

# 논의를 강조한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic)의 중학교 과학 수업에의 적용

남정희\* · 광경화 · 장경화 · Brian Hand<sup>1</sup>

부산대학교 · <sup>1</sup>University of Iowa

## The Implementation of Argumentation Using Science Writing Heuristic (SWH) in Middle School Science

Nam, Jeonghee\* · Kwak, Kyoung-hwa · Jang, Kyunghwa · Brian Hand<sup>1</sup>

Pusan National University · <sup>1</sup>University of Iowa

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate the effects of the Science Writing Heuristic (SWH) teaching strategy on cognitive levels, science concept understanding, argumentation and writing skills. 131 students attending to co-ed middle school were selected for the study and assigned to the experimental and comparative group. The teaching strategy using SWH was applied to the experimental group, while the traditional one led by teacher's lecturing was applied to the comparative group. The cognitive level test (SRT II) and baseline test were administered before the instruction period. The summary writing test and SRT II test were administered after instruction. The results showed that there was a significant difference between two groups in cognitive levels and science concept understanding, whole argumentation and writing skills. However, there was no significant difference in some argumentation components, including warrant, backing, qualifier, rebuttal, meta-cognitive question. The results of this study showed the possibility of implementation of SWH in science classroom teaching.

Key words: SWH, argumentation, science concept understanding, writing

### I. 서론

사고의 발달은 항상 과학교육에서 가장 중요한 목표로 간주되어 왔으며, 이러한 사고력의 발달을 위한 노력들이 학교 과학교육에서 끊임없이 이루어져왔다. 이에 따라 학생들의 사고를 향상시키기 위한 방법에 대한 다양한 연구들이 진행되어 왔으며, 그 중 효과적인 방법 중 하나가 학생들에게 사고 연습에 관여할 기회를 자주 제공하는 것이라는 주장이다(Kuhn *et al.*, 1997). 학교교육에서 학생들에게 사고의 연습에 참여시킬 수 있는 기회는 논의를 포함한 수업이라 할 수 있다. 논의를 포함한 수업은 교실에서 학생들로 하여금 사고의 외면화를 통해 사고 연습에 참여하게 한다(Osborne *et al.*, 2001).

사회적 구성주의에서의 학습은 토론이나 논의를 통

해 반성적 상호작용의 기회를 제공함으로써 지식을 혼자서가 아닌 협동과정 속에서 구성해 나가는데 중점을 두고 있으며, 이러한 상호작용을 통해서 사고능력의 발달이 일어날 수 있다고 주장한다(Newton *et al.*, 1999).

과학사와 과학철학 관련 연구에 의하면 논의과정은 과학의 본성과 과학사회의 전통의 근원으로서 과학자들의 핵심적 활동 중의 하나로 들고 있다. 과학사회는 지식 주장을 세우고 정당화하기 위해 지식, 타당한 추론, 논의과정의 패턴, 증거의 다양성 등을 포함하는 논의과정을 사용한다(Haack, 2003). 과학은 인간적 활동이며, 결과적으로 경쟁이나 편견, 오류 등에 빠지기 쉬운 인간 특성들에 의해 영향을 받는다(Lemke, 1990; Traweek, 1988).

과학은 또한 개개인들로 구성된 단체 사이에서 일어나는 활동, 복합적 상황에서의 실험과 과학자들의 활동

\*교신저자: 남정희(jhnam@pusan.ac.kr)

\*\*2008.09.23(접수) 2008.10.06(1심통과) 2008.10.15(2심통과) 2008.10.17(최종통과)

\*\*\*이 논문은 2008년도 한국과학재단의 특정기초연구사업(핵심기초)의 지원을 받아 연구되었음 (R01-2008-000-11837-0).

을 필요조건으로 여기며, 과학적 탐구의 특정 영역에 중점을 둔 복합적인 인지적, 동기유발적, 사회적 과정을 포함한다(Duschl *et al.*, 1998). 과학에 관련된 주제나 문제에 대해 서로 논의해 나가는 과정 속에서 학생들 스스로 자신의 과학 개념과 지식을 구성하고 문제 해결력을 기를 수 있다. 이와 같은 관점에서 보면 과학을 배운다는 것은 과학을 말하는 것을 배우는 것이다(Lemke, 1990). 학생들이 이러한 논의과정이 핵심 요소가 되는 과학 활동에 참여하기 위해서는, 학생들 스스로 과학적 학문 사회의 일원으로서 간주되고, 또 이러한 사회의 활동에 참여하면서, 같은 방식으로 생각하고 활동하면서 이들의 언어 사용을 배울 필요가 있다(Wallace *et al.*, 2002).

수업 및 학습 전략으로써 논의는 학생들의 과학개념 이해를 효과적으로 증진시키는 데 사용된다(Driver *et al.* 2000; Duschl *et al.*, 1999; Osborne *et al.* 2004; Yore *et al.* 2003). 학생들은 논의과정을 통하여 특정한 개념의 이해를 돕기 위한 이유를 만들어 가고, 그들의 관점을 정당화하려고 노력하며, 다른 의견들에 대해 도전하고 대안을 발표함으로써 학습내용과 관련된 언어에 숙달되게 되며, 결국 명확한 개념 이해를 하게 된다.

논의는 단순히 말로 하는 토론만을 의미하지는 않으며, 사고와 글쓰기를 통한 개인적 활동이거나 협상적인 사회적 활동이 포함된다(Duschl *et al.*, 2002). 글쓰기는 지식이 구성되거나 변형되는 학습의 과정이며 쓰는 사람의 취지와 수사적인 지식 배경을 포함한다. 토론의 경우 적극적이며 언어적인 상호작용이 요구되므로, 학습 과정에서 의사소통 능력이 부족한 학생들에게 상대적으로 많은 부담이 작용하게 되어 학습 성취도에서 좋은 결과를 보이지 않는 경우가 많다(강석진 등, 2000). 또한 상대의 주장에 대해 반응하기 위해서는 순발력이 요구되고 자신의 생각이나 개념 변화를 반성적으로 되돌아 볼 수 있는 시간적 여유가 없다. 이 때, 메타인지 활동을 자극하는 글쓰기 활동은 토론 내용을 정리하는 시각적 보조 기구로 사용됨으로써 개념이해에 도움을 주고 소집단의 사고에 대한 반성이나 평가 활동을 촉진한다(Alvermann, 1991). 따라서 글쓰기는 한 개인이 자신을 둘러싼 세계를 해석하는 방식을 볼 수 있게 하고 과정과 산물을 구체화하기 때문에 말하기 보다 더 좋은 학습의 형태와 근원이 될 수 있다(Emig, 1977). 이러한 의미에서 볼 때 글을 쓰면서 학습하는 것은 학생들이 과학 지식과 사고를 사용하고 이를 평가하며 전략을 추론하는 것을 통한 과학의 본성에 참여하는 수단

이 될 수 있다(Hand *et al.*, 1999; Yore *et al.*, 2003).

글을 쓰는 과정은 주어진 과제에 대한 논리적, 창의적, 비판적 문제 해결 과정이며 교과를 막론하고 모든 교육활동에서 읽기와 쓰기는 기본적으로 보편적인 활동이다. 특히, 글쓰기는 단순한 지식만으로 되는 것이 아니고, 종합적 사고의 과정으로 학습자의 인지적 과정을 통제하고 강화하며, 학습의 최종 단계를 확정하는 역할을 한다(박영목, 2001; 임재영, 2001). 학생들은 과학 교과에서 쓰기 수업에 참여함으로써 과학 수업의 전통적인 강의식 접근 방식에서 벗어나 과학적 증거를 바탕으로 지식을 구성하고 이러한 과정에서 개념을 획득할 수 있다(Kelly *et al.*, 2002). 그러나 과학 수업에서의 글쓰기는 다른 교과에서의 글쓰기와는 다르므로 교사와 학생들이 실제 과학 상황과 유사한 상황에서 과학을 이야기 할 수 있는 문제 상황의 설정과 명확한 교수 전략의 개발이 필요하다(Hand *et al.*, 1999).

과학 교과에서 글쓰기와 관련된 최근 연구에서는 글쓰기가 학생들의 성취수준의 격차를 줄일 수 있으며(Akkus *et al.*, 2007) 명확한 개념이해에 효과적이라는 결과를 보이고 있다(Hohenshell *et al.*, 2006; Burke *et al.*, 2006). 국내 연구에서는 쓰기가 학생들의 개념을 드러내고(정혁 등, 2004) 개념이해에 도움이 된다(강훈식 등, 2005, 2006)고 밝히고 있으나 과학 글쓰기와 관련된 구체적인 교수 전략이나 프로그램이 없고 그 대상이 영재학생들로 한정되어 있거나(남경운 등, 2004), 소집단을 대상으로 하여 학생들의 글쓰기 수업에 대한 인식을 알아보는데 그치고 있다(이은경 등, 2006).

따라서 본 연구에서는 중학교 과학 수업에 논의를 강조한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic, SWH)를 적용하여 학생들의 인지수준 발달, 과학개념 이해, 논의 및 글쓰기 능력의 향상에 미치는 영향에 대해 알아보았다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

부산광역시에 위치한 남녀공학 중학교 2학년 4개 학급 학생을 연구대상으로 하였으며, 이 중 2개 학급 65명을 실험집단으로, 나머지 2개 학급 66명을 비교집단으로 선정하였다.

집단의 동질성 비교를 위해 실험집단과 비교집단 모두 학기 초 동일한 시기에 수업처치 전에 인지수준 검사(SRT II)와 기초개념 검사를 실시하였다.

사전에 실시한 실험집단과 비교집단의 인지수준 검

**Table 1**  
The results of pre-cognitive level test(SRT II) and baseline test

Group		N	Mean	SD	t	p
SRT II	Experimental	65	4.50	1.06	.711	.354
	Comparative	66	4.36	1.25		
Baseline test	Experimental	65	17.53	4.90	.112	.076
	Comparative	66	17.43	5.12		

사(SRT II)와 기초개념 검사에서 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 1). 따라서 두 집단은 수업 처치 전 인지수준과 기초개념 이해에 있어서 동질 집단이라고 가정하였다.

수업처치는 대략 2주에 1개 주제씩 총 4개 주제에 대해 실시하였으며 1개 주제는 2차시로 구성하였다. 같은 기간 동안 비교집단은 전통적인 강의식 수업을 진행하였다. 수업처치 후에는 실험집단과 비교집단에 요약 글쓰기 검사(Summary Writing Test)를 실시하였고, 두 집단 모두 동일한 교사가 수업을 진행하였다.

**2. 탐구적 과학 글쓰기(SWH) 교수 · 학습 프로그램의 개발**

탐구적 과학 글쓰기(SWH) 프로그램은 Keys 등(1999)이 개발한 SWH(Science Writing Heuristic)의 전략을 바탕으로 하여 개발하였다. SWH는 과학적 탐구와 개념이해를 위한 과학적 논의와 학습 방법의 결합이다(Keys et al., 1999). SWH는 전통적인 과학 실험에서의 실험목적, 방법, 관찰, 결과, 결론의 5단계 대신 의문만들기, 주장, 증거, 사고의 변화로서의 반성을 포함하며 각 과정에서 학생들 사이의 논의에 의한 협상 과정을 중요시한다. SWH 전략은 학생들에게 과학자가 이론과 개념을 구성하는데 사용하는 논의과정과 유사한 과정을 거치도록 한다(Burke et al., 2005). 학생들은 협동적인 탐구활동과 개념이해를 위한 논의와 개별 글쓰기, 반성을 하게 되고, 교사는 학생들에게 각 단계의 활동 및 활동 이유의 이해를 돕고 교과내용을 능동적으로 이해하고 깊이 생각하도록 함으로써 개념발달을 돕는다. SWH 전략에서는 교사와 학생에게 이에 대한 안내를 위해 각각 교사들과 학생들을 제공한다.

탐구적 과학 글쓰기(SWH)는 의문 만들기, 실험, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성의 6단계로 구성되어 있다(Keys et al., 1999). 1단계 의문 만들기는 교사가 교수목표에 따른 문제 상황을 문장이나 그림으로 제시하면 학생들이 개별 의문을 만들고 조별 논의를 통해 조

별 의문을 만들어 전체 논의 후 학급의 의문을 형성한다. 이 때 의문은 연구할 가치가 있고 실험을 통해 답을 찾을 수 있는 것이어야 한다. 2단계는 실험의 단계로, 만들어진 학급의 의문을 해결하기 위해 조별 논의를 통해 학생들 스스로 실험을 설계한 후 수행을 하게 한다. 3단계는 관찰 단계로 실험 후 학생들은 개별로 관찰 결과를 쓰고 실험결과 나온 데이터를 그래프나 표로 변형 시키거나 해석을 하게 한다. 4단계는 주장과 증거의 제시 단계이다. 실험결과와 해석을 바탕으로 학생들은 주장과 증거를 제시한다. 주장과 타당한 증거를 제시하기 위해서는 과학적 논의과정과 추론 기술이 필요하다. 이 과정을 통해 학생들은 탐구실험 결과의 개념 확인의 수준에 머물지 않고 활동과 관련된 개념을 논의와 추론을 통해 재검토 하게 된다. 주장과 증거의 제시과정은 먼저 개별 주장과 증거를 형성하고 조별 논의를 통해 조별 주장과 증거를 형성한 다음 전체 토론을 통해 주장과 증거의 타당성을 스스로 판단하게 된다. 5단계는 읽기 단계로 학생들이 교과서나 참고서, 인터넷 등의 전문적인 자료를 통해 얻은 정보를 자신의 생각과 통합하는 과정으로 사회적 합의를 통한 자기주장의 유효화 과정이다. 6단계 반성은 학생이 자신의 생각이 수업 과정에서 어떻게 달라졌는가를 생각해 보는 메타인지적 사고의 과정이다. 이 과정을 통해 학생들은 자신이 알고 있는 것을 설명하고 이해한 것을 정당화할 수 있다. 따라서 반성은 학생의 이해력 향상에 크게 관여할 수 있다.

이러한 6단계의 전략에 따라서 총 4개 주제의 수업 프로그램을 개발하였고, 각 주제는 2차시로 구성하였다. 학습주제는 중학교 2학년 ‘지구의 역사와 지각변동’과 ‘전기’ 단원에서 선정하였다. 개발된 수업 프로그램은 과학교육 전문가 1명, 과학교육 박사과정 4명, 일선교사 3명으로부터 타당도를 검증 받았다.

**3. 검사도구**

본 연구에서 사용한 검사도구는 인지수준 검사(SRT II), 기초개념 검사, 요약 글쓰기 검사(Summary Writing Test)이다.

프로그램 처치 전 실험집단과 비교집단 학생들의 동질성을 판별하기 위해 인지수준 검사(SRT II)와 기초개념 검사를 실시하였다. 인지수준 검사도구인 SRT (Science Reasoning Task)는 아동의 논리적 사고 발달 단계를 측정하기 위해 개발된 검사지로 총 7개 종류로 되어 있으며, 과제별로 주제와 측정할 수 있는 인지 수준의 폭이 다르다. 이 연구에서 사용한 SRT II의 인지

수준 측정 범위는 1(전조작기), 2A(초기 구체적 조작기), 2A/2B(중기 구체적 조작기), 2B(후기 구체적 조작기), 2B/3A(과도기), 3A(형식적 조작기) 까지 모두 6 단계이다(Piaget & Inhelder, 1974). SRTⅡ는 총 14문항으로 구성되어 있으며, K-R의 신뢰도 계수  $r=0.78$ 이고, 검사-재검사 신뢰도는  $r=0.84$ 이다(Wylam & Shayer, 1980).

기초개념 검사는 학생들의 사전 기초 과학개념 이해의 수준을 알아보기 위한 것으로 수업처지 전에 실시하였다. 검사지는 Grimberg와 Hand(2003)가 개발한 20문항과 본 연구에서 개발한 과학 교육과정 관련 개념 10문항으로 구성하였으며, 30문항 모두 선택형 문항으로 문항 당 1점씩 총 30점으로 하였다.

요약 글쓰기 검사(Summary Writing Test)는 학생들의 학습목표와 주요 과학개념 이해, 논의 및 글쓰기 능력의 향상을 알아보기 위해 Prain과 Hand(1996)가 제안한 모델을 바탕으로 본 연구에서 개발 하였다. 요약 글쓰기 검사(Summary Writing Test)를 위한 과제는 글쓰기의 주제, 형태, 목적, 대상, 주제를 정해준다. 이 연구에서 개발한 4개 주제 중 다양한 개념을 포함하고 있는 ‘전기’를 요약 글쓰기 검사(Summary Writing Test)의 주제로 선정하였다. 형식은 자유로운 형식의 글쓰기를 통해 학생들이 자신의 생각을 드러내도록 하기 위해 편지글로 정했고, 어려운 과학개념을 이해하여 자신의 평상시 언어로 쉽게 설명하도록 친구를 대상으로 개인별로 글쓰기를 하도록 했다.

기초개념 검사, 요약 글쓰기 검사(Summary Writing Test)는 모두 과학교육 전문가 1명과 박사과정 4명, 일선 과학교사 3명으로부터 내용 타당도를 검증 받았다.

#### 4. 요약 글쓰기(Summary Writing) 분석틀

요약 글쓰기 분석틀은 Hand 등(2006)의 분석틀과 Toulmin(1958)의 논의과정 틀을 기초로 하여 학생들의 학습목표와 주요 과학 개념 이해, 논의 및 글쓰기의 분석을 위해 개발하였다(Table 2).

분석틀은 Big Idea, 과학개념 이해, 논의, 글쓰기의 4개 항목으로 구성하였고, 이 중 과학개념 이해, 논의, 글쓰기는 다시 몇 개의 세부요소로 범주화하였다.

분석틀의 4개 항목에 대한 점수분배는 Big Idea 15점, 과학개념 이해 15점, 글쓰기 12점으로 하였으며, 논의는 논의요소가 나타나는 빈도수에 따라 점수를 주도록 하였다.

Big Idea는 학생들의 학습목표에 대한 이해를 평가하기 위한 항목으로 교사의 교수목표를 학생들이 수업

과정을 통해 스스로 알아내고 학습목표로서 인식하는 정도를 나타낸다. 요약 글쓰기(summary writing)에서 Big Idea의 제시가 정확하다는 것은 학생들이 그 단원의 학습목표를 인식하고 이를 달성하였다는 것을 의미하는 것이다. 학습목표의 인식은 관련 단원에서 핵심 개념의 파악을 잘 하고 있는지의 여부와 핵심 개념들 간의 관계에 대한 이해를 제대로 하고 있는지에 따라 결정된다. 여기에서는 학생들이 수행한 요약 글쓰기의 주제가 ‘전기’인 관계로 Big Idea를 전기 단원의 학습목표인 전류, 저항, 전압관계를 나타내는 옴의 법칙으로 정하였다. 세부평가는 전기를 설명하면서 전기에서 가장 핵심이 되는 옴의 법칙(전류, 전압, 저항의 관계)을 설명하는 경우, 옴의 법칙(전류, 전압, 저항의 관계)을 설명하고 있으나 그것의 정확도가 다소 부족한 경우, 옴의 법칙(전류, 전압, 저항의 관계)에 대한 설명보다 전류, 전압, 저항에 대한 단순한 설명, 전기의 발생, 전지의 연결, 저항의 연결 등 전기의 한 부분을 단순히 설명하는 경우로 나눌 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 Big idea 항목의 배점을 0/5/10/15로 하였다.

과학개념 이해는 Big Idea를 설명하기 위해 필요한 여러 가지 과학개념과 용어, 그들 사이의 관계에 대한 올바른 이해를 평가한다. 여기에서는 전압, 전류, 저항의 정의를 올바르게 설명하고, 개념들 사이의 관계를 설명할 시 점수를 부여하였다. 전압, 전류, 저항에 대해 바르게 설명한 학생에게는 각 1점을 부여하였고, 각 개념 사이의 관계는 각 개념에 대한 이해를 바탕으로 나타나는 상위 요소이므로 이를 설명하면 2점을 부여하였다.

논의는 학생들이 다른 사람을 설득하는 글에서 효과적인 논의과정 요소를 사용하여 자신의 생각을 논리적으로 전개하는지를 평가하기 위한 항목으로 Big Idea를 설명하기 위한 논의과정 요소와 증거 설명 방식으로 나누어 평가하였다.

논의과정 요소의 분석은 Toulmin의 논의과정 틀을 기초로 한 설명적 논의과정 요소(Toulmin, 1958)와 대화적 논의과정 중 메타인지 요소(강순민, 2004)를 이용하였다. 설명적 논의과정은 자신의 생각을 다른 학생들에게 설득시키기 위해 사용한 진술들로서 주장(C; claim), 근거(G; ground), 보장(W; warrant), 보강(B; backing), 한정(Q; qualifier), 반증(R; rebuttal) 등이 있다. 대화적 논의과정 요소인 메타질문(MQ; Metacognitive Question)은 상대방 혹은 모듈의 논의과정에 대해 다시 생각하게 하는 질문으로 반성적 사고를 나타내는 요소로써 학생들은 메타질문을 통해 자기의 생각을 정리하고 문제

**Table 2**  
Assessment framework for Summary Writing Test

Domain	Criterion	Score	
	Nothing	0 Nothing mentioned	
Big Idea	Not Satisfied	5 <ul style="list-style-type: none"> <li>•Voltage depends on the connection of battery</li> <li>•Resistance depends on the connection of resistance</li> <li>•In case of describing only one interrelation amongst Voltage, Current and Resistance.</li> </ul>	
	Satisfied	10 In case of describing two interrelation amongst Voltage, Current, and Resistance.	
	Very Satisfied	15 Voltage varies equivalently as per the amount of Current and resistance. ( $V=I \times R$ )	
Science concept understanding	Voltage	1 Ability to flow the electrical Current in electric circuit	
	Current	1 Flow of electric charge	
	Resistance	1 The ability of a substance or an electrical circuit to stop the flow of an electrical current through it.	
science concept	Voltage and Current	2 Current varies equivalently as per the amount of Voltage when Resistance is constant.	
		1 Current varies equivalently as per the amount of voltage	
	Voltage and Resistance	2 Resistance varies equivalently as per the amount of voltage when Current is constant.	
		1 Resistance varies equivalently as per the amount of voltage.	
	Current and Resistance	2 Current varies inversely to Resistance when Voltage is constant.	
		1 Current varies inversely to Resistance	
	Connection of science concept	2 In case of describing all explanations on Voltage variation by the connection of Battery.	
		Connection of current and resistant	1 In case of describing one of Voltage variations by the connection of Battery.
			2 In case of describing all explanations on Resistance variation by the connection of Resistance.
		1 In case of describing one of Resistance variations by the connection of Resistance.	
	Ohm's law	2 Voltage varies equivalently as per the amount of Current and Resistance. ( $V=I \times R$ )	
Argumentation	critereon	score/frequency	
	Claim	1	
	Evidence	1	
	Argumentation component	Warrant	1
		Backing	1
		Qualifier	1
	Rebuttal	1	
	Metacognitive Question	2	
	Form of evidence	Graph, Diagram	1
		Example, metaphor	1
Common experience		1	
Excerpt		1	
Picture		1	
Writing	critereon	score	
	Writing format	Not Satisfied	0
		Satisfied	2
		Very Satisfied	4

**Table 2**  
*Continued*

Domain	Criterion	Score	
Writing	Writing flowing	Not Satisfied	0
		Satisfied	2
		Very Satisfied	4
	Appropriate for audience	Not Satisfied	0
		Satisfied	2
		Very Satisfied	4

해결을 위한 방향을 잡을 수 있다. 논의과정 요소 평가는 **Big idea**를 설명하기 위한 주장, 근거, 보장, 보강, 한정, 반증, 메타인지 요소가 나타날 때마다 각 요소를 1점으로 하여 나타나는 빈도에 따라 점수를 부여하였고, 이때 메타질문은 학생들의 반성적 사고를 나타내는 상위 사고 요소이므로 2점을 부여하였다.

학생들은 상대방을 설득시키기 위해 자신의 의견을 뒷받침해 줄 증거를 사용하는데 이때 사용하는 증거는 타당해야 하고 또한 상대방이 이해하기 쉽도록 제시되어야 한다. 논의를 한다는 것은 여러 가지 논의 요소를 다양하게 사용하는 것뿐만 아니라 이를 적절하게 사용하는 것 또한 중요하기 때문에 증거 제시 방법을 평가의 한 요소로 하였다. 요약 글쓰기에서는 상대방을 이해시키기 위해 증거를 제시하는 방법이 효과적인가를 살펴보고 단순히 말로 설명하기보다 그래프, 도표, 예, 비유, 일상적 경험, 인용자료, 그림을 이용하여 증거를 보다 효과적으로 제시한 경우 각각을 1점으로 하여 나타나는 빈도에 따라 점수를 부여하였다.

글쓰기 형식은 ‘글형식의 적합성’, ‘전체적인 문장의 흐름’, ‘대상의 적합성’으로 나누어 평가하였다. 이 항목은 과학적 개념이나 논의과정 요소보다는 글쓰기 형식 자체에 초점을 맞추어 SWH를 통해 글쓰기 능력이 얼마나 향상되는가를 알아보기 위한 것이다. 글형식의 적합성은 ‘편지글의 형식에 부합하는가?’를 평가하는 것으로 편지를 받는 대상, 첫 인사말, 대화체의 문장, 끝인사, 보내는 사람 등 편지글이 갖춰야 할 기본 형식에 맞게 썼는가를 나타낸다. 두 번째로 전체적인 문장의 흐름은 ‘전체적인 흐름이 논리적, 문법적으로 적절한가?’를 평가하는 것으로 글에 서론 부분, 결론 부분이 나타나고 있고 그 연결이 자연스러운가, 글을 논리적으로 전개하고 있는가, 정확하고 구체적이며 명확한 용어를 사용하고 있는가를 보았다. 마지막으로 대상의 적합성은 ‘글쓰기 대상이 적합한가?’로 전기에 대한 지식이 부족한 친구를 대상으로 편지를 쓰는 것이므로 과학적 개념과 용어를 일상의 말로 쉽게 표현하였는가

를 평가하였다.

### 5. 수업처치

실험집단에 총 4개 주제에 대한 8차시의 수업을 처치하였다. 수업의 처치는 앞에서 탐구적 과학 글쓰기(SWH) 수업 프로그램 개발에서 설명했듯이, 6단계로 이루어진 수업의 단계에 따라 이루어졌다. 수업처치에 들어가기에 앞서 학생들에게 탐구적 과학 글쓰기(SWH)에 대해 설명하였으며, 이때 각 단계에서 요구되는 활동에 대한 안내가 적혀있는 학생들에 대해 소개하였다. 또한 교사는 수업처치에 앞서 5회에 걸친 탐구적 과학 글쓰기(SWH) 수업에 대한 교사연수에 참여하면서 이해를 높여나갔다.

수업의 도입부분에서는 학생들에게 개발한 수업 프로그램에 따른 학습지를 개별적으로 나누어주고 학습지와 SWH 학생들의 안내에 따라 조별로 논의하여 탐구적 과학 글쓰기(SWH)를 진행하도록 하였다. 수업의 진행시 교사는 SWH 교사들을 이용하여 적절한 질문의 형태와 학생의 반응에 대한 응답에 대한 지침을 가지고 수업을 하도록 하였다.

수업의 도입은 의문만들기 단계로 교사가 교수목표에 따른 문제 상황을 제시하고 우선 학생 개인별로 제시한 상황을 바탕으로 적절한 의문을 만들어 내게 하고 조별 논의를 통한 협상을 거쳐 조별로 의문을 만들게 하였다. 그 다음 조별로 만들어진 의문을 질판에 게시하여 학급 전체에 발표하게 한 후 전체 학급 논의를 거쳐 학급 전체의 가장 타당한 의문을 만들어 내도록 하였다.

만들어진 학급의 의문을 바탕으로 각 조에서는 논의를 거쳐 의문을 해결하기 위한 실험을 설계하고 실험을 실시하도록 하였다. 이 단계에서는 교사가 교실을 순회하면서 학생들과 상호작용하면서 실험설계와 실험수행에서 부딪히는 문제점들을 해결해나가도록 돕는 조력자의 역할을 하였다. 또한 실험수행 시 관찰은 학생 개인별로 수행하고 결과에 대한 해석도 개인별로

진행하도록 하였다.

자신의 실험결과에 대한 해석을 바탕으로 학생들은 학습의 의문에 답이 될 수 있는 자신의 주장과 증거를 제시하였다. 그 후 다시 조별 논의와 협상을 통해 조별 주장과 증거를 만들어 내고 교사의 지시에 따라 칠판에 게시하여 전체 학습에 발표하였다. 전체 학습 발표 시에는 다른 조의 주장이나 증거에 대한 논의를 하도록 교사가 유도하였다. 이러한 과정을 통하여 각 조에서 제시한 주장과 증거의 타당성을 점검한 후, 전체 논의가 끝나면 학생들은 개인별로 교과서나 참고서, 인터넷을 통해 자신의 주장과 증거를 전문적으로 인정된 자료와 비교하여 자신의 주장에 대한 타당성을 점검하고 사회적 합의를 통해 자신의 주장을 유효화하도록 하였다. 수업의 마지막에는 교사의 주도에 따라 앞에서의 모든 과정을 반성적으로 살펴보는 쓰기를 통해 자신의 생각이 수업의 과정을 통해 어떻게 달라졌는가를 살펴보게 했다.

**6. 자료분석**

본 연구에서 얻은 자료의 정량적 분석은 SPSS 통계 프로그램에 의한 통계처리를 통하여 이루어졌다.

요약 글쓰기의 분석은 개발한 요약 글쓰기 분석틀을 이용하여 과학교육 전문가 1명, 과학교육전공 박사과정 4명, 과학교사 3명 등 총 8인이 공동으로 수행하였다. 분석의 과정은 1차와 2차에 걸쳐 진행되었다. 1차 분석에서는 요약 글쓰기 분석틀을 이용하여 학생들의 요약 글쓰기를 분석하면서 동시에 분석틀을 수정하는 과정을 거침으로써 분석틀의 타당성을 높이는 작업을 수행하였다. 2차 분석에서는 1차에서 수정된 요약 글쓰기 분석틀을 이용하여 1차 분석에 참여했던 8인의 분석자 중 3인의 분석자가 다시 학생들의 요약 글쓰기를 분석하고 1차 분석에서의 경험을 바탕으로 분석자들이 이견이 있는 경우에 합의를 통하여 일치도를 높여가는 과정을 반복하였다.

**III. 연구 결과 및 논의**

탐구적 과학 글쓰기(SWH) 프로그램의 효과를 알아보고자 4개의 주제에 대해 프로그램을 처치한 후, 인지수준 검사(SRTII)와 전기 단원의 요약 글쓰기를 통하여 그 효과를 알아보았다.

**1. 인지수준 및 기초개념 검사 결과**

탐구적 과학 글쓰기 프로그램 적용 후 두 집단의 인

**Table 3**

*Results of t-test on the scores of post-test of the cognitive level(SRT II)*

Group	N	Mean	SD	t	p
Experimental	65	4.843	1.143	2.077*	.040
Comparative	66	4.415	1.197		

\*p<.05

**Table 4**

*Analysis of SRT II in pre-test and post-test by cognitive level*

Group	Cognitive level	Pre-test		Post-test	
		Frequency	Percent (%)	Frequency	Percent (%)
Experimental	3A	7	11.7	20	30.7
	2B/3A	30	46.1	27	41.5
	2B	18	27.7	7	10.7
	2A/2B	8	11.7	9	13.8
	2A	0	0	1	1.5
Comparative	1	1	1.5	1	1.5
	3A	9	13.6	11	16.9
	2B/3A	30	45.5	24	36.9
	2B	12	18.2	17	26.1
	2A/2B	10	15.2	9	13.8
	2A	2	3.0	2	3.1
	1	3	4.5	2	3.1

지수준(SRTII) 검사에 대한 T-검증 분석 결과, 사후 인지수준에서 실험집단과 비교집단 사이에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3).

실험집단과 비교집단의 사전과 사후 인지수준(SRT II) 검사 결과를 각 인지 수준별 빈도수의 변화로 비교하면 Table 4와 같다.

Table 4에서 보듯이 형식적 조작기에 해당하는 3A 수준의 경우, 비교집단은 13.6%에서 16.9%로 3.3% 증가한데 비해, 프로그램 처치 후 실험집단은 11.7%에서 30.7%로 19% 증가하여 증가폭이 약 6배 정도 크게 나타났다. 실험집단에서의 이러한 변화는 후기 구체적 조작기(2B) 학생들의 감소와 관련이 있는 것으로 후기 구체적 조작기 학생들(2B)과 과도기(2B/3A) 학생들의 인지수준이 향상된 결과로 해석할 수 있다.

비교집단의 경우, 초기 형식적 조작기인 3A 수준의 증가폭(3.3%)과 2B/3A의 감소폭(8.6%)을 비교해보면 3A로 증가량보다 더 큰 감소를 나타냈다. 이는 2B/3A 수준의 학생들 일부가 2B수준으로 내려갔음을 의미한다. 2A/2B이하 수준의 경우 실험집단과 비교집단 모두 큰 변화를 나타내지 않았다.

위 결과에서 관심 있게 보아야 할 부분은 3A, 2B/3A, 2B 수준 학생의 변화이다. 글쓰기를 강조한 과학 탐구 활동 프로그램 처치 후 실험집단의 경우 형식적 조작기 학생의 증가 비율은 19%로 비교집단의 증가비율 3.3%보다 약 6배 정도 크게 나타났다. 또한 과도기에 해당하는 2B/3A 학생들의 경우 실험집단은 형식적 조작기인 3A수준으로 인지수준이 향상된 것에 반해 비교집단은 오히려 2B수준으로 낮아지는 결과를 보이고 있다. 실험집단의 경우 이 프로그램의 처치로 적극적인 상호작용을 지속적으로 경험함으로써 일반적 학습 상황에서의 학생들보다 인지수준 발달에 있어 큰 변화를 나타냈고 결국 이 프로그램이 학생들의 인지수준 발달에 효과적임을 의미한다고 볼 수 있다. 그러나 비교집단 학생들의 인지수준이 오히려 수업처치 전보다 낮아졌다는 결과는 아동의 인지수준 발달이 성숙, 환경과의 접촉에 의한 경험, 사회적 상호작용 등을 통해 자율적이고 자연적으로 이루어진다는 Piaget의 주장(Piaget & Inhelder, 1974)에 반하는 것이다. 이러한 결과에 대한 이유로, 인지수준 검사 시 학생들의 태도, 인지수준 검사 도구 등에 대해 고려해 볼 수 있으나 이에 대한 논의는 이 연구에서의 범위를 벗어나므로 앞으로 이와 관련한 자세한 연구를 통하여 그 원인을 밝힐 필요가 있다고 본다.

**2. 요약 글쓰기(summary writing) 분석 결과**

탐구적 과학 글쓰기(SWH) 수업전략이 학생들의 학습목표 인식, 과학개념 이해, 논의 그리고 글쓰기에 미친 영향을 알아보기 위하여 실험집단과 비교집단에 수업처치 후 실시한 요약 글쓰기(Summary Writing) 결과의 분석은 전체 점수에 대한 분석결과와 각 세부항목별 결과로 구분하여 제시하였다.

**1) 요약 글쓰기(summary writing) 전체 분석 결과**

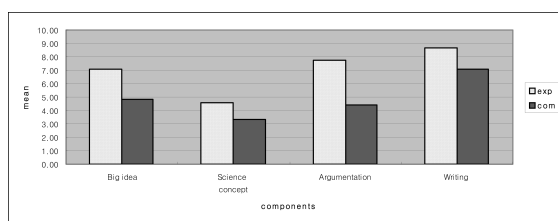
요약 글쓰기(summary writing) 검사는 Big idea, 과학개념 이해, 논의, 글쓰기 등의 4개 요소로 구성되어 있으며, 이들 각 요소를 앞에서 제시한 분석틀을 이용하여 평가하였다. Table 5에서 보듯이 실험집단의 요약 글쓰기 전체 점수 평균은 28.20, 비교집단의 전체 점수 평균은 19.72로 나타났고, T-검증 결과 실험집단이 비교집단과 비교할 때 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

또한 세부 항목별 분석에서도 실험집단이 비교집단에 비해 모든 항목에서 통계적으로 유의미하게 높은 점수를 나타내었다(Fig. 1). 이는 본 연구에 적용한 탐

**Table 5**  
*Analysis of Summary Writing Test*

	Experimental		Comparative		t	p
	M	SD	M	SD		
Big idea	7.12	5.82	4.85	5.04	2.40	.018*
Science concept	4.62	2.84	3.36	2.62	2.65	.009*
Argumentation	7.76	5.54	4.45	3.76	4.07	.000*
Writing	8.70	3.07	7.06	3.39	2.91	.004*
Total	28.20	14.38	19.72	11.92	3.70	.000*

$p < .05$



**Fig. 1** The mean distribution of summary writing components

구적 과학 글쓰기(SWH) 수업 프로그램이 기존의 전통적 강의식 수업 보다 학생들의 전체적인 요약 글쓰기에 더 효과적이었음을 나타낸다. 다음에서는 요약 글쓰기의 각 요소별로 분석한 결과 및 논의를 제시하였다.

**2) Big Idea 분석 결과**

Big Idea는 학습목표에 대한 학생들의 이해를 평가하기 위한 것이다. Big Idea 항목은 15점 만점으로 실험집단의 평균은 7.12로 비교집단의 평균 4.85에 비해 높게 나타났다(Table 5). T-검증 결과 두 집단 간에 Big Idea는 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

SWH 수업을 행한 실험집단의 학생들은 전기에 대해 설명하는 편지글에서 학습목표와 관련된 Big Idea를 제시하고 이를 설명하는 방법을 사용하였고(사례 1), 반면 비교집단은 단순히 전기의 기본 용어를 나열하거나 학습목표와 관련된 Big Idea 없이 전기에 대한 전반적인 설명을 제시하였다(사례 2).

**<사례 1>**

그럼 이제 전류, 전압, 저항 세 가지 전기의 성질의 관계를 그려주세요. 내가 너의 이해력을 고려해서 표로 나타내 줄게.  
-표 생략-

저 표와 같이 각 전기의 성질의 관계는 전류와 전압은 비례관계이고, 전압과 저항 또한 비례관계이고, 전류와 저항의 관계



만 반비례 관계란다. 위에서 본 전기의 성질의 관계는 옴의 법칙의 한 예라고 할 수 있는데. 옴의 법칙에는 공식이 있어 옴의 법칙은 위에서 전기의 세 가지 성질의 단위로 쉽게 나타낼 수 있는데. 전류는 I, 전압은 V, 저항은 R이라고 해서 세 가지의 단위가 있어, 이것을 가지고 공식을 만들면  $I=V/R$ ,  $V=IR$ ,  $R=V/I$  이런 식으로도 변형이 가능해.

-이하생략-

그러면 전류, 저항, 전압의 관계를 설명할게.  $V=IR$ ,  $I=V/R$ ,  $R=V/I$ . 전압이 일정할 때 저항과 전류는 반비례해, 전류가 일정할 때 전압이 커질수록 저항도 커지는 비례. 저항이 일정할 때 전압이 커지면 전류도 커지는 비례 관계가 성립해.

-이하생략-

<사례 2>

-서론 생략-

내가 오늘 말해줄 내용의 주제는 전기라는 거야. 전기를 타면 죽게 되지. 그러니까 전기가 내 몸에 많이 들어 돈다면..

그렇다고 전기가 자동차처럼 타는 걸 말하는 건 아니야. 전기는 있지... 물이랑 좀 비슷해~  
그러니까.. 니가 집에 TV를 본다거나 컴퓨터를 한다거나 할 때 콘센트에 코드를 꼽지? 그런데 거기에 꽂았다고 왜 TV나 컴퓨터가 작동하는지 의문점이 있었지 않나?

-이하 생략-

여기서 흐른다는 말은 전류를 말하는 거야. 내가 물이랑 비슷하다고 했잖아. 물도 흐르듯 전기도 흘러!  
예를 들면 말야. 비 올 때 천둥번개가 치잖아. 그때 번개도 전기가!

-이하 생략-

전기가 니 손에 있는 물을 타고 니 몸으로 들어 온 거야. 앗! 시간이 없어서 이만 줄일게.

이 연구에서 처치한 논의를 강조한 탐구적 글쓰기(SWH)는 앞서 설명했듯이 교사가 학습목표와 관련된 문제 상황을 제시하면 학생들은 다양한 논의를 통해 의문을 만들고, 이 의문을 해결하기 위한 실험설계와 수행을 하게 된다. 또한 자신의 실험 결과에 대한 해석과 주장, 증거제시 하는 과정을 조별 및 학급 전체 논의 과정을 통하여 수행하게 된다. 이러한 전 과정에서 이루어지는 글쓰기를 통해, 학생들은 사전지식을 새로운 학습과 연결하고 설명하면서 논의, 실험, 교과서를 통해 얻은 정보를 통합적으로 이해하게 되고(Santa et al., 1991; Prain et al., 1996), 교사의 교수 목표를 정확히 파악하고 학습목표를 정확하게 인식하게 되어 이와 관련된 개념을 파악을 하게 되었다고 생각된다.

3) 과학개념 이해 분석 결과

과학개념에 대한 이해도 차이는 전기와 관련된 주요 개념과 이 개념들 간의 연관 요소를 설명하고 있는가를 통해 평가하였다. 과학개념에 대한 이해도는 15점 만점으로 실험집단의 평균은 4.62, 비교집단의 평균은

3.36으로 나타났다(Table 5). T-검증을 실시한 결과 두 집단 간에 과학개념에 대한 이해도는 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<.05$ ).

아래의 사례에서 보듯이 실험집단 학생들은 전류, 전압, 저항 사이의 관계에 대한 설명을 제시하고 있다(사례 3). 그러나 비교집단 학생들은 전기에 대한 설명을 하고 있으나 전기에서 가장 핵심이 되는 전류, 전압, 저항 사이의 관계를 설명하지 않는 경우가 많고, 옴의 법칙을 언급하더라도 전류, 전압, 저항 사이의 관계를 설명하는 것이 아니라 전기에 관한 문제를 풀 때 사용하는 하나의 공식으로만 제시하고 있었다(사례 4).

<사례 3>

전류는 전자의 흐름을 말해. 전류가 흘러야 전기가 흘러. 전류의 단위는 A[암페어]야. 전압은 전류를 흐르게 하는 능력을 만해 보통 사용하는 전지에 1.5V의 전압이 들어 있지. 전압의 단위는 V[볼트]야. 콘센트에서 많이 본 것 같지? 마지막으로 저항은 전류의 흐름을 방해하는 것을 만해, 즉 전자의 흐름을 방해하지. 단위는 Ω[옴]이야. 전류=I, 전압=V, 저항=R이라고 쓰는데 이 세 개는 서로 관계가 있어.  $I=V/R$ ,  $V=IR$ ,  $R=V/I$  라고 옴의 법칙이야.

-이하 생략-

옴의 법칙이라는게 있는데 옴의 법칙은  $V=IR$ 로 표시하지. 이 옴의 법칙에서 전류=I, 전압=V, 저항=R을 나타내. 그리고 옴의 법칙을 통해 이런 사실을 알 수 있어. 전류와 전압 그리고 저항과 전압은 비례하고, 저항과 전류는 서로 반비례를 해. 그럼 저항에 대해 가르쳐줄게.

-이하생략-

<사례 4>

-서론 생략-

전기에 대해 알려면, 먼저 전압, 전류, 저항을 알아야해. 그 다음은 전지. 전기는 우리에게 아주 중요한 거야. 전기가 없다면 우리의 생활은 정말 비참해지지.. 그리고 이번엔 전기회로도에 대하여 말해줄게. 일단은 각각의 기호를 알아야겠지? 내가 표로 그려줄게.

-표생략-

그리고 전기회로도에는 병렬, 직렬로 그릴 수 있어. 또 전기에선 옴의 법칙이란 게 있는데, 옴의 법칙의 기본적인 식이 있어. 그건  $V=IR$ 인데, 여기서 V는 전압, I는 전류, R은 저항을 뜻해. 이 식을 이용해서 저항, 전압, 전류를 구할 수 있지^^

-결론 생략-

과학개념 이해에 있어서 실험집단 학생들이 비교집단 학생들에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 결과를 나타내게 된 이유는 SWH 수업의 단계에서 찾아볼 수 있다고 본다. SWH 수업에서 학생들은 논의를 통해 자신이 가진 개념을 드러내고 증거를 제시하는 과정을 통해 자신의 개념을 정당화하려는 노력을 하게 된다. 또한 다른 사람들의 의견을 들으면서 타당성을 판단하는

과정에서 개념에 대한 의미를 협상하고, 내면화하여 그 개념의 의미를 구성하는 능력을 기를 수 있다(Osborne *et al.*, 2004; Yore *et al.*, 2003). 따라서 실험집단 학생들도 이러한 과정을 통하여 과학개념에 대한 이해를 증진시켰다고 볼 수 있다.

**4) 논의 분석 결과**

실험집단과 비교집단 간에 SWH 수업으로 인한 논의의 차이는 논의과정 요소의 사용과 증거제시 방법을 통해 평가하였다. 분석 결과, 실험집단의 평균은 7.76로 비교집단의 평균 4.45에 비해 높게 나타났으며, T-검증 결과 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 6). 이러한 차이가 나타난 것은 SWH 수업은 기존의 전통적 강의식 수업에 비해 수업의 전 과정에 걸쳐 학생들에게 논의활동의 기회를 제공하고 이를 강조한 것에 기인한다고 볼 수 있다. 교사가 제시한 문제 상황에서 개별 의문을 만들고 이를 다시 조별 논의를 통해 조별의문을 만들어 전체 논의 후 학급의 의문을 형성한다. 또한 이 의문을 해결할 실험을 설계하는 과정에서 조별 논의가 이루어지고 실험 결과로부터 의문을 해결할 주장과 주장을 뒷받침할 근거를 찾는 과정에서 논의과정이 다시 이루어지게 된다. 따라서 학생들은 SWH 수업을 통해 지속적으로 논의 과정을 경험함으로써 논리적인 글쓰기에 대한 직접적인 학습 없이도 다양한 논의과정 요소를 적절하게 사용하여 설득력 있는 글을 쓰게 된 것으로 생각된다.

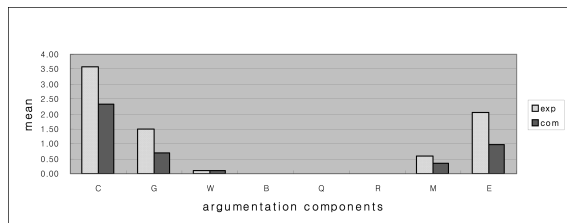
논의를 논의과정 요소별로 분석해보면 Fig. 2에서 보듯이 전반적으로 실험집단이 비교집단에 비해 높은 평균을 나타내고 있다. 주장과 근거의 사용을 비교해 볼 때, 실험집단의 경우 주장이 평균 3.58, 근거가 평균 1.50, 비교집단의 경우 주장이 평균 2.32, 근거가 평균 0.70으로 나타났으며, T-검증 결과 실험집단이 비교집단에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 결과를 나타냈다(Table 6).

요약 글쓰기(summary writing)에 나타난 논의과정 요소로서 주장은 Big Idea를 찾아내고, 과학개념을 명확하게 설명하고 연결하는 과정에서 주로 나타났다. 이러한 결과는 탐구적 글쓰기(SWH)를 통한 과학 수업이 과학개념의 이해와 개념간의 연관 형성에 효과가 있음을 말해준다. 또한 주장에 대한 근거의 활용 비율이 실험집단에서 41.90%로 비교집단의 30.17%에 비해 높게 나타났다. 이것은 SWH 수업 프로그램에서 학생들이 자신의 생각을 단순히 기술하는 것이 아니라 예나 비유적 설명, 그래프와 도표 그리고 그림 등을 근거로

**Table 6**  
*Analysis of argumentation in summary writing*

	Experimental Group		Comparative Group		t	p
	M	SD	M	SD		
argumentation components	C	3.58	2.23	2.32	1.95	3.44 .001*
	G	1.50	1.58	0.70	1.01	3.48 .001*
	W	0.12	0.33	0.09	0.29	0.56 .575
	B	0.00		0.00		- -
	Q	0.02	0.12	0.02	0.12	0.00 1.00
	R	0.00		0.00		- -
	M	0.58	1.15	0.36	1.21	1.03 .304
form of evidence	2.06	1.98	0.98	1.46	3.55 .001*	
Total	7.86	5.42	4.47	3.76	4.07 .000*	

C: claim G: ground W: warrant B: backing Q: qualifier R: rebuttal M: meta-cognitive question E: form of evidence



**Fig. 2** The mean distribution of argumentation components

사용함으로써 자신의 주장을 논리적으로 타당하게 뒷받침하는 논의능력이 향상되었음을 의미한다.

아래의 내용은 편지글 형식의 요약 글쓰기(summary writing)에 나타난 실험집단(사례 5) 및 비교집단(사례 6)의 주장과 근거의 사례이다.

**<사례 5>**

저항은 전류의 흐름을 방해하는 거야 (주장)  
 따라서 냉장고, 세탁기, TV, 컴퓨터 등 많은 가전제품들이 저항의 예가 될 수 있지 (근거)  
 우리가 실험할 때는 주로 니크롬선을 많이 사용해  
 내가 실험해 본 결과 전류와 전압은 비례하고 전류와 저항은 반비례하더라 (주장)  
 니크롬선을 많이 접으니까 전구의 밝기가 더 밝아지고 적게 접으니까 더 어두워지는 것을 보고 전류와 저항이 반비례한다는 것을 알 수 있었어 (근거)

**<사례 6>**

저항은 전류의 흐름을 방해하지 (주장)  
 저항은 오히려 말하는데 전선의 굵기에 반비례하고 길이에 비례해 (주장)  
 한마디로 저항이 강하면 전류가 약하게 흐르지 (주장)

위의 사례에서 보듯이 실험집단의 학생은 자신의 주

장에 대해 근거를 제시하면서 글을 써내려가는 반면 비교집단 학생은 단순히 자신의 주장만을 반복하는 것을 볼 수 있다.

논의과정 요소 중 보장, 보강, 한정, 반증의 요소는 실험집단과 비교집단 모두 거의 나타나지 않고 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 SWH 수업에서 학생들은 지속적으로 근거가 수반된 주장 쓰기를 요구 받았기 때문에 주장에 대한 근거의 경우는 이러한 경험을 통한 학습이 이루어진 것으로 생각된다. 그러나 보장, 보강, 한정, 반증 등의 논의과정 요소의 경우는 단방향적인 글쓰기 보다는 쌍방향적인 대화적 논의과정을 통해 나타날 수 있는 요소이기 때문에 두 집단 간 차이가 나타나지 않은 것으로 생각된다.

메타인지의 경우 실험집단의 평균이 0.58로 비교집단의 평균 0.36에 비해 높은 점수를 나타내고 있으나 통계적으로는 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 6). 이에 대한 이유를 이 연구에서 밝히기는 어려우나 그 이유 중 하나로 학생들의 인지수준을 들 수 있다. 형식적 조작 단계에 도달하기 전에는 메타인지적 사고가 나타나기 어렵다는 Kuhn(1992)의 연구 결과에 비추어 보았을 때, 사전에 실시한 인지수준 검사에서 실험집단과 비교집단 모두 한 모둠 당 형식적 조작기에 도달한 학생이 없거나 한명에 불과한 것에서 그 이유를 찾을 수 있다.

SWH 수업 프로그램의 반성 단계를 통해 학습 전과 후의 자신의 생각을 비교하고 과학적 개념을 재구성하여 내면화하는 과정을 거치게 된다. 이처럼 메타인지와 같은 수준 높은 논의과정 요소가 학습의 과정에서 자연스럽게 활용될 수 있는 수업이 장기적으로 적용된다면 학생들의 고차원적인 논의 능력 향상과 더불어 형식적 조작기로의 인지발달에도 도움이 될 수 있을 것이라고 생각된다.

증거제시 방법의 경우, 실험집단은 평균 2.06, 비교집단은 평균 0.98로 실험집단이 높게 나타났고(Table 6), T-검증 결과 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 실험집단의 경우, 주장을 뒷받침하기 위한 증거제시의 빈도수가 많거나 방법이 다양했고, 이것은 논의 능력의 향상과 과학개념에 대한 명확한 이해와 직결되었다. 특히 Big Idea를 설명하기 위해서 예, 비유, 그래프, 그림 등이 많이 사용되었는데, 이것은 학생들이 SWH 수업을 통해 명확한 개념 이해를 했으며 이를 바탕으로 다양한 증거를 제시하고 보다 설득력 있는 주장을 전개할 수 있다는 것을 의미한다.

### 5) 글쓰기

실험집단과 비교집단 사이의 글쓰기의 차이는 글의 형식, 글의 흐름, 글쓰기 대상의 세부요소로 구분하여 평가하였다. 이 연구에서는 요약 글쓰기 검사(Summary Writing Test)에서 편지글의 형식을 요구했기 때문에 편지글의 형식, 글의 흐름, 글쓰기 대상에 대한 적합성을 통해 평가하였다. 글쓰기는 12점 만점으로 실험집단의 평균은 8.70로 비교집단의 평균 7.06보다 높게 나타났다(Table 5). T-검증 결과 두 집단 간에 글쓰기 능력은 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 편지글 형식의 경우 편지글이 갖춰야할 기본적인 조건을 평가하였다. 실험집단의 경우 <사례 7>에서 보듯이 받는 사람, 인사말, 대화체의 문장, 끝인사, 보내는 사람 등 편지가 갖춰야할 기본 형식에 맞춰 글을 쓰고 있다. 반면에 비교집단은 이런 요소들이 빠져있는 경우가 많았다.

#### <사례 7>

이은지에게 (받는 사람)  
 은지 하이~ㅋㅋ 내가 오랜만에 편지를 써주도록 하마~ㅋㅋ  
 (인사말)  
 음... 실은 내가 편지를 쓰게 된 이유는 다름 아니라 바로 과학!  
 '전기'에 대해 좀 가르쳐주려구.. ㅎㅎ 뭐 물론 내가 과학을 잘 하는 건 아니지만 어찌다 보니 이렇게 편지를 쓰게 된 거야.

#### -종락-

혁 시간이 별로 남지 않았는데 TT.TT 음...  
 아 TT.TT 이만 줄여야 겠어. 안녕~ㅋㅋ  
 (끝인사)  
 -신유경이가- (보내는 사람)

글의 흐름의 경우, 전체적인 문장의 자연스러운 전개를 평가하기 위해 화제의 변화에 따른 단락 구분, 주장의 논리적 전개, 정확하고 구체적이며 명확한 용어 사용 등을 평가하였다(이주철, 2006). 실험집단의 경우 서론, 본론, 결론의 형식을 제대로 갖추고 있으며 본론 부분에서도 전기에 대한 설명을 명확한 근거를 들어 설명하고 있었다(사례 8). 그러나 비교집단의 경우는 편지의 서론 부분 없이 갑자기 전기에 대한 설명을 하거나, 본론과 관련이 없는 내용을 언급함으로써 글의 흐름을 방해하는 경우, 전기 관련 개념에 대한 설명 없이 단순히 공식을 제시하는 등 논리적 흐름에 적절하지 못한 경우가 나타났다.

#### <사례 8>

\*\*헤민이에게  
 헤민아 안녕! 난 너의 민형이야.  
 내가 이렇게 편지를 쓰는 이유는 얼마 전에 전기란 것을 배웠

는데 혼자 알기가 너무 아쉬워서 쓰는 거야. 전기가 무엇인지 알고 있지? 생활에서 꼭 필요하잖아. 특히 가전제품에서 말이야. 그럼 난 전압, 저항, 전류에 대해선 아니?

모른다고. 음 알았어. 내가 차근차근 설명해 줄게. (서론) 그럼 우선 전압, 전류, 저항의 정의를 설명해줄게. 전류란...

-중략-

이제 이들의 관계를 설명해줄게. 관계를 알기 위해서는 옴의 법칙의 식만

알면 돼. 옴의 법칙은.. (본론)

-중략-

이것으로 나의 강의는 끝이 났어. 좀 자세히 알고 싶다면 교과서를 참고하렴. ㅋㅋㅋ

시간이 없어서 그럼 이만 줄일게. (결론)

2007. 12월 21(월)

-헤미이의 절친한 친구 민형이가-

글쓰기 대상에 대한 적합성은 요약 글쓰기 검사(Summary Writing Test)의 편지글에서 전기를 일상적인 용어를 사용하여 편지를 쓰는 대상인 친구에게 얼마나 쉽게 설명하는가를 평가하였다. 실험집단의 경우 전기와 관련된 주요 개념을 비유나 예를 들어 전기에 대해 지식이 부족한 친구가 알기 쉽도록 설명을 하고 있다(사례 9). 비교집단의 경우에는 개념에 대한 설명 없이 개념과의 관계를 설명하거나, 설명을 하더라도 구체적이지 않아서 전기에 대한 지식이 부족한 학생의 경우 이해하기가 쉽지 않다(사례 10).

<사례 9>

\*전기를 물로 비유하여 설명할게. 전류는 (A, 암페어)야. 물로 비유하면 물의 흐름이고, 전압은 (V)볼트다. 이것도 물로 비유하면 수압이다. 마지막으로 저항은 옴이라는 사람이 찾아내서 단위가 옴(Ω)이래 이것은 물로 비유하면 물레방아지 즉, 물의 흐름을 막는거야. (비유)

\*예를 들면 전구를 전기 회로에서 관찰해보면 전류가 흐르고 있으면 전구에 불을 켜주고 지나가면 전류에 있는 에너지가 빠져나가게 되는 것을 예로 들 수 있어.(저항) (예)

<사례 10>

전기에는 전류, 저항, 전압이 있는데 전류는 I(A, 암페어)라고도 하고, 저항은(R), 전압은(V)라고 해. 알겠지?

위의 결과는 SWH 수업 프로그램이 학생들 스스로 문제를 만들고 해결하는 과정을 통해 논의 능력을 기르는 것 뿐 만 아니라 이런 전 과정에 글쓰기를 접목시킴으로써 글을 쓰는 과정에서 아이디어를 생성하고, 조직, 표현, 수정하는 과정을 통해 과학개념을 내면화하여 자신의 언어로 표현할 수 있음을 의미한다. 다른 형태의 의사소통에 비해 쓰기 활동은 참여한 학생들에게 자신의 언어로 표현할 기회를 동등하게 부여한다(정혁 등, 2004). 또 학생들은 주장과 근거를 적절하고 다양하게 조직하여 글을 적음으로써 설득력 있는 글을 쓰게

되고(민병근, 2004), 이것이 글쓰기 능력의 향상을 가져온 것으로 생각된다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 논의를 강조한 탐구적 과학 글쓰기(SWH) 교수-학습 전략에 따른 수업 프로그램을 개발하고 이를 중학교 2학년 과학 수업에 적용하여 그 효과를 알아보았다. 이 연구를 통해서 현재 학교 과학교육에서 강조되고 있는 토론 학습을 통한 과학 토론 및 논술 능력의 향상에 이 연구에서 개발한 교수-학습 전략이 기여할 수 있는 여지가 있는지를 알아보고자 하였다. 연구 결과, 논의 및 글쓰기를 통한 수업이 학생들의 인지수준 발달, 과학개념 이해, 논의, 글쓰기에 효과가 있는 것으로 나타났다.

탐구적 과학 글쓰기(SWH) 수업은 학습의 전 과정에서 학생들에게 논의와 글쓰기 경험을 지속적으로 제공한다. 따라서 학생들은 자신의 주장을 효과적으로 전달하고 이를 정당화하기 위한 노력을 하고 조원들과의 상호작용을 통해서 자신의 생각에 대한 즉각적인 피드백을 받게 된다. 이러한 과정은 학생들의 사고력 향상으로 연결되고, 이는 학생들의 인지수준 발달을 이끌게 된다고 볼 수 있다. 글쓰기 과정은 단순히 문장을 나열하는 것이 아니라 글쓴이가 구성하거나 조직하는 명확한 사고 과정(Flower & Hayes, 1980)이기 때문이다.

이 연구를 통해서 확인 할 수 있었던 점은 논의가 부족한 우리의 학교 과학 수업에 이러한 교수-학습 전략의 적용 가능성이라고 본다. 기존의 일반적인 전통적 수업에서는 교사가 학습목표를 단순히 제시하는 것에 비해 논의를 강조한 탐구적 과학 글쓰기(SWH) 수업 프로그램은 학생 스스로 학습목표를 생각하고 자신의 과학개념을 정당화하기 위한 근거를 찾고 다른 사람들의 반박에 대안을 제시하고 들으면서 그 타당성을 판단해가는 과정을 통해 의미를 협상하고 재구성하는 과정을 경험한다. 이러한 수업의 단계는 바로 논의과정의 핵심이 되는 요소를 포함하고 있다. 따라서 학생들은 이런 과정을 경험하면서 과학적 개념을 내면화하고 구조화하면서 과학개념의 이해를 향상시킬 수 있고, 이와 함께 이루어지는 글쓰기 또한 지식을 재구성하고 넓히는 역할을 하여, 학생들이 자신의 생각을 정리하고 자신의 언어로 다시 표현하는 기회를 제공함으로써 과학 언어에 숙달되게 하고 과학개념의 이해를 돕는다(Langer & Applebee, 1987). 이 연구에서 적용한 논의와 글쓰기는 바로 이러한 측면들로 인해서 학생들의 과학개념 이해와, 인지수준, 논의, 글쓰기 측면에서 그 효과를 나

타냈다고 생각된다.

그러나 연구 결과에서 일반적으로 논의과정의 중요한 요소로 간주되며 논의의 질을 결정한다고 간주되는 보장, 보강, 한정, 반증과 같은 논의과정 요소가 비교집단 뿐만 아니라 실험집단에서도 거의 사용되지 않았다. 이에 대한 이유는 첫째, 이들 논의과정 요소들이 단방향적인 글쓰기보다는 쌍방향적인 대화적 논의에서 많이 드러나는 요소이기 때문에 글쓰기를 통한 평가에서는 차이가 나지 않았을 수 있다. 둘째는, SWH 수업에서 논의과정을 경험하면서 이를 글쓰기를 통해 활동을 하도록 했음에도 불구하고 위의 이러한 요소를 체계적으로 사용할 수는 없었기 때문이라 볼 수 있다. 따라서 이러한 측면을 보완하기 위해서는 단순히 학생들에게 논의와 글쓰기를 하게 하는 것 이외에 논의의 질을 높일 수 있는 논의과정의 요소들(강순민 등, 2006)을 전략적으로 사용하는 훈련을 시킬 수 있는 교수-학습전략의 개발이 필요하다고 본다.

이 연구의 결과는 논의와 과학 글쓰기가 익숙하지 않은 우리나라 학교 과학 수업에서 논의를 포함한 탐구적 과학 글쓰기가 과학 학습의 질적 향상에 도움을 줄 수 있음을 시사한다. 따라서 탐구적 과학 글쓰기 교수-학습 프로그램이 학생들의 인지수준 발달, 과학개념 이해, 논의 및 글쓰기의 향상에 도움이 된다는 측면에서 학교 교육에서 활용할 필요가 있다고 본다.

## 국문 요약

본 연구에서는 중학교 과학에서 논의를 강조한 탐구적 과학 글쓰기(SWH) 교수-학습 전략에 따른 수업 프로그램을 개발하고 실시하여 이 프로그램이 학생들의 인지수준 발달, 과학개념 이해, 논의 및 글쓰기의 향상에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 이를 위해 남녀 공학 중학교 2학년 학생 132명을 선정하여 실험집단과 비교집단으로 임의로 배정하였다. 실험집단에는 SWH 수업전략을, 비교집단에는 교사중심의 전통적인 수업을 적용하였다. 그 결과 이 연구에서 개발한 수업 전략이 학생들의 인지수준 발달, 과학개념 개념이해와 논의, 글쓰기에 효과적인 것으로 나타났으나 논의과정 요소 중 보장, 보강, 한정, 반증, 메타인지에는 유의미한 효과가 없는 것으로 나타났다.

이는 논의를 강조한 탐구적 과학 글쓰기(SWH)가 실험집단의 과학개념 이해와 과학적 글쓰기 능력의 향상에 효과적이었음을 나타내며 단방향적인 글쓰기뿐만 아니라 전체적인 논의과정 능력의 질적 향상을 위한 수업전략의 개발이 요구됨을 시사한다.

## 참고 문헌

- 강석진, 노태희 (2000). 토론 과정에서 사회적 합의를 강조한 개념 학습 전략의 효과. 한국과학교육학회지, 20(2), 250-261.
- 강순민(2004). 과학적 맥락의 논의 과제 해결 과정에서 나타나는 논의과정 요소의 특성. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 강순민, 광경화, 남정희 (2006). 논의과정을 강조한 교수학습 전략이 중학생들의 인지발달, 과학개념 이해, 과학관련 태도 및 논의과정에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 26(3), 450-461.
- 강훈식, 김보경, 노태희 (2005). 물질의 입자적 성질에 대한 다중 표상 학습에서 외적 표상들 간의 연계와 통합을 촉진시키는 방안으로서의 그리기와 쓰기. 한국과학교육학회지, 25(4), 533-540.
- 강훈식, 이성미, 노태희 (2006). 다중 표상 학습에 적용한 그리기와 쓰기에서 시각적 정보의 형태에 따른 교수 효과. 한국과학교육학회지, 26(3), 367-375.
- 남경윤, 이봉우, 이성목 (2004). 과학일기쓰기가 과학영재의 과학에 관련된 정서적 특성에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 24(6), 1272-1282.
- 민병곤 (2004). 논증적 텍스트의 생산 과정에서 논증 도식의 운용 양상에 대한 분석 및 교육적 시사. 국어교육학연구, 18, 184-222.
- 박영목, 한철우, 윤희원 (2001). 국어과 교수학습 방법 탐구. 교육과학사
- 이은경, 강성주 (2006). 문제해결형 탐구 모듈 적용에서의 SWH 활용 효과에 대한 학생들의 인식 조사. 한국과학교육학회지, 26(4), 537-545.
- 이주철 (2006). 논쟁토론 학습을 적용한 주장하는 글쓰기 지도 방안 연구. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 임재영 (2001). 토론식 쓰기 수업 모형-논술 교육을 중심으로. 성균관대학교 석사학위 논문.
- 정혁, 정용재, 송진웅(2004). 물리 개념을 주제로 한 11학년 학생의 과학 글쓰기 분석. 한국과학교육학회지, 2(5), 1008-1017.
- 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.
- Alvermann, D. E. (1991). The discussion web: A graphic aid for learning across the curriculum. Reading Teacher, 45(2), 92-99.
- Burke, K., Pooock, J., Greenbowe, T. & Hand, B. (2005). Training chemistry teaching assistants to use the science writing heuristic. Journal of College Science Teaching, 35(1), 36-41.

- 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.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. *Science Education*, 84(3), 287-312
- Duschl, R. & Hamilton, R. J. (1998). Conceptual change in science and in the learning of science. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (Eds.) *International handbook of science education* (pp. 1047-1065). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Duschl, R., Ellenbogen, K., & Erduran, S. (1999). Middle school students dialogic argumentation. Paper presented at the Second International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), Kiel, Germany.
- Duschl, R. & Ellenbogen, K. (2002). Argumentation processes in learning science. Paper presented at the International Conference Ontological, Epistemological, Linguistics and Pedagogical Considerations of Language and Science Literacy: Empowering Research and Informing Instruction, Victoria, BC, Canada.
- Emig, J. (1977). Writing as a mode of learning. *College Composition and Communication*, 28, 122-128.
- Flower L. S. & Hayes J. R. (1980). Identifying the organization of writing processes, In L. W. Gregg & E. R. Steinberg(Eds.), *Cognitive processes in writing*, (pp. 4-30). Hillsdale N. J.: Erlbaum.
- Grimberg, B. I., & Hand, B. M. (2003). The impact of a scientific writing approach in high school students' learning. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia PA.
- Haack, S. (2003). *Defending science-within reason: Between scientism and cynicism*. Amherst, NY: Prometheus Books.
- Hand, B., Meier, L. N., Staker, J., Bintz, J. (2006). *When Science and Literacy Meet in the Secondary Learning Space: Implementing the Science Writing Heuristic(SWH)*. University of Iowa.
- 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.
- 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.
- Kelly, G. J., Bazermann, C., Skukauskaite, A., & Prothero, W. (2002). Rhetorical features of student science writing in introductory university oceanography. Paper presented at the International Conference Ontological, Epistemological, Linguistics and Pedagogical Considerations of Language and Science Literacy: Empowering Research and Informing Instruction, Victoria, BC, Canada.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins S. (1999). Using the science writing heuristic as a Tool for learning from Laboratory Investigation in Secondary Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084.
- Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155-178.
- Kuhn, D., Shaw, V., & Felton, M (1997). Effects of dyadic interaction on reasoning. *Cognition and Instruction*, 15(3), 287-315.
- Langer, J., & Applebee, A. (1987). *How Writing Shapes thinking: A Study of Teaching and Learning*. National Council of Teachers of English.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*, NJ: Ablex.
- Newton, P., Driver, P., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simmon, S., Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argumentation in school science. *School Science Review*, 82(301), 63-70.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simmon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*. 41(10), 994-1020
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1974). *The Child's Construction of Quantities*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Prain, V., & Hand, B. (1996). Writing for learning in secondary science: Rethinking practices. *Teaching and Teacher Education*, 12(6), 609-626.
- Santa, C. M., & Havens, L. T. (1991). Learning through writing. In C. M. Santa & D. E. Alvermann (Eds.), *Science Learning: Process and Applications* (pp. 122-133). Newark, DE: International Reading Association.
- Traweek, S. (1988). *Beamtimes and lifetimes: The world of high energy physicists*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wallace, C. & Narayan, R. (2002). Acquiring the social language of science: Building science language identities through inquiry-based investigations. Paper presented at the International Conference Ontological, Epistemological, Linguistics and Pedagogical Considerations of Language

and Science Literacy: Empowering Research and Informing Instruction, Victoria, BC, Canada.

Wylam, H., & Shayer, M. (1980). CSMS science reasoning tasks. NFER Publishing Co.

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.