

# 과학 현상에 대한 초등학생들의 의문 유형과 초등교사들의 설명 유형과의 관계

신동훈

(한국교원대학교)

## The Relationships between the Patterns of Elementary School Teachers' Explanations and the Patterns of Elementary School Students' Questions on Scientific Phenomena

Shin, Dong-Hoon

(Korea National University of Education)

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the relationships between the patterns of elementary school teachers' explanations and the patterns of students' questions types on scientific phenomena. For the purposes of this study, we collected questions related to scientific phenomena from 255 3rd~6th students in 2 elementary schools. Classifying the students' questions collected, 20 representative questions for each type were selected. Data regarding teachers' scientific explanation from 62 teachers of 3 elementary schools were also collected. The results of the analysis of the questions for each science field show that the students in the 3rd, 4th, and 5th grades have the most questions regarding biology, and those in the 6th grade have more questions regarding earth science. Regarding question types, object exploration questions and explican exploration questions formed the majority. Moreover, the higher the students' grades, a decrease in the number of conjectural questions and an increase in the number of causal questions were observed. As a result of the analysis of the teachers' explanation, the following explanation types could be discerned; conjecture, hypothesis, prediction, teleological explanation, information given to feed exploration questions, as well as verification and information supply for verification purposes. There were 4 kinds of relationships between question types and explanation types. One was the explanation fitting to each question type, a second was the explanation with additional content than the question required, a third was where the explanation was inappropriate to the question, and a fourth was where the teacher responded that they "don't know." This study, investigating the relationships between questioning as a scientific inquiry process and explanation, will help to promote discussion regarding science classes in elementary school.

**Key words** : scientific question type, scientific explanation type, elementary science class, conjecture, prediction, teleological explanation

### I. 서 론

과학교육의 중요한 목표가 학생들의 과학적 탐구 능력을 향상시키는 것에 있다는 것은 주지의 사

실이다(교육부, 1998; Martin, 1997). 따라서 많은 과학교육자들은 학생들의 과학적 탐구 능력 발달을 위해 끊임없는 노력을 기울여왔다(이혜정 등, 2004; Roth & Bowen, 1994). 과학적 탐구가 자연 현

2006.10.30(접수), 2006.12.1(최종통과)

E-mail: shin2619@paran.com(신동훈)

상에 대해 의문을 제기하고 이 의문에 대한 과학적 설명을 제안하는 활동(장신호, 2006; NRC, 1996)이라고 할 때, 이러한 과학적 탐구를 수행하기 위해서는 과학적 의문 생성 활동(이혜정 등, 2004; 허만규와 임채성, 2005; Burniske, 2003; Chin *et al.*, 2002)과 더불어 과학적 설명을 제안하는 활동(권용주 등, 2006; 장신호, 2006; Lawson, 1995)이 필수적이다. 사실 초등 과학 수업에서 학생들이 생성한 의문을 질문하고, 교사들이 설명을 하는 형태가 가장 보편적인 수업 상황이다. 이러한 수업 상황에서 과학적 의문과 설명 형태가 가지는 교육학적 의미는 매우 크다.

과학적 의문은 일반적으로 관찰자가 자연 현상을 관찰하고 현재의 지식으로는 해결할 수 없는 문제나 상황 등을 인식했을 때 갖게 되는 의심이나 궁금증 등을 의미한다(이혜정 등, 2004; Lawson, 1995; Simpson & Anderson, 1981). 따라서 과학적 의문은 과학적 사고 과정에서 과학적 가설과 같은 중간적 지식으로서, 대부분의 과학적 연구의 방향과 가치를 결정짓는 중요한 요인으로 작용한다(권용주 등, 2003; 이혜정 등, 2005; Thagard, 1998). 또한 과학적 의문 생성이 과학자들의 연구에서 연구 문제를 생성하기 위한 첫 번째 단계라는 점(Chinn & Malhorta, 2002; Marbach-Ad & Sokolove, 2000b), 인과적 의문이 과학적 가설을 생성하게 하는 시발점이라는 점(양일호 등, 2006), 또 구성주의적 관점에서 자연 현상에 대한 의문 생성 과정이 과학적 탐구의 출발점으로서 그 의미가 매우 높다는 점(이명숙 등, 2004; 이혜정 등, 2005; Martin, 1997), 또 과학 학습 과정에서 학생들의 학습 의욕을 자극하며 능동적인 탐구로 유도하는 중요한 과정이라는 점(권용주 등, 2003; 김성근 등, 1999; Thagard, 1998; Marbach-Ad & Sokolove, 2000a)등을 생각하면 이러한 과학적 의문에 관한 연구는 초등 과학 교수-학습 활동에서 핵심적으로 다루어져야 하는 활동 중 하나이다. 그러나 현행 과학과 교육과정에서 의문 생성과 관련된 탐구 기능은 제시되어 있지 않다(교육부, 1998). 이는 탐구 과정에서 과학적 의문의 역할을 간과하였거나, 과학적 의문에 대한 체계적 연구가 제대로 수행되지 못한 결과이다(이혜정 등, 2004). 실제로 대부분의 과학 교과서들과 실험 교재들은 탐구 문제를 직접 제시하고 있어서 학생들 스스로 의문을 생성하여 탐구할 수 있는 기회는 거의 제공하지 못하

고 있는 상황이다(신동훈 등, 2006; Germann *et al.*, 1996). 학생들이 생성한 과학적 의문의 종류에 따라 교사들의 설명 방식과 과학적 탐구 방법이 달라지고, 그 결과로 생성되는 과학적 지식이 완전히 달라질 수 있음에도 불구하고, 과학적 의문의 종류나 설명 유형을 정확히 구분한 연구들은 많지 않다(신영준과 황의녕, 2006; 이혜정 등, 2004; Lawson, 1995).

과학적 의문에 대한 선행 연구들에서 Lawson (1995)은 과학적 의문을 서술적 의문과 인과적 의문으로 분류하였고, 권용주 등(2003)은 귀납적 탐구에서 나타나는 학생 의문을 추측적, 인과적, 예측적 의문으로 분류하였다. 이러한 분류는 제한적인 범위에서 너무 포괄적인 분류를 하고 있기 때문에 초등 교수-학습 전략 수립에 적용하기에는 많은 제한점이 따른다. Marbach-Ad & Sokolove (2000a)는 생물학 전공 학생들의 의문을 8가지 유형으로 구분하였고, Chin 등(2002)은 과학 탐구 활동에서 나타난 학생 질문을 기본적 정보 질문과 놀람 질문으로 분류하였다. 기본적 정보 질문은 하위 유형으로 사실적 질문과 절차적 질문으로, 놀람 질문은 이해, 예측, 변칙 감지, 적용, 절차 질문을 하위 유형으로 분류하였다. 또 이혜정 등(2004)은 관찰 활동을 실시하면서 생성한 의문을 크게 추측적, 인과적, 예측적, 방법적, 적용적 의문으로 나누고 각각을 사고 수준에 따라 다시 탐색과 확인 유형으로 분류하여 과학적 의문 생성 능력 향상을 위한 교수-학습 전략 수립에 바탕이 되는 연구를 하였다. 그러나 이러한 연구들은 한정된 과학 과제를 통해 분류하였기 때문에, 제시된 과학 과제의 성격에 따라 학생들이 생성하는 의문이 달라질 가능성이 존재한다. 실제로 이혜정 등(2004)의 연구에서는 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역별로 1과제씩만 사용하였다. 따라서 초등학생들이 다양한 과학적 현상에 대한 과학적 의문을 추가로 연구할 필요가 있다.

한편, 이렇게 학생들이 생성한 과학적 의문에 대해 교사들은 실험과 같은 직접적인 과학적 탐구 활동을 통한 해결보다는 과학적 설명을 먼저 시도한다. 과학적 설명은 실험을 하거나 탐구 과정 기술의 습득을 강조하는 탐구 활동과는 다른 과학적 탐구 활동의 한 유형으로 생각할 수 있다(장신호, 2006). 과학 현상에 대한 학생들의 의문과 이러한 의문에 대해 교사들이 과학적 설명을 하는 교수 형태에 대해서는 지금까지 명확하게 알려진 바가 없다. 과학

적 설명이 어떤 특성을 가지고 있는냐에 따라서 과학적 검증방법도 완전히 달라지기 때문에(박순화 등, 2005), 과학적 설명 유형을 체계적으로 구분하는 것은 자연 현상을 설명하는 과학적 탐구 과정을 이해하는데 매우 중요한 역할을 한다.

최근까지 과학적 설명에 대한 선행 연구들은 과학 교과서나 지도서에서의 설명 방법을 분석하였거나(김영수와 최현순, 1996; 신영준과 황의녕, 2006), 생물 교사의 철학적 인식을 조사하였거나(이현주와 김영수, 1999), 탐구 활동 중에 나타나는 설명의 유형을 밝히는 것(권용주 등, 2006; 이미숙 등, 2004; Chin *et al.*, 2002; Shellberg, 2001) 등이 대부분이었다. 구체적으로 살펴보면, Shellberg (2001)은 생물과 관련된 왜(why) 질문에 대한 정답을 목적론적, 근인적, 진화론적 형태로 분류하였으며, 신영준과 황의녕(2006)은 초등학교 6학년 과학 지도서의 설명 방법을 분석하여 인과적 설명 방법과 목적론적 설명 방법으로 크게 구분한 다음, 사실, 기능, 목표, 기능/목표 등의 세부 유형으로 분석하였다. 이미숙 등(2004)은 진화 현상에 대한 초등 예비 교사들의 설명 형태를 연구하였으며, 권용주 등(2006)은 나뭇잎 과제와 새의 비행 과제에 대한 인과적 의문의 답을 구하기 위한 과학 교사들의 잠정적 설명 유형을 가설, 추측, 예측, 목적론적 설명으로 구분하였다. 또한 오창희(1998)는 과학에서 목적론적 설명 사용의 유용성을 언급하면서, 목적론의 여러 유형들을 4가지로 분류하였다. 이러한 설명 유형에 관한 연구들은 우리가 흔히 구분하지 않고 사용하는 가설이나 예측, 추측, 목적론적 설명 등의 개념을 명확히 하였다는 점에서 큰 의의가 있으나, 제한된 과제 속에서 인과적 의문에 대한 설명만을 분석하였다는 점에서 한계가 따른다. 사실, 과학적 설명은 현상 자체를 기술한 기술적 지식과 현상의 원인에 관한 지식으로 구별되기(Kitcher & Salmon, 1989) 때문에 인과적 의문이 아닌 의문에 대한 설명도 분석할 필요가 있다. 왜냐하면 학생들의 의문 유형은 인과적 의문만이 아니라 매우 다양한 유형으로 나타나고(이혜정 등, 2004; 2005; Chin *et al.*, 2002; Lawson, 1995), 이러한 의문 유형에 따라 교사의 설명 유형도 당연히 달라질 것이기 때문이다(권용주 등, 2006).

이와 같이 과학 현상에 대한 학생들의 의문과 이러한 의문에 대한 교사들의 설명이 가장 기본적인 과학 탐구 활동임에도 불구하고 이들의 관계와 의

미에 대해서는 지금까지 알려진 바가 매우 적다. 실제 교수-학습 과정은 학생들의 의문과 이에 대한 교사들의 설명이 분리되어 나타나는 것이 아니라, 서로 연계하여 나타난다. 따라서 초등학교의 과학 교수-학습 과정을 제대로 이해하기 위해서는 학생들이 생성한 다양한 과학적 의문과 이런 의문에 대한 교사들의 과학적 설명을 분리해서 연구하는 것보다 둘 사이의 관계를 파악하는 연구가 필요한 것이다.

그러므로 이 연구의 목적은 과학 현상에 대한 초등학생들의 과학적 의문과 이 의문에 대한 초등 교사들의 과학적 설명과의 관계를 알아보는 데 있다. 이를 위한 구체적인 연구 주제들은 다음과 같다.

첫째, 초등학생들이 생성한 과학 현상에 관한 과학적 의문들을 과학 영역별, 의문 유형별로 분석한다.

둘째, 이러한 의문 유형별로 초등 교사들의 설명 유형을 분석한다.

셋째, 학생들이 생성한 의문 유형과 초등 교사들의 설명 유형과의 관계 및 의미를 비교 분석한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

초등학생들이 생성하는 과학적 의문 유형을 분류하기 위해서 서울특별시 소재 '가' 초등학교와 경기도 소재 '다' 초등학교의 학생들을 대상으로 의문 자료를 수집하였다. 초등학생 중 과학 수업을 받고 있는 3학년 63명, 4학년 65명, 5학년 62명, 6학년 65명, 총 255명을 연구 대상으로 최종 선정하였다. 그리고 학생들이 생성한 과학적 의문에 대해서 초등 교사들의 설명 유형을 분석하기 위해서 서울특별시 소재 '가' 초등학교 교사 22명, 경기도 소재 '다' 초등학교 교사 21명, 충청도 소재 '나' 초등학교 교사 19명을 연구 대상으로 선택하였다. 이들의 교육 경력은 80% 이상이 10년 이하이었으며, 여교사의 비율은 82% 이상으로 남교사에 비해 훨씬 높았다. 이와 같은 연구 대상자를 구체적으로 정리하면 표 1과 같다.

### 2. 자료 수집

연구자는 연구 대상 학교의 각 학급 담임 선생님에게 부탁하여 1학기 동안 학생들이 과학 현상과 관

표 1. 연구 주제별 연구 대상

연구 대상	학년(학생)					교육 경력(교사)					연구 주제		
	3	4	5	6	소계	A	B	C	D	소계	의문 유형	설명 유형	
가	남	17	18	16	19	70	1	2		1	4	○	○
	여	16	15	15	19	65	8	7	3		18		
초등학교	나	남					2	1	2		5		○
		여					4	8		2	14		
다	남	15	18	16	14	63	1	1			2	○	○
	여	15	14	15	13	57	9	7	2	1	19		
전체		63	65	62	65	255	25	26	7	4	62	255	62

교육경력 A=1~5년, B=6~10년, C=11~15년, D=16년 이상.

련하여 생성한 의문을 의문 기록지에 쓸 것을 요구하였다. 특별히 시간 제한은 두지 않았으며, 학생들은 자유롭게 의문을 작성 기록하였다. 기록한 의문이 과학 수업 시간에 생성한 의문인지 불확실한 경우에는 별도로 학생들과 면담을 가져 기록의 정확성을 보완하였다.

학생들이 생성한 의문들을 이해정 등(2004)이 제안한 10가지 유형으로 분류한 다음, 물질 과학과 생명 과학 분야에서 대표적인 의문 한 가지씩을 선정하여 총 20개의 의문에 대한 설문지를 개발하였다. 개발한 설문지는 3개의 초등학교 교사들에게 투입하여 학생들의 의문에 대한 교사들의 설명 유형을 수집하였다. 설명이 불확실하거나 의미가 명확하지 않은 것은 면담 과정을 거쳐 자료의 정확성을 보완하였다. 최종적으로 수집된 설문지는 62매이었으며, 모두 분석 대상으로 삼았다.

### 3. 자료 분석: 과학적 의문 유형

연구자는 초등학생들이 생성한 의문을 분류하기 위해 의문 분석틀을 개발하였다. 이 분석틀에서 사용한 과학 영역의 분류 기준은 물리, 화학, 생물, 지구과학의 4가지 영역으로 하였고, 의문 유형의 분류 기준은 이해정 등(2004)이 제안한 10가지 의문 유형을 사용하였다. 이 의문 유형은 학생들의 의문을 크게 5가지 유형으로 나누고, 각 유형을 사고 수준에 따라 다시 탐색과 확인의 하위 유형으로 분류한 것이다. 추측적 의문(conjectural question)은 현재 관심을 두고 있는 대상의 명칭이나 성분, 구조, 기능 등에 대한 궁금증으로서, 대상의 특성에 대한 의문(대상 탐색 의문)과 특성에 대한 잠정적인 답을 확인하고자 하는 의문(대상 확인 의문)으로 나

누어진다. 인과적 의문(causal question)은 대상 자체에 대한 의문이 아니라 어떤 현상이 일어난 원인(cause)에 대한 궁금증으로서, 원인에 대한 잠정적 설명인 설명자(explican)를 찾는 의문(설명자 탐색 의문)과 설명자를 확인하려는 의문(설명자 확인 의문)으로 나누어진다. 예측적 의문(predictive question)은 현재의 관찰 사실에 어떤 변인을 달리했을 때 나타나게 될 현상이나 일련의 사건에 대한 궁금증으로서, 결과에 대한 의문(결과 탐색 의문)과 결과를 예측하여 확인하려는 의문(결과 확인 의문)으로 나누어진다. 방법적 의문(methodical question)은 어떤 활동을 수행할 때 필요한 계획이나 도구, 방법 등에 대한 궁금증으로서, 방법에 대한 의문(방법 탐색 의문)과 방법을 확인하려는 의문(방법 확인 의문)으로 나누었다. 이 방법적 의문에 대한 하위 분류는 이해정 등(2004)의 연구 결과에서는 제한된 과제와 한정된 피험자로 인해 구체적인 경우가 나타나지 않았지만, 이 연구에서는 다른 의문의 기준들과 함께 동일하게 사용하였다. 적용적 의문(applicative question)은 대상의 용도, 쓰임새 등에 대한 궁금증으로서 용도 자체에 대한 의문(실례 탐색 의문)과 쓰임새를 확인하려는 의문(실례 확인 의문)으로 분류하였다. 이 의문 유형 분석틀은 과학 교육 전문가 2인에게 내용 타당도를 검토 받았고, 실제로 초등학생들이 생성한 의문을 이 분석틀을 이용하여 과학교사 2인이 각각 분석하였더니 96%의 일치도 지수가 나왔으며, 일치하지 않는 의문은 분류자간 협의 후에 분류하였다.

### 4. 자료 분석: 과학적 설명 유형

교사들이 생성한 설명 유형을 분류하기 위해서

권용주 등(2006)이 개발한 분석틀을 수정, 보완하였다. 권용주 등(2006)은 생명 현상의 인과적 의문에 대한 교사들의 설명 유형을 자연관, 감정성의 시점, 감정성의 대상을 기준으로 가설, 추측, 예측, 목적론적 설명으로 분류하였다. 비록 이 분류 기준이 생명 현상에 대한 설명유형을 바탕으로 하였지만, 물질 현상을 설명하는 기계론적 설명도 포함하고 있으므로 이 연구에서 사용하였다. 그리고 이 연구에서는 인과적 의문뿐만 아니라 다양한 의문을 연구 대상으로 하므로 귀납적 방법을 통해 새로운 분류 기준을 추가로 고안하였다. 따라서 최종적인 설명 유형 분석틀에 사용한 분석 기준은 추측, 가설, 예측, 목적론적 설명, 정보 제공, 확인의 6가지였다. 이 설명 유형 분석틀을 이용하여 과학교육 전문가와 초등과학교사가 별도로 설문지를 분석하였더니 97%의 일치도 지수가 산출되었으며, 일치되지 않은 분류는 협의하여 분류하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 학생들의 의문 유형

초등학생들이 생성한 의문을 의문 유형과 과학 영역을 기준으로 학년별로 분석할 수 있는 의문 분석틀을 개발하여 학생들이 생성한 각각의 의문 빈도를 표 2와 같이 정리하였다. 의문 유형은 이해정 등(2004)이 연구한 10가지 유형을 사용하였으며, 과학 영역은 전통적으로 사용하는 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역으로 분류하였다.

표 2에 의하면 총 255명의 초등학생이 1,515개의 의문을 생성하여, 1인당 평균 5.9개의 의문을 생성한 것으로 나타났다. 학년이 올라갈수록 생성되는 의문의 수는 증가하는 경향을 보이며, 4개의 과학 영역에서 10개 유형에 해당하는 의문들이 모두 나타났다. 특히 방법 확인에 대한 의문은 선행 연구에서는 나타나지 않았던 의문이었다. 그러나 이 연

표 2. 초등학생들이 생성한 과학적 의문의 빈도(개)

영역	의문 유형 학년	추측적 의문		인과적 의문		예측적 의문		방법적 의문		적용적 의문		소계
		대상 탐색	대상 확인	설명자 탐색	설명자 확인	결과 탐색	결과 확인	방법 탐색	방법 확인	실례 탐색	실례 확인	
물리	3	6		7								13
	4	22		32		1		5	2	2	1	65
	5	7	1	56	8	1	2	5	1			81
	6	12	2	87	2	4	2		2			111
화학	3	2		4								6
	4			2		2		4	2	1	2	13
	5	8	2	19		2						31
	6	9	5	19	6	3	2		2			46
생물	3	135	4	27		4						170
	4	137		42		3		3	1	2	1	189
	5	97	2	73	16	2	2	4	2			198
	6	56	4	97	4	5	1	2				169
지구 과학	3	52	2	6		3						63
	4	23		9				1				33
	5	44		58	7			3				112
	6	97	8	102	1	2		4	1			215
소계	3	195	6	44		7						252
	4	182		85		6		13	5	5	4	300
	5	156	5	206	31	5	4	12	3			422
	6	174	19	305	13	14	5	6	5			541

구에서도 매우 적은 수가 발견됨에 따라 초등학교 학생들이 보편적으로 생성하는 의문은 아닌 것으로 보인다.

학생들이 생성한 의문 중 가장 많이 나타난 의문은 ‘대상 탐색 의문’과 ‘설명자 탐색 의문’이었다(그림 1). 대상 탐색 의문은 현재 생각하고 있는 대상에 대한 궁금증이 나타난 의문들로 대상 자체의 기능, 명칭, 성분, 구조 등에 대해서 알고자 하는 추측적 의문이다. 따라서 이러한 의문들은 대상에 대한 정보만 수집하면 쉽게 해결할 수 있는 특징이 있다. 이러한 대상 탐색 의문 유형은 학년과 상관없이 골고루 나타나고 있으나, 상대적으로 저학년에서 많이 나타나고 있다. 대상 탐색 의문과 동일한 맥락에서 대상의 특성을 생각해 내고 그것의 진위를 묻는 의문인 대상 확인 의문의 수는 전체적으로 많이 나타나지 않았지만, 저학년보다는 고학년에 약간 증가하였다.

인과적 의문은 대상이 그렇게 되어 있는 이유나 까닭, 원인을 알고자 하는 의문들이다. 이 인과적 의문에 대한 잠정적인 해답이 설명자이고, 이것을 찾는 것이 과학의 궁극적인 목표이다(권용주 등, 2006; Başar, 2006). 이 설명자에 대한 궁금증이 설명자 탐색 의문이고, 사고가 더 진행되어 설명자를 생각하여 확인하고자 하는 의문이 설명자 확인 의문이다. 예를 들면, ‘식물의 잎이 단풍이 드는 이유는?’, ‘지구는 왜 회전하는가?’, ‘바다는 왜 파란색일까?’ 등이 전자에 해당되고, ‘온도가 떨어야 단풍이 드는 것일까?’, ‘물속에서는 부력 때문에 가벼

워지는 것일까?’ 등이 후자에 해당되는 의문으로서, 의문 속에 이미 설명자가 포함되어 있다. 이러한 ‘왜?’에 관한 인과적 의문은 가설 생성과 관련하여 많은 학자들에 의해 연구되어 왔다(권용주 등, 2003; 박은미와 강순희, 2006; 이해정 등, 2005; Chin et al., 2002; Lawson, 1995; Martin, 1997; Shellberg, 2001; Slavin, 2006). 그림 1에서 특히 주목해야 하는 것은 의문의 빈도뿐만 아니라 학년이 올라갈수록 설명자 탐색 의문이 급격히 증가하는 변화 양상이다. 즉, 1인당 설명자 탐색 의문의 평균 개수는 3학년 0.7개, 4학년 1.3개, 5학년 3.3개, 6학년은 4.7개이다. 이것은 아동들의 인지 발달이 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 점차로 발달하고 있다는 것을 의미한다. 왜냐하면 과학적 탐구 과정에서 인과적 의문은 가설 생성 과정의 선행 과정이고(권용주 등, 2003; Lawson, 1995), 가설-연역적 사고 과정이 12살 전후로 시작한다는 연구 결과(Martin, 1997; Slavin, 2006)와 구체적 조작기의 학생들보다 형식적 조작기의 학생들이 인과적 의문을 더 많이 생성한다는 연구 결과(박은미와 강순희, 2006) 등을 고려하면, 초등학교 5, 6학년 학생들의 급격한 인과적 의문의 수 증가는 인지 발달의 결과로 해석할 수 있기 때문이다. 또한 설명자를 생각해 내어 확인하고 싶은 설명자 확인 의문 유형은 5, 6학년 학생들에게만 나타나는 것으로 보아 이러한 해석을 뒷받침해 주고 있다.

초등학생들이 생성한 예측적 의문과 적용적 의문, 방법적 의문의 수는 추측적 의문과 인과적 의문의 수에 비해서 매우 적었다. 예측적 의문은 어떤 조작을 가했을 때 일어날 수 있는 새로운 현상 등에 대한 궁금증을 나타내는 의문이므로 실제적인 과학 탐구 활동을 진행하는 경우에는 많이 나타날 수 있지만, 과학 현상에 대한 의문을 묻는 경우에는 잘 나타나지 않을 가능성이 많다. 예를 들어 ‘식물의 잎을 자르면 어떻게 될까?’라는 예측적 의문은 실제 식물의 잎을 가지고 활동하는 경우에는 학생들이 생성할 가능성이 높지만, 단순히 생각만으로는 생성할 가능성이 낮다. 방법적 의문은 어떤 활동을 수행할 때 필요한 계획이나 도구, 방법 등에 대한 궁금증이기 때문에, 실제적인 탐구 활동을 수행하지 않으면 나타날 가능성이 매우 적다. 또한, 대상의 용도에 대한 의문인 적용적 의문도 실제 대상을 보았을 때 나타날 가능성이 훨씬 많다. 예를 들어, ‘자석을 어디에 사용할 수 있을까?’, ‘연필심을 지렛대로

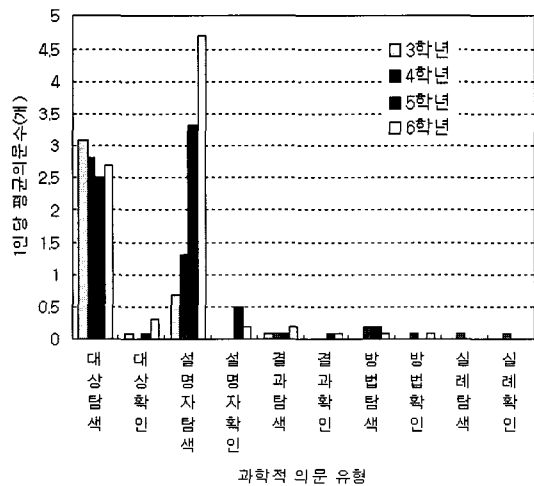


그림 1. 1인당 생성한 과학적 의문 유형의 빈도

이용할 수 있을까?’ 등은 실제 자석이나 연필심을 보았을 때 의문이 더 잘 생성될 수 있는 것이다. 실제로 구체적인 과학 과제를 가지고 의문 유형을 조사한 이해정 등(2004)의 연구에서는 이러한 의문 유형들이 조금 높게 나타난 점을 상기할 필요가 있다.

학생들이 생성한 의문을 과학 영역별로 구체적으로 분류한 결과를 그래프로 나타내면 그림 2와 같다. 3학년에서 6학년으로 학년이 올라 갈수록 생성하는 의문의 수는 점점 증가하고 있으며, 과학의 각 영역별로는 차이가 심하게 나타났다. 3, 4, 5학년의 학생들은 생물 영역에 대한 의문이 가장 많았고, 6학년 학생들은 지구과학 영역에 관한 의문이 가장 많은 것으로 나타났다. 초등학교 교육과정에서는 과학의 영역이 거의 균등하게 배치되어 있는 점을 고려하면, 이러한 영역별로 의문의 차이가 많이 나타난 원인이 과학 교육과정에 의한 것인지, 학생들의 개인적 특성 때문에 의한 것인지는 좀 더 심층적인 연구가 필요한 부분이다. 하지만, 초등학생들이 많은 의문을 가지고 있는 과학 영역을 과학적 탐구의 출발점으로 삼을 필요성은 충분히 있다. 왜냐하면, 학생들이 특정 과학 영역에 대해 의문을 많이 가지고 있는 것은 그 영역에 대한 흥미와 호기심이 많은 것으로 생각할 수 있고, 이러한 흥미와 호기심은 학생들의 학습 동기를 유발하고 문제 해결력이나 과학적 탐구 능력을 향상시키고, 과학적 태도를 함양하는데 매우 효과적인 내재 동기라는 것이 이미 알려져 있기 때문이다(권용주 등, 2004; Hidi, 1990; Marbach-Ad & Sokolove, 2000b; Slavin, 2006).

## 2. 설문지 개발

학생들이 생성한 여러 의문들 중에서 가장 빈도가 높은 의문을 각 유형별로 물질 과학 영역과 생명 과학 영역에서 한 의문씩 추출하여 총 20개의

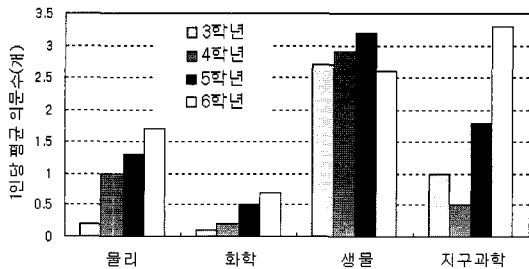


그림 2. 1인당 생성한 과학 영역별 의문 빈도(평균)

대표 의문을 표 3과 같이 선정하였다. 선정 한 의문은 과학 교육 전문가 1인과 초등 과학교사 1인과 협의하여 내용 타당성을 검토 받았다. 이러한 대표 의문을 바탕으로 초등 교사들의 구체적인 설명 자료를 수집하기 위한 설문지를 개발하였다. 연구자는 초등 교사들에게 표 3과 같은 의문을 학생들에게 받았을 경우 어떻게 설명하였는지, 또는 어떻게 설명할 것인지를 설문지에 기록하라고 요청하였다.

## 3. 초등 교사들의 과학적 설명 유형

20가지의 대표적인 과학적 의문에 대해 62명의

표 3. 의문 유형별 과학적 의문 20선

과학적 의문 유형	의문의 예(물질 영역/생명 영역)	부호	
추측적 의문	대상 탐색 의문	· 소리는 무엇일까? · 공룡은 어떻게 생겼을까?	I-1-A I-1-B
	대상 확인 의문	· 우주에는 공기가 없을까? · 나이가 들면 인간의 뇌세포는 줄어든다? 어떻게?	I-2-A I-2-B
	설명자 탐색 의문	· 지구는 왜 도는 것일까? · 거미줄은 왜 질기고 끈적거릴까?	II-1-A II-1-B
	설명자 확인 의문	· 물속에서는 부력 때문에 가벼워지는 것일까? · 온도가 떨어지기 때문에 단풍이 드는 것일까?	II-2-A II-2-B
예측적 의문	결과 탐색 의문	· 별뿔별이 지구로 떨어지면 어떻게 될까? · 식물의 잎을 자르면 어떻게 될까?	III-1-A III-1-B
	결과 확인 의문	· 대리석에 염산을 부으면 거품이 일어날까? · 식물이 햇빛을 받으면 영양분을 합성할까?	III-2-A III-2-B
	방법 탐색 의문	· 자석을 만드는 방법은 무엇일까? · 개구리 골격 표본을 만드는 방법은 무엇일까?	IV-1-A IV-1-B
방법적 의문	방법 확인 의문	· 칠판 안에 칠판을 넣으면 자석이 붙을까? · 찰흙으로 나뭇잎 화석을 만들 수 있을까?	IV-2-A IV-2-B
	적용적 의문	실례 탐색 의문	· 자석을 어디에 사용할 수 있을까? · 낙엽을 어디에 사용할 수 있을까?
실례 확인 의문		· 연필을 지렛대로 사용할 수 있을까? · 봉선화 잎으로 손톱을 염색할 수 있을까?	V-2-A V-2-B

초등 교사들이 응답한 과학적 설명을 권용주 등(2006)이 개발한 기준에 정보 제공, 확인을 추가하여 수정한 분류틀을 이용하여 표 4와 같이 분류하였다. 무응답이나 모르겠다고 응답한 경우는 기타로 분류하였다. 한 의문에 대해 두 가지 이상의 설명 유형이 포함된 경우에는 나타난 유형을 모두 분류하였으므로 설명 유형과 응답한 교사들의 숫자가 정확히 일치하지는 않는다.

표 3에 의하면, 과학적 의문의 형태는 사고 수준에 따라 '탐색'을 요구하는 의문과 '확인'을 요구하는 의문으로 크게 나누어진다. 설명 유형을 살펴보면, 전자인 대상 탐색 의문인 경우에는 '추측', 설명자 탐색 의문 중 물질 영역의 경우에는 '가설', 생물 영역의 경우에는 '목적론적 설명', 결과 탐색 의문인 경우에는 '예상', 방법 탐색 의문과 실례 탐색 의문인 경우에는 '정보 제공' 설명 형태가 주로 나타났다. 예를 들면, '별뿔별이 지구로 떨어지면 어떻게 될까?' 라는 결과 탐색 의문에서 '대부분 대기에서 타버린다'고 예측 설명을 하고, '별뿔별이 빛을 내는 이유는 공기와의 마찰 때문'이라고 추가적인 설명을 하는 경우를 들 수 있다.

후자인 확인을 요구하는 대상 확인, 설명자 확인, 결과 확인, 방법 확인, 실례 확인의 경우에는 모두 '확인'의 설명 형태가 주로 나타났다. 정보 제공의 설명 형태가 부수적으로 따르는 경우가 많았다. 이는 '확인'의 설명 과정을 좀 더 강하게 표현하거나 설명력을 향상시키기 위해서 보충 설명을 하거나 현상의 원인을 상세하게 설명하기 위해서 또 다른 구체적인 예를 드는 경우가 많았기 때문이다. 예를 들면, '나이가 들면 인간의 뇌세포는 줄어들까?'라는 대상 확인 의문에서 '나이가 들면 손상되어 줄어들다'라고 확인 설명을 하고, '하지만, 사람이 생각을 많이 하고 공부를 많이 하면 뇌신경 세포들 사이의 연결이 많아지고 복잡해져서 머리가 나빠지지는 않는다'라고 보충 설명을 하는 경우를 들 수 있다. 그리고 교사가 또 다른 추가적인 질문을 하는 경우도 여기에 해당되며, 아동들의 사고 과정을 능동적으로 촉진시키기 위한 교사의 행동으로 생각할 수 있다.

이와 같이 정보를 제공하는 설명 형태는 모든 의문 유형에게서 나타났다(표 4). 그러므로 초등 교사들은 학생들의 의문에 대해 의문 자체에 대한 설명

뿐만 아니라 의문과 관련된 과학적 지식을 추가적으로 설명하려고 하는 인식론적 신념이 있는 것으로 해석할 수 있다. 이것은 교사의 신념이 교수활동을 결정한다는 김경진 등(2005)의 주장과 부합되는 결과이다.

설명자 탐색 의문인 '거미줄은 왜 질기고 끈적거릴까?'에 대해서 같은 의문 유형의 물질 영역에서는 설명 형태가 '가설(59%)'이 많았지만, 생명 영역에서는 '목적론적 설명(86%)'이 가장 많았다. 이것은 자연 현상에 대한 과학적 설명의 본성이 인과적 설명이지만, 생명 영역에서는 이러한 목적론적 설명도 일정 정도 유의미하고 가치 있는 것이라는 여러 학자들의 주장(권용주 등, 2006; 신영준과 황의녕, 2006; 오창희, 1998; Shellberg, 2001; Tamir, P., & Zohar, 1991)이 반영된 결과로 해석할 수 있을 것이다. 실제로 이현주와 김영수(1999)는 생명 현상에 대한 과학 교사들의 설명 형태를 분석하여 목적론적 설명과 인과론적 설명의 비율이 절반이라고 주장하였다. 그러나 생명 현상에 대한 목적론적 설명을 무조건 옹호해서는 안 된다. 오히려 인과론적 설명이나 목적론적 설명이 가지는 의미나 위험성을 제대로 인식하여 적절하게 사용하는 것이 바람직할 것이다.

답을 하지 않거나, 모르겠다고 답을 표기한 기타 의견도 일부 의문에서 상당히 높게 나타났다. 특히 설명자 탐색 의문과 방법 탐색 의문에서 기타의 응답 비율은 각각 41%와 43%에 달한다. 전자의 의문은 '지구는 왜 도는 것일까?'이고, 후자의 의문은 '개구리 골격 표본을 만드는 방법은 무엇일까?'였다. 이러한 과학적 의문에 대해 응답 교사의 약 40% 이상이 모른다고 답을 한 것은 교과 교육학적 지식이 결여되어 있다고 생각할 수 있다. 모른다고 답을 한 A교사를 면담한 결과, 모르는 내용이 나올 경우에는 '너는 어떻게 생각하고 있니? 하면서 되묻고, 인터넷에서 검색한다'고 답을 하였다. 이 경우에는 기본적인 과학 교과에 대한 내용학적 지식이 부족한 것이라고 생각할 수 있다. 모르겠다고 답을 하는 경우뿐만 아니라, 일부 교사의 설명 형태 경우에는 잘못된 설명을 하거나 오개념을 설명하는 경우도 종종 나타났다. 이러한 경우는 학생들에게 오개념을 전달할 가능성이 매우 크고, 과학 현상에 대해 잘못된 해석 능력을 가지게 할 수 있기 때문에 상황이 더 심각하다고 할 수 있다.

교과 교육학적 지식이 교사의 전문성을 나타내고



표 4. 초등 교사들의 과학적 설명 유형

의문 유형	설명 유형		추측	가설	예측	목적론적 설명	정보 제공	확인	기타
	과학영역	과학영역							
추측적 의문	대상 탐색 의문	물질	56(91%)				9(14%)		6( 9%)
		생명	59(95%)				14(23%)		
	대상 확인 의문	물질		3( 5%)			22(36%)	56(91%)	
		생명					23(37%)	58(93%)	4( 6%)
인과적 의문	설명자 탐색 의문	물질		37(59%)			6( 9%)		25(41%)
		생명	6( 9%)			53(86%)	11(17%)		3( 5%)
	설명자 확인 의문	물질					22(36%)	59(95%)	3( 5%)
		생명				4( 7%)	16(25%)	50(80%)	8(13%)
예측적 의문	결과 탐색 의문	물질			52(84%)		3( 5%)		10(16%)
		생명			53(86%)		3( 5%)		9(14%)
	결과 확인 의문	물질					10(16%)	59(95%)	3( 5%)
		생명					9(14%)	59(95%)	3( 5%)
방법적 의문	방법 탐색 의문	물질					56(91%)		6(9%)
		생명					35(57%)		27(43%)
	방법 확인 의문	물질					23(32%)	62(100%)	
		생명					9(14%)	60(97%)	2( 3%)
적용적 의문	실례 탐색 의문	물질					59(95%)		3( 5%)
		생명					55(89%)		7(11%)
	실례 확인 의문	물질					21(34%)	58(93%)	4( 6%)
		생명					5( 8%)	55(89%)	7(11%)

응답 인원: 62명(중복 응답 포함).

있는 지표로 활용된다는 점(박성혜, 2006)을 고려하면, 이런 현상은 초등 교사들이 교과교육학적 지식을 더욱 향상시킬 수 있는 재교육의 기회가 절실하게 필요하다는 것을 의미한다. 또한, 응답을 한 교사들 중 82%가 10년 미만의 교육경력을 가지고 있다는 점을 고려하면 전반적으로 교사 양성 기관의 과학교육과정을 탐색해 볼 필요성도 아울러 제기된다.

#### 4. 의문 유형과 설명 유형과의 관계

과학 수업에서 학생들이 질문하는 내용, 즉 과학적 의문과 이 의문에 대한 교사들의 설명 형태와의 관계를 살펴보면 다음과 같다.

초등학생들이 생성하는 과학적 의문은 인과적 의문에만 머무르지 않고, 추측적, 예측적, 방법적, 적용적 의문 등 다양한 의문을 생성한다. 인과적 설명인 가설이 과학적 설명의 핵심을 이루고 있는 것은 의심할 여지가 없지만, 교사들의 설명 형태는 이러한 가설에만 머무르지 않고 아동들의 의문 형태에

따라 다양하게 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 오히려 학생들의 의문 형태에 전적으로 의존하는 양상을 보이고 있다. 예를 들면, 의문을 해결하기 위해 탐색을 요구하는 경우는 다양한 설명형태가 나타나지만, 확인을 요구하는 경우는 확인의 설명 형태가 주로 나타나는 경우를 들 수 있다. 이러한 관계는 세부적으로 다음과 같은 4가지 형태로 구분할 수 있다.

첫 번째 관계는 교사들이 학생들이 질문하는 각 의문 유형에 알맞게 설명을 하는 경우이다. 즉, 추측적 의문에는 추측 설명을, 인과적 의문에는 가설과 목적론적 설명 유형을, 예측적 의문에는 예측 설명을, 방법적 의문과 적용적 의문에는 정보 제공 설명 유형이 이 경우에 해당한다. 또 확인을 요구하는 5가지 유형의 확인 의문에는 확인의 설명 유형이 나타나는 경우도 여기에 포함된다. 그러므로 이 관계는 ‘맞춤형’관계라 부를 수 있다. 이러한 맞춤형 관계는 과학 수업에서 교사와 학생의 기본적인 상호작용의 결과로 생각할 수 있으며, 과학 수업을 가

능하게 하는 근본적인 관계로 그 의미가 매우 크다고 할 수 있다.

두 번째 관계는 교사들이 학생들이 질문하는 내용에 더 보충하여 설명을 하는 경우이다. 이 경우에는 대부분 첫 번째 관계와 병행하여 나타난다. 즉, 추측적 의문에 대하여 추측 설명을 하고, 추가로 정보 제공 설명을 하는 경우이다. 그러므로 이 관계는 '확장형' 관계라 부를 수 있다. 확장형 관계는 '지식의 확장 초래'라는 과학 교육의 본질적 측면에 보다 충실한 것으로 보이며, 학생들에게 더 많은 과학적 지식을 전달해 주어야 한다는 교사의 인식론적 신념이 반영된 결과로 해석할 수 있다. 또한 교사가 추가로 학생들에게 질문을 하는 경우도 이 경우에 해당되며, 교사의 신념이 교수 활동에 영향을 미친다는 김경진 등(2005)의 연구 결과가 이러한 관계를 뒷받침해 준다. 추가 질문을 하는 경우는 학생들의 인지 발달을 고려하여 진행해야 될 것이다.

세 번째 관계는 교사들이 학생들의 의문에 대해서 잘못된 설명을 하는 경우이다. 이러한 경우는 초등 교사들이 과학 현상에 대해 오개념을 가지고 있기 때문에 나타나는 현상으로 보인다. 그러므로 이 관계는 '부적합형' 관계라 부를 수 있다. 생물 영역의 오개념을 다룬 141개의 연구 논문을 메타 분석한 이세영 등(2006)의 연구에서도 과학교사들이 많은 오개념을 가지고 있다는 것을 밝히고 있다. 이러한 교사들의 오개념은 학생들에게 그대로 전파되어 과학 현상에 대해 잘못된 설명 능력을 가지게 될 가능성이 매우 크다. 따라서 교사들의 과학에 대한 오개념을 조사하고 교정하는 활동들은 일회성이 아니라 지속적으로 이루어져야 할 필요성이 있는 것이다.

네 번째 관계는 교사들이 학생들의 의문에 대해서 모르겠다고 답을 하는 경우이다. 이 경우에는 교과내용학적 지식이 심히 결여되어 있는 상황을 나타낸다. '지구가 왜 도는 것일까?', '소리는 무엇일까?' 등의 의문에 대해 전혀 답을 하지 않은 것은 기본적인 과학적 개념을 가지고 있지 않다는 것을 의미한다. 그러므로 이 관계는 '결핍형' 관계로 부를 수 있다. 이러한 관계는 교사와 학생간의 상호 작용을 중단시키는 것이며, 교사 자신의 교수 효능감도 급격히 저하시키기 때문에 시급히 시정해야 될 문제로 보인다.

## IV. 결론 및 제언

초등학생들이 생성하는 과학적 의문의 유형이 어떻게 나타나는지 조사하고, 이러한 의문들에 대해 초등 교사들의 설명 유형은 어떻게 나타나는지 조사하여 이 두 유형과의 관계를 분석한 연구 결과로부터 다음과 같은 결론을 도출하고, 이 연구 결과의 활용 방안을 중심으로 제언을 하고자 한다.

첫째, 학생들의 의문 유형은 10가지로 나타났으며, 대상 탐색 의문과 설명자 탐색 의문이 가장 높게 나타났다. 학년이 올라갈수록 설명자 탐색 의문이 증가하는 경향이 나타났으며 이는 학생들의 인지적 발달이 계속 이루어지고 있기 때문이다. 과학 영역별로는 생물 영역에 관한 의문이 가장 많았다. 이것은 초등학생들이 생명 현상에 대한 관심과 호기심이 매우 높다는 것을 의미한다. 둘째, 교사들의 설명 유형은 6가지 형태로 나타났으며, 탐색형 의문에 대해서는 추측, 가설, 예측, 목적론적 설명, 정보 제공의 설명 형태가 나타났으며, 확인형 의문에 대해서는 확인과 정보 제공의 설명 형태만이 나타났다. 이는 교사들의 설명은 학생들의 의문 유형에 전적으로 의존하고 있다는 것을 의미한다. 물론, 추가적인 정보 제공이나 질문을 통해서 학생들의 사고를 능동적으로 촉진시키려는 설명 유형들도 나타났다. 셋째, 초등학생들의 의문 유형과 초등 교사들의 설명 유형과의 관계는 맞춤형, 확장형, 부적합형, 결핍형의 4가지 형태로 나타났다. 초등 과학 교수-학습 과정에서 맞춤형과 확장형은 증가해야 하는 관계인 반면, 부적합형과 결핍형은 감소해야 하는 관계로 나타났다.

이와 같은 연구 결론들은 초등 과학 교육에 몇 가지 시사점을 준다. 먼저, 학생들의 다양한 의문 형태와 교사들의 설명 형태를 고려하여 과학적 탐구과정의 단계를 구체화, 세분화 할 수 있을 것이다. 즉, 학생들의 의문 유형을 분석함으로써 탐구의 방향과 방법을 정확하게 안내할 수 있으며, 교사들의 설명 형태를 분석함으로써 탐구 활동을 지도할 수 있는 적절한 전략을 선택할 수 있게 해 준다. 이러한 활동을 통해 기존의 탐구 모형을 개선할 수도 있을 것이다. 그리고 의문 유형과 설명 유형과의 관계를 규명한 것은 과학 학습에 관한 논의의 차원을 향상시켰으며, 교사와 학생간의 상호 작용을 강조하는 학습 프로그램의 개발 필요성을 강조하고

있다. 또한 이 연구 결과는 교사와 학생간의 관계를 의사 소통적 측면에서 강화하고 교사의 교수 효능감을 향상시키기 위해서는 의문 유형과 설명 유형과의 관계가 '부적합형'과 '결핍형' 관계에서 '맞춤형'과 '확장형'의 관계로 나아가야 된다고 주장한다. 아울러 이를 위한 여러 가지 교수-학습 전략들이 후속 연구에서 개발되어야 할 것이다.

### 참고문헌

교육부(1998). 제7차 과학과 교육 과정(제7차 교육 과정 교육부 고시 제 1997-5호). 서울: 대한교과서주식회사.

권용주, 신동훈, 한혜영, 박운복(2004). 과학적 관찰과 규칙성 발견 활동에서 나타나는 감성 단어 유형과 과학 지식 생성력과의 관계. 한국과학교육학회지, 24(6), 1106-1117.

권용주, 정진수, 강민정, 김영신(2003). 과학적 가설 지식의 생성 과정에 대한 바탕이론. 한국과학교육학회지, 23(5), 458-469.

권용주, 정진수, 이준기(2006). 생명 현상에 대한 과학 교사들의 잠정적 설명의 유형. 한국생물교육학회지, 34(2), 297-305.

김경진, 권병두, 김찬중(2005). 과학영재학교 과학교사들의 영재교육에 대한 신념과 교수활동 유형. 한국과학교육학회지, 25(4), 514-525.

김성근, 여상인, 우규환(1999). 과학 수업에서 학생 질문에 대한 연구(II)-학생 질문의 유형별 분석. 한국과학교육학회지, 19(4), 560-569.

김영수, 최현순(1996). 생명 현상에 대한 인과적 설명과 목적론적 설명 중에서 중학생이 선호하는 설명방법. 한국생물교육학회지, 24(2), 211-222.

박성혜(2006). 중등과학교사들의 교수법 및 자기효능감과 태도에 따른 교과교육학지식. 한국과학교육학회지, 26(1), 122-131.

박순화, 고경태, 정진수, 권용주(2005). 생물학 탐구에서 학생들이 생성한 가설검증방법의 유형. 한국과학교육학회지, 25(2), 230-238.

박은미, 강순희(2006). 유사 경험의 제공이 귀추에 의한 가설 설정에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 26(3), 356-366.

신동훈, 김석기, 권용주(2006). 초등학생을 위한 거미 탐구프로그램의 개발. 초등과학교육, 25(5), 465-475.

신영준, 황의녕(2006). 생명 현상에 대한 초등학교 6학년 과학 지도서의 설명 방법 분석. 한국생물교육학회지, 34(2), 208-217.

양일호, 정진수, 권용주, 정진우, 허병, 오창호(2006). 과학자의 과학지식 생성 과정에 대한 심층 면담 연구.

한국과학교육학회지, 26(1), 88-98.

오창희(1998). 과학에서의 목적론. 한국철학회지, 54, 141-172.

이명숙, 조광희, 송진웅(2004). 소집단 실험활동에서 나타난 중학생 질문-응답의 유형과 빈도. 한국과학교육학회지, 24(2), 277-286.

이미숙, 동효관, 신영준, 김경호, 이길재(2004). 예비 초등교사들의 진화 현상 설명에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 32(4), 360-369.

이세영, 임영진, 정화숙(2006). 생물 영역의 오개념에 관한 연구 동향 분석. 한국생물교육학회지, 34(2), 174-184.

이현주, 김영수(1999). 생명 현상 설명에 대한 고등학교 생물 교사의 생물 철학적 인식. 한국생물교육학회지, 27(4), 277-294.

이혜정, 박국태, 권용주(2005). 초등예비교사들의 관찰활동에서 나타난 인과적 의문의 사고 유형과 생성 과정. 초등과학교육, 24(3), 249-258.

이혜정, 정진수, 박국태, 권용주(2004). 초등학생들과 초등예비교사들이 관찰활동에서 생성한 과학적 의문의 유형. 한국과학교육학회지, 24(5), 1018-1027.

장신호(2006). 학생들의 과학적 설명을 강조하는 탐구 지향 교수 활동에 대한 예비 초등 교사들의 인식. 초등과학교육, 25(1), 96-108.

허만규, 임채성(2005). 고등학교 생물 I 교과서에 제시된 질문의 특성에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 33(1), 95-103.

Başar, E. (2006). The theory of the whole-brain-work. International Journal of Psychophysiology, 60(2), 133-138.

Burniske, R. W. (2003). Acts of inquiry in digital dramas: A study of student-generated questions in a global, telecollaborative learning activity. Educational Technology Research and Development, 52(4), 99-115.

Chin, C., Brown, D. E., & Bruce, B. C. (2002). Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in science. International Journal of Science Education, 24(5), 521-549.

Chinn, C. A., & Malhorta, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. Science Education, 86(2), 175-218.

Commeyras, M. (1995). What can we learn from students' questions? Theory Into Practice, 34(2), 101-106.

Germann, P. J., Haskins, S., & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: promoting scientific inquiry. Journal of Research in Science Teaching, 33(5), 475-499.

Hidi, S. (1990). Interest and its contribution as a mental resource for learning. Review of Educational Research,

- 58, 47-77.
- Kitcher, P. & Salmon, W. (1989). *Scientific explanation, Minnesota studies in the philosophy of science XIII*. University of Minnesota Press.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company.
- Marbach-Ad, G., & Sokolove, P. G. (2000a). Can Undergraduate biology students learn to ask higher level questions? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 854-870.
- Marbach-Ad, G., & Sokolove, P. G. (2000b). Good science begins with good question: Answering the need for high-level questions in science. *Journal of College Science Teaching*, 30(3), 192-195.
- Martin, D. J. (1997). *Elementary science methods: a constructive approach*. Delmar Publishers. [임청환, 권성기, 송명섭, 송남희 역(1999). 초등과학교육: 구성주의적 접근. 서울, 시그마프레스(주).]
- NRC (1996). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. *Center for Science, Mathematics, and Engineering Education*. Washington, D.C., National Academy Press.
- Roth, W. M., & Bowen, G. M. (1994). Mathematization of experience in a grade 8 open-inquiry environment: An introduction to the representational practices of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 293-318.
- Shellberg, T. (2001). Teaching how to answer 'why' questions about biology. *The American Biology Teacher*, 63(1), 16-19.
- Simpson, R. D., & Anderson, N. D. (1981). *Science, students and schools: A guide for the middle and secondary school teacher*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Slavin, R. E. (2006). *Educational psychology: Theory and practise, 8th Edition*. Pearson Education Inc.
- Tamir, P., & Zohar, A. (1991). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, 75(1), 57-67.
- Thagard, P. (1998). Ulcers and bacteria I: Discovery and acceptance. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 29(1), 107- 136.