

탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 효과에 대한 중학교 과학 영재들의 인식

신은지 · 최원호*

순천대학교 화학교육과

(접수 2020. 2. 24; 게재확정 2020. 6. 5)

Middle School Science Gifted Students' Perceptions of the Effectiveness of Science Classes Using Science Writing Heuristic

Eunji Shin and Wonho Choi*

Department of Chemistry Education, Suncheon National University, Suncheon 59772, Korea. *E-mail: stensil@scnu.ac.kr

(Received February 24, 2020; Accepted June 5, 2020)

요 약. 이 연구에서는 전라남도 소재의 국립대학교 과학영재교육원 소속 중학교 2학년 4명의 영재 학생을 대상으로 탐구적 과학 글쓰기 수업을 적용한 과학 수업의 효과에 대한 학생들의 인식을 메타인지와 2015개정 과학과 교육과정의 목표의 관점에서 조사하였다. 과학 영재 학생들 대상의 설문과 면담을 통해, 과학 영재 학생들은 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업을 통해 메타인지의 계획, 모니터, 조절, 평가 네 가지 하위 영역에서 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 그 이유로 과학 영재 학생들은 자기주도적으로 실험을 설계하는 경험, 수집한 실험 자료를 지속적으로 점검하는 활동, 피드백 과정, 결론을 작성하는 과정에서 반성 경험 등을 제시하였다. 과학 영재 학생들은 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업을 통해 2015 개정 과학과 교육과정의 목표에 해당하는 태도, 탐구, 지식, 과학·기술·사회(STS), 과학학습의 즐거움과 유용성 영역에서 긍정적 인식을 가지고 있었다. 그 이유로 과학 영재 학생들은 자기주도적으로 탐구를 진행하는 경험, 동일한 주제의 연속적 실험 경험, 각 탐구의 단계에서 사고하는 과정, 탐구과정에서 학습하는 경험, 탐구의 전 과정 경험, 실생활과 밀접한 현상에 대한 탐구 등을 제시하였다. 따라서 효과적인 과학 수업을 위하여 과학 영재 학생들이 응답한 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 특징을 추후 과학 영재 수업뿐만 아니라 일반 학교 과학 수업에도 적용할 필요가 있다.

주제어: 탐구적 과학 글쓰기, 과학영재, 메타인지, 2015 개정 과학과 교육과정

ABSTRACT. In this study, four gifted students in the second year of middle school at Gifted Education Center of the National University in Jeollanam-do were surveyed students' perceptions of the effectiveness of science class using science writing heuristic in terms of metacognition and the goals of the 2015 revised science curriculum. Through questionnaires and interviews with gifted science students, science gifted students recognized that the science class using science writing heuristic had a positive effect on the four subdomains (planning, monitoring, control, and evaluation) of metacognition. For this reason, the science gifted students presented self-directed experience in designing experiments, continually checking the collected experimental data, feedback process, and reflecting experience in preparing conclusions. Science gifted students recognized that science class using science writing heuristic had a positive effect on the goals of the 2015 revised science curriculum(attitudes, inquiry, knowledge, Science·Technology·Society(STS), and the enjoyment and usefulness of science learning) that correspond to through inquiry science writing lessons. For this reason, the science gifted students presented self-directed inquiry experiences, continual inquiry experiences on the same subject, thinking process at each stage of inquiry, learning experiences through inquiry, experience of the whole inquiry process, and inquiry of phenomena closely related to real life. Therefore, for the effective science class, it is necessary to apply the characteristics of science class using science writing heuristic which is responded by science gifted students to general science class as well as science gifted class later.

Key words: Science writing heuristic (SWH), Science gifted students, Meta cognition, 2015 revised science national curriculum

서 론

일반적으로 영재란 평균 이상의 지적능력, 창의성, 과제 집착력을 지닌 사람을 의미하며,¹ 과학 영재들은 과학교과

목에 대한 높은 흥미와² 높은 수준의 과학지식을 지니고 탐구 과정에서 모호성에 대한 내성을 가지는 특성이 있다.³ 일반 학생들에 비해 과학 영재 학생들은 높은 수준의 과학적 사고력과⁴ 과학 탐구 능력⁵⁻⁸ 그리고 과학에 대한 태도,

과학적 태도, 과학 수업에 대한 태도와 같은 과학 관련 태도에서도 긍정적인 특성을 나타낸다.⁸ 그리고 과학 수업에서 일반 학생에 비해 더 효율성 있는 전략을 사용하며,⁷ 자신만의 방식으로 문제를 해결하고자 하는 경향이 있다.⁹ 그래서 과학 영재를 대상으로 한 교육에서는 과학 영재들의 영재성을 함양하기 위해 문제발견 및 문제해결과 같은 탐구 중심 활동이 필요한데,¹⁰ 과학 영재를 대상으로 문제해결 중심의 탐구활동 수업을 실시했을 때, 과학적 창의성 신장¹¹ 창의적 문제해결력, 과학 탐구능력, 과학수업에 대한 태도,¹² 실험 설계 능력¹³이 향상되었다는 보고가 있다.

영재성은 영재들이 가지고 있는 내부적인 특성뿐만 아니라 주위 환경, 동기 수준, 교육 등 외부적인 요인에 의해서도 영향을 받아 발달되기 때문에,¹⁴ 과학 영재 교육에서는 과학 영재 학생들의 지적능력과 탐구능력과 같은 인지적 영역과 과학에 대한 태도와 같은 정의적 영역을 지속적으로 발전시킬 수 있는 적절한 교수 학습 전략을 활용해야한다.⁸ 과학영재들을 위한 학습에서 강조하는 과학 탐구 능력과 과학 지식, 과학에 대한 흥미와 태도의 향상은 우리나라 과학과 교육과정에서 지속적으로 강조해오고 있는 능력이다.^{15,16} 2015 개정 교육과정은 각 교과별 역량 함양을 강조하며 학습자의 자율성과 창의성을 신장하기 위한 학생 중심의 교육과정인데, 탐구 경험을 통하여 과학적 사고력, 과학적 탐구능력, 과학적 문제해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 교과 역량을 함양할 수 있도록 지식, 탐구, 태도, 과학·기술·사회(STS), 과학 학습의 즐거움과 유용성의 5가지 목표를 제시하고 있다.¹⁵

과학과 교육과정의 목표로 강조하는 과학 지식, 과학 탐구 능력, 과학에 대한 태도 등의 향상을 위해 다양한 교수·학습적 연구가 진행되었는데,¹⁷⁻²⁰ 탐구적 과학 글쓰기가 학생들의 과학 지식, 과학 탐구 능력, 과학에 대한 태도의 향상에 긍정적인 영향이 있다는 보고가 있다.¹⁸⁻²¹ 그리고 2015개정 교육과정에서 처음 도입된 통합과학이나 과학 탐구 교과목을 통한 탐구 중심의 과학 교육을 통해 고등학생들의 과학에 대한 흥미, 과학적 태도, 과학의 본성의 일부 영역에서 향상이 있었으며,²² 탐구중심 실험은 학습자의 과학적 탐구능력을 배양하고 과학의 본성(Nature of Science, NOS)에 관한 이해를 높이는데 효과적인 것으로 알려져 있다.²³

탐구적 과학 글쓰기는 학생들의 과학 탐구 능력의 체계적 교육을 위해 의문 만들기, 실험, 관찰, 주장, 근거, 읽기, 반성의 7단계로 제안된 전략이다.²⁴ 탐구적 과학 글쓰기에서는 학습자가 인식한 연구 문제를 해결하기 위해 탐구과정을 경험하고, 얻은 탐구 결과에서 결론을 도출하는 과정을 주장과 증거 등의 논증 요소를 경험 하고, 선행 연구의 읽기와 반성적 사고를 이용하여 결론을 정교화 하는 탐구 활동

이다.²⁴ 학생들은 스스로 의문을 찾고 주장과 증거를 제시 하는 탐구적 과학 글쓰기 탐구 활동을 통해 과학자들의 과학을 하는 과정 및 사회적 합의를 얻는 과정을 경험하여 학습자의 과학적 사고를 촉진할 수 있다.^{24,25}

탐구적 과학 글쓰기에서는 반성 단계를 통해 학생들이 메타인지 전략을 활용할 수 있도록 하는데, 메타인지는 학습자 스스로 자신의 인지과정을 이해하고 사고와 문제해결 과정을 계획, 수행, 평가, 수정하며 배경지식과 전략을 활용하고 통제하는 정신과정을 의미 한다.²⁶ 메타 인지를 이용한 학습을 통해 학습자가 인지 과정을 스스로 인식하고 통제할 수 있기 때문에,²⁷ 학습 및 탐구 활동 단계를 점검할 수 있으며,²⁸ 이를 통해 학생들의 과학 탐구 학습 전략 발달과²⁹ 과학적 사고력 향상에 도움을 준다.³⁰ 또한 메타인지는 영재들에게서 나타나는 중요한 특성으로,³¹ 영재들을 대상으로 한 수업에 메타인지를 잘 활용하면 과학 영재 대상의 과학 수업에서 자신의 학습을 점검하는 과정을 통해 수업의 효과를 높일 수 있을 것이다. 탐구적 과학 글쓰기 전략은 반성을 통한 논의와 글쓰기를 통해 학생들의 개념 이해와 과학적 탐구를 돕고 메타인지 학습 전략을 활용²⁴하고 있기 때문에 메타 인지 요소를 포함한 탐구적 과학 글쓰기 전략은 지식, 탐구, 과학에 대한 태도나 과학 수업에 대한 즐거움 측면에서 과학 영재 교육에 효과적일 수 있으며, 탐구를 기반으로 한 과학 수업을 통해 과학의 본성 측면에서 학생들에게 긍정적 영향을 끼칠 수 있다.

탐구적 과학 글쓰기의 효과를 조사한 연구가 많이 진행되었는데, 우선 일반학생을 대상으로 실시한 연구에는, 탐구적 과학 글쓰기 활동이 학생들의 과학 탐구 능력과 과학에 대한 태도 및 인식에 대한 연구,¹⁸⁻²⁰ 중학생들의 과학 탐구 능력, 논리적 사고력, 메타인지에 미치는 영향을 조사한 연구,¹⁹ 탐구적 과학 글쓰기 활동이 중학생의 과학 학습 환경 인식 및 메타인지적 과학 학습 경향에 미치는 영향을 조사한 연구,³² 탐구적 과학 글쓰기 활동이 학생들의 동기적 요소 중 자기효능감과 성취동기에 미치는 영향에 대한 연구³³ 등이 있었다.

과학 영재 대상으로 탐구적 과학 글쓰기를 적용했을 때의 효과 연구에서는, 중학생 과학 영재 대상으로 탐구적 과학 글쓰기를 적용하였을 때 과학 영재들의 창의성이 향상되었음을 확인한 연구,³⁴ 탐구적 과학 글쓰기와 스토리텔링 기법을 활용하였을 때 초등 과학 영재들의 과학에 대한 태도에 향상을 확인한 연구³⁵ 등 탐구적 과학 글쓰기의 전반적 효과에 대한 연구는 일부 있었지만, 과학 영재 대상의 탐구적 과학 글쓰기 수업의 효과를 구체적으로 조사한 국내 연구는 진행되지 않았다.

과학 영재 대상으로 이루어진 선행연구를 보면, 문제 해결 등을 요구하는 개방적 탐구 활동을 진행하고 탐구 능력

관점에서 효과를 분석한 연구가 많았는데,¹¹⁻¹³ 탐구적 과학글쓰기 활동은 탐구와 논증 활동을 통해 새로운 지식을 반성적으로 구성하는 전략을 통해 학습자의 과학적 사고를 촉진할 수 있기 때문에^{24,25} 과학 영재 대상의 탐구 활동 수업에 도입하면 긍정적 효과가 나타날 것으로 예상된다. 그런데 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 탐구 활동의 효과를 분석한 연구는 일반 학생 대상으로는 많이 이뤄졌지만 과학 영재 대상으로 진행된 연구는 부족하다. 따라서 본 연구에서는 중학교 과학 영재들 대상으로 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 탐구 활동을 실시하였을 때, 과학 영재 학생들은 메타인지 관점에서 자신의 변화를 어떻게 인식하는지 알아보았다. 또한 과학 영재 교육에서도 우리나라 과학 교육의 일환으로 과학과 교육과정의 목표에서 강조하는 과학에 대한 태도, 과학 탐구 능력, 과학지식, 과학 학습의 즐거움 및 유용성과 함께 과학의 본성 측면에서의 목표인 STS의 관련성에 대한 이해에 대한 이해를 목표로 해야 한다. 그래서 본 연구에서 진행한 교수학습 전략이 2015 개정 과학과 교육과정의 목표인 태도, 탐구, 지식, STS, 과학 학습의 즐거움과 유용성의 측면에서의 학생들의 인식에 어떻게 영향을 주었는지 조사하고자 하였다.

연구 방법

연구 대상

전라남도 소재의 국립대학 부설 과학영재교육원 소속 중학교 2학년 학생 4명을 대상으로 하였다. 이 연구에 참여한 4명의 과학 영재 학생들은 여학생 1명, 남학생 3명으로, 중학교 1학년 때부터 과학 영재 교육을 받아오고 있다. 이 학생들은 중학교 1학년 때는 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역의 실험 중심의 영재 교육에 참여하였는데, IT 기반의 융합 교육 2시간, 탐구토론대회 8시간을 포함하여 총 100시간의 영재 교육을 받았다. 그리고 중학교 2학년 때는 자신의 희망으로 선택한 전공 영역에서 80시간 동안 집중 교육을 받게 되는데, 집중 교육 중 하나의 프로그램인 여름방학 미니 사사 프로그램에 참여한 학생들이다.

검사 도구 및 분석 방법

탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 효과에 대한 과학 영재 학생들의 메타인지 관점에서의 인식을 알아보기 위해 선행 연구³⁰에서 사용한 영역독립 메타인지 검사지를 참고하여 수업에 대한 메타인지 인식 검사지를 제작하였다. 메타인지적 기능의 하위 요소에는 ‘계획’, ‘모니터’, ‘조절’, ‘평가’의 네 가지 영역이 있는데, ‘계획’은 학습 전에 목표를 확인하고 자료를 본 후 학습할 내용과 문제해결방법에 대해 생각하면서 전반적인 접근을 결정하는 행위를

말하며 ‘모니터’는 학습 중간에 사용하고 있는 인지 전략의 적절성에 대해 검토하는 행위를 의미하고, ‘조절’은 어려움이 있는 경우 사용 중인 방법을 수정하거나 전환하면서 보다 효과적인 학습 방법을 적용하려는 행위를 의미하고, ‘평가’는 자신의 인지 활동에 대한 결과나 사용한 인지 전략에 대하여 반성적으로 판단하는 행위를 의미한다. 본 연구에 활용한 메타인지 인식 검사지는 수업을 경험한 후 ‘계획’, ‘모니터’, ‘조절’, ‘평가’의 네 가지 영역에서 평소 태도나 활동에 긍정적인 영향이 있다고 생각하는지와 그렇게 생각하는 이유를 묻는 서술형 문항으로 구성하였다.

학생들이 수기로 제출한 메타인지에 대한 인식 검사 결과를 Ms-Excel 프로그램에 모두 입력한 후, 응답의 공통 특징이 있는 답변들을 묶어 분류하였다. 연구자 한명이 초안을 작업 한 후 다른 연구자가 검토하였으며, 연구자 2인이 의논하여 최종 결과를 도출하였다.

과학 교육과정에 대한 목표는 태도, 탐구, 지식, STS, 평생 학습과 과학 수업에 대한 즐거움으로 구성된다.¹⁶ 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 영재 대상의 탐구 활동은 일종의 과학 수업이므로 그 효과를 2015 개정 과학과 교육과정의 목표 관점에서 분석하는 것은 의미 있는 일일 것이다. 따라서 탐구적 과학 글쓰기 수업의 효과에 대한 학생들의 인식 검사를 위해 검사지의 질문을 과학에 대한 태도, 과학 탐구 능력, 과학 지식, STS, 과학 학습의 즐거움과 유용성의 관점에서 구성하였다. 모든 질문은 각 목표별로 수업의 효과와 그 이유, 그리고 그 효과가 나타나도록 만든 구체적 활동을 묻는 서술형 문항으로 구성하였다.

검사지는 컴퓨터 파일의 형태로 제공하여, 본 연구의 수업이 종료된 직후 학생들이 직접 노트북 컴퓨터를 이용하여 응답을 입력하도록 하였다. 학생들이 제출한 검사 내용 중 이해하기 어려운 내용은 추가 면담을 통해 검사지 내용의 의미를 해석하였다. 학생들의 응답을 Ms-Excel 프로그램으로 정리한 후 공통 특징이 있는 답변들로 묶어 응답을 영역별로 분류하였다. 연구자 한명이 초안을 작업 한 후 다른 연구자가 검토하였으며, 연구자 2인이 의논하여 최종 결과를 도출하였다.

수업 방법 및 연구 내용

중학생 과학 영재 대상의 수업은 하루 7시간 5일 동안 총 35시간 진행하였다. 과학 영재를 대상으로 탐구적 과학 글쓰기의 어려움을 조사한 선행 연구³⁶의 수업을 참고하여, 액체의 표면장력에 대해 집중 탐구하는 탐구적 과학 글쓰기 실험 수업으로 구성하였다. 그리고 탐구적 과학 글쓰기의 7단계 요소(의문 만들기, 실험, 관찰, 주장, 증거, 읽기, 반성)를 반영한 학생 활동지를 제작하여 수업에서 활용하였다.

이 연구에 활용한 탐구적 과학 글쓰기의 단계는 총 7단계로, 문제 상황을 해결할 연구 문제 작성하는 ‘의문 만들기(Beginning Ideas)’ 단계, 연구문제를 해결하기 위한 탐구 과정을 설계하고 수행하는 ‘실험(Test)’ 단계, 탐구 결과를 작성하여 그 의미를 분석하고 해석하는 ‘관찰(Observations)’ 단계, 탐구 결과로부터 알 수 있는 주장을 작성하는 ‘주장(Claims)’ 단계, 주장을 뒷받침할 증거를 제시하고 주장을 하게 된 배경을 설명하는 ‘근거(Evidence)’ 단계, 참고 자료를 읽고 주장을 지지해 줄 이론적 근거를 찾아 주장의 타당성을 설명하는 ‘읽기(Reading)’ 단계, 마지막으로는 생각이 어떻게 변했는지를 작성하는 ‘반성(Reflection)’ 단계이다.

탐구적 과학 글쓰기의 각 단계를 이용하여 제작한 학생용 활동지는 크게 연구문제, 연구방법, 연구결과, 결론의 네 항목으로 구성하였으며, 탐구적 과학 글쓰기의 각 단계를 적용하여 하위 문항들을 제시하였다. 첫 차시의 활동지에는 연구문제와 읽기자료를 제시하였고 그 이후부터는 탐구 활동을 통해 더 알고 보고 싶은 연구 문제를 직접 도출하여 탐구적 과학 글쓰기의 일련의 단계를 반복적으로 진행할 수 있도록 문항만 제시하였다. 본 연구의 수업에서 활용한 활동지에 나타난 탐구적 과학 글쓰기의 각 단계별 활동은 다음과 같다. 먼저 앞 차시에서 실시한 탐구 활동을 바탕으로 도출한 연구 문제를 작성하고 ‘실험’ 단계에서 연구 문제에 제시된 조작변인, 측정변인, 통제변인을 작성하고 이를 바탕으로 구체적인 실험 방법을 서술하게 하였다. ‘관찰’ 단계에서는 실험에서 관찰한 내용을 서술한 후 실험 결과를 표나 그래프로 나타내고 그 의미를 설명하게 하였으며, ‘주장’ 단계에서는 관찰 결과로부터 알 수 있는 사실을 연구문제와 관련지어 서술하고, ‘근거’ 단계에서는 주장에 대한 근거를 실험 결과에서 찾아 설명하게 하였다. 그리고 ‘읽기’ 단계에서는 주장의 타당성을 설명하기 위해 필요한 선행 연구, 이론, 원리, 법칙 등을 찾아 읽고, 주장의 타당성을 설명하게 하였으며 ‘반성’ 단계에서는 실험을 수행하면서 생각의 변화를 서술하게 하였으며 마지막으로 ‘의문 만들기’ 단계에서 더 알고 싶은 연구문제를 서술하도록 활동지를 구성하였다(Fig. 1 참조).

수업 시작 전에 탐구 활동 진행 방법에 관하여 교수자가 학생들에게 안내하였으며 탐구 활동지를 컴퓨터 파일의 형태로 제공하여 학생들이 노트북 컴퓨터를 이용하여 활동지를 채워나갈 수 있도록 하였다. 수업 1일차의 활동은 활동지에 제시한 연구 문제를 이용한 탐구 활동 진행(물과 아세트산을 동전 위에 떨어뜨렸을 때 쌓을 수 있는 방울 수 측정)하여 비교하는 실험인데, 실험 활동을 소개한 후 탐구적 과학 글쓰기 단계에 기반하여 구성된 탐구 활동지를 어떻게 작성해야 하는지 방법을 설명하였다. 그리고 학생들이 탐구적 과학 글쓰기 활동에 익숙해질 수 있도록 각

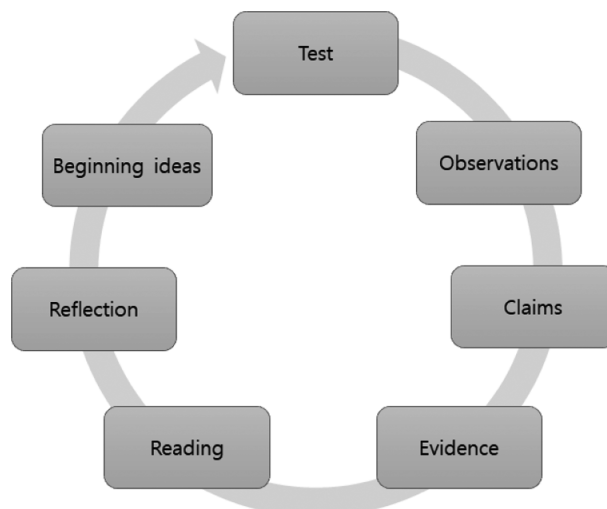


Figure 1. Procedure of Class Using SWH.

단계마다 교수자는 질문을 통해 학생들이 탐구적 과학 글쓰기에 근거하여 활동을 잘 수행할 수 있도록 도왔다. 2일차 이후에도 탐구적 과학 글쓰기의 각 단계에서 요구하는 활동을 학생들이 잘 수행하는지 지속적으로 질문을 통해 피드백을 제공하였다. 수업 2일차부터 4일차까지 학생들이 만든 연구 문제로 탐구활동을 진행하였으며 5일차에는 탐구 결과를 활용한 자료 발표 및 수업의 효과에 대한 메타인지와 2015개정 교육과정 목표 관점에서 학생들의 인식 검사를 실시하였다. 검사지 내용을 부실하게 작성하였거나 검사지 내용을 이해하기 어려운 경우는 다음 모임에서 학생들과 추가 면담을 실시하였다.

연구 결과

탐구적 과학 글쓰기 효과에 대한 메타인지 관점에서 과학 영재 학생들의 인식

가. 학습계획

과학 영재 학생들은 수업의 경험을 통해 학습이나 생활에서 목표를 설정하거나 계획하는 태도 또는 활동에 긍정적인 영향이 있었는지를 묻는 질문에 4명 모두 그렇다고 답변하였다. 그리고 응답의 이유에 나타난 학생 답변의 특징에는 연구문제를 검증하기 위한 탐구 설계 경험과 탐구 결과의 공유 경험이 있었다. 학생들의 응답 예시는 다음과 같다.

□ 연구문제를 검증하기 위한 반복적 탐구 설계 경험

학생A: 실험할 때 궁금하고, 알고 싶은 점을 주제로 계획하여 탐구해봤기 때문이다.

학생B: 수업을 하면서 새로운 연구문제를 설정한 후 개요를

짜고 실험하는 과정을 거치면서 평소에도 전체적인 틀을 잡고 활동하는 것에 도움이 되었다.

학생D: 실험을 계획하고 실험하는 것을 반복하게 되면서 생활에서 계획하는 습관을 배우게 된 것 같다.

□ 탐구 결과의 공유 경험

학생C: 다른 곳에서 해보지 못한 실험을 하고 결과를 보고 실험을 공유하는 이런 과정을 친구들과 재밌게 해서 좋은 영향을 주었다고 생각합니다.

학생들은 탐구적 과학 글쓰기 수업의 ‘실험’ 단계에서 설정한 연구 문제를 검증하기 위해 본인이 직접 탐구 과정을 설계해보는 활동을 여러 번 반복하여 경험하면서 평상시의 생활에서 학습을 계획하는 습관을 가지도록 ‘학습계획’의 향상에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 또한 매 차시 탐구 계획과 결과를 발표하면서 교수자의 피드백을 받는 과정과 그 결과를 동료들과 서로 공유해보는 경험을 통해 자신의 탐구 계획에 대한 검토를 받을 수 있었기 때문에 이러한 공유 과정이 학생들이 평상시 학습 등에서 목표를 설정하는 ‘학습계획’ 능력의 향상에 긍정적인 영향을 준 것으로 보인다.

나. 모니터

과학 영재 학생들은 수업의 경험을 통해 학습이나 생활에서 목표대로 잘 수행되고 있는지 중간에 점검하는 태도 또는 활동에 긍정적인 영향이 있었는지를 묻는 질문에 4명 모두 그렇다고 답변하였다. 응답의 이유에 나타난 학생 답변의 특징에는 실험 결과에 나타난 오류 점검과 탐구 경험을 통한 중간 점검 습관 형성이 있었다. 학생들의 응답 예시는 다음과 같다.

□ 실험 결과에 나타난 오류 점검

학생A: 실험하면서 오류를 찾고 다시 수행해봤기 때문이다.

□ 탐구 경험을 통한 중간 점검 습관 형성

학생B: 수업을 하면서 결과에 문제가 생기면 한꺼번에 다시 해야 한다는 것을 알고 나니 천천히 중간에 점검하는 습관 형성에 도움이 되었다고 생각한다.

학생D: 실험을 하면서 중간에 틀린 점이 있는지 없는지 자주 살펴보게 되면서 생활이나 공부를 할 때 중간에 틀린 점이 없는지 점검하는 습관을 배우게 됐다.

학생C: 일상생활 때 무슨 일을 하든지 점검을 많이 하려고 바뀌었기 때문에

학생들은 첫 날 탐구적 과학 글쓰기 활동의 ‘실험’ 단계에서 오류가 발생할 경우 ‘관찰’ 단계에서 실험 결과를 정

리하였는데 이 과정에서 오류를 확인하여 실험 방법을 수정하거나 재 실험을 하는 시행착오를 경험하면서 그 다음 날 탐구 활동의 ‘실험’ 단계에서 오류를 범하지 않기 위해 반성적으로 점검하면서 탐구 활동을 수행하게 되었다고 응답하고 있었다. 이렇게 중간에 점검하는 습관을 형성하면서 메타인지 ‘모니터’ 능력의 향상에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 또한 탐구 활동을 수행하면서 잘못된 부분이 있는지 점검하는 과정을 통해 평소 생활이나 학습 활동을 하는 도중에 점검하는 습관 형성에 긍정적인 영향을 준 것으로 보인다.

다. 조절

과학 영재 학생들은 수업의 경험을 통해 학습이나 생활에서 목표대로 잘 수행되도록 좀 더 효과적인 방법을 찾는 태도 또는 활동에 긍정적인 영향이 있었는지를 묻는 질문에 4명 모두 그렇다고 답변하였다. 응답의 이유에 나타난 학생 답변의 특징에는 연구문제 해결을 위한 적절한 실험 방법을 찾는 과정과 결론 작성 과정에서 실험 과정에 대한 반성 과정이 있었다. 학생들의 응답 예시는 다음과 같다.

□ 연구문제 해결을 위한 적절한 실험 방법을 찾는 과정

학생A: 실험할 때 설정한 방법이 생각했을 때(실험 방법¹⁾) 아닌 것 같고, 어려웠을 때 좀 더 나은 방법을 찾기 위해 노력해봤기 때문이다.

학생B: 같은 결과를 도출하는 실험이라도 실험 방법에 따라 실험의 난이도가 달라지기 때문에 효과적인 방법은 계속 생각해보는 일이 많았기 때문이다.

□ 결론 작성 과정에서 실험 과정에 대한 반성 과정

학생D: 실험이 목표대로 잘 수행되었는지 인터넷을 찾아 본다거나 다시 되돌아보면서 효과적인 방법을 찾는 태도에 긍정적인 영향을 주었다고 생각한다.

학생들은 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 ‘실험’ 단계에서 연구문제를 검증할 수 있는 효과적 실험방법을 설계하는 과정을 통해 목표대로 수행될 수 있는 방안을 찾는 태도에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하며, 이로 인해 메타인지의 ‘조절’ 영역 능력의 향상에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다.

그리고 학생들은 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 ‘읽기’ 단계에서 주장을 지지해줄 이론적 근거를 찾아 주장의 타당성을 설명하고 ‘반성’ 단계에서는 생각의

연구자 추가

변화를 작성하였는데 이 과정에서 실험이 잘 수행되었는지 점검하는 반성 과정을 경험하면서 이를 통해 효과적인 방법을 찾는 메타인지의 조절 영역 능력의 향상에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다.

라. 평가

과학 영재 학생들은 수업의 경험을 통해 학습이나 어떤 활동을 종료한 후 목표대로 잘 수행되었는지 점검하거나 자신의 생각 변화를 점검하는 태도 또는 활동에 긍정적인 영향이 있었는지를 묻는 질문에 4명 모두 그렇다고 답변하였다. 응답의 이유에 나타난 학생 답변의 특징에는 선생님의 피드백과 결론 작성 시 실험 전체 과정에 대한 반성 과정이 있었다. 학생들의 응답 예시는 다음과 같다.

□ 선생님의 피드백

학생A: 실험이 끝나고 선생님들에게 피드백도 받아보고, 스스로 고쳐보면서 저런 태도에 긍정적인 영향을 준 것 같다.

□ 결론 작성 시 실험 전체 과정에 대한 반성 과정

학생D: 실험을 마치고 실험이 계획한 대로 성공적으로 완료되었는지 여러 번 살펴보게 되면서 생활 속에서 생각 변화를 자주 점검하는 습관을 가질 수 있었던 것 같다.

학생C: 실험 때 한 실험이 끝나고 그 실험을 점검했던 것을 일상생활에 적용시키니 어떤 일을 더 열심히 하고 그 일에 대한 것을 수정해 더 좋은 결과를 얻은 것 같기 때문이다.

학생B: 결과가 예상과 다르게 나왔을 때는 다시 한 번 점검하여 실험이 잘못되었는지 살펴보고 그거 아니면 내 생각이 잘못되었다는 것을 알고 바꾸기 위해 노력했기 때문이다

과학 영재 학생들은 매 수업마다 탐구 수행 과정과 탐구 보고서에 대한 선생님의 피드백을 받으면서 자신의 탐구 주제의 목표대로 잘 진행되고 있는지를 점검받았으며, 이 경험이 메타인지의 ‘평가’ 영역 능력의 향상에 긍정적인 영향이 있었다고 인식하고 있었다.

학생들은 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학수업의 결론에서 ‘주장’, ‘근거’ 단계 활동으로 실험결과에 근거하여 주장의 타당성을 설명하는 활동, ‘읽기’ 단계에서 선행연구나 이론 등을 찾아 주장의 타당성을 설명하는 활동, 그리고 ‘반성’ 단계에서 생각의 변화를 서술하는 과정을 경험하였다. 이 과정에서 학생들은 실험 전체를 반성적으로 바라보는 경험으로 인해 평소 생활에서도 목표대로 수행

되었는지를 점검하는 메타인지의 ‘평가’ 영역 능력의 향상에 긍정적인 영향이 있었다고 인식하고 있었다.

2015 개정 과학과 교육과정의 목표의 관점에서 과학 영재들의 인식

가. 과학에 대한 태도

학생들은 과학에 대한 태도의 향상 여부를 확인하는 질문에 4명 모두 향상되었다고 응답하였다. 그리고 과학에 대한 태도의 향상에 대한 응답 이유, 향상이 된 구체적 활동과 이유에 제시된 학생 응답의 특징과 응답 예시는 다음과 같다.

□ 내가 원하는 방식의 다양한 실험 활동을 통한 흥미 향상

학생A: 여러 방식으로 실험해보니 더 재미있어졌기 때문이다.

학생C: 내가 하고 싶은 실험을 할 수 있으니까 흥미도 생기고, 더 열심히 한 것 같아서

□ 새로운 연구 문제 도출

학생C: 실험을 하고 내가 궁금한 주제를 다음 실험 주제로 삼은 것, 내가 하고 싶은 실험을 할 수 있으니까 흥미도 생기고, 더 열심히 한 것 같아서(Figure2 참조)

□ 자기주도적인 이론 탐색

학생B: 그냥 배우는 것이 아닌 내가 계획한 실험에 필요한 이론이나 재료를 직접 찾아 썼기 때문이다. 원래대로라면 알려준 대로 배웠을 이론을 직접 찾아보니 더 쉽게 받아들일 수 있었기 때문이다.

□ 실험 활동을 통한 이해 증진

학생C: 과학은 암기과목이라고 학교에서는 이해는 조금 하고 외우기에 급급했었는데 여기에 와서 실험을 하면서 이해에 도움을 주었고, 그래서 향상된 것 같다.

□ 이론 형성 과정 학습

학생D: 학교에서는 에탄올이 물보다 그냥 증발속도가 빨라서 증발이 더 빨리 일어나게 된다고 하는데요. 이 수업에서는 왜 더 증발이 빨리 일어나는지 알 수 있어요. 실험이랑 조사를 통해서요(면담).

□ 실험에 대하여 생각해보는 기회

학생A: 주제를 가지고 결론을 내기위해서 실험 방법을 정하는데 어떻게 하면 그 결론을 더 효과적으로 잘 낼 수 있는지 생각해보게 되고 또 결론을 낸 다음에도 무슨 실험을 하고 결론을 내야 더 그게 결론끼리 연결이 되니까 그런 거에 대해서 생각하는 거 같아요(면담).

□ 자기주도적인 탐구 진행 과정의 경험

학생B: 원래 학교에서 평소에 접하는 과학은 일방적으로 교과서나 책을 보고 배우는 건데(이 수업에서는) 어떻게 해야지 궁금한 것을 알 수 있는지 직접 계획도 세워보고 해보니(중략) 그런 태도로 바뀌었어요(면담)

과학에 대한 태도의 향상에 대한 과학 영재 학생들의 응답의 특징을 살펴보면 Fig. 2에 제시된 학생 보고서와 같이 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학수업에서 실험을 수행하며 궁금했던 주제를 ‘의문 만들기’ 단계에서 다음 연구문제를 선정하는 경험, 그리고 ‘실험’ 단계에서 원하는 방식으로 설계한 방법으로 탐구를 진행하면서 다양한 실험 활동을 할 수 있어 흥미가 향상되어 과학에 대한 태도가 향상되었다고 인식하는 것으로 나타났다. 또한 이러한 과정에서 자신의 학교 수업에서 진행되던 주입식 학습과 달리 궁금한 것을 직접 계획을 세워 탐구를 수행하는 경험을 하면서 자기주도적으로 탐구하는 태도로 변하게 되었고, 이를 통해 과학에 대한 태도가 향상되었다고 인식하고 있었다.

탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학수업의 ‘실험’ 단계에서 연구문제를 해결하기 위하여 효과적인 실험 방법을 설계하기 위해 생각하는 과정과 주장의 타당성을 설명하기 위하여 학생들이 직접 자료를 탐색하는 ‘읽기’ 단계의 활동을 통해 과학에 대한 태도의 향상에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 또한 이러한 과정에서 과학 영재 학생들은 직접 설계한 실험을 수행하고 주장의 타당성을 설명할 수 있는 자료를 조사하여 결론을 도출하는 심화적인 탐구 경험을 통해 이론의 형성 과정을 이해하게 되어 과학에 대한 태도가 향상되었다고 인식하고 있었다.

평소 과학을 암기과목으로 생각하고 있었지만 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업에서 실험을 직접 수행하

면서 이해가 증진되는 경험을 가졌고, 이를 통해 과학에 대한 태도가 향상되었다고 인식하고 있었다.

나. 과학 탐구 능력

영재 학생들은 과학 탐구 능력의 향상 여부를 확인하는 질문에 4명 모두 향상되었다고 응답하였다. 그리고 과학 탐구 능력의 향상에 대한 응답 이유, 향상이 된 구체적 활동과 이유에 제시된 학생 응답의 특징에는 탐구 설계, 수행, 결론 도출 등의 전체 과정 경험, 자기주도적인 탐구 진행 과정의 경험, 여러 차시 동안 실험의 연속적 수행, 새로운 것의 학습이 있었다. 학생들의 응답 예시는 다음과 같다.

□ 탐구 설계, 수행, 결론 도출 등의 전체 과정의 경험

학생A: 실험을 하기 전에는 학교에서 실험을 하잖아요. 그때는 주제 하나 주고 실험하고 결과만 딱 쓰기만 했는데 여기서는 결과에 이론을 적고 그걸로 분석해서 결론을 내리고 거기서 궁금한 점이 또 생기면 연관된 실험을 하니까 탐구의 과정을 더 자세히 알게 된 것 같아요(면담).

□ 자기주도적인 탐구 진행 과정의 경험

학생B: 학교에서는 정해진 결과만을 나오게 실험이 진행되는데 여기서는 내가 스스로 탐구 주제를 정하고, 계획을 짜서 결론을 내렸기 때문이다.

□ 여러 차시 동안 실험의 연속적 수행

학생D: 실험을 계획하고 가설을 세우고, 실험이 잘못되면 실험을 더 나은 방향으로 수정하거나 실험을 하다가 궁금한 점이 생기면 다음에 실험하고 내가 생각했던 가설과 동일한 결론이 도출될 때까지 실험하는 것이 과학 탐구 능력 향상에 영향을 주었다.

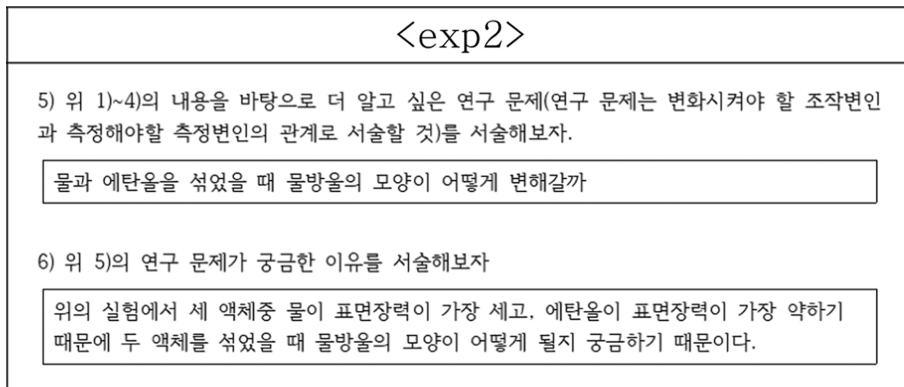


Figure 2. Examples of the research report of student C.

□ 새로운 것의 학습

학생A: 실험하기 전에는 아무것도 모르는데 실험을 하면서 반응하고 결과 같은 것을 새롭게 아는 거요. (중략) 배경지식 같은 게 쌓이고 실험 방법 같은 걸 새롭게 알고 그래서 다음 실험할 때 도움이 될 수도 있을 것 같고 그랬던 거 같아요. (중략) 그런 것을 통해 실험 방법 같은 것을 좀 더 알 수 있고 실험 과정을 알게 되었다는 것 같아요(면담).

선행연구에서 탐구적 과학 글쓰기의 과학 탐구 능력의 향상과 학생들의 인식에 대한 연구결과^{18,33}와 유사한데, 이러한 결과는 탐구적 과학 글쓰기가 학생들의 과학 탐구 능력을 향상시킬 뿐만 아니라 학생들 스스로 향상에 영향을 준다고 인식하고 있는 것으로 해석된다.

과학 탐구 능력의 향상에 대한 과학 영재 학생들의 응답의 특징을 살펴보면 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업에서 연구 문제를 도출하는 것부터 실험을 설계하여 수행하고 결론을 도출하는 것까지의 탐구의 전 과정을 학생들이 경험할 수 있어 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 탐구의 과정에서 주어진 방법대로 이론을 확인하는 방식과는 다르게 ‘의문 만들기’ 단계에서 연구문제를 도출하고 ‘실험’ 단계에서 실험을 설계하는 활동과 같이 자기주도적으로 탐구를 진행해보는 경험을 통해 과학 탐구 능력이 향상되었다고 인식하고 있었다, 그리고 앞 차시의 ‘의문 만들기’ 단계에서 수행한 탐구에서 더 알고 싶고 궁금한 점을 서술하게 하여 다음 차시의 연구문제로 탐구를 진행하는 순환적인 방식의 연속적인 탐구 경험을 통해 과학 탐구 능력이 향상되었다고 인식하고 있었다. 한 영재 학생은 탐구를 진행하면서 실험방법을 익히게 되거나 실험결과로부터 몰랐던 내용들을 알게 되어 배경지식을 쌓아 새로운 실험을 수행하는데 도움이 되기 때문에 과학 탐구 능력이 향상된 것으로 인식하고 있기도 하였다.

다. 과학 지식

학생들은 과학 지식의 향상 여부를 확인하는 질문에 4명 모두 향상되었다고 응답하였다. 과학 지식의 향상에 대한 응답 이유, 향상이 된 구체적 활동과 이유에 제시된 학생 응답의 특징에는 여러 차시 동안 실험의 연속적 수행, 예상과 다른 실험 결과를 분석하는 과정, 탐구에 필요한 지식의 학습, 직접 탐색한 자료의 학습이 있었다. 학생들의 응답 예시는 다음과 같다.

□ 여러 차시 동안 실험의 연속적 수행

학생A: 실험이라는 것은 그냥 한 가지로 끝낼 줄 알고 있었는데 실험을 하고, 기록하고, 결론 도출하고, 이

론 찾아보고, 다음 연구를 하는 과정 자체가 새롭고 재미있었기 때문이다.

학생B: 증발하니까 점점 줄어들겠구나 생각했는데 면적이 넓어지면, 그런데 되게 일정하게 나와 가지고 생각과 달랐으니까 이게 왜 이렇게 될까 하고 생각하면서 밀도도 다르게 해보고 했던 거요. 후속 연구를 계속 해가지고 좀 더 정확하게 알아 볼 수 있게 했던 거요(면담).

□ 예상과 다른 실험 결과를 분석하는 과정

학생B: 표면장력이 있으면 인력이 있어서 그렇게 동그렇게 된다고 생각을 했는데 밀도가 높을수록 진하게 동그렇게 되어야 하는데 안 그렇고 똑같이 퍼진 것을 보면 왜 이렇게 되었지 하고 생각해보면서 이게 방울수로 측정하니까 잘못 했겠구나 하고 어떻게 해야 정확하게 할 수 있나 찾아보면서 이론 같은 것도 볼 수 있고 하나까요(면담)(Fig. 3 참조).

□ 탐구에 필요한 지식의 학습

학생A: 주장에 관련된 이론을 인터넷에서 찾아보는 과정, 이론을 찾는 과정에서 지식을 쌓아 더 성장할 수 있었기 때문이다.

학생C: 학교수업으로는 접할 수 없었던 용어나 과학 이론 같은 것들을 인터넷으로 찾아보고 교수님께 직접 들으니까 향상 된 것 같다.

□ 직접 탐색한 자료의 학습

학생D: 내가 직접 찾으면서 어떤 조건에서 증발이 빠르게 일어나는지 알게 되면서 학교 수업내용에 필요한 이론과 개념들을 얻을 수 있기 때문에 과학 지식이 향상되었다고 생각한다.

과학 지식의 향상에 대한 과학 영재 학생들의 응답의 특징을 살펴보면 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 수업의 ‘읽기’ 단계에서 주장의 타당성을 설명하기 위한 자료를 탐색하는 과정에서 평소 학교 수업에서 접하지 못했던 이론과 용어를 찾아 학습하면서 과학 지식이 향상되었다고 인식하고 있었다. 또한 Fig. 3에 제시된 학생B의 탐구보고서에서 나타난 것과 같이 예상 밖의 실험 결과가 나왔을 때 ‘읽기’ 단계에서 선행 연구나 과학 이론을 탐색하여 원인을 해석 하는 과정이 과학 지식의 향상에 영향을 주었다고 인식하고 있는 것으로 나타났으며 이러한 과정에서 과학 영재 학생들이 자율적으로 탐색하면서 이론과 개념들을 학습하게 되어 과학 지식이 향상되었다고 인식하고 있었다.

과학 영재 학생들은 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 수업

3-2) 위 3-1)에서 찾은 선행 연구, 이론, 원리, 법칙 등을 이용하여 1)의 주장이 타당한지 설명해보자.

표면장력은 물질의 고유한 성질이기에 때문에 실험한 도구의 면적과는 관계가 없다.

4) 이 실험을 수행하면서 나의 생각이 어떻게 바뀌었는지 구체적으로 서술해보자.

이 실험을 계획할 때는 실험할 때 아세톤이 증발하여 실험 결과가 크게 차이날 것으로 예상했는데, 실제로 실험을 수행해보니 실험하는 면적과 표면장력은 크게 차이가 없다고 생각이 바뀌었다.

5) 위 1)~4)의 내용을 바탕으로 더 알고 싶은 연구 문제(연구 문제는 변화시켜야 할 조작변인과 측정해야할 측정변인의 관계로 서술할 것)를 서술해보자.

이 실험을 하면서 실험하는 면적과 표면장력이 크게 차이가 없는 것을 알게 되었는데 그러면 같은 양의 물질은 표면적에 따라 증발속도의 차이가 비례할지 아니면 비례하지 않을지 알고 싶다.

Figure 3. Examples of the research report of student B.

에서 한 번의 실험으로 끝나는 것이 아니라 ‘의문 만들기’ 단계에서 도출한 연구문제로 다음 차시의 탐구를 수행하는 연속적인 탐구를 활동을 통해 과학 지식이 향상되었다고 인식하고 있었다.

라. 과학·기술·사회(STS)

학생들은 수업을 통한 STS의 관련성에 대한 생각의 변화를 묻는 질문에 3명의 학생은 긍정적으로 응답하였다. 그리고 STS의 관계에 대한 생각의 변화에 대한 응답 이유, 생각의 변화에 영향을 준 구체적 활동과 이유에 제시된 학생 응답의 특징에는 수행한 실험과 기술의 관련성 인식, 실험에 이용한 도구와 기술의 관련성 인식이 있었다. 부정적인 응답을 한 학생은 수업을 통해 과학, 기술, 사회가 관련이 되어있다는 생각이 들지 않음을 이유로 응답하였다. 학생들의 응답 예시는 다음과 같다.

□ 수행한 실험과 기술의 관련성 인식

학생A: 표면장력 같이 기본적인 힘이나 원리 같은 것을 실험을 통해서 증명하잖아요. 그 힘을 바탕으로 또 실생활에 사용되는 기구 같은 것을 만들 수 있는데 전에 있던 것 보다 현실에서 좀 더 가치 있고 유용하게 쓰이면 과학 기술이 발전되고 사회에 있는 사람들이 편리해지니까 과학이나 기술 사회가 전부다 연결되어있다고 생각해요(면담).

□ 실험에 이용한 도구와 기술의 관련성 인식

학생D: 실험 할 때 기술적으로 많은 기술로 만들어진 실험 도구들을 사용해서 실험을 하게 되고요. 그 실험 결

과가 인터넷에 많이 있어요. 그니까 과학에서 실험한 결과가 사회에 퍼진 거잖아요. 그래서 사회에 있는 사람들이 알 수 있는 거구요. 그거 덕분에 관련이 있다고 생각하게 되었어요(면담).

□ 수업 내용을 기술이나 사회에 관련시키는 활동이 없어서(기타)

학생B: 평상시에 과학은 기술이나 사회와 관련이 있다고 생각하였는데, 전체적인 틀이 아닌 이번 수업에서는 그러한 생각이 들지 않았다. 수업 중에 과학을 기술이나 사회와 연관 지을 내용이 없었기 때문이다. (중략) 만약 이 수업에서 자신의 실험이 실생활에 어떤 식으로 쓰이는지 알 수 있게 하였으면 과학, 기술, 사회가 관련되었다고 생각했을 것이다. (질문) 실험 결과를 사회나 기술과 관련지어 생각해 보도록 해야 과학기술사회의 관련성을 생각해 보게 한다는 뜻인가요?

학생B: 과학 자체로만 보면 연관은 되어 있잖아요, 그런데 표면장력 실험을 하면서 이게 실생활과 연관이 되어 있었을 수는 있는데 막 기술이나 다른 데에 접목시킬 것을 같이 연구를 하면서 보고서를 안 써서 연관이 되어있다는 생각이 안 들었어요(면담).

STS의 관련성에 대한 과학 영재 학생들의 응답을 살펴 보면 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 ‘실험’ 단계에서 직접 수행한 실험을 ‘주장’, ‘근거’, ‘입기’ 단계를 거쳐 결론을 작성하고 이때 도출한 결론이 이론이 되고, 이론은 기술을 발전시키기 때문에 과학, 기술, 사회의 관련

성을 인식하는데 도움이 되었다고 인식하고 있었다. 또한 ‘실험’ 단계에서 실험을 진행하면서 실험에 사용한 도구들이 사회의 다양한 기술로 만들어진 것이라는 인식을 통해 실험에 이용한 도구와 기술의 관련성을 알게 되었다고 인식하고 있었다.

한편, 수업을 통해 과학, 기술, 사회가 관련이 되어 있다는 생각이 들지 않았다고 답변한 학생은 평소 과학, 기술, 사회가 관련이 되어 있다고 생각하고 있지만 본 연구의 수업에서는 과학, 기술, 사회를 관련짓는 내용을 보고서에 작성하지 않아 수업을 통해 과학, 기술, 사회의 관련성은 인식하지 못했다고 답변하였다.

마. 과학학습의 즐거움과 유용성

학생들은 수업을 통한 과학 학습의 즐거움과 유용성에 대한 생각의 변화를 묻는 질문에 3명의 학생은 긍정적으로 응답하였다. 그런데 긍정적으로 응답하지 않은 학생에게 이유를 묻는 면담 과정에서 해당 학생은 원래 과학학습이 즐겁고 과학이 유용하다고 생각하였기 때문이라고 응답하면서 본 연구의 수업을 통해서도 수업의 즐거움과 과학의 유용성에 대해서는 인정하고 있다고 응답하였다. 따라서 연구에 참여한 4명 학생 모두 본 연구의 수업을 통해 과학 학습의 즐거움과 과학의 유용성에 대하여 긍정적으로 응답하였다. 그리고 과학 학습의 즐거움과 유용성에 대한 생각의 변화에 대한 생각의 변화에 대한 응답 이유, 생각의 변화에 영향을 준 구체적 활동과 이유에 제시된 학생 응답의 특징에는 실생활과 밀접한 현상에 대한 탐구, 탐구 과정을 통한 문제 해결의 경험, 선행 연구를 이용하여 실험 결과를 설명하는 부연 과정이 있었다. 부정적인 응답을 한 학생은 이전부터 과학학습의 즐거움 및 유용성 인식을 이유로 응답하였다. 학생들의 응답 예시는 다음과 같다.

□ 실생활과 밀접한 현상에 대한 탐구

학생B: 매니큐어처럼 어떤 물질들은 증발을 더 빨리해서 시원하게 느끼게 되는데 어떤 물질은 며칠 동안 놔둬도 마르지도 않고 있다 그런 것을 보면 처음에는 그냥 잘 안 마르나 보다 했는데 이게 다 표면장력이라 물질의 인력이랑 그래서 증발도 잘 안하고 다 같이 연계되어 실험을 한꺼번에 해보니까 확실히 과학이 유용하다고 생각을 하게 되었어요. 유용하다는 게 이론을 아는 것만으로도 약간 유용했다고 할 수 있으니까요(면담).

학생D: 실험하는 거요. 만약에 과학학습을 안했으면 손에 물이랑 에탄올 떨어트렸을 때 왜 빨리 증발하는지 모르잖아요. 근데 학습을 하면서 알게 되면 지식을

얻는 거잖아요. 그래서 유용해요(면담).

□ 탐구 과정을 통한 문제 해결의 경험

학생C: 실험했는데 결과가 원하는 대로 나왔을 때 과학 학습이 즐겁다고 생각했다.

학생D: 실험 설계를 하고 틀린 것을 고치며, 실험 과정에 선 힘들고 어렵기도 하지만, 실험을 완벽하게 수정하고 내가 생각한 결과가 나왔을 때 성취감을 느끼고 뿌듯하기 때문이다.

학생A: (처음에) 그냥 질문에서 시작했는데 실험을 하고 그걸 분석하면서 결과랑 그게 알게 되다보니까 아는 게 재밌었던 것 같아요. 새로운 지식을 실험을 통해서 아는 게 재밌었던 것 같아요. 궁금한 게 생길 때 학교에서나 어디 가서도 실험을 할 기회가 생길 텐데 실험할 때 배경지식이 될 수 있으니까. 주제가 다르더라도 실험 방법이 어느 정도 구상할 때 도움이 되니까요(면담).

□ 선행 연구를 이용하여 실험 결과를 설명하는 부연 과정

학생B: 실험결과를 설명해주는 이론을 찾을 때이다. 실험 결과가 당연한 결과라고만 생각했는데 이론을 찾아보면 그에 맞는 이유들이 있는 것이 신기해서이다.

학생B: 실험하고 보면 대충 결과를 예상할 거 아니에요. 근데 그래도 더 얼마나 표면장력에 대해 책을 찾아보고 그런 것도 아니어서 제대로 된 이론을 모르는데 그래서 선행 연구 찾고 이론 찾고 하는 칸이 있었잖아요. 그래서 해보면 결과에 대해서 남들이 해놓은 구체적이고 더 논리 있는 이론을 알아볼 수 있어서 지고 더 유용하다고 생각이 되었어요(면담).

□ 이전부터 과학학습의 즐거움 및 유용성 인식(기타)

학생A: 이 실험을 하기 훨씬 전부터 과학 학습은 즐거웠고 유용하다고 생각하고 있었다.

(질문) 수업을 통해서 네가 평상시에 과학 학습이 즐겁고 유용하다고 생각했던 것이 더 향상이 되었나요?

학생A: 네. 실험 방법 같은 것도 알게 되고 생각만해보고 있었던 궁금증을 실험을 통해서 궁금증을 해결할 수 있었으니까요.

과학학습의 즐거움과 유용성에 대한 과학 영재 학생들의 응답의 특징을 살펴보면 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학수업의 ‘실험’ 단계에서 설계한 실험을 수행할 때 예상한 결과를 확인하면서 성취감을 느꼈으며, ‘관찰’ 단계에서 정리한 실험한 결과를 바탕으로 ‘주장’ 단계에서 연구문제에 대해 주장하고 ‘근거’ 단계에서 주장에 대한 근

거를 서술하고 ‘읽기’ 단계에서 주장의 타당성을 설명하기 위한 자료를 탐색하고 설명하였는데, 이 과정에서 새로운 내용을 학습하고 문제 해결 과정을 경험하면서 과학 학습이 즐겁고 유용하다고 인식하고 있었다.

과학 영재 학생은 평소 이론을 학습 한 뒤 확인 실험을 하면서 당연한 결과라고만 생각 했던 것과 다르게 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학수업에서는 ‘실험’ 단계에서 직접 설계하여 수행한 실험 결과와 관련된 이론을 ‘읽기’ 단계에서 탐색하여 부연설명을 하는 경험을 통해 과학 학습이 즐겁고 유용하다고 인식하고 있었다. 또한 ‘실험’ 단계에서 실생활에서 관찰할 수 있었던 현상을 ‘읽기’ 단계에서 과학적으로 해석하는 과정을 통해 실생활과 밀접한 현상에 대해 탐구하게 되어 과학 학습이 즐겁고 유용하다고 인식하고 있었다.

결 론

본 연구에서는 전라남도 소재 국립대학 부설 과학 영재교육원의 중학교 2학년 과학 영재들을 대상으로 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업을 실시하였을 때, 메타인지 관점에서 자신의 변화에 대한 인식과 2015 개정 과학과 교육과정 목표의 측면에서 학생들의 인식을 조사하였다.

과학 영재 학생들은 본 연구의 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업을 경험한 이후 메타인지의 계획, 모니터, 조절, 평가 4가지 영역에서 학습이나 활동에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 따라서 탐구적 과학 글쓰기 수업이 상위 학생들의 메타인지 능력의 향상에 영향이 있다는 선행 연구와 같이¹⁹ 과학 영재 학생들도 탐구적 과학 글쓰기를 통해 메타인지 영역에서 학생들 스스로 긍정적인 영향을 받았다고 인식하고 있었다.

메타인지의 하위 영역별로 긍정적인 영향을 받은 이유에 대한 학생들의 응답을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫 번째, 계획 영역에서는 연구문제를 검증하기 위한 탐구 설계 경험, 탐구 결과의 공유 경험 등이 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 두 번째, 모니터 영역에서는 실험 결과에 나타난 오류 점검, 탐구 경험을 통한 중간 점검 습관 형성 등이 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 세 번째, 조절 영역에서는 연구 문제 해결을 위한 적절한 실험 방법을 찾는 과정, 결론 작성 과정에서 실험 과정에 대한 반성 과정 등이 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 네 번째, 평가 영역에서는 선생님의 피드백, 결론 작성 시 실험 전체 과정에 대한 반성 과정 등이 영향을 주었다고 인식하고 있었다.

메타인지 관점에서 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학

수업의 효과에 대한 과학 영재 학생들의 응답의 특징을 정리하면 다음과 같다. 첫 번째, 학생들이 직접 도출한 연구 문제를 해결하기 위한 실험을 설계하는 과정을 통해 ‘계획’ 영역과 ‘조절’ 영역에서 긍정적으로 인식하고 있었는데, 이는 학생들이 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 ‘실험’ 단계에서 자기주도적으로 실험을 설계 해보는 경험을 통하여 목표를 달성할 수 있는 더 효과적인 방법을 계획하는 태도에 영향을 주고 있음을 알 수 있었다. 두 번째, 학생들은 자료를 수집하는 과정에서 자신들이 수집한 실험 자료에 문제점이 있는지 지속적으로 점검하는 활동을 통해 ‘모니터’ 영역에서 긍정적인 영향이 있었다고 인식하였는데, 이는 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 ‘실험’ 단계와 ‘관찰’ 단계에서 연구문제 해결에 필요한 데이터의 적절성을 탐구 과정 중간에 지속적으로 점검하는 경험을 통해 학습이나 생활에서 목표대로 잘 수행되고 있는지 중간에 점검하는 태도에 영향을 주고 있음을 알 수 있었다. 세 번째, 학생들은 수업에서 탐구 활동을 진행하며 발표를 통해 결과를 공유하면서 피드백을 받는 과정을 통해 ‘계획’ 영역과 ‘평가’ 영역에서 긍정적인 영향이 있었다고 인식하였는데, 이는 학생들의 활동을 점검할 수 있는 적절한 피드백 과정에서 검토를 통하여 활동의 목표나 계획을 세우고 활동을 모두 수행한 후 점검하는 태도에 영향을 주고 있음을 알 수 있었다. 네 번째, 학생들은 탐구적 과학 글쓰기 수업에서 결론을 작성하는 과정에서 실험에 대한 반성을 통하여 ‘조절’ 영역과 ‘평가’ 영역에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었는데, 이는 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 ‘주장’, ‘근거’, ‘읽기’, ‘반성’ 단계에서 결론을 작성하는 과정에서 전체적인 실험에 대해 점검하는 반성적 사고를 통해 더 효과적인 전략을 세울 수 있도록 영향을 주고 있음을 알 수 있었다.

2015 개정 과학과 교육과정의 목표의 관점에서 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 효과에 대한 과학 영재 학생들의 인식을 조사한 결과 과학 탐구 능력, 과학에 대한 태도, 과학지식의 향상과 과학, 기술, 사회의 관련성, 과학 학습의 즐거움과 유용성에 대한 학생들의 인식에 긍정적인 영향이 있는 것으로 나타났다.

각각의 세부 목표별 학생들의 응답을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫 번째, 과학 탐구 능력의 향상에 대해서는 탐구 설계, 수행, 결론 도출 등의 전체 과정 경험, 자기주도적인 탐구 진행 과정의 경험, 여러 차시 동안 실험의 연속적 수행, 새로운 것의 학습이 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 두 번째, 과학에 대한 태도의 향상에 대해서는 내가 원하는 방식의 다양한 실험 활동을 통한 흥미 향상, 새로운 연구 문제 도출, 자기주도적인 이론 탐색, 실험 활동을 통한 이해 증진, 이론 형성 과정 학습, 실험에 대

하여 생각해보는 기회, 자기주도적인 탐구 진행 과정의 경험이 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 세 번째, 과학 지식의 향상에 대해서는 여러 차시 동안 실험의 연속적 수행, 예상과 다른 실험 결과를 분석하는 과정, 탐구에 필요한 지식의 학습, 직접 탐색한 자료의 학습이 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 네 번째, 과학·기술·사회의 관련성에 대해서는 수행한 실험과 기술의 관련성 인식, 실험에 이용한 도구와 기술의 관련성 인식이 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 다섯 번째, 과학학습의 즐거움과 유용성에 대해서는 실생활과 밀접한 현상에 대한 탐구, 탐구 과정을 통한 문제 해결의 경험, 선행 연구를 이용하여 실험 결과를 설명하는 부연 과정이 영향을 주었다고 인식하고 있었다.

2015 개정 과학과 교육과정의 목표의 관점에서 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 과학 수업의 효과에 대한 과학 영재 학생들의 응답의 특징을 정리하면 다음과 같다.

첫 번째, 과학 영재 학생들은 이론을 확인하는 방식의 실험 수업과는 다르게 본 연구의 탐구 수업에서 자기주도적으로 탐구를 진행하는 경험을 통해 과학 탐구 능력, 과학에 대한 태도 그리고 과학 지식의 향상과 과학 학습의 즐거움 및 유용성에 대한 생각의 변화에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 탐구적 과학 글쓰기 수업에서 ‘의문 만들기’ 단계에서 학생들이 도출한 연구 문제를 해결하기 위해 ‘실험’ 단계에서 직접 탐구 과정을 설계 및 수행하고, ‘읽기’ 단계에서 이론과 개념 등의 문헌들을 직접 찾아 읽고 학습한 뒤, 이를 이용하여 주장의 타당성을 설명하는 활동을 하였다. 학생들은 이를 통해 새로운 과학 지식을 얻었다는 인식과 함께 탐구 과정에서 스스로 연구 문제를 해결해가면서 궁금한 것을 과학적으로 해결하고자 하는 태도와 탐구 능력의 향상뿐만 아니라 과학학습의 즐거움과 유용성에 대한 생각의 변화에 영향을 주었다고 인식하고 있는 것으로 보인다.

두 번째, 과학 영재 학생들은 한 번의 실험으로 끝나지 않고 여러 차시 동안 실험을 연속적으로 수행하는 탐구 수업을 통해 과학 탐구 능력과 과학 지식의 향상에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 학생들은 탐구적 과학 글쓰기를 적용한 본 연구의 탐구 수업에서 한 차시의 탐구 결과로 탐구를 끝내는 것이 아니라 이전 탐구 결과와 주장을 설명하는 과정에서 자연스럽게 생성된 궁금한 점을 ‘의문 만들기’ 단계에서 다음 연구 문제로 설정하여 탐구를 연속적으로 진행하였다. 학생들은 이러한 연속적 탐구 과정을 통해 과학 탐구 능력과 과학 지식이 향상되었다고 인식하고 있는 것으로 보인다.

세 번째, 과학 영재 학생들은 탐구를 수행하면서 생각하는 과정을 통해 과학에 대한 태도와 과학 지식의 향상과 과학 학습의 즐거움 및 유용성에 대한 생각의 변화에 긍정적인

영향을 주었다고 인식하고 있었다. 탐구적 과학 글쓰기를 진행하면서 학생들은 스스로 생각할 수 있어 학습에 도움이 되고,³² 과학 탐구 능력의 향상에 기여했다고 인식하고 있다는 선행 연구³³와 같이 본 연구에서도 학생들은 ‘실험’ 단계에서 효과적으로 해결 할 수 있는 방법을 찾거나 ‘읽기’ 단계에서 예상 밖의 실험 결과를 분석하고 부연을 작성하는 등 연구 문제를 해결하기 위해 각 탐구의 단계를 수행하면서 사고하는 과정을 통하여 과학에 대한 태도와 과학 지식의 향상과 즐거움 및 유용성에 대한 생각의 변화에 영향을 주었다고 인식하고 있는 것으로 보인다.

네 번째, 과학 영재 학생들은 탐구적 과학 글쓰기 수업을 통해 단순히 이론을 주입식으로 배우는 방식이 아니라 탐구를 통한 학습이 이루어지는 경험을 통해 과학 탐구 능력과 과학에 대한 태도 그리고 과학 지식의 향상에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 이는 학생들이 본 연구의 수업에서 실험을 수행하며 ‘읽기’ 단계에서 필요한 이론을 탐색하는 과정을 통해 새로운 지식을 학습하게 되고, 탐구 결과를 바탕으로 결론을 도출하는 과정을 통해 기존에 알지 못하던 새로운 과학 지식을 얻거나 기존 지식의 향상이 있었다고 인식하였으며, 이 과정에서 탐구하고자 하는 태도와 능력에도 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있는 것으로 보인다.

다섯 번째, 과학 영재 학생들은 평소 학교에서 경험했던 과학 수업과는 다르게 ‘의문 만들기’ 단계에서 도출한 연구 문제를 해결하기 위하여 ‘실험’ 단계에서의 실험 방법의 설계부터 ‘주장’, ‘근거’, ‘읽기’ 단계를 통한 결론 도출까지 일련의 탐구의 전 과정을 능동적으로 수행하는 경험을 통하여 과학 탐구 능력과 과학에 대한 태도에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 이는 학생들이 단순히 주어진 실험도구와 정해진 방법을 따라서 실험을 진행하는 것이 아니라 본 연구의 수업에서 필요한 세부적인 탐구 전 과정을 단계별로 스스로 구성하거나 경험하면서 과학 탐구 능력과 과학적으로 탐구하고자 하는 태도의 향상에 영향을 주었다고 인식하고 있는 것으로 보인다.

여섯 번째, 과학 영재 학생들은 탐구적 과학 글쓰기 수업에서 실생활과 밀접한 현상에 대한 탐구를 진행하면서 과학, 기술, 사회의 관련성뿐만 아니라 과학학습의 즐거움 및 관련성에 대한 생각의 변화에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었다. 이는 학생들이 실생활에서 볼 수 있었던 현상을 주제로 하여 ‘실험’ 단계에서 설계한 실험을 수행하고 ‘읽기’ 단계에서 필요한 과학 이론들을 탐색하면서 실험을 통해 증명된 과학 이론이 기술적으로 유용하게 쓰이고 과학 기술의 발전으로 사회에 있는 사람들에게 편리함을 제공할 수 있다는 관련성을 이해하게 되어 STS의 관련성과 과학학습의 즐거움과 유용성에 대한 생각의 변

화에 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있는 것으로 보인다.

메타 인지는 학생들이 자기주도적 학습을 하기 위해 필요한 능력으로, 과학영재뿐만 아니라 일반 학생들에게도 효과적인 학습을 위해 필요한 능력이다. 또한 과학교육에서 2015 개정 과학과 교육과정의 5가지 목표를 달성하기 위해 메타인지는 학생들에게 요구될 수 있는 중요한 능력이다. 본 연구에서 과학 영재 학생들은 탐구적 과학 글쓰기 수업을 통해 메타인지의 네 가지 하위 영역인 계획, 모니터, 조절, 평가 각 영역에서 긍정적인 영향을 주었다고 인식하고 있었을 뿐만 아니라 2015개정 과학과 교육과정의 목표인 지식, 탐구, 태도, STS, 과학학습의 즐거움과 유용성의 관점에서도 학생들의 인식에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 탐구적 과학 글쓰기의 경험을 통해 연구문제부터 탐구 설계, 결과작성, 결론 작성까지 학생들이 주도적으로 탐구하는 경험, 한 주제를 지속적으로 반복하며 개선해나가는 경험, 결론 작성 과정에서 자신의 탐구 결과를 반성적으로 되돌아보는 경험 등이 학생들이 과학 영재 수업에서 긍정적 인식을 갖도록 도울 수 있다는 것을 알았는데, 이러한 과학 수업의 특징은 과학 영재뿐만 아니라 과학에 대한 관심과 호기심이 높은 학생들을 대상으로 하는 일반 학교의 과학 수업에서도 학생들에게 도움이 될 것이라고 본다. 그런데 본 연구는 소수의 과학 영재 학생들의 응답에서 나타난 특징을 정리한 것이므로 모든 과학 영재 학생의 특징으로 일반화할 수 없기 때문에 좀 더 많은 수의 과학 영재 대상의 과학 탐구 수업에서 나타나는 과학 영재들의 특징을 조사할 필요가 있다. 그리고 본 연구에서 과학과 교육과정 목표 중 인식이 낮았던 STS 측면에 목표달성도를 높일 수 있도록 과학 영재 대상의 교수학습 전략에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

REFERENCES

- Renzulli, J. S.; Delcourt, M. A. B. *Gifted Child Quarterly* **1986**, *30*, 20.
- Shim, K. C.; So, K. H.; Kim, H. S.; Chang, N. K. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2001**, *21*, 122.
- Kang, S. J.; Kim, E. H.; Yoon, J. H. *Journal of Gifted/Talented Education* **2012**, *22*, 353.
- Jeong, S. Y.; Jeong, E. Y. *Journal of Science Education for the Gifted* **2018**, *10*, 171.
- Lee, H. R. *The Journal of The Korean Earth Science Society* **2011**, *32*, 294.
- Cho, E. B.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2006**, *26*, 307.
- Cho, H. C.; Yu, S. C. *The Journal of the Korean Society for Gifted and Talented* **2011**, *10*, 97.
- Yang, E.; Bae, M.; Han, K.; Park, I. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2003**, *23*, 531.
- Lee, J. A.; Park, S. K.; Kim, Y. M. *Journal of Gifted/Talented Education* **2008**, *21*, 773.
- Stenberg, R. J. *A three-Facet model of creativity*. In *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives*; Stenberg, R. J., Ed.; Cambridge University Press: MA, 1998.
- Shin, M. R.; Seo, H. A. *Journal of Gifted/Talented Education* **2017**, *27*, 367.
- Kim, S. S. *The Journal of the Korean Society for Gifted and Talented* **2010**, *9*, 37.
- Ju, M. N.; Kim, H. J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2013**, *33*, 425.
- Gagne, F. *Constructs and models pertaining to exceptional human ability*; Heller, K. A., F. J. Monks & A. H. Passow Eds.; International handbook of research and development of giftedness and talented: 1993.
- Ministry of Education and Science Technology. *National Curriculum of Science* **2009**.
- Ministry of Education and Human Resources Development. *National Curriculum of Science* **2015**.
- Kim, S. K.; Choi, W. H. *School Science Journal* **2019**, *13*, 45.
- Moon, S. B.; Choi, W. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2018**, *62*, 398.
- Park, S. H.; Chung Y. L. *Biology Education* **2012**, *40*, 367.
- Lee, E. K.; Kang, S. J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2006**, *32*, 537.
- Shin, S.; Choi, A.; Park, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2013**, *33*, 952.
- Kim, M.; Kim, S.; Noh, T.; Choi, S. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2019**, *39*, 791.
- Schwartz, R. S.; Lederman, N. G.; Crawford, B. *Science Education* **2004**, *88*, 610.
- Keys, C. W.; Hand, B.; Prain, V.; Collons, S. *Journal of Research in Science Teaching* **1999**, *36*, 1065.
- Burke, K. A.; Greenbows, T. J.; Hand, B. M. *Journal of Chemical Education* **2006**, *83*, 1032.
- Flavell, J. H. *American Psychologist* **1979**, *34*, 906.
- Garofalo, J.; Lester, F. K. *Journal for Research in mathematics Education* **1985**, *16*, 163.
- Kim, S. O. *Analysis of Metacognition, Self-efficacy and Perceptions of Constructivist Learning Environment on Science of Middle and High school Students*. Master's Thesis, Ewha Womans University **2011**.
- Jang, M. D. *A Microgenetic analysis of effects on meta-cognitive exercise of evaluating other children's experimental processes for the development of scientific reasoning*. Doctor's Thesis, Korea National University of Education **2001**.
- Lee, E. J. *A study of direct teaching strategy of inquiry skills applying meta-cognition*. Doctor's Thesis, Ewha Womans

- University **2010**.
31. Hong, E. *Roeper Review*, **1999**, *21*, 244.
32. Kim, S. Y.; You, S. M. *Biology Education* **2012**, *40*, 304.
33. Jung, J. E.; Chung, Y. R. *Biology Education* **2013**, *41*, 310.
34. Hwang, Y. H.; Park, J. S. *Journal of Gifted/Talented Education* **2010**, *20*, 847.
35. Son, J. W.; Jeong, E. J. *Journal of Research in Curriculum Instruction* **2013**, *17*, 709.
36. Yun, J.; Choi, W. *Journal of Science Education for the Gifted* **2019**, *11*, 59.
-