

탐구적 과학 글쓰기 활동이 학생들의 글쓰기에서 나타난 다중 표상에 미치는 영향 및 다중 표상에 대한 학생들의 인식

남정희* · 박지연 · 이동원
부산대학교 화학교육과
(접수 2012. 8. 16; 게재확정 2012. 10. 31)

The Impact of the Science Writing Heuristic Approach on Students' Use of Multiple Representations in Science Writing and Students' Recognition about Multiple Representations

Jeonghee Nam*, Jiyeon Park, and Dongwon Lee

Department of Chemistry Education, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

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

(Received August 16, 2012; Accepted October 31, 2012)

요 약. 이 연구의 목적은 탐구적 과학 글쓰기(SWH) 프로그램이 학생들의 글쓰기에서 나타난 다중 표상에 미치는 영향 및 다중 표상에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위한 것이다. 이 연구는 광역시에 위치한 남녀공학 중학교 1학년 학생들을 대상으로 3개 학급 94명의 학생을 실험집단으로, 2개 학급 64명의 학생을 비교집단으로 선정하여 수행하였다. 실험집단은 총 8개 주제의 탐구적 과학 글쓰기 프로그램을 수행하였고, 비교집단은 같은 기간 동안 전통적인 실험수업을 수행하였다. 학생들이 작성한 요약 글쓰기에서 나타난 다중 표상을 분석한 결과, 실험집단의 평균이 비교집단에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 프로그램에 참여한 학생들의 다중 표상에 대한 인식 조사에서 모든 학생들이 개념에 대한 자신의 생각을 표현 하는데 있어서 다중 표상의 필요성과 효과를 인지하고 있었다. 그러나 실제 다중 표상을 사용하는 수준에는 차이가 있으며 이는 다중 표상 사용에 대한 이해와 연관이 있는 것으로 나타났다.

주제어: 탐구적 과학 글쓰기, 다중 표상, 다중 표상에 대한 인식, 과학 글쓰기

ABSTRACT. The purpose of this study was to examine the impact of Science Writing Heuristic (SWH) on multiple representations in students' writing and to survey experimental group students' recognition about the use of multiple representations. For this study, Participants of this study were 158 students in 7th grade. 94 students were assigned to the experimental group and 64 students were assigned to the comparative group. The experimental group showed significantly higher mean score than comparative group at utilizing multiple representation in summary writing. Interview analysis indicated that all students who participated in interviews, regardless of solid multi-modal competency, recognized that use of multiple representations with appropriate explanations enable to communicate science information persuasively.

Key words: Science Writing Heuristic, Multiple representations, Recognition about multiple representations, Science writing

서 론

과학은 사실을 기억하고 자연에서 발견하는 것이 아니라, 논의를 통해 현상을 설명하고 복잡한 설명을 이해하는 과정이다.¹ 논의는 논의 과정에 참여한 사람들이 합리적인 판단을 내릴 것이라는 가정 하에 이루어지는 언어적이고 사회적인 추론활동으로써,² 논의 과정을 통해 학습자는 합리적인 의사결정을 내릴 수 있다.³

과학 글쓰기에서 학생들은 자신의 언어로 자신이 이해한 과학 내용에 대해 다른 사람과 의사소통할 수 있고,⁴

이 과정에서 학생들은 자신의 과거 경험과 과학 개념을 연결 짓는다.⁵ 이러한 연결은 학생들이 과학 용어를 기술함에 있어서 더욱 전문적인 용어와 이와 관련된 의미를 내면화시킬 수 있게 한다.⁴ 그리고 학생들은 글쓰기 과정에서 독자가 이해하기에 적합한 단어를 선택하며, 이런 글쓰기 경험은 학생들에게 다른 사람들과 협의하고 소통하는 방법을 제공한다.^{4,6,7}

탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic, SWH)는 이러한 논의와 글쓰기를 통해서 학생들의 개념 이해와 과학적 탐구를 돕고 메타인지를 촉진하는 교수전략이다.⁸ 이

접근법은 논의를 통해 학생들이 실제 과학 상황과 유사한 상황에서 과학을 이야기 할 수 있도록 하고, 글쓰기를 통해 과학 지식과 인식을 사용하고 평가하며 추론하는 과정에서 과학의 본성에 참여하도록 한다.^{9,10}

탐구적 과학 글쓰기 프로그램에서 학생들은 실험을 수행한 뒤 논의를 통해 조의 주장과 근거를 작성한다. 많은 경우에 학생들은 실험 뒤 단순히 숫자가 나열된 형태의 실험 결과를 얻는다. 그러나 이를 그대로 주장에 대한 근거로써 사용할 경우 다른 학생들이 제시된 자료의 의미를 파악하기가 어렵기 때문에 자신의 주장과 근거가 가지는 설득력이 떨어진다. 따라서 실험 결과를 자신의 주장에 대해 타당성 있는 근거로 사용하기 위해서는 변인간의 상관관계 등이 잘 드러날 수 있도록 실험 결과를 다른 형태로 변환하거나 재구성하는 과정이 필요하며, 이 과정에서 학생들은 자신의 실험 결과가 의미하는 바를 더욱 명확하게 보여주기 위해 표, 그래프, 그림, 수식 등 다양한 표현들을 사용할 수 있다. 또한 학생들은 변환된 자료 또는 자료들 사이에 해석을 더함으로써 제시된 표현들의 의미 있게 연결 할 수 있으며 이는 더욱 설득력 있는 근거를 만들 수 있게 한다.

다중 표상은 학습자가 주제에 대한 정보를 전달하기 위해 사용하는 여러 가지 방법을 의미한다.¹¹ 글쓰기에서 다중 표상은 도형, 그림, 수식, 표, 그래프와 같은 다양한 양식을 이용하여 정보를 표현하는 것으로 글로만 작성된 단일 표상과 대비된다.¹² 논의와 쓰기에서 다중 표상의 사용은 학생들이 내용을 깊게 이해하도록 돕는데 중요한 역할을 하며,^{13,14} 서로 다른 표상들 사이의 연결을 통해 더욱 깊은 수준의 개념적 이해를 할 수 있다.¹⁵ 또한 논의에서 학생들은 자신들의 주장과 논리적인 연결을 가진 증거를 제시할 때 다중 표상을 가장 활발하게 사용한다.^{11,16-19}

학생들의 다중 표상 사용은 해당 주제에 대한 학생들의 깊은 이해와 연관이 있다. 이를 높이기 위해서는 다중 표상을 사용할 수 있는 기회의 제공과 함께 학생 스스로 다중 표상의 필요성에 대한 인식이 요구된다.¹² 수업 과정에서 다중 표상의 필요성을 인지한 학생들은 다중 표상을 더욱 지속적이고 전략적으로 사용할 것이고 이는 과학개념의 깊은 이해를 도울 것이다. 다중 표상을 사용하는 정도가 서로 다른 학생들이 가지고 있는 다중 표상에 대한 개념, 장점과 단점, 자신이 사용하는 다중 표상에 대한 인식 등을 조사해 봄으로써 학생들이 사용한 다중 표상과 인식과의 관계를 알아보는 것이 의미가 있다고 생각된다.

따라서 이 연구에서는 탐구적 과학 글쓰기가 학생들의 글쓰기에서 나타나는 다중 표상에 미치는 영향과 다중 표상에 대한 학생들의 인식에 대해서 알아보고자 하였다.

연구 방법

연구절차와 방법은 다음과 같다.

연구 대상

이 연구는 광역시에 위치한 남녀공학인 B중학교 1학년 8개 학급 중 5개 반의 학생들을 대상으로 실시하였다. 이 중 3개 학급 94명의 학생을 실험집단으로, 2개 학급 64명의 학생을 비교집단으로 선정하였다.

탐구적 과학 글쓰기 프로그램

탐구적 과학 글쓰기 프로그램은 SWH(ScienceWriting Heuristic) 전략을 바탕으로 우리나라의 학교 현장에 맞게 수정하여 개발한 프로그램으로써 의문 만들기, 실험설계 및 수행, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성의 6단계로 구성되어 있다.²⁰

탐구적 과학 글쓰기의 주제 선정 및 수업 처치

탐구적 과학 글쓰기 프로그램을 개발하기 위해 중학교 1학년 단원에서 ‘상태변화와 질량’, ‘기화와 액화’, ‘기체의 부피변화-샤를의 법칙’, ‘기체의 부피변화-보일의 법칙’, ‘화성암’, ‘광합성’, ‘마찰력’, ‘힘의 합성’ 8개 주제를 선정하였다. 선정된 주제에 따라 개발된 프로그램은 과학교육 전문가 1명, 과학교육 박사과정 3명, 과학교사 2명, 석사과정 2명으로부터 타당도를 검증 받았다. 실험집단은 총 8개의 프로그램을 1개의 주제 당 평균 2차시씩 적용하였고, 같은 기간 동안 비교집단의 경우 전통적인 실험수업을 진행하였다.

검사 도구 및 분석 도구

이 연구에서는 수업 처치 전 실험집단과 비교집단 학생들의 동질성을 판별하기 위하여 사전 요약 글쓰기를 실시하고, 「요약 글쓰기 평가틀」과 「다중 표상 글쓰기 평가틀」을 사용하여 분석하였다. 탐구적 과학 글쓰기 프로그램 처치 후, 학생들의 글쓰기에서 나타난 다중 표상의 변화를 알아보기 위하여 사후 요약 글쓰기를 실시하였고, 이를 「다중 표상 글쓰기 평가틀」을 사용하여 분석하였다. 실험집단 학생 중 다중 표상을 사용한 정도에 따라서 3개의 그룹으로 나누어 인터뷰를 실시하였고 이를 통해 다중 표상에 대한 학생들의 인식을 조사하였다.

요약 글쓰기 검사: 요약 글쓰기의 형식은 학생들이 배운 단원의 내용을 그 주제에 대해서 잘 모르는 친구에게 편지글을 쓰도록 요청하였다. 사전 요약 글쓰기 주제는 ‘물질의 상태 및 상태변화’ 이었으며, 사후 요약 글쓰기 주제는 ‘힘과 운동’로 선정하였다.

요약 글쓰기 평가들: 요약 글쓰기 평가들은 Hand 등이 개발한 평가들에 기초하여 개발되었으며,²¹ ‘big idea’, ‘과학적 개념’, ‘논의 능력’, ‘수사적 구조’의 4가지 항목으로 되어있다.

다중 표상 글쓰기 평가들: 탐구적 과학 글쓰기의 효과를 검증하기 위해 학생들의 글쓰기에서 나타난 다중 표상의 내재성의 정도를 측정하기 위해 평가들을 개발하였다. 다중 표상 글쓰기 평가들은 McDermmot의 「Multi-Modal Writing Task Assessment Rubric」을 바탕으로 수정된 평가틀로서 본문 평가, 일관성 평가, 대안 양식 평가, 개별 대안 양식 분석의 네 영역으로 구성된다.¹² 본문 평가는 전반적인 글의 평가로서 주제에 적합한지, 정확한지, 완성된 형태인지를 평가하고, 일관성 평가는 학생들이 사용하는 다중 표상이 주제와 연결되고 조화롭게 사용하는지를 평가한다. 대안 양식 평가는 학생들이 요약 글쓰기에서 얼마나 많은 수의 유의미한 다중 표상을 사용하였는지를 평가하는 것으로 학생이 사용한 다중 표상의 총 수에서 주제와 관련 없는 다중 표상을 제외하여 평가하였다. 개별 대안 양식 분석은 학생들이 사용한 다중 표상의 내재성을 평가하는 것으로써 각 양식별로 평가하였다. 다중 표상의 내재성(embeddedness of multiple representations)이란 다중 표상을 정확하고 일관성 있게 나타내고, 글 속에서 문맥상의 전후 관계를 밝히고 설명하며, 통합적으로 의미 있게 사용하는 것을 의미한다.¹¹ 개별 대안 양식 분석의 내용은 캡션이 있는지, 본문에 언급되었는지, 본문과 인접한지, 독창적인지, 정확한지, 본문과 개념적으로 연결되는지, 필요한 다중 표상인지에 대한 평가로 구성되었다. 개별 대안 양식 분석은 점수를 계산하는 방법에 따라 내재성 총점과 내재성 평균으로 구별된다. 내재성 총점은 각 양식의 점수를 합한 점수이고, 이 점수를 대안 양식 평가 점수로 나눈 값이 내재성 평균이다.

네 영역의 점수를 합산하는 방법에 따라서 총점(grand total raw, GTR)과 평균 총점(grand total average, GTA)의 두 가지 방법을 선택하였다. 총점(GTR)은 본문 평가, 일관성 평가, 대안 양식 평가, 내재성 총점을 더해서 나온 값이고,

평균 총점(GTA)은 본문 평가 및 일관성 평가, 대안 양식 평가, 내재성 평균을 합해서 나온 값이다. 두 점수 모두 학생들의 글쓰기를 평가하는 중요한 점수이나 평균 총점(GTA)이 내재성의 정도를 표현하는 가장 적합한 점수로 간주할 수 있다.¹²

다중 표상에 관한 학생 인식 조사를 위한 인터뷰

탐구적 과학 글쓰기 프로그램에 참여한 학생들의 다중 표상에 관한 인식을 조사하기 위해서 교사와 학생의 일대일 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰는 사후 요약 글쓰기에서 나타난 다중 표상과 그에 대한 설명을 사용한 정도에 따라서 3개의 그룹으로 나누어 실시하였다. 세 그룹은 다중 표상과 그에 대한 설명을 제시한 그룹(multiple representations with explanation group, MEG), 다중 표상을 제시했으나 그에 대한 설명이 부족한 경우(multiple representations without explanation group, MG), 그리고 설명만 제시한 경우(explanation only group, EG)로 구분하였다. 각 그룹에 대한 질문 문항은 과학교육 전문가 1명, 과학교육 박사과정 3명, 석사과정 2명에게서 타당도를 검증 받아서 선정하였다(Table 1). 인터뷰 대상은 프로그램에 참여한 학생 중 다중 표상과 그에 대한 설명을 제시한 그룹의 학생(MEG) 5명, 다중 표상을 사용했으나 그에 대한 설명이 부족한 그룹(MG)의 학생 3명, 마지막으로 설명만 제시한 그룹(EG)의 학생 3명으로, 총 11명을 선정하였다.

각 그룹의 인터뷰 내용을 전사한 후 유사한 내용의 응답을 범주화하였다. 각 범주에 대한 학생 응답의 빈도수는 한 학생이 다양한 의견을 말했다 경우에는 복수 응답으로 처리하여 계산하였다.

연구 결과

실험집단과 비교집단의 동질성 비교

실험 처치 전 실험집단과 비교집단의 동질성을 확인하기 위해 두 집단의 학생들이 작성한 사전 요약 글쓰기를 「요약 글쓰기 평가들」과 「다중 표상 글쓰기 평가들」로

Table 1. Interview items on students' recognition about multiple representations

Group	Interview item
MEG (multiple representations with explanation group)	① Why did you use multiple representations?
	② How did you get the idea of using multiple representations?
	③ What is the effect of using multiple representations?
	④ What is a better way to explain this concept?
MG (multiple representations without explanation group)	① What is the meaning of multiple representations you used?
	② Do you think the multiple representations without explanation describe what you think about the concepts?
	③ What is a better way to explain this concept?
EG (explanation only group)	① Why did you use only texts to explain your thinking?
	② What is a better way to explain this concept?

Table 2. Homogeneity verification between experimental group and comparative group

	Group	N	M	SD	t	p
pre-summary writing score	experimental	94	31.56	9.060	-1.626	0.002*
	comparative	64	34.48	12.272		
pre-multiple representation grand total raw (GTR)	experimental	94	23.92	18.07	-3.906	0.004*
	comparative	64	37.11	22.54		
pre-multiple representation grand total average (GTA)	experimental	94	18.15	7.43	-3.187	0.841
	comparative	64	22.05	7.72		

*p<.05

평가하여 이를 t-검증을 통해 분석한 결과, 사전 요약 글 쓰기 총점 및 사전 다중 표상 글 쓰기 총점(GTR)에서 비교 집단의 평균이 실험집단에 비해서 유의미하게 높은 것으로 나타났다(p<.05). 한편 다중 표상 글 쓰기 과제 평균 총점(GTA)에서는 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(Table 2). 따라서 이후 통계는 ANCOVA 분석을 하였다.

요약 글쓰기에서 나타난 다중 표상 분석 결과

사전 요약 글쓰기의 다중 표상 분석 결과를 공변량으로 하여 사후 요약 글쓰기에 대한 ANCOVA 분석 결과, 다중 표상 글 쓰기 총점(GTR)에서 실험집단(92.60)과 비교집단(73.54)사이에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었을 뿐만 아니라 다중 표상 글 쓰기 평균 총점(GTA)에서도 실험집단(34.15)이 비교집단(28.90)에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다(Table 3).

영역별 분석에서 학생들이 과학 정보를 정확히 전달하는지와 개념적 이해의 정도를 알아볼 수 있는 본문 평가(a)에서는 두 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 보이지 않았다. 반면, 주제에 벗어나지 않으며 서로 다른 표상들을 상호 연결하고 통합하는 능력을 평가하는 일관성 평가(b)에서는 실험집단(7.37)이 비교집단(6.77)에 비해서 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 학생들의 글쓰기에서 나타난 수식, 그래프, 도표, 그림, 표, 목록, 상징 중에서 필수적으로 적절하게 표현한 유의미한

양식의 수인 대안 양식 평가(c)에서는 실험집단(11.54)이 비교집단(7.23)에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 내재성 총점(d)에서는 실험집단(64.66)이 비교집단(50.84)에 비해서 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났지만 내재성 총점을 대안 양식 평가로 나눈 값인 내재성 평균(e)에서는 두 집단사이의 유의미한 차이가 보이지 않았다(Table 3).

본문 평가: 요약 글쓰기 본문 평가에서 실험집단(9.02)과 비교집단(8.70) 사이에 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않으나 본문 평가 세부 요소별로 결과를 분석해 보면, ‘과학적 개념이 정확한가?’의 항목에서 실험집단(1.93)과 비교집단(1.75) 사이의 비해서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(Table 4).

일관성 평가: 요약 글쓰기 일관성 평가에서 실험집단의 평균(7.37)이 비교집단의 평균(6.77)에 비해서 통계적으로 유의미하게 높았다. 일관성 평가 세부 요소별로 결과를 분석해 보면, ‘주요 개념이 계속 언급되고 있는가?’의 항목에서 실험집단의 평균(1.85)이 비교집단의 평균(1.69)보다 통계적으로 유의미하게 높았고, 그 외의 항목에서는 두 집단 사이의 유의미한 차이는 없었다(Table 5).

대안 양식 평가: 요약 글쓰기에서 나타난 글을 제외한 다중 표상 중에서 불필요하거나 부적절한 것을 제외하여 유의미한 다중 표상의 수를 알아보았다. 유의미한 다중 표상의 수에서 실험집단(11.54)과 비교집단(7.23) 사이에

Table 3. ANCOVA results for summary writing

	Experimental (N=94)		Comparative (N=64)		F	p
	M	SD	M	SD		
(a) Text assessment	9.02	2.021	8.70	2.201	1.380	.242
(b) Overall cohesiveness of paper	7.37	2.058	6.77	2.415	4.26	.041*
(c) Overall alternative modes assessment	11.54	6.366	7.23	4.338	27.844	.000**
Individual alternative (d) total embeddedness score	64.66	27.626	50.84	32.847	11.450	.001**
modes analysis (e) average embeddedness score (e=d/c)	6.22	1.590	6.20	2.334	0.029	.866
(f) grand total raw (GTR) (f=a+b+c+d)	92.60	35.456	73.54	40.118	14.321	.000**
(g) grand total average (GTA) (g=a+b+c+e)	34.15	7.997	28.90	9.561	19.447	.000**

*p<.05

Table 4. ANCOVA results for the text assessment in summary writing

	Experimental (N=94)		Comparative (N=64)		F	p
	M	SD	M	SD		
Accuracy of science concepts	1.93	0.446	1.75	0.471	4.929	.028*
Discussed required topics	2.17	0.986	2.17	1.29	0.053	.819
Text characteristics match intended writing type	1.85	0.387	1.89	0.567	0.466	.496
Language appropriate for audience	1.87	0.335	1.81	0.393	0.590	.444
Key terms underlined, highlighted, identified	1.20	0.934	1.08	0.948	0.979	.324
Text assessment	9.02	2.025	8.70	2.20	1.380	.242

*p<.05

Table 5. ANCOVA results for the overall cohesiveness in summary writing

	Experimental (N=94)		Comparative (N=64)		F	p
	M	SD	M	SD		
Modes evenly distributed throughout text	1.81	0.544	1.73	0.648	1.474	.227
Alternative modes linked to each other	1.28	0.860	1.16	0.895	0.486	.487
Examples are carried throughout sample	1.78	0.589	1.70	0.659	0.462	.498
Alternative modes linked to more than one topic	0.66	0.849	0.48	0.756	2.799	.096
Main conceptual idea continually addressed throughout	1.85	0.387	1.69	0.614	4.969	.027*
Overall cohesiveness of paper	7.37	2.058	6.77	2.415	4.26	.041*

*p<.05

통계적으로 유의미한 차이를 보였다(Table 3). 실험집단의 모든 학생들이 요약 글쓰기를 할 때 그림, 그래프, 수식 등을 활용하여 글쓰기를 한 반면에 비교집단의 학생들 중에는 다중 표상을 전혀 사용하지 않고 글쓰기를 한 경우가 있었다(Example 1).

<Example 1. Students' summary writing>

효정에게 ♥
 안녕! 오늘은 우리가 과학시간에 배운 힘과 운동을 너에게 가르쳐주기 위해서 편지를 쓴다.
 힘과 운동을 알아보기 위해 먼저 과학에서 말하는 힘이란 무엇일까? 과학에서의 힘이란 물체의 모양이나 운동 상태를 변화시키는 것을 말해. 그럼 먼저 떨어져 있어서 작용하는 힘인 어떤 것들이 있는지 알아볼까? 먼저 중력! 중력은 떨어져 있어도 작용해. (중략) 그리고 두 번째론 마찰력! 마찰력은 물체의 운동을 방해하는 힘이지 ㅎㅎ 방향은 작용하는 힘과 반대방향이야. 그리고 세 번째 탄성력! 탄성력은 물체가 원래대로 돌아가려는 성질이야. 당연히 작용하는 힘과 반대 방향이겠지 ㅎㅎ 여기까지 해야겠다.

개별 대안 양식 분석: 개별 대안 양식 분석에서는 학생들이 사용한 다중 표상 각각에 대해서 내재성을 평가하였다. 다중 표상을 정확하고 일관성 있게 나타내고, 글 속에서 문맥상의 전후 관계를 밝히고 설명하며, 통합적으로 의미 있게 사용하였는지를 알기 위해 각각의 양식별로 캡션이 있는지, 본문에 언급되었는지, 본문과 인접한지, 독창적인지, 정확한지, 본문과 개념적으로 연결되는지,

필요한 다중 표상인지에 대한 점수를 종합하였다. 내재성 총점은 실험집단의 평균이 64.66이고 비교집단의 평균이 50.84로 통계적으로 유의미한 차이를 보였고(p<.05), 내재성 평균은 두 집단 사이의 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(Table 3). 내재성 총점은 학생들이 사용한 다중 표상이 갖는 내재성을 모두 합한 것이고 내재성 평균은 내재성 총점을 유의미한 다중 표상의 수로 나눈 것으로 한 다중 표상이 가지는 내재성의 정도를 알아보는데 사용할 수 있다. 따라서 위의 결과는 실험집단이 비교집단에 비해 다중 표상을 사용하는 빈도는 높지만 학생들이 사용한 개별 다중표상이 가지는 내재성에서는 통계적으로 차이가 나지 않음을 나타낸다.

다중 표상에 대한 인터뷰 분석 결과

탐구적 과학 글쓰기 프로그램에 참여한 학생들의 다중 표상에 관한 인식을 조사하기 위해서 실시한 그룹별 인터뷰 결과는 다음과 같다(Table 6).

다중 표상과 그에 대한 설명을 함께 제시한 그룹(multiple representations with explanation group, MEG)

이 그룹에 속하는 5명의 다중 표상 평가 점수를 살펴보면 다중 평가 글쓰기 평가의 하위 요소에서 실험집단 전체 평균과 비교했을 때, 모든 영역에서 높은 점수를 획득한 것을 알 수 있다(Table 7).

학생 인터뷰에서 다중 표상을 사용하는 이유에 대한 질

Table 6. Analysis of students' interview

Group	Interview Item	Category	# of responses (multiple responses)
MEG	Why did you use multiple representations?	Good for understanding concepts	5
		Multiple representations have visual effects	1
		Multiple representations can arouse reader's interest	1
	How did you get the idea of using of multiple representations?	Explanation by teacher	5
		By SWH program	3
		Not by teaching-learning, just naturally mastered through the learning process	1
		By textbook	2
	What is the effect of using multiple representations?	Good for long-term memory	3
		Easy to understand	1
		For arousing reader's interest	2
What is a better way to explain this concept?	Mind map	2	
	Table	2	
	Photo	2	
	Cartoon	1	
	Movie	1	
	Emphasis(different color or size of font)	1	
What is the meaning of multiple representations you used?	Explain scientifically	2	
	Explain non-scientifically	1	
MG	Do you think the multiple representations without explanation describe what you think about the concepts sufficiently?	Not sufficient	3
	What is a better way to explain this concept?	Drawing	3
EG	Why did you use only texts to explain your thinking?	Explaining by writing text is easier than by drawing to writer.	2
		Explaining by drawing something is hard for reader to understand.	1
	What is a better way to explain this concept?	Drawing	2
EG	What is a better way to explain this concept?	Table	1
		Graph	1

Table 7. Student's summary writing score in MEG

	Text assessment	Overall cohesive- ness of paper	total number of multi- ple representations used	total embedded- ness score	average embed- dedness score	GTR	GTA
Student 1	14	9	20	154	7.70	197	50.7
Student 2	15	9	11	84	7.64	119	42.64
Student 3	16	10	23	174	7.57	223	56.57
Student 4	12	10	15	122	8.13	159	45.13
Student 5	14	10	28	228	8.14	280	60.14
mean of MEG	14.20	9.60	19.40	152.40	7.84	195.60	51.04
mean of experimental group	9.02	7.37	11.54	64.66	6.22	92.60	34.15

문에 이해하기에 쉽기 때문이라고 대답한 빈도가 가장 많았다(Case 1).

<Case 1>

Student 7: 솔직히 글로 주저리주저리 적으면 무슨 말인지 모르고, 깔끔한 게 눈에는 잘 들어오고, 글로만 적으면 한번 읽어도 무슨 말인지 모르고 계속 읽어야 하고, 그림 같은 경우는 머리에 남으니깐 그게 더 이해도 좋고 외우기도 좋아서

다중 표상을 학습한 경로에 대한 질문에 대해서 학습의 과정에서 스스로 터득하거나 교사의 안내, 탐구적 과학 글쓰기 활동, 교과서 등을 통해서 익혔다고 답하였다(Case 2).

<Case 2>

Student 1: 딱히 배운 적은 없어요. 알기 쉽게 설명하려면 그림을 그리는 게 좋으니까, 그냥 교과서에서 봤던 실험들이나 그림을 간략하게 표현하거나 아니면 내가 생각해가고 예시를 들어가꼬 그린다거니..

(교사: 그렇게 표현하면 좋다는 건 어디서 배운 거야?) 표현하는 게 좋다는 건 선생님이 가르쳐주셨는데요. SWH할 때도 글로만 써 놓은 거 보다 그림을 해놓은 게 더 보기 쉽고, 글자로 쓰는 것 보다 그게 더 낫다고
 Student 4: 교과서에 나오는 그림이나 선생님이 설명해 주시는 거 공책 보면서 많이 익혔습니다.
 Student 5: 선생님이 말씀해 주신거랑 그거.. 그거.. 보고서 쓸 때 있잖아요.(교사 : 어..우리 SWH 해가지고 보고서 쓸 때?) 네. 그거. 그거 할 때 그냥 글로 쓰는 것보다 표로 쓰는 게 좀 더 쉽고 빠르고 그러니까 그 때도 표로 쓰고.

다중 표상의 효과에 대한 질문에 이해가 쉬울 뿐만 아니라 학습에 대한 장기 기억에 도움을 주고 흥미를 유발한다고 답하였다(Case 3).

<Case 3>

Student 3: 글로만 되어 있는 것에 비해서 그림이 좀 더 오래 남지 않을까 해서요
 Student 1: 읽기 전에 그림이 있으면 흥미가 생기거든요.

또한 해당 개념을 설명하는데 있어서 다른 방법을 사용한다면 마인드 맵, 표 사진, 만화 등을 다른 표현 방법으로 제시하였다(Case 4).

<Case 4>

Student 4: 마인드 맵 같은 것도 그림이랑 비슷하데 글로 쓰는 거나 그림 그리는 것 보다는 더 자세하게 알 수 있으니까 좋은 거 같고
 Student 5: 동영상 아니면 사진으로 있잖아요. 사진으로 찍어서 그 밑에다 부가 설명 같은 거를 달아준다든가

다중 표상을 제시하였으나 그에 대한 설명이 부족한 그룹 (multiple representations without explanation group, MG)

이 그룹에 속하는 3명의 학생의 다중 표상 평가 점수를 살펴보면 다중 평가 글쓰기 평가의 하위 요소에서 실험 집단 전체 평균과 비교했을 때 필요한 다중 표상 수와 총점은 높지만 본문 평가, 일관성 평가, 개별 대안 양식 평균에서 평균보다 낮은 점수를 것으로 나타냈다(Table 8). 이 그룹에 속하는 학생들은 본문 평가 점수가 저조한 것으로 보아 해당 주제에 대한 개념적 이해의 정도가 부족하고 일관성 평가 및 개별 대안 양식 평균의 점수가 낮은 것으로 보아 문자와 다양한 양식의 표현을 상호 연결하

고 통합하는 능력이 부족하여 다중 표상을 활용하는 능력이 부족한 것으로 보인다.

다중 표상의 의미를 알고 표현했는지를 알기 위해서 표현의 의미에 대해서 묻는 질문에 2명의 학생은 인터뷰에서 자신이 제시한 다중 표상에 대해서 설명을 할 수 있었고, 나머지 한 명은 설명을 제대로 하지 못하였다. 또한 3명 모두 그림을 비롯한 다중 표상을 사용하는 것만으로는 자신의 생각을 다른 사람에게 충분히 설명할 수 없다고 인식하였으며(Case 5), 개념을 설명하기 위해 더 좋은 방법으로써 표상에 대한 설명을 보충되어야 한다고 대답하였다.

<Case 5>

<Interview-student 8>
 Teacher: 그림 위주로 되어 있거든.(중략) 동생이 잘 이해할 수 있을까?
 Student 8: 음.. 글.. 어린 동생이니까 글보다는 그림이 더 나은 거 같아서
 Teacher: 그림만으로 네가 방금 설명한 개념을 동생일 알 수 있을 거 같다고?
 Student 8: 아니요. 그건 아니고
 Teacher: 그러면 뭐가 좀 추가가 되어야 할까?
 Student 8: 이 화살표가 뭐를 의미하는지 그거를 적을 거예요.
 Teacher: 네가 안적은 이유는 뭔데?
 Student 8: 아.. 어떻게 설명.. 어떻게 이거를 적어야 할지 몰라가지고

다중 표상의 제시가 부족하고 설명 위주의 글로만 글쓰기를 한 그룹(explanation only group, EG)

이 그룹에 속하는 3명의 학생의 다중 표상 평가 점수를 살펴보면 다중 평가 글쓰기 평가의 하위 요소에서 실험 집단 전체 평균과 비교했을 때 본문 평가, 일관성 평가, 개별 대안 양식 평균 점수는 높으나 필요한 대안 양식의 수, 개별 대안 양식 합계에서 낮아서 총점(GTR) 및 평균 총점(GTA)에서는 실험집단 전체의 평균 보다 점수가 낮다(Table 9).

이 그룹에 속하는 학생들은 인터뷰에서 글만 사용한 이유를 묻는 질문에 방법을 몰라서 다양한 표상으로 나타내는데 곤란함을 느끼거나 다중 표상이 이해하기에 어렵다고 대답하였다(Case 6). 자신은 글쓰기에서 글만 사용

Table 8. Student's summary writing score in MG

	Text assessment	Overall cohesiveness of paper	total number of multiple representations used	total embeddedness score	average embeddedness score	GTR	GTA
Student 6	14	6	22	104	4.73	146	46.73
Student 7	6	6	10	40	4.00	62	26
Student 8	6	9	24	101	4.21	140	43.21
mean of MG	8.67	7.00	18.67	81.67	4.31	116	38.65
mean of experimental group	9.02	7.37	11.54	64.66	6.22	92.60	34.15

Table 9. Student's summary writing score in EG

	Text assessment	Overall cohesiveness of paper	total number of multiple representations used	total embeddedness score	average embeddedness score	GTR	GTA
Student 9	16	9	9	72	8	106	42
Student 10	15	8	9	67	7.44	99	39.44
Student 11	10	7	4	26	6.5	47	27.5
mean of EG	13.67	8.00	7.33	55.00	7.31	84.00	36.31
mean of experimental group	12.37	7.34	11.54	64.66	6.22	95.91	37.47

하였지만 해당 개념을 설명하기 위한 더 나은 방법은 설명과 더불어 그림, 표, 그래프 등과 같은 다양한 양식의 표현을 사용하는 것이 좋다고 하였다.

<Case 6>

(Interview—student 9)

Student 9: 그림.. 잘 그리는 것도 아니고.(중략) 그림으로 그래프 같은 걸로 많이 그려보지도 않고 할 자신도 없었고 또 여러 과목별로 서술형 그런 거 쓰는 거 연습하다 보니까 글로 풀어서 적는 게 더 쉬워서 글로 적었는데요.

Teacher: 힘들다 라는 게 그리는 솜씨가 없다는 거야? 아니면 그 개념을 그림으로 표현하는 게 힘들다는 거야?

Student 9: 그림 그리는 솜씨가 없긴 없지만 그거 보다는 표현하는 게 더 힘들어요.

(Interview—student 11)

Student 11: 그림을 잘 못 그리고 그냥 글로만 설명하는 게 더 낫다고 생각했어요.

Teacher: 그 낫다는 게, 누구한테? 니가 표현하기에 좋다는 거야?

Student 11: 제가 표현하기가, 그리고 어떻게 그려야 할지를 잘 모르겠어서.

결 론

이 연구에서는 탐구적 과학 글쓰기 활동이 학생들의 글쓰기에서 나타난 다중 표상에 미치는 영향 및 활동에 참여한 학생들의 다중 표상에 대한 인식을 알아보고자 하였다.

탐구적 과학 글쓰기 활동은 전통적인 실험 방식에 비해 학생들이 작성하는 summary writing에서 자신의 생각을 표현하기 위해 다양한 방법들을 적절하게 제시하고 연결 짓고 통합하게 하는데 더 효과적인 것으로 나타났다.

탐구적 과학 글쓰기 활동은 언어를 매개로 하는 논의와 글쓰기를 강조한 학습 프로그램이다. 프로그램을 수행하는 과정에서 학생들은 논의를 통해 의문을 결정하거나 실험을 설계하고 주장과 증거를 제시해야 한다. 학생들이 논의 과정에 반복적으로 노출되는 상황은 학생들로 하여금 더 합리적이고 타당한 결론을 내리기 위해 상대방에게 효과적인 설득 방법을 찾도록 요구한다. 학생들이 논의에서 자신의 의견을 상대방에게 효과적으로 피력하고 설득하기 위해서는 자신이 가지고 있는 생각이 무엇인지에

대한 이해가 선행되어야 한다. 이를 위해 자신의 생각을 떠올리고 정리하는 과정에서 중복되는 내용은 통합되고 불필요한 내용들은 제거될 수 있다.

생각이 명료화되고 통합되는 과정은 논의를 하기 전 개인의 내적인 부분에서 먼저 이루어지지만 사람과 사람사이에서도 동일한 과정이 일어난다. 특히 탐구적 과학 글쓰기 활동 단계 중, 자기 조의 주장과 근거를 작성할 때 각 조원들은 학습지에 기록되어 있는 나의 주장과 근거를 다른 사람과 비교해 봄으로써 다른 조원들이 같은 현상을 보고 어떻게 생각하였는지에 대한 결과물들을 확인할 수 있으며 이를 토대로 조의 주장과 근거를 작성하기 위해 다시 한 번 내용을 재구성 해야만 한다. 이러한 과정은 조별로 논의가 이루어지는 학급토론에서도 반복되어 나타나고 이를 통해 학생들은 자신과 다른 관점에서 작성된 자료들을 이해하고 공통점과 차이점을 추려서 어떻게 재구성하여 나타내는지에 대한 방법을 익힐 수 있다. 그 결과 학생들이 더 정돈되고 일관성 있는 형태의 다양한 표현들을 더 능숙하게 사용할 수 있는 것으로 보인다.

탐구적 과학 글쓰기 활동에 참여한 학생들은 자신의 생각을 효과적으로 전달하기 위해서 말하고자 하는 내용을 맥락에 맞추어 정확하고 일관성 있게 통합된 형태로 다양하게 표현하는 것의 필요성을 인식하고 있다.

다중 표상과 그에 대한 설명을 적절히 제시한 학생들은 다중 표상의 효과에 대한 인식을 바탕으로 내재성이 높은 다중 표상을 활용하였다. 다양한 표현을 사용하지 못하는 학생들 또한 다중 표상 사용에 대한 필요성을 인식하고 있으나 자신이 알고 있는 내용을 다중 표상을 사용해서 나타내는 방법을 모르거나 다중 표상 자체가 무엇인지 잘 인식하고 있지 못하고 있었다.

다중 표상 사용이 가지는 장점 중 하나는 다중 표상의 사용이 개념에 대한 학생들의 깊은 이해를 도울 수 있다는 것이다. 이를 위해 학생들이 다중 표상을 사용하게 하기 위해서는 다중 표상이 가지는 효과에 대한 긍정적인 인식과 함께 다중 표상을 사용할 수 있는 기회의 제공 그리고 다중 표상을 사용하는 방법에 대한 학습이나 지원이 함께 이루어져야 한다.

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

REFERENCES

1. Osborne, J.; Erduran, S.; Simon, S. *Journal of Research in Science Teaching* **2004**, *41*(10), 994.
2. Kang, S.; Lim, J.; Kong, Y.; Nam, J.; Choi B. *J. Korean Chem. Soc.* **2004**, *48*(1), 85.
3. Dillon, J. T. *Using discussion in classrooms*; Open University Press: Buckingham and Philadelphia, 1994.
4. Prain, V. *International Journal of Science Education* **2006**, *28*(2&3), 170.
5. Rowell, P. A. *Studies in Science Education* **1997**, *30*, 19.
6. Klein. *Educational Psychology review* **1999**, *11*(3), 203.
7. Prain, V.; Hand, B. *Teaching and Teacher Education* **1996**, *12*(6), 609.
8. Keys, C. W.; Hand, B.; Prian, V.; Collins, S. *Journal of Research in Science Teaching* **1999**, *36*(10), 1065.
9. Hand, B.; Prian, V.; Lawrence, C.; Yore, L. D. *International Journal of Science Education* **1999**, *21*(10), 1021.
10. Yore, L. D.; Bisanz, G. L.; Hand, B. M. *International Journal of Science Education* **2003**, *25*(6), 689.
11. Hand, B.; Choi, A.; Greenbowe, T.; Schroeder, J.; Bennett, W. 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, 2008.
12. McDermott, M. A. The Impact of Embedding Multiple Modes of Representation on Student Construction of Chemistry Knowledge. Ph. D. Dissertation, University of Iowa, Iowa, U.S.A., 2009.
13. Ainsworth, S. E. *Computers & Education* **1999**, *33*, 131.
14. Nakhleh, M. B.; Posteck, B. Learning chemistry using multiple external representations. In *Visualizational: Theory and Practice in Science Education*; J. K. Gilbert, M. Reinger, M. Nakhleh, Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2008; p 209.
15. Seufert, T. *Learning and Instruction* **2003**, *13*(2), 227.
16. Kelly, G. J.; Takao A. *Science Education* **2002**, *86*(3), 314.
17. Cho, H. The Impact of the Science Writing Heuristic Approach on Students' Use of Multi Modal Representation and Embeddedness in Science Writing. Master Thesis, Pusan National University of Education, Busan, Korea, 2009.
18. Nam, J.; Lee, D.; Cho, H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2011**, *31*(6), 931.
19. Nam, J.; Lee, D.; Nam Y. *J. Korean Chem. Soc.* **2012**, *56*(4), 500.
20. Nam, J.; Kwak, K.; Jang, K.; Hand, B. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2008**, *28*(8), 922.
21. Hand, B.; Norton-Meier, L.; Staker, J.; Bintz, J. When science and literacy meet in the secondary learning space: Implementing the science writing heuristic (SWH). University of Iowa: Iowa City, IA, 2006.