

과학 글쓰기 활동을 통한 문제해결력 신장 방안에 대한 연구

박혜진 · 강순희*

이화여자대학교 과학교육과
(접수 2014. 9. 4; 게재확정 2014. 10. 28)

Study on Enhancement Problem Solving Ability through Science Writing Activities

Hyejin Park and Soonhee Kang*

Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea. *E-mail: shkang@ewha.ac.kr
(Received September 4, 2014; Accepted October 28, 2014)

요 약. 과학 글쓰기가 학생들의 문제해결력 향상에 영향을 주는지 알기 위해서 과학글쓰기 수업 모형(REWS 모형)을 개발하였다. REWS 모형은 네 단계로 이루어져 있으며 R단계는 읽기를 통해 과학적 문제를 인식하는 단계이며 E단계는 문제를 탐색하는 단계, W단계는 글쓰기를 통해 과학적 이해를 증명하는 단계이고 S단계는 통합적 문제해결 단계이다. 135명의 고등학교 1학년 학생들을 실험반과 비교반으로 나누고 실험반은 REWS 모형으로 수업을 하였고 비교반은 강의식 수업을 실시하였다. 수업은 34차시동안 진행하였다. 연구 결과를 보면 실험반과 비교반의 문제해결에 필요한 비판적 사고력 점수 차이가 통계적으로 유의미하였다($p < .05$). 즉 과학 글쓰기를 강조한 수업 전략은 학생들의 문제해결력에 긍정적인 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

주제어: 과학 글쓰기, 문제해결력, 비판적 사고력, 탐구사고력

ABSTRACT. The purpose of this study was to develop a teaching strategy focused on science writing and to investigate its effects on enhancing students' problem solving ability. A teaching strategy using science writing enhancing problem solving ability (REWS model) was designed. The REWE model consisted of four stages: 1) Sensing and Stating of Scientific Problem by Reading (R stage), 2) Exploring Problem (E stage) 3) Explaining by Writing (W stage), 4) Integrated problem-solving (S stage). 135 10th grade of students were assigned to one experimental group and one control group. Students in the experiment group were taught by REWE model. Students in control group were taught by traditional lecture-based instructions. The program was implemented over a semester. The results indicated that the experimental group presented statistically meaningful improvement in critical thinking necessary to solve problems ($p < .05$). This study suggests that science writing can be effective for improvement of problem solving ability.

Key words: Science writing, Critical thinking, Problem solving ability, Inquiry thinking skill

서 론

지식의 주기가 짧아지고 정보화 사회가 되면서 학교 교육도 학생들의 지식 습득보다는 지식을 상황에 따라 활용할 수 있도록 학생들의 능력을 키우는 방향으로 바뀌고 있다. 즉 학생들이 지식을 적절히 재구성하여 문제를 해결할 수 있도록 역량을 키우는 것에 관심을 가지고 되었다. 많은 나라들이 학생들이 미래 사회에서 필요한 역량을 기를 수 있도록 교육과정을 바꾸고 있으며 우리나라에서도 2015 개정 교육과정에서 이에 대한 논의를 활발하게 진행하고 있다. 과학에서 중요시하는 미래사회에 필요한 핵심역량으로는 창의적 문제해결력과 소통의 능력이다. 21세기 지식정보화 사회 구성원에게 요구되는

‘역량’, 즉 지식의 식생활 활용 능력을 읽기, 수학, 과학 영역으로 구분하여 3년마다 평가하는 국제협력개발기구(OECD)의 국제학업성취도 PISA(Programme for International Student Assessment)에서는 국제 사회의 최신 동향을 반영하여 새롭게 반영한 역량을 포함하여 개선된 평가틀을 토대로 2003년과 2012년에 문제해결력 평가를 실시하였고 2015년에도 협력적 문제해결력 평가를 실시할 예정이다.¹

과학에서 문제해결이란 의문을 가진 과학 현상에 관한 문제를 해결한다는 것뿐만 아니라 넓게 보면 과학과 연관된 사회, 윤리에 관한 여러 가지 문제를 해결한다는 의미이다.² 이를 위해 Bybee 등³은 해결할 문제를 확인하고, 문제를 세부적으로 나누고, 감정적 해결책에 관하여 토의하고 바람직한 해결책을 선정·평가하고 최종 해결책을 받

표하는 절차를 따르는 것이 바람직하다고 하였다. 이는 과학에서 탐구 방법으로 문제를 인식하고 여러 가지 가설들을 세워보고 이 중에서 합당한 한 가지 가설을 설정하고 이에 따라 실험 설계를 하고 여러 가지 자료를 해석하여 한 가지 결론에 도출하는 과정과 유사하다. Hassard와 Dias⁴는 많은 과학 교사들이 탐구 사고 요소를 문제해결의 요소를 받아들이고 탐구 사고력을 가르친다고 하였고, 강순희⁵는 과학적 문제 해결 과정을 과학적 탐구 과정으로 보고 문제 해결력은 과학에서 탐구 사고력이라고 보았다. 2009 개정 과학과 교육과정에서도 과학의 탐구 방법과 과정을 이해하고 이를 바탕으로 창의적 문제해결력을 길러야 한다고 명시하면서 탐구 과정과 문제해결 과정을 연관 지었고, 창의적 문제해결력을 기르는 방법의 하나로 글쓰기를 강조하였다.⁶

과학자들이 글쓰기를 통해 끊임없이 왜, 어떻게 그 현상이 일어났는지 다른 사람들과 토론하면서 자신의 과학 업적을 인정받으려고 하는 것처럼⁷⁻⁹ 학생들도 과학 수업에서 그 이유에 대해 사고하고 이를 다른 사람에게 설명할 수 있도록 경험하는 것이 중요하다.¹⁰ 학생들은 글을 쓰면서 현상이나 이유에 대해 자신의 생각을 끊임없이 점검하고 글을 통해 과학적 이해 정도를 증명할 수 있다. 학생들의 글쓰기 과정을 분석한 결과 문제 해결을 위하여 과학적 사고력인 추론을 사용하고 있고¹¹ 글쓰기 활동이 학생들의 탐구 사고력을 향상시킬 수 있다는 연구 결과도 많다.¹²⁻¹⁵ 과학의 탐구 과정에서 과학 글쓰기와 과학 학습이 통합될 수 있으며¹⁶, 배희숙 등¹³은 탐구 능력을 효과적으로 신장시키기 위해서는 개별 탐구 기능의 신장을 촉진시키는 맞춤형 글쓰기 훈련이 필요하다고 하였다. 손정우¹⁷는 중학생이 초등학생에 비해 과학 글쓰기를 통해 창의적 문제해결력이 더 향상된 이유로 문제해결을 측정하는 문항이 탐구 사고에 대한 문항이기 때문에 탐구 기능을 숙달한 중학생이 문제해결력이 높게 나타났다고 밝혔다. 즉 탐구 사고력과 문제해결력은 관련이 있음을 알 수 있다. 따라서 과학 탐구 기능을 신장시킬 수 있는 과학 글쓰기 훈련을 하고 실생활과 연결된 통합적 문제에 대한 글쓰기를 한다면 학생들의 문제해결력은 향상될 수 있을 것이다.

기존의 과학 글쓰기 모형을 보면 Keys 등¹⁸이 개발한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic, SWH)는 기존의 실험 보고서 형식과 달리 탐구 과정 중에 읽기, 쓰기, 말하기, 듣기 등의 언어적 작용을 체계적으로 적용한 과학 글쓰기 활동이다.¹⁹ 학생들이 스스로 과학적 증거를 찾고 의미를 파악하고 논의를 통해 글쓰기를 해가면서 개념을 획득할 수 있으며 의문 만들기, 실험 설계 및 수행, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성의 6단계로 구성되어 있다. 김홍집²⁰의 과학

비평 수업모형은 학생들이 부담스러워하는 긴 과학 글쓰기 대신 비평을 통해 학생들의 과학적 사고력과 의사소통 능력을 향상시킬 수 있는 방안을 모색하였다. 비평이란 관찰이나 텍스트의 자료를 통해 관찰된 내용을 설명하고 이에 대한 자신의 주장을 펼쳐 나가는 과정이라고 정의하였고, 과학 비평 수업 모형은 관찰하기·읽기→설명하기→비평하기 단계로 구성되어 있다. 과학 비평 수업은 관찰하기·읽기를 통해 개념을 파악하고 구체화하도록 하였고 마지막에 비평하기를 통해 과학적 현상에 대해 가치 판단을 정당화하도록 하였다. 배희숙 등¹³은 탐구기능요소에 대한 연습 과정이 포함된 과학글쓰기 교수학습 전략을 고안하여 초등학교 5학년 학생들에게 투입한 결과 학생들의 탐구 능력이 향상되었다고 밝혔다.

기존에는 실험 수업에서 과학 글쓰기가 탐구 사고력에 어떤 영향을 미치는지 연구하거나 초등학생이나 중학생들을 대상으로 과학글쓰기가 탐구 사고력과 같은 문제해결력 향상에 도움을 준다는 연구 결과는 많았지만 고등학생을 대상으로 실험 수업이 아닌 교실 수업에서 과학 글쓰기가 문제해결력을 기를 수 있다는 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 고등학교 1학년 학생들을 대상으로 학생들이 과학 글쓰기에 부담을 느끼지 않으면서 교실 수업에서 문제인식, 가설설정, 자료해석과 같은 탐구 기능도 익힐 수 있도록 탐구 요소별 과학 글쓰기를 적용하고 사고의 확장을 위해 통합적 문제해결 글쓰기를 실시하면서 이 프로그램이 학생들의 문제해결력 향상에 효과적인지 알아보려고 한다. 또한 과학글쓰기 수업이 학생들의 성별과 사전 인지수준 및 학업성취도에 따라 문제해결력 향상에 차이가 있는지 알아보려고 한다.

연구 방법

연구 대상

본 연구에서는 경기도 소재 고등학교 1학년에 재학 중인 135명의 학생들 중 실험반 70명(남학생 39명, 여학생 31명)의 학생들을 대상으로 융합과학 과목에서 34차시 동안 과학 글쓰기를 활용한 수업을 진행하였고, 비교반 65명(남학생 32명, 여학생 33명)의 학생들에게는 기존의 강의식 수업을 진행하였다. 실험반과 비교반의 인지 수준에 차이가 있는지 알기 위해서 실험반과 비교반 학생들을 대상으로 GALT 축소본 검사지를 이용하여 인지 수준 검사를 실시하였다. 그 결과는 Table 1과 같다.

실험반과 비교반 학생들 모두 형식적 조작기에 속하는 학생들의 비율이 가장 높았으며 전체의 66.7%의 학생들이 형식적 조작기에 속해 있었고, 그 다음이 과도기에 속해 있는 학생들이 30.4%이며 형식적 조작기인 학생들은 2.9%밖에

Table 1. Cognitive level

Group	Formal operational period	Transition period	Concrete operational period	Total
Experiment	41(58.6)	26(37.1)	3(4.3)	70(100)
Control	49(75.4)	15(23.1)	1(2.5)	65(100)
Total	90(66.7)	41(30.4)	4(2.9)	135(100)

되지 않았다. 실험반과 비교반 학생들을 구체적으로 비교해 보면, 실험반은 형식적 조작기 학생들이 58.6%이고 과도기의 학생들이 37.1%이며, 비교반은 형식적 조작기 학생들이 75.4%, 과도기 학생들이 23.1%로 실험반에 비해 비교반이 형식적 조작기 학생들 비율이 더 높았다. 전체적으로는 97% 이상의 학생들이 과도기 이상의 학생들로 나타났다.

실험반과 비교반 학생들 간에 인지 수준에 차이가 있는지 알아보기 위하여 χ^2 검증을 실시한 결과 인지수준에는 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($\chi^2=4.483$, $p=.106$).

과학 글쓰기 프로그램의 개발 및 수업 처치

과학 글쓰기 모형 개발에 앞서 기존의 모형을 보면 Keys 등¹⁸이 개발한 탐구적 과학글쓰기(SWH)는 실험이 거의 없는 고등학교 융합 과학에 접목하기에는 어려움이 있지만 기존의 경험과 다른 상황을 주어 학생들이 문제를 인식하게 하고 여러 자료를 해석하여 학생들이 주장과 근거에 대해 서술하는 짧은 글쓰기를 하고, 읽기 등의 추가 자료를 통해 주장과 근거를 명확하게 할 수 있는 과정들은 학생들이 좀 더 쉽게 과학 글쓰기를 통해 탐구를 할 수 있도록 하였다. 김홍집²⁰의 과학 비평 수업은 관찰하기·읽기를 통해

개념을 파악하고 구체화하도록 하였고 마지막에 비평하기를 통해 과학적 현상에 대해 가치판단을 정당화하도록 하였다. 배희숙 등¹³의 과학글쓰기 수업 전략은 탐구기능 요소에 대한 짧은 과학글쓰기 연습을 통해 학생들의 탐구 능력이 신장될 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 여러 가지 과학 글쓰기 수업 모형을 통하여 읽기를 통해 문제를 인식하고 과학 개념을 파악할 수 있도록 하였고 탐구 요소별 짧은 과학글쓰기를 통해 학생들이 탐구 기능을 자연스럽게 익힐 수 있도록 하였고 마지막에 여러 문제가 통합된 상황에서 학생들의 문제해결 능력이 발휘될 수 있는 통합적 문제해결 글쓰기를 할 수 있도록 하였다. 즉 과학 글쓰기를 통해 문제해결력을 향상하기 위한 과학글쓰기 수업 모형을 개발하였다. 과학 글쓰기 수업 모형에서 첫 번째 단계는 읽기를 통하여 문제를 인식하는 단계(R; finding problem by Reading)이고 두 번째 단계는 자료 해석 등을 통해 문제를 탐색하는 단계(E; Exploring problem), 세 번째 단계는 앞 단계의 탐색을 종합하여 글쓰기를 통해 종합적으로 결론을 도출해보는 단계(W; explanation by Writing), 네 번째 단계는 단편적인 과학적인 상황을 벗어나서 여러 가지 다양한 상황이 관련되어 있는 통합적 문제를 해결해보는 단계(S; Integrated Problem-Solving)이다. 이와 같은 네 단계로 이루어진 과학 글쓰기 수업 모형이 'REWS

Table 2. Specific activity in stage

Category	Activity
R stage	<ul style="list-style-type: none"> · Reading · Recognizing problem through reading · Defining terms · Summarizing · Describing and discussing about reasons · Formulating and discussing hypotheses
E stage	<ul style="list-style-type: none"> · Finding differences of data (picture, graph, reading materials, table) and describing reasons · Finding similarities of data (picture, graph, reading materials, table) and describing reasons · Finding regularities of data (picture, graph, reading materials, table) and describing reasons · Interpreting data and describing scientific principles · Transforming the data into picture, graph, formula
W stage	<ul style="list-style-type: none"> · Describing scientific principle, for a given problem, by collecting data of the R stage and the E stage. · Describing conclusions from the scientific data. · Concluding by analyzing more data. · Comparing the science concepts through group discussion · Evaluating and modifying science concepts through group discussion
S stage	<ul style="list-style-type: none"> · Analyzing and describing complex causes (social, technical, scientific, etc.) on issues related to the real life · Describing solutions for scientific phenomena in consideration of various factors such as society, technology and science. · Comparing causes and solutions through group discussion

모형'이다. 네 단계로 이루어진 과학 글쓰기 수업 모형은 과학교육 전문가 교수 1인, 중학교 교사 2명, 고등학교 교사 1명, 박사과정 대학원생 1명이 함께 협의하고 수정하는 과정을 거쳐 최종적으로 완성하였다. 각 단계에서 학생들이 할 수 있는 구체적인 하위 활동들은 Table 2와 같다.

첫 번째 R단계에서 읽기를 강조하는 이유는 많은 학생들이 전자기기와 인쇄를 통해 너무나 많은 자료를 접하지만 이중에서 유용한 자료를 선별하여 비판적이며 분석적으로 읽는 능력은 현대 사회에서 꼭 필요한 요소이기 때문이다. 주제와 관련된 읽기 자료를 통해 학생들이 수

업에 흥미를 가질 수 있도록 하고 과학 현상에 대해 문제를 인식할 수 있도록 했으며, 과학개념과 중심내용을 파악하여 문제에 대한 답을 서술하면서 사고할 수 있도록 하였다. 두 번째 E단계에서는 자료해석을 통해 문제를 탐색하는 단계로 자료의 공통점, 차이점, 규칙성을 찾아 원인이 무엇인지 생각해 보고 합당한 답을 추리하여 서술하는 단계이다. 세 번째 W단계는 R단계와 E단계의 모든 자료를 종합하여 결론을 도출해보는 단계로 글쓰기를 통해 자신의 과학적인 사고를 증명해보는 단계이다. 마지막 S단계에서는 과학 분야뿐만 아니라 다른 여러 분야와 관

Table 3. Science writing by basic inquiry thinking skill

Basic inquiry thinking skill	Science Writing
Observation	① writing based on observations
Classification	① writing about criteria for classification
	② writing scientific facts in tune with the times
Measurement	① writing about the process of converting into a proper unit
	② writing on the methods of measurement
Inference, prediction	① writing about scientific error
	② writing about evidence
	③ writing after predicting the future
	④ writing about regularity of data
	⑤ writing about assumptions and conditions
	⑥ writing about strength and weaknesses, based on data
	⑦ writing about scientific reason
	⑧ writing about blanks of text
	⑨ writing about diverse examples

Table 4. Science writing by integrated inquiry thinking skill

Integrated inquiry thinking skill	Science writing
Problem recognition	① summarizing
	② writing on thinking about scientific phenomenon
	③ writing about scientific issues for studying
Formulating hypotheses	① writing about formulating hypotheses
Controlling variables	① writing about manipulated variables
	② writing about controlled variables
	③ writing about dependent variables
Transferring data, Interpreting data	① scientific writing through table, graph, figure, formula, statement
	i. writing about similarities and differences
	ii. writing about regularity
	iii. writing about scientific meaning
	② graph drawing
	③ drawing scientific concept
④ expressing scientific content by using formula	
Generalizing	① writing about opinions
	② writing about conclusion
	③ writing in many ways
	④ writing about problem solving
	⑤ writing about science principle

련된 문제를 제시하여 한 가지 과학 이론만 적용하는 것이 아니라 사회, 공학, 다른 과학 분야 등 통합적으로 생각해보면서 글쓰기를 하여 실제 상황에 대한 문제해결력을 기를 수 있도록 하였다.

과학글쓰기 수업 모형의 각 단계에서 탐구 요소별로 분류한 짧은 과학글쓰기²¹를 하면서 학생들이 글쓰기를 통해 자연스럽게 탐구 기능도 익힐 수 있도록 하였다. Table 3과 Table 4는 기초적 탐구 사고 요소와 통합적 탐구 사고 요소별로 과학 글쓰기 활동을 나타낸 것이다.²¹

34차시동안 진행된 과학 글쓰기 수업에서 탐구 사고 요소별 과학 글쓰기 실시 횟수는 관찰 2회, 분류 2회, 예측(예상, 추리) 27회, 문제인식 8회, 가설설정 5회, 변인통제 1회, 자료해석 21회, 결론도출 및 일반화 47회였다. R단계에서는 문제인식, 가설설정, 예상, 추리와 같은 탐구 사고 요소가 들어있는 과학글쓰기를 실시하였고, E단계에서는 관찰, 자료해석, 추리 등의 탐구 사고 요소별 과학글쓰기를 실시하였다. W단계는 쓰기를 통해 설명하기단계로 결론도출 단계이고 S단계는 통합적으로 문제해결단계이기에 두 단계모두 결론도출 및 일반화와 관련된 글쓰기를 많이 실시하였다. 과학 글쓰기 수업의 모든 단계가 한 차시에 끝난 것이 아니라 2~3차시까지 걸린 경우가 많으며 통합적 문제해결 단계(S단계)의 글쓰기는 34차시동안 12번 실시하였다. Fig. 1은 과학글쓰기 수업의 R단계와 E단계의 예시이다. R단계에서 읽기를 통해 과학 개념을 파

악하고 가설 설정에 관한 글쓰기를 하였고, E단계에서는 관측을 통해 추리와 관련된 글쓰기를 하도록 하였다. 다음으로 W단계에서는 E단계에서 해석한 자료를 바탕으로 지구의 궤도에 대해 과학적으로 쓸 수 있도록 하여 결론도출 및 일반화와 관련된 글쓰기를 하였고, S단계에서는 교과서에서 더 나아가 과학혁명이 사회, 경제, 문화 등에 어떤 영향을 미쳤는지 쓰도록 하였다. 주제에 따라 S단계에서는 통합적인 문제해결 글쓰기 방법 중 하나로 브레인스토밍, 마인드맵, PMI 기법을 활용한 글쓰기 방법을 실시하였다. 과학 글쓰기의 유형을 보면 일반적으로 과학적인 주제에 대해 문제를 해결하는 과학글쓰기도 있지만 이유나 근거에 대해 짧게 서술하는 형식도 과학글쓰기에 포함되고¹¹ 개념도나 마인드맵 등도 과학 글쓰기 유형⁴으로 포함시키고 있다. 따라서 넓은 의미의 과학글쓰기 활동으로 브레인스토밍, 마인드맵 등을 활용한 과학글쓰기를 여러 단계에서 실시하였다.

검사 도구

창의적 문제해결력 검사지

본 연구에서는 수업 적용 전·후에 학생들의 문제해결력에 있어서의 변화를 알아보기 위하여 기존에 개발된 고등학생을 대상으로 개발된 박혜진 등²² 고등학생용 과학 창의적 문제해결력 검사지를 사용하였다. 창의적 문제해결력 검사지는 학생들의 창의성과 문제해결력을 보는 것

1. 읽기를 통해 문제인식하기

이탈리아의 갈릴레오(1564~1642)가 이베리카 대륙에 도착하고 마젤란(1480~1521)이 세계를 일주한 15~16세기에는 유럽인의 세계관이 크게 변한 시대였다. 그리고 세계관을 가장 크게 바꾸어 놓은 인물이 폴란드의 천문학자 코페르니쿠스(1473~1543)이었다. '어떻게 하면 행성의 움직임을 멋지게 설명할 수 있는가?' 연구 결과 행성의 중심을 태양으로 놓으면 행성의 움직임을 간단하게 설명할 수 있다는 것을 알았다. 이것이 '지동설'이다. 만약 '지동설'이 옳고 모든 천체가 태양을 중심으로 돌고 있다면 '왜 달만 지구의 주위를 도는가?' 라는 의문에 대한 답이 나오지 않는 상태였다. 이 의문의 답을 한 사람이 갈릴레이(1564~1642)였다. 1609년 여름 갈릴레이는 망원경이 발견되었다는 소문을 듣고 자신도 만들어 천체를 관측하기 시작하였다. 갈릴레이는 여기저기 구멍이와 높은 산, 계곡이 있는 달을 관측하고 목성의 주위에 4개의 별이 있다는 사실을 발견했다.



(1) 천동설과 지동설의 차이를 구체적으로 설명하시오.

(2) 왜 달만 지구의 주위를 도는가?에 대한 여러 가지 가설을 세워보자.

① _____

② _____

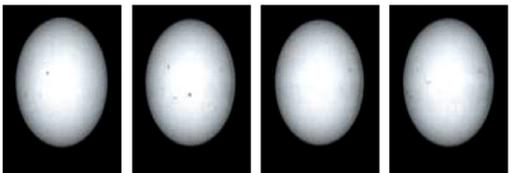
③ _____

(3) (2)의 여러 가지 가설 중 가장 합당한 가설을 한가지 적으시오.

2. 문제 탐색하기

[자료해석1]

※ 4개의 사진은 날짜 별로 태양의 모습을 나타낸 것이다.



1992년 1월 23일 1992년 4월 22일 1992년 7월 21일 1992년 10월 19일

(1) 태양의 지름을 각각 측정하여 적어보자.

(2) 태양의 지름의 차이가 나는 이유를 적어보자.

① _____

② _____

③ _____

(3) 모듬별 토의를 통해 가장 합당한 이유를 한가지 적어보자.

Figure 1. Example of REWS Strategy.

으로 문제해결력 평가준거는 강순희³가 제시한 과학 문제를 해결할 때 요구되는 비판적 사고력의 평가 준거인 검증 가능성, 광범성, 일관성, 정밀성, 정확성, 중요성, 타당성을 이용하여 채점하였다. 문제해결력과 비판적 사고력의 관계를 살펴보면 Hassurd & Dias⁴는 비판적 사고가 믿고 있거나 지금 하고 있는 것을 객관적이고 논리적으로 판단하는 이성적·반성적 사고라고 하면서 과학에서 실험설계, 가설설정, 예상, 추리 등 탐구를 할 때 비판적 사고가 쓰인다고 하였고, Kellough & Carjuzaa²³도 탐구 과정에서 학생들이 아이디어를 생성하고 아이디어를 증명하기 위한 방법을 생각할 때 비판적 사고를 한다고 하였다. 즉 탐구 사고를 할 때 비판적 사고가 쓰이고 강순희⁵는 과학에서 문제해결 과정은 탐구과정이며 문제해결에 필요한 비판적 사고력의 사고요소로 관찰, 분류, 측정, 예측(예상, 추리), 문제인식, 가설설정, 변인통제, 자료변환, 자료해석, 결론 도출, 일반화라고 제시하였다. 따라서 문제해결력을 측정하기 위해 강순희³가 제시한 문제해결에 요구되는 비판적 사고력의 평가준거를 사용하였다. 문항에 따라 평가 준거 중 일부를 사용하여 채점하였으며 각각의 준거에 따라 2점 만점으로 학생들이 쓴 문항의 답에 대해 각각 채점하고 점수는 각 문항의 평균 점수를 사용하였다. 문항에 따라 평가 준거가 1개인 문항도 있고 2개인 문항도 있는데 평가 준거가 1개인 문항은 2점 만점으로 채점하였고 평가 준거가 2개인 문항은 각각의 준거에 대해 채점을 하기 때문에 4점 만점으로 채점하였다. 검사지는 총 5개의 대 문항으로 구성되어 있으며 문항 1과 3을 제외한 나머지 문항은 2개의 소 문항으로 이루어져 총 문항수는 8개이다. 문항은 과학적 문제를 해결할 때 요구되는 탐구 사고 요소 중 예상, 가설설정, 변인통제, 자료해석 및 자료변환, 결론도출 및 일반화를 평가하도록 문항이 구성되어 있다. 본 검사지의 Cronbach's α 는 0.808이다.

인지수준 검사지(GALT)

학생들의 인지 발달 수준을 측정하여 연구를 진행하기 전에 각 집단에 속한 학생들의 인지 수준이 비슷한지 다른지를 알아보고, 인지 수준이 다른 학생들로 구성된 이질 집단으로 모둠을 편성하기 위하여 Roadranka 등²⁴이 개발한 GALT 축소본을 사용하였다. GALT 검사지는 보존 논리, 비례 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리의 6개의 논리 유형을 측정한다. Roadranka 등²⁴은 시간 제한이나 다른 요인이 있을 경우 변별도를 고려하여 논리 유형별로 2문항씩을 선택한 12문항의 축소본을 사용하도록 권장하였다. 연구의 대상인 고등학교의 수업 시간은 50분으로 제한되어 있기 때문에 본 연구에서는 GALT 축소본을 사용하였으며 검사에 소요된 시간은 35분이었

다. 검사지의 채점은 1번부터 10번까지의 객관식 문항은 답과 이유가 모두 맞을 경우만 정답으로 처리하고, 주관식 문항인 11번과 12번은 모든 가능한 조합에서 11번은 1개, 12번은 2개를 빠뜨린 경우까지 정답으로 처리하였다. 그리고 정답 수가 4개 이하이면 구체적 조작기, 5~7개이면 과도기, 8개 이상이면 형식적 조작기로 분류하였다. Roadranka 등²⁴이 구한 GALT 완본 검사지의 Cronbach's α 계수는 .85이며, 본 연구에서 검사의 Cronbach's α 계수는 .69이다.

연구 결과 및 논의

수업 전략에 따른 문제해결력 분석

문제해결력을 알아보기 위해 사용한 창의적 문제해결력 검사지²²는 강순희⁵가 제시한 과학 문제를 해결할 때 요구되는 비판적 사고력의 평가 준거를 사용하였다. 이에 따라 실험반과 비교반의 사전·사후에 문항별로 문제해결에 필요한 비판적 사고력 점수를 분석한 결과는 Table 5와 같다.

실험반이 비교반에 비해 사전 평균 점수에 비해 사후 평균 점수가 더 높게 나타났고, 교정 평균 점수도 더 높게 나타났다. 실험반과 비교반의 문제해결력에 대한 평균 점수 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 사전 비판적 사고력 검사 점수를 공변인으로 하여 일원공변량분석을 실시하였다. 일원공변량분석 결과는 Table 6과 같다.

분석 결과 실험반과 비교반의 평균 점수 차이가 통계적으로 유의미하게 나왔다($p < .05$). 전체 비판적 사고력 점수 차이는 통계적으로 유의미하였지만 구체적으로 살펴보면 변인통제 항목에서 실험반과 비교반의 점수 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다($p < .05$). 고등학교 '과학' 과목의 특성상 과학 실험보다는 대부분의 탐구가 자료해석으로 이루어져 있어서 변인 통제에 대한 글쓰기 활동은 1회밖에 못하였다. 따라서 실험반과 비교반의 학생들은 변인을 찾아 분석을 하고 변인 통제를 하는 것에 익숙하지 않아 두 집단의 점수 차이가 유의미하지 않을 수도 있고 본 연구에 참여한 실험반과 비교반 학생들의 인지 수준이 대부분 형식적 조작기나 과도기이기 때문에 학생들의 인지 수준에 비해 변인 통제 문항이 쉬워 두 집단의 점수 차이가 유의미하지 않을 수도 있다.

성별과 수업 전략에 따른 문제해결력 분석

실험반에 비교반에 비해 문제해결에 필요한 비판적 사고력 점수 차이가 통계적으로 유의미하게 나왔다. 성별에 따라서 점수차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 교수법과 성별에 따른 상호 작용 효과를 보았다. 이를

Table 5. Mean, standard deviations and adjusted means of problem solving ability

Category	Group	Pre test		Post test		Adj. M
		M	SD	M	SD	
1. Prediction	experiment	1.19	0.27	1.38	0.30	1.38
	control	1.16	0.28	1.09	0.19	1.08
2-1. Formulating hypotheses	experiment	0.71	0.25	1.21	0.64	1.24
	control	0.86	0.28	0.53	0.57	0.48
2-2. Formulating hypotheses	experiment	0.23	0.46	0.66	0.70	0.66
	control	0.19	0.50	0.19	0.47	0.19
3. Controlling variables	experiment	2.97	1.71	3.73	0.99	3.74
	control	3.42	1.27	3.45	1.34	3.40
4. Transferring data, interpreting data	experiment	1.95	1.51	2.82	1.09	2.80
	control	1.92	1.41	2.13	1.37	2.27
5-1. Controlling variables	experiment	0.73	0.96	1.37	0.87	1.42
	control	1.11	0.95	1.21	0.95	1.18
5-2. Generalizing	experiment	0.35	0.66	0.74	0.89	0.71
	control	0.43	0.56	0.44	0.59	0.41
Total	experiment	8.12	3.25	11.79	3.08	12.04
	control	9.23	2.75	9.20	3.09	8.93

* $p < .05$

Table 6. One-way ANCOVA results by gender for the problem solving skill

Category	Group	Adj. M	df	MS	F	p
1. Prediction	experiment	1.38	1	3.146	50.191	.000*
	control	1.08				
2-1. Formulating hypotheses	experiment	1.24	1	18.089	54.571	.000*
	control	0.48				
2-2. Formulating hypotheses	experiment	0.66	1	7.408	22.382	.000*
	control	0.19				
3. Controlling variables	experiment	3.74	1	3.365	2.559	.112
	control	3.40				
4. Transferring data, interpreting data	experiment	2.80	1	9.418	8.144	.005*
	control	2.27				
5-1. Controlling variables	experiment	1.42	1	1.927	2.527	.114
	control	1.18				
5-2. Generalizing	experiment	0.71	1	2.942	5.966	.016*
	control	0.41				
Total	experiment	12.04	1	315.223	41.780	.000*
	control	8.93				

* $p < .05$

Table 7. Two-way ANCOVA results by gender for the problem solving skill

	SS	df	MS	F	p
Total Teaching Method	308.871	1	308.871	41.539	.000*
Gender * Teaching Method	10.895	1	10.895	1.465	.228

* $p < .05$

위해 이원공변량 분석을 실시한 결과는 Table 7과 같다.

분석 결과 과학글쓰기를 활용한 수업에서 교수법과 성별에 따른 상호작용 효과는 없었다. 즉 과학글쓰기를 활

용한 수업은 성별에 상관없이 문제해결력 향상에 효과적이라고 볼 수 있다.

Table 8. Two-way ANCOVA results by cognitive level and science achievement for the problem solving skill

Category	SS	df	MS	F	p
Teaching Method	301.943	1	301.943	40.742	.000*
Cognitive level	.929	1	.929	.125	.724
Cognitive level * Teaching Method	28.385	1	28.385	3.830	.053
Teaching Method	285.707	1	285.707	37.800	.000*
Science achievement	5.598	1	5.598	.741	.391
Achievement * Teaching Method	4.546	1	4.546	.601	.439

* $p < .05$

인지수준과 학업성취도에 따른 문제해결력 분석

학생들의 인지 수준과 학업 성취도에 따라 과학 글쓰기를 수업이 문제해결력에 미치는 효과를 알아보기 위하여 먼저 GALT 축소본 검사로 학생들의 인지 수준을 측정해 본 결과 97%의 학생들이 형식적 조작기와 과도기 수준이었다. 따라서 구체적 조작기 학생들을 제외하고 형식적 조작기와 과도기 학생들을 대상으로 과학 글쓰기를 활용한 수업 전략이 인지 수준에 따라 효과가 다르게 나타나는지 알아보기 위해 이원공변량분석을 하였다. 또한 사전 학업 성취도와 수업 처치의 상호작용 효과를 보기 위해 실험반 학생과 비교반 학생들의 사전 학업 성취도를 분석해 보았다. 본 연구는 1학기 중간고사 직후 시작하였기 때문에 사전 학업 성취도 점수로 1학기 중간고사 점수를 보았고 사전 학업 성취도에 따른 창의적 사고력 변화를 보기 위하여 1학기 중간고사 점수로 학업 성취도 평균 이상이 되는 학생과 학업 성취도 평균 미만인 학생들로 두 그룹으로 나누어 사전 학업 성취도 점수와 수업 처치 사이의 상호작용 효과를 비교하였다. 그 결과는 Table 8과 같다.

분석 결과 수업 처치와 인지수준 사이의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 즉 인지 수준에 상관없이 과학 글쓰기 수업은 문제해결력 향상에 효과가 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 수업 처치와 인지수준 사이의 상호 작용 효과를 비교한 대상은 과도기와 형식적 조작기 학생이다. 따라서 과도기와 형식적 조작기 학생들은 인지수준에 상관없이 과학 글쓰기 수업이 문제해결력 향상에 효과적이라고 할 수 있다.

수업 처치와 사전 학업 성취도에 따라 문제해결력 향상에 차이가 있는지 알아보면 사전 학업성취도와 수업 처치 사이의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 즉 과학 글쓰기를 활용한 수업은 사전 학업 성취도에 상관없이 문제해결력 향상에 효과가 있음을 알 수 있다. 즉 사전 학업성취도 평균 이상과 평균 미만의 그룹 모두 과학 글쓰기 수업을 통해 비교반에 비해 문제해결력 점수가 유의미하게 향상되었음을 알 수 있다($p < .05$).

결론 및 제언

본 연구에서는 정규 과학 수업 시간에 학생들이 과학 글쓰기 수업 모형에 따라 탐구 요소별 과학 글쓰기를 하고 마지막 단계에서 통합적 문제해결 글쓰기를 하면서 고등학교 학생들의 문제해결력 향상에 영향을 주는지 알아보 고자 하였다.

연구 결과는 첫째, 과학 글쓰기를 활용한 수업 전략은 문제해결력 향상에 효과적이었다($p < .05$). 과학에서는 탐구 요소를 문제해결의 요소로 생각할 수 있으며 탐구 요소별로 문제해결에 필요한 비판적 사고력을 측정할 결과 변인통제를 제외하고 실험반과 비교반의 점수 차이가 통계적으로 유의미하였다($p < .05$). 본 연구의 과학 글쓰기를 활용한 수업에서는 단계별로 탐구 요소별 과학 글쓰기와 통합적 과학글쓰기를 하면서 학생들의 사고를 자극하면서 주어진 문제를 해결하도록 하였다. 특히 마지막 단계에서는 실제 생활과 밀접한 통합적인 문제에 대해 먼저 자신이 생각하고 모둠별 토론을 통해 자신의 생각을 확장시켜 가장 좋은 해결책을 찾을 수 있도록 하였다.

둘째, 성별에 관계없이 여학생과 남학생 모두 실험반과 비교반의 문제해결에 필요한 비판적 사고력 점수 차이가 통계적으로 유의미하였다($p < .05$). 즉 성별에 관계없이 과학 글쓰기 수업 전략은 문제해결력 향상에 효과적이다.

셋째, 인지 수준과 학업성취도에 상관없이 실험반과 비교반의 점수 차이가 통계적으로 유의미하였다($p < .05$). 인지 수준과 학업성취도에 관계없이 탐구 사고력 즉 문제해결력이 향상되었다는 것은 학교 현장에서 탐구요소별 과학 글쓰기와 통합적 문제해결 글쓰기 활동이 유용하게 활용될 가능성이 매우 높다는 증거가 있다. 즉 과학글쓰기를 활용한 수업은 인지 수준과 학업 성취도에 상관없이 문제해결력 향상에 효과적이라고 볼 수 있다.

이 연구의 결론을 토대로 다음과 같은 제언들을 하고자 한다.

첫째, 과학 글쓰기가 문제해결력을 향상시키기 위한 수단으로 사용되기 위해서는 현행 대부분의 과학 교과서에

서 제시하는 형태인 중 단원이 끝날 때 과학 글쓰기를 하는 것뿐만 아니라, 과학 글쓰기가 과학 학습의 하나의 방법으로 수업의 전 과정에서 활용되는 것이 좋다. 대부분의 정규 수업 시간에 강의식 수업을 하고 중 단원별로 과학 글쓰기를 학생들에게 하도록 하면 학생들은 과학 글쓰기에 대한 방법도 모르고 과학 글쓰기에 대해 거부감이 들고 힘들어 한다. 따라서 기존의 중 단원이 끝날 때 과학 글쓰기를 하는 것에서 벗어나 탐구 요소별 과학 글쓰기 활동을 실시하고 소단원이 끝날 때 통합적 문제해결력 글쓰기를 한다면 학생들은 탐구 사고도 기를 수 있고 실제 생활에서 활용되는 과학 관련 문제해결력도 기를 수 있다.

둘째, 과학 글쓰기를 활용한 수업이 학교 현장에서 이루어지기 위해서는 현장 교사들이 이용할 수 있는 과학 글쓰기 자료가 많이 보급되어야 한다. 실제로 통합적 문제해결 글쓰기 자료를 만드는 데 많은 시간이 소요되었고 이를 교사 개인이 만들기에는 부담감이 크다. 대단원이 아닌 소단원별로 통합적인 문제해결을 위한 글쓰기 자료가 제시되고 이를 수업에 적용할 수 있는 방안, 평가방안이 자세히 안내 되어 교사들이 수업에 바로 적용할 수 있도록 해야 한다.

셋째, 현대 사회는 인터넷과 스마트 폰의 발달 등으로 학생들이 읽기, 쓰기 등 언어로 된 자료보다는 시각적인 자료에 더 익숙해져 있다. 학생들은 글을 쓰는 것을 귀찮아하는 경우가 많다. 하지만 소통을 위해서는 말하기, 듣기, 읽기, 쓰기 등 언어적인 활동이 골고루 발달해야 한다. 글을 쓰면서 학생들의 사고가 정리 될 수 있고 그 글을 바탕으로 토론을 한다면 자신의 생각을 좀 더 구체적으로 나타내고 다른 사람의 생각을 들으면서 사고를 확장시킬 수 있다. 따라서 학생들이 과학 글쓰기에 익숙해 질 수 있도록 과학 수업시간과 통합된 글쓰기 활동을 자주 할 수 있도록 해야 한다.

Acknowledgments. 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2012R1A1B3000454).

REFERENCES

1. Song, M. Y. *Korea Institute for Curriculum and Evaluation ORM* 2014-14.
2. Kim, Y. C. *Thinking Skill: Development and Instruction*; Kyoyookkwahaksa: Seoul, Korea, 2004.
3. Bybee, R. W.; Powell, J. C.; Trowbridge, L. W. *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy*, 9th ed.; NJ: Pearson/Merrill Prentice Hall: 2008.
4. Hassard, J.; Dias, M. *The Art of Teaching Science: Inquiry and Innovation in Middle and High School*, 2nd ed.; Routledge: New York, 2009.
5. Kang, S. H. *Assessment Instruments and Criteria of Creative Problem Solving Thinking Skills in Science Education*; Ewha Womans University: Seoul, Korea, 2010.
6. Ministry of Education and Science Technology. *Science Curriculum following the 2009 amendment of the curriculum*. <http://cutis.mest.go.kr/APP/pds/view.jsp?gCd=S02&siteCmsCd=CM0001&topCmsCd=CM0003&cmsCd=CM0016&pnum=3&cnum=0&no=1017> (2011).
7. Rowell, P. M. *Studies in Science Education* **1997**, 31(1), 19-56.
8. Chinn, P. W. U.; Hilgers, T. L. *Journal of Research in Science Teaching* **2000**, 37(1), 3.
9. Prain, V. *International Journal of Science Education* **2006**, 28(2-3), 179-201.
10. Krajcik, J.; Czernial, C. *Teaching Science in Elementary and Middle School: A Projected Approach*, 3rd ed.; Lawrence Erlbaum Associates: New York, 2007.
11. Keys, C. W. *Science Education* **1999**, 83(2), 115.
12. Park, S. H. *The Effect of Science Writing Heuristic Laboratory Class on Scientific Thinking of Middle School Students*. Master's Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, Korea, 2011.
13. Bae, H. S.; Jhun, Y. S.; Hong, J. E. *The Journal of Korea Elementary Science Education* **2009**, 28(2), 178.
14. Lee, S. H.; Kim, E. J.; Chang, H. J. *The Journal of Korea Elementary Science Education* **2011**, 30(4), 589.
15. Ha, Y. H. *How Science Writing Heuristic Strategy Impacts Student Performance and Their Science Inquiry Skill in the Laboratory Class*. Master's Dissertation, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea, 2008.
16. Levin, T.; Wagner, T. *Instructional Science* **2006**, 34(3), 227.
17. Son, J. W. *The Journal of Science Gifted Education* **2009**, 1(3), 21.
18. Keys, C. W.; Hand, B.; Prain, V.; Collins, S. *Journal of Research in Science Teaching* **1999**, 36(10), 1065-1084.
19. Burke, K. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. *Journal of Chemical Education*, **2006**, 83(7), 1032-1038.
20. Kim, H. J. *Development and Application of Scientific Criticism Instructional Model*. Doctoral Dissertation, Kongju National University, Korea, 2008.
21. Park, H. J.; Kang, S. H. *The Journal of Korean Chemical Society* **2013**, 57(6), 845.
22. Park, H. J.; Lee, E. J.; Kang, S. H. *The Development of Test of Creative Problem Solving Thinking Skills for High School Students*. The 60th the Korean association for science education conference poster, 2011.
23. Kellough, R. D.; Carjuzaa, J. *Teaching in the Middle and Secondary Schools*, 8th ed.; Upper Saddle River: New Jersey, Pearson, 2006.
24. Roadranka, V.; Yeany, R. H.; Padilla, M. J. *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, 1983.