

해양 플라스틱 쓰레기로 인한 문제와 해결책에 관한 초등학생의 인식 조사

문공주 · 서경운[†] · 강은희 · 황요한

Elementary Students' Perceptions of Marine Plastic Waste Problem and Solutions

Mun, Kongju · Seo, Kyungwoon[†] · Kang, Eunhee · Hwang, Yohan

ABSTRACT

This study aims to explore how elementary students perceive and approach the issue of plastic debris in marine habitats by examining students' perspectives on the ecosystem and environmental solutions. The study was conducted to 143 Grade Four elementary school students in Seoul. After implementing two class-units on plastic waste, students' constructed responses on the problem of and solutions to plastic debris in marine habitats were collected. Data were analyzed through semantic network analysis and the keywords were visualized to reflect their relationships. Furthermore, students' responses on how they perceive environmental problems were further analyzed based on the following analysis criteria: students' perspectives on the ecosystem, the level of complexity of food chain(s), and the scope of their perspective. Also, student responses on environmental solutions were classified to be either at a personal or social level. Through semantic network analysis, keywords identified for students' perceptions on the problem were the sea, plastic, debris, animals, living things, humans, extinction, while keywords extracted for the solutions were plastic, debris, recycling, disposable, and I. Based on the analysis criteria, it was found that students were well aware of the food chain concept, could perceive the ecosystem as having comprised of both biotic and abiotic factors, and could approach the problem beyond the scope of the marine environment. Also, most students mentioned the solutions only at a personal level. Based on the findings, implications on how to move forward in educating environmental issues related to the ecosystem in science education is further discussed.

Key words: plastic waste, microplastic, ecosystem component, food chain, marine ecosystem

I. 서 론

우리 삶의 터전인 지구는 눈부신 산업발전에 힘입어 빠른 속도로 발전해 왔으며, 현재 쓰레기와 오염 물질 등 다양한 환경문제로 인해 심각한 어려움을 겪고 있다. 이 같은 환경문제는 생태계와 깊이 관련되어 있어, 환경문제를 올바르게 이해하고 해결하기 위해서는 생태계에 대한 이해가 필요하다(Hong, 2020). 학생들은 ‘동물, 식물이 살아가는 자연적인 장소’와 ‘삶에 필요한 자원을 제공하는

장소’로 환경을 인식하며(Shepardson *et al.*, 2007), 생태계 파괴, 지구온난화, 자연 개발 등을 ‘나쁜 환경’으로 표현하기도 한다(Park & Cheong, 2017). 현대의 어린 학생들은 자연에 대한 경험이 부족하기 때문에 환경 및 생태계에 대한 이해가 부족할 수 있다. 도시 생활만 경험한 학생들은 자신의 삶을 환경과 연관 짓는 것에 어려움을 가질 수 있으며, 자연과 인간을 이분법적으로 사고하게 될 수 있다(Nam *et al.*, 2019). 따라서 초등학생과 같은 어린 학생들의 생태계 개념 이해에 관한 연구와 교육이 중

요하다(Kim & Hwang, 2019). 특히 어린 학생들이 내용을 이해하고 실천할 수 있도록 하는 교육방법에 대한 연구가 필요하며, 이에 지속적으로 이슈가 되는 일회용품 등의 쓰레기 줄이기에 대한 교육이 어린 학생들의 수준에 적합할 수 있다.

환경문제를 해결하는 일환으로 일회용품 줄이기 운동이 많이 일어나고 있다. 대표적인 일회용품으로 플라스틱은 싸고 쉽게 원하는 모양을 만들 수 있어 일상생활에서 다양하게 사용되어 왔다. 그러나 플라스틱은 자연적으로 분해되지 않기 때문에 여러 가지 환경문제를 일으킨다. 현재 한국에서는 일회용품의 사용에 제한을 두는 다양한 규제가 시행되고 있으며, 폐플라스틱의 재활용에 대한 문제점 등이 보도되고 있다(Kim & Song, 2019). 이에 플라스틱 남용으로 인한 환경문제에 대한 경각심이 높아지며, 플라스틱 프리, 플라스틱 제로 같은 환경운동이 일반인들 사이에서도 SNS를 통해 확산되고 있다. 폐플라스틱이 바다에 버려져서 거대한 쓰레기섬이 만들어지고, 햇빛과 파도에 의해 풍화되어 미세플라스틱이 된다. 특히, 해양 환경에서의 미세플라스틱(microplastics, Thompson *et al.*, 2004)의 증가로 인한 해양 생태계 위기가 중요한 환경문제로 주목받고 있다(Hong, 2015). 미세플라스틱은 의도적으로 작게 제작되거나, 풍화를 거침으로 인해 5mm 미만으로 작아진 플라스틱 알갱이를 의미한다. 미세플라스틱에 대한 문제가 주목받는 이유는 이런 미세플라스틱을 플랑크톤과 바다생물이 섭취하게 되고, 이후 먹이사슬 단계를 따라 상위 포식자로 이동하여 결국 인간도 이를 섭취하여 생태계 안의 모든 생물에게 영향을 주기 때문이다. 이처럼 플라스틱 쓰레기는 생물체의 삶의 터전을 빼앗고, 생태계에 커다란 위협이 되고 있어 적절한 대응이 필요하다. 특히 플라스틱 쓰레기로 인한 환경문제를 정확하게 인식하기 위해서는 생태계에 대한 이해와 먹이사슬에 대한 개념적 이해가 요구된다.

환경적인 문제에 대응하는 장기적이고 근본적인 방법은 시의적절한 환경교육을 통해서 가능하다. 즉, 플라스틱 쓰레기로 인해 발생하는 문제가 무엇인지 이해하고, 이를 해결하기 위한 방법을 찾아 행동에 옮길 수 있는 미래 시민을 양성하는 것이다. 현재 초등교육과정의 해양환경교육과 관련된 내용으로는 해양 동물의 생김새, 생태계 등을 다루고 있으며, 과학 교과에서 동식물, 생태계 단원을 통해

생태계와 상호 작용, 해수의 성질과 순환 등의 지식을 포함하고, 해양 생태계의 가치 및 생태계 보전의 필요성을 다루고 있다(Ryu & Kim, 2020). 초등학생들의 환경 이슈에 대한 조사에서는 쓰레기 처리에 대한 지식수준은 높았으며, 가장 위험하다고 이해하는 것으로는 수질오염, 대기오염이라고 이해하고 있었다(Lee & Fortner, 2007). 따라서 아동이나 청소년을 대상으로 한 미세플라스틱 및 플라스틱 쓰레기와 관련된 교육이 필요하다(Kim *et al.*, 2019).

해양 플라스틱 쓰레기와 관련된 문제 및 해결책을 적절하게 인식하기 위해서는 플라스틱이라는 물질에 대한 이해도 중요하다. 초등교육과정에서는 3학년 과학에서 ‘우리 생활과 물질’ 단원에서 플라스틱의 성질과 용도와 관련된 내용을 다루고 있다. 그러나 교육과정에서 플라스틱에 관련하여 다루는 내용은 한정적이며, 플라스틱으로 인한 환경문제나 생태계 파괴에 대한 내용을 다루지는 않고 있다. 또한, 생태계 및 먹이사슬과 같이 플라스틱 쓰레기 문제의 심각성을 이해하는 데 중요한 개념들은 정규 교육과정의 5~6학년 군에서 다루고 있어 초등학생들이 해양 플라스틱 쓰레기 문제를 정확히 인식하고 이를 생태계적 관점에서 이해하기 어렵다. Lee & Kim (2018)은 초등학생 3학년, 6학년을 대상으로 지구환경 인식을 조사하였으며, 그 결과 3학년과 6학년 모두 ‘환경오염’, ‘지구온난화’, ‘쓰레기’ 등의 환경문제와 관련된 부정적인 인식을 나타내었으며, 이 중 3학년 학생들은 ‘쓰레기 투기’와 ‘플라스틱’을 지구환경과 연결 짓는 빈도가 높게 나타났다. 즉, 초등학생들은 쓰레기 문제를 지구환경의 중요한 문제로 여기고 있으며, 특히 저학년의 경우 지구온난화와 같은 상위의 환경문제보다는 플라스틱 쓰레기와 같은 소재에 더 관심을 두고 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 이 같은 선행 연구에서 나타난 초등학생들의 플라스틱 쓰레기에 대한 인식은 현재 생태계의 직접적인 위협으로 여겨지고 있는 해양 플라스틱 쓰레기에 대한 인식을 알 수 있는 것은 아니므로 해양 플라스틱 문제에 대한 학생들의 인식 조사가 필요하다.

플라스틱 쓰레기와 관련된 환경문제의 위험성을 깊이 인식하고 행동 변화를 가져오기 위해서는 생태계 내의 플라스틱의 이동이 생태계를 어떻게 위협할 수 있는지 이해하는 것이 중요하다. 그러나

대부분의 플라스틱 쓰레기 관련 환경교육은 플라스틱 쓰레기의 종류 및 분류 방법을 습득하는 것에 초점을 두거나(Chow *et al.*, 2016; So & Chow, 2018; So *et al.*, 2014), 플라스틱에 대한 과학적 지식의 습득을 목표로 하고 있다(Kim *et al.*, 2014). Chow *et al.* (2017)은 강의, hands-on, simulation game-based의 세 가지 수업 전략에 따른 학생들의 지식, 태도, 행동의 변화를 탐색한 결과, 수업 전략에 따른 차이는 나타나지 않았으며, 세 가지 수업 전략 모두 학생들의 지식 및 태도는 향상하였으나, 행동의 변화를 가져오지 못한 것으로 보고하였다. 이 중 simulation game-based 수업 전략에서 지식과 태도의 향상이 가장 크게 나타났다. 이들은 플라스틱 쓰레기에 대한 태도로는 생태적 세계관(ecological worldview attitude), 재활용에 대한 태도(recycling attitudes)를 조사하였으며, 플라스틱 쓰레기를 주제로 한 수업을 통해 학생들이 생태적 세계관을 가지고, 재활용 및 분리배출의 중요성을 인식하는 것으로 나타났다. 다양한 교육 수준에서 해양 쓰레기 교육을 통해 학생 또는 대중이 문제 원인과 영향을 인지하는 경향이 향상됨을 보여준 해외 사례들도 보고된 바 있으나(Hartley *et al.*, 2015; Veiga *et al.*, 2016), 이러한 선행 연구들은 학생들이 플라스틱 쓰레기와 해양 생태계를 어떻게 유기적으로 인식하는지 파악하는데 제한적이다.

초등학생을 대상으로 토의·토론 기법을 활용한 해양환경교육 수업 연구를 진행한 Choi & So (2019)의 연구에서는 학생들의 환경 소양과 비판적 사고력이 향상됨을 보였다. 그러나 해양교육과 해양환경 교육의 개념은 여전히 모호하고, 교육과정의 체계성이나 통합성이 부족하여, 해양환경에 대한 학생들의 인식 및 이론에 관한 연구가 한정적이다(Jang *et al.*, 2018). 현재 우리나라 학생들의 해양 플라스틱 쓰레기 문제를 어떻게 인식하는지를 파악하는 것은 효과적인 환경 프로젝트 개발이나 미래세대의 해양환경교육 구성 단계에 중요하다. 이에 본 연구에서는 해양 플라스틱 쓰레기에 대한 초등학생의 인식을 조사하고, 이를 통해 나타나는 생태계에 대한 이해와 해결책의 맥락을 탐색하고자 한다. 이에 개방형 문항을 통해 해양 플라스틱 쓰레기의 문제점과 해결방안에 대한 응답을 수집하였다. 학생들의 해양 플라스틱 쓰레기에 대한 생각

을 떠올릴 수 있도록 관련된 뉴스 영상을 시청하여 문항에 응답할 수 있도록 지도하였으며, 해양 플라스틱 쓰레기와 관련된 보드게임 활동을 통해 학생들이 이 문제에 대해 흥미를 가질 수 있도록 하였다. 수집된 응답결과는 언어 네트워크 분석을 통해 키워드 간의 관계를 살펴보고, 개발된 분류 기준에 따라 분류하였다. 본 연구의 질문은 다음과 같다.

첫째, 초등학생이 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 문제와 해결책을 표현하는 키워드는 무엇이며, 키워드 간의 관계는 어떠한가?

둘째, 초등학생이 인식한 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 문제 인식에 나타나는 생태계에 대한 이해는 어떠한가?

셋째, 초등학생이 인식한 해양 플라스틱 쓰레기 문제의 해결책의 맥락 수준은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

서울 지역 A초등학교 4학년 6개 학급에 속한 143명을 대상으로 하여 플라스틱 쓰레기를 주제로 한 2차시 수업을 진행하였다. 학생들은 다음과 같은 질문에 대한 서술형 답안을 작성하였으며, 답안의 내용을 수집하여 연구의 자료로 사용하였다.

- (1) 플라스틱 쓰레기 때문에 어떤 문제가 생길까?
- (2) 문제점을 해결하는 방법 생각해 보기.

2. 연구 과정 및 내용

본 연구는 2차시 블록 수업 시간에 해양 플라스틱 쓰레기를 주제로 한 수업을 진행하였고, 참여 학생들에게 활동지를 제공하여 학생들의 응답을 받았다. 수업은 플라스틱 쓰레기로 인한 해양 환경 오염 문제를 이해하도록 하는 SSI 수업으로, 학생들이 플라스틱 쓰레기의 문제점을 인식할 수 있는 동영상 시청하고, 보드게임 방식의 unplugged activity를 적용하였다. 학생들이 이러한 활동을 통해 생각을 정리하고 확장하도록 유도하였으며, 마무리 과정에서 조별로 정리된 생각을 공유하였다. 6개 학급 모두 과학전담교사에 의해 수업이 진행되었으며, 과학전담교사는 수업 실시 이전에 연구자들과 논의를 통해 수업의 진행 및 연구자료 수집 방법을 숙지하였다. 또한, 연구자 1인이 매 수업에

참관하여 수업 진행 및 자료 수집 과정에서 보조 교사로 활동하였다.

수업에서는 학생들은 플라스틱 쓰레기가 수중 생태계에 미치는 영향(특히 바다생물)에 대해 보드게임과 관련 뉴스 시청각 자료를 통해 생각해 볼 기회를 제공하였다. 이를 통해 학생들이 해양 플라스틱 쓰레기에 대한 자신의 생각을 떠올릴 수 있도록 지도하였으며, 해양 플라스틱 쓰레기와 관련된 보드게임 활동을 통해 학생들이 이 문제에 대해 흥미를 갖고 참여할 수 있도록 하였다(Table 1 참조). 학생들은 수업 시간 중 활동지 1번, 2번, 3번에 자기 생각을 글로 작성하였으며, 이 중 2번, 3번 활동지(Table 1의 전개 2)에 작성한 내용을 본 연구의 분석에 이용하였다.

3. 분석 방법

1) 언어 네트워크 분석

본 연구에서는 초등학교 학생들이 플라스틱 쓰레기와 관련된 문제 및 해결책에 대해 어떻게 인식하고 있는지 탐색하기 위해 언어 네트워크 분석 방법을 사용하였다. 언어 네트워크 분석은 메시지의 의미와 핵심 아이디어가 무엇인지를 조사하는 내용분석법(content analysis)으로 단어가 다른 단어들과 어떻게 의미체계를 만드는지 그 경향을 바탕으로 단어 간의 의미 네트워크 행렬을 생성하고, 이를 시각화하는 방법이다(Wasserman & Faust, 1994). 따라서 단어나 개념들 사이의 관계에 중점을 두어 분석하기 때문에 객관적으로 데이터를 분석한다(Doerfel &

Marsh, 2003). 또한, 핵심 개념들 간의 관계를 시각화하여 보여주기 때문에 관계의 강도를 쉽게 파악할 수 있는 장점이 있다(Jeong et al., 2013; Lee et al., 2010; Mun et al., 2019).

언어 네트워크 분석을 위해 학생들의 서술형 답변 자료를 정제하여 Netminer 4.3을 사용하여 분석하였다. 우선 추출된 키워드 간 동시 등장 정도를 바탕으로 1-mode Network 데이터를 형성하였으며, 분석은 출현 빈도가 높은 상위 노드와 유사도가 높은 상위 10% 링크만 추출하였다. 그 후 연결중심성(degree centrality)을 기준으로 핵심 노드를 판별하여 Kamada and Kawai (1989)가 개발한 Spring Embedding 알고리즘을 사용하여 시각화하였다. 연결중심성은 사회네트워크 분석에서 조직의 높은 위치에 있는 것을 나타내는 척도로 높은 연결중심성을 가진 단어는 다른 단어와의 연관성이 높다.

2) 문제 및 해결책에 대한 분석 기준

본 연구에서는 서술형 문항의 답변에 나타난 학생들의 인식을 유형화하기 위하여 분석기준을 개발하여 사용하였다. 분석기준은 4인의 과학교육학 박사학위를 가진 전문 연구자들이 학생들의 답변에 나타난 응답 내용과 언어 네트워크 분석 결과를 바탕으로 개발하였다. 본 연구의 대상인 초등학교 4학년 학생들은 ‘생태계’, ‘먹이사슬’과 같은 개념을 정규 교육과정을 통해 학습하지 않았으나, 학생들의 응답에서는 이와 관련된 용어가 다양하게 나타났다. 이에 플라스틱 쓰레기의 문제점에 대한 학생들 답변에서는 생태계에 대한 인식이 어떻게 나

Table 1. Lesson plan

수업	단계	수업 내용
블록 2차시	도입 (10분)	(수업주제 소개) 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 환경오염의 문제 알기 (문제로의 초대) 플라스틱 쓰레기로 고통받는 바다생물들에 대한 동영상 시청을 통해 환경문제 인식하기 (동영상 링크 https://youtu.be/LrI15MtKpSw , 4분) [활동지 1번] 동영상을 본 느낌과 생각을 작성하기
	전개1 (30분)	(도전! 바다생물을 구해라) - 보드게임과 동화를 통해 문제 상황 깊이 이해하기 - 플라스틱 플래닛 보드게임을 통해 자기 생각 정리하기
	전개2 (25분)	(자기 생각 표현하기) [활동지 2번] 플라스틱 쓰레기 때문에 어떤 문제가 생길까? [활동지 3번] 문제점을 해결하는 방법 생각해 보기
	정리 및 평가 (15분)	- 친구들과 소감 나누기, 마무리

타나는지 살펴보기 위해 학생들의 답변에 공통되는 범주의 속성을 찾아내어 (1) 구성요소, (2) 먹이사슬, (3) 범위의 3차원 분석기준을 추출하였다. 각 차원의 분석 요소의 정의 및 예시는 Table 2에 정리하였다.

생태계의 구성요소는 기존의 연구들(Jose *et al.*, 2017; Kim & Hwang, 2019; Kim & Yoo, 1996; Prokop *et al.*, 2007)을 바탕으로 크게 생물권(Biotic, B로 축약), 비생물권(Abiotic, A로 축약)으로 구분하였다. 추가적으로, 생물권에 존재하는 식물, 동물 등의 요소들이 결합된 “사람”, “우리” 등을 지칭한 인간에 대한 인식만이 강조된 학생들의 답변이 관찰되면서 생물권 중에서도 인간(Human, H로 축약)을 독립적인 하나의 구성요소로 구분하였다. 인간이 생태계 일부라는 인식은 생태 교육의 중요한 목표로 학생들이 환경문제를 책임감 있게 인식하는데 중요한 요소이므로(Ha & Lee, 2013) 학생들의 답변에서 인간을 포함하였는지 확인하고자 하였다.

다음으로 학생들의 먹이사슬과 관련된 인식은 먹이사슬 차원에 따라 크게 세 단계로 나누었다. 집단 간의 인과 관계에 대한 고려가 없는 “먹이사슬에 대한 인식 결여” 단계와 두 가지 집단 중 하나를 먹이원으로 인식한 “한 단계 먹이사슬” 단계, 그리고 3개 이상의 단위를 잇는 “두 단계 이상의 먹이사슬” 단계로 구분하였다. 마지막으로, 문제에 나타난 생태계를 인식하는 범위는 수업에서 제공한 맥락에 국한하여 해양 생태계만을 그 범주로 인식한 단계와 해양 생태계에 국한되지 않고 더 넓은 범위의 문제 인식이 확장된 단계의 두 가지 단계로 구분하였다.

해결책에 관한 학생들의 답변은 Choi *et al.* (2011)의 제안에 따라 개인적, 사회적 수준으로 분류하였다. Choi *et al.* (2011)은 기존의 과학적 소양을 재개념화하여 글로벌 과학 소양을 정의하면서 사회적 책임감과 생태적 세계관 등을 강조하고, 과학적 소양의 맥락을 개인적(personal), 사회적(societal), 국제

Table 2. Criteria

분석 요소	분석기준	정의	예시
구성요소	인간(H)	인간을 생태계의 구성요소로 인식	인간, 우리, 사람 등
	생물권(인간 제외) (B-H)	인간을 제외한 동물, 식물 등 생물권을 생태계의 구성요소 인식	해양동물, 동물, 물고기, 식물 등
	비생물권(A)	비생물권을 생태계의 구성요소로 인식	바다, 쓰레기섬, 쓰레기, 미세플라스틱, 플라스틱
문제에 나타난 생태계 인식	두 단계 이상의 먹이사슬	3개 이상의 단위 사이의 관계를 두 단계 이상의 먹이사슬로 인식	미세플라스틱을 플랑크톤이 먹고, 플랑크톤을 생선이 먹고, 생선을 우리가 먹기 때문에 결국 우리가 미세플라스틱을 먹는다.
	한 단계 먹이사슬	서로 다른 2개 단위 중 하나를 먹이원으로 인식, 한 단계의 먹이사슬로 인식	동물들이 멸종해 먹이사슬 위에 있는 인간도 멸종된다.
	먹이사슬에 대한 인식 결여	결과적 현상만을 문제 상황으로 인식, 먹이사슬에 대한 인식이 없거나 명확하지 않음	동물들이 위협할 수 있다.
범위	해양 생태계에 한정	수업에서 제공한 맥락에 국한하여 문제를 인식, 해양 생물 및 해양 생태계와 관련된 문제에 국한	바다생물들이 멸종위기에 처할 것 같다.
	해양 생태계에 한정되지 않음	해양 생물 및 해양 생태계보다 더 넓은 범위로 문제 인식이 확장	생물들이 죽어서 멸종위기에 처하고 있다.
해결책 수준	개인적(P)	개인적 수준에서 행동할 수 있는 해결책을 제시	일회용품 등 플라스틱 사용 자제, 분리수거, 무단투기 금지 등
	사회적(S)	소통 및 홍보를 통해 해결책을 공유하거나 사회적 규범을 확립하는 공동체가 함께 행동할 수 있는 해결책을 제시	정확하게 하는 것을 알려준다. 지금도 발명이 되어 있는 전혀 해롭지 않은 비닐이나 페트병을 더 많은 사람이 이용(계)도록 할 것이다.

적(global) 수준으로 구분하였다. 개인적 맥락은 자기 자신, 가족, 지인의 영역에서 나타나는 사건 및 행동의 영역을 의미한다. 개인적 수준에서 행동할 수 있는 ‘일회용품 사용 줄이기’, ‘분리 배출 하기’ 등이 이에 해당한다. 사회적 수준은 공동체가 함께 행동할 수 있는 방안을 제시한 것으로 ‘다른 사람에게 알리기’, ‘발명하기’ 등이 이에 해당한다. 본 연구에서는 사회적, 국제적 맥락을 명확히 구분하여 나타나지 않고 있어, 국제적 수준은 제외하였다.

본 연구에서 개발한 분석기준은 3인의 전문가가 답안의 내용을 분류하였다. 1차 분석 결과, 평가자 간 일치도는 66.4%로 나타났으며, 대부분의 불일치 의견의 경우는 학생들의 답안을 통해 유추할 수 있는 내용까지 포함하여 분류한 평가자와 그렇지 않고 답안에 작성되지 않은 내용은 제외한 경우에 해당하였다. 예를 들어, “미세플라스틱을 먹은 물고기를 먹으면”과 같은 문장은 인간이라는 주어가 생략되어 있어, 이 답안에 대해 ‘한 단계 먹이사슬’로 분류한 평가자와 ‘두 단계 이상 먹이사슬’로 분류한 평가자 간의 의견 불일치가 크게 나타났다. 이 같은 경우는 ‘두 단계 이상 먹이사슬’로 분류하는 것으로 의견을 조정하였다. 이처럼 1차 분류가 일치하지 않은 사례에 대해 평가자 간 논의를 통해 일치된 의견을 도출하여 최종적으로 100% 일치된 의견으로 답변을 분류하였다.

III. 연구 결과

1. 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 문제와 해결책에 대해 초등학생이 인식하는 키워드의 언어 네트워크

본 연구에서는 초등학생의 해양 플라스틱 쓰레기와 관련된 인식을 탐색하기 위해 학생들이 작성한 서술형 답안을 토대로 키워드를 추출하고, 문제와 해결책 각각에 대해 언어 네트워크 분석을 하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1) 문제에 대한 핵심 키워드의 언어 네트워크

문제에 대한 인식에서 추출한 키워드 170개 중 출현 빈도가 6 이상인 31개의 키워드를 다시 추출하였고, 이들의 빈도, 노드 수, 연결중심성을 살펴 보았다(Table 3). 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 문

제에 대해 학생들이 인식하는 키워드는 바다, 플라스틱, 쓰레기, 생물, 동물, 오염, 인간, 물고기, 멸종, 미세플라스틱, 지구, 환경, 위기 등의 순서로 나타났다. 생물이나 동물, 오염, 멸종 등의 키워드가 크고, 중앙에 나타나는 것으로 보아 학생들은 생물권의 멸종과 환경의 오염에 대한 문제를 인식하고 있다고 볼 수 있다(Fig. 1). 문항에 포함된 키워드를 제외한다면, 생물, 동물, 오염, 인간, 물고기, 멸종, 지구, 환경 등이며, 이는 해양 플라스틱 쓰레기로 인해 인간을 포함한 생물권에 멸종이 나타날 수 있으며, 지구 환경 위기를 고려하고 있다고 볼 수 있다. 학생들은 단순한 인과 관계뿐 아니라, 해양 플라스틱 쓰레기가 먹이사슬을 통해 상위 포식자인 생물이나 인간에게까지 영향을 미칠 수 있다는 생태적 관점도 가지고 있는 것으로 해석할 수 있다.

언어 네트워크 가시화 결과에서 원의 크기는 출현 빈도, 원의 진하기는 노드 수, 선의 진하기는 가중치이다(Fig. 1). 가중치는 연결된 키워드가 동시에 출현하는 빈도를 나타내는 것으로, 동시에 출현하는 빈도가 높으면 가중치가 크다. 가시화 결과에서 볼 수 있듯이 바다, 플라스틱, 쓰레기, 동물, 생물의 5개의 단어가 빈도와 노드 수가 모두 높게 나타나 중심어의 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 바다, 플라스틱, 쓰레기를 제외한다면, 동물, 생물 두 단어가 중심성이 높으며, 멸종과 연결 가중치가 높게 나타난다. 또한, 멸종과 위기도 연결 가중치가 높게 나타나 멸종 위기에 대한 언급이 많다는 것을 알 수 있다. 즉, 동물권의 멸종 위기를 문제로 생각하고 있는 학생이 많다는 것을 알 수 있다. 인간은 출현 빈도와 노드 수가 많은 반면, 가중치가 높은 연결이 없는 것으로 나타났는데, 이는 어느 특정한 다른 키워드와 동시 출현을 하는 것보다는 다양한 키워드들과 여러 관계를 형성하며 나타난 것으로 볼 수 있다. 즉, 인간은 해양 쓰레기에 대한 원인 및 결과 등 모든 부분에 관여되어 있다고 해석할 수 있을 것이다. 그리고 바다는 오염을 거쳐 환경과 연결되며, 쓰레기는 지구와 연결된다. 학생들이 바다를 포함한 환경오염, 지구 전체의 쓰레기 문제를 고려하고 있다고 할 수 있다.

2) 해결책에 대한 인식을 나타내는 핵심 키워드의 언어 네트워크

해결책에 대한 인식에서 추출한 키워드 178개

Table 3. Degree of centrality of keywords (frequency 6 or higher) for the problem

순서	키워드	빈도 (frequency)	노드 수 (degree)	연결중심성 (degree centrality)	순서	키워드	빈도 (frequency)	노드 수 (degree)	연결중심성 (degree centrality)
1	바다	121	21	0.5	17	파괴	9	9	0.2
2	플라스틱	100	27	0.5	18	생각	9	2	0.1
3	쓰레기	90	24	0.4	19	속	8	5	0.1
4	생물	81	18	0.3	20	새	8	4	0.1
5	동물	72	20	0.5	21	피해	7	2	0.1
6	오염	47	15	0.4	22	이상	7	5	0.1
7	인간	45	21	0.5	23	쓰레기섬	7	1	0
8	물고기	40	15	0.3	24	식물	7	4	0.1
9	멸종	37	13	0.3	25	나중	7	6	0.2
10	미세플라스틱	33	17	0.3	26	거북	7	7	0.2
11	지구	30	13	0.3	27	육지	6	4	0.1
12	환경	29	7	0.2	28	섬유유연체	6	4	0
13	위기	29	12	0.3	29	먹이사슬	6	5	0.1
14	문제	20	11	0.3	30	고통	6	3	0.1
15	몸	19	7	0.2	31	고래	6	6	0.1
16	물	12	6	0.1					

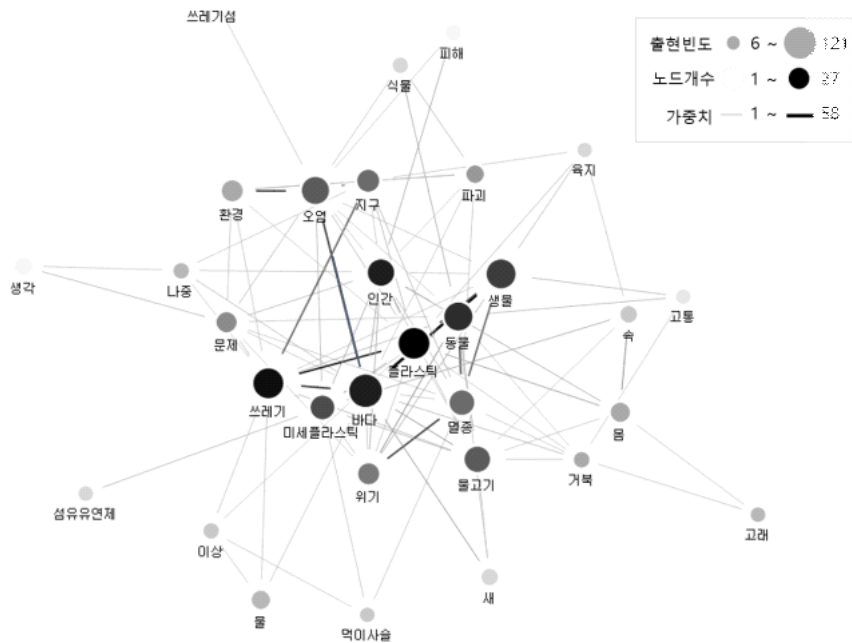


Fig. 1. Visualization of semantic network analysis for the problem.

중 출현 빈도가 4 이상인 35개의 키워드에 대한 빈도, 노드 수, 연결중심성을 분석하였다(Table 4). 플라스틱 쓰레기에 대한 해결책에 응답에서는 쓰레기, 플라스틱, 분리수거, 사용, 바다, 일회용, 인간, 나, 쓰레기통, 동물 등이 나타났다. 분리수거 키워드는 76으로 매우 높은 빈도를 보여, 분리배출의 행위가 학생들이 가장 많이 인식하는 해결책임을 알 수 있다. 해결책으로 제시된 빈도가 높은 키워드를 통해 분리수거, 일회용 사용, 인간, 나 등이 해결책으로 제안된 것을 알 수 있으며, 학생들이 나의 실천을 고려하고, 일회용 사용을 줄이며, 분리수거를 실천한다는 정도로 나타난다고 볼 수 있다. 이에 학생들이 제시한 해결책은 사회적 실천이나 재활용 혹은 새활용 등의 쓰레기를 줄이거나 없애기 위한 사회적 실천보다는 내가 할 수 있는 일에 초점을 두고 있는 것으로 보인다.

해결책에 대한 키워드 가시화 결과(Fig. 2)는 문제에 대한 가시화 결과와 형태에서 차이를 보였다.

중심어로서의 키워드가 플라스틱, 쓰레기, 사용, 분리수거 정도로 한정되고, 기타 다양한 키워드들이 많이 나타나고 그 출현 빈도가 높지는 않다고 할 수 있다. 바다, 플라스틱, 쓰레기를 제외하면 분리수거와 일회용, 사용 세 개의 단어가 높은 출현 빈도와 노드 수를 보이는데, 일회용품은 그 사례들인 컵, 비닐 등과의 연결 외에 ‘최대한’, ‘노력’, ‘사용’ 등과 연결된 것으로 보아, 일회용품의 사용을 최대한 줄이자는 내용이 해결책으로 많이 등장한 것으로 볼 수 있다. 또한, 분리수거 즉, 분리배출이 역시 중요한 해결책으로 제시되었다. 텀블러 등의 키워드도 제시되어 있으나, 해양 플라스틱 쓰레기 제거를 위한 노력이나 쓰레기 생성을 막기 위한 범사회적 운동에 대한 해결책이 제시되지 못하고, ‘나’로 비롯되는 개인적인 노력에 집중된 것으로 보여, 쓰레기나 환경이슈에 대한 범사회적 노력에 대한 아이디어를 학생들이 고려하도록 하는 것도 중요한 교육 방향으로 생각된다.

Table 4. Degree of centrality of keywords (frequency 4 or higher) for the solution

순서	키워드	빈도 (frequency)	노드 수 (degree)	연결중심성 (degree centrality)	순서	키워드	빈도 (frequency)	노드 수 (degree)	연결중심성 (degree centrality)
1	쓰레기	117	14	0.4	19	생각	8	4	0.1
2	플라스틱	112	18	0.5	20	해변	6	1	0
3	분리수거	76	5	0.1	21	바닥	6	2	0.1
4	사용	44	14	0.4	22	노력	6	2	0.1
5	바다	33	5	0.1	23	환경	5	2	0.1
6	일회용	26	8	0.2	24	최대한	5	6	0.2
7	활용	19	5	0.1	25	설치	5	2	0.1
8	인간	18	5	0.1	26	분리	5	1	0
9	나	17	9	0.3	27	보호	5	2	0.1
10	쓰레기통	15	3	0.1	28	방법	5	4	0.1
11	동물	14	4	0.1	29	해결	4	2	0.1
12	컵	11	7	0.2	30	텀블러	4	2	0.1
13	종이	10	4	0.1	31	지구	4	2	0.1
14	빨대	10	4	0.1	32	일	4	1	0
15	길	10	4	0.1	33	우리	4	3	0.1
16	비닐	9	2	0.1	34	아무데	4	1	0
17	물건	9	3	0.1	35	생물	4	2	0.1
18	물	9	3	0.1					

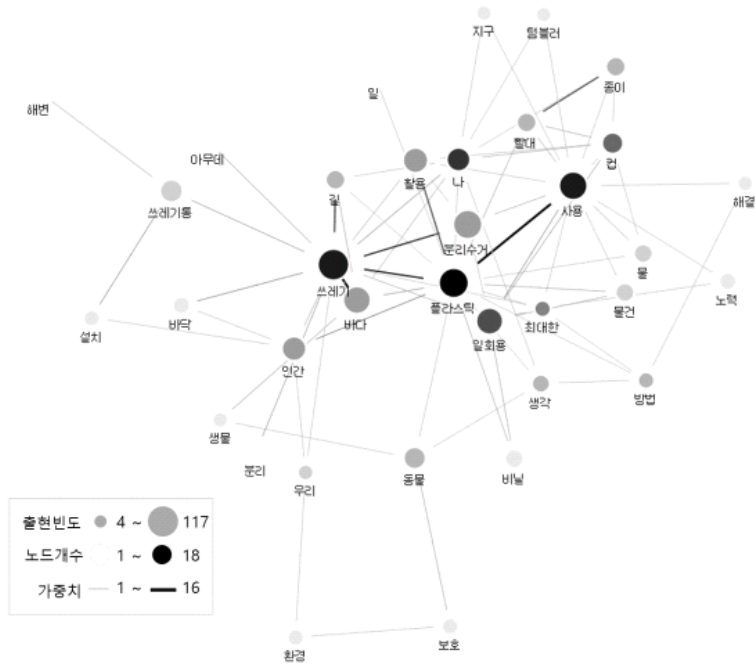


Fig. 2. Visualization of semantic network analysis for the solution.

2. 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 문제에 나타나는 생태계에 대한 이해

해양 플라스틱 쓰레기 문제에 대한 연구 참여자들의 인식에서 나타나는 특징을 파악하기 위해 생태계 구성요소, 먹이사슬, 범위를 기준으로 분류하였다. 문제에 대한 응답 143개 중 플라스틱 쓰레기 문제와 관련이 없는 16개 답안을 제외하여 127개의 응답을 분석대상으로 하였다. 우선, 생태계 구성요소로 생물권(인간 제외), 비생물권 그리고 인간을 구분하여 어떤 구성 요소들에 문제가 발생할 수 있다고 생각하는지, 즉 플라스틱 쓰레기로 인해 영향을 받을 수 있는 생태계 구성요소 영역을 어떻게 인식하고 있는지 조사하였다. 127개의 응답 중 생물권(인간 제외)을 포함한 응답은 116개, 비생물권을 포함한 응답은 88개, 인간을 포함한 응답은 65개였으며, 세 가지 구성요소를 모두 포함한 응답은 45개로 나타났다. 이전 연구들에서는 학생들이 이 생물권과 비생물권의 요소를 모두 인식한다는 연구들이 있는 반면(Jose *et al.*, 2017), 학생들이 두 가지 모두를 인식하지 못하거나(Kim & Yoo, 1996), 비생물권 요소의 역할에 대한 중요성을 인식하는 비중이 높지 않다는 연구 결과가 보고된 바 있다

(Kim & Hwang, 2019; Prokop *et al.*, 2007). 본 연구에서는 66.1%의 학생들이 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 문제가 비생물권과 생물권에 영향을 미치는 것으로 인식하고 있었으며(B+A-H, A+B, A+H), 일부는 비생물권만 언급하거나(A, 3.1%), 인간에 대한 영향을 언급하지 않고 있었다(A, B-H, 21.2%). 또한, 인간만 언급한 답변(H)도 2.4%로 나타났다. 그 외 각 구성요소별 응답개수를 Fig. 3에 정리하였다. 생태계에 대한 관점을 먹이사슬과 범위의 차원

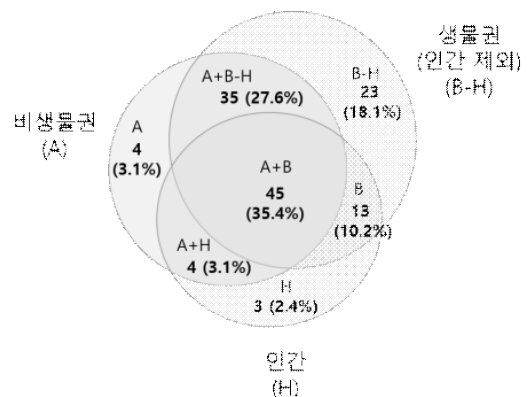


Fig. 3. Ecosystem components.

에서 분류하였을 때, ‘먹이사슬에 대한 인식 없음’이 55.1%로 가장 많았고, ‘한 단계 먹이사슬’이 22.8%, ‘두 단계 이상의 먹이사슬’이 22.0%로 유사한 비율로 나타났다(Table 5 참조). 즉, 초등학교 4학년 입에도 본 연구 참여자들의 약 45%가 먹이사슬을 어느 정도 인식하고 있었다. 또한, 72.4%의 답변이 해양 생태계에 한정하여 문제를 인식하고 있었으며, 해양 생태계에 한정하지 않고 문제를 인식한 학생도 27.6%로 나타났다. 이를 통해 일부 초등학교 학생이 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 문제가 먹이사슬을 통해 해양 생태계 위기를 넘어 다른 군집 및 지구 전체의 생태계에 영향을 미칠 수 있다는 것을 인식하고 있으며, 해양 생태계에 한정된 문제로 생각하지 않는 학생들도 있음을 확인하였다.

3. 초등학교 학생들이 인식하고 있는 해결책과 그 수준

참여 학생들은 각각 1~4개 정도의 해결책을 작성하였고, 이들의 해결책은 맥락에 따라 개인적 수준과 사회적 수준으로 구분하였다(Table 6). 이들의 맥락 수준은 개인적인 것이 275건, 사회적인 것이 36건으로 나타났다. 개인적 수준의 해결책은 분리수거(77), 일회용품 및 플라스틱 등 사용 줄이기(68), 쓰레기 버리지 않음/쓰레기를 주움(66)의 순으로 응답이 많았다. 이는 앞의 언어 네트워크 분석에서 빈도가 높은 키워드에 ‘분리수거’, ‘쓰레기통’이 포함된 것으로 유추할 수 있는 결과와 같았다. 그 외 응답으로는 대체용품사용(텀블러, 에코백 등)(25), 재활용(17), 동물보호(7)와 같은 응답이 있었다. 기타 의견으로는 “자동차 이용을 줄인다”, “물을 아낀다”, “전기를 아낀다”, “쓰레기를 우주 먼 곳에 보내버린다”, “바다 생물들을 먹지 않는다” 등으로 해양 플라스틱 쓰레기 문제에 대한 적절하지 않은 해결책을 제시한 답변들이었다.

Table 6. Context level of the solution

해결책 수준	내용	개수
개인적 (P)	분리수거	77
	일회용품/플라스틱 등 사용 줄이기	68
	쓰레기를 버리지 않음/쓰레기를 주움	66
	대체용품사용(텀블러, 에코백 등)	25
	재활용	17
	동물보호	7
	기타	13
	소계	273
사회적 (S)	주변에 알림(소통/홍보)	18
	발명	12
	쓰레기통을 설치	4
	벌금/처벌(사회적 규범)	2
	소계	36

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 초등학교 학생들의 해양 플라스틱 쓰레기 문제 및 해결책에 대한 인식을 조사하고, 이를 통해 드러나는 학생들의 생태계에 대한 관점과 해결책의 맥락 수준을 살펴보았다. 위 연구 결과를 바탕으로 다음과 같이 결론과 제언을 정리하였다.

첫째, 언어 네트워크 분석 결과에 초등학교 학생이 인식하는 해양 플라스틱 쓰레기 문제의 중심어는 바다, 플라스틱, 쓰레기, 동물, 생물, 인간, 멸종 등이 나타났으며, 해결책의 중심어는 플라스틱, 쓰레기, 분리수거, 일회용, 나로 나타났다. 이를 통해 학생들이 인식하는 플라스틱 쓰레기 문제는 동물/생물의 멸종 위기가 중심이 됨을 알 수 있었으며, 해결책으로는 분리수거, 일회용 사용줄이기와 같은 ‘나’의

Table 5. Ecological perspectives that appear in the problem awareness

(n, %)

범위	해양 생태계에 한정되지 않음	해양 생태계에 한정	계
먹이사슬			
두 단계 이상의 먹이사슬	28, 22.0%		28, 22.0%
한 단계 먹이사슬	7, 5.5%	22, 17.3%	29, 22.8%
먹이사슬에 대한 인식 없음	42, 33.1%	28, 22.0%	70, 55.1%
계	92, 72.4%	35, 27.6%	127, 100.0%

행동을 중점적으로 인식하고 있는 것으로 나타났다. 이 같은 언어 네트워크 분석을 통해 초등학생이 플라스틱 쓰레기와 관련되어 인식하고 있는 주제어들을 탐색할 수 있었으며, 이를 바탕으로 초등학생의 플라스틱과 관련된 과학교육, 환경교육의 방향성에 대해 논의할 수 있을 것으로 생각된다.

둘째, 초등학생들은 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 문제가 먹이사슬을 통해 다른 군집 및 비생물권에도 영향을 미칠 수 있다는 것을 어느 정도 인식하고 있었으며, 해양 생태계에 한정된 문제가 아닌 생태계 전체 또는 전 지구적인 문제임을 인식하고 있었다. 학생들은 생물권과 비생물권의 관계와 상호의존성을 정확하게 설명하지 못하며(Shepardson, 2005), 먹고 먹히는 과정을 동시적으로 생각하지 못하고, 순차적으로 일어나는 것으로 이해하는 경향이 있다(Han & Kim, 2013). 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 환경 이슈는 해양 생태계 위기를 가져오며, 미세플라스틱의 먹이사슬 유입으로 인한 지구 생태계 전체를 위협하는 문제로 인식되어야 한다. 이러한 적절한 문제 인식을 위해서는 학생들이 생태계의 구성 요소 및 요소 간의 순환적이고 상호의존적인 관계를 이해할 수 있도록 사고를 확장하는 것이 필요하다. 본 연구 결과를 통해 교육과정에서 다루고 있지 않지만, 4학년 학생들은 생태계에 대한 개념을 인식하고 있는 것으로 나타났다. 이에 5~6학년군 이전의 중학년 학생들에게도 플라스틱 쓰레기 문제에 대해 이해할 때 생태계적 관점에서 접근할 수 있는 교수-학습 전략을 적용할 수 있을 것으로 생각된다. 특히 중학년 대상의 수업에서는 먹이사슬이나 생태계에 대해 명시적으로 언급하지 않아도 수업이 가능할 것으로 생각되며, 이를 위한 교수-학습 전략이 연구되어야 할 것이다.

셋째, 연구 결과를 통해 학생들이 생각하는 플라스틱 쓰레기 문제의 해결방안은 대부분 개인적 수준에 있었으며, ‘분리수거’, ‘일회용품 사용 줄이기’가 대부분이었다. 우선, 학생들은 쓰레기 분리배출을 ‘분리수거’로 표현하고 있었으며, 이를 ‘분리배출’이라는 정확한 표현을 사용할 수 있도록 지도하는 것도 필요할 것이다. 또한, 학생들뿐 아니라, 대부분의 성인들도 분리배출을 쓰레기 문제의 가장 중요한 해결책으로 여기고 있으나, 현재 한국의 폐플라스틱 재활용률은 56.7% 정도이며, 포장폐기물이 생활폐기물의 34%를 차지하고 있어 재활용에만

중점을 두기보다는 포장폐기물을 줄이기 위해 포장재 재질을 친환경원료나 단일 재료로 교체하는 것이 필요하다(Lee & Jung, 2019). Susan Freinkel (2011)은 저서 <Plastic: A Toxic Love Story>에서 “페트병이 재활용된다는 믿음이 죄책감 지우개 역할을 한다.”라고 했다. 이는 분리배출이라는 개인적 수준의 비교적 행동에 옮기기 쉬운 해결책이 있어 이를 수행하므로 이 문제의 해결에 참여하고 있다는 마음을 가지기 쉽다는 것을 의미한다. 그러나 분리배출은 플라스틱 쓰레기로 인한 해양 생태계 파괴 등의 문제를 근본적으로 해결하기 어려운 것으로 보도되고 있으며, 추가적인 문제들을 양산하고 있다. 이에 학생들이 사회적 책임과 높은 시민의식을 가지고 행동할 수 있도록 다양한 맥락의 경험과 실천을 제공하여(Choi *et al.*, 2011; Sadler & Zeidler, 2005), 플라스틱 쓰레기로 인한 문제를 명확히 인식하고, 개인적 맥락뿐 아니라, 사회적 맥락에서 공동체가 함께 실천하는 해결방안을 수립할 수 있도록 도와야 할 것이다.

초등학생들은 해양 플라스틱 쓰레기 관련 문제 및 해결책 인식에서 제한적이지만 생태적 관점을 가지고 있었으며, 해결책 수준이 개인적인 수준에서 나타났다. 본 연구에서 나타난 이 같은 결과는 초등학생들을 대상으로 한 환경교육이 생태적 관점을 포함하여 환경문제에 대한 과학적 지식을 습득할 수 있도록 설계되어야 함을 시사한다고 볼 수 있다. 특히, 앞서 언급한 것과 같이 개인적인 수준의 실천 방법을 교사가 제시하고, 학생들이 이를 훈련하도록 하는 방법을 벗어나 학생들이 과학적 지식을 바탕으로 환경문제에 대해 문제점 및 해결방안을 스스로 탐색할 기회를 제공해야 할 것이다.

더불어 초등 교사들은 교육과정에서 다루지 않았더라도 저학년 학생들도 생태계 및 먹이사슬에 대한 인식을 어느 정도 가지고 있음을 인식할 필요가 있다. 또한, 초등 예비교사들 또한 플라스틱과 재활용으로 인한 환경문제에 대한 이해를 높이는 방안을 우선적으로 논의하여야 한다. 예비 초등 교사들은 플라스틱의 특성을 정확히 인식하지 못하고 있으며(Kim *et al.*, 2014), 이는 교사들의 플라스틱 쓰레기 분리배출에 대한 관점에서도 문제점으로 나타났다. 다수의 예비교사들이 ‘셀로판테이프’, ‘비닐장갑’ 등을 일반쓰레기로 분류하였는데, 그 이유는 물질에 대한 이해 부족, 분류 기준 차이,

혼합물로 된 쓰레기 등이 원인으로 나타났다(Kim *et al.*, 2016). 이에 예비 초등교사 양성과정에서 플라스틱의 물질적 특성 및 플라스틱 쓰레기의 문제점 및 처리에 관련한 교육이 강화되어야 할 것이며, 이 같은 환경문제가 생태계에 어떤 영향을 미칠 수 있는지도 고려할 수 있도록 안내해야 할 것이다.

본 연구 결과에서 나타난 학생들의 해양 플라스틱 쓰레기에 대한 인식은 짧은 내용의 동영상 시청 및 보드게임을 통해 해양 플라스틱 쓰레기 문제에 대해 생각할 기회를 제공하였다. 이에 학생들의 답변이 수업을 통해 습득한 내용에 영향을 받았을 가능성이 있어 이 점을 고려하여 해석해야 하는 제한점을 가진다.

참고문헌

- An, D. & Kim, J. (2018). Proposing policy for the prevention of marine pollution from microplastics. *Korean Journal of Environmental Policy*, 26(3), 77-102.
- Choi, B. & So, K. (2019). The effects of marine environment education program using discussion and debate methods on the elementary school students' environmental literacy and critical thinking ability. *Biology Education*, 47(3), 290-301.
- Choi, K., Lee, H., Shin, N., Kim, S. & Krajcik, J. (2011). Re-conceptualization of scientific literacy in South Korea for the 21st century. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(6), 670-697.
- Chow, C., So, W. M. W. & Cheung, T.-Y. (2016). Research and development of a new waste collection bin to facilitate education in plastic recycling. *Applied Environmental Education & Communication*, 15(1), 45-57.
- Chow, C., So, W. M. W., Cheung, T. Y. & Yeung, S. K. D. (2017). Plastic waste problem and education for plastic waste management. In *Emerging practices in scholarship of learning and teaching in a digital era* (pp. 125-140). Springer, Singapore.
- Chung, D. H., Cho, K. S. & Yoo, D. Y. (2013). Communication status in group and semantic network of science gifted students in small group activity. *Journal of Korean Earth Science Society*, 34(2), 148-161.
- Doerfel, M. L. & Marsh, P. S. (2003). Candidate-issue positioning in the context of presidential debates. *Journal of Applied Communication Research*, 31(3), 212-237.
- Ha, M. & Lee, J.-K. (2013). Examining two causal models regarding high school students' ecological perspective: The role of familiarity and ecologistic-naturalistic path. *Journal of Korean Association for Science Education*, 33(5), 981-994.
- Hartley, B. L., Thompson, R. C. & Pahl, S. (2015). Marine litter education boosts children's understanding and self-reported actions. *Marine Pollution Bulletin*, 90(1-2), 209-217.
- Han, M. H. & Kim, H. B. (2012b). The role of teachers' question prompt in elementary students' "Food Web" modeling. *Biology Education*, 41(2), 296-309.
- Hong, S. (2015). International trends in microplastic marine pollution. Retrieved from http://kiost.ac.kr/synap/skin/doc.html?fn=BBS_201608170256362891.pdf&rs=/viewer/result/BBSMSTR_000000000331/
- Hong, J. (2020). Awareness of ecosystem damage and restoration in 6th graders' 'Ecosystem Restoration Plan' activity. *School Science Journal*, 14(1), 127-136.
- Jang, M., Lim, S., Cehong, C., Kong, S. & Lee, J. (2018). Development of educational activity books for children and teenagers based on marine environment literacy and competency of marine environmental education. *Korean Journal of Environmental Education*, 31(2), 153-166.
- Jose, S., Patrick, P. G. & Moseley, C. (2017). Experiential learning theory: The importance of outdoor classrooms in environmental education. *International Journal of Science Education*, Part B, 7(3), 269-284.
- Kamada, T. & Kawai, S. (1989). An algorithm for drawing general undirected graphs. *Information Processing Letters*, 31, 7-15.
- Kim A.-S. & Yoo, B.-S. (1996). A study on the conceptions about ecosystem of the elementary school children. *Biology Education*, 24(2), 127-138.
- Kim, H.-J., Jang, M.-D. & Joung, Y. J. (2014). Elementary preservice teachers' conceptions about 'Plastics': Focusing on non-polar property. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(2), 401-414.
- Kim, H.-J., Jang, M.-D. & Joung, Y. J. (2016). Elementary preservice teachers' conceptions about 'plastics': Considering the situation of separate collection with plastic wastes. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 6(1), 13-23.
- Kim, H.-T. & Hwang, S. (2019). Analyzing the levels of understanding about the concept of ecosystem and food web among elementary and middle school students. *Biology Education*, 47(3), 403-410.

- Kim, J. E. & Song, J. S. (2019). A study on the recognition and improvement of plastic waste problems using contextual interviews: Focus on a regulation of disposable plastic cup in store. *The Journal of Korean Society of Design Culture*, 25(3), 79-85.
- Kim, Y., Sim, W., Choi, J., Lee, I., Moon, Y., Kim, D. & Shin H. (2019). Development of environmental education programs on plastics that threaten marine ecosystems. *Conference Proceedings of The Korean Society for Environmental Education*, pp. 257-260.
- Lee, H. & R. W. Fortner (2007). Elementary students' perceptions of earth systems and environmental issues. *Journal of Korean Earth Science Society*, 27(7), 705-714.
- Lee, J. & Jung, H. (2019). Limitations and implications of plastic waste management policy. *Issue & Analysis*, 1-25.
- Lee, S. & Kim, S. (2018). The sementic network analysis of elementary students' perceptions about global environment. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 11(3), 212-223.
- Lee, H., Lee, D. & Lee, J. (2010). Development of franchise education program through semantic network analysis. *Korea Business Review*, 14(2), 105-128.
- Mun, K., Hwang, Y. & Kim, M. (2019). Research trend analysis on invention education using semantic network analysis. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(12), 657-671.
- Nam, M., Ryu, M. & Ju, E. (2019). Children's ecological identity formation in urban ecological education: Focusing on the case of artificial bird nest monitoring. *Korean Journal of Environmental Education*, 32(4), 498-513.
- Park, J. H. & Cheong, C. (2017). Perceptions of the environment and future state of elementary students represented by drawings. *Korean Journal of Environmental Education*, 30(2), 223-236.
- Prokop, P., Tuncer, G. & Kvasničák, R. (2007). Short-term effects of field programme on students' knowledge and attitude toward biology: A Slovak experience. *Journal of Science Education and Technology*, 16(3), 247-255.
- Ryu, M. & Kim J. G. (2020). A study on the direction of outreach ocean environmental education through the analysis of ocean environmental education objectives in the 2015 revised national curriculum. *Korean Journal of Environmental Education*, 33(1), 1-16.
- Sadler, T. D. & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 112-138.
- Shepardson, D. P. (2005). Student ideas: What is an environment?. *The Journal of Environmental Education*, 36(4), 49-58.
- Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M. & Harbor, J. (2007) Students' mental models of the environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 327-348.
- So, W.-M. W. & Chow, C. (2018). Environmental education in primary schools: A case study with plastic resources and recycling. *Education 3-13*, 47(6), 652-663.
- So, W.-M. W., Cheng, N-Y. I., Chow, C. F. & Zhan, Y. (2016). Learning about the types of plastic wastes: Effectiveness of inquiry learning strategies. *Education 3-13*, 44(3), 311-324.
- Susan, F. (2011). *Plastic: A toxic love story*. MA: Houghton Mifflin Harcourt.
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D. & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: Where is all the plastic? *Science*, 304, 838.
- Veiga, J. M., Vlachogianni, T., Pahl, S., Thompson, R. C., Kopke, K., Doyle, T. K., ... & Alampei, I. (2016). Enhancing public awareness and promoting co-responsibility for marine litter in Europe: The challenge of MARLISCO. *Marine Pollution Bulletin*, 102(2), 309-315.
- Wasserman, S. & Faust, K. (1994). *Social network analysis*. London: Cambridge University Press.

문공주, 서울대학교 BK조교수(Mun, Kongju; BK Assistant Professor, Seoul National University).

† 서경운, 서울대학교 박사후연구원(Seo, Kyungwoon; Postdoctoral Researcher, Seoul National University).

강은희, 서울대학교 박사후연구원(Kang, Eunhee; Postdoctoral Researcher, Seoul National University).

황요한, 이화여자대학교 연구원(Hwang, Yohan; Research Fellow, Ewha Womans University).