Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

교사학습공동체에 참여한 한 고등학교 교사의 과학적 모델링에 대한 이해 및 수업 실행 변화 탐색 –프레임 분석을 중심으로–

심수연*
워싱턴대학교

Exploring How a High School Science Teacher's Understanding and Facilitation of Scientific Modeling Shifted through Participation in a Professional Learning Community

Soo-Yean Shim*
University of Washington

ARTICLE INFO

Article history:
Received 26 November 2019
Received in revised form
3 February 2020
21 February 2020
Accepted 24 February 2020

Keywords:
scientific modeling, frame, professional learning community, teacher learning

ABSTRACT

The purpose of this study is to explore how a high school science teacher (Teacher E) shifted her understanding and facilitation of scientific modeling through participation in a professional learning community (PLC) for over a year. Based on socially situated theory of learning, I focused on examining Teacher E's frames about scientific modeling from her social interactions. Teacher E participated in her school-based PLC over a year and collaborated with other science teachers, coaches, and researchers to improve science instruction. I qualitatively explored her participation in 6 full-day professional learning opportunities—Studios—where the PLC members collectively planned, implemented, and debriefed modeling-based lessons. Especially, I focused on two Studios (Studio 2, 6) where Teacher E became the host teacher and implemented the lessons. I also examined her classroom teaching in those Studios. To understand how the PLC inquiry affected the shifts observed in Teacher E's understanding and practice, I explored how the inquiry evolved over the 6 Studios. Findings suggest that in Studio 2, Teacher E viewed students' role in scientific modeling as to fill out the worksheet with "correct" answers. Meanwhile, in Studio 6, she focused on helping students collaborate to construct explanatory models of phenomena using evidence. The PLC inquiry, focused on supporting students' construction of evidence-based explanations and collaboration in scientific modeling, seemed to promote the shifts observed in Teacher E's understanding and facilitation of scientific modeling. These findings can inform educational researchers and practitioners who aim to promote teachers' professional learning to support students' epistemic practices.

Ⅰ. 서론

최근 과학교육계에서는 학생들이 과학적 모델링(scientific modeling), 논변 활동(argumentation), 설명 구성과 같은 인식적 실행에 참여하여 스스로 지식을 구성해나가는 것의 중요성이 강조되어 왔다(Duschl, 2008; National Research Council, 2012). 이러한 인식적 실행에서 교사들은 지식 구성의 촉진자로서, 학생들이 적극적으로 지식 구성에 참여할 수 있는 맥락을 조성하고, 적절한 질문들을 통해 학생들의 사고 및 추론을 도울 수 있다(Windschitl, Thompson, & Braaten, 2018).

과학적 모델링은 과학적 모델을 협력적으로 구성, 평가, 수정해나가는 과정으로, 과학의 핵심적 실행 중 하나이다(Lehrer & Schauble, 2006). 과학적 모델은 자연현상의 특징들(자연현상에 존재하는 요소, 과정, 관계, 체계 및 그것들 간 상호작용)을 특정한 목적을 가지고 추상화, 단순화하여 나타낸 표상이다(Harrison & Treagust, 2000; Schwarz *et al*., 2009). 과학적 모델은 증거를 기반으로 자연현상을 묘사하거나, 설명하거나, 예측하기 위해 구성되고 사용될 수 있다(Schwarz *et al*., 2009).

과학적 모델링에 관한 교사들의 이해는 그들이 모델링 기반 수업을 진행하고, 학생들의 참여를 이끄는 데 중요한 역할을 한다(Schwarz, 2009; Windschitl & Thompson, 2006). 예로 모델링을 자연 세계에 존재하는 구조들을 있는 그대로 묘사하는 것으로 보는 교사는 학생들이 과학계에서 증명된 '사실들'을 모델에 정확히 기술하는지에 초점을 둘 것이다. 반면 모델링을 지식 구성 과정으로 보는 교사는 학생들이 모델링을 통해 자연 세계에 관한 설명을 협력적으로 발전시켜 나가는 과정에 초점을 둘 것이다. 교사들의 이러한 이해와 실행은 학생들의 활동에 대한 인식과 그에 따른 참여에 영향을 미친다.

과학적 모델링 관련 교사 전문성에 관한 여러 선행 연구들은 교사들의 모델링에 대한 지식과 이해에 초점을 맞추었다(e.g., Oh & Oh, 2011; Van Driel & Verloop, 1999). 예로 Oh & Oh (2011)는 과학적 모델의 의미와 다양성, 모델링의 목적 등에 관해 교사들이 무엇을 알아야 하는지를 선행 연구들을 바탕으로 제안하였다. 몇몇 연구들은

* 교신저자 : 심수연 (sys7829@hanmail.net)
** 이 연구는 미국의 National Science Foundation의 지원을 받아 수행된 연구임(NSF DRL-1315995).
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2020.40.1.29

교사들이 직접 모델링에 참여하거나 강의를 들으며, 모델링과 관련된 이해를 어떻게 변화시켜나가는지 탐색하였다(e.g., Crawford & Cullin, 2004; Windschitl & Thompson, 2006). 이러한 연구들은 주로 설문지나 인터뷰, 수업 계획안 분석 등을 통해 교사들의 이해를 탐색하였다. 한편 몇몇 선행 연구들은 교사들의 수업 실행에 초점을 맞추어, 그들이 교실 담화를 통해 효과적으로 학생들의 모델링을 촉진시킨 사례들을 제시하였다(e.g., Louca, Zacharia, & Constantinou, 2011; Thompson *et al*., 2016).

하지만 교사들이 장기간에 걸쳐 모델링에 대한 이해와 교수 실행을 어떻게 함께 변화시켜나가는지에 관한 선행 연구는 찾아보기 어렵다. 교사들의 이해와 교수 실행을 연결하려는 시도로 교사들의 모델링 관련 교수법적 내용 지식(pedagogical content knowledge; Shulman, 1987)에 주목하거나(e.g., Nelson & Davis, 2012) 교사들의 수업 계획을 분석한(e.g., Schwarz, 2009) 연구들도 있었으나, 이러한 측면들에 초점을 두어 교사 발달을 탐색한 연구들 중 교사들의 실제 수업을 분석하고 탐색한 사례는 거의 없었다.

본 연구에서는 1년간 교사공동체 탐구에 참여한 한 교사가 과학적 모델링에 관한 이해와 교수 실행을 어떻게 변화시켜나갔는지 탐색하고자 하였다. 교사 교육 분야의 많은 연구들은 교사학습공동체가 교사들의 전문성 신장에 효과적임을 보여 왔다(e.g., Grossman, Wineburg, & Woolworth, 2001; Hargreaves & Fullan, 2015). 협력적 교사공동체에서 교사들은 교실에서 이루어지는 활동이나 상황들을 공유하고 해석하며, 문제를 제기하고 논의하는 과정에서, 수업 전문성을 발달시키고 효과적 교수에 대한 이론을 쌓아나갈 수 있다(Bryk *et al*., 2015; Hargreaves & Fullan, 2015). 본 연구에서는 이러한 교사공동체 상호작용을 통해 교사들이 과학적 모델링에 관한 이해와 실행을 발달시켜나갈 수 있다고 보았다.

사회적 상호작용을 통해 의미가 구성되고, 상호작용에 참여함으로써 배움이 이루어진다고 보는 상황학습(situated learning) 관점(Lave & Wenger, 1991)에 따라, 본 연구에서는 모델링에 관한 교사의 이해와 실행을 상호작용 속에서 탐색하였다. 초점을 맞춘 상호작용은 (1) 모델링 기반 수업을 논하는 교사공동체 상호작용 및 (2) 수업 내 교사와 학생들 간 상호작용이었다. 상호작용에 참여하는 과정에서 나타나는 교사의 모델링에 대한 인식 변화를 탐색하기 위해, 본 연구에서는 '프레임(frame; Goffman, 1974)' 개념을 사용하였다. 프레임은 사회적 상호작용에 참여하는 참여자가 활동을 해석하는 틀로 "활동에서 무슨 일이 일어나고 있는가?"에 대한 인식과 그에 따른 기대들의 모음을 뜻한다(Goffman, 1974). 각 상황에서 참여자들이 활성화시키는 프레임은 그들이 무엇에 주의를 기울이고, 어떻게 상황을 해석하고, 그에 대해 어떻게 반응할지 생각하고 결정하는 과정을 이끈다(Goffman, 1974; Tannen, 1993).

과학교육계에서 이루어진 몇몇 선행 연구들은 교사와 학생들이 특정 과학적 실행에 참여할 때, 그에 관해 어떠한 프레임들을 활성화시키는지에 초점을 맞추었다(Berland & Hammer, 2012; Ha, Lee, & Kim, 2018). 예로 Ha, Lee, & Kim (2018)은 세 명의 교사들이 교실 상호작용에서 과학적 논변 활동과 관련하여 서로 다른 프레임들을 활성화시킨 사례들을 소개했다. 한 교사가 논변 활동을 '논의를 통해 학생들이 정답에 도달하는 활동'으로 보았을 때, 그는 인지적 권위자로서 학생들에게 정보를 제공하고, 과학적으로 옳은 개념으로 안내하는 데 실행의 초점을 맞추었다. 한편 논변 활동을 '학생들이 서로의 논변을 비판적으로 검토하고 평가하는 활동'으로 본 다른 교사는 학생들이 서로 다른 소집단의 논변을 비판적으로 평가하고, 협력하여 합의된 논변을 구성할 수 있도록 돕기 위해 노력했다.

이처럼 교사들이 과학적 실행에 대해 활성화시키는 프레임들이 학생들의 지식 구성 활동에 중요하게 영향을 미친다는 연구 결과들이 있음에도, 장기적 관점에서 교사들이 활성화시키는 프레임이 어떻게 변화해나가는지에 대한 연구는 거의 이루어진 바가 없다. 과학교육계에서 기존에 이루어진 연구들은 주로 교실공동체 내에서 교사나 학생들이 순간순간 활성화시키는 프레임들에 초점을 맞추어 왔다(e.g., Berland & Hammer, 2012; Hutchison & Hammer, 2010). Hammer *et al*. (2005)은 교수·학습 상황에서 지식과 앎에 관한 특정 프레임들이 반복적으로 활성화되며 장기적으로 안정화되는 이론적 기작을 제시하였지만, 이에 대한 실증적 후속 연구는 찾아보기 어렵다. 이에 본 연구에서는 교사가 교사공동체 상호작용 및 수업에서 활성화시키는 과학적 모델링에 관한 프레임이 장기적으로 어떻게 변화해나가는지에 초점을 맞추었다.

본 연구는 미국 북서부의 한 공립 고등학교에서 이루어졌다. 본 연구는 한국 과학교육계에서 최근 늘어나고 있는 과학적 모델링에 관한 연구들(e.g., Do, Park, & Yoo, 2016; Lee *et al*., 2012), 교사학습공동체에 관한 연구들(e.g., Kim & Choi, 2019), 그리고 교사 프레임에 관한 연구들(e.g., Ha, Lee, & Kim, 2018)을 확장시키는 데 다음과 같이 기여할 수 있다. 먼저, 본 연구는 선행 연구들이 제기한 "교사들이 과학적 모델링에 관한 이해와 실행을 어떻게 발달시킬 수 있는가?", "교사학습공동체는 교사들의 이해 및 실행 발달에 어떻게 기여하는가?", "교사들의 프레임은 장기적으로 어떻게 변화해 나가는가?" 등의 질문에 답하기 위한 이론을 구축하는 데 기여할 수 있다. 다음으로 본 연구는 프레임 개념을 사용하여 교사의 이해 변화를 탐색했다는 점, 교사학습공동체와 교실에서 이루어지는 상호작용을 통해 교사의 이해 및 실행 발달을 탐색했다는 점 등으로부터 기존 연구에 방법론적 시사점을 제공할 수 있다. 또한 본 연구에서 교사들은 한 교사의 교실에 모여서 함께 계획한 수업의 진행을 관찰하고, 관찰한 수업을 발전시킬 수 있는 방안들을 논의하였다. 교실 실행을 중심으로 한 이 교사 탐구 모형은 그간 한국 과학교육계에서 많이 다루어지지 않았던 것으로, 본 연구의 사례는 교사공동체의 형태와 종류에 대한 이해와 논의를 확장시키는 데 기여할 수 있다.

본 연구의 연구 문제는 다음과 같다. 첫째, 교사학습공동체 탐구에 참여한 한 고등학교 교사의 과학적 모델링에 관한 프레임은 어떻게 변화하였는가? 둘째, 교사학습공동체 탐구는 그러한 프레임 변화에 어떻게 기여하였는가?

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

미국 북서부 한 공립 고등학교(S 고교)의 과학 교사학습공동체가 연구에 참여하였다. 교사학습공동체는 S 고교가 속한 교육지구 전체를 대상으로 한 연구 프로젝트의 일환으로 각 학교마다 구성되었으며, S 고교의 5명의 과학 교사 모두가 S 고교 교사학습공동체에 참여하였

다. 프로젝트의 목적은 교사학습공동체 형성을 통해 교사들이 학생들의 과학적 실행을 지원하기 위한 교수 실행을 발달시킬 수 있도록 돕는 것이었다. 교육지구의 8개 중・고등학교들 중 S 고교 교사공동체에 초점을 맞춘 이유는 그 공동체가 과학적 모델링에 지속적으로 초점을 두고 모델링 기반 수업을 발전시키기 위해 협력하였기 때문이다. 5명의 교사들 중 3명이 5년 이상의 교사 경력을 갖고 있었으며, 2명은 5년 이하의 경력을 갖고 있었다. 이 공동체에는 또한 2명의 과학교육 연구자와 3명의 코치(instructional coach; 교육지구 소속으로, 과학 교사들을 주기적으로 방문하여 수업 계획, 진행, 반성을 도우며 교사들을 지원하는 전문가)들이 참여하여 교사들의 탐구를 도왔다. S 고교는 빈곤 도시 지역에 위치해 있었으며, 약 77%의 학생들이 무료 혹은 할인된 급식 서비스를 받고 있었다.

본 연구에서 초점을 맞춘 교사(E 교사)는 10년 이상의 교사 경력을 갖고 있었다. 이 연구에 참여하기 전 그녀는 과학적 모델링에 관한 연수를 받거나 모델링 기반 수업을 진행한 경험이 없었다. 교사공동체가 형성된 직후 진행된 인터뷰에서 그녀는 이전의 연수들에서 가끔 증거 기반 과학적 설명이나 탐구 중심 과학교육에 대해 들어 보았으나, 그러한 개념들이 그녀에겐 여전히 추상적이고 실제 수업에 적용하기에 모호하다고 말하였다. 본 연구에서 E 교사에 초점을 맞춘 이유는 두 가지이다. 첫째, E 교사는 본 연구의 데이터가 수집된 1년이 조금 넘는 기간의 초기와 말기에 교사공동체 탐구의 대상이 된 수업을 진행하였다. 이는 E 교사의 수업 실행과 교사공동체 참여로부터 그녀의 프레임 변화를 탐색하기에 유리한 조건을 제공하였다. 둘째, E 교사는 S 고교 교사공동체에 참여하며 과학적 모델링을 처음 접하였는데, 사후 진행된 인터뷰에서 과학적 모델링에 관해 선행 연구들과 많은 부분 일치하는 정교한 이해를 보였다. 이에 탐구 초기와 후기 드러난 E 교사의 프레임들을 분석함으로써, 과학적 모델링과 관련된 그녀의 인식과 이해, 실행이 어떻게 변화하였는지 탐색하고자 하였다.

2. 교사공동체 탐구 및 수업 실행 맥락

교사공동체의 탐구는 "스튜디오(Studio)"라는 교사 연수 맥락에서 이루어졌다. 스튜디오 교사 연수 모형은 교사들이 실제 수업을 함께 계획하고, 진행하며, 그에 대해 성찰한다는 점에서 일본에서 유래한 수업 연구(lesson study; Lewis, Perry, & Hurd, 2004)와 유사점을 가지나, 개개의 수업보다는 여러 수업들을 가로질러 적용되는 교수 실행들을 논의하고 장기간에 걸쳐 그를 발전시키는 데 초점을 맞춘다는 점에서 차이를 보인다. S 고교 교사학습공동체는 연구 데이터 수집이 이루어진 약 1년 3개월의 기간 동안 총 6회의 스튜디오에 참여하였다. 매 스튜디오에서 교사, 연구자, 코치들은 일과 시간 동안(8시간) 모여 학생들의 과학적 모델링을 지원하기 위한 협력적 탐구에 참여하였다.

매 스튜디오 이전, 스튜디오 수업을 진행할 교사는 코치나 연구자와 협력하여, 과학적 모델링 기반 수업의 초안을 계획하였다. S 고교 교사학습공동체는 과학적 모델링의 여러 목적들(자연현상 묘사, 설명, 예측) 중, 자연현상을 설명하는 목적에 초점을 맞추었다. 매 스튜디오에서, 교사들은 학생들이 그림이나 글을 통해 자연현상에 대한 설명을 모델에 표현하도록 도왔다. 학생들은 모델을 구성, 평가, 수정하며 자연현상에 대한 설명을 발달시켜나갔다.

스튜디오의 구성은 다음과 같았다. 먼저, 수업을 진행하는 교사가 그날 이루어질 모델링 기반 수업 초안을 공유하였다. 참여자들은 함께 그 계획을 논의하고, 학생들의 모델링을 촉진시킬 수 있는 방안들을 적용하여 수업 계획을 수정하였다. 그리고 참여자들은 함께 교사의 수업에 들어가 그들이 같이 계획한 수업의 실행을 관찰하였다. 그 후 참여자들은 다시 회의실에 모여 자신들이 관찰한 내용을 공유하고, 수업을 발전시키기 위하여 수업 계획을 다시 수정하였다. 이후 그들은 다음 교시에 수정한 수업을 실행하였고, 다시 회의실에 모여 그들이 시도한 수업의 변화가 학생들의 모델링과 학습에 어떻게 영향을 미쳤는지 성찰하였다. 여러 번의 스튜디오에 걸쳐 S 고교의 교사들은 학생들의 과학적 모델링을 지원하기 위한 구체적 교수 실행들을 개발하고, 시도하며, 발전시켜 나갔다. Table 1은 자료 수집 기간 동안 진행된 6회의 스튜디오 날짜와 수업을 진행한 교사, 그리고 각 스튜디오에서 학생들이 모델링을 통해 설명하고자 한 자연현상이 무엇인지를 보여준다.

본 연구에서 E 교사의 프레임 분석을 위해 주목한 스튜디오들은 E 교사가 수업 진행자로서 수업을 주로 계획하고 진행한 2회차와 6회차 스튜디오였다. 두 스튜디오 사이에는 1년 2개월의 시간 간극이 있었으며, 수업은 모두 E 교사의 10학년 교실에서 이루어졌다. 2회차 스튜디오 수업은 세포 호흡과 광합성 단원의 끝 부분에서 이루어졌다. 그 수업에서 학생들은 어떤 사람의 폐에서 콩 씨앗이 발아한 실제 사례를 듣고, 어떻게 씨앗이 폐에서 발아할 수 있었는지, 그리고 폐에서 꺼내진 씨앗이 어떻게 계속해서 자랄 수 있었는지에 대한 설명을 구성하는 모델링에 참여하였다. 학생들은 세포 호흡과 광합성에 관해 배운 내용을 바탕으로 짝을 이루어 모델을 구성하였다. 한편 6회차 스튜디오 수업은 세포 분열 단원의 중반부에 이루어졌다. 수업에서 학생들은 "왜 어떤 사람들은 다른 사람들보다 유방암에 더 잘 걸릴까?"라는 질문에 대해, 유전자와 단백질의 관계 및 돌연변이에 관해 읽고 배운 내용을 바탕으로 모델을 구성하였다. 2회차 스튜디오 수업과 마찬가지로 학생들은 짝을 이루어 모델링에 참여했으며, 모델 활

Table 1. The dates and host teachers of the 6 Studios and the phenomena that students tried to explain through scientific modeling in the Studios

스튜디오 회차 (날짜)	수업 진행 교사	학생들이 모델링을 통해 설명한 자연현상
1 (2013.11.06.)	A 교사	• 불꽃놀이는 어떻게 다양한 색깔을 갖는가?
2 (2013.12.05.)	**E 교사***	• 어떻게 사람의 폐에서 씨앗이 발아할 수 있는가? 폐에서 꺼내진 씨앗은 어떻게 계속해서 자랄 수 있는가?
3 (2014.03.25.)	M 교사	• 별의 생애 주기에선 어떤 일들이 일어나며 블랙홀은 어떻게 형성되는가?
4 (2014.04.24.)	A 교사	• 시애틀의 기후는 왜 같은 워싱턴 주의 다른 도시 스포케인과 확연히 다른가?
5 (2014.10.13.)	A 교사	• 루브 골드버그 연쇄 작용을 일으킬 수 있는 장치를 어떻게 설계할 수 있을까?
6 (2015.02.10.)	**E 교사***	• 왜 어떤 사람들은 유방암에 더 잘 걸릴까?

동지에 그림과 글을 통해 그들의 모델을 표현하였다. 수업 후반부에선 학생들이 모델을 발표하고 토론하는 시간을 가졌다.

3. 자료 수집 및 분석

가. 자료 수집

1년 3개월 동안 진행된 6차시 스튜디오에서 이루어진 S 고교 교사공동체 상호작용과 교실 수업이 비디오 녹화(약 48시간)되었다. 교실 수업에서는 수업을 진행하는 교사와 학생들 간 이루어진 전체 학급, 소집단, 개인 간 상호작용이 모두 메인 카메라를 통해 녹화되었으며, 보조 카메라들을 통해 몇몇 소집단 학생들의 상호작용이 녹화되었다. 또한 스튜디오에서 작성된 교사공동체 탐구 산출물(포스터, 토론 일지, 수업 계획 등), 교실 수업 자료들, 그리고 학생들의 과학적 모델을 포함한 활동지가 수집되었다. 비디오 파일들은 Studio Code라는 비디오 코딩 프로그램을 통해 코딩될 수 있도록 형식 전환되었다. 이 중 E 교사가 수업을 진행하였던 스튜디오 2회차와 6회차에서 이루어진 교사공동체 상호작용 및 교실 상호작용(약 16시간)은 모두 전사되었다. 전사본에는 참여자들의 발화, 행동들이 기록되었다.

이와 더불어 E 교사를 포함한 S 고교 과학 교사들의 교사공동체 참여 이전의 경험들과 교사공동체 참여 경험들에 대한 인식을 조사하기 위하여, 2차례의 반구조화된 인터뷰가 이루어졌다. 이 중 E 교사와의 2차례 인터뷰가 본 연구의 연구 자료로 쓰였다. E 교사와의 첫 번째 인터뷰는 E 교사의 교육 경력과 학생들의 과학적 실행을 지원하는 것과 관련된 그녀의 초기 생각 및 경험들을 탐색하고자 진행되었으며, 1회 스튜디오 후 같은 날 약 15분 동안 진행되었다. E 교사와의 두 번째 인터뷰는 6회차 스튜디오로부터 약 2년이 지난 후의 시점인 2017년 2월 22일, 약 45분 동안 진행되었다. 본 연구의 자료로는 수집되지 않았지만, S 고교 교사공동체는 본 연구에서 초점을 둔 첫 1년의 탐구 후에도 계속해서 협력적 탐구를 진행하였다. 두 번째 인터뷰는 E 교사의 교사공동체 탐구에 대한 성찰과 과학적 모델링에 관한 그녀의 인식을 조사하기 위해 진행되었다. 두 인터뷰는 모두 음성 녹음되어 전사되었다.

나. 자료 분석

본 연구는 교사공동체 탐구에 참여하는 교사가 과학적 모델링에 대해 활성화시키는 프레임이 어떻게 변화해 나가는가를 깊이 있게 탐색하고자 이루어진 질적 사례 연구(Yin, 2014)이다. 이를 위해 먼저 E 교사가 수업을 진행한 2회차와 6회차 스튜디오에서의 상호작용이 분석되었다. 교사공동체 상호작용에서는 교수법적 추론 에피소드들(episodes of pedagogical reasoning; Horn, 2010)이 분석의 단위로 추출되었다. 교수법적 추론 에피소드는 공동체 참여자들이 교수 실행과 관련된 하나의 문제나 주제에 대해 이유, 설명, 정당화 등을 제시하며 추론하는 과정을 포함한다(Horn, 2010). 다음으로 교수법적 추론 에피소드 참여로부터 드러난 E 교사의 과학적 모델링에 관한 프레임이 질적으로 분석되었다. 교수법적 추론 에피소드를 단위로 하여 E 교사의 프레임을 분석한 이유는 두 가지였다. 첫째로, 교수법적 추론 에피소드는 E 교사가 모델링 수업을 계획하고 반성하는 과정에서 제기되고 논의된 특정 문제나 주제들에 대해 어떻게 추론하였는지를 명확히 볼 수 있게 해주었다. 둘째로, 교수법적 추론 에피소드는 개개의 발화 단위 혹은 전체 스튜디오 단위로 분석될 수 없는 E 교사의 프레임을 분석하기에 적절한 발화들의 묶음을 제공했다. 상호작용에서 참여자들이 활성화시키는 프레임은 맥락적 단서들에 따라 상황마다 변할 수 있으므로(Hammer *et al*., 2005), 프레임은 전체 스튜디오에 대해 한꺼번에 특징지어질 수 없다. 또한 프레임은 상호작용 내에서 드러나므로 개개의 발화에 의해서도 역시 특징지어질 수 없다.

E 교사의 과학적 모델링에 관한 프레임은 각 에피소드에서 다음의 질문들을 통해 귀납적으로 분석되었다. E 교사가 과학적 모델링 기반 수업에 관한 협력적 탐구에 참여하여, 교수 실행이나 학생들의 참여에 대해 논의할 때, 그녀는 과학적 모델링의 목적을 무엇으로 보고 있는가? 그녀는 과학적 모델링에서 자신의 교사로서의 역할을 어떻게 인식하는가? 그녀는 과학적 모델링에서 학생들의 역할을 어떻게 인식하는가? 이러한 인식을 바탕으로 그녀는 학생들의 참여를 돕기 위해 무엇에 주의를 기울이고 어떻게 노력하는가? 이 질문들은 활동에 관한 참여자들의 프레임이 그들이 무엇에 주의를 기울이고, 자신과 다른 참여자들의 역할을 어떻게 인식하며, 어떻게 행동하기로 결정하는지에 영향을 미친다는 프레임에 관한 선행 연구들에 기반을 둔다(e.g., Hammer *et al*., 2005).

E 교사의 과학적 모델링에 관한 프레임 분석에는 두 분야의 선행 연구들이 바탕이 되었다. 첫 번째 분야는 과학 교수·학습에서 관찰된 생산적, 비생산적 프레임의 예시들을 제시한 연구들이었다(e.g., Hutchison & Hammer, 2010; Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000). 선행 연구들은 지식과 앎에 대한 권위가 교사와 교과서에 있다고 보고, 학생의 역할을 권위로부터 주어지는 정보를 받아들이고 재생산하는 것으로 보는 프레임을 비생산적으로 보았다. 반면, 연구들은 학생들의 역할을 자연현상을 이해하고 그에 관한 설명을 구성, 평가, 수정하는 것으로 보는 프레임을 생산적으로 보았다. 분석의 바탕이 된 두 번째 분야는 과학적 모델링의 본성과 목적에 관한 선행 연구들이었다(e.g., Oh & Oh, 2011; Schwarz & White, 2005). 본 연구에서는 이러한 연구들을 바탕으로 E 교사가 드러낸 과학적 모델링에 관한 프레임을 귀납적으로 분석하여 범주화하였다.

또한 2회차와 6회차 스튜디오 수업(매 스튜디오마다 2회 수업, 각 50분)에서 이루어진 E 교사와 학생들 간 상호작용 역시 E 교사의 프레임 탐색을 위해 분석되었다. 교실 상호작용의 분석 단위는 교실 에피소드였다. 각 에피소드는 하나의 아이디어에 대해 교사와 학생들이 주고받은 발화들을 포함했으며, 대화의 주제 혹은 흐름이 바뀌는 지점에서 에피소드가 전환된 것으로 보았다. 각 에피소드에서 E 교사가 보인 과학적 모델링에 관한 프레임은 교사공동체 상호작용에서 E 교사의 프레임을 분석할 때 사용되었던 질문들과 동일한 질문들을 바탕으로 귀납적으로 분석, 범주화되었다.

다음으로는 교사공동체 탐구가 E 교사의 프레임 변화에 어떻게 기여하였는지를 묻는 본 연구의 두 번째 연구 질문에 답하기 위해, 1-6회차 스튜디오에서 이루어진 교사공동체 상호작용이 Studio Code라는 비디오 코딩 프로그램을 통해 코딩되었다. 먼저 교수법적 추론 에피소드들이 분석 단위로 추출되었다. 다음으로 각 교수법적 추론 에피소드에서 참여자들이 제기한 문제들과 그들의 추론(제안, 추측, 이유, 설명, 정당화 등)이 코딩되었다. 또한 교사공동체에서 개발하고

논의한 교수 실행과 도구들, 그리고 학생들의 활동지를 포함한 학생 데이터가 코딩되었다. 코딩된 내용을 바탕으로, 각 스튜디오에서 참여자들이 학생들의 과학적 모델링을 지원하기 위해 협력하는 과정에서 무엇에 주목하였고, 어떠한 문제들을 제기하였으며, 어떤 교수 실행들을 개발하고 테스트하며 발전시켜 나갔는지가 분석되었다. 다음으로 이러한 교사공동체 탐구가 E 교사의 프레임의 어떤 측면들과 어떻게 상응하는지가 질적으로 분석되었다.

인터뷰 데이터는 교사공동체 및 교실 상호작용에서 분석된 결과를 보완하여 설명하는 데 쓰였다. 인터뷰에서 E 교사는 과학적 모델링에 관한 그녀의 인식을 공유하고, 교사공동체 탐구가 그녀의 인식 변화에 어떻게 영향을 미쳤는지 설명하였다. 이는 E 교사의 프레임을 분석하는 직접적인 증거로 쓰이기보다는, 그녀가 상호작용에서 보인 프레임 변화를 뒷받침하고 그 이유를 추론하는 데 쓰였다. 이는 첫째로, 상호작용에서 드러나고 맥락적 단서들에 따라 상황마다 변화할 수 있는 프레임의 특성(Hammer *et al*., 2005) 상, 사후 인터뷰 데이터로 참여자의 프레임을 직접적으로 유추하기에 한계가 있기 때문이고, 둘째로, 상호작용 데이터 수집 기간과 인터뷰가 이루어진 시기 사이에 2년의 간극이 있었기 때문이다. 인터뷰 데이터는 다음의 질문들을 바탕으로 질적으로 분석되었다. E 교사는 과학적 모델링에 관한 그녀의 인식이 어떻게 변화하였다고 보는가? 그녀는 교사공동체 참여와 과학적 모델링에 대한 그녀의 인식 변화를 어떻게 연결 짓는가?

Ⅲ. 연구 결과

다음에서는 먼저 2회차와 6회차 스튜디오에서, 교사공동체 상호작용과 수업 실행을 통해 드러난 E 교사의 과학적 모델링에 관한 프레임들을 논한다. 다음으로, 그 프레임들에서 드러난 E 교사의 과학적 모델링에 관한 이해 변화를 논한 뒤, 교사공동체 탐구가 어떻게 E 교사의 과학적 모델링에 관한 이해와 실행 변화에 영향을 미쳤는지 논한다.

1. E 교사가 2회차 스튜디오에서 보인 모델링에 대한 인식: '배운 내용을 바탕으로 활동지에 정답을 채워 넣는 활동'

E 교사의 과학적 모델링에 관한 프레임들은 2회차 스튜디오 초중반, 수업 계획을 논의, 수정하고 수업을 진행하는 단계에서 분명하게 드러났다. E 교사가 활성화시킨 프레임들을 분석한 결과, 2회차 스튜디오 초중반 E 교사는 과학적 모델링을 '배운 내용을 바탕으로 활동지에 "정답"을 채워 넣는 활동'으로 인식하고 있었음을 볼 수 있었다. 다음에서는 이를 보여주는 E 교사의 프레임들이 드러난 상호작용 사례들을 제시하고 논한다.

가. "일련의 질문들에 정답을 제공하는 활동" 프레임

스튜디오 초반 E 교사는 과학적 모델링을 '일련의 질문들에 정답을 제공하는 활동'으로 보는 프레임을 보였다. 스튜디오 이전 E 교사는 A 코치와 함께 스튜디오에서 진행될 모델링 기반 수업의 초안을 기획하였다. 스튜디오가 시작되고, E 교사는 교사학습공동체 참여자들에게 수업 계획과 모델 활동지의 초안(Figure 1)을 설명하였다. Figure 1에서 보이듯 모델 활동지는 세포 호흡과 광합성에 관한 정답이 있는 닫힌 형태의 일련의 질문들을 포함하고 있었다. 질문들의 예로는 "씨앗이 발아에 필요한 포도당과 산소를 어디에서 얻는지 설명하시오.", "세포 호흡에서 효소의 역할을 설명하시오." 등이 있었다. E 교사는 스튜디오 전날 학생들에게 어떤 사람의 폐에서 씨앗이 발아하였고, 폐에서 꺼내진 씨앗이 계속해서 자랐다는 흥미로운 현상을 소개했다고 하며, 학생들이 스튜디오 수업에서 모델링을 통해 그 현상을 설명

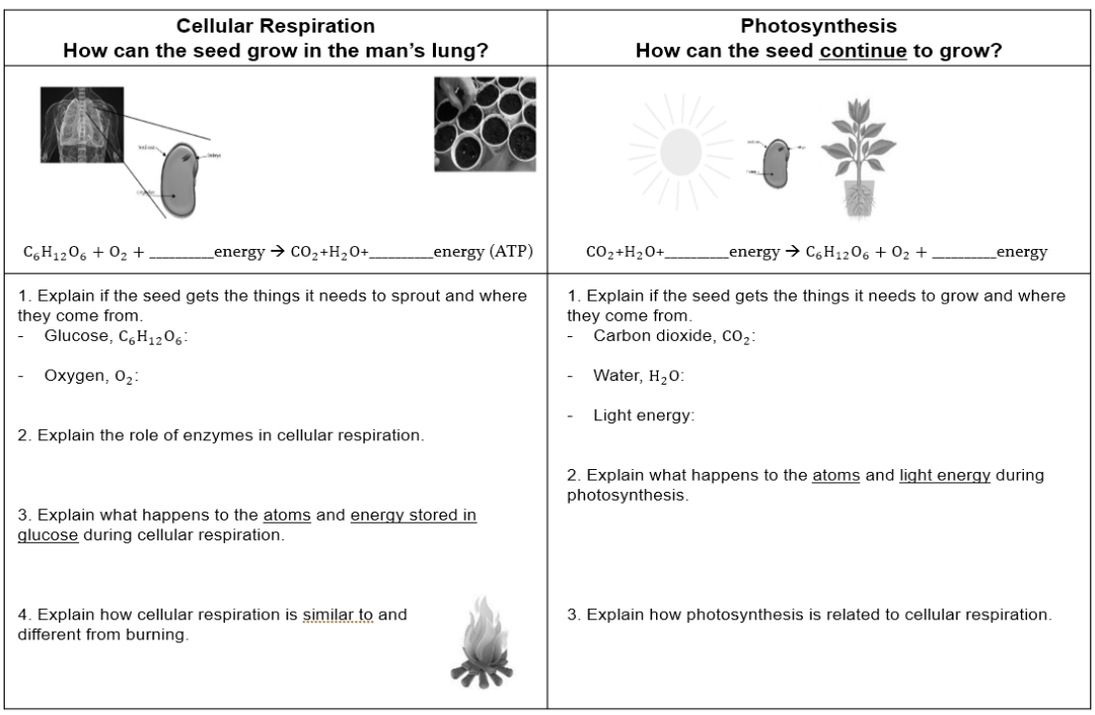

Figure 1. The initial model template that Teacher E and Coach A planned and shared at the start of Studio 2

할 것이라고 하였다. 하지만 활동지와 E 교사의 수업 계획은 학생들에게 새로운 내용에 대해 추측하거나 추론할 기회를 제공하지 않았다. 즉, E 교사는 학생들의 역할을 세포 호흡과 광합성에 관한 일련의 질문들에 교사가 기대하는 바대로 답하는 것으로 보고 있었다.

나. "여러 수업 활동에서 배운 내용들을 교사가 기대하는 특정 방식으로 합치는 활동" 프레임

이후 교사학습공동체의 다른 구성원들과 수업 계획을 수정하고, 수업을 진행하는 과정에서 E 교사는 과학적 모델링을 '여러 수업 활동에서 배운 내용들을 교사가 기대하는 특정한 방식으로 합치는 활동'으로 이해하는 프레임을 보였다. E 교사의 이러한 프레임은 학생들이 이전 활동들에서 학습한 내용을 설명 구성의 증거로 활용하도록 돕자는 교사공동체 구성원들의 제안을 E 교사가 해석한 결과였다. 모델 활동지에 관해 논의하던 중 한 연구자는 학생들이 수업 활동들에서 배운 내용을 모델링에서 증거로 사용할 수 있도록 돕자고 제안하였다. 교사공동체 구성원들은 이에 찬성했고, 이전 활동들의 주요 내용을 요약하는 표(활동 요약표)를 만들어 학생들이 그것을 모델링에서 활용할 수 있도록 하기로 의견을 모았다. 한 교사가 학생들이 직접 그 표를 채울 수 있도록 하자는 의견을 냈고, 이에 구성원들은 모델 활동지의 상단에 활동들의 이름이 쓰여 있는 빈 표를 추가하기로 하였다. 한편 한 코치는 활동지의 수많은 질문들이 학생들이 현상을 설명하는 것을 제한할 수 있다는 우려를 표하였다. E 교사는 이에 대해 활동지를 빈칸으로 열어둘 경우 학생들이 어디서부터 시작해야 하는지 감을 잡지 못해 그것을 빈칸으로 놔두어 버릴까봐 염려된다고 하였다. 교사공동체 구성원들은 이 문제를 해결하기 위해 논의하였고, 활동지의 질문들을 삭제하되, 활동 요약표의 아이디어를 사용하여 어떻게 모델링을 시작할 수 있는지를 학생들에게 보여줌으로써 학생들이 활동을 시작하는 것을 돕자는 결론을 내었다. Figure 2는 이 논의를 통해 수정된 활동지를 보여준다. 수정된 활동지는 정답을 요구하는 일련의 질문들 대신 학생들이 자신들의 설명을 표현할 수 있도록 하는 빈 공간을 포함했다. 또한 활동지의 상단에는 학생들이 이전 활동들에서 배운 내용을 설명 구성의 증거로 사용할 수 있도록 돕는 활동 요약표가 포함되었다. 교사공동체 상호작용 내에서 E 교사는 이러한 목적들에 동의한 듯 보였다. 하지만 E 교사의 수업에서 드러난 프레임은 여전히 학생들에게 특정한 정답을 요구하고 있었다. E 교사는 수업 전 수정된 활동지를 검토하는 과정에서, 수업의 목표를 다음과 같이 정리하여 말하였다.

> E 교사: 그러니까 우리는 학생들이 스스로 [활동들에서 배운] 아이디어들, 메인 아이디어들을 가져오기를 원하는 거죠. 그리고 그걸 과정에 포함시키게 하는 거죠. 예를 들면, 세포 호흡에 관해서 그들이 알아야 할 것은… 음, 포도당이 이산화탄소와 물로 쪼개진다거나, 아니면 세포 호흡의 산물이 이산화탄소와 물이라거나. 아니면 물질들을 태우기 위해 산소가 필요하다거나. 그러니까 우리가 바라는 건 학생들이 그러한 아이디어들을 말할 수 있는 거고 우린 그걸 돕는 거죠. *[2회차 스튜디오 수업 계획 중]*

위 발화에서 E 교사는 학생들이 활동 요약표에 적길 기대하는 특정 과학적 아이디어들(예. 포도당이 이산화탄소와 물로 분해된다)을 나열하였으며, 학생들이 그러한 아이디어들을 말할 수 있기를 기대한다고 하였다. 모델링을 '여러 수업 활동들에서 배운 내용들을 교사가 기대하는 특정한 방식으로 합치는 활동'으로 보는 E 교사의 프레임은 그녀가 수업에서 보인 학생들과의 상호작용에서 분명하게 드러났다. 학생들에게 어떻게 모델링을 시작할 수 있는지 보여주자는 교사공동

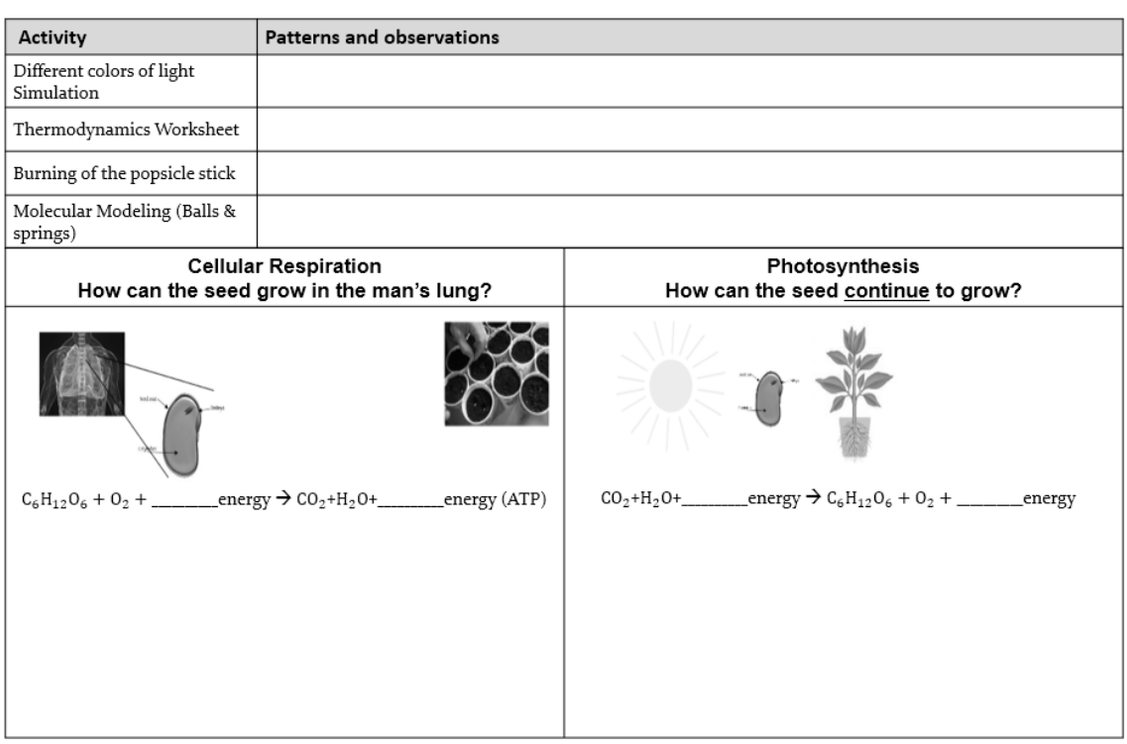

Figure 2. The model template that the participants of the professional learning community revised collaboratively (Studio 2)

체의 결정에 따라, E 교사는 활동 요약표의 한 아이디어를 모델에 적용하는 과정을 예시로 학생들에게 보여주었다. 다음의 대화는 이 과정에서 이루어진 E 교사와 학생들 간 상호작용을 보여준다.

E 교사: 좋아요. 자, 이제 어떻게 이 모델을 시작할 수 있을지 보여줄게요. 여러분이 방금 채워 넣은 표의 첫 번째 아이디어를 사용해볼게요. 빛의 여러 색에 대한 아이디어 말이에요. 자, 아까 여러분이 식물들이 청색광을 받을 때 가장 많이 자란다고 하였죠, 맞나요? 그 아이디어는 우리의 이 그림[모델] 중 어디에 들어갈까요? (세포 호흡 부분과 광합성 부분을 가리킨다.) 어디에 가장 잘 맞을까요? 스티븐?

스티븐: 광합성이요.

E 교사: 광합성이요. 벤? 광합성일까요, 세포 호흡일까요?

벤: 광합성이요.

E 교사: 광합성, 그래요.

아만다: 전 거기에 동의하지 않아요.

E 교사: 동의하지 않는다고요? 그렇군요. 왜죠?

아만다: 식물은 저절로 자라지 않잖아요. 자라기 위해 태양에서 열을 흡수하고, 또 물 분자들을 흡수하고, 그러니까……

E 교사: 그래요, 그 말이 사실 맞아요. 음, 하지만 우리는 지금 오직 청색광에 먼저 초점을 맞추고 있어요. 음, 여러분이 활동에서 사용한 청색광 말이에요. 그러니까, 우리가 지금 빛에 관해서 얘기하는 거라면, 빛은 이 둘 [세포 호흡과 광합성] 중 어디에 속하죠? 광합성이죠? 동의하나요?

아만다: 네.

E 교사: 그럼 그 아이디어를 여기에 적도록 할게요. (모델의 광합성 부분에 세 개의 화살표로 빛을 표현하고 청색광이라 쓰는 과정을 실물화상기로 보여준다.) 음, 청색광…… *[2회차 스튜디오 수업 중]*

위의 담화에서 E 교사가 학생들에게 모델링을 시작하는 방법을 보이고자 할 때, 그녀는 모델의 특정 부분에 특정한 과학적 아이디어를 적어 넣는 것에 초점을 두고 있었다. 한 학생(아만다)이 그에 동의하지 않는다고 하였을 때, 그녀는 이유를 물었지만, 그것은 학생의 생각을 더 알아보기 위함이 아니라 그녀가 원래 의도한 곳에 그 아이디어를 적어 넣기 위하여 학생을 설득하기 위함이었다. 이처럼 2회차 스튜디오에서 드러난 E 교사의 프레임들은 E 교사가 모델링을 '활동지에 교사가 기대하는 방식으로 답을 적어 넣는 과정'으로 보고 있었음을 보여준다. 그 과정에서 E 교사는 교사의 역할을 사전에 충분한 지식 조각들을 제공하고, 학생들이 교사가 기대하는 "옳은" 방식으로 지식 조각들을 합칠 수 있도록 이끄는 것으로 보았다. 이는 선행 연구들에서 비생산적으로 묘사되었던 프레임들과 맥락을 같이 한다(e.g., Hutchison & Hammer, 2010; Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000). 예로 Hutchison & Hammer (2010)는 교사와 학생들이 "교실 게임"이라는 비생산적 프레임을 활성화시킨다면, 교사는 학생들에게 과학적으로 옳은 정보를 전달하는 데 집중할 것이고, 학생들은 교사 혹은 교과서로부터 주어지는 사실적 정보를 받아들이는 데 집중할 것이라고 하였다. 2회차 스튜디오에서 드러난 E 교사의 프레임 역시 활동의 목적을 교사가 기대하는 답을 학생들이 재생산해내는 것으로 보았다는 점에서 이와 일맥상통한다.

2. E 교사가 6회차 스튜디오에서 보인 모델링에 대한 인식: '협력을 통해 증거를 바탕으로 자연현상에 대한 설명을 구성하는 과정'

2회차 스튜디오로부터 약 1년 2개월이 지난 후, 6회차 스튜디오에서 E 교사는 다시 수업 진행자가 되었다. 이 날 드러난 E 교사의 프레임들은 E 교사가 과학적 모델링의 특성들을 다음과 같이 이해하고 있었음을 보여주었다. 먼저, E 교사는 모델링 과정에서 학생들이 증거를 사용하여 자연현상에 대한 설명을 구성하는 것을 강조하였다. 둘째로, E 교사는 모델링 과정에서 학생들이 협력하고 서로로부터 배우는 것을 중요시하였다. 마지막으로 E 교사는 모델링을 통해 학생 개개인이 그들의 생각을 보일 수 있고, 각자가 있는 곳에서부터 시작할 수 있다고 하였다. 다음에서는 이를 보여주는 E 교사의 프레임들이 드러난 상호작용 사례들을 제시하고 논한다.

가. "증거를 사용하여 자연현상에 관한 설명을 구성하는 과정" 프레임

6회 스튜디오 전반에 걸쳐 E 교사는 과학적 모델링을 '증거를 사용하여 자연현상에 관한 설명을 구성하는 과정'으로 보는 프레임을 보였다. 이러한 E 교사의 프레임은 스튜디오에서 진행된 그녀의 수업에서 분명히 드러났다. 다음의 발췌는 E 교사가 모델링 활동을 시작하며 학생들에게 활동의 목적을 소개하는 과정에서 진행된 담화의 일부를 보여준다. Figure 3은 이 수업에서 사용된 모델 활동지와 한 학생이 구성한 모델의 예시를 보여준다.

E 교사: 지금까지 우리는 유방암에 대해 이야기해왔어요. 그에 관한 아이디어들과 질문들을 떠올려왔죠. 그 중 하나가 "유방암은 세포에서 일어난 돌연변이인가요?"라는 질문이었어요. 그래서 우린 어제 "돌연변이란 무엇인가?"에 관한 논문을 한 편 읽었죠. 그리고 돌연변이의 원인과 결과들에 대해 알아봤어요. **이제 우리는 왜 어떤 사람들이 유방암에 걸리는지를 설명하기 위해 이 정보를 사용할 거예요. 그러니까 이 논문은 우리가 구성해나가는 설명의 증거들 중 하나가 되는 거죠.** […] 여러분이 적은 원인과 결과들을 모델에 적용할 거예요. **왜냐하면 우리의 모델은 유방암이 어떻게 일어나는지를 보여주기 위한 시도니까요. 우리는 유방암에 걸린 사람에게 일어나는 일련의 사건들을 보이고자 할 거예요.** 암에 걸렸을 때 어떤 일이 일어나는지 설명하기 위해서요. *[6회차 스튜디오 수업 중]*

이처럼 E 교사는 학생들이 모델링을 통해 유방암이 어떻게 일어나는지에 관한 설명을 구성하고 제시하도록 안내하고 있었으며, 그 과정에서 그들이 읽은 논문의 내용을 증거로 사용하도록 이끌었다. 모델 활동지(Figure 3)는 열린 형태로 학생들이 현상에 대해 세포, 염색체/DNA, 단백질, 그리고 관찰 가능한 수준에서 생각해볼 수 있도록 돕는 구조들을 제공했으며, 학생들이 그들의 설명을 표현할 공간을 제공하였고, 체크리스트의 형태로 학생들이 생각해볼 수 있는 아이디어들이나 질문들을 제시하였다. 질문들은 단답형으로 답할 수 있는 특정한 정답을 요구하기보다는 학생들이 현상을 설명하는 데 있어 고려할 수 있는 요소나 주제들을 제시하고 있었다. 질문들의 예로는 "암에 걸린 사람과 암에 걸리지 않은 사람의 세포, 염색체/DNA, 단백

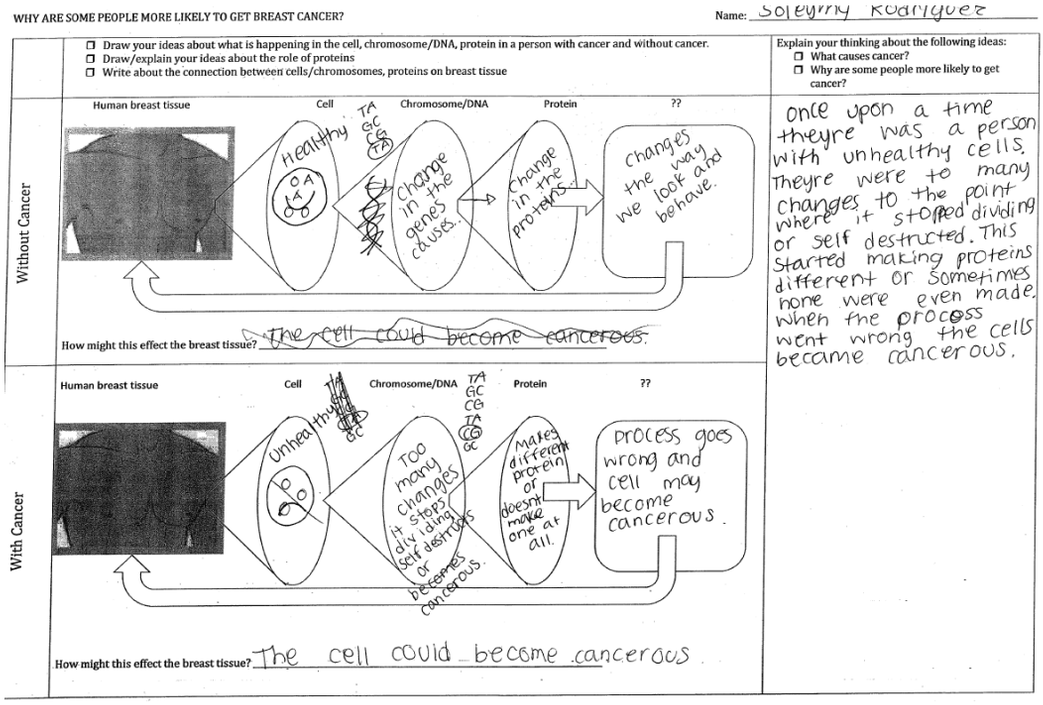

Figure 3. A student model about why breast cancer occurs, constructed in Studio 6

질에서 무슨 일이 일어나는지에 대한 당신의 생각을 그리시오.", "왜 어떤 사람들은 더 암에 걸릴 확률이 높은가?" 등이 있었다.

수업 전반에서 E 교사는 학생들이 자신들의 설명을 발전시키고 표현할 수 있도록 도왔고, 이는 특정한 방향으로 답을 이끌려고 애쓰던 2회차 스튜디오에서의 모습과 대조적이었다. 결과적으로 학생들은 그들의 모델에 현상에 대한 설명을 일련의 사건들을 포함하는 이야기 형식으로 다양하게 풀어내는 모습을 보였다. 또한 수업을 성찰하는 시간에 E 교사는 교사공동체 구성원들과 함께 학생들의 설명을 분석하여 이해하고, 학생들이 논문의 내용을 어떻게 설명에 적용하였는지 분석하는 데 초점을 두었다. 이처럼 E 교사는 6회 스튜디오 전반에 걸쳐 과학적 모델링을 '증거를 사용하여 현상에 관한 설명을 구성하는 과정'으로 보는 프레임을 보였다. 이러한 E 교사의 프레임은 선행 연구들에서 제시한 과학적 모델링의 본성 및 목적에 관한 논의들과 많은 부분 일치한다(Schwarz *et al*., 2009; Schwarz & White, 2005). 예로 Schwarz *et al*. (2009)은 모델들이 눈에 보이지 않는 과정들을 표현할 수 있다는 점, 현상을 묘사하고 설명하는 데 사용될 수 있다는 점, 지식 구성을 위한 이해의 도구로 사용될 수 있다는 점, 그리고 현상에 관한 증거에 기반을 둔다는 점을 강조하였다.

나. "학생들이 협력하며 서로에게서 배울 수 있는 과정" 프레임

E 교사는 또한 6회차 스튜디오에서 위에서 설명한 프레임과 더불어 과학적 모델링을 '학생들이 협력하며 서로에게서 배울 수 있는 과정'으로 보는 프레임을 보였다. E 교사는 학생들에게 짝을 지어 모델을 구성하게 하며, 다음과 같이 말하였다. "오늘 모델링은 짝을 지어 함께 하는 거예요. 그러면 첫째, 더 쉽고, 둘째, 모델에 관한 다른 관점을 들을 수 있겠죠?" 이와 더불어 E 교사는 활동 내내 짝을 이룬 학생들이 활발하게 의견을 나누며 모델링에 참여할 수 있도록 독려하였다.

수업의 후반부 E 교사는 세 명의 학생들로 하여금 그들의 모델을 발표하고 설명하도록 하였다. 수업 후, 교사공동체 구성원들은 학생들이 모델을 발표할 때, 다른 학생들이 그저 아이디어들을 베껴 넣는 데 집중하고 있었던 점을 문제로 제기하였다. 나아가 그들은 학생들이 서로의 아이디어들에 대해 깊이 생각해볼 수 있는 기회를 제공하는 방안을 논의하였다. 논의된 바에 따라, 두 번째 스튜디오 수업에서, E 교사는 호명된 학생들이 모델을 발표할 때, 다른 학생들이 발표된 내용을 요약하고 그에 동의하는지 혹은 동의하지 않는지 생각해보도록 하였다. 즉, E 교사는 "학생들이 협력하며 서로에게서 배울 수 있는 과정" 프레임을 활성화시킴으로써, 모델링 과정에서 학생들이 협력을 통해 배울 수 있는 방안을 모색하였고, 이를 수업에 적용하였다. 이는 과학적 모델이 사회적으로 구성되고 소통되며, 학생들이 모델링 과정에서 여러 잠정적 아이디어들에 대해 논할 수 있다고 했던 선행 연구들의 주장들과 맥락을 같이 한다(Clement & Rea-Ramirez, 2008; Passmore & Svoboda, 2012).

다. "학생 개개인이 자신의 생각을 표현할 수 있는 활동" 프레임

한편 E 교사는 수업 후 교사공동체 구성원들과 수업에서 관찰한 내용을 논의하는 과정에서 모델링을 '학생 개개인이 자신의 생각을 표현하고, 각자가 있는 곳으로부터 시작할 수 있도록 하는 활동'으로 보는 프레임을 보였다. 다음은 수업에서 관찰한 바를 공유하던 중 E 교사가 한 발화이다.

> E 교사: 제가 관찰한 건 학생들이 그들의 아이디어를 자유롭게 나누고 있다는 점이었어요. 학생들은 논문을 읽고 그걸 자신들의 추론을 뒷받침하는 증거로 사용하고 있었죠. 그들의 사고 수준은 제가 제 학생들이 할 수 있다고 생각했던 수준을 훨씬 뛰어넘었어요. […] 그리고 제 생각엔, **모델이 학생들이 그들의 생각을 적을 수 있는 여러 시작점들("multiple entry points")을 제공**

했다고 생각해요. 학생들이 각자가 있는 곳에서 시작할 수 있게요. 그래서 전 그들이 생각을 어떻게 연결하는지 보고, 제가 그들을 어떻게 도울 수 있는지 생각할 수 있었죠. 몇 명의 학생들은 제 최소한의 도움만으로도 정보들을 이해하고 연결할 수 있는 듯 보였어요. 하지만 대다수의 학생들은 증거를 사용하여 추론하기 위해 서로 다른 종류의 도움들을 필요로 했죠. *[6회차 스튜디오 수업 성찰 중]*

이처럼 E 교사는 학생들이 모델링 과정을 통해 그들의 생각을 표현할 수 있고, 각자가 있는 곳에서부터 추론을 시작할 수 있다고 하였다. 또한 그녀는 학생들의 모델링을 관찰함으로써, 학생들의 생각을 이해하고 어떻게 학생 개개인을 지원할 수 있는지 생각해볼 수 있었다고 하였다. 그리고 E 교사는 학생들의 사고와 추론의 수준이 자신의 기대를 뛰어 넘었다고 하였다. Lehrer & Schauble (2006)은 모델링 과정을 통해 학생들이 스스로의 생각을 바탕으로 자연현상에 대한 설명을 구성해나갈 수 있으며, 이 과정에서 학생들의 생각과 능력이 존중될 수 있다고 하였다. E 교사는 모델링을 지원하는 과정에서 "학생 개개인이 자신의 생각을 표현할 수 있는 활동" 프레임을 활성화시킴으로써, 학생들 각자가 표현하는 생각에 주목하고, 학생들이 추론에 참여하는 과정을 관찰하였다. 이를 통해 그녀는 학생들의 생각과 능력에 대한 그녀의 인식을 되돌아보았는데, 이는 선행 연구가 제안한 모델링 기반 교수·학습의 잠재력을 지지한다. 또한 E 교사가 드러낸 프레임들은 활동에서 학생들이 지식 구성의 주체가 된다고 보는 점에서 선행 연구들에서 생산적으로 묘사되었던 프레임들(예. "자연현상 이해하기" 프레임)과 맥락을 같이 한다(e.g., Hutchison & Hammer, 2010; Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000).

3. 교사학습공동체 탐구를 통한 E 교사의 과학적 모델링에 관한 이해와 실행 발달

교사공동체 탐구 초기인 2회차 스튜디오에서 E 교사는 과학적 모델링을 '활동지에 정답을 채워 넣는 활동'으로 여기는 비생산적 프레임들을 보였다. 반면, 6회차 스튜디오에서 E 교사는 과학적 모델링을 '증거를 사용하여 자연현상에 관한 설명을 구성하는 과정', '학생들이 협력하며 서로에게서 배울 수 있는 과정'으로 보는 생산적인 프레임들을 보였다. 다음에서는 E 교사의 프레임 발달에 기여한 교사공동체 탐구 맥락과 활동들을 소개하고, E 교사를 포함한 공동체의 구성원들이 어떻게 활동들에 참여하며 과학적 모델링에 관한 이해와 실행을 발달시켰는지 논한다.

가. 평가표를 사용한 학생 모델 분석

S 고교 교사공동체는 모델링 기반 교수·학습을 발전시키고자 하는 장기적 목표를 가지고, 매 스튜디오에서 학생들의 자연현상에 대한 과학적 모델 및 설명 구성을 돕기 위해 노력했고, 학생들의 설명과 추론을 함께 분석하였다. 탐구 초기, E 교사를 포함한 교사들은 학생들의 담화와 모델을 분석할 때, 학생들의 생각이 과학적으로 옳은지 그른지에만 집중하는 모습을 보였다. 다음은 1회차 스튜디오에서 진행된 교사공동체 담화의 일부이다.

E 교사: 학생들이 용어들에 대해 좀 혼란스러워 하고 있었어요. [파동, 파장, 주파수 등이] '느리다'와 '높다', '빠르다' 같은 거요.

A 코치: 음, 그렇군요. 그에 대해 우리가 다음 교시 수업에서 뭘 할 수 있을까요?

E 교사: 학생들이 파동과 파장에 관련된 용어들을 알고 있는지 명확히 해야 할 것 같아요.

B 교사: 그리고 학생들이 진동수의 개념을 확실히 알도록 해야 할 것 같아요. '더 크다', '더 길다' 같은 말들을 사용하여 개념을 묘사할 수 있게요. *[1회차 스튜디오 수업 성찰 중]*

이어지는 논의에서 교사들은 용어와 개념들을 정리한 포스터를 만들고, 학생들과 함께 그것을 복습할 계획을 세웠다. 이처럼 탐구 초기 교사들의 논의와 실행은 학생들의 특정 개념에 대한 잘못된 이해나 혼란을 줄이는 데 집중되어 있었다.

이후의 스튜디오들에서, 연구자들과 코치들은 교사들이 옳고 그름이 아닌 과학적 설명의 여러 측면들(특히 인과적 연결과 증거 사용)에 초점을 맞추어 학생들의 모델을 분석할 수 있도록 도왔다. 이는 교사공동체 탐구의 초점이 학생들의 과학적 설명 구성을 지원하는 쪽으로 옮겨가게 하였다. 예로 3회차 스튜디오에서 연구자들은 학생들의 모델을 평가하는 데 사용할 수 있는 평가표를 교사들에게 소개하였는데, 그 평가표는 개념의 옳고 그름이 아닌 학생들이 어떻게 설명에서 변인들과 과정들을 인과적으로 연결하는지에 초점을 두고 있었다. 다음은 교사들이 이 평가표를 사용하여 분석한 내용을 공유한 대화 중 일부를 보여준다.

A 코치: 자, 이제 분석한 내용을 돌아가며 간단하게 이야기해보기로 해요. 여러분이 분석한 학생 모델이 [평가표의 1, 2, 3, 4단계 중] 어디에 해당하는지 말하고 정당화(justify)해주세요.

B 교사: 음... 이 학생들은 2단계인 것 같아요. 여러 요소들을 이야기하긴 하는데... "어떤 별들은 낮은 질량을 가진다.", "어떤 별들은 높은 질량을 가진다."고 묘사하는데, **그것들 사이의 관계**에 대해서는 말하고 있지 않아요. 표면적에 대해서도 얘기는 하는데...

M 교사: 그들이 뭐라고 썼는데요?

B 교사: "표면적이 큰 별들이 연료를 더 빨리 쓴다."고 하는데... 그러니까 **별들의 특징은 묘사하고 있는데, 그것들 사이의 관계에 대해서는 말하지 않았어요. 개념들은 언급하고 있는데, 그것들을 연결짓지는 않았어요.**

E 교사: 제가 본 학생들의 모델도 B 교사가 말한 것과 비슷했어요. "부피가 작아진다.", "온도가 높아진다.", "핵융합이 일어나서 탄소가 생긴다." **하지만 인과 관계에 대한 서술(causal statements)이 없었어요.** 그저 일어나는 과정 각각을 묘사하고 있었죠. *[3회차 스튜디오 수업 성찰 중]*

이처럼 교사들은 평가표를 사용하여 학생들의 모델을 분석할 때, 학생들이 특정 개념을 옳게 언급하였는지가 아닌, 학생들이 개념들 사이의 관계를 설명하고 과정들을 인과적으로 연결하는지에 초점을 맞추고 있었다. 이어지는 논의에서 교사들은 학생들의 인과적 설명을 도울 방안들을 함께 논의하였다. 논의된 방안들 중 하나는 인과적 관계들이 잘 나타난 학생들의 모델을 선별하여 발표하게 함으로써, 학생들이 '좋은 과학적 설명'이 무엇인가에 대해 생각해보고 자신들의 모델을 수정할 수 있도록 하는 것이었다. 논의되었던 또 다른 방안은 학생들이 모델을 구성할 때 미리 평가표를 나누어줌으로써 그들이

모델링에서 무엇을 고려해야할지 생각하도록 돕는 것이었다. 이후 4-6회차 스튜디오에서 교사공동체 구성원들은 논의한 방안들을 직접 실행에 옮기며, 계속해서 이 평가표를 바탕으로 학생들의 설명을 분석하였다. 예로 5회차 스튜디오에서 교사들은 평가표의 기준들을 학생들의 모델 활동지에 체크리스트 형태로 포함시킨 후, 체크리스트가 학생들의 인과적 설명 구성을 촉진시켰는지 논의하였다. 이처럼 교사들은 학생들의 모델에서 나타난 과학적 설명을 분석하고, 그것을 지원하기 위한 실행을 개발하고 테스트하며, 과학적 모델링을 '자연현상에 대한 설명 구성'으로 보는 관점을 발달시켜나갔다.

나. 활동 요약표를 활용한 학생들의 증거 기반 설명 구성 지원

교사공동체 구성원들은 또한 학생들의 증거 사용을 촉진시키기 위해, 2회차 스튜디오에서 개발한 활동 요약표(Figure 2 참조)를 여러 스튜디오에 걸쳐 반복해서 적용하며, 학생들이 수업 활동들에서 배운 내용을 설명 구성의 증거로 활용하는 것의 중요성과 필요성에 대한 이해를 발달시켜나갔다. 2회차 스튜디오 후반부, E 교사와 M 교사는 짝을 지어 학생들의 모델을 분석하던 중, 한 학생이 세포호흡이 이루어지는 씨앗에서 열이 발생하는 것을 그린 것을 발견하였다. 세포호흡에서 열이 발생하는 것이 사실이지만, 학생들에게 주어진 세포호흡 방정식에 열 방출이 직접 언급되지 않았으므로, 교사들은 이것을 흥미롭게 생각하였다. 그 후 교사들은 그 학생의 활동 요약표를 살펴보았고, 그가 나무 막대기를 태우는 실험에서 배운 내용으로 "세포호흡과 연소는 에너지를 방출한다는 면에서 비슷하다."라고 쓴 것을 발견하였다. 이와 같이 교사들은 학생들의 활동 요약표와 모델에서 나타난 아이디어들을 연결 지으며, 학생들이 어떻게 수업 활동에서 배운 내용들을 활용하여 설명과 추론을 발달시켜나갔는지 논했다. 한 교사는 이에 대해 성찰하며 다음과 같이 말했다.

> B 교사: 제가 관찰한 건... 학생들이 [활동 요약표를 통해] 이전에 배운 증거들을 돌아보고, 그걸 사용해서 그 다음에 뭐가 올지에 대해 생각하기 시작한다는 점이었어요. 그건 마치 출발점("jumping-off point") 같았죠. 예를 들어, 한 학생이 [활동 요약표를 작성하던 중] "식물을 커지게 만드는 게 뭐지?"라고 물었고, 다른 학생이 "포도당! 그건[그 아이디어는] 어디에[모델의 어느 부분에] 넣지?"라고 했어요. 그들은 [활동 요약표에] 쓴 내용을 넘어서서, 이전에 배운 것들을 연결 짓기 시작하고 있었어요. *[2회차 스튜디오 수업 성찰 중]*

이러한 논의를 바탕으로, 이어지는 스튜디오들에서 교사공동체는 활동 요약표를 다양한 형태로 발전시켜 나가며 계속해서 학생들의 증거 사용에 초점을 맞추었다.

이처럼 학생들의 모델링과 담화를 지원하기 위한 실행들을 테스트하는 과정에서, 교사공동체의 탐구 초점은 학생들의 증거 기반 설명 구성을 지원하는 쪽으로 발달해갔다. 공동체 구성원들은 2년차 탐구를 시작하기 전 여름, 그들의 팀 목표를 '학생들이 관련 활동에서 모은 증거들을 바탕으로 모델을 수정하도록 돕는 것'으로 설정하였다. E 교사는 6회차 스튜디오 수업 성찰에서 이와 일맥상통하는 그녀의 목표를 밝혔다.

> E 교사: 올해 제 목표를 생각하면, **제 목표는 [학생들이] 추론을 지지하기 위해 증거를 사용하는 걸 돕는 거거든요.** 오늘 수업에서, 학생들이 논문에서 읽은 사실들을 모델에 적용하고, 현상을 설명하려 했던 점에서 그걸 봤어요. *[...]* 제가 궁금한 건, 어떻게 하면 학생들이 활동을 할 때, 이것이 하나의 증거가 되고, 나중에 현상에 대한 설명으로 이어진다는 걸 깨닫게 할 수 있을까에요. *[6회차 스튜디오 수업 성찰 중]*

이처럼 E 교사는 교사공동체 탐구에 참여하며, 과학적 모델링을 '증거를 사용하여 자연현상에 관한 설명을 구성하는 과정'으로 보는 이해를 발달시켜나갔다. 앞서 연구 결과 2에서 보였듯, 이 점은 E 교사의 6회차 스튜디오 수업 실행과 공동체 상호작용 참여에서 분명하게 드러났다. Coburn (2006)은 교사공동체 상호작용을 통해 교사들이 교수·학습과 관련된 문제들을 인식하는 방식을 바꾸어 나갈 수 있다고 하였다. E 교사를 포함한 교사들이 탐구 초기에는 학생들의 개념의 옳고 그름에 보다 초점을 맞추어 문제를 인식한 반면, 탐구가 진행될수록 학생들의 인과적 설명 구성과 증거 사용을 지원하는 데 초점을 맞추었다는 본 연구의 결과는 Coburn (2006)의 주장을 지지한다.

다. 모델링 과정에서 학생들의 담화와 협력 지원

E 교사는 또한 6회차 스튜디오에서, 학생들이 모델링 과정에서 협력하고 서로로부터 배우는 것을 중요시하는 모습을 보였다. 이는 학생들의 담화와 협력을 지원하는 데 초점을 둔 S 고교 교사학습공동체의 탐구와 맥락을 같이 한다.

S 고교 교사들은 탐구 초기부터 학생들의 담화를 촉진시키는 데 관심을 보였다. 교사학습공동체는 3회차 스튜디오부터 본격적으로 그들의 모델링 기반 수업에 이와 관련한 교수 전략들을 적용하기 시작했다. 교사들은 학생들이 상호작용을 통해 어떻게 아이디어들을 발전시켜나갔는지 관찰하고 논의하며, 학생들의 협력을 모델링의 중요한 측면으로 인식하기 시작했다. 예로 3회차 스튜디오에서, 교사들은 학생들이 그들의 모델을 사용하여 서로 생각을 비교하도록 하였다. 다음은 수업에서 관찰한 내용을 공유하던 중 이루어진 교사공동체 담화의 일부이다.

> A 코치: (관찰한 두 학생의 담화를 공유하며) 별의 질량이 계속해서 증가하는가에 대해, 한 학생은 그렇다고 했고, 다른 학생은 아니라고 했어요. 증가한다고 한 학생은 핵융합이 일어나서 계속 새로운 물질이 생길 거라고 했고, 아니라는 학생은 원래 있는 것들로부터 새로운 것이 만들어지기 때문에 질량이 그대로일 거라고 했어요.
>
> B 교사: 맞아요. 그러다가 마지막에, 타미가 "아, 나 생각이 바뀌었어! 이제 알겠어. 이제 네 말에 동의해."라고 하는 걸 들었어요.
>
> *[...생략된 교사공동체 담화, 약 11분...]*
>
> E 교사: 학생들이 작업한 것(student work)[모델]을 공유하도록 해서, 다른 학생들이 그것으로부터 배우도록 하는 것... 그게 굉장히 효과가 있었다고 생각해요. 간단하잖아요, '학생들이 서로로부터 배우게 하고 싶다.' 우린 늘 그렇게 말하는데, 정작 우리는... 저는 제가 이전에 그런 기회를 주지 않았다는 데 놀랐어요. 학생들이 그들이 작업한 걸 공유하게 하는 거요.
>
> 연구자 J: 저는 그게 모델의 힘 중 하나라고 생각해요. 한 학생이 모델의 한 부분을 구성하는 데 10분을 쓰면, 그 학생은 그 부분에서

공유할 게 생기고 전문가가 되니까요.

R 코치: 제가 두 학생들한테, "저기 앞쪽의 학생들과 모델을 공유해봐," 라고 했을 때, 그들은 "아, 그 친구들이 도움이 필요해요?"라고 하더라고요. 그래서 저는 "자, 봐, [너의 모델은] 이쪽이 완전히 비어있는데, 봐, 그들은 그 부분을 거의 채웠거든."라고 했어요. 그러자 학생들이 "아..."라고 하더라고요. 처음에 그는 그들이 서로서로 도울 수 있다는 걸 이해하지 못했던 거죠. *[3회차 스튜디오 수업 성찰 중]*

이처럼 E 교사를 포함한 교사공동체 구성원들은 관찰한 바를 바탕으로, 모델링이 학생들에게 서로로부터 배우고 협력할 기회를 제공한다는 점을 논했다. 그 후 이어지는 스튜디오들에서, 교사공동체는 계속해서 학생들의 협력과 담화를 촉진시키기 위해 노력했다. 4회차와 5회차 스튜디오에서, 교사들은 학생들이 모델에 포함시킬 내용을 함께 논의하여 체크리스트를 구성하도록 하였다. 그리고 앞서 보였듯 6회차 스튜디오에서, E 교사와 공동체 구성원들은 학생들이 모델을 발표하고, 공유된 아이디어들에 관해 함께 생각해보도록 도왔다. 즉, 모델링 과정에서 학생들의 협력을 중요하게 여기는 E 교사의 이해와 실행은 이에 초점을 둔 교사공동체 탐구의 진행과 함께 발달하였다. Bryk *et al*. (2015)은 교사공동체에서 장기적 목표에 대한 실행들을 개발하고 반복해서 테스트하는 과정을 통해 교사들이 그들의 탐구와 수업을 발전시켜나갈 수 있다고 하였다. 본 연구에서 E 교사가 교사공동체 탐구의 주요 초점들을 반영하여 모델링에 관한 이해와 실행을 발달시켜나갔다는 점은 이러한 선행 연구의 주장을 지지한다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학적 모델링 기반 교수・학습에 초점을 맞춘 교사공동체 탐구에 1년 이상 참여한 E 교사가 탐구 초기와 후기에 과학적 모델링에 관해 어떠한 프레임들을 보였으며, 교사공동체 탐구가 그 교사의 이해 및 실행 변화에 어떻게 기여하였는지 보이고 논하였다. 연구 결과, 교사공동체 탐구 초기인 2회차 스튜디오에서 E 교사는 과학적 모델링을 학생들이 배운 내용을 바탕으로 활동지에 정답을 채워 넣는 활동으로 보는 프레임들을 보였다. 반면 1년 2개월 후 6회차 스튜디오에서 E 교사가 드러낸 과학적 모델링에 관한 프레임들은 그녀가 모델링을 학생들이 협력을 통해 증거를 사용하여 자연현상에 관한 그들 스스로의 설명을 구성하는 과정으로 보고 있었음을 보여주었다. E 교사가 6회차 스튜디오에서 보인 모델링에 관한 이해와 실행은 선행 연구들이 제시한 과학적 모델링의 특징들과 맥락을 같이 한다(e.g., Schwarz *et al*., 2009). 또한 E 교사의 프레임들은 활동에서 학생들이 지식 구성의 주체가 된다고 보는 점에서 선행 연구들에서 "생산적"으로 묘사되었던 프레임들과 일맥상통한다(e.g., Hutchison & Hammer, 2010; Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000). E 교사가 속한 S 고교 교사공동체는 모델링 기반 교수를 발전시키고자 하는 장기적 목표를 바탕으로 매 스튜디오에서 학생들의 자연현상에 대한 과학적 모델링을 돕고 학생들의 설명과 추론을 분석하였다. 이는 E 교사와 다른 교사들이 옳고 그름 외에 학생들의 설명의 다양한 부분들(예. 증거 사용)에 초점을 맞추어 그를 분석하고 교수 실행을 발전시켜나갈 수 있도록 도왔다. 교사공동체의 탐구가 진행되며 구성원들은 탐구의 초점들과 그와 관련된 교수 실행들을 구체화하고 발전시켜나갔고, 이러한 탐구의 초점들은 E 교사의 과학적 모델링에 관한 이해와 실행 변화에 반영되었다. 또한 교사공동체 탐구는 실제 수업들을 중심으로 진행되어, E 교사와 다른 교사들이 모델링에 관한 이해와 실행을 동시에 발전시켜나갈 수 있도록 도왔다.

본 연구의 결과들은 다음의 시사점들을 제공한다. 첫째, 본 연구는 상황학습 관점을 바탕으로, E 교사가 참여한 사회적 상호작용으로부터 과학적 모델링과 관련하여 그녀가 활성화시킨 프레임들을 분석함으로써 모델링에 관한 E 교사의 이해와 실행을 탐색하였다. 프레임 개념은 상호작용 속에서 E 교사의 참여를 탐색하는 데 유용한 관점을 제공함과 동시에, 장기적으로 E 교사가 과학적 모델링에 관한 인식과 실행을 어떻게 변화시켜나가는지 이해하는 데 도움을 주었다. 과학교육계에서 이루어진 기존의 프레임에 대한 연구들은 주로 교실공동체에서 교사나 학생들이 순간순간 활성화시키는 프레임들에 초점을 맞추어 왔다. 본 연구는 참여자가 활성화시킨 프레임들을 장기간에 걸쳐 탐색하고, 특정 시점(예. 스튜디오 2회차나 6회차)에 참여자가 보인 프레임들을 가로질러 나타나는 참여자의 인식을 조사함으로써, 참여자의 특정 과학적 실행에 대한 이해와 실행 변화를 탐색할 수 있음을 보였다. 이는 프레임의 개념을 보다 다양한 연구에 응용할 수 있는 발판을 제공한다. 둘째, 본 연구는 교사공동체 탐구나 교사들의 과학적 실행에 대한 이해와 실행 발달을 지원하고자 하는 연구자들과 실행가들에게 시사점을 제공할 수 있다. 예로 본 연구에서는 교사학습공동체에 참여한 교사가 꾸준히 학생들을 과학적 실행에 참여시키고 학생들의 참여와 산물을 분석함으로써, 모델링에 관한 이해와 실행을 발전시켜나갈 수 있음을 보였다. 또한 교사들과 연구자들, 코치들을 포함한 교사공동체 구성원들은 함께 실제 수업을 계획하고, 실행하고, 반성하는 과정에서 구체적인 교수 전략들에 관해 논의하고 그에 대해 성찰하며 협력적으로 실행을 발전시켜나갔다. 이러한 점들은 교사공동체 탐구 혹은 교사 학습을 지원하고자 하는 연구자들에게 유용한 정보로 사용될 수 있다.

국문요약

본 연구의 목적은 한 고등학교 과학 교사(E 교사)가 약 1년 3개월간 교사공동체 탐구에 참여하며 어떻게 과학적 모델링에 관한 이해와 실행을 변화시켜나갔는지를 탐색하는 것이었다. 상황 학습 관점을 기반으로 본 연구에서는 E 교사의 사회적 상호작용들로부터 모델링에 관한 그녀의 프레임들을 탐색하였다. E 교사는 1년 3개월간 총 6회의 "스튜디오"라는 교사 연수에 참여해 같은 학교의 과학 교사들과 연구자들, 코치들과 협력하였다. 매 스튜디오에서 참여자들은 함께 모델링 기반 수업을 계획하고, 실행하고, 그에 관해 반성하였다. 본 연구에서는 먼저 E 교사가 수업을 진행한 2회차, 6회차 스튜디오에 초점을 맞추어, E 교사의 교사공동체 및 교실 상호작용으로부터 드러난 모델링에 관한 그녀의 프레임들을 질적으로 탐색하고, 그로부터 E 교사의 이해와 실행에 변화가 있었는지 탐색하였다. 다음으로, 교사공동체 탐구가 E 교사의 이해와 실행 변화에 어떻게 영향을 미쳤는지 탐색하기 위하여, 1-6회차 스튜디오에서 진행된 교사공동체 탐구가 질적으로 분석되었다. 연구 결과, 2회차 스튜디오에서 E 교사는 과학적 모델링을 학생들이 활동지에 정답을 채워 넣는 활동으로 보고 있었다. 반면 6회차 스튜디오에서 E 교사가 드러낸 과학적 모델링에

관한 프레임들은 그녀가 모델링을 학생들이 협력을 통해 증거를 사용하여 자연현상에 관한 설명을 구성하는 과정으로 보고 있었음을 보여주었다. E 교사가 속한 교사공동체는 모델링 기반 교수를 발전시키고자 하는 목표를 바탕으로, 매 스튜디오에서 학생들의 모델링을 돕고, 학생들의 설명과 추론을 분석하였다. 또한 그들은 여러 스튜디오들에 걸쳐 탐구 초점들과 교수 실행들을 구체화시키고 발전시켜나갔다. 이러한 공동체 탐구의 초점들은 E 교사의 과학적 모델링에 관한 이해와 실행 변화에 반영되었다. 본 연구의 결과는 교사공동체 탐구나 교사 전문성 발달을 지원하고자 하는 연구자, 실행가들에게 유용한 정보를 제공할 수 있다.

주제어 : 과학적 모델링, 프레임, 교사학습공동체

References

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

Bryk, A. S., Gomez, L. M., Grunow, A., & LeMahieu, P. G. (2015). Learning to improve: How America's schools can get better at getting better. Cambridge, MA: Harvard Education Press.

Clement, J. J., & Rea-Ramirez, M. A. (Eds.) (2008). Model-based learning and instruction in science. New York, NY: Springer.

Coburn, C. E. (2006). Framing the problem of reading instruction: Using frame analysis to uncover the microprocesses of policy implementation. American Educational Research Journal, 43(3), 343-349.

Crawford, B. A., & Cullin, M. J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. International Journal of Science Education, 26(11), 1379-1401.

Do, H., Park, J., & Yoo, J. (2016). An analysis of teacher's scaffolding for promoting social construction of scientific models in middle school science classes. Journal of the Korean Association for Science Education, 36(4), 643-655.

Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. Review of Research in Education, 32(1), 268-291.

Goffman, E. (1974). Frame analysis: An essay on the organization of experience. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Grossman, P., Wineburg, S., & Woolworth, S. (2001). Toward a theory of teacher community. Teachers College Record, 103(6), 942-1012.

Ha, H., Lee, Y., & Kim, H. B. (2018). Exploring the teachers' responsive teaching practice and epistemological framing in whole class discussion after small group argumentation activity. Journal of the Korean Association for Science Education, 38(1), 11-26.

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.

Hargreaves, A., & Fullan, M. (2012). Professional Capital: Transforming teaching in every school. New York, NY: Teachers College Press.

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

Horn, I. S. (2010). Teaching replays, teaching rehearsals, and re-visions of practice: Learning from colleagues in a mathematics teacher community. Teachers College Record, 112(1), 225-259.

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

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

Kim, Y., & Choi, A. (2019). Understanding of scientific inquiry developed by beginning science teachers in professional learning community. Journal of the Korean Association for Science Education, 39(2), 221-232.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). Situated learning: Legitimate peripheral participation. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lee, S., Kim, C. J., Choe, S. U., Yoo, J., Park, H., 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.

Lehrer, R., & Schauble, L. (2006). Cultivating model-based reasoning in science education. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lewis, C., Perry, R., & Hurd, J. (2004). A deeper look at lesson study. Educational Leadership, 61(5), 18.

Louca, L. T., Zacharia, Z. C., & Constantinou, C. P. (2011). In Quest of productive modeling-based learning discourse in elementary school science. Journal of Research in Science Teaching, 48(8), 919-951.

National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: National Academies Press.

Nelson, M. M., & Davis, E. A. (2012). Preservice elementary teachers' evaluations of elementary students' scientific models: An aspect of pedagogical content knowledge for scientific modeling. International Journal of Science Education, 34(12), 1931-1959.

Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. International Journal of Science Education, 33(8), 1109-1130.

Passmore, C., & Svoboda, J. (2012). Exploring opportunities for argumentation in modelling classrooms. International Journal of Science Education, 34(10), 1535-1554.

Schwarz, C. V. (2009). Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling-centered scientific inquiry. Science Education, 93(4), 720-744.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, 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.

Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. Cognition and Instruction, 23(2), 165-205.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57(1), 1-23.

Tannen, D. (1993). Framing in discourse. Oxford, England: Oxford University Press.

Thompson, J., Hagenah, S., Kang, H., Stroupe, D., Braaten, M., Colley, C., & Windschitl, M. (2016). Rigor and responsiveness in classroom activity. Teachers College Record, 118(5), 1-58.

Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. International Journal of Science Education, 21(11), 1141-1153.

Windschitl, M., & Thompson, J. (2006). Transcending simple forms of school science investigation: The impact of preservice instruction on teachers' understandings of model-based inquiry. American Educational Research Journal, 43(4), 783-835.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2018). Ambitious science teaching. Cambridge, MA: Harvard Education Press.

Yin, R. K. (2014). Case study research: Design and methods (5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

저자 정보

심수연(워싱턴대학교 박사 후 연구원)