

# 초등학생들의 과학적 논증활동에서 증거의 유형 및 수준 분석

유혜경 · 임희준<sup>†</sup>

(연서초등학교) · (경인교육대학교)<sup>†</sup>

## Analysis of the Types and Levels of Evidence in Elementary Students' Scientific Argumentation

Ryu, Hye-Kyoung · Lim, Heejun<sup>†</sup>

(Yeonseo Elementary School) · (Gyeongin National University of Education)<sup>†</sup>

### ABSTRACT

The use of evidence is very important in scientific argumentation. This study investigated the types and levels of evidence in scientific argumentation in an elementary science class. 34 fourth graders in a class were selected as subjects, and argumentation was performed in seven lessons on 'Heat transfer and our lives' unit. Small group argumentation was recorded, transcribed and used as data for analyses. The analyses found the following results. First, in regard of the types of evidence, personal evidence dominated over authority-based evidence. Second, in the analysis of the levels of evidence, using inappropriate evidence was found to account for the highest percentage, followed by using appropriate evidence and just arguments without evidence. There were quite a lot of cases of arguments without evidence. It was found that the types and levels of evidence that students used could change depending on the relevance between experiments and argument tasks.

**Key words** : argumentation, evidence, types of evidence, levels of evidence, elementary science

### I. 서 론

과학 지식은 사회적 공동체의 생산물이고, 새로운 과학 지식은 다른 과학자들에 의해 검증받아 공적인 지식으로 받아들여진다. 과학자들은 자신의 주장이 타당하다는 것을 인정받기 위해 다른 이들을 설득하고자 많은 노력을 한다(Latour & Woolgar, 1986). 이러한 과정에서 의사소통은 핵심적인 역할을 하며, 2009 개정 교육과정에서도 과학 지식과 탐구 방법을 활용한 합리적 의사 결정 능력 신장과 토론을 통한 문제해결능력의 함양을 강조하고 있다(Ministry of Education, 2009).

그러나 학교 과학 수업 시간 중의 학생들의 토론을 분석한 연구에 의하면 실험결과에 대한 논의는 거의 발견되지 않았다(Kim & Song, 2004; Newton

*et al.*, 1999). 학생들이 과학적 문제를 논의하는 과정에서 활발한 의견교환이 일어나도록 하기 위해서는 이를 위한 구체적인 수업방안이 필요하며, 논증활동은 수업 중 의사소통을 촉진하는 수업방법 중 하나가 될 수 있다.

논증활동은 증거에 기반한 토의로 집단이나 개인 사이에 존재하는 차이나 갈등을 해결하기 위해 일련의 명제들을 제시함으로써 자신의 입장을 정당화하는 과정으로, 언어적이고 사회적인 추론 활동으로 볼 수 있다(Krummheuer, 1995; NRC, 1996; Walton, 1990). 이러한 논증활동은 과학지식을 기계적으로 습득하는 것이 아니라, 학생 스스로 과학 현상을 설명하고 이를 증명하는 과정에서 적절한 과학적 증거를 마련하고 제시하며 이를 평가하는 과학 탐구 활동이다(Duschl & Osborne, 2002; Lemke, 1990;

NRC, 1996).

그러나 학교 현장에서는 과학 수업 중에 논증활동이 잘 이루어지지 않고 있다. 학교교육에서 논증활동이 잘 이루어지지 않는 이유는 학교 교육에서 학생들에게 논증활동에 대한 기회를 거의 주지 않았고(Kuhn, 1992), 교사가 논증에 대한 지식 및 효과적인 논증지도 방안에 대해 제대로 알지 못하여 자신감이 부족하기 때문이라는 연구들이 있었다(Driver *et al.*, 2000).

논증에 관한 연구는 국내에서도 활발하게 이루어지고 있는데, Kim and Song(2004)은 논증활동을 촉진시키기 위해 논증적 과학 탐구활동이 가져야 할 조건에 대해 살펴보았으며, Park(2006)은 교실에서 실질적 과학 탐구를 위한 과학적 논증활동의 위한 조건을 제시하였다. 또한, 과학적 논증 과정 평가를 위한 루브릭 개발(Yang *et al.*, 2009), 중등학생이나 초등과학영재들의 논증 과정을 분석한 연구들이 이루어졌다(Cho *et al.*, 2008; Lim *et al.*, 2010; Wee *et al.*, 2009).

논증에서 특히 중요한 것은 증거를 기반으로 한 주장과 설득의 과정인데, 증거는 논증활동에서 자신의 주장을 뒷받침하여 보다 설득력 있는 주장을 하기 위해 사용하는 사실, 예시, 이유 등을 말한다. 증거의 유형 및 수준을 분석한 연구로 Kim(2003)은 개방적 물리 탐구에서 중학생들의 논변활동의 특징을 알아보기 위해 학생들이 사용한 증거를 분석한 결과, 학생들은 경험이나 지식에 바탕을 둔 개인적 증거를 주로 사용하는 것으로 조사되었다. 그러나 학생들은 주장의 신뢰도를 높이거나, 자신의 이해 부족을 감추기 위해 권위적 증거를 사용하기도 하였다. Jang and Jeong(2010)은 초등학교 5학년을 대상으로 정당화 과정에서의 증거 사용에 대해 분석한 결과, 학생들은 개인 지식·개념에 근거한 증거, 경험에 근거한 증거, 외부 권위에 의존하는 증거 순으로 사용하는 것으로 나타났다.

증거 수준은 주장을 하는 데 사용된 증거의 가치나 질을 의미한다. Perella(1987)는 증거의 수준을 증거없는 주장, 일반상식, 비전문가의 의견, 전문가의 의견 또는 비전문가들의 합의, 실험 연구와 전문가들의 이론적 합의, 경험적 실험 연구 결과에 의한 합의 등의 6단계로 구분하였다. Cho *et al.*(2008)은 Perella의 분석틀을 사용하여 초등과학 영재의 논증활동에서 사용된 증거의 수준을 분석하여 50% 이

상이 수준 1과 수준 2의 증거였으며, 수준 4 이상의 높은 수준의 증거는 20% 미만이라고 보고하였다. 한편, Siegel(2006)은 적절한 증거 제시 없음, 주관적 이유와 견해만 제시, 일부 객관적 이유 제시, 객관적 이유 제시, 그 이상의 증거 제시 등으로 증거의 수준을 구분하였다.

이처럼 과학수업에서의 논증활동에서 학생들이 사용하는 증거의 유형 및 수준에 대한 연구가 일부 이루어졌으나, 중등 대상이거나 초등 영재학생들을 대상으로 한 경우가 많으며, 일반 초등과학 수업에서의 연구는 많지 않았다. 이에 본 연구에서는 과학수업에서 초등학생들이 논증활동에서 사용하는 증거의 유형 및 출처에 대하여 고찰하고 증거의 수준을 살펴보고자 하였다. 이를 통해 과학적 논증활동을 학교 현장에서 활용할 수 있도록 하기 위한 시사점을 얻고, 논증활동 프로그램 개발에도 도움이 되고자 한다.

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 연구 대상

본 연구는 경기도 시흥시에 위치한 S초등학교 4학년 1개 학급 34명을 대상으로 하였다. 연구대상 학교의 학급 규모는 32개 학급으로 학년당 4~6학급이며, 학생들은 남녀 비율이 비슷하고, 과학실 현대화 등 특별실이 잘 정비되어 있다. 학교는 도시에 인접해 있으나, 시장이 주변에 들어서 있고 맞벌이 부부가 대부분이나, 소득 수준이 낮으며, 학부모의 교육활동에 대한 관심은 보통 수준이다. 학생들의 학업성취도 수준은 중하위 수준이다. 연구대상 학급은 남학생 16명, 여학생 18명으로 구성되어 있으며, 학업성취도는 학년에서 중간 정도였다. 본 연구에서 학생들의 이름은 모두 가명을 사용하였다.

### 2. 논증과제의 개발


논증활동을 실시한 단원은 4학년 2학기 3단원 ‘열 전달과 우리 생활’이었다. 이 단원은 전도, 대류, 복사, 단열 등의 개념을 포함하고 있다. 총 10차시로 중 실험활동과 논증이 가능한 1~7차시에 대하여 논증 수업을 실시하였으며 각 차시별로 학습 주제와 관련 있는 논증과제를 개발하였다. 1차시 논증과제는 ‘차가운 빙수 그릇을 잡았을 때의 열의

이동 방향’, 2차시는 ‘플라스틱, 나무, 금속 국자를 뜨거운 국에 넣었을 때 열의 이동 속도’, 3차시는 ‘얼음을 물이 들어있는 시험관의 위, 아래에 두고, 가운데를 가열했을 때 얼음이 녹는 순서’, 4차시는 ‘온천물을 빠르게 데우는 방법’, 5차시는 ‘실내 전체를 빨리 시원하게 만들기 위한 에어컨의 설치 위치’, 6차시는 ‘따뜻한 난로 옆면에 깃발을 가까이 했을 때 변화’, 7차시는 ‘얼음을 오래 보관하기 위한 방법’이었다.

논증과제는 수업목표 및 해당 차시 실험과 관련이 있는 과제로 구성하였다. 예를 들어, 4차시 ‘액체에서 열의 전달 방법’에서는 색얼음 실험을 통해 액체에서의 대류를 이해하도록 되어 있다. 이에 논증과제도 ‘온천물을 빨리 데우는 방법’에 관해 제시하여 액체에서의 대류 현상을 이용하여 논증할 수 있도록 하였다.

또한, 학생의 논증에 대한 부담을 덜어주고, 모듈원 전체가 참여하는 활발한 논증활동이 이루어지도록 하기 위해 2~3가지의 대안가설을 제시하고 이 중 자신이 동의하는 의견을 선택하고, 그 이유를 설명하는 과정으로 논증을 진행하도록 하였다. 3차시 ‘물은 어떻게 데워질까요?’에 관한 수업에서 제시된 논증과제를 Fig. 1에 예시로 제시하였다.

얼음을 시험관의 물 위와 아래쪽에 두고 가운데 부분을 가열하였습니다. 얼음이 녹는 것에 대해 세 사람은 다음과 같이 생각하였습니다.



**택연:** 물위에 있는 얼음부터 녹을 거야.  
**창민:** 아니야. 아래에 있는 얼음부터 녹아.  
**슬옹:** 둘 다 틀렸어. 물 위와 아래쪽 얼음은 동시에 녹을 거야.

Fig. 1. An example of argument tasks

차시마다 논증 학습지를 활용하여 논증과제에 대한 자신의 의견을 실험 전에 설명하고, 실험을 하며 연관성을 생각할 수 있도록 하였으며, 실험 후에 달라진 자신의 입장 또는 처음의 자신의 입장에 대한 다양한 증거를 써 보도록 하였다. 그리고, 자신이 작성한 논증 활동지를 참고하여 논증활동이 이루어지도록 하였다.

### 3. 수업 과정 및 방법

논증활동이 이루어지기 전 논증활동에 대한 사전안내 및 예비 논증과제를 제시하여 논증활동을 연습해 보도록 하였다. 먼저 논증 과정과 논증활동시 유의점에 대한 사전안내를 하였으며, 논증 과정은 논증 학습지를 활용하여 학생들이 이해하기 쉽도록 안내하였다. 연습 수업 이후에 발견된 문제점과 주의해야 할 사항을 다시 한 번 학생들에게 안내하였고, 이를 유념하여 본 차시 논증활동에 임하도록 하였다.

본 수업은 간단한 동기 유발, 학습 문제 및 학습 활동 안내 후 논증과제가 제시된 활동지를 배부하였다. 학생들은 과학실에서 모듈별로 수업을 진행했으며, 각 모듈은 4~5인으로 총 8모듈로 구성되었다. 학생들은 활동지에 제시된 논증과제와 대안가설을 보고, 실험 전 자신의 입장을 선택하고 그 이유를 기술하고 논의하였다. 그 후 해당 차시의 실험활동을 모듈별로 수행하고, 실험 후 생각이 바뀌었는지 그대로인지를 기록하고, 실험 후의 입장과 생각이 바뀌거나 그대로인 이유, 자신의 입장을 주장하기 위한 여러 가지 증거를 적어보도록 하였다. 그리고 자신이 쓴 논증활동지를 참고하여 모듈별 논증활동을 수행하였다. 모듈별 논증활동을 10분 정도 실시한 뒤, 교사와 함께 본 차시 실험결과와 논증과제에 대해 정리하면서 수업을 마무리하였다.

### 4. 자료 수집 및 분석

총 7차시의 논증활동 수업에서 각 차시별로 8모듈의 논증활동 과정이 담긴 녹음자료를 수집하였다. 56개의 녹음자료는 모두 전사하였으며, 학생들이 수업 중에 작성한 논증활동지는 녹음 자료의 보조 자료로 활용하였다. 증거의 유형 및 출처, 증거의 수준을 선행연구의 분석틀에 따라 코딩하고 분석하면서 새롭게 나타나는 유형들을 추가하여 분석틀을 수정

하였다. 이 분석들에 기초하여 논증 과정에서 학생들이 사용하는 증거의 유형과 증거의 수준에 대하여 코딩하고, 각 유형과 수준에 해당하는 빈도를 구하였다. 1차시 4개 모둠의 논증활동에 대하여 2명의 분석자가 각각 코딩한 후 최종적으로 구한 분석자간 일치도는 증거의 유형이 92.0%, 증거의 수준이 85.6%였다. 이후 나머지 분석은 한 명의 연구자가 수행하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 증거의 유형 및 출처

##### 1) 증거의 유형 및 출처 분석들

증거는 자신의 주장을 뒷받침하는 데에 사용된다. 학생들이 논증활동 시 사용한 증거의 유형 및 출처를 분석하기 위하여 학생들의 논증활동 내용을 바탕으로 여러 연구를 참고하여 분석틀을 만들었다. 증거의 유형은 Simon and Maloney(2006), Kim(2003), Jang and Jeong(2010) 등의 연구에서 제시된 증거의 출처 분석틀을 참고하여 분석하기 시작하였으며, 실제 학생들이 논증활동에서 사용한 증거의 유형과 출처를 더 추가하거나 수정하여 분석틀을 작성하였다. 이러한 과정을 통하여 본 연구에서 학생들이 논증활동에서 사용한 증거의 유형과 출처로 도출된 것은 Table 1과 같이 정리할 수 있었다.

먼저, 증거의 유형은 ‘개인적 증거’와 ‘권위적 증거’로 구분하였다. ‘개인적 증거’는 ‘개인 지식’과 ‘개인 경험’으로 구분하였으며, ‘개인 지식’은 ‘과학적 개념’과 ‘주관적 개념’으로 구분할 수 있었다. ‘과학적 개념’은 과학적 용어나 개념, 과학적 지식과 사실을 이용하는 것이다. 반면, ‘주관적 개념’은 과학적 개념이 아닌 자신만의 생각으로 오개념인 경우가 대부분이다. ‘개인 경험’은 과학 시간의 ‘실험활동’ 결과를 증거로 사용하는 것과 ‘실생활’에서 보고 듣거나 겪은 경험한 것을 증거로 제시하는 경우로 구분할 수 있었다.

‘권위적 증거’는 자신이 가진 생각이나 지식, 경험이 아닌 다른 외부의 권위적인 힘을 빌려 증거로 삼는 경우로, ‘교과내용’과 ‘외부 출처’로 구분하였다. ‘교과내용’에는 학교수업시간에 배우는 ‘교과

**Table 1.** Analysis framework for the types and sources of evidence

Types of evidence		Sources of evidence
Personal evidence	Personal knowledge	Scientific knowledge Student's conceptions
	Personal experience	Scientific experiments Everyday experience
Authority-based evidence	Textbooks and learning materials	Textbooks Academy, learning materials, EBS
		Science trade books
	Informal resources	TV, websites Parents, other adults

서’, 그리고 그 이외 과학 교과 내용을 다루는 ‘학원, 문제집, EBS 교육방송’으로 묶어 분류하였다. 또한 ‘외부 출처’는 ‘과학도서’와 ‘TV, 인터넷’, ‘부모 등 사람’으로 나누었다.

##### 2) 증거의 유형 및 출처에 대한 차시별 분석 결과

각 차시별로 학생들이 논증활동에서 사용한 증거의 유형과 출처를 분석하여 Table 2와 같은 결과를 얻었다.

분석 결과, 개인적 증거가 88.2%, 권위적 증거가 11.8%로 초등학생들의 과학수업 중의 논증활동에서 개인적 증거가 권위적 증거보다 훨씬 높은 비중을 차지하고 있었다. 이는 학생들이 주로 자신이 알고 있는 지식과 경험을 토대로 논증활동을 하고 있음을 시사한다. 개인적 증거에서는 개인 지식이 개인 경험보다 다소 높은 비중을 차지하고 있었다. 이는 Jeong(2008)의 연구에서 초등학생이 과학적 정당화 활동에서 사용한 증거의 출처가 지적 증거, 경험적 증거, 외부권위에 의존한 증거 순인 것과 Kim(2003)의 연구에서 개방적 물리 탐구에서 동료 간 논변활동을 할 때 중학생들이 사용한 증거의 출처가 지식, 경험, 외부권위 순인 것과 결과가 유사한 결과이다.

그러나 본 연구에서는 앞의 두 연구보다 개인 경험의 비중이 높게 나왔는데, 이는 본 연구에서는 각 차시별로 해당 실험과 관련 있는 논증과제를 제시하였기 때문인 것으로 해석된다. 특히 2차시와 3차시에서는 개인 경험이 개인 지식보다 많은 비중을 차지하였다.

Table 2. Analysis of the types of evidence in each lesson

(frequency, percent)

Types of evidence	Sources	Lesson							Total		
		1	2	3	4	5	6	7			
Personal evidence	Personal knowledge	Scientific knowledge	15 (27.8)	21 (21.6)	20 (18.7)	29 (17.6)	37 (35.2)	25 (16.7)	21 (20.2)	168 (21.5)	690 (88.2)
		Student's conceptions	9 (16.7)	12 (12.4)	21 (19.6)	51 (30.9)	30 (28.6)	59 (39.3)	26 (25.0)	208 (26.6)	
	Personal experience	Scientific experiments	9 (16.7)	30 (30.9)	34 (31.8)	37 (22.4)	15 (14.3)	23 (15.3)	40 (38.5)	188 (24.0)	
		Everyday experience	12 (22.2)	20 (20.6)	14 (13.0)	21 (12.7)	14 (13.3)	38 (25.3)	7 (6.7)	126 (16.1)	
Authority-based evidence	Textbooks and learning materials	Textbooks	3 (5.6)	2 (2.1)	5 (4.7)	1 (0.6)	3 (2.9)	2 (1.3)	0 (2.0)	16 (7.2)	92 (11.8)
		Academy, learning materials, EBS	2 (3.7)	5 (5.2)	8 (7.5)	12 (7.3)	2 (1.9)	2 (1.3)	9 (8.7)	40 (5.1)	
	Science trade books	2 (3.7)	1 (1.0)	1 (0.9)	0	0	0	0	4 (0.5)		
	Informal resources	TV, websites	1 (1.9)	2 (2.1)	2 (1.9)	2 (1.2)	0	0	0	7 (0.9)	
Parents, other adults		1 (1.9)	4 (4.1)	2 (1.9)	12 (7.3)	4 (3.8)	1 (0.7)	1 (0.9)	25 (3.2)		
Total		54 (100)	97 (100)	107 (100)	165 (100)	105 (100)	150 (100)	104 (100)	782 (100)		

2차시 논증과제는 플라스틱, 나무, 금속 국자를 뜨거운 국에 넣었을 때 열의 이동 속도를 비교하는 것이고, 수업 시간 중 실험 활동은 구리판과 유리판에 초콜릿을 놓고 동시에 한쪽 끝에서 가열했을 때의 변화를 관찰하는 것이었다. 3차시의 논증과제는 얼음을 물이 들어있는 시험관의 위와 아래에 두고, 시험관 가운데를 가열했을 때 얼음이 녹는 순서를 비교하는 것이었고, 실험 활동은 시험관에 톱밥과 물을 넣고 시험관의 중간과 밑 부분을 각각 가열했을 때의 변화를 관찰하는 것이었다. 이 두 차시는 논증과제가 해당 차시의 실험활동과 특히 밀접한 관련이 있었고, 학생들이 이를 증거로써 사용하기 쉬었던 것으로 보인다. 이러한 경우 학생들이 자신의 직접적인 경험에서 얻은 자료를 논증의 증거로 활용함을 알 수 있다. 이에 반해 실험에서 얻은 결과가 논증과제에 직접적으로 연결되지 않거나, 실험 결과가 모호한 경우에는 학생들의 개인 지식이 증거로 활용되는 비율이 높았다.

외부 출처의 비중은 전체적으로 4.6% 수준으로 낮았다. 이는 과학과 관련된 도서, TV, 인터넷과 같은 미디어를 접한 경험이 적고, 접했다고 하더라도 교과와 내용과 연관시키지 못했기 때문인 것으로

파악된다.

또한 1차시, 5차시, 6차시에서는 다른 차시에 비해 과학실험을 증거로 활용한 비중이 낮았다. 이는 이들 차시에서는 과학 실험이 논증과제를 해결함에 있어서 중요한 증거 자료로서의 역할을 하지 못했음을 나타낸다. 1차시의 경우, 촛농이 녹는 방향을 눈으로 확인하는 것에 그치는 것이 아니라, 그로부터 ‘열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다.’라는 개념을 추론해야 한다. 그러나 학생들이 실험활동에서의 결과를 통해 이러한 추론을 하는 데에는 어려움이 있음을 알 수 있었으며, 냉기 또는 한기가 존재한다는 기존의 선개념을 바로잡는 것이 실험결과만으로는 부족한 것으로 파악된다. 5차시에서도 향 연기 실험을 통해 기체의 대류 현상을 학생 스스로 알아내기가 어려웠던 것으로 판단되며, 6차시에서는 실험결과에 대한 해석이 다르고, 확실히 증명하기 어려워 실험이 증거로 많이 사용되지 않은 것으로 보인다.

즉, 수업 중의 실험활동과 논증활동과의 관련성에 따라 활용하는 증거의 유형이 달라짐을 알 수 있었다. 논증활동 전에 수행한 실험이 주장에 대한 증거로 충분히 기여하지 못하는 경우에는 실험을

증거로 사용하는 비중이 낮았으며, 실험이 주장과 증거에 밀접한 관련이 있고 실험 결과가 명백한 경우에는 증거 출처에서 과학실험에 대한 비중이 높은 것을 알 수 있다.

## 2. 증거의 수준

### 1) 증거의 수준 분석틀

증거의 수준은 주장과 증거 사이의 논리성과 증거의 적절성을 바탕으로 분류한다. 본 연구에서는 Siegel(2006)이 제안한 증거의 수준에 대한 기준과 Jang and Jeong(2010)의 연구에서 사용한 논리성 수준을 참고하고, 본 연구에서 실제 논증활동에서 나타난 학생들의 증거를 살펴본 것을 바탕으로 Fig. 2와 같은 증거 수준 분석틀을 개발하였다.

#### (1) 수준 1: 주장만 있고 증거가 없음

수준 1은 주장만 있고 증거가 없는 경우로 학생의 증거를 증거라고 여길 수 없는 경우를 의미한다. 학생이 논증과제에 제시된 대안가설을 그대로 말하는 경우, 감정적인 이유만을 제시하는 경우, 증거를 아예 제시하지 않거나 증거의 출처만 나열한 경우가 이에 포함된다. 이러한 경우는 앞서 증거의 유형을 분석할 때에는 증거로 분석되지 않았다.

#### ① 논증과제의 내용 반복

이는 증거로 사용하는 내용이 논증과제가 제시된 학습지의 대안가설 내용을 그대로 사용하는 경우로 자신이 선택한 대안가설이 그대로 학생의 주장과

증거로 이용되는 경우이다. 이는 주장과 증거에 대한 명확한 개념이 없기 때문인 것으로 생각된다.

#### ② 감정적인 이유

자신의 감정적인 이유를 증거로 말하고 있는 것으로, 이 같은 경우는 증거가 없고 주장만 있는 것으로 분류하였다. 자신의 감정은 상대방을 설득시킬 수 있는 증거가 될 수 없기 때문이다.

미선: 저는 의견이 바뀌었습니다. 태민(대안가설1)이 이유를 약간 불안해서 중현(대안가설2)이는 확실한 것 같습니다.

진수: 창민(대안가설2)의 의견은 내 마음을 흔들었어.

위의 사례에서 볼 수 있듯이 ‘더 적절한 것 같아서’, ‘~의 이유는 약간 불안해서~’, ‘~의 의견이 더 과학적인 것 같아서’ 등과 같은 자신의 감정으로 어떤 의견을 지지 또는 반대했을 뿐 증거를 제시하지는 못하였다.

#### ③ 증거의 내용이 없거나 출처만 언급

주장만 있고 증거가 자세히 나타나 있지 않거나 증거의 출처만 단순히 나열하고 각각에 대한 자세한 설명이 없는 경우도 증거가 없는 것으로 판단하였다.

영철: 얼음의 온도가 그릇 다음 손으로 전달되기 때문이라고 생각하기 때문이야.

재경: 나는 실험을 통해서 배웠고, 그리고 실험관찰 책에서 봤어. 그리고 선생님께 여쭙보았고.

영철이는 ‘얼음의 온도가 그릇 다음 손으로 전달’된다고 생각하는 이유를 말해야 하지만, 그 자체를 이유로, 즉 주장을 증거처럼 사용하였다. 또한 재경이는 단순히 출처만 나열하고 있었다.

#### (2) 수준 2: 부적절한 증거 사용

수준 2는 증거를 이야기하고 있지만, 그 증거가 부적절한 경우이다. 증거가 비교적 과학적이지만 표현방법이 부족하고 학생 자신의 언어로 설명하는 경우, 과학적 개념이 부족한 경우, 주장에 대한 증거가 주장과 관련이 없는 경우로 나누어 볼 수 있었다.

#### ① 증거가 비교적 과학적이지만 표현방법 부족

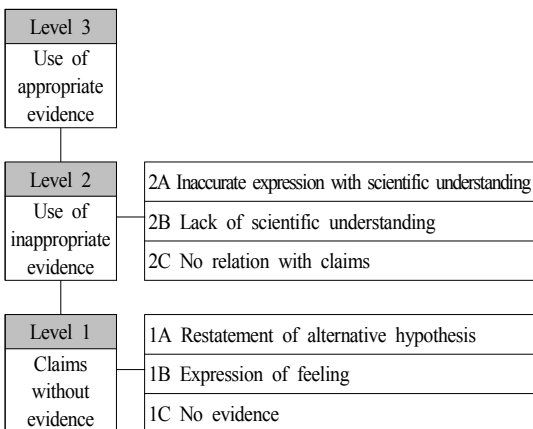


Fig. 2. Analysis framework for the level of evidence

학생이 말한 내용 자체는 엄밀하게는 과학적 개념과는 차이가 있지만, 그 의미를 자세히 살펴보면 과학 개념을 자기의 언어로 이야기하고 있는 등 표현방법이 부족한 것으로 그 내면에는 과학적 개념이 포함된 것으로 볼 수 있는 경우가 이러한 경우에 해당한다.

은혁: 나도 설리(대안가설2)의 의견이 옳다고 생각해. 금속은 뜨거운 것이 잘 통하기 때문에 설리가 옳다고 생각했어.

은혁이와 같이 일부 학생들은 금속의 열전도율이 더 좋은 것을 ‘뜨거운 것이 잘 통하기 때문에’, ‘더 민감하기 때문에’ 라는 정확하지 않은 언어로 표현했지만, 금속이 열을 더 잘 전달한다는 과학적 개념을 기본적으로 가지고 있는 것으로 판단하였다.

### ② 과학적 개념 부족

과학적 개념과 어긋나는 개념을 가진 경우도 부적절한 증거로 분류하였다.

진수: 동의하는 학생은 창민(대안가설2)이고, 이유는 열이 아래서부터 위로 열이 이동하기 때문이야.

민영: 제 의견은 창민(대안가설2)의 의견이 맞다고 생각해. 왜냐하면 위에 있는 얼음까지 열이 올라가지 않고 밑에 있는 얼음으로 열이 모여 밑에 있는 얼음부터 녹는 걸로 알고 있어.

이 사례에서는 각각 ‘열이 아래서부터 위로 이동’, ‘위에 있는 얼음까지 열이 올라가지 않고 밑에 있는 얼음으로 열이 모임’과 같이 열에 대한 잘못된 개념을 가지고 있는 경우이다. 따라서 주장도 틀리지만, 그에 대한 증거도 과학적 개념이 부족한 부적절한 증거를 사용했음을 알 수 있다.

### ③ 주장과 관련 없음

주장의 내용과는 전혀 관련이 없는 내용을 주장을 뒷받침하는 증거로 제시한 경우도 부적절한 증거에 포함시켰다. 학생이 자신의 주장에 대해 충분한 이해가 부족하며, 주장과 증거가 연결되는 논리성이 부족하기 때문에, 이 같은 관련 없는 증거를 사용한 것으로 해석된다.

수미: 내가 증거를 한번 들어서 얘기를 해줄게. 팥빙수의 그릇을 만지면 미지근하지만, 팥빙수 자체를 만지면 엄청 차갑기 때문이야.

이 사례는 열이 손에서 빙수가 들어 있는 그릇으로 전달되면서 손이 차갑게 되는 것인지, 빙수 그릇에서 손으로 차가운 기운이 전달되는지를 묻는 과제였는데 ‘팥빙수 그릇은 미지근’, ‘팥빙수 옆에는 차갑지만 밑은 미지근하기 때문’이라며 열의 전달과는 전혀 관계없는 이야기를 하고 있었다.

### (3) 수준 3: 적절한 증거 사용

수준 3은 주장에 어울리면서도 개념 또는 관찰한 현상을 올바른 증거로 사용한 경우이다. 옳은 주장-적절한 증거를 사용하고 있는 경우가 이에 해당된다.

민서: 저도 마찬가지로 설리(대안가설2)의 의견을 선택했는데, 왜냐하면 엄마가 요리하실 때에도 몇 번 플라스틱 국자로 저어보았는데 그때 별로 뜨거지 않았는데, 금속 국자로 저어보았더니 좀 더 뜨거운 걸 느꼈어.

우진: 톱밥실험을 했을 시 톱밥이 가열하는 부분보다 위쪽에서 움직였기 때문에 택연(대안가설1)이 맞다고 생각하고, 차가운 공기는 아래로, 뜨거운 공기는 위쪽에서 움직인다고 책에서 보았기 때문에 위쪽 얼음이 먼저 녹을 것 같아.

민서는 플라스틱, 나무, 금속으로 된 세 국자를 뜨거운 국에 넣었을 때 금속국자가 가장 먼저 뜨거워질 것이라고 주장하면서 그 증거로 ‘엄마가 요리하실 때’의 실생활 경험을 바탕으로 하여 증거를 제시하고 있다. 이는 주장에 어울리며, 경험을 통한 적절한 증거를 사용한 예로 볼 수 있다. 우진이는 물이 든 시험관에 얼음을 위와 아래에 두고 가운데를 가열했을 때 물 위에 있는 얼음이 먼저 녹을 것이라고 주장하면서 그 증거로 톱밥실험을 제시하고 있다. 우진이는 톱밥으로 실험하였을 때 톱밥이 가열하는 부분보다 위쪽에서 움직였으므로 위의 얼음이 먼저 녹을 것이라고 객관적이고 정확하게 실험을 관찰한 결과를 바탕으로 자신의 주장에 어울리는 적절한 증거를 제시하였다.

## 2) 증거의 수준 분석 결과

8개 모듈의 논증활동을 녹음, 전사하여 사용된 증거의 수준을 차시별로 분석하여 정리한 결과를 Table 3에 제시하였다.

분석 결과, 증거의 수준은 부적절한 증거 사용(45.6%), 적절한 증거 사용(35.4%), 주장만 있고 증거가 없는 경우(18.9%)의 순으로 나타났다. 이러한 결과는 과학영재들의 논증활동에서 사용된 증거의 수준을 분석한 Cho *et al.*(2008)의 연구와 공통점이 있다. 이 연구에서는 영재학생들의 증거 수준이 낮으며, 객관적 증거를 사용하기 보다는 개인의 생각이나 경험, 타인의 경험, 개인의 추측, 출처와 진위 여부를 확인할 수 없는 신뢰도가 낮은 증거들을 사용하는 경향을 볼 수 있다고 하였다. 이러한 결과는 초등학생이 사용하는 증거의 많은 부분이 과학적으로 정확하지 않거나, 과학적 개념이 부족하거나 주장과 관련 없는 내용으로 부적절한 증거임을 시사한다.

자신의 주장에 대하여 증거를 들어 설명하는 논증활동에서 학생들은 증거는 없거나, 대안가설의 내용을 반복하거나, 자신의 감정에 의존적인 표현을 하거나, 증거 내용이 없는 발언이나 출처만 제시하는 것을 일종의 증거라고 생각하는 경우가 18.9% 가량을 차지하고 있었다. 이는 학생들이 자신의 주장에 대해 증거를 들어 말하는 기회가 많이 주어지지 않아 증거를 제시하는 것이 익숙하지 않

은 것에 기인할 수 있다. 또한 학생들은 그것이 증거라고 생각하고 의견을 제시하지만 실은 증거가 아닌 주장의 단순 반복이거나 감정 표현에 그치는 경우도 종종 나타났는데, 이는 학생들이 증거에 대한 이해를 제대로 하고 있지 못하기 때문인 것으로 생각된다.

논증 활동지에 제시된 대안가설의 내용을 반복하는 경우는 전체적으로 많은 비중을 차지하지는 않았지만, 1차시에는 24.5%, 2차시에는 11.5%로 다른 차시보다 비중이 높았다. 1차시의 경우에는 차가운 빙수 그릇을 잡았을 때의 열의 이동 방향을 설명하는 것이고, 실험활동은 열을 가했을 때 은박 접시에 떨어뜨린 촛농의 변화를 관찰하는 것이었다. 이 논증과제의 특성상 열의 이동이라는 것이 눈으로 확인할 수 없는 개념적인 문제이기에 학생들이 증거를 제시하기 어려웠고, 그렇기 때문에 연구자가 제공하는 논증과제에 나오는 대안가설을 많이 사용했을 것으로 생각된다.

증거의 유형에서도 나타난 바와 같이 차시별로도 증거의 수준에 차이가 있었다. 이는 수업 중 수행한 실험활동과 논증과제의 특성에 따라 달라진 것으로 보인다. 1차시에서는 눈에 보이는 현상으로 직접 증거를 얻을 수 있기보다는 그 현상을 열의 이동의 관점으로 추론해야 하는 논증과제이기 때문에 적절한 증거를 사용한 비중이 다른 차시에

**Table 3.** Analysis of level of evidence in each lesson

(frequency, percent)

Level	Criterion	Lesson							Total	
		1	2	3	4	5	6	7		
Level 3	Use of appropriate evidence	24 (24.4)	73 (55.7)	41 (29.9)	57 (30.5)	55 (45.5)	33 (19.2)	59 (50.0)	342 (35.4)	
Level 2	Use of inappropriate evidence	2A. Inaccurate expression with scientific understanding	6 (6.1)	10 (7.6)	3 (2.2)	11 (5.9)	10 (8.3)	18 (10.5)	13 (11.0)	71 (7.4)
		2B. Lack of scientific understanding	10 (10.2)	12 (9.2)	45 (32.8)	73 (39.0)	30 (24.7)	76 (44.2)	30 (25.4)	276 (28.6)
		2C. No relation with claims	14 (14.3)	2 (1.5)	18 (13.1)	24 (12.8)	10 (8.3)	23 (13.4)	2 (1.7)	93 (9.6)
Level 1	Claims without evidence	1A. Restatement of alternative hypothesis	24 (24.5)	15 (11.5)	4 (2.9)	7 (3.7)	2 (1.6)	9 (5.2)	3 (2.5)	64 (6.6)
		1B. Expression of feeling	11 (11.2)	3 (2.3)	13 (9.9)	4 (2.1)	5 (4.1)	5 (2.9)	3 (2.5)	44 (4.6)
		1C. No evidence	9 (9.2)	16 (12.2)	13 (9.9)	11 (5.8)	9 (7.4)	8 (4.7)	8 (6.8)	74 (7.7)
Total		98 (100)	131 (100)	137 (100)	187 (100)	121 (100)	172 (100)	118 (100)	964 (100)	



비해 가장 낮았다. 반면, 2, 5, 7차시에서는 적절한 증거 사용의 비중이 높았는데, 2, 7차시에서는 논증활동 전 이루어진 실험이 과제를 해결하는데 중요한 역할을 했고, 실험결과가 명백히 드러나며, 이를 증거로 충분히 사용할 수 있는 상황이었기 때문에 적절한 증거 사용의 비중이 높았다. 5차시에서는 4차시에서 학습한 내용과 관련지어 논증과제를 해결할 수 있었기 때문에 적절한 증거의 사용이 많았다. 반면, 3, 4, 6차시에서는 부적절한 증거 사용, 특히 과학적 개념이 부족한 증거의 사용 비중이 높았는데, 이는 학생들이 가지는 선개념이나 실험에 대한 잘못된 관찰, 또는 실험결과에 대한 그릇된 해석에 기인한 경우가 많은 것을 알 수 있었다. 즉, 실험이 주장 및 증거와 밀접한 관련이 있고 실험 결과가 명백한 경우에는 적절한 증거의 사용 비율이 높았으며, 실험이 주장 및 증거와 밀접한 관련이 있더라도 실험결과에 대한 관찰이나 해석이 다른 경우에는 부적절한 증거의 사용이 많았다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학적 문제를 논의하는 과정에서 활발한 의견교환이 일어나도록 하기 위해서 논증활동을 초등학교 4학년 과학 수업에 적용하고, 논증활동에서 나타나는 증거의 유형과 수준을 분석하였다. 논증과제에는 대안가설을 제시하여 학생들의 활발한 논의를 도모하였다. 논증활동은 4학년 2학기 '열전달과 우리 생활' 단원에 대하여 7차시의 수업 동안 실시되었으며, 4~5인을 한 모둠으로 한 모둠활동으로 논증활동이 진행되었다. 학생들의 논증활동에 대한 자료 분석을 통하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

먼저 증거의 유형별 빈도를 분석한 결과, 개인적 증거가 88.2%, 권위적 증거가 11.8%로 초등 과학수업 중의 논증활동에서 개인적 증거가 권위적 증거보다 높은 비중을 차지하고 있어, 초등학생들이 주로 자신이 알고 있는 지식과 경험을 토대로 논증활동을 하고 있음을 알 수 있었다.

또한, 차시별로 학생들이 많이 사용하는 증거의 유형에 차이가 있었는데, 수업 중 이루어진 실험활동과 논증과제와의 관계에 따라 증거의 유형에 차이가 있었다. 논증과제가 해당 차시의 실험활동과

밀접한 관련이 있고 실험 결과가 명백한 경우에는 증거 출처에서 과학실험에 대한 비중이 높아 학생들이 자신의 직접적인 경험이나 관찰로부터 얻은 자료를 논증의 증거로 활용함을 알 수 있다. 이에 반해 실험에서 얻은 결과가 논증과제와 직접적으로 연결되지 않거나 실험 결과가 모호한 경우에는 개인 지식이 증거로 활용되는 비율이 높았다.

다음으로 증거의 수준을 분석한 결과, 부적절한 증거 사용, 적절한 증거 사용, 주장만 있고 증거가 없는 경우의 순으로 나타났다. 주장만 있고 증거가 없는 경우도 18.9%나 나타났는데, 이는 학생들의 증거에 대한 이해 부족이나 증거를 기반으로 한 논증활동에 대한 경험이 부족한 것에 기인한 것으로 파악된다. 증거의 유형에서와 같이 차시별로 증거의 수준에 차이가 있었다. 이것 역시 수업 중 수행한 실험활동 및 논증과제의 특성과 관련이 있는 것으로 파악되며, 결과가 명확하고 논증과제와 관련이 깊은 실험활동 수행 후 이루어진 논증활동에서는 적절한 증거를 사용하는 경우가 많지만, 개념적인 내용이 많거나 실험 결과에 대한 관찰과 해석에 이견이 많은 경우에는 부적절한 증거가 제시되거나, 증거가 없이 주장만 있는 경우가 더 많았다.

증거를 기반으로 한 문제해결과 의사소통은 과학교육에서 핵심적인 부분이며, 수업 중의 논증활동을 살펴본 본 연구에서는 학생들이 권위에 의존하기보다는 개인적인 증거를 보다 많이 활용하고 증거의 수준은 다양함을 알 수 있었다. 그리고 특히 증거의 유형과 수준은 차시의 내용 및 해당 차시에서 학생들이 생각의 근거를 직접 수집할 수 있는 실험활동과 논증과제의 관련성과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 따라서, 학생들에게 증거를 기반으로 한 사고와 논증을 강조함과 동시에 수업 중의 적절한 활동을 통하여 직접 증거를 수집하고 이를 논의에 활용하게 할 수 있는 수업 전략의 개발과 적용이 필요할 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

- Cho, H. J., Yang, I. H., Lee, H. N. & Song, Y. M. (2008). An analysis on the level of evidence used in gifted elementary students' debate. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(5), 495-505.
- Driver, R., Newton, P. & Osborn, J. (2000). Establishing

- the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Duschl, R. A. & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Jang, S. H. & Jeong, S. J. (2010). Analysis of elementary students' scientific justification activities based on evidence. *Korean Elementary Science Education*, 29(4), 414-426.
- Kim, H. K. (2003). Middle school students' open physics inquiry emphasizing peer argumentation: Its conditions, features, and roles. Doctoral dissertation, Seoul National University.
- Kim, H. K. & Song, J. W. (2004). The exploration of open scientific inquiry model emphasizing students' argumentation. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 24(6), 1216-1234.
- Krummheuer, G. (1995). The ethnography of argumentation. In P. Cobb & H. Bauersfeld (Eds.), *Emergence of mathematical meaning*. NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155-178.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: The construction of scientific facts*. (2nd ed.). Princeton University Press.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. New Jersey: Ablex.
- Lim, J. K., Song, Y. M., Song, M. S. & Yang, I. H. (2010). An analysis on the level of elementary gifted students' argumentation in scientific inquiry. *Korean Elementary Science Education*, 29(4), 441-450.
- Ministry of Education (2009). 2009 Revised Korean national science curriculum. (2009-41).
- National Reserch Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Newton, P., Driver, P. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- Park, Y. S. (2006). Theoretical study on the opportunity of scientific argumentation for implementing authentic scientific inquiry. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 27(4), 401-415.
- Perella, J. (1987). *The debate method of critical thinking: An introduction to argumentation*. Dubuque, IA: Kendall/Hunt.
- Siegel, M. A. (2006). High school students' decision making about substantiality. *Environmental Education Research*, 12(2), 201-215.
- Simon, S. & Maloney, J. (2006). Mapping children's discussions of evidence in science to assess collaboration and argumentation. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1817-1841.
- Walton, D. N. (1990). What is reasoning? What is an argument? *Journal of Philosophy*, 87, 399-419.
- Wee, S. M., Cho, H. J., Kim, S. H. & Lee, H. N. (2009). The analysis of the level of the argumentation of small group according to the students' characteristics. *Journal of Science Education*, 33(1), 1-11.
- Yang, I. H., Lee, H. J., Lee, H. N. & Cho, H. J. (2009). The development of rubrics to assess scientific argumentation. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 29(2), 203-220.