

## 탐구적 과학 글쓰기(SWH)를 적용한 고등학교 과제연구의 효과

문셋별<sup>†</sup> · 최원호<sup>‡,\*</sup>

<sup>†</sup>여수고등학교

<sup>‡</sup>순천대학교 화학교육과

(접수 2018. 2. 25; 게재확정 2018. 7. 7)

## The Effect of High School Research Project using the Science Writing Heuristic

Saetbyeol Moon<sup>†</sup> and Wonho Choi<sup>‡,\*</sup>

<sup>†</sup>Yeosu High School, Yeosu 57944, Korea.

<sup>‡</sup>Department of Chemistry Education, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea.

\*E-mail: stensil@scnu.ac.kr

(Received February 25, 2018; Accepted July 7, 2018)

**요 약.** 본 연구의 목적은 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic)를 적용한 과제연구의 활동이 고등학생의 과학 탐구 능력 및 과학에 대한 태도에 미치는 영향을 알아보는 것이다. 이를 위하여 전남 소재의 고등학교 과학중점과정 2학년 학생 73명을 대상으로 의문 만들기, 실험 설계, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성의 단계로 구성된 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램을 실시하였다. 프로그램의 효과 분석을 위해 과학 탐구 능력과 과학에 대한 태도를 검사하였고, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제 연구 수업에 대한 인식을 조사하였으며, 결과 해석의 어려움이 있을 경우 면담을 실시하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 과학 탐구 능력 중 추리, 가설 설정, 변인 찾기, 조작적 정의, 실험설계, 그래프화 및 데이터 해석, 일반화 능력은 통계적으로 유의미하게 향상되었으나( $p < .05$ ), 예상 능력은 향상되었으나 통계적으로 유의미하지 않았다( $p > .05$ ). 둘째, 과학에 대한 태도 중 과학에 대한 취미로서의 관심, 과학 수업의 즐거움, 과학 직업에 대한 관심은 통계적으로 유의미하게 향상되었으나( $p < .05$ ), 과학 탐구에 대한 태도는 통계적 유의하지 않았지만 점수가 감소했다. 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 고등학교 과제 연구 수업은 과학 탐구 능력 및 과학 태도에 긍정적인 효과가 있었지만 오랜 기간 동안 일반 과학 수업과는 다른 형태로 학생이 주도하며 진행되기 때문에 학생들에게 부담이 된다. 그래서 이러한 단점을 최소화하고 장점을 최대화한 과제 연구 수업 전략에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

**주제어:** 탐구적 과학 글쓰기, 과제연구, 과학 탐구 능력, 과학에 대한 태도

**ABSTRACT.** The purpose of this study is to investigate the effects of research project activities using the science writing heuristic on science inquiry abilities and attitudes toward science in high school students. For this purpose, we conducted the research project activities using the science writing heuristic consisting of questioning, experimental design, observation, argument and evidence, reading, and reflection steps for 73 students of the second year of science core course in high school in Jeonnam. In order to analyze the effects of the program, we surveyed the scientific inquiry ability and attitude toward science, investigated the perception of the research project class applying science writing heuristic, and conducted interviews when there was difficulty in interpreting the results. And the results of this study are as follows. First, among the science inquiry abilities, the score of Reasoning, Hypothesis setting, Finding variables, Operational definition, Experimental design, Graphing and data interpretation, Generalization was significantly improved statistically ( $p < .05$ ), but the score of Expectation was not statistically significant ( $p > .05$ ). Second, among the attitudes toward science, the score of 'Leisure interest in science', 'Enjoyment of science lessons', 'Career interest in science' was significantly improved statistically ( $p < .05$ ). And the score of 'Attitude to scientific inquiry' decreased but it's not significant statistically. The high school research project applying science writing heuristic had a positive effect on scientific inquiry ability and scientific attitude but it could be burden to students because it is led by students in a form different from general science class for a long time. And so continuous study on research project that minimize these disadvantages and maximize their merits is needed.

**Key words:** Science writing heuristic, Research project activities, Science inquiry abilities, Attitudes toward science

## 서론

과학 교육은 자연 현상을 탐구하는데 필요한 과학 탐구 능력을 중시하며, 이러한 탐구능력의 신장을 통해 급변하는 상황에 능동적으로 대처하고 문제를 독창적으로 해결하는 능력을 길러주고자 한다. 2007 개정 교육과정에서는 ‘자유탐구’를 통해 학생들이 스스로 주제를 선정하여 탐구 과정을 계획하고 자기 주도적이고 창의적으로 탐구를 수행함으로써 과학 탐구 능력을 향상시키고자 하였고,<sup>1</sup> 고등학교에서는 창의적 문제해결력 및 과제 탐구 능력 향상을 위하여 전문 교과로 ‘과제연구’가 추진되었다. 2009 개정 과학과 교육 과정에서는 글쓰기 및 토론 활용 수업을 통해 과학적 사고력과 창의적 사고력, 의사소통 능력을 함양할 수 있도록 하였으며,<sup>2</sup> 자유탐구 및 과제연구와 같은 자기 주도적 실험 활동에 글쓰기가 함께 이루어지면 학습자의 과학 탐구 능력 신장은 더 극대화될 수 있다.<sup>3</sup>

실험 활동에서 학습자의 글쓰기 활동을 도와줄 수 있는 전략으로 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic, SWH)는 과학 탐구 활동에 기반을 두며, 학습자가 문제를 인식하여 해결을 위한 탐구 과정을 제시하고 탐구 활동을 통해 결과를 확인하며 이를 바탕으로 주장을 펼치고 증거를 제시하면서 이 과정 중에 메타인지를 유도하는 글쓰기 활동을 하게 하는 과학 학습 방법이다.<sup>4</sup> 이 방법은 의문 만들기, 실험, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성의 6단계로 구성되며,<sup>4</sup> 주어진 상황을 바탕으로 의문을 만들고 논의를 통해 검증 가능한 가설로 바꾸며 자료를 해석하여 주장과 증거를 정교화하고 반성하는 과정을 거친다.<sup>5</sup> 이 과정에서 새로운 합의에 도달하기 위하여 학생들은 서로 토론하고 논의하는 과정을 경험한다.<sup>6</sup>

이와 같은 탐구적 과학 글쓰기를 통해 학습자는 스스로 의문을 제기하고 이에 대한 주장 및 증거를 통해 능동적으로 과학 지식을 구성할 수 있으며, 과학 개념 이해와 과학 탐구 능력을 향상시킬 수 있다.<sup>7-9</sup> 또한 자신의 생각 및 개념의 변화를 되돌아봄으로써 반성적 사고를 기를 수 있고,<sup>10</sup> 충분한 사고를 함으로써 각 과정에서 요구하는 탐구 요소를 정확히 이해하여 동기적 변인의 증가를 가져와 학습자의 과학 탐구 능력 향상에 효과적이다.<sup>11</sup>

과제연구는 교사 주도의 암기식 교수법에서 탈피한 학생 활동 중심의 학습 원리로서 자기 주도적이고 능동적인 학습자의 참여를 강조하는 교수-학습 방법이자 전략이다.<sup>12</sup> 중·고등학생들이 수행하는 과제연구는 과학적 연구, 탐구, 조사, 실험 등을 통해 자료의 수집과 분석, 실태조사, 변인 사이의 상관관계 분석, 연구 결과의 발표와 보고서 작성 등이 이뤄지면서 새로운 정보를 탐색하거나 기존의 지식을 검증하기도 한다.<sup>12</sup>

이와 같은 과제연구는 과학의 본성을 이해하고 과학 탐구 기능 및 학습 방법 습득에 도움이 되며, 과학적 태도의 하위 요소로 과학의 사회적 의미, 과학자들의 규준, 과학 태도의 적용, 과학 수업의 즐거움에 긍정적인 영향을 준다.<sup>12</sup> 또한 추리, 가설설정, 변인찾기, 실험설계, 그래프화 및 데이터 해석에서 통계적으로 유의미한 증가를 보이며 과학 탐구 능력 향상에 효과가 있는 것으로 나타났다.<sup>12</sup> 초등학생들 대상으로한 연구에서도 학생 스스로의 탐구 활동은 탐구력을 향상시키고 자료변환 및 자료해석과 같은 통합 탐구능력의 향상을 주었다.<sup>13</sup>

이처럼 탐구적 과학 글쓰기와 자유탐구 및 과제연구가 과학 탐구 능력뿐만 아니라 과학 개념 이해, 반성적 사고, 과학적 태도 함양에 효과적임에도 불구하고, 초등학생을 대상으로 한 자유탐구에 대한 연구는 활발하게 진행되고 있으나 고등학생을 대상으로 한 학생 중심의 자기 주도적 자유탐구에 관한 연구는 아직 미흡하다. 또한 과제연구 프로그램이 과학 탐구 능력과 과학에 대한 태도<sup>12</sup>나 과학에 대한 흥미 등<sup>25</sup>에 긍정적인 영향을 미친다는 연구와 탐구적 과학 글쓰기를 통해 과학적 지식을 이용하여 아이디어를 내고 탐구 과정을 통해 산출물을 만들어 문제 해결법을 스스로 찾아냄으로써 과학적 창의성 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 연구는 진행되었으나,<sup>14,15</sup> 주제 선정부터 결론 도출까지의 모든 과정을 학생이 주도하여 창의적으로 수행하는 개방적 과학 탐구에 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 연구는 거의 없다. 따라서 과학의 기본 개념을 이해하고 과학의 탐구 능력과 과학적 태도를 갖추며 과학 연구의 본성 및 과정을 이해하고 연구 과정 및 결과에 대한 의사소통 능력을 기르기 위해 자유탐구를 적용할 필요가 있으며 탐구를 통해 새로운 지식을 구성하고 학습자의 과학적 사고 및 반성적 사고를 촉진하는 탐구적 과학 글쓰기를 적용할 필요가 있다.

이에 따라 본 연구에서는 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 활동이 고등학생의 과학 탐구 능력 및 과학에 대한 태도에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

## 연구 내용 및 방법

### 연구 대상

본 연구는 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램을 개발하여 전남 소재의 인문계 고등학교 과학중점 과정 2학년 학생 73명을 대상으로 적용하였다. 탐구적 과학 글쓰기 적용 과제연구 투입 전 진로 및 관심 분야가 비슷한 학생들이 2~5인 1조로 하여 물리, 화학, 생명과학, 수학 분야로 나누어 총 18개의 모둠을 구성하였다. 연구 대상자는 2017년 3월 6일부터 11월 27일까지 총 31주 52시

**Table 1.** Item numbers of scientific inquiry ability test

| Scientific Inquiry Ability |                                  | Item Number                                    |
|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|
| Basic Inquiry Ability      | Expectation                      | 2, 4, 6                                        |
|                            | Reasoning                        | 1, 3, 5                                        |
| Integrated Inquiry Ability | Hypothesis making                | 13, 14, 18, 21, 25, 26, 34, 39, 44             |
|                            | Finding variables                | 10, 12, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 40, 41, 42, 45 |
|                            | Operational definition           | 11, 17, 31, 32, 36, 38                         |
|                            | Experimental design              | 16, 30, 33                                     |
|                            | Graphing and data interpretation | 15, 19, 20, 35, 37, 43                         |
|                            | Generalization                   | 7, 8, 9                                        |
| Total                      |                                  | 45                                             |

**Table 2.** Item number of science-related attitudes test

| Science-related Attitudes      | Item Number (Pre)     | Item Number (Post)    |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Attitude to scientific inquiry | 11, 13, 14*, 15       | 11*, 12, 13*, 14, 15* |
| Leisure interest in science    | 21, 22*, 23, 24*, 25  | 21*, 22, 23*, 24, 25* |
| Enjoyment of science lessons   | 26, 27*, 28, 29*, 30  | 26*, 27, 28*, 29, 30* |
| Career interest in science     | 31*, 32, 33*, 34, 35* | 31, 32*, 33, 34*, 35  |

\*Negative question

간에 걸쳐 탐구적 과학 글쓰기 적용 과제연구 프로그램을 수행하였다.

### 검사지 구성 및 분석 방법

본 연구에서는 과학 탐구 능력 검사지, 과학에 대한 태도 검사지, 그리고 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제 연구 수업에 대한 인식 검사지를 이용하였다. 과학 탐구 능력 검사지는 신예진, 우애자의 연구에서 이용한 검사지를 사용하였으며,<sup>16</sup> 이는 김병관<sup>17</sup>이 번역한 TIPS II (Test of Integrated Process Skills II)<sup>18</sup>의 5가지 하위 영역(가설 설정, 변인 찾기, 조작적 정의, 실험 설계, 그래프화 및 데이터 해석) 36문항과 권재술과 김범기가 개발한 과학 탐구 능력 검사지(TSPS, Test of Science Process Skills)의 3가지 하위 영역(예상, 추리, 일반화) 9문항을<sup>19</sup> 선택하여 총 45문항으로 구성된다. 이 연구에서 이용한 검사지의 하위 영역은 ‘기초 탐구 능력(예상, 추리)’과 ‘통합 탐구 능력(가설 설정, 변인 찾기, 조작적 정의, 실험 설계, 그래프화 및 데이터 해석, 일반화)’으로 구성된다. 사전·사후 모두 동일한 검사지를 사용하였으며, 검사지의 학생 응답 중 정답은 1점, 오답 및 무응답은 0점으로 처리하여 채점하였다.<sup>16</sup> 분석은 각 하위 영역별 문항 점수의 합계를 구한 뒤, 사전·사후 검사의 항목별 점수를 SPSS 통계 프로그램의 대응표본 t 검정을 이용하여 분석하였다.

과학에 대한 태도 검사지는 TOSRA(Test of Science-Related Attitudes)를 이용하였다.<sup>20</sup> TOSRA의 7가지 하위 영역은 각 10문항씩 70문항인데, 각 영역별로 5문항씩 추출하여 35개의 문항으로 구성한 사전, 사후 검사지를 달

리 구성하여 사용하였다.<sup>21</sup> 실제 분석은 TOSRA의 7가지 하위 영역 중 신뢰도가 확보된(Cronbach's  $\alpha > 0.6$ ) 과학 탐구에 대한 태도(attitude to scientific inquiry), 과학에 대한 취미로서의 관심(leisure interest in science), 과학 수업의 즐거움(enjoyment of science lessons), 과학 직업에 대한 관심(career interest in science)의 4가지 하위 영역을 대상으로 분석하였다. 신뢰도를 고려하여 사전 검사에서 과학 탐구에 대한 태도 영역만 4개의 문항을 분석하고, 그 이외의 영역은 사전·사후 모두 각각 5개 문항으로 구성하여 사전 19문항, 사후 20문항을 분석하였다.

과학에 대해 긍정적인 태도와 관련된 문항의 경우 매우 찬성 5점, 찬성 4점, 보통 3점, 반대 2점, 매우 반대 1점으로 채점하고, 과학에 대해 부정적인 태도와 관련된 문항의 경우는 이와 반대로 채점하였다.<sup>21</sup> 과학 태도 검사 결과는 각 항목별 평균과 전체 평균을 구하고 SPSS 통계 프로그램의 대응표본 t 검정을 이용하여 분석하였다. 과학에 대한 태도 검사 후 학생들에게 나타난 반응의 원인을 알아보기 위해 검사 점수 향상이 큰 학생들 중 희망자를 대상으로 면담을 실시하였다. 면담은 각 항목별로 점수가 향상된 이유를 과제연구 수업에서 경험한 내용을 중심으로 응답하도록 요구하였다.

탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구에 대한 학생들의 인식을 조사하기 위해 수업에 대한 인식 검사지를 제작하였다. 검사 내용은 과학과 교육과정에서 추구하는 지식, 탐구, 태도와 관련된 내용 8문항, 수업에 대한 전반적 인식에 관한 3문항으로 하여 총 11개 문항으로 구성하였다. 9개 문항은 5점 척도(매우 그러하면 5점, 그러하면 4점, 보

Table 3. Procedures of research project using the science writing heuristic

|                     |                                                                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Questioning         | Analysis of prior research, problem recognition, questioning                                    |
| Experimental design | Establish experimental design through discussion                                                |
| Observation         | Conduct experiment, record and Interpret observations                                           |
| Argument & Evidence | Deriving claims from evidence and explaining their conclusions                                  |
| Reading             | Finding theoretical interpretation through reference materials, elaborating claims and evidence |
| Reflection          | Change of thinking, writing in relation with real life                                          |

통이면 3점, 그렇지 않으면 2점, 매우 그렇지 않으면 1점)로 구성하여 학생들이 응답하도록 하면서, 그렇게 생각한 이유를 함께 서술하도록 하였다. 그리고 2개 문항은 수업에 참여하면서 좋았던 점과 어려웠던 점과 그 이유를 서술하도록 하였다. 과제연구 수업에 대한 인식검사 진술 내용이 부족하여 이해하기 어려운 경우는 추가 면담을 실시하여 정보를 더 요구하기도 하였다. 그리고 각 질문별로 학생 응답 내용을 바탕으로 응답을 유형화하고 그 빈도를 조사하였으며, 인식 검사 점수가 높은 학생들 중 희망자를 대상으로 면담을 실시하였다. 면담은 각 질문별로 점수가 높은 이유를 과제연구 수업에서 경험한 내용을 중심으로 응답하도록 요구하였다.

과학 탐구 능력 및 과학에 대한 태도는 프로그램 적용 전 3월에 사전 검사를 실시하였고, 프로그램 종료 후 10월에 과학 탐구 능력 및 과학에 대한 태도의 사후 검사와 함께 프로그램에 대한 인식 검사를 실시하였다.

## 연구 방법

탐구적 과학 글쓰기 적용 과제연구 프로그램은 1주당 2차시씩 총 31주에 걸쳐 실시하고, 문제 인식부터 결론 도출에 이르기까지의 전 과정에 탐구적 과학 글쓰기를 적용하고 보고서 작성 및 발표 후 사후 검사를 실시하였다.

연구 대상의 학생을 연구 주제에 따라 2~5인 1조로 모둠을 조직한 뒤, 학생들에게 탐구적 과학 글쓰기의 각 단계에서 요구되는 활동에 대한 상세한 안내를 하였다. 각 모둠의 활동은 주제 선정에서부터 연구 계획 수립, 연구 수행, 결론 도출에 이르기까지의 전 과정을 학생이 주도하여 수행하도록 하였고, 의문 만들기, 실험, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성의 6단계의 탐구적 과학 글쓰기 활동이 이루어지도록 하였다. 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램의 과정을 Table 3에 나타내었다.

글쓰기 활동지는 Keys *et al.*<sup>4</sup>의 연구 결과를 이용하여 재구성한 학생 사고 템플릿을<sup>11</sup> 이용하였으며, 본 연구에서는 모둠별로 연구 주제가 다르므로 ‘다른 모둠과의 비교’에 대한 내용을 삭제하여 재구성하였다.

첫째, ‘의문 만들기’ 단계에서는 개별 활동으로 선행 연구 자료를 읽고 제기할 수 있는 물음에는 어떤 것들이 있

으며, 자신이 해결해야 할 문제가 무엇인지 생각해 보는 의문 만들기 활동, 문제를 해결하기 위한 실험 방법을 제시해 보는 제안 활동, 자신이 제안한 방법으로 실험을 할 경우 어떤 결과를 얻을 수 있을지 생각해 보는 예상 활동, 실험 결과를 통해서 얻을 수 있는 결론은 무엇인지 생각해 보는 결론 활동, 과학적 원리를 이용하여 결론을 내릴 수 있는 이유를 설명해 보는 추리 활동, 그리고 모둠별 활동으로 자신의 생각과 모둠원의 생각을 비교해 보고 모둠의 생각을 종합해 보는 토의 활동의 6단계의 세부 활동을 수행하였다.

둘째, ‘실험 설계’ 단계에서는 모둠이 종합한 생각을 바탕으로 문제를 해결하기 위해 모둠원들이 실제로 수행할 실험 방법을 구체적으로 제시해 보는 실험 설계 활동을 하였다.

셋째, ‘관찰’ 단계에서는 모둠이 선택한 방법으로 실제 실험을 수행하고, 실험 과정 중 관찰할 수 있었던 결과를 구체적으로 정리하고 얻은 자료를 분석 및 해석해 보는 활동을 하였다.

넷째, ‘주장과 증거’ 단계에서는 실험 결과를 통해 모둠이 얻을 수 있는 결론은 무엇이며, 모둠원들이 그러한 결론을 내릴 수 있는 이유를 과학적 원리를 이용해서 설명해 보는 활동을 하였다.

다섯째, ‘읽기’ 단계에서는 참고 자료를 바탕으로 모둠의 주장을 지지해 줄 이론적 원리를 찾고, 이를 바탕으로 주장과 증거를 정교화 해 보는 활동을 하였다.

여섯째, ‘반성’ 단계에서는 실험 후 생각의 변화 유무, 새로운 의문, 실험 오차 분석, 과학 개념과의 연관성, 실생 활과의 관련성에 대해 생각해 보는 활동을 하였다.

교수자는 과제연구를 진행할 때 의문 만들기, 실험, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성의 6단계로 구성된 탐구적 과학 글쓰기 활동지를 주기적으로 점검하였다. 탐구적 과학 글쓰기 적용 과제연구 활동의 반성 단계까지의 모든 활동을 마친 후 모둠별로 활동 결과를 보고서와 포스터의 형태로 작성하여 제출하도록 하였고, 교내 과제연구 발표대회 및 수업 시간 발표 활동을 통해 동료 평가 및 피드백이 이루어지도록 진행하였다.

**Table 4.** Scientific inquiry ability pre-post comparison

| Scientific Inquiry Ability |                                  | Test   | Average | Standard Deviation | t      | p     |
|----------------------------|----------------------------------|--------|---------|--------------------|--------|-------|
| Basic Inquiry Ability      | Expectation                      | Pre    | 2.425   | 0.665              | -2.842 | 0.006 |
|                            |                                  | Post   | 2.671   | 0.473              |        |       |
|                            | Reasoning                        | Pre    | 2.644   | 0.632              | -1.521 | 0.133 |
|                            |                                  | Post   | 2.781   | 0.507              |        |       |
| Integrated Inquiry Ability | Hypothesis making                | Pre    | 6.575   | 1.810              | -6.244 | 0.000 |
|                            |                                  | Post   | 7.945   | 0.848              |        |       |
|                            | Finding variables                | Pre    | 9.329   | 2.625              | -3.716 | 0.000 |
|                            |                                  | Post   | 10.493  | 1.069              |        |       |
|                            | Operational definition           | Pre    | 4.151   | 1.421              | -4.643 | 0.000 |
|                            |                                  | Post   | 4.945   | 1.066              |        |       |
|                            | Experimental design              | Pre    | 2.479   | 0.709              | -2.301 | 0.024 |
|                            |                                  | Post   | 2.685   | 0.550              |        |       |
|                            | Graphing and data interpretation | Pre    | 4.808   | 1.478              | -4.534 | 0.000 |
|                            |                                  | Post   | 5.630   | 0.613              |        |       |
|                            | Generalization                   | Pre    | 2.425   | 0.644              | -2.722 | 0.008 |
|                            |                                  | Post   | 2.685   | 0.550              |        |       |
| Total                      | Pre                              | 34.836 | 7.601   | -5.731             | 0.000  |       |
|                            | Post                             | 39.836 | 3.206   |                    |        |       |

## 결과 및 논의

### 과학 탐구 능력에 미치는 영향

탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 활동이 고등학생의 과학 탐구 능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 프로그램 투입 전과 후에 실시한 검사에 대한 대응표본 t-검정 결과를 Table 4에 나타내었다.

과학 탐구 능력 전체 평균이 사전 검사 34.836점, 사후 검사 39.836점으로 사후 검사에서 더 높았고 통계적으로 유의미하였다( $p < .00$ ). 이는 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 활동이 고등학생의 과학 탐구 능력 신장에 효과가 있었다고 볼 수 있다.

초등학생 대상의 탐구 활동과<sup>22,23</sup> 고등학생 대상의 탐구 활동에서<sup>12</sup> 과제 연구는 학생들의 과학 탐구 능력 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 선행 연구와 같이 고등학생 대상으로 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제 연구에서도 학생들의 과학 탐구 능력 향상에 긍정적인 영향을 주고 있었다.

기초 탐구 능력의 경우, 추리 영역은 평균이 사전 검사 2.425점, 사후 검사 2.671점으로 사후 검사에서 더 높았고 통계적으로 유의미하였다( $p < .01$ ). 예상 영역은 평균이 사전 검사 2.644점, 사후 검사 2.781점으로 점수는 향상되었으나 통계적으로 유의미하지 않았다. 이는 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 활동이 고등학생의 기초 탐구 능력 중 추리 능력을 신장시키는데 효과가 있었다고 볼 수 있다. 이러한 결과는 초등학생을 대상으로 적용한 자

유탐구 활동에서 기초 탐구 능력이 향상되었으며 특히 추리가 통계적으로 유의미하였다는 연구와<sup>23</sup> 고등학생을 대상으로 적용한 과제연구 프로그램에서 기초 탐구 능력 중 추리 영역에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다는 연구와<sup>12</sup> 일치하였다.

통합 탐구 능력의 경우, 가설 설정, 변인 찾기, 조작적 정의, 실험 설계, 그래프와 및 데이터 해석, 일반화 등 모든 하위 영역에서 사전 검사보다 사후 검사 평균 점수가 증가하였고 통계적으로 유의미하였다( $p < .05$ ). 이는 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 활동이 고등학생의 통합 탐구 능력을 신장시키는데 효과가 있었다고 볼 수 있다. 이러한 결과는 초등학생을 대상으로 적용한 자유탐구 활동과<sup>13</sup> 고등학생을 대상으로 적용한 과제연구 프로그램에서<sup>12</sup> 학생들의 통합 탐구 능력 대부분의 신장에 효과가 있었다는 선행 연구 결과와 유사하였다.

따라서 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 활동은 주제 선정부터 결론도출까지의 모든 과정을 학생이 주도하여 수행하며, 과학적 글쓰기를 기반으로 한 사고 과정이 학생들이 수행하는 과제 연구의 각 탐구 과정에 영향을 주어 과학 탐구 능력이 향상되었다고 판단된다.

### 과학에 대한 태도에 미치는 영향

탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 활동이 고등학생의 과학에 대한 태도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 프로그램 투입 전과 후에 실시한 검사에 대한 대응표본 t-검정 결과를 Table 5에 나타내었다.

Table 5. Science-related attitudes pre-post comparison

| Science-related Attitudes      | Test | Average | Standard Deviation | t      | p     |
|--------------------------------|------|---------|--------------------|--------|-------|
| Attitude to scientific inquiry | Pre  | 3.729   | 0.581              | 1.776  | 0.080 |
|                                | Post | 3.575   | 0.692              |        |       |
| Leisure interest in science    | Pre  | 3.468   | 0.552              | -2.082 | 0.041 |
|                                | Post | 3.658   | 0.791              |        |       |
| Enjoyment of science lessons   | Pre  | 3.882   | 0.567              | -4.936 | 0.000 |
|                                | Post | 4.268   | 0.685              |        |       |
| Career interest in science     | Pre  | 3.427   | 0.601              | -3.976 | 0.000 |
|                                | Post | 3.789   | 0.840              |        |       |
| Total                          | Pre  | 3.621   | 0.429              | -3.198 | 0.002 |
|                                | Post | 3.823   | 0.627              |        |       |

과학에 대한 태도의 전체 평균이 사전 검사 3.621점, 사후 검사 3.823점으로 사후 검사에서 더 높았고 통계적으로 유의미하였다( $p < .01$ ). 이는 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 활동이 고등학생의 긍정적인 과학 태도 형성에 효과가 있었다고 볼 수 있다. 이는 자유탐구가 학생들의 일부 과학에 대한 태도에 통계적으로 유의미하다는 결과<sup>12,25</sup>와 동일하다. 즉, 과제 연구가 고등학생의 과학에 대한 태도나 중학생의 과학에 대한 흥미 향상에 긍정적이라는 선행 연구와 유사한데, 선행 연구에 비해 과학 중점반 대상으로 수업 차이를 증가시키고 탐구적 과학 글쓰기까지 적용한 과제 연구는 학생들의 과학에 대한 태도 향상에 여전히 긍정적임을 알 수 있다. 선행 연구 일부와 본 연구만으로 탐구적 과학 글쓰기와 자유탐구를 연계한 프로그램이 학생들의 과학 관련 태도 향상에 효과 있다고 일반화하기는 어렵기 때문에 추후 다양한 방식으로 수업 환경을 바꾸면서 학생들의 과학 관련 태도에 관한 정보를 더 수집할 필요가 있다.

탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 활동이 과학에 대한 태도의 하위 요소에 미치는 영향을 알아보았다. 프로그램 처치 전후에 과학에 대한 취미로서의 관심, 과학 수업의 즐거움, 과학 직업에 대한 관심 영역은 사후 검사 결과가 사전 검사보다 평균 점수가 향상되었으며 통계적으로 유의미하였다( $p < .05$ ). 그러나 과학 탐구에 대한 태도는 사전 검사보다 사후 검사가 낮게 나왔지만 통계적으로 유의하지 않았다. 각 항목별로 학생과 면담을 실시하여 응답에 대한 구체적인 의견을 조사하였다.

다음은 과학 탐구에 대한 태도와 관련하여 학생들이 응답한 내용이다.

• 과제연구를 하기 전에는 저 뿐만 아니라 대부분의 친구들이 실험이 어떻게 진행되고, 어떤 역경이 닥칠지, 어떠한 생각과 태도로 연구에 임해야 되는지 잘 모르고 막연하게 연구를 쉽게 생각해서 계획한대로 실험 결과가 나올거라고 생각을 했는데 활동을 하고 나니 실험이 잘된 경우도 있었지만 실험

함에 실패한 경우가 더 많았습니다. 이 과정에서 과학 탐구는 역경과 시련, 실패를 거쳐야 되는 것이라는 생각이 들게 되었습니다.

• 실험을 하면 계획대로 될 줄 알았는데 예상보다 변수가 많고 오차가 많이 생겼습니다. 과학은 실험을 하면 재밌다고 생각했는데 막상 해보니 시간도 너무 오래 걸리고 정교한 것까지 맞춰야 하는 어려움이 있었습니다. 쉽게만 생각했던 실험 활동이 이번 활동을 하면서 어렵다는 것을 알게 되어서 실험에 대한 두려움이 생기게 된 것 같습니다.

면담 결과, 과제연구를 진행하는 동안 학생들은 학교의 일반적인 실험 수업과 달리 예상과 다른 실험 결과, 오랜 기간에 걸친 실험 활동과 분석 등으로 인해 과제 연구와 같은 연구 활동이 어려워졌다고 응답하였다. 학생 응답과 같이 학생에게 어려움이 존재하지만 그 밖의 과학에 대한 태도의 향상이 있음 등을 부각시키거나 학생들이 겪는 어려움에서 포기하지 않도록 교사의 개입이 더 필요할 것임을 알 수 있다.

다음은 과학에 대한 취미로서의 관심과 관련하여 학생들이 응답한 내용이다.

• 실험뿐만 아니라 여러 가지 조사를 하게 되면서 몰랐던 사실들을 많이 알게 되었고 이 과정에서 과학과 관련하여 몰랐던 흥미를 발견하게 되었고 여러 가지 흥미 있는 부분에 대해 더 알아보고 싶다는 마음을 가지게 되어서 (후략)

• 1년 동안 과제연구를 하는 시간으로 인해 (중략) 과학에 대한 취미로서의 관심이 높아진 것은 과학이라는 탐구 범위가 활동을 하면서 차츰 확장된 결과라고 생각합니다. 처음에는 과학자 같이 주제를 가지고 실험을 하는 것이 과학의 범위라고 생각했는데 활동을 하면서 주변에 호기심을 갖고 보게 되었고 생활 속에서 실험을 수행하지 않고도 호기심을 갖고 이유를 생각해보는 것만으로도 과학 자체가 될 수 있다는 생각을 하게 되었습니다. (후략)

면담 결과, 문제인식, 조사, 실험 등의 문제 해결 탐구 활동을 통해 과학 실험 자체에 대한 흥미와 취미로서의 관심 증가뿐만 아니라 탐구를 통한 문제 해결 과정에서 궁금한 것을 해결하고 싶은 마음을 갖게 되어 과학을 취미로서 인식하게 되었다고 응답하였다. 과학과 교육과정에서 궁극적으로 지향하는 목표가 지식, 탐구, 태도 등의 상호작용을 통해 일상생활이나 사회적 문제를 과학적으로 해결하려는 과학적 소양 함양<sup>1,2</sup>임을 고려할 때 과제 연구 활동을 통해 학생들에게 긍정적인 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

다음은 과학 수업에 대한 즐거움과 관련하여 학생들이 응답한 내용이다.

• 실험을 하면서 원리에 대해 생각하는 과정을 겪다 보니 과학 원리를 더 쉽게 기억하게 되었습니다. 수업에서도 자신이 연구하고 조사한 부분이 나올 수도 있고 활동을 하는 동안 우리가 경험한 과학적 사고 과정을 수업 내용에도 적용할 수 있다고 생각합니다. 자신이 아는 것이 나오면 수업이 신나는 것처럼 연구를 통해 여러 가지를 경험하게 되어서 '이것은 이런 이유 때문에 그럴구나' 라는 사고 과정이 활발해지다 보니 과학 수업이 더 재미있어졌습니다.

• 과제연구를 하면서 문제발견 활동을 했는데 과학 수업에 임하면서 문제발견 활동이 목표를 가질 수 있도록 하는데 도움이 되었습니다. 어떤 새로운 지식을 받아들였을 때 그와 관련된 현상과 그 문제가 어떻게 일어나는지를 구체적으로 생각하고 알아가는 것을 도와주었고 핵심을 파악할 수 있도록 연습을 하게 되어, 이러한 활동이 과학 수업에 영향을 주어 과학 수업이 즐거워졌습니다.

면담 결과, 학생들은 문제 발견 활동, 과학적 사고 과정, 실험, 조사 등의 활동을 통해 목표를 명확히 인지하는 경험과, 자료를 조사하고 직접적으로 연구를 수행하는 경험을 통해 원리를 이해하는 경험을 통해 과학 수업에 대한 즐거움이 향상된 것으로 응답하였다. 따라서 일반적인 과학 수업에서도 교사 주도의 과학 수업에서 탈피하여 학생이

직접 주도하고 연구 문제를 일관성 있게 해결하는 경험을 제공하여 과학 수업에 즐겁게 참여할 수 있도록 해야함을 알 수 있다.

다음은 과학 직업에 대한 관심과 관련하여 학생들이 응답한 내용이다.

• 연구를 하다 보니 어떤 친구들은 복잡한 과정이라서 싫어하기도 했지만 저 뿐만 아니라 많은 친구들은 연구하던 것을 조금 더 전문적으로 정밀하게 연구하고 싶다는 마음을 가지게 되었습니다. 궁금한 점을 해결하는 매력 때문에 연구를 하면서 나도 과학 연구 분야에 종사하고 싶다는 마음을 갖게 되었습니다.

• 과학자의 길을 다수의 비전문가들은 고독의 싸움이라고 이야기 합니다. 저도 이 생각에 동의하였고, (중략) 그런데 과제연구를 할 때 친구들과 협력하면서 결과를 도출하게 되었고, 이러한 과정에서 기존에 가지고 있던 마인드가 깨지게 되었습니다. 이전에는 꿈이 한의사였는데 과학 활동을 하면서 친구들과 협력하고 알아가는 활동이 재미있어서 과학자에 대한 꿈으로 바뀌게 되었습니다.

면담 결과, 학생들은 활동을 통해 과학자의 연구 과정에 흥미를 가지게 되었고 과학 직업에 대한 인식이 바뀌었다고 응답하였다. 문제를 탐구적으로 해결하는 전통적인 과학 수업에 비해 복잡하고 어떤 학생들에게는 귀찮은 활동이라고 여겨질 수도 있다. 하지만 본인들이 문제를 해결하는 성공적 경험 등은 학생들에게 직업적 관심을 가지게 할 수 있으므로 일반 과학 수업에서도 학생들이 문제를 해결해보는 연구 과정을 경험할 수 있도록 기회를 제공하는 것이 필요함을 알 수 있다.

과학에 대한 태도에 대한 학생들의 면담 결과를 바탕으로 학생들의 수준, 흥미, 여건 등을 고려한 체계적이고 다양한 프로그램 개발을 통해 학생들의 자기 주도적 실험 활동에 대한 자신감과 참여도를 높여준다면 과학 수업 뿐만

**Table 6.** Results of the recognition test of research project using the science writing heuristic

| Items                                                                                                    | Average |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. It helped me learn new concepts.                                                                      | 4.25    |
| 2. I came to have a positive view of science, such as the value of science, and the use of science.      | 3.96    |
| 3. I came to have attitude to solve new problems logically, critically, and creatively.                  | 4.12    |
| 4. Basic inquiry abilities such as expectation and reasoning were developed.                             | 3.96    |
| 5. Ability to logically identify research problems to solve a given situation has been improved.         | 3.93    |
| 6. Ability to design an inquiry process to solve a given situation has been improved.                    | 4.10    |
| 7. Ability to express findings logically using table or graphs has been improved.                        | 3.58    |
| 8. Ability to logically draw up conclusions in the inquiry report has been improved.                     | 3.93    |
| 9. If I have an opportunity, I would like to participate in the research project again in the same form. | 3.95    |

아니라 과학 활동을 통한 여가 시간 활용과 향후 이공계 진로 설정에 있어서도 효과가 있을 것으로 판단된다.

#### 탐구적 과학 글쓰기 적용 과제연구에 대한 학생들의 인식

탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 활동 후 설문 조사를 바탕으로 프로그램에 대한 학생들의 인식을 조사한 결과를 Table 6에 나타내었다.

첫째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램이 새로운 개념 학습에 도움이 되었는지에 대해 5점 척도를 기준으로 평균 점수가 4.25점이었고, 그렇게 응답한 이유로 과제 연구 프로그램이 ‘과학 개념 및 원리 이해’에 도움이 되었다는 응답 유형이 65.82%로 가장 많았다. 그 외의 응답 유형으로 ‘실험 기구 및 사용 방법의 이해(15.20%)’, ‘보고서 작성법의 이해(8.86%)’, ‘안전 수칙의 이해(5.06%)’ 순으로 답변이 많았다. 즉, 학생들은 과제연구를 통해 자신의 연구 주제와 관련된 과학 원리 및 이론에 대해 알게 되었을 뿐만 아니라 알고 대충 알고 있던 개념들을 자료 조사 및 실험을 통해 확실하게 알게 되었다고 진술했었다. 또한 연구에 필요한 준비물을 직접 탐색해보면서 실험 도구의 종류 및 쓰임과 주의사항, 약품에 적혀 있는 기호와 관련 의미들을 익힐 수 있는 기회가 되었다고 응답 하였다.

다음은 이 질문과 관련한 학생 면담 내용 중 일부이다.

• *계획서나 중간 활동 발표를 할 때 다른 친구들이 발표를 듣고 면밀히 분석해서 어떤 점을 보완 했으면 좋겠다고 이야기 해주었는데, 대부분의 친구들이 과학 원리와 함께 지적하고 우리 조의 판단 오류나 해결 방법에 대한 가이드를 근거를 들어 제시해주었습니다.*

• *주제를 정하거나 실험을 계획하면서 실험에 대한 조사를 할 때 과학적인 원리나 이론에 대한 근거를 바탕으로 자료를 찾으면서 과학 개념을 알게 되었습니다.*

면담 결과, 연구 결과의 발표, 이론적 배경 조사, 실험, 동료 피드백 활동 등을 통해 개념이나 원리를 더 알게 되거나 심층적으로 아는데 도움이 되었음을 알 수 있었다.

둘째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램을 통해 과학의 가치, 과학의 활용 등 과학에 대해 긍정적인 시각을 가지게 되었는지에 대해 5점 척도를 기준으로 평균 점수가 3.96점이었고, 그런 시각을 가지게 된 주된 활동이 무엇인지에 대한 질문에 대하여, ‘과제연구의 전반적인 활동’ 관련 응답 유형이 54.79%로 가장 많았고, ‘자기 주도적 실험 설계 및 수행’ 응답 유형이 39.73%로 두 번째로 많았으며, 그 외에 ‘탐구 주제의 선정 과정(2.74%)’ 및 ‘탐구적 과학 글쓰기 활동(1.37%)’을 통해 과학에 대해 긍정

적인 시각을 가지게 되었다고 응답하였다.

그리고 학생들이 과제 연구 활동을 통해 과학에 대하여 어떤 긍정적 인식을 하게 되었는지에 대한 질문에 대하여, 과학의 원리가 생각보다 우리 삶에 많이 융합되어 있으며 과학 원리의 적용을 통해 생활이 더욱 발전할 수 있다는 것을 알게 되었다고 진술하는 등 프로그램을 통해 ‘과학의 사회적 가치(49.33%)’에 대해 긍정적인 인식을 갖게 된 학생들이 많았다. 또한 자신이 직접 실험을 설계하고 연구함으로써 과학에 대한 거부감이 사라지거나 과제연구를 하면서 협력과 공유를 통해 더 나은 탐구를 할 수 있어 탐구활동을 좋아하게 되는 등 ‘과학 활동에 대한 즐거움을 인식(16.44%)’하게 된 학생들도 있었고, 사물이나 문제를 다방면에서 보게 되고, 물리, 화학, 생명과학, 지구과학 등의 다양한 분야를 융합하여 이해하는 것이 필요하다는 것을 느끼는 등 프로그램을 통해 ‘폭넓은 사고가 형성(15.07%)’되어 과학에 대해 긍정적인 시각을 가지게 되었다고 진술한 학생들도 있었다. 반면, 과제연구를 수행하기 위해 주제를 찾고 나면 이미 다른 사람이 해버린 주제라서 다시 찾아야 하는 어려움을 겪기도 하고, 과제연구를 수행하기에는 아직 알고 있는 지식이 충분하지 않아 이해하기 어려웠던 적이 많았으며, 처음에 시작할 때는 재미있었으나 하면 할수록 힘들어져서 프로그램을 통해 ‘과학에 대해 부정적인 시각이 형성(8.22%)’ 되었다는 의견도 있었다.

다음은 이 질문과 관련한 학생 면담 내용 중 일부이다.

• *탐구적 과학 글쓰기 보다는 저희들 스스로가 실험을 직접 계획하고 활동했기 때문이라고 생각합니다. 중학교 때까지는 실험을 많이 하지 않았고 원래 과학을 좋아해서 수업 시간이 즐거웠지만 ‘실험을 통해 확인해보면 더 좋을 것 같은데’라는 아쉬움이 많았습니다. (중략) 이번 활동을 하면서 우리들이 평소에 궁금했던 것을 주제로 정하고 자료를 조사하고 실험을 하면서 많은 사실들을 알게 되다보니 과학의 무궁무진함을 더 잘 느낄 수 있었습니다.*

• *과학은 틀에 박혀서 혼자서 고민하는 학문이라고 생각했는데 연구를 하다 보니 혼자서는 힘들지만 조원들과 협력을 하면 쉽게 해결할 수 있다는 것을 알게 되고 성취감을 맛보다 보니 과학이 폐쇄적이지 않고 개방적인 학문이라고 인식이 변화되면서 과학에 대한 가치가 변화되었습니다.*

면담 결과, 과제 연구의 실험 활동을 통해 평소에 궁금했던 것을 해결해보는 기회가 되었고 모둠별 협동을 통해 문제 해결이 더 쉬워졌다는 경험을 통해 과학에 대하여 기존에 가지던 고정 관념에서 벗어나 과학의 가치에 대하여 긍정적인 시각을 가지게 되었음을 알 수 있었다.

셋째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램을 통해 새로운 문제를 논리적, 비판적, 창의적으로 해결하려는 태도를 가지게 되었는지에 대해 5점 척도를 기준으로 평균 점수가 4.12점이었다. 그렇게 생각한 이유로 ‘실험 설계 및 수행 과정’을 통해 논리적, 비판적, 창의적 해결 태도를 갖게 되었다는 응답 유형이 50.00%로 가장 많았다. 즉, 연구를 진행하면서 모든 과정에 대해 왜 그럴까 의문을 갖고 이를 해결하기 위해 고민하는 과정이나 성분을 분석하고 자세히 관찰하는 과정, 설계한 대로 수행하는 과정에서 더 나은 방법으로 해결하기 위한 방법들을 생각하는 과정에서 논리적, 비판적, 창의적으로 해결하려는 태도를 가지게 되었다고 진술하였다. 또한 연구를 진행하면서 돌발적인 상황에 직면하거나 과정 중에 발생했던 실패의 원인을 찾고 해결할 방법을 모색하는 등 ‘실패의 원인을 분석’하는 과정에서 논리적, 비판적, 창의적 해결 태도를 갖게 되었다는 응답 유형이 23.68%로 두 번째로 많았으며, 그 외의 응답 유형으로 ‘탐구 주제의 선정(14.47%)’, ‘과학 개념 학습(6.58%)’, ‘탐구적 과학 글쓰기 활동(3.95%)’ 등이 있었다.

다음은 이 질문과 관련한 학생 면담 내용 중 일부이다.

- 실험을 설계하고 수행하는 과정에서 탐구적 과학 글쓰기가 이루어졌기 때문에 논리적이고 창의적인 태도를 갖게 된 것 같다고 생각합니다. 실험 설계를 하려면 논리가 맞지 않으면 실험이 진행되기가 어렵습니다. 실험을 설계하는 과정에서 끊임없이 생각을 해야 했었고 생각들은 글쓰기를 통해 정리해나가다 보니 논리적이게 되었습니다. 그리고 기존의 방법과는 다르게 생각해야 되다 보니 조원들하고 토의를 하면서 다양한 방법들을 찾다보니 창의적인 사고가 늘어난 것 같습니다.
- 실험 설계 과정과 탐구적 과학 글쓰기가 수행평가여서 단계마다 활동을 하면서 곧바로 쓰려고 노력했는데 그 과정에서 실험을 하기 위한 올바른 과정을 선택할 수 있었던 것 같습니다. 실험에 대한 기록을 그 다음 날 정리를 하려고 하면 더 오랜 시간을 가져야 하는데 모든 활동을 할 때마다 글로 곧바로 쓰면서 정리하다보니 논리성이 부각된 것 같습니다.

면담 결과, 실험 설계 및 수행 과정에서 과제 연구의 활동 내용을 탐구적 과학 글쓰기에서 요구한 과정을 따라 꾸준히 정리하는 활동이 문제를 논리적이며 창의적으로 해결하는 태도를 갖게 하는데 도움이 되었음을 알 수 있었다.

넷째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램을 통해 예상, 추리 등의 기초적 탐구 능력이 향상되었는지에

대해 5점 척도를 기준으로 평균 점수가 3.96점 이었고, 그렇게 응답한 이유로, 직접 실험을 하면서 측정치의 변화를 관찰하고 경향을 추리하거나 실험을 하면서 실패 원인을 찾는 등 ‘실험을 직접 수행하는 과정(45.07%)’을 통해 향상되었다는 응답 유형이 가장 많았다. 그 외에 실험 설계 및 수행 과정 중 ‘실험 결과를 예측하는 과정(23.94%)’, ‘실험을 설계하는 과정(8.45%)’, ‘탐구적 과학 글쓰기 활동을 하는 과정(8.45%)’, ‘가설을 설정하는 과정(7.04%)’, ‘주제를 선정하는 과정(4.23%)’, ‘보고서를 작성하는 과정(2.82%)’을 통해 예상 및 추리 능력이 향상되었다는 응답 유형이 있었다.

다음은 이 질문과 관련한 학생 면담 내용 중 일부이다.

- 실험 계획을 세우고 실험을 하면서 저희 조 친구들이 중요하게 생각했던 것이 조작변인이었는데 막상 실험을 하다 보니 오차와 실패를 만드는 가장 큰 문제가 통제변인이었고, 친구들과 서로 발표 평가를 하는 과정에서 지식이 가장 많았던 부분이 변인 통제에 대한 것이었습니다. 실험 설계 과정에서 변인을 이렇게 했을 때는 어떤 결과가 나타날 것이고 다른 방향으로 했을 때는 어떻게 나타날 것인지를 예측하고 추리하면서 잘못된 것을 바로 잡을 수 있었습니다.
- 저희 조는 나름대로 실험을 잘 설계했지만 처음 시작이었던 자성유체를 만드는 과정부터 여러 번 실패를 했습니다. 저희들이 설계한 내용과 기존의 선행 연구를 몇 번을 다시 보면서 왜 그럴까하고 이유를 생각해보는 과정에서 자연스럽게 추리하는 능력이 향상되지 않았나 생각이 듭니다.

면담 결과, 실험 설계 및 수행 과정 중 예상과 다르게 나타나는 결과의 원인을 구체적으로 생각해보고, 실험 성공을 위해 여러 변인을 바꾸어가며 실험 결과를 예상하는 과정에서 예상이나 추리 등의 기초 탐구 활동 경험을 많이 하였고, 이를 통해 예상과 추리 능력을 향상시키는데 도움이 되었음을 알 수 있었다.

다섯째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램을 통해 주어진 상황을 해결할 연구 문제를 논리적으로 찾는 능력이 향상되었는지에 대해 5점 척도를 기준으로 평균 점수가 3.93점이었다. 학생들은 주제와 탐구 과제를 해결하기 위한 방법을 탐색하거나 실험 후 더 보완할 점이나 더 탐구해보고 싶은 문제를 찾아보는 등 ‘문제 해결 방법을 탐색하는 과정(38.36%)’과 실패의 원인을 분석하거나 문제에 부딪혔을 때 극복하는 방법을 찾는 ‘시행착오 극복(31.51%)’을 통해 문제를 논리적으로 찾는 능력이 향상되었다는 응답 유형이 많았다. 그 외에도 ‘탐구적 과학 글쓰기 활동(10.96%)’과 ‘보고서 및 탐구일지 작성

(2.74%)’ 등의 응답 유형이 있었다. 반면, 부족한 시간으로 인해 논리적으로 찾기 보다는 주관적 느낌으로 해결하려는 경향이 강해지거나 전과 달라지지 않는 등 프로그램을 통해 문제를 논리적으로 찾는 능력이 향상되지 않았다는 응답(16.44%)도 있었다.

다음은 이 질문과 관련한 학생 면담 내용 중 일부이다.

- *시행착오가 일어났다는 것은 실험 과정에 문제가 있었다는 것을 의미하고, 문제가 어떤 것인지 정확히 찾아내서 올바르게 고치는 과정이 필요합니다. 문제의 원인을 찾기 위해서는 논리적인 사고가 필요하고 어떤 것이 더 맞는지, 이것이 이전 방식보다 더 합당한 대안인지 등에 대해 생각해 보면서 문제를 논리적으로 찾는 능력이 향상되었다고 생각합니다.*
- *친구들끼리 평소 애용했던 점을 이야기하면서 주제를 찾고 우리가 정한 주제를 해결하는 방법을 찾아보았습니다. 이 과정에서 막연히 대화만 했다면 뚜렷한 방향을 찾기가 어려웠을텐데 (중략) 함께 모여서 토의를 통해 하나의 구체적인 문제를 정하고 방법을 찾는 탐구적 과학 글쓰기를 했기 때문에 문제를 논리적으로 찾는 데 도움이 되었다고 생각합니다.*

면담 결과, 문제 해결 방법을 탐색하고 실패의 원인을 분석하여 시행착오를 극복하는 과정과 함께 이를 탐구적 과학 글쓰기 활동을 통해 논리적으로 정리하고 생각해 보는 경험을 할 수 있었기 때문에 연구 문제를 논리적으로 찾는 능력이 향상되었음을 알 수 있었다.

여섯째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램을 통해 주어진 상황을 해결하기 위한 탐구 과정을 설계하는 능력이 향상되었는지에 대해 5점 척도를 기준으로 평균 점수가 4.10점이었다. 실험 방법이 잘못 되었거나 예상과는 다른 결과에 직면하였을 때 해결 방법을 찾아 실험을 재설계하는 경험과 같이 ‘시행착오를 극복하는 과정’을 통해 탐구 설계 능력이 향상되었다는 응답 유형이 54.79%로 가장 많았다. 이 외에도 ‘탐구 계획서를 작성하는 과정(21.92%)’과 ‘설계한 대로 실험을 수행하는 과정(12.33%)’을 통해 탐구 설계 능력이 향상되었다는 응답 유형이 있었다. 반면, 실험 설계를 해도 과정에 옳지 않은 부분이 많이 있어 자신에게 아쉬움을 가지고 있거나 설계를 직접 해보았지만 아직은 부족하다고 느끼는 등 탐구 과정 설계 능력이 향상되지 않았다는 응답(10.96%)도 있었다.

다음은 이 질문과 관련한 학생 면담 내용 중 일부이다.

- *실패는 성공의 어머니라는 말이 있는 것처럼 저희가 케일을 연구하면서 7개월은 실패하고 2개월은 성공한 실험이었습니다. 7개월이라는 시행착오가 없었다면 2개월의 성과를*

*뒷받침할 거리들이 없었을 것입니다. 실패를 하다 보니 분석하고 싶었던 것, 어떤 방향이 올바른지에 대해 구체적으로 설계할 수 있었던 것 같습니다.*

- *처음에 저희끼리 계획을 세웠을 때 당연히 맞다고 생각했습니다. (중략) 그런데 맞는 것처럼 보였지만 결과는 당연히 실패였고 그 때 다시 정신을 차려 과학 원리를 함께 생각하면서 실험을 설계했습니다. 그 때의 실패를 저희 조원들 모두 감사하게 생각하고 있습니다. 이렇게 실패를 겪다보니 문제를 더 구체적으로 보게 되었고 실험을 설계하는 능력도 생기게 된 것 같습니다.*

면담 결과, 인식 검사에서 진술한 것과 동일하게 시행착오를 통한 실패의 경험이 이후 성공적 결과를 얻는데 도움이 많이 되었고, 이 과정에서 실험 설계 능력이 향상되었다고 응답하였다.

일곱째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램을 통해 탐구한 결과를 표나 그래프 등을 이용하여 논리적으로 표현하는 능력이 향상되었는지에 대해 5점 척도를 기준으로 평균 점수가 3.58점이었다. 클리어존의 크기를 재고 이를 표현하는 과정에서 표와 그래프를 직접 활용하여 효과적으로 표현해보는 경험처럼 ‘자료 변환 과정을 직접 수행하는 과정’을 통해 자료 변환 능력이 향상되었다고 생각하는 응답 유형이 45.24%로 가장 많았다. 그리고 표나 그래프를 보고서에 첨부한 경우 ‘보고서 작성’을 통해 능력이 향상되었다는 응답(13.10%), 수업 시간에 자료 변환의 유형이나 특징에 대해 학습했기 때문에 탐구 결과를 논리적으로 표현하는 능력이 향상되었다는 응답(8.33%), 표와 그래프로 자료를 변환하는 것에 그치지 않고 이를 해석해봄으로써 향상되었다고 생각하는 응답 유형(4.76%)도 있었다. 반면, 실험 결과가 만족스럽지 않아 표나 그래프로 표현하지 못했거나 변화 수치가 너무 작아 그래프로 나타낼 필요성을 느끼지 못한 경우, 이론으로 배우긴 했으나 직접 해보지 않았거나 표와 그래프로 나타낼 실험이 아니었거나 표와 그래프로 표현했을 때 더 복잡함을 느꼈던 경우 프로그램을 통해 탐구 결과를 논리적으로 표현하는 능력이 향상되지 않았다고 응답하였다(28.57%).

다음은 이 질문과 관련한 학생 면담 내용 중 일부이다.

- *저희가 실험 설계를 하고 실험 결과까지 내는데 있어서 한 가지로 모든 활동을 정리하는 것이 표나 그래프라고 생각을 합니다. 표와 그래프를 활용했기 때문에 저희들이 실험한 데이터를 논리적으로 표현할 수 있었고, 여러 데이터를 나타내보면서 좀 더 표현 방법이 익숙해졌기 때문에 능력이 향상되었다고 느꼈습니다.*

• 처음에 저희가 실험한 결과를 글로 써서 선생님께 보여드렸는데 선생님께서 표로 만들어보고 그래프로 바꿔서 경향을 파악하라고 하셨을 때 사실 귀찮았습니다. 그런데 글로 썼을 때보다 표로 정리해서 그래프로 만들어보니 훨씬 저희들의 실험 결과를 표현하는데 보기가 좋았습니다. (중략) 이렇게 표현할 수 있다면 논리적인 능력을 가지고 있다고 볼 수 있는 것 같습니다.

면담 결과, 학생들은 실험 결과를 직접 표와 그래프로 변환하여 나타내는 경험을 통해 표와 그래프를 이용하여 실험 결과를 표현하는 것이 논리적인 방법이라고 인식하고 있었고, 이 경험을 통해 결과를 논리적으로 표현하는 능력을 가질 수 있다고 생각하고 있었다.

여덟째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램을 통해 탐구보고서의 결론을 논리적으로 작성하는 능력이 향상되었는지에 대해 5점 척도를 기준으로 평균 점수가 3.93점이었다. 그 이유로 ‘탐구일지 및 보고서의 직접 작성’을 통해 향상되었다는 응답 유형이 71.23%로 가장 많았고, 그 외에 ‘실험 수행(4.11%)’, ‘탐구적 과학 글쓰기 활동(2.74%)’, ‘토의 등의 상호작용(1.37%)’을 통해 향상되었다는 응답 유형이 있었다. 즉, 학생들은 자신들의 계획을 바탕으로 직접 실험을 해보았기 때문에 실험의 전반적인 과정과 결과를 알고 있어 보고서의 결론을 논리적으로 작성할 수 있었으며, 실험 후 혼자서 결론을 생각했을 때는 부족한 점이 있다고 느꼈으나 모둠원들과 토의를 거치고 나니 결론이 보다 타당해져서 토의를 통해 논리적으로 작성하는 능력이 향상될 수 있었다고 진술하였다. 반면, 자신들의 연구 수행에 대한 결론이 명확하지 않다고 느끼거나 결론 도출에 있어서 자신의 역할보다 팀원의 역할이 컸다고 느낀 경우 결론을 논리적으로 작성하는 능력이 향상되지 않았다고 응답하였다.

다음은 이 질문과 관련한 학생 면담 내용 중 일부이다.

• 탐구적 과학 글쓰기는 복잡한 생각들을 거르지 않고 전부 적은 뒤 마지막에 원관념을 잡아내는 방식이었습니다. 시행착오를 겪으면서 마지막에 성과물을 이끌어낼 때 머리 속에 있었던 것을 글로 표현함으로써 실험하는 전반적인 과정을 탐구적 과학 글쓰기가 잡아줬습니다. 제가 하는 실험 활동이 글쓰기를 통해서 정리되다보니 결론을 논리적으로 자연스럽게 작성할 수 있었던 것 같습니다.

• 탐구일지와 탐구적 과학 글쓰기 활동지를 꾸준히 작성하다 보니 탐구 보고서를 쓸 때 핵심이 되는 부분만 쉽게 뽑아서 논리 정연하게 보고서를 작성할 수 있었습니다.

면담 결과, 탐구 일지를 학생들의 생각을 논리적으로 단계를 거쳐 작성하게 만드는 탐구적 과학 글쓰기의 형식으로 작성하게 함으로써 결론 뿐만 아니라 보고서의 전반적인 내용을 논리적으로 작성하는데 도움이 되었음을 알 수 있었다.

아홉째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램 수행 후 기회가 된다면 이와 동일한 프로그램에 참여하고 싶은지에 대해 5점 척도를 기준으로 평균점수가 3.95점이었고, 재참여를 희망하는 비율은 78.08%이었다. 참여 희망에 대한 가장 많은 이유는 지식이 부족한 상태에서 실험을 했거나 주제에 대한 불만, 계획의 구체성 부족 등 이번 연구에 대한 아쉬움이 커서 ‘부족한 점을 보완한 재도전(25.00%)’이었다. 그 다음으로는 궁금한 것을 직접 실험을 통해 알아가는 것이 즐겁고 실험하는 것이 흥미로우며, 연구를 하면서 끊임없이 궁금한 점이 생각나서 호기심을 가질 수 있어서 다시 참여하고 싶다는 ‘연구 활동의 즐거움(23.33%)’이었다. 그 다음은 프로그램을 통해 자기계발과 과학 관련 지적 능력, 논리적 사고력, 창의력, 탐구능력 등 자신의 ‘과학적 능력이 향상(20.00%)’ 되었기 때문이라는 응답 유형이 있었고, 그 외에 수업이 재미있었거나 이론 공부와 실험 활동의 적절한 조화가 이루어졌다고 느낀 ‘과제연구 수업의 즐거움(11.67%)’이 있었고, 모둠원과의 활동에 대해 아쉬움을 느낀 학생들의 경우 마음이 맞는 팀원, 협력을 잘하는 팀원, 참여도가 높은 팀원, 성실한 팀원과 같이 ‘의지 있는 모둠원들과 재도전(8.33%)’을 희망하기도 하였다. 또한, 진로가 비슷한 친구들과 함께 모둠을 이루어 ‘진로 연계 탐구(6.67%)’를 희망한 학생도 있었고, 연구를 통해 느낀 ‘성취감(5.00%)’을 다시 맛보기 위해 재참여를 희망한 학생도 있었다. 반면, 프로그램에 재참여를 희망하지 않은 학생들의 80%가 잦은 실패, 예상과는 다른 결과, 많은 시간 투자 등의 이유, 모둠원과의 마무리가 좋지 않거나 주제 선정이 어렵다는 이유를 제시하기도 하였다.

다음은 이 질문과 관련한 학생 면담 내용 중 일부이다.

• 연구소가 아닌 학교에서 이루어지는 활동이다 보니 예산이나 시간이 부족했고, 시행착오를 겪고 나서 이것을 잘 보완해서 정밀하게 실험을 해보고 싶은 마음을 대부분의 아이들이 가진 것으로 알고 있습니다. 기술적인 자원이나 재정적인 자원이 부족해서 정했던 주제를 하고 싶은대로 전부 못해 봤고 다시 해본다면 조금 더 나은 결과를 얻을 수 있을 것 같아서 재참여를 희망합니다.

• 하고 싶었던 주제로 실험했다는 것이 좋았기도 했지만 저도 역시 저희 실험에서 못했던 실험 한 가지가 있었는데 그것까지 해보고 싶어서 생각만 해도 힘들지만 다시 과제연구 수업을 듣고 싶다는 생각이 들었습니다.

면담 결과, 자신들이 생각했던 실험들을 1년 동안의 과제연구 활동을 통해 전부 해결하지 못했다는 아쉬움으로 재참여를 대부분 희망하였다. 과제연구 활동이 1년 동안의 활동으로 끝나기 보다는 그 이상의 장기적인 연구 활동으로 지속될 수 있도록 학년 연계, 동아리 연계, 향후 대학 연계의 활동으로 진행될 수 있도록 과제연구 프로그램 개발이 필요하다고 판단된다.

마지막으로 과제연구 수업을 진행하면서 가장 좋았던 점과 어려웠던 점에 대한 의견을 조사하였다. 가장 좋았던 점의 경우, 지루한 교과수업보다 자유로운 실험 활동을 할 수 있었거나 평소에 궁금한 점을 실험으로 수행해봄으로써 기억에 오래 남고 오감으로 결과를 확인하는 등 ‘직접 실험 수행(30.23%)’이 가장 많았다. 두 번째로 주제를 정하고 실험을 설계 및 수행하는 과정에서 누군가의 간섭이나 방해받지 않고 자신들이 스스로 해봄으로써 좀 더 알차게 접근해 볼 기회가 되었거나 자신들의 힘으로 하다 보니 탐구 능력이 보다 향상되는 등 ‘자기주도적 연구 활동(26.74%)’이 많았다. 그 다음으로 친구들과 함께 주제를 정하고 실험하는 과정, 토의를 통해 의견을 모으는 과정, 친구들과 함께 문제를 해결하는 과정 등 ‘모둠별 활동(17.44%)’과 실험기구, 과학·수학 지식 등 ‘연구를 통한 새로운 지식 습득(8.14%)’이 있었다. 그 외 ‘연구를 통한 과학적 능력 향상(5.81%)’, ‘과제연구를 통해 성취감 느낌(3.49%)’, ‘과학 자체가 좋기 때문에(3.49%)’, 실험 재료 및 장소 등 ‘과제연구를 위한 활동 지원(2.33%)’, ‘탐구적 과학 글쓰기 활동을 통한 실험 과정과 결과를 자신의 것으로 체계화시킬 수 있는 기회 제공(2.33%)’ 등을 제시하였다.

이는 중학교 과학 동아리 학생들을 대상으로 자유탐구를 실시한 연구에서<sup>27</sup> 구체적으로 도움이 된 것은 ‘주제 선정부터 탐구의 전 과정을 스스로 진행한 점’, ‘새로운 과학 지식 습득’, ‘사고력 향상’, ‘모둠 활동의 경험’ 순으로 답변이 많았던 것과 고등학생을 대상으로 과제연구 프로그램을 실시한 연구<sup>12</sup>에서 가장 도움이 되었다고 생각하는 것이 ‘과학 탐구 방법의 향상’, ‘협동심 함양’, ‘과학에 대한 흥미 증가’ 순으로 답변이 많은 것과 결과가 유사하다. 즉, 학생들은 강의식 수업이나 일반적인 실험 수업을 통해서 경험해 볼 수 없었던 과정을 과제연구와 같은 자유탐구 활동을 통해 경험해 보았으며 스스로 큰 의미를 부여하는 것으로 판단되며, 이와 더불어 다른 질문 항목에서 지속적으로 제시되었던 탐구적 과학 글쓰기를 통해 탐구 활동을 자기 주도적으로 수행할 수 있도록 만든 논리적 접근의 효과도 학생들의 만족감에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

가장 어려웠던 점은 몇 번을 시도해도 문제가 해결되지 않고 무엇이 잘못되었는지 알 수 없거나 예상과는 다른

상황이 발생하여 실험이 성공적으로 이루어지지 않는 등 ‘연구 과정 중 겪게 되는 시행착오(20.55%)’와 ‘주제 선정(16.44%)’이었다. 주제 선정의 경우 학생들은 지금까지 연구되지 않은 주제이거나 더 나은 새로운 방법으로 문제를 해결할 수 있는 주제 등 독창적인 주제를 생각해야만 한다는 것에 부담을 느끼고 있었다. 이번 프로그램에 참여한 학생들의 경우 1학년 때 발산적, 수렴적 사고기법을 바탕으로 주제 선정 과정을 약 6개월 동안 연습한 학생들이 있음에도 불구하고 일부 학생들은 여전히 주제를 정하는 과정이 가장 어렵다고 생각하고 있었다. 그 외에 글을 잘 못쓰는데 수시로 탐구일지를 작성해야 하거나 실험을 토대로 얻은 많은 양의 자료를 체계를 갖춰 보고서로 작성하는 등 ‘탐구일지 및 보고서 작성(13.70%)’, 각자의 생각이 달라 팀원 간의 의견 차이를 좁히기 어려웠거나 협력이 부족하여 모두가 동등하게 역할을 수행하지 않았다고 느끼는 등의 ‘모둠별 활동 수행(10.96%)’ 등이 있었다. 이는 고등학생을 대상으로 과제연구 프로그램을 적용한 연구<sup>12</sup>에서 프로그램을 수행하면서 가장 어려웠던 점이 ‘주제 선정’, ‘계획과는 다른 실험결과’, ‘보고서 작성’, ‘협동하는 과정’ 순으로 나타난 결과와 유사하다. 특히 주제 선정의 경우, 중학생 과학 동아리를 대상으로 자유탐구를 적용한 연구와<sup>27</sup> 중학생의 자유탐구 보고서에 나타난 특징과 탐구 수행에 대한 학생들의 인식 연구에서도<sup>8</sup> 주제 선정을 가장 어려운 단계로 인식하고 있어 학생들은 자기 주도적인 자유탐구 활동을 할 때 학년에 상관없이 주제 선정에 어려움을 가장 많이 느끼고 있음을 알 수 있었다.

이 외에도 중학교 때까지 실험한 경험이 많지 않아 ‘실험 수행(9.59%)’이 어렵거나 실험을 설계할 때 변인 등 여러 가지 요소를 고려하여 방법을 생각해야 하고 설계가 잘못되면 실험 과정 중 어려움이 생길 수 있다는 부담감 때문에 ‘실험 설계(9.59%)’가 가장 어렵다고 진술한 학생도 있었다. 또한 연구를 수행할 때 지금까지 배웠던 지식 이외에 어려운 개념이 필요하고, 다른 팀의 발표를 들을 때 지식 수준이 깊지 않으면 이해할 수 없는 내용들이 많아 ‘연구를 위한 심화된 개념 이해가 필요(8.22%)’했던 점과 과제연구와 학교 공부를 동시에 하다 보니 할 일이 너무 많고 시간이 부족해 시험기간에도 과제연구를 해야 하는 상황이 생기는 등 ‘실험 시간이 부족(8.22%)’, ‘탐구적 과학 글쓰기를 작성(2.74%)’하거나 이전에 연구되지 않은 주제로 실험을 하다 보니 ‘연구를 위한 선행 자료가 부족(1.37%)’하여 구체적인 방향을 잡는 데 어려움을 제시하였다.

고등학교 2학년을 대상으로 1년 동안 진행한 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제 연구 수업은 수업을 진행하는 교사 입장에서 전통적 강의식 수업에 비해 부담이 크고, 학생 입장에서 기존에 경험해보지 못한 자기 주도적 탐

구 활동, 동료와의 협업 등의 활동이 부담으로 작용하지 만, 학생들은 자신의 흥미와 관심에 맞게 연구를 자기 주 도적으로 진행하고 직접 체험하는 탐구 활동을 통해 지식, 탐구, 태도 등에서 프로그램에 대한 만족도가 높음을 알 수 있었다. 또한 과제 연구 활동에 탐구적 과학 글쓰기를 적용함으로써 학생들이 방대한 양의 과정과 결과를 체계 적으로 정리하는데 도움을 주어 지식, 탐구, 태도 측면에 서의 향상에 효과적으로 도움이 되고 있음을 알 수 있었다.

## 결론 및 제언

본 연구는 과학 연구의 본성 및 과정을 이해하고 탐구를 통해 학습자의 과학적 사고 및 반성적 사고를 촉진하기 위해 개발한 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프 로그램을 정규 수업시간에 31주, 총 52시간 동안 적용 후 고등 학생의 과학 탐구 능력 및 과학에 대한 태도에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 이에 대한 결론은 다음과 같다.

첫째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램은 학생들의 과학 탐구 능력 향상에 긍정적인 영향을 주며 통 계적으로 유의미하였다( $p < .00$ ). 기초 탐구 능력의 경우, 추 리와 예상 영역 모두 사후 검사의 평균 점수가 사전 검사의 평균 점수보다 높았으나 추리 영역은 통계적으로 유의미하 였지만( $p < .01$ ), 예상 영역은 통계적으로 유의미하지 않았다 ( $p > .05$ ). 통합 탐구 능력의 경우, 가설 설정, 변인 찾기, 조작 적 정의, 실험 설계, 그래프화 및 데이터 해석, 일반화의 모 든 하위 영역에서 사전 검사보다 사후 검사 평균 점수가 증 가하였고 통계적으로 유의미하였다( $p < .05$ ). 과제연구 프 로그램만 적용한 연구<sup>12</sup>와 비교했을 때 본 연구에서 통합 탐구 능력의 하위 요소의 향상이 전반적으로 고르게 나타났다. 본 연구에서 학생들은 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제 연구 프로그램에 참여하면서 주제 선정부터 결론도출까지 의 모든 과정을 주도적으로 수행하였고, 동시에 각 단계를 수행할 때마다 글쓰기를 통해 정리 및 반성하는 시간을 꾸준히 가졌다. 학생들도 주제선정, 실험설계 및 수행, 결론 도 출 과정을 겪으면서 알게 되는 많은 자료들을 글쓰기를 통 해 정리하여 체계화시켰기 때문에 문제를 논리적으로 설정 하는 능력, 실험설계능력, 그래프나 보고서의 논리적인 작 성 능력이 향상되었다고 응답하였다. 이는 과학적 글쓰기 를 기반으로 한 사고 과정이 과제연구의 각 탐구 과정에 유 의미한 영향을 주어 기초 탐구 능력의 추리와 함께 전반적 통합 탐구 능력 향상에 도움이 된 것으로 해석할 수 있다.

둘째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램은 학생들의 긍정적인 과학 태도 형성에 영향을 주며 통계적 으로 유의미하였다( $p < .01$ ). 과학 태도의 하위 요소인 과학 에 대한 흥미로서의 관심, 과학 수업의 즐거움, 과학 직업

에 대한 관심 요소는 사후 검사가 사전 검사보다 평균 점 수가 향상되었으며 통계적으로 유의미하였으나( $p < .05$ ), 과학 탐구에 대한 태도 요소는 사전 검사보다 사후 검사 가 낮게 나왔고 통계적으로도 유의미하지 않았다( $p > .05$ ). 이 결과를 통해 학생들은 글쓰기를 동반한 과제 연구 프 로그램을 통해 과학을 즐거움의 대상으로 느끼고 직업적 관심도 높아졌으나, 이 프로그램은 학교에서 수행되는 일 반적인 실험 수업과 달리 열린 환경에서 다양한 가능성을 고려해야 하고, 자유탐구 활동에서 나타나는 결과들이 학생 들의 예상과 달라 학생들이 느끼기에 일종의 실패 경험을 겪 으며 장기간 수행해야하는 활동이므로 학생들은 창의적인 연구 활동에 어려움을 느꼈다고 수업에 대한 인식 결과와 면 담에서 밝히고 있다. 따라서 보다 많은 학생들이 과제연구 활동에 성취감을 느낄 수 있도록 학생들의 수준을 고려한 과 제 연구 수업의 운영, 과제 연구 수업 뿐만 아니라 다른 과학 과목에서도 과제 연구와 같이 학생들이 주도적으로 참여할 수 있는 문제 해결 활동에 학생들이 지속적으로 참여할 수 있는 기회를 확대할 필요가 있음을 시사하고 있다.

셋째, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램에 대한 학생들의 인식을 조사한 결과, 프로그램은 과학 개념 및 원리 이해뿐만 아니라 실험 기구 및 사용 방법, 보고서 작성 방법, 실험실 안전 수칙 등을 이해하는데 도움이 되었 으며, 프로그램의 전반적인 활동을 통해 과학에 대해 긍정 적인 시각을 가지게 되었고, 주제 선정, 실험 설계 및 수행, 실험 결과 예측, 실패의 원인 분석, 과학 개념 학습, 탐구적 과학 글쓰기 활동을 통해 논리적, 비판적, 창의적 문제 해결 태도와 기초 탐구 능력이 향상되었다고 인식하였다. 또한 문제 해결 방법을 탐색하고 시행착오를 극복하는 과정에 서 문제를 논리적으로 찾는 능력과 주어진 상황을 해결하 기 위한 탐구 과정을 설계하는 능력이 향상되었으며, 연구 과정에서 얻은 자료를 직접 변환해봄으로써 결과를 타당 하게 표현하는 능력이 향상되었고 탐구적 과학 글쓰기 활 동지와 보고서, 탐구일지를 직접 작성해봄으로써 결론을 논리적으로 작성하는 능력이 향상되었다고 인식하였다.

학생들은 연구 과정 중 겪게 되는 시행착오, 주제 선정, 과학 글쓰기, 모듈별 활동 수행, 실험 설계 및 수행, 연구 를 위한 심화 개념 및 선행 자료의 부족, 실험 시간의 부족 등의 어려움으로 인해 프로그램을 수행하는 과정이 힘들 었지만 일반적인 수업과는 달리 과제연구를 위한 적극적 인 지원을 바탕으로 자기주도적인 모듈별 활동을 할 수 있었고 연구를 통해 새로운 지식 및 과학적 능력이 향상 되었을 뿐만 아니라 성취감을 느낄 수 있어서 좋았다고 하였다. 힘들고 어려움에도 불구하고 약 80%의 학생들이 자신의 능력 향상과 성취감, 연구 활동의 즐거움을 다시 맛보고 자신 및 모듈의 부족한 점을 보완하여 프로그램에

다시 참여하고 싶은 의사를 밝혔다. 이는 학생들이 연구에 대한 어려움과 부담감을 극복할 수 있도록 지속적인 프로그램의 제공이 필요할 뿐만 아니라 학생들에게 창의적이고 주도적인 자유탐구 활동의 기회를 보다 다양한 방법으로 제공할 필요가 있음을 의미한다.

본 연구의 결론을 바탕으로 다음과 같이 제안하고자 한다.

첫째, 학생들은 주제 선정, 자료 수집, 실험 설계, 실험 수행, 결론 도출 등의 모든 과정에서 자신의 생각과 얻은 자료들을 글쓰기를 통해 정리하며 체계화시키는 과정을 거쳤고 이러한 활동이 자신이 연구를 수행하고 탐구 능력이 향상되는데 도움이 되었다고 응답하였다. 또한 과학자의 연구 활동을 이해하고 교과 시간에 배우는 개념을 자신이 직접 조사·실험을 통해 알게 된 원리와 연계시켜 이해함으로써 수업의 즐거움도 증가되었다고 응답하였다. 즉, 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과제연구 프로그램이 고등학교의 과학 탐구 능력 및 과학 태도 형성에 긍정적인 영향을 주므로 과제연구와 같이 학생들이 직접 문제를 해결해보는 경험과 함께 탐구적 과학 글쓰기와 같이 탐구 과정을 체계적으로 진행해보는 활동 경험을 연계하여 교과 및 비교과 활동에 다양하게 적용할 수 있도록 노력할 필요가 있다.

둘째, 학생들은 학년에 상관없이 과제연구와 같은 자유탐구 활동에서 주제 선정과정을 어려워하고 있기 때문에 주제 선정을 위한 문제 발견 능력의 향상이 필요하지만 이는 단기간에 걸쳐 향상되지 않는다. 따라서 학생들이 과제연구 활동의 출발점이 되는 주제 선정 과정에 보다 자신감을 가질 수 있도록 문제 발견 능력의 신장을 위한 교수·학습 자료 개발과 주제 선정과 연구 활동을 연계 지원하는 장기적이며 지속적인 탐구 전략이 마련되어야 한다. 그래서 각 과학 교과에서 지식의 전달에만 국한된 수업 진행이 되지 않아야 하며 작은 주제라도 문제를 발견하고 설정해보는 훈련을 지속적으로 요구할 필요가 있다.

셋째, 학생들은 탐구적 과학 글쓰기 활동지, 탐구일지, 보고서 등과 같은 글쓰기 활동을 통해 자료 및 생각을 정리하고 체계화하는데 도움을 받기도 하였지만 글쓰기에 대해 부담을 느끼기도 하였다. 탐구적 과학 글쓰기는 과제연구와 같이 개방적 탐구 활동을 효과적으로 수행할 수 있는 전략임을 알 수 있었는데, 학생들이 자신의 연구 과정 및 결과를 지속적으로 정리 및 반성하고 질적으로 보다 향상된 과학 글쓰기를 할 수 있도록 여러 과학 과목에서 학생들의 탐구적 과학 글쓰기의 기회를 확대할 필요가 있다.

## REFERENCES

1. Ministry of Education and Human Resources Development. *National Curriculum of Science* 2007.
2. Ministry of Education and Science Technology. *National Curriculum of Science* 2009.
3. Wellington, J.; Osborne, J. *Language and Literacy in Science Education*; Open University Press: Buckingham, 2001.
4. Keys, C. W.; Hand, B.; Prain, V.; Collins S. *Journal of Research in Science Teaching* **1999**, 36, 1065.
5. Jang, K. H.; Nam, J. H.; Choi, A. R. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, 32, 1099.
6. Crawford, B. A.; Krajcik, J. S.; Marx, R. W. *Science Education* **1999**, 83, 701.
7. Nam, J. H.; Kwak, K. H.; Jang, K. H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, 28, 922.
8. Park, M. H.; Cha, J. H.; Kim, I. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2012**, 56, 371.
9. Hand, B.; Hohenshell, L.; Prain, V. *Journal of Research in Science Teaching* **2004**, 41, 186.
10. Sung, H. M.; Hwang, S. Y.; Nam, J. H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, 32, 146.
11. Jung, J. E.; Chung, Y. L. *Biology Education* **2013**, 41, 310.
12. Jung, H. Y.; Moon, S. B. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education* **2014**, 7, 293.
13. Park, J. H.; Kim, J. Y.; Bae, J. H. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2001**, 20, 271.
14. Lee, E. A.; Kim, Y. G. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education* **2014**, 7, 54.
15. Park, H.; Kang, S. *Journal of the Korean Chemical Society* **2013**, 57, 845.
16. Shin, Y. J.; Woo, A. J. *The Journal of Yeolin Education* **2011**, 19, 121.
17. Kim, B. G. Logical thinking abilities and science process skills of Korean secondary school science teachers. Master's Thesis, Korean National University of Education, 1997.
18. Burns, J. C.; Okey, J. R.; Wise, K. C. *Journal of Research in Science Teaching* **1985**, 22, 169.
19. Kwon, J. S.; Kim, B. K. *Journal of the Korean Association for Science Education* **1994**, 14, 251.
20. Fraser, B. J. *TOSRA: Test of Science-related Attitudes Handbook*; The Australian Council for Education Research: Hawthorn, Victoria, 1981.
21. Hwang, S. Y.; Chung, Y. L. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2013**, 33, 751.
22. Lee, H. C.; Lee, J. H. *Journal of Science Education* **2010**, 34, 405.
23. Kwon, H. Y.; Kim, H. N. *Korean Journal of Elementary Education* **2016**, 27, 153.
24. Kwon, N. J.; Lee, E. H. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2007**, 26, 141.
25. Ahn, H. J.; Lee, J. H.; Moon, D. H. *Teacher Education Research* **2013**, 52, 529.
26. Eun, J. M. Analysis of Middle School Students' Performance and Recognition on an Open Inquiry. Master's Thesis, Seoul National University, 2013.