

초등과학 수업에서 논변 생성 수업이 학생의 의문생성력, 성취도 및 과학에 대한 태도에 미치는 영향

김지숙 · 최선영[†]

Effects of an Argument Generation Class on Elementary Science Students' Question-Generation Ability, Science Achievements, and Attitudes toward Science

Kim, Jisuk · Choi, Sunyoung[†]

국문 초록

이 연구는 초등과학 수업에서 논변 생성 활동을 지도한 후 초등학생의 의문생성, 과학학업성취도 및 과학에 대한 태도에 미치는 효과를 알아보았다. 이를 위해 경기도 G시에 있는 H초등학교 5학년 학생들을 대상으로 실시하였고, 결과는 다음과 같다. 첫째, 논변 생성 활동을 지도한 후, 학생들의 의문생성력은 통계적으로 유의미하게 향상되었음을 알았다. 둘째, 학생들의 과학학업성취도는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 교사 성찰일지에 의하면, 논변 활동과 모둠 친구들의 설명을 통해 학생들의 개념 변화를 볼 수 있었다. 셋째, 과학에 대한 태도에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 반면, 과학 수업에 대한 참여태도의 변화가 있었는데, 과학에 대한 관심과 과학 공부를 더 열심히 해야 한다는 반응에서 과학수업 참여의 긍정적인 변화가 보였다.

주제어: 초등학생, 논변 생성, 의문생성, 과학에 대한 태도

ABSTRACT

This study investigated the changes in elementary school students' question-generation abilities, science achievements, and attitudes toward science after attending an argument generation class. The study was conducted with 5th grade students of H Elementary School in G-si, Gyeonggi-do, and the following results were noted. First, after attending the argument generation class, the students' question-generation ability significantly improved. Second, there was no significant difference in the students' science achievement. However, according to the teacher's reflection journal, conceptual changes could be seen in the students' thinking as a result of participating in the argument-generation activities, which was confirmed by the students' reports. Third, there was no statistically significant difference in the students' attitudes toward science. However, there was a change in their attitude toward participating in the science classes, and there was a positive change in the number of the students participating in the science classes as a result of the activities.

Key words: elementary student, argument generation, question generation, attitudes toward science

I. 서론

자연현상에 대한 과학적인 연구는 과학적 설명을 통해 현상을 해석하고(Copi *et al.*, 2011), 검증과 반증을 거친 후에야 과학적 이론으로 일반화된다고(이동복과 강현석, 2003). 학교 과학교육에서도 과학적 설명은 학생들이 과학적 지식을 주장하고 증거를 찾는 활동으로서(Zohar & Nemet, 2002), 사회적 과정인 담화를 통해 이루어진다(Monk & Osborne, 2000). 과학교육에서 사회적 차원의 교실 담화는 학생들이 스스로 과학 지식을 구성한다는 구성주의 관점에서 중요하다. 학생들의 과학 지식은 과학 수업 전에 이미 자신만의 지식이 있을 수도 있고 없을 수도 있다(이선경과 신명경, 2017). 이런 상태에 있는 학생들의 과학 지식은 설득의 과정을 통해 더 타당한 과학지식으로 변화되는 것이 가능하다(Monk & Osborne, 2000). 이처럼 학생들의 과학지식은 교과서나 교사의 권위에 의해 형성되는 것이 아니라 학생 스스로 이해가 되고 납득이 되어야만 변화가 가능하기 때문에 이와 관련된 효과적인 교수학습 방법이 요구된다(Driver *et al.*, 1994). 이에 교사는 학생이 자신의 주장에 대한 증거를 제시하며 과학지식을 형성해 가는 활동을 하도록 돕는 것이 필요하다(Sandoval & Reiser, 2004). 그러한 방법 중 하나로 학생들이 서로의 의견을 나누고 증거와 근거를 제시하며 정당화하는 교실 담화의 분위기 조성이 요구된다(Lemke, 1990). 이런 과학적 담화는 주장과 증거를 정당화하는 과정에서 더 좋은 설명에 대해 평가하게 되는데 이때 논변이 발생한다(이선경과 신명경, 2017). 또한 논변 활동 과정에서 과학적 의문은 담화를 유도하고(Chin & Osborne, 2010), 논변을 생성하고 지속하는 주요 요인이 되며(김지숙과 최선영, 2024), 학생들의 유의미한 학습효과(강남화와 이은경, 2013)와 과학학습 성취도에 긍정적인 영향을 미친다(김성완 등, 2010). 뿐만 아니라 교사의 입장에서 논변 활동은 학생들의 과학개념 이해도를 확인하는데 용이하고(Sampson & Clark, 2009), 학생들이 논변 활동을 통해 학습주제에 더 관심을 갖게 됨으로써 과학에 대한 태도를 기르게 할 수 있다.

과학 수업에서 논변 활동과 관련된 연구를 살펴보면, 중·고등학생을 대상으로 학생들의 논변 활동에 대한 인식적 이해(권지숙과 김희백, 2016; 이신영과 김희백, 2017; 조한빛 등, 2019; 하희수, 2020; 하희

수와 김희백, 2017; 홍준희, 2018), 일부 교사를 대상으로 한 연구(김봉준과 김희백, 2019), 초등학생을 대상으로 한 논증을 평가하거나 분석(임희준, 2015; 임청환과 채동현, 2016), 평가 도구 개발(양일호 등, 2009), 논변 요소 중 반박 요소에 대한 연구(한문현, 2020), 논변 활동에 대한 영재 학생들의 인식적 이해(박철진과 차희영, 2017) 등으로 논변 활동과 관련된 특정 요인에 대한 연구가 주를 이루었다. 그러나 초등과학 수업에서 논변 생성을 위한 교수학습 방법의 실제 적용에 대한 방안과 이에 따른 효과를 알아보는 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 초등과학 수업에서 적용할 수 있는 논변 생성 수업에 대한 방안을 탐색하였고, 이에 따른 학생들의 과학적 의문생성력과 과학학습 성취도 및 과학에 대한 태도의 변화를 살펴보았다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

경기도 G시의 H 초등학교 5학년 학생들을 대상으로 실험반 24명(남학생: 11명, 여학생: 13명), 비교반 23명(남학생: 10명, 여학생: 13명)으로 구성하였다. 이 연구의 대상인 5학년 학생들은 과학지식이 부족하고 논증 활동에 어려움이 있으나(Sampson & Clark, 2009), 4학년 국어시간에 이유와 근거를 들어 주장하기를 학습한 점, 과학적 추론 활동을 위한 증거제시 방법에 대한 지도가 요구된다는 점(임현주와 신영준, 2012)에서 논변 생성 활동 수업이 가능하다고 판단되어 선정하였다. 또한 논변 생성 활동의 모둠 구성은 구성원들 사이의 지식수준의 차이와 리더의 영향을 받는다는 연구결과(이은주 등, 2015)에 기반하여, 각 모둠 학생들의 1학기 학업 성취도의 결과, 성별, 수업 참여도를 중심으로 학생들을 상·중·하로 나누어서 골고루 배치하였다.

2. 과학 수업에서의 논변 생성 수업 적용

1) 논변 생성 수업의 단계적 특징

본 연구에 적용한 Sampson and Grooms(2010)가 제안한 논변 생성 교수 모형의 4단계를 기반으로 하였다. 그리고 여기에 과학적 설명 과정을 세분화하여 제시하였는데(Table 1), 이는 학생들이 과학 현상을

Table 1. The step-by-step features of the generate an argument instructional model

단계		단계별 활동 특징
1	과제, 문제 또는 질문	- 질문하기: 학습 문제를 질문의 형식으로 제시하기 - 과학적 가설하기 - 주장하기
2	잠정적 논변 생성	- 실험 활동하기 - 증거 제시하기 - 과학적 근거 및 사실을 학습지에 기록하기
3	대화형 포스터 세션	- 각 모듈별 주장에 대한 증거를 발표하기 - 증거 비교하기 - 반박하기 - 주장 수정하기 - 증거를 수정하기 위한 재실험하기
4	쓰기 학습	- 결론 도출하여 학습지에 기록하기 - 질문에 대한 자신의 주장과 이유를 제시하여 글쓰기

보고 인과적 설명 작성이 어려우므로 과학적 설명의 틀을 통해 학생들이 관찰한 것을 논리적으로 연결할 수 있도록 틀이 필요하다는 McLure(2023)의 연구 결과를 참고하였다. 세부적인 단계는 5학년 교사 3명과 과학교육전문가 1인의 의견을 듣고 수정·보완하였다. 각 단계별 특징은 교사가 학생들에게 학습주제에 대한 질문을 하고, 학생들은 이에 대한 주장과 증거 및 근거를 제시하도록 한다. 이때 모듈별 토의가 일어나도록 한다. 또한 각 모듈의 토의에 의해 결정된 내용을 발표하게 하여 전체 학생들에게 토의를 일어나도록 구성한 것이 특징이다. 또한 논변 활동 후에 주장과 이유를 제시하는 글쓰기로 마무리한다.

2) 논변 생성 수업의 지도

가. 논변 생성 수업 내용

본 연구에서 논변 생성 수업은 총 21차시로, 5학년

2학기의 ‘날씨와 우리생활’ 단원과 ‘산과 염기’ 단원에 적용하였다(Table 2). 조사 수업에서는 논변 생성 활동의 조사한 내용을 증거로 제시하도록 하였으며, 실험이 있는 수업에서는 실험에서 얻은 자료를 데이터로 생성하여 이를 증거로 제시할 수 있도록 하였다. 각 단원의 정리 차시에는 날씨와 우리 생활에 미치는 영향과 그렇게 생각한 이유 제시하기, 산과 염기의 차이점과 그렇게 생각한 이유 등을 제시하는 활동을 하였다.

나. 논변 생성 수업 적용

초등학생들은 지식과 관련된 구체적인 예나 증거를 연결하는 고차원적인 논증과 사고가 어렵기 때문에(채동현과 한제준, 2013) 학생들의 과학 논변 활동에 대한 지도가 어렵고(Berland & Reiser, 2009), 이러한 이유로 학교 과학 수업에 논변 과정이 잘 활용되지 못하고 있다(Osborne *et al.*, 2004). 이처럼 초

Table 2. Configuring the units for argument generation activities

단원	차시	차시 내용	단원	차시	차시 내용
2. 날씨와 우리생활	1	비 오는 날 추억 이야기 하기	3. 산과 염기	1	카레 가루로 만드는 나만의 나뭇잎
	2	습도는 우리 생활에 어떤 영향을 줄까요?		2	용액을 분류해요
	3	이슬과 안개는 어떻게 만들어질까요?		3-4	지시약으로 용액을 분류해요
	4	안개와 구름은 무엇이 다를까요?		5-6	붉은 양배추로 지시약을 만들어요
	5	고기압과 저기압은 무엇일까요?		7	용액 속에 물질을 넣어보아요
	6-7	바람은 어떻게 불까요?		8-9	산성 용액과 염기성 용액을 섞어 보아요
	8	우리나라의 계절별 날씨는 어떨까요?		10	생활 속에서 용액을 이용해요
	9	날씨는 우리 생활에 어떤 영향을 줄까요?		11	단원정리
	10	단원정리			

등과학 수업에서 학생들이 스스로 증거를 생각하며 과학적으로 설명할 기회가 드물기 때문에(Sandoval, 2003), 교사가 논변 수업을 효과적으로 진행하기 위해서는 교사의 논변 생성에 대한 경험과 학생 수준에 맞는 소재 선택, 학생들의 논변 활동을 위한 사전 과학지식 습득, 학생들의 증거 사용 방법 지도 등을 고려해야 한다(임현주와 신영준, 2012).

따라서 본 연구에서는 논변의 요소를 지도하기 위해 수업에 들어가기 전에 논변 생성 요소들인 과학적 가설하기, 주장하기, 증거 제시하기, 과학적 근거 및 사실 제시하기, 반박하기 등을 지도하였고, 그 중 과학적 근거는 도움카드(윤선미, 2016)를 활용하였다. 특히 학생들은 반박하기에 대해 부정적인 의견을 갖는 경향이 있기에(임현주와 신영준, 2012), 학생이 주장이나 증거에 대한 다른 의견이 있을 때는 정서적으로 부정적인 생각을 갖지 않도록 도와주었고, 다른 의견을 제시하는 것은 친구들에게 도움을 준다는 긍정적인 인식으로 생각하도록 지도하였다. 논변 생성 수업의 지도를 위한 지도안(부록 1)과 활동지(Fig. 1)를 만들어 사용하였다.

5학년 ()반 요동진구를 이용() **산과 염기** ()

페놀프탈레인 용액을 여러가지 용액에 떨어뜨리면 용액의 색깔은 어떻게 변할까요?
 페놀프탈레인 용액을 여러가지 용액에 떨어뜨리면 용액의 색깔은 어떻게 변할까요?

용액	식초	요구르트	유리 세정제	비눗방울 액
변하는 색깔				
용액	사이타	석회수	맑은 염산	맑은 수산화나트륨
변하는 색깔				

그렇게 생각한 이유를 적어봅시다.

페놀프탈레인 용액을 여러가지 용액에 떨어뜨리면 용액의 색깔이 어떻게 변할지 요동진구들과 토치하고 주장과 그 이유를 기록합니다.
 (식초, 요구르트, 유리세정제, 비눗방울액, 사이타, 석회수, 맑은 염산, 맑은 수산화나트륨)
 -페놀프탈레인 용액을 넣으면 ()용액은 ()색으로 변할 것이다.
 왜냐하면 :
 -페놀프탈레인 용액을 넣으면 ()용액은 ()색으로 변할 것이다.
 왜냐하면 :

실험결과를 기록합니다.

용액	식초	요구르트	유리 세정제	비눗방울 액
변하는 색깔				
용액	사이타	석회수	맑은 염산	맑은 수산화나트륨
변하는 색깔				

과학적 근거 및 사실에 대한 도움카드
 -주변 리트머스지에 넣으면 붉게 변하는 용액은 식초, 요구르트, 맑은 염산, 사이타이다.
 -붉은 리트머스지에 넣으면 푸르게 변하는 용액은 유리세정제, 비눗방울 액, 석회수, 맑은 수산화나트륨이다.
 실험결과에 대한 과학적 근거를 도구카드를 활용하여 기록합니다.

()

- 주장과 증거를 적을 보드판에 기록하여 뒷판에 붙이고 발표하기
 증거 비교하기 및 평가하기 : 다른 모둠의 증거를 보고 우리 모둠과 다른 점을 적어봅시다.
 ()
 반박하기 : 다른 모둠의 증거와 다른 의견이 있을 경우 학습기에 기록합니다.
 ()
 -모둠의 증거에 대한 의견
 ()
 - 주장 수정하기 : 우리 모둠의 주장을 수정하여 기록합니다.
 ()
 - 증거를 수정하기 위한 재실험이 필요한 경우 이유를 기록합니다.
 - 재실험을 해야 하는 이유:
 - 재실험 후 학습기와 뒷판에 붙인 색깔 보드판에 실험 결과를 수정합니다.
 모둠친구들과 다시 토의를 하여 결론에 대한 결론을 학습기와 실험결과에 기록합니다.
 페놀프탈레인 용액을 여러가지 용액에 떨어뜨리면 용액의 색깔은 어떻게 변할지 색깔 변화를 나타내며 기록해봅시다.

리트머스 종이는 페놀프탈레인 용액을 활용하여 자석투명한 용액을 분류할 수 있는 방법을 따라 여러번의 피검과 그렇게 생각한 이유를 적어봅시다.

- 방법 :
- 그렇게 생각한 이유 :

Fig. 1. The handout of the generate an argumentation

3. 검사 도구

1) 의문생성력

이 연구에서 적용한 프로그램에 따른 학생들의 과학적 의문생성력의 변화를 알아보기 위해 권용주 등(2008)이 개발한 의문생성력 지수(QQ: questioning ability quotient) 산출식을 적용하였다. 의문생성력 문항은 사전검사로 금붕어 동영상 시청, 사이타 건포도 실험으로 궁금한 점을 기록하도록 하였고, 사후 검사는 습도, 이슬, 안개, 구름, 고기압, 저기압, 바람 등 날씨와 생활에 대해 궁금한 점과 산성과 염기성에 대한 궁금한 점을 기록하도록 하였다.

2) 과학학업성취도

과학학업성취도 문항은 총 10문항으로 5학년 2학기 ‘날씨와 생활’, ‘산과 염기’의 교육과정 성취기준과 각 차시에서 학습한 내용을 기반으로 개발하였다. 개발한 문항을 과학교육전문가 1명 및 박사과정의 현직 초등교사 1명과 석사과정 1명의 의견을 들어 1차 수정하였고, 5학년 담임교사 3명과 함께 내적 타당도를 높이기 위한 협의를 통해 문항지를 2차 수정·보완하였다.

3) 과학에 대한 태도

과학에 대한 태도 검사도구는 Fraser(1981)의 TOSRA(Test of Science-Related Attitudes)를 수정·보완한 허명(1993)의 검사이다. TOSRA의 총 70개의 문항에서 황신영(2011)이 사용한 방법대로 사전검사에 35문항과 사후검사에 35문항으로 나누어서 실시하였다. 문항 내적 신뢰도(Cronbach’s α)는 .848이다.

4. 자료 수집 및 분석

본 연구에서 연구의 대상인 실험반과 비교반이 동일 그룹이 아닌 것으로 확인이 되어 과학학업성취도, 의문생성력, 과학에 대한 태도의 사전검사와 사후검사의 변화를 SPSS 22.0 통계로 ANCOVA Test 결과를 통해 알아보았다.

또한 논변 생성 활동을 21차시 운영하면서 학생들의 반응을 살펴보기 위한 교사의 성찰일지를 기록하였다. 교사의 성찰일지는 논변 생성 활동에 대한 질적 자료 수집을 위한 것으로 한문현(2020)의 연구를

참고하였고, 본 연구에서는 녹음자료, 교사의 필드 노트를 기록하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 학생의 의문생성력 변화

논변 생성 활동이 학생들의 의문생성력 향상에 미치는 효과를 알아보기 위해 실험반과 비교반의 과학적 의문생성력 산출식(권용주 등, 2008)에 의한 사전·사후검사를 실시하였다(Table 3). 사전검사에서는 비교반의 평균이 높았으나, 사후검사에서는 실험반의 평균이 높았으며, 이는 사전검사를 공변인으로 한 사후검사에 대한 공변량 분석 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 4). 이 결과는 과학적 설명 강화 활동에서 주장과 증거를 제시하는 과정에서 궁금한 것을 교사나 모둠 친구들에게 질문을 많이 하였다는 연구(Kim & Choi, 2023) 결과와 비슷함을 알 수 있었다. 과학적 의문생성력의 사후검사에 나타난 학생들의 의문을 살펴본 결과, 실험반과 비교반이 동시에 생성한 의문은 ‘이슬이 왜 동그란 모양일까?’, ‘안개는 왜 하얗게 보일까?’ 등과 ‘다양한 음료수나 국물은 산성일까 염기성일까?’ 등의 같은 추측적 및 인과적 질문이었다. 이와 더불어 실험반에서는 비교반에 비해 의문의 수가 많았고, 의문의 유형도 다양함을 알 수 있었는데 이는 실험반의 의문의 유창성을 높였다. 의문의 수준도 ‘습도가 높으면 공기의 무게가 무거울까?’, ‘기름으로 머리를 감을 수 있을까?’ 등의 확인질문이 비교반에 비해 다소 많이 생성된 것을 알

수 있었다.

또한 학생들의 호기심이 자극되어 추가적인 질문을 생성하였는데, 교사의 성찰일지에 기록된 산성비가 대리석을 녹인다는 문구에서 이루어진 담화의 내용이다.

S 학생: 선생님 그러면 산성비 맞으면 사람이 녹나요?

A 학생: 우리 염마가 산성비는 몸에 나쁘대요.

C 학생: 맞아요, 우리 할아버지가 그거 맞으면 M자 탈모된다고 했어요.

교사는 학생들이 생성한 질문에 산성비가 머리카락인 단백질이 녹이는지에 대한 질문에 학생들은 헛갈려 했다. 이에 삶은 계란 흰자와 계란 껍질 실험을 되돌아보면서 의문에 대한 해답을 찾는 담화를 하였다.

이처럼 담화 중에 생성된 의문은 교사가 학생들과의 피드백을 하거나 전체 학생들에게 질문을 공유하여 그에 대한 의견과 증거를 제시하게 하는 활동을 유도하였는데, 그러한 과정에서 학생들은 또 다른 의문을 생성하고 있는 것을 알 수 있었기에 이 또한 학생들의 의문을 생성하는 데 자극이 되었을 것으로 사료된다.

H 학생: 선생님 그러면 삼푸는 산성이예요 염기성이예요?

위와 같이 학생들은 산성비에서 삼푸까지 연결된 의문을 생성하였다. 이 외에도 비누는 염기성이어서 단백질이 녹이는데, 만약 비누를 단시간에 아주 많이 쓰면 피부가 녹을까?, 옛날에는 창포물로 머리를 감

Table 3. The results of scientific question generation ability

집단	N	사전검사		사후검사	
		M	S.D.	M	S.D.
실험반	24	4.88	3.27	29.79	32.41
비교반	23	7.61	4.96	11.57	19.82

Table 4. ANCOVA results of scientific question generation ability

영역	소스	제III유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
총합	사전	560.218	1	560.218	.765	.387
	집단	4454.666	1	4454.666	6.081	.018**
	오차	32233.392	44	732.577		
합계		57171.000	47			

** $p < .05$

있다는데 창포물은 염기성일까? 등의 질문을 추가로 생성하고 있었다. 이처럼 중간적 지식 형태의 의문생성인(Collins, 1997) 산성비에 대한 의문이 삼푸와 창포물이라는 또 다른 하위 의문을 생성하였다(이혜정 등, 2005). 이러한 학생들의 질문은 답화를 유도하고 논변 활동을 강화하고 있음을 알 수 있었다(Chin & Osborne, 2010).

다음으로 학생들이 의문을 많이 생성했을 때는 다른 모둠과 실험 결과가 달랐을 때인 ‘이론이나 법칙에 의해 예상할 수 있는 현상을 관찰하는 데 실패했거나 자료의 차이가 있을 때’였다. 그 예로 페놀프탈레인 용액을 여러 가지 용액에 넣었을 때 유리세정제와 비눗방울 액이 반응하지 않은 그룹이 있었다.

C 학생: 선생님 우리는 유리세정제에 페놀프탈레인 용액을 넣어도 파란색 그래도 있었어요.

이에 다른 그룹 학생들은 진한 분홍색으로 나왔다고 하였다. 이처럼 실험 결과가 다를 때 학생들은 왜 그러한지에 대한 의문을 생성하였다. 이 외에 산성 용액과 염기성 용액을 섞으면 어떻게 되는지 알아보는 실험에서도 많은 의문이 생성되었다. 왜냐하면, 묽은 염산에 붉은 양배추 지시약을 넣은 후 묽은 수산화나트륨을 한 방울씩 넣을 때, 중화되어 무색이 된 모둠과 무색이 되지 않은 모둠 사이에 실험 결과의 차이가 나타났기 때문이다. 이처럼 실험을 통해 개념을 증명하는 과정에서 그전에 배운 내용과 다르거나 다른 모둠과 실험 결과가 다를 경우 학생들은 의문을

생성하였고, 그로 인해 논변 활동이 촉진되고 있었다(이은주, 2014). 논변 활동 와중에도 정확한 과학 지식이 없는 과학적 대화는 학생들이 과학적 개념을 정교화하고 이해하는 데 어려움을 느끼며 과학 실험 결과를 해석하는데 한계를 보이기도 하였다(임현주와 신영준, 2012). 그로 인해 질문도 많이 생성됨을 알 수 있었다.

2. 학생의 과학성취도 변화

논변 생성 활동이 초등학생의 과학학업성취도에 미치는 영향을 알아보기 위한 사전·사후검사 결과에서 실험반의 평균이 모두 높았으나(Table 5), 사전검사를 공변인으로 한 사후검사에 대한 공변량 분석 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 6). 이 결과는 학습문제에 대한 질문의 주장과 증거를 제시하며 과학적 설명을 구성하는 수업에서 학업성취도에 긍정적인 효과가 있었다는 Kim and Choi(2023)의 연구 결과와는 다소 차이가 있다. 그러나 논증 활동이 이루어진 수업에서 학업성취도 평가의 초점이 논증이나 탐구과정에 대한 평가가 포함되지 않고 단편적인 과학 지식을 평가하는 점이 이러한 결과를 초래할 수 있다는 채동현과 한제준(2013)의 연구와 같은 맥락으로 해석될 수 있겠다.

한편, 교사 성찰일지에 의하면 과학개념을 이해한 학생이 자신의 언어로 과학개념을 이해하지 못하던 학생들의 이해를 돕는 과정을 볼 수 있었다. 이는 고기압과 저기압의 개념을 적용한 바람의 방향을 알아보는 실험으로, 모둠 친구들이 실험 결과를 해석하고

Table 5. The results of science achievement

집단	N	사전검사		사후검사	
		M	S.D.	M	S.D.
실험반	24	5.17	1.58	7.69	2.15
비교반	23	4.83	1.65	7.08	2.38

만점: 10점

Table 6. ANCOVA results of science achievement

영역	소스	제III유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
총합	사전	81.943	1	81.943	24.384	.000
	집단	1.217	1	1.217	.362	.550
	오차	147.863	44	3.361		
	합계	2800.490	47			

이해하는 과정이었다. 아크릴 상자 속에서 향 연기는 모래가 든 상자 쪽에서 따뜻한 물이 든 상자로 향하지 않고 수직으로 계속 올라갔다. 이때 학생들은 실험 결과를 어떻게 해석해야 할지 당황하고 있었다. 이 현상은 학생들에게 고기압과 저기압의 개념을 이해하는데 혼란을 주는 실험 결과였고, 학생들은 모두 놀라서 왜 그러한지를 토론하게 되었다. 관찰하던 한 학생이 아크릴 상자 위에 검은 도화지를 대서 향 연기의 모양을 볼 수 있도록 하였고, 이로써 실험 결과를 도출할 수 있었지만, 학생들은 개념을 이해하는데 헛갈려하는 모습을 보였다.

이때 고기압과 저기압의 개념을 이해하는 J 학생이 자신의 언어로 모둠 친구들에게 아크릴 상자의 실험 결과를 고기압과 저기압 개념을 적용하여 설명하였고, 이는 모둠 친구들의 개념 이해에 도움이 되고 있었다.

- J 학생: 바다랑 모래사장을 생각해 봐. 밤에는 물이 더 따뜻해지고 모래가 차가워진대. 그래서 바람이 어떻게 불겠어?
- R 학생: 모래사장에서 바다로?
- J 학생: 그치 그렇겠지! 방금 실험에서 모래 상자로 따뜻한 물 두고 향 연기 실험한 거 있잖아. 그거 같이.
-
- O 학생: 그럼 밤에는 육지에서 바다로 바람 불어?
- J 학생: 응. 그치.

이처럼 학생들의 논변 생성 과정에서 학생들이 이해하기 쉬운 언어로 대화하는 모둠 친구들과의 담화가 학생들의 과학개념을 이해하는데 도움이 되고 있

음을 확인할 수 있었다.

3. 학생의 과학에 대한 태도 변화

논변 생성 활동이 과학에 대한 태도에 주는 영향을 알아보기 위한 사전검사에서 비교반의 평균이 높았으나 사후검사의 평균은 실험반이 높았다(Table 7). 이 변화에 대한 의미를 알아보기 위해 사전검사를 공변인으로 한 사후검사에 대한 공변량 분석 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 8). 이러한 결과는 Kim and Choi(2023)의 연구에서 과학적 설명 강화 활동을 5주간 실시한 후 과학에 대한 흥미의 변화가 나타나지 않은 결과와 비슷하다. 따라서 과학에 대한 태도가 논변 생성 활동 수업으로 학생들의 과학에 대한 전체적인 태도를 향상하기에는 부족하다는 시사점을 준다.

그러나 교사의 성찰일지를 통해 본 학생들의 모습은 모둠의 리더가 다른 학생들의 논변 활동 수업 참여를 긍정적으로 이끄는 것을 관찰할 수 있었다. 학생들은 논변 생성 활동에서 모둠의 리더에 영향을 받아 수업에 적극적으로 변하는 모습을 보였는데, 그 예로 D 학생의 태도 변화에 주목하게 되었다. D 학생 모둠의 K 학생은 과학 학습에 진지하고 K 학생이 낸 의견에 학급 전체 학생이 동의하는 응답을 하였을 정도로 신뢰가 높았다. 이에 K 학생은 과학 수업에 리더 역할을 수행하는데 그 모둠에 소속된 D 학생도 붉은 양배추 지시약으로 산성과 염기성을 알아보는 실험 결과를 열심히 토의하는데 적극적으로 참여하였다. 이후에 D 학생이 모둠 친구들과 증거를 제시하

Table 7. The results of attitudes toward science

집단	N	사전검사		사후검사	
		M	S.D.	M	S.D.
실험반	24	3.66	.55	3.52	.56
비교반	23	3.79	.57	3.50	.66

만점: 5점

Table 8. ANCOVA results of attitudes toward the science

영역	소스	제III유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
총합	사전	4.964	1	4.964	18.751	.000
	집단	.113	1	.113	.426	.518
	오차	11.648	44	.265		
	합계	595.072	47			

기 위한 토의를 열심히 한 후에 진지한 표정으로 ‘과학은 참 어려워요, 더 많이 공부해야겠어요’라는 말을 교사에게 하였고, 그 이후에도 모두 토의에 함께 열심히 참여하는 모습을 보였다. 이는 적극적인 실험 참여자들이 있는 리더가 많을수록 반대 실험참여자가 많더라도 이를 극복하고 활동을 관리하는 역할을 하기 때문에, 그 집단은 실험 결과 및 결과에 대해 과학적 설명을 구성하고 과학적 근거를 제시하며 논변 활동에 적극적으로 참여한다는 결과(임은희, 2013)와도 맥락이 비슷함을 알 수 있다. 이처럼 논변 생성 활동 수업이 리더라는 모두 구성원의 역할을 극대화시킴으로써 다른 모두원들의 개념 이해를 도울 수 있고, 다른 모두원들을 담화에 집중하게 하는 특이점을 제공하고 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 초등과학 수업에서 논변 생성 활동이 초등학생의 과학적 의문생성력, 과학학습성취도 및 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 효과를 알아보기 위한 것이다. 이에 대한 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 논변 생성 수업 적용이 실험반 학생들의 의문생성력에 긍정적인 영향을 주었고, 이는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 실험반 학생들의 의문생성력 사후검사에서 비교반에 비해 다양한 의문의 유형을 생성하였고, 의문의 수준에서 확인질문 생성이 비교반에 비해 높음을 알 수 있었다. 교사의 성찰일지를 통해 살펴본 결과, 과학지식이 부족한 경우나 기존 지식과의 모순되는 현상이 나타났을 때 학생들이 주로 질문을 생성하는 것을 알 수 있었다. 이는 학생들이 의문이 논변을 강화하는 역할을 하기 때문에 논변수업 개발에서 이를 반영하는 것이 필요할 것으로 보인다.

둘째, 논변 생성 수업 적용이 실험반과 비교반의 과학학습성취도에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 논변 생성 활동을 하면서 학생이 이해한 개념을 자신의 언어로 다른 친구들에게 설명함으로써 다른 학생들의 개념 이해와 변화가 일어나는 모습을 확인할 수 있었다. 이는 논변 생성 수업의 효과라고도 볼 수 있을 것으로 사료된다.

셋째, 논변 생성 수업 적용이 실험반과 비교반의 과학에 대한 태도에 통계적으로 유의한 차이가 나타나

지 않았다. 이는 논변 생성 활동 수업이 학생들의 과학에 대한 전체적인 태도를 향상시키기에는 부족하다는 시사점을 준다. 그러나 과학에 대한 태도의 변화는 나타나지 않았지만 수업에 적극적으로 참여하는 태도의 변화는 보였다. 이는 모두의 적극적인 리더에 의한 영향으로서 논변 생성 활동 수업에서 모두 구성도 학생들의 과학 수업 태도에 영향을 미치기에 이를 고려하는 것이 필요하다.

참고문헌

- 강남화, 이은경(2013). 논변, 논의, 그리고 논증: 개념의 명료화를 위한 문헌조사 연구. *한국과학교육학회지*, 33(6), 1119-1138.
- 권용주, 이준기, 이일선, 김용진(2008). 중등예비교사들의 생명현상에 대한 과학적 의문 분석을 통한 의문생성력 지수 산출식의 개발. *중등교육연구*, 56(2), 553-576.
- 권지숙, 김희백(2016). 실험 설계에서 나타난 소집단 논변활동 탐색: 활동에 대한 인식적 목표와 인식적 이해를 중심으로. *한국과학교육학회지*, 36(1), 45-61.
- 김봉준, 김희백(2019). 소집단 과학 논변 활동에서 초임 교사의 반응적 교수 실행의 특징과 한계 탐색 -프레임 중심적으로. *한국과학교육학회지*, 39(6), 739-753.
- 김성완, 박종화, 이명근(2010). 정교화 교수설계에 의한 과학적 논증 활동의 교수학습 효과. *교육공학연구*, 26(2), 217-240.
- 김지숙, 최선영(2024). 초등학교에서 식물 기르기 활동을 통한 논변 생성 프로그램의 적용에 대한 효과. *생물교육*, 52(2), 238-247.
- 박철진, 차희영(2017). 초등 과학 영재 학생들의 자연선택 개념 이해를 위한 논변 활동에서 나타난 인식적 이해와 논변활동 수준 분석. *한국과학교육학회지*, 37(4), 565-575.
- 양일호, 이효정, 이효녕, 조현준(2009). 과학적 논증과정 평가를 위한 루브리 개발. *한국과학교육학회지*, 29(2), 203-220.
- 윤선미(2016). 생산적 과학 논변활동에서 나타난 소집단 규범의 형성 과정 이해. *서울대학교 박사학위 논문*.
- 이동복, 강현석(2003). 과학적 설명과 과학교육 적용방안의 예비적 탐색. *경북대학교 중등교육연구소*, 51(1), 259-293.
- 이선경, 신명경(2017). *학교과학교육담론 개정판*. ㈜ 도서출판 북스힐.
- 이신영, 김희백(2017). 배설에 대한 협력적 모델링 과정에서 나타난 중학교 학생들의 대화적 논변활동 탐색. *한국과학교육학회지*, 37(6), 1037-1049.

- 이은주(2014). 변칙사례가 나타난 탐구활동에서 과학영재 학생들의 소집단 논변활동 이해 - 리더의 인식론적 신념에 따른 상호작용을 중심으로. 서울대학교 석사학위논문.
- 이은주, 윤선미, 김희백(2015). 변칙 사례에 대한 과학영재 학생들의 반응에서 드러난 인식론적 프레이밍과 소집단 논변활동 탐색. 한국과학교육학회지, 35(3), 419-429.
- 이혜정, 박국태, 권용주(2005). 초등예비교사들의 관찰활동에서 나타난 인과적 의문의 사고 유형과 생성 과정. 초등과학교육, 24(3), 249-258.
- 임은희(2013). 소집단 과학 탐구활동에서 나타나는 학생의 역할 구성과 논변의 공동 구성. 서울대학교 박사학위논문.
- 임청환, 채동현(2016). SSI(Socio-Scientific Issues)에 관한 토론 수업에서 나타난 초등학생들의 논변 활동 과정 및 수업 참여도 분석, 과학·수학 교육연구, 39: 141-162.
- 임현주, 신영준(2012). 초등 단위 학교 영재 수업에서 나타나는 과학적 논증 과정에 대한 탐색. 초등과학교육, 31(4), 513-531.
- 임희준(2015). 초등학생의 증거에 기반한 과학적 설명의 수정 과정 고찰. 초등과학교육학회, 34(3), 346-356.
- 조한빛, 하희수, 김희백(2019). 소집단 논변 활동에서 협력적 성찰의 역할 탐색 -학생들의 인식적 고려와 실행을 중심으로. 한국과학교육학회지, 39(1), 1-12.
- 채동현, 한계준(2013). 과학적 논증에 대한 교사의 인식 분석. 초등교육연구, 24(2), 223-235.
- 하희수(2020). Exploring student agency during the shift to collaborative contributors in small-group argumentation activity in middle school science classrooms. 국내박사학위논문 서울대학교 대학원, 2020. 서울
- 하희수, 김희백(2017). 소집단 논변 활동에서 반응적 교수법이 학생들의 인식론적 프레이밍에 미치는 영향 탐색. 한국과학교육학회지, 37(1), 63-75.
- 한문현(2020). 불확실함에서 벗어나기까지: “왜 강낭콩이 싹트지 않았을까?” 논변 활동에서 초등학생들의 정서-인지적 반박. 한국과학교육학회지, 40(1), 1-12.
- 허명(1993). 초·중·고 학생의 과학 및 과학교과에 대한 태도 조사 연구. 한국과학교육학회지, 13(3), 334-340.
- 홍준희(2018). 인지적 자원 기반 반응적 교수법이 고등학생의 인식론적 프레이밍과 논변에 미치는 영향. 한국교원대학교, 박사학위논문, 충청북도.
- 황신영(2011). 과학글쓰기 프로그램이 중학생들의 과학 창의성과 과학에 대한 태도에 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원 박사학위논문.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- 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.
- Collins, A. (1997). National Science Education Standards: Looking forward and backward. *The Elementary School Journal*, 97(4), 299-313.
- Copi, I. M., Cohen, C., McMahon, K. (2011). INTRODUCTION TO LOGIC. Person Education, Inc.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational researcher*, 23(7), 5-12.
- Fraser, B. J. (1981). Test of Science-Related Attitude: Handbook. Hawthorn, The Australian Council for Education Research.
- Kim, J., & Choi, S. (2023). Effects of a Teaching Strategies to Strengthen Scientific Explanations on Science Academic Achievement, Interest in Science, and Question Generation in Science Class. *East-Asian Association for Science Education (EASE)*. 2(3), 35-49.
- Lemke, J. L. (1990). Talking Science: Language, Learning, and Values. Ablex Publishing Corporation; Part of the Language and Educational Processes Series.
- McLure, F. (2023). The thinking frames approach: improving high school students' written explanations of phenomena in science. *Research in Science Education*, 53:173-191.
- Monk, M., & Osborne, J. (2000). Good practice in science teaching: What research has to say. In Monk, M. and Dillon, J.(eds) McGraw Hill Open University Press.
- 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.
- Sampson, V., & Clark, D. B. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 93(3), 448-484.
- Sampson, V., & Grooms, J. (2010). Generate an argument: an instructional Model. *The Science Teacher*, 77(5), 32-37.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51.

Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.

부록 1. The example of the teaching methods of the generate an argumentation

단원	3. 산과 염기
차시	4/11
차시명	지시약으로 용액을 분류해요
단계	지도 내용
○ 문제 또는 질문	<ul style="list-style-type: none"> 질문하기: 교사는 학습 문제를 질문의 형식으로 제시하기 페놀프탈레인 용액을 여러 가지 용액에 떨어뜨리면 색깔은 어떻게 변화될까요?
○ 잠정적인 논변 생성	<ul style="list-style-type: none"> 과학적 가설하기 페놀프탈레인 용액을 여러 가지 용액에 넣으면 용액의 색깔이 어떻게 변하게 될지에 대한 자신의 의견을 학습지에 기록한다. 이때 이유를 함께 생각하도록 한다. 주장하기 모둠 친구들과 페놀프탈레인 용액을 식초, 요구르트, 유리세정제, 비눗방울 액, 사이다, 석회수, 묽은 염산, 묽은 수산화나트륨에 넣으면 어떻게 변화될지에 대한 모둠의 주장을 만들기 위해 토의를 시작한다. 그 이유도 함께 제시하면서 모둠의 주장을 만든다.
○ 대화형 포스트 세션	<ul style="list-style-type: none"> 실험 활동하기 여러 가지 용액에 페놀프탈레인 용액을 넣고 용액의 색깔 변화를 관찰한다. 변화된 색깔을 학습지에 기록한다. 증거 제시하기 페놀프탈레인 용액을 넣은 후 용액의 색깔을 학습지에 기록하고 비슷한 색깔을 나타내는 용액끼리 분류한다. 분류된 용액의 종류와 색깔을 학습지에 기록한다. 과학적 근거 및 사실을 학습지에 기록하기 모둠 토의를 통해 용액의 색깔 변화를 보고, 이전 시간에 실험한 리트머스 종이의 색깔 변화 결과를 활용하여 근거가 되는 문장을 학습지에 기록한다. 이때 교사가 제시한 도움카드를 학생들에게 제시한다.
○ 쓰기 학습	<ul style="list-style-type: none"> 각 모둠별 주장과 증거를 색깔보드판에 붙이고 발표하기 페놀프탈레인 용액에 색깔이 변하지 않는 용액과 분홍색이나 붉은 색으로 변하는 용액들을 색깔 보드판에 기록하고, 주장과 함께 칠판에 붙인다. 증거 비교하기 우리 모둠의 증거와 다른 모둠의 결과를 비교하고 용액의 색깔이 다르게 변한 모둠의 증거에 대한 의견을 학습지에 기록한다. 반박하기 염기성 용액이 붉게 변하지 않은 경우, 왜 변하지 않았는지에 대해 다른 모둠 친구들이 질문하게 한다. 그리고 염기성 용액이 붉게 나온 모둠의 설명도 듣게 한다. 교사는 전체 학생들에게 비눗방울 액과 유리세정제 용액의 색깔이 붉게 변하지 않은 이유를 질문한다. 그리고 그 이유를 다양하게 추론할 수 있도록 유도한다. 비눗방울 액과 유리세정제 용액의 양을 24홈판에 어느 정도 넣었는지를 각 모둠마다 발표하게 한다. 그리고 그 용액들에 떨어뜨린 페놀프탈레인 용액의 양도 서로 설명하여 비교할 수 있도록 유도한다. 비눗방울 액과 유리세정제 용액이 무색으로 나온 모둠은 붉은색으로 나온 모둠에 가서 실험 방법을 알아보도록 한다. 주장 수정하기 비눗방울 액과 유리세정제가 무색으로 나온 모둠은 그 용액들의 양과 지시약인 페놀프탈레인 용액의 양 조절에 대해 모둠토의를 실시하고, 주장을 수정한다. 증거를 수정하기 위한 재실험하기 비눗방울 액과 유리세정제의 색깔 변화가 없는 모둠은 비눗방울 액과 유리세정제의 양을 홈판의 반만 채우고, 페놀프탈레인 용액은 집기병으로 한 방울씩 천천히 떨어뜨리면서 색깔 변화를 관찰하도록 한다. 칠판에 붙인 색깔 보드판과 학습지에 기록한 실험결과를 수정하도록 한다.
○ 쓰기 학습	<ul style="list-style-type: none"> 모둠 토의를 통해 결론 도출하여 학습지와 실험관찰에 기록하기 학습 주제에 대한 결론을 모둠 토의를 통해 도출한다. 페놀프탈레인 용액을 넣으면 붉게 변하는 용액과 색깔 변화가 없는 용액, 리트머스 종이의 색깔이 변하는 그룹이 일치하는지 확인을 하고 이를 학습지와 실험관찰에 기록한다. 페놀프탈레인 용액이 여러 가지 용액을 어떻게 분류했는지 서로 이야기 나누어 보도록 하고 그에 대한 근거가 되는 산성과 염기성 용액의 성질을 리트머스 종이의 실험 결과와 함께 비교한다. 리트머스 종이와 페놀프탈레인 용액을 활용하여 무색투명한 용액을 분류할 수 있는 방법에 대해 자신의 의견을 쓰고 그렇게 생각한 이유를 학습지에 기록한다.