

# 초등학생의 생태적 감수성 향상을 위한 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램 개발

김민선 · 신동훈<sup>†</sup>

## Development of an Artificial Intelligence-based Marine Ecological Transformation Education Program to Improve the Ecological Sensitivity of Elementary School Students

Kim, Min-Sun · Shin, Dong-Hoon<sup>†</sup>

### 국문 초록

이 연구의 목적은 초등학생의 생태적 감수성 향상을 위한 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램을 개발하는 것이다. 개발한 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램은 19명의 연구집단을 대상으로 11회에 걸쳐 4주간 수업하였고, 프로그램 적용 전-후에 생태적 감수성 검사를 실시하였다. 그 결과 개발한 프로그램이 초등학생의 생태적 감수성을 향상시킨다는 통계적 결과를 얻었으며, 심층 면접을 통해서도 생태적 감수성 하위 영역인 생물에 대한 공감, 자연에 대한 흥미, 자연 향유, 자연에 대한 경이감 등 모든 영역에서의 향상을 발견하였다. 인공지능과 가상현실을 활용한 해양 생태 수업을 통해 학생들은 자연에 더욱 가까이 접근할 수 있었고, 이러한 학생 참여 활동이 생태적 감수성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다. 이는 학생들의 생태적 감수성을 향상시키기 위해서는 단순 설명식 수업보다 체험 중심의 교육 방법이 중요하며, 인공지능 기술이 학생들의 수업 몰입도를 높이는 데 효과적임을 나타낸다.

**주제어:** 생태적 감수성, 인공지능기반, 해양 생태전환교육, 프로그램, 초등학생

### ABSTRACT

The purpose of this study was to develop an artificial intelligence-based marine ecological education program to improve the ecological sensitivity of elementary school students. The program was taught 11 times within 4 weeks, and an ecological sensitivity test was conducted before and after the program. The statistical results of the tests showed that the developed program improved the ecological sensitivity of elementary school students. Through in-depth interviews, improvements were found in all the areas, such as empathy for the living things, interest in nature, enjoyment of nature, and wonder about nature. Through the marine ecological classes, which used artificial intelligence and virtual reality, the students were able to get closer to nature, and the student participation activities showed a positive effect on their ecological sensitivity. This indicates that experience-oriented education methods are more effective than simple explanatory classes to improve the students' ecological sensitivity, and artificial intelligence technology proved effective in increasing the students' immersion in the class.

**Key words:** ecological sensitivity, AI-based, Marine Ecological Transformation Education, Program, elementary students

## I. 서 론

2023년 4월 바다의 평균 해수면 온도는 사상 최고치를, 산호초 지역에 대한 누적 열 스트레스는 작년 기록의 약 3배에 달하는 수치를 기록하였다(NOAA, 2023). 높은 해수 온도는 10만 년 전부터 형성돼 온 플로리다의 대규모 산호초 군락 생태계를 파괴하고 있으며, 엘니뇨가 가을까지 이어지면서 해수면 온도 상승은 당분간 계속될 것으로 전망된다(Starko *et al.*, 2023). 산호초 손실이 위협한 이유는 산호초가 궁극적으로 사람이 의존하는 많은 생태계 서비스를 담당하기 때문이다. 폭풍, 해일 보호와 어업, 놀라운 생물 다양성까지 많은 부분이 산호초의 서식지에 달려 있다. 그러나 해양 산성화가 계속 진행됨에 따라 산호 서식지의 침식 속도가 증가하고, 이는 산호초의 순손실로 이어지고 있다(NOAA, 2023).

해양 생태는 국가를 초월한 기후변화교육과 생태전환교육에서 다루어야 할 중요한 생태계 중의 하나인 만큼, 해양 생태교육의 필요성이 증가되고 있다(장미정 등, 2018). 류미와 김재근(2019)은 해양 생태환경교육을 ‘해양과 인간의 연결성을 인식하고, 해양의 지속가능성을 위한 지식·태도·기능을 가지고 해양 문제 해결을 위해 참여하고 행동하는 시민을 기르는 교육 활동’으로 정의했다. 우리나라는 반도 국가로 지형적인 특성상 해양 생태교육이 필요하며, 이러한 필요성을 바탕으로 ‘제1차 해양환경교육 종합계획(2016~2020)’이 수립되었다(해양수산부, 2015). 또한 정화성 등(2010)의 연구에서는 초등학교 교육과정에서 이루어지는 해양 환경교육은 해양 환경 인식에 긍정적인 영향을 준다고 하였다.

그러나 생태전환교육에서 해양 환경교육이 차지하는 비중은 매우 적고, 해양 환경교육을 받은 학생수는 전체 학생의 0.17% 정도로 매우 드물다(홍선욱 등, 2014). 학생 대상의 해양 환경교육은 다양한 주체가 교육을 진행해 왔으나, 주도적 정책 기반 없이 진행됐다는 점에서 내용적 체계성이 부족해 전체적인 통합성을 갖기 어려운 점도 있었다(장미정 등, 2018). 또한 중·고등학교와 달리 초등학교에서는 환경교육이 범교과 주제로 편재되어 각 교과에는 직접적으로 편재되어 있지 않아 내용과 프로그램이 다소 부족한 실정이다(정채은과 배진호, 2020).

2022 개정 교육과정은 미래 변화에 대응하는 교육과정 혁신으로 인간과 환경의 공존과 지속 가능한

사회를 위한 생태전환교육을 강조하고 있으며, 생태전환교육이란 지속 가능한 삶을 위한 모든 분야와 수준에서 생태적으로 전환을 위한 교육을 의미한다(교육부, 2022). 특히 2022 개정 교육과정에서 주요 추진 과제를 ‘기후환경변화 등에 대응하는 생태전환교육을 교육목표와 전 교과의 내용 요소에 반영한다.’로 설정하였으며, 이를 근거로 지속가능한 삶을 위한 핵심 가치인 ‘생명 존중, 지속 가능, 생태 감수성’ 등을 교육목표에 반영하였다(교육부, 2022).

생태적 감수성은 생태적 소양의 정의적 영역이며, 생태적 감수성에 대한 정의는 조금씩 차이가 있다(주은정, 2016). 주은정(2016)은 생태적 감수성을 자연의 변화에 대해 민감하게 반응하며 자연에 대한 감정이입적 시각을 가지는 개인을 길러내는 정의적 특성이라고 정의하였으며, 노희정(2013)은 생태적 감수성을 자연으로부터 받은 인상이나 느낌입과 동시에 자연과의 교감을 통해 그 아름다움을 느끼고 존중하는 가치감이라 해석하였다. 또한 김명선(2015)은 생태적 감수성을 자연이라는 외부 자극에 대하여 인간이 가지는 관심이나 호기심, 공감적 정서, 감정 이입뿐만 아니라 그 속에서 나타나는 생명을 존중하는 마음, 심미적인 체험, 생태적 상상력 등으로 정의하였다. 마지막으로 윤지현(2022)은 생태적 감수성을 지구와 살아있는 모든 생명체에 대해 경이로움과 경외심을 가지며, 자연애를 갖고, 자연 세계와 공감하는 것으로 정의하였다.

생태전환교육은 우리가 생태계의 일부이며 생태계 그 자체의 소중함을 인식하고 삶의 방향을 생태 지향적으로 전환해 나가야 함을 강조한다. 이는 학생들로부터 지식, 기능적 측면과 더불어 정의적인 영역을 함양시키는 것이 중요하다는 것을 나타낸다(신동훈, 2023). 주은정(2016)은 정의적 영역 중에서 생태계와 생명에 대한 올바른 인식과 태도를 함양하는 생태적 감수성이 강조되고 있다고 주장한다. 생태적 감수성은 생태적 지식과 생태중심적 태도를 갖게 하는 가장 중요한 변인이며, 생태적 감수성이 높은 사람은 자연의 본질적 가치를 바탕으로 생태중심적 의사결정을 진행할 수 있기 때문이다(주은정과 김재근, 2013). 또한 김선일과 신영준(2019)은 생태적 감수성이 생태계를 대하는 인간의 태도에 변화를 주기 때문에 생태적 감수성이 강조되고 있다고 설명한다. 따라서 생태적 감수성을 향상시키는 것은 2022 개정 교육과정에서 요구하는 지속 가능한 사회를 위한 생

태전환교육의 필수 과정이라 할 수 있을 것이다.

초등학생 수준에서 생태환경교육은 그것을 체득하여 내면화할 수 있도록 태도와 가치관 변화에 초점을 맞추는 활동 중심 방법이 효과적이다(김혜영과 이상원, 2016). 그러나 우리나라 해양 교육은 실내 이론 및 모형 만들기 교육이 약 44%를 차지하고 있으며, 해양 교육의 시공간 제약을 극복하고 학생들이 언제 어디서나 쉽게 접할 수 있는 사이버 해양 교육의 필요성이 높아지고 있다(정우리와 문성배, 2014). 이러한 시간과 공간의 한계점, 학습 몰입도, 학습 콘텐츠 수준의 제한점들을 극복할 수 있는 수단으로 최근 다양한 분야에 적용되고 있는 인공지능 기술이 대안이 될 수 있는데, 인공지능은 확장성을 갖고 있어 거리에 구애받지 않고 초연결성을 실현할 수 있기 때문이다(신원섭, 2020; Wilson & Daugherty, 2018). 신원섭과 신동훈(2020)에 따르면, AISE(AI-based Science Education) 시스템의 활용은 환경의 한계를 극복할 수 있게 해주어 안전한 탐구와 다양한 시행착오를 허용하는 교육 환경을 제공한다. 생태적 감수성을 높이기 위해서는 생태 환경에 대한 다양한 자극과 상황을 제공해야 하는데, 인공지능은 이러한 다양한 스마트 콘텐츠를 제공할 수 있기 때문이다(신원섭과 신동훈, 2020). 따라서 인공지능 기술은 해양 생태전환교육을 실시할 때 발생하는 시공간적 제한점, 개인별 맞춤 학습의 한계, 보조 자료의 제한점들을 극복할 수 있는 훌륭한 수단이 될 수 있다.

이러한 추세를 따라 인공지능 기술을 적용한 생태환경교육 프로그램 연구가 활발히 진행되고 있다. 인공지능 기반 도구를 활용한 미세먼지 환경 교육 프로그램은 초등학생들의 환경감수성과 환경에 대한 흥미를 높이는 데 도움이 되며(최일훈과 소금현, 2022), 인공지능을 활용한 해안사구 식물 탐구 프로그램은 정의적 영역에 긍정적인 변화를 이끌어낼 수 있는 가능성을 지니고 있다(변정호, 2022). 또한 해양환경 오염에 대한 인공지능 기반 융합인재교육 프로그램이 초등학생들의 환경감수성에 긍정적인 영향을 미치며(김정영, 2022), 여한나와 신동훈(2022)은 생명 영역 수업에서 다양한 인공지능 기술을 적용하여 과학 긍정경험에 유의미한 영향을 미친다는 것을 밝혔다. 따라서 최근 학습 도구로 각광 받고 있는 인공지능 기술을 활용한다면, 유의미한 해양 생태전환교육을 통해 초등학생들의 생태적 감수성을 증진시킬 수 있을 것이다.

이에 이 연구의 목적을 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램을 개발하고, 해당 프로그램이 초등학생의 생태적 감수성 향상에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하여 프로그램의 효과를 검증하는 것으로 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

이 연구는 서울특별시 소재의 S초등학교 6학년 1개 학급을 연구 참여집단으로 선정하였다. 자세한 연구 참여자의 구성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. The composition of research subjects (unit: person)

집단	구분		
	남학생	여학생	총 인원
연구 참여집단	8	11	19

### 2. 연구 설계

이 연구는 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램을 개발하고 초등학교 현장에 적용하여 생태적 감수성에 어떤 영향을 미치는지를 알아보는 연구이다. 이 연구는 단일집단 사전사후 설계를 적용하였으며, 독립변인은 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램 수업이고 종속 변인은 학습자의 생태적 감수성이다. 연구 참여집단은 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램 11차시를 약 4주간에 걸쳐 실시하였고 수업 처치 전 생태적 감수성 사전검사를 실시하였다. 수업 프로그램을 적용한 뒤 생태적 감수성 사후검사를 실시하였으며 3명의 심층 면담 자료와 함께 프로그램 효과에 대한 결과를 분석하였다. 이 연구의 구체적인 연구 절차는 <Table 2>와 같다.

### 3. 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램 개발 방법

#### 1) 연구 내용의 선정

이 연구에서는 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램을 개발하기 위해 6학년 2학기 사회, 과학, 실과 영역의 학습 내용 및 요소를 추출하였다. 각 교과와 2022 개정 교육과정의 성취 기준을 분석한 후, 성취 기준에 적합한 내용의 교과와 단원을 인공지

Table 2. The research procedure

이론적 배경 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양 생태전환교육의 필요성 및 요구 분석</li> <li>• 인공지능 기반 교육의 효과 분석</li> <li>• 생태적 감수성의 개념 및 중요성 연구</li> </ul>
프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2022 개정 교육과정 분석 및 내용요소 추출</li> <li>• 초등 인공지능 교육과정 분석</li> <li>• 인공지능 기반 해양생태전환교육 학습 목표 선정</li> <li>• 해양 생태전환교육 주제 및 소주제 선정</li> <li>• 해양 생태전환교육 프로그램 지도안 개발</li> <li>• 인공지능 수업에 필요한 학습 기자재 및 수업 환경 조성</li> <li>• 생태적 감수성 검사지 준비</li> </ul>
타당도 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그램 타당성 검증</li> <li>• 프로그램 수정 및 보완</li> </ul>
사전 검사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생태적 감수성 사전검사</li> <li>• 검사 문항 신뢰도 분석</li> </ul>
수업 실시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개발 프로그램 현장 적용</li> </ul>
사후 검사 및 심층 면담	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생태적 감수성 사후검사</li> <li>• 참여자 심층 면담</li> </ul>
결과 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개발 프로그램 효과 분석</li> </ul>

능 기반 해양 생태전환교육 프로그램으로 재구성하였다.

## 2) 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램 개발 과정

이 프로그램의 개발 방향에서 고려한 사항은 다음과 같다. 첫째, 인공지능 기술이 해양 생태계 보호에 유의미한 영향을 준다는 것을 체험할 수 있도록 한다. 둘째, 해당 프로그램을 통해 학습자의 생태적 감수성을 향상시킬 수 있도록 한다. 이러한 연구목적에 위해 교육과정 분석을 통해 내용 요소를 추출하고, 초중고 인공지능 교육 내용 기준을 참고하여 (한국과학창의재단, 2022) 초등학교 6학년 수준에 맞는 학습 요소로 구성하였다.

프로그램 개발은 김진수(2012)가 고안한 PDIE 모형을 토대로 단계별로 진행하였으며, 구체적인 개발 절차는 Table 3과 같다. 준비 단계에서는 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램에 필요한 선행연구 및 문헌분석을 통해 주제를 선정하였고, 2022 개정 교육과정을 기준으로 재구성하였다. 또한 해양 생태전환교육과 생태적 감수성의 개념 및 필요성을 조사하여 이를 바탕으로 프로그램의 목표를 구체화하였다. 개발 단계에서는 프로그램의 주제와 차시 목표를 선정하였으며 지도안 및 활동지를 제작하였다.

Table 3. Program development procedure

단계	과정
준비 (Preparation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양생태교육의 필요성 및 생태적 감수성의 개념 및 요구 분석</li> <li>• 인공지능 기반 교육의 효과 분석</li> <li>• 2022 개정 교육과정 분석</li> <li>• 프로그램 목표 구체화</li> </ul>
개발 (Development)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그램 주제 및 차시 목표 선정</li> <li>• 프로그램 내 수업 지도안 및 활동지 제작</li> <li>• 프로그램 타당도 검토 및 수정</li> </ul>
실행 (Improvement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생태적 감수성 사전 검사</li> <li>• 현장 적용</li> <li>• 생태적 감수성 사후 검사 및 심층 면담</li> </ul>
평가 (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관찰 및 학습지 자료 해석 및 분석</li> <li>• 교육 프로그램 효과 분석</li> </ul>

또한 과학교육학 박사 1명과 인공지능과융합전공 석사 과정 3명으로 이루어진 전문가 집단을 통해 타당성을 검토하였다. 타당성 검토 작업을 통해 적합하지 않다고 판단된 인공지능 도구와 내용은 일치될 때까지 수정하였다. 실행 단계에서는 검증된 프로그램을 현장 적용하기 전 생태적 감수성 사전검사를 실시하였으며, 적용 후 사후검사 및 학생 심층 면담을 실시하였다. 마지막 평가 단계에서는 개발한 프로그램의 효과를 분석하였다.

## 4. 검사 도구

인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램이 생태적 감수성 향상에 미치는 영향을 알아보기 위해 선행 연구들을 참고하여 윤지현(2022)이 개발한 생태 소양 인식 검사 도구 중 ‘생태적 감수성’을 발췌하여 사용하였다. 이는 ‘생물에 대한 공감’, ‘자연에 대한 관심’, ‘자연 향유’, ‘자연에 대한 경이감’의 네 가지 하위 영역으로 구분되어 총 20문항으로 이루어져 있으며, 문항 형식은 5단계 Likert 척도이다(‘매우 그렇다’는 5점, ‘매우 아니다’는 1점). 생태적 감수성 검사지의 신뢰도 검증을 위해 윤지현(2022)의 연구에서 Cronbach’s alpha로 동일 개념을 측정된 문항 간 내적 일치도를 측정하였으며 모두 .7 이상으로 신뢰성을 확인하였다. 생태적 감수성 검사 도구의 하위 영역과 문항 수에 대한 구체적인 내용은 Table 4와 같다.

## 5. 자료 처리 방법

이 연구의 자료 통계처리는 SPSS 통계 프로그램을 이용하였다. 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프

**Table 4.** Number of sub-domains and items of ecological sensitivity

하위 영역	내용	문항 수
생물에 대한 공감	동물·식물에 대한 감정 이입, 자연에 대한 친밀감	5
자연에 대한 관심	지구 생태에 대한 관심, 호기심, 흥미와 체험 의지	5
자연 향유	자연애, 자연에 대한 몰입, 자연에 의한 편안함	6
자연에 대한 경이감	자연에 대한 아름다움, 자연물에 대한 영성	4
총 문항 수		20

그램이 생태적 감수성 향상에 미치는 영향을 알아보기 위해 기초통계량을 이용하여 연구 참여집단의 사전·사후 검사 대응 표본 t-검정을 실시하였으며 평균, 표준편차 수치는 소수 둘째 자리, t점수와 유의

확률은 소수 셋째 자리까지 나타내었다. 그 후 활동지 및 관찰 자료와 심층 면담을 통해 프로그램이 미치는 효과성을 분석하였다.

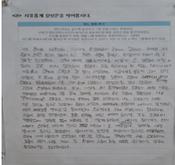
### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 프로그램 개발 및 적용

이 연구의 목표는 생태적 감수성을 향상시킬 수 있는 인공지능 기반 해양 생태전환수업 프로그램을 개발하는 것이다. 개발한 프로그램의 차시별 학습 목표 및 주요 활동은 Table 5와 같다.

1~2차시의 학습 목표는 ‘해양 생태계 파괴로 인한 피해와 심각성을 알 수 있다.’이다. 이 수업의 목표는 여러 생태계 중 해양 생태계의 아름다움과 중요성을 인식하고 심각한 훼손이 진행되고 있는 해양

**Table 5.** A study on the course of teaching and learning by time

차시	학습 주제	학습 목표 및 주요 활동	활용 AI 요소
1~2	해양 생태계 파괴로 인한 피해 알기	학습 목표: 해양 생태계 파괴로 인한 피해와 심각성을 알 수 있다. ① Expeditions pro 어플과 VR 영상으로 청정 바다와 사막화된 바다 탐험하기 ② 구글의 Climate change impact filter 체험하기 ③ 해양 생태계 보호의 필요성 이해하기	VR, 머신 러닝 
3~4	산호초의 소중함 깨닫기	학습 목표: 산호초의 소중함과 보호의 필요성을 깨닫고, 해양 생태계를 보호하는 인공지능을 탐색할 수 있다. ① 산호초의 이모옴 알아보기 ② 산호초가 사라졌을 때 해양 생태계가 받는 타격 알아보기 ③ 인공지능 기술을 활용한 해양 생태계 보호 사례 알아보기	생태 보호 AI 사례 
5~7	산호초 지도 만들기 게임에 적용된 인공지능의 원리 체험하기	학습 목표: Nemo.Net의 원리를 이해하고 해양 생태계를 지키는 나만의 인공지능 분류 모델을 제작할 수 있다. ① NASA의 Nemo.Net 알아보기 ② Nemo.Net의 인공지능의 원리 체험하기 ③ 해양 쓰레기 분류 인공지능 모델 제작하기	VR, 이미지 인식 머신 러닝 
8~9	산호초 지도 만들기 게임 경험하기	학습 목표: Nemo.Net을 통해 산호초 보호 활동을 실천할 수 있다. ① Nemo.Net의 활용 방법 탐색하기 ② Nemo.Net 체험하기	CNN, 머신 러닝 
10~11	프로젝트 정리 및 소감 나누기	학습 목표: 해양 생태계를 지키기 위한 활동에 참여한 작품을 만들고 다른 사람과 공유할 수 있다. ① Nemo.Net의 사회적 기여와 참여 소감 나누기 ② 소감문 작성하기 ③ 감상 나누기	

생태계 보호의 필요성을 깨닫는 것이다. 구글 카드보드와 Expeditions pro를 활용하여 산호초가 가득한 청정 바다와 사막화된 바다를 실감나게 탐험한다. 또한 구글의 ‘Climate change impact filter’를 통해 학생들은 지구의 기온 상승이 다양한 해양 생물의 생존에 어떤 영향을 미치는지와 해양 생태계 보호의 필요성을 직관적으로 깨달을 수 있다. 이러한 활동을 바탕으로 학생들은 이 프로젝트의 방향성과 가치를 인식할 수 있다.

3~4차시의 학습 목표는 ‘산호초의 소중함과 보호의 필요성을 깨닫고, 해양 생태계를 보호하는 인공지능을 탐색할 수 있다.’이다. 이번 수업에서는 산호초가 해양 생태계에 미치는 영향에 대해 알아보고 해양 생태계를 보호하기 위한 다양한 인공지능 기술 프로젝트를 탐색해 본다. 산호초의 먹이이자 스트레스에 취약한 조류는 수온이 올라가면 죽거나 산호초를 떠나고, 먹이 공급원이 사라지게 된 산호초는 생존하기 어려워지며 해양 생태계가 급격히 파괴된다. 학생들은 산호초의 이로움과 보호의 필요성을 인식하고, 산호초와 해양 생태계를 보호하는 다양한 인공지능 기술들에 대해 탐색한다. NASA의 인공지능 모델, Nemo.net 인공지능 게임, 마이크로소프트의 ‘AI for earth’ 프로젝트 등 해양 생태 문제를 해결하는 인공지능 사례를 통하여 학생들은 인공지능 기술이 사회적인 실천을 가능하게 돕는다는 것을 깨닫는다.

5~7차시에서는 Nemo.Net(산호초 지도 제작 게임)에 대해 탐색하고 산호초를 구별하는 나만의 인공지능 모델을 제작해본다. 이 게임은 실제 바다의 지도로 만든 것이며, 사람들이 게임을 하면서 산호초를 찾아내면 그 데이터들이 NASA의 슈퍼컴퓨터에 저장된다. 이 데이터들을 기반으로 머신 러닝 기술을 통해 슈퍼컴퓨터가 훈련되고, 슈퍼컴퓨터가 산호를 추출할 정도로 능력이 향상되면 제작할 수 있는 산호초 지도의 정확도가 높아져 과학자들은 산호초를 더 잘 보존할 수 있게 된다. Nemo.Net의 구조와 사회적 실천 방법을 이해한 후, 학생들은 Nemo.Net에 적용된 인공지능의 학습 방법 중 하나인 머신 러닝을 이해하기 위해 AI for oceans를 체험한다. 해양 생물과 쓰레기를 구분하는 활동을 통해 머신 러닝이 무엇인지 이해하고, 인공지능이 올바르게 학습하기 위해서는 데이터의 양뿐만 아니라 질도 중요하다는 것을 인식할 수 있다. 마지막으로 Teachable Machine을 활

용하여 나만의 인공지능 산호초 분류 모델을 제작한다.

8~9차시의 학습 목표는 ‘Nemo.Net을 통해 산호초 보호 활동을 실천할 수 있다.’이다. 이 차시에서는 Nemo.Net의 기초적인 조작 방법을 익히고, 실제로 게임에 참여한 후 참여 소감을 나누는 활동을 한다. 산호초 분류를 정확하게 할수록, 많이 할수록 얻을 수 있는 배지가 많아진다. 게임을 진행할 때 데이터의 양과 질 모두 중요하기 때문에, 정확하게 분류를 진행해야 한다는 것을 강조한다. 학생들은 Nemo.Net 게임을 진행하며 산호초 생태계 보호에 기여한다는 보람을 가질 수 있다.

마지막 10~11차시에서는 프로젝트에 참여한 소감을 작성하고 다른 사람과 소감을 공유하는 활동을 진행한다. Nemo.Net 참여 소감뿐만 아니라 전체적인 프로젝트를 떠올리며 해양 생태계를 보호해야 하는 필요성을 상기하고, 이를 종합하여 소감과 다짐을 작성할 수 있도록 한다. 마지막으로 서로의 생각을 공유하는 활동을 통해 서로의 감상을 나누는 감성적 체험이 일어날 수 있도록 한다.

## 2. 생태적 감수성에 미치는 효과

인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램을 활용한 수업을 적용한 후 연구 참여집단의 생태적 감수성 검사 결과를 통계적으로 처리하여 Table 6에 나타내었다.

연구 참여집단의 생태적 감수성 사전·사후검사에 대응 표본  $t$ -검정 분석 결과 전체 평균  $p$ 값은  $<.01$ 로 나타났다. 각 하위 영역인 생물에 대한 공감의  $p$ 값은  $<.05$ , 자연에 대한 관심의  $p$ 값은  $<.05$ , 자연향유의  $p$ 값은  $<.01$ , 자연에 대한 경이감의  $p$ 값은  $<.01$ 로 생태적 감수성의 4개 하위 영역에서 모두 통계적으로 유의미한 결과를 얻었다. 이는 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램이 초등학교의 생태적 감수성에 긍정적인 영향을 준다는 것을 의미한다.

## 3. 해양 생태전환교육 활동에 대한 심층 면접 결과

프로그램의 효과를 구체적으로 알아보기 위해 자발적으로 지원한 학생 A, B, C를 대상으로 심층 면담하였고 그 내용을 Table 7와 같이 정리하여 분석하였다.

**Table 6.** The results of pre and post test on ecological sensitivity

구성 영역	검사 시기(명)	평균	표준편차	t	p
생물에 대한 공감	사후(19)	4.17	0.65	-2.444	0.025*
	사전(19)	3.74	0.81		
자연에 대한 관심	사후(19)	3.46	0.83	-2.682	0.015*
	사전(19)	2.87	1.13		
자연 향유	사후(19)	3.73	0.78	-2.826	0.011*
	사전(19)	3.15	1.00		
자연에 대한 경이감	사후(19)	3.72	0.74	-3.336	0.004**
	사전(19)	3.32	0.86		
전체 평균	사후(19)	3.77	0.59	-3.509	0.003**
	사전(19)	3.26	0.85		

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

**Table 7.** Highlights of interviews with learners about the program

생태적 감수성 구성 요소	학습자 반응	분석
생물에 대한 공감	A: 2017년에 일본에서 흰색 산호초를 주웠는데, 그게 원래 산호초 색깔인 줄 알았어요. 그런데 그것이 죽은 산호초였다는 게 너무 충격적이었어요.	수업 적용 후 학생들은 해양 생물들의 감정을 이해하고 몰입하는 경험을 하였음을 알 수 있다.
	B: 내가 덩다고 튼 에어컨과 바다에 들어갈 때 발랐던 선크림이 산호의 백화 현상을 앞당긴다는 것을 알고 미안했어요.	
	C: 지구온난화로 북극의 빙하가 녹는다는 건 알고 있었는데, 해양 생물들에게도 이렇게 큰 영향을 미친다는 건 몰랐어요.	
자연에 대한 관심	A: 솔직히 산호초에 대해 관심 없었는데, 산호초 백화 과정을 VR로 접하고 좀 놀랐어요. 마지막에 남는 게 먼지랑 미세조류라니... 이 프로젝트를 통해 사람들의 관심이 조금 이나마 기울여졌을 거라 생각해요.	해양 생물과 생태계 보호에 대한 관심 등 자연에 대한 관심이 높아졌음을 알 수 있다.
	B: 지구온난화로 북극의 빙하가 녹는다는 건 알고 있었는데, 해양 생물들에게도 이렇게 큰 영향을 미친다는 건 몰랐어요.	
	C: Nemo.Net 게임을 통해 간접적으로나마 해양 생태계를 보호할 수 있어서 즐거웠어요. 나중에 꼭 환경에 도움 되는 직업을 갖고 싶다는 생각이 더 뚜렷해졌어요.	
자연 향유	A: 바닷속을 실제로 탐험하는 것 같아 신기했어요.	해양 생태계 탐험과 생물 관찰을 즐겨워했으나, 다른 하위 요소에 비해 응답이 적었다.
	B: 처음에는 산호초가 징그러웠는데 자주 관찰하다 보니 생김새가 달라서 재밌었어요. 또 산호초는 다 똑같이 생긴 줄 알았는데 굉장히 여러 가지 종류가 있다는 것도 신기했어요.	
자연에 대한 경이감	A: 언젠가는 바닷속을 탐험하고 싶어요. 제가 알던 것보다 바닷속에도 넓은 세상이 있는 것 같아요.	수업 적용 후 학생들은 상대적으로 접해보지 못했던 해양 생태계에 대해 경이감을 표현했다.
	B: 카드보드로 본 바다 모습이 알록달록했어요. Nemo.Net 게임과 VR은 부모님, 친구들, 또 여러 사람들에게 추천하고 싶어요.	
	C: 산호초가 형광색으로 빛나는 것이 참 신기했어요. 산호는 그 자리에서 우리에게 끊임 없이 메시지를 보내고 있는 거였어요.	

이상의 면담 결과를 분석하고 종합하면 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램을 적용한 이후 학생들은 생태적 감수성 하위 요소별로 긍정적인 답변을 하였고, 전반적인 활동에 대한 흥미를 표현하였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 이 프로그램이 생태감수성을 향상시키는데 긍정적인 영향을 미치는 이유를 하위요소별로 논의하였다.

**1) 생물에 대한 공감**

공감은 자기중심적인 사고에서 벗어나 타인의 관점에서 그 사람의 생각이나 감정을 상상함으로써 상대방을 수용하고 상대방의 정서를 자신의 것처럼 느끼며 의사소통하는 것을 포괄하는 복합적인 개념이다(조혜경, 2015). 학생들은 VR 기술을 통하여 알록달록한 빛깔을 내뿜었던 산호초가 하얗게 죽어가는

과정을 생생하게 체험했으며 감상 나누기 활동에서 “하얗게 변한 산호초가 예뻐 보였는데, 비명을 지르며 죽어간다는 과정이라는 것을 알고 나니 조금 소름이 돋았다.”, “우리가 볼 수 없었던 바닷속에서 해양 생물들은 너무 큰 고통을 겪고 있었다.” 등의 소감을 적었다. 이러한 몰입 경험을 통해 학생들은 생명체의 상황에 슬픔, 아픔, 친밀감을 느끼고 그로 인해 생물에 대한 공감 능력이 상승했을 것으로 추론할 수 있다.

## 2) 자연에 대한 관심

자연에 대한 관심은 자연을 꾸준히 접하고 자연과 관련된 활동을 지속적으로 진행함으로써 길러진다. 학생들은 Nemo.Net 프로그램과 인공지능 기반 사이트를 통해 현재 자연 환경의 상황에 관심을 가지고, 자연 보호의 필요성을 느낄 수 있었다. 학생들은 Nemo.Net 게임 활동을 하며 “이 산호초와 저 산호초는 다른 종류인가요?”, “고래랑 산호초를 이렇게 가까이에서 관찰한 건 처음이에요.” 등의 반응을 보였으며, “지금 지구에 남아 있는 산호초는 몇 % 정도 되나요?”, “기후 변화에 가장 취약한 생물은 뭐예요?” 등 자연 보호 활동에도 많은 관심을 보였다. 이러한 인공지능 프로그램을 통한 해양 생태계 관찰 및 보호 활동에 참여한 경험을 통해 자연에 대한 관심도가 상승했을 것으로 생각할 수 있다.

## 3) 자연 향유

자연 향유란 자연 속에서 평화를 느끼고 자연 그 자체를 즐길 수 있는 역량을 의미한다. 주은정(2018)에 따르면 자연 향유는 적극적인 자연 향유와 소극적인 자연 향유가 있는데, 적극적인 자연 향유는 자연을 느낄 수 있는 곳으로 가는 것을 좋아하고, 자연물과 함께 노는 것에 즐거움을 느끼는 등 직접적으로 자연과 만나며 즐거움을 누리는 것이다. 반면 소극적인 자연 향유는 동식물에 대한 TV 프로그램이나 책을 보는 것을 좋아하거나 자연 경치를 보면 마음이 편안해지는 등 간접적으로 자연을 느끼고 그 속에서 즐거움을 경험하는 것이다.

이 연구는 해양 생태계를 직접적으로 체험하기에 시간적, 공간적 제한이 크기 때문에 인공지능 프로그램을 활용하여 소극적인 자연 향유 역량을 향상시키는 것을 목표로 하였다. 인공지능 기반 프로그램은 3D 콘텐츠 기반으로 제작되어 사용자가 실제 자

연 환경을 체험하는 것 같은 현장감을 제공해주고, 이러한 경험을 통해 학생들은 해양 생태계를 향유할 수 있었을 것이다. 다만 직접 자연을 만나며 즐거움을 누리는 적극적인 자연 향유 역량을 키우기에는 한계가 있었기에, 다른 영역에 비해 학생들의 응답 수가 적었던 것으로 판단된다.

## 4) 자연에 대한 경이감

경이감은 어떤 대상에 대해 감탄하며 신기함을 느끼는 감정이다. 자연에 대한 경이감이란 자연의 모습을 보며 감탄하고, 오묘한 자연의 섭리에 신비로움을 느끼는 역량을 뜻한다(윤지현, 2022). 학생들은 그동안 상대적으로 덜 접해보았던 해양 생태계를 관찰하고, 새롭게 만남으로써 경이감을 느꼈을 것이다. Milne(2010)이 정의한 8가지 심미적 경험의 요소 중 ‘소중함과 경외심’은 자연의 힘과 경이로움에 감사하는 것이다. 학생들은 산호초와 수많은 조류의 공생 및 산호초 군락이 이루는 아름다운 해양 생태계의 모습에서 자연의 위대함을 목격할 수 있었다. 이러한 자연의 변화와 생명의 움직임에 경험하는 활동을 통해 학생들은 자연의 신비와 경이로움을 느낄 수 있었을 것으로 생각한다.

## IV. 결론 및 제언

이 연구의 목적은 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램을 개발하여 초등학교의 생태적 감수성에 미치는 효과를 알아보는 것이다. 개발된 교육 프로그램은 총 11차시이며, 19명으로 구성된 연구 참여집단에 4주 동안 적용하였다. 수업 후 사전·사후 결과 및 면담 자료를 통해 초등학교의 생태적 감수성에 미치는 영향을 검증한 후 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 초등학교 6학년 학생을 대상으로 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램을 개발하였다. 2022 개정 교육과정과 선행연구를 분석하여 해양 생태전환교육을 실시할 수 있는 목표와 내용 요소를 추출하였고, PDIE 모형을 토대로 단계별로 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 과학, 사회, 실과 시간에 적용 가능하며, 이 프로그램의 주안점은 학생들이 인공지능 기술이 해양 생태계 보호에 유의미한 영향을 준다는 것을 체험할 수 있도록 하고 해당 프로그램을 통해 생태적 감수성을 증진시키는 것이다.

둘째, 인공지능 기반 해양 생태전환교육 프로그램은 초등학생의 생태적 감수성을 증진시킨다. 프로그램 적용 후 생태적 감수성의 하위 영역인 생물에 대한 공감, 자연에 대한 관심, 자연 향유, 자연에 대한 경이감 전 영역에서 유의미한 상승이 나타났다. 인공지능 및 VR을 활용한 해양 생태계 수업을 통해 학생들은 자연을 더 가까이에서 접할 수 있었고 이러한 학생 참여형 활동들이 생태적 감수성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다. 이는 학생들의 생태적 감수성을 향상시키기 위해서는 교사의 설명식 수업보다 체험 중심의 교육 방법이 매우 중요하며, 인공지능 기술이 학생들의 수업 몰입도에 효과적인 도움을 준다는 것으로 파악할 수 있다.

이 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같이 제언한다.

첫째, 이 연구의 대상은 서울특별시 N구에 있는 S초등학교 6학년 1개 반의 학급 학생들을 대상으로 약 4주 동안 진행되었기에, 연구 결과가 초등학생 모두를 대표하기에 어려움이 따른다. 또한 학생마다 교육 환경과 학력 수준이 다르므로 이 연구의 결과를 다른 집단에 적용할 때 추가 연구가 필요하다.

둘째, 표본 수가 많은 집단을 대상으로 적용이 필요하다. 이 연구는 소규모 인원을 대상으로 진행된 연구이기 때문에 정량적인 부분에 대한 연구가 추가적으로 필요하다. 좀 더 많은 인원을 대상으로 연구가 진행된다면, 정량적인 부분에서도 더 유의미한 프로그램의 효과성을 증명할 수 있을 것으로 예상된다.

셋째, 초등학교 고학년을 대상으로 한 생태적 감수성 검사지가 필요하다. 이 연구에서 사용한 윤지현의 생태적 감수성 검사지는 대학생 등 성인을 대상으로 제작된 것이다. 초등학생을 대상으로 한 생태적 감수성 논문은 대부분 저학년 위주이며 검사 도구 또한 초등학교 고학년의 발달 단계에 적합하지 않다. 따라서 고학년의 발달 단계에 적합한 생태적 감수성 검사지를 개발하여 이보다 더 높은 단계의 학생에게까지 적용한 연구가 이루어지기를 바란다.

## 참고문헌

교육부(2022). 2022 개정 교육과정 총론 고시 제2022-33호. 교육부.  
 김명선(2015). 숲에서 나타나는 유아들의 생태적 감수성에 관한 연구. 부산대학교 대학원 석사학위논문.

김선일, 신영준(2019). 체험중심 생태환경 STEAM 프로그램이 초등학생들의 생태적 감수성에 미치는 영향. 초등과학교육, 38(4), 465-474.  
 김정영(2022). 해양환경오염에 관한 AI기반 융합인재교육 프로그램이 초등학생의 환경감수성과 창의적 문제해결력에 미치는 영향. 부산대학교 교육대학원 석사학위논문.  
 김진수(2012). STEAM 교육론. 서울: 양서원.  
 김혜영, 이상원(2016). 그림동화를 활용한 스토리텔링 환경교육이 초등학생의 환경소양에 미치는 영향. 초등과학교육, 27(3), 129-149.  
 노희정(2013). 생태학적 자아의 정립과 생태학적 감수성 증진을 위한 교육. 환경철학, 16, 61-81.  
 류미, 김재근(2019). 도덕계의 유생태이를 위한 이동 특성을 활용한 해양 환경교육 프로그램 개발 및 적용. 환경교육, 32(2), 222-242.  
 변정호(2022). 인공지능을 활용한 해안사구 식물 탐구 프로그램이 초등 과학영재의 정의적 영역에 미치는 영향. 과학교육연구지, 46(1), 53-65.  
 신동훈(2023). 대학 교정 생물 기반 생태동영상 활용 수업이 초등 예비교사들의 생태 소양에 미치는 효과. 에너지기후변화교육, 13(2), 201-212.  
 신원섭(2020). 초등 생물분류 학습에서 인공지능 융합교육의 적용 사례 연구. 초등과학교육, 39(2), 284-295.  
 신원섭, 신동훈(2020). 초등과학교육에서 인공지능의 적용 방안 연구. 초등과학교육, 39(1), 117-132.  
 윤지현(2022). 생태 소양 함양을 위한 글로벌 생태교육 프로그램 개발과 적용. 서울대학교 대학원 박사학위논문.  
 여한나, 신동훈(2022). 인공지능 기술을 적용한 생명 영역 수업이 초등학생의 과학긍정경험에 미치는 영향. 생물교육, 50(4), 543-556.  
 이소진, 배진호(2022). 환경도서를 활용한 생태중심 창의적 체험활동 수업이 초등학교 3학년 학생들의 생태적 감수성과 환경소양에 미치는 영향. 생물교육, 50(3), 358-367.  
 장미정, 임수정, 정철, 홍선욱, 이종명(2018). 해양환경소양과 핵심역량에 기초한 초·중학교 해양환경교육 교재 개발. 환경교육, 31(2), 153-166.  
 정우리, 문성배(2014). 해양리터러시 개념에 기반한 해양교육 모델코스 개발에 관한 연구: 부산지역을 중심으로. 한국항해항만학회지, 38(5), 437-442.  
 정채은, 배진호(2020). 시각적 사고를 적용한 기후변화 교육 관련 창의적 체험활동 수업이 초등학교 고학년 학생들의 기후변화에 대한 인식·지식·태도와 환경소양에 미치는 영향. 에너지기후변화교육, 10(2), 131-141.  
 정화성, 이정화, 정연옥(2010). 해안지역 초등학생을 위한 해양환경교육프로그램 개발 및 적용. 한국실과교육학회지, 23(2), 27-40.

- 조혜경(2015). 초등학교 고학년 아동의 공감능력 및 자기 조절능력과 학교생활적응의 관계. 경인교육대학교 교육전문대학원 석사학위논문.
- 주은정(2016). 초등교육에서 생태적 소양의 의미. 한국초등교육, 27(2), 417-432.
- 주은정(2018). 초등교사들의 학교 안 자연 기반 생태교육 실행연구에서 나타난 생태교육 PCK 확장 과정. 환경교육, 31(1), 1-22.
- 주은정, 김재근(2013). 초등학생의 식물에 대한 경험 분석 및 생태적 소양과의 관계. 초등과학교육, 32(4), 404-414.
- 최일훈, 소금현(2022). 인공지능 기반 도구를 활용한 미세 먼지 환경교육 프로그램이 초등학생의 환경감수성과 자기효능감에 미치는 영향. 초등과학교육, 41(3), 468-479.
- 한국과학창의재단(2022). 초·중등 인공지능(AI)교육 학교 적용 방안 연구보고서(SW·AI). 한국과학창의재단.
- 해양수산부(2015), 제1차 해양환경교육 종합계획(2016~2020). 서울: 해양수산부.
- 홍선옥, 이종명, 장용창, 홍수연, 이종수, 이미정(2014). 해양환경교육 활성화 방안 연구. 해양환경관리공단.
- Milne, I. (2010). A sense of wonder, arising from aesthetic experiences, should be the starting point for inquiry in primary science. *Science Education International*, 21(2), 102-115.
- NOAA Climate.gov. (2023). NOAA Coral Reef Watch Data, Coral Heat Stress around Florida Keys.
- Starko, S., Fifer, J. E., Claar, D. C., Davies, S. W., Cunningham, R., Baker, A. C., & Baum, J. K. (2023), Marine heatwaves threaten cryptic coral diversity and erode associations among coevolving partners. *Science Advances*, 9(32), 1-35.
- Wilson, H. J., & Daugherty, P. R. (2018). Collaborative intelligence: Humans and AI are joining forces. *Harvard Business Review*, 96(4), 114-123.

---

김민선, 서울상천초등학교 교사(Min-Sun Kim; Teacher, Seoul Sangcheon Elementary School)

† 신동훈, 서울교육대학교 교수(Dong-Hoon Shin; Professor, Seoul National University of Education)