

## 중학교 1학년 과학 영재의 가설-연역적 탐구 실험 글쓰기 유형 분석

강 성 주

한국교원대학교

박 희 경

한국교원대학교

과학 탐구 과정 및 과학 학술지의 논문 양식을 기초로 글쓰기 분석틀을 만들었으며, 중학교 1학년 과학 영재의 글을 글쓰기 분석틀에 근거하여 분류하였다. 연구 대상 학생들의 글을 입시적 설명의 유무와 결론의 형태를 기준으로 7가지 유형으로 구분하였고, 그리고 각 유형별 사례를 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석 내용의 기술 횟수와 글쓰기에서 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석이 기술된 위치를 기준으로 단선형, 복선형, 결론 보강형으로 나누었다. 단선형은 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석이 1회 일 때, 복선형은 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석이 2회 이상, 결론 보강형은 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석을 1회 이상의 과정을 통해 결론을 내린 후 다시 앞에 제시한 과정 이외의 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석이 나타날 경우라 하였다. 학생들은 과학 글쓰기를 통하여 과학자와 같이 글을 쓸 수 있는 기회를 얻을 수 있고, 학생들의 글쓰기 유형은 학생들을 평가할 수 있는 기준으로써 적용가능하다고 할 수 있다.

주제어: 글쓰기, 가설-연역적 탐구, 과학 영재

### I. 서 론

자연 현상을 관찰하고 설명하는 활동은 과학에서 중요한 일이다. 실험을 통해 어떤 이론을 확인하거나, 알아내는 과정도 중요하지만 그 내용을 내면화하여 청중에게 전달할 수 있는 능력 또한 중요하다. 그런 의미에서 의사소통의 중요성이 부각되고 있다. 의사소통을 위한 대표적인 방법으로 말하기와 글쓰기를 들 수 있다. 역사적으로 보면 말하기가 더 먼저 발달하였지만 청중의 부재, 반복성, 시간적 제한을 넘어설 수 있는 글쓰기가 직접인 만남의 장이 아닌 상황에서도 의사소통을 가능하게 해준다.

이러한 것은 교육과정에서도 반영되었는데, 교육인적자원부(2007)가 고시한 초·중등학교 개정 과학과 교육과정과 교육과학기술부(2009)가 고시한 고등학교 개정 과학과 교육

과정을 살펴보면 지식 정보화 사회를 살아가는데 있어 과학글쓰기와 토론능력은 매우 중요하다고 언급하면서 교수학습방법에서 “과학 내용 및 과학과 관련된 사회적 쟁점에 대한 과학글쓰기와 토론을 할 수 있도록 수업을 계획한다.”(2007)와 “과학상식과 사회적 쟁점에 대한 자료를 읽고, 이를 활용한 과학 글쓰기와 토론을 통하여 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사소통능력을 함양 할 수 있도록 지도한다.”(2009)고 각각 명시하였다.

글쓰기는 인간의 기억 속에 정리되지 않은 채 어지럽게 흩어져 있는 무의식적 정보, 혹은 이야기들을 정돈된 의식의 세계로 끄집어내는 중요한 지적 활동이다(김요한, 2005). 글쓰기 활동은 기록을 통한 개념적 변화를 유도하며, 학생들의 개념 이해 정도를 파악하여 적절한 수준의 교육을 할 수 있는 기회를 제공한다(Fellows, 1994; Hand et al., 2002; Rivard & Straw, 2000).

이러한 글쓰기의 의식적이며 의도적인 특성은 상위 수준의 일반화된 개념 습득을 요구하는 학교 교육에서 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다. 또한 다른 형태의 의사소통에 비해 글쓰기 활동은 참여한 학생들 대부분에게 자신의 언어로 생각을 표현할 기회를 비교적 동등하게 부여한다고 할 수 있다(정혁 외, 2004).

과학 탐구는 과학자들이 자연 세계를 연구하고 자신들의 연구로부터 도출된 증거에 기초하여 설명을 제안하는 다양한 방법(NRC, 1996)으로 과학과 교수 학습의 중요한 목표이다(진순희와 장신호, 2007). Waston 외 (2004)는 과학 탐구는 단순한 실험 활동이 아니라 과학적 의사소통이 이루어지는 문제해결과과정이라는 것이 강조되고 있다고 주장하였다. 과학, 기술 및 사회의 관계뿐 아니라 새로운 지식의 생성에 따른 과학자들 간의 상호작용까지도 포함된다는 것을 의미한다. 따라서 실제적인 과학 교육에서도 의사소통의 과정인 상호작용 측면까지도 고려되어야 한다(정영란과 최진미, 2007).

그러나 김희경 등(2003)이 중학교 과학 교과서 물리 단원 실험들의 특징을 조사한 결과를 살펴보면, 전반적으로 내용 학습에 치중하고 있었으며, 개방성이 낮고, 가설검증, 관찰 설명, 대안이론 고려하기, 결론을 뒷받침하기 위해 자료를 이용하기, 실험결과 의사소통하기 등의 과학자 활동과 유사한 탐구활동은 거의 고려되지 않은 것으로 나타났다. 또한 국외 연구에서도 특히 과학적 의사소통, 토론이나 실질적인 논변의 기회가 부족하다는 것이 여러 학자들에 의하여 연구된 바 있다(Chinn & Malhorta, 2002; Driver et al., 2000).

그렇다면 학생들이 과학자와 같은 가설-연역적인 탐구 활동을 통해 이루어지는 의사소통의 과정을 알아볼 필요가 있으며, 이러한 과정을 학생들에게 고른 기회를 제공할 수 있는 글쓰기를 통해 알아볼 필요가 있다. 따라서 가설-연역적 탐구 실험에서의 글쓰기의 과정 및 특징을 심도 있게 탐구해 보고자 한다.

## II. 연구 방법

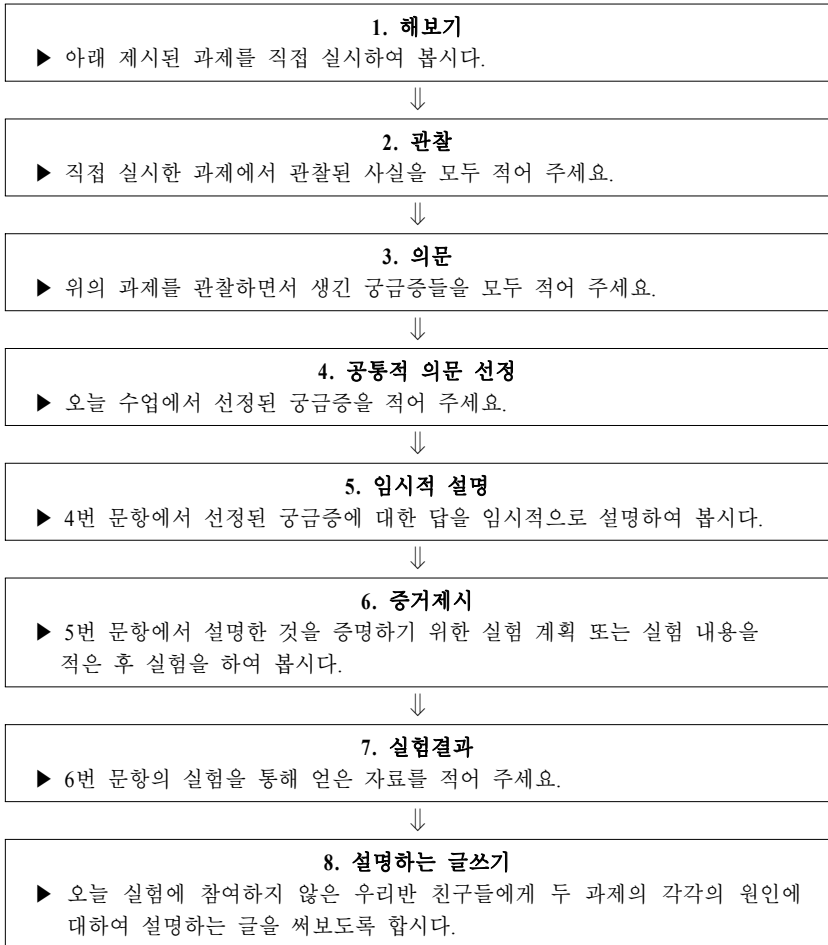
### 1. 연구 목적 및 대상

이 연구의 목적은 가설-연역적인 탐구 실험을 제시하였을 때 중학교 1학년 학생들이

동급생을 대상으로 쓴 글의 특징 및 구조를 분석하고 유형화하는 것이다. 이를 위해서 동급생에 비하여 과학적 사고력이 풍부하고, 과학 실험에 대한 경험이 많아 스스로 실험을 설계하고 수행할 수 있는 영재학생을 대상으로 실시하였다. 경험과 지식을 언어화 할 수 있다고 판단되는 중부권 소재 C 대학교 부설 영재교육원 학생 21명을 표집하였다.

## 2. 과제 및 분석 방법

연구 대상 학생들에게 제시한 가설-연역적인 방법론을 토대로 개발된 가설-연역적 탐구 실험은 그림 1과 같은 탐구 활동 형태로 제공되었다. 인지적 과부하를 막기 위해 각 단계를 제시하였다.



[그림 1] 탐구 활동 보고서 양식

가설-연역적인 방법을 통해 이루어진 수업을 학습자가 내면화하여 다른 동급생에게 설명하는 글을 쓰도록 하기 위한 과제 개발은 정기적인 세미나를 통해 최종적으로 연습 과제 1개와 본 과제 2개로 선정하였다.

연구 대상 학생들에게 본 과제에 대한 적응 훈련으로 실시된 연습 과제는 ‘무색의 산성 용액이 지시약에 의하여 노란색으로 변화하는 현상’과 ‘무색의 염기성 용액이 지시약에 의하여 노란색으로 반응하는 현상’ 두 가지를 동시 제시하여 공통된 의문 ‘왜 노란색으로 변했을까?’를 통해 일련의 제공된 탐구 활동을 실시하도록 하였다.

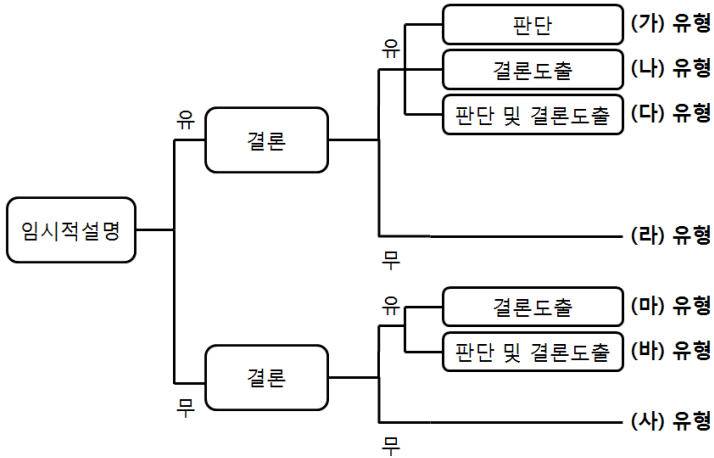
본 과제로 실시한 첫 과제는 물리변화에 관한 것으로 ‘드라이아이스를 상온에 두었을 때 일어나는 현상’과 ‘물을 끓일 때 일어나는 현상’으로 구성하였다. 두 번째 과제는 화학 변화에 관한 것으로 ‘강철 솥을 넣은 시험관을 물이 든 살레에 거꾸로 두었을 때의 현상’과 ‘물이 든 살레에 있는 초에 불을 붙인 후 집기병으로 덮었을 때의 현상’으로 구성하였다. 각 과제는 가설을 생성하고, 그 가설을 지지할 수 있는 실험을 설계하며, 실험 내용을 동급생의 학생들에게 설명하는 8번째 단계인 설명하는 글쓰기를 작성하였다.

21명이 이 연구에 참여 하였으나, 전 과제에 참여한 학생은 19명이다. 연구자는 최종 분석 대상 19명 학생들이 과제를 수행하면서 작성한 동급생을 독자로 한 글을 분석하기 위해서 귀납적인 방법을 사용하였다. 연구 대상 학생들이 작성한 76편의 글에 나타난 공통성을 기초로 하여, 문장을 의미 단위로 나누었다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 가설-연역적 탐구 실험의 글쓰기 유형

가설-연역적 탐구 실험은 가설이 생성되는 과정과 가설이 검증되는 단계로 이루어져 있다(박은미와 강순희, 2007). 가설 생성 과정은 관찰로부터 생성된 의문에 대한 임시적 설명을 세우는 것이며, 가설 검증 단계는 실험 설계, 수행 과정인 증거 제시 단계, 실험 수행 결과인 실험 결과 단계를 통해 이루어진다. 이러한 가설-연역적 탐구 활동에서 학생들의 글쓰기 유형을 분류해 보았다. 임시적 설명의 유무를 첫 번째 분류 기준으로, 임시적 설명에 대한 평가 및 의문에 대한 최종적인 답을 형성하는 과정인 결론의 유무를 두 번째 분류 기준으로 선정하였다. 결론이 있는 경우에는 판단이 나타난 글, 결론 도출이 나타난 글, 판단과 결론 도출이 같이 나타난 글로 나누었다. 임시적 설명이 없으면서 결론이 없는 글에서는 판단이 나타난 글이 없었으므로 최종적인 유형을 [그림 2]에 나타내었고 <표 1>은 유형별 의미이다.

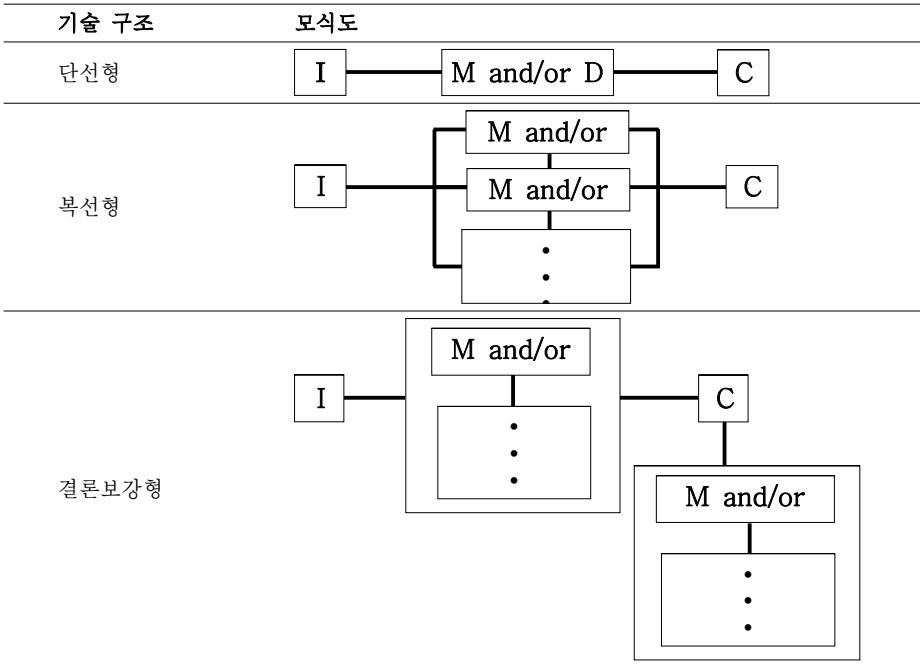


[그림 2] 가설-연역적 탐구 실험 글쓰기 유형

<표 1> 탐구 실험 글쓰기의 유형별 의미

유형	임시적설명유무	결론유무	결론형태	의미
(가)	있음	있음	판단	임시적 설명이 있으면서 판단이 나타나는 유형
(나)	있음	있음	결론도출	임시적 설명이 있으면서 결론 도출이 나타나는 유형
(다)	있음	있음	판단, 결론도출	임시적 설명이 있으면서 판단 및 결론 도출이 나타나는 유형
(라)	있음	없음		임시적 설명이 있으면서 결론이 나타나지 않는 유형
(마)	없음	있음	결론도출	임시적 설명이 없으면서 결론이 나타나는 유형
(바)	없음	있음	판단, 결론도출	임시적 설명이 없으면서 결론이 판단과 결론도출로 나타나는 유형
(사)	없음	없음		임시적 설명이 없으면서 결론이 없는 유형

[그림 2]와 같이 유형을 분석한 결과 각 유형에는 1회의 연구 방법(M) 또는 연구 결과 및 자료 해석(D)을 제시한 형태, 결론을 내리기 전에 2회 이상의 연구 방법(M) 또는 연구 결과 및 자료 해석(D)으로 이루어진 형태, 결론을 내린 후 연구 방법(M) 또는 연구 결과 및 자료 해석(D)이 나타나는 기술 구조가 나타났다. 이러한 글쓰기 과정을 단선형, 복선형, 결론보강형으로 명명하였으며, 각 과정을 [그림 3]에 나타내었다.



[그림 3] 글쓰기 과정에 기술 구조

## 2. 가설-연역적 탐구 실험의 글쓰기 유형의 사례

<표 2>에 제시된 글쓰기 분석틀을 이용하여 학생들의 글의 전개 과정을 분석하고 이를 토대로 학생들의 글을 유형화하였다.

<표 2> 글쓰기 분석틀

기술 단계	제시 내용	정의
1. 서론 I	의문 상황(IQ)	과제에서 발생한 현상에 대한 의문
	임시적 설명(IE)	의문에 대한 잠정적인 대답을 제시
2. 연구 방법 M	근거(MG)	실험 설계의 이유를 가정, 사전 지식 등을 통해 제시
	실험(ME)	실험 방법 및 수행 과정을 제시
	예상(MP)	임시적 설명을 바탕으로 실험 결과의 예측 및 평가 기준 제시
3. 연구 결과 및 자료 해석 D	결과(DR)	실험을 통해 얻은 결과를 제시
	기준-결과 비교(DI)	평가 기준으로 실험 결과를 해석
4. 결론 C	변인 확인(DV)	실험 결과를 바탕으로 현상에 영향을 주는 독립변인을 확정 제시
	판단(CE)	임시적 설명의 옳고 그름에 대한 판단을 제시
	결론 도출(CD)	수집 분석한 자료를 바탕으로 의문에 대한 최종 설명을 제시

각 유형에 대한 자세한 설명 및 사례에 대해 알아보면 다음과 같다.

1) (가) 유형

(가) 유형은 임시적 설명이 있으면서 설명 판단이 나타나는 유형이다. (가)유형으로 글을 작성한 학생들의 기술 구조는 단선형과 복선형으로 나눌 수 있었다.

(1) (가) 유형의 단선형

(가) 유형의 단선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 공통적으로 임시적 설명(IE), 실험(ME), 결과(DR), 설명 판단(CE)의 과정으로 이루어져 있다. (가)유형의 단선형 예시를 살펴보면 다음과 같다.

물을 끓일 때 생기는 흰 연기의 정체에 대해서는	IQ
	↓
물이 상태변화를 위해서 주변의 열을 뺏으므로 주변의 열을 뺏으므로 주변의 온도가 차가워져서 수증기가 액체가 되는 것으로 추정되었다.	IE
	↓
이를 증명하기 위해 하나는 물을 끓인 후 주변을 따뜻하게 하고 다른 하나는 물을 끓인 후 주변에 차갑게 하여 관찰하였다.	ME
	↓
실험 결과 주변을 차갑게 만든 물이 더욱 김이 많이 났다.	DR
	↓
이로써 내가 세운 가설이 맞다는 것을 알 수 있었다.	CE

실험 결과(DR)가 제시된 후 결과에 대한 해석 없이 바로 설명판단이 나타났다. 자신이 어떠한 가설을 가지고 있더라도 논리적으로는 실험을 통해 언제든지 반증될 수 있음에도 불구하고, 실험적 검증을 이미 자신의 가설을 지지하는 실험적 예측인 가설에 대한 구체적인 사례로 보고 있다. 예시에서도 알 수 있듯이 실험을 임시적 설명을 지지하는 사례로 보고 있음을 알 수 있다. 즉 임시적 설명(IE)을 대전제로 실험과 실험의 결과를 사례인 소전제로 제시하고 있으며, 의문에 대한 최종적인 기술은 임시적 설명의 옳고 그름을 판단으로 이루어짐을 알 수 있다.

(2) (가) 유형의 복선형

(가) 유형의 복선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 공통적으로 의문 상황(IQ), 근거1(MG), 실험1(ME), 2회의 설명 판단(CE) 과정으로 이루어져 있다. (가) 유형의 복선형의 예시를 보면 다음과 같다.

드라이아이스를 상온에 놓았을 때 생기는 흰 연기가 왜 생기는지에 대하여	IQ
	↓
저는 드라이아이스의 냉기로 인해 주변의 수증기가 액체로 변해서 우리의 눈에 흰 연기로 보이는 것이라고 생각했다.	IE
	↓
이를 증명하기 위해 물=수증기라고 놓고	MG(1)
	↓
3가지 실험을 하였는데, 첫 번째 실험을 온도에 따른 드라이아이스에서는 나오는 연기의 양이었다.	ME(1)
	↓
물이 뜨거우면 뜨거울수록 발생하는 수증기의 양이 많아질 것이므로 우리의 가설이 맞다는 것을 알려준다.	MP(1)
	↓
실험결과 우리가 세운 가설이 맞다는 것을 알 수 있었다.	CE
	↓
하지만 뜨거운 물로 인해 드라이아이스가 더 녹아 그런 것일 수도 있으니 실험 2를 생각하게 되었다.	MG(2)
	↓
실험 2는 물의 양을 다르게 해보았다.	ME(2)
	↓
물=수증기이므로	MG(2)
	↓
우리의 가설이 맞다면 물의 양이 많은 것이 흰 연기의 양이 많아야 한다.	MP(2)
	↓
실험결과 우리의 가설이 맞다는 것을 알 수 있다.	CE
실험 3은 실험 2와 비슷하고 결과도 같기 때문에 설명하는데 생략하겠다.	분석 제외

예시 글을 살펴보면 “드라이아이스로 인해 주변 온도가 낮아져서 주변의 수증기가 액체로 되었다”는 임시적 설명의 사례로써 실험을 제시하고 그 사례에 대한 실험적 예상을 통해 설명 판단이 이루어짐을 알 수 있다. 결과가 제대로 표시되지 않은 것은 실험을 임시적 설명을 지지하는 사례로 보고 있기 때문으로 해석된다.

예시에는 연구 방법 단계인 실험이 3회에 걸쳐 기술되었다. 임시적 설명에 제시된 ‘온도’에 대한 요인으로 실험을 한 결과 가설을 지지하는 결과를 얻을 수 있었으나 “뜨거운 물로 인해 드라이아이스가 더 녹을 수도 있기 때문에”라고 기술하면서 드라이아이스의 양에 대한 통제가 제대로 되지 않았으므로 드라이아이스에 닿는 물의 양 또는 드라이아이스의 양을 조절하는 실험을 고안하여 가설을 지지할 수 있도록 제시하였다. 변인 통제가 한번에 이루어지는 것이 아니라 실험 도중에 생각한 변인 ME(2)를 통해 ME(1)에 대한 실험



결과의 타당성을 확보하려고 하였다.

2) (나) 유형

(나) 유형은 임시적 설명이 있으면서 결론 도출이 나타나는 유형이다. (나) 유형으로 글을 작성한 학생들의 기술 구조는 단선형, 복선형, 결론 보강형으로 나누었다.

(1) (나) 유형의 단선형

(나) 유형의 단선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 대부분의 의문 상황(IQ), 임시적 설명(IE), 실험(ME), 결과(DR), 기준-결과(DI), 결론 도출(CD) 과정으로 이루어져 있다. (나) 유형의 단선형의 예시를 보면 다음과 같다.

오늘 알아봐야 할 의문은 드라이아이스를 상온에 놓아두었을 때 흰 연기가 왜 발생하는지 알아보는 것이다. 드라이아이스를 상온에 두었을 때를 A 현상	IQ				
	↓				
드라이아이스가 승화하면서 주변의 열을 흡수하게 될 것이라고 생각했다. 즉, 주변의 수증기를 냉각시켜 수증기에서 물로 상태변화가 일어나게 되어 우리 눈에 보이는 것일 것이다.	IE				
	↓				
나의 임시적 설명을 증명하기 위해, 승화할 때 주변의 온도가 정말 낮아지는지 알아보는 실험을 고안했다.	MG				
	↓				
샬레 위의 드라이아이스를 놓기 전과 드라이아이스를 놓고 승화시킨 후의 온도를 측정하여 비교하기로 하였다.	ME				
	↓				
그래서 실험결과를 표로 정리하였더니,					
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">승화시키기 전의 온도</td> <td style="padding: 2px 5px;">23.5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">승화시키기 후의 온도</td> <td style="padding: 2px 5px;">-1</td> </tr> </table> 가 되었다.	승화시키기 전의 온도	23.5	승화시키기 후의 온도	-1	DR
승화시키기 전의 온도	23.5				
승화시키기 후의 온도	-1				
	↓				
따라서 승화할 때 드라이아이스는 주변의 온도(열)을 흡수한다는 사실과 주변의 수증기의 온도를 냉각시킨다는 사실을 증명했다.	DI				
	↓				
따라서 A 현상의 흰 연기는 드라이아이스가 승화하면서 주위의 수증기를 냉각시켜 물로 상태변화를 일으키기 때문에 즉 액체 상태이기 때문에 흰 연기로 우리 눈에 보이는 것이다.	CD				

예시에서 보듯이 실험 결과를 바탕으로 임시적 설명을 판단하는 설명 판단이 나타난 것이 아니라, 해석된 자료를 바탕으로 문제에 대한 답을 얻는 과정인 결론 도출로 글을 끝맺는다.

결론 도출의 내용은 임시적 설명을 그대로 옮겨 쓰는 형태가 아니라 위에 제시된 글에서 보듯이 임시적 설명은 “주위의 수증기를 냉각시켜 수증기에서 물로 상태변화가 일어나

게 되어 우리 눈에 보이는 것일 것이다.”로 제시되어 있으나 결론에서는 “흰 연기는 드라이아이스가 승화하면서 주위의 수증기를 냉각시켜 물로 상태변화를 일으키기 때문에 즉 액체 상태이기 때문에 흰 연기로 우리 눈에 보이는 것이다.”라고 제시되어 있다. ‘주변의 수증기를 냉각시켜’라는 표현이 ‘드라이아이스가 승화하면서 주위 수증기를 냉각시켜’라는 구체적인 진술로 바뀌었으며, ‘물로 상태 변화가 일어나게 되어’라는 표현이 ‘물로 상태변화를 일으키기 때문에 즉 액체 상태이기 때문에 흰 연기로’라고 더욱 의문 상황을 고려하여 더욱 구체적으로 기술되었다. 단순히 임시적 설명을 되풀이 하는 것이 아니라 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석의 자료를 바탕으로 다시 한 번 재조직하여 표현된다는 것을 알 수 있다.

**(2) (나) 유형의 복선형**

(나) 유형의 복선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 대부분 임시적 설명(IE), 실험1(ME), 실험2(ME), 결과(DR), 기준-결과 비교(DI), 결론 도출(CD) 과정으로 이루어져 있다. (나) 유형의 복선형의 예시를 보면 다음과 같다.

우리 조는 초가 연소할 때, 물이 올라오는 것이 산소의 소모의 컵 안과 밖의 압력 차라고 생각하였다.	IE
	↓
이로 인해 두 가지 실험을 설계하였다. 첫째 양초의 길이를 다르게 하여 실험하였더니,	ME(1)
	↓
긴 양초가 (연소시간이 더 긴) 더 많은 양의 물이 빨려 들어왔다.	DR(1)
	↓
두 번째로 컵 안에 드라이기를 이용해서, 따뜻한 공기를 채운 후에 양초를 연소시켜 보았더니,	ME(2)
	↓
물이 집기병 위로 올라오는 것을 보았다.	DR(2)
	↓
또한 그냥 바닥에서 촛불을 연소해 집기병을 씌웠을 때도	ME(3)
	↓
바닥이 밀려오는 것을 보아	DR(3)
	↓
압력차를 따라서도 물이 올라간다는 것을 증명하였다.	DV(3)
	↓
초가 연소하면서, 산소가 쓰이면서 그에 따라 이산화탄소 또한 발생한다. 그러나 소모되는 양보다, 이산화탄소의 양이 더 적다. 또한 연소하면서, 집기병 속의 입자량이 적어지면서, 안으로 물이 들어간다.	DI(1,2,3)
	↓
이로 인해서 집기병 안의 물은 소모되는 산소와 압력차로 인해 빨려 들어간다 라고 결론을 내렸다.	CD

예시 글을 보면 여러 가지 실험을 종합하여 결론을 도출하는 형태이다. 이 때의 실험은 (가) 유형에서와 같이 임시적 설명을 지지하는 사례라기보다는 임시적 설명에 제시된 변인의 타당성을 알아보는 실험이다. 가설을 검증할 때는 가설의 일부만 검증하는 방법과 가설 전체를 검증하는 방법이 있다. 예시 글에서는 임시적 설명에 제시된 ‘산소의 소모’, ‘압력차’를 연소 시간을 알아본 실험, 고무바닥 위에 초를 놓고 불을 붙인 후 컵으로 연소하는 초를 덮는 실험을 통해 알아보는 과정이었다. 이러한 실험 결과를 종합하여 해석하는 과정을 거친 다음, 얻은 자료를 바탕으로 종합적으로 결론을 내리는 결론 도출(CD)로 글을 끝맺는다.

**(3) (나) 유형의 결론 보강형**

(나) 유형의 결론 보강형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 대부분 의문 상황(IQ), 임시적 설명(IE), 실험(ME), 결과(DR), 결론 도출(CD) 후에 결과(DR), 기준-결과 비교 또는 변인 확인의 과정으로 이루어져 있다. 결론 도출(CD) 후에 다시 앞서서 나타난 실험결과 이외의 실험 결과(DR)가 나타나는 특징이 있다. (나) 유형의 결론 보강형의 예시를 보면 다음과 같다.

C실험은 강철솜을 넣은 시험관을 물을 넣은 샬레에 거꾸로 세워 놓았을 때의 결과를 관찰하는 것이었고, (다) 과제에서 시험관 속에 김이 서리기 시작했고, 물이 시험관 안으로 들어가는 것을 관찰할 수 있었다. 그리고 강철솜은 녹이 슬어 있다. 즉 산화되었다는 것을 알 수 있었다.	IQ
	↓
우리 조는 강철솜이 산화될 때, 산소를 흡수하게 되어 시험관 속이 저기압이 되어 물이 올라오게 되는 것이라고 가정 한 후	IE
	↓
산소와 잘 반응하는 철(가루)을 집기병 안에 넣고, 파라필름으로 집기병을 씌우고 그 결과를 관찰했다.	ME
	↓
그 결과, 파라필름이 집기병 안으로 움푹 들어가는 것을 알 수 있었다.	DR(1)
	↓
즉, 철이 산화되어 산소가 줄어들어, 저기압이 되어 올라오게 되는 것이다.	CD
	↓
그리고 다른 조는 다른 금속과도, 그리고 코팅이 된 강철솜으로 실험한 결과 코팅이 된 강철솜으로 실험한 경우는 물이 올라오지 않았고, 다른 금속과는 반응을 한 것을 보아,	DR(2)
	↓
금속이 산화되어 물이 올라온 것임을 확신할 수 있었다.	DV(2)

예시를 살펴보면 학생 스스로 실시한 실험에서는 임시적 설명에 제시된 ‘산소를 흡수하게 되어’에 대한 확인 실험을 강철솜이 아닌 산소와 잘 반응할 수 있는 철가루를 이용

하여 알아보는 실험을 실시하였다. 이렇게 하여 얻은 실험 결과는 실험에 대한 관찰 현상으로 “그 결과 파라필름이 집기병 안으로 움푹 들어가는 것을 알 수 있었다”라고 기술되었으며, 이러한 결과는 임시적 설명의 사례로써 설명 판단의 과정을 거치는 것이 아니라, 결론 도출로 나타났다.

임시적 설명에 ‘강철숨이 산화될 때’라는 표현은 의문 상황(IQ)에 나타난 사전 지식인 ‘강철숨이 녹이 슬어서’라는 표현으로부터 만들어진 것으로 보이며, 결론 도출에서는 ‘철이 산화 되어서’로 표현되었다. 결론 도출에 나타난 ‘철이 산화 되어서’라는 명제를 자신이 가지고 있는 사전 지식으로 의문 상황에 드러내기도 하였지만 결론 도출을 기술 한 후 다른 조의 실험 결과를 인용한 기술이 나타났다. 다른 조에서 실시한 코팅이 벗겨지지 않은 강철숨과 코팅이 벗겨진 강철숨이 각각 들어 있는 시험관에 물이 올라오는 실험의 결과를 도입하여 의문 현상을 일으킨 가장 큰 요인이 금속의 산화되었음을 기술하고 있다. 이러한 기술은 결론에 표현된 명제를 보강하는 것이다. 결론의 보강은 결론 도출에 제시된 명제가 앞서서 기술한 내용에서 충분하지 않았을 경우에 앞서서 제시한 실험 이외의 실험을 제시하여 그 결과를 토대로 결론을 지지하는 것이다.

3) (다) 유형

(다) 유형은 임시적 설명이 있으면서 설명판단 및 결론도출이 나타나는 유형이다. (다) 유형으로 글을 작성한 학생들의 기술 구조는 단선형과 복선형으로 나눌 수 있다.

(1) (다) 유형의 단선형

(다) 유형의 단선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 공통적으로 임시적 설명(IE), 실험(ME), 결과(DR), 기준-결과 비교(DI), 설명 판단(CE), 결론 도출(CD)로 이루어져 있다.(다) 유형의 단선형의 예시를 보면 다음과 같다.

(나)의 <양초가 연소할 때 공기(산소)를 사용하여 공기가 있던 부피가 없어져 물이 그 부피를 채우기 위해 빨려 들어왔다>는 것을 증명하기 위하여 아래와 같은 실험을 하였다.	IE
	↓
집기병의 크기를 달리하여 실험하였을 때, 올라오는 물의 양 비교하기 (작은 집기병: 95mL, 큰 집기병: 120mL)	
집기병의 크기가 다른 것을 준비하여 앞의 양초 실험과 동일하게 실험한 후 올라온 물의 양을 비교하였다.	ME
	↓
집기병의 크기가 큰 쪽에 물이 더 많이 올라왔다.	DR
	↓
집기병의 크기가 크면 공기(산소)의 양이 많아 연소를 더 많이 해 사용한 공기의 양이 많아 물이 더 많이 올라온다.	DI
	↓
이 결과로 가설이 맞았고	CE
	↓
산화할 때 공기가 사용되어 부피를 채우기 위하여 올라왔다는 것을 알 수 있다.	CD

가설-연역적 사고 과정에 따르면 결론을 도출하기 전에 가설로부터 연역적으로 이루어진 예상 결과와 실제 실험 결과를 비교한 후 가설 평가 및 결론 도출이 이루어진다.

예시를 살펴보면 실험결과를 해석하는 과정에서 기존의 과학지식을 바탕으로 해석(DI)이 이루어진다. 이러한 해석은 실험 결과 앞에 예상에 대한 기술이 나타나 있지는 않았으나, 예상한 결과와의 비교 과정이 ‘집기병의 크기가 크면 공기(산소)의 양이 많아 연소를 더 많이 해 사용한 공기의 양이 많아 물이 더 많이 올라온다.’와 같이 비교의 과정이 나타난다. 비교의 과정은 임시적 설명의 옳고 그름을 판단하는 기준이 된다. 따라서 임시적 설명의 옳고 그름을 판단하는 설명 판단이 나타나며, 의문에 대한 최종적인 답인 결론 도출(CD)을 기술하는 형태로 나타남을 알 수 있다.

**(2) (다) 유형의 복선형**

(다) 유형의 복선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 임시적 설명(IE), 근거1,2(MG), 실험1,2(ME), 결과1,2(DR), 설명 판단(CE), 결론 도출(CD)로 이루어져 있다. (다) 유형의 복선형의 예시를 보면 다음과 같다.

실험은 철이 산소와 결합해 산화하면서 산소를 사라지게 해 저기압이 된다고 예상하고 그로 인해 기압이 맞춰지기 위해 물이 들어온다 추측했다.	IE
	↓
그로 인해 나는 시험관 속 기체가 물이라는 것 보다 물이 아니다로 증명하기 위해	MG(1,2)
	↓
산소에 반응하는 물질을 집기병에 넣고 파라필름으로 단았더니	ME(1)
	↓
쭉 들어가고 뜯어서 산소에 반응하는 물질(손난로 사용)을 갈랐더니 산화되어 있었다.	DR(1)
	↓
또 이산화탄소라는 걸 알기 위해	MG(2)
	↓
집기병에 석회수를 넣었더니	ME(2)
	↓
뿌옇게 됐다.	DR(2)
	↓
그래서 나는 가설을 증명했다.	CE
	↓
원인을 증명하자면 철이 산소와 반응하여 산화되고 그에 따라 산소가 결합되어 사라져 빈 공간을 채우기 위해 물이 올라온 것이다.	CD

예시를 살펴보면 철이 산소와 결합하였다는 것을 나타내기 위하여 ‘쭉 들어가고’와 ‘뜯어보니 산화되어 있었다’로 기술하였다. 또한 철이 산소와의 결합이 이루어짐에 따라 이

산화탄소라는 생성물이 생긴다고 기술하였다. 이산화탄소에 대한 기술은 철의 산화를 촛불의 연소와 같은 화학 반응이 일어난다고 생각하여 나타낸 것으로 보인다. 예시의 실험들은 철과 산소의 결합에 초점이 맞추어져 있으며, 철과 산소의 결합을 설명할 수 있는 사례로 제시되어 있다. 이러한 사례는 결국 임시적 설명을 지지하는 사례이므로 실험 결과 제시 후 결과를 판단하는 설명 판단이 나타난다. 설명 판단 후 ‘원인을 설명하자면~’ 의문 현상을 발생시킨 최종적인 답인 결론 도출(CD)을 기술하는 형태로 나타남을 알 수 있다.

4) (라) 유형

(라) 유형은 임시적 설명이 있으면서 결론이 나타나지 않는 유형이다. (라) 유형으로 글을 작성한 학생들의 기술 구조는 단선형, 복선형으로 나눌 수 있었다.

(1) (라) 유형의 단선형

(라) 유형의 단선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 대체로 의문 상황(IQ), 임시적 설명(IE), 실험(ME), 결과(DR)로 이루어져 있다. (라) 유형의 단선형의 예시를 보면 다음과 같다.

이 발생하는 두 기체는 염화코발트와의 반응을 통해 물(H <sub>2</sub> O)라는 것을 알 수 있다. 그런데 왜 이 수증기가 발생하는 것인지 알아내는 것이 바로 과제이다.	IQ
↓	
드라이아이스는 매우 온도가 낮은 물질이다. 이렇게 낮은 물질에 주변 공기의 수증기들이 수없이 부딪치게 되어 그 부딪친 수증기가 액화되어 김으로 바뀌면서 흰 연기로 되는 것이다.	IE
↓	
이것을 증명하기 위해서는 상온에서 드라이아이스의 흰 연기 발생량과 물 속에서 발생하는 흰 연기 발생량을 비교해보면	ME
↓	
물 속에서 발생하는 수증기량이 훨씬 많다는 것을 알고	MG
↓	
주변 수증기(물)의 양이 많을수록 흰 연기가 더 많이 발생하는 것을 알면 된다.	DR
↓	
그러면 주변의 수증기에 의해 그 흰 연기가 발생한다는 것을 알 수 있다.	DV

예시를 살펴보면 임시적 설명이 제시되어 있으며, ‘드라이아이스의 흰 연기 발생량과 물속에서 발생하는 흰 연기 발생량’의 비교 실험을 통해 얻은 결과를 기술하고 결과를 바탕으로 의문을 일으킨 현상에 영향을 준 변인을 ‘주변의 수증기’라고 기술하였다. 이러한 글은 임시적 설명에 나타난 변인이 의문을 일으킨 현상에 중요 영향을 미쳤음을 나타내는

것으로 예시의 글은 임시적 설명이 옳음을 증명하기 위해 변인을 확인하는 것으로 글을 전개하고 있다.

위 학생은 기준-결과 비교로 글을 끝맺었는데, “얼음이 수증기를 승화시키기는 온도가 좀 높아서”와 “그 결과 예상한 답이 나왔고 집기병에서 나온 기체와 석회수가 반응해 이산화탄소가 나온다는 것을 증명했고, 그에 따라 산화할 때 이산화탄소가 나온다는 것을 알게 되었다.”이다. 이러한 표현은 예상 실험 결과와 실제 실험 결과를 비교하고, 실제 결과에 대한 해석이다. 이러한 글은 실험 결과가 예상 결과와 다르거나 실험 결과를 의문 현상과 연관하여 결론 도출하기에 어려운 글이었다. 그러므로 결론을 내리지 않고 글을 기준-결과 비교로 끝낸 것으로 보인다.

**(2) (라) 유형의 복선형**

(라) 유형의 복선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 대체로 의문 상황(IQ), 임시적 설명(IE), 실험1,2(ME), 결과1,2(DR)로 기준-결과 비교(DI)로 이루어져 있다. (라) 유형의 복선형의 예시를 보면 다음과 같다.

D 과제: 초를 피워 놓은 패트리 접시에 물을 담은 후 집기병을 덮으면 왜 물이 올라갈까?	IQ
	↓
그리고 D 과제의 가설은 초가 연소할 때 산소가 필요하여서 산소가 없어져서 저기압이 되어 물이 올라갔다고 생각했다.	IE
	↓
그래서 이 실험으로, 수조에서 이 실험을 그대로 옮겨 (스케일을 크게 해서 남은 기체를 모으기 쉽게 함)실험했다. 대신, 고무관으로 남은 기체를 주사기로 뽑아 석회수에 넣었더니	ME(1)
	↓
뿌예졌었던 것을 확인했다.	DR(1)
	↓
C 과제와 마찬가지로 다른 기체가 없어지고 이산화탄소만 남아 저기압이 되었다는 것을 알아냈다.	DI
	↓
또 없어진 기체가 산소였다는 사실은 증명하지 못했지만	MG(2)
	↓
다른 조에서 이산화망간 + 과산화수소로 산소를 모아서 불에 넣었을 때 잘 타는 것을 확인했다.	DR(2)

예시를 살펴보면 임시적 설명(IE)이 전체 글의 전제가 되어 임시적 설명에 나타난 명제들을 확인하는 방법으로 실험이 구성되어 있다. 임시적 설명에 나타난 ‘초가 연소할 때 산

소가 필요하여서 산소가 없어져서'라는 표현을 확인하는 방법으로 연소 반응의 생성물과 산소의 소모를 알아보는 실험을 제시하였다. 이러한 실험은 임시적 설명을 지지하는 사례가 되며, 사례의 결과는 임시적 설명을 뒷받침하는 자료가 되며, 결과의 해석은 임시적 설명이 옳음을 지지하는 것으로 나타내었다.

위 학생의 글에 나타난 끝맺음을 살펴보면 “우리 가설과는 다르게 계속 흰 연기가 나왔다. 아마 비커로 따뜻하게 하더라도 아주 낮은 온도의 이산화탄소를 따뜻하게 만들기엔 좀 역부족이었기 때문일 것이다.”와 같이 실험 결과를 예상과 비교한 후 실제 결과를 해석하는 것으로 나타났다.

임시적 설명을 구성하는 명제들을 지지할 수 있는 실험으로 실험 설계가 이루어지며, 각 실험에 대한 결과 또는 기준-결과 비교가 나타나며, 결론은 없는 특징이 나타난다.

5) (마) 유형

(마) 유형은 임시적 설명이 없으면서 결론이 나타나는 유형이다. (마) 유형으로 글을 작성한 학생들의 기술 구조는 단선형, 복선형, 결론 보강형으로 나눌 수 있었다.

(1) (마) 유형의 단선형

(마) 유형의 단선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 결론이 서두에 나타난 글과 서론이 서두에 나타난 글로 크게 나눌 수 있다. 결론이 서두에 나타난 글을 살펴보면 공통적으로 결론 도출(CD)과 기준-결과 비교(DI)로 나타남을 알 수 있다. 서론이 서두에 나타난 글은 대체로 의문 상황(IQ), 실험(ME), 결과(DR), 기준-결과 비교(DI), 결론도출(CD)로 이루어져 있다. (마) 유형의 결론이 서두에 제시된 예시는 다음과 같다.

A의 실험에서 흰 연기가 생기는 이유는 이산화탄소가 승화(기→고)되어 있는 상태로 온도가 낮는데 상온으로 나올 때 온도가 높기 때문에 다시 기체로 변화하였기 때문에 생기는 것이다. 또한 물을 흡수하면 더 많이 생기는 것이다.	CD
	↓
드라이아이스가 들어있는 비커 3개에 1개에는 뜨거운 물 25mL를 넣고 3가지의 경우에	ME
	↓
연기의 발생량을 관찰한 결과, 상온 > 차가운 물 > 뜨거운 물 순이었다. 이것으로 물이 없을 때보다는 있을 때, 또, 온도가 낮을 때 보다는 높을 때 드라이아이스가 더 많이 발생한다는 것을 알았다.	DR

서론으로부터 글을 시작하는 것과 달리 결론이 글 앞에 제시되고 있는 형태이다. 예시를 살펴보면 “이산화탄소가 승화(기→고)되어 있는 상태로 온도가 낮는데 상온으로 나올 때 온도가 높기 때문에 다시 기체로 변화하였기 때문에 생기는 것이다.”는 임시적 설명으로 볼 수도 있다. 그러나 서두에 나타난 “또한 물을 흡수하면 더 많이 생기는 것이다.”와 같은 표현은 “이것으로 물이 없을 때 보다는 있을 때 드라이아이스가 더 많이 발생한다는



것을 알았다.”라는 결과를 바탕으로 이루어진 것이다.

서론이 서두에 제시된 (마) 유형의 단선형의 예시는 다음과 같다.

초에 불을 붙여 샬레 (물 담은 것)에 넣고 집기병을 뒤집어 놓았더니, 불이 꺼지고 물이 급속도로 올라왔다. 이러한 현상에 대해 ‘물이 왜 올라오는지’에 대해 증명하는 실험을 해 보았다.	IQ
	↓
초의 경우에는 삼각플라스크 안에 초를 넣고 불을 붙인 후 위에 풍선을 씌워 보았다.	ME
	↓
풍선이 점점 수축되어 플라스크 안쪽으로 빨려 들어갔다.	DR
	↓
이로써 초가 연소하면서 주변 부피가 줄어드는 것을 알았고 그로써 초가 주변 공기를 태워 부피가 줄어드는 것을 알 수 있었다.	DI
	↓
물이 집기병 안으로 빨려 들어가는 것은 초가 연소하면서, 산소를 없애서 그 부피를 채우기 위해 물이 빨려 올라간다는 것을 알아내었다.	CD

예시를 살펴보면, 가설-연역적 탐구 실험에서 탐구 활동 보고서를 통해 임시적 설명을 설정하는 과정이 있었으나, 최종적인 글을 작성할 때에는 예시처럼 임시적 설명을 기술하지 않았다. “이러한 현상에 대해 ‘물이 왜 올라오는지’에 대해 증명하는 실험을 해 보았다.”와 같은 표현은 임시적 설명은 기술되지는 않았지만, 현상을 설명하기 위한 실험 제시를 통해 현상의 원인을 알아보겠다는 것으로 해석된다.

풍선을 이용한 실험을 통해 “풍선이 점점 수축되어 플라스크 안쪽으로 빨려 들어갔다”와 같은 실험 결과를 기술하였다. 이러한 결과는 풍선의 크기 변화와 부피 변화를 연계하여 기존의 과학 지식을 통해 결과를 해석하는 “이로써 초가 연소하면서 주변 부피가 줄어드는 것을 알았고 그로써 초가 주변 공기를 태워 부피가 줄어드는 것을 알 수 있었다.”와 같은 기준-결과 비교의 과정이 나타난다. 실험 결과에 대한 해석은 현상을 설명할 수 있는 설명자를 제공하는 것으로, 결과를 종합 해석한 내용이 결론 도출에서 나타난다.

(마) 유형의 서론 서두 단선형은 임시적 설명은 기술되지는 않았지만, 의문 현상을 설명하기 위해 실험을 통해 원인을 알아보겠다는 것으로 실험(ME), 결과(DR), 기준-결과 비교(DI) 과정을 거쳐서 의문에 대한 최종적인 답을 하는 과정으로 이루어졌다.

**(2) (마) 유형의 복선형**

(마) 유형의 복선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 대체로 의문 상황(IQ), 실험1,2(ME), 결과1,2(DR), 기준-결과 비교(DI), 결론 도출(CD)로 이루어져 있다. (마) 유형의 복선형 예시는 다음과 같다.

흰 연기는 왜 생길까?	IQ ↓
물을 끓이면서 나오는 수증기를 시험관에 모았습니다. 수증기를 시험관에 모아보니	ME(1) ↓
시험관이 뿌옇게 변했습니다.	DR(1)
그 이유는 모여진 수증기가 액화되어서 흰 연기가 생긴 것입니다.	DI(1) ↓
가열해서 뜨거운 물 주변을 드라이아스로 냉각했을 때는	ME(2) ↓
확실히 더 흰 연기 양이 많아졌습니다.	DR(2) ↓
연기는 끓는 물에서 나온 많은 수증기가 냉각되면서 나온 것입니다.	DI(2) ↓
(나)는 물을 가열시켜서 수증기가 상온의 기온이 낮아(가열된 물보다) 잠시 액화되는 현상이 일어나는 데 그 때 액화된 물질이 흰 연기이다.	CD

이 유형은 임시적 설명(IE)이 드러나 있지 않은 글로써 2회 이상의 실험을 통해 얻은 결과(DR)를 기존의 과학지식을 토대로 해석(DI)하고 종합하여 결론을 내리는 형태로 나타난다.

예시를 살펴보면 물을 끓이면서 나오는 수증기를 모은 시험관이 뿌옇게 된 것을 통해 수증기가 액화되면 흰 연기가 생긴다고 해석한 후 두 번째 실험을 기술하였다. 두 번째 실험은 뜨거운 물 주변을 드라이아스로 냉각시켰더니 흰 연기가 많아진 결과를 통해 흰 연기는 수증기가 냉각되면서 생긴다고 기존 과학 지식으로 해석하였다. 이러한 연구 결과 및 자료 해석은 “물을 가열시켜서 수증기가 상온의 기온이 낮아(가열된 물보다) 잠시 액화되는 현상이 일어나는 데 그 때 액화된 물질이 흰 연기이다”라고 결론 도출을 기술하였다.

2회 이상의 실험 및 결과, 기준-결과 비교는 각각 기술되어 있으며, 결론 도출은 각각 기술된 내용을 종합하여 이루어진다.

**(3) (마) 유형의 결론 보강형**

(마) 유형의 결론 보강형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 대체로 의문 상황(IQ), 실험1(ME), 결과1(DR), 기준-결과 비교(DI), 결론 도출(CD), 결과2(DR)로 이루어져 있다. (마) 유형의 결론 보강형 예시는 다음과 같다.

D과제는 물이 든 살레에 초를 세운 후 집기병을 덮었을 때의 결과를 관찰하는 과제였다.	IQ
	↓
D과제는 양초를 수조에 고정시킨 후 물을 넣고, 집기병으로 양초를 덮고 고무호스로 석회수에 연결하여 반응을 관찰하는 것이었다.	ME(1)
	↓
양초가 연소하면서 산소를 사용하게 되고, 이산화탄소와 물을 생성시키게 되는데, 이 과정에서 물이 든 살레에서 집기병 안으로 기압이 같아지려고 물이 집기병 안으로 들어가게 되는 것이다.	CD
	↓
그리고 집기병 안에 산소가 많을수록, 물기둥이 더 높게 올라가는 것도 관찰할 수 있었다.	DR(2)

위 유형은 임시적 설명(IE)은 없으며, 1회 이상의 연구 방법(M) 또는 연구 결과 및 자료 해석(D)을 거쳐 결론을 내린 후에 다시 1회 이상의 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석의 과정으로 보강하는 형태이다.

예시를 살펴보면 “그리고 집기병 안에 산소가 많을수록, 물기둥이 더 높게 올라가는 것도 관찰할 수 있었다.”와 같이 결론 앞 부분에서 제시하지 않은 자료를 결론을 보강하기 위해 제시하고 있음을 알 수 있다.

### 6) (바) 유형

(바) 유형은 임시적 설명이 없으면서 결론이 설명 판단과 결론도출로 나타나는 유형이다. 결론 도출이 서두에 설명 판단이 후미에 나타난다. (바) 유형으로 글을 작성한 학생들의 기술 구조는 단선형, 복선형, 결론 보강형으로 나눌 수 있었다.

#### (1) (바) 유형의 단선형

(바) 유형의 단선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 결론 도출(CD), 실험(ME), 결과(DR), 설명판단(CE)로 이루어져 있다. (바) 유형의 단선형의 예시는 다음과 같다.

(나)는 실험을 통해서 물과 상온의 차이가 많이 나서 연기가 생긴다는 가설이 맞다는 것을 알 수 있었다.	CD
	↓
깊이 나지 않을 정도로 따뜻한 물과 차가운 물을 준비해서 그 안에 깊이 날 정도로 따뜻한 물을 담은 작은 비커 두 개를 각각 넣고 윗부분을 막은 위에 안쪽 벽면에 생기는 김을 살펴보았다.	ME
	↓
그 결과 차가운 곳에서 더 빨리 더 많은 김이 서린 것을 확인할 수 있었다. 뜨거운 물이 담긴 작은 비커에서 나온 수증기가 따뜻한 물보다는 차가운 물에서 더 빨리 더 많이 냉각되므로	DR
	↓
우리의 가설이 맞다는 걸 증명할 수 있었다.	CE

위 사례의 경우는 결론이 글의 서두와 후미에 모두 나타난다. 예시의 서두를 보면 “실험을 통해서 물과 상온의 차이가 많이 나서 연기가 생긴다는 가설이 맞다는 것을 알 수 있었다.”와 같은 표현은 ‘실험을 통해서~’와 ‘가설이 맞다는 것을 알 수 있었다.’를 통하여 임시적 설명(IE)이 아니라 결론 도출(CD)임을 알 수 있다. 여기에서 ‘가설이 맞다는 것을 알 수 있었다.’와 같은 표현은 설명 판단의 표현이나, 글의 전체적인 흐름으로 보아 결론 도출을 나타내기 위한 문장으로 보았다.

예시 글을 전체적으로 살펴보면 의문에 대한 최종적인 답을 기술이 임시적 설명처럼 기술되어 있으며, 결론 도출의 예로 실험, 즉 결론 도출의 설명을 지지하는 사례의 실험과 결과를 바탕으로 설명 판단이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

**(2) (바) 유형의 복선형**

(바) 유형의 복선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 결론 도출(CD), 실험1(ME), 근거1,2,3(MG), 기준-결과 비교(DI), 실험2(ME), 결과2(DR), 실험3(ME), 결과3(DR), 설명 판단(CE), 변인 확인1, 2, 3(DV)로 이루어져 있다. (바) 유형의 복선형 예시는 다음과 같다.

실험을 통해 흰 연기가 드라이아이스의 냉기가 주변의 수증기를 냉각시켜서 생긴다는 것을 알 수 있었다.	CD
	↓
이 결과를 얻기 위해서 우리는 2가지 실험과 1가지 보조실험을 했다. 첫 번째 실험은 드라이아이스를 따뜻한 물과 차가운 물에 넣어 흰 연기의 양을 알아보았다.	ME(1)
	↓
물 = 수증기라고 생각할 때	MG
	↓
차가운 물은 냉각되어 있지만 뜨거운 물은 드라이아이스가 냉각시키기 때문에 더 흰 연기가 많이 나왔다.	DI(1)
	↓
두 번째 실험은 접촉 면적에 따른 흰 연기의 양을 비교하여 보았다. 비슷한 크기의 드라이아이스를 하나는 물을 반쯤 넣고 하나는 다 잠지게 넣었는데	ME(2)
	↓
다 잠졌을 때 더 흰 연기가 많이 생겼다.	DR(2)
	↓
두 번째 실험의 보조 실험인 세 번째 실험은 드라이아이스를 부순 것과 그대로 놓은 것에만 차이가 있을 뿐	ME(3)
	↓
결과는 같다.	DR(3)
	↓
세 가지 실험을 통해 우리의 가설이 맞다는 걸	CE
	↓
온도와 접촉면적에 따라 흰 연기의 양이 다르다는 걸 알 수 있었다.	DV(1,2,3)

이 유형은 서두에 제시된 “실험을 통해 흰 연기가 드라이아이스의 냉기가 주변의 수증기를 냉각시켜서 생긴다는 것을 알 수 있었다.”는 ‘실험을 통해’와 ‘알 수 있었다’라는 표현으로 미루어 보아 임시적 설명(IE)가 아니라 결론 도출(CD)임을 알 수 있다. 예시의 글은 의문에 대한 최종적인 답을 서두에 기술하고 의문을 해결하기 위해 실시했던 실험들과 그에 따른 결과를 나타내고 있으며, 결과를 바탕으로 설명판단이 이루어지고 있다. 끝으로 실험들의 결과를 종합하여 의문 현상에 영향을 미치는 요인을 나타내고 있다. 여기에서 나타난 설명 판단은 글쓰기 과정으로 보면 결론 도출(CD)에 대한 판단이다.

7) (사) 유형

(사) 유형은 임시적 설명이 없으면서 결론이 없는 유형이다. (사) 유형으로 글을 작성한 학생들의 기술 구조는 단선형, 복선형으로 나눌 수 있었다.

(1) (사) 유형의 단선형

(사) 유형의 단선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 대체로 의문 상황(IQ), 실험(ME), 결과(DR), 기준-결과 비교(DI)로 이루어져 있다. (사) 유형의 복선형 예시는 다음과 같다.

C에서 물이 올라오는 이유는?	IQ
	↓
C 실험순서:	
1. 강철솥을 준비한다.	
2. 강철솥의 코팅을 벗긴다.	
3. 코팅을 벗긴 강철솥과 물에 넣었던 강철솥과 아세트산에 넣었던 강철솥으로 실험을 한 후 분류한다.	ME
4. 각각 불을 붙인다.	
	↓
결과:	
물 안에 넣었던 것이 가장 활발	DR
아세트산에 넣었고 실험했던 강철솥이 그 다음 활발	
코팅을 벗기기만 한 강철솥이 가장 활발하지 않음	
	↓
증명:	
코팅을 벗기기만 한 강철솥은 다른 것보다 달리 잘 탈 수 있는 기체가 더 적다.	DI

이 유형의 학생은 각 단계를 나누어 기록하는 개조식으로 구성되었다. 예시의 글을 살펴보면 실험순서, 결과, 증명 순의 단계로 글을 구성하였다. 1회의 실험을 순차적으로 제시 후 결과를 나열하고 실시한 실험 결과에 대한 해석으로 글을 끝맺음하였다.

예시에 나타난 “코팅을 벗기기만 한 강철솥은 다른 것보다 달리 잘 탈 수 있는 기체가 더 적다.”와 같은 기준-결과 해석(DI)은 “C에서 물이 올라오는 이유는?”에 대한 기준-결과 해석이라기보다는 실험에 대한 해석이다. 이 유형은 의문에 대한 최종적인 답으로 글이

전개된 것이 아니라, 자신이 설계하고 실시한 실험에 초점을 두어 기술된 것으로 실험의 결과를 선개념으로 해석하는 것으로 끝을 맺는다고 볼 수 있다.

**(2) (사) 유형의 복선형**

(사) 유형의 복선형에 해당하는 학생들의 글쓰기 과정을 코드화하여 살펴보면 대체로 의문 상황(IQ), 실험(ME), 예상(MP), 결과(DR), 기준-결과 비교1,2(DI)로 이루어져 있다.

(사) 유형의 복선형의 예시는 다음과 같다.

주제: 물에 넣었던 강철솥을 집어 넣은 시험관으로 물이 들어가는 까닭은 무엇인가? 관찰된 현상: 아세트산으로 코팅을 벗긴 강철솥을 물에 넣은 뒤 10분 가량 관찰했다. 물 내부에서 기포가 발생했다. 그 뒤, 강철솥을 시험관에 넣고 물이 반쯤 담긴 페트리 접시에 거꾸로 세웠더니 잠시 후 페트리 접시 내부의 물이 시험관 내부로 들어갔다.	IQ
↓	
설명 ① 실험 각각의 강철솥에 5초간 불을 붙혀 상대적인 반응량을 관찰한다.	ME
↓	
② 예상 → 강철솥: Fe 물에 넣었을 때의 반응: $2Fe + 3H_2O \rightarrow Fe_2O_3 + 3H_2 \uparrow$ 산화철 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 생성, 수소 기체 생성 공기와 반응시켰을 때: $Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Fe + 3H_2O \uparrow$ (l) 모든 산화철이 치환반응을 일으키지는 않음 즉, 산소를 가장 많이 포함한 ㉠ > 두 번째로 많이 포함한 ㉡ > 거의 없는 ㉢	MP
↓	
결과 - 반응량 ㉠ > ㉡ > ㉢	DR
↓	
④ 해석: $2Fe + 3H_2O(l) \rightarrow Fe_2O_3 + 3H_2 \uparrow$ $Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Fe + 3H_2O \uparrow$ (l) 활성화 에너지 부족 → 모든 산화철이 반응을 일으키지는 않음 그러므로 ㉠ > ㉡ > ㉢의 반응을 보인다.	DI(1)
↓	
또한 강철솥의 발열반응을 봐서도 산화를 알 수 있다.	DI(2)

예시를 살펴보면 임시적 설명(IE)이 나타나지 않으며, 의문 상황 글 뒤에 연구 방법(M)으로 전개되며, 연구 결과 및 자료 해석(D)이 나타난다. 기준-결과 비교(DI)가 2회에 걸쳐 나타난다.

1회에서는 반응량에 따른 결과를 예상과 비교하고 결과를 “활성화 에너지 부족으로 모

든 산화철이 반응을 일으키지 않음”이라고 해석하였다. 2회에서는 앞의 전개에서 연구방법 또는 예상 결과에 나타나지 않았던 “또한 강철솥의 발열반응을 봐서도 산화를 알 수 있다.”(DI(2))와 같은 표현이 나타난다. 앞에 제시된 실험은 코팅을 벗긴 강철솥, 아세트산에 담귀 놓은 강철솥, 아세트산에 넣은 뒤 물에 넣었던 강철솥에 불을 붙였을 때의 반응량을 알아보는 실험에서 강철솥의 조건이 독립 변인이었다면 반응량은 종속 변인으로 각 상태에 따른 반응량에 대한 것이었다.

그러나 “강철솥의 발열반응을 봐서도 산화를 알 수 있다”의 표현은 예상에는 드러나지 않았지만, 실험 결과 및 사전 지식을 바탕으로 알 수 있는 내용이었다. 이러한 표현은 기준-결과 비교1을 뒷받침하기 위한 자료이므로 기준-결과 비교2로 분류하였다.

이상 살펴본 (가), (나), (다), (라), (마), (바), (사) 유형을 <표 3>에 유형별 특징과 기술 구조로 나타내었다.

<표 3> 유형별 특징과 기술 구조

기술 구조	유형	임시적 설명 있음				임시적 설명 없음			계
		결론 있음		결론 없음		결론 있음		결론 없음	
		설명 판단	결론 도출	설명판단 및 결론도출	.	결론 도출	설명판단 및 결론도출	.	
		가	나	다	라	마	바	사	
단선형	7	14	2	7	14	1	5	50	
복선형	2	7	1	4	4	1	1	20	
결론 보강형	.	3	.	.	3	.	.	6	
계	9	24	3	11	21	2	6	76	

<표 3>을 살펴보면 첫째, 임시적 설명의 유무 분석에서, 임시적 설명이 있는 글은 47편, 임시적 설명이 없는 글은 29편이었다. 가설-연역적 탐구 실험을 실시하였을 때 임시적 설명을 설정하고 기록하는 단계가 있으나, 학생들이 작성한 글에는 임시적 설명이 나타나지 않는 글이 있음을 알 수 있다.

둘째, 결론 유무 분석에서, 결론이 나타난 글이 59편이었으며, 결론이 나타나지 않은 글은 17편이었다. 결론이 나타난 글은 다시 판단 제시, 결론 도출 제시, 판단과 결론 도출 제시로 구분할 수 있었다. 결론이 나타난 59편의 글 중 9편은 판단, 45편은 결론 도출, 5편은 판단 및 결론 도출이 제시된 글이었다. 연구 대상 학생들은 대부분 결론이 나타나며, 판단보다는 결론 도출로 나타남을 알 수 있다.

셋째, 가설-연역적 탐구 실험을 통해 작성된 글에서는 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석이 1회 나타난 단선형이 50편, 2회 이상 나타난 복선형이 20편, 그리고 결론을 도출한 후 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석을 기술하는 결론보강형이 3편으로 나타

났다. 학생들은 대부분 1회의 실험 자료로 글을 전개하는 단선형임을 알 수 있었다. 이런 경우는 1회의 검증 실험만을 실시하여 1회의 실험만 기록하는 경우도 있었으나 여러 실험 중에 하나의 실험만을 선택하여 기술하는 경우도 있었다. 예를 들어 학생 DH는 3회에 걸쳐 서로 다른 실험을 실시하였다. 그러나 학생 DH이는 3회의 실험 중 1회의 실험 내용만으로 글쓰기를 전개하였다. 글쓰기 할 때 가설-연역적 탐구 실험에서 실시한 모든 실험을 나열하는 것이 아니라, 자신의 의견을 분명하게 전달할 수 있는 1회의 실험을 선택할 수 있음을 나타내어 준다. 따라서 학생들이 1회의 실험을 통해 가설을 검증하려는 경향과 함께 여러 번의 실험을 하였더라도 자신의 가설을 분명하게 증명할 수 있는 실험을 선택하여 기술한다는 것을 알 수 있다.

복선형과 결론보강형에서는 다회의 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해석이 나타나는 기술구조이다. 1회의 실험 또는 결과가 아니라, 다회에 걸쳐 나타냄으로써 의문에 대한 답이 확실하다는 것을 나타내기 위해서임과 동시에 자신에게 부족한 점을 다른 조의 자료로 보충하여 자신의 의견을 확고하게 나타내기 위한 것으로 보인다.

넷째, 이 연구의 연구 대상 학생들이 작성한 글에서는 결론보강형은 의문에 대한 최종적인 답인 결론 도출 과정이 판단 없이 나타날 때에만 나타난다는 것을 알 수 있다. 판단 과정이 없다는 것은 임시적 설명에 대한 확신이 없다는 것으로 보이며, 이러한 경우에는 최종적인 답을 기술하더라도 최종적인 답에 대한 보강의 과정이 나타나는 것으로 생각된다. 따라서 가설-연역적 탐구 실험 글쓰기에서의 판단의 과정은 임시적 설명(가설)에 대한 확신을 얻는 과정이며, 이것은 불충분하게 이루어질 때는 최종적인 답을 기술하는 결론 도출 과정이 나타난 후에도 답을 보강하려는 과정이 진행되는 것으로 보인다.

#### IV. 결론 및 교육적 함의

연구 대상 학생들이 작성한 글을 유형화한 기준은 임시적 설명의 유무와 결론의 형태였다. 학생들이 작성한 글은 서두에는 임시적 설명을 기술하는 유형이 그렇지 않은 유형에 비하여 많았지만 대부분의 탐구 활동 보고서에는 임시적 설명이 기술되었다. 학생들이 작성한 글에서 임시적 설명이 줄어든 이유는 의문에 대한 답을 찾아가는 과정에 초점을 맞춘 글쓰기 과정으로 해석된다.

결론은 결론 도출로 나타나는 유형이 판단과 판단 및 결론 도출로 나타나는 유형보다 많이 나타났다. 판단으로 글을 끝맺는 경우는 서두에 임시적 설명이 있을 때에만 나타났으며, 판단 및 결론 도출로 글을 끝맺을 때는 서두에 임시적 설명 또는 결론 도출 과정이 나타났다. 학생들이 작성한 글에서 글을 끝맺을 때는 의문에 대한 최종적인 답을 기술하려는 경향이 나타난 것을 의미한다. 또한 판단이 나타난 글에는 임시적 설명이 나타나는 것으로 미루어 보아 판단은 서두에 임시적 설명이 있어야 나타나는 것으로 보이며, 선행진술 과정이 후행진술과정에 영향을 미치는 것으로 해석된다.

각 유형의 글에서 학생들이 작성한 글에 나타난 연구 방법 또는 연구 결과 및 자료 해



석의 기술 횡수에 따라 단선형, 복선형으로 나누었으며, 결론을 내린 후에 연구 결과 및 자료 해석을 다시 기술하는 글을 결론보강형으로 구분하였다. 분석 결과 기술 구조가 단선형이 많이 나타났으며, 그 다음으로 복선형과 결론보강형 순으로 나타났다. 학생들은 1회의 검증 실험의 기술로 글을 전개하는 경향이 있으며, 다회의 검증 실험을 기술할 때에도 여러 실험을 종합하여 결론을 내리는 복선형과 결론을 내린 후 결론을 뒷받침할 수 있는 실험의 기술하는 결론보강형으로 글을 전개하였다. 이 때 다회의 검증 실험은 자신이 스스로 설계한 실험뿐만 아니라 다른 조의 실험 결과 인용을 통해 의문에 대한 자신의 주장을 전개하였다.

예상 독자를 가정하여 설명하는 글쓰기를 한 이 연구의 결과는 과학 탐구 수업에서 중요한 실험을 좀 더 효과적으로 학습할 수 있는 방법이다. 실험 교육을 극대화 시키려면 과학자와 같은 사고의 과정 및 행동 과정이 있어야 한다. 과학자의 사고 과정 연구를 통해 귀납적, 귀주적, 연역적 사고 과정이 있으며, 많은 과학자들은 가설-연역적 사고과정을 통해 문제를 해결함으로써 이를 과학 교육에 이용하는 예는 순환학습, 가설 검증 학습 등에 나타난다. 그러나 이러한 과정은 과학자가 자신의 연구를 정당화하기 위해 검증하는 과정에 초점이 맞추어져 있으며, 검증 과정 및 자신의 주장을 논리적으로 체계화하여 다른 이에게 전달하는 능력 또한 과학자에게는 중요하지만 이러한 과정은 과학교육에서 소홀히 다루어 왔다. 과학자들의 의사소통의 공간인 학술지에 자신의 과학적 발견 및 주장을 글로써 나타내듯이 학생들에게도 이러한 기회를 주어져야 한다.

지금까지 학생들에게 제공되었던 탐구 활동 보고서는 학술지와 같은 의사소통의 장으로써가 아닌 주어진 각 문항의 단계 제시 및 교사의 질문에 답을 하는 정도로만 제공되었으며, 이를 수행 평가 등에 활용하였다. 하지만 이러한 경우 학생들에게 중요한 과학적 사고 및 과학자와 같은 주장적인 글쓰기를 평가하기는 어려우며, 답이 이미 정해져 있는 평가로 흐르기 쉽다. 따라서 이 연구에서 처럼 과학글쓰기를 제공하면 학생들은 과학 글쓰기를 통하여 과학자와 같이 글을 쓸 수 있는 기회를 얻을 수 있고, 학생들의 글쓰기 유형은 학생들을 평가할 수 있는 기준으로써 적용가능하다고 할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- 교육인적자원부 (2007). **과학과 교육과정**(교육인적자원부 고시 제 2007 - 79호 [별책 9]). 서울: 교육인적자원부.
- 교육인적자원부 (2007). **중학교 교육과정 해설서(III) 수학, 과학, 기술가정**. 서울: 교육인적자원부.
- 교육과학기술부 (2009). **고교 과학과 교육과정 해설서**(교육과학기술부 고시 제 2009 - 41호). 서울: 교육인적자원부.
- 김요한 (2005). 디지털 시대의 글쓰기. **독일언어문학**, 27, 245-259.
- 김희경, 송진웅 (2004). 학생의 논변활동을 강조한 개방적 과학탐구활동 모형의 탐색. **한국**

**과학교육학회지**, 24(6), 1216-1234.

- 박은미, 강순희 (2007). 가설-연역적 수업 프로그램이 창의적 사고와 비판적 사고 및 과학적 태도에 미치는 영향. **한국과학교육학회지**, 27(3), 225-234.
- 정영란, 최진미 (2007). 중학생과 고등학생의 과학적 소양 평가, **한국과학교육학회지**, 27(1), 9-17
- 정혁, 정용재, 송진웅 (2004). 빛을 주제로 한 11학년 학생의 과제 유형에 따른 글쓰기 분석. **한국과학교육학회지**, 24(5), 1008-1017.
- 진순희, 장신호 (2007). 과학 탐구에 대한 초등 교사들의 지도 경험. **초등과학교육**, 26(2), 181-191.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.
- Driver, R., Newton, P., & Osborn, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Fellows, N. (1994). A window into thinking: Using student writing to understand conceptual change in science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 985-1001.
- Hand, B., Prain, V., & Wallace, C. (2002). Influences of writing tasks on students' answers to recall and higher-level test question. *Research in Science Education*, 32, 19-34.
- National Research Council (NRC) (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Rivard, L. P., & Straw, S. B. (2000). The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. *Science Education*, 84, 566-593.
- Watson, J. R., Swain, J. R. L., & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.

= Abstract =

## The Analysis of Writing Types on the Hypothetical Deductive Inquiry Experiment of the 7th Gifted in Science

Seong-Joo Kang

*Korea National University of Education*

Hee-Kyoung Park

*Korea National University of Education*

Writings of gifted students were classified by the writing analysis protocol built on the scientific inquiry process and writings of scientific journals. These writings were classified 7 types based on the existence of tentative explanations and types of conclusion. In addition the writings were classified by linear form, double linear form, supporting-conclusion form based on the number and position of writings. The characteristics of writings show that, first, the tentative explanation is located at the beginning and the drawing conclusion at the end of articles. Secondly, students prefer the linear form writing to explain their logics. Finally, supporting-conclusion writings are shown when answers of question is written only in the drawing conclusion without estimation.

**Key Words:** Writing, Hypothetical deductive inquiry, Gifted students in science

1차 원고접수: 2011년 4월 26일

수정원고접수: 2011년 5월 31일

최종게재결정: 2011년 6월 14일