



## 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업을 경험한 학생들의 과학 주제 글쓰기 및 인식 분석

박선영<sup>1</sup>, 최애란<sup>2\*</sup><sup>1</sup>청원여자고등학교, <sup>2</sup>이화여자대학교

### Analysis of Student Science Writing and Perception on Argument-Based Claim and Evidence Writing Approach

Sunyoung Park<sup>1</sup>, Aeran Choi<sup>2\*</sup><sup>1</sup>Cheongwon Girls' High School, <sup>2</sup>Ewha Womans University

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 25 November 2014

Received in revised form

21 December 2014

Accepted 26 December 2014

## Keywords:

science writing,  
argument-based inquiry,  
high school science

## ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the science writing and perception of students who experienced the argument-based claim and evidence writing approach. One hundred and eight grade 11 students were assigned to an experimental group, while 99 grade 12 students were assigned to a comparative group in their earth science classes. Students' science writings on two science topics were scored using an analytic rubric developed in this study. The comparison of experimental and comparative groups in science writing was carried out using an independent two samples t-test. Students' perception on the instruction was examined using an open-ended survey. Science writing by the experimental group scored significantly higher than that by the comparative group, except for the big idea of 'green energy.' For six concepts in 'green energy' and four concepts in 'plate tectonics', there were more students in the experimental group than the comparative group who indicated them in their science writing. Students' perception on the instruction was positive in that they mentioned planning and conducting inquiry, citing of claims and evidence, and developing inquiry questions were helpful in science learning. The results of this study imply that the argument-based claim and evidence writing approach should be implemented in science classrooms for students to develop a conceptual framework for science.

## 1. 서론

2013년 National Research Council에서 발행한 미국의 과학 교육 목표(Next Generation Science Standards: NGSS)에서는 학생들이 과학 실천(science practice)을 통하여 과학 개념 학습을 해야 한다고 주장하고 있다(NRC, 2013). 이전의 과학 탐구(science inquiry)에서 확대 심화된 의미로 제시된 과학 실천(science practice)은 의문 제기하기, 모델 제시하고 사용하기, 실험 설계 및 수행하기, 자료 수집 및 해석하기, 수학적 사고하기, 설명 제시하기, 증거 기반으로 논의하기, 정보 수집, 평가, 의사소통하기 등이다. 즉, 과학 실천을 하는 학생들은 스스로 탐구 문제를 제기하고 수집된 데이터의 해석을 바탕으로 주장과 증거를 포함한 설명을 동료들과 공유, 동의, 또는 반박하면서 자신의 추론 과정을 되돌아보고, 과학 지식 및 정보와 비교 평가하면서 자신의 주장과 증거를 수정보완하여 정교화 한다. 특히 8가지 과학 실천 중에 모델 제시하고 사용하기, 설명 제시하기, 수학적 사고하기, 정보 수집, 평가, 의사소통하기 등에서는 말로 하는 논의를 통해 공유되고 평가된 추론 과정 및 주장과 증거를 논리적으로 구조화 체계화하여 제시하는 글쓰기의 중요성도 강조하고 있다(Keys, 1999; Rivard & Straw, 2000). 글쓰기에서는 자료 해석을 바탕으로 자신의 주장을 뒷받침하는 증거의 의미를 구체화하고 명확하게 하기 위해 다중 표상 등의 모델을

사용하여 설명한다(Choi *et al.*, 2013; Kozma, 2003; Lemke, 1998). 이와 같은 과학 교육에서의 논의와 글쓰기의 강조는 과학의 본성 및 과학자가 과학을 하는 과정을 반영한 것이다. 과학자들은 탐구를 바탕으로 한 증거 기반 추론에 의한 설명 체계가 수용 가능한 것인지 동료 과학자들과의 논의와 협의를 하며 이 과정에 의해 제시되는 것이 과학 지식, 이론, 법칙 등이다(Cavagnetto, 2010; Ford, 2008). 이는 과학 교육 현장에서 교사는 명제적 지식이나 개념을 일방적으로 전달하는 수업을 지양하고, 학생들이 능동적인 사고를 통해 의미를 구성하고 논의하는 학습 환경을 제공해야 함을 시사한다(Kelly, Chen, & Prothero, 2000; Newton, Driver, & Osborne, 1999; Osborne, 2002). 이러한 교수·학습에 대한 관점을 반영한 여러 선행 연구에서는 과학 탐구에서의 논의 활동을 통해 학생들의 비판적 사고력이 신장될 뿐 아니라, 개념 이해 및 과학의 본성을 이해하는데 도움이 된다고 주장하고 있다(Kuhn, 1993; Zohar & Nemet, 2002). 또한 글쓰기는 학생들이 과학 개념을 사전 지식과 연결하여 구조화하고 통합적으로 이해하게 돕고 학업 성취도에 긍정적인 영향을 미친다고 알려져 왔다(Kelly & Takao, 2002; Sandoval & Millwood, 2005; Prain & Hand, 1996; Rivard & Straw, 2000). 하지만 실제 학교 현장에서 과학 글쓰기는 용어 정의, 단답형 질문, 괄호 채우기, 노트 필기 등과 같이 제한적으로 활용되고 있고, 논리적 비판적 사고 과정을 거쳐 주장을 뒷받침하는

\* 교신저자 : 최애란 (achoi@ewha.ac.kr)

\*\* 본 논문은 박선영의 2014년도 석사 학위논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.8.0787>

증거를 제시하고, 의미를 구조화 정교화 하는 고차원적인 글쓰기를 학생들이 어려워 한다는 연구 결과는 학생들에게 논의와 글쓰기가 포함된 탐구 활동을 촉진할 수 있는 모형이 제시될 필요를 시사한다.

이러한 관점에서 Sampson 등이 제안한 논의 주도적 탐구(Argument Driven Inquiry: ADI)는 사회적 구성주의를 바탕으로 학생들이 실험을 통해 데이터를 수집하고, 주장과 데이터와 이유를 제시하며, 동료 평가와 협상을 통해 지식을 구성하도록 돕는 모형으로 여러 선행 연구에서 학생들의 과학 학습에의 긍정적 효과를 보고해 왔다(Sampson & Clark, 2008; Sampson, Grooms, & Walker, 2011). 또 다른 예로 Keys *et al.* (1999)이 개발한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic)는 논의와 글쓰기를 기반으로 한 탐구(Argument Based Inquiry: ABI) 전략이다. 탐구적 과학 글쓰기는 학생들이 스스로 의문을 형성하고, 의문을 해결하기 위해 자료를 수집 분석하여 주장과 증거를 형성하며, 입기자로 및 구성원들과의 협상을 통하여 반성적 사고를 한다. 교사는 학생들이 탐구 과정에서 무엇을 왜 하는지 스스로 사고하고, 읽고, 쓰고, 토론 할 수 있도록 돕고 안내한다. 여러 국의 선행 연구에서 탐구적 과학 글쓰기가 학습 전략으로서 개념의 학습, 사고력 신장, 과학의 본성에 대한 이해, 과학적 소양을 기르는데 효과적이라는 것이 밝혀져 왔다(Akkus, Gunel, & Hand, 2007; Kingir *et al.*, 2012; Hand *et al.*, 2004; Nam *et al.*, 2011; Rudd *et al.*, 2007; Grimberg *et al.*, 2009).

최근 국내에서도 탐구적 과학 글쓰기를 활용한 연구가 다수 진행되어 왔는데, 중학교 수업에서 탐구적 과학 글쓰기가 인지 수준의 발달, 과학 개념 이해, 논의 및 글쓰기 능력에 긍정적인 영향을 미친다는 연구와 과학적 사고, 비판적 사고와 창의적 사고 향상에 효과적이라는 연구 등이 발표 되었다(Jang *et al.*, 2012; Nam *et al.*, 2008, 2011; Shin *et al.*, 2013; Park & Chung, 2012; Park & Moon, 2013). 탐구적 과학 글쓰기 수업을 한 학생들의 논의 및 글쓰기에 나타난 논의 요소 및 빈도수가 분석되기도 하였다(Kwak & Nam, 2009; Nam *et al.*, 2008). 그러나 이들 선행 연구들은 화학, 물리, 생명과학과목에 한정되어 왔고, 일부는 사회 과학적인 주제를 다루고 있으며 초등학생, 중학생, 대학생 또는 예비교사를 대상으로 한 연구가 대부분이다(Shin & Choi, 2014).

논의와 과학 글쓰기가 강조된 과학 탐구를 통하여 이루어야 하는 중요한 과학 교육 목표 중 하나는 학생들의 과학 개념 이해일 것이다. 또한 진정한 과학 개념의 이해는 학생이 얼마나 과학 개념을 체계적으로 설명 하는 지로 평가할 수 있을 것이다. 과학 개념을 효과적으로 설명하기 위해서는 논리적인 글로 서술하는 것 뿐 아니라 표, 그림, 그래프 등과 같은 다중 표상을 활용해야 하며 학생들의 다중 표상 활용은 진정한 과학 개념 학습의 지표가 될 수 있다(Ainsworth, 1999; Kozma, 2003). Prain과 Hand(1996), Nam 등(2011), Shin 등(2013) 등의 선행 연구에서 요약 글쓰기를 big idea의 적절성, 하위 과학 개념들이 빠짐없이 올바르게 설명된 정도, 주장, 근거, 보장, 보강, 반박, 한정 등 논의 과정 요소의 빈도수, 그래프, 도표, 그림, 식 등 다양한 증거 제시, 글쓰기 형식, 매끄러운 글 흐름, 글쓰기 대상에의 적합성 등에 근거하여 평가한 바 있다. 본 연구에서는 학생들이 과학 주제 글쓰기에서 주제에 적합한 개념을 증거를 기반으로 얼마나 논리적 체계적으로 설명하고 있는지 평가하고자 하였고 이러한 관점에서 논의 과정 요소 평가는 제외하였다. 선행 연구에서의 요약 글쓰기 분석 틀을 수정보완

하여 고안한 본 연구의 과학 주제 글쓰기 분석틀에서는 주제에 적절한 big idea가 정확하고 충분히 설명되고 있는지, 주제의 big idea를 뒷받침하기 위해 정확하고 구체적이며 타당한 여러 개념들이 체계적으로 연계되어 있는지, 적절한 다중표상을 사용하여 명확하고 정교하게 개념을 설명하는지, 글의 전개가 논리적인지 등의 요소로 분석하고자 하였다. 이러한 관점에서 본 연구의 목적은 고등학교 2학년 자연과 정 학생들을 대상으로 지구과학 과목에서 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업을 적용한 후 실험집단과 비교집단 학생들의 과학 주제 글쓰기를 분석하고, 수업에 대한 실험집단 학생들의 인식을 설문으로 알아보려고 하는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 서울 소재 C여자고등학교 자연계열 2학년 3개 학급 108명과 3학년 3개 학급 99명을 대상으로 하였다. 2학년 3개 학급은 실험 집단으로, 3학년 3개 학급은 비교집단으로 편성하였다. 실험집단과 비교집단이 서로 다른 학년인 이유는 공정성을 중요시 하는 학교 현장 사정으로 같은 학년의 학생들에게 두 가지 다른 전략으로 수업을 진행할 수 없었기 때문이다. 실험집단과 비교집단은 모두 동일교육과정의 지구과학 I 을 처음으로 이수하는 학생들이었다. 실험집단에는 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업을 비교집단에는 전통적 강의식 수업을 진행하였다.

본 연구에서 실험집단과 비교집단의 수업을 한 교사는 C여자고등학교에 재직 중인 경력 9년의 지구과학교사로서 사범대학에서 지구과학 및 공통과학을 전공하였고, 본 연구 중에는 교육대학원 석사과정에서 화학교육을 전공하고 있었다. 석사과정 중에 화학논리및논술교육론 과목 수강, 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic: SWH)에 대한 워크숍 5회 30시간 참여, 학생 글쓰기 및 인터뷰 분석 등 관련 수업 및 연구에 참여한 경험이 있다.

### 2. 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 교수·학습 전략 개발

본 연구에서 활용한 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 교수 학습 전략은 Keys 등(1999)이 개발한 탐구적 과학 글쓰기 전략을 국내 중고등학교 수업 환경을 고려하여 보완한 Jang(2013)의 수업 전략을 바탕으로 재구성 한 것이다. 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 전략은 주어진 문제 상황에 대해 의문 만들기, 실험 설계 및 수행, 자료 수집 및 해석, 주장과 증거 I 제시, 조별 논의, 조별 논의 후 주장과 증거 II 제시, 읽기를 통하여 다양한 정보 수집, 반성적 사고 등으로 구성된다. 실험을 수행할 수 없는 주제인 경우 교사가 자료를 제공하거나 학생들이 데이터베이스에서 자료를 수집하도록 하였다. 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 전략의 교사와 학생의 활동은 Table 1과 같다.

#### 가. 의문 만들기

교사는 수업 주제와 관련된 기사, 현상, 시범실험, 영상 등을 이용하여 문제 상황을 제시하고 학생들이 수업 주제에 관심을 가지고 의미

Table 1. Argument-based claim and evidence writing approach

Stage	Teacher	Student
Identifying Questions	Stimulate student motivation, engage students in identifying questions, use various types of teaching materials, and promote student thinking by asking open-ended questions to students	Examine materials and identify problems/questions in individual, group, and class levels
Designing and Carrying out Investigations	Ask probing questions to each group of students in order to guide students to plan proper investigations; provide students with appropriate data	Plan and carry out investigations to answer testable questions; examine data given to them.
Data Collection and Analysis	Ask questions to students regarding what they observed through investigations and ways how they analyze data.	Analyze and interpret data that are given to them or collected from their own investigations
Claim and Evidence I	Guide each student to propose claims based on data interpretation and present data back up the claims	Propose claims answering the questions based on data interpretation; and provide evidence to support the claims individually
Group Negotiation	Use questioning strategies, provide feedbacks to students, facilitate each group negotiation on claims and evidence, and guide students support and revise their claims and evidence through group negotiation	Compare claims and evidence each other; agree, disagree, support, refute, negotiate claims and evidence; clarify and revise claim and evidence
Claim and Evidence II	Guide students to propose revised claims and evidence based on group negotiation	Propose revised claims and evidence based on group negotiation
Reading	Provide reading materials from textbooks and references to connect to their claims and evidence and construct accurate science concepts	Find information related to their claims and evidence from reading materials and revise and articulate their claims and evidence
Reflection	Guide students to reflect what and how they learn science; stimulate student metacognition	Reflect the whole procedure regarding idea changes, errors revision, further questions, and science concepts

있는 탐구 문제를 만들 수 있도록 안내한다. 학생들은 조별 논의를 통해 수업 주제에 대한 탐구 의문을 적극적으로 형성한다. 이 과정에서 교사는 ‘(기사, 시범실험, 영상 등에)제시된 자료의 내용을 보고 어떤 의문이 생기는가?’ ‘실험 가능한 의문인가?’ ‘의문은 나의 생각과 조의 논의 결과를 반영하는 것인가?’ 와 같은 개방적 발문을 하여 학생들이 의미 있는 탐구 문제를 만들 수 있도록 가이드 한다.

나. 실험 설계 및 수행하기

학생들은 제기한 탐구 문제에 답하기 위하여 실험을 설계하고 여러 가지 변인을 조작하면서 자료를 수집한다. 또는 교사가 탐구 문제에 적합한 자료를 구성하여 제공하기도 한다. 이 단계에서 교사는 ‘각각의 실험 도구는 어떤 역할을 하고 무엇을 하는데 활용하는가?’ ‘각각의 모형은 무엇을 나타낼까?’ ‘어떤 변인을 변화시켜야 할까?’ ‘무엇을 측정해야 할까?’ ‘어떻게 측정해야 할까?’ ‘예상한 실험 결과가 나오는

가? 그렇지 않다면 어떻게 무엇을 수정해야 할까?’와 같은 발문을 한다. 이러한 교사의 발문은 학생들의 변인 통제, 오류 수정, 실험 설계 수정 등을 하도록 돕는다.

다. 자료 수집 및 해석하기

학생들은 직접 수집하였거나 교사가 제시한 자료를 그림, 그래프, 표의 형태로 변환하여 변인간의 관련성 또는 규칙성을 찾아 자료를 분석 및 해석한다. 교사는 ‘무엇을 관찰하였나?’ ‘실험 또는 주어진 데이터로부터 어떤 규칙성을 찾을 수 있나?’ ‘실험 결과를 어떤 형태로 제시하겠는가?’와 같은 발문을 한다.

라. 주장과 증거 I 제시하기

학생들은 자료 분석과 해석을 바탕으로 주장과 증거 I 을 글로 제시한다. 제기된 탐구 문제에 답하는 진술로서 주장을 제시하고, 주장을 뒷받침하고 설득하기 위한 증거는 관찰이나 실험의 결과 얻은 자료의 해석을 바탕으로 제시한다. 교사는 ‘그러한 주장을 한 이유는 무엇인가?’ ‘수집한 자료 또는 실험 결과가 어떻게 주장을 뒷받침 할 수 있을까?’ ‘주장과 증거는 적절하게 연결되고 있는가?’와 같은 발문을 한다.

마. 조별 논의하기

조원들이 각자의 주장과 증거를 발표하고 공유함으로써 지지, 반박, 질문 등을 거쳐 합의해 나가는 단계이다. 이때 교사는 ‘나의 주장과 증거는 다른 친구들의 주장과 증거와 어떤 공통점이나 차이점이 있는가?’ ‘조원들의 주장과 증거를 지지하는가?’ ‘어떤 반박을 하겠는가?’ ‘다른 친구들의 주장과 증거에 대한 질문이 있는가?’와 같은 발문을 한다.

바. 조별 논의 후 주장과 증거 II 제시하기

학생들은 논의한 내용을 바탕으로 자신의 주장과 증거를 보강하거나 수정한다. 논의를 통해 합의된 주장과 증거를 제시하기도 하고, 논의 전 자신의 주장과 증거를 그대로 제시 할 수도 있다. 이때 교사는 ‘자신의 주장과 증거를 수정하고 보완하겠는가?’ ‘어떠한 주장과 증거를 선택할 것이며 그 이유는 무엇인가?’와 같은 발문을 한다.

사. 읽기

교사는 교과서, 인터넷 자료, 과학 전문 서적 등 적절한 읽기 자료를 통하여 탐구 문제에 관련된 정확하고 과학적인 설명을 제공한다. 학생들은 읽기 자료의 지식을 단순히 낱개의 지식으로 받아들이는 것이 아니라 자신의 주장 및 증거와 비교하여 개념을 정교화 한다. 이를 돕기 위해 교사는 ‘읽기 자료로부터 무엇을 알았는가?’ ‘읽기 자료가 나의 주장과 증거를 지지해 주는가?’ ‘읽기 자료를 통해 의문이 명확하게 해결되었는가?’와 같은 다양한 발문을 통해 학생들의 학습을 돕는다.

아. 반성적 사고하기

학생들이 탐구의 전체 과정을 되짚어보고 자신의 생각이 어떻게 변화했는지 점검한다. 실험의 오차를 분석하여 새로운 실험을 설계하거나 새로운 의문 등을 포함한 반성적 글쓰기를 한다. 이때 교사는 ‘나의 생각이 어떻게 바뀌었는가?’ ‘어떤 새로운 의문이 있는가?’ ‘이미 배운 내용과 어떻게 연결 할 수 있을까?’와 같은 발문을 통하여 학생의 반성적 사고를 돕는다.

3. 주제 선정 및 수업 적용

고등학교 2009 개정 교육과정의 지구과학 I 의 4개 중단원에서 5개의 주제를 선정하여 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 교수학습 과정을 개발하였다. 이 연구에 활용된 모든 프로그램은 과학교육 전문가 1명, 과학교육 석사과정 1명, 현직 과학교사 3명 등이 교수학습 활동의 적절성, 정확성, 수업 주제와의 관련성 등을 검증하였다.

‘생명체가 존재할 수 있는 조건을 갖춘 행성’ ‘친환경 에너지’ ‘대륙 이동설’ ‘해양저확장설’ 등은 학생들이 직접 실험을 통하여 데이터를 수집하기가 어려운 주제이므로 교사가 제공하는 자료를 학생들이 분석하고 해석하도록 하였다. 예를 들면, ‘생명체가 살 수 있는 조건을 갖춘 행성’에서는 행성의 질량, 온도, 대기 조성, 태양과의 거리 등 표로 제시되는 데이터를 해석하여 생명체가 살 수 있는 환경을 갖춘 행성에 관한 주장과 증거를 제시한다. 외계 생명체에 대한 흥미로운 내용으로 학생의 관심과 흥미를 이끌었으며 인터넷이나 참고자료 등을 활용하여 증거를 제시하도록 유도하였다. ‘친환경 에너지’에서는 인터넷과 참고 도서를 활용하여 자료를 수집하여 친환경 에너지의 종류 및 에너지 생성 원리 등에 대하여 논의하였다. ‘대륙이동설’에서는 동식물 화석과 사막 등의 지질 구조를 통해 서로 떨어져 있는 대륙을 연결하는 활동을 하였고, ‘해양저확장설’에서는 해령으로부터의 거리에 따른 퇴적물의 나이에 관련된 정보가 제공되고 판의 이동 속도를 계산 하는 활동을 하였다. ‘사태의 원인’에서는 사태가 일어나는 원인을 알아보고자 학생들이 직접 실험을 설계하고 데이터를 표, 그래프, 그림 등의 다중 표상으로 제시하였다. 실험 설계에 따라 조별로 다른 주장과 증거가 제시될 수 있고, 학급 토론을 통해 여러 조의 주장과 증거를 공유하였다.

본 연구에서는 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업 적용 이전에 오리엔테이션을 실시하였다. 논의와 과학 글쓰기의 필요성, Toulmin (1958)의 논의 요소, 바람직한 논의 태도 등에 대한 토론을 통해 학생들의 적극적인 수업 참여를 유도하고, 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업에 대한 안내를 하였다. 본 연구에서 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 교수학습은 한 학기 14주간 50분 수업 10차시로 진행하였다.

4. 과학 주제 글쓰기 및 분석틀

논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업 5개의 주제 중 ‘친환경 에너지’와 ‘판구조론(대륙이동설, 해양저확장설)’에 대해 실험집단과 비교집단을 대상으로 주제 글쓰기를 실시하였다. 각 주제의 교수학습의 적용 후 제시된 주제에 포함된 중요 개념들을 동생에게 설명하는

Table 2. Analysis framework for evaluating student science writing

Components	Level			
	0	1	2	
Big Idea	Number	1 point per each big idea		
	Accuracy	inaccurate	may include inaccurate big idea	accurate
	Sufficiency	insufficient	may include insufficient big idea	sufficient
	Validity	invalid	may include invalid big idea	valid
Concepts	Number	1 point per each concept		
	Accuracy	inaccurate	may include inaccurate concept	accurate
	Sufficiency	insufficient	may include insufficient concept	sufficient
	Validity	invalid	may include invalid concept	valid
Multi modes	Connection	1 point per each connection		
	Number	1 point per each mode		
	Accuracy	inaccurate	may include inaccurate mode	accurate
	Sufficiency	insufficient	may include insufficient mode	sufficient
Logical Structure	Validity	invalid	may include invalid mode	valid
	Embeddedness	unembedded	may be unembedded	embedded
	Logical Structure	illogical	may be illogical	logical

편지글로 쓰도록 하였다.

본 연구의 주제 글쓰기 분석틀은 Prain과 Hand(1996)가 개발한 모델을 바탕으로 Nam 등(2011)이 사용한 요약 글쓰기 분석틀 및 논의에 관련된 선행연구들(Toulmin, 1958; Kelly & Takao, 2002; Sandoval & Milwood, 2005; Sampson & Clark, 2008; Choi *et al.*, 2013)의 평가 기준을 바탕으로 개발하였다. 본 연구에서 주제 글쓰기는 Table 2에 제시된 바와 같이 big idea, 과학 개념, 다중표상 활용, 논리적 구조 등 4가지 요소로 분석하였다. 주제에 적절한 big idea가 정확하고 충분하게 설명되고 있는지, 주제의 big idea를 뒷받침하기 위해 정확하고 구체적이며 타당한 여러 개념들이 체계적으로 연계되어 있는지 분석하였고, 개념을 구체적이고 정교하게 설명하기 위해 적절하고 올바른 다중표상을 사용하는지, 논리적 전개를 하는지 등을 분석하였다.

5. 주제 글쓰기에 포함된 개념

본 연구 대상이 사용한 교과서와 고등학교 2009 개정 교육과정을 바탕으로 각 주제에 포함되는 핵심 개념을 추출하였고 Table 3, 4와 같다.

6. 학생 인식 설문

논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위하여 과학 교육 전문가 1인과 협의하여 서술형 설문지를

Table 3. Concepts of Green Energy

Concept	Code	
Solar heat	A	집열판으로 태양열을 모아 물을 데워 터빈을 돌려 전기에너지를 생산하거나 난방이나 온수로 사용한다.
Solar energy	B	태양전지로 빛에너지의 광전효과를 이용하여 전기를 생산한다.
Tidal power energy	C	딴으로 바닷물을 막았다가 바닷물이 떨어지는 위치에너지를 이용해 터빈을 돌려 전기에너지를 생산한다.
Tidal current energy	D	조류(밀물과 썰물)의 흐름으로 터빈을 돌려 전기에너지를 생산한다.
Wave power generation	E	파도의 상하 움직임의 위치에너지를 이용하여 전기에너지를 만든다.
Wind power generation	F	바람의 운동 에너지로 발전기의 회전시켜 전기에너지를 생산한다.
Geothermal generation	G	지열로 지하수를 가열하여 터빈을 돌려 전기에너지를 생산하거나 난방이나 온수로 사용한다.
Other green energy sources	H	가스하이드레이트(낮은 온도와 높은 압력에서 가스와 물이 결합되어 형성된 고체 에너지 이다), 망가니즈 단괴(망가니즈를 주성분으로 하는 덩어리로 다른 금속성분을 많이 포함하고 있으며 심해저에 분포 한다) 등등.

Table 4. Concepts of Plate Tectonics

Concept	Code	
Lithosphere	I	지각과 상부맨틀을 포함하는 두께 100Km의 영역을 판이라 한다.
Continental drift theory	J	과거에는 하나의 초대륙을 이루고 있었는데 분리되어 현재와 같은 대륙과 해양의 분포를 이루게 되었다.
Mantle convection theory	K	지구 내부의 상부와 하부의 온도 차이에 의해 대류가 일어나며 대류에 의해 대륙이 움직인다.
Ocean floor spreading	L	해령에서 고온의 맨틀물질이 상승하여 새로운 해양지각이 생성되고, 해령을 축으로 양쪽으로 멀어져 가서 점점 확장되어 간다.
Reversion of terrestrial magnetism	M	지자기장의 N극과 S극 방향이 서로 바뀐다. 암석 시료에서 지질시대 순으로 고지자기의 방향을 측정해 보면, 현재의 지자기 방향과 대체로 일치하거나 현재의 방향과 반대되는 방향으로 서로 교대되고 있음을 알 수 있다.
Convergent plate margin	N	판과 판이 모이는 경계로 지각변동이 일어난다.
Divergent plate margin	O	판과 판이 멀어지는 경계로 지각변동이 일어난다.
Conservative plate margin	P	판과 판이 어긋나는 경계로 지각변동이 일어난다.

Table 5. Independent two samples t-test for science writing

	Experimental group (N=108)		Comparative group (N=99)		t	df	p	
	Mean	S.D	Mean	S.D				
Green Energy	big idea	5.49	1.59	4.95	2.80	1.73	205	0.09
	concepts	10.94	1.87	8.20	2.55	8.87	205	.000*
	multi modes	3.95	4.11	1.28	2.71	5.46	205	.000*
	logical structure	1.78	.48	1.55	.67	2.87	205	.004*
	sum	22.15	5.17	15.97	4.94	8.78	205	.000*
Plate Tectonics	big idea	4.23	2.67	3.25	3.09	2.45	205	.02*
	concepts	8.34	1.97	5.24	3.25	8.37	205	.000*
	multi modes	7.53	3.55	3.74	3.74	7.48	205	.000*
	logical structure	1.33	.70	0.82	.64	5.50	205	.000*
	sum	21.43	5.84	13.04	7.72	8.86	205	.000*

\*p<.05

개발하였다. 설문은 수업이 전반적으로 학습에 도움이 되었는가, 조별 논의의 활동이 학습에 어떻게 도움이 되었는가, 향후 수업 적용에 대한 학생들의 선호도 등에 대한 3분항으로 이루어져 있다. 수업 처치가 끝난 학기 말에 실험집단 학생을 대상으로 설문을 실시하였다.

### 7. 자료 분석

실험집단과 비교집단의 과학 주제 글쓰기는 본 연구의 수업을 한 교사와 화학교육 석사과정 대학원생 1명이 분석틀을 사용하여 독립적인 분석을 하였으며 일치하지 않는 부분에 대해서는 논의를 통해 협의 하였다. 평가자간 일치도는 97.5%였다. 실험집단과 비교집단의 과학 주제 글쓰기 점수를 SPSS 20.0 통계 패키지를 사용하여 독립표본 t-검정을 하였다. 또한 학생들이 과학 주제 글쓰기에 제시한 개념을 코드로 분류하고, 각 개념을 제시한 학생 수(%)를 실험집단과 비교집단으로 나누어 분석하였다. 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업에 대한 인식 설문에 대한 학생들의 응답 유형을 분류하고 학생 수와 %로 나타냈다.

## III. 연구 결과 및 분석

### 1. 과학 주제 글쓰기 분석

과학 주제 글쓰기 평가 요소별 독립 표본 t-검정 결과는 Table 5와 같다. ‘친환경 에너지’ 주제 글쓰기는 실험집단이 개념, 다중 표상, 논리적 구조, 총합점수에서 통계적으로 유의미하게 높은 점수를 얻었다. big idea의 요소에서 실험집단과 비교집단 간에 통계적으로 유의미한 차이가 없었는데 이는 ‘친환경 에너지’가 학생들에게 친숙한 주제이고 ‘친환경 에너지’라는 용어 자체가 ‘환경오염이 없는 에너지’라는 big idea를 함의하고 있기 때문으로 보인다. ‘판구조론’ 주제 글쓰기에서는 big idea, 개념, 다중 표상, 논리적 구조, 총합점수 등 모든 영역에서 실험집단이 비교집단에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 점수를 얻었다. ‘판구조론’은 ‘지구는 크고 작은 여러 개의 판으로 구성되어 있으며 판의 상호작용에 의해 지진과 화산이 일어난다’는 big idea를 포함하고 있다. 비교집단의 경우 판구조론을 대륙이동설과 의미를 혼동하여 서술하거나 각각의 개념 자체를 설명하기는 하지만 개념 전체를 통합하는 big idea가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 논의를

Table 6. Students presented each concept in science writing (Number(%))

Concepts	Experimental Group (N=108)	Comparative Group (N=99)
Green Energy	A	95 (88.0)
	B	73 (67.6)
	C	91 (84.3)
	D	12 (11.1)
	E	88 (81.5)
	F	94 (87.0)
	G	86 (79.6)
	H	60 (55.6)
	I	15 (13.9)
	J	102 (94.4)
Plate Tectonics	K	102 (94.4)
	L	66 (61.1)
	M	41 (38.0)
	N	34 (31.5)
	O	34 (31.5)
	P	21 (19.4)
		20 (20.2)
		47 (47.5)
	42 (42.4)	
	1 (1.0)	
	0 (0.0)	
	41 (41.4)	
	38 (38.4)	
	19 (19.2)	

강조한 주장과 증거 글쓰기 수업이 학생들에게 주제에 포함된 개념을 통합적으로 이해할 수 있도록 도왔음을 시사한다. 또한 실험집단의 개념, 다중 표상, 논리적 구조에서 통계적으로 유의미하게 높은 점수는 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업이 학생들에게 개념의 정확하고 구체적 서술 및 개념간의 연계성 파악, 개념을 구체적이고 정교하게 설명하기 위한 적극적인 다중 표상 사용, 개념의 논리적 전개를 할 수 있는 학습 경험을 제공했음을 시사한다.

## 2. 과학 주제 글쓰기에 포함된 개념

‘친환경 에너지’와 ‘판구조론’ 주제 글쓰기에서 각각의 개념을 사용한 실험집단과 비교집단의 학생 수(%)는 Table 6에 제시하였다. ‘친환경 에너지’를 주제로 한 글쓰기에서 실험집단이 비교집단 보다 많이 사용한 개념은 D를 제외한 A, B, C, E, F, G, H이다. 개념 D는 조류 발전에 대한 것으로 비교집단 학생들이 더 많이 제시하였으나 ‘밀물과 썰물에 의해 생기는 에너지를 이용한 발전’과 같이 다소 명확성이 떨어지는 표현을 사용하기도 하였다. 개념 D를 제시한 실험집단 학생들은 ‘밀물과 썰물 때 생기는 파도를 이용한 에너지 발전’과 같이 구체적이고 명확한 표현을 하였다. ‘판구조론’을 주제로 한 글쓰기에서 실험집단이 비교집단보다 많이 사용한 개념은 J, K, L, M이다. ‘판구조론’ 주제의 수업에서 실험집단 학생들은 과학사적인 측면과 과학의 본성에 중점을 두어 이론의 형성과정에 대하여 논의를 하였고, 비교집단 학생들은 문제풀이 위주의 강의식 수업을 하였다. 이에 판구조론이 나오기까지 과정을 포함하는 대륙이동설, 맨틀대류설, 해양저 확장설, 지자기 역전설의 개념 J, K, L, M을 실험집단이 비교집단보다 더 많은 학생들이 제시한 것으로 보인다. 판, 수렴형 경계, 발산형 경계 등의 개념 I, N, O는 실험집단보다 더 많은 비교집단의 학생들이 제시하였다. 개념 P는 실험집단 108명 중 21명(19.44%), 비교집단은 99명 중 19명(19.19%)으로 두 집단 간 차이가 거의 나타나지 않았다.

## 3. 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업에 대한 학생들의 인식

수업에 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업을 한 학기 동안

10차시에 걸쳐 경험한 학생들 중에 향후에도 이 수업을 했으면 좋겠다고 긍정적인 응답을 한 학생이 75명(69.4%)이었다. 그 이유로 40명(37.7%)의 학생들이 높은 참여와 흥미를 언급하였다. “졸리지 않았고 수업의 참여도가 높았다” “교과서만 보는 것보다 다양한 활동을 해서 좋다” “주입식이 아니라 스스로 생각해서 좋다” “실험을 직접 설계하는 과정이 재미있다” “토론을 통해 나의 의견을 말하고 친구들의 의견을 들어보는 것이 재미있다” 등의 응답은 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업이 학생들의 적극적인 수업 참여를 돕고 과학에 대한 흥미를 높이는데 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 다음으로 31명(29.3%)의 학생들은 개념 이해가 잘 된다는 이점을 언급하였다. “토론을 하니 개념이 더 잘 이해가 되었다” “결과만 알려주는 것이 아니라 결과가 나오기까지 과정을 알 수 있어 개념 이해가 쉽다” “어려운 개념을 쉽게 알 수 있다” 등으로 응답하였다. 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업을 경험한 후에 대다수의 학생들이 학습에 도움이 되는 이 수업의 장점을 인식하는 이와 같은 결과는 과학 교수-학습 전략에 대한 긍정적인 시사점을 제시한다.

향후 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업 적용에 대하여 부정적으로 응답한 학생은 19명(17.6%)이었는데, 그 이유로 12명(52.2%)의 학생들이 “해야 할 일이 너무 많다” “준비할 것이 많다” “꼭 학습에 참여해야 한다” “나와 조의 의견이 같을 때 쓰는 것을 반복하는 것이 귀찮다” 등의 수업 참여에의 부담감을 표출하였다. 7명(30.4%)의 학생들은 “강의식 수업보다 시간이 많이 걸린다” “한 차시 내에 하기에 부족하다” 등 시간 부족에 관한 문제를 언급하였다. 또한 3명(13.0%)의 학생은 대학 입시와 관련하여 문제 풀이를 하지 않는 것에 불안감을 표출하기도 하였다. 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업을 하되 교사가 강의 수업과 병행하기를 원한다고 응답한 학생도 8명(7.4%) 있었다. 이는 과학 학습에서의 논의와 글쓰기의 역할 및 중요성에 대한 학생들의 인식이 미흡하고 동기 부여가 부족하여 적극적인 참여를 하지 못한 학생들도 있었음을 의미한다.

논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업에서의 논의 활동이 학습에 도움이 되었는지에 대한 문항에 대하여 거의 대부분의 학생들이(104명, 96.30%) 도움이 되었다고 응답하였는데, 특히 ‘의견 공유’에 도움이 된다는 경우가 51명(33.12%)으로 가장 많았고, ‘개념 이해’에 도움이 된다는 학생들이 43명(27.92%), ‘개념 명료화’에 도움이 된다는 학생들이 21명(13.67%)이었다. “다른 친구들의 생각과 나의 생각을 비교할 수 있다” “다양한 생각을 듣고 근거의 수가 많아졌다” 등으로 ‘의견 공유’와 관련된 장점을 언급하였고, “무조건 외우기보다 원리를 이해할 수 있다” “토론을 하면서 새로운 사실을 알게 되었다” “말을 함으로써 내 생각이 더 잘 이해되었다” 등으로 ‘개념 이해’에 관련된 장점을 서술하였다.

## IV. 결론 및 제언

논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 전략을 고등학교 2학년 자연과 정 학생들에게 한 학기 동안 5개 주제에 대하여 총 10차시에 걸쳐 적용한 후에 실시한 ‘친환경 에너지’와 ‘판구조론’의 주제 글쓰기에서 실험집단의 점수가 비교집단에 비해 통계적으로 유의미하게 높았다. 또한 대다수의 핵심 개념들에 대하여 비교집단 학생들보다 더 많은 실험집단 학생들이 주제 글쓰기에 서술하였다. 논의를 강조한 주장과

증거 글쓰기 수업에서는 학생들이 의문을 만들고 실험 설계와 수행, 주장과 증거를 만드는 동안 끊임없이 동료들과 논의를 하도록 안내한다. 학생들은 상대방의 의견을 듣고, 자신의 의견과 비교, 평가하며, 협상을 해나간다. 이 과정에서 자신의 추론 과정을 돌아보며 주장을 뒷받침하기 위한 증거의 정확성, 충분성, 타당성을 확인하고, 주장과 증거를 수정 보완하여 개념을 정교화 명료화한다. 이러한 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업의 과정이 big idea, 개념, 다중 표상, 논리적 구조의 요소로 분석된 학생들의 주제 글쓰기에서 실험집단이 비교집단보다 높은 점수를 보인 결과로 나타난 것으로 볼 수 있다. 논의 활동이 개념 이해, 개념 명료화, 정리 및 확장에 도움이 되었다는 학생들의 설문 응답도 이를 뒷받침한다. 한편, '다중 표상'의 점수가 다른 요소보다 상대적으로 낮은 결과는 학생들이 개념의 의미를 정교하고 심도 깊게 설명하기 위해 정보를 조직화하여 적절한 방법으로 표현하는 것을 어려워한다는 것을 의미하며 적절한 다중 표상의 구체적이고 정확한 표현 능력 향상을 위한 교육이 추가로 필요함을 시사한다.

설문에서 논의 활동이 학습에 도움이 되었다고 응답한 결과는 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업에서 학생들이 진정한 의미의 과학 탐구를 경험할 수 있었음을 시사한다. National Research Council (2013)에서는 학생들이 수행하여야 하는 과학 실천으로 '질문하고 문제 규정하기', '자료 분석하고 해석하기', '증거에 입각하여 논의하기', '정보를 얻고 평가하고 소통하기' 등을 포함시키고 있다. 또한 우리나라의 교육과정에서도 논의를 포함한 탐구 활동에 참여하는 것을 강조하고 있다(Ministry of Education, Science, and Technology, 2009). 하지만 교과서에서 제시된 탐구 활동에서 요구하는 탐구 능력은 자료 해석과 결과 설명에 제한되어있고, 논의 활동의 기회를 제공하지 못하고 있다(Kang & Lee, 2013). 즉, 학생들에게 옳은 한 가지 답만을 요구하고 동료들과 문제 제기, 실험 설계, 실험 결과 해석에 대한 의견을 공유하고 협상하는 기회를 제공하지 못하고 있다. 본 연구에서 활용된 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업에서는 학생들이 탐구 문제에 관한 데이터를 해석하여 자신의 주장과 증거를 말하고 쓰는 과정에서 자신의 생각을 동료들과 공유하면서 지식을 구성하거나 조직화하며 명확하게 한다. 본 연구의 결과는 과학 교육 현장에서 학생들이 진정한 의미의 과학 탐구를 경험할 수 있는 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업 전략 활용에 대한 긍정적인 시사점을 제공한다. 이러한 관점에서 지속적인 논의와 글쓰기가 강조된 수업의 적용을 위해서 다양한 주제에 대한 교수 학습 과정안의 개발 및 적용이 포함된 후속 연구가 필요할 것이다. 또한 학생들이 논의가 강조된 주장과 증거 글쓰기 수업에 적극적으로 참여하기 위해서는 교사의 논의와 글쓰기에 대한 올바른 이해와 관련된 교과교육학적 지식 및 자신감이 수반되어야 하고 이를 뒷받침하기 위해서는 적절한 과학 교사 교육 프로그램이 제공되어야 할 것이다.

## 국문요약

본 연구에서는 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 교수 학습 적용 후 학생들의 주제 글쓰기를 분석하였고 수업에 대한 학생들의 인식을 알아보았다. 서울 소재 C여자 고등학교 2학년 3개 학급의 학생 108명을 실험집단으로 하여 5개 주제에 대하여 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 교수 학습 프로그램을 적용하였고 같은 학교 3학년 3개 학급의

학생 99명을 비교집단으로 하여 전통적 강의식 수업을 적용하였다. 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 교수 학습을 적용한 실험집단의 주제 글쓰기는 '친환경 에너지'의 big idea 요소를 제외한 다른 모든 요소에서 비교집단보다 통계적으로 유의미하게 높은 점수를 나타냈다 ( $p < .05$ ). '친환경 에너지'의 경우, 8개의 개념 중 6개의 개념, '판구조론'의 경우 8개의 개념 중 4개의 개념에 대하여 실험집단 학생들이 비교집단보다 주제 글쓰기에서 더 많이 서술하였다. 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기 수업에서 학생들은 의문을 만들고 실험 설계와 수행, 자료해석, 주장과 증거를 만드는 동안 끊임없이 동료들과 논의를 하도록 안내된다. 또한 실험 결과나 주어진 자료의 해석을 통해 주장을 뒷받침하는 증거의 정확성, 충분성, 타당성을 높이기 위해 노력하면서 자신의 추론 과정을 돌아보고 개념을 정교화, 명료화한다. 이러한 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기의 과정이 학생들의 주제 글쓰기의 big idea, 개념, 다중 표상, 논리적 구조 형성과 포함된 개념의 형성에 도움이 된 것으로 보인다. 본 연구의 결과는 과학 교육 현장에서 향후 논의를 강조한 주장과 증거 글쓰기와 같은 수업을 지속적으로 적용해야 함을 시사한다.

**주제어** : 과학 글쓰기, 논의 중심 과학 탐구, 고등학교 과학

## References

- Akkus, R., Gunel, M., & Hand, B. (2007). Comparing an inquiry-based approach known as the science writing heuristic to traditional science teaching practices: Are they difference? *International Journal of Science Education*, 29(14), 1745-1765.
- Cavagnetto, A. (2010). Argument to foster scientific literacy: A review of argument interventions in K-12 science contexts. *Review of Educational Research*, 80(3), 336-371.
- Choi, A., Hand, B., & Greenbowe, T. (2013). Students' written arguments in general chemistry laboratory investigations. *Research in Science Education*, 43(5), 1763-1783.
- Ford, M. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, 92(3), 404-423.
- Grimberg, B., & Hand, B. (2009). Cognitive Pathways: analysis of students' written texts for science understanding. *International Journal of Science Education*, 31(4), 503-521.
- Hand, B., Wallace, C., & Yang, E. M. (2004). Using a 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.
- Jang, K. H. (2013). Effect of argumentation-based negotiation in the science writing heuristic(swh) approach on students' question and claim-evidence(Doctoral dissertation, Pusan National University).
- Jang, K. H., Nam, J. H., & Choi, A. R. (2012). The effects of argument-based inquiry using the science writing heuristic approach on argument structure in science writing. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(7), 1099-1108.
- Kang, N. H., & Lee, E. M. (2013). An analysis of inquiry activities in high school physics textbooks for the 2009 revised science curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(1), 132-143.
- Kelly, G., Chen, C., & Prothero, W. (2000). The epistemological framing of a discipline: writing science in university oceanography. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 691-718.
- Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography student use of evidence in writing. *Science Education*, 86, 314-342.

- Keys, C. (1999). Revitalizing instruction in scientific genres: connecting knowledge production with to learn in science. *Science Education*, 83(2), 115-13.
- Keys, C., 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.
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77, 319-337.
- Kwak, K. H., & Nam, J. H. (2009). Enhancing the quality of students' argumentation and characteristics of students' argumentation in different contexts. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(4), 400-413.
- Lemke, J. (1998). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In J. R. Martin & R. Veel (Eds.). *Reading science: critical and functional perspectives of discourses of science*(pp. 87-111). Oxford: Routledge.
- Ministry of Education, Science, and Technology (2009). 2009 Science Education Curriculum. Notification No. 2009-41 of the Ministry of Education. Seoul: Ministry of Education, Science, and Technology.
- Nam, J. H., Kwak, K. H., Jang, K. H., & Hand, B. (2008). The implementation of argumentation using science writing heuristic in middle school science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(8), 922-936.
- Nam, J., Choi, A., & Hand, B. (2011). Implementation of the science writing heuristic approach in the 8th grade science classrooms. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 1111-1133.
- Nam, J. H., Koh, M. R., Bak, D. C., Lim, J. H., Lee, D. W., & Choi, A. R. (2011). The effects of argumentation-based general chemistry laboratory on pre-service teachers' understanding of chemistry concepts and writing. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(8), 1077-1091.
- National Research Council. (2013). *The next generation science standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- Osborne, J. (2002). *Science without literacy: A ship without a sail?* Cambridge Journal of Education, 32, 203-215.
- Park, S. H., & Chung, Y. L. (2012). The effect of science writing heuristic on scientific inquiry skills, logical thinking, and metacognition of middle school students. *Biology Education*, 40(3), 367-383.
- Park, S., & Moon, S. (2013). The effect of the Science Writing Heuristic laboratory class on creative thinking and critical thinking of middle school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(7), 1259-1272.
- Prain, V., & Hand, B. (1996). Writing for learning in secondary science: rethinking practices. *Teaching and Teacher Education*, 12(6), 609-626.
- Rivard, L., & Straw, S. (2000). The effect of talk and writing on learning science: an exploratory study. *Science Education*, 84(5), 566-593.
- Rudd, J., Greenbowe, T., & Hand, B. (2007). Using the science writing heuristic to improve students' understanding of general Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 84(12), 2007-2011.
- Sampson, V., & Clark, D. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education; current perspectives and recommendations for future direction. *Science Education*, 92(3), 447-472.
- Sampson, V., Groom, J., & Walker, J. (2011). Argument-driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: an exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217-257.
- Sandoval, W., & Millwood, K. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanation. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.
- Shin, S. Y., Choi, A. R., & Park, J. Y. (2013). The effects of the science writing heuristic approach on the middle school students' achievements. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(5), 952-962.
- Shin, J. W., & Choi, A. R. (2014). Trends in research studies on scientific arguments and writing in Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(2), 107-122.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35-62.