



변칙 사례에 대한 과학 영재 학생들의 반응에서 드러난 인식론적 프레이밍과 소집단 논변활동 탐색

이은주¹, 윤선미², 김희백^{2*}
¹진남여자중학교, ²서울대학교

Exploring Small Group Argumentation and Epistemological Framing of Gifted Science Students as Revealed by the Analysis of Their Responses to Anomalous Data

Eun Ju Lee¹, Sun Mi Yun², Heui-Baik Kim^{2*}
¹Jinnam Girls' Middle School, ²Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 22 April 2015
 Received in revised form
 5 May 2015
 27 May 2015
 5 June 2015
 Accepted 8 June 2015

Keywords:

framing,
 epistemological framing,
 small group argumentation,
 scientific argumentation

ABSTRACT

In this study, we explored students' epistemological framing during scientific argumentation and how interactions among group members influenced group argumentation. Twenty-one gifted science students divided into groups of three or four participated in this study. Students' discussions related to data interpretation concerning the rate of photosynthesis were analyzed. Students' activities were videotaped in groups so the discourse could be transcribed and students' behavioral cues analyzed. Students' epistemological framing has been identified through analysis of their speech and behavioral responses to the anomalous data from the inquiry process. Subsequently, their sources of warrant and group argumentation levels were explored. We found out that group members framed the inquiry in two ways: "understanding phenomena" and "classroom game." Group members whose framing was "understanding phenomena" required other members to justify the anomalous data by examining its validity and reliability, which conclusively demonstrated a high level of argumentation. On the other hand, when group members used "classroom game" to frame their argumentation, they did not recognize the necessity of explaining the anomalous data; rather, these students used simple empirical justification to explain the data, reflecting a low level of argumentation. When students using different epistemological framing disagreed over interpretations of anomalous data throughout the discussion, clashes ensued that resulted in emotional conflict and a lack of discussion. Students' framing shifts were observed during the discussion on which group leaders seemed to have a huge influence. This study lays the foundation for future work on establishing productive framing to prompt scientific argumentation in science classrooms.

1. 서론

과학 지식은 이론을 기반으로 한 인간 추론의 산물로서 불확실하고 경험적인 특성을 지니며, 과학자들의 의사소통과 합의를 통해 사회적으로 구성된다(Lederman *et al.*, 2002). 하지만 학생과 교사 모두 과학의 본성에 대한 올바른 관점을 가지고 있지 못하고 있는 실정이며, 극소수의 학생만 과학의 본성에 대해 현대적인 인식론적 견해를 지닌다(Lederman, 1992). 따라서 학생들은 과학 지식이 사회적으로 구성되고, 과학 이론이 인간의 산물이라는 것을 이해할 수 있어야 함과 아울러, 증거가 유용한지의 관점에서 논쟁을 평가할 수 있어야 한다(Driver *et al.*, 2000). 이러한 관점에서 논변은 과학 지식의 생성과 발전에 필수적인 인식론적 과정으로서 그 중요성이 강조되어 왔으며, 학생들은 논변활동이라는 인식적 실행에 참여하면서 과학 개념의 깊이 있는 학습과 과학적 추론 능력, 의사소통 능력, 인식론적 이해를 발달시킬 수 있다(Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008; Kuhn, 1993; Sandoval & Reiser, 2004). 이에 따라 학생들의 논변활동을 조력하기 위한 방안

들이 국내·외에서 활발히 연구되어 왔다(Chin & Osborne, 2010; Jung & Kim, 2010; McNeill, 2009; Yun & Kim, 2011).

그러나 논변활동을 교실 수업에 도입한 연구들은 논변활동에 참여한 경험이 반드시 학생들의 생산적인 학습으로 이끄는 것은 아님을 발견하였다(Berland & Hammer, 2012; Driver *et al.*, 2000). 연구자들은 그 이유를 학생들의 논변 능력 부족으로 설명하고 학생들의 논변 능력 향상을 위해 논변 기술을 명시적으로 교수할 필요성을 제안하였다(Takao & Kelly, 2003; Zohar & Nemet, 2002). 그러나 이와 상반되게 논변 교육을 받지 않은 학생들도 어떠한 맥락에서는 논변을 구성할 수 있다는 것이 밝혀졌으며(Berland & Reiser, 2011; Engle & Conant, 2002) Berland & Reiser(2011)는 학생들의 논변 담화로의 참여가 그들의 능력 보다는 논변활동에 대한 그들의 해석, 즉 현재 맥락에 적합하다고 믿는 논변 담화의 형태에 의해 영향을 받음을 보여주었다. 따라서 학생들이 논변활동에 생산적으로 참여하도록 조력하기 위해서는 학습자들의 인식적 맥락을 탐색하는 것이 필요하다.

최근에 학생들의 인식론을 이해하는 유용한 틀로 인식론적 프레이밍

* 교신저자 : 김희백 (hbkim56@snu.ac.kr)

** 본 논문은 이은주의 2014년도 석사학위논문 데이터를 활용하여 재구성하였음.
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.3.0419>

(epistemological frame)이 대두되고 있다(Elby & Hammer, 2010). 프레임(frame)은 인류학, 사회학, 언어학, 인지 과학에서 비롯된 개념으로, ‘여기에서 일어나고 있는 일이 무엇인가’에 대한 무언의 인식이며(Goffman, 1974), 프레임(framing)은 ‘상호 작용에서 무슨 일이 일어나고 있는지에 대한 참여자 정의’ 또는 ‘그가 참여하고 있는 활동에 대한 이해’이다(Tannen, 1993). 활동에 대한 프레임 방식은 개인의 인지 방식에 영향을 주며, 그들의 목표와 행동 방식을 결정한다. 예를 들어, 활동을 ‘교실 게임’으로 프레임 한 학생들은 활동을 하면서 정답을 찾고, 정확한 과학 용어를 사용하는 것에 초점을 맞추며, ‘현상 이해’로 프레임 한 학생들은 일상적이면서도 흔한 용어를 사용하여 현상을 설명한다(Hutchison & Hammer, 2010). 또는 학생들이 활동을 ‘아이디어 교환’이라고 프레임 한다면, ‘듣고, 말하는 것’으로 목표를 설정할 것이지만, ‘수업’으로 프레임 한다면 ‘교사로부터 점수를 얻는 것’으로 목표를 세우게 된다(Berland & Hammer, 2012). 따라서 학생들이 과학 수업에 대해서 갖는 기대는 논변활동을 조력할 수도 있지만 저해할 수도 있다. 학생들로 하여금 과학 문화에 입문하도록 돕기 위해서는 그들이 하고 있는 것을 형식적인 답을 생산하는 ‘교실 게임’ 중의 하나로 프레임하기 보다는, ‘자연 현상을 이해하기’와 같이 생산적으로 프레임 하도록 이끌어야 한다(Hutchison & Hammer, 2010). 그러나 수업을 한다는 것은 의도된 학문적, 비학문적 내용이나 기술의 습득과 필연적으로 관련되는 것은 아니며, 지역 교육 커뮤니티가 지닌 가치와 문화적 의미들의 세트를 전달하는 것과 관련되어 있다(Bloome, Puro, & Theodorou, 1989). 즉, 학생들은 오랜 기간 동안의 학교 교육을 통해 어떻게 하면 수업에서 성공할지에 대한 기대를 지니고 있기 때문에(Elby, 1999), ‘교실 게임’과 같은 프레임링을 지니고 있는 학생들을 생산적인 활동에 참여시키는 것은 어려울 수 있다. 예를 들어 학생들이 어떤 활동을 ‘활동지를 채우는 것’으로 이해한다면, 그들은 지식을 개인적으로 구성하거나 스스로 이해하기보다는 기억된 규칙과 단어로써 인식할 것이며(Scherr & Hammer, 2009) 이러한 맥락에서는 논변활동에서 요구되는 지식의 사회적 구성은 일어나기 힘들 것이다.

지식과 학습에 관하여 무엇이 일어나고 있는지에 대한 기대를 나타내는 인식론적 프레임(Epistemological framing)(Redish, 2004)은 맥락 의존적이며 역동적이라는 특징을 지니고 있다. 예를 들어, 한 대학생이 물리학 수업 중에는 공식을 사용하여 문제를 푸는 것에 집중한 반면, 인터뷰하는 상황에서는 일상 경험으로부터 추론하였다는 사례는 맥락에 따라 다른 인식론을 보이는 경우를 보여주며(Lising & Elby, 2005), Rosenberg *et al.*(2006)의 연구에서 8학년 학생들은 주어진 활동을 처음에는 정보를 수집하는 문제로 접근했지만, 교사가 ‘종이에 적힌 것 말고 너희들이 알고 있는 것에서 시작해봐’ 라고 충고한 이후부터 정보 수집 대신에 인과적 스토리를 만들어내는 방식으로 활동하였다는 것은 프레임의 역동성을 뒷받침해준다. 프레임의 맥락 의존성과 역동성에 대한 이해는 생산적인 논변활동을 지원하는 맥락 조성을 위해 선행되어야 하지만, 프레임에 대한 연구는 아직 시작 단계에 있으며(Berland & Hammer, 2012; Russ & Luna, 2013) 국내에서는 프레임에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있어 학생들의 프레임에 대한 이해가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 논변활동 과정에서 나타나는 학생들의 인식론적 프레임링을 동정하고, 소집단에서 구성원들의 프레임링이 논변

활동에 어떤 영향을 미치는지를 알아보고자 하였다. 효과적인 논변활동이 일어나기 위한 전략으로 강조되어온 반박이 출현할 수 있는 맥락(Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Kuhn, 1991)을 조성하기 위해, 변칙 사례가 나타나는 개방적 탐구 환경을 마련하였고, 이를 통해 인지 갈등과 대립 상황이 일어날 수 있도록(Baird, 1986; Dreyfus, Jungwirth, & Eliovitch, 1990) 의도하였다. 소집단 논변활동을 프레임링으로 설명한 우리의 연구는 인식론적 프레임링에 대한 기초 연구로서 과학적 논변활동을 조력하기 위한 생산적 프레임링 형성 기반 마련에 정보를 제공할 수 있을 것이다. 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 소집단에서 학생들은 활동에 대해 어떻게 프레임링을 하고 있는가?

둘째, 소집단 구성원들의 인식론적 프레임링에 따라 소집단 논변활동이 어떻게 달라지는가?

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 참여자

본 연구에서는 서울시 소재의 대학 부설 영재 교육원 생물 분과에 소속되어 있는 중학교 2학년 21명(남학생 13명, 여학생 8명)이 참여하였다. 이 대학 부설 영재 교육원은 학교장의 추천을 받은 서울 소재 중학교 재학생 중 지필검사와 면접을 통해 학생을 선발하며, 중학교 2학년 교육과정은 총 116시간으로 과학 이론 강의와 관련 실험으로 구성된다. 연구에 참여한 학생들은 3~4명으로 된 6개의 소집단을 구성하였으며 교육 기간의 후반에 연구가 이루어져 구성원들끼리는 친숙한 상황이었다. 학생들은 과학에서 대체로 매우 높은 학업 성취도를 보였으며 과학에 대한 흥미와 학습 동기가 높았다.

제1 저자이자 참여 교사는 중학교에서 5년의 교육경력을 가졌으며 생물교육을 전공하고 대학원에서 논변 및 사회적 상호작용에 대한 공부를 해왔다. 교사는 수업 도중 학생들의 질문에 직접적인 대답을 하기 보다는 그와 관련된 정보를 제시함으로써 학생들이 소집단에서 토론할 수 있도록 조력하였다.

2. 수업 과정

본 연구에서 분석된 수업은 총 3차시로 구성되어 있다. 1차시에는 광합성과 논변활동의 개념을 이해할 수 있도록 이론 수업을 진행하였고 2~3차시에는 소집단 탐구 및 논변활동이 이루어졌다(Table 1). 탐

Table 1. Types and contents of the implemented lessons

차시 (분)	수업 형태	수업 내용
1 (60)	강의	· 광합성 및 논변활동의 이해 · 식물의 광합성률에 영향을 주는 요인을 브레인스토밍 · 자료를 근거로 어떤 과정에서 광합성률이 높을지 예상 및 토의
2~3 (120)	소집단 탐구활동	· 가설 설정 및 결과 예측, 발표 · 실험 설계 및 수행 · 결과 논의 · 결론 도출 · 발표 및 정리

구는 ‘빛의 파장에 따른 광합성률’이라는 주제의 생물·물리 융합형 과제로 구성되었으며, 소집단별로 가설 설정에서 결론 도출까지의 과정을 학생들이 직접 수행하였다. 교사는 학생들에게 시금치로 만든 잎 디스크(원반형), 4가지 색(빨강, 파랑, 초록, 노랑)의 젤라틴 필터, 할로겐 광원 등을 제공하였고, 시금치 잎 디스크가 떠오르는 시간을 측정하여 광합성률을 측정할 수 있음을 안내하였다. 학생들은 어떤 파장의 빛에서 광합성률이 높을 지 예상하고, 실험을 설계하여 수행한 후 결과에 대해 논의하였다. 학생들은 대체로 빨강과 파랑에서 광합성률이 가장 높을 것이라는 예측을 하였지만, 실제 실험에서는 노란색의 젤라틴 필터에서 광합성이 가장 활발하였고, 이러한 변칙 사례는 학생들로 하여금 인지 갈등을 유발함으로써 활발한 논의가 이루어지도록 연구자들이 의도한 것이었다.

탐구 활동하는 동안 학생들이 자신의 주장을 정당화하고, 소집단에서 활발한 논의가 일어나도록 개념적, 인지적, 인식적, 사회적 측면에서 지원이 필요하다(Jung & Kim, 2010). 따라서 본 연구에서는 광합성 이론 수업과 탐구 활동 중 관련 자료를 제공함으로써 개념적 발달을 마련해주었다. 또한 학생들에게 반성적, 비판적 사고의 기회를 제공하는 인지적 지원이 필요한데, 이는 단순히 교과서에 있는 지식을 회상하는 것으로는 해결할 수 없고, 다양한 근거가 제시될 수 있는 탐구 과제를 제공함으로써 이루어졌다. 그리고 개인의 논변을 구성하고, 이를 바탕으로 소집단 논의를 진행하여 구성원간의 이견을 확인할 수 있도록 하고 논쟁과 설득의 경험을 제공하였다. 인식적 지원은 과학이 증거 기반의 추론 과정임을 알도록 하는 것인데, 이를 위해 가상의 문제 상황(어떤 기업이 제품 개발을 위해 과학자인 여러분에게 도움을 요청했다. 여러분은 실험을 통해 결론을 내린 후 그것을 기업 관계자들에게 설득시켜야 한다.)을 제시하여, 결론을 도출하기 위한 설득적 측면을 강조하였고, 탐구의 전 과정에서 근거를 포함하여 상대를 설득할 수 있도록 강조하였다. 마지막으로 소집단을 구성하여 구성원들 사이의 논의의 기회를 제공하였고, 모두 과학자라는 가정으로 동등하고 서로 존중하는 대화적인 상호작용의 기회를 제공함으로써 사회적 지원을 하였다.

3. 자료 수집 및 분석

가. 자료 수집

2~3차시에 이루어진 학생들의 탐구활동은 소집단별로 녹화·녹음되었으며 이는 전사되어 연구의 주된 분석 자료로 사용되었다. 학생들은 촬영장비가 갖춰진 연구 상황을 크게 의식하지 않았지만, 최대한 자연스러운 학습상황을 살펴보기 위해 카메라는 시야를 가리지 않도록 소집단 옆쪽에 배치하고 녹음기는 책상의 모퉁이에 놓아두었다. 학생들은 자연스러운 분위기에서 소집단 논의를 이어갔으며 장난을 치거나 농담을 하는 일상적인 모습도 보여주어 녹음과 녹화에 대한 거부감이 적었던 것으로 생각된다. 6개의 소집단 중 실험결과를 얻지 못한 1개의 소집단을 제외한 5개의 소집단 논변활동이 분석에 이용되었다. 학생들이 작성한 개별 활동지, 소집단 활동지, 수업 이후에 이루어진 몇몇 학생들의 반구조화 된 인터뷰 자료 및 수업관찰 노트와 같은 다양한 분석 자료들을 통해 해석의 타당성을 높이려고 노력하였다.

나. 자료 분석

본 연구에서는 소집단 구성원들 사이의 프레이밍의 일치 여부에 따라 어떠한 논변활동이 일어나는지 심도 있게 이해하고자 하였다. 이를 위해 학생들의 인식론적 프레이밍, 논변활동 수준의 분석과 함께 주장을 정당화하는 방식 및 근거를 분석하여, 이들이 논변활동에 어떻게 기여하는지를 해석하였다.

인식론적 프레이밍 Hutchison & Hammer(2010)는 교실 사례 연구를 통해 과학 수업에서 생산적인 프레이밍과 비생산적인 프레이밍을 제시하였다. 이들은 교실 수업을 녹화하였고, 학생들의 단어 선택이 프레이밍의 증거를 제공할 수 있음(Tannen, 1993)에 기반을 두고 수업 비디오 자료를 분석하였다. 그리고 학생들이 어떻게 지식을 사용하고, 개념과 자연 현상 사이의 연결을 어떻게 형성하는지, 또한 어떤 언어를 선택하고 그 언어들을 어떻게 사용하는지 등을 통해 학생들의 과학 수업에 대한 프레이밍을 추론할 수 있다고 하였다. 이 결과로 과학 수업에 생산적인 프레이밍인 ‘자연 현상 이해’ 프레이밍과 비생산적 프레이밍인 ‘교실 게임’ 프레이밍을 동정하였다. 학생들은 ‘교실 게임’으로 프레이밍 하는 경우에 교사나 교과서에 의해 제시된 정보의 형태로 지식을 획득할 수 있다고 기대하며, 권위자가 옳다고 한 정보에 부합하면 그 지식을 인정한다. 또한 학생들은 이해하지도 못하는 과학 용어를 사용하려고 노력하며, 과학 공식을 정답을 얻는 알고리즘 과정을 위한 템플릿으로 사용하게 된다. 반대로, 학생들이 활동을 ‘자연 현상을 이해하는 것’으로 프레이밍 하는 경우, 지식의 선택과 평가가 달라진다. 이 경우에 학생들은 지식을 어디서든 얻을 수 있는 것으로 인정하며, 자신들의 경험, 추론, 또는 학교활동으로부터 지식을 생산하고 평가하게 된다. 또한 형식적인 과학 용어보다는 일상생활의 언어를 사용하여 현상을 이해하려는 노력을 보이게 된다. 따라서 본 연구에서는 이들의 연구와 맥을 같이 하여 소집단 논변활동 녹화 자료를 주요 자료로 하여 학생들의 발화 및 행동을 분석함으로써 학생들이 지닌 인식론적 프레이밍을 탐색하고 확인하였다. 특히, 탐구 결과로 예상과 다른 변칙 사례가 나타났을 때 활동에 대한 학생들의 인식론적 프레이밍이 표면적으로 드러났는데, 프레이밍 분석은 학생들의 지식 사용과 평가, 개념과 자연 현상 사이의 연결 측면에서 학생들의 담화에서 주로 드러난 프레이밍을 확인함으로써 이루어졌다. 학생들이 변칙 사례의 원인이 무엇인지를 찾고, 이 현상을 설명하려는 과정으로 활동을 인식하는 경우에는 ‘현상 이해’ 프레이밍을 지니고 있다고 보았으며, 정해진 실험 결과를 얻고, 정답을 찾는 과정으로 탐구 활동을 인식하는 경우에는 ‘교실 게임’ 프레이밍이 형성되어 있는 것으로 보았다.

논변활동 수준 소집단의 논변활동 수준을 분석하기 위해 의미 형성을 포함하는 일련의 발화들로 구성된 소집단의 담화를 분석 단위로 사용하였다. 소집단 논변의 수준은 Toulmin(1958)의 분석틀을 이용하였으며, 주장(claim), 자료(data), 보장(warrant), 보강(backing), 반박(rebuttal), 한정어(qualifier)와 같은 논변 요소들이 다양하게 포함되어 있을수록 논변의 수준이 높다고 해석하였다. 많은 학자들이 담화 분석에서 TAP(Toulmin's Argumentation Pattern)를 이용할 때 각 요소들을 정확하게 구분하기 어렵다는 문제점을 지적하였으므로(Jiménez-Alexandre, Rodríguez, & Duschl, 2000; Kelly, Druker, & Chen, 1998), 2인의 과학 교육 전문가가 각자 코딩을 한 후에 일치하지 않는 부분에 대해서는 합의를 통해 일치시킴으로써 분석의 신뢰도를 높였다.

Table 2. Codes derived for students' expressed beliefs about how to warrant a claim (Sandoval & Millwood, 2008)

코드	정의
권위	권위의 근원을 명확하게 진술하거나 그것의 부족을 원인으로 이유 제시. 근거는 교사, 과학수업, 책, 인터넷 등
인과 관계	이론적인 개념이나 이론적인 개념의 설명에 근거하여 이유 제시
경험	실증적 증거의 부족이나 어떤 실증적 증거를 기반을 두고 이유 제시 데이터/그래프, 실험의 결과 등을 포함할 수 있음
사실	다른 말로 바꾸어 말하기 등으로 그들의 기존 주장을 반복하여 이유를 제시

주장을 정당화할 때의 근거 학생들의 정당화 관점을 분석하기 위해 주장을 정당화하는 방법을 분석한 Sandoval & Millwood(2008)의 분석틀을 사용하였다. 이들은 정당화의 근거를 권위(authority), 인과 관계(causal), 경험(empirical), 사실(factual) 4가지로 구분하였는데(Table 2), 이들은 각각 주장을 정당화하기 위해 교사의 발화 또는 책, 수업시간에 학습한 것과 같이 권위에 의존하는 경우, 이론적인 인과 관계에 기반을 두는 경우, 경험적으로 얻어진 증거에 기반을 두는 경우, 그들의 기존 주장을 반복하면서 사실로 주장하는 경우에 해당한다.

III. 연구 결과 및 논의

본 연구에서는 활동에 대한 학생들의 인식론적 프레이밍을 동정하고, 소집단 구성원들 사이의 프레이밍 상호작용이 소집단 논변활동 수준에 어떻게 영향을 주는지를 탐구하고자 하였다. 그 결과, 소집단 구성원들의 프레이밍이 일치하는지와 불일치 하는지에 따라 논변활동이 다르게 진행되었음이 관찰되었고 각 소집단에 따라 그 과정을 심도 있게 기술하고 이에 대한 교육적 의미를 논하고자 한다.

1. 구성원들의 프레이밍이 '현상 이해'로 일치된 경우

소집단 1의 학생들은 파란색과 빨간색 필터를 씌운 비커 속의 잎 디스크가 먼저 떠오를 것이라고 예상했지만, 실험 결과 노란색 필터를 씌운 곳에서 잎 디스크가 가장 빨리 떠오르고 그 다음으로 빨간색 필터를 씌운 곳에서 빨리 떠오르는 것을 관찰하였다. 학생들은 활발한 소집단 논변활동을 통해 “노란색 필터 아래에서 잎 디스크가 가장 빨리 떠올랐는데(자료), 이것은 빨간색과 초록색 빛이 모두 노란색 필터를 통과해서(보장) 두 빛이 앞에 모두 작용했기 때문에(보장) 광합성이 가장 빨리 일어난 것이다(주장)”라는 논변을 성공적으로 제시할 수 있었다. 그리고 그 이후에 예상과 달리 가장 늦게 잎 디스크가 떠오른 파란색 필터로 씌운 비커의 결과에 대해 논의를 시작하였고, Table 3은 여기서 나타난 논변활동의 일부를 발췌한 것이다. 빛나는 자신들의 예측이 틀렸을 가능성을 제시하였고, 파란색과 빨간색 필터에서의 광합성 속도 차이의 원인에 대해 설명하기를 요청했다(29~31행), 이에 현기는 필터의 투과도 차이(파란색 필터가 더 진했기 때문에)로 변칙 사례를 설명하려 했고, 빛나가 반박을 하면서 현기와 빛나의 논의가 이어지게 되었다. 뿐만 아니라 광원의 특성에 대한 빛나의 의심을 시작으로(41행) 인혜와 현기도 광원이 백색광이 맞는지 확인하면서 나중에는 더 나은 실험 설계를 제안하기에 이르렀다(54행). 즉, 이 집단의 구성원들은 자신들이 예상했던 가설이 틀릴 수도 있다는 가능성을 인식하고, 자신들의 경험과 추론을 이용하여 예상과 다르게 도출된 결과를 설명하기 위한 시도를 하면서 지식을 생산하고 평가하는 과정을 거쳤고, 이를 통해 학생들이 이 활동을 ‘현상 이해’로 프레이밍 하고

있음을 추론할 수 있다.

학생들이 활동을 ‘현상 이해’로 프레이밍하면서 소집단 논변활동의 수준이 어떻게 나타났는지는 변칙 사례의 유발 원인에 대한 정당화의 빈도와 근원의 측면과 연결을 지어 분석하였다. 이 소집단은 다른 소집단에 비해 주장을 정당화하려는 빈도가 가장 많았고(18회), 변칙 사례를 유발한 원인으로 가장 다양한 종류(4가지)를 고려했다는 것을 볼 수 있다(Table 4). 즉, 학생들은 광원과 각 필터들 사이의 거리가 달랐고, 필터의 빛 투과율이 달랐으며, 노란색 필터를 통과한 빛은 단일 파장이 아닌 합성된 색이며, 광원이 백색광이 아닐 가능성과 같이 다양한 원인들을 탐색하며 현상을 설명하려고 하였다. 또한 다른 소집단과 마찬가지로 현상을 유발한 근원을 주장하게 된 근거로 가시적인 경험을 가장 먼저 제시했으며 빈도도 가장 높았다. 예를 들어, 학생들은 “애[필터]는 색깔이 너무 어둡잖아”(투과율 차이)와 “필터의 위치 때문이네”(거리 차이)와 같은 가시적인 경험으로 주장을 정당화하였다. 이 탐구에서 ‘거리 차이’와 ‘투과율 차이’는 가장 직관적으로 찾을 수 있는 원인에 해당하는데, 이는 Sandoval & Millwood(2008)의 연구에서 경험을 기반으로 정당화한 학생들의 비율(50%이상)이 가장 높았다는 결과와도 일치한다. 그러나 이 소집단에서는 소집단 논의를 통해 주장에 대한 정당화의 근원이 변화하는 것이 관찰되었다(41~53행). 학생들은 광원의 빛이 노란색에 가깝다는 관찰적인 경험에서부터 논의를 시작하여 할로젠 등이 특정한 색을 내기 때문에 파란색 필터에서 광합성이 잘되지 않는다는 이론적 설명을 근거로 들어 인과관계의 정당화를 이어나갔다.

결과적으로 이 소집단은 논의 과정을 통해 경험에서 인과 관계로 정당화가 연결되는 경우를 보여주었다. 이는 Driver *et al.*(1996)의 인식론적 추론 형태 관점에서 봤을 때, 학생들의 추론이 논의 과정을 거치면서 현상 기반 추론에서 모형 기반 추론으로 이어진 것이라고 볼 수 있다. 초기에는 변칙 사례의 원인에 대해 현상 기반의 추론으로 “완벽한 백색광이 아니라 노란색 계열에 치우쳐 있는 듯 한 색깔인데”(45행)와 같은 단순한 자료(D)만 나타났으나, 담화가 이어지면서 광원이 할로젠 등임을 인식하고(46행) 할로젠 원소의 특징(특정 색을 내며 섀펙트럼이다)(51~53행)과 같은 보장(W)과 보장(B)들을 포함한 모형 기반 추론이 나타나게 되었다. 이는 Cho, Chang, & Kim (2013)의 연구 결과와도 일치한다. 이들은 학생들이 현상 기반 추론에 머물게 될 경우 관찰 현상이 곧 설명이 되므로 현상이 나타나게 된 원인이나 과정에 대해 설명하려는 시도를 하지 않았지만, 모형 기반 추론을 포함한 경우 관찰 결과를 이론과 결합하여 설명을 구성하고 논변에서 보장을 포함하였음을 발견하였다. 따라서 활동을 ‘현상 이해’로 프레이밍 한 빛나의 설명 요구(29행)는 구성원들에게 현상을 정당화할 필요성을 자극하였고, 빨간색에서 광합성 속도가 가장 빨랐다는 주장(C)에 대해, 관찰 결과가 자료(D)로 활용되고, 투과율의 차이(W)로 이 현상을 설명하려는 노력이 이어졌다. 이러한 주장을 지지하

Table 3. Excerpted discourse from group 1 argumentation

행	학생	소집단 담화	논변 요소
29	빛나	내가 보기엔 이런 것 같은데? 우리의 가설이 틀렸을 가능성이 있을 수 있어. 아니 가설이 아니라 우리의 예측	
30	현기	아니야. 그건 확실히 내가 말할 수 있어. 모든 과학책에서 다 읽었던 거야!	
31	빛나	아니야. 그게 문제가 아니라 지금 노란색 같은 경우에는 빛이 두 개가 다 들어가니까, 두 종류가 들어가니까 많이 올라가는 거는 이해가 되는데, 빨[강], 파[랑], 초[록]는 지금 비교를 했을 때 다 빛의 삼원색이기 때문에 빛의 한 빛밖에 통과를 못해 종류가. 근데 애네 들을 보면 빨간색이 하나가 떠올랐잖아	CD
32	현기	아니, 딱 봐도 애는 안이 잘 보이는데 애는 안이 잘 안보이잖아	W
33	빛나	이건 빛의 특징이지	W
34	현기	아, 그러니까 근데... 우리가 그 비교를 할 때는 안에 뚫고 들어온 빛의 양을 같게 만들어줘야 하는데, 이 같은 경우에는 뚫고 들어온 빛의 양이 다르잖아. 여기서 빛의 양이 같을지언정 [필터] 안에서 빛의 양이 같지 않으므로 소용이 없는 거지	BQ
35	빛나	지금 여기서 빛의 양이 같지 않은 거는. 애는 그러니까 명도가 다른 건지. 아니면 채도가 다른 건지.	
36	현기	투과율이 다른 거야 투과율!	W
37	빛나	아니, 명도가 투과율이야	R
38	현기	아니, 명도, 채도랑 관계없이 일단 결론적으로 말하면 투과율이야. 이거의 투과율을 다 똑같이 만들어준다면 내가 보기엔 실험[결과가] 똑같이 나와. 그럴 수밖에 없는 게 저 실험에서도, 21분 현재 빨간색 3개 [가 떠오름]	CQ
39	빛나	그럼 일단 이렇게 설명하면 되겠네! 노란색이 잘 나온 이유는 빛 두 개로 하고 실험 결과가 빨간색이 더 잘 나온 이유는.. 근데? 아 녹색은 원래 안 된다고 했고.. 빨간색이 더 잘 나오는 이유는 뭐 [필터를] 인간이 만든 거라서 빛의 명도가 투과율이 떨어진다고 하면 되겠네.	CW
41	빛나	야. 잠깐 있었잖아. 현기야, 이거 [광원] 백색광 맞아?	
42	현기	어.	
43	빛나	백색광이 아닌 것 같애.	
44	현기	완벽한 백색광은 아닐 수도 있어. 잠깐 틀어볼게.	
45	빛나	야, 전기 꽂아봐. 한번만 딱 하자 한번만. 2분 남았다고 하니까. (광원 관찰) 선생님 이거 완벽한 백색광이 아닌 거 같은데? 완벽한 백색광이 아닌 거 같아요. 종이 어디 있냐? 완벽한 백색광이 아니라 노란색 계열에 치우쳐 있는 듯한 색깔인데?	D
46	인혜	할로겐 등이구나..	W
47	현기	이거 무슨 등 이에요?	
48	인혜	할로겐은 원래 백색인데?	R
49	현기	백색광 아니야, 백색광 아니야.	
50	인혜	할로겐. 할로겐. 아니지.	
51	현기	할로겐원소는 특정한 색을 내잖아. 그럼 백색광 자체가 아닌 거야 실험자체가 틀린 거야!	B
52	빛나	이거 밝은 색 계열로 빛이 치우쳐져 있으니까.	B
53	현기	파란색이 잘 나올 수가 없는 거지. 이거는 파란색 빛이 없는데. 게다가 이거는 선스펙트럼이야 연속스펙트럼도 아니야	B
54	빛나	연속 스펙트럼은 햇빛으로 해야 돼. 햇빛으로.. 차라리 백열등으로 했으면 우리가 더 잘 봤을 걸? LED로 했으면 더 잘 봤을 것 같애. LED!	

[]는 연구자가 추가한 부분임

Table 4. Sources and frequencies of justification in explaining of anomalous data according to small-groups and reasons of anomalous data

소집단	이유	필터별 광원의 거리가 다르다.	필터별 빛의 투과율이 다르다.	노란색은 두 색의 합성이다.	광원이 백색이 아니다.	정당화 빈도
1		경험 (3)	경험 (7)	인과관계 (2) 경험 & 인과관계 (1)	경험 → 인과관계 (1) 경험 & 인과관계 (2) 인과관계 (2)	18
2		경험 (2)				2
3		경험 (5)	경험 (2)			7
5			경험 (2)		경험 → 인과관계 (1) 경험 (1)	4
6		경험 (3)	경험 (7)		경험 → 인과관계 (1)	11

빈도=()

기 위해 학생들은 실험 결과를 비교하려면 필터 내의 빛의 양이 같아야 한다(B)는 전제 조건을 고려하였고, 현재 실험은 필터를 통과한 후의 빛의 양이 다르기 때문에 필터를 통과하기 전에 빛의 양을 같게 해준 것이 의미가 없다는 통제 변인을 고려하였다. 또한 논의는 투과율 개념에 대한 반박(R)과 투과율을 똑같이 만들어준다면(Q) 실험결과가 예상과 일치할 것이라는 주장(C)으로 이어졌다(31~38행). 그러나 이에 그치지 않고 광원에 대한 빛나의 의심(41행)은 필터와 빛의 특성에만 초점을 맞춰왔던 구성원들의 아이디어를 광원으로 확장시키는 결과를

낳았고, 학생들은 할로겐 등에 대한 개념과 특징(B)을 기반으로 주장을 강화하게 된다. 따라서 이 소집단에서는 주장(C), 자료(D), 여러 개의 보강(W)과 보강(B), 반박(R), 한정어(Q)가 모두 포함된 CDWBRQ 형태의 높은 수준의 논변활동이 이루어지게 되었다.

2. 구성원들의 프레이밍이 일치되지 않은 경우

나머지 4개의 소집단에서는 구성원들 사이의 프레이밍이 처음에는

Table 5. Excerpted discourse from group 2 argumentation

행	학생	소집단 담화
16	경임	파란색을 조금 더 [빛을] 잘 받게 해
17	지원	(손으로 파란색 필터를 열었음)
19	지원	후... 왜 이러지? (파란색 필터를 열어봄)
20	유미	아 지원아 초록색도 한번 열어
21	지원	하하 (초록색 필터도 열었다 단음)
22	유미	[파란색도] 한번 열었으니까.
23	경임	야 초록색 열지 마!
24	유미	왜?
25	경임	계속 광합성이 안 돼야지. 결과가 제대로 나오지
26	지원	아, 나는... 내가 파란색을 무조건. 할게
27	경임	내가 학교실험에서 한두 번 해봤잖니?
28	지원	끼가 좋은데?
29	경임	지금 애는 온도가 엄청 높아. 30도 넘어갈 것 같아. 이래도 안 돼? 아무것도 안 떠?
31	경임	야 도표를 줘 봐. 도표 줘 봐봐. 도표 [활동지에 있는 그래프를 의미]
32	유미	어디 있는데? (표정이 좋지 않음)
33	지원	도표 ?
34	경임	(웃으면서) 우리는 역추적 이라는 방법을 쓸 거야
35	유미	하하 (표정이 안 좋던 유미도 웃어넘김)

일치되지 않은 것으로 나타났고, 소집단 활동을 통해 한 구성원의 프레임이 전환되어 결과적으로 소집단의 프레임이 일치되거나, 논변 활동 과정에서 구성원들의 프레임이 유동적으로 전환되거나, 토론의 마지막까지 프레임이 충돌되고 유지되는 것이 관찰되었다. 이번 절에서는 이러한 프레임의 전환과 유지가 논변활동에 어떻게 영향을 주었는지를 기술하겠다.

가. ‘현상 이해’ 에서 ‘교실 게임’ 으로 프레임의 전환

소집단 2의 경임이는 실험 결과를 확인하기 전부터 “일단 우리는 결과를 다 알고 가는 거니까”, “잠깐만. 야! 우리 나와야 되는 결론이... 나와야 되는 게... 일단 빨간색하고 파란색하고 유심히 좀 봐봐” 와 같이 말하였다. 실험 결과에서 예상과 달리 노란색 필터의 앞 디스크가 가장 먼저 떠올랐을 때 경임이는 “실험이 망했다”며 결과를 조작할 것을 지시하였고(Table 5), 지원이도 이에 찬성하여 원하는 결과가 잘 나오도록 실험 과정을 변경하였다(16~19행). 이는 경임이와 지원이가 이 실험의 목적을 자신들이 알고 있는 이론을 확인하는 실험으로 여기고 있었으며, 교사가 원하는 답을 얻는 과정인 ‘교실 게임’이라는 프레임에 갖고 있음을 보여준다. 그러나 다른 구성원인 유미는 다른 색의 필터도 똑같이 열어주어야 한다고 주장하며 실험 조건을 똑같이 하려는 시도(20~22행)를 하였다. 이는 원하는 결과를 얻으려고 노력하기보다는 같은 조건에서 실험하여 도출된 결과를 인정하려는 것으로 ‘현상 이해’ 프레임의 측면을 보여준다. 그러나 뒤이어 경임은 자신이 학교에서 실험을 많이 해보았으며(27행) 역추적의 방법을 사용한다(34행)고 하며 실험을 이끌었다. 경임이의 이 발화들은 ‘학교의 실험 결과는 정해진 답을 얻는 것’이라는 인식을 반영한다. 더 나아가, 경임은 ‘역추적’이라는 전문적 어감을 담은 용어를 사용해서 다른 학생(유미)이 자신의 이러한 생각을 수용하도록 하였다(35행). 이는 과학 수업에 대해 ‘교실 게임’이라는 프레임에 가진 학생들이 다른 학생들이 이해하지 못하는 어려운 용어들을 사용해서 자신의 말에 권위를 제공한 것이라 할 수 있다(Hutchison & Hammer, 2010).

Table 6. Excerpted discourse from group 6 argumentation

행	학생	발화	논변 요소
01	다혜	(전등을 빨간색, 파란색 필터 쪽으로 밀어버림) 빛 몰아 주기!	
02	성혜	애!	
03	보람	야, 그러지마. 아 이게 가까이하면 좀 더 차이가 있을 것 같애.	
05	성혜	아 파란색 될 것 같은데...	
06	다혜	아 그냥 조작할까?	
07	보람	미쳤어 (웃음) (중략)	
09	보람	야, 그 다음에 애 [전구] 색깔도 작용하는 거 아니야? 그러면?	W
10	다혜	어? 아니 그래도 애 [전구]는 백색광...	R
11	성혜	아 애 [전구]가 노란색이었으니까... 노란색이 좀 더 가속화되지 않을까?	CD
12	보람	그러니까...	
13	성혜	애 [전등]가 어째 좀 노랬잖아	D
14	다혜	(고민함) 그것은...	
15	보람	노랑. 노랑. 노랑. 파랑.	
16	성혜	아냐, 아냐. 그럼 안 되지. 애는 반사할 거 아니야. 튕겨 낸 색이 저 색 [노랑]이니까	BR
17	다혜	아니지. 아니지	
18	보람	(성혜에 반대하며) 아니지	
19	다혜	셀로판지는 투과해. 노란색 빛만	B
20	성혜	(끄덕임) 난 바보야	
21	보람	그지? 그러니까 애[전구는 노란색 빛이니까... 그 자체가 살짝 주황색이잖아. 그러니까 빨간색 노란색이 잘 되는 거고	CD
22	다혜	노란색이 잘 되는 거고	
23	보람	애네 완전 반대로, 거의 보색 비슷하잖아. 그러니까 잘 안 되는 거 같애	CB

학생들마다 수업에 대한 프레임은 다를 수 있다. 어떤 학생은 그동안 학교에서 해오던 방식과 마찬가지로, 실험을 수행한 후 교사가 원하는 정답을 보고서에 적어 내는 것으로 활동을 프레임 할 수 있으며, 다른 학생은 논변활동의 목적을 이해하고 현상을 이해하려는 것으로 프레임 할 수도 있다. 이 소집단의 경우 구성원 간의 프레임의 충돌이 잠깐 있었지만, 소집단에서 리더인 경임의 강력한 주장과 지휘로 인해 유미의 의욕이 저해되었고, 결과적으로 유미 역시 실험 과정의 조작에 참여하면서 ‘교실 게임’이라는 프레임에 갖도록 전환된다. 학생들이 ‘교실 게임’으로 프레임 하는 경우에는 질문에 대한 ‘옳은 답’을 알기 때문에 왜 그러한 예상을 했는지에 대해 어떠한 이유도 제공하지 않으며, 오히려 이해에 도움이 되지 않는 ‘전문적 용어’를 가져와서 권위에 호소하여 다른 학생들을 설득하려고 한다(Hutchison & Hammer, 2010). 이와 같이 리더의 강력한 주장으로 인한 ‘교실 게임’ 프레임의 형성은 구성원들에게 변칙 사례를 설명할 필요성을 인식시키지 못했으며, 학생들은 ‘필터와 광원 사이의 거리의 차이’라는 경험적 근원에만 초점을 두고, 변칙 사례의 원인을 정당화하려는 시도를 두 번밖에 하지 않았다(Table 4). 그 이후 변칙 사례가 나타나게 된 원인으로 노란색 필터를 썩은 비커가 가장 광원과 가까이 위치한다는 자료(D)만 제시되었으며 변칙사례에 대한 다른 구성원들의 어떤 설명도 나타나지 않았다. 결과적으로 소집단 2에서는 교사에 의해 유도된 자료(D)와 보장(W) 외에는 논변요소가 나타나지 않는 DW형태의 매우 낮은 수준의 소집단 논변활동이 이루어졌다.

나. ‘교실 게임’에서 ‘현상 이해’로 프레임의 전환

소집단 6의 담화를 보면(Table 6) 다혜가 광원의 위치를 빨간색과 파란색 필터 쪽으로 더 가까이 하면서 실험 과정을 조작하자는 의견을 제시한다(1, 6행). 그러나 성혜와 보람은 다혜의 행동을 말리고, 특히 보람은 조작 행동을 강하게 거부한다(7행). 따라서 이 소집단에서는 ‘교실 게임’ 프레임의 지닌 다혜와 ‘현상 이해’ 프레임의 지닌 성혜와 보람 사이의 프레임 불일치가 있었다. 그러나 그 이후 리더인 보람은 전구의 색이 영향을 주었을 수도 있다는 다른 측면을 제시하였고, 이것은 다혜와 성혜로 하여금 광원의 색을 고려하도록 이끌었다(9~14행). 이 과정에서 비록 빛의 투과 및 반사에 대한 오개념이 표출되기는 하였지만 오개념은 그룹 내 논의 과정을 통해 정정되었고, 논의가 이어졌다(16~23행). 즉, 초기에 실험 세팅의 조작을 제안한 다혜는 보람의 강한 제지와 끊임없는 원인 탐색 요구로 인해 논의에 참여하게 되었다. 이러한 다혜의 발화들은 ‘교실 게임’에서 ‘현상 이해’로 전환된 프레임의 보여줌, 이는 소집단의 논변활동이 생산적으로 유지되는데 역할을 한 것으로 보인다. 이 소집단의 구성원들은 원인 탐색에 함께 참여하여 탐구 과정을 점검하는 인식적 실행을 보였으며, 이와 같은 인식적 실행 과정에서 3가지 원인(필터별 거리 차이, 투과율 차이, 광원의 색)으로 변칙 사례를 설명하고자 하였다(Table 4). 이들이 보인 정당화 빈도는 11개로, 15개를 보인 소집단 1보다는 낮았지만 다른 소집단에 비해서는 높은 편에 속한다. 또한 논의 과정에서 소집단 1과 마찬가지로 주장에 대한 정당화가 ‘인과 관계’로 이어지는 것이 관찰되었다. 지속적인 원인 탐색을 보이던 보람은 광원의 색이 노란색 필터에서의 광합성 속도에 영향을 주었을 것이라는 보장(W)을 제시하였고, 이에 대해 다혜가 광원이 백색광이 맞다고 반박(R)하였으며, 성혜는 광원의 색이 노란색이라는 자료(D)를 들어 보람의 주장을 지지하였다. 이어서 성혜가 색의 원리(물체에서 반사된 색이 눈으로 보이는 것)에 대한 개념을 기반(B)으로 이에 반박하였으며(16행), 다혜는 셀로판지의 빛 투과 특성에 기반을 두고 주장을 지지하는 보강(B)을 추가하게 된다. 마지막으로 보색의 개념이 추가로 포함되어 주장이 보강(B)되었다. 결과적으로 세 명의 협력적인 담화를 통해 이 소집단에서는 주장(C), 자료(D), 보장(W) 뿐만 아니라 다양한 개념 고려를 포함한 보강(B), 반박(R)이 모두 나타난 CDWBR 형태의 높은 수준의 논변활동이 나타났다.

다. 인식론적 프레임의 유동적 전환

소집단 5는 소집단 활동 동안 구성원의 인식론적 프레임이 완전히 전환된 두 소집단(소집단 2, 6)과는 다소 다른 양상을 보였다. 실험 결과 노란색 필터의 앞 디스크가 가장 먼저 떠오르자, 윤미와 현신은 노란색 필터를 광원으로부터 멀리 이동시키며 실험 과정을 조작하려고 하였다(Table 7). 그러나 이 행동은 리더인 한나에 의해 바로 제지되었고(28행), 한나는 구성원들에게 변칙사례가 나타나게 된 이유를 생각해보기를 제안하였다. 여기서 자신들이 원하는 결과가 도출되도록 실험 환경을 조작한 윤미와 현신은 이 활동에 대해 ‘교실 게임’이라는 프레임의 가진 반면, 조작 행동을 제지하고 원인을 탐색하려는 시도를 한 한나는 ‘현상 이해’라는 프레임의 가진 것으로 보인다. 이러한 프레임의 불일치는 논의가 지속되면서 유동적으로 변화되었는데,

Table 7. Excerpted discourse from group 5 argumentation

행	학생	소집단 담화	논변 요소
25	한나	어쨌든 노란색이 결국...	
26	현신	야. 노란색 거리를 조금 뒤로 가봐...	
27	윤미	그치? (웃으며 노란색 필터를 뒤로 이동시킴)	
28	한나	야. 하지 마. (정색하며) 흔들지 마	
29	윤미	(웃으며 다시 앞으로 복귀) 흔들지 말래	
30	한나	하지 말라고! 바보야.	
31	현신	(웃으며) 그래야 정확한 줄...	
33	윤미	뭐지 이거?	
34	한나	그렇지 않다면 그 이유를 생각해봐. 니 머리를 짜내 보라고	
35	현신	아까 니가 말한 거 쓰면 되겠네.	
36	윤미	니가 말한 거 쓰면 되잖아	
38	현신	왜 안 됨? 왜 안 됨? 파란색 왜 안 됨?	C
39	한나	아, 이거 전구가 노란색이잖아. 전구가 노란색인데 재는 파란색이니까	D
40	현신	아...	
41	윤미	빨간색은 왜 안 돼?	C
42	한나	조용히 해	
43	현신	근데 없으면?	
44	한나	그리고 이걸 노란색이니까, 노란색이니까 더 많은 빛을 받지 않을까?	CDW
45	현신	흡수하는 거. 아 반사하는 거 아니야?	R
46	한나	이게?	
47	현신	아...이거 투과구나	B
48	한나	이거는?	
49	현신	투과한 거구나 알겠어. 좋은 생각이네	
50	윤미	오오!	
51	한나	초록색은 초록색이니까 잘 안 뜨는 거고	CD
52	현신	응	
53	한나	노란색이니까...	D
54	현신	좋은 생각이야	
55	윤미	오! 좋은 생각이야	

윤미와 현신은 원인을 탐색하려는 시도를 하지 않은 채로 한나가 말한 것을 쓰면 되겠다는 의존적인 태도를 나타냈다(34~36행). 그 후 잠시 동안은 파란색과 빨간색에서 광합성이 잘 되지 않는 이유가 무엇인지 궁금해 하는 것처럼 보였지만(38, 41행), 이것은 스스로 현상을 이해해 보려는 노력이기보다는 리더인 한나에게 그 이유를 설명해달라는 요청이었다. 구성원들의 이러한 의존적 태도는 소집단 논의를 지속시키고자 하는 한나의 열의를 감소시켰다. 이후 한나는 다른 학생들에게 더 이상 원인 탐색을 위한 설명을 요청하지 않았으며, 그들이 질문했을 때에만 설명해주며 ‘교실 게임’ 프레임의 나타내었다. 그러나 한나는 여전히 변칙 사례가 나타난 현상을 설명하려는 태도를 지니고 구성원들에게 설명해 주었고 이것으로 보아 한나의 ‘현상 이해’ 프레임이 ‘교실 게임’ 프레임으로 완전히 전환되었다고 볼 수는 없으며 이는 프레임이 논변활동 과정에서 유동적으로 전환될 수도 있음을 시사한다.

이러한 한나의 프레임의 유동성은 구성원들 사이의 지식수준의 차이와 그에 따른 구성원들의 리더 의존성에 기인한 것으로 보인다. 이 소집단 구성원 사이의 지식수준 차이는 한나로 하여금 리더로서 권위와 책임감을 갖고 지식 제공자 역할을 수행하도록 하였으며, 이 과정에서 한나는 논의를 통해 현상에 대한 원인을 알아가기보다 자신이 알고 있는 답을 말하고 끝내는 것이 더 쉽게 느껴졌을 수 있다. 결과적으로 이 소집단에서는 변칙 사례의 원인으로 투과율 차이와 광

원의 색 두 가지만이 고려되었고, 주장에 대한 정당화 빈도는 4번으로 적게 나타났다(Table 4).

이 소집단에서 이루어진 논변활동을 좀 더 깊이 있게 살펴보면, 파란색 필터를 씌운 비커에서 광합성이 잘 이루어지지 않는 이유에 대해 현신이 설명을 요청한 것을 시작으로 해서(38행) 비교적 수준 높은 논변이 이루어진 것을 볼 수 있다. 한나는 파란색 필터 아래에서 광합성이 잘 이루어지지 않는 이유로 광원의 색이 노란색임(D)을 제시하고(39행), 이어서 광원이 노란색인 경우에(D) 노란색 필터를 통해 빛이 많이 투과하므로(W) 잎 디스크가 빛을 더 많이 받았다(C)는 의견을 제시하였다(44행). 이에 대해 현신이 필터에서 빛의 반사가 일어나는 것이 아니냐는 반박(R)을 하였지만, 곧바로 투과의 개념으로 생각을 바꾸었다(B). 여기서 한나가 노란색 필터 아래에서 광합성이 가장 잘 이루어진 이유를 광원 색과 투과를 근거로 들어 설명하고, 현신이 투과 개념을 점검한 것은 논변의 수준을 높이는데 기여하였다. 이 부분의 담화는 현신의 질문(38행)을 시작으로 이루어졌는데, 현신은 파란색 필터에서 광합성이 잘 일어나지 않는 이유를 궁금해 했고, 이러한 현상을 한나가 설명해줄 것을 요청하였다. 이는 현신이 ‘교실 게임’ 프레이밍에서 일시적으로 ‘현상 이해’ 프레이밍으로 전환된 것을 보여준다. 그러나 이 소집단에서 논변활동이 이루어진 대부분의 기간 동안 현신과 윤미는 ‘교실 게임’의 프레이밍을 보였고, 이에 따라 논변 요소들이 비교적 풍부하게 포함된 것은 뒷부분의 담화(38-47행)로 한정되었으며, 전체적으로 파란색과 빨간색, 초록색 필터 아래에서의 광합성 속도를 설명하면서 자료(D)와 주장(C)만을 포함하는 CD 형태의 논변이 주로 이루어졌다. 한나와 현신의 프레이밍의 유동적 전환은 학생들이 수업에서 보이는 프레이밍이 수업 맥락에 의존적이고 역동적이라는 다른 연구자들(Hammer *et al.*, 2005; Louca *et al.*, 2004; Redish, 2004; Rosenberg, Hammer, & Phelan, 2006; Russ, Lee, & Sherin, 2012)의 생각을 반영하는 것이라 할 수 있다. 또한 이 소집단은 광합성 속도 차이에 대한 해석에 있어서 다른 집단과는 다르게 단순히 필터의 색과 광원의 색에 초점을 맞추었다. 그 결과로 광원 색과 같은 색인 노란색 필터 아래에서 광합성 속도가 빠르고 광원의 색과 필터의 색이 다른 경우에는 광합성 속도가 느리다는 결론을 도출하였으며, 이는 단순한 원인만을 고려한 제한적인 소집단 논변활동이라고 할 수 있다.

라. 구성원 각자의 프레이밍 고수 및 충돌

위에 제시한 네 소집단 중에서 소집단 1은 구성원들이 논변활동을 하는 동안 일치된 프레이밍을 보였으며, 다른 두 소집단(소집단 2, 6)은 처음에는 구성원 간에 프레이밍이 불일치했으나 결과적으로는 일치된 양상을 나타냈다. 또한 소집단 5에서는 논변활동이 진행되는 과정에서 구성원들의 프레이밍이 유동적으로 전환됨을 관찰할 수 있었다. 이에 비해 소집단 3에서는 논의의 마지막까지 구성원 간의 프레이밍이 일치되지 않고 충돌되면서 감정적인 대응으로 이어졌고, 이는 논변활동에 부정적인 영향을 끼치게 되었다. 이 소집단에서는 이미 탐구를 실행하는 동안 구성원들 사이의 갈등 상황이 반복되어 나타났고, 변칙 사례를 해석하는 단계에서는 갈등이 더욱 명확하게 나타났다. 변칙 사례가 나타나자 순영은 노란색에서 광합성률이 가장 높은 것을 이상하게 여기고 그 이유를 탐색해볼 것을 제안한다(Table 8). 영륜 또한 자신들의 실험이 실패가 아니며 예측과 다를 뿐이라고 하며 변칙

Table 8. Excerpted discourse from group 3 argumentation

행	학생	소집단 담화	논변 요소
17	순영	왜 노란색부터 뜨지?	C
18	현주	내가 압니까?	
19	영륜	아직 빨간색 안 됐나?	
20	순영	야 근데 노란색이 제일 직사로 받는다. (전등 바로 앞에 노란색 필터가 있음)	D
21	현주	아니지. 그러면.. 그렇게 직사는 아니야 (중략)	R
23	현주	아 근데 생각해보니 우리 실험 이미 실패네	
24	영륜	아니 왜? 실험 실패는 아니지. 예측이랑 다른 거지 결론이	
25	현주	아... 예측. 그래	
26	영륜	틀린 것도 아니야	
27	현주	그러면?	
28	순영	오...	
29	현주	(빈정대며) 맞지 않은 거야?	
30	영륜	결론이랑 예측이랑 다르다는 거지	
32	영륜	노란색 아직 안 됐어? 다른 건?	
33	현주	애[초록]는 안 떠야 정상이고, 그치?	C
34	영륜	안 뜨는 건 아니지. 늦게 뜨는 거지	R
35	순영	아니. 안 뜰 수 있어	C
36	현주	아니. 초록색이니까 안 뜰 수도 있는 거지	CD
37	순영	아예 빛이	
38	영륜	아니야 완전히 저 색깔하고 이 색깔하고 완전히 같지 만 않으면 되는 거잖아, 파장이...	Q
39	현주	어쨌든 그래 늦게 뜨는 게 정상이고 애[초록]는, 그런 데 재네[노랑과 빨강] 2개 중에 애[빨강]가 먼저...	C

사례로 나타난 결과를 인정하고 있었다. 그러나 현주는 실험이 실패라고 주장하며, 영륜의 주장에 빈정대며 맞섰다. 이 담화에서 제시된 현주의 발화들은 실험 수행 전에 학습했던 예겉만의 지식 주장이 확실히 옳다는 그녀의 신념을 잘 드러낸다. 다시 말해서 현주는 과학자와 같은 권위자가 제시한 지식의 확실성을 믿음으로써 자신의 실험 결과를 부정한 것이라 할 수 있으며, 이는 그녀가 활동을 ‘교실 게임’으로 프레이밍하고 있음을 나타낸다. 활동을 ‘현상 이해’로 프레이밍 한 순영과 영륜의 계속적인 원인 탐색 활동에 대해 현주는 무관심한 태도를 보이거나 부정적인 태도를 이어갔고 소집단의 논의는 제한적으로 이루어졌다.

그 결과, 이 소집단에서 정당화 빈도는 7번으로 나타났고(Table 4), 이는 6개 소집단 중에서 중간 정도에 해당한다. 또한 이들은 변칙 사례의 원인으로 ‘거리 차이’와 ‘투과율 차이’라는 두 가지 원인만을 탐색하였으며, 경험에 기반을 둔 정당화만을 나타냈다. 논변 수준의 측면에서 보면, 노란색이 빛을 직사로 받기 때문에(광원에서 가장 가깝다는 의미) 광합성이 가장 빠르다는 주장(C)과 자료(D)를 포함한 의견이 제시되고(17~20행), 직사는 아니라는 반박(R)이 이어졌다. 또한 초록색 필터의 잎 디스크가 뜨지 않는 현상에 대해 논의하면서, 초록색 필터 아래의 잎 디스크는 “안 떠야 정상”(33행)이라는 현주의 의견과 안 뜨는 것이 아니라 “늦게 뜨는 것”(34행)이라는 영륜의 의견이 맞서게 되었다. 이런 상황에서 현주는 “초록색이니까 (잎 디스크가) 안 뜰 수도 있는 거지”(36행)라며 주장(C)과 자료(D)만을 제시하였다. 영륜 이는 이에 대해 잎 표면에서 반사시키는 초록색 빛과 필터를 투과하는 초록색 빛의 파장이 완전히 같지 않으면 뜰 수도 있다(38행)고 주장하면서 광합성이 일어날 수 있는 환경 조건에 대한 한정(Q)을 제시하였다. 비록 이 소집단 논변활동에서 한정(Q)과 반박(R)이 나타나기는

했지만, 이를 토대로 추론을 이어나가기보다는 단순히 반대 입장을 제시하면서 대부분의 논변이 CD 형태를 보이게 되었다. 이 과정에서 구성원들은 서로에 대한 부정적인 감정을 갖고 의견을 반대하는 데만 집중하는 경향을 보임으로써 서로 간의 갈등 상황이 반복되고 깊은 논의로 이어지지 못했으며, 결과적으로 CD 형태의 제한적인 논변활동의 양상을 보이게 되었다.

IV. 결론 및 제언

과학 지식의 생성과 발전에 필수적인 인식론적 과정에 중점을 두어, 과학 교육을 ‘수업하기(doing the lesson)’가 아니라 ‘과학 하기(doing science)’로 이동시켜야 한다는 주장들이 제기되어 왔다(Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000). 이는 학생들로 하여금 과학 문화에 입문하도록 하는 것이며, 이를 위해서는 학생들이 자신의 학습 활동을 생산적으로 프레이밍을 하도록 안내할 필요가 있다(Hutchison & Hammer, 2010). 이에 따라 본 연구에서는 소집단 논변활동 과정에서 학생들이 활동에 대해 어떤 프레이밍을 가지고 있는지를 분석하고, 구성원들이 지닌 프레이밍 간의 상호작용이 논변활동에 어떤 영향을 주는지를 조사하였다. 변칙 사례에 대해 학생들이 보인 행동과 발화를 분석했을 때 학생들은 탐구 활동을 ‘현상 이해’ 또는 ‘교실 게임’으로 프레이밍 하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 분석한 5개의 소집단 중에서 한 소집단은 구성원들이 모두 활동을 ‘현상 이해’로 프레이밍 하였고, 나머지 소집단에서는 구성원들의 프레이밍이 일치하지 않는 것이 관찰되었다. 소집단 구성원들의 프레이밍이 ‘현상 이해’로 일치된 소집단 1에서는 빛나의 설명 요구가 나머지 구성원들로 하여금 현상의 원인을 밝히고 그에 대해 정당화할 필요성을 갖도록 자극하였고, 이와 더불어 논의의 촉매제 역할을 하였다. 이들은 정당화 과정에서 실험 결과 해석의 전제조건을 고려(필터 통과 후 빛의 양이 같아야 함)하고, 할로겐 광원의 개념이나 특징과 같은 다양한 보강(B)들을 기반으로 논변을 구성하였으며, 투과율이 같다는 전제 하에 결론을 도출함으로써 한정 요소(Q)까지 제시하였다. 이 과정에서 현상에 대한 잠정적 설명과 인과적 근원까지 아이디어가 확장되었고, CDWBRQ이라는 높은 수준의 논변활동이 일어나게 되었다. 구성원 간에 프레이밍이 일치하지 않았지만 한 학생의 프레이밍이 ‘현상 이해’로 전환된 소집단 6의 경우도 마찬가지로 탐구 과정을 점검하면서 다양한 원인을 탐색하고 인과 관계에 기반을 둔 정당화를 하였다. 구성원들의 협력에 의해 색의 원리, 셀로판지에서의 빛 투과 특성, 보색의 개념과 같은 보강(B)들을 포함하는 CDWBR의 높은 수준의 논변활동이 일어나게 되었다. 이때 ‘현상 이해’ 프레이밍은 소집단 구성원으로 하여금 데이터의 평가 관점에서 변칙 사례의 신뢰성과 타당성을 점검하도록 하였으며, 이 과정에서 실험 과정의 여러 가지 변인을 되짚어보고 그 원인을 탐색하는 인식적 실행으로 이끌 수 있었던 것으로 보인다. 반면, ‘교실 게임’으로 프레이밍이 전환된 경우(소집단 2)에는 구성원들이 변칙 사례를 설명할 필요성을 인식하지 못했고, 경험적 근거만 고려하였다. 그 결과로 이 집단은 단순히 필터의 색과 광원 색 사이의 일치도만 고려한 DW형태의 낮은 수준의 논변활동을 보였다. 구성원들의 프레이밍이 유동적으로 전환된 소집단 5의 경우는 변칙 사례를 설명하려는 시도가 이루어지며 CDWBR이라는 높은 수준의 논변활동이 나타나기도 했으나 구성원들이 대체적으로 ‘교실 게임’ 프레이밍을 보이

면서 단순한 원인만을 고려한 CD형태의 논변활동이 이루어졌다. 한 소집단(소집단 3)은 논의가 끝날 때까지 구성원들 각자가 자신의 프레이밍을 고수하면서, 논의 과정에서 서로 충돌을 일으키는 양상을 보였다. 프레이밍의 충돌은 집단 내에서 감정적 갈등을 유발하였으며, 원인을 탐색하지는 동료의 제안에 무관심과 부정적 태도로 일관하게 되었다. 이와 같은 맥락에서 구성원들은 추론이 결여된 CD형태의 논변을 보였고 깊은 논의로 이어지지 못했다.

그러나 학생들의 프레이밍은 고정된 것이 아니라 전환될 수 있다(Hammer *et al.*, 2005; Louca *et al.*, 2004; Rosenberg, Hammer, & Phelan, 2006; Russ, Lee, & Sherin, 2012). 본 연구에서도 프레이밍의 전환을 발견할 수 있었고, 비생산적인 프레이밍에서 생산적 프레이밍으로의 전환뿐만 아니라 그 반대의 경우도 관찰할 수 있었다. 두 소집단(소집단 2, 6)에서 나타난 프레이밍의 전환은 집단 리더의 영향을 크게 받은 것으로 보인다. 소집단 6에서 조작을 시도하려던 구성원이 리더에 의해 완강히 거부되었고, 뒤이어 리더의 끊임없는 원인 탐색의 요구가 이어졌다. 결국 이 구성원은 그 이후로 전혀 조작의 시도를 하지 않았으며 함께 원인을 탐색하는 모습을 보였다. 소집단 2의 리더 역시 강력한 리더의 모습을 보였는데, ‘현상 이해’로 프레이밍을 하고 있던 구성원에게 조작을 강력하게 주장하며 구성원의 프레이밍 전환에 기여하였다. 이는 소집단 논변활동에서 리더의 영향력을 제시한 기존 연구(Lee, Yun, & Kim, 2012)의 주장을 재확인하고 있으며, 더 나아가 리더에 의한 소집단 구성원의 프레이밍 변화 가능성을 시사한다고 할 수 있다.

본 연구에서는 소집단 구성원들의 프레이밍 사이의 상호작용 과정을 분석하였고, 이것이 논변활동에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하고자 했다. 그룹 내에서 생산적인 프레이밍이 형성되었을 때 구성원들은 변칙 사례가 나타난 원인에 대한 폭넓은 고려를 하였으며, 가시적, 인과적 정당화를 거치면서 비판적인 논변활동을 할 수 있었다. 이처럼 소집단 학생들의 프레이밍이 ‘현상 이해’로 일치된 경우에 생산적인 과학학습이 일어날 수 있다. 그러나 우리의 연구에서 소집단 구성원의 프레이밍이 대부분 일치하지 않으며, 맥락에 따라 구성원의 프레이밍이 전환된다는 사례들을 확인하였다. 개인은 그들 주위에 어떤 일이 벌어지고 있는지에 주의를 기울이며, 그것의 적절성을 인지할 때 자신의 프레이밍을 전환한다. 따라서 앞으로 어떤 과학적 논변활동 맥락에서 학생들의 인식론적 프레이밍이 생산적으로 전환되는지, 그리고 생산적 프레이밍을 어떻게 유지할 수 있는지에 대한 더 깊은 연구가 이루어질 필요가 있다. 학생들의 인식론적 프레이밍에 초점을 두고 변칙 사례에 대한 문제 해결 과정을 분석한 본 연구에서는 소집단 내에서의 프레이밍의 전환에 리더가 큰 영향을 준 것으로 해석하였지만, 변칙 사례를 해결하는 과정에는 여러 요소들이 복잡하게 상호작용할 것이며, 소집단 구성원들이 합의에 이르는 과정에는 리더 뿐 아니라 구성원들의 특성, 의사소통 방식, 교사의 영향 등 다양한 요인들이 작용할 것이다. 추후 이러한 요인들의 관계를 밝히는 연구들이 이루어진다면 생산적인 논변활동을 위한 교육 환경 마련에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

국문요약

이 연구에서는 과학적 논변활동에서 드러나는 학생들의 인식론적

프레이밍을 확인하고, 소집단 구성원들의 프레이밍 사이의 상호작용이 논변활동에 어떠한 영향을 미치는지를 탐구하였다. 21명의 과학영재 학생들이 세 명 혹은 네 명이 한 집단을 이루어 연구에 참여하였고 학생들이 광합성 속도에 대한 탐구 데이터를 해석하는 논의 과정이 분석되었다. 학생들의 활동은 소집단별로 녹화되었고 학생들의 답화전사본과 행동이 분석 자료로 활용되었다. 탐구 과정에서 변칙 사례에 반응하는 학생들의 발화 및 행동을 분석하여 그들의 인식론적 프레이밍을 확인하였고 주장에 대한 정당화의 근거와 소집단 논변활동 수준이 분석되었다. 연구 결과, 학생들은 탐구에 대해 ‘현상 이해’와 ‘교실 게임’이라는 두 가지 방식의 프레이밍을 보였다. 구성원들이 ‘현상 이해’의 프레이밍을 보인 경우에는 다른 구성원들에게 데이터의 신뢰성과 타당성 점검을 통해 변칙 사례의 원인을 정당화할 것을 요구하였으며, 이는 높은 수준의 논변활동으로 나타났다. 반대로 구성원들이 ‘교실 게임’에 해당하는 프레이밍을 보인 경우에는 변칙 사례를 설명할 필요성을 인식하지 않았고, 단순한 경험적 근거만 고려함으로써 낮은 수준의 논변활동을 보였다. 논의 전반에 걸쳐 구성원들의 프레이밍이 일치하지 않는 경우에는 집단 내의 감정적 갈등이 유발되어 깊은 논의가 이루어지지 않았다. 한편, 이러한 논의 과정에서 학생들의 프레이밍 전환이 관찰되었는데, 여기에는 집단의 리더가 큰 영향을 끼친 것으로 나타났다. 본 연구는 과학 교실에서 과학적 논변에 요구되는 생산적인 프레이밍 형성을 위한 기초 정보를 제공할 것으로 기대된다.

주제어: 프레이밍, 인식론적 프레이밍, 소집단 논변활동, 과학적 논변 활동

References

- Baird, J. R. (1986). Improving learning through enhanced metacognition : A classroom study. *European Journal of Science Education*, 8(3), 263-282.
- 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.
- Bloome, D., Puro, P., & Theodorou, E. (1989). Procedural display and classroom lessons. *Curriculum Inquiry*, 19(3), 265-291.
- 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.
- Cho, H., Chang, J., & Kim, H. (2013). Epistemic level in middle school students' small-group argumentation using first-hand or second-hand data. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 33(2), 486-500.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change—some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-313.
- Elby, A. (1999). Another reason that physics students learn by rote. *American Journal of Physics*, 67(S1), S52-S57.
- Elby, A., & Hammer, D. (2010). Epistemological resources and framing: A cognitive framework for helping teachers interpret and respond to their students' epistemologies. *Personal epistemology in the classroom: Theory, research, and implications for practice*, 409-434.
- 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.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation : Developments in the application of toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Goffman, E. (1974). *Frame Analysis: An Essay on the Organization of Experience*. NY: Harper & Row.
- 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). Information Age Publishing.
- Hutchison, P., & Hammer, D. (2010). Attending to student epistemological framing in a science classroom. *Science Education*, 94(3), 506-524.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre(Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*, (pp. 3-28). Dordrecht; London: Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M., Rodriguez, A., & Duschl, R. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Jung, J., & Kim, H. (2010). Influence of ACESE on high school students' argumentative structure and evolutionary conception. *Biology Education*, 37(4), 526-542.
- Kelly, G. J., Druker, S., & Chen, C. (1998). Students' reasoning about electricity : Combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20(7), 849-871.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (1993). Science argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lee, K., Yun, S., & Kim, H. (2012). Understanding of middle school students' small group argumentation of plant and animal classification: Focusing on the effects of leader. *Biology Education*, 40(1), 71-86.
- Lising, L., & Elby, A. (2005). The impact of epistemology on learning: A case study from introductory physics. *American Journal of Physics*, 73(4), 372-382.
- 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.
- McNeill, K. L. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Science Education*, 93(2), 233-268.
- Redish, E. F. (2004). A theoretical framework for physics education research: Modeling student thinking. In E. F. Redish & 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.
- Russ, R. S., Lee, V. R., & Sherin, B. L. (2012). Framing in cognitive clinical interviews about intuitive science knowledge: Dynamic students' understandings of the discourse interaction. *Science Education*, 96(4), 573-599.
- Russ, R. S., & Luna, M. J. (2013). Inferring teacher epistemological framing from local patterns in teacher noticing. *Journal of Research in Science*

- Teaching, 50(3), 284-314.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2008). What can argumentation tell us about epistemology? In S. Erduran & M. P. Jiménez- Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp.71-88). Dordrecht; London: Springer.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.
- Scherr, R. E., & Hammer, D. (2009). Student behavior and epistemological framing: Examples from collaborative active-learning activities in physics. *Cognition and Instruction*, 27(2), 147-174.
- Takao, A. Y., & Kelly, G. J. (2003). Assessment of evidence in university students' scientific writing. *Science Education*, 12(4), 341-363.
- Tannen, D. (1993). *Framing in Discourse*. NY: Oxford University Press.
- Toulmin, S. (1958). *The use of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yun, S., & Kim, H. (2011). Development and application of the scientific inquiry tasks for small group argumentation, *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(5), 694-708.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.