

소집단의 논변활동을 위한 과학 탐구 과제의 개발과 적용

윤선미 · 김희백*
서울대학교

Development and Application of the Scientific Inquiry Tasks for Small Group Argumentation

Yun, Sun-Mi · Kim, Heui-Baik*
Seoul National University

Abstract: In this study, we developed tasks including cognitive scaffolding for students to explain scientific phenomena using valid evidences in science classroom and sought to investigate how tasks influence the development of small group scientific argumentation. Heterogeneous small groups in gender and achievement were organized in one classroom and the tasks were applied to the class. Students were asked to write down their own ideas, share individual ideas, and then choose the most plausible opinion in a group. One group was chosen for investigating the effect of tasks on the development of small group argumentation through the analysis of discourse transcripts of the group in 10 lessons, students' semi-structured interview, field note, and students' pre- and post argument tests.

The discrepant argument examples were included in the tasks for students to refute an argument presenting evidences. Moreover, comparing opinion within the group and persuading others were included in the tasks to prompt small group argumentation. As a result, students' post-argument test grades were increased than pre-test grades, and they argued involving evidences and reasoning. The high level of arguments has appeared with high ratio of advanced utterances and lengthening of reasoning chain as lessons went on. Students had elaborate claims involving valid evidences and reasoning by reflective and critical thinking while discussing about the tasks. In addition, tasks which could have various warrants based on the data led to students' spontaneous participation. Therefore, this study has significance in understanding the context of developing small group argumentation, providing information about teaching and learning context prompting students to construct arguments in science inquiry lessons in middle school.

Key words: Scientific Argument, Small Group Argumentation, Cognitive Scaffolding, Reflective Thinking, Critical Thinking

I. 서 론

과학은 과학자 공동체 내에서 지식을 생성하는 사회적인 활동이며, 과학적 의사소통을 통해 문제를 해결하는 과정이다(Kuhn, 1993; Driver *et al.*, 2000; Watson *et al.*, 2004). 새로운 지식이 공적인 지식이 되기 위해서는 과학자 공동체에 의해 검증되어야 하며, 이러한 검증과정에서 논변은 핵심적인 역할을 한다(Driver *et al.*, 2000). 즉, 과학 지식의 생성에서 논변은 핵심적인 의사소통의 형태이며, 실험 결과나

관찰은 지식 주장을 뒷받침하는 증거 자료로 활용된다. 이러한 관점은 과학 교육에서 논변을 교육해야 할 중요성을 뒷받침해주는데, 과학을 학습하는 것은 과학 내용뿐만 아니라 과학에 대한 학습도 포함하므로 학생들은 과학 지식 학습과 함께 과학 지식이 구성되는 과정 및 방법에 대해서도 학습할 필요가 있다. 또한 오늘날의 사회에서 과학자뿐만 아니라 모든 개인들도 의사 결정이나 사회 문화적 사건에 참여하고 경제적 생산 등 다양한 곳에서 이러한 비판적 기술을 적용할 필요가 있으며(McNeill, 2009), 논변에 대한 완

*교신저자: 김희백(hbkim56@snu.ac.kr)

**2011.03.02(접수) 2011.05.09(1심통과) 2011.06.29(2심통과) 2011.07.28(최종통과)

***이 논문은 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(한국연구재단-2010-327-B00553).

전한 이해는 이러한 일상생활에서의 문제를 해결하는데 근간을 형성(Kuhn, 1993)하므로 중요하다. 이에 따라 미국의 국가과학교육기준(National Science Education Standards)에 “학생들은 증거를 이용하여 기술, 설명, 예측, 모형을 구성하는 능력과 비판적, 논리적 사고를 통해 증거와 설명 사이의 관계를 형성하는 능력을 갖추어야 한다(NRC, 1996).” 는 목표가 포함되었고, 우리나라 2007 개정 교육과정에는 ‘일상생활의 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 함양(교육인적자원부, 2007)’ 이라는 목표가 제시되었다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 과학 지식이 생성되는 과정에서 중요한 역할을 하는 논변 활동을 학생들이 경험하고 그 준거를 익히는 것이 중요하다.

그러나 과학 주장의 증거가 되는 실험은 과학 수업에서 관련 개념과 연결되지 못한 채 마무리 되는 경우가 많고(Hodson, 1990; Wallace *et al.*, 2003), 과학 수업에서 과학적 의사소통, 토론이나 논변 등의 활동이 부족하다는 것이 여러 연구에서 지적되고 있다. 학교 과학 수업을 관찰한 연구들에서 Newton 등(1999)은 중등학교 과학 수업에서, 학생들에게 논변 활동의 기회가 거의 주어지지 않았고 학생들의 대화는 주로 실험 과정에 관한 것으로 실험에 대한 반성적 토론과 논변 활동이 거의 나타나지 않았다고 하였다. Driver 등(2000) 역시 과학 수업에서 실험에 대해 토론할 수 있는 기회가 거의 제공되지 않았고, 토론이 10분 내외로 끝나서 학생들에게 토론이 부족하다고 주장하였다. 이러한 현상은 우리나라에서도 마찬가지인데, 중등학교 과학 실험 수업을 분석한 결과 학생들의 토의 과정은 거의 나타나지 않았고(양일호 등, 2006), 초·중등학교 과학 실험 수업의 유형을 분석한 양일호 등(2007)은 총 130개의 수업을 분석한 결과 중등 수준에서는 개념 확인 중심의 확인실험수업이 주로 진행되고 있어 과학적 사고 향상의 기회가 적게 주어지고 있다고 하였다. 이와 같이 실험에서 얻은 경험을 과학 개념과 연결하여 설명하는 과정이 없으면 학생들은 실험 결과가 의미하는 바를 이해하지 못하고 학생들에게 실험 결과는 단편적인 지식으로 머물게 된다(김희정과 조연순, 2001).

과학 수업에서 과학적 의사소통이나 토론, 논변과 같은 활동의 부족은 학생들의 논변 능력에 영향을 미칠 수 있다. 학생들의 논변 능력에 대한 연구들에서 대부분의 학생들이 분명한 근거(warrant) 없이 주장

을 말하거나 충분한 근거를 제시하지 못하고(Erduran *et al.*, 2004; Jimenez-Aleixandre *et al.*, 2000; Kelly *et al.*, 1998; Sandoval, 2003), 자료(data)와 주장을 분명하게 연결하지 못한다(Kelly & Takao, 2002; Takao & Kelly, 2003)고 밝혔다. Sunal 등(2001)은 중학생들의 증거(evidence) 사용과 그 한계를 인식하도록 하기 위해서는 조력이 필요하다고 제안하였다. Sandoval과 Millwood(2005)는 학생들이 과학적 설명 글쓰기를 할 때 자료를 사용하여 증거를 제시하기는 하나 증거가 충분하지 않고 자료가 주장을 어떻게 지지하는지도 명확히 표현하지 못한다고 논의하였으며, Berland 와 Reiser(2009)는 학생들이 증거를 사용하지만 다른 사람을 설득하지는 못한다고 지적하면서 설득을 강조하는 수업 목표를 제시해야 함을 주장하였다.

따라서 학자들은 논변 활동의 중요성과 과학 교육에 이것이 포함되어야 할 필요성에 대해 강조하였으며(Bell & Linn, 2000; Driver *et al.*, 2000; Sunal *et al.*, 2001; Duschl & Osborne, 2002; Sandoval, 2003; McNeill, 2009), 학생들의 논변을 조력하기 위해 교수학습 전략을 개발하고 그 효과를 연구한 여러 연구들(Duschl *et al.*, 1999; Cho, 2002; McNeill & Krajcik, 2007)이 수행되어 왔다. 그러나 이들 연구들은 주로 교수학습 전략 투입의 사전과 사후를 비교하여 변화를 관찰하거나 통제 집단과 실험 집단 비교를 통해 양적 측면에서 논변 발달을 논의하여 논변 발달에 대한 자세한 정보를 얻기가 어렵다. 국내에서는 경제교육(배종규, 2007), 예비 초등교사 대상(장신호, 2006; 박지영, 2009), 초등학생의 증거 수준과 이해(정혜선과 오은아, 2003; 조현준 등, 2008)에 대한 연구들로 과학 교과에서 논변 활동에 대한 연구는 상대적으로 많이 이루어지지 않았다. 과학 교과에서는 김희경(2003), 김희경과 송진웅(2004), 오진아 등(2008)의 연구가 이루어졌는데, 이들 연구는 주로 여름 과학캠프, 계발 활동, 영재교육과 같이 방학 중 또는 일반 수업 외의 활동에서 소수의 학생들을 대상으로 논변 활동을 진행한 것으로 학교의 일반 수업에서 학생들의 논변에 대해 연구한 것은 드물었다. 중학교 과학 수업에서 논의 상황에 따른 논의 구조의 질을 논증 측면에서 분석한 연구로곽경화와 남정희(2009)의 연구가 있으나, 학교의 과학 수

업에서 학생들의 논변 향상을 위한 교수·학습 전략에 대해 시사점을 제공하는 연구는 미흡하다고 할 수 있다.

따라서 과학 수업에서 학생들이 적절한 증거를 토대로 주장을 하는 과학적 논변을 조력하기 위한 교수·학습 전략의 개발과, 어떠한 측면이 소집단 논변 발달에 도움을 주는지에 대한 연구가 필요하다. 이에 따라 본 연구에서는 학생들이 과학적 논변을 구성하도록 인지적 발달이 포함된 과제를 개발하여 제시하였고, 과제가 소집단의 논변 발달에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 이를 통해 논변의 발달이 이루어진 소집단 활동의 맥락에 대한 정보를 제공하고, 중학교 수업에서 학생들의 논변을 조력하는 방안을 모색하여 과학 교육에 함의를 제공할 수 있을 것이다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 참여자

본 연구에는 인천 소재 남녀공학 중학교 2학년 1개 학급 44명(남 23명, 여 21명)의 학생들과 12년 교직경력의 교사가 참여하였다. 과제가 소집단 논변에 미치는 영향을 깊이 있게 연구하기 위해 수업 관찰 노트, 담화 녹음 자료 및 교사의 조언을 참고로 11개의 소집단 중에서 논변이 활발히 일어난 하나의 소집단을 선택하여 이에 초점을 두고 분석하였다. 이 소집단은 중상위권 수지(여학생, 가명), 중위권인 지훈(남학생, 가명), 중하위권에 속하는 은하(여학생, 가명)와 민수(남학생, 가명)로 구성되었다.

2. 과학적 논변을 조력하는 과제 개발

과학적 논변 구성을 위한 탐구활동 과제는 Erduran 등(2004)이 제시한 증거 사용을 격려하는 방법과 Duschl 등(1999)이 제시한 논변을 유도하는 질문을 참조하여 개발하였다. Erduran 등(2004)은 학생들이 주장을 지지하는 증거를 사용하도록 격려할 수 있는 방법으로 “어떻게 알 수 있니?”, “~를 위한 너의 증거는 무엇이니?”, “어떠한 근거를 가지고 있니?”와 같은 질문을 제시하였으며, 학생들이 논변을 구성할 때 “나의 생각은...”, “나의 생각에 대한 이유는...”으로 고쳐 적도록 하였다. Duschl 등(1999)은 학생들의

논변을 유도하기 위해 한 진술을 제시하고, 이에 대해 동의하는지, 동의하지 않는지 이유를 말하도록 하였다. 이러한 연구들을 토대로 본 연구의 학습 내용과 중학생의 인지수준을 고려하여 과학적 논변을 조력하기 위한 탐구 과제를 개발하였고, 과학 교육 전문가의 검증을 받은 후 수업에 활용하였다.

3. 수업상황

수업에 사용된 과제는 교사에게 미리 제공하였고, 자세한 설명을 통해 교사가 연구를 충분히 이해한 후에 수업이 진행되었다. 교사는 중간고사 과학 성취도와 성별을 고려하여 이질적인 11개의 소집단(4명씩 구성)을 구성하였고, 과학실에서 소집단끼리 앉은 상태에서 대부분의 수업이 이루어졌다. 학습 주제에 따라 강의식 또는 실험 수업으로 진행되었으며, 모든 수업의 중반 또는 후반에 소집단 논변활동이 이루어지도록 하였다. 소집단 논변활동에서 학생들은 먼저 과제에 대한 각자의 생각을 적었고, 자신의 생각을 소집단 내에서 발표하여 여러 의견을 비교한 후 가장 그럴듯한 것을 선정하였다. 그 후에 교사는 몇 개의 소집단으로 하여금 자신들이 선정한 대표 의견을 반 전체에서 발표하도록 하였으며, 그 중 가장 설득력이 있는 것을 다시 선정하도록 하였고, 관련 내용의 정리를 통해 수업을 마무리 하였다(그림 1).

4. 자료 수집 및 분석

12차시 수업 동안 소집단의 담화 녹음 및 비디오 녹화 전사본, 수업 후 학생들의 반 구조화된 인터뷰, 추가 인터뷰 자료를 통해 소집단 논변상황을 보다 상세히 관찰하고자 하였다. 논변의 수준을 파악하기 위해 학생들의 발화를 박지영(2009)이 제시한 틀 <표 1>에 근거하여 ‘단순발화’와 ‘향상발화’로 분류하였다. ‘단순 발화’는 도입이나 핀잔, 질문에 대한 간단한 답 또는 간단한 추가 발화 등과 같이 이전의 발화에 대해 심사숙고하기보다는 자연스럽게 제시된 발화인 반면, ‘향상 발화’는 논의된 의견을 확장하거나 의견을 종합, 설명을 요구함으로써 소집단의 논변 수준을 향상시켜주는 발화이다. 또한 과제와 관련된 발화에서 응답(R)-반응(F) 상호작용이 이어지는 정도를 ‘추론 고리’로 기술하였고, 추론 고리가 이어지는 정도 역시

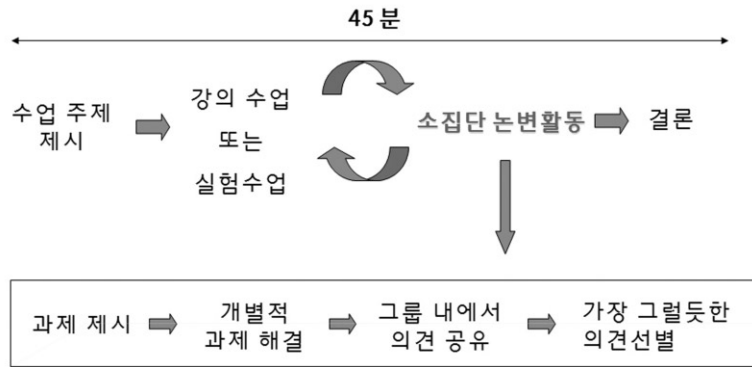


그림 1 소집단 논변활동을 포함한 수업 흐름도

표 1 발화의 종류와 기능

	기능	설명
단순 발화	도입	절을 시작하는 발화
	응답	질문 바로 다음에 제시하는 질문에 대한 설명이나 자신의 의견
	반복	앞의 발화의 일부나 전체를 반복
	약간부연	앞의 발화에 동의하면서 약간 내용을 부연하기
	단순응대	이전 발화에 대한 간단한 호응
	핀잔	핀잔
	확인	앞 사람의 말을 받아서 단순히 확인
향상 발화	다른 면	절 내에서 논의되는 내용과 관련되면서도 다른 입장이나 견해를 제시. 분석과 확장의 발화
	종합	앞에서 언급되었던 둘 이상의 입장을 종합하여 제시
	정교화	증거와 추론을 포함하여 자신의 주장을 정교하게 제시
	회의	회의적인 입장 표명하고 설명을 요구함
	설명요청	상황을 해석하고 옳게 이해했는지에 대해 물음. 설명 요구

논변 수준을 파악하는데 이용되었다. 발화 분석은 신뢰도 확보를 위한 절차를 거친 후에 담화 전체에 대해 이루어졌다. 1차적으로 연구자와 과학교육 전문가가 분석틀에 대한 협의를 거친 후에 1차시의 소집단 담화에 대해 독립적인 분석을 하였으며, 일치하지 않는 부분에 대해서는 논의를 통해 합의를 도출하였다. 그리고 소집단 담화 중에서 임의로 선택한 20%에 대해 연구자와 과학교육 전문가가 분석을 독립적으로 하였으며, 이때 평가자 간의 신뢰도는 94.6%였다. 그 후 소집단 담화의 분석은 협의된 분석틀에 근거하여 연구자에 의해 이루어졌다.

또한 학생들의 논변 수준이 향상되었는지를 분석하

기 위해 프리스틀리 실험과 헬몬트 실험을 활용하여 2종류의 동형 사전·사후 논변 검사지를 개발하였고(부록 1 참조), 연구 전·후에 학급의 모든 학생들(44명)을 대상으로 검사하였다. 프리스틀리 실험과 헬몬트 실험에 대한 논변 검사지는 각각 8점과 7점 만점으로 채점하였다. 학생들의 논변 수준은 McNeil(2009)의 평가틀을 본 검사 내용에 맞게 재구성하여 논변에서 주장, 증거, 추론의 질을 분석하였다(부록2 참조). 논변 검사지와 평가틀은 파일럿 검사와 과학교육 전문가의 의견 수렴을 통해 수정, 보완하여 사용하였다. 학생들의 논변 검사지 분석을 위해 연구자와 과학교육 전문가가 분석틀에 대한 협의를 우선적으로 하였

다. 그 후에 20%에 해당하는 임의로 선정된 학생의 논변 검사지 답안을 이 논문의 제1 저자와 과학교육 전문가 1인이 독립적으로 채점하였으며, 이때 평가자 간의 일치도는 94%였다. 일치하지 않는 부분에 대해서는 논의를 통해 합의를 도출하였으며, 합의된 분석틀을 토대로 이 논문의 제1 저자가 학생들의 논변 검사지를 모두 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 과학적 논변 구성을 위한 탐구 과제 개발

본 연구에서는 학생들이 과학현상을 설명할 때 증거를 사용하여 주장할 수 있도록 인지적 발판들이 포함된 과제를 개발하여 제공하였으며, 다음의 특성을 갖도록 고안하였다. 첫째, 학생들이 증거에 기반한 주장을 제시하도록 요구하였다. 이를 위해 과제에는 하나의 과학 현상이 제시되었고, 학생들은 그 현상을 설명하는 주장과 함께 그렇게 생각한 이유를 적도록 하였으며 학생들이 논변을 구성할 때 실험 과정 및 결과, 이미 가지고 있던 지식, 수업에서 학습한 지식 등

을 증거로 활용하여 타당한 주장하도록 강조하였다. 둘째, 인지적 발판(cognitive scaffolding)의 제공을 위해 <그림 2>의 “식물이 성장하는데 칼륨, 철, 나트륨, 염소가 꼭 필요하다”와 같은 예시 논변 제시하였다. 이때, 예시 논변에서는 그럴듯한 주장이나 대안 증거를 제시하였으며, 학생들이 이를 발판으로 하여 자신의 논변을 구성할 수 있도록 고안하였다. 셋째, 예시 논변은 논리적으로 그럴듯하지만 모순적인 내용을 갖도록 함으로써 학생들이 이에 반박하는 증거나 주장을 제시하도록 고안하였다. 이는 Toulmin(1958)의 논변 구조 중에서 반증(rebuttal)의 예로서, 특정 주장이 왜 옳은지 또는 옳지 않은지를 구분하는 논변의 요소가 된다(Jimenez-Aleixandre & Erduran, 2008; Jimenez-Aleixandre *et al.*, 2000). 학생들이 자신과 다른 의견이나 자신의 생각으로 설명할 수 없는 외부 갈등에 접하면서, 자신의 생각에 대해 반성하고 다른 학생들과 협의하면서 높은 수준의 논변 능력을 학습할 기회를 갖도록 하였다. 마지막으로 서로 의견을 교환하고 반박하는 토론에 익숙하지 않은 학생들을 위해 ‘친구의 생각과 비교하기’를 제시하였다. 각자의 의견을 제시한 후, 자신과 다른 의견을 가

다음은 여러 가지 배양액을 만들어 메밀을 수경 재배한 결과이다.

(가) 정상 배양액 (나) 칼륨 결핍 (다) 철 결핍 (라) 나트륨·염소 첨가

이 결과를 보고 한 사람이 “식물이 성장하는데 칼륨, 철, 나트륨, 염소가 꼭 필요하다”고 말했다.

내 생각	당신은 이 사람의 주장에 동의하는가? 동의한다면 또는 동의하지 않는다면, 왜 그렇게 생각했는지 적어보자.
친구의 생각과 비교하기	<ul style="list-style-type: none"> ● 조에 있는 다른 친구들의 의견은 ? 동의하는 사람: 동의하지 않는 사람: ● 자신의 의견과 다른 의견을 가진 친구를 설득해보자. ● 조에 있는 친구 중에서 가장 설득력 있게 이야기 한 친구는 누구인가? 그 친구의 의견을 적어보자.

그림 2 3차시 수업의 논변 과제를 위한 활동지 예시

진 친구를 설득하고 소집단 내에서 가장 설득력이 있었던 의견을 뽑는 활동을 통해 자신의 의견을 좀 더 타당하게 주장할 수 있도록 하여 소집단 토론이 원활하게 일어날 수 있도록 하였다. 본 연구에서 12차시 동안 제시한 과제는 <표 2>와 같다.

표 2
각 수업에서 제시된 과제

수업	과제
1	건조한 곳과 습한 곳의 식물 뿌리의 차이
2	비료를 너무 많이 죽었을 때 식물이 죽는 이유
3	메밀의 수경재배를 통한 필수 원소 찾기
4	식물에는 유기물이 있을까?
5	붕산화 줄기 관찰을 통한 물관 찾기 (실험)
6	쌍떡잎식물과 외떡잎식물의 관다발 배열 비교
7	환상박피 실험 결과 해석하기
8	잎의 단면 사진을 관찰하여 잎의 위, 아래 찾기
9	증산작용 실험 결과 예측하기 (실험)
10	증산작용 실험 결과 해석하기 (실험)
11	잎에서의 광합성 장소 찾기 (실험)
12	해감과 호기성세균 실험 결과 해석하기

2. 과제가 학생들의 논변에 미치는 효과

각 수업에서 소집단의 논변 수준을 알아보기 위해 초점 소집단 학생들의 전체 발화 중 ‘향상 발화’가 차지하는 비율과 추론 고리(R-F chain)의 길이를 분석

하였다. 논변의 수준은 총 발화에서 향상 발화가 차지하는 비율과 추론 고리의 길이를 살펴봄으로써 간접적으로 나타낼 수 있는데, 향상 발화는 논의 내용의 범위를 확장, 종합하거나 정교한 발화를 제시하고, 제시되는 발화의 의미를 비판적으로 확인하는데 기여하기 때문에 ‘향상 발화’가 많이 나타날 때 논변의 수준이 높다고 할 수 있다. 또한 논변의 수준이 높아질수록 추론 고리가 길게 나타나므로(박지영, 2009) 본 연구에서는 향상 발화의 비율과 추론 고리 길이 측면을 고려하여 논변의 수준을 결정하였다. 이에 따라 10개 수업(1,9차시 자료 소실)에서 두 가지 모두 평균 이상의 값을 나타내는 수업이 상대적으로 수준 높은 논변이 일어난 수업이라고 규정하였다. 향상 발화 비율의 평균은 23%, 추론 고리 평균 길이는 17이었으므로 <그림 3>에서 볼 수 있듯이 4, 8, 10, 12 차시의 수업에서 수준 높은 논변이 일어난 것으로 나타났고, 수준 높은 논변활동은 주로 연구의 후반부 수업에서 많이 일어났음을 알 수 있다.

또한 과학적 논변을 조력하는 과제로 인해 학생들의 논변 구성 능력이 향상되었는지를 알아보기 위해 연구 전, 후에 실시한 학생들의 논변 검사 점수를 분석하였다. 그 결과 사전 검사의 평균 점수는 7.41(15점 만점), 사후 검사의 평균 점수는 9.77(15점 만점)로 논변 검사 점수가 향상되었음이 나타났고, 이는 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(표 3).

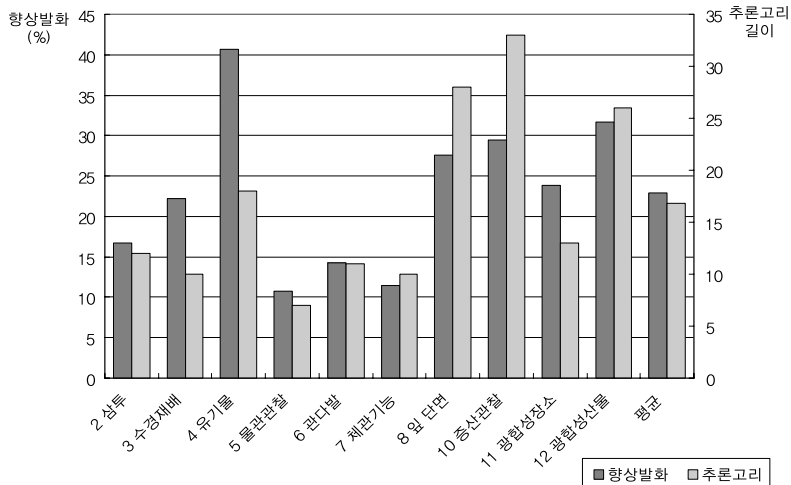


그림 3 수업별 향상 발화 비율과 추론 고리 길이

표 3
사전·사후 논변 검사

검사시기	N	M	SD	t	df	p
사전검사	44	7.41	3.02177	-4.934	43	.000*
사후검사	44	9.77	1.92733			

* p<.05

학생들의 사전·사후 논변 검사지를 분석한 결과는 사전·사후 논변검사의 유의미한 차이가 단순히 주장 측면에서의 향상이 아닌, 주장을 뒷받침해주는 증거 제시와 제시된 증거와 주장 사이를 연결하는 추론 능력에도 향상이 있었다는 것을 보여준다. <그림 4>는 초점 소집단의 4명의 학생 중 사후 논변 검사에서 큰 향상을 보인 지훈의 사전·사후 논변 검사 답안이다. 프리스틀리의 실험에 대한 사전 검사에서는 상황1과 2를 설명할 때, ‘광합성을 했기 때문’이라는 주장만 제시한 반면, 사후 검사에서는 주장과 함께 ‘촛불이 꺼지고, 쥐가 죽거나 촛불이 안 꺼지고, 쥐가 오래 살았다’는 증거를 제시하며 ‘촛불이 꺼지고, 쥐가 살기 위해서는 산소가 필요하다’는 추론을 통해 제시된 결과가 나타난 이유를 설명하는 방식으로 변한 것을 볼 수 있다. 이와 같이 학생들은 수업 전에는 증거를 거의 제시하지 않고 결론만 주장하였으나, 12차시 수업 후에는 제시된 자료를 증거로 활용하여 타당한 추론 과정을 거쳐 주장을 하였다. 이는 학생들이 제시된 과제를 해결하면서 논변을 구성하는 능력이 향상되었음을 보여준다.

3. 논변 발달에 영향을 준 과제 요인

1) 추론적 사고 및 사고 정교화

소집단 논변에서 수준 높은 논변에 기여한 향상 발

화의 출현은 제시된 과제와 관련하여 생각할 수 있다. 과제에서는 학생들로 하여금 과학 현상에 대한 설명으로 제시할 자신의 의견과 그렇게 생각하는 이유를 적고 말하도록 요구하였다. 이것은 학생들이 자신의 주장에 대한 증거를 제시하고, 주장과 증거를 타당하게 연결하는 추론적 사고를 할 수 있도록 유도하기 위한 것이었다. 아래에 제시된 수치, 지훈의 발화에서 볼 수 있듯이 학생들의 발언 중에서 타당한 증거와 추론을 포함하여 의견을 제시하는 발언이 자신이 활동지에 적은 내용을 토대로 말하는 경우에 나타났고, 이것은 학생들이 활동지 질문에 답을 하면서 자신의 주장을 뒷받침하는 타당한 증거를 찾고, 주장과 증거를 연결하는 추론 과정을 거쳤다는 것을 보여준다. 또한 소집단 논변이 “난 동의해.” 또는 “난 동의하지 않아.”와 같이 제시된 예시 의견에 대해 의견을 나누면서 시작되었는데, 반박 가능한 예시 의견이 학생들로 하여금 과제에 몰입하고, 자신의 의견을 주장하기 위해 근거를 들어 주장할 수 있도록 도왔음을 보여준다.

1 수치: (활동지에 적은 것을 보며) 나의 의견은 비료를 너무 많이 주면 흙이 고농도가 되고 식물이 저농도가 되니 뿌리에 있는 물이 흡속으로 빠져 나가서 식물이 말라죽습니다. (2차시)

15 지훈: 난 그렇게 안 썼어. (활동지에 적은 것을

사전	상황1)은 공기가 쉽다 (상황2)는 식물이 광합성을 하면서 공기를 흡수하기 때문이다.
사후	(상황1)은 광합성을 하기 때문에 촛불이 꺼지고 쥐가 죽는다. (상황2)는 광합성을 하여 산소화합물을 흡수하면 산소를 배출하기 때문이다. 촛불이 안 꺼지고 쥐가 오래 살았다. 산소를 흡수하는 것이다.

그림 4 지훈의 사전, 사후 논변 검사 답안

보며) 난 동의한다. 만약에 원소가 한 가지만 빠지면 식물은 비정상적으로 자라기 때문에 식물에게는 필요한 게 4개이다. (3차시)

19 수지: (적은 것을 보며) 잘린 부분은 체관, 즉 예전에 물관과 체관에 대해 알아보려고 식물을 붉은 색소를 탄 물에 담갔을 때 체관은 물을 이동시키지 않고 위에서 만든 유기양분을 이동시킨다고 했었다.

21 수지: 그리고 체관이 잘려나가 위에서 만들어진 유기양분이 아래로 이동하지 못해서 위쪽에만 쌓이고 쌓여 부풀어 오른 것 같다. (7차시)

42 지훈: 빛이 있으면 광합성을 하기 때문에 산소가 배출되고 이산화탄소가 흡수돼.

44 지훈: 그 다음에 어두운 곳은 호흡을 해서 산소를 흡수하고 이산화탄소를 배출하기 때문에 빛이 있는 곳이 산소가 많지. (12차시)

[학생 이름 앞의 숫자는 소집단 논변 중 해당 발언의 차례를 의미한다.]

위에서 언급한 바와 같이 활동지에 증거와 주장에 대한 학생들의 생각을 먼저 적게 한 교수·학습 전략은 좀 더 정교한 소집단 토의를 가능하게 하였다. 왜 그렇게 생각하는지 묻는 질문은 학생들로 하여금 자신의 사고를 되돌아보도록 하는 반성적 사고를 유도하며(최경희 등, 2004), 증거와 주장 사이를 연결하는 것은 주장과 근거와의 관계를 이해하도록 함과 아울러

러 정당하지 않은 주장에 맹목적이지 않도록 비판적으로 사고하는 능력을 더욱 예리하게 한다(Erduran et al., 2004). 따라서 학생들은 제시된 과제에 답을 하기 위해 답을 적으면서 타당한 증거를 찾고 주장과 증거를 연결하는 반성적, 비판적 사고 과정을 거쳐 사고를 정교화 하였고, 이것은 소집단 논변에서 주장과 증거, 추론이 포함된 정교한 형태의 발언을 하는데 도움을 주었다. 결과적으로 이러한 정교한 발화는 소집단 발화에서 항상 발화의 비율을 높여줌으로써 수준 높은 논변에 기여하였다. 12차시 활동이 모두 끝난 직후에 연구자가 학생들에게 활동을 하면서 느낀 점이 무엇인지 물었을 때, 은하는 “좀 더 실험활동 같은 것에 대해서 생각을 할 수 있어서 더 좋은 것 같아요. 이게 왜 그런지에 대해 좀 더 생각 하는 거...”라고 답하였으며, 수지 역시 “제가 제 생각을 정리를 못해요. 그런데 이거 적으면서 내 생각을 정리하고 그런 점에서 좋았어요.”라고 하였다. 이러한 학생들의 인터뷰 내용에서 보듯이 학생들이 자신이나 다른 사람을 설득하기 위해 증거를 찾고, 타당하게 주장을 하는 과정에서 반성적 사고와 정교한 사고를 하였으며, 이것은 학생들이 토론과 보고서 작성 시 동료 설득하고 비판을 하면서 자신의 이해와 사고 과정을 명료화하고 정교하게 하였다는 김희경(2003)의 연구와도 일치한다.

2) 다양한 학생들의 참여 유발

각 수업에서 자신의 의견을 자발적으로 제시한 학생들을 조사함으로써 제시된 과제의 특성과 소집단 담화의 관계를 분석하였다. 의도적으로 각 수업마다 과제의 특성을 다르게 구성하지는 않았으나, 각 과제의 특성은 소집단 구성원의 참여 뿐 아니라 소집단 논변 수준과 밀접하게 관련됨을 발견하였다. <표 4>에서 볼 수 있듯이 항상 발화의 비율이 낮은 수업들(2,

표 4
수업별 자발적 의견 제시 학생

수업	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
주제	삼투	수경재배	유기물	물관관찰	관다발	체관기능	잎 단면	증산관찰	광합성장소	광합성산물
항상발화비율 (%)	16.7	22.2	40.7	10.7	14.3	11.5	27.6	29.5	23.8	31.7
자발적 의견제시	수지 지훈	수지 지훈	수지 은하	수지 지훈	수지	은하	민수 은하 지훈 수지	은하 지훈 수지	은하 지훈	은하 지훈

3, 5, 6차시)에서는 자발적으로 의견을 제시한 학생들이 적은 편이며, 소집단에서 성적이 상위권인 학생(수지)의 발언이 주로 나타났다. 이에 비해 항상 발화의 비율이 높은 수업들(4, 8, 10, 12차시)에서는 성적이 상위권인 학생(수지)뿐만 아니라 중·하위권인 학생(지훈, 은하)도 활발하게 의견을 제시하는 경향을 보였다. 특히 8차시 수업과 10차시 수업에서는 4명 모두, 또는 4명 중 3명의 학생들이 자발적으로 자신의 의견을 제시하는 모습을 보였다. 이는 발화의 수준이 자발적으로 의견을 제시하는 학생의 다양화와 관련이 있음을 나타내며, 이러한 다양한 학생의 담화 참여에는 주어진 과제의 특성이 주요 요인 중의 하나로서 기여함을 소집단 담화에서 찾을 수 있었다.

다음은 소집단 논변의 수준이 낮은 수업(2차시)과 높은 수업(8차시)의 소집단 담화를 발췌한 것이다. 2차시는 뿌리에서 물과 무기양분이 흡수되는 원리에 대한 수업으로, 식물에게 비료를 많이 주었을 때 식물이 죽는 이유에 대해 설명하도록 하였다.

- 1 수지 (활동지에 적은 것을 보며) 나의 의견은 비료를 너무 많이 주면 흙이 고농도가 되고 식물이 저농도가 되니 뿌리에 있는 물이 흙속으로 빠져 나가서 식물이 말라 죽습니다. <정교화>
- 2 지훈 사람이 당뇨로 죽는 거랑 똑같애 <다른 면>
- 3 수지 아닙니다 <핀잔>
- 4 지훈 혈관 막히잖아.. <약간 부연>
- 5 수지 (약간 짜증내며) 혈관이 막히는 게 아니라 말라 죽는단니까~ <핀잔>
- 6 지훈 어 그러니까 혈관이 막혀서 도저히 물이 들어갈 수 없는 거야 <약간 부연>
- 7 수지 무슨 헛소리야 <핀잔>

이 수업에서는 처음부터 수지가 정답에 가까운 정교한 발언을 하였으며, 다른 의견을 제시한 지훈의 의견은 지식이 많은 학생(수지)에 의해 무시되었다. 결국 이 수업에서 자발적으로 의견을 제시한 학생은 2명이었으나 제시된 의견조차 무시되어 지식적 측면에서 권위를 가진 상위권 학생의 발언을 다른 학생들이 수용하는 식의 담화가 진행되었다. 따라서 이 수업에서는 주로 핀잔과 단순응대 발화가 나타났고, 항상 발화 비율은 16.7%로 낮은 수준이었다. 다음은 8차시

수업에서의 소집단 담화이다. 이 수업에서는 사철나무 잎의 단면을 현미경으로 관찰한 사진을 제시하고, 어떤 쪽이 잎의 뒷면일지 설명하도록 하였다.

- 9 은하 넌 어느 쪽이 뒷면일거 같애? <반복>
- 10 수지 야 내가 쓴 거 아닌 거[틀린 것] 같애. <응답>
- 11 은하 왜? 너무 완벽해? <핀잔>
- 12 수지 아니. 아닌 거 같애 <반복>
- 13 은하 그냥 간단히 써. 아래 너무 초록색이 많이 있으니까 책상조직이 뽀뽀하게 있다 그래 그냥. <다른 면>
- 14 민수 (은하에게 사진을 가리키며) 위쪽에 이런 모양이 있어. 위쪽에 이런 모양이 있는 건 무관해. 아랫면엔 이게 있어. 그래서 아랫면이야. <정교화>
- 15 은하 그래서 그게 왜 그런 거냐고? <설명 요청>
- 16 민수 광합성을 해서... <약간 부연>
- 17 은하 아래쪽에 책상조직이 있으니까 여기가 초록색으로 보이는 거 아냐. 뽀뽀하게 있으니까~ 그리고 해면조직이 여기 드문드문 있으니까 여기가 뒷면[아래] 쪽이야. 뒷면[아래]쪽에는 해면조직이니까 물방울 같은 게 보이고 기공이 있잖아 여기에. 여기가 뽀뽀하니까 여기가 앞[윗]면이라 치면은.. 됐니? <정교화>
- 18 지훈 (수지에게) 그러니까 여기가 위쪽이야. 왜냐하면 광합성을 하기 때문에 책상 조직은 초록색이야. 맞아~~ <정교화>
- 19 수지 나도 그렇게 생각해 <단순 응대>
- 20 수지 (적은 것을 보고 읽음) 잎의 구조는 세포가 뽀뽀하게 되어있는 책상조직이 먼저였고 세포가 느슨하게 되어있고 군데군데 비어있던 해면조직이 그 다음이었다. 그러니 사진으로 보면 초록색으로 뽀뽀하게 배열되어 있는 것이 책상조직이고 그 다음인 층이 해면 조직이다. 또 엽록체 즉 초록색이 아예 없는 곳은 기공, 공변세포임을 알 수 있다. <정교화>

이 수업에서 은하가 각자의 의견을 물었을 때, 상위권 학생인 수지가 '내가 쓴 거 아닌 거 같애' (10행) 라

고 말하며 자신의 의견에 자신 없이 의견 제시를 미루는 모습을 보였다. 이로 인해 은하가 다른 측면의 견해를 제시하였으며, 이어서 다른 수업에서는 의견 제시를 꺼려하던 민수도 자발적으로 정교화된 의견을 제시하면서 자연스럽게 민수와 은하(14~17행), 그리고 지훈과 수지(18~20행)에 의해 추론 고리가 길게 이어지는 (두 명씩 짝지어 이야기하는) 논변이 일어났다. 이때 자신의 의견을 정교하게 제시하는 정교화 발화와 설명 요구를 포함하는 항상 발화가 27.6%로 높은 비율로 나타났으며, 높은 수준의 소집단 논변이 일어났다.

이 두 수업에서의 담화 패턴은 과제의 특성과 관련지어 생각할 수 있다. 2차시 수업에서 제시된 과제(비료를 많이 주었을 때 식물이 죽는 이유)는 교과서나 문제지에 많이 제시되는 유형이고 교과서 내용에서 답을 바로 얻을 수 있어 수지와 같이 미리 예습을 하는 학생들에게는 익숙한 것이었다. 이에 비해 8차시 과제는 실제 앞의 단면사진에서 위, 아래를 찾도록 한 것으로서 기존의 문제 유형과는 차이가 있었고, 성적이 상위권인 수지도 이를 낯설게 느끼고 있었다. 즉, 교과서에 제시된 지식에 근거하여 바로 답을 할 수 있는 과제의 경우에는 성적이 상위권에 있는 학생에 의해 답이 쉽게 제시됨으로써 더 이상의 논의가 이루어지 어렵다. 그러나 8차시의 과제와 같이 교과서의 내용으로 설명이 가능하지만 교과서에서 답을 바로 찾을 수 없고 다양한 근거를 들어 주장을 할 수 있는 과제의 경우에 지식이 많은 학생의 주도적인 발언이 감소하고 성적에 관계없이 자신의 의견을 제시함을 볼 수 있었다. 이는 토론 과제가 단순하거나 명백하면 다양한 주장을 유발하기에 좋지 않고 교과서의 확정적 개념만 추종한다(이선경, 2006)는 주장과 일치한다. 또한 과학적 논변에서 학생들의 목소리(voice)를 허락하는 교사의 질문이 주어질 때 학생들은 증거를 포함한 주장을 하고, 반증 형태의 반박이 나타난다(Martin & Hand, 2009)는 주장과 마찬가지로 학생들의 다양한 의견 제시의 중요성을 보여준다. 결과적으로 지식적 권위를 지닌 학생의 주도적 발언의 감소는 다른 구성원이 의견을 제시할 가능성을 열어주고, 긴 추론 고리를 따라 제시되는 다양한 의견은 항상 발화의 비율을 높임과 아울러 소집단의 논변 수준 향상으로 이어지게 했다고 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 중학교 2학년 학생들의 과학적 논변을 조력하기 위해 인지적 발판이 포함된 과제를 개발하였고, 과제가 소집단 논변 발달에 미치는 영향을 연구하고자 하였다. 개발된 과제는 모순된 예시 논변을 제시하여 학생들이 증거를 가지고 반박할 수 있도록 하였으며, 친구의 생각과 비교하는 활동을 통해 소집단 내에서 논의가 활발히 이루어지도록 하였다. 그 결과 연구 기간 중 후반부의 수업에서 학생들은 소집단 토론을 하면서 높은 빈도로 항상 발화를 제시했으며, 시작 발화(I)에 이어 학생과 학생 사이의 반응(R)과 피드백(F)이 길게 이어지면서 소집단 구성원 사이에 추리를 공유하는 경향을 보였다. 또한 사전 논변 점수에 비해 사후 논변 점수가 증가하였으며, 주장과 함께 증거와 추론 능력이 향상되었다. 이는 소집단의 논변 수준이 논변 수업을 통해 향상되었음을 나타내는 결과라 할 수 있다. 이처럼 논변 수업 동안에 소집단 논변의 발달이 이루어진 요인을 과제의 특성과 관련지을 수 있다. 학생들은 과제에 제시된 예시 의견을 인지적 발판으로 하여 이에 반박하기 위해 반성적·비판적 사고를 하였으며, 이 과정에서 자신의 주장과 증거를 연결하는 추론적 사고를 할 수 있었다. 그리고 학생들에게 친숙하여 쉽게 정답을 찾을 수 있는 과제에 비해, 학생들에게 친숙하지 않아 바로 답을 찾을 수는 없으나 주어진 정보로부터 다양한 근거를 제시할 수 있는 과제가 주어진 경우에 구성원들이 자발적으로 참여하는 논변이 이루어졌다. 또한 다양한 구성원의 참여를 유도한 이러한 과제에서 학생들은 수준 높은 소집단 논변을 협력적으로 구성하는 결과를 보였다. 이는 다양한 의견을 수렴하지 않고 한 사람이 일방적으로 토의를 이끌고 나머지는 받아 적는 경우에 학생들의 참여 동기가 떨어진다는 연구 결과(도승이, 2007)와 일치한다.

일반 학교의 과학 수업에서 소집단 논변활동을 하기란 쉽지 않으며, 그 이유로 교사의 레퍼토리 부족, 토론 진행의 어려움, 교사의 기술 부족 등을 제시하고 있다(Newton *et al.*, 1999; Driver *et al.*, 2000). 본 연구의 결과는 탐구상황에서 학생들의 소집단 논변이 성공적으로 이루어질 수 있음을 보임과 아울러, 과학 수업에서 논변 활동을 조력하기 위한 구체적 방안을 과제의 특성과 관련지어 제시할 수 있다는 점에

서 의의가 있다고 하겠다. 우선, 추론을 통해 타당한 증거를 들어 주장을 하는 경험이 부족한 학생들이 논변에 좀 더 쉽게 접근할 수 있도록 인지적 발판을 제공하는 것이 우선적으로 필요하다고 하겠다. 이때의 인지적 발판으로는 모순된 예시 논변의 제시와 같은 것을 들 수 있다. 다음으로는 소집단 구성원의 능동적인 참여를 유도할 수 있는 방안과 관련하여, 성적이 우수한 한 학생이 담화를 독점하지 않도록 주어진 자료를 근거로 해서 다양한 답을 이끌어내는 과제가 개발되어야 한다. 이때의 과제는 지나치게 어렵지 않으면서도 단순 지식으로 즉시 답할 수 있는 과제가 아니어야 한다. 또한 교과서나 문제집에서 많이 접하는 문제는 지양하고, 학생들에게 다소 생소하지만 관심을 갖고 과제에 집중할 수 있는 과제를 개발할 필요가 있다. 그리고 소집단 논변활동을 통한 학생들의 비판적 사고 함양이 이루어지기 위해서는 적절한 과제의 개발 이외에 논변활동이 이루어지는 소집단과 학습의 문화에 대한 좀 더 깊이 있는 이해가 필요하다. 이러한 연구들은 학생들 사이의 지나친 경쟁, 교사 주도적인 설명 수업, 암기 위주의 학습 등으로 특징짓는 우리의 과학 수업을 개선할 수 있을 것으로 기대한다.

국문 요약

본 연구에서는 과학 수업에서 학생들이 과학 현상을 근거 있게 설명하고 주장할 수 있도록 인지적 발판이 포함된 과제를 개발하였고, 과제가 소집단 논변 발달에 미치는 영향을 알아보았다. 이를 위해 한 학습에서 이질적인 소집단을 구성한 후, 개발된 과제를 수업 중에 활용하였다. 소집단 논변활동에서 학생들은 먼저 각자의 의견을 적고, 서로의 의견을 공유한 후 가장 그럴듯한 의견을 선택하였다. 학생들의 사전·사후 논변 검사지와 논의가 활발하게 일어난 한 소집단의 담화 전사본, 학생들의 반 구조화된 인터뷰, 수업 관찰 노트를 통해 과제가 소집단 논변에 미치는 영향을 분석하였다.

개발된 과제는 모순된 논변 예시를 포함하여 학생들이 증거를 가지고 반박할 수 있도록 하였으며, 친구의 생각과 비교하고 설득하는 활동을 통해 소집단 논변이 활발히 이루어지도록 하였다. 그 결과 학생들의 논변 검사 점수가 향상되었으며, 증거와 추론이 포함된 주장을 하였다. 또한 과제를 진행함에 따라 학생들

의 논변은 높은 항상 발화의 빈도와 긴 추론 고리의 특성을 보이면서 그 수준이 높아졌다. 학생들은 과제를 수행하면서 제시된 예시 의견에 대해 반성적, 비판적으로 사고하여 타당한 증거와 추론이 포함된 정교한 주장을 하였으며, 자료를 바탕으로 다양한 근거를 제시할 수 있는 과제는 학생들로 하여금 자발적으로 의견을 제시하도록 하여 다양한 참여로 이끌었다. 본 연구는 발달된 소집단 논변 활동의 맥락에 대한 이해와 일반 중학교 과학 탐구수업에서 학생들의 논변 활동을 조력하는 교수 학습 상황에 대한 정보를 제공하였다는 점에서 의의가 있다.

참고 문헌

- 곽경화, 남정희 (2009). 과학적 논의과정 활동을 통한 학생들의 논의과정 변화 및 논의상황에 따른 논의과정 특성. 한국과학교육학회지, 29(4), 400-413.
- 교육인적자원부 (2007). 2007년 개정 과학과 교육과정.
- 김희경 (2003). 중학생의 동료간 논변활동을 강조한 개방적 물리 탐구: 조건, 특징, 역할을 중심으로. 서울대학교 박사 학위 논문.
- 김희경, 송진웅 (2004). 학생의 논변활동을 강조한 개방적 과학탐구활동 모형의 탐색. 한국과학교육학회지, 24(6), 1216-1234.
- 김희정, 조연순 (2001). 초등 학생의 광합성 개념 학습에서 TWA 비유 수업모형의 효과. 한국과학교육학회지, 21(2), 444-458.
- 도승이, 김은주 (2007). 협동학습에서 과제와 사회적 요소의 작용: 조원 간 친밀한 소집단을 중심으로. 교육심리연구, 21(4), 1047-1070.
- 박지영 (2009). 사회 속 과학 쟁점에 대한 소집단 논변활동의 이해 교육대학교 학생들의 의사소통 분위기를 중심으로. 서울대학교 박사학위 논문.
- 배종규 (2007). 인터넷 문제 중심 학습방법을 활용한 비구조화된 구성적 논쟁이 경제이해력과 논변능력에 미치는 효과. 경제교육연구, 14(1), 71-94.
- 양일호, 김석민, 조현준 (2007). 초, 중등학교 과학 실험수업의 유형 분석. 한국과학교육학회지, 27(3), 235-241.
- 양일호, 정진우, 김영신, 김민경, 조현준 (2006). 중등학교 과학 실험 수업에 대한 실험 목적, 상호 작

용, 탐구 과정의 분석. 한국지구과학회지, 27(5), 509-520.

오진아, 이선경, 김찬중 (2008). 지구과학 MBL 수업의 과학 탐구와 논의적 의사소통에 관한 사례 연구. 한국지구과학회지, 29(2), 189-203.

이선경 (2006). 소집단 토론에서 발생하는 학생들의 상호작용적 논증 유형 및 특징. 대한화학회지, 50(1), 79-88.

장신호 (2006). 학생들의 과학적 설명을 강조하는 탐구 지향 교수 활동에 대한 예비 초등 교사들의 인식. 초등과학교육, 25(1), 96-108.

정혜선, 오은아 (2003). 과학적 증거와 설명에 대한 초등학교 6학년 학생의 이해. 한국과학교육학회지, 23(6), 634-649.

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

최경희, 박종윤, 최명순, 남정희, 최경순, 이기순 (2004). 중학교 과학 수업에서 교사와 학생의 언어적 상호작용 분석. 한국과학교육학회지, 24(6), 1039-1048.

Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797-817.

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

Cho, K. L., & Jonassen, D. H. (2002). The effects of argumentation scaffolds on argumentation and problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 5-22.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.

Duschl, R. A., Ellenbogen, K., & Erduran, S. (1999). Promoting Argumentation in Middle School Science Classrooms: A Project SEPIA Evaluation. Paper presented at the annual meeting of the National Association for

Research in Science Teaching, Boston, MA.

Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39-72.

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.

Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71(256), 33-40.

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

Jimenez-Aleixandre, M., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran & M. Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 3-28). Dordrecht; London: Springer.

Kelly, G., Chen, C., & Crawford, T. (1998). Methodological considerations for studying science in the making in educational settings. *Research in Science Education*, 28(1), 23-49.

Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86(3), 314-342.

Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.

Martin, A. M., & Hand, B. (2009). Factors affecting the implementation of argument in the elementary science classroom. A longitudinal case study. *Research in Science Education*, 39(1), 17-38.

McNeill, K., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and

inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. Lovett & P. Shah (Eds.), *Thinking with data* (pp. 233–265). New York ; London: Lawrence Erlbaum Associates.

McNeill, K. L. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Science Education*, 93(2), 233–268.

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academic Press.

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

Sandoval, W. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5–51.

Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition & Instruction*, 23(1), 23–55.

Sunal, C. S., Sunal, D. W., & Tirri, K.

(2001). *Using Evidence in Scientific Reasoning: Exploring Characteristics of Middle School Students' Argumentation*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Seattle, WA.

Takao, A. Y., & Kelly, G. J. (2003). Assessment of evidence in university students' scientific writing. *Science Education*, 12(4), 341–363.

Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wallace, C. S., Tsoi, M. Y., Calkin, J., & Darley, M. (2003). Learning from inquiry based laboratories in nonmajor biology: an interpretive study of the relationships among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 986–1024.

Watson, J., Swain, J., & Mcrobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25–45.

〈부록 1〉 사전 논변 검사지(프리스트리)

〈상황1〉 경미는 탁자에 놓아둔 촛불이 흔들거리는 것을 막기 위해 어항을 뒤집어 덮어 두었더니 촛불이 꺼지고 말았다. 또, 햄스터가 도망가지 못하게 하려고 어항으로 덮어 놓았더니, 며칠 후에 죽고 말았다.



〈상황2〉 이번에는 촛불을 덮은 어항과 햄스터가 들어있는 어항에 식물을 각각 넣고 빛이 드는 창가에 놓았다. 그랬더니 촛불은 꺼지지 않았고, 햄스터도 더 오래 살아 있었다.



Q) 상황1과 2에서 나타난 현상이 어떻게 해서 나타나게 되었을지, 다른 친구가 읽었을 때 납득할 수 있도록 적어보자.

〈부록 2〉 프리스틀리 실험에 대한 과학적 논변 루브릭 (McNeill, 2009 수정)

구성요소	level		
	0	1	2
주장: 문제에 답이 되는 진술이나 결론	주장이 없거나 문제와 관련 없는 부정확한 주장	불완전한 주장. 애매한 주장인 경우	정확하고 완전한 주장을 함
	‘식물은 호흡을 한다.’ 만 제시 식물은 광합성을 통해 산소를 흡수하고, 이산화탄소를 방출 한다.	식물은 광합성을 해서 공기가 나온다. 식물과 같이 있어 산소가 덜 부족하다. 식물이 광합성을 하여 이산화탄소를 산소로 바꾸기 때문에	식물이 산소를 방출했기 때 문이다. 식물이 광합성을 통해 산소 를 방출했기 때문이다. 식물이 광합성을 했기 때문 이다.
증거: 주장을 지지하는 과학적 data.	증거를 제시하지 않거나 적절 하지 않은 증거만 제시	주장을 지지하는 증거가 적절하지만 불충분한 증거를 제시	주장을 지지하는 적절하고 충분한 증거를 제시
	4가지 증거 중 하나도 제시하 지 못하거나, 제시한 증거가 모두 적절하지 않은 경우	4가지 증거 중에서 1개를 제시(수준1) 2개를 제시(수준2), 3개를 제시(수준3)	적절한 증거 4가지를 모두 제시 ① 유리종으로 덮어놓은 초 가 꺼졌다 ② 유리종으로 덮어놓은 햄 스터가 죽었다 ③ 식물을 넣은 초는 꺼지지 않았다 ④ 식물을 넣은 햄스터는 오 래 살아있었다.
추론: 주장과 증거를 연결하는 정당화. 적절하고 충분한 과학적 원리를 사용 하여 data가 증거 가 되는 이유를 보여줌	추론을 제시하지 않거나 주장 과 증거가 연결되지 않는 추 론을 제시	두 가지 추론 중에 하나만 포함하거나 애매하게 진술	정확하고 완전한 추론을 제시
	추론을 제시하지 않음 초가 탈 때 이산화탄소를 내 뱉는다. ‘공기가 없다’ 만 적은 경우	두 가지 추론 중에 하나만 포함하거나 ‘초는 공기를 없앤다’ 와 같은 애매한 진술 물질이 연소하는데 공기가 필요하다. 쥐가 살기 위해 공기가 필요하다.	두가지 추론을 모두 제시하 여 연결시킴 ① 물질이 연소하는데 (초가 타는데) 산소가 필요하다. ② 생물이 호흡하는데 (햄스터가 사는데) 산소가 필요하다.