



저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.




변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

2012년 2월

석사학위 논문

‘과학적 모형의 사회적 구성’ 중심

탐구학습전략의 개발과 적용

- 영재교육원의 수업 적용 사례 -

조선대학교 대학원

자연교육학과(과학교육학전공)

정 영 은

‘과학적 모형의 사회적 구성’ 중심

탐구학습전략의 개발과 적용

-영재교육원의 수업 적용 사례-

An Instructional Design and Implementation by Co-Construction
of Scientific Model as Learning Inquiry

2012년 2월 24일

조선대학교 대학원

자연교육학과(과학교육학전공)

정 영 은

‘과학적 모형의 사회적 구성’ 중심

탐구학습전략의 개발과 적용

- 영재교육원의 수업 적용 사례 -

지도교수 박 현 주

이 논문을 교육학 석사학위신청 논문으로 제출함

2011년 10월

조선대학교 대학원

자연교육학과(과학교육학전공)

정 영 은

정영은의 석사 학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 노 봉 오 (인)

위 원 조선대학교 교수 윤 석 진 (인)

위 원 조선대학교 부교수 박 현 주 (인)

2011년 11월

조선대학교 대학원

목 차

표 목 차	iii
그 립 목 차	iv
ABSTRACT	v
제 1장 서론	1
제 1절 연구의 필요성	1
1. 기존 탐구 학습의 문제점	1
2. 화학교육에서 모형형성의 중요성	2
3. 모형형성에서 사회적 구성의 중요성	3
제 2절 연구 목적	4
제 2장 이론적 배경	5
제 1절 모형(Model)	5
1. 모형(Model)과 모형형성(Modelling)	5
2. 모형(Model)을 활용한 교수·학습 전략	6
제 2절 사회적 구성주의	10
1. 사회적 상호작용	10
2. 협동학습	11
제 3장 연구방법	12
제 1절 연구 절차	12
제 2절 자료 개발	13
1. 단원 선정	13
2. 연구 참여자 선정	13
3. 학습전략 개발	14

제 3절 적용	15
1. 물리변화 및 화학변화 학습에서 Modelling 학습전략의 적용	15
2. Modelling 학습전략에 대한 학습자의 인식 조사	15
제 4절 자료 수집 및 분석	16
제 4장 결과 및 논의	19
제 1절 MLC를 적용한 Modelling 학습전략의 개발	19
1. 1~2차시: 실험활동	20
2. 3~4차시: 모형형성	21
3. 5~6차시: 모형 수정 및 가장 합리적인 모형 선정	22
제 2절 ‘과학적 모형의 사회적 구성’중심 탐구학습 전략의 적용과 학습자의 모형 및 사회적 상호작용의 양상 분석	24
1. 학습자가 형성한 모형의 유형	24
2. 사회적 상호작용의 양상과 모형 선정	27
제 3절 Modelling 학습전략에 대한 학습자의 인식 분석	40
1. Modelling 학습전략에 대한 인식	40
2. 모형 만들기에 대한 인식	41
3. 조별 협동학습에 대한 인식	43
제 5장 결론 및 제언	45
참고문헌	47
부 록	51

표 목 차

[표 1] 모형(Model)의 정의	5
[표 2] 사회적 상호작용 분석틀	17
[표 3] 물리변화 및 화학변화 실험	21
[표 4] 학습자의 모형을 유도하기 위한 문항(활동지 2)	25
[표 5] 실험 1 모형의 대표적인 유형과 이유	25
[표 6] 실험 2 모형의 대표적인 유형과 이유	27
[표 7] 실험 1에 대한 A조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형	28
[표 8] 실험 2에 대한 A조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형	28
[표 9] 실험 1에 대한 B조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형	32
[표 10] 실험 2에 대한 B조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형	32
[표 11] 실험 1에 대한 C조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형	36
[표 12] 실험 2에 대한 C조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형	36

그림 목 차

[그림 1] Model Learning Cycle 단계	7
[그림 2] 연구 절차	12
[그림 3] 물리변화 화학변화의 Modelling 학습	19
[그림 4] A조의 모형형성 과정	28
[그림 5] A조의 유형별 상호작용 빈도	31
[그림 6] B조의 모형형성 과정	32
[그림 7] B조의 유형별 상호작용 빈도	35
[그림 8] C조의 모형형성 과정	36
[그림 9] C조의 유형별 상호작용 빈도	39
[그림 10] 모형 만들기 수업의 장점	41
[그림 11] 모형 만들기 수업의 단점	42
[그림 12] 조별 협동학습의 장점	43
[그림 13] 조별 협동학습의 단점	44

Abstract

An Instructional Design and Implementation by Co-Construction of Scientific Model as Learning Inquiry : Cases in a Gifted Education

Jung, Youngeun

Advisor : Prof. Park, HyunJu, Ph.D.

Department of Science Education

Graduate School of Chosun University

The purpose of this study is to develop an inquisitive learning strategy based on a version of the scientific model with a reinforced co-construction factor. This strategy will be applied to the acquisition of chemical change and physical change concepts to better understand the modalities of learner model-building and social interactions. A modeling acquisition strategy was developed, based on a modified and supplemented version of Halloun's Model Learning Cycle. The developed modeling acquisition strategy was introduced into sessions at the N Education Center for Gifted Children. Class observation, recording and activity analysis sheet analysis formed the base for analyses of learner model-building processes and interaction modalities, and a survey was performed to study learner perceptions of the modeling acquisition strategy. The study showed that the modeling acquisition strategy was effective in acquisition of non-visual phenomena and abstract scientific concepts. Learners were found to perform model-building based on their own subjective rationale, and to explain observed phenomena using the so-built models. Also, differences in model selection and modification were observed according to differences in group interaction modalities. Analysis of models suggested by learners is expected to allow for the understanding of learner

reasoning systems, which will in turn contribute valuable information to deciding the direction of scientific acquisition. In order for effective modeling acquisition to take place, a cooperative classroom atmosphere must be created, and conditions need be made to allow for all group members to actively participate in class sessions.

제 1장 서론

제 1절 연구의 필요성

모형(model)은 학자마다 다양하게 정의되고 있다. 본 연구에서 사용하는 모형은 교수·학습 측면에 초점을 맞춘 ‘과학적 모형’으로 어떤 자연 현상을 설명하기 위해 구성된 설명체계로 정의된다(Hestenes, 2006). 과학적 모형은 복잡한 자연현상을 단순하게 묘사하고, 추상적인 실재를 시각화 하며, 설명을 발달시키고 실험결과를 해석하기 위한 기초를 제공한다. 또 모형은 그 자체로도 과학적인 생각의 증추적 역할을 한다(Justi & Gilbert, 2002). 이와 같은 특성을 지닌 모형을 교수학습에 활용하는 일은 물질의 성질, 구조 및 변화와 같은 비가시적이고 추상적인 내용을 주로 다루는 화학학습에서 특히 효과 있는 방법이라 할 수 있다(Harrison & Treagust, 1996).

이러한 모형을 구성하고 수정하는 과정을 모델링(modelling) 또는 모형 형성이라고 한다. 특히 학습자가 직접 모형을 형성하는 활동은 학습자의 장기 기억 속에 저장된 지식과 신념, 주어진 현상에 대한 학습자의 인식 체계를 드러나게 하여 앞으로의 과학 학습 방향을 결정하는데 중요한 정보를 제공 한다(Johnson-Laird, 1983).

본 연구는 과학적 모형을 사회적으로 구성하는 것에 초점을 맞추고 있다. 과학적 모형을 사회적으로 구성한다는 것은 학습자가 자연현상이나 개념에 대해 이미 가지고 있는 지식을 활용하여 초기 모형을 구성하고, 이를 수집한 증거와 사회적 상호작용을 바탕으로 수정·보완하는 과정을 의미한다.

구체적인 연구의 필요성을 기존 과학탐구의 문제점, 화학 교육에서 모형의 중요성, 모형 형성에서 사회적 구성의 중요성을 중심으로 살펴보면 다음과 같다.

1. 기존 탐구 학습의 문제점

우리나라의 과학교육은 1960년대 외국의 혁신적 과학 교육과정의 영향을 받아 제 3차 교육과정부터 과학적 탐구력의 육성을 중요한 목표로 제시하여왔다. 과학에서 탐구는 과학지식의 발전을 이끌어가는 핵심적인 활동(Schwarz et al., 2004)으로 과학교육

의 중심적인 역할을 해왔다(Hodson, 1990; Hofstein & Lunetta, 2004; Rowell & Ebberts, 2004; Roychoudhury & Roth, 1996; Windschitl, 2003). 탐구활동은 학습자가 과학 개념과 내용, 탐구과정, 그리고 과학의 본성을 이해하고 과학에 대한 긍정적인 태도를 기를 수 있게 한다(Zionl et al., 2004). 교육현장에서 효과적인 과학 탐구학습이 이루어지기 위해서는 학생들이 과학적 탐구에 능동적으로 참여해야 하며, 과학적 설명의 구성과 관련된 인지적, 조작적 기능들을 실제로 사용해 보아야 한다(권재술, 김범기, 1994).

하지만 교육현장에서 실시되는 대부분의 탐구활동은 결과를 확인하기 위한 하나의 방법으로 교사 주도에 의해 이루어지는 경우가 많다(오원근 등, 2002). 탐구활동으로 가장 빈번히 실시되고 있는 실험의 경우도 확인실험과 구조화된 실험이 가장 많은 비율을 차지하고 있다(박종윤 등, 2002). 확인실험과 구조화된 실험은 실험 기술과 기능을 기르고 이미 학습한 개념을 시각화하여 학습자의 이해를 도울 수 있으나 이를 통해 과학 본성에 대한 이해를 이끌어 내기는 어렵다는 비판을 받아왔다(Wallace, et al., 2003). 종합해 보면 기존 탐구활동은 과학의 복잡성, 불확실성, 이론의존성, 지식의 사회적 구성 등과 같은 실제 과학의 특징들을 거의 반영하고 있지 않음을 알 수 있다. 이로 인해 실제 과학의 특성이 반영된 새로운 탐구활동의 개발 필요성이 제기되어 왔다(Chinn & Malhotra, 2002; Woolnough, 2000).

과학적 모형을 사회적으로 구성하는 탐구학습 전략은 지식의 이론 의존성, 연구의 다양한 형태, 지식의 사회적 구성 등과 같은 실제 과학의 특성을 반영 한 탐구학습전략을 제공할 것이다.

2. 화학교육에서 모형형성의 중요성

자연의 모든 것은 물질로 이루어져 있다. 화학은 이러한 물질이 갖는 성질과 구조 및 변화를 다루는 학문이다. Krajcik 등은 학생들이 화학을 제대로 이해하기 위해선 기본적인 화학개념을 통합하고 관련지을 수 있어야 한다고 지적하였다(Singer et al., 2000). 학생들이 가지는 화학에 대한 오개념을 연구한 Nakhleh(1992)는 학생들이 화학을 어려워하는 이유 중 하나가 기본적인 화학개념들을 올바르게 이해하지 못하는 것에서 비롯됨을 밝혔다. 이 두 연구는 화학의 기초개념을 올바르게 정립하는 일이 화학을 학습하는데 있

어 필수적인 요소임을 말하고 있다. 하지만 화학의 기초개념을 근본적으로 이해하기 위해서는 분자·원자 수준에서의 접근이 필요하다. 이러한 접근은 비가시적이고 추상적인 개념을 도입해야 하므로 학생들이 개념을 이해하는데 오히려 어려움을 가중시킬 수 있다.

많은 선행연구들(오필석, 2009; Grosslight et al., 1991; Justi & Gilbert, 2002)은 이러한 어려움을 줄이는 방법으로 눈으로 보고 조작이 가능한 모형을 활용할 것을 제안하고 있다. 따라서 과학적 모형을 사회적으로 구성하는 탐구학습전략은 학습자가 직접 모형을 형성하고, 수정·보완하는 활동을 포함하므로 화학의 비가시적인 현상이나 추상적인 개념을 이해하는데 도움을 줄 것으로 기대된다.

3. 모형형성에서 사회적 구성의 중요성

과학 학습에 대한 연구 전통(research tradition)은 학습에 대한 인식론과 연구 방법에 따라 ‘개념 변화 전통’, ‘사회문화적 전통’, ‘비판 이론 전통’으로 나눌 수 있다 (Anderson, 2007). 그 중 가장 많은 연구가 이루어진 것은 ‘개념 변화 전통’이다. 이 연구 전통은 학습에 앞서 학습자가 가지고 있는 선개념을 확인하고, 학습자에게 어떤 모형을 제시하여 어떻게 개념 변화를 이끌어 낼 것인가에 초점을 두고 있다(Snir, et al., 2003).

하지만 학습에 있어 개념 변화만을 강조할 경우 과학의 본질과 과학적 소양에 대한 좁은 시야에 갇혀 학습 과정을 지나치게 단순하고 개인적인 것에 한정하는 문제가 생길 수 있다. 개념변화전통이 갖는 이러한 문제점은 사회적 구성주의에서 그 해결방법을 찾을 수 있다.

사회적 구성주의에서 학습은 단지 학습자 개인의 정신 속에서 일어나는 무언가에 그치는 것이 아니라, 사회적 상호작용을 통하여 학습자가 속한 분야의 관습을 내면화하고 의미를 만들어가는 과정을 말한다(Kumpulainen & Wray, 2002).

‘과학적 모형의 사회적 구성’에 초점을 맞춘 학습전략은 학생들을 학습 공동체 안으로 끌어들여 학습활동에 참여하게 만들고, 학습의 개인적, 사회적 측면을 모두 반영한 통합적인 학습전략을 제공할 것이다.

제 2절 연구 목적

본 연구는 과학적 모형의 사회적 구성을 강조한 탐구학습 전략을 개발하고, 이를 물리변화, 화학변화 개념학습에 적용하여 학습자의 모형형성과정 및 사회적 상호작용 양상을 이해하는데 목적이 있다. 연구의 주요 내용은 다음과 같다.

첫째, 과학적 모형 및 사회적 구성을 기반으로 ‘과학적 모형의 사회적 구성’ 중심 탐구학습 전략과 활동을 개발한다.

둘째, ‘과학적 모형의 사회적 구성’ 중심 탐구학습 전략을 적용하는 과정에서 나타나는 학생들의 모형 형성 및 사회적 상호작용의 양상을 이해한다.

제 2장 이론적 배경

제 1절 모형(Model)

1. 모형(Model)과 모형형성(Modelling)

최근 과학교육 분야의 많은 연구자들은 의미구성의 한 방법으로 다양한 표상(multiple representations)을 강조하면서, 과학교육 현장에서도 이러한 표상 형식을 활용한 교수·학습 활동이 이루어져야 한다고 주장하고 있다(Gilbert, 2008). 모형은 복잡한 현상을 단순하게 묘사하는 실체의 표상 중 하나이다. 이는 추상적인 실재를 시각화하여 설명하고, 실험 결과를 해석하기 위한 기초를 제공할 뿐만 아니라 그 자체로 과학적인 생각의 중추적인 역할을 한다(Justi & Gilbert, 2002).

[표 1] 모형(Model)의 정의

학자	정의
Francoeur, 1997	과학적 이론과 경험적 실재를 연결 짓는 다리와 같은 역할을 한다.
Gilbert & Boulter, 2000	모형은 어떤 사물이나 현상, 과정, 아이디어 또는 그것들의 체계(systems)를 표상하여 나타낸 것을 의미한다.
Gilbert & Ireton, 2003	표현모형(Expressed Model)이란 다른 사람과 의사소통하기 위해 ‘진술’과 ‘이미지’로 정신모형을 표현한 것이다.
Harrison & Treagust, 1996	모형은 자연적 현상이나 과정을 묘사하는 일련의 아이디어를 표현한 것이며, 여기에는 구체적 대상이나 과정을 언어적 또는 시각적 실재들로 나타낸 것, 수학적 알고리즘, 문제해결 과정, 비유적 교수모형 등이 포함될 수 있다.
Or-Bach & Van Joolingen, 2004	모형은 과학적인 과정을 묘사하는 아이디어 체계이다.
Rouse & Morris, 1986	모형이란 복잡한 현상을 간소화 하고, 자연현상에 대해 설명을 제공하는 것이다.
Schwarz & Gwekerere, 2007	과학적 이론의 부분을 나타낸 것으로 법칙, 추론적 과정을 포함한다.

본 연구에선 과학 교수학습의 측면에서 ‘과학적 모형’을 형성하는 활동에 초점을 맞출 것이다.

Or-Bach와 Van Joolingen(2004)은 과학적 모형형성을 학생들이 주도적으로 모형을 활용하는 상황으로 정의하고 이를 탐색적 모델링(explanatory modeling), 표현적 모델링(expressive modeling), 탐구적 모델링(inquiry modeling)으로 나누었다. 여기서 모델링은 모형을 만들고 수정하는 모형형성 과정을 의미한다(Justi & Gilbert, 2002). 탐색적 모델링(explanatory modeling)이란 학생들이 가지고 있는 생각을 알기 위하여 기존의 모형을 학습자가 직접 다루어 보게 하는 활동이며, 표현적 모델링(expressive modeling)은 학습자가 자유롭게 표현형식을 선택하여 자연현상이나 어떤 주제에 관한 자신의 아이디어를 표현한 것이다. 탐구적 모델링(inquiry modeling)은 학습자가 직접 현상을 탐색하여 자료를 산출하고, 자료 속에 포함된 일정한 패턴이나 사건의 원인을 설명하기 위하여 모형을 구성하는 활동을 말한다. 이 활동은 구성한 모형을 개념적 또는 경험적 테스트를 통해 지속적으로 수정해 나가는 과정을 포함한다. 이러한 과정은 학습자가 자연 현상에 대해 가지는 사고 체계를 ‘표현된 모형(expressed models)’으로 나타내게 하고 교사는 이에 대한 피드백을 통해 학습자의 사고체계를 ‘개념 모형(conceptual models)’으로 변화 시킬 수 있다.

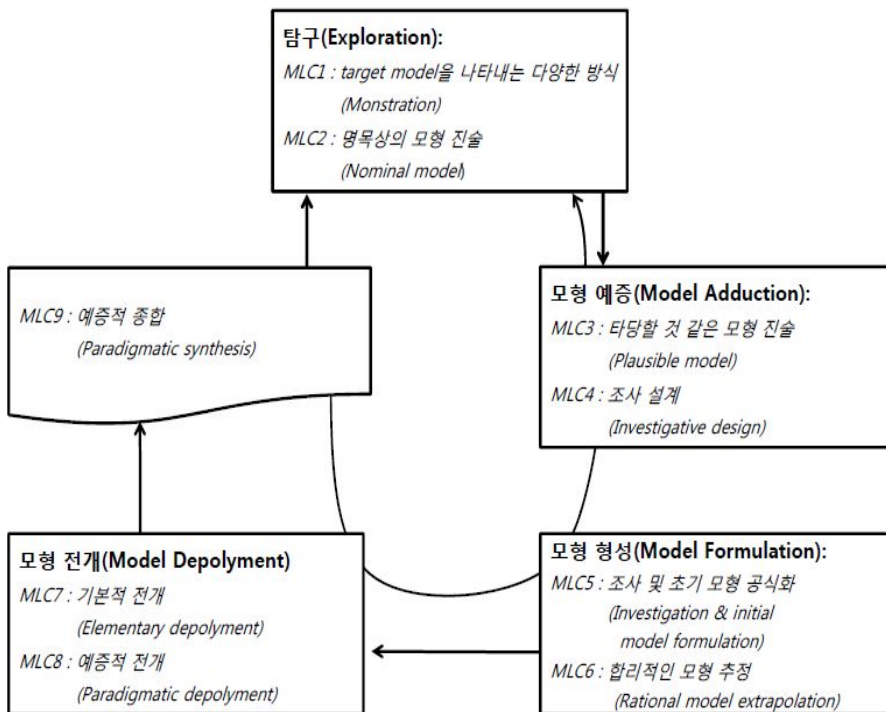
2. 모형(Model)을 활용한 교수·학습 전략

과학이나 과학교육 분야에서 모형을 활용한 교수·학습 전략은 그 중요성이 강조되고 있으며, 많은 연구자들에 의해 연구되고 있다(Clement, 2008; Gilbert, 2008; Gilbert & Boulter, 2000). 그 중 본 연구에서 개발한 ‘과학적 모형의 사회적 구성’중심 탐구학습 전략의 배경이 된 Model Learning Cycle(이하 MLC) 학습전략을 살펴보도록 하겠다.

Halloun(2006)은 학생중심(student-centered) 교육을 중요시 하였으며, 이를 위해선 학습자들의 선개념 상태를 파악해야 한다고 주장하였다. 학습자가 자기 평가와 자기 조절(self-regulation)을 하기 위해선 자신의 생각을 내보일 필요성이 있으며, 이를 위한 방법으로 모형형성을 제시하였다. Halloun은 학습자가 보다 효과적으로 자신의 생각을 표현할 수 있도록 다음과 같은 학습 사이클을 개발하였다(그림 1).

가. Model Learning Cycle 단계

학습 방법은 크게 연역적 접근과 귀납적 접근으로 나눌 수 있다. Halloun은 두 접근 중 어느 하나만으론 과학을 배우는 학생들에게 의미 있는 학습 경험을 가져다 줄 수 없음을 지적하고, 이 두 가지 접근방법의 중간적 입장을 취하는 MLC 학습전략을 제시하였다. 이는 부분적이고 불완전한 모형에서부터 시작하며 학생들이 점진적으로 모형을 완벽하게 만들어가는 학습 사이클이다. MLC는 크게 탐구(Exploration)단계, 모형 예증(Model adduction)단계, 모형 형성(Model formulation)단계, 모형 전개(Model deployment)단계, 전형적·예증적 종합(Paradigmatic synthesis) 단계로 나누어지며, 각 단계는 다시 세부단계로 나누어져 총 9 단계의 순환적 과정으로 이루어진다.



[그림 1] Model Learning Cycle 단계

(1) 탐구(Exploration)

탐구는 ‘다양한 방식으로 목표모형 나타내기 단계(MLC1)’와 ‘명목상의 모형 진술하기 단계(MLC2)’로 구성된다.

(가) 다양한 방식으로 목표모형 표현(MLC1)

이 단계에선 학생들이 새롭고 추상적인 모형을 구성하도록 경험적 시범, 비디오 클립, 컴퓨터 시뮬레이션 등 목표 모형을 나타내는 다양한 예시가 주어진다. 이 단계에서 제공되는 예는 학생들이 인지적 불균형을 느끼게 만들어야 하며 새로운 모형이 필요함을 느끼게 만들어야 한다. 따라서 제공된 예들은 목표하는 모형의 모든 부분을 나타내지 말아야 하며, 다른 친숙한 특징과 구별될 수 있어야 한다. 만약 학생이 이전 지식이 불충분하다는 점을 쉽게 인식하지 못하는 경우 교사는 학생에게 새로운 패턴에 대한 특정한 예측을 하도록 유도함으로써 기존 지식의 부족한 점을 깨닫게 한다.

(나) 명목상의 모형 진술(MLC2)

이 단계에서 학습자는 문제를 진술하고, 이를 설명할 모형이나 가설을 형성한다. 이러한 활동은 개인적으로 혹은 소그룹 내에서 이루어진다. 교사는 학생 스스로 현상을 나타내는 모형을 구성하게 하고 학생들 사이에서 자신의 모형을 토의하고 수정해 나갈 수 있도록 유도한다.

(2) 모형 예증(Model adduction)

모형 예증단계에서 학생들은 소집단 활동을 통해 타당하다고 생각하는 하나의 모형을 선정한다. 이전 단계에서 교사의 역할이 조정자였다면 이번 단계에선 좀 더 활동적인 중재자로서의 역할을 한다. 모형 예증단계는 ‘타당할 것 같은 모형 진술 단계(MLC3)’와 ‘조사 설계 단계(MLC4)’로 나뉜다.

(가) 타당할 것 같은 모형 진술(MLC3)

MLC3 단계에서는 학생들의 제시한 모형을 개선시키는 단계로, 하나의 그럴듯한 모

형으로 합의되는 활동이 일어난다. 교사는 학습자들이 하나의 후보 모형을 선정하도록 학생들의 상호작용을 이끌어간다.

(나) 조사 설계(MLC4)

이 단계는 이전 단계에서 선정한 그럴듯한 모형을 평가하기 위해 조사 설계가 이루어진다. 여기에서 설계되는 실험은 추측된 모형의 실행가능성을 평가하기 위해서 설계된 것이지 이미 과학적으로 만들어진 모형을 학생들에게 확인시켜주거나 실험 데이터로부터 새로운 모형을 유도해내기 위한 것이 아니다. 교사는 학생들이 서로 협상하여 다음 단계에서 실행될 하나의 설계를 끌어낼 수 있도록 유도하는 중재자 역할을 한다.

(3) 모형 형성(Model formulation)

모형 형성 단계는 ‘조사 및 초기모형 공식화 단계(MLC5)’와 ‘합리적인 모형 추정 단계(MLC6)’로 이루어지며 학습자는 소집단 협동 활동을 한다.

(가) 조사 및 초기 모형 공식화(MLC5)

이 단계에서는 앞 단계에서 설계된 실험을 바탕으로 생존성은 있으나 불완전한 모형이 만들어진다. 교사는 학습자들이 실험 결과를 바탕으로 모형을 수정하고 보완할 수 있도록 돕는다.

(나) 합리적 모형 추론(MLC6)

이 단계에서 학습자는 모형의 불완전한 면을 줄이고 과학적인 면이 증가 될 수 있도록 데이터를 바탕으로 합리적이고 이성적인 추론을 한다. 교사는 학습자가 서로 협력하여 합리적이고 이성적인 추론을 성공적으로 이끌어 낼 수 있도록 돕는다.

(4) 모형 전개(Model deployment)

모형은 이를 활용하여 실제 현상을 설명할 수 있을 때 학생에게 유의미하게 다가온다. 이 단계는 ‘기본적 전개 단계(MLC7)’와 ‘예증적 전개 단계(MLC8)’로 이루어져 있어 구성

한 모형을 다른 맥락에 배치하여 새로운 시각에서 모형을 바라 볼 수 있게 한다.

(5) 모형 평가 및 예증적 종합(Model evaluation and Paradigmatic synthesis)

모형은 새 개념을 창조하고 이론, 패러다임의 새 지평을 가져올 때 온전해 지며, 특히 모형을 통해 현상에 대한 예상이 가능해야 한다. 이 단계에선 그동안 종합된 데이터와 실제 적용을 통해 얻은 새로운 시각으로 모형을 평가하고, 모형을 활용하여 다양한 예를 설명하는 활동(MLC9)이 이루어진다.

제 2절 사회적 구성주의

구성주의는 실재론적 형이상학과 지식의 인식론으로 이루어진 과학철학이다(Harding & Hare, 2000). 이러한 구성주의 이론은 현대 과학교육 연구의 이론적 배경이 되고 있으며(Magoon, 1977), 과학교육 현장에서는 교육 목표의 설정, 교육과정 내용의 선정과 조직, 교수학습 방법의 결정 등에 준거와 지침을 제공한다(Hodson, 1998).

구성주의는 지식을 구성하는 주요 요인을 무엇으로 보느냐에 따라 크게 인지적 구성주의와 사회적 구성주의로 나누어진다. 인지적 구성주의는 지식의 구성 요인으로 개인의 인지적 작용에 초점을 두고 있으며, 사회적 구성주의는 개인이 속해있는 사회, 문화, 역사적 상황에 초점을 두고 있다. 사회적 구성주의에 입각한 교육을 실행하기 위해선 지식 형성의 핵심활동인 사회적 상호작용과 이를 반영한 학습전략에 대한 이해가 필요하다.

1. 사회적 상호작용

사회적 구성주의 관점에서 학습은 학생들이 동료나 교사와의 상호작용을 통해 사회적 합의를 형성하고, 합의된 지식을 내면화 하는 과정을 말한다. 이와 같이 사회적 구성주의는 구성원들 사이의 사회적 상호작용이 개인의 인지적 발달과 지식을 구성하는데 매우 중요한 요소라 보고 있다(Vygotsky, 1978). 사회적 상호작용에서 학생들은 자

신의 생각과 다른 여러 가지 생각들을 접하게 되며, 동료나 교사의 도움으로 자신의 능력 이상의 고차원적 사고를 하게 된다(Newman, Griffin & Cole, 1989).

효과적으로 사회적 상호작용이 일어나기 위해선 서로 협력하는 분위기를 조성해야 하며, 학생들이 자신의 생각을 표현하고 이를 서로 토의할 수 있는 기회가 주어져야 한다(Mueller, 2009).

2. 협동 학습

협동학습이란 학습 과정에서 언어적 상호작용을 강화한 대표적인 교수·학습 방법으로, 긍정적인 상호의존성에 기반한 동료 학습자 사이의 활발한 의사소통을 전제로 한다(Johnson et al., 1984). 협동학습은 몇몇 교과목의 인지적 영역과 정의적 영역의 학습에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 조사되었으며, 과학교육 분야 연구에서도 협동학습에 대해 비교적 일관되게 긍정적인 효과가 있음이 보고되고 있다(Lazarowitz & Karsenty, 1990; Okebukola, 1986).

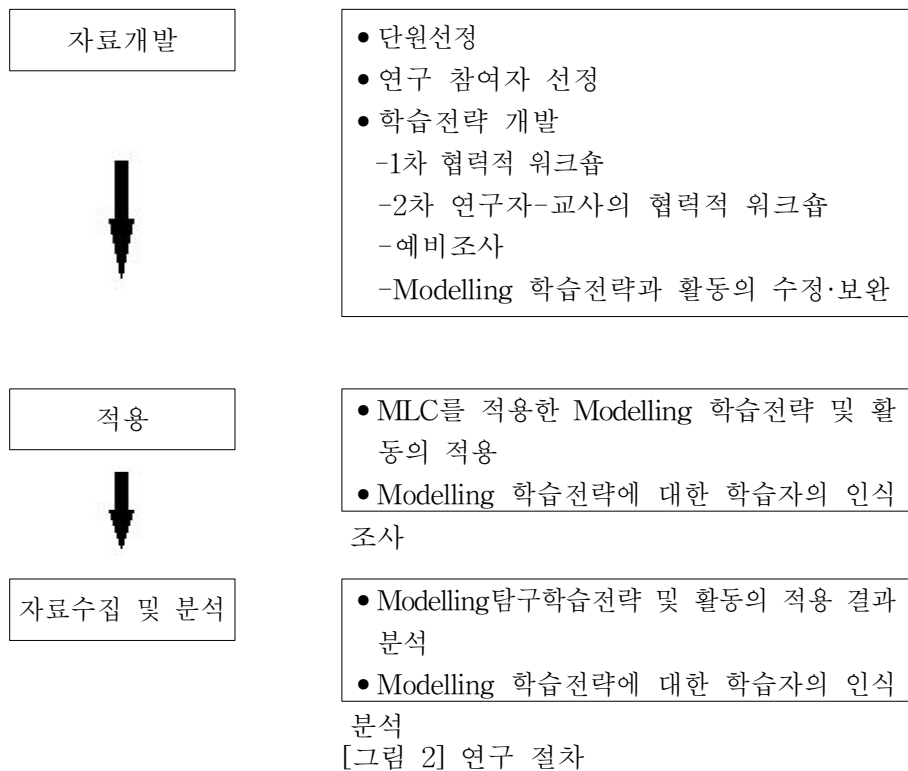
학습자로 구성된 소집단 협동학습은 학생들이 응답자로서의 역할에서 벗어나게 해준다. 소집단 협동학습에서 이루어지는 학습자 사이의 상호작용은 교사와의 상호작용에 비해 자신이 모르는 것에 대한 두려움을 감소시킨다. 때문에 보다 쉽게 도전할 수 있고, 서로에게 질문을 하고 의견을 조정하여 가설적인 제안을 할 수 있게 한다(Kumpulainen & Wray, 2002). 또 학습능력 부족으로 학습 과정에 참여할 기회가 적었던 학생들도 상호 의존적인 상호작용을 통해 수업에 보다 적극적으로 참여하는 것을 확인할 수 있었다(노태희 등, 2002).

하지만 학생들을 소집단으로 묶어 놓는 것만으로 효과적인 성취가 이루어지는 것은 아니다. 효과적인 협동학습이 이루어지기 위해선 학생들이 공동의 목표를 인식하고 긍정적으로 상호작용을 하여야 한다. 따라서 학습자는 사회적 협력 문화와 기능을 익힐 필요가 있다. 사회적 협력문화와 기능에는 토의 하는 과정에서 다른 사람의 의견 경청하기, 타인의 아이디어와 관점 이해하기, 주어진 과업에 대한 공평한 분배와 개인이 갖는 책무성에 대해 이해하기, 발생한 갈등을 민주적인 방법으로 해소하기 등이 있다(Mueller, 2009).

제 3장 연구방법

제 1절 연구 절차¹⁾

본 연구의 연구 절차는 크게 세 부분으로 나눌 수 있다. 각 절차별 세부 내용은 다음 그림 2와 같다.



1) 본 연구는 한국연구재단 2년 과제 중 일부로써, 화학영역에 맞는 ‘과학적 모형의 사회적 구성’ 중심 탐구 학습전략을 개발하고, 이를 학습 현장에 적용시켜 학습자의 모형형성 과정과 사회적 상호작용 양상을 분석하였다.

제 2절 자료 개발

과학적 모형형성과 사회적 구성에 대한 이해를 바탕으로 중학생을 위한 ‘과학적 모형의 사회적 구성’ 중심 탐구학습전략을 모색하고 구체화하였다. 본 연구에서 사용한 ‘과학적 모형의 사회적 구성’ 탐구학습전략은 Halloun(2006)에 의해 소개된 MLC를 우리나라 과학교육에 적합하도록 수정·보완한 것이다(부록 1). 즉, MLC의 9단계 학습 과정을 우리나라 교육 현실에 맞게 7단계로 축소하고, 각 단계를 교사활동과 학생활동으로 나누어 그 단계에서 이루어 져야 할 모형형성 전략과 사회적 구성 전략을 제시하였다.

연구자는 수정·보완된 MLC를 바탕으로 실제 수업에 투입될 Modelling 학습전략을 개발하였다(부록 2).

1. 단원 선정

연구자는 Modelling 학습전략을 적용할 단원으로 물질의 물리적 변화와 화학적 변화를 선정하였다. 화학을 학습하는데 있어 물질의 변화를 이해하는 것은 매우 중요한 일이다. Nakhleh(1992)는 학생들이 가지는 화학에 대한 오개념 연구를 통해 학생들이 화학을 어려워하는 이유 중 하나가 기본적인 화학개념들을 올바르게 이해하지 못하기 때문임을 밝혔다. 특히 물리변화와 화학변화를 제대로 이해하기 위해선 분자, 원자 수준에서의 접근이 필요한데 이러한 비가시적이고 추상적인 개념은 학습의 어려움을 오히려 증가시킨다.

Modelling 학습전략은 눈으로 확인 가능한 모형을 활용하는 학습전략이다. 이 전략은 학습자가 직접 모형을 형성하고, 상호작용을 통해 모형을 수정·보완하는 활동을 제공하기 때문에 물리변화 및 화학변화와 같은 추상적인 개념을 학습하는데 큰 도움이 될 것이라 예상되어 이 단원을 선정 하였다.

2. 연구 참여자 선정

본 연구는 정성적 연구의 연구자 선정 방법(Merriam, 1998)에 기초하여 전남소재 N영재교육원 중학교 1학년 학생들을 연구 참여자로 선정하였다. 연구 참여자의 수업가

능성을 파악하기 위해 물리변화와 화학변화 학습에 필요한 필수 선개념(부록 4)을 조사하였다. 그 결과 대부분의 학습자(87%)들이 올바른 선개념을 가지고 있음을 확인하였고, 이를 바탕으로 물리변화와 화학변화를 학습하는데 어려움이 없을 거라 판단하였다.

영재원에 소속된 학생들은 한국교육개발원(KEDI)에서 제공한 영재선발시험과 영재교육원 자체에서 실시하는 인성 및 창의성 면접을 통해 선발된다. 영재교육원에서 실시되는 과학 수업은 주당 8시간으로, 2차시씩 블록타임제로 운영되고 있으며, 모든 수업은 소집단 학습으로 이루어진다. 수업은 주로 학습자 스스로 탐구과정을 제시하고, 실험을 통해 확인하는 문제해결식 학습으로 진행된다.

3. 학습전략 개발

가. Modelling 학습전략 개발

연구자는 과학적 모형형성에 대한 이론적 연구 및 선행연구를 바탕으로 모형형성 기반의 교수학습 전략을 도출 하였다. 또 과학적 개념의 사회적 구성에 대한 문헌연구를 실시하여 사회적 구성을 촉진하는 교수 학습 전략을 수집 분석 하였다. 이 두 연구를 바탕으로 ‘과학적 모형의 사회적 구성’을 강조한 Modelling 학습전략을 개발하였다(부록 2).

나. 1차 워크숍

연구자는 교과교육 전문가 1인과 함께 수업에 참여할 교사와 1차 워크숍을 실시하였다. 1차 워크숍은 연구자가 교사에게 본 연구의 배경과 개발한 Modelling 학습전략을 소개하고, 그에 대해 서로 질의 응답하는 형태로 이루어졌다. 참여 교사가 연구의 목적을 보다 잘 이해 할 수 있도록 과학적 모형과 모형형성, 사회적 구성주의 개념적 접근에서 시작하여 점차 학습전략을 소개하는 순서로 워크숍을 진행하였다.

다. 2차 연구자-교사의 협력적 워크숍

2차 워크숍에선 연구자와 교사가 협력하여 Modelling 학습전략을 영재교육원 교육과

정에 맞게 수정·보완하는 활동이 이루어 졌다. N영재교육원 교육과정에 따라 Modelling 학습전략을 2차시씩 블록타임제 수업으로 수정하였으며, 학습자의 특성을 고려한 수업 활동으로 수정·보완하였다.

라. 예비 조사

참여 교사와 협력하여 수정·보완한 Modelling 학습전략을 실제 수업이 투입되지 않을 다른 영재 반 학생들에게 시범 적용 하였다. 연구자는 의도한대로 수업이 이루어지 점검하기 위해 수업을 관찰하고 분석하였다.

마. Modelling 학습전략의 수정 및 보완

연구자는 교사와 협력하여 예비조사 결과를 분석하고 의논하여 수업 차시 및 교사의 피드백 수준을 재조정 하고, 활동지 등 미흡한 부분을 다시 수정·보완 하였다. 연구자는 이를 바탕으로 실제 수업에 투입될 최종 Modelling 학습전략을 개발하였다(부록 2).

제 3절 적용

1. 물리변화 및 화학변화 학습에서 Modelling 학습전략의 적용

Modelling 학습전략은 실험 2차시, 모형형성 4차시 총 6차시에 걸쳐 적용되었다. 모든 수업은 5개의 모듈로 구성된 소집단활동으로 이루어졌으며, 영재교육원의 교육과정에 따라 2차시씩 블록타임제로 실시하였다. Modelling 학습전략이 실시되는 동안, 모듈별 활동은 보이스레코더와 비디오 카메라를 통해 녹음/녹화되었다. 연구자는 각 모듈을 돌아다니며 학생들의 대화 내용이나 태도 등을 기록하고, 필요시 학생들의 질문에 응답하는 등 피드백을 제공했다. 매 차시가 끝날 때 마다 교사와 활발한 논의를 통해 Modelling 학습전략을 수정·보완하였고, 연구자의 관찰 결과가 맞는지 교사와 의논하였다. 관찰시 의문이 생길 경우 수업시간이나 쉬는 시간 등을 이용해 즉각적인 학생 면담을 실시하였다.

2. Modelling 학습전략에 대한 학습자의 인식 조사

연구자는 Modelling 학습전략에 대한 학습자의 인식을 알아보기 위해 설문조사(부록 6)를 실시하였다. 설문 문항은 Modelling 학습 자체에 대한 전반적인 이해정도를 확인하기 위한 문항, 모형 만들기 및 조별 협동 활동에 대한 학습자의 인식 정도에 관한 문항으로 구성되어 있다. Modelling 학습이 끝난 이틀 후 수업에 참여한 학습자들에게 설문지 배부하여 충분한 시간을 주고 작성하도록 하였다.

제 4절 자료 수집 및 분석

연구자는 수업이 진행되는 동안 학습자들이 제시하는 모형과 매 차시마다 작성한 활동지를 순차적으로 수집하였다. 녹음 자료를 토대로 학생들의 모든 대화 내용을 전사(transcription)하고, 녹음 자료만으로 확인할 수 없는 내용은 녹화자료를 통해 보충하였다. 수집된 자료를 근거로 학습자의 모형형성 과정을 분석하고, 조별 상호작용에서 서로 다른 특성을 지닌 3개의 모형을 선정하여 담화분석을 실시하였다. 이러한 담화분석을 바탕으로 조별 상호작용이 학습자의 모형형성에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 조별 활동에서 나타나는 사회적 상호작용 분석은 최병순 외(2002)가 개발한 분석틀을 본 연구에 맞게 수정·보완한 표 2를 이용하여 실시하였다.

수정·보완한 분석틀은 인지적 측면에 있는 「응답」의 하위 요소로 ‘이유’와 「의견받기」의 하위 요소로 ‘수용’과 ‘설명’을 첨가하였다. 「응답」은 학습자의 의견이 포함되지 않은 상호작용으로 이의 하위 요소인 ‘이유’는 질문에 대해 간단히 답만 응답하는 경우이다. 「의견받기」는 학습자의 의견이 포함되어 있는 상호작용으로 ‘수용’은 동료의 제안한 의견에 대해 자신의 의견도 같음을 응답하는 경우이고, 설명은 의견이 포함되어 있지 않은 「응답」 하위 요소인 ‘설명’과 달리 문제 해결에 대한 자신의 의견을 설명하는 상호작용이다.

자료 분석의 모든 내용은 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역의 교과교육 전문가 5명과 함께 논의하였으며, 이를 통해 신뢰도와 타당도를 높였다.

[표 2] 사회적 상호작용 분석틀

인지적 측면	질문	의견이 포함되지 않는 상호작용	<ul style="list-style-type: none"> • 단순질문: 활동지에 있는 문제를 크게 읽는 상호작용을 포함하여 실험 기구의 명칭을 묻거나 어휘의 의미를 묻는 수준 • 관련질문: 활동지 및 실험에 제시된 내용에 관련된 질문 • 확장질문: 실험방법이나 실험조건, 결과에 대한 의문 제기나 내용에 관한 새롭거나 창의적인 질문
	응답	의견이 포함되지 않는 상호작용	<ul style="list-style-type: none"> • 단순응답: 간단히 ‘응’, ‘아니’라고 대답하는 응답 • 확인: 실험상황에서 관찰이나 측정을 하거나 실험 진행 상황을 점검하는 경우의 응답 • 이유: 질문에 대한 답을 간단히 대답하는 응답 • 설명: 과학개념이나 상호작용을 통해 해결된 문제의 답을 정리하여 설명하는 응답
인지적 측면	의견제시		<ul style="list-style-type: none"> • 반복: 자신의 의견을 반복적으로 제시하는 것 • 활동지 및 실험 진행에 대한 의견 제시: 활동지 및 실험 과정과 방법에 대한 자신의 의견을 제시함 • 문제해결에 대한 의견제시: 문제해결에 대한 자신의 의견을 제시함 • 확장적인 의견제시: 모둠원들과의 토론과정을 통해 자신의 의견을 명료화하거나 발전시켜 제시하는 것
	의견받기		<ul style="list-style-type: none"> • 반복: 동료의 의견을 반복하여 말함. • 수용: 제안된 의견을 수용함 • 수용적 확장: 제안된 의견에 자신의 의견을 첨가 • 반론제기: 동료의 의견에 이유를 들어 반대함으로써 모둠의 의견을 발전시켜 나감 • 설명: 문제 해결에 대한 자신의 의견을 설명하는 것
정의적 측면	행동적 참여		<ul style="list-style-type: none"> • 자원: 자발적인 참여 • 권유: 동료의 참여를 권유 • 지시: 동료가 참여하도록 지시 • 제재: 동료의 참여를 제재 • 무시: 동료의 참여를 무시
	모둠의 분위기		<ul style="list-style-type: none"> • 칭찬: 조나 조원들에 대한 칭찬 • 자발적 도움주기: 상대방이 실험을 잘 할 수 있도록 독려 • 소속감: 자신이 속한 모둠이 잘 하여 교사에게 인정받으려 함 • 자기만족: 동료들의 인정이 없는데도 스스로 칭찬하는 것 • 자신감 부족: 교사에게 의존하여 문제를 해결하려는 것 • 불만: 동료의 태도나 능력에 대한 불만
	동료의 의견에 대한 반응	인지적 측면이 포함되지 않은 것	<ul style="list-style-type: none"> • 수용: 상대방의 의견을 수용 • 반대: 이유 없이 부정

다음은 상호작용 유형 중 「응답」의 하위 요소인 ‘이유’에 대한 예이다.

수연: 너 왜 이런 생각하면서 만들었어? 애는 왜 이렇게 만들었어? 전체를 왜 이렇게 만들었어? 모양을 왜 이런식으로 만들었어?

현선: 공이 이빠서.(이유)

수연: 그게 아니라 모양을 왜 이런 식으로 했냐구!

현선: 물 분자는 원래 이렇게 생겼어.(이유)

다음은 상호작용 유형 중 「의견받기」의 하위 요소인 ‘수용’에 대한 예이다.

동호: 내건 두 개(전기분해 후 수소)가 붙어 있는데, 니건 한 개 가 붙어있어. 다른애들 보면 다른애들은 다 한 개씩 개인별로 해놨는데 난 두 개를 붙여놨어

재민: 그게 뭐가 이론적이야

동호: 그러니까...니 것이 맞는 것 같아. 그냥 이쑤시개 빼야 될 것 같아(수용)

다음은 상호작용 유형 중 「의견받기」의 하위 요소인 ‘수용’에 대한 예이다.

현선: 애네는 딱딱딱 붙어있고 애는 이렇게 살짝살짝 떨어져 있어?

승환: 아까 들었는데.

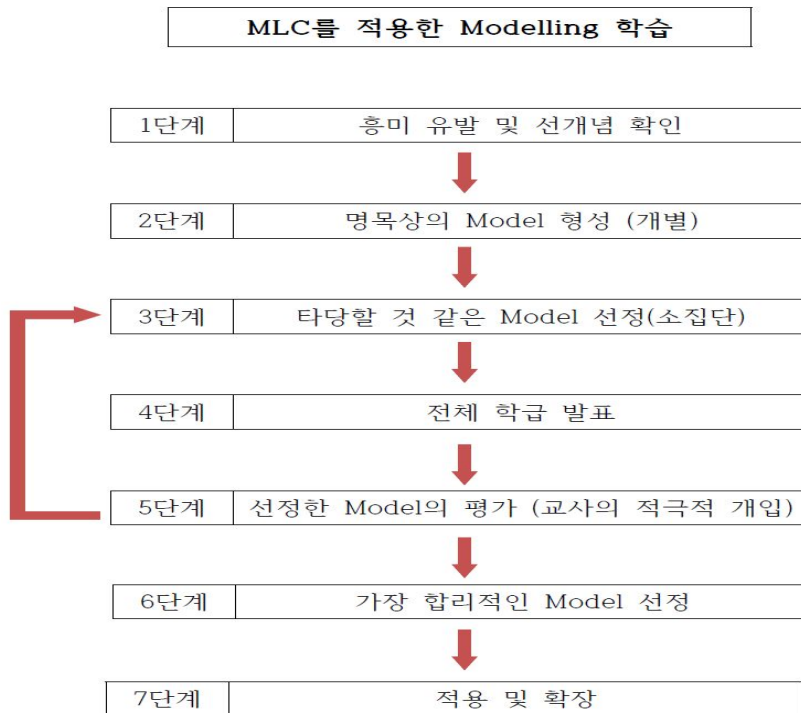
수연: 그니까 뭘 들었어? 니 생각에 따라서 만들어라 했었잖아, 니 생각은 어땠는데?

승환: 온도가 올라가면서 팽창을 했어(설명)

제 4장 결과 및 논의

제 1절 MLC를 적용한 Modelling 학습전략의 개발

과학적 모형의 형성과 사회적 구성에 대한 이해를 바탕으로 MLC를 적용한 Modelling 학습전략을 구체화하여 개발하였다(부록 2). 개발한 Modelling 학습전략은 실험 2차시와 모형형성 4차시 총 6차시에 해당하는 내용이다. 본 연구가 투입된 영재교육원은 2차시씩 블록타임제를 운영하고 있어 Modelling 학습전략과 활동지도 그에 맞게 수정하였다. 학습전략 각 단계의 주요 활동을 정리하면 다음 그림 3과 같다.



[그림 3] 물리변화 화학변화의 Modelling 학습

1. 1~2차시: 실험활동

가. 흥미유발 및 선개념 확인단계

흥미유발은 다양한 방법으로 이루어질 수 있다. 본 연구에선 흥미유발 뿐만 아니라 학습자가 변화의 과정을 보다 정확히 인식할 수 있도록 물리변화와 화학변화에 대한 예를 동영상으로 제공하였다. 물리변화에 대한 동영상으로 얼음이 녹는 과정과 각설탕이 으깨지는 과정을 제시하였고, 화학변화의 동영상으로는 과일이 썩는 과정과 달걀이 익는 과정을 제시하였다.

나. 실험 활동

실험활동 선정에 앞서 중학교 교과서 8종과 영재교육원 교육 자료에 제시된 물리변화 및 화학변화 실험을 조사·분석 하였다(표 3). 연구자는 학습자에게 익숙하고, 물질의 구조가 간단하여 분자 차원의 접근이 용이한 실험활동을 모색하였다. 그 중 하나의 물질로 물리변화 및 화학변화 실험이 모두 수행 가능하고, 각 변화의 차이를 보다 쉽게 비교할 수 있는 실험 활동을 선정하였다.

선정한 실험 활동은 초등학교부터 실험 재료 및 학습과정으로 빈번히 접해왔던 ‘물’을 이용한 물리변화와 화학변화의 실험활동이다. 첫째, 물의 물리변화 실험은 액체 상태의 물을 알코올램프를 이용하여 기체 상태로 변화시키는 상태변화 실험이고, 둘째, 물의 화학변화 실험은 호프만식 전기분해 장치를 이용하여 물을 수소기체와 산소기체로 분해하는 실험이다.

액체상태의 물을 끓여 수증기로 만드는 실험은 ‘실험 1’ 또는 ‘물 끓이기 실험’이라 칭하였고, 호프만식 전기분해 장치를 이용한 물의 전기 분해 실험은 ‘실험 2’ 또는 ‘물의 전기분해 실험’이라 칭하였다.

각 실험은 조별로 학습자 주도하에 수행되었으며, 실험 전후 물의 성질변화를 확인하기 위해 반응 전 물과 반응 후 만들어지는 생성물 각각에 염화코발트 종지와 성냥불을 가져다 대어 변화를 관찰하도록 하였다.

[표 3] 물리변화 및 화학변화 실험

물리변화 실험 활동	화학변화 실험 활동
<ul style="list-style-type: none"> • 물이 수증기로 될 때의 변화: 물이 가열될 때 생긴 수증기를 냉각시켜 다시 액체를 얻는 실험 • 막자사발에 황산구리 결정을 넣고 가열하는 실험 • 유리막대를 토치로 가열한 다음 식히는 실험 • 소금을 물에 녹인 후 가열하여 다시 소금가루를 얻는 실험 	<ul style="list-style-type: none"> • 염산과 수산화나트륨의 반응 실험 • 동전을 식초에 담그는 실험 • 산성용액과 아연을 반응시키는 경우 • 산화구리와 탄소 가루를 섞어 가열하는 실험 • 마그네슘을 연소시키는 반응 • 집기병속에 양초를 넣고 불을 붙인 다음, 양초가 꺼지면 다음 석회수를 넣고 흔들어 보는 실험 • 물의 전기분해 실험

2. 3~4차시: 모형형성

가. 전시 학습 상기

3~4차시는 실험에서 관찰한 현상에 대해 학습자의 생각을 모형으로 표현하게 하는 활동을 포함하므로 전시 학습활동을 상기시키는 일은 중요한 과정이다. 교사는 모형 만들기에 앞서 학습자들에게 지난 시간에 수행한 실험 1과 실험 2의 결과를 상기시킨다.

나. 명목상의 모형 형성 : 개별 활동

이 단계에서 학습자는 관찰한 현상에 대해 자신의 생각을 모형으로 표현한다. 교사는 학습자가 관찰된 현상에 대한 자신의 생각을 정리할 수 있도록 도와주고, 싸인펜, 스티로폼 공, 부직포 등 다양한 재료를 제공하여 학습자 자신의 생각을 최대한 자세히 표현할 수 있도록 유도한다.

다. 타당할 것 같은 모형 선정 : 조별

이 단계에선 각 모둠원이 제시한 모형이 조별 토의를 거쳐 가장 타당할 것 같은 하나의 모형으로 선정되는 활동이 이루어진다.

교사는 “자신의 생각을 모둠 구성원들에게 설명해 보세요.,” “내가 형성한 모형은 다른 친구들의 모형과 어떻게 다를까요?” 등과 같은 질문을 제공하여 조별 토의가 원활히 이루어지도록 유도한다.

학습자는 모둠구성원 각각이 제시한 모형을 비교하고, 토의를 거쳐 가장 타당하다고 생각되는 하나의 모형을 선정한다.

라. 전체 학급 발표

학습자는 자신의 조에서 선정한 모형을 학급전체에 발표하고 동료 학습자 및 교사의 질문에 응답한다.

학습자가 모형을 설명하는 활동은 연구자로 하여금 그러한 모형을 선정한 이유와 모형 이면에 숨겨져 있는 의미를 파악할 수 있게 한다. 또 이러한 활동은 제시된 모형만 으론 알기 힘든 학습자의 사고체계를 이해할 수 있게 한다.

교사는 학습자들이 다른 조의 발표내용을 경청할 수 있도록 하고, 각 조의 모형이 갖는 특징을 활동지에 기록하도록 한다. 이 활동은 다른 조의 모형과 자기 조의 모형을 비교하게 하여 선정한 모형에 대해 스스로 평가할 수 있는 기회를 제공한다.

3. 5~6차시: 모형 수정 및 가장 합리적인 모형 선정

가. 전시학습 확인

교사는 각 모둠에서 발표한 모형을 상기 시킨다. 이는 다음 단계에서 이루어질 모형 평가 활동에 학습자들의 참여를 유도하기 위함이다.

나. 선정한 모형 평가 : 교사의 적극적 개입

이 단계에선 교사의 적극적인 개입이 이루어진다. 조별로 선정한 모형에 대해 교사와 동료학습자간의 활발한 피드백이 이루어지며, 교사는 학습자로 하여금 자신의 조와 다른 조의 모형을 비교하게 하고, 다른 점에 대해 논의하도록 유도한다. 필요할 경우 선정한 모형이 갖는 논리적 비약 및 불일치 사례를 제시하여 학습자 모형을 평가할 수 있도록 한다.

다. 모형 수정(가장 타당할 것 같은 모형 선정→전체학급 발표 및 토의)

이 단계는 교사와 동료학습자의 피드백을 바탕으로 조별 모형을 수정하여 다시 가장 타당할 것 같은 모형을 선정하고, 이를 전체학급에 발표하는 순환적 과정이다.

이 과정은 학습자에게 과학적 지식이란 불변의 진리가 아닌 사회적 합의를 통해 형성되고 수정 될 수 있음을 보여주어 학습자로 하여금 과학지식에 대한 본성을 깨닫게 해 준다.

라. 가장 합리적인 모형 선정

학습자는 조에서 선정한 모형을 수정·보완함으로써 실험 1(물을 끓이는 실험)과 실험 2(물을 전기분해 하는 실험)의 현상을 설명할 수 있는 가장 합리적인 모형을 선정한다.

교사는 학습자로 하여금 두 실험의 모형이 갖는 차이점을 생각해 보게 하고, 모형을 이용해 실험 1과 실험 2의 변화를 정의해 보도록 유도한다. 만약 선정한 모형이 과학적 모형과 다르다면 적절한 피드백을 제공하여 다시 수정할 수 있도록 돕는다.

마. 적용 및 확장

교사는 학습자로 하여금 우리 주변에서 볼 수 있는 물리변화와 화학변화를 찾아보게

하고 모형을 이용하여 설명해 보도록 안내한다.

끝으로 모형이 갖는 장점과 단점을 생각해보게 하고, 구성된 모형이 실제 현상과 어떻게 다른지 설명하여, 모형에 의해 생길 수 있는 오개념을 방지한다.

제 2절 ‘과학적 모형의 사회적 구성’ 중심 탐구학습전략의 적용과 학습자의 모형 및 사회적 상호작용의 양상 분석

Modelling 학습전략을 적용하는 과정에서 학습자들이 제시한 개별 모형을 유형화하고, 제시된 모형이 학습자의 사고체계를 반영하는지 확인하기 위해 면담을 실시하였다. 또 조별 활동에서 나타나는 사회적 상호작용을 알아보기 위해 5개의 조 중 서로 다른 상호작용 특성을 띄는 3개의 조를 선정하여 담화분석을 실시하였다. 3개의 조를 각각 A조, B조, C조라 칭하고, 모형 선정 및 수정과정에서 나타나는 사회적 상호작용을 표 2를 근거로 유형화하였다. 이를 바탕으로 연구자는 사회적 상호작용 양상이 모형을 선정하고 수정하는데 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다.

연구에서 언급되는 모든 이름은 익명을 사용한 것이다.

1. 학습자가 형성한 모형의 유형

모형형성 활동은 3차시부터 6차시 사이에 이루어 졌다. 3~4차시엔 현상에 대한 개인별 모형을 형성하고, 조별 토의를 거쳐 하나의 모둠 모형을 선정하는 활동이 이루어 졌다. 5~6차시엔 교사와 동료학습자의 피드백을 통해 모둠에서 선정한 모형이 수정되었고, 가장 합리적인 모형을 최종적으로 선정하는 활동이 이루어 졌다.

연구자는 학습자가 작성한 활동지와 조별로 촬영된 영상을 바탕으로 학습자의 모형형성 과정을 분석하였고 필요할 경우 학생 면담을 실시하였다.

실험 1과 실험 2에서 관찰된 현상에 대해 학습자의 생각을 모형으로 이끌어내기 위해 다음과 같은 문항을 사용하였다(표 4).

[표 4] 학습자의 모형을 유도하기 위한 문항(활동지 2)

<p>1. 비이커 속 물이 끓으면 어떤 변화가 있을까요?</p> <p>1-1. 물을 끓이기 전 비이커 속의 물 분자를 모형을 이용해 4개씩 만들어 보세요.</p> <p>1-2. 비이커 속의 물을 끓이면 1-1에서 만든 모형이 어떻게 변할까요? 모형을 이용해 만들어 보세요.</p> <p>2. 물을 전기분해하면 어떤 변화가 있을까요?</p> <p>2-1. 물을 전기분해 하기 전 비이커 속 물 분자를 모형을 이용해 4개씩 만들어 보세요.</p> <p>2-2. 물을 전기분해 하면 2-1에서 만든 모형이 어떻게 변할까요? 모형을 이용해 만들어 보세요.</p>
--

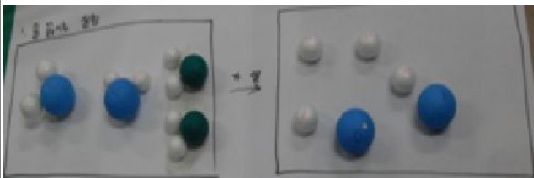
가. 실험 1(물을 끓이는 실험)에 대한 모형의 유형

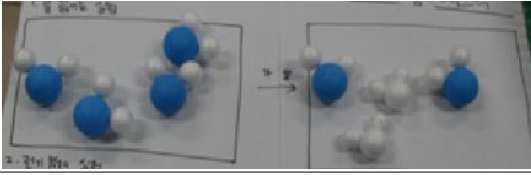
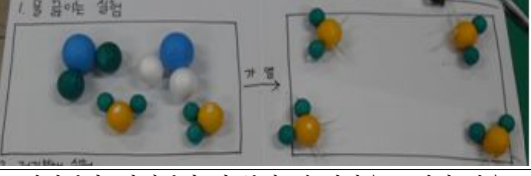
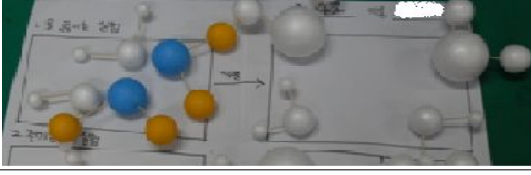
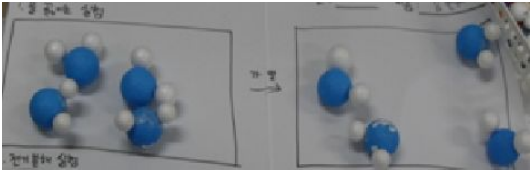
학습자가 개인별로 제시한 모형을 유형화하여 나누어 본 결과 물을 끓이는 실험에 대한 학습자 모형은 크게 2차원적 모형과 3차원적 모형으로 구분할 수 있다. 각각의 차원은 다시 네 가지 유형과 한 가지 유형으로 구분하였다(표 5).

2차원적 모형의 유형을 살펴보면 다음과 같다. 첫 번째 유형은 실험에 의해 나타나는 표면적인 현상에 초점을 맞춘 것으로 물이 끓으면 물 분자가 원자상태로 모두 분해됨을 표현한 것이다. 두 번째 유형은 실험 결과 성질이 변하지 않음을 확인하고, 이에 초점을 둔 모형을 형성한 경우이다. 이 경우 실험 전후 모형의 형태를 동일하게 표현하였다. 세 번째 유형은 성질변화에 대한 고려와 함께 물이 끓으면 상태가 변한다는 선지식을 활용해 실험 전후 분자간 사이를 다르게 표현한 것이다. 네 번째 유형은 성질, 상태변화에 대한 고려뿐만 아니라 이쑤시개를 이용하여 분자 내 인력을 나타냈다. 3차원적 모형으로는 한 가지 유형이 나타났는데, 이는 성질 및 상태변화에 대한 고려에 더해 모형을 세워 3차원적으로 표현함으로써 실험 후 분자 운동이 활발해졌음을 표현한 것으로 조사되었다.

표 5는 각 유형을 대표하는 모형과 그렇게 만든 이유에 대해 면담한 결과이다.

[표 5] 실험 1 모형의 대표적인 유형과 이유

	대표적 모형	이유
2차원적 모형	<p>실험에 대한 표면적 결과에 초점을 맞춘 경우</p> 	<p>정모: (물이)끓어서 다 분해 됨</p>

형	<p>성질변화만 고려한 경우</p> 	<p>한결: 물 끓이기 전에 분자의 모형이 산소하나 수소 두 개로 이루어졌다는 것을 알게 되어서 이렇게 만들었어요. (물을)가열하면 증발은 되지만 성질은 변하지 않기 때문에 똑같이 표현했어요.</p>
	<p>성질변화와 상태변화를 고려한 경우</p> 	<p>재운: (물을 끓이는)실험을 해봤을 때 (염화코발트 종이, 성냥불을 가져다 댄 결과) 성질이 바뀌지 않았고 또 (상태가)기체가 되었으므로 서로 멀어졌다고 생각했습니다.</p>
	<p>성질변화, 상태변화 및 분자 내 인력을 고려한 경우</p> 	<p>수연: 분자 간 인력이 있어서 이쭈시개로 나타냈어요.</p>
3차원적 모형	<p>성질변화, 상태변화 및 분자운동을 고려한 경우</p> 	<p>원주: (물을)가열하면 분자 운동이 활발해지기 때문에 모형을 세웠어요.</p>

면담 결과 학습자들은 나름대로의 근거를 가지고 현상을 설명할 수 있는 모형을 구성하였고, 물질의 상태변화, 물 분자의 구조, 분자의 운동 등과 같은 선지식을 활용하여 자신의 생각을 표현했음을 알 수 있었다. 또 학습자의 선지식이 잘못 되었을 경우 (분자 내 결합과 분자 간 결합의 혼동), 학습자가 모형을 설명하는 과정에서 그러한 오개념이 드러나는 것을 확인 할 수 있었다.

나. 실험 2(물의 전기분해 실험)에 대한 모형의 유형

이 실험에 대한 학습자 모형은 크게 두 가지 유형으로 구분 할 수 있었다(표 6). 첫 번째 유형은 실험 1의 1번 유형과 같이 실험을 통해 나타나는 표면적 현상에 초점을 맞춘 경우로 물이 전기분해 되면 산소원자와 수소원자로 각각 분해됨을 나타냈다. 두 번째 유형은 수소는 혼자 다니지 않고 두 개가 붙어 분자상태로 다닌다는 기존지식을

활용하여 수소를 분자상태(H_2)로 나타냈다. 하지만 산소에 대해서는 첫 번째 유형과 마찬가지로 원자상태로 떨어뜨려 놓았다. 이러한 두 가지 유형의 모형을 제시한 학습자 대부분은 산소와 수소를 (+)극과 (-)극으로 나누어 표현하였는데, 그에 대한 이유로 '(+)극 실험(성냥불을 가져다 대는 실험)은 잘 탕기 때문에 산소를 붙였고, (-)극은 불을 붙였을 때 폭발했기 때문에 수소를 붙였어요.' 와 같은 응답을 하였다.

연구자는 사전 개념 검사를 통해 수업에 참여한 학습자의 87%가 물질의 성질을 떠는 가장 작은 알갱이가 분자임을 알고 있음에도 불구하고 산소와 수소를 분자가 아닌 원자상태로 표현한 것을 확인할 수 있었다. 이 결과는 학습자가 분자의 정의는 알고 있으나 그것을 근본적으로 이해하고 있지 못함을 보여준다.

[표 6] 실험 2 모형의 대표적인 유형과 이유

대표적 모형	이유
<p>실험 후 산소, 수소를 원자상태로 나타낸 경우</p>	<p>승우: 물(물 분자를 가리키며)은 전기분해가 되어 서로 뿔뿔이 흩어졌어요.</p>
<p>실험 후 수소 분자를 나타낸 경우</p>	<p>민환: 수소 원자는 2개를 같이 붙여 다닌다고 배웠어요. 그래서 두 개를 붙여서 분자로 나타냈어요.</p>

2. 사회적 상호작용의 양상과 모형 선정

가. A조의 사례

A조는 4명의 학생들로 이루어진 모둠이다. 사전검사 결과 4명 중 3명이 상태변화에 따른 분자배열을 알고 있었으며, 분자의 개념적 정의를 묻는 문항에 대해선 4명 모두 정답을 선택하였다. 이를 통해 조 구성원 대부분이 상태변화에 따른 분자배열과 분자

의 개념적 정의를 알고 있음을 확인하였다.

다음은 실험 1과 실험 2에 대해 A조 모둠원이 형성한 개별 모형과 조별 토의 후 선정된 모형을 유형화한 것이다(표 7, 표 8). 개별로 형성한 모형은 서로 유사하게 나타났는데 이는 개별적으로 모형을 형성하면서도 서로의 의견을 교환한 결과로 보인다.

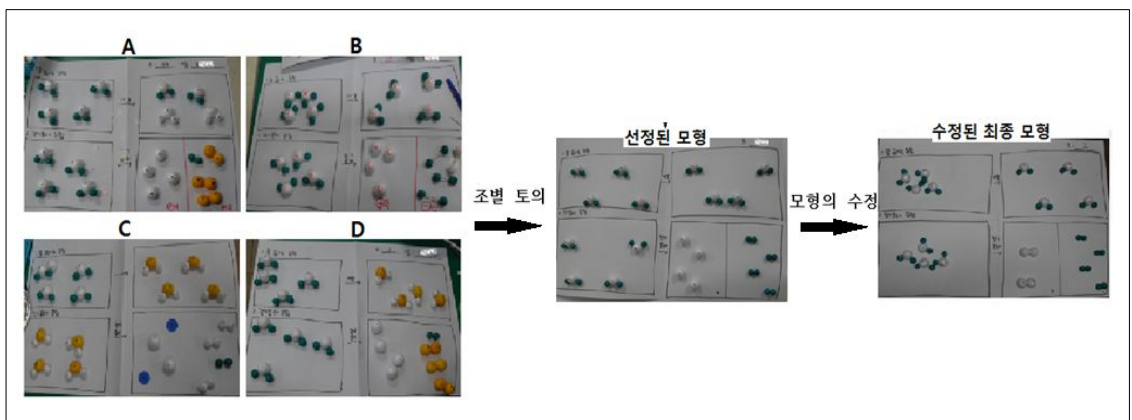
[표 7] 실험 1에 대한 A조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형

모형의 유형	개별 모형				선정된 모형
	a	b	c	d	
실험에 대한 표면적 결과에 초점을 맞춘 경우					
성질변화만 고려한 경우	○		○	○	○
성질변화와 상태변화를 고려한 경우		○			
성질변화, 상태변화 및 분자 내 인력을 고려한 경우		○			
성질변화, 상태변화 및 분자운동을 고려한 경우					

[표 8] 실험 2에 대한 A조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형

모형의 유형	개별 모형				선정된 모형
	a	b	c	d	
산소, 수소를 원자상태로 나타낸 경우					
실험 후 수소 분자를 나타낸 경우	○	○	○	○	○

a:라현, b:유천, c:미미, d:민환



[그림 4] A조의 모형형성 과정

(1) 모형 선정 및 수정 단계에서 A조의 상호작용

다음은 가장 타당할 것 같은 모형을 선정하는 단계에서 이루어진 A조의 상호작용 일부 분이다.

민환: 야 누구꺼 붙일까?

라현: 하얀 공은 전부 산소겠지? 파란 공은 전부다 수소야.

미미: 머로 할까? 누구꺼 하나 정해야 하잖아.

민환: 그래, 그럼 각자 자기꺼 2개씩 붙여.

교사: 토의 하는게 아니라 각자 자기꺼 붙이는 거야?

각자 자기꺼랑 생각하는게 똑같아? 자기꺼가 왜 좋은지 이유를 들어 친구한테 설명해 주세요.

민환: 네 꺼보다 깔끔하잖아.

민환: 자기꺼 잘된 거 2개씩 뜯어서 붙여.

라현: 이거 좋은 거 같은데? 아 H가 걸린다.

미미: 이게 더 좋은 거 같은데? 동그라미 있어서 크고 이거 써진게 비슷해.

라현: 여기에 하나 만 붙여.

민환: 야 니꺼 동그라미가 어떻게 이러냐.

유천: 이거 이거 둘 중에 머로 붙일까?

라현: 이거. 이게 더 짤해 동그라미가 더 짤해.

A조는 서로 협조적인 분위기였으나 “누구 것을 붙일까?”, “둘 중에 어느 것을 붙일까?”, “이걸로 하자” 등과 같이 모형을 완성하는 활동에 초점을 맞춘 소극적인 상호작용이 주로 나타났다. 상호작용 결과 선정된 모형은 모둠 구성원의 모형을 하나씩 떼어다 붙인 형태였다. 모둠 구성원이 제시한 모형의 형태만 고려하여 조별 모형이 선정됨으로써 유천이가 나타냈던 상태변화(기화)와 분자 내 인력에 관한 논의는 전혀 이루어지지 않았다. 선정한 모형에 대한 A조의 발표 내용은 다음과 같다.

라현: 먼저 물을 끓이기 전에 모형인데, 저희는 물을 끓이기 전에 분자의 모형이 산소 하나 수소 두 개로 이루어 졌다는 것을 알게 되어서, 이런 식으로 산소 하나에 수소 두개가 붙어 있는 식으로 만들었습니다. 두 번째로 가열을 했을 때 수증기가 된 상태로 물의 모형을 만들었는데, 저희가 이것을 만들 당시에는 만들기가 너무 급급해서 거리가 멀어지는 것을 생각하지 못해 모형이 이렇게 가까이 붙어 있는게 있습니다. 전기분해 실험을 했을 때에는 전기분해 전에 물의 분자 모형

을 나타낸 것이고, 두 번째로 분해를 했을 때, 말씀했다 시피 물의 분자 모형은 산소하나 수소두개로 이루어 졌기 때문에, 분해를 하게 된다면 산소와 수소로 분해가 될 것이라고 생각하였습니다. 그래서 +극에서 분해한 것을 불씨를 갖다 대었을 때, 불꽃이 많이 살아나는 것을 보고서 산소라고 생각해서 산소 모형을 붙여 놓았고, -극에서는 불꽃을 대었을 때, 저희는 듣지 못했지만, 평 소리가 난다 그래서 그것을 듣고 수소라는 생각이 들어서 수소 모형을 붙여 놓았습니다.

교사: 질문 있나요?

정모: 수소가 두 개 붙었는데.. 그거..

라현: 저는 수업시간에 복습할 때, 분리가 되긴 했지만, 저희는 수소가 혼자 다닐 수가 없어서 둘이 붙어 다닌다길래. 분해를 해서도 둘이 같이 붙어 다닐 거라 생각해서 이렇게 두 개를 붙여놓았습니다.

위 발표 내용을 통해 A조는 모둠원 각각이 제시한 모형에 대한 충분한 논의 없이 모형의 형태만을 고려하여 조별 모형을 선정하였음을 추론할 수 있다.

조별 발표 후 교사와 동료학습자의 피드백을 받은 A조는 조에서 선정한 모형의 문제점으로 물 분자의 상태변화와 산소의 원자화 상태를 들며 모형을 수정하였다. 이 단계에서도 옳은 모형을 완성하는데 초점을 맞춘 소극적인 상호작용이 이루어졌다. 다음은 모형 수정 단계에서 이루어진 토의활동의 일부분이다.

유천 : 이걸(물을 끓인 후 분자모형) 멀게 하고, 이걸(물을 끓이기 전 분자모형)가깝게 해야돼.

유천 : 뭘 하라 했지?

라현 : 수정 하라고

민환 : 이걸(물 끓이기 전 분자모형) 가까이 붙여야해.

양면테이프 좀 때줘.

민환: 가깝게 하라고?(실험1의 물을 끓이기 전 모형을 가리키며)

라현: 멀리 퍼뜨리고(실험1의 물 끓인 후 모형을 가리키며), 붙이라고(실험2의 전기분해 후 모형을 가리키며)

미미 : O₂ 가 산소야?

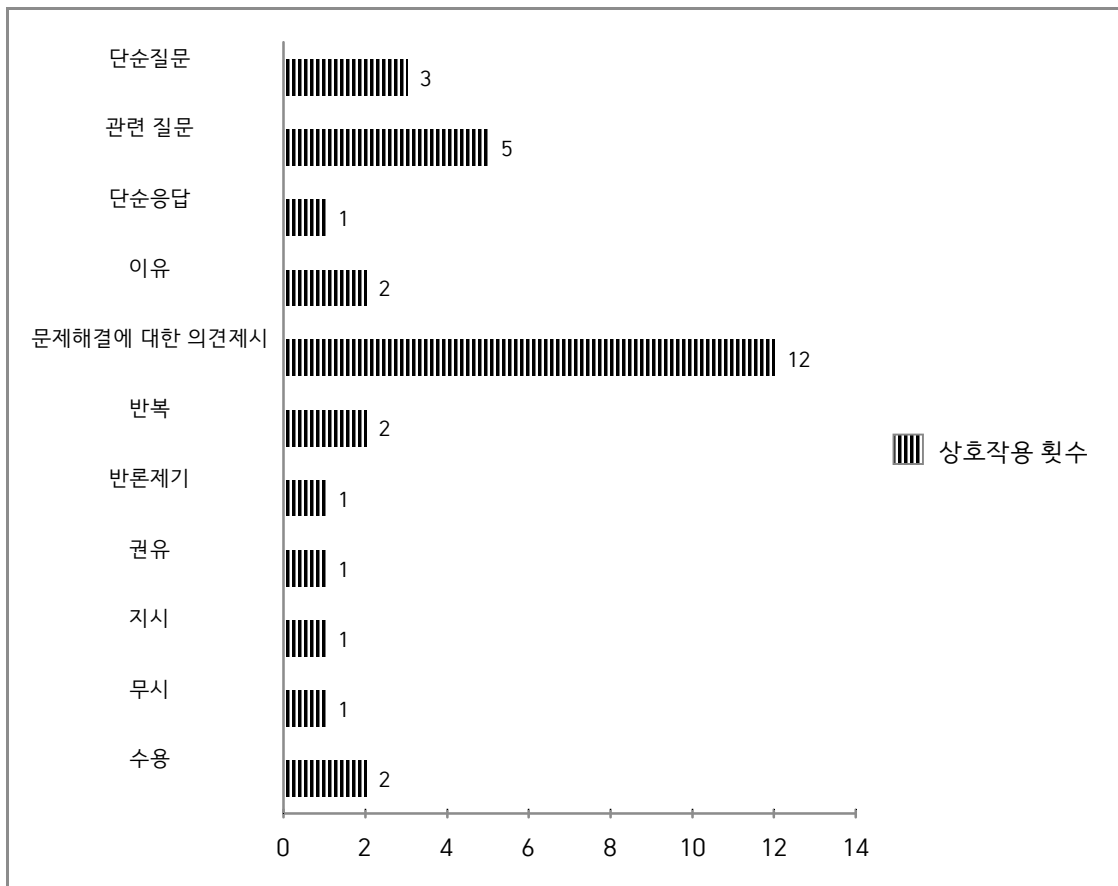
라현 : 응, O₂ 가 산소야.

미미 : 여기 2번에 내가 만든 모형이랑 조별 발표한 모형이랑 차이 있잖아, 조별 발표 모형이 이거지?

민환 : 응,

민환 : (S4에게) 산소 붙여.

표 2를 근거로 A조의 상호작용을 유형화한 결과 ‘문제해결에 대한 의견 제시’가 12회로 가장 많이 나타났다. 본 연구에서 ‘문제해결에 대한 의견 제시’는 모형을 형성하거나 활동지에 제시된 문제를 해결하는 활동에서 자신의 의견을 제시하는 상호작용 유형이다. 이 상호작용은 학습자에게 문제해결에 있어 다양한 접근이 가능함을 깨닫게 해주어 문제에 대한 폭넓은 사고를 가능하게 한다. 하지만, A조에서 제시된 ‘문제해결에 대한 의견’은 조별 모형을 형성하는데 누구의 모형을, 그리고 어떤 모양의 모형을 선정할 것인가에 초점이 맞춰짐으로써 기대되는 효과를 나타내지 못했다. 그 외에 관련 질문이 5회로 두 번째로 많았으며 나머지 유형의 상호작용은 아래 그림 5와 같이 나타났다.



[그림 5] A조의 유형별 상호작용 빈도

나. B조의 사례

B조는 3명의 학생들로 구성된 모둠이다. 사전검사 결과 1명을 제외한 나머지 2명은 물질의 상태변화에 따른 분자배열을 묻는 문항에 정답을 선택하였고, 분자의 개념적 정의를 묻는 문항에 대해선 세 명 모두 정답을 선택하였다. 다음은 실험 1과 실험 2에 대해 B조 모둠원이 형성한 개별 모형과 조별 토의 후 선정된 모형을 유형화 한 것이다(표 9, 표 10). 개인별로 형성한 모형은 서로 유사하게 나타났는데, 담화 분석을 통해 한 학생의 모형을 그대로 따라한 것임을 알 수 있었다.

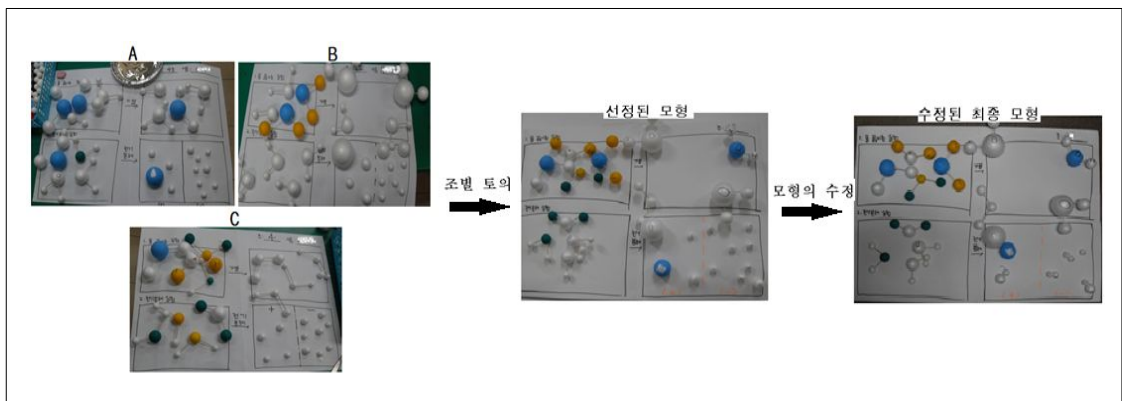
[표 9] 실험 1에 대한 B조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형

모형의 유형	개별 모형			선정된 모형
	a	b	c	
실험에 대한 표면적 결과에 초점을 맞춘 경우				
성질변화만 고려한 경우	○			
성질변화와 상태변화를 고려한 경우		○	○	○
성질변화, 상태변화 및 분자 내 인력을 고려한 경우	○	○	○	○
성질변화, 상태변화 및 분자운동을 고려한 경우				

[표 10] 실험 2에 대한 B조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형

모형의 유형	개별 모형			선정된 모형
	a	b	c	
산소, 수소를 원자상태로 나타낸 경우	○	○	○	○
실험 후 수소 분자를 나타낸 경우				

a: 현선, b: 수연, c: 승환



[그림 6] B조의 모형형성 과정

(1) 모형 선정 및 수정 단계에서 B조의 상호작용

다음은 가장 타당할 것 같은 모형 선정 단계에서 이루어진 B조의 상호작용 일부이다.

수연: 너는 왜 이렇게 붙었니? 그럼 왜 이거 두 개는 붙었니?

승환: 아슬아슬하게 안 붙었어.

현선: 애네는 딱딱하게 붙어있고 애는 이렇게 살짝살짝 떨어져 있어?

승환: 아까 들었는데...

수연: 그니까 뭘 들었어? 니 생각에 따라서 만들어라 했었잖아 니 생각은 어땠는데?

승환: 온도가 올라가면서 팽창을 했어.

수연: 근데 왜 애네 크기가 변하냐고.

승환: 공간이 넓어지는 거야

수연: 애네들이 팽창을 하면 더 커지겠다 이거네(스티로폼 공을 가리키며).

승환: 서로 부풀어서 쪼그라들어.....

현선: 그냥 스티로폼공이 부족했다 그래 공이.

수연: 너 왜 이런 생각하면서 만들었어? 애는 왜 이렇게 만들었어? 전체를 왜 이렇게 만들었어? 모양을 왜 이런 식으로 만들었어?

이 조의 특성은 한 명의 리더가 토의활동을 주도 한다는 것이다. 리더(수연)가 “왜 그런 데?”, “그렇게 생각하는 이유가 뭘데?”라고 질문하고 나머지 모둠원들이 대답하는 형식의 토의활동이 이루어졌다. 하지만 리더에 의해 제시된 질문은 강압적이고 지시적인 특성을 띠었다. 이로 인해 리더의 질문에 대답하기를 머뭇거리거나 자신감이 부족한 어투로 응답하는 경우가 종종 발견되었다. 리더는 다른 조원이 대답하지 못하는 부분을 지적하며, 자신의 생각을 설명했고 최종적으로 리더의 의견에 따라 조별 모형이 선정되었다. 선정된 모형에 대한 B조의 발표내용은 다음과 같다.

수연: 먼저 저희가 1-2번째 모형을 이렇게 만든 이유는 먼저 물의 분자는 성질을 갖고 있는 가장 작은 단위인데. 분자는 산소 하나와 수소 두 개를 가지고 있다고 들었습니다. 그래서 이것들은 결합시킨 뒤에 물이라는 성질을 가지고 있으므로 이것의 규칙은 불규칙하며, 서로 붙어있다는 생각을 하여서 이렇게 하고, 두 번째 모형으로 넘어갔을 때에는 실험을 해봤을 때 성질은 바뀌지 않았습니다. 성질이 바뀌지 않았다는 것은, 분자의 변화가 없다는 뜻으로 저희는 해석을 하여서 분자들을 이렇게 놓고, 또 기체상태가 되었으므로, 서로 잡아당기는 힘이 약해져서 분

자들이 서로 멀어졌다고 생각을 하였습니다. 그럼 두 번째 실험을 하게 되었을 때 먼저 첫 번째 실험과 같이 물은 같은 성질을 가지고 있다고 하여서 첫 번째 모형과 같고 이것으로 넘어갔을 때 왜 +극에선 산소가, -극에선 수소가 나오게 되었는지 저희는 이렇게 생각을 하였습니다. +극에 불씨를 대어보았을 때 불이 살아났었는데, 그렇다면 연소의 조건 중에서 산소가 충족되어서 불이 살아나지 않나 생각을 가지게 되었고, -극에서는 희미했지만 폭발하는 소리가 들리는 것으로 보아서는 물이 가지고 있는 원자 중에서 수소의 성질이 있으므로, +극은 산소고, -극은 수소라 생각 하였습니다.

교사: 질문 하세요

희경: 왜 산소와 수소가 다 뿔뿔이 흩어져 있는지 궁금해요

수연: 저희는 이렇게 생각을 하였습니다. 전기분해를 하였을 때, 서로 분해가 되어서 나누어졌기 때문에 다 따로 따로 있지는 않을까 라는 생각을 하여서 이렇게 나타내었습니다.

교사: 그러면 -극은 수소가 8개구요 +극은 산소가 4개 잭아요, 왜 다른 이유가 있어요?

수연: 여기에 보시면 산소하나와 수소두개가 같이 결합되어있기 때문에 산소 4개가 있으면 각자산소에 맞는 수소 8개가 따로 오지 않았을까 라는 생각을 하였습니다.

교사와 동료 학습자의 피드백을 바탕으로 선정한 모형을 수정하는 단계에서는 아무런 상호작용이 나타나지 않았다. 모형 수정은 리더(수연)에 의해 이루어졌으며 나머지 모듈구성원은 구경을 하거나 관심 없다는 듯 다른 곳을 보고 있었다. 활동지 또한 아무런 상호작용 없이 개인별로 작성해 나갔다. 다음은 B조의 모형 수정 단계에서 이루어진 토의활동의 일부분이다.

(수연이가 주도적으로 모형을 수정함. 현선이는 수연이가 하는 것을 구경하고 있고, 승환이는 관심 없는 듯 다른 곳을 보고 있음)

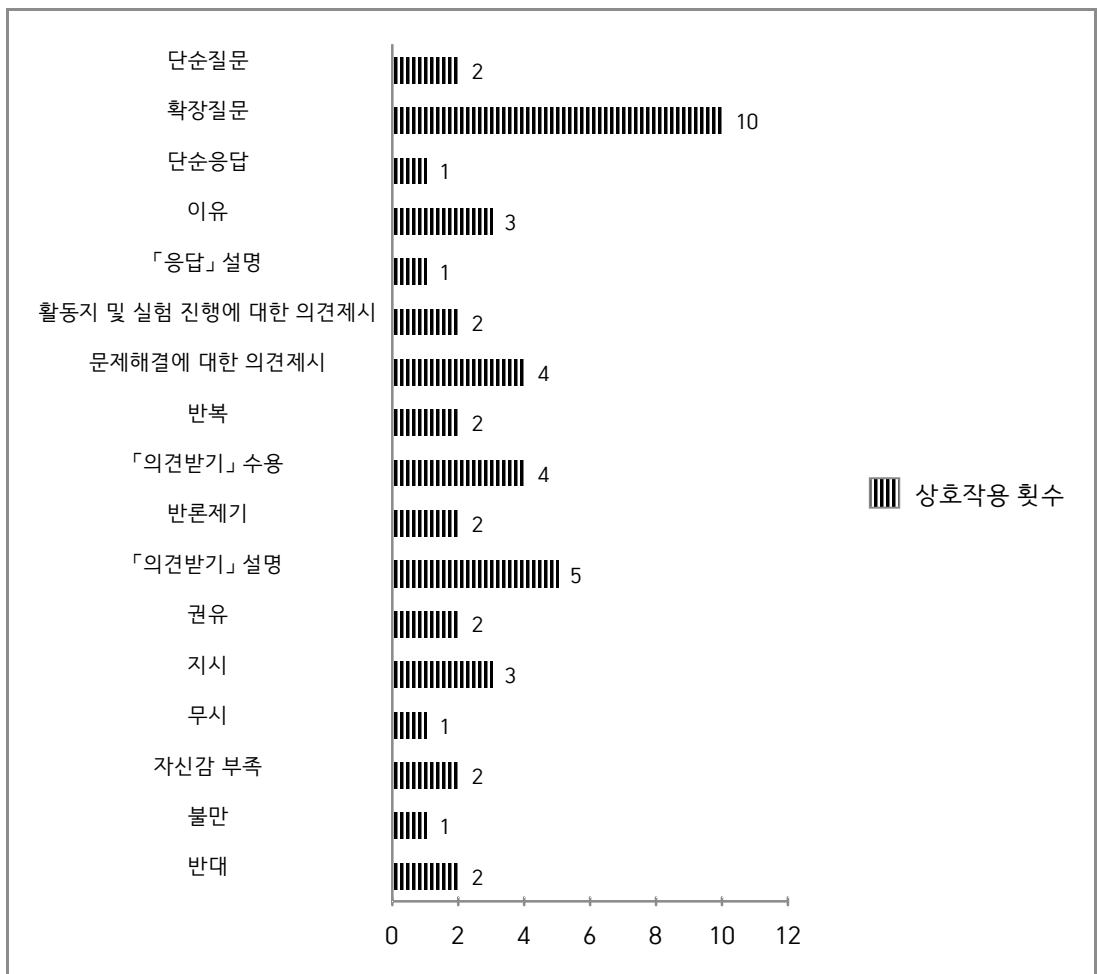
수연: 선생님 다 붙였는데, 어떻게 해요?

교사: 다 했으면 보고서 쓰세요.

(아무런 상호작용 없이 개별로 활동지를 작성함)

표 2를 근거로 B조의 상호작용을 유형화한 결과 확장질문이 10회로 다른 조에 비해 많이 나타났다. 이 외에도 「의견받기」의 하위요소인 ‘설명’ 등 총 17가지의 상호작용 유형이 나타나 비교적 다양한 상호작용이 이루어 졌음을 알 수 있다(그림 7). 확장질문은 실험

방법이나 실험조건, 결과에 대한 의문 제기나 내용에 관한 새롭고 창의적인 질문을 말한다. 이 상호작용 유형은 조별 활동에 있어 모둠 구성원의 적극적인 참여를 유도하고, 활동지에 제시되어 있지 않은 다양한 문제 상황을 제공하여 보다 폭 넓은 사고를 가능하게 한다. 하지만, B조에서 나타난 대부분의 상호작용은 리더(수연)에 의해 제시된 강압적이고 지시적인 질문과 질문에 답하는 모둠 구성원의 응답으로 이루어져 있다. 리더에 의해 제시된 강압적인 질문은 모둠구성원의 소극적인 참여를 유발하였으며, 이는 질문에 답하기를 머뭇거리는 상황과 자신감이 부족한 어투의 응답을 통해 확인할 수 있었다. 이를 통해 효과가 기대되는 상호작용 유형이 나타나더라도 협력적이고 지지적인 조 분위기가 형성되지 않는 한 그 효과를 기대하기 어려움을 알 수 있다.



[그림 7] B조의 유형별 상호작용 빈도

다. C조의 사례

C조는 2명의 구성원으로 이루어진 모둠이다. 사전검사 결과 물질의 상태변화에 따른 분자배열을 묻는 문항에서는 한 명의 학습자만이 정답을 선택하였고, 분자의 개념적 정의를 묻는 문항에 대해서는 두 명 모두 오답을 선택하였다. 이를 통해 C조의 모둠구성원은 공통적으로 분자의 개념적 정의에 대해 오개념을 가지고 있음을 확인하였다.

C조는 부직포를 사용하는 등 비교적 다양한 형태의 모형을 제시하였다. 다음 표 11과 12는 실험 1과 실험 2에 대해 C조 모둠원이 제시한 개별 모형 및 조별 토의 후 선정된 모형을 유형화 한 것이다.

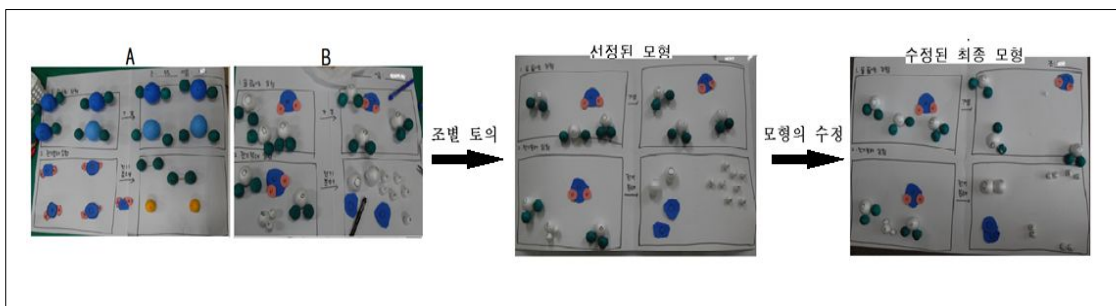
[표 11] 실험 1에 대한 C조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형

모형의 유형	개별 모형		선정된 모형
	a	b	
실험에 대한 표면적 결과에 초점을 맞춘 경우			
성질변화만 고려한 경우	○	○	○
성질변화와 상태변화를 고려한 경우			
성질변화, 상태변화 및 분자 내 인력을 고려한 경우	○		
성질변화, 상태변화 및 분자운동을 고려한 경우			

[표 12] 실험 2에 대한 C조의 개별 모형 및 선정된 모형의 유형

모형의 유형	개별 모형		선정된 모형
	a	b	
산소, 수소를 원자상태로 나타낸 경우		○	○
실험 후 수소 분자를 나타낸 경우	○		

a: 동호, b: 재민



[그림 8] C조의 모형형성 과정

(1) 모형 선정 및 수정 단계에서 C조의 상호작용

다음은 가장 타당할 것 같은 모형 선정 단계에서 이루어진 C조의 상호작용 일부분이다.

재민: 이론적 근거를 대봐.

동호: 내건 두 개(전기분해 후 수소)가 붙어 있는데, 니건 한 개 가 붙어있어. 다른 애들 보면 다른 애들은 다 한 개씩 개인별로 해놨는데 난 두 개를 붙여놨어

재민: 그게 뭐가 이론적이야

동호: 그러니까...니 것이 맞는 것 같아. 그냥 이쑤시개 빼야 될 것 같아

.....

동호: 재민아 한 가지만 물어볼게. 전기분해 실험할 때 수소기체 있는 곳 있지. 거기에 흘렀을 때 성냥불 점점 커졌잖아.

재민: 불이 커진게 아니라 불이 거기에 붙지 않았어?

동호: 아무튼 손 안 뜨거웠어? 그러면 산소가 있던 곳은? 그냥 뜨거웠어?

재민: 둘 다 뜨거웠어. 그러니까 산소는 불이 있잖아. 불이 이만큼 커져서 깜짝 놀랐는데, 수소는 데니까 이렇게 사라져.

동호: 불은 아마 수소가 더 크겠지?

재민: 야 머가 더 빨리 모였지? 수소가 더 빨리 모였나?

동호: 어 수소가 더 빨리 모였어.

재민: 수소가 더 많아서 그랬나?

C조의 모둠 상호작용은 활발히 이루어졌다. 다른 조에 비해 특이한 점은 조별 모형을 선정하는 활동 보다 활동지를 작성하는 과정에서 더욱 활발한 상호작용이 이루어졌다는 것이다. 조별 모형 선정 단계에서 동호가 재민이의 모형에 동의함에 따라 최종적으로 재민이가 제시한 모형이 조의 모형으로 선정되었다. 모형 선정에서 소극적인 모습을 보이던 동호는 활동지를 작성하는 과정에서는 적극적으로 토의 활동에 참여하는 모습을 보였다. 선정한 모형에 대한 C조의 발표내용은 다음과 같다.

재민: 저희는 물을 실험하기 전에 불을 넣었는데 불이 꺼지고 염화코발트 종이가 붉게 변했는데 가열한 후에 나오는 증기에도 똑같은 변화가 일어나서 물을 가열했을 때는 분자가 변하지 않을 거라고 생각 했습니다. 그런데 전기분해 하기 전에는 그래서 물 분자와 생김새가 똑같습니다. 그 다음 두 번째 전기분해 실험에서는 전기분해 실험 전에 똑같이 하나는 불 꺼지고 염화코발트종이도 빨갱게 변했는

데, 전기분해는 하나는 아예 불이 커져버렸고, 하나는 불이 기체에 불이 옮겨 붙어 버려서 게다가 염화코발트 종이도 파란색으로 안 변해가지고~

교사: 파란색으로 안 변해서~?

재민: 아니, 파란색으로 남아서. 빨간색으로 변하지 않아서 근데 무언가 변화가 있을 거라 생각했는데 물은 산소와 수소로 이루어져 있는데,+극에는 불이 훨씬 커졌으니까 +극은 산소만 있는 걸 확인했고, -극에서는 불이 옮겨 붙어서 나머지 수소가 있는 거라 생각해서 이렇게 만들었습니다.

교사: 그러면 첫 번째 실험에서 1번의 모형과 두 번 모형의 차이점이 있나요?

재민: 차이점이 있긴 있는데요.

교사: 그럼 그게 뭔데요?

재민: 아까 우영이가 말한거요

교사: 너희 조에서도 발표해야지~

재민: 이쪽에는 이렇게 뭉치는데 이쪽에는 사이가 어느 정도 떨어져 있습니다.

교사: 왜?

재민: 가열하면 분자의 운동이 활발해서 인력이 떨어져가지고 액체가 기체로 변할 때 분자가 흩어지기 때문입니다.

조별 발표에서 C조는 실험 1에 대한 모형에 나타내지 않았던 분자사이의 거리를 언급하였다. 이는 활동지 3의 ‘조에서 선정한 모형의 문제점’을 적는 문항에 ‘가열 후 (분자사이의) 거리를 멀게 해야 한다’, ‘가열 전, 전기분해 전(분자사이의 거리를) 좀 더 가깝게 해야 한다.’ 라고 응답한 것으로 보아 다른 조의 발표 내용을 통해 피드백을 받은 결과라 볼 수 있다.

교사와 동료 학습자의 피드백을 바탕으로 선정한 모형을 수정하는 단계에서는 서로 협력하여 모형을 수정하였다. 다음은 C조의 모형 수정 단계에서 이루어진 토의활동의 일부분이다.

재민: 이거 이렇게 모으면 되나?(산소원자 두 개를 붙이며)

동호: 이렇게(산소 원자 모형 두 개를 붙이며)

동호: 이건 물이잖아(실험2, 실험 전 물 분자를 가리키며), 이것도 이렇게(가깝게) 붙여야지

재민: 아~ 큰일 날 뻔 했다(실험 2의 실험 전 물 분자를 가깝게 붙이며)

재민: 너무 많이 붙이면 안돼, 너무 많이 붙이면 고체잖아 고체.

동호: 고체..

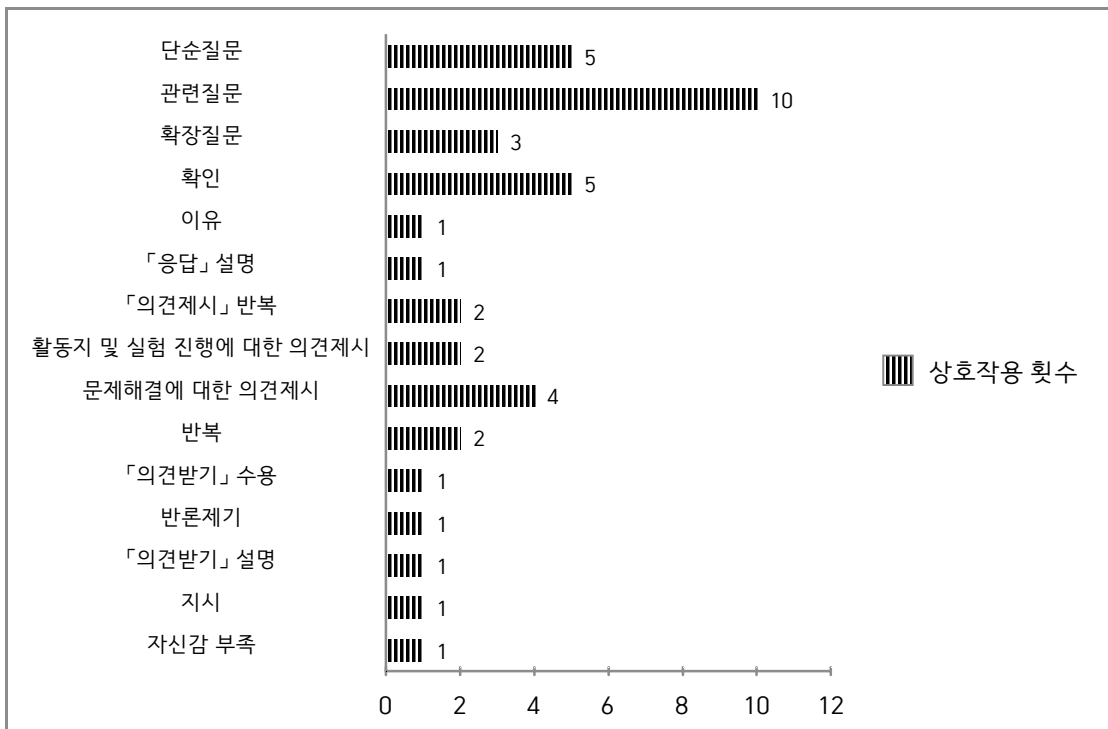
재민: 이건(물 끓이기 실험 후 물 분자모형을 가리키며) 원래 엄청 넓다는데... 좀 가까

운 것 같다.

동호: 공간이 없어, 이게 켈 넓게 붙인거야.

재민: 2번 쓰자(활동지를 집어 들며)

표 2를 근거로 C조의 상호작용을 유형화 한 결과 ‘관련 질문’ 10회, ‘확인’ 응답이 5회로 다른 조에 비해 많이 나타났다(그림 9). ‘관련 질문’과 ‘확인’ 응답은 실험 및 활동지 작성에 있어 그와 관련된 내용을 질문 하거나 응답하는 상호작용 유형이다. 이러한 상호작용 유형이 많이 나타난 이유는 조별 모형을 선정할 때 보다 활동지를 작성함에 있어 더욱 활발한 토의가 이루어졌기 때문으로 사료된다. C조에서 선정된 모형은 B조와 같이 한명의 모형을 따라간 형태를 보였으나, B조와는 달리 어느 한명의 강압적인 주장에 의해 결정된 것이 아니라, 한 명의 모둠원이 다른 한명의 모형을 수용하면서 나타난 결과이다. 또한 활동지를 작성하면서 이루어진 토의 결과를 바탕으로 전기분해 후 산소원자와 수소원자를 각각 따로 모아 표현하는 등 선정한 모형을 수정하는 모습을 확인할 수 있었다. 협력적인 분위기에서 이루어진 상호작용은 실험 결과에 대한 다양한 고려가 이루어지게 하고 선정된 조별 모형이 보다 많은 의미를 내포하도록 수정시키는 결과를 가져왔다.



[그림 9] C조의 유형별 상호작용 빈도

라. 종합논의

A, B, C조는 조별활동에서 서로 다른 특성을 보여주고 있다. A조는 모형을 완성하는데 초점을 맞춘 소극적인 상호작용이 나타났고, B조는 한명에 의해 주도되는 강압적이고 지시적인 상호작용이 나타났다. C조에서는 서로 협력적으로 문제를 해결하는 적극적인 상호작용이 이루어졌다. 각 조의 특성에 따라 나타나는 상호작용 유형도 다음과 같이 서로 다르게 나타났다.

A조는 모형 완성을 위한 의견제시가 12회로 가장 많이 나타났는데, 이것은 모형을 완성 하는데 초점을 맞춘 상호작용의 결과라 할 수 있다. 이러한 상호작용 결과, A조에서 선정한 모형은 모듈원의 모형 중 외관상 ‘그럴 듯한’ 것들을 하나씩 떼어다 붙이는 형태로 나타났다.

B조는 확장질문이 10회로 다른 조에 비해 많이 나타났다. 확장 질문은 구성원의 참여와 폭넓은 사고를 유도할 수 있는 상호작용 유형이지만, 리더에 의해 강압적이고 일방적으로 제시됨으로 인해 그 효과가 제대로 발휘되지 못함을 확인하였다. 결과적으로 조별 모형은 리더의 의견에 따라 구성되고 선정되었다.

C조는 서로 협력적인 상호작용을 통해 문제를 해결하는 특성을 보였다. 이 결과 실험 과정과 활동지 작성에서 서로 질의 응답하는 관련 질문(10회)과 단순질문(5회), 확인 응답(5회) 상호작용이 많이 나타났다. 이 외에도 확장 질문과 문제해결에 대한 의견 제시 등이 고루 나타났다. 비록 조에서 선정한 조별 모형은 한 사람의 유형을 따라 간 것이나, 교사와 동료 학습자의 피드백 이후 서로 협력하여 모형을 수정하는 것을 확인할 수 있었다.

제 3절 Modelling 학습전략에 대한 학습자의 인식 분석

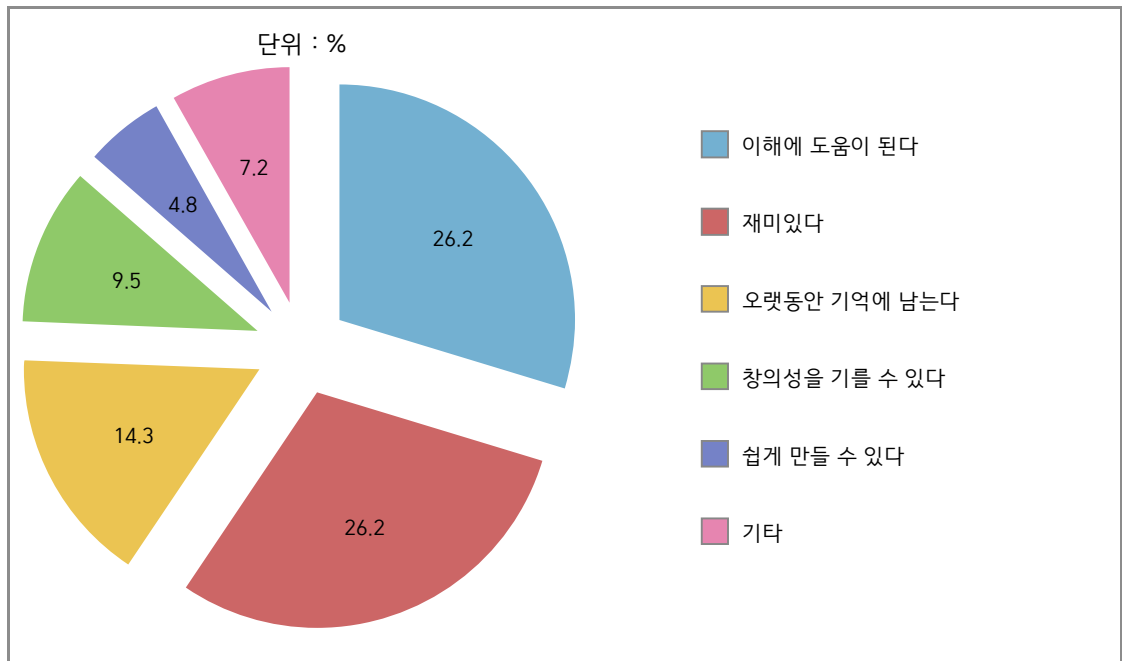
1. Modelling 학습전략에 대한 인식

연구자는 Modelling 학습전략에 대한 학습자의 인식을 알아보기 위해 설문조사(부록 6)를 실시하였다. Modelling 학습이 끝난 이틀 후 수업에 참여한 학습자들에게 설문지 배부하여 충분한 시간을 주고 작성하도록 하였다. 설문지의 첫 번째 지문은 ‘다른 반

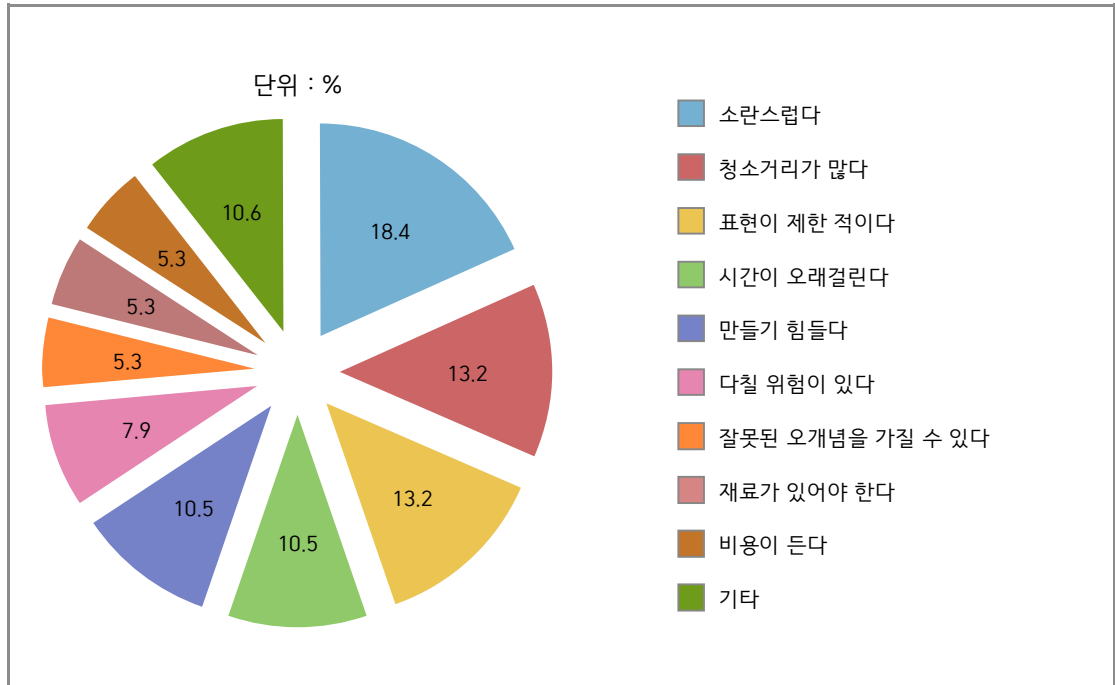
친구들에게 모형 만들기 수업에 대해 설명하는 상황'을 주고 어떻게 설명할 것인가를 작성하도록 하였다. 이 문항은 Modelling 학습전략에 대한 학습자의 이해 정도를 알아 보는데 목적이 있다. 응답 결과는 크게 친구에게 설명하듯 진술한 경우와 자신이 교사가 되어 수업을 진행하듯 진술한 경우가 있었다. 이들 응답은 공통적으로 모형 만들기 수업의 과정과 장점에 대해 언급하였고, '너도 모형 만들기를 해봐, 아마 도움이 될 걸?', '직접 만들어 보니 짬[재미] 있어' 등과 같이 수업에 대한 자신의 느낌을 진술한 경우도 있었다. 전체적인 분석 결과 학습자는 Modelling 학습전략을 대체적으로 잘 이해하고 있음을 알 수 있었다.

2. 모형 만들기에 대한 인식

두 번째 지문은 모형 만들기 수업의 장점과 단점을 적게 하는 것이다. 이 지문에 대해선 다음과 같은 결과가 나왔다.



[그림 10] 모형 만들기 수업의 장점



[그림 11] 모형 만들기 수업의 단점

모형 만들기 수업의 장점으로 가장 많이 나온 의견은 ‘이해에 도움이 된다’ 와 ‘재미 있다’로 각각 전체 응답의 26.2%를 차지하였다. 두 번째로 많이 나온 의견은 ‘오랫동안 기억에 남을 것 같다’로 전체 의견의 14.3%를 차지하였으며, ‘지식 습득이 용이하다’, ‘창의성을 기를 수 있다’가 각각 11.9%, 9.5% 순서로 나타났다. 그 외 ‘쉽게 만들 수 있다’, ‘자신의 생각을 좀 더 쉽게 표현할 수 있다’ 등이 나타났다. 이를 통해 모형 만들기 수업은 학습자의 흥미를 유발시키고 개념이나 현상을 이해하는데 도움을 준다고 볼 수 있다. 수업 투입 2주 후 실시한 사후평가(부록 5)에서 모형형성 학습에 참여한 16명의 학생 중 13명이 85% 이상의 정답률을 보여 이를 확인할 수 있었다.

모형 만들기 수업의 단점으로 가장 많이 언급된 것은 ‘아이들이 장난을 쳐 소란스러웠다’로 전체응답의 18.4%를 차지했다. ‘청소거리가 많다’, ‘표현이 제한적이다’도 각각 13.2%씩 나타나 두 번째로 많은 응답률을 보였으며, 그 외에 ‘만들기가 힘들다’, ‘다칠 위험이 있다’, ‘잘못된 오개념을 가질 수 있다’ 등이 단점으로 언급되었다.

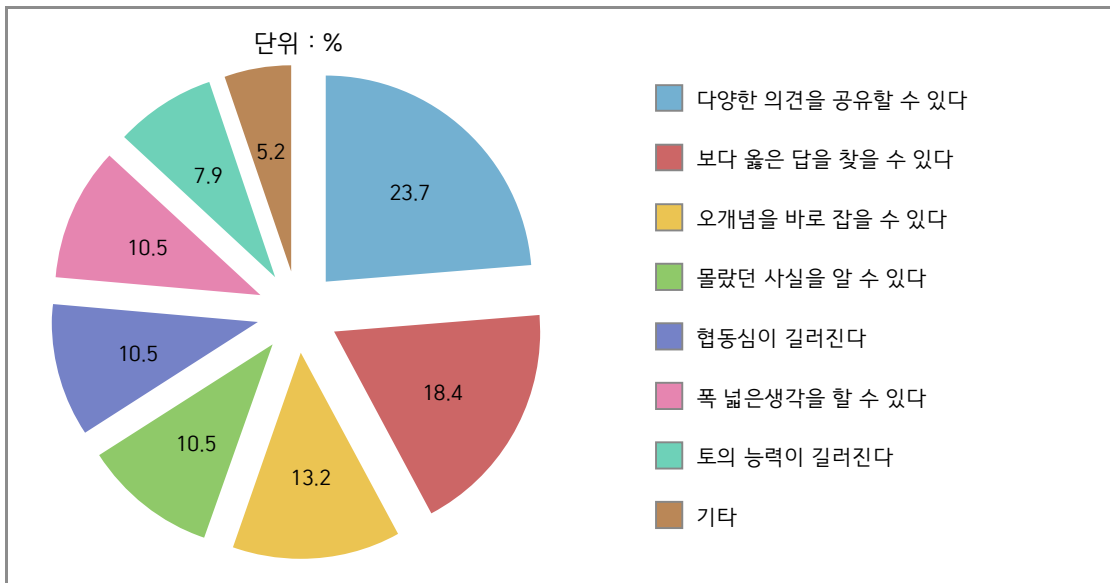
Modelling 학습전략은 조별토의를 통해 모형을 선정하고 수정하는 과정을 포함하기

때문에 이러한 과정에서 학습자들은 쉽게 산만해질 수 있다. 모형 만들기 수업의 단점으로 가장 큰 비중을 차지한 ‘소란스럽다’는 학습자가 보다 적극적으로 수업에 참여할 수 있도록 하는 근본적인 대책이 마련되어야 함을 보여준다. 또, ‘표현이 제한적이다’라는 의견을 통해, 수업의 용이성을 위해 제시한 모형 만들기 재료가 오히려 모형에 대한 학습자의 생각을 제한한 것을 확인할 수 있었다.

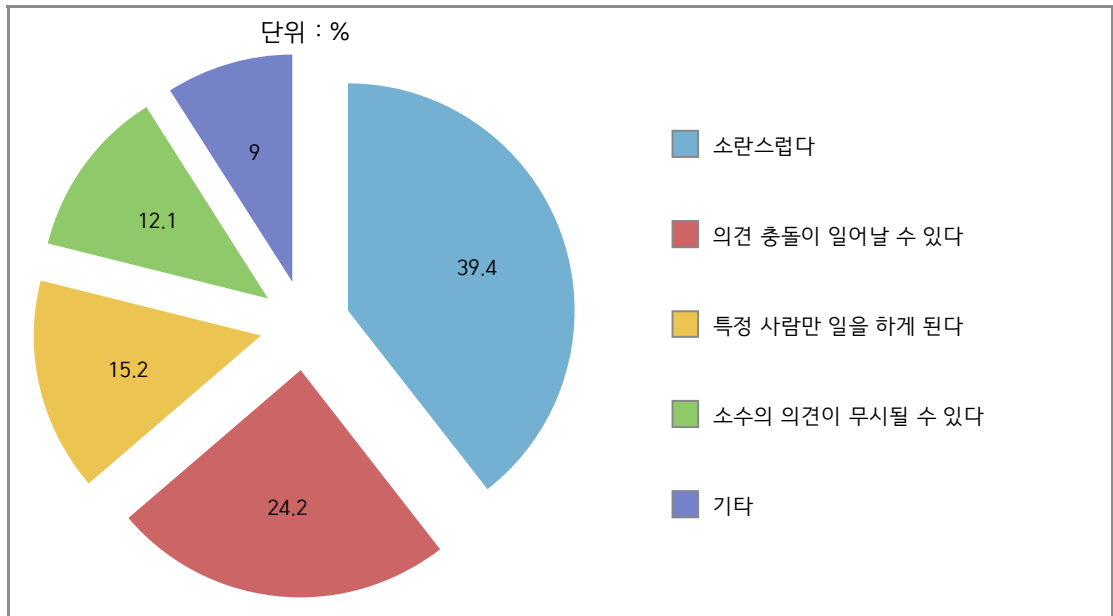
3. 조별 협동학습에 대한 인식

연구자에 의해 개발된 Modelling 학습전략은 학습자의 모형을 사회적 구성 중심의 활동을 통해 과학적 모형으로 변화시키는데 목표가 있다. 본 연구에서 선택한 사회적 구성 중심의 활동은 조별 협동학습이다. 조별 협동학습에서 이루어지는 학습자 사이의 상호작용은 교사와의 상호작용에 비해 자신이 모르는 것에 대한 두려움이 감소한다. 이는 학습자가 의사소통에 보다 쉽게 참여하게 하고, 서로에게 질문을 하거나 의견을 조정하는 활동 등을 촉진시킨다. 연구자는 Modelling 학습전략에서 선정한 조별 협동학습이 실제로 긍정적인 효과를 나타냈는지 확인하기 위해 수업에 참여한 학습자들을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

설문지 조사를 통해 나타난 조별 협동학습의 장·단점은 다음과 같다.



[그림 12] 조별 협동학습의 장점



[그림 13] 조별 협동학습의 단점

조별 협동학습의 장점으로 제시된 가장 많은 응답은 ‘다양한 의견을 공유할 수 있다’로 전체 응답의 23.7%를 차지하였다. ‘보다 좋은 답을 찾을 수 있다’와 ‘오개념을 바로잡을 수 있다’가 각각 18.4%, 13.2%로 나타났으며, 이외에도 ‘몰랐던 사실을 알 수 있다’, ‘생각을 폭 넓게 할 수 있다’, ‘협동심이 길러진다’ 등이 제시되었다. 이 결과를 통해 학습자 또한 조별 협동학습의 장점을 느끼고 있음을 확인할 수 있었다.

하지만 조별 협동학습의 단점으로 ‘소란스럽다’, ‘의견 충돌이 일어날 수 있다’가 각각 39.4%, 24.2%씩 높게 나타났다. 이는 학습자가 조별 협동학습을 제대로 수행하지 못함을 보여준다. 이 외 무임승차 현상, 소수 의견의 무시 등이 단점으로 제시되었다.

제 5장 결론 및 제언

본 연구의 목적은 과학적 모형의 사회적 구성을 강화한 탐구학습 전략을 개발하고, 이를 물리변화 및 화학변화 개념학습에 적용하여 학습자의 모형형성 및 사회적 상호작용의 양상을 이해하는데 있다.

개발된 Modelling 학습전략은 전남소재 N영재교육원에 6차시에 걸쳐 투입되었다. 연구자는 수업 관찰, 촬영, 활동지 분석을 기반으로 학습자의 모형형성 과정과 상호작용 양상을 분석하였고, 설문조사를 실시하여 Modelling 학습전략에 대한 학습자의 인식을 조사하였다. 이러한 연구내용을 바탕으로 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 학습자 스스로 구성한 모형은 자연 현상이나 과학 개념에 대한 학습자의 사고 체계를 반영한다. 따라서 학습자가 제시한 모형을 분석하는 활동은 학습자의 사고 체계를 이해하고 과학학습의 방향을 설정하는데 필요한 정보를 제공하는 효과적인 방법이라 할 수 있다. 하지만, 학습자가 제시한 모형이 학습자의 생각을 모두 반영하는 것은 아님이 확인되었다. 학습자의 생각을 보다 정확하게 이해하기 위해서는 교사의 적절한 피드백과 다양한 방법으로 학습자의 생각을 표현 할 수 있도록 해야 할 것이다.

둘째, 모둠에서 모형을 선정하고 수정하는 활동은 사회적 상호작용 양상에 따라 다르게 나타난다. 적극적이고 협조적인 분위기의 상호작용은 학습자로 하여금 자신이 만든 모형에 대해 스스로 평가하게 하고, 보다 옳다고 생각되는 방향으로 모형을 전환시켰지만, 강압적이고 지시적인 상호작용이 일어난 경우는 개인별로 형성한 모형에 대한 적절한 논의 없이 한사람의 모형이 그대로 받아들여지는 상황이 나타났다.

사회적 구성주의를 강조한 Modelling 학습전략은 사회적 상호작용을 바탕으로 과학 지식이 형성되고 수정되는 과정을 경험하게 함으로써 과학의 본성에 대한 이해를 이끌어 내는 학습 활동이다. 학습자들이 실제 과학의 특성을 보다 잘 이해하기 위해선 서로의 생각을 충분히 논의하고 사회적 합의를 통해 모형을 선정하는 활동이 이루어져야 한다. 따라서 교사는 모둠 구성원 모두가 서로 협력적으로 상호작용하여 합의된 모형을 이끌어 낼 수 있도록 적극적으로 도와야 할 것이다.

셋째, 모형 만들기 수업에 대한 학습자의 인식을 조사한 결과, Modelling 학습전략이 자연현상 및 과학개념을 학습하는데 긍정적인 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 많은 학습자들이 모형 만들기 수업의 단점으로 '소란스럽다'를 지적한 것으로 보아 Modelling 학습이 보다 효과적으로 이루어지기 위해선 다음과 같은 노력이 필요할 것

으로 보인다. 먼저 Modelling 학습전략 자체에 대한 교육을 통해 학습자들이 수업에 대한 필요성을 느껴 수업에 적극적으로 참여할 수 있게 한다. 또한 학생들에게 토론을 하는 구체적인 방법을 알려주어 토론학습에서 겪는 학습자들의 어려움을 감소시켜야 한다.

모형 만들기 수업의 단점으로 제시된 ‘제한적이다’, ‘모형은 만들기 어렵다’, ‘재료 구입을 위한 비용이 든다’의 의견은 수업의 용이성을 위해 제공한 모형 재료가 오히려 모형에 대한 학습자의 생각을 제한하는 것으로 분석된다. 따라서 모형 만들기 활동에 있어 학습자가 직접 그 방법과 재료를 선정하게 해야 할 것이다.

넷째, 조별 협동학습의 장점과 단점을 설문한 결과 장점으로서는 ‘다양한 의견을 공유할 수 있다.’, ‘보다 좋은 답을 찾을 수 있다.’, ‘오개념을 바로 잡을 수 있다.’ 등의 응답이 나타나 학습자 또한 협동학습으로 기대되는 효과를 실질적으로 느끼고 있음을 말해주었다. 하지만 협동학습의 단점으로 모형 만들기와 동일한 ‘소란스럽다’ 의견이 39.2%의 높은 비율로 나타났고, ‘의견 충돌이 일어날 수 있다’가 24.3%로 나타났다. 원활한 조별 협동학습이 이루어지기 위해서는 안전하고 지지적인 협력 학습 분위기를 조성하고, 교사와 학생, 학생과 학생 사이의 상호존중, 유대, 신뢰 및 호감을 형성 할 수 있도록 노력해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 권재술, 김범기 (1944). 초 , 중학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. *한국과학교육 학회지*, 14(3), pp. 251-264.
- 김재우, 오원근 (2002). 중학교 1학년 상위권 학생들의 적절한 탐구 문제에 대한 생각. *한국과학교육학회지*, 22(2), pp. 261-266.
- 박종윤, 김지영, 남정희, 이상권, 최병순 (2002). 상관논리 활동을 통한 중학생들의 상관 논리 유형 변화. *한국과학교육학회지*, 22(4), pp. 696-705.
- 오필석 (2009). 과학과 과학 교육에서 사용되는 모델에 관한 예비 초등 교사들의 인식. *한국초등과학교육학회*, 28(4), pp. 450-466.
- 이현영, 장영실, 성숙경, 이상권, 강성주, 최병순 (2002). 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 과정에서 학생-학생 상호작용 양상 분석. *한국과학교육학회지*, 22(3), pp. 660-670.
- 정석진, 한수진, 노태희 (2002). 과학 개념 학습에서 협동적 소집단 토론의 효과. *한국 과학교육학회지* 22(1), pp. 93-101.
- Anderson, C. W. (2007). Perspectives on science learning. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. p. 1330.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), pp. 175-218.
- Clement, J. (2008). Student/teacher co-construction of visualizable models in large group discussion. *Model based learning and instruction in science*. Springer, pp. 203-243.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and equity in science education. In J.K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhel (Eds.), *Visulization: Theory and practice in science education*. Springer, p. 325
- Gilbert. J., & Boulter. C. J. (2000). *Developing Models in Science*. Kluwer Academic Publishers.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. L. (1991). Understanding models and

- their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), pp. 799–822.
- Halloun, I. A. (2006). *Modeling theory in science education*. Springer.
- Harding, P., & Hare W. (2000). Portraying Science Accurately in Classrooms: Emphasizing Open-Mindedness Rather Than Relativism. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(3), pp. 225–236.
- Harrison, A. G., & Treagust. D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), pp. 509 - 534.
- Hestenes, D. (2006). Notes for a modelling theory of science, cognition and instruction. In E. Berg, T. Ellermeijer, and O. Slooten (Eds.) Proceedings GIREP Conference 2006; *Modelling in physics and physics education*. Amsterdam: University of Amsterdam, pp. 34–65
- Hodson, D. (1990). A Critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71(256), pp. 33–40.
- Hodson, D. (1998). *Teaching and learning science: Towards a personalized approach*. Open University Press.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), pp. 28–54.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teacher's views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), pp. 369–387.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., Holubec, E. J., & Roy, P. (1984). *Circle of learning*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Printed in the United States of America.
- Kumpulainen, K., & Wray, D. (2002). *Classroom interaction and social learning: From theory to practice*. Routledge, New York. p. 170.
- Lazarowitz, R., & Karsenty, G. (1990). Cooperative Learning and Students' Self-Esteem in Tenth Grade Biology Classrooms'. In S. Sharan(ed),

- Cooperative Learning, Theory and Research*, Praeger Publishers. New York, pp. 123-149.
- Magoon, A. J. (1977). Constructivist approaches in educational research. *Review of Educational Research*, 47(4), pp. 651-693.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study application in education*. San Francisco, Jossey-Bass. U. S. A.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), pp. 191-196.
- Newman, D., Griffin, P., & Cole, M.(1989). *The construction zone : working for cognitive change in school*. Cambridge University Press.
- Okebukola, P. A. (1986). Cooperative learning and students' attitudes to laboratory work. *School Science and Mathematics*, 86(7), pp. 582-590.
- Or-Bach, R., & Van Joolingen, W. R. (2004). Designing Adaptive Interventions for Online Collaborative Modeling. *Education and Information Technologies*, 9(4), pp. 355-375.
- Rowell, P. M., & Ebbers, M. (2004). Shaping school science: competing discourses in an inquiry-based elementary program. *International Journal of Science Education*, 26(8), pp. 915-934.
- Roychoudhury, A., & Roth, W. (1996). Interactions in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, 18(4), pp. 423-445.
- Schwartz, D. L. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), pp. 610-645.
- Singer, J., Marx, R. W., Krajcik, J., & Chambers, J. C. (2000). Constructing Extended Inquiry Projects: Curriculum Materials for Science Education Reform. *Educational Psychologist*, 35(3), pp. 165-178.
- Snir, J., Smith, C. L., & Raz, G. (2003). Linking phenomena with competing underlying models: A software tool for introducing students to the particulate model of matter. *Science Education*, 87(6), pp. 794-830.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society*. Harvard University Press.
- Wallace, C. W., Tsoi, M. Y., Calkin, J., & Darley, M. (2003). Learning from

- inquiry-based laboratories in nonmajor biology: An interpretive study of the relationship among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), pp. 986-1024.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), pp. 112-143.
- Woolnough, B. E. (2000). Authentic science in school? - An evidence-based rationale. *Physics Education*, 35(4), pp. 293-300.
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., Mendelovici, R., & Valanides, N. (2004). Dynamic, open inquiry in biology learning. *Science Education*, 88(5), pp. 728-753.

부 록

<부록 1> MLC를 적용한 Modelling전략

<부록 2> 물질 변화에서의 규칙성 단원의 MLC적용 Modelling학습전략: 6차시

<부록 3> 수업 활동지: 6차시 활동지

<부록 4> 사전개념 검사지

<부록 5> 사후 형성평가지

<부록 6> 설문지

<부록 1> MLC를 적용한 Modelling전략

단계		전략	교사활동	학생활동	주요 상호작용
1 단계	흥미 유발 및 선개념 확인		<ul style="list-style-type: none"> ▶학생들의 주의를 집중시키고 흥미를 유발하여 학습 동기를 부여 ▶학생들의 선개념 확인 ▶필요할 경우 선수개념 도입 		
2 단계	명목상의 모형형성 (개별)	Modelling	<ul style="list-style-type: none"> ▶학생들이 개념 또는 현상에 대해 다양한 사고를 할 수 있도록 안내 ▶그림이나 도구 등을 사용하여 개념·현상에 대한 자신의 생각을 표현할 수 있게 유도 	<ul style="list-style-type: none"> ▶개념이나 현상에 대한 자신의 생각을 최대한 구체적이고 명확하게 표현 ▶다양한 방법으로 자신의 생각을 표현 	교사-학생
		사회적구성주의	▶적절한 사고유도 질문과 피드백 제공; 상호작용 형성평가와 지연/재생 피드백		
3 단계	타당할 것 같은 모형선정	Modelling	▶제시된 각각의 Model이 설명할 수 있는 것(현상, 이론 등)과 설명할 수 없는 것을 생각해 보도록 함	<ul style="list-style-type: none"> ▶제안된 각각의 Model의 장·단점 고려 ▶제안된 각각의 Model을 경험적, 합리적으로 평가 	학생-학생
	(소집단)	사회적구성	▶학습자가 적극적으로 참여할 수 있도록	▶자신의 생각과 다른 학생의 생각 비교	

		성주의	분위기 조성 ▶학생들의 견해 교환을 촉진 ▶서로 다른 의견을 조율하여 합의된 Model에 도달 할 수 있도록 안내 ▶상호작용 형성평가와 지연/재생 피드백 제공	▶조 구성원간의 토론을 통해 수정 보완하여 가장 그럴듯한 Model 선정	
4 단 계	전체 학급 발표	Modelling		▶다른 조가 선정한 Model의 장,단점 파악	학 생 - 학 생
		사회적구성주의	▶효과적인 발표가 이루어 질 수 있도록 안내 ▶학생들이 사고를 재구성할 수 있도록 충분한 시간적 여유 제공 ▶상호작용 형성평가와 지연 피드백 제공	▶조별 토의를 통해 얻은 그럴듯한 Model을 학급 전체에 발표	
5 단 계	모형 평가 (교사의 적극적 개입)	Modelling	▶다른 조가 선정한 Model과 비교하여 자신의 조에서 선정한 Model을 평가 할 수 있도록 유도 ▶각 조에서 선정한 model이 갖는 문제점을 인식할 수 있도록 논리적 비약 및 불일치 사례 등을 제시 ▶필요할 시엔 Target model 형성을 위한 필수 개념을 도입하거나 증거자료를 제시	▶다른 조가 선정한 Model과 자신의 조에서 선정한 Model을 비교 분석 ▶선정한 Model에서 추측된 다양한 가설들이 다른 것과 일관 되는지 확인 ▶선정한 Model이 갖는 문제점을 인식 ▶증거를 기반으로 제안된 Model을 평가	교 사 - 학 생


			▶Target model에 도달 할 수 있도록 적절한 Scaffolding 제공		
		사회적구성주의	▶학생들의 견해 교환 촉진 ▶학생들이 사고를 재구성할 수 있도록 충분한 시간적 여유 제공 ▶상호작용 형성평가와 지연/재생 피드백 제공	▶조 구성원 간 토의를 통해 선정된 Model들을 평가	
6 단계	가장 합리적인 모형선정	Modelling	▶과학적이고 논리적인 Model을 선정할 수 있도록 피드백 제공	▶Target model을 설명하기 위한 가장 합리적인 모델 선정.	학생-학생
		사회적구성주의	▶학생들의 견해 교환 촉진 ▶의견을 조율하여 Target model에 도달 할 수 있도록 안내	▶조 구성원간의 토의를 통해 Target model을 설명하기 위한 가장 합리적인 Model 선정	
7 단계	적용 및 확장	Modelling	▶학생들이 습득한 Target model을 다양한 상황에 적용할 수 있도록 유도 ▶목표 개념에 대한 초기 모델과 최종 선정된 모델 간의 차이점에 대해 생각해 보게 함 ▶최종 선정된 모델이 갖는 제한점에 대해	▶최종적으로 선정한 Model을 여러 다른 상황에 적용시켜 봄으로써 정교화 함 ▶자신이 형성한 초기 Model과 토의 및 교사의 피드백에 의해 새롭게 형성한 Model을 비교 ▶최종적으로 선정한 Model의 제한점에 대	학생-학생

		논의하도록 안내함	해 논의	
	사회적구 성주의	▶학생들이 다양한 사고를 할 수 있도록 개방형 질문 제시 ▶학급 전체 학생들이 참여할 수 있도록 분위기 조성		

<부록 2> 물질 변화에서의 규칙성 단원의 MLC적용 Modelling 학습전략: 6차시

대단원	5. 물질 변화에서의 규칙성	소단원	(1). 물질의 변화
차시	3시간	수업모형	MLC를 적용한 Modelling
학습목표	1. 물리변화와 화학변화를 구별할 수 있다 2. 물리변화와 화학변화를 모형으로 설명할 수 있다.		

◎수업모형: MLC를 적용한 Modelling

차시	단계	과학적 모형	교수 학습 활동	학생-학생 사회적 구성 활동	교사-학생 상호작용	시간
1,2차시	도입		▶모형에 관한 소개		▶모형은 눈에 보이지 않는 대상을 나타내어 개념의 이해를 돕고, 학습자 자신의 생각을 표현할 수 있는 수단임을 인식시킨다.	10'
		흥미 유발 및 선개념 확인	▶흥미유발 우리 주변에서 볼 수 있는 화학 변화와 물리 변화를 보여줌(동영상으로). 		▶개방형 질문 제공 T. 변화란 무엇일까요? ▶일상생활과 과학적 개념 연결시키기 ▶ PPT: 물리변화와 화학변화에 대한 동영상을 제시하여 학	

				<p>습자의 흥미를 유발시킨다. T.다음 변화들을 네 개의 동영상을 보고 비슷한 것 끼리 분류해 봅시다. 왜 그렇게 생각하나요?</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">실 험</p>		<p>▶ 실험 물 끓이는 실험 & 물의 전기분해 실험을 수행한다.</p>   <p>실험1. 물 끓이기 실험2. 물의 전기분해</p>	<p>조별로 실험을 한다(조별) 활동지를 작성한다(개별)</p>	<p>▶ PPT: 실험방법, 유의사항, 염화코발트종이의 특성 ▶ 분자에 대한 선개념을 확인. ▶ 실험에 앞서 물은 수소 2개와 산소 1개로 이루어진 입자임을 언급한다. ▶ 조원들이 협력하여 실험을 수행할 수 있는 분위기를 조성한다. ▶ 불과 전기를 다루는 실험으로 실험 시 주의 사항을 확실히 알려준다.</p>	<p>45'</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">활 동</p>		<p>▶ 활동지 작성 실험 전후의 반응물과 생성물의 특성 비교</p>	<p>수행한 실험을 바탕으로 활동지를 작성한다.</p>	<p>▶ 학습자가 활동지를 작성할 수 있도록 안내한다.</p>	<p>25'</p>

지 작 성 수		<ul style="list-style-type: none"> -염화코발트 종이를 갖다 대어 본다. -성냥에 불을 붙이고 갖다 대어 본다. 			
업 마 무 리		<ul style="list-style-type: none"> ▶실험 정리 ▶차시 예고 			10'

차시	단계	과학적 모형	교수 학습 활동	학생-학생 사회적 구성 활동	교사-학생 상호작용	시간
3,4차시	전시 학습 상기		<p>▶ 전시 학습 상기</p> <p>- 실험 1의 물 끓이기 실험에서 실험 전후 반응물과 생성물엔 어떤 차이가 있는지 확인</p> <p>- 실험 2의 물의 전기분해 실험에선 실험 전후 반응물과 생성물엔 어떤 차이가 있는지 확인</p> <p>▶ 선개념 확인</p> <p>ex) 물은 수소 2개와 산소 1개로 이루어진 것을 언급- H₂O</p>		<p>▶ 학생들의 선개념 확인</p> <p>T: 실험 1,2 결과가 어떤 차이가 있었죠?</p> <p>▶ 필요할 경우 선수개념 도입; 분자 개념과 물 분자에 대한 개념</p>	10'
	명목상의 모형 형성 (개별)		<p>▶ 재료(스티로폼 공, 이쑤시개, 부직포 등)를 활용하여 모형 만들기</p> <p>- 현상에 대한 자신의 생각을 여러 가지 재료를 이용하여 나타낸다.</p> <p>- 실험 1, 2에서 반응을 하기 전의 물 분자를 다양한 재료를 활용하여 나타내기</p> <p>- 실험 1, 2의 반응 후 만들어 지는 생성물을 위에서 사용한 재료로 활용하여 나타내기</p>	<p>▶ 주전자 속의 물과 물을 끓임으로써 만들어지는 기체 & 물과 전기분해 후의 (+)극, (-)극에서 나오는 기체에 대한 개인별 모형 구성</p>	<p>▶ 실험결과에 대한 이유를 학습자 스스로 생각해 볼 수 있도록 적절한 사고유도 질문과 피드백 제공: 상호작용 형성평가와 지연/재생 피드백</p> <p>▶ 재료를 이용해 실험 1, 2 결과를 분자적 차원의 모형으로 나타내게 유도함 (재료 선택은 원하는 것으로 할 수 있도록 한다.)</p>	20'

		<p>▶활동지 작성</p> <p>학습자는 4절지 위에 자신이 만든 모형을 올려 놓고, 교사는 조별로 이동하며 사진을 찍는다.</p>		<p>T: 물 분자는 어떤 원소로 이루어져 있나요?</p> <p>T: 실험 1,2에 의해 어떤 변화가 생길까? 이것을 앞서 만든 물 분자로 표현해봅시다.</p>	
	타당할 것 같은 모델 선정(조별)	<p>▶각 실험에 대해 모둠원이 작성한 모형 비교</p> <p>▶(모형 선정)모둠 구성원 토의를 통해 가장 타당하다고 생각되는 모형 선정</p> <p>▶활동지 작성</p>	<p>▶제안된 각각의 Model 비교.</p> <p>▶제시된 모형들 중 이전에 학습한 내용과 불인치 되는 점은 없는지 논의</p> <p>▶소집단 토의를 통해 가장 타당할 것 같은 모형 선정</p> <p>▶합의된 공동 모형 구성</p>	<p>▶견해 교환 촉진</p> <p>T:자신의 생각을 친구에게 설명해보세요.</p> <p>T:나의 생각이 다른 친구의 생각과 어떻게 다를까요?</p>	30'
	전체 학급 발표	<p>▶각 모둠에서 선정한 모형을 각 모둠의 대표가 발표한다.</p>	<p>▶모둠에서 선정한 모형을 학급 전체에 발표</p> <p>▶활동지에 다른 모둠에서 선정한 모형의 장, 단점을 간략히 적는다.</p>	<p>▶상호작용 형성평가와 지연 피드백 제공</p> <p>T:모둠이 발표한 모형에 대해 궁금한 것이 있나요?</p>	20'
수		다른 조의 에서 선정한 모형 발표를 보고 발표			

업 마 무 리	소감을 활동지에 작성해 오게함			10'
------------------	------------------	--	--	-----

차시	단계	과학적 모형	교수 학습 활동	학생-학생 사회적 구성 활동	교사-학생 상호작용	시간
5,6차시	전시 학습 확인		▶각 모듈에서 발표한 모듈 상기 (조별로 만든 모형을 PPT로 보여주기)			10'
	선정한 Model 평가 (교사의 적극적 개입)	▶조별로 선정된 모형에 대해 교사와 동료 학습자의 피드백 ▶학습자는 교사의 피드백을 참고하여 다른 모듈에서 선정한 모형의 장단점을 모듈원들과 토의한다.	▶다른 모듈이 선정한 화학 변화&물리 변화 모형과 자신의 모듈에서 선정한 모형을 비교 분석 ▶모듈에서 선정한 모형이 갖는 문제점 인식 ▶모듈 구성원 간 토의를 통해 선정된 모형의 평가	▶의견 교환 촉진 T:다른 모듈에서 선정한 모형이 갖는 문제점들은 없는지 생각해 보자 ▶교사는 각 모듈에서 선정한 모형이 갖는 문제점을 인식할 수 있도록 논리적 비약 및 불일치 사례 등을 제시 ▶필요한 개념 도입(계수비, 이원자분자 등)	15'	
	모달 것	▶모형 수정 -교사의 스캐폴딩과 다른 조와의 상호작용을	▶모듈에서 선정한 모형을 모듈원과 논의하여 수정한	▶각 모듈에서 선정한 모형에 대한 수정이 적절히 일어날 수	30'	

수정 모델 수정	같은 Model 선정 ↓ 전체 학급 발표 및 토의	바탕으로 초기 선정한 모형을 수정. -수정한 모형의 발표 ▶활동지 작성	다.	있도록 피드백 제공 ▶교사의 피드백 및 평가	
	가장 합리적인 Model 선정	▶최종 모형 선정 ▶활동지 작성 선정한 모형을 이용하여 실험 1과 실험 2의 결과를 설명	▶다른 조에서 수정한 모델과 교사의 스캐폴딩을 바탕으로 모두 원과의 논의를 통해 최종 모형 선정	▶교사는 실험 1과 2에 대해 각 조에서 선정한 최종모형이 갖는 차이점을 생각해 보게 한다(이렇게 함으로써 실험 1의 경우 분자의 배열이 변하고, 실험 2의 경우는 원자의 배열이 변한 것을 인지할 수 있도록 돕는다. 분자가 변한다는 것은 무엇을 의미하는지 생각해 볼 수 있도록	15'

				<p>함.)</p> <p>▶수정된 모델을 바탕으로 실험 1과 실험2의 변화를 정의해보게 함</p> <p>▶물리변화와 화학변화의 용어 도입- 앞에 흥미유발 선개념조사에서 했던 활동 끌어내기.</p>	
	적용 및 확장	<p>▶우리 주변에서 볼 수 있는 물리변화와 화학변화에 어떤 것이 있을지 찾아보게 함(모형형성과 관련지어 다시 생각해 보자)</p> <p>▶선정된 모형이 갖는 제한점 논의</p>	▶모형의 제한점 논의	<p>▶물리변화와 화학변화의 다양한 사례를 제시하고 최종 선정한 모형을 이용하여 사고하도록 유도함</p> <p>▶모형이 갖는 제한점을 생각해 보게 함</p>	15'
수업 마무리		▶ 증거를 바탕으로 모형을 형성하고 사회적 합의를 통해 모형을 수정·보완 하는 활동은 실제 과학지식이 형성되는 방법 중 하나임을 설명하고, 지금까지 한 활동이 과학에서 어떤 의미를 갖는지 생각하게 한다.			5'

<부록 3> 수업 활동지: 6차시 활동지

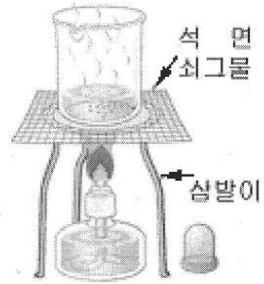
<활동지1>

대단원	V.물질변화에서의 규칙성	소단원	1. 물질에 일어나는 변화
학습목표	1.물리변화와 화학변화를 구별할 수 있다		
날짜: 년 월 일	1학년 조: 이름:		

[실험하기]

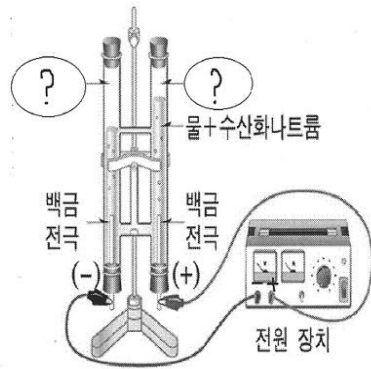
1. 물 끓이기

- (1)준비물: 비이커, 물, 삼발이, 알코올램프, 염화코발트종이, 성냥
- (2) 실험방법
- ① 비이커에 물을 반 채운 후 염화코발트 종이와 성냥불을 가져다 대고 변화를 관찰한다.
 - ② 비이커에 가열장치로 끓인다.
 - ③ 발생하는 수증기에 성냥불을 대어본다.
 - ④ 물이 끓어 발생하는 수증기에 푸른색 염화코발트 종이를 대어 색깔의 변화를 관찰한다.
- (3) 주의사항
- 알코올램프가 넘어가지 않도록 유의한다.
 - 가열하여 나오는 김이 아닌 수증기에 염화코발트 종이를 댄다.



2. 물의 전기분해

- (1) 준비물: 호프만 전기분해 장치, 물, 비커, 수산화나트륨, 성냥, 염화코발트 종이
- (2) 실험방법
- ① 수산화나트륨을 조금 넣은 물이 담긴 비이커에 염화코발트 종이와 성냥불을 가져다 대고 변화를 관찰한다.
 - ② 수산화나트륨 수용액을 전기분해장치에 가득 채운다.
 - ③ 집게전선으로 전지의 (+)극과 (-)극에 각각 연결한다.
 - ④ (+)극에 연결된 관의 콕을 열고 성냥의 깜부기불을 대어본다.
 - ⑤ (-)극에 연결된 관의 콕을 열고 성냥불을 대어 본다.
 - ⑥ (+)극에 연결된 관의 콕을 열고 푸른색 염화코발트종이를 대어본다.
 - ⑦ (-)극에 연결된 관의 콕을 열고 푸른색 염화코발트종이를 대어본다.
- (3) 주의사항
- 전기분해장치를 넘어뜨리지 않게 조심 한다.
 - 비이커에 담긴 물엔 소량의 수산화나트륨이 들어가 있으므로 손으로 만지거나 마시지 않는다.



1. 실험을 하고 난 후, 염화코발트 종이를 갖다 대었을 때 색변화와 성냥불을 갖다 대었을 때 나타나는 변화를 적어보아라.

<물을 끓이는 실험>

1. 성냥불을 갖다 대었을 때

2. 염화코발트 종이를 갖다 대었을 때

1. 성냥불을 갖다 대었을 때

2. 염화코발트 종이를 갖다 대었을 때

<물의 전기분해>

1. 성냥불을 갖다 대었을 때

2. 염화코발트 종이를 갖다 대었을 때

1. 성냥불을 갖다 대었을 때

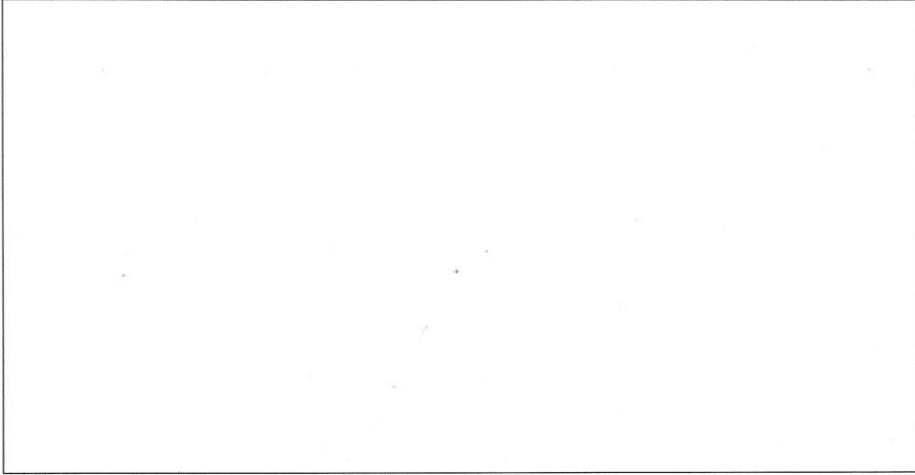
2. 염화코발트 종이를 갖다 대었을 때

1. 성냥불을 갖다 대었을 때

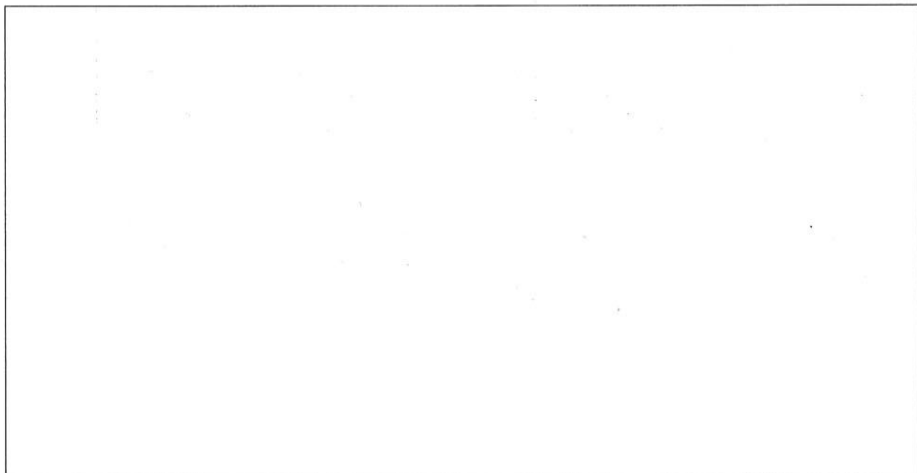
2. 염화코발트 종이를 갖다 대었을 때

2. 다음 두 개의 보기 중 하나를 선택하고 이유를 적어보시오.

* 주전자 안의 물과 물이 끓어서 나오는 물질의 성질은(① 같다 / ② 다르다)는 것이다.
그렇게 생각한 이유는?



* 전기분해를 하기 전 물과 전기분해 실험 후 (+)극과 (-)극에서 나오는 물질의 성질은
(① 같다 / ② 다르다)는 것이다.
그렇게 생각한 이유는?



<활동지2>

대단원	V.물질변화에서의 규칙성	소단원	2. 물질에 일어나는 변화
학습목표	1.물리변화와 화학변화를 구별할 수 있다 2.물리변화와 화학변화를 입자 모형으로 설명할 수 있다.		
날짜: 년 월 일	1학년 조: 이름:		

1. 비이커 속 물이 끓으면 어떤 변화가 있을까요?

1-1. 물을 끓이기 전 비이커 속의 물 분자를 모형을 이용해 4개씩 만들어 보세요.

▶ 만든 모형은 4절지에 붙이세요.

1-2. 비이커 속의 물을 끓이면 1-1에서 만든 모형이 어떻게 변할까요? 모형을 이용해 만들어 보세요.

▶ 만든 모형은 4절지에 붙이세요.

2. 물을 전기분해하면 어떤 변화가 있을까요?

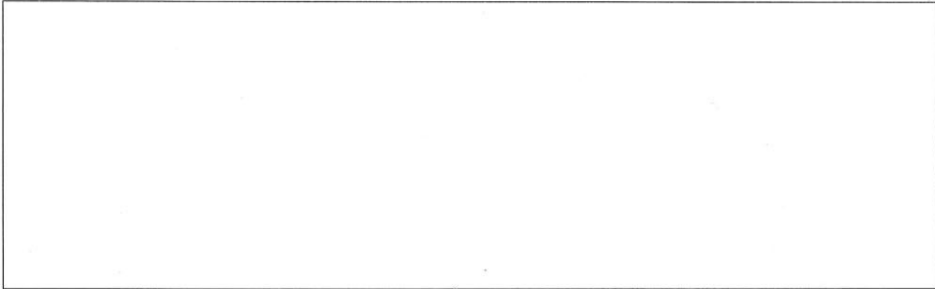
2-1. 물을 전기분해 하기 전 비이커 속 물 분자를 모형을 이용해 4개씩 만들어 보세요.

▶ 만든 모형은 4절지에 붙이세요.

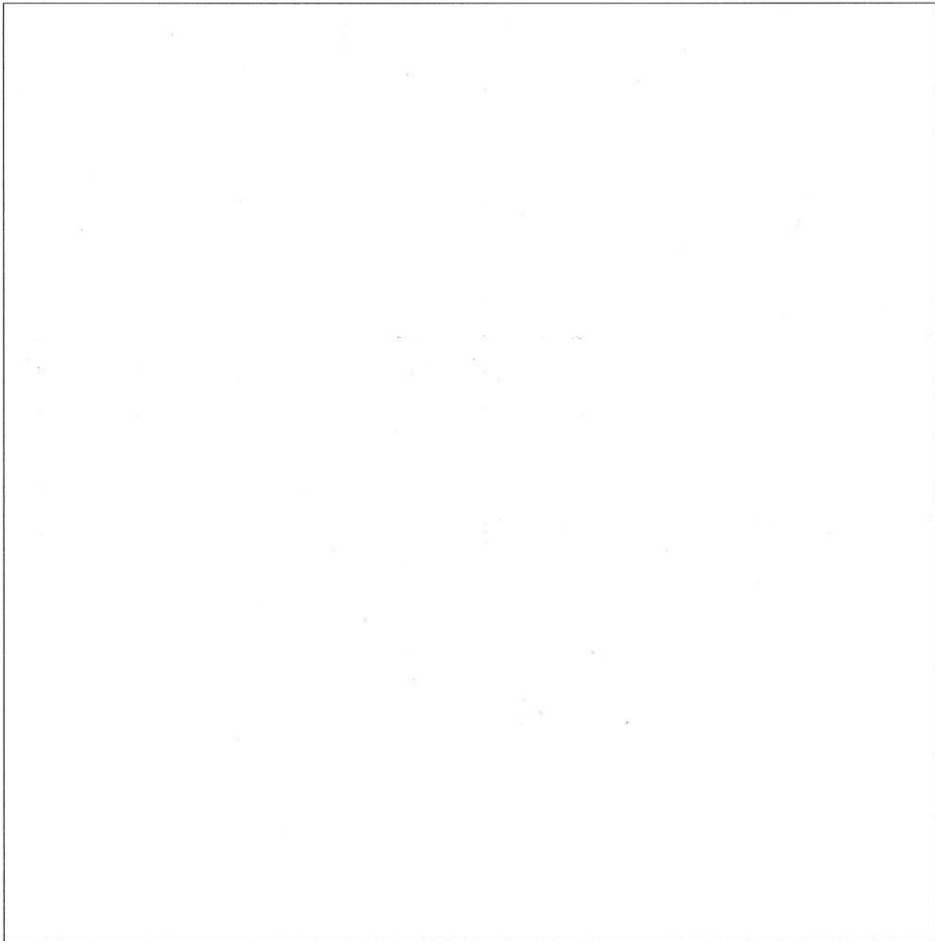
2-2. 물을 전기분해 하면 2-1에서 만든 모형이 어떻게 변할까요? 모형을 이용해 만들어 보세요.

▶ 만든 모형은 4절지에 붙이세요.

3. 모둠원들의 토의를 거쳐 가장 타당한 모형을 만드세요. 만든 모형에서 모형의 각 재료가 뜻 하는 것은 무엇인가요? ex) 하얀색 공 - 예립
이쭈시개 - 재민



4. 모둠에서 만든 모형에 대해 특징과 그렇게 만든 이유와 특징을 설명해 보세요.



〈활동지3〉

대단원	V.물질변화에서의 규칙성	소단원	3. 물질에 일어나는 변화
학습목표	1. 물리변화와 화학변화를 구별할 수 있다 2. 물리변화와 화학변화를 입자 모형으로 설명할 수 있다.		
날짜: 년 월 일	1학년 조: 이름:		

1. 조에서 만든 모형의 문제점이 무엇인지 찾아 적어보고, 이 문제점을 해결한 모형을 만들어 보세요.

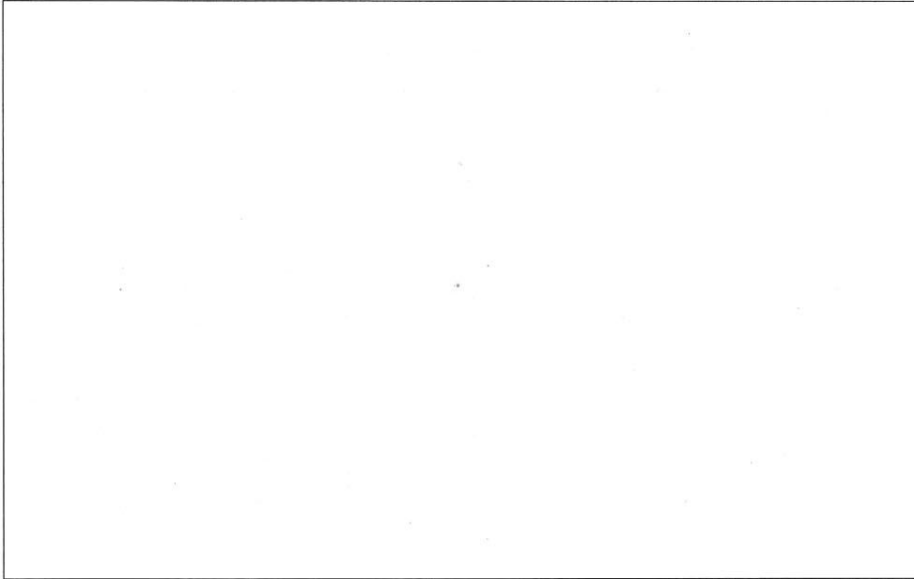
(① 물 끓이는 실험에서의 모형, ② 물의 전기분해 실험에서의 모형)

▶ 새로 만든 모형은 4절지에 붙이세요.

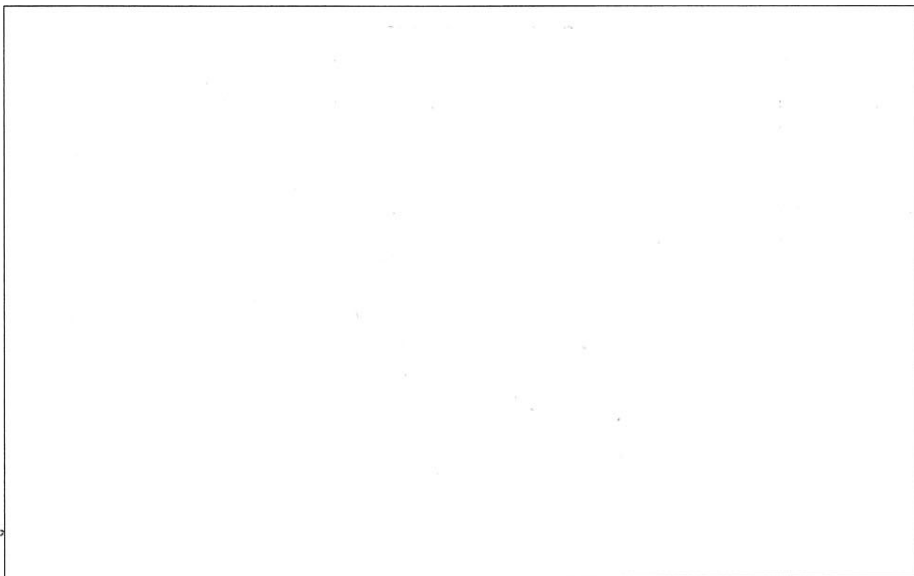
2. 내가 처음 만들었던 모형과 조별 발표 후 수정된 모형은 어떻게 다른가?

3. 모둠에서 만든 모형을 바탕으로 물을 끓이는 실험에서 물의 변화와 물의 전기 분해 실험에서 물의 변화를 설명해 보세요.

3-1. 물을 끓이기 전과 끓이고 난 후 달라진 점은?



3-2. 물의 전기분해 실험을 하기 전과 물의 전기분해 실험을 하고 난 후 달라진 점은?

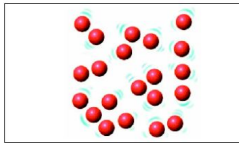


<부록 4> 사전개념 검사지

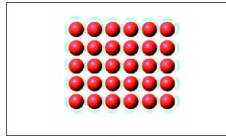
다음은 여러분이 어떤 생각을 갖고 있는지 알아보려는 질문들입니다. 이것은 시험이 아니며, 여러분의 생각을 알아보는 데 외에는 어디에도 사용되지 않습니다. 여러분이 생각하는 대로 솔직하고 답변해 주세요.

()학교 ()학년 이름()

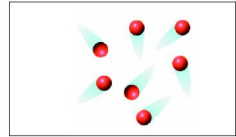
1. 다음 그림은 상태에 따른 분자의 배열이다. A, B, C의 상태를 바르게 짝지은 것은?



B



A



C

- ① A: 고체 B: 액체 C: 기체
- ② A: 기체 B: 고체 C: 액체
- ③ A: 액체 B: 고체 C: 기체
- ④ A: 고체 B: 기체 C: 액체
- ⑤ A: 액체 B: 기체 C: 기체

2. 물질의 고유한 성질을 가진 가장 작은 입자를 무엇이라 하는가?

- ① 분자 ② 원자 ③ 중성자
- ④ 양성자 ⑤ 전자

3. 다음 <보기> 중 성질이 비슷한 변화 것끼리 묶어보아라.

<보 기>

A 유리가 깨진다	B 얼기가 녹는다	C 이이스크림이 녹는다
D 드라이아이스가 없어진다	E 찜이 녹는다	F 과일이 익는다

- (가) 그룹 :

- (나) 그룹 :

-(가)와 (나) 그룹으로 구분한 이유는 무엇인가 ?

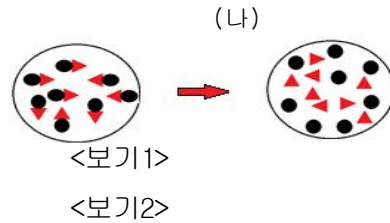
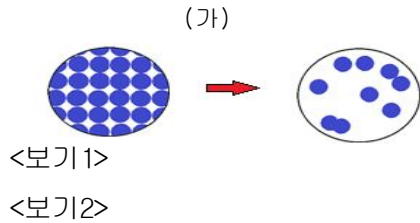
<부록 5> 사후 형성평가지

확인해 봅시다^^*

()조 이름()

1. 물질의 변화를 나타내는 두 가지의 분자배열(가, 나)을 나타낸 모형이다.

모형과 같은 변화가 일어나는 경우를 <보기 1>, <보기 2> 에서 있는 대로 모두 골라 쓰시오.



<보기1>의 경우를 고른 이유는?

<보기2>의 경우를 고른 이유는?

<보기1>의 경우를 고른 이유는?

<보기2>의 경우를 고른 이유는?

< 보기 1 >

- | | |
|------------------------|------------------------|
| ① 김치가 시어진다. | ② 설탕이 물에 녹는다. |
| ③ 탁자 위에 놓아둔 우유가 상했다. | ④ 유리컵이 바닥에 떨어져서 깨졌다. |
| ⑤ 옷장 안의 좀약이 오래되어 작아졌다. | ⑥ 사과를 깎아 놓았더니 색이 변하였다. |

< 보기 2 >



아래 4가지 질문은 앞으로 학교에서 오늘과 같은 수업을 실행할 때, 여러분의 생각은 어떤지 알아보려는 질문들입니다. 이 질문은 시험이 아니므로 정답이 없습니다. 질문을 자세히 읽고, 여러분의 생각이나 느낌을 솔직하게, 최대한 많이, 자세하게 적어 주시길 바랍니다.

1. 다른 반 친구들에게 모형 만들기 수업에 대해 설명하려고 한다. 어떻게 설명 하겠는가?
(수업의 특징 등을 포함하여 구체적으로 적어주세요.)

2. 모형 만들기 수업의 장점과 단점은? (각각 3개씩 쓰시오.)

① 장점:

② 단점:

3. 친구들과 함께 생각하고 의논하는 활동의 장점과 단점은? (각각 3개씩 쓰시오.)

① 장점:

② 단점:

4. 여러분이 모형 만들기 수업시간에 한 활동은 과학자들이 과학지식을 만드는 방법 중 하나이다. 모형 만들기 수업에서 여러분의 과학지식은 어떻게 형성되었다고 생각하는가? (구체적으로 적어주세요.)