

생명 과학 I 수업에서 과학 글쓰기 활동이 고등학생의 과학적 사고력에 미치는 영향

이정은 · 정은영*
전남대학교

The Effect of Science Writing Activities on High School Students' Scientific Thinking Ability in Life Science I Class

Lee, Jungeun · Jeong, Eunyong*
Chonnam National University

Abstract : The purpose of this study was to investigate the effect of science writing activities on high school students' scientific thinking ability in Life Science I class. In order to do this, 6 teaching-learning materials dealing with science writing and an evaluation tool for scientific thinking ability were developed. And the subjects were 224 high school students of 6 classes. As a result of applying science writing activities in Life Science I class, the students' scientific thinking ability was improved. And students' inductive/deductive/critical/creative thinking ability was improved. In addition, in the most of the evaluation criteria of scientific thinking ability, the scores of posttest were higher than those of pretest. The number of students to show higher performance levels was increased. Therefore, science writing activities have positive effect on high school students' scientific thinking ability. This study provides some implications for teaching science writing activities to develop students' scientific thinking ability.

keywords : science writing, scientific thinking ability, type of scientific writing, Life Science I

I. 서론

오늘날 과학 교육은 과학 지식을 가르치는 교육에서 과학적 사고력을 함양하는 교육으로 전환하고 있다. 이러한 흐름을 반영하여 과학 교육에서는 과학적 사고력을 기를 수 있는 토론, 글쓰기 등의 다양한 활동이 강조되고 있으며, 그 중 과학 글쓰기는 학생들에게 과학적 사고 연습의 기회를 제공하는 하나의 중요한 학습 방법으로 부각되고 있다(손정우, 2006; 오경연, 2011; Owens, 2000; Rivard, 1994).

과학적 사고는 자연 현상에 대한 설명 체계를 얻는 사고 과정으로(김영신 등, 2012), 관찰, 실험,

측정, 변인 통제 등 여러 단계를 거치게 되는데(Martin, 1997), 이러한 단계는 과학적 문제 해결 과정과 탐구 과정에서 흔히 사용된다. 과학적 사고는 학생들이 머리속에서 과학과 관련된 지식을 추구하는 것으로 과학 수업에서 명시적 또는 개념적으로 지도할 수 있는 것이 아니다. 따라서 학생들의 과학적 사고력 함양을 위해서는 문제 해결 과정을 통해 과학적 사고 능력이 개발될 수 있도록 과학 수업이 설계되어야 한다(Kuhn, 2002).

글쓰기는 사고력 개발의 중요한 수단으로 학생들은 과학 글쓰기를 통해 학습 내용에 대한 이해가 향상되며, 자신의 생각을 명료화·정교화할 수 있으며 개념에 대하여 확실히 이해할 수 있다(Rivard,

*교신저자 : 정은영(jey@chonnam.ac.kr)

*2013년 10월 24일 접수, 2013년 12월 3일 수정원고 접수, 2013년 12월 11일 채택

1994). 따라서 과학적 사고력의 표현 도구로 글쓰기를 활용하면 사고가 분명하고 정교해진다(Hodson, 1993).

2009년 개정 과학과 교육과정에서는 생명 과학 내용 및 생명 과학과 관련된 사회적 쟁점에 대한 자료를 읽고, 이를 활용한 과학 글쓰기와 토론을 통하여 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사소통 능력을 함양할 수 있도록 지도함을 명시적으로 제시하여 과학적 사고력 함양과 과학 글쓰기를 강조하고 있다(교육과학기술부, 2011).

과학 글쓰기는 과학적 사실, 개념, 원리, 법칙, 이론, 가설에 대해 사고하는 내용과 과정을 글로 표현하는 활동으로 정의할 수 있다(Owens, 2000). 과학 글쓰기는 단순히 자신의 생각을 적어보는 것 이외에 과학적으로 사고하는 방법과 탐구 과정을 실질적으로 경험할 수 있게 하므로 정규 과학 수업에서 이루어지는 것이 바람직하다(손정우, 2006). 또한 수업 시간에 여러 유형의 글쓰기 과제를 제시하여 학생들에게 글쓰기를 자주 접하게 하면 학생들은 과학 글쓰기에 친숙해지고, 학습에 자신감을 가질 수 있으며, 과학에 대한 긍정적인 태도 변화를 기대할 수 있다(김우순, 2008; Prain & Hand, 1999). 그러나 대부분의 과학 글쓰기 활동은 정규 수업시간이 아닌 과제 형식이나 재량활동 시간을 이용하여 진행하고 있다(이순이, 2008). 선행 연구의 내용을 살펴보면 대부분의 연구에서 과학 글쓰기를 적용하여 학생들의 학업 성취도, 과학적 태도, 과학에 대한 흥미 등에 미치는 영향을 조사하였고(김미정, 2011; 김우순, 2008; 김형자 등, 2012; 신정인, 2012; 이순이, 2008; 함성민, 2009), 과학 글쓰기 활동이 과학적 사고력에 미치는 영향을 조사한 연구의 경우 초등학생들이나 중학생들을 대상으로 적용하였다(강묘정, 2009; 박시현, 2011; 박은희, 2007; 신우미, 2011; 천재훈, 2006).

따라서 이 연구에서는 정규 수업시간에 고등학생들을 대상으로 과학 글쓰기 활동을 적용할 필요가 있다고 판단하고, 과학적 사고력 함양을 위한 교수 학습 방법으로 과학 글쓰기가 강조되고 있는 점을 고려하여 생명 과학 I 수업에서 과학 글쓰기 활동이 학생들의 과학적 사고력에 어떤 영향을 미치는

지 알아보고자 하였다. 이를 위해 생명 과학 I 수업에 활용 가능한 6차시의 과학 글쓰기 활동지와 과학적 사고력 평가도구를 개발하였다. 이를 고등학교 1학년 학생을 대상으로 생명 과학 I 수업에 적용하여 학생들의 과학적 사고력의 변화를 과학적 사고력 영역, 평가 준거, 수행 수준 분포 측면에서 분석하였다. 이러한 연구를 통해 과학 수업에서 학생들의 과학적 사고력 함양을 위한 과학 글쓰기 활동의 교수학습 방법에 대한 시사점을 제공하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

광주광역시 소재 일반계 남자 고등학교 1학년 6개 학급 224명의 학생을 연구 대상으로 하였다. 실험집단 3개 학급과 통제집단 3개 학급을 선정하여 사전검사를 실시한 후 실험집단에서는 과학 글쓰기를 활용한 수업을 진행하였고, 통제집단에서는 강의식 수업을 진행하였다. 수업이 끝난 후 수업 처치의 효과에 대해 알아보기 위하여 사전검사와 동일한 검사지를 이용하여 사후검사를 실시하였다.

2. 과학 글쓰기 활동지 개발

과학 글쓰기 활동이 정규 과학 수업에서 이루어질 수 있도록 생명 과학 I 교과서에 제시된 각 단원의 학습 내용과 관련지어 과학 글쓰기 활동 주제를 선정하였다. 그리고 하나의 활동지에는 귀납적·연역적·비판적·창의적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기 문항을 1개씩 포함시켰다. 이는 과학적 사고력이 논리적 사고력, 비판적 사고력, 창의적 사고력으로 구분될 수 있으며 논리적 사고력을 귀납적 사고력과 연역적 사고력으로 세분할 수 있음(손정우, 2006)을 반영한 것이다. 또한 학생들이 수업 시간에 여러 유형의 과학 글쓰기 활동을 접하여 과학 글쓰기 활동에 친숙해질 수 있도록(Prain & Hand,

1999) 다양한 과학 글쓰기 유형으로 활동지를 구성하였다. 본 연구에 사용된 과학 글쓰기 활동지의 주제와 글쓰기 유형은 표 1과 같다.

각 활동지는 3~4쪽으로 구성되어 있는데, ‘세포 안의 유전자’ 주제의 활동지를 예로 들어 그 내용을 소개하면 다음과 같다. 염색체, DNA, 유전자의 그림을 제시하고 이들의 구조에 대해 글로 쓰게 하고(귀납적 사고력을 요구하는 ‘관찰하여 글쓰기’), 세포 주기를 나타내는 그림과 동요 ‘구슬비’의 악보를 제시하고 동요의 가사를 세포 주기에 관한 내용으로 바꿔 써보게 하였으며(창의적 사고력을 요구하는 ‘형식 바꿔 쓰기’), GMO에 대한 신문 기사에서 씨없는 수박이 GMO가 아닌 이유를 설명하는 부분을 빈 칸으로 제시하고 이 부분에 들어갈 말을 쓰게 하고(연역적 사고력을 요구하는 ‘완성하는 글

쓰기’), GMO의 장점과 단점 및 GMO의 개발과 이용에 대한 자신의 입장을 쓰게 하였다(비판적 사고력을 요구하는 ‘PMI를 활용한 글쓰기’).

3. 과학적 사고력 평가 도구 개발

이 연구에서는 과학 글쓰기 활동이 과학적 사고력에 미치는 영향을 알아보기로 하였으므로 학생들의 과학적 사고력의 변화를 평가할 수 있는 도구가 필요하다. 이를 위해 과학 글쓰기를 활용한 과학적 사고력 평가 도구를 개발하였다. 과학적 사고력 평가 도구는 검사지와 평가 기준으로 구성하였다. 검사지는 ‘녹색 황금 캐는 미세 조류 농장’이라는 제목의 제시문과 4개의 문항으로 구성하였다. 제시문은 과학 동아 기사를 선정하여 재구성하였고, 학생

표 1. 과학 글쓰기 활동지의 주제와 글쓰기 유형

단원	글쓰기 주제	과학적 사고력	글쓰기 유형
I. 생명 과학의 이해	과학 탐구와 생명과학	귀납적	알게된 것 글쓰기
		연역적	근거 쓰기
		비판적	과학 오류 찾아 쓰기
		창의적	창의적 사고전략을 이용하여 글쓰기
II. 세포와 생명의 연속성	세포 안의 유전자	귀납적	관찰하여 글쓰기
		연역적	완성하는 글쓰기
		비판적	PMI를 활용한 글쓰기
	자식이 부모를 닮는 이유는?	창의적	형식 바꿔 쓰기
		귀납적	관찰하여 글쓰기
		연역적	과학 속담, 사자성어 해석하는 글쓰기
III. 항상성과 건강	튼튼한 몸, 건강한 생활	비판적	생각 쓰기
		창의적	상상하여 글쓰기
		귀납적	서사하여 글쓰기
		연역적	근거 쓰기
	안 아프고 건강하게	비판적	생각 쓰기
		창의적	상상하여 글쓰기
		귀납적	은유를 통한 글쓰기
		연역적	분류하여 글쓰기
IV. 자연 속의 인간	멀종, 자연의 섭리일까?	귀납적	과학 원리로 해석하는 글쓰기
		연역적	다양한 관점에서 글쓰기
		비판적	상상하여 글쓰기
	안 아프고 건강하게	창의적	상상하여 글쓰기
		귀납적	요약하여 글쓰기
		연역적	주어진 자료를 해석하는 글쓰기
		비판적	생각 쓰기
		창의적	상상하여 글쓰기

표 2. 과학적 사고력 평가 도구 검사지의 문항 내용

문항 번호	문항 내용	과학적 사고력	글쓰기 유형
1	제시문에서 핵심어와 주요 문장들을 찾아 밑줄을 긋고, 이를 토대로 기사 글을 요약하기	귀납적	요약하여 글쓰기
2	제시문의 내용에 대한 이해를 바탕으로, 미세 조류에서 바이오 연료를 얻는 과정을 나타낸 그림을 설명하기	연역적	주어진 자료를 해석하는 글쓰기
3	농작물을 활용한 바이오 에너지에 비해 미세 조류를 활용한 바이오 에너지가 갖는 장점과 단점을 쓰고, 이를 근거로 하여 미세 조류를 활용한 바이오 에너지를 사용하는 것에 대한 자신의 입장을 주장하는 글 쓰기	비판적	생각 쓰기
4	미래에 각 가정에서도 미세 조류를 활용한 바이오 연료의 생산이 가능해진다면 하루 일과를 어떻게 보내게 될지를 상상하여 글쓰기	창의적	상상하여 글쓰기

들이 과학 내용 지식보다는 주어진 제시문을 읽고 과학적 사고력의 각 범주에 해당되는 능력을 활용하여 답하도록 질문을 구성하였다. 4개 문항의 내용 및 각 문항에서 요구하는 과학적 사고력, 각 문항에 적용된 과학 글쓰기 유형을 표 2에 제시하였다.

이 평가 도구에서는 평가 영역을 과학적 사고력의 네 범주인 귀납적·연역적·비판적·창의적 사고력으로 구분하여 구성하였고, 각 평가 영역에 대해 평가 기준을 설정하였는데, 평가 기준은 평가 준거와 수행 수준으로 구성되어 있다. 평가 준거는 귀납적·연역적·비판적 사고력의 경우 툴민의 논리적 접근법(Toulmin, 1958)에 따라 설정하였다. 귀납적 사고력과 연역적 사고력의 평가 준거는 ‘결론’, ‘근거’, ‘설명’으로 설정하였고, 비판적 사고력의 평가 준거에서는 ‘결론’ 대신 ‘주장’을 설정하였고, 자신의 주장의 타당성을 높이기 위해 추가적으로 제시하는 ‘부연’과 자신의 주장이나 관점과 반대되는 입장을 제시하는 ‘반증’을 추가하여 구성하였다. 그리고 창의적 사고력의 평가 준거는 Guilford (1956)의 창의성 구성 요소에 따라 ‘유창성’, ‘융통성’, ‘독창성’, ‘정교성’으로 구성하였다. 각 평가 준거는 그 수행 수준에 따라 ‘상’, ‘중’, ‘하’, ‘0’으로 구분하여 각각 5점, 3점, 1점, 0점으로 배점하였다. 예외적으로 비판적 사고력 글쓰기에서 평가 준거 ‘주장’의 경우는 ‘상’, ‘하’, ‘0’으로 구분하여 5점, 1점, 0점으로 배점하였다. 수준 ‘0’의 경우 그 응답

정도에 따라 틀린 내용을 서술한 경우는 ‘0-1’, 단어 나열이나 낙서를 한 경우는 ‘0-2’, 무응답은 ‘0-3’으로 세분화하여 구성하였다.

이상과 같은 검사지와 평가 기준의 설정을 위해 천재훈(2006)의 과학적 사고력 검사도구와 송윤미(2012)의 과학 글쓰기 평가 루브릭을 참고하여 연구자가 검사지와 평가 기준의 초안을 작성한 후 생물교육 전공자 6인이 검토하여 그 내용을 수정·보완하였고, 일반계 고등학교 1학년 한 학급 학생들을 대상으로 적용하여 학생들의 응답 내용을 고려하여 질문 표현과 평가 기준을 수정·보완하였다.

4. 과학 글쓰기 활동을 활용한 수업

과학 글쓰기 활동을 활용한 수업은 총 6차시를 실시하였다. 실험집단의 학생들은 수업의 도입 단계에서 전시 수업 시간에 작성한 과학 글쓰기의 첨삭을 통해 전시 학습 내용을 확인하게 하였다. 이때 학생들은 전시 수업 확인과 함께 자신의 과학 글쓰기 활동의 문제점과 개선 방향을 확인하도록 하였다. 반면 통제집단은 교사의 설명을 통해 전시 수업 내용을 확인하도록 하였다. 수업의 전개 단계에서는 실험집단의 학생들은 습득한 과학 개념을 활용하여 과학 글쓰기 활동을 하도록 하였다. 수업의 정리 단계에서는 자신이 글쓰기한 내용의 발표를 통해 습득한 과학 개념을 확인하고, 다른 학생

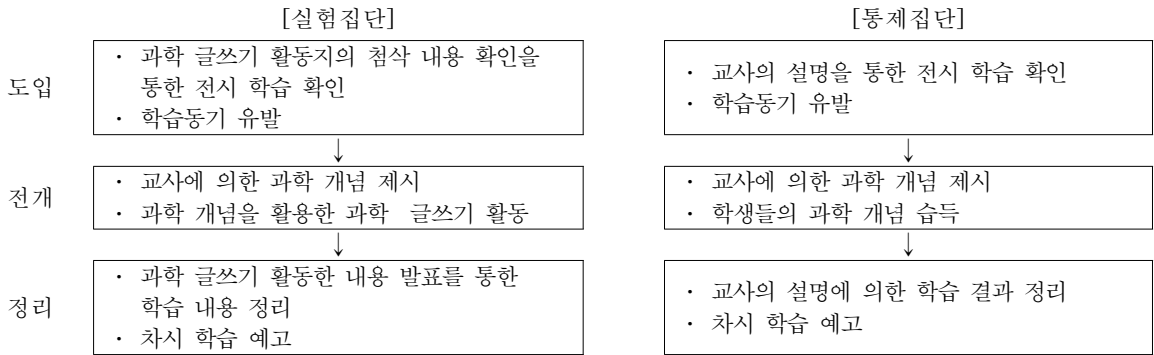


그림 1. 실험집단과 통제집단의 수업 과정

들이 작성한 내용과 비교하도록 하였다. 그림 1은 실험집단과 통제집단의 수업 과정을 비교하여 나타낸 것이다.

5. 분석 방법

과학적 사고력 사전검사와 사후검사 결과 자료는 SPSS 21.0 통계 프로그램을 이용하여 독립 표본 *t*-검정을 통해 유의미도를 산출하였다. 학생들의 과학적 사고력 영역의 평가 준거별 수행 수준 분포를 알아보기 위해 백분율을 산출하였다.

Ⅲ. 연구결과 및 논의

통제집단과 실험집단의 과학적 사고력 검사 결과, 과학적 사고력 영역별 검사 결과, 과학적 사고력의 각 영역의 평가 준거별 검사 결과는 다음과 같다.

1. 과학적 사고력 검사 결과

강의식 수업을 받은 통제집단과 과학 글쓰기 활동을 활용한 수업을 받은 실험집단의 과학적 사고력 검사 결과는 표 3과 같다. 사전검사에서 통제집단의 평균은 20.8이고, 실험집단의 평균은 22.4이었다. *t*-검정 결과 유의확률은 .130으로 유의수준 .05에서 유의미한 차이가 없어 두 집단이 통계적으로 동일한 집단임을 알 수 있었다. 통제집단의 경우 사후검사의 평균이 사전검사에 비해 낮아진 반면, 실험집단의 평균은 높아졌다. 두 집단의 사전·사후 평균의 변화 정도를 통계적으로 검증해보면 통제집단은 유의미한 차이가 없었으나, 실험집단은 유의수준 .01에서 유의미한 차이가 있었다. 즉 과학 글쓰기를 활용한 수업을 통해 학생들의 과학적 사고력이 향상되었음을 알 수 있다. 이는 과학 글쓰기가 중학생들의 과학적 사고력의 향상에 도움을 준다는 천재훈(2006)의 연구와 동일한 결과이다.

표 3. 과학적 사고력 검사 결과

집단	검사	인원	평균	표준편차	<i>t</i>
통제집단	사전검사	112	20.8	8.29	1.003
	사후검사	112	19.5	10.01	
실험집단	사전검사	112	22.4	8.17	-8.407**
	사후검사	112	34.3	12.48	

***p* < .01

2. 과학적 사고력 영역별 검사 결과

과학적 사고력 검사 결과를 과학적 사고력의 영역에 해당되는 귀납적 사고력, 연역적 사고력, 비판적 사고력, 창의적 사고력으로 구분하여 분석한 결과, 실험집단에서는 귀납적·연역적·비판적·창의적 사고력 영역에서 모두 평균 점수가 수업 처치하기 전보다 높아졌고, 통계적으로도 유의미한 차이가 있었다(표 4 참조). 이는 탐구적 과학 글쓰기 수업이 중학생들의 논리적 사고력에 효과적이라는 박시현(2011)의 연구 결과와 비판적 사고력 신장에 효과적이라는 김미정(2011)의 연구 결과와 일치한다. 또한 과학 글쓰기 수업이 과학적 사고력과 창의적 문제해결력에 효과적이라는 손정우(2009)의 연구와 일관된다.

3. 과학적 사고력의 각 영역의 평가 준거별 검사 결과

표 4. 과학적 사고력의 영역별 검사 결과

영역	집단	사전검사		사후검사		t
		평균	표준편차	평균	표준편차	
귀납적 사고력	통제집단	6.5	2.89	5.9	3.26	1.345
	실험집단	6.8	2.78	8.0	3.51	-2.720**
연역적 사고력	통제집단	4.4	3.23	3.6	3.98	1.749
	실험집단	4.2	3.86	7.2	4.99	-4.928**
비판적 사고력	통제집단	4.7	3.88	3.9	3.73	1.632
	실험집단	4.9	3.74	9.5	4.89	-7.939**
창의적 사고력	통제집단	5.1	3.87	6.1	4.92	-1.692
	실험집단	6.5	3.59	9.6	5.10	-5.332**

**p < .01

표 5. 귀납적 사고력의 평가 준거별 검사 결과

평가 준거	검사	사전검사		사후검사		t
		평균	표준편차	평균	표준편차	
결론	통제집단	2.5	1.63	2.1	1.52	2.115*
	실험집단	2.9	1.62	2.4	1.50	-1.968
근거	통제집단	2.9	1.59	2.5	1.69	2.078*
	실험집단	2.9	1.59	3.5	1.62	-2.789**
설명	통제집단	1.0	0.90	1.4	1.11	2.574*
	실험집단	1.1	0.94	2.1	1.31	-6.327**

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

가. 귀납적 사고력

귀납적 사고력의 평가 준거는 ‘결론’, ‘근거’, ‘설명’인데, 각 평가 준거에 대한 실험집단과 통제집단의 사전-사후검사 결과를 살펴보면, 평가 준거 ‘근거’와 ‘설명’에서 실험집단의 평균이 통계적으로 유의미하게 높았다(표 5 참조). 이는 과학 글쓰기 수업을 통해 실험집단 학생들은 귀납적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기 활동에서 결론과 근거의 타당한 연결을 위해 설명이 필요함을 인식하게 되었음을 보여주는 결과라고 생각된다. 이러한 결과는 과학 글쓰기가 중학생들의 요약 글쓰기에 효과적이라는 김미정(2011)의 연구와 일치하는데, 요약 글쓰기는 귀납적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기 활동 유형에 해당한다.

귀납적 사고력을 활용한 과학 글쓰기에서 실험집단의 동일한 학생의 사전검사에서의 답안과 사후검사에서의 답안을 분석한 결과(그림 2와 그림 3 참조),

사전검사에서는 미세 조류를 활용한 바이오 연료가 주목받고 있다는 결론을 쓰고 그에 대한 근거로 화석 연료의 지나친 사용이라고만 제시한 반면에, 사후검사에서는 농작물을 이용한 바이오 연료의 단점, 미세 조류를 활용한 바이오 연료의 장점 등 그 근거를 다양하게 제시하였고 이에 대한 설명도 함께 제시하였다. 따라서 과학 글쓰기 활동을 활용한 수업이 귀납적 사고력을 활용한 글쓰기에서 타당한 근거와 함께 결론을 제시하는 능력을 향상시키는 데 효과가 있는 것으로 생각된다.

화석 연료의 지나친 사용으로 인하여 지구 온난화와 같은 환경 문제가 있고 그나마 화석 연료도 바닥이 드러나기 시작했다. 그 대체 에너지로 바이오 연료가 주목 받고 있다. 물론 부작용도 있다. 미세 조류의 경우에는 그 부작용이 적다. 그러나 10년 뒤쯤에 상용화될 듯하다.

그림 2. 사전검사서 학생의 답안 예시
(귀납적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기)

지난 세기 동안 화석 연료를 과도하게 사용한 결과 지구 온난화와 환경과피가 초래되었다. 더욱이 화석 연료 역시 고갈되고 있다. 이를 대처하기 위해 바이오 연료 사용이 관심을 받고 있다. 하지만 현재 사용되는 농작물을 이용한 바이오 연료는 생산되는 과정에서 배출되는 이산화 탄소의 양이 화석 연료보다 많고, 연료용 작물을 재배하기 위해서는 엄청난 경작지가 필요하기에 삼림파괴가 광범위로 일어나는 큰 단점이 있어 바이오 연료 사용은 꺼려졌다. 이에 비해 미세 조류는 단위 면적당 생산량이 훨씬 많고 차지하는 공간도 작다. 또 미세 조류는 광합성을 하기 때문에 이산화 탄소 배출을 걱정할 필요가 없다는 장점이 있어 각광 받고 있다. 그렇지만 아직까지는 상용화되지 못하고 있는데, 그 원인은 아직 기술이 부족해서 생산 단가가 비싸기 때문이고, 수확하고 바이오 연료로 되는 과정에서 비용이 많이 들기 때문이다. 그래서 미세 조류는 10년쯤 후에 상용화될 것으로 보인다.

그림 3. 사후검사서 학생의 답안 예시
(귀납적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기)

귀납적 사고력의 평가 준거별 수행 수준 분포를 백분율로 분석한 결과, 실험집단의 경우 사후검사서에서 평가 준거 ‘근거’의 수행 수준 ‘상’에 해당하

는 학생들의 수가 증가하였다(표 6 참조). 이는 사전검사서에서는 근거를 제시하지 않고 결론만 서술하는 경우가 많았는데, 사후검사서에서는 타당한 근거와 함께 결론을 제시하는 경우가 많아졌음을 의미한다. 한편 사후검사서에서 평가 준거 ‘결론’의 수행 수준 ‘상’에 해당하는 학생들의 수는 감소하였다. 이는 학생들이 과학 글쓰기 활동을 통하여 결론에 대한 근거와 설명의 중요성을 인식하여 이를 서술하는 데 치중하게 되었는데, 이로 인하여 상대적으로 결론의 내용을 적게 서술하게 된 것으로 생각된다.

나. 연역적 사고력

연역적 사고력의 평가 준거는 ‘결론’, ‘근거’, ‘설명’인데, 각 평가 준거에 대한 실험집단과 통제집단의 사전-사후검사 결과를 살펴보면, 실험집단은 평가 준거 ‘결론’과 ‘설명’에서 사후검사의 평균이 사전검사의 평균보다 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다(표 7 참조). 이는 실험집단의 학생들이 과학 글쓰기 수업으로 인해 근거만 서술하기보다 결론과 이를 뒷받침하는 근거를 같이 제시하게 되었으며, 근거의 타당성을 높이기 위해 설명의 필요성을 인식하게 된 것이 반영된 것으로 해석된다. 이는 과학 글쓰기 활동 적용 시 중학생의 연역적 사고력에서 근거를 바탕으로 결론을 함께 제시하는 능력이 향상된다는 연구 결과(천재훈, 2006)와 초등학생의 논리적 사고력이 신장된다는 강묘정(2009)의 연구 결과에 일치한다. 즉, 과학 글쓰기 활동이 초등학생과 중학생뿐만 아니라 고등학생의 연역적 사고력에 긍정적인 영향을 미친다고 할 수 있다.

연역적 사고력을 활용한 과학 글쓰기에서 실험집단의 동일한 학생의 사전검사서에서의 답안과 사후검사서에서의 답안을 분석한 결과(그림 4와 그림 5 참조), 사전검사서에서는 미세 조류에서 바이오 디젤을 추출하는 방법을 근거로 제시하고 결론을 제시하지 않은 반면, 사후검사서에서는 결론을 먼저 제시하고 이에 대한 근거를 서술하였으며 이를 타당하게 하기 위해 설명도 함께 제시하였다.

표 6. 귀납적 사고력의 평가 준거별 수행 수준 분포

단위: 명(%)

평가준거	수행수준	통제집단		실험집단	
		사전검사	사후검사	사전검사	사후검사
결론	상	26 (23.2)	15 (13.4)	32 (28.6)	20 (17.9)
	중	36 (32.1)	36 (32.1)	41 (36.6)	41 (36.6)
	하	47 (42.0)	52 (46.4)	37 (33.0)	51 (45.5)
	0-1	3 (2.7)	3 (2.7)	2 (1.8)	0 (0.0)
	0-2	0 (0.0)	1 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)
	0-3	0 (0.0)	5 (4.5)	0 (0.0)	0 (0.0)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
	근거	상	32 (28.6)	25 (22.3)	32 (28.6)
중		44 (39.3)	36 (32.1)	43 (38.4)	32 (28.6)
하		34 (30.4)	42 (37.5)	36 (32.1)	26 (23.2)
0-1		0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
0-2		0 (0.0)	1 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)
0-3		2 (1.8)	8 (7.1)	1 (0.9)	0 (0.0)
계		112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
설명		상	3 (2.7)	3 (2.7)	3 (2.7)
	중	6 (5.4)	23 (20.5)	8 (7.1)	39 (34.8)
	하	84 (75.0)	72 (64.3)	83 (74.1)	63 (56.3)
	0-1	17 (15.2)	3 (2.7)	17 (15.2)	0 (0.0)
	0-2	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	0-3	2 (1.8)	11 (9.8)	1 (0.9)	0 (0.0)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)

표 7. 연역적 사고력의 평가 준거별 검사 결과

평가준거	검사	사전검사		사후검사		t
		평균	표준편차	평균	표준편차	
결론	통제집단	0.5	1.19	0.7	1.36	-1.149
	실험집단	0.8	1.42	2.0	2.02	-5.126**
근거	통제집단	3.5	2.08	2.2	2.08	4.824**
	실험집단	2.7	2.32	3.3	1.82	-1.958
설명	통제집단	0.4	1.04	0.7	1.35	-1.831
	실험집단	0.6	1.15	1.8	1.83	-5.863**

**p < .01

바이오 디젤은 햇빛과 물의 공급이 충분한 곳에서 기름을 많이 머금고 세포벽이 얇은 조류를 확보하여 세포를 깨 지질을 추출하여 얻는다.

그림 4 사전검사에서 학생의 답안 예시 (연역적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기)

그림은 미세 조류에서 바이오 연료를 생산하기 위한 이상적인 조건이다. 이러한 조건에는 먼저 환경적인 조건이 있다. 물 공급에 문제가 없고 햇빛이 잘 들어와야 한다. 왜냐하면 조류 역시 육상 식물과 똑같이 물, 이산화 탄소, 햇빛으로 유기물을 만드는 광합성을 하기 때문이다. 다음으로는 우량한 미세 조류를 확보해야 한다. 그 조건으로는 세포 안에 기름을 많이 머금고 있으며, 세포벽이 얇아 기름을 쉽게 얻을 수 있고, 세포 분열이 활발해야 한다. 그 이유는 이러한 조건을 가진 조류일수록 기름을 더 많이 확보할 수 있으며 기름을 짜내는 데 에너지가 절약될 것이기 때문이다.

그림 5 사후검사에서 학생의 답안 예시 (연역적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기)

연역적 사고력의 평가 준거별 수행 수준 분포를 분석한 결과, 실험집단은 사후검사에서 사전검사보다 평가 준거 ‘결론’과 ‘설명’에서 수행 수준 ‘상’에 해당하는 학생들의 수가 증가하였으며, ‘근거’에서는 수행 수준 ‘중’과 ‘하’에 해당하는 학생들의 수가 증가하였다(표 8 참조). 이는 사전검사에서는 근거만 제시하였던 학생들이 사후검사에서는 근거를 토대로 결론을 유추하는 능력이 향상되었음을 의미한다. 한편 실험집단에서 적절하지 않은 내용을 쓴 경우(수행 수준 ‘0-1’)가 감소하였는데, 이는 학생들이 과학 글쓰기 활동을 통하여 어떤 내용을 써야 하는지에 대해 인식하게 되었다고 할 수 있다.

다. 비판적 사고력

비판적 사고력의 평가 준거는 ‘주장’, ‘근거’, ‘설명’, ‘부연’, ‘반증’인데, 각 평가 준거에 대한 실험집단과 통제집단의 사전-사후검사를 분석한 결과를

표 8. 연역적 사고력의 평가 준거별 수행 수준 분포

단위: 명(%)

평가준거	수행수준	통제집단		실험집단	
		사전검사	사후검사	사전검사	사후검사
결론	상	5 (4.5)	7 (6.3)	5 (4.5)	29 (25.9)
	중	5 (4.5)	7 (6.3)	18 (16.1)	19 (17.0)
	하	17 (15.2)	23 (20.5)	16 (14.3)	27 (24.1)
	0-1	21 (18.8)	19 (17.0)	55 (49.1)	13 (11.6)
	0-2	0 (0.0)	4 (3.6)	0 (0.0)	0 (0.0)
	0-3	64 (57.1)	52 (46.4)	18 (16.1)	24 (21.4)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
근거	상	70 (62.5)	33 (29.5)	55 (49.1)	52 (46.4)
	중	9 (8.0)	16 (14.3)	5 (4.5)	28 (25.0)
	하	14 (12.5)	28 (25.0)	17 (15.2)	24 (21.4)
	0-1	11 (9.8)	15 (13.4)	29 (25.9)	5 (4.5)
	0-2	0 (0.0)	1 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)
	0-3	8 (7.1)	19 (17.0)	6 (5.4)	3 (2.7)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
설명	상	4 (3.6)	6 (5.4)	3 (2.7)	19 (17.0)
	중	2 (1.8)	10 (8.9)	10 (8.9)	27 (24.1)
	하	22 (19.6)	21 (18.8)	26 (23.2)	29 (25.9)
	0-1	21 (18.8)	20 (17.9)	55 (49.1)	12 (10.7)
	0-2	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	0-3	63 (56.3)	55 (49.1)	18 (16.1)	25 (22.3)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)

살펴보면, 사후검사에서 실험집단은 비판적 사고력의 평가 준거 ‘주장’, ‘근거’, ‘설명’, ‘반증’에서 사전검사보다 평균이 높아졌으며, 이는 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(표 9 참조). 이는 제7차 교육과정에 따른 10학년 과학 ‘힘과 운동’ 단원에 대하여 과학 글쓰기 수업 모형을 적용한 결과 학생들의 주장-근거-설명-원리-부연에 해당하는 과학적 사고 부분이 향상되었다는 연구(권은실, 2006)와 일치한다. 그러나 평가 준거 ‘부연’에서는 사후검사에서 실험집단의 평균은 사전검사에 비해 높아졌지만, 그 차이가 유의미하지는 않았다. 이러한 결과는 학생들이 자신의 설명을 더욱 타당하게 하기 위해서 추가적인 근거를 제시해야 한다는 필요성을 인식하지 못했기 때문으로 생각된다. 즉, 학생들은 근거를 뒷받침하기 위해 ‘설명’이 필요함을 인식하고 있지만 설명을 보완하기 위한 ‘부연’이 필요하다는 인식이 부족하다고 할 수 있다. 한편 과학 글쓰기 활동의 주제와 형식에 따라 강조되는 평가 준거가 달라질 수 있고, 이에 따라 학생들의 과학적 사고력의 각 범주에 해당하는 능력이 고르게 향상되지 않을 우려가 있다는 점을 고려할 때, 본 연구에서 적용한 과학 글쓰기 활동지에서 평가 준거 ‘부연’에 해당되는 내용이 강조되지 않았을 수도 있다. 따라서 과학 글쓰기 활동지를 개발할 때 이를 고려할 필요가 있다.

비판적 사고력을 활용한 과학 글쓰기에서 실험집단의 동일한 학생의 사전검사에서의 답안과 사후검

사에서의 답안을 분석한 결과(그림 6과 그림 7 참조), 사전검사에서는 자신의 주장을 모호하게 제시하였고 ‘부연’과 ‘반증’을 제시하지 않은 반면에, 사후검사에서는 자신의 주장을 명확하게 제시하고 이에 대한 ‘근거’를 서술하였으며 자신의 주장을 타당하게 뒷받침하기 위해 ‘설명’으로 바이오 연료가 친환경 경적이지 않은 이유, 미세 조류를 활용한 바이오 연료가 친환경적인 이유 등을 제시하고 있고, 비싼 생산 단가를 언급함으로써 ‘반증’을 제시하였다.

기술이 좀 더 발전하면 좋을 것 같다. 왜냐하면 엄청난 토지가 불필요하고, 연료 효율이 콩보다 130 배로 뛰어나며, 공장에서 방출되는 이산화 탄소를 사용할 수 있기 때문이다. 물론 기술이 더 발전해서 우량 조류를 잘 생산해 낼 수 있다면 말이다.

그림 6 사전검사에서 학생의 답안 예시 (비판적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기)

비판적 사고력의 평가 준거별 수행 수준 분포를 분석한 결과, 실험집단의 경우 모든 평가 준거에서 수행 수준 ‘상’에 해당하는 학생들의 수가 증가하였다(표 10 참조). 이는 학생들이 과학 글쓰기를 활용한 수업을 통해 과학적 사고력을 활용하여 글을 쓰는 활동에 익숙해진 결과라고 생각된다. 또한 과학 글쓰기 활용 수업을 통해 학생들이 자신의 주장을 분명하게 밝히고, 이를 뒷받침하는 타당한 근거를 제시하는 능력이 향상되었음을 반영한 결과로 해석된다.

표 9. 비판적 사고력의 평가 준거별 검사 결과

평가준거	검사	사전검사		사후검사		t
		평균	표준편차	평균	표준편차	
주장	통제집단	1.6	1.95	1.4	1.83	.883
	실험집단	1.9	2.07	3.0	2.17	-3.627**
근거	통제집단	1.4	1.49	1.0	1.20	2.031
	실험집단	1.3	1.35	3.0	1.78	-7.719**
설명	통제집단	1.0	1.15	0.8	1.00	1.919
	실험집단	1.0	1.15	2.1	1.47	-6.298**
부연	통제집단	0.1	0.40	0.2	0.43	-.647
	실험집단	0.1	0.30	0.2	0.60	-1.263
반증	통제집단	0.5	0.68	0.5	0.92	.000
	실험집단	0.5	0.79	1.3	1.38	-5.176**

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

표 10. 비판적 사고력의 평가 준거별 수행 수준 분포

단위: 명(%)

평가준거	수행수준	통계집단		실험집단	
		사전검사	사후검사	사전검사	사후검사
주장	상	27 (24.1)	22 (19.6)	34 (30.4)	59 (52.7)
	하	49 (43.8)	49 (43.8)	48 (42.9)	38 (33.9)
	0-1	24 (21.4)	14 (12.5)	23 (20.5)	2 (1.8)
	0-2	1 (0.9)	2 (1.8)	0 (0.0)	6 (5.4)
	0-3	11 (9.8)	25 (22.3)	7 (6.3)	7 (6.3)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
	근거	상	8 (7.1)	4 (3.6)	3 (2.7)
중		25 (22.3)	14 (12.5)	32 (28.6)	37 (33.0)
하		43 (38.4)	55 (49.1)	39 (34.8)	26 (23.2)
0-1		17 (15.2)	10 (8.9)	22 (19.6)	2 (1.8)
0-2		0 (0.0)	2 (1.8)	0 (0.0)	3 (2.7)
0-3		19 (17.0)	27 (24.1)	16 (14.3)	5 (4.5)
계		112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
설명	상	1 (0.9)	1 (0.9)	2 (1.8)	10 (8.9)
	중	22 (19.6)	12 (10.7)	18 (16.1)	51 (45.5)
	하	46 (41.1)	45 (40.2)	50 (44.6)	35 (31.3)
	0-1	23 (20.5)	13 (11.6)	24 (21.4)	4 (3.6)
	0-2	0 (0.0)	1 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)
	0-3	20 (17.9)	40 (35.7)	18 (16.1)	12 (10.7)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
부연	상	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	중	1 (0.9)	1 (0.9)	0 (0.0)	4 (3.6)
	하	10 (8.9)	14 (12.5)	11 (9.8)	8 (7.1)
	0-1	8 (7.1)	1 (0.9)	13 (11.6)	4 (3.6)
	0-2	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	0-3	93 (83.0)	96 (85.7)	88 (78.6)	96 (85.7)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
반증	상	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (3.6)
	중	4 (3.6)	11 (9.8)	7 (6.3)	28 (25.0)
	하	43 (38.4)	22 (19.6)	34 (30.4)	38 (33.9)
	0-1	3 (2.7)	4 (3.6)	2 (1.8)	2 (1.8)
	0-2	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	0-3	62 (55.4)	75 (67.0)	69 (61.6)	40 (35.7)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)

나는 미세 조류를 활용한 바이오 에너지를 사용하는 것에 대해 찬성한다. 그 근거로는 먼저 ‘농작물에서 얻은 바이오 연료는 결코 친환경적이지 않다.’는 데에 있다. 이들은 연소되는 과정까지 배출된 총 이산화 탄소가 같은 양의 석유를 쓸 때보다 더 많다는 사실과 엄청난 경작지가 요구되므로 광범위한 산림이 파괴되는 단점을 가지고 있다. 또한 곡물 가격도 가파르게 상승하는 부작용을 낳고 있다. 이에 반해 미세 조류는 비옥한 토지가 아니더라도 물과 햇빛이 제공되는 땅이라면 조류 농장을 운영할 수 있다. 또한 이산화 탄소도 능동적으로 소모하므로 농작물에서 얻은 바이오 연료보다 더 친환경적이다. 공장에서 방출되는 이산화 탄소를 사용할 수도 있다. 가장 큰 이유는 단위면적당 생산량이 농작물에 비해 훨씬 많다는 것이다. 그 예로 연료 생산량이 콩의 130배에 달하는 것을 들 수 있다. 한편에서는 비싼 생산 단가를 우려하고 있지만 지속적인 연구를 통해서 우량한 미세 조류를 개발해 낸다면 생산 단가 문제를 해결할 수 있을 것으로 생각한다. 따라서 나는 미세 조류를 활용한 바이오 에너지를 사용하는 것에 대해 찬성한다.

그림 7 사후검사에서 학생의 답안 예시 (비판적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기)

라. 창의적 사고력

창의적 사고력의 평가 준거는 ‘유창성’, ‘융통성’, ‘독창성’, ‘정교성’인데, 각 평가 준거에 대한 실험

집단과 통제집단의 사전-사후검사 결과를 분석한 결과를 살펴보면, 실험집단은 모든 평가 준거에서 평균이 높아졌으며, 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(표 11 참조). 이는 학생들이 과학 글쓰기 수업 후 자신만의 독특한 아이디어를 여러 항목에 해당되도록 최대한 많이, 되도록 자세히 서술하는 능력이 향상된 결과가 반영된 것으로 해석된다. 이러한 결과는 과학 글쓰기 교수·학습 프로그램을 초등학교 학생들에게 적용한 결과 과학성, 논리성, 독창성에 유의미한 결과를 나타냈다는 연구(박은희, 2007), 생활과학 글쓰기 프로그램을 개발하여 초등학교 학생들에게 적용한 결과 창의적 성향 하위요소인 민감성, 유창성, 융통성, 정교성, 독창성 영역에서 긍정적인 효과가 있다는 연구(신우미, 2011) 등과 일관된다.

창의적 사고력을 활용한 과학 글쓰기에서 실험집단의 동일한 학생의 사전검사에서의 답안과 사후검사에서의 답안을 분석한 결과(그림 8과 그림 9 참조), 사전검사에서는 조류 농장에서 바이오 연료를 생산하여 자동차의 연료로 공급한다는 상식적이고 상투적인 아이디어를 단순 나열하여 제시하였다. 반면 사후검사에서는 자신을 미세 조류 바이오 연료 공장이라고 가정한 참신한 아이디어를 조류 농장 운영, 바이오 디젤 자동차 개발, 화석에너지 고갈에 해당하는 항목으로 정교하게 서술하였다.

표 11. 창의적 사고력의 평가 준거별 검사 결과

평가 준거	검사	사전검사		사후검사		t
		평균	표준편차	평균	표준편차	
유창성	통제집단	1.5	1.29	1.6	1.36	-.755
	실험집단	1.7	1.18	2.4	1.58	-3.925**
융통성	통제집단	1.4	1.42	1.8	1.57	-1.651
	실험집단	2.2	1.54	3.1	1.90	-3.792**
독창성	통제집단	1.0	0.85	1.3	1.27	-1.919
	실험집단	1.1	0.80	2.0	1.33	-6.271**
정교성	통제집단	1.2	1.09	1.5	1.49	-1.481
	실험집단	1.4	1.11	2.0	1.60	-3.347**

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

아침에 일어나 집 옆 미세 조류 농장에 가서 지붕을 열어 햇빛을 공급해주고 물을 틀어 공급해준다. 아침 밥을 먹고 난 뒤 어제 짜두었던 미세 조류 바이오 연료를 바이오 디젤 자동차에 주입한 뒤 출근한다. 퇴근해서 조류 농장에 가서 지붕을 덮고 할로겐 전구를 켜준 뒤 미세 조류를 기계에 넣어 연료를 생산시킨 후 취침한다.

그림 8 사전검사에서 학생의 답안 예시
(창의적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기)

나는 현재 미세 조류 바이오 에너지를 연구 개발을 통해 상용화를 이루려는 'BIO-ALGAE(조류)' 회사의 사장이다. 고등학교 시절 생명 과학 시간에 미세 조류 바이오 에너지를 처음 접했는데 그때의 관심과 호기심이 나를 이 자리까지 이끌어 주었다. 오늘도 회사에 출근하기 전에 집 옆 조류 농장에 가서 밤새 조류들에게 빛을 준 BIO-할로겐 전구를 끄고 햇빛을 공급하기 위해 조류 농장의 지붕을 열었다. 다자란 미세 조류들을 기름을 채취하는 기계에 넣고 어제 짜둔 바이오 디젤을 내 자동차이자 우리 회사 1호 개발품인 'B-A1(BIO-ALGAE1)'에 주입한 후 회사로 출발했다. 아직 개발단계인 'B-A1'은 속도가 느리다. 그래서 천천히 주변을 둘러보며 가던 중 집 주변의 주유소가 보였다. 오늘도 사람들이 차에 기름을 넣으려고 주유소가 북새통이다. 화석에너지 고갈로 기름값이 천정부지로 올랐지만 그래도 기름을 얻기는 하늘에 별따기라 새벽부터 나와 줄을 서서 기다린다. 대중교통도 기름값 때문에 한정 운행되어 사람들은 주로 자전거로 출퇴근한다. 나는 이러한 문제를 해결하기 위해 회사에서 연구진들과 머리를 맞대고 있다. 우리 회사의 목표는 가정에서도 연료 공급이 가능하도록 하는 것이다. 이를 위해 하루 일과를 우량 조류 개발과 'B-A1'의 성능 향상을 위해 연구로 보낸다. 하루 일과를 마치고 집으로 돌아와 조류 농장의 지붕을 닫고 BIO-할로겐 전구를 켜고 조류 농장의 물을 갈아준 후 잠자리에 들었다.

그림 9 사후검사에서 학생의 답안 예시
(창의적 사고력을 요구하는 과학 글쓰기)

학생들의 창의적 사고력의 평가 준거별 수행 수준의 분포를 분석한 결과, 실험집단의 사후검사 결과를 살펴보면 모든 평가 준거에서 수행 수준 '중', '상'에 해당하는 학생들의 수가 증가하였고, '하'에 해당하는 학생들의 수는 감소하였다. 특히 평가 준거 '유창성'과 '융통성' 부분에서는 실험집단의 수행 수준 '상'에 해당되는 학생들이 크게 증가하였다(표 12 참조).

IV. 결론 및 제언

과학 글쓰기 활동이 학생들의 과학적 사고력에 미치는 영향을 알아보기 위해 본 연구에서는 과학적 사고력 검사 도구와 과학 글쓰기 활동지를 개발하여 생명 과학 I 수업 시간에 적용한 후, 그 결과를 분석하였다.

본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 생명 과학 I 수업에 과학 글쓰기 활동을 적용한 결과, 과학 글쓰기를 활용한 수업을 통해 학생들의 과학적 사고력이 향상되었다. 이러한 결과를 볼 때 과학 글쓰기는 학생들에게 과학적 사고력을 함양시키는 데 효과적인 학습 방법으로 판단된다.

둘째, 과학적 사고력 검사의 영역별 분석 결과, 과학 글쓰기를 활용한 수업을 받은 학생들은 연역적 사고력, 귀납적 사고력, 비판적 사고력, 창의적 사고력 영역에서 유의미한 향상을 나타내었다.

셋째, 과학적 사고력의 각 영역의 평가 준거별 분석 결과, 귀납적 사고력의 경우 실험집단은 평가 준거 '근거'와 '설명'에서 유의미한 향상을 보였으며, 연역적 사고력에서는 평가 준거 '결론'과 '설명'에서 유의미한 향상을 보였다. 이를 통해 귀납적 사고력과 연역적 사고력은 논리적 사고력의 범주에 속하지만 이를 요구하는 과학 글쓰기 유형에 따라 평가 준거의 향상 정도가 달라지는 것으로 판단된다. 비판적 사고력의 평가 준거별 분석 결과에서는 평가 준거 '주장', '근거', '설명', '반증'에서 유의미한 향상이 있었으며, 평가 준거 '부연'에서 향상 정도가 낮았다. 이는 학생들이 '설명'을 뒷받침하기 위한 부가적인 서술인 '부연'의 필요성을 낮게 인식하기 때문으로 생각된다. 이를 보완하기 위한 추가적인 지도 방법 개선과 안내의 필요성이 제기된다. 창의적 사고력에서는 평가 준거 '창의성', '융통성', '독창성', '정교성'에서 유의미한 향상을 나타내었다. 과학 글쓰기 수업 후 과학적 사고력 검사 결과, 학생들의 전체적인 과학적 사고력은 향상되었으나, 과학적 사고력의 각 영역별 평가 준거 측면에서 향상 정도는 차이가 있었다. 이는 과학적 사고력이

표 12. 창의적 사고력의 평가 준거별 수행 수준 분포

단위: 명(%)

평가준거	수행수준	통제집단		실험집단	
		사전검사	사후검사	사전검사	사후검사
유창성	상	4 (3.6)	5 (4.5)	2 (1.8)	19 (17.0)
	중	30 (26.8)	35 (31.3)	42 (37.5)	49 (43.8)
	하	53 (47.3)	48 (42.9)	56 (50.0)	32 (28.6)
	0-1	10 (8.9)	9 (8.0)	3 (2.7)	2 (1.8)
	0-2	2 (1.8)	4 (3.6)	3 (2.7)	2 (1.8)
	0-3	13 (11.6)	11 (9.8)	6 (5.4)	8 (7.1)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
융통성	상	9 (8.0)	12 (10.7)	15 (13.4)	48 (42.9)
	중	19 (17.0)	31 (27.7)	44 (39.3)	27 (24.1)
	하	59 (52.7)	45 (40.2)	41 (36.6)	25 (22.3)
	0-1	10 (8.9)	9 (8.0)	3 (2.7)	2 (1.8)
	0-2	2 (1.8)	4 (3.6)	3 (2.7)	2 (1.8)
	0-3	13 (11.6)	11 (9.8)	6 (5.4)	8 (7.1)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
독창성	상	0 (0.0)	6 (5.4)	1 (0.9)	6 (5.4)
	중	14 (12.5)	17 (15.2)	11 (9.8)	52 (46.4)
	하	73 (65.2)	65 (58.0)	88 (78.6)	42 (37.5)
	0-1	10 (8.9)	9 (8.0)	3 (2.7)	2 (1.8)
	0-2	2 (1.8)	4 (3.6)	3 (2.7)	2 (1.8)
	0-3	13 (11.6)	11 (9.8)	6 (5.4)	8 (7.1)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)
정교성	상	2 (1.8)	12 (10.7)	3 (2.7)	17 (15.2)
	중	20 (17.9)	14 (12.5)	24 (21.4)	30 (26.8)
	하	65 (58.0)	62 (55.4)	73 (65.2)	53 (47.3)
	0-1	10 (8.9)	9 (8.0)	3 (2.7)	2 (1.8)
	0-2	2 (1.8)	4 (3.6)	3 (2.7)	2 (1.8)
	0-3	13 (11.6)	11 (9.8)	6 (5.4)	8 (7.1)
	계	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)	112 (100.0)

학생들의 다양한 변인에 의해 영향을 받으며, 과학 글쓰기 활동지의 유형과 주제, 형식에 따라 강조되는 과학적 사고력 평가 준거가 달라질 수 있기 때문으로 해석된다. 따라서 학습자의 다양한 변인을 고려하여 과학적 사고력을 평가할 필요가 있으며, 과학 글쓰기 유형과 형식 및 주제에 따라 강조될 수 있는 과학적 사고력의 각 영역별 평가 준거를 분석할 필요가 있다. 이를 바탕으로 각 평가 준거 측면의 능력이 균형 있게 향상될 수 있도록 과학 글쓰기 활동을 개발할 필요가 있다고 생각된다.

참고 문헌

강묘정(2009). 논의과정 활동이 과학글쓰기 능력 및 과학적 사고력에 미치는 영향. 진주교육대학교 석사학위논문.

교육과학기술부(2011). 고등학교 교육과정. 교육과학기술부 고시 제2011-361호 별책4.

권은실(2006). 과학논술능력향상을 위한 과학글쓰기 수업모형개발. 경상대학교 석사학위논문.

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

- 자대학교 석사학위논문.
- 김영신, 권용주, 김용진, 김희백, 서혜애, 손연아, 정은영, 정진수, 차희영(2012). 생명과학교육론. 자유아카데미.
- 김우순(2008). 쓰기 활동 및 쓰기-상호동료교수활동이 학업성취도와 과학태도에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김찬중, 채동현, 임채성(1999). 과학교육학개론. 북스힐.
- 김형자, 변정호, 권용주(2012). 창의적 과학글쓰기를 활용한 수업이 생물에 대한 흥미와 과학적 태도에 미치는 효과. 과학교육연구지, 36(2), 198-215.
- 박시현(2011). 탐구적 과학 글쓰기 실험 수업이 중학생들의 과학적 사고력에 미치는 영향. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 박은희(2007). 과학 글쓰기 교수·학습 프로그램의 개발 및 적용. 서울교육대학교 석사학위논문.
- 손정우(2006). 과학논술능력 향상을 위한 과학적 사고력에 근거한 과학글쓰기 교수법. 교육과정평가연구, 9(2), 333-355.
- 손정우(2009). 과학글쓰기를 통한 과학영재학생들의 과학적사고력과 창의적 문제해결력 연구. 과학영재교육, 1(3), 21-32.
- 송윤미(2012). 과학 글쓰기 평가 루브릭 개발. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 신우미(2011). 창의적 문제해결력 신장을 위한 생활과학 글쓰기 프로그램 개발 및 적용. 서울교육대학교 석사학위논문.
- 신정인(2012). 과학 글쓰기를 활용한 수업이 중학생들의 과학적 태도, 학습 동기, 학업 성취도에 미치는 영향. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 오경연(2011). 2007년 개정 초등과학교과서에 제시된 과학 글쓰기 활동 분석. 서울교육대학교 석사학위논문.
- 이순이(2008). 과학글쓰기가 화학 I 과목의 학업 성취도에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 정아름(2010). 창의적 사고 기능을 활용한 과학 글쓰기 지도방안의 개발 및 적용. 서울교육대학교 석사학위논문.
- 천재훈(2006). 과학적 사고력 향상을 위한 과학 글쓰기 활동. 경상대학교 석사학위논문.
- 함성민(2009). 과학 글쓰기 프로그램이 중학생의 학습 동기와 과학에 대한 태도에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- Guilford, J. P. (1956). The structure of intellect. *Psychological Bulletin*, 53(4), 267-293.
- Hodson, D. (1993). In search of a rationale for multicultural science education. *Science Education*, 77(6), 686-711.
- Keys, C. W., Hand, B. M., 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. (2002). What is scientific thinking and how does it develop?. In U. Goswami (Ed.), *Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* (pp. 371-393). Oxford: Blackwell Publishing.
- Martin, R. M. (1997). *Scientific Thinking*. Ontario: Broadview Press.
- Owens, C. V. (2000). Teachers' responses to science writing. *Teaching and Learning—grand forks—*, 15(1), 22-35.
- Prain, V., & Hand, B. (1999). Students perceptions of writing for learning in secondary school science. *Science Education*, 83(2), 151-162.
- Rivard, L. P. (1994). A review of writing to learning science: Implication for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 969-983.
- Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

국문 요약

과학교육의 목표가 지식의 습득에서 지식 형성 과정을 강조하는 것으로 변화하면서, 학생들에게 과학적 사고 연습의 기회를 제공하는 학습 방법으로 과학 글쓰기가 부각되고 있다. 현행 과학과 교육과정에서는 과학 글쓰기와 토론을 통하여 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사소통 능력을 함양할 수 있도록 지도할 것을 명시하고 있다. 본 연구는 생명 과학 I 수업에서 과학 글쓰기 활동이 학생들의 과학적 사고력에 어떤 영향을 미치는지 알아보려 하였다. 이를 위해 생명 과학 I 수업에 활용 가능한 6차시의 과학 글쓰기 활동지와 과학적 사고력 평가도구를 개발하였다. 고등학교 1학년 6학급 224명 학생을 대상으로 하여 3개의 학급에는 과학 글쓰기를 활용한 수업을 하고 다른 3개의 학급에서는 강의식 수업을 총 6차시 실시하였다. 생명 과학 I 수업에 과학 글쓰기 활동을 적용한 결과, 학생

들의 과학적 사고력이 향상되었고, 과학적 사고력의 영역별로 분석한 결과, 귀납적 사고력, 연역적 사고력, 비판적 사고력, 창의적 사고력의 4가지 범주 모두에서 유의미한 향상을 보였다. 과학적 사고력 영역의 평가 준거별 분석 결과에서는 귀납적 사고력의 경우 평가 준거 ‘근거’와 ‘설명’에서 향상되었고, 연역적 사고력에서는 평가 준거 ‘결론’과 ‘설명’에서 유의미하게 향상되었다. 비판적 사고력에서는 평가 준거 ‘주장’, ‘근거’, ‘설명’, ‘반증’에서, 창의적 사고력에서는 ‘창의성’, ‘융통성’, ‘독창성’, ‘정교성’의 모든 평가 준거에서 유의미한 향상이 나타났다. 본 연구의 결과는 과학적 사고력 함양을 위한 과학 글쓰기 활동의 지도에 대한 시사점을 제공하며, 다양한 과학 글쓰기 활동을 위한 자료 개발에 도움이 될 것이다.

주요어: 과학 글쓰기, 과학적 사고력, 과학 글쓰기 유형, 생명 과학 I