

## 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동이 과학 영재 고등학생들의 모델링에 미치는 영향

조은비 · 정도준 · 남정희\*

부산대학교 화학교육과

(접수 2021. 8. 26; 게재확정 2021. 10. 11)

### The Impact of Negotiation-Based Peer and Self-Assessment Activities on Science-Gifted Students' Modeling

Eunbi Jo, Dojun Jung, and Jeonghee Nam\*

Department of Chemistry Education, Pusan National University, Busan 46241, Korea.

\*E-mail: jhnam@pusan.ac.kr

(Received August 26, 2021; Accepted October 11, 2021)

**요 약.** 이 연구는 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동이 과학 영재 학생들의 모델링에 미치는 영향 및 이에 대한 학생들의 인식을 알아보는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 광역시의 과학 계열 특수 목적 고등학교 2학년 학생 92명을 대상으로 과학 계열 전문 교과인 고급 화학 학습 내용 중 4가지 주제에 대해 과학 글쓰기 및 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동을 실시하였다. 학생들이 구성한 모델링은 과학 개념 구조화, 논리성, 다중표상, 의사소통 측면에서 분석되었으며, 협상에 기반한 평가 활동이 진행됨에 따라 과학 글쓰기에 나타나는 모델링 수준이 향상되는 것을 알 수 있었다. 또한 학생 설문조사와 인터뷰를 분석한 결과 학생들은 평가 활동의 결과를 타당하다고 인식하고 있으며, 평가 활동의 결과를 다음 글쓰기에 참고함으로써 자신의 학습을 개선할 수 있다고 응답하였다.

**주제어:** 협상, 모델링, 동료평가, 자기평가

**ABSTRACT.** The purpose of this study was to investigate the impact of negotiation-based peer and self-assessment activities on science-gifted students' modeling and students' perceptions of the impact of these assessment activities on modeling. For this purpose, 92 students in the 11th grade of a science high school, in a metropolitan city, were selected to conduct peer assessment, self-assessment, and science writing activities with four topics of Advanced Chemistry. The students' modeling was analyzed in terms of 'structuring scientific concepts', 'logic', 'multiple representations' and 'communication'. Based on the results, the mean scores of modeling increased for each element of evaluation according to the progress of assessment activities. Students' responses in the survey and interviews showed that students perceived the results of student assessment activities as valid, students also recognized the benefit of these assessment activities by referring to the assessment results before their next writing assignment.

**Key words:** Negotiation, Modeling, Peer-assessment, Self-assessment

## 서 론

학생들은 무엇을 어떻게 배울지 결정하는 데 스스로 적극적인 역할을 하는 경우 더 큰 학습 동기를 보이며 학습 목표를 달성하기 위한 책임감 있는 행동을 한다.<sup>1</sup> 또한 학생들이 능동적으로 수업에 참여하고 자신의 생각을 표현하는 기회를 가질 때, 학생들은 과학교육의 궁극적인 목표로서 과학 개념에 대한 이해뿐만 아니라 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제해결력, 과학적 의사소통능력과 같은 과학과 핵심역량을 함양할 수 있다.<sup>2</sup> 이에

OECD는 학생이 교육에서 적극적인 역할을 할 수 있는 능력을 의미하는 '학생 주도권(student agency)'의 함양을 미래 교육의 핵심적인 실천 과제로 제안하였다.<sup>1</sup> 이러한 측면에서 볼 때 최근 강조되고 있는 거꾸로 교실, 프로젝트 수업, 토의·토론 수업 등은 학생들이 스스로 자신의 학습 과정과 전략을 점검하고 개선하며 자기 주도적으로 학습할 수 있도록 학습의 주도권을 학생들에게 넘겨주기 위한 전략이라고 말할 수 있다. 이와 더불어 학습은 개인의 선행지식과 경험을 기반으로 다른 사람들과의 상호작용을 통해 지식을 구성하는 것이므로,<sup>3</sup> 학생들이 기존의

지식을 새로운 아이디어와 적극적으로 통합하는 활동을 수행하기 위해 능동적인 참여와 함께 의사소통이 강조되어야 한다.<sup>4</sup>

과학적 이해를 발달시키고 새로운 지식의 구성을 위한 의사소통은 다양한 방식으로 이루어질 수 있다. 이중 모델(model)은 현상의 중요한 특성을 단순하게 나타내고<sup>5</sup> 현상에 대한 더 깊은 이해를 가능하게 한다는 장점을 지니고 있다. 이에 과학교육의 맥락에서 의사소통을 위한 도구로 적용한 모델의 효과를 보여주는 연구가 다수 보고되고 있으며,<sup>4,6-8</sup> 미국의 차세대를 위한 과학교육 표준 NGSS(Next Generation Science Standards)에서는 과학교육의 목표로 증거에 바탕을 둔 모델 표현 능력의 향상을 강조하고 있다.<sup>9</sup> 또한 모델의 구성, 사용, 평가 및 수정 과정을 모델링(modeling)이라고 하는데,<sup>10,11</sup> 학생들은 모델링을 통해 현상에 대해 이해하고(sensemaking), 이해한 의미를 다른 사람과 의사소통(communication)하며 전달한다.<sup>6</sup> 즉, 모델과 모델링은 새로운 과학 지식의 구성뿐만 아니라 다른 사람들과의 의사소통에도 유용하게 활용되므로,<sup>6</sup> 과학 학습을 위한 전략으로 사용될 수 있다.

Vygotsky의 사회문화적 인지 발달이론 관점에서 인지 발달은 학습자 개인에 의한 것이 아니라 근접발달영역 내에서 교사나 학습자 간의 상호작용을 통해 일어난다.<sup>12</sup> 이러한 측면에서 볼 때, 교육은 인지 발달을 위한 학습 과정을 만드는 것으로,<sup>12</sup> 토론이나 논의와 같은 사회적 상호작용의 기회가 장려될 필요가 있다.<sup>13</sup> 이 과정에서 학생들은 새로운 지식에 대한 이해와 사회적 합의에 도달하기 위해 다른 학습자와 끊임없는 사회적 협상을 경험하고,<sup>14</sup> 동시에 사회적 협상의 결과에 대한 자신의 생각을 정리하는 개인적인 협상을 수행한다.<sup>15</sup> 사회적 상호작용을 통한 사회적 협상과 개인의 내면적 협상은 성공적인 학습으로 이어지며, 협상을 통한 학습자의 인지구조 변화는 다른 문제 상황으로의 전이 또한 가능하게 한다.<sup>16</sup> 결국 협상을 바탕으로 한 사회적 상호작용은 학습자로 하여금 높은 수준의 인지 발달로 나아가게 하므로,<sup>12</sup> 학습은 학습자의 사회적 협상과 내면적 협상이 일어날 수 있는 기회를 제공해야 한다.

학생들을 평가에 참여시키는 것은 학습 과정을 스스로 점검(self-monitoring)하고 판단(self-judgement)하게 하여 보다 의미 있는 학습이 일어날 수 있도록 돕는다.<sup>17</sup> 특히 학생들이 스스로 목표를 설정하고 학습 과정을 점검하며 평가를 수행하는 학습으로서의 평가(assessment of learning)는 학생들에게 인지적, 정서적, 성취를 격려하고 학습 동기를 부여한다.<sup>18</sup> 우리나라 교육과정에서도 학습의 과정을 중시하는 평가를 강화하여 학생이 스스로 학습을 성찰하는 것을 강조하고 있다.<sup>2</sup> 이처럼 평가의 목표를 학습의 전 과정에 학생들을 적극적으로 참여시키는 데 두는 것은 학

습에 대한 책임감과 내적 동기를 높일 수 있다.<sup>19</sup>

학생들을 평가에 참여시키는 대표적인 방법으로는 동료평가와 자기평가가 있다. 동료평가는 학생들이 서로의 과제에 대해 평가하는 활동으로, 학생들은 동료의 학습 과정과 성과를 점검하고 피드백을 주는 평가자의 역할을 수행할 뿐만 아니라 동료로부터 피드백을 받는 피평가자의 역할을 동시에 수행한다. 평가자와 피평가자로서 평가의 모든 단계에 참여하는 것은 학생들의 능동적인 학습을 촉진하고, 반성을 통해 학습에 긍정적인 영향을 미치며,<sup>20,21</sup> 과제에 대한 객관적 시각을 가져 스스로 자신의 학습에 대해 성찰할 수 있게 한다.<sup>20</sup> 자기평가는 자신의 학습 과정과 성과를 스스로 점검하고 학습 목표와 비교해보는 반성적 과정을 통해 자신의 학습을 점검하는 메타인지적 활동으로,<sup>22-24</sup> 학습에 대한 학생들의 주도적인 참여를 이끌어 학습의 효과를 향상시킬 수 있다.<sup>24,25</sup>

평가와 학습의 이와 같은 관계로부터 볼 때, 과학수업에서 모델을 구성하고 평가하도록 하는 것은 학생들로 하여금 모델을 정교화하게 하여 관찰 현상에 대한 설명을 보다 효과적으로 구성하도록 도울 수 있다. 특히 모델에 대한 평가 활동은 자신이 구성한 모델의 장단점을 인지하고 자신의 모델을 스스로 수정<sup>26,27</sup>하는 경험을 제공하므로, 학생들의 학습 주도권을 보장할 수 있다. 그런데 모델의 평가 과정에서 평가자와 피평가자가 논의를 통해 의견을 합의해가는 것은 사회적인 협상을 수행하는 것과 같다. 이러한 측면에서 볼 때 모델의 정교화를 위한 모델의 평가는 필수적<sup>28</sup>이며, 이 과정에서 이루어지는 협상 또한 중요하게 다루어질 필요가 있다. 그러나 현재까지 과학교육 분야에서 이루어진 모델 관련 연구는 대부분 학생들의 글쓰기에서 나타나는 모델의 특징과 변화를 분석하고 있었으며, 모델의 평가 및 평가 과정에서 이루어지는 협상을 주목한 연구는 드물었다.

따라서 이 연구에서는 동료평가와 자기평가 과정에서 협상의 기회를 제공하여 협상에 기반한 학생 평가 활동이 학생들의 모델링에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 단, 협상의 수행 방법은 다양할 수 있으므로, 이 연구에서는 협상을 학생들이 자신이 구성한 모델의 특징과 장·단점 등에 대해 다른 사람과 논의해보는 과정을 사회적인 협상으로, 동료평가 결과를 바탕으로 자신의 모델에 대해 스스로 반성해보는 과정을 개인적인 협상으로 보았다. 연구 목적을 달성하기 위하여 협상에 기반한 평가 활동의 진행에 따른 학생들의 모델링 변화를 분석하였으며, 설문 조사와 인터뷰를 실시하여 동료평가와 자기평가 활동이 모델링에 미친 영향에 대한 학생들의 인식을 알아보았다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동이 과

학 영재 고등학생들의 모델링에 미치는 영향은 어떠한가?

둘째, 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동에 대한 과학 영재 학생들의 인식은 어떠한가?

## 연구 방법

### 연구 대상

이 연구는 광역시 소재 과학 계열 특수 목적 고등학교 2학년 학생 92명(남 74명, 여 18명, 총 5개 학급)을 대상으로 수행하였다. 각 학급의 학생들은 학업 성적 및 남녀 성비를 바탕으로 3~4명의 구성원으로 이루어진 총 5개의 모둠을 구성하였다.

학생들은 연구 참여 이전 과학 교과에서 협상에 기반한 자기평가 및 동료평가 활동을 경험한 적이 없었다. 연구에 참여한 교사는 과학 계열 특수 목적 고등학교에 재직 중인 교직 경력 7년차 교사로서 학부에서 화학교육을 전공하였고, 대학원에서 화학교육전공 석사과정에 재학 중이었다. 해당 교사는 과학교사 연수와 대학원에서 모델링 수업을 들은 경험이 있으며, 협상을 강조한 자기평가 및 동료평가 활동 및 학습 자료의 개발에 참여하였다.

### 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동

이 연구에서 적용한 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동의 개발은 과학교육 전문가 1명, 과학교육박사학위 소지 과학교사 1명, 박사과정 3명과의 협의를 바탕으로 이루어졌으며, ‘평가 기준 개발’, ‘모델링’, ‘동료평가’ 및 ‘자기평가’의 4단계로 구성되어 있다(Table 1).

‘평가 기준 개발’ 단계는 학생들이 주도적으로 동료평가 및 자기평가를 위한 평가 기준을 결정하는 단계이다. 평가 기준 개발을 위해 학생들은 ‘용액’을 주제로 사전 글쓰기를 수행하였다. 이후 평가 기준 개발을 위하여 학생들에게 ‘좋은 글이란 무엇인가?’, ‘설명하는 글이 갖추어야 할 요소는 무엇인가?’, ‘왜 그렇게 생각하는가?’와 같은 질문을 제시하였으며, 질문에 대한 각자의 생각을 바탕으로 자신의 사전 글쓰기에 대한 평가 기준을 작성하게 하였다. 학생들이 개별적으로 작성한 평가 기준은 모둠에서의 공유 및 논의를 통해 모둠의 평가 기준으로 발전되었으며, 모둠의 평가 기준을 바탕으로 다시 학급 논의를 실시하여 학급의 평가 기준을 결정하였다. 이후 교사는 평가 기준을 통일하기 위하여 각 학급에서의 평가 기준을 취합한 후 평가 요소에 따라 평가 기준을 재조직하였으며, 그 결과를 바탕으로 동료평가 및 자기평가 기준을 완성하였다(Table 2). 이러한 과정을 통해 개발된 평가 기준은 이후 4차례의 ‘동료평가’ 및 ‘자기평가’ 단계에서 학생들이 평가 활동을 수행하는 데 사용되었다.

‘모델링’ 단계는 학생들이 학습한 중단원의 핵심 개념에 대한 과학 글쓰기를 실시하는 단계로, 학생들은 자신이 구성한 정신 모델(내적 표상)을 다양한 표현 방식을 사용하여 외적으로 표현한다. 학생들이 글과 다중표상을 이용하여 표현한 자신의 정신 모델, 즉 외적 모델은 학습자 스스로 자신의 학습 과정과 학습 정도를 판단할 수 있게 하며, 나아가 자신의 모델을 사용하여 교사 및 동료 학생들과도 상호작용할 수 있게 한다. 과학 글쓰기는 해당 주제에 대한 수업 1~2주 후에 수행되었으며, 주제별 핵심 개념에

**Table 1.** Process of negotiation-based peer and self-assessment activity

Step	Activity	Time
1. assessment criteria development	· Generate individual assessment criteria · Generate group assessment criteria · Generate class assessment criteria	1 hour
2. modeling	· Model construction for core concepts	2 hour
3. peer-assessment	· Explain model to peers · Conduct written feedback based on assessment criteria · Conduct peer-assessment based on external negotiations	30 min
4. self-assessment	· Conduct self-assessment based on the result of peer-assessment	20 min

**Table 2.** Criteria for peer and self-assessment

Assessment Criteria	Scale		
▶ This is writing considering the reader.	high	medium	low
▶ Define key concepts and present features or properties of concepts.	high	medium	low
▶ Most of the key concepts related to the topic are included.	high	medium	low
▶ This is writing based on objective facts.	high	medium	low
▶ The composition of the writing is organic and logical.	high	medium	low
▶ Use appropriate examples or representation (formula, table, graph, figure, etc.)	high	medium	low
▶ Comments			

대한 모델을 구성할 수 있도록 ‘~에 대해 친구를 이해시키거나 설득시키기 위해 자신만의 설명하는 글을 작성하시오.’라는 틀을 제시하였다. 이 외에 교사나 학생들 사이의 상호작용은 학생들의 모델 구성에 영향을 미칠 수 있으므로 최대한 배제하였다. 모델링에는 평균적으로 2시간이 소요되었다.

‘동료평가’ 단계는 학생들이 앞서 선정한 동료평가 및 자기평가 기준(Table 2)을 바탕으로 협상에 기반한 동료평가를 수행하는 단계이다. 이를 위하여 학생들은 모둠원들이 작성한 과학 글쓰기를 읽은 후 평가 기준에 근거하여 서면 평가를 실시하였다. 단, 우리나라 학생들의 경우 자신의 글을 공개적으로 평가받는 것을 꺼려한다는 선행연구<sup>29</sup>를 고려하여 평가자가 작성한 동료평가 결과를 공개하지는 않았다. 대신 학생들이 서면 평가 결과를 토대로 모둠 내에서 피평가자가 구성한 모델의 특징, 목적 등에 대해 직접적으로 논의하며 외적 협상이 일어날 수 있도록 하였다. 학생들은 동료평가 단계에서 평가자로 활동하며 동료의 글쓰기의 장점과 단점, 다음 활동에서 개선점 등을 피드백 하였고, 피평가자로서 이번 글쓰기에서 이전 글쓰기와 달리 개선하고 강조했던 부분, 평가자가 피드백한 부분 중 자신의 의도와 동료의 평가가 다른 부분 등에 대해 서로 논의하며 사회적 협상 과정을 거쳤다. 학생들은 동료평가 단계에서 평가자로서 동료의 모델을 평가할 뿐만 아니라 피평가자로서 자신의 모델을 평가받게 된다. 이러한 과정에서 학생들은 자신과 동료가 작성한 모델을 비판적으로 분석함으로써 자신의 학습 내용과 자신이 작성한 모델에 대해 더 깊게 사고할 수 있는 기회를 가지게 되며, 나아가 학습 동기 및 참여도가 향상될 수 있다. 학생들은 동료평가 과정에서 평가자와 피평가자의 역할을 한 번씩만 수행하였으며, 평균적으로 30분 정도 소요되었다.

‘자기평가’ 단계는 학생들이 동료평가의 결과를 바탕으로 자기평가를 수행하는 단계로, 학생들은 동료평가 단계에서 이루어진 외적 협상의 결과를 바탕으로 자신의 생각을 정리하고 자신의 글쓰기를 동료의 글쓰기와 비교하여 평가하며 내적 협상을 수행하고 자기평가를 실시한다. 자기평가를 위한 평가 기준과 평가 수준은 동료평가에서와 동일하지만, 자신이 작성한 모델의 장점과 다음번

활동에서 보완하고 싶은 점 등을 추가적으로 작성할 수 있도록 하였다. 자기평가에는 약 20분 정도의 시간이 소요되었다.

### 자료 수집

협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동은 총 5개 학급에 대하여 3개월 동안 실시되었으며, 이 활동이 과학 영재 학생들의 모델링에 미치는 영향을 알아보기 위해 과학 글쓰기, 설문지 및 인터뷰 자료를 수집하였다.

과학 글쓰기는 총 5개 주제에 대해 실시되었으며, 주제는 2015 개정 과학계열 전문교과인 ‘고급 화학’의 학습 내용 중 ‘용액’, ‘화학 반응과 에너지’, ‘반응의 자발성’, ‘산-염기 평형’ 및 ‘화학 평형’을 선정하였다. 각 주제별 핵심 개념은 Table 3과 같으며, 이중 ‘용액’에 대한 과학 글쓰기는 사전 글쓰기로 협상에 기반한 평가 활동을 수행하기 전 작성되었다. 나머지 4개 주제에 대한 과학 글쓰기는 모두 사후 글쓰기로, 평가 활동을 수행한 후 작성되었다. 학생들은 평균적으로 A4용지 기준 2페이지 정도 작성하였으며, 사전 글쓰기와 사후 글쓰기를 비교하여 모델링 측면에서 학생들의 변화를 살펴보았다. 한편, 교사의 수업 실행이 학생들의 모델링이나 평가 활동에 영향을 미칠 수 있다. 이에 교사는 사전에 수업 자료(교과서, PPT, 학습지)를 제작한 후 최대한 동일한 내용과 방법으로 수업을 진행하였다. 또한 과학 글쓰기의 주제가 글쓰기 내용에 미칠 수 있는 영향을 고려하여 주제별 핵심 개념을 사전에 제공하였으며, 제시된 개념 외의 내용이 과학 글쓰기에서 나타나는 경우 분석에 포함하지 않았다.

설문조사는 연구에 참가한 학생 92명 모두를 대상으로 4차례의 평가 활동을 마무리한 후 실시하였다. 설문지 문항은 이선우가 개발한 문항<sup>30</sup>에 기초하였으며, 이를 과학 교육박사학위 소지 과학교사 1명과의 협의를 통해 이 연구의 목적에 알맞게 재구성하였다. 문항은 총 11개로, 평가 활동 전반에 대한 인식 3문항, 동료평가 및 자기평가 활동에 대한 인식 각 4문항으로 구성하였으며, 이중 Likert 5점 척도 문항은 5개, 선택형 문항은 1개, 자유서술형 문항은 5개였다.

인터뷰는 설문조사 결과를 바탕으로 평가 활동이 모델

**Table 3.** Key concepts by topic

Topic	Key concept	Class order
Solution	Composition of solution, formation of solution, colligative Properties of Electrolyte Solutions	pre
Chemical reaction and energy	Enthalpy	1 <sup>st</sup>
Spontaneity of reaction	Entropy, gibbs free energy	2 <sup>nd</sup>
Acid-base equilibrium	Acid-base strength, neutralization reaction	3 <sup>rd</sup>
Chemical equilibrium	Chemical equilibrium, phase equilibrium, solubility equilibrium	4 <sup>th</sup>

링에 미친 영향에 대한 학생들의 인식을 보다 심층적으로 알아보기 위하여 실시하였다. 인터뷰 대상 학생은 총 10명이었으며, 해당 학기의 내신 성적을 기준으로 상위권, 중위권, 하위권에 해당하는 학생을 3~4명씩 선정하였다. 인터뷰 문항은 기본적으로 설문지 문항과 동일하게 구성하였으며, 동료평가 및 자기평가를 하는 목적과 자신에게 도움이 되는 점에 대한 질문을 추가하였다. 인터뷰는 야간 자율학습 시간을 활용하여 일대일로 이루어졌고, 내용을 모두 녹음·전사하였으며, 평균적으로 20분 정도 소요되었다.

**자료 분석**

협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동이 과학 영재 학생들의 모델링에 미친 영향을 알아보기 위해 관련 선행연구를 바탕으로 모델링 측면에서의 과학 글쓰기 분석틀을 개발하였다. 또한 평가 활동에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위해 수집한 설문지 및 인터뷰 자료를 모두 전사한 후 이를 양적·질적으로 분석하였다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

과학 글쓰기 분석틀의 개발은 이동원 등<sup>4</sup>이 제시한 모델링의 평가 요소에 기초하였다. 그들은 모델링을 평가하기 위한 평가 요소로 ‘과학개념 구조화’, ‘주장-증거의 적절성’, ‘다중표상 지수’, ‘의사소통 수준’을 제시하였는데, 이는 모델의 본성으로서 ‘타당성’, ‘논리성’, ‘표현력’, ‘맥락 적합성’에 기반을 두었다. 모델은 관찰한 현상이나 학습한 개념에 대해 정립한 정신 모델을 재구성하여 나타

내는 표상<sup>31</sup>을 말하며, 모델링은 모델을 구성하고 정교화시키는 과정을 의미한다.<sup>10,32</sup> 즉, 학생들은 모델로 제시된 개념의 의미를 이해하고 학습하여 지식, 개념, 이론 등을 학습자의 내적 표상인 정신 모델로 구성한다. 이후 학습자는 정신 모델을 다양한 표현 양식을 사용하여 외적 표상으로 나타냄으로써 학습 개념에 대한 사고를 구체화할 수 있고, 학습 과정을 판단할 수 있으며, 다른 사람과 상호작용할 수 있다.<sup>7,33</sup> 이러한 측면에서 볼 때 모델링의 목표는 의미형성(sensemaking)과 의사소통(communication)에 있다<sup>6</sup>고 말할 수 있다. 이에 이 연구에서는 과학교육 전문가 1인, 과학교육박사학위 소지 과학교사 1명, 박사과정 3명과의 협의를 통해 모델링 측면에서의 과학 글쓰기 분석틀의 평가 요소를 ‘의미형성’, ‘다중표상’ 및 ‘의사소통’으로 재구성하였으며, 각 평가 요소에 따른 평가 수준 및 평가 기준을 Table 4와 같이 선정하였다.

과학 글쓰기 분석은 평가 요소별 각 수준에 해당하는 사례의 개수를 모두 합하여 빈도수를 결정하였으며 1수준은 1점, 2수준은 2점, 3수준은 3점, 4수준은 4점으로 점수화하였다. 평가 요소 중 의미형성과 다중표상은 각 수준별 빈도수와 점수를 곱하여 모두 합한 후 이를 전체 사례 수로 나누어 평균 점수를 계산하였고, 의사소통은 각 수준에 해당하는 학생 수를 수준별 점수와 곱하여 모두 합한 후 이를 전체 학생 수로 나누어 평균 점수를 계산하였다. 이후 평가 활동이 과학 영재 학생들의 모델링에 미친 영향이 유의미한 결과인지 알아보기 위해 사전 과학

**Table 4.** Analysis framework for modeling on science writing

Domain	Sub-element (level)	Criteria
Sensemaking	Structuring scientific concepts	1 · present concept alone
		2 · present two concept in association
		3 · present three concept in association
		4 · present more than four concept in association
	logic	1 · exists claim only
		2 · exist claim and evidence
3 · present claim, evidence and warrant (backing)		
Multiple representation	1 · no representation	
	2 · one type of representation is used for one concept description	
	3 · one type of representation is used for one concept description · contains a interpretation of representation	
	4 · more than two type of representation is used for one concept description · construct a description associated with another representation	
Communication	1 · writing is not organized	
	2 · writing is organized (such as introduction, development, etc.). · describe a concept or content considering the level of the reader	
	3 · writing is organized (such as introduction, development, etc.). · describe a concept or content considering the level of the reader · explain using additional methods, such as metaphors · mark important parts prominently, such as underlines or other colors	

글쓰기와 4차 과학 글쓰기에 대한 대응 표본 *t*검정을 실시하여 그 결과를 분석하였다.

설문지 분석의 경우 Likert 5점 척도 문항은 전혀 그렇지 않다 1점, 그렇지 않다 2점, 보통이다 3점, 그렇다 4점, 매우 그렇다 5점으로 학생들의 응답을 점수화하여 평균 점수를 구하였고, 선택형 문항은 빈도수를 분석하였다. 자유서술형 문항의 학생 응답 사례는 학생의 응답을 모두 나열한 후 유형별로 나누어 공통된 요소를 추출하여 범주화한 후 빈도수를 측정하였다. 단, 서술형 문항의 무응답 사례는 빈도수 측정에서 배제하였으며, 2가지 이상의 요소를 서술한 경우 각 요소에 중복 체크하여 빈도수를 나타냈다. 범주화한 요소는 과학교육 전문가 1명에게 타당성을 검증받아 수정한 후 사용하였다.

인터뷰는 내용을 모두 전사한 후 설문조사의 결과를 보충 설명하거나 평가 활동에 대한 학생들의 인식을 보다 심층적으로 제시하기 위한 자료로 사용하였다. 단, 설문조사의 결과와 구분하기 위하여 연구 결과를 제시할 때 설문조사와 인터뷰의 응답 결과를 구분하였다.

## 연구 결과

### 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동이 과학 영재 고등학생들의 모델링에 미치는 영향

협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동이 과학 영재

고등학생들의 모델링에 미치는 영향을 알아보기 위해 ‘용액’을 주제로 작성한 사전 글쓰기와 ‘화학 평형’을 주제로 작성한 4차 과학 글쓰기를 비교·분석하였다. 그 결과, 과학 개념 구조화의 평균 점수는 사전 글쓰기에서 1.25점, 사후 글쓰기에서 2.77점으로 사후 글쓰기의 평균 점수가 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다( $t = -18.74, p = 0.000^*$ ). 논리성의 평균 점수는 사전 글쓰기에서 1.80점, 사후 글쓰기에서 2.01점으로, 사전-사후 글쓰기 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다( $t = -3.78, p = 0.000^*$ ). 다중표상의 평균 점수는 사전 글쓰기에서 1.47점, 사후 글쓰기에서 3.17점으로, 사후 글쓰기가 사전 글쓰기에 비해 유의미하게 높게 나타났다( $t = -23.27, p = 0.000^*$ ). 의사소통의 평균 점수는 사전 글쓰기에서 1.46점, 사후 글쓰기에서 1.93점으로, 사후 글쓰기의 평균 점수가 유의미하게 높게 나타났다( $t = -5.43, p = 0.000^*$ )(Table 5).

또한 평가 활동 진행에 따른 모델링의 변화를 알아보기 위하여 ‘화학 반응과 에너지’를 주제로 작성한 1차 과학 글쓰기와 ‘화학 평형’을 주제로 작성한 4차 과학 글쓰기를 비교·분석하였다.

학생 평가 활동 진행에 따른 모델링의 평가 요소별 평균 점수는 Table 6과 같다.

모델링 평가 요소 중 과학 개념 구조화는 과학 글쓰기에서 설명하는 과학 개념이 얼마나 구조화되어 있고 조직적으로 제시되는지를 의미한다. 이에 학생들의 모델링

Table 5. Analysis result for pre-post science writing

Domain	N	pre		post (4 <sup>th</sup> )		<i>t</i>	<i>p</i>
		M	SD	M	SD		
Structuring scientific concepts	92	1.25	0.31	2.77	0.69	-18.74	0.000*
Logic	92	1.80	0.43	2.01	0.34	-3.78	0.000*
Multiple representation	92	1.47	0.55	3.17	0.40	-23.27	0.000*
Communication	92	1.46	0.72	1.93	0.53	-5.43	0.000*

\* $p < 0.001$

Table 6. Analysis result according to assessment activity progress

Level	Domain	Structuring scientific concepts		Logic		Multiple representation		Communication	
		1 <sup>st</sup>	4 <sup>th</sup>	1 <sup>st</sup>	4 <sup>th</sup>	1 <sup>st</sup>	4 <sup>th</sup>	1 <sup>st</sup>	4 <sup>th</sup>
		Frequency (%)	Frequency (%)	Frequency (%)	Frequency (%)	Frequency (%)	Frequency (%)	N (%)	N (%)
1		760 (68.5)	97 (26.6)	478 (43.1)	78 (21.4)	337 (30.4)	29 (8.0)	37 (40.2)	16 (17.4)
2		234 (21.1)	61 (16.8)	485 (43.7)	209 (57.4)	313 (28.2)	36 (9.9)	36 (39.1)	66 (71.7)
3		81 (7.3)	79 (21.7)	146 (13.2)	77 (21.2)	335 (30.2)	158 (43.4)	19 (20.7)	10 (10.9)
4		34 (3.1)	127 (34.9)	-	-	124 (11.2)	141 (38.7)	-	-
Sum		1109 (100)	364 (100)	1109 (100)	364 (100)	1109 (100)	364 (100)	92 (100)	92 (100)

에서 나타난 과학 개념의 연결 정도를 분석하였으며, 단순히 과학 개념의 정의만 제시하는 경우 1수준, 2개의 개념을 연결하여 제시하는 경우 2수준, 3개의 개념을 연결하여 제시하는 경우 3수준, 4개 이상의 개념을 연결하여 제시하는 경우 4수준으로 구분하였다. 1차 글쓰기에서는 총 1109개의 과학 개념 제시 사례가 확인되었다. 각 수준에 해당하는 사례 수는 1수준이 760개(68.5%), 2수준이 234개(21.1%), 3수준이 81개(7.3%), 4수준이 34개(3.1%)였다. 4차 글쓰기의 경우 총 364개의 과학 개념 제시 사례가 확인되었으며, 이중 1수준이 97개(26.6%), 2수준이 61개(16.8%), 3수준이 79개(21.7%), 4수준이 127개(34.9%)였다. 1차 글쓰기와 비교하여 4차 글쓰기는 1수준과 2수준의 비율이 감소하였으며 3수준과 4수준의 비율이 크게 증가하였다.

논리성은 학생들이 과학 글쓰기에서 과학 개념을 논리적으로 설명하기 위해 적절한 증거를 뒷받침하고 있는지를 의미한다. 이에 과학 개념의 정의나 내용을 주장만 하는 경우 1수준, 개념 설명을 뒷받침하기 위해 예, 자료, 사실, 개인적 견해 등의 증거를 제시하는 경우 2수준, 제시한 근거가 주장을 정당화할 수 있는 이유를 들거나 근거를 보충 설명하는 보장을 하는 경우 3수준으로 구분하였다. 분석 결과, 1차 글쓰기에서는 총 1109개의 논리성 사례가 확인되었다. 각 수준에 해당하는 사례의 개수는 1수준이 478개(43.1%), 2수준이 485개(43.7%), 3수준이 146개(13.2%)로 나타났다. 4차 글쓰기의 경우 총 364개의 논리성 사례 중 1수준이 78개(21.4%), 2수준이 209개(57.4%), 3수준이 77개(21.2%)로 나타났다. 즉, 활동이 진행됨에 따라 1수준의 비율이 감소하고, 2수준과 3수준의 비율이 증가하였다.

다중표상에서는 과학 개념 설명을 위해 다양한 양식의 표상을 사용하였는지, 본문에 다중표상 해석이 있는지,

다른 표상과 연관 지어 표상을 통합하는지를 분석하였다. 이에 언어적 표상만으로 개념을 설명한 경우 1수준, 언어적 표상과 함께 시각적 또는 기호적 표상을 사용한 경우 2수준, 2수준의 표상과 표상의 의미 및 설명이 있는 경우 3수준, 1가지 과학 개념 설명에 2종류 이상의 표상을 사용하며 통합하여 설명하는 경우 4수준으로 구분하였다. 그 결과, 1차 과학 글쓰기에서는 총 1109개의 다중표상 사례가 확인되었다. 각 수준의 해당하는 개수는 1수준 337개(30.4%), 2수준 313개(28.2%), 3수준 335개(30.2%), 4수준 124개(11.2%)로 나타났다. 4차 과학 글쓰기에는 총 364개의 사례가 확인되었으며, 1수준 29개(8.0%), 2수준 36개(9.9%), 3수준 158개(43.4%), 4수준 141개(38.7%)로 나타났다. 즉, 1차 글쓰기보다 4차 글쓰기에서 1수준과 2수준의 비율이 크게 감소하였으며, 4수준의 비율이 증가하였다.

의사소통 측면은 자신의 글을 친구들에게 효과적으로 전달하기 위해 글의 구성을 조직화하는지, 독자의 이해도를 고려하여 내용을 풀어서 쉽게 설명하거나 재구성하는지, 중요한 부분을 두드러지게 표시하는지 분석하였다. 서론, 본론, 결론이 조직화 되어있지 않고 참고 문헌의 내용을 옮겨 쓴 경우 1수준, 글 전체의 서론, 본론, 결론 구성이 구분되고, 독자를 고려하여 어려운 과학 개념을 쉽게 풀어서 설명하거나 중요한 내용을 표시한 경우 2수준, 글의 구성이 명확하게 구분되고 각 구성이 유기적으로 연결되며, 개념에 대한 추가 설명이나 비유와 같은 다른 설명 방식을 제공하여 독자의 이해를 돕는 경우 3수준으로 분석하였다. 그 결과, 1차 글쓰기를 수행한 총 92명 학생 중 1수준에 해당하는 학생은 37명(40.2%), 2수준 36명(39.1%), 3수준 19명(20.7%)으로 나타났다. 4차 글쓰기에는 1수준이 16명(17.4%), 2수준 66명(71.7%), 3수준 10명(10.9%)으로

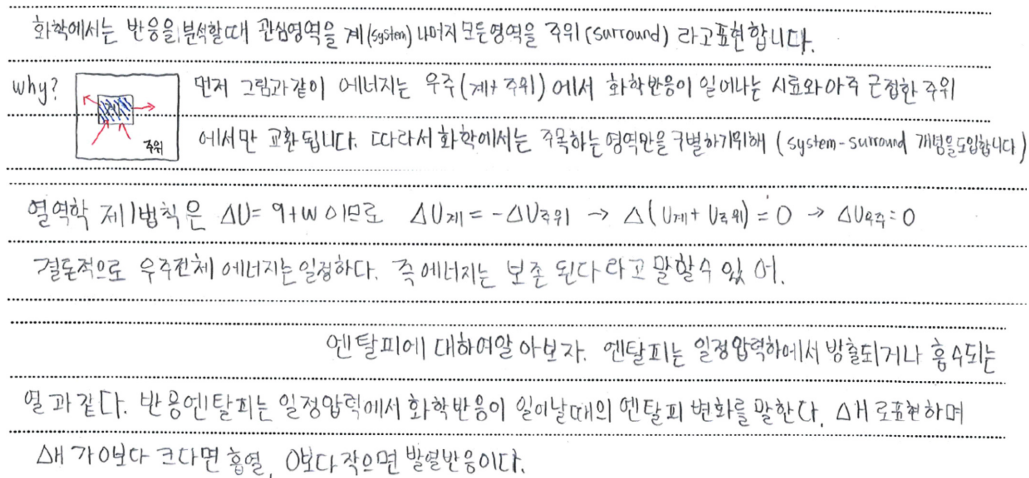
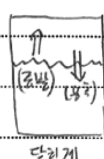



Figure 1. Example of 1st science writing.

어플린 목이 마르면 물통에 담긴 물은 줄어들거야. 그런데 물을 의문점이 떠오르는거야. 물통에서 실은 물은 금방 증발해서 사라지는데 어떻게 물통에 있는 물은 그득 그득 오래 담겨있을 수 없는걸까? 너는 어떻게 생각해? 오 그렇구나! 나는 물통이 닫혀있어서 물이 증발할 수 있는 양이 한정적이라고 생각했어. 이게 그럴 이 현상을 설명할 수 있는 화학평형에 대해 알아보자! 앞서 말했던 수증기의 용미론 먼저 살펴보면 동적평형상태라고 해. 화학반응이 정반응과 역반응이 같이 그 상태를 유지하는 상태를 말해, 물내의 물로 돌아와서 물의 증발속도와 증기압이 응축되는 속도가 같은 상태이지! 여기서 실은 물과 아이젠은 닫힌계였다는 건이야. 닫힌계에서 증기가 계속 빠져나가 안있기 때문에 평형상태에 도달할 수 있었던거지, 이런 생생물이 어느정도 생겨나면 역반응이 일어날 수 있는 거야 반응이 이 때문이야. 반면 실은 물은 비커 역반응이 없다는 걸은 알 수 있겠지? 여기까지 생각해본 내용을 그림으로 알아보자,



닫힌계



열린계

그렇다면 물통에 담긴 물은 평소에 비해 더 빨리 증발하는 것 같아 보여도 사실 계속 증발과 응축이 같이 일어난다는 사실을 알 수 있겠지. 아주 흥미로운거! 이게 이쯤은 식으로 표현해보자. 액체상태의 물이 기체상태의 물로 변하는 반응을 식으로 나타내보면  $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$  라고 나타낼 수 있지. 여기서 2개의 화살표로 나타낸 이 부분은 이 반응이 가역반응이라는 뜻이야. 또 다른 예시로 칼슘기체와 수소기체가 양쪽이

Figure 2. Example of 4<sup>th</sup> science writing.

나타났다. 1차 글쓰기에서는 1수준에 해당하는 학생이 가장 많았으나 4차 글쓰기에서는 2수준에 해당하는 학생이 가장 많았다.

실제 학생들이 작성한 과학 글쓰기 사례를 보면 1차 과학 글쓰기(Fig. 1)에서는 학생들이 계와 주위, 열역학 제1법칙 등을 단순히 나열하는 형태로 제시하는 것을 확인할 수 있다(과학 개념 구조화 및 의사소통 1수준). 또한 자신이 제시한 개념의 정의를 뒷받침하기 위해 그림이나 기호 등을 사용하고 있었다(논리성 및 다중표상 2수준). 반면 4차 과학 글쓰기(Fig. 2)에서는 동적평형상태를 설명하기 위해 반응 속도나 계와 주위의 개념을 연결 지어 설명하고 있으며(과학 개념 구조화 1수준), 그림이나 실생활 예시 등을 바탕으로 이를 보충하는 것을 확인할 수 있다(논리성 3수준 및 다중표상 4수준). 또한 독자의 호기심과 수준을 고려하여 의문을 제기하고 핵심적인 개념에 밑줄을 긋는 등 의사소통 측면에서도 유의미한 변화를 보여주었다(의사소통 3수준).

이상의 결과를 종합해 볼 때, 학생 평가 활동 이전 과학 영재 학생들의 모델링은 과학 개념을 설명하기 위해 주로 언어적 표상만을 사용하였으며, 개념의 정의와 이를 뒷받

침하는 근거를 제시하였지만 개념 간 연결이 없고 나열하기만 하는 형태로 제시되었다. 이후 학생들은 협상에 기반한 동료평가와 자기평가 활동을 경험하면서 개념 간 연결 정도가 높아져 개념의 유기적인 구조화가 일어나고, 주장에 대한 적절한 증거와 이를 보충 설명하는 보강을 통해 개념 설명에 설득력을 높이는 것을 확인할 수 있었다. 또한 다양한 종류의 표상을 사용하여 개념을 나타냈으며 표상 간 통합으로 다중표상의 내재성 측면이 향상되었다. 마지막으로 자신의 모델링을 효과적으로 전달하기 위해 글을 명확하게 구성하고 독자를 고려하여 내용의 재구성과 추가 설명 등의 변화를 보여주었다고 볼 수 있다.

**협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동에 대한 과학 영재 학생들의 인식**

협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동과 평가 활동이 모델 구성에 미친 영향에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위해 4차례의 평가 활동을 마친 후 설문조사와 인터뷰를 실시한 후 분석하였다.

협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동에 대한 전반적인 인식을 알아보기 위해 제시한 ‘협상에 기반한 동료



**Table 7.** Perception of negotiation-based peer and self-assessment activity

Question	Response	N	Ratio (%)
Is negotiation-based peer and self-assessments activity beneficial to you?	Never	0	0
	Rarely	1	1.1
	Neutral	9	9.8
	Sometimes	47	51.1
	Always	35	38.0
sum		92	100
What stage of the assessment activity was most beneficial?	Assessment criteria development	26	18.3
	Science writing	43	30.3
	Peer-assessment	52	36.6
	Self-assessment	21	14.8
sum		142	100

평가 및 자기평가 활동이 자신에게 유익하였는가?’라는 질문에 대해 ‘그렇다’라고 답한 학생은 47명으로, 가장 높은 빈도를 차지하였다. 다음으로 ‘매우 그렇다’ 35명, ‘보통이다’ 9명, ‘그렇지 않다’ 1명 응답하였으며, ‘전혀 그렇지 않다’라고 응답한 학생은 없었다. 학생들의 응답을 점수로 환산하여 평균 점수를 산출한 결과 4.26점으로 대부분의 학생들이 평가 활동을 유익하게 인식하고 있음을 알 수 있다(Table 7).

학생 평가활동에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위해 제시한 ‘평가활동의 어떤 단계가 가장 유익하였는가?’라는 질문에 대해 ‘동료평가 활동’이라고 답한 학생은 52명(36.6%)으로, 가장 높은 비율을 차지하였다. 이 외에도 ‘과학 글쓰기’ 43명(30.3%), ‘평가 준거 만들기’ 26명(18.3%), ‘자기평가 활동’ 21명(14.8%)으로 나타났다(Table 7). 이를 통해 학생들은 평가활동의 단계 중 ‘동료평가 활동’을 가장 유익하게 인식하고 있음을 알 수 있으며, 다른 단계의 활동 또한 긍정적으로 인식하는 것으로 보인다.

학생들이 선택한 단계가 유익하다고 생각한 이유를 알아보기 위해 ‘어떠한 부분에서 위 단계가 도움을 준다고 생각하는가?’라는 서술형 문항을 제시하였다. 분석을 위해 학생들이 작성한 응답을 단계별로 모두 나열한 후 공통된 특성을 바탕으로 범주화하였다. 단, 선택한 단계에 대한 이유가 작성되어 있지 않은 경우는 빈도수 측정에 배제하였으며, 2가지 이상의 이유를 제시하는 경우 각 요소에 중복 체크하여 빈도수를 나타내었다. 또한 학생들이 응답을 바탕으로 인터뷰를 실시하여 그 이유를 살펴보았다.

‘평가 준거 만들기’ 단계가 가장 유익했다고 답한 학생들의 응답은 ‘글쓰기 능력 향상’, ‘평가의 타당성 향상’ 및 ‘평가 목적의 이해’로 범주화되었다. 이 중 제작한 평가 준거를 기준으로 글쓰기를 수행하여 글쓰기 능력이 향상되었다고 응답한 학생이 19명(79.1%)으로 가장 비율이 높았으며, 평가 준거를 직접 제작하여 평가의 타당성이 향

상되었다고 응답한 학생이 4명(16.7%), 평가의 진정한 목적을 이해했다고 응답한 학생이 1명(4.2%)으로 나타났다(Table 8).

다음은 평가 준거 만들기 단계가 유익했다고 응답한 학생들의 사례이다.

#### [사례 1] 평가 준거 만들기 응답 사례

**ST1:** 직접 평가 준거를 만드는 과정에서 채점자의 입장에서 생각하며 글의 구성 요소들을 더욱 풍성하게 만들 수 있었다. 나는 글 속에 예시나 그림들이 적절히 활용되어야 한다는 의견을 냈는데 내가 직접 낸 의견이다 보니 글을 쓸 때는 이 부분을 의식하며 썼다. (**글쓰기 능력 향상 측면, 설문조사**)

**ST2:** 학생들에게 평가 준거를 직접 만들 기회를 주어 평가 기준에 대한 불만이 사라졌으며 수업 참여도를 올린다. (**평가의 타당성 향상 측면, 인터뷰**)

**ST3:** 모두가 함께 정한 기준에 부합하는 결과물을 도출해 내는 것은 단순히 점수를 잘 받기 위한 과정을 넘어 이 활동이 나 자신의 발전과 능력 함양을 위한 것이라는 느낌이 들었다. (**평가 목적의 이해 측면, 설문조사**)

[사례 1]에서 볼 수 있듯이, 학생들은 ‘평가 준거 만들기’ 단계가 글의 구성을 위해 필요한 요소들에 대해 고민하는 기회가 되며(ST1), 직접 제작한 평가 준거를 기준으로 평가활동을 수행한다는 측면에서 평가의 타당성이 향상되며 수업 참여도를 높일 수 있다고 하였다(ST2). 또한 학생은 직접 제작한 평가 준거를 바탕으로 평가를 수행한다는 측면에서 평가의 타당성과 신뢰도가 높아졌을 뿐만 아니라, 나아가 평가의 목적이 점수를 통한 서열화가 아닌 나의 능력을 발전시키기 위한 것임을 깨닫게 되었다

**Table 8.** Responses to the importance of assessment activity

Step	Category	N	Ratio (%)
Assessment criteria development	Improves writing skills	19	79.1
	Improve the validity of assessment	4	16.7
	Understand the purpose of assessment	1	4.2
	sum	24	100.0
Science writing	Improves academic performance	27	67.5
	Improves writing skills	9	22.5
	Self-reflection aspects	4	10.0
	sum	40	100.0
Peer-assessment	Appraisee		
	Induce awareness and practice	24	82.8
	Improve the validity of assessment	3	10.3
	Learning content aspects	2	6.9
	sum	29	100.0
Peer-assessment	Appraiser		
	Improve self-reflection and reflective practice	22	66.7
	Writing aspects	6	18.2
	Learning content aspects	4	12.1
	Affective aspects	1	3.0
	sum	33	100.0
Self-assessment	Improve self-reflection and reflective practice	18	100
	sum	18	100.0

고 응답하였다(ST3).

‘과학 글쓰기’ 단계가 가장 유익했다고 답한 학생들의 응답은 ‘학업 능력 향상’, ‘글쓰기 능력 향상’ 및 ‘자기반성적 측면’의 세 가지로 범주화되었다. 이중 학업 능력 향상에 도움이 되었다고 응답한 학생이 27명(67.5%)으로 가장 높은 빈도를 나타냈다. 다음으로 글쓰기 능력 향상 13명(22.5%), 자기반성에 도움이 되었다고 응답한 학생이 4명(10.0%)으로 나타났다(Table 8).

다음은 과학 글쓰기 단계가 유익했다고 응답한 학생들의 사례이다.

[사례 2] 과학 글쓰기 응답 사례

**ST4:** 글쓰기를 통해 내가 이해한 순서대로 재구성하는 과정이 가장 유익하였다. 산-염기 글쓰기 같은 경우 앞선 여러 번의 글쓰기 경험을 통해 새로운 것들을 시도할 수 있었고 그 과정에서 복습이 잘 되었다는 생각이다. (**학업 능력 향상 측면, 설문조사**)

**ST5:** 글쓰기가 그닥 좋지 않았지만 글쓰기를 거듭할수록 글의 퀄리티도 좋아지고 글 쓰는데 시간도 줄어들었다. (**글쓰기 능력 향상 측면, 인터뷰**)

**ST6:** 글을 쓰는 활동 자체가 이 내용을 정확히 알고 있어야 올바른 내용으로 글을 쓰는 것이 가능해서 이 기회를 통해 헛갈리는 내용이 무엇인지 정확히 알 수 있는 계기가 되

었다. (**자기반성 측면, 인터뷰**)

학생들은 ‘과학 글쓰기’ 단계가 자기 주도적 학습을 수행하는 기회가 되며, 자신이 이해한 것을 재구성하여 글로 표현하는 활동은 개념 간 연결고리를 만들어 해당 학습 내용이 통합적으로 이해하는 측면에서 도움이 되었다고 응답하였다(ST4). 또한 좋은 글을 작성하기 위해 고민하는 과정에서 스스로 글의 질이 좋아졌다 느끼는 등 글쓰기 능력이 향상되고(ST5), 자신이 알고 있는 것과 모르는 것을 점검하는 계기가 되어 부족한 부분을 파악하고 개선할 수 있는 자기반성 능력이 향상되었다고 응답하였다(ST6).

‘동료평가’ 단계가 가장 유익했다고 서술한 학생들의 사례는 피평가자의 관점과 평가자의 관점으로 분류할 수 있었다. 이중 피평가자로서 역할을 통해 도움이 되었다고 서술한 응답은 ‘인식 및 실천 유도 측면’, ‘평가의 타당도 측면’, ‘학습 내용적 측면’의 3가지 하위 요소로 범주화하였다. 또한 동료의 글을 읽는 평가자로서 역할을 통해 도움이 되었다고 답한 학생들의 응답은 ‘자기반성과 반성적 실천 향상’, ‘글쓰기 측면’, ‘학습 내용적 측면’ 및 ‘정의적 측면’ 4가지의 하위 요소로 범주화하였다.

‘동료평가’ 단계에서 피평가자로 활동하며 도움이 되었다고 서술한 총 29명의 응답 중 동료평가는 스스로 인지하지 못한 자신의 장단점을 인식하게 하고 다음 활동에 동료의 피드백을 반영하게끔 실천적 실천을 유도하였

다고 응답한 학생이 24명(82.8%)으로 가장 많았다. 다수의 평가로 평가의 타당도가 향상되었다고 응답한 학생이 3명(10.3%), 오개념 확인 및 수정으로 학습 내용적 측면의 향상이 있었다고 응답한 학생이 2명(6.9%)로 나타났다. 또한 ‘동료평가’ 단계에서 평가자로 활동이 도움이 되었다고 답한 33명의 학생의 응답 중 자기반성 및 반성적 실천을 유도하였다고 응답한 학생이 22명(66.7%)로 가장 많았다. 다음으로 글쓰기 측면에서 도움이 되었다는 응답이 6명(18.2%), 학습 내용적 측면 4명(12.1%), 정의적 측면 1명(3.0%) 순으로 나타났다(Table 8).

다음은 동료평가 단계가 유의했다고 응답한 학생들의 사례이다.

#### [사례 3] 동료평가 응답 사례

**ST7:** 글쓰기를 하다보면 제가 놓치는 부분이 있을 수 있는데 그 부분을 다른 친구들이 집어주면 이제 다음에 글쓰기를 할 때 그 부분을 보완해서 쓸 수 있었어요. (**피평가자-인식 및 실천 유도 측면, 인터뷰**)

**ST8:** 여러 명이 함께 글을 읽고 그에 대한 평가를 내려 다양한 의견을 받을 수 있었고 평가했을 때 중복되는 내용이 있어서 평가 결과가 더 객관적으로 느껴졌다. (**피평가자-평가의 타당도 향상 측면, 설문조사**)

**ST9:** 다른 친구 글을 읽어보면서 아 이런 점은 내가 좀 수용해서 ‘내 글도 이런 식으로 써보면 좋겠다.’ 하는 부분은 보완해서 쓸 수도 있고 친구 글을 보면서 ‘아 이렇게 했으면 좀 읽는 사람 입장에서 불편하다’ 싶은 거는 안 할 수 있어서 동료평가가 제일 도움이 됐던 것 같아요. (**평가자-자기반성 및 반성적 실천 향상 측면, 인터뷰**)

**ST10:** 동료평가 활동을 통해 친구의 글을 보면서 나의 글보다 우수한 점을 찾을 수 있었다. 실제로 다른 글에서 적절하게 색을 활용하니 글을 읽기가 더 편하다는 것을 느끼고 나의 글쓰기도 개선할 수 있었다. 또한, 나의 조언을 듣고 다른 친구가 자신의 글을 개선하기도 하였다. (**평가자-글쓰기 측면, 설문조사**)

학생들은 피평가자로 활동하며 동료의 피드백으로 자신은 몰랐던 자신의 글의 장단점을 인지하게 되었으며 장점은 살리고 단점은 보완하며 더 나은 결과물을 산출하게 되었다고 인식하였다(ST7). 또한 동료로부터 받은 피드백이 다양한 의견을 수렴할 수 있는 장점이 있고 같은 내용으로 피드백을 받는 경우 평가가 객관적으로 느껴져 글쓰기 개선에 도움이 된다고 응답하였다(ST8). 뿐만 아

니라 평가자로서 동료의 글과 자신의 글을 비교해보며 동료의 장점을 자신의 글에 적용하고 단점은 줄여나가는 실천적 행동을 보여주고(ST9), 서로의 글을 읽어보며 각각 다른 표현 양식을 사용한다는 것을 인식하고 개념을 서술하고 표현하는 방법에 대한 사고의 폭이 넓어졌다고 응답하였다(ST10).

마지막으로 학생 평가활동 단계 중 ‘자기평가’ 단계가 도움이 되었다고 응답한 학생들은 18명으로, 이들은 모두 자기평가 활동이 ‘자기반성 및 반성적 실천’ 향상을 유도하였다고 응답하였다(Table 8).

다음은 자기평가 단계가 유의했다고 응답한 학생들의 사례이다.

#### [사례 4] 자기평가 응답 사례

**ST11:** 여러 명으로부터 자신의 글에 대한 피드백을 주고받은 후 자기의 글을 다시 읽어보니 어떤 점이 뛰어나고 어떤 점은 부족하여 고쳐야 할지 알 수 있어 글의 완성도를 높여가고 사고를 논리정연하게 펼치는데 도움이 되었다. (**설문조사**)

**ST12:** 자기평가 시 친구들이 말해준 내용들을 정리하며 앞으로 내 글에서 보완할 점을 찾을 수 있었고 방향을 정할 수 있었다. (**인터뷰**)

학생들은 동료평가 직후 자신의 글을 다시 읽어보는 ‘자기평가’ 단계가 동료의 글과 비교하여 자신이 보완해야 할 점을 인지하게 되고 자신의 글의 방향성을 설정하는 측면에서 도움이 되었다고 응답하였다(ST11, ST12).

이상의 결과를 종합해 볼 때, 학생들은 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동이 유의하였다고 인식하고 있었다. 특히 ‘동료평가’ 단계를 가장 유의하다고 인식하고 있었으며, 동료의 피드백을 통해 자신의 글의 장단점에 대해 인지하거나 동료의 글을 읽으며 평가하는 과정에서 동료의 글의 장단점과 자신의 글을 비교하는 기회는 자기반성 및 반성적 실천을 유도하였음을 알 수 있다.

## 결론 및 제언

이 연구는 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동이 과학 영재 학생들의 모델링에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 이를 위해 과학 영재 고등학생들이 작성한 과학 글쓰기에 나타난 모델링의 특징을 과학 개념 구조화, 논리성, 다중표상 및 의사소통의 4가지 측면에서 살펴보았다. 또한 협상을 강조한 평가 활동에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위하여 설문조사 및 인터뷰 자료를 수집하

여 분석하였다.

연구 결과, 협상에 기반한 동료평가 및 자기평가 활동이 진행됨에 따라 과학 영재 학생들의 모델 구성 능력이 전체적으로 향상되어 모델링 수준이 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 특히 학생들은 모델링의 과학 개념 구조화와 다중표상 측면에서 큰 향상을 보여주었는데, 이는 학생들이 평가 활동의 결과를 개념 간 연결을 통한 과학 개념 구조화와 다양한 표상의 사용 및 표상의 통합에 활용하였음을 의미한다. 모델링의 논리성과 의사소통 측면은 지속적인 향상을 보여주기는 하였으나 과학 개념 구조화나 다중표상 측면에 비해 그 변화는 다소 작았다. 이러한 결과를 보인 이유는 모델링의 논리성이나 의사소통 측면이 학생들의 글쓰기에 직관적으로 드러나기보다는 글 자체를 비판적으로 분석하여야 할 수 있으며, 제한된 시간 동안의 동료평가와 자기평가 활동을 통해 이러한 측면을 인지하고 변화시키기에는 다소 어려울 수 있기 때문으로 판단된다. 협상에 기반한 평가 활동은 과학 글쓰기를 통해 자신이 만든 모델을 표현하고, 동료들의 모델을 확인하며, 협상을 통해 모델을 평가하고 수정하는 등의 기회를 제공한다. 학생들은 협상 과정에서의 활발한 상호작용을 바탕으로 새로운 모델에서 과학 개념의 연결 정도가 높아졌으며, 개념 설명을 뒷받침하기 위한 예시, 시각적 자료를 사용의 증가 및 제시한 근거가 타당하다는 보충 설명이 드러났다. 또한 반응식, 화학식, 관계식, 그림, 그래프 등의 다양한 표현 양식의 사용이 증가하였고, 독자를 고려하여 쉬운 설명이나 추가 설명을 덧붙이는 등 글의 구성을 체계화하고 정교화하였다. 이러한 과정은 학생들이 학습 및 평가 과정의 주체가 되어 자기주도적 학습자가 될 수 있도록 하며, 궁극적으로는 학습에 긍정적인 영향<sup>20,34</sup>을 가져다주었다고 볼 수 있다. 따라서 학생들이 숙련된 평가자로서의 역할을 수행할 수 있도록 앞으로도 지속적인 기회가 제공되어야 할 것이다.

한편, 과학 영재 학생들은 협상에 기반한 평가 활동의 결과를 다음 활동에 활용할 수 있어 학습에 유익하다고 인식하고 있었다. 이처럼 평가 활동에서 주고받는 지속적인 피드백은 자신에게 부족한 것이 무엇인지 쉽게 알 수 있게 하여<sup>35</sup> 더 효과적인 반성을 유도<sup>36</sup>할 수 있다. 다시 말해 평가자와 피평가자로서 동료와 피드백을 주고받는 과정은 자신이 알지 못했던 보완점을 인지하게 하여 자기 점검의 효과를 가져왔을 뿐만 아니라, 동료의 피드백 결과에 대한 자신의 내적 협상을 바탕으로 다음 활동에서 자신의 모델 개선을 위한 보다 실천적인 행동을 유도하는 것이다. 이러한 결과는 학습자 간 논의는 서로 같은 눈높이에서 이루어지기에 교사에 의한 평가보다 더 효과적<sup>37,38</sup>이며, 모델의 평가와 수정은 모델의 이해에 도움이

되고 모델의 질 향상을 이끈다<sup>39</sup>는 주장과도 일치한다고 볼 수 있다. 결국 협상에 기반한 평가 활동은 구성주의 관점에서 사회적 상호작용을 활발하게 이끌며, 이 과정에서 동료와의 상호작용은 비계(scaffolding)의 역할을 하여 수준 높은 모델링을 가능하게 한다.

모델링의 목적 중 하나는 모델을 통하여 의사소통하는 것이다.<sup>6</sup> 그런데 모델을 통하여 의사소통하기 위해서는 증거가 필요하며, 증거를 통해 자신의 설명에 대한 논리성을 갖추어야 한다. 또한 모델링 과정에서 일어나는 논의를 통해 학생들은 자신의 모델을 평가받을 수 있으며 자신의 생각을 표현하거나 동료를 설득하며 집단 간 합의를 발달시킬 수 있다.<sup>6,40</sup> 이 과정에서 모델의 수정 및 정교화는 모델링에 대한 이해의 향상<sup>39,41,42</sup>과 모델의 질 향상으로 이어질 수 있으며, 나아가 과학에 대한 이해를 높이는 데에도 기여한다.<sup>6,43</sup> 모델을 평가하는 활동이 갖는 이러한 장점에도 불구하고, 일부 학생들은 동료평가 활동이 친구와의 관계에 대한 우려로 자신의 평가 내용을 모두 솔직하게 말할 수 없다고 응답하였다. 그러나 자신의 활동에 대하여 아무런 피드백이 없는 것보다 다른 사람으로부터 객관적인 시각의 피드백을 받았을 때 반성이 더욱 효과적으로 일어날 수 있다.<sup>36</sup> 따라서 교사는 학생들이 평가자로서 평가 결과를 솔직하게 피드백 할 수 있도록 학습 환경을 구축할 필요가 있으며, 이는 학생이 학습의 주체자로서 학습에서의 학생의 역할을 평가에까지 폭넓게 확대하는데 기여할 수 있을 것이다.

**Acknowledgments.** Publication cost of this paper was supported by the Korean Chemical Society.

## REFERENCES

1. OECD. *OECD Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030*; OECD Publishing: Paris, 2019.
2. Ministry of Education. 2015 Education Curriculum (Notification No. 2015-74 of the Ministry of Education); Ministry of Education: Seoul, 2015.
3. Dana, T. M.; Davis, N. T. *On Considering Constructivism for Improving Mathematics and Science Teaching and Learning*. In Tobin, K. G. (Ed.), *The practice of constructivism in science education*; Lawrence Erlbaum Associates, Inc.: Hillsdale, New Jersey, 1993.
4. Lee, D.; Cho, H.; Nam, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2015**, *35*, 313.
5. Gobert, J. D.; Buckley, B. C. *International Journal of Science Education* **2000**, *22*, 891.
6. Schwarz, C. V.; Reiser, B. J.; Davis, E. A.; Kenyon, L.; Acher, A.; Fortus, D.; Shwartz, Y.; Hug, B.; Krajcik, J. *Journal of Research in Science Teaching* **2009**, *46*, 632.

7. Cho, H.; Nam, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2014**, *34*, 583.
8. Oh, P.; Oh, S. *International Journal of Science Education* **2011**, *33*, 1109.
9. NGSS Lead States. *Next Generation Science Standards: For States, by States*; National Academies Press: Washington, DC, 2013.
10. Clement, J. J. *International Journal of Science Education* **2000**, *22*, 1041.
11. Greca, I. M.; Moreira, M. A. *Science education* **2002**, *86*, 106.
12. Vygotsky, L. S. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*; Harvard University Press: Cambridge, MA, 1978.
13. Newton, P.; Driver, R.; Osborne, J. *International Journal of Science Education* **1999**, *21*, 553.
14. Crawford, B. A.; Krajcik, J. S.; Marx, R. W. *Science & Education* **1999**, *83*, 701.
15. Shepard, L. A. *Educational Researcher* **2000**, *29*, 4.
16. Hand, B.; Norton-Meier, L.; Staker, J.; Bintz, J. *Negotiating Science: The Critical Role of Argument in Student Inquiry*; Heinemann Educational Books: Portsmouth, NH, 2009.
17. McMillan, J. H.; Hearn, J. *Educational Horizons* **2008**, *87*, 40.
18. Howe, A. C.; Jones, L. *Engaging Children in Science*; Prentice Hall: Hoboken, New Jersey, 1998.
19. Fiske, S.; Taylor, S. *Social Cognition (2nd ed.)*; McGraw-Hill: New York, 1991.
20. Topping, K. *Review of Educational Research* **1998**, *68*, 249.
21. Pope, N. *Assessment & Evaluation in Higher Education* **2001**, *26*, 235.
22. Biggs, J. B.; Moore, P. J. *The Process of Learning (3rd ed.)*; Prentice Hall: New York, 1993.
23. Boud, D.; Falchikov, N. *Rethinking Assessment in Higher Education*; Kogan Page: London, 2007.
24. Pierce, A. E. *International Journal of Qualitative Studies in Education* **2003**, *16*, 721.
25. Boud, D. *Enhancing Learning Through Self Assessment*; Kogan Page: London, 1995.
26. Hogan, K.; Thomas, D. *Journal of Science Education and Technology* **2001**, *10*, 319.
27. Windschitl, M.; Thompson, J. *Science Teacher* **2013**, *80*, 63.
28. Morrison, M.; Morgan, M. S. *Models as Mediating Instruments*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1999.
29. Kim, N. *The Review of Korean Cultural Studies* **2009**, *30*, 151.
30. Lee, S. Impact of Students' Assessment Activities on Argumentation Ability and Reflective Thinking in High School Argument-Based Inquiry, Master Thesis, Pusan National University of Education, Busan, Korea, 2016.
31. Windschitl M.; Thompson J.; Braaten M. *Science Education* **2008**, *92*, 941.
32. Justi, R., Gilbert, J. K. *International Journal of Science Education* **2000**, *24*, 369.
33. National Research Council (NRC). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*; The National Academies Press: Washington, DC, 2011.
34. Li, L.; Liu, X.; Steckelberg, A. *British Journal of Educational Technology* **2010**, *41*, 525.
35. Jeon, J. H. *English Teaching* **1998**, *53*, 179.
36. Mayer, R. E. *American Psychologist* **2004**, *59*, 14.
37. Nodding, N. *Philosophy of Education*. Westview Press: Oxford, 1995.
38. Webb, N. M.; Sydney, H. F.; Ann, M. M. *Theory into Practice* **2002**, *41*, 13.
39. Bottcher, F.; Meisert, A. *Science and Education* **2011**, *20*, 103.
40. Penner, D. E. *Review of Research in Education* **2001**, *25*, 1.
41. Campbell, T.; Oh, P. S.; Neilson, D. *International Journal of Science Education* **2012**, *34*, 2393.
42. Passmore, C.; Svoboda, J. *International Journal of Science Education* **2012**, *34*, 1535.
43. Mendonca, P. C. C.; Justi, R. *Journal of Research in Science Teaching* **2013**, *51*, 192.