



물질의 입자성에 대한 모형 구성 과정에서 나타나는 소집단 토론과 전체 학급 토론의 특징

양찬호, 김수현, 조민진, 노태희*

서울대학교

The Characteristics of Group and Classroom Discussions in the Scientific Modeling of the Particulate Model of Matter

Chanho Yang, SooHyun Kim, Minjin Jo, Taehee Noh*

Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 3 March 2016

Received in revised form

29 March 2016

3 May 2016

Accepted 4 May 2016

Keywords:

group discussion,
classroom discussion,
scientific modeling,
GEM cycle

ABSTRACT

In this study, we investigated the characteristics of group discussion and classroom discussion in the scientific modeling of the particulate model of matter. 7th graders in Seoul participated in this study. We implemented science instructions based on the GEM cycle of scientific modeling. We analyzed the differences between group discussion and classroom discussion in three steps: exploring thoughts, comparing thoughts, and drawing conclusions. We also looked into the level of argumentations of the students in the modeling activities. The analysis of the results indicated that students generated a group model by extracting commonalities from each model of their group members, and then they evaluated and modified the group model by comparing the differences among the models in classroom discussion. The main step involved in group discussion was 'exploring thoughts', whereas in classroom discussion it was 'comparing thoughts'. Although the levels of argumentation among the students were generally low, most students participated with enthusiasm, as they expressed their interest and had positive perception in the modeling activities. As a result, the modeling activities were found to have positive influences on concept development. Some suggestions to implement the modeling activities in science teaching effectively were discussed.

1. 서론

과학적 모형은 자연 현상을 설명하고 예측하기 위하여 탐구할 대상이나 사건, 과정, 아이디어 등을 추상화하고 단순화한 표상으로, 과학 지식의 형성에 중요한 역할을 한다(Gilbert *et al.*, 2000). 과학적 모형으로는 물질의 입자 모형, 판구조론 모형, 힘과 운동 모형 등이 있으며, 모형을 생성하고 평가하여 수정하는 것은 과학적 탐구에서 핵심적인 과정이다. 즉, 모형을 생성하고 평가하며 수정하는 과정인 모형 구성(modeling)은 과학 지식을 형성하고 비판적으로 수용하는 과정이라 할 수 있다(Giere, 2001; Nersessian, 2002). 최근 들어 과학교육 분야에서 모형 구성 활동의 중요성에 대한 공감대가 형성되고 있다(National Research Council, 2007; Schwarz *et al.*, 2009; Windschitl *et al.*, 2008). 선행연구(Bottcher & Meisert, 2010; Clement & Núñez-Oviedo, 2008; Mendonça & Justi, 2011)에 따르면 모형 구성 활동은 학생의 과학 개념 발달을 촉진하고, 과학 지식과 그 형성 과정에 대한 인식론적 이해를 높일 수 있는 유용한 전략으로 보고되고 있다.

화학 교수학습에서는 모형 구성 활동이 특히 중요하다고 할 수 있는데, 화학적 현상은 주로 미시적인 입자와 관련된 것이므로 본질적으로 추상성이 높아 모형을 통해 시각화하여 이해하는 것이 효과적

이기 때문이다(Maia & Justi, 2009). 실제로 학생들이 화학적 현상으로부터 물질의 입자성과 관련된 개념을 도출하고 이해하는 것은 매우 어려우므로, 입자 모형을 통해 현상을 해석할 수 있도록 하는 것이 중요하다(Osborne *et al.*, 2004). 즉, 학생들은 모형을 생성하고 사용함으로써 화학적 현상을 이해하고 능동적으로 과학 지식을 구성할 수 있게 된다(Harrison & Treagust, 2000; Justi & Gilbert, 2002). 그러나 학교 과학 수업에서 학생들이 모형 구성 활동을 경험할 기회는 매우 적으며, 모형 구성 활동을 수행하더라도 과학 지식을 스스로 구성하기보다는 과학적 현상을 기술하기 위한 경우가 많다(Krajcik & Merritt, 2012; Lehrer & Schauble, 2012). 과학 지식이 과학자 간의 협동 및 경쟁과 같은 사회적 과정을 거쳐 생성된다는 것을 고려할 때(Radinsky *et al.*, 2010), 모형 구성 활동은 학생들이 개인적 추론에 근거하여 과학적 현상을 설명하기 위한 모형을 생성하고 정당화하며 다른 학생들과 논박하는 사회적 과정을 바탕으로 해야 한다(Osborne *et al.*, 2013). 따라서 학생들이 협력적 활동을 통하여 모형을 구성할 수 있도록 하는 활동이 필요하다.

과학적 모형 구성 활동에서 학생들은 자신 또는 소집단의 모형을 다른 학생들이 이해할 수 있도록 설명하고 정당화하기 위해 모형을 지속적으로 평가하고 수정하게 되므로, 자연스럽게 논변 활동(argumentation)에 참여하게 된다(Sampson & Clark, 2009). 논변 활

* 교신저자 : 노태희 (noth@snu.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2016.36.3.0361>

동은 과학 이론의 형성 과정에서 나타나는 사회적 의사소통 활동으로 모형에 대한 비판적 평가 과정이라고 할 수 있으므로, 모형 구성과 논변 활동은 본질적으로 관련이 높다(Bottcher & Meisert, 2010; Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008; Passmore & Svoboda, 2012). 예를 들어, 모형 구성 활동에서 학생들은 모형을 생성하고 증거를 바탕으로 정당화하며, 다른 경쟁 모형을 반박하고 자신의 모형을 논리적으로 방어하는 과정을 거치게 되므로, 모형 구성 활동은 논변 활동이 일어날 수 있는 맥락을 제공한다. 선행연구(Bottcher & Meisert, 2010; Mendonça & Justi, 2013)에 따르면 모형을 정당화하는 과정을 포함한 모형 구성의 모든 단계에서 논변 활동이 일어나는 것으로 나타났다. 따라서 과학적 모형 구성 활동에서는 학생들의 논변 활동을 촉진할 수 있는 교수학습 환경을 조성하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있으므로 학생들 간의 토론 활동을 중심으로 하는 수업을 구성할 필요가 있다. 특히, 학생들이 전체 학급 토론에서 자신의 모형을 사용하여 다른 학생들과 의사소통하고 모형을 수정하는 것은 모형 구성 활동의 주요 요소이며(Maia & Justi, 2009), 다른 학생의 모형과 경쟁하며 모형을 평가하는 과정은 모형의 사회적 구성을 위해 중요한 과정이므로(Clement, 2008a), 모형 구성 활동에서 일어나는 전체 학급 토론에 관심을 가질 필요가 있다.

그러나 학교 과학 수업에서 일어나는 모형 구성 활동에 대한 연구는 적으며, 관련 연구들도 모형 구성 활동의 결과물을 분석하는데 관심을 둔 경우가 많아 모형 구성 활동에서의 학습 과정에 대한 연구는 부족하다(Maia & Justi, 2009). 또한, 모형 구성 활동에서의 학습 과정에 대한 일부 연구들도 학생의 개념 발달 과정을 분석하는데 초점을 두고 있다(Clement & Rea-Ramirez, 2008; Passmore & Stewart, 2002; Taylor et al., 2003). 국내에서는 최근 들어 학교 과학 수업에 모형 구성 활동을 적용한 연구가 진행되었는데, 중학생의 소집단 탐구 과정에서 형성된 집단의 규범이 모형 구성에 미치는 영향을 탐색하거나(Kang et al., 2012), 모형 구성 수업에서 중학생의 사회적 상호작용의 문화적 특징과 언어적 상호작용의 특징을 분석하거나(Park et al., 2014), 모형을 평가하는 수준에 따른 중학생의 인식론적 특징을 분석하거나(Lee & Kim, 2014), 과학적 모형의 사회적 구성 활동 과정에서 나타난 소집단 협력의 유형을 조사한 연구(Shim et al., 2015)가 있었다. 또한, 글쓰기를 활용한 논의 기반 모델링 전략 개발 및 효과에 대한 연구(Cho & Nam, 2014; Cho et al., 2014)나 과학영재 학생들을 대상으로 모형 구성 활동을 적용한 연구(Lee et al., 2012; Yu et al., 2012)도 있었다. 이러한 연구들을 통하여 과학 수업에서 모형 구성 활동의 양상을 다양한 측면에서 이해할 수 있었다. 그러나 과학적

모형 구성 활동을 학교 현장에서 효과적으로 진행하기 위하여 토론 활동을 어떻게 활용해야 하는지에 대한 구체적인 정보는 얻기 어려웠다. 특히, 모형 구성 활동에서 전체 학급 토론의 역할과 구체적인 양상에 대한 학생들의 인식에 대한 연구는 거의 없었다.

이에 이 연구에서는 모형 구성 과정에서 일어나는 토론 활동에 초점을 두고 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업에서 나타나는 소집단 토론과 전체 학급 토론의 특징을 분석하였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업에서 토론 활동을 효과적으로 활용하기 위한 방안을 마련하는데 유용한 정보를 얻고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

서울특별시 소재한 여자 중학교 1학년 2개 학급의 학생 49명을 대상으로 총 4차시의 수업을 진행하였다. 먼저, 담당 교사를 대상으로 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업에 대한 워크숍을 진행하였다. 1차 워크숍에서는 개발된 학습지를 담당 교사에게 제공하고 학습지의 의도를 설명하였다. 2차 워크숍에서는 담당 교사가 학습지를 사용하여 직접 수업을 계획하도록 한 후 연구자와 함께 수업 진행에 대하여 논의하였다. 연구 대상 이외의 학급을 대상으로 예비 수업을 진행한 후 3차 워크숍을 진행하여 수업 진행에 대해 최종 점검하였다.

담당 교사의 추천을 받아 언어적 상호작용이 활발한 학급을 선정하여 연구를 진행하였다. 또한, 연구자와 담당 교사가 수업을 관찰하여 소집단 토론이 비교적 활발하게 이루어졌다고 판단한 일부 소집단의 학생들을 면담 대상으로 선정하여, 학급별로 2개 소집단씩 총 4개 소집단에 속한 15명의 학생들을 면담하였다.

2. 연구 절차 및 방법

중학교 1학년 과학의 ‘분자 운동과 상태 변화’ 단원에 대하여 과학적 모형 구성 활동을 적용한 4차시의 수업을 개발하여 진행하였다(Table 1). 과학적 모형 구성 활동은 모형을 생성하고 평가하여 수정하는 GEM 순환 과정(generation-evaluation-modification cycle)에 따라 구성하였다(Clement, 2008b). 본 연구에서는 학생들이 자신의 개념을 명시적으로 표현하고 논변적인 토론 활동에 참여할 수 있도록 소집단 토론과 전체 학급 토론에 모두 GEM 순환 과정을 적용하여

Table 1. Overview of the lessons

차시	수업 주제	소집단 활동	전체 학급 활동
1	물질의 세 가지 상태에 대한 모형 구성	<ul style="list-style-type: none"> 여러 가지 물질을 세 가지 상태로 분류하고 각 상태의 특성을 도출한 후, 물질의 세 가지 상태에 대한 모형을 구성한다. 소집단 토론을 통해 물질의 세 가지 상태에 대한 소집단 모형을 구성한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 전체 학급 토론을 통해 소집단 모형을 발표하고, 평가 및 수정한다. 개인별 최종 모형을 구성한다.
2	물질의 상태 변화에 대한 모형 구성	<ul style="list-style-type: none"> 양초의 상태 변화 실험 결과를 바탕으로 액체와 고체 상태에 대한 입자 모형을 구성한다. 브롬 기체의 확산 실험 결과를 바탕으로 기체 상태에 대한 입자 모형을 구성한다. 소집단 토론을 통해 물질의 상태 변화에 대한 소집단 모형을 구성한다. 	
3	기체 상태에서의 확산에 대한 모형 구성	<ul style="list-style-type: none"> 암모니아의 확산 실험 결과를 바탕으로 입자의 확산에 대한 모형을 구성한다. 소집단 토론을 통해 기체 상태에서의 확산에 대한 소집단 모형을 구성한다. 	
4	액체 상태에서의 확산에 대한 모형 구성	<ul style="list-style-type: none"> 온도가 다른 물에서 잉크의 확산 실험 결과를 바탕으로 입자의 확산 모형을 구성한다. 소집단 토론을 통해 액체 상태에서의 확산에 대한 소집단 모형을 구성한다. 	

Table 2. Instructional sequence of scientific modeling

GEM 순환 과정		수업 절차
소집단 토론	생성하기(G)	1) 교사가 설명할 상황이나 현상을 학생에게 제시 2) 학생이 주어진 상황이나 현상을 설명할 개인 모형 만들기 3) 모둠원과 개인 모형 공유하기
	평가하기(E)	4) 모둠원과 각자의 개인 모형을 비교하기
	수정하기(M)	5) 모둠원과 합의하여 소집단 모형을 생성하기
전체 학급 토론	생성하기(G)	6) 전체 학급 발표를 통하여 소집단 모형을 공유하기
	평가하기(E)	7) 전체 학급 토론을 통하여 소집단 간의 모형을 비교하기
	수정하기(M)	8) 새로 제시된 상황을 최종 모형으로 설명하기

총 두 번의 GEM 순환이 이루어졌다. 이는 소집단 토론의 GEM 순환 과정에서 자신의 모형에 대한 인지적 비평형을 모두 해소하지 못하더라도 전체 학급 토론을 위한 발표와 질의·응답을 준비하는 과정에서 소집단 모형에 대해 좀 더 구체적으로 사고할 수 있고, 전체 학급 토론의 GEM 순환 과정을 통해 소집단 토론에서의 논의를 확장하고 정교화 할 수 있기 때문이다.

수업의 진행 과정은 Table 2와 같다. 학생들이 교사가 제시한 특정 상황이나 현상을 설명하기 위한 초기 개인 모형을 만들고, 소집단 토론에서 개인 모형을 비교하여 합의된 소집단 모형을 생성하도록 하였다. 전체 학급 토론에서는 소집단 모형에 대한 발표 및 질의·응답을 통해 각 소집단의 모형을 공유하고 비교하였으며, 새로운 상황을 제시하고 이를 설명하기 위한 최종 모형을 개별적으로 표현하도록 하였다. 예를 들어, 4차시 수업에서는 교사가 온도가 다른 두 비커에 잉크를 떨어뜨리는 영상을 제시하면 학생들이 개별적으로 확산 현상을 설명하기 위한 모형을 생성하였다. 개인 모형에 대한 논의를 거쳐 소집단 모형을 생성하였으며 이를 전체 학급 토론에서 발표하고 논의하였다. 전체 학급 토론의 마지막 단계에서는 칸막이를 사이에 두고 동일한 온도의 물이 가득 담긴 유리병 두 개를 포개어 두고 아래쪽 유리병에만 잉크가 들어있을 때 칸막이를 제거하는 상황을 제시하고 개인별로 이를 설명하기 위한 최종 모형을 생성하도록 하였다. 이와 같은 두 차례의 GEM 순환 과정을 각 차시 수업에서 반복하여 적용하였다. 교사는 학생의 모형 구성 과정에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 상호작용은 최소화한 상태에서 활동이 순차적으로 이루어질 수 있도록

수업을 진행하였다. 이는 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업에서 교사의 개입 없이 학생들의 소집단 토론과 전체 학급 토론의 양상을 있는 그대로 살펴보는 일이 선행될 필요가 있기 때문이다.

연구 참여자가 아닌 학생들을 대상으로 진행한 예비 연구의 결과와 과학적 모형 구성 활동 관련 연구 경험을 가진 과학교육 전문가와 현직교사, 과학교육전공 대학원생으로 구성된 집단 세미나를 수차례 실시하여 수업의 절차 및 활동지의 적합성을 점검하였다. 면담은 물질의 세 가지 상태를 학습한 2차시 수업과 분자의 운동을 학습한 4차시 수업이 끝난 후 실시하였다. 예비 연구에 참여한 학생들과 예비 면담을 실시한 결과를 바탕으로 수차례의 세미나를 통한 수정 과정을 거쳐 최종 면담 질문을 확정하였다. 면담은 액체 상태에서의 확산에 대한 학생들의 개념 변화 여부, 모형 구성 과정에서 소집단 토론 및 전체 학급 토론의 특징, 소집단 토론 및 전체 학급 토론에 대한 학생들의 인식을 조사하기 위하여 실시하였다. 먼저, 초기 개인 모형과 소집단 모형, 최종 모형을 제시하고 학생들의 개념에 변화가 있었는지 파악하기 위한 질문을 하였다. 또한, 소집단 토론과 전체 학급 토론의 영향을 알아보기 위하여 의견 합의 과정, 갈등 상황의 해결 과정, 최종 모형 도출에 도움이 된 활동, 소집단 토론과 전체 학급 토론의 장·단점 등에 대하여 구체적으로 질문하였다. 개인 면담을 진행하였으며 회당 약 30~40분 정도의 시간이 소요되었다. 모든 수업을 녹화하였으며, 면담 대상인 4개 소집단 A~D의 활동은 추가로 녹음하였다. 또한, 면담에 참여한 학생들의 활동지를 수집하였고, 모든 면담 내용은 녹음하여 전사하였다.

Table 3. Quality of reasoning in science classroom discourse

논증 수준	정의	예시
증거가 제시되지 않은 논증	순환 논증이나 동어 반복일 뿐 증거가 제시되지 않은 논증.	전제: (관찰) 찬 물보다 따뜻한 물에서 잉크가 더 빠르게 퍼졌다. 주장: 잉크 입자의 운동 속도가 찬 물에서보다 따뜻한 물에서 더 빠르다. 증거: 실험에서 보았듯이 잉크 입자가 따뜻한 물에서 더 빠르게 퍼졌기 때문이다. (전제에 해당하는 상황을 증거로 제시한 순환 논증)
현상을 증거로 제시한 논증	단순 관찰 내용이나 특정 자료만을 증거로 제시한 논증.	전제: (관찰) 찬 물보다 따뜻한 물에서 잉크가 더 빠르게 퍼졌다. 주장: 잉크 입자의 운동 속도가 찬 물에서보다 따뜻한 물에서 더 빠르다. 증거: 큰 물체보다 작은 물체가 더 잘 이동할 수 있는데, 따뜻한 물에서는 찬 물에서보다 분자가 작으므로 더 잘 이동한다. (이동 속도에 대한 일상적, 경험적 현상을 바탕으로 증거를 제시)
관계를 증거로 제시한 논증	특성들을 비교한 결과를 증거로 제시한 논증.	전제: (관찰) 찬 물보다 따뜻한 물에서 잉크가 더 빠르게 퍼졌다. 주장: 잉크 입자의 운동 속도가 찬 물에서보다 따뜻한 물에서 더 빠르다. 증거: 찬 공기보다 따뜻한 공기에서 대류가 더 잘 일어나는 것처럼 찬 물보다 따뜻한 물에서 대류가 더 잘 일어난다. (온도에 따른 공기의 대류 속도를 비교한 결과를 바탕으로 증거를 제시)
규칙을 증거로 제시한 논증	특성들 간의 관계를 나타낸 일반화된 규칙을 증거로 제시한 논증.	전제: (관찰) 찬 물보다 따뜻한 물에서 잉크가 더 빠르게 퍼졌다. 주장: 잉크 입자의 운동 속도가 찬 물에서보다 따뜻한 물에서 더 빠르다. 증거: 온도가 높을수록 입자의 확산 속도가 증가한다. (일반화된 규칙을 증거로 제시)

3. 결과 분석

학생의 개념 변화는 모형 구성 활동 과정에서 학생이 생성한 초기 개인 모형과 소집단 모형, 최종 모형을 비교하고 이를 바탕으로 진행한 면담 결과를 통해 분석하였다. 소집단 토론 및 전체 학급 토론을 통한 학생들의 모형 형성 과정에서 나타나는 특징은 2인의 연구자가 공동으로 모든 자료를 반복적으로 분석함으로써 귀납적으로 도출하였다. GEM 순환 과정의 생성하기, 평가하기, 수정하기 단계는 학생들의 토론 과정에서 생각 드러내기, 생각 비교하기, 결론 이끌어내기 활동으로 나타났다. 따라서 학생들의 GEM 순환 과정 수행을 보다 구체적으로 드러내기 위하여 GEM 순환 과정의 생성하기, 평가하기, 수정하기 단계를 생각 드러내기, 생각 비교하기, 결론 이끌어내기의 세 단계로 분류하여 분석하였다. 또한, 소집단 토론과 전체 학급 토론에서 나타나는 논증의 수준을 체계적으로 분석하기 위하여 Furtak *et al.* (2010)의 분석틀을 이용하였다. 먼저, 토론 과정에서 주장과 전제가 동일한 논증을 하나의 분석 단위로 하여 소집단 토론과 전체 학급 토론에서 나타난 논증을 각각 26개와 38개의 분석 단위로 나누고, 학생들의 논증을 증거가 제시되지 않은 논증(*unsupported reasoning*), 현상을 증거로 제시한 논증(*phenomenological reasoning*), 관계를 증거로 제시한 논증(*relational reasoning*), 규칙을 증거로 제시한 논증(*rule-based reasoning*)의 4가지 수준으로 분류하였다(Table 3). 소집단 토론 및 전체 학급 토론의 장·단점과 최종 모형 도출에 도움이 된 활동 등에 대한 인식은 면담에서 나온 학생들의 응답을 범주화하는 방식으로 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

4개 소집단의 학생 15명의 초기 개인 모형과 과학적 모형 구성 활동 이후 표현한 최종 모형을 비교하여 분석한 결과, 수업 후 개념 변화가 일어난 경우는 11명이었다. 대안적 개념에서 과학적 개념으로 변화한 학생은 7명으로, 과학적 모형 구성 활동이 학생들의 개념 변화에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 이 연구의 목적은 수업을 통한 학생들의 개념 변화 과정을 분석하는 것이 아니므로, 모형 구성 과정에서 일어나는 토론 활동의 특징에 대한 분석 결과를 중심으로 결과를 제시하고 논의하였다.

1. 소집단 토론과 전체 학급 토론에서 나타나는 특징

가. 소집단 토론에서 나타나는 특징

소집단 토론에서는 생각 드러내기, 생각 비교하기, 결론 이끌어내기의 세 단계 중 생각 드러내기 단계에서 학생들 간의 상호작용이 가장 활발하였다. 학생들은 소집단 토론 과정 중 생각 드러내기 단계에 가장 많은 시간을 할애하였으며 발화의 빈도도 상대적으로 높았다. 또한, 면담 결과, 많은 학생들이 생각 드러내기 단계에서 의사소통이 활발하게 일어났다고 인식하였다. 생각 드러내기 단계에서 학생들은 각자의 개인 모형을 제시하여 모둠원들과 공유하였다. 그러나 소집단 토론에서 나타나는 논증의 수준을 살펴보면 학생들은 증거 없이 주장을 제시하거나, 설명해야 할 현상 자체를 증거로 제시하는 경우가

많았다. 총 26회의 논증 중 비교적 낮은 수준의 논증인 증거가 제시되지 않은 논증의 빈도가 12회(46.2%)로 가장 많았고, 현상을 증거로 제시한 논증은 9회(34.6%) 나타났으며, 높은 수준의 논증인 규칙을 증거로 제시한 논증은 5회(19.2%)로 상대적으로 적었다. 이는 중학생들의 모형 구성 과정에서 모형과 관련된 내용 지식을 제시하며 공유하는 상호작용이 많은 것에 비하여 타당한 증거를 바탕으로 의견을 제시하는 상호작용이 매우 적었던 선행연구(Park *et al.*, 2014)의 결과와 같은 맥락이라 할 수 있다.

생각 비교하기 단계에서는 서로의 개인 모형을 비교하는 활동이 주로 이루어졌다. 활동지에는 동일한 분량과 형태로 모형 간의 공통점과 차이점을 찾는 활동이 제시되었는데, 학생들은 소집단 토론에서 모형 간의 공통점을 찾는 것에 집중하였다. 이에 따라 개인 모형 간의 세부적인 차이점에 대해 논의하거나 소수 의견을 고려하는 경우는 거의 없었다. 예를 들어, 소집단 A의 경우 모형 간의 공통점에 대한 합의는 이루어졌으나 개인 모형 간의 세부적인 차이점을 검토하는 것에 대한 인식이 낮았다. 즉, 활동 과정에서 리더의 역할을 한 학생이 개인 모형 간의 차이점을 일부 지적하기도 하였으나, 다른 모둠원들은 차이점에 주목하려 하지 않고 자신들의 개인 모형이 리더 학생의 모형과 비슷하다고만 인식하였다. 소집단 B의 경우에도 서로 생각이 다른 부분을 리더의 정리를 통해 재확인하는 정도였다. 한편, 모둠원들의 생각이 모두 다르거나 의견이 두 갈래로 나뉘어 합의가 어려울 때 다음과 같이 모형 간의 차이점에 대한 논의가 길게 이어지는 경우도 있었다.

지수: 물(입자)은 안 움직이는 거야?
 재영: 물이 움직인다고 생각한 사람?
 해원: 나!
 세빈: 나도 물이 움직이는 것 같은데.
 재영: 물이 움직이는 것으로 (소집단 모형에서) 하기로 했어?
 세빈: 물이 이쪽 안쪽에 있고, 이쪽 바깥쪽에 있고.
 재영: 그럼 어떻게 하지? 입자는 사방으로 퍼지는 걸로 하고, 물은 어떻게 하지?
 지수: 근데 물도 움직일까?
 재영: 움직일 것 같기도 하고, 안 움직일 것 같기도 하고.
 지수: 내 생각에는 그냥 물이랑 잉크랑 합쳐져 가지고 같이 움직일 것 같아.
 재영: 나도 갑자기 물이 움직일 것 같기도 한데. 그럼 물이 움직이는 걸로?
 지수: 사이사이로 들어가는 게 아닐까? 물이 이렇게 막 사이사이로.
 (소집단 D의 소집단 모형 구성 과정 중에서)

결론 이끌어내기 단계에서 학생들은 개인 모형 간의 공통점을 바탕으로 모둠원들의 의견을 종합함으로써 소집단 모형을 도출하였다. 예를 들어, 소집단 A는 찬 물에서보다 따뜻한 물에서 확산 속도가 빠르므로 시간이 지나면 따뜻한 물에서 물 입자가 잉크 입자로 더 많이 변한다는 공통점을 소집단 모형에 반영하였다. 소집단 C의 경우 잉크를 떨어뜨린 위치에 대한 논의가 활발하게 일어났으며 잉크를 떨어뜨린 지점에서부터 잉크 입자가 퍼지기 시작한다는 공통점을 소집단 모형에 반영하였다. 아래의 예는 학생들이 모둠원들의 의견을 종합하는 방식으로 소집단 모형을 도출하는 과정을 보여준다.

수진: 소집단 모형을 그리자. 우리 어떻게 할까?
 서현: 모여 있다는 의견이 제일 많으니까 여기 모여 있는 걸로 하자.
 수진: 그렇게 하자. 끝에 모여 있게 그리면 되나?
 서현: 여기 아래에 스포이트를 이렇게 넣어서, 스포이트 끝 부분에 모여 있는 거지.

(소집단 C의 소집단 모형 구성 과정 중에서)

면담 결과, 학생들은 소집단 모형을 생성할 때 다수의 의견을 종합해야 한다고 인식하였다. 즉, 학생들은 소집단 모형을 만들 때 모형의 정합성보다 모둠원의 의견을 골고루 반영하는 것을 중요한 요소로 생각하였다.

은지: 다른 사람 의견도 들어 봐야 하니까. 한 사람 의견만 다 들어가면 다른 사람도 약간 기분이 (안 좋고) 그러니까. 다른 사람 의견이 더 맞을 수도 있는 거고. 의견을 섞어보고 많이 맞는 걸 많이 섞어서 이렇게 그리는 것 같은데.
 수진: 맨 앞의 것은 헤리의 의견으로 했어요. 그런데 그 다음부터는 객관성이 있어야 된다고 생각해서 많은 애들이 비슷하게 그린 것을 그냥 그렸어요.

(최종 모형 구성 후 면담 중에서)

이에 따라 소집단 토론에서 학생들은 증거를 제시하지 않는 주장을 하는 경우가 많았으며 모형 간의 차이점에 대한 충분한 논의가 일어나지 않았다. 이를 통해 학생들이 타당한 모형을 생성하기 위해 모형 간의 차이점에 주목하여 현상을 더 잘 설명할 수 있는 모형을 선택하여야 한다는 인식이 부족함을 알 수 있다. 또한, 차이점에 대한 논의가 잘 이루어지지 않는 이유로 학생들이 논쟁 상황에서 나타날 수 있는 갈등에 대해 부담을 느끼기 때문일 수도 있다. 토론 과정에서의 사회적 상호작용의 양상에는 인지적인 요소뿐 아니라 정서적인 요소들도 많은 영향을 미칠 수 있는데(Do, 2005), 우리나라 중학생들은 학생 간 상호작용 과정에서 의견 충돌을 꺼리고 다른 학생의 의견을 수용하려는 특성이 있음이 보고되고 있다(Park *et al.*, 2014; Shim *et al.*, 2015). 이로 미루어볼 때, 학생들이 상대방의 모형에 대해 논박하는 상황을 갈등 상황으로 인식하여 소집단 토론에서 모형 간의 차이점을 지적하고 논의하는 것에 소극적이었을 가능성도 있다.

지수: 소집단 토론을 할 때는 한두 명의 의견이 많은 영향을 끼치고, 사람이 좀 적다보니까 뭔가 질문을 했을 때 아이들이 '내 의견이 맞다.'라고 말하지 않고, '그럼, 네 의견이 맞나보다.' 하고, 그냥 그렇게 해서 의견이 정해지는 것도 있어요.

(최종 모형 구성 후 면담 중에서)

이상으로부터 소집단 모형의 생성 과정은 개인 모형에서 공통점을 추출하는 활동이며, 활동의 결과물은 모둠원의 의견을 최대한 아우를 수 있는 모형임을 알 수 있다. 그러나 모형 간의 차이점을 평가하는 과정이 부족하였기 때문에 소집단 모형이 개인 모형에 비해 모형의 정합성이나 설명력이 높지 않다는 문제가 있었다. 예를 들어, 소집단 A의 모형에서는 입자의 확산이 모든 방향으로 일어나는 것으로 표현되어 있지만, 확산 현상을 물 입자가 잉크 입자로 변하는 화학 변화로 인식하여 비커 아래에 있는 물 입자부터 차례로 잉크 입자로 변하는 것으로 표현하였다. 또한, 소집단 D의 모형에서는 따뜻한 물속의 잉

크 입자가 찬 물에서보다 더 멀리까지 이동하는 것을 표현하였으나 입자의 운동 속도를 나타내는 화살표의 길이는 따뜻한 물과 찬 물에서 차이가 없었으며, 오히려 시간에 따라 화살표의 길이가 짧아지는 것으로 표현하였다. 과학적 모형 구성 활동에서는 개인 모형에서의 공통적인 요소를 찾아 종합하는 것뿐만 아니라 요소들 간의 관계를 바탕으로 인과관계를 찾아 현상을 타당하게 설명하는 과정을 경험해 보는 것이 중요하다. 따라서 소집단 토론에서 학생들이 모형들을 비교하여 차이점을 찾고 어떤 모형이 현상을 더 잘 설명할 수 있는지에 주목하여 소집단 모형을 생성할 수 있도록 구체적으로 안내할 필요가 있다.

나. 전체 학급 토론에서 나타나는 특징

전체 학급 토론에서는 생각 드러내기, 생각 비교하기, 결론 이끌어내기 단계 중 생각 비교하기 단계가 가장 활발하게 이루어졌다. 전체 학급 토론에서는 총 38회의 논증 중 증거가 제시되지 않은 논증이 11회(29.0%), 현상을 증거로 제시한 논증이 7회(18.4%) 나타나 소집단 토론의 경우보다 비율이 감소하였다. 반면, 관계를 근거로 제시한 주장은 1회(2.6%), 규칙을 증거로 제시한 주장은 19회(50.0%)로 소집단 토론에서보다 그 비율이 증가하였다. 관계를 증거로 제시한 논증은 소집단 토론과 전체 학급 토론 모두에서 그 빈도가 매우 낮았다. 이러한 결과는 전체 학급 토론에서 소집단 토론에서보다 더 높은 수준의 논증이 이루어지는 경향이 있음을 나타내는 것으로 볼 수 있다.

생각 드러내기 단계에서는 전체 학급을 대상으로 소집단 모형을 발표하였는데, 발표자는 합의된 소집단 모형을 그대로 설명하거나 자신이 생각하는 증거를 덧붙여 발표하기도 하였다. 즉, 논리적으로 보다 타당한 모형을 생성하기보다는 모형 간의 공통점을 찾아 모둠원들의 의견을 최대한 아우르는 방식으로 소집단 모형을 생성하였음에도 발표에서는 소집단 토론에서 충분히 다루어지지 않았던 모형에 대한 증거가 제시되었다. 이는 전체 학급 토론 자체의 특징과 관련지어 해석할 수 있다. 즉, 전체 학급 토론의 생각 비교하기 단계에서 소집단 모형에 대한 질의·응답이 일어날 것을 대비하여 발표를 준비하기 때문에, 생각 드러내기 단계에서 소집단 모형에 대해 구체적인 논의가 더 일어나 학생들의 생각이 좀 더 구체화된 것으로 볼 수 있다.

생각 비교하기 단계에서는 모든 학생들이 함께 소집단별 모형에 대해 논의하였는데, 소집단 토론에서 개인 모형 간의 공통점을 찾는데 주력하였던 것과 달리 전체 학급 토론에서는 소집단별 모형의 차이점을 지적하고 차이점이 발생한 원인을 찾는 논의가 활발하게 이루어졌다. 소집단 토론에서 학생들이 합의된 모형 생성이라는 공동의 목표를 가지고 협력하였던 것과 달리, 전체 학급 토론은 소집단 모형의 타당성을 주장하고 다른 소집단의 모형에 대해서는 반박하는 경쟁적인 분위기 속에서 이루어졌다. 소집단별 모형에 대한 논변 활동 과정에서는 소집단 모형에 대한 발표에서 명확하게 드러나지 않은 부분에 대한 정보를 요구하는 질문에서부터 모형 간의 차이점이 나타나는 이유에 대한 질문, 모형으로 설명할 수 없는 새로운 상황을 제시하여 인지적 갈등을 유발하거나 대안을 요구하는 질문 등과 같이 다양한 수준의 질문이 제시되었다. 이에 따라 전체 학급 토론에서는 다음과 같이 의문제기-응답-반박-재반박과 같은 연속적인 과정을 통한 논변적 토론이 일어나는 것을 볼 수 있었다.

질문자: 저기 입자 크기가 큰 것도 있고, 완전 작은 것도 있는데. (의문제기)
발표자: 가운데 큰 것과 작은 것이 두 개 있잖아요. 가운데 있는 것만 중요하지 다른 것의 크기는 상관없어요. 가운데 잉크가 딱 들어간 데가 크기가 큰 것을 의미하고요. 점점 다른 입자의 크기와 같아지는 것을 나타내기 위해서 가운데에 있는 첫 번째 잉크 입자를 크게 그렸어요. (응답)

질문자: 그런데 입자 크기가 다를 수가 있나요? 똑같은 입자인데? (반박)

발표자: 처음에 입자들이 이렇게 떨어졌을 때, 잉크가 뭉쳐 있잖아요. 그걸 표현하고 싶었던 거예요. (응답)

질문자: 그렇다면 입자의 크기를 크게 하는 게 아니라 똑같은 입자를 촘촘하게 하는 게 맞지 않아요? (재반박)
(전체 학급 토론 과정 중에서)

그러나 질문의 수준에 비하여 응답의 수준은 증거를 제시하지 못하거나 적절한 답변을 하지 못하는 등 미흡한 경우가 많았다. 이는 소집단 토론 과정에서 논증의 수준이 낮았던 것과 관련이 있다고 할 수 있다. 즉, 소집단 모형을 생성할 때 개인 모형 간의 공통점을 종합하는 과정이 주로 일어나다보니 소집단 모형의 정합성과 설명력에 대한 논의가 상대적으로 부족하여, 다른 소집단이 제기한 문제에 대해 적절히 답변하는데 어려움을 겪는 것으로 볼 수 있다.

결론 이끌어내기 단계에서는 물의 대류와 잉크의 확산이라는 새로운 상황을 제시하고 학생 각자가 이를 설명하기 위한 최종 모형을 도출하였다. 학생들의 최종 모형은 전체 학급 토론 전에 생성했던 소집단 모형과 다른 경우가 많았는데, 다음과 같이 전체 학급 토론을 거치면서 개념 변화가 일어난 것을 반영한 것으로 볼 수 있다.

민정: 제가 여기서 지적을 받았던 게, 왜 공기가 팽창하듯이 화살표의 방향이 '왜 (비커의) 아래쪽으로도 되어있나하는 것이었거든요. ... (중략)... 저는 화살표의 길이만 생각해서, 그런데 이게 방향도 나타내잖아요. 길이만 생각을 해서 이것(운동 방향)을 고려하지 못했다고 생각해서 수정하겠다고 했어요.

면담자: 그럼 그 의견을 들었을 때 긍정적으로 받아들인 것이네?

민정: 제가 이것(운동 방향)을 전혀 생각하지 못하고 있었거든요.
(최종 모형 구성 후 면담 중에서)

면담자: 다른 의견을 받아들여서 최종 모형이 수정되었는데 그 이유는 무엇인가요?

지수: 소집단 토론을 할 때 해원이랑 세빈이가 물 분자가 움직인다고 생각했는데, 그때 저는 물 분자가 안 움직인다고 그렸는데. 다른 조들도 물 분자가 움직이게 그린 거예요. 그래서 아, 그런가 하고 생각해 봤어요.

...(중략)...

면담자: 전체 학급 토론에서 다른 의견이 나왔을 때는 어떻게 의견을 모았어요?

지수: 전체 학급 토론에서는 모형이 통합되어 가는 그런 게 있었어요. 그냥 제 생각 자체가 소집단 토론을 할 때는 다수의 의견을 채택하고, 소수의 의견을 포기해서 이 의견이 맞나보다 하면 그 의견 밖에 생각이 안 들었는데, 이렇게 전체 학급 토론을 하면 많은 질문을 받고 생각을 하게 돼서 (소집단 토론에서와 달리) 내 의견이 틀린 것이라기보다 다른 것이라는 생각을 더 많이 하게 된 것 같아요.

(최종 모형 구성 후 면담 중에서)

학생들은 면담에서 전체 학급 토론을 거치면서 새로운 사실을 알게 되었으며, 최종 모형에 이를 반영하여 좀 더 설득력 있고 과학적인 모형을 생성할 수 있었다고 응답하였다. 즉, 학생들은 소집단 토론에서 모둠원의 의견을 최대한 수렴하기 위한 방법에 대해 고민하였던 것과 달리, 전체 학급 토론에서는 좀 더 타당한 모형을 생성하기 위한 방법을 고려하였음을 알 수 있다. 이는 전체 학급을 대상으로 자신의 모형을 발표하고 논의하는 과정이 학생들로 하여금 모형 간의 차이점이나 모형의 제한점에 대해 구체적으로 고려하도록 함으로써, 모형의 설명력을 높이기 위한 모형의 재구성을 촉진할 수 있음을 의미한다 (Maia & Justi, 2009). 또한, 일부 학생들은 반박과 재반박 과정에서 자신의 모형이 설명력을 잃었을 때 모형을 수정하거나 다른 모형을 택하는 경험을 하였는데, 이러한 과정은 학생들이 과학 지식이 사회적 과정을 통하여 생성하고 발전한다는 점을 간접적으로 경험할 수 있도록 하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

한편, 소집단 토론과 전체 학급 토론을 통해서도 대안적 개념이 유지되는 학생들이 일부 있었다. 그 원인으로는 전체 학급 토론에서 학급 전체의 합의된 모형을 도출하는 과정이 부족하였기 때문일 가능성이 있다. 최종 모형을 구성한 후 실시한 면담에서 학생들은 전체 학급 토론을 통해 다양한 경쟁 모형을 접할 수 있었던 것은 좋았지만 합의된 과학적 모형에 대한 정리가 부족하다고 응답하기도 하였다. 따라서 과학적 모형 구성 활동의 전체 학급 토론에서는 학생들이 합의된 전체 학급 모형을 도출하도록 안내할 필요가 있다. 그러나 이를 위한 구체적인 방법에 대해서는 논의가 더 필요하다. 과학적 모형 구성 활동에 대한 선행연구(Park et al., 2014; Shim et al., 2015)에서는 교사가 전체 학급 토론에서 각 소집단의 모형이 과학적 모형으로 수렴할 수 있도록 유도하였는데, 이 과정에서 소집단별 모형의 비판적 검토를 위한 학생 간 상호작용은 잘 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 이는 학생들이 교사에 의해 직간접적으로 제시된 과학적 모형을 수용하는 과정일 수도 있으므로, 교사는 소집단 모형 간의 유사점과 차이점을 정리하고 학생들이 모형의 정합성과 설명력을 체계적으로 비교할 수 있도록 함으로써 학생들이 스스로 합의된 모형을 도출할 수 있도록 도울 필요가 있다.

2. 소집단 토론과 전체 학급 토론에 대한 학생들의 인식

가. 소집단 토론에 대한 인식

학생들은 소집단 토론에 대해 ‘애들 수가 적어서 하고 싶은 말을 다 할 수 있고, 서로 다른 의견을 다 섞어서 할 수 있다.’거나 ‘각자 돌아가면서 이야기를 하므로 무슨 말인지 알아듣기가 쉽다.’, ‘서슴지 않고 말할 수 있다.’라고 응답하여, 소집단 토론에서 모두가 참여하며 충분히 의견을 주고받을 수 있었다고 인식하였다. 소집단 활동을 관찰한 결과, 학생들은 토론에 적극적으로 참여하였고, 모둠원과의 상호작용을 통하여 자신의 모형을 명시적으로 드러내는 것을 알 수 있었다. 다음은 모형 구성 과정에서 전체 학급 토론보다 소집단 토론이 더 많은 도움이 되었다고 응답한 경우이다.

서진: 저는 말을 잘 다듬어서 하지 못하는데, 정리된 말로 다른 모둠원들이 설명해주니까 이게(소집단 토론이) 더 좋다고 생각해요.

재영: 소집단 토론은 같이 얘기하면서 의견을 내는 거니까 집중도 잘 되고 얘기를 더 많이 하게 되고, 그게 더 좋았던 것 같아요.
(최종 모형 구성 후 면담 중에서)

또한, 학생들은 소집단 모형 생성 과정을 ‘모둠원의 의견을 잘 합칠 수 있다.’거나 ‘다수결을 통해 합의한다.’ 등으로 표현하였으며, 소집단 모형 생성 방법에 대해 ‘진짜 아니라고 생각되는 점은 빼고 비슷한 점을 묶어서 표현한다.’, ‘이야기가 모이면 맞는 것 같은 것만 모아서 통합적으로 만든다.’라고 응답하였다. 이로 미루어 볼 때, 학생들은 소집단 모형 생성 과정을 과학적으로 타당한 모형을 결정하는 것보다는 모둠원들의 의견을 종합하여 다수의 의견을 반영한 모형을 선택하는 과정이라고 인식하는 경향이 있음을 알 수 있다. 이에 따라 소집단 모형 생성 과정에서 학생들 간의 갈등 상황은 거의 나타나지 않았으며, 개인 모형 간의 차이점이 제시되었을 때에도 모형의 타당성을 평가하기보다는 ‘나와 다른 의견을 가지고 있다.’고 생각하며 기급적 수용하려는 경향도 나타났다. 따라서 학생들이 소집단 토론 과정에서 단순히 모둠원들의 공통 의견을 종합하거나 다수의 의견을 수용하는 것이 아니라, 개인 모형들을 함께 평가하면서 정합성과 설명력이 높은 소집단 모형을 협력적으로 생성할 수 있도록 안내할 필요가 있다.

나. 전체 학급 토론에 대한 인식

학생들은 전체 학급 토론을 통해 각자의 모형에서의 차이점이 잘 드러날 수 있다는 점을 긍정적으로 인식하였다. 모형 구성 과정에서 소집단 토론보다 전체 학급 토론이 더 많은 도움이 되었다고 생각한 학생들은 다음과 같이 응답하였다.

가은: 전체 학급 토론에서는 핵심적인 것에 대해서 다 생각이 달라요. 그래서 만약 우리 조의 의견이 좀 더 설득력이 있다고 생각할 경우에는 다른 조 의견에서 부족한 점과 이게(우리 조 의견이) 좀 더 맞는 이유에 대해 생각해 봐요. 만약에 다른 조 의견이 더 설득력이 있을 경우 그게(다른 조 의견이) 우리 조의 의견과 어떤 점에서 왜 다른지를 생각해보고 우리 조의 의견도 바꿀 수 있어요. 그래서 전체 학급 토론에서 생각이 좀 더 많이 변한 것 같아요.
(최종 모형 구성 후 면담 중에서)

또한, 다음과 같이 전체 학급 토론이 모형을 평가하여 수정함으로써 최종 모형을 도출하기 위한 반성적 사고를 촉진하는데 유용하다고 생각하는 경우도 있었다.

민을: 조 안에 있는 사람들의 의견이 다 비슷하더라도 모두가 틀릴 경우 전체 학급 토론을 통해 최종적인 토론을 하지 않으면 모두 틀린 생각을 할 수도 있으므로 전체 학급 토론을 통해 되돌아 볼 시간이 필요해요.
(최종 모형 구성 후 면담 중에서)

한편, 전체 학급 토론에서 학생들은 다른 소집단의 모형에 대하여 질문하는 것을 공격으로, 응답하는 것을 소집단의 모형을 방어하는 것으로 인식하는 경향이 있었는데, 이러한 경쟁적인 분위기는 학생 간의 상호작용을 촉진시키고 흥미를 유발하는 긍정적인 요소로 작용

하였다. 학생들은 ‘뭔가 다른 점을 찾아서 지적해야 되니까 틀린 점을 더 많이 찾았던 것 같아요.’라거나 ‘발표하면서 애들 모형을 보는 게 좋았어요, 애들이 지적해 오면 받아치는 것도 재미있고요.’와 같이 응답하여 전체 학급 토론에 비교적 적극적으로 참여하였을 뿐 아니라 흥미도 높은 편이었다. 학생들은 소집단을 한 팀이라고 생각하여 소집단 모형을 발표하기 전에 예상 질문을 만들고 논의하기도 하였으며, 상대 모둠의 질문에 대해 모둠 구성원들이 협력적으로 대응하는 모습을 관찰할 수 있었다. 반면, 일부 학생들은 ‘저희가 발표할 때 지적한 조에 대해서는 그냥 복수심에 (질문하기도 해요)’, ‘전체 학급 토론을 하면 약간 의견이 부딪치잖아요. 그러면 싸우니까...(중략)...받아들이고 싶지 않잖아요.’라고 응답하기도 하였는데 전체 학급 토론을 경쟁적인 과정으로만 인식할 경우 다른 소집단의 의견에 대하여 방어적인 태도를 보이게 될 수도 있음을 알 수 있었다.

소집단 토론에서와 달리 학생들은 전체 학급을 대상으로 발표할 때의 부담감과 예상치 못한 질문을 받는 것에 대한 두려움, 틀려서 창피할지도 모른다는 불안감, 소집단 모형에 대해 지적 받는 것에 대한 불쾌함 등 전체 학급 토론에 대한 심리적 부담감을 드러내기도 하였다.

가은: 전체 학급 토론 할 때는 애들이 더 많으니까 말하는 거에 대해서 신경을 많이 쓰긴 해요. 왜냐하면 그거에 대해서 질문이 또 들어올 수 있으니까. 사람이 많고 질문이 들어오기 때문에 말할 때 더 신경이 쓰여요.
수간: 더 진지하고 책임감 있게 말해요. 틀리면 창피할까봐 새로운 의견도 축소하게 돼요.
현수: 저희 생각이 맞는데 이걸 지적하는 게 기분 나쁠 때가 있어요.
(최종 모형 구성 후 면담 중에서)

대부분의 학생들이 전체 학급 토론에 대한 경험이 적으므로 전체 학급을 대상으로 발표하고 질의·응답 하는 것에 부담을 갖는 것은 자연스러운 일이라 할 수 있으나, 이러한 심리적 부담이 활발한 전체 학급 토론을 저해할 수 있으므로 교사가 전체 학급 토론에 대한 학생들의 부담을 덜어주는 역할을 할 필요가 있다. 즉, 전체 학급 토론이 각 소집단 모형을 평가하거나 정답을 맞춰보는 과정이 아니라 소집단 간에 의견을 공유 및 교환하면서 합의된 과학적 모형을 구성하는 과정을 학생들이 인식할 수 있도록 전체 학급 토론에서 협력적인 분위기를 조성하는 것이 중요할 것이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 중학생들의 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업에서 나타나는 소집단 토론과 전체 학급 토론의 특징을 분석하였다. 학생들은 소집단 토론에서 각자의 개인 모형으로부터 공통점을 추출하여 종합하는 방식으로 소집단 모형을 생성하였고, 전체 학급 토론에서 소집단 모형들 간의 차이점을 논의하면서 소집단 모형을 평가하고 수정하였다. 이에 따라 소집단 토론에서는 생각 드러내기 단계가 중심이었고 의견을 주고받는 정보제공적 토론이 주로 이루어졌으며, 전체 학급 토론에서는 생각 비교하기 단계가 중심이었고 소집단 모형에 대한 논박을 통하여 모형 간의 차이를 좁혀 합의를 도출하는 논쟁적 토론이 일어났다. 소집단 토론과 전체 학급 토론에서 일어나는

논증의 수준에는 차이가 있었으나, 전반적으로 학생들이 증거에 기반한 주장을 제시하지 못하거나 정합성이나 설명력 등을 기준으로 모형을 평가하지 않는 경우가 많았다. 그럼에도 불구하고 학생들은 과학적 모형 구성 활동에 대해 긍정적으로 인식하였으며, 활발한 의사소통이 이루어지는 가운데 흥미를 갖고 적극적으로 수업에 참여하였다. 그 결과, 과학적 모형 구성 활동이 학생들의 개념 변화에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업에서 토론 활동을 효과적으로 진행하기 위한 방안을 마련하는데 유용한 시사점을 제공할 수 있다. 먼저, 소집단 토론에서 학생들이 모둠원의 의견을 골고루 반영하는 것을 중요하게 생각하여 모형 간의 차이점에 대한 논의가 충분히 일어나지 않는 반면, 전체 학급 토론을 거치면서 제시된 모형 간의 차이점에 주목하여 모형을 평가하고 수정하는 것으로 나타나 두 토론 방식이 상호보완적인 역할을 한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업에서는 소집단 활동뿐 아니라 전체 학급 수준에서 이루어지는 발표와 토론을 병행하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 또한, 소집단 토론과 전체 학급 토론에서 논증의 수준을 높이기 위한 교사의 역할도 중요하다. 먼저, 수업에 앞서 학생들에게 증거를 바탕으로 주장을 제시하는 것의 중요성을 인식시키고, 상대방의 주장을 평가하는 기준과 방법 등에 대한 구체적인 오리엔테이션을 제공할 필요가 있다. 그리고 소집단 토론과 전체 학급 토론의 양상이 달랐으므로 학생들의 논변 활동을 촉진하는 피드백을 서로 다른 방식으로 제공해야 할 것이다. 예를 들어, 소집단 토론에서 학생들이 개인 모형 간의 공통점을 추출하는 것 뿐 아니라 의문제기-응답-반박-재반박에 이르는 논변 과정을 체계적으로 거치도록 안내함으로써 모형 간의 차이점을 충분히 검토한 결과를 바탕으로 소집단 모형을 도출하도록 할 수 있다. 또한, 전체 학급 토론에 대한 학생들의 부담이 상대적으로 큰 것으로 나타났으므로, 이를 줄이기 위해서는 교사가 질문하거나 답변하는 학생의 발언을 재확인하거나, 질문이나 답변의 핵심적인 내용을 쉽게 풀어서 정리해주는 등 전체 학급 토론에서 학급 전체가 내용을 충분히 공유하고 적극적으로 참여할 수 있도록 중재할 필요가 있다. 특히, 전체 학급 토론에서 소집단 간 경쟁이 지나칠 경우 감정적인 갈등이 일어날 수 있으므로, 전체 학급 토론에서 소집단 간의 협동을 통하여 학급 전체의 합의된 모형을 도출하는 것이 중요함을 강조할 필요가 있다.

한편, 이 연구는 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업에서 나타나는 토론 활동의 특징을 탐색하기 위한 것으로 학생의 활동 과정에서 교사의 개입이 적었다. 따라서 이 연구의 결과를 바탕으로 소집단 토론과 전체 학급 토론에서 교사의 역할을 구체화하고, 교사의 중재와 피드백이 학생들의 학습 과정에 어떠한 영향을 미치는지 조사할 필요가 있다. 또한, 화학 교과에서 모형 구성 활동을 적용한 수업에 대한 정보가 매우 부족하므로, 다양한 화학 관련 내용에 대해 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업을 실시하여 효과적인 교수전략과 교수학습 자료를 개발하기 위한 실증적인 자료들을 축적해 나가야 할 것이다.

국문요약

이 연구에서는 중학생들의 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업에서 나타나는 소집단 토론과 전체 학급 토론의 특징을 분석하였다.

서울특별시 소재한 중학교의 1학년 학생들을 대상으로 GEM 순환 과정에 따라 구성된 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업을 진행하였다. 소집단 토론 및 전체 학급 토론을 생각 드러내기, 생각 비교하기, 결론 이끌어내기의 세 단계로 분류하여 단계별 특징을 분석하였으며, 그 과정에서 나타나는 논증의 수준도 분석하였다. 연구 결과, 학생들은 소집단 토론에서 구성원 각자의 개인 모형으로부터 공통점을 추출하여 소집단 모형을 생성하였고, 전체 학급 토론에서 소집단 모형들 간의 차이점을 논의하면서 소집단 모형을 평가하고 수정하였다. 이에 따라 소집단 토론에서는 생각 드러내기 단계가 중심이었고 전체 학급 토론에서는 생각 비교하기 단계가 중심이었다. 소집단 토론과 전체 학급 토론에서 일어나는 논증의 수준은 전반적으로 높지 않았으나, 과학적 모형 구성 활동에 대한 학생들의 인식과 흥미가 높아 적극적으로 수업에 참여하였다. 그 결과, 과학적 모형 구성 활동이 학생들의 개념 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 과학적 모형 구성 활동을 적용한 수업을 효과적으로 진행하기 위한 방안에 대해 논의하였다.

주제어 : 소집단 토론, 전체 학급 토론, 과학적 모형 구성, GEM 순환 과정

References

Bottcher, F., & Meisert, A. (2010). Argumentation in science education: A model-based framework. *Science & Education, 20*(2), 103-140.

Cho, H. S., & Nam, J. (2014). The impact of the argument-based modeling strategy using scientific writing implemented in middle school science. *Journal of the Korean Association for Science Education, 34*(6), 583-592.

Cho, H. S., Nam, J., & Lee, D. (2014). The development of argument-based modeling strategy using scientific writing. *Journal of the Korean Association for Science Education, 34*(5), 479-490.

Clement, J. (2008b). Creative model construction in scientists and students: The role of imagery, analogy, and mental simulation. Dordrecht: Springer.

Clement, J. (2008a). Six levels of organization for curriculum design and teaching. In J. Clement, & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and instruction in science* (pp. 255-272). Dordrecht: Springer.

Clement, J., & Núñez-Oviedo, M. C. (2008). A competition strategy and other modes for developing mental models in large group discussion. In J. Clement, & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and science instruction* (pp. 117-138). Dordrecht: Springer.

Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). *Model based learning and science instruction*. Dordrecht: Springer.

Do, S. L. (2005). Emotion and classroom talk: Toward a model of affect in students' experiences of classroom discussion. *The Korean Journal of Educational Psychology, 19*(1), 17-39.

Furtak, E. M., Hardy, I., Beimbrech, C., Shavelson, R. J., & Shemwell, J. T. (2010). A framework for analyzing evidence-based reasoning in science classroom discourse. *Educational Assessment, 15*(3-4), 175-196.

Giere, R. N. (2001). A new framework for teaching scientific reasoning. *Argumentation, 15*(1), 21-33.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert, & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiplemodel use in grade 11 chemistry. *Science Education, 84*(3), 352-381.

Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran, & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 3-27). Dordrecht: Springer.

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education, 24*(12), 1273-1292.

- Kang, E., Kim, C.-J., Choe, S.-U., Yoo, J., Park, H.-J., Lee, S., & Kim, H.-B. (2012). Small group interaction and norms in the process of constructing a model for blood flow in the heart. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(2), 372-387.
- Krajcik, J., & Merritt, J. (2012). Engaging students in scientific practices: What does constructing and revising models look like in the science classroom? *Science Scope*, 35(7), 6-8.
- Lee, S., Kim, C.-J., Choe, S.-U., Yoo, J., Park, H.-J., Kang, E., & Kim, H.-B. (2012). Exploring the patterns of group model development about blood flow in the heart and reasoning process by small group interaction. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(5), 805-822.
- Lee, S., & Kim, H.-B. (2014). Exploring secondary students' epistemological features depending on the evaluation levels of the group model on blood circulation. *Science & Education*, 23(5), 1075-1099.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2012). Seeding evolutionary thinking by engaging children in modeling its foundations. *Science Education*, 96(4), 701-724.
- Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603-630.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2011). Contributions of the 'model of modelling' diagram to the learning of ionic bonding: Analysis of a case study. *Research in Science Education*, 41(4), 479-503.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013). The relationships between modelling and argumentation from the perspective of the model of modelling diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2407-2434.
- National Research Council (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. In R. A. Duschl, H. A. Schweingruber, & A. W. Shouse (Eds.), *Committee on science learning, kindergarten through eighth Grade* (pp. 129-210). Washington, DC: The National Academies Press.
- Nersessian, N. J. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. In P. Carruthers, S. Stich, & M. Siegal (Eds.), *The cognitive basis of science* (pp. 133-153). New York: Cambridge.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Osborne, J., Simon, S., Christodolou, A., Howell-Richardson, C., & Richardson, K. (2013). Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(3), 315-347.
- Park, H., Kim, H., Jang, S., Shim, Y., Kim, C.-J., Kim, H.-B., ... Park, K.-M. (2014). Characteristics of social interaction in scientific modeling instruction on combustion in middle school. *Journal of the Korean Chemical Society*, 58(4), 393-405.
- Passmore, C., & Stewart, J. (2002). A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 185-204.
- Passmore, C., & Svoboda, J. (2012). Exploring opportunities for argumentation in modelling classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1535-1554.
- Radinsky, J., Oliva, S., & Alamar, K. (2010). Camila, the earth, and the sun: Constructing an idea as shared intellectual property. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 619-642.
- Sampson, V., & Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 93(3), 448-484.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Shim, Y., Kim, C.-J., Choe, S.-U., Kim, H.-B., Yoo, J., Park, H., ... Jang, S. (2015). Exploring small group features of the social-construction process of scientific model in a combustion class. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(2), 217-229.
- Taylor, I., Barker, M., & Jones, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 25(10), 1205-1225.
- Yu, H. W., Cha, H. J., Kim, M. S., Ham, D. C., Kim, H. B., Yoo, J. H., ... Choe, S. U. (2012). Relation between the personal and social factors and the interacting role of science gifted students in social co-construction of scientific model class. *Journal of Gifted/Talented Education*, 22(2), 265-290.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.