

# 과학적 증거와 설명에 대한 초등학교 6학년 학생의 이해

정혜선 · 오은아  
(한림대학교)

## Sixth Graders' Inquiry Understanding for Scientific Evidence and Explanation

Jeong, Heisawn · Oh, Eun-A  
(Hallym University)

### ABSTRACT

The aim of this paper was to diagnose Korean sixth graders' understanding for scientific evidence and explanation. The instrument constructed by Jeong, Songer, and Lee (2002) was used to assess students' understanding for priority of scientific evidence, objectivity of data, relevance of evidence, data interpretation, coordination of theory and evidence, and repeated observation. Results showed that although many students recognized certain features of scientific inquiry such as objectivity of data, few of them understood why such features are valued and how to collect and use such data. In particular, students experienced difficulty in formulating explanation from evidence, not knowing, for example, that repeated observations are needed before making a general statement. The results of this study suggest that efforts to foster students' inquiry abilities need to be based on careful analyses of students existing inquiry skills and understanding.

**Key words:** Inquiry learning, scientific evidence, scientific explanation, assessment.

### I. 서론

과학이 20세기 문명의 발달을 주도하면서 현대 생활의 중심에 자리 잡아왔고, '과학적' 또는 '비과학적'이라는 기준은 다양한 주장과 발견을 판단하는 데 있어 황금률처럼 사용되어져 왔다. 많은 경우에 '과학적 사고'는 '과학적 지식'과 동일시되어 왔으며, 학생들은 학교에서 만우 인력의 법칙과 같은 다양한 과학 개념에 관해서 학습하고 이러한 지식은 후에 학생들이 세분화된 전공을 공부하거나 사회생활을 하는데 직/간접적인 토대를 형성하는 것으로 간주되어져 왔다. 그러나 오늘날 과학 지식은 폭발적

인 속도로 증가하고 있고 그 내용 또한 급변하고 있어, 인공 수정이나 복제 인간 등 이전에 학교에서 배운 지식이 더 이상 유용하지 않게 되는 사건들이 하루가 멀게 일어나고 있다. 이러한 변화된 지식 환경에서 개인은 기존에 학교에서 배운 지식에만 의존할 수는 없고, 자신의 지식 기반을 끊임없이 검토하고 새롭게 하지 않으면 안 된다. 따라서 과학의 기본 개념을 학습하는 것은 여전히 필요하지만, 과학적 지식의 축적을 가능하게 하는 '과학적 사고' 또는 '과학적 탐구' 능력을 습득하여 자발적으로 지식을 평가하고 생성할 수 있게 되는 것이 그 어느 때보다 중요하게 되었다(Minstrell & van Zee, 2000; National

Research Council, 2000).<sup>1)</sup>

이러한 변화된 정보/지식 환경에 발맞추어 과학 교육에 있어서 과학적 사고 능력의 개발과 과학적 태도의 함양이 그 어느 때보다 강조되고 있는데, 심리학자, 교육학자, 교육행정이 등 여러 방면의 전문가들은 학습자 개인이 스스로 필요한 정보를 찾아 그 가치를 바르게 평가하고 이를 실생활에 활용하는 자발적, 탐구적, 창의적 문제 해결 능력의 중요성을 역설해오고 있다(백광현, 1999; Bransford, Brown, & Cocking, 2000; 한국교육개발원, 2003). 그럼에도 불구하고 과학적 탐구 능력과 사고를 개발하기 위해 시행되고 있는 교과 과정과 프로그램은 아직까지는 매우 회의적으로 간주되고 있는데 이는 우선적으로 과학적 탐구 능력에 대한 이해의 부족에 근거한다. 과학적 탐구 능력에 대한 효과적인 교육을 위해서는 과학적 사고와 탐구의 의미와 더불어 그것을 구성하는 요소들의 특성이 조작적 수준에서 규명되어야 함에도 불구하고, 많은 경우에 과학적 사고는 과학적 연구, 과학적 실험법 등의 개념과 혼용되어 그 의미가 흐려지고 있다(조희형, 1992). 또한 과학적 사고의 중요성이 강조되고 있음에도 불구하고 과연 학생들이 과학적 사고 능력을 얼마나 소지하고 있는지에 대해서는 알려진 것이 많지 않다. 본 연구에서는 과학적 사고의 구성요소들을 살펴보고, 이를 바탕으로 초등학교 6학년 학생의 과학 탐구 능력을 조사하였다.

심리학에서 과학적 사고는 크게 두 가지 상반된 입장에서 접근되어져 왔다. 첫째, 과학적 사고를 개념적 지식의 변화(conceptual change)로 보는 입장인데, Bruner, Goodnow, 그리고 Austin (1956) 등의 연구자들은 과학자들의 임무는 경험적 증거를 잘 설명할 수 있는 개념과 이론 체계를 만들어 내는 것이라고 보았다. 이 입장에서는 과학적 진보의 핵심을 세계를 설명하는 개념과 이론의 변화로 본다. 예를 들어 천동설에서 지동설로의 변화는 과학의 진보에 따라 동일한 현상과 자료를 설명하는 이론 체계가 어떻게 더 설명력 있는 이론체계로 변화하는지를 잘 나타내어 준다. 과학의 진보에 따라 현실 세계를 설명하는 개념적, 이론적 지식이 변화하는데, 이 변화 과정에서 사람들이 기존에 가지고 있던 개념이 수정되어 점차 정교해지고 정확해질 뿐만 아니라 이전에 존재하지 않았던 전혀 새로운 개념이 탄생하기도 한다. 이러한 개념 지

식 체계의 변화는 과학 전체에서뿐만 아니라 개인 내적으로도 일어나는데, 초보자에서 전문가로 변화하는 과정에서도 개인이 지닌 지식 표상의 구조가 재구성되고 더 정교해진다(Chi, Feltovitch, & Glaser 1981). 이러한 개념적 지식의 변화는 학습 내용뿐만 아니라 사전 지식 또는 선지식(pre-existing knowledge)을 바탕으로 일어나는데, 예를 들어 아동들은 종종 지구가 평평하다는 오개념(misconception)을 가지고 있는 경우가 있는데 이런 아동에게는 지구가 둥글다는 올바른 과학적 지식을 가리켜도 이를 성공적으로 학습하지 못하는 경우가 많다. 이는 아동이 지닌 오개념이 정확한 과학 개념을 습득하는 것을 방해하기 때문인데(Vosniadou & Brewer, 1992), 이러한 결과는 과학적 개념 지식의 획득이 단순히 올바른 지식을 전수 받는지의 여부에 의해 결정되는 것이 아니라 선지식을 바탕으로 한 표상간의 통합이 성공적으로 일어나야 함을 보여준다.

둘째, 과학적 사고를 사고 또는 추리 방략의 발달 차원에서 설명하려는 입장으로, 이 입장에서는 과학적 사고를 다양한 문제 상황에 적용 가능한 문제 해결 또는 가설 검증 과정으로 간주한다. Simon(1966)은 과학적 사고를 문제 해결 과정으로 보았는데, 과학적 사고를 다양한 문제 공간(problem space)에 대한 탐색 과정으로 간주하였다. Klahr와 Dunbar(1988)는 문제 공간의 개념을 더 세분화하여 이를 가설에 대한 탐색이 일어나는 가설 공간(hypothesis space)과 증거가 평가되는 실험 공간(experiment space)으로 구분하고, 과학자들이 각 공간을 탐색하는데 사용하는 방략(strategy)을 찾고자 노력하였다. 여러 연구들에서 아동과 성인, 그리고 심지어 과학자들도 종종 비과학적인 사고 방략에 의존함이 드러났는데, 예를 들어 아동의 경우 독립 변인의 효과를 검증하기 위해서는 관심 있는 변인이외의 다른 변인은 고정하고 독립 변인을 체계적으로 변화시키는 변인 통제 방략(control variable strategy)을 적절히 구사하지 못하는 경향이 있다. 또한 많은 아동과 성인들은 가설 검증 과정에서 확증 편향(confirmation bias)을 보이는데, Popper가 주장하였듯이 가설은 오직 틀리다는 것이 입증될 수 있을 뿐임에도 불구하고 사람들은 자신의 가설을 확증하는 자료를 수집하고 검사하고자 할 뿐, 가설이 틀림을 보이는 증거를

1) 본 논문에서 과학적 사고 능력과 과학 탐구 능력이라는 개념을 비슷한 의미로 사용하고 있는데, 인지심리학자들은 주로 과학 '추론' 능력을 그리고 과학교육자들은 과학 '탐구' 능력이라는 용어를 사용하는 경향이 있음을 밝혀둔다.

검사하고자 하지 않는다(이도현, 1998).

과학적 사고가 이렇듯 서로 상반된 입장에서 정의되어 왔지만, 모든 사고 활동은 개인의 지식 표상을 바탕으로 일어나고, 인지의 내용(content)과 과정(process)은 서로 밀접하게 상호 작용하기 때문에 과학적 사고를 개념 지식 또는 문제 해결 방향 그 어느 하나만으로 정의하기는 힘들다. 탐구의 궁극적인 목적이 세상에 대해 보다 더 정확한 표상을 형성하는 것이지만, 그러한 표상의 형성은 탐구자가 가지고 있는 기존의 지식과 경험적 자료에 적절한 문제 해결 과정과 논리적 추리 과정이 적용될 때 가능해진다. 즉, 과학적 탐구의 대상이자 출발점이 되는 지식 표상과 그 표상에 있어서의 변화를 매개하는 인지 과정은 모두 과학적 사고의 필수적인 구성 요소이다. 따라서 과학적 탐구를 개념 지식의 변화 또는 사고 과정의 변화 중 어느 하나로만 보기보다는, 문제의 생성부터 결론의 생성까지의 과학적 탐구의 전 과정에 관여하는 개념적, 절차적 지식과 기술을 모두 지칭하는 것으로 보는 것이 더 타당하다.

과학적 탐구에 관여하는 개념적 지식에는 여러 가지가 있는데 우선적으로 탐구가 수행되는 지구 과학, 물리학, 생물학 등 여러 과학 영역의 내용 지식을 들 수 있다. 예를 들어 지구가 둥글다거나, 뇌에 있는 신경 세포의 수가 고정되어 있다는 개념 지식이 이에 속하는데, 이들은 종종 과학 탐구의 대상이 되거나 또는 질문의 생성, 가설의 평가와 같은 탐구의 여러 과정에서 사용된다. 각 분야의 내용 지식에 덧붙여서 탐구 과정 자체에 대한 개념 지식이 중요한 역할을 하는데, 이는 개인이 가진 인식론적 지식과 믿음을 포함하는 지식 생성 과정 자체에 대한 개념적 지식(예, 변인 & 실험이란 무엇인가, 과학적 지식은 절대적인가)을 일컫는다. 과학적 탐구에 관여하는 절차적 지식 또는 사고 기술(process skill)은 가설의 정립과 결론 도출 등의 과정에 관여하는 논리적 사고 또는 추론 능력을 일컫는데, 개념적 지식과 밀접하게 작용하면서 탐구의 전 과정에 관여한다. 이제까지 사고 기술에 관한 대부분의 연구들이 변인 통제, 확증 편향 등에 초점을 맞추어 왔지만, 이러한 사고 기술들은 탐구 과정에 관여하는 사고 능력의 제한된 측면만을 반영한다. 실제 탐구 과정에서 과학자들이 변인 통제나 실험 설계이외의 다양한 인지 처리를 수행하고 있고, 따라서 과학적 절차 지식을 보다 더 포괄적으로 정의하고 연구할 필요가 있다.

Chinn과 Malhorta(2002)는 과학자들이 연구 시 다음의

6가지 인지적 과정을 수행한다고 제안하였다: (a) 연구 문제 생성, (b) 문제를 답하기 위한 연구 설계, (c) 자료 수집, (d) 결과 설명, (e) 이론 개발, (f) 관련 문헌 탐구. 미국의 National Research Council(NRC; 2000) 또한 유사한 관점 하에 학습과 교수를 연계하여 다음과 같은 탐구 학습과 교수의 핵심 특징을 제안하였다.

- 첫째, 학습자는 과학적인 질문을 탐구한다.
- 둘째, 학습자는 과학적 질문에 대한 설명을 구성하고 평가하는데 있어 증거를 우선시한다.
- 셋째, 학습자는 증거에 기반한 설명을 사용하여 과학적 질문에 답한다.
- 넷째, 학습자는 자신의 설명을 과학적 이해에 근거한 대안적 설명에 비추어 평가한다.
- 다섯째, 학습자는 자신이 제안한 설명을 정당화하고 다른 사람에게 알린다.

Jeong, Songer와 Lee(2002)는 NRC가 제안한 탐구 학습의 틀에 맞추어 기상학 분야에서 미국 6학년 학생들의 탐구 능력을 진단하였다. 이를 위하여 이들은 NRC가 제안한 특징 가운데서 두 번째의 과학적 증거와 세 번째의 과학적 설명에 관한 특징을 6가지 하위 탐구 능력으로 세분화하여 이를 측정하는 질문지를 구성하였다. 본 연구에서는 동일한 질문지를 사용하여 과학적 증거와 설명에 대한 우리나라 초등학생들의 이해를 조사하였는데, 구체적으로 다음의 탐구 능력들이 측정되었다.

- 첫째, 학생들은 과학적인 증거 수집의 중요성을 이해하는가?
- 둘째, 학생들은 자료가 객관적이어야 한다는 것을 이해하는가?
- 셋째, 학생들은 문제를 답하는데 필요한 증거가 무엇인지 이해하는가?
- 넷째, 학생들을 간단한 자료 패턴을 읽고 해석할 수 있는가?
- 다섯째, 학생들은 추상적인 지식과 구체적인 증거를 연결지을 수 있는가?
- 여섯째, 학생들은 일반화된 주장을 위해 반복 관찰이 중요함을 이해하는가?

우리나라 초등학생들의 과학 탐구 능력과 성별, 학년

등의 변인과의 상관관계가 거시적인 차원에서 연구되어 왔으나, 각 탐구 능력을 세분화하고 이들 각 영역에 있어서 학생들의 과학적 탐구에 대한 이해와 사고 능력을 자세히 측정하고 진단한 연구는 부족한 실정이다. 또한 초등학생들의 과학 탐구 능력에 대한 연구가 중, 고등학생들에 대한 연구보다 저조한 상태인데, 과학적 탐구 과정에 대한 학습이 초등학교 때부터 이루어져야 하며, 초등학생을 대상으로 한 다양한 탐구 학습 교과 과정이 개발되고 있는 현실을 고려할 때(교육인적자원부 & 과학기술부, 2002; 백광현, 1999), 초등학생의 탐구 능력이 어느 정도인지를 파악하는 것이 필요하다고 하겠다.

## II. 방법

### 1. 참가자

춘천시의 초등학교 6학년 학급 학생 36명(남학생과 여학생 각 18명)이 연구에 참여했다. 학생들은 초등학교 3학년 1학기에 '날씨와 우리 생활'이라는 단원에서 날씨에 대한 내용을 배워, 본 연구가 시행된 6학년 2학기는 날씨에 대한 기본 지식을 습득한 후였다.

### 2. 질문지

앞에서 언급한 바와 같이 본 연구에서는 Jeong, Songer와 Lee(2002)가 개발한 과학 탐구 능력 문제를 사용하였는데(부록), 이들이 고안한 검사는 탐구에 대한 폭넓은 정의에 바탕하여 탐구에 관여하는 개념적 지식과 질

차적 지식을 통합하여 측정한다는 특징이 있다. 이들이 구성한 검사 질문지는 학생들의 탐구 능력을 진단하고 효율적인 탐구 학습 프로그램의 설계를 위한 정보를 수집하기 위해 개발되었고, 따라서 표준화된 탐구 능력 진단 도구를 만들기 위한 타당도 검사와 표준화 등의 절차를 거치지 않은 상태이다. 검사 질문지에서 측정하는 6가지 하위 탐구 능력에 대해 각각 두 개의 질문(객관식 1 문제 & 주관식 1 문제)이 존재한다(Table 1). 주관식 질문이 학생들의 사고 과정에 대해 더 많은 것을 알려주지만 학생들이 이를 어렵게 생각하고 객관식 질문에서 답을 재인하여 고르는 것이 주관식 질문에서 답을 스스로 생각해내는 것보다 종종 더 쉽기 때문에 주관식 문제와 함께 객관식 문제가 사용되었다. 그러나 객관식 질문에서도 학생들이 답을 선택한 후에 이를 설명하도록 하여 학생들의 선택 과정에 관한 자료가 수집되었는데, 객관식 질문의 A부분(예, 질문 1A)에서 학생들은 보기에서 적절한 답을 택하고 B부분(예, 질문 1B)에서는 자신의 답을 설명했다. 각 하위 탐구 능력과 해당 질문에 대한 설명은 다음과 같다.

1) 과학적 증거 수집. 과학적 탐구의 특징은 지식 평가가 주관적, 선형적으로 이루어지지 않고 경험적 증거를 사용하여 이루어진다는 것이다. 과학적 자료의 우선성을 학생들이 이해하는지를 알아보기 위해 두 개의 질문이 구성되었다. 객관식 질문(질문 1)에서는 네 명의 학생이 모두 다음 날 눈이 올 것이라는 예측을 하였는데, 모두 각기 다른 근거-(a) 꿈, (b) 권위적인 인물의 의견, (c) 직관, (d) 뉴스-를 제시하였다. 학생들은 이 중에서 가장 과학적인 근거를 선택하고 그 이유를 설명해야 했는데, 이 질문

Table 1. Inquiry features examined in this study

Inquiry features	Questions *
Priority of scientific evidence: Students understand that priority should be given to scientific data over subjective data.	1 & 2
Objectivity of data: Students understand that scientific data needs to be objective.	11 & 4
Relevant evidence: Students can recognize evidence relevant to the question at hand.	9 & 6
Data interpretation: Students can read and interpret simple data patterns.	7 & 8
Explanation and evidence: Students can distinguish examples and knowledge.	5 & 10
Multiple observations: Students understand that a general claim requires multiple observations.	3 & 12

\* The first question is the multiple-choice question accompanied by a prompt for justification for their choice, and the second question is the open-ended question.

에서 정답은 뉴스에서 들었기 때문이라는 'd'였다. 뉴스에서 제시된 정보를 사용하는 것은 일견 탐구 학습의 목적과 부합하지 않는 듯 보인다. 하지만 공적인(public) 정보를 탐구에 이용하는 것은 과학자들이 논문이나 보고서를 읽을 때 항상 수행하는 작업이기 때문에 이 질문에서는 6학년 학생들이 과학적인 방법을 사용하여 수집된 뉴스에서 나타난 정보와 다른 주관적인 정보의 출처를 구별할 수 있는지가 평가되었다. 주관식 질문(질문 2)에서 종석이 할머니의 관절염이 비가 오기 전에 더 나빠진다는 주장이 제시되는데, 학생들이 해야 할 일은 종석이가 이 주장이 참인지 알아내는 것을 돕는 것이다. 이 질문에서는 학생들이 이러한 주장에 접할 때 어떤 방식으로 이를 평가하는지, 즉, 할머니의 말이기 때문에 그냥 믿는지 아니면 경험적인 자료를 체계적으로 수집하여 이를 평가하려는 시도를 하는지를 알아보고자 하였다.

2) 자료의 객관성. 과학이 경험적 증거를 중시하지만, 모든 경험적 증거가 다 과학적 증거로 간주되지는 않는다. 과학적 증거는 객관성, 반복 측정 가능성 등의 조건을 만족시키지 않으면 안 되는데, 학생들이 과학적 증거가 객관적이어야 함을 이해하는지 알아보기 위해 두 개의 질문이 구성되었다. 객관식 질문(질문 11)에서 은혜와 현석이 구름의 양에 관해 모은 날씨 자료가 제시되는데, 은혜는 구름의 양을 말로 기술한 반면(예, '약간의 구름'), 현석이는 수치(%)를 사용하였다(예, '30%의 구름'). 학생들은 누구의 자료가 더 마음에 드는지 고르고, 그 이유를 설명해야 했는데, 이 질문에서는 학생들이 객관적인 자료 수집의 중요성을 이해하는지를 알아보고자 하였다. 주관식 질문(질문 4)에서는 마산과 청주에 각각 살고 있는 영진이와 상희가 자신이 살고 있는 도시의 바람이 가장 세다고 주장하는데, 학생들은 둘 간의 갈등적인 주장을 어떻게 해소할 수 있는지 그 방법을 찾아내도록 요청 받았다. 이 문제는 각 도시에서 바람의 속도를 객관적으로 측정하면 간단히 해결될 수 있는데, 학생들이 두 도시의 객관적인 바람 자료를 비교함으로써 의견 차이를 풀려고 시도하는지 혹은 다른 방법에 의존하는지를 알아보고자 하였다.

3) 증거의 관련성. 요즘처럼 자료 수집이 용이해진 때 특히 범하기 쉬운 오류는 질문을 답하는데 필요하다고 생각해서 자료를 모았으나 자세히 살펴보게 되면 자료가 표

면적으로만 질문에 관계될 뿐 질문을 답하는데 불필요한 경우이다. 이러한 실수는 자료 수집의 경험이 적을수록 자주 발생하는데, 학생들이 주어진 질문에 답하는데 어떤 증거가 필요한지에 대한 판단 능력이 있는지 알아보기 위해 두 개의 질문이 구성되었다. 객관식 질문(질문 9)에서 성수는 적도에서부터의 거리(위도)가 겨울 평균 기온에 어떻게 영향을 주는지 알아보기 위하여 자료를 수집했다. 세 종류의 자료-위도, 평균 기온, 그리고 자료가 수집된 달-가 네 도시-평양, 서울, 대구, 제주-로부터 수집되었다. 이 중 대구에서 수집된 자료는 8월 달에 수집된 것이어서 '겨울'의 기온에 관한 질문을 답하는데 불필요한 자료였는데, 이 질문에서는 학생들이 대구에서 얻어진 자료가 질문에 관련 없음을 적절히 평가할 수 있는지를 알아보고자 하였다. 주관식 질문(질문 6)에서 창현이는 겨울 방학 동안 삼촌댁을 방문할 때 썰매를 가져가야 할지 고민하는데, 학생들은 창현이가 자신의 썰매를 가져가야 할지 아닌지 결정하는데 필요한 날씨 정보 두 가지를 생각해 내야 했다. 썰매를 타기 위해서는 눈이 필수적이고, 따라서 강수량 여부와 그 강수가 눈이 될지를 결정하는 기온에 관한 정보가 필수적이다. 이 질문에서는 학생들이 눈이 오는 것을 아는데 관련된 날씨 자료를 적절히 생각해 낼 수 있는지를 알아보고자 하였다.

4) 자료 해석. 과학적 탐구 과정에서 필수적인 작업은 얻어진 자료에 대해 이를 조직하고 정리하여 자료 내에 존재하는 패턴을 찾아내는 것이다(Simon, Langley, & Bradshaw, 1981). 학생들이 간단한 자료 유형을 읽고 해석할 수 있는지 알아보기 위해 두 개의 질문이 구성되었다. 두 질문 모두에서 동일한 자료가 사용되었는데, 이 자료는 진영이가 5일 동안 구름의 양과 습도에 대해 수집한 자료로 자료가 수집된 5일 동안에 습도와 구름의 양은 매일 10%씩 꾸준히 증가해서, 구름의 양은 첫날의 30%에서 마지막 날 70%로, 습도는 첫날 60%에서 마지막 날에는 100%로 증가했다. 객관식 질문(질문 7)에서 진영이는 '구름의 양이 증가하면 습도도 증가한다'는 결론을 내리는데, 학생들은 진영이의 결론에 동의하는지를 답하고 그 이유를 설명해야 했다. 이 질문에서는 학생들이 두 변인 간의 선형적 관계를 이해하는지를 알아보고자 하였다. 주관식 질문(질문 8)에서 진영이는 자신이 모은 자료에 근거하여 습도의 양이 100%에 가까울 때 강수가 일어난다고 결론지었는데, 학생들은 진영이가 옳다면 강수가 일어나

기 가장 쉬운 날이 언제인지를 자료에서 선택해야 했다. 이 질문에서는 학생들이 자료를 사용하여 질문에 답하는 능력이 있는지를 알아보고자 하였다.

5) 지식과 증거. 과학적 탐구 과정에서 중요한 작업 중의 하나는 주어진 증거와 이론적 설명을 연결하고 둘 간의 관계를 조정(coordinate)하는 것이다(Kuhn, 1989). 이 과정은 이론적 설명으로부터 관련된 예언을 이끌어 내는 과정에도 관여할 뿐만 아니라 주어진 예나 증거가 이론적 설명을 지지하는지 또는 기각하는지를 결정하는 데도 필수적인 역할을 한다. 학생들이 과학적 지식과 증거와의 관계를 적절히 이해하고 평가하는지를 알아보기 위해 두 개의 질문들이 구성되었는데, 객관식 질문(질문 5)에서 학생들은 얼음을 담고 있는 그릇의 바깥쪽에 형성된 물방울이 공기 속의 물분자의 존재를 보이는 것인지를 평가해야 했다. 주관식 질문(질문 10)에서 학생들은 바람이 체감 온도에 영향을 주는 사실에 대해 이를 지지하는 증거를 생각해내야 했다.

6) 반복 관찰. 과학적 증거는 반복 관찰이 가능해야 한다. 반복 관찰이 가능하다는 것은 그만큼 연구 대상이 되는 현상이 일회적인 우연적인 사건이 아니라는 것을 의미하며, 자료에서 얻어지는 결론의 일반성에 영향을 미친다. 두 개의 질문이 학생들이 반복 측정의 중요성을 이해하는지 알아보기 위해 구성되었다. 객관식 질문(질문 3)에서 은희는 회오리바람이 지나가기 전 하늘에서 번개가 치는 것을 한 번 경험하고는 회오리바람은 항상 번개를 동반한다고 결론 내렸다. '항상'이라는 단어에 밑줄을 그어 일반화가 이루어진 것이 강조되었는데, 학생들은 은희의 결론에 동의하는지를 선택하고 그 이유를 설명해야 했다. 이 질문에서는 학생들이 일회적 사건에 근거해서 일반화하는 것이 부적절하다는 것을 이해하는지 알아보고자 하였다. 주관식 질문(질문 12)은 월간 강수량 자료를 수집하는 방법에 관한 것으로 학생들은 강수량 수집 방법에 관한 제안을 두 가지 해야 했다. 도시의 월간 강수량 자료를 수집하는데 있어서 여러 날에 걸쳐 자료가 수집될수록, 그리고 가능한 해당 시의 여러 지점에서 강수 자료가 수집될

수록 그 자료는 실제 강수 자료를 반영할 확률이 높아진다. 반면 학생들이 도시의 한 지점에서만 강수 자료를 수집한다거나 한달 중 어느 하루만 강수 자료를 수집한다면, 이러한 자료는 그 도시의 그 달 강수량 자료를 반영할 확률이 낮아진다. 이 질문은 6학년 학생들이 보다 대표성 있는 결과를 얻기 위해 여러 날 동안 여러 지점에서 자료를 수집해야 하는 것을 이해하고 있는지를 알아보기 위한 것이었다.

### 3. 절차

담임교사의 양해 하에 수업 시간 중 한 시간을 할애하여 자료가 수집되었다. 질문지를 학생들에게 나누어주고 한 시간 동안 검사를 했다. 학생들은 자필로 검사지에 답을 기록하였다.

### 4. 자료 분석

학생들이 질문지에 제공한 답에 근거하여 분석이 이루어졌다. 번역상의 오류로 말미암아 질문 9는 분석에서 제외되었다(부록에는 수정된 번역이 제공되었다). 다음 두 규칙이 모든 주관식 답(객관식 질문에 대한 설명 포함)의 분석에 적용되었다. 첫째, 학생들의 답변이 문제에서 요구하는 것과 관련이 없는 것일 때는 분석에 포함되지 않고, '관련 없는 답변'으로 분류되었다. 예를 들어, 비와 관절염 간의 관계를 알아보는 방법을 묻는 질문(질문 2)에서, 학생이 "눈이 온다는 예보를 보는 것이다"라고 답한 경우 답변이 질문에서 요청한 내용과 관계가 없고, 따라서 '관련 없는 답'으로 분류되었다. 둘째, 학생들이 한 답변에 두 가지 이상의 범주에 속하는 답을 하는 경우가 존재하였다. 예를 들어, 두 지역의 바람 세기에 관한 질문에서 한 학생은 "기상청 등에 전화해서 물어본다. 또는 내가 직접 경험한다"고 대답했는데, 이 경우 이 학생은 '기상청에 전화하기'와 '직접 [바람을] 경험 한다'는 두 가지의 방안을 제안했다. 한 답변에 대해 단일 분석 범주가 적용되었고, 따라서 학생이 나중에 제시한 방안 - '직접 바람을 경험한다' - 이 답으로 채택되었다.<sup>2)</sup> 객관식 질문에 대한 답과 주관식

2) 학생들이 여러 범주의 답변을 제시하였다는 것은 해당 질문에 대한 이들의 이해가 안정적이지 않다는 것을 의미한다. 여러 답변 가운데 가장 좋은 답변이나 또는 가장 나쁜 답변을 선택하는 것은 학생의 수행을 평가 하는 경우에는 적합할 수 있으나 이러한 방식으로 답변을 선택할 경우, 학생들의 능력을 실제보다 과대 또는 과소평가하게 될 가능성이 존재한다. 본 연구에서 처음 반응이 아니라 나중에 제시한 반응을 답으로 선택한 이유는 처음의 반응보다 나중에 반응이 학생들의 최종이해를 더 정확하게 반영할 가능성이 높기 때문이다.

질문에 대한 분석 범주는 결과와 함께 제시되었다.

### Ⅲ. 결과 및 논의

#### 1. 학생들은 과학적인 증거 수집의 중요성을 이해하는가?

질문 1과 2는 학생들이 과학적이고 객관적인 자료를 주관적인 자료보다 더 우선적으로 생각하는지를 알아보는 질문이었다. 질문 1A에서 학생들은 주관적인 출처들로부터 과학적인 방법으로 날씨를 예측하는 뉴스를 구별해야 했는데, Table 2에서 보듯이 91.7%(33명)의 학생들이 정답인 'd'를 선택하였다. 학생들이 과연 일기 예보 배후의 자료 수집 과정을 이해하고 이 답을 선택한 것인지 알아보기 위하여 이들의 설명(질문 1B)이 조사되었다. 학생들의 설명은 '적절한' 설명과 '부적절한' 설명으로 구분되었는데, 학생들이 일기예보의 자료 수집 과정을 이해하고 있거나(예, '뉴스에서 알려주는 날씨는 기상청에서 구름의 상태와 구름의 움직임 등을 측정해서 알아내는 날씨이기 때문이다.') 주관적 판단의 문제점을 지적하면(예, '영철이는 꿈에 들어 말했기 때문에 부정확하고 미영이는 어른들에게 여쭙어서 물어보아 조금은 맞지만 확실치 않고 중화에게 그런 재주가 있다하여도 틀릴 수 있다. 하지만 선미는 몇 번의 확인에 걸쳐서 나온 뉴스를 듣고 말하였기 때문에 더 정확하다') '적절한' 설명으로 간주되었다. 반면에 단순히 뉴스를 믿을 수 있다고 답하거나(예, '뉴스에서 나온 것이기 때문이다.') 뉴스가 하는 일을 단순히 묘사하는 것(예, '매일 일기예보를 해주기 때문에')은 '부적절한' 설명으로 간주되었다. 질문 1A에서 정답을 선택한

학생의 45.5%(15명)는 적절한 설명을 제공하였지만 나머지 학생들은 부적절한 설명을 제공하였고, 이는 아직 넘어 넘는 학생들이 뉴스의 일기예보에서 제시되는 날씨 정보가 왜 더 과학적인지를 제대로 이해하지 못하면서 뉴스의 정보를 사용하고 있음을 나타낸다.

질문 2는 비가 내리기 전에 관절염이 더 심해진다는 할머니의 말씀의 진위를 어떻게 가릴 것인가 하는 문제였다. Table 2에서 보듯이, 69.4%(25명)의 학생들이 자료를 수집한다고 하였으나(예, '할머니가 관절염이 심해졌을 때 뉴스에서 기상통보를 봐서 알아본다.' '뉴스에서 보고 비 오기 전에 그녀에게 가본다.'), 나머지 학생들은 뉴스나 부모님, 의사 등 권위적인 출처에 물어보거나(예, '할머니 말고 다른 사람들의 의견을 듣는다.' '병원에서 알아본다.'), '모르겠다' 라고 하거나 관련 없는 답변을 제공하였다(예, '눈이 온다는 예고를 보는 것이다'). 자료를 수집하겠다고 한 학생들 중 32.0%(8명)는 한 가지 자료만을 수집한다고 하여(예, '진짜로 비가 내리는지 알아본다.' '비가 내릴 때까지 기다린다.') 아직 적절한 자료 수집 능력이 부족하였지만, 나머지 학생들은 비와 관절염에 대한 자료를 모두 수집하겠다고 하여, 변인간의 관계를 알아보기 위해서는 관련된 변인 모두에 대해 자료가 수집되어야 함을 이해하고 있었다. 특히 이 가운데 일부는 평균 등의 개념을 이용하여 답하거나(예, '할머니가 관절염이 심해진 다음날에 비가 오는지 안 오는지 여러 번 관찰해서 평균을 본다.'), 관절염의 정도를 병원에 가서 보다 객관적인 방법을 통해 측정하려고 시도하여(예, '비가 오기 전날 관절염 부위에 의료기구로 정밀검사를 받으러 간다.'), 이들 학생들의 경우 체계적인 자료 수집 절차에 관해 어느 정도 이해하고 있는 것으로 보인다.

Table 2. Priority of scientific evidence

Questions	Answer Categories	% (Number) of Students
1A	Correct answer(D)*	91.7% (33)
	Incorrect answers	8.3% (3)
1B*	Good explanations	45.5% (15)
	Poor explanations	54.5% (18)
	No/Inappropriate answers	0.0% (0)
2	Data collection	69.4% (25)
	Consult news, teacher/doctor, books, etc.	13.9% (5)
	No/Inappropriate answers	16.7% (6)

\* Based on the students who answered 1A correctly (N=33).

## 2. 학생들은 자료가 객관적이어야 한다는 것을 이해하는가?

질문 11과 4에서는 학생들이 자료가 객관적이어야 함을 이해하는지 검사하였다. 질문 11A에서 학생들은 말로 기술한 자료와 수치로 표현한 자료 중 하나를 선택해야 했는데, Table 3에서 보듯이, 69.4%(25명)의 학생들이 퍼센트를 사용한 현석이의 자료를 선택하였고, 나머지 학생들은 언어적 기술을 사용한 은혜의 자료를 선택하였다. 이들의 답변 선택에 대한 설명(질문 11B)을 분석한 결과, 수량화된 자료를 선택한 학생의 60.0%(15명)가 퍼센트로 나타낸 자료의 이점이나 주관적으로 모아진 자료의 문제점을 이해하고 있었다(예, '상당하다, 적다, 약간이라는 구름의 양의 기준이 무엇인지 은혜의 것으로는 알 수 없고 현석이의 자료는 구름의 양에 있어서 더 확실히 알 수 있다.'). 나머지 학생들은 문제에 주어진 정보를 단순히 반복하거나(예, '구름의 분포와 몇 퍼센트로 구름의 양을 나타냈기 때문이다.'). 애매한 설명을 제공하였다(예, '구름의 분포까지 적혀 있으니,' '진짜 양을 알아야 하기 때문에.').

질문 11A에서 퍼센트로 표현한 현석이의 자료가 아니라 언어적 기술을 한 은혜를 선택한 학생은 전체 학생 중 삼분의 일 가량이나 되었다. 이들의 답변을 좀 더 자세히 분석한 결과, 이들은 은혜의 자료가 자신들에게 더 이해하기 쉽고 간단하다고 생각하는 경향이 있었는데(예, '현석이는 구름의 양을 퍼센트로 해서 그날 구름이 얼마정도

있었는지 모른다,' '간단하고 알기 쉬워서.'). 이는 이들이 아직 퍼센트의 개념에 대해 잘 모르고 있었기 때문으로 보인다(예, '현석이는 백분율%로 나타냈으니까 헛갈리고 100%가 되어야 하는데 130%이고 맞지 않다,' '현석이는 %이어서 잘 못 알아보는데 은혜는 알기 쉬워서.').

질문 4는 서로 마산과 청주 가운데 바람이 가장 심한 곳이 어디인지를 알아내는 것에 관한 문제였다. 어느 곳의 바람이 더 센지 알아보기 위해 학생들이 객관적인 바람의 자료를 수집하여 비교하는지가 주된 관심의 대상이었는데, 객관적 자료 수집은 도구를 사용하여 바람을 측정하거나, 측정 단위(시속)를 언급하거나, TV의 날씨예보와 같은 객관적인 출처를 사용하는 것으로 정의되었다. Table 3에서 보듯이, 47.2%(17명)의 학생들이 객관적인 자료를 비교하였고(예, '바람의 힘을 풍속계를 만들어 측정한다,' '통계자료를 보고 기상정보가 있는데 물어 본다.'). 이 가운데는 꽤 정교한 답변도 있었다(예, '뉴스를 보고 인터넷에서 날씨를 알아봐 며칠 간 시간을 두고 마산과 청주의 바람의 양에 대한 표를 만들고 평균을 낸다.'). 이들과는 달리 나머지 학생들은 주관적인 자료를 비교하거나(예, '태극기 같은 깃발들이 얼마나 흔들리는가에 따라 각 지역에 있는 아이들이나 친구들에게 물어 본다,' '한 곳 한 곳 여행을 하며 알아본다.'). 부모님 등 권위적인 인물에게 물어본다고 하였고(예, '인터넷에 들어가 알아보고 부모님께 물어 본다', '어른들께 여쭙어본다.'). 일부는 애매하거나(예, '날씨에 대해 조사를 해야 한다.'). 관련 없는 답변(예, '심하다고 하였다.').을 제공하였다. 결

Table 3. Objectivity of data

Questions	Answer Categories	% (Number) of Students
11A	Correct answer ('현석')	69.4% (25)
	Incorrect answers ('은혜')	30.6% (11)
11B*	Articulated the advantage of numeric representations	60.0% (15)
	Rephrased the given information	8.0% (2)
	Vague answers	32.0% (8)
	No/Inappropriate answers	0.0% (0)
4	Compare objective data	47.2% (17)
	Compare subjective data	22.2% (8)
	Ask mom, teacher, etc.	11.1% (4)
	Vague answers	13.9% (5)
	No/Inappropriate answers	5.6% (2)

\* Based on the students who answered 11A correctly (N=25).



론적으로 반에 가까운 학생들이 이 질문이 객관적인 자료를 사용하여 두 도시의 풍속을 비교하면 해결될 수 있음을 모르고 있었고, 주관적인 자료를 비교한다고 답한 학생들의 경우 '비교'의 개념은 존재하였으나 타당한 비교를 위해 자료가 객관적이어야 함은 이해하지 못하고 있었다.

### 3. 학생들은 문제를 답하는데 필요한 증거가 무엇인지 이해하는가?

질문 6은 썰매 타기를 좋아하는 창현이가 겨울 휴가 동안 삼촌댁을 방문하면서 썰매를 가져가야 하는지 말아야 하는지를 결정하기 위해 필요한 날씨 자료 두 가지를 생각해 내는 문제였고 따라서 모두 72개 답변이 가능하였다. 눈이 오는지를 알려주는 기온과 강수 정보에 덧붙여 바람의 세기 등도 썰매를 타는데 영향을 주는 관련된 날씨 정보로 분류되었다. Table 4에서 보듯이, 전체 대답 중 삼분의 일 가량인 36.1%(26개)의 답변이 '눈에 관계되는 날씨 자료'였고(예, '눈이 오는가 안 오는가,' '비, 눈이 안 오는가. '), 23.6%(17개)의 답이 '기타 날씨 자료'(예, '해나 비가 나올 때')였다. 무응답 or 관련 없는 답변(예, '만약에 눈이 내린다면 썰매 대신 봉지를 타고 놀면 되기

때문이다,' '내일은 눈보라가 아주 심하게 치겠습니다.')은 38.9%(28개)로 다른 질문에서보다 많이 나왔는데, 이들 답변을 자세히 분석해본 결과 이 답변들의 상당수(26.4%, 19개의 답)가 날씨 자료를 얻는 출처에 관한 것(예, '일기예보,' '인터넷에서 찾기')이었고, 이는 일부 학생들이 문제를 잘못 이해했기 때문으로 보인다. 결론적으로, 같은 범주의 하위 문항이었던 9번의 문제를 분석할 수 없었기 때문에 다른 범주의 답들에서보다 일반화하기 어렵지만, 답변의 절반 정도가 문제에서 요구되는 날씨 정보와 무관한 것임을 고려할 때 상당수 학생이 어떤 자료가 주어진 질문을 답하는데 필요한지를 판단하는 능력이 부족한 것으로 보인다.

### 4. 학생들은 간단한 자료 패턴을 읽고 해석할 수 있는가?

질문 7번과 8번은 학생들이 표에 제시된 간단한 자료를 읽고 해석할 수 있는지 알아보는 문제였다. 질문 7A에서 학생들은 표를 보고 '구름의 양이 증가하면 습도 또한 증가한다'는 결론이 가능한지를 판단해야 했다. Table 5에서 보듯이, 77.8%(28명)의 학생이 구름의 양과 습도 간에

Table 4. Relevance of evidence

Questions	Answer Categories	% (Number) of Students
6	Weather data relevant to snow	36.1% (26)
	Other weather data	23.6% (17)
	Non-weather data	1.4% (1)
	No/Inappropriate answers	38.9% (28)

Table 5. Data interpretation

Questions	Answer Categories	% (Number) of Students
7A	Correct answer ('예')	77.8% (28)
	Incorrect answers ('아니오')	19.4% (7)
	No answer	2.8% (1)
7B*	Explanations based on data	32.1% (9)
	Explanations based on knowledge	53.6% (15)
	Vague explanations	14.3% (4)
	No/Inappropriate answers	0.0% (0)
8	Friday	77.8% (28)
	Other days	2.8% (1)
	No/Inappropriate answers	19.4% (7)

\* Based on the students who answered 7A correctly (N=28).

직선적인 관계가 존재한다는 것에 동의하였다. 답변에 대한 설명에서(질문 7B), 이 중 32.1%(9명)의 학생만이 표의 정보를 사용하여 두 변인간의 관계를 설명한 반면(예, '그 자료들이 구름의 양이 증가하면 습도 또한 증가한다는 것을 증명하고 있기 때문에,' '표를 보면 구름의 양이 조금씩 많아지면서 습도도 조금씩 높아지기 때문에'), 나머지 학생들은 표를 언급하지 않고 평소 자신이 알고 있는 지식에 근거하여 설명하거나(예, '구름은 물방울에 의해 생성되기 때문에 구름이 증가하면 그만큼 습도 또한 증가한다,' '구름은 공기 중에 있는 수증기가 모여 있는 것이니까 습도가 올라간다.') 또는 애매한 설명을 제공하였다(예, '조사를 했으니까,' '날씨를 정확하게 알고 있기 때문이다.'). 질문 7A에서 '아니오'를 선택한 학생들의 설명도 유사하여 7명의 학생 중 5명이 평소 알고 있던 지식에 근거한 설명을 제공하거나(예, '나는 구름의 양이 증가하면 습도가 줄어드는 것으로 알고 있다.') 자료에 있지 않은 정보를 자의적으로 추리하여(예, '이 구름은 그냥 보통 구름인데 습도가 늘어나면 이상해서'), 반 이상의 학생들에게서 자료에 근거해서 생각하는 능력이 부족한 것으로 나타났다.

질문 8은 강수가 일어날 때 습도가 100%에 가깝다는 전제를 주고 제시된 표에서 강수가 일어나기 가장 쉬운 날을 고르는 문제였다. 이 문제에서 정답인 금요일을 선택한 학생은 77.8%(28명), 다른 날을 선택한 학생은 2.8%(1명), 무응답 또는 관련 없는 답변을 한 학생은 19.4%(7명)이었다. 비록 많은 학생들이 정답을 선택했으나 20%가 넘는 학생들이 틀린 대답을 했는데 이는 이들

의 자료 해석 능력이 부족하기 때문인 것으로 보인다. 실제로 정답을 선택하지 못했던 8명 모두 7번 문제에서 표를 잘 읽지 못하거나(예, '양이 차레로 높아지지 않기 때문에') 틀린 지식을 가지고 있어서(예, '나는 구름의 양이 증가하면 습도가 줄어드는 것으로 알고 있다.') 이런 해석을 뒷받침한다.

### 5. 학생들은 추상적인 지식과 구체적인 증거를 연결지을 수 있는가?

질문 5번과 10번은 학생들이 과학적 지식이나 원리에 대해 이를 지지하는 사례를 생각해 낼 수 있는지를 알아본 것이다. 질문 5A에서 학생들은 '얼음 덩어리가 담긴 그릇 바깥쪽에는 작은 물방울이 형성된다'라는 관찰이 '공기 중에는 물입자가 있다'라는 사실을 증명하는 것인지를 평가해야 했다. Table 6에서 보는 바와 같이, 정답인 '예'를 선택한 학생은 52.8%(19명), '아니오'를 선택한 학생은 36.1%(13명), 아무런 대답도 하지 않은 학생이 11.1%(4명)로, 반 정도의 학생들이 이 문제를 제대로 답하지 못한 것으로 나타났다. 자신의 선택에 대해 학생들이 제공한 이유를 분석한 결과(질문 5B), 정답을 선택했던 학생 중 31.6%(6명)만이 그릇 표면의 물방울이 주위 공기로부터 생긴 것임을 올바르게 설명하고 있었고(예, '얼음이 담긴 통은 차가운데, 공기는 그렇지 않아 대조적인데 공기 중의 물 입자가 그릇 바깥쪽 차가운 부분에 엉겨 붙어서 물방울이 생기는 것 같다.'). 나머지 학생들의 설명은 잘못된 또는 불충분한 개념에 근거하고 있거나(예, '난

Table 6. Knowledge and evidence

Questions	Answer Categories	% (Number) of Students
5A	Correct answer ('예')	52.8% (19)
	Incorrect answers ('아니오')	36.1% (13)
	No answers	11.1% (4)
5B*	Good explanations	31.6% (6)
	Explanations based on incorrect knowledge	36.8% (7)
	Vague explanations	26.3% (5)
	No/Inappropriate answers	5.3% (1)
10	Good examples	36.1% (13)
	Poor examples	5.6% (2)
	No/Inappropriate answers	58.3% (21)

\* Based on the students who answered 5A correctly (N=19).

물방울이 형성되는 것을 얼음의 물의 분자가 아주 작으므로 그릇의 우리가 보이지 않는 작은 구멍으로 새어나가서 그런 것 같다.’) 또는 애매한 설명(예, ‘배운 지식을 예로 생각하였다,’ ‘사실이기 때문에’)을 제공하였다. 이런 결과는 개념과 증거간의 관계를 적절하게 평가하기 위해서는 적절한 개념 지식이 필수적이며, 적절한 개념 지식이 결여될 때 종종 증거에서 개념으로의 추리가 방해받을 수 있음을 시사한다. 그러나 동시에 적절한 개념 지식을 가지고 있다고 해서 개념과 증거간의 관계를 적절히 추리할 수 있는 것은 아닌 듯하다. 한 학생의 경우 물의 응결, 기화 등에 관한 지식을 가지고 있음에도 불구하고(예, ‘안에 있는 차가운 공기와 바깥에 있는 뜨거운 공기가 부딪혀 물 입자가 생긴다.’) 질문 5A에서 용기 밖의 물방울이 공기 중으로부터 온 것임을 적절하게 답변하지 못하였기 때문이다.

질문 10에서 학생들은 바람이 불면 실제 온도보다 더 춥게 느껴진다는 것을 보여주는 예를 생각해야 했다. 36.1%(13명)의 학생들이 바람이 체감 온도에 어떤 역할을 하는지 적절히 보여주는 예를 들었고(예, ‘여름에 기온이 높는데도 바람이 불면 시원하다,’ ‘거리를 걷고 있는데 갑자기 바람이 부면 추워지니까’), 5.6%(2명)는 부적절한 예(예, ‘선풍기 바람을 그냥 맞아 보는 것과 물을 묻힌 다음 바람을 맞아본다,’ ‘난로에서 따뜻한 바람이 불면 실제 온도보다 따뜻하다.’)를, 그리고 나머지 학생들은 응답을 하지 않거나 관련 없는 답변을 제공했다(예, ‘모르겠다,’ ‘과학시간에 배운 것을 생각했기 때문에’). 질문 5와 10에서 학생들의 수행이 이전 질문들에서의 수행보다 저조했

는데 이는 한편으로는 추상적인 지식과 구체적인 예를 연결하는 것이 어렵기 때문이었지만, 다른 한편으로는 질문에 사용된 개념 지식이 학생들에게 너무 어려운 것이기 때문일 수 있다. 다수의 학생들이 물의 순환에 관해서 이미 배웠음에도 불구하고, 물의 응결 과정에 대해 잘못된 개념을 지니고 있었고, 이러한 오개념이 이들의 추론 과정에 방해요인으로 작용한 듯이 보인다. 그러나 질문 10의 경우 질문 5와는 달리 대부분의 학생들이 관련된 지식과 경험을 가지고 있다고 가정할 수 있는 내용임에도 불구하고 학생들의 수행이 저조했는데, 이는 그만큼 추상적인 지식과 구체적인 예를 연결하는 것이 초등학교 6학년 학생들에게 어려운 과제임을 시사한다.

## 6. 학생들은 일반화된 주장을 위해 반복 관찰이 중요함을 이해하는가?

질문 3번과 12번은 학생들이 반복 관찰의 중요성을 이해하는지를 알아보기 위한 문제였다. 질문 3에서 은희는 회오리바람이 지나가기 직전 하늘에서 많은 번개가 치는 것을 한번 경험하고는 회오리바람이 오기 직전에는 항상 번개가 친다고 결론을 내리는데, Table 7에서 보듯이, 91.7%(33명)의 학생들은 정답인 ‘아니오’를 선택하여 결론에 동의하지 않는다고 하였고, 8.3%(3명)만이 ‘예’를 선택하였다. 그러나 이들이 제공한 이유를 분석해 보면(질문 3B) ‘아니오’를 선택한 학생들 중 33.3%(11명)만이 반복 관찰의 결여를 이유로 들고 있었고(예, ‘일시적인 현상일 수 있기 때문에 혹은 그건 우연일 수도 있다,’ ‘만약 회오

Table 7. Repeated observations

Questions	Answer Categories	% (Number) of Students
3A	Correct answer (‘아니오’)	91.7% (33)
	Incorrect answers (‘예’)	8.3% (3)
3B*	Explanations using repeated observations	33.3% (11)
	Explanations using knowledge	66.7% (22)
	No/Inappropriate answers	0.0% (0)
12	Repeated measure	9.7% (7)
	Collect data	44.5% (32)
	Watch news, ask people, etc.	11.1% (8)
	Vague answers	8.3% (6)
	No/Inappropriate answers	26.4% (19)

\* Based on the students who answered 3A correctly (N=33).

리바람이 열 번 생겨서 그 중 5번 넘게 번개가 친다면 그럴 가능성도 있다고 생각한다.’), 나머지 학생들은 단일 사례에 근거한 과일반화를 지적하기보다는 평소 자신이 회오리바람에 대해 알고 있는 지식에 근거한 대답을 하였다(예, ‘회오리바람이 일어날 때 비가 오면서 천둥이나 번개가 칠 수 있으므로,’ ‘회오리는 기압차이 때문에 생긴다고 알고 있어서’). 이러한 결과는 질문 7에서 학생들이 보인 반응과 유사한데, 학생들은 자료에 근거해서 추리하기보다는 기존에 알고 있는 지식에 근거해서 답변하는 경향이 있었다.

12번 문제에서는 한 도시의 월간 강수량 자료를 어떻게 수집해야 하는지에 대해 물어보았다. 학생들은 자료 수집 방법에 대한 제안을 두 가지씩 해야 했는데, 이 때 이들이 한 곳 이상의 지역이나 하루 이상의 기간 동안 강수 자료를 수집하는 것을 언급하는지가 분석되었다. 전체 72개의 대답들 중 9.7%(7개)만이 반복 측정을 언급했고(예, ‘측우기를 한 달 동안 설치한다. 혹은 뉴스를 보며 한 달 동안 강수량을 적는다.’), 44.5%(32개)의 답은 그냥 자료를 수집하는 것만을 언급했고(예, ‘큰 물통을 옥상에 놓거나 땅에다 놓는다.’ ‘혹은 인터넷 자료로 통해 알아본다.’), 11.1%(8개)의 답은 뉴스를 보거나 사람들에게 물어본다고 했고(예, ‘선생님한테 물어보거나 엄마한테 여쭙어본다, 혹은 날씨 예보에서 알아보기’), 나머지 답들은 애매하거나(예, ‘습도에 대해 알아본다.’ ‘자기가 알아본다.’) 무응답 또는 관계없는 답이었다. 전체 대답 중 10%미만의 답이 반복측정을 해야 한다고 했을 뿐, 대부분의 학생들은 일반적인 자료 수집만 언급하고 있어, 많은 학생들이 반복측정에 대한 이해가 충분하지 못함을 보여준다.

#### IV. 결론 및 제언

우리나라의 초등학교 6학년 학생들의 과학 탐구 능력 수준은 어느 정도인가? 본 연구에서 초등학교 6학년 학생들 대상으로 과학적 증거와 설명에 대한 이들의 이해를 여섯 가지 측면에서 조사한 결과 본 연구에 참여한 초등학교 학생의 일부는 과학적 탐구 과정에 대해 어느 정도 이해하고 있었으나, 많은 학생들이 아직 과학적 증거와 이해에 대해 체계적인 사고를 하지 못하고 있었다. 학생들은 과학적 증거가 어떤 것인지에 관해서는 어느 정도 이해하고 있었으나, 왜 그러한 특징이 바람직한 것으로 간주되는지에 관한 이해는 부족하였다. 특히 학생들은 지식과

관련되는 구체적인 예나 증거를 연결하는 것을 어려워했고, 적절한 설명을 제공하는데 있어서 반복관찰의 중요성에 대해 잘 모르고 있는 것으로 나타났다. 또한 과학적 문제 해결과정에서 주어진 정보와 기존에 이미 알고 있는 지식을 결합하여 주어진 문제에 관한 해결책을 찾아내는 것이 필요함에도 학생들은 문제에 주어진 정보를 무시하고 문제에 대한 해결책을 기존 지식으로부터 직접 인출하는 경향을 보여 아직 자신이 가진 정보와 입력 정보를 결합하여 독립적으로 ‘사고’ 하는 능력이 부족함이 나타났다. 본 연구가 특정 지역의 중소 도시에 거주하는 초등학교 학생을 대상으로 한 것이었기 때문에 얻어진 결과를 다른 지역의 초등학교 학생에게 일반화하기는 힘들지만, 기존의 중학생과 고등학교 학생을 대상으로 한 연구들에서 중소 도시에 거주하는 학생들의 학업 성취가 대도시나 농어촌 거주 학생들에 비교하여 중간 정도이거나 또는 가장 우수했던 것을 고려할 때(정건상, 허명, 1991), 다른 지역, 특히 농어촌 거주 학생들의 탐구 능력 수준은 이보다 더 뒤 떨어질 가능성이 존재한다. 이러한 점을 고려할 때 본 연구의 결과는 초등학교 학생의 과학적 탐구 능력은 아직 만족할 만한 수준은 아니며, 이들의 탐구 능력 신장을 위해서 체계적인 노력이 필요함을 시사한다. 초등학교 학생들의 탐구 능력에 대한 정확한 진단을 바탕으로 이들의 탐구 능력을 신장하기 위한 노력이 체계적으로 이루어 질 때(Pelligrino, Chudowsky, & Glaser, 2001) 극소수의 뛰어난 학생들뿐만 아니라 보다 많은 학생들이 과학 탐구 과정을 보다 잘 이해하여 앞으로 변화하는 환경에 적절하게 대처하는 것이 가능하게 될 것이다.

#### 국 문 요 약

본 연구는 초등학교 학생들의 과학적 증거와 설명에 대한 이해 진단을 목적으로 하였다. 과학적 증거의 수집, 자료의 객관성, 증거의 관련성, 자료 해석, 지식과 증거, 반복 관찰 이렇게 6개의 하위 탐구 능력이 Jeong, Songer와 Lee(2002)가 미국의 6학년 학생들의 과학적 탐구 능력을 측정하기 위해 개발한 문항을 사용하여 진단되었다. 춘천시 소재한 초등학교 6학년 학생들을 대상으로 자료를 수집한 결과, 전체적으로 약 절반에 해당하는 학생들에게서 체계적인 과학적 사고 능력이 결여되어 있음이 드러났다. 특히 학생들은 지식과 관련되는 구체적인 예나 증거를 연결하는 것을 어려워했고, 반복관찰의 개념에 대해

잘 모르고 있는 것으로 나타났다. 본 연구에 참가한 학생들의 수가 적고 지역적 특성으로 인해 본 연구의 결과를 우리나라 초등학생의 전반적 과학적 탐구 능력으로 일반화하기는 어렵지만, 본 연구의 결과는 초등학생의 과학적 탐구 능력이 아직 만족할 만한 수준은 아니며, 이들의 탐구력 신장을 위해서 체계적인 노력이 필요함을 시사한다.

주제어: 과학적 사고, 탐구 능력, 과학적 증거, 자료의 설명, 초등학생

## 참 고 문 헌

- 교육인적자원부 & 과학기술부(2002). 탐구 & 실험 중심의 초 & 중등 과학 교육 활성화 계획. 서울: 과학기술부.
- 백광현(1999). 탐구 놀이가 초등학생의 과학 탐구 능력과 과학적 태도에 미치는 효과. 공주교육대학교 교육대학원 석사학위 청구논문.
- 이도현(1998). 조건언의 내용구조에 따른 조건추리수행의 발달적 변화. 서울대학교 대학원 박사학위 청구논문.
- 정진상, 허명(1991). 한국 고등학생의 과학 탐구 기능 성취도 분석. 한국생물교육학회지, 19(2), 83-94.
- 조희형(1992). 과학적 탐구의 본질에 대한 분석 및 탐구력 신장을 위한 학습지도 방법에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 12(1), 61-73.
- 한국 교육 개발원(2003). 스스로 공부하는 아이가 21세기를 지배한다. 서울: 한국 교육 개발원.
- Bransford, J., Brown, A., & Cocking, R.(2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington DC: National Academic Press.
- Bruner, J. S., Goodnow, J., & Austin, G.(1956). Reception strategies in concept attainment., *A study of thinking*. New York: Wiley.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R.(1981). Categorizing and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- 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.
- Jeong, H., Songer, N. B., & Lee, S-Y.(2002). Cognitive barriers to inquiry learning in 6th graders. Poster presentation at the meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.
- Klahr, D., & Dunbar, K.(1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Kuhn, D.(1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689
- Minstrell, J., & van Zee, E. (Eds.)(2000). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington, D.C.: American Association for Advancement of Science.
- National Research Council.(2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Pellegrino, J. W., Chudowsky, N., & Glaser, R.(2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*. Washington DC: National Academy Press.
- Simon, H. A.(1966). Scientific discovery and the psychology of problem solving, *Mind and cosmos: Essays in contemporary science and philosophy* (pp. 22-40). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Simon, H. A., Langley, P. W., & Bradshaw, G. L. (1981). Scientific discovery as problem solving. *Synthese*, 47, 1-27.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F.(1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.





