



초등학생들의 과학 글쓰기에 나타나는 과학적 추론의 학년별 차이

임옥기¹, 김효남^{2*}

¹서울우장초등학교, ²한국교육대학교

Scientific Reasoning Differences in Science Writing of Elementary School Students by Grades

Ok-Ki Lim¹, Hyo-Nam Kim^{2*}

¹Seoul Ujang Elementary School, ²Korea National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 5 November 2018

Received in revised form

28 November 2018

4 December 2018

Accepted 5 December 2018

Keywords:

science writing, inductive reasoning, deductive reasoning, abductive reasoning

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the science reasoning differences of elementary school students' science writing. For this purpose, science writing activities and analysis frameworks were developed. Science writing data were collected and analyzed. Third to sixth grade elementary students were selected from a middle high level elementary school in terms of a national achievement test in Seoul. A total of 320 writing materials were analyzed. The results of the analysis were as follows. Science writings show science reasoning at 52 % for 3rd grade, 68% for 4th grade, 85% for 5th grade, and 89% for 6th grade. Three types of scientific reasoning such as inductive reasoning, deductive reasoning, and abductive reasoning appeared in science writing of the third to sixth graders. The abductive reasoning appeared very low in comparing with inductive and deductive reasoning. Level three appeared the most frequently in the science writing of the elementary students. The levels of inductive and deductive reasoning in science writing increased according to increasing grade and showed statistical differences between grades. But the levels of abductive reasoning did not show an increasing aspect according to increasing grade and also did not show statistical differences between grades. The levels of inductive reasoning and deductive reasoning of the 3rd grade was very low in comparing with the other grades.

1. 서론

우리나라에서는 2015년 개정 과학과 교육과정에서 ‘모든 이를 위한 과학(Science for All)’으로 과학적 소양 함양 및 탐구 방법 습득을 강조하고, 미래 사회에 필요한 역량 함양을 위하여 과학적 사고력, 과학적 탐구능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생학습 능력과 같은 다섯 가지 과학과 핵심역량을 제시하였다(Ministry of Education, 2015). 그리고 2007년 개정 과학과 교육과정에 과학적 사고력, 창의적 사고력 및 의사소통 능력 함양을 위한 교수 학습 방법의 하나로 토론과 더불어 과학 글쓰기가 신설되어(Ministry of Education & Human Resources, 2007), 2015년 개정 과학과 교육과정까지 지속적으로 제시되고 있다(Ministry of Education, 2015).

이러한 과학 글쓰기는 과학 학습을 촉진하고 사고를 격려하며(Greenstein, 2013), 개념을 명료화하여(Rivard, 1994) 설명이나 이해 및 통합을 강화한다(Prain, 2006). 또한 과학적 지식을 생성하며(Gunel, Hand, & McDermott, 2009) 자료에 대한 추론의 기회를 제공하고(Keys, 1999a) 과학의 본성에 대한 이해를 도와 과학적 소양을 함양시킨다(Jang & Hand, 2016).

과학 글쓰기에 대한 연구가 많이 이루어지고 있는데, 대부분의 연구는 지식 생성 과정과 탐구능력에 중점을 둔 탐구적 과학 글쓰기

(science writing heuristic)에 집중되어 있다(Kang, Jo, & Noh, 2013; Nam *et al.*, 2008; Hand *et al.*, 2006).

언어는 사고 활동의 매개이자 사고를 형성하는 도구이다(Ku, 1993; Han, 2004; Vygotsky, 2012). 그리고 글쓰기는 독특한 학습 양식 중 하나로 분석과 합성을 통해 사고를 개발하며(Emig, 1977), 필자들은 독자와 의사소통하기 위해 추론을 사용하며 글쓰기를 한다(Keys, 1999b). 따라서 효과적인 글쓰기를 위해서는 글쓰기에 나타나는 학습자의 사고 과정을 이해하는 것이 필요하다. 한편 과학적 사고는 과학 교육의 핵심 목표 중 하나로(Kuhn *et al.*, 1988), 많은 양의 연습과 실천을 요구하는 능력들의 복합체이다(Zimmerman, 2007). 우리나라에서는 2007 개정 과학과 교육과정에서부터 과학적 사고력 함양을 위한 교수 학습 방법의 하나로 과학 글쓰기가 도입되어 실시되고 있다(Ministry of Education & Human Resources, 2007). 이러한 상황에서 Park, Jhun, & Lee(2007)는 과학 글쓰기는 소재뿐만 아니라 사고 과정과 내용이 다른 글쓰기와 차별화되므로, 과학 글쓰기에 과학적 사고력이 어떻게 발현되고 있는지 구체적으로 살펴볼 필요가 있음을 강조하였다. 또한 과학에서 다루는 대부분의 내용이 설명적인 장르임에도 불구하고 과학 교과서에 제시된 글쓰기 관련 내용은 문학 장르에 더 가까운 내용이 많다는 것을 볼 때(Norris & Phillips, 2003), 과학의 학문적 특징을 고려하여 설명적인 장르에 나타나는 추론에

* 교신저자 : 김효남 (hyonam@knu.ac.kr)

** 본 논문은 임옥기의 2018년도 박사 학위논문에서 발췌 정리하였음.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2018.38.6.839>

초점을 두고 살펴볼 필요가 있다.

물론 과학 글쓰기에 나타나는 과학적 사고력이나(Park & Shin, 2007; Son, 2006, 2009; Lee & Jeong, 2013a, 2013b; Chun & Son, 2004), 추론 발생 여부(Keys, 1999a; Keys, 2000) 및 과학적 설명 글쓰기(McNeill & Krajcik, 2007; Sandoval & Millwood, 2005) 살펴본 연구들이 있다. 그러나 이 연구들은 과학 글쓰기에 나타나는 Toulmin (1958)의 논증 구성 요소의 사용 여부를 통해 과학적 사고력의 특징을 분석하거나, 단지 수집한 자료에 의미를 부여한 추론 발생 여부만 분석했다는 점에서 과학 글쓰기에 나타난 과학적 추론의 구체적인 특징을 살펴보기에는 제한점을 지닌다.

이처럼 과학 글쓰기가 과학적 개념의 이해와 과학적 사고력 함양에 효과적이라고 했지만(Graham & Perin, 2007, Wallace *et al.*, 2007), 과학적 사고력이 과학 글쓰기에 어떻게 발현되는지 살펴본 연구는 드물다. Zimmerman(2000)도 과학적 추론에 대한 관심과 추론 및 문제 해결에 대한 연구가 증가하였음에도 불구하고, 실제적으로 학생들이 어떤 사고 과정을 거치면서 문제를 해결하는지에 대한 구체적인 연구가 부족함을 지적하였다.

2007년 개정 이후 과학 글쓰기가 과학 교육 현장에 도입된 지 10년 가까이 되었지만 여전히 교사와 학생 모두 과학 글쓰기에 대한 어려움과 개선을 호소하고 있다(Song *et al.*, 2011; Lim & Kim, 2017). 이는 교육 연구에서 가장 중요하고 기초적인 학생들의 특성 파악(Lee, 2000)이 제대로 이루어지지 않아서 비롯된 문제일 수 있다. 학생들이 글쓰기를 할 때 글에 나타나는 오류에 대한 실제적인 연구가 이루어져야 효과적인 글쓰기 교육이 가능해진다(Emig, 1977). 과학 글쓰기가 과학교육에서 학생들의 과학적 사고력 함양을 위한 효과적인 학습 도구로 활용되기 위해서는 과학적 추론과 관련된 학생들의 과학 글쓰기 실태 파악이 우선되어야 한다.

따라서 이 연구의 목적은 과학 글쓰기 과제를 해결하는 과정에서 초등학교 학생들의 과학 글쓰기에 나타나는 과학적 추론에 따른 논리 전개 양상을 통해 학생들이 어떤 추론 과정을 거치면서 문제를 해결하는지 그 특징을 살펴보는 것이다. 그리고 학생들의 과학 글쓰기 실태 파악을 토대로 과학 교육에서 과학 글쓰기의 성취 목표 설정 및 교수학습 방법 구안을 위한 학생 기초 자료를 제공하는 데 연구의 의의를 두고자 한다. 그리고 다양한 글쓰기 주제를 가지고 과학 글쓰기 분석을 하는 것이 학생들의 추론능력을 살펴보기 위하여 더 타당할 것으로 생각되나, 이 연구에서 하나의 주제로 분석한 것은 이 연구의 한계이다.

초등학교 학생들의 과학 글쓰기에 나타나는 과학적 추론 유형과 수준을 학년별로 정량적으로 분석하는 것이 이 연구의 목적이다. 즉 학년별 과학적 추론 수준을 파악하여 과학 글쓰기를 지도할 때, 달성 가능한 과학 글쓰기 성취 목표를 제시하고, 과학 글쓰기 과제 제시와 교사에 의한 피드백 주기를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

서울 지역 2011학년도 국가수준 학업성취도 평가에서 중상위권에 속하는 학교 중 연구 참여 의사를 밝힌 학교를 선정하였다. 연구에 참여한 서울 S 초등학교는 대단위 아파트 단지에 위치한 학교

로, 부모가 자녀의 학업과 학교에 대하여 관심이 많고 학생들의 학업 성취 능력도 전반적으로 우수하였다. 최초 이 연구에 참여한 학생은 초등학교 3학년에서 6학년까지 총 370명이었으나, 동의서를 제출하지 않거나 글쓰기 활동에 참여를 원하지 않는 학생들의 글을 제외한 후 총 320명의 글쓰기 자료를 최종 글쓰기 분석 자료로 선정하였다. 연구 대상의 구성은 Table 1과 같다.

Table 1. Information of participants

성별	학년				계
	3학년	4학년	5학년	6학년	
남	40	42	43	32	157
여	52	41	38	32	163
계	92	83	81	64	320

2. 과학 글쓰기 활동지 개발

과학 글쓰기 과제는 오래된 연꽃 씨앗과 대추야자 씨앗은 어떻게 싹이 틀 수 있었을까에 대한 답을 서술하는 것이다. 과학 글쓰기 활동지 개발은 다음 Figure 1과 같은 절차에 따라 개발되었다.

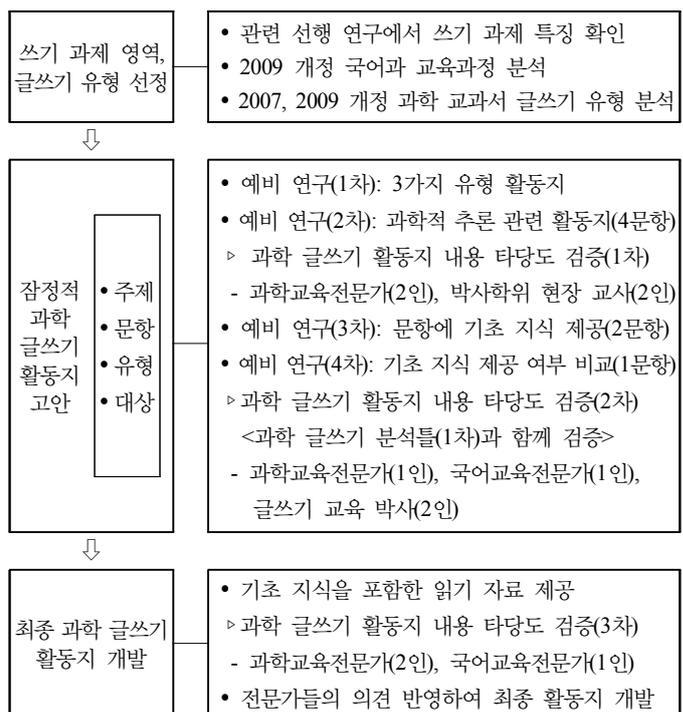


Figure 1. Procedure of developing science writing activity

연구가 일회적인 활동 상황임을 고려하여 쓰기 과제와 관련된 구체적인 정보를 읽기 자료와 함께 제공하였다. 또한 언어로 인한 학년별 문식성 차이가 있음을 고려하고(Lee & Ju, 2005), 글만 제시하는 것보다 사진과 같은 다른 표상을 함께 제시하면 학생들의 내용 이해도가 높아진다는 연구 결과를(Nam, Park, & Lee, 2012; Gunel, Hand, & McDermott, 2009) 고려하여 사진과 글을 함께 제시하였다. 연구 대상 중 가장 낮은 학년인 초등학교 3학년 국어 교과서의 설명하는 글쓰기 단원의 용어, 문항 구성, 표현 방식 등을 토대로 쓰기 과제 문항을 구체화하였다. 과학 글쓰기 활동지에 대한 과학교육전문가 2인과 국

어교육전문가 1인의 내용 타당도 CVI가 0.87로 나타나 본 활동지가 초등학생들의 과학 글쓰기에 나타나는 과학적 추론 유형과 수준을 살펴보기에 타당한 것으로 판단하였다.

3. 과학적 추론 유형 및 수준에 대한 분석 근거

문헌연구와 예비연구를 통하여 다음과 같은 과학적 추론 유형 (Table 2)과 과학적 추론 유형별 수준 분석 준거(Table 3)에 대한 조작적 정의를 도출하였다. 각 추론별 특징과 예비 연구의 학생 글의 특징을 근거이론에(Corbin & Strauss, 1990; Creswell, 2007) 기초한 지속적 비교 방법(constant comparative method)을 활용하여 분석하였다. 그리고 이 과정에서 과학적 추론에 따른 논리 전개 시 나타나는 요소들을 추출하고 이를 유목화 하였다. 이를 토대로 과학적 추론의 하위 범주별 분석 준거를 설정하고 준거별로 조작적 정의를 내렸다. 귀납적 추론의 하위 준거는 ‘현상 특징, 규칙성, 내용의 정확성’으로 구성하고, 연역적 추론의 하위 준거는 ‘원리나 법칙, 현상 설명이나 예측, 관계, 내용의 정확성’으로 구성하였다. 그리고 귀추적 추론의 하위

준거는 ‘인과적 의문이나 의문 상황 제시, 가설 설정, 배경지식의 정확성’으로 구성하였다.

과학적 추론 유형을 판단할 때는 Table 2의 조작적 정의를 기준으로 판단하였다. 과학적 추론의 하위 범주를 판단할 때는 Table 3의 하위범주별 조작적 정의를 기준으로 판단하였다. Table 4에는 과학적 추론 준거별 수행 수준을 상, 중, 하로 제시하였다. 학생들이 쓴 글의 과학적 추론의 수준을 분석할 때, Table 4의 과학적 추론 유형별 상, 중, 하 수행수준을 기본으로 하고 1-5 수준으로 상세화한 과학적 추론 유형별 상세기준(Lim & Kim, 2018)을 활용하여 학생들의 과학 글을 분석하였다. Table 4의 상 수준은 5 수준, 중 수준은 3 수준, 하 수준은 1 수준으로 하고, 상과 중의 중간으로 판단된 글은 4 수준으로 하고, 중과 하의 중간으로 판단된 글은 2 수준으로 하였다.

과학 글쓰기 분석틀에 대한 과학교육전문가 2인과 국어교육전문가 1인의 내용 타당도 검토 결과, 내용 타당도 지수(CVI)는 0.93으로 일반적인 수락 기준인 0.80보다(Fehring, 1987) 높게 나타났다. 따라서 개발한 분석틀이 과학 글쓰기에 나타나는 과학적 추론 유형과 수준을 분석하기에 타당한 것으로 판단하였다.

Table 2. Operational definition of scientific reasoning types

범주	조작적 정의
귀납적 추론	• 주어진 현상이나 상황 내에서, 개개의 구체적인 사례나 현상의 관찰 사실들의 규칙성을 발견하여 현상에 대한 일반화를 한다(Kwon <i>et al.</i> , 2003; Park, 2000; Lee <i>et al.</i> , 2013; Jung, & Song, 2006a; Lawson, 1995; Fischer, 2001; Salmon, 1984).
연역적 추론	• 원리나 법칙으로부터 특수한 사례를 설명하거나 예측하고(Park, 2000; Jung, & Song, 2006a; Fischer, 2001), 가설을 검증하여 결론을 도출한다.
귀추적 추론	• 미지의 현상(변칙 사실)에 대해 그 현상이 왜 일어났는지를 배경지식(경험적 정보)을 토대로 잠정적인 설명가설을 생성하여 인과적 의문 상황을 설명한다(Kwon, Yang, & Chung, 2000; Jung, & Song, 2006b; Fischer, 2001; Lawson, 1995).

Table 3. Operational definition of subcategories by scientific reasoning types

범주	준거	조작적 정의
귀납적 추론	현상 특징	구체적인 상황에서 문제 해결과 관련된 특징을 찾아 제시한다.
	일반화	여러 사례의 특징을 비교하여 유사점과 차이점을 토대로 공통된 규칙을 찾아 일반화한다.
연역적 추론	원리(법칙)	문제 상황과 관련된 일반적인 원리나 법칙을 제시한다.
	설명(예측)	문제 상황이 발생한 이유나 원인을 설명하거나 예측한다.
귀추적 추론	인과적 의문	문제 상황이 왜 일어났는지 의문을 제기하거나 의문 상황을 제시한다.
	가설 설정	문제 상황과 유사한 배경지식을 활용하여 현상의 발생 원인을 설명한다.

Table 4. Performance levels by scientific reasoning types

범주	준거	수행 수준(Level)		
		상	중	하
귀납적 추론	• 현상 특징 • 일반화	<input type="checkbox"/> 주어진 현상의 특징을 비교하여 유사점과 차이점을 토대로 규칙을 찾아 주어진 현상에 대한 일반화를 제시한다.	<input type="checkbox"/> 주어진 현상의 특징과 규칙을 제시하나, 사례와 규칙의 관련성 제시가 부족하다.	<input type="checkbox"/> 주어진 현상의 특징적인 사례만 제시한다.
		• 원리 법칙 • 설명 예측	<input type="checkbox"/> 문제 상황과 관련된 원리나 법칙으로 주어진 현상에 대한 설명이나 예측을 타당하게 제시한다.	<input type="checkbox"/> 원리나 법칙으로 주어진 현상에 대한 설명이나 예측을 하나, 타당하지 않은 부분이 있다.
귀추적 추론	• 인과적 의문 • 가설 설정	<input type="checkbox"/> 인과적 의문 상황을 명확히 제시하고 현재 상황과는 다른 상황에서 통용되는 유사성 있는 배경지식을 활용한 가설을 생성하여 의문 상황을 설명한다.	<input type="checkbox"/> 인과적 의문 상황에 대한 가설을 제시하나, 유사성이 없거나 직접 관련 있는 배경 지식을 활용한다.	<input type="checkbox"/> 인과적 의문 상황이나 가설 제시가 명확하지 못하다.

4. 자료 수집방법

연구 참여 의사를 밝힌 학교에 연구자가 직접 해당 학교 근무 교사에게 연락해서 3학년부터 6학년 담임교사나 과학 전담 교사에게 연구 참여 의사 여부 확인을 부탁하였다. 연구 참여 의사를 확인한 후 연구자가 학교에 직접 방문해서 먼저 학교장에게 연구 목적을 전달하고 연구 진행 허가를 받은 후 연구 참여를 밝힌 교사들을 직접 만났다. 연구를 진행할 담당 교사들에게 연구 목적, 동의서 제출 방법, 과학 글쓰기 활동지 진행 절차와 방법 및 유의 사항 등을 안내 자료와 함께 상세히 구두로 안내하였다. 학년이나 학급별 학사 운영을 고려하여 과학 글쓰기 활동지 투입이 이루어졌다(2017년 7월 19일 ~ 2017년 7월 25일).

5. 자료 분석방법

초등학생들의 과학 글쓰기에 나타나는 과학적 추론 양상을 분석하기 위해 먼저 수합한 학생 글을 한글 파일로 전사하고, 비판적 담화 분석 방법(CDA)을 토대로 문장을 분절하였다. 그리고 연구자의 분석 신뢰도를 높이기 위해 여러 차례 단순무선 표집 분석을 실시하고, 그 결과를 SPSS 프로그램을 활용하여 분석하였다. 이와 관련된 내용은 다음과 같다.

가. 학생 글 정리

수집된 자료 중 동의서를 제출한 최종 분석 대상은 320편이다. 학생들의 과학 글쓰기 자료는 바른 손글씨가 평가자에게 우호적이고 긍정적인 인상을 주고(Lee & Park, 2016; Eames & Loewenthal, 1990), 손글씨로 된 글이 평가 시 피로와 어려움을 유발하므로(Park, 2014), 학생 글은 원문 그대로 한글 파일로 작성하였다. 또한 학생 글 분석 시 학생들의 학년이나 성별, 이름 등의 정보가 주는 후광 효과를 줄이기 위해 전사한 글은 학년, 성별, 이름 정보를 제거하고 코드화 한 후 무작위로 배열하여 분석하였다. 학생들이 작성한 표현, 문단 구분 등의 특징을 살려 최대한 원문 그대로 전사하였다. 단, 전체적인 글쓰기 내용 및 의미에 영향을 주지 않는 범위에서 맞춤법에 맞게 고쳤다. 맞춤법 수정은 ‘땅에 다아서’를 ‘땅에 닿아서’처럼 단어 수준에서 고치고, 절 또는 문장 수준에서 표현은 어색하지만 의미 전달에 문제가 없는 경우에는 학생 글의 특성을 고려하여 고치지 않고 그대로 전사하였다.

나. 학생 글 분석

학생 글 분석 시 분석의 효율성을 높이기 위해 문장을 분절하고, 분석을 명확히 하고자 분석 기준을 상세화 하였다. 이와 관련된 내용은 다음과 같다.

1) 분석 단위

학생 글을 분석하기 위하여 프로토콜을 생성할 때, 마침표(.)를 기준으로 문장을 구분하였다. 한 문장이 여러 가지 내용을 포함하고

있는 경우, 분석의 용이성을 위해, 비판적 담화 분석 방법(CDA)을 토대로(Kim, 2015; Lee, 2016; Lee *et al.*, 2007; Lee, Maeng, & Kim, 2008; Jang, 2015; Fairclough, 2004; Keys, 1999a, 1999b; Sharma & Buxton, 2015), 한 문장 또는 문단으로 되어 있는 학생 글을 의미에 따라 ‘절(clause)’ 단위로 나누어 분석하였다. 또한 논리 전개 구조 분석의 편의성을 위해 문장별로 번호를 매겼다.

2) 과학 글쓰기 분석 방법 및 신뢰도 검증

분석 기준을 명확히 하고 연구자의 분석 능력을 높이기 위해, Tesch (1990)의 8단계 코딩 분석 과정을 활용하였다(Creswell, 2003). 최종 분석 대상인 320편의 글을 코드화하여 무작위로 섞은 후 전체적으로 자료를 정독하면서 학생들 글에 나타나는 특징을 아이디어가 생각날 때마다 기록하였다. 이후에 320편을 난수표를 이용하여 전체 글의 10%인 32편씩 2회에 걸쳐 단순무선표집하여 과학적 추론이 나타난 글과 과학적 추론이 나타나지 않은 글로 나누는 분석기준을 정하였다. 이 기준에 따라 ‘추론이 나타나지 않은 글’ 90편과 ‘추론이 나타난 글’ 230편으로 구분하였다.

Lawson(1995)의 초록 사과 이야기를 응용하여 귀납, 연역, 귀추적 추론별로 쓰기 과제에 대한 모범 답안을 작성하고 이를 토대로 학생 글의 추론 유형 및 수준을 분류하였다. 또한 분석의 편의 및 정확성을 위해 Minto Pyramid Principle을 활용하여(Minto, 1996) 귀납, 연역, 귀추적 추론을 간략하게 도식화하여 분석하였다. 그리고 과학적 추론이 나타나는 230편의 글 중 약 10%인 24편씩 3회에 걸쳐 단순무선표집하여 추론 유형 및 수준을 구체화하였다.

연구자의 분석 신뢰도를 높이기 위해 단순무선표집한 자료 중 2회 차 24편을 선정하여 초등학교 교사이면서 초등 과학교육을 전공하는 대학원생 5인과 함께 분석하였다. 먼저 대학원생 5인에게 분석 기준, 절차, 방법 및 분석 시 유의 사항을 작성하여 배부하였다. 배부된 자료를 바탕으로 각자 분석하도록 하였다. 이후 연구자가 분석한 내용과 비교하며 분석시간 일치도를 확인하였다. 추론 유형이나 수준에 대한 분석이 불일치하는 경우에는 지속적인 협의를 통해 일치도를 100% 확보하고자 하였다.

다음은 각 과학적 추론에서 가장 수준이 높은 5 수준의 과학 글이다. 다음 Figure 2, Figure 3, and Figure 4는 Minto Pyramid Principle에 의하여 분석한 것을 나타낸 것이다(Minto, 1996). Figure 2는 귀납적 추론의 5 수준, Figure 3은 연역적 추론의 5 수준, 그리고 Figure 4는 귀추적 추론의 5 수준을 나타내는 글이다. 각 과학적 추론의 1-4 수준의 글은 Lim & Kim(2018)에 나타나 있다. Figure 2는 6학년 남학생의 귀납적 추론 글이다.

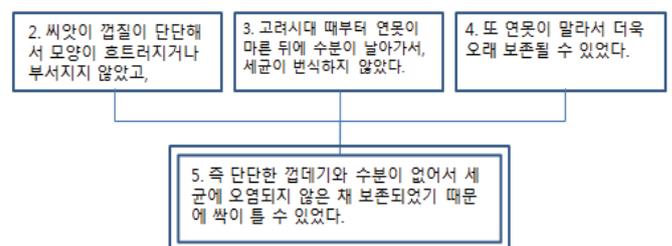


Figure 2. Level 5 of inductive reasoning(Lim & Kim, 2018)

Figure 2에서 글 2, 3, 4는 특수한 상황이고 글 5는 특수한 상황의 공통점, 즉 수분이 없어야 보존되고 썩이 틀 수 있다는 규칙성을 서술한 것으로 보았다. 그래서 Figure 2의 글은 Table 4의 귀납적 추론 상 수준, 즉 5 수준을 충족하는 것으로 판단하였다.

Figure 3은 6학년 여학생의 연역적 추론 글이다.

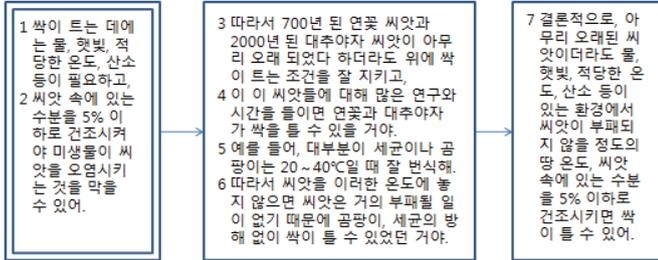


Figure 3. Level 5 of deductive reasoning(Lim & Kim, 2018)

Figure 3에서 글 1, 2는 원리, 법칙이고 글 3, 4, 5, 6은 특수한 상황이고 글 7은 연역된 결론으로 보았다. 이러한 추론은 Table 4의 연역적 추론 수준 상, 즉 5 수준에 해당하는 것으로 판단하였다.

Figure 4는 4학년 남학생의 귀추적 추론 글이다.

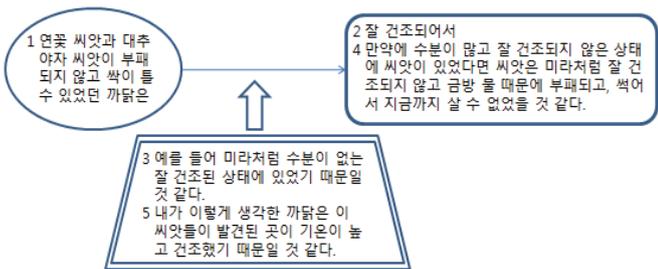


Figure 4. Level 5 of abductive reasoning(Lim & Kim, 2018)

Figure 4에서 글 1은 의문 상황을 진술한 것이고, 글 3, 5는 의문 상황과 관련된 배경 지식이고, 글 2, 4는 글 3, 4를 활용하여 진술된 가설로 보았다. Figure 4의 글은 Table 4의 귀추적 추론 수준 상, 즉 5 수준에 해당하는 것으로 보았다.

III. 연구결과 및 논의

1. 과학 글쓰기에 나타난 과학적 추론 비율

학생들이 쓴 글에 나타난 과학적 추론 비율은 다음 Table 5와 같다. 3학년 학생들이 쓴 글 중 52 %가 과학적 추론을 포함하였다. 그리고 6학년 학생들의 글 중 89%가 과학적 추론을 포함하였다.

Table 6에서는 과학적 추론 비율의 학년별 차이를 통계적으로 검증한 것을 나타내었다.

Table 6에 따르면 학년에 따라 추론이 나타나는 글의 분포 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다($p < .05$). 또한 학년 간 차이를 보면 5학년과 4학년이 17.7%로 가장 많은 차이를 보였으며, 다음은 4학년과 3학년이 15.3%, 그리고 6학년과 5학년이 3.9%로 가장 적은 차이를 보였다. 이렇듯 3학년과 4학년에 읽기 자료 내용을 그대로 요약한 ‘추론이 나타나지 않는 글’의 비율이 높은 것은, 쓰기 발달 단계에서 두서없이 나열하는 나열적 쓰기 단계, 생각나는 대로 순서대로 기록하는 연상적 쓰기 단계(Bereiter, 1980)의 특징이 과학 글쓰기를 하는 과정에서도 나타나는 것으로 볼 수 있다. 또한 5, 6학년이 3, 4학년에 비해 과학적 추론에 따른 논리 전개 글이 많은 것은 5학년을 전후해서 형식적 조작기로 변해 가면서 추론 능력의 급격한 발달(Choi et al., 2003)에 따른 결과로 보인다.

3학년의 경우 약 반 정도의 학생들의 글에서 과학적 추론이 나타나지 않았고 5, 6학년 학생들의 글에서는 대체로 과학적 추론이 포함되어 있었다. 3, 4학년에서 과학적 추론에 대한 설명과 훈련이 필요할 것으로 사료된다.

Table 5. Ratio of elementary school students' scientific reasoning

	3학년	4학년	5학년	6학년	합계
전체 글	92	83	81	64	320
추론 여부					
추론이 나타난 글	48(52.2%)	56(67.5%)	69(85.2%)	57(89.1%)	230
추론이 나타나지 않은 글	44(47.8%)	27(32.5%)	12(14.8%)	7(10.9%)	90
추론이 나타난 글에 있는 전체 추론 수	60	74	98	90	322
편당 추론 수	1.25	1.32	1.42	1.58	1.4

Table 6. Differences by grades of scientific reasoning ratio

	3학년	4학년	5학년	6학년	합계	χ^2	df	p
추론 있음	48 52.2%	56 67.5%	69 85.2%	57 89.1%	230 71.9%	34.913	3	.000*
추론 없음	44 47.8%	27 32.5%	12 14.8%	7 10.9%	90 28.1%			
합계	92 28.8%	83 25.9%	81 25.3%	64 20.0%	320 100%			

* $p < .05$

Table 7. Scientific reasoning types by grades

	3학년	4학년	5학년	6학년	χ^2	df	p
귀납적 추론	30 50.0%	34 45.9%	41 41.8%	30 33.3%			
연역적 추론	28 46.7%	36 48.6%	44 44.9%	50 55.6%			
귀추적 추론	2 3.3%	4 5.4%	13 13.3%	10 11.1%			
합계	60 100%	74 100%	98 100%	90 100%			

p<.05

2. 학년별 과학적 추론 유형

먼저 전체적으로 학년별 추론 유형과 수준을 비교하였다. 귀납적 추론, 연역적 추론, 귀추적 추론 등 추론 유형은 명명척도이므로 학년별 추론 유형 분포를 비교하기 위해 카이제곱(χ^2) 검정을 실시하였다. 학년별 추론 유형 분포 차이는 Table 7과 같다.

Table 7에 따르면 학년 내 추론 유형별 분포에서 3학년은 60개의 추론 중 귀납적 추론이 50.0%로 가장 많이 나타났으며 연역적 추론은 46.7%, 귀추적 추론은 3.3% 순으로 나타났다. 한편 4, 5, 6학년은 연역적 추론이 가장 많이 나타났으며 귀납적 추론, 귀추적 추론 순으로 나타났다. 또한 3학년과 4학년은 귀납적 추론과 연역적 추론이 학년 전체 추론 수의 96.7%와 94.5%로 대부분을 차지하는데 비해, 5학년과 6학년에서는 귀추적 추론의 비율이 각각 13.3%와 11.1%로 높아지면서 학생들의 과학 글쓰기에 나타나는 과학적 추론 유형이 다양화되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 통해 초등학생들이 학년에 상관없이 문제를 해결하는 과정에서 귀추적 추론에 따른 논리 전개할 수 있는 것으로 추정할 수 있다. 한편 이러한 학년별 추론 유형 분포는 비율은 학년별로 차이가 있지만, 카이제곱(χ^2) 검정 결과 유의확률 p값이 0.142로써 학년에 따른 추론 유형별 차이는 없는 것으로 판단하였다.

3. 학년별 과학적 추론 수준

다음으로 학년별로 나타나는 과학적 추론 수준 차이를 비교하였다. 추론 수준 구분은 ‘동간 척도’로 볼 수 있으므로, 학년별 추론 수준의 평균값 차이를 비교하기 위해 ‘F 검정’을 실시하였다. 그리고 그 중 학년(독립 변수)에 따른 추론 수준(종속 변수)이 유의미한 차이가 있는지 일원 분산 분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 분석 결과는 Table 8과 같다.

Table 8에 따르면 학년별 평균 추론 수준은 6학년이 3.21수준(표준편차 1.044)으로 가장 높으며, 3학년이 2.25수준(표준편차 1.129)으로 가장 낮게 나타났다. 이때 F 값이 9.918로 학년별 평균 추론 수준의 차이가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(p<.05). 특히 4학년에서 급격한 발달 양상을 보이는 것으로 나타났다. Ka(2011)에 의하면 Cooper & Kiger(2008)가 제시한 문식성 발달 단계에서도 4, 5학년 이후에 읽기와 쓰기가 매우 유창한 수준에 접어들게 된다고 하였다. 이에 과학적 추론에 따른 글쓰기도 4학년을 전후로 주목할 만한 성장을 보이는 것으로 추정할 수 있다.

Table 8. Scientific reasoning levels by grades

	사례 수 (N)	수준 평균 (M)	표준편차 (SD)	F	p
3학년	60	2.25	1.129	9.918	.000*
4학년	74	2.88	1.006		
5학년	98	2.85	1.068		
6학년	90	3.21	1.044		
합계	322	2.84	1.103		

*p<.05

과학적 추론 수준이 3 정도로 4, 5, 6학년은 정확하고 정교하지는 않지만 어느 정도 과학적 추론을 할 수 있으므로 부족한 부분을 안내하며 지도한다면 과학적 추론의 정확성과 정교성에 있어 발달을 꾀할 수 있을 것이다.

4. 과학적 추론 유형별 특징

전체적으로 학년별로 과학적 추론 유형과 수준을 비교한 후, 구체적으로 귀납적 추론, 연역적 추론, 귀추적 추론 등 과학적 추론 유형별 특징을 살펴보았다. 과학적 추론 유형별 수준 분포를 살펴보면 Figure 5와 같다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 과학적 추론의 세 유형 모두에서 3 수준의 글이 가장 많았다. 3 수준의 글이 많다는 것은 초등학생들에게 과학적 추론이 포함된 글을 쓸 수 있도록 지도할 여지가 많다는 것이다.

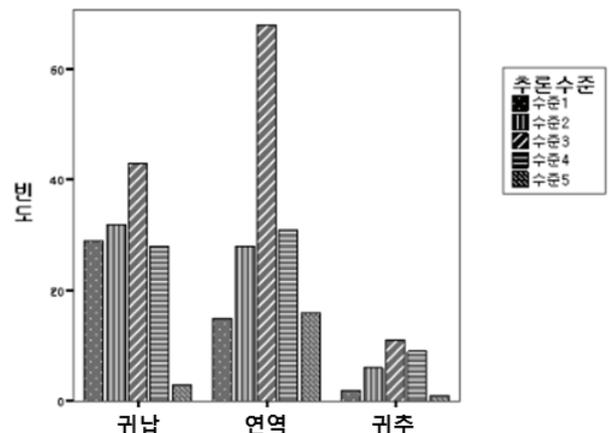


Figure 5. Scientific reasoning levels by scientific reasoning types

Figure 5를 보면, 귀납적 추론과 연역적 추론에 비해 귀추적 추론의 빈도가 상대적으로 매우 적음을 알 수 있다. 연구대상이 초등학교 3-6학년이므로 아직은 과학 지식의 축적이 부족하기 때문일 것이다 (Lee et al., 2013). 그리고 추론 유형별 수준 분포도에 있어 통계적으로 유의하게 차이가 있는 것으로 나타났다. 학생 글에 나타난 추론 유형별 특징을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

가. 귀납적 추론 수준의 학년별 분석

귀납적 추론의 수준이 학년별로 평균 수준 차이가 존재하는지 분석하였다. 분석은 일원 분산 분석을 사용하였고 결과는 Table 9와 같다.

Table 9. Inductive reasoning level differences by grades

	사례 수 (N)	수준 평균 (M)	표준편차 (SD)	F	p
3학년	30	1.93	1.015	7.486	.000*
4학년	34	2.59	0.925		
5학년	41	2.61	1.137		
6학년	30	3.20	1.031		
합계	135	2.59	1.109		

*p<.05

Table 9에 따르면, 학년별 귀납적 추론 평균 수준은 6학년이 3.20수준(표준편차 1.031)으로 가장 높았으며, 3학년이 1.93수준(표준편차 1.015)으로 가장 낮게 나타났다. 이 때 F 값이 7.486으로 학년별 귀납적 추론 평균 수준의 차이가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다 (p<.05). 5학년의 경우에도 귀납적 추론의 수준이 3 수준에 미치지 못하고 있다. 3 수준은 현상들의 구체적 특징과 이들 사이의 공통점을 제시하나 둘 사이의 관련성을 명시적으로 나타내지 못하는 수준이다. 적어도 3 수준의 글을 쓰도록 하려면, 현상들의 특징을 가려내고 이 특징들의 공통점을 도출해 내도록 하는 것이다. 즉 피드백을 줄 때 현상들의 특징들 중에서 공통점은 무엇인가라고 발문을 하면 될

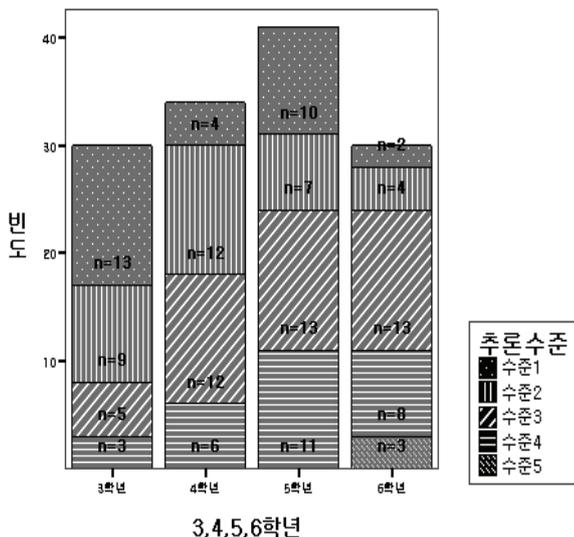


Figure 6. Differences of Inductive reasoning levels by grades

것이다. 3수준의 글을 쓴 학생에게 4, 5 수준의 글을 쓰도록 하려면 각 현상들의 특징을 서술하고 이들의 공통점은 무엇이고, 그리고 이들의 관계를 일반화한 문장을 쓰도록 지도하는 것이다. Lee et al. (2013)도 추론이 포함되는 학생들의 담화를 교사가 잘 듣고, 암묵적이고 불분명한 추론이 진행될 때, 바로 교사가 적절하게 다시 질문하거나 다시 표현함으로써, 학생들이 명시적이고 정확한 과학적 추론을 담은 담화를 하도록 해야 한다고 하였다. 학년에 따른 귀납적 추론의 수준 차이를 그래프로 나타내면 Figure 6과 같다.

Figure 6에 따르면, 전체적으로 학년이 올라갈수록 3, 4, 5 수준의 비율이 높아지고 있다. 특히 귀납적 추론에 따른 논리 전개를 정교하고 정확하게 하는 5 수준은 6학년에서만 나타나는 것을 볼 수 있다. 일부 초등학교생들이 귀납적 추론을 정교하게 할 수 있다는 것을 보여준다. 5 수준에 미치지 못하는 학생들에게는, 현상의 특징 찾기, 현상들의 공통점 찾기, 이 공통점을 일반화하여 나타내기를 순서대로 안내하고, 학생들이 과학글쓰기를 하도록 해야 한다.

나. 연역적 추론 수준의 학년별 분석

연역적 추론의 수준이 학년별로 평균 수준 차이가 존재하는지 분석하였다. 분석은 일원 분산 분석을 사용하였고 결과는 Table 10과 같다.

Table 10에 따르면, 학년별 연역적 추론 평균 수준은 6학년이 3.32수준(표준편차 1.058)으로 가장 높았으며, 3학년이 2.46수준(표준편차 1.138)으로 가장 낮게 나타났다. 이 때 F 값이 4.017이고 유의확률 p 값이 0.009로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). Figure 7에 따르면 전체적으로 3, 4, 5, 6학년 모두 연역적 추론에 의한 논리 전개에서 1~5 수준이 모두 나타나고 3수준의 글이 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 3학년은 다른 학년에 비해 1수준의 글이 많고 6학년은 상대적으로 4수준과 5수준의 글이 많은 것으로 나타났다. 6학년이 되면 연역적 추론에 대한 지도가 대체적으로 수월할 것으로 판단된다. Bereiter & Scardamalia(1987)의 내용 공간과 서술 공간 중 내용 공간의 주요 요소인 쓰기 주제 관련 지식은 글쓰기에 있어서 기본 재료에 해당된다. 초등학교생들은 쓰기 주제 관련 지식, 즉 배경 지식이 부족할 수 있으므로 배경 지식을 제공하면서 과학 글쓰기를 하도록 하면 배경 지식 부족에서 오는 부담감을 어느 정도 덜 수 있을 것이다. 연역적 추론 단계에서 과학 글쓰기 주제 관련 과학적 원리나 법칙을 정확하게 학생들이 이해하는 것이 필요하고, 글쓰기 주제와 관련된 특수한 현상을 정확하게 이해하고, 과학적 원리나 법칙으로 특수한 현상을 설명하거나 또는 예측하여야 한다. 이러한 연역적 추론의 과정을 정확하고 정교하게 논리적 오류, 과학적 오류 없이 단번에 익히기는 어려운 것이다. Figure 7에 나타난 바와 같이 4, 5 수준의 연역적 추론

Table 10. Deductive reasoning level differences by grades

	사례 수 (N)	수준 평균 (M)	표준편차 (SD)	F	p
3학년	28	2.46	1.138	4.017	.009*
4학년	36	3.08	0.996		
5학년	44	3.02	1.023		
6학년	50	3.32	1.058		
합계	158	3.03	1.079		

*p<.05

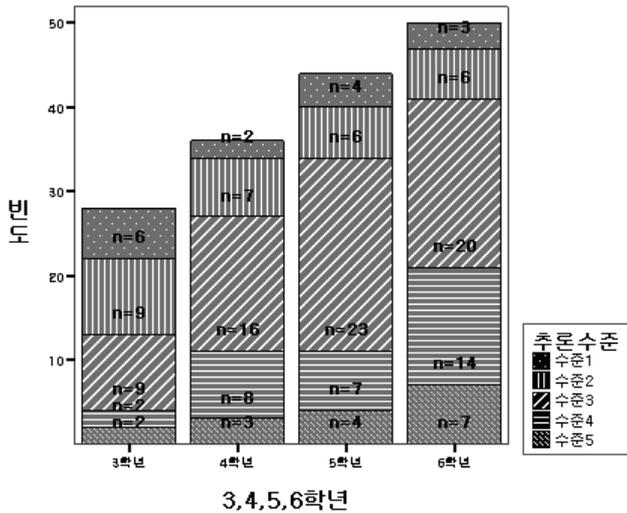


Figure 7. Differences of deductive reasoning levels by grades

이 가능한 4학년 학생들이 있는 반면에, 1, 2 수준의 연역적 추론을 하는 6학년 학생들도 있다. 학년별 차이 뿐 아니라 학년 내에서의 차이도 크다. 학년 내에서의 차이를 인정하며 과학적 추론을 지도할 수 있는 방법은 학생들의 과학 글에 대하여 개별적으로 피드백을 주는 것이라고 생각한다.

다. 귀추적 추론 수준의 학년별 분석

귀추적 추론의 수준이 학년별로 평균 수준 차이가 존재하는지 분석하였다. 분석은 일원 분산 분석을 사용하였고 결과는 Table 11과 같다.

Table 11에 따르면, 학년별 귀추적 추론 평균 수준은 3학년이 4.00 수준(표준편차 0.000)으로 가장 높았으며, 6학년이 2.70수준(표준편차 0.300)으로 가장 낮게 나타났다. 이 때 F 값이 1.394이고 유의확률 p 값이 0.268로 5% 유의수준보다 커 학년별 귀추적 추론 평균 수준 차이가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다($p>.05$). 한편, 학년에 따른 귀추적 추론의 수준 차이를 그래프로 나타내면 Figure 8과 같다.

쓰기 과제를 해결하는 과정에서 과학 글쓰기에 나타난 귀추적 추론에 의한 논리 전개 양상은 귀납적 추론이나 연역적 추론에 비해 사례 수가 상대적으로 매우 적었다. 그 이유는 배경 지식의 축적이 부족하기 때문일 것이다(Lee et al., 2013). 그리고 귀납적 추론이나 연역적 추론의 경우 학년에 따른 추론 수준을 살펴보면, 학년이 올라감에 따라 평균 추론 수준이 통계적으로 차이가 있고, 상승하는 것으로

Table 11. Abductive reasoning level differences by grades

	사례 수 (N)	수준 평균 (M)	표준편차 (SD)	F	p
3학년	2	4.00	0.000		
4학년	4	3.50	0.645		
5학년	13	3.00	0.253	1.394	.268
6학년	10	2.70	0.300		
합계	29	3.03	0.182		

* $p<.05$

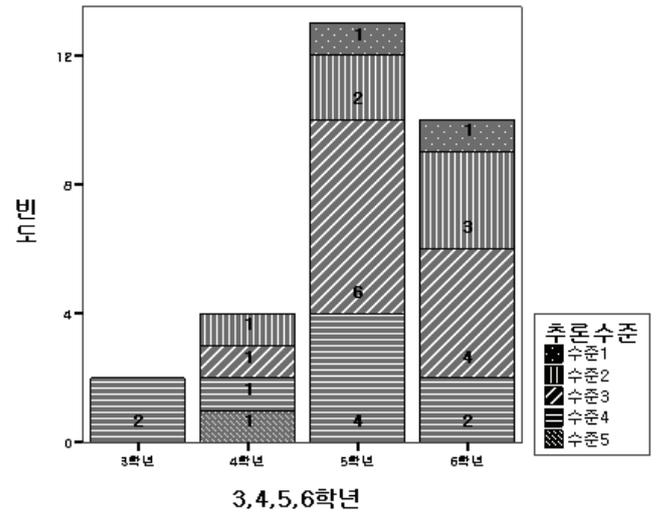


Figure 8. Differences of abductive reasoning levels by grades

나타났다. 그에 비해 Figure 8을 보면, 귀추적 추론은 학년에 상관없는 추론 수준 분포를 보였다. 3학년에 4수준의 글이 있고 5학년과 6학년에 1수준의 글이 나타나는 것으로 보아 이는 다른 추론 유형에 비해 유사 배경지식을 차용하는 학생 개인차에 의한 영향이 큰 것으로 여겨진다. 이는 Keys(2000)의 연구에서 일부 학생들은 수사적인 지식이 없어도 Bereiter & Scardamalia(1987)의 지식-변환 모형의 ‘내용 공간’에서 문제 해결에 힘을 쏟으면서 과학적 사고에 참여했다는 내용과 같은 맥락으로 볼 수 있다. 즉, 초등학생들도 일부 학생들은 학년에 상관없이 수사적인 표현에서는 미흡한 면이 있더라도 자신이 가지고 있는 배경 지식을 활용하여 높은 수준의 귀추적 추론을 할 수 있는 잠재력이 있음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 서울 지역 초등학교 3학년부터 6학년 학생들이 쓴 320편의 과학 글을 대상으로 과학 글쓰기를 할 때 나타나는 과학적 추론 양상을 분석하였다. 이를 위해 과학 글쓰기 활동지와 분석틀을 개발하여 학생들이 쓴 글은 학년별로 과학적 추론 유형과 수준이 어떻게 나타나는지 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 내렸다.

초등학생들은 귀납적 추론, 연역적 추론과 귀추적 추론을 포함하는 과학 글쓰기가 가능한 것으로 판단된다. 그리고 과학적 추론 유형 모두에서 3 수준이 가장 많이 나타난 것으로 보아 과학적 추론을 나타내는 글쓰기 수준은 미흡한 것으로 판단된다. 귀납적 추론과 연역적 추론은 3-6학년에 걸쳐 많이 나타나면서 학년이 올라갈수록 정교해지고 있었다. 그러나 글쓰기의 배경이 되는 과학 지식이 대체로 부족한 초등학생들의 귀추적 추론은 귀납적 추론이나 연역적 추론에 비해 상대적으로 매우 적었다. 귀추적 추론을 초등학생들이 하도록 하려면 풍부한 과학도서 읽기, 추론 과정에 대한 많은 안내와 훈련이 필요하다고 할 수 있다. 특히 연역적 추론이나 귀추적 추론의 경우 과학글쓰기 주제 관련 과학 지식이 중요한데, 초등학생들의 경우 일반적으로 과학 지식이 부족하므로, 과학글쓰기를 지도할 때 관련 과학 지식을 학생들이 이해하기 쉽게 제시하는 것이 바람직하다.

초등학생들이 과학적 추론이 포함된 글을 쓰는 것으로 나타났으나,

그 추론 수준이 아직 정확하거나 정교하지 않았다. 그러므로 보다 정교하고 정확한 과학적 추론이 포함된 글을 쓰도록 안내하고 훈련할 필요가 있다. 초등학생들이 귀납적 추론과 연역적 추론에서는 학년이 올라갈수록 높은 수준의 추론이 포함된 글을 서술하였다. 그리고 학년별로 과학적 추론 수준을 비교하여 볼 때, 3학년의 귀납적 추론과 연역적 추론 수준이 다른 학년의 수준보다 현저하게 낮은 편이다. 그러므로 3학년의 경우는 높은 수준의 귀납적 추론과 연역적 추론이 포함된 과학 글을 쓰는 것에 중점을 두기 보다는 과학적 사실에 대하여 서술하고 단순한 추리하거나 예상하기에 관한 글을 쓰도록 안내하는 것이 바람직하다고 생각한다. 4, 5, 6학년으로 올라가면서 인지가 발달하므로 귀납적 추론과 연역적 추론이 포함된 정교한 과학 글을 쓰도록 지도하는 것이 바람직할 것이다. 그리고 귀추적 추론은 학년이 올라갈수록 높은 수준의 과학 글이 나타나는 경향은 없었다. 이에 대한 심도있는 연구가 더 필요하다고 생각한다.

초등학교 과학 글쓰기 수업에, 이 연구에서 사용한 과학 글쓰기 활동지와 분석준거를 활용할 수 있을 것이다. 학생들이 과학적 추론에 따른 논리 전개 방식이 어떠한지, 추론별로 어떤 오류를 범하는지 지도하는 학생들의 특징을 직접 확인해 보고자 할 때, 실제로 투입하여 활용하는 학습 도구가 될 수 있을 것이다.

또한 이 연구에서는 설명적인 과학 글쓰기를 하는 과정에서 나타나는 과학적 추론 양상을 살펴보았는데, 현행 과학 교과서에 제시되어 있는 과학 글쓰기의 장르에 대한 구체적인 파악과 개선이 필요하다. 과학에서 다루는 대부분의 내용은 설명적인 장르이지만 과학 교과서에 제시된 과학 글쓰기 관련 내용은 문학 장르에 더 적합한 내용들이 많다. 현행 과학 교과서에 제시된 과학 글쓰기는 ‘시로 나타내기, 편지 쓰기, 상상하기’ 등 문학적인 장르가 많은 부분을 차지하고 있다. 따라서 설명적인 장르 성격이 강한 과학의 학문적 특징을 고려하여 과학의 정확성과 논리적인 추론에 초점을 둔 과학 글쓰기 구성 방안이 필요하다.

국문요약

이 연구의 목적은 초등학생들의 과학 글쓰기에 나타나는 과학적 추론의 학년별 차이를 분석하는 것이다. 이를 위해 과학 글쓰기 활동지와 분석틀을 개발하였다. 국가수준의 성취도 평가 중상위 수준의 서울 지역의 한 초등학교 3학년에서 6학년 학생들에게 개발한 과학 글쓰기 활동을 하도록 하여, 총 320명의 과학 글쓰기 자료를 수집하여 분석하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 3학년 학생들의 글 중 52%, 4학년 학생들의 글 중 68%, 5학년 학생들의 글 중 85%, 그리고 6학년 학생들의 글 중 89%가 과학적 추론을 포함하고 있었다. 초등학생들이 쓴 과학 글에는 귀납적 추론, 연역적 추론, 귀추적 추론과 같은 세 가지 유형의 과학적 추론이 포함되어 있었다. 귀추적 추론이 나타난 글은 귀납적 추론이나 연역적 추론에 비해 상대적으로 매우 적었다. 그리고 과학적 추론 수준에서는 각 과학적 추론 유형별로 3 수준의 글이 가장 많았다. 귀납적 추론과 연역적 추론에서는 학년이 올라감에 따라 점점 높은 수준의 글을 썼으나, 귀추적 추론에서는 그러한 경향이 나타나지 않았다. 학년별로 귀납적 추론, 연역적 추론, 귀추적 추론에 의한 글이 모두 나타났다. 귀납적 추론과 연역적 추론 수준은 통계적으로 유의한 학년별 차이를 나타내었다. 그러나 귀추적 추론

수준은 통계적으로 유의한 학년별 차이를 나타내지 않았다. 3학년의 귀납적 추론과 연역적 추론 수준은 다른 학년과 비교하여 많이 낮은 편이었다.

주제어: 과학 글쓰기, 귀납적 추론, 연역적 추론, 귀추적 추론

References

- Bereiter, C. (1980). Development in writing. in cognitive processes in writing, L. W. Gregg and E. R. Steinberg, editors, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 73-93.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1987). The psychology of written composition. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Choi, B., Han, H., Shin, A., Kim, S., & Park, J. (2003). Effects of a cognitive acceleration program on primary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 22(1), 1-14.
- Chun, J. & Son, J. (2004). A type analysis of creative thinking abilities in science writing - with focus on middle school science textbooks. *The Journal of Curriculum and Evaluation*, 7(2), 285-304.
- Cooper, J. D. & Kiger, N. D. (2008). Literacy assessment: Helping teachers plan instruction. Boston: Houghton Mifflin Co.
- Corbin, J. & Strauss, A. (1990). Grounded theory research: Procedures, canons and evaluative criteria. *Zeitschrift für Soziologie*, 19(6), 418-427.
- Creswell, J. W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc. (translated by Y. Kang, S. Ko, O. Kwon, H. Ryu, M. Park, J. Bang, J. Lee, I. Jeong, & W. Hwang, Seoul: Kyowusa, 2005.)
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage publications, Inc. (translated by H. Cho, S. Jeong, J. Kim, & J. Kwon, Seoul: Hakjisa, 2010).
- Eames, K. & Loewenthal, K. (1990). Effects of handwriting and examiner's expertise on assessment of essays. *The Journal of Social Psychology*, 130(6), 831-833.
- Emig, J. (1977). Writing as a mode of learning. *College Composition and Communication*, 28(2), 122-128.
- Fairclough, N. (2004). Critical discourse analysis as a method in social scientific research. *Methods of Critical Discourse Analysis*, 6, 121-138.
- Fehring, R. J. (1987). Methods to validate nursing diagnoses. *Nursing Faculty Research and Publications*, 27, 1-9.
- Fischer, H. R. (2001). Abductive reasoning as a way of worldmaking. *Foundations of Science*, 6(4), 361-383.
- Graham, S. & Perin, D. (2007). A meta-analysis of writing instruction for adolescent students. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 445-476.
- Greenstein, G. (2013). Writing is thinking: Using writing to teach science. *Astronomy Education Review*, 12(1).
- Gunel, M., Hand, B., & McDermott, M. A. (2009). Writing for different audiences: Effects on high-school students' conceptual understanding of biology. *Learning and Instruction*, 19(4), 354-367.
- Han, S. (2004). *Vygotsky and education: Cultural-historical approach*. Seoul: Kyoyukkoahaksa.
- Hand, B., Norton-Meier, L., Staker, J., & Bintz, J. (2006). When science and literacy meet in the secondary learning space: Implementing the science writing heuristic (SWH). University of Iowa.
- Jang, J. Y. & Hand, B. (2016). Examining the value of a scaffolded critique framework to promote argumentative and explanatory writings within an argument-based inquiry approach. *Research in Science Education*, 1-19.
- Jang, S. (2015). The critical discourse analysis(CDA) study of the Korean education contents. *Journal of Research on Korean Education*, 59, 213-244.
- Joung, Y. & Song, J. (2006a). Exploring the implications of Peirce's

- abduction in science education by theoretical investigation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(6), 703-722.
- Joung, Y., & Song, J. (2006b). The Features of the hypotheses generated by pre-service elementary teachers using the form of Peirce's abduction. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 25(2), 126-140.
- Ka, E. (2011). A study on the aspects and characteristics of writing development. Ph. D. dissertation. Korea National University of Education.
- Kang, S., Jo, J., & Noh, T. (2013). A study on writing process components and writing strategies in argumentative writing. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(7), 1418-1430.
- Keys, C. W. (1999a). Language as an indicator of meaning generation: An analysis of middle school students' written discourse about scientific investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 1044-1061.
- Keys, C. W. (1999b). Revitalizing instruction in scientific genres: Connecting knowledge production with writing to learn in science. *Science Education*, 83(2), 115-130.
- Keys, C. W. (2000). Investigating the thinking processes of eighth grade writers during the composition of a scientific laboratory report. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 676-690.
- Kim, N. (2015). Reading strategies and text analysis using critical discourse analysis(CDA). *Journal of Reading Research*, 35, 319-342.
- Ku, K. (1993). A study on Vygotsky's theory of the development of verbal thinking: Implications for literacy and writing. *Journal of Research of Dae Shin College*, 13, 21-42.
- Kuhn, D., Amsel, E., O'Loughlin, M., Schauble, L., Leadbeater, B., & Yotive, W. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Academic Press.
- Kwon, Y., Choi, S., Park, Y., & Jeong, J. (2003). Scientific thinking types and processes generated in inductive inquiry by college students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(3), 286-298.
- Kwon, Y., Yang, I., & Chung, W. (2000). An explorative analysis of hypothesis - generation by pre-service science teachers. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(1), 29-42.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Lee, J. & Jeong, E. (2013a). Development of an evaluation tool for assessing scientific thinking ability using science writing. *Teacher Education Research*, 52(3), 575-588.
- Lee, J. & Jeong, E. (2013b). The effect of science writing activities on high school students' scientific thinking ability in Life Science 1 class. *Journal of Science Education*, 37(3), 476-491.
- Lee, J., Maeng, S., & Kim, C. (2008). A new way of reading the science classroom discourse: Pedagogical discourse analysis. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(8), 832-847.
- Lee, J., Maeng, S., Kim, H., & Kim, C. (2007). The systemic functional linguistics analysis of texts in elementary science textbooks by curriculum revision. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 27(3), 242-252.
- Lee, J. & Park, Y. (2016). Analyzing the transcription mode effects on the beta-gamma activity in a writing assessment. *Journal of Research on Korean Education*, 51(1), 252-284.
- Lee, S. (2000). A study on development stages of writing ability. *The Korean Language and Literature*, 126, 27-50.
- Lee, S. (2016). The application of critical discourse analysis for the analysis of texts in the field of social studies education: Focusing on systemic functional linguistics-based analysis. *Theory and Research in Citizenship Education*, 48(4), 173-224.
- Lee, S., Choi, C., Lee, G., Shin, M., & Song, H. (2013). Exploring scientific reasoning in elementary science classroom discourses. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(1), 181-192.
- Lee, S. & Ju, Y. (2005). A study on the aspects of writing ability development. *The Education of Korean Language*, 118, 127-148.
- Lim, O., & Kim, H. (2017). An analysis of perception on science writing of elementary school teachers and students. *Cheongnam Journal of Research on Science Education*, 23(1), 37-52.
- Lim, O. & Kim, H. (2018). Scientific reasoning types and levels in science writings of elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 37(4), 372-390.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. Lovett, & P. Shah (Eds.), *Thinking with data* (pp. 233-265). New York, NY: Taylor & Francis Group, LLC.
- Ministry of Education (2015). *Science curriculum*, No. 2015-74 [issue 9]. Seoul: Ministry of Education.
- Ministry of Education and Human Resources (2007). *Science curriculum*. No. 2007-79. Seoul: Ministry of Education and Human Development.
- Minto, B. (1996). *The pyramid principle: logic in writing and thinking*. Pearson Education. (Lee, J., translator (2017). Seoul: The-Nan Publishing.
- Nam, J., Kwak, K., Jang, K., & Hand, B. (2008). The implementation of argumentation using science writing heuristics (SWH) in middle school science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(8), 922-936.
- Nam, J., Park, J., & Lee, D. (2012). The impact of the science writing heuristic approach on students' use of multiple representations in science writing and students' recognition about multiple representations. *Journal of the Korean Chemical Society*. 56(6), 759-767.
- Norris, S. & Phillips, L. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.
- Park, E., Jhun, Y., & Lee, I. (2007). Analysis of the elementary school participants' readiness to write on scientific subjects in science writing contest. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(4), 385-394.
- Park, J. (2000). Analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypothesis - Focused on the definition and the characteristics of scientific hypothesis. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(4). 667-679.
- Park, J. & Shin, Y. (2007). Analysis of the types of science writing based on the scientific thinking abilities in science worksheet attached to elementary science textbook. *The Bulletin of Science Education*, 20(1), 99-112.
- Park, Y. (2014). A study of eye movement while Korean teachers assess handwriting and word processor writing samples. *Korean Language Education Research*, 49(2), 193-224.
- Prain, V. (2006). Learning from writing in secondary science: Some theoretical and practical implications. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 179-201.
- Rivard, L. O. P. (1994). A review of writing to learn in science: Implications for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 969-983.
- Salmon, W. C. (1984). *Logic* (3rd ed). Englewood Cliffs: Prentice-Hall. (translated by K. Kauk, Seoul: Parkyoungsa, 2015).
- Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.
- Sharma, A. & Buxton, C. A. (2015). Human-nature relationship in school science: A Critical discourse analysis of a middle-grade science textbook. *Science Education*, 99(2), 260-281.
- Son, J. (2006). A science writing teaching method based on scientific thinking for improving scientific essay writing ability. *The Journal of Curriculum & Evaluation*, 9(2), 333-355.
- Son, J. (2009). The study of scientifically gifted students' scientific thinking and creative problem solving ability through science writing. *Journal of Science Gifted Education*, 1(3), 21-32.
- Song, Y., Yang, I., Kim, J., & Choi, H. (2011). A study of the elementary school teachers' perception of science writing. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(5), 788-800.

Tesch, R. (1990). Qualitative research: Analysis types and software tools. New York: Falmer.

Toulmin, S. (1958). The uses of argument. Cambridge UK: Cambridge University Press.

Vygotsky, L. S. (2012). Thought and language. Cambridge, MA: MIT press.

Wallace, R., Pearman, C., Hail, C., & Hurst, B. (2007). Writing for comprehension. Reading Horizons, 48(1), 41-56.

Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. Developmental Review, 20(1), 99-149.

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in

elementary and middle school. Developmental Review, 27(2), 172-223.

저자 정보

임옥기(서울우장초등학교 교사)

김효남(한국교원대학교 교수)

부록 : 과학 글쓰기 활동지

※ 다음 글을 읽고 질문에 대한 여러분의 생각을 자유롭게 써 보세요.

❖ 오래된 씨앗의 부활 ❖

● 700년 지난 연꽃 씨앗에서 꽃 피어 ●



지난 2009년 경남 함안군 성산산성(사적67호)에서 발견된 연꽃 씨앗이 2010년 700여 년 만에 꽃을 피웠다고 합니다. 단단한 껍데기로 둘러싸인 연꽃 씨앗은 마른 연못의 땅속을 조사하다가 발견되었습니다. 씨앗이 살던 때를 알아보니 이 연꽃 씨앗은 약 700년 전 고려시대의 것이었습니다.

함안 박물관과 농업기술센터가 함께 연구하여 싹을 틔우고 키워서 꽃을 피웠습니다. 이 연꽃은 포기나누기 방법을 이용해서 수를 금방 늘릴 수 있었습니다. 박물관은 이 연꽃 이름을 ‘아라홍련’이라고 지었는데, 요즘 우리가 볼 수 있는 연꽃과는 다른 옛날 모습을 간직하고 있다고 합니다. 아라홍련은 현대의 연꽃에 비해 꽃잎의 길이가 길고 색깔이 연합니다.

● 2000년 된 대추야자 씨앗이 싹 터 ●



- 이스라엘 마사다에서 발견된 씨앗(위)
 - 이 가운데 하나가 싹터 26개월째 자라고 있는 모습(아래)
- (사진제공: 사이언스)

2005년 이스라엘 루이스 보릭 국립의학연구소 사라 살롯 박사팀은 이스라엘의 마사다에 있는 옛 터를 조사하다가 대추야자 씨앗을 찾았다고 합니다. 이 연구팀은 대추야자 씨앗을 싹틔우는데 성공한 내용을 과학 잡지 ‘사이언스’에 발표했습니다.

대추야자는 비가 많이 오지 않고 기온이 높은 모래땅에서 잘 자라는데, 씨앗은 단단한 껍데기로 둘러싸여 있습니다. 연구팀이 대추야자 씨앗을 발견한 마사다 지역은 여름이 덥고 건조한 사막지역입니다. 2000년 전 이스라엘 지역에서 자라던 대추야자는 그들과 음식을 제공하고 약의 재료로 쓰였다고 합니다. 그러나 이 지역에서 자라던 대추야자는 중세 십자군 전쟁 때 숲이 파괴되면서 모두 사라졌다고 합니다.

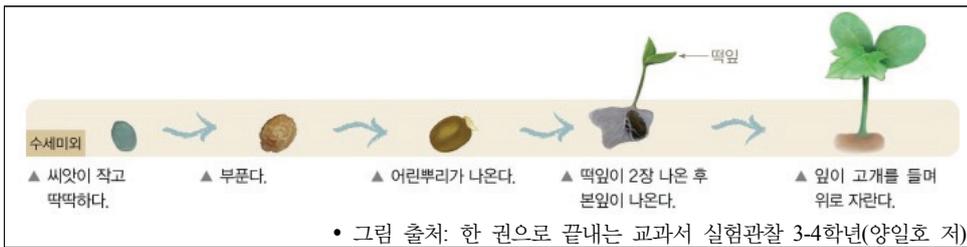
- The Science Times(2010.07.14).‘오래된 씨앗의 부활’
- LG사이언스랜드(2008.06.13).‘예수 시대 씨앗, 2000년 만에 싹 터’
- 경남일보(2015.07.02).‘올해도 곱게 피어난 함안 아라홍련’에서 발췌하여 재구성.

❖ 씨앗에 대해 알아봐요 ❖

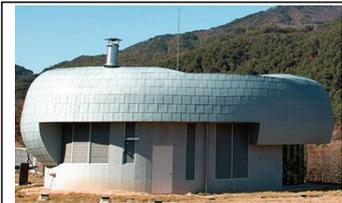
● 씨앗은 이럴 때 ~~!! ●

식물의 씨앗은 반드시 적당한 온도와 물이 있어야 부풀어서 싹이 틈니다. 그리고 산소나 햇빛의 영향도 받습니다. 상추나 잎담배는 빛이 있어야 싹이 잘 트고, 토마토나 오이는 캄캄하게 해줘야 싹이 잘 트는데, 대부분의 식물은 싹이 틀 때 빛의 영향을 받지 않습니다. 그리고 씨앗의 종류에 따라 일정한 기간 동안 휴면과정(싹이 트거나 자라지 않고 일시적으로 정지해 있는 상태)을 거치기도 합니다. 휴면 방법에는 여러 가지가 있는데, 연꽃이나 나팔꽃 같이 껍데기가 두꺼운 씨앗은 휴면 기간이 길다고 합니다. 잠자고 있는 씨앗을 싹 틈우는 방법에는 씨앗을 낮은 온도에 두기(저온저장), 바늘로 찌르기, 비닐 없애기, 특수한 기체에 넣기 등 다양한 방법이 있습니다.

● 씨앗이 싹 트는 과정(예, 수세미외)



● 종자 저장소 - 씨앗이 겨울잠을 자는 곳 ●



• 사진: 현진, 국립백두대간수목원

경상북도 봉화군에 있는 ‘국립백두대간수목원’에는 세계에서 두 번째로 씨앗을 보관하는 ‘씨드볼트(seed vault)’라는 버섯 모양의 건물이 있습니다. 이곳은 핵전쟁이나 자연재해 등으로 식물들이 없어질 경우를 대비해서 씨앗들을 보관하는 곳입니다. 이곳에서는 땅 속 40m 깊이에 터널을 만들어 씨앗들을 보관하고 있습니다.

특히 씨앗 속에 있는 수분(물)을 5% 이하로 건조시키는데, 이렇게 하면 곰팡이 등 미생물이 씨앗을 오염시키는 것을 막을 수 있다고 합니다.

● 부패는 이럴 때 ~~!! ●

부패는 세균에 의해 물질이 썩는 것을 말합니다. 대부분의 세균이나 곰팡이는 20~40℃일 때 잘 번식하여 온도와 습도가 높은 여름철에 부패가 쉽게 일어납니다.

- 두산백과 ‘발아’, 생명과학대사전 ‘발아촉진법’, 과학동아(2016.12.26.), 화학대사전 ‘부패’에서 발췌하여 재구성.