

## 논의기반 탐구활동이 초등학생의 과학 글쓰기에 나타나는 주장과 증거에 미치는 영향

박지앵 · 정도준 · 김건우 · 전재경 · 남정희\*  
부산대학교 화학교육과  
(접수 2020. 6. 10; 게재확정 2020. 8. 17)

### The Effects of Argument-Based Inquiry Activities On Elementary School Students' Claims and Evidence in Science Writing

Jiaeng Park, Dojun Jung, Geonu Kim, Jaekyoung Jun, and Jeonghee Nam\*

Department of Chemistry Education, Pusan National University, Busan 46241, Korea. \*E-mail: jhnam@pusan.ac.kr  
(Received June 10, 2020; Accepted August 17, 2020)

**요 약.** 이 연구는 논의기반 탐구 과학수업이 초등학생의 과학 글쓰기에서 나타나는 주장과 증거에 미치는 영향을 알아보는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 광역시 소재의 초등학교 5학년 2개 학급의 학생(33명)을 대상으로 5개 주제의 논의기반 탐구 과학수업을 적용하였다. 논의기반 탐구 과학수업이 과학 글쓰기의 주장과 증거에 미치는 영향을 알아보기 위해 학생들이 작성한 과학 글쓰기를 분석하였으며, 논의수업을 적용한 실험집단의 5개의 주제에 대한 활동지의 과학 글쓰기를 분석하여 주장과 증거의 변화를 알아보았다. 과학 글쓰기 분석 결과, 과학 글쓰기에서 실험집단의 평균이 비교집단보다 유의미하게 높았다. 실험집단의 과학 글쓰기에서 나타나는 주장과 증거 분석 결과, 수업의 횟수가 거듭됨에 따라 주장과 증거의 수준이 점차 증가하는 경향이 나타났다.

**주제어:** 논의기반 탐구 과학 수업, 과학 글쓰기, 주장과 증거

**ABSTRACT.** The purpose of this study was to examine the effects of Argument-based Inquiry activities on the claims and evidence in elementary students' science writing. Participants were thirty three fifth grade elementary school students and argument-based inquiry activities on five topics were implemented. We analyzed the Summary Writing samples written by students to investigate the effect of the Argument-based inquiry activities on elementary students' claims and evidence in their science writing, and also analyzed the writing samples of the experimental group to which the Argument-based inquiry activities were implemented, to examine the change of claims and evidence. The results of this study showed that the mean of experimental group was significantly higher than that of the comparison group. As a result of analyzing claims and evidence in Summary Writing of experimental group, the level of claim and evidence has tended to increase gradually as the number of classes progresses.

**Key words:** Argument-based Inquiry (ABI), Science writing, Claims and evidence

## 서 론

디지털화, 세계화 및 인구 통계학적 변화는 우리의 삶과 문화를 포함하여 사회 전반에 중대한 영향을 미치고 있다. 특히 컴퓨터를 기반으로 하는 정보 처리 기술의 발달은 로봇이나 인공 지능의 개발을 통해 사회 전반에 디지털 혁신을 가져왔는데, 이와 같은 혁신은 일하는 방식의 변화를 불러 일으켜 개인에게 새로운 직업과 일자리에 적응할 수 있는 능력을 갖출 것을 요구하게 되었다.<sup>1,2</sup> 이에 OECD에서는 앞으로의 교육이 다양하고 상호의존적인 사회에 적응하며 더 나은 삶을 위해 새로운 가치를 창출(creating new value)하고, 긴장과 딜레마를 조정(reconciling

tensions and dilemmas)할 수 있으며, 자신의 행동에 대해 책임감을 갖는(taking responsibility) 개인을 기르는 방향으로 변화할 필요가 있음을 강조<sup>3</sup>하였다. 또한 이러한 세 가지 능력을 변혁적 역량(transformative competency)으로 정의하고, 미래를 살아가기 위해 갖추어야 할 지식과 기술, 태도 및 가치의 유형<sup>3</sup>으로 보았다. 이러한 측면에서 볼 때 변혁적 역량을 지닌 개인은 자신과 다른 견해를 가진 사람들의 관점을 이해할 수 있고, 새로움, 다양성 및 불확실성을 다룰 수 있으며, 책임감 있게 도전하는 등 스스로 생각하고 다른 사람들과 함께 일할 수 있다. 따라서 학교 교육에서 이를 다루고 개발하는 것은 상호 의존적인 미래 사회에서 다른 사람들과의 원활한 상호작용을 위하여 필수적이라

고 본다.

한편, 과학자들은 새로운 과학 지식의 개발을 위해 설명을 구성하고, 모델을 개발하며, 증거에 대해 이야기하고, 정보를 평가하는 등 다양한 방식으로 의사소통을 수행한다.<sup>3</sup> 과학자들의 이러한 의사소통 방식은 과학 공동체의 중요한 인식론적 실천<sup>4</sup>으로, 과학 학습 과정에서 언어와 의사소통의 역할에 대해 강조하는 것은 과학 문화에 대한 이해 및 참여로 이어질 수 있다.<sup>5</sup> 이는 불확실한 미래에 대처할 수 있는 능동적인 개인을 기르기 위해 과학 학습이 단순히 과학 지식이나 개념을 배우는 것이 아닌 과학적 소양을 함양하고 과학 문화에 입문하는 것으로 이해할 필요가 있다는 주장과 맥락이 같다.<sup>6</sup> 이러한 관점에서 볼 때 앞으로의 과학교육과 과학 학습의 목표는 과학 공동체의 의사소통 방식을 체득하고 과학 문화에 대한 이해를 높일 수 있는 방향으로 나아가야 할 필요가 있다.

2015 개정 과학과 교육에서는 미래 사회를 살아갈 학생들이 지녀야 할 미래 지향적 능력으로 과학적 의사소통 능력을 강조하고 있다. 과학적 의사소통 능력은 과학적 문제를 해결하는 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력이다. 이러한 의사소통 능력을 함양하기 위한 다양한 방법 중 대표적인 방법으로 논의가 있다. 논의는 사람들이 논의과정에서 합리적인 판단을 내릴 것이라는 가정 하에 이루어지는 언어적이며 사회적인 추론 활동이며,<sup>7</sup> 공동의 문제를 풀기 위해 주장과 증거를 교환하며 서로 검증하는 과정이다.<sup>8</sup> 과학사와 과학철학 관련 연구에서는 논의과정을 과학자들의 핵심 활동 중의 하나로 보며 과학의 본성과 과학사회의 전통의 근원이라고 여긴다. 과학사회에서는 지식 주장을 세우고 정당화하기 위하여 논의과정에 지식, 타당한 추론, 논의과정의 패턴, 증거의 다양성 등을 포함한다.<sup>9</sup> 논의는 학생들의 과학개념 이해를 효과적으로 증진시키는 수업 및 학습 전략으로 사용된다.<sup>10-15</sup> 학생들은 논의과정을 통해 개념설명을 위한 이유를 만들어가고, 자신의 주장을 정당화하려고 노력하며, 다른 의견들에 대해 도전하고 대안을 발표함으로써 학습 내용과 관련된 과학용어에 익숙해지게 되며, 결국 명확한 개념이해를 하게 된다.<sup>16</sup>

논의수업은 단순히 말로써 의견을 주고받는 토론만을 의미하지 않으며, 사고와 글쓰기를 통한 개인적 활동 또는 협상적인 사회적 활동을 포함한다.<sup>17</sup> 토론의 경우 학생들에게 적극적인 언어 상호작용이 요구되므로 학습 과정에서 의사소통 능력이 부족한 학생들은 상대적으로 많은 부담을 받게 되어 학습 성취도에서 좋은 결과를 보이지 않을 수 있다.<sup>18</sup> 또한 토론은 상대방의 주장에 대해 반박할 때 순발력이 요구되어 자신의 생각과 개념의 변화를 반성적으로

되돌아보는 충분한 시간적 여유가 부족하다. 그러나 논의를 기반으로 한 글쓰기는 지식의 구성 및 변형이 일어나는 학습 과정이며 글쓰기의 취지와 수사적인 지식 배경을 포함한다. 이때, 글쓰기 활동은 메타인지 활동을 자극하여 토론 내용을 정리하는 시각적 보조 도구로 사용되며 이는 과학개념을 이해하는 데 도움이 되고 사고에 대한 반성이나 평가 활동을 촉진한다.<sup>19</sup> 이러한 의미에서 글을 쓰면서 학습하는 것은 학생들에게 과학 지식과 사고를 통해 이를 평가하고 전략을 추론하게 하여 과학의 본성에 참여하도록 한다.<sup>20,21</sup> 학생들은 과학 교과에서 쓰기 활동에 참여함으로써 과학 수업의 전통적인 실험중심 수업 방식이 아닌 과학적 증거를 바탕으로 지식을 구성하며 개념을 획득할 수 있다.<sup>22</sup> 그러나 과학 교과에서의 글쓰기는 국어 교과에서의 글쓰기와는 다르므로 학생들에게 실제 과학이 일어나는 상황과 유사한 문제 상황의 설정과 명확한 교수 전략의 개발이 필요하다.<sup>20</sup> 선행 연구에서는 과학 교과에서의 글쓰기가 학생들의 성취수준의 격차를 줄일 수 있으며,<sup>23</sup> 개념을 명확하게 이해하는 데 효과적이라는 결과를 보이고 있다.<sup>24,25</sup>

국내 연구에서는 과학수업에서 논의활동이 학생들의 과학적 사고력, 학습 목표 인식, 과학개념 이해, 논의의 질 향상에 효과가 있으며,<sup>26</sup> 학생들의 인지 능력 및 글쓰기 능력에 효과적이고,<sup>27</sup> 인식론적 사고의 발달에 영향을 미친다고 밝히고 있으나<sup>16</sup> 그 대상이 중학생에 머물고 있다. 그리고 초등학생을 대상으로 한 과학수업에서의 논의활동에 관한 연구는 초등학생의 과학성, 논리성, 창의성이 신장된다고<sup>28</sup> 밝히고 있으나 그 대상이 성적이 중상위권인 학생<sup>29</sup> 또는 영재 학생들로 한정되어 있다.<sup>30</sup> 또한 과학 교과의 특정 주제에 대하여 논의를 하는 등 범위가 제한적이거나,<sup>31</sup> 논의활동 없이 초등학생의 과학 글쓰기 효과를 본 연구가 대부분이다.<sup>32-34</sup>

논의를 통한 의사소통에서 Toulmin은 논의를 주장과 추론이 상호적으로 연결된 일련의 결과로 보았고, 주장을 내세우고 그 주장에 대한 정당성을 인정받기 위한 이유와 증거를 찾는 추론 과정이 연속적으로 이루어지는 것을 논의로 하였다.<sup>35</sup> 이러한 논의를 통해 학생들은 주장 제시, 증거의 타당성을 찾아 의사소통하며 과학개념을 이해하게 되고, 논의를 통한 의사소통은 말뿐만 아니라 글로써 자신의 주장과 증거를 제시할 수 있다.<sup>36</sup>

논의기반 탐구수업은 전 과정에서 논의에 의한 협상과 합의의 중요시하며<sup>37</sup> 이러한 과정을 통해 학생들은 과학적 사고를 할 수 있다.<sup>38</sup> 또한 탐구과정에 토론, 읽기, 글쓰기 활동을 통합하여 학생들이 탐구의 중심에서 과학 개념을 이해할 수 있도록 한다.<sup>39</sup> 탐구적 과학 글쓰기 활동에서 협상에 기반한 논의활동은 학생들의 주장 및 증거의

수준을 향상시키며, 논의를 지속적으로 경험한 학생들은 사회적 상호작용을 통해 내면의 사고 전략을 외면화하여 사고 능력이 향상되고 탐구적 과학 글쓰기 활동이 진행됨에 따라 주장과 증거의 수준이 향상된다고 보고하였다.<sup>36</sup>

이 연구에서는 과학수업에서의 논의활동이 초등학생의 의사소통에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 논의 활동이 진행되면서 초등학생의 과학 글쓰기에 나타나는 주장과 증거의 변화를 알아보고자 하였다. 이를 위해 5가지 주제를 10차시에 걸쳐 초등 과학에 논의기반 탐구 과학수업을 적용하여 과학 글쓰기 활동에서 나타난 주장과 증거를 분석하였다. 그리고 이러한 변화의 원인을 알아보기 위해 논의활동 전·후에 실시한 실험집단과 비교집단의 과학 글쓰기 내용을 분석하였다.

이에 따라 이 연구에서는 다음과 같이 연구문제를 설정하였다.

1. 논의기반 탐구수업이 초등학생의 과학 글쓰기에서 나타나는 주장 및 증거에 미치는 영향은 어떠한가?
2. 논의기반 탐구수업에 따른 초등학생의 과학 글쓰기에서 나타나는 주장 및 증거의 변화는 어떠한가?

## 연구 방법

### 연구 대상

이 연구는 광역시에 위치한 초등학교 5학년 2개 학급의 학생 33명을 대상으로 하였으며, 이 중 1개 학급 17명은 실험집단으로, 다른 1개 학급 16명은 비교집단으로 선정하였다. 실험집단은 2019년 4월부터 5개 주제의 논의기반 탐구수업을 적용하였으며, 1개 주제는 2차시로 구성되었고 각 차시는 40분 수업으로 구성되었다. 실험집단과 비교집단은 학기 초에 사전 과학 글쓰기 및 기초학력 진단 검사를 통하여 두 집단의 동질성을 확인하였다.

### 논의기반 탐구수업을 적용한 초등 교수학습 프로그램 개발

논의기반 탐구수업(Argument-Based Inquiry, ABI)은 학생들의 과학적 탐구와 과학개념이해를 향상시키기 위한 학습전략으로써 Keys<sup>40</sup>에 의해 제안된 논의 및 글쓰기에 기반한 과학탐구 전략을 수정·보완한 프로그램이다.<sup>41</sup> 논의기반 탐구수업(ABI)은 총 6단계로 의문 만들기, 실험계

획 및 수행, 관찰, 주장-증거, 읽기, 반성으로 구성된다. 논의기반 탐구수업(ABI)에서 학습자들은 제시된 문제 상황에서 문제를 인식하여, 스스로 학습 목표인 의문을 만들고, 이를 해결하기 위해 실험을 설계하고 관찰한 뒤, 관찰 결과를 근거로 하여 자신의 주장을 쓰게 된다. 이러한 과정에서 학습자는 교사 또는 다른 학생과의 논의를 통해 자신의 생각과 다른 학생의 생각을 비교하여 합리적인 문제 해결방법에 대해 모색한다. 또한 학습주제와 관련된 읽기 활동을 통해 과학자들의 생각과 자신의 생각의 차이를 비교하고 자신의 주장을 정교화 한다. 또한 반성의 단계에서는 학습의 전 과정에 대해 생각하고 스스로의 활동을 돌아보는 반성적 혹은 메타인지 능력을 향상시킬 수 있는 기회가 된다.<sup>41</sup>

이 연구에서는 논의기반 탐구수업(ABI)을 초등학생의 흥미와 수준을 고려하여 단계의 명칭 및 활동을 부분적으로 수정하여 ‘알로호모라아’ 과학수업을 개발하였다. 알로호모라아 과학수업은 총 6단계로, ‘알고 싶은 것 생각하기’, ‘로딩중 실험설계하기’, ‘호기심 관찰로 해결하기’, ‘모듬의 주장증거’, ‘라(나)의 생각 돌아보기’, ‘아하! 알게 된 것 설명하기’로 구성되어 있다. ‘알고 싶은 것 생각하기’ 단계는 교사가 학습문제에 따른 문제 상황을 그림 또는 동영상으로 제시하면 학생들이 궁금하거나 알고 싶은 것을 개별적으로 생각하여 의문을 만든 뒤, 모듬논의를 통해 모듬별 의문을 만들어 학급 전체 논의 후 학급의 의문을 정한다. 의문은 구체적이며 실험을 통해 답을 분명하게 찾을 수 있는 것이어야 한다. ‘로딩중 실험설계하기’ 단계는 학급에서 정해진 의문을 해결하기 위해 모듬별 논의를 통해 학생들 스스로 실험을 설계한다. 이 때 실험준비물은 기본 준비물에 학생들이 추가적으로 원하는 종류와 수만큼 제공한다. ‘호기심 관찰로 해결하기’ 단계는 실험을 통해 관찰한 결과를 적절한 방법(표, 그래프, 그림 등)으로 제시한다. ‘모듬의 주장증거’ 단계는 관찰 결과를 바탕으로 의문을 해결할 자신의 주장과 증거를 생각해보고, 모듬 친구들과 주장과 증거를 논의 후 학급 전체학생이 논의를 하는 단계이다. ‘라(나)의 생각 돌아보기’ 단계는 해당 주제에 대한 과학자의 주장과 증거를 읽고 나의 생각과 비교하여 생각의 변화와 이유를 적는다. 이 때 수업을 통해 자신의 생각이 어떻게 변했는지 생각해보는 메타인지적 사고의 과정이 이루어

**Table 1.** Topics and periods of Alohomoraa strategy using Argument-Based Inquiry

| Theme                   | Topic  | Period |
|-------------------------|--|--------|
| 2. Temperature and heat | How does the temperature of the two substances change when they come into contact with each other? | 2      |
|                         | How is heat transferred in solid?  | 2      |
|                         | How does the heat transfer rate differ depending on the type of solid material?                    | 2      |
|                         | How is heat transferred in liquid?   | 2      |
|                         | How is heat transferred in gas?  | 2      |

진다. 활동의 마지막 단계인 ‘아하! 알게 된 것 설명하기’에서는 수업을 통해 알게 된 것을 다양한 모델을 사용하여 자신만의 방법으로 알기 쉽게 설명한다.

이러한 6단계의 전략에 따라 총 5개 주제의 수업 프로그램을 개발하였고(Table 1), 각 주제는 2차시로 구성되었다. 학습주제는 초등학교 5학년 1학기 ‘2.온도와 열’ 단원에서 선정하였으며, 개발된 수업 프로그램은 과학교육 전문가 1명, 과학교육 박사과정 3명으로부터 타당도를 검증 받았다.

### 검사도구

본 연구에서 사용한 검사 도구는 기초학력 진단검사와 과학 글쓰기 검사(Summary Writing Test)이다. 처치 전 실험집단과 비교집단 학생들의 동질성을 판별하기 위해 기초학력 진단검사와 사전 과학 글쓰기 검사를 실시하였다.

기초학력 진단검사는 3월초 전국 초등학교 5학년 1학기 초에 기초 학습 부진학생을 진단하고 교과 학습 부진 학생에 대한 학교 책무성을 강화하며 교육격차를 해소하여 균형 있는 교육을 제공하기 위한 평가로써 학생들의 사전 기초 개념 이해 수준을 알아보기 위한 것이다.<sup>42</sup> 검사지는 25문항으로 구성되어 있으며, 25문항 모두 선택형 문항으로 문항 당 4점씩 총 100점으로 환산하였다. 사전 검사도구로 이용한 기초학력 진단검사의 과목은 과학 글쓰기에 영향을 미칠 수 있다고 판단되는 과학과 국어를 선정하였다.

과학 글쓰기 검사(Summary Writing Test)는 논의기반 탐구수업이 초등학교 5학년의 주장 및 증거 능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 학습 전과 후에 실시하였다. 학생들은

“태양계와 별에 대하여 아는 대로 자유롭게 적어보세요”와 같은 개방적인 질문에 대한 자유로운 글쓰기를 수행한다. 단, 글쓰기 형태의 개방성으로 인해 학생들이 핵심 개념을 포함하지 않을 수 있으므로 “아는 내용을 동생에게 설명하듯이 자세하게 모두 적어봅시다”와 같은 안내를 추가로 제공하였다. 이와 같이 형식에 얽매이지 않고 자유롭게 작성하는 글쓰기는 학생들이 학습한 과학개념을 유기적으로 연결하는지와 함께 배운 지식의 내면화 여부를 알아볼 수 있다. 특히 논의기반 탐구수업에서의 모둠별, 학급별 논의 경험은 학생들이 학습한 과학 지식과 자신의 사고를 다양한 방식으로 나타내는 데 익숙해지도록 하므로, 과학 글쓰기를 통해 학생들이 과학적 증거를 바탕으로 지식을 구성해나가는 과정을 평가할 수 있다.<sup>22</sup> 사전 과학 글쓰기 주제는 ‘태양계와 별에 대하여 글쓰기’였으며, 사후 과학 글쓰기 주제는 ‘열의 이동에 대하여 글쓰기’였다. 또한 논의기반 탐구수업을 적용한 실험집단 학생의 주장 및 증거 제시 능력의 변화를 알아보기 위하여 5개의 활동을 수행하면서 학생들이 작성한 활동지를 수집하여 분석하였다.

### 과학 글쓰기 분석틀

이 연구에서 실시한 논의활동이 초등학교 5학년의 과학글쓰기 중 주장과 증거에 미치는 영향을 분석하기 위해 이전 연구에서 개발된 과학글쓰기 평가틀<sup>36</sup>을 수정·보완하여 사용하였다(Table 2). 이 평가틀은 주장 및 증거의 영역으로 구분되어 있으며, 주장영역은 ‘내용’, ‘정확성’, ‘정교화’ 항목으로 구성되었고, 증거영역에서는 ‘정교화’, ‘정확성’ 항목으로 구성되었다. 주장의 ‘내용’ 항목은 각 주제의 의문이 요구하는 핵심 과학개념을 포함하는지 여부에 따라

**Table 2.** Analysis framework for Summary Writing Test

| Category      | level | Summary Writing Test Criteria  |
|---------------|-------|--|
| Claim         | 4     | Refers to all the relevant concepts.   |
|               | 3     | Refers to two of the concepts involved.  |
|               | 2     | Refers to one of the concepts involved.  |
|               | 1     | Not referring to the concepts involved or having no claim to the relevant concept.   |
|               | 2     | Accurately states the relationship between the variables.  |
| Exquisiteness | 1     | Makes statements only about each of the variables.   |
|               | 2     | States the contents accurately.  |
| Accuracy      | 1     | States the contents inaccurately.  |
|               | 3     | Interprets or explains the results of the relationship between the variables to the experiment, reading materials, and class discussions.                |
| Evidence      | 2     | Presents the relationship between the variables to experimental results, reading materials, and class discussions without interpretation or explanation. |
|               | 1     | The results of the experiment, reading materials, and class discussions are insufficiently presented and arguments are presented as they are.            |
|               | 3     | States the contents accurately.  |
| Accuracy      | 2     | States the contents with some inaccuracy.  |
|               | 1     | Not support the claim or state contents incorrectly.   |

4개 수준으로 나누었으며, 주장의 '정확성' 항목은 해당하는 과학개념을 정확하게 나타내었는지 여부에 따라 2개 수준으로 나누었다. 주장의 '정교화' 항목은 주장의 진술 형태가 의문에서 나타나는 구체적인 변인관계를 언급하고 있는가를 평가하는 요소로써 2개 수준으로 나누어 평가하였다.

증거영역의 '정교화' 항목은 학생들이 제시하는 증거가 실험 결과나 읽기 자료, 학급논의를 바탕으로 이에 대한 해석이나 설명을 통해 변인 관계가 드러나도록 정교하게 나타내고 있는지를 평가하여 3개 수준으로 나누었다. 마지막으로 '정확성' 항목은 증거의 내용이 정확하게 진술되었는가를 평가하기 위한 요소로 3개 수준으로 나누었다. 과학 글쓰기 분석은 과학교육 박사과정 3명이 각각 채점하고 비교하며 합의에 이를 때까지 지속적으로 협의하여 분석의 신뢰도를 높이고자 하였다.

**수업처치**

비교집단은 학습주제를 확인하고 교과서에 제시된 실험순서에 따라 실험 후 도출된 결과를 실험관찰 책에 기록하여 정리하는 초등학교에서 보편적으로 이루어지고 있는 실험중심 과학수업을 하나의 주제당 2차시로 재구성하여 5개 주제(10차시)의 활동을 실시하였고, 실험집단은 논의기반 과학수업을 적용하여 총 5개 주제에 대한 10차시의 수업을 동일한 시수로 적용하였다. 실험집단 수업의 적용은 6단계로 이루어진 알로호모라아 수업의 단계에 따라 이루어졌다. 수업 적용 전, 학생들에게 알로호모라아 수업에 대해 설명하였으며 이 때 각 단계에서 요구되는 활동에 대한 안내와 논의활동에서 지켜야 할 사항에 관한 논의규칙을 연구자인 교사와 학생이 상호작용을 통해 함께 만들었다(Table 3).

알로호모라아 수업의 첫 번째 단계인 '알고 싶은 것 생

각하기'에서는 교사가 학습 목표에 따른 문제 상황을 그림이나 동영상으로 제시하고 학생 개인별로 제시된 상황을 바탕으로 적절한 의문을 만들어 낸 뒤 모둠별 논의를 통해 모둠별 의문을 만들게 하였다. 그다음 모둠별로 만들어진 의문을 전체 학급 논의를 통해 가장 타당한 하나의 의문으로 만들어 내도록 하였다.

만들어진 학급의 의문을 바탕으로 각 모둠에서는 논의를 거쳐 의문을 해결하기 위한 실험을 설계하고 실시하도록 하였다. 이 단계에서 교사는 학생의 실험설계에 필요한 기본 실험도구를 제공하지만 추가로 필요한 실험도구가 있다면 각 모둠에서 요구하는 종류를 필요한 양만큼 제공하였다. 또한 실험 실행 시 관찰은 학생 개인별로 수행하고 결과에 대한 해석 또한 개인별로 진행하도록 하였다.

모둠의 실험 결과에 대한 해석을 바탕으로 학생들은 학급의 의문에 답이 될 수 있는 자신의 주장과 증거를 학습지에 정리하였다. 그 후 모둠별 논의와 협상을 통해 모둠별 주장과 증거를 만들어 내고 A3 종이에 정리하여 칠판에 게시 후 전체 학급 친구들에게 발표하였다. 전체 학급 발표 시에는 다른 모둠의 주장이나 증거에 대하여 들은 후 잘된 점은 노랑 포스트잇에, 의문이 생기거나 수정이 필요한 점은 붉은 포스트잇에 적은 후 칠판에 붙였다. 그리고 발표 모둠은 포스트잇에 대한 내용에 적절한 대답을 하였고 그 응답이 불만족스러울 경우 추가 질문을 받고 대답을 하도록 하여 전체논의가 되도록 교사가 유도하였다. 이러한 과정을 통하여 각 모둠에서 제시한 주장과 증거의 타당성을 점검한 후, 전체 논의가 끝나면 학생들은 개인별로 스마트기기를 이용하여 디지털 교과서 및 인터넷을 검색을 통해 자신의 주장과 증거를 전문적으로 인정된 자료와 비교하여 타당성을 점검하고 사회적 합의를 통해 자신의 주장을 유효화하도록 하였다. 수업의 마지막인 '아하! 알게 된 것 설명하기' 단계는 과제로 제공하여 모든 과정을

**Table 3.** Listening and speaking rules

| Listening rules |  |
|-----------------|--|
| 1               | I look into my friend's eyes and listen.   |
| 2               | I listen by comparing my opinion with my friend's.   |
| 3               | If you listen to your friend's opinion and sympathize with it, you nod your head.          |
| 4               | Even if my friend's opinion is different from mine, I respect it until the end.            |
| 5               | I listen while thinking about whether my friend's claim and evidence are reasonable.       |
| 6               | When an important or unknown word comes up, I take notes and listen.                       |
| Speaking rules  |  |
| 1               | I look into my friends' eyes and speak.  |
| 2               | Speak slowly and clearly with correct pronunciation.                                       |
| 3               | I logically state my claims based on the evidence.   |
| 4               | If you have a friend who wants to speak at the same time, raise your hand first and say it |
| 5               | During a group discussion, the voice is kept quiet.  |
| 6               | During a whole class discussion, the voice is the size of the entire sound.                |

반성적으로 살펴보는 쓰기를 통해 자신의 생각이 수업의 과정을 통해 어떻게 달라졌는지를 살펴보게 하였다. 또한 배운 내용을 자신만의 다양한 방법으로 설명하도록 하였다.

### 자료분석

과학 글쓰기의 분석은 과학교육전공 박사과정 3명과 석사과정 1명이 과학 글쓰기 분석틀<sup>36</sup>을 이용하여 공동으로 수행하였다. 이 분석틀에 따라 학생들이 작성한 과학 글쓰기에서 주제와 관련된 과학개념을 설명하여 자신의 견해를 밝힌 진술은 ‘주장의 내용’, 변인 간의 관계를 정확하게 나타낸 진술은 ‘주장의 정교화’, 과학개념의 관계를 정확하게 표현한 진술은 ‘주장의 정확성’으로 코딩하였다. 그리고 이러한 주장을 뒷받침하는 증거를 실험 결과나 읽기 자료, 학급논의를 바탕으로 해석한 설명은 ‘증거의 정교화’, 증거의 내용이 정확하게 표현한 설명을 ‘증거의 정확성’으로 코딩하여 각 요소별로 분석하였다.

분석한 자료는 실험집단과 비교집단의 ‘태양계와 별’에 관한 사전 과학 글쓰기와 알로호모라아 프로그램 적용 후의 ‘열의 이동’에 관한 사후 과학 글쓰기, 실험집단의 ‘열의 이동’에 관한 5가지 주제의 학생활동지의 주장 및 증거 단계의 과학 글쓰기이다. 과학 글쓰기 분석틀을 이용한 주장과 증거의 분석 시 신뢰도를 높이고자 분석의 과정은 1차와 2차에 걸쳐 진행되었다. 분석에는 과학교육 박사과정 3명, 석사과정 1명이 1차 분석에서 과학 글쓰기 분석틀을 이용하여 학생들의 과학 글쓰기를 분석하였다. 2차 분석은 1차 분석에 참여했던 4인의 분석자 중 박사과정 3인이 참여했으며 이들은 모두 초등교사로 연구 주제와 관련된 수업 경험이 있으며 초등학생 및 초등교육과정에 대한 충분한 이해를 가지고 있었다. 3인의 분석자는 각자 실험 집단과 비교집단의 ‘태양계와 별’, ‘열의 이동’의 과학 글

쓰기를 채점하였고, 채점 과정에서 이견이 있는 경우 합의를 통해 재채점을 실시하여 이를 바탕으로 일치도 통계(PA)와 Kappa계수를 이용하여 평가자 간 평가 일치도를 산출하였다. 그 결과 ‘주장의 내용’의 Kappa 계수는 0.88, ‘주장의 정교화’는 0.81, ‘주장의 정확성’은 0.96, ‘증거의 정교화’는 0.85, ‘증거의 정확성’은 0.88로 나타나 평가자 간 신뢰도가 매우 높은 것으로 판단할 수 있다(Table 4).

### 연구 결과

이 연구에서는 논의활동이 초등학생의 과학 글쓰기에 나타나는 주장과 증거에 미치는 영향을 알아보기로 5개의 주제에 대하여 알로호모라아 프로그램을 처치한 후, 과학 글쓰기 검사(Summary Writing Test)를 분석하였다. 실험집단과 비교집단 비교는 사전 및 사후 과학 글쓰기 검사(Summary Writing Test)에서 나타나는 주장과 증거의 제시 능력을 분석하였고, 실험집단의 주장 및 증거의 제시 능력 변화는 알로호모라아 프로그램의 활동지에 나타난 과학 글쓰기의 주장 및 증거 변화를 분석하였다.

### 사전 동질성 비교

논의기반 탐구 과학수업 알로호모라아 프로그램 적용 전 두 집단의 동질성 판별을 위해 교과학습 진단평가에 대한 t검증 분석 결과, 논의 및 과학 글쓰기와 관련 있는 과학 및 국어 교과에서 실험집단과 비교집단 사이에 유의한 차이가 없었다(Table 5, 6).

교과학습 진단평가에 대한 구체적인 분석 결과를 보면, 과학 교과의 평균값은 실험집단(85.18)이 비교집단(84.50)보다 높았으나 국어 교과의 평균값은 실험집단(88.24)이 비교집단(89.75)보다 낮았다. 그러나 과학 교과와 국어 교

**Table 4.** Inter-rater reliability of Summary Writing Test framework

|               | Claim   |               |          | Evidence      |          |
|---------------|---------|---------------|----------|---------------|----------|
|               | Content | Exquisiteness | Accuracy | Exquisiteness | Accuracy |
| Agreement     | 0.91    | 0.85          | 0.97     | 0.88          | 0.91     |
| Cohen's kappa | 0.88    | 0.81          | 0.96     | 0.85          | 0.88     |

**Table 5.** t-test results of the diagnostic assessment of Science subject

| Group        | N  | Mean  | SD    | t    | p    |
|--------------|----|-------|-------|------|------|
| Experimental | 17 | 85.18 | 14.12 | 2.03 | 0.43 |
| Comparative  | 16 | 84.50 | 9.45  |      |      |

**Table 6.** t-test results of the diagnostic assessment of Korean subject

| Group        | N  | Mean  | SD   | t    | p    |
|--------------|----|-------|------|------|------|
| Experimental | 17 | 88.24 | 9.73 | 2.03 | 0.33 |
| Comparative  | 16 | 89.75 | 9.90 |      |      |

**Table 7.** Pre Summary Writing Test scores of students in Experimental and Comparative groups

|          |               | Experimental |      | Comparative |      | t    | p    |
|----------|---------------|--------------|------|-------------|------|------|------|
|          |               | M            | SD   | M           | SD   |      |      |
| Claim    | Content       | 1.71         | 0.59 | 1.88        | 0.62 | 2.04 | 0.43 |
|          | Exquisiteness | 1.06         | 0.25 | 1           | 0    | 2.04 | 0.31 |
|          | Accuracy      | 1.06         | 0.25 | 1.06        | 0.25 | 2.04 | 0.97 |
| Evidence | Exquisiteness | 1            | 0    | 1.05        | 0.24 | 2.04 | 0.34 |
|          | Accuracy      | 1.06         | 0.25 | 1           | 0    | 2.04 | 0.31 |

과의 점수는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ( $t=2.03, p>.05$ ). 따라서 교과학습 진단평가 결과에 대해 두 집단을 동질집단으로 간주할 수 있다.

알로호모라야 프로그램 처치 전 실험집단과 비교집단에 ‘태양계와 별’에 대하여 사전 과학 글쓰기를 실시하였다. 논의활동 적용 전 두 집단의 동질성 판별을 위해 사전 과학 글쓰기에 대한 t검증 분석 결과, 실험집단과 비교집단의 과학 글쓰기에서의 주장 및 증거 제시 능력은 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 7). 따라서 두 집단은 동질집단으로 간주할 수 있다.

**논의기반 탐구 과학수업의 과학 글쓰기 분석**

논의기반 탐구 과학수업이 초등학교 학생들의 주장 및 증거 제시 능력에 미치는 영향을 알아보기 위해 ‘온도와 열’ 단원을 학습 후 실험집단과 비교집단 모두 ‘열의 이동’에 대한 사후 과학 글쓰기를 비교하여 분석하였다. 또한 실험집단은 ‘온도와 열’ 단원에서 수행한 5개 주제의 알로호모라야 프로그램에서 학생들이 작성한 활동지에 나타나는 주장과 증거의 제시 능력의 변화를 분석하였다.

**과학 글쓰기에 나타나는 주장 및 증거 분석**

알로호모라야 프로그램 처치 후 실험집단과 비교집단 학생의 과학 글쓰기에서 나타나는 주장의 ‘내용’, ‘정교화’, ‘정확성’, 증거의 ‘정교화’ 및 ‘정확성’을 분석하였다. ‘주장의 내용’ 항목은 학생들이 ‘온도와 열’에 대한 과학개념을 모두 언급했는지를 분석하였으며, ‘주장의 정교화’ 항목은 변인 간의 관계를 정확하게 진술했는지 분석하였다. ‘주장의 정확성’ 항목은 관련된 개념간의 관계를 정확히 설

명하는지 알아보았고, ‘증거의 정교화’ 항목은 실험 결과나 읽기 자료, 학급논의를 바탕으로 이에 대한 해석이나 설명을 하는지 분석하였다. ‘증거의 정확성’ 항목은 내용을 정확히 진술하는지를 분석하였다. 분석결과, 과학 글쓰기에서 실험집단이 비교집단의 주장 및 증거 제시 수준이 모든 항목에서 높게 나타났으며 특히 ‘증거의 정확성’ 항목에서 많은 차이가 나타났다(Table 8).

아래의 사례는 ‘온도와 열’ 단원에 대한 학생들의 사후 과학 글쓰기(Summary Writing Test)에서 나타난 실험집단과 비교집단의 주장 및 증거 제시의 사례이다.

**주장의 내용**

‘주장의 내용’ 항목의 통계 결과(Table 8), 실험집단의 평균은 2.81이며 비교집단의 평균은 1.50으로 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다( $p<.05$ ). 사례에서 보듯이 실험집단 학생과 비교집단 학생 모두 열의 이동에 대한 과학 개념을 고체, 액체, 기체의 상태에 따라 나누어 설명하고 있다. 하지만 실험집단 학생은 고체, 액체, 기체에서 열의 이동을 각각 ‘전도’, ‘대류’ 라는 과학 개념을 언급하며 설명하고 있다. 또한 고체에서 열의 이동 속도를 실생활과 관련하여 설명하고 액체와 기체에서의 열의 이동을 자세하게 방향을 제시하며 설명하였다. 반면 비교집단 학생은 고체와 액체에서의 열의 이동만 언급하고 있으며, 열의 이동에 대한 개념을 유기적으로 연결하지 못하고 주장을 단순하게 나열하여 설명하고 있다.

**<사례1>**

실험집단 학생1: 고체에서 열의 이동 방법은 고체가 연결되

**Table 8.** Post Summary Writing Test scores of students in Experimental and Comparative groups

|          |               | Experimental |      | Comparative |      | t    | p     |
|----------|---------------|--------------|------|-------------|------|------|-------|
|          |               | M            | SD   | M           | SD   |      |       |
| Claim    | Content       | 2.81         | 1.25 | 1.50        | 0.90 | 2.04 | 0.001 |
|          | Exquisiteness | 1.44         | 0.51 | 1.06        | 0.25 | 2.04 | 0.007 |
|          | Accuracy      | 1.56         | 0.51 | 1.13        | 0.35 | 2.04 | 0.013 |
| Evidence | Exquisiteness | 2.41         | 0.62 | 1.25        | 0.58 | 2.04 | 0.000 |
|          | Accuracy      | 2.56         | 0.63 | 1.25        | 0.69 | 2.04 | 0.000 |

어 있는 면으로 이동하며 이를 전도하고 한다. 또한 금속류의 물질이 나무, 유리보다 열이 전도되는 속도가 빠르다. 액체에서 열의 이동방법은 열이 위→옆→아래→위로 열이 이동하며 이를 대류라고 한다. 기체에서 열의 이동 방향은 뜨거운 공기는 위로 올라가고 차가운 공기는 아래로 내려오며 대류를 한다.

비교집단 학생1: 전도는 고체의 열의 이동입니다. 액체의 열의 이동은 대류입니다. 전도는 숟가락을 국물에 넣어두면 전도를 하고 대류는 잉크를 물 안에 넣고 밑에 뜨거운 물을 두면 잉크가 퍼지는 그것이 대류입니다.

### 주장의 정교화

‘주장의 정교화’에 나타난 통계 결과(Table 8)의 실험집단의 평균은 1.44인 반면에 비교집단의 평균은 1.06으로 통계적으로 유의미한 차이가 있다( $p < .05$ ). <사례2>에 나타난 ‘주장의 정교화’ 항목에서 논의기반 탐구 과학수업을 수행한 실험집단 학생은 열의 이동과 관련된 변인 간의 관계를 정확하게 진술하고 있다. 반면에 비교집단 학생은 열의 이동과 관련된 변인에 대한 진술만 하고 있다.

#### <사례2>

실험집단 학생2: 고체에서의 열은 이동은 전도라고 한다. 전도에 의해 열이 전달되는데 불과 가까이 있는 곳부터 열이 이동하며 고체가 끊기거나 떨어져 있으면 열은 전달되지 않는다. 고체에서 전도 속도는 빠른 것과 빠르지 않은 것이 있는데, 금속이 플라스틱이나 유리보다 전도속도가 빠르다.

비교집단 학생2: 고체는 뜨거운 물 옆에 두거나 넣어두면 그것이 뜨거워집니다. 뜨거운 물이 우리의 손에 닿으면 화상을 입는 것과 같이 물체, 고체, 기체 다 뜨거워지고 또한 차가워집니다. 실험을 해보자면 뜨거운 물을 비커에 담아두고 그 옆에 버터를 놔두고 몇 분 안에 녹고 차가운 물 옆에 놔두고 과연 차가워질까?라는 것을 관찰해도 될 것 같습니다.

### 주장의 정확성

‘주장의 정확성’에 나타난 실험집단의 평균은 1.56로 비교집단의 1.13보다 높으며 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다( $p < .05$ ). 사례에서 보듯이 실험집단 학생은 고체, 액체, 기체에서 열의 이동을 구체적인 방향을 제시하며 정확하게 설명하였다. 반면에 비교집단 학생은 열에 대한 과학개념을 이해하지 못하며 과학실에서 사용해본 실험도구의 경험을 떠올려 설명을 하려고 하지만 열의 이동을 온도계의 눈금이 이동하는 것으로 이해하여 학습한 내용을 부정확하게 설명하고 있다.

#### <사례3>

실험집단 학생3: 고체에서의 열의 이동은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동한다. 액체와 기체에서의 열의 이동은 대류를 통해 이동한다.

비교집단 학생3: 열의 이동은 뜨거운 물에서 열이 나게 되면 알코올 온도계가 열이 나면서 온도계의 온도가 높아지게 되고 또한 차가운 물에 알코올 온도가 더 낮아지게 됩니다.

### 증거의 정교화

‘증거의 정교화’ 항목의 통계결과를 살펴보면(Table 8), 실험집단의 평균은 2.41이며 비교집단의 평균은 1.25로 통계적으로 유의미한 차이가 있다( $p < .05$ ). 사례를 살펴보면 실험 결과나 읽기 자료, 학급논의를 바탕으로 설명을 하는 ‘증거의 정교화’ 항목에서 실험집단 학생은 열의 이동에 대하여 실험을 통해 도출한 결과를 예로 들어 자세하게 설명하였으며, 실생활의 예를 활용하여 증거를 제시하였다. 반면 비교집단 학생은 학습한 내용이 아닌 실생활에서의 경험을 재구성하여 설명하며 ‘열기’와 같은 오개념을 빈번하게 사용하여 증거를 제시하였다.

#### <사례4>

실험집단 학생4: 고체에서 열의 이동은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 고체를 따라 이동합니다. 여러가지 모양의 구리판으로 실험해봤을 때 가열한 쪽에서 부터 먼 쪽으로 이동합니다. 열이 이동하다 고체가 끊겨 있으면 이동되지 않습니다. 이런 방식으로 고체에서 열이 이동하는 것을 전도라고 합니다. 고체에서 열의 이동은 물체의 성질에 따라 열의 이동속도가 다릅니다. 액체에서 열의 이동은 대류를 통해 이동한다. 물을 끓이면 온도가 높아진 물이 위로 올라가고, 위에 있던 물이 아래로 내려오는 것을 ‘대류’라고 합니다. 기체에서 열은 액체와 똑같이 대류를 통해 이동합니다. 알코올 램프 위에서 비눗방울을 붙면 비눗방울이 오르락내리락 대류를 하는 것을 볼 수 있습니다. 대류 때문에 에어컨이나 난로를 켜면 집 전체가 시원해지고 따뜻해집니다. 그리고 이렇게 열이 쉽게 이동하지 못하게 하는 것은 단열이라고 합니다. 실생활의 예로는 물질의 성질에 따라 열의 이동속도가 달라지는데 주전자는 쇠로 되어 있어 주전자는 빨리 뜨거워지고 손잡이는 플라스틱으로 되어 있어 거의 안 뜨거워집니다. 비교집단 학생4: 일단 후라이팬을 가열시키면 후라이팬이 뜨거워진다. 그 다음 기름을 두르면 기름에게 열기가 간다. 그리고 계란을 부셔서 넣으면 열기가 계란에 가기 때문에 계란이 뜨거워진다. 근데 물체가 가운데 있으니까 열기는 가운데에 몰려있다. 다른데도 열기가 남아있지만 가운데가 특히 뜨겁다. 그러면서 기름이 튼다.

**증거의 정확성**

‘증거의 정확성’에 나타난 통계 결과는(Table 8), 실험집단의 평균은 2.56인 반면 비교집단은 1.25로 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 알 수 있다( $p < .05$ ). 이에 대한 사례를 살펴보면 논의기반 탐구 과학수업을 한 실험집단 학생은 열의 이동에 대한 증거를 실생활과 연결하여 고체, 액체, 기체의 경우로 나누어 정확하게 설명하였다. 반면 비교집단 학생은 고체에 대한 열의 이동만 여러 가지 예를 통해 설명하였고 주장을 뒷받침할 수 없는 증거를 제시하거나 ‘전자레인지에서 나오는 불’과 같이 눈에 보이는 현상을 과학적 사고 및 추론 과정 없이 수용하여 잘못된 과학개념으로 설명하였다.

**〈사례5〉**

**실험집단 학생5:** 고체의 실생활을 예를 들면 불로 요리를 할 때 냄비나 후라이팬이 금속이면 열의 전도가 빨리 빨리 뜨거워져 음식을 빨리 익힐 수 있다. 액체의 실생활의 예를 들면 물을 끓일 때 차가운 물이 아래로 이동해서 불이랑 가까워져 뜨거운 물이 되어 올라가고 이걸 반복하는 대류를 통해 물이 점점 데워진다. 기체에서의 실생활을 예를 들면 에어컨이 천장(위)쪽에 달려 있다면 차가운 바람이 아래로 내려오고 밀려난 따뜻한 공기는 위로 올라가고 이렇게 대류를 통해 방 안이 서서히 시원해진다.

**비교집단 학생5:** 열의 이동은 예를 들자면 고기를 구울 때 전자레인지에서 나오는 불(=열)이 후라이팬으로 이동하여 후라이팬에 있는 열기가 고기로 이동하여 굽히게 됩니다. 또 다른 예를 들자면 뜨거운 된장찌개에 완전히 철로 된 국자를 넣어놓으면 철로 된 국자로 열이 이동하여 국자가 뜨거워집니다.

**과학 글쓰기에 나타나는 주장 및 증거 변화 분석**

논의 기반 탐구 과학수업인 알로호모라아 프로그램을 수행하면서 나타나는 학생들의 주장 및 증거의 변화를 알아보기 위해 5개 주제에서 학생들이 작성한 학생활동지의 ‘주장 및 증거’ 단계의 글쓰기를 분석하였다. ‘주장의 내용’ 변화를 보면 주제 1과 2에서는 평균 1.41점으로 차이가 없었지만, 주제 3에서 1.82점, 주제 5에서는 3.12로 평균이

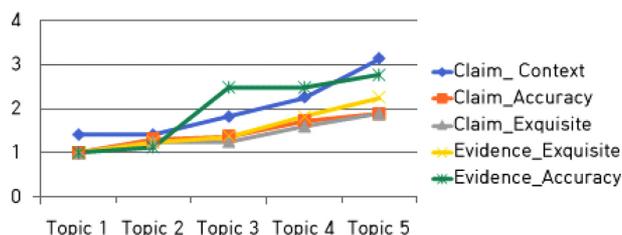
증가하였다. 그리고 ‘주장의 정확성’과 ‘주장의 정교화’에서는 주제 1에서는 평균이 1로 동일하였으나 주제 2에서 주제 5로 갈수록 평균이 1.88점으로 증가하여 학생의 과학 글쓰기에서 주장영역의 정확성과 정교성이 높아지는 것을 볼 수 있다. ‘증거의 정교화’ 영역을 보면 주제 1에서 주제 5로 갈수록 평균이 점차 증가하는 것을 볼 수 있으며, ‘증거의 정확성’에서는 주제 1과 2에서는 1점과 1.12점으로 비슷한 경향을 보이지만, 주제 3에서 평균이 2.47로 증가하였으며 주제 5에서는 2.76점으로 실험집단 학생의 증거 제시 방법이 정교해지고 정확해지는 것을 알 수 있다(Table 9). 수업이 진행됨에 따라 주장 및 증거 제시 능력이 향상되는 것을 볼 수 있으며, 주제 3에서는 모든 항목에서 평균이 증가하고 특히 ‘증거의 정확성’ 항목의 변화가 두드러지게 나타난다(Fig. 1).

아래의 사례들은 ‘열의 이동’과 관련된 5가지 주제의 논의기반 탐구 과학수업 적용에서 학생들의 과학 글쓰기에 나타나는 주장 및 증거 변화의 차이를 알아보기 위하여 주제 1과 주제 5를 비교하였다.

과학 글쓰기에 나타난 주제 1은 ‘온도가 다른 두 물질이 접촉하면 두 물질의 온도는 어떻게 변할까요?’이며 주제 5는 ‘기체에서 열은 어떻게 이동할까요?’에 대하여 분석한 사례이다.

**주장의 내용**

‘주장의 내용’ 항목의 통계 결과(Table 9), 주제 1의 평균은 1.41이며 주제 5의 평균은 3.12로 통계적으로 평균이 증가한 것을 알 수 있다. 사례를 보면, 주제 1에서는 열의 이동을 ‘열이 달라진다’라는 표현으로 관련 개념을 명확하게



**Figure 1.** Changes in Summary Writing scores of experimental group.

**Table 9.** Changes in Summary Writing scores of experimental group students

|          |               | Topic 1 |      | Topic 2 |      | Topic 3 |      | Topic 4 |      | Topic 5 |      |
|----------|---------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
|          |               | M       | SD   |
| Claim    | Content       | 1.41    | 0.50 | 1.41    | 0.50 | 1.82    | 1.07 | 2.24    | 1.09 | 3.12    | 0.93 |
|          | Exquisiteness | 1.00    | 0.00 | 1.29    | 0.45 | 1.35    | 0.49 | 1.7     | 0.59 | 1.88    | 0.34 |
|          | Accuracy      | 1.00    | 0.00 | 1.24    | 0.44 | 1.24    | 0.44 | 1.59    | 0.51 | 1.88    | 0.34 |
| Evidence | Exquisiteness | 1.00    | 0.00 | 1.23    | 0.44 | 1.35    | 0.61 | 1.82    | 0.73 | 2.24    | 0.67 |
|          | Accuracy      | 1.00    | 0.00 | 1.12    | 0.34 | 2.47    | 0.71 | 2.47    | 0.80 | 2.76    | 0.67 |

설명하지 못하거나 핵심내용을 포함하는 주장이 없는 경우가 많았다. 주제 5에서는 기체에서의 열의 이동을 ‘대류’라는 과학 개념을 언급하며 전 차시에 배운 액체에서의 열의 이동과의 유사점을 발견하여 해당 내용과 연관시켜 기술하고 있다.

#### 〈사례1〉

주제 1: 왜 열이 달라지냐면 접촉한 두 물질 사이에 열은 온도가 높은 물질에서 낮은 물질로 이동하기 때문이다.

주제 5: 기체에서 열은 온도가 높은(뜨거운) 물체 주변의 기체는 가열되어 온도가 높아진다. 그래서 온도가 높아진 기체는 위로 올라가고 위에 있던 기체는 온도가 높은 기체한테 밀려 아래로 내려온다. 액체와 같이 기체도 대류를 통해 열이 이동한다. 자세한건 옆에 그림으로 그렸다.

#### 주장의 정교화

‘주장의 정교화’에 나타난 통계 결과(Table 9)의 주제 1의 평균은 1.00인 반면에 주제 5의 평균은 1.88로 증가하는 경향을 볼 수 있다. <사례2>에 나타난 주장을 살펴보면 주제 1에서는 기체에서의 열의 이동을 눈으로 확인할 수 있는 액체에서의 열의 이동과 함께 설명하였으며 대류의 개념이 아닌 ‘찬 것을 먹어버린다’는 표현을 사용하여 변인 간의 관계를 정확하게 진술하지 못한다. 주제 5에서는 기체에서 열이 움직이는 방향과 과정을 ‘대류’라는 과학 개념을 사용하며 주장을 기술하고 있다.

#### 〈사례2〉

주제 1: 열이 있는 물에 찬물이 가면 열이 찬 걸 먹어버리니 따뜻해진다.

주제 5: 기체에서 열은 온도가 높아진 공기는 위로 올라가고 위에 있던 공기는 아래로 내려오며 이 과정을 대류라고 한다. 근데 대류라는 말은 많이 들어봤는데 바로 저번 실험 ‘액체에서 열은 어떻게 이동할까?’에서 배운 단어 ‘대류’라는 말이라서 기억에 쏙쏙 들어온다.

#### 주장의 정확성

‘주장의 정확성’에 나타난 주제 5의 평균은 1.88로 주제 1의 1.00보다 평균 값이 높게 나타났다(Table 9). 온도가 다른 두 물질이 만났을 때의 주장을 살펴보면, 주제 1에서는 따뜻한 물질은 차가워지고 찬 물질은 따뜻해진다는 온도의 교환 개념으로 설명하고 있다. 즉 온도가 같아진다는 표현을 명확하게 기술하지 못하며 관찰한 실험의 결과를 정확하게 진술하지 않고 비판적인 사고 없이 직관적으로 표현하였다. 그러나 주제 5에서는 기체의 대류현상을 난로라는 구체물을 예로 들어 대류가 일어나는 과정을 하나씩

단계별로 정확하게 표현하며 설명하였다.

#### 〈사례3〉

주제 1: 따뜻하고 차가운 물질이 만나면 따뜻한 물질은 차가워지고 차가운 물질은 따뜻해진다.

주제 5: 일단 난로를 틀어 두었다고 가정을 하면 난로 주변 기체가 데워진다. 데워진 기체가 위로 올라가고 위에 있던 차가운 기체는 데워진 기체에 밀려 내려오게 된다. 이 과정이 반복되서 방전체가 따뜻해지는 이 과정을 대류라고 한다. 기체도 액체처럼 대류를 통해 열이 이동한다.

#### 증거의 정교화

‘증거의 정교화’ 항목의 통계 결과를 살펴보면(Table 9), 주제 1의 평균은 1.00이며 주제 5의 평균은 2.24로 높아졌음을 알 수 있다. 아래의 <사례4>를 보면 주제 1에서는 수업 시간에 친구들과 학급논의를 통해 내린 결론 또는 실험을 통해 관찰한 증거가 아닌 경험에 근거한 비유를 통해 주장을 뒷받침하려고 하였으나 정확하게 설명하지 못한다. 반면에 주제 5에서는 기체에서의 열의 이동을 액체와의 유사성과 다양한 예시를 제시하여 설명하였으며, 실생활에서 화재 상황에서 대피 시 몸을 숙여 연기를 피해야 하는 이유를 기체의 대류현상을 논리적으로 설명하며 증거를 제시하였다.

#### 〈사례4〉

주제 1: 열의 이동 때문이다. 열의 이동은 추울때 더운 곳으로 가고 더울때 추운 곳으로 가는 것처럼 열도 그렇게 이동한다.

주제 5: 액체에서의 열의 이동은 대류다. 기체도 비슷하게 뜨거운 공기가 올라가고 위에 있던 공기는 아래로 내려오는 대류를 통해 열이 이동한다. 시간이 많이 지나면 온도가 같아진다. 예를 들면 히터를 켜를 때 손을 이 히터 위에 가져다 대는 이유가 먼저 위로 열이 이동하기 때문이다. 그리고 또 다른 예는 화재가 났을 때다. 화재가 났을 때 몸을 구부리는 이유가 연기가 위로 올라갔다가 마지막에 밑으로 가는 거기 때문에 몸을 밑으로 숙여서 재빠르게 피하는 것이다 안 그러면 결국 연기가 전체에 퍼지기 때문에.

#### 증거의 정확성

‘증거의 정확성’에 나타난 통계 결과는(Table 9), 주제 1의 평균은 1.00인 반면 주제 5는 2.76으로 평균이 증가함을 알 수 있다. 이에 대한 사례를 살펴보면 주제 1에서는 ‘열이 이동할 줄 몰랐다’와 같이 주장을 뒷받침하는 증거가 아닌 나의 생각을 기술하였으며, 차가운 물질과 뜨거운 물질이 만났을 때의 실험을 기술하기는 하였으나 실험 결

과는 정확하게 표현하지 못하였다. 그러나 주제 5에서는 기체에서의 열의 이동을 비눗방울 실험을 통해 증거를 제시하고 있으며 정량적인 데이터 값을 사용하여 내용을 정확하게 기술하였다.

#### 〈사례5〉

주제 1: 내가 알게 된 사실은 열의 이동이다. 열이 이동할 줄 몰랐다. 다른 두 물질을 접촉하면 예를 들면 차가운 캔이 뜨거운 비커 안에 들어있다. 그 후 시간이 지나면 차가운 캔이 뜨거워지고 뜨거운 비커는 차가워지는 것이 열의 이동이다.

주제 5: 알코올램프에 불을 켰을 때 비눗방울이 약 7~8초 정도 위로 올라가다 내려오며 대류를 하며 빙글빙글 돌았지만 알코올램프에 불을 켰을 때 비눗방울이 5초 동안 내려오다 터졌다.

### 결론 및 제언

이 연구에서는 초등학교 과학수업에 논의기반 탐구 과학수업을 적용하기 위하여 알로호모라아 프로그램을 개발하여 초등학생의 과학 글쓰기에 나타나는 주장과 증거 제시 능력의 변화를 알아보았다. 이를 위해 논의기반 탐구 과학수업을 적용한 실험집단과 실험중심 과학수업을 한 비교집단 학생들의 과학 글쓰기(Summary Writing Test)를 비교 분석하였으며, 실험집단의 5가지 주제에 대한 과학 글쓰기에 나타나는 주장과 증거 제시 능력의 변화를 분석하였다. 연구 결과, 과학 글쓰기(Summary Writing Test)의 ‘주장의 내용’, ‘주장의 정교화’, ‘주장의 정확성’, ‘증거의 정교화’ 및 ‘증거의 정확성’ 항목 모두에서 두 집단 간에 유의미한 차이가 나타났으며( $p < .05$ ), 특히 실험집단의 경우에는 논의기반 탐구 과학수업을 적용한 횟수가 증가할수록 학생들이 제시한 주장의 ‘내용’, ‘정확성’ 및 ‘정교화’ 수준과 증거의 ‘정교화’ 및 ‘정확성’ 수준이 모두 증가하는 것으로 나타났다.

이전의 지식과 경험을 바탕으로 두고 이루어지는 논의는 서로에 대한 관계와 아이디어를 바탕으로 적극적으로 의사소통하여 개념을 이해하도록 한다.<sup>43</sup> 이에 학생들은 논의를 통해 제시된 주장이나 내용에 대한 증거와 논리를 비판적이고 적극적으로 검토할 필요가 있다. 논의기반 탐구 과학수업에서 학생들은 해당 개념을 설명하기 위한 이유를 만들어가고, 그들의 주장을 정당화하려고 노력한다. 이 과정에서 자신과 다른 의견에 도전하고 대안을 생각해보는 것은 학습내용을 이해하고 정확한 과학개념을 생성하는데 도움을 줄 수 있다. 실제로 이 연구에서 실험집단 학생들은 올바른 과학개념과 변인 간의 관계를 바탕으로 정확

한 주장을 제시한 것에 비해, 비교집단 학생들은 자신의 생각을 명확하게 정리하지 못하고 주장에 오개념이 많았다. 또한 비교집단 학생들은 부정확하거나 직접 관찰한 사실이 아닌 기존의 지식을 상상하여 잘못된 증거를 제시하는 반면, 실험집단 학생들은 실험 후 모둠논의, 학급논의를 통해 얻은 지식을 변인 사이의 관계를 고려하여 정확하게 제시하는 타당한 증거를 들어 주장을 뒷받침하였다. 이처럼 논의기반 탐구 과학수업에서 학생들이 자신의 주장뿐만 아니라 상대방의 주장과 증거의 오류를 찾아 반박을 하고 이를 바탕으로 주장과 증거를 제시하는 경험은 주장과 증거를 신중히 다루도록 하며, 결국에는 학생들이 제시하는 주장과 증거의 정교성과 정확성을 높이는 데 기여할 수 있다. 논의기반 탐구 과학 수업에서 학생들이 논의, 글쓰기 등을 바탕으로 과학 지식을 생성하는 경험은 과학 지식 및 과학 지식의 생성 과정을 올바르게 이해하고, 나아가 과학의 본성에 대한 올바른 인식을 함양하는 데에도 도움이 될 수 있다. 또한 일부 학생들은 논의기반 탐구 과학수업이 진행됨에 따라 학습한 과학개념을 실생활과 연관 지어 설명하려는 모습을 보여 주었는데, 일상생활의 문제를 해결하기 위해 관련 있는 과학적 사실이나 원리, 개념 등의 지식을 활용하는 것은 우리나라 과학과 교육과정<sup>44</sup>에서 꾸준히 강조하고 있는 핵심역량의 기능이다.

현재 초등학교의 과학 수업은 실험 위주의 활동을 강조하고는 있으나, 실제 실험이 이루어지는 맥락을 살펴보면 교과서에 제시된 순서대로 실험을 한 뒤 그 결과를 실험관찰 교과서에 기록하는 것으로 실험 활동이 이루어지고 있다. 논의기반 탐구 과학수업이 주장과 증거를 제시하는 능력의 향상을 가져올 수 있다는 선행 연구<sup>36</sup> 및 논의에의 참여는 학생들의 개념적 이해를 향상시킬 수 있다는 선행 연구와<sup>44-46</sup> 본 연구의 결과를 함께 고려할 때, 초등학교에서 논의기반 탐구 과학수업의 적용은 과학 학습에 대한 이해를 향상시킬 수 있다. 이처럼 논의는 학생들이 생각하는 방법을 배울 수 있도록 도울 수 있으며, 이에 논의과정에서 일어나는 대화는 본질적으로 배움의 과정<sup>47</sup>이라고 말할 수 있다. 그러나 이 연구에서는 수업의 결과로서 학생들이 작성한 과학 글쓰기를 분석하여 주장과 증거의 특징과 그 변화를 알아보았다. 따라서 후속 연구에서는 논의기반 탐구 과학수업에서 나타나는 학생들의 실제 의사소통 과정을 분석하여 학생들이 제시하는 주장과 증거 수준의 향상 원인을 인식론 수준에서 고찰할 필요가 있을 것이다.

**Acknowledgements.** 이 논문은 부산대학교 기본연구 지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

## REFERENCES

- OECD. *OECD Employment Outlook 2019: The Future of Work*, OECD Publishing, Paris. **2019**.
- Schleicher, A.; Achiron, M.; Burns, T.; Davis, C.; Tessier, R.; Chambers, N. *Envisioning the Future of Education and Jobs: Trends, data and drawings*. OECD Publishing **2019**.
- Taguma, M.; Barrera, M. *OECD Future of Education and Skills 2030: Curriculum analysis*, **2019**.
- Walker, J.; Van Duzor A.; Lower M. A. *Journal of Chemical Education* **2019**, 435.
- Osborne, J. *Cambridge Journal of Education* **2010**, 32, 203.
- Ministry of Education. *2015 Education Curriculum*. (Notification No. 2015-of the Ministry of Education); Ministry of Education: Seoul, **2015**.
- Eemeren, F.; Grootendorst, R.; Johnson, R.; Plantin, C.; Willard, C. *Fundamentals of Argumentation Theory*. New York: Routledge Books, 2013.
- Booth, W.; Colomb, G.; Williams, J.; Álvarez, J. *Cómo Convertirse en un Hábil Investigador*: Gedisa, **2008**.
- Haack, S. *Defending Science-within Reason: Between Scientism and Cynicism*; Prometheus Books: **2003**.
- Noviyanti, N. I.; Mukti, W. R.; Yuliskurniawati, I. D.; Mahanal, S.; Zubaidah, S. *Journal of Physics: Conference Series* **2019**, 1241, 012055.
- Tüzün, Ü.; Köseoğlu, F. *Journal of the Turkish Chemical Society Section C Chemical Education* **2018**, 3, 77.
- Lazarou, D.; Erduran, S.; Sutherland, R. *Learning, Culture and Social Interaction* **2017**, 14, 51.
- Demirbag, M.; Gunel, M. *Educational Sciences: Theory and Practice* **2014**, 14, 386.
- Sampson, V.; Enderle, P.; Grooms, J.; & Witte, S. *Science Education* **2013**, 97, 643.
- Tavares, M.; Jiménez-Aleixandre, M.; & Mortimer, E. *Science & Education* **2010**, 19, 573.
- Park, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2019**, 39, 337.
- Duschl, R.; Osborne, J. *Studies in Science Education* **2002**, 38, 39.
- Kang, S.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2000**, 20, 250.
- Alvermann, D. *The Reading Teacher* **1991**, 45, 92.
- Hand, B.; Meier, L.; Staker, J.; Bintz, J. *When science and literacy meet in the secondary learning space: Implementing the science writing heuristic (SWH)*. Iowa City, IA: University of Iowa. **2006**.
- Yore, L.; Bisanz, G.; Hand, B. *International Journal of Science Education* **2003**, 25, 689.
- Kelly, G.; Takao, A. *Science Education* **2002**, 86, 314.
- Akkus, R.; Gunel, M.; Hand, B. *International Journal of Science Education* **2007**, 29, 1745.
- Hohenshell, L.; Hand, B. *International Journal of Science Education* **2006**, 28, 261.
- Burke, K.; Greenbowe, T.; Hand, B. *Journal of Chemical Education* **2006**, 83, 1032.
- Kwak, K. *Characteristics of the Argumentation in Different Approaches and Contexts*, Master Thesis, Pusan National University of Education, Busan, Korea, **2010**.
- Cho, H. Development and effect of argument-based modeling strategy as teaching method in middle school students, Master Thesis, Pusan National University of Education, Busan, Korea, **2014**.
- Kang, M.; Kong, Y. *Journal of Science Education* **2014**, 38, 286.
- Lee, M.; Kim, H.; Yang, I. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2019**, 38, 216.
- Nam, K.; Lee, B.; Lee, S. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2004**, 24, 1272.
- Choi, H.; Kim, H. *Journal of The Korean Association For Science Education* **2019**, 39, 59.
- Lim, O.; Kim, H. *Journal of The Korean Association For Science Education* **2018**, 38, 839.
- Kim, H.; Byeon, J.; Kwon, Y. *Journal of Science Education* **2012**, 36, 198.
- Bae, H.; Jhun, Y.; Hong, J. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2009**, 28, 178.
- Toulmin, S. *The uses of argument*. Cambridge University Press: Cambridge, **1958**.
- Jang, K. *Effect of Argumentation-based Negotiation in the Science Writing Heuristic (SWH) Approach on Students' Question and Claim-Evidence*. Master Thesis, Pusan National University of Education, Busan, Korea, **2013**.
- Jang, K.; Nam, J.; Choi, A. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, 32, 1099.
- Berland, L.; Lee, V. *International Journal of Science Education* **2012**, 34, 1857.
- Hand, B.; Hohenshell, L.; Prain, V. *Instructional Science* **2007**, 35, 343.
- Keys, C.; Hand, B.; Prian, V.; Collins, S. *Journal of Research in Science Teaching* **1999**, 36, 1065.
- Nam, J.; Kwak, K.; Jang, K.; Brian Hand. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, 28, 922.
- Busan Metropolitan City office of Education. Busan Basic Education Support System. [https://candi.pen.go.kr/dn/user/listUser.do?page=1&sortcol=&sortkind=&ty=&tp\\_type=1&testType=&userIdx=&showFlag=&real\\_OR\\_test=R&tpIdx=930&txt\\_01=](https://candi.pen.go.kr/dn/user/listUser.do?page=1&sortcol=&sortkind=&ty=&tp_type=1&testType=&userIdx=&showFlag=&real_OR_test=R&tpIdx=930&txt_01=), **2019**.
- Hoking, S. *The Universe in a Nutshell*. New York: Bantam Books, **2001**.
- Mercer, N.; Daws, L.; Wegerif, R.; Sams, C. *British Education Research Journal* **2004**, 30, 359.
- Venvill, G.; Dawson, V. *Journal of Research in Science Teaching* **2010**, 47, 952.
- Zohar, A.; Nemet, F. *Journal of Research in Science Teaching* **2002**, 39, 35.
- Andriessen, J. *Handbook for the Learning Sciences*. Cambridge University Press: Cambridge, **2006**.