

탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 중학생들의 창의적 사고와 비판적 사고에 미치는 영향

박성주 · 문성배*

부산대학교

The Effect of Science Writing Heuristic Laboratory Class on the Creative Thinking and Critical Thinking of Middle School Students

Park, Sungju · Moon, Seongbae*

Pusan National University

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effects of Science Writing Heuristic (SWH) laboratory class on the creative thinking and critical thinking of middle school students. Science writing heuristic programs were developed based on SWH strategies developed by Keys *et al* (1999). This study was conducted on 63 students from two classes as the comparative group and 63 students from two other classes as the experimental group. The cognitive level of the group as a homogeneous group was similar, and the program was applied to a total of 18 periods based on nine topics from March to July 2011. Evaluation instruments used in pre-test and post-test were the creative and critical thinking tests. To consider the score for creative and critical thinking, the SPSS 20.0 program was used. The study made use of technical statistics and ANCOVA. The result of this study showed that creative problem solving skills were improved by SWH in laboratory class. Therefore, persistent presentation of SWH teaching strategies and developing various experiment topics are required.

Key words: creative thinking, critical thinking, Science Writing Heuristic(SWH)

I. 서 론

2007 개정 중학교 교육과정의 과학과 목표를 보면 “자연 현상과 사물에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러 일상생활 문제를 과학적으로 해결하는데 필요한 과학적 소양을 기른다.”고 명시하였다(교육인적자원부, 2008). 창의적 문제 해결력을 갖춘 학습자는 비판적 사고를 통하여 문제 상황을 파악하고 지식을 바탕으로 주어진 문제를 풀어나간다. 확산적 사고를 통하여 다양한 창의적 대안들을 찾아내어 이를 비판적으로 분석하고 그 중 최선의 해결책을 선택할 수 있다(Treffinger *et al.*, 2000). 문제 상황에서 왜 그런지 의문을 갖고, 대안을 상상하고, 비판적으로 판단하여 적절한 해결책을 찾기 위해서는 기초적이고 일반적인 사고가 아니라 창의적 사고 및 비판적 사고 등과 같은 고등 사고력이

요구된다. 이러한 고등 사고력은 스스로 문제를 발견하여 정확히 인식하고, 필요한 자료를 찾아 새롭고 적절한 해결책을 마련하는 사람을 기를 수 있다(박은미, 2006).

과학적 탐구에 필요한 모든 사고는 발견의 맥락과 정당화의 맥락이 교대로 일어나며 발견의 맥락에서는 창의적 사고 그리고 정당화의 맥락에서는 비판적 사고가 유용하게 사용된다. 이러한 두 가지 사고는 긴밀하게 연결되어 있으며(Popper, 1994), 비판적 사고와 창의적 사고는 마치 톱니바퀴처럼 맞물려가면서 작용할 때 문제를 창의적으로 해결해 나갈 수 있다(강순희, 2011). 창의성은 얼마나 많이, 다양하고, 독특하게 사고하는가의 발산적 사고의 의미를 가지고 있으며(Guilford, 1950), 발산적 사고력을 측정하는 헵의 창의성 검사에서 높은 점수를 획득한 학생은 미래에 창의적으로 행동할 것으로 예측할 수 있다(Runco, 1999). 그리고 비판적 사고는 신념과 행동을 결정하

*교신저자: 문성배(sbmoon@pusan.ac.kr)

**2013.02.20(접수), 2013.04.20(1심통과), 2013.09.30(2심통과), 2013.10.09(3심통과), 2013.11.19(4심통과), 2013.11.25(최종통과)

***이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2013.33.7.1259>

는 문제 해결의 과정으로(Ennis, 1985), 주어진 문제의 해결책을 지속적으로 검증하고 조사하는 인지적 전략이다(Reber & Reber, 2001). 발산적 사고에 의해 만들어 놓은 것들을 주의 깊게 이해하고, 이리저리 따져 보면서 적극적으로 경청하고 비판적으로 질문하면서 그 중 어느 것을 기각할 것인지, 어느 것을 수용할 것인지를 결정하는 것이다(강순희, 2011).

현재 창의적 문제해결력에 대한 교육은 대부분 일부 영재 학생들을 대상으로 하는 수월성 교육에 적용되어 왔다(Feldhusen & Treffinger, 1993; Karnes & Bean, 2003; Renzulli & Reis, 2003; Treffinger & Reis, 2004). 그러나 '2009년 개정 과학과 교육과정'과 연계하여 교육과학기술부는 보통 학생들을 위한 초·중등학교 별로 창의성과 인성을 함양할 수 있는 창의적 교과 활동, 창의적 체형 활동, 사회봉사 참여, 지역사회와 연계한 다양한 교육과정 운영을 강조하는 '창의·인성 교육의 기본 방안'을 고시하였다. 지금까지 '영재아들을 위한 창의 교육'에만 제한적으로 적용해왔던 것을 지금부터는 전 교과 영역에 걸쳐서 '모든 학생들'에게 적용해야 한다고 제의하였다(교육과학기술부, 2010). 그러므로 수월성 교육을 받는 소수의 영재 학생들 뿐 만 아니라, 보통 교육을 받는 대다수의 일반 학생들도 많은 분야에서 다양한 형태로 창의성을 발휘할 수 있도록 창의적 사고력 강화 교육을 실시해야 할 것이다.

창의적 문제해결력은 과학에서의 탐구능력과 동일하며, 주어진 문제에 대한 창의적 해결 방안을 생성해내는 능력 신장을 위해 다양한 탐구적 사고력을 활용하는 수업이 필요하다(송주연, 2011). 이러한 탐구과정에는 객관적 근거를 바탕으로 하여 결론을 유도하고, 현상의 원인을 설명하며, 예측하는 논리적 추리가 포함되어 있다(Martin, 1997). 탐구 능력과 논리적 사고력은 유의미한 상관관계를 가지고 있기 때문에 학생들의 탐구활동이 진행되는 실험수업을 통해서 과학적 사고력은 지속적으로 나타나게 된다(이은주, 2010). 그러나 대부분의 학교현장에서는 교과서에 제시된 실험과정을 그대로 따라하는 비탐구적인 수업이 이루어지고 있다(양일호, 조현준, 2005). 이러한 실험 수업은 학생들의 과학적 사고력 신장에 효과적일 수 없다. 따라서 새로운 교수-학습 전략으로 탐구활동을 통해 학습자 스스로가 사고하여 지식을 구성해 나갈 수 있도록 한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing

Heuristic or SWH, Keys *et al.*, 1999)가 개발되었다. 학생들은 탐구적 과학 글쓰기 수업을 통하여 교사가 학습목표에 따라 제시한 문제 상황을 보고 궁금한 내용을 의문으로 만들고 이를 해결하기 위한 실험을 설계하며, 실험을 통해 증거를 수집하고 분석하여 주장을 만들어 그 주장에 대한 근거를 제시하는 과정에서 과학자의 연구 과정을 경험할 수 있게 된다.

탐구적 과학 글쓰기(SWH) 수업에서는 학생 스스로 실험을 설계하는 활동을 통하여 학생들에게 스스로 생각할 기회를 제공하기 때문에 사고력 향상에 도움이 된다(Driver, 1989). '의미 있는 쓰기'는 비판적 생각을 격려하고(Kieft *et al.*, 2008), 개념적 이해의 향상을 시키며(Holliday *et al.*, 1994), 과학 학습에서의 글쓰기는 학생들이 배운 것에 대해 대화하고 과학적 개념에 대한 지식을 구성하게 해 준다(Gunel *et al.*, 2009). 또한 학습 과정에서의 쓰기 활동은 과학적 지식을 형성하고 정교화 하는 도구로서 사용된다(Keys *et al.*, 1999; Prain, 2006). 글을 쓰는 과정은 종합적 사고의 과정으로 주어진 과제에 대한 논리적, 창의적, 비판적 문제해결 과정이다(박영목 등, 2001; 임재영, 2001). 학생들은 글쓰기 수업을 통하여 과학 수업의 전통적인 강의식 접근 방식으로부터 벗어나 과학적 증거를 바탕으로 한 지식을 구성하는 과정에서 개념을 획득할 수 있다(Kelly *et al.*, 2002).

탐구적 과학 글쓰기 활동이 학생들의 개념학습, 사고력, 과학적 소양의 함양, 학생들의 성취 수준의 격차를 줄이는데 긍정적인 영향을 준다고 보고하였고(Akkus *et al.*, 2007; Keys *et al.*, 1999; Hand *et al.*, 2006; Prain, 2006), 국내에서도 탐구적 과학 글쓰기 수업이 학생들의 과학개념 이해, 과학 탐구능력 및 과학적 태도 향상, 비판적 사고력 신장에 도움이 된다고 연구된 바 있다(김미정, 2011; 남정희 등, 2008; 이은경, 강성주, 2006).

과학 교과서에서 다루고 있는 여러 가지 유형의 과학 글쓰기 활동이 있지만(천재훈, 2006), 과학 상식과 관련된 읽기 자료 중심으로 구성된 것이 대부분이다. 그리고 대단원에서 1 2개의 과학 글쓰기 활동만 제시되고 있어 학생들의 창의적 사고 및 비판적 사고를 길러 줄 수 있는 체계적인 과학 글쓰기 프로그램은 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 일부 영재 학생들만을 위한 수업이 아닌 모든 학생들에게 창의적 사고와 비판적 사고를 신장시키기 위한 방법으로 탐구

적 과학 글쓰기 실험수업을 실시하였다. 또한 주어진 문제 상황에서 의문을 만들어 내어 학생들 스스로가 실험을 설계하며 관찰한 결과를 통해 의문의 답을 찾아내는 일련의 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 중학생들의 창의적 사고와 비판적 사고에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구 대상

이 연구는 부산시에 위치한 남녀공학 중학교의 1학년 4개 학급 216명을 대상으로 실시하였다. 비교 집단은 2개 학급이며, 교과서에 제시된 내용으로 실험수업을 실시하는 전통적인 실험수업을 진행하였고, 실험집단은 2개 학급이며 탐구적 과학 글쓰기 실험수업을 진행하였다. 연구 대상의 구체적인 인원 구성은 Table 1과 같다. 단, 수업에 불참한 경우나 필요한 검사에 응답하지 않은 경우는 연구에서 제외하였다.

학교 현장에서 이루어지고 있는 실험수업은 대부분이 조별실험으로 과학 성적이 다른 이질집단으로 구성하고 있다. 그 이유는 상위 수준의 학생들이 주도적으로 실험활동을 이끌어 나갈 수 있기 때문에 교사가 실험수업을 진행하기가 수월하기 때문이다. 하지만 실험수업이 학습자의 탐구능력이나 개념 이해, 학업 성취도 향상에 효과를 보이지 못하고 있음을 지적하고 있는 연구들도 있다(Hodson, 1990; Lunetta, 1998). 이러한 원인은 소집단의 일부 구성원이 주도적으로 실험 활동을 함으로써 나머지 학생들은 방관자적 입장에 놓이게 되며(Basili & Sanford, 1991; Chang & Lederman, 1994), 또한 과학실험을 할 때 능력이 서로 다른 모둠에서 상위 수준의 학생은 논의할 동료들을 찾지 못하고, 하위 수준의 학생은 상위 수준의 학생의 설명을 이해하지 못함으로써 모둠의 상호작용은 점점 약화되고(성숙경, 최병순, 2007), 동질

적 집단 구성이 성취도 및 태도에서 긍정적인 효과를 가져 온다(Lawrenz & Munch, 1984)는 연구결과를 바탕으로 하여 본 연구에서는 학기 초에 논리적 사고력 검사인 GALT 축소본(Roadranka *et al.*, 1983)을 사용하여 인지수준을 측정하여 인지수준이 비슷한 학생들인 동질집단으로 모둠을 구성하였으며, 각 집단은 3~4명의 모둠으로 이루어졌고, 수업처치는 2011년 3월부터 7월까지 한 학기에 걸쳐 실시하였다.

2. 검사 도구

본 연구에서 프로그램 처치 전 실험집단과 비교집단 학생들의 동질성을 판별하기 위해 인지수준 검사(GALT), 과학 창의적 문제해결 능력 검사(박인숙, 2010)를 사용하여 동질성을 판별하였다.

1) 인지수준 검사지

이 검사 도구는 보존논리, 비례논리, 변인통제논리, 확률논리, 상관논리, 조합논리의 6개의 논리로 구성되며 각 유형별 2문항씩으로 선다형 10문항, 주관식 2문항으로 구성되어 있다.

이 검사는 35분간 실시하였으며 1번에서 10번의 선다형 문항은 답과 이유가 모두 맞을 경우 정답으로 처리하였고, 11번과 12번은 주관식 문항으로 11번은 총 9개의 답 중에서 1개, 12번은 총 24개의 답 중에서 2개를 빠뜨린 경우까지 정답으로 처리하였다. 이에 따라 정답의 개수가 0~4개이면 구체적 조작기, 5~7개면 과도기, 8~12개면 형식적 조작기로 학생들을 분류하여 인지수준이 비슷한 학생들로 모둠을 구성하였다.

2) 과학 창의적 문제해결 능력 검사지

창의적 사고와 비판적 사고 검사는 박인숙(2010)이 개발한 중학생을 위한 과학 창의적 문제해결 능력 검사를 사용하였다. 이 검사는 과학 창의적 문제해결 능력을 '창의적 사고와 비판적 사고가 복합적으로 작용

Table 1
Cognitive levels of students

Group	Cognitive level (%)			Total
	Concrete	Transitional	Formal	
Experimental	19(30.2)	31(49.2)	13(20.6)	63(100)
Comparative	26(41.3)	25(39.7)	12(19.0)	63(100)
Total	45(35.7)	56(44.4)	25(19.8)	126(100)

하여 당면한 과학 문제를 과학 지식과 과학적 절차로 새롭게 적절하게 해결하는 능력'으로 정의하여 새로운 해결책을 생성하기 위해서는 '창의적 사고'가, 적절한 해결책을 선택하기 위해서는 '비판적 사고'가 필요하다라는 관점에서 평가 기준을 개발한 검사지이다.

문제해결 측면의 과학적 사고력을 과학 탐구능력으로 보고 연구 대상인 중학생에게 적합한 과학 지식을 이용하여 과학 탐구과정인 문제 인식, 가설설정, 실험설계, 해결책 도출 단계에 따라 문제를 해결하도록 되어있다. 문제 인식, 가설설정, 해결책 도출 문항은 창의적 사고를 이용하여 다양한 아이디어를 생성한 뒤, 수렴적 사고를 이용하여 자신이 생성해 낸 아이디어들 중에서 가장 그럴듯한 것 한 가지를 선택하도록 하는 완전 개방형 문항이고, 실험설계 문항은 가설설정 문항에서 선택한 가설을 검증할 수 있는 실험을 구체적으로 설계하도록 구성되어 있어 문제 인식, 가설 설정, 해결책 도출 문항은 각각 창의적 사고 기능과 비판적 사고 기능을 채점하고, 실험설계 문항은 비판적 사고 기능만을 채점한다. 창의적 사고의 검사에 소요

된 시간은 약 35분이었다.

3) 수업 프로그램에 대한 설문지

탐구적 과학 글쓰기 수업 프로그램을 처음 적용하였을 때 학생들은 수업 방식을 낯설어 하였고 실험과정에 따른 실험결과만을 기록하는 실험보고서에서 자신의 생각을 기록하는 글쓰기 활동을 매우 어려워하였으나 수업이 진행될수록 학생들의 글쓰기 능력이 향상되고 있음을 보고서를 통하여 확인할 수 있었다. 이에 탐구적 과학 글쓰기 수업 프로그램을 적용한 후 수업 프로그램에 대한 연구 대상 학생들의 의견을 묻기 위하여 설문지를 제작하였다. 설문지의 문항은 3개로, 수업 프로그램 활동을 수행하면서 '가장 도움이 되었다고 생각하는 점은 무엇인가', '가장 어려웠던 점은 무엇인가', 수업 프로그램 활동이 '자신의 어떤 면에서 도움이 되었다고 생각하는가'라는 내용으로 구성하였다. 설문지의 문항은 완전 개방형으로 학생들은 특별한 제한 없이 자신의 생각을 자유롭게 기술할 수 있도록 구성하였다.

Table 2

Evaluation question of science creative problem-solving ability (Park Insuk, 2010)

Number	Subject	Inquiry process	Assessment items
1	yellow dust	Problem recognition	Write down subjects you would like to study as many as possible after reading reference regarding yellow dust. Choose one subject that is most valuable to research and give a suitable reason for it.
2-1	duckweed	Hypothesis generating	There are two plates that has water and same amount of duckweed in A, B regions. Few days later, there are more duckweed in the A region. Why does this happen? Write down various hypothesis about this question as many as possible using every knowledge and concepts you know.
2-2		Experimental designs	Choose one hypothesis that is most likely and make a plan for an experiment in a concrete way to prove the hypothesis.
3	balloon bursting	Deduction of solutions	You can burn an object if you collect sunlight with a magnifying glass. One of the students in Hyeyoung's class will be picked as a winner if he/she bursts a balloon most quickly using a magnifying glass. What do they have to do if they want to burst a balloon as quickly as possible and be a winner? Write down every possible solution in a concrete way. Choose the most effective and appropriate solution and give a suitable reason for it.

Table 3
Creative thinking standard for valuation (Park Insuk, 2010)

Creative thinking Standard for Valuation						
Fluency	The number of appropriate ideas generated in given time.	Score	4	3	2	1
		the number of ideas	more than 9	6~8	3~5	1~2
Flexibility	The number of categories that are not classified the same in the generated appropriate ideas	Score	4	3	2	1
		the number of ideas	more than 9	6~8	3~5	1~2
Originality	The number of unique ideas that are differentiated with other student's ideas.	Score	4	3	2	1
		the number of ideas that are below 5% of frequency	more than 4	3	2	1

Table 4
Critical thinking standard for valuation (Park Insuk, 2010)

Critical thinking standard for valuation			Score		
Validity	Students should choose ideas that are directly related to the problematic situation, use correct scientific terms, and choose clear causal questions.		3	2	1
Verifiability	Students should choose problems that are able to be studied by experiment or research to prove.		3	2	1
Accuracy	Students should choose ideas that are right based on the scientific ideas and presented data of the problem.		3	2	1

Table 5
Evaluation factors per question and points (Park Insuk, 2010)

Evaluation factors	Items	Problem recognition	Hypothesis generating	Experimental designs	Deduction of solutions	Total
Creative thinking skills	Fluency	4	4		4	12
	Flexibility	4	4		4	12
	Originality	4	4		4	12
Critical thinking skills	Validity	3	3	3	3	12
	Verifiability	2	2	2	2	8
	Accuracy	2	2	2	2	8

3. 탐구적 과학 글쓰기 수업 모형 및 수업 프로그램의 개발

1) 탐구적 과학 글쓰기 수업 모형

현재 과학수업에서 이루어지고 있는 가장 일반적인 과학 글쓰기는 주로 실험보고서 쓰기라고 할 수 있다 (Wallace et al., 2004). 과학 교과만이 가지는 특징

중 실험 활동은 학생들이 스스로 탐구함으로써 과학자가 수행하는 것과 같은 형태의 탐구활동을 할 수 있도록 유도해야 한다. 하지만 전통적인 보고서 쓰기에서는 이러한 탐구활동 중심의 글쓰기 보다는 대부분 교과서에 제시된 실험 순서에 따라 그대로 조작하여 실험 결과를 알아보는 형식으로 과학 개념을 확인하여 왔다(곽영순, 1995). 이러한 요리책과 같은 형식의

실험은 탐구능력 및 관련된 지식에 대한 이해를 향상하는데 별로 도움을 주지 못한다고 주장하였다 (Novak & Gowin, 1984).

이러한 관점에서 탐구학습이 이루어질 수 있도록 고안된 교수-학습 전략이 탐구적 과학 글쓰기(SWH, Keys *et al.*, 1999)이다. 탐구적 과학 글쓰기 프로그램은 실험방법이 제시되지 않는 완전 개방형의 탐구 프로그램으로 각 단계는 의문 만들기, 실험, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성 단계로 구성되어 있고, 학생들은 교사가 학습목표에 따른 문제 상황을 제시하면 궁금한 점을 의문문으로 만들고, 그 의문을 해결하기 위해 스스로 실험을 설계하는 등의 자기주도적인 학습이 가능한 것이다. Table 6은 Keys 등(1999)이 개발한 각 단계별 학습전략 및 내용이다.

2) 탐구적 과학 글쓰기 프로그램

본 탐구적 과학 글쓰기 실험수업의 주제는 과학과 교육과정에서 제시한 중학교 1학년 화학 영역으로 교과서를 분석하여 학습목표를 근거로 한 학습 내용을 Table 7과 같이 선정하였다.

4. 프로그램의 적용 및 분석

2011년 3월부터 7월까지 총 9개의 주제가 실험집단

에 적용되었다. 수업 프로그램의 원활한 적용을 위해 1차시의 오리엔테이션 시간을 가졌고, 수업 프로그램은 주제별로 2차시로 구성하였으며 대부분 의문 만들기, 실험 설계, 관찰은 1차시에 주장과 근거는 2차시에 진행되었으며 읽기와 반성은 집에서 글쓰기 활동을 하여 다음 수업 전까지 보고서를 제출할 수 있도록 하였다. 같은 기간 동안 비교집단의 경우 전통적인 실험수업을 실시하였다.

본 연구에서 관찰되는 학생들의 창의적 사고와 비판적 사고의 변화를 알아보기 위하여 실시한 사전·사후 검사에 따른 모든 통계처리는 SPSS 20.0 프로그램을 사용하였고, 본 연구의 수업 처치 효과를 알아보기 위하여 사전·사후에 모두 동일한 검사지로 검사한 후 수업 전의 학생들의 점수와 수업 후의 학생들의 점수가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 창의적 사고와 비판적 사고의 사전검사를 공변인으로서 하는 공변량 분석(ANCOVA)을 하였다. 창의적 사고와 비판적 사고 분석에 있어서 연구자의 객관성과 신뢰도를 높이기 위하여 무작위로 추출한 학생들의 검사지를 연구자와 동료 교사 2인이 각각 채점 기준에 따라 평가를 실시하였다. 그 결과를 비교하여 서로 일치하지 않는 부분에 대한 논의를 거쳐 합의를 도출한 후 연구자 혼자 창의적 사고와 비판적 사고 검사지를 평가하였다.

Table 6
Steps and contents of SWH strategy (Nam Jeonghee 등, 2008)

Step	Contents
Begining Question	When the teacher presents a problematic situation based on the aims by pictures and sentences, students make questions individually and then make questions in groups by group discussion, after that make class questions after discussion in class.
Tests	Students design and perform experiment on their own by discussion in groups to solve the questions.
Observation	Students write down the facts that they observe through experimental activity and convert data resulting from experiment into tables or graphs.
Claims & Evidence	Students find out the answers to the questions based on the experimental result, write down the individual opinions and basis, make group opinion by discussion in groups and evaluate the opinion and validity of basis through discussion in class.
Reading	Students find out theoretical basis of answers to the questions through expert reference such as textbook, reference book and the Internet.
Reflecion	Students write about how their thoughts change throughout the class.

Table 7
Subjects of Science Writing Heuristic program

번호	Learning contents	Begining question
1	the change of property of material and mass by state change	How does the property and mass change by the state change of material?
2	vaporization & liquefaction	How does gas change into liquid and liquid into gas?
3	sublimation	How does solid change into gas and gas into solid?
4	evaporation	What are the conditions of liquid being gas?
5	diffusion	How does liquid or gas spread?
6	relationship between pressure and volume of gas	What relationship do volume of gas and pressure have?
7	relationship between temperature and volume of gas	What relationship do volume of gas and temperature have?
8	temperature change when state changes (melting point)	How the temperature changes when solid becomes liquid?
9	temperature change when state changes (freezing point)	How the temperature changes when liquid becomes solid?

Ⅲ. 연구 결과

1. 집단의 동질성 검증

탐구적 과학 글쓰기(SWH) 프로그램을 적용하기 전 실험집단과 비교집단의 동질성을 알아보기 위하여 GALT 축소본 검사지를 이용하여 연구 대상의 인지 수준 검사와 과학 창의적 문제해결 능력 검사지를 이용하여 창의적 사고 및 비판적 사고 검사를 실시하여 비교하였다. Table 8에 나타난 것처럼 t-검증을 통해 두 집단 사이의 인지수준 및 창의적 사고 기능, 비판적 사고 기능에 유의미한 차이가 없음을 확인하였다(p).05). 따라서 실험집단과 비교집단을 동질집단으로 간주하였다.

2. 창의적 사고 분석

탐구적 과학 글쓰기 실험수업의 적용이 연구 대상 학생들의 문항별 창의적 사고에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 표 9와 같다.

Table 9에서 볼 수 있듯이 창의적 사고 점수에 있어서 실험집단의 교정평균은 비교집단의 평균보다 높았으며, 그 차이는 통계적으로 유의미하였다(p<.01). 이것은 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 중학생들의 창의적 사고 신장에 긍정적인 효과를 미쳤음을 의미한다. 문항에 따른 창의적 사고의 분석 결과를 보면, 문제 인식, 해결책 도출에 있어서 실험집단이 비교집단에 비하여 통계적으로 유의미한 향상을 나타내었다

Table 8
Homogeneity test of experimental group and comparative group before test

Items	Group	N	M	SD	t	p
Cognitive level	Experimental	63	5.38	2.574	-.252	.802
	Comparative	63	5.27	2.377		
Creative thinking	Experimental	63	9.67	3.931	.373	.710
	Comparative	63	9.95	4.637		
Critical thinking	Experimental	63	11.22	6.507	.432	.666
	Comparative	63	11.70	5.844		

*p<.05

Table 9
The change of creative thinking score by class program

Items	Group	Pre-test		Post-test		F	p
		M	SD	M	SD		
Problem recognition	Experimental	3.70	2.318	5.17	2.612	9.723	.002**
	Comparative	3.25	2.633	3.68	2.507		
Hypothesis generating	Experimental	3.14	1.712	4.11	2.149	1.044	.309
	Comparative	3.37	1.860	3.87	2.044		
Solution offering	Experimental	2.84	1.537	5.25	1.759	45.928	.000**
	Comparative	3.33	1.576	3.44	1.673		
Total	Experimental	9.68	3.905	14.54	4.799	24.455	.000**
	Comparative	9.95	4.637	11.00	4.450		

* $p < .05$, ** $p < .01$

($p < .01$). 이것은 실험집단 학생들이 나의 의문, 우리 조의 의문, 학급의 의문 등 다양한 ‘의문 만들기’를 접할 수 있었고, 나의 주장과 증거, 우리 조의 주장과 증거를 통하여 의문에 대한 답을 서술하는 방법이 한 가지만 있는 것이 아니라는 점을 알게 됨으로써 학생들은 다양하고 독특한 사고를 해 낼 수 있는 능력이 신장되었다고 판단된다. 그러나 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 가설 설정 문항에서는 창의적 사고 향상에 긍정적인 효과를 미치지 못한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 탐구적 과학 글쓰기 수업전략 중 가설을 설정하는 형식이 없기 때문에 학생들에게는 가설을 설정하는 방법에 익숙하지 않아 유의미한 결과를 나타내지 못한 것으로 판단된다.

수업 프로그램에 따른 창의적 사고 기능의 하위 요소인 유창성, 융통성, 독창성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 10과 같다. 분석 결과를 보면, 실험집단이 비교집단보다 평균 점수가 높았으며 집단들 간의 차이는 통계적으로 유의미한 결과가 나타났다($p < .01$). 가설-연역적 탐구수업 프로그램의 효과를 알아보았던 박은미(2006)의 연구에서 탐구수업을 통해 길러질 수 있는 창의적 사고는 현실성이 떨어지면서 기발하기만 한 아이디어를 많이 생산해 내는 능력이 아니라, 주어진 상황에 적절한 아이디어를 생산해 내는 능력이라는 것을 의미한다고 하였고, 메타인지 자기-질문지가 인과적 질문을 제시하는 과정,

Table 10
The change of creative thinking score by subelements

Items	Group	Pre-test		Post-test		F	p
		M	SD	M	SD		
Fluency	Experimental	4.52	1.758	6.35	2.041	21.379	.000**
	Comparative	4.63	2.034	5.03	1.892		
Flexibility	Experimental	4.05	1.453	5.32	1.522	16.937	.000**
	Comparative	4.05	1.539	4.37	1.506		
Originality	Experimental	1.10	1.316	2.79	2.017	19.711	.000**
	Comparative	1.27	1.598	1.60	1.571		
Total	Experimental	9.67	3.931	14.46	4.948	25.541	.000**
	Comparative	9.95	4.637	11.00	4.450		

* $p < .05$, ** $p < .01$

가설을 설정하는 과정, 실험을 설계하는 과정을 포함하는 메타인지를 강화한 수업 전략에서도 학생들의 창의적 사고력 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타난 송주연(2011)의 연구 결과와도 일치한다. 따라서 탐구적 과학 글쓰기 실험수업에서는 문제 인식을 통하여 의문을 만들고 그것을 해결해 나가기 위한 실험 설계를 학생들 스스로가 해 나가는 과정에서 학생들의 창의적 사고 기능에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다. 또한 창의적 사고의 모든 하위 요소 점수 차이도 통계적으로 유의미하게 나타났다($p < .01$).

3. 비판적 사고 분석

탐구적 과학 글쓰기 실험수업의 적용이 연구 대상 학생들의 문항별 비판적 사고에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 11과 같다.

Table 11에서 볼 수 있듯이 문항별 비판적 사고 점수에 있어서 실험집단의 교정평균은 비교집단의 평균보다 높았으며, 그 차이는 통계적으로 유의미하였다($p < .01$). 이것은 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 중학생들의 비판적 사고 신장에 긍정적인 효과를 미쳤음을 의미한다. 문항에 따른 비판적 사고의 분석 결과를 보면, 문제 인식, 가설 설정, 실험 설계에 있어서 실험

집단이 비교집단에 비하여 통계적으로 유의미한 향상을 나타내었다($p < .01$). 이것은 탐구적 과학 글쓰기 수업전략에서 ‘의문 만들기’를 통하여 가장 적절한 의문을 학습의 의문으로 정하며, 비교집단처럼 교과서에 제시된 실험을 그대로 따라하는 것이 아니라 의문을 해결하기 위해 학생들 스스로 실험 설계를 하므로 이러한 과정에서 학생들의 비판적 사고 향상에 도움이 되었을 것으로 판단된다. 글쓰기를 바탕으로 한 과학 탐구 수업에서 학생들의 비판적, 분석적, 종합적인 사고가 향상된다는 배희숙(2008)의 연구 결과와도 일치한다. 그러나 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 해결책 도출 문항에서는 비판적 사고의 향상에 긍정적인 효과를 미치지 못한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 비교집단에서도 실험과정을 통해 실험결과를 정리하는 학습과정을 거치므로 해결책 도출 영역에서는 실험집단과 큰 차이를 보이지 않은 것으로 여겨진다.

수업 프로그램에 따른 비판적 사고 기능의 하위 요소인 타당성, 검증가능성, 정확성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 12와 같다.

분석 결과를 보면 집단들 간의 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다($p < .01$). 이는 문제 상황에서 좋은 의문을 만들고 이에 적합한 실험을 설계하는 활동으로 구성된 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 문

Table 11
The change of critical thinking score by class program

Items	Group	Pre-test		Post-test		F	p
		M	SD	M	SD		
Problem recognition	Experimental	1.95	2.303	3.51	2.361	7.930	.006**
	Comparative	2.08	2.295	2.44	2.169		
Hypothesis generating	Experimental	3.29	2.511	5.33	2.185	7.417	.007**
	Comparative	3.56	2.551	4.19	2.645		
Experimental Designs	Experimental	1.73	2.111	4.22	2.379	12.589	.001**
	Comparative	2.03	2.307	2.90	2.454		
Deduction of solutions	Experimental	4.25	2.658	5.29	1.979	.544	.462
	Comparative	4.03	2.546	5.00	2.362		
Total	Experimental	11.22	6.507	18.35	5.010	19.230	.000**
	Comparative	11.70	5.844	14.54	5.918		

* $p < .05$, ** $p < .01$

Table 12

The change of critical thinking score by subelements

Items	Group	Pre-test		Post-test		F	p
		M	SD	M	SD		
Fluency	Experimental	4.13	2.637	7.22	2.439	18.881	.000**
	Comparative	4.46	2.375	5.41	2.480		
Flexibility	Experimental	3.71	2.225	5.75	1.492	14.184	.000**
	Comparative	3.71	1.879	4.73	1.868		
Originality	Experimental	3.38	1.818	5.52	1.480	19.821	.000**
	Comparative	3.52	1.758	4.41	1.719		
Total	Experimental	11.22	6.507	18.49	4.610	27.250	.000**
	Comparative	11.70	5.844	14.56	4.928		

* $p < .05$, ** $p < .01$

제 상황에 적절하고 타당한 아이디어를 선택할 수 있는 능력의 향상에 효과적이었음을 의미하며, 과학적인 방법으로 검증 가능한 아이디어를 선택하는 능력과 과학적 지식에 근거하여 그럴듯한 아이디어를 선택할 수 있는 능력을 향상 시킬 수 있음을 의미한다.

4. 수업 프로그램에 대한 설문 분석

탐구적 과학 글쓰기 프로그램이 모두 실시된 후에 설문 조사를 통해서 수업 프로그램에 대한 학생들의 의견을 조사하여 분석하였다. 설문지는 개방형으로 구성하여 특별한 제한 없이 학생들이 자신의 생각을 자유롭게 기술하였기 때문에 학생들이 응답한 내용을 바탕으로 분석하였다.

첫째, 수업 프로그램 활동을 수행하면서 가장 도움

이 되었다고 생각하는 점은 무엇인가에 대한 학생들의 응답을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다.

학생들이 수업을 진행하면서 가장 도움이 되었다고 생각하는 것은 ‘반성’ 단계였다. 학생들은 ‘반성’ 활동을 통하여 각 단계를 거쳐 오는 동안 실험 설계나 탐구 과정에서 발생한 문제나 오차의 원인, 과학적 개념과의 연관성을 알게 되어 자신의 생각했던 것과 어떻게 다른지 비교할 수 있었다고 기술하였다. 또한 ‘주장과 증거’ 활동에서 다른 친구들의 생각을 듣고 더 많은 정보를 알 수 있어 도움이 되었고, ‘의문 만들기’ 에서 스스로 궁금한 것을 의문으로 만들어 그 의문을 풀어나가는 과정에서 친구들과 토론하는 과정이 도움이 되었다고 했다. 그 밖에도 초등학교 때 해보지 못했던 과학 글쓰기 활동에서 자신이 한 활동을 글로 표현함으로써 내용정리를 할 수 있었고, 협동심이 생

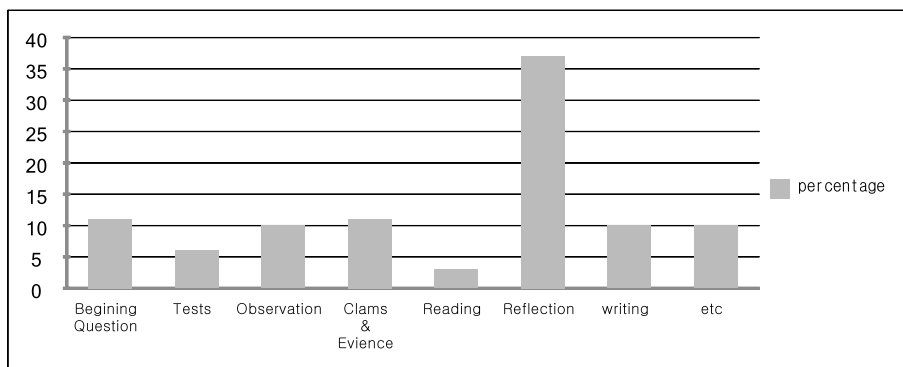


Fig. 1 The Effective aspect of Science Writing Heuristic Laboratory Class

졌다는 점과 읽기 활동을 통해 교과서와 자습서 등을 다시 한 번 읽음으로써 이해하기가 쉬웠다는 의견 등이 있었다.

둘째, 수업 프로그램 활동을 수행하면서 가장 어려웠던 점은 무엇인가에 대한 학생들의 답변 내용을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다.

학생들의 응답 내용을 살펴보면, 탐구적 과학 글쓰기 실험수업은 처음 접해 보는 실험활동으로 주어진 문제 상황에서 자신이 궁금한 부분을 실험을 통해 증명될 수 있는 의문을 만들어 내는 것이 가장 어려웠다고 기술하였다. 실험오차의 원인, 더 해보고 싶은 실험, 자신의 생각 변화를 기록해야 하는 '반성' 단계와 보고서를 작성할 때 각 단계마다 글쓰기 활동에 너무 많은 시간이 걸렸고, 초등학교에서는 교과서에서 제시한 방법대로 실험을 따라 하면 되었지만 자신 스스로가 실험을 설계하고 수행해야 것이 어려웠다고 하였다. 그 밖에 조원들의 의견을 통합하고 정리하는

점, 실험결과를 통해 주장과 증거를 만들어 내는 것이 어려웠다는 의견 등이 있었다.

셋째, 탐구적 과학 글쓰기 실험수업을 통하여 자신에게 어떤 변화가 생겼는지를 물었다. 이 질문에 대한 학생들의 응답 내용은 Fig. 3과 같다.

가장 많은 학생들이 학습과 관련된 부분의 변화를 기술하였는데, 이와 같은 결과는 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 과학내용을 학습하는데 효과적이라고 생각하는 것을 알 수 있었다. 많은 학생들이 '읽기'와 '반성'을 통하여 복습하는 습관이 형성되었고, 수업 내용을 더 잘 이해하게 되었으며 이로 인해 성적이 향상되었다고 기술하였다. 그 다음은 과학 글쓰기의 변화라고 기술하였는데 초등학교에서는 보고서 작성을 하지 않아 처음에는 힘들었지만 모든 활동에서 글쓰기 영역이 있어서 자신의 생각을 글로 표현하는 능력과 표, 그래프 작성 등을 익혀 과학 글쓰기 활동에 자신감을 가지게 되었다고 표현하였다. 또한 일상생활

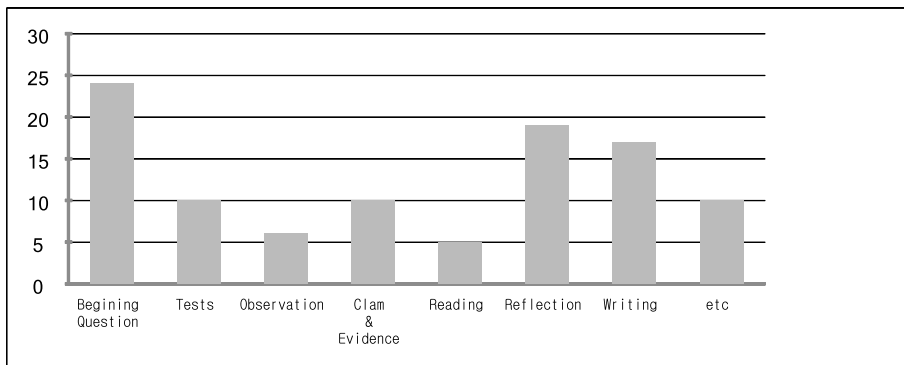


Fig. 2 The most difficult aspect of Science Writing Heuristic Laboratory Class

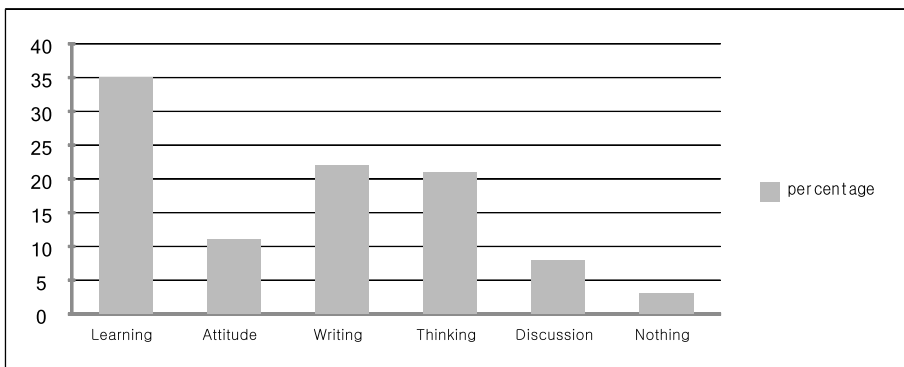


Fig. 3 The changes after Science Writing Heuristic Laboratory Class

에서의 궁금한 점도 ‘왜 그럴까?’ 라는 의문이 생겼으며 자신의 주장을 내세울 때 근거를 제시할 수 있으며, 논리적으로 사고하는 능력이 향상되었다고 답변하였다. 그 밖에는 과학이 어렵다고 생각했는데 수업 후 과학에 대한 흥미가 생겼고, 토론 활동을 통하여 다른 친구의 의견을 교환하는 과정에서 더 친해졌다는 의견 등이 있었다.

결론적으로 본 연구에서 중학교 1학년을 대상으로 한 학기 동안 진행한 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 학생들은 힘들었다고 표현하였지만, 지금까지의 교사 주도적이고 일률적인 과학수업에서 벗어나 학생들 스스로가 탐구과정을 수행하면서 성취감을 얻고 학습내용의 이해도를 높여 대체로 만족도가 높은 편이었다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

창의적 문제해결력은 소수의 영재 학생들뿐만 아니라 대다수의 일반 학생들도 함양해야 할 중요한 능력이기 때문에 본 연구에서는 정규 과학 수업시간에 적용할 수 있는 수업전략 중 탐구적 과학 글쓰기 실험수업을 활용하였다. 9개의 주제를 가지고 18차시 동안 실험집단에 적용한 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 중학생들의 창의적 사고와 비판적 사고에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 이에 대한 연구 결과에서 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 창의적 사고에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 창의적 사고의 하위 요소인 유창성, 융통성, 독창성에서도 모두 유의미한 결과가 나왔다($p < .01$).

둘째, 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 비판적 사고 향상에 효과적이었다. 비판적 사고의 하위 요소인 타당성, 검증가능성, 정확성에서 모두 유의미한 결과가 나왔다($p < .01$).

셋째, 연구에 참여한 학생들의 의견을 분석해 보면, 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 학생들에게 지속적으로 사고할 것을 요구하기 때문에 기존의 실험 방식보다 어렵다는 인식이 많았다. 그러나 수업 프로그램이 학생들 자신에게 학업성취도와 글쓰기 및 자신의 사고력 신장에 도움이 되었다고 기술하였다. 이는 전통적인 실험수업이 학생들에게 사고할 수 있는 기회 제

공을 많이 하지 못하고 있으며, 학생들이 부담감을 가지더라도 학생들의 창의적 사고와 비판적 사고를 향상시키는데 도움을 줄 수 있는 수업전략이 필요함을 시사하고 있다.

탐구적 과학 글쓰기 실험수업은 학습의 전 과정을 통하여 학생들에게 논의와 글쓰기 경험을 지속적으로 제공함으로써 학생들은 자신이 주장한 내용의 증거를 찾기 위해 노력하며, 자신의 생각에 대한 즉각적인 피드백을 조원들과의 상호작용을 통해 받게 된다. 이러한 과정은 학생들의 사고력 향상으로 연결된다. 글쓰기 과정이 단순히 문장을 나열하는 것이 아니라 글쓰기가 구성하거나 조직하는 명확한 사고 과정이다 (Flower & Hayes, 1980). 따라서 앞으로의 과학교육은 여러 면에서 외부 환경적인 어려움이 있지만 학생이 주도적으로 탐구 활동을 수행할 수 있는 탐구적 과학 글쓰기 학습모형의 적용이 필요하다.

2. 제언

2009 개정 과학과 목표에서 강조하듯이 문제를 인식하여, 문제를 해결해 나가는데 필요한 자료나 정보가 무엇인지 판단하고, 그 자료가 문제 상황에 적절한 것인지를 평가하여, 새롭고 유용한 문제 해결 방법을 찾아내는 ‘창의적 문제해결력’은 미래 지식 기반 사회에서 요구하는 인간상으로서 가장 중요하게 간주되는 능력이다. 따라서 이 연구의 결론을 토대로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 창의적 사고와 비판적 사고 향상에 도움이 된다는 측면에서 학교 교육에 적극적으로 활용할 필요가 있다. 박인숙(2010)의 연구에서도 학생들 스스로 문제를 인식하여 실험을 설계해 보는 탐구과정을 경험한 학생들의 통합 탐구능력이 향상 되었다. 과학 교과에서 다루어지고 있는 탐구과정은 다른 교과와 구분되는 가장 큰 특징으로 지금까지의 교사 주도적이고 일률적인 과학 수업방법의 변화가 절실히 요구된다.

둘째, 창의적 사고와 비판적 사고를 신장시키기 위해서는 지속적인 탐구적 과학 글쓰기 수업전략의 제시와 다양한 실험 주제 개발이 필요하다. 황신영(2011)의 연구에서도 과학 글쓰기 프로그램은 중학생들의 과학 창의성 향상에 효과가 있었으며, 다양한 주제 선정을 통하여 과학탐구에 대한 태도, 과학에 대한 취미로

서의 관심 향상에 효과가 있는 것으로 나타났다.

셋째, 탐구적 과학 글쓰기 실험수업은 문제 인식을 통한 의문 만들기에서 실험설계 및 수행을 통하여 관찰하고, 주장과 근거를 찾아내므로, 이러한 과정을 45분 수업으로는 불가능하다. 따라서 2차시로 수업을 진행하였는데 학급에 따라 수업시간의 간격이 일정하지 않으므로 연속적인 과학 탐구과정을 진행하는데 어려움이 많았다. 그러므로 학교현장에서 과학교육을 통하여 고등 사고인 창의적 사고력과 비판적 사고력 신장이 효과적으로 이루어지기 위해서는 과학 교과외 블록타임제를 활용한 수업 시간 운영의 자율화가 필요하다.

국문 요약

본 연구는 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 중학생들의 창의적 사고와 비판적 사고에 미치는 효과를 알아보기 위한 것으로 이를 위해 Keys 등(1999)이 개발한 SWH 전략에 기초하여 탐구적 과학 글쓰기 프로그램을 개발하였다. 연구의 대상은 2개 학급 63명은 비교집단으로, 2개 학급은 실험집단으로 선정하였고, 소집단의 구성은 인지수준이 비슷한 동질집단으로 구성하였다. 프로그램의 치치는 2011년 3월부터 7월까지 9개의 활동 주제로 총 18차시를 투입하였다.

사후검사는 사전검사와 동일한 검사지를 사용하였으며, 검사 결과는 SPSS 20.0 프로그램을 사용하여 창의적 사고와 비판적 사고의 사전검사를 공변인으로서 하는 공변량 분석(ANCOVA)으로 통계 처리하였다. 또한 설문지를 이용하여 학생들의 탐구적 과학 글쓰기 실험수업에 대한 인식을 알아보았다. 이러한 연구 결과를 살펴보면, 탐구적 과학 글쓰기 실험수업이 창의적 문제해결력 향상에 효과적이므로, 지속적인 탐구적 과학 글쓰기 수업전략의 제시와 다양한 실험 주제 개발이 필요하다고 여겨진다.

주제어: 창의적 사고, 비판적 사고, 탐구적 과학 글쓰기(SWH)

참고 문헌

강순희 (2011). 보통 학생들을 위한 창의적 문제 해결력 지향 과학 교수 기법. 화학교육지, 38(02), 2-9.

곽영순 (1995). 지구과학 실험수업에서 V 모형의 적용 효과. 서울대학교 교육대학원 석사학위 논문.

교육과학기술부 (2010). '창의·인성교육 기본방안' 발표- 창의와 배려의 조화를 통한 인재 육성 추진.

교육인적자원부 (2008). 2007 개정 과학과 교육과정(교육인적자원부 고시 제2006-75호) 중학교 교육과정 해설(Ⅲ). 서울: (주) 대한교과서.

김미정 (2011). 전략적 읽기들을 이용한 탐구적 과학 글쓰기가 중학생들의 학업성취도와 비판적 사고력 및 요약 글쓰기에 미치는 영향. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.

남정희, 광경화, 장경화, Brian Hand (2008). 논의를 강조한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic)의 중학교 과학 수업에의 적용. 한국과학교육학회지, 28(8), 922-936.

박영목, 한철우, 윤희원 (2001). 국어과 교수학습 방법 탐구. 서울: 교육과학사.

박은미 (2006). 귀추에 근거한 가설-연역적 수업 프로그램이 창의적 사고와 비판적 사고 및 과학적 태도에 미치는 영향. 이화여자대학교 박사학위 논문.

박인숙 (2010). 메타인지 기능을 강화한 과학 창의적 문제 해결 능력 신장 프로그램 개발과 적용. 이화여자대학교 박사학위 논문.

배희숙 (2008). 과학 탐구 능력 향상을 위한 과학 글쓰기 교수·학습전략의 개발 및 적용. 서울교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.

송주연 (2011). 창의적 문제 해결력 수업 전략에서의 메타인지 강화 효과. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.

성숙경, 최병순 (2007). 이질 모둠이 수행한 과학탐구실험 과정에서 상호작용의 변화와 특성. 한국과학교육학회지, 27(9), 870-880.

양일호, 조현준 (2005). 학교 과학수업에서 실험의 목적에 대한 고찰. 초등과학교육, 24(3), 268-280.

이은경, 강성주 (2006). 문제해결형 탐구모듈 적용에서의 SWH 활용 효과에 대한 학생들의 인식조사. 한국과학교육학회지, 26(4), 537-545.

이은주 (2010). 메타인지를 활용한 직접적 탐구 기능 수업 전략에 대한 연구. 이화여자대학교 박사학위 논문.

임재영 (2001). 토론식 쓰기 수업 모형-논술 교육을 중심으로. 성균관대학교 교육대학원 석사학위 논문.

천재훈 (2006). 과학적 사고력 향상을 위한 과학글쓰기 활동. 경상대학교대학원 석사학위 논문.

- 황신영 (2011). 과학 글쓰기 프로그램이 중학생들의 과학 창의성과 과학에 대한 태도에 미치는 영향. *이화여자대학교 박사학위 논문*.
- 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.
- Basili, P. A., & Sanford, J. P. (1991). Conceptual change strategies and cooperative group work in chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 293-304.
- Chang, H. P., & Lederman, N. G. (1994). The effects of levels of cooperation with in physical science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 167-181.
- Driver, R. (1989). Student's conceptions and learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481-490.
- Ennis (1985). A taxonomy of critical thinking disposition and abilities. In J. B. Barom, & R. J. Sternberg. (Eds) *Teaching thinking skills: Theory and Practice*, 9-26. N.Y.: Freeman and company.
- Feldhusen, J. F., & Treffinger, D. J. (1993). 창의적인 문제 해결력(전경원, 박정옥 공역). 서울: 서원.
- Flower L. S., & Hayes J. R. (1980). Identifying the organization of writing processes, In Gregg, L. W. & Steinberg, E. R. Eds., *Cognitive processes in writing*, (pp. 4-30). Hillsdale N.J.: Erlbaum.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444-454.
- Gunel, M., Hand, B., & Mcdermott, M. A. (2009). Writing for different audiences: effects on high-school students' conceptual understanding of biology. *Learning and instruction*, 19, 354-367.
- Hand, B. M., Meier, L. N., Staker, J., & Bintz, J. (2006). When science and literacy meet in the secondary learning space: Implementing the science writing heuristic(SWH). Iowa City, IA: University of Iowa.
- Hodson, D. K. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71(256), 33-40.
- Holliday, W., Yore, L., & Alvermann, D. (1994). The reading-science learning Writing connection: breakthroughs, barriers, and promises. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 877-893.
- Karnes, F. A. & Bean, S. M. (2003). 영재 교육의 방법과 자료(하)이화국, 김언주, 문정화 공역). 서울: 대교.
- Kelly, G. J. Bazerman, C., Skukauakaite, A., & Prothero, W. (2002). Rhetorical features of student science writing in introductory university oceanography. Paper presented at the International Conference Ontological, Epistemological, Linguistic and Pedagogical Consideration 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.
- Kieft, M., Rijlaarsdam, G., & Van den Bergh, H. (2008). An aptitude-treatment interaction approach to writing-to-learn. *An Learning and Instruction*, 18(4), 379-390.
- Lawrenz, F., & Munch, T. W. (1984). The effect of grouping of laboratory students on selected educational outcomes. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(7), 699-708.
- Lunetta, V. M. (1998). The school science laboratory: History perspectives and context of contemporary teaching. In B. J. Fraser, & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 249-262). London: Kluwer Academic Publisher.
- Martin, R. M. (1997). *Scientific thinking*. Ontario: Broadview Press.
- Novak, J. D., & Gowin, D. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Popper, K. R. (1994). 과학적 발견의 논리(박우석 역). 서울: 고려원.
- Prain, V. (2006). Learning from writing in secondary science: Some theoretical and practical implications. *International Journal of Science Education*, 28(3), 179-201.
- Reber, A. S., & Reber E.S. (2001). *The Penguin Dictionary of Psychology 3rd Ed.*, New York: Penguin Books.
- Renzulli, J. S., & Reis, S. M. (2003). 학교전체 심화학습 모형(김홍원 역). 서울: 문음사.
- Roadranka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). The construction and validation of group assessment of logical thinking. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, Texas.
- Runco, M. A. (1999). Divergent thinking. In M. A. Runco & S. R. Pritzker Eds., *Encyclopedia of creativity*. San Diego, CA: Academic Press.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B. (2000). *Creative Problem Solving: An introduction*. 3rd Ed.. Waco, TX: Prufrock Press.
- Treffinger, D. J. & Reis, S. M. (2004). *Creativity and giftedness*. California: Corwin Press.
- Wallace, C. S., Hand, B., & Prain, V. (2004). *Writing and learning in science classroom*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.