

실험을 포함한 소집단 논증활동에서 나타나는 초등학교 3학년 학생들의 추론 특징

나지연[†] · 윤혜경
(춘천교육대학교)

The Characteristics of 3rd Grade Elementary School Students' Reasoning in Small Group Argumentation including Experiments

Na, Jiyeon[†] · Yoon, Hye-Gyoung
(Chuncheon National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the characteristics of reasoning in which 3rd grade elementary school students form ideas, design experiments, and interpret the results to solve problems in small group argumentation. For this purpose, 12 3rd-grade students' small group argumentations including experiments were observed. The researchers analyzed students' pre- and post-open questionnaires, field notes, and video recordings of small group argumentation. The results of the research are as follows. First, in the initial opinion formation process, a hasty unification of opinions and a transformation of inquiry problem occurred. In the design and execution of experiments, verification experiments and unplanned and arbitrary experiments were performed. They also selectively noticed or accepted claims, evidence, interpretation, and criticism. They could distinguish between the condition and the cause, but they were confused by using inaccurate terms and tended to keep the initial opinions when interpreting the results and drawing conclusions.

Key words: reasoning, small group argumentation, experiments

I. 서 론

과학교육자들은 학생들에게 단순히 과학 지식을 주입하는 것을 지양하고, 학생 스스로 다양한 정보와 증거를 통해 관찰된 현상을 해석하고, 설명을 구성하며, 그것을 정당화하는 능력을 키워주고자 노력해 왔다. 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하고 더 나은 과학적 설명을 구성하는 능력은 과학적 추론 능력, 과학적 사고력으로 통칭되며, 과학교육 과정의 주요 목표로 강조되고 있다(Ministry of Education, Korea, 2015). 즉, 과학적 추론 능력이나 과학적 사고력은 궁금한 현상, 해결해야 하는 문제 상

황과 관련하여 자신의 생각을 지지하는 증거 혹은 그에 반대되는 증거를 찾고, 문제 해결에 적합한 이론을 구성하며, 여러 가능한 설명 중 왜 특정 이론이 적절한지 정당화하는 과정을 통해 더 나은 설명을 구성해 가는 능력을 의미한다.

위와 같이 과학적 추론은 광의의 의미로 이론과 증거의 조정 과정을 뜻하기도 하지만 보다 협의의 의미로 특정 논리적 사고 유형을 지칭하기도 한다. 과학적 추론의 유형을 크게 귀납적, 연역적, 귀추적 추론으로 구분하는 경우가 그것이다. 이러한 관점은 주로 추론 과정의 논리 구조에 초점을 둔 것이다. 그리고 이러한 논리적 추론이 과학의 대표적인 사고

이 논문은 2015년도 춘천교육대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

2017.11.24(접수), 2017.12.03(1심통과), 2017.12.05(2심통과), 2017.12.15(최종통과)

E-mail: jyna@cnue.ac.kr(나지연)

양식이라는 생각이 바탕에 깔려 있다. 그래서 과학자의 탐구 과정에서 나타나는 귀추적 추론 과정을 조사하거나(Cho *et al.*, 2008a), 수업 중 교사와 학생의 과학 담화과정에서 나타나는 연역, 귀납, 귀추 추론 과정을 탐색하고(Lee *et al.*, 2013), 추론 중심의 과학 교수 학습 프로그램 혹은 수업 모형을 개발, 적용하는 연구(Lee & Kwon, 2010; Kim *et al.*, 2011) 등이 실시되어 왔다. 이보다 이전에는 형식적 사고 능력인 비례논리, 확률논리 등을 과학적 추론의 주요 요소로 포함하기도 하였다(e.g. Jeon *et al.*, 1999). 형식 논리의 관점에서 과학적 추론 능력은 과학 개념이나 지식에 의존하거나 이와 상호작용하는 능력이라기보다, 지식이나 개념에 어느 정도 독립적인 일반적 능력으로 여겨져 왔다. 또, 과학적 탐구 과정을 가설검증 과정으로 보는 관점에서도 논리적 사고가 중요시된다. 과학적 탐구 과정을 귀추적 방법으로 과학적 가설을 설정하고, 연역적인 방법으로 가설검증 방법을 고안하여 가설을 검증하는 과정이라고 보는 경우, 귀추적 사고와 연역 논리적 사고가 핵심적인 요소가 되기 때문이다(e.g. Kwon *et al.*, 2003).

그러나 최근에는 학습자의 선지식이 실험, 증거 평가, 신념의 변화에 영향을 주고, 과학적 추론은 선지식의 영향을 받는다는 보다 통합적인 관점이 우세하며(Zimmerman, 2000), 연구자들은 영역 특정한 지식과 과학적 추론의 상호작용에 관심을 두고 있다(Jang, 2012).

Tytler and Peterson(2003, 2004) 역시 이러한 관점에서 초등학생을 대상으로 다양한 과학 개념에 대해 과학 추론 능력을 조사하였는데, 탐구 방식(학생들이 설명과 증거를 조정하는 방식), 경쟁 지식 주장(다른 주장에 대한 반응), 변인 다루기(복잡한 변인을 다루고 인식하는 능력)의 세 차원에서 과학적 추론 수준을 탐색하였다. 연구자들은 이러한 세 차원을 종합하여 학생들의 추론 특성을 크게 현상 바탕 추론, 관계 바탕 추론, 개념 바탕 추론으로 구분하였으며, 과학적 추론과 탐구 과정에서 아이디어의 생성과 탐색이 중심이 되어야 함을 주장하였다.

한편, 과학적 추론 능력에 대한 연구는 개인적 사고 과정이나 개인적 능력에 중점을 두는 경우와 교실과 같은 집단적, 사회적 사고 과정에 중점을 두는 것으로 구분할 수 있다. 추론 과정은 개인적으로 일어날 수도 있고 집단적, 사회적으로 일어날 수도 있지만, 그간의 연구에서는 학습자의

추론 과정이나 추론 능력의 발달이 주로 개인적 차원에서 많이 연구되어 왔다(Kim & Yoon, 2016). 개인적 추론 능력에 대한 연구는 학습의 결과나 학생의 수준을 이해하는 데에는 도움이 되지만 수업 과정에서 어떻게 추론 능력을 향상시킬 수 있는지에 대해서는 직접적인 시사점을 주기 어렵다. 따라서 집단적 과정, 사회적 과정으로서 추론 과정에 대한 연구가 필요하다. 이미 과학교육 분야에서는 학습이 개인적인 과정이 아니라 공동체 참여를 통해 이루어지는 사회적 과정임에 주목하여(Brown & Duguid, 1991; Lave & Wenger, 1991), 사회적 구성주의에 기반을 둔 학습이론이 강조되어 왔고, 학생들 스스로 과학적 증거에 기반을 두어 현상을 설명하고, 이를 증명하는 과정(Duschl & Osborne, 2002; Lemke, 1990)으로서 소집단 논증활동이 강조되어 왔다. 논증활동은 ‘설득과 비판에서 중심적 역할을 하는 추론 행위이자 언어 행위’(Lee, 2006)라고 할 수 있다. 즉, ‘과학적 추론’이 새로운 과학 지식을 주장하는 사고 과정을 통칭하기 위한 용어라면 그 과정에서 근거나 이유의 필요성을 강조하는 용어가 ‘논증’, ‘논증 활동’이며, 논증 활동은 과학적 추론이 일어나는 언어적 상호작용 과정이라고 할 수 있다(Kim & Yoon, 2016). 논증 활동의 중요성이 부각되면서 과학교육 분야에서 학생들의 논증 활동 수준을 알아보기 위한 많은 연구들이 진행되었으나, 중등학생이나 대학생을 대상으로 한 연구들이 많았다(e.g. Han *et al.*, 2012; Lee, 2006; Park *et al.*, 2009; Wee *et al.*, 2009). 초등학생을 대상으로 한 경우의 연구도 개인의 논증 능력을 분석하거나(e.g. Lim & Yeo, 2012), 탐구 과정의 일부를 살펴본 것이 대부분이다(e.g. Cho *et al.*, 2008b; Lee *et al.*, 2007; Lim *et al.*, 2010; Lim & Shin, 2012). 학생들 스스로 실험을 계획하고 해석하는 탐구 활동의 전 과정에 대하여 논증 활동을 분석한 경우는 드물었다. Choi and Yoon(2015)의 경우 개념 만화를 이용해서 탐구의 전 과정을 예상 단계, 계획 단계, 해석 단계로 구분하고, 각 단계별로 논증 활동의 특징을 분석한 바 있다. 그러나 이와 같은 연구들은 대개 논증의 형식적 구조에 기초하여 발화 유형이나 발화의 근거 수준을 분석하는 담화 분석의 형태로 이루어져 왔다. 예를 들면 Lee (2006)나 Han *et al.*(2012)은 Toulmin (1958)의 논증 구조를 이용하여 학생들의 담화에서 반박

이나 이견이 어떠한 방식으로 개진되는지 연구하였으며, Choi and Yoon(2015)은 학생들의 담화 내용을 ‘주장’, ‘주장에 대한 반박’, ‘반박에 대한 해명’, ‘의미 명료화’, ‘진행 발화’ 등 여러 가지 발화 유형으로 구분하고, 어떠한 패턴의 담화가 일어나는지, 또 각각의 발화에서 근거가 제시되는 수준은 어떠한지 분석하였다. 이러한 언어적 관점의 담화 분석 및 논증 활동의 구조적 특징에 대한 분석은 과학 탐구 활동지도 및 논증 활동 지도에 많은 시사점을 주었다. 본 연구는 학생들의 논증 활동과 추론 과정을 담화 분석에 기초하기 보다는 과학적 아이디어의 조정 과정과 그 과정에서 실험적 증거의 역할 등에 초점을 두어 살펴보고자 하였다. 또, 학생 개인의 발화나 사고보다는 집단적 추론의 특징과 내용에 중점을 두어 분석하고자 하였으며, 학교 과학교육에서 빈번하게 시행되는 실험이 포함되도록 하였다. 요컨대, 본 연구는 초등학생의 과학적 추론 능력을 개인적 사고 과정이 아닌 집단적, 사회적 사고 과정 측면에서 살펴보고자 한 점, 소집단 논증 활동 과정에서 초등학생이 문제를 해결하기 위해 어떻게 아이디어를 형성하고, 실험을 설계하고, 결과를 해석하는지 추론 과정의 특징을 실험 활동을 포함한 탐구의 전 과정에서 살펴보고자 한 점 등에서 기존 연구와 다른 특징을 가진다고 할 수 있다. 이러한 연구는 기존에 개인적 추론 능력 중심, 발화 형태와 구조를 중심으로 한 언어적 분석 중심의 연구 결과를 보완하고, 학생의 탐구 활동과 논증 활동에 대해 또 다른 측면에서 시사점을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자 및 연구 맥락

본 연구는 1개 교육대학교 부설초등학교 3학년 학생 12명(남학생 6명, 여학생 6명)을 대상으로 이루어졌다. 담임교사 3명의 도움을 받아 총 3개 반에서 각 4명씩 연구 참여자를 모집하였으며, 학급별로 학업 성취도, 성별, 외향성 측면에서 이질적인 4명을 연구 대상으로 선정하였다(Table 1 참고). 특히, 본 연구는 초등학생의 소집단 논증 활동 과정에서 나타나는 추론의 특징을 탐색하는 데에 그 목적이 있기 때문에 12명의 학생이 각 반별로 4명씩 1개 모둠으로 구성되어 각각 소집단 논증 활동을 수행하였다. 각 반의 소집단 논증 활동은 12월 중순에 이루어졌으며, 3개 반의 모둠이 각각 하루씩 연속 3일간 연구 참여자의 재학 학교 과학실에서 수행하였다. 학생들이 평소 수업을 하는 공간에서 안정적으로 활동하고, 필요한 도구와 자료에 쉽게 접근 가능하며, 단독촬영이 가능하도록 장소를 선정하였다. 또한 동료로부터 주제에 대해 전례 듣고 사전 학습을 하거나 활동 중 타 모둠으로부터 얻게 되는 활동 내용, 의견 등에 영향을 받는 것을 차단하기 위하여 1개 반에서 연구 대상을 선정하지 않고, 3개 반에서 선정하였다. 각 반의 전체 활동시간은 ‘가’반이 57분, ‘나’반이 53분, ‘다’반이 1시간 11분이었다.

먼저 실험을 포함한 소집단 논증 활동에서 연구 참여자들의 추론 과정을 살펴보기 위하여 이미 학습하여 논증과 추론의 여지가 없는 개념이 아니라, 해당 과학 개념에 대한 학교 교육의 영향을 배제한 상태로 논증과 추론이 가능하면서 학생에게 친숙하고, 일상생활에서 경험해 보았을 개념을 문제 상황으로 선정하였다. 이렇게 선정된 문제 상황에 대한 학생들의 생각을 알아보기 위하여 사전·사후 개방형 질문지를 제작하였으며, 질문지가 학생의 인지 발달과 학습 수준에 적절한지 담임교사들로부터 검증을 받았다. 개방형 질문지의 예는 Table 2와 같다.

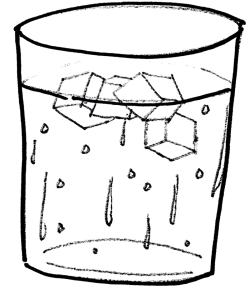
연구 참여자 개인별로 사전 개방형 질문지를 작

Table 1. Background information of the participants

배경	학생명											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
소속반	가	가	가	가	나	나	나	나	다	다	다	다
학업 성취도	상	상	중	중	중	상	상	중	상	상	중	중
성별	여	남	여	남	남	여	여	남	여	남	여	남
외향성	내	외	외	내	내	내	내	외	외	외	내	외

Table 2. Pre and post open-ended questionnaire

사전 · 사후 질문지 문항	
<p>아래의 그림과 같이 따뜻한 방 안에 얼음과 물이 담긴 컵이 있습니다. 잠시 후 컵을 관찰하 였다니 컵 표면에 작은 물방울이 생겼습니다.</p> <p>1-1) 이 작은 물방울은 어떻게 해서 생겼을까요? 자신의 생각을 적어봅시다.</p> <p>1-2) 왜 그렇게 생각했습니까?</p>	
사후 질문지 추가 내용	
<p>2-1) 처음에 했던 자신의 생각이 변했나요? 변하지 않았나요? ① 변했다. ② 변하지 않았다.</p> <p>2-2) 생각이 변했다면 왜 변했나요? 생각이 변하지 않았다면 왜 변하지 않았나요?</p>	



성한 후 1개 반 4명의 학생들은 하나의 소집단을 이루어 논증 활동에 참여하였으며, 이때 사전 개방형 질문지에 작성한 자신의 생각을 동료들과 함께 이야기하였다. 그 후 학생들은 문제 상황을 해결하기 위해 필요한 실험을 함께 설계하고 수행하였다. 실험 수행 후 연구 참여자에게는 자신의 생각을 정리하는 시간을 제공하고, 연구자는 연구 참여자의 생각 변화를 명확하게 조사하기 위하여 다시 사후 개방형 질문지를 개인별로 작성하게 하였다. 사전 개방형 질문지 작성 후부터 사후 개방형 질문지를 작성하기 전까지 소집단 논증 활동이 이루어졌으며, 연구자들은 소집단 논증 활동과 이 과정에서 드러나는 추론을 관찰하였다. 1명의 연구자는 요청하는 실험도구를 제공하거나, 개방형 질문지 작성 또는 논증 활동 중 진행이 필요한 경우에 소집단 활동에 개입하였다. 그러나 그 외에 논증의 결론을 이끌거나 실험에 영향을 미치는 교육적 개입을 하지 않았으며, 소집단 활동을 하는 동안 시간제한을 두지 않았다. 구체적인 연구자 개입을 살펴보면 소집단 논증 활동을 시작하기에 앞서 연구자는 Table 2에 제시된 문제 상황을 제시하고, 실험물 얼음이 담긴 물을 제공하였으며, 사전 질문지 작성에 대해 안내하였다. 연구 참여자들의 사전 질문지 작성이 완료된 후 연구자는 동료와 의견을 공유하고, 주장 및 설득의 시간을 갖는 소집단 논증 활동을 하도록 안내하였다. 소집단 논증 활동이 소강상태에 접어들거나 학생들이 실험의 필요성을 언급하였을 때 논증 활동 중에 실험이 가능하다는 것을 안내하고, 요청하는 준비물을 준비해 주었다. 그 외의 연구자 1인과 담임교사 1인은 소집단 논증 활동을 관찰하

며 각각 관찰일지를 작성하였다. 이러한 과정은 3개 반 각 4명의 학생들에게 동일하게 이루어졌으며, 모든 활동은 녹음, 녹화, 전사되었다.

2. 자료 분석 방법

소집단 논증 활동 과정에서 초등학생들이 문제를 해결하기 위해 어떻게 아이디어를 형성하고, 실험을 설계하고, 결과를 해석하는지 추론 과정의 특징을 탐색하기 위하여 먼저 연구자 1인이 소집단 논증 활동의 학생 발화를 에피소드 단위로 분할하고(Spord, 1997), 각 에피소드별로 드러나는 학생의 생각, 학생 생각의 변화와 그 이유, 실험과 실험을 설계한 이유, 결론 도출 등 추론이 나타나는 부분을 추출하였다. 추출한 부분을 관찰일지, 녹화된 실험 수행 부분, 학생들이 작성한 개방형 질문지와 비교한 후 두 명의 연구자가 분석방법과 에피소드 단위의 적절성에 대해 논의하였다. 이러한 1차 분석이 끝난 후 연구자 2인이 3개 반 중 2개 반의 학생 발화에서 나타나는 추론을 각각 추출하고, 그 특징을 독립적으로 분석하였고, 분석 결과에 대해 함께 논의하였다. 이러한 논의 내용을 바탕으로 나머지 1개 반의 분석 또한 연구자 2인이 각각 독립적으로 분석한 후 비교하였다. 최종적으로 학생들의 활동 단계와 같이 초기 의견 생성, 실험 설계 및 수행, 결과 해석 및 결론 도출로 분석된 자료를 구분하고, 추론의 특징을 도출하였다.

III. 연구 결과 및 논의

초등학생들의 소집단 논증 활동에서 나타난 추

론 및 실험 과정을 간략하게 나타내면 Table 3과 같다. 사전 질문지 응답과 초기 의견을 공유하는 담화를 살펴보면 1모둠 학생들 중 두 명(학생 a와 b)은 “따뜻한 방안에 찬물과 얼음이 있어서” 컵 표면에 물방울이 생긴다고 생각하였다. 이 두 학생이 온도차에 집중한 반면, 학생 c는 “따뜻한 방과 차가운 물이 만나면서 증발이 일어났기 때문에” 물방울이 생긴다고 생각하였고, 학생 d는 “따뜻한 방이기 때문에 물이 증발했고, 그 증발한 공기가 아래로 내려와 컵 표면에 붙었다.”고 생각하였다. 이 네 명의 학생들은 먼저 얼음물이 들어있는 비커를 가열해보는 실험을 하였고, 물이 증발하는 것이 맞는지 확인해 보기 위해 얼음물을 가열하면서 비커 위에 휴지를 대어보는 실험을 추가로 진행하였다. 실험이 포함된 소집단 논증 활동 후에 학생들은 증발과 대류가 물방울이 생기는 이유라고 설명했던 학생 d의 의견과 같은 의견을 사후 질문지에 기록하였다. 2모듬은 3명의 학생이 방과 얼음물의 온도차를 물방울이 생기는 이유로 생각했고, 학생 e만 “얼음이 녹아서 컵 표면에 물방울이 생긴다.”고 사전

질문지에 응답하였다. 2모듬의 학생들은 문제 상황과 반대인 조건(뜨거운 물, 주변은 차가운 얼음)에서도 물방울이 생기는지 알아보기 위해 페트리 접시 가운데에 뜨거운 물을 담은 비커를 놓고, 그 테두리에 얼음을 놓은 후 관찰하였다. 네 명 모두 사후 질문지에 온도차가 물방울이 생기는 이유라고 적었다. 3모듬은 사전 질문지에 4명의 학생이 각각 다른 의견을 제시하였다. 학생 i는 “차가운 얼음 때문에 습기가 생기고, 습기가 없어지면서 남아 있던 물이 물방울이 된다.”고 응답하였고, 학생 j는 “물이 차갑기 때문이거나 물방울 안에 공기가 있기 때문”이라고 응답하였다. 학생 k는 온도차라고 답하였고, 학생 l은 “얼음 안에 있던 기체들이 빠져나와서” 물방울이 생긴다고 응답하였다. 이 모듬은 세 가지 실험을 진행하였는데, 첫 번째로 얼음물과 얼음을 넣은 뜨거운 물을 비교하였고, 두 번째로 페트리접시 가운데에 얼음을 담은 비커를 놓고 그 주변에 뜨거운 물을 부어서 관찰하였다. 세 번째 실험으로는 얼음물, 뜨거운 물, 수돗물을 비교하였다. 이 세 실험에서 학생들은 주로 물속의 기포를 관찰

Table 3. The process of small-group argumentation

모듬 번호	소집단 논증 활동 과정
1	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>초기의견</p> <ul style="list-style-type: none"> [학생 a], [학생 b] 온도차 [학생 c] 온도차에 의한 증발 [학생 d] 증발과 대류 </div> <div style="width: 35%; text-align: center;"> </div> <div style="width: 30%;"> <p>최종의견</p> <ul style="list-style-type: none"> [학생 a], [학생 b], [학생 c], [학생 d] 증발과 대류 </div> </div>
2	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>초기의견</p> <ul style="list-style-type: none"> [학생 e] 얼음이 녹아서 [학생 f], [학생 g], [학생 h] 온도차 </div> <div style="width: 35%; text-align: center;"> </div> <div style="width: 30%;"> <p>최종의견</p> <ul style="list-style-type: none"> [학생 e], [학생 f], [학생 g], [학생 h] 온도차 </div> </div>
3	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>초기의견</p> <ul style="list-style-type: none"> [학생 i] 차가운 얼음-습기-물방울 [학생 j] 물의 온도 물방울 속 공기 [학생 k] 온도차 [학생 l] 얼음 안의 기포 </div> <div style="width: 35%; text-align: center;"> </div> <div style="width: 30%;"> <p>최종의견</p> <ul style="list-style-type: none"> [학생 i], [학생 j], [학생 l] 얼음 안의 기포 [학생 k] <결론을 내리지 못함> </div> </div>

Table 4. The features of reasoning

활동 단계	특징
초기 의견 형성 과정	- 성급한 의견 통일 - 탐구 문제의 변형
실험 설계 및 수행 과정	- 확인 실험 수행 - 비계획적·임의적 실험 수행 - 선택적 주목과 수용
결과 해석 및 결론 도출 과정	- 부정확한 용어 사용으로 인한 혼란 - 조건과 원인의 구분 - 초기 의견 유지

하였다. 실험 후 사후 질문지에 학생 i, j, l은 학생 l의 초기 의견이었던 얼음 안의 기체가 빠져나와서 컵 표면에 물방울이 생겼다고 답했으며, 학생 k는 의견을 정하지 못했다고 응답하였다. Table 3에 제시된 바와 같이 각 모둠의 초기 의견 중 하나가 모둠원 전체의 최종 의견이자 모둠원 개개인의 사후 질문지 응답내용이 되었으며, 소집단 논증 활동 과정에서 학생들이 설계한 실험은 가설이 명시적으로 드러나지 않았으나, 초기 의견 중 선택된 하나의 의견을 확인하는 확인실험이었다. 이를 통해 초등학교 3학년 학생들도 암묵적 가설에 기반을 둔 실험 설계 및 수행이 가능하다는 것을 알 수 있다.

초등학생의 소집단 논증 활동 과정에서 나타나는 추론의 특징을 구체적으로 살펴보면 Table 4와 같다. Table 4에 제시된 바와 같이 연구대상자들의 추론 특징을 살펴보면 초기 의견 형성 과정에서 성급한 의견 통일과 탐구 문제 변형이 일어났고, 실험 설계 및 수행 과정에서 확인 실험과 비계획적·임의적 실험을 수행하였으며 주장, 증거, 해석, 비판 등을 선택적으로 주목하거나 수용하였다. 결과 해석 및 결론 도출 과정에서 학생들은 문제의 조건과 원인을 구분할 수 있었지만, 부정확한 용어를 사용하여 혼란을 겪었으며, 초기 의견을 그대로 유지하려는 경향이 있었다. 각 특징별 세부 내용을 살펴보면 다음과 같다.

1. 초기 의견 형성 과정에서의 추론 특징

1) 성급한 의견 통일

초기 의견을 공유하고 타인을 설득하는 논증 과정에서 학생들은 성급하게 의견을 통일하는 모습을 보였다. 예를 들어 1모둠은 3개의 다른 의견이

있었으나 논증 활동이 시작되자마자 자신의 의견을 한사람씩 말한 후 즉시 아래에 제시된 담화처럼 자신의 의견을 버리고 다른 사람의 의견이 옳다고 말하였다. 어떠한 논쟁도 없이 학생 c, 학생 b, 학생 d는 의견을 통일하였다. 이러한 사례는 2모둠에서도 나타났는데, 1모둠처럼 논증 활동이 시작되자마자 자신의 의견을 한사람씩 말한 후 아래에 제시된 담화처럼 혼자 의견이 달랐던 학생 e가 이유나 근거 제시 혹은 논쟁 없이 다수의 의견에 동조하는 모습을 보였다(Table 3 참고). 이를 통해 초등학생들은 추론 과정에서 자신의 주장에 근거를 들어 논쟁을 벌이기보다 다수의 의견을 따르거나, 타인의 의견을 받아들임으로써 의견을 통일하려는 특징이 있음을 알 수 있다.

[모둠 1, 활동시각 10:25]

학생 c: 따뜻한 방과 차가운 물이 만났기 때문에 그런 것 같아. 왜냐하면 따뜻한 방과 차가운 물이 만나서 증발하였기 때문이야. 그런데 나는 네 것(학생 d)이 더 옳다고 생각해. 구체적으로 썼기 때문에.

학생 a: 나는 에 것(학생 b)이 더 옳다고 생각해. 애가 더 정확하고 더 자세하게 썼기 때문에.

학생 b: 난 학생 d 것이 옳다고 생각해. 왜냐하면 원래 공기가 위로 갔다가 아래로 가잖아. (학생 c: 차가운 건 아래로, 뜨거운 건) 차가운 건 아래로, 뜨거운 건 위로 가니까. 그래서 물방울이 생긴 것 같기 때문이야.

학생 c: 나는 학생 d 것이 옳은 것 같아. 왜냐하면 이게 녹아가지고 갑자기 녹아가지고 이게 생긴 것 같기 때문이야.

[모둠 2, 활동시각 12:34]

학생 f: 방 안과 이 물의 온도가 다르잖아. 이걸 차갑고 여기 방 안은 따뜻하고. 그러니까 당연히 여기 이게 생길 거 아니야. 왜냐하면 밖과 안의 온도가 다르니까.

학생 g: 학생 h 웃긴 표정 좀 하지 마.

학생 f: 그래서 나는 이 물방울이 왜 생겼냐면 이 밖의 온도와 안의 온도가 달라서 그렇다고 생각하는 데 그게 맞지 않을까?

학생 g: 학생 h 어떻게 생각해?

학생 h: 나도 그렇게 생각해.

학생 g: 아 빨리

학생 h: 나는 이 얼음이 차갑고 밖이 공기가 뜨겁잖아. 그러니까 그러니까 물이 생기지. 물이 생겼

지? 그렇겠지? 그랬을거야.

학생 g: 이 컵 안에 물은 차갑고 이 방 안에 온도는 따뜻하니까 물방울이 생기지 않을까.

학생 e: 어 얼음은 차갑고 밖은 따뜻하니까 그 물방울이

2) 탐구 문제의 변형

초기 의견을 형성하는 과정에서 학생들은 탐구 문제를 변형시키는 특징이 나타났다. 예를 들어 3모둠의 경우, 컵 표면에 물방울이 생기는 이유로 다양한 초기 의견이 제시되었으나, 한 학생이 얼음 안의 기포를 관찰하자 다른 학생들도 모두 얼음 안의 기포에 집중하였다. 학생 1은 사전 설문지와 초기 담화에서 “얼음 안에 있던 기체들이 빠져나와서” 물방울이 생긴다고 응답하였지만, 초기 담화에서 의견 변화가 일어나면서 학생 i, 학생 j, 학생 k는 온도차가 원인일 것으로 생각하는 상태였다. 학생 i가 얼음 안의 기포를 관찰하자 이것이 핵심 주제로 부상하였고, 추후 이루어지는 실험에서 학생들은 온도차에 대한 논의나 관련 실험을 하지 않았고, 세 가지 실험에서 주로 물속에 기포가 생기는지를 관찰하였다(Table 3 참고). 또한 물속 기포가 어떻게 컵 표면의 물방울로 나타나는지에 대한 논의는 이루어지지 않았다. 즉, 실험 계획이나 관찰 과정에서 실험의 조건을 바꾸기는 했지만, 비커 내부에 기포가 생기는 지를 주로 관찰하였다. 학생 k는 “근데 그 실험을 해서 이걸 알 수 있어?”(활동시각 30:51), “컵 표면의 물방울이 어떻게 생기는지 알아보는 거잖아.”(활동시각 32:30), “안에 공기방울이 생기는 건 상관없다고.”(활동시각 42:40)라고 말하며 탐구 문제 설정이 잘못되었음을 지적했으나, 학생 i, 학생 j, 학생 1은 명확하지 않는 문제 인식 하에서 자신들이 해야 하는 탐구 문제 자체를 변형시켜 다른 활동을 하였다. 즉, 초등학교 학생들은 추론 과정에서 명확하지 않은 문제 인식은 학생들의 탐구 문제 변형을 일으킬 수 있으며, 실험 계획이나 실시 과정에도 영향을 줄 수 있다.

[모둠 3, 활동시각 19:16]

학생 i: 잠깐만. 그런데 얼음 자체에 방울이 있는데?

학생 k: 그건 얼릴 때 공기가 들어간 거

학생 i: 어 그러게. (친구가 손으로 가림) 안 보여.

학생 k: 얼릴 때 기체가 들어간 거

(중략)

학생 i: 저기 안에도 방울이 있잖아. 그치?

학생 i: 저 안에 있는 것 같은데?

학생 j: 안에 있어.

학생 i: 얼음이 녹으면서 생기는 거 아니야? 그래서 안에 있던 기체들이

(중략)

학생 i: 모듬끼리 정하는 거예요? 우리 일단 얼음을 얼려 볼까?

학생 i: 얼릴 수 있을까, 그런데?

[모둠 3, 활동시각 24:13]

학생 k: 이게 얼음이 계속 물에 있으면 녹잖아.

학생 i: 응, 맞아 맞아. 탄산 같은 거.

학생 k: 그리고 여기 따뜻하니까 녹잖아. 그래서 그 안에 있는 기체가 나온 것 같기는 해.

학생 j: 사이드 방울이 이렇게 이렇게.

학생 k: 어렵다.

학생 j: 학생 i가 말한 건 틀렸어. 아니야, 지금 봤어. 지금 공기방울들이 다 위로 올라가서 터지고 있거든. 그런데 재는 내려간다고 했잖아.

학생 i: 탄산처럼.

학생 j: 응 여기서 계속 터지고 있잖아.

학생 k: 여기 올라가고 있어.

[모둠 3, 활동시각 27:13]

학생 i: 이렇게 해볼래? 그냥

학생 j: 그런데 얼음이 없어도 공기방울이 올라오나, 아니면 얼음이 있어야지만 공기방울이 올라오나

2. 실험 설계 및 수행 과정에서의 추론 특징

1) 확인 실험 수행

연구자들은 학생들에게 얼음물이 담긴 컵 표면에 물방울이 생긴 이유를 설명하기 위해 필요하다고 생각하는 실험을 설계하고 수행하도록 제안하였다. 학생들이 설계하고 수행한 실험은 사전 질문지에 작성한 의견 중 하나 혹은 하나의 의견에 포함된 아이디어 일부를 확인하는 확인 실험이었다. 예를 들어 3모둠의 학생들은 아래에 제시된 담화처럼 특정 학생의 의견을 “검사하는” 실험을 설계하고 수행하였다. 학생 1은 사전 설문지와 초기 담화에서 “얼음 안에 있던 기체들이 빠져나와서” 물방울이 생긴다고 응답하였고, 학생들은 학생 1의 의견에 포함된 아이디어의 일부를 확인해 보는 세 가지 실험을 설계하였다. 물속에 기포가 생기는지를 중점적으로 관찰하면서 세 가지 실험을 진행하였다.

즉, 초기 의견 중 하나였던 “얼음 안에 있던 기체들이 빠져나와서”라는 생각을 입증하는 데에 물속 기포 유무를 근거로 사용하여 추론하였다. 또, 다른 예로 1모듬은 초기 의견이었던 증발을 확인하기 위해 얼음물이 들어있는 비커를 가열해보는 실험을 수행하였다. 그러나 이 실험에서 증발이 일어나는지 입증할 증거가 부족하다고 생각하자 같은 실험을 하면서 비커 위에 휴지를 대어보고 축축해지는지 확인하는 실험을 추가로 진행하였다. 1모듬은 컵 표면에 물방울이 생기는 원인을 증발이라고 생각하고, 증발 현상이 일어나는 상황을 만들어서 증발이 일어나면 증발이 물방울이 생기는 원인이라고 결론을 내리고 있다. 두 모듬의 사례에서 나타난 바와 같이 초등학교 학생들은 문제에 대한 실험 설계가 아닌 특정 의견에서 주장하는 현상을 확인하는 현상 확인용 실험을 설계하고, 실험을 통해 관찰한 현상을 바탕으로 이미 결정된 의견을 입증하는 방식으로 추론함을 알 수 있다. 이러한 특징은 Tytler and Peterson(2004)이 제시한 인식론적 추론들의 관계 기반 추론에 해당하는데, 관계 기반 추론을 하는 경우 증거와 관련된 이론이 부족해서 반증이 잘 나타나지 않는다(Jang, 2012). 본 연구에서도 학생들은 확인 실험을 수행하면서 반증을 시도하는 경우는 나타나지 않았는데, 이러한 학생들을 지도할 때에는 증거와 관련된 이론 결핍에 관심을 기울일 필요가 있다.

[모듬 3, 활동시각 22:55]

학생 i: 그래. 야, 애겨 해보자, 애겨.

학생 l: 야, 물이 없이 그냥 얼음을 넣으면 방울이 안 생기잖아. 그런데

학생 i: 생길 수도 있지.

학생 j: 나 학생 l이 방법 검사하는 방법 알겠어. 여기 차가운 물에다가

학생 i: 야, 누구 의견으로 할건지

학생 j: 일단 애 먼저 해봐. 일단 여기에다가 차가운 물하고 그냥 차가운 물을 넣는 다음에

[모듬 1, 활동시각 30:59]

학생 c: 증발한 게 맞는지 확인하려면 위에 손을 대봤어 야 되지 않을까? 그래서 차가우면 이렇게 올라 갔다가 내려오는 게 맞는 거고.

학생 b: 진짜 말하지.

학생 c: 나도 지금 생각났어.

학생 d: 이렇게 했으면 되지 않나? 여기 물방울이 생길

거잖아, 그러면.

학생 c: 야, 이거 축축해지겠지. 이렇게.

선생님: 다시 해볼거야?

학생 c: 네. 다시 해봐요. 우리 다시 해보자.

2) 비계획적 · 임의적 실험 수행

학생들은 실험을 설계할 때 실험에서 무엇을 관찰해야 하는지를 논의하거나 고려하지 않고 실험 설계를 시작하였으며, 실험 수행 과정에서도 이러한 비계획적 · 임의적 모습을 보여주었다. 예를 들어 2모듬은 연구자가 활동 안내를 하자마자 실험 내용을 전체적으로 생각하기 보다는 실험에 필요한 준비물 목록을 작성하였다. 실험 내용을 먼저 생각하고, 이에 필요한 준비물과 실험 과정을 생각하기 보다는 준비물과 실험 과정을 나열하면서 실험 내용을 생각하였다. 이러한 모습은 1모듬과 3모듬에서도 나타났는데, 1모듬의 경우 가열을 왜 해야 하는지, 얼마나 가열할 것인지 등에 대한 내용을 논의하거나, 실험 이유나 근거를 제시하지 않은 상태로 연구자의 활동 안내 후 곧바로 알코올램프와 같은 실험 도구가 필요하다고 하였다. 또한 가열하는 실험 내용이 제안되었고, 이에 대한 논의 없이 실험 도구와 내용이 정해졌다. 이러한 모습을 통해 학생들은 실험 준비물 선택, 목록 및 순서 조직, 실험 과정 나열이 가능하지만, 실험 계획과 수행 과정이 비계획적이고 임의적이라는 것을 알 수 있다.

[모듬 2, 활동시각 19:19]

선생님: 그래서 필요하다고 하는 것, 그러니까 과학실에 있을 만한 재료로 필요하다고 하는 것은 선생님이 준비해서 줄 거니까 (중략) 그러면 그걸 가지고 선생님이 준비물을 준비해 줄게요. 오케이?

아이들: 네.

학생 f: 일단은

학생 h: 일단 이걸 실험해야 되니까 컵 같은 게 필요하겠지.

학생 e: 비커, 비커.

학생 h: 비커

[모듬 1, 활동시각 16:34]

선생님: 실험을 무엇든지 상관없어요. 여기 있는 작은 물방울이 어떻게 생겼을까를 알아볼 수 있게 하고 싶은 실험을 만드는 거예요. 그래서 필요한 준비물을 달라고 하시고 여기다가 써서 어떻게 실험할건지, 무슨 준비물이 필요한지 이런 것

알려주시면 선생님이 준비해줄게요.

학생 b: 네.

학생 c: 일단 애가 어떻게 생겼는지 알아보는 실험을 해야 되니까.

학생 a: 그러니까 이 물방울을 없애고

학생 c: 이 물방울을 없애고 관찰해볼까?

학생 d: 알코올램프 올려놓고 이렇게 하면 되잖아.

학생 c: 알코올램프를 이렇게 해서

학생 b: 그러면 비커가 타지 않을까?

학생 c: 비커가 타지는 않지.

학생 d: 밑에다가 받침대에다가

학생 a: 씻어야 되지 않아?

학생 c: 그런가?

학생 a: 그럼 되잖아.

3) 선택적 주목과 수용

학생들은 초기 의견을 지지하는 결과 이외의 주장, 증거, 해석은 무시하고, 초기 의견을 지지하는 주장, 증거, 해석의 경우 선택적으로 수용하였다. 1모둠의 경우, 물이 증발하는 것이 맞는지 확인해 보기 위해 얼음물을 가열하면서 비커 위에 휴지를 대어보는 실험을 추가로 진행하였고, 이때 학생 a와 b는 휴지에 축축한 느낌이 없다고 말했으나, 학생 c는 휴지가 축축했다고 주장하였다. 그러자 학생 a는 자신의 말을 바꾸어 처음 만져봤을 때는 축축했다는 학생 c의 의견과 같이 자신도 경험한 것처럼 동의했고, 학생 b는 그 의견을 받아들여 휴지가 축축했다는 추가 관찰 증거를 초기 의견과 연결 지어 해석하려 하였다. 즉, 추가 관찰 증거를 왜곡하여 본인들이 실험에서 얻고자 하는 결과가 나타난 것으로 받아들였으며, 이를 통해 컵 표면에 물방울이 생긴 이유를 추론하였다. 또한 이 과정에서 학생 d는 “유리 이 구멍 속으로 나온 거 아니야? 물이? 이 컵이 부피가 커지면서”라는 다른 주장을 제기하였으나, 다른 모둠원들은 아무도 이 주장에 반응하지 않았다.

[모둠 1, 활동시각 37:27]

학생 b: 이거냐? 뭐야, 아무것도 없는데?

학생 a: 여기 오랫동안 놔뒀는데 느낌도 없어.

학생 b: (휴지 만져보면서) 아무 느낌이 없어

학생 c: 그게 아니라 약간 축축해졌는데

학생 b: 아무 느낌이 없다니까. 니가 만져봐.

학생 c: 여기 아니잖아, 이쪽 부분에 이렇게.

학생 d: 야, 유리 이 구멍 속으로 나온 거 아니야? 물이? 이 컵이 부피가 커지면서

학생 c: 내가 보기에 증발하는 게 맞는 것 같은데.

학생 c: 진짜 내가 처음 만져봤을 때는 약간 축축했었어.

학생 a: 나도.

학생 c: 응. 약간 축축했어.

학생 b: 그럼 올라왔다가 확.

학생 c: 응, 올라왔다가

학생 b: 많이 올라갔으면은 많이 축축해져...

2모둠에서도 학생 f가 추가 실험을 제안하였으나, 학생 g가 제지하였으며 추가 실험은 이루어지지 않았다. 2모둠은 3명의 학생이 방과 얼음물의 온도차를 물방울이 생기는 이유로 생각했고, 문제 상황과 반대 상황을 만들기 위해 페트리접시 가운데에 뜨거운 물을 담은 비커를 놓고, 그 테두리에 얼음을 놓은 후 관찰하였다. 학생 f가 제안한 “차가운 물에 차가운 물을 해보는” 실험을 통해 온도차를 입증하거나, 온도차 외에 다른 변인이 찾아낼 수 있는 추가 관찰 증거 수집의 가능성이 있었지만 실험 제안은 무시되었다. 이 대화가 오가기 전에 2모둠 학생들은 본인들이 설계한 실험에서 물방울이 생기는 것을 관찰하였다. 즉, 자신들의 아이디어에 부합하는 현상을 확인하기 위해 실험을 수행하고, 하나의 실험에 의해 초기 의견이 지지되자 추가 실험 제안은 무시한 것으로 보인다. 이러한 사례는 2모둠의 다른 담화에서도 찾을 수 있다. 2모둠 학생들은 문제 상황과 유사한 자신의 일상 경험에 대해 이야기를 나누었다. 이때 물이 담긴 용기의 재질에 차이가 있음에도 불구하고, 표면에 물방울이 생긴다는 것을 알게 되었고, 특히 보온병은 문제 상황과 같은 조건에서도 겉 표면에 물방울이 생기지 않는다는 것을 발견하였다. 그러나 온도차로 인해 물방울이 생긴다는 자신들의 생각과 일치하지 않는 보온병 관련 일상 경험에 대해서는 보조가설(AD HOC 발생)을 통해 단정 지은 후 논의를 이어가지 않았다.

[모둠 2, 활동시각 37:49]

학생 h: 야, 지금 잘 생각해 봐. 지금 이 방에 있는 거랑 똑같아. 물만 다룰 뿐이야. 그런데 방의 온도가 여기 왜 나와? 방이 따뜻하기 때문인가 왜 나와? 똑같은 물인데?

학생 f: 야, 그럼 차가운 물에 차가운 물 해볼까? 여기 다 차가운 물은

학생 g: 그만해.

학생 h: 그래, 이거 재보자, 온도.

[모둠 2, 활동시간 15:58]

학생 f: 그런데 뭐지? 제가오, 내가 예전에 학교에 물음물 가
져온 적이 있거든. 그런데 물이 다 젖었어, 책가방
안에. 왜냐하면 이렇게 물이 생겼어, 이것처럼.

학생 e: 언제?

학생 f: 겨울? 10월달 쯤?

학생 e: 10월달은 가을이지.

학생 f: 어쨌든 그때 이렇게 물이 생겼어. 내가 가져왔을 때.

학생 g: 그러니까 학원 갔다 온 다음에 주스 먹으려고
여기 따라놓고 그 다음에 그거 내가 탄 거 알기
같은 것 쓰다가 봤더니 이렇게 물이 났어.

(중략)

학생 f: 이건 유리병이고 그건 PET병인데 왜 그게 똑같
이 이렇게 생길까? 똑같은 얼음물인데.

학생 f: 나 예전에 여름에도 얼음물 가져온 적 있는데
그런데 보온병은 이렇게 안 돼.

학생 h: 다 흡수하겠지, 물을.

(중략)

학생 h: 철이니까 그렇겠지.

3모듬은 얼음 안의 기포 관찰에 집중하면서 원
래 제시되었던 컵 표면에 물방울이 생기는 이유
를 찾는 추론에서 벗어나는 모습을 보였다. 이
때 학생 k는 탐구 문제 설정이 잘못되었음을 지
적했으나, 학생 I, 학생 j, 학생 1은 아래의 담화처
럼 학생 k의 의견을 수용하지 않고 비판하였다.
학생 k는 학생 I, 학생 j, 학생 1의 문제 인식과 설
정에 대해 비판하였으나, 새로운 대안 실험을 제
시하지 못하였다. 즉, 학생 k는 입증의 부담(burden
of proof)을 지게 되었으나(Walton, 1988) 이를 해결
하지 못했고, 결국 학생 I, 학생 j, 학생 1은 대안이
제시되지 못하는 비판이나 반론에 대해서 수용하
기를 거부하였다. 최종적으로 문제를 올바르게 인
식했던 학생 k는 의견을 정하지 못하였고, 학생 I,
학생 j, 학생 1은 얼음 안의 기체가 빠져나와서 컵
표면에 물방울이 생겼다고 답했다. 이러한 결과를
통해 초등학교 학생의 소집단 논증 활동에서도 확증 편향
(confirmation bias)이 나타남을 알 수 있다(Villarroel
et al., 2016).

[모듬 3, 활동시간 43:17]

학생 k: 아니, 너네는 생각을 안 하고 무조건 실험을 하
잖아.

학생 I: 생각했잖아.

학생 I: 그럼 너가 생각을 해서 실험을 해봐, 그러면.

학생 i: 맞아.

학생 k: 생각나는 실험이 없다면

학생 I: 우리가 실험을 하는 것 같으니까 그러면 너가 생
각하는 그런 것,

학생 i: 아무거나 뭐.

학생 I: 관찰아, 관찰아. 구체적이 지금은 실험이니까 그냥.

학생 j: 이상한 점 있는데 생각이 안 나는데 어떻게 이
실험이 틀렸다고 말할 수 있을까?

학생 k: 우리가 구하려는 게 아니니까 일단 이게 아니라
는 거잖아.

학생 I: 맞아.

학생 j: 그런데 이게 아니면 너가 옳은 것을 알고 있어
지 아니라고 말할 수가 있어.

3. 결과 해석 및 결론 도출 과정에서의 추 론 특징

1) 조건과 원인의 구분

학생들은 결론을 도출하는 과정에서 제시된 문
제 상황의 조건과 그 문제 상황에서 나타난 현상의
원인을 구별할 수 있었다. 예를 들어 2모듬 학생들
은 문제 상황과 반대인 조건(뜨거운 물, 주변은 차
가운 얼음)에서도 물방울이 생기는 실험 결과를 얻
은 후에 아래와 같은 담화를 나누었다. 문제에서
제시한 얼음이 담긴 차가운 물이나 표면에 생긴 물
방울과 같은 조건을 인식하고, 이 조건과 물방울이
생긴 원인이 다르다는 것을 인식하였다. 학생들은
“그건 결과지. 이유잖아.”, “이걸 결과로 하자. 이유
는 따로 쓰자.” 등과 같이 말하였다. 문제의 조건이
자 학생들에게 제시된 실험의 결과와 이 현상이 생
기는 원인이 다르다는 것을 인식하였지만, 원인을
확신하지 못하자 결과와 이유를 같은 것으로 보자
고 결정하였다. 2모듬 학생들은 이 담화 후에 이미
얻은 실험 결과를 바탕으로 온도차를 원인이라고
결론을 내렸다. 이를 통해 초등학교 3학년 학생도
결론 도출까지 이어지는 못하였지만, 문제의 조
건을 인식하고 이를 실험 설계에 적용하거나, 원인
과 조건을 구분하여 추론할 수 있음을 알 수 있다.
과학적 추론을 성공적으로 수행하기 위해서는 문
제 조건 파악이나 이론과 증거 조정, 원인 파악 등
이 중요하다. 그런 의미에서 과학적 추론 교육을
할 때에 3학년 학생들이 조건과 원인의 구분이 가
능하다는 것을 바탕으로 더 높은 수준의 구분이 가
능하도록 교육할 필요가 있다.

[모둠 2, 활동시각 34:46]

학생 f: 아 왜생기지? 야, 이유는 일단은 차가운 물과 표면에

학생 g: 봐봐, 물은 표면에 물이 생겼고,

학생 f: 아니 방울이 생겼고

학생 h: 그건 결과지. 이유잖아.

학생 f: 아니 이유를 지금 쓰려고 결과를 쓰는 거야.

학생 h: 결과 여기 썼는데, 결과는

(중략)

학생 g: 이것 결과로 하자. 이유는 따로 쓰자.

학생 h: 결국은 결과가 이유가 되어 버렸다는. 이유가 결과가 되어버렸다는 슬픈

2) 부정확한 용어 사용으로 인한 혼란

학생들은 소집단 논증 활동 속에서 부정확한 용어를 사용하며 추론하였다. 아래에 제시된 1모둠과 3모듬의 담화처럼 물속의 기포를 물방울, 거품, 끓는 것으로 표현하기도 하고, 컵 표면에 생기는 물방울을 물방울, 습기, 공기방울로 표현하기도 하였다. 이렇게 물방울, 습기, 공기방울을 같은 대상인 것처럼 표현하다가 또 어떤 때에는 다른 대상인 것처럼 구분하였다. 예를 들어 아래의 3모듬 담화를 보면 학생들은 물방울, 습기, 공기방울을 같은 대상으로 보고 대화를 나눈다. 그러나 3모듬의 학생 j의 경우, 결론 도출 과정에서 “얼음을 넣은 물, 뜨거운 물, 차가운 물을 비교해 봤는데, 차가운 물에는 물방울이 안 생기고, 뜨거운 물에는 습기만 차고, 얼음을 넣은 물만 물방울이 생겼기 때문이에요.”라고 말하면서 습기와 물방울을 다른 대상으로 보고 있다. 학생 k는 이러한 부정확한 용어 사용에 대해 “공기방울을 하는 게 아니고 물방울을 알아보는 거라고.”라며 지적을 하였다. 3모듬은 실험을 하면서 주로 물속의 기포를 관찰하였고, 얼음 안의 기체가 컵 표면에 물방울이 생기게 하는 이유라고 결론지었다. 즉, 이렇게 어떤 대상을 상황에 따라 같게 혹은 다르게 지칭하게 되면 소집단 논증 활동 과정에서 잘못된 추론으로 이끌 가능성이 있으며, 실험 결과 해석을 방해한 것으로 보인다.

[모듬 1, 활동시각 24:48]

학생 b: 오오오 야. 물방울이 생기고 있어. 물방울이 생기고 있어.

학생 a: 응 맞아 생기고 있어.

학생 c: 응 생겨

학생 b: 조금씩 생기고 있어.

(중략)

학생 d: 좀 더 빨리 생기고 있어.

학생 a: 거품이 올라오는 것 같아.

학생 b: 어. 올라가고 있네.

학생 c: 거품이 올라와 앉았네.

(중략)

학생 d: 거의 다 생겼어.

학생 b: 거의 다 생겼어.

학생 d: 끓는 것 같아.

학생 b: 신기하다.

[모듬 3, 활동시각 42:25]

학생 k: 아니 이 밖에 온도가 따뜻하니까 당연히 습기가 생기는 게 맞잖아.

학생 i: 밖에 공기방울이 생길 수도 있잖아.

학생 k: 생기잖아, 지금.

학생 i: 밖에는 안 생겼어.

학생 j: 그냥 차가운 물에는 습기가 안 생기지.

(중략)

학생 i: 근데 내 쪽은 안에 습기 차 있어.

[모듬 3, 활동시각 50:05]

학생 i: 밖에 물 그거 생겼다. 공기방울, 좀 생기는데

학생 k: 공기방울을 하는 게 아니고 물방울을 알아보는 거라고.

학생 i: 아 맞아 물방울이지.

학생 k: 너는 왜 자꾸 공기방울 소리만 하고

3) 초기 의견 유지

학생들의 최종 의견은 Table 3에 제시된 바와 같이 1, 2, 3모듬 모두 새로운 아이디어 도출 없이 초기 의견 중 하나를 유지하였다. 1모듬의 경우, 아래의 담화에 나타난 바와 같이 얼음물을 가열하면서 얼음의 위치에 따라 물방울이 생긴 위치가 다르다는 것을 확인하였으나, 이에 대한 논의 없이 “상관 없어”, “증발하는 건 맞아”와 같이 다른 관찰 증거를 무시하고, 초기 의견을 유지하고자 하였다.

[모듬 1, 활동시각 28:06]

학생 c: 걸에만 물방울이 생긴 게 아니라 위에도 물방울이 생겼어. 여기에만 물방울이 생긴 게 아니라 위에도 물방울이 생겨.

학생 a: 여긴 되게 심해.

학생 c: 여긴 너무 심해.

학생 b, 학생 d : 헛

학생 d: 얼음이 이쪽에 있어가지고 그런 거 아니야?

학생 a: 여기 진짜 심함.

학생 c: 여기 너무 심함.
 학생 d: 얼음이 위에 있어서 빨리 증발해가지고 빨리 가
 는 거 아니야?
 학생 a: 그런데 이쪽이 더
 학생 b: 그런데 증발하는 것 맞는 것 같은데 솔직히
 학생 c: 그러니까.
 학생 d: 그리고 차가운 부분에 붙는 것 같은데?
 학생 b: 여긴 안 붙었잖아, 그런데.
 학생 d: 여긴 안 차가잖아.
 학생 a: 왜 여기만 있어, 얼음이?
 학생 b: 괜찮아.
 학생 d: 상관없어.
 학생 a: 그래서 여기만 생겼잖아.
 학생 b: 증발하는 건 맞아.
 학생 d: 여기 속에 생긴 건 겉에 만져보면 물 같은 거
 생겼어.
 학생 b: 여기 안에 생겼는데? 여기 아래 생겼는데?
 학생 d: 여기 만지면 이런 거 나오는데.

[모둠 1, 활동시간 38:24]
 학생 b: 아, 애가 차가워서 생긴 거 아니야?
 학생 c: 알겠다. 알겠다. 이게 물로 변한거야. 그게 있
 잖아. 왜
 학생 d: 이렇게 올라가지고
 학생 c: 그러니까 비가 생기는 것도 보면 배에 어찌구
 저꾸구 가스가 올라가서 이렇게 해서 갑자기
 비로 변해가지고 속 내려오잖아. 그래서 똑같
 은 방법이야. 올라갔다 내려가면서
 학생 d: 구름으로 변하는 거 아니야?
 학생 b: 산성비 산성비
 학생 d: 진짜 어떻게 해야 되지?
 학생 c: 맞는 거 같아 내 방법이. 비 내리는 것처럼 이
 게 연기가 올라갔다 이렇게 했으니까.
 학생 b: 너 그렇게 적어.
 학생 a: 뱃솔에서 나오는 김도 그래.
 학생 b: 맞아맞아맞아.
 학생 d: 그게 수증기라고. 그게 수증기야.
 학생 b: 치익하는 그 소리
 학생 c: 닭고기 구울 때도 치지직 하고 연기 올라가잖아.
 학생 b: 맞아.
 학생 d: 그건 타는 거고.
 학생 d: 삼겹살 구울 때.

또한 1모듬의 아래 담화에서 나타난 바와 같이
 선행지식과 일상경험을 사용하여 초기 의견을 정
 당화하고 실험을 통해 관찰한 현상과 초기 의견의
 간극을 메움으로써 초기 의견을 유지하였다. 이 담
 화는 실험을 통해 초기 의견에서 제시되었던 증발
 과 대류 중에서 증발이 일어난다는 결론에 도달하
 였으나, 얼음물이 증발한 후에 어떻게 컵 표면에
 물방울이 생기는지 설명할 수 없었던 시점에서 나
 눈 이야기를 제시한 것이다. 그 시점에 학생들은
 Ryu and Lim(2014)의 연구에서 나타난 바와 같이
 자신의 경험에 기반을 둔 개인적 증거와 책을 통해
 얻은 권위적 증거를 제시하기 시작하였다. 이들은
 비와 구름 생성에 대한 본인의 선행지식과 뱃솔의
 김, 고기 굽는 연기 등의 일상경험을 도입하여 증
 발과 대류라는 초기 의견을 유지하였다. 즉, 초등학
 생은 실험 결과를 바탕으로 추론하거나 추론 내용
 을 변화시키기보다 초기 의견을 유지하는 데에 필요
 한 실험을 하고, 그 결과를 초기 의견에 맞도록 해석
 하여, 중국에는 초기 의견을 결론으로 유지하려는
 경향이 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 학생
 들이 성급한 의견 통일을 하고, 이를 뒷받침하는 실
 험으로 사전 질문지에 작성한 의견 중 하나 혹은 하
 나의 의견에 포함된 아이디어 일부를 확인하는 실험
 을 하며, 소집단 논증 활동 과정 동안 선택적 주목과
 수용이 일어났기 때문에 결국 초등학생의 결론 도출
 이 초기 의견을 유지한 것으로 보인다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 초등학생이 소집단 논증 활동 과정에
 서 문제를 해결하기 위해 어떻게 아이디어를 형성
 하고, 실험을 설계하고, 결과를 해석하는지 추론 과
 정 특징을 탐색하고자 하였다. 이를 위하여 초등
 학교 3학년 학생 12명을 대상으로 3개 모듬을 구성
 하여 소집단 논증 활동을 관찰하였다. 연구 참여자
 개인별로 사전 개방형 질문지를 작성한 후 소집단
 논증 활동이 이루어졌으며, 사전 개방형 질문지에
 작성한 자신의 생각을 동료들과 함께 공유하고, 문
 제 상황을 해결하기 위해 필요한 실험을 함께 설계
 하고 수행하였다. 실험 수행 후 다시 사후 개방형
 질문지를 개인별로 작성하였다. 연구자들은 학생의
 사전·사후 개방형 질문지, 관찰일지, 소집단 논증
 활동 녹화 자료를 분석하였다. 이러한 과정을 통해
 도출된 연구대상자들의 추론 특징은 다음과 같다.
 첫째, 초기 의견 형성 과정에서 성급한 의견 통
 일과 탐구 문제 변형이 일어났다. 이유나 근거 제
 시 혹은 논쟁 없이 타인의 의견을 받아들이고 다수
 의 의견에 동조함으로써 의견을 통일하려는 경향
 이 나타났다. 또한 명확하지 않는 문제 인식 하에

서 자신들이 해야 하는 탐구 문제 자체를 변형시키거나 다른 활동을 하였다.

둘째, 실험 설계 및 수행 과정에서 학생들은 암목적 가설에 기반을 둔 실험 설계 및 수행이 가능하였으나, 확인 실험과 비계획적·임의적 실험을 수행하였으며, 주장, 증거, 해석, 비판 등을 선택적으로 주목하거나 수용하였다. 학생들이 소집단 논증 활동 중에 설계하고 수행한 실험은 사전 질문지에 작성한 의견 중 하나 혹은 하나의 의견에 포함된 아이디어 일부를 확인하는 확인 실험이었다. 이 확인 실험은 준비물과 실험 과정을 먼저 나열하고, 이 과정에서 실험 내용이 정해지는 방식 하에서 설계되었다. 또한 실험 이유나 근거를 제시하지 않은 상태로 실험 도구와 실험 내용이 제안되었고, 의제 없이 확정되었다. 실험 수행 과정에서도 학생들은 초기 의견에 대한 지지 결과 외의 주장, 증거, 해석은 무시하고, 초기 의견을 지지하는 주장, 증거, 해석의 경우 선택적으로 수용하였다.

셋째, 결과 해석 및 결론 도출 과정에서는 조건과 원인을 구분할 수 있었으나, 부정확한 용어를 사용하여 혼란을 겪었으며, 초기 의견을 그대로 유지하려는 경향이 있었다. 학생들은 소집단 논증 활동 속에서 방울, 습기, 공기방울을 같은 대상인 것처럼 표현하다가 또 어떤 때에는 다른 대상인 것처럼 구분하면서 추론하였다. 또한 학생들은 새로운 아이디어 도출 없이 초기 의견 중 하나를 최종 의견으로 제시하였다. 이 과정에서 초기 의견과 다른 관찰 증거를 무시하거나, 선행지식과 일상경험을 사용하여 초기 의견을 정당화하고, 실험을 통해 관찰한 현상과 초기 의견의 간극을 메움으로써 초기 의견을 유지하였다.

위의 연구결과로부터 도출된 시사점은 다음과 같다. 소집단 활동을 통해 논증과 추론을 효과적으로 교육하기 위해서는 앞서 도출된 초등학생의 추론 특징을 고려한 교육 전략이 필요하다. 첫째, 성급한 의견 통일이 일어나는 것을 방지하기 위하여 학생들에게 논증 활동을 할 때 다양한 의견을 유지하고, 근거를 들어 타인을 설득하는 과정이 필요함을 교육시킬 필요가 있다. 둘째, 활동 중에 탐구 문제의 변형이 일어나지 않도록 문제 인식이 올바른지를 점검하고, 문제 상황과 관련된 용어의 의미가 공유되었는지를 소집단 논증 활동의 초기 단계에서 확인할 필요가 있다. 또한 부정확한 용어 사용

으로 인해 실험 설계 및 수행 과정에서 겪는 혼란을 줄이기 위해서도 용어의 의미 공유와 명료화가 필요하다. 셋째, 연구대상자들은 실험 설계 및 수행 과정에서 확인 실험만 수행하였는데, 초기 의견을 반증하는 실험은 무엇인지를 생각해보고, 실제로 수행해보도록 지도할 필요가 있다. 또한 비계획적 임의적으로 실험하는 특징을 극복하기 위해 실험을 실시하기 전에 실험 계획과 그러한 실험 계획을 세운 근거나 이유를 발표해보는 시간을 가질 필요가 있다. 넷째, 초기 아이디어를 고집하거나, 주장, 증거, 해석, 비판을 선택적으로 주목 또는 수용하는 모습을 줄이기 위하여 소집단 논증 활동에서 등장하는 주장들을 지지하는 증거와 지지하지 않는 증거로 구분하여 써보는 활동이 필요하다. 또한 관찰하고자 하는 현상 혹은 얻고자 하는 실험 결과에만 주목하는 것이 아니라, 관찰한 현상 전체를 기록하여 주장과 관련지어 보는 활동도 필요하다. 그리고 무엇보다 비판적 의견을 존중하고, 비판적 태도가 부정적인 태도가 아님을 지도할 필요가 있다. 다섯째, 학생들은 초등학교에서 과학을 배운지 1년이 채 되지 않는 어린 나이임에도 불구하고, 암목적 가설에 기반을 둔 실험 설계 및 수행이 가능하였으며, 원인과 문제의 조건을 구분할 수 있었다. 또한 일부이기는 하였지만 제시된 문제와 실험의 불일치, 용어의 부정확한 사용을 인식하는 학생도 있었다. 따라서 교사는 이러한 학생의 능력이 나타나는 시점을 민감하게 파악하고, 그 때에 적절한 피드백을 하여 학생들이 더 높은 수준의 과학적 추론을 할 수 있도록 도울 필요가 있다.

이러한 초등학교 3학년 학생들의 추론 특징에 영향을 주는 요인과 원인을 파악하는 추후 연구가 필요하며, 본 연구의 결과가 학교 과학교육에서 학생들의 소집단 논증 활동을 지도할 때 학생을 이해하는 밑거름이 되기를 기대한다.

참고문헌

- Brown, J. S. & Duguid, P. (1991). Organizational learning and communities-of-practice: Toward a unified view of working, learning, and innovation. *Organization Science*, 2(1), 40-57.
- Cho, H., Jeong, S.-H. & Yang, I.-H. (2008a). The development of analytic coding frames on the abductive rea-

- soning in scientific inquiry. *Journal of Korean Earth Science Society*, 29(7), 586-601.
- Cho, H., Yang, I.-H., Lee, H. & Song, Y.-M. (2008b). An analysis on the level of evidence used in gifted elementary students' debate. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(5), 495-505.
- Choi, G. Y. & Yoon, H.-G. (2015). An analysis of elementary science-gifted students' argumentation during small group science inquiry using concept cartoon. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(1), 115-128.
- Duschl, R. A. & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Han, H.-J., Lee, T., Ko, H., Lee, S.-K., Kim, E., Choe, S.-U. & Kim, C.-J. (2012). An analysis of the type of rebuttal in argumentation among science-gifted student. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(4), 717-728.
- Jang, B.-G. (2012). Characterization of pre-service elementary teachers' scientific reasoning in experimental design: Interaction between knowledge and reasoning. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(2), 227-242.
- Jeon, W.-S., Kwon, Y.-J. & Lawson, A. E. (1999). A comparative study on scientific reasoning skills in Korean and the US college students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 19(1), 117-127.
- Kim, M. & Yoon, H. G. (2016). Scientific reasoning & argumentation [과학적 추론과 논증활동]. Korean Science Education Cooperation Monograph Series No. 13. Seoul: Kyoyukkwahaksa.
- Kim, M.-H., Kang, S.-J. & Lee, K.-J. (2011). The development and application of heredity teaching-learning program visualized scientific reasoning process of scientists for gifted-in science students. *Biology Education*, 39(1), 31-45.
- Kwon, Y.-J., Shim, H.-S., Jeong J.-S. & Park, K.-T. (2003). Role and process of abduction in elementary school students' generation of hypotheses concerning vapor condensation. *Journal of Korean Earth Science Society*, 24(4), 250-257.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: University of Cambridge Press.
- Lee, G. & Kwon, B. D. (2010). Reasoning-based inquiry model embedded in earth science phenomena. *Journal of Korean Earth Science Society*, 31(2), 185-202.
- Lee, S.-H., Seo, B.-H. & Kim, Y.-G. (2007). A study on the characteristics of the components of argumentation in the process of solving scientific argument tasks among elementary students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 76-86.
- Lee, S.-K. (2006). The patterns and the characteristics of students' interactive argumentation in the small-group discussions. *Journal of the Korean Chemical Society*, 50(1), 79-88.
- Lee, S.-K., Choi, C. I., Lee, G. & Shin, M.-K. (2013). Exploring scientific reasoning in elementary science classroom discourses. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(1), 181-192.
- Lemke, J. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood: Ablex Publishing.
- Lim, H. & Yeo, S.-I. (2012). Characteristics on elementary students' argumentation in science problem solving process. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(1), 13-24.
- Lim, H.-J. & Shin, Y.-J. (2012). Investigation of scientific argumentation in the classes for elementary gifted students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(4), 513-531.
- Lim, J., Song, Y.-M., Song, M. & Yang, I.-H. (2010). An analysis on the level of elementary gifted students' argumentation in scientific Inquiry. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(4), 441-450.
- Ministry of Education, Korea. (2015). *Science curriculum*. Seoul, Korea: Ministry of Education.
- Park, J.-E., Yu, E.-J., Lee, S.-K. & Kim, C.-J. (2009). An analysis of science writing by high school students through the argumentation structure instruction: Focus on writing tasks based on genres of science writing. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 29(8), 824-847.
- Ryu, H.-K. & Lim, H. (2014). Analysis of the types and levels of evidence in elementary students' scientific argumentation. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(1), 162-171.
- Sprod, T. (1997). 'Nobody really knows': The structure and analysis of social constructivist whole class discussions. *International Journal of Science Education*, 19(8), 911-924.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Tytler, R. & Peterson, S. (2003). Tracing young children's scientific reasoning. *Research in Science Education*, 33, 433-465.
- Tytler, R. & Peterson, S. (2004). From "Try It and See" to strategic exploration: Characterizing young children's sci-

- entific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(1), 94-118.
- Villarroel, C., Felton, M. & Garcia-Mila, M. (2016). Arguing against confirmation bias: The effect of argumentative discourse goals on the use of disconfirming evidence in written argument. *International Journal of Educational Research*, 79, 167-179.
- Walton, D. N. (1988). Burden of proof. *Argumentation*, 2(2), 233-254.
- Wee, S.-M., Cho, H., Kim, S.-H. & Lee, H. (2009). The analysis of the level of the argumentation of small group according to the students' characteristics. *Journal of Science Education*, 33(1), 1-11.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20(1), 99-149.