



배설에 대한 협력적 모델링 과정에서 나타난 중학교 학생들의 대화적 논변활동 탐색

이신영¹, 김희백^{2*}

¹한국교육과정평가원, ²서울대학교

Exploring Secondary Students' Dialogic Argumentation Regarding Excretion via Collaborative Modeling

Shinyoung Lee¹, Hui-Baik Kim^{2*}

¹Korea Institute for Curriculum and Evaluation, ²Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 November 2017

Received in revised form

8 December 2017

Accepted 14 December 2017

Keywords:

dialogic argumentation,
excretion, group argumentation,
collaborative modeling

ABSTRACT

The purpose of this study is to explore how the flow of discourse move and their reasoning process in dialogic argumentation during group modeling on excretion. Five groups of three to four students in the second grade of a middle school participated in the modeling practice of a Gifted Center. Analysis was conducted on argumentation during the modeling activity in which students should explain how the waste product (ammonia) leaves the body. It was found that there was a sequential argumentative process-tentative consensus, solving the uncertainty, and consensus. There were several discourse moves - 'claim' and 'counterclaim' in the stage of tentative consensus, 'query' and 'clarification of meaning' in the stage of solving the uncertainty, and 'change of claim' in the stage of consensus. Students participated in the dialogic argumentation by constructing argument collaboratively for reaching a consensus. Critical questioning in the stage of solving the uncertainty and reasoning in the stage of consensus were the impact factors of dialogic argumentation. By answering the critical questions, students changed their claims or suggested new claims by defending or rebutting previous claims. Students justified group claims with diverse argumentation scheme and scientific reasoning to reach a group consensus. These findings have implication for science educators who want to adopt dialogic argumentation in science classes.

1. 서론

모델링은 과학자들이 과학적 아이디어를 생성하고 다른 사람들과 공유하는 과정이다. 과학자들은 모델링을 하면서 자연 현상이 어떻게, 왜 일어났는지에 대한 설명을 하기 위해 복잡한 자연 현상을 단순화 하하는 작업을 한다(Giere, 1999; Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000; Morrison & Morgan, 1999; Nersessian, 1999). 최근에 과학 교육계에서 인식적 실행(epistemic practice)을 강조하게 되면서 모델링은 유용한 교육적 도구로 각광받게 되었다(Schwarz *et al.*, 2009). 모델링은 과학 교실에서 학생들이 과학자들의 활동을 경험할 수 있는 인식적 실행 중 하나로 여겨지고 있다(Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000; Jiménez-Aleixandre, 2014; NGSS Lead States, 2013; NRC, 1996; Windschitl, Thompson & Braaten, 2008). 인식적 실행은 지식 생산, 지식 평가, 지식 의사소통으로 정의하며, 모델링은 지식의 생성과 관련되어 있다(Jiménez-Aleixandre, 2014). 모델링은 과학 지식을 생성하고 평가하며 의사소통하는 과정을 포함하고 있기 때문에 학생들이 과학적 언어를 사용하여 사회적 상호작용을 하는 인식적 실행으로 볼 수 있다(Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007).

모델링은 지식 주장을 하고 증거를 바탕으로 정당화하며 다른 의견에 대해 반박하는 논변활동과 관련이 있다. 모델이 발달하는 과정에서 학생들은 다양한 데이터를 기반으로 현상에 대한 설명을 생성하고 이 설명을 주장하기 때문이다(Passmore & Svoboda, 2012). Clement (2008)는 소집단 모델링 맥락에서 소집단 구성원들이 소집단 모델을 생성, 평가, 수정을 지속적으로 하면서 모델이 발달하고 공동 구성해 나간다고 주장하였으며, 이러한 모델링 과정을 GEM cycle이라고 정의하였다. 모델링 과정 중 모델을 평가하고 수정하는 과정에서 자신의 설명을 지지하기에 적합한 데이터를 이용하여 정당화하는 것뿐만 아니라 자신의 설명이나 설명을 지지하는 추론 과정에 의문이나 의심을 가지는 사람들에게 자신의 설명을 논리적으로 방어하거나 다른 사람들의 의견을 반박하는 담화가 나타난다(Mendonça & Justi, 2013; Núñez-Oveido, Clement, & Rea-Ramirez, 2008; Passmore & Svoboda, 2012). 따라서 모델링은 “공동체 구성원들이 특정한 방식으로 엄격한 틀 내에서 지식 주장을 제안하고, 정당화하고, 평가하고, 합법화하는 방식”(Kelly, 2008, p. 99)인 인식적 실행과 일맥상통하며, 모델링 중의 추론 과정은 논변활동을 동반한다.

논변활동은 지식 생성 과정에서 개인이 다른 사람들에게 자신의

* 교신저자 : 김희백 (hbkim56@snu.ac.kr)

** 이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(No. NRF-2015S1A5A2A01014025, 21B20151713505).

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2017.37.6.1037>

생각을 설득시키거나 이용 가능한 증거와 반증을 가지고 이해시키기 위해 개념을 검증하고 명백하게 하는 역동적 사회적 과정이다 (Berland & Reiser, 2011; Ryu & Sandoval, 2012). 과학 교실에서 학생들이 하는 논변활동은 독립된 하나의 논변 구조로 나타나는 것이 아니라 논변에 참여하는 다양한 개인이 존재하기 때문에 상황-학습자의 배경 지식, 논변 과제의 개방성, 논변활동을 하는 집단의 규범 등에 따라 다르게 나타날 수 있다(Driver, Newton, & Osborne, 2000). 논변활동에서는 논의되고 있는 문제에 대해 서로 다른 생각을 가진 여러 사람들이 합의된 의견으로 수렴하는 과정이 나타나며 이러한 사회적 속성을 강조하여 대화적 논변활동으로 일컬을 수 있다 (Berland & Lee, 2012; Clark & Sampson, 2008). Walton(1996)은 다양한 논변들 사이의 이질성으로 인해 논변활동은 변증법적 속성을 지니며 협력적인 형태로 구성될 수 있음을 주장하며 추정적 논변 분석틀을 제안하였다. Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl (2000)은 고등학생들의 유전자 문제 해결과정에서 나타나는 논변 패턴을 논변 구조뿐만 아니라 인식적 작용에 초점을 맞추어 분석하며, 상황 의존적인 논변의 대화적 속성을 강조하였다. Clark & Sampson(2008)은 온라인 학습 환경에서 학생들의 대화적 논변활동을 반박을 중심으로 하는 담화 이동과 함께 개념의 질로 평가할 수 있는 평가틀을 개발하여 효과성을 검증하였다. Kim, Anthony, & Blades(2014)는 예비 교사들의 SSI 문제에 대한 논변활동 분석을 통해 협력적인 방식으로 문제를 해결해가는 논변활동의 특성을 연구하였다.

소집단 모델링을 하면서 학생들이 과학적 현상에 대한 설명 모델을 만드는 과정에서 모델의 타당성을 비판적으로 검토하는 논변활동이 나타나며, 대화적 논변활동을 통해 합의된 소집단 모델을 구성할 수 있는 것이다. 본 논문에서는 학생들이 소집단 모델링 수업에 참여하면서 대화적 논변활동이 나타날 수 있는 배설에 대한 소집단 모델링 수업을 설계하였다. 배설은 세포의 생명활동에 필요한 양분의 흡수와 양분을 이용한 에너지 대사에 필수적인 인간의 기능 중 하나이며, 한국의 과학 교육과정에서 중학교 학생들이 배워야 하는 필수적인 개념 중 하나이다(Ministry of Education, 2011, p.126). 하지만 여러 선행 연구에서는 학생들이 배설계에 대해 제한된 이해를 갖고 있음을 발견하였다(Ebenezer *et al.*, 2009; Prokop, Fancovicová, & Tunnicliffe, 2009; Tunnicliffe, 2004). Din-Yan(1998)의 연구에서는 학생들이 배설계에 해당하는 기관들의 이름을 나열할 수 있지만 배설과 배출을 구분하지 못하였고, Tunnicliffe(2004)의 연구에서 학생들은 배설 과정에서 나타나는 생물학적 현상에 대한 적절한 인과적인 설명을 못하였다. 배설은 배설계를 구성하는 기관 내의 생물학적 작용뿐만 아니라 소화계, 호흡계 등 다른 기관계와 통합적으로 연결되어 있기 때문에 학생들은 배설 개념을 이해하는 것에 어려움을 갖는 것으로 보인다(Din-Yan, 1998; Ebenezer *et al.*, 2009).

본 연구에서는 학생들이 배설은 다른 기관계와의 통합적인 작용을 통해 일어나는 것을 알고 배설계 내에서 일어나는 역동적인 생물학적 현상을 설명할 수 있도록 모델링 기반 수업을 구성하였다. 모델링 기반 수업을 통해 학생들이 이해하기 어려운 비가시적인 현상을 잘 이해하고 이러한 이해를 바탕으로 하는 소집단 모델 구성 과정에서 대화적 논변활동이 나타날 수 있다고 보았다. 이러한 가정 아래 본 연구의 구체적인 연구 질문은 다음과 같다.

첫째, 배설에 대한 소집단 모델링 수업에서 나타난 대화적 논변활동에서 어떠한 담화 이동 흐름을 갖는가?

둘째, 대화적 논변활동에서 배설을 설명하기 위해 어떠한 과정을 통해 합의된 의견으로 수렴하게 되는가?

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

서울시 대학 부설 영재원 중학교 2학년 학생들 17명이 참여하였다. 참여 학생들은 대학 부설 영재원이 속해있는 지역 내 중학교에 재학 중인 학생들로, 학년 초에 선발되어 5월부터 같은 반을 구성하여 여름 방학 중 2주 동안의 집중 교육, 2박 3일 여름 캠프, 가을 학기 수업에 참여하였다. 영재원이 위치한 지역의 사회경제적 수준은 중하위권에 속하지만, 영재원 학부모의 지원과 관심이 크기 때문에 참여 학생들 가정의 사회경제적 수준은 중상위권이라고 볼 수 있다. 영재원에 선발되기 위해서는 해당 학교 교사의 추천서와 심층 구술 면접을 통과해야 하기 때문에 참여 학생들의 과학 학업 성취 수준은 학교 내에서 상위권에 속했고 과학에 대한 흥미와 관심은 높은 편이라고 할 수 있다. 학생들은 3명 내지 4명으로 구성된 소집단에 속하여 영재원 수업에 참여하였다. 본 연구를 위해 개발된 수업이 투입된 시기는 여름방학 집중 교육의 첫 번째 주이므로 학생들 간의 친밀도는 그리 큰 편이 아니었다. 참여 학생들의 학습 준비도를 살펴보면, 해당 학교에서 중학교 교육과정상 배설 이전 단원인 소화, 순환까지 학습하고 배설에 대해 학습하지 않은 상태로 사설 교육 기관에서도 배설에 대해 학습한 경험이 없었으며, 본 영재원에서는 여름방학 집중 교육 기간에 혈액 순환에 대한 모델링 기반 탐구 수업을 수강한 직후 배설에 대한 탐구 수업을 처음 수강하는 것이다.

제 1저자가 배설 관련 영재원 수업을 진행하였다. 수업 당시 저자는 교사 경력은 10년이고 영재원 강의 경력은 4년이었으며, 과학 교육 박사 학위 과정 중이었다. 또한, 사회적 구성주의 학습 이론을 바탕으로 하는 소집단 모델링 탐구 수업에 대한 프로젝트에 4년째, 소집단 논변활동 관련 프로젝트에 3년째 참여하여 수행하고 있는 중이었으며, 교사 전문성이나 소집단 모델링과 소집단 논변활동 학습에 대한 논문을 게재한 경험이 있었다. 소집단 모델링 기반 수업은 학생들이 중심이 되어 스스로 현상에 대한 설명을 구성하는 과정으로 이루어져 있기 때문에 교사는 이론을 제시하고 설명하는 것이 아니라 학생들이 소집단 모델링에 비판적이고 협력적으로 참여할 수 있도록 독려하는 지원자의 역할을 수행하였다.

2. 수업 맥락

본 연구는 중학교 2학년 과학 ‘배설’과 관련된 소집단 모델링 기반 탐구 수업으로 구성하였다. 배설은 소화·순환·호흡·배설 단원 중 마지막 섹션을 차지하고 있으며, 소화, 순환, 호흡 과정을 잘 이해해야 학습할 수 있는 개념이다. 교육과정에서는 소화, 순환, 호흡, 배설 기관의 유기적 관련성을 통합적으로 다루어 생명 유지 활동에 필요한 사람 몸의 기능을 학생들이 학습하도록 하고 있지만(Ministry of Education, 2011) 학생들은 배설에 대한 학습에 어려움을 겪으며 이에

대한 제한된 생물학적 지식을 갖고 있다(Ebenezer *et al.*, 2009; Prokop, Fancovicová & Tunnicliffe, 2009; Tunnicliffe, 2004). 이를 해결하기 위해 몇몇의 연구들에서 소화계와 배설계를 통합하여 인간의 기관계를 이해하는 것이 중요하다고 주장하였다(Din-Yan, 1998; Ebenezer *et al.*, 2009). 따라서 본 연구에서는 학생들이 소집단 모델링 기반 수업을 통해서 배설을 소화, 순환, 호흡과 연결시켜 통합적으로 학습할 수 있도록 구성하였다. 또한, 학생들이 적극적으로 본인의 아이디어를 제안하고 지지하며, 본인의 아이디어뿐만 아니라 다른 사람들의 아이디어를 비판하고 수정할 수 있도록 하였다. 이를 통해 학생들이 생산적인 대화적 논변활동에 참여할 수 있는 수업 환경을 조성하였다.

수업은 2일 동안 두 개 차시로 총 6시간동안 진행되었고, 전체 수업의 최종 목표 모델은 '세포 호흡을 통해 생성된 노폐물은 혈액을 통해 이동하여 네프론에서 오줌으로 분리되어 배설된다.'이다. 매 차시의 수업은 토론을 바탕으로 하는 여러 가지의 소집단 모델링으로 구성되었고, 각 소집단 모델링 과정에서 활발한 언어적 상호작용이 일어나도록 하기 위해 소집단 별로 주어진 질문에 대한 답변을 찾도록 하였고 질문과 관련된 탐구 활동을 제공하였다. 모델링 활동에는 설명 모델을 생성하기(generating), 평가하기(evaluating), 정당화하기(justifying), 수정하기(modifying) 활동이 포함되었다.

본 연구에서는 1차시의 첫 번째 소집단 모델링 활동을 분석하여 학생들의 대화적 논변활동을 살펴보았다. 첫 번째 소집단 모델링 활동은 치킨을 먹은 후 체내에서 생성되는 노폐물(암모니아)은 우리 몸에서 어떻게 될지 예상하는 것이다(Figure 1). 여러 연구들에서 배설에 대한 수업을 정교하게 구상하여 학생들에게 투입했음에도 불구하고 수업 이후에 학생들은 배설(excretion)과 배출(egestion)을 구별하지 못하고, 노폐물을 잘 알지 못했다고 주장하였다(Din-Yan, 1998; Soyibo, 1995). 이와 같은 연구 결과를 바탕으로 1차시 첫 번째 소집단 활동을 개발하였다. 소집단 활동의 목표 모델은 사람이 치킨을 먹었을 때 치킨이 체내에서 소화되어 세포 호흡의 재료로 사용된 이후에 질소 노폐물이 생성되고, 질소 노폐물은 오줌의 형태로 배설된다는 것이다. 목표 모델에서 학생들에게 요구하는 핵심 개념은 세포 호흡

을 통해 생성된 노폐물을 대변으로 배출되는 찌꺼기와 구별하여 노폐물은 대변으로 배출되는 것이 아니라 오줌의 형태로 배설된다는 것이다.

학생들은 사람이 치킨을 먹은 이후에 세포 호흡을 통해 생성된 질소 노폐물들이 사람 몸에서 어떻게 될지에 대해서 소집단 토의를 통해 설명하였다. 학생들이 소집단 과제에서 제시한 질문에 대해 막연하게 생각하여 논의가 잘 이루어지지 않을 것을 우려하여 활동지에 만화 형식으로 치킨의 변환 형태를 3가지-사라지는 것, 대변, 오줌로 준비하여 학생들이 선택하도록 하였다. 수업 자료 제작 당시 인기가 많았던 드라마 장면에 말풍선을 삽입하여 주인공들이 소집단 활동의 주제 내용을 제시하는 형식을 취하여 학생들의 흥미를 자극하였다.

3. 자료 수집 및 자료 분석

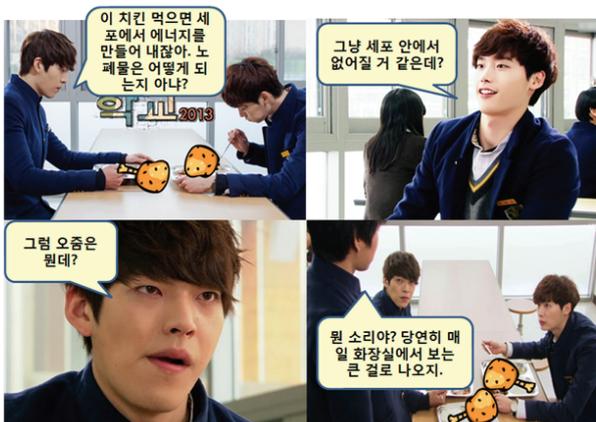
소집단 모델링 과정에서 나타난 대화적 논변활동을 포착하기 위해, 소집단 별로 배설에 대한 소집단 모델링 과정을 녹화 및 녹음하였다. 본 연구에 참여했던 영재원 C반 소집단은 총 5개였으나 오디오의 하드웨어 상의 문제가 발생하여 4개 소집단의 모델링 과정만을 분석하였다. 소집단 활동의 질문에 대한 답변이 적힌 개별 활동지와 소집단 별로 구성된 배설 경로 그림을 수집하여 학생들 개인의 아이디어와 소집단 별로 합의한 학습 결과물을 확인하였다.

소집단 담화에서 드러나는 소집단 역동성(group dynamics)을 포착하기 위한 학생들의 담화 분석 과정은 3가지 종류의 분석-담화 이동, 논변의 정당화 분석틀, 추론을 위한 자료 출처-을 거쳐서 이루어졌다. 학생들의 논변활동에 대한 많은 연구들은 Toulmin(1958)의 논변 구성 요소들의 유무나 이들이 얼마나 많이 있는지에 초점을 맞추어 학생들의 논변활동을 분석하였다(e. g., Chin & Osborne, 2010; Erduran, Simon & Osborne, 2004; Osborne, Erduran, & Simon, 2004). Toulmin의 논변 분석틀은 논변의 형식적인 논리 구조를 파악하기에 용이하지만 인식적 작용, 즉 학생들이 서로의 주장과 증거를 평가하고 합의에 이르는 연속적인 담화 과정을 살펴보기에는 무리가 있기 있다(Duschl, 2007; Jiménez-Aleixandre, Nielsen, 2013; Nussbaum & Edwards, 2011; Rodriguez, & Duschl, 2000). 본 연구에서는 논변활동의 설득적인 속성과 대화적인 속성을 알아보기 위하여 Toulmin의 논변 분석틀이 아닌 담화 이동, 논변의 정당화 분석틀, 추론을 위한 자료 출처의 3가지 분석틀로 담화를 분석하였다.

1차 담화 분석에서는 담화 이동(discourse move)을 분석하였다. 담화 이동이란 토의 과정에서 발화의 역할에 기반을 둔 각각의 발화를 의미한다(Clark & Sampson, 2008). Clark & Sampson(2008)은 대화적 논변활동을 평가하기 위해 담화 이동을 살펴보았는데, 이들의 코딩 요소 중에 본 연구에 맞는 몇 가지의 코딩 요소를 참고하였다. Clark & Sampson은 반박(rebuttal)과 관련된 발화를 상세화하여 코딩하였지만, 본 연구에서는 주장하기(claim)와 반대주장하기(counterclaim)에 대한 정당화 및 반론 과정을 추론하기(reasoning)로 살펴보았다. 담화 이동은 주장하기(claim), 반대주장하기(counterclaim), 추론하기(reasoning), 질문하기(Query), 의미 명확히 하기(clarification of meaning), 주장변경하기(change of claim)의 6가지로 코딩하였다(Table 1). 일반적으로 사용하는 Toulmin의 논변 분석틀은 채점자에 따라 다르게 나타나기 쉽고 영역 일반적인 논변의

1. 누구의 의견이 맞을까?

소화과정을 통해 우리 몸에 흡수된 영양소는 세포에서 호흡을 통해 에너지를 만들어 내고, 이때 노폐물이 발생한다. 이 노폐물은 우리 몸 안에서 어떻게 될까?



남순이, 흡수, 정숙 이 세 사람 가운데 누구의 의견이 맞다고 생각하는가? 왜 그렇게 생각하는가? 모둠원들과 이야기한 후 정리해보자.

Figure 1. Worksheet of the first modeling activity in the first lesson

Table 1. Framework for discourse move

Discourse move	Description
Claim	An assertion that answer the scientific question
Counterclaim	An assertion that is different from the prior claim
Reasoning	A comment that justify his/her own claim or rebut others' claim/reasoning
Query	A comment that asks for clarification of an earlier comment
Clarification of meaning	A comment that clarify the meaning of a statement in response to a query
Change of claim	A comment that change his/her previous claim

Table 2. Framework for argumentation scheme (Adopted from Walton(1996), & Kim, Anthony, & Blades(2014))

Argumentation scheme	Description
Data-based	Sign A claim or reference by a student implies another or previous claim.
	Position to know Information that arises from personal experience is contributed as true and relevant.
	Popular opinion Members of the discussion group overtly or implicitly accept a notion as a socially and culturally embedded norm and practice.
Reasoning-based	Bias Students brought statements with skepticism and doubt on credibility of other's information or standpoints.
	Commitment Repeating or rephrasing the same position to maintain a commitment to a particular idea or action.
	Correlation A causal connection between two events or positions is explicitly made.

구조 특성을 강조하는 것에 반해(Erduran, Simon, & Osborne, 2004) 담화 이동 분석은 논변활동의 설득적인 본성뿐만 아니라 대화적인 속성을 반영한 방법이다. 특정 주장에 대한 정당화와 반론뿐만 아니라 반론이 나오게 되는 질문하기(Query), 의미 명확히 하기 (clarification of meaning), 주장 변경하기(change of claim)와 같이 연속적인 담화 과정 흐름을 반영하였기 때문이다.

2차 분석 과정에서는 추론 과정에 대한 분석을 위하여 논변의 정당화 분석틀을 이용하였다(Table 2). 논변의 정당화 분석틀은 Walton (1996)의 연구에서 처음 사용한 것으로 논변활동에서 학생들이 본인 주장에 대해 정당화하기 위해서 무엇을 이용하고 어떻게 사용했는지에 대해 설명해주는 분석틀이다. 논변의 정당화 분석틀은 추론을 반박(rebuttal), 보장(warrant), 지지(backing)의 구조적인 측면으로 분석하기보다 어떠한 논리 구조로 정당화를 했는지에 대한 패턴이다(Kim, Anthony, & Blades, 2014). 대화적 논변활동은 다양한 의견과 이러한 의견들이 합의에 이르지 못할 때 여러 사람이 비판적으로 논변에 참여함으로써 협력적으로 주어진 문제를 해결하거나 지식을 구성하는 변증법적인 과정이다(Nielson, 2013; Nussbaum & Edwards, 2011). 따라서 Toulmin의 분석틀은 단일한 논변구조를 분석하는 것에 반해 논변의 정당화 분석틀은 학생들이 서로의 주장과 증거를 평가하고 문제에 대한 해결책에 협력적으로 도달하는 방식을 살펴볼 수 있기 때문에(Duschl, 2007) 대화적 논변활동 과정을 살펴보려는 본 연구 목적에 적합한 분석 도구라고 할 수 있다. Kim, Anthony, & Blades(2014)의 연구에서 Walton(1996)의 추정적 논변활동 정당화 분석틀(presumptive argumentation scheme)을 재조직하여 9가지의

정당화 분석틀을 사용하였고, 본 연구에서는 참여자들에게 관찰된 6개의 정당화 분석틀을 이용하였다. 논변의 정당화 분석틀은 신호 (sign), 알고 있는 것(position to know), 대중 의견(popular opinion)의 증거 기반(data-based) 정당화와 편견(bias), 전념(commitment), 상관 관계(correlation)의 추론 기반(reasoning-based) 정당화가 있다.

마지막으로 추론을 위한 자료 출처 분석을 통해 추론 과정에 이용하는 자원을 파악하려고 하였다. 논변에서 근거를 제시했는지의 여부도 중요하지만 논변에 이용한 근거의 출처도 논변활동의 질을 결정할 수 있다(Clark & Sampson, 2008; Lee et al., 2014; Sandoval & Cam, 2011). 논변의 정당화 분석틀은 정당화를 자료를 중심으로 했는지 추론을 중심으로 했는지의 여부를 중점적으로 보는 분석틀이라면, 추론을 위한 자료 출처 분석틀은 정당화에 어떠한 자료를 이용하였는지 구체적으로 알아보기에 용이한 분석틀이다. 모든 자료 분석은 1저자에 의해 먼저 이루어진 후 공동 연구자들 간의 논의를 거쳐 분석 결과를 확정지었다.

Table 4는 앞에서 제시한 3가지 분석틀로 분석한 예이다. 다음 담화는 3조에서 나타난 초반의 논변활동 일부이다. 3B가 ‘오줌’이라고 주장하기(claim)를 하고 다른 소집단 구성원들에게 어떻게 생각하는지 동의를 구하였다(2행). 하지만 반응이 없자 활동지에서 아미노산이 분해되어 암모니아가 되는 반응식을 가리키며 이를 아는지 여부를 물어보았다(3행). 이에 3C는 암모니아를 안다고 답했지만 더 이상의 3B의 주장을 지지하거나 반박하는 말을 하지 않았다(4행). 3B는 자신의 주장에 대한 정당화 추론(reasoning)을 하였다(5행). 3B는 활동지를 통해 알게 된, 콩팥에서 노폐물이 여과된다는 주어진 정보를 이용

Table 3. Framework for reasoning source

Reasoning source	Description
Given information	Referred to information given by teacher or worksheet
Personal experience	Justified the claim based on his/her personal experience
Scientific-within task	Elaborated a particular piece of scientific knowledge directly related to the claim
Scientific-beyond task	Reasoned with scientific knowledge addressing the phenomenon related to the claim

Table 4. Analysis of group argumentation with framework for discourse move, argumentation scheme, and reasoning source

Line	Speaker	Transcript	Discourse move (Argumentation scheme- Reasoning source)
1	교사	이 세 사람의 의견 중 누구의 의견이 옳다고 생각하는지 조별로 토의를 하세요.	
2	3B	오줌이지. 말 좀 해봐.	Claim
3	3B	(활동지에서 아미노산이 분해되어 암모니아가 되는 분해되는 반응식을 가리키며) 마지막에 저것은 알아?	
4	3C	어. 암모니아 말하는 거야?	
5	3B	암모니아가 노폐물이고, 어떻게 될까? 야 너는 어떻게 생각해?	Reasoning (Position to know-with given information)
6	3D	노폐물이니까.	
7	3B	콩팥이 아까 노폐물 거른다 했잖아. 그러면 콩팥에서 걸러진 노폐물이 물이랑 합쳐져서 오줌으로 나오는 것이겠지. 너도 말 좀 해봐.	Reasoning (Position to know-with given information) (Correlation-with scientific within task)
8	3A	그런 것 같아.	

하여 추론을 했기 때문에, ‘주어진 정보(given information)’ 추론을 위한 자료 출처를 이용한 ‘알고 있는 것(position to know)’ 논변의 정당화 분석틀로 동정하였다. 뒤이어 B는 바로 전에 언급한 정보를 동일하게 제시하였기 때문에 ‘주어진 정보(given information)’ 추론을 위한 자료 출처를 이용한 ‘알고 있는 것(position to know)’ 논변의 정당화 분석틀로 동정하였고, 여과된 노폐물이 물과 함께 오줌으로 나올 것이라는 과제와 관련된 과학적 정보를 이용하여 인과관계를 이용한 추론을 통해 본인의 주장을 정당화하였기 때문에 ‘과제와 관련된 과학적 사실(scientific within task)’ 추론을 위한 자료 출처를 이용한 ‘상관관계(correlation)’ 논변의 정당화 분석틀로 분석하였다 (7행).

소집단 모델에서는 목표 모델에서 요구되는 체내에서 일어나는 세포 호흡을 포함시켰고, 1, 3, 5조는 간에서 암모니아가 요소의 형태로 변환되는 것까지 포함되었지만, 3조 모델에서는 세포 호흡을 포함시키지 못하였다. 소집단 주장의 합의 여부를 살펴보면, 1, 2, 5조 학생들은 합의를 거쳐 소집단 구성원들이 모두 동의한 소집단 모델을 제시하였으나, 3조 학생들은 특정 개인의 의견이 제시되었을 뿐 명시적인 합의를 거친 소집단 주장으로 제시하지 못한 채 잠정적인 합의를 이루었다. 합의를 이룬 소집단과 명시적 합의를 이루지 못한 소집단의 소집단 모델 사이에는 약간의 질적인 차이가 있었지만, 모든 소집단에서 최초의 주장이 나타나는 잠정적 합의하기와 질문과 답변이 오가는 불확실성 해결하기 단계와 같은 일련의 논변활동 과정이 나타났다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 소집단 모델링 과정에서 나타난 대화적 논변활동 과정

소집단 논의 과정에서 나타난 담화를 분석하여 소집단 주장, 소집단 설명 모델, 소집단 합의 여부를 Table 5에 제시하였다. 1조에서는 세포 호흡 이후 대변과 오줌의 형태로 질소 노폐물이 몸 밖으로 빠져 나갈 것이라고 주장하였으나, 나머지 소집단에서는 노폐물이 오줌의 형태로 몸 밖으로 나갈 것이라고 주장하였다. 각 소집단별로 소집단 설명 모델을 살펴보면, 모든 소집단에서 노폐물이 체외로 오줌의 형태로 나갈 것이라는 나름의 과학적 설명으로 소집단 모델을 제시하였지만 설명 모델의 질에서는 약간의 차이가 존재하였다. 1, 2, 5조의

가. 잠정적 합의의 논변활동 과정

명시적인 합의를 이루지 못한 3조의 논변활동 과정에서 나타나는 담화 이동과 최종 소집단 모델을 Figure 2에 제시하였다. 3조에서는 잠정적 합의하기, 불확실성 해결하기 단계가 나타났고, 소집단 구성원 간의 명시적인 합의 없이 처음에 의견을 제시한 3B의 주장대로 소집단 모델을 구성하였다.

잠정적 합의하기 단계에서 3B는 혼자 ‘오줌’ 주장과 추론을 제시하였다. 3A가 그런 것 같다는 애매한 동의를 할 뿐 나머지 학생들은 명확하게 3B의 주장에 동의하지 않은 채 소집단 주장과 설명 모델을 정하지 않았다. 학생들은 3B의 주장을 소집단 모델로 잠정적으로 정하였으나 맹목적으로 따르지는 않았다. 3조 학생들은 3B의 최초의 주장과 추론에서 궁금한 점을 질문하고 답변을 들으면서 노폐물의

Table 5. Description of Group answer, Group model, and Group agreement

Group	Group 1	Group 2	Group 5	Group 3
Group Answer	Feces/urine		Urine	
Group model	In the body, waste products are generated from the chicken ingested through cell respiration. The solids come out as feces, and the liquid comes out as urine through the kidneys.	In the body, waste products are generated from the chicken ingested through cell respiration and come out as urine through the kidneys.	In the body, waste products are generated from the chicken ingested through cell respiration and come out as urine.	In the body, waste products come out combining with water to make urine in the kidneys.
Agreement	Consensus			Tentative consensus

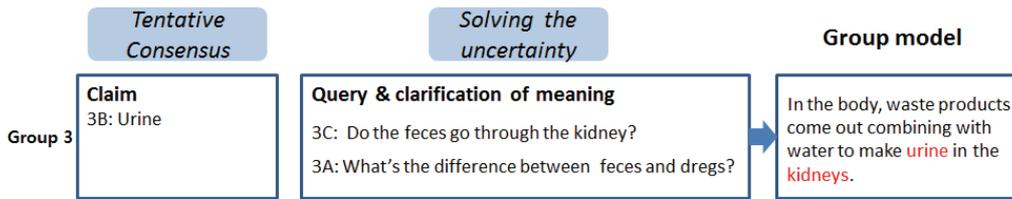


Figure 2. Group 3's argumentative process

의미를 정의하고 공유하였다. 이렇게 다른 사람의 주장에 대해서 질문을 하고 답하는 불확실성 해결하기 단계가 나타났다. 3조 학생들은 소집단 모델을 구성하는 마지막 단계에서 명시적으로 3B의 주장에 동의하거나 본인의 주장을 별도로 제시하지는 않았다. 하지만 최초의 의견을 제시한 3B의 주장과 추론에 대해 질문을 하고 그에 대한 답변을 하면서 암묵적으로 3B의 의견을 소집단 모델로 수용하였다. 대화적 논변활동은 다른 사람의 논변에 비판적으로 참여하는 변증법적 속성을 가진다(Nielson, 2013; Nussbaum & Edwards, 2011). 따라서 3조에서 다양한 주장 중 하나의 주장으로 합의하는 단계가 나타나지는 않았으나, 불확실성 해결하기 단계에서 다른 사람의 논변에 대해 질문하고 답을 함으로써 다른 사람의 논변에 비판적으로 접근하여 주장에 대한 근거를 마련해주었다는 측면에서 대화적 논변활동이 나타났다고 볼 수 있다.

나. 명시적 합의의 논변활동 과정

명시적인 합의 과정이 없었던 3조와 달리, 1, 2, 5조에서는 논변활동 초반에 2개 이상의 다양한 주장이 나타났다. 3조의 논변활동 과정에서 나타났던 잠정적 합의하기, 불확실성 해결하기 단계 외에 서로 다른 주장을 가지고 있었던 학생들이 자신의 주장을 바꾸어 소집단 구성원 간 의견이 일치하게 되는 합의하기 단계도 보여주었다. 이와 같은 일련의 논변활동 단계에서 나타나는 답화 이동과 최종 소집단

모델을 Figure 3에 제시하였다.

잠정적 합의하기 단계에서는 주장하기(Claim)와 반대주장하기(Counterclaim)가 나타났다. 1조에서는 ‘대변’ 주장과 ‘오줌’ 주장이, 2조에서는 ‘대변은 아닐 것’과 ‘오줌’이라는 2가지 주장이 나타났고, 5조에서는 ‘대변’ 주장과 ‘대변과 오줌’ 주장의 2가지 주장이 나타났다. 잠정적 합의하기 단계에서 학생들은 다양한 주장과 추론을 확인한 이후, 상대방의 논변이나 본인의 주장에서 불확실한 점을 명확하게 드러내기 위해서 질문하고 답하는 불확실성 해결하기 단계가 나타났다. 불확실성 해결하기 단계에서는 불확실한 내용에 대해 질문하기(Query)와 의미 명확히 하기(Clarification of meaning)의 답화 이동이 나타났다. 이 단계에서는 다른 주장을 하는 상대방에게 질문을 하여 다른 주장을 하게 된 원인을 탐색하거나 본인의 추론에서 궁금한 점을 해결하려고 하였다. 합의하기 단계에서는 반대주장하기(Counterclaim)과 주장변경하기(Change of claim)의 답화 이동을 보여주면서 학생들 자신이 가졌던 의문을 명료화하고 답변 내용을 공유하면서 자신의 주장을 변경하거나 처음의 주장과 다른 의견을 제시하기도 하였다.

논변활동 과정에는 주장하기, 서로의 주장과 그에 대한 방어에 대해 의문 제기하기, 서로의 주장과 그에 대한 방어에 대해 평가하기, 주장을 수정하기의 핵심적인 4가지의 발화가 존재한다(Berland & McNeill, 2010). 자신의 주장을 단순히 주장하는 것뿐만 아니라 다른 사람들에게 자신의 주장이 왜 타당한지 설명하고 자신의 주장이나

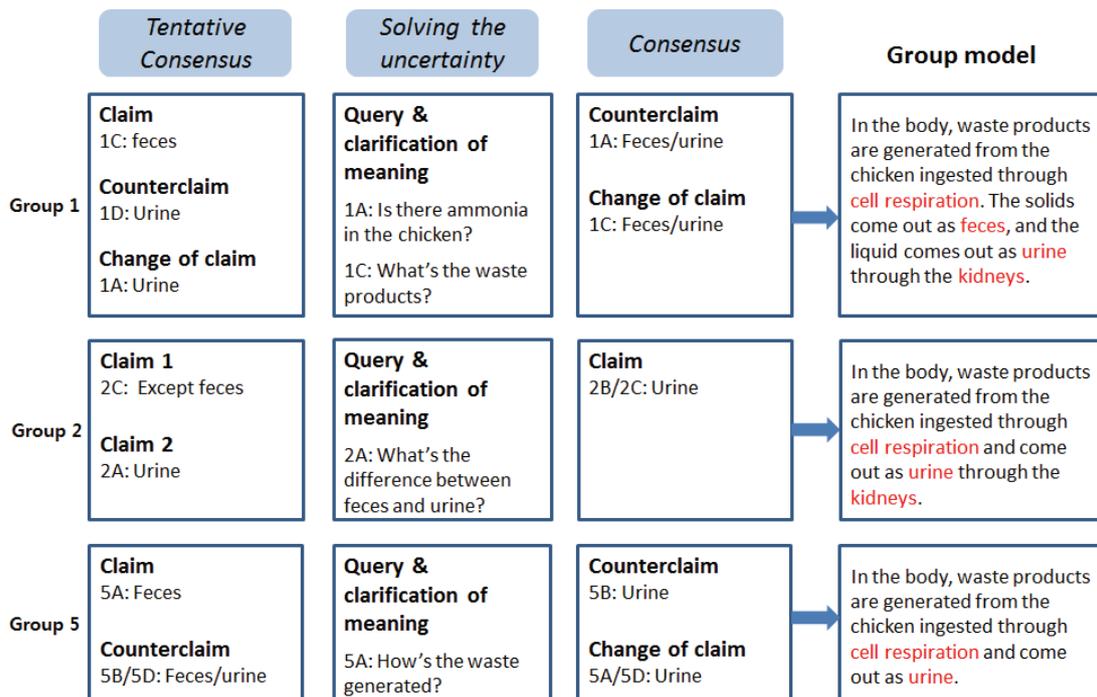


Figure 3. Consensus Groups' argumentative process

정당화한 내용에 대한 의문이 제기 되면 그에 대한 방어를 해야 한다. 이 과정에서 주장과 정당화한 내용이 타당한지 평가하거나 평가받으며 합의에 이르면서 구성원들이 인정한 주장이 남게 된다. 1, 2, 5조의 논변활동 과정에서는 논변활동의 핵심 발화가 나타났으며, 사회적 상호작용을 전제하는 과학적 논변의 특성을 잘 드러내었다. 노폐물이 어떠한 형태로 몸 밖으로 나갈 것인지에 대한 문제에 대해 아이디어를 제안하고 서로 다른 의견을 가진 구성원들이 의문을 제기하고 해결해가면서 명시적으로 합의된 소집단 모델이 형성되었다. 대화적 논변활동은 다양한 논변들 사이에서 다른 점을 찾고 합리적인 합의를 이루기 위해 이루어지므로(Nielson, 2013; Walton, 1996) 1, 2, 5조의 논변활동은 대화적 논변활동의 목적을 실현했다고 볼 수 있다. 다음 섹션에서 대화적 논변활동 과정에서 합의에 이르도록 하는 대화적 논변활동 과정을 자세히 살펴보고자 할 것이다.

2. 합의에 이르도록 하는 대화적 논변활동 과정

본 연구에서는 학생들의 소집단 모델링 중 논변활동에서 합의가 나타난 과정을 설명하고자 소집단 담화를 담화 이동, 논변의 정당화 분석틀, 추론을 위한 자료 출처의 분석틀로 분석하였다. 분석 결과, 불확실성 해결하기 단계에서 비판적인 질문을 하는 과정과 합의하기 단계에서 주장을 정당화하는 과정에서 소집단 합의로 이끄는 대화적 논변활동 과정을 확인하였다.

가. 비판적 질문하기

학생들의 논변활동에서 질문하고 답하는 과정은 소집단 합의의 전초를 마련해주었다. 논변의 강점을 평가하거나 생산적인 논변활동이 가능하게 하는 질문을 비판적 질문(critical question)이라고 한다(Nussbaum & Edwards, 2011; Walton, 1996). 비판적 질문은 과학적 설명을 구성하는 모델링의 이해하기(sense-making)와 명료화하기(identifying) 목적을 위해 나타났다. 학생들은 다양한 주장과 추론을 확인한 이후에 이에 대해 궁금한 점이나 의심되는 점을 해결하기 위

해 질문을 하면서 이해하기(sense-making) 목적을 달성하였다. 이해하기는 주장과 증거 사이에 연결이 잘 되어 있는지 확인하는 과정으로(Driver, Newton, & Osborne, 2000) 설명 모델을 구성할 때에 현상을 깊이 있게 이해하도록 하는 중요한 요소이다. 또한, 학생들은 질문을 통해 본인이 가지고 있었던 개념을 가시화되고 공유하면서 명료화하기(identifying) 목적을 이루었다. 명료화하기를 통해 학생들은 여러 사람들과 현상에 대해 이해한 정도를 고유함으로써 기존의 논변을 수정할 수 있는 여지를 주기 때문에 설명 모델을 수정 및 보완하여 정교화 할 수 있도록 한다(Berland & Reiser, 2011).

본 연구에서 참여자들의 비판적 질문은 주로 불확실성 해결하기 단계에서 나타났으며, 대표적인 질문이 ‘치킨에 암모니아 성분이 있는가?’, ‘노폐물은 무엇인가?’, ‘대변과 오줌의 차이점은 무엇인가?’, ‘노폐물은 어떻게 생성되는가?’ 등이다. 이러한 질문들의 공통점은 오줌과 대변의 생성 과정을 밝히거나 찌꺼기와 노폐물을 구분함으로써, 문제에서 주어진 ‘노폐물’을 일상적으로 사용하는 용어가 아닌 과학적 용어로 접근하려고 한 것이다. 학생들은 이전에 배설에 대한 학습을 한 경험이 없으므로 ‘노폐물’을 포함한 상황이 제시되었을 때, 노폐물을 일상적으로 사용하는 용어로 ‘버려진 것’ 혹은 ‘쓸모없는 것’ 등으로 해석하여 논의 과정에서 혼란이 생긴 것으로 보인다. 치킨을 소화시키는 과정에서 치킨을 구성하는 단백질이 세포 호흡을 통해 분해될 때 생성되는 암모니아 성분의 노폐물과 학생들이 일상용어로 사용하는 노폐물은 다르다. 일상적으로 사용하는 용어와 과학적 용어의 차이로 인해 오개념이 생성될 수 있으며, 일상용어와 구분하여 과학 언어를 이해하는 것은 과학 학습에서 전제되어야 하는 일이다(Wellington & Osborne, 2001).

학생들은 소집단 내에서 공동으로 노폐물의 정의에 대한 답을 찾아가는 과정에서 본인뿐만 아니라 다른 소집단 구성원의 이해 정도를 공유함으로써 초반의 빈약한 근거를 가지고 나타난 주장들의 불확실성을 해결하려고 하였다. 노폐물의 정의에 대한 비판적 질문을 하고 답변을 하는 과정을 통해 노폐물을 과학적 개념으로 소집단 내에서 공동으로 학습하고 치킨이 어떤 형태로 배설될 지에 대한 기존 주장을 강화하거나 반박하게 되었다. 논변활동에서 나타나는 질문은 논변

Table 6. Group 2's argumentative process - Solving the uncertainty

Line	Speaker	Transcript	Discourse move
1	2C	여기서 말하는 것(호흡)이 들숨을 할 때 나오는 게 아니라 세포에서 에너지를 만든 다음에 만든 것이니까. 똥은 아닐 것 같은데... 내가 신장에 대해 아는 것이 없어서..	Claim & Reasoning
2	2A	신장을 배우고 있으니까 아마 신장이랑 관련이 있겠지? 근데 신장이 하는 일은 오줌이랑 관련됐잖아. 아마 오줌으로 나오지 않나?	Claim & Reasoning
3	2C	소화를 시킬 때 나오는 노폐물은 똥으로 가잖아.	Reasoning
4	2A	그러니까 똥이랑 오줌이 어떻게 차이점이 있는데?	Query
5	2C	똥은 소화를 시킬 때 나오는 거고, 오줌은...	Clarification of meaning
6	2A	치킨도 소화를 시키면 되잖아.	
7	2C	근데 오줌은 세포에서 에너지를 만들어 낼 때 노폐물을 말하는 거잖아. 소화시킬 때 그것이 아니라.	Clarification of meaning
8	2A	왜? 소화 아니야?	
9	2C	소화 아닌 것 같아.	
10	2A	아.. 우리가 소화, 배설을 배웠으니까 어쨌든 근데 지금 신장을 하고 있으니까 아마 오줌이 아닐까.	Claim & Reasoning
11	2B	그러니까 오줌. 오줌이야	Claim
12	2C	신장에서 노폐물을 걸러내서 오줌으로 나온다.	Claim

을 평가하고 그것을 정당화할 수 있는 근거를 마련해주는 메타인지적인 사고를 반영해주기 때문에(Chin & Osborne, 2008) 비판적 질문은 소집단 논의 과정에서 제시된 주장을 지지할 수 있는 증거를 제시하는 역할을 하였다.

Table 6은 2조의 논변활동 과정을 나타낸 것이다. 제시된 논변을 모니터링하며 나타난 비판적 질문을 통해, 다양한 주장 중 하나의 주장이 지지되어 소집단 주장으로 수렴하게 되었다. 2C는 ‘대변이 아닌 것’으로 2A는 ‘오줌’으로 주장을 제시하였다(1, 2행). 두 학생 모두 주장에 대한 정당화를 동시에 제시하였지만 확신이 없었다. 2C는 과제에서 제시한 호흡은 외호흡이 아닌 세포 호흡이라고 근거를 제시하였으나 “신장에 대해 아는 것이 없어서”라고 말하며 주장하기를 하였다(1행). 2A도 오줌이란 주장에 대한 근거로 현재 학습하고 있는 단원이 신장이기 때문이라고 확신이 없는 주장을 하였다(2행). 2C는 소화시킬 때의 노폐물은 대변이라고 2A의 주장을 지지하는 발언을 하였다(3행). 여기에서 노폐물의 정의에 대해 명확히 하려는 시도가 나타났다. 2A는 대변과 오줌의 차이점에 대해 묻는 질문을 통해, 주장에 대한 근거를 명확히 하려고 하였다(4행). 2A의 이러한 질문을 통해 대변은 음식을 소화시킬 때 생성되는 것이고, 오줌은 세포에서 에너지를 만들어내는 세포 호흡 시 생성되는 것이며, 논의하고 있는 ‘노폐물’은 소화될 때 생성되는 것과 구별되는 것이라고 의미가 명확히 공유되었다(5, 7행). 학생들은 비판적 질문을 통해 노폐물의 개념에 대해 이해하고 소집단 구성원 간에 노폐물의 개념을 공유하게 되었다. 이를 통해 대변은 소화의 결과로 생성되기 때문에 노폐물을 다루고 있는 현재의 과제에서 치킨은 오줌의 형태로 나올 것이라는 소집단 주장을 정하게 되었다(10행).

소집단 논변활동 과정에서 하나의 논변이 존재하더라도 비판적 질문은 나타났으며 이를 통해 주장이 지지되어 강화되었다. Table 7은 불확실성 단계에서 나타난 3조 학생들의 담화로 이러한 예를 보여준다. 3C는 3B의 추론에서 콩팥이 노폐물을 거른다는 말에 대해 “애(대변)는 왜 안 들어와?”라고 궁금한 점을 질문하였다(1행). 이 질문의 의미는 대변도 노폐물인데 콩팥으로 갈 것 같은데 왜 안가나는 것이며, 3C는 자신이 갖고 있는 노폐물에 대한 이해를 다른 소집단 구성원들에게 밝힌 것이다. 3B는 소장에서 영양소를 흡수하고 대장을 거쳐서 나온 찌꺼기가 대변이고, 소장의 모세혈관에서 흡수된 영양소는 신장으로 이동한다고 답하였다(2행). 이러한 3B와 3C의 질문

과 답변은 다른 학생들로 하여금 자신이 갖고 있는 노폐물에 대한 이해가 옳은 것인지에 대한 점검을 하게 되는 계기를 마련해주었다. 3A는 직접적으로 노폐물과 찌꺼기가 어떻게 다른지 질문함으로써 노폐물의 의미에 대해 공유할 것을 촉구하였다(3행). 3C와 3D는 노폐물은 에너지를 만들 때 생성되는 것이고, 찌꺼기는 에너지가 빠져나와서 생성된 음식물의 잔해라고 답변하였다(6, 7행). 3조에서는 B가 유일하게 논변을 제시하였으나 그에 대한 모니터링이 연이어 나타나면서 B의 주장이 암묵적으로 소집단 주장으로 받아들여지게 되었다. 비판적 질문을 통해 기존 논변에 대한 모니터링을 하게 하면서 논변의 논리 기반이 강화되었다.

비판적 질문은 소집단 논의 과정에서 나타난 다양한 기존 주장들을 모두 반박하게 하여 새로운 주장이 나타나는 계기를 마련하기도 하였다. Table 8은 이러한 5조의 논변활동 과정 예시이다. 5A와 5D는 각각 ‘대변’ 주장과 ‘대변과 오줌’ 주장을 하였다(1, 2행). 5B는 5D의 주장을 지지하였는데, 수분은 오줌으로 나오고 수분이 제거된 찌꺼기는 대변으로 나온다고 주장을 정교화하였다(3행). 5A는 활동지에서 노폐물이 우리 몸 안에서 어떻게 될지에 대해 생각하기 이전에 ‘노폐물’이 어떻게 생성될 지에 대한 비판적 질문을 하게 되었다(4행). 앞의 2개 예시와 같이 기존 논변에 대한 모니터링으로 비판적 질문이 나타나지 않고 다양한 논변이 존재하는 상황에서 ‘노폐물’의 과학적 의미에 대해 자발적 의문을 갖게 되면서 나타났다. 5B의 이러한 질문에 대해 학생들은 자신이 알고 있는 지식을 이용하여 연속적인 질문과 답변을 통해 답을 찾아나가게 되었다(5~13행). 노폐물은 소화 과정에서 음식물에서 흡수된 영양소가 에너지를 만들 때 생성되고, 대변이 되는 부분은 영양소가 빠져나간 물질이라는 결론을 내리게 된다. 노폐물이 어떻게 생성되는 것인지 의미를 명확히 하면서 기존의 ‘대변’ 주장과 ‘대변과 오줌’의 두 개 주장이 탈락되고, ‘오줌’이라는 새로운 주장이 나타나게 되었다(14행).

학생들은 과제에 대한 답을 찾기 위해 전제되어야 하는 오줌과 대변의 생성 과정에 대해 명확히 할 것을 소집단 논의 과정에서 자발적으로 제안함으로써 비판적 질문은 학생들이 가지고 있었던 개념을 가시화해주는 역할을 하였다. 질문을 통해 학생들은 논의 과정에 대한 이해 정도를 확인하고 서로의 생각을 연결시켜, 논의되고 있는 내용에 대해 알고 있는 것과 알지 못하는 것을 명확하게 한 것이다 (Chin & Osborne, 2008). 비판적 질문은 여러 학생들이 연속적인 질

Table 7. Group 3’s argumentative process - Solving the uncertainty

Line	Speaker	Transcript	Discourse move
1	3B	콩팥이 아까 노폐물 거른다고 했잖아. 그러면 콩팥에서 걸러진 노폐물이 물이랑 합쳐져서 오줌으로 나오는 것이겠지.	Claim & Reasoning
2	3A	그런 것 같아.	
3	3C	애(대변)는 왜 안 들어와?	Query
4	3B	대변으로 나오는 것? 대변으로 나오는 것은 소장과 대장을 거쳐서 나와야 되잖아. 소장에서 영양소를 다 흡수하고 대장으로 오는 것이 혈관이 다 있을 거 아냐 온몸에 그러니까 모세혈관으로 노폐물이 흡수되어 나와서 그것이 콩팥으로 가겠지. 그리고 그 대장에서 찌꺼기는 대장으로 나오고 그렇지?	Clarification of meaning
5	3A	근데 노폐물이랑 찌꺼기랑 뭐가 달라?	Query
6	3D	아, 노폐물은 에너지를 만들 때 생산되는 것이고 찌꺼기는 그 에너지가 다 빠져나와서 그냥..	Clarification of meaning
7	3C	애는 에너지를 만들어 낼 때 같이 생기는 것이야. 어쩔 수 없이 생기는.	Clarification of meaning
8	3D	잔해. 음식물의 잔해.	Clarification of meaning

Table 8. Group 5's argumentative process - Solving the uncertainty

Line	Speaker	Transcript	Discourse move
1	5A	똥으로 나오지 않을까?	Claim
2	5D	근데 2개로 나누어져서 나오는 것 아니야?	Counterclaim
3	5B	그런 것 같아. 그러면 수분은 오줌으로 나오고 나머지...똥이라고 하지? 나머지 수분이 제거된 찌꺼기는 똥으로 나온다.	Reasoning
4	5A	근데 이 노폐물이 에너지를 만들면서 생기는 것이야?	Query
5	5B	에너지를 만들고 나머지 찌꺼기들. 소화되고 막.	Clarification of meaning
6	5A	그냥 우리가 먹는 음식에서 수분이 빠져서. 맞아?	Query
7	5B	음. 그것도 하나의 노폐물이야. 우리 몸에서 필요 없는 것이잖아.	Clarification of meaning
8	5B	아. 영양소 중에서 노폐물이 발생한다는 거잖아?	Query
9	5A	소화 과정 통해 우리 몸에 흡수된 영양소는 세포에서.	Clarification of meaning
10	5B	소화 과정 중에 똥은 걸러지는 거잖아. 그 중에서 흡수된 영양소 중에서 말하는 것 아니야? 그럼. 똥은 아니지 않아.	Clarification of meaning & Claim
11	5D	이렇게 소장에서 대장에서 이렇게 이렇게 가면서. 뭐 흡수도 되고.	Clarification of meaning
12	5A	대장이 뭐 하더라?	Query
13	5D	대장이. 수분 섭취.	Clarification of meaning
14	5B	나는 그냥 오줌인 것 같아.	Counterclaim

문과 답변을 하는 과정에 협력적으로 참여하도록 하였으며, 새로운 주장의 근거를 마련해주었다.

나. 과학적 사실에 근거한 논리 기반 정당화하기

비판적 질문을 통해 노폐물에 대한 과학적 정의를 소집단 내에서 공유하게 되면서 최종적인 소집단 주장을 선택하는 합의하기 단계가 나타났다. 학생들이 정당화하는 과정에서 사용한 논변의 정당화 분석틀을 분석해보면, 합의하기 단계에서 나타난 논변의 정당화 분석틀과 추론을 위한 자료 출처가 논변활동 초반의 잠정적 합의하기 단계에서 나타난 것과 다름을 확인할 수 있었다. 합의하기 단계에서는 여러 학생들이 자신이 선택한 주장을 지지하기 위해 다양한 논변의 정당화 분석틀을 사용하였다. 다른 사람의 정당화가 그럴 듯해보이면 설득되어 다른 의견을 가졌던 학생들은 본래의 자신의 주장을 변경하기도 하였다. 소집단 합의가 이루어질 때에 학생들은 증거 기반 정당화와 추론 기반 정당화를 다양하게 하였으며, 개인 경험에 근거한 추론을 위한 자료 출처보다 과학적 사실에 근거한 추론을 위한 자료 출처를

선호하였다. 합의를 이룬 3개 조는 비슷한 패턴의 논변활동 과정을 보여주어 이들 소집단 중 1조의 예를 들어 잠정적 합의하기 단계와 합의하기 단계를 비교하여 논변활동 과정을 자세히 살펴보았다.

Figure 4는 1조의 잠정적 합의하기 단계에서 나타난 담화 이동, 논변의 정당화 분석틀, 추론을 위한 자료 출처를 상반되는 두 가지 주장을 중심으로 나타난 것이다. 1조 학생들은 정답에 확신을 할 수 없는 불확실한 상황에서 본인 나름의 근거를 가지고 다양한 주장을 제시하였다. 1A와 1C는 '대변' 주장을, 1B와 1D는 '오줌' 주장을 본인들의 추론과 함께 제시하였고, 1A가 처음의 본인 주장을 변경하는 것으로 잠정적 합의 과정이 나타났다.

처음에 1C가 대변이라고 주장하였고 이에 1A와 1C가 주장을 지지하는 추론을 하였는데 1A는 '마시는 것은 오줌으로 나오는데, 치킨은 마시는 것이 아니다.'라고 하고, 1C는 '마시는 것은 오줌으로 나오고, 먹는 것은 대변으로 나온다.'라고 제시하였다. 이 두 학생의 추론은 모두 '알고 있는 것(position to know)' 정당화를 하였으며, 추론을 위한 자료 출처는 개인의 경험(personal experience)에서 나온 것이다. 1A와 1C의 논변은 나머지 학생들을 설득하지 못하였다. 학생들은

<p>Claim 1C: Feces</p> <p>Reasoning 1A: The things we drink come out of the body as urine, but the chicken is not something to drink. (position to know – with personal experience) 1C: The things we drink come out of the body as urine, and the things we chew come out of the body as feces. (position to know – with personal experience)</p>	<p>Counterclaim 1D: As there is water in chicken, the waste products come out of the body as urine.(correlation-with scientific within task)</p> <p>Reasoning 1B: The things we chew can have some water. (position to know-with personal experience) 1D: As the things we chew can have some water, they can melt in the body. (correlation-with scientific within task)</p> <p>Change of claim 1A: Feces is the correct answer based on common sense, but 'urine' is correct because of what we learned about this subject. (bias-with information)</p>
---	--

Figure 4. Group 1's argumentative process - Tentative consensus

주장에 대한 추론 과정이 주장을 뒷받침하는 데에 충분하지 못하다고 생각이 되면서 반대논변과 반박을 하게 된다(Erduran, Simon, & Osborne, 2004). 1D는 바로 이어서 반대주장을 제시하였다. “치킨은 수분을 갖고 있으니까 노폐물도 오줌으로 나올 것 같아.”라고 하며, 대변이 아닌 ‘오줌’으로 노폐물이 나올 것이라는 새로운 주장을 하였다. 1B는 바로 반응하여 새로운 주장을 지지하는 추론을 제시하였다. 개인 경험(personal experience)에 근거하여 “우리가 먹는 것들도 물이 약간은 있어.”라고 하였다. 여기에 1D는 “우리가 씹는 것들은 약간의 물이 있어서 몸 속에서 녹을 수 있어.”라고 본인 주장을 더욱 강화하였다. 1D는 과제와 관련된 과학적 사실(scientific-within task)을 추론을 위한 자료 출처로 ‘상관관계(correlation)’ 정당화로 추론을 제시하였다.

이러한 다양한 추론들이 나오자 1A는 본인의 원래 주장을 변경하여 1D의 ‘소변’ 주장을 지지하는 추론을 제시하여 ‘오줌’ 주장으로 합의된 것으로 보인다. 하지만 1A의 추론을 분석해보면, 지금 배우고 있는 활동지의 내용이 ‘소변’과 관련되어 있기 때문에 소변이 정답이라고 제시하여 활동지 정보(information)에 근거한 ‘편견(bias)’ 정당화를 하였다. 1A는 1B와 1D의 논변에 설득된 것이 아니라 본인의 주장에 의심을 품고 권위를 갖는 ‘활동지 정보’ 추론을 위한 자료 출처로 인해 본인의 주장을 변경하였다. 1조 학생들은 서로의 주장을 전면적으로 반박하는 것이 아니라 본인의 생각을 본인 나름의 근거를 제시하여 다양한 의견이 공존하는 잠정적 합의 단계에 머물게 되었다. 이 단계에서 1D를 제외한 다른 학생들은 과학적 사실에 근거하여 논리적으로 본인의 논변을 정당화하기보다 개인 경험에 근거한 증거 기반 정당화를 보여주었다.

합의하기 단계에서 추론은 잠정적 합의하기 단계와 다른 양상을 보여주었다. Figure 5는 1조의 합의하기 단계의 논변 담화를 담화 이동, 논변의 정당화 분석틀, 추론을 위한 자료 출처로 분석하여 나타낸 것이다. 불확실성 해결하기 단계에서 노폐물의 개념을 확실히 하게 된 1조는 기존의 ‘대변’ 주장과 ‘오줌’ 주장이 아닌 새로운 ‘대변과 오줌’이라는 주장이 나타났다. 새롭게 나타난 주장은 특정한 개인의 아이디어가 반영된 것이 아니라 소집단 구성원 모두가 주장에 대한 근거를 제시하는 소집단 합의를 거쳐서 최종적인 소집단 모델을 결정

하게 되었다.

1A가 ‘대변과 오줌’ 주장을 하자, 1B는 바로 “상식 수준에서 세포 안에서 없어진다는 건 말이 안 돼.”라고 ‘대중 의견(popular opinion)’에 근거한 ‘알고 있는 것(position to know)’ 정당화로 1A의 주장을 정당화하였다. 일반 상식에 근거한 1B의 추론은 1조 학생들의 논의 과정을 끝나게 하지 못하였다. ‘대변’ 주장을 했던 1C는 자신의 생각을 바꾸어 ‘대변과 오줌’ 주장을 하게 되었으며, 뒤이어 1B, 1C, 1D는 이를 지지하는 추론 담화를 하였다. 잠정적 합의하기 단계에서와 달리 학생들은 다양한 논변의 정당화 분석틀을 나타내며 정당화를 하였다. 1C는 “치킨은 단백질이니까 (소화를 통해) 단백질을 흡수하고 나면 나머지가 수분일 수밖에 없잖아.”라고 과학적 사실에 근거한 ‘상관관계(correlation)’로 정당화를 하였고, “소장에서 수분이랑 영양소 둘 다 흡수하고 대장에서 수분을 흡수하잖아. 이 수분은 신장으로 갈 거 아니야?”라며 자신이 했던 말을 다시 정당화의 근거로 제시하는 ‘신호(sign)’ 정당화를 하였다. 1D는 “오줌은 거의 매일 싸고, 똥은 가끔 싸잖아. 근데 우리 물도 잘 안 먹잖아.”라고 제시하며 개인의 경험에 근거한 ‘알고 있는 것(position to know)’ 정당화를 하였으며, 뒤이어 과학적 사실과 개인의 경험에 근거하는 ‘신호(sign)’ 정당화를 하였다. 마지막에는 1B, 1C, 1D가 동시에 과학적 사실에 근거하여 수분이 제거된 노폐물은 대변이라고 추론을 제시하여 ‘대변과 오줌’ 주장으로 소집단 합의가 되었음을 보여주었다.

학생들이 주장을 뒷받침하는 근거가 충분하다고 여길 때 소집단 합의가 이루어졌다. 1조에서는 개인의 경험이나 일반 상식 수준에 근거하는 증거 기반 정당화가 이루어졌지만 학생들은 논의를 멈추지 않았다. 학생들은 논변활동에서 제시된 증거와 추론이 주장을 지지하기에 과학적으로 정확한 지와 한 가지가 아닌 다양한 증거와 추론이 주장을 뒷받침하는지를 암묵적으로 판단하고 다양한 추론을 제시한 것이다. 이와 같이 주장, 증거, 추론과 같은 논변활동 산물이 적절한지와 충분한지에 대해 판단하는 것은 대화적 논변활동에서 높은 수준에 해당한다(Berland & McNeil, 2010). 학생들은 개인 경험이나 일반 상식 등에 근거한 정당화보다 과학 개념에 근거하는 정당화를 선호하였고, 이 때 소집단의 의견이 수렴되는 소집단 합의가 일어난 것을 관찰할 수 있었다. 학생들은 개인 경험보다 인과적인 메커니즘이나

<p>Counterclaim 1A: Feces/urine</p> <p>Reasoning 1B: It is contrary to common sense that the chicken ingested disappear in our cells. (position to know-with popular opinion)</p> <p>Change of claim 1C: Feces/urine</p> <p>Reasoning 1C: As chicken has protein, the water will be left over after the protein is absorbed. (correlation - with scientific beyond task) 1D: People urinate frequently, but they may not evacuate their bowels every day. (position to know-with personal experience) 1D: As it is harmful for waste products to accumulate in the body, people urinate frequently. (Sign - with scientific beyond task) 1D: If we evacuate our bowels, all of the chicken does not appear in the feces. (Sign - with personal experience) 1C: Water and nutrients are absorbed in the small intestine and water in the large intestine. This water goes out of the body through the kidney. (Sign - with scientific beyond task) 1B/1C/1D: The waste without water leaves the body in the form of feces. (Sign - with scientific beyond task)</p>
--

Figure 5. Group 1's argumentative process-Consensus

객관적 데이터의 인식론적 지위를 높게 평가하여 이들에 근거한 정당화 소스가 주장을 보다 잘 뒷받침한다고 생각한다는 Sandoval & Cam(2011)의 연구 결과와 일치하는 결과이다.

IV. 결론 및 제언

일상적인 논변활동은 한쪽은 이기고 한쪽은 지게 되는 경쟁적인 상호작용을 의미하지만, 논변활동 본연의 목적은 협력적으로 주어진 문제를 잘 해결하기 위해 언어적 상호작용을 통해 다양한 주장 중 가장 나은 주장을 선택하기 위함이다(Berland & Reiser, 2011). 이러한 논변활동의 사회적이고 협력적인 속성을 가리켜 대화적 논변활동이라고 한다. 본 연구에서는 소집단 모델링 과정에서 나타난 대화적 논변활동 과정에서 담화 이동 흐름과 합의에 이르는 추론 과정을 심층적으로 살펴보았다. 학생들은 소집단 모델링 활동에서는 배설물이 무엇인지 밝히고 세포 호흡 결과 생성된 노폐물이 어떻게 몸 밖으로 나갈지 설명하는 모델을 구성하였다. 소집단 내 논변적 상호작용을 통해 학생들은 다양한 주장 중 하나의 주장을 선택하여 최종 설명 모델을 형성하였다.

분석한 소집단 중 3개조-1, 2, 5조-에서는 주어진 과학적 질문에 대해 다양한 주장이 나타나 명시적으로 합의된 소집단 모델을 구성하였고, 3조에서는 특정 개인의 의견이 그대로 소집단 모델을 구성하였다. 소집단별 모델에서 약간의 질적인 차이가 있었으나 최초의 주장이 나타나는 잠정적 합의하기, '질문하기'와 '의미 명확히 하기'가 나타나는 불확실성 해결하기와 같은 공통적인 논변활동 단계가 나타났다. 다양한 주장이 존재한 소집단에서는 합의하기 단계가 추가적으로 나타나 '주장변경하기'의 담화 이동이 나타났다. 다양한 논변이 존재하였고 이를 비판적으로 접근하여 문제를 해결해갔다는 측면에서 대화적 논변활동이 일어났다고 볼 수 있다. 3조에서는 명시적인 합의하기의 논변활동 단계가 나타나지 않았지만 학생들이 맹목적으로 특정 개인의 논변에 동의하지는 않고 주장과 추론에서 궁극한 점을 질문을 하면서 다른 사람의 논변에 비판적 접근을 하려고 하였다. 논변에 대한 근거를 마련함으로써 협력적으로 다른 사람의 논변에 참여했다는 측면에서 대화적 논변활동이 나타난 것이다.

학생들의 논변활동 중 불확실성 해결하기 단계에서 비판적 질문을 하는 과정과 합의하기 단계에서 주장을 정당화하는 추론 과정에서 소집단 합의가 일어나도록 하는 대화적 논변활동 과정을 확인할 수 있었다. 배설 개념을 학습하지 않은 참여자들은 '노폐물'을 일상적 용어로 접근하면서 '노폐물'의 정의에 대한 비판적 질문이 나타났다. '노폐물'과 관련된 비판적 질문으로 인해 소집단 구성원들의 개념 이해 정도를 공유하고 서로가 알고 있는 지식을 조합하여 '노폐물'을 공동으로 학습하게 되었다. 이러한 기반 아래 치킨이 어떤 형태로 배설될 지에 대한 기존 주장을 지지하거나 반박할 수 있는 근거를 마련해주어 기존의 주장이 강화되거나 탈락되어 학생들은 자신의 주장을 변경하거나 새로운 주장을 제시하기도 하였다. 소집단 합의가 나타나는 순간의 추론을 분석해보면, 학생들은 개인 경험에 근거한 추론을 위한 자료 출처보다 과학적 사실에 근거한 추론을 위한 자료 출처를 선호하였으며 다양한 논변의 정당화 분석들로 정당화를 하여 소집단 주장을 공고히 하였다.

본 연구를 통해서 소집단 모델링 기반 탐구 활동 맥락에서 학생들

이 대화적 논변활동에 참여했다는 것을 확인하였다. 모델링은 자연 현상에 대한 과학적 설명을 생성하는 과정으로 사회적인 합의를 통해서 인정될 때에 이론이나 법칙으로 인정된다. 본 연구에 참여한 학생들은 먹은 치킨이 어떠한 형태로 체외로 나오는지에 대한 설명 모델을 생성하는 과정에서 현상을 잘 설명하는 설명 모델을 구성하기 위해 다양한 증거 기반 정당화로 뒷받침되는 주장을 하였다. 학생들은 제시된 주장 중에서 현상을 더 잘 설명할 수 있는 답변을 선택하여 결정하는 소집단 합의를 하는 모습을 보여주었다. 자신의 주장을 방어하기만 하는 것이 아니라 다른 사람의 논변에 비판적으로 참여하여 협력적으로 설명 모델을 구성하였기 때문에 대화적 논변활동에 참여한 것이다.

참여 학생들이 설명 모델을 구성하는 과정에서 설명 모델은 특정인의 주장에 의해 바로 결정되지 않았다. 배설에 대해 학습하지 않은 상태에서 치킨이라는 음식물이 몸 속에 들어가서 어떠한 형태로 몸 밖으로 빠져나오는지 판단하는 것은 학생들에게 있어서 불확실한 일이다. 과학의 불확실성은 주요한 과학의 본성 중 하나이다(Lederman, 2007). 과학자들은 지식 형성 과정에서 과학 공동체 집단 내에서 상호작용을 통한 정당화 과정을 포함하는 사회적인 합의를 거치면서 불확실성을 해소한다. 과학적 불확실성을 해소하는 과정은 인식적 실행을 경험할 수 있기 때문에 학생들이 과학적 불확실성을 경험하게 하는 것은 과학적 논변을 구성하는 데에 있어서 필요한 일이다.

학생들이 협력적으로 지식을 생성하고 평가하고 수정하는 인식적 실행인 대화적 논변활동을 경험할 수 있도록 교실 환경을 조성해야 한다. 논변은 언어적이고 상황적인 맥락에 영향을 받아 생산적으로 구성될 수 있기 때문이다(Drive, Newton, & Osborne, 2000). 이를 위해 소집단 논의가 산만하지 않도록 학생들이 일상적으로 경험할 수 있는 소재를 활용하고 과학적 이해 범위 내에서 한정된 답변을 할 수 있도록 과제를 제시해야 한다. 참여 학생들은 본 수업 이전에 다른 곳에서 논변활동을 경험하지 못했지만, 비판적 참여가 가능한 모델링 과제를 제공받음으로써 자연스럽게 논변활동을 하였다. 치킨을 먹었을 때 생성되는 노폐물이 몸 속에서 어떻게 처리가 되는지에 대한 과학적 질문은 학생들의 일상 경험을 과학적 상황에 적용하여 일상적 경험에 기반을 둔 추론을 하도록 하여 적극적으로 참여할 수 있도록 하는 데에 기여하였다. 그리고 과제에서 치킨이 몸 안에서 소화되어 세포 호흡의 재료로 사용된 이후 생성된 노폐물이 대변으로 배출될지, 오줌으로 배설될지, 사라질 지의 3가지 주장 중 하나를 선택하는 것으로 제한하였기 때문에 하나의 합의된 공동 아이디어로 학생들이 토의 내용을 수렴하는 데에 도움을 주었다.

또한, 학교에서 소집단 논변활동 수업을 활성화하기 위해서 비판적 질문을 할 수 있도록 안내하고 장려해야 한다. 참여 학생들은 제시된 주장과 정당화에 대해서 질문하고 설명하였으며 자연스럽게 기존의 주장이 강화되거나 반박되어 소집단 합의가 나타났다. 비판적 질문을 통해서 학생들은 다른 소집단 구성원들과 나의 주장에 대한 강점과 약점을 비교·분석하여 더 적절한 주장을 선택하였으며 다양한 근거에 의해 지지되는 소집단의 설명 모델을 구성할 수 있었다. 일반 학교에서 논변활동 수업을 진행할 때에 교사는 비판적 질문의 중요성을 강조하고, 서로의 논변에 비판적 질문을 할 수 있는 가이드라인을 제시하는 것이 필요하겠다.

본 연구에서 합의를 이룬 소집단 학생들은 소집단 내 토론에 적극

적으로 참여하였으며, 본인의 생각을 무조건적으로 지지하거나 다른 사람들의 주장을 무비판적으로 동의하지 않았다. 이것은 영재원이라는 특수한 상황에서 학생들 사이의 권력(power) 순위가 쉽게 형성되기 어렵기 때문에 파악된다. 참여 학생들은 학업 성취 욕구가 강하고 다른 사람들에게 지는 것을 싫어하는 영재의 특성을 가지고 있었다. 학생들은 지식의 수준이나 흥미의 정도는 유사하였고 관찰한 수업은 영재원 전체 수업 초반에 해당하기 때문에 학생들은 서로를 파악하지 못했을 것이다. 이러한 이유로 참여 학생들은 대등한 참여가 가능하였다. 하지만 여러 연구들에서 학생들은 논변활동을 하면서 학업 성취 수준이 높거나 교사나 다른 동료들에게 인정받는 학생들의 주장을 무비판적으로 따르거나 반대로 자신의 생각을 지지하거나 확인해줄 수 있는 증거에 확증편향(confirmation bias)을 드러낸다고 주장하였다(Lee & Kim, 2014; Berland & Lee, 2012). 일반 학교 학생들의 경우, 학업 성취수준이 높은 학생들에게 발화의 권력(power)과 권위(authority)가 있기 때문이다(Cornelius & Herrenkohl, 2004). 따라서 후속 연구에서는 일반 학교 학생들을 대상으로 권력(power)과 같은 논변활동 환경과 관련된 발화의 편향된 현상을 연구하여 일반 학교에서 바로 적용할 수 있는 대화적 논변활동에 대한 연구를 할 필요가 있다.

국문요약

본 연구의 목적은 배설에 대한 소집단 모델링 기반 탐구 활동에서 나타나는 중학생들의 대화적 논변활동 과정에서 담화 이동 흐름과 함의에 이르는 추론 과정을 심층적으로 탐색하는 것이다. 참여 학생들은 영재원 중학교 학생들 17명이며, 3~4명이 한 소집단을 이루었다. 배설에 대한 소집단 모델링 활동 중에서 치킨을 먹은 후 체내에서 생성되는 노페롤(암모니아)은 우리 몸에서 어떻게 될지 설명하는 초기 모델을 형성하는 활동을 대상으로 분석이 이루어졌다. 학생들의 모델링 활동 중 논변적 상호작용을 분석한 결과 다음과 같은 결과를 확인할 수 있었다. 우선, 최초의 주장이 나타나는 잠정적 합의하기, '질문하기'와 '의미 명확히 하기'가 나타나는 불확실성 해결하기와 같은 공통적인 논변활동 단계가 나타났고, 다양한 주장이 존재한 소집단에서는 합의하기 단계가 추가적으로 나타나 '주장변경하기'의 담화 이동이 나타났다. 함의에 도달하기 위해 협력적으로 다른 사람의 논변에 참여했다는 측면에서 대화적 논변활동이 나타난 것을 확인할 수 있었다. 또한, 학생들의 논변활동에서 불확실성 해결하기 단계에서 비판적 질문을 하는 과정과 합의하기 단계에서 주장을 정당화하는 추론 과정에서 소집단 합의가 일어나도록 하는 대화적 논변활동 과정을 확인할 수 있었다. 비판적 질문을 통해 기존의 주장이 강화되거나 탈락되어 학생들은 자신의 주장을 변경하거나 새로운 주장을 제시하기도 하였다. 소집단 합의가 나타나는 순간의 추론을 분석해보면, 학생들은 개인 경험에 근거한 추론을 위한 자료 출처보다 과학적 사실에 근거한 추론을 위한 자료 출처를 선호하였으며 다양한 논변의 정당화 분석들로 정당화를 하여 소집단 주장을 공고히 하였다. 본 연구 결과를 통해 과학 수업에서 대화적 논변활동 맥락을 이해하고 반영할 수 있는 교육적 함의를 제공해줄 수 있을 것이다.

주제어 : 대화적 논변활동, 배설, 소집단 논변활동, 협력적 모델링

References

- Berland, L. K., & Lee, V. R. (2012). In pursuit of consensus: Disagreement and legitimization during small-group argumentation. *International Journal of Science Education*, 34(12), 1857-1882.
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765-793.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2011). Classroom communities' adaptations of the practice of scientific argumentation. *Science Education*, 95(2), 191-216.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 883-908.
- Clark, D., & Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 293-321.
- Clement, J. J. (2008). Student/teacher co-construction of visualizable models in large group discussion. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model Based Learning and Instruction in Science* (pp. 11-22). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Cornelius, L. L., & Herrenkohl, L. R. (2004). Power in the classroom: How the classroom environment shapes students' relationships with each other and with concepts. *Cognition and Instruction*, 22(4), 467-498.
- Din-Yan, Y. (1998). Alternative conceptions on excretion and implications for teaching. *Chinese University Education Journal*, 26(1), 101-116.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Duschl, R. A. (2007). Quality argumentation and epistemic criteria. In S. Erduran & M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education* (pp. 159-175). The Netherlands: Springer.
- Duschl, R. A. (2008). Science education in 3 part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social goals. *Review of Research in Education*, 32, 268-291.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Ebenezer, J., Chacko, S., Nafiz, O., Kiran, S., & Ebenezer, L. (2009). The effects of common knowledge construction model sequence of lessons on science achievement and relational conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(1), 25-46.
- 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.
- Giere, R. N. (1999). Using models to represent reality. In L. Magnani, N. J. Nersessian, P. Thagard (Eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (pp. 41-57). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert, C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2014). Determinism and Underdetermination in Genetics: Implication for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic Practice. *Science & Education*, 23(2), 465-484.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). Doing the lesson or doing science: argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practice. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation* (pp. 99-117). Rotterdam: Sense Publishers.
- Kim, M., Anthony, R., & Blades, D. (2014). Decision making through dialogue: a case study of analyzing preservice teachers' argumentation on socioscientific issues. *Research in Science Education*, 44(6), 903-926.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831 - 879). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Lee, H. S., Liu, O. L., Pallant, A., Roohr, K. C., Prpyutniwicz, S., & Buck, Z. E. (2014). Assessment of uncertainty-infused science argumentation.

- Journal of Research in Science Teaching*, 51(5), 581-605.
- Lee, S. & Kim, H. B. (2014). Exploring secondary students' epistemological features depending on the evaluation levels of the group model on blood circulation. *Science & Education*, 23(5), 1075-1099.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013). The relationships between modelling and argumentation from the perspective of the model of modelling diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2407-2434.
- Morrison, M., & Morgan, M. S. (1999). Models as mediating instruments. In M. S. Morgan, M. Morrison (Eds.), *Models as mediators: perspectives on natural and social science* (pp 10-37). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ministry of Education (2011). Science curriculum. Ministry of Education 2011-361 [issue 9].
- National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.
- Nersessian, N. J. (1999). Model-based reasoning in conceptual change. In L. Magnani, N. J. Nersessian, P. Thagard (Eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (pp 5-22). Dordrecht: Kluwer Academic.
- NGSS Lead States(2013). Next Generation Science Standards; National Academy Press: Washington, DC.
- Nielsen, J. A. (2013). Dialectical features of students' argumentation: a critical review of argumentation studies in science education. *Research in Science Education*, 43, 371-393.
- Núñez-Oveido, M. C., Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). Developing complex mental models in biology through model evolution. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and instruction in science* (pp. 173-193). Dordrecht: Springer.
- Nussbaum, E. M., & Edwards, O. (2011). Critical questions and argument stratagems: A framework for enhancing and analyzing students' reasoning practices. *Journal of the Learning Sciences*, 20(3), 443-488.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Passmore, C., & Svoboda, J. (2012). Exploring opportunities for argumentation in modelling classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1535-1554.
- Prokop, P., Fancovicová, J., & Tunnicliffe, S. D. (2009). The effect of type of instruction on expression of children's knowledge: How do children see the endocrine and urinary system? *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(1), 75-93.
- Ryu, S., & Sandoval, W. A. (2012). Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education*, 96(3), 488-526.
- Sandoval, W. A., & Çam, A.(2011). Elementary children's judgments of the epistemic status of sources of justification. *Science & Education*, 38(3), 383-408.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Soyibo, K. (1995). A review of some sources of students' misconceptions in biology. *Singapore Journal of Education*, 15(2), 1-11.
- Toulmin, S. E. (1958). *The Use of Argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Tunnicliffe, S. D. (2004). Where does the drink go? *Primary Science Review*, 85, 8-10.
- Walton, D. (1996). *Argumentation schemes for presumptive reasoning*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham, Philadelphia: Open University.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.