

초등학생들의 계절의 변화 단원의 학습에서 모델링 중심 과학 탐구 수업의 효과

유연준 · 오필석[†]

(파평초등학교) · (경인교육대학교)[†]

Effects of Modeling-Based Science Inquiry Instruction on Elementary Students' Learning in the Unit of Seasonal Changes

Yoo, Yeon Joon · Oh, Phil Seok[†]

(Papyong Elementary School) · (Gyeongin National University of Education)[†]

ABSTRACT

In this study, modeling pedagogies were employed to re-design and teach the unit of Seasonal Changes in the 6th grade science curriculum. The effects of the modeling-based program were investigated in both the conceptual and affective domains using an approach of mixing quantitative and qualitative techniques. The result showed that the students in the modeling-based science inquiry classroom gained a higher mean score in a conceptual achievement test than their counterparts in a traditional science classroom. The number of the conceptual resources activated to explain the causes of the seasons, as well as the types of student explanations developed through the combination of the resources activated, were greater in the modeling-based classroom. The modeling-based science inquiry was also effective in improving student attitudes toward science lessons. It was revealed, however, that the students experienced both positive and negative epistemic feelings during the modeling-based science inquiry. Implications of these findings for science education and relevant research were suggested and discussed.

Key words : modeling-based inquiry, conceptual resource, epistemic feeling, seasonal changes

I. 서 론

과학을 배우는 학생들이 “과학자처럼 수행해야 한다.”(Cho & Oh, 2011, p. 174)는 것은 교사가 가지고 있는 실천적 지식 중의 하나인 동시에, 과학 교육 개혁 문서들(NRC, 1996, 2012)에서 일관되게 주장하는 학교 과학 교육의 원리들 중의 하나이다. 특히 미국의 새로운 과학 교육 기준(Next Generation Science Standards [NGSS], NGSS Lead States, 2013)에서는 과학의 탐구에 필요한 실천 행위들을 8가지 제시하고, 이들을 유치원 과정에서부터 고등학교에

이르기까지 점진적으로 수준을 높여가며, 학생들이 직접 수행하도록 해야 한다고 강조한다. 예를 들어, 최근 과학 교육 분야에서 많은 관심의 대상이 되고 있는 ‘모델의 개발과 사용(developing and using models)’에 관해서는 다음과 같이 말하고 있다.

모델링(modeling)은 가장 낮은 학년에서부터 시작될 수 있다. 학생들의 모델은 구체적인 그림들이나 장난감 자동차와 같이 규모를 줄인 물리적 모델로부터 시작하여 더 높은 학년에서는 어떤 시스템 안에 있는 특정한 물체에 작용하는 힘을 나타내는 도식과 같이 연관된 관계들에 대한 보다 추상적인 표상들로 발전할 수 있다(NRC,

2016.5.1(접수), 2016.5.12(1심통과), 2016.5.16(최종통과)

본 논문은 유연준의 2014년도 석사 학위논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.

E-mail: philoh@ginue.ac.kr(오필석)

2012, p. 58).

이에 더하여 초등학교 고학년에서는 학생들이 단순히 모델을 만들어 어떤 사건을 나타내는 것을 넘어서 모델을 활용하여 현상을 예측하고, 인과 관계를 테스트하는 수준의 탐구 활동에 참여할 것을 권하고 있다(NGSS Lead States, 2013).

이렇듯 초등학교 과학 교육에서 모델의 활용을 강조하는 경향은 우리나라에서도 크게 다르지 않다. 우리나라의 초등학교 과학 교육과정(The Ministry of Education and Human Resources Development [MEHRD], 2007; The Ministry of Education, Science and Technology, 2011; The Ministry of Education, 2015)은 모델을 사용하는 단원과 주제들을 다수 포함하고 있으며, 특히 '지구' 영역에서는 다양한 모델을 활용한 탐구 활동을 권고하고 있다(Lee, 2015). 이는 지구과학의 탐구 대상들의 시·공간적인 규모가 대개 사람이 직접 다룰 수 있는 범위를 넘어서기 때문으로, 그 중 대표적인 것 중의 하나가 '계절의 변화'이다. 계절 변화는 일상적으로 경험하는 자연 현상이지만, 그것이 발생하는 인과적인 과정을 학생들이 쉽게 이해하지 못하고, 따라서 소위 오개념들을 많이 가지고 있는 주제로 알려져 있다. 예를 들어, 학생들은 계절 변화가 생기는 것이 지구와 태양 사이의 거리가 달라지기 때문이라고 설명하는 경우가 많으며, 계절 변화의 원인으로 지구의 자전을 언급하면서도 지구의 자전 운동이 어떻게 계절 변화에 기여하는지에 대해서는 구체적으로 말하지 못한다(Baxter, 1989; Chae, 1992; Kikas, 1998a, b; Sharp, 1996).

그런데 지금까지 계절 변화에 관한 국내의 초등 과학 교육 연구들은 주로 학생들의 오개념을 파악하는 데 집중되어 왔으며, 계절 변화에 관한 수업에 대해서는 추상적인 교수·학습 원리를 제안하는 데 머물러 있었다. 예컨대, 다수의 연구들에서 효과적인 계절 변화 학습을 위하여 '학생들에게 지각적 경험을 제공해야 한다.', '학생들이 다양한 경험과 지식에 노출되어야 한다.', '교사가 불일치 자료와 질문을 준비해야 한다.', '메타 인지 활동을 해야 한다.' 등과 같은 유사하고 일반적인 수준의 제안들을 반복하고 있다(Chae, 2011; Kim *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2014; Jang *et al.*, 2001). 결과적으로 계절 변화 단원의 수업에서 초등학생들이 과학자적인

실천 행위를 따라 활동하는 수업과 그 효과에 관한 연구는 찾아보기 어렵고, 실제 수업도 대개 교사 중심의 해설식 형태로 이루어지고 있다(Goo & Oh, 2014; Kim, 2012).

이 점에서 Campbell *et al.*(2013)이 제안한 5가지 모델링 교수법(modeling pedagogies)은 초등 과학 수업에 관하여 중요한 시사점을 제공해 준다. 모델링 교수법은 과학 연구 상황에서 모델을 개발하고 사용하는 과학자들의 실천 행위(practices)를 학교 수업을 위해 교수법적으로 변환(pedagogical transformation)한 것으로, 각각 다음과 같은 학습 활동으로 특징지을 수 있다.

- 탐색적 모델링(exploratory modeling): 학생들이 이미 있는 모델을 다루어 보면서 그 모델의 특성을 탐색한다. 예컨대, 학생들이 모델에 포함된 변수를 바꾸어 가면서 그 효과를 관찰할 수 있다.
- 표현적 모델링(expressive modeling): 학생들이 새로운 모델을 만들거나 기존의 모델을 이용하여 자신들의 아이디어를 표현함으로써 과학적인 현상을 기술하거나 설명한다.
- 실험적 모델링(experimental modeling): 학생들이 모델로부터 가설이나 예상을 도출하고, 실험을 통해 현상을 관찰함으로써 모델을 테스트한다.
- 평가적 모델링(evaluative modeling): 학생들이 동일한 현상이나 문제를 다루고 있는 대안적인 모델들을 평가하고, 그들의 장점과 제한점을 비교하여 현상을 설명하거나, 문제를 해결하는 데 가장 적절한 것(들)을 선택한다.
- 순환적 모델링(cyclic modeling): 학생들이 모델을 개발하고 평가하고 개선하는 활동을 반복적으로 수행하여 비교적 오랜 시간 동안 과학적인 과제를 완성한다.

학교 수업에서 교사는 위와 같은 5가지 모델링 교수법 중 한 가지만을 선택하여 활용하거나, 몇 가지 교수법을 조합하여 수업을 운영할 수 있다. 즉, 모델링 교수법은 매 수업마다 모델을 개발하고 적용하고 수정하는 과정(예: Generation-Evaluation-Modification [GEM], Khan, 2007)을 모두 거치지 않고, 교실의 여건과 학생들의 학습 상황에 따라 탄력적으

로 수업을 운영하면서도 학생들이 과학자적인 실천 행위로서 모델링을 경험할 수 있게 하는 장점이 있다.

본 연구에서는 이상의 점들을 고려하여 초등학교 6학년 과학의 ‘계절의 변화’ 단원의 수업을 모델링 교수법을 중심으로 재구성하여 진행하고, 그 효과를 개념적 영역과 정의적 영역에서 조사하였다. 이러한 연구는 아직 과학적 모델링에 관한 본격적인 연구가 진행되고 있지 못한 초등학교 수준에서 모델링을 기반으로 하는 학생 중심의 탐구 수업을 지지하고 지원하는 근거 자료를 제공하는 역할을 할 것이다. 특히 본 연구에서는 통계적인 결과와 더불어 개념적 영역에서 학생들의 성취를 개념적 자원(conceptual resources)의 활성화라는 관점(Oh, 2015)에서 질적인 기법(technique)을 사용하여 분석하였다. 또, 정의적 영역에서는 인식적 감정(epistemic feeling [e-feeling], Arango-Muñoz & Michaelian, 2014; Jaber & Hammer, 2016)이라는 개념을 사용하여 모델링이라는 인식 과정에서 학생들이 느낀 감정을 분류하였다. 이러한 시도는 수업 방법의 효과를 제시하는 기존의 방식과의 차별화를 염두에 둔 것으로,

로, 과학 수업의 의미를 논의하는 새로운 이론적 관점을 제안한다는 점에서 의의가 있다.

II. 연구 방법

1. 수업의 맥락

본 연구는 초등학교 5·6학년에 2007년 개정 교육과정(MEHRD, 2007)이 적용되던 2013학년도에 경기도 북부의 중·소규모의 도시에 위치한 한 초등학교에서 이루어졌다. 6학년 전체 6개 학급 중, 국어, 수학, 사회, 과학 과목의 학업 성취도가 모두 통계적으로 동일한 2개 학급을 선정하고, 한 학급에서는 모델링 중심으로, 다른 학급에서는 일반적인 교과서 중심으로 계절의 변화 단원의 수업을 진행하였다. 본 논문에서는 이 두 반을 각각 ‘모델링 수업반(n=29)’과 ‘일반적 수업반(n=29)’으로 지칭하였다.

모델링 수업반에서는 Campbell *et al.*(2013)이 제안한 5가지 모델링 교수법 중 4가지 교수법이 매 차시에 하나 또는 그 이상 적용될 수 있도록 계절의 변화 단원을 전체적으로 재구성하였다(Table 1

Table 1. Organization of the modeling-based science instruction

차시	수업 주제	모델링 교수법	주요 활동 내용
1	낮과 밤이 생기는 까닭	표현적 탐색적	· 학생들이 모둠별로 낮과 밤이 생기는 까닭을 그림 모델로 표현 · 모둠별로 모델(지구본, 스탠드 등)을 조작하며, 낮과 밤이 생기는 까닭을 탐색 · 모둠별로 모델(투명 반구, 스탠드 등)을 조작하며, 태양의 고도와 그림자의 길이 사이의 관계를 탐색
2	하루 동안 태양의 움직임과 그에 따른 현상	탐색적	· 교사가 태양의 고도, 남중 고도의 개념을 설명하고, 하루 동안 그림자의 길이를 측정하는 과제를 제시 · 모둠별로 하루 동안 그림자의 길이를 측정할 수 있는 방법을 토론
3	계절에 따라 달라지는 현상	탐색적	· 모둠별로 모델(투명 반구, 스탠드 등)을 조작하며, 계절에 따른 태양의 일주 운동 경로와 남중 고도의 변화를 탐색
4	태양의 고도와 기온과의 관계	실험적	· 모둠별로 태양의 고도와 기온과의 관계에 대한 가설을 설정 · 가설을 테스트하기 위하여 모델을 이용한 실험을 설계한 후, 실제로 실험을 수행
5	태양의 고도에 따라 기온이 달라지는 까닭	탐색적	· 교사가 안내하는 모델을 이용한 실험을 통해 학생들이 모둠별로 태양의 고도에 따른 단위 면적당 입사 에너지량의 차이를 탐색
6	구면상에서 남중 고도 측정 방법	표현적 평가적	· 모둠별로 구면상에서 남중 고도를 측정하는 방법을 토론하고 모델로 표현 · 학생들이 모둠별 남중 고도 측정 모델 중 가장 좋은 것을 평가하여 합의
7, 8, 9	계절 변화의 원인	표현적 실험적 평가적	· 모둠별로 계절 변화의 원인에 대해서 토론한 후, 그림 모델이나 물질 모델로 표현 · 계절 변화의 원인에 관한 모둠별 모델을 테스트할 수 있는 실험을 설계하고, 실제로 실험을 수행 · 모둠별 실험 결과를 발표하고, 학급 전체가 토론하여 계절 변화의 원인을 설명하는 가장 좋은 모델을 평가하여 합의
10	계절에 따른 낮과 밤의 길이 변화	탐색적	· 모둠별로 모델(지구본, 스탠드, 시간측정관 등)을 활용하여 계절에 따른 낮과 밤의 길이 변화를 탐색

을 참조). 모델링 중심의 과학 탐구 수업은 학생들이 주도적으로 함께 상호작용하여 지구의 계절 변화를 설명하는 모델을 개발하고 활용하는 학습 활동으로 이루어졌으며, 교사는 이 과정에서 학생들에게 필요한 도움과 안내를 제공하는 역할을 하였다. 이와는 대조적으로, 일반적 수업반에서는 교과서의 구성을 따라 교사가 주도적으로 학습 내용과 실험 방법을 해설하고, 학생들이 그 내용과 실험 결과를 확인하는 과정으로 수업이 진행되었다. 하지만 모델링 수업반과 일반적 수업반의 수업 차이는 10차시로 동일하였다.

2. 자료 수집

본 연구에서는 모델링 중심 과학 탐구 수업의 효과를 개념적 영역과 정의적 영역에서 살펴보고자 수업 전·후에 복수의 자료를 수집하였다.

먼저 개념적 영역에서는 계절의 변화 단원의 '개념 성취도 검사지'를 개발하여 사용하였다. 이 검사지는 초등학교 6학년 과학 교과용 도서, 교사용 지도서, 경기도 교육청에서 제작한 논술형 평가 예시 자료 등을 참고로 하여 과학 전담 교사 2명과 함께 연구자들이 공동으로 개발하였다. 이를 6학년 담임 교사들의 검토를 받아 수정한 후, 학교의 학업 성취도 평가에 사용할 수 있도록 결제를 받았다. 완성된 검사지는 선택형 2문항, 단답형 3문항, 서술형 4문항 등, 총 9문항으로 구성되었다. 이 문항들은 남중 고도의 개념, 계절에 따른 남중 고도의 변화, 태양 고도와 그림자의 길이 사이의 관계, 태양 고도와 기온간의 관계 등, 지구의 계절 변화와 관련된 주요 개념들을 묻는 것이었다. 특히 마지막 9번 문항에서는 학생들이 계절 변화의 원인을 자세히 서술하도록 하여 계절 변화에 대한 종합적인 이해를 알아보고자 하였다.

본 연구에서는 이 검사지를 계절의 변화 단원의 수업을 시작하기 전에 관련 개념에 대한 학생들의 이해 수준을 알아보기 위한 사전 검사에 사용하였다. 또, 수업을 마친 후에는 사후 검사에 이 검사지를 사용하여 학생들의 개념 성취도를 조사하였다. 사전 검사와 사후 검사에 사용된 문항들은 동일하였고, 문제지의 형식과 선택지의 순서 등을 달리하였다.

다음으로, 정의적 영역의 효과를 조사하기 위하여 Test of Science Related Attitudes (TOSRA, Fraser,

1981)의 총 7개 범주 중, '과학 수업의 즐거움 척도 (Enjoyment of Science Lessons Scale, ESLS)'의 한글 번역본을 이용하였다. TOSRA의 ESLS는 "과학 수업은 재미있다.", "나는 과학 수업이 기다려진다.", "나는 과학 수업에서 다루는 내용에 별로 흥미가 없다."와 같이 학교 과학 수업에 대한 태도를 5단계 척도에 따라 답하도록 하는 10개 문항으로 이루어져 있다. 본 연구에서는 이를 모델링 수업반과 일반적 수업반에 대한 사전·사후 검사에 사용하였으며, 검사의 Cronbach α 신뢰도 계수는 .927이었다.

이와 더불어 정의적 영역에서는 모델링 수업반의 학생들에게 개방형 질문지에 응답하도록 하여 모델링 중심의 과학 탐구 수업에 대한 그들의 태도를 좀 더 자세히 알아보고자 하였다. 이 질문지에는 "모형(모델)을 활용하면서 공부했을 때 좋은 점"과 "좋지 않은 점"을 묻는 2개의 문항이 포함되어 있었으며, 본 연구에서는 이 두 문항에 대한 학생들의 서술형 응답을 분석의 대상으로 하였다.

3. 자료 분석

본 연구에서는 수집된 자료를 양적인 기법과 질적인 기법을 혼용하여 분석함으로써 모델링 수업의 효과를 다차원적으로 살펴보았다.

첫째, 개념적 영역에서는 6학년 담임교사들이 합의한 방법으로 개념 성취도 검사지를 채점하고, 모델링 수업반과 일반적 수업반 학생들의 사전·사후 검사의 평균을 *t-test*를 이용하여 비교하였다. 개념 성취도 검사지의 선택형 문항과 단답형 문항에 대해서는 정답만을 1점으로 채점하였으며, 서술형 문항에서는 정답과 부분 정답을 인정하였다. 결과적으로 개념 성취도 검사의 만점은 18점이 되었다.

둘째, 위와 같은 통계적인 방법과 더불어, 개념 성취도 검사지의 9번 문항에 대해서는 질적인 기법을 사용하여 추가 분석을 실시하였다. 이 과정은, 과학 모델은 학생들이 가지고 있는 개념적 자원들이 상황에 따라 다르게 활성화되고 조합되어 구성된다는 이론적 관점(Oh, 2015)을 바탕으로 하여 이루어졌다. 즉, 본 연구에서는 모델링 수업과 일반적 수업 모두 학생들에게 계절 변화를 이해하는 데 필요한 개념적 자원을 제공하는 역할을 하였다고 가정하였다. 그리고 학생들이 서로 다른 수업을 경험한 후에 어떤 개념적 자원들을 활성화하고, 그것들을 어떻게 조합하여 계절 변화의 원인을 설명하는

지 조사하였다. 따라서 본 연구의 결과로부터 초등 학생들에게 자연 현상을 과학적으로 설명하기 위해 필요한 개념적 자원을 제공하는 데 어떤 형태의 수업이 더 효과적인가를 판단할 수 있을 것으로 생각하였다. 다만 대부분의 학생들이 사전 검사에서 9번 문항에 응답하지 않은 점을 고려하여 이 분석은 학생들의 사후 응답에 대하여 제한적으로 실시하였다.

구체적으로, 처음에는 모델링 수업반과 일반적 수업반 학생들의 응답을 모두 자세히 읽으면서 계절 변화를 설명하기 위하여 학생들이 활성화해 낸, 다음과 같은 14개의 개념적 자원들을 분별하였다.

- 지구의 자전
- 지구의 공전
- 지구의 자전축 경사
- 남중 고도의 변화
- 그림자의 길이 변화
- 태양 에너지의 변화
- 낮밤의 길이 변화
- 기온 변화
- 여름에 기온이 높다.
- 겨울에 기온이 낮다.
- 여름에 태양의 남중 고도가 높다.
- 겨울에 태양의 남중 고도가 낮다.
- 여름에 단위면적이 받는 에너지가 많다.
- 겨울에 단위면적이 받는 에너지가 적다.

그 다음, 개별 학생이 어떤 개념적 자원들을 어떻게 조합하여 응답하였는가에 따라 계절 변화에 대한 학생들의 설명 유형을 분류하였다. 이 과정은, Table 2에 제시한 것처럼, 2개의 차원에 따라 이루어

어졌다. 먼저 계절 변화의 원인으로 무엇을 언급하였는가에 따라 학생의 응답을 A~E로 나누고, 계절 변화가 일어나는 인과적인 과정을 얼마나 자세히 설명하였는가에 따라 0~2로 나눈 후, 개별 학생의 응답을 A0, A1, A2, B0, B1, ... 등으로 부호화(coding)하였다. 예를 들어, A0는 계절 변화의 원인이 지구가 자전축이 기울어진 채 태양 주위를 공전하는 데 있다고는 하면서도 그것이 어떻게 계절에 따른 기온의 차이를 가져오는지, 구체적인 인과적 과정에 대해서는 기술하지 않은 설명 유형이다. 이와 같은 방식으로 모델링 수업반과 일반적 수업반 학생들의 서술형 응답을 모두 분석한 후, 계속비교방법(constant comparative method, Glaser & Strauss, 1967)의 원리에 따라 분석 결과와 학생들의 응답을 반복적으로 상호 검토하여 분석 결과를 확정하였다.

셋째, 모델링 중심의 탐구 수업이 과학 수업에 대한 학생들의 태도에 미친 효과를 일반적 수업반과 비교하기 위하여 TOSRA ESLS의 사전·사후 검사 결과를 *t-test*를 이용하여 분석하였다. TOSRA ESLS의 긍정형 문항에 대하여 ‘매우 그렇다.’고 응답한 것을 5점으로 처리하고, ‘전혀 그렇지 않다.’는 응답을 1점으로 처리하였으며, 부정형 문항에 대해서는 그 반대로 하여 총 점수가 50점이 되도록 하였다.

마지막으로, 모델링 수업반 학생들이 개방형 질문지에 모델링 중심의 과학 탐구 수업의 좋은 점과 좋지 않은 점을 기록한 것을 질적으로 분석하였다. 이때는 학생들의 응답 내용이 단순히 새로운 수업에 대한 좋고 싫음을 표현한 것이기 보다, 자신들의 학습 활동에 대한 평가를 포함하고 있다는 점에 주목하였다. 즉, 학생들의 응답은 모델링이라는 인식 행위에 대한 그들의 ‘인식적 감정’을 표현한 것이라고 할 수 있었다. 인식적 감정이란 과학과 같

Table 2. Method for classifying the students' explanations of the causes of the seasons

차원	부호(code)	설명
계절 변화의 원인	A	계절 변화의 원인으로 ‘지구의 자전축 경사’와 ‘지구의 공전’만을 함께 언급함.
	B	계절 변화의 원인으로 ‘태양의 남중 고도의 변화’만을 언급함.
	C	계절 변화의 원인으로 ‘지구 자전축 경사’, ‘지구의 공전’, ‘태양의 남중 고도의 변화’를 모두 언급함.
	D	계절 변화의 원인으로 ‘지구의 공전’만을 언급함.
	E	계절 변화의 원인을 잘못 언급함(예: 지구의 자전).
계절 변화의 인과적 과정	0	계절 변화가 일어나는 인과적 과정을 기술하지 않음.
	1	계절 변화가 일어나는 인과적 과정에 대한 기술을 포함하고 있지만, 자세하지 않음.
	2	계절 변화가 일어나는 인과적 과정을 상세하게 기술하고 있음.

은 인식적인 활동에 참여하는 동안 개인이 경험한 느낌을 지칭하는 것으로, 자신의 능력과 수행 과정에 대한 의식적인 평가를 포함한다(Arango-Muñoz & Michaelian, 2014; Jaber & Hammer, 2016). 예컨대, 이전에는 잘 알지 못했던 현상을 이해하게 되었다는 느낌[the feeling of understanding]이나 문제를 해결하는 도중에 무언가 잘못되고 있다는 느낌[the feeling of error] 등이 이에 속한다. 본 연구에서는 모델링 중심의 탐구 수업에 대한 초등학생들의 인식적 감정을 조사하는 것이 과학 수업에 대한 태도를 계량적으로 조사하는 것에서 오는 제한점을 보완하고, 장차 모델링 수업과 같은 대안적인 과학 수업을 운영하고자 할 때 인지적 측면에서 뿐만 아니라, 정서적인 측면에서 학생들에게 어떤 도움을 주어야 하는지 시사점을 얻는 데 유용할 것으로 판단하였다.

이에 따라 Arango-Muñoz & Michaelian(2014)이 고찰한 인식적 감정의 목록을 부호화를 위한 틀(coding system)로 사용하여 모델링 수업반 학생들의 응답을 분류하였다. 또, 이 목록으로는 잘 분류되지 않는 것들이 발견되면 그것을 고려하여 분류들을 지속적으로 수정하면서 학생들의 응답을 분석해 나갔다. 예를 들어, 학생들이 목록에 없는 인식적 감정을 표현한 경우에는 그것을 새로 추가하고, 기존의 명칭이 학생들의 감정을 대표하기에 미흡한 경우에는 그 명칭을 수정하였다. 이러한 과정을 반복하여 모델링 중심의 과학 탐구 수업에 대한 학생들의 인식적 감정과 그 사례들을 체계적으로 정리하였으며, 최종적으로 본 연구에 특화된 분석틀과 학생들의 응답을 상호 비교하여 그 타당성을 확인함으로써 연구 결과를 확정하였다.

III. 연구 결과

1. 개념적 영역의 결과

본 연구에서는 초등학교 6학년 과학, 계절의 변화 단원의 수업을 모델링 중심의 탐구 수업으로 재구성하여 운영하고, 모델링 수업반 학생들의 개념적 영역의 성취도를 일반적 수업반 학생들의 그것과 비교하였다. Table 3은 개념 성취도 검사지를 사용한 모델링 수업반과 일반적 수업반의 사전·사후 검사의 결과를 정리한 것이다.

Table 3에 따르면, 사전 검사에서 모델링 수업반과 일반적 수업반의 평균은 각각 .97과 1.45이었다. 이 두 점수는 통계적으로 유의미한 차이가 없어서, 두 반의 수업 전 개념 이해 정도가 동일하게 낮은 것을 알 수 있었다. 이렇게 학생들의 평균 점수가 낮은 것은 선행 학습을 하지 않을 경우 일상적인 경험만으로는 잘 이해할 수 없는 계절 변화 개념의 특성을 잘 보여주는 것이라고 해석되었다. 그런데 사후 검사에서는 모델링 수업반의 평균이 17.86으로 사전 검사에 비하여 16.89 향상되었으며, 일반적 수업반의 평균은 13.79로 12.34가 향상되었다. 이는 모델링 중심의 탐구 수업과 교과서를 중심으로 한 교사의 해설식 수업 모두 해당 단원에서 학생들의 개념 이해에 도움이 되었다는 것을 보여준다.

하지만 Table 3에서 모델링 수업반과 일반적 수업반의 사후 검사의 평균을 통계적으로 비교한 결과를 보면, 서로 유의미한 차이가 있는 것을 알 수 있다. 이 결과는 모델 중심의 과학 탐구 수업이 일반적인 과학 수업보다 학생들의 개념 성취에 좀 더 효과적이라는 것을 말해 준다. 이러한 해석은 계절 변화의 원인에 대한 학생들의 서술형 응답을 질적인 기법으로 분석한 결과를 통해서도 지지되었다.

Table 4는 개념 성취도 검사지의 9번 문항에 대한 학생들의 서술형 응답을 분석한 결과를 보여준다. 이 표에서 ‘활성화 수의 평균’이란 한 학생이 계절 변화의 원인을 설명하기 위하여 활성화 해 년 개념적 자원의 수의 평균을 뜻한다. 또, ‘설명 유형’은 학생들이 여러 가지 개념적 자원들을 조합하여

Table 3. Results of the pre- and post-tests of conceptual achievement

검사 시기	구분	N	평균	표준 편차	t	p
사전	모델링 수업반	29	.97	1.88	-.880	.382
	일반적 수업반	29	1.45	2.28		
사후	모델링 수업반	29	17.86	6.39	2.301	.025*
	일반적 수업반	29	13.79	7.06		

*p<.05

Table 4. Types of the students' explanations of the causes of the seasons

구분	응답 학생 수 [명]	활성화 수의 평균	설명 유형	빈도 (%)	학생 응답의 예
모델링 수업반	25	3.8	A0	8 (32.0)	· 지구의 자전축이 기울어져 공전하기 때문에 계절이 바뀐다.
			A1	3 (12.0)	· 지구의 자전축이 기울어져서 공전을 한다. 그러면 일정한 면적에 도달하는 태양 에너지량이 달라진다. 이로 인해 기온이 달라지면 계절 변화가 된다.
			B0	1 (4.0)	· 남중 고도가 계절에 따라 달라서
			B1	2 (8.0)	· 지구가 공전을 하면 남중 고도가 바뀐다. 그러면 태양의 에너지가 일정한 면적에 닿은 양이 많아지면서 기온이 바뀐다. 그러면서 계절의 변화가 생긴다.
			B2	1 (4.0)	· 남중 고도의 위치 때문이다. 여름에는 남중 고도의 위치가 높아, 적은 면적에 태양의 빛을 많이 받아 온도가 올라가서 여름이 된다. 반대로 겨울에는 남중 고도의 위치가 낮아 많은 면적에 태양의 빛을 조금 받아 온도가 내려가서 겨울이 된다.
			C0	1 (4.0)	· 자전축이 기울어진 채로 공전을 한다. 그러면 태양의 남중 고도가 달라진다. 그래서 온도가 바뀌기 때문에 계절이 변한다.
			C1	9 (36.0)	· 지구의 자전축이 기울어진 채 공전하면 태양의 남중 고도가 달라진다. 그러면 태양 에너지를 받는 면적이 넓기도 하고 적기도 한다. 그래서 계절의 변화가 생긴다.
일반적 수업반	25	1.9	A0	17 (68.0)	· 지구의 자전축이 기울어진 채로 태양 주위를 공전하기 때문에 계절의 변화가 일어난다.
			C0	1 (4.0)	· 지구의 자전축이 기울어진 채 태양 주위를 공전하면서 태양의 남중 고도가 바뀌고 계절이 달라지며, 그러면서 기후와 온도가 달라진다.
			D0	3 (12.0)	· 지구가 태양 주위를 공전하기 때문에
			E0	4 (16.0)	· 우리 지구가 시계 반대 방향으로 자전을 하며 봄, 여름, 가을, 겨울이 된다.

계절 변화를 설명하는 방식을 앞서 기술한 분석 방법에 따라 부호화한 것을 나타낸다.

Table 4에 제시된 것처럼, 계절 변화의 원인을 묻는 서술형 문항에 답하기 위하여 한 학생이 활성화해 낸 개념적 자원의 수의 평균은 모델링 수업반에서 3.8개로, 일반적 수업반의 1.9개에 비해 2배 많았다. 또, 계절 변화의 원인에 대한 학생들의 설명 유형은 일반적 수업반에 비해 모델링 수업반에서 좀 더 다양하였다. 즉, 모델을 개발하고 사용하는 탐구 활동에 참여한 학생들이 더 많은 개념적 자원들을 활성화 해 내고 그들을 더욱 다채롭게 조합하여 문제의 자연 현상, 즉 지구의 계절 변화를 설명하였음을 알 수 있다. 따라서 모델링 중심의 탐구 수업이 학생들에게 과학적인 설명을 구성하는 데 필요한 개념적 자원을 제공하고, 그를 활성화 하여 문제를 해결하는 데 더 효과적이라는 것을 알 수 있다.

학생들의 응답 내용을 좀 더 구체적으로 살펴보면, 우선 모델링 수업반과 일반적 수업반에서 공통적으로 지구와 태양 사이의 거리가 변하기 때문에 계절이 생긴다는, 계절 변화에 대한 대표적인 오개념을 발견할 수 없다는 사실을 주목해 볼만하다.

이러한 결과에 대해서는 본 연구의 후속 작업으로서 모델링 수업반과 일반적 수업반에서 어떤 교수·학습 활동이 어떻게 이루어졌는지 자세히 분석하는 연구가 필요할 것이다. 그런데 이러한 긍정적인 결과에도 불구하고, 일반적 수업반에서는 계절 변화의 원인으로 ‘지구의 공전’만을 포함하는 D 유형의 설명을 제공한 학생들이 3명(12.0%) 있었으며, 과학적으로 옳지 않은 답을 제시한 학생들도 4명(16.0%) 있었다. 이 학생들이 서술한 오답 중에는 Table 4에 예시한 것과 같이 ‘지구의 자전’을 계절 변화의 원인으로 지목한 사례가 있었으며, “지구의 자전축이 수직인 채 태양 주위를 공전하기 때문”이라고 하여 지구의 자전축 경사에 관해 잘못 알고 있는 경우도 있었다. 이에 비하여 모델링 수업반에서는 D나 E 유형에 속하는 학생들의 응답은 발견되지 않았다.

또, 일반적 수업반에서는 계절 변화의 원인을 설명하면서 태양의 남중 고도를 언급한 학생이 유일하게 C0 유형의 설명을 제시한 1명에 불과하였다. 반면, 모델링 수업반에서는 B와 C 유형에 속하는 응답을 제시한 총 14명(48.3%)의 학생들이 남중 고도를 개념적 자원으로 사용하여 계절 변화의 원인을

설명하였다. 본 연구에 참여한 학생들에게 적용된 2007년 개정 과학과 교육과정의 해설서(The Ministry of Education, Science and Technology, 2008)에 따르면, 6학년 계절의 변화 단원에서는 “태양의 남중 고도 개념을 이해하여 남중 고도 변화에 따라 계절 변화가 일어남을 설명할 수 있게”(p. 208) 지도해야 한다. 즉, 우리나라의 초등 과학 교육과정에서는 학생들이 남중 고도를 계절 변화의 원인으로 이해하는 수준의 성취를 보일 것을 기대하고 있다. 이 점에서 모델링 중심의 탐구 수업은 교육과정의 성취 기준을 만족시킬 수 있는 유용한 한 방법이 된다고 할 수 있다.

더 나아가, 일반적 수업반에서는 단순히 계절 변화의 원인을 언급하는 것을 넘어서 지구에 계절 변화가 생기는 인과적인 과정을 구체적으로 설명한 학생을 찾아 볼 수 없었다. 반면에 모델링 수업반에서는 계절 변화의 원인으로 지구의 자전축 경사, 지구의 공전 운동, 태양의 남중 고도의 변화를 모두 말하거나, 그 중 일부를 언급한 학생들 중 총 15명(51.7%)이 자신이 말한 원인들이 어떻게 계절 변화를 만드는지 좀 더 구체적으로 설명하였다. 그리고, Table 4에서 알 수 있는 것처럼, 이들의 설명에는 공통적으로 일정한 면적에 입사하는 태양 에너지가 달라져 계절이 생기는 기작(mechanism)에 대한 내용이 포함되어 있었다.

다만 모델링 수업반에서도 남중 고도와 단위 면적에 입사하는 에너지량의 관계를 상세히 설명한 학생은 B2로 분류된 설명 유형을 제시한 1명에 불과하였다. 게다가 이 학생은, Table 4에서 보는 것처럼, 계절 변화의 원인으로 태양의 남중 고도의 변화만을 언급한 것이 특이하였다. 또, 모델링 수업반의 학생들 중 일부(6명, 20.1%)는 아래의 예와 같이 계절 변화의 원인으로 ‘낮밤의 길이 변화’라는 개념적 자원을 활성화 내었지만, 무엇 때문에 낮밤의 길이가 달라지고, 그것이 지구의 계절에는 어떤

영향을 미치는지 구체적으로 설명하지는 못하였다.

지구가 자전축이 기울어져서 공전하면 남중 고도가 바뀐다. 그러면 일정한 면적에 들어오는 태양 에너지량이 다르다. 이로 인해 기온이 바뀌기 때문에 계절이 변한다. 그리고 낮밤의 길이는 계절의 변화에 영향을 미친다.

따라서 학생들이 적절한 개념적 자원들을 활성화 하고 그들을 인과적인 관계에 따라 연결하여 자연 현상에 대한 설득력 있는 설명을 완성하도록 돕기 위해서는 모델링 중심의 탐구 수업 또한 여전히 개선의 여지가 있다는 점을 알 수 있었다.

2. 정의적 영역의 결과

Table 5는 모델링 수업반과 일반적 수업반의 TOSRA ESLS에 대한 응답 결과를 나타낸다. 개념 성취도 검사에서와 마찬가지로 두 반의 사전 검사의 평균은 통계적으로 유의미한 차이가 없어서 수업 전 과학 수업에 대한 학생들의 태도는 동일하다고 볼 수 있었다. 하지만 사후 검사에서 모델링 수업반의 평균은 35.41, 일반적 수업반의 평균은 27.66으로, 모델링 수업반 학생들의 과학 수업에 대한 태도 점수가 일반적 수업반 학생들에 비해 통계적으로 유의미한 수준에서 높게 나타났다. 특히 모델링 수업반에서는 평균이 5.51 향상된 반면, 일반적 수업반에서는 4.24만큼 낮아진 것이 특징적이었다. 이러한 결과는 모델링 중심의 탐구 수업이 정의적 영역에서도 학생들의 성취를 높이는 데 더 효과적이라는 것을 말해 준다.

그런데 모델링 수업반 학생들의 인식적 감정을 분석한 결과에 따르면, 학생들은 모델링 중심의 탐구 활동에 대해 긍정적이고 부정적인 인식적 감정을 함께 경험한 것을 알 수 있었다. Table 6은 모델링 수업반 학생들이 모델링 중심의 탐구 활동에 참여하는 동안 느낀 인식적 감정의 종류와 빈도, 학생 응답의 예를 보여준다. Table 6에서 ‘빈도’는 한

Table 5. Results of the pre- and post-tests of enjoyment of science lessons

검사 시기	구분	N	평균	표준편차	t	p
사전	모델링 수업반	29	29.90	6.70	-1.181	.243
	일반적 수업반	29	31.90	9.50		
사후	모델링 수업반	29	35.41	6.95	2.768	.008**
	일반적 수업반	29	27.66	10.56		

**p<.01

Table 6. Epistemic feelings of the students in the modeling-based classroom

구분	인식적 감정의 종류	빈도 (%)	응답 예
긍정적인 인식적 감정	이해의 감정(e-feeling of understanding)	26 (89.7)	·머리에 더 잘 들어오고 발표를 하니 더 잘 되고 몰랐던 것을 알게 되니 쾌감이 있었고, 원래 했던 과학 수업보다 훨씬 재미있다.
	자기 주도의 감정(e-feeling of self agency)	8 (27.6)	·내가 직접 무슨 일의 원인이거나 결과 등을 알아내서 실험을 하다 보니 재미있고
	공동 주도의 감정(e-feeling of collective agency)	4 (13.8)	·친구들과 알아내니깐 ... 생각할 시간이 많아져서 좋다.
	활동성과 편안함의 감정(e-feeling of activeness and comfort)	4 (13.8)	·실험하기도 편하고
	능숙함의 감정(e-feeling of competence)	2 (6.9)	·이렇게 실험을 하니깐 나중에 혼자 실험을 해 볼 수 있을 것 같다.
부정적인 인식적 감정	시간이 부족하다는 감정(e-feeling of lack of time)	14 (48.3)	·우리가 알아내는 시간이 걸려서 시간이 오래 걸린다.
	할 수 없거나 잘못하고 있다는 감정(e-feeling of incapability and error)	12 (41.4)	·잘못된 방법으로 실험을 하다보면 머릿속에 잘못된 방법이 들어 올 수도 있는 것
	부진의 감정(e-feeling of being left behind)	6 (20.7)	·토론에 집중하지 않거나 이해력이 부족한 학생은 학습 내용을 따라 오지 못한다.
	처음 해보는 데 따르는 어려움의 감정(e-feeling of difficulty from doing for the first time)	2 (6.9)	·토론을 처음 해 보니까 좀 어려웠다.
	매우 조심해야 한다는 감정(e-feeling of great caution)	2 (6.9)	·조심하게 만져야 해서 실험할 때 신경 쓰인다.

명의 학생이 여러 종류의 인식적 감정을 표현한 경우에도 각각의 감정을 독립적으로 계수한 결과로서, 총 빈도수가 학생 수보다 많다.

Table 6에서 보는 것과 같이, 모델링 수업을 경험하는 동안 학생들이 느낀 긍정적인 인식적 감정 중에는 ‘이해의 감정’으로 분류할 수 있는 것들이 가장 많았다(89.7%). 이것은 이전에는 분명하게 이해하지 못했던 현상을 이해하게 되었을 때 느낄 수 있는 감정으로, 종종 ‘아하(ah ha)’ 감정이라고도 불린다(Arango-Muñoz & Michaelian, 2014). 본 연구에서 학생들은 모델링 중심의 탐구 활동에 참여하는 동안 경험한 이해의 감정을 “더 집중이 잘 되고”, “기억에 오래 남고”, “생생히 알 수 있었다.”, “쉽게 이해할 수 있다.” 등 다양한 용어를 사용하여 표현하였다.

또, 모델링 수업반 학생들은 자기 자신 혹은 친구들과 함께 공부를 주도하고 있다는 인식적 감정을 새로운 방식의 수업에서 느낀 좋은 점이라고 하였다. 학생들은 이 감정을 “직접 모형을 사용해서”, “마음대로 실험을 해서”, “다 같이 ... 생각해 나가면서 협동심을 기르고” 등의 표현으로 나타내었으며, 본 연구에서는 이들을 ‘자기 주도의 감정’(27.6%) 또는 ‘공동 주도의 감정’(13.8%)이라고 명명하였다. 이밖에 교사가 허용하는 가운데 자유롭게 활동한 것

에서 ‘활동성과 편안함의 감정’을 느낀 학생들이 있었으며(13.8%), 자신의 능력에 대해 긍정적인 감정, 즉 ‘능숙함의 감정’을 느낀 학생들도 있었다(6.9%).

모델링 중심 탐구 수업에 대해 학생들이 부정적으로 표현한 인식적 감정 중에는 ‘시간이 부족하다.’는 느낌이 가장 큰 비율을 차지하였다(48.3%). 특히 학생들은 과학 수업 시간이 다소 길어져서 “점심시간을 뺐는” 것이 좋지 않다고 하였다. 이러한 결과는 학생 주도의 모델링 활동이 대부분 기존의 잘 구조화된 교과서식 실험에 비해 익숙해지는데 오랜 시간을 필요로 하며, 학생들은 이러한 인식 과정의 특징을 그대로 경험한 것이라고 해석되었다. 따라서 모델링 수업과 같이 대안적인 형태의 과학 수업이 정착되기 위해서는 블록타임제와 같은 탄력적인 수업 시간 운영이 필요함을 시사 받을 수 있었다.

비슷한 비율(41.4%)로 학생들은 자신의 지식과 능력이 모델링 활동을 수월히 수행하기에 충분하지 않다고 느끼고, ‘할 수 없거나 잘못하고 있다는 감정’을 표현하였다. Table 6에 제시한 것과는 다른 예로, 모델링 중심 탐구 수업의 좋은 점에 대하여 “애들 의견을 들어보면서 비교해 보니 내가 무엇을 잘했나 못했나를 판단하여 알아서” 좋았다고 표현했던 한 학생은, 다음과 같은 어려움 때문에 모델

랑 수업에 대해 부정적인 인식적 감정을 느꼈음을 솔직하게 말해 주었다.

모델을 어떻게 활용하는지 모르면 설명을 자신 있게 할 수 없었다. 질문, 특히 모르는 질문을 하면 대답하는 데 어려웠다.

위와 같은 학생들의 인식적 감정은 자기 자신이나 동료들이 학생 주도의 모델링 활동에 잘 참여하지 못하고 뒤쳐질 수 있다는 느낌, 즉 ‘부진의 감정’과 연계되는 것처럼 보였다. 학생들은 이것을 “만약 이해가 안 되면 지루해진다.”, “잘 하는 한 사람만 실험에 집중하는 경우가 있다.” 등과 같이 표현해 주었다(20.7%). 그런데 이러한 부정적인 인식적 감정을 달리 해석하면, 학생들은 그것을 통해 ‘이해가 되면 지루하지 않다.’, ‘나도 실험에 참여하고 싶다.’는 메시지를 전달하고 있는 것으로도 볼 수 있다. 따라서 교사가 교수법적으로 적절하게 개입하여 학생들을 격려하고, 그들에게 필요한 도움과 안내를 제공하여 학생들이 느끼는 인식적 감정이 긍정적인 방향으로 발현되도록 하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다. 이 밖에도 학생들은 모델링 중심의 탐구 경험이 처음이어서 ‘처음 해 보는데 따르는 어려움의 감정’을 느끼기도 하였고(6.9%), 활동 중 스탠드가 깨지는 작은 사고가 발생하여 그것으로부터 ‘매우 조심해야 한다는 감정’을 느끼기도 하였다(6.9%).

IV. 결 론

본 연구에서는 초등학교 6학년 계절의 변화 단원을 모델링 교수법을 중심으로 재구성하여 수업하고, 그 효과를 개념적 영역과 정의적 영역에서 양적·질적인 기법을 혼용하여 조사하였다. 앞서 제시한 연구 결과의 의미와 그로부터 얻을 수 있는 과학 교육 및 관련 연구에의 시사점을 결론으로 제시하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 모델링 중심의 과학 탐구 수업에 참여한 학생들이 교과서 중심의 일반적인 수업을 경험한 학생들에 비하여 개념적 영역에서 높은 성취를 보였다. 이는 학교의 학업 성취도 검사의 일환으로 실시된 개념 성취도 점수의 평균이 모델링 수업반에서 더 높았다는 결과를 통해 확인

되었다. 또, 계절 변화의 원인을 설명하기 위해 학생들이 활성화 해 낸 개념적 자원들과 그들의 조합으로 이루어진 설명 유형이 모델링 수업반에서 더욱 다양하였다는 사실을 통해 모델링 중심의 과학 탐구 수업이 자연 현상을 설명하는 데 필요한 개념적 자원을 제공하고, 이를 다시 활성화 하는 데 더 효과적임을 알 수 있었다.

이 같은 결과는 과학 학습에서 내용 지식과 실천 행위를 통합하고자 하는 과학 교육 개혁의 비전(NGSS Lead States, 2013)을 실현하는 데 모델링 중심의 탐구 수업이 유용한 방법이 될 수 있음을 시사하는 것이다. 사실 교사들은 탐구적인 형태의 과학 수업을 지향하면서도 그것이 학생들이 배워야 할 지식을 소홀히 하는 결과를 가져 올 것을 우려하여 실제로는 탐구적인 과학 수업을 시도하지 못하는 경우가 많다(Meyer *et al.*, 2013; Oh, 2013, 2014; Tobin & McRobbie, 1997). 이와 관련하여 Lehrer *et al.* (2008)은 모델링을 통한 과학 교육이 전통적인 ‘내용/과정의 이분법(the content/process dichotomy)’을 피할 수 있는 장점이 있다고 강조한다. 즉, 모델을 개발하고 테스트하는 활동을 통해 학생들은 과학적 사고와 기능을 연습할 수 있을 뿐만 아니라, 그러한 사고와 기능이 적용되는 과학 내용을 효과적으로 배울 수 있다는 것이다(Khan, 2007; Manz, 2012). 따라서 개념적 영역에서 학생들의 성취를 유지하거나 향상시키면서 동시에 과학의 실천 행위를 반영하여 수업을 개선하기 위한 대안적인 교수·학습 방법의 하나로서 모델링 교수법을 적극적으로 고려해 볼 필요가 있다.

둘째, 본 연구의 결과는 모델링 중심의 과학 탐구 수업이 개념적 영역에서 뿐만 아니라, 정의적 영역에서도 과학 수업에 대한 학생들의 태도 점수를 향상시키는 데 효과가 있음을 보여 주었다. 그런데 전통적으로 과학 교육 분야에서는 정의적 영역과 개념적 영역이 서로 관련이 있다고 여기면서도 두 영역에서 학생들이 보이는 특성이 서로 독립적인 것처럼 취급하여 왔다. 즉, 정의적 영역의 특성은 과학을 더 잘 공부하기 위한(for science) 변인 중의 하나로 다루어졌고, 과학을 하는 동안 나타나는(within science) 정의적 특성에 대한 연구는 상대적으로 매우 부족하였다(Jaber & Hammer, 2016). 하지만 최근에는 본 연구에서 다루었던 인식적 감정과 같이 과학 활동에 참여하는 동안 학생들이 체험

하는 감정이나 느낌, 동기(motivation) 등에 대한 관심이 증가하고 있다(Arango-Muñoz & Michaelian, 2014; Bellocchi & Ritchie, 2015; Jaber & Hammer, 2016; King *et al.*, 2015).

인식적 감정은, 예를 들어 학습의 결과에 따른 외적 보상을 얻는 데서 오는 기쁨과는 다른 종류의 것으로, 학생들의 인식 과정을 이끌어가는 역할을 할 수 있다. 예컨대, 문제 해결에 필요한 정보를 알 것 같다는 느낌[feeling of knowing]은 그 정보를 기억해 내려는 노력에 더욱 박차를 가하게 할 수 있고, 의심(doubt)과 같은 부정적 감정 역시 더 탐구하려는 생각을 자극하는 데 긍정적으로 기여할 수 있다(Jaber & Hammer, 2016). 따라서 과학 수업에서는 학생들이 과학자적인 실천 행위를 직접 경험하게 하고, 그 가운데 학생들이 느끼는 인식적 감정을 파악하여 이를 발전적으로 활용하는 교사의 교수법적인 노력이 필요하다는 것을 알 수 있다. 이러한 교사의 교수법적인 개입은 본 연구에서 드러난 모델링 중심 탐구 수업의 부족한 점을 보완하고 개선하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구에서는 개념적 자원의 활성화라는 아이디어를 적용하여 개념적 영역에서 학생들의 성취를 평가하였다. 또, 정의적 영역에서는 인식적 감정이라는 구인을 활용하여 모델링 중심 탐구 활동에서 드러나는 학생들의 정의적 특성을 분류하였다. 이러한 접근법은 기존의 연구들에서 시도되지 않았거나 잘 부각되지 않았던 것들로, 본 연구를 통해 그 유효성을 짐작할 수 있었다. 따라서 본 연구는 앞으로 과학 교육 연구에서 수업의 특징과 효과를 분석하는 데 사용될 수 있는 새로운 방법을 제안하였다는 점에서도 의의를 찾을 수 있다.

하지만 이러한 새로운 시도가 실질적이고 발전적으로 전개되기 위해서는 이와 관련된 연구가 다각도로 진행될 필요가 있다. 먼저, 과학적인 설명이나 모델을 구성하는 데 필요한 개념적 자원들은 내용에 특이적인(content-specific) 특성이 있을 것으로 생각된다. 따라서 학교 과학 교육에서 중요하게 다루어지는 주제들에 대해 내용-특이적인 개념적 자원들과 그들의 조합 유형을 발견하고, 그를 바탕으로 현재 학생들이 제안하는 설명이나 모델을 평가하며, 그것이 더 나은 것으로 발전할 수 있도록 하기 위한 교수법적인 방안들이 모색되어야 할 것이다. 또, 과학 교육 분야에서 인식적 감정에 대한 연

구는 아직 시작 단계에 있다고 할 수 있다. 따라서 이 주제에 대해서는 과학과 과학 학습에서 과학자들과 학생들이 느끼는 인식적 감정의 정의와 종류, 그리고 그들의 역할에 대한 기초적이고 심층적인 연구가 우선적으로 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- Arango-Muñoz, S. & Michaelian, K. (2014). Epistemic feelings, epistemic emotions: Review and introduction to the focus section. *Philosophical Inquiries*, 2(1), 97-122.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, 502-513.
- Bellocchi, A. & Ritchie, S. M. (2015). "I was proud of myself that I didn't give up and I did it": Experiences of pride and triumph in learning science. *Science Education*, 99(4), 638-668.
- Campbell, T., Oh, P. S. & Neilson, D. (2013). Reification of five types of modeling pedagogies with model-based inquiry (MBI) modules for high school science classrooms. In M. S. Khine & I. M. Saleh (eds.), *Approaches and strategies in next generation science learning* (pp. 106-126). Hershey, PA: IGI Global.
- Chae, D. (1992). Students' naive theories about change in seasons. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 13(3), 283-289.
- Chae, D. (2011). The investigation of six grade students' preconceptions about the cause of seasonal change. *Elementary Science Education*, 30(2), 204-212.
- Cho, Y. M. & Oh, P. S. (2011). Analysis of the 'structure' of an elementary school teacher's practical knowledge on science experiment lessons. *Elementary Science Education*, 30(2), 162-177.
- Fraser, B. J. (1981). *Test of science related attitudes: Handbook*. Hawthorn, Victoria: Australian Council for Educational Research.
- Glaser, B. & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. New Brunswick, NJ: Aldine Transaction.
- Goo, M.-L. & Oh, P. S. (2014). An analysis of the relationship between elementary teachers' perceptions and practices about science models. *The Journal of Education*, 34(1), 1-17.
- Jaber, L. Z. & Hammer, D. (2016). Engaging in science: A feeling for the discipline. *Journal of the Learning*

- Sciences*, 25(2), 156-202.
- Jang, M.-D., Cheong, C. & Jeong, J.-W. (2001). Pre-conception and conceptual change about season on elementary school students. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 22(4), 268-277.
- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91, 877-905.
- Kikas, E. (1998a). Pupil's explanations of seasonal changes: Age differences and the influence of teaching. *British Journal of Educational Psychology*, 68, 505-516.
- Kikas, E. (1998b). The impact of teaching on students' definitions and explanations of astronomical phenomena. *Learning and Instruction*, 8(5), 439-454.
- Kim, N., Yang, I. & Ko, M. (2014). The relationship between the mental model and the depictive gestures observed in the explanations of elementary school students about the reason why seasons change. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 7(3), 358-370.
- Kim, S., Yang, I. & Lim, S. (2013). Analysis of changes in elementary students' mental models about the causes of the seasonal change. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(5), 893-910.
- Kim, S.-S. (2012). The study of elementary preservice teacher's classes on seasonal variation. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 5(3), 245-255.
- King, D., Ritchie, S., Sandhu, M. & Henderson, S. (2015). Emotionally intense science activities. *International Journal of Science Education*, 37(12), 1886-1914.
- Lee, J. (2015). Analyses of the types of modeling pedagogies adopted in elementary school science curricular. Unpublished master's thesis, Graduate School of Education, Gyeongin National University of Education.
- Lehrer, R., Schauble, L. & Lucas, D. (2008). Supporting development of the epistemology of inquiry. *Cognitive Development*, 23, 512-520.
- Manz, E. (2012). Understanding the codevelopment of modeling practice and ecological knowledge. *Science Education*, 96, 1071-1105.
- Meyer, D. Z., Meyer, A. A., Nabb, K. A., Connell, M. G. & Avery, L. M. (2013). A theoretical and empirical exploration of intrinsic problems in designing inquiry activities. *Research in Science Education*, 43, 57-76.
- National Research Council (1996). National science education standards. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press.
- Oh, P. S. (2013). Secondary science teachers' thoughts on 'good' science teaching. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(2), 405-424.
- Oh, P. S. (2014). Characteristics of teacher learning and changes in teachers' epistemic beliefs within a learning community of elementary science teachers. *Elementary Science Education*, 33(4), 683-699.
- Oh, P. S. (2015). A theoretical review and trial application of the 'resources-based view' (RBV) as an alternative cognitive theory. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(6), 971-984.
- Sharp, J. G. (1996). Children's astronomical beliefs: A preliminary study of year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education*, 18(6), 685-712.
- The Ministry of Education (2015). Science curriculum [과학과 교육과정]. Seoul: Author.
- The Ministry of Education and Human Resources Development (2007). Science curriculum [과학과 교육과정]. Seoul: Author.
- The Ministry of Education, Science and Technology (2008). Handbook of elementary school curriculum: Mathematics, science, practical science [초등학교 교육과정 해설: 수학, 과학, 실과]. Seoul: Author.
- The Ministry of Education, Science and Technology (2011). Science curriculum [과학과 교육과정]. Seoul: Author.
- Tobin, K. & McRobbie, C. J. (1997). Beliefs about the nature of science and the enacted science curriculum. *Science & Education*, 6, 355-371.