

논의-기반 모델링 전략을 이용한 일반화학실험에서 글쓰기 대상에 따른 예비화학교사들의 모델링 능력 및 모델링에 대한 인식 분석

조혜숙 · 김한영 · 강유진[†] · 남정희*

부산대학교 화학교육과

[†]부산대학교 과학교수학습센터

(접수 2019. 5. 21; 게재확정 2019. 8. 23)

Analysis of Preservice Chemistry Teachers' Modelling Ability and Perceptions in Science Writing for Audiences of General Chemistry Experiment Using Argument-based Modeling Strategy

Hye Sook Cho, HanYoung Kim, Eugene Kang[†], and Jeonghee Nam*

Department of Chemistry Education, Pusan National University, Busan 46241, Korea. *Email: jhnam@pusan.ac.kr

[†]Center for Science Teaching and Learning, Pusan National University, Busan 46241, Korea.

(Received May 21, 2019; Accepted August 23, 2019)

요약. 이 연구는 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험 수업에서 글쓰기 대상에 따른 과학 글쓰기가 예비 화학교사들의 모델링 능력 및 모델링에 대한 인식에 미치는 영향을 알아보는 것을 목적으로 하였다. 또한 이와 함께 예비 화학교사들의 화학개념 이해에 미치는 영향도 알아보았다. 이를 위해서 사범대학 화학교육과에 재학 중인 예비 화학교사 1학년 18명을 대상으로 11개 주제의 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험 수업을 진행하였다. 화학개념 이해는 사전과 사후의 화학개념 이해 검사 점수에 대한 효과크기를 비교하였다. 모델링 능력은 예비 화학교사들이 제시하는 모델을 설명, 표상화, 의사소통의 3 가지 영역으로 구분하여 집단의 효과크기를 분석하였으며, 모델링에 대한 인식을 알아보기 위해서 설문조사를 실시하였다. 분석결과, 예비 화학교사의 화학개념 이해와 모델링 능력은 글쓰기 대상인 독자의 수준이 낮은 경우, 효과가 더 큰 것으로 나타났으며 글쓰기 대상에 따른 집단에서 모델링에 대한 인식은 차이가 없는 것으로 나타났다. 하지만 모델링 과정을 경험함에 따라 예비 화학교사들의 응답이 더 구체적으로 변해가는 것을 확인할 수 있었다.

주제어: 논의-기반 모델링(AbM) 전략, 모델링, 예비 화학교사, 글쓰기 대상

ABSTRACT. The purpose of this study was to investigate the effect of science writing for different audiences on preservice chemistry teachers' chemistry concept understanding and modeling ability in general chemistry experiment activities using Argument-based Modeling (AbM) strategy. And we also examined preservice chemistry teachers' perceptions of modeling in different audience groups. The participants of the study were 18 university students in the first grade of preservice chemistry teachers taking a general chemistry experiment course. They completed eleven topics of general chemistry experiment using argument-based modeling strategy. The understanding of chemistry concept was compared with the effect size of pre- and post-chemistry concept test scores. To find out modeling ability, we analyzed level of model by each preservice chemistry teacher. Analytical framework for the modeling ability was composed of three elements, explanation, representation, and communication. The questionnaire was conducted to check up on preservice chemistry teacher's recognition of modeling. The result of analyzing the effect of modeling for different audience on the understanding of chemistry concept and modeling ability, the preservice chemistry teachers' were found to be more effective when the level of audience was low. There was no difference in the recognition of modeling between the groups for audience. However, we could confirm that the responses of preservice chemistry teachers are changed in concrete when they have an experience in succession on modeling.

Key words: Argument-based Modeling (AbM) strategy, Modeling, Preservice chemistry teacher, Writing for different audiences

서론

과학교과의 목표는 과학 개념에 대한 이해와 탐구 능력의 함양을 통하여 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적

으로 해결하기 위한 과학적 소양을 기르는 것이다.¹ 이때 과학적 탐구는 과학적 의사소통을 통해 문제를 해결하는 과정을 아우르는 것이라 볼 수 있다.² 과학교육의 핵심역량에서 강조하고 있는 의사소통이란 말하는 사람이 특정

상황뿐 아니라 탈 맥락화된 상황에서도 자신의 생각이나 의도를 이해하고 이를 적절한 문장의 형태로 만들 수 있는 능력을 말하며, 듣는 사람은 이러한 과정 속에서 자신이 필요한 정보를 획득하는 과정을 뜻한다.³ 이러한 의사소통이 중요한 이유는 우리가 사회적으로 상호작용을 할 때 개인의 능력이 문화적 도구인 언어에 의해 좌우되기 때문이다.⁴ 따라서 과학에서의 의사소통은 학생들이 스스로 지식을 구성하기 위한 필수불가결한 과정이며, 자연 현상에 대한 자신의 생각과 의견을 다른 학생들과 교환하는 과정에서 발달할 수 있다.

모델은 학생들이 자연 현상에 대해 관찰한 것이나 이에 대한 아이디어를 글이나 그림, 그래프, 실제하는 모형 등의 다양한 방식으로 표현하는 방법의 하나로써 학생들의 의사소통을 위한 도구로 사용될 수 있다.⁵ 학생들은 자신이 가진 '정신 모델'을 과학적 지식에 부합되는 단순화한 표상인 '표현된 모델'로 바꾸는 과정을 거치게 되는데, 모델은 이 두 가지 종류를 모두 포함하는 것이다.⁶ 이러한 과정을 통해 학생들은 추상적인 대상에 대해 시각적인 표현이나 구조로 구체화하게 되어 실제와 이론을 연결하는 매개적인 통로로써 모델을 활용할 수 있다.^{7,8} 모델을 구성, 사용, 평가, 수정하는 일련의 과정을 모델링(modeling)이라고 한다. 모델링 활동을 통해 학생들은 과학 지식의 본성을 이해하게 되므로,⁹ 모델링은 과학교육의 중요한 학습도구로써 과학지식을 구성하고 발전시키는 주요한 인지과정이자 체계적인 활동으로 사용될 수 있다.¹⁰

모델링이 과학교육에서 효과적으로 적용되기 위해서는 교사와 학생 모두 모델의 본성에 대한 이해가 필요하다.¹¹ 특히 교사는 학생들의 모델링 본성에 대한 인식과 모델링을 수업에 활용하는 전략을 필수적으로 알고 있어야 한다.^{12,13} 모델의 본성은 탐구 경험이나 과학실천을 통해 배울 수 있으며,^{14,15} 이러한 기회를 예비 교사에게 제공하는 것은 예비 교사들이 탐구적인 교수 관점을 개발하는데 도움을 준다.^{16,17} 모델링의 목표는 자신의 모델을 다른 사람들과 공유하면서 자신의 생각을 다른 사람들에게 설명하거나 설득하는 과정을 통해 집단의 합의를 도출하기 위한 의사소통의 과정으로,¹⁸ 이러한 측면에서 모델링 활동과 논의 활동은 상호 연관성이 깊다.¹⁹ 따라서 학생들은 현상의 관찰 혹은 검증을 통해 실제와 모델을 비교하거나 모델이 가지는 현상의 중요한 속성과 특성을 기술하고,²⁰ 적절한 증거를 뒷받침하여 논의에 참여함으로써 다른 학생들과 상호작용을 할 수 있게 되며,²¹ 이러한 의사소통을 통해 학생들은 자신의 모델을 정교화시킬 수 있다.¹⁹

논의-기반 모델링은 학습자가 자연 세계에서 관찰한 현상을 모델로 만드는 모델링 과정에서 논의와 글쓰기라는 과학적 언어의 사용을 통해서 자신이 이해한 것을 내면화

하여 표현할 뿐만 아니라 다른 사람의 의견을 듣고 과학적 지식을 교환하면서 자신이 만든 모델을 평가하고 수정하게 하는 것이다.²² 장차 화학교사가 될 예비 화학교사들이 논의-기반 모델링 전략을 이용한 일반화학실험을 수행하면서 논의와 글쓰기라는 과학적 언어를 사용하여 과학 개념에 대한 자신만의 설명체계를 만들어보는 과정을 통하여 모델링에 대해서 경험할 수 있다. 예비 화학교사들이 제시하는 자신만의 설명체계, 즉 모델은 자신의 화학적 개념에 대한 이해 수준과 표현 능력을 포함하는데, 예비 화학교사들이 가진 개념에 대한 이해의 변화에 따라 이러한 모델도 함께 변화한다.¹⁸ 또한 논의-기반 모델링 전략에서 이루어지는 과학 글쓰기 활동이 학습에 긍정적인 영향을 준다는 것이 잘 알려져 있으나 국내 과학 글쓰기의 연구는 주로 글쓰기 활동과 학생의 사고력 간의 효과를 확인하거나 개념 이해와 사고력 향상을 목적으로 하는 글쓰기 전략 개발에 초점을 맞추고 있다. 하지만 글쓰기 관련 다른 연구에서는 효과적인 글쓰기 전략을 위해 글쓰기 대상의 역할을 강조하고 있다.²³ Prain과 Hand(1996)는 글쓰기의 요소를 주제, 형식, 목적, 글쓰기 대상, 방법의 5가지로 정하고 이 중 글쓰기 대상을 고려하는 글쓰기 전략을 개발하였다.²⁴ 글쓰기 대상인 독자를 고려한 글쓰기는 학생들이 기존의 개념들에 대해서 새로운 방법으로 생각하게 하고 학생들 자신의 개념에 대한 이해를 더 명확히 하는 것을 요구한다.²⁵ 글쓰기 대상인 독자의 성향이나 특징에 따라 글쓰기의 양상이 많이 변화하는데, 학생들은 독자를 고려한 글쓰기를 통해 개념을 명확하게 하거나 정교화할 수 있고, 주요 개념과 명확하지 않은 자신의 지식 사이의 관계를 강화시킬 수 있다.²⁶

글쓰기 과정에서 독자는 글쓰는 주체의 선입견이나 주관성, 혹은 자기중심성에서 벗어날 수 있도록 도와주고 의사소통의 객관성을 확보하는데 도움이 된다.²⁷ 그러나 과학 교실에서의 대부분의 글쓰기 활동에서 학생들은 글쓰기 대상이 교사라는 것을 무의식중에 인지하고 있기 때문에 일부 개념을 설명하는 것을 생략하게 된다.²⁸ 이러한 한계를 벗어나기 위해서는 교사가 아닌 다른 글쓰기 대상을 위한 글쓰기의 필요성이 대두되었다. 글을 쓰는 주체 보다 어린 사람을 대상으로 하는 글쓰기의 경우, 글을 쓰는 주체는 청중인 어린 글쓰기 대상을 위해 과학적 언어를 번역하여 독자인 글쓰기 대상들이 이해하기 쉬운 단어를 사용하거나 풍부한 설명과 함께 과학적 개념을 제시함으로써 청중이 이해할 수 있는 방식으로 글을 구성하게 되면서 더 나은 효과가 있다고 보고 하였다.²⁹ 이러한 과학 글쓰기 활동에서 글쓰는 주체는 글을 쓰는 과정에서 자신이 생각하는 글쓰기 대상과 내적 혹은 외적으로 영향을 주고 받는 사회적인 관계이기 때문에 글쓰기 대상을 고려하여

글쓰기가 이루어져야 한다.²⁷

이 연구에서는 대학교 1학년 예비 화학교사들을 대상으로 하는 일반화학실험에 논의-기반 모델링 전략을 적용하면서 글을 쓸 때 고려하는 대상인 독자를 다르게 하여 글쓰기를 수행하였을 때, 글쓰기 대상에 따른 글쓰기가 예비 화학교사들의 모델링 능력에 미치는 효과를 분석하고, 글쓰기 대상에 따른 예비 화학교사들의 모델링에 대한 인식을 알아보았다.

연구 방법

연구참여자

이 연구는 광역시 소재 사범대학에서 일반화학실험을 수강하는 화학교육과 예비 화학교사 1학년 18명(남학생 9명, 여학생 9명)을 대상으로 2017년 3월부터 12월까지 총 10개월간 적용하였다.

일반화학실험을 위한 모듈을 구성하기 위해 화학개념 이해 검사를 실시하였고, 이를 바탕으로 3명으로 구성된 각 모듈의 화학개념 이해 검사 평균이 비슷하게 되도록 구성원을 배치하였다. 또한 모듈 구성 시 화학 II를 이수한 학생이 각 모듈에 최소 1명 이상이 되도록 하였고, 성비도 고려하여 모듈별로 최대한 비슷한 조건이 되도록 모듈을 구성하였다. 이 연구에서 글쓰기 대상에 따른 예비 화학교사들의 모델링 능력을 분석하기 위하여 조교를 대상으로 하는 글쓰기 집단 및 친구 혹은 동생을 대상으로 하는 글쓰기 집단을 각각 3모듈씩 구성하였다.

논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험을 진행한 조교는 사범대학 화학교육학과를 졸업하고 교육대학원 화학교육전공 석사과정에 재학 중으로, 이 연구의 진행에 앞서 논의-기반 탐구(argument-based inquiry) 실험에 대한 연수를 받았다. 논의-기반 모델링 전략을 적용하는 집단은 일반화학실험을 담당하는 조교를 대상으로 글쓰기를 하는 집단(Argument-based Modeling-조교 집단)과 친구 혹은 동생을 대상으로 글쓰기를 하는 집단(Argument-based Modeling-친구 혹은 동생 집단)을 나누었다. 여기서 글쓰기 대상이 조교인 경우는 자신보다 지식의 수준이 높은 경우에 해당하며, 글쓰기 대상이 친구 혹은 동생인 경우에는 자신보다 지식의 수준이 낮은 경우에 해당하는 것으로 보았다.

논의-기반 모델링(Argument-based Modeling, AbM) 전략의 개발

논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험은 Keys 등이 개발한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic, SWH) 전략에 기반을 두고 있다.³⁰ 논의-기반 모델링 전략을

적용한 일반화학실험에서 학생들은 제시된 문제 상황을 보고 생기는 의문을 해결하기 위해서 실험 방법을 설계하는 기회를 갖게 되었다. 이러한 실험설계에 따라 실험을 수행한 후, 그 결과에 대해 다른 학생들과 논의하고 살펴보는 시간을 갖는다. 이러한 열린 탐구 과정에서 일어나는 논의활동을 통해 다른 사람들에게 자신의 주장을 내세우고 반박하고 설득하는데 필요한 의사소통하는 수단으로 모델을 제시할 필요성을 가지게 되었다.

논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험은 의문 만들기, 실험설계, 관찰 및 결과, 주장과 증거, 읽기, 반성, 모델링의 총 7단계로 구성되었다. 첫 단계인 의문 만들기에서 예비 화학교사들은 제시된 문제 상황을 파악하고 이를 바탕으로 자신의 의문을 생성하는 과정에서 자연스럽게 자신이 알고 있는 내용과 제시된 상황을 연결하게 되었다. 이후 구성원과의 논의를 통해 모듈의 의문을 정하고 각 모듈의 의견이 모두 정해지면 모듈별로 작성한 의문을 모두 볼 수 있는 곳에 부착하고, 전체 구성원의 논의를 통해 전체 의문을 정하였다. 예비 화학교사들은 논의 경험이 적기 때문에 수업을 진행하는 조교가 전체 의문을 정하기 위한 논의를 진행하였고, 활동이 진행됨에 따라 학습자들이 직접 전체 논의를 진행하도록 하였다.

두 번째인 실험설계 단계에서 예비 화학교사들은 전체의 의문을 해결할 수 있는 실험을 각 모듈별로 직접 설계하였다. 기본적으로 주어진 실험 도구를 사용하여 실험을 설계하지만 주어진 도구가 아니더라도 이들의 요청이 있을 경우, 실험실 상황에서 충분히 공급이 가능한 경우에는 추가로 실험 도구를 제공해주었다.

세 번째인 관찰 및 결과 단계에서는 수행한 실험의 결과를 관찰하고 개별적으로 실험결과를 기록하였다.

네 번째인 주장과 증거 단계에서 예비 화학교사들은 개별로 주장과 증거를 작성하고, 이를 바탕으로 구성된 간의 논의를 통해 모듈의 주장과 증거를 결정하며 이들을 취합하여 전체 논의를 진행하였다. 예비 화학교사들은 자신의 모듈의 주장과 증거를 모두 볼 수 있는 곳에 게시하여 논의를 진행하였다. 또한 이들이 주도적으로 논의를 진행할 수 있도록 조교는 최소한의 개입을 하였다. 이러한 과정에서 학습자는 교사 또는 다른 학생과의 논의를 통해 자신의 생각과 다른 학생의 생각을 비교하여 합리적인 문제 해결법에 대해 모색하였다.

다섯 번째 읽기 단계에서는 예비 화학교사들이 자신의 주장을 뒷받침하기 위해 여러 참고 자료에서 찾은 전문적인 지식을 추가하도록 하였다. 이를 통해 자신의 모델을 구성하기 위해 필요한 과학적인 개념을 추가로 습득하게 되었다. 예비 화학교사들의 내적 모델을 구성한 것이 과학적 개념과 일치하지 않는 결과가 나타날 수 있기 때문

에 문헌에서 추가로 찾은 객관적인 내용과의 비교를 통하여 자신의 부족한 부분을 보완하고 자신의 주장을 정교화하게 되었다.

여섯 번째인 반성 단계에서는 예비 화학교사들은 활동에 참여하기 전과 후에 자신의 생각이 어떻게 바뀌었는지에 대한 글을 작성하였다. 이를 통해 자신이 처음에 문제 상황에 대해서 가지고 있던 내적 모델이 어떻게 변화해 왔는지와 자신이 참여했던 활동을 되돌아보는 과정을 스스로 확인하게 되었다. 이 단계에서는 학습의 전 과정에 대해 생각하고 스스로의 활동을 돌아보는 반성적 사고 혹은 지각하는 능력인 메타인지를 향상시킬 수 있는 기회가 되었다.³¹

일곱 번째인 모델링 단계에서 예비 화학교사들은 관찰한 실험결과와 핵심 과학개념을 연결하여 설명하는 글을 작성하게 되며, 이때 자신만의 모델을 구성하여 제시하였다. 이 과정에서 핵심 과학개념의 설명을 위한 도구로써 모델을 사용하는지 여부와 학생이 제시하는 모델의 수준을 알아볼 수 있었다. 모델링 단계를 통해 예비 화학교사들은 자신만의 언어를 사용한 모델을 만들어서 설명할 필요성을 느끼게 되고, 효과적인 모델링에 대한 고민을 하게 되었다.

학생들은 이러한 단계로 진행된 실험수행과 함께 개별적으로 활동에 대한 실험 보고서를 작성하였다. 실험 보고서는 활동의 7단계 중 의문 만들기, 실험설계, 관찰 및 결과, 주장과 증거의 네 단계는 활동 과정에서 수행하였고, 읽기, 반성, 모델링의 세 단계는 활동이 끝나고 과제로 수행하여 최종 실험 보고서를 다음 활동 전까지 제출하였다. 예비 화학교사들이 최종 실험 보고서의 모델링 단계에서 글쓰기 대상을 고려하여 쓴 글쓰기는 모델링 능력을 분석하는데 사용되었다.

논의-기반 모델링(Argument-based Modeling, AbM) 전략의 적용

논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험은 2017년 2개 학기(10개월) 동안 진행되었다. 2개 학기 동안 수행한 일반화학 실험은 총 20개 주제였고, 이 중 논의-기반 모델링 전략을 적용한 주제는 11개를 선정하였다. 논의-기반 모델링 전략에 적합한 주제를 선정하기 위해 학생들이 실험 결과를 단순히 확인하거나 단편적인 개념을 다루는 주제는 제외하였다. 또한 실험 주제에 대해 학생들이 적절한 의문을 생성할 수 있는지, 학생 수준에서 자신들의 의문을 해결하기 위한 실험을 설계할 수 있을지 등을 고려하였다. 이러한 과정을 통해 논의-기반 모델링 전략에 적합한 11개 주제를 선정하였다(Table 1). 논의-기반 모델링 전략을 적용한 실험 활동의 개발에는 과학교육 박사

Table 1. Topics of general chemistry experiment

1학기	2학기
질량측정과 액체 옮기기	재결정과정거르기*
산-염기적정*	녹는점 측정
엔탈피측정*	용해열과 과냉각*
화학평형상수*	크로마토그래피*
기체의 확산	기체상수의 결정
용해도곱상수의 결정*	질산포타슘의 용해도
아스피린과 제산제의 정량	산화-환원적정*
나일론 합성	산성비
역적정*	화학반응속도*
	비누화반응
	화학전지와 전기화학적 서열*

*: 논의-기반 모델링 (AbM) 전략을 적용한 주제

1명, 박사과정 1명, 석사과정 1명이 참여하였고, 개발한 활동은 과학교육 전문가 1명, 과학교육 박사 1명, 박사과정 1명에게 타당도를 검증받았다. 나머지 주제에 대해서는 실험 목표, 실험 방법, 결과 정리를 제시하는 전통적인 실험의 형태로 수업을 진행하였다. 하나의 실험 주제를 진행하는 데 약 2시간 정도의 시간이 소요되었다.

자료 수집

이 연구에서는 예비 화학교사들을 대상으로 하는 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험 수업의 모델링 단계에서 글쓰기 대상인 독자를 다르게 하여 글쓰기를 수행하였다. 이 과정에서 글쓰기 대상에 따른 모델링이 예비 화학교사들의 모델링 능력에 미치는 효과를 분석하고, 글쓰기 대상에 따른 예비 화학교사들의 모델링에 대한 인식을 알아보았다. 이를 위하여 수집한 자료는 화학개념 이해 검사, 최종 실험 보고서의 마지막 단계인 모델링 단계의 글쓰기와 모델링에 대한 인식 조사 설문지였다.

이러한 자료 수집에 따른 분석 도구는 다음과 같다.

화학개념 이해 검사. 화학개념 이해 검사는 예비 화학교사의 일반화학실험 수업 진행을 위한 모듈 구성을 위해 이루어졌으며, Harvard 대학교와 Purdue 대학교에서 개발한 화학 오개념 검사지를 기반으로 허은아(2011)가 변안한 화학개념 이해 검사지를 사용하였다.³² 이 검사지는 총 42개의 4지 선다형 문항으로 이루어져 있고, 문항은 각 1점씩 동일한 배점을 가지며, 이를 이용한 화학개념 검사는 논의-기반 모델링 일반화학실험 수업을 소개하는 오리엔테이션 단계에 30분 동안 이루어졌다. 화학개념 이해 검사 문항에 포함된 개념들은 일반화학실험을 통해 학습하는 주제와 직접적인 연관성은 적었으나, 일반화학을 이해하기 위해서는 알고 있어야 하는 기본 개념을 다루고

있었다. 화학개념 이해 검사 문항을 개념에 따라서 범주화하면 화학반응, 원자·분자·원소, 물질의 특성과 상태변화, 화학 법칙, 산·염기의 5가지로 이루어졌다. 과학교육 전문가 1명, 과학교육 박사학위 소지자 1명으로부터 검사지에 포함된 문항의 수준의 적절성과 의미의 명확성에 대한 타당도를 검증받았다.

모델링 능력. 모델링 능력은 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험 수업 후에 작성하는 최종 실험 보고서의 모델링 단계에서 작성하는 것으로, 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험에서 예비 화학교사들의 모델링 능력의 변화를 알아보고, 글쓰기 대상에 따른 글쓰기의 효과를 비교하기 위하여 분석하였다. 이 연구에서 사전 모델링 능력은 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험의 첫 번째 주제인 산-염기적정 실험이 끝난 후 작성한 최종 실험 보고서의 모델링 단계를 분석하였으며, 사후 모델링 능력은 마지막 주제인 화학전지와 전기화학적 서열 주제의 실험에서 작성하는 최종 실험 보고서의 모델링 단계를 분석하였다.

모델링에 대한 인식 조사. 모델링에 대한 인식 조사는 예비 화학교사들이 논의-기반 모델링을 적용한 일반화학실험을 수행한 후 글쓰기의 대상인 독자에 따라 모델링에 대한 인식에 차이가 있는지 알아보기 위해 이루어졌다. 모델링에 대한 인식 조사를 위해 모델링 전략, 모델링 수행 상 어려움 해소 전략, 모델링과 개념형성의 3가지 주제의 질문에 대하여 자유롭게 자신의 생각을 적는 열린 구조의 설문 문항으로 구성하였다. 설문은 예비 화학교사들이 각 질문에 대하여 충분한 생각을 한 뒤에 응답할 수 있도록 하기 위해서 설문지를 나누어 준 후, 5일 후 수합하였다. 응답이 다소 모호하거나 구체적인 인식의 변화를 보기 어려운 경우 실험 시간 이후에 개별적으로 질문하였다. 모델링 전략에서는 예비 화학교사들이 과학 현상이나 과학적 사실을 자신만의 언어로 설명할 때 가장 중요하게 생각하는 것, 자신의 언어로 설명하기 위해 어떤 과정을 거치고 이 과정이 왜 도움이 된다고 생각하는지, 자신의 언어로 설명할 때 그것을 읽는 글쓰기 대상인 독자의 영향 등을 질문하였다. 모델링 수행 상 어려움 해소 전략에서

는 자신의 언어로 설명할 때 어떤 점이 가장 어려운지, 이 어려움을 극복하는 방법이 무엇인지, 왜 그렇게 생각하는지를 질문하였다. 모델링과 개념형성에서는 자신의 언어로 설명하는 방식이 이해에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 질문하였다(Table 2). 초기 인식 조사 설문은 2개 주제의 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험을 수행한 후 이루어졌고, 사후 인식 조사 설문은 11개 주제의 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험을 모두 진행한 후에 진행하였다. 모델링에 대한 인식 조사를 초기 인식 조사와 사후 인식 조사로 수행한 이유는 모델링에 대한 설문지에 응답을 하기 위해서는 모델링을 경험한 후에 실시해야 한다고 판단하였기 때문이다. 인식 조사 설문의 분석은 글쓰기 대상이 다른 각 집단의 초기 및 사후 인식을 비교하고, 두 집단간 인식의 차이를 보기 위해 정량적인 분석결과를 비교하였다.

모델링 능력 분석틀

글쓰기 대상을 고려한 모델링이 예비 화학교사들의 화학개념 이해에 어떠한 효과가 있는지 알아보기 위해 글쓰기 대상을 고려한 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험 전과 후에 화학개념 이해 검사를 실시한 후 Cohen's d값을 구하여 각 집단 별로 효과크기를 비교하였다.

예비 화학교사들의 모델링 능력을 분석하기 위해서 조혜숙과 남정희(2014), 이동원(2015)이 개발한 모델링 평가틀을 수정하여 사용하였다(Table 3).^{22,33} 모델링 능력은 설명(explanation), 표상화(representation), 의사소통(communication)의 세 가지 항목으로 구성되어 있으며, 각 항목은 0~3의 4개 수준으로 나누어 분석하였다. 각 항목의 수준에 대해, 0수준은 0점, 1수준은 1점, 2수준은 2점, 3수준은 3점으로 점수화하여, 모델링 능력 각 항목에 대한 점수를 합산하여 분석하였다. 설명항목은 모델이 핵심 개념을 설명하기 위해 사용하는 과학개념을 주장과 증거의 형식으로 적절히 나타내고 있는지를 분석하는 것이다. 모델이 과학개념과 관련된 증거를 제시하지 않고 단순히 정의를 나열하는 경우에는 0수준, 과학개념을 정의하고 그와 관련된 특징이나 성질을 제시하면서 그에 대한 예시를 든다거나 혹은

Table 2. Questionnaire for preservice chemistry teacher's recognition of modeling

주제	문항 내용
모델링 전략	과학 현상이나 과학적 사실을 자신만의 언어로 설명하기에서 '가장 중요하게 생각'하는 것은 무엇인가? 자신의 언어로 설명할 때 '어떤 과정'을 수행하는가? 그러한 과정이 어떤 점에서 도움이 될 것 같은가? 자신의 언어로 설명할 때 그것을 읽거나 듣는 글쓰기 대상인 독자나 청중은 어떠한 영향을 주는 것 같은가?
모델링 수행 상 어려움 해소 전략	자신의 언어로 설명할 때 '어떤 점이 가장 어려운지' 서술하고 어떻게 하면 어려움을 해결할 수 있을까? (왜 그러한 방법이 좋다고 생각하는가?)
모델링과 개념 형성	자신의 언어로 설명해 보는 것이 내가 이해하는 방식에 어떤 영향을 주는가?

Table 3. Analysis framework of modeling ability

요소 수준	설명	표상화	의사소통
0	과학개념과 관련된 증거를 제시하지 않는다. 단순히 정의들을 나열한다.	표상이 사용되지 않는다. (단순히 언어를 사용해서 적은 것을 모두 표상이라고 보지 않는다.)	문장으로 이루어져 있지 않다. 단순히 참고문헌에 있는 내용을 옮겨 적은 형태이다.
1	① 과학개념을 정의하고 그와 관련된 특징이나 성질을 제시하며 그에 대한 예시를 든다. ② 과학개념을 정의하고 예시(단순 예시, 실생활 예시, 상황 예시 등)를 제시한다. ① 또는 ②와 같은 설명 형태를 가진다.	하나의 개념을 설명하는데 단순히 한 가지 종류의 표상만을 사용한다.	개념 전달이 문장의 형태(주어, 술어, 목적어 등 사용)로 이루어져 있지만 문장 자체의 의미 전달력이 떨어진다. 개념들이 연결되지 않고 독립적으로 표현되어 있다.
2	① 과학개념을 정의하고 그와 관련된 특징이나 성질을 제시하며 그에 대한 예시를 든다. ② 과학개념을 정의하고 예시(단순 예시, 실생활 예시, 상황 예시 등)를 제시한다. ①, ②를 합친 복합적인 형태를 가진다.	두 종류 이상의 표상을 사용한다. 글씨 색을 다르게 하거나 색칠을 한다. 그림(표, 그래프)에 이름을 붙인다.	개념 전달이 문장의 형태(주어, 술어, 목적어 등 사용)로 이루어져 있다. 적절한 접속사를 사용하여 문장 간에 연결을 매끄럽게 한다.
3	①, ②와 같은 설명 형태를 가지는데 구체적 상황을 예시로 들면서 핵심 개념과 관련지어 설명한다. 글의 구성이 논리적이고 유기적이다.	글씨 색을 다르게 하거나 색칠을 한다 그림(표, 그래프)에 이름을 붙인다. 다양한 표상을 사용한다(3가지 이상). 표상은 서로 연결되어 있고 하나의 의미공동체를 가진다.	정의를 제시하기에 앞서 설명을 위한 전략으로 글에 흐름을 가지고 설명한다. 개념 전달이 문장의 형태(주어, 술어, 목적어 등 사용)로 이루어져 있고 적절한 접속사를 사용하여 문장 간에 연결을 매끄럽게 한다. 전달하려는 내용이 명확하다

과학개념을 정의하고 예시(단순 예시, 실생활 예시, 상황 예시) 등을 제시하는 경우에는 1수준, 과학개념을 정의하고 그와 관련된 특징이나 성질을 제시하면서, 그에 대한 예시를 들고, 과학개념을 정의하면서 예시(단순 예시, 실생활 예시, 상황 예시)를 제시하는 경우가 복합적으로 나타날 때 2수준, 여기에 글 구성이 논리적이고 유기적이면 3수준을 부여하였다. 표상화항목은 하나의 개념을 표현하는데 얼마나 다양한 표상들을 사용하는지에 대한 것이다. 글 이외의 표상을 사용하지 않은 경우에는 0수준, 하나의 개념을 설명하는데 한 종류의 표상을 사용한 경우에는 1수준, 하나의 개념을 설명하는데 두 종류의 표상을 사용한 경우에는 2수준, 하나의 개념을 설명하는데 세 종류 이상의 표상을 사용하고, 표상이 서로 연결되어 있고 하나의 의미공동체를 가지는 경우에는 3수준을 부여하였다. 의사소통항목은 모델이 설득, 이해, 집단 간의 합의라는 목표에 부합하게 표현하였는지를 분석하는 것이다. 문장으로 이루어져 있지 않거나 참고문헌에 있는 내용을 단순히 옮겨 적은 경우에는 0수준, 개념 전달을 위해 문장 형태로 이루어져 있지만 문장 자체의 의미 전달력이 떨어지거나 제시하는 개념들이 연결되지 않을 경우 1수준, 1수준에 더해 적절한 접속사를 사용하여 문장 간에 연결을 매끄럽게 한 경우에는 2수준, 2수준에 더해 설명을 위한 전략을 이용하고 글에 흐름이 있으며 전달하려는 내용이 명확한 경우에는 3수준을 부여하였다.

모델링 능력을 알아보기 위한 분석들은 과학교육 전문가

1명과 과학교육 박사학위 소지자 2명, 박사과정 1명으로부터 타당도를 검증받았다. 분석들의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해 과학교육 박사학위 소지자 2명과, 과학교육 박사과정 1명으로 구성된 분석자 3명이 무작위로 10명 학생의 결과보고서의 모델링 단계에서 나타나는 모델의 수준을 분석한 후, 협의과정을 거쳐 분석들을 수정하였다. 이후 모델링 분석은 모델링 능력 관련 과학교육 박사학위 소지자와 과학교육 박사과정으로 구성된 2인의 분석자에 의해 이루어졌다. 2인의 분석자가 일차적으로 독립적으로 분석한 후 의견이 일치할 때까지 협의하는 과정을 통해 분석이 이루어졌다.

연구 결과

화학개념 이해 검사

글쓰기 대상이 다른, 즉 독자가 다른 집단에 따른 화학개념 이해 검사의 사전과 사후 점수의 평균과 표준편차

Table 4. Effect size of chemistry concept understanding by groups of audience

	집단	조교(N=9)		친구 혹은 동생(N=9)	
		사전	사후	사전	사후
평균/표준편차		28.67/5.87	31.67/3.64	25.89/6.23	29.22/2.95
Cohen's d		0.63		0.73	
Scale		중간		중간	

및 Cohen's d 값과 그에 따른 효과 크기를 비교하였다 (Table 4). 두 집단의 Cohen's d 값을 보면, 조교를 대상으로 모델을 작성한 집단의 경우에는 Cohen's d 값이 0.63으로 나타났으며, 친구 혹은 동생을 대상으로 모델을 작성한 집단에서는 Cohen's d 값이 0.73로 나타났다. 두 집단 모두 효과크기가 중간 정도의 크기를 나타냈으나, 이들 집단의 Cohen's d 값을 비교했을 때, 친구 혹은 동생을 대상으로 모델을 작성한 집단의 값이 조교를 대상으로 모델을 작성한 경우보다 0.1정도 높게 나타났다. 이는 글쓰기를 할 때 자신의 지식수준보다 높은 사람을 대상으로 하는 것보다 자신보다 낮은 지식수준을 가진 대상으로 하는 것이 화학 개념의 이해에 조금 더 영향을 준다고 해석할 수 있다.

모델링 능력

예비 화학교사들의 모델링 능력을 알아보기 위해 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험 수업의 모델링 단계에서 예비 화학교사들이 제시한 모델을 앞서 개발한 모델링 분석틀을 이용하여 분석하였다. 예비 화학교사들의 모델링 능력의 향상을 효과크기로 알아보기 위하여 각각의 항목을 점수화하여 이에 대한 점수를 합산한 뒤 평균하여 나타내었다. 3개의 분석 항목의 각 수준에 대해서 0수준 0점, 1수준 1점, 2수준 2점, 3수준 3점을 부여하였다.

다음은 예비 화학교사들이 사전과 사후에 제시한 모델에 대하여 모델링 능력을 점수화하고 이에 대한 효과크기를 분석한 결과이다. 예비 화학교사들의 모델링 능력을 집단간 평균점수로 비교하면, 조교를 대상으로 모델링을 한 집단의 사전 평균 점수는 2.89점이었고, 사후 평균 점수는 4.44점이었다 (Table 5). 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 한 집단에서는 사전 평균 점수가 3.78점, 사후 평균 점수는

5.89점이었다. 이를 이용하여 구한 Cohen's d 값을 보면, 글쓰기 대상이 조교인 집단에서는 0.75로 중간 정도의 효과크기를 나타내었으며, 친구 혹은 동생이 글쓰기 대상인 집단에서는 1.22로 큰 효과크기를 나타내었다. 결과적으로, 예비 화학교사들이 모델링을 할 때, 자신보다 높은 수준의 글쓰기 대상을 고려하는 것보다 자신보다 낮은 수준의 글쓰기 대상을 고려하여 모델링을 하는 것이 모델링 능력에 더 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

Table 6에서는 글쓰기 대상을 고려한 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험에서 예비 화학교사들이 제시한 모델링 능력을 수준으로 변환하여 분석한 사전 및 사후 결과를 제시하였다. 예비 화학교사들이 제시한 모델링 능력의 수준을 조교를 글쓰기 대상으로 하는 집단과 친구 혹은 동생을 글쓰기 대상으로 하는 집단으로 나누어 항목별로 비교하였다. 설명항목에서는 사전에 두 집단 모두 대부분의 예비 화학교사들이 0과 1수준이었으며, 2수준에 해당하는 설명을 제시한 예비 화학교사는 2명씩이었고, 3수준은 나타나지 않았다. 사후에서는 0수준에 해당하는 예비 화학교사는 없었고 조교가 대상인 집단에서는 1수준 5명, 2수준 3명, 3수준 1명으로 나타났다. 친구 혹은 동생이 대상인 집단에서는 1수준 2명, 2수준 6명, 3수준 1명으로 조교를 대상으로 모델링을 한 집단보다 2수준 이상을 나타낸 예비 화학교사의 수가 많은 것으로 나타났다.

설명항목에 대하여 집단 별로 수준 분포를 살펴보았을 때, 사전에는 예비 화학교사들의 수준이 유사하였고, 사후에서는 친구 혹은 동생을 대상으로 한 집단의 2~3수준 분포가 더 많은 것으로 나타났다. 이를 통해 자신과 유사하거나 더 낮은 수준의 글쓰기 대상으로 모델링을 할 때 학생들은 과학개념과 관련된 예시로 듣거나 구체적인 상황을 예시로 들면서 설명하려는 노력을 통해 자신이 이해한 것을 자신만의 설명으로 나타내는 것으로 보인다.

표상화항목에서는 사전에 두 집단 모두 0수준과 3수준에 해당하는 예비 화학교사는 없었고, 조교를 대상으로 모델링을 한 집단은 1수준 7명, 2수준 2명, 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 한 집단은 1수준 4명, 2수준 5명이었다. 사후에서는 대상이 조교였던 집단에서 1수준 5명, 2수준 3명, 3수준 1명이었고, 친구 혹은 동생이 대상인 집단

Table 5. Effect size of modeling ability by groups of audience

	집단	조교(N=9)		친구 혹은 동생(N=9)	
		사전	사후	사전	사후
평균		2.89	4.44	3.78	5.89
표준편차		1.69	2.46	1.56	1.90
Cohen's d		0.75		1.22	
Scale		중간		큰	

Table 6. Analysis of modeling ability level by groups of audience

집단	수준	설명				표상화				의사소통				
		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
		사전	조교(N=9)		2	5	2	0	0	7	2	0	4	4
	친구 혹은 동생(N=9)		1	6	2	0	0	4	5	0	1	6	2	0
사후	조교(N=9)		3	2	3	1	0	5	3	1	0	4	4	1
	친구 혹은 동생(N=9)		0	2	6	1	0	2	6	1	0	2	4	3

에서 1수준 2명, 2수준 6명, 3수준 1명으로 나타나 2수준 이상으로 다양한 표상을 사용하는 예비 화학교사의 수가 많은 것으로 나타났다. 표상화항목에 대하여 집단 별로 수준 분포를 살펴보았을 때, 사전에는 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 한 집단이 조교를 대상으로 모델링을 한 집단보다 더 다양한 표현을 하는 것으로 나타났다. 사후에서는 친구 혹은 동생을 대상으로 한 집단에서 2~3수준의 예비 화학교사들이 더 많았다. 이는 모델링 과정에서 글쓰기 대상의 수준이 낮은 경우, 학생들이 글쓰기 대상의 이해를 돕기 위해 글씨 색을 다르게 하거나 강조를 하거나 그림, 표, 그래프에 이름을 붙이거나, 같은 개념에 다양한 표상을 사용하려는 노력을 한다고 볼 수 있다.

마지막으로 의사소통항목에서 집단에 따라 수준별 인원 분포를 살펴보면, 사전 모델링 평가에서 조교를 대상으로 모델링을 한 집단은 0수준 4명, 1수준 4명, 2수준 1명이었고, 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 한 집단은 0수준 1명, 1수준 6명, 2수준 2명이었다. 사후 모델링 평가에서는 두 집단 모두 0수준인 예비 화학교사는 없었고, 대상이 조교였던 집단에서 1수준 4명, 2수준 4명, 3수준 1명이었고 대상이 친구 혹은 동생이었던 집단에서 1수준 2명, 2수준 4명, 3수준 3명으로 나타났다. 모델링에서 글쓰기 대상의 수준이 자신보다 낮은 경우에는 단순히 자신의 생각을 표현하는 것을 넘어서 다른 사람들을 설득하거나 실제 현상을 설명하려 하는 것으로 나타났다. 의사소통항목에 대하여 집단 별 수준 분포를 살펴보면, 두 집단에서 사전 모델링 평가에서 0~1수준, 2~3수준인 예비 화학교사의 수가 유사하였다. 사후 모델링 평가에서는 두 집단 모두 의사소통 수준이 대체로 2~3수준이었으며, 친구 혹은 동

생을 대상으로 한 집단에서 그 분포가 더 많은 것으로 나타났다. 모델링 과정에서 실제 현상을 설명하고 자신의 생각을 나타내고 다른 사람을 설득하고자 하는 의사소통에서 글쓰기 대상이 자신보다 낮은 수준일 때 이들의 수준을 고려하여 설명하려는 의도를 가지고 모델링을 수행하기 때문인 것으로 판단된다.

모델링에 대한 예비 화학교사들의 인식

모델링에 대한 인식 조사 내용은 글쓰기 대상이 다른 두 집단에 따라 비교·분석하였다.

다음은 모델링 과정에서 가장 중요하게 생각하는 것에 대한 예비 화학교사들의 응답을 사전 및 사후로 구분하여 유형별로 범주화 하여 제시하였다(Table 7). 예비 화학교사들이 모델링 과정에서 가장 중요하게 생각하는 것은 과학 원리에 대한 이해, 적절한 예시를 드는 것, 이해하기 쉽게 적는 것, 논리성이었다.

사전 설문에서 조교를 대상으로 모델링을 한 집단은 과학 원리에 대한 이해(33.3%), 이해하기 쉽게 적는 것(33.3%)에 대한 응답률이 가장 높은 것으로 나타났으며, 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 한 집단에서는 과학 원리에 대한 이해(44.4%), 이해하기 쉽게 적는 것(44.4%)이 가장 높은 응답률을 나타내었다.

사후 설문에서는 조교를 대상으로 한 집단과 친구 혹은 동생을 대상으로 한 두 집단 모두 동일하게 과학 원리에 대한 이해(44.4%), 이해하기 쉽게 적는 것(33.3%)에 대한 응답률이 가장 높게 나타났다.

모델링 과정에서 가장 중요하게 생각하는 것에 대해 두 집단 모두 사전과 사후 응답에서 예비 화학교사들은 모두 과학 원리를 이해하고 적절한 예시를 찾고 이를 이해하기

Table 7. Type of response to what is most important in the modeling process

응답	집단(명, %)	조교(N=9)		친구 혹은 동생(N=9)	
		사전	사후	사전	사후
과학 원리에 대한 자신의 이해		3명(33.3%)	4명(44.4%)	4명(44.4%)	4명(44.4%)
적절한 예시를 드는 것		2명(22.2%)	1명(11.1%)	1명(11.1%)	2명(22.2%)
이해하기 쉽게 적는 것		3명(33.3%)	3명(33.3%)	4명(44.4%)	3명(33.3%)
논리성			1명(11.1%)		
기타		1명(11.1%)			

Table 8. Type of response for the method to express as 'own language' in the modeling process

응답	집단(명, %)	조교(N=9)		친구 혹은 동생(N=9)	
		사전	사후	사전	사후
과학 개념을 확실히 이해한다		1명(11.1%)	1명(11.1%)	2명(22.2%)	4명(22.2%)
적절한 예시를 찾는다		2명(22.2%)	2명(22.2%)	1명(11.1%)	
용어를 쉬운 말로 바꾼다		1명(11.1%)	2명(22.2%)	2명(22.2%)	1명(11.1%)
개요를 작성한다		5명(55.6%)	3명(33.3%)	4명(44.4%)	4명(44.4%)
관점을 바꾸어 생각한다.			1명(11.1%)		

쉽게 적는 과정을 경험하는 것으로 판단된다. 결과적으로 조교를 대상으로 모델링을 한 집단과 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 한 집단에서 모델링 할 때 가장 중요하게 생각하는 것에 대한 인식은 유사한 것으로 나타났다.

다음은 ‘자신의 언어’로 설명할 때 어떠한 과정을 수행하는지에 대한 응답 결과이다(Table 8). 예비 화학교사들이 어떠한 과정을 거쳐서 과학 개념을 ‘자신의 언어’로 설명하는지에 대한 사전 응답은 조교를 대상으로 모델링을 한 집단과 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 한 집단에서 유사하게 나타났다. ‘자신의 언어’로 설명하기 위해 예비 화학교사들은 과학 개념을 확실히 이해하고, 적절한 예시를 찾고, 설명할 때 용어를 쉬운 말로 바꾸고, 모델링을 하기 전에 개요를 작성한다고 응답하였다. ‘자신의 언어’로 표현할 때 예비 화학교사들이 가장 많이 하는 것은 개요를 작성하는 것으로, 조교를 대상으로 모델링을 하는 집단에서는 55.6%, 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 하는 집단에서는 44.4%의 예비 화학교사들이 이 방법을 사용하는 것으로 나타났다.

예비 화학교사들이 자신의 언어로 설명하는 과정에서 실제로 어떤 과정을 수행하는지에 대한 사후 응답도 조교를 대상으로 모델링을 한 집단과 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 한 집단에서 유사하게 나타났다. 두 집단에서 ‘과학 개념을 확실히 이해한다’, ‘용어를 쉬운 말로 바꾼다’, ‘개요를 작성한다’는 응답이 공통적이었고, 조교를 대상으로 모델링을 한 집단에서 추가적인 응답으로 ‘적절한 예시를 찾는다’, ‘관점을 바꾸어 생각한다’가 있었다. 조교를 대상으로 모델링을 하는 집단에서의 응답률은 모든 유형에서 약 10~30%로 골고루 분포되어 있는 반면 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 수행한 집단에서는 과학 개념을 확실히 이해한다는 의견과 개요를 작성한다는 의견이 각각 44.4%로 지배적이었다. 집단에 관계없이 예비 화학교사들은 자신이 가진 정신 모델을 표현된 모델로 바꾸는 과정에서 개요를 작성한 후에 모델링을 하는 것으로 인식하고 있었다. 그러나 사후 응답에서, 조교를 대상으로 한 집단은 적절한 예시를 찾거나 용어를 쉬운 말로 바꾼다는 의견이 두 번째로 많은 반면, 친구 혹은 동생을 대상으로

한 집단은 과학 개념을 확실히 이해한다는 것이 두 번째로 많았다. 이는 예비 화학교사들이 낮은 지식수준을 가진 집단을 대상으로 한 경우, 자신의 이해가 중요하다는 것을 깊이 인식하고 있음을 보여준다. 친구 혹은 동생을 대상으로 설명한 예비 화학교사들은 이러한 인식의 차이로 인해 모델링을 자신이 설명하고자 하는 화학개념을 명확하고 정교화하는 노력을 하면서, 화학개념과 자신의 지식을 강하게 연결시키게 된다.²⁶

모델링 작성시 자신의 언어로 표현하고자 할 때 글쓰기 대상인 독자나 청중이 어떠한 영향을 미치는지에 대한 예비 화학교사들의 응답 유형을 Table 9에 제시하였다.

모델링 과정에서 자신의 언어로 설명할 때 글쓰기 대상이나 청중이 어떤 영향을 주는지에 대한 예비 화학교사들의 사전 응답은 두 집단에서 공통적으로 ‘글쓰기 대상’에 따라 글을 어떻게 적을지 달라진다’, ‘이해하기 쉽게 적게 된다’, ‘자신의 이해 정도를 파악하는데 도움이 된다’와 기타 유형으로 분류할 수 있었다. 예비 화학교사들의 전반적인 인식은 집단에 관계없이 3가지 유형의 인식이 약 10~30%정도로 골고루 분포되어 있었다. 다만 조교를 대상으로 모델링을 한 예비 화학교사의 기타 응답으로 ‘귀찮아 할 것 같다’는 의견이 있었는데, 설문지에 대한 전체적인 응답이 단답형이고 불성실한 것으로 보아 깊게 생각해 보지 않고 설문을 작성한 것으로 판단하였다. 또한 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 한 예비 화학교사의 기타 응답에서 ‘나만의 글이기 때문에 글쓰기 대상에게 방해가 될 수 있다’고 답했는데, 이는 모델이 실제 세계를 설명하기 위한 논거(argument)로 제공할 수 있는 표현이라는 측면에서,⁹ 모델이 의사소통 수단으로 사용될 수 있다는 것에⁵ 대해 제대로 인지하지 못했기 때문이라고 판단된다.

모델링 과정에서 자신의 언어로 설명할 때 글쓰기 대상이나 청중이 어떤 영향을 줄지에 대한 예비 화학교사들의 사후 응답은 사전 설문에서의 응답과 달리 ‘자신의 학습에 도움이 된다’는 응답이 두 집단 모두에서 있었다. 이는 예비교사들이 모델링 과정을 통해 더 나은 이해를 위한 공부를 하게 되고 공부를 통해 이해에 새로운 시각이 생

Table 9. Type of response to the influence of the audience in the modeling process

응답	집단(명, %)	조교(N=9)		친구 혹은 동생(N=9)	
		사전	사후	사전	사후
글을 어떻게 적을지 달라짐		3명(33.3%)	2명(22.2%)	3명(33.3%)	3명(33.3%)
이해하기 쉽게 적음		3명(33.3%)	3명(33.3%)	1명(11.1%)	3명(33.3%)
자신의 이해 정도를 파악		2명(22.2%)	.	3명(33.3%)	.
자신의 학습에 도움이 됨		.	3명(33.3%)	.	2명(22.2%)
기타		1명(11.1%)	1명(11.1%)	2명(22.2%)	1명(11.1%)

긴다는 응답과 성취감을 가질 수 있다는 응답이 나온 것으로 보았을 때, 예비 화학교사들이 글쓰기 대상을 고려한 모델링 과정을 통한 학습의 효과를 체감하고 이를 더 잘 활용하는 방법을 고민하게 되었다고 판단된다.

모델링 과정에서 자신만의 언어로 표현할 때 글쓰기 대상이나 청중이 어떠한 영향을 주는지에 대한 사전 설문 응답과 사후 설문의 응답을 살펴보면, 조교를 대상으로 모델링을 하는 집단과 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 하는 집단에서 공통적으로 ‘글쓰기 대상에 따라 글의 수준이 달라진다’, ‘쉽게 글을 쓰게 된다’, ‘자신의 이해 정도를 파악할 수 있다’ 혹은 ‘학습에 도움이 된다’는 응답 유형이 나타났다. 또한 사전 응답으로 ‘자신의 이해 정도를 파악할 수 있다’는 인식이 사후에는 ‘자신의 학습에 도움이 된다’는 응답으로 변화한 것을 볼 수 있었다. 예비 화학교사들은 글쓰기 대상을 고려한 모델링 과정은 자신들이 화학개념을 학습하는데 긍정적인 영향을 준다는 것을 인식한 것으로 판단된다. 즉, 과학학습에서 학습자는 스스로 설명하고 의사소통 하는 모델링 과정을 통해 과학적인 지식에 대한 이해를 높이고, 지식을 구성 및 평가하는 과정에 대한 틀을 세울 수 있는 것이다.^{34,35}

글쓰기 대상을 고려한 논의-기반 일반화학실험의 모델링 단계에서 자신의 언어로 설명할 때 어떤 점이 가장 어려운지에 대한 응답 결과이다(Table 10).

사전 설문의 경우, 두 집단에서 예비 화학교사들이 자신의 언어로 설명할 때 느끼는 어려움에는 표현방식, 핵심 개념 이해의 부족, 글쓰기 대상의 이해를 고려하는 것, 결과에 대한 불확실, 설명의 범위 설정이라는 5개의 유형이 동일하게 나왔다. 글쓰기 대상이 다른 두 집단의 인식은 전반적으로 유사하였으나 조교를 대상으로 모델링을 하는 집단에서는 ‘실제로 글쓰기 대상인 독자의 이해를 고려하는 것’에 대해서는 어려움을 느끼지 않는 것으로 나타났다. 그 이유는 예비 화학교사들은 조교의 지식수준이 자신의 지식의 수준보다 높다고 생각하고, 실제로 조교가 예비 화학교사들이 제시하는 모델을 읽어보고 피드백을 하였기 때문에 조교를 대상으로 모델링을 하는 예비 화학

교사들은 글쓰기 대상의 이해를 고려할 필요가 없었던 것으로 판단된다. 예비 화학교사들이 가지고 있는 인식은 모델링 과정에서 자신의 언어로 표현하는 방식에 대해 어떻게 할지 어렵다는 응답이 가장 많은 것으로 나타났다.

사후 설문의 결과, 두 집단에서 예비 화학교사들이 자신의 언어로 설명할 때 공통적으로 느끼는 어려움은 표현 방식과 핵심 개념의 이해 부족에 대한 것이었다. 두 집단에서 차이를 보인 응답도 있었는데, 조교를 대상으로 모델링을 하는 집단에서는 ‘재대로 설명했는지 판단하는 것이 어렵다’는 결과를 불확실하게 여기는 것이었고, 친구 혹은 동생을 대상으로 모델링을 하는 집단에서는 ‘설명을 어디까지 해야 하는지 판단하는 것이 어렵다’는 것이었다. 예비 화학교사들이 가지고 있는 인식은 모델링 과정에서 ‘자신의 언어로 어떻게 표현해야 할지 어렵다’는 것이 가장 많았고, 이외의 어려움에 대한 인식은 10~20%로 거의 유사하였다.

위에서 보듯이 모델링을 하는 과정에서 집단에 관계없이 예비 화학교사들이 겪는 어려움은 유사하였다. 또한 이 결과는 선행 연구들에서 모델링을 활용한 수업에서 학생들이 겪는 어려움을 제시한 결과와 유사하였다. 선행 연구의 결과에 따르면, 학생들은 모델링에서 자신의 생각을 표현하는 것이 서툴고,³⁶ 그 중에서도 모델을 형성하기에 앞서 개요를 구성하여 나타내는 것을 복잡하다고 느낀다.³⁷ 또한 학생들은 과학적 모델을 구성하는 방법에 대한 지식 측면에서 이해도가 떨어지고,³⁸ 대학생이라고 하더라도 모델이라는 용어가 생소하고 모델에 대한 경험이 제한적이기 때문에 화학에서 사용되는 모델에 대한 이해도 역시 떨어질 수밖에 없다.³⁹ 그러나 예비 화학교사들은 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험에서 경험하는 모델링 과정을 통해 이러한 어려움에 대해 잘 극복해 나가고 있는 것으로 보인다. 그 이유는 사전의 응답에서는 단순히 어려움에 대한 응답만이 제시된 경우가 많았는데, 사후 응답에서는 글쓰기 대상을 고려하는 과정을 통해 예비 화학교사들은 글쓰기 대상이 더 잘 이해할 수 있도록 글로만 표현하지 않고 그림이나 그래프, 표 등을 이용하

Table 10. Type of response to difficulty in describing in their own language

응답	집단(명, %)	조교(N=9)		친구 혹은 동생(N=9)	
		사전	사후	사전	사후
표현방식	6명 (66.7%)	5명 (55.6%)	4명 (44.4%)	5명 (55.6%)	
핵심 개념 이해의 부족	2명 (11.1%)	2명 (22.2%)	2명 (22.2%)	2명 (22.2%)	2명 (22.2%)
글쓰기 대상의 이해를 고려하는 것	.	.	2명 (22.2%)	.	.
결과에 대한 불확실	.	.	1명 (11.1%)	.	.
설명 범위 설정	1명 (11.1%)	.	1명 (11.1%)	1명 (11.1%)	1명 (11.1%)
없다. 모르겠다.	.	.	1명 (11.1%)	.	1명 (11.1%)

Table 11. Type of response to the effect of explaining in your own language to own understanding

응답	집단(명, %)	조교(N=9)		친구 혹은 동생(N=9)	
		사전	사후	사전	사후
내용을 정리하는데 도움이 됨		3명(33.3%)	1명(11.1%)	3명(33.3%)	.
좀 더 쉽게 이해할 수 있음		1명(11.1%)	5명(55.6%)	4명(44.4%)	4명(44.4%)
한 번 더 생각하게 됨		3명(33.3%)	1명(11.1%)	.	1명(11.1%)
모르는 부분이 무엇인지 알게 됨		1명(11.1%)	2명(22.2%)	1명(11.1%)	3명(33.3%)
과학적 사고력을 높임		.	.	1명(11.1%)	.
효과적으로 공부할 수 있음		.	.	.	1명(11.1%)
별로 도움이 안됨		1명(11.1%)	.	.	.

여야 한다고 인식하고 있기 때문이다. 또한 ‘더 쉬운 설명을 찾기 위해서’ 혹은 ‘더 나은 설명을 해주기 위해서’ 개념을 공부해야 하고, 글쓰기 대상에 따라 어느 정도까지 설명해야 하는지 결정하기 위해서 개념을 구조화하는 것이 필요하다고 인식하였다. 더 나아가 만들어진 모델의 적절성에 대해서 피드백이 필요하다고도 응답하였는데, 결과적으로 예비 화학교사들은 논의-기반 모델링 일반화학실험 수업의 모델링 과정에서 글쓰기 대상에 대한 고려를 통해서 모델링 과정에서 겪는 어려움을 극복해 나가고 있는 것으로 판단된다.

다음은 자신의 언어로 설명해 보는 것이 내가 이해하는 방식에 미치는 영향에 대한 두 집단의 사전 및 사후 응답 유형을 제시하였다(Table 11).

자신의 언어로 설명해 보는 것이 나의 이해에 미치는 영향에 대한 예비 화학교사들의 응답에서 두 집단 모두 공통적으로 응답한 내용은 ‘내용을 정리하는데 도움이 된다’, ‘좀 더 쉽게 이해할 수 있다’, ‘모르는 부분이 무엇인지 알게 된다’였다. 예비 화학교사들은 대체로 자신의 언어로 설명해 보는 활동에 대해 긍정적인 응답을 하지만, 그 외에도 ‘별로 도움이 안 된다’는 부정적인 응답도 있었다. 조교를 대상으로 모델링을 하는 집단에서는 자신의 언어로 설명하는 과정을 통해 ‘한번 더 생각하게 된다’는 인식이 있었는데, 친구 혹은 동생을 대상으로 하는 집단에서는 이러한 인식이 드러나지 않았다. 이처럼 인식에 차이가 나타난 이유는 글쓰기 대상을 고려한 모델링 활동에서 조교를 대상으로 하는 집단에서는 친구 혹은 동생을 대상으로 하는 집단과 다르게 쉽게 이해하거나 쉽게 설명하는 것보다 설명의 정확성을 더 고려하였기 때문인 것으로 판단된다.

자신의 언어로 설명하는 것이 나의 이해에 미치는 영향에 대한 예비 화학교사들의 사후 응답 유형은 총 5가지였고, 그 중에서 두 집단에서 공통적으로 응답한 내용은 ‘내용을 정리하는데 도움이 된다’, ‘좀 더 쉽게 이해할 수 있다’, ‘한번 더 생각하게 되었다’였다. 예비 화학교사들은 대체로

자신의 언어로 설명해보는 활동을 통해 ‘좀 더 이해가 잘 된다’는 응답이 두 집단 모두 총 50%(5명, 4명)로 가장 많았고 ‘모르는 부분이 무엇인지 알게 된다’는 응답이 다음으로 많았고, ‘한번 더 생각하게 되었다’는 의견이 있었다. 조교를 대상을 하는 집단에서는 ‘내용을 정리하는데 도움이 된다’는 의견이 있었고, 친구 혹은 동생을 대상을 한 집단에서는 ‘효과적으로 공부할 수 있었다’는 의견이 있었다.

자신의 언어로 설명하는 것이 자신의 이해에 미치는 영향에 대해 예비 화학교사들이 가지고 있는 인식은 집단에 따라 차이가 없는 것으로 나타났고, 사전과 사후에 응답 비율에 차이가 있었는데, 사후 응답에서 자신의 언어로 설명하는 활동을 통해 ‘좀 더 이해가 잘 된다’는 응답이 사전 응답의 비율보다 증가하였다. 예비 화학교사들은 자신의 언어로 표현하는 활동이 자신의 이해에 해당하는 내적 모델 형성에 개인차가 존재하지만 긍정적인 영향을 미친다는 것을 인식하고 있다. 이는 모델이 과학 개념을 학습할 때 효과적인 도구가⁴⁰ 될 수 있음을 보여준다.

결론 및 고찰

이 연구는 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험 수업에서 글쓰기 대상에 따른 모델링이 예비 화학교사들의 화학개념 이해와 모델링 능력에 미치는 효과를 분석하고, 글쓰기 대상에 따른 예비 화학교사들의 모델링에 대한 인식을 알아보는 것을 목적으로 하였다.

모델링은 과학적인 모델을 구성하는 과정을 말하며 현상에 대한 정신 모델의 구성으로부터 시작된다.¹³ 논의-기반 모델링 전략은 학생들이 스스로 문제 상황을 인식하고 이를 해결하기 위한 실험을 설계 및 실행하여 결론을 도출하고 이를 다양한 표상을 사용하여 설명력을 높이는 모델링 능력을 기르는 것을 목표로 한다. 이러한 모델링 능력의 향상을 위해 모델링의 글쓰기 대상인 독자를 설정하였고, 글쓰기 대상의 수준을 나누어 어느 집단에서 더 효과가 나타나는지 알아보았다.

글쓰기 대상을 고려한 글쓰기는 학생들이 기존의 개념들에 대해서 새로운 방법으로 생각하게 하고 학생들 자신의 개념에 대한 이해를 더 명확히 하는 것을 요구한다.²⁵ 따라서 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험 수업을 이수한 대부분의 예비 화학교사들의 화학개념 이해는 증가한 것으로 판단된다. 더 나아가서 모델링의 글쓰기 대상인 독자를 다르게 하였을 때, 화학개념 이해에서 두 집단은 모두 중간 정도의 효과크기를 보였으나 그 값이 조교를 대상으로 모델을 작성한 집단 보다 친구 혹은 동생을 대상으로 모델을 작성한 집단에서 약간 높게 나타났다. 이러한 두 집단의 화학개념 이해가 중간 두 집단에서 차이가 발생한 이유는 자신보다 낮은 수준의 독자를 대상으로 글쓰기를 하는 것이 개념을 명확히 하고 정교화 시킬 수 있기 때문으로 보인다. 글쓰기 대상의 특성에 따라서 예비 화학교사들이 글의 특성을 달리하면서 예비 화학교사들은 개념을 명확하게 알고 정교화 할 수 있고 주요 개념과 명확하지 않은 자신의 지식 사이의 관계를 강화시킬 수 있다.²⁶

예비 화학교사들은 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학 실험에서 글쓰기 대상을 자신보다 개념 수준이 낮은 친구나 동생을 글쓰기 대상으로 하여 모델링을 했을 때 모델링 능력에 미치는 효과크기가 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 예비 화학교사들이 자신의 모델을 읽는 독자인 글쓰기 대상과 그 특성을 고려하여 화학개념이나 용어에 대해 충분한 설명에 대한 필요성을 인식하여 노력하기 때문으로 보인다.⁴¹ 또한 예비 화학교사들은 모듈원 간, 모듈 간 모델을 설계하고 평가하고 수정하면서 상호작용하는데, 이러한 상호작용은 논의를 바탕으로 이루어진다. 학생들은 논의를 통해서 자신의 설명을 뒷받침하거나 다른 사람의 의견을 반박하기 위해 과학적 이론과 증거를 조직할 수 있다.^{42,43} 이러한 이유로 논의-기반 모델링 전략을 적용한 일반화학실험 수업을 이수한 대부분의 예비 화학교사들의 모델링 능력은 향상되었다고 판단할 수 있다. 예비 화학교사들은 논의-기반 일반화학실험에서 논의를 진행하고 자신만의 모델을 구상하고 다른 사람을 고려하여 설명하는 글을 작성해보는 활동을 반복적으로 경험한다. 이러한 반복적인 경험 속에서 예비 화학교사들은 내용을 더 논리적으로, 더 다양한 표현방법으로, 더 효과적인 내용전달을 위한 방법을 찾게 된다. 낮은 수준의 글쓰기 대상에게 설명한다면 쉽게 설명하려 하거나 예시를 많이 제시하는 등 글쓰기 대상의 이해를 돕기 위해서 노력할 것이다. 이러한 과정에서 내용의 정확성과 내용 전달력이 높아져 모델링 능력이 향상될 수 있다.

이 연구에서는 글쓰기 대상에 따른 예비 화학교사들의 모델링에 대한 인식을 알아보았다. 예비 화학교사들은 모

델링 과정에서 글쓰기 대상이 어떠한 영향을 미치는지 어떠한 과정을 수행하는지를 포함하는 모델링 전략에 대한 사후 응답에서 집단별 차이가 있었다. 조교를 대상으로 한 집단에서는 모델링이 자신의 학습에 도움이 된다는 의견이 많았으나, 친구 혹은 동생을 대상으로 한 집단에서는 독자를 고려하여 글을 어떻게 적을지 달라져야 하고 이해하기 쉽게 적어야 한다는 의견이 많았다. 또한 조교를 대상으로 한 집단에서는 모델링 과정에서 적절한 예시를 찾거나 용어를 쉬운 말로 바꾸는 과정을 수행하는데 초점을 맞춘 반면, 친구 혹은 동생을 대상으로 한 집단에서는 과학 개념을 확실하게 이해하는데 초점을 맞추었다. 그리고 모델링과 개념 형성에서 조교를 대상으로 모델링을 하는 집단에서는 내용을 정리하는데 도움이 되었다는 인식이 있었는데 반해, 친구 혹은 동생을 대상으로 하는 집단에서는 모르는 부분이 무엇인지 알게 되었다는 인식이 있었다. 이러한 인식에 차이가 나타난 이유는 글쓰기 대상을 고려한 모델링 활동에서 조교를 대상으로 하는 집단에서는 자신의 설명의 정확성을 고려하면서 내용 정리에 대해 중요하게 인식하는 반면, 친구 혹은 동생을 대상으로 하는 집단에서는 자신의 이해에 대한 중요성을 인식하면서 자신이 설명하고자 하는 화학개념을 정교화하였다. 친구 혹은 동생은 자신보다 낮은 지식수준을 가졌기 때문에 이들을 대상으로 과학 개념을 설명하기 위해 노력하는 과정을 통해 자신의 지식 구조를 되돌아 보고 자신이 아는 것과 안다고 여기고 넘어갔던 부분에 대해서 되돌아보고 있음을 알 수 있었다. 따라서 예비 화학교사들은 자신의 모델링의 대상을 고려하면서 자신의 언어로 설명하고, 이러한 가상의 대상과 의사소통 하는 모델링 과정을 통해 화학개념에 대한 이해를 높이고, 지식을 구성하고 평가하는 과정에 대해 배울 수 있게 되는 것이다.^{34,35}

이러한 차이를 제외하고는 집단에 따른 모델링에 대한 인식의 차이는 없었다. 집단에 따른 모델링에 대한 인식은 유형화되어 있었고, 집단과 관계없이 유사한 것으로 나타났다. 두 집단 간에는 인식에 대한 비율의 차이만 있을 뿐 집단 내에서 가지는 인식의 유형은 비슷하였다. 이렇듯 집단에 따라 인식에 차이가 없었던 이유는 글쓰기 대상을 고려하는 모델링을 할 때, 예비 화학교사들이 비슷한 과정을 거치기 때문인 것으로 판단된다. 결과적으로 글쓰기 대상에 따른 모델링 과정을 통해 예비 화학교사들이 가지는 인식의 차이는 없었다. 다만 사전 인식 조사보다 사후 인식 조사에서 예비 화학교사들의 대답이 더 구체적으로 변한 것을 확인할 수 있었다. 사전 설문에서 예비 화학교사들은 주로 포괄적인 형태의 응답이 많았던 반면, 사후 설문지에서는 같은 내용의 질문에 대하여 조금 더 구체적이고 명확한 응답의 형태를 띠었다. 사전보다

사후에 응답의 형태가 구체적으로 변한 이유는 예비 화학교사들이 모델링 과정을 계속 경험하면서 설문조사를 통해 확인하려고 하였던 인식들의 실체에 더 접근할 수 있었기 때문인 것으로 판단된다. 예비 화학교사들이 모델링에 익숙해지면서 사전 인식 조사보다 사후 인식 조사에서 더 구체적인 답변을 할 수 있게 되었다고 생각한다.

이 연구를 통해 다음의 두 가지를 제언하고자 한다. 첫째, 학교현장에서 모델링 전략을 적용하고자 할 때, 글쓰기 대상을 고려하여 적용할 필요가 있다. 대학교 1학년 예비 화학교사를 대상으로 실시한 글쓰기 대상을 고려한 모델링에서 글쓰기 대상의 수준이 낮은 경우에 화학개념 이해와 모델링 능력이 더 향상되었다. 중·고등학교에서는 자연 세계나 현상을 관찰한 후 학습하는 개념이나 지식들에 대해 확인해보는 과정이 더 필요하다. 글쓰기 대상을 고려하는 모델링은 배운 지식이나 개념을 확인할 수 있는 좋은 도구로 사용될 수 있다. 독자를 고려하는 모델링을 하기 위해서는 대상을 정한 뒤 핵심 개념에 대하여 설명하기 위해서 어떠한 내용을 어떤 방식으로 어떻게 전달할지를 구상해야 한다. 실제로 설명하는 글을 작성하면서 어떤 개념을 얼마나 알고 있는지 스스로 깨달을 수 있고, 이러한 반성이 실천으로 이어지게 되면 개념에 대한 이해가 증가하게 된다. 또한 설명하는 글을 전개해나가는 방식을 통해서 논리적인 설명 방식에 대해 생각해 볼 수 있고, 더 나은 표현방법을 고려하면서 다중표상의 사용에 대해서도 고민해볼 수 있다. 개념을 이해하는 자신만의 방식도 고려하여 이야기의 흐름을 가지는 글을 써보면서 의사소통 능력도 기를 수 있기 때문에 결과적으로 모델링 능력이 향상된다. 따라서 화학개념 이해와 모델링 능력의 향상을 경험할 수 있는 독자를 고려한 모델링 과정을 중·고등학교 학생들이 경험해 볼 수 있는 기회를 제공하는 것이 필요하다.

둘째, 글쓰기 대상을 고려한 모델링에서 사전과 사후 변화의 폭이 큰 예비 화학교사의 인식변화에 대한 추가적인 탐색이 필요하다. 글쓰기 대상에 따른 모델링에서 일부 예비 화학교사들은 화학개념 이해에서 차이를 나타내었다. 이 때, 예비 화학교사들의 모델링에 대한 인식에는 차이가 없었고, 사전보다 사후 응답에서 예비 화학교사들의 응답이 구체적으로 변한 것을 확인하였다. 하지만 예비 화학교사들이 인식 조사 설문지에 대한 응답을 글로 작성하였기 때문에 답변할 수 있는 내용에 한계가 있었다. 또한 예비 화학교사의 특정 응답에 대한 추가 질문이나 예비 화학교사들이 변화하게 된 계기와 같은 추적이 필요한 내용들을 즉각적으로 질문할 수 없어서 얻을 수 있는 응답이 한정적이었다. 그렇기 때문에 변화의 폭이 큰 예비 화학교사들의 인식변화가 어떻게 다른 예비 화학교사

와의 개념에 대한 이해와 모델링 능력에 차이를 불러왔고, 그러한 인식이 지식과 모델링에 영향을 미치는 이유에 대한 깊이 있는 탐색이 요구된다.

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

REFERENCES

1. Ministry of Education and Human Resources Development. *2015 Revised national curriculum*. 2015; Ministry of Education, Science and Technology Notice No. 2015-74.
2. Brown, J. S.; Collins, A.; Duguid, P. *Educational Researcher* **1989**, *18*, 32.
3. Lee, S. Y. *Korean Language Education Research* **1994**, *4*, 67.
4. Vygotsky, L. S. *Language and Thought*; Massachusetts Institute of Technology Press, Ontario, Canada. 1962.
5. Gilbert, S. W.; Ireton, S. W. *Understanding Models in Earth & Space Science*. NSTA press: U.S.A. 2003.
6. Redish, E. F. *American Journal of Physics* **1994**, *62*, 796.
7. Chamizo, J. A. *Science & Education* **2013**, *22*, 1613.
8. Boulter, C. J.; Buckley, B. C. *Constructing a Typology of Models for Science Education*. In *Developing models in science education*: Springer, Dordrecht. 2000; pp 41-57.
9. Lehrer, R.; Schauble, L. *Scientific Thinking and Science Literacy*. *Handbook of child psychology* **2006**, *4*, 153.
10. Halloun, I. A. *Journal of Research in Science Teaching* **1996**, *33*, 1019.
11. Oh, P. S.; Oh, S. J. *International Journal of Science Education* **2011**, *33*, 1109.
12. Harrison, A. G.; Treagust, D. F. *International Journal of Science Education* **2000**, *22*, 1011.
13. Justi, R. S.; Gilbert, J. K. *International Journal of Science Education* **2002**, *24*, 1273.
14. Windschitl, M. *Science Education* **2003**, *87*, 112.
15. Windschitl, M. *Journal of Research in Science Teaching* **2004**, *41*, 481.
16. Cho, H. S.; Nam, J.; Oh, P. S. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2017**, *37*, 239.
17. Talanquer, V.; Tomanek, D.; Novodvorsky, I. *Journal of Research in Science Teaching* **2013**, *50*, 189.
18. Schwarz, C. V.; Reiser, B. J.; Davis, E. A.; Kenyon, L.; Achér, A.; Fortus, D.; Krajcik, J. *Journal of Research in Science Teaching* **2009**, *46*, 632.
19. Passmore, C. M.; Svoboda, J. *International Journal of Science Education* **2012**, *34*, 1535.
20. Romberg, T. A.; Carpenter, T. P.; Kwako, J. *Understanding Mathematics and Science Matters*: Routledge: London, U. K., 2005; p3-26.
21. Bybee, R. W. *Science Teacher* **2011**, *78*, 34.
22. Cho, H. S.; Nam, J. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2014**, *4*, 583.
23. Kim, M. C. *Trends in Research Studies on Scientific*

- Writing. Master dissertation, Pusan National University, Pusan, Korea, 2015.
24. Prain, V.; Hand, B. *Teaching and Teacher Education* **2016**, *12*, 609.
25. Midgette, E.; Haria, P.; MacArthur, C. *Reading and Writing* **2008**, *21*, 131.
26. Chen, Y.; Garcia, E. K.; Gupta, M. R.; Rahimi, A.; Cazzanti, L. *Journal of Machine Learning Research* **2009**, *10*, 747.
27. Porter, J. E. *Audience and Rhetoric: An Archaeological Composition of the Discourse Community*. Prentice Hall: New Jersey, U.S.A., 1992.
28. McDermott, M.; Kuhn, M. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association* **2012**, *58*, 53.
29. Gunel, M.; Hand, B.; McDermott, M. A. *Learning and Instruction* **2009**, *19*, 354.
30. Keys, C. W.; Hand, B.; Prain, V.; Collins, S. *Journal of Research in Science Teaching* **1999**, *36*, 1065.
31. Nam, J.; Kwak, K. H.; Jang K. H.; Hand, B. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2008**, *28*, 922.
32. Heo, E. A. The Impact of General Chemistry Laboratory using Reading frame-based Science Writing Heuristic Approach on College Students' Reflective Thinking. Doctoral dissertation, Pusan National University, Pusan, Korea, 2011.
33. Lee, D. W. Investigation about the cognitive process of student's modeling at modeling emphasized argument-based general chemistry experiment. Doctor dissertation, Pusan National University, Pusan, Korea, 2015.
34. Lesh, R. A.; Doerr, H. M. *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Routledge: London, U. K., 2003; pp 159-173.
35. Schwarz, C. V.; White, B. Y. *Cognition and Instruction* **2005**, *23*, 165.
36. Sins, P. H.; Savelsbergh, E. R.; van Joolingen, W. R. *International Journal of Science Education* **2005**, *27*, 1695.
37. dos Santos, A. K.; Ogborn, J. *Journal of Computer Assisted Learning* **1994**, *10*, 182.
38. White, B. Y.; Frederiksen, J. R. *Cognition and Instruction* **1998**, *16*, 3.
39. Ingham, A. M.; Gilbert, J. K. *International Journal of Science Education* **1991**, *13*, 193.
40. Chabalengula, V. M.; Mumba, F. *International Journal of Biology Education*, **2012**, *2*, 1.
41. McDermott, M.; Kuhn, M. *Journal of College Science Teaching*, **2011**, *41*, 1.
42. Sampson, V.; Clark, D. B. *Science Education* **2008**, *92*, 447.
43. Duschl, R. A.; Osborne, J. *Studies in Science Education* **2002**, *28*, 39.
-