소집단 상호작용에 따른 심장 내 혈액 흐름에 대한 소집단 모델 발달 유형과 추론 과정 탐색

이신영 · 김찬종 · 최승언 · 유준희 · 박현주¹ · 강은희 · 김희백*

서울대학교 · ¹조선대학교

Exploring the Patterns of Group model Development about Blood Flow in the Heart and Reasoning Process by Small Group Interaction

Lee, Shinyoung · Kim, Chan-Jong · Choe, Seung-Urn · Yoo, Junehee
· Park, HyunJu¹ · Kang, Eunhee · Kim, Heui-Baik*

Seoul National University · ¹Chosun University

Abstract: The purpose of this study was to explore the patterns of group model development about blood flow in the heart and reasoning process by small group interaction. The subjects were 14, 8th graders in a Science Gifted Center. The group discussion was made possible by using triggering questions that can be answered based on experiences of hands-on activities such as a siphon pump analogy model activity and a dissection of pigs' hearts. Despite participating in same activities, the groups showed different model development patterns: unchanged, persuasive, and elaborated. Due to the critical revising, the group's explanatory model was elaborated and developed in the added and elaborated pattern. As critical revising is a core element of the developing model, it is important to promote a group interaction so that students become critical and receptive. The pedagogical analogy model and conflict situation enabled students to present elaborated reasoning. The Inquiry activity with the pedagogical analogy model promote students' spontaneous reasoning in relation to direct experience. Therefore offering a pedagogical analogy model will help students evaluate, revise and develop their models of concerned phenomena in science classroom. Conflict situation by rebuttal enable students to justify more solid and elaborate a model close to the target model. Therefore, teachers need to facilitate a group atmosphere for spontaneous conflict situation.

Key words: group modeling, collaborative model, collaborative modeling, small group interaction, reasoning, conflict situation, pedagogical analogy model, explanatory model

I. 서 론

모델링이란 모델을 만들고 수정하는 동적인 과정이며(Justi & van Driel, 2005), 과학자들에 의한 과학 지식의 발달에 있어서 역동적인 과정의 핵심으로 여겨지고 있다(Justi & Gilbert, 2002). 모델링이 과학 교육에서도 중요한 의미를 가질 수 있는 것은 학생들이 모델링 과정에서 과학적 지식을 능동적으로 구성할 수 있기 때문이다(Ford, 2008; Greca & Moreira, 2000; Harrison & Treagust, 2000; Justi & Gilbert, 2002; Kawasaki *et al.*, 2004; Newton *et al.*, 1999). 실제 현상에 대해 학생이 내적으로 구성하는 표상을 정신모델이라고 한다(Johnson-Laird,

1983). 모델링 과정에서 학생들의 정신 모델과 과학적 추론 과정이 드러나게 된다(Gobert & Buckley, 2000; Justi & van Driel, 2005). 학생들은 복잡하고 어려운 개념을 행동, 언어, 글쓰기 등의 형태로 외적으로 표상화함으로써 현상에 대해 이해한 정도를 점검하고 개선할 수 있다(Chittleborough *et al.*, 2005).

학생 개인이 자신의 모델을 구성하고 수정하는 데에는 한계가 있으므로 여러 학생들이 모델링 과정에 참여하여 공동의 모델을 구성함으로써 모델 기반 학습의 효과를 증진시킬 수 있을 것이다. 여러 학생들이 공동의 모델을 구성하고, 수정하고, 발달시키는 과정을 소집단 모델링이라고 할 수 있는데, 소집단 모델링

*교신저자: 김희백(hbkim56@snu.ac.kr)

**2012.01.16(접수) 2012.03.21(1심통과) 2012.04.07(2심통과) 2012.08.02(최종통과)

***이 논문은 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(한국연구재단-2010-700-20110040).

과정에서 소집단 구성원들 사이의 상호작용이 나타나게 된다. 이것은 학생들 사이의 언어적 상호작용이 학교 과학에서 지식을 형성할 때에 중요한 요인으로 작용한다고 바라보는 사회문화적 관점과 부합한다(Lemke, 2001; Moll & Whitmore, 1993; Sfard & Kieran, 2001; Vygotsky, 1978). 사회문화적인 관점에서 학습은 공유된 활동에 참여하면서 동료 토론을 통해 나타난다(Lave & Wenger, 1991). 학생들은 다른 학생들과의 교류를 통해 새로운 지식 내용을 공동으로 학습하고, 내면화하는 과정을 통해서 공동으로 구성된 지식 내용을 개인의 것으로 습득한다는 것이다. 여러 연구자들은 학생들이 소집단 활동을 하면서 과학 지식 형성에서 주체자가 될 뿐만 아니라 학생 간의 활발한 상호작용을 하면서 학습에 긍정적인 영향을 미치게 된다는 것을 확인하였다(Bennett *et al.*, 2010; Cohen, 1994; Linn & Burbules, 1993; Nastasi & Clement, 1991; Qin *et al.*, 1995; Slavin, 1990). 그러나 모든 소집단 활동이 학생들에게 협력적인 지식 형성의 기회를 제공하는 것은 아니기 때문에 학생들에게 동료 토론이 잘 일어나도록 하는 특별한 교수 설계를 제공해야 한다(Hogan, 1999). 비유가 학생들의 자발적 추론을 촉진시킨다는 점을 고려할 때(Coll *et al.*, 2005; Duit, 1991), 비유 교수 모델을 이용하여 심장 내에서의 혈액의 흐름에 대한 설명 모델을 구성하는 교수 설계는 학생들의 언어적인 상호작용을 촉진할 수 있는 특별한 모델 기반 교수 방법이 될 수 있다.

소집단 모델링 과정에서 학생들은 논변 활동을 통한 추론을 하게 된다(Sampson & Clark, 2009). 논변 활동은 과학자들이 과학적 논쟁 해결, 과학적 이론 형성을 하면서 나타나는 사회적 의사소통 활동이므로(Kuhn, 1962), 모델링 과정에서 학생들은 다른 사람들에게 자신의 설명 모델을 제시하고 정당화하면서 자연스럽게 모델의 적합성을 판별할 수 있다. 또한 논변 활동을 하면서 부적합한 모델을 버리고 더 적합한 모델을 구성할 수 있도록 모델을 평가하고 수정할 수 있는 기회가 마련된다(Böttcher & Meisert, 2010). 학생들은 개인적 차원에서 형성한 모델을 사회적 차원에서 다른 학생들이 이해할 수 있도록 설명하고 정당화하기 위해서 노력하기 때문에 좀 더 논리적인 추론 과정을 거치면서 설명 모델이 더 공고해질 수 있다(Berland & Reiser, 2009).

모델링에 대한 연구는 최근 국내에서도 꾸준히 진행되고 있지만 개인의 정신 모델을 탐색하거나 이를 통해 개념 변화가 어떻게 이루어지는 지에 대한 연구가 대부분이다(김미영, 2007; 박지연과 이경호, 2008; 정구송, 2007; 오준영과 길유신, 2006). 또한, 학생들의 상호작용이나 논변 활동에 대한 연구를 통해서 과학적인 의사소통의 중요성을 강조하기도 하였지만(강석진 외, 2002; 김희경과 송진웅, 2004; 김찬중 외, 2005; 이고은 외, 2010; 이봉우와 임명선, 2010; 이지영과 김희백, 2011; 조현준 외, 2008) 학생들이 소집단 활동을 통해 과학적 모델을 공동으로 구성해가고, 그 과정에서 나타나는 추론 과정을 질적으로 탐색해보는 연구는 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 중학교 과학 영재원 학생들이 석유 펌프 비유 모형 활동과 실제 심장을 해부하는 소집단 활동을 통해 심장 내 혈액의 흐름에 대한 설명 모델을 협력적으로 구성하는 과정을 살펴보고자 하였다. 생물학에서 자연 선택, 확산, 유전, 순환 등은 직접 눈으로 관찰하거나 경험하기 어려운 추상적 속성을 지니는데, 그 중 순환계는 혈액이나 조직세포와 같은 조직 수준에서 심장이나 혈관과 같은 기관 수준까지 복잡하고 다양한 수준의 개념들을 포함하고 있기 때문에 학생들이 이해하기 어렵다(김미영과 김희백, 2006; Buckley, 2000). 석유 펌프는 심장의 비유 모델로서 미시적이고 추상적인 개념을 구체화시킬 수 있기 때문에 학생들의 언어적인 상호작용을 촉진하기 위해 사용되었다(Duit, 1991). 이러한 교수 전략을 통해 학생들이 순환에 대한 설명 모형을 구성하는 것을 돕고, 이 과정에서 나타나는 학생들의 추론 과정과 모델의 변화를 살펴볼 수 있을 것이다.

본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 소집단 모델링 과정에서 상호작용에 따른 소집단 모델 발달 유형은 어떠한가?
- 2) 소집단 모델링 과정에서 추론 과정의 차이가 나타나는 원인과 그것이 모델링에 미치는 영향은 무엇인가?

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 참여자

서울의 한 영재원에 소속되었던 중학교 2학년 학생

들 14명(남학생 9명, 여학생 5명)이 참여하였다. 이 학생들은 해당 지역 교육청에 소속된 중학교에 재학 중인 학생들로 특별한 선발 방법, 해당 학교 교사의 추천서와 심층 구술 면접을 통해 영재교육원에 선발되었으며, 2010년 5월에 입학하여 6개월간 같은 반에서 여름방학 집중 교육, 여름 캠프, 2주에 한번 6시간씩 가을 학기 수업 등 영재 수업을 받았다. 학생들의 성적은 대체로 학교 내에서 상위 10% 이내였으며, 과학에 대한 흥미는 높은 편이었다. 학생들은 총 4개의 소집단으로 이루어져 있으며, 한 소집단 당 3명이나 4명의 학생들로 구성되었다. 대체로 친분이 있는 학생들을 중심으로 임의로 소집단을 구성하였다.

표 1
소집단의 구성

소집단	성별			총합
	남	여		
1	0	3		3
2	3	0		3
3	2	2		4
4	4	0		4
총합	9	5		14

2. 수업 과정

수업은 4단계의 일련의 순서에 따라 총 3시간 동안 1회 진행되었다. 수업 초반부에는 심장구조 모식도를 보고 각 구조의 위치와 역할에 대해 논의하면서 이전에 배웠던 내용을 상기시키는 것이 목적이었다. 두 번째 단계에서는 소집단별로 석유 펌프를 직접 조작해 보고 석유 펌프 내에서 물이 한 방향으로 흐르는 메커니즘에 대해 논의해보도록 하였다. 석유 펌프는 교사가 학생들에게 비유모델로 제공한 것으로서, 심장과 구조적 기능적으로 유사하고 쉽게 조작 관찰이 가능하기 때문에 학생들 간의 상호작용을 촉진시키는 매개물이 되었다. 활동지의 질문에 대한 답을 논의하고 적어가면서 석유 펌프 내의 물의 한 방향 흐름에 대한 모델링을 하였다. 세 번째 단계에서 학생들은 실제 돼지 심장을 해부하였다. 석유 펌프는 비유 모델로서 많은 장점을 갖고 있지만 실제 심장과 구조적, 기능적으로 일치하지 않는다는 한계점을 갖기 때문에 비유 교수 모델 활동을 보완하기 위해 심장 해부 활동을 하도

록 하였다. 그리고 돼지 심장을 해부 한 후에 학생들은 소집단 토의를 하면서 실제 심장 내에서 혈액의 흐름에 대한 모델링을 하였다.

그림 1 수업 과정

3. 자료 수집 및 분석 방법

학생들은 소집단별로 비디오녹화와 녹음을 하였으며, 개별적으로 사후 설문지를 작성하였다. 수업 장면에서의 학생들의 언어와 행동들은 전사되었으며, 모델의 발달 과정을 구성하는 과정을 표현하였던 Núñez-Oveido 등(2008)의 방법을 변형하여 학생들의 상호작용과 모델의 발달 과정을 분석하였다. 초기 모델, 중간 모델, 최종 모델로 발달하는 과정을 리더와 비리더 학생의 담화를 중심으로 살펴보았다. 그림 2는 모델 발달 과정 분석틀의 예시로 소집단 1의 모델링 단계 과정을 나타내었다. 리더의 발화는 윗부분, 모델의 변화과정과 교사의 발화는 가운데 부분, 리더가 아닌 학생의 발화는 아랫부분에 나타내었다. 사각형은 발화를 의미하고, 발화에서 생략된 구문이나 의미 있는 행동을 연구자가 판단하여 괄호 안에 제시하였다. 가운데 부분의 둥근 사각형은 모델을 의미하며, 모델이 발달되어가는 순서대로 M0, M1, M2, M3, M4 등으로 나타내었다. 경쟁하는 모델이 2개 이상일 경우 M2와 M3처럼 일렬로 배치하고 모델이 기각될 때에 둥근 사각형 안에 X로 표시하였다. 학생들의 담화 속에서 나타나는 설명 모델이 분명하게 드러나지 않을 경우, 담화의 맥락을 고려하여 추정한 내용을 설명 모델에

그림 2 모델 발달 과정 분석틀 예시 - 소집단 1의 1단계 모델링

나타내었다. 사각형 주변부에 있는 작은 사각형 안에는 발화자와 순서를 나타내었다. 예를 들면 학생2가 8 번째로 말한 발화는 'St2-8'로 나타내고, 교사가 4 번째로 말한 발화는 'Tr-4'로 나타내었다. 굵기가 얇은 화살표는 학생의 발화와 그것을 통해 추정하여 나타낸 모델을 가리키거나 이어지는 발화를 연결한다. 그리고 굵은 화살표는 모델의 변화 과정을 나타낸다. 모델 발달 분석틀을 통해 모델 구성과 모델 수정 과정을 탐색할 뿐만 아니라 이러한 과정에 기여하는 발화나 발화자를 알 수 있다.

학생들이 구성한 모델이 적절한지 판별하기 위해

그림 3 1단계의 목표모델

목표 모델을 설정하였다. 교사가 의도하는 목표 모델은 다음과 같으며, Buckley & Boulter(1996)가 목표 모델을 표상화한 방식으로 나타내었다(그림 3, 그림 4). 사물의 구조를 상자 안에 나타내고 화살표 위의 설명으로 행위를 표시하였으며 이들의 일련의 과정을 큰 사각형 안에 묶음으로써 메커니즘을 나타낼 수 있다. 1단계 목표 모델은 비유 모형 활동에서 석유 펌프 내에서 물이 한 방향으로 흐르는 것을 석유 펌프 마개의 수축 이완과 석유 펌프 내의 두 가지 막의 움직임을 연결하여 설명하는 것이다. 2단계 목표 모델은 심장의 수축 이완과 여러 판막의 작용을 인과적으로 이

그림 4 2단계의 목표모델

해하고 혈액이 한 방향으로 흐르는 메커니즘에 대한 것이다. 소집단 모델 내에 목표 모델의 3가지 요소-석유 펌프나 심장 근육의 수축과 이완관계, 물이나 혈액의 흐름, 판막의 개폐-가 존재하는지 동정하여 소집단 모델이 목표 모델에 도달하였는지를 판단하였다.

그리고 학생들의 추론 과정을 살펴보기 위하여 Sampson & Clark(2009)이 사용하였던 과학적인 논변 분석틀을 참고하여 추론 과정 분석틀을 구성하였다. 이들은 학생들의 논변 질을 판단하기 위해 Toulmin(1958)의 논변 분석틀을 참고하여 과학적인 논변 분석틀을 만들었다. 이것은 3가지의 구성 요소-설명, 증거, 추론이 상호 연관되어 있는 과학적인 논변을 개념화하였다. 설명은 탐구를 안내하는 연구 질문에 대한 답변이고, 증거는 설명이 타당성을 가지기 위해 제시하는 측정물이나 관찰 사실이다. 그리고 추론은 증거가 어떻게 설명을 지지하고 왜 증거가 중요할 수밖에 없는지 설명 모델을 정당화하는 과정이다. Sampson & Clark(2009)의 과학적인 논변 분석틀을 Toulmin의 논변 요소와 대응시켜 보면 그림 5와 같다. 이 틀을 보고 학생들이 모델링을 하면서 나타나는 추론 과정을 분석하였다.

모든 자료 분석은 연구자 1인에 의해 먼저 이루어진 후 공동 연구자들과 함께 검토하여 의견이 일치하지 않은 부분은 논의를 통해 분석 결과에 대해 합의를 거쳐 조정하였다.

III. 연구 결과

1. 소집단 상호작용에 따른 모델 발달 과정 유형

Vygotsky(1978)의 발달심리 이론에 기초를 둔 사회적 구성주의에서는 학습 과정을 학습자가 교사나 더 뛰어난 동료학습자와의 상호작용을 통해 지식을

내면화하는 과정으로 보며, Lave와 Wenger(1991)은 특정 활동, 상황, 문화 내의 행위 공동체에서 구성원들의 참여가 증가하는 것으로 바라보았다. 이러한 관점으로 학생들의 소집단 모델링 과정을 분석한 결과, 모델에 대한 비판적 검토의 유무와 주체, 모델 제시자, 소집단 내에서의 리더의 사회적 특성이 학생들의 상호작용에 영향을 준다는 것을 알아내었다. 다양한 소집단 상호작용에 의한 소집단 모델 발달 과정은 3가지 유형-정체형, 첨가형, 정교형이 나타났다(표 2). 모델 발달 과정에서 여러 학생들의 참여에 의한 상호작용이 활발히 일어날 때 소집단 모델이 목표 모델에 가까워지거나 추론 과정에서 논리적인 정당화가 나타나면서 처음의 모델은 좀 더 설득력 있는 설명 모델이 되었다.

소집단 모델 발달 과정은 소집단별 학생들의 상호작용 특성에 따라 달라졌는데, 비판적 검토는 모델 발달에서 결정적 역할을 한 상호작용 특성이었다. 모델링 과정에서 학생들은 제시된 모델의 적합성을 판단하여 모델을 수정하거나 재구성하면서 주어진 상황을 잘 설명할 수 있도록 모델을 되돌아보게 된다(Gobert & Buckley, 2000). 비판적 검토란 학생들이 기존의 모델을 검토하면서 다른 사람들의 모델뿐만 아니라 자신의 모델을 비판하거나 수정하는 것을 말한다. 이미 구성된 모델이 현상을 과학적으로 설명하지 못하면 모델이 비판적으로 검토되고, 이로 인해 기존의 모델은 거부되어 다른 사람들의 모델이 단순히 더해지거나 새롭게 재구성되는 모델 정교화가 일어났다(Hafner & Stewart, 1995).

대부분의 소집단 모델링에서 초기 모델 제시자는 주로 리더였지만 리더가 아닌 학생들도 추가적으로 모델을 제시하기도 하였다. 소집단 토의를 하면서 여러 학생들이 개인의 설명 모델을 제시하면서 소집단 구성원 사이의 상호작용이 활발하게 나타났다. 초기

자료(Data) : 주장을 뒷받침하기 위해 사용된 증거
 주장(Claim) : 증거를 바탕으로 이끌어낸 주장
 보증(Warrant) : 자료와 주장을 연결해 주면서, 정당화하는 진술
 지지(Backing) : 보장을 정당화할 수 있는 기본적인 가정
 한정어(Qualifier) : 주장이 성립하는 특정한 조건
 반증(Rebuttal) : 주장에 대한 논변 과정과 상충하는 진술

그림 5 모델링에서의 추론 과정 분석틀

표 2

소집단 모델 발달 유형과 상호작용 특성

상호작용 특성		비판적 검토	모델 제시자	리더 유형	사례
소집단 모델 발달 유형					
정체형
나타나지 않음	리더만 참여	배타적	2조-2단계
참가형
다른 소집단 구성원에 의해 나타남		설득적	3조-1단계
정교형
모델 제시자나 다른 소집단 구성원에 의해 나타남	리더 외의 학생들도 참여	설득적	1조-1단계 2조-1단계 3조-2단계 4조-1단계 4조-2단계
				포용적	1조-2단계

모델이 제시된 이후 여러 학생들에 의해 다양한 모델이 제시되고, 여러 개인 모델들은 암묵적으로 혹은 명시적으로 비교되고 평가되어 소집단의 합의된 공동 모델을 구성하게 되었다.

소집단 리더는 여러 소집단 구성원들이 상호작용 과정에 참여하는 데에 영향을 미쳤다. Richmond & Stirly(1996)는 사회적 특성에 초점을 맞추어 소집단 내의 리더 유형을 배타적, 설득적, 포용적 리더로 나누었는데, 배타적(alienating) 리더는 강력한 신념을 지니며, 다른 사람들의 의견을 고려하지 않고 자신의 관점을 유지하는 사람이다. 설득적(persuasive) 리더는 자신의 의견을 제시하되, 다른 사람들이 다른 관점을 제시하면 자신의 의견을 합리적으로 설명하면서 설득하려는 사람이다. 포용적(inclusive) 리더는 자신의 의견을 제시하고, 다른 사람들에게 동의를 요청하며, 다른 이들이 논의의 과정에 참여하도록 이끄는 사람이다. 본 연구에서는 높은 참여도를 보이는 학생일수록 소집단 학습에 기여를 많이 하고 소집단 내에서의 위치가 더 높다는 Bianchini(1997)의 연구 결과에 따라 소집단의 리더를 판별한 이후에 리더의 유형을

파악하였다.

1) 정체형(unchanged) 모델 발달

한 소집단에서 학생 개인의 모델이 수정되거나 발달되지 못하고 최초로 제시되었던 모델이 소집단의 최종 모델이 되는 경우이다. 리더만 모델을 제시하고 다른 학생들은 리더의 의견을 듣고만 있거나 단순한 동조만 할 뿐 제시된 모델에 대한 비판적인 검토가 일어나지 않았다. 리더는 배타적인 특성을 가지고 있어서 다른 사람들의 의견을 고려하지 않고 자신의 모델만을 강조하였기 때문에 소집단 모델 발달을 위한 상호작용이 일어나지 않았다. 그림 6에서 배타적 리더인 학생 3은 2단계 모델링에서 심장 내의 혈액의 흐름에 대해 목표 모델과 가까운 설명을 하면서 단정적으로 제시하고 있다(St3-1). “우리 얘기 끝났지?”라고 다른 사람들의 의견 표출 기회를 차단하였는데(St1-3), 이를 거부하거나 항의하는 학생들은 없으며 학생 3의 설명 모델을 소집단의 최종 모델로 잠정적으로 합의하고 모델링을 마치고 있다(St4-4). 학생 3의 설명 모델에서는 수축의 의미로 ‘짜넨다’라는 표현을 하

고 심장이 수축되었을 때의 혈액의 흐름만 설명하고 있지만, 비판적인 검토가 일어나지 않았기 때문에 용어의 수정이나 이완되었을 때의 혈액의 흐름에 대한 설명으로 초기모델이 정교화되지 못했다.

2) 첨가형(added) 모델 발달

한 학생만이 모델을 제시하는 것이 아니라 최초 모델 제시자 외의 다른 학생이 새로운 설명 모델을 단순히 추가하여 소집단 모델을 구성하고 발달시키는 경우이다. 한 명 이상의 학생들이 처음에 제시되었던 모델을 비판적으로 검토하여 추가적인 설명 모델을 제시하는 상호작용이 나타났으며, 여러 사람들이 모델을 첨가함으로써 소집단 모델이 목표 모델에 가깝게 발달되었다. 소집단 토의를 이끄는 리더는 다른 사람들의 모델을 고려하되 자신의 모델을 합리적으로 설득하려는 성향을 지니기 때문에 다른 사람들의 모델이나 자신의 모델을 비판적으로 검토하면서 모델을 추가적으로 제시하였다. 그림 7을 보면, 학생 3은 물의 흐름과 막의 움직임만 언급하는 초기 설명 모델 M0, M1을 구성하였다(St3-2, St3-4). 학생 4는 M0, M1을 비판적으로 검토하여, 펌프의 수축과 막의 움직임을 설명한 M2를 제시하였다(St4-7). M2는 펌

프가 수축했을 때의 막의 개폐만 설명하였지만 학생 3이 비판적 검토를 하면서 보완했을 때 물이 들어온다는 M3를 제시하여 M2를 보완하게 되면서 소집단 모델은 목표 모델에 도달하게 되었다(St3-9). 학생 4는 자신의 모델만을 고집하려고 하지 않고 학생 3의 모델을 비판적으로 수용하여 보완하는 모델을 제시하였다. 결과적으로 소집단의 최종 설명 모델은 여러 학생들이 연쇄적인 비판적 검토 과정에 참여함으로써 목표 모델에 가까운 모델로 발달하였다.

3) 정교형(elaborated) 모델 발달

한 학생의 최초 모델에 다른 학생들의 모델이 단순히 더해지는 것이 아니라 비판적으로 융합되어 소집단 모델을 발달시키는 경우이다. 타인이 비판적 검토를 하거나 모델 제시자가 자기반성을 하면서 자신의 모델을 비판적으로 검토하여 수정하기도 하였다. 그리고 여러 학생들이 모델을 제시하였고, 리더는 타인의 의견을 수용하는 설득적이거나 포용적인 유형이었기 때문에 소집단 상호작용이 활발히 일어났다. 소집단 학생들 사이에서 비판적 검토가 나타나지 않는 경우에는 교사가 개입하여 학생들이 소집단 모델을 비판적으로 바라볼 수 있도록 하였다. 정교형 모델 발달

그림 6 정제형 모델 발달 예시 - 소집단2의 2단계 모델링

그림 7 첨가형 모델 발달 예시 - 소집단3의 1단계 모델링

유형은 여러 명의 소집단 구성원의 참여가 소집단 설명 모델을 구성하고 발달하는 데에 기여하였으므로 협력적인 모델링이라고 할 수 있으며, 소집단 모델링 과정에서 가장 많이 관찰되었다.

그림 8을 보면 학생 2는 M0를 제시하면서 학생 1이 모델을 구성하는 데에 공헌할 수 있도록 질문을 하였다(St2-1). 학생 2는 학생 1과 함께 혈액의 이동 경로에 대한 모델, M0~M4를 함께 구성하였다. 학생 1은

그림 8 정교형 모델 발달 예시 1 - 소집단1의 2단계 모델링

심장 내의 혈액의 흐름뿐만 아니라 체순환을 생각할 수 있는 M3를 제시하였다. M3는 최종 모델 M6를 구성하는 데에 직접적인 영향을 주지는 않았지만 혈액의 흐름을 판막과 연관 지어서 생각할 수 있는 발판이 되어 학생 2가 자기반성을 하도록 자극하였다. 학생 2는 스스로에게 질문을 하면서 답을 얻어가는 자기반성을 통해 기존의 모델을 비판적으로 검토하여 판막으로 인해 혈액이 한 방향으로 흐른다는 M5를 구성하였다. 그리고 연이은 자기반성에 의한 비판적 검토 과정을 통해 심실의 수축과 판막의 개폐를 연결하여 혈액의 흐름을 설명하는 최종 모델 M6을 구성하였다(St2-12, St2-13, St2-14). 리더인 학생 2는 포용적인 유형이었으며, 자신의 모델을 다른 학생들에게 주장하는 것뿐만 아니라 다른 학생들의 참여, 즉 설명 모델을 제시하도록 독려하는 분위기를 암묵적으로 조성하면서 다른 소집단 구성원들과 협력적으로 모델링을 하였다.

그림 9를 보면 학생과 교사에 의해 비판적 검토가 나타나는 것을 볼 수 있다. 학생 4는 판막 때문에 물이 역류하지 않는다는 설명모델 M0를 제시하였다(St4-3). 학생 3은 학생 2의 모델을 수정하여 석유 펌프에서는 판막이 막이라고 정확하게 표현을 바꾸었으며, 용어뿐만 아니라 펌프의 기능 즉, 펌프의 수축과

계, 막의 개폐에 대해 설명하는 M1을 제시하였다. 물의 흐름에 대해서는 언급하지 않았지만 교사가 발표해보라는 말에(Tr-6, 8) 물의 흐름을 논리적으로 설명하는 모델인 M2를 제시하여 목표 모델에 가까운 설명 모델을 구성하였다(St3-9). 그러나 M2는 펌프의 수축과 이완관계를 목표모델과 반대로 설명하였는데, 교사가 M2에 대한 평가적인 질문을 하면서(Tr-10) 학생 3은 목표 모델에 적합하게 이완과 수축을 반대로 수정하였다(St3-11). 학생들은 소집단 토론을 하면서 협력적인 모델링을 통해 최종 모델을 구성하였지만 여전히 목표 모델에 도달하지 못하였다. 이 때, 교사는 학생들이 스스로 모델을 비판적으로 검토할 수 있는 질문을 하여, 모델이 발달할 수 있었던 결정적인 역할을 하였다. 학생들의 소집단 모델링을 모니터링하고 적극적으로 개입하여 목표 모델에 도달할 수 있도록 모델링을 안내해주는 교사의 안내자 역할이 중요하게 작용하였다. 학생들이 능동적으로 구성하는 탐구 수업일 경우, 교사의 적절한 안내가 없다면 학생들은 잘못된 목표 개념을 학습할 수 있는 것이다(Crawford, 2000).

소집단 모델 발달 과정을 살펴보면 개인적 차원뿐만 아니라 사회적 차원에서 협력적으로 모델을 구성하는 것을 알 수 있다. 정제형 모델 발달에서는 개인

그림 9 정교형 모델 발달 예시 2 - 소집단4의 1단계 모델링

의 모델이 그대로 소집단의 모델이 되어, 협력 학습이 아닌 단순히 집단 내에서의 개인 학습에 그치고 말았다. 그러나 첨가형과 정교형 모델 발달 유형에서는 여러 학생들이 비판적 검토 과정에 참여하고 모델을 제시하면서 사회적 차원에서 소집단 모델을 구성하고 목표 모델에 가깝게 정교화되었다. 첨가형 모델 발달에서 비판적 검토는 여러 학생들이 추가적인 모델을 제시함으로써 나타났고, 정교형 모델 발달에서 비판적 검토를 통해 여러 모델이 새롭게 융합하면서 사회적 상호작용이 활발히 나타났다. 다른 소집단 구성원의 비판적 검토 뿐만 아니라 모델 제시자 자신의 자기 반성이 일어나면서 초기 모델은 목표 모델에 가깝게 정교화되었다. 그러한 과정에서 모델 제시자가 자신이 어떻게 정당한지 밝히는 추론 과정이 나타나서 기존 모델의 이론적 근거가 풍부해졌다. 이에 대해서는 결과 2에서 자세히 알아볼 것이다.

2. 소집단 모델링 과정에서의 추론 과정

기존 모델에 대해서 비판, 평가, 수정하려는 비판적 검토로 인해 갈등 상황이 조성되면 초기 모델 제시자는 자신의 설명 모델을 정당화하기 위해 노력하였다. 그 과정에서 학생들은 논변의 형태로 자신과 다른 생각에 대해 의문을 던지고 정당화하였으며, 이러한 과정은 과학적인 담화 공동체의 담화 형태를 띠다고 볼 수 있다(Ritchie, 2001). 학생들은 소집단 모델링을 하면서 논변 요소 중 보장, 지지, 반증이 나타나는 추

론 과정을 나타냈으며 이로 인해 초기 모델의 부적절성에 대한 통찰력을 갖게 되고, 더 나은 모델을 구성하기 위해 비판적 검토를 하였다(Böttcher & Meisert, 2010).

Sampson & Clark(2008)은 증거를 이용하여 설명 모델을 만드는 추론 과정을 Toulmin(1958)이 제시한 논변 요소로 설명하였다. 이들은 증거가 어떻게 설명을 지지하고 왜 증거가 중요할 수밖에 없는지 설명 모델을 정당화하는 과정을 추론으로 보았다. Sampson & Clark(2009)의 과학적인 논변 분석틀을 Toulmin(1958)의 논변 요소와 대응시켜서 만든 모델링 추론과정 분석틀(그림 5)을 이용하여 모델링 과정을 분석해 보았다. 이 때, 다양한 논변 요소가 드러나는 추론 과정은 여러 사람들의 비판적 검토가 이루어지는 정교형 모델 변화에서 잘 나타났다(표 3). 다양한 논변 요소가 드러나는 추론 과정의 경우, 학생들은 자신의 설명 모델을 정당화하기 위한 논의를 활발히 한 것이므로 수준 높은 추론 과정이라고 볼 수 있다. 소집단 토론이 일어날 때, 다른 사람에 의해 자신의 주장이 도전을 받게 되면 학생들은 증거에 기반 하여 초기 모델을 재구성하는 경향이 있었다. 증거는 주로 이전에 가지고 있었던 배경 지식이나 석유 펌프를 조작하거나 돼지 심장을 해부했던 수업에서의 경험을 기반으로 하는 지식이 주를 이루었다. 학생들은 자신이 구성한 모델의 타당성을 부여하기 위해 이러한 증거들을 바탕으로 추론을 하였다.

소집단 모델링 과정에서 구성한 대부분의 소집단

표 3
모델링에서 나타나는 추론 수준의 차이

		1조		2조		3조		4조	
		1단계	2단계	1단계	2단계	1단계	2단계	1단계	2단계
증거의 출처	배경 지식	○	○	○	○	○	○		○
	석유 펌프 활동과 돼지 심장 해부	○	○	○		○		○	○
추론 과정	보장(warrant)	○	○	○	○	○	○	○	○
	지지(backing)	○		○					
	한정어(qualifier)								
	반증(rebuttal)	○		○					
모델의 목표모델에 도달 여부		○	○	○		○		○	○
소집단 모델 발달 유형		정교형	정교형	정교형	정체형	첨가형	정교형	정교형	정교형

설명 모델은 교사가 미리 정해 놓은 목표 모델에 도달하였으나 2조의 1단계와 3조의 2단계 모델은 목표 모델에 도달하지 못하였다. 2조의 2단계 모델링에서는 배타적 리더에 의해 제시된 불완전한 모델이 비판적 검토를 받지 못하고 그대로 소집단의 공동모델이 되었기 때문이다. 3조의 2단계 모델링에서는 비판적 검토에 의해 초기 모델을 수정하도록 요구하였으나 모델 제시자는 ‘혈액이 산소를 공급받기 위해 폐동맥으로 간다.’는 목적론적인 추론을 함으로써 초기 모델을 정당화하였다. 이 과정에서 과학적으로 타당한 추론 과정이 나타나지 않았기 때문에 최종 모델은 목표 모델에 도달하지 못하였다.

논변 요소의 출현 여부로 추론 과정을 살펴보면 학생들은 동일한 목표 모델을 가지고 동일한 탐구 활동을 하였으나 모델링 과정에서 나타난 추론의 수준 차이가 나타났다. 대부분의 모델링에서 보장(warrant)만 있는 낮은 수준의 추론이 나타난 것에 반해 1조와 2조의 1단계 모델링에서는 다양한 논변 요소가 존재하는 높은 수준의 추론이 나타났다. 1조와 2조의 1단계 모델링에서 높은 수준의 추론이 나타나게 된 원인과 이들이 학생들의 모델링에 미친 영향을 자세히 알아보겠다.

1) 모델 기반 수업의 탐구 활동 과제 특성에 따른 추론 과정의 차이

Toulmin(1958)의 논변 요소로 소집단 모델링에서의 추론 과정을 분석해 보았을 때, 1조와 2조의 1단계 모델링에서 다양한 논변 요소가 나타나는 높은 수준의 추론 과정이 일어났다(표 3). 이러한 원인을 1단계,

2단계의 탐구 활동 과제 특성에서 찾아보았다(표 4).

1단계 모델링에서 학생들은 비유 모델인 석유 펌프를 직접 조작하는 탐구 활동을 하면서 모델 구성을 하였다. 석유 펌프는 심장의 구조와 기능이 유사하여 심장의 혈액 흐름 메커니즘을 이해할 수 있도록 발판이 되는 비유 모델이다. 비유 모델은 실제 목표 개념과 학생들의 설명 모델 간의 중개자 위치를 갖는 현상과 개념의 단순화된 표상들이다(Coll *et al.*, 2005). 석유 펌프는 심장의 구조와 기능을 부분적으로 표상하였으며 3차원 비유 모델로써 학생들이 직접 조작하면서 구조를 쉽게 관찰할 수 있었다. 따라서 학생들은 모델링 과정에서 자신의 의견을 자신 있게 제시하는 자발적 추론을 하면서 언어적 상호작용이 활발히 일어났다. 그 결과 학생들이 구성한 대부분의 1단계 설명 모델은 석유 펌프 내에서의 물의 흐름 메커니즘을 펌프의 수축·이완 관계, 막의 개폐, 물의 흐름을 논리적으로 설명하는 목표 모델에 도달하였다. 학생들은 펌프 내에서의 물의 흐름이라는 역동적인 과정을 구조 측면에서 정교하게 설명하였다.

2단계 모델링은 돼지 심장을 해부하여 실제 심장을 관찰하는 탐구 활동을 한 후에 이루어졌다. 석유 펌프는 펌프 하나와 관 2개, 막 2개의 비교적 단순한 구조로 되어있지만 돼지 심장은 2개의 심방과 심실, 4개의 혈관, 2개 이상의 판막으로 구성된 복잡한 구조이다. 복잡한 심장 구조를 관찰하는 활동이었지만 실제 혈액의 흐름을 관찰할 수는 없었다. 목표 모델은 심장 내에서의 혈액의 흐름과 같이 역동적인 과정을 설명해야 하지만, 2단계 모델링 탐구 활동에서는 심장 구조만 관찰이 가능할 뿐 조작을 할 수 없었다. 학생들

표 4
모델링 1단계와 2단계의 특성 차이

	1단계 모델링	2단계 모델링
탐구활동 속성	석유펌프 조작 - 간단한 구조 - 조작 가능 - ‘펌프의 구조’ 직접 관찰 ‘물의 흐름’ 직접 관찰 가능	실제 심장 해부 - 복잡한 구조 - 조작 불가능 - ‘심장의 구조’ 직접 관찰 ‘혈액의 흐름’ 직접 관찰 불가능
추론 과정 속성	직접 관찰한 경험과 연결하는 자발적 추론	석유펌프 탐구 활동 경험과 과학적 지식, 심장 해부 구조 관찰에 의존한 간접적 추론
소집단 설명 모델 속성	대부분이 목표 모델에 도달 - 펌프의 수축과 이완, 막의 개폐, 물의 흐름을 연결해서 설명	일부 소집단 모델은 목표 모델에 도달하지 못함 - 혈액의 흐름 순서는 언급하였으나 판막의 개폐와 연결시켜서 논리적으로 설명하지 못함

은 석유 펌프 조작을 통해 알게 된 물의 흐름 메커니즘과 이전에 배웠던 과학 지식과 돼지 심장 구조를 관찰한 것을 연결 짓는 간접적인 추론 과정을 통해 소집단 설명 모델을 구성하였다. 그 결과, 일부 소집단 학생들의 설명 모델은 혈액의 흐름 순서 과정을 구조와 연결하여 설명하였지만 판막의 개폐와 연결하여 논리적으로 메커니즘을 설명하지는 못하였다. 또한 2단계 모델링의 목표 모델인 심장 내에서의 혈액의 흐름은 이미 학교에서 배워서 알고 있는 과학 지식이기 때문에 학생들은 배경 지식을 이용하여 목표 모델에 가까운 설명 모델을 모델링 초반에 제시하기도 하였다. 이것은 다른 학생들이 제시한 모델을 반박하거나 이에 도전할만한 설명 모델을 구성하지 못함으로써 학생들이 활발한 논변활동을 하지 않은 것으로 볼 수 있다. 따라서 과학자들의 합의를 통해 공고화 된 과학 지식을 논변의 대상으로 할 경우, 학생들 자신의 주장이 과학 지식에 도전할 수 없다고 판단하여 활발한 논변 활동이 일어나기 힘들다는 Millar(1998)의 주장을 지지한다.

2) 갈등 상황의 출현에 따른 추론 과정의 변화

갈등 상황은 Toulmin(1958)의 논변 분석틀 요소 중 반증(rebuttal) 형태의 발화에 의해 조성되었다. 반증이란 논변에 대한 자료, 보장, 지지, 한정어에 대해 반하는 진술이다(Simon *et al.*, 2006). 최초 모델은 설득하려는 성향을 지닌 리더에 의해 제시되었으며, 반증 도입은 이들의 사고를 자극해서 모델링 과정에서 다양한 논변 요소가 드러나도록 하였다(Berland & Reiser, 2009). 모델 제시자는 반증에 대해 논박하고 초기 모델을 정당화하면서 활발한 논변 활동을 하였으며, 초기 모델에 대한 이론적 근거를 풍부하게 하였고, 스스로 비판적 검토를 하면서 목표 모델과 가까운 모델로 발달시켰다.

① 정당화 과정에 의한 정교한 추론

학생들의 소집단 모델링을 살펴보면, 반증이 나타나는 추론 과정에서 갈등 상황이 유발되었다. 이지영과 김희백(2011)은 소집단 구성원들 사이에서 서로 다른 의견이 형성됨으로써 나타나는 내부 갈등을 논변 발달의 주요 요인으로 분석하였다. 소집단 모델링 과정에서 내부 갈등은 모델 제시자로 하여금 처음에 제시된 설명 모델을 정당화하도록 자극하여 모델의

이론적 기반을 풍부하게 해주는 요인이었다. 정당화 과정에서 다양한 논변 요소가 드러나게 되었는데 이는 1조의 1단계 모델링에서 잘 드러났다. 그림 10을 살펴보면 학생 2는 석유 펌프를 조작하고 관찰한 사실을 바탕으로 목표 모델에 가까운 M0을 구성하였다. 학생 1은 석유 펌프 내에서의 물의 흐름이 스포이트의 원리와 비슷하다는 질문 형태로 설명 모델 M1을 제시한다(8). M1은 M0에 경쟁 모델이며 내부 갈등을 일으키는 반증의 역할을 하였다. 학생 2는 M1에서 설명하는 스포이트 모델이 2개의 펌프가 동일한 펌프를 사용했기 때문에 압력만으로 현상을 설명할 수 없다는 반증을 제시함으로써 처음에 주장한 M0의 지지(backing) 역할도 동시에 하였다(9, 11). 또한 추가적으로 펌프 내부 공간에서의 물의 저장 능력을 막의 유무와 개폐와 연결하여 설명하면서(13) M0에 대한 이론적 근거를 풍부하게 제시하였다. 이와 같은 예시를 보면 경쟁 모델에 의한 내부 갈등으로 인해 초기 모델 제시자가 메타인지적인 사고를 하고 자신의 모델을 방어하며 경쟁 모델을 논박함으로써 모델에 대한 이론적인 근거를 풍부하게 하였다.

② 설명 모델의 발달

내부 갈등으로 인해 설명 모델에 대한 이론적 근거가 풍부해질 뿐만 아니라, 설명 모델은 목표 모델에 가깝게 발달하기도 하였다. 그림 11을 살펴보면, 학생 1은 A펌프가 B펌프에 비해 물을 잘 이동시키는 것은 A펌프가 막을 2개 가지고 있기 때문이라고 말하면서 단순히 막이 있어서 물이 잘 흐른다는 설명 모델 M0을 제시하였다(2). 이 때, 학생 2는 B펌프도 A펌프만큼 물을 잘 이동시킬 수 있다는 반증을 제시함으로써 내부 갈등이 나타났다(5). 학생 1은 이를 논박하면서 펌프 내의 물 저장량을 고려하는 M1을 제시하였다. 학생 3은 판막 역할이 빠진 것 같다는 질문을 하여 학생 1이 메타인지적인 사고를 하도록 자극하였다(10). 그 결과 학생 1은 목표 모델에 더 가까운 모델 M2를 구성하게 되었다(11). 학생 1의 질문은 주제에 대해 이해하고 있는 사실을 분명히 해주고, 논의에 사용하여 의심되었던 부분을 명확히 하여 다른 사고를 자극하는 인지 과정을 안내하여 발산적인 견해를 자극하였다(Chin & Osborne, 2008). 학생 3이 M2와 가까운 모델 M3을 제시하면서 M2가 소집단 구성원들의 합의를 통해 소집단의 최종 모델이 되었음을 알 수 있었

발화자	담화	증거	추론과정	설명모델
1 교사	A는 잘 되는데 B는 잘 안 되는지 2개의 구조를 관찰해보고, 잠깐만 그 전에 물의 흐름방향을 잘 보고 펌프마개를 열어서 두 경로를 열어두고 그 안의 구조를 관찰하면서 무슨 차이가 있는지를 찾아보세요.			
2 학생2	아~ 2개가 다르다. 이쪽에는 판막같이 막이 있는데, 이쪽에는 있는데 저쪽에는 없네. 여기는 막이 없으니까 물이 올라갔다 다시 내려가는거. (관 안쪽을 가리키면서)	A 펌프는 막이 2개이고 B 펌프는 막이 1개이다. 마개를 누르면 곧은 관의 막이 열렸다가 닫힌다.		
3 학생1	아. 이게 (관 안의 막을 가리키면서) 막 움직여. (중략)			
4 학생2	여기 마개를 누르면 (물이 올라가면서) 막이 열리잖아 그러니까 물이 올라와서 이게 (막이) 열려서 들어오면 막이 닫히고. 닫히니까 물이 다시 내려가지 못하는 거야 (중략)			
5 학생2	(B가 펌프를 만지다가) 그러니까 A는 이게 올라온 다음에 위로도 올라오는 게 아닐까? 심장 펌프 소리? 물이 올라가면 막히잖아. 물이 한번 들어오면 다 나가는 거지. B는 물이 올라왔어도 막을 지나기 전까지 이 밑으로 내려갈 수 없잖아. 안 막혀 있었으니까			
6 학생1	근데 그 사이에 빠져 나가나?			
7 학생2	언제?			
8 학생1	약간 스포이트처럼 그런 거 아닌가?			
9 학생2	근데 올라오니까지도 침들지 않나?			
10 학생1	그런가?			
11 학생2	근데 펌프는 (A, B 둘다) 똑같은지 압력은 똑같은지 아니야.			
12 학생1	응 (고역임)			
13 학생2	그러니까 예를 들면 이게 (물이) 올라왔어도 애는 (B) 물이 반만 내려가더라도 애는 (A) 물이 다 내려가는 거지. (활동지 각자 작성)			
14 학생1	펌프 속에 막이 2개야?			
16 학생2	응?			
17 학생1	펌프 속에 막이 2개야?			
18 학생2	응. 애는 (A) 2개고 애는 (B) 1개야.			

그림 10 1조의 1단계 모델링에서의 추론과정

발화자	담화	증거	추론과정	설명모델
1 교사	A는 잘 되는데 B는 잘 안 되는지 2개의 구조를 관찰해보고, 잠깐만 그 전에 물의 흐름방향을 잘 보고 펌프마개를 열어서 두 경로를 열어두고 그 안의 구조를 관찰하면서 무슨 차이가 있는지를 찾아보세요.			
2 학생1	(A가 주도적으로 2개의 관 안쪽을 살펴보다가) 이거 판막이 1개야. 이거는 2개인데 다른쪽은 1개야. 이거 2개인데 저건 1개야.	A 펌프는 막이 2개이고 B 펌프는 막이 1개이다.		
3 교사	물의 방향도 잘 봐봐. 왜 잘 되고, 잘 안되는지.			
4 학생1	아하. 나가고, 들어가고, (펌프를 수축이완시키면서 펌프의 구조를 자세히 살펴보면서)			
5 학생2	B도 잘 나오는데? 선생님. 이거 두 개 다 잘 나와요			
6 학생3	이건 힘이 약해.			
7 학생1	이쪽이 (A 펌프) 훨씬 잘 나와. 그런 펌프질을 빨리 해서 그런 거고			
8 학생2	아... 허탈한 웃음) (중략)			
9 학생1	물이 펌프에 들어가서 밖으로 나와야 하는데 펌프 안으로 들어오는 물의 양이 많지 않아.			
10 학생3	그게 아니라 판막 역할 그 얘기 아니야?			
11 학생1	어. 그러니까 물이 들어오고 닫힌다음 펌프에 물이 저장되고 다시 나가는 거잖아. 근데 애 (B)는 저장되지 않고 다 빠져나가버리잖아. 한번 더 빨아들어봐봐. 위로 땡기고 위로 쪽, 끝까지. 계속 땡겨봐. 탱크에 저장되는 양이 많지 않잖아. 안올라오는데. (중략)			
12 학생3	이게 (펌프가) 빨아들이면은 펌프 안으로 이리로 들어가면서 (물이) 여기가 (곧은 관 쪽의 막) 열리면서 (물을 빨아들이는데). 아. 이게 (막이) 있구나.			

그림 11 2조의 1단계 모델링에서의 추론과정

다(12). 반증에 의한 갈등 상황과 여러 학생들의 질문을 통한 참여가 일어남으로써 모델 제시자는 이러한 상황을 해결하기 위해 논박하고, 자기반성을 통해 초기 설명 모델을 명확히 인지하여 초기 모델은 목표 모델에 가깝게 발달하였다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 비유 교수 모델을 이용한 모델 기반 수업에서 학생들의 상호작용에 따른 심장 내 혈액 흐름에 대한 소집단 모델 발달 과정과 추론 과정을 탐색해보았다. 소집단 모델링 수업을 분석한 결과, 학생들의 소집단 모델 발달 유형은 정체형, 첨가형, 정교형이 나타났다. 소집단 모델 발달 유형은 학생들의 상호작용에 따라 결정되었으며, 많은 사례에서 정교형이 나타났다. 정교형 모델링이 나타나는 경우에 다양한 논변 요소가 나타나는 높은 수준의 추론 과정이 일어났으며, 비유 모형 활동과 내부 갈등이 수준 높은 추론 과정이 일어나도록 하여 초기 모델을 정당화하고 소집단 모델이 목표 모델에 도달할 수 있도록 하였다.

정체형 모델 발달은 리더만 모델을 제시하여 최종적인 소집단의 모델이 되므로 비협력적인 모델링(non-collaborative modeling)이며, 첨가형, 정교형 모델 발달은 두 사람 이상의 참여를 통하여 초기 모델이 보다 정교화되므로 협력적인 모델링(collaborative modeling)으로 볼 수 있다. 비협력적인 모델 발달에서는 배타적 리더가 설명 모델을 제시하고 강요할 뿐만 아니라 다른 학생들의 참여도 나타나지 않기 때문에 비판적 검토가 나타나지 않았다. 결과적으로 목표 모델에 도달하는 모델로 발달할 기회가 없이 개인적 차원에서만 모델링을 하였다. 정체형 모델 발달 과정에서는 제시된 모델이 정교화되지 못할 뿐만 아니라 학생들이 잘못된 설명 모델을 그대로 학습할 수 있는 위험이 있다. 그에 반해 협력적 모델링을 할 때에는 여러 학생들이 최초 모델에 대한 비판적 검토를 하면서 최종적인 설명 모델 구성에 기여하게 된다. 첨가형 모델링의 경우에는 모델 제시자가 아닌 사람에 의해 비판적 검토가 나타났고, 그 결과로 두 사람 이상의 설명 모델이 더해지면서 발달하였다. 정교형 모델 발달에서는 모델 제시자가 아닌 사람뿐만 아니라 모델 제시자의 자기반성에 의한 비판적 검토도 일어나게 되면서 초기의 모델은 목표 모델에 가깝게 발달하였

다. 협력적인 모델링은 여러 학생들이 모델 제시와 비판적 검토, 추론 과정에 참여를 통한 사회적 상호작용으로 인해 개인적 차원과 사회적 차원에서의 모델링이 모두 일어나 모델이 발달할 수 있다.

소집단 모델 발달 과정에서 나타나는 추론 과정을 Toulmin(1958)의 논변 요소를 이용하여 분석해보았을 때 정교형 모델 발달이 나타나는 1단계 모델링에서 높은 수준의 추론 과정이 일어났다. 1단계 모델링에서는 석유 펌프를 비유 모델로 사용하였는데, 이는 실제 심장 구조보다 단순하면서 구조와 기능이 비슷하여 학생들이 구조와 물의 흐름을 관찰할 수 있었다. 이러한 직접 경험에 의한 자발적 추론으로 인해 학생들에게 협력적인 상호작용을 가능하도록 하는 맥락이 조성되었다. 또한 반증(rebuttal) 형태로 내부 갈등이 나타나면서 다양한 논변 요소가 출현하는 높은 수준의 추론이 이루어졌다. 갈등 상황은 학생들이 자신의 주장을 정교화 하도록 촉진하여 다양한 논변 요소가 등장하는 등 수준 높은 논변 활동이 일어나도록 하였다. 뿐만 아니라 내부 갈등을 일으키는 반증을 제시하거나 확인 질문을 하는 것과 같은 여러 학생들의 참여로 인해 초기 모델이 목표 모델에 부합하는 설명 모델로 진화하는 원동력으로 작용하여 모델의 질이 향상되었다.

소집단 모델링은 개인적 차원뿐만 아니라 사회적인 차원에서 학습이 일어나도록 해주어 모델이 발달할 수 있는 좋은 학습 형태이다. 이 때에 학생들이 상호작용을 활발히 할 수 있도록 자극할 수 있는 적절한 교수 도구나 과제가 필요할 것이다. 그러나 협력적인 과제나 교수 도구를 제공한다고 해서 자동적으로 학생들이 협력적인 모델링을 하는 것은 아니라는 것을 확인하였다. 학생들이 활발한 언어적인 상호작용을 할 수 있는 사회적인 맥락을 조성해주어야 한다. 여러 학생들의 비판적 검토는 모델이 발달할 수 있었던 계기가 되었으므로 학생들이 다른 사람의 의견을 허용적, 비판적으로 수용할 수 있는 소집단 분위기가 형성되어야 한다. 이것은 짧은 시간 안에 이루어질 수 있는 것은 아니므로 교사는 평소 교실 수업에서 이러한 분위기가 형성되도록 학생들을 독려해야 할 것이다. 또한 리더의 성향도 학생들의 참여에 영향을 미치는 주요 요인이 된다. 따라서 교사는 소집단 구성을 할 때에 학생들의 성향을 고려하여 배타적 성향의 학생들만 구성되지 않도록 해야 한다. 또한 소집단 모델링

수업은 여러 학생들이 함께 학습을 할 수 있는 좋은 탐구 수업이지만 연구 결과에서 확인했듯이 소집단 내에서 비판적 검토가 나타나지 않을 때, 교사의 개입이 없을 경우 소집단 모델이 목표 모델에 도달하지 못하였다. 따라서 학생들의 토론을 중재하고 안내하는 교사의 적극적인 역할이 요구된다.

이번 연구에서는 심장 내에서의 혈액의 흐름에 대한 학생들의 소집단 모델 발달 과정을 알아보았다. 여러 학생들이 함께 모델링을 하면서 목표 모델에 근접하는 설명 모델을 구성하는 것을 알 수 있었다. 하지만 소집단 설명 모델이 개인에게 적절히 내면화가 되었는지 알 수 없었다. 추후에 소집단 모델링 학습이 개인의 내면화에 어떠한 영향을 미쳤는지 구체적으로 알아보는 연구가 필요할 것이다. 또, 심장 내 혈액의 흐름은 순환계에 대한 개념을 알기 위한 핵심 내용이지만 순환계에 대한 수업까지 연구가 이루어지지 않았다. 따라서 심장 내 혈액의 흐름에 대한 모델링 수업이 순환계에 대한 개념 학습에 미치는 영향 즉, 기관 수준의 학습과 개체 수준의 학습의 연관성에 대한 연구도 필요할 것이다.

국문 요약

이 연구의 목적은 소집단 상호작용에 따른 심장 내 혈액 흐름에 대한 모델 발달 유형과 추론 과정을 탐색해보는 것이다. 서울 소재의 지역 구청 영재원 8학년 학생들 14명이 3명이나 4명으로 한 소집단을 이루어 함께 탐구 활동을 하였다. 이들은 비유 모델 활동을 하면서 석유 펌프 내에서의 한 방향 물의 흐름에 대한 공동 모델을 구성하고, 돼지 심장을 직접 해부하여 실제 심장 내에서의 혈액의 흐름에 대한 공동 모델을 구성하였다. 소집단 상호작용은 학생들이 공동 모델을 구성하는 데에 중요한 요인이 되었으며, 모델의 비판적 검토, 모델의 제시자, 리더의 유형이 상호작용에 영향을 미쳤으며, 모델 발달 유형은 정체형, 첨가형, 정교형이 나왔다. 정교형 모델 발달에서는 모델 제시자 뿐만 아니라 다른 학생들도 모델을 비판적으로 검토하였으며, 여러 학생들이 모델을 제시하고, 설득적이거나 포용적인 리더가 존재하여 다양한 학생들이 모델링에 참여함으로써 모델이 정교화 되거나 목표 모델에 가까워지게 되었다. 소집단 모델링에서의 추론 과정을 분석한 결과 1단계 모델링에서 높은 수준의

논변이 나타났다. 탐구 활동의 속성상 비유 모델인 석유 펌프는 심장 구조보다 단순하고, 구조와 물의 흐름이 관찰 가능하여 학생들이 직접 경험에 의한 자발적 추론을 할 수 있어서 논변 활동이 활발하게 나타났다. 또한, 높은 수준의 추론 과정에서 내부 갈등 상황이 나타났는데, 이것으로 인해 학생들은 자신의 주장을 정교화 하였으며, 초기 설명 모델이 목표 모델에 가깝게 되면서 모델의 질이 향상되었다. 그러므로 석유 펌프와 같은 비유 모델 활동은 협력적인 모델링이 나타나게 해주는 좋은 학습 도구이므로 교수 학습 과정에서 적극적으로 활용해야 한다. 또한 공동으로 모델을 구성하는 과정에서 학생들의 생각이 정교화 되고, 설명 모델이 과학적으로 가까워지는 계기가 되므로 적절한 소집단 모델링 프로그램을 개발하고 현장에 적용해 보는 것이 필요할 것이다.

참고 문헌

- 강석진, 한수진, 노태희 (2002). 과학 개념 학습에서 협동적 소집단 토론의 효과. 한국과학교육학회지, 22(1), 93-101.
- 김미영 (2007). 모형 기반 수업을 통한 고등학생의 혈액 순환 개념 변화 탐색. 서울대학교 박사 학위 논문.
- 김미영, 김희백 (2006). 혈액 순환 요소별 학생들의 개념 분석: 횡단적 연구. 한국과학교육학회지, 26(6), 753-764.
- 김찬중, 오필석, 오영선, 박영신 (2005). 포트폴리오 체제를 적용한 수업에서 학생들의 소집단 내 상호작용 참여 양상과 포트폴리오 성취도와의 관계. 한국과학교육학회지, 25(7), 837-848.
- 김희경, 송진웅 (2004). 학생의 논변활동을 강조한 개방적 과학탐구활동 모형의 탐색. 한국과학교육학회지, 24(6), 1216-1234.
- 박지연, 이경호 (2008). 통합적 정신모형 이론에 기반한 4M 순환학습 수업모형의 효과: 고등학생의 원운동 관련 기초 개념과 정신모형의 발달 측면에서. 한국과학교육학회지, 28(4), 302-315.
- 오준영, 김유신 (2006). 천문 현상들을 설명하는 예비초등 교사들의 정신모형의 구조: 계절과 달의 위상변화. 한국과학교육학회지, 26(1), 68-87.
- 이고은, 최승연, 김찬중 (2010). 인터넷 메신저를

활용한 과학 수업에서 나타나는 학생들의 논변활동의 특성: 과학 영재 학생들의 사사과정의 사례. 한국지구과학학회지, 31(6), 625-636.

이봉우, 임명선 (2010). 탐구 토론에서 예비과학교사들의 논증 분석. 한국과학교육학회지, 30(6), 739-751.

이지영, 김희백 (2011). 갈등 상황에서 구성된 중학생들의 소집단 논변활동 유형. 한국생물교육학회지, 39(2), 235-247.

정구송 (2007). 지구 내부에 대한 고등학교 학생들의 정신모형 탐색. 한국지구과학학회지, 28(6), 643-652.

조현준, 양일호, 이효녕, 송윤미 (2008). 초등과학 영재의 논증활동에서 사용된 증거의 수준 분석. 한국과학교육학회지, 28(5), 495-505.

Bennett, J., Hogarth, S., Lubben, F., Campbell, B., & Robinson, A. (2010). Talking Science: The research evidence on the use of small group discussions in science teaching. *International Journal of Science Education*, 32(1), 69-95.

Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.

Bianchini, J. A. (1997). Where knowledge construction, equity, and context intersect: Student learning of science in small groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1039-1065.

Buckley, B. C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Educational*, 22(9), 895-935.

Buckley, B. C., & Boulter, C. J. (1996). Investigating the Role of Representation and Expressed Models in Building Mental Models. In Gilbert, J. K. & Boulter C. J.(ed) *Developing Models in Science Education*(pp. 119-135). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Böttcher, F., & Meisert, A. (2010). Argumentation in Science Education: A Model-based Framework. *Science & Education*, 20(2),

103-140.

Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39.

Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., Mamiala, T. L., & Mocerino, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 195-212.

Cohen, E. (1994). Restructuring the classroom: conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64(1), 1-35.

Coll, R., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.

Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: new roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.

Ford, M. J. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, 92(3), 404-423.

Gobert, J., & Buckley, B. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.

Hafner, R., & Stewart, J. (1995). Revising explanatory models to accommodate anomalous genetic phenomena: Problem solving in the "context of discovery". *Science*

Education, 79(2), 111-146.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.

Hogan, K. (1999). Sociocognitive roles in science group discourse. *International Journal of Science Education*, 21(8), 855-882.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models: Toward a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.

Justi, R. S., & van Driel, J. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), 549-573.

Kawasaki, K., Herrenkohl, L. R., & Yeary, S. (2004). Theory building and modeling in a sinking and floating unit: a case study of third and fourth grade students' developing epistemologies of science. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1299-1324.

Kuhn, T. E. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate, peripheral participation*. New York: Cambridge University Press/ 전평국, 박상선 역(2000). 상황학습. 교우사.

Lemke, J. L. (2001). Articulating communities: sociocultural perspectives on science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 296-316.

Linn, M. C. and Burbules, N. C. (1993).

Construction of knowledge and group learning. In K. Tobin (ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*(pp. 91-119) Washington DC: AAAS Press.

Millar, R. H. (1998). Rhetoric and reality: What practical work in Science Education is really for. In J. J. Wellington (Ed), *Practical Work in School Science*(pp. 16-31). New York: Routledge.

Moll, L. C., & Whitmore, K. F. (1993). Vygotsky in classroom practice moving from individual transmission. In E. A. Forman, N. M., & C. A. Stone (Eds), *Contexts for learning Sociocultural dynamics in children's development*(pp. 19-42) New York: Oxford University Press.

Nastasi, B. K. and Clements, D. H. (1991). Research on cooperative learning: implications for practice. *School Psychology Review*, 20(1), 110-131.

Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.

Núñez-Oveido, M. C., Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). Developing Complex Mental Models in Biology Through Model Evolution. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Ed), *Model Based Learning and Instruction in Science*(pp. 173-193): Netherlands: Springer.

Qin, Z., Johnson, D. W. and Johnson, R. T. (1995). Cooperative versus competitive efforts and problem solving. *Review of Educational Research*, 65(2), 129-143.

Richmond, G., & Striley, J. (1996). Making Meaning in Classrooms: Social Processes in Small-Group Discourse and Scientific Knowledge Building. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 839-858

Ritchie, S. (2001). Actions and discourses for transformative understanding in a middle school science class. *International Journal of*

Science Education, 23(3), 283–299.

Sampson, V., & Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 93(3), 448–484.

Sfard, A., & Kieran, C. (2001). Cognition as Communication: Rethinking Learning-by-Talking Through Multi-Faceted Analysis of Students' Mathematical Interactions. *Mind, Culture, and Activity*, 8(1), 42–76.

Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to Teach Argumentation:

Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2–3), 235–260.

Slavin, R. (1990). *Cooperative Learning: Theory, Research, and Practice*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Toulmin, S. E. (1958). *The Use of Argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind and society. The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.