

중, 고등학교 과학 및 사회 교육과정에 제시된 탄소중립교육 내용 분석

박종호*

*진주교육대학교(교수)

Analysis of the Content of Carbon Neutrality Education Presented in Middle and High School Science and Social Studies Curriculum

Jong-Ho PARK†

†Chinju National University of Education(professor)

Abstract

This study analyzed the content of carbon neutrality education in the science and social studies curricula of middle and high schools. Through the analysis, it was confirmed that the curriculum contains some content related to carbon neutrality. Specifically, the science curriculum predominantly addresses responses to climate change, while the social studies curriculum focuses on the impacts of climate change. However, there was a highlighted need for both the science and social studies curricula to comprehensively and evenly incorporate content on the causes and effects of climate change. Furthermore, the study confirmed a strong linkage between the carbon neutrality learning elements in middle school and those in high school. The significance of this research lies in its analysis of the current status and necessities of carbon neutrality education in the curriculum, proposing effective strategies for its implementation.

Key words : Carbon neutrality education, Science curriculum, Social studies curriculum, Middle school, High school

I. 서론

산업화와 화석연료의 남용으로 인한 대량의 이산화탄소와 그 밖의 온실가스 배출은 지구의 평균 기온 상승을 촉진시켜, 해수면 상승, 이상 기후, 식량과 물 자원의 부족 등 다양한 환경 및 사회적 문제를 초래하고 있다. 이에 지구의 온난화와 그로 인한 기후 변화 문제를 해결하기 위한 핵심 전략 중 하나로 탄소중립에 대한 중요성이 대두되고 있다(Kim et al., 2022). 탄소중립은 이산화탄소의 배출을 최소화하고, 불가피하게 발생하는 이산화탄소의 배출량을 흡수하여 실질적인

이산화탄소의 배출량을 '0'으로 만드는 것을 의미한다(Chen et al., 2022). 이를 달성하기 위해서는 재생에너지 사용을 비롯한 에너지 구조의 변화와 탄소저거기술 개발이 필요하다. 더불어, 탄소중립에 대한 이해와 실천을 위한 교육적 실행이 필요하다(Kong and Wang, 2022). 탄소중립교육을 통해 학생들은 탄소배출의 원인과 그로 인한 영향, 그리고 이를 해결하기 위한 전략에 대해 이해할 수 있게 된다.

기후 위기 대응 교육의 일환으로 탄소중립교육의 중요성은 점점 커지고 있으며(Baumber et al., 2019), 이에 따라 탄소중립에 대한 인식조사 및

탄소중립교육 방안과 관련된 여러 연구들이 수행되었다. 그 중, Moor and Derry(2014)는 이산화탄소 배출량 모니터링과 계산 방법을 중심으로 한 교육 프로그램을 제안하였고, Murley et al.(2017)는 탄소중립학교의 현장실습교육이 예비교사들에게 긍정적인 영향을 주었다고 보고하였다. Lim et al.(2022)은 초등학생들의 탄소중립에 대한 인식이 상대적으로 낮음을 보고하여 학교에서의 탄소중립 교육의 중요성을 강조하였다. 한편, Kang(2022)은 초등학생들이 가지고 있는 탄소중립에 대한 전형적인 인식을 조사하고, 이를 바탕으로 이산화탄소 감축에 대한 내용 뿐만아니라 이산화탄소 흡수와 관련된 내용을 포함하여 탄소중립교육이 이루어질 필요가 있다고 주장하였다. 더불어, 일상생활에서의 다양한 예시를 통해 학생들의 탄소중립에 대한 이해를 확장시키는 것이 중요하다고 강조하였다. 이어서 Kang(2023)는 탄소중립교육에 대한 초등교사들의 인식과 실행을 조사하여 탄소중립교육의 효과적인 실행을 위해서는 교육과정 및 교과서에 명확한 지침과 교수학습 자료 제공이 필요하다고 하였다.

학교에서 이루어지는 환경 관련 교육은 교과시간을 활용한 경우가 가장 많으며(Lee et al., 2001), 과학 교과와 사회 교과에 환경 관련 주제가 많이 포함되어 있다(Shin, Jeon and Shin, 2020). 이처럼 환경 관련 주제가 과학 및 사회 교과에 많이 포함되어 있는 이유는 과학 교과가 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결할 수 있는 과학적 소양을 기르기 위한 교과이며(Ministry of Education, 2015a), 사회 교과는 사회현상을 정확하게 인식하고, 민주 시민으로서의 자질을 갖추도록 하는 교과이기 때문이다(Ministry of Education, 2015b). 즉, 탄소중립은 기후 변화 문제라는 사회적 문제를 해결하기 위한 핵심 전략이며, 탄소중립교육은 탄소중립의 개념, 중요성, 그리고 실현 방법에 대한 이해 및 실천을 목적으로 하고 있기에 과학 및 사회 교과와 밀접한 관련이 있다고 할 수 있다.

일례로, 중학교 과학과 교육과정에는 이산화탄소의 증가와 지구온난화에 관한 내용이 일부 포함되어 있으며(Lim et al., 2022), 이는 기후 변화의 원인으로, 탄소중립과 직접적인 관련 내용에 해당된다.

한편, 실제적인 교수학습활동에서 교사들은 성취기준을 참고하여 교육적 상황에 맞게 교육과정을 재구성하여 실행하게 된다. 교육과정 재구성은 국가 수준의 교육과정을 교육적 상황과 맥락에 맞게 구현하는 의도적이고 해석적인 활동이다(Kang and Bang, 2012). 그러나 무엇을 가르치고 배워야 하는지에 대한 성취기준에 대한 이해가 전제될 때 교육과정 재구성도 가능하다(Kim and Choi, 2022). 이러한 맥락에서 탄소중립교육을 실행하기 위해서는 과학 및 사회 교육과정에 제시된 성취기준을 중심으로 탄소중립교육 내용에 대한 분석이 선행될 필요가 있다. 또한, 학습 내용의 연계성 측면에서 학교급 간 제시된 탄소중립교육 내용이 계속적으로 제시되는지 살펴보는 것은 탄소중립교육의 지속적인 실행을 위한 교수학습설계에도 도움을 줄 수 있을 것이다.

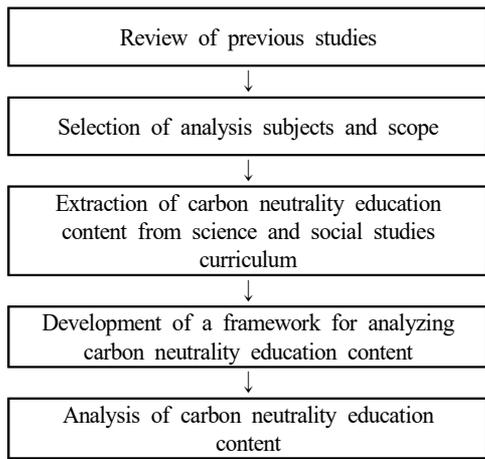
이에 본 연구는 중, 고등학교 과학 및 사회 교육과정 분석을 통해 성취기준에 포함된 탄소중립교육 내용을 알아보고, 탄소중립교육 내용이 중, 고등학교 과학 및 사회 교육과정에 지속적으로 제시되고 있는지 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 절차

중, 고등학교의 과학 및 사회 교육과정에 제시된 탄소중립교육 내용을 분석하기 위한 연구 절차는 [Fig. 1]과 같다. 먼저, 기후 변화와 탄소중립 관련 선행연구 고찰을 통해 탄소중립교육 내용의 분석 범위를 선정하였다. 이를 바탕으로 중, 고등학교의 과학 및 사회 교육과정에서 탄소중립교육 내용과 관련된 성취기준과 학습 요소를 추

출하였고, 그 성격에 따라 기후 변화의 원인, 영향, 대응 영역으로 범주화하였다. 구체적인 분석들은 Lee and Lee(2014), Shin et al.(2020)의 연구를 참고하여 개발하였고, 탄소중립 및 환경교육 관련 연구를 수행한 교육학 박사 2인과 협의 과정을 통해 탄소중립교육 내용 분석틀을 수정·보완하였다. 마지막으로 최종 개발한 분석틀을 이용하여 과학 및 사회 교육과정에 제시된 탄소중립교육 내용의 빈도를 교과 및 영역별로 산출하였다.



[Fig. 1] Research procedure.

2. 연구 대상

이 연구에서는 2015. 과학과 교육과정(Ministry of Education, 2015a)과 사회과 교육과정(Ministry of Education, 2015b)에서 중학교의 공통교육과정과 고등학교 선택중심교육과정에 제시된 탄소중립 관련 교육내용을 분석하였다.

교육과정에서 ‘성취기준’은 학생들이 교과를 통해 배워야 할 내용과 이를 통해 수업 후 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 능력을 결합하여 나타낸 수업 활동의 기준이고, ‘학습 요소’는 성취기준에서 학생들이 배워야 할 학습 내용을 핵심어로 제시한 것이다(Gu, 2022). 이에 각각의 교과 교육과정에 제시된 ‘성취기준’과 ‘학습 요소’를 대상으로 탄소중립교육 내용을 분석하였다.

3. 자료 분석 방법

과학 및 사회 교육과정에 제시된 탄소중립교육 내용 분석을 위한 분석틀은 <Table 1>과 같다. Lee and Lee(2014)의 저탄소 교육프로그램과 교과 내용과의 관련성 분석틀을 참고하여 탄소중립교육 내용을 기후 변화 원인, 기후 변화 영향, 기후 변화 대응의 3가지 영역으로 나누었다. 그리고 Shin et al.(2020)의 기후 변화 교육 내용 분석틀을 참고하여 각각의 영역에 포함되는 탄소중립 관련 내용을 구성하였다. 기후 변화 원인 영역에는 이산화탄소의 발생과 성질, 온실 효과에 대한 내용을 포함하였으며, 기후 변화 영향으로 생태계 변화, 인간 생활과 지구 환경 변화에 대한 내용을 포함하였다. 기후 변화 대응 영역에는 기후 변화 대응의 필요성과 대응 방법에 대한 내용을 포함하였다. 이때, 대응 방법은 이산화탄소 발생의 감소 방안과 이산화탄소 흡수량 증가 방안과 관련된 직, 간접적인 내용을 모두 포함하였다.

<Table 1> Carbon neutrality education content analysis framework

Domain	Carbon neutrality education content
Causes of climate change	<ul style="list-style-type: none"> The formation of carbon dioxide and the properties of carbon dioxide The greenhouse effect
Impacts of climate change	<ul style="list-style-type: none"> Ecosystem change Human life, global environmental change
Addressing climate change	<ul style="list-style-type: none"> The need to address climate change How to address climate change

먼저, 과학 및 사회 교육과정에 제시된 성취기준 중 탄소중립교육 내용과 관련된 부분을 추출하였다. <Table 1>의 분석틀에 따라 성취기준이 탄소중립교육 내용에 해당되는 지 확인한 후, 이를 교과서를 통해 한번 더 확인함으로써 분석의 타당도를 높이고자 하였다. 교과서는 구체화된 교육과정의 내용을 살펴볼 수 있는 자료로서 성

취기준과 탄소중립교육 내용과의 관련성을 확인할 수 있으므로 교육과정 분석 시, 참고자료로 활용하였다.

또한, 탄소중립 및 환경교육 전문가의 검토 과정을 통해 분석의 타당성을 확보하고자 하였다. 예컨대, 과학과 교육과정에 제시된 성취기준 ‘[9-03-01] 생물의 다양성을 이해하고, 변이의 관점에서 환경과 생물다양성의 관계를 설명할 수 있다.’가 탄소중립교육과 관련있는 지 검토하였다. 생물다양성(Biodiversity)은 환경과 변이에 의해 생물이 다양하게 나타남을 의미한다(Lee and Sung, 2021). 전문가의 검토 결과, 성취기준에 제시된 생물다양성에 대한 내용이 생태학적 균형 및 지속 가능성을 위해 광범위한 생물체와 그 서식지를 유지하는 것이 중요함을 강조하고 있기 때문에 기후 변화 영향 및 대응과 관련 있음을 확인하였다.

이러한 과정을 통해 과학 및 사회 교육과정에서 추출한 탄소중립교육 관련 성취기준을 대상으로 기후 변화의 원인, 영향, 대응과 관련된 내용의 출현 빈도를 산출하였다. 추가적으로 교육과정에 포함된 탄소중립교육 내용의 포함 정도가 교과별로 차이가 있는지 알아보기 위해 Fisher의 정확 검정(Fisher's exact test)을 실시하였다. 표본 크기가 작고 예상 빈도가 5% 미만인 데이터가 존재함에 따라 pearson 카이제곱 검정이 아닌 Fisher의 정확 검정(Fisher's exact test)을 실시하였다.

유기적으로 연결되도록 교육내용을 구성하는 것은 학생들의 지속적인 발달에 도움을 줄 수 있다(Kim et al., 2021). 이에 본 연구는 ‘연계성’의 의미를 내용이 반복되거나 지속되는 정도인 ‘계속성’에 초점을 두고(Choi, 2020), 중학교에 제시된 탄소중립교육 관련 내용이 고등학교에도 제시되어 있는지 살펴보고자 하였다. 이를 위해 과학 및 사회 교육과정에 제시된 학습 요소를 모두 추출하고 하나의 공통된 키워드로 수렴하여 정리하였다. 그리고 학교급 간에 유사하게 제시되고 있

는 학습 요소를 확인하고, 이들의 대응 관계를 선으로 연결하여 탄소중립교육 관련 내용이 어떻게 연계되어 있는지 확인하였다.

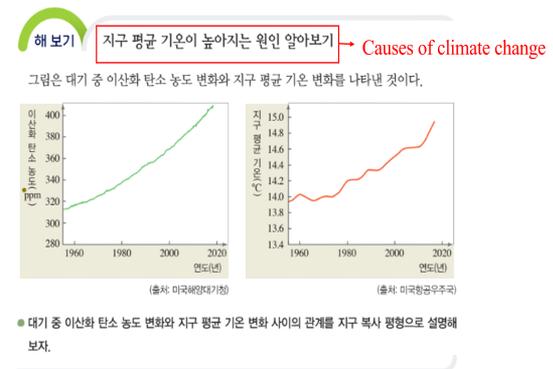
III. 연구 결과

1. 과학 및 사회 교육과정에 제시된 탄소중립교육 내용

중, 고등학교 과학 및 사회 교육과정에서 탄소중립교육 내용과 관련된 성취기준을 분석 결과는 <Table 2>와 같다(Appendix 1, Appendix 2 참조).

중, 고등학교 과학 및 사회 교육과정에 나타난 성취기준 중 탄소중립교육을 실행할 수 있는 성취기준은 35개가 포함되어 있었다. 이중 과학과 교육과정에 포함된 탄소중립교육 내용이 23개로 사회 교육과정에 비해 많이 포함되어 있었다.

3학년 과학 ‘2. 기권과 날씨’ 단원의 성취기준과 3학년 사회 ‘10. 환경문제와 지속가능한 환경’ 단원의 성취기준은 탄소중립과 관련된 지구온난화에 대한 직접적인 내용이 포함되어 있었다. 예컨대, ‘2. 기권과 날씨’ 단원의 성취기준인 ‘[9-18-01] 기권의 층상 구조를 이해하고, 온실 효과와 지구 온난화를 복사 평형의 관점으로 설명할 수 있다’는 [Fig. 2]와 같이 탄소중립과 직접적으로 관련된 내용을 제시하고 있다.



[Fig. 2] Part of a middle school science textbook (Lim et al., 2022)

<Table 2> Science and social studies curriculum performance standards for carbon neutrality education

No	Unit title [Performance standards number]	
	Science	Social Studies
1	3. Biodiversity[9-03-01]	5. Natural disasters around the world [9-05-01]
2	3. Biodiversity[9-03-03]	5. Natural disasters around the world [9-05-02]
3	4. Plants & energy [9-11-01]	5. Natural disasters around the world [9-05-03]
4	8. Heat and our lives [9-15-01]	6. Competition and conflict for resources [9-06-03]
5	9. Disasters and safety [9-16-01]	10. Environmental issues and sustainability[9-10-01]
6	9. Disasters and safety [9-16-02]	10. Environmental issues and sustainability[9-10-02]
7	2. Abstentions and weather [9-18-01]	10. Environmental issues and sustainability[9-10-03]
8	3. Motion & energy [9-19-03]	2. Nature & humans[10-02-01]
9	6. Energy transition and conservation [9-12-01]	2. Nature & humans[10-02-02]
10	6. Energy transition and conservation [9-12-02]	2. Nature & humans[10-02-03]
11	6. Energy transition and conservation [9-12-03]	9. Future and sustainable living [10-09-02]
12	8. Technology and human civilization[9-24-01]	9. Future and sustainable living [10-09-03]
13	4. Earth system[10-04-02]	
14	7. Biodiversity & maintenance [10-07-03]	
15	8. Ecosystems & environments [10-08-01]	
16	8. Ecosystems & environments [10-08-02]	
17	8. Ecosystems & environments [10-08-03]	
18	8. Ecosystems & environments [10-08-04]	
19	9. Power generation & renewable energy[10-09-01]	
20	9. Power generation & renewable energy[10-09-02]	
21	9. Power generation & renewable energy[10-09-03]	
22	9. Power generation & renewable energy[10-09-04]	
23	9. Power generation & renewable energy[10-09-05]	

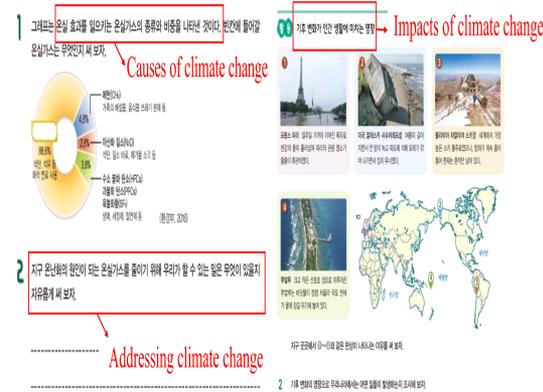
[Fig. 2]에 나타난 탄소중립 내용은 대기 중 이산화탄소 농도 변화와 지구 평균 기온 변화의 관계를 살펴보고, 이를 ‘기후 변화의 원인’과 관련지어 지구온난화 현상을 이해할 수 있도록 제시되어 있다.

또한, ‘10. 환경 문제와 지속가능한 환경’ 단원의 성취기준인 ‘[9-10-01] 전 지구적인 차원에서 발생하는 기후 변화의 원인과 그에 따른 지역 변화를 조사하고, 이를 해결하기 위한 지역적·국제적 노력을 평가한다’는 [Fig. 3]과 같이 탄소중립 교육 내용 중 ‘기후 변화의 원인’, ‘기후 변화의

영향’, ‘기후 변화의 대응’ 3가지 모두가 포함되어 있음을 확인할 수 있었다.

<Table 3>은 탄소중립교육 내용을 기후 변화 원인, 기후 변화 영향, 기후 변화 대응의 3가지 영역으로 분석한 결과이다. 탄소중립교육 내용을 세부적으로 살펴보았을 때, 과학과 교육과정은 기후 변화 대응과 관련된 내용이 18개(78.3%)로 가장 많이 포함되어 있었고, 기후 변화 영향과 기후 변화의 원인이 각각 7개(30.4%), 6개(26.1%)가 포함되어 있었다. 사회과 교육과정은 탄소중립교육과 관련된 12개의 성취기준에서 모두 기후

변화 영향과 관련된 내용이 포함되어 있었다. 그 외, 기후 변화 대응과 기후 변화의 원인은 각각 7개(58.3%), 2개(16.7%)가 포함되어 있었다.



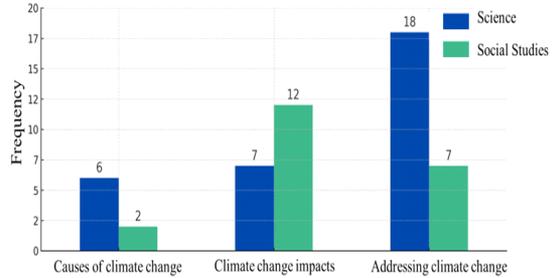
[Fig. 3] Part of a middle school social studies textbook(Choi et al., 2022)

<Table 3> Analysis of the details of carbon neutrality education in science and social studies curriculum

Subject	Frequency of carbon neutrality education content(percentage)		
	Causes of climate change	Impacts of climate change	Addressing climate change
Science (n=23)	6 (26.1%)	7 (30.4%)	18 (78.3%)
Social Studies (n=12)	2 (16.7%)	12 (100.0%)	7 (58.3%)
Fisher's exact test	.429	.000*	.198

(* $p < .05$)

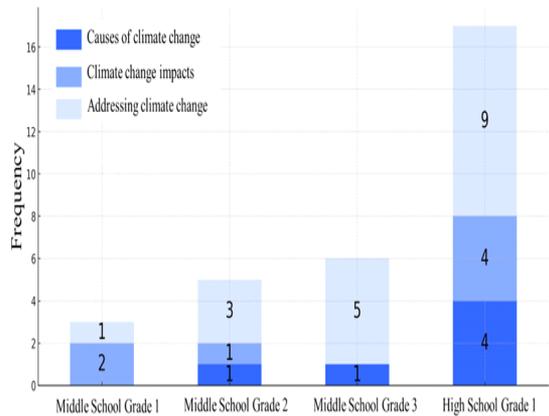
과학과 교육과정에 포함된 탄소중립교육 내용은 사회과 교육과정에 비해 기후 변화 대응과 기후 변화 원인에 대한 내용이 더 많이 포함되어 있었다([Fig. 4]참조). 반면, 사회과 교육과정은 기후 변화 영향과 관련된 내용이 과학과 교육과정에 비해 많이 포함되어 있었다.



[Fig. 4] Frequency of carbon neutrality education content in science and social studies curriculum.

교육과정에 포함된 탄소중립교육 내용의 포함 정도가 교과별로 차이가 있는지 교차 분석을 실시한 결과, 기후 변화의 영향과 관련된 내용만 fisher의 정확검정 $p=.000$ 으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

과학과 교육과정에서 학년에 따른 탄소중립교육 내용의 빈도를 분석한 결과는 [Fig. 5]와 같다.

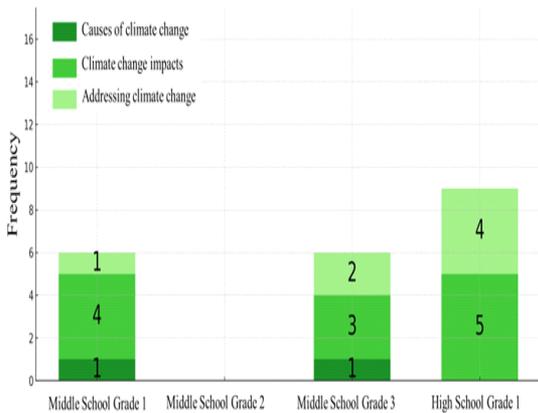


[Fig. 5] Frequency of carbon neutrality education content by grade level (science curriculum).

과학과 교육과정에서는 중학교 1학년부터 고등학교 1학년까지 탄소중립교육 관련 내용이 지속적으로 제시되고 있었다. 중학교 1학년 과학에서는 기후 변화의 원인과 영향, 중학교 2학년 과학

에서는 기후 변화의 원인과 영향, 기후 변화의 대응과 관련된 내용이 제시되어 있었다. 그리고 중학교 3학년 과학에서는 기후 변화의 대응과 관련된 내용이 많이 포함되어 있으며 고등학교 1학년 과학에는 기후 변화의 원인과 영향, 기후 변화의 대응과 관련된 내용이 선행 학년에 비해 다소 많이 제시되고 있었다.

사회과 교육과정에서 학년에 따른 탄소중립교육 내용의 빈도를 분석한 결과는 [Fig. 6]과 같다.



[Fig. 6] Frequency of carbon neutrality education content by grade level (social studies curriculum).

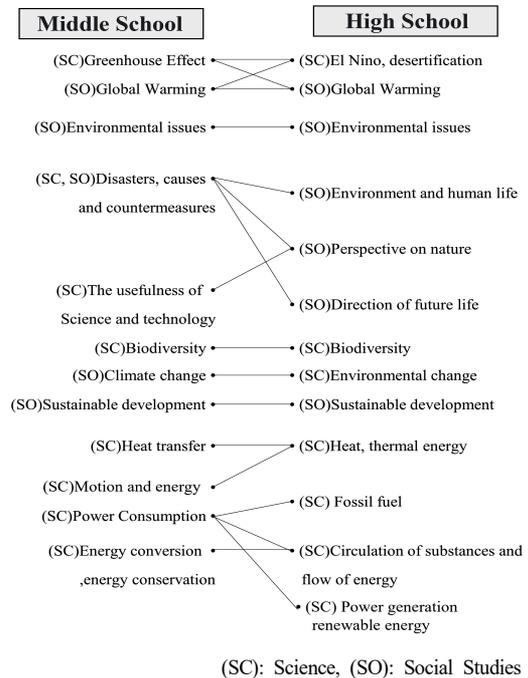
사회과 교육과정에서는 중학교 1학년과 중학교 3학년 사회에서 각각 6개의 탄소중립교육 내용이 제시되어 있었다. 고등학교 1학년 사회에서 기후 변화의 영향, 기후 변화의 대응과 관련된 내용이 제시되어 있었다.

2. 중, 고등학교 과학 및 사회 교육과정에 포함된 탄소중립교육 내용 요소의 연계성

중, 고등학교 과학 및 사회 교육과정에 포함된 탄소중립교육 내용 요소의 연계성 분석 결과는 [Fig. 7]과 같다. [Fig. 7]에 제시된 내용 요소는 교육과정에 제시된 학습 요소의 키워드를 정리하고 이를 선으로 연결하여 표시한 것이다.

중학교와 고등학교에 유사한 학습 요소가 그대

로 제시되는 내용 요소는 온실효과, 지구온난화, 환경 문제, 생물다양성, 기후 및 환경 변화, 지속가능발전으로 나타났다. 자연재해의 원인과 대응방안에 대한 내용은 중학교 과학과 사회 교과에서 제시되어 있었다. 이 내용은 고등학교 사회에서 자연환경과 인간 생활, 자연관, 미래 삶의 방향에 대한 내용으로 연계되어 있었다.



[Fig. 7] Linkage of carbon neutrality education content in middle and high school science and social studies curriculum.

에너지와 관련된 내용은 중학교와 고등학교 과학에서 지속적으로 다루어지고 있었다. 중학교에서는 열의 이동과 운동에 대한 에너지 내용을 다루며, 이는 고등학교 과학에서 열과 에너지의 주제로 연계되어 있었다. 또한, 중학교에서 소개된 소비 전력과 에너지 내용은 고등학교에서 화석연료, 발전, 그리고 신재생에너지 주제와 연결되어 있었다. 중학교에서의 에너지의 전환과 보존은 고등학교 과학에서 물질의 순환과 에너지의 흐름

과 관련된 내용으로 발전되어 다루어지고 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 중, 고등학교 과학 및 사회 교육과정에 제시된 탄소중립교육 내용을 분석하였다. 연구 결과를 토대로 도출한 결론과 시사점은 다음과 같다.

첫째, 과학 및 사회 교육과정에 제시된 성취기준을 분석한 결과, 탄소중립과 관련된 내용을 추출하여 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 기후 변화와 관련된 문제가 과학 교과와 사회 교과에서 다루는 주제 중 하나이며, 과학적 소양 및 민주시민의 자질 함양을 목표로 하고 있는 과학 및 사회 교과와 관련 있기 때문이라 판단된다. 특히, 과학과 교육과정에서는 기후 변화 원인 및 대응에 대한 내용이 주요하게 다루어지고 있으며, 사회과 교육과정에서는 기후 변화의 영향에 중점을 둔 내용이 비중있게 제시되고 있었다. 따라서 각 교과에서 주안점을 두고 있는 탄소중립내용을 파악하고, 기후 변화 원인 및 영향, 대응에 대한 전반적인 내용이 균형있게 포함되도록 교육과정을 재구성할 수 있을 것이다.

둘째, 과학 교육과정의 성취기준에서 탄소중립과 관련된 내용이 가장 많이 제시된 단원은 ‘6. 에너지 전환과 보존’, ‘2. 기권과 날씨’ 단원이었다. 이 중 특히, 주목할 점은 과학과의 ‘2. 기권과 날씨’ 단원에서 이산화탄소의 발생과 지구온난화와 관련된 직접적인 내용이 제시되고 있으며, 동시에 동일한 학년인 3학년 사회 교과에서도 ‘10. 환경 문제와 지속가능한 환경’ 단원에서 기후 변화의 원인과 영향에 대한 내용이 제시되어 있다는 점이다. 이러한 결과는 과학과 사회 교과간 통합 재구성을 위한 구체적인 참고자료가 될 수 있다. 교육과정 재구성 유형 중 교과간 통합은 단원 내용의 특성을 고려하여 다른 교과의 내용과 통합함으로써 수업의 효율성과 효과성을 높일

수 있다(Kang and Bang, 2012). 이러한 맥락에서 지구온난화와 관련된 내용이 제시된 중학교 3학년 과학과 사회 교과를 통합하여 탄소중립교육을 집중적으로 실행할 수 있을 것이다.

셋째, 학년별로 탄소중립교육 내용을 분석한 결과, 과학과 교육과정은 중학교 1학년부터 고등학교 1학년까지 탄소중립교육 내용이 꾸준히 제시되고 있었다. 반면, 사회과 교육과정에서는 특정 학년에서만 탄소중립교육 내용이 제시되고 있었다. 따라서 탄소중립교육을 단일 교과에서 집중적으로 다룰 경우, 탄소중립 관련 내용이 학년에 따라 지속적으로 제시되고 있는 과학 교과의 성취기준을 참고하여 탄소중립교육을 실행할 수도 있을 것이다.

넷째, 탄소중립교육 내용의 연계성 측면에서 중, 고등학교 교육과정을 분석한 결과, ‘온실효과’, ‘지구온난화’, ‘환경 문제’, ‘생물다양성’, ‘기후 및 환경 변화’, ‘지속가능발전’에 대한 내용이 중학교와 고등학교에 모두 포함되어 유기적으로 연계되어 있었다. 특히, ‘지속가능발전’에 대한 내용은 2022 개정 과학과 교육과정에서 강조하고 있는 내용 중 하나이다. 2022 개정 과학과 교육과정은 ‘과학과 사회’ 영역을 신설하고 지속가능한 발전이나 에너지 절약 등을 중요하게 다루고 있다(Ministry of Education, 2022). 이러한 맥락에서 2015 교육과정에 제시된 지속가능발전에 대한 내용은 차기 교육과정과 연계되어 지속적으로 다루어지는 핵심 내용임을 확인할 수 있다. 다만, 본 연구에서는 내용이 반복되거나 지속되는 정도인 ‘계속성’의 측면에서(Choi, 2020) 탄소중립교육 내용의 연계성을 분석하였기에 ‘계열성’의 측면에서 탄소중립교육 내용의 수준과 폭에 대한 것을 확인하기 어렵다. 그러나 계속성의 관점에서 중, 고등학교에서 탄소중립교육을 지속적으로 실행하기 위한 기반이 마련되어 있음을 확인할 수 있으며, 이를 통해 추후 탄소중립교육 내용의 수준과 폭을 고려해볼 수 있을 것이다.

탄소중립교육을 체계적으로 실시하기 위해서

는 기후 변화의 원인, 영향, 대응 방안을 통합적으로 다루는 것이 중요하다. 이를 위해 성취기준을 중심으로 교육과정 문서를 해석하여 교육과정을 재구성하는 작업들이 선행될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서 제시하고 있는 탄소중립교육 관련 성취기준은 과학 및 사회 교과에서 탄소중립교육을 실행하기 위한 교육과정 재구성의 참고 자료로 활용될 수 있을 것이다.

국가 교육과정을 기반으로 개발된 교과서는 예시적 형태의 교수학습자료에 해당된다. 그러나 교과서는 주요 교수학습 자료로서 활용되며, 실제 현장에서 교사들의 교과서에 대한 의존도는 높은 편이다(Sung and Park, 2019). 따라서 추후 연구를 통해 탄소중립과 관련된 내용이 교과서에 어떠한 방식으로 구현되어 있는지 살펴보는 것도 의미있을 것이다.

References

- Baumber A, Luetz JM and Metternicht G(2019). Carbon neutral education: Reducing carbon footprint and expanding carbon brainprint. *Quality Education*, 1~13.
- Chen L, Msigwa G, Yang M, Osman A. Fawzy S, Rooney D and Yap P(2022). Strategies to achieve a carbon neutral society: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20, 2277~2310.
<https://doi.org/10.1007/s10311-022-01435-8>
- Choi HY(2020). A study on linkage analysis of the scientific education contents in the 2019 revised nuri curriculum and elementary school integrated curriculum: Focused on science concept. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20(16), 341~363.
<https://doi.org/10.22251/jlcci.2020.20.16.341>
- Choi SK, Choi WH, Kang CS, Park SJ, Chi BC, Jo IH, Kwon TD, Lee SY, Jo CM, Jo SB, Kim SH, Kang BK, Jung MJ and Kim YJ(2022). Middle school social studies 2 textbook. Visang education Press, Seoul, 178~181.
- Gu WH(2022). Exploring ways to organize the content system of the 2022 curriculum based on the 2015 curriculum content system analysis. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 22(17), 845~870.
<https://doi.org/10.22251/jlcci.2022.22.17.845>
- Im TH, Beak JM, Nam KY, Kang TW, Kang DH, Lee BY, Jang HS, Hwang IS, Kim MK, Lee YC, Ko HD and Shin MY(2022). Middle school science 3 textbook. Visang education Press, Seoul, 61.
- Kang EJ(2022). Analysis of elementary students' perceptions on carbon neutrality. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 12(3), 201~209.
<https://doi.org/10.22368/ksecce.2022.12.3.201>
- Kang EJ(2023). Analyzing elementary school teachers' perceptions of carbon neutrality education and their experiences in implementing carbon neutrality education in science subjects. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 43(5), 469~481.
<https://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.5.469>
- Kang HS and Bang KY(2012). Preliminary research for factor of obstructing curriculum reconstruction. *The Journal of the Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education*. 24(1), 123~135. UCI(KEPA) : I410-ECN-0101-2013-529-001547414
- Kim DS, Lee BH and Huh I(2022). A study on domestic and international climate crisis response legislation trends for 'Carbon Neutral 2050'. *Hannam Journal of Law & Technology*, 28(1), 95~137.
<https://doi.org/10.32430/ilst.2022.28.1.95>
- Kim JH, Kang EJ and Park JH(2021). Analysis of the continuity between science education contents presented in kindergarten and elementary school curriculum. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 40(3), 295~310.
<https://doi.org/10.15267/keses.2021.40.3.295>
- Kim MJ and Choi JY(2022). Teachers' understanding and lesson planning based on two different statement forms of curriculum achievement standards for elementary social studies. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 26(2), 111~129.
<https://doi.org/10.24231/rici.2022.26.2.111>
- Kong F and Wang Y(2022). How to understand carbon neutrality in the context of climate change?

- With special reference to China. *Sustainable Environment*, 8(1), 2062824.
<https://doi.org/10.1080/27658511.2022.2062824>
- Lee HJ and Sung KJ(2021). Analysis of local biodiversity strategies and action plan (LBSAP) in inland and marin regons using keyword network analysis. *The Journal of the Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education*. 33(2), 465~473.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2021.4.33.2.465>
- Lee SW and Lee YJ(2014). Development of a low carbon education program for upper elementary school students. *Journal of Korean Practical Arts Education*, 27(1), 135~157.
UCI : G704-000635.2014.27.1.004
- Lim SM, Lee KH and Kim SW(2022). What should science education prepare for 'carbon neutrality'? *Brain, Digital, & Learning*, 12, 97~117.
<https://doi.org/10.31216/BDL.20220007>
- Ministry of Education(2015a). National science curriculum No. 2015-74(Appendix 9).
- Ministry of Education(2015b). National social studies curriculum No. 2015-74(Appendix 7).
- Ministry of Education(2022). National science curriculum No. 2022-33(Appendix 9).
- Moore A and Derry L(2014). Geo ethics from the ground up: A carbon-neutral education. In *AGU Fall Meeting Abstracts* (Vol. 2014, pp. ED31C-3446).
- Murley L, Gandy S and Huss J(2017). Teacher candidates research, teach, and learn in the nation's first net zero school, *The Journal of Environmental Education*, 48, 121~129.
<https://doi.org/10.1080/00958964.2016.1141747>
- Shin WS, Jeon YR and Shin DH(2020). Analysis of climate change education content in the 2015 revised primary and secondary curriculum. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 10(2), 121~129.
<https://doi.org/10.22368/ksecce.2020.10.2.121>
- Sung AA and Park JS(2019). Analysis on the alignment between elementary science curriculum and teacher's guidebooks' lesson learning objectives and textbook questions: In 2015 grade 3 · 4 science curriculum. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 23(3), 241~250.
<https://doi.org/10.24231/rici.2019.23.3.241>
-
- Received : 27 November, 2023
 - Revised : 21 December, 2023
 - Accepted : 29 December, 2023

Next page <Appendix 1>, <Appendix 2>

박 종 호

<Appendix 1> 과학과 교육과정의 성취기준(Ministry of Education, 2015a)에 포함된 탄소중립교육 내용

No	과학과 교육과정 성취기준	탄소중립교육 내용		
		기후 변화 원인	기후 변화 영향	기후 변화 대응
1	[9-03-01] 생물의 다양성을 이해하고, 변이의 관점에서 환경과 생물다양성의 관계를 설명할 수 있다.		√	
2	[9-03-03] 생물다양성 보전의 필요성을 이해하고, 생물다양성 유지를 위한 활동 사례를 조사하여 발표할 수 있다.		√	√
3	[9-11-01] 식물이 생명 활동에 필요한 에너지를 얻기 위해 양분을 만드는 광합성 과정을 이해하고, 광합성에 영향을 미치는 요인을 설명할 수 있다.			√
4	[9-15-01] 물체의 온도 차이를 구성 입자의 운동 모형으로 이해하고, 열의 이동 방법과 냉난방 기구의 효율적 사용에 대하여 조사하고 토의할 수 있다.			√
5	[9-16-01] 재해·재난 사례와 관련된 자료를 조사하고, 그 원인과 피해에 대해 과학적으로 분석할 수 있다.	√	√	
6	[9-16-02] 과학적 원리를 이용하여 재해·재난에 대한 대처 방안을 세울 수 있다.			√
7	[9-18-01] 기권의 층상 구조를 이해하고, 온실 효과와 지구 온난화를 복사 평형의 관점으로 설명할 수 있다.	√		
8	[9-19-03] 일의 의미를 알고, 자유 낙하하는 물체의 운동에서 중력이 한 일을 위치 에너지와 운동 에너지로 표현할 수 있다.			√
9	[9-12-01] 위로 던져 올린 물체와 자유 낙하 물체의 운동에서 위치 에너지와 운동 에너지의 변화를 역학적 에너지 전환과 역학적 에너지 보존으로 예측할 수 있다.			√
10	[9-12-02] 자석의 운동에 의해 전류가 발생하는 현상을 관찰하고, 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환됨을 설명할 수 있다.			√
11	[9-12-03] 가정에서 전기 에너지가 다양한 형태의 에너지로 전환되는 예를 들고, 이를 소비 전력과 관련지어 설명할 수 있다.			√
12	[9-24-01] 과학기술과 인류 문명의 관계를 이해하고 과학의 유용성에 대해 설명할 수 있다.			√
13	[10-04-02] 다양한 자연 현상이 지구 시스템 내부의 물질의 순환과 에너지의 흐름의 결과임을 기권과 수권의 상호 작용을 사례로 논증할 수 있다.		√	
14	[10-07-03] 생물다양성을 유전적 다양성, 종 다양성, 생태계 다양성으로 이해하고, 생물다양성 보전 방안을 토의할 수 있다.			√
15	[10-08-01] 인간을 포함한 생태계의 구성 요소와 더불어 생물과 환경의 상호 관계를 이해하고, 인류의 생존을 위해 생태계를 보전할 필요성이 있음을 추론할 수 있다.	√	√	√
16	[10-08-02] 먹이 관계와 생태 피라미드를 중심으로 생태계 평형이 유지되는 과정을 이해하고, 환경 변화가 생태계에 영향을 미치는 다양한 사례를 조사하고 토의할 수 있다.	√	√	
17	[10-08-03] 엘니뇨, 사막화 등과 같은 현상이 지구 환경과 인간 생활에 미치는 영향을 분석하고, 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 다양한 노력을 찾아 토론할 수 있다.	√	√	√
18	[10-08-04] 에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며, 특히 화석 연료의 사용 과정에서 버려지는 열에너지로 인해 열에너지 이용의 효율이 낮아진다는 것을 알고, 이 효율을 높이는 것이 사회적으로 어떤 의미가 있는지를 설명할 수 있다.	√		√

중, 고등학교 과학 및 사회 교육과정에 제시된 탄소중립교육 내용 분석

19	[10-09-01] 화석 연료, 핵에너지 등을 가정이나 산업에서 사용하는 전기 에너지로 전환하는 과정을 분석할 수 있다.	√
20	[10-09-02] 발전소에서 가정 및 사업장까지의 원거리 전력 수송 과정에 대해 이해하고, 전력의 효율적이고 안전한 수송 방안을 도의할 수 있다.	√
21	[10-09-03] 태양에서 수소 핵융합 반응을 통해 질량 일부가 에너지로 바뀌고, 그 중 일부가 지구에서 에너지 순환을 일으키고 다양한 에너지로 전환되는 과정을 추론할 수 있다.	√
22	[10-09-04] 핵발전, 태양광 발전, 풍력 발전의 장단점과 개선방안을 기후변화로 인한 지구 환경 문제 해결의 관점에서 평가할 수 있다.	√
23	[10-09-05] 인류 문명의 지속가능한 발전을 위한 신재생 에너지 기술 개발의 필요성과 파력 발전, 조력 발전, 연료 전지 등을 정성적으로 이해하고, 에너지 문제를 해결하기 위한 현대 과학의 노력과 산물을 예시할 수 있다.	√

<Appendix 2> 사회과 교육과정의 성취기준(Ministry of Education, 2015b)에 포함된 탄소중립교육 내용

No	사회과 교육과정 성취기준	탄소중립교육 내용		
		기후 변화 원인	기후 변화 영향	기후 변화 대응
1	[9-05-01] 자연재해가 빈번히 발생하는 지역을 조사하고, 그 이유를 설명한다.	√	√	
2	[9-05-02] 자연재해가 지역 주민의 삶에 미친 영향을 사례를 중심으로 탐구한다.		√	
3	[9-05-03] 자연재해로 인한 피해가 증가하거나 감소한 지역을 비교하여, 자연재해로 인한 피해를 줄일 수 있는 방안을 모색한다.		√	√
4	[9-06-03] 지속가능한 자원의 개발 사례를 조사하고, 그것의 긍정적·부정적 효과를 평가한다.		√	
5	[9-10-01] 전 지구적인 차원에서 발생하는 기후 변화의 원인과 그에 따른 지역 변화를 조사하고, 이를 해결하기 위한 지역적국제적 노력을 평가한다.	√	√	√
6	[9-10-02] 환경 문제를 유발하는 산업이 다른 국가로 이전한 사례를 조사하고, 해당 지역 환경에 미친 영향을 분석한다.		√	
7	[9-10-03] 생활 속의 환경 이슈를 둘러싼 다양한 의견을 비교하고, 환경 이슈에 대한 자신의 의견을 제시한다.		√	√
8	[10-02-01] 자연환경이 인간의 생활에 미치는 영향에 관한 과거와 현재의 사례를 조사하여 분석하고, 안전하고 쾌적한 환경 속에서 살아갈 시민의 권리에 대해 파악한다.		√	
9	[10-02-02] 자연에 대한 인간의 다양한 관점을 사례를 통해 설명하고, 인간과 자연의 바람직한 관계에 대해 제안한다.		√	√
10	[10-02-03] 환경 문제 해결을 위한 정부, 시민사회, 기업 등의 다양한 노력을 조사하고, 개인적 차원의 실천 방안을 모색한다.		√	√
11	[10-09-02] 지구적 차원에서 사용 가능한 자원의 분포와 소비 실태를 파악하고, 지속가능한 발전을 위한 개인적 노력과 제도적 방안을 탐구한다.		√	√
12	[10-09-03] 미래 지구촌의 모습을 다양한 측면에서 예측하고, 이를 바탕으로 자신의 미래 삶의 방향을 설정한다.		√	√