

통합과학 기후변화 관련 단원의 과학 탐구 특징 및 인식론 탐색

신명경 · 권경필*

경인교육대학교

Exploring Scientific Inquiry Activities and Epistemology of the Climate Change Units in Integrated Science Textbooks

Shin, Myeong-Kyeong · Kwon, Gyeong-Pil*

Gyeongin National University of Education

Abstract : This study aimed to analyze inquiry activities of the climate change units in high school Integrated Science textbooks developed by the 2015 curriculum and to explore their scientific epistemology-related characteristics. Millar (2010) suggested several instruments to analyze science activities in terms of their learning objectives, logical structures of practical activities, and what students have to do with ideas, objects and materials. This study adopted his analytic frameworks in order to explore the characteristics of science activities in the textbooks. Ryder et al. (1999)'s methods was also used to explore three features of scientific epistemology: the relation between scientific knowledge claims and data, the nature of science inquiry, and the social dimensions of science. A total of 19 activities in the units dealing with climate changes in five Integrated Science textbooks were analyzed. It was revealed that the climate change units focused more on introducing information or data than inquiry activity including students' own explanation and justification. Although there exist many alternative explanations regarding climate changes, each textbook provided a single hypothesis. None of the units was found to be aimed at delineating scientific inquiry for students. According to analysis of epistemological features, the relation between claims and data was the only category found as fully adopted. Other two categories the nature of science inquiry and social dimensions of science were partially adopted in the units. Based on the findings, what characteristics of scientific inquiry and epistemological features should be provided and how scientific inquiry could be presented to future decision makers were discussed.

Keywords : integrated science textbook, climate change unit, scientific inquiry, science epistemology

요약 : 본 연구는 2015 개정 교육과정에 따라 집필된 고등학교 통합과학 교과서의 기후 변화 단원의 탐구 활동을 분석하고, 과학적 인식론과 관련된 특성을 탐색하는 데 목적이 있었다. Millar(2010)는 학습 목표, 논리적 구조, 학생들이 자신의 생각과 사물, 내용을 어떻게 다루어야 하는가의 관점에서 과학 활동을 분석할 수 있는 여러 개의 도구를 제안한 바 있다. 본 연구에서는 과학 교과서의 탐구 활동의 특징을 탐색하기 위해 그의 분석틀을 활용하였다. 또한, 과학의 인식론적 특징을 탐색하기 위해 Ryder et al.(1999)의 세 가지 범주 즉, 과학의 지식적 주장과 자료의 관계, 과학 탐구의 본성, 과학의 사회적 차원을 분석틀로 활용하였다. 5종의 고등학교 통합 과학 교과서의 기후 변화 관련 단원의 총 19개 활동을 분석하였다. 그 결과, 기후 변화 단원은 학생 스스로 설명을 만들거나 정당화하는 것을 포함하는 등의 탐구 활동보다는 정보나 자료의 소개에 더 초점을 맞추고 있었다. 또한, 기후 변화에 관련한 여러 가지 대안적인 설명들이 공존하고 있음에도 불구하고, 각 교과서는 하나의 가설을 제공하고 있었다. 인식론적 특징을 분석한 결과에 따르면, 과학 주장과 자료의 관계에 대한 범주만이 충분히 반영되었고, 과학 탐구의 본성이나 과학의 사회적 차원에 대한 범주는 부분적으로 발견되었다. 이러한 결과를 바탕으로, 어떤 과학 탐구의 특징과 인식론적 특징이 제공되어야 하는지 그리고 미래의 의사결정자들에게 과학 탐구가 어떻게 제공될 수 있을지에 대해 논의하였다.

주요어 : 통합과학 교과서, 기후 변화 단원, 과학 탐구, 과학적 인식론

*Corresponding author : 권경필
E-mail : gpkwon@ginue.ac.kr

I. 서 론

미래 시민의 과학적 소양과 과학적 소양의 마지막 학습은 아마도 고등학교 교육과정에서 제공되는 통합 과학일 수 있다. 다수의 사회적 이슈는 과학적 논의를 토대로 하는 경우가 많아졌다. 대표적인 것 중에 기후 변화나 지구온난화와 같은 주제들이다. 이러한 문제나 이슈들은 사회적 제도와 정책으로 연계되며, 이 과정에서 시민의 의견 수렴을 통한 의사결정은 누구도 부인 못하는 적절한 과정으로 이해되고 있다. 20세기에 이어 21세기에도 과학과 기술에 대한 맹목적 지지가 보태지고 있다. 인간의 문명의 발달에도 급변하는 기후와 이에 따른 재해는 더욱더 과학과 기술에 의존하게 만들 것이다. 즉, 과학에 대한 지지의 기저에는 과학의 결과물의 유용성뿐 아니라, 과학 지식의 인식론적 토대에 대한 지지가 자리 잡고 있다고 보는 것이 옳을 것이다(신명경과 권경필, 2015). 꾸준히 제기되는 새로운 문제 상황을 과학적 방법은 효과적으로 해결해 줄 거라는 기대감이라고 볼 수도 있다.

다양한 과학적 증거들을 확보되면서 그 어느 때보다도 인류가 지구의 기후변화에 영향을 미친다는 점에 대해 확실해지고 있다(NAS, 2014). 과학적 증거를 통해 기후변화가 여실히 확인되고 있고, 이에 인류는 대응할 준비를 해야 할 필요가 분명하다는 우리의 이해는 한층 깊어질 것이다(Meliolo, Richmond, and Yohe, 2014; Watts et al., 2017).

과학탐구가 학교교육에서 더욱 강조되는 것도 이러한 과학적 방법론 및 과학적 사고에 대한 긍정적 판단으로부터 기인한다. 이런 맥락에서 지구온난화 및 이에 따른 현상에 대해 다룰 때, 의사결정을 담당하는 미래 시민의 역할에 대해 고려하지 않을 수 없다. 그 기대하는 교육의 방법론은 과학지식의 전달이라기보다는 과학 탐구의 수행을 통한 과학적 사고 및 과학적 방법의 체화에 있을 것이다. 특히 통합과학 교과서에 제시된 과학 활동의 역할은 미래 시민에게 일상생활에 밀접한 영향을 가지는 이슈를 가지고 스스로 묻고 해답을 알아가고, 의사결정을 하는 일련의 과정을 경험하게 하는 역할을 수행할 수 있다.

본 연구에서는 2015 교육과정(교육부, 2015)하에 개발된 고등학교 통합과학 과학교과서의 기후변화 관련 단원들의 과학활동들이 이러한 과학탐구적 특성과 과학의 인식론을 어떻게 반영하는지를 탐색하고자 한다.

II. 연구방법

1. 분석 대상

본 논문은 2015 개정 교육과정에 따른 고등학교 통합과학의 5종 교과서에서 기후변화를 다룬 단원 내용을 추출하여 분석 대상으로 하였다. 5개 출판사에서 제작된 2015개정 교육과정 통합과학의 생태계와 환경 단원 중 기후변화, 엘니뇨, 지구온난화를 중심으로 한 소단원을 추출하였고, 각 단원의 탐구활동 및 과학적 인식론을 분석하였다. 탐구활동 분석은 신명경과 권경필(2015)의 연구에서 사용한 방법을 준용하였으며, 과학의 인식론적 특성 분석은 Ryder et al. (1999)이 제안한 과학의 이미지에 대한 연구에서 사용된 틀을 활용하였다. 분석 대상인 각 출판사의 탐구활동 주제는 Table 1과 같다.

2. 탐구활동 유형 및 탐구활동 요소 분석

통합과학 교과서에 제시된 탐구활동의 유형을 분석하기 위해 사용한 분석틀은 Table 2와 같다(심규철 등, 2007). 탐구활동 유형 분석틀은 활동의 형태와 탐구 재료의 특성에 따라 그 유형을 마인즈온 활동(Minds-on Activity), 핸드온 활동(Hands-on Activity), 실험활동사고과정을 통해 탐구를 수행하는 형태의 탐구활동은 마인즈온 활동(Minds-on Activity)으로 분류하고, 가설 설정, 실험설계와 같은 구체적 절차 없이 간단한 도구나 재료를 사용하여 과학적 현상을 탐구하는 활동을 핸드온 활동(Hands-on Activity)으로 분석하였다. 마지막으로 실험 설계나 변인 통제와 같은 구체적인 실험 과정을 통하여 탐구를 수행하는 유형의 탐구는 실험활동으로 분류하였다(Table 2).

NRC(2000)에 의하면 학생들의 과학적 소양 함양을 위한 과학탐구는 그 과정에서 과학의 논증 기회를 가지는 것이 중요하며, 다음의 5가지 과학탐구의 기본요소가 포함되어야 한다고 주장한다(Table 3). 우선 학생들 스스로 과학적 문제를 찾고 문제를 제기하는 문제인식과정과 문제에 대한 설명을 구성하고 평가하기 위한 증거수집 과정이 있어야 한다. 또한 수집한 증거를 사용하여 모델을 형성하거나 이론을 형성하는 논리적인 사고과정과 다른 동료의 설명과 자신의 설명을 비교, 평가할 수 있는 비판적인 사고과정이 있어야 한다는 것이다. 마지막으로 이렇게 구성된 설명을 다른 사람들에게 발표할 수 있는 발표 및 정당

Table 1. 통합과학 교과서 분석대상 탐구활동

교과서	분석 대상 단원명	분석대상 탐구활동
A	지구환경 변화와 인간생활	평균 기온의 변화
		지구 온난화의 원인
		지구 온난화의 영향에 대한 이야기 만들기
		엘니뇨의 영향
B	환경변화의 영향과 인간의 노력	기후 변화에 따른 미래 시나리오 만들기
		과거의 기후 변화를 알아내는 방법 조사하기
		우리나라와 지구 전체의 기후 변화 경향성 비교하기
		기후 변화 원인 설명 가설을 주제로 과학적 논쟁하기
C	지구 환경의 변화	기후 변화 시나리오 작성과 환경 변화에 따른 문제점 극복 방안 토의하기
		기후 변화로 우리나라에서는 어떤 현상이 나타날까?
		한반도와 지구 전체의 기후 변화는 어떤 경향성을 보일까?
		엘니뇨가 발생하면 어떤 일이 일어날까?
D	지구 환경 변화와 인간 생활	지구의 기후 변화는 어떻게 알 수 있을까?
		미래의 지구 환경 변화를 어떻게 극복할 수 있을까?
		한반도의 기후 변화 경향성과 원인
		지구 미래 시나리오 작성하기
E	지구 환경 변화와 인간 생활	지구의 기후 변화 연구방법과 기후 변화 원인을 설명하는 다양한 가설
		한반도와 지구 전체의 기후 변화 경향성 비교하기
		기후 변화로 바뀔 지구 미래 시나리오와 환경 변화 극복 방안 토의하기

Table 2. 탐구활동 유형 분석틀(심규철 등, 2007)

탐구활동 유형	내용
마인즈온 활동	그림, 차트, 모델로 제시된 데이터를 바탕으로 한 탐구활동
핸즈온 활동	가설 설정, 실험 설계 및 변인 통제를 생략하고, 구체적인 실험 절차 없이 간단한 도구 또는 실험 재료를 사용하여 과학적 현상 탐색하기
실험활동	실험 설계 및 변인 사이의 관계 이해하기 또는 실험 도구 및 기구를 사용하여 구체적인 실험 절차를 통해 탐구하기

화 과정이 주어져야 한다는 것이다. 따라서 이러한 주장을 바탕으로 통합과학 교과서의 탐구활동에 포함된 탐구활동 요소를 분석해 봄으로써 과학적 소양 함양에 대한 유효성 측면을 살펴보고자 한다. 탐구 활동

요소 분석은 Table 3을 기준으로 하나의 문제 해결을 목표로 하는 일련의 탐구활동 과정에서 탐구활동 요소가 나타나 있으면 ‘1’, 없으면 ‘0’으로 코딩하여 분석하였다.

Table 3. 탐구활동 요소 분석 틀(NRC, 2000)

탐구활동 요소	내 용
문제인식	과학적 문제 찾기 활동에 참여하기
증거수집	문제에 대한 설명을 구성하고 평가하기 위해 실험 및 조사를 통해 증거 수집하기
논리적 사고과정	수집 한 증거를 사용하여 문제에 대한 해결책을 설명하는 데 참여하기
비판적 사고 과정	다른 동료의 설명과 자신의 설명을 비교하여 평가하기
발표 및 정당화	제안된 설명을 다른 사람에게 발표하면서 정당화하기

3. 과학 탐구 활동의 목표, 마인즈온 내용, 논리적 구조 분석

Millar(2010)가 제시한 과학 활동 분석을 위한 분석틀(A checklist for analysing a single practical activity)을 이용하여 과학탐구의 목표(objectives), 마인즈온 내용(minds-on contents), 논리적 구조(logical structure) 측면의 분석을 시도하였다. 기존의 분석틀에는 핸드온 내용에 대한 분석도 포함되어 있었으나, 본 연구에서는 핸드온 활동이 나타나지 않는 것으로 판단하여 이 분석은 배제하였다. 각 영역과 내용은 Table 4와 같다.

1) 탐구 활동 목표(Objectives) 분석

탐구 활동의 목표 분석을 위하여 본 연구에서는 Millar(2010)가 제시한 활동 목표 준거 틀인 Table 5를 활용하였다. Millar는 탐구활동 목표를 크게 3가지로 구분하여, 자연 세계에 대한 지식 이해(A), 실험기구 사용 방법 및 실험 절차에 대한 이해(B), 과학적 탐구에 대한 이해로 나누었다. 자연 세계에 대한 지식 이해 목표는 다시 관찰한 물체, 재료 또는 사건의 특징을 기억하는 목표(A1), 유사성이나 차이점, 관계를

기억하는 목표(A2), 과학적 아이디어, 개념, 모델 또는 이론 등을 이해하는 목표(A3)로 구분된다. 실험기구 사용 방법 및 실험 절차에 대한 목표는 처음 접하는 실험기구나 절차에 대한 이해(B1)와 익숙한 실험기구나 절차에 대한 이해(B2)로 분류되며, 과학적 탐구에 대한 이해 목표는 활동을 통한 과학탐구에 대한 이해(C1)와 특정 측면(D1~D7)에 대한 이해 목표로 구분하였다. 각 탐구 활동이 해당 목표에 포함되면 1로 표시하고, 아니면 0으로 표시하였다. 여러 목표에 동시에 포함될 경우도 모두 표시하였다.

2) 마인즈온 활동 분석

학생들이 통합과학 탐구 활동을 수행하는 과정에서 어떤 유형의 사고(idea)를 하는지 분석하기 위하여 탐구 활동의 마인즈온 활동 분석 준거로 Table 6을 활용하였다.

Table 6을 보면 학생들의 마인즈온 활동은 I1부터 I12까지 12개로 분류하였으며, I3부터 I6까지는 변인에 의한 결과를 탐색하는 활동으로, I5와 I6은 독립변인의 개수에 따라 구별한 것이다. 각 활동이 포함되어 있는 경우는 '1'로, 없으면 '0'으로 표시하였다.

3) 탐구 활동의 논리적 구조(Logical structure) 분석

탐구 활동이 어떤 논리적 구조로 이루어지는가를 분석하기 위해 사건, 상황에 대해 관찰, 측정, 실험의 형태로 자료를 수집한 후에 그 자료에 대해 요약 또는 설명하는 귀납적 구조(induction)를 L1, 현재 생각으로 결과를 예상이나 질문을 하고 나서 자료를 수집하는 연역적 구조(deduction)를 L2로 나누었다. 두 구조에 포함되지 않는 경우에는 '기타'로 분류하였다(Table 7).

Table 4. 탐구활동 분석 영역(Millar, 2010)

분석 분야	내용
목표	· 학습목표(의도된 학습 결과)
핸즈온 내용	· 학생들이 수행해야할 핸드온 내용 (※본 연구에서는 해당내용이 없음)
마인즈온 내용	· 학생들이 수행할 사고활동 내용
논리적 구조	· 실제 수행의 논리적 구조: 자료에서 시작하는가 아니면 생각으로부터 출발하는가?

Table 5. 탐구활동 목표 준거(Millar, 2010)

포괄적 목표	구체화된 목표
A. 활동을 통해 학생들은 자연 세계에 대한 지식과 이해를 발전시킨다.	A1. 학생들은 물체, 재료 또는 사건의 관찰 가능한 특징을 기억할 수 있다. A2. 학생들은 관찰을 통해 얻은 ‘패턴’을 기억할 수 있다(예: 유사성, 차이, 추세, 관계). A3. 학생들은 과학적 아이디어, 개념, 설명, 모델 또는 이론에 대해 이해할 수 있다.
B. 활동을 통해 학생들은 실험실 기구를 사용하는 방법이나 표준 절차를 따르는 방법을 이해한다.	B1. 학생들은 처음 접하는 기구를 사용하거나 실제 절차를 따를 수 있다. B2. 학생들은 더 능숙하게 이전에 사용했던 기구를 사용하거나, 실제 절차를 따른다.
C. 활동을 통해 학생들은 탐구를 위한 과학적 접근 방법에 대한 이해를 발전시킨다.	C1. 학생들은 과학적 탐구에 대해 더 잘 이해하게 되었다. C2. 학생들은 과학적 탐구의 특정 측면을 더 잘 이해한다. *
	D1. 좋은 탐구 문제를 인식하는 방법 D2. 문제를 해결하기 위한 데이터 수집 전략을 계획하는 방법 D3. 탐구를 위한 도구 선택하는 방법 * D4. 데이터를 명확하게 제시하는 방법 D5. 패턴을 나타내거나 들어내기 위해 데이터를 분석하는 방법 D6. 증거를 바탕으로 결론을 도출하고 제시하는 방법 D7. 결론이 옳다고 확신 할 수 있는지 평가하는 방법

Table 6. 마인즈온 활동 분석 준거(Millar, 2010)

학생의 마인즈온 활동
I1. 과학적 용어를 사용하여 관찰보고하기
I2. (사물, 재료 또는 사건 사이의) 유사성 또는 차이점 인식하기
I3. 특별한 변화(예: 다른 물체나 재료 또는 절차 사용)의 결과에 대한 영향 탐색하기
I4. 시간에 따른 종속변수의 변화 탐색하기
I5. 연속 입력 변수의 값이 변경될 때 종속 변수가 어떻게 변경되는지 탐색하기
I6. 두 개(혹은 이상의) 입력 변수가 각각 변경될 때 종속 변수가 어떻게 변경되는지 탐색하기
I7. 측정 또는 관찰 절차 설계
I8. 유도된 양(즉, 직접 측정할 수 없 수량)에 대한 값을 구하기
I9. 예상하기/또는 예상 검증하기
I10. 주어진 설명이 관찰된 특정 상황에 적용되는지 결정하기
I11. 주어진 두 개(또는 그 이상의) 설명 중 데이터에 가장 적합한 것 결정하기
I12. 데이터에 대한 가능한 설명 제안하기

Table 7. 논리적 구조 분석 준거(Millar, 2010)

논리적 구조
L1. 특정 상황에서 데이터를 수집한 후, 그것을 요약 또는 설명할 수 있는 방법을 고려함.
L2. 현재 아이디어를 사용하여 질문이나 예측을 생성하고, 탐구나 검정을 위해 데이터를 수집함.
기타: 간략히 설명하기

4. 과학의 인식론적 측면의 탐색

과학의 인식론적 특징의 분석은 Ryder et al. (1999)이 제안한 과학의 이미지에 대한 연구에서 사용된 틀을 활용하고자 한다. 본 연구에서는 과학의 인식론적 분석틀(Framework of Scientific Epistemology; FoSE)을 다음 Table 8과 같이 제안하였다.

Ryder et al.(1999)의 인식론적 범주는 세 가지의 각 범주가 서로 배타적인 관점을 갖는 것이 아니라, 뒤의 범주는 앞의 범주를 포함하면서 그 범위를 확장해가며 과학의 인식론을 다루고 있다. RSCD(Relationship between Scientific - Knowledge Claims and the Data) 범주의 ‘근거와 지식주장의 관계’는 과학 지식 생성 과정에 있어서 근거와 지식주장이 어떤 관계에 있는지, 그리고 어떻게 조절해 가는지에 다양한 범위의 인식론적 이해를 포함한다. NSI(Nature of Scientific Inquiry) 범주의 ‘과학탐구의 본질’은 RSCD 범주의 지식주장이 생성되는 과정으로서의 탐구의 출

발과 전개에 관련된 것으로, 탐구 질문 제기과 수행 과정의 주체가 개인으로부터 학문, 과학 공동체에 이르는 이해의 영역을 포괄한다. SDS(Social Dimension of Science) 범주의 ‘과학의 사회적 차원’ 범주는 RSCD 및 NSI 범주가 포함하는 탐구 주체의 목적과 활동 영역에 대한 이해를 포괄하는 것으로, 개인, 과학자 집단, 과학 기관에 이르는 영역의 이해를 다룬다.

본 연구에서는 분석 대상인 5개 교과서의 기후변화 단원별로 과학의 인식론적 특징을 FoSE에 따라 분석하였다. 각 하위 범주의 특징이 나타나는 정도를 0~2로 나누어 코딩하였다. 여기서 척도 0은 전혀 발견되지 않음(never occurred), 1은 유사하게 제시됨(relatively descriptive), 그리고 2는 매우 뚜렷하게 제시됨(very descriptive)으로 코딩하였다.

III. 연구 결과

1. 기후 변화 단원의 탐구활동의 유형 및 요소 분석

5개 출판사에서 제작된 2015개정 교육과정 통합과학의 생태계와 환경 단원 중 기후변화, 엘니뇨, 지구 온난화를 중심으로 한 소단원의 탐구활동을 분석 대상으로 하였다. 탐구활동은 출판사마다 명명이 서로 다르지만 해보기와 탐구하기, 탐구, 키움 활동 등과 같이 학생들의 탐구활동이 요구되는 모든 것을 대상으로 하였다. A출판사 5개, B출판사 4개, C출판사 5개, D출판사 2개, E출판사 3개로 19개의 탐구활동을 대상으로 탐구활동의 유형과 기본요소를 비교·분석하였다. 우선 지구환경 관련 소단원의 탐구활동에 대해 ‘생각해보기’, ‘해보기’, ‘실험하기’로 탐구활동 유형을 분석한 결과는 Table 9와 같다.

탐구활동 유형에 대한 분석결과를 보면 지구환경 관련 소단원의 탐구활동은 모두 ‘마인즈온 활동’으로 이루어져 있었다. 즉, 기후변화, 엘니뇨, 지구온난화를

Table 8. 과학의 인식론적 분석틀(FoSE)(Ryder et al., 1999)

RSCD	과학 지식 주장과 데이터의 관계
RSCDa	설명으로서의 지식 주장
RSCDb	입증 가능한 지식 주장
RSCDc	데이터 이상의 지식 주장
NSI	과학적 탐구의 특성
NSIa	과학자 개인의 관심에 기반을 둠
NSIb	학문 자체의 인식론에 기반을 둠
NSIc	외적 요소에 기반을 둠
SDS	과학자의 사회적 차원
SDSa	개인주의적 견해
SDSb	과학자 공동체에 대한 인식
SDSc	과학 기관에 대한 인식

중심한 단원의 탐구활동은 실험실과 같이 작은 규모의 공간에서 일어나는 현상이 아니므로 간단한 도구를 이용한 탐구인 ‘핸즈온 활동’이나 구체적 실험과정을 통한 ‘실험하기’ 활동으로 현상에 대한 이해를 도모할 수 있는 적절한 탐구활동이 없는 것으로 이해된다. 하지만 자료수집 과정 없이 주어진 데이터나 그래프를 분석하거나 주어진 몇 개의 가설 중에서 하나를 선택하여 토론하기와 같은 활동만으로 다양한 탐구과정 기능 습득이나 과학과 핵심역량을 기르는데 다소 아쉬운 부분이 있을 것으로 생각된다.

각 탐구활동에 대한 문제인식, 자료수집, 논리적 사고과정, 비판적 사고과정, 발표 및 정당화에 대한 분석결과는 Table 10과 같았다.

2015개정 교육과정 고등학교 통합과학 지구환경 관련 소단원을 대상으로 탐구활동의 기본 요소를 분석해 본 결과, 논리적 사고과정(수집한 증거를 가지고 문제에 해답이 될 수 있는 설명 형성하기)에 대한 활동이 42.9%로 가장 높았다. 다음으로 개인이나 조의 의견을 발표하는 발표 및 정당화가 21.4%, 다른 동료와의 설명을 비교·평가하는 비판적 사고과정이 19.6%, 자료수집이 16.1%였다. 반면, 문제인식에 대한 탐구활동은 5개 교과서 모두에 없었다. 이것은 지구환경 관련 소단원이 탐구실험보다는 주로 자료해석, 조사, 토의, 토론과 같은 활동이 많아서 동기 부여를

위한 문제인식과정이나 문제인식에 따른 자료수집 과정이 상대적으로 낮은 빈도로 나타난 것으로 보인다.

2. 과학 활동 분석

5개 출판사에서 출판된 2015개정 교육과정 통합과학의 생태계와 환경 단원 중 기후변화, 엘니뇨, 지구 온난화를 중심으로 한 소단원의 탐구활동 19개를 대상으로 Millar(2010)가 제시한 과학 활동 분석틀을 적용하여 분석하였다. Millar가 제시한 과학 탐구 활동 분석틀에는 탐구 활동의 목표(objectives), 활동 내용(hands-on contents), 사고 내용(minds-on contents), 논리적 구조(logical structure)로 구성되어 있지만, 지구환경 관련 소단원에 제시된 탐구활동 중에는 핸드온 활동이 없으므로 탐구 활동 내용은 분석은 하지 않았다. 분석 결과는 Table 11~13과 같다.

1) 탐구 활동의 목표 분석

2015개정 교육과정 고등학교 통합과학 지구환경 관련 소단원의 탐구활동의 활동 목표를 지식의 이해 측면, 기능 습득 측면, 탐구과정 이해 측면으로 나눠 분석하였다. 분석결과, 지구환경 관련 소단원의 탐구 활동은 주로 지식의 이해에 치중되어 있었으며, 과학 탐구 과정에 대한 이해를 높이는 활동은 한 교과서에 만 있었을 뿐 대부분 제시되어 있지 않았다(Table 11).

Table 9. 탐구활동 유형의 분석준거

탐구의 유형	A	B	C	D	E	총계(19)
마인즈온 활동	5	4	5	2	3	19(100%)
핸즈온 활동	0	0	0	0	0	0(0%)
실험하기	0	0	0	0	0	0(0%)

Table 10. 탐구활동의 요소 분석

종류	A	B	C	D	E	총계(56)
문제인식	0	0	0	0	0	0(0%)
자료수집	1	3	3	0	2	9(16.1%)
논리적 사고과정	5	5	7	3	4	24(42.9%)
비판적 사고과정	3	2	5	1	0	11(19.6%)
발표 및 정당화	5	2	2	1	2	12(21.4%)

지식의 이해 측면에서는 공통점과 차이점이나 관계 등 관찰 속 패턴을 찾는 활동(A2)과 과학적 생각, 이론 등을 이해하는 활동(A3)이 주를 이루고 있었다. 특히 관찰한 사물, 사건의 특징을 이해하는 활동(A1)은 없었다. 이것은 관련 소단원의 탐구활동이 주로 데이터 분석 및 토의·토론 활동으로 구성되어 있기 때문으로 생각된다. 또한 실험하기 활동이 없었기 때문에 실험도구의 사용방법이나 실험의 절차를 학습할 수 있는 기능습득(B) 측면의 활동은 하나도 없었다. 반면 5개의 교과서 중 유일하게 E교과서에서는 과학자의 탐구방법을 이해할 수 있는 탐구 활동이 제시되어 있었다. 즉, 과학적 근거에 기초해서 자연현상을 설명할 수 있는 가설을 설정하고, 다른 경쟁 가설에 대한 과학적 검증 및 반론을 토대로 최종적인 가설을 구성해보는 활동이 제시되어 있었다. 이러한 활동을 통해 학생들은 과학자들이 연구의 결과를 평가하고, 최종적인 결과를 도출하는 과정을 이해할 수 있을 것으로 기대된다. 한편, 탐구활동 목표의 측면에서 볼 때 5개 출판사의 교과서는 세 가지 측면의 탐구 활동 목표를 만족시킬 수 있는 다양한 활동 구성에는 다소 미흡한 것으로 보인다.

Table 11. 탐구활동 목표

교과서	A. 지식 이해			B. 기능 습득		C. 탐구 과정		합계
	A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	
A	0	2(40)	3(60)	0	0	0	0	5
B	0	1(25)	3(75)	0	0	0	0	4
C	0	0	5(100)	0	0	0	0	5
D	0	1(50)	1(50)	0	0	0	0	2
E	0	1(33.3)	1(33.3)	0	0	0	1(D7)(33.3)	3

Table 12. 탐구활동 사고내용

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	합계
A	0	1(20)	0	0	0	0	0	0	1(20)	0	0	3(60)	5
B	0	1(25)	0	0	0	0	0	0	1(25)	0	0	2(50)	4
C	0	0	0	0	0	0	0	0	3(60)	0	1(20)	1(20)	5
D	0	0	0	0	0	0	0	0	1(50)	0	0	1(50)	2
E	0	0	0	0	0	0	0	0	1(33.3)	0	1(33.3)	1(33.3)	3

2) 탐구활동의 마인즈온 활동 분석

지구환경 관련 소단원의 과학탐구활동을 하는 학생들에게 요구되는 주요한 사고 내용을 분석한 결과는 Table 12와 같았다.

5대 출판사의 지구환경 관련 소단원에 제시된 19개 탐구 활동에서 요구되는 사고내용을 살펴본 결과, ‘자료에 대해 가능한 설명 제안하기(I12)’ 활동이 주로 있었으며, 다음으로 ‘예상하거나 예상 확인하기(I9)’ 활동이 있었다. 또한 ‘유사성이나 차이점 확인하기(I2)’ 활동과 ‘자료에 대한 적절한 설명 결정하기(I11)’와 같은 활동도 다소 관찰되었다. 따라서 Table 12에 제시된 것과 같이 I9, I11, I12와 같은 높은 차원의 사고를 필요로 하는 활동이 많았으며, 직접적으로 변인을 바꾸어 보거나 탐구 실험 계획을 세우는 것과 같은 실험하기 활동에 필요한 사고내용은 발견되지 않았다.

3) 탐구활동의 논리적 구조 분석

탐구활동의 논리적 구조를 분석한 결과는 Table 13과 같았다.

분석결과, 수집된 자료를 바탕으로 자료에 대해 설

Table 13. 논리적 구조

교과서	L1	L2	기타	합계
A	5(100%)	0	0	5
B	2(50%)	2(50%)	0	4
C	3(60%)	2(40%)	0	5
D	2(100%)	0	0	2
E	1(33.3%)	2(66.6%)	0	3

명을 하는 활동(L1)이 주를 이루고 있었으며, B, C, E 교과서에서는 현재의 생각을 바탕으로 앞으로 발생할 현상을 예측해보는 활동(L2)도 관찰되었다. L1으로 분류된 탐구활동은 귀납적 사고 과정을 요구하는 활동인 것에 반해 L2로 분류된 활동들은 연역적 사고를 요구하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 이러한 관점으로 볼 때, A, C, D 교과서는 귀납적 사고를 요하는 활동으로 주로 구성된 것에 반해, B 교과서는 L1, L2 유형이 각각 2개의 활동이 있었으며, E 교과서는 연역적 사고를 요하는 활동이 주를 이루고 있다고 할 수 있다. 이것은 저자에 따라 교과서의 탐구 활동의 성격이 매우 다르게 구성될 수 있음을 의미하며, 탐구 활동의 바람직한 구성을 위한 심층적인 연구가 필요함을 시사한다.

3. 과학의 인식론적 특징 분석

연구 대상이 되는 5개 출판사의 고등학교 통합과학의 기후관련 총 5개 단원에서 인식론적 특징이 어떻게 나타나는지 분석해 보았다. 전체적으로 과학지식 주장과 자료 사이의 관계(RSCD)는 매우 뚜렷하게 모든 출판사에서 나타나고 있음을 알 수 있다(Table 14). 다만 RSCDb와 같이 주어진 자료를 증거 기반으로 학생들이 지식 주장을 실질적으로 펼쳐가는 정도의 내용은 아니었다. 하나의 증거자료에 대해 하나의 주장이 맞아 떨어지는 구조로 제시되어 코딩에서는 ‘매우 뚜렷하게 나타나는 것’으로 판단되었으나, 실질적으로 다양한 증거와 이에 따른 서로 다른 주장에 대한 논의는 매우 제한적이었다. 이는 오피석(2000)의 연구에서처럼 기후변화의 한 예인 엘니뇨에 대한 설명의 분석에서 과학적 설명의 전형으로 제안된 연역-법칙적 모형의 한 가지 대안인 서사적 설명이 부족하다는 지적과 일치한다. 예를 들어 엘니뇨의 발생 원인

으로 무역풍이 약해지는 현상을 언급하지만 구체적인 표현에서 교과서 별로 다르게 진술하고 있다. 또한 지구 온난화를 엘니뇨의 강화원인으로 제시한 교과서도 있으며, 강화된 엘니뇨의 효과를 그 영향이 미치는 지역을 비교하여 설명한 교과서도 있다는 것이다(오피석, 2020).

기후변화의 다수의 주제들은 이렇듯 다양한 원인과 다양하고 복합적인 결과로 나타나며, 이는 미래 시민이 접하게 되는 일상의 문제들과도 비슷하다. 과학적 방법론으로의 접근을 통해 증거기반의 논의가 이루어질 수 있는 과학적 증거, 주장 및 과학적 지식을 아우르는 정합적이고 포괄적인 사고를 경험해보는 기회의 제공도 이 단원에서 고려해 볼 수 있을 것이다.

과학탐구의 특징(NSI)은 외적인 요인에 의한 탐구 활동에 대한 언급은 모두 뚜렷하게 나타난 반면, 과학자 개인의 측면에 대한 내용은 다루어지지 않았다. 과학이라는 학문의 인식론적 이해와 관련된 언급은 출판사 C와 E에서 나타나고 있다. 과학의 탐구에 대한 언급이 미약한 것은 탐구활동 분석에서 핸즈온 활동이 거의 나타나지 않았던 사실과 연관성이 있다고 판단된다.

마지막으로 과학의 사회적 측면에서는 국가 기관이나 세계 지구 차원에 대한 언급이 모든 출판사에서 뚜렷하게 나타난다. 세계 기구가 어떻게 기후변화 연구에 기여하고 연관성이 있는가가 모든 교과서에서 다루어지고 있었다. 다만 개인적 관점과 과학자 집단의 의견 소통 등과 관련된 논의는 몇몇 교과서에 다루어지고 있다. 이들 교과서는 기후 변화에 대한 여러 가설을 제안하고 개인적으로 선택하는 등의 해보기 활동을 제안하고 있었다.

IV. 연구 결과 및 정리

본 연구에서는 5개 출판사에서 제작된 2015개정 교육과정 통합과학의 생태계와 환경 단원 중 기후변화, 엘니뇨, 지구온난화를 중심으로 한 소단원의 19개 탐구활동을 대상으로 ‘탐구활동 기본요소’, ‘탐구활동 유형 분석’, ‘탐구활동 목표분석’, ‘탐구활동의 사고내용 분석’, ‘탐구활동의 논리적 구조’, ‘과학의 인식론적 특성’을 중심으로 분석하였다. 이를 통해 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 탐구활동의 기본요소 분석 결과, 문제인식 활

Table 14. 과학적 인식론에 대한 분석결과

Category		A 출판사	B 출판사	C 출판사	D 출판사	E 출판사	항목 총 평균
RSCD	과학 지식 주장과 데이터의 관계	항목평균: 2	항목평균: 2	항목평균: 2	항목평균: 2	항목평균: 2	2
RSCDa	설명으로서의 지식 주장	2	2	2	2	2	2
RSCDb	입증 가능한 지식 주장	2	2	2	2	2	2
RSCDc	데이터 이상의 지식 주장	2	2	2	2	2	2
NSI	과학적 탐구의 특성	0.67	0.67	1	0.67	1.33	0.87
NSIa	과학자 개인의 관심에 기반을 둠	0	0	0	0	0	0
NSIb	학문 자체의 인식론에 기반을 둠	0	0	1	0	2	0.6
NSIc	외적 요소에 기반을 둠	2	2	2	2	2	2
SDS	과학자의 사회적 차원	0.67	0.67	1.33	1	2	1.09
SDSa	개인주의적 견해	0	0	1	1	2	0.67
SDSb	과학자 공동체에 대한 인식	0	0	1	0	2	0.6
SDSc	과학 기관에 대한 인식	2	2	2	2	2	2
	출판사별 총 평균	1.11	1.11	1.44	1.22	1.78	1.32

* 점수 0: 한번도 나타나지 않음, 1: 유사하게 제시함, 2: 매우 뚜렷하게 나타남.

동은 5개 교과서 모두에서 발견되지 않았다. 이것은 조사, 자료해석, 토의·토론과 같은 활동이 대부분을 차지하기 때문으로 생각된다. 반면, 논리적 사고과정(42.9%)과 비판적 사고과정(19.6%)에 대한 활동이 많아 고등사고 능력을 필요로 하는 활동 위주로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 둘째, 탐구활동 유형을 분석한 결과, 탐구활동이 모두 ‘마인즈온’ 활동으로 구성되어 있었다. 즉, 간단한 도구를 통한 실험이나 구체적인 실험과정을 통한 실험은 발견되지 않았다. 따라서 다양한 탐구 과정 기능 습득이나 과학과 핵심역량을 기르는데 다소 미흡한 부분이 있을 것으로 생각된다. 셋째, 탐구 활동 목표를 지식의 이해, 기능 습득, 탐구 과정의 이해 측면으로 나누어 분석해본 결과, 대부분 탐구활동이 지식의 이해를 목표로하였으며, 탐구 방법에 대한 이해를 추구하는 활동이 1개 제시되어 있었다. 따라서 5개 출판사의 교과서는 세 가지 측면의 탐구 활동 목표를 만족시킬 수 있는 다양한 활동 구성에는 다소 미흡한 것으로 보인다. 또한 탐구활동

에 요구되는 사고내용을 살펴본 결과, ‘예상하거나 예상 확인하기(I9)’, ‘자료에 대한 적절한 설명 결정하기(I11)’, ‘유사성이나 차이점 확인하기(I2)’ 활동과 같이 고등 사고능력을 요구하는 활동이 주를 이루고 있었다. 한편, 탐구활동의 논리적 구조는 전체적으로는 귀납적 사고를 요하는 활동과 연역적 사고를 필요로 하는 활동이 비슷하게 배분되어 있었지만, 교과서별로 편중된 정도가 서로 달라 이 부분에 대한 추가적 연구가 더 필요할 것으로 사료된다. 과학교육의 가장 큰 특징은 실질적 수행이며, 많은 연구들에서는 활동을 통해서 학생들이 지식을 개발하고 자연현상을 이해하는 것이 가장 중요하다고 제안하고 있다(Millar, 2010). 이에 따라 기후변화 단원의 탐구의 특징을 분석했을 때, 기후변화와 같은 일상의 경험과 가까운 주제들을 다루는 통합과학은 실질적 수행이라는 측면과는 동떨어진 탐구의 모습으로 나타날 수 있다.

과학 지식의 인식론적 관점에서 보면 기후변화단원은 지식의 전달과 다양한 자료의 제공에 많은 노력을

기울이는 것으로 보인다. 기후변화가 다루는 내용이 꾸준한 이슈와 논의가 진행 중이라는 것을 고려하고, 2015 과학교육과정에서 크게 강조한 비판적 사고, 과학적 의사소통을 강조한다고 볼 때, 기후변화에 관련하여 학생들의 양질의 탐구가 가능할 것으로 짐작된다. 물론 이러한 다양한 논의를 이해하고 참여하기 위해 상당한 지식이 요구된다. 기후변화를 다루는 과학 분야를 이해하기 위해서는 행성천문학이나 지질학 분야에 대한 깊이 있는 지식이 필요하다. 현재에도 다양한 주장들이 등장하고 있어서 하나의 합의된 문제에 대한 해석이나 방법이 있는 것은 아니다. 또한 미국의 초중고 과학교육의 틀(A Framework for K-12 Science Education)을 살펴보면 기초적인 기후변화와 연관된 과학 개념들이 양질의 과학교육과정을 구현하기 위해 포함되어야 한다고 조언하고 있다(NRC, 2012).

과학교육의 중요한 목표는 세계를 이해하는 데 있어서 현재 가장 훌륭한 지식 생성체계(premier knowledge institution)인 ‘과학’이라는 ‘인식의 문화’(epistemic cultures)(Cetina, 1991)로 학습자를 끌어들이는 것이다. 즉, 세계를 이해하는 가장 훌륭한 방식인 과학이라는 문화에 학습자가 흡수되고 능동적으로 참여할 수 있도록 하는 것이다. 이 광범위한 목표는 과학교육 체계 내에서 두 가지로 정리되었다. 하나는 학습자가 과학적 지식을 학습하는 것이고, 또 다른 하나는 과학적 지식이 어떻게 형성되는지를 아는 것이다(NRC, 2000).

생각해보고 읽어보는 자료 제공으로서의 단원으로 제시하기 보다는 지식 습득을 중점으로 하는 관련 교과내용과의 융합을 통한 양질의 과학탐구 단원으로서의 변화도 피해 볼 수 있다. 현재의 기후변화 단원의 과학의 인식론적 분석을 살펴보면 다양한 논점과 이슈에 대해 논의하지 못하는 것은 탐구가 지식의 이해와 동떨어져 있다는 것을 암시하는 것으로 보인다. 그러나 Chiappetta(2007)의 과학탐구의 역사를 설명하는 글에서 과학지식을 전달하는 과학수업으로부터 탐구로 과학을 가르치는 방식으로 나아갔던 이유를 살펴보면 이런 상황과 사뭇 다르다. 탐구로 과학수업을 접근하게 되면 학생들이 능동적인 조사활동을 통한 과학적 지식의 구성을 하도록 함으로써 과학현상에 대한 보다 깊이 있는 이해를 형성할 수 있기 때문이라고 하였다. 과학지식의 깊이 있는 이해가 그 궁극의 목적이지, 탐구와 지식의 이해가 분리되는 것이 아님을 명

시하였다(Chiappetta, 2007).

최근 과학적 소양에 기반한 시민의 의사결정에 대한 요구가 그 어느 때보다 강하게 요구되고 있다. 관련 과학 교육의 중요도가 대중의 관심으로부터 기인하다는 것을 생각해 볼 때, 적어도 기후변화 관련 단원에서 구현되는 탐구 및 인지 활동은 그 본연의 목적을 달성할 수 있도록 구조화되어야 한다. 과학탐구를 학교 과학의 핵심이라고 한다면, 진정한 과학탐구가 되도록 다각적인 조정과 고려가 필요하다.

대중이 쉽게 접하는 정보들은 과학적으로 검증되지 않은 기후변화에 대한 잘못된 정보인 경우도 있으며, 이는 혼란을 야기한다. 다수의 시민들이 기후 변화를 이해할 만한 충분한 과학적 기초를 가지고 있다고 생각하기 어렵다. 단편적이고 과학적으로 검증되지 않은 기후변화에 대한 단편적인 이야기들의 전달은 기후변화와 관련한 비과학적 사고를 촉진하여 미래시민에게 부정적 영향을 미칠 수 있다(Plutzer et al., 2016). 그러므로 과학적 탐색, 조사 및 과학자 커뮤니티의 소통을 통해서 기후변화에 대한 인류의 지식은 꾸준히 성장하고 변화하고 있다. 기후변화와 같은 사회와 밀접한 주제들은 불변의 지식이 아니라, 오히려 시시각각으로 그 관점과 이해의 모습이 바뀐다는 것이다. 학교과학에서 어느 시점의 기후변화에 대한 지식을 보여준다면 이미 그것은 과거의 모습인 셈이다.

참고문헌

- 교육부, 2015, 2015 개정 국가과학교육과정, 교육부.
- 김성진, 안형수, 박가영, 최미화, 서인호, 한문정, 김혜경, 오현선, 구항모, 강희정, 김대준, 이진우, 류형근, 문무현, 이인순, 2018, 고등학교 통합과학, 미래엔.
- 송진웅, 하은선, 김효준, 안정용, 남종민, 여상인, 전화영, 이정희, 양현우, 이창중, 문경원, 오영선, 김희수, 박영신, 박병현, 김혁, 이병화, 송성재, 2018, 고등학교 통합과학, 동아출판사.
- 신명경, 권경필, 2014, 초등학교 교과서 에너지 단원의 탐구활동과 시각자료 기능 분석 사례연구, 에너지기후변화교육, 4(2), 149-160.
- 신명경, 권경필, 2015, 2009 개정 교육과정 초·중·고 과학 교과서의 날씨와 기후변화 관련단원의 과학 활동 특징 탐색, 에너지기후변화교육, 5(2), 203-211.
- 신영준, 최원호, 전영석, 오피셀, 오성진, 안필현, 강남화, 임혁, 김호성, 박창용, 이세연, 지재화, 2018, 고등학교 통합과학, 천재교육.
- 신규철, 박종석, 박상우, 신명경, 2007, 초등 교과서에서 제시된

- 과학 탐구 활동의 분석, 초등과학교육, 26(1), 24-31.
- 심규철, 박종석, 이기영, 손정우, 문홍주, 박재용, 배미정, 소영무, 안성수, 이순영, 전병희, 조항숙, 2018, *고등학교 통합과학*, 비상.
- 오필석, 2020, 과학적 설명의 한 유형으로서 서사적 설명에 관한 탐색-엘니뇨에 관한 교과서의 설명을 중심으로-, *에너지기후변화교육*, 10(1), 13-24.
- 정대홍, 성숙경, 손미현, 박종용, 유경환, 안민기, 조현재, 강필원, 최승규, 이재우, 박성은, 이진봉, 2018, *고등학교 통합과학*, 금성출판사.
- Cetina, K. K., 2016, Epistemic cultures: Forms of reason in science, *History of Political Economy*, 23(1), 105-122.
- Chiappetta, E., 2008, Historical development of teaching science as inquiry. In J. Luft, R. L. Bell, & J. Gess-Newsome (Eds.), *Science as Inquiry in the Secondary Setting*(Ch.2). TX: NSTA press.
- Melillo, J. M., Richmond, T. C. & Yohe, G. W., 2014, *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. Washington, DC: U.S. Global Change Research Program.
- Millar, R., 2010, *Analysing Practice Science Activities*, The Association for Science Education, College lane, Hatfield.
- National Academy of Sciences (NAS)(2014). *Climate Change: Evidence and Causes*. Washington, DC: National Academies Press.
- NRC (National Research Council), 2000, *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press. and Winston. INC.:U.S.A. 322p.
- National Research Council (NRC), 2012, *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Plutzer, E., Hannah, A. L., Rosenau, J., McCaffrey, M. S. Ber\beco, M., & Reid, A. H., 2016, *Mixed messages: How climate is taught in America's schools*. Oakland, CA: National Center for Science Education.
- Ryder, J., Leach, J., & Driver, R., 1999, Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 201-219.
- Watts, N., et al., 2017, The Lancet countdown on health and climate change: From 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet* 391(10120), 581-630.

2020년 8월 31일 접수

2020년 9월 14일 수정원고 접수

2020년 9월 14일 채택

신명경, 경인교육대학교 교수(Shin, Myeong-Kyeong; Professor, Gyeongin National University of Education).

* 권경필, 경인교육대학교 부교수(Kwon, Gyeong-Pil; Associate Professor, Gyeongin National University of Education).