

ORIGINAL ARTICLE

# 예비과학교사들의 지속가능발전교육 전문성 향상을 위한 교육실행 분석: 지속가능한 행복과 복잡성 이론 접목을 중심으로

손연아

(단국대학교 교수)

## An Analysis of Education Implementation for the Improvement of Education for Sustainable Development (ESD) of Pre-service Science Teachers: Focusing on the Integration of Sustainable Happiness and Complexity Theory

Yeon-A Son

(Dankook University)

### ABSTRACT

In this study, class demonstrations conducted integrating science education and 'Education for Sustainable Development (ESD)' by pre-service science teachers were analyzed, focusing on the concept of 'sustainable happiness' and the main elements of 'complexity theory'. In addition, changes before and after participating in such education implementation were analyzed from various angles. Through this, pre-service science teachers tried to derive implications for developing multidimensional teacher professionalism in ESD. The main findings are as follows. First, as a result of peer evaluation of class materials and class demonstrations designed by pre-service science teachers, the average of the integration for 'sustainable happiness' was relatively high. Next, it was analyzed that the elements of 'sustainable happiness' and 'complexity theory' generally had a positive correlation with ESD. In addition, after participating in the study, pre-service science teachers considered individual and social behavioral patterns as important in the sense of ESD. Regarding the need to integrate science education and ESD, pre-service science teachers thought it was necessary to deal with the concept of 'sustainable happiness' in science education to understand a sustainable way of life. It was analyzed that the elements of 'sustainable happiness' and 'complexity theory' generally had a positive correlation with ESD. It was found that pre-service science teachers' confidence in incorporating ESD in science classes was significantly higher after participation in the study. In addition, it was analyzed that pre-service science teachers have come to think more about the role of teachers who can communicate with students and think about happy lives together than before. Overall, it is thought that pre-service science teachers have come to think of multidimensional science teacher professionalism by applying the perspective of the teaching and learning strategy of the new ESD, which integrates the concept of 'sustainable happiness' and elements of 'complexity theory'.

**Key words** : pre-service science teachers, education implementation, Education for Sustainable Development (ESD), sustainable happiness, complexity theory

Received 1 December, 2022; Revised 15 December, 2022; Accepted 29 December, 2022 © The Korean Society of Earth Sciences Education. All rights reserved.

\*Corresponding author : Yeon-A Son, Dankook University, 152, Jukjeon-ro, Suji-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 16890, Korea

E-mail : yeona@dankook.ac.kr

The present research was supported by the research fund of Dankook University in 2021.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## I. 서론

지속가능발전교육은 ‘현세대의 삶과 미래세대의 삶을 개선하는데 필요한 교육’이며, ‘지속가능한 미래와 사회변혁을 위해 필요한 가치, 행동, 삶의 방식을 추구하는 사회를 지향하는 교육’이라고 할 수 있다 (UNESCO, 2005; 유네스코한국위원회 2012).

학교에서 이루어지는 지속가능발전교육은 성취하고자 하는 수업의 목표에 따라 다양한 방식으로 접목될 수 있다. 몇 가지 대표적인 접목 방안을 살펴보면, 먼저 사회, 환경, 경제의 3가지 영역에 대한 균형있는 접근으로 사회 시스템 속에서 갈등상황을 찾아내고, 이러한 갈등을 사회, 환경, 경제의 균형점을 찾으면서 해결해 나가는 과정을 학생들이 접할 수 있도록 하는 지속가능발전교육의 통합성을 강조한 접근방법이 있다(김찬국 외, 2012; 손연아 외, 2014; Gough & Scott, 2006). 그리고 지속가능한 사회를 위한 인류의 보편적인 문제, 지구환경문제, 경제 및 사회문제와 관련된 SDGs 17개 목표와 관련된 지속가능발전교육의 접근방법이 있다(UN, 2018).

이상의 접근방법 이외에도 또 하나의 새로운 방안으로 인간의 행복과 지속가능성 사이의 관계를 탐구하는 지속가능한 행복 개념을 지속가능발전교육에 접목하려는 노력이 있다. 그동안 지속가능발전이나 지속가능발전교육에서는 개발이론, 정책, 그리고 실행 패러다임의 전환 등에 대해 주로 주목했던 것이 사실이다 (O'Brien, 2010). 그러나 이제는 지속불가능한 행복과 지속가능한 행복의 차이에 대한 이해를 유도하면서, 현재와 미래를 연결하는 지속가능한 행복을 추구하는 방식을 탐구할 필요가 있다.

O'Brien(2010)이 처음 정리한 지속가능한 행복은 다른 사람, 환경, 그리고 미래세대를 저해하지 않고 개인, 커뮤니티, 글로벌 웰빙에 기여하는 행복을 의미한다. 이는 지구상 모든 생명체들과의 상호존성을 강화하고, 우리 각자가 다른 사람들과 자연환경의 웰빙에 긍정적 또는 부정적으로 기여할 수 있다는 사실을 강조한다.

행복과 지속가능한 삶은 상호 관계성을 가지고 있고, 지속가능한 삶은 좋은 삶과 연결되어 있다. 예컨대, 커피를 마시면서 행복감을 느낄 때, 단순히 커피를

마시는 것에 행복한 것이 아니라 공정무역 커피를 찾아서 마시거나 이를 추구하는 마음으로 커피를 마신다면 이것은 지속가능한 행복이 될 수 있다. 즉, 행복과 지속가능성 사이의 접점을 찾으려고 노력할 때, 지속가능한 행복을 느낄 수 있다는 것이다(O'Brien, 2022).

최근 지속가능발전교육에서 핵심적인 것은 인간중심적인 관점을 최대한 줄이고, 자연과 인간의 관계성, 공존, 지속성을 강조하는 데 있다(Jickling & Sterling, 2017). 따라서 사회적인 이슈와 교육의 관계를 규명하는 생태적 세계관에 기반한 생태주의적 사고, 교육실천의 중요성이 강조된다고 할 수 있다. 사회적 이슈가 나타나는 사회시스템은 다양한 요인들이 상호작용하면서 또 다른 복잡한 시스템구조를 형성한다. 지속가능발전교육에서 사회이슈를 다루는데 관여되는 변수는 점점 다양해지고, 상황 구속성이 강화되고, 시간변화에 따라 문제가 지니는 가변성이 빠르게 달라질 수 있다(허영주, 2012). 이러한 측면에서 지속가능발전교육에서 복잡성 이론을 접목하는 것은 매우 효과적인 교육전략이 될 수 있다.

복잡성 이론에서 말하는 지식은 자기 존재의 형성을 말하며, 이는 자신을 둘러싸고 있는 환경, 공동체, 사회를 탐구하고 관련 활동에 참여하면서, 그 속에서 자신의 존재가 어떻게 드러나는지를 탐색하는 것이다(배재학, 2015; 이요바, 2021; Davis, Sumara, & Luce-Kapler, 2008, 2015). 즉, 복잡성 이론을 교육에 접목하는데 가장 중요한 핵심은 학습자가 주변 세계와 관계 맺는 방식을 다루는데 있다. 예컨대, 기후변화교육에서 가장 중점적으로 다루어져야 할 것은 지구의 다양한 요소들의 상호관련성을 이해하도록 하는 것이다. 이를 위해 우리는 우리 자신, 다른 사람들, 자연, 사회 그리고 지구촌과 어떻게 관련을 맺고 있는가? 이러한 질문들에 대한 비판적이고 통찰적인 숙고를 통해 인간은 자연계의 일부이고, 생명체이며, 인간이고, 사회와 문화의 구성원이며, 특정한 개인이기도 하다는 것을 이해할 수 있다(Lehtonen, Salonen, & Cantell, 2019).

위에서 살펴본 바와 같이 지속가능발전교육의 효과성을 고려할 때, 지속가능한 행복 개념의 접목과 복잡성 이론에서 다루는 요소들을 접목하는 시도는 매우 유용한 전략이 될 수 있다. 또한 최근에 개발된 2022 개정 교육과정(교육부, 2022)에서 추구하는 인간상 중에 ‘폭넓은 기초지식과 능력의 바탕 위에 진취적 발상

과 도전으로 새로운 가치를 창출하는 창의적인 사람'이 포함되어 있고, 기르하고자 하는 핵심역량에 '인간의 삶과 문화의 다양성에 대한 공감적 이해와 감수성을 바탕으로 삶의 의미와 가치를 성찰하고 향유하는 심미적 감성 역량', '지역·국가·세계 공동체의 구성원에게 요구되는 개방적·포용적 가치와 태도로 지속가능한 인류 공동체 발전에 적극적이고 책임감 있게 참여하는 공동체 역량'이 포함되어 있다는 것을 고려할 때, 예비과학교사들이 상호관계맺음을 바탕으로 하는 지속가능발전교육 전문성을 함양하는 것은 매우 시급한 일이라 할 수 있다.

따라서 이 연구에서는 예비과학교사들이 지속가능한 행복 개념과 복잡성 이론을 구성하고 있는 주요 요소들을 접목하여 설계한 지속가능발전교육 수업자료와 수업시연을 분석하고, 이러한 교육실행에 참여하기 전과 후의 인식 변화를 다각도로 분석하여, 예비과학교사들이 지속가능발전교육을 통합한 과학교육의 다차원적인 교사전문성을 키우기 위한 시사점을 도출하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 지속가능한 행복

Brown & Kasser(2005)는 “환경적으로 책임지는 행동이 자기희생적인 것으로 생각되는 한, 개인적인 차원에서 어떻게 행동해야 하는지를 결정하는 것은 어려운 선택이 될 수 있을 것”이라고 하였다. 왜냐하면 환경적으로 책임지는 행동은 개인의 행복을 훼손하는 것으로 가정될 수 있기 때문이다. 지속가능한 행복은 지속가능성 문제에 대한 성찰과 더불어 우리 삶의 질을 높이고 개인, 지역사회 및 글로벌 웰빙에 기여할 수 있는 기회를 제공하는 새로운 접근 방식을 제공한다.

OECD 교육 2030 보고서, '미래교육과 역량'에서도 교육의 역할을 모든 학습자가 전인적 인간으로 성장하고, 각자의 잠재력을 최대한 발휘하며, 개인과 공동체, 지구의 웰빙에 기초한 공동의 미래를 만들어내기 위해 노력하는 것으로 설정하고 있다(OECD, 2018). 여기서 핵심적으로 지향하는 OECD 학습나침반은 '학습자가 나침반을 들고 동료, 교사, 공동체의 지원과 협력 속에

서 웰빙 2030으로 향하는 여정'을 묘사하고 있다.

이와같이 미래 교육에서 '행복'이라는 주제를 중요하게 다루고 있는데, 진정한 행복은 물질적 소유에서 비롯되는 것이 아니라 주변에서 일어나는 의미있는 일, 지역사회 활동에 참여하는 과정에서 이를 수 있고, 물질주의가 덜한 사람들이 행복에 대한 자기 보고가 높고, 환경친화적 활동에 더 많이 참여하는 경향이 있다는 연구가 있다(Kasser & Sheldon, 2002; Sheldon & McGregor, 2000).

그동안 교육에서 개인의 행복은 삶의 중요한 목적임에도 불구하고, 비형식교육이나 무형식교육을 통해 추구되는 것으로 이해되어 왔다. 그러나 Noddings(2003)는 행복은 교육의 구체적인 목적이 되어야 하며, 좋은 교육은 개인적, 그룹 차원의 행복을 지원해야 한다고 언급하였다. 즉 지속가능한 행복은 개개의 교과에 녹여 들어가야 하며, 이를 통해 학습자들이 행복과 지속가능성 사이의 관계성을 이해하는 것이 중요하다는 주장이 있다(O'Brien, 2008).

DeYoung(2000)은 친환경적 행동과 지역사회 참여 등 친사회적 행동이 개인적 웰빙을 강화할 수 있는 본질적 만족을 가져온다는 것을 연구를 통해 확인하였고, Myers & Diener(1995)는 삶의 만족도에 영향을 주는 요소들은 본질적으로 비물질적 요소들이라는 것을 확인하였다. 여기서 개인이 갖는 가치는 어떤 행동에 대한 동기 부여와 개인의 웰빙에 모두 중요한 영향을 미치는 심리적 요소이다(Brown & Kasser, 2005). '가치'를 개인의 성장과 지역사회 참여를 지향하는 '내재적 가치'와 경제적 성공과 이미지를 지향하는 '외재적 가치'로 구분할 때, Kasser & Ryan(1996)의 연구에 의하면 내재적 가치를 가진 개인은 외재적 가치를 가진 개인보다 개인적 웰빙에 대한 인식 정도가 높은 것으로 나타났다. 또한 Richin & Dawson(1992)의 연구에서는 물질주의를 지향하는 개인은 물질주의가 낮은 개인보다 '주관적 웰빙'이 낮고, 환경친화적 활동이 적은 것으로 나타났다. 이는 내재적 가치를 지향하는 것이 '주관적 웰빙'과 '생태적으로 책임있는 행동'을 모두 촉진할 수 있음을 나타내고 있다.

이상과 같은 지속가능한 행복 개념을 수업에서 적용하기 위해서는 성찰적이고 변혁적인 교수법이 요구된다. 지속가능성은 우리 지구 전체에 관한 것이며, 모든 삶의 방식에서 고려되어야 한다(UNESCO, 2010).

이를 위해서는 예비교사들이 학습자가 자신의 가치를 성찰하고 더 나은 사회를 만드는데 참여할 수 있는 역량을 키워주기 위한 수업 전문성을 함양할 필요가 있다(Oe, Yamaoka, & Ochiai, 2022).

최근 교육의 미래비전을 담고 있는 UNESCO 2050 보고서, ‘함께 그려보는 우리의 미래: 교육을 위한 새로운 사회계약’에서는 교육과정을 통해 학습자들이 공유지식에 접근해야 함을 강조하였다. 교육과정은 기존과 같은 사실과 정보 전달이라는 좁은 틀에서 벗어나, 학습자들이 지식을 적용하고 생성하는 과정에 참여할 수 있어야 하고, 빠르게 변화하는 세계 속에서 인간의 위치를 재정립할 수 있는 방향으로 구성되어야 한다고 제안하였다(UNESCO, 2021). 이 보고서에서도 강조한 대로, 교육이 공적으로 누구에게나 제공되는 공공재(a public good)일뿐만 아니라, 전사회적 참여와 노력으로 함께 만들어어나가는 공동재(a common good)임을 생각할 때, 이를 위한 교육의 목적, 내용, 과정은 지속가능한 행복 개념과 밀접하게 접목될 수 있다.

## 2. 복잡성 이론

지속가능발전교육에서 대두되는 사회적 이슈는 다원적인 특징을 가지며, 해결방안을 모색할 때, 간학문적 접근을 통해 학습자의 관심을 불러일으키고, 개인의 가치관을 형성할 수 있는 사회적 참여와 실천 활동이 포함되면 효과적이다(Sterling, 2004; Sund, 2013).

이러한 지속가능발전교육의 특징은 복잡성의 3가지 주요 개념(자기조직화, 창발, 프랙탈)과 밀접한 관련을 가지고 있다. 먼저 ‘자기조직화’ 개념은 학습자들이 자신을 둘러싸고 있는 환경, 공동체, 사회에 깊이있게 참여하면서 자신의 삶을 탐구하는 과정에서 자신의 존재를 드러내는 방법, 주변 세계와 관계맺는 방식을 이해하는 것을 말한다. ‘자기조직화’를 통해 주변환경의 변화에 맞추어 끊임없이 스스로를 변화시켜 나가는 활동은 복잡성 관점에서 중요한 교육목표로서 포함될 수 있다(배재학, 2015; 이요바, 2021; Davis et al., 2008, 2015).

최근 지속가능발전교육에서도 학습자 개인의 성찰을 통해 자신의 가치관을 확인하고 지속가능한 삶을 위한 가치관 변화를 유도하는 것이 중요한 교육의 목표이자 내용으로 부각되고 있다. 이는 수업에서 동료 학생들과의 의사소통과 의사결정 과정에서 명료하게

이루어질 수 있으며, 자신이 속한 지역사회에 대해 민감성을 가지고 지속가능한 사회를 위한 실천 활동을 적극적으로 해나가는 과정을 통하여 실제 세계의 변화에 자신의 역할을 확인하고 자아를 회복하는 교육적 성과를 가져올 수 있다.

이러한 관점은 교사가 학습자들을 가르칠 때, 교과가 갖는 논리적 구조를 그들에게 맞게 심리화해줘야 한다는 것과 ‘안다는 것’이 바로 ‘행동의 변화’를 가져오지 못한다는 것을 강조한 Dewey의 교육과정이론에서도 핵심이 되고 있다(Worton, 1990; 서용선, 2012). 이는 ‘논리와 감성’의 통합으로서의 지속가능발전교육에 대한 비전을 잘 나타내주고 있다(Murry, Goodhew, & Murry, 2014).

다음으로, 복잡성 이론에서 다루는 또 하나의 개념인 ‘창발’은 요소들 간의 관계에서 복잡성의 증가로 인해 어떤 새롭고 일관된 구조, 속성, 패턴 등을 찾아내는 것을 말한다(Goldstein, 1999; 이요바, 2021).

Mikulecky(2001)는 창발을 2가지로 구분하였는데, 하나는 ‘진화해가는 과정에서 예측하지 못한 새로운 것이 갑자기 등장’하는 것이고, 다른 하나는 ‘평소에는 보이지 않았지만, 항상 있어 왔던 어떤 현상들의 특성을 발견하는 것’이다. 이 2가지 과정이 순환적으로 인과관계를 맺으면서 창발의 과정이 일어나는 것인데, 이는 지속가능발전교육에서 강조하고 있는 역량인 시스템 사고와 밀접하게 관련이 있다고 할 수 있다. 이와 관련하여 시스템 사고는 ‘이 세계를 상호연결적, 인과적, 순환적, 창발적, 종합적 관점에서 사고할 수 있는 능력’으로 정의를 내릴 수 있다(이재영 외, 2021).

창발의 관점에서 볼 때, 수업은 학습자들 간의 상호작용의 과정으로 인식되어지며, 이 학습자들 간의 상호작용은 학습자들 스스로 주도하게 된다(Collins & Clarker, 2008). 지속가능발전교육이 진행되는 수업장면에서도 탐구하는 이슈와 관련하여 학생들은 복잡하고 역동적인 상호작용의 연결망 속에 참여하게 된다. 그 과정은 예측 가능할 수도 있고, 예측 불가능할 수도 있다. 학생들은 동료들과의 역동적인 의사소통을 통하여 새로운 무엇인가를 갑자기 발견해내는 성취감을 느낄 수도 있다.

이러한 수업에서는 어느 한가지의 수업목표로 향해 나가는 것이 아니라, 수업의 과정에서 학생들이 의미 있는 수업목표들을 찾아갈 수 있는 자율성과 책임성을

동시에 가지게 될 것이고, 이 과정에서 학생들은 사회에 존재하는 다양한 관점들을 총체적으로 이해할 수 있는 역량을 갖추게 될 것이다. 여기서 학습은 외부의 것을 습득하는 것이 아니라 다른 대부분의 가능성과 경로를 대신하여 어떤 특별한 가능성을 행하고 택하는 변형의 과정이 된다. 나아가 학습은 축적하는 과정이라기보다는 회귀적인 시행착오의 과정이 된다(Davis, 2004).

마지막으로, 복잡성 이론에서 적용하는 ‘프랙탈’ 구조는 그 자체를 축소하거나 확대하더라도 여전히 세부 모양이 동일한 기하학적 모양을 말한다. 프랙탈 이미지는 하나의 이미지가 재귀적이고 반복적으로 정교화하는 과정을 통해서 만들어지는데, 이는 앞 단계의 산출물이 다음 단계의 투입물이 되는 일종의 피드백 루프 과정이다(Davis et al., 2008, 2015). 이러한 과정은 지속적으로 변화하지만, 이전 단계의 ‘내용과 맥락’이 보존되는 특징이 있다. 얇과 배움의 구조를 직선이나 평면 기하학 등의 폐쇄된 영역으로 표현하는 것은 적절하지 않다. 오히려 재귀(recursion), 반복(iteration), 피드백 루프(feedback loops) 등으로 설명하는 것이 더 적합하다고 할 수 있다(Davis et al., 2015).

프랙탈 이미지는 창발의 과정으로 학습자중심 교육 과정을 개발하고 실행하는 하나의 도구로 활용할 수 있다(이요바, 2021). 예컨대, 나뭇가지에서 또 다른 나뭇가지로 분기하는 나무 이미지는 ‘창발하는 공간’의 이미지를 설명하는 데 유용하다. 즉, 작은 노트에서 큰 노트로 확장하는 네트워크 구조는 지식 생산 체계뿐만 아니라 생산된 지식체계를 설명하는 데에도 활용될 수 있다(Davis et al., 2008). Kiraly(2012)는 수업에서 그룹 프로젝트를 운영할 때, 프랙탈 요소들을 반영하여 설명한 바 있다. 먼저 ‘공동-창발성’에 대해 언급하였는데, 학생들은 동료 학생, 교사, 지역의 전문가 등과 역동적으로 상호작용하면서 학습 실천 공동체를 구성하고, 스스로 성장해나갈 수 있다고 하였고, 다음으로 ‘자기-유사성’인데, 그룹 프로젝트에서 학생들은 스스로 프로젝트 선택, 조직, 실행 등의 과정을 순환적으로 반복하는 기회를 갖는다는 것이다.

이상의 특징은 지속가능발전교육 수업모델을 개발하는데 기본 방향으로 적용할 수 있다. 즉 사회에서 발생하는 문제를 해결하기 위해서는 사회, 환경, 경제의 균형점을 찾으면서 갈등을 해결해 나가는 과정이 중요

한데, 이를 프랙탈구조로 제안할 수 있다. 이러한 ‘관계지향성 지속가능발전교육’을 위해서는 사회, 환경, 경제 영역 간의 끊임없는 상호작용으로 보는 관점이 중요한데, 이러한 과정을 복잡성 이론의 프랙탈 이미지를 활용하여 적용할 수 있을 것이다.

### Ⅲ. 연구방법 및 절차

#### 1. 연구 대상 및 강의의 진행

이 연구의 참여자는 수도권에 소재한 A대학교 사범대학 과학교육과 ‘지속가능발전교육과 과학교육’ 강좌의 수강생인 예비과학교사 21명(2학년 1명, 3학년 17명, 4학년 3명)으로 구성되었다. 과학교과교육관련 수강 현황을 보면, 2학년의 경우 1과목을 수강하였고, 3학년과 4학년의 경우 3과목 이상의 과학교과교육관련 과목(통합과학교육론, 통합과학교과교재연구및지도법, 과학탐구의 실제 등)을 수강하였다.

이 연구를 위해 ‘지속가능발전교육과 과학교육’ 강의의 진행은 다음과 같이 크게 4단계로 진행하였다. 먼저 강의의 1단계에서는 예비과학교사들에게 수업에 참여하기 전에 ‘자신의 교사 지향점’, ‘지속가능발전교육의 의미’, ‘과학교육과 지속가능발전교육 접목의 필요성’, ‘중등과학교육에서 지속가능발전교육 접목의 자신감’ 등에 대한 사전 의견지를 작성하도록 하였다. 사전 의견지의 질문 중 일부는 강의를 모두 마친 후 작성하는 사후 성찰지에도 포함하여, 15주 강의를 모두 수강한 이후 예비과학교사들의 생각 변화를 분석하고자 하였다. 그리고 강의를 통해 현재까지 논의되고 있는 지속가능발전교육의 ‘사회·환경·경제 영역 간 통합 중심’, ‘지속가능발전목표 중심’, ‘지속가능성·공존·관계성이 강조되는 포스트지속가능성 중심’ 등 다양한 접근방법을 중심으로 다차원적 특징을 다루었다. 또한 O'Brien(2010)의 ‘지속가능한 행복’에 대한 내용을 모듈별로 토의하고 공유하는 시간을 가짐으로써 개인적으로 주관적인 행복 개념과 생태적으로 책임있는 행동 사이의 관계성을 생각해 보는 기회를 제공하였다. 그리고 ‘개인적 행복, 지역사회 행복, 글로벌 차원의 행복(각 범주별 3개 영역 포함)’과 같은 내용이 포함된 생태일지를 3일간 작성하여 모듈원들과 공유하고, 평

소에 생각하지 못했던 자신의 일상생활의 특징을 드러내는 시간을 가졌다. 이 활동은 이후 복잡성 이론 중의 한 요소인 ‘자기조직화’ 과정과 관련이 된다고 할 수 있다.

다음으로 강의의 2단계에서는 지속가능발전교육에서 다룰 수 있는 쟁점들을 공유하고, 복잡성 이론을 지속가능발전교육에 접목하기 위한 전략을 모듈별로 구상하고 전체적으로 토의하는 과정을 거쳤다. 강의의 3단계에서는 수업시연 진단지를 어떻게 구성하는 것이 좋을지에 대한 모듈토의를 통해, 수업시연을 위한 교수학습자료를 개발할 때 중점적으로 고려해야 할 사항을 모색하는 시간을 가졌다. 그리고 이 연구에서 초점을 두고 있는 지속가능한 행복과 복잡성 이론을 적용한 수업시연자료를 초안으로 개발하고, 동료피드백을 거쳐 완성하는 과정을 거쳤다. 마지막으로 강의의 4단

계에서는 모듈별로 수업시연을 실시하고, 교수자평가, 동료평가, 자기평가를 실시하였고, 이를 공유하여, 수업자료와 수업시연 과정에 있어서 개선해야 할 점을 함께 분석하는 시간을 가졌다. 그리고 지금까지의 모든 과정을 포함한 내용을 중심으로 예비과학교사 컨퍼런스를 개최하여 관련 전문가 및 연구에 참여하지 않은 학생들과 공유하는 시간을 가졌다. 이후 개별적인 강의 성찰지를 작성함으로써, 이 연구에 참여한 이후의 생각과 소감을 정리하는 시간을 가졌다.

## 2. 예비과학교사가 설계한 교수학습자료의 특징

이 연구에 참여한 예비과학교사들 21명은 4모듈로 나누어, 지속가능한 행복과 복잡성 이론을 과학교육에 접목한 교과통합형 지속가능발전교육 교수학습

Table 1. Characteristics of teaching and learning materials that integrate sustainable happiness and complexity theory designed by pre-service science teachers

수업 주제	주요 수업목표	주요 교수학습 흐름	중심교과 및 교과통합
[1모듈] 무너져가는 지구, 그 속에 살아가는 우리	<ul style="list-style-type: none"> <li>개인의 삶이 환경문제에 미치는 영향을 설명할 수 있다.</li> <li>환경문제와 지속가능한 행복의 관계를 이해할 수 있다.</li> <li>환경문제 관련 사회참여 방안을 창의적으로 설계할 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개인의 삶에서 환경문제에 영향을 미치는 행동 탐색</li> <li>환경문제와 지속가능한 행복의 관계 이해</li> <li>환경문제 해결을 위한 챌린지 계획 및 실천 유도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고1 통합과학 (생물다양성과 보전, 신재생에너지와 지속가능한 발전)</li> <li>고1 통합사회 (통합적 관점의 이해, 행복실현의 조건, 환경문제해결을 위한 다양한 노력)</li> </ul>
[2모듈] 지구의 아픔, 더 이상은 안돼	<ul style="list-style-type: none"> <li>대기, 수질, 토양, 해양 오염의 연관성을 이해할 수 있다.</li> <li>자신의 환경실천 리스트를 작성하고, 실천계획을 세울 수 있다.</li> <li>주관적 행복과 생태적으로 책임 있는 행복의 연계성을 생각할 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경문제와 개인의 삶의 연계성을 생각해보는 기회 제공</li> <li>직소협동학습 모형을 활용하여 환경문제 원인과 영향 토의</li> <li>환경실천 리스트 및 네컷만화 작성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고 ‘환경’ (환경사건 및 사례: 물, 대기, 토양, 생물, 기후변화, 에너지)</li> <li>고1 통합과학 (생물다양성 보전방안, 생태계 평형, 기후변화)</li> <li>고1 통합사회 (자연환경과 인간생활)</li> <li>고 ‘지구과학’ (대기오염과 해양오염의 상호작용)</li> </ul>
[3모듈] 지구의 풀벌실종 사건 해결의 탐정이 되어 보자	<ul style="list-style-type: none"> <li>풀벌 실종사건의 원인을 창발적 사고과정을 통해 균형적으로 이해할 수 있다.</li> <li>풀벌 실종사건의 과학적 해결방안을 설계할 수 있다.</li> <li>풀벌실종 사건과 지속가능한 행복과의 관련성을 인식할 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기사를 통해 풀벌실종사건 탐색</li> <li>풀벌실종사건 해결방안 고안</li> <li>풀벌실종사건 해결방안 실행 효과 탐색</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고1 통합과학(생태계 평형)</li> <li>고1 통합사회 (미래지구촌과 우리의 삶)</li> <li>고1 기술가정(지속가능한 발전)</li> <li>고1 생활과 윤리 (미래세대에 대한 책임)</li> <li>고1 미술창작 (발상에서 표현으로)</li> </ul>
[4모듈] 나와 우리의 기후변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>개인의 삶이 기후변화에 미치는 영향을 이해하고 성찰할 수 있다.</li> <li>대기와 해수의 상호작용의 변화가 지구환경과 인간생활에 미치는 영향을 설명할 수 있다.</li> <li>기후변화로 인한 지구환경 변화를 예측하고, 이를 극복하기 위한 방안을 세울 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개인의 행동이 기후변화에 미치는 영향 이해 및 성찰</li> <li>지구환경변화가 개인 및 사회에 미칠 수 있는 영향 이해</li> <li>지구온난화 해결책을 경제적, 사회적, 문화적 다양한 측면에서 모색</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고1 통합과학 (지구의 미래, 지구온난화와 기후변화, 생태계와 생물다양성, 생태계 보전)</li> <li>고1 통합사회 (환경, 사회, 경제의 균형과 행복, 자연재해, 정부와 시민사회의 대응, 환경문제와 해결방안)</li> </ul>

자료를 블록타임(2차시 100분)으로 개발하였다. 먼저 1모듬은 ‘무너져가는 지구, 그 속에 살아가는 우리’, 2모듬은 ‘지구의 아픔, 더 이상은 안돼’, 3모듬은 ‘지구의 끝없는 종 사건 해결의 탐정이 되어 보자’, 4모듬은 ‘나와 우리의 기후변화’로 수업주제를 설정하였다. 각 모듬에서 설정한 수업목표와 간략한 수업 흐름, 그리고 중심교과 및 교과통합의 특징을 정리하면 다음과 같다 (Table 1).

### 3. 수업진단 준거 설정 및 분석

이 연구에서 활용한 수업진단 준거는 <Table 2>와 같은데, 이는 크게 3가지 영역(지속가능발전교육, 지속가능한 행복, 복잡성 이론)으로 구분되어 있다.

먼저 지속가능발전교육 수업진단 준거는 UNESCO (2010)에서 McKeown(2002)의 연구를 바탕으로 정리한

지속가능개발을 위한 교사교육 지침에 포함된 학습자의 학습목표들(기초지식, 기능, 관점, 가치)과 지속가능성 나침반에 포함된 요소들(자연, 행복, 사회, 경제)을 중심으로 설정하였다.

다음으로, 지속가능한 행복에 대한 수업진단 준거를 설정하기 위해서, 지속가능성 교육에 지속가능한 행복 개념을 처음으로 도입한 O'Brien(2010)의 관련 연구에서 핵심이 되는 3가지 내용을 추출해서 수업진단 준거에 포함시켰다. 따라서 수업에서 ‘주관적 행복’과 ‘생태적으로 책임있는 행복’을 생각해보는 기회, 자기성찰의 경험, 개인과 사회 간의 관계성 탐구 기회를 제공하고 있는지에 대한 내용을 설정하였다.

마지막으로, 복잡성 이론의 3가지 중요한 개념은 자기조직화, 창발, 프랙탈인데, 각 개념별 수업진단 준거는 Davis *et al.*(2008, 2015)의 연구를 바탕으로 설정하

Table 2. Criteria for class diagnosis incorporating ESD, sustainable happiness, and complexity theory

수업진단 준거 영역		수업진단 준거 문항
지속가능발전교육의 전반적인 진단		설정한 ‘기초지식’을 이해시키기 위한 수업내용과 전략이 교수학습과정안과 수업시연에서 효과적으로 다루어졌는가?
		설정한 ‘기능 및 역량’을 함양시키기 위한 수업내용과 전략이 교수학습과정안과 수업시연에서 효과적으로 다루어졌는가?
		설정한 ‘관점 및 시각’을 함양시키기 위한 수업내용과 전략이 교수학습과정안과 수업시연에서 효과적으로 다루어졌는가?
		설정한 ‘가치’를 함양시키기 위한 수업내용과 전략이 교수학습과정안/수업시연에서 효과적으로 다루어졌는가?
		설정한 ‘환경·사회·경제·행복 차원’의 핵심내용에 대한 수업내용과 전략이 교수학습과정안과 수업시연에서 효과적으로 다루어졌는가?
지속가능한 행복 접목에 대한 진단		‘주관적 행복’과 ‘생태적으로 책임있는 행동’을 생각해 볼 수 있는 기회를 제공하였는가?
		자기성찰을 통해 개인과 사회 구성원 모두의 행복을 생각해 볼 수 있는 기회를 제공하였는가?
		개인과 사회 간의 상호작용을 이해하고 지속가능한 행복을 위한 바람직한 관계를 정립할 기회를 제공하였는가?
복잡성 이론 접목에 대한 진단	자기조직화 접목	학습자가 자신과 주변환경, 자신과 타인들 간의 관계맺음을 이해하는 기회를 제공하였는가?
		학습자가 사회의 역동적인 맥락을 이해하는 과정에서 자신의 존재와 삶을 이해하는 기회를 제공하였는가?
		학습자 성찰을 통해 본인의 가치관을 확인하고 지속가능한 삶을 위한 가치관으로 변화할 수 있는 기회를 주었는가?
	창발 접목	학습자가 우리 사회에 존재하는 다양한 관점들 간의 상호연결성을 확산적 사고를 통해 이끌어 낼 수 있는 기회를 제공하였는가?
		학습자가 다양한 요소 간의 관계에서 새롭고 일관된 구조나 속성, 패턴 등을 찾아내는 기회를 제공하는가?
		학습자가 수업 과정에서 학생들이 스스로 수업목표를 찾아갈 수 있는 자율성을 갖는 기회를 제공하였는가?
	프랙탈 접목	학습자에게 자기 유사적인 반복, 순환, 피드백 루프가 포함된 프랙탈 이미지를 그려볼 수 있는 기회를 제공하였는가?
		반복되는 시행착오, 학습자 주도의 자기 결정 학습을 반복적으로 수행할 수 있는 기회를 제공하였는가?
		사회, 환경, 경제 영역 간의 상호작용 및 균형점을 이해하기 위해 학습자에게 열린 상황을 제공하여 의사소통 기회를 주었는가?

Table 3. The results of the normality test of the class diagnosis criteria question

수업진단 준거		Shapiro-Wilk		
		통계	자유도	CTT 유의확률
지속가능발전교육		.919	16	.164
지속가능한 행복 접목		.883	16	.043
복잡성 이론 접목	자기조직화	.877	16	.035
	창발	.884	16	.045
	프랙탈	.929	16	.233
	종합	.953	16	.547

\*. 참 유의성의 하한  
a. Lilliefors 유의확률 수정

였다. 먼저 자기조직화 관련 수업진단 준거에는 학습자가 주변환경과 타인과의 관계맺음을 이해하는 기회, 사회맥락 속에서 자신의 존재와 삶을 이해하는 기회, 본인의 가치관을 확인하고 지속가능한 삶을 위한 가치관으로 변화하는 기회를 제공하고 있는지를 포함하였다. 그리고 창발 관련 수업진단 준거에는 사회에 존재하는 다양한 관점 간의 상호연결성을 탐색하는 기회, 다양한 요소들 간의 관계에서 새롭고 일관된 구조나 속성, 패턴을 찾아내는 기회, 스스로 수업목표를 찾아가는 기회를 제공하고 있는지를 포함하였다. 마지막으로 프랙탈 관련 수업진단 준거에는 자기 유사적인 반복, 순환, 피드백 루프가 포함된 이미지를 그려보는 기회, 시행착오와 자기결정학습 기회, 사회·환경·경제 영역 간의 상호작용과 균형점을 이해하는 기회를 제공하고 있는지를 포함하였다.

<Table 2>의 지속가능발전교육, 지속가능한 행복과 복잡성 이론 접목 수업진단 준거 문항에 대한 정규성 검사 결과는 <Table 3>과 같다. 이 문항을 적용하여 5점 척도로 교수자평가, 동료평가, 자기평가를 실시하였다. 양적인 데이터를 분석하기 위해 IBM SPSS 28.0을 사용하여 통계적인 결과값을 도출하였다.

또한 위의 양적 분석에 더하여, 연구자가 수업시연을 참여관찰하면서 기록했던 관찰지와 수업시연 녹화 자료를 반복적으로 확인하면서 맥락적으로 분석하는 과정을 통해 수업자료와 수업시연과정을 질적으로 분석하여 양적 연구결과를 보완하였다.

그리고 예비과학교사들이 수업시연에 대한 동료평가 결과를 바탕으로, 지속가능발전교육 수업시연 준거(기초지식 접목, 기능 및 역량 접목, 관점 및 시각 접목, 가치 접목, 환경·사회·경제·행복 접목)와 지속

가능한 행복에 대한 수업시연 진단 준거 및 복잡성 이론(자기조직화, 창발, 프랙탈)에 대한 수업시연 진단 준거 간의 상관관계를 분석하였다.

#### 4. 예비과학교사들의 연구참여 전과 후의 변화 및 소감 분석

먼저, 지속가능발전교육의 의미와 과학교육에 접목될 필요성에 대한 인식 변화를 질적 내용 분석법(Qualitative content analysis)에 따라 분석하였다. 이를 위하여 예비과학교사들이 연구 참여 전 사전 의견지와 연구참여를 모두 마친 후 작성한 반성적 성찰지에 기술한 내용을 비교하는 방식으로 분석하였다.

다음으로 연구 참여 전과 후에 예비과학교사가 갖는 지속가능발전교육을 과학교육에 적용하는 것에 대한 자신감을 리커트 7점 척도로 구성된 자기보고 형태로 검사를 실시하였다. 정규성 검정을 실시한 결과, 정규분포를 나타내지 않음을 확인하여 Wilcoxon signed-rank test로 연구 참여 전과 후의 평균 차이를 확인하였다.

또한, 연구 참여 전과 후의 예비과학교사들의 교사 지향점에 대한 차이를 반성적인 성찰지의 관련 내용을 중심으로 분석하였다. 정제과정과 전처리 과정이 진행된 단어들은 문서와 단어 사이의 관계인 이원모드(2-mode)로, 이 이원모드의 단어들을 단어와 단어 사이의 관계인 일원모드(1-mode)로 변환하여 예비과학교사의 반성적 성찰지 전체 문서에 대해 단어 사이의 구조를 분석하였다. 이 과정에서 동시 출현한 단어의 범위를 3으로 설정하였다. 이후 언어 네트워크에서 핵심적인 단어만 추출하기 위해 전체 출현빈도를 3이상, 동



시 출현빈도는 2이상으로 추출하여 분석에 사용하였다. 이렇게 추출한 단어의 네트워크에서 중요한 위치를 파악하기 위해 군집 네트워크(modularity community) 분석으로 전체 텍스트 네트워크에서 링크가 많은 단어들이 이루는 군집을 분석하였다. 이상의 모든 분석 과정은 NetMiner 4.4.3. 프로그램을 활용하였는데, 프로그램으로 분석한 군집구조를 설명하고 의미를 찾는 과정에서 예비과학교사들의 반성적인 의견지를 함께 정성적으로 확인하여 내용 해석의 오류가 없도록 하였다.

더불어 예비과학교사들이 작성한 반성적 성찰지에 포함된 연구참여 후의 소감문을 분석하였다. 소감문 분석을 통해 예비과학교사들이 연구참여 과정에서 느꼈던 생각을 드러낼 수 있고, 이를 바탕으로 이 연구에서 적용한 지속가능한 행복 개념과 복잡성 이론 접목의 효과성을 간접적으로 파악할 수 있다.

## IV. 연구결과 및 논의

### 1. 예비과학교사들이 설계한 수업자료 세트<sup>1)</sup>에 의한 수업시연 분석

#### 가. 지속가능발전교육 수업진단 준거에 따른 분석

‘기초지식, 기능 및 역량, 관점 및 시각, 가치, 환경·사회·경제·행복’ 등 지속가능발전교육 수업진단 기준에 의한 동료평가 결과를 나타내면 <Table 4>와 같다. 5점 척도로 평가한 결과, 표에서 보는 바와 같이, 전체 진단항목에 대한 평균은 4.58점으로 높게 나타났는데, 그 중 ‘기초지식, 환경·사회·경제·행복’ 접목 부분에서 다소 낮은 점수를 받은 것으로 분석되었다.

수업시연의 특징을 좀 더 구체적으로 파악하기 위하여, 5가지 지속가능발전교육 준거 중에서 모듈별로 특징을 잘 드러낸 ‘관점 및 시각 접목, 환경·사회·경제·행복 접목’과 관련하여 질적 분석 결과를 제시하면 <Table 5>와 같다.

#### 나. 지속가능한 행복 수업진단 준거에 따른 분석

지속가능한 행복에 대한 3가지 수업진단 준거에 따른 수업시연 과정을 분석하면 다음 <Table 6>과 같다. 표에서 보는 바와 같이 3가지 준거에 대해 전반적으로 높은 점수를 받은 것으로 나타났다.

지속가능한 행복 수업진단 준거에 따라 수업시연 과정을 질적 분석한 결과, 1모듈의 경우, 수업의 도입 단계에서 생태일지를 활용하여 지속가능한 행복의 개념을 직접적으로 생각하는 기회를 제공한 것으로 나타났다. 2모듈의 경우, 환경문제를 탐구하는 과정을 시스템적 사고를 바탕으로 지속가능한 행복을 생각하는 기회를 수업의 전개단계에서 제공한 것으로 분석되었다. 3모듈의 경우, 수업의 전체적인 흐름에서 ‘지속가능한 행복’을 다루고, 접목하기 위한 노력하였고, 4모듈의 경우, 수업의 도입에서 적극적으로 접목하였으나, 수업의 전개과정에서 지속적으로 접목하는데 어려움이 있었고, 다시 수업의 마무리에서 다루려는 노력을 보였으나, 흐름이 자연스럽게 연결되지는 않은 것으로 분석되었다. 이에 대한 구체적인 내용은 <Table 7>에 제시되어 있다.

#### 다. 복잡성 이론 수업진단 준거에 따른 분석

예비과학교사들이 설계하고 시연한 수업자료는 지속가능발전교육 및 지속가능한 행복을 접목한 것에 더하여, 복잡성 이론의 요소들을 적용하였다. 복잡성 이론과 관련된 수업진단 준거에는 ‘자기 조직화, 창발, 프렉탈’ 관련 준거 영역이 포함되어 있고, 각 영역은 3가지씩의 분석 항목으로 구성되어 있다.

전체적인 분석 영역 중에서는 ‘프렉탈’ 영역이 상대적으로 낮은 평균 점수를 나타내었으며, ‘자기 조직화’와 ‘창발’ 영역에 대한 수업준거에 대해서는 거의 비슷한 평균 점수를 받은 것으로 분석되었다(Table 8).

‘자기 조직화’ 영역에서는 ‘사회적 맥락 속에서 자신의 삶에 대한 고려 기회 제공’ 항목이, ‘창발’ 영역에서는 ‘학생들 스스로 수업목표를 찾아가는 기회 제공’ 항목이, 프렉탈 영역에서는 ‘학습자 주도의 자기결정 학습을 반복적으로 수행하는 기회 제공’ 항목이 다른 준거들 보다 상대적으로 낮은 평균 점수로 분석되었다.

각 모듈별로 복잡성 이론의 3가지 영역에 대한 수업준거를 적용한 수업시연의 특징을 분석하면 다음과

1) 예비과학교사들이 설계한 수업자료 세트에는 ‘교육과정 분석 및 수업내용 구조도’, ‘전체적인 수업 전개도(2차시 100분)’, ‘차시별 교수학습과정안’, ‘차시별 수업 활동지와 평가지’, ‘차시별 수업 PPT’, ‘수업 도움 자료’ 등이 포함되어 있다.

Table 4. Peer evaluation results according to ESD class diagnosis criteria

지속가능발전교육 준거	평균	표준편차	N
기초지식 접목	4.48	.43	16
기능 및 역량 접목	4.62	.38	16
관점 및 시각 접목	4.62	.39	16
가치 접목	4.62	.41	16
환경·사회·경제·행복 접목	4.54	.37	16
전체	4.58	.32	16

Table 5. Qualitative analysis according to ESD class diagnosis criteria

ESD 수업 준거	[1모둠] 무너져가는 지구, 그 속에 살아가는 우리	[2모둠] 지구의 아픔, 더 이상은 안돼	[3모둠] 지구의 꿀벌실종 사건 해결의 탐정이 되어 보자	[4모둠] 나와 우리의 기후변화
관점 및 시각 접목	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학, 기술, 사회 요소가 순환적인 인과관계를 맺음 인식</li> <li>개인과 사회, 논리와 감성, 자연과 인간 등의 대비적 관점 인식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경오염과 우리 삶의 관계 인식</li> <li>환경문제 관련 다양한 요소들 간의 유기적 연결관계 인식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>하나의 현상에 대해 다양한 관점으로 바라볼 수 있는 시각</li> <li>문제해결 시 다양한 영역에 대한 균형잡힌 시각으로 바라보는 능력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화가 경제적인 측면에서 개인의 가치와 대립할 수 있다는 시각</li> <li>기후변화가 개인뿐만 아니라 사회의 행복에 영향을 끼칠 수 있다는 관점</li> </ul>
환경·사회·경제·행복 접목	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경: 생태계 보전의 이해</li> <li>사회: 환경오염에 대한 사회적 인식과 참여 유도</li> <li>경제: 플라스틱 사용에 대한 경제적 측면 논의</li> <li>지속가능한 행복: 환경과 자신의 행복과의 관련성 이해</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경: 대기, 수질, 토양, 해양 오염의 연관성 이해</li> <li>사회: 환경오염 관련 지역사회 공유 방안 탐색</li> <li>경제: 환경오염이 경제에 미치는 영향 탐색</li> <li>지속가능한 행복: 우리의 삶과 환경오염의 관계 인식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경: 꿀벌과 상호작용하는 다양한 생물종 탐색</li> <li>사회: 사회적 이슈에 대한 과학적 해결방안 탐색</li> <li>경제: 꿀벌실종이 주는 경제적 영향 탐색</li> <li>지속가능한 행복: 꿀벌실종과 지속가능한 행복의 관계성 탐색</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경: 기후변화 현상의 이해</li> <li>사회: 기후변화에 대한 사회적 해결방안 탐구</li> <li>경제: 개인적, 사회적 차원에서 기후변화 해결 전략 모색 시 고려되는 경제적 측면 이해</li> <li>지속가능한 행복: 기후변화 해결 노력에 참여하는 개인의 행복 인식</li> </ul>

Table 6. Peer evaluation results according to 'sustainable happiness' class diagnosis criteria

지속가능한 행복 준거	평균	표준편차	N
주관적 행복과 생태적으로 책임있는 행동 고려 기회 제공	4.64	.39	16
자기성찰을 통한 개인과 사회 구성원의 행복 고려 기회 제공	4.60	.40	16
지속가능한 행복을 위한 관계정립 고려 기회 제공	4.62	.52	16
전체	4.62	.36	16

같다. 먼저, 1 모둠 수업시연(무너져가는 지구, 그 속에 살아가는 우리)의 경우, 자기 조직화 영역은 ‘생태일지를 쓰는 과정을 통해 자신의 삶을 생각해보고, 드러내어 동료들과 공유하는 과정을 제공함으로써 자신과 주변환경과의 관계맺음에 대해 생각해보는 기회를 제공’하는 것으로 접목을 한 것으로 분석되었다. 그리고 창발 영역은 ‘환경문제를 다각도로 생각해보고, 그 원인과 결과에 대해 탐구하는 활동을 통해 창발의 과정을 경험할 기회를 제공’하였고, 프렉탈 영역은 ‘시스템 사고를 통한 창발활동과 관련하여, 피드백 루프(음의 피

드백, 양의 피드백)를 그리는 활동을 통해, 반복적으로 일어나는 현상에 대한 사고와 더불어 사회, 환경, 경제 간의 상호작용 및 균형점을 이해하기 위한 기회 제공’하는 것을 통해서 접목한 것으로 나타났다.

2 모둠 수업시연(지구의 아픔, 더 이상은 안돼)의 경우, 먼저 환경문제와 개인의 삶의 연계성을 생각해 보는 기회를 통해서 자기 조직화 경험을 제공하였고, 토양, 대기, 해양, 수질오염에 대한 탐구를 바탕으로 한 마인드맵을 작성하는 과정에서 창발의 기회 제공한 것으로 분석되었다. 그리고 수업에서 프렉탈 구조를

Table 7. Qualitative analysis according to 'sustainable happiness' class diagnosis criteria

지속가능한 행복 준거	[1모듈] 무너져가는 지구, 그 속에 살아가는 우리	[2모듈] 지구의 아픔, 더 이상은 안돼	[3모듈] 지구의 끝벌실종 사건 해결의 탐정이 되어 보자	[4모듈] 나와 우리의 기후변화
주관적 행복과 생태적으로 책임있는 행동 고려 기회 제공	◦ 자신의 생태일지를 작성하는 과정에서 개인의 삶이 환경에 미치는 영향을 자연스럽게 인식하게 함	◦ 환경문제를 다루는 공익 광고 분석을 통해 자신의 삶과 연계하여 생각해보는 기회를 제공함	◦ 수업의 전반부에서 끝벌실종사건의 영향을 탐색과정과 수업의 후반부에서 다시한번 다루면서 자신의 생각변화를 확인함	◦ 자신의 일상생활을 담은 브이로그를 동료들과 공유하면서, 주관적 행복과 생태적으로 책임있는 행동을 생각해 보는 기회를 제공함
자기성찰을 통한 개인과 사회 구성원의 행복 고려 기회 제공	◦ 자신이 생각하는 행복의 조건을 생각해보고, 이를 타인 및 자연환경과 어떤 관련성이 있는지를 토의하게 함	◦ 자기 성찰을 반영한 환경실천 리스트를 작성하는 과정에서 개인과 사회의 행복을 고려하는 기회를 제공함	◦ 지속가능한 행복에 대한 가치문장 작성을 통해 자신의 생활에 대해 성찰하는 기회를 제공함	◦ 지속가능한 행복을 위한 실천 방안을 모색하면서, 개인의 삶이 기후변화에 미치는 영향을 성찰하는 기회를 제공함
지속가능한 행복을 위한 관계 정립 고려 기회 제공	◦ 자신의 가치관을 확인할 수 있는 체크리스트를 작성하고, 공유하는 과정에서 가치관을 재정립하는 기회를 제공함	◦ 환경문제 해결방안에 대해 다각도로 탐색하는 과정에서 지속가능한 행복 개념을 생각하는 기회를 제공함	◦ 끝벌실종사건의 해결방안을 실천했을 때의 효과를 생각해 보는 과정에서 지속가능한 행복을 생각해 보는 기회를 제공함	◦ 기후변화가 개인과 사회에 미치는 영향을 생각하고, 지속가능한 행복 차원에서 환경문제와 개인 및 사회의 관계에 대해 생각하는 기회를 제공함

Table 8. Peer evaluation results according to 'complexity theory' class diagnosis criteria

복잡성 이론 준거		평균	표준편차	N
자기 조직화 접목	자신과 주변환경 및 타인과의 관계맺음 고려 기회 제공	4.48	.47	16
	사회적 맥락 속에서 자신의 삶에 대한 고려 기회 제공	4.26	.71	16
	자신의 가치관 확인 및 지속가능한 삶을 위한 가치관 변화 고려 기회 제공	4.60	.36	16
소계		4.45	.42	16
창발 접목	다양한 관점들 간의 상호연결성을 확산적 사고로 이끌어 내는 기회 제공	4.56	.46	16
	다양한 요소들 간의 관계에서 개롭고 일관된 구조를 찾아 내는 기회 제공	4.51	.47	16
	학생들 스스로 수업목표를 찾아가는 기회 제공	4.32	.67	16
소계		4.46	.48	16
프랙탈 접목	자기 유사적인 반복, 순환, 피드백 루프가 포함된 프랙탈 이미지를 그려보는 기회 제공	4.25	.57	16
	학습자 주도의 자기결정 학습을 반복적으로 수행하는 기회 제공	3.84	1.05	16
	사회, 환경, 경제 간의 상호작용 및 균형점을 이해하기 위한 기회 제공	4.60	.37	16
소계		4.23	.59	16
전체		4.38	.44	16

학습자가 구조화하는 기회를 주기 위해서 다양한 환경 오염 요소들 간의 관계성을 이해하는 과정을 통해서 피드백 루프를 포함하는 순환구조를 구성해보는 경험을 갖게 한 것으로 분석되었다.

3 모듈 수업시연(지구의 끝벌실종 사건 해결의 탐

정이 되어 보자)에서는, 자기 조직화를 접목하기 위하여, 끝벌실종 사건의 영향과 지속가능한 행복의 연관성을 생각하는 기회를 제공하였고, 다양한 관점에서 해결방안을 찾는 해결일지를 작성하는 과정에서 창발 과정의 기회 제공한 것으로 분석되었다. 또한 끝벌실

중 사건의 원인과 결과를 다양한 관점에서 생각해보는 활동을 통해서 프렉탈 구조를 그려보는 경험을 갖게 한 것으로 나타났다.

마지막으로 4 모듈 수업시연(나와 우리의 기후변화)의 경우, 자신의 일상생활을 담은 브이로그를 동료들과 공유하면서, 주관적 행복과 생태적으로 책임있는 행동을 생각해보는 기회를 제공하는 과정에서 자기 조직화를 접목시킨 것으로 분석되었다. 그리고 기후변화에 대한 다양한 원인 탐색, 개인의 행동과 지속가능한 삶의 관계성을 이해하도록 하는 과정, 기후변화의 원인과 개인 및 사회에 미치는 영향을 탐색하는 과정에서 창발의 과정을 경험하는 기회 제공한 것으로 나타났다. 그러나 프렉탈을 접목하는 부분에서는 잘 드러나지 않은 것으로 분석되었다.

**라. 지속가능발전교육, 지속가능한 행복과 복잡성 이론 접목 간의 상관관계**

지속가능발전교육, 지속가능한 행복과 복잡성 이론 접목 간의 상관관계를 분석한 결과는 다음 <Table 9>와 같다.

예비과학교사들은 지속가능한 행복 요소를 많이 제공할수록 기초지식, 관점 및 시각, 가치를 효과적으로 다룰 수 있다고 생각하고 있었다. 다시 말하면, 지속가능한 행복 요소는 지속가능발전교육을 실행하는데 주요 요소로 포함된 기초지식, 관점 및 시각, 가치 측면을 수업에서 효과적으로 드러내는데 도움을 주는 것으로 분석할 수 있다.

또한 복잡성 이론의 하위요인인 자기조직화 요소는 모든 지속가능발전교육 요소와 유의미한 양의 상관관계를 나타내고 있지만, 창발 요소는 기초지식, 프렉탈

요소는 기능 및 역량과의 상관관계가 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 그리고 복잡성 이론의 자기조직화 요소 전체는 각각의 지속가능발전교육 요소와 유의미한 양의 상관관계를 나타내었다. 이는 자기조직화 요소가 지속가능발전교육 요소 모두를 효과적으로 접목하는데 효과를 줄 수 있다는 것을 보여준다. 즉, 자기조직화 요소를 접목하면 지속가능발전교육 요소 모두가 수업에서 잘 드러날 수 있음을 보여준다. 또한, 복잡성 이론의 요소가 개별적으로 적용되었을 때보다 복잡성 이론의 요소 전체를 적용하였을 때, 지속가능발전교육의 모든 요소들을 효과적으로 접목할 수 있는 것으로 분석되었다.

전체적으로 볼 때, 지속가능한 행복을 지속가능발전교육에 접목하였을 때, 지속가능발전교육의 주요 요소를 전체적으로 적용하기 위해서는 ‘기능 및 역량’, ‘환경·사회·경제·행복’ 요소를 효과적으로 드러낼 수 있는 교수학습 전략을 개발할 필요가 있다. 그리고 반대적인 측면에서 지속가능발전교육에서 기초지식, 관점 및 시각, 가치의 요소에 중점을 두거나 보완하고자 하는 교수학습 전략이 필요할 때, 지속가능한 행복 요소들을 함께 접목하면 도움이 될 것으로 생각한다.

또한 복잡성 이론의 요소들은 전체적인 지속가능발전교육과 긍정적인 상관관계를 나타내기 때문에, 복잡성 이론을 지속가능발전교육을 위한 핵심적인 교수학습 전략의 하나로 제안할 수 있다. 특히, 복잡성 이론의 하위요소 중 자기조직화 요소의 경우 지속가능발전교육의 모든 요소들과 긍정적인 관련성을 가지고 있으므로, 수업설계에서 복잡성 이론의 요소들을 모두 접목하기 어려운 상황에서는 좀 더 적극적으로 적용하면 효과적일 것으로 생각된다.

Table 9. The correlation between ESD factors, sustainable happiness, and complexity theory factors

	기초지식 접목	기능 및 역량 접목	관점 및 시각 접목	가치 접목	환경·사회· 경제·행복 접목	지속가능발전교육 전체	
지속가능한 행복 접목	.598*	.419	.721**	.849**	.264	.710**	
복잡성 이론 접목	자기조직화 접목	.730**	.507*	.583*	.624**	.554*	.742**
	창발 접목	.365	.521*	.643**	.578*	.579*	.657**
	프렉탈 접목	.541*	.397	.569*	.670**	.468	.655**
전체	.607*	.528*	.673**	.708**	.596*	.768**	

\*\* 상관계수가 0.01 수준에서 유의함(양측)

\* 상관계수가 0.05 수준에서 유의함(양측)

## 2. 예비과학교사들의 연구 참여 사전-사후 인식 변화 분석

### 가. 지속가능발전교육의 의미와 과학교육에 접목될 필요성에 대한 인식 변화

예비과학교사들이 가지고 있었던 지속가능발전교육의 의미와 과학교육에 지속가능발전교육이 접목될 필요성에 대한 인식이 연구 참여 이후에 어떻게 변화되었는지를 분석한 결과는 <Table 10>과 같다.

먼저, 지속가능발전교육의 의미에 대해서 연구참여 전에는 ‘지속가능하고 친환경적인 발전을 위한 과정과 방법에 대한 교육(42.9%), 미래사회를 살아갈 개인과 사회의 행동 양식을 배우고 실천하는 교육(28.6%)’으로 인식하고 있는 예비과학교사가 상대적으로 많았으나, 참여 이후에는 ‘미래사회를 살아갈 개인과 사회의 행동 양식을 배우고 실천하는 교육(33.3%), 환경·사회·경제의 조화를 이루면서 새로운 가치를 창출하는 교육(23.8%)’으로 생각하는 경우가 상대적으로 많은 것으로 분석되었다.

다음으로, 과학교육과 지속가능발전교육의 접목 필요성에 대한 생각으로는, 연구참여 전에는 ‘문제해결

이라는 관점에서 지속가능발전교육과 과학교육의 방식이 서로 연관되므로 접목하면 효과적(38.1%)’으로 생각하거나, ‘인간의 발전과 생존 측면에서 과학기술 발전의 역할을 다룰 수 있다는 점(33.3%)’에서 효과적인 것으로 생각하는 경우가 상대적으로 많았다. 한편 연구참여 후에는 ‘지속가능한 삶의 방식을 이해하기 위한 지속가능한 행복 개념은 과학에서도 다룰 필요(33.3%)’가 있다는 의견이 다른 의견보다 상대적으로 많았다. 또한 ‘지속가능발전교육과 과학교육이 문제해결의 측면에서(19.0%), 지구환경 내용을 포함한다는 측면에서(19.0%), 다양한 융합적인 요소를 다룬다는 측면에서(19.0%)’ 연계성을 가지고 있으므로 접목의 필요성이 있는 것으로 생각하고 있어 연구참여 이전보다는 접목의 필요성을 분산적으로 다양하게 생각하고 있는 것으로 분석되었다.

### 나. 중등과학교육에서 지속가능발전교육 접목 자신감의 변화

이 연구에서 과학수업에서 지속가능발전교육을 자신의 수업에 접목하는 것에 대한 자신감을 묻는 질문

Table 10. Changes in pre-service science teachers' perception of the meaning of ESD and the need to integrate ESD into science education

지속가능발전교육의 의미	참여 전후의 인식 변화		과학교육과 지속가능발전교육의 접목 필요성	참여 전후의 인식 변화	
	사전	사후		사전	사후
◦ 지속가능하고 친환경적인 발전을 위한 과정과 방법에 대한 교육	9 (42.9%)	3 (14.3%)	◦ 문제해결이라는 관점에서 지속가능발전교육과 과학교육의 방식이 서로 연관되므로 접목하면 효과적임	8 (38.1%)	4 (19.0%)
◦ 미래사회를 살아갈 개인과 사회의 행동 양식을 배우고 실천하는 교육	6 (28.6%)	7 (33.3%)	◦ 인간의 발전과 생존 측면에서 과학기술 발전의 역할을 다룰 수 있다는 점에서 효과적임	7 (33.3%)	1 (4.8%)
◦ 환경, 사회, 경제의 조화를 이루면서 새로운 가치를 창출하는 교육	2 (9.5%)	5 (23.8%)	◦ 과학기술의 발전이 사회에 미치는 영향을 다룰 수 있다는 점에서 필요함	4 (19.0%)	1 (4.8%)
◦ 환경을 지키고 생태계를 보전하는 교육	2 (9.5%)	3 (14.3%)	◦ 지속가능발전교육은 환경, 에너지, 생태계 등 지구환경에 대한 내용을 공통적으로 포함하고 있음	2 (9.5%)	4 (19.0%)
◦ 사회변화에 대응하고 기여하기 위한 교육	2 (9.5%)	0 (0.0%)	◦ 지속가능발전교육의 다양한 융합적인 요소를 이해하기 위해 과학과 접목하면 효과적임	0 (0.0%)	4 (19.0%)
◦ 개인의 행복과 지구적인 행복을 위해 실천 행동을 유도하는 교육	0 (0.0%)	3 (14.3%)	◦ 지속가능한 삶의 방식을 이해하기 위한 지속가능한 행복 개념은 과학에서도 다룰 필요가 있음	0 (0.0%)	7 (33.3%)
총계	21 (100%)	21 (100%)	총계	21 (100%)	21 (100%)

에 대한 예비과학교사들의 연구참여 전과 후의 인식 변화 결과는 <Table 11>에서 보는 바와같이 7점 척도 기준으로, 연구참여 전(평균 3.4점)보다 연구참여 후(평균 5.2점)에 평균 1.8점이 높아진 통계적으로 매우 유의미한 결과(p<.001)를 나타냈다. 이러한 결과로, 이 연구에서 예비과학교사들을 위한 지속가능발전교육 접목의 핵심을 지속가능한 행복과 복잡성 이론으로 적용한 것은 예비교사들의 자신감을 회복하는데 큰 도움이 된 것으로 생각된다.

**다. 연구 참여 이후의 예비과학교사의 교사 지향점의 변화**

연구 참여 전과 후의 예비과학교사들의 교사 지향점에 대한 차이를 군집네트워크 분석을 통해 파악한 것은 <Fig. 1>과 같다.

연구에 참여하기 전 예비과학교사들의 교사 지향점에 대한 사전 언어 네트워크 군집구조를 보면, G1에는 ‘이해도’, ‘내용’ 등의 단어가 포함되어 내용을 이해시키는 것을 중요하게 생각하고 있는 것으로 나타났으며, G2에는 ‘수업’, ‘지식’, ‘전달’, ‘시간’ 등의 단어가

포함되어 수업시간에 지식을 잘 전달하는 것을 교사의 지향점으로 가지고 있는 것을 알 수 있었다. G3에는 ‘학생’, ‘소통’, ‘영향’, ‘도움’, ‘긍정’ 등의 단어가 등장하여 학생들과 소통하고 긍정적인 영향을 주고, 도움을 주는 것을 교사관으로 가지고 있는 것으로 분석되었다. 전체적으로 볼 때, 과학교사는 수업시간에 학생들에게 지식을 전달하는 것이 중요하다고 생각하고 있었으며, 학생들과 소통을 하면서 긍정적인 영향을 주는 것에 관심을 가지고 있는 것으로 해석할 수 있다.

한편, 연구에 참여한 이후에 사후 교사 지향점에 대한 분석결과를 살펴보면, G1에는 ‘학생’, ‘학교’, ‘생활’, ‘소통’, ‘역량’ 등의 단어가 등장하여, 학생들이 학교에서나 일상생활에서 소통하고 역량을 함양시키는 것에 교사의 지향점을 두고 있는 것으로 나타났다. G2에는 ‘수업’, ‘구성’, ‘중심’, ‘전문’, ‘생명’ 등의 단어가 나타나 수업에서 생명과 관련된 전문적인 내용을 구성하여 다루는 것을 생각하고 있는 것으로 분석되었으며, G3에서는 ‘학습’, ‘동기’, ‘행복’, ‘중요’ 등의 단어가 등장하여 학생들에게 학습에 대한 동기 유발과 수업시간에 행복에 대해 다루는 것을 교사의 지향점에

Table 11. Changes in the perception of pre-service science teachers' confidence in integrating ESD in science classes

구분	N	사전 점수		사후 점수		표준화 검정 통계량	p
		평균	표준편차	평균	표준편차		
지속가능발전교육 접목 수업	19	3.4	1.50	5.2	0.96	3.457	0.000***

\*\*\* p<.001

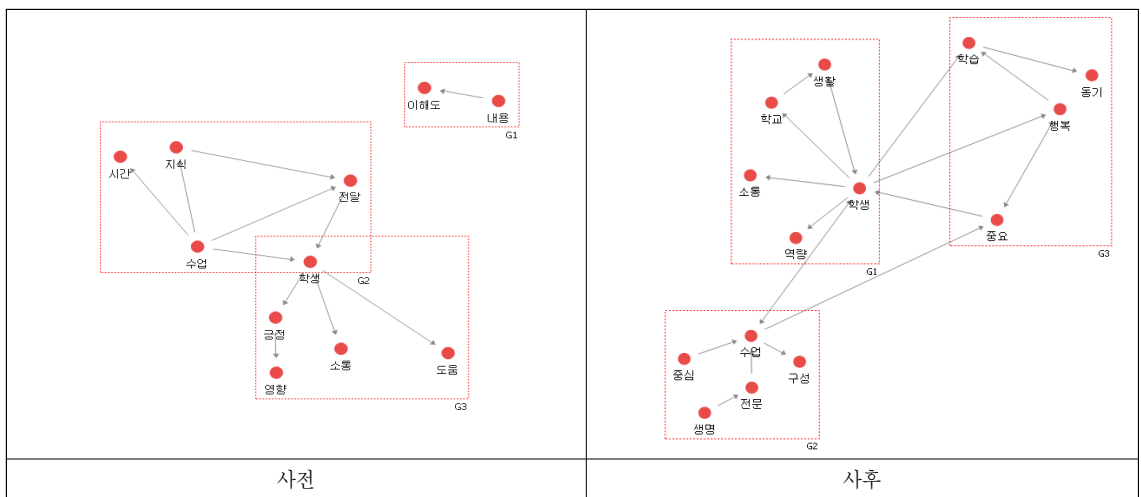


Fig. 1. Pre-post cluster network analysis of teacher orientation of pre-service science teachers (Deselect isolated nodes)

포함하고 있는 것으로 나타났다. 전체적으로 보면, 예비과학교사들은 수업을 통해 전문적인 내용을 구성하여 다루는 것뿐만 아니라, 학생들의 학습 동기를 높여 주고 학생들과 소통하고 그들의 역량을 키워주고, 학생들이 행복한 삶을 살아가는데 필요한 요소들을 중요하게 다루는 것을 중심으로 하는 교사관을 가지고 있는 것으로 분석되었다.

### 3. 예비과학교사들의 연구 참여 소감문 분석

예비과학교사들이 연구에 참여한 이후 작성한 소감문을 정성적으로 분석하였는데, 전체적으로 3가지 측면으로 구분하여 정리하면 다음과 같다.

#### 가. 통합과 융합 중심 지속가능발전교육 전문성 함양의 기회 마련

예비과학교사들은 연구에 참여하면서 그동안 이론적으로 접했던 통합과학교육 전략을 모색하는 기회를 가질 수 있었고, 지속가능한 행복 개념과 프랙탈-창발 구조를 활용하여 좀 더 확대된 융합과학교육을 위한 수업자료를 개발하는 과정을 거치면서 과학교육과 지속가능발전교육의 접목에 대한 전문성을 함양한 것으로 분석되었다. 다음은 이와 관련된 예비과학교사들의 소감문을 예시로 나타낸 것이다.

복잡성 이론과 지속가능한 행복을 과학교육에 접목하여 수업을 구성하고 수업시연을 한 것은 처음이었다. 이번 활동은 과학의 4분야뿐만 아니라 여러 학문 간의 통합을 이루어 낼 수 있는 방법은 무엇이 있을지 깊이 있게 고민해 볼 수 있는 기회를 마련해주었다. 이를 통해 복잡성 이론을 활용하여 사회적으로 중요성이 높아지는 지속가능발전과 지속가능한 행복을 학생들에게 인식시키는 교수학습 방법에 대해 이해할 수 있었다. (PST 4의 소감문)

프랙탈-창발 구조를 이용하여, 환경과 과학이라는 거시적 주제들 사이에서 각각의 공통점을 연결하고 순환구조를 형성하는 활동이 굉장히 흥미로웠다. 그리고 예비과학교사로서 수업 기술뿐만 아니라 환경윤리적 측면에서의 소양 또한 기를 수 있어서 의미있는 활동이었다. (PST 10의 소감문)

꿀벌실종사건이라는 이름으로 탐정 컨셉에 맞추어

개발하였는데 평소에 과학적 지식과 관련된 내용으로만 지도안을 짜다가 지속가능발전교육과 연관 지어 구성해보니 수업에서 더 다양한 시도를 해볼 수 있었던 것 같다. (PST 3의 소감문)

학생들에게 기후변화라는 문제를 통한 해결방안과 이와 관련하여 지속가능한 행복까지 연결지어 현세대뿐만 아니라 다음 세대까지의 행복을 어떻게 가르칠 수 있을지에 대해 수업자료를 개발하고 수업시연까지 할 수 있어서 뜻깊은 시간이었다. (PST 14의 소감문)

#### 나. 새로운 관점과 접근 방식을 바탕으로 한 지속가능발전교육의 수업전략 탐구

지속가능발전교육을 교과교육에 접목하기 위한 관점이나 접근 방식은 교수자가 설정한 교육의 목표에 따라 다양하게 이루어질 수 있다. 이 연구에서는 그동안 학교수업에서 거의 다루지 않았던 지속가능한 행복 개념과 복잡성 이론의 3가지 핵심 요소들을 적용하여 과학수업을 설계하고, 시연하는 과정을 거쳤다. 이러한 과정에서 예비과학교사들은 그동안 경험하지 못했던 새로운 관점과 접근 방식을 이해할 수 있었을 뿐만 아니라, 지속가능발전교육의 다양한 수업전략을 접할 수 있는 기회가 된 것으로 분석되었다. 이와 관련된 예비과학교사들의 소감문을 예시로 나타내면 다음과 같다.

지속가능한 발전이라는 말은 중등학교 시절에도 들어 보았던 단어라서 처음에는 그 내용의 반복이라고 생각하였다. 그러나 이번에 경험한 지속가능발전교육은 훨씬 광범위한 범위에서 다루었기 때문에 새롭게 생각할 여지가 많았던 것 같다. 이전의 일반적인 수업에서는 다루지 않았던 요소들을 적용하여 수업을 구성해본 것이 인상적이었다. (PST 6의 소감문)

이번 수업시연은 상당히 다양하고 많은 조건을 충족시켜야 하는 수업시연이었다. 지속가능한 행복, 자기조직화, 창발, 프랙탈 구조 등을 접목하고, 해당 학년의 교육과정에 맞게 사회쟁점을 다루는 수업을 설계하였다. 이번 경험을 통해, 복잡성 이론과 지속가능한 행복 개념을 수업에 녹여내는 능력뿐만 아니라, 다양한 접근 방식을 수업에 적용할 수 있는 능력을 갖추게 되었다고 생각한다. (PST 18의 소감문)

수업자료를 개발할 때 피드백 루프, 창발 등의 생소

한 학습관점을 처음 접하게 될 학습자들에게 쉽게 다가갈 수 있는 방법에 대해 많은 고민을 반복하였다. 처음의 어려움을 극복하고 지속가능발전교육 자료를 개발하는 과정에서 새로운 시도를 하게 되어 뿌듯하였다. (PST 20의 소감문)

최대한 학생 입장에서 수업을 어떻게 구성해야 학생들이 자기조직화, 창발, 시스템사고, 프랙탈 요소에 대해 학습하고 교사의 교육 의도에 따라 수업을 할 수 있을지 고민해볼 수 있는 기회였다. (PST 21의 소감문)

#### 다. 협업을 통한 예비과학교사로서의 변화와 성장의 기회 마련

예비과학교사들은 이 연구에 참여하면서, 자신의 생활을 되돌아보는 기회를 가질 수 있었고, 수많은 시행착오를 거쳐 과학교육과 지속가능발전교육을 접목하는 교수학습 전략을 탐구하는 과정을 통해 협업의 중요성을 느낄 수 있었다. 또한 지속가능발전교육의 중요성과 지속가능발전교육을 과학교육에 접목하는 것에 대한 가치를 깨닫게 되었고, 동료들과 수업전략에 대한 아이디어를 나누고 교수학습자료를 구성하는 과정을 통해 스스로 변화하고 성장하는 경험을 갖게 된 것으로 분석되었다. 이와 관련된 예비과학교사들의 소감문을 예시로 나타내면 다음과 같다.

팀원들과 함께 수업자료를 개발하고, 수업시연을 준비하고, 실행하는 모든 과정에서 많은 것을 배우고 느낄 수 있었다. 수업을 설계하고 구성해 나가는 방법을 배울 수 있었고, 함께 하나의 수업을 발전시켜 나가는 과정의 중요성과 효과성을 느낄 수 있었으며, 그 과정에서 지속가능발전교육의 중요성과 가치를 깨달을 수 있었다. 조금은 벅차고 힘이 들 때도 있었지만, 그 속에서 많은 것들을 배우며 성장할 수 있었기에 굉장히 의미 있었다는 생각이 든다. (PST 15의 소감문)

이론으로 배운 내용을 수업 시연을 통하여 실제로 가르쳐보는 경험을 할 수 있어 이번 기회에 지속가능한 발전에 대해 더 심도 있는 이해를 할 수 있었던 것 같았다. 평소엔 지속가능발전을 실천하고 있지 못하고 있는데 수업시연을 통하여 다양한 방면에서 지속가능한 행복의 중요성에 대하여 알 수 있었으며 앞으로도 지속가능발전교육을 위하여 노력할 수 있었으면 좋겠

다. (PST 5의 소감문)

한 학기 동안 하나의 프로젝트를 구체화해 나가며 활동을 진행해오며 많은 경험들을 할 수 있었다. 굉장히 많은 시행착오를 거쳐 나가면서 어떻게 내 수업을 구상하고 구체화할 수 있을지를 배우게 된 의미 있는 시간이었다. 팀플 과정 속에서 팀원들 모두와 협동하며 활동해 나가는 것의 중요성을 크게 깨닫게 된 수업이었다. (PST 16의 소감문)

꿈벌실종사건이라는 주제를 바탕으로 수업시연에 필요한 지도안 구성, 자료개발 및 전반적인 과정을 통해 지속가능발전교육의 요소를 수업에 어떻게 적용할 수 있는지를 팀원과 구성해보는 좋은 시간을 가지게 되었다. (PST 17의 소감문)

지속가능한 삶과 연계하여 학생들이 다양한 영역의 복잡한 상호관계 속에서 기후변화를 이해할 수 있도록 하는데 중점을 두고 수업을 설계하였다. 지속가능발전교육 수업자료 개발이 쉽지는 않았지만, 수업설계 과정에서 팀원들과 많은 생각과 의견을 나눌 수 있었던 의미있는 시간이었다. (PST 8의 소감문)

지속가능한 행복을 위한 수업을 설계하는 활동을 통해 피드백루프와 창발을 수업에 접목시키는 방법을 배울 수 있었다. 또 지속가능한 행복이 무엇인지에 대해 스스로도 생각하고 고민해볼 수 있는 기회가 되었다. (PST 13의 소감문)

## V. 결론 및 제언

이 연구에서는 예비과학교사들이 지속가능한 행복 개념과 복잡성 이론을 구성하고 있는 주요 요소들을 접목하여 설계한 지속가능발전교육 수업자료와 수업 시연을 분석하고, 이러한 교육실행에 참여하기 전과 후의 변화를 다각도로 분석하여, 예비과학교사들이 지속가능발전교육을 통합한 과학교육을 위한 다차원적인 교사전문성을 키우기 위한 시사점을 도출하고자 하였다.

예비과학교사들이 설계한 수업자료와 수업시연에 대한 동료평가 결과, 지속가능한 행복 접목에 대한 평균이 지속가능발전교육 전반과 복잡성 이론 접목에 대



한 평균보다 상대적으로 높게 나타났다. 특히, 수업을 진행하면서 학생들에게 사회적 맥락과 자신의 삶을 연결시키는 것, 학생들 스스로 수업의 목표를 찾아가는 것, 학습자 주도의 자기 결정을 하는 기회를 반복적으로 주는 것과 관련해서 평균이 상대적으로 낮게 나타났다. 예비과학교사들이 앞으로 지역사회 기반의 과학교육과 지속가능발전교육의 통합을 위한 교수학습 전략을 모색하는 기회를 충분히 갖는다면, 이에 대한 전문성을 함양하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

지속가능한 행복과 복잡성 이론의 요소들은 전반적으로 지속가능발전교육과 긍정적인 상관관계를 갖는 것으로 분석되어, 과학교육에 지속가능발전교육을 통합하는 수업에서 학생 개인의 주관적 행복과 생태적으로 책임있는 행동 사이의 관계성을 생각해볼 수 있는 기회를 주거나 사회 속에서 다양한 관계맺음을 이해할 수 있는 복잡성 이론을 중심으로 한 교수학습 모델이 교육 대상의 특성에 맞게 개발될 필요가 있을 것으로 생각된다.

예비과학교사들은 연구에 참여한 이후, ‘개인과 사회의 행동 양식을 배우고 실천하는 것’을 지속가능발전교육의 의미로 생각하는 경우가 눈에 띄게 늘어난 것으로 분석되었다. 그리고 과학교육과 지속가능발전교육을 접목할 필요성에 대해, 연구 참여 전에는 가지고 있지 않았던 생각이 새롭게 나타났는데, 이를 구체적으로 제시하면, ‘지속가능한 삶의 방식을 이해하기 위한 지속가능한 행복 개념’을 과학교육에서도 다룰 필요가 있다고 생각하고 있었다.

예비과학교사들이 과학수업에서 지속가능발전교육을 접목하는 자신감은 연구에 참여하기 전보다 참여 이후에 통계적으로 유의미하게 높아진 것으로 보아, 지속가능한 행복과 복잡성 이론을 적용하는 전략은 앞으로도 계속적으로 연구될 필요가 있다. 연구 참여 이후에 예비과학교사들은 수업을 통해 전문적인 내용을 구성하여 다루는 것뿐만 아니라, 학생들의 학습 동기를 높여 주고 학생들과 소통하고 그들의 역량을 키워 주고, 학생들이 행복한 삶을 살아가는데 필요한 요소들을 중요하게 다루는 것을 중심으로 하는 교사 지향점을 가지고 있는 것으로 분석되었다.

또한 예비과학교사들은 이 연구를 통하여, 통합과학교육의 한 전략으로서의 지속가능발전교육을 이해할 수 있게 되었고, 기존에 다루었던 지속가능발전교

육의 내용과 방법을 확장하여, 지속가능한 행복 개념과 복잡성 이론을 접목한 융합과학교육의 이론을 이해하고 수업을 설계하는 전문성을 키울 수 있었던 것으로 생각된다. 예비과학교사들의 통합 및 융합교육 전문성은 이론적 지식을 이해한다고 함양되기는 어렵다. 이 연구에서 시도한 전체적인 연구의 과정은 향후 예비과학교사들의 융합교육 전문성 함양을 위한 교육모델로 활용될 수 있을 것이다.

지속가능발전교육을 과학교육에 접목하기 위해서는 지속가능발전교육 관련 다양한 관점을 교수자가 의도하는 과학교육 목표와 연관지어 설정하는 노력을 하여야 한다. 이때 학교 현장에서 이루어지는 과학교육의 요소들을 다각도로 고려해야한다. 예컨대, 새로운 국가 과학교육과정, 지역교육과정, 수업대상 및 수업환경의 특성 등에 따라 좀 더 드러나는 지속가능발전교육의 관점이 있을 수 있을 것이다. 이 연구에서 예비과학교사들은 교과교육에서 새롭게 부각되는 지속가능한 행복 개념과 복잡성 이론을 적용한 수업을 다양한 요소들을 고려하여 설계하고 시연하는 경험을 함으로써, 향후 현장교사로서 갖추어야 할 개혁적인 수업 설계 역량을 갖추게 된 계기가 된 것으로 생각된다. 이러한 과정을 통해서 예비과학교사들은 과학교육에서 지속가능발전교육의 중요성과 그 가치를 깨닫게 되고, 자신의 삶에 대한 성찰을 통해 스스로 변화하고 성장하는 교사로 발전해나갈 수 있을 것이다.

## 국문요약

이 연구에서는 예비과학교사들이 지속가능한 행복 개념과 복잡성 이론을 구성하고 있는 주요 요소들을 초점으로 하여 과학교육과 지속가능발전교육을 통합한 수업자료와 수업시연을 분석하고, 이러한 교육실행에 참여하기 전과 후의 인식 변화를 다각도로 분석하였다. 이를 바탕으로 예비과학교사들이 지속가능발전교육의 다차원적인 교사전문성을 키우기 위한 시사점을 도출하고자 하였다. 주요 연구결과를 보면, 먼저 예비과학교사들이 설계한 수업자료와 수업시연에 대한 동료평가 결과, 지속가능한 행복 접목에 대한 평균이 복잡성 이론 요소들보다 상대적으로 높게 나타났다. 다음으로, 지속가능한 행복과 복잡성 이론의 요소들은

전반적으로 지속가능발전교육의 요소들과 긍정적인 상관관계를 갖는 것으로 분석되었다. 또한 예비과학교사들은 연구에 참여한 이후, 개인과 사회의 행동 양식을 배우고 실천하는 것을 지속가능발전교육의 의미로 중요하게 생각하게 된 것으로 나타났다. 그리고 과학교육과 지속가능발전교육을 접목할 필요성에 대해, 예비과학교사들은 지속가능한 삶의 방식을 이해하기 위한 지속가능한 행복 개념을 과학교육에서도 다룰 필요가 있다고 생각하였다. 한편, 지속가능한 행복과 복잡성 이론의 요소들은 전반적으로 지속가능발전교육과 긍정적인 상관관계를 갖는 것으로 분석되었다. 그리고 예비과학교사들이 과학수업에서 지속가능발전교육을 접목하는데 있어서의 자신감은 연구에 참여하기 전보다 참여 이후에 통계적으로 유의미하게 높아진 것으로 나타났다. 또한 예비과학교사들이 기존에 가졌던 과학교사에 대한 지향점으로 학생들과의 소통과 행복한 삶을 함께 생각해볼 수 있는 교사의 역할을 좀 더 생각하게 된 것으로 분석되었다. 전체적으로 예비과학교사들은 지속가능한 행복 개념과 복잡성 이론의 요소를 접목한 과학교육과 지속가능발전교육의 통합이라는 새로운 교수학습 전략의 관점을 실제 수업시연에 적용해봄으로써, 좀 더 다차원적인 과학교사 전문성을 갖추게 된 것으로 생각된다.

주제어: 예비과학교사, 교육실행, 지속가능발전교육, 지속가능한 행복, 복잡성 이론

## References

교육부(2022). 2022 개정 교육과정, 초·중등학교 교육과정 총론(국민참여소통채널 탑재본). 교육부.

김찬국, 이선경, 김남수, 주형선, 장미정, 권혜선(2012). 우리나라 초·중등학교에서의 지속가능발전교육 교사 인식과 실천 사례. *환경교육*, 25(3), 358-373.

배재학(2015). 교육에서 복잡성 이론의 함의. *교육철학*, 55, 23-51.

서용선(2012). *혁신교육 존 듀이에게 묻다*. 서울: 살림터.

손연아, 남상준, 김영순, 방담이, 서미숙, 이영희, 이인숙, 김강석, 최소영, 남윤희, 김병주, 이동엽, 이경미, 정소민, 조수진, 박인범, 권혜인, 신혜영, 서강선, 한희

경, 이태규, 김병연, 김영준, 김용남, 이은주, 윤길복(2014). 2014년 지속가능발전교육(ESD) 사회문제 해결형 수업모델 개발연구 연구개발과제 최종보고서. 교육부·한국과학창의재단.

손연아(2016). 사회적 책임을 접목하기 위한 과학교육의 구조 및 지속가능발전교육과의 통합교육 전략 제안. *교육문화연구*, 22(6), 279-312.

유네스코한국위원회(2012). *지속가능발전교육 길잡이*. 유네스코한국위원회.

이요바(2021). 복잡성 이론이 학습자 중심 교육과정에 주는 의미: 세 가지 개념을 중심으로. *학습자중심교과교육연구*, 21(10), 663-683.

이재영, 김문옥, 남미자, 박복선, 손연아, 안재정, 정대수, 윤상혁, 정용주, 최유진(2021). *미래 사회 변화에 대비한 국가 수준 환경교육표준 시안 개발 연구*. 환경부.

허영주(2012). 복잡계 패러다임의 교육과정 결정과정 연구의 적용가능성 탐색. *교육종합연구*, 10(1), 43-65.

Brown, K. W., & Kasser, T. (2005). Are psychological and ecological well-being compatible? The role of values, mindfulness, and lifestyle. *Social Indicators Research*, 74, 349-368. doi:10.1007/s11205-004-8207-8

Collins, S., & Clarke, A. (2008). Activity frames and complexity thinking: Honoring both public and personal agendas in an emergent curriculum. *Teaching and Teacher Education*, 24(4), 1003-1014.

Davis, B. (2004). *Inventions of teaching: A genealogy*. 심임섭 역 (2014). *구성주의를 넘어선 복잡성 교육과 생태주의 교육의 계보학*. 서울: 씨아이알.

Davis, B., Sumara, D. J., & Luce-Kapler (2015). *Engaging Mind: Cultures of Education and Practices of Teaching*. 한승희, 강영숙, 양은아, 이현경, 정혜령 역(2021). *표준화 교육에서 복잡성 교육으로: 지식, 학습, 교수의 진화사*. 경기도 파주: 교육과학사.

Davis, B., Sumara, D. J., & Luce-Kapler, R. (2008). *Engaging mind: Changing teaching in complex times*. 한승희, 양은아 역(2017). *마음과 학습*. 경기도 파주: 교육과학사.

De Young, R. (2000). Expanding and evaluating motives for environmentally responsible behavior. *Journal of Social Issues*, 56(3), 509-526.

Goldstein, J. (1999). Emergence as a construct: History and

- issues. *Emergence*, 1(1), 49-72.
- Gough, S., & Scott, W. (2006). Education and sustainable development: A political analysis. *Educational Review*, 58(3), 273-290.
- Jickling, B., & Sterling, S. (2017). *Post-sustainability and environmental education*. London: The Palgrave Macmillan.
- Kasser, T., & Ryan, R. M. (1996). Further examining the American dream: Differential correlates of intrinsic and extrinsic goals. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 22(3), 280-287.
- Kasser, T., & Sheldon, K. M. (2002). What Makes for a Merry Christmas? *Journal of Happiness Studies: An Interdisciplinary Forum on Subjective Well-Being*, 3(4), 313-329.
- Kiraly, D. (2012). Growing a project-based translation pedagogy: A fractal perspective. *Meta*, 57(1), 82-95.
- Lehtonen, A., Salonen, A. O., & Cantell, H. (2019). Sustainability, human well-being, & the future of education. In J. W. Cook (Ed.), *Climate change education: A new approach for a world of wicked problems* (pp. 339-373). Switzerland: The Palgrave Macmillan.
- McKeown, R. (2002). *Education for sustainable development toolkit*. Version 2, Energy, Environment and Resources Center, University of Tennessee.
- Mikulecky, D. C. (2001). The emergence of complexity: Science coming of age or science growing old? *Computers & Chemistry*, 25(4), 341-348.
- Murry, P., Goodhew, J., & Murry, S. (2014). The heart of ESD: Personally engaging learners with sustainability. *Environmental Education Research*, 20(5), 718-734.
- Myers, D. G., & Diener, E. (1995). Who is happy? *Psychological Science*, 6(1), 10-19.
- Noddings, N. (2003). *Happiness and education*. Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511499920
- O'Brien, C. (2008). Sustainable happiness: How happiness studies can contribute to a more sustainable future. *Canadian Psychology*, 49(4), 289-295.
- O'Brien, C. (2010). Sustainability, happiness and education. *Journal of Sustainability Education*, 1. <http://journalofsustainabilityeducation.org>
- O'Brien, C. (2022). *Sustainable Happiness and Education for Sustainable Development (ESD)*. 2022 The Global Innovation Conference (Happiness, Sustainability, and Transforming Education for All), Institute of Integrated Science Education of Dankook University.
- Oe, H., Yamaoka, Y., & Ochiai, H. A. (2022). Qualitative assessment of community learning initiatives for environmental awareness and behaviour change: Applying UNESCO Education for Sustainable Development (ESD) framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3528. doi:10.3390/ijerph19063528
- OECD. (2018). *The future of education and skills: The OECD education 2030 project*. OECD.
- Richins, M. L., & Dawson, S. (1992). A consumer values orientation for materialism and its measurement: Scale development and validation. *Journal of Consumer Research*, 19(3), 303-316.
- Sheldon, K. M., & McGregor, H. A. (2000). Extrinsic value orientation and "the tragedy of the commons". *Journal of Personality*, 68(2), 383-411.
- Sterling, S. (2004). Higher education, sustainability and the role of systemic learning. In P. B. Corcoran, & A. E. J. Wals (Eds.), *Higher education and the challenge of sustainability: Problematics, promise and practice* (pp. 49-70). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Sund, P. (2013). Experienced ESD-schoolteachers' teaching-an issue of complexity. *Environmental Education Research*. doi:10.1080/13504622.2013.862614
- UN. (2018). *Sustainable development goals*. Retrieved from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
- UNESCO. (2005). *United nations decade of education for sustainable development 2005~2014. Draft International Implementation Scheme*. UNESCO.
- UNESCO. (2010). *Reorienting teacher education to address sustainable development: Guidelines and tools*.
- UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO.
- Worton, S. N. (1990). Review notes and study guide to the major works of John Dewey. 김병길 역(1990). *존 듀이의 철학과 그의 주춧돌*. 서울: 양서원.