

# 과학논술능력 향상을 위한 과학적 사고력에 근거한 과학글쓰기 교수법

손 정 우  
(경상대학교 교수)

## 《 요약 》

오늘날의 과학교육은 과학지식을 가르치는 교육에서 과학적 사고력을 향상시키는 교육으로 전환하고 있다. 그래서 과학교육의 중요한 목표로서 과학적 사고력을 함양시킬 수 있는 수업을 설계하고, 실행하는 방식을 이해할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 과학적 사고력에 바탕을 둔 과학글쓰기 교수법을 개발하고, 이 교수법이 과학논술능력 향상에 얼마나 효과적인지를 알아보았다. 그 결과 과학적 사고력을 요구하는 과학글쓰기는 귀납적 사고력 5종, 연역적 사고력 7종, 비판적 사고력 5종, 창의적 사고력 6종으로 총 23종의 유형으로 분류되었고, 과학글쓰기 활동이 과학적 사고력 향상에 효과가 있음을 확인하였다. 그리고 과학글쓰기에 적합한 수업모형은 STS 수업모형에 바탕을 둔 실생활 및 사회적 문제해결 중심의 수업모형이었다. 또한 과학글쓰기 수업을 받은 학생들의 과학논술능력이 과학적 사고력 부분에서 그렇지 않은 학생들보다 향상됨을 확인할 수 있었다.

주제어 : 과학적 사고력, 과학글쓰기, 과학논술

## I. 서론

수많은 과학지식들을 수업시간에 모두 다루기는 힘든 일이다. 학생들이 모든 지식들을 습득할 수 없기에, 교육은 다양한 상황에서의 문제해결능력을 길러주어야 한다. 최근 과학교육의 목적을 문제해결력과 의사결정력을 중심으로 하는 과학적 소양의 함양에 두는 것이 세계적인 추세이다. 과학적 소양을 함양한다는 것은 과학지식을 이해하고, 과학적 방법으로 탐구할 수 있는 능력, 과학과 관련된 사회와 개인의 문제를 해결할 수 있는 능력을 길러내는 것이다. 이러한 능력들은 기본적으로 과학적 사고력에 바탕을 두고 있다. 또한 급변하는 사회의 요구, 학습자의 사고력 결손, 수업 방법 개선의 한계 등을 이유로 과학적 사고력 함양의 필

요성이 강조되고 있다. 세계 각국에서도 과학교육 패러다임을 과학지식을 가르치는 교육에서 과학적 사고력을 향상시키는 교육으로 전환하고 있다(Hodson, 1993). 그래서 과학교육의 중요한 목표로서 과학적 사고력 함양과 활용을 촉진시킬 수 있는 수업을 설계하고, 실행하는 방식을 이해할 필요가 있다(Kuhn & O'Loughlin, 1988). 이처럼 과학적 사고력의 중요성이 언급되면서 기존 지식을 탐색, 검증, 강화, 개량하는 사고의 도구로서 글쓰기가 부각되고 있으며, 글쓰기를 통해 사고가 분명해지고 정교해질 수 있다는 연구 결과도 있다(Hodson, 1993).

한편 국어교육에서는 이미 글쓰기를 사고력 개발의 주된 수단으로 활용하면서 글쓰기를 통해 비판력, 분석력, 종합력 등의 높은 수준의 사고력을 개발할 수 있다고 하였다(이재승, 2002). 또한 최근의 글쓰기 교육 동향인 과정중심 글쓰기 접근 방식은 글을 쓰는 과정에서 아이디어를 생성, 조직, 표현, 수정하는 것을 강조하고 있으며, 글쓰기 행위를 일종의 문제해결 행위로 간주하여 학생의 문제해결능력과 사고력을 기를 수 있다고 보고 있다(이호진, 2004). 이러한 배경으로 학생의 논리적, 비판적, 창의적 사고력을 평가하는 논술 시험이 대학입시에서 점점 큰 비중을 차지해가고 있다. 보통 논술이라고 하면 국어교과에만 국한된 평가라고 생각하는 경향이 크지만, 우리 생활과 밀접한 관련이 있는 과학기술을 소재로 하는 ‘과학논술’이라는 분야도 등장하였다. 이것은 더 이상 논술교육이 인문사회적인 접근뿐만 아니라 과학교육에서 논술을 위한 과학글쓰기 등과 같은 다양한 교수법이 요구됨을 의미한다.

따라서 본 연구는 과학적 사고력에 바탕을 둔 과학글쓰기 활동을 중심으로 하는 교수법을 개발하고, 그 교수법이 과학논술능력 향상에 얼마나 효과적인지를 알아보는 것이 목적이다. 이는 과학교육에 대한 사회적·시대적 요구인 학제적·간학문적 성격의 교수-학습 형태에 부응하고 과학수업시간에 과학교사들이 할 수 있는 과학논술 지도 방안을 제시하는 것이다.

본 연구의 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

- 첫째, 과학적 사고력을 요구하는 과학글쓰기 활동에는 어떤 것들이 있는가?
- 둘째, 과학글쓰기 활동을 통해 과학적 사고력이 길러질 수 있는가?
- 셋째, 과학글쓰기에 적합한 수업 모형은 무엇인가?
- 넷째, 과학글쓰기 수업 모형이 과학논술능력을 향상시키는가?

## II. 이론적 배경

### 1. 선행 연구

#### 가. 과학적 사고력

그동안 과학교육에서는 좁은 의미에서 과학적 사고력을 과학수업에서 인지된 문제를 해결하는 데 필요한 논리적 사고로 다루어왔다(구수정·박승재, 1997). 그러나 과학교육과 사회와의 상호연관성이 커짐에 따라 과학적 사고력은 형식화된 문제를 해결하는 데 필요한 능력이기 보다는 광범위한 문제에서 다양한 과학적 방법을 활용할 수 있는 능력으로서 그 의미가 전환되고 있다. 과학적 사고력에 관한 연구는 많은 과학교육학자들에 의해 이루어져 그 연구내용과 의견이 다양하다. 본 연구에서는 여러 연구에서 언급되고 있는 다음의 사고력들을 고려하여 과학적 사고력을 ‘과학에 관련된 개인과 사회의 문제를 해결하고 의사결정을 하는데 필요한 논리적·창의적·비판적 사고능력’으로 정의 내렸다.

#### 1) 논리적 사고력

Lawson은 과학적 사고를 귀납적, 연역적 추론의 원리에 맞춰서 논리적인 논제들을 평가하고 생성하는 과정이라고 보았다. 기존 연구에서 과학적 사고는 객관적 근거에 바탕을 둔 논리적 추리라 하여 논리적 사고로 해석되었다(Martin, 1997). 논리적 추리는 근거를 바탕으로 결론을 유도하는 과정, 현상의 원인을 설명하고 예측하는 과정, 가설을 검증하는 과정에 적용되는 것으로서 귀납적·연역적·가설-연역적 추리가 포함된다. 논리적 사고로 해석되는 과학적 사고에는 귀납적 사고, 연역적 사고, 가설-연역적 사고가 포함된다.

#### 2) 비판적 사고력

과학과 사회와의 관련성이 증대되면서 본격적으로 논의되기 시작한 과학적 사고력이 비판적 사고력이다. Ennis(1985)는 비판적 사고력을 ‘무엇을 믿어야 할지 혹은 해야 할지 결정하는 일에 있어서 중점적으로 사용되는 합리적, 반성적 사고’라 정의하였다. 과학적 소양인에게 요구되는 능력 가운데 ‘의사결정 과정에서 여러 대안 중 합리적인 것을 선택하고 새로운 선택을 제시하며, 입장을 결정하는 능력’이 비판적 사고에 해당된다(구수정·박승재, 1997).

#### 3) 창의적 사고

창의성은 새롭고 기발하면서도 유용하고 적절한 아이디어를 만들어 낼 수 있는 능력이다. 달리 말하면 지금과 ‘다른’, 지금보다 ‘더 나은’, 지금에서 ‘새롭게 가능한’ 대안을 생성해 내

는 데 필요한 능력이라 할 수 있다(김영채, 1998).

유창성·융통성·독창성·정교성으로 설명되는 발산적 사고와 비유적 사고, 창발적 사고가 창의적 사고력에 포함될 수 있다.

#### 4) 과학적 사고력에 영향을 주는 변인

과학적 사고력에는 학습자 변인 외에 가정변인, 학습 환경 변인 등이 영향을 미치며 학습자 변인 중에서는 학습자의 인지적 변인이 가장 많은 영향을 미친다고 한다(김영신·정완호, 2001). 과학적 사고력을 향상시키기 위한 구체적 방안에 관한 연구에는 Piaget의 인지발달을 근거로 행동→사고→언어의 과정을 적용한 교수·학습 방법을 개발해야 한다는 의견이 있으며(한중하, 1978), 과학적 사고력의 표현 도구로서 글쓰기를 활용하면 사고가 분명하고 정교해진다는 연구결과가 있다(Hodson, 1993).

#### 나. 과학글쓰기

국외에서 과학글쓰기는 평가의 역할을 넘어 과학학습의 한 방법으로서 관심이 증가하여 과학글쓰기를 통한 과학학습의 유용성에 대한 많은 연구가 다양한 관점에서 시행되었다. 과학수업에서 일어나는 글쓰기의 유형을 조사한 결과에 따르면 논리적, 사실적 내용을 전달하는 보고서 형식의 소통적(transactional)글쓰기가 92%를 차지하고 있으며(Davies, 1984), Wellington & Osborne(2001)은 과학교육에서 읽고 쓰는 능력에 대해 교사의 무관심과 학생이 겪는 어려움을 지적하면서, 과학글쓰기에 친숙해질 수 있도록 상상이나 허구를 활용한 픽션 형식의 이야기식 글쓰기(narrative writing)를 제안하고 있다.

국내에서는 정혁(2003)이 과학글쓰기 형태를 ‘사실적 쓰기’와 ‘상상적 쓰기’로 구분하여 이에 맞는 과제를 설계하여 학생에게 적용했을 때 나타나는 특성을 개념적 측면과 정서적 측면에서 분석한 연구가 있다. 또한 과학글쓰기 활동이 초등학생의 선행개념과 오개념 확인에 효과가 있음을 보인 연구결과도 있다(이호진, 2004).

학생들의 글쓰기 과제를 분석한 Keys(1999)의 연구에 따르면 학생들은 글쓰기를 통한 문제해결 과정에서 과학적 사고력인 추론을 사용하고 있으며, 글쓰기를 통해 과학적 사고력을 확장했다. 또한 제7차 교육과정 중학교 과학교과서에 이미 다양한 과학글쓰기 활동이 제시되어 있다는 연구결과도 있다(천재훈·손정우, 2004). 이 연구에 따르면 일반 글쓰기와 달리 과학글쓰기는 사고과정, 사고내용, 소재에 있어 차별성이 있음을 밝히고 있다. 사고과정은 논리적 사고력과 창의적 사고력이 더 많이 요구되고, 사고내용은 자기 자신, 타인, 사회에 초점을 두는 일반 글쓰기에 비해 자연현상에 초점을 둔다. 그리고 글의 소재는 과학적 사실이나, 법칙, 이론, 실험 데이터 등이 주로 쓰인다.

## 다. STS 수업모형

STS 교육에 관하여 과학교육학자들은 다양한 측면에서 정의를 내렸다. Hofstein (1988)은 ‘STS는 과학의 기술적, 사회적 환경 하에서 과학내용을 가르치는 것을 의미한다’라고 주장하였다. 미국의 NSTA(National Science Teachers Association)는 1991년에 발표한 성명서(position statement)에서 STS를 ‘인간의 경험적 맥락에서 과학을 가르치고 학습하는 것’이라고 정의했다. 이처럼 Hofstein과 NSTA가 정의한 내용을 살펴볼 때, STS 교육이란 학생들이 기술적·사회적 환경 하에서 직접 경험할 수 있는 상황에서의 과학교육을 의미한다고 할 수 있다.

STS 수업은 앞으로 학생들이 살아가는 과정에서 흔히 만날 수 있는 실제적이고 사회적인 문제와 이러한 문제를 해결할 수 있는 능력을 길러주는 것이다. 즉 학생들이 지역, 사회, 국가, 세계적 수준의 과학기술 관련 문제를 인식하고, 스스로 해결방안을 모색하게 하며, 책임 있는 의사결정을 하게 된다. 이러한 관점에서 만들어진 STS 수업 모형으로 대표적인 것은 미국의 Iowa chautauqua Program에서 사용된 ‘문제로의 초대 → 탐색단계 → 설명 및 해결방안 제시단계 → 실행단계’로 진행이 되는 Yager(1990)의 STS 수업모형이다. STS 수업모형과 관련된 연구는 대부분 이 수업모형을 바탕으로 조금씩 변형하거나 그대로 사용하고 있다(임길선·정완호, 2004). STS 수업모형의 과학성취도와 과학적 태도 향상 정도를 연구한 여러 논문의 결과는 과학성취도에서는 유의미한 효과가 없지만, 과학적 태도에는 유의미한 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(강순희·김은숙, 2005; 권용주·정완호·김영신, 1995; 조현순·정영란, 1995).

## 2. 과학논술

논술이란 어떤 문제에 대해 자신의 주장이나 의견을 내세우고 그것을 합리적으로 다른 사람에게 납득시키는 글쓰기이다. 해결해야 하는 과제 또는 주제를 논제라고 하는데 아직 확실히 밝혀지지 않았거나 참·거짓이 확정되지 않아 논쟁중인 문제를 논의의 대상으로 삼는다. 논술의 대상은 대체로 인간과 자연에 대한 근원적인 질문이거나 쟁점이다.

과학논술은 교과내용의 다양한 과학적 지식에 대한 정확한 이해를 요구할 뿐만 아니라 과학기술에 대한 폭넓은 시사적, 철학적 관심사를 주제로 삼고 있다. 과학논술 문제의 유형은 다양하지만 출제 빈도가 높은 것은 2가지 유형이다. 첫째, 교과과정 내의 과학적 지식을 묻는 것이다. 물리, 화학, 생물, 지구과학 전 영역에 걸쳐 다양한 소재의 문제가 출제된다. 대체로 답안을 쓰는 데 필요한 정보를 지시문으로 제공하고 있지만, 대부분 교과내용에 대한 이해 없이는 쓰기 어렵다. 둘째, 교과과정을 확대시킨 과학적 지식을 묻는 것이다. 과학의 본성이나 과학적 방법, 과학의 사회적 특성 등 교과과정 범위를 확대시킨 과학 교양서적이거나 과학 잡지를 많이 읽은 학생이 유리하다. 또 개별 과학이론 또는 개념을 철학적으로 접

근하는 경우도 있고 과학·기술의 사회적 성격, 과학기술자의 사회적 책임, 연구윤리, 의료·생명윤리 등도 다뤄진다.

### Ⅲ. 연구 방법

#### 1. 연구 절차

##### 가. 과학글쓰기 유형 조사 및 개발

과학적 사고력을 요구하는 과학글쓰기 유형을 찾기 위해 먼저 국어교육에서 제시하는 글쓰기 유형을 조사하여 18종을 찾았고(박완숙, 2002), 다음으로 과학교과서에 나타나는 글쓰기 유형 16종을 찾았으며(천재훈·손정우, 2004), 끝으로 국어교과서와 과학 관련 저작물에 나타나는 글쓰기 유형 5종을 추가로 찾았다. 그 결과 총 23종의 과학글쓰기 유형으로 정리 및 개발하였다.

〈표 1〉 과학글쓰기 유형

|                       |  |     |
|-----------------------|--|-----|
| 교과서 및 저작물 분석에서 조사한 유형 | 브레인스토밍을 활용한 글쓰기, 마인드맵을 활용한 글쓰기, PMI(Plus, Minus, Interesting)를 활용한 글쓰기, 은유를 통한 글쓰기, 상상하여 글쓰기, 묘사하여 글쓰기, 서사하여 글쓰기, 과학속담·사자성어 해석하는 글쓰기, 완성하는 글쓰기, 짧은 글 확장하여 글쓰기              | 10종 |
| 개발한 유형                | 관찰하여 글쓰기, 분류하는 글쓰기, 요약하여 글쓰기, 과학 원리로 해석하는 글쓰기, 문제 해결하는 글쓰기, 근거 찾아 쓰기, 그림·사진 설명하는 글쓰기, 표·그래프·수식 해석하는 글쓰기, 다양한 관점에서 글쓰기, 개념만화를 활용한 글쓰기, 대화문 완성하는 글쓰기, 과학오류 찾아 쓰기, 노래가사 바꿔 쓰기 | 13종 |

##### 나. 과학적 사고력 검사도구 개발

과학글쓰기 유형을 바탕으로 과학적 사고력을 요구하는 과학글쓰기 활동을 개발하였다. 개발된 활동들은 인지적 수준의 영향을 덜 받으면서 과학적 사고력을 활용해서 해결하는 형태가 되도록 개발되었다. 실제 과학글쓰기 지도를 받은 학생들의 과학적 사고력 향상에 효과가 있는지를 알아보기 위해 과학적 사고력 검사도구를 개발하였다(부록 1 참조). 이 도

구는 2005년 9월부터 2개월에 걸쳐 본 연구자와 과학글쓰기 연구에 참여한 2명의 대학원생이 함께 개발하였고, 중, 고, 대학생들을 대상으로 한 예비 검사를 통해 검사도구의 신뢰도를 높였다. 개발된 검사도구는 글쓰기 지도 전후에 실시하여 그 향상 정도를 확인할 수 있었다.

### 다. 과학글쓰기 수업모형 개발

과학글쓰기 활동 자료를 개발하고, 수업을 진행하면서 단계와 수업전략을 세울 수 있었다. 이러한 단계와 수업전략에 맞는 수업모형을 찾기 위해 여러 가지 과학과 수업모형을 분석하였고(정완호 외, 1997), 그 결과 STS 수업모형을 기본 모형으로 삼아 개발하였다.

### 라. 과학글쓰기 수업 실시

과학논술능력 향상 정도를 알아보기 위해 실제 수업에 투입될 제7차 교육과정 10학년 과학 물리 분야에 대한 과학글쓰기 수업자료를 개발하였다. 총 4종의 수업자료를 개발하였으나, 연구에 사용된 것은 ‘운동량과 충돌’ 단원 1종으로 ‘문제로의 초대 → 탐색 → 적용’의 세 단계에 걸친 글쓰기 활동으로 구성된다(부록 2 참조).

### 마. 과학논술능력 검사도구 개발

기존에 출제된 과학논술 문항의 유형을 분석한 후, 과학논술능력을 검사하기 위한 문항을 개발하였다. 이 검사도구는 2006년 3월부터 2개월에 걸쳐 본 연구자와 과학글쓰기 연구에 참여한 2명의 대학원생이 함께 개발하였고, 대학생들을 대상으로 한 예비 검사를 통해 검사도구의 신뢰도를 높였다. 개발된 검사도구의 문항은 논제를 충분히 숙지할 수 있는 단문의 논술 문제와 전체 내용을 아울러는 장문(800자 이내)의 논술문제로 구성되었다(부록 3 참조).

### 바. 결과 분석

과학적 사고력 검사 결과는 Toolmin의 논리적 접근법(1958)<sup>1)</sup>을 응용한 채점 도구를 통해 분석하였는데, 사전·사후 검사 결과를 바탕으로 과학적 사고력 향상 정도를 확인할 수 있었다. 과학논술 검사 결과는 일반적인 논술에서 사용하는 채점 기준을 참조하여 개발한 과학논술 채점 기준에 의해 채점되었다. 채점은 연구자 외에 과학교육학 박사 1명과 대학원생 2명이 실시하였다.

1) 툴민의 논리적 접근법은 지금까지 학생의 과학적 사고력을 검사하는 도구로서 뿐만 아니라 오늘날 과학교육에서 중요시 되고 있는 논쟁과 토론에서의 평가도구로 사용되고 있고, Data, Claim, Warrant, Qualifier, Rebuttal and Backing의 다섯 가지 요소로 구성되어 있다.

## 2. 연구 대상

과학글쓰기 활동이 과학적 사고력을 향상시키는지 확인하기 위해서 마산의 G중학교 1학년 남학생 8명을 대상으로 하였다. 이들은 과학적 사고력에 영향을 주는 인지적 변인을 고려하여, 105명의 학생들 중에서 사전검사의 글쓰기에 적극성을 보인 국어와 과학 성적이 80점 이상인 학생들이다.

실제 과학수업에 적용된 과학글쓰기 수업 모형이 과학논술능력에 향상시키는지 확인하기 위해서 창원외 J고등학교 1학년 2개 학급 70명으로 실험반 35명, 통제반 35명을 대상으로 하였다.

## 3. 실험 설계

### 가. 과학적 사고력 향상

2005년 10월에 과학적 사고력 사전검사를 실시하고, 중학교 과학교사인 대학원생 1명이 과학글쓰기 활동 지도를 10일간 한 후 사전검사와 동형의 도구로 사후검사를 실시하였다. 검사에는 60분이 주어졌고, 지도는 1일 90~120분가량 이뤄졌다. 여기에서 교사는 과학적으로 사고하는 방법을 중점적으로 지도하기 위해, <표 2>와 같은 글쓰기 활동을 학생들이 직접 하도록 하였다. 그리고 학생들의 글쓰기 결과에서 부족한 점들에 대해 피드백을 제공하였다.

<표 2> 학생들에게 지도한 과학글쓰기 유형

| 과학적 사고력의 활용         | 유형              |
|---------------------|-----------------|
| 귀납적 사고력을 활용한 글쓰기 활동 | 관찰하여 글쓰기        |
|                     | 분류하여 글쓰기        |
|                     | 요약하여 글쓰기        |
| 연역적 사고력을 활용한 글쓰기 활동 | 과학 원리로 해석하는 글쓰기 |
|                     | 문제 해결하는 글쓰기     |
|                     | 근거 찾아 쓰기        |
| 비판적 사고력을 활용한 글쓰기 활동 | 다양한 관점에서 글쓰기    |
|                     | PMI를 활용한 글쓰기    |
|                     | 개념만화를 활용한 글쓰기   |
| 창의적 사고력을 활용한 글쓰기 활동 | 은유를 통한 글쓰기      |
|                     | 상상하여 글쓰기        |
|                     | 짧은 글 확장하여 글쓰기   |



과학적 사고력 검사 문항은 교사가 학생의 사고기능을 발달시키기 위해 의도적이고 전략적으로 사용하는 질문의 형태를 응용해서 개발하였다(김찬중·채동현·임채성, 1999). 검사 도구의 사고력 별 검사 문항은 <표 3>과 같다.

<표 3> 과학적 사고력 검사 문항

| 과학적 사고력 | 질문 유형            | 질문 내용 / 검사 문항   |
|---------|------------------|---|
| 귀납적 사고력 | 인지적 질문<br>수렴적 질문 | 단순한 지식을 묻는 문제   |
|         |                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ~을 분류하는 글을 쓰시오.</li> <li>• 주어진 자료를 요약하여 주제를 적으시오.</li> </ul> |
| 연역적 사고력 | 수렴적 질문           | 원인과 결과를 묻는 문제   |
|         |                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ~을 뒷받침하는 근거들을 쓰시오.</li> <li>• ~대하여 예측하는 글을 쓰시오.</li> </ul>   |
| 비판적 사고력 | 평가적 질문           | 자신의 견해를 묻는 문제   |
|         |                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ~에 대한 자신의 입장을 정하고 그 입장에서 자신의 의견을 글로 쓰시오.</li> </ul>          |
| 창의적 사고력 | 확산적 질문           | 일어나지 않은 상황을 예측하여 답하는 문제   |
|         |                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 만약 ~한다면 어떤 일이 일어날까?</li> </ul>                               |

## 나. 과학논술능력 향상

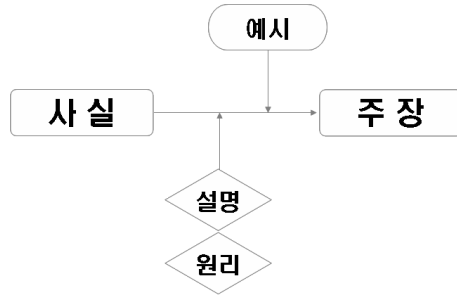
2006년 3월부터 4월까지 연구 대상으로 지정된 실험반과 통제반 학생들에게 과학적 사고력 검사를 실시하여 동일 집단 여부를 확인하고, 고등학교 과학교사인 대학원생 1인이 ‘운동량과 충돌’에 관한 일반 수업을 진행하였다. 그리고 실험반만 과학글쓰기 수업을 한 후, 실험반과 통제반 모두에게 2006년 5월 5일에 과학논술능력 검사를 실시하였다. 과학글쓰기 수업에서 교사는 수업자료를 배부하고, 시간에 맞춰 단계를 진행할 수 있게 안내하며, 글쓰기 내용과 관련된 일체의 질문을 받지 않았다. 그러나 수업이 끝난 후에 활동지에 기술된 글쓰기 결과에 대한 피드백을 학생들에게 제공하였다. 피드백은 과학적 사고력 검사의 채점 방식과 동일한 맥락에서 부족한 점들을 지적하였다.

## 4. 채점도구

### 가. 과학적 사고력 검사

과학적 사고력에 대한 통합적인 관점에서 그 향상 정도를 분석하기 위하여 [그림 1]과 같은 5가지 요소가 학생들이 쓴 결과물에 나타나는지를 채점하였다.

일반적으로 학생들은 과학적 사고력을 활용하여 글을 쓰거나 답변을 할 때 과학적 ‘사실(근거)’을 바탕으로 ‘주장(주제)’을 내세운다. 이 때 사실과 주장 사이를 이어주는 ‘설명’과 설명에 대한 과학적 ‘원리’를 제시하여 주장을 강조하고, ‘예시 또는 부연(강화)’을 덧붙여 자신의 의견을 확실하게 주장하게 된다.



[그림 1] 과학적 사고력 검사 채점 요소

### 나. 과학논술능력 검사

과학논술 채점 기준은 <표 4>에 나타난 바와 같이 과학내용, 과학적 사고, 과학적 표현의 3가지로 나누었지만, 과학적 사고의 비중을 높여 과학적 논리성을 위주로 평가하였다.

<표 4> 과학글쓰기 채점 기준

|                 |       |    |   |
|-----------------|-------|----|---|
| 과학 내용<br>(30%)  | 채점 기준 | C1 | 내용의 정확성 : 언급된 내용에 과학적 오류는 없는가   |
|                 |       | C2 | 소재의 관련성 : 주제에 맞는 소재를 사용하는가  |
|                 |       | C3 | 주제 파악 : 글쓰기 주제의 핵심과 본질에 초점을 맞춰 논의 하는가   |
|                 | 배점    |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 각 문항별로 최상(A), 상(B), 중(C), 하(D) 4등급으로 채점</li> <li>• A-10점, B-9점, C-8점, D-7점</li> <li>• 최고점 30점, 최하점 21점</li> </ul>    |
| 과학적 사고<br>(60%) | 채점 기준 | T1 | 주장-근거 : 과학적 ‘사실(근거)’를 바탕으로 ‘주장(주제)’을 내세우는가  |
|                 |       | T2 | 설명-원리 : 사실과 주장 사이를 이어주는 ‘설명’과 설명에 대한 과학적 ‘원리’를 제시하여 주장을 강조하는가   |
|                 |       | T3 | 부연 : ‘부연(강화)’을 덧붙여 자신의 의견을 확실하게 주장하고 있는가  |
|                 | 배점    |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 각 문항별로 최상(A), 상(B), 중(C), 하(D) 4등급으로 채점</li> <li>• A-20점, B-18점, C-16점, D-14점</li> <li>• 최고점 60점, 최하점 42점</li> </ul> |
| 과학적 표현<br>(10%) | 채점 기준 | E1 | 용어선택의 타당성 : 문맥에 맞는 용어를 선택하였는가   |
|                 |       | E2 | 문장의 정확성과 효율성 : 어법과 표기법에 맞는 문장으로 표현되었는가  |
|                 | 배점    |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 각 문항별로 최상(A), 상(B), 중(C), 하(D) 4등급으로 채점</li> <li>• A-5점, B-4점, C-3점, D-2점</li> <li>• 최고점 10점, 최하점 4점</li> </ul>      |

## IV. 연구 결과

### 1. 과학적 사고력을 요구하는 과학글쓰기 유형

과학적 사고력의 네 가지 범주별 과학글쓰기 유형은 총 23종이며, 그 분류는 <표 5>에 제시하였다.

<표 5> 과학적 사고력을 요구하는 과학글쓰기 유형

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 귀납적 사고력 | 관찰하여 글쓰기, 분류하는 글쓰기, 요약하여 글쓰기, 묘사하여 글쓰기, 서사하여 글쓰기  | 5종 |
| 연역적 사고력 | 과학 원리로 해석하는 글쓰기, 문제 해결하는 글쓰기, 근거 찾아 쓰기, 그림·사진 설명하는 글쓰기, 표·그래프·수식 해석하는 글쓰기, 완성하는 글쓰기, 과학속담·사자성어 해석하는 글쓰기 | 7종 |
| 비판적 사고력 | 다양한 관점에서 글쓰기, PMI를 활용한 글쓰기, 개념만화를 활용한 글쓰기, 대화문 완성하는 글쓰기, 과학오류 찾아 쓰기                                     | 5종 |
| 창의적 사고력 | 은유를 통한 글쓰기, 상상하여 글쓰기, 짧은 글 확장하여 글쓰기, 마인드맵을 활용한 글쓰기, 노래가사 바꿔 쓰기, 브레인스토밍을 통한 글쓰기                          | 6종 |

### 2. 과학글쓰기 활동을 통한 과학적 사고력 향상 정도

과학적 사고력 채점도구를 통해 분석한 결과가 <표 6>에 제시되어 있다. 표 안의 숫자는 과학적 사고력 검사 답변에 각 요소들이 나타난 횟수를 의미한다. 이는 학생의 과학적 사고력을 각 범주 별로 분석하지 않고 과학적 사고력 전체의 합계로 나타낸 것이다. 그리고 이 결과는 10일간의 지도를 통해 습득할 수도 있는 글쓰기 기법의 영향을 전혀 고려하지 않았다.

[그림 2]는 과학글쓰기 활동을 통해 사고력이 향상된 구체적 사례의 하나이다. 제시된 사전검사와 사후검사의 글쓰기 결과를 비교해보면, 사전검사에서 학생은 주장 1회, 사실 1회만을 제시하고, 설명이나 원리, 부연의 요소는 제시하지 않고 있다. 그러나 사후검사에서는 주장 1회, 사실 2회, 부연 1회를 제시하고 있다.

이와 같이 학생들의 모든 글쓰기 결과를 살펴보면 사전검사에 비해 사후검사에서는 사실, 설명, 주장의 제시 횟수가 증가하였고, 사전검사에서는 거의 나타나지 않던 부연 요소가 사후검사에서는 거의 모든 학생에게 나타나고 있음을 확인할 수 있었다. 대부분의 학생들이 고

르게 향상되었으며(평균=+4.5), 과학적 사고력 요소들 중에서는 설명요소(+11)가 가장 많이 향상되었음을 알 수 있었다.

〈표 6〉 과학적 사고력 검사 결과

| 과학적 사고 | 사전검사 결과 |    |    |    |    | 사후검사 결과 |    |    |    |    | 향상 정도 |     |    |     |    |     |
|--------|---------|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|-------|-----|----|-----|----|-----|
|        | 사실      | 설명 | 원리 | 부연 | 주장 | 사실      | 설명 | 원리 | 부연 | 주장 | 사실    | 설명  | 원리 | 부연  | 주장 | 합계  |
| 학생 A   | 2       | 1  | 0  | 1  | 4  | 3       | 3  | 0  | 3  | 4  | +1    | +2  | 0  | +2  | 0  | +5  |
| 학생 B   | 3       | 1  | 0  | 0  | 3  | 4       | 2  | 0  | 0  | 4  | +1    | +1  | 0  | 0   | +1 | +3  |
| 학생 C   | 4       | 3  | 0  | 0  | 1  | 4       | 4  | 0  | 2  | 4  | 0     | +1  | 0  | +2  | +3 | +6  |
| 학생 D   | 3       | 1  | 0  | 0  | 4  | 4       | 4  | 0  | 1  | 4  | +1    | +3  | 0  | +1  | 0  | +5  |
| 학생 E   | 3       | 2  | 0  | 0  | 3  | 4       | 3  | 0  | 1  | 4  | +1    | +1  | 0  | +1  | +1 | +4  |
| 학생 F   | 3       | 2  | 0  | 0  | 4  | 4       | 3  | 0  | 2  | 4  | +1    | +1  | 0  | +2  | 0  | +4  |
| 학생 G   | 4       | 1  | 0  | 0  | 1  | 4       | 3  | 0  | 1  | 4  | 0     | +2  | 0  | +1  | +3 | +6  |
| 학생 H   | 4       | 3  | 0  | 0  | 3  | 4       | 3  | 1  | 1  | 4  | 0     | 0   | +1 | +1  | +1 | +3  |
| 합계     | 26      | 14 | 0  | 1  | 23 | 31      | 25 | 1  | 11 | 32 | +5    | +11 | +1 | +10 | +9 | +36 |
|        | 64      |    |    |    |    | 100     |    |    |    |    |       |     |    |     |    |     |

(비판적 사고력 검사문항)  
 카트리나와 같은 초강력 허리케인이 인재인지, 자연재해 인지에 대한 자신의 입장을 정하고 그 입장에서 초강력 허리케인에 대한 글을 써보자.

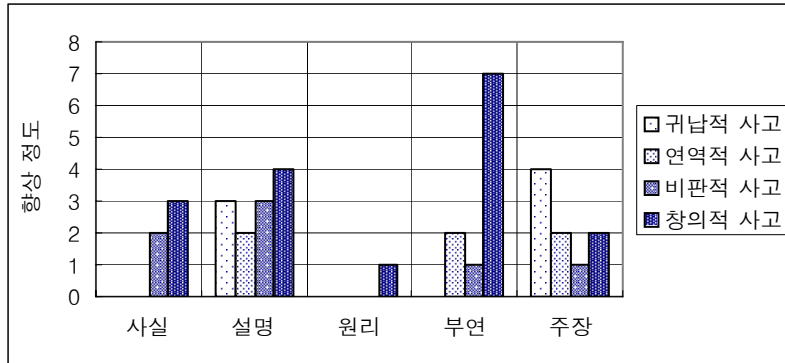
(사전검사)  
 카트리나와 같은 초강력 허리케인이 인재이다(**주장**). 그 이유는 지구 온난화에 의한 자연의 변화로 초강력 허리케인의 위력이 증가하여 그렇다(**사실**).

(사후검사)  
 초강력 허리케인은 인재라고 생각한다(**주장**). 공업의 발달로 인한 환경오염이 오존층의 파괴를 일으켰고(**사실**), 그것이 지구온난화를 일으켜 허리케인의 위력이 증가한 것이다(**사실**). 또 미리 대비했다면 충분히 피해를 줄일 수 있었는데(**부연**) 그렇지 못한 것은 사람의 잘못된 것이다.

(그림 2) 과학적 사고력 검사 채점 예시

과학적 사고력의 네 범주인 귀납적 사고력, 연역적 사고력, 비판적 사고력, 창의적 사고력 별 향상정도를 분석한 내용은 [그림 3]과 같다. 귀납적 사고력의 경우 주장의 제시 횟수가 증가하였으며 사실과 주장을 잇는 설명도 증가하였다. 연역적 사고력에서는 사전검사에서는 사용하지 않았던 설명과 부연을 제시하고 있으며 주장의 제시도 증가하였다. 비판적 사고력의 경우 학생들은 대부분 사전검사에서 사실, 설명, 원리의 제시 없이 주장만을 내세웠는데 이는 학생들이 다양한 근거를 들어서 비판하는 것에 익숙하지 못함을 보여주는 결과이다.

그러나 글쓰기 활동 훈련 결과 사후검사에서는 주장을 뒷받침하는 사실과 설명, 부연을 제시하는 횟수가 증가하였다. 과학글쓰기 활동을 통해 가장 많은 향상을 보인 과학적 사고력 범주는 창의적 사고력이다. 특히 부연과 설명의 제시에 있어서 모든 학생이 두드러진 향상을 보였다. 또한 사후검사에서는 사실과 설명만을 나열하는 데 그치지 않고 창의적 사고력을 활용하여 자신의 주장도 보이고 있었다.



(그림 3) 과학적 사고력 범주별 향상 정도

### 3. 과학글쓰기 수업 모형

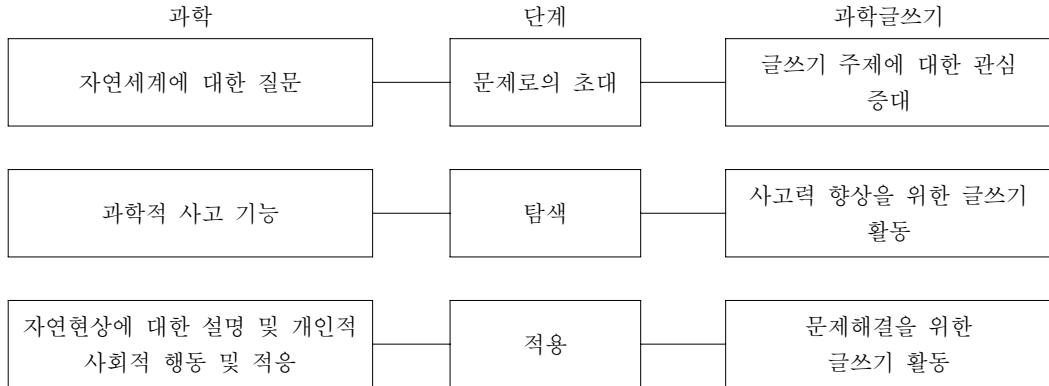
과학글쓰기 수업의 도입 단계는 주변에서 경험할 수 있는 상황 속에서 과학적 원리를 저차원에서 고차원 순으로 질문하는 형태로 구성되기 때문에 STS 수업모형의 첫 단계와 일치한다. 그리고 귀납적 사고력, 연역적 사고력, 비판적 사고력, 창의적 사고력을 활용한 다양한 글쓰기로 문제 상황에 대해 집중적으로 사고하는 탐색 활동을 하게 된다. 끝으로 두 개 이상의 과학적 사고력을 포함한 문제해결과 관련된 구체적인 방안을 내세우거나 주장하는 적용 단계가 이어진다. 이와 같은 수업의 형태는 Yager(1990)의 STS 수업 모형과 유사하기 때문에 [그림 4]와 같이 ‘문제로의 초대 → 탐색 단계 → 적용 단계’의 3단계로 변형할 수 있다.

‘문제로의 초대’ 단계는 그 단원의 내용을 실생활과 연관시켜 이끌어 낼 수 있도록 과학적 사고력 검사 도구에서 사용한 4단계 질문으로 구성하였다.

‘탐색’ 단계는 과학적 사고력에 따른 과학글쓰기 유형의 활동을 학생들이 직접 글쓰기를 하도록 구성하였다.

‘적용’ 단계는 문제해결과 관련된 소재를 중심으로 글쓰기 활동 2가지를 제시하고, 학생들은 그 중 한 가지만을 택해서 글쓰기를 하도록 구성하였다. 과학글쓰기 수업에서 교사는 시

간에 맞추어 활동지를 배부하고 일체의 질문을 받지 않지만, 수업 후에 피드백을 활동지에 기록하여 제공한다.



(그림 4) 과학글쓰기 수업 모형의 단계

#### 4. 과학글쓰기 수업 모형에 따른 과학논술능력 향상 정도

##### 가. 실험반과 통제반의 동질성

실험반과 통제반 학생들이 응답한 과학적 사고력 검사지를 각 사고력별로 주장, 사실, 설명, 원리, 부연이 모두 나타나면 5점, 하나씩 누락될 때마다 1점씩 감점하여 채점한 결과를 <표 7>에 나타내었다.

<표 7> 실험반과 통제반의 과학적 사고력 검사 결과

|         | 실험반       |           |           |           |             |      |           | 통제반       |           |           |            |      |       |      | t | p |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------|-------|------|---|---|
|         | 귀납<br>(5) | 연역<br>(5) | 비판<br>(5) | 창의<br>(5) | 합계<br>(20)  | 분산   | 귀납<br>(5) | 연역<br>(5) | 비판<br>(5) | 창의<br>(5) | 합계<br>(20) | 분산   |       |      |   |   |
| 과학적 사고력 | 1.51      | 1.60      | 1.91      | 1.51      | <b>6.54</b> | 5.02 | 1.8       | 1.34      | 2.09      | 1.37      | <b>6.6</b> | 5.72 | -0.10 | 0.46 |   |   |

실험반, 통제반의 대부분 학생들이 주장, 사실(근거)에 대해서는 표현을 하는 반면, 논리적으로 설명하거나 자신의 주장을 더욱 더 확실하게 하는 과학 원리나 부연은 잘 표현하지 않는 것을 확인할 수 있었다. t-검정 결과 유의수준 5%에서 두 집단 간 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났으므로, 두 집단은 과학적 사고력 중심의 과학글쓰기 능력에서는 동질성을 가진 집단임을 확인할 수 있었다.

## 나. 과학논술능력 검사 결과

학생들이 응답한 과학논술능력 검사지는 <표 8>에 나와 있는 것처럼 과학내용, 과학적 사고력, 과학적 표현의 세 부분으로 나누어 각각 채점한 후 전체 합계를 구하여 분석하였다.

<표 8> 과학논술능력 검사 채점 결과

| 영역      | 통제반 |       |       | 실험반 |       |       | t    | p     |
|---------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|------|-------|
|         | 인원  | 평균    | 분산    | 인원  | 평균    | 분산    |      |       |
| 과학내용    | 35  | 25.1  | 8.93  | 35  | 25.4  | 5.96  | 0.52 | 0.30  |
| 과학적 사고력 |     | 45.89 | 9.40  |     | 50.46 | 18.37 | 5.23 | 0.00* |
| 과학적 표현  |     | 5.97  | 2.09  |     | 6.23  | 1.95  | 0.74 | 0.23  |
| 총점      |     | 77.0  | 45.38 |     | 82.2  | 58.89 | 3.22 | 0.00* |

\* p<0.01

t-검정 결과 유의수준 1%에서 과학내용, 과학적 표현에서 두 집단 간 유의미한 차이가 없었고, 과학적 사고력 부분에서는 두 집단 간 유의미한 차이가 존재하였다.

## 다. 과학논술능력 향상 정도

과학글쓰기 수업이 과학적 사고력 향상에 유의미한 효과가 있는지를 알아보기 위해 사전에 실시된 과학적 사고력 검사를 공변인으로 하고, 사후에 실시된 과학논술능력 검사를 비교하는 공변량 분석을 하였다.

<표 9> 과학논술능력 검사 분야별 공변량 분석 결과

|            | 변량원  | SS       | df | MS      | F      | p     |
|------------|------|----------|----|---------|--------|-------|
| 과학<br>내용   | 공변인  | 3.641    | 1  | 3.641   | .485   | .488  |
|            | 주효과  | 1.792    | 1  | 1.792   | .239   | .627  |
|            | 오차   | 502.474  | 67 | 7.500   |        |       |
|            | 수정합계 | 507.843  | 69 |         |        |       |
| 과학적<br>사고력 | 공변인  | .515     | 1  | .515    | .037   | .849  |
|            | 주효과  | 366.001  | 1  | 366.001 | 25.985 | .000* |
|            | 오차   | 943.713  | 67 | 14.085  |        |       |
|            | 수정합계 | 1309.943 | 69 |         |        |       |
| 과학적<br>표현  | 공변인  | 4.891    | 1  | 4.891   | 2.478  | .120  |
|            | 주효과  | 1.217    | 1  | 1.217   | .617   | .435  |
|            | 오차   | 132.252  | 67 | 1.974   |        |       |
|            | 수정합계 | 138.300  | 69 |         |        |       |

\* p<0.01

과학적 사고력뿐만 아니라 과학내용, 과학적 표현 분야까지 분석한 결과를 <표 9>에 나타내었다. 그 결과 실험반이 통제반에 비해 통계적으로 유의수준 1%에서 과학적 사고력 분야에서만 유의미한 효과를 나타내었다. 이로부터 과학글쓰기 수업은 과학논술능력의 가장 높은 비중을 차지하는 과학적 사고력을 향상시키는 데 효과적임을 알 수 있었다.

## V. 결론 및 토의

과학적 사고력에 바탕을 둔 과학글쓰기 교수법을 개발하고, 그 교수법이 과학논술능력 향상에 얼마나 효과적인지를 알아본 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 과학적 사고력을 요구하는 과학글쓰기는 총 23종의 유형으로 분류되었다. 귀납적 사고력을 요구하는 글쓰기 유형 5종, 연역적 사고력을 활용한 글쓰기 활동 7종, 비판적 사고력을 활용한 글쓰기 활동 5종, 창의적 사고력을 활용한 글쓰기 활동 6종이다.

둘째, 과학적 사고력을 요구하는 과학글쓰기 활동은 학생의 과학적 사고력 향상에 효과가 있었다. 학생들은 사전검사에서 사실과 주장만으로 답변하던 모습과 달리 사후검사에서는 설명과 부연을 함께 제시하면서 답변하는 모습을 보였다. 또 사후검사에서 과학적 사고력을 확인할 수 있는 요소들인 사실, 설명, 원리, 부연, 주장의 제시 횟수가 전체적으로 증가하였다.

셋째, 과학글쓰기 수업모형으로 적합한 것은 STS 수업모형에 바탕을 둔 실생활 및 사회적 문제해결 중심의 수업모형이었다. 개발한 과학글쓰기 수업모형은 크게 ‘문제로의 초대 → 탐색 → 적용’의 3단계로 나눌 수 있고, 각 단계마다 과학적 사고력 중심의 글쓰기 활동이 제시되었다.

넷째, 과학논술능력 검사에서 과학글쓰기 수업을 받은 학생들의 과학적 사고력이 향상되어 전체적으로 과학논술능력이 향상되었음을 확인할 수 있었다. 이것은 과학글쓰기 수업을 하지 않은 학생들에 비해 교사의 피드백을 받은 학생들에게 당연한 학습의 효과가 나타난 것에 기인한다. 그리고 과학논술에서 가장 큰 비중을 차지하는 과학적 사고력이 향상되었기 때문에 과학논술능력이 향상되었다고 보았다.

본 연구의 결론을 통해 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 실험 대상자를 넓혀 과학글쓰기 활동 및 수업이 과학적 사고력과 과학논술능력 향상에 효과가 있는지를 검증할 필요가 있다. 본 연구에서 과학적 사고력 향상은 8학년 남학생 8명을 대상으로, 과학논술능력 향상은 10학년 남학생 35명을 대상으로 실시하여 그 결과를 일반화시키기에는 무리가 있다. 또한 실험대상자들의 학습·심리·사회적 변인들에 대한 고찰을 통하여, 본 연구 결과에 나타난 과학적 사고력과 과학논술능력의 향상이 과학글쓰기



만으로 나타난 결과인지 다른 변인에 의한 영향인 지를 확인해 보아야 한다.

둘째, 현재 분류된 23가지 유형에 맞는 더 많은 과학글쓰기 활동과 검사도구를 개발하여 그 효과의 일관성 여부를 검토해 볼 필요가 있다.

셋째, 과학교과의 단원별 특성에 맞는 과학글쓰기 수업모형과 수업자료를 개발하고, 실제 수업을 진행하여 학생들이 과학글쓰기 수업에 대해 긍정적인 생각을 갖도록 해야 한다. 이러한 글쓰기 수업의 횟수가 증가할수록 학생들이 글쓰기에 자신감을 보일 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- 강순희·김은숙(2005). 창의성의 기저가 되는 가설 연역적 사고력 신장을 고려한 과학교수인 STS 수업 전략의 효과-화학 I의 물 단원. **한국과학교육학회지**, 25(3), 327-335.
- 구수정·박승재(1997). 범주화 활동이 에너지·환경 쟁점에 대처하는 비판적 사고 개발에 미치는 영향. **한국과학교육학회지**, 17(2), 163-164.
- 권용주·정완호·김영신(1995). STS 프로그램이 중학생들의 과학에 관련된 태도에 미치는 효과. **한국과학교육학회지**, 15(3), 303-309.
- 김영신·정완호(2001). 과학적 사고력 발달에 영향을 미치는 변인의 회귀분석 결과. **한국과학교육학회지**, 21(4), 710-714.
- 김영채(1998). **사고력; 이론, 개발과 수업**. 서울: 교육과학사.
- 김찬중·채동현·임채성(1999). **과학교육학개론**. 서울: 북스힐.
- 박완숙(2002). **창의성 계발을 위한 글쓰기 지도 방안 연구**. 석사학위논문, 전남대학교.
- 임길선·정완호(2004). 과학영재교육을 위한 웹기반 STS 수업모형 개발 -생물교육을 중심으로-. **한국과학교육학회지**, 24(5), 851-868.
- 이재승(2002). **글쓰기 교육의 원리와 방법 -과정중심 접근-**. 서울: 교육과학사.
- 이호진(2004). **과학글쓰기에 나타나는 초등학생의 선행개념 및 오개념**. 석사학위논문, 이화여자대학교.
- 정완호 외(1997). **과학과 수업모형**. 서울: 교육과학사
- 정혁(2003). **물리 개념을 주제로 한 11학년 학생의 과학글쓰기 분석**. 석사학위논문, 서울대학교.
- 조현순·정영란(1995). STS 프로그램이 중학생들의 환경 문제에 대한 태도와 학업성취도에 미치는 효과. **한국과학교육학회지**, 15(3), 310-315.
- 천재훈·손정우(2004). 과학글쓰기에 나타난 창의적 사고기능의 유형 분석 -중학교 과학교과서를 중심으로-. **교육과정평가연구**, 7(2), 285-304.
- 한종하(1978). 과학적 사고. **과학교육연구논총**, 3(2), 31-39. 서울대학교 사범대학 과학교육연구소.
- Davies, F. & Greene, T. (1984). *Reading for learning in the sciences*. Edinburg: Oliver and Boyd.
- Ennis, R. (1985). Goals for a critical thinking curriculum. In A. Costa (ed), *Developing minds*. Alexandria, VA: ASCD Publications.
- Hodson, D. (1993). In science of a rationale for multicultural science education. *Science Education*, 77(6), 685-711.

- Hofstein, A. (1988). Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. *International Journal of Science Educatio*, 10(4), 357-366.
- Keys, C. W. (1999). Revitalizing instruction in scientific genres: connecting knowledge production with writing to learn in science. *Science Education*, 83, 115-130.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. New York: Academic Press, Inc.
- Martin, R. M. (1997). *Scientific thinking*. Ontario: Broadview Press.
- National Science Teachers Association (1982). *Science-technology-society: Science education for the 1980s*. Washington, DC: Author.
- Toolmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. New York: Cambridge University Press.
- Wellington, J. & Osborn, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham: Poer University Press.
- Yager, R. E. (1990). A rationale for using personal relevance as a science curriculum focus in schools. *School Science and Mathematics*, 89(2), 144-156.

• 논문 접수 : 2006년 10월 13일 / 수정본 접수 : 2006년 11월 15일 / 게재 승인 : 2006년 11월 27일

## 〈부록 1〉 과학적 사고력 검사도구

최근 미국 MIT대학 교수는 지난 50년 동안 있었던 태풍과 허리케인을 분석한 결과 실제로 점점 강력해졌다고 발표했다. 그리고 그 근본 원인은 지구온난화로 바다온도가 상승했기 때문이라고 지적했다. 해수면 온도가 0.5℃ 상승하면 태풍이나 허리케인의 위력이 약 두 배 증가한다는 것. 이 교수의 계산이 단순하다는 주장도 있지만 지구온난화가 태풍과 허리케인의 위력을 키우는 원인이라는 데 대부분 동의하고 있다. 태풍은 저위도의 많은 열을 고위도로 이동시킨다. 그런데 태풍이 북상하는 동안에도 해수면 온도가 높은 상태라면 따뜻한 수증기를 계속 공급받게 되어 세력이 약해지지 않는 것이다. 실제로 얼마 전 미국을 강타한 카트리나도 북상하던 도중에 세력이 극적으로 커졌다. 기상학자들은 카트리나가 이곳의 따뜻한 수증기에서 에너지를 더 얻어 훨씬 강력해진 것으로 분석하고 있다.

미국 국립해양대기청의 연구진들은 미래의 허리케인 세기를 예측한 결과를 발표했다. 연구진은 화석연료로 인해 이산화탄소가 증가한다면 기압은 떨어지고 바람과 비는 증가하며 해수면 온도가 상승하여 그 결과 5.5등급에 해당하는 허리케인이 발생할 것으로 예측했다. 연구진은 역시 그 원인을 이산화탄소 증가에 따른 해수면의 온도상승이라고 보았다. 서울대 해양연구소에서도 북반구의 해수면 온도는 1년에 평균 0.0220℃, 남반구는 0.0071℃씩 증가하고 있다고 한다. 우리나라 동해의 경우 해수면 온도 증가가 북반구 전체 평균보다 3.9배 높게 나타났으며 우리나라에도 초강력 태풍이 빈번할 것으로 예상된다고 우려했다. 연구진들은 ‘카트리나가 초강력 허리케인이긴 하지만 독이 무너지지 않도록 미리 예방을 제대로 했다면 피해가 훨씬 줄었을지 모른다.’고 주장했다. 실제로 뉴올리언스를 둘러싼 독이 무너질 가능성은 이미 제기되었고 독을 보수하기 위해 정부에서 예산도 신청된 상황이었다. 그러나 그 예산이 테러와의 전쟁에 밀려 절반으로 줄어들었다. 지구온난화가 부추긴 카트리나는 결국 미국에 ‘인재(사람이 만든 재앙)’라는 오점을 남겼다.

지구 평균기온은 1980년대 이후 급격한 증가를 보이고 있다. 초기의 기온 증가는 중 고위도에서 주로 나타났으나, 최근의 기온 증가는 지구 전체에 나타나고 있다. 우리나라에는 지난 13년간 지속적으로 따뜻한 겨울현상이 나타났고, 전 세계적으로 이상기후현상에 의한 자연재해도 급증하고 있다. 1860년 기상관측이 시작된 이래 가장 더웠던 14년이 최근 20년 중에 속해 있으며, 1998년에는 아시아지역을 비롯해 전 지구 연평균기온이 관측 이래 최고를 기록하는 고온 현상을 보였다.

2000년 7월 미국항공우주국(NASA)은 지구온난화로 그린란드 빙원이 녹아내려 지난 100년 동안 해수면이 약 23cm 상승하였다고 발표하였다. NASA 연구팀은 사이언스지에 게재한 논문에서 첨단 레이저 기술을 이용해 조사한 결과, 그린란드 빙원이 녹아 1년에 500억 톤 이상의 물이 바다로 흘러 해수면이 0.13mm씩 상승하고 있으며, 이에 따라 그린란드의 빙하 두께는 매년 2m씩 얇아지고 있다고 지적했다. 현 세기에만, 해수면의 상승은 10~20cm로 추정된다. 미래의 해수면 상승의 예상치는 적게는 (최상의 상태) 30~110cm, 많게는(최악의 상태) 6m이다.

[귀납적 사고] 위 글에서 지구온난화에 의해 나타나는 현상을 분류하고 이를 요약하여 글의 주제문을 적어 보자.

[연역적 사고] 위의 지문의 내용을 바탕으로 앞으로 50년 후 지구환경변화에 대하여 예측하는 글을 써 보자.

[비판적 사고] 카트리나와 같은 초강력 허리케인이 인재인지, 자연재해인지에 대한 자신의 입장을 정하고 그 입장에서 초강력 허리케인에 대한 글을 써 보자.

[창의적 사고] 위의 글과 다르게 지구 저온화 현상이 온다면 어떤 일을 겪게 될지 가능한 많이 적어 보자.

## 〈부록 2〉 과학글쓰기 수업자료

### 문제로의 초대

- 기억인지 질문: 운동량 보존 법칙을 쓰시오.
- 수렴적 질문: 똑같은 속력으로 달려오는 오토바이와 자동차 중 어느 것의 운동량이 큰가?
- 확산적 질문: 자동차 충돌 사고 때 충격을 완화시켜 주는 안전장치들이 있는데, 만약 그런 것이 없다면, 운전자의 상태는 어떻게 될지 쓰시오.
- 평가적 질문: H자동차 회사의 두 자동차 모델의 충돌시험 결과이다. 다음 표를 보고 두 자동차 중 하나를 선택하면 어떤 자동차를 선택할 것인지 그 이유를 설명하시오.

G=Good(최상의)    A=Acceptable(견딜만한)    M=Marginal(한계의)    P-Poor(형편없는)

|      | 정면충돌 | 측면충돌 | 후면충돌 | 좌석충격강도 |
|------|------|------|------|--------|
| 자동차A | G    | A    | P    | M      |
| 자동차B | A    | G    | M    | M      |

### 탐색활동

- 연역적 사고: 위 사진을 보고 알 수 있는 과학적 사실을 다음과 같은 용어가 들어가도록 표현하시오. [운동량, 충격량, 충돌시간, 속도] (사진 생략)
- 귀납적 사고: 다음 사진에 나오는 물체들의 용도와 공통점을 쓰시오. (사진 생략)
- 비판적 사고: 다음 글을 읽고 소비자의 입장에서 신차평가제도(NCAP)에서 나온 등급을 차의 안정성의 객관적 척도로 볼 수 있을 것인가에 대해 각자의 의견을 써보자.
- 창의적 사고: “에어백, 안전한 것만은 아니다.”라는 신문의 머리 기사를 바탕으로 하여 전체 기사 내용을 완성하는 글을 써보자.  
적용(설명, 해결방안, 실천)
- 연역적 사고 + 비판적 사고  
자신이 자동차의 설계자라면 운전자와 탑승자의 안전을 위해 어떤 성능을 갖춘 자동차를 만들 것인지 쓰시오.
- 비판적 사고 + 창의적 사고  
교통사고가 났을 경우 우리는 주로 운전자와 탑승자의 안전만 생각하기 쉽다. 하지만 보행자와 자동차 충돌사고도 꾸준히 일어나고 있으므로, 보행자의 안전을 위한 자동차 설계가 시급한 실정이다. 만약 자신이 설계자가 된다면 보행자의 안전을 위해 어떤 자동차를 만들 것인지 다음 글을 참조하여 구체적으로 쓰시오.

사람이 자동차와 충돌하게 되면 0.03초 만에 무릎 아래 다리가 꺾이고, 0.23초 뒤에는 온 몸, 특히 머리가 보닛과 앞 유리에 충돌하게 된다. 그래서 보행자가 입는 중상의 80%가 머리에 집중된다. 자동차 보닛 자체는 얇은 판금이어서 충격이 크지 않다. 문제는 그 아래 있는 엔진이다. 자동차 제작사들은 이 문제를 해결하기 위해 보닛과 엔진 사이에 최소 10cm의 공간을 두고 있지만, 보행자에게 가해지는 충격을 모두 흡수하기에는 무리였다. 그러나 충돌시 보닛이 올라가면 엔진과 보닛 사이의 공간이 훨씬 커질 뿐만 아니라 보행자의 머리가 자동차 앞 유리에 부딪히는 것도 막을 수 있다.

### 〈부록 3〉 과학논술능력 검사도구

#### 세 과학자들의 만남

아리스토텔레스와 필로포누스, 뉴턴이 타임머신을 타고 한 자리에 모였다. 오늘 이들은 ‘물체는 어떻게 운동을 하는가?’라는 주제를 가지고, 자신의 이론을 많은 사람들 앞에서 발표한다. 세 과학자의 입장을 차례대로 들어보자.

#### [아리스토텔레스의 설명]

예를 들어 돌을 위로 던져 올렸다고 생각해 봐. 당연히 얼마 후면 아래로 떨어지겠지. 그렇다면 왜 돌은 아래로 떨어질까? 내가 분명히 위로 던져 올렸는데 말이야.

모든 물질은 원래 장소로 되돌아가려는 성질을 가지고 있어. 세상의 모든 물체는 흙, 공기, 물, 불의 4가지 원소로 구성돼 있어. 흙으로 이루어진 돌이 땅으로 돌아가려는 운동을 하는 것은 자연스러운 운동이야.

땅위에 정지하고 있는 상태가 가장 자연스러운 상태라고 할 수 있어. 따라서 돌을 억지로 위로 던져 올리기 위해서는 손으로 힘을 줘야만 해. 그렇지만 얼마 후면 자연스럽게 아무런 힘을 가하지 않아도 땅으로 떨어지기 시작하지.

한 가지 더 말할게. 만약에 다른 모든 조건이 같다면 자연운동에서 속도는 물체의 무게에 비례하고 그것이 통과하는 매질의 밀도에 반비례해. 따라서 매질을 일정하게 유지하면서 물체의 무게를 두 배로 하거나, 또는 물체의 무게를 일정하게 유지하면서 매질의 밀도를 반으로 하면 물체의 속도는 두 배가 되겠지.

#### [필로포누스의 입장]

돌이 움직일 수 있는 것은 돌을 손으로 던졌을 때 손으로부터 기동력이 가해졌기 때문이야. 네가 돌을 던졌을 때 준 힘이 어디로 가겠어? 돌로 전해질 수밖에 없지. 다시 말해서 내 손으로부터 돌에 준 힘은 그 돌에 계속 남아 있게 되는 거야.

그 힘을 가지고 돌은 계속 운동해. 그렇지만 이 기동력은 자동차의 연료와 같이 점점 소모돼. 공기 중을 날아다니다 보면 당연히 마찰력도 생기고, 이러한 공기저항으로 힘은 점점 약해지겠지. 기동력이 다 소모되면 정지하게 되는 것이지.

위로 돌을 던져 올렸다고 생각해 봐. 처음에는 힘을 주어 던져 올렸기 때문에 돌의 속도가 빠르다가 공기와 부딪히면서 기동력을 잃어 점점 느려지지 않니? 그러다 기동력을 다 써버리면 결국 정지하면서 아래로 떨어지는 거지. 즉 물체가 위로 올라갈 때 물체는 움직이고 있는 위쪽으로 힘을 받고, 정지할 때는 힘이 0이 돼 잠깐 멈추었다가 아래 방향으로 자연스럽게 떨어지는 거야.

#### [뉴턴의 생각]

난 아리스토텔레스나 필로포누스와는 좀 달라. 돌을 위로 던져 올렸다고? 당연히 얼마 후면 아래로 떨어지지. 아리스토텔레스는 돌이 흙으로 돼 있기 때문에 아무런 힘이 작용하지 않아도 땅으로 떨어지는 것이 자연스러운 것이라고 했어. 또 필로포누스는 손으로부터 돌에 힘이 가해져서 그 힘이 점점 소모되다가 다 쓰면 아래로 떨어진다고 했어.

난 물체가 아무런 힘이 작용하지 않았음에도 땅으로 떨어진다는 사실에 동의할 수 없어. 물체가 아래로 떨어지는 이유는 지구가 물체를 잡아당기기 때문이야. 즉 중력이 작용하기 때문이지. 손에서 물체가 떠나는 순간 이 물체는 더 이상 사람에게 의해 힘을 받지 않아. 그렇다고 해서 이 물체는 전혀 아무런 힘도 받지 않을까? 그렇지 않아. 지구에 의해 지구 중심방향으로 중력이라는 힘을 받아. (참고 : 과학동아)

- (1) 세 과학자들의 생각을 요약·정리하시오.
- (2) 세 과학자들의 생각(주장)을 뒷받침할 수 있는 근거를 찾아 쓰시오.
- (3) 과학적 개념이 시간과 공간을 초월하는 절대적 진리였는지, 아니면 그 시대와 상황에 따라 발현한 상대적 진리였는지 자신의 의견을 쓰시오.(800자 이내)

## **ABSTRACT**

### A Science Writing Teaching Method Based on Scientific Thinking for Improving Scientific Essay Writing Ability

Jeong-Woo Son(Professor, Gyeongsang National University)

Modern science education is being moved away from the teaching of science knowledge to the improvement of students' scientific thinking. Thus, there is need for designing lessons to improve scientific thinking and understanding ways of implementing the lessons in a way of achieving an important aim of science education. This study introduces a science writing teaching method developed with a focus on scientific thinking and examines its effects on students' scientific essay writing ability. The results of the study suggest that students' scientific thinking has been improved by the use of a total of 23 science writing activities that included 5 inductive thinking skills-based activities, 7 deductive thinking skills-based activities, 5 critical thinking skills-based activities, and 6 creative thinking skills-based activities. A STS-based class model centered on practical and social problem solving was found to be most appropriate for teaching science writing. The study also found that science essay writing ability was improved more by those who took science writing lessons than by those who did not.

Key Words : science thinking, science writing, scientific essay writing ability

