creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

교육학석사 학위논문

시스템 사고 적용 기후변화 수업이 초등학생에게 미치는 영향

The Effect of Systems Thinking Applied to Climate Change Teaching on Elementary School Students

2020년 1월

서울대학교 대학원

협동과정 환경교육 전공

조 진 희

국문초록

기후변화 문제가 사회의 중대한 문제로 대두되면서 다양한 기후변화 교육이 실시되어 왔지만, 복잡한 기후변화 시스템을 이해하는데 유용한 시스템사고를 적용한 기후변화 교육의 개발이 부족한 것이 사실이다. 따라서 본 연구는 시스템 사고 적용 기후변화 수업을 설계해 보고, 그 효과를 검증하여, 앞으로 기후변화 교육 분야에서 시스템 사고의 활용 가능성과 그 의미를 논의하기 위하여 수행되었다.

이를 위해 연구자는 시스템 사고 도구로 아이스버그 모델을 선택하고 이를 기후변화 수업에 적용하였다. 수업 후 학습자의 기후변화 현상에 대한 시스템적 인식의 변화와 기후변화 지식·기능·정의 영역의 변화를 측정하였다.

시스템사고 적용 기후변화 수업은 초등학교 6학년 실험 집단 55명, 비교 집단 53명을 총 108명을 대상으로 실시되었다. 실험 이후 수집한 데이터를 분석한 결과는 다음과 같다. 시스템 사고 적용 기후변화 수업은 기후변화 현상의 시스템적 인식에 긍정적인 영향을 미친다. 또한 시스템 사고 적용 기후변화 수업은 기후변화 기능 영역에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 시스템 사고 적용 기후변화 수업은 기후변화 지식 영역과 정의적 영역 변화에 유의미한 영향을 미치지 않았다.

본 연구를 통해 시스템 사고가 기후변화 교육의 효과를 높이기 위한 하나의 방법이 될 수 있음이 증명되었다. 그리고 복잡계의 형태를 지닌 환경 문제, 사회 문제에 아이스버그 모델을 활용할 수 있음을 알 수 있으며, 또한 본 연구를 통해 초등학생을 대상으로 한 기후변화교육에 있어서 시스템사고를 활용하는 것이 충분한 교육적 가치가 있음을 알 수 있다.

주요어 : 시스템사고, 기후변화 수업, 아이스버그 모델

학 번 : 2018-20017

목 차

제 1 장 서론 ····· 1

제 1 절 연구 필요성 및 목적 ····· 1

제 2 절 연구 문제 ····· 5

제 2 장 이론적 배경 ····· 6

제 1 절 복잡계 ····· 6

제 2 절 시스템 사고 ····· 10

제 3 절 아이스버그 모델 ····· 14

제 3 장 연구방법 ····· 19

제 1 절 연구 방법 ····· 19

1. 연구 절차 ····· 19

2. 실험 설계 ····· 20

3. 연구 대상 ····· 22

제 2 절 측정 도구 및 결과 처리 ····· 23

1. 시스템사고 측정 도구 ····· 23

2. 기후변화 지식·기능·정의 측정도구 ····· 25

3. 결과 처리 ····· 31

제 4 장 수업의 실제 ····· 32

제 1 절 수업 목표 및 내용 선정 ····· 32

제 2 절 수업 방법 선정 및 내용 조직 ····· 35

제 3 절 시스템 사고 적용 수업의 실행 ····· 38

제 5 장 연구 결과 ····· 47
제 1 절 집단 동질성 검사 ····· 47
제 2 절 기후변화 현상의 시스템적 인식에 미치는 영향 49
제 3 절 기후변화 지식·기능·정의 영역에 미치는 영향 ·· 50
제 4 절 논의 ····· 53

제 6 장 결론 ····· 57
제 1 절 연구의 요약 및 결론 ····· 57
제 2 절 연구의 한계 및 제언 ····· 60

참고문헌 ····· 62
부록 ····· 70
Abstract ····· 81

표 목 차

[표 1] 아이스버그 모델 ····· 16
[표 2] 아이스버그 모델에서 활용 가능한 시스템 사고 도구 ····· 17
[표 3] 연구 절차 ····· 19
[표 4] 기후변화 지식 영역 검사 문항 구성 ····· 25
[표 5] 기후변화 기능 영역 검사지 내용 정의 ····· 27
[표 6] 기후변화 기능 영역 검사 문항 구성 ····· 27
[표 7] 기후변화 정의 영역 검사지 내용 정의 ····· 29
[표 8] 기후변화 정의 영역 검사 문항 구성 ····· 29
[표 9] 기후변화 지식·기능·정의 영역 신뢰도 ····· 30
[표 10] 기후변화 교육 내용 체계 및 내용 요소 ····· 33
[표 11] 수업 주제 및 목표와 내용 요소 ····· 34
[표 12] 시스템 사고 적용 기후변화 수업 절차 및 활동 ··· 37
[표 13] 시스템 사고 사전 검사 결과 ····· 38
[표 14] 기후변화 지식·기능·정의 영역 사전 검사 결과 ··· 39
[표 15] 시스템 사고 사후 검사 결과 ····· 40
[표 16] 기후변화 지식 영역 사후 검사 결과 ····· 41
[표 17] 기후변화 기능 영역 사후 검사 결과 ····· 42
[표 18] 기후변화 정의 영역 사후 검사 결과 ····· 42

그 림 목 차

[그림 1] 실험 설계 ····· 20
[그림 2] 지구온난화 과정 인과지도 그리기 ····· 39
[그림 3] 지구온난화 과정 인과지도 그리기 ····· 39
[그림 4] 아이스버그 모델 - Patterns/Trends ····· 41
[그림 5] 아이스버그 모델 - Systemic Structure 단계 ···· 42
[그림 6] 아이스버그 모델 - Systemic Structure 단계 ···· 43
[그림 7] 아이스버그 모델 - Systemic Structure 단계 ···· 44

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

2015년 12월 12일 기후변화당사국총회(COP21)에서는 교토의정서의 뒤를 잇는 신(新)기후체제로 '파리협정'을 채택하였다. 파리협정은 지구 평균기온 상승을 산업화 이전과 대비하여 2℃보다 상당히 낮은 수준으로 유지하는 것으로 하고 1.5℃ 이내로 제한하는 것을 목표로 제시하고 있다.(박시원, 2016). 또한 이러한 목표 달성을 위해 당사국들이 '국가별 기여공약(NDC)'을 정하여 5년 마다 상향된 온실가스 감축목표를 제출하고 이에 대한 국제적 이행점검을 실시하도록 규정하고 있으며, 결국 기후변화의 위협에 대한 국제적 대응을 강화하는 것을 기본목적으로 하고 있다(김상만, 2016). 이것은 결국 지구의 여러 국가와 그 구성원들의 자발적인 협력을 필요로 하며, 그러한 만큼 기후변화 문제는 지금 시대가 당면하고 있는 중대하고 시급한 문제이다.

이러한 기후변화 문제 해결을 위해 정치, 경제, 사회 등 각 분야의 노력이 요구되고 있으며 교육도 그 중 하나의 주체가 될 수 있다. 학교에서의 기후변화 교육은 중등의 경우, 선택 교과인 환경 과목을 통하여(교육부, 2015b), 초등의 경우, 일반 교과 내에 범교과 주제 학습을 통해 이루어지도록 되어 있다(교육부, 2015c). 이러한 체제에도 불구하고, 전국 중·고등학교의 경우 선택 교과로서 환경 과목이 선택되는 비율은 2006년도 20.19%에서 2015년 9.36%로 지속적으로 감소하는 경향을 보여(서은정, 2016) 중등학교에서 기후변화 교육을 체계적으로 실행할 기회는 줄어들고 있다. 또한 초등의 경우, 환경 교육을 접근하는 방식이 범교과 주제학습을 통해 일반 교과 내에서 교육하도록 되어, 기후변화만을 위한 체계적 학습이 이루어지기에는 역부족이다. 따라서 기후변화 교육 기회를 늘리기 위한 제도적 보완과 동시에, 기후변화 교육의 효과를 높이는

방안에 대한 노력이 함께 필요하다. 교육의 효과성을 높이기 위해서는 교육 방법적 측면에서의 새로운 시도가 하나의 방법이 될 수 있으며, 실제로 교육 설계 시 적절한 교수-학습 방법은 무엇이 되어야 하는가는 중요한 논의 대상이다. 이러한 맥락에서 수업에 어떠한 방법을 적용하느냐의 문제에 있어서 교육 내용적 특성을 반영하는 것은 교육적 효과성을 높이는데 기여할 수 있다. 따라서 기후변화 교육의 효과를 높이기 위해서는 교육 내용인 기후변화의 특성을 고려한 교육 방법이 요구된다고 할 수 있겠다.

교육 내용이 되는 기후변화 현상은 불확실성과 복잡성을 특징으로 한다. 지구에서 발생하는 자연 현상 중 하나인 기후는 하나의 요인에 의한 단순한 법칙이 아닌, 지구 시스템의 하위 계들의 상호작용을 통해 복잡한 과정 속에서 이루어진 결과이며(이효녕 외, 2011). 더 나아가 이러한 복잡한 시스템에 산업화로 인한 인간 활동 영향 요소가 포함되면서 기후변화 시스템은 더욱 예측하고 관리하기 힘든 시스템이 되었다. 즉, 기후변화를 일으키는 인간의 활동과 자연적인 과정의 결합은 매우 복잡한 과정을 통해 일어나며, 사회· 경제적, 생물학적, 생태 시스템 간에 광범위한 상호작용이 일어나 엄청난 불확실성의 대상이 되는 결과를 만들어 낸다(Quiggin, 2007). 따라서 이러한 시스템에서 발생하는 문제를 잘 다루기 위해서는 무엇보다 우선, 그 시스템의 구조와 움직임을 정확히 인식할 수 있어야 할 것이다. 이렇게 복잡한 대상을 시스템적으로 인식하기 위해서는 그러한 이해를 돕는 무엇인가가 필요하며, 시스템 사고가 하나의 역할을 할 수 있다.

시스템 사고는 이미 정치학, 사회학 분야에서 적용되어 중요한 정책 결정에 큰 역할을 해오고 있으며, 이제는 교육 전반적인 곳에서 적용되고 있다. 특히 이승준(2017)은 환경을 인식함에 있어서 전일주의적 관점에서의 접근을 토대로 생태계와 사회·경제계의 구조, 그리고 그들 사이의 상호작용의 이해가 중요하다는 점을 들며, 환경 교육에서의 시스템적 접근과 시스템 사고의 필요성을 주장하였다.

환경교육 뿐만 아니라, 기후변화교육 측면에서도 시스템사고는 논의되

고 있다. 우정애·남영숙(2012)은 NWF(National Wildlife Federation; NWF, 2009)와 NBCCH(New Brunswick Climate Change Hub; NBCCH, 2002)의 기후변화 교육의 지침을 토대로 정리한 기후변화 교육의 방향 중 일부로, 기후변화 교육의 지구시스템 과학적인 통합적 접근이 필요함을 제시하였다. Roychoudhury et al.(2017)은 기후변화 교육 이후에도 여전히 많은 학생들이 기후변화에 대하여 다양한 요소의 상호작용과 함께 변화하는 복잡한 시스템으로 이해하기 보다는 몇 가지 요소의 선형적 관계로 파악하고 있다는 것을 밝히며 기후변화 교육 시 시스템 사고가 고려되어야 한다고 하였다.

이제까지 기후변화 교육은 다양한 방식으로 시도되어 왔다(황수정, 2009; 이성희, 2012;. 오소라·이상원, 2013; Dewarers et al., 2014). 이 연구들은 각각 독서프로그램, STEAM 교육, 탄소발자국 개념 적용, 프로젝트 기반 교육 모델을 통해 기후변화 교육을 시도하였다. 그러나 위에서 언급한 기후변화의 시스템적 특성을 고려한 시스템 사고를 적용한 기후변화 교육의 시도는 드물다. 시스템 사고에 기반한 STEAM교육 프로그램이 기후변화 학습을 주제로 개발되었으나 이는 기후변화 교육이 중심이 아니라 STEAM교육의 효과성을 목적으로 개발된 수업이다(조규동·김형범, 2017). 또한 고등학생의 시스템 사고 향상을 위한 교육프로그램이 지구온난화를 중심으로 연구되었으나 이는 지구온난화교육이 목적이라기보다는 지구시스템 인식과 시스템 사고 사이의 관계에 관련된 연구이다(이효녕 외, 2011). 기후변화 교육의 목적은 궁극적으로 기후변화 문제의 해결이다. 우리에게 당면한 기후변화문제를 해결하기 위해서, 사회 구성원들에게 기후변화 지식·기능·정의적 영역의 능력 함양이 필요하다. 즉 시스템 사고를 적용한 기후변화 교육 또한 학습자의 기후변화 지식·기능·정의적 영역의 능력 함양을 이끌어 낼 수 있어야 한다는 것이다.

따라서 이제까지 살펴보았듯이 기후변화가 다양한 요소가 복잡하게 얽히며 작용하는 복잡한 시스템이라는 점, 그리고 시스템 사고는 복잡계의 특징을 지닌 기후변화 시스템의 구조와 작동을 이해할 수 있도록 도

와준다는 점, 기후변화 교육에 있어서 시스템적 접근이 필요하다는 선행 연구, 그럼에도 불구하고 시스템 사고를 적용하고 기후변화 교육이 추구하는 궁극적 목표를 위한 기후변화 교육에 대한 연구가 부족하다는 점을 바탕으로, 본 연구의 필요성을 찾을 수 있겠다.

문제를 해결하기 위해서는 문제의 대상을 정확하게 파악하는 것이 필요하다. 복잡계의 특성을 지닌 기후변화 문제를 잘 해결하기 위해서는 기후변화 현상의 시스템적 인식이 선행되어야 할 것이다. 더불어 기후변화 문제 해결을 돕는 기후변화 지식·기능·정의의 함양 또한 요구된다. 이러한 필요성을 바탕으로 본 연구에서는 기후변화 현상의 시스템적 인식을 도울 수 있는 시스템 사고 도구로써, Senge(2012)에서 소개된 시스템 사고 도구 중 하나인 아이스버그 모델을 선택하고, 이를 기후변화 수업에 적용한 후 그 영향을 살펴보고자 한다.

제 2 절 연구 문제

본 연구의 목적을 달성하기 위해 아래와 같은 연구 문제를 설정하였다.

첫째, 시스템사고 적용 기후변화 수업이 초등학생의 기후변화 현상의 시스템적 인식에 미치는 영향은 어떠한가?

둘째, 시스템사고를 적용한 기후변화 수업이 초등학생의 기후변화 지식, 기능, 정의적 영역에 미치는 영향은 어떠한가?

제 2장 이론적 배경

제 1 절 복잡계

1. 복잡계

복잡계(complex system)는 수많은 구성요소들이 독립적으로 존재하지 않고 비선형적 상호작용을 통해 새로운 현상과 질서가 나타나는 계를 의미한다(윤영수·채승병, 2005; 김남조, 2011). 단순계가 소수의 변수나 인자들이 선형적인 인과 관계에 의해 작동하며 원인에 따른 결과가 예측 가능한 계임에 반해, 복잡계는 자연이나 사회를 구성하는 계의 구성 요소들이 상호작용하며 서로 변화시킴으로서 계 자체가 새롭게 창발되는 특징을 지녀 미래 변화의 예측이 어렵다(Davis, 2004; 심임섭·고진호, 2015; 오준영·손연아, 2018). 이런 복잡계는 비선형성, 창발성, 피드백 고리, 열린계, 적응, 비환원성, 자기조직화 등의 특징을 지니며 이를 살펴보면 아래와 같다.(윤영수·채승병, 2005; 김종욱, 2011).

첫째, 복잡계는 비선형적이다. 특정 활동이 하나 이상의 결과를 만들어 내며 그들이 부분들의 합 이상의 결과를 창출할 때 계가 비선형성을 지니고 있다고 말할 수 있으며, 이것이 복잡계의 비선형성이다(김문조, 2003). 부분의 값을 모두 더하면 전체의 값이 나오는 선형성과는 다르게 비선형 상호작용은 거의 언제나 합산이나 평균에 의해 예측하는 것보다 복잡한 집합적 행동을 나타낸다(윤영수·채승병, 2005). 이러한 특성으로 인해 복잡계에서는 초기 조건의 미세한 차이가 시스템 전체에 영향을 끼쳐 예상할 수 없는 결과를 가져올 수 있으므로 그 예측이 힘들다(권준·엄준용, 2012).

둘째, 복잡계는 창발적이다. 복잡계를 구성하는 많은 구성요소들은

독립적으로 존재하지 않고 다양한 상호작용을 주고받는데, 그 결과 복잡계에는 구성요소의 개별적 특성과는 다른 새로운 현상과 질서가 나타나게 되며, 이러한 새로운 질서의 출현을 창발이라고 한다(윤영수·채승병, 2005). 따라서 복잡계의 총체적 특성은 개별 구성요소로부터 예측할 수 없고 여러 구성요소의 상호작용을 통해 발생한다(Hmelo-silver and Azevedo, 2009).

셋째, 복잡계 구성요소들의 상호작용은 흔히 피드백 고리를 형성한다. 피드백은 동역학의 비선형적인 특징 중 하나로, 어떤 입력(원인)으로부터 나온 출력(결과)이 다시 입력(원인)으로 들어가는 것이다(윤영수·채승병, 2005). 양의 피드백은 시스템의 변화와 같은 방향성을 가진 작용으로 변화를 주도하는 되먹임이며 시스템의 변화를 증폭시켜 불안을 야기하며, 음의 피드백은 시스템의 변화와 반대 방향성을 가진 작용으로 변화를 가져와 시스템을 진정시키기도 한다(권준·엄준용, 2012). 복잡계에서 피드백을 나타내는 추상적 방법은 인과관계 그래프를 통해 가능한데, 선형적 인과 화살표는 피드백이 없음을, 루프가 형성된 인과 화살표는 피드백을 나타낸다(Ladyman et al., 2013).

넷째, 복잡계의 구성요소는 또 다른 복잡계이며, 서로 영향을 주는 데 그치지 않고 스스로 환경을 변화시키며 끊임없이 적응해 나간다(윤영수·채승병, 2005). 예를 들어 단순계인 시계 시스템에서 부품은 다른 부품과 상호작용을 통해 스스로를 조정하거나 변경하지 않으며, 시스템의 한 부분이 고장 나면 적응하지 못한다. 반면 복잡계는 적응력이 있어, 행위자가 무작위 확률로 정보를 찾은 후 그것을 자신의 목적을 위해 잘 활용하도록 하는 탐색과 활용이 결합된 프로세스를 통해 변화에 적응해 나간다(Rates et al., 2016).

다섯째, 시스템은 자기조직화적 특성이 있으며, 이는 비평형상태에서 외부의 의도적 간섭 없이 새로운 질서를 만드는 것을 의미한다. 시스템 안에서 발생한 작은 변화가 피드백 구조에 의해 증폭되면 공간과 시간에 패턴을 만들고, 비평형 상태에서 새로운 질서를 가져다 줄 경로를 창출하는 방식으로 새로운 질서를 만들 수 있다(Sterman, 2003). 이 때 시스

템 역학은 내부 구조에서 자발적으로 발생하며, 자연계와 사회 경제의 질서는 위로부터 만들어진 하향의 질서가 아니라, 아래에서부터 자발적으로 조직된 상향의 질서이다(윤영수·채승병, 2005; Sterman, 2003).

2. 기후변화 현상의 특성

(1) 복잡성과 총체성

기후 시스템은 여러 구성요소와 그들의 상호작용으로 자체 시스템을 변화·유지하는 복잡계이다. 구름 물리학, 지표 물리학, 생물학적 작용, 대기 복사, 대기 역학, 해양 역학 등 여러 구성요소가 상호작용을 하며 끊임없이 움직인다. 또한 이러한 끊임없는 상호작용을 통해 기후변화 시스템은 비평형상태에서 또 다른 평형상태의 시스템을 만들기 위해 새로운 질서를 창발하며 자기조직화를 겪는다(Rind, 1999). 이때, 앞에서 언급한 대기 역학, 해양 역학 등은 기후변화 전체 시스템의 하위 시스템으로써, 기후변화 시스템의 역동적인 작동에 하나의 역할을 한다. 이러한 시스템에 영향을 주는 영향 요소로 사회-경제-정치 등 인간 활동 영역이 추가되면, 이것 또한 기후변화 시스템 기작에 변화를 준다. 인간의 활동과 자연적 과정의 결합은 매우 복잡한 과정을 통해 이루어지며, 대기, 해양 등 기후와 관련된 기본 시스템과 생태, 사회·경제 시스템들 간 다방향의 상호작용으로 인해 기후변화 시스템은 엄청난 불확실성의 대상이 되는 결과를 만들어내게 된다(Quiggin, 2007).

또한 기후는 자연 환경의 요소이기도 하지만 동시에 인간 문명, 생활양식 등을 형성하는 요소가 되기도 하므로, 기후변화는 자연 환경 뿐만 아니라 사회·경제·정치·문화 등에도 영향을 미친다(김미란·김찬국 2014). 또한 기후변화가 미치는 영향의 범위는 전 지구상의 모든 인류며, 국가나 지역에 따라 기후변화의 영향에 대한 취약성과 복원력이 다르다. 그러므로 전 지구적 규모의 문제인 기후변화 문제를 해결하고 그와 관련한 의사 결정을 함에 있어서 사회-경제-환경의 관점에서 총체적으로 살

펴보아야 한다(김미란·김찬국 2014).

(2) 불확실성

기후변화와 관련된 이론의 많은 부분은 불확실성에 기초하며, 이러한 불확실성은 과학자들이 기후 변화를 예측하기 위해 사용하는 매우 복잡한 지구시스템 모델에서 발생한다(Hall, 2006). 이 경우 불확실성은 두 가지 차원에서 고려될 수 있는데, 하나는 정확히 알려지지 않은 변수 값 또는 관측 값으로 인한 '통계적' 불확실성(statistical uncertainty), 그리고 다른 하나는 변수 또는 이들의 기능적 관계를 명확히 알 수 없는 경우로부터 발생하는 '구조적' 불확실성(structural uncertainty)이다(IPCC, 2004).

기후변화와 영향, 완화, 적응에 관한 연구 시, 일부 문제는 확실하게 밝혀지지만, 일부 문제에 대해서는 명확히 밝혀지지 않는 불확실성이 존재하는데, 전자는 인간 활동에 대한 기후 반응의 존재 및 반응의 징조와 연관되며, 후자인 불확실성은 여러 가지 반응의 정도와 시간을 정량화하는 것과 관련되어 있다(IPCC 2007; 우정애, 2011 재인용). 예를 들면, '인간 활동은 이산화탄소를 발생시킨다.', '대기 중 이산화탄소가 열의 방출을 차단한다.', '북극 빙하의 면적이 감소한다.'는 현상은 확실성의 영역에 있으나, '지구 온도에 미치는 자연과 인간의 영향 정도'와 '지구 기온 상승의 폭과 속도'에 대하여서는 불확실성의 영역에 있다(IPCC, 2007; 김미란, 2014 재인용). 이러한 기후변화 시스템의 불확실성은 결국 기후변화 시스템의 복잡계 특성에서 기인한다고도 할 수 있으며(Rind, 1999) 또한 현재의 여러 변수만으로 미래의 결과를 예측하기 어렵다 것을 의미하기도 한다.

제 2 절 시스템 사고

시스템은 시스템을 구성하는 부분들의 상호 작용을 통해 그것의 존재와 전체적인 기능을 유지하는 독립체이다. 시스템 내의 다양한 요소들은 원인과 결과에 의해 상호관계를 맺으며, 따라서 하나 이상의 구성 요소 상태는 다른 구성 요소 상태에 영향을 미치게 된다(Assaraf and Orion, 2005). 이러한 결과, 시스템은 자신을 구성하는 부분들의 상호작용을 통해 구성 요소 각자의 성질과는 다른 전체적인 성질을 나타내는 특징을 갖게 된다.

즉, 시스템은 많은 구성요소와 그들 간의 복잡한 관계로 인해 한 번에 파악하기 어려운 복잡한 구조를 가지며, 예측하기 어려운 형태로 끊임없이 변화한다. 이에 따라 이러한 시스템을 잘 인식하기 위해 시스템사고의 필요성이 제기되었다(Senge, 1990; Richmond, 1993).

시스템 사고는, 그 뿌리인 시스템 다이나믹스에서 일반인이 어려운 컴퓨터 시뮬레이션 부분을 삭제하고, 일반인에게 전달하기 용이한 부분을 간추려 체계화시킨 것이다(김동환, 2004). 시스템 사고와 세부 내용은 많은 학자들에 의해 다양하게 정의되어 왔다(Richmond, 1997; Sweeney and Sterman, 2000; Stave and Hopper, 2007; Arnold and Wade, 2015). 특히 Arnold and Wade(2015)는 기존 문헌을 토대로 시스템 사고를 재정의하였다. 그 과정에서 그는 기존 문헌의 시스템 사고의 정의와 특성을 비교하여, ‘상호연결성’, ‘동적 행태의 이해’, ‘시스템 구조’, ‘부분이 아닌 전체로서의 시스템’, 이상 4가지를 시스템 사고의 공통요소로 도출하였다.

이를 토대로 그는 시스템 사고를, ‘시스템을 식별하고 이해하는 능력을 향상시키고, 그들의 행태를 예측하며, 원하는 결과를 만들어내기 위해 시스템을 수정하는데 사용되는 분석 기술들의 집합’으로 정의하며, 이러한 여러 기술들은 하나의 시스템으로서 함께 작용한다고 하였다. 그는 시스템 사고 기술의 구체적 내용을 다음 8가지로 정리하였다. 8가지는

상호연결의 인식, 피드백의 식별과 이해, 시스템 구조의 이해, 저량(Stock)·유량(Flow)·변수의 구별, 비선형 관계의 식별과 이해, 동적 행태(Dynamic Behavior)의 이해, 개념적 시스템 모델링을 통한 복잡성 감소, 다양한 규모의 시스템의 이해이다.

앞의 연구와 다른 관점에서 시스템 사고를 정의한 연구도 있다. Randle and Stroink (2012)은 시스템 사고를 기존의 다양한 시스템 사고 정의와 통합하되, 시스템사고를 여러 기술들의 집합으로 보는 앞의 연구들의 관점과는 다르게 인지적 패러다임으로 접근하고 정의하였다. 여기서 시스템 사고는 '어떠한 현상을 상호 작용하여 역동적인 전체를 구성하는 상호 연결된 구성요소의 집합으로 인식하는 암시적 경향을 포함하는 인지 패러다임으로 정의'되었다. 다시 말하면, 시스템 사고란 어떠한 현상을 인식함에 있어서, 그 현상을 상호 연결된 여러 구성요소들이 상호작용하고 이로 인해 역동적으로 움직이고 창발하는 특징을 지닌 복잡적응시스템으로 지각하고 이해하려는 경향을 의미한다.

이러한 인지적 패러다임은 다음 세 가지를 포함한다(Randle and Stroink, 2012). 첫째, 역동적 시스템은 끊임없이 변화하여 항상 예상 가능한 것이 아님을 이해하는 경향성, 둘째, 아무리 작은 변화라도 전체 시스템의 형태를 크게 변화시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다는 인식, 마지막으로 시스템 내의 관측 가능한 행동이 선형적 인과 관계가 아닌 다방향적으로 발생하며, 이로 인해 시스템에는 의도하지 않은 결과가 발생할 수 있다는 것을 이해하는 경향성이 그것이다.

시스템 사고 수준에 관하여, Assaraf and Orion(2005)은 물순환을 주제로 한 지구시스템 교육에서의 시스템 사고 발전을 살펴보는 연구를 통해 시스템 사고 특성 8가지를 제시하고 이러한 특성이 위계적 구조로 발전된다는 것을 밝혔다. 그리고 그것은 크게 3가지 수준 즉, 시스템 구성요소의 분석, 시스템 구성 요소의 통합, 실행의 수준으로 나눌 수 있으며 각 수준의 특성들은 다음 수준의 특성들의 발전의 토대가 된다(Assaraf

and Orion, 2010).

시스템 사고 기반 수업 개발과 이것을 통한 시스템 사고 수준 발달 측면의 연구는 국내에서도 활발하다. 과학과의 지구시스템을 주제로 진행한 연구(문병찬, 2014), 지구온난화 또는 기후변화를 주제로 한 연구(이효녕 외, 2011; 조규동·김형범 2017)들이 있었으며, STEAM형 프로그램이나 융합인재교육을 내용으로 한 연구들도 있었다(김형욱·문성윤, 2017; 전재돈·이효녕, 2015).

많은 연구들이 시스템 사고 수준 분석을 위해 그림 분석, 개념도 분석, 인과 지도 분석, 단어 간 분석 등을 분석 도구로 활용하여 분석하는 질적 분석과, 개발된 시스템 사고 수준 측정 도구를 활용한 양적 분석을 활용하고 있다. 연구 초기에는 질적 분석을 하는 경우가 많았으나, 시간이 지날수록 어느 한 가지 분석만을 사용하지 않고 두 가지 모두 적용하여 분석한 연구들이 많았다.

양적 측정 도구 개발 측면에서 주목할 만한 연구는, 시스템 사고 수준 측정 도구를 개발하고 타당도를 검증한 이효녕 외(2013)이다. 이 연구에서 연구자들은 시스템 사고 요인을 정신모델, 개인숙련, 팀학습, 시스템 사고, 공유비전 등 5가지 영역으로 나누고 각 요인 당 4문항을 개발, 총 20문항을 통해 시스템 사고 수준을 측정할 수 있는 도구를 개발하였다.

시스템 사고를 인지 패러다임으로 접근한 연구자들에 의해서도 시스템사고 측정 도구가 개발되었다(Randle, 2014). 이 측정도구는 시스템 사고가 다양한 맥락에서 적용되는 '일반화된' 시스템 사고 경향을 측정하기 위해 고안되었다. 구체적으로 이 검사지는 사회-경제-보건 및 환경 시스템이 상호 연결되고 역동적으로 변화하며, 시스템 내에 발생한 어떤 중요한 결과가 매우 작은 선택에서 비롯될 수 있다는 신념 등을 측정한다(Randle, 2014). Davis and Stroink(2016)은 이 검사지의 결과 값이 높은 경우 복잡적응시스템을 더 잘 인식 할 수 있을 것이라 가정할 수 있다고 하였다. 더불어 이러한 이해는 생태계 영역에 대한 사회-경제적 시스템

의 영향과 관련되어야 하고, 그 이유는 생태계-사회-경제 시스템의 상호 관련성과 상호의존성 때문이며, 또한 인간이 이러한 복잡한 시스템의 일원이라는 것도 인정해야 한다고 밝혔다.

본 연구에서 기후변화 현상의 시스템적 인식의 정도를 측정하기 위해, 위에서 설명한 Randle(2014)에서 개발, Davis and Stroink(2016)에서 사용된 검사지를 사용하고자 한다. 해당 검사지는 생태-사회-경제 시스템의 상호연결성과 역동적 변화에 대한 시스템적 인식의 경향성을 평가하고 있다. 한편 기후변화 시스템은 수권, 대기권, 지권, 생물권 등으로 이루어진 지구시스템의 작동만으로 움직이지 않고, 그 안에 인간 활동 영역, 사회, 경제 영역 등 많은 요소들이 서로 영향을 주고받으며 지금의 기후변화 시스템을 작동시키기 때문에 따라서 위에서 언급한 검사지는 기후변화 현상의 시스템적 인식의 정도를 측정하기에 적합하다고 판단된다.

시스템 사고의 목적은 시스템의 구조를 비롯한 해당 시스템을 잘 이해하는 것뿐만 아니라 높은 수준의 시스템 사고를 통해 자신이 원하는 방향으로 문제를 해결하기 위해 시스템을 변화시키는 것이다(김동환, 2004). 따라서 높은 시스템 사고는 해당 시스템의 시스템적 특징을 잘 인식하도록 하며 그것을 토대로 시스템을 변화시키는 방법을 찾아 낼 수 있도록 도움을 준다고 말할 수 있다.

본 연구에서 실시하는 수업인 시스템사고 적용 기후변화 수업은 그것의 최종 목적이 시스템 사고의 향상은 아니다. 그렇지만 위와 같은 이유로 수업 과정을 통한 시스템 사고의 향상을 기후변화 시스템을 시스템적으로 더 잘 인식하게 된 것으로 해석할 수 있다고 전제하고, 시스템 사고를 측정하겠다.

제 3 절 아이스버그 모델

시스템의 이해를 돕기 위한 접근법으로 Senge(2012)는 아이스버그 모델을 제시하고 있다. 아이스버그 모델은 복잡한 시스템 안에서의 문제 해결책을 찾기 위해 시스템의 빙산의 일각일 수 있는 특정 사건을 인식하는데서 부터 출발하며, 이후 여러 단계를 거치며 겉으로 드러난 문제 아래에 감추어진 시스템 구조를 파악하고 시스템에 대한 자신의 신념을 변화시킨다. 이렇게 변화된 신념은 다시 문제의 원인이 되었던 시스템의 구조를 변화시킴으로써 문제가 해결되도록 한다.

Senge(2012)는 아이스버그 모델 활동이, 우리의 사고가 특정 고립된 사건을 다루는 것으로부터 시간과 공간에 광범위하게 분리되어 보이는 여러 사건들의 상호 연결성을 파악할 수 있는 것으로 이동하는데 도움을 줄 수 있다고 밝혔다. 또한 이러한 과정을 통해 해결해야 하는 문제의 구조를 파악하고, 그것을 인식하는 사고방식에 대한 깊은 통찰력을 얻을 수 있을 것으로 보았다.

1. 단계 및 내용

아이스버그 모델은 Event, Patterns/Trends, Systemic Structure, Mental Model의 총 4 단계로 이루어져 있다.

1단계(Event)는. 겉으로 드러나 현실에서 확인 가능한 형태로 발생한 사건(event)나 이슈를 제시하는 단계다. 특정 사건이나 문제를 별개의 것으로 처리하고 반응하기보다 아이스버그 모델의 다음 단계들을 거치며 그 사건이 일어난 구조적인 원인을 파악하기 위한 기초 단계이다.

2단계는(Patterns/Trends)는 1단계에서 제시된 사건과 관련하여 시간에 따라 변화되는 변수들을 파악하고, 이 변수가 시간의 흐름에 따라 어떤 패턴으로 변화되는지 살펴본다. 이는 사건과 관련된 정보에 대하여 패턴을 통해 시간 흐름의 관점으로 살펴봄으로써, 더 깊고 풍부한 정보를 얻게 된다(Maani, 2013).

3단계(Systemic Structure)는 '무엇이 2단계에서 살펴본 패턴들을 발생하게 하였는가?' 또는 '시스템 구성요소는 서로 어떠한 영향을 주고 받는가?' 등의 질문을 통해 진행된다(Senge, 2012). 원인과 결과에 따라 인과지도를 그리며 시스템 내의 구성 요소와 그들의 상호관계 알아가며, 최종적으로는 처음 단계에서 확인했던 사건이 발생을 가져 온 전체적인 구조를 파악하게 된다.

4단계(Mental Model)는 모든 인간의 결정과 행동에 기초하고 영향을 미치는 믿음, 세계관, 감정 및 동기 부여와 같은 더 깊은 '인간 요소'와 관련된 정신 모델 단계이다(Maani, 2013). 시스템은 종종 그 안에 있는 사람들의 가치, 태도, 믿음으로 인해 그러한 행태가 만들어지기도 하는데, 왜냐하면 사람들의 정신 모델은 자신들의 행동에 영향을 미치고, 결국 그것이 시스템의 변화를 만들어내기 때문이다(Senge, 2012). 학습자

들은 활동의 마지막 단계인 정신 모델 단계에서 시스템에 대한 자신들의 가치, 태도 믿음, 즉 시스템에 대한 정신 모델을 표현하며 아이스버그 모델 활동을 통해 변화된 자신의 사고를 파악하게 된다(이현동·이효녕, 2017).

이러한 아이스버그 모델의 4단계를 정리하면 아래 표 1과 같다.

표 1. 아이스버그 모델(Senge, 2012)

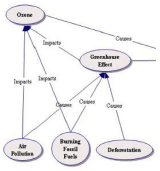
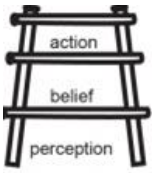
단계	내 용
Event	- 확인 가능한 형태로 현실에 발생한 사건이나 이슈 제시
Patterns/ Trends	- Event 단계에 제시된 문제를 시간의 흐름 관점에서 탐색 - 시간에 따른 변화 과정을 그래프에 표시하여 패턴 및 경향 발견
Systemic Structure	- Pattern 단계에서 발견된 패턴이 왜 나타났는지 알아보기 위해 시스템 구조를 확인 - 시스템 구성 요소 확인 및 그들의 상호 관계 파악 (시간과 장소가 떨어져 있어서 상호관련성 없어 보이는 관계나 인식하기 어려운 요소간의 관계들로 이루어진 시스템 구조 파악)
Mental Model	- 시스템에 관한 가치, 신념, 태도 확인 - 세계가 작동하는 방식에 관한 인식인 멘탈 모델은 사람들의 행동에 영향을 주고 이는 시스템의 상호작용에 영향을 미친다는 사실을 전제로 함

2. 시스템 사고 활용 도구

시스템 사고를 촉진하는 도구는 그림그리기, 개념 지도, stocks and flows, time delays, causal loop 등 매우 다양하다(Sweeney and Sterman, 2000; Assaraf and Orion, 2005, 2010).

이 중 Senge(2012)가 제시한 Iceberg Model에서 활용 가능한 시스템 사고 도구와 그 내용을 아래와 표 2와같이 정리하였다.

표 2. 아이스버그 모델에서 활용 가능한 시스템 사고 도구 (Senge, 2012; 김동환, 2004)

단계	도구	내 용	예
Patterns/ Trends	BOTG (Behavior - Over- Time- Diagram)	- 시간에 따른 변화 표시 - 진단적인 도구 - 시스템 과정의 형태를 빠르게 인식할 수 있도록 도와줌 - 시스템의 현재와 과거의 수행에 대한 인식을 가능케 함	
Systemic Structure	인과 지도	- 여러 개의 인과관계를 서로 연결시켜 놓은 도식 - 여러 개의 인과관계를 동시에 사고하도록 도와줌 - 시스템 전체를 한눈에 조망할 수 있음	
Mental Model	The Ladder of Inference	- 사람들이 주목하는 것이 어떻게 행동으로 이어지고 시간이 지남에 따라 강한 신념으로 발전하는지를 보여주는 시각적 도구 - 데이터 선택, 의미 부여, 추정, 결론, 신념, 행동의 순서로 나타남	

제시된 표에는 BOTG(Behavior - Over-Time-Diagram), 인과지도, The Ladder of Inference 가 제시되어 있는데, 그 중 본 연구에 사용된 것은 아이스버그 모델 자체 그리고 BOTG와 인과지도이다. 반면 멘탈 모델 단계의 The Ladder of Inference는 활용하지 않았다. 대신 기후변화 시스템에 대하여 갖게 된 신념이나 생각 또는 믿음이 무엇인지에 대한 질문을 하고 그에 관한 답을 하는 활동을 하였다. 학습자는 교사가 제시한 물음에 대해 생각해보고, 종이에 적어 정리한 후 발표를 통해 동료 학습자와 자신의 신념 및 믿음을 공유하였다.

이처럼 아이스버그 모델은 그 자체가 시스템사고 도구가 될 수 있으며, 그 안에서 BOTG, 인과지도 등 여러 시스템 사고 도구를 활용 할 수 있는 접근법이다.

아이스버그 모델의 이러한 특징은 기후변화 수업에서의 아이스버그 모델 적용이 기후변화 시스템 인식 과정에서 시스템 사고 촉진을 가능하게 해, 기후변화 현상을 시스템적으로 인식하도록 하는데 효과적이라고 할 수 있다. 이와 같은 이유로 본 연구에서는 기후변화 수업의 방법적 측면에서 기후변화 시스템의 인식을 돕기 위해 아이스버그 모델을 적용하고자 한다.

제 3 장 연구 방법

제 1 절 연구 방법

1. 연구 절차

본 연구에서는 시스템사고를 적용한 기후변화 수업이 초등학생의 기후변화의 시스템적 인식과 기후변화 지식, 기능, 정의적 영역에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보는 실험연구이다. 이 연구를 위한 전체 절차는 아래 표 3과 같다.

표 3. 연구 절차

단계	세부내용
선행연구 분석	● 시스템 사고에 관한 문헌 연구 - 복잡계 - 시스템사고 - 아이스버그 모델
연구 설계	● 연구 문제 선정 ● 연구 계획 수립
수업 설계 및 검사 도구 개발	● 시스템사고 적용 기후변화 수업 설계 - 수업 목표 및 내용 선정 - 수업 지도안 작성 및 수업 자료 구성 ● 검사 도구 선정 및 개발 - 시스템 사고 검사지 선정 및 수정 - 기후변화 지식, 기능, 정의 영역 검사지 개발 - 두 검사 도구의 타당도 및 신뢰도 분석
실험 설계 및 실험	● 실험 설계 ● 대상 선정 ● 사전 검사 및 실험집단·비교집단 구성 ● 실험 수업 및 사후 검사 실시
결과 도출 및 결과 분석	● 검사지 통계 처리 ● 결과 분석 및 정리

2. 실험 설계

본 연구는 시스템사고를 적용한 기후변화 수업을 받은 학습자의 변화를 파악하기 위해 동질집단 사전사후검사 설계를 사용하였다. 이 설계 방법은 실험집단과 비교집단 간의 동질화를 위해 가능한 무선적 방법으로 피험자를 표집하고 이들을 실험집단과 비교집단에 무선적으로 배치하여 두 집단을 구성한다(백순근, 2004; 김병섭, 1996). 이렇게 구성된 집단에 사전 검사를 실시하며, 이후 무선적으로 한 집단을 골라 실험처치를 하고 다른 집단에는 실험처치를 하지 않은 다음, 두 집단에 사후 검사를 실시하여 그 차이로 실험 처치의 효과를 알아본다(백순근, 2004; 김병섭, 1996). 이러한 설계 방법을 활용한 본 연구의 구체적 실험 설계는 그림 1과 같다.

그림 1. 실험 설계

	사전	처치	사후
실험 집단	O_1	X_1	O_2
비교 집단	O_1	X2	O_2

O_1 : 사전검사(시스템사고 검사지 / 기후변화 지식, 기능, 정의 검사지)
X_1 : 시스템사고 적용 기후변화 수업
X_2 : 강의식 수업
O_2 : 사후검사(시스템사고 검사지 / 기후변화 지식, 기능, 정의 검사지)

본 연구에서 실험은 실제 학교 현장의 교육과정 내에서 학급별 수업을 통해 진행된다. 실험이 진행될 교육 현장의 학급은 학년 초에 이미 조직이 완료되어 피험자의 무선 할당과 무선 배치를 통한 실험·비교 집단을 구성에는 현실적으로 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 이러한 어려움을 감안하여 학급별 사전 검사 결과의 분석을 통해 실험학급과

비교학급의 동질성을 확인하였다.

실험집단과 비교집단은 기후변화 수업을 실시하는데 있어서 시스템사고의 적용에 있어서의 차이가 있다. 실험 집단에서는 시스템사고의 도구 중 하나인 아이스버그모델을 사용하여 기후변화 수업을 실시하고, 비교집단에서는 일반 강의식 수업을 실하였다. 수업 내용과 수업 자료를 동일하게 하여 두 집단의 수업에서 시스템사고 도구를 제외한 다른 요인의 차이가 없도록 하였다.

사후 검사는 실험 수업 직후에 이루어졌으며, 사전 검사지와 동일한 것으로 측정하였다.

3. 연구 대상

본 연구는 피험자의 인지 발달 정도와 실험 수업 내용을 고려하여 초등학교 6학년을 대상으로 하였다.

본 연구의 중요한 부분은 교수-학습 방법으로 시스템사고를 활용하는 것이다. 그 과정에서 피험자는 시스템사고 도구인 아이스버그 모델, BOTG, 인과 지도 등을 활용하며 이 도구의 사용은 추상적 사고를 필요로 한다. 인간의 합리적 사고 과정의 발달을 연구한 피아제의 인지 발달 이론에 따르면 초등학교 6학년 학생들의 인지 발달 단계는 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 넘어가는 단계이다(정옥분, 2013). 형식적 조작기 아동은 체계적인 과학적 사고가 가능하며, 인과지도의 이해 기반이 되는 추상적 사고 또한 가능하다(정옥분, 2013).

또한 본 연구의 실험 수업 주제는 기후변화이다. 기후변화 교육은 내용적인 측면에서 날씨와 기후, 물 순환, 지구의 열평형, 식물의 광합성, 에너지 순환 등의 내용을 다루기 때문에(우정애·남영숙, 2012; 권주연·문윤섭, 2014) 이러한 내용과 관련된 기초 과학 지식이 수반되어야 수업 내용의 이해가 가능하다. 한편 2015 개정 과학과 교육과정의 내용체계에 따르면, 열평형, 광합성, 기상과 날씨, 대기 순환, 생태계와 상호작용 등 기후변화와 관련이 있는 대부분의 지식을 5·6학년 군에서 학습하도록 조직되었다(교육부, 2015a). 따라서 초등학생을 대상으로 진행될 본 연구는 최고 학년인 6학년을 대상으로 실시하는 것이 적합하다고 판단하였다.

따라서 본 연구는 위와 같은 이유로 경기도 용인시에 소재한 ○○초등학교의 6학년을 대상으로 진행되었으며, 실험집단 2개 반 총 55명, 비교집단 2개 반 총 53명으로 이루어져 있다.

제 2 절 측정 도구 및 결과 처리

1. 시스템 사고 측정도구

1) 측정 도구의 구성

기후변화의 시스템적 인식 여부 측정을 위해 Davis and Stroink(2016)에서 사용된 시스템 사고 검사지를 초등학교 6학년 수준에서 이해할 수 있는 표현으로 수정하여 사용하였다. Davis and Stroink(2016)에 제시된 검사지는 자연 생태계 뿐만 아니라 사회-경제-생태계가 복잡하게 연결되어 서로 영향을 주고받는 하나의 시스템이라는 것을 인식하는 개인적인 능력을 측정하도록 구안되었다. 구체적으로 해당 검사지는 검사자가 생태-사회-경제시스템을 인식함에 있어서, 상호연결, 상호 작용, 역동적 행태, 불확실성, 비선형적 관계, 나비효과 등의 특징을 지닌 복잡계로 인식하는 경향이 있는지를 평가하는 문항들로 구성되어 있다. 본 연구에서는 위 검사지의 점수가 높은 경우, 기후변화 현상을 자연과 인간 활동을 비롯해 사회, 경제까지 여러 구성요소가 서로 복잡하게 얽혀 상호작용을 주고받는 복잡계로 인식하는 정도가 높다고 해석하였다. 참고한 검사지는 7단계 리커트 척도이나, 본 연구에서는 5단계로 수정하여 사용하였다. 총 15문항으로 구성된 본 검사지의 2, 4, 8, 9, 11, 12, 14번 문항은 역반응(Reverse)문항으로 '매우 그렇지 않다'에 5점, '매우 그렇다'에 1점을 부여하였다. 해당 검사지는 부록에 제시하였다.

2) 타당도와 신뢰도 검증

타당성이란 측정하고자 하는 것을 실제로 측정하고 있는 정도를 나

타내는 것이다. 본 검사지의 타당도를 확보하기 위해, 1차 수정된 검사지를 환경 교육 전문가인 환경 교육 박사 과정 2인, 석사 과정 4인에게 검토를 의뢰하였다. 검토 내용은 수정된 문항이 처음 제작된 질문 의도를 벗어나지 않았는지, 표현과 어법이 초등학교 6학년 수준에 적절한지 등이다. 전문가 6인의 검토 의견을 반영하여 질문을 수정·보완하여 검사지를 완성하였다.

신뢰성이란 측정도구를 측정한 결과에 오차가 들어 있지 않은 정도를 말한다. 신뢰도 분석은 측정하고자 하는 개념이 응답자로부터 정확하고 일관되게 측정되었는가를 확인하는 것으로, 많은 경우 Cronbach-α 값인 신뢰도 척도를 계산한 값으로 판단한다(송지준, 2015). 일반적으로 사회과학분야에서는 Cronbach-α 값이 0.6 이상이면 신뢰도가 있다고 본다(송지준, 2015). 신뢰도는 타 초등학교 6학년 학생 76명을 대상으로 사전검사를 실시해 그 결과를 토대로 SPSS(ver.23) 통계 프로그램을 활용하여 신뢰도를 검증하였다. 검증 결과 신뢰도 계수 Cronbach-α 값은 .712이며, Cronbach-α 값이 0.6 이상으로 검사지의 신뢰도가 확보되었다.

2. 기후변화 지식, 기능, 정의 측정 도구

1) 측정 도구의 구성

시스템 사고 적용 수업이 실험 대상의 기후변화 지식, 기능, 정의적 영역에 미치는 영향을 알아보기 위하여 해당 영역 측정 도구를 개발하여 변화를 측정하였다. 국·내외적으로 기후변화의 지식, 기능, 태도, 신념, 정서 등을 측정하는 연구는 다양하게 이루어져 왔으며 해당 연구에서 다양한 질문 문항과 검사지가 활용되었다(황수정, 2009; 권병성·이면우, 2011; 유연희, 2011; 김수앙·김태영, 2013; 박혜경, 2013; Feldman et al., 2010; Dewaters et al., 2014; Azevedo and Marques, 2017; Marzetta, 2017; Seroussi et al., 2019). 본 연구에서는 기후변화의 영역별 검사지와 관련된 선행연구들을 참고하여 수정·보완하여 사용하였다.

(1) 기후변화 지식 영역

기후변화 지식 영역 문항의 하위 영역과 설문 내용은 황수정(2009), 권병성·이면우(2011), 유연희(2011)를 참고하였다. 본 영역의 검사지의 하위 영역은 기후변화 현상 및 원인, 기후변화 영향, 기후변화 대응으로 이루어졌으며, 이는 기후변화 교육의 내용 체계의 하위 요인과 동일하다. 총 12문항로 구성된 해당 영역의 검사지 응답 방식은 ‘그렇다, 아니다, 모른다’ 중 하나를 선택하는 3지선다형이며, ‘그렇다’에 1점, ‘아니다’, ‘모른다’에 0점을 부여하였다. 문항 구성은 표 4와 같으며 검사지는 부록에 제시하였다.

표 4. 기후변화 지식 영역 검사 문항 구성

영역	하위영역	문항수	문항번호
지식	기후변화 현상 및 원인	5	1 - 5
	기후변화 영향	4	6 - 9
	기후변화 대응	3	10 -12
합계		12	

(2) 기후변화 기능 영역

기후변화 기능 영역의 문항은 김수앙·김태영(2013)과 정현희·서우석(2008) 검사지를 참고하였다. 정현희·서우석(2008)은 환경 소양의 일부로 환경 기능을 포함시키며 그것을 환경과 관련된 정보의 수집, 분석, 종합, 해석 및 적절한 환경행동을 선택할 수 있는 능력이라고 정의하였다. 이를 토대로 김수앙·김태영(2013)은 에너지 기후변화 기능을 에너지 및 기후변화 문제·쟁점 해결을 위한 기능으로 명하고, 이를 문제해결기능 뿐만 아니라 정보 접근, 처리 능력을 포함한 것이라고 하였다. 그는 구체적인 기능으로 의사소통기능, 의사 결정 기능, 자료 조사·분석 기능, 정보 수집·처리 기능 등을 포함시켰다.

한편, NOAA(2007)은 기후과학의 7가지 주요 원리를 정리하며 기후과학소양과 기후소양인을 정의하였는데, 그에 따르면 기후소양인은 다음 네 가지를 함양한 사람을 의미한다. 첫째, 기후 시스템의 주요 원리를 잘 이해하는 사람, 둘째, 기후에 대해 과학적으로 신뢰할 수 있는 정보를 평가하는 방법을 아는 사람, 셋째, 의미 있는 방식으로 기후변화에 대해 소통하는 사람, 넷째, 행동이 기후변화에 미칠 영향을 고려하며 책임 있는 의사결정을 하는 사람이 그것이다. 이처럼 NOAA(2007)은 기후 소양인이 갖추어야 할 중요한 능력으로 정보 수집과 평가, 의사 소통 능력, 의사결정 능력을 언급하고 있으며 이는 김수앙·김태영(2013)에서 밝힌 에너지 기후변화 기능의 내용 요소와 정현희·서우석(2008)이 밝힌 환경 소양의 기능 영역과 일맥상통한다.

따라서 본 연구에서는 이미 개발된 김수앙·김태영(2013)과 정현희·서우석(2008)의 검사지를 수정·보안하여 본 연구의 검사지로 활용하였다. 기능 영역의 문항은 총 4문항이며, 응답 방식은 5단계 리커트 척도 방식을 사용하였다. 문항 내용과 구성은 표 5, 표 6과 같으며 검사지는 부록에 제시하였다.

표 5. 기후변화 기능 영역 검사지 내용 정의

영역	하위영역	내 용
기능	자료 조사·분석	기후변화와 관련된 문제나 쟁점에 관한 정보를 조사·분석할 수 있는 능력
	정보 처리	기후변화와 관련된 문제나 쟁점에 관한 정보를 다양한 방식으로 정리하고 나타낼 수 있는 능력
	의사 소통	기후변화와 관련된 문제나 쟁점을 해결하기 위해 자신의 의견을 표현하고 타인과 소통할 수 있는 능력

표 6. 기후변화 기능 영역 검사지 문항 구성

영역	하위영역	문항수	문항번호
기능	자료 조사·분석	2	1, 2
	정보 처리	1	3
	의사 소통	1	4
합계		4	

(3) 기후변화 정의 영역

기후변화 정의 영역 검사지는 Feldman et al(2010)와 Dewaters et al(2014), 김수진·김영욱(2019)의 검사지를 참고하였다. 정의 영역의 하위 영역으로는 인식, 신념, 태도, 효능감을 설정하였다.

기후변화 인식은 기후변화에 대해 얼마나 심각하게 받아들이고 있는지에 관한 영역이며, 기후변화 신념은 기후변화 현상 실제로 일어나고 있다고 믿는지 그리고 그 원인이 인간 활동 때문이라고 믿는지 여부에 관한 영역이다. 기후 변화는 사람들이 직접 경험하지 않는 현상을 묘사하고 있기 때문에, 직접적인 과학적 증거가 있더라도 그것을 직관적으로 믿기 어렵다(Seroussi1 et al., 2019). 따라서 어떤 사람들에게는 기후변화 현상의 존재, 기후변화 원인으로의 인간 활동, 기후변화의 결과 등은 지식이 아니라 믿음으로 인식되며, 감정과 사회적 또는 개인적 영향 같은 인지적 메커니즘에 의해 제어된다(Seroussi1 et al., 2019). 박희제・허주영(2012)에 따르면, 한국인들 중 기후변화 옹호론자는 25%, 회의론자는 13%, 절대다수는 중도적 입장으로 나타났다. 이를 바탕으로 기후변화 정의 영역에서 기후변화 인식과 신념을 측정하는 것은 필요함을 알 수 있다.

기후변화 태도는 정현희·서우석(2012)를 바탕으로 기후변화에 대하여 개인이 특정 방식으로 반응하는, 안정적이고 지속적으로 학습된 경향성으로 정의하고, 해당 연구에서 개발된 환경 태도 문항을 기후변화를 주제로 수정·보완 하였다.

효능감이란 개인이 특정 결과를 낳기 위한 행위를 성공적으로 수행할 수 있다는 자기 자신에 대한 신념이다(Bandura, 1995; 김수진·김영욱 2019 재인용). 기후변화에 대해 개인적으로 효능과 책임을 느끼는 사람은 기후변화의 미래 영향에 대해 훨씬 더 큰 관심을 보이며(Kellstedt, 2008), 효능감이 정책 순응을 높이는 중요한 요인이며 정책 지지를 증대시키기 위해 효능감의 역할이 중요하다는 것이 밝혀졌다(김수진·김영욱 2019). 따라서 기후변화 문제를 해결하기 위한 정의적 요소로 효능감이

필요하다고 할 수 있다. 효능감의 문항은 Dewaters et al.(2014)와 김수진·김영욱(2019)를 참고하였다. 이제까지의 설명을 토대로 정의 영역의 하위 영역과 문항 선발을 거쳐 검사지를 완성하였다. 정의 영역의 문항은 총 9문항이며, 응답 방식은 5단계 리커트 척도 방식을 사용하였다. 문항 구성은 표 7, 표 8과 같으며 검사지는 부록에 제시하였다.

표 7. 기후변화 기능 영역 검사지 내용 정의

영역	하위영역	내 용
정의	인식	기후변화를 심각하고 민감하게 받아들이고 있는 정도
	신념	기후변화 현상과 그 원인에 대해 믿고 있는 정도
	태도	기후변화에 문제와 관련하여 호의적 또는 비호의적으로 반응하는 심리적 경향성
	효능감	기후변화 문제 해결을 위한 행위를 성공적으로 수행할 수 있다는 자기 자신에 대한 신념

표 8. 기후변화 기능 영역 검사지 문항 구성

영역	하위영역	문항수	문항번호
정의	인식	2	1, 2
	신념	2	3, 4
	태도	3	5 - 7
	효능감	2	8, 9
합계		9	

2) 타당도와 신뢰도 검증

타당도를 확보하기 위해서 해당 영역 측정에 관한 문헌 조사를 통해 측정 도구의 문항을 개발하였고, 개발한 문항은 환경 교육 전문가인 환경 교육 박사 과정 3인, 석사 과정 4인에게 검토를 의뢰하였다. 검토 내용은 각 질문이 해당 영역과 관련된 질문으로 타당한지, 표현과 어법이 초등학교 6학년 수준에 적절한지, 그리고 기타 의견 수렴이었다. 전문가 7인의 검토 의견을 반영하여 질문을 수정·보완하여 검사지를 완성하였다.

본 연구에서 사용한 기후변화 지식, 기능, 정의적 영역의 검사 도구의 신뢰도는 본 연구의 실험 대상이 아닌 타 학교의 6학년 학생, 1차 54명, 2차 118명을 대상으로 총 두 번에 거쳐 예비 조사를 한 후, SPSS(ver.23) 통계 프로그램을 활용하여 신뢰도를 검증하였다. 검증 결과 신뢰도 계수 Cronbach-α 값은 아래 표 9와 같으며, 모든 영역에서의 Cronbach-α 값이 0.6 이상으로 신뢰도가 확보되었다.

표 9. 기후변화 지식·기능·정의 영역 신뢰도

하위영역	문항 수	Cronbach-α
지식	12	.680
기능	4	.910
정의	9	.802

3. 결과 처리

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS(ver.23)을 활용하여 분석하였다. 실험 집단과 비교 집단 사이의 차이 분석을 위해 독립 표본 t 검정을 실시하였다. 구체적으로, 실험 전 모든 집단의 사전 테스트 결과를 대상으로 독립 표본 t 검정을 통해 집단 동질성을 확보하였다. 그리고 실험 후, 실험 집단과 대조 집단의 사후 테스트 결과를 대상으로 독립 표본 t검정을 실시해 두 집단의 차이의 유의미성을 검증하였다. 유의 수준은 모두 0.05로 설정하였다.

제 4 장 수업의 실제

제 1 절 수업 목표 및 내용 선정

본 연구의 목적은 시스템 사고를 적용한 기후변화 수업이 초등학생에게 어떠한 영향을 미치는지 탐색해보는 것이다. 중등의 경우, '환경' 교과가 선택 과목으로 편제되어 국가수준 교육과정 내에서, 환경교육의 목표, 내용 체계, 성취 기준 등이 명시되어 있고, 이를 바탕으로 기후변화에 관한 내용 체계, 성취 기준이 제시되어 있다(교육부, 2015b). 반면, 국가수준 초등 2015 개정 교육과정에 의하면 초등에서의 환경 교육은 '범교과 주제' 10개 중 하나로 제시되며, 해당 주제를 교과 내에서 통합적으로 지도하도록 권장되어 있을 뿐, 구체적인 목표나 내용, 성취 기준 등은 제시되어 있지 않다(교육부, 2015c). 따라서 기후변화 교육에 대한 국가수준의 구체적 지침은 국가수준 초등 교육과정 안에서 찾아보기 어렵다.

이러한 어려움을 바탕으로 권주연·문윤섭(2014)은 기후변화 교육 목표와 내용 체계 개발을 위한 연구를 진행하였다. 이 연구를 통해 설정된 기후변화 교육의 목표는 '기후 변화 현상에 관한 총체적인 이해를 바탕으로 변화하는 환경을 인식하고, 통합적인 탐구과정을 통하여 기후변화 완화 및 대응을 위한 방안을 제시하며, 지구 환경 공동체의 일원으로서 제시한 방안을 지속적으로 실천한다.'이다(권주연·문윤섭, 2014). 그리고 여기에서 '기후변화 현상에 관한 총체적 이해'란 기후 '시스템 속의 여러 요소간의 상호작용, 기후 변화의 자연적·인위적 원인, 인간 생활의 사회문화적·경제적·정치적·생태환경적 측면에 끼치는 영향을 이해하는 것'을 뜻한다고 하였다. 또한 김찬국·최돈영(2010)도 마찬가지로 기후변화 교육의 방향 설정에 있어서 기후변화 원인과 과정 및 영향에 대한 종합적인 이해의 증진과, 지구시스템적 이해를 바탕으로 한 기후변화 교육이 고려되어야 한다고 밝혔다.

따라서 결국, 기후변화 교육의 방향과 목표에는 기후 변화 요소의 인

식과 그들의 상호작용, 그것으로 인한 끊임없는 기후변화 시스템의 역동적 변화, 더 나아가 그러한 작용이 생태 환경뿐만 아니라 사회·경제·정치적 측면까지 얽힌 하나의 거대한 체계로 움직인다는, 즉 기후변화 현상의 시스템적 특징이 반영되어야 한다는 것을 알 수 있다.

다음 내용 선정에 관하여서는, 이제껏 연구된 기후변화 교육 내용 체계를 살펴 볼 필요가 있다. 김미란·김찬국(2014)은 선행 연구를 바탕으로 기후변화 내용 체계를 크게 기후변화 현상과 원리, 기후변화의 원인, 기후변화의 영향, 기후변화의 대응의 4개의 대영역으로 구성하고, 각 영역에 필요한 내용 요소를 재구조화하였다(표 10).

표 10. 기후변화 교육 내용 체계 및 내용 요소(김미란·김찬국, 2014)

대영역	중영역	내용요소
Ⅰ. 기후변화 현상과 원리	1. 날씨와 기후 2. .대기의 구성성분과 온실기체 3. 온실 효과와 기후 변화	· 날씨 ·기후, 기후시스템 · 대기의 구성성분 ·온실기체 · 이산화탄소 양 변화 ·기온상승 · 온실효과/지구온난화/기후변화
Ⅱ. 기후변화 원인	1. 기후변화의 자연적 요인 2. 기후변화의 인위적 요인	· 기후변화의 자연적 요인 · 인구증가와 산업화 · 화석연료 사용 증가와 삼림 파괴
Ⅲ. 기후변화 영향	1. 해수면 상승 2. 기후·기상 변화 3. 생태계 영향 4. 사막화·물 부족 5. 식량 생산 영향 6. 건강·보건 영향 7. 생활 영향	· 만년설 감소 ·해수면 상승· 육지침수 · 태풍, 가뭄, 홍수 · 기상이변, 자연 재해 · 생태계 변화, 멸종 위기 · 식생대, 개화시기, 서식지 변화 · 물 부족, 수질악화 ·토양오염 ·사막화 · 식량생산 변화, 식량난 ·재배지 북상 · 질병과 스트레스 증가 · 건강과 보건에 영향 · 생활, 산업, 경제 영향
Ⅳ. 기후변화 대응	1. 기후변화 대응의 특성과 필요성 2. 기후변화 완화 3. 기후변화 적응	· 불확실성 ·관성, 시급성 · 국제협력 ·지역적 영향 차이 · 화석연료 사용 줄이기 · 대체에너지, 에너지 효율 기술개발 · 삼림조성, 목재 소비 줄이기 · 정책과 조치 · 적응 ·예방

따라서 위와 같은 사전 연구를 바탕으로 본 연구 실험 수업을 위해 설정한 수업 목표와 내용 요소는 아래 표 11과 같다.

표 11. 수업 주제 및 목표와 내용 요소

차시	1차시
학습 주제	온실효과와 지구온난화
학습 목표	· 온실 기체의 종류와 온실 효과의 원리를 알 수 있다. · 지구 온난화의 원인과 그 과정을 이해할 수 있다.
내용 요소	· 날씨와 기후 · 대기의 구성 성분 · 온실 기체 · 온실 기체의 작용 · 지구 온난화 원인과 과정 · 산업화 및 도시화, 인간 활동으로 인한 화석연료 사용 및 삼림 파괴
차시	2차시
학습 주제	기후변화 영향
학습 목표	· 기후변화가 생태계에 미치는 영향을 알 수 있다. · 기후변화가 사회·경제 및 인간 생활에 미치는 영향을 알 수 있다. · 기후변화로 인해 생긴 일들이 서로 영향을 주고받는 다는 사실을 알 수 있다.
내용 요소	· 해수면 상승, 육지 침수 · 태풍, 가뭄, 홍수 · 기상 이변, 자연 재해 · 생태계 변화, 서식지 변화, 멸종 위기 · 물 부족 및 사막화 · 식량난 재배지 북상 · 질병 및 건강 위협 · 생활, 산업, 경제 영향

제 2 절 수업 방법 선정 및 내용 조직

본 연구의 중요한 부분은 기후변화 교육에 있어서 학습 주제인 기후변화의 복잡계적인 특징을 고려한 시스템 사고 적용이다. 본 연구에서 적용할 시스템 사고 도구는 BOTG, 인과지도를 포함한 아이스버그 모델이며, 학습자는 아이스버그 모델이 제시한 4단계 Event, Patterns/Trends, Systemic Structure, Mental Model 을 통해 기후변화 시스템을 인식해 보는 경험을 한다. 따라서 본 연구의 핵심 차시는 아이스버그 모델이 적용된 두 번째 차시이다.

각 차시의 구체적 내용은 다음과 같으며, 아래 표12에 정리하였다.

1차시의 경우 온실 기체의 종류와 온실 효과의 과학적 과정을 먼저 익히고 지구온난화 원인과 지구온난화 과정을 학습한다. 수업의 내용은 온실 효과와 지구온난화에 관한 일반 수업과 비슷하지만 이러한 지식을 전달 · 습득하는 도구로 인과지도를 활용한다. 구체적으로 삼림파괴와 지구온난화의 관련성, 온실 기체로서의 수증기 피드백 효과, 컴퓨터와 이산화탄소 발생과의 관련성 찾기, 지구온난화과정 정리 하는 과정에서 인과지도를 활용한다.

2차시의 경우, 위에서 언급한 시스템 사고 접근법인 Iceberg Model을 적용하여 구성하며 4명이 한 모둠으로 이루어진 모둠학습으로 진행한다.

아이스버그 모델의 첫 단계인 Event 단계에 앞서, 먼저 기후 변화가 지구 생태계와 인간 생활에 미치는 영향과 관련된 여러 동영상을 시청한 후, 기후 변화와 그 영향에 관한 다양한 요소들을 탐색한다. 이는 아이스버그 모델 적용 학습 과정 중 학습자가 스스로 기후변화 구조를 만들어 내는 단계(3단계-systemic structure)에서 활용할 수 있는 다양한 요소들을 미리 인식할 수 있게 하기 위함이다. 교사는 질문을 통해 학습자가 이러한 요소를 스스로 발견할 수 있도록 유도한다.

이후 수업과정은 아이스버그 모델의 구성 단계에 따라 진행한다.

첫 단계인 Event 단계에서 위기에 놓인 북극곰 뉴스를 시청하고 이를 아이스버그 모델 활용 기후변화 학습을 위한 문제로 제시한다.

두 번째 단계인 Patterns/Trends 단계에서는 북극곰 멸종 상황과 관련되어 시간에 따라 변화되고 있는 요소를 찾은 후, 이 변수가 시간의 흐름에 따라 어떤 형태로 변화되고 있는지 생각하며 패턴을 발견하도록 한다. 이 과정에서 시스템 사고 활용 도구인 BOTG(behavior over time graphs)를 활용한다.

세 번째 단계인 Systemic Structure 단계는 두 번째 단계에서 발견한 패턴을 야기하는 원인을 파악하기 위한 단계이다. 이 단계를 통해 학습자는 제시된 문제와 관련된 시스템 구조를 파악해 본다. 구체적으로 우선, 처음 제시된 북극곰 멸종 위기 문제와 관련된 특정 구성 요소인 북극곰 개체 수 감소를 시작으로 이와 연결되는 원인 요소와 결과 요소를 찾아내고 화살표로 연결한다. 이를 점점 확장하여 눈에 보이지 않는 여러 요소들을 발견하고 그들 간의 관계를 표시하며 인과 지도를 완성한다. 이 단계에서 주로 사용되는 시스템 활용 도구는 인과지도이다. 이 과정을 통해 학습자는 기후 변화와 관련된 여러 요소들을 인식하고 그들 사이의 상호작용을 파악하게 되며, 기후변화 시스템 구조를 가시화 시킨다.

마지막 단계는 Mental Model이다. 학습자는 지금까지의 학습과정을 통해 형성되거나 변화된 기후변화에 관한 신념이나 가치, 생각들을 표현한다. 이 과정을 통해 기후변화에 대한 자신의 사고 체계나 신념을 점검해 본다. 본 수업을 통해 형성되거나 또는 변화된 Mental Model은 이후 학습자의 기후변화 시스템 구조 인식 및 변화에 다시 영향을 미칠 것이 기대된다.

표 12. 시스템 사고 적용 기후변화 수업 절차 및 활동

차시	주제	과정 및 내용	시스템 사고 적용
1	온실 효과와 지구 온난화	▣ 온실 효과 알기 - 온실 효과 동영상 시청 - 태양복사에너지와 지구복사에너지 개념 - 온실 효과 과정 학습 - 온실 기체 종류 학습 ▣ 지구온난화 알기 - 지구온난화 동영상 시청 - 이산화탄소와 지구온난화 - 수증기와 지구온난화 - 메탄과 지구온난화 - 지구온난화 인과지도로 표현하기	◈ 인과지도 활용 -삼림파괴와 이산화탄소 - 수증기 피드백 - 지구온난화 과정
2	기후 변화 영향	▣ 기후변화 시스템 구성 요소 인식 - 기후변화 영향 동영상 시청 ▣ Iceberg - 1단계(Event) - 북극곰 위기 뉴스 시청 - 문제 인식 ▣ Iceberg - 2단계 (Patterns/Trends) - 제시된 문제와 관련된 시간 지연에 따른 변화 패턴 발견 -BOTG 그리기 ▣ Iceberg - 3단계 (Systemic Structure) - 제시된 문제와 관련된 구성요소 인식 - 구성요소들 간의 상호 관련성 파악하며 인과지도 그리기 ▣ Iceberg - 4단계(Mental Model) - 기후변화 시스템에 관한 신념, 가치 등 자신의 생각 표현	◈ Iceberg-Model 적용 ◈ 시스템 사고 도구 활용 - Iceberg-model - BOTG - 인과지도

제 3 절 시스템 사고 적용 수업의 실행

1. 1차시 - 온실효과와 지구온난화

본 차시 수업에서 학습자는 온실 기체의 종류와 온실 효과에 대해 먼저 학습하고 그것을 토대로 지구온난화의 원인과 지구온난화 과정을 학습한다. 특히 마무리 활동으로 본 차시에서 배운 내용을 바탕으로 지구온난화 과정 인과지도 그리기 활동을 한다. 이러한 활동을 통해 시스템 내의 여러 구성요소들의 상호관계를 파악하고 시스템과 관련된 여러 구성요소들을 인식하는 과정을 경험한다.

그림 2에 제시된 활동지를 살펴보면 온실 기체, 이산화탄소, 수증기 증가, 에너지, 화석 연료, 가축, 메탄, 벌목 등 본 차시에서 언급된 내용을 토대로 지구온난화 과정 인과지도를 완성시켰음을 알 수 있다. 그리고 그들의 관계를 원인과 결과로 잘 연결시켰으며, 인과지도 그리는 과정에서 많은 학습자가 복잡시스템의 중요한 특징 중 하나인 피드백이 들어간 순환 관계까지 파악하였음을 알 수 있다. 그러나 그림 3에서 볼 수 있듯이 구성요소들의 선형적 관계 파악에 머무른 학습자, 구성요소를 단순히 선으로 연결시키기만 한 마인드 맵 형태의 지도를 그린 학습자도 있었다.

그림 2. 지구온난화 과정 인과지도 그리기

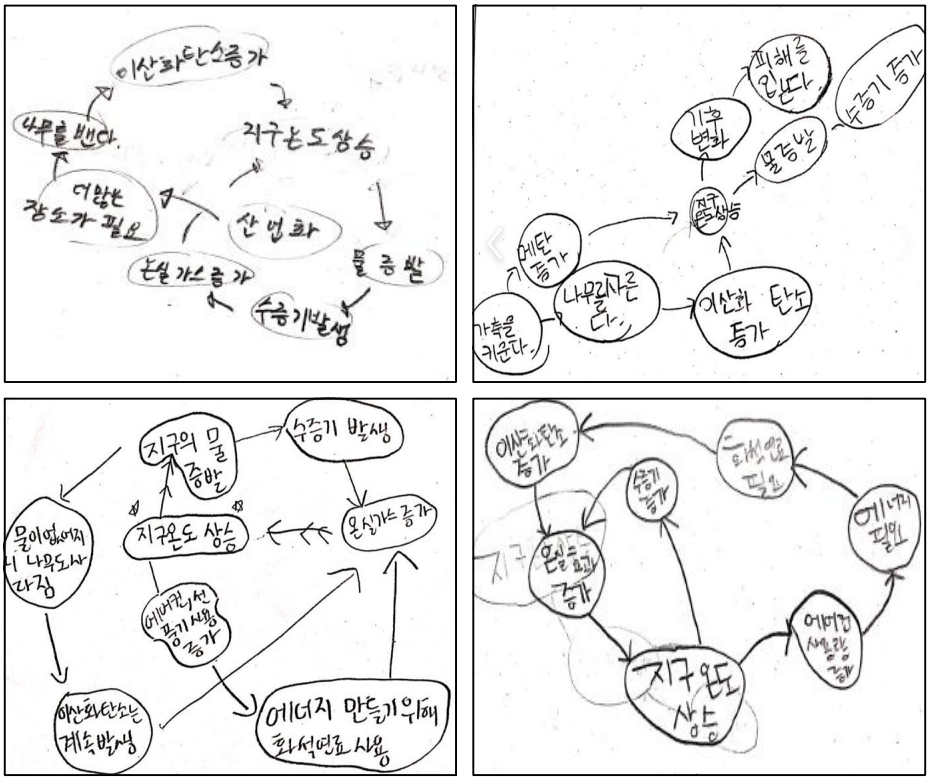
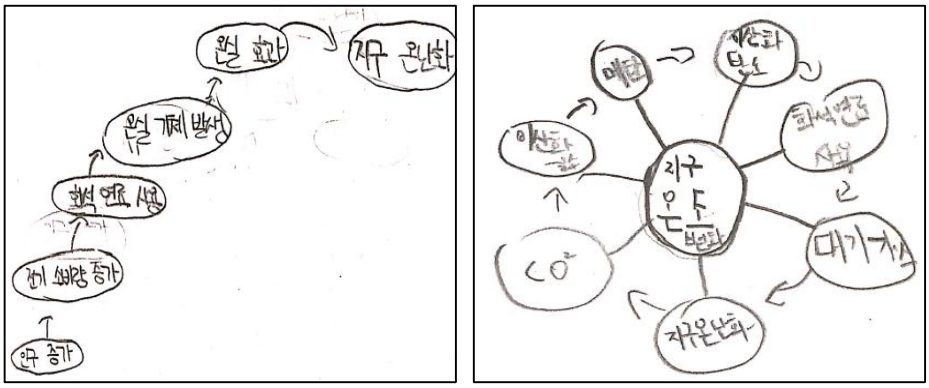


그림 3. 지구온난화 과정 인과지도 그리기



2. 2차시 - 기후변화 영향

1) Event 단계와 Patterns/Trends 단계

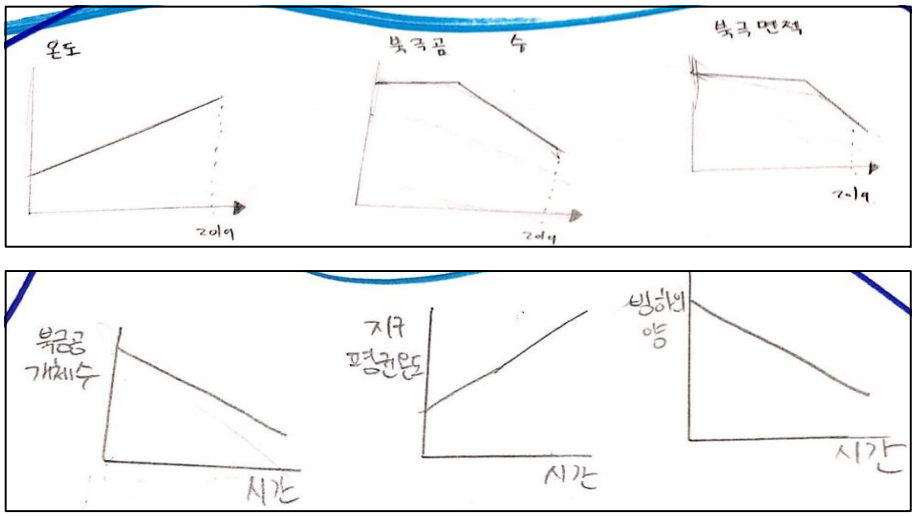
아이스버그 모델 활동의 첫 번째 단계인 Event 단계에서 학습자는 '북극곰 멸종 위기'에 관한 동영상을 시청을 통해 그것을 기후변화 영향의 구체적 문제로 인식한 후, 모둠별로 주어진 아이스버그 활동지의 큰 빙하 중 바닷물 밖으로 드러난 빙산 영역에 주어진 문제를 적었다.

두 번째 단계인 Patterns/Trends 단계에서 학습자는 '북극곰 멸종 위기' 현상을 시간의 흐름 관점에서 탐색하였다. 이 단계에서 학습자는 북극에서 시간에 따라 변화 하고 있는 요소로 '북극곰의 개체 수, 지구 온도, 해수면 높이, 빙하 면적, 얼음의 양, 서식지 면적, 피식자(바다 표범 또는 북극곰의 먹이)의 수' 등을 생각해 내었으며 이는 모둠별로 다양하였다. 아래 그림4 에서와 같이 학습자는 BOTG 그래프를 그려가며 각 요소들이 시간에 따라 어떤 경향성과 패턴을 가지고 변화하고 있는지 탐색하였다.

대부분 모둠의 그래프들은 다음 그림 4의 아래 그림에서처럼 지구 온도 상승 시작점과 북극곰 개체 수, 빙하 크기 등 다른 요소들의 변화의 시작점이 같았다. 그러나 그에 비하여 그림 4의 첫 번째 그림에서처럼 지구 온도 상승의 시작과 다른 요소의 변화가 시작되는 시간적 차이를 인식하여 표현한 모둠들도 있었다. 즉 지구 평균 온도가 상승하기 시작하자마자 북극곰의 개체 수가 줄어들기 시작하는 것이 아니라, 어느 정도 시간이 흐른 후 북극곰의 개체 수의 변화가 시작된다는 것을 인식하였다.

이 Patterns/Trends 단계에서의 활동은 학습자로 하여금 여러 요소들의 변화가 시간의 흐름에 따라 일정 패턴을 지니고 있음을 깨닫게 해준다.

그림 4. 아이스버그 모델 - Patterns/Trends 단계

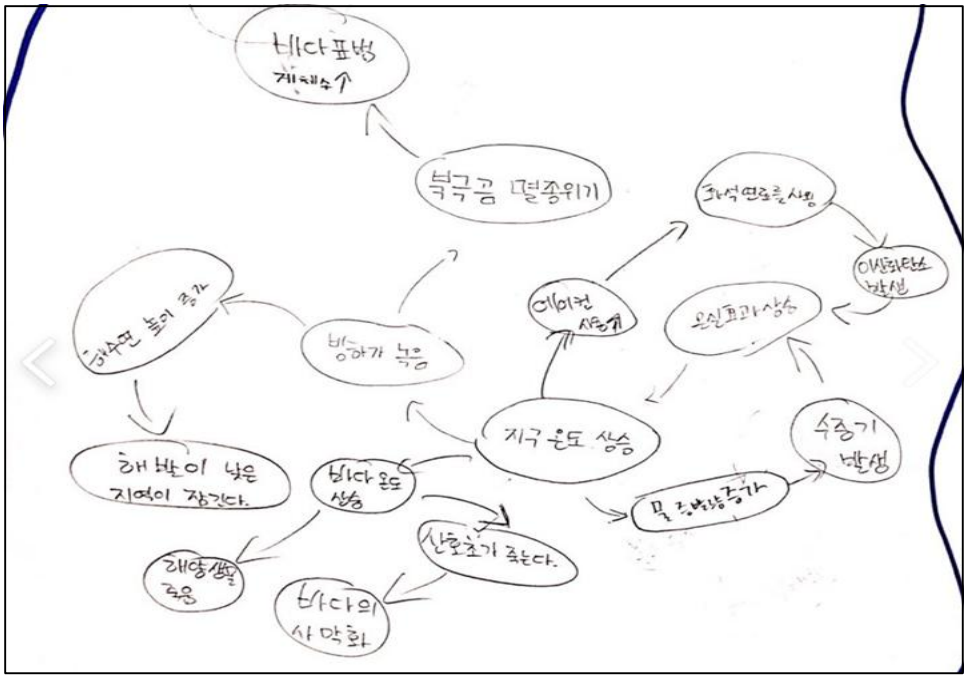


2) Systemic Structure 단계

두 번째 단계에서 알게 된 여러 요소들의 시간에 따른 변화를 야기한 시스템 구조를 드러내기 위해, 학습자는 '북극곰 멸종 위기'라는 요소를 시작으로 원인과 결과를 파악하며 인과 지도를 완성해 나갔다. 학습을 마친 모둠 활동지를 살펴보면 화석 원료 사용, 이산화탄소 증가, 대기 중 수증기 증가, 되새김질 하는 동물 같은 기후변화의 원인 요소뿐만 아니라 해수면 증가, 태풍·폭우 등 재난, 서식지 파괴, 생물 개체 수 감소, 생태계 균형 무너짐, 바다 산성화, 바다 생태계 파괴, 삼림 파괴 등 기후변화의 영향과 관련된 다양한 요소가 등장함을 알 수 있다.

또한 학습자가 완성한 인과 지도를 통해 기후변화 현상은 다양한 요소들이 여러 방향의 화살표로 연결되어 서로 상호작용 하고 있는 커다란 하나의 시스템으로 시각화되었다. 관찰 가능한 시각화된 기후변화 시스템 안에서 학습자는 기후변화의 시스템적 특징인 상호 연결과 상호 작용, 그리고 그것을 통한 역동적 행태, 피드백 루프를 포함한 비선형적 상호 작용으로 인한 불확실성 등을 이해할 수 있을 것이다.

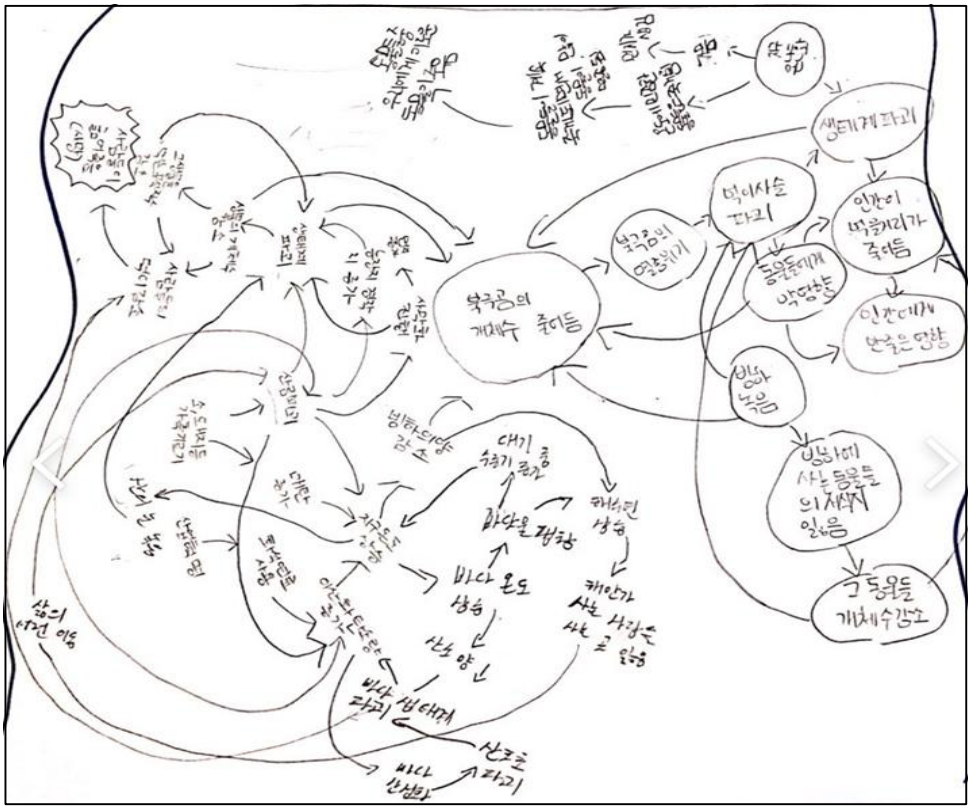
그림 5. 아이스버그 모델 - Systemic Structure 단계



구체적으로 시스템 구성 요소 간 상호작용의 결과가 다시 원인이 되어 끊임없는 순환작용을 하는 피드백 루프도 발견되었다. 그림 5에서, 기온 상승으로 인한 대기 중 수증기 증가는 온실 가스 증가 역할을 함으로써 또 다시 기온 상승을 야기하는 피드백 고리를 만들었다. 이는 수증기 자체가 온실 가스 종류 중 하나이기 때문이다. 마찬가지로 그림 5에서, 기온 상승으로 기인한 에어컨 사용은 다시 화석 연료를 사용하게 만들어 이는 또 다시 기온 상승을 가져오는 순환 고리가 만들어졌다. 그림 6의 하단에서 또한 다른 피드백 고리를 확인할 수 있다. 그 과정을 약간 수정하여 나타내면 다음과 같다. '지구온도 상승 → 해수면 상승 → 해안가 거주민 거주지 상실 → 새로운 거주지 찾아 이동 → 삼림 파괴 → 지구온도 상승' 이다. 삼림 파괴가 결국 대기 중 이산화탄소를 증가시키는 역할을 하기 때문에 삼림 파괴는 지구온도 상승으로 이어진다. 이와 같은 피드백 고리는 복잡계가 지닌 시스템적 특징 중 하나이며 이는 시스템 동적 행태의 비선형의 성질을 지닌다. 따라서 위와 같은 피드백 루프를

발견한 학습자들은 피드백 루프, 비선형 관계 같은 기후변화의 시스템적 특징을 인식한 시스템 사고를 경험하였다고 할 수 있다.

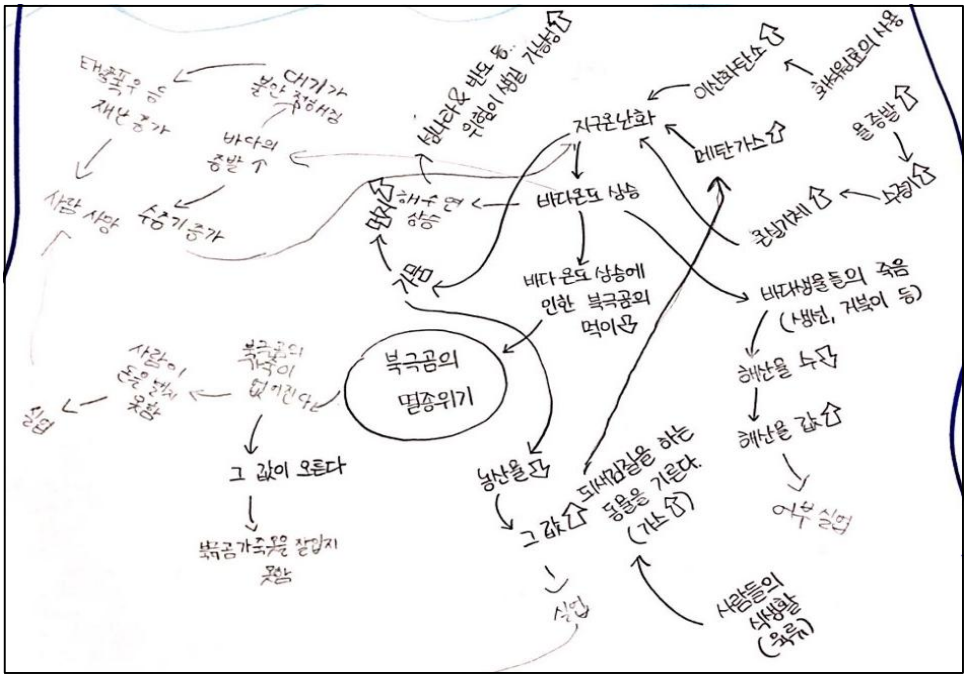
그림 6. 아이스버그 모델 - Systemic Structure 단계



앞에서 본 활동지 그림 5의 기후변화 시스템에 드러난 기후변화 요소는 대부분 자연과 관련된 것들이다. 반면 이와 다르게 그림 6과 그림 7의 기후변화 시스템에는 자연 생태계뿐만 아니라 문화·경제를 포함한 인간 생활과 관련된 많은 요소들이 포함되어 있다. 예를 들어, 바다 생태계의 변화로 해산물 개체 수가 줄어들어 해산물 값이 오른다거나, 가뭄으로 인해 농산물 생산이 줄어들어 농산물 값이 오른다는 내용이 포함된 그림 7의 활동지에는 기후변화가 자연 생태계의 문제만 아니라 우리 사회나 경제와도 서로 영향을 주고받는다는 사실이 나타나 있다. 또한 메탄가스의 증가의 원인을 되새김질 하는 동물을 기르는 것으로 부터 찾고

또 이것의 원인을 사람들의 육식 식생활에서 기인하는 것으로 파악하는 것은 기후변화 문제와 인간 생활 문화와의 관련성을 보여준다. 이처럼 학습자는 아이스버그 모델의 Systemic Structure 단계에서 인과지도 그리기를 통해 기후변화와 자연 생태계 그리고 더 나아가 인간 생활과 사회 · 문화 · 경제와의 관련성을 자연스럽게 이해할 수 있게 된다. 이를 통해 인과지도 그리기 활동이 앞선 2장에서 언급한 기후변화의 총체성을 다루기에도 충분히 효과적임을 알 수 있다.

그림 7.아이스버그 모델 - Systemic Structure 단계



3) Mental Model 단계

아이스버그 모델의 마지막 단계인 Mental Model 단계는 앞의 세 단계를 학습한 학습자의 변화된 시스템에 관한 가치나 신념, 태도를 확인하는 단계이다(Senge, 2012). 본 연구에서 연구자는 학습자가 이제까지의 활동을 통해 기후변화 시스템에 대해 새롭게 갖게 된 신념이나 생각 또는 믿음이 있는지 생각해 보고 그것에 대해 종이에 적은 후, 발표하도록 하였다. 일부 학습자가 종이에 정리한 내용을 살펴보면 아래와 같다. 연구 대상이 초등학교 6학년임을 감안하여, 학습자가 기술한 문장에 문법적 오류가 심해 정확한 의미 전달이 어려운 경우에 한해, 학습자가 말하고자한 의미를 훼손하지 않는 범위에서 연구자가 수정하였음을 밝힌다.

지구 곳곳에서 일어나는 크고 작은 사건들이 결국은 서로 얽히고 얽혀있다는 것을 알았고, 그렇게 얽혀져 있기 때문에 한 쪽에서 문제가 생기면 다른 쪽도 도미노처럼 와르르 무너질 수 있겠다고 생각했다. - 이○○ -

지구온난화가 정말 많은 영향을 끼치는 것을 알았고 이런 자연이 큰 매듭 같다고 느꼈다. 자연에서 하나가 잘못되면 우리한테도 영향이 있다는 것을 알았다. - 오○○ -

생각보다 더 많은 요소와 요소가 이어져 있었다. 환경을 구성하는 것들끼리 영향을 끼친다는 것을 알고는 있었지만, 생각보다 더 세세하고 깊은 곳까지 연결되어 있어서 신기했다. - 손○○ -

지구온난화가 생각보다 많은 곳에 영향을 미침을 알게 되었다. 우리의 식생활과도 관련이 있다는 게 놀라웠다. 육류를 많이 먹으면 메탄가스의 양이 많아지고 그로 인해 온실가스의 총량이 많아지면서 지구온난화가 더욱 심해진다는 것을 알았다. - 김○○ -

생태계와 동물 종 그리고 사람의 생활이 얽혀져 있어 하나가 잘못되면 나

머지도 잘못될 수 있다는 걸 알았다. 지구온난화 때문에 북극곰이 멸종위기에 처했다는 사실도 슬프고 지구온난화 현상이 옅어질 수 있게 노력하거나 막을 방법을 찾아봐야겠다. - 박○○ -

기후변화는 나와 상관이 없는 건 줄 알았는데 이번 수업을 통해서 나도 기후변화에 영향을 주고, 또 영향을 받고 있다는 것을 알게 되었다. - 임○○ -

사소한 변화가 큰 변화를 가지고 오게 된다는 것을 알았다. 나의 생활 속에서도 사소한 변화를 일으켜서 좋은 쪽으로 큰 변화를 가지고 오고 싶다. - 박○○ -

위의 결과를 토대로 알 수 있는 시스템사고 적용 기후변화 수업 학습자가 인식하게 된 기후변화의 시스템적 특징은 다음과 같다. 우선, 기후변화와 관련하여 본인을 포함한 많은 요인들이 서로 연결이 되어 있음을 인식하게 되었다. 더불어 연결된 이들이 서로 영향을 주고받는 상호 작용을 통해 변화한다는 것 또한 알게 되었다. 더 나아가 사소한 변화나 나의 사소한 행동이 시스템 내의 다른 부분의 큰 변화를 가져올 수 있다는, 복잡계의 비선형적 특성에서 기인한 '나비 효과' 에 대한 인식 또한 찾아 볼 수 있다.

제 5 장 연구 결과

제 1 절 집단 동질성 검사

실험 처치에 들어가기에 앞서, 실험 집단과 대조 집단의 동질성을 확인하기 위해 실험 전 실시한 검사 결과를 토대로 독립 표본 t-검정을 실시하였다. 그 결과는 표 13, 표 14와 같다.

표 13, 표 14에서 확인 할 수 있듯이, 사전 검사 결과를 통한 실험 집단과 비교 집단 간의 기후변화 지식, 기능, 정의 영역의 점수와 시스템 사고의 점수에 대한 독립표본 t-검정 결과, 모든 영역에서의 유의확률(p)이 0.05 보다 크므로 두 집단 간 평균차이는 유의미한 차이가 아님을 알 수 있다. 따라서 본 실험에서의 실험 집단과 대조 집단은 동질 집단이라고 할 수 있다.

표 13. 시스템 사고 사전 검사 결과

변인	평균		표준편차		t값	p값
	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)		
시스템 사고	3.9333	3.7887	.45668	.41028	1.729	.087

표 14. 기후변화 지식·기능·정의 영역 사전 검사 결과

변인	평균		표준편차		t값	p값
	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)		
지식	.6742	.6824	.18305	.24735	-.195	.846
기능	3.3909	3.5283	.87369	.62338	-.938	.351
정의	3.8424	3.7610	.75894	.52992	.644	.521

제 2 절 시스템 사고 적용 기후변화 수업이 기후변화 현상의 시스템적 인식에 미치는 효과 분석

시스템 사고 적용 기후변화 수업이 기후변화 현상의 시스템적 인식에 미치는 영향을 파악하기 위해, 시험 집단과 비교 집단의 시스템 사고에 대한 결과에 대하여 독립표본 t-검정을 실시하였다.

우선, 실험 집단의 시스템 사고 평균은 비교 집단의 그것보다 더 높았다. 이러한 평균차이가 유의미한 차이인지 검증하기 위해 독립표본 t-검정 결과, 유의확률이 0.034로 0.05보다 낮아 사후 시스템 사고의 평균 차이는 유의미한 것으로 밝혀졌다. 따라서 기후변화 수업에서 시스템 사고 적용은 학습자가 기후변화 현상을 시스템적으로 인식하게 하는데 긍정적인 방향으로 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

표 15. 시스템 사고 사후 검사 결과

변인	평균		표준편차		t값	p값
	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)		
시스템 사고	4.0897	3.9057	.43889	.45394	2.142	.034*

제 3 절 시스템 사고 적용 기후변화 수업이 기후변화 지식·기능·정의 영역에 미치는 효과 분석

기후변화 수업을 실시함에 있어서 시스템 사고 적용 여부가 학습자의 기후변화 지식·기능·정의 영역에 효과가 있는지를 확인하기 위해서, 두 집단의 실험 후 측정 결과에 대하여 독립 표본 t-검정을 실시하였다. 앞 절에서 언급했듯이 실험 집단과 비교 집단은 실험 전 기후변화 지식·기능·정의 영역에서 차이가 없는 동질한 집단임이 밝혀졌다. 따라서 두 집단의 사후 검사 평균을 분석함으로써, 시스템 사고 적용 기후변화 수업이 강의식 기후변화 수업에 비해 학습자에게 미치는 영향이 어떠한지 판단할 수 있을 것이다. 두 집단의 사후 검사 결과에 따른 독립 표본 t-검정 결과에 따르면, 기후변화 지식·기능·정의의 모든 영역에서 두 집단 간 평균 차이가 나타났다. 이러한 평균 차이가 통계적으로 유의한지 검증할 필요가 있다.

먼저, 기후변화 지식 영역의 경우, 실험 집단의 평균은 0.8833 으로 비교 집단의 평균 0.8844에 비해 오히려 낮았다. 그러한 차이가 통계적으로 유의한지에 대한 검증을 위한 독립 표본 t-검정 결과에 따르면 유의확률(p)이 0.05보다 높아 두 집단의 평균 차이는 통계적으로 유의하지 않는 것으로 밝혀졌다. 따라서 시스템 사고 적용 기후변화 수업이 강의식 수업보다 학습자의 기후변화 지식 향상 측면에서 효과적인 것은 아니라고 할 수 있다.

표 16. 기후변화 지식 영역 사후 검사 결과

변인	평균		표준편차		t값	p값
	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)		
지식	.8833	.8884	.12172	.12114	-.215	.830

다음 기후변화 기능 영역의 경우, 실험 집단의 평균은 4.1318 로 비교 집단의 평균 3.7783 에 비해 높았다. 또한 해당 변수의 독립표본 t-검정 결과, 유의확률이 0.036 으로 0.05 보다 낮아 두 집단의 평균차이는 통계적으로 유의미하다. 다시 말해서, 시스템 사고 적용 기후변화 수업은 강의식 수업보다 학습자의 기후변화 기능 향상 측면에서 효과적이라고 할 수 있다.

표 17. 기후변화 기능 영역 사후 검사 결과

변인	평균		표준편차		t값	p값
	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)		
기능	4.1318	3.7783	.75898	.96534	2.120	.036*

기후변화 정의 영역의 경우, 실험 집단의 평균은 4.0586으로 비교 집단의 평균 3.9769에 비해 높았다. 평균의 차이의 통계적 유의미성을 확인하기 위한 독립표본 t-감정 결과, 유의확률이 0.503으로 0.05보다 높아 두 집단의 평균 차이는 통계적으로 유의하지 않는 것으로 판단된다. 따라서 시스템 사고 적용 기후변화 수업이 강의식 수업보다 학습자의 기후변화 정의 영역의 향상 측면에서 효과적인 것은 아니라고 할 수 있다.

표 18. 기후변화 정의 영역 사후 검사 결과

변인	평균		표준편차		t값	p값
	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)	실험집단 (N=55)	비교집단 (N=53)		
정의	4.0586	3.9769	.73075	.51583	.673	.503

실험 후의 두 집단 차이의 유의미성을 통계적 검증을 통해 살펴보고 그것을 토대로 시스템 사고 적용 기후변화 교육의 효과성을 판단해 보았다. 그 결과, 시스템 사고 적용 기후변화 교육은 기후변화 기능 영역에 긍정적인 방향으로 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다. 반면 기후변화 지식과 정의 영역에서의 효과성은 입증되지 못하였다.

제 4 절 논 의

본 연구는 시스템 사고 적용 기후변화 교육이 기후변화 현상의 시스템적 인식과 기후변화 지식·기능·정의 영역에 미치는 영향을 알아보고자 아이스버그 모델을 적용한 기후변화 수업을 설계하고, 실험 수업 후, 실험 집단과 비교 집단의 차이를 검증하는 방식으로 연구를 진행하였다.

사전 검사 결과를 토대로 진행한 독립표본 t-검정을 통해 두 집단의 동질성을 확인하고, 이후 사후 결과를 토대로 독립표본 t-검정을 통해 시스템 사고 적용 효과를 검증하였다. 통계적 검증을 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 시스템 사고를 적용한 기후변화 수업은 기후변화 현상의 시스템적 인식에 긍정적인 영향을 미친다.

즉, 기후변화 수업에 시스템 사고를 적용하는 경우, 학습자는 기후변화 현상을 시스템적으로 인식하는데 도움을 받는다는 것을 알 수 있다. 기후변화의 원인과 영향을 학습함에 있어서 그것과 관련된 단편적 사실만을 알게 되는 것이 아니라, 기후변화 현상이라는 것이 다양한 구성 요소와 그것들의 상호작용으로 인해 끊임없이 변하고 움직이는 하나의 시스템이라는 것을 인식하게 되었다고 할 수 있다.

아이스버그 모델 첫 단계인 Event 단계에서 학습자에게 주어진 사건은 단 하나, 북극곰 멸종 위기이다. 하나의 사건을 시작으로 학습자는 끊임없이 '왜'(원인)와 '그래서'(결과)를 물어가며 인과지도를 그렸다. 계속해서 원인과 결과를 찾아 연결하다보면, 결국 북극곰 멸종 위기를 초래한 커다란 하나의 구조가 바깥으로 드러나게 되었다. 이를 통해 학습자는 시스템의 전체 구조를 거시적인 시각으로 한눈에 조망할 수 있게 되었다. 학습자 스스로 만들어낸 기후변화 시스템 구조 안에는 화석 연료 사용, 삼림 파괴 등 기후변화 원인부터 서식지 파괴, 생물종 멸종, 사막

화, 등 생태계에 미치는 영향, 생선 값, 옷 값 상승 등 경제에 미치는 영향, 실업, 질병 등 사회에 미치는 영향 등 여기저기 섬으로 흩어져 있던 요소들이 자연스럽게 연결되어 있다. 물론 학습 모둠마다 구조 파악의 수준이 다르긴 하지만, 이를 통해 기후변화 시스템의 많은 요소들을 인식하게 되고, 그 요소들이 결국은 모두 연결되어 복잡한 과정으로 영향을 주고받고 있다는 것, 따라서 한쪽에서의 작은 변화만으로도 전체 시스템이 변할 수 있다는 사실, 아주 멀리 사는 북극곰의 멸종이 나의 생활과 무관하지 않다는 사실 등을 인식하게 된다. 이런 복잡하고 역동적인 구조를 한 눈으로 확인하는 것만으로도 학습자는 기후변화의 시스템적 특성을 경험한다고도 할 수 있겠다.

따라서 이러한 학습 과정과 경험이 기후변화 현상을 시스템적으로 인식하는데 의미 있는 효과를 주었다고 할 수 있겠다.

둘째, 시스템 사고를 적용한 기후변화 수업은 기후변화 지식 영역에 긍정적인 영향을 미치는 것은 아니다.

독립표본 t-검정을 통한 통계적 유의미성은 확보되지 않았지만, 실험 집단의 실험 후 지식 영역의 평균이 비교 집단 보다 낮게 측정되었다. 이성호(1999; 박신향, 2016 재인용)는 강의식 수업 방식의 특징으로 첫째, 객관적이고 논리적인 정보를 제한 시간 내에서 효율적으로 전달 가능하며 둘째, 교과서에 수록되지 않은 복잡한 자료나 지식을 교수자가 체계적으로 전달할 수 있다고 하였다. 비교 집단의 수업 방식은 강의식 수업이었으며, 비교 집단의 학생들은 실험 집단이 보았던 동영상 시청 후, 영상의 내용이 정리된 ppt를 보면서 영상의 내용과 함께 기후변화 영향의 지식을 문답식으로 학습하였다. 이러한 방식은 지식 학습에 있어서 더 효율적으로 보인다. 그러나 단순히 많은 지식을 획득하였다고 해서 그것이 학습 효과가 높은 것인가 라는 관점에서 생각해보았을 때, 무조건 긍정하기는 어려워 보인다. 지식이 담긴 맥락 안에서 구조적으로 연결된 지식이 아니라 파편적으로 흩어진 지식의 습득은 기후변화를 총

체적으로 이해하는데 오히려 비효율적일 수 있기 때문이다.

또 다른 측면으로, 실험 집단의 학습자의 경우 인과지도를 그려가며 기후변화 시스템의 구조를 파악하는 과정을 통해, 교사로부터 교수 받지 못한 새로운 지식을 스스로 구성할 가능성이 존재한다. 실제로 본 연구의 실험 수업에서, 동영상으로 학습하지 않은 여러 요소들이, 인과지도를 그리며 시스템을 구성하는 과정에서 등장한 것을 확인할 수 있었다. 그 중 하나의 예를 들면, '육식은 기후변화의 원인이 될 수 있다'라는 지식을 수업 중 교사가 가르치지 않았지만, 학습자이 인과지도를 그리는 과정을 통해 스스로 발견해 내었다. 본 연구에 사용된 지식 검사 도구의 문항은 연구 수업에서 학습할 내용을 고려하여 미리 제작되었기 때문에, 이 검사 도구가 시스템 사고 과정 중 학습자로부터 새로 창출된 지식을 측정하는 것은 불가능하였다는 점을 상기할 필요가 있겠다.

셋째, 시스템 사고를 적용한 기후변화 수업은 기후변화 기능 영역에 긍정적인 영향을 미친다.

본 연구의 검사지에서 설정된 기후변화 기능의 하위요소는 자료 조사·분석, 정보 처리 능력, 의사소통 능력이다. 이는 구체적으로 환경 문제와 쟁점에 관한 정보를 분석·처리하며 그것을 통해 문제나 쟁점에 대해 의사 소통하고, 더 나아가 문제에 대해 의사 결정하는 능력을 함양하는 것을 의미한다. 본 실험에서 학습자는 BOTG 또는 인과지도를 그리는 과정에서 주어진 변수의 정보를 분석·처리하는 과정을 경험하였을 것으로 보인다. BOTG나 인과지도를 그리는 과정은 기후변화 시스템에 관한 정보를 시각화하는 과정이기 때문이다. 또한 시각화된 정보는 문제와 쟁점 그리고 그 안의 내재적 구조의 이해를 용이하게 함으로써, 문제를 논의하는 당사자들의 의사 소통과 의사 결정을 도울 수 있다. 기능영역에서의 변화를 살펴본 본 연구의 결과는 환경 소양과 시스템 사고와의 상관 관계 탐색 연구에서 환경 소양의 하위 요소 중 기능과 시스템 사고 관련성이 가장 높다는 한동균·조윤호(2015)의 연구 결과와도 일치한다.

넷째, 시스템 사고를 적용한 기후변화 수업은 기후변화 정의적 영역에 긍정적인 영향을 미치는 것은 아니다.

아이스버그 모델의 마지막 단계인 mental model단계에서 학습자는 기후변화 시스템에 대한 자신의 신념이나 생각, 믿음 등을 돌아보는 시간을 갖게 된다. 이 단계에서 의미한 신념이나 믿음이 의미하는 바는 기후변화 시스템의 구조에 관계된 신념이나 믿음에 가깝다. 따라서 비교 집단에 비해 검사지에서 측정했던 기후변화의 심각성에 대한 인식이나 태도 등에는 그 영향이 적었을 것으로 예상된다.

제 6 장 결 론

제 1 절 연구의 요약 및 결론

본 연구는 시스템 사고 적용 기후변화 수업을 설계해 보고, 그 효과를 검증하여, 앞으로 기후변화 교육 분야에서 시스템 사고의 활용 가능성과 그 의미를 논의하기 위하여 수행되었다. 본 연구에서 살펴볼 문제로 시스템 사고 적용 기후변화 교육이 기후변화 현상의 시스템적 인식에 미치는 영향과, 기후변화 지식·기능·정의 영역에 미치는 영향으로 설정하였다.

이를 위하여 우선, 시스템 사고의 이론과 그것을 바탕으로 한 사전 연구 탐색을 통하여 시스템 사고 적용할 도구로 아이스버그 모델을 선택하였다. 아이스버그 모델은 시스템의 이해를 돕기 위한 접근법으로 Event-Patterns/Trends-Systemic Structure-Mental Model의 총 4 단계로 구성되어 있다. 학습자는 아이스버그 모델을 통해 특정 사건과 그 사건이 발현되게 된 이면의 시스템 구조를 파악하고, 시스템에 관한 가치, 신념, 태도를 확인함으로써 시스템을 정확히 인식하고 이해할 수 있게 되며, 더 나아가 시스템을 변화시킬 방법을 모색할 수 있게 된다.

수업 설계에 있어서, 기후변화 교육의 방향과 목표 설정, 그리고 내용 체계에 관한 사전 연구를 토대로 수업 주제와 목표, 그리고 내용을 선정하여 조직하였다. 1차시의 주제는 온실 효과 그리고 지구온난화의 원인과 과정, 2차시의 주제는 기후변화 영향으로 설정하고, 기후변화 교육 시 기후변화 현상의 시스템적 특징이 반영되어야 한다는 기후변화 교육의 방향 설정 지침에 따라 차시별 세부 목표를 정하였으며, 사전 연구를 참고하여 교육 내용을 선정하였다. 시스템 사고 접근법인 아이스버그 모델은 2차시에 적용되었으며, 1차시에는 지구온난화 과정을 인과지도로 표현하며 시스템사고 작용을 활성화시켰다.

측정도구는 기후변화 현상의 시스템적 인식의 변화와 기후변화 지식·기능·정의 영역의 변화를 측정하기 위해 제작되었고, 사전 연구를 바탕으로 수정·보완하여 개발되었다. 검사지의 타당도는 환경교육 전문가들의 문항 검토를 통해, 그리고 신뢰도는 통계프로그램 SPSS(ver.23)을 활용하여 Cronbach-α 값을 통해 확보하였다.

설정된 연구 문제 확인을 위하여, 경기도 용인시 소재 초등학교 6학년 실험집단 55명, 비교 집단 53명을 대상으로 설계된 수업을 적용하였다.

동일집단 사전사후 검사 설계로, 실험 집단에는 시스템 사고 적용 기후변화 교육을 처치하였고, 비교 집단에는 일반 강의식 수업을 수행하였다.

실험 후 수집된 자료는 통계프로그램 SPSS(ver.23)을 사용하여 분석하였다. 실험 집단과 비교 집단의 사전 동일집단 확인을 위해 사전결과를 대상으로 독립표본 t-검정을 수행하였고, 모든 영역에서 유의확률이 >0.05 로 두 집단이 동일집단임을 확인하였다. 시스템 사고 적용의 효과를 분석하기 위해 두 집단의 실험 후 결과를 대상으로 독립표본 t-검정을 수행하였다. 그 결과 시스템 사고의 경우 유의확률이 0.034, 기후변화 기능 영역의 경우 유의확률 0.036으로 두 변수의 두 집단 간 유의미한 차이를 확인하였다. 반면, 기후변화 지식 영역의 유의확률은 0.83, 기후변화 정의 영역의 유의확률은 0.503을 얻어 두 변수는 두 집단 간 차이가 없었다. 위와 같은 연구 과정을 통해 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 시스템 사고를 적용한 기후변화 수업은 기후변화 현상의 시스템적 인식에 긍정적인 영향을 미친다.

둘째, 시스템 사고를 적용한 기후변화 수업은 기후변화 지식 영역에 긍정적인 영향을 미치는 것은 아니다.

셋째, 시스템 사고를 적용한 기후변화 수업은 기후변화 기능 영역에 긍정적인 영향을 미친다.

넷째, 시스템 사고를 적용한 기후변화 수업은 기후변화 정의적 영역에 긍정적인 영향을 미치는 것은 아니다.

본 연구의 의의는 다음과 같다.

첫째, 시스템 사고가 기후변화 교육의 효과를 높이기 위한 하나의 방법이 될 수 있음을 증명하였다. 기후변화 교육은 다양한 방법을 통해 이루어져 왔다. 복잡하고 불확실한 특성을 지닌 기후변화 시스템을 이해하는데 시스템 사고가 유용함에도 불구하고, 지금까지는 이를 적용한 기후변화 교육의 개발이 부족한 것이 사실이다. 이러한 사실에 비추어, 본 연구가 기후변화 교육에 있어서 시스템 사고 적용 효과성의 일부를 증명함으로써 앞으로 이것의 활용 가능성을 제시하였다는 점에서 의미가 있다.

둘째, 본 연구는 기후변화 문제의 해결을 위한 초석으로, 해당 문제를 초래하는 구조를 시스템적으로 인식하기 위한 도구로써 아이스버그 모델을 적용하였고, 그 가능성을 입증하였다. 우리 앞에 놓인 여러 환경 문제, 사회 문제는 수많은 구성 요소가 다양한 방향으로 상호작용하며 복잡하게 얽혀 돌아가는 복잡계의 특성을 지녔다. 따라서 그러한 문제의 해결책을 찾기 위한 방법으로 아이스버그 모델을 활용할 수 있음을 알 수 있다.

셋째, 본 연구를 통해 초등학생을 대상으로 한 기후변화교육에 있어서 시스템사고를 활용하는 것이 충분한 교육적 가치가 있음을 알 수 있다. 특히 시스템사고 접근 모델인 아이스버그 모델 단계에 따라 시스템사고 기반 교육 프로그램을 개발할 수 있으며, 이때 인과지도나 BOTG 등 시스템 사고 도구 또한 활용 가능하다는 점을 알 수 있다.

제 2 절 연구의 한계 및 제언

본 연구의 제한점을 보완하고 후속 연구가 이루어질 수 있도록 다음을 제언하고자 한다.

첫째, 이번 연구의 대상은 초등학교 6학년 학생에 한정되어 있다. 시스템 사고는 인지적 과정을 통해 작동하며 인간의 인지 능력은 연령에 따라 다른 특징을 보이며 발달한다. 또한 기후변화 교육이 미취학 아동부터 성인까지 전 생애 동안 필요한 것이므로, 시스템 사고를 적용한 수업이 다른 연령에서는 어떻게 수행될 수 있을지 다양한 연령을 대상으로 한 연구가 필요하다.

둘째, 본 연구에서 수행한 수업은 단 두 차시로 이루어졌으며, 그 중 시스템사고를 적극적으로 사용한 차시는 그 중 두 번째 차시에 해당된다. 본 연구를 통해 기후변화 교육에서 시스템 사고 활용의 유용성이 검증된 바, 향후 시스템사고를 자유롭게 사용할 수 있는 다양한 활동으로 구성된 더 긴 차시의 기후변화 교육 프로그램이 개발되어 교육현장에서 사용되길 바란다.

셋째, 특정한 방식의 교육이 다른 방식의 교육보다 모든 면에서 효과적이라고 할 수 없다. 본 연구는 기후변화 교육에 있어서 시스템 사고 적용이 기후변화 인지적·정의적 역량 함양을 담보하지 못한 결과를 보여주었다. 환경교육의 한 분야인 기후변화 교육에서 인지적·정의적인 측면의 중요성을 간과할 수 없는 바, 관련 문제를 해결하기 위한 연구가 요구된다. 따라서 다양한 방식의 교육에 관한 비교 연구를 통해 각 교육 방식의 좋은 점을 도출할 수 있을 것이며 이를 토대로 서로 다른 방식의 교육적 통합을 시도해 볼 수 있을 것으로 생각된다.

넷째, 본 연구를 통해 초등학교 교육에서도 시스템사고를 활용한 교육이 가능하다는 것을 알 수 있었다. 이를 토대로 기후변화 문제뿐만 아니라 복잡계로 이루어진 특정 대상을 교육하거나 또는 여러 사회 문제를 구조적으로 들여다보고 해결책을 모색해보는 교육에서 시스템사고가 활

용 가능할 것으로 예상된다. 따라서 초등교육의 다양한 분야에 있어서 시스템사고 활용 가능성을 연구해 볼 필요가 있겠다.

참 고 문 헌

교육부 (2015a). 2015 개정 과학과 교육과정. 교육부.

교육부 (2015b). 2015 개정 중학교 선택 교과 교육과정. 교육부.

교육부 (2015c). 2015 개정 초등학교 교육과정 총론. 교육부.

권병성·이면우 (2011). 기후변화에 대한 초등학생들의 지식수준. 에너지기후변화교육, 1(2), 191-202.

권주연·문윤섭 (2014). 기후 변화 교육 목표 및 내용 체계 개발. 환경교육, 22(1), 68-82.

권준·엄준용 (2012). 복잡계 이론을 적용한 교원능력개발평가 정책결정과정 분석. 교육정치학 연구, 19(4), 177-210.

김남조 (2011). 복잡계 사고로 분석한 저탄소 녹색관광의 위상과 시사점. 관광연구, 26(2), 39-58.

김동환 (2004). 시스템 사고. 선학사.

김문조 (2003). 복잡계 패러다임의 특성과 전망. 과학기술학연구, 3(2), 1-27.

김미란 (2014). 환경교과서의 기후변화 주제 제시 방식 연구 - 환경주제 특성과 환경교재 적합성을 기준으로-. 교원대학교 대학원 석사학위논문.

김미란·김찬국 (2014). 환경 교과서의 기후변화 교육 내용 체계 및 내용요소 재구조화. 환경교육, 27(2), 150-160.

김병섭 (1996). 교육연구방법. 서울: 학지사.

김상만 (2016). 신기후체제 파리협정의 역사적 의의와 한계에 대한 고찰. 아주법학, 9:225-249.

김수앙·김태영 (2013). 초등학생의 에너지·기후변화 기능·태도·정서·행동 조사. 에너지기후변화교육, 3(1), 1-10.

김수진·김영욱 (2019). 문화적 편향이 기후변화 정책 순응과 지지에 미치는 영향 : 위험인식, 감정, 효능감의 매개 효과 중심 분석. 한국언론학보, 63(4), 230-274.

김종욱 (2011). 복잡계로서 생태계와 법계. 철학사상, 41, 7-36.
김찬국·최돈영 (2010). 우리나라 기후변화 교육의 방향에 대한 고찰. 환경교육, 2010. 23(1), 1-12.
김형욱·문성윤 (2017). 시스템사고기반 STEAM형 프로그램이 초등학생의 환경소양 및 시스템 사고 능력에 미치는 영향. 환경교육, 30(1), 85-102.
문병찬 (2014). 초등과학교육에서 지구시스템 인식강화를 위한 시스템사고 교육 프로그램 개발 및 적용효과. 대한지구과학교육학회, 7(3), 313-326.
박시원 (2016). 파리협정과 Post-2020 신기후체제의 서막-유엔기후변화협약 파리총회의 주요 쟁점과 합의 결과를 중심으로. 환경법과 정책, 16, 285-322.
박신향 (2016). PBL 수업과 강의식 수업 비교를 통한 수업 방식 선호 연구. 학습자중심교과교육연구, 16(9), 1-12.
박혜경 (2013). 초·중학생의 기후소양 함양을 위한 기후교육 프로그램 개발 및 적용. 대구대학교 박사학위논문.
박희제・허주영 (2012). 누가 기후변화회의론자인가?. 환경사회학연구 ECO, 16(1), 71-100.
백순근 (2004). 교육연구 및 통계분석. 파주: 교육과학사.
서은정 (2016). 중등학교 환경교과 선택 및 교사 임용율을 둘러싼 환경교육과정 운영 실태에 대한 연구. 환경교육, 29(3), 251-262.
송지준 (2015). 논문작성에 필요한 SPSS/AMOS 통계분석방법. 파주:21세기사.
심임섭·고진호 (2015). 복합적응시스템으로서 학교의 존재론 및 인식론. 교육철학, 55, 53-78.
오소라·이상원 (2013). 탄소발자국 줄이기 기후 변화교육이 초등학생의 환경태도에 미치는 영향. 한국초등교육, 24(1), 151-174.
오준영·손연아 (2018). 세계관을 바탕으로 통합과학 교육전략 제안: 기후변화를 중심으로. 대한지구과학교육학회지, 11(1), 1-20.

우정애 (2011). 중학교 과학과 기후변화 교육 프로그램 개발과 적용. 한국교원대학교 박사학위논문.

우정애·남영숙 (2012). 기후변화 교육 방안 개발 -중학교 교육과정에서 적용 가능한 방안을 중심으로. 환경교육, 25(1), 117-133.

유현희 (2011). 초·중·고 학생 및 교사들의 지구 기후변화에 대한 지식과 행동의 인식조사. 이화여자대학교 석사학위논문.

윤영수·채승병 (2005). 복잡계 개론 : 세상을 움직이는 숨겨진 질서 읽기. 서울: 삼성경제연구소.

이성호 (1999). 교수방법론. 서울:학지사

이성희(2012). STEAM 교육을 통한 초등학생 기후 소양함양 연구. 환경교육, 25(1), 66-76.

이승준 (2017). 학교 환경교육에서 시스템 접근법의 활용방안과 기대효과. 환경교육. 30(4), 394-409.

이현동·이효녕 (2017). Iceberg(IB) 모델을 적용한 고등학생의 시스템 사고 분석 및 효과. 한국과학교육학회지, 37(4), 611-624.

이효녕·권용주·오희진·이현동 (2011). 고등학생들의 시스템 사고 향상을 위한 교육프로그램 개발 및 적용: 지구온난화를 중심으로. 지구과학회, 32(7), 784-797.

이효녕·권혁수·박경숙·이현동 (2013). 고등학생들의 시스템 사고 측정을 위한 측정 도구 개발과 타당화. 한국과학교육학회지, 33(5), 995-1006.

전재돈·이효녕 (2015). 고등학생을 위한 시스템 사고 기반의 융합인재교육 프로그램 개발 및 적용 효과. 과학교육, 35(6), 1007-1018.

정옥분 (2013). 아동발달의 이해. 서울: 학지사.

정현희·서우석 (2008). 초등학생 환경 소양 측정 도구의 개발. 환경교육, 21(4), 79-93.

조규동·김형범 (2017). 시스템 사고에 기반한 STEAM 교육 프로그램이 기후변화 학습에 미치는 효과. 한국콘텐츠학회논문지 17(7), 113-123.

최혜숙 (2011). 학습자 활동 중심 기후 변화 교육 프로그램 개발. 한국기후변화학회지, 2(3), 161-174.

한동균·조윤호 (2015). 사회과 지속가능성교육을 위한 환경소양과 시스템사고의 관계 탐색. 한국사회과교육, 54(2), 65-83

황수정 (2009). 초등학교 3학년을 대상으로 한 기후변화교육을 위한독서교육프로그램의 개발과 효과에 관한 연구. 석사학위논문. 한국교원대학교.

Arnald. R. D., Wade. J. P. (2015). A Definition of Systems Thinking : A Systems Approach. Procedia Computer Science, 44, 669 - 678

Assaraf, O. B., Orion, N. (2005). Development of System Thinking Skills in the Context of Earth System Education. Journal of Research in Science Teaching, 42(5), 518 - 560.

Assaraf, O. B., Orion, N. (2010). System Thinking at the Elementary School. Journal of Research in Science Teaching, 47(5), 540-563.

Azevedo J., Marques M. (2017). Climate literacy: a systematic review and model integration. International Journal of Global Warming 12(3/4), 414-430.

Bandura, A. (1995). Self-efficacy in changing societies. Cambridge university press.

Davis, A .C., Stroink, M. L. (2016). The relationship between systems thinking and the new ecological paradigm. ystems Research and Behavioral Science, 33, 575-586.

Davis, B. (2004). Inventions of Teaching: A Genealogy. New York, NY : Routledge.『구성주의를 넘어선 복잡성교육과 생태주의 교육의 계보학』, 심일섭 옮김, 서울 : 씨아이알.

DeWaters J. E., Andersen E., Calderwood A., Powers S. E. (2014) Improving Climate Literacy With Project-Based Modules Rich in Educational Rigor and Relevance. Journal of Geoscience Education, 62(3), 469-484.

Feldman L., Nisbet M.C., Leiserowitz A., Maibach E. (2010). The Climate Change Generation? Survey Analysis of the Perceptions and Beliefs of Young Americans. The Yale Project on Climate Change, and George Mason University's Center for Climate Change Communication, Yale University and George Mason University, 2 March.

Hall, B. (2006). Teaching and learning uncertainty in science: The case of climate change. Planet, 17, 48-49.

Hmelo-Silver, C. E., Azevedo, R. (2009). Understanding complex systems: Some core challenges. The Journal of the Learning Sciences, 15(1), 53-61.

IPCC (2004). Describing scientific uncertainties in climate change to support analysis of risk and of options. IPCC Workshop. National University of Ireland. 11 - 13 May 2004.

IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis, CambridgeUniversityPress,Cambridge,UK.

Kellstedt, P. M., Zahran, S., Vedlitz, A. (2008). Personal Efficacy, the Information Environment, and Attitudes toward Global Warming and Climate Change in the USA. Risk Analysis, 28(1), 113 - 26.

Ladyman, J., Lambert, J., Wiesner, K. (2013) What is a complex System?. European Journal for Philosophy of Science, 3, 33 - 67.

Maani, K. (2013). Decision-making for Climate Change adaption: a Systems Thinking approach. National Climate Change

Adaptation Research Facility, Gold Coast: Parklands.
Marzetta, K. L. (2017). Changing the Climate of Beliefs: A Conceptual Model of Learning Design Elements to Promote Climate Change Literacy. Journal of Sustainability Education, 16.
National Wildlife Federation (2009). Guideline for K-12 global climate change education, NWF.
New Brunswick Climate Change Hub (2002). Climate Change Communication: 10 guidelines for effective climate change communication and messaging. New Brunswick Lung Association.
NOAA (2007). Climate Literacy: Essential Principles of Climate Sciences, Second version : March 2009. https://www.globalchange.gov/browse/educators
Quiggin, J. (2007). Complexity, climate change and the precautionary principle Climate Change Working Paper C07#3, Risk and Sustainable Management Group, University of Queensland, Brisbane
Randle, J. M., Stroink, M. L. (2012). Systems thinking cognitive paradigm and its relationship to academic attitudes and achievement. Lakehead University, Thunder Bay
Randle, J. M. (2014). The systems thinking paradigm and higher order cognitive processes. Master's Thesis.
Rates, C. A., Mulvey, B. K., Feldon, D. F. (2016). Promoting conceptual change for complex systems understanding: Outcomes of an agent-Based participatory simulation. Journal of Science Education and Technology, 25(4), 1-18.
Richmond, B. (1993). Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond. System Dynamics Review, 9(2), 113-133.
Richmond, B. (1997). The thinking in systems thinking: how can we

make it easier to master?. The Systems Thinker, 8(2), 1-5.
Rind, D. (1999). Complexity and Climate, Science, 284: 105 - 107
Roychoudhury, A., Shepardson, D. P., Hirsch, A., Niyogi, D., Mehta, J. and Top, S. (2017). The Need to Introduce System Thinking in Teaching Climate Change. Science Educator, 25(2), 73-81.
Senge, P. (1990). The Fifth Discipline, the Art and Practice of the Learning Organization. New York, NY: Doubleday/Currency.
Senge, P., Sterman, J. D.(1992). Systems Thinking and Organizational Learning: Acting Locally and Thinking Globally in the Organization of the Future. European Journal of Operational Research, 59 (1), 137-150.
Senge, P. M. (2012). Schools that learn: A fifth discipline fieldbook for educators, parents, and everyone who cares about education. New York: Doubleday.
Seroussi, D. E., Rothschild1, N., Kurzbaum, E., Yaffe, Y., Hemo, T. (2019). Teachers' Knowledge, Beliefs, and Attitudes about Climate Change. International Education Studies, 12(8), 33-45.
Stave, K., Hopper, M. (2007). What constitutes systems thinking? a proposed taxonomy. The 25th International Conference of the System Dynamics Society. Boston, Massachusetts.
Sterman, J. D. (2003). System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. In ESD International Symposium.
Sweeney, L. B., Sterman, J. D. (2000). Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory. System Dynamics Review, 16(4), 249 - 286.

부　　록

부록 1. 초등학생의 시스템 사고 측정 검사지

부록 2. 초등학생의 기후변화 지식·기능·정의 영역 측정 검사지

부록 3. 기후변화교육 교수-학습 과정안

부록 4. 시스템 사고 적용 기후변화 수업 활동

[부록 1] 시스템 사고 측정 도구

▣ 다음 문장을 읽고 자신의 생각과 일치하는 곳에 동그라미 하세요.

(　　)초등학교 6학년 (　　)반 (　　)번 이름 : (　　)　성별 : (남) · (여)

질 문		매우 그렇지 않다	그렇지않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
1	나는 어떤 결정을 내려야 할 때, 그 것을 선택할 경우 생길 수 있는 모든 결과를 생각해보는 편이다.					
2	사회 문제, 환경 문제, 경제 문제는 서로 관련 없는 별개의 문제이다.					
3	나는 어떤 사건이나 정보를 볼 때, 그것이 포함된 전체 상황 속에서 그것이 맞는지 파악하려고 한다.					
4	생태계 같은 거대한 시스템은 아주 큰 사건으로만 변화된다.					
5	기후부터 경제까지 지구의 모든 시스템은 서로 연결되어 있다.					
6	모든 것은 끊임없이 변하고 있다.					
7	강 상류에 작은 농장 하나가 새로 생기면, 강 전체가 변화될 수 있다.					
8	세계 경제가 급격히 변화 될 때, 이러한 변화가 발생한 이유는 누군가 일부러 계획했기 때문이다.					
9	사실 모든 문제는 옳은 것과 그렇지 않은 것으로 나눌 수 있다.					
10	지구는 그것을 구성하고 있는 모든 구성원들이 서로 영향을 주고 받으며 끊임없이 변화하는 하나의 시스템이다.					
11	규칙과 법은 시간이 지남에 따라 많이 달라져서는 안 된다.					
12	만약 내가 계획을 세우고 이를 실천한다면, 나는 앞으로 내가 어떻게 살아갈지 정확히 예측할 수 있다.					
13	오늘 우리가 하는 작은 선택이 나중에 중대한 결과를 가져올 수 있다.					
14	내 건강은 세상에서 일어나는 일과 아무 상관이 없다.					
15	지역 사회는 중앙 정부의 계획과 상관없이 새로운 모습으로 조직될 수 있다.					

[부록 2-1] 기후변화 지식과 영역 검사지

▣ 다음 문장을 읽고 자신의 생각과 일치하는 곳에 동그라미 하세요.

(　　)초등학교 6학년 (　　)반 (　　)번 이름 : (　　)　성별 : (남) · (여)

질　문		그렇다	아니다	모른다
1	어제와 오늘의 날씨가 다른 것도 기후변화 현상이다.			
2	이산화탄소는 지구 온난화를 일으키는 온실 기체이다.			
3	석유나 석탄 같은 화석 연료의 연소는 기후변화의 원인 중 하나이다.			
4	숲의 나무를 많이 베어내는 행동은 기후변화의 원인 중 하나이다.			
5	가축을 기르는 축산업은 기후변화의 원인 중 하나이다.			
6	기후변화가 계속되면 새로운 동물과 식물이 생겨나서 동식물이 다양해질 것이다.			
7	기후변화가 계속되면 해수면의 상승으로 물에 잠기는 나라가 생길 것이다.			
8	기후변화가 계속되면 열대성 전염병의 발병률이 증가할 것이다.			
9	기후변화가 계속되면 지구 사막화 현상이 심해질 것이다.			
10	화력발전보다 풍력, 수력, 태양광 발전을 이용하면 기후변화를 줄일 수 있다.			
11	전기를 낭비하지 않는다면 기후변화를 줄일 수 있다.			
12	재활용을 하면 기후변화를 줄일 수 있다.			

[부록 2-2] 기후변화 기능 영역 검사지

▣ 다음 문장을 읽고 자신의 생각과 일치하는 곳에 동그라미 하세요.
(　　)초등학교 6학년 (　　)반 (　　)번 이름 : (　　)　성별 : (남) · (여)

질　문		매우 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
1	나는 다양한 정보를 바탕으로 기후변화의 원인을 찾아낼 수 있다.					
2	나는 기후변화와 관련된 정보를 조사하여 분석 할 수 있다.					
3	나는 기후변화 관련된 정보를 글이나 표, 그림으로 정리할 수 있다.					
4	나는 기후변화에 대한 나의 생각을 명백하고 간단하게 표현할 수 있다.					

[부록 2-3] 기후변화 정의 영역 검사지

기후변화에 대한 나의 생각 알아보기

▣ 다음 문장을 읽고 자신의 생각과 일치하는 곳에 동그라미 하세요.

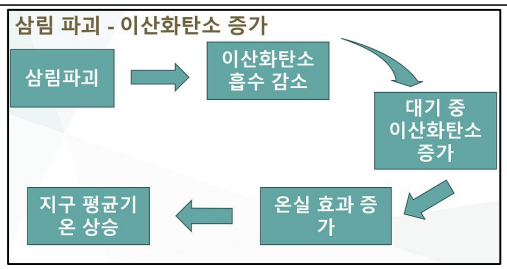
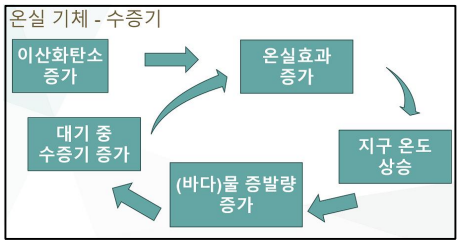
(　　)초등학교 6학년 (　　)반 (　　)번 이름 : (　　)　성별 : (남) · (여)

질　문		그렇다	아니다	모른다
1	나는 기후변화에 대해 자주 생각한다.			
2	나는 기후변화 문제가 걱정이 된다.			
3	나는 기후변화가 일어나고 있다고 믿는다.			
4	나는 기후변화가 대부분 인간 활동에 의해 일어난다고 생각한다.			
5	나는 지구의 온난화를 막기 위해 나무를 심는 일에 참여하겠다.			
6	나는 에너지 절약을 위해 더울 때에도 에어컨 사용을 줄일 것이다.			
7	나는 우리가 기후변화 문제 해결을 위한 노력을 지금 당장 시작해야 한다고 생각한다.			
8	나는 나 스스로가 기후변화 예방을 위해 다양한 노력을 할 수 있다고 믿는다.			
9	나는 나와 나의 가족, 친구들이 기후변화 예방을 위해 함께 행동할 수 있다고 생각한다.			

[부록 3-1] 기후변화교육 교수-학습 과정안 <1차시>

학습 주제	온실 효과와 지구온난화		
대상	6학년	시간	40분
학습 목표	온실 기체의 종류와 온실 효과에 대해 알 수 있다. 지구온난화와 기후변화의 원인을 알 수 있다.		

단계	교수 - 학습활동	시간	자료 및 유의점
도입	◎ 들어가기 T : 지구는 왜 이런 모습일까요? T: 오늘 학습할 주제는 무엇일까요? ◎ 학습 목표 제시 온실 기체의 종류와 온실 효과에 대해 알 수 있다. 지구온난화와 기후변화의 원인을 알 수 있다.	2'	▸사진
전개	◎ 온실 기체와 온실 효과 - 동영상1 : 온실기체와 온실효과 원리 T: 지구가 따뜻하게 유지되는 이유는 무엇인가요? T: 온실 기체를 포함한 대기에 의해 지구가 따뜻하게 유지되는 이러한 현상을 무엇이라고 합니까? T: 온실 기체에는 무엇이 있습니까? ◎ 지구온난화와 기후변화의 원인 - PPT - 지구평균기온 변화 그래프 제시 T: 지구의 평균 온도는 왜 올라갈까요? T: 온실 기체와 관련해서 이야기해 볼까요? - 동영상2 : 지구 온난화 원인 및 과정 T : 기후변화 원인을 온실 기체와 연관시켜 생각해보자. 1) 이산화탄소 증가 ① 나무와 이산화탄소 T: 지구에 나무가 줄어든다면? (이산화탄소 증가) T: 무분별하게 삼림 파괴하면 어떤 일이 생기나요?	6' 6' 4'	▸동영상 ▸PPT ▸동영상 ▸사진

전개	 ② 화석연료와 이산화탄소 -동영상3 : 산업과 도시의 에너지 사용과 이산화탄소 T: 도시나 공장에서 에너지를 얻기 위해 무엇이 필요한가요? T: 화석연료의 연소 시 발생하는 기체는 무엇인가요? T: 그것과 지구 온난화의 관계를 설명할 수 있나요? T: 컴퓨터 사용과 지구온난화의 관계를 인과지도를 그려가며 생각해 봅시다.	8‘	※ ▸PPT 인과지도 활용하여 설명 ▸동영상 ※ 발표자 칠판에 인과지도 그리기
	2) 수증기 증가 T : 수증기도 온실 기체입니다. T : 수증기와 지구 온난화 과정을 알아봅시다. 	4’	※ ▸PPT 인과지도 활용하여 설명
	3) 메탄 증가 T: 메탄은 언제 발생할까요? T: 가축을 대량으로 기르면 어떤 일이 생기나요? T: 공장식 축산과 지구온난화를 생각해 봅시다.	4‘	▸PPT
정리	◎나오기 -지구온난화 인과지도 그리기 T: 지구기온상승을 시작으로 지구온난화 인과지도를 그려 보세요. T: 원인(왜:들어오는 화살표)과 결과(그래서:나가는 화살표)를 생각하며 지도를 그려나가세요.	6‘	▸실물화상기 ▸활동지 ※ 결과발표 공유

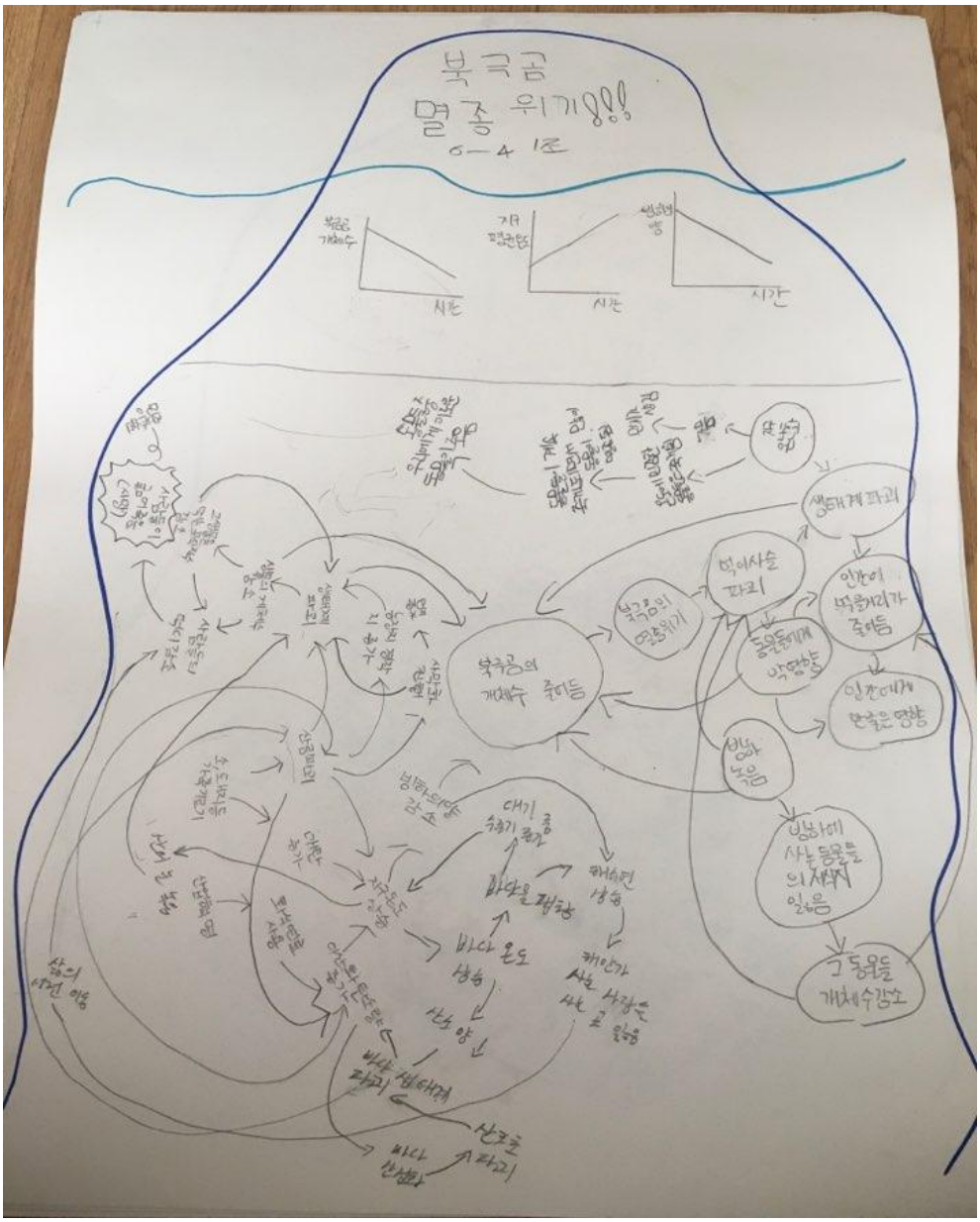
[부록 3-2] 기후변화교육 교수-학습 과정안 <2차시>

학습 주제	기후변화의 영향			
대상	6학년	시간	40분	
학습 목표	· 기후변화가 생태계에 미치는 영향을 알 수 있다. · 기후변화가 사회·경제 및 인간 생활에 미치는 영향을 알 수 있다. · 기후변화로 인해 생긴 일들이 서로 영향을 주고받는 다는 사실을 알 수 있다.			
단계	교수 - 학습활동		시간	자료 및 유의점
도입	◎ 들어가기 T : 지구기온을 상승시키는 온실 가스에는 무엇이 있었나요? T: 지구온난화와 기후변화의 원인은 무엇인가요?(복습) ◎ 학습 목표 제시 · 기후변화가 생태계에 미치는 영향을 알 수 있다. · 기후변화가 사회·경제 및 인간 생활에 미치는 영향을 알 수 있다. · 기후변화로 인해 생긴 일들이 서로 영향을 주고받는 다는 사실을 알 수 있다.		2’	▸ppt
전개	◎ 기후변화 영향 학습 - 동영상1 : ▸서식지 파괴 / 생물종 멸종 / 포식·피식자 개체수 등 ▸물순환의 균형 무너짐 / 가뭄 / 홍수 등 - 동영상2 : ▸기상이변 : 폭우 폭염 ▸기상이변 : 가뭄 / 건조 먼지 ▸폭염 / 산불 / 유독가스 발생 / 인명 피해 ▸말라리아 등의 질병 - 동영상3 : ▸바다의 이산화탄소 흡수 / 바다 산성화 ▸바다 서식지 파괴 / 산호초 파괴 ▸바닷물 팽창 / 해수면 상승		12’	▸동영상과 PPT

전개	◎ 아이스버그 모델 활동 1) Event 단계 - 북극곰 멸종 위기 뉴스 동영상 시청 T : 무슨 일이 일어나고 있나요? 2) Patterns/Trends 단계 T : 시간에 따라 무엇이 어떻게 변하고 있나요? T : 변화 패턴을 그래프로 나타내 봅시다. 3) Systemic Structure 단계 T: 이러한 패턴에 영향을 주는 것은 무엇일까요? T : '북극곰 멸종 위기'를 시작으로 원인과 결과를 찾아가며 인과지도를 그려보세요.	3' 4' 14'	※4인 1모둠 활동 ▸동영상 ▸활동지 ▸활동지 ※BOTG 그리기 ▸활동지 ※인과 지도 그리기
정리	◎나오기 4) Mental Model 단계 T : 지금까지 활동을 통해 기후변화에 대해 내가 갖게 된 생각이나 신념을 적어보세요.	5'	※발표

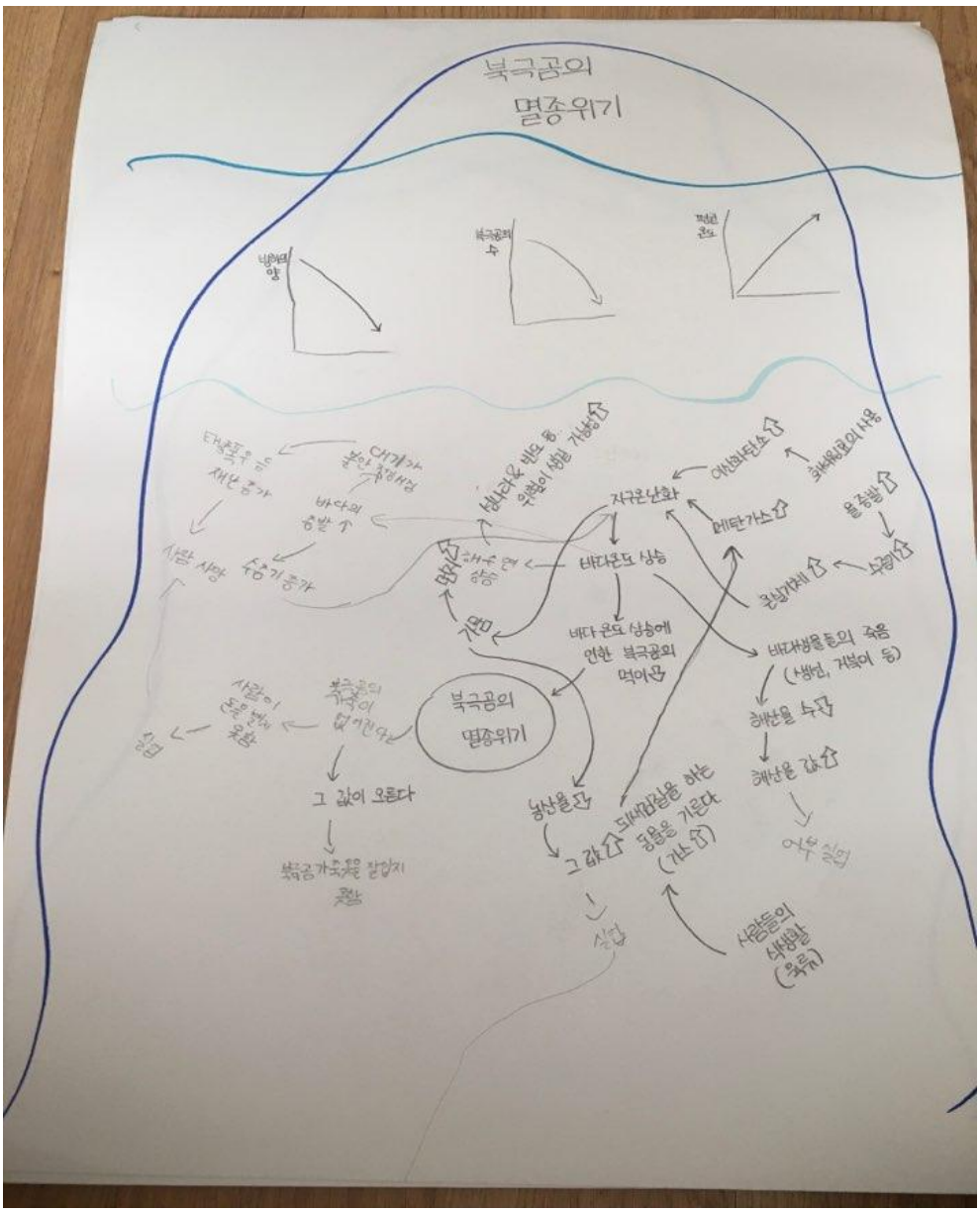
[부록 4-1] 시스템 사고 적용 기후변화 수업 활동

- 아이스버그 모델 활동지 (1단계, 2단계, 3단계) -



[부록 4-2] 시스템 사고 적용 기후변화 수업 활동

- 아이스버그 모델 활동지 (1단계, 2단계, 3단계) -



Abstract

The Effect of Systems Thinking Applied to Climate Change Teaching on Elementary School Students

Cho, Chinhee
Interdisciplinary Program in Environmental Education
The Graduate School
Seoul National University

With the emergence of climate change as a critical global issue, climate change education has been conducted extensively across the world. However, climate change education has not been successful in the application of Systems Thinking, which is useful in understanding complex climate change systems easily. Therefore, this study was conducted to apply Systems Thinking to climate change classes in order to verify their effectiveness,

and to explore the potential and implications of Systems Thinking in the field of climate change education.

To do this, the researcher chose the Iceberg Model as a Systems Thinking tool and applied it to climate change classes. Changes in the system perception of climate change phenomenon by learners after classes, and changes in the climate change knowledge domain and the functional domain and the affective domain were measured.

Climate change classes to which Systems Thinking was applied, were conducted for a total of 108 students, 55 from the experimental group and 53 from the comparative group belonging to the 6th grade of the elementary school. From analyzing the data collected after the experiment, it was apparent that the climate change classes to which Systems Thinking was applied had a positive effect on the systemic perception of the phenomenon of climate change. In addition, it was found to have a positive effect on climate change functional domain. However, it did not show significant changes in the climate change knowledge domain and the affective domain.

This study has proved that Systems Thinking could be a way to enhance the effectiveness of climate change education. And we can see that the Iceberg Model can be used for environmental and social problems in the form of complex

systems. This study also shows that the use of Systems Thinking in climate change education for elementary school students is of sufficient educational value.

Key words : systems thinking, climate change teaching, iceberg model.
Student Number : 2018-20017