

# 중학생의 성취 수준에 따른 탐구적 과학 글쓰기 (Science Writing Heuristic) 수업의 효과

신소영 · 최애란 · 박종윤\*

이화여자대학교

## The Effects of the Science Writing Heuristic Approach on the Middle School Students' Achievements

Shin, Soyoung · Choi, Aeran · Park, Jong-Yoon\*

Ewha Womans University

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate the effects of the Science Writing Heuristic (SWH) approach on the students' summary writing, logical thinking and achievements for the course. Participants in this study were 132 female students from a girls' middle school. The SWH approach was used for two experimental classes and the typical teacher-centered instructional approach was used for two comparative classes. Summary writing test, logical thinking test (GALT) and achievement test for the course were administered before and after the instruction period. Results of this study indicated that the SWH approach was helpful for students in finding big ideas, understanding science concepts, developing logical thinking abilities and doing well in the course. This study also implied that the SWH approach was effective for the low achieving students.

**Key words:** science writing heuristic, summary writing, logical thinking, learning achievement

### I. 서 론

최근 여러 과학 교육 연구에서 학생들의 글쓰기가 과학 학습에 중요한 역할을 한다는 것을 강조하고 있다(Clark & Sampson, 2008; Rivard, 1994; Rivard & Straw, 2000; Wallace *et al.*, 2004). 과학자들은 과학 탐구(scientific inquiry; scientific practice) 과정에서 탐구 문제, 주장, 근거 등을 논의하고 그 결과를 그래프 · 방정식 · 도표 · 다이어그램 · 모델 등을 포함한 글을 통하여 의사소통한다(Lemke, 1990; Norris & Phillips, 2003). 이런 관점에서 과학 교육 현장에서도 글쓰기 활동이 효과적인 과학 학습 활동으로 제안되어 왔다(Osborne *et al.*, 2004; Wallace *et al.*, 2004; Yore *et al.*, 2003). 1970년대 글쓰기 활성화 운동(Writing Across the Curriculum Movement) 이후에 학생들이 적극적인 학습자가 될 수 있도록 글쓰기가 학습 활동으로 활용되어 왔고(Emig, 1977), 여러 학자들이 과학에서 학생들의 글쓰기의 중요성을 강조해왔다

(Keys, 1999; Osborne & Wittrock, 1983). 학습자가 글쓰기를 통해서 자신의 생각을 명료화 하고 정교화 할 수 있고, 사고하는 과정과 내용을 글로 표현함으로써 과학적 지식을 형성할 수 있다고 주장되어 왔다(Keys, 1999; Prain, 2006).

학생들의 글쓰기는 단순한 글쓰기 활동으로서가 아니라, 과학 탐구 안에서 논의(argumentation) 활동과 병행되어야만 할 것이다(Cavagnetto, 2010). 과학자들이 과학을 하는 과정 즉, 의문을 찾고, 해결 과정을 고안하고, 데이터를 수집 · 해석하고, 해답을 찾아 나가는 과정은 전문 영역 동료와의 토론과 논의 과정의 연속이며, 이를 통해 과학 지식을 만들어 나간다. 초 · 중 · 고등학교 학생들이 과학 실험을 하고 과학 개념을 배우는 과정에서도 논의 과정이 내재되어야 한다는 것이 최근 과학 교육 연구에서의 주장이다(Clark & Sampson, 2008; Sandoval & Millwood, 2005). 이러한 주장은 언어를 매개로 한 사회적 상호작용이 학습에 중요한 역할을 한다는 것을 시사하는 사회적 구성주의에 기초하고 있다(Vygotsky, 1978).

\*교신저자: 박종윤(jypark@ewha.ac.kr)

\*\*2013.04.30(접수), 2013.07.01(1심통과), 2013.07.22(최종통과)

최근 미국의 초·중·고등학교 과학 교육 목표 기초틀(A framework for K-12 science education)에서도 과학 탐구에서 학생들이 주장과 근거를 논의하는 과정이 이전의 과학 교육 목표(National Science Education Standards)에서보다 강조되고 있다(National Research Council, 1996, 2012). 학생들이 과학 탐구 과정에서 얻은 데이터나 관찰 결과를 해석하여 설명하는 주장을 세우고, 그에 대한 증거를 제시하고, 관련된 과학 지식 정보 등을 찾고, 그 의미를 해석·평가하며, 학생들 간에 논의하는 과정을 경험하는 것을 제안하고 있다. 학생들은 이러한 과정을 통하여 자신들이 과학 탐구를 통해 수집한 증거와 관련되는 과학적 개념, 이론 등을 이해할 수 있을 뿐 아니라, 과학자들 간에 협동하고 논의하는 사회적 활동(social practice)으로서의 과학을 경험할 수 있다.

학생들에게 과학자들이 하는 것과 유사한 논의와 글쓰기를 통하여 과학을 할 수 있는 경험을 제공하기 위해서는 논의와 글쓰기 과정이 과학 교수 학습 과정에 포함되어야 한다. 최근 과학 탐구에서의 논의와 글쓰기의 중요성을 과학 교수 학습에 도모하려는 다양한 시도가 있어 왔다(Hand *et al.*, 1999; Sampson & Clark, 2008). 그 중 하나로 탐구적 과학 글쓰기(SWH; Science Writing Heuristic)는 의문 만들기, 주장, 증거, 사고의 변화로서의 반성을 포함하고 각 과정에서 학생들 사이의 논의에 의한 협상과 합의 과정을 중요시 하고 있다(Keys *et al.*, 1999). 고윈의 V-다이아그램(Gowin's Vee Heuristic)과 유사하게 탐구적 과학 글쓰기는 의문에서부터 문제 해결까지의 과정을 담은 탐구적 틀을 제시해준다. 학생들은 스스로 의문을 찾고 주장과 근거를 제시하는 탐구 활동을 통해 과학자들이 과학을 하는 과정 및 사회적 합의를 얻는 과정을 경험할 수 있게 된다(Burke *et al.*, 2006). 개인적인 의문과 주장은 계속하여 실험조, 학급 전체에서 논의된다. 매 단계마다 학습자는 일련의 협상에 참여하고 그들의 동료나 교사와의 협동을 통해 의미를 명확히 만들게 되는 것이다. 또한, 학생들은 글쓰기 활동을 통해 자신의 생각을 확고히 하고 생각의 변화 양상을 되돌아볼 수 있는 반성적 사고 활동을 하게 된다(Hand & Keys, 1999). 다시 말해서, 탐구적 과학 글쓰기는 의문을 찾아내고 문제를 협동적으로 해결하는 과정을 독려하고, 개인적으로 구성해야 하는 글쓰기 방식과 사회적 합의를 도출해야 하는

논의 방식을 연결해준다. 이러한 방식의 탐구 활동은 학습자가 자신의 탐구 활동 과정에서 지속적인 협상을 통해 스스로 과학적 의미를 생성하고 과학적 지식과 연결하도록 발판을 마련해준다.

이러한 이점 때문에 최근 국내에서도 탐구적 과학 글쓰기에 대한 연구가 진행되고 있는데, 대학생들의 일반화학실험 수업에 적용하여 화학 개념 이해 및 글쓰기 능력에 효과적인 결과를 보고한 남정희 등(Nam *et al.*, 2011a)의 연구와 과학 글쓰기에서 다중표상의 내재성에 효과적이라는 보고를 한 남정희 등(Nam *et al.*, 2011b)의 연구 등이 있다. 장경화 등(Jang *et al.*, 2012)의 연구에서는 탐구적 과학 글쓰기 수업을 경험한 학생들은 요약 글쓰기(summary writing)에서 다중표상을 이용하여 주장에 대한 근거를 제시한다고 보고하고 있다. 또한 중학생을 대상으로 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 남정희 등(Nam *et al.*, 2008)의 연구에서는 중학교 과학 수업에 탐구적 과학 글쓰기 교수 학습 전략을 바탕으로 수업 프로그램을 개발하고 실시하여, 이 프로그램이 학생들의 인지 수준 발달과 과학 개념의 이해 및 글쓰기 능력 향상에 효과적인 영향을 미친다는 연구 결과를 제시하였다. 한편, 터키와 미국에서 수행한 선행 연구에서는 탐구적 과학 글쓰기가 학생들의 상위 그룹과 하위 그룹간의 성취 수준의 격차를 줄여주고(Akkus *et al.*, 2007; Kingir *et al.*, 2012), 명확한 개념 이해에 효과적이라는 것을 시사하고 있다(Burke *et al.*, 2006; Hand, *et al.*, 2004; Hohenshell & Hand, 2006). 예를 들면, Hand 등(Hand *et al.*, 2004)은 생물 시간에 탐구적 과학 글쓰기 수업을 받은 7학년 학생들의 학업 성취도가 전통적인 수업을 받은 학생들보다 유의미하게 높은 결과를 보였다고 보고하였다. 그리고 Kingir 등(Kingir *et al.*, 2012)은 고등학교 화학 시간에 탐구적 과학 글쓰기 수업을 하여 특히 하위 수준의 학생들의 성취도가 매우 향상되어 처치 후에 상위 수준의 학생들과의 격차가 줄었음을 보고하였다.

이러한 국내외 선행 연구 결과를 바탕으로 본 연구에서는 대도시에 소재한 중학교 2학년 학생들을 대상으로 탐구적 과학 글쓰기 수업을 적용하여 이 수업이 학생들의 요약 글쓰기에 미치는 효과, 논리적 사고에 미치는 효과, 학업 성취도에 미치는 효과를 알아보고, 또한 이 수업 전략과 학생들의 성취 수준에 따른 집단 간에 상호 작용 효과가 있는지 알아보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구를 위한 연구 대상은 대도시 소재 여자중학교 2학년 4개 반으로 선정하고, 2개 반씩을 임의로 비교 집단과 실험 집단으로 나누었다. 그리고 교과 학습 진단 평가의 과학 점수의 중앙값을 기준으로 학생들을 성취 수준 상위 집단과 하위 집단으로 나누었다. 교과 학습 진단 평가는 학년 초에 학생들의 학력 수준을 진단하기 위하여 시도 교육청 주관으로 시행하는 평가이다. 연구 대상의 구성은 표 1과 같다.

실험 집단에는 총 7개 주제의 탐구적 과학 글쓰기 수업이 진행되었고, 비교 집단에서는 같은 주제의 일반적(교과서 중심의 강의식) 수업이 진행되었다. 비교 집단과 실험 집단의 수업은 모두 연구자 중의 한 명이 직접 담당하였다. 실험조의 편성은 비교 집단과 실험 집단 모두 Roadrangka 등(Roadrangka *et al.*, 1983)이 개발한 GALT(Group Assessment of Logical Thinking) 축소본을 사용하여 한 조에 구체적 조작기, 과도기, 형식적 조작기 학생들이 모두 포함되도록 각 조원들을 이질적으로 구성하였다.

표 1  
연구 대상

수준	비교 집단	실험 집단	계
상위	34	31	65
하위	38	29	67
전체	72	60	132

### 2. 탐구적 과학 글쓰기 수업 전략과 프로그램

탐구적 과학 글쓰기는 탐구와 논의, 그리고 글쓰기가 접목된 수업 형태인데, 본 연구에서는 Keys 등(Keys *et al.*, 1999)이 개발한 전략을 바탕으로 남정희 등(Nam *et al.*, 2008)이 우리나라 실정에 맞게 수정한 6단계 전략을 사용하였다.

탐구적 과학 글쓰기 수업의 1단계 의문 만들기에서는 문제 상황을 보고 학습자가 스스로 개별 의문을 만들고 이를 바탕으로 조별 의문, 학급 의문을 정한다. 2단계 실험 설계 및 수행에서는 1단계에서 정해진 학

급 의문을 해소하기 위한 실험을 설계하고 수행한다. 경우에 따라서 실험하지 않는 주제도 있다. 3단계 관찰에서는 실험을 통해 관찰한 사실을 바탕으로 자료를 수집하여 정리하고 기록한다. 4단계 주장과 증거에서는 3단계에서 수집한 자료를 분석하여 의문에 대한 대답 또는 해결에 해당하는 개별 주장을 만들고 논의를 통해 조별 주장을 정한다. 조별 주장은 학급 전체 논의를 통해 하나의 학급 주장으로 귀결된다. 이때 교사는 학습 목표 즉, 핵심 개념(big idea)이 포함된 학급 주장이 선택될 수 있도록 조언해준다. 5단계 읽기에서는 교과서, 전문 서적, 저널, 인터넷 등 읽기 자료를 통해 주장과 근거가 확고해진다. 6단계 반성에서는 1단계부터 5단계까지 거치는 동안 학습자의 생각에 변화가 있었는지를 알아보는 단계이다.

이러한 6단계 전략을 바탕으로 남정희 연구진은 각 단계별로 학생과 교사가 해야 할 세부 전략을 제시하는 학생들과 교사들을 작성하였고, 또 중학교 과정에서 실제 수업에 사용할 탐구적 과학 글쓰기 수업 활동지를 개발하였다(Kwak, 2010; Nam, 2011). 본 연구에서는 이 학생들과 교사들을 사용하였고, 중학교 2학년 과정에 해당하는 7개의 주제에 대한 수업 활동지를 사용하여 탐구적 과학 글쓰기 수업을 두 학기 동안 실시하였다. 사용한 7개 주제는 황사, 밀도, 기체의 용해도, 식물의 광합성, 증산 작용, 지각 변동, 전기이다. 지면 관계로 탐구적 과학 글쓰기 수업 학생들(Kwak, 2010)만 표 2에 제시하였다.

### 3. 탐구적 과학 글쓰기 수업 처치

탐구적 과학 글쓰기 수업을 성공적으로 실행하기 위해 수업 처치 전 각 단계 전략에 대한 이해(수업의 목적 및 필요성, 절차)가 필요하므로 탐구적 과학 글쓰기 수업에 대한 오리엔테이션을 실시하였다. 오리엔테이션에서는 수업의 각 단계 전략을 이해하기 쉽도록 탐구적 과학 글쓰기 수업의 학생들을 학생들에게 제공하였다. 오리엔테이션이 끝난 후 교사는 학생들에게 탐구적 과학 글쓰기 수업의 학생들을 노트에 붙이도록 하고 탐구적 과학 글쓰기 수업이 진행될 때 각 단계마다 학생들에 제시된 전략을 참고하여 활동하게 하였다.

탐구적 과학 글쓰기 수업에서 교사는 교사들과 교사용 활동지를 참고하여 수업을 진행하였다. 수업이

**표 2**  
탐구적 과학 글쓰기 수업 학생들(Kwak, 2010)

단계	활동	전략
1. 의문 만들기	· 제시된 문제 상황을 보고 의문을 만든다.	· 나의 의문은 무엇인가? · 합의된 우리 조의 의문은 무엇인가? · 학급에서 합의된 의문은 무엇인가?
2. 실험	· 의문을 해결할 수 있는 실험을 설계하고 수행한다.	· 어떻게 실험할까?
3. 관찰	· 실험을 통해 관찰한 자료를 수집하여 적절한 방법으로 제시한다.	· 내가 관찰한 것은 무엇인가? (무엇을 보았는가?) · 내가 실험에서 얻은 자료는 무엇이며, 이 자료로부터 얻은 결과는 무엇인가? · 내가 쓴 공식은 무엇이었는가? · 나는 적절히 분류하고 그래프를 그리고 있는가?
4. 주장	· 관찰한 결과를 바탕으로 의문을 해결할 수 있는 주장을 만든다. · 논의를 통해 조의 주장을 만든다.	· 나의 의문 또는 학급의 의문에 대한 대답으로서의 내 주장은 무엇인가?
증거	· 주장을 뒷받침할 증거를 제시한다. · 논의를 통해 조의 증거를 만든다.	· 어떻게 알았는가? 그러한 주장을 한 이유는 무엇인가? · 내 주장을 뒷받침할 나의 자료(관찰, 그래프, 표, 또는 다른 분석)에 대한 내 결과 해석은 무엇인가? · 주장과 증거를 적절하게 연결하고 있는가?
5. 읽기	· 참고 자료를 읽고 주장을 지지해 줄 이론적 배경을 찾아 주장을 정교화하거나 수정한다.	· 여러 참고 자료로부터 무엇을 알았는가? · 여러 참고 자료가 나의 의문에 해답을 주는가? · 여러 참고 자료가 나의 주장을 어떻게 지지해 줄 수 있는가?
6. 반성	· 생각의 변화 유무와 그 이유를 설명한다.	· 실험에서 나온 오차를 어떻게 설명할 수 있는가? · 어떻게 내 생각이 바뀌었는가? · 내 생각은 왜 바뀌지 않았는가? · 내가 가진 새로운 의문은 무엇인가? · 이 활동이 내가 이미 배운 내용과 어떻게 연결될까? · 이 실험과 관련된 실생활의 예는 어떤 것이 있을까?

시작되면 교사는 학생들에게 활동지에 제시된 문제 상황을 보게 하고 스스로 의문을 찾도록 하였다. 조의 의문을 정할 때에는 자유롭게 논의하도록 하였고, 조의 의문이 정해진 뒤에는 종이에 조의 의문을 적은 뒤 칠판에 게시하도록 하였다. 모든 조가 의문을 칠판에 게시한 뒤에는 학급의 의문을 정하였는데, 이때에도 역시 자유롭게 논의하도록 하되 핵심 개념을 최대한 반영한 의문으로 정해지도록 유도하였다. 이 과정이 끝난 후, 실험을 실시하는 수업에서는 조별로 돌아보면서 몇 가지 주의 사항을 전달하기도 하고, 실험 설계를 전혀 하지 못하는 조에서는 실험 설계의 방법을 알려주기도 하였다. 실험이 끝나면 실험을 통해 관찰한 내용을 자세하게 기록하게 하고, 나의 주장을 적도록

하였다. 이 때, 가급적이면 주장에 대한 증거를 충실히 적도록 당부하였다. 조의 주장과 증거를 정할 때에도 충분한 논의를 거쳐 정하게 하고, 특히 증거를 충실히 적을 것을 강조하였다. 이 모든 과정이 끝나면 읽기 부분에 교과서나 자신이 준비해 온 자료를 보며 조의 주장과 증거에 대한 내용을 찾아 기록하게 하였는데, 시간이 부족하면 과제로 부여하기도 하였다. 반성 부분에서는 수업을 하기 전과 후의 자신의 생각 변화를 중점적으로 적도록 하였다.

#### 4. 자료 수집 및 분석

탐구적 과학 글쓰기 수업의 효과를 판단하기 위해

요약 글쓰기 검사, 논리적 사고 검사, 학업 성취도 평가를 사전과 사후에 각각 실시하였다. 사전 검사는 3월 또는 4월에 실시하였는데, 요약 글쓰기와 논리적 사고 검사는 3월, 학업 성취도 평가는 4월에 이루어졌다. 사후 검사는 모두 12월에 실시하였다.

### 1) 요약 글쓰기 검사

학생들은 사전과 사후 요약 글쓰기 검사를 수행하였고, 각각의 주제는 ‘물질의 특성’과 ‘전기’에 대한 것이었다. 두 검사 모두 친구를 대상으로 한 편지글 형식으로 쓰도록 하였다. 편지글은 자유롭게 자신의 생각을 드러내도록 하기 위한 것이고, 대상을 친구로 정한 것은 어려운 과학 개념을 평상시 언어로 쉽게 설명하도록 하기 위함이다.

요약 글쓰기의 평가를 위해 Prain과 Hand(Prain & Hand, 1996)가 제안한 모델을 바탕으로 남정희 등(Nam *et al.*, 2008)이 개발한 평가틀을 사용하였다. 이 평가틀은 4가지 영역으로 구성되어 있는데, 핵심 개념(big idea) 영역, 과학 개념 설명 영역, 논의 과정 영역, 글쓰기 형식 영역이다. 핵심 개념 영역은 학생들이 학습 목표에 해당하는 핵심 개념을 얼마나 이해하고 있는지를 평가하는 영역이고, 과학 개념 설명 영역은 핵심 개념을 설명하기 위하여 필요한 하위 과학 개념들을 빠짐없이, 그리고 그들 사이의 관계를 얼마나 자세하고 바르게 설명하고 있는지에 대한 평가 영역이다. 논의 과정 영역은 학습자가 자신의 생각을 얼마나 논리적으로 전개하는지, 그 과정 속에 논의 과정 요소가 얼마나 그리고 어떻게 존재하고 있는지에 대한 평가 영역이며, 글쓰기 형식 영역은 요약 글쓰기에서 요구한 글쓰기 형식을 잘 맞추었는지에 대한 평가 영역이다(Nam *et al.*, 2008).

사전 검사인 ‘물질의 특성’에 대한 요약 글쓰기의 구체적인 평가틀의 일부를 표 3에 제시하였다. 평가틀이 방대하여 핵심 개념 영역과 과학 개념 설명 영역만 나타내었고, 논의과정 영역과 글쓰기 형식 영역에 대한 것은 남정희 등(Nam *et al.*, 2008)의 연구에서 제시한 것과 동일하므로 여기서는 생략하였다.

핵심 개념에 대한 평가는 핵심 개념의 제시 유무와 적절한 정도에 따라 0, 5, 10, 15점으로 배점을 달리 하였다. 0점은 핵심 개념이 제시되지 않은 경우이고, 표 3과 같이 핵심 개념 제시의 적절성에 따라 5, 10, 15점으로 결정하였다.

과학 개념 설명 영역의 평가도 표 3에 제시한 바와 같이 필요한 과학 개념을 설명하지 않거나 잘못 설명하면 0점, 올바르게 설명한 정도에 따라 1점 또는 2점을 배점하였다.

논의 과정 영역의 평가는 ‘논의 과정 요소 사용’과 ‘증거 제시 방법’으로 나누어 진행하였다. ‘논의 과정 요소 사용’의 평가는 Toulmin의 논의 과정 요소를 기준으로 하였다. Toulmin(1958)은 논의 과정 요소로서 주장(claim), 근거(ground, data), 보장(warrant), 한정(qualifier), 반박(rebuttal), 보강(backing) 등을 제시하였다. Toulmin의 논의 과정 틀에 따르면 주장을 뒷받침하는 근거들은 보장 안에서 정당성을 갖는다. 보장은 근거가 어떻게 주장을 뒷받침하는지를 설명하기 위한 일반적인 규칙이나 원리들이다. 보강은 주장, 근거, 보강의 세 요소 간의 관련성을 보완하고 보장을 뒷받침하기 위한 것이다. 주장에는 경우에 따라서 반박이 있을 수 있으므로 이를 방어하기 위해 한정되어야 한다. ‘증거 제시 방법’은 예, 그래프, 도표, 비유, 일상적 경험, 인용자료, 그림, 식 등을 제시할 때 평가에 반영하였다. 논의 과정 영역의 점수 부여는 각 논의 과정 요소에 1점, 각 증거 제시 방법에도 1점을 배점하였고, 빈도수를 반영하여 점수를 계산하였다.

글쓰기 형식 영역은 요약 글쓰기에서 요구한 형식에 잘 맞는지, 전체적인 흐름이 매끄러운지, 글쓰기 대상에게 적합한지에 따라 각각 0, 2, 4점으로 차등 배점하였고 문맥의 논리성에 따라 0, 3, 6점으로 배점하였다.

평가를 시작하기에 앞서 무작위로 추출한 학생의 요약 글쓰기를 과학 교육 전공 대학원생 5인이 각각 평가틀을 기준으로 분석한 후 그 결과를 비교하여 일치하지 않는 부분에 대해서 논의를 거치고 평가 기준을 수정하는 과정을 2회 실시하였다.

### 2) 논리적 사고 검사

탐구적 과학 글쓰기 수업 처치에 따른 학생들의 논리적 사고 수준 변화를 알아보기 위해 사전·사후 논리적 사고 검사를 실시하였다. 검사 도구는 Roadrangka 등(Roadrangka *et al.*, 1983)이 개발한 GALT 축소본을 사용하였고, 사전·사후 검사의 정답 개수를 비교하여 논리적 사고 수준 변화를 판단하였다. 사전에 실시한 검사 결과는 두 집단 학생들의 이질적인 실험 조 편성에도 사용하였다.

**표 3**  
물질의 특성에 대한 요약 글쓰기 평가틀 중 핵심 개념 영역과 과학 개념 설명 영역

영역	범주	배점	기준	
핵심 개념	없다	0	핵심 개념이 나타나지 않는다. 핵심 개념은 없고 예시만 있다.	
	부적절하다	5	물질의 특성이 물질마다 고유한 성질을 설명한다.	
	적절하다	10	물질의 특성이 물질 고유의 성질을 설명하고, 양에 따라 변하지 않는 성질을 설명한다.	
	매우 적절하다	15	위의 내용과 더불어 물질의 특성을 가지고 물질을 구분할 수 있음을 설명한다.	
과학 개념 설명	물질의 크기성질	질량	0	질량의 개념을 설명하지 않거나 잘못 설명한다.
			1	질량의 개념을 바르게 설명한다.
	부피	0	부피의 개념을 설명하지 않거나 잘못 설명한다.	
		1	부피의 개념을 바르게 설명한다.	
	물질의 특성	겉보기 성질	0	설명이 없다.
			1	개념 설명은 없고 종류만 나열한다.
		2	겉보기 성질의 개념을 바르게 설명하고, 종류를 3가지 이상 나열한다.	
		밀도	0	설명이 없다.
			1	개념 설명은 없고 단어만 제시한다.
		2	밀도의 개념을 바르게 설명한다.	
		녹는점과 끓는점	0	설명이 없다.
			1	개념 설명은 없고 단어만 제시한다.
2		녹는점, 끓는점의 개념을 바르게 설명한다.		
용해도		0	설명이 없다.	
	1	개념 설명은 없고 단어만 제시한다.		
2	용해도의 개념을 바르게 설명한다.			

### 3) 학업 성취도 평가

학생들의 학업 성취도에 대한 탐구적 과학 글쓰기 수업의 효과를 알아보기 위해서는 해당 학교에서 실시한 지필 평가 점수를 비교하였다. 사전 검사로는 4월에 실시한 1학기 중간 고사를 사용하였고, 사후 검사로는 12월에 실시한 2학기 기말 고사를 사용하였다. 사후 검사는 2학년 과학의 전 과정을 시험 범위로 하였다. 두 시험 모두 선다형 25문항과 서답형 10문항으로 이루어져 있고 100점을 만점으로 채점하였다. 시험 문항 출제는 해당 학교 과학 교사 3명이 하였는데, 2배수의 문항을 분담하여 출제한 후 협의를 거쳐 필요한 수만큼 문항을 선정하고, 오류 확인을 위해 수차례의 검토를 거쳐 확정하였다.

### 4) 통계 처리

데이터 분석을 위해 SPSS 통계 프로그램을 사용하였다. 먼저 데이터의 정규성을 알아보기 위해 잔차 분석을 실시하였다. 산점도-종속변수의 예측치(predicted value)에 대한 스튜던트 잔차(studentized residual)-를 그려 모든 데이터들이 잔차 -2에서 +2 사이에 무작위적으로 분포함을 확인하고 데이터의 정규성을 검증하였다. 이 과정을 거친 뒤, 교과 학습 진단 평가 점수를 구획 변인으로 하여 비교 집단과 실험 집단 모두 상위와 하위 집단으로 구획을 설정한 뒤 이원 공분산 분석(two-way ANCOVA)을 이용하여 수업 처치에 의한 비교 집단과 실험 집단 사이의 차이 및 수업 처치와 구획 변인 사이의 상호 작용을 분석하였다. 수업 처치

와 구획 변인 사이의 상호 작용이 있는 경우에는 상위 집단과 하위 집단에 대해 각각 수업 처치에 의한 차이를 분석하였다.

### Ⅲ. 연구 결과 분석

이 연구의 결과는 탐구적 과학 글쓰기 수업을 적용한 후 학생들의 요약 글쓰기, 논리적 사고, 학업 성취도에 미치는 효과를 분석하여 나타내었다. 또한 이 수업 전략과 학생들의 성취 수준에 따른 집단 간에 상호 작용 효과가 있는지 분석하였다.

#### 1. 요약 글쓰기

요약 글쓰기의 결과 분석은 4개의 하위 영역별로 구분하여 실시하였다. 4개 하위 영역은 핵심 개념, 과학 개념 설명, 논의 과정, 글쓰기 형식이다. 각 영역의 만점이 다르므로 총점은 분석에서 제외하였다. 비교 집단과 실험 집단의 각 영역별 사후 검사의 평균, 표준편차와 교정 평균을 표 4에 제시하였다.

각 영역의 사전 점수를 공변량으로 하여 공분산 분석을 실시한 결과, 비교 집단과 실험 집단 사이에 논의 과정 점수와 글쓰기 형식 점수는 유의미한 차이가 없었다. 핵심 개념 점수의 경우 비교 집단의 교정 평

균은 4.30점, 실험 집단의 교정 평균은 8.35점으로 두 집단의 점수는 유의미한 차이가 있었다( $F(1, 131) = 11.133, p = 0.001$ ). 과학 개념 설명 점수의 경우도 비교 집단의 교정 평균은 3.86점, 실험 집단의 교정 평균은 5.65점으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 있었다( $F(1, 131) = 13.363, p = 0.000$ ). 각각의 점수에 대해 수업 처치와 구획 변인 사이의 상호 작용 효과는 없는 것으로 나타났다.

비교 집단 학생들은 과학 개념들을 하나의 핵심 개념에 연결하지 못하는 경우가 많았고, 실험 집단에서는 여러 개념을 설명하면서 하나의 큰 개념에 연결짓는 경우를 볼 수 있었다. 사후 검사인 '전기'에 대한 한 학생의 예를 보면, 전하의 종류(+ 전하, - 전하)에 대해 설명하고, 전하의 흐름을 전류라고 정의한다. 이어서 저항, 전압을 설명하고 전류·저항·전압 사이의 관계에 대해 설명한다. 끝으로 세 개념의 관계를 옴의 법칙으로 설명하면서 마무리하고 있다. 이러한 요약 글쓰기는 개념들을 설명하는 순서도 체계적이고 개념들 간의 관계도 핵심 개념에 잘 연결지은 것으로 볼 수 있다.

#### 2. 논리적 사고

논리적 사고 검사의 두 집단별 사후 검사의 평균,

표 4 요약 글쓰기 검사 4개 하위 영역 점수의 기술 통계량

영역	구획 변인	비교 집단			실험 집단		
		평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균
핵심 개념	상위	3.82	6.40	3.81	8.23	7.02	8.24
	하위	4.74	7.07	4.83	8.45	7.33	8.33
	전체	4.31	6.73	4.30	8.33	7.11	8.35
과학 개념 설명	상위	3.88	1.94	3.90	5.48	3.41	5.46
	하위	3.89	2.37	3.83	5.72	3.55	5.81
	전체	3.89	2.16	3.86	5.60	3.45	5.65
논의 과정	상위	8.41	3.02	8.14	9.16	4.33	9.46
	하위	8.26	3.92	8.32	9.86	4.66	9.79
	전체	8.33	3.50	8.26	9.50	4.47	9.59
글쓰기 형식	상위	11.82	2.56	11.75	12.16	2.00	12.24
	하위	10.84	3.71	11.02	11.38	2.09	11.14
	전체	11.31	3.24	11.32	11.78	2.07	11.77

표준 편차와 교정 평균을 표 5에 제시하였다. 12점 만점에 비교 집단의 교정 평균은 4.93점이고, 실험 집단의 교정 평균은 5.79점으로 실험 집단의 평균이 높게 나타났다. 사전 점수를 공변량으로 한 공분산 분석 결과, 유의 확률 0.021로 집단 간의 논리적 사고 점수 향상이 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F(1, 131) = 5.478, p = 0.021$ ). 하지만 수업 처치와 구획 변인 사이의 상호 작용 효과에 대한 유의 확률은 0.763으로 두 요인 사이의 상호 작용 효과는 없는 것으로 나타났다.

### 3. 학업 성취도

학업 성취도 평가 결과도 표 5에 제시하였다. 100점 만점에 비교 집단의 교정 평균은 64.8점이고, 실험 집단의 교정 평균은 69.5점으로 실험 집단의 평균이 높게 나타났다. 사전 검사 점수를 공변량으로 하여 공분산 분석을 실시한 결과, 유의 확률 0.038로 두 집단의 학업 성취도 점수가 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F(1, 131) = 4.398, p = 0.038$ ). 그리고 수업 처치와 구획 변인 사이의 상호 작용 효과가 있는 것으로 나타났다( $F(1, 131) = 7.266, p = 0.008$ ). 수업 처치와 구획 변인 사이의 상호 작용을 구체적으로 알아보기 위하여 상·하위 집단별로 사전 검사 점수를 공변량으로 하여 공분산 분석을 실시하였다. 그 결과 상위 집단에서는 유의 확률 0.428로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났으나 ( $F(1, 64) = 0.635, p = 0.428$ ), 하위 집단에서는 유의 확률 0.002로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다( $F(1, 66) = 10.115, p = 0.002$ ).

## IV. 결론 및 제언

탐구적 과학 글쓰기 수업 처치는 요약 글쓰기 중 핵심 개념 영역과 과학 개념 설명 영역에 긍정적인 효과를 보였다. 탐구적 과학 글쓰기 수업에서 학생들이 의문을 만들고 그에 대한 주장과 근거를 제기하며 반성적 사고를 하는 과정이 주제에 대한 핵심 개념을 세우는데 도움을 주었을 것으로 해석된다. 교사가 미리 제시하는 학습 목표보다는 탐구적 과학 글쓰기에서는 스스로 의문을 세우고 또래 친구들과 소규모 논의를 거친 후 점점 큰 규모의 논의를 거쳐 여러 과학 개념 간의 관계를 올바르게 연결하여 핵심 개념을 형성하는 유의미한 학습이 된다. 본 연구의 결과는 학생들이 친구들과 의견을 나누는 논의 활동과 자신의 생각을 명백히 하고 정교화 하는 글쓰기 활동을 하는 탐구적 과학 글쓰기 수업이 과학 개념의 이해를 높이기 위한 과학 교수 학습에 적극적으로 활용되어야 함을 시사한다.

탐구적 과학 글쓰기 수업을 받은 학생들이 전통적인 교사 강의 중심의 수업을 받은 학생들보다 논리적 사고 검사에서 통계적으로 높은 점수를 받은 결과는 탐구적 과학 글쓰기 수업의 효과가 학생들의 논리적 사고의 향상에도 긍정적 영향을 줄 수 있음을 시사한다. 탐구적 과학 글쓰기 수업에서 학생들은 탐구 문제, 실험 과정, 결과 해석, 주장, 근거 등을 조별 토론 및 학급 토론을 통해 공유, 반박, 협의하고 또한 글쓰기를 한다. 학생들이 다른 조원, 학급 구성원과 의사소통하는 과정에서 자신의 생각이 타당하고 정확하다는 것을 주장하고 근거를 제시하는 과정은 논리적 사고와 관계가 있을 것으로 생각된다. 이러한 연구 결과

표 5  
논리적 사고 검사와 학업 성취도 평가 점수의 기술 통계량

검사	구획 변인	비교 집단			실험 집단		
		평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균
논리적 사고	상위	5.71	2.20	5.71	7.13	2.17	7.12
	하위	4.00	2.66	3.97	4.79	2.13	4.63
	전체	4.83	2.58	4.93	6.00	2.44	5.79
학업 성취도	상위	76.5	22.0	80.4	82.5	14.4	78.2
	하위	49.2	18.9	49.9	61.6	18.8	60.7
	전체	62.1	24.5	64.8	72.4	19.6	69.5

는 학생들의 논리적 사고 향상에 도움을 줄 수 있는 탐구적 과학 글쓰기 수업을 학교 교육에서 지속적으로 활용할 것을 시사한다.

탐구적 과학 글쓰기 수업의 효과는 학업 성취도의 향상에서도 볼 수 있었다. 특히 학업 성취도에서는 수업 처치와 구획 변인 사이의 상호 작용 효과가 나타났는데, 상·하위 집단을 구분하여 수업 처치의 효과를 알아본 결과 하위 집단에서 유의미한 차이가 있었는데 이는 선행 연구에 의해서도 밝혀진 바 있다. 즉, Kingir 등(Kingir *et al.*, 2012)의 연구에서 탐구적 과학 글쓰기 수업이 하위 수준 학생의 성취도를 높인다는 영향을 주었다는 결과와도 일치한다. 소집단 활동이 학생들의 학습을 돕는다는 선행 연구 결과(Kwak, 2005)와 사회적 상호 작용을 강조한 과학 탐구 실험이 학업 성취에 유의미한 효과를 나타낸다는 선행 연구 결과도 있다(Kim *et al.*, 2002). 탐구적 과학 글쓰기 수업이 학업 성취도에 대한 긍정적인 효과를 불러일으키고 특히 하위권 학생들에게 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과는 향후 과학 교수 학습에 시사하는 바가 크다. 상대적으로 과학에 대한 흥미가 낮고 참여가 낮은 하위 수준 학생들의 과학 학업 성취도 향상을 위해서는 탐구적 과학 글쓰기 수업의 활용이 적극 장려되어야 할 것이다. 탐구적 과학 글쓰기 수업을 통해 학생들은 자신의 생각을 드러내고 증거를 제시하면서 자신이 알고 있는 과학 개념에 대해 계속해서 수정과 보완을 해나가고 자신의 생각을 글로 쓰면서 다시 한 번 생각을 정리하고 정교화 시킨다. 본 연구 결과는 이러한 학습 방법이 하위 수준의 학생들에게 의미 있는 학습법이라는 것을 시사한다. 학생들의 탐구적 과학 글쓰기 학습법에 대한 인식과 이해를 인터뷰하여 본 연구를 보강하는 후속 연구가 필요할 것이다.

본 연구에서 요약 글쓰기 중 논의 과정 영역과 글쓰기 형식 영역에서 유의미한 차이를 보이지 않았다. 남정희 등(Nam *et al.*, 2008)의 연구에서는 탐구적 과학 글쓰기 수업이 요약 글쓰기를 통해 분석한 논의 능력 향상에 효과적인 영향을 미친다고 하였으나, 논의 과정 요소 중 보장·보강·한정·반증은 거의 사용되지 않은 것으로 보고하였다. 이는 수준 있는 논의 과정이 어려운 영역이며, 탐구적 과학 글쓰기 수업에서 토의와 글쓰기를 통한 학생들의 논의 과정이 요약 글쓰기와 같은 다른 형태의 글쓰기에도 구현되기 위해서는

지속적이고 체계적인 탐구적 과학 글쓰기 수행을 하는 후속 연구가 필요함을 시사한다. 본 연구에서는 교사의 탐구적 과학 글쓰기 수업 수행 수준을 평가하지 않았으나, Akkus 등(Akkus *et al.*, 2007)과 Burke 등(Burke *et al.*, 2005) 여러 선행 연구에서 탐구적 과학 글쓰기 수업에 의한 긍정적인 효과는 탐구적 과학 글쓰기 수업 수행 수준이 결정적 요인이라고 보고하였다. 이러한 관점에서 교사의 논의 과정 수행 수준과 관련된 후속 연구 또한 필요하다 하겠다.

## 국문 요약

본 연구는 논의와 글쓰기가 과학 탐구에 접목된 탐구적 과학 글쓰기 수업을 과학 수업 현장에 투입한 후 학생들의 요약 글쓰기, 논리적 사고, 그리고 학업 성취도에 미치는 효과를 알아보려 하였다. 대도시 소재 여자중학교 2학년 4개 반을 선정하여, 7개 주제에 대하여 실험 집단 2개 반에는 탐구적 과학 글쓰기 수업을, 비교 집단 2개 반에는 교과서 위주의 강의와 안내된 실험 수업을 실시하였다. 학생들의 요약 글쓰기 분석 결과 핵심 개념(big idea) 영역과 과학 개념 설명 영역에서 비교 집단과 실험 집단 사이에 유의미한 차이가 나타났다( $p < .05$ ). 학생들의 논리적 사고와 학생들의 학업 성취도에서도 각각 비교 집단과 실험 집단 사이에 유의미한 차이가 나타났다( $p < .05$ ). 그리고 학업 성취도에서는 수업 처치와 구획 변인 사이의 상호 작용 효과도 나타났는데( $p < .05$ ), 탐구적 과학 글쓰기 수업은 하위 집단에서 유의미한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 요약 글쓰기에서 논의 과정과 글쓰기 형식에는 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나왔는데 유의미한 차이가 있다는 선행 연구 결과를 참고할 때, 이 같은 결과의 원인 분석과 이에 대한 연구가 앞으로 계속되어야 하겠다.

주제어: 탐구적 과학 글쓰기, 요약 글쓰기, 논리적 사고, 학업 성취도

## 참고 문헌

Jang, K. H., Nam, J. H., & Choi, A. R. (2012). The effects of argument-based inquiry using the Science Writing Heuristic(SWH) approach on argument structure in students' writing. *Journal of the Korean Association for Science*

Education, 32(7), 1099-1108.

Kwak, K. H. (2005). The effects of teaching and learning strategy using argumentation on cognitive development and science learning in middle school science. (Master's thesis). Pusan National University, Busan.

Kwak, K. H. (2010). The characteristics of the argumentation in different approaches and contexts. (Doctoral dissertation). Pusan National University, Busan.

Kim, J. Y., Seong, S. K., Park, J. Y., & Choi, B. S. (2002). The effects of scientific inquiry experiments emphasizing social interaction. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 22(4), 757-767.

Nam, J. H., Kwak, K. H., Jang, K. H., & Hand, B. (2008). The implementation of argumentation using Science Writing Heuristic(SWH) in middle school science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(8), 922-936.

Nam, J. H. (2011). Development of Science Writing Heuristic and argumentation-based science instruction model and systematic implementation. Research Report, National Research Foundation of Korea.

Nam, J. H., Koh, M. R., Park, D. C., Lim, J. H., Lee, D. W., & Choi, A. R. (2011a). The effects of argumentation-based general chemistry laboratory on preservice science teachers' understanding of chemistry concepts and writing. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(8), 1077-1091.

Nam, J. H., Lee, D. W., & Cho, H. S. (2011b). The impact of argumentation-based general chemistry laboratory programs on multimodal representation and embeddedness in university students' science writing. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(6), 931-941.

Akkus, R., Gunel, M., & Hand, B. (2007). Comparing an inquiry-based approach known as the Science Writing Heuristic to traditional science teaching practices: Are there differences? *International Journal of Science Education*, 29(14), 1745-1765.

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.

Burke, K. A., Hand, B., Poock, J., & Greenbowe, T. (2005). Using the Science Writing Heuristic: Training chemistry teaching assistants. *Journal of College Science Teaching*, 35(1), 36-41.

Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to foster scientific literacy: A review of argument intervention in K-12 science contexts. *Review of Educational Research*, 80(3), 336-371.

Clark, D. B., & Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 293-321.

Emig, J. (1977). Writing as a mode of learning. *College Composition and Communication*, 28(2), 122-128.

Hand, B., & Keys, C. W. (1999). Inquiry investigation: A new approach to laboratory reports. *The Science Teacher*, 66(4), 27-29.

Hand, B., Prain, V., Lawrence, C., & Yore, L. D. (1999). A writing in science framework designed to enhance science literacy. *International Journal of Science Education*, 21(10), 1021-1035.

Hand, B., Wallace, C., & Yang, E. (2004). Using the Science Writing Heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh grade science: Quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131-149.

Hohenshell, L. M., & Hand, B. (2006). Writing-to-learn strategies in secondary school cell biology: A mixed method study. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 261-289.

Keys, C. W. (1999). Revitalizing instruction in scientific genres: Connecting knowledge production with writing to learn in science. *Science Education*, 83(2), 115-130.

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), 1065-1084.

Kingir, S., Geban, O., & Gunel, M. (2012). How does the Science Writing Heuristic approach affect students' performance of different academic achievement levels? A case for high school chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 428-436.

Lemke, J. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex.

National Reserch Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.

Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.

Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education*, 67(4), 489-508.

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.

Prain, V. (2006). Learning from writing in secondary science: Some theoretical and practical implications. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 179-201.

Prain, V., & Hand, B. (1996). Writing for learning in secondary science: Rethinking practices. *Teaching and Teacher Education*, 12(6), 609-626.

Rivard, L. P. (1994). A review of writing to learn in science: Implications for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 969-983.

Rivard, L. P., & Straw, S. B. (2000). The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. *Science Education*, 84(5), 566-593.

Roadranga, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). The construction and validation of group assessment of logical thinking. Paper presented at the 56th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, Texas.

Sampson, V., & Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. *Science Education*, 92(3), 447-472.

Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality

of students' use of evidence in written scientific explanation. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.

Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wallace, C. S., Hand, B., & Prain, V. (2004). Introduction: Does writing promote learning in science? In C. S. Wallace, B. Hand, & V. Prain (Eds.), *Writing and learning in the science classroom* (pp. 1-8). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Press.

Yore, L. D., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689-725.