 엘리스\*\*\*  
Yeun Sook Lee\* · Jiyeun Lee\*\* · Christopher D. Ellis\*\*\*

\* Main author; Emeritus Professor, Dept. of Interior Architecture and Built Environment, Yonsei Univ., South Korea (yeunsooklee@yonsei.ac.kr)

\*\* Corresponding author; Researcher, R & D Center of SymbiolivingTECH, South Korea (nikedari@naver.com)

\*\*\* Coauthor; Professor, Dept. of Plant Science and Landscape Architecture, Univ. of Maryland, USA (cdellis@umd.edu)

#### ABSTRACT

**Purpose:** Ecological crises such as climate change, biodiversity loss, and pollution increasingly threaten the sustainability of human life. Addressing these challenges requires a shift toward symbiotic living, in which humans are understood not only as beneficiaries of nature but also as decision-makers whose everyday choices influence ecological stability. This study aims to design an Empathy Index for Symbiotic Living with the Natural Ecosystem (EIS-NE) to diagnose citizens' symbiotic competence and to provide a conceptual foundation for evaluating symbiosis-oriented education, policy, and environmental interventions. **Method:** Symbiotic living was conceptualized through a dual-position framework integrating ecological embeddedness with human decision-making agency. The content domain was structured using Sustainable Development Goals (SDGs) directly related to natural ecosystems (SDGs 6, 7, 12, 13, 14, 15, and the environmental dimension of SDG 11). Based on multidimensional empathy theory, symbiotic competence was defined as a three-dimensional construct comprising cognitive awareness, emotional sensitivity, and behavioral intention. A theory-driven measurement system was designed in three scalable formats: Extended (36 items), Standard (24 items), and Brief (12 items). **Results:** The EIS-NE provides a coherent conceptual framework and a multi-scale measurement system that translates symbiotic living into measurable indicators. The index enables diagnostic assessment, pre-post evaluation, and comparative analysis across education, policy, and environmental planning contexts. Future research should focus on empirical validation through expert review, factor analysis, and reliability testing.

#### KEYWORD

자연생태계와의 공생  
SDGs 공감지수  
지속가능발전교육  
생태시민성  
이론적 타당성

Symbiotic Living with Natural Ecosystem  
Empathy Index for SDGs  
Sustainability Education  
Ecological Citizenship  
Theoretical Validity

#### ACCEPTANCE INFO

Received Nov. 25, 2025  
Final revision received Feb. 27, 2026  
Accepted Mar. 5, 2026

© 2026. KIEAE all rights reserved.

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경과 문제의식

현대 사회는 산업화·도시화·기술 발전을 통해 물질적 풍요를 달성 하였으나, 그 과정에서 인간이 의존하는 자연생태계의 균형을 급속도로 훼손해 왔다. 기후위기, 생물다양성 감소, 자원 고갈, 환경오염 등은 이미 전 지구적 차원에서 인간 삶의 지속 가능성을 위협하고 있으며[1,2], 이는 단순한 환경문제를 넘어 인간과 자연의 관계 설정 방식 자체에 대한 근본적 재검토를 요구한다.

이러한 전환기적 문제의식 속에서 '공생(Symbiosis)' 개념은 기존의 생물학적 공존 개념을 넘어, 자연생태계·사회생태계·기술생태계가 상호 의존과 존중, 협력을 통해 유지되어야 한다는 확장된 삶의 패러다임으로 논의되고 있다[3,4]. 공생은 인간을 자연 외부에서 자연을 관리·통제하는 존재로 보았던 근대적 관점에서 벗어나, 인간이 생태계 내부에 포함된 구성원이자 동시에 생태계의 건전성과 지속 가능성에 책임을 지는 의사결정 주체임을 전제한다. 본 연구는 이러

한 인간-자연 관계의 이중적 성격을 자연생태계 공생 공감지수 설계를 위한 핵심 관점으로 설정한다.

한편 국제사회는 이러한 복합적 생태 위기에 대응하기 위해 지속가능발전(Sustainable Development)을 핵심 기조로 채택해 왔으며, 2015년 채택된 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)는 자연·사회·경제 영역을 포괄하는 17개 목표를 통해 인간 삶과 생태계 보전의 통합적 접근을 제시한다[5]. 유네스코는 지속가능발전교육(Education for Sustainable Development, ESD)과 글로벌시민교육(Global Citizenship Education, GCED)을 통해 SDGs의 가치를 시민 역량으로 전환하기 위한 교육적 기준을 제시하였으며[6], 이는 공생 감수성과 지속가능성 의식이 전 지구적 시민에게 요구되는 핵심 역량으로 부상하고 있음을 보여준다.

그러나 실제 시민의 자연생태계에 대한 인식, 정서, 행동은 여전히 단편적 수준에 머물러 있으며, 자연을 인간 외부의 대상으로만 인식하는 '편향된 대상화 관점'이 강하게 잔존하고 있다[7]. 이러한 관점은 자연을 인간 삶의 근간을 이루는 생명 시스템으로 이해하는 데 한계를 가지며, 생태 위기의 심각성을 일상적 실천과 의사결정으로 전환하지 못하게 하는 주요 요인으로 작용한다.

이에 따라 인간이 자연생태계를 올바르게 이해하고, 스스로 그 생태계의 구성원임을 자각하며, 자연과의 회복·보전·공존을 지향하는 판단과 행동을 수행할 수 있도록 돕는 공감 역량의 체계적 개발과 진단이 요구된다. 공감은 인지적 이해, 정서적 반응, 행동적 실천이 통합된 역량으로서[8,9], 교육·정책·환경디자인 등 다양한 분야에서 시민 의사결정을 매개하는 핵심 기반역량이다. 그럼에도 불구하고 자연생태계와의 공생을 직접적으로 다루는 공감 기반 측정도구는 국내외적으로 부재하며, 기존의 친환경 태도나 환경행동 지표만으로는 공생 패러다임이 요구하는 시민 역량을 충분히 설명하기 어렵다. 따라서 자연생태계 공생으로의 전환을 촉진하기 위해서는, 공감에 기반한 측정 지수의 이론적 설계가 선행될 필요가 있다.

### 1.2. 연구 목적 및 의의

본 연구의 목적은 자연생태계와의 공생을 실현하기 위해 요구되는 시민의 공감 역량을 체계적으로 구성하고, 이를 측정하기 위한 자연생태계 공생 공감지수(Empathy Index for Symbiotic Living with the Natural Ecosystem)의 이론적 설계와 측정도구의 기본 구조를 도출하는 데 있다.

본 연구의 의의는 다음과 같다.

- 첫째, 자연생태계 공생을 중심 주제로 공감을 인지-정서-행동의 다차원 구조로 제시함으로써, 기존 환경태도·환경행동 연구가 충분히 다루지 못했던 공생 중심의 정의적·행동적 역량 구조를 이론화한다.
- 둘째, 자연생태계 감수성과 공생 역량을 교육·정책·환경조성 분야에서 측정·진단·평가할 수 있는 구조적 지표 틀을 제안함으로써, 시민 역량 증진을 위한 실천적 기반을 마련한다.
- 셋째, 공감 기반 지속가능발전교육(ESD)의 확장 가능성을 제시하여, 지식 중심 교육에서 의사결정과 실천 중심 교육으로의 패러다임 전환에 기여한다.

본 연구의 독창성은 다음과 같다.

- 첫째, 공생을 자연·사회·기술 생태계를 아우르는 확장된 패러다임으로 제시한 기존 공생학 논의[3,4]를 기반으로, 자연생태계 공생을 독립적 연구 대상으로 설정한 최초의 공감지수 이론 설계 연구라는 점이다.
- 둘째, 자연생태계 공생을 SDGs와 직접 연결함으로써, 공생 개념을 글로벌 정책 프레임 속에서 구조화하고 국제적 정합성을 확보하였다.
- 셋째, 인간을 자연의 대상이자 구성원이라는 이중적 위치로 해석하고, 이를 공감 구조로 조작화함으로써 기존 환경행동 측정도구와 차별화된 이론적 독자성을 갖는다.

### 1.3. 연구 범위 및 용어 정의

본 연구는 SDGs 중 자연생태계 보전과 직접적으로 관련된 목표(SDG 6, 7, 12, 13, 14, 15)와, 사회·자연의 복합 생태계로 해석되는

SDG 11의 자연환경 요소를 연구 범위로 한정한다. 주요 용어의 정의는 다음과 같다.

#### 1) 공생(Symbiosis)

자연·사회·기술 생태계가 상호 의존하며 존중과 협력을 기반으로 지속 가능한 관계를 형성하는 확장된 삶의 방식이다[3,4].

#### 2) 자연생태계(Natural Ecosystem)

자연적으로 형성된 생물·무생물 요소 간의 상호작용 체계로서, 인간을 포함하는 생명 시스템을 의미한다[2].

#### 3) 자연생태계와의 공생(Symbiotic Living with the Natural Ecosystem)

자연을 의사결정의 핵심 대상 시스템으로 인식함과 동시에, 인간이 그 생태계의 구성원으로서 책임과 역할을 수행하는 관계적 상태를 의미한다.

#### 4) 공감(Empathy)

타자의 상황을 인지적으로 이해하고, 정서적으로 반응하며, 이를 행동으로 전환하는 통합적 능력이다[8,9].

#### 5) 자연생태계 공생 공감지수(Empathy Index for Symbiotic Living with the Natural Ecosystem)

자연생태계와 공생하려는 시민 역량을 인지·정서·행동 차원에서 측정하기 위해 설계된 이론적 지수이다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 공생 패러다임의 진화와 SDGs의 등장

공생(Symbiosis)은 본래 생태학에서 서로 다른 종이 상호 이익을 얻으며 공존하는 관계를 의미하는 개념으로 출발하였다. 그러나 21세기에 들어 기후위기, 생물다양성 붕괴, 자원 고갈, 사회적 불평등과 같은 복합 위기가 심화되면서, 공생은 생물학적 관계를 넘어 인간 삶 전반을 관통하는 확장된 패러다임으로 재해석되고 있다[3,4]. 이러한 논의는 자연·사회·기술 생태계를 분리된 영역이 아닌 상호 연결된 시스템으로 인식하고, 인간을 그 내부에 위치한 구성원이자 동시에 시스템의 방향을 결정하는 행위자로 재정의한다.

특히 근대 산업사회가 전제해 온 인간 중심적·관리 중심적 자연관은 생태계의 회복 한계를 초과하는 개발과 소비를 정당화해 왔으며, 이는 현재의 전 지구적 생태 위기의 주요 원인으로 지적되고 있다[1,2]. 이러한 맥락에서 공생 패러다임은 인간을 자연 바깥에서 자연을 통제하는 주체가 아니라, 자연생태계 내부에 포함된 존재이자 그 균형에 책임을 지는 의사결정 주체로 인식하는 전환을 요구한다.

국제사회는 이러한 패러다임 전환에 대응하기 위한 공통의 행동 프레임으로 2015년 Table 1.과 같이 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)를 채택하였다[5].

SDGs는 인간 삶의 질 향상과 자연환경 보전을 상충 관계가 아닌 상호 의존적 목표로 설정하며, 자연·사회·경제·제도 영역을 통합적으로 다루는 글로벌 기준을 제시한다.

Table 1. Classification of SDGs by ecological domain

N	Goal	UN summary	Dom*	Rationale
1	No Poverty	End poverty and ensure social protection systems.	SI	Poverty reflects structural inequality shaped by social systems.
2	Zero Hunger	Achieve food security & improved nutrition.	SI	Hunger results from social inequality and community survival conditions.
3	Good Health and Well-being	Ensure healthy lives & well-being for all.	SI	Health depends on social institutions, equity, and welfare systems.
4	Quality Education	Ensure inclusive & equitable quality education.	S	Education shapes social mobility and opportunity structures.
5	Gender Equality	Achieve gender equality & empower women & girls.	S	Gender equality represents inclusion, rights, and justice.
6	Clean Water & Sanitation	Ensure availability of water & sanitation.	N	Water is a natural resource tied to ecological conditions.
7	Affordable & Clean Energy	Ensure access to sustainable energy.	N	Energy systems depend on natural resources and ecosystem health.
8	Decent Work & Economic Growth	Promote sustainable economic growth & employment.	S	Employment and economic structures are institutional systems.
9	Industry, Innovation & Infrastructure	Build resilient infrastructure & promote innovation.	D	Industry affects ecosystems; infrastructure shapes social systems.
10	Reduced Inequalities	Reduce inequality within & among countries.	S	Inequality arises from institutional and structural factors.
11	Inequality arises from institutional & structural factors	Make cities inclusive, safe & sustainable.	D	Cities combine environmental systems with social structures.
12	Responsible Consumption & Production	Promote sustainable production & consumption.	N	Resource use and waste directly impact natural ecosystems.
13	Climate Action	Combat climate change & its impacts.	N	Climate is a core ecological system requiring global action.
14	Life Below Water	Conserve and sustainably use ocean & marine resources.	N	Oceans are fundamental components of the natural ecosystem.
15	Life on Land	Protect terrestrial ecosystems & biodiversity.	N	Biodiversity & land systems reflect ecological health.
16	Peace, Justice & Strong Institutions	Promote peaceful & inclusive societies.	S	Governance, justice, and institutions are social structures.
17	Partnerships for the Goals	Strengthen global partnerships.	S	Partnership & cooperation are global social-governance functions.

\*Domain. Social Natural, Dual

이러한 통합 관점은 지속가능발전이 환경·경제·사회 요소를 분리된 영역이 아니라 상호 맞물린 체계로 다루어야 한다는 선행 논의와도 연결된다[10]. 환경·경제·사회 요소를 분리된 영역이 아니라 상호 맞물린 체계로 다루어야 한다는 선행 논의와도 연결된다[14]. 더 나아가 위기 대응이 단순 기술적 조정에 머물지 않고 가치·제도·행동 차원의 전환을 포함해야 한다는 전환 연구의 관점에서 볼 때, SDGs는 공생적 전환을 구체화하는 국제적 기준으로 해석될 수 있다[11].

본 연구는 이러한 SDGs의 구조적 특성에 주목하여, SDGs 전체 17개 목표를 공생 관점에서 재분류하였다(Table 1.). 특히 자연생태계와 직접적으로 연관된 목표군을 중심으로, 공생 역량을 시민 차원에서 진단할 수 있는 공감지수의 이론적 틀을 구축하고자 한다.

## 2.2. 자연생태계 대상 SDG 목표군의 구조와 특징

SDGs 중 SDG 6(물과 위생), SDG 7(에너지), SDG 12(지속가능한 소비와 생산), SDG 13(기후변화 대응), SDG 14(해양생태계), SDG 15(육상생태계)는 자연생태계의 핵심 하위 시스템을 포괄하는 목표군이다. 이들 목표는 다음과 같은 공통적 구조적 특징을 지닌다.

첫째, 인간 활동의 영향이 자연생태계의 위기로 직접 연결되는 영역이라는 점이다. 에너지 소비, 자원 채굴, 토지 이용 변화, 오염 물질 배출 등 인간의 의사결정은 자연생태계의 회복 또는 파괴로 직결되며, SDGs는 이러한 인과 구조를 명확히 드러낸다[2].

둘째, 이들 목표는 자연이 제공하는 생태계 서비스(Ecosystem Services)의 보전을 핵심 전제로 한다. 물 공급, 기후 조절, 생물다양성 유지 등은 인간 사회의 존속을 가능하게 하는 기반 시스템이며, 자연생태계의 붕괴는 곧 인간 삶의 붕괴로 이어진다[14].

셋째, 자연생태계와 인간 삶이 분리될 수 없는 공생적 관계에 있음을 전제한다는 점이다. 자연 보전은 도덕적 선택의 문제가 아니라 인간 생존의 조건이며, 인간의 인식과 행동 변화 없이는 SDGs 달성이 불가능하다. 이로 인해 자연생태계 영역에서는 단순한 환경 지식 전달을 넘어, 인식·정서·행동이 통합된 공감 기반 접근이 필수적으로 요구된다.

따라서 자연생태계 공생 공감지수 개발은 환경보전 태도 측정에 그치지 않고, SDGs가 지향하는 공생적 전환(symbiotic transformation)을 시민 역량 차원에서 뒷받침하는 이론적 기반 연구로서 의미를 갖는다.

## 2.3. 자연생태계와의 공생을 구성하는 핵심 개념 구조

자연생태계와의 공생(Symbiotic Living with the Natural Ecosystem)은 인간이 자연을 의사결정의 대상 시스템으로 인식하는 관점과, 동시에 자연생태계 내부에 포함된 구성원이라는 자각을 결합한 이중적 관계 개념이다. 이러한 관계성은 개인의 인식과 정서, 행동이 사회·제도·환경 맥락과 상호작용하며 형성된다는 인간발달 생태체계 관점과도 연결되며[15], 공생 공감 역량을 ‘개인 내부 특성’이 아니라 ‘환경과의 상호작용 속 역량’으로 해석할 이론적 근거를 제공한다.

본 연구는 이러한 공생 개념을 공감 이론에 기반하여 다음의 세 가지 핵심 구조로 정리하였다.

Table 2. Components and theoretical foundations

Subcategory	Description	Theoretical basis
Cognition	Structural understanding of environmental and ecological issues	[9,10]
Emotion	Affective responses and sensitivity toward nature	[6,7]
Behavior	Intentions and tendencies toward ecological conservation actions	[5,11]

1) 생태적 인식(Ecological Cognition)

자연생태계의 구조, 기능, 위기 요인에 대한 인지적 이해를 의미한다. 이는 기후위기의 원인, 생물다양성 상실의 의미, 에너지 전환의 필요성 등에 대한 이해를 포함한다.

2) 정서적 공감(Ecological Emotion)

자연 훼손과 생태 위기에 대한 감정적 반응을 의미하며, 안타까움, 불안, 책임감, 연대감 등의 정서를 포함한다.

3) 공생 행동(Ecological Behavior)

자연생태계 보전을 위해 개인적·사회적 차원에서 수행되는 행동과 참여 의지를 의미한다.

이러한 구조는 공감을 인지·정서·행동의 통합적 과정으로 설명한 고전적 공감 이론[8,9]을 생태 영역으로 확장 적용한 것으로, Table 2.와 같이 자연생태계 공생 공감지수 설계의 핵심 이론적 토대를 이룬다.

2.4. 자연생태계와의 공생 공감지수 이론적 구조 도출

앞서 논의한 공생 패러다임, SDGs의 구조, 공감 이론을 종합하여 본 연구는 자연생태계 공생 공감지수의 이론적 구조를 도출하였다. 지수는 공생을 단일 태도가 아닌 다차원적 시민 역량으로 이해하며, 인지-정서-행동의 세 축이 상호 연계된 구조를 이룬다.

이러한 구조는 자연생태계 공생을 “알고 있는가(인지)”, “느끼고 있는가(정서)”, “행동할 준비가 되어 있는가(행동)”라는 질문으로 전환함으로써, 공생을 측정 가능한 개념으로 재구성한다. 이론적 구성 요소와 각 차원의 근거가 되는 주요 이론은 Table 3.에 요약하였다.

본 장에서 제시한 이론적 고찰은 이후 연구방법 장에서 제시될 지수 설계 및 문항 구성의 논리적 출발점으로 기능하며, 자연생태계 공생을 시민 의사결정 역량으로 측정하기 위한 개념적 토대를 제공한다.

3. 연구방법

본 연구는 자연생태계와의 공생을 실현하기 위해 요구되는 시민의 공감 역량을 체계적으로 측정할 수 있는 지수를 이론 기반으로 설계하고, 그에 기초한 측정 문항 체계(확장형·표준형·간단형)를 구성하기 위해 수행되었다. 본 장에서는 연구의 접근 방식(3.1), 지수 구성 원리(3.2), 문항 개발 절차(3.3), SDGs 기반 도메인 정렬과 공감 3차원 매핑을 통한 문항군 도출 절차(3.4), 스케일 유형 설계 및 적용 전략(3.5), 데이터 축적 및 확장 전략(3.6), 전문가 검토 및 이론적 타

Table 3. Theoretical foundations for the multiple empathy scales for symbiotic living with natural ecosystem

Theoretical foundation	Key concepts	Major sources	Rationale for index development
Multidimensional Structure of Empathy	Empathy consists of cognitive, emotional, and behavioral components	[5,6]	Basis for establishing the three-dimensional structure of the Symbio-Empathy Index
Expansion of the Symbiosis Concept	Biological symbiosis has been extended to human-social-natural-technological ecosystems	[3,4]	Theoretical background for measuring natural and social ecological symbiosis
Ecological and Social Dimensions of the SDGs	SDG goals encompass multilayered domains across social and natural ecosystems	[1,12]	Ensures alignment of item domains with SDG targets
Ecological Citizenship	Highlights environmental/social responsibility, intergenerational justice, care, and interdependence	[13]	Foundation for constructing empathy-based ecological and social citizenship
Eco-sensitivity in Natural and Social Ecosystems	Emphasizes affective responses such as awareness of ecological degradation, climate emotions, and environmental justice	[7]	Core component of the emotional sensitivity dimension
Behavioral Change Theory	Attitude-intention-behavior framework and staged transitions toward sustainable behavior	[15,16]	Theoretical basis for developing items related to practical actions
Scale Development Theory	Early stages require strong theoretical validity	[17]	Basis for item generation, categorization, and refinement
Universal Design for Learning (UDL)	Emphasizes learner diversity and the need for multiple, flexible approaches	[11,19]	Principle for designing multi-type formats (36/24/12-item versions)
Environmental and Social Polycrisis & the Role of Empathy	Climate crisis and social inequality highlight empathy-based competencies as essential	[9,10]	Rationale for promoting empathy-driven ecological and social transition

당성 확보(3.7)를 순차적으로 제시한다.

3.1. 연구의 접근 방식

본 연구는 기존 척도개발 연구에서 제시하는 이론기반 척도개발(theory-driven scale development) 접근을 채택하였다[16,17]. 이 접근은 개념 정의와 문항 구성의 논리적 정합성을 먼저 확보한 뒤, 후속 연구에서 탐색적·확인적 요인분석 및 신뢰도 검증을 통해 경험적 타당화를 수행하는 방식이다[16].

이를 위해 본 연구는 다음의 설계 논리를 따랐다. 첫째, 자연생태

계 공생의 내용 영역을 체계화하기 위해 SDGs 중 자연생태계와 직접적으로 연관된 목표군을 내용 영역 프레임으로 활용하였다[5]. 둘째, 공감지수의 측정모형은 공감을 인지-정서-행동의 통합 역량으로 이해하는 다차원 공감 이론을 기반으로 설정하였다[8,9]. 셋째, 적용 맥락(교육·정책·환경조성/설계)의 다양성을 고려하여 동일한 개념들을 유지하면서도 측정 부담을 조절할 수 있도록 다중 스케일(확장형-표준형-간단형) 구조를 채택하였다. 넷째, 지수-지표-문항의 관계를 명확히 하여, 지수는 총체적 수준, 지표는 인지·정서·행동의 3차원 구성요인, 문항은 지표를 측정하는 진술문으로 정의하였다[16].

이상의 이론적 기반과 설계 논리는 Table 3.에 정리하였다.

### 3.2. 자연생태계와의 공생공감지수 구성 원리

자연생태계 공생 공감지수(EIS-NE)는 다음 원리에 따라 설계되었다.

첫째, 내용영역 설정 원리에 따라 SDGs의 자연생태계 관련 목표군을 중심으로 지수의 내용 범위를 설정하였다[5]. 이는 자연생태계 보전, 기후위기 대응, 자원순환, 해양·육상 생태계 보호 등 인간-자연 상호의존성이 두드러지는 핵심 이슈를 포괄하는 국제적 기준이며[2,18], 문항이 특정 이슈에 과도하게 편중되지 않도록 하는 도메인 지도로 기능한다.

둘째, 구성개념(측정 대상) 구조화 원리에 따라 공생 공감을 인지(Cognition), 정서(Emotion), 행동(Behavior)의 3차원으로 구분하였다[8,9]. 인지 차원은 자연생태계 구조와 위기 요인에 대한 이해, 정서 차원은 생태 훼손 및 기후 피해에 대한 감정적 민감성과 책임감, 행동 차원은 친환경 선택과 참여 의지를 포함한다. 이는 공감이 '이해-감응-실천'으로 이어지는 과정적 역량이라는 전제에 기반한다[8].

셋째, 적용 유연성 원리에 따라 문항 수를 달리한 3개 버전(36·24·12문항)을 구성하였다. 이는 정밀 진단, 교육 현장 평가, 대규모 조사 또는 시간 제약 상황에서 선택적으로 활용할 수 있도록 하기 위함이다.

넷째, 접근성 및 참여 원리에 따라 문항 진술은 간결하고 명료하게 구성하되, 다양한 학습자·시민 집단의 이해 가능성과 응답 부담을 고려하였다. (UDL 원칙의 적용은 3.5에서 구체적으로 제시한다)[19].

다섯째, 문항 구성 및 축약 과정에서는 개념 대표성, 비중복성, 난이도·표현 수준의 균형, SDG 도메인 커버리지를 기준으로 논리적 일관성과 이론적 정합성을 확보하였다[16,17].

### 3.3. 문항 개발 절차

문항 개발은 이론기반 척도개발 절차에 따라 단계적으로 수행되었다[16,17].

첫째, 자연생태계 공생 및 공감 관련 이론·정책 문헌(SDGs, 환경위기 보고서, 공감 이론)을 분석하여 초기 문항 풀을 구성하였다[2,5,8,9]. 초기 문항은 인지·정서·행동 각 차원에 12문항씩 배분하여 총 36문항으로 설계함으로써, 측정 범위가 특정 차원에 치우치지

않도록 하였다.

둘째, 초기 문항에 대해 교육학·환경심리학·생태교육 분야 전문가 검토를 실시하여 문항 적합성, 표현 명확성, 내용 중복 여부, 난이도 수준을 점검하였다. 이 단계는 통계적 신뢰도 검증 이전의 설계 단계로서, 검토 결과를 반영하여 문항 표현을 수정·보완하고 대표성을 강화하였다.

셋째, 표준형(24문항)은 확장형 36문항 중에서 각 차원의 핵심성을 대표하는 문항을 8개씩 선정하여 구성하였다. 선정 기준은 차원 대표성, SDG 도메인 커버리지, 표현의 명료성과 응답 가능성, 문항 간 비중복성, 교육 맥락 적용 용이성이다.

넷째, 간단형(12문항)은 각 차원의 핵심 개념을 가장 직접적으로 반영하는 문항을 4개씩 선정하여 구성하였다. 간단형은 단시간 측정 또는 대규모 조사 상황에서 공생 공감의 핵심 수준을 신속히 진단할 수 있도록 설계하였다.

이상의 절차는 본 연구가 이론 기반 설계 단계임을 전제로 하며, 후속 연구에서는 표집 자료를 기반으로 요인분석 및 신뢰도 분석 등을 통해 경험적 타당화를 수행할 필요가 있다[16,17].

### 3.4. SDGs 기반 도메인 정렬 및 공감 3차원 매핑에 따른 문항군 도출 절차

본 연구는 자연생태계와의 공생을 “국제적으로 합의된 지속가능성 의제(SDGs)”의 도메인 구조 안에서 정의하고, 이를 시민 공감 역량(인지-정서-행동)으로 측정 가능하게 변환하기 위해 도메인 정렬-차원 매핑-문항군 도출의 절차를 적용하였다. 이 절차는 자연생태계 공생을 임의적 해석이 아니라, 글로벌 정책 프레임과의 정합성을 갖춘 기준틀 위에서 구조화하기 위한 방법적 장치이다.

Table 4.에 제시한 절차에 따라, 본 연구는 자연생태계 공생을 SDG 6, 7, 12, 13, 14, 15 및 SDG 11(자연환경 요소)에 대응되는 내용 영역(domain)으로 먼저 정렬하였다(1단계). 이는 자연생태계 공생을 연구자 임의의 주제 설정이 아니라, 국제적으로 합의된 지속가능성 목표 체계 안에서 정의함으로써 문항 도출의 범위를 명확히 하기 위한 것이다[5]. 다음으로 공감 역량을 인지-정서-행동의 3차원으로 구조화하여 측정 지표로 설정하였다(2단계)[8,9].

이후 SDG 도메인과 공감 3차원을 교차한 매트릭스를 구성함으로써, 특정 SDG 이슈나 특정 차원에 문항이 편중되지 않도록 문항 도출의 논리적 기준을 마련하였다(3단계).

이를 바탕으로 초기 문항 풀을 도출한 뒤, 문항 작성 원칙(명료성, 관찰 가능성, 비중복성)을 적용하여 진술문을 정제하고 확장형(36문항) 후보군을 구성하였다(4단계)[16,17].

또한 확장형 문항군을 모체로 표준형(24문항)과 간단형(12문항)을 구성하는 과정에서는 (가) 도메인 대표성 유지, (나) 시민 행동과의 근접성, (다) 교육·정책 적용가능성, (라) 중복 최소화, (마) 난이도 및 표현 수준의 균형을 주요 기준으로 적용하였다(5단계)[16,17]. 세 버전은 활용 목적에 따라 구분하되, 실제 현장에서는 시간 제약과 대상 수준(학습자·일반 시민), 조사 맥락에 따라 교차 활용이 가능하도록 설계하였다. 마지막으로 전문가 3인의 독립 검토와 불일치 문항에 대한 재논의 및 문항 정제 과정을 통해 표현의 명료성, 대표성, 적합성을 보정하여 내용타당도를 강화하였다(6단계). 본 연구는 이론

Table 4. SDGs-based domain alignment and three-dimensional empathy mapping procedure for ensuring international legitimacy

Step	Input (sources/evidence)	Alignment/mapping rule (procedure)	Output (methodological deliverable)	Notes (selection/reduction criteria)
1	SDG set directly related to the natural ecosystem: SDG 6, 7, 12, 13, 14, 15 + SDG 11 (environment-related elements)	Reclassify SDG targets into “natural ecosystem sub-system domains” (water, energy, circularity/consumption-production, climate, oceans, terrestrial ecosystems, urban ecology)	Domain framework for symbiotic living with the natural ecosystem (domain set)	SDGs serve as a globally agreed policy framework; used as the basis for international comparability and legitimacy [1]
2	Empathy theory (CEB) and key literature in EP & environmental education	Establish the three empathy dimensions (cognition/emotion/behavior) as measurement indicators; define measurable sub-elements for each dimension	Three-dimensional indicator system (cognitive, affective, behavioral)	Prevents affect-only bias and secures a cognition→emotion→behavior linkage structure [5,8]
3	Step 1 domains × Step 2 three-dimensional indicators	Construct a domain–dimension matrix so that items do not over-concentrate on a single domain or a single dimension	Initial item pool for the extended scale (candidate items)	Designed to satisfy both domain coverage and dimensional balance
4	Initial item pool + item-writing principles	Refine items into observable statements (clarity, unidimensionality, minimized value-laden wording, behavior-friendly phrasing)	Extended form candidate set (36 items; balanced across dimensions)	Remove conceptual redundancy; ensure difficulty balance; reduce response burden
5	Extended-form candidate set (36 items)	Apply reduction rules to derive Standard (24) and Brief (12): (a) maintain domain coverage, (b) proximity to citizen behavior, (c) feasibility for education/policy use, (d) minimize redundancy	Multi-form item set (36/24/12) and reduction logic	Although each form has typical use-cases, forms are designed for flexible cross-use depending on time constraints, audience level, and survey context
6	Expert review (3 experts) and consensus procedure	Independent review → discussion of discrepant items → item revision/merging → final agreement	Content-validity-based refinement (clarity, representativeness, appropriateness)	Statistical validation (EFA/CFA, etc.) is positioned as future work; this study focuses on theory-driven content validation at the design stage

CEB (cognition–emotion–behavior), EP (environmental psychology)

기반 설계 단계에 해당하므로, 통계적 검증(EFA/CFA 등)은 후속 연구에서 수행할 절차로 제시한다[16,17].

### 3.5. 스케일 유형 설계 및 적용 전략

자연생태계 공생 공감지수(EIS-NE)는 적용 맥락의 다양성과 교육·정책·현장 조사 환경의 차이를 고려하여 확장형(36문항), 표준형(24문항), 간단형(12문항)의 세 가지 유형으로 설계되었다. 이는 단일 고정형 척도가 서로 다른 시간 조건, 대상 특성, 적용 목적을 동시에 충족하기 어렵다는 측정 도구의 한계를 보완하기 위한 설계 전략이다[16,17].

특히 교육 현장에서의 적용을 고려할 때, 본 지수의 유형화는 UDL (Universal Design for Learning) 원칙과 연결된다[19,20]. UDL은 학습자의 다양성과 교육 맥락의 차이를 전제로, 학습 목표는 공유하되 접근 경로와 참여 방식은 유연해야 함을 강조한다[19]. 이에 따라 본 지수는 수업 시간, 다루는 SDG 범위, 교과/비교과 활동의 성격에 따라 공생 공감의 측정 수준을 선택할 수 있도록 설계되었다. 예를 들어 SDG 13을 심층적으로 다루는 교과 수업에서는 확장형 또는 표준형을, 단기 프로젝트나 비교과 프로그램에서는 간단형을 적용할 수 있다.

확장형·표준형·간단형은 모두 동일한 인지-정서-행동의 개념들을 공유하며, 표준형과 간단형 문항은 확장형 문항풀에서 개념 대표성과 설명력이 높은 항목을 기준으로 선별되었다. 이를 통해 적용 영역이 달라도 측정 결과의 구조적 일관성을 유지할 수 있으며, 장기 비교와 데이터 축적을 가능하게 한다.

### 3.6. 데이터 축적 및 미래 확장 전략

본 연구에서 제안한 자연생태계 공생 공감지수는 단일 연구나 단일 교육 프로그램에 한정된 도구가 아니라, 서로 다른 교육 모듈·정책 개입·지역 프로그램을 연결하는 공통의 측정 언어로 활용될 수 있다. 동일한 지수 체계를 사용할 경우, 교육 내용이나 운영 방식이 달라도 ‘자연생태계 공생 역량’이라는 동일한 지향점을 기준으로 결과를 비교·해석할 수 있다.

또한 본 지수는 공간적·시간적 확장성을 갖는다. 서로 다른 지역·국가·사회집단에서 동일 구조의 지수를 활용하면 공간적 분포에 따른 차이를 분석할 수 있으며, 반복 측정을 통해 시간에 따른 변화 추이를 추적할 수 있다. 이러한 특성은 자연생태계 공생을 단발성 주제가 아닌 장기적 시민 역량으로 관리·축적하기 위한 기초 조건이 된다[6].

더 나아가 본 지수는 향후 AI 기반 교육·평가 환경에서 활용 가능한 표준적 측정 틀로 확장될 가능성이 있다. 공감 역량을 즉시 진단하거나 대규모 응답 데이터를 분석하는 과정에서 공통의 지수 구조가 존재할 경우, 보다 안정적이고 일관된 기준으로 분석을 수행할 수 있다. 다만 본 연구는 이러한 활용 가능성을 제시하는 설계 단계이므로, 실제 데이터 기반 운영과 자동화 분석의 효과는 후속 연구를 통해 검증될 필요가 있다.

### 3.7. 전문가 검토 및 이론적 타당성 확보

본 연구는 자연생태계 공생 공감지수의 이론적 설계 및 선행 타당화 단계에 초점을 둔 연구이다. 척도 개발에서 통계적 검증(EFA, CFA, 신뢰도 분석 등)은 필수 절차이지만, 그러한 분석이 의미를 갖

기 위해서는 선행 단계에서 개념 정의, 내용영역 구조화, 구성개념 정합성이 충분히 확보되어야 한다[16,17]. 본 연구의 핵심 기여는 이 선행 단계의 이론적 적합성을 체계적으로 구축하는 데 있다.

이를 위해 본 연구에서는 자연생태계 공생 및 공감 이론, 환경교육과 SDGs에 대한 전문성을 지닌 전문가 검토를 통해 문항의 내용 타당성을 점검하였다. 검토 과정에서는 각 문항이 인지-정서-행동 차원의 이론적 정의를 충실히 반영하는지, 그리고 SDGs 자연생태계 목표군의 핵심 이슈를 균형 있게 포괄하는지를 중심으로 검토하였다[2,5]. 또한 문항 진술의 이해 가능성과 응답 부담을 점검하여, 측정 환경(교육·정책·현장 조사)에서의 적용 가능성을 높이는 방향으로 문항 표현을 정제하였다.

이와 같은 이론적 정제 과정은 향후 실증 검증 연구에서 요인 구조가 불안정해지거나 개념이 흔들리는 위험을 줄이는 데 기여한다. 즉, 본 연구는 공생이 세계적 의제로 확장되는 시점에서, 공감지수 개발이 충분히 숙성된 이론적 논리에 기반함을 제시하는 선행 연구로서의 의미를 갖는다.

## 4. 연구 결과 및 논의

### 4.1. 공생공감지수의 구성 체계 확정

본 연구의 주요 결과는 자연생태계와의 공생을 시민 역량 차원에서 측정 가능한 공감지수 체계로 구조화하였다는 데 있다. 앞선 이론적 고찰과 연구방법에 근거하여, 자연생태계 공생 공감은 인지(Cognition)-정서(Emotion)-행동(Behavior)의 세 차원으로 구성되는 다차원 역량으로 확정되었다. 이는 자연생태계 공생을 단순한 환경 태도나 감수성이 아닌, 이해-감응-실천이 통합된 시민 역량으로 재개념화한 결과이다[5,6].

첫째, 인지 영역(Cognition)은 자연생태계의 구조와 기능, 기후 위기 및 생태계 훼손의 원인, 인간 활동이 자연 시스템에 미치는 영향을 이해하는 능력으로 정의되었다. 환경위기에 대한 인지적 이해는 공생적 의사결정의 출발점이며, 국제기구의 생태위기 진단 보고서에서도 반복적으로 강조되고 있다[9,10]. 이에 본 연구는 생태계 파괴의 구조적 원인, 환경 변화의 사회·경제적 파급 효과, 미래 세대에 미치는 영향에 대한 이해를 인지 영역의 핵심 하위 요소로 확정하였다[9,10].

둘째, 정서 영역(Emotion)은 훼손된 자연과 생태계 위기에 대한 감정적 반응과 공감적 정서를 포함한다. 정서적 공감은 인지된 환경 문제를 개인의 문제로 전환시키는 핵심 매개로 작동하며[6], 자연 대상 공감은 친환경 행동의 중요한 예측 요인으로 보고되어 왔다[7]. 이에 따라 본 연구는 자연 파괴 장면에 대한 정서적 반응, 생명체 고통에 대한 감정적 민감성, 기후재난 및 환경 뉴스에 대한 정서적 책임감을 정서 영역의 핵심 요소로 확정하였다[7].

셋째, 행동 영역(Behavior)은 자연생태계 보전을 위한 실제적 실천 의지와 참여 행동을 포함한다. 선행 연구에 따르면 인지와 정서가 행동으로 전환되지 않을 경우, 공생은 선언적 가치에 머물 위험이 있다[14]. 이에 본 연구는 일상 속 친환경 선택, 자원 절약과 재활용 실천, 생태계 보호 활동 참여, 공공 차원의 환경 개선 행동 지지를 행동

영역의 핵심 하위 요소로 도출하였다[11,14].

이와 같은 세 차원의 구조를 기반으로 본 연구는 총 36개 문항의 확장형 지수(EIS-NE Extended)를 확정하였으며, 각 차원에 12문항씩 균형 있게 배치하였다. 이는 자연생태계 공생 역량이 특정 차원에 편중되지 않도록 하기 위한 결과적 구조이며, 환경정서 또는 생태감수성 중심의 기존 접근과 구별되는 본 연구의 핵심 성과이다.

### 4.2. 문항 개발 및 유형별 구조 도출

본 연구의 두 번째 주요 결과는 자연생태계 공생 공감지수를 확장형-표준형-간단형의 다층 구조로 Table 5.와 같이 체계화하였다는 점이다. 이는 동일한 개념들을 유지하면서도, 교육·정책·현장 조사 등 서로 다른 적용 조건에 대응할 수 있도록 설계된 결과이다[16].

먼저, 확장형(36문항)은 자연생태계 공생의 개념적 포괄성을 최대한 반영한 지수로서, SDGs 중 자연생태계와 직접적으로 연관된 목표(SDG 6, 7, 12, 13, 14, 15 및 SDG 11의 자연환경 요소)를 내용 영역의 기준으로 삼아 구성되었다[1,10]. 각 문항은 인지-정서-행동 차원의 이론적 정의와 관련 문헌에 근거하여 도출되었으며[5,6,7], 자연생태계 공생의 핵심 문제 구조를 균형 있게 반영하도록 설계되었다.

다음으로 표준형(24문항)은 확장형 문항 중 각 차원의 의미를 대표하는 문항을 8개씩 선별하여 구성되었다. 선별 기준은 (1) 개념 대표성, (2) SDG 도메인 커버리지, (3) 교육 현장에서의 이해 가능성, (4) 사전-사후 변화 탐지 민감도였다. 이를 통해 표준형은 교육 프로그램 및 시민교육 맥락에서 효율성과 설명력을 동시에 확보한 지수 구조로 확정되었다.

마지막으로 간단형(12문항)은 각 차원에서 핵심 개념을 가장 직접적으로 반영하는 문항을 4개씩 선별하여 구성되었다. 간단형은 대규모 조사, 초등학교 대상 교육, 온라인·플랫폼 기반 시민 참여 환경 등 시간과 인지 부담이 제한된 상황에서도 공생 공감의 핵심 수준을 진단할 수 있도록 설계된 결과물이다.

세 유형은 동일한 이론적 구조를 공유하며, 표준형과 간단형 문항은 확장형 문항풀에서 단계적으로 추출되었다. 이에 따라 서로 다른 유형으로 수집된 데이터라도 동일한 개념틀 내에서 비교·해석이 가능하며, 장기적 데이터 축적과 집단 간 비교 연구에 중요한 결과적

Table 5. Item composition & selection criteria

Type	Items	Primary use	Characteristics	Selection criteria	Theoretical basis
Extended Type	36	Research and policy analysis	High coverage of ecological & social constructs	Full coverage of ecological core concepts	[5,8,7,10,19]
Standard Type	24	Educational assessment & civic education	Balanced and practical	Representativeness and balance	[15]
Brief Type	12	Large-scale surveys & K-12 education	Administratively efficient & easy	Difficulty, comprehensibility, response ease	[17]

Table 6. Item composition by 3 types

N	Item	S	B
1	I believe environmental destruction threatens human survival.	○	○
2	I think human activity weakens the resilience of ecosystems.	○	
3	I agree that climate change is caused by human responsibility.	○	○
4	I recognize that resource depletion will harm future generations.	○	
5	Environmental pollution threatens both health and safety.	○	○
6	I believe urban development is linked to the climate crisis.		
7	I think reckless consumption worsens environmental crises.	○	○
8	I'm aware of how technological advances affect the environment.		
9	I feel heartbroken when I see images of destroyed nature.	○	
10	I feel the pain of climate disaster victims as my own.		
11	I feel distressed seeing marine animals suffering from waste.	○	
12	I feel guilty when I see deforested areas.		
13	I feel anxious about fine dust or abnormal weather.	○	○
14	Irresponsible development cases make me angry.	○	
15	I'm emotionally shaken by videos of animal suffering.	○	○
16	Sometimes I cry while watching climate-related documentaries.		
17	I prioritize choosing low-carbon products.	○	○
18	I am willing to join environmental campaigns.	○	
19	I practice reducing single-use items in daily life.	○	○
20	I actively search for information to consume eco-friendly.		
21	I have participated in local environmental clean-up events.	○	
22	I've taken part in online climate action challenges.	○	
23	I try to practice thorough recycling.		
24	I want to raise my voice about environmental policies.		
25	I believe biodiversity protection is also vital to humans.	○	○
26	I believe people need to recognize humans as part of nature.	○	
27	I think international cooperation is essential for ecosystem conservation.	○	
28	I believe sustainable agriculture and fishing are necessary.	○	○
29	I think energy saving is key to addressing climate crises.		
30	I believe personal efforts are needed to reduce carbon footprints.		
31	I think environmental problems affect the socially vulnerable more.	○	○
32	I believe environmental education is essential for all generations.	○	
33	I support eco-friendly companies through my consumer choices.	○	
34	I think policies to restore ecosystems are urgently needed.		
35	I believe civic participation in environmental issues should expand.		
36	I feel responsible for preserving the environment for future generations.	○	○

특성을 갖는다. 이와 같은 선별 기준과 절차를 통해 확장형 - 표준형 - 간단형 간 문항 내용 구조가 확정되었다(Table 6.).

### 4.3. 논의

#### 1) 내용타당성에 대한 논의

본 연구에서 개발한 자연생태계 공생 공감지수(EIS-NE)는 이론적 정합성, SDGs 기반의 현실 맥락성, 전문가 합의 절차를 통해 내용타당성을 확보하였다. 공생을 인지-정서-행동 구조로 개념화한 접근은 공감을 다차원적 역량으로 이해해 온 기존 이론과 정합적으로 연결되며[5,6,7], 공생을 정서적 동일시나 태도 수준이 아닌 이해-감응-실천으로 이어지는 과정적 역량으로 재구성할 수 있는

이론적 토대를 제공한다. 또한 이는 환경교육 및 지속가능발전교육에서 반복적으로 지적되어 온 ‘인지와 행동 간의 단절’ 문제를 시민 역량의 통합 구조 안에서 다룰 수 있는 설계적 대안이라는 점에서 의미가 있다.

아울러 본 지수는 SDG 6, 7, 12, 13, 14, 15 및 SDG 11의 자연환경 요소를 문항 구성의 핵심 기준으로 삼아, 자연생태계 공생을 개별 환경 이슈가 아닌 글로벌 지속가능성 의제 속 통합 과제로 위치시켰다[1]. 이를 통해 문항은 단순한 환경보호 태도를 넘어, 생존 기반과 직결된 구조적 문제 인식을 반영하도록 설계되었다. 마지막으로 문항 도출 및 축소 과정에서는 전문가 합의를 통해 적절성·대표성·명확성을 체계적으로 검토하였으며, 이는 척도 개발 초기 단계의 내용 타당도 확보 원칙과 부합한다[16].

#### 2) 활용 가능성에 대한 논의

자연생태계 공생 공감지수는 교육, 정책, 환경설계 및 건축·도시 분야에서 실천적 활용 가능성이 높은 도구로 해석될 수 있다. 기존의 도시·건축 환경이 물리적 성능이나 친환경 기술 중심으로 평가되어 왔다면, 본 지수는 시민의 생태 인식과 공감 역량을 정량적으로 진단함으로써 설계와 정책이 고려해야 할 공생 기반 사회적 조건을 가시화한다. 또한 환경교육이 국가 및 지방자치단체 차원의 중장기 계획에 따라 추진되는 현실에서, 본 지수는 ‘진단-설계-평가’가 순환되는 실행 체계를 지원하는 핵심 지표로 기능할 수 있으며[21,22], 교육 성과를 평가 가능한 형태로 축적해야 한다는 정책적 요구와도 정합적이다[23].

#### 3) 이론적 기여에 대한 논의

본 연구의 이론적 기여는 자연생태계와의 공생을 측정 가능한 시민 역량 구조로 명확히 제시했다는 점에 있다. 자연을 인간 외부의 관리 대상이 아닌 인간이 포함된 유기적 시스템으로 재정의함으로써, 시민의 일상적 의사결정이 생태계의 지속가능성에 영향을 미친다는 공생 관점을 이론적으로 정립하였다[20]. 또한 SDGs의 자연생태계 목표를 공감의 인지-정서-행동 구조와 연결함으로써, 공생을 환경윤리 담론을 넘어 글로벌 지속가능성 맥락에서 요구되는 핵심 시민역량으로 위치시켰다[1]. 이러한 틀은 향후 환경교육, 지속가능발전교육, 생태 정책 연구에서 공생 역량을 분석하는 이론적 준거로 확장 활용될 수 있다.

## 5. 결론 및 제언

### 5.1. 요약 및 결론

본 연구는 자연생태계와의 공생을 실현하기 위해 요구되는 시민 공감 역량의 구조를 체계적으로 규명하고, 이를 계량적으로 측정할 수 있는 자연생태계 공생공감지수(EIS-NE)를 이론적으로 설계하는 것을 목적으로 수행되었다. 기존 환경교육 및 지속가능발전교육(ESD)이 지식이나 태도 중심에 머물렀던 한계를 보완하기 위해, 본 연구는 공생과 공감을 인지-정서-행동의 다차원 구조로 재구성하여 자연생태계 공생을 시민 역량 차원에서 통합적으로 이해할 수 있는 분석틀을 제시하였다.

또한 본 연구는 SDG 6, 7, 12, 13, 14, 15 및 자연환경 요소를 포함하는 SDG 11을 이론적 기반으로 삼아, 자연생태계 공생을 개별 환경 이슈가 아닌 글로벌 지속가능성 맥락 속의 핵심 과제로 구조화하였다[1]. 이를 토대로 36문항의 확장형 지수를 도출하고, 활용 목적과 적용 환경에 따라 표준형(24문항)과 간단형(12문항)으로 확장 가능한 다층적 측정 체계를 제안하였다. 이러한 구조는 교육·정책·환경설계 등 다양한 현장에서의 실질적 적용 가능성을 고려한 설계 결과라는 점에서 의의를 지닌다.

본 연구의 이론적 기여는 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 자연생태계 공생을 공감의 인지-정서-행동 구조와 결합하여 시민의 의사결정 역량으로 개념화한 최초의 이론적 체계를 제시하였다 [11,23]. 둘째, SDGs 기반 자연생태계 목표와 공감지수 구조를 통합함으로써 자연생태계 공생의 의미를 글로벌 지속가능성 전략 속에서 재정의하였다[11]. 셋째, 자연생태계 공생을 측정 가능한 공감 역량으로 전환함으로써, 향후 실증 연구와 정책·교육 적용을 위한 이론적 토대를 마련하였다.

## 5.2. 제언

### 1) 실증적 타당화 연구의 확장

본 연구는 자연생태계 공생공감지수의 이론적 설계 단계에 초점을 두었으며, 향후 실제 적용을 위한 실증적 타당화 연구가 요구된다. 탐색적·확증적 요인분석, 신뢰도 분석, 문항반응이론(IRT) 기반 정교화 등을 통해 지수의 구조적 안정성과 응답 신뢰성을 검증할 필요가 있다[17,18]. 특히 연령, 지역, 문화권, 환경 조건에 따른 비교 연구는 지수의 범용성과 국제적 확장성을 강화하는 데 기여할 것이다.

### 2) 교육·정책·환경설계 분야에서의 실천적 적용

자연생태계 공생공감지수는 환경교육과 지속가능발전교육(ESD) 뿐 아니라 도시계획, 생태건축, 환경디자인 등 다양한 인위적 환경 조성 분야에서도 활용 가능성이 크다. 시민의 공생 감수성을 사전에 진단함으로써 공간과 정책은 단순한 친환경 기술 적용을 넘어 인식과 행동 변화를 촉진하는 공생 기반 설계로 발전할 수 있다. 특히 환경교육 정책이 강화되는 흐름 속에서, 본 지수는 공감과 행동 변화를 함께 포착할 수 있는 실천적 평가 도구로 활용될 수 있다[21,23].

### 3) 공생공감 프로파일링 및 통합 생태계 확장

향후 대규모 데이터가 축적될 경우, 공생공감지수를 기반으로 시민의 공생 감수성 유형을 분석하고 맞춤형 교육·정책 개입을 설계할 수 있다. 특히 AI 기반 교육·정책 환경에서는 지수를 활용한 실시간 진단과 피드백, 데이터 기반 의사결정으로 확장될 수 있으며, 이는 자연·사회·기술 생태계를 연결하는 통합 공생 패러다임으로 발전할 가능성을 지닌다.

## Acknowledgement

본 연구는 자연생태계와의 공생을 주제로 한 향후 국제 공동·융합 연구를 준비하기 위한 선행 기초연구로 기획되었다. 2025년 연세대 학교 심바이오터라이프 연구원의 미래패러다임 연구개발 방향에

부합하여, 별도의 외부 연구과제 지원 없이 연구진의 자발적 협력에 의해 수행되었다. 본 연구는 공생학의 학문적·교육적 확장을 목표로, 지속가능성과 자연생태계 공생을 다루는 국제적 연구 협력의 개념적·방법론적 기반을 마련하기 위한 탐색적 연구로서 수행되었다.

## References

- [1] United Nations, Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development, UN General Assembly, 2015.
- [2] U. Bronfenbrenner, The ecology of human development: Experiments by nature and design, Harvard University Press, 1979.
- [3] 이연숙, Role of academia in leading the future society, 한국: 공생학: 공생을 위한 융합과학기술 패러다임, 2014, pp. 12-20. // (Y.S. Lee, Role of academia in leading the future society, Korea: Symbiotic Life Science & Technology: A Transdisciplinary Practical Science for Symbiosis, 2014, pp.12-20.)
- [4] X. Song, Y. Zhan, Gongsheng across contexts: A philosophy of co-becoming, Springer Nature, 2024.
- [5] M.H. Davis, A multidimensional approach to individual differences in empathy, JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology, 10, 1980, p.85.
- [6] M.L. Hoffman, Empathy and moral development: Implications for caring and justice, Cambridge University Press, 2000.
- [7] S. Clayton, S. Opatow, Identity and the natural environment: The psychological significance of nature, MIT Press, 2003.
- [8] J. Decety, P. L. Jackson, The functional architecture of human empathy, Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews, 3(2), 2004, pp.71-100.
- [9] IPCC, Climate change 2023: Synthesis report, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.
- [10] UNEP, Global environment outlook 7 (GEO-7): Healthy planet, healthy people, United Nations Environment Programme, 2023.
- [11] UNESCO, Education for sustainable development goals: Learning objectives, UNESCO Publishing, 2017.
- [12] J. D. Sachs, The age of sustainable development, Columbia University Press, 2015.
- [13] A. Dobson, Citizenship and the environment, Oxford University Press, 2003.
- [14] B. Giddings, B. Hopwood, G. O'Brien, Environment, economy and society: Fitting them together into sustainable development, Sustainable Development, 10(4), 2002, pp.187-196.
- [15] K. O'Brien, L. Sygna, Responding to climate change: The three spheres of transformation, University of Oslo, 2013.
- [16] I. Ajzen, The theory of planned behavior, Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50(2), 1991, pp.179-211.
- [17] R.F. DeVellis, Scale development: Theory and applications, 4th ed., Thousand Oaks: Sage Publications, 2016.
- [18] G.O. Boateng et al., Best practices for developing and validating scales for health, social, and behavioral research, Frontiers in Public Health, 6, 2018, 149.
- [19] CAST, Universal design for learning guidelines Version 2.2, 2018.
- [20] A. Meyer, D.H. Rose, D. Gordon, Universal design for learning: Theory and practice, Wakefield, MA: CAST Publishing, 2014.
- [21] 유네스코, 지속가능발전교육을 위한 로드맵, 2020. // (UNESCO, Education for sustainable development: A roadmap, 2020.)
- [22] 환경부, 제4차 환경교육종합계획, 2022. // (Ministry of Environment (Korea), The 4th national environmental education master plan, 2022.)
- [23] 교육부, 지속가능발전교육(ESD) 활성화 종합계획, 2021. // (Ministry of Education (Korea), National strategy for education for sustainable development, 2021.)