

# 논의가 강조된 일반화학실험이 대학생들의 글쓰기에서 나타난 다중 표상 및 다중 표상의 내재성에 미치는 영향

남정희\* · 이동원 · 조혜숙

부산대학교

## The Impact of Argumentation-based General Chemistry Laboratory Programs on Multimodal Representation and Embeddedness in University Students' Science Writing

Nam, Jeonghee\* · Lee, Dongwon · Cho Hyesook

Pusan National University

**Abstract:** This study aimed to examine the effects of argument-based chemistry laboratory investigations using the Science Writing Heuristic (SWH) approach on students' use and embedding of multimodal representations in summary writing. Participants of this study were thirty-nine freshman students majoring in science education at a National University in Korea. Argument-based chemistry laboratory investigations using the SWH approach were implemented for twenty-three students enrolled in one cohort, and the traditional chemistry laboratory teaching was implemented for 16 students enrolled in the other cohort. Summary writing samples were collected from students before and after the implementation. Summary writing samples produced by students were examined using an analysis framework for examining the use and embeddedness of multimodal representations. Summary writing was categorized into one of verbal mode, symbolic mode, and visual mode. With regard to the embedding of multi-modal representations, summary writing samples were analyzed in terms of 'constructing understanding,' 'integrating multiple modes,' 'providing valid claims and evidence,' and 'representing multiple modes.' Data analysis shows that the students of the SWH group were better at utilizing and embedding multimodal representations in summary writing as they provided evidence supporting their claims. This study provides important implications on pre-service science teacher education.

**Key words:** multimodal representation, summary writing, embeddedness, argumentation-based general chemistry laboratory

### I. 서론

다중 표상은 학습자가 의사소통을 위해 주제에 대한 정보를 여러 가지 방법으로 표현하는 것이다. 이는 학생들이 표현하고자 하는 내용을 글로만 제시한 단일 표상과는 차이가 있으며, 도형, 그림, 수식, 표 또는 글이 포함된 그래프들과 같은 여러 양식들의 사용과 연관되어 있다(Hand *et al.*, 2008; McDermott, 2009).

그러나 다중 표상은 단일 표상을 바탕으로 구성되기 때문에, 학생들이 다중 표상을 사용하여 글을 작성

하기 위해서는 단일 표상을 해석하여 다중 표상으로 재구성하는 과정이 필요하다(Bernsen, 1993; Pineda & Garza, 2000). 이렇게 다른 형태로 표현된 언어를 학습자가 새로운 형태로 재구성하는 과정은 학생들의 효과적인 학습에 도움이 될 수 있으며, 이러한 과정과 연관된 학습은 학생들로 하여금 정보의 효율적인 이해와 다른 출처들 간의 정보 통합 그리고 새로운 상황에서의 정보 적용에 도움을 준다(Eliam & Poyas, 2008).

개념에 대한 깊은 이해는 개념을 나타내는 표현들 사이에 유기적인 연결이 이루어질 때 일어나며

\*교신저자: 남정희(jhnam@pusan.ac.kr)

\*\*2011.05.12(접수) 2011.06.18(1심통과) 2011.10.07(2심통과) 2011.10.14(최종통과)

\*\*\*이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2011-0001291).

(Ainsworth, 1999), 이러한 연결은 다중 표상의 내재성으로 살펴볼 수 있다. 여기서 내재성은 학생들이 의사소통할 때 정확하고 일관성 있게 자신이 이해한 것을 나타내고, 자신이 작성한 글에서 문맥상의 전후관계를 밝히고 설명하는 것을 의미한다(Ainsworth, 1999; Chandler & Sweller, 1991; Hand *et al.*, 2008).

그러나 많은 학생들은 말하고자 하는 내용에 대한 이해를 이끌어내기 위해 다중 표상들을 연결하는 것에 어려움을 보인다(Kozma, 2003). 왜냐하면 학생들에게 있어서 무엇을 선택하고, 어떻게 조직하고 의미를 통합하는 것은 쉬운 일이 아니기 때문이다(Mayer, 1997, 2003).

대학생들도 전달하고자 하는 내용을 다른 형태로 바꾸어 표현하는데 미숙한 모습을 보이며(Kozma & Russell, 1997), 물리적 실체를 화학적 기호와 같은 시각적 표현으로 나타내는데 어려움을 겪는다. 또한 화학 기호를 능숙하게 사용하는 학생조차 자신이 알고 있는 것을 시각적으로 표현하여 설명하는데 실패하는 경우가 있으며, 이는 단순히 학생들이 화학 반응을 학습한 것과 학습한 내용을 시각적인 형태로 나타내는 것은 다름을 보여준다(Anderson & Bodner, 2008; Bhattacharyya & Bodner, 2005).

이러한 상황을 해결하기 위해서는 학생들로 하여금 표상들의 인지적인 연결이 이루어지도록 하는 것이 필요하며, 이를 위한 접근법 중 하나는 비계를 사용하는 것이다(Ainsworth, 1999).

논의가 강조된 일반화학실험은 각 단계 별로 논의를 통하여 학생들 사이의 지속적인 상호작용과 교수의 개입을 지원한다. 논의는 집단들 사이에 존재하는 차이나 갈등을 해결하기 위한 사회적이고 언어적인 수단으로 의사소통 상황에서 자신의 행동, 믿음, 태도, 가치 등을 정당화하기 위한 목적을 가진 사람들이 제공하는 추론을 의미한다. 논의 과정에서 학생들은 자신의 주장을 상대방에게 효과적으로 설득시키기를 바란다. 이를 위해서 수행되어야 할 첫 번째 절차는 스스로 자신이 무엇을 말하고자 하는지를 인지하는 것이다. 그 다음은 자신의 주장을 상대방에게 효과적으로 전달하도록 표현하는 것이다. 특히, 표현에 능숙한 학생들은 어떤 현상에 대해 설명하고 자신이 세운 주장을 지지하는 과정을 통해 문제를 해결하거나 자신들이 발견한 것으로부터 예상을 하고 자신이 내린 결론에 대해 주장을 하는데 다중 표상을 사용한다

(Kozma & Russell, 2005). 이 과정에서 말하고자 하는 내용이 여러 표현이 통합된 형태로 제시될 수 있다면 듣는 사람의 인지 부하를 줄여줄 수 있기 때문에 효과적인 내용 전달을 가능하게 할 수 있다.

그러나 위에서 언급한 것처럼 말하고자 하는 내용을 통합된 형태로 표현하는데 어려움을 가지는 학습자들이 있으며, 실험의 처음부터 말하고자 하는 내용이 통합된 형태로 나타나기는 힘들다. 그러나 초기의 통합되지 않은 표현들은 실험 과정에서 나타나는 논의 과정에서 구성원들과 교수자와의 상호작용에 의해 도움을 받아 점차 정교화 되고 학습자에게 익숙하게 받아들여질 수 있을 것이다. 이는 구성원들 간의 통합된 표현뿐만 아니라 표현을 통합하는 방법까지 공유할 수 있게 하며 학급 구성원들의 개념에 대한 깊은 이해를 도와줄 수 있다.

논의가 강조된 일반화학실험을 수행한 학생들이 실험 과정에서 수행하는 논의를 통하여 학습 개념에 대해서 깊은 이해를 하게 되었다면 그들이 특정 상황이나 개념에 대해 설명하기를 요구 받을 때, 그렇지 않은 학생들에 비해 깊은 이해를 바탕으로 한 통합된 형태의 표상을 상대적으로 많이 사용하여 주제에 대해 설명하기를 기대할 수 있을 것이다.

따라서 이 연구에서는 대학생을 대상으로 논의가 강조된 일반화학실험을 수행한 후 학생들의 글쓰기에서 나타나는 다중 표상 및 다중 표상의 내재성에 대해 알아보려고 하였다.

## II. 연구 방법

이 연구는 논의가 강조된 일반화학실험의 효과를 알아보기 위한 것으로, 논의가 강조된 일반화학실험 프로그램의 처치가 학생들의 글쓰기에서 나타난 다중 표상 및 다중 표상의 내재성에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 연구 절차와 방법은 다음과 같다.

### 1. 연구 대상

이 연구는 사범대학에서 일반화학실험을 수강하는 학생들을 대상으로 수행하였다. 같은 분반에서 일반 화학을 수강하는 학생들 중, 실험집단으로 화학교육과 1학년 23명, 비교집단으로는 물리교육과 1학년 16명을 선정하였다. 한 모둠은 3~4명으로 이루어져 있으며 모둠의 구성원은 무작위로 선별하였다.

## 2. 검사 도구 및 분석 도구

이 연구에서 프로그램 처치 전 실험집단과 비교집단 학생들의 동질성을 판별하기 위해 '산성비'를 주제로 한 사전 Summary Writing을 실시하고 「다중 표상 및 다중 표상의 내재성 분석틀」을 사용하여 분석하였다.

프로그램 처치 후, 논의가 강조된 일반화학실험이 학생들의 글쓰기에서 나타나는 다중 표상의 형태와 질에 미치는 효과를 알아보기 위해 두 집단의 사후 Summary Writing을 「다중 표상 및 다중 표상의 내재성 분석틀」을 이용하여 분석하였다.

### 1) Summary Writing 검사

Summary Writing은 제시된 주제에서 다루어지는 개념을 이해하고 연관 짓는 데 중점을 두고 있다. Summary Writing이 일반적인 단원의 요약과 다른 점은 여행안내서, 저자에게 쓰는 편지, 신문 기사, 어린 아이들에게 설명하는 글 등 다양한 형태와 대상에게 쓰여 진다는 점이다. 위의 조건을 만족시키면서 글을 쓰기 위해서는 학생들은 어려운 과학 용어를 일상의 용어로 바꾸어야 하고 이를 위해 과학 개념을 해석하고 재구성해야 한다. 이러한 과정을 통해 과학개념을 명확하게 이해하고 개념간의 연관을 지을 수 있어 주제를 효과적으로 이해할 수 있게 된다.

**표 1**  
다중 표상의 양식 분석 기준

세부 요소	내용	분석 기준
언어적	원인 및 이유/예/비유 및 경험	빈도에 따라 1점씩 부여
기호적	화학기호, 화학공식, 화학식/수학적 표현	
시각적	도표/그림/그래프	

**표 2**  
다중 표상의 내재성 분석 기준

세부 요소	내용	분석 기준
이해의 확장성	학습자가 알고 있는 범위까지 확장된 지식을 사용하는 것	과학용어에 대한 설명을 보강하는 빈도에 따라 0, 2, 4, 6점 부여
통합성	다중 표상 사이의 관계를 맺어주기 위해 물리적 통합하는 것	통합된 양식의 수에 따라 0, 2, 4, 6점 부여
적절성	과학 개념에 맞고, 논리적인 상관관계가 있는 것	주장과 증거가 과학적인 개념을 나타내는지 여부에 따라 0, 2, 4점 부여
시각화 능력	정확한 시각적 양식으로 표현/해석하는 능력	도표, 그림, 그래프등을 통한 개념 표현 정도에 따라 0, 2, 4점 부여

이 연구에서는 Summary Writing의 이러한 특성을 이용하여 사전 검사는 '산성비'로 사후 검사는 '산과 염기'를 주제로 Summary Writing을 실시하였다. 그리고 학생들이 작성한 Summary Writing을 통해 다중 표상의 양식과 내재성을 평가하였다.

### 2) 다중 표상 및 다중 표상의 내재성 분석틀

Summary Writing에서 나타난 다중 표상을 분석하기 위해서 관련 연구들을 바탕으로 평가틀을 개발하였다. 「다중 표상 및 다중 표상의 내재성 분석틀」은 과학교육 전문가 1명, 박사과정 5명의 도움을 받아 타당도를 검증받았다.

「다중 표상 및 다중 표상의 내재성 분석틀」은 다중 표상과 관련된 이론적 배경을 바탕으로 요소를 추출하여 양식 부분과 내재성 부분으로 나누어 개발되었다. 다중 표상의 양식은 언어적 양식, 기호적 양식, 시각적 양식으로 구성되어 있으며(표 1), 원인 및 이유, 예, 비유 및 경험 등이 언어적 양식이며 화학 기호, 화학 공식, 화학식, 수학 공식은 기호적 양식 그리고 도표, 그림, 그래프가 시각적 양식에 포함된다(Emig, 1977; Gilbert, 2004; Hand *et al.*, 2008). 다중 표상의 내재성은 '이해의 확장성', '통합성', '주장 및 증거의 적절성', '시각화 능력'의 4가지 항목으로 구성되었다(표 2). 이해의 확장성은 학습자가 알고 있는 범위까지 확장된 지식을 나타내는 것이고, 통합성은

표상 사이의 관계를 맺어 주는 방법 중 하나로 학습자들이 표상의 물리적인 통합을 통해 그 의미를 명백하게 하는 것이다. 주장 및 증거의 적절성은 논의 활동에서 학생들의 주장을 지지하기 위해 제시한 증거에서 나타난 다중 표상 사이의 전후 관계를 살펴, 과학 개념에 맞고 논리적인 상관관계가 있는지 보는 것이며 마지막으로 시각화 능력은 도표와 그림 그리고 그래프들이 어떠한 방식으로 개념을 재구성하였는지 본다(Ainsworth, 1999; Chandler & Sweller, 1991; Hand *et al.*, 2008).

### 3. 논의가 강조된 일반화학실험

논이가 강조된 일반화학실험은 Keys 등(1999)이 개발한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic, SWH) 전략을 바탕으로 개발되었으며, 의문 만들기, 실험설계 및 수행, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성의 6단계로 구성되어 있다(남정희 등, 2008).

실험 단계 중 특히 논의가 강조된 부분은 의문 만들기, 실험설계 및 수행, 관찰, 주장과 증거 단계이다. 의문 만들기 단계에서는 주어진 문제 상황에서 실험을 통해 해결할 수 있는 의문을 작성한다. 이 단계에서는 먼저 문제 상황을 보고 학습자 자신이 생각하는 의문을 정한 뒤, 모둠 내에서 논의를 통해 모둠의 의문을 정한다. 그리고 모둠별 의견을 모아 모둠 간에 논의를 통해 학급의 의문을 정하게 된다.

실험설계 및 수행 그리고 관찰 단계에서는 학급의 의문을 해결하기 위한 실험 방법을 모둠별로 논의를 통하여 설계하고 수행하여 결과를 관찰한다.

주장과 증거 단계에서는 의문 만들기 단계와 유사하게 실험 결과를 바탕으로 자신의 주장과 이를 뒷받침해 줄 수 있는 증거를 작성하며 이를 가지고 모둠 내에서 논의를 통해 모둠의 주장과 증거를 작성한다. 모둠별로 모두 작성이 완료되면 모둠 간의 논의를 통해서 학습의 주장과 증거를 정한다.

이 과정에서 교수자는 항상 모둠 주위를 순회하며, 정답을 제시하지는 않지만 사고를 자극할 수 있는 질문을 하는 등 적극적인 개입을 통해 학생들이 가지고 있는 생각을 잘 표현할 수 있도록 도움을 준다.

논이가 강조된 일반화학실험 프로그램의 개발을 위해 교수계획표에 제시된 실험 중 유리세공, 질량측정과 액체 옮기기 등 실험 기구 사용의 숙달에 초점을

맞춘 주제들을 제외하고 논의 상황을 잘 이끌어 낼 수 있을 주제들을 선정하였다. 생활 속의 산·염기 분석(식초 분석), 크로마토그래피, 생활 속의 산·염기 분석(제산제 분석), 엔탈피 측정 그리고 평형상수의 결정 등 5개이다. 선정된 주제에 대해서 과학교육 전문가 1명, 과학교육 박사과정 3명, 과학교사 2명, 석사과정 2명이 공동으로 논의가 강조된 일반화학실험 프로그램을 개발하였다.

일반화학실험에서는 모두 10개의 주제를 다루었으며 실험집단은 이 중 5개의 주제를 논의가 강조된 일반화학실험으로, 나머지 5개를 전통적인 실험수업으로 진행하였다. 그리고 비교집단은 10개 주제 모두를 전통적인 실험 수업으로 진행하였으며, 논의가 강조된 일반화학실험과 전통적인 실험 수업 모두 주제 당 2 시간씩 진행하였다.

비교집단이 수행하는 전통적 방식의 일반화학실험에서 학생들은 실험 일주일 전에 제시된 실험 주제에 맞게 실험의 목적과 원리 그리고 방법을 찾아서 예비 보고서를 작성한다. 실험 방법의 경우 실험서에 제시된 것과 거의 동일하며, 실험 시간에는 조별로 실험을 하지만 모든 조가 동일한 방법으로 실험을 수행한다. 실험을 수행하면서 관찰한 사실이나 측정값을 기록하고, 단순히 주어진 식이나 정해질 절차에 따라 처리하여 결과값을 얻게 된다. 다만, 결론과 토의는 자신의 생각대로 보고서에 적게 된다. 실험 시작 전에 실험원리에 대해 간단한 설명이 제시되고, 그 밖의 실험과정은 대부분 학생들 주도로 주어진 절차에 따라 진행된다.

## Ⅲ. 연구 결과

### 1. 실험집단과 비교집단의 동질성 비교

「다중 표상 및 다중 표상의 내재성 분석틀」에 의한 사전 Summary Writing의 평가 결과를 t-검증을 통해 분석한 결과, 10개의 항목 중 기호적 양식에서 유의미한 차이가 났지만, 각 요소의 합계인 다중 표상 양식과 내재성 총점에서는 두 집단 사이에 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다( $p > .05$ ). 따라서 실험집단과 비교집단은 동질집단으로 간주하였다(표 3).

### 2. Summary Writing에서 나타난 다중 표상 분석 결과

**표 3**  
처치 전 실험집단과 비교집단의 동질성 검증

		구분	N	평균	표준편차	t	유의확률
다중표상 양식	언어적 양식	실험집단	23	1.91	0.793	0.532	0.598
		비교집단	16	1.75	1.125		
	기호적 양식	실험집단	23	0.35	0.775	2.152	0.043*
		비교집단	16	0.00	0.000		
	시각적 양식	실험집단	23	0.00	0.000	.	.
		비교집단	16	0.00	0.000		
양식 합계	실험집단	23	2.26	1.214	1.331	0.191	
	비교집단	16	1.75	1.125			
다중표상의 내재성	이해의 확장성	실험집단	23	0.00	0.000	.	.
		비교집단	16	0.00	0.000		
	통합성	실험집단	23	0.00	0.000	.	.
		비교집단	16	0.00	0.000		
	적절성	실험집단	23	1.91	2.372	0.569	0.573
		비교집단	16	1.50	2.000		
	시각화 능력	실험집단	23	0.00	0.000	.	.
		비교집단	16	0.00	0.000		
	내재성 합계	실험집단	23	1.91	2.372	0.569	0.573
		비교집단	16	1.50	2.000		
다중 표상 양식과 내재성 총점	실험집단	23	4.17	2.995	0.953	0.347	
	비교집단	16	3.25	2.995			

\*p<.05

**1) Summary Writing에서 나타난 다중 표상의 양식 분석**

실험 처치 후 실험집단과 비교집단의 Summary Writing에서 학생들이 제시한 다중 표상의 양식 수에는 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 실험집단의 다중 표상 양식 평균은 5.43이었고, 비교집단의 다중 표상 양식 평균은 2.50이었다(표 4). 사전 Summary Writing에서의 다중 표상 양식 항목별 분석 결과를

공변량으로 하여 사후 Summary Writing의 결과를 ANCOVA 분석을 통해 검증하였다. ANCOVA 분석 결과, 실험집단의 평균이 비교집단의 평균에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다(p<.05).

다중 표상의 하위 양식별로 분석해보면, 원인 및 이유, 예 그리고 비유 및 경험을 의미하는 언어적 양식에서는 실험집단의 평균이 비교집단에 비해 통계적으로 유의미하게 크다는 것을 알 수 있다(표 4). 그러나

**표 4**  
Summary Writing에서 나타난 다중 표상 양식의 공변량 분석 결과

	실험집단		비교집단		F	유의확률
	평균	표준편차	평균	표준편차		
언어적 양식	4.00	2.646	2.38	1.928	4.407	0.043*
기호적 양식	1.17	0.984	1.06	0.998	0.463	0.501
시각적 양식	0.26	0.864	0.25	0.577	0.002	0.965
총점	5.43	2.573	2.50	3.011	10.988	0.002*

\*p<.05

화학기호, 화학식, 단위와 수학적 공식을 의미하는 기호적 양식과 도표, 그림, 그래프로 표현되는 시각적 양식에서는 두 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 따라서 다중 표상의 전체 점수 차이에 전체 요소 중 언어적 양식이 큰 영향을 준 것으로 보인다.

다음은 학생들의 Summary Writing에서 나타난 다중 표상의 하위 양식 중 집단 간의 차이가 드러나는 언어적 양식에 대한 사례들이다. 각 사례들은 해당되는 양식의 이름을 표기한 뒤, 그 뒤에 각 양식의 머리글자를 따고 인용한 순서대로 번호를 매겼다.

(1) 언어적 양식

원인 및 이유, 예 그리고 비유 및 경험으로 표현되는 언어적 양식은 실험집단(4.00)이 비교집단(2.38)에 비해 통계적으로 유의미하게 높았다. 다음은 언어적 양식의 하위 요소인 원인 및 이유, 예, 비유 및 경험의 사례이다.

① 원인 및 이유

원인 및 이유는 여러 상황에서 골고루 나타났다. 실험집단에서는 주장에 대한 근거로써 원리나 이유를 제시하는데 그치지 않고 제시한 근거에 대해서 한 번 더 원리나 이유를 제시한다(사례 원-1). 그러나 비교집단에서는 '이유는' 또는 '때문에' 라는 말을 사용했다 하더라도 앞 뒤 문맥이 맞지 않거나 중간에 설명이 필요한 부분이 누락되어 말하고자 하는 바가 명확하지 않게 되는 경우가 있었다(사례 원-2).

〈사례 원-1〉

중화 반응이 일어나면 물이 생성되고, 이 반응이 발열반응이라 열이 발생하여 온도가 올라가고, 용액 속에는 H<sup>+</sup>나 OH<sup>-</sup>와 같은 이온이 줄어들기 때문에 전기전도성이 줄어들어.

〈사례 원-2〉

산과 염기는 H<sup>+</sup> 내놓고, 받는 반대의 성질을 지녔기 때문에 만나면 특정한 반응을 일으키는데 이것을 중화반응이라고 해.

② 예(List)

실험집단은 개념의 설명에서 비교집단보다 심화되

고 다양한 예를 사용한다. 실험집단에서는 산과 염기 그리고 지시약 등의 설명에서 예를 사용하며 이를 통해 물질들을 산과 염기로 나누어 제시할 뿐만 아니라 이들을 세기에 따라 구분해서 제시한다.(사례 예-1, 2). 그리고 지시약의 종류를 제시하는데도 예를 사용하였다(사례 예-3). 반면에 비교집단에서는 산과 염기를 구분할 때만 예를 사용하였다(사례 예-4).

〈사례 예-1〉

대표적인 강산은 HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>등이 있고 약산으로는 CH<sub>3</sub>COOH가 있어.

〈사례 예-2〉

강염기에는 NaOH, KOH등이 있고, 약염기에는 Ca(OH)<sub>2</sub>, 암모니아 등이 있다.

〈사례 예-3〉

대표적인 지시약으로는 메틸오렌지, BTB용액, 페놀프탈레인 용액이 있다.

〈사례 예-4〉

산의 종류에는 HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 아세트산이 있는데

③ 비유 및 경험

실험집단은 산과 염기의 성질 그리고 중화반응에 대한 설명에서 비유 및 경험을 사용하는 것을 볼 수 있다. 산과 염기의 성질을 설명할 때 실험집단은 맛과 촉감뿐만 아니라 지시약을 사용한 결과와 금속의 반응성 등 다양한 측면에서 경험을 들어 설명한다(사례 비-1). 그리고 중화반응에 대한 설명에서 실험집단은 실생활에서의 경험을 들면서 중화반응의 사용이 어떠한 이점을 가져다 줄 수 있는지 까지 설명한다(사례 비-2).

〈사례 비-1〉

산은 신맛이 나고 푸른색 리트머스 종이를 붉게 변화시켜 또 메틸오렌지와 메틸레드 지시약을 붉게 만들지만 페놀프탈레인은 변화시키지 못해 금속과 반응하면 수소기체를 나오게 하는 것도 산이야.

염기는 쓴맛이 나고 붉은색리트머스 종이를 푸르게 변화시키고 메틸레드나 메틸오렌지는 노란색으로 만들어 그리고 페놀프탈레인은 붉게 만들지.(색깔이 예

쁘단다) 하지만 금속과 반응시키면 아무런 반응이 일어나지 않아.

〈사례 비-2〉

이 중화 반응을 이용한 것이 많은데 우선 제산제. 위산이 많이 나오면 안에 있는 약염기로 중화시켜줘서 속을 편히 해주지. 그리고 생선회 먹을 때 비린내 나면 레몬을 뿌려주면 냄새를 줄일 수 있어. 그리고 비누로 머리 감으면 뽀뽀한데 이때 식초로 다시 감아주면 한결 좋아져.

비교집단에서는 단순히 산과 염기의 성질을 감각적인 측면으로만 설명하고(사례 비-3) 실생활에서 사용되는 중화반응을 제시하지만 사례들의 단순한 나열에 그치며 각 사례가 왜 의미를 가지는지에 대한 추가적인 설명이 나타나지 않는다(사례 비-4).

〈사례 비-3〉

산과 염기는 우리 실생활에서 볼 수 있어! 일단 산은 식초로 예를 들거 여기는 양젓물로 예를 들고 산 식초는 일단 많이 시큼하지 그리고 염기는 텃텃해.

〈사례 비-4〉

중화반응의 예로서는 회에 레몬즙을 넣어서 먹는다든지, 산성화된 토양에 석회를 뿌리는 것이 있다.

(2) 기호적 양식

화학기호, 화학식, 단위와 수학적 공식을 의미하는 기호적 양식에서는 실험집단(1.17)과 비교집단(1.06) 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다(표 4).

(3) 시각적 양식

도표, 그림, 그래프로 표현되는 시각적 양식에서 실험집단의 평균은 0.26이고 비교집단의 평균은 0.25로 사전 Summary Writing에서와 마찬가지로 두 집단 모두 시각적 양식을 거의 사용하지 않았다. 두 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았다(표 4).

2) Summary Writing에서 나타난 다중 표상의 내재성 분석

Summary Writing에서 나타난 다중 표상 내재성의 평균은 실험집단이 8.96, 비교집단이 3.00이었다(표 5). 사전 Summary Writing의 내재성을 공변량으로 하여 사후 Summary Writing의 내재성을 ANCOVA 분석으로 검증한 결과, 실험집단의 평균이 비교집단의 평균에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

다중 표상 내재성의 하위 양식별로 보면, 주장 및 증거의 적절성 부분에서는 실험집단의 평균이 비교집단보다 통계적으로 유의미하게 높았으나 이해의 확장성, 통합성, 시각화 능력에서는 통계적으로 유의미한 차이가 나지 않았다. 따라서 다중 표상의 내재성 차이에 주장 및 적절성이 큰 영향을 준 것으로 보인다.

다음은 Summary Writing에서 나타난 다중 표상의 내재성의 하위 요소 중 두 집단간의 평균점수에서 차이가 있었던 이해의 확장성과 주장 및 증거의 적절성의 사례이다.

(1) 이해의 확장성

이해의 확장성은 학습자가 알고 있는 범위까지 확장된 지식을 나타내는 것이다. 다중 표상의 이해의 확장성에서 실험집단과 비교집단 모두 산과 염기를 설

표 5 Summary Writing에서 나타난 다중 표상 내재성의 공변량 분석 결과

	실험집단		비교집단		F	유의확률
	평균	표준편차	평균	표준편차		
이해의 확장성	0.87	1.576	0.50	1.366	0.577	0.452
통합성	0.43	0.843	0.38	1.088	0.037	0.848
주장 및 증거의 적절성	6.70	4.958	1.25	2.408	15.648	0.000*
시각화 능력	0.96	3.404	0.88	1.628	0.008	0.930
총점	8.96	6.407	3.00	3.420	9.924	0.003*

\* $p < .05$

명할 때 이해의 확장성이 잘 드러났으며, 실험집단의 평균은 0.87, 비교집단의 평균은 0.5로 통계적으로 유의미한 차이가 나지 않았다(표 5). 그러나 실험집단의 몇몇 사례에서는 비교집단에서 보이지 않던 더 넓은 범위를 포함하는 산·염기의 정의가 나타난 경우가 있었다.

실험집단의 사례에서는 산·염기의 정의를 아레니우스의 정의에서 브뢴스테드 로우리의 또는 루이스의 정의로 확장하여 설명하면서 단순히 산·염기의 확장된 범위의 정의만을 제시하는데 그치지 않고 아레니우스 산·염기 정의의 한계를 밝히면서 새로운 정의를 제시하는 경우가 있었다(사례 확-1).

#### 〈사례 확-1〉

산 : H<sup>+</sup>를 내어놓는 물질, 염기 : OH<sup>-</sup>를 내어놓는 물질로 정의할 수 있다. 예를 들어 HCl과 NaOH의 반응에서 HCl은 물에 녹아 H<sup>+</sup>를 내어놓고 NaOH는 물에 녹아 OH<sup>-</sup>를 내어놓으므로 HCl은 산, NaOH는 염기라고 하는 것이 있다. 그런데 NH<sub>3</sub>와 같이 물에 녹아 OH<sup>-</sup>이온을 내어놓지 않는 염기도 있으므로 위에서 설명한 정의는 한계가 있음을 알 수 있다. 그래서 새로 산과 염기를 정의하는 방법은 양성자(H<sup>+</sup>)를 주고받는 것이다. 이렇게 하면 H<sub>2</sub>O도 때에 따라 산으로도 작용할 수 있고 염기로도 작용할 수 있다.

그러나 비교집단의 경우에는 산과 염기의 정의를 확장시키려는 시도를 보이거나 부정확한 개념으로 설명하고 있다(사례 확-2).

#### 〈사례 확-2〉

쉽게 보면 H<sup>+</sup>가 있으면 산, OH<sup>-</sup>가 있으면 염기. 브뢴스테드 로우리의 산·염기에서는 물에 녹아 H<sup>+</sup>를 내놓으면 산, OH<sup>-</sup>를 내놓으면 염기다.

### (2) 통합성

다중 표상의 내재성의 하위 요소 중 하나인 통합성은 표상 사이의 관계를 맺어 주는 방법 중 하나로 학습자들이 표상의 물리적인 통합을 통해 그 의미를 명백하게 하는 것이다(Chandler & Sweller, 1991). 다중 표상의 통합성에 대한 실험집단의 평균은 0.43, 비교집단의 평균은 0.38이며 통계적으로 유의미한 차이가 나지 않았다(표 5).

### (3) 주장 및 증거의 적절성

증거의 적절성은 논의 활동에서 학생들의 주장을 지지하기 위해 제시한 증거에서 나타난 다중 표상 사이의 전후 관계를 살펴, 과학 개념에 맞고 논리적인 상관관계가 있는지 보는 것이다. 다중 표상의 주장 및 증거의 적절성에서 실험집단의 평균은 6.7, 비교집단의 평균은 1.25며 실험집단의 평균이 비교집단의 평균보다 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다(표 5).

실험집단에서는 비교집단에 비해 더 다양한 개념의 설명에서 주장과 증거를 제시하였으며 과학적으로 올바른 개념을 사용하였다. 특히 주장에 대한 증거를 적절하게 들면서 글을 전개해 나가는 과정에서 학생이 말하고자 하는 개념에 대한 이해가 확장되거나 정교화 되는 모습을 보인다. 실험집단의 사례를 보면 산과 염기의 세기를 수용액에서의 수소 이온과 수산화 이온의 양을 통하여 정성적으로 표현한 다음 이온화도라는 좀 더 정량화 될 수 있는 개념을 도입하여 설명을 한다. 그리고 이를 보강하기 위해서 이들의 대표적인 예를 제시하였다(사례 주-1). 그리고 산이라는 개념을 설명하기 위해서 맛, 지시약의 색변화와 같은 감각적 경험으로 산의 성질을 설명하고 산을 이온화의 정도라는 기준으로 분류하여 제시한다(사례 주-2).

#### 〈사례 주-1〉

산염기의 세기에 대해서 알아보면 수용액에서 H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup> 을 많이 내는 물질, 즉 이온화도가 큰 물질이 강산, 강염기야. 예를 들어서 HCl, NaOH 같은 물질이 대표적이지. 이와 반대로 이온화도가 작은 물질은 약산, 약염기가 되지. 예를 들어서 CH<sub>3</sub>COOH, 암모니아 같은 물질이 대표적인 약산, 약염기야.

#### 〈사례 주-2〉

산이란, H<sup>+</sup>이온을 포함하고 있는 것으로, 신맛을 지니며 지시약과 반응시켰을 경우에는 푸른색 리트머스 종이는 붉게 만들고, 메틸 오렌지의 색을 붉게 만들며 페놀프탈레인에서는 무색을 띈다. 산은 이온화의 정도에 따라 강산과 약산으로 나뉘는데 산성용액이 용매에서 H<sup>+</sup>이온으로 대부분 이온화되면 강한 산이 되는 것이다.



비교집단에서도 주장과 증거를 들어 설명하는 경우가 있으나 실험집단에 비해 사례 수가 적고 다양한 측면에서 증거를 제시하지 않는다. 따라서 증거간의 유기적인 연결을 통한 깊은 수준의 개념 이해가 드러나지 않는다(사례 주-3).

〈사례 주-3〉

중화 반응이 일어날 때 물 말고도 염이 생성되는데, 산과 염기의 강도가 비슷하면 중성염이, 산이 더 강하면 산성염이, 염기가 더 강하면 염기성염이 생긴다.

#### (4) 시각화 능력

도표와 그림 그리고 그래프들을 대상으로 하는 시각화 능력의 실험집단의 평균은 0.96, 비교집단의 평균은 0.88로 두 집단에서 거의 나타나지 않았으며 집단 간 평균도 통계적으로 유의미한 차이가 나지 않는다(표 5).

## IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 대학생을 대상으로 논의가 강조된 일반화학실험을 수행한 후 학생들의 글쓰기에서 나타나는 다중 표상 및 내재성에 대해 알아보려 하였다. 이 연구 결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 논의가 강조된 일반화학실험을 수행한 학생들은 전통적인 방식으로 실험을 수행한 학생들에 비해 Summary Writing에서 더욱 다양한 표현들을 사용하였다.

SWH(Science Writing Heuristic)는 학습에서 논의와 글쓰기를 통해 학생들의 개념 이해와 과학적 탐구를 돕고 메타인지를 촉진하는 학습 전략이다. 프로그램 수행하는 과정에서 학생들은 지속적인 논의를 통해 다른 학생들과 의견을 주고받는다. 이러한 과정에서 자신의 의견을 설득력 있게 주장하기 위해서는 자신의 주장에 대한 근거의 제시가 필수적이며 이러한 근거들을 다양한 형태로 표현함으로써 보다 효과적으로 자신의 주장을 뒷받침 할 수 있다. 또한 논의 과정에서 등장한 다양한 형태의 표상들이 논의 내용에 대한 다른 학생들의 이해를 도와주었을 경우 그 사례는 구성원들 사이에서 인정을 받으며 이러한 과정은 다음 논의에서도 학생들로 하여금 다양한 형태의

표상들을 사용하도록 하도록 하였다. 이러한 것들이 다중 표상의 양식의 비교에서 실험집단이 비교집단에 비해 효과가 큰 이유라 생각된다.

둘째, 논의가 강조된 일반화학실험을 수행한 학생들은 전통적인 방식으로 실험을 수행한 학생들에 비해 Summary Writing에서 여러 표상들을 넓은 범위의 개념과 정확한 내용을 사용하여 주제에 맞도록 일관성 있게 통합된 형태로 제시하였다.

내재성은 의사소통할 때 자신이 이해한 것을 정확하고 일관성 있게 나타내고, 자신이 쓴 글을 설명하고 문맥상의 전후관계를 밝히는 것을 의미한다(Hand et al., 2008). 논의를 하는 과정에서 자신이 의견을 내는 이유는 자신의 의견을 상대방에게 설득시키고자 함이며, 이를 위해서는 일차적으로 자신이 생각하는 바를 다른 사람에게 정확하게 이해시키는 것이 필요하다. 이를 위해서 학생들은 자신이 말하고자 하는 내용과 근거를 다양한 형태로 제시하게 된다.

그러나 하나의 개념을 설명하기 위해 사용된 표상들이 통합되어 있지 않으면 이들은 학습자로 하여금 주의를 분산시키게 하여 불필요한 인지부하를 일으키게 된다. 따라서 표상들을 통합된 형태로 제시하게 되면 표상간의 관계를 탐색할 필요가 없게 되고 작동 기억이 보다 많은 여유를 가지게 된다. 따라서 제시되는 정보의 양은 같으나 인지부하가 덜 걸리게 된다(왕경수, 2009).

그러나 많은 학생들은 말하고자 하는 내용에 대한 이해를 이끌어내기 위해 다중 표상들을 연결하는 것에 어려움을 보이는데(Kozma, 2003), 이는 학생들에게 있어서 무엇을 선택하고, 어떻게 조직하고 의미를 통합하는 것이 쉬운 일이 아니기 때문이다(Mayer, 1997, 2003).

이를 해결하기 위해 학습자의 마음속에 있는 표상들의 인지적 연결을 성취하기 위한 방법 중 하나는 비계를 사용하는 것이다(Ainsworth, 1999). 논의가 강조된 일반화학실험에서는 수업 중 단계마다 논의가 이루어지며 학생들 사이의 상호작용과 교수자의 개입이 지속적으로 이루어진다. 상호작용이 이루어지는 과정에서 학생들은 자신이 생각하고 있는 개념이 다른 사람과 어떻게 다른지 알 수 있으며 개념을 표현하는 표상들 사이의 관계에 대한 자신의 생각을 정교화시킬 수 있다. 표상들이 연결되면 개념에 대한 깊은 이해가 일어나며(Ainsworth, 1999), 이는 개념을 설

명하기 위한 다양한 표현들의 통합을 더 쉽게 만들어 줄 수 있다.

특히, 나의 주장과 근거를 발표하는 단계에서는 모둠 내에서 구성하였던 통합적으로 표현된 개념들을 모둠 간에 공유하게 된다. 이 단계에서 공유되는 통합된 개념들은 그렇지 않은 것에 비해 다른 모둠의 구성원들이 상대적으로 쉽게 이해할 수 있으며 이는 구성원들의 해당 개념에 대한 이해도를 증가시키는 데 도움을 줄 수 있다. 반성 단계에서는 자신이 실험을 하면서 해왔던 생각들을 되돌아보면서 글을 쓰는 과정을 통해 자신이 학습한 개념에 대한 이해도를 높인다.

따라서 논의가 강조된 일반화학실험에서 수행하는 과정에서 이루어지는 지속적인 논의와 협상의 과정이 개념에 대한 깊은 이해에 도움을 주고 이것이 학생들이 작성한 Summary Writing에서 개념에 대해 설명할 때, 다양한 표상들을 통합시켜서 표현하는데 도움이 되었다고 볼 수 있다.

논의가 강조된 일반화학실험은 학생들의 Summary Writing에서 나타난 다중 표상의 양식과 내재성에 있어서 전통적인 실험 방식에 비해 더 효과적이었으나 그 효과가 언어적 양식과 주장 및 증거의 적절성에 치우친 양상을 보였다. 이는 학습내용이 미시적인 개념을 다루는 경우가 많아서 학생들이 이를 기호적이거나 시각적인 형태로 재구성하는데 어려움을 겪고 있으며, 또한 학생들이 접하는 자료의 형태에서도 다양한 표현 보다는 텍스트로만 작성되어 있는 경우가 많기 때문이라 생각된다. 따라서 학습하고자 하는 내용을 학습자가 여러 관점에서 볼 수 있도록 다양한 형태로 제공하는 것이 필요하다. 그러나 단순히 다양한 형태의 자료가 제공되었을 경우에는 학습자가 제시된 자료들 사이의 관계를 찾거나 과도하게 중복되어 제시된 자료들 사이에서 필요한 정보를 찾는 데 어려움을 겪고 이는 효율적인 학습을 방해할 수 있다. 그러므로 학습자가 배워야 할 내용에 집중하여 효과적으로 학습할 수 있도록 다양한 표현들이 넓은 범위의 개념과 정확한 내용을 포함하되 주제에 맞추어 일관성 있게 통합된 형태로 제시된, 즉 내재성을 갖춘 학습 자료가 제시될 필요가 있다고 본다.

## 국문 요약

이 연구의 목적은 논의가 강조된 일반화학실험이

학생들의 글쓰기에서 나타난 다중 표상 및 다중 표상의 내재성에 미치는 영향을 알아보기 위한 것이다. 이를 위해 탐구적 과학 글쓰기 전략을 바탕으로 일반화학실험 프로그램을 개발하였고, 이 프로그램을 적용한 후, 학생들의 글쓰기에서 나타나는 다중 표상의 양식과 내재성을 비교하였다.

이 연구는 일반화학실험을 수강하는 학생들을 대상으로 화학교육과 1학년 23명을 실험집단으로, 물리교육과 1학년 16명을 비교집단으로 선정하여 총 5개의 주제를 적용하였다.

학생들이 작성한 Summary Writing에서 나타난 다중 표상의 양식과 내재성을 공변량 분석으로 비교한 결과, 양식과 내재성 모두에서 실험집단의 평균이 비교집단에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다.

이러한 결과로부터 논의가 강조된 일반화학실험은 다중 표상 및 다중 표상의 내재성의 발달에 있어서 전통적인 실험방식에 비해 더 효과적임을 알 수 있었다. 또한 논의와 글쓰기를 지속적으로 수행하는 과정이 학생들의 과학적 개념에 대한 이해에 도움이 될 것이라 보이며, 연구 결과가 대학생 대상으로도 효과가 있다는 것에서 프로그램의 적용 범위의 확대 측면에서 의미가 있다고 본다.

## 참고 문헌

- 남정희, 광경화, 장경화, Hand, B. (2008). 논의 를 강조한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic)의 중학교 과학 수업에의 적용. 한국과학 교육학회지, 28(8), 922-936.
- 왕경수. (2009). 인지 부하와 교수 설계. 초등교육 연구, 22(1), 491-522.
- Ainsworth, S. E. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2-3), 131-152.
- Anderson, T.L., & Bodner, G. M. (2008). What can we do about 'parker'? a case study of good student who didn't 'get' organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 93-101.
- Bhattacharyya, G., & Bodner, G. M. (2005). "It gets me to the product": How students

propose organic mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 82(9), 1402-1407.

Bernsen, N.O. (1993). A research agenda for modality theory. In Cox, R., Petre, M., Brna, P. and Lee, J., Eds. *Proceedings of the Workshop on Graphical Representations, Reasoning and Communication*. World Conference on Artificial Intelligence in Education, Edinburgh, August 1993, 43-46.

Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332.

Elian, B., & Poyas, Y. (2008). Learning with multiple representations: Extending multimedia learning beyond the lab. *Learning and Instruction*, 18(4), 368-378.

Emig, J. (1977). Writing as a mode of learning. *College Composition and Communication*, 28(2), 122-128.

Gibert, J. (2004). Models and modeling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.

Hand, B., Choi, A., Greenbowe, T., Schroeder, J., & Bennett, W. (2008). Examining the impact of student use of multiple-mode representations in constructing science arguments. *Annual International Conference of National Association for Research in Science Teaching*, Baltimore, MD.

Keys, C. W., Hand, B., Prian, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory

investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084.

Kozma, R. (2003). Technology and classroom practices: An international study. *Journal of Research on Technology in Education*, 36(1), 1-14.

Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226.

Kozma, R. B., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education*. Dordrecht: Springer.

Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32(1), 1-19.

Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139.

McDermott, M. A. (2009). The impact of embedding multiple modes of representation on student construction of chemistry knowledge. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Iowa.

Pineda, L., & Garza, G. (2000). A model for multimodal reference resolution. *Computational Linguistics*, 26(2), 139-193.