

# 초등학생의 탐구 활동 과학 글쓰기에서 나타난 증거와 주장의 정합성 분석

이성희 · 신명경 · 이규호<sup>†</sup> · 이선경<sup>†</sup> · 권난주  
(경인교육대학교) · (서울대학교)<sup>†</sup>

## Analyzing Coherence of Evidences and Claims Presented in Elementary Students' Science Writing for Inquiry Activities

Lee, Sung Hee · Shin, Myeong-Kyeong · Lee, Gyuhoo<sup>†</sup> · Lee, Sun-Kyung<sup>†</sup> · Kwon, Nan-Joo  
(Gyeongin National University of Education) · (Seoul National University)<sup>†</sup>

### ABSTRACT

This study aims to explore group inquiry using science writing heuristic in elementary school science. We observed and examined what elementary students experienced in their science classes and moreover how they used their data to support their claims in the view point of scientific epistemology. The research question of this study is 'what is the result of coherence measurement for figuring out the relationship between argument and ground in group inquiry activity?'. To solve the study question, one fifth-grade class at an elementary school was selected. Four lessons in group inquiry using a worksheet of science writing heuristic were videotaped and transcribed. It was found that the hours of group inquiry when students can discuss meaningfully occupied approximately 37 to 45%. When measuring coherence in each lesson by developing a scale from one to five to estimate the coherence of the work sheet designed, the total average was 3.424. It implicated that students had their claims supported by some of their evidences. Although the figure was not enough to assist that they found strong bonds between their claims and data, they started to move forward to epistemological approach in their science lab works.

**Key words** : inquiry, science writing heuristic, coherence

### I. 서 론

과학교육의 목표는 탐구를 통한 지식 생성 과정에 학생들이 능동적으로 참여하는 것에 있다. 과학 수업에서 과학 지식의 이해와 과학 탐구의 수행성은 이분법적으로 구분되지 않는다. 그럼에도 불구하고, 학교 과학 탐구로 대표되는 실험 실습은 학생의 탐구 과정(process skills)을 지도할 수 있는 교육적 도구로 인식된다(Wellington, 1998). 특히, 초등학교 과학은 학생들의 과학 지식보다 탐구 과정 능력 향상에 중점을 두고(Haefner & Zembal-Saul, 2004),

주로 관찰이나 간단한 실험을 중심으로 한 탐구 과제를 많이 다룬다.

학교 탐구 과제에서 대표적인 것은 ‘핸즈온(hands-on)’ 활동, 즉 단순 실험(simple experiments), 단순 관찰(simple observations), 단순 설명(simple illustrations)이다(Chinn & Malhotra, 2002; Rudolph, 2005). ‘단순 실험’은 하나의 독립변인이 하나의 종속변인에 어떠한 영향을 미치는 지를 살펴보는 간단한 실험을 의미한다. 또한 ‘단순 관찰’은 학생들이 사물을 주의 깊게 관찰하고 기술하는 것이다. 마지막으로, ‘단순 설명’은 주어진 절차에 따라 실험을 하고 결과를 관

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2010-0028127).

2010.8.7(접수), 2010.10.5(1심 통과), 2010.11.5(2심 통과), 2010.11.9(최종 통과)

E-mail: mkshin@ginue.ac.kr(신명경)

찰한 후 이론을 확인하는 활동이다. 이러한 단순 탐구 과정은 공통적으로 연구 질문을 제공하고, 실험 절차나 과정 기술이 제공되며, 통제해야 할 변인이 제시되거나 혹은 복잡하지 않다(Germann *et al.*, 1996). 이에, 학생들은 자료를 다르게 해석하려는 것에 대해 생각할 필요가 없다. 학생들은 간단한 실험과 간단한 관찰로부터 애초에 분명하게 제시된 탐구의 결론을 이끌어낼 뿐이므로 추론과정은 단순하고 즉각적으로 이루어진다(Chinn & Malhotra, 2002). 이런 방식으로 탐구를 수행할 때 학생들은 실험 절차를 완수하고 새로운 현상을 경험하게 되지만, 그 이상을 탐구할 자유를 갖지는 못한다(Chinn & Malhotra, 2002).

반면, 과학자의 탐구 과정은 본질적으로 추론과정이다. 추론 과정에는 실세계로부터 증거를 얻고, 설명을 만들어내고, 증거와 설명 간의 다중적 논증이 수행된다(Driver *et al.*, 2000; Giere, 1991). 과학적 논증은 네 가지 차원 즉, 과학자 개인의 점검 차원, 과학자 개인이 속한 연구실내에서 의사소통 차원, 과학자 공동체의 학회 발표 차원, 과학자 공동체의 학술 저널 출판 차원에서 논증이 이루어진다. 과학자 탐구 과정의 본질을 살펴볼 때 그 중심에는 증거를 토대로 한 주장을 하고, 그 주장을 다른 과학자 혹은 과학 공동체에 설득하는 논증 활동이 자리하고 있다는 것이다. 이러한 논증 활동은 과학적 탐구의 핵심이며, 그 본질은 증거와 설명 간의 조정이라 할 수 있다(Driver *et al.*, 2000).

과학자 탐구의 본질이 추론과 논증 활동에 있듯이, 과학 수업의 본질은 학생들이 과학적 추론을 통하여 탐구를 수행하는 것이다. 과학 탐구의 핵심은 문제를 인식하고 이를 해결하는 것과 이 과정에서 얻은 증거를 평가하는 것이다. 과학자들은 계속하여 관찰과 실험 자료를 근거로 하여 이론을 개선하고 새로운 지식을 구성한다. 즉, 과학적 추론과 논증 활동은 과학 수업에서 목표로 하는 지식 형성 과정인 탐구의 중심에 있는 것이다. 이러한 맥락에서 학생들에게 논증 과정의 기회를 부여하기 위한 적

극적인 전략을 개발하고 수행하고 그 결과를 탐색하는 연구가 증가하고 있다. 그 일환으로 국내 과학 교육 연구에서는 논의<sup>1)</sup>를 강조한 교수학습 전략과 프로그램을 개발·적용하여 그 과정을 탐색하거나(강순민 등, 2006;곽경화, 남정희, 2009), 논의를 강조한 ‘탐구적 과학 글쓰기’(science writing heuristic)를 과학 수업에 적용하여 교육적 효과를 파악하거나(남정희 등, 2008), 논증구조 교육이 과학 글쓰기에 미치는 영향을 살펴보는(박정은 등, 2009) 등의 연구가 활발하게 진행되고 있다.

그 중에서 ‘탐구적 과학 글쓰기’는 과학적 증거를 바탕으로 지식을 구성하고 그러한 과정에서 개념을 획득할 수 있는 도구로서(Kelly *et al.*, 2002), 국내 연구에서 적극적으로 수업 도구로 활용되고 그 효과가 탐색되었다(예, 남정희 등, 2008; 이은경과 강성주, 2008). Keys *et al.*(1999)이 개발한 ‘탐구적 과학 글쓰기’는 작문 과정과 과학과정의 유사성에 관심을 가지면서 시작되었으며(이은경과 강성주, 2008), 문제 인식이나 해결 방안 제시, 메타 인지를 유도할 수 있는 글쓰기 활동을 통한 과학 학습법이다(Burke *et al.*, 2006). 그러나 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 대부분의 연구가 과학 글쓰기의 수사적 논증 특징에 초점을 두거나 글쓰기 전략의 효과로서 개념 이해나 논증 요소 등을 살펴보는 데 집중하였기 때문에, 논증에서 가장 중요한 질적 측면인 질문과 자료(증거)의 정합성과 증거와 주장의 정합성을 통해 형성되는 전체적인 정합성에 대한 탐색은 고려되지 못하였다. 이에, 과학 글쓰기에 나타난 학생들의 질문, 자료(증거), 주장으로 이어지는 정합성을 분석할 필요성이 제기된다.

본 연구는 초등학교 학생의 탐구 활동 과학 글쓰기<sup>2)</sup>에서 나타나는 단계 간의 정합성의 중요성뿐 아니라 전체적 정합성을 고려함으로써, 추론 과정의 질적 측면을 탐색하고자 한다. 정합성은 여러 가지 측면으로 이해할 수 있으나, 기본적인 것은 ‘연관성’이다. 즉, 정합성이 있다는 것은 연관성(relation)을 가지고 결합해 있다(holding together)는 의미를 갖는다(Tha-

1) 이 연구에서 사용된 ‘논의’나 ‘논증’은 argument의 번역어이다. 본 논문에서는 문헌에서 연구자들이 사용한 번역어를 그대로 사용하였다.

2) ‘탐구 활동 과학 글쓰기’는 탐구 활동 맥락에서 일어나는 과학 글쓰기를 의미하는 일반적인 표현이다. 즉, 본 연구의 맥락은 초등학교 학생들이 과학 탐구 활동에서 글쓰기를 수행하는 것이다. 혼동을 방지하기 위해 용어 정리를 하자면, 본 연구의 선행연구로서 자주 등장하는 ‘탐구적 과학 글쓰기’는 Keys와 동료들이 개발한 것이며, 효과적인 수업 도구로 발전해 왔다. 본 연구에서 사용한 ‘자기발견적 활동지’는 ‘탐구적 과학 글쓰기’ 접근법을 수정 보완하여 개발되었고, 학생들이 스스로 문제를 발견하고 해결해 가는 발달적 과정을 경험한다는 차원에서 ‘자기발견적’이라는 용어를 사용하였다.

gard, 1992). 이에 본 연구에서 정합성이란 주장과 그 근거에 대한 관계를 설명하는 용어로, 탐구 활동의 결과 얻어진 근거자료들이 주장을 뒷받침하는데 유효한가를 의미한다(Leach, 1998). 구체적으로, 학생들이 모둠별로 탐구 주제에 맞는 질문을 설정한 후, 실험을 설계하여 자료를 수집하고, 자료를 근거로 하여 주장을 전개하고, 그 주장에 탐구 주제와 잘 연결되는지에 관한 정합성을 분석하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

본 연구에는 경기도 수원시에 소재하는 D초등학교의 5학년 한 학급의 교사와 학생들이 참여하였다. 연구참여자는 경력 4년의 여교사와 남학생 18명과 여학생 15명이었다. 학기 초에 설문 조사를 통해 알아본 결과에 따르면, 대부분의 학생들은 과학과에 대하여 많은 흥미를 가지고 있었으며, 실험이나 노래, 그림, 몸짓 등으로 표현하는 활동 위주의 수업 형태를 선호하였다.

### 2. 과학 수업

본 연구에서 관찰하고 분석한 수업 단원은 5학년 1학기 ‘물의 여행’ 단원이며, 4차시의 수업을 계획하여 수행하였다(표 1). 각 수업에서 교사는 탐구 주제를 제시하고, 학생들은 모둠별로 질문을 정하고, 실험을 계획하고 수행하여 증거를 찾고, 결론을 내리는 과정을 수행하게 된다.

제 1차시 수업의 주제는 ‘습도계는 명탐정’이다. 학생들은 물이 증발할 때 나타나는 현상을 통하여 습도계의 원리를 간략히 파악한 후 건습구 온도계

를 직접 만들어 본다. 그 후 습도의 뜻을 파악하여 습도표를 이용해 공기 중의 습도를 측정해 보는 것이 주된 학습 과정이다. 교사는 이와 같이 교과서에 제시된 실험과정 후 따로 한 차시를 확보하여 심화된 실험을 계획하였다. 이 실험은 건습구 온도계의 원리를 응용하여 문제를 해결하는 실험으로써 비교적 어려운 교과서 밖 탐구 과제를 통하여 학생들이 문제를 어떻게 해결해 나가는지 그 과정을 알기 위해 계획되었다.

제 2차시 수업은 ‘안개와 구름의 형성 과정’에 대하여 학습하는 것이다. 교과서에서는 ‘안개 발생 장치’를 꾸미고 그 조건에 대하여 학습하도록 되어 있지만, 사전 실험 결과 안개가 발생되는 것이 확연하게 보이지 않고, 또 제 3차시의 실험과 비슷한 면이 있어 실험을 대표 실험 영상으로 대체하였다. 대신 늘어난 시간을 학생들의 충분한 토의시간으로 하였고, 활발한 토의 진행을 위해 미리 과제를 공지하여 두어 자료를 이용한 토의 중심 수업으로 계획하였다.

제 3차시 수업은 ‘비의 형성 과정’에 대하여 학습하는 것이다. 제 2차시에 배운 안개와 구름의 형성 과정과 연계하여 작은 물방울이 합쳐져 무거워지면 비가 되어 내린다는 개념을 추가로 학습하게 된다. 학생들은 실험 상황과 실제 자연 상황을 비교하며 실험 상황을 분석해내는 능력이 필요하다.

제 4차시 수업은 지금까지 배운 내용을 총 정리하는 시간으로 다양한 방법으로 ‘물의 순환’을 표현해 내는 능력을 요구한다. 이 수업에서는 ‘모둠 안에서 나온 다양한 의견들을 어떻게 하나로 모아가는가.’의 의사결정 상황을 중점적으로 살펴보려 계획하였다. 활동 중심의 수업이므로 40분에서 20분 늘어난 60분 수업으로 학생들의 다양한 활동을 격려하고자 했다.

표 1. 각 차시별 수업 계획

	탐구 주제	수업 유형
제 1차시	건구 · 습구 온도계의 차이를 적게 할 수 있는 방법은?	교과서 심화 실험
제 2차시	안개는 왜 생길까?	자료를 이용한 토의
제 3차시	비는 어떻게 하여 내리는 걸까?	실험 중심
제 4차시	물이 순환하는 과정을 어떻게 설명할 수 있을까?	활동 표현 중심 수업

### 3. 자기발견적 활동지 개발

학생들의 사고를 향상시키기 위한 효과적인 방법으로 그들에게 사고 활동에 참여할 기회를 제공하는 것은 매우 중요하다(Kuhn *et al.*, 1997). 이러한 측면에서 학생에게 실험 방법을 알려주고 그대로 따라 하는 실험에서는 학생들의 진정한 탐구나 토론과정이 발견될 수 없기에 활동지를 개발하여 생각하는 과학 수업의 기회를 주고자 하였다. 이와 관련하여 여러 연구자들은 탐구적 과학 글쓰기(science writing heuristic)를 적용하였지만, 본 연구에서는 SWH 접근

법을 그대로 사용하지 않고 초등학생 수준에 맞추어 과학 글쓰기를 강조한 활동지를 개발하였다. 즉, Keys et al.(1999)이 제시한 시작 질문(beginning idea), 검증(tests), 관찰(observation), 주장(claims), 증거(evidence), 읽기(reading), 반추(reflecting)의 7단계를 축소하여, 모둠 질문 설정, 실험 계획 및 실행, 실험 결과 토론, 모둠 질문 해결 등의 4단계로 변형하였다. 또한, 학생들이 자발적으로 문제를 제기하고, 실험을 수행하여 증거를 찾고, 증거를 토대로 주장을 전개하고 결론을 생성한다는 의미를 살리기 위해 ‘자기발견적(heuristic)’이라는 용어로 번역하여 ‘자기발견적 활동지’라고 명명하였다. 표 2와 같은 기본 틀에 각 차시 수업의 내용을 고려하여 몇 가지 과정이 가감되어 최종 자기발견적 활동지가 개발되었다. 이 활동지는 관찰 수업 2달 전 과학 수업에 미리 적용되어 학생들이 익숙해질 수 있도록 하였다.

#### 4. 자료 수집 및 분석

자료는 두 가지 형태로 수집되었다. 하나는 교사와 전체 학생을 대상으로 하여 캠코더로 녹화한 동영상 자료이며, 또 하나는 각 수업에서의 활동지가 수집되었다. 수업 녹화 동영상 자료는 교사의 수업 계획과 실재가 일치하는지를 파악하기 위한 것으로 보조적으로 사용되었다. 본 연구의 주 자료는 각 수업에서 학생들이 기록한 ‘자기발견적 활동지’이다. 학생들의 ‘자기발견적 활동지’는 정합성 관점에서 분석되었다. 정합성은 질문과 실험 설계, 근거와 주장, 주장과 탐구 주제의 단계에서 분석되었다. 자료의 분석에는 과학교육 전문가 2인이 참여하여, 정합성의 각 단계를 정하고, 각 단계에 따른 정합성의 결여 및 충족된 경우를 추출하는 과정을 되풀이하였다. 여러 번의 자료 분석과 논의 끝에, 질문과 실험 설계, 근거와 주장의 단계에서의 정합성과, 이들

정합성을 포함하여 주장과 탐구 주제의 정합성으로 협의되었다. 따라서 연구 결과는 각 단계에서의 정합성이 결여되거나 충족된 사례 및 전체 단계에서의 정합성의 결여되거나 충족된 사례를 추출하여 제시하고자 한다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 연구 결과

본 연구의 결과로서, 초등학생들의 탐구 활동 과학 글쓰기에서는 ‘탐구 주제와 모둠 질문 사이의 정합성’, ‘모둠 질문과 실험 설계 사이의 정합성’, ‘실험 결과와 결론(모둠 질문에 대한 주장) 사이의 정합성’, ‘모둠 활동을 통한 결론과 탐구 주제에 대한 진술 사이의 정합성’의 4개 정합성이 나타났다.

학생들은 주어진 탐구 주제와 제공된 실험 재료를 활용하는 모둠 질문을 자유롭게 만들었기 때문에 모둠 질문들과 탐구 주제 사이의 정합성은 대부분 확보되어 있었다. 따라서 그 차이가 뚜렷하게 드러나는 3가지 단계의 정합성으로 구분하고(표 3), 정합성의 결여 혹은 충족에 따라 다섯 가지 에피소드를 제시하고자 한다.

표 3. 단계별 정합성 충족 유무

모둠 질문- 실험 설계	결과-결론	결론- 탐구 주제	에피소드 유형
×	-	-	에피소드 1
○	×	-	에피소드 2
○	○	×	에피소드 3
○	○	○	에피소드 4
○	×	○	에피소드 5

표 2. 모둠 탐구를 통한 자기발견적 활동지의 틀

단계	활동	내용
1	모둠 질문 설정	문제 인식 (제시된 준비물)을 이용하여 알아볼 모둠 질문은 무엇인가요?
2	실험 계획 및 실행	실험 설계 어떤 자료를 이용할 생각입니까? 어떻게 실험할 건가요? 이 실험이 잘 되기 위해 특별히 생각할 점이 있나요?
3	실험 결과 토론	관찰 및 결론 아하! 이건 몰랐구나! (선생님, 친구와 실험 결과를 이야기해 보아요.)
4	모둠 질문 해결	결론·추리 실험 결과를 통해 우리 모둠 질문에 대해 알아낸 점은 무엇인가요?

에피소드 1의 활동지를 살펴보면 ‘증발이 적게 될 수록 건구 온도를 적게 할 수 있을까?’라는 모둠 질문을 해결하기 위하여 건구 온도계에 물을 뿌리는 실험을 설계하고 있다. 모둠 질문은 증발량에 따른 건구 온도의 변화임에도 불구하고 실험은 증발량의 조절을 실시하였다고 볼 수 없게 설계되었다. 또한, 건구 온도계는 항상 건조한 상태를 유지해 주어야 함에도 불구하고 건구 온도계에 물을 뿌림으로써 건구 온도계의 기능을 상실하게끔 실험을 설계하였다. 따라서 본 활동지는 모둠 질문과 실험 설계 사이의 정합성조차 확보하지 못한 경우라 하겠다.

에피소드 2의 활동지를 살펴보면 ‘안개는 왜 생길까?’라는 모둠 질문을 해결하기 위하여 직접적인 실험 설계를 하지는 않았지만 실험 설계를 대신하여 주어진 동영상에서 각 실험 과정들이 어떤 의미를 지니고 있는지 잘 파악하고 있다는 점을 통해 모둠 질문으로부터 실험 설계는 해 냈다고 판단할 수 있겠다. 그러나 실험 결과, 해석 단계라고 볼 수 있는 4번 질문에 대한 결론을 살펴보면 ‘비 온 다음날 아침에 안개가 잘 생긴다. 일교차가 큰 날에 잘 생김’과 같은 부분은 이번 활동에서 이끌어낼 수 있는

결론이어서 정합성이 확보되었다고 볼 수 있으나, ‘바람이 불지 않는 날’이라는 결론은 이번 활동과는 전혀 관련이 없다. 따라서 이 학생의 4번 질문에 대한 결론은 실험 결과를 통해 내렸다고 하기 보다는 개인적으로 이미 알고 있던 지식을 진술한 것으로 판단되므로 정합성을 확보했다고 보기 어렵다.

또한 이러한 활동을 통해서 내린 결론인 ‘안개는 물방울이 응결되어 생긴다.’는 진술은 ‘안개는 왜 생길까?’라는 질문에 대한 결론으로 적절하지 못하다고 하겠다. 모둠 질문에 대한 적절한 결론이라면 ‘수증기가 늘어난 때 온도가 내려가면 안개가 발생한다.’와 같아야 하겠다. 따라서 이러한 활동지는 모둠 질문과 실험 설계 사이의 정합성은 확보되었으나 실험 결과와 결론 사이의 정합성은 결여된 경우라 하겠다.

**에피소드 2.** 모둠 질문과 실험 설계 사이의 정합성은 확보되었으나, 결과와 결론 사이의 정합성이 결여된 사례

**에피소드 1.** 모둠 질문과 실험 설계 사이의 정합성이 결여된 사례

오늘의 탐구 : 건구 · 습구 온도계의 차이를 적게 할 수 있는 방법은?

- (건습구 습도계 장치, 부채, 물뿌리개)를 이용하여 알아볼 모둠 질문은 무엇인가요?  
증발이 적게 될수록 건구 온도를 적게 할 수 있을까?
- 모둠 활동
  - 어떤 자료를 이용할 생각입니까?  
물뿌리개, 건습구 습도계
  - 어떻게 실험할 건가요?  
건구 온도계에 물뿌리개를 뿌린다. 전과 후를 비교해 본다.
  - 이 실험이 잘 되기 위해서 특별히 생각할 점이 있나요?  
습구 온도계에 물뿌리개를 뿌리지 않는다.
- 아하! 이걸 몰랐구나!(선생님, 친구와 실험결과를 이야기 해 보아요.)

	건구	습구	온도 차
실험 전	28	27	1
실험 후	23	24	-1

- 실험 결과를 통해 우리 모둠 질문에 대해 알아낸 점은 무엇인가요?  
증발이 적을수록 차이를 줄일 수 있다.

오늘의 탐구 : 안개는 왜 생길까?

- (집기병, 얼음, 비닐봉지, 따뜻한 물, 실 약간)을 이용하여 알아볼 모둠 질문은 무엇인가요?  
안개는 왜 생길까?
- 모둠 활동
  - 안개가 무엇입니까? 과정을 살펴보고 이야기하여 봅시다.  
공기 중의 수증기가 차가운 공기를 만나 응결하여 낮은 지표 부근에 떠 있는 것
- 안개발생장치 실험을 살펴봅시다. (동영상 시청)
  - 뜨거운 물을 가득 채운 후 버리는 까닭은 무엇일까요?  
먼저 뜨거운 물로 충분히 데우려고. (수증기 ↑)
  - 얼음을 넣는 까닭은 무엇일까요?  
따뜻한 공기를 식혀려고, 공기를 차갑게 만들려고
  - 집기병에 어떤 현상이 일어났고, 그 이유는 무엇일까요?  
뿌연게 흐려졌다. 뜨거운 공기가 차갑게 식으면서 안개가 생겨서
- 실험 결과 안개가 잘 생기는 조건을 이야기하여 봅시다.  
비 온 다음날 아침에 안개가 잘 생긴다. 일교차가 큰 날에 잘 생김. 바람이 불지 않는 날
- 안개와 구름은 어떤 공통점과 차이점이 있을까요? 조사해 온 자료를 살펴봅시다.  
공통점 : 물방울이 응결되어 뭉친다.  
차이점 : 낮낮이, 구름 = 흐리다. 안개 = 맑다.
- 오늘 수업을 통해 우리 모둠 질문에 대해 알아낸 점은 무엇인가요?  
안개는 물방울이 응결되어 생긴다.

에피소드 3의 활동지를 살펴보면 ‘어떻게 안개를 만들 수 있을까?’라는 모둠 질문을 해결하기 위하여 직접적인 실험 설계를 하지는 않았지만 실험 설계를 대신하여 주어진 동영상에서 각 실험 과정들이 어떤 의미를 지니고 있는지 잘 파악하고 있다는 점을 통해 모둠 질문으로부터 실험 설계는 해 냈다고 판단할 수 있겠다.

또한 실험 결과 해석 단계라고 볼 수 있는 4번 질문에 대한 진술은 ‘수증기가 많은 곳, 습도가 높은 곳, 따뜻한 곳, 새벽녘에 온도차가 심한 곳’과 같이 실험과 관계가 있다. 그리고 이러한 활동을 통해서 내린 결론인 ‘따뜻한 물로 병에 열기를 만들고서 열음을 넣어서 안개를 만든다.’는 ‘어떻게 안개를 만들 수 있을까?’라는 질문에 적절한 형태의 결론이라 하겠다. 물론 따뜻한 물을 넣은 것은 열기를 주기 위한 것이 아니라 수증기량을 증가시키기 위한

것이지만 본 연구의 분석은 학생들이 결론을 내리는 과정에서 충분한 근거를 확보하고 있는가를 파악하는 데 초점을 맞추고 있기 때문에 결론까지의 정합성은 확보하였다고 하겠다.

그러나 본 활동의 탐구 주제는 ‘안개는 왜 생길까?’이므로 모둠 질문으로부터 결론을 이끌어낼 수 있었음에도 불구하고 이에 대한 설명이 이루어지지 않았다는 측면에서 모둠 활동을 통한 결론과 탐구 주제 사이의 정합성은 결여된 경우라 하겠다.

에피소드 4의 활동지를 살펴보면 ‘얼음은 어떤 자연 환경에 사용되었을까?’라는 모둠 질문을 해결하기 위하여 제시된 실험 도구들을 적절하게 사용하여 실험을 수행하였다. 그 결과 ‘이슬이 생기는 원리처럼 물방울이 맺히게 해 무거워지면 비처럼

**에피소드 3. 결과와 결론 사이의 정합성까지 확보되었으나, 결론과 탐구 주제의 정합성이 결여된 사례**

오늘의 탐구 : 안개는 왜 생길까?

- (집기병, 열음, 비닐봉지, 따뜻한 물, 실 약간)을 이용하여 알아볼 모둠 질문은 무엇인가?  
어떻게 안개를 만들 수 있을까?
- 모둠 활동
  - 안개가 무엇입니까? 과정을 살펴봄에 이야기하여 봅시다. 대기 중의 수증기가 응결하여 발생하는 것.
- 안개 발생 장치 실험을 살펴봅시다. (동영상 시청)
  - 뜨거운 물을 가득 채운 후 버리는 까닭은 무엇일까요? 따뜻한 공기 안에 수증기가 많기 때문에 뜨거운 열기를 만들기 위해서
  - 열음을 넣는 까닭은 무엇일까요?  
따뜻한 공기를 열음으로 식히기 위해서
  - 집기병에 어떤 현상이 일어났고, 그 이유는 무엇일까요?  
따뜻한 공기가 차갑게 변했다. 그러면서 안개가 생겼다.
- 실험 결과 안개가 잘 생기는 조건을 이야기하여 봅시다. 수증기가 많은 곳, 습도가 높은 곳, 따뜻한 곳, 새벽녘에 온도차가 심한 곳
- 안개와 구름은 어떤 공통점과 차이점이 있을까요? 조사해 온 자료를 살펴봅시다.  
공통점 : 공기 중의 수증기가 작은 물방울로 생긴 것이다.  
차이점 : 안개와 구름은 생기는 곳이 다르다.
- 오늘 수업을 통해 우리 모둠 질문에 대해 알아낸 점은 무엇인가?  
따뜻한 물로 병에 열기를 만들고서 열음을 넣어서 안개를 만든다.

**에피소드 4. 결론과 탐구 주제의 정합성까지 확보된 사례**

오늘의 탐구 : 비는 어떻게 하여 내리는 걸까?

- (은박접시, 비커, 따뜻한 물, 열음을 이용하여 알아볼 모둠 질문은 무엇인가?  
열음은 어떤 자연 환경에 사용했을까?
- 모둠 활동
  - 어떤 자료가 주어졌습니까?  
은박접시, 비커, 열음, 따뜻한 물
  - 어떻게 실험할 건가요?  
비커 안에 따뜻한 물을 1/3 넣고 은박접시를 덮고 은박 접시에 열음을 붓는다.
  - 이 실험이 잘 되기 위해서 특별히 생각할 점이 있나요?  
① 물을 적당하게 넣는다.  
② 뜨거운 물에 손을 대이지 않는다.  
③ 열음을 만지지 않는다.  
④ 가득 물을 채우고 1/3로 따라낸다.
- 아하! 이걸 몰랐구나!(선생님, 친구와 실험결과를 이야기해 보아요.)  
이슬이 생기는 원리처럼 물방울이 맺히게 해 무거워지면 비처럼 내린다.
- 실험 결과를 통해 우리 모둠 질문에 대해 알아낸 점은 무엇인가?  
차가운 구름(→응결)으로 이용하였다(표현하였다).
- 이 실험과 관련지어 비가 내리는 과정을 설명하여 봅시다.

내린다.’는 사실을 알아냈다. 이러한 실험 결과를 토대로 처음 제기된 모둠 질문에 대해 ‘얼음이 차가운 구름에 이용되었다.’는 결론을 도출하였다. 물론 실제 얼음은 공기를 냉각시키는 역할을 수행하는 것이지만 구체적 조작기와 형식적 조작기의 과도기에 해당하는 학생들이라는 점을 고려해 볼 때 실험과 눈에 보이는 현상(구름)으로 얼음의 역할을 기술한 것은 충분한 근거를 바탕으로 내린 결론이라고 할 수 있다. 따라서 실험 결과와 결론 사이의 정합성을 확보하고 있다고 볼 수 있겠다.

에피소드 4의 활동지의 5번 질문은 탐구 주제(비는 어떻게 하여 내리는 걸까?)를 해결하도록 하는 질문이다. 이 활동지에서 제시한 지식 주장은 앞의 결론과 관련되어 있고, 그 결과 탐구 주제를 효과적으로 해결하고 있다. 따라서 이 활동지는 탐구 주제로부터 모둠 질문을 만들어내고 그로부터 실험을 효과적으로 설계하여 이를 근거로 모둠 질문에 대한 해결을 하였으며, 나아가 이러한 결론을 바탕으로 하여 최종적인 목표인 탐구 주제를 해결하고 있어 활동 모두에서 정합성을 확보한 경우라 하겠다.

에피소드 5의 활동지는 앞에서 제시된 활동지의 예와 전반적으로 비슷한 흐름을 보이고 있다. 그러나 주목할 부분은 4번 질문과 5번 질문에 대한 주장이다. 4번 질문에서는 모둠 질문과 관련 없는 주장을 하고 있다. 따라서 질문과 그에 대한 주장을 하는 과정에서 충분한 정합성을 확보하지 못한 상황이라 하겠다. 그럼에도 불구하고 이 학생은 탐구 주제를 해결하기 위한 5번의 질문에는 적절하게 결론을 내리고 있다. 즉, 모둠 질문에 대한 주장은 적절하지 못하더라도 갑자기 탐구 주제는 올바르게 해결하고 있다.

정합성은 주장과 그 근거에 대한 관계가 적절할 때 성립되었다고 할 수 있다. 본 활동에서는 탐구 주제로부터 적절한 모둠 질문 설정, 적절한 실험 설계 및 자료 획득, 타당한 결론 도출, 탐구 주제의 해결의 과정이 순차적으로 근거와 주장이 될 수 있다. 따라서 앞쪽부터 정합성이 확보되어야 뒤쪽의 정합성이 확보될 수 있음에도 불구하고 실제 활동지에서는 그러한 연속성이 깨져 있다. 이는 학생들이 활동지의 질문에 대한 주장을 제시할 때 충분한 근거를 바탕으로 결론을 내리기 보다는 선행 학습을 통해 이미 알고 있는 지식을 해당 질문에 적고 있다고 생각할 수 있다. 해당 학생들은 대부분 기본적으로

1~2개의 학원을 다니고 있기 때문에 선행 학습의 가능성은 매우 크다고 하겠다.

이러한 현상이 위의 예 이외에도 많이 보인다는 점은 학생들이 수업과 가장 관련이 있는 질문에 적절한 주장을 제시하였다고 할지라도 선불리 그 학생이 내용에 대해 충분한 논리적 근거를 확보하고 있다고 판단하면 안된다는 사실을 말해주고 있다.

## 2. 논의

학생들 대부분은 비록 부족한 부분은 있을지라도 활동지의 모든 면을 꼭 채우는 경향을 찾아볼 수 있었다. 이는 학생들이 관찰수업 두 달 전부터 8차시에 걸쳐 이와 같은 활동지로 학습하면서 과학 글쓰기 습관이 정착되어 있었기 때문으로 생각된다. 학생들에게 처음 이 활동지를 도입할 때에는 정해진 실험방법이 없고, 모둠별로 질문을 만들어야 한

### 에피소드 5. 정합성의 연속성이 충족되지 않는 사례

오늘의 탐구 : 비는 어떻게 하여 내리는 걸까?

1. (은박접시, 비커, 따뜻한 물, 얼음)을 이용하여 알아볼 모둠 질문은 무엇인가?  
따뜻한 물과 얼음은 무슨 자연환경을 나타낸 것일까?

2. 모둠 활동

- 어떤 자료가 주어졌습니까?

은박접시, 비커, 따뜻한 물, 얼음, 휴지, 검은 물체

- 어떻게 실험할 건가요?

비커에 따뜻한 물을 붓는다. 그 뒤 위에 은박접시를 올리고 그 위에 얼음을 올려두면 은박접시에 물이 맺힌다.

- 이 실험이 잘 되기 위해서 특별히 생각할 점이 있나요?

- ① 물을 꼭 채워 넣지 않는다.
- ② 은박접시가 흔들리지 않게 한다.
- ③ 얼음을 한 번에 다 넣지 않는다.
- ④ 뜨거운 물을 옆지르지 않는다.
- ⑤ 비커의 주둥이를 휴지로 막는다.

3. 아하! 이걸 몰랐구나!(선생님, 친구와 실험결과를 이야기 해 보아요.)

은박 접시 아래에 물방울이 맺힌다.

4. 실험 결과를 통해 우리 모둠 질문에 대해 알아낸 점은 무엇인가?

바다와 하늘, 따뜻한 물이 증발되어 차가운 공기와 만나 온도가 급격히 떨어지면서 물방울이 되어 무거워지면 비가 된다.

5. 이 실험과 관련지어 비가 내리는 과정을 설명하여 봅시다.  
지표면에 공기가 위로 증발된다. → 공기의 온도가 내려감. → 수증기가 물방울로 변함. → 물방울이 무거워지면 내린다.

다는 것 때문에 학생들이 당황스러워 하고 그에 따라 정해진 수업시간이 초과하는 경우도 있었지만, 곧 학생들은 학습 형태에 익숙해지고, 활동지를 나누어 주면 모듈별로 논의를 통해 문제를 해결해 나가는 모습을 살펴볼 수 있었다. 같은 탐구 주제라 할지라도 각자 다른 모듈 질문을 정해야 한다는 것에 학생들은 많은 어려움을 느끼고 있었는데, 이에 연구자는 학생들에게 모듈 질문을 정하는 데 있어 많은 제한을 두지 않고자 했다. 탐구 주제와 관련이 있다면 실험 재료를 언급하여 질문하는 것도 허용하였고, 탐구 주제를 그대로 모듈 질문으로 사용하는 것도 허용하였기 때문에 결과적으로 학생들의 모듈 질문들은 탐구 주제와 매우 관련이 있는 질문으로 구성되어 탐구 주제와 모듈 질문과의 정합성은 확보되게 되었다.

활동지 분석을 통해 살펴볼 수 있었던 점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 대부분의 학생들은 모듈 질문으로부터 실험 설계를 해 나가는 과정에서 정합성을 보이고 있었다. 사례 분석의 예와 같이 이 과정에서도 정합성이 결여된 경우도 있었지만 대부분의 학생들의 활동지는 정합성이 확보되어 있었다. 학생들은 실험하기 전 구상 단계에서는 차근차근 모듈원들과 토의를 통해 활동지의 빈 부분을 채워나가는 모습을 확인할 수 있었다. 수업 시간의 배분에 있어서도 실험 구상 단계에서 시간을 가장 많이 활용하면서 충분한 토론이 있었기 때문에 이 과정에서의 정합성은 다른 과정에 비해 쉽게 확보할 수 있었던 것으로 판단된다.

둘째, 모듈 질문이 실험 활동과 연계되어 있긴 하지만 실험결과를 통해 모듈 질문에 대한 적절한 주장을 찾아내지 못하는 경우가 종종 나타났다. 실험의 구상은 수업의 앞부분이어서 충분한 논의를 거칠 수 있었던 반면 실험 결과를 근거로 모듈 질문에 대한 주장을 제시하는 과정은 수업의 뒷부분이어서 논의의 시간이 부족하여 토론이 아닌 개별적으로 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 그 결과, 학생들의 주장은 학생들의 개별적 능력에 따라 정합성을 확보한 경우와 결여된 경우로 나누어졌다. 보다 충분한 수업 시간이 확보된다면 학생들 사이의 논의를 통해서 이 과정에서의 정합성 확보가 보다 많이 이루어지리라 판단된다.

셋째, 여러 학생들은 실험 결과를 근거로 모듈 질

문에 대한 주장을 잘 이끌어내고 있는 모습을 확인할 수 있었다. 그러나 모듈 질문에 대한 주장을 잘 이끌어낸 경우에도 이를 바탕으로 탐구 주제에 대한 주장을 찾아내는데 있어 실패한 경우도 많았다. 이는 학생들이 수업의 목적을 어디에 두었는지를 인식하는데 있어 혼선이 있어 모듈 질문에 대한 주장을 제시하면 성공적으로 수업을 끝낸 것이라고 오해하였기 때문이며, 또한 수업 시간이 학생들이 모듈 질문에 대한 주장을 제시하기에도 부족하였기 때문에, 이를 바탕으로 탐구 주제를 해결하는데 있어 어려움이 있었기 때문이다. 또한, 학생들은 현상적인 것을 파악한 모듈 질문에 대한 주장을 근거로 과학적 개념을 필요로 하는 탐구 주제에 대한 설명에도 문제를 보였다. 예를 들어, 비가 내리는 과정을 설명할 때에 은박접시 아래에 물 분자가 합쳐져 비가 내린다는 현상적인 것만 집중하여 정작 차가운 얼음이 비가 생기는 데 어떠한 역할을 하는지 적절히 표현하지 못하였다.

넷째, 몇몇의 학생들은 자체적인 모듈 질문의 해결을 통해서 탐구 주제를 해결하는데 있어 성공하였다. 물론 이 과정에서 과학적으로 완벽하지는 않지만 학생들은 자신들의 주장에 근거를 충분히 확보하는 모습을 확인할 수 있었다. 개별적인 활동지를 살펴볼 때 우수한 학생들은 문제를 바라보는 민감성이 달라 교사의 조그만 힌트에도 민감하게 반응하였고(최병순과 신애경, 2006), 실험 결과 속에서 과학 개념을 찾아내어 탐구 주제를 잘 해결해 냈다. 예를 들어, 어떤 학생은 얼음이 차가운 구름의 역할을 수행하여 응결을 일으킨다는 모듈 질문에 대한 주장을 통해 비가 내리는 과정을 ‘증발’, ‘응결’, ‘강수’라는 개념을 사용하여 설명하였고, 단순히 비가 내리는 과정을 설명하는 것에서 끝내지 않고 물의 순환과정까지 설명하는 모습을 보였다.

다섯째, 학생들은 근거가 부족한 상황에서 올바른 주장을 하는 경우를 보이고 있었다. 수업에서 활용한 활동지는 궁극적으로 그날의 탐구 주제를 해결하기 위해 고안되었고, 교사의 설명을 통해 해결하는 것이 아닌 스스로 제기한 질문을 해결함으로써 해결하도록 만들어졌다. 그렇기 때문에 학생들이 한 단계 한 단계 질문에 대한 지식 주장을 찾아가는 과정은 근거와 주장 간의 정합성을 확보해 나가는 과정이 된다. 따라서 최종적으로 탐구 주제를 해결하기 위해서는 모듈 질문을 해결하기 위한 실



험으로부터 올바른 결론을 도출해야 한다. 그럼에도 불구하고 여러 학생들은 실험의 결론을 제대로 내리는데 있어 실패했음에도 불구하고 탐구 주제 해결에 성공하였다. 이러한 현상은 학생들이 수업을 하기 전에 여러 경로를 통해 선행 학습이 이루어졌기 때문으로 판단된다. 모둠 질문과는 달리 탐구 주제들은 교과서와 매우 밀접한 관계가 있는 내용들이었기 때문에 학생들은 학교 이외의 곳에서 탐구 주제들을 접할 수 있었다. 그 결과, 최종적인 결론은 다른 곳에서 이미 학습하였기 때문이며, 근거를 바탕으로 올바른 결론을 내리는 능력은 갖지 못했으므로 선불리 학생들이 최종 결론이 적절하다고 해서 탐구 능력 특히 근거를 바탕으로 주장을 펼치는 능력은 가졌다고 판단하면 안된다는 사실을 보여 준다.

#### IV. 결론 및 제언

과학교육에서는 과학 지식을 배우고 이해하는 것뿐만 아니라 근거를 바탕으로 지식을 주장하는 탐구 방법을 습득하는 것도 중요하다. 이에 본 연구에서는 학생들이 스스로 논의를 펼칠 수 있도록 자기발견적 과학 글쓰기 방법을 적용하여 과학 수업을 진행하였으며, 모둠 활동을 통해 작성된 학생들의 활동지를 통해 학생들이 자신의 주장을 제시함에 있어 얼마나 근거를 확보하고 있는가 하는 정합성 확보 여부를 살펴보았으며, 다음의 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 토론 시간이 충분했던 실험 설계 부분이 시간이 부족했던 결과, 해석부분보다 정합성이 많이 관찰되었다. 따라서 보다 활발한 논의를 거칠 수 있는 상황에서 보다 많은 학생들의 주장에는 정합성 확보될 것으로 보인다.

둘째, 주장이 과학 개념을 필요로 하는 경우, 학생들은 정합성을 확보하지 못하는 경우가 많았다. 모둠 질문을 통한 실험은 주로 현상적인 것에 초점을 맞추고 있었던 반면 탐구 주제들은 과학 개념에 초점이 맞춰져 있었기 때문에 학생들 스스로 현상에서 개념으로의 전환에 실패하고 있었다. 몇몇 민감성이 좋은 학생들은 이를 극복하기도 하였으나, 전체적으로 보면 학생들은 이 과정에 어려움을 보였다.

셋째, 일부 학생들은 선행 학습을 통해 과학 지식을 배웠지만 근거를 바탕으로 지식을 주장하는 탐구 방법의 습득은 하지 못했다. 교사들은 학생들의

최종 결론만 보고 성급히 학생들이 과학 개념들을 충분히 이해했다고 판단할 수 있는데, 본 연구의 결과, 지식을 알고 있는 것과 스스로 그러한 지식을 찾아갈 수 있는 것은 별개의 사안이라는 것을 다시 한 번 확인할 수 있었다.

본 연구 결과를 토대로 몇 가지 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 학생들이 지식을 아는 것과 별개로 지식을 찾아나가는 방법을 아는 것은 다름을 본 연구를 통해 다시 한 번 확인할 수 있었다. 본 연구의 사례 분석의 결과, 학생들은 논의 시간이 충분할 때보다 많은 정합성을 확보할 수 있었으므로 과학 수업 시간을 40분 수업으로 고정할 것이 아니라 탄력적으로 운영한다면 탐구 과정 전반에서 정합성을 가질 수 있는 가능성이 높아질 것이다.

둘째, 학생들은 현상적인 것에 관심을 많이 가지고 있는데, 이를 과학 개념으로 전환하는데 어려움을 많이 보이고 있다. 따라서 교사들은 완전히 학생들 스스로의 활동으로 탐구 주제를 해결해 나가도록 돕는 것이 아니라 현상으로부터 개념으로의 전환 부분에서 적절한 개입을 할 필요가 있다. 또한 교사들은 학생들이 과학 지식을 잘 제시한다고 해서 학생들이 과학 개념들을 충분히 이해하고 판단하지 말고 이러한 자기발견적 과학 글쓰기를 통해 학생들의 과학 개념의 이해 정도를 드러내고, 나아가 과학 지식의 주장에는 근거가 필요하다는 사실을 인지할 수 있도록 활동지 분석 결과를 학생들과 공유할 필요가 있겠다.

셋째, 본 연구에서는 학생들의 활동지를 통해 주장과 근거 사이의 정합성만 알아보았기 때문에 실제 모둠 활동에서 어떤 논의들이 학생들의 정합성 확보에 도움을 주고 있는지는 알지 못했다. 따라서 이러한 부분을 밝히기 위해서는 앞으로 모둠탐구 활동의 참여구조를 살펴보는 등 모둠탐구 활동에서 이루어지는 여러 토의 과정을 알아볼 필요성이 있겠다.

#### 참고문헌

- 강순민, 광경화, 남정희(2006). 논의과정을 강조한 교수·학습 전략이 중학생들의 인지 발달, 과학 개념 이해, 과학관련 태도 및 논의과정에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 26(3), 450-461.
- 광경화, 남정희(2009). 과학적 논의과정 활동을 통한 논의 과정 변화 및 논의상황에 따른 논의과정 특성. 한국과

- 학교교육학회지, 29(4), 400-413.
- 남정희, 광경화, 장경화, Hand, B.(2008). 논의를 강조한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic)의 중학교 과학 수업에의 적용. 한국과학교육학회지, 28(8), 992-936.
- 박정은, 유은정, 이선경, 김찬중(2009). 논증 구조 교육을 통한 고등학교 학생의 과학 글쓰기 분석: 과학 글쓰기 장르에 따른 글쓰기 과제를 중심으로. 한국과학교육학회지, 29(8), 824-847.
- 이은경, 강성주(2008). 학생-학생 언어적 상호작용 분석을 통한 문제 해결형 탐구 모듈에서의 SWH 활용 효과. 한국과학교육학회지, 28(2), 130-138.
- 최병순, 신애경(2006). Thinking Science의 모듈별 활동에서 나타나는 학생들의 논의 특성. 교원교육, 22(3), 1-13.
- Burke, K. A., Greenbowe, T. J. & Hand, B. M. (2006). Implementing the science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 83(7), 1032-1038.
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. *Science Education*, 84, 287-312.
- Giere, R. N. (1991). *Understanding scientific reasoning* (3rd ed.). Forth Worth, TX: Holt.
- Haefner, L. A. & Zembal-Saul, C. (2004). 'Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning', *International Journal of Science Education*, 26(13), 1653-1674.
- Germann, P. J., Haskins, S. & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 475-499.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V. & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1965-1084.
- Kuhn, D., Shaw, V. & Felton, M. (1997). Effect of dyadic interaction on reasoning. *Cognition and Instruction*, 15(3), 287-315.
- Leach, J. (1998). Teaching about the world of science in the laboratory: the influence on teaching of student's ideas. In Wellington, J. J. (Ed.), *Practical work in school science: Which way now?*(pp. 52-68). NY: Routledge.
- Rudolph, J. L. (2005). Inquiry, instrumentalism, and the public understanding of science. *Science Education*, 89, 803-821.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton University Press: New Jersey.
- Wellington, J. (1998). Practical work in science: time for a reappraisal. In Wellington, J. J. (Ed.), *Practical work in school science: Which way now?*(pp. 3-15). NY: Routledge.