



과학적 모형 구성 과정에서 나타난 사고 질문의 개념적 자원 활성화의 이해 -인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍을 중심으로-

이차은, 김희백*
서울대학교

Understanding the Role of Wonderment Questions Related to Activation of Conceptual Resources in Scientific Model Construction: Focusing on Students' Epistemological Framing and Positional Framing

Cha-Eun Lee, Heui-Baik Kim*
Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 May 2016

Received in revised form

11 June 2016

Accepted 16 June 2016

Keywords:

Framing, Epistemological framing, Positional framing, Wonderment question, Conceptual resources, Scientific model construction

ABSTRACT

The purpose of this study is to explore how students' epistemological framing and positional framing affect the role of wonderment questions related to the activation of conceptual resources and to investigate what contexts affect students' framings during scientific model construction. Four students were selected as focus group and they participated in collaborative scientific model construction of mechanisms relating to urination. According to the results, one student whose framings were "understanding phenomena" and "facilitator" asked wonderment questions, but the others whose framings were "classroom game" and "non-respondent" were not able to activate their conceptual resources. However, they were able to activate their conceptual resources when they shared the epistemological framing of "understanding phenomena" and shifted between the positional framings of "facilitator" and "respondent." Although they were able to activate their conceptual resources, these activated resources were not able to contribute to their model when they shifted to the framings of "classroom game" and "receiver." In contrast, when students constantly shared an "understanding phenomena" framing and dynamically shifted between the framings of "facilitator" and "respondent," they were able to activate various conceptual resources and develop their group model. The students' framings were affected by the contexts. These included: when students were confronted with cognitive difficulties and were not provided proper scaffolding; when the teacher played the role of answer provider and guided the activity with correctness; when there were several possible explanatory models that students could choose from; and when the teacher played the role of thought facilitator. This study contributes to supporting teaching and learning environments for productive scientific model construction.

1. 서론

최근 과학 교육에서는 개념을 하나의 커다란 인지 구조로 여기는 단일적 관점의 한계점을 극복하기 위한 하나의 대안으로서 자원 기반 관점에 주목을 하고 있다(diSessa, 1993; Hammer & Elby, 2002; Hammer *et al.*, 2005; Oh, 2015). 개념에 대한 단일적 관점은 학생들이 갖고 있는 오개념을 과학적 개념으로 대체되어야 할 학습의 방해 요소로 여기고, 맥락에 따라 학생들이 다른 개념을 갖고 있는 것처럼 보이는 현상을 설명하지 못한다는 한계점을 안고 있다(diSessa, 1993; Hammer, 1996; Hammer & Elby, 2002; Hammer *et al.*, 2005). 이에 따라 diSessa(1993)는 지식을 구성하는 세분화된 요소로 '현상학적 기초 요소(Phenomenological primitives, p-prims)'를 제안했다. 예를 들어, 그는 '움직임에는 힘이 필요하다.'는 오개념을 '지속성(maintaining agency)'과 '작동성(actuating agency)' 등의 p-prims로 세분화하였다. 학생들은 이러한 p-prims를 모두 갖고 있고, 맥락에 따라 적절하

게 또는 부적절하게 활성화시켜 과학적 개념을 형성할 수 있다. Hammer & Elby(2002)는 diSessa의 p-prims 아이디어를 더욱 발전시켜 '자원(resources)'이라는 용어를 사용하여 개념적 측면뿐만 아니라 인식론적 측면에서의 학습을 설명하였다. 학생들은 일상이나 학교에서 다양한 경험을 통해 광범위한 개념적 자원(conceptual resources)과 인식론적 자원(epistemological resources)들을 축적해온다(Hammer *et al.*, 2005). 이러한 자원들은 맥락 특이적으로 활성화되며, 활성화된 자원들은 서로 네트워크를 이루어 구체적인 개념이나 인지 양식을 결정한다(Hammer & Elby, 2002; Hammer *et al.*, 2005).

사회적 상호작용을 기반으로 하는 과학적 모형 구성은 자연 현상을 관찰하고 그 본성에 대해 깊게 탐구하기 위해 다른 사람과 상호작용함으로써 모형을 공동으로 생성·평가·수정하는 지식 구성의 과정으로, 과학 탐구의 본질로 여겨진다(Clement, 2008; Gilbert *et al.*, 2000; Passmore, Stewart, & Cartier, 2009; Radinsky, Oliva, & Alamar, 2010). 학생들은 모형 구성 과정에서 여러 종류의 추론들을

* 교신저자 : 김희백 (hbkim56@snu.ac.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2016.36.3.0471>

생성하는데, 이 때 정신 모형과 같은 인지 구조를 사용하게 된다(Harrison & Treagust, 1996). Hammer의 자원 관점에 따르면, 이러한 인지 구조는 세분화된 다양한 개념적 자원들로 구성되어 있고, 학생들은 맥락에 따라 관련된 개념적 자원들을 활성화시켜 자연 현상을 이해하고 지식을 능동적으로 구성해나갈 수 있다. 최근 Oh(2015)는 Hammer의 자원 기반 관점을 도입하여 계절 변화에 관한 과학적 모형 구성 과정에서 학생들이 가지고 있는 다양한 개념적 자원이 활성화되고 조합되는 과정을 분석하기도 하였다.

한편, 학생들은 지식 구성 과정에서 개념적 자원들을 활성화시키고, 다양한 추론들을 이끌어내기 위한 도구로서 질문을 사용한다. 질문하기는 과학적 탐구의 핵심으로, 많은 연구들에 의해 그것의 교육적 가치가 입증되어 왔다(Chin & Brown, 2002; Chin & Osborne, 2008; Chin & Osborne, 2010; Maskill & de Jesus, 1997; Scardamalia & Bereiter, 1992). 질문은 인식적 탐침(epistemic probe)으로써 학생들로 하여금 사고를 드러내고, 선지식을 활성화시키며, 설명을 이끌어내고, 제시된 아이디어를 정당화하도록 촉진한다(Chin & Osborne, 2008, 2010). Chin & Brown(2002)은 학생들에 의해 생성된 질문을 사고 질문(wonderment question)과 정보 질문(basic information question)으로 나누었고, 그들의 탐구를 이끌고 지식 구성을 안내하는 질문의 역할을 강조하였다. 특히, 학생들의 사고 질문은 인지적 사고를 자극하여 개념에 대한 논의를 촉진하고, 지식 구성을 성공적으로 이끌어 갈 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 이와 같은 선행 연구들의 결과에 비추어 보았을 때, 학생들의 사고 질문은 모형 구성에 필요한 개념적 자원들을 활성화시키고, 활성화된 개념적 자원들을 서로 결합하여 모형을 점진적으로 발달시킬 수 있음을 기대해볼 수 있다.

그러나 실제 모형 구성 수업에서 학생들이 사고 질문을 제기하지만 그들의 모형 구성 과정이 종종 비생산적으로 이루어지는 경우가 나타난다. 초기 연구들은 그 원인을 개인의 능력 부족으로 보아 활동에 필요한 능력을 명시적으로 가르치는 수업을 강조했지만(Kuhn, 1991), 최근 많은 연구들에서 명시적인 수업을 받지 않은 학생들도 맥락에 따라 생산적인 실행을 보일 수 있다는 것을 밝혀왔다(Berland & Reiser, 2011; Berland *et al.*, 2015; Engle & Conant, 2002). 사회 문화적 관점에서 이러한 연구의 결과들은 과학적 실행에 생산적으로 참여할 수 있는 사회적·인식적 맥락을 탐색하는 것의 중요성을 지지한다(Berland & Hammer, 2012; Chin & Osborne, 2010). 맥락을 고려하지 않고 활동에 필요한 기술만을 강조한다면 학생들이 활동을 '과학하기(doing science)'보다 '수업하기(doing the lesson)' (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000)로 인식하고, 아이디어의 본질에 관심을 기울이기보다 교사로부터 점수를 얻기 위해 노력하도록 만들 수 있다(Berland & Hammer, 2012; Hutchison & Hammer, 2010).

이와 같이 참여하고 있는 활동에 대한 개인의 인식과 기대는 활동의 목표와 행동 방식뿐만 아니라 다른 사람과의 상호작용 방식을 결정한다. 개인의 기대는 상황을 바라보는 하나의 해석적 틀로 사용되는 '프레임(frame)'으로 이해될 수 있다. 프레임이란 "여기에서 무슨 일이 일어나고 있는가?"에 대한 기대들의 세트로 어떠한 상황에 대한 해석적 틀을 의미하며(Goffman, 1974), 프레임을 기반으로 현재의 상황을 이해하고 해석하는 과정을 프레임링(framing)이라고 일컫는다(Maclachlan & Reid, 1994). 프레임링은 다양한 측면에서 개인의 인지와 행동에 영향을 미치기 때문에 그것이 함축하고 있는 의미는

매우 강력하다(Tannen & Wallat, 1993). 프레임링에 관한 연구들에서는 주로 지식과 학습에 관한 인식론적 프레임링(epistemological framing)(Redish, 2004; Hammer *et al.*, 2005), 사회적 상호작용의 측면에 관한 위치 짓기 프레임링(positional framing)(Greeno, 2009; van de Sande & Greeno, 2012) 등이 논의되어 왔다.¹⁾

사회적·인식적 측면에서 학생들의 프레임링은 그들의 과학적 실행을 이해하는 데 유용한 렌즈를 제공한다. 인식론적 프레임링은 교육적 목표에 생산적일 수도 그렇지 않을 수도 있다(Hutchison & Hammer, 2010). 예를 들어, 수업에서의 활동을 '교실 게임'으로 프레임링 한 학생은 지식이 교사나 교과서에 의해 제시된 정보의 형태로 올 것을 기대하며 정확한 과학적 용어를 사용하는 것에 초점을 두고 교사로부터 점수를 얻기 위해 정답을 찾는 것에 몰두할 것이다(Hutchison & Hammer, 2010). 반면, '자연 현상 이해하기'로 프레임링 한 학생은 지식을 어디서든 올 수 있는 것으로 기대하며 자신이 갖고 있는 자원들을 보다 쉽게 수업으로 이끌어 오고, 일상적이면서도 흔한 용어를 사용하여 현상을 설명하고자 할 것이다(Hutchison & Hammer, 2010). 또한 인식론적 프레임링은 맥락에 따라 역동적으로 변하는 특성을 지니며, 인식론적 자원 네트워크의 활성화를 이끈다(Elby & Hammer, 2010; Hammer & Elby, 2002; Hammer *et al.*, 2005). 예를 들어, Rosenberg, Hammer, & Phelan(2006)의 연구에서 8학년 학생들은 초반부에 활동지를 채우는 것에 전념하고 있었는데 '너희들이 알고 있는 것에서 시작해보아라'라는 교사의 조언 이후, 현상을 이해하기 위해 인과적 설명을 만들어내는 모습을 보였다. 학생들의 인식론적 프레임링은 학생들이 모형 구성에 생산적으로 참여하는 것을 도울 수 있기 때문에 '자연 현상 이해하기'와 '과학하기'와 같이 보다 생산적인 방향으로 활동을 프레임링 할 수 있도록 맥락을 조성해줄 필요가 있다.

활동에 참여하는 구성원들 사이의 상호작용 속에서 자신을 어떻게 위치 짓는가에 대한 프레임링 또한 생산적인 모형 구성 과정으로의 참여를 결정짓는다(van de Sande & Greeno, 2012). '위치 짓기 프레임링(positional framing)'이란 집단 내에서 자기 자신과 다른 구성원들을 이해하는 방식으로 어떤 자격을 갖고, 어떻게 참여해야 하는지에 대한 개인의 기대이다(Greeno, 2009; van de Sande & Greeno, 2012). 선행 연구들에서 위치 짓기 프레임링은 Harré & van Langenhove(1999)의 '위치 짓기(positioning)', Philips(1972)의 '참여자 구조(participant structure)' 등으로 논의되어 왔고, Hammer의 사회적 프레임링('여기서 내가 누구와 어떻게 상호작용하기를 기대하는가?')과 비슷한 맥락에서 사용된다. 사회 문화 이론에 따르면 어떤 맥락에서든 사람들 사이에 파워 관계가 형성될 수 있고, 개인은 지식을 능동적으로 구성하는 주체자로서 맥락에 대한 자신의 이해를 기반으로 자신의 위치를 결정하고 행동한다. 다른 사람과의 대화 속에서 스스로를 화자 또는 청자로 위치 짓는 것처럼 위치 짓기는 대화를 통해 형성되기 때문에

1) Greeno(2009)와 van de Sande & Greeno(2012)는 프레임링의 유형을 위치 짓기 프레임링(positional framing)과 인지적 프레임링(cognitive framing)으로 나누고, 인지적 프레임링을 다시 인식론적 프레임링(epistemological framing)과 개념적 프레임링(conceptual framing)으로 구분하였다. 이들은 정보를 다루는 측면에 관해 개념적 프레임링의 개념을 제안하였지만, 일반적으로 인식론적 프레임링이 지식을 얻는 방법에 관한 것을 포함하는 의미로 사용되기 때문에 개념적 프레임링을 명확히 구분하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 개념적 프레임링의 의미를 포함한 보다 넓은 관점으로 인식론적 프레임링의 개념을 사용한다.

(Harré & van Langenhove, 1999), ‘위치 짓기’의 개념은 대화의 역동적 측면에 초점을 맞추는 데 유용하게 사용될 수 있다. 이러한 ‘위치 짓기’나 ‘참여자 구조’ 등의 개념은 주어진 맥락에 따라 매우 역동적으로 전환될 수 있기 때문에 프레이밍의 관점과 일맥상통한다. 예로, Tabak & Baumgartner(2004)는 ‘참여자 구조’의 개념을 사용하여 활동에 어떻게 참여하는가에 대한 개인의 역할과 기대를 포함하는 학생들의 이해가 교사가 제공한 아주 미묘한 단서를 통해 변화될 수 있다는 것을 밝혔다. 또한 대화를 통해 학생들의 위치 짓기 프레이밍을 이해하는 것은 소집단 활동에서 나타나는 다양한 상호작용과 그 안에서 이루어지는 자원의 활성화 과정을 보다 잘 설명할 수 있도록 한다. 소집단 활동에서 학생들은 특정한 위치 짓기 프레이밍을 통해 협력적으로 과제를 해결하는데, van de Sande & Greeno(2012)는 수학적 문제 해결 수업에서 소집단 학생들이 정보에 대한 서로 다른 관점을 가진 "정보를 받는 사람(listener)"과 "정보를 제공하는 사람(source)"으로 자신의 위치를 역동적으로 전환시킴으로써 상호 이해에 도달할 수 있음을 밝혔다. 이러한 연구의 결과는 소집단의 협력적인 모형 구성을 위해 학생들이 생산적으로 자신의 위치를 프레이밍하고, 이를 상황에 따라 역동적으로 전환시킬 필요성을 제기한다.

위와 같은 연구들은 사회적 상호작용을 기반으로 하는 모형 구성에 학생들이 생산적으로 참여할 수 있도록 생산적인 프레이밍을 지원하는 교수·학습적 맥락을 조성해야 함을 제안한다. 이를 위해서는 먼저, 학생들의 프레이밍을 이해하고, 어떠한 맥락이 프레이밍의 형성과 전환에 기여하는지를 파악할 필요가 있다. 그러나 학생들의 프레이밍에 대한 연구는 최근에서야 두드러지기 시작했으며(Berland & Hammer, 2012; Elby & Hammer, 2010; Hammer *et al.*, 2005; Hutchison & Hammer, 2010; Louca *et al.*, 2004; Rosenberg, Hammer, & Phelan, 2006; van de Sande & Greeno, 2012), 국내에서도 거의 이루어지지 않았다(Lee, Yun, & Kim, 2015). 특히, 모형 구성과 같은 과학적 실행을 학생들의 프레이밍 관점에서 이해한 연구가 매우 드물다. 과학적 모형 구성 과정에서 학생들의 프레이밍에 주목하는 것은 학생들이 다양한 개념적 자원을 활성화시키고, 이들을 서로 결합함으로써 지식을 구성해가는 과학적 실행에 대한 더욱 깊은 이해를 제공할 수 있다. 더 나아가 학생들의 프레이밍에 영향을 미치는 맥락들을 탐색함으로써 생산적인 모형 구성 활동을 지원할 수 있는 구체적인 방안들을 모색하는 데 기여할 수 있을 것이다. 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 과학적 모형 구성 과정에서 사고 질문에 의한 개념적 자원의 활성화가 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍에 따라 어떻게 달라지는가?

둘째, 어떠한 맥락들이 학생들의 프레이밍에 영향을 미치는가?

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 참여자

서울시 소재의 여자 중학교 2학년 1개 학급의 총 32명의 학생들과 1명의 교사가 연구에 참여하였다. 이 학교는 소득 수준이 중위권에

속하는 곳에 위치하였고, 학생들의 학업 성취도 역시 중위권에 해당했다. 참여 교사는 약 10년의 교육 경력을 가진 생물 교육 전공자였다. 교사는 모형 구성 활동을 이전에 진행한 경험은 없었지만, 평소 수업에서 학생들의 적극적인 참여와 사고를 촉진시키기 위해 다양한 방법을 시도하고 있었다. 교사는 수업 전에 연구자가 개발한 모형 구성 수업에 대한 설명을 들었고, 수업 진행 중에도 연구자와 끊임없이 소통하고 논의하며 자신의 수업을 개선시키고자 노력하였다.

참여 학급의 학생들은 교사와 매우 친밀한 관계를 유지했고, 수업에 활발하게 참여하여 평소에도 수업 분위기가 좋은 편이었다. 학생들 또한 모형 구성 수업에 대한 경험이 없었지만, 과학 수업에서 소집단으로 실험하는 활동에 종종 참여하였다. 참여 학생들은 4명씩 1개의 소집단을 이루었고, 소집단 구성원들은 과학 성적, 학습 접근 방식을 고려하여 이질적으로 구성되었다. 과학 성적은 직전 학기 성적을 기준으로 학급 내에서 상·중·하를 구분하였고, 가급적 성적이 골고루 섞일 수 있도록 소집단에 학생들을 배치하였다. 또한 학생들의 학습 접근 방식이 소집단의 상호작용에 영향을 미친다는 Chin & Brown(2000)의 연구 결과를 바탕으로 수업 시작 전에 학생들을 대상으로 학습 접근 방식 검사(Entwistle & Ramsden, 1982)를 실시하였다. 그 후에 검사 결과를 바탕으로 피상적, 심층적 접근 방식을 가진 두 집단으로 나누어 각 소집단에 골고루 배치될 수 있도록 하였다.

본 연구에서는 과학적 모형 구성 과정에서 사고 질문에 의한 개념적 자원의 활성화가 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍에 따라 어떻게 달라지는지를 탐색하고자 하였기 때문에, 학생들이 수업에 적극적으로 참여할 뿐만 아니라 모형 구성을 위한 논의 과정에서 다양한 사고 질문이 나타나고, 전체 수업 동안 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍이 역동적으로 전환되며 이로 인해 사고 질문이 개념적 자원을 활성화시키거나 그렇지 못한 경우가 나타난 소집단 3을 초점 집단으로 선정하였다. 초점 집단 학생들의 이름은 소집단의 번호와 알파벳으로 처리하였으며, 이들의 세부적인 특징은 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Description of participants in the focus group

학생	성별	과학 성적	학습 접근 방식	비고
3A	여	상	심층적	
3B	여	중	피상적	
3C	여	중	심층적	
3D	여	하	피상적	수업에 거의 참여하지 않음

2. 수업 과정

중학교 2학년 과학 ‘배설’ 단원에서 총 6차시의 모형 구성 수업을 개발하여 적용하였다. 모형 구성 수업에서 학생들은 GEM 순환 고리(Rea-Ramirez, Clement, & Nunez-Oviedo, 2008)에 따라 배설의 경로나 원리를 설명하는 소집단의 설명 모형을 구성(Generation)하였고, 전체 토론을 통해 소집단의 모형을 서로 평가(Evaluation)하였으며, 자신들의 모형을 수정(Modification)하여 교실 전체의 합의된 과학적 설명 모형을 구성하기 위해 노력했다. 전체 6차시의 모형 구성 과정을 통해 학생들은 배설의 경로와 원리를 통합하는 정교한 정신 모형을 발달시켜 나갈 수 있었다. 수업에 대한 자세한 내용은 Table 2에 제시

Table 2. Contents of the implemented model construction lessons

차시	주제	모형 구성 활동
1	배설 경로	배설 경로(팍의 세포에서 만들어진 질소 노폐물이 몸 밖으로 빠져나가는 경로)에 관한 사전 모형 구성
2	콩팥 구조, 노폐물 분리	콩팥 구조에 대한 교사 설명 후 여과의 원리에 대해 제시된 세 가지 가설 모형 중 가장 적합하다고 여겨지는 설명 모형을 선택하고 뒷받침하는 근거 제시
3	배설원리1 - 여과	주사기 실험 후 실험에서 얻은 여과의 원리에 관한 비유형 설명 모형 구성
4	배설원리2 - 재흡수, 분비	표로 주어진 모세혈관, 세뇨관의 물질 농도 데이터를 바탕으로 재흡수 및 분비의 원리에 관한 설명 모형 구성
5	배설 원리 통합	오줌검사 실험 후 오줌 이상의 원인을 콩팥의 구조에 관한 설명 모형 구성
6	배설 경로	배설 경로(팍의 세포에서 만들어진 질소 노폐물이 몸 밖으로 빠져나가는 경로)에 관한 사후 모형 구성

하였다.

1, 6차시 활동에서 학생들은 각각 인체에서 세포 호흡의 결과로 생성된 노폐물이 몸 밖으로 빠져나가는 경로에 대한 사전, 사후의 설명 모형을 구성하였다. 이 활동에서 학생들은 인체 모양이 그려진 전지에 소집단의 모형을 그림으로 나타내고 설명을 구성하였다. 2~5차시 활동에서 학생들은 배설의 원리에 대한 소집단의 설명 모형을 구성하여 각자의 활동지에 적었다. 2차시 활동에서 학생들은 여과의 원리에 대한 제시된 예시를 바탕으로 노폐물의 여과 원리에 대한 사전 모형을 구성하였고, 3차시 활동에서 주사기-실린지 필터 실험을 통해 여과의 원리에 대한 설명 모형을 구성하였다. 4차시 활동에서 원뇨와 오줌에 포함된 물질 농도에 대한 자료를 표의 형태로 제공받았고, 신장의 구조를 나타낸 모식도에 스티커를 붙인 후 이를 바탕으로 재흡수와 분비의 원리에 대한 설명 모형을 구성하였다. 5차시 활동에서는 오줌 검사지를 이용하여 오줌 이상의 여부를 판별하고, 콩팥의 구조와 관련된 오줌 이상의 원인에 대한 설명 모형을 구성하였다.

3. 자료 수집 및 분석

가. 자료 수집

학생들의 모형 구성 활동에 대한 자료 수집은 총 6차시의 ‘배설’ 단원 수업 동안에 이루어졌다. ‘배설’ 단원 수업 동안 소집단 학생들의 모형 구성 활동 및 전체 토론은 모두 녹화·녹음 되었고, 교사와 학생의 발화뿐만 아니라 행동 특성까지도 모두 포함하여 전사하였다. 2, 4, 6차시의 수업 후에는 초점 소집단 학생들과 연구자간의 협력적 반응을 진행하여 학생들에게 수업에서의 실행을 반성해 볼 수 있는 기회를 제공하였다. 협력적 반응은 20~30분간 진행되었으며, 내용은 모두 녹화·녹음되어 전사되었다.

또한 학생들이 모형 구성 수업에서 작성한 활동지와 소집단의 모형을 그림이나 글의 형태로 표현한 산출물들, 연구자가 수업을 관찰하

면서 작성한 필드노트를 추가적으로 수집하였다. 다양한 수집 자료를 과학 교육 전문가 및 과학 교육 연구자들과 지속적인 논의를 거쳐 분석함으로써 해석의 타당성과 신뢰성을 높이고자 노력하였다.

나. 자료 분석

본 연구에서는 소집단의 과학적 모형 구성 과정에서 사고 질문에 의한 개념적 자원의 활성화가 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍에 따라 어떻게 달라지는 지를 이해하고, 어떠한 맥락들이 학생들의 프레이밍에 영향을 미치는지를 알아보고자 하였다. 이를 위해 배설 단원에서 이루어진 6차시의 모형 구성 수업에 대한 전사본을 주된 분석 자료로 사용하여 학생들의 사고 질문과 개념적 자원의 활성화를 확인하였고, 이 과정에서 드러난 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍을 분석하였다. 연구자는 모든 자료를 분석한 뒤 2인의 과학 교육 전문가와 함께 분석한 내용을 검토하였고, 검토 후 서로 의견이 일치하지 않은 부분에 대해서는 논의를 통해 일치시켰다.

소집단의 과학적 모형 구성 과정에서 나타나는 학생들의 사고 질문을 확인하기 위해 Chin & Brown(2002)의 질문 유형 틀을 사용하였고, 모형 구성 활동의 특성에 맞게 틀을 수정한 뒤 학생들의 질문을 코딩하였다. Chin & Brown(2002)은 학생들이 제시하는 질문의 유형을 정보 질문과 사고 질문으로 나누었고, 이에 대한 자세한 설명은 Table 3에 제시하였다. 사고 질문은 보다 심층적인 인지적 사고를 자극하여 활동에 관련된 개념적 자원을 활성화시키고, 이를 결합하고 정교화하여 모형이 발달되도록 한다. 반면, 정보 질문은 심층적인 인지적 사고를 자극하지 않고 단순한 정보를 회상하거나 과제 수행에 관한 절차를 확인한다.

각 모형 구성 수업에서 학생들이 나타내는 사고 질문에 대한 대답 또는 사고 질문 그 자체가 개념적 자원을 포함하는 경우 개념적 자원이 활성화된 것으로 해석하였고, 활성화된 개념적 자원들의 결합으로

Table 3. The type of Questions

	질문 유형	설명
정보 질문	사실질문	이미 배운 단순한 정보를 회상하도록 하는 질문
	절차질문	주어진 과정을 명확히 하거나 과제 수행방법에 대한 질문
	설명질문	모형 구성 과정에서 원리 등을 이해하고자 설명을 요청하는 질문
	예측질문	다양한 추론 또는 가설-증명을 포함
사고 질문	변칙발견질문	회의적인 태도, 인지갈등을 표현하거나 주어진 설명에 다른 의견을 가질 때 하는 질문
	적용질문	배운 개념을 확장하게 하는 질문
	계획질문	모형 구성을 계획하는 질문

Table 4. Students' epistemological framing in discourse

	비생산적인 인식론적 프레이밍	생산적인 인식론적 프레이밍
프레이밍	교실 게임	현상 이해
활동 목표	활동지에 정확한 답을 채워 넣는 것	자연 현상을 이해하고 설명하는 것
특성	<ul style="list-style-type: none"> 지식은 교사나 교과서로부터 제시된 정보의 형태로 제공되는 것으로 기대함 권위자가 옳다고 한 지식만을 인정함 교사나 교과서로부터 승인된 형식적인 과학적 용어를 이해 없이 사용함 	<ul style="list-style-type: none"> 지식은 어디서든 올 수 있는 것으로 기대함 학교 수업이나 자신의 경험으로부터 축적해온 개념적 자원을 활성화하고, 추론을 통해 적합성을 평가함 일상적인 언어를 사용함

설명 모형이 발달되는 과정을 질적으로 분석하였다. 모형 구성 활동의 교수 목적에 따라 학생들이 추론을 통해 자연 현상을 설명하는 모형을 생성·평가·수정하여 모형의 설득력을 높이고자 하였을 때 (Rea-Ramirez, Clement, & Nunez-Oviedo, 2008; Schwartz *et al.*, 2009) 모형 구성 과정을 생산적인 것으로, 그렇지 않은 경우는 비생산적인 것으로 해석하였다.

프레이밍은 담화적 특성을 기반으로 하기 때문에(Tannen, 1993) 모형 구성 활동 동안에 이루어진 학생들의 담화로부터 추론할 수 있다. 특히, Tannen(1993)은 담화에서 드러나는 화자의 단어 선택으로 그의 프레이밍을 확인할 수 있음을 제안하였다. Tannen의 담화적 분석을 기반으로 Hutchison & Hammer(2010)는 과학 수업에서 학생들이 어떤 언어를 선택하고 그것을 어떻게 사용하는지, 지식을 어떻게 사용하는지, 개념과 자연 현상 사이를 어떻게 연결하는지, 서로 다른 개념 사이를 연결하고자 하는지 등을 통해 학생들의 인식론적 프레이밍을 분석하였다. 그들은 과학 수업에 보다 비생산적인 '교실 게임' 프레이밍과 보다 생산적인 '자연 현상 이해하기' 프레이밍을 동정하였고, 각각의 프레이밍에서 학생들이 보인 특성을 밝혔다. 따라서 본 연구에서는 Hutchison & Hammer(2010)의 연구를 기반으로 모형 구성 과정에서 드러나는 학생들의 발화와 행동으로부터 그들의 인식론적 프레이밍을 분석하였다(Table 4).

학생들의 위치 짓기 프레이밍 또한 다른 사람과의 상호작용이 이루어지는 담화로부터 추론해볼 수 있다(Tannen, 1993). 본 연구에서는 정보에 대한 관점보다는 상호작용이 이루어지는 소집단 구성원들 간의 관계에 초점을 맞추어 van de Sande & Greeno(2012)의 위치 짓기 프레이밍을 더욱 세분화하였고, 학생들의 발화와 행동으로부터 그들의 위치 짓기 프레이밍을 분석하였다(Table 5).

마지막으로, 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍의 형성과 전환에 영향을 미친 맥락을 수업 비디오 영상과 전사본, 협력적 반성 자료를 활용하여 탐색하였다.

Table 5. Student's positional framing in discourse

	위치 짓기 프레이밍	상호작용에서 드러나는 특성
정보를 제공하는 사람 (Source)	지시자(Indicator)	다른 사람의 인지적 사고를 자극하지 않고 지시적으로 지식을 전달하고자 함
	촉진자(Facilitator)	사고 질문을 제기하여 다른 사람의 인지적 사고를 자극하고 개념적 자원을 활성화시키고자 함
정보를 받는 사람 (Listener)	수용자(Receiver)	주어진 지식을 이해 없이 그대로 받아들임
	응답자(Respondent)	촉진자의 사고 질문에 적절히 응답하며 개념적 자원을 활성화시키고 동시에 다른 질문을 불러일으켜 논의가 이어지게 함

그 외에도 상호 작용 관계를 단절시키는 비응답자(Non-respondent)의 위치 짓기 프레이밍은 다른 사람에게 적절히 응답하지 않고 거의 무시하는 모습을 보이는 경우에 나타남

III. 연구 결과 및 논의

분석 결과, 소집단의 모형 구성 과정에서 학생들이 사고 질문을 통해 적절한 개념적 자원을 활성화시켜 소집단 모형을 생산적으로 구성하는 경우도 있었지만, 사고 질문이 적절한 개념적 자원을 활성화시키지 못하거나, 개념적 자원이 활성화되었지만 소집단의 모형 구성에 기여하지 못하고 결국 소집단의 모형 구성이 비생산적으로 이루어진 경우도 나타났다. 이것은 학생들의 사고 질문이 소집단의 모형 구성을 항상 생산적으로 이끄는 것이 아니었음을 보여준다. 이러한 실행은 맥락에 따라 서로 다르게 나타났으며, 맥락에 따라 역동적으로 변하는 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍에 영향을 받았다.

다음은 배설에 관한 모형 구성 활동에서 다양한 사고 질문을 나타냈지만 때때로 생산적 또는 비생산적인 모형 구성을 보인 소집단 3의 사례를 분석한 것이다. 먼저, 모형 구성 과정에서 사고 질문에 의한 개념적 자원의 활성화와 소집단의 모형 구성 과정을 탐색한 후, 이를 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍의 관점에서 심도 있게 논의하고자 한다.

1. 사고 질문이 모형 구성에 적절한 개념적 자원을 활성화시키지 못한 경우

가. 초기 단계의 모형 구성 과정에서 나타난 사고 질문과 개념적 자원의 비활성화

학생들이 모형 구성 과정에서 사고 질문을 나타냈지만, 모형 구성에 적절한 개념적 자원을 활성화시키지 못한 경우는 배설 경로에 대한 사전 모형을 구성하는 1차시 수업에서 나타났다. 이 수업에서 학생들은 배설 단원을 학습하기 전에 세포에서 만들어진 노폐물이 몸 밖

으로 어떻게 빠져나갈 수 있는지를 설명하고, 인체의 모습이 그려져 있는 전지에 그림으로 표현해보는 활동을 하였다. 다음은 1차시 모형 구성 과정에서 나타난 소집단 논의에서 일부 발췌한 담화이다.

1. 3A: (교과서에 있는 그림을 보고 장기 기관을 그린 후) 됐어! 이제 이 노폐물이 어디로 갈건지? [계획]
2. 3B: 그럼 나는 콩팥을 그리고 있을게
3. 3C: 애는 뭐 그린거야? [설명]
4. 3A: 몰라. 쓸개 같은데..
5. 3C: 쓸개가 여기..
6. 3B: 야 이건 간이잖아
7. 3A: 너네 빨리 연구해.. 노폐물이 어디서 나오지. 노폐물이 어디서 나올 것 같아? [계획]
8. 3B: 야 너무.. 큰데? (절차)
9. 3C: 방광이 없는데.. 관잖아? [변칙발견]
10. 3B: 이거 콩팥.. 됐어. 이거 그려 그림
11. 3A: 아~ 그럼 니가 그려
12. 3B: 어딴어? (사실)
13. 3A: 야 너희 둘이 이거 어디 같이 연구해봐. 연구 좀 해봐. [계획]
14. 3C: 나 혈관 그려야 해? 그러면? (절차)
15. 3A: 어~ 빨리 생각해보라고.. 어디로 갈지 [계획]

-1차시 모형 구성 과정 초반부-
학생들의 사고 질문은 [], 정보 질문은 ()로 표시함

1차시 배설 경로에 대한 사전 모형 구성의 초반부에 소집단 3의 학생들은 가장 먼저 교과서에 나와 있는 장기 기관의 모습들을 그리기 시작하였다. 그 후 3A는 노폐물이 어디로 이동할지 생각해보도록 모형 구성을 계획하는 사고 질문을 지속적으로 제기하였다(1, 7, 13, 15행). 그러나 다른 학생들은 세포에서 생성된 노폐물이 몸 밖으로 어떻게 빠져나갈지에 대한 논의보다 자신들이 그려야하는 장기 기관의 모습이나 위치를 그림으로 나타내는 모형의 표상화에만 집중하고 있었다.

16. 3C: 이렇게.... 나 솔직히 어떻게 갈지 몰라.. 뭐하는지 모르겠어
17. 3A: 그럼 그냥 혈관.. 얇게 그려 아무데나. 막 그려
.....(중략).....
30. 3C: 3A야. 이거 어디로 그리지? 그냥 그린다
31. 3A: (혈관이) 여기까지 와야 해. 이렇게 해서 이렇게 와야 해
32. 3B: 난 파란색으로 해? (절차)
33. 3C: 이게(혈관) 와? (절차)
34. 3A: 아 뭐해?
35. 3C: 너가 콩팥으로 가라며
36. 3B: 콩팥이 아니라 여기로..

-1차시 모형 구성 과정 후반부-

그러나 위 담화에서 볼 수 있듯이 결국 모형 구성을 위한 논의가 제대로 이루어지지 않자, 3A는 3B와 3C에게 지시적으로 지식을 전달하기 시작했다(17, 31행). 또한 3B와 3C는 장기 기관을 혈관으로 연결할 것을 지시하는 3A의 말을 의심 없이 그대로 받아들였다. 3B와 3C는 리더인 3A에 매우 의존적인 모습을 보였다. 또한 그들은 장기 기관을 혈관으로 이어 그리라는 3A의 지시에 자신들이 왜 혈관을 그려야 하는지, 왜 그런 장기 기관들이 혈관으로 이어져 있어야 하는

지에 대해서는 질문하지 않았다. 대신에 어떤 색깔로 칠해야 하는지 등의 절차적 질문(32, 33행)을 하였으며, 이러한 종류의 정보 질문은 소집단 구성원들이 협력적으로 지식을 구성하는 과정에서 생산적인 논의를 이끌어내지 못한다는 Chin & Brown(2002)의 결과와 일치하는 모습을 보였다.

모형 구성 초반부에 3A가 사고 질문을 나타냄으로써 노폐물의 이동 경로에 관한 개념적 자원의 활성화를 위해 다른 학생들의 사고를 촉진하는 시도를 보였지만 3B와 3C가 이에 적절한 대응을 하지 않았고, 그 이후에 3A는 어떠한 사고 질문도 제기하지 않았으며 다른 학생들에게 그들이 해야 할 일들을 지시하였다. 결국 소집단의 모형은 대체로 3A의 개인 모형이 그림으로 옮겨진 형태였고, 모형 구성 과정은 3A의 지시에 따라 노폐물이 지나가는 장기 기관만을 연결하여 그림으로 표상화 하는 것에서 멈추었다. 즉, 소집단의 1차시 모형 구성 과정은 비생산적으로 이루어졌다.

나. 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍

학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍의 관점에서 사고 질문이 나타났지만 노폐물의 이동 경로에 대한 개념적 자원을 활성화시키지 못한 과정을 다음과 같이 설명할 수 있다. 1차시 모형 구성 과정의 초반부 논의에서 3A는 노폐물이 어디로 이동할지 생각해보도록 하는 사고 질문을 지속적으로 제기했다. 이것은 현상을 이해하고 설명하기 위해 다른 학생들의 인지적 사고를 자극하여 개념적 자원을 활성화시키려는 시도였다. 이로부터 3A는 모형 구성 활동을 ‘현상 이해로 프레이밍 하고 있었고 이 때, 3A의 위치 짓기 프레이밍은 ‘촉진자(Facilitator)’였음을 추론해볼 수 있다. 반면, 3B와 3C는 3A가 노폐물이 어떻게 몸 밖으로 빠져나갈지에 대한 논의를 시도하였음에도 자신들이 그려야 하는 기관들의 모양, 크기, 위치 등에 대해서만 초점을 맞추고 있었다. 그들은 노폐물이 몸 밖으로 어떻게 빠져나가는지 현상을 이해하려하기 보다는 활동지에 그림을 채워 넣는 것에만 집중하고 있었던 것이다. 이로부터 3B와 3C는 활동을 ‘교실 게임’으로 프레이밍하고 있었음을 추론해볼 수 있다. ‘교실 게임’의 프레이밍은 3A의 프레이밍과 서로 일치하지 않는 것이었고, 이러한 인식론적 프레이밍의 불일치는 3A의 사고 질문이 노폐물의 이동 경로에 관한 학생들의 개념적 자원을 활성화시키지 못하는 데 기여하였다. 이 때, 3B와 3C는 3A의 사고 질문에 적절히 응답하지 않고 거의 무시하는 모습을 보였고, 그들의 상호작용 관계에서 자신을 ‘비응답자(Non-respondent)’로 위치시켰음을 알 수 있다. ‘비응답자’로서의 위치 짓기 프레이밍은 소집단의 상호작용을 단절시켰으며, 3A의 인식론적 프레이밍을 ‘현상 이해’에서 ‘교실 게임’으로 전환시키는 촉발제가 되었다.

3A의 인식론적 프레이밍의 전환은 모형 구성 후반부에서 노폐물의 이동경로를 설명하는 논의가 이루어지지 않자 다른 학생들에게 권위적으로 지시를 내리며 활동지에 그림을 채워 넣는 실행을 보인 것으로부터 확인할 수 있다. 이 때, 3A의 인식론적 프레이밍이 ‘교실 게임’으로 전환됨과 동시에 그의 위치 짓기 프레이밍 또한 ‘지시자(Indicator)’로 전환되었다. 3A는 다른 학생과의 상호작용 관계에서 자신을 인식적 권위가 높은 ‘지시자’로 위치시켰으므로 다른 학생들에게 어떠한 사고 질문도 제시하지 않고, 그들의 인지적 사고를 자극

하지도 않았으며 지시적으로 지식을 전달하기만 하였다. 3B와 3C는 인식적 권위자로 느껴지는 3A로부터 정보가 제공되자 자신을 ‘수용자(Receiver)’로서 위치시켰고, 3A의 지시를 의심 없이 그대로 받아들여 활동지에 그림을 채워 넣는 모습을 보였다. ‘비용답자’와 ‘지시자’ 그리고 ‘수용자’로서 자신을 위치시키는 것은 과학적 의미 형성을 위한 논의가 이루어지지 않는 짧은 대화 패턴을 나타내고, 복잡한 수준의 추론이 일어날 가능성을 낮춘다(Hogan, Nastasi, & Pressley, 1999). 결과적으로 학생들은 활동을 ‘교실 게임’으로 프레이밍하고, ‘지시자’와 ‘수용자’로서 자신을 위치시킴으로써 모형 구성 과정을 비생산적으로 이끌었다.

앞서 논의한 것처럼 모형 구성 초반부에 학생들의 인식론적 프레이밍은 서로 일치하지 않았으나, 소집단 구성원들의 ‘비용답자’의 위치 짓기 프레이밍으로 인해 프레이밍이 전환되어 ‘교실 게임’으로 일치되었다. 학생들의 위치 짓기 프레이밍 또한 ‘교실 게임’의 인식론적 프레이밍으로 인해 ‘촉진자’에서 ‘지시자’로, ‘비용답자’에서 ‘수용자’로 전환되는 모습을 보였다. 이러한 결과는 소집단 구성원들의 프레이밍이 서로 일치할 수도, 일치하지 않을 수도 있으며 맥락에 따라 역동적으로 전환될 수 있다는 여러 연구의 결과와도 일치한다(Greeno, 2009; Harré & van Langenhove, 1999; Lee, Yun, & Kim, 2015; Louca et al., 2004; Rosenberg, Hammer, & Phelan, 2006; van de Sande & Greeno, 2012). 또한 이러한 결과로부터 사회적 상호작용을 기반으로 하는 과학적 실행에서 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍이 서로 밀접하게 연관되어 상호작용하고 있음을 알 수 있다.

초기 모형 구성 수업이었던 1차시 모형 구성 과정에서 학생들의 프레이밍에 영향을 미친 맥락을 살펴보면 다음과 같다. 초기 모형 구성 단계인 1차시 수업에서 학생들은 소집단의 모형 구성 활동에 대한 적절한 이해를 형성하지 못하였다. 모형 구성의 초반부 담화에서 3A가 논의를 촉진했을 때 3C는 자신이 무엇을 해야 하는지 모르겠다는 어려움을 표현하였고(16행), 수업 후에 이루어진 연구자와의 협력적 반성에서도 학생들이 모형 구성 활동을 ‘이전 수업 시간에 배운 내용을 그림으로 그리는 것’으로 이해하고 있었다.

1. 3C: 이거 왜 그렸는지 모르겠다.
2. 3A: 그러니까.. 대장이야
3. 3B: 원래 소화기관 안 그려도 되는데..
4. 3A: 그러니까
5. 3B: 그려야 되는줄 알고..
6. 3C: 앞에서 배운게 그거여서 그거 그려야 되는 줄 알고.. 공팔 그려야 되는데
7. 3B: 그냥 그림 그리는게 재밌었어요.

-1차 협력적 반성-

이처럼 학생들이 모형 구성 활동을 ‘이전 시간에 배운 내용을 그림으로 그리는 것’으로 이해하는 데에는 교사가 결정적인 역할을 하였다. 교사는 초기 단계에 이루어진 1차시 모형 구성 수업에서 배설 경로에 관한 모형 구성 활동을 안내하며 “이전에 알고 있던 소화, 순환, 호흡과 틀린 모형을 그리면 안된다.”는 정확성을 강조하였고 3B와 3C를 포함한 몇몇 학생들은 활동을 이전 수업 시간에 배웠던 내용을 정확하게 그리는 것으로 받아들였다. 모형 구성 활동에 대한

이해 부족은 3B와 3C가 활동을 ‘교실 게임’으로 프레이밍 하고 ‘비용답자’로 자신을 위치시키는 데에 영향을 주었다. 이는 모형 구성에 보다 비생산적인 방향으로 프레이밍의 전환을 촉진시켰고, 결국 학생들의 인식론적 프레이밍은 ‘교실 게임’으로 일치되었으며, 위치 짓기 프레이밍은 ‘지시자’와 ‘수용자’로 전환되었다. 이는 교사가 모형 구성 활동에 대한 정확한 이해를 바탕으로 학생들에게 활동을 충분히 안내할 필요가 있음을 시사한다.

2. 사고 질문이 개념적 자원을 활성화시켰지만 소집단의 모형 구성에 기여하지 못한 경우

가. 소집단 모형 구성 과정의 전환: 생산적에서 비생산적으로

소집단 3의 전체 모형 구성 과정 중에서 사고 질문이 나타났음에도 모형 구성이 비생산적으로 이루어진 경우는 재흡수와 분비에 관한 4차시 수업에서도 나타났다. 그러나 4차시 모형 구성 과정은 1차시와는 다르게 사고 질문에 의해 학생들의 개념적 자원이 활성화되었지만, 활성화된 개념적 자원이 그들의 모형으로 이어지지 못하고 소집단의 모형 구성이 결국 비생산적으로 이루어졌다. 다음은 그 과정에서 나타난 소집단 3의 담화의 일부이다.

1. 3A: 야, 장난치지 말고, 왜 그럴까? 어떤 이유에 대해서.. [계획]
2. 3C: 요소를 쓸고 와? [설명] 요소가 뭐야? (사실) 나 과학 공부 하나도 안했는데
3. 3A: 어떤 일이 일어날까.. 아! 이거 그거 아니야?
4. 3A: 이거 포도당.. 아니 요소가 여기도(세뇨관) 좀 있잖아. 그러니까 이거(요소)가 이렇게(혈관에서 세뇨관으로 가리키며) 좀 빠져나가는 거 아니야? [예측]
5. 3C: 쓸고 지나가는 거 아니야? [예측]
6. 3B: 같이 쓸고 지나가서 같이 쪽 빠지는거 아니야? [예측]
7. 3C: 쓸고 지나갔음 여기로(혈관에서 세뇨관으로) 가나? [변칙발견]
8. 3A: (세뇨관을 가리키며) 이게 지금 뭔데? [설명]
9. 3C: 모르겠어..
10. 3A: 이거 오줌관 아냐? (사실)
11. 3C: (혈관을 가리키며) 이거 혈관인데? 이렇게(혈관 쪽으로 포도당이) 빠져나가? [변칙발견]
12. 3A: (혈관에서 세뇨관으로 가리키며) 이렇게 (요소)가 나가는 건 맞는 것 같고
13. 3C: 요소들이 농축.. 쓸고 지나가지 않아? [예측]
14. 3A: 뭘 쓸어? [설명]
15. 3C: (요소를 가리키며) 예네
16. 3A: U1(보먼주머니)에서 U2(세뇨관)로 갈 때

-4차시 모형 구성 과정 초반부-

4차시 모형 구성 과정은 혈장, 여과액, 오줌에 존재하는 물질 농도 데이터를 바탕으로 사구체, 보먼주머니, 세뇨관이 그려져 있는 모형에 물질 농도를 표현하는 스티커를 붙이고 나서, 여과액이 보먼주머니에서 세뇨관으로 이동하면서 무슨 일이 일어났는지, 왜 그렇게 생각했는지를 소집단의 모형으로 설명하는 것이었다. 마찬가지로 3A는 모형 구성을 위한 논의를 시작하며, 세뇨관에서 포도당의 농도가 감소하고 요소의 농도가 증가한 이유에 대한 개념적 자원의 활성화를

촉진시키는 사고 질문을 제기하였다(1, 3, 4행). 이 때, 3A는 주어진 자료를 바탕으로 ‘혈액 내 요소가 세뇨관으로 빠져나간다’는 개념적 자원을 활성화하였고, 이에 3B는 ‘여과액이 세뇨관을 지나 그대로 오줌으로 빠져나간다’는 개념적 자원을 활성화하였다(6행). 그러나 3C는 변칙 발견 질문을 통해 여과액이 세뇨관을 지나 그대로 빠져나간다면, 요소가 세뇨관에서 혈관으로, 포도당이 혈관에서 세뇨관으로 빠져나갈 수 있는 지 의문을 제기하였다(7행, 11행). 더 나아가 3C는 사고 질문에 의해 ‘요소가 농축된다’는 개념적 자원을 활성화하기도 하였다(13행).

4차시 모형 구성 과정 초반부에는 3A뿐만 아니라 3B와 3C 학생들 모두 물질 농도로 주어진 데이터를 설명하기 위해 다양한 사고 질문을 하였고, 일상적 용어를 사용하여 다양한 개념적 자원을 이끌어올 수 있었다. 즉, 초반부의 모형 구성 과정은 주어진 데이터를 기반으로 현상을 설명하고자 하였으므로 생산적이었다. 그러나 학생들은 활성화된 개념적 자원들을 서로 결합하여 소집단의 모형 구성에 반영하지 못하였다. 다음은 4차시 모형 구성 과정 후반부에 이루어진 담화의 일부이다.

17. 3B: 원료가 오줌이야? (사실)
18. 3A: 몰라
19. 3B: 조장이 이렇게 설명을 잘 해주어야지!
20. 3A: 아니 내가 뭘 알겠니
21. 3C: (교과서를 보고) 야 포도당이란 요소들이 같이 여과된다는데?
22. 3A: 그거 써 그럼
23. 3B: 자신의 예상, 뭐라고 써? [계획]
24. 3C: 같이 여과된다. 근데 틀릴 수도 있어
25. 3B: 설마 교과서에 틀린 걸 신겠어?
26. 3A: 맞아.
27. 3C: 근데 저거(모형 구성 활동)랑 안 이어질 수도 있잖아
28. 3A: 그렇긴 해~ 아, 뭐라고 써야 돼. (교과서를 보고) 그냥 쪽가는거 아니야? [예측]
29. 3B: 이유를 뭐라고 써 그러면? [계획]
30. 3A: (교과서를 보고) 여과가 되고 흡수량 분비가 일어난다. 재흡수량 분비가 일어난다.
31. 3C: 재흡수량 분비가 일어난다.

-4차시 모형 구성 과정 후반부-

위 담화에서 나타난 것처럼 ‘원료’라는 용어의 의미를 묻는 3B의 정보 질문에 3A가 대답 하지 못하자, 3C는 교과서를 꺼내 관련된 내용을 찾아보기 시작했다(17~21행). 학생들은 교과서에서 포도당과 요소가 여과된 후 각각 재흡수와 분비가 된다는 것을 확인하였고 교과서에 있는 내용을 그대로 소집단의 모형으로 선택하였다. 모형 구성 초반부 논의에서 학생들은 주어진 데이터를 설명하기 위해 개념적 자원을 이끌어왔고 자신들만의 일상적인 언어로 모형을 구성할 수 있었지만, 교과서에 제시되어 있는 ‘재흡수’와 ‘분비’라는 과학적 용어를 사용하여 소집단의 모형을 구성하였다. 즉, 이 논의에서는 개념적 자원의 활성화를 촉진하는 사고 질문이 거의 나타나지 않았으며, 학생들은 교과서를 모형 구성을 위한 하나의 자원으로 활용하였지만 교과서의 내용을 그대로 따라 적을 뿐이었고, “왜 그런 현상이 나타났는지 이유를 적지 못 하겠다”며 어려움을 표현하기도 하였다. 이는 자신들이 갖고 있는 개념적 자원을 활용하여 소집단의 모형을 구성한

것이 아니라 교과서의 내용을 의심 없이 그대로 모형으로 선택했기 때문에 적절한 근거로 모형을 뒷받침하지 못한 것이다. 결국, 4차시 모형 구성 과정은 비생산적으로 이루어졌다.

나. 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍

앞선 경우와는 다르게 모형 구성 초반부에서 학생들은 여과액이 보편주머니에서 세뇨관으로 이동할 때 일어나는 현상을 설명하기 위해 혈장, 원료, 오줌 속에 포함되어 있는 물질의 농도 데이터를 기반으로 추론을 하기 시작했다. 특히, 학생들은 “쓰고 지나간다”, “쪽 빠져나간다” 등의 일상적인 용어를 사용하여 현상을 설명하고자 하였으며, 이로부터 학생들 모두가 활동을 ‘현상 이해’로 프레이밍하고 있음을 알 수 있다. 즉, 활동에 대한 소집단 학생들의 인식론적 프레이밍이 생산적인 것으로 서로 일치하였다. 또한 상호 작용 관계에서 논의를 시작하는 3A는 1차시 모형 구성 과정에서와 마찬가지로 다른 학생들에게 사고 질문을 제기함으로써 인지적 사고를 자극하고 개념적 자원을 활성화시키는 ‘촉진자’로서 자신을 위치시켰다. 이 때, 3B와 3C는 ‘촉진자’인 3A의 사고 질문에 적절히 응답하고 개념적 자원을 활성화시키는 ‘응답자’이면서 동시에 또 다른 질문을 불러일으켜 논의를 이어가는 ‘촉진자’로서 자신을 위치시켰다. 이것은 ‘현상 이해’의 인식론적 프레이밍과 같은 맥락에서 이해할 수 있다. 이처럼 모형 구성 초반부에서 학생들은 현상을 설명하기 위해 모형을 구성하고자 노력하였다.

그러나 모형 구성 후반부 논의에서 ‘촉진자’로 자신의 위치를 프레이밍 한 3A가 3B의 정보 질문에 대답하지 못하고, 정보 제공자이며 사고 촉진자로서의 역할을 수행하지 못하는 모습을 보였다(17, 18행). 그러자 3C는 교과서를 보고 그 내용을 학생들에게 대신 전달하기 시작하였고(21행), 3A는 그것을 그대로 받아들여 활동지에 답을 채우고자 하였다(22행). 이 때 3A의 인식론적 프레이밍이 ‘교실 게임’으로 전환되었고, 위치 짓기 프레이밍 또한 교과서로부터 주어진 지식을 그대로 받아들이는 ‘수용자’로 전환되었다. 인식적 권위자로 여겨졌던 3A가 정보를 제공하며 인지적 사고를 촉진시키는 ‘촉진자’의 역할을 수행하지 못하고, ‘수용자’로 위치 짓기 프레이밍을 전환시킨 것은 마찬가지로 다른 학생들의 프레이밍 전환을 촉발시켰다. 인식적 권위자로 여겨진 3A가 교과서의 지식을 그대로 받아들이는 ‘수용자’로 자신을 위치시켰을 때, 3B는 3A의 의견을 받아들이며 교과서에 제시된 지식에 권위를 부여하고, 이를 맹목적으로 따르려 했다(25행). 즉, 3A의 위치 짓기 프레이밍이 3B의 인식론적 프레이밍을 ‘교실 게임’으로, 위치 짓기 프레이밍을 ‘수용자’로 전환시킨 것이다. 또한 3C는 교과서에 제시되어 있는 내용이 모형 구성 활동에 적합하지 않을 수도 있음을 언급하며(27행) 모형 구성에 대한 논의를 지속시키려 하였지만, 결국 교과서에 제시되어 있는 ‘재흡수’와 ‘분비’의 과학적 용어를 그대로 활동지에 채우고자 하였다. 이 때 3C의 프레이밍 또한 ‘교실 게임’과 ‘수용자’로 3A와 3B의 프레이밍과 일치하였다. 1차시 모형 구성 과정에서도 나타났듯이, 주어진 지식을 이해 없이 그대로 받아들이는 ‘수용자’의 위치 짓기 프레이밍은 과학적 의미 형성을 위한 논의가 이루어지지 않는 짧은 대화 패턴을 나타내고, 복잡한 수준의 추론이 일어날 가능성을 낮춘다(Hogan, Nastasi, & Pressley, 1999). 결국, 모형 구성 초반부에 사고 질문에 의해 활성화된

개념적 자원은 소집단의 모형으로 연결되지 못하였고, 교과서의 형식적인 과학적 용어만을 사용하는 것으로 그들의 모형 구성 과정은 비생산적으로 이루어졌다.

4차시 모형 구성 수업에서 학생들의 프레이밍에 영향을 준 맥락은 다음과 같다. 학생들은 보다 일상적인 언어를 사용하며 현상을 설명하고자 하였으나 논의를 깊게 이어가지 못하는 인지적인 어려움을 경험하였다. 이러한 인지적 어려움이 해결되지 않고 지속되고 있을 때 학생들의 프레이밍은 ‘현상 이해’에서 ‘교실 게임’으로, ‘촉진자’와 ‘응답자’에서 ‘수용자’로 모형 구성에 보다 비생산적인 방향으로 전환되었다. 또한 이 경우에 교사가 소집단 학생들에게 인지적 지원을 제공하였지만, 이것은 그들이 겪고 있는 어려움을 해결하는 데 적절하게 사용되지 못하기도 하였다.

- 33. 3C: 썸 그러면 애(포도당)랑 애(요소)랑 크기가 작으니까.. 애네는 빠져나오고요? (사실)
- 34. T: 응. 애네(요소)는 크기가 작아서 여기로 빠져나왔죠? 근데 봤더니 U1에는 이만큼밖에 없는데 여긴(U2) 점점 많아지고 있어.. 그치? 그러면 어떤 일이 벌어지는 걸까? 그럼 여기 있는 애네(요소)들은 여기 있으면 될까, 안될까? 혈액 속에.. 그 다음에 애(포도당)는 빠져 나가면 될까, 안될까? 안되겠지? 그럼 물질이 어떻게 될까?
- 35. 3C: 하아..
- 36. 3B: 더 궁금증을 남기고 가셨어..
- 37. 3C: 더 어려워졌는데?
- 38. 3A: 그냥 재흡수량 분비 아니야? [계획]

-4차시 모형 구성 과정 후반부-

위 담화에서 교사가 인지적 지원을 제공하고 떠난 뒤 학생들의 반응을 살펴보면, 학생들은 교사의 질문을 이해하지 못하고 어려워하는 모습을 보였다. 교사는 학생들의 사고를 촉진시키기 위해 사고 질문을 이용하여 인지적 지원을 제공하였지만, 이는 교사가 묻고 답하는 방식으로 학생들의 이해도를 고려하지 않은 채 이루어졌다. 교사의 도움은 학생들의 사고를 촉진시키고 그들의 프레이밍을 생산적으로 전환시키는 데 실패하였다. 학생들은 교과서에 제시된 내용 그대로 재흡수와 분비가 일어나는 것으로 설명 모형을 구성하였고, 그렇게 생각한 이유를 여전히 제시하지 못하였다. 즉, 소집단 논의 과정에서 인지적 어려움이 지속되고, 이에 적절한 인지적 지원을 제공받지 못할 때 학생들의 프레이밍이 비생산적으로 전환되었다. 이는 소집단 활동에서 학생들이 겪고 있는 어려움을 파악하고, 학생들에게 적절한 인지적 지원을 제공해야 할 필요가 있음을 나타낸다.

3. 사고 질문이 모형 구성에 적절한 개념적 자원을 활성화시키고 소집단의 모형 구성에 기여한 경우

가. 소집단의 모형 구성 과정에서 나타난 사고 질문과 개념적 자원의 활성화

총 6차시의 배설 수업 동안 소집단 3의 모형 구성 과정이 항상 비생산적으로 이루어진 것만은 아니었다. 5차시 수업에서 이루어진 소집단 3의 모형 구성 과정은 생산적이었다. 이 수업에서 학생들은 오줌 검사지 실험을 통해 오줌의 이상(당뇨, 단백뇨)을 판단하고, 이

상의 원인을 콩팥의 구조와 연결 지어 설명하는 모형 구성 활동을 수행했다. 다음은 이 과정에서 나타난 소집단의 담화 일부이다.

- 1. 3A: (오줌검사지 실험으로 오줌의 이상을 판단한 후) 왜 이런 이상이 생겼을까? 일단 포도당, 오줌.. 그 이유? 뭘까? [계획] 포도당이 어디에서 걸러지지? 재흡수? (사실)
- 2. 3C: 재흡수에서!
- 3. 3A: 재흡수 어디서 일어나? (사실)
- 4. 3D: 재흡수가... 세뇨관? (사실)
- 5. 3A: 세뇨관과 모세혈관? 이상 원인은? 그럼 세뇨관이 터진 거 아니야? [예측]
- 6. 3B: 아니, 세뇨관에 구멍이 뚫린 거지 [예측]
- 7. 3A: 아니지, 모세혈관이 터져서 들어온 거잖아 [예측]
- 8. 3C: 모세혈관에 구멍이 생겼거나 [예측]
- 9. 3A: 그러니까
- 10. 3C: 그냥 예상이지, 예상? (절차)
- 11. 3A: 모세혈관에 구멍이 뚫려 포도당이 세뇨관으로 들어왔다
- 12. 3B: 오, 다시 말해줄래?
- 13. 3C: 근데, 애들한테 이런 것 받을 것 같아. 그러면 혈구는 같이 빠지지 않아요? [변칙발견]
- 14. 3B: 아, 사이즈가 크잖아 혈구는. 포도당이 더 작지 않나? 혈구보다? (사실)
- 15. 3C: 작은 구멍이라 해, 그럼? [예측]
- 16. 3A: 어~ 포도당만한 구멍
.....(중략).....
- 32. 3C: 왜 다 구멍이 뚫려? 아니면, 포도당 같은 경우에는 몸에 필요한 거잖아. 근데 몸에서 포도당이 너무 많으니까 필요 없어서 내보낼 수도 있지 않아요? [예측]
- 33. 3B: 오!
- 34. 3A: 어, 대박!

-5차시 모형 구성 과정 초반부(당뇨 원인)-

5차시 모형 구성 과정에서도 마찬가지로 3A는 사고 질문을 제기하며 오줌 이상이 생긴 이유에 대해 모형을 구성하도록 촉진시켰다(1행). 이어서 3A는 포도당의 재흡수가 일어나는 곳을 묻는 정보 질문을 제기하였고, 이에 3D는 ‘포도당은 세뇨관에서 재흡수된다’는 개념적 자원을 활성화시켰다. 이러한 개념적 자원은 재흡수가 일어나는 곳인 세뇨관에 초점을 맞추어 포도당이 오줌으로 검출될 수 있는 방안을 모색하도록 이끌었다. 사고 질문을 통해 3A와 3B는 ‘세뇨관 구조에 이상이 생겨 포도당이 분비된다’는 개념적 자원을 활성화시켜 세뇨관 안쪽으로 포도당이 분비될 가능성을 제기하였다(5~6행). 그러나 3A와 3C는 사고 질문을 통해 ‘모세혈관의 구조에 이상이 생겨 포도당이 분비된다’는 개념적 자원을 활성화시키므로써 세뇨관의 구조 이상에 대한 또 다른 대안을 제안하였다(7~8행). 이 과정에서 세뇨관의 구조 이상에 대한 소집단의 모형(M1)은 모세혈관의 구조 이상에 대한 또 다른 모형(M2)으로 대체되었다. 학생들은 소집단의 모형을 대체하는데 명시적으로 정당화를 제공하지 않았지만, 분비 과정에 이상이 생겨 포도당이 검출된 것이라면 포도당이 빠져나오는 모세혈관에 이상이 생긴 것으로 생각하였음을 추측해볼 수 있다.

이어서 3C는 ‘모세혈관에 구멍이 생겨 포도당이 분비된다’는 자신의 아이디어에 모세혈관에 구멍이 생겼다면 포도당뿐만 아니라 혈구도 함께 빠져나올 수 있다는 반박을 제기하였다(13행). 이러한 변칙

발견 질문은 ‘혈액에는 포도당뿐만 아니라 혈구도 존재한다’, ‘몸에 필요한 혈구는 분비되면 안된다’는 개념적 자원을 포함하고 있었다. 3C의 반박에 3B는 ‘포도당이 혈구보다 더 작다’는 개념적 자원을 활성화시켰고, 이는 3C로 하여금 ‘포도당 크기의 작은 구멍이 생긴다면 혈구가 빠져나올 수 없다’는 개념적 자원의 활성화를 이끌었다(14~15행). 이와 같이 반박을 나타내는 사고 질문에 의해 활성화된 개념적 자원의 결합으로 소집단의 모형은 보다 정교화 될 수 있었다(M2’). 또한 3C는 모형 구성 후반부에서 ‘포도당이 에너지원으로 사용된다’, ‘에너지원으로 사용되고 남은 포도당은 분비된다’ 등의 개념적 자원을 활성화시킴으로써(32행) 또 다른 모형(M3)을 제시할 수 있었고, 이는 목표 모형에 더욱 근접한 것이었다. 이후에 학생들은 M2’와 M3를 모두 소집단의 설명 모형으로 채택하였고, 이를 활동지에 적었다.

이어지는 단백질 이상의 원인에 대한 모형 구성 과정에서도 마찬가지로 학생들은 사고 질문으로 다양한 개념적 자원을 이끌어냈고, 활성화된 개념적 자원들을 적절히 결합하여 소집단의 모형을 구성하였다.

17. 3B: 단백질은? [계획] 단백질은 뭐지? 흡수냐? (사실)
18. 3A: 단백질은 여과부터, 그러면 보먼주머니..
19. 3B: 사구체 구멍에서..
20. 3C: 아니면 사구체의 혈압이 세다 라거나 [예측]
21. 3A: 그럼 딱 것도 들어올 거 아니야? [변칙발견]
22. 3C: 그렇겠지? 혈구는 같이 들어올 수 있으니까 안 될 것 같고, 단백질이 들어올 만한 혈압!
23. 3B: 단백질 음식을 많이 먹은 거야! 콩, 두부 이런 거!
24. 3A: 왜 그럴까? [설명]
25. 3B: 아, 잠깐 생각을 좀 해봐야겠어..
26. 3A: 보먼주머니랑 사구체에서 일어난 거잖아.. 그니까
27. 3B: 보먼주머니와 사구체를 연결하는 어느 부분에 구멍이 뚫렸는데 그 사이즈가 [예측]
28. 3A: 단백질만 해?
29. 3B: 그렇지!

-5차시 모형 구성 과정 후반부(단백뇨 원인)-

전체 배설에 대한 모형 구성 수업 중 5차시 모형 구성 과정에서 가장 많은 반박이 나타났다. 사고 질문을 통한 반박은 개념적 자원의 활성화를 촉진시키고, 활성화된 개념적 자원들을 서로 결합시켜 소집단의 모형이 점차 정교하게 발달되는 데 기여하였다. 5차시 모형 구성 과정에서 전반적으로 학생들은 현상을 설명하기 위해 모형의 설득력을 높이고자 하였고, 소집단의 모형 구성 과정은 생산적이었다.

그러나 이러한 연구 결과는 다음과 같은 한계점을 지닐 수 있다. 첫째, 모형 구성 과정에서 학생들은 다양한 오개념을 나타냈고, 스스로 오개념을 교정할 수 있는 기회를 갖지 못하였다. 둘째, 여러 개의 소집단 모형이 제시되었을 때 학생들은 스스로 모형의 타당성을 평가하여 현상에 가장 적합한 모형을 선정하지 못하였다. 전체 교실 토론에서 오개념이 교정되고 모형의 평가와 수정이 이루어지긴 하였지만, 중학교 학생들의 수준에서 이러한 문제점을 학생들이 스스로 극복하는 데 어려움이 있었을 것으로 판단된다. 따라서 향후 이러한 부분들을 보완할 수 있는 방안이 구체적으로 논의되어야 할 것이다.

나. 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍

5차시 모형 구성 과정에서 학생들은 포도당과 단백질이 오줌으로 검출되는 가능한 원인을 콩팥의 구조와 관련지어 다양한 추론을 하기 시작하였다. 학생들은 ‘모세혈관이 터졌다’, ‘구멍이 생겼다’ 등의 일상적인 용어를 사용하며 현상을 설명하고자 하였다. 또한 정답이 아니더라도 오줌의 이상 원인을 예상해보는 것으로 활동을 이해하고 있었는데(10행), 이로부터 학생들은 모형 구성 활동을 ‘현상 이해’로 프레이밍하고 있었다는 것을 추론해볼 수 있다. 즉, 소집단 학생들은 생산적인 프레이밍을 함께 공유하고 있었기 때문에 현상을 설명하기 위해 사고 질문으로 다양한 개념적 자원을 활성화시킬 수 있었고, 추론을 통해 활성화 시킨 개념적 자원들을 결합하고 정교화 하여 소집단의 모형을 발달시킬 수 있었다.

또한 3A는 이전 수업에서와 같이 사고 질문을 제기하며 다른 학생들의 인지적 사고를 자극하고 개념적 자원을 활성화시키는 ‘촉진자’로서 자신을 위치시키고 있었다(1행). 모형 구성 초반부에 3A는 당뇨의 원인에 대한 모형 구성 과정에서 포도당이 오줌으로 검출된 것은 모세혈관이 터져 세뇨관으로 분비된 것이라는 주장을 하며 동시에 다른 학생들의 인지적 사고를 자극하였다(5행). 이에 3C는 모세혈관이 터진 것이 아니라 구멍이 생긴 것이라고 반박하였고, 3A의 자극에 적절히 응답하는 ‘응답자’로서 자신을 위치시켰다(8행). 이어서 3C는 모세혈관에 구멍이 생겼다면 포도당뿐만 아니라 혈구도 같이 빠질 것이라는 반박을 제시하거나(13행), 모형 구성 후반부에 에너지원으로 사용되고 남은 포도당이 분비될 것이라는 또 다른 의견을 제시하며 다른 학생들의 사고를 자극하는 ‘촉진자’로서 자신을 위치시켰다. 3B 또한 3C의 반박에 대한 ‘응답자’로서 혈구가 포도당보다 크기가 크다는 것을 상기시켰고, 소집단 모형의 정교화를 이끌었다(14행~16행). 이어서 단백질 이상 원인에 대한 모형 구성 과정에서는 3B가 개념적 자원의 활성화를 촉진하는 ‘촉진자’로서 위치하였고(17행), 3A와 3C는 3B의 사고 질문에 적절히 대응하며 또 다른 질문을 불러 일으키는 ‘응답자’로서 자신을 위치시켰다.

이처럼 5차시 모형 구성 과정에서 소집단 3의 학생들은 모두 ‘촉진자’와 ‘응답자’로 상황에 따라 위치 짓기 프레이밍을 매우 역동적으로 전환시켰다. 이로 인해 학생들은 서로 동등한 인식적 권위를 나눠 갖고, 소집단의 모형 구성 과정을 생산적으로 이끌어갈 수 있었다. 이와 같이 소집단 학생들이 모형 구성 과정에서 자신의 위치 짓기 프레이밍을 역동적으로 전환시킨 것은 Hogan, Nastasi, & Pressley (1999)의 정교화 상호작용 패턴을 나타내며, 추론의 복잡성 수준을 높이는 데 기여하였다. 또한 이러한 위치 짓기 프레이밍의 전환은 구성원들이 자신의 위치 짓기 프레이밍을 역동적으로 전환시키며 상호작용을 이어갈 때 상호 이해에 도달할 수 있음을 강조한 van de Sande & Greeno(2012)의 연구와 같은 맥락에서 그 중요성을 설명할 수 있다.

5차시 모형 구성 과정에서 학생들의 프레이밍에 영향을 미친 맥락은 크게 과제 특성과 교사의 역할로 구분할 수 있다. 먼저, 5차시 모형 구성 과제는 오줌 이상을 판단하고 그 원인을 콩팥의 구조와 연관시켜 설명 모형을 구성하는 것으로 새로운 지식을 다루는 것이 아니라 이전 시간에 학습했던 여과, 재흡수, 분비의 개념을 통합적으로 다루는 것이었다. 뿐만 아니라 이 과제는 오줌 이상의 원인으로

학생들이 구성할 수 있는 설명 모형이 여러 가지가 가능한 것이었다. 또한 5차시 수업에서 교사는 학생들에게 “선생님도 정확한 정답을 모르기 때문에 여러분이 생각하는 것은 무엇이든 가능성이 있는 것이에요 틀린 답은 없어요” 라며 활동을 안내하였다. 이는 인식적 권위자로 여겨졌던 교사가 스스로의 권위를 낮추고, 반드시 정답이 있는 것이 아니라는 인식을 학생들이 갖도록 하였다. 이러한 맥락들은 학생들이 보다 쉽게 자신이 갖고 있는 개념적 자원을 이끌어와 가능한 설명을 구성해보고, 서로의 의견에 반박하여 모형을 정교화 할 수 있는 분위기를 형성하는데 기여하였다.

IV. 결론 및 제언

모형 구성 과정에서 학생들은 사고 질문을 통해 다양한 개념적 자원을 활성화시키고, 추론을 기반으로 이를 결합하고 정교화 하여 모형을 점진적으로 발달시킬 수 있다. 그러나 실제 수업에서는 학생들이 사고 질문을 제기하더라도 모형 구성 과정이 비생산적으로 이루어지는 경우도 나타난다. 사회 문화적 관점에 따라 최근 연구들은 학생들이 과학적 실행에 생산적으로 참여할 수 있도록 인식적·사회적 측면들을 고려해야 함을 주장한다(Berland & Hammer, 2012; Chin & Osborne, 2010). 따라서 본 연구에서는 과학적 모형 구성 과정에서 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍이 사고 질문에 의한 개념적 자원의 활성화에 어떠한 영향을 미치는지를 탐색하고, 학생들의 프레이밍에 영향을 미치는 맥락들은 무엇인지를 조사하였다.

먼저, 초기 모형 구성 단계에서 3A는 모형 구성 활동을 ‘현상 이해’로, 다른 사람과의 상호 작용 관계에서 자신을 ‘촉진자’로 프레이밍하고 있었고, 3B와 3C는 각각 ‘교실 게임’과 ‘비응답자’로 프레이밍하고 있었다. 이러한 프레이밍의 차이로 인해 논의 과정에서 개념적 자원의 활성화를 촉진하는 사고 질문이 나타났어도, 그들은 개념적 자원을 활성화시키지 못하였다. 또한 3B와 3C의 ‘비응답자’로서의 위치 짓기 프레이밍은 소집단의 상호작용을 단절시키며 3A의 인식론적 프레이밍을 ‘교실 게임’으로 전환시키는 촉발제가 되었다. 동시에 3A는 위치 짓기 프레이밍을 ‘지시자’로 전환시켰고, 다른 학생들에게 권위적으로 지시를 내리며 활동지에 그림을 그리는 것에 초점을 맞추었다. 이에 따라 3B와 3C는 3A를 인식적 권위자로 여기며, 그의 지시를 그대로 따르는 ‘수용자’로 위치 짓기 프레이밍을 전환시켰고, 결국 소집단의 모형 구성 과정은 비생산적으로 이루어졌다. 또한 학생들이 모두 ‘현상 이해’의 인식론적 프레이밍을 공유하고, ‘촉진자’와 ‘응답자’로 위치 짓기 프레이밍을 상황에 따라 전환시킨 경우에는 사고 질문이 개념적 자원을 활성화시킬 수 있었다. 그러나 인식적 권위자로 여겨지던 3A가 정보 제공자이며 사고 촉진자로서 역할하지 못하고 ‘교실 게임’과 ‘수용자’로 프레이밍을 전환시켰을 때, 다른 학생들의 프레이밍 또한 비생산적으로 전환되었고, 학생들은 사고 질문으로 활성화시킨 개념적 자원을 기반으로 모형을 구성하지 못하였다. 학생들은 교과서의 형식적인 과학적 용어를 그대로 사용하여 활동지를 채우고자 했으며, 결국 소집단의 모형 구성 과정은 비생산적으로 이루어졌다. 반면, 학생들은 모두 ‘현상 이해’의 인식론적 프레이밍을 지속적으로 공유하고, ‘촉진자’와 ‘응답자’의 위치 짓기 프레이밍을 순간순간마다 매우 역동적으로 전환시킨 경우 사고 질문을 통해 다양한 개념적 자원을 활성화시키고, 이를 기반으로 소집단의 모형을 발

달시킬 수 있었다. 학생들은 서로에게 사고 질문을 제기하며, 일상적 용어를 사용하여 다양한 개념적 자원을 활성화시켰고, 추론을 통해 이를 보다 정교화 하였다. 특히, ‘촉진자’와 ‘응답자’로 위치 짓기 프레이밍을 역동적으로 전환시킴으로써 학생들은 모두 동등한 인식적 권위를 갖게 되었고, 소집단의 모형 구성 과정은 생산적으로 이루어졌다. 학생들의 프레이밍에 영향을 미친 맥락들은 다음과 같았다. 소집단 논의 과정에서 인지적 어려움이 지속되고 적절한 인지적 지원을 제공받지 못할 때, 교사가 정확성을 강조하며 활동을 안내할 때, 교사가 정답 제공자로서의 역할을 할 때 등과 같은 맥락들은 학생들이 비생산적인 방향으로 프레이밍 하는 데 영향을 미쳤다. 반면, 이전 학습 내용을 통합하며 여러 가지 설명 모형이 가능한 모형 구성 과제일 때, 인식적 권위자로 여겨졌던 교사가 자신의 권위를 낮추고 사고 촉진자의 역할을 할 때 등과 같은 맥락들은 학생들이 생산적인 방향으로 프레이밍 하는 데 영향을 주었다.

본 연구에서는 사고 질문이 개념적 자원을 활성화시키고, 활성화된 개념적 자원이 소집단의 모형 구성에 기여하는 데 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍이 어떻게 영향을 미치는지를 확인하였다. 소집단 학생들이 ‘현상 이해’로 생산적인 인식론적 프레이밍을 안정적으로 공유하고, 소집단 내 상호작용 과정에서 ‘촉진자’와 ‘응답자’로 위치 짓기 프레이밍을 역동적으로 전환시킨 경우에 다양한 개념적 자원이 활성화되고 소집단 모형이 정교하게 발달될 수 있었다. 이는 과학 수업에서 학생들의 생산적인 인식론적 프레이밍이 안정화되고, 생산적인 위치 짓기 프레이밍이 역동적으로 전환될 필요성을 강조한 기존 연구들(Elby & Hammer, 2010; Hammer & Elby, 2002; van de Sande & Greeno, 2012)의 주장을 지지할 뿐만 아니라 인식론적 측면과 사회적 상호작용의 측면에서 생산적인 모형 구성 수업을 지원하기 위한 정보를 제공할 수 있다.

본 연구의 결과를 토대로 제안할 수 있는 교수법적 시사점은 다음과 같다. 교사는 학생들의 프레이밍이 지식 구성과 같은 과학적 실행에 영향을 미치며, 다양한 맥락들에 의해 전환될 수 있음을 인식해야 한다. 따라서 그들이 갖고 있는 다양한 개념적 자원을 통해 지식 구성에 생산적으로 참여할 수 있도록 다음을 고려하여 적절한 맥락을 조성해주어야 한다. 첫째, 교사는 학생들에게 활동에 대한 안내를 충분히 제공할 필요가 있으며, 옳고 그름을 가리는 정확성을 강조하기 보다는 그들이 알고 있는 가능한 다양한 방법으로 문제에 접근할 수 있는 분위기를 형성할 필요가 있다. 비록 학생들이 과학적으로 타당하지 않는 지식을 구성하더라도 과학적 실행에 직접 참여해보는 경험은 다른 유사한 상황에서 또 다른 자원으로 사용될 수 있을 것이다(Hammer, 2004). 이처럼 생산적인 프레이밍이 형성되고 안정화되는 교실 분위기가 먼저 구축된다면 교사가 과학적 정확성으로 지식 구성의 방향을 이끌어갈 때 진정한 과학적 탐구가 일어날 수 있을 것이다. 둘째, 소집단 활동 과정에서 학생들이 인지적 어려움에 부딪혔을 때, 교사는 학생들이 어떠한 어려움에 처해 있는지에 주의를 기울이고, 이에 적절히 반응할 필요가 있다. 특히, 생산적인 과학적 실행을 지원하기 위해 학생들이 갖고 있는 경험과 지식으로부터 단계적으로 문제를 해결해 나갈 수 있도록 인지적 지원을 제공하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 모형 구성 과정의 맥락에서 사고 질문이 개념적 자원을 활성화시키는 과정을 역동적인 프레이밍의 관점으로 파악하였지만, 생산적인 인식론적 프레이밍의 안정성과 위치 짓기 프레이밍의

역동성이 어떻게 유지될 수 있는지에 대해서는 심도 있게 논의하지 못하였다. 추후 생산적인 인식론적 프레이밍의 안정성과 위치 짓기 프레이밍의 역동성이 유지되는 과정과 이러한 프레이밍 간의 상호작용 관계를 밝히는 연구들이 이루어진다면 학생들의 프레이밍에 반응적인 수업 환경 조성에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

국문요약

본 연구에서는 과학적 모형 구성 과정에서 사고 질문에 의한 개념적 자원의 활성화가 학생들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍에 따라 어떻게 달라지는지, 어떠한 맥락들이 학생들의 프레이밍에 영향을 미치는지를 알아보려고 하였다. 중학교 2학년 학생들이 네 명씩 한 소집단을 이루어 배설 기작에 대한 소집단의 설명 모형을 협력적으로 구성하였다. 모형 구성 과정에서 다양한 사고 질문이 나타나며, 맥락에 따라 프레이밍이 변한 1개의 소집단을 초점집단으로 선정하였다. 담화 분석을 통해 모형 구성 과정에서 나타나는 학생들의 사고 질문과 개념적 자원의 활성화를 확인하였고, 그들의 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍을 추론하여 이에 영향을 미친 맥락들을 분석하였다. 연구 결과, 소집단 내에서 모형 구성 활동을 ‘현상 이해’로, 자신의 위치를 ‘촉진자’로 프레이밍 한 학생이 사고 질문으로 개념적 자원의 활성화를 촉진했지만, ‘교실 게임’과 ‘비응답자’로 프레이밍 한 다른 학생들에 의해 상호 작용이 단절되어 개념적 자원이 활성화되지 못하였다. 또한 학생들이 모두 ‘현상 이해’, ‘촉진자’와 ‘응답자’로 프레이밍 한 경우 사고 질문을 통해 개념적 자원을 활성화시킬 수 있었지만, 학생들의 프레이밍이 ‘교실 게임’과 ‘수용자’로 전환되었을 때 활성화된 개념적 자원이 소집단의 모형 구성에 기여하지 못하였다. 그러나 ‘현상 이해’의 인식론적 프레이밍을 지속적으로 공유하고, ‘촉진자’와 ‘응답자’로 위치 짓기 프레이밍을 서로 역동적으로 전환시킨 경우 학생들은 모두 동등한 인식적 권위를 갖고, 사고 질문을 통해 다양한 개념적 자원을 활성화시키며 소집단의 모형을 정교하게 발달시켰다. 이와 같은 모형 구성 과정에서 학생들의 프레이밍은 인지적 어려움의 지속과 정답 제공자 또는 사고 촉진자로서 교사의 역할 등에 영향을 받았다. 본 연구는 과학 수업에서 생산적인 모형 구성 활동을 지원하는 인식론적 프레이밍과 위치 짓기 프레이밍의 기초 정보를 제공할 것으로 기대된다.

주제어 : 프레이밍, 인식론적 프레이밍, 위치 짓기 프레이밍, 사고 질문, 개념적 자원, 과학적 모형 구성

References

Berland, L. K., & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68-94.

Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2011). Classroom communities' adaptations of the practice of scientific argumentation. *Science Education*, 95(2), 191-216.

Berland, L. K., Schwarz, C. V., Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S., & Reiser, B. J. (2015). Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students. *Journal of Research in Science Teaching*. doi: 10.1002/tea.21257

Chin, C., & Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of research in science teaching*, 37(2), 109-138.

Chin, C., & Brown, D. E. (2002). Student-generated questions: A meaningful

aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 521-549.

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

Chin, C., & Osborne, J. (2010). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 883-908.

Clement, J. J. (2008). Student/teacher co-construction of visualizable models in large group discussion. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and instruction in science* (pp. 11-22). Springer Netherlands.

diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and instruction*, 10(2-3), 105-225.

Elby, A., & Hammer, D. (2010). Epistemological resources and framing: A cognitive framework for helping teachers interpret and respond to their students' epistemologies. In L. D. Bendixen & F. C. Feucht (Eds.), *Personal epistemology in the classroom: Theory, research, and implications for practice*, (pp. 409-434). Cambridge University Press.

Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483.

Entwistle, N. J., & Ramsden, P. (1982). *Understanding Student Learning*. London: Croom Helms: NY: Nichols Publishing Co.

Gilbert, J. K., Pietrocola, M., Zylbersztajn, A., & Franco, C. (2000). Science and education: Notions of reality, theory and model. In J. K. Gilbert and C. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 19-40). Springer Netherlands.

Goffman, E. (1974). *Frame analysis: An essay on the organization of experience*. NY: Harper & Row.

Greeno, J. G. (2009). A theory bite on contextualizing, framing, and positioning: A companion to Son and Goldstone. *Cognition and Instruction*, 27(3), 269-275.

Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics*, 64(10), 1316-1325.

Hammer, D. (2004). The variability of student reasoning, lecture 3: manifold cognitive resources. In E. Redish & M. Vicentini (Eds.), *Proceedings of the Enrico Fermi Summer School, Course CLVI* (pp. 321-340). Bologna: Italian Physical Society

Hammer, D., & Elby, A. (2002). On the form of a personal epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 169-190). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E., & Redish, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. In J. P. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective* (pp.89-120). Greenwich, CT: information Age Publishing.

Harré, R., & van Langenhove, L. (Eds.), (1999). *Positioning theory: Moral contexts of international action*. London: Wiley-Blackwell.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science education*, 80(5), 509-534.

Hogan, K., Nastasi, B. K., & Pressley, M. (1999). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and instruction*, 17(4), 379-432.

Hutchison, P., & Hammer, D. (2010). Attending to student epistemological framing in a science classroom. *Science Education*, 94(3), 506-524.

Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.

Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. UK: Cambridge University Press.

Lee, Yun, & Kim. (2015). Exploring Small Group Argumentation and Epistemological Framing of Gifted Science Students as Revealed by the Analysis of Their Responses to Anomalous Data. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*. 35(3), 419-429.

Louca, L., Elby, A., Hammer, D., & Kagey, T. (2004). Epistemological resources: Applying a new epistemological framework to science instruction. *Educational Psychologist*, 39(1), 57-68.

MacLachlan, G., & Reid, I. (1994). *Framing and interpretation*. Portland, OR: Melbourne University Press.

Maskill, R., & de Jesus, H. P. (1997). Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education*, 19(7), 781-799.

Oh (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), 973-986.
- Passmore, C., Stewart, J., & Cartier, J. (2009). Model-Based Inquiry and School Science: Creating Connections. *School Science and Mathematics*, 109(7), 394-402.
- Philips, S. (1972). Participant structures and communicative competence: Warm Springs children in community and classroom. In C. Cazden, D Hymes, & V. John (Eds.), *Functions of language in the classroom* (pp. 370-394). New York, NY: Teachers College Press.
- 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.
- Rea-Ramirez, M. A., Clement, J., & Núñez-Oviedo, M. C. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and instruction in science* (pp. 23-43). Springer Netherlands.
- Redish, E. F. (2004). A theoretical framework for physics education research: Modeling student thinking. In E. Redish & M. Vicentini (Eds), *Proceedings of the Enrico Fermi Summer School, Course CLVI* (pp. 1-63). Italian Physical Society: Italy.
- Rosenberg, S., Hammer, D., & Phelan, J. (2006). Multiple epistemological coherences in an eighth-grade discussion of the rock cycle. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 261-292.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1992). Text-based and knowledge based questioning by children. *Cognition and instruction*, 9(3), 177-199.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & 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.
- Tabak, I., & Baumgartner, E. (2004). The teacher as partner: Exploring participant structures, symmetry, and identity work in scaffolding. *Cognition and Instruction*, 22(4), 393-429.
- Tannen, D. (1993). *Framing in discourse*. NY: Oxford University Press.
- Tannen, D., & Wallat, C. (1993). Interactive frames and knowledge schemas in interaction: Examples from a medical examination/interview. In D. Tannen (Ed.), *Framing in discourse* (pp.57-76). New York: Oxford University Press.
- van de Sande, C. C., & Greeno, J. G. (2012). Achieving alignment of perspectival framings in problem-solving discourse. *Journal of the Learning Sciences*, 21(1), 1-44.