

유치원, 초등, 중등 과학 교재의 연계성을 위한  
탐구능력 분석  
- 물질의 상태 및 상태 변화 개념을 중심으로 -

백성혜<sup>1</sup> · 박진옥<sup>2</sup> · 박재원<sup>3</sup> · 임명혁<sup>4</sup> · 고영미<sup>5</sup> · 김효남<sup>6</sup> · 조부경<sup>7</sup>  
<sup>1</sup>(한국교원대학교화학교육과) · <sup>2</sup>(전북춘포초등학교)  
· <sup>3</sup>(서울고산초등학교) · <sup>4</sup>(대전동도초등학교) · <sup>5</sup>(전남영남초등병설유치원)  
· <sup>6</sup>(한국교원대학교초등교육과) · <sup>7</sup>(유아교육과)

An Analysis of Science Process Skills for K-12 Science  
Curriculum Articulation :  
Focused on the Concept of the State and  
the State Change of Matter

Paik, Seong-Hey<sup>1</sup> · Park, Jin-Ok<sup>2</sup> · Park, Jae-Won<sup>3</sup> · Im, Myoung-  
Hyuk<sup>4</sup> · Ko, Young-Mi<sup>5</sup> · Kim, Hyo-Nam<sup>6</sup> · Cho, Bu-Kyoung<sup>7</sup>  
<sup>1</sup>(Department of Chemistry Education, Korea National University of Education)  
· <sup>2</sup>(Chunpo Elementary School, Chonbuk) · <sup>3</sup>(Kosan Elementary School, Seoul)  
· <sup>4</sup>(Dongdo Elementary School, Daejeon) · <sup>5</sup>(Youngnam Public Kindergarten Attached  
Elementary School, Chonnam) · <sup>6</sup>(Department of Elementary Education, Korea National  
University of Education) · <sup>7</sup>(Department of Early Childhood Education)

**ABSTRACT**

This study was to analyze science process skills related to 'state of matter' and 'state change of matter' in the kindergarten, elementary and middle school science textbooks. On the base of articulation, we analyzed science textbooks of the 5th kindergarten curriculum, the 6th elementary school science curriculum and the 6th middle school science curriculum.

The findings indicated that the scientific inquiry abilities of predicting, classifying, hypothesizing and designing investigations are not enough in all grade science textbooks. Also, while young children have measuring ability theoretically, it was represented only in high grade textbooks. We concluded that these were inappropriate from the viewpoint of articulation which is related to scientific inquiry ability.

## I. 서론

과학 교육과정의 구성(교육부, 1992a; 김주훈 등, 1984; National Research Council, 1996)에서 탐구 능력에 대한 중요성이 크게 강조되었음에도 불구하고, 현재까지 이루어진 우리나라 과학 교육과정 연계성 고찰을 위한 연구들(박종윤과 김성희, 1988; 진수경, 1987; 김영은, 1991; 강순희와 김대영, 1990; 강순자와 김영주, 1988; 정완호와 김영애, 1991; 정완호와 최돈희, 1993; 유영근, 1991; 한유화, 1998; 윤명임, 1994)은 주로 개념 중심으로 이루어졌다. 따라서 이 연구에서는 유치원, 초등, 중등 과학 교재의 내용 중에서 물질의 상태와 상태 변화에 관련된 탐구능력을 분석함으로써 과학 교재의 연계성을 고찰해 보고자 하였다.

## II. 이론적 배경 및 선행연구 고찰

### 1. 탐구 과정에 관련된 이론 및 탐구능력의 정의

과학 탐구능력(science inquiry abilities or science process skills)은 탐구 과정 기능, 탐구 기능, 탐구 과정 요소 등의 다양한 용어로 사용되어 왔으나 현재는 주로 과학 탐구능력이라고 불리고 있다(Padilla & Mckenzie, 1986).

이 연구에서 탐구능력은 과학 탐구 과정에 사용되는 탐구 기능(science process skills)의 요소들인 관찰하기, 추리하기 등을 의미한다.

탐구 과정은 전통적으로 문제 인식, 가설 설정, 실험 설계, 자료 수집, 자료 처리, 일반화 도출 등의 연속적인 과정으로 이루어져 있으며(장남기 등, 1987; Rezba, et al., 1995), 과학 교재의 탐구 학습 내용은 이러한 이론에 근거하여 구성되었다.

그러나 이러한 연속적인 탐구 과정을 학교 현장에 적용하기에는 학습자의 탐구능력, 시간적 제약 등 많은 어려움이 따른다. 따라서 Klopfer, SAPA I, II, APU, NAEP, TIPS, BAPS, 대학 수학능력시험의 과학 탐구 평가들의 탐구과정 모형, 제 6차 과학 교육과정(교육부, 1992a, 1992b)에서는 요소별로 구분하

여 비연속적으로 제시하였다.

탐구능력을 요소별로 정의한 많은 연구에서 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상, 가설 설정, 실험 수행, 자료 처리, 해석, 일반화 등의 항목을 공통적인 탐구 요소로 제시하였다. 여기서는 탐구 요소의 정의 중에서 의견의 차이가 있는 부분에 대해 살펴보고자 한다.

#### (1) 관찰 능력

관찰 능력은 다섯 가지 감각 기관 중 일부를 이용하여 정보나 자료를 얻는 능력을 말한다(김효남과 이영미, 1995; 한안진, 1987; 조연순과 최경희, 1999; 조희형과 박승재, 1994; Levenson, 1987; Watson, 1991; Rezba et al., 1995; Ostlund, 1992; Tolman & Hardy, 1999). 혹은 이에 대해 정확히 묘사하는 능력까지도 포함한다(National Research Council, 1996). 관찰을 추리나 예상과 엄격히 구분시키는 경우(Gabel, 1993)와 관찰과 추리와 예상의 능력을 유사하게 보는 경우(김효남과 이영미, 1995; 박종원과 김익균, 1999; 조희형과 박승재, 1994)가 현재에는 공존하고 있다.

특히 박종원과 김익균(1999)은 과학적 관찰에 관한 이론적 논의를 통해 관찰에 간단한 기구의 조작과 관찰 결과의 해석이 포함된 경우도 포함시켰다. 따라서 관찰 능력 속에 추리나 예상이 간섭을 일으키는 간섭적 관찰과 해석적 관찰을 포함시켜, 추리와 예상의 탐구능력이 관찰에 영향을 미칠 수 있다는 점을 지적하였다. 유사한 구분으로 조희형과 박승재(1994)는 관찰의 특징을 세 가지로 구분하였다. 그 중에는 관찰자가 가지고 있는 지식 및 분류 체계에 따른 분류화 활동, 선행 지식에 따라 관찰 결과를 해석하여 의미를 부여하는 추론 활동도 관찰에 포함시켰다.

관찰은 정량적 관찰, 정성적 관찰, 변화 관찰 등으로 구분되기도 한다(조희형과 박승재, 1994; Rezba et al., 1995; National Research Council, 1996; Gabel, 1993). 이 때 관찰 능력과 측정 능력은 유사한 탐구능력이 되는데, 단지 오감을 이용한 것과 측정 도구를 이용하는 것 사이의 차이만 있을 뿐이다.

탐구능력에 관련된 대다수의 문헌(조연순과 최경희, 1999; 한광래, 1997; AAAS, 1990; Rezba et al.,

1995; Ostlund, 1992)에서는 이러한 관찰 능력을 유치원이나 초등학교 저학년부터 시작할 수 있는 기초 탐구 기능으로 구분하였다.

### (2) 추리 능력

추리는 관찰한 것에 대한 가능한 설명 혹은 논리적 설명이며(Rezba et al., 1995; Watson, 1991), 관찰에서 유발되는 사고 활동의 결과이다(한안진, 1987; Ostlund, 1992; Martin et al., 1997). 혹은 관찰에 기초한 가정으로 보기도 한다(Tolman & Hardy, 1999). 이러한 정의에서 추리는 잠정적인 것으로 간주한다.

그러나 추리에 대한 다른 해석도 있다. AAAS (1990)에서는 추리를 '관찰한 것으로부터 결론을 내기 위한 논리의 사용, 혹은 관찰의 해석'이라고 본다. Lawson (1995)에 의하면 추론은 연역적 추론(Deduction Inference), 유비 추론(Abduction Inference), 귀납적 추론(Induction Inference)으로 구분된다. 그리고 추론은 이미 알고 있는 명제를 기초로 새로운 명제를 유도하는 과정으로, 전제와 결론 간의 논리적 관계를 다룬다고 하였다. 이 경우 추리는 잠정적이라기 보다는 결정적인 것으로 간주한다.

시간의 개념으로 추리를 구분한 경우도 있다. 김효남과 이영미(1995), Gabel (1993) 등에서는 추리를 과거의 위치에서 얻어진 사건과 현상의 해석 또는 관찰이라고 설명하였다.

탐구능력에 관련된 대다수의 문헌(한광래, 1997; AAAS, 1990; Rezba et al., 1995; Austlund, 1992; Martin et al., 1997)에서 추리 능력은 유치원이나 초등학교 저학년부터 시작할 수 있는 능력으로 구분하였다. 이 때 가정하는 추리는 이미 일어난 사건에 대해 유추하는 다소 즉흥적이며 덜 체계적인 것이고, 실험에 의해 증명될 가능성이 희박한 것(이연우와 우종욱, 1991)으로 간주하는 경향이 있다.

그러나 조연순과 최경희(1999)의 경우에는 추리 능력을 고급과학 과정으로 구분하고, 초등학교 3-4학년 이상에서만 가능한 탐구 요소로 보았다. 그 이유는 추리가 불충분한 자료로부터 선부른 인과 관계의 결론으로 연결되지 않기 위해서는 정신적 성숙과 자신

만의 훈련이 필요하기 때문이라고 설명하였다. 미국의 국가수준 과학교육 기준(National Research Council, 1996)에서는 추리를 추론과 동일하게 보고, 관찰된 사실들 사이의 관계, 이에 대한 논리적 이유에 대한 표현, 그래프나 표 등을 이용한 해석 등으로 묘사하여 자료 처리 및 해석 능력과 중복되는 개념으로 제시하기도 하였다.

### (3) 예상 능력

예상은 실제 관찰 또는 측정을 넘어서 무엇인가에 관한 판단을 하는 것을 의미한다(Watson, 1991). 이러한 판단의 근거는 경향성에 대한 이해이다(Rezba et al., 1995). 이러한 주장에서 예상 능력은 관찰 능력보다 높은 능력으로 본다. 그러나 김효남과 이영미(1995), Gabel (1993) 등에서는 관찰, 추리, 예상 능력을 현재와 과거와 미래라는 차이만 있을 뿐 동일한 탐구능력으로 간주하였다.

조연순과 최경희(1998), 한안진(1987), AAAS (1990), Rezba et al. (1995) 등에서는 예상을 미래에 일어날 현상에 관한 특수한 형태의 추리로 본다. 과거의 관찰에 기초를 두지 않는 예상은 예상이 아니라 단순한 짐작에 불과한 것이다. 이러한 정의에서 예상은 추리와 같은 능력이며, 단순히 시제의 과거와 미래로 이 두 탐구 요소의 차이를 본다.

그러나 Ostlund (1992), Peter (1986) 등에서는 예상이 추리에 기초한 능력이라고 설명한다. 즉 이 경우에는 관찰을 토대로 추리가 가능하고, 추리로부터 예상이 가능하다는 위계성을 주장한다. 특히 이연우와 우종욱의 연구(1991)에서는 추리를 '덜 체계적이고 즉흥적이며 실험에 의해 증명될 가능성이 희박한 것'으로 보는 반면, 예상은 '사건의 일련성을 유추하는 것으로, 보다 체계적이며, 앞으로의 실험이나 다른 사건에 의해 증명될 수 있는 것'으로 보아 추리보다 예상을 한 단계 높은 탐구능력으로 보았다. 조연순과 최경희(1998)도 예상을 그래프나 표 등의 해석과 관련이 깊은 고급 탐구능력으로 제시하였다.

미국의 국가과학교육 기준(2000), Gabel (1993) 등은 내삽과 외삽에 의해 이루어지는 활동을 예상으로 구분하기도 하였다.

탐구능력에 관련된 대다수의 문헌(한광래, 1997; AAAS, 1990; Rezba et al., 1995; Ostlund, 1992; Martin et al., 1997)에서 예상 능력은 유치원이나 초등학교 저학년에서 시작할 수 있는 탐구능력으로 구분하였다. 그러나 조연순과 최경희(1999)의 경우에는 이를 고급과학 과정으로 구분하여 초등학교 3-4 학년 이상의 학생들에게 가능한 탐구능력으로 보았다. 그 이유는 예상이 일어나려면 먼저 학생들의 정신적 구성이 필요하기 때문이다. 이러한 구성 없이는 예상이 단순한 추측 수준을 넘을 수 없기 때문이다. 관찰을 통해 규칙성을 이해하게 되면 이러한 정신 활동을 근거로 예상이 가능하게 된다. 따라서 예상은 도표 및 그래프와 관련되며, 즉 자료 처리 및 해석 능력과 긴밀한 관계를 가지기 때문에 고급 탐구능력으로 보았다. 대부분의 연구에서 자료 처리 및 해석 능력은 고급 탐구능력으로 구분하기 때문에 이러한 주장도 매우 설득력이 있다고 본다.

대부분의 경우에 관찰, 추리, 예상 능력은 서로 다른 탐구능력으로 구분한다. 조희형과 박승재(1994)는 관찰의 결과와 그에 대한 해석 및 추론이 분명히 구분되어야 함에도 불구하고 각급 학교의 과학교육의 현장에서는 이들이 서로 혼용되는 경향이 있음을 지적하였다.

#### (4) 분류 능력

분류 능력은 관찰 결과의 공통점과 차이점, 상호관계 등을 확인하는 것이다(AAAS, 1990; Ostlund, 1992; Rezba et al., 1995; Martin et al., 1997; 조희형과 박승재, 1995; 한광래, 1997). 혹은 확립된 도식에 따라 사건이나 물체의 순서를 정하거나 그룹을 짓는 것을 의미하며 이때 관찰에 근거하여야 한다(Ostlund, 1992). 따라서 관찰 능력을 획득한 후에 제시하는 것이 타당하다.

분류할 때에는 다른 사람이 만들어 놓은 분류 체계를 사용할 수 있을 뿐 아니라 새로운 분류 체계를 스스로 만들어 체계를 만들 수도 있다. 따라서 분류에는 유용성, 임의성, 다양성이 반드시 고려되어야 한다(조연순과 최경희, 1999). 분류의 종류에는 이원 분류와 다원 분류, 그리고 연속 분류 등이 있다(Ostlund,

1992; Gable et al., 1993).

Ostlund (1992)는 초등학교 저학년에서는 단추나 신발과 같은 간단한 물체를 이용하여 분류 능력을 키우고 중학년에서는 잎, 광물, 식물, 화합물 등 과학자들의 분류틀을 제시하고 경험시킴으로써 학생들이 이러한 분류틀의 유용성을 이해하도록 제시하는 것이 바람직하다고 권하였다. Watson (1991)은 분류가 물체 사이의 관계 인식, 물체의 확인, 물체에 대한 예상의 기초가 된다고 하였다.

#### (5) 측정 능력

Gable (1993), 조연순과 최경희(1999) 등은 측정을 양적 관찰 능력으로 정의하였다. 즉, 길이, 넓이, 부피, 힘, 온도, 질량 등을 숫자로 관찰하는 능력으로, 색과 같은 물질의 특성을 질적으로 관찰하는 것과는 대조된다고 하였다.

그러나 Martin 등(1997)은 측정이 관찰과 분류 능력을 향상시킬 수 있다고 하여 관찰과 구분되게 정의하였다. 또한 Sprague (1995)는 측정 능력이 효과적으로 다른 사람과 의사소통할 수 있는 능력과 근본적으로 관련되어 있다고 하였다.

#### (6) 가설설정 능력

Peter (1986)는 가설과 추리를 유사한 능력으로 정의하였다. 그는 관찰의 경험으로부터 발생한 것은 추리이며, 이러한 추리가 실험할 수 있는 예상을 제공하고, 그것이 수행되고 지지 받으면 가설이 된다고 하였다. 따라서 실험의 가능성 제공에 그 차이를 두었다. Martin 등(1997)은 가설과 예상이 유사하며, 실험에서 기대하는 결과에 대한 추측이며, 예상보다는 다소 형식적인 점이 차이점이라고 하였다. 조연순과 최경희(1999)는 가설설정이 실험 문제의 조직적 진술을 의미하며, 그 목적은 실험의 방향 제시에 있다고 하여 Peter나 Martin 등의 정의와 유사하게 정의하였다.

Bailer 등(1995), Rezba 등(1995)은 가설 설정에서 변인의 중요성을 언급하였다. 가설은 특별한 종류의 예상으로, 하나의 변인(독립변인)이 다른 변인(종속변인)에 어떤 영향을 줄지를 예상하는 것이라고 하

었다. 그리고 가설은 만약 어떠하면 어떠한 것이다(If ... than ...)와 같은 형태로 진술된다고 하였다. 대다수의 연구자들처럼 Watson(1991)도 가설은 검증 가능한 실험의 방향 제시를 한다고 하였다. 그러나 그는 몇 가지 관찰이나 상황으로부터 도출될 수 있는 추리 능력과 가설설정 능력이 구분됨을 주장하였다. 즉, 가설은 추리와 같이 단순한 능력이 아니라, 과학자들이 실험을 설계하기 전에 마음 속으로 가지는 답을 의미한다고 하였다. 따라서 가설은 단지 하나의 관찰이나 상황을 설명하려는 것이 아니라 다양하고 많은 관찰과 상황에 대한 설명에 그 초점을 둔다고 하였다. 이러한 가설은 과학자가 가지는 모든 유용한 정보를 고려한 후에 만들어지기 때문에 과학자가 가지는 이전의 실험들과 배경 지식들, 그리고 다른 과학자들의 생각이 관여하게 된다. 추리와 예상을 기초 탐구로, 가설 설정을 통합 탐구로 가정한 AAAS (1990), Ostlund (1992), 우리나라 제7차 과학과 교육과정(1997)도 이와 유사한 시각이라고 볼 수 있다.

## 2. 선행 연구 고찰

교육과정에서 탐구능력을 제시하는 과정에는 두 가지 시각이 존재한다. 한 가지 시각은 여러 탐구 요소들을 점차 심화시켜 나가면서 저학년에서 시작하는 시각이고, 다른 하나는 단순 탐구 요소를 저학년에서, 고급 탐구 요소를 고학년에서 시작하게 하는 시각이다. 대부분의 연구에서는 이 두 시각이 적절히 혼합된 상태로 탐구 요소들이 학년별로 제시되었다. 학년에 따른 탐구능력의 분배를 고려한 연구들을 조사하면 다음과 같다.

한안진(1987)에 의하면 초등학교에서는 적어도 네 개 이상의 감각 기관을 사용하여 물체의 성질을 말할 수 있어야 한다. 그리고 관찰한 것을 양적으로 표시할 수 있어야 한다. 추리 활동의 경우에는 한가지 이상의 추리를 할 수 있어야 한다. 예상 활동의 경우에는 내삽 또는 외삽 과정을 거쳐 관찰한 대상간의 관계를 예상할 수 있어야 한다. 이러한 주장에서는 초등학교에서 가능한 관찰과 의사소통, 추리, 예상의 능력이 표현되었다고 할 수 있다. 그러나 초등학교는 1

학년부터 6학년까지 폭넓게 학년이 분포되어 있기 때문에, 이 연구에서 언급한 능력이 구체적으로 어느 학년에서 가능한 탐구 요소인지를 확인하기는 곤란하다.

Ostlund (1992)은 연구 결과를 토대로 관찰, 측정, 예상, 추리 등의 능력은 초등학교 1학년에서 가능하지만, 자료 해석, 변인통제, 자료 변환 등의 능력은 초등학교 3학년 이상부터 가능하다고 주장하였다. 반면, Martin 등(1997)은 관찰, 측정, 추리, 예상 등의 능력은 유치원부터 가능하고, 변인통제, 자료 해석, 실험 계획 등의 능력은 초등학교 3학년에서 가능하다고 하였다. 이 두 연구에서는 탐구의 출발 시기를 초등학교 1학년과 유치원으로 다르게 잡은 것 뿐 대부분의 결과는 일치한다.

그러나 Inbody (1963)의 연구는 다른 결과를 보여 준다. 이 연구에 의하면 유치원 학생들은 컵을 거꾸로 물 속에 넣었을 때, 물이 컵 속에 올라가지 못하는 것을 보고도 컵 속에 아무 것도 없다고 반응하였다. 이러한 결과는 유치원 학생들이 관찰 능력은 있지만 이를 토대로 한 추리 능력이 가능하지 않을 수 있음을 의미하는 것이다. 즉 Martin 등(1997)의 연구 결과에 위배되는 결과라고 할 수 있다.

미국의 국가수준 과학교육 기준(National Research Council, 1996)에 따르면 유치원부터 초등학교 4학년까지 관찰, 측정, 간단한 실험 설계나 기구 조작이 가능하며, 자료의 합리적 해석도 가능하다고 하였다. 그리고 5학년에서 8학년까지는 예측, 보다 정교한 실험 설계와 자료 해석, 자료 변환, 잘못된 추론에 대한 검증, 대안적 설명 제시 등이 가능하다고 하였다. 여기서는 동일한 탐구능력을 학년이 증가함에 따라 보다 심화된 능력으로 발달시켜 나가는 경향을 보여 주었다. 예를 들어, 자료 설명의 경우에도 유치원부터 4학년까지는 자료를 이용한 합리적인 설명의 구성을, 5-8학년에서는 증거를 이용한 기술, 설명, 예측, 모형의 구성을, 9-12학년에서는 논리와 증거를 이용한 과학적 설명 및 모형의 구성과 수정을 하도록 구성하고 있다. 물론 일부의 탐구능력은 고학년에서야 처음으로 제시되기도 한다. 예를 들어 과학적 절차와 설명에 대한 의사소통은 초등학교 5-8학년에서

처음으로 제시된다. 이 연구에서는 예상이나 추리 능력이 유치원부터 초등학교 4학년까지는 가능하지 않다고 함으로써 Inboc.y (1963)나 Martin 등(1997)의 연구와 다른 주장을 하였다.

조연순과 최경희(1999)는 미국의 국가수준 과학교육 기준(National Research Council, 1996)과 유사한 시각을 보여 주었다. 이에 따르면 관찰, 측정, 분류 등을 기초 과학과정으로, 예상과 추리, 변인통제, 실험하기 등을 고급 과학과정으로 구분된다. 따라서 예상과 추리는 유치원이나 초등학교 저학년에서는 가능하지 않은 능력으로 구분하였다. 이에 따르면, 관찰과 측정 등 기초 과학과정은 유치원부터 2학년 사이에서 시작하는 것이 가능하지만, 예상과 추리 등은 초등학교 3-4 학년부터, 그리고 변인 통제 등은 5학년부, 실험하기는 초등학교 6학년에 가서야 가능하다고 설명하였다. 예상이나 추리 능력을 초등학교 3-4학년 이하에서 실시하는 것이 불가능하지는 않지만, 이러한 경우에는 관찰과 추리나 예상 능력이 구분되기 어렵다고 지적하였다. 따라서 관찰과 구분된 추리나 예상 탐구능력은 3-4학년 이상에서야 비로소 가능하다고 보았다.

우리나라 유치원 제 5차 교육과정에서는 탐구 과정으로 관찰, 분류, 추리, 측정 등의 능력을 기르도록 제시하고 있다(교육부, 1992c). 그리고 초, 중등학교 과학 교육과정에서는 기초 탐구로 '관찰, 측정, 분류, 추리, 예상'을 구분하고, 통합 탐구로 '가설설정, 변인통제, 자료변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화'를 구분하였다. 이러한 구분을 보면 우리나라 과학교육과정은 조연순과 최경희(1999)나 미국의 국가수준 과학교육 기준(National Research Council, 1996)의 시각보다는 Ostlund (1992)이나 Martin 등(1997)의 시각을 반영한 것처럼 보인다. 즉 추리나 예상 능력을 관찰 능력을 요구하는 시기와 같은 시기에 요구하는 것이다. 또한 유치원부터 기초 탐구능력을 도입하고, 학년별로 꾸준히 제시하도록 하였다. 또한 통합 탐구의 경우에는 6학년부터 7학년 사이에 일부를 도입하고 8-9학년부부터 전반적인 내용을 제시하도록 하였다.

### III. 연구 방법

이 연구에서는 유치원 제 5차 교육과정에 맞게 개발된 교재들 중 가장 많이 사용하는 교재들 중 일부(김옥련과 임영단, 1997; 신은수 등, 1994; 심성경과 김영실, 1997; 이경우 등, 1999)와 제 6차 교육과정에 근거하여 개발된 초등학교 자연 교과서(교육부, 1998)와 중학교 과학 교과서 중 일부(강영희 등, 1994; 유규환 등, 1994)를 분석 대상으로 하였다. 교재들을 전부 선택하지 않고 일부만 선택한 이유는 모든 교재들과 교과서들이 교육과정에 근거하여 개발되었기 때문에 다루는 내용에 있어서 대동소이하여, 모든 교과서를 분석하는 것과 일부를 분석하는 것 사이에 차이가 없었기 때문이다.

유치원과 초등학교, 중학교 별로 물질의 상태 변화와 관련된 교재의 탐구 관련 내용을 학년과 단원명, 학습 목표, 주요 활동별로 추출하고, 여기에서 요구하는 탐구능력의 학년별 경향성과 탐구 요소별 전개의 양상 등을 기준으로 분석하였다. 분석 대상 학년 및 관련 활동을 정리하면 다음과 같다.

1. 유치원
  - 물그림 그리기
  - 빨래하기
  - 얼음빙수 활동
  - 눈을 이용한 여러 가지 놀이
2. 1학년
  - 2학기 5단원 겨울나기 중 얼음을 관찰하고 녹이기
3. 2학년
  - 1학기 6단원 소중한 공기 중 보이지 않는 공기
  - 2학기 4단원 물건사기 중 고체와 액체의 비교
  - 2학기 5단원 겨울 중 양달과 음달
  - 2학기 5단원 겨울 중 눈의 관찰
  - 2학기 5단원 겨울 중 단원정리
4. 3학년
  - 1학기 4단원 날씨 중 공기 중의 물기

유치원, 초등, 중등 과학 교재의 연계성을 위한 탐구능력 분석(물질의 상태 및 변화 개념을 중심으로)

· 2학기 3단원 여러 가지 물질 중 물의 증발

5. 4학년

- 2학기 4단원 열에 의한 물체의 변화 중 열과 물의 온도
- 2학기 4단원 열에 의한 물체의 변화 중 물 속에서 열 이동
- 2학기 4단원 열에 의한 물체의 변화 중 열에 의한 물의 변화

6. 5학년

- 1학기 3단원 날씨의 변화 중 공기 중의 물

7. 6학년

- 1학기 3단원 분자 중 물과 에탄올의 부피 변화
- 1학기 3단원 분자 중 액체의 증발과 분자운동
- 1학기 3단원 분자 중 물의 상태변화와 분자운동

8. 중학교 1학년

- Ⅲ. 물질의 특성과 분리 단위 중 물의 밀도
- Ⅲ. 물질의 특성과 분리 단위 중 녹는점, 어는점, 끓는점

9. 중학교 2학년

- Ⅲ. 대기와 물의 순환 단위 중 습도, 증발, 응결, 구름의 생성

이 연구에서는 교과서에서 다루는 모든 내용을 분석 대상으로 삼기 어렵기 때문에, 가능한 한 물질의 상태 변화에 관련된 내용을 중심으로 과학 교재의 연계성을 분석하였다. 따라서 일부 내용은 소재의 편협성 때문에 분석의 오류가 생길 수 있다고 판단되지만, 연구의 한계 때문에 모든 내용을 분석 대상으로 삼지 못하였다.

또한 이 연구에서는 가능한 한 교과서에 제시된 문장과 실험 내용을 통해 요구하는 탐구 능력을 분석하였다. 따라서 교과서에서 '관찰하여 보자'는 문장이 제시되어 있으면, 관찰 능력을 요구하는 것으로, '추리하여 보자'는 문장이 있으면 추리 능력으로, '실험

을 설계하여 보자'는 문장이 있으면 실험 설계 능력으로 분석하였다. 그러나 일부 실험의 내용에서는 이러한 명확한 용어가 사용되지 않았다. 따라서 이러한 경우에는 이 연구에 참여한 7인의 현장 교사 및 과학 교육학자들로 구성된 연구자들은 토론을 통해 최종적으로 견해의 합의점에 도달한 후에 분석 결과를 결정하였다. 이러한 연구자들의 판단 일치 정도로 신뢰도를 대신하였다.

분석 기준은 이론적 배경에 언급한 관련 문헌의 정의에 기초하였다. 이론적 배경에서 제시된 개념들 간에 일치하지 않은 경우에는 다양한 정의 중 일부를 연구자가 선택하였다. 예를 들어 관찰의 정의는 '각각 기관 중 일부를 이용하여 정보나 자료를 얻는 능력'으로 보았다. 그리고 이러한 정의의 타당성은 관련 참고 문헌들(김효남과 이영미, 1995; 한안진, 1987; 조연순과 최경희, 1999; 조희형과 박승재, 1994; Levenson, 1987; Watson, 1991; Rezba et al., 1995; Ostlund, 1992; Tolman & Hardy, 1999)에 근거하여 판단하였다. 추리의 정의는 '과거의 위치에서 얻어진 사건과 현상의 해석 또는 관찰'(김효남과 이영미, 1995; Gabel, 1993)이라고 보았다. 예상의 정의는 '미래에 일어날 현상에 관한 특수한 형태의 추리'(김효남과 이영미, 1995; Gabel, 1993; 조연순과 최경희, 1998; 한안진, 1987; AAAS, 1990; Rezba et al., 1995)로 보았다. 분류의 정의는 '관찰 결과의 공통점과 차이점, 상호관계 등을 확인하는 것'(AAAS, 1990; Ostlund, 1992; Rezba et al., 1995; Martin et al., 1997; 조희형과 박승재, 1995; 한광래, 1997)으로 보았다. 따라서 위계적으로 볼 때 관찰 능력을 획득한 후에 제시하는 것이 타당하다. 측정의 정의는 '양적 관찰 능력'(Gable, 1993; 조연순과 최경희, 1999)으로 보았다. 가설설정 능력의 정의는 '추리와 같이 단순한 능력이 아니라, 과학자들이 실험을 설계하기 전에 마음 속으로 가지는 답'(Watson, 1991)으로 보았다.

## IV. 연구 결과 및 논의

### 1. 유치원에서 요구하는 탐구능력 분석

물그림 그리기, 빨래하기, 얼음빙수 활동, 눈을 이용한 여러 가지 놀이 등의 활동을 통해 학생들은 주로 시각과 촉각을 이용한 관찰을 하도록 내용이 구성되어 있다.

그러나 그 외에 탐구 능력을 요구하는 것으로는 분석되지 않았다. 예를 들어 물이 수증기로 변하는 것에 대한 내용이나 열, 바람, 습도 등과 연결된 증발의 조건에 대한 내용이 포함되어 있으나, 이러한 내용이 학생들의 추리나 변인통제 능력 등을 요구하는 내용이라고는 판단하지 않았다.

## 2. 초등학교 1학년에서 요구하는 탐구능력 분석

‘얼음을 관찰하고 녹이기’ 활동에서 요구하는 탐구 능력은 유치원에서 요구하는 능력과 매우 유사하다. 즉 오감을 이용하여 고체인 얼음이 딱딱하다든지, 차갑다든지 하는 사실을 관찰하게 하고, 얼음이 물로 변화한다는 것을 관찰하게 한다. 열을 가해서 얼음을 녹이는 시합을 하게 하지만 유치원의 분석 결과와 마찬가지로 열과 같은 변인을 고려하는 변인통제 능력을 요구한다고는 판단하지 않았다.

따라서 유치원과 초등학교 1학년에서 요구하는 탐구 능력은 주로 관찰 능력으로 심화되지 않고 유사한 수준이라고 할 수 있다.

## 3. 초등학교 2학년에서 요구하는 탐구능력 분석

2학년 1학기 ‘소중한 공기’ 단원에서는 물을 이용하여 눈에 보이지 않는 공기의 존재를 확인한다. 이 때 주사기 속에서의 물의 움직임, 물에 담긴 고무풍선에서 나오는 거품, 컵을 물 속에 넣어 물이 들어가지 않는 상황을 관찰, 빨대를 이용하여 물 속에 공기를 불어넣기 등 다양한 관찰 활동을 한다. 공기를 다룰 때 물과 함께 탐구 활동을 하는 이유는 아마도 눈으로 관찰할 수 있는 물질을 통해 눈으로 관찰할 수 없는 물질의 존재를 추리해야 하기 때문일 것이다.

유치원과 초등학교 1학년에서 관찰 능력이 제시되었으므로, 2학년에서 가능하다고 주장한 Inbody

(1963)나 Martin 등(1997)에 따르면 이 학년에서 추리능력을 요구하는 것은 타당할 수 있다. 그러나 조연순과 최경희(1999)나 미국의 국가수준 과학교육 기준(National Research Council, 1996)에 따르면 추리 능력이 초등학교 2학년에는 적절하지 못하다.

이 탐구 능력은 분석하기에 따라 추리보다는 가설 설정 능력으로 볼 수도 있다. 가설 설정은 특수한 형태의 예상이나 추리 능력으로 볼 수 있고 실험을 통해 확인한다는 점 때문에(Peter, 1986; Martin, et al., 1997; 조연순과 최경희, 1999) 이러한 해석도 가능하다. 직접적인 관찰을 통해 과거에 어떠한 일이 일어났었는지를 추리한다기 보다는, 눈에 보이지 않는 공기를 물이라는 매개체를 이용하여 그 존재를 검증하기 때문이다. 따라서 검증된 실험 결과로부터 관찰된 상황(컵 속의 종이 배가 물 속에서 젖지 않는다거나 주사기의 피스톤이 뒤로 밀린다 등)을 공기라는 물질의 존재로 설명하는 시도로 해석할 수 있다.

과학적으로 볼 때에도 18세기 이전에는 공기나 기체가 물질이라는 개념이 과학자들 사이에서 조차 형성되지 못하였음을 알 수 있다. 다양한 기체의 성질이 확인되고, 눈에 보이지 않는 물질을 입자론으로 이해하기 시작하면서 공기의 존재와 여러 기체들의 존재가 이해되기 시작하였다는 점을 고려할 필요가 있다.

특히 초등학교 2학년 학생들은 대부분 전조작기나 구체적 조작기에 해당하기 때문에 눈에 보이지 않지만 존재할 수 있다는 생각을 하기 어려운 단계라고 해석할 수 있다. 이러한 점을 고려하여 볼 때, 단순히 주어진 현상을 관찰함으로써 눈에 보이지 않는 공기의 존재를 추리한다는 것은 아동들의 추리 능력을 넘어선다는 점에서 초등학교 2학년에서 이러한 내용을 다루는 것은 타당하지 않다고 본다.

2학년은 2학기 ‘고체와 액체의 비교’에서는 분류 능력을 요구한다. 여기서 요구하는 분류 능력은 과학자들의 분류틀인 액체와 고체를 이해하고, 이를 기준으로 관찰한 물질을 분류하는 것이다. 이 때 분류는 답은 그릇에 따른 변화 유무를 확인하는 이원분류의 형태를 취한다. 유치원과 초등학교 1학년에서 주로 관찰 능력에 관련된 내용이 제시되었으므로, 2학년에서



가장 단순한 형태의 분류를 시도한 것은 타당하다고 볼 수 있다.

그러나 그 외의 '양달과 응달', '눈의 관찰', '단원 정리' 등의 차시에서는 관찰 능력만을 요구한다. 고체와 액체의 관찰, 양달과 응달에서 물과 얼음의 변화 관찰, 눈과 얼음의 변화 관찰 등의 내용은 소개 면에서도 유치원이나 초등학교 1학년과 크게 다르지 않다. 양달과 응달이라는 조건의 변인을 인식하는 수준을 변인통제 능력으로 해석하기에는 다소 무리가 따르기 때문이다. 열을 가해서 얼음을 녹이는 방법도 유치원이나 초등학교 1학년의 수준과 동일하다.

따라서 초등학교 2학년에서 제시된 관찰 능력은 유치원과 초등학교 1학년 교재의 탐구 내용을 보다 심화하거나 확장하지 못하였고, 처음으로 제시된 추리 혹은 가설 설정 능력은 내용의 수준이 너무 높기 때문에 연계성 측면에서 볼 때 적절하지 못하다고 할 수 있다.

#### 4. 초등학교 3학년에서 요구하는 탐구능력 분석

초등학교 3학년 날씨 단원 중에서 간유리판의 물기가 증발하는 현상과 얼음물이 든 비커 표면에 물방울이 맺히는 현상을 관찰하고 이를 통하여 공기 중의 물기가 있다는 것을 추리하도록 요구한다.

이론적 배경에 의하면 추리는 관찰한 것에 대한 가능한 논리적 설명 혹은 가정이나 해석이다(한안진, 1987; Rezba et al., 1995; Martin et al., 1997; Watson, 1991; Tolman & Hardy, 1999; AAAS, 1990). 그리고 관찰 사실로부터 논리적인 설명을 하기 위해서는 이 경우에 우선적으로 액체인 물이 사라지지 않고 보존된다는 보존 논리와, 기체 상태에 대한 개념, 물이 다른 상태로 변화할 수 있다는 물질의 상태 변화에 대한 개념, 그리고 얼음과 같은 낮은 온도의 물체에 닿으면 공기 중의 물기가 눈으로 관찰 가능한 물로 상태 변화할 수 있다는 사실 등을 알고 있어야 한다. 즉, 보존 논리와 상태 변화, 상태 변화와 온도와의 관련성에 대한 개념이 선행되어야 이러한 추리가 가능하다. 그러나 3학년까지 이러한 내용은 다루어지지 않았다.

따라서 학생들이 주어진 관찰 사실로부터 자발적으로 공기 중의 물기를 추리하는 것은 매우 높은 수준이라고 할 수 있다. 이러한 점에 비추어 볼 때, 조연순과 최경희(1999)나 미국의 국가수준 과학교육 기준(National Research Council, 1996)에서 분류한 고급 과학과정의 추리로 이 내용을 분류할 수 있을 것이다. 따라서 이러한 내용이 초등학교 3학년에 제시된 것은 적절하다고 볼 수 없다. 그러나 초등학교 2학년의 '소중한 공기' 단원의 내용과의 연결을 고려할 때에는 추리 능력의 연계성이 있다고도 말할 수 있다.

여러 가지 물질 단원 중 '물의 증발'에서는 실험을 통해 관찰하기 전에 여러 가지 액체의 증발 속도가 어떨지 예상하도록 요구한다. 그러나 이러한 예상은 관찰 활동이 이루어지기 이전에 요구되는 능력이어서, 학생들이 학교 교육과정 이외의 일상 경험을 통해 액체의 증발 속도의 비교를 미리 해 보지 않았다면, 이 때 학생들이 할 수 있는 활동은 단순한 짐작에 불과할 것이다. 이론적 배경에서도 살펴보았듯이 대다수의 연구에서는 관찰을 토대로 하지 않은 예상은 탐구능력으로 보지 않는다. 내삽이나 외삽의 가능성(National Research Council, 1996; Gabel, 1993)이 포함되지 못하기 때문이다. 이러한 점에 비추어 볼 때, 이 학년에서 요구하는 내용이 예상 능력이라고 할 수 있는지에 대해서는 논란의 여지가 있다.

#### 5. 초등학교 4학년에서 요구하는 탐구능력 분석

4학년에서는 2학기 열과 물체의 변화 단원에서 물의 온도를 측정하고, 가열하거나 냉각하면서 온도의 변화를 측정하며, 이를 표나 그래프로 나타내는 자료 처리 능력, 이를 해석하는 자료 해석 능력 등을 요구한다. 또한 따뜻한 물과 찬물을 섞으면 물의 온도가 몇 °C로 될지 예상하게 한다. 그리고 물을 가열하면서 물의 높이가 변화하는 것을 관찰하도록 한다. 이로부터 온도계의 기둥이 오르내리는 이유를 추리하도록 한다. 물에 톱밥을 넣고 가열하면서 톱밥의 움직임으로부터 물의 움직임을 추리하도록 요구하는 내용도 있다. 그리고 물을 메스실린더를 이용하여 측정하

는 능력도 요구한다. 즉 이 학년에서는 관찰, 온도계를 이용한 측정, 메스실린더를 이용한 측정, 자료처리 및 해석, 추리 능력 등을 요구한다.

Rezba 등(1995), Ostlund (1992), 조희형과 박승재(1994), 한광래(1997) 등이 통합 탐구능력 혹은 고급 탐구능력으로 분류한 자료처리, 자료 해석 능력은 이 학년에서 처음으로 제시되었다. 이 때 가로축은 시간이라는 변인을, 그리고 세로축에는 온도라는 변인을 사용하여 그래프로 그려보고, 표와 비교함으로써 그래프가 경향성을 파악하는 자료해석에 더 편리한 도구임을 인식하도록 요구한다. 조연순과 최경희(1999)에 따르면 변인을 인식하는 능력은 초등학교 5학년에서 적절하다고 하였다. 이러한 점에 비추어 볼 때 자료처리 탐구능력을 제시하는 학년의 조정이 필요한지에 대해 아동들을 대상으로 한 구체적인 조사 연구가 뒤따라야 할 것으로 본다.

물을 가열할 때 변하는 물기둥의 높이를 관찰함으로써 온도계의 내부 액체 기둥이 오르내리는 현상을 추리하는 내용과 물에 톱밥을 넣고 톱밥의 움직임으로부터 물의 움직임을 추리하는 내용은 앞서 초등학교 2학년과 3학년에서 요구한 추리, 즉 직접적인 관찰이 가능하지 않은 기체에 관련된 추리와 비교해 볼 때 오히려 낮은 수준으로 볼 수 있다. 다루는 내용이 직접적인 관찰이 가능한 액체 물질에 관련된 추리이기 때문이다. 따라서 이러한 추리 능력은 전 학년과의 연계가 적절하지 않은 것으로 볼 수 있다.

실험 중에는 물을 가열하면서 비닐 주머니로 막고 비닐의 변화를 관찰한 후 변하는 까닭을 생각하게 하는 내용이 있다. 여기서는 물을 가열하여 비닐의 크기가 커지는 것을 관찰함으로써 물이 기체로 상태 변화할 때 부피가 증가함을 추리하도록 요구한다.

그러나 이를 위해서는 비닐 속에 다시 응결된 물을 관찰하는 것이 우선되어야 한다. 이러한 관찰을 통해 물이 비닐의 부피 변화에 영향을 미친 것임을 추리하고, 이를 토대로 물이 비닐로 이동하였음을 다시 추리하여야 한다. 그렇지 않으면 열에 의한 공기의 팽창인지, 물의 상태 변화에 의한 것인지 추리하기 어려울 것이다. 특히 아직까지 상태 변화와 기체의 개념이 제대로 형성되어 있지 않은 학년이고 열에 의한

물질의 팽창을 배우는 단원이기 때문에 공기의 팽창으로 추리할 가능성이 크다. 따라서 이 내용은 추리의 전 단계로서 필요한 관찰 내용의 부족으로 인해 탐구가 올바르게 이루어지기 어려운 내용이라고 할 수 있다.

## 6. 초등학교 5학년에서 요구하는 탐구능력 분석

5학년에서는 1학기 날씨의 변화 단원 중 '공기 중의 물'에서 물이 증발하는 속도에 영향을 주는 변인으로 기온, 바람을 제시하고, 이러한 변인이 물의 증발 속도에 어떠한 영향을 미치는지 생각해 보도록 한다. 이 내용은 Peter (1986), Martin 등(1997), 조연순과 최경희(1999), Bailer 등(1995), Rezba 등(1995) 등이 주장한 가설 설정 능력으로 볼 수 있는데, 변인을 고려하고 구체적인 실험으로 그 결과를 확인하는 과정이 뒤따르기 때문이다.

그리고 가설에 따라 실험을 설계해 수행하는 실험 설계 능력을 요구한다. 공기의 습한 정도를 습도계로 측정하는 능력과 관찰한 자료를 해석하는 능력도 요구한다.

안개와 이슬이 생기는 까닭을 알아보는 실험에서는 주어진 대로 실험을 수행한 후에 단순히 변화를 관찰하는 관찰 능력만을 요구한다. 이 때 따뜻한 물이 담긴 컵 위에 얼음을 놓고 유리컵 안의 변화를 관찰하는 내용과 얼음물이 담긴 유리컵 표면에 맺힌 물방울을 관찰하는 내용이 제시된다. 이러한 관찰 사실로부터 아침에 생기는 이슬의 생성 과정을 추리해 내도록 요구한다. 이 실험에서 가장 큰 문제점으로 지적할 수 있는 부분은 바로 얼음물이 담긴 유리컵 표면에 생긴 물을 관찰함으로써 눈에 보이지 않는 공기 중의 물기 혹은 수증기가 눈으로 관찰할 수 있는 상태로 변화하였음을 추리하는 단계이다.

동일한 내용의 실험이 초등학교 3학년에도 제시되는데, 이 때 요구하는 내용은 이러한 실험 결과로부터 공기 중의 물기의 존재를 추리하는 것이기 때문이다. 이 연구에서는 이러한 추리가 논리적으로 가능하기 위해서는 보존 논리가 형성되어야 하고, 물과 수증기의 상태 변화, 이러한 상태 변화와 온도와의 관

련성에 대한 개념이 학습자에게 이미 형성되어 있어야 한다고 지적하였다.

이러한 전제 조건 하에 초등학교 3학년 얼음물 컵 실험에서 공기 중의 물기를 추리하였다면, 초등학교 5학년에서는 이미 상태 변화, 상태 변화와 온도 개념이 형성되어 있다고 보아야 한다. 그런데 초등학교 3학년에서 이미 형성되어 있을 것이라고 가정한 상태 변화와 온도와의 관련성을 초등학교 5학년에서 동일한 실험으로부터 새삼스럽게 추리해 내도록 실험 내용을 구성하는 것은 논리적인 모순을 가진다고 할 수 있다. 이 연구에서는 학생들의 인지 수준과 탐구능력 등을 고려하여 볼 때, 초등학교 5학년보다는 초등학교 3학년에서 요구하는 추리 능력의 문제점으로 보는 것이 더 타당하다고 생각한다.

#### 7. 초등학교 6학년에서 요구하는 탐구능력 분석

분자 단원 중 '물과 에탄올의 부피 변화'에서는 물과 알코올을 메스실린더를 이용하여 같은 부피만큼 섞고 부피의 합이 어떻게 되는지 관찰함으로써 부피의 변화 원인인 입자 개념을 도출하도록 요구한다.

또한 '액체의 증발과 분자운동'에서는 증발이 쉽게 되는 알코올을 이용하여 증발 현상이 일어날 때 무게도 가벼워지는 것을 관찰하고, 이를 통해 알코올의 증발 현상을 분자 운동과 관련지어 생각해 보도록 요구한다. 이 단원에서 요구하는 능력은 몇 가지 현상의 관찰을 통해 초등학교 수준의 학생들이 쉽게 할 수 있는 단순한 수준의 추리나 예상 능력으로 보기보다는, Watson (1991)의 주장대로 과학자들이 다양하고 많은 관찰과 상황을 설명하기 위하여 모든 유용한 정보를 고려한 후에 형성하는 가설 설정 능력이라고 보는 것이 더 타당하다고 생각한다. 과학사적으로 볼 때에도 돌턴이 공기의 분압 현상을 설명하기 위한 도구로 입자론을 처음 도입하기 전까지는 많은 과학자들이 증발이나 응결과 같은 단순한 상태변화의 관찰 사실로부터 이러한 사고를 도출하지 못하였기 때문이다.

물의 상태와 상태 변화에서 가설 설정 능력은 초등학교 5학년에서 기온과 바람 변인이 물의 증발하는

속도에 미치는 영향을 알아보는 내용에서 처음으로 요구하는 것으로 이 연구에서는 분석하였다. 분자 운동으로 액체의 증발을 설명하는 초등학교 6학년 실험 내용은 단순히 변인과의 관계를 파악하는 초등학교 5학년의 탐구능력 수준 보다 높은 가설 설정 능력을 요구한다고 볼 수 있다.

이 외에 이 학년에서는 저울을 사용한 측정 능력, 메스실린더를 사용하는 측정 능력, 관찰 능력 등을 요구한다.

#### 8. 중학교 1학년에서 요구하는 탐구능력 분석

'물의 밀도' 단원에서는 메스실린더를 이용한 양적 부피 측정 능력과 저울을 사용한 질량 측정 능력을 요구한다. 그리고 얻은 자료를 주어진 방법으로 처리하여 결과를 해석하도록 요구한다.

'녹는점, 어는점, 끓는점' 단원에서는 온도계를 사용한 측정 능력과 자료를 그래프로 처리하는 능력, 자료 해석 능력 등을 요구한다. 그러나 두 내용에서 모두 초등학교 5학년에서 처음으로 제시되었던 실험 설계 능력이나 변인을 고려한 가설 설정 능력 등은 요구하지 않는다.

중학교 실험 내용의 특징은 초등학교 교재의 내용에 비해 실험 과정이 매우 자세히 제시되어 있어서 서로 다르게 실험을 구상해 볼 기회를 거의 제공하지 않는다는 점이다. 따라서 스스로 실험을 설계해 보는 능력이 오히려 상실될 가능성이 있다고 할 수 있다.

#### 9. 중학교 2학년에서 요구하는 탐구능력 분석

'습도, 증발, 응결, 구름의 생성' 단원에서는 습구 온도계와 건구 온도계의 온도를 측정하고, 온도의 차이가 나는 이유를 추리하도록 요구한다. 그리고 이들의 차이로부터 현재의 습도를 계산하는 자료 처리 능력과 해석 능력도 요구한다. 기온과 습도의 관계를 그래프로 제시하고 이러한 자료를 해석하는 능력도 요구한다. 구름 발생 실험에서는 주어진 실험 장치대로 실험을 수행하고, 플라스크 내부의 변화를 관찰하고 온도계의 온도 변화를 측정하는 능력을 요구한다.

그리고 플라스크 내부에 넣은 향의 연기가 어떠한 역할을 하는지 추리해 보도록 요구한다.

물이 증발하면서 열을 빼앗아 가기 때문에 습구 온도계의 온도가 내려가는 현상은 이미 초등학교 5학년에서 다루었기 때문에, 이 단원에서는 이러한 내용을 기억하고 이로부터 현재의 현상을 이해하는 것이기 때문에 단순한 수준의 추리 능력을 요구하는 것이라고 판단하였다.

#### 10. 학년별 탐구능력 분포 경향성

학년별로 교재에 나타난 탐구능력의 분포는 표 1과 같다.

표 1과 같이, 물의 상태와 상태 변화와 관련된 과학 교재 내용을 중심으로 볼 때, 모든 학년에서 예상, 분류, 가설설정, 실험 설계 등의 탐구능력은 매우 부족한 것으로 나타났다 특히 예상과 분류 능력은 초등학교 저학년에서 한번씩 나타나고 그 이상의 학년에서는 거의 요구하지 않았다. 그리고 가설설정과 실험 설계 능력은 초등학교 고학년에서 한번씩 나타나고 더 이상 나타나지 않았다. 또한 측정 능력은 이론적으로 초등학교 저학년부터 가질 수 있음에도 불구하고, 고학년 이상에서만 제시되었다.

#### IV. 요약, 결론 및 제언

이 연구에서는 물질의 상태와 상태 변화를 중심으로 유치원, 초등, 중등 과학 교재의 탐구능력 전개 과정의 연계성을 고찰해 보고자 하였다. 이를 위하여 유치원 제 5차 교육과정 교재들과 제 6차 교육과정에 근거한 초등학교 자연 교과서와 중학교 과학 교과서를 분석하였다. 분석 결과, 유아, 초등, 중등 과학 교육과정의 연계성 측면에서 볼 때 다음과 같은 특징이 나타났다.

유치원과 초등학교 1학년에서는 주로 관찰에 관련된 탐구능력을 요구하였다. 초등학교 2학년에서는 가설 설정에 버금갈 만큼 높은 수준의 추리 능력과 고체와 액체 상태에 대한 분류 능력 등을 관찰 능력과 더불어 요구하는 수준으로 심화되었다. 이러한 추리 능력이 초등학교 2학년에서 가능한지에 대한 실험 조사 연구는 앞으로 필요하다고 본다.

초등학교 3학년에서도 여러 가지 과학적 관찰 사실들과 이에 대한 이해를 토대로 형성할 수 있는 높은 수준의 추리 능력과 관찰 활동에 기초하지 않은 단순한 짐작 수준의 예상 능력을 요구한다. 추리 능력의 경우에는 초등학교 2학년 때 처음부터 높은 수준을 요구하였기 때문에 초등학교 2학년과 3학년간에는 요구하는 능력에 연계가 있다고 볼 수도 있다. 그러나

표 1. 유치원부터 중학교 2학년까지 과학 교재의 '물질의 상태 및 상태변화' 관련 단원에 나타난 탐구능력 분석

학년 탐구능력	학년									
	K	1	2	3	4	5	6	7	8	
관찰	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
추리			○	○	○	○				○
예상				○						
분류			○							
측정						○	○	○	○	○
가설 설정							○	○		
실험 설계							○			
그래프 그리기						○			○	○
데이터 해석						○	○		○	○

학생들의 능력을 고려해 볼 때 이러한 추리 능력의 요구는 부적절한 것이라고 판단된다. 이러한 판단은 앞으로 후속 연구에 의해 검증될 필요가 있을 것이다.

초등학교 4학년에서는 처음으로 측정 능력을 요구하며, 그 외에도 그래프와 같은 자료 처리 능력, 자료 해석 능력 등 통합탐구에 해당하는 능력들을 처음으로 요구한다. 측정 능력은 대부분의 연구자들이 기초 탐구능력으로 구분하였기 때문에 초등학교 저학년부터 시작할 수 있음에도 불구하고 매우 늦은 학년에서 처음 제시되었다는 문제점이 있으며, 통합 탐구능력의 경우에는 초등학교 4학년에서 처음 제시하는 것이 적절한지에 대해 연구자들의 견해가 다르기 때문에 이에 대한 실험 조사 연구가 뒤따라야 할 필요가 있다고 본다.

그 외에도 초등학교 4학년에서는 물의 움직임은 톱밥의 움직임으로부터 추리하는 내용이 제시되는데, 이러한 내용은 초등학교 2학년에서 물의 움직임으로 눈에 보이지 않는 공기의 이동을 추리하는 내용이나, 초등학교 3학년에서 물의 생성으로부터 공기 중의 물기를 추리하는 수준보다 오히려 낮은 수준의 추리라고 보여진다. 이러한 내용들에서 요구하는 추리 능력의 수준이 어느 학년에 가장 적절한 것인지에 대한 논의는 후속 연구에 따라 이루어질 수 있을 것이다. 초등학교 4학년에서 요구하는 추리의 내용 중에서는 필요한 관찰이 결여된 상태로 추리만을 요구하는 내용도 있어서 추리는 타당한 관찰 위에 성립한다는 면에서 볼 때 부적절한 부분도 분석되었다.

초등학교 5학년에서는 처음으로 가설 설정 능력과 실험 설계 능력 등 새로운 통합 탐구능력이 제시된다. 그 외에도 초등학교 3학년에서 요구하는 추리 능력과 동일하거나 그보다 낮은 수준의 추리 능력을 요구하는 것으로 분석되었다. 그리고 초등학교 6학년에서는 초등학교 5학년보다 더 높은 수준의 가설 설정 능력을 요구한다는 특징이 분석되었다.

중학교와 초등학교의 가장 큰 차이점은 제시된 실험 과정의 정밀성에 있다고 보았다. 특히 정성적인 자료보다는 정량적인 자료의 수집과 이러한 자료를 그래프 등의 형태로 처리하는 능력, 그리고 자료를

해석하는 능력 등이 크게 강조되지만, 실험을 설계하거나 가설을 설정하는 능력 등은 오히려 나타나지 않았다. 학생들의 연령이 증가하면서 탐구능력도 향상된다(김후식, 1993)고 볼 때 이러한 교재 구성의 특징은 문제점으로 지적할 수 있다.

앞으로 이러한 분석 결과들을 토대로 학생들을 대상으로 한 실험 조사 연구가 뒤따라야 하며, 물의 상태와 상태 변화 이외의 내용에 대한 분석도 필요하다. 또한, 이러한 연구 결과들이 이후에 개발될 과학 교재에 반영되어야 할 것이다.

## 적 요

이 연구에서는 물의 상태와 상태 변화를 중심으로 유치원, 초등, 중등 과학 교재의 탐구능력 전개 과정의 연계성을 고찰해 보고자 하였다. 이를 위하여 유치원 제 5차 교육과정 교재들과 제 6차 교육과정에 근거한 초등학교 자연 교과서와 중학교 과학 교과서를 분석하였다.

분석 결과, 유아, 초등, 중등 과학 교육과정의 연계성 측면에서 볼 때, 모든 학년에서 예상, 분류, 가설설정, 실험 설계 등의 탐구능력이 부족한 것으로 나타났다. 또한 측정 능력은 이론적으로 초등학교 저학년 부터 가질 수 있음에도 불구하고, 고학년 이상에서만 제시되었다.

## 참 고 문 헌

- 강순자, 김영주 (1988). 초·중·고등학교 생물교과서 분석 및 연계성에 대한 연구. *한국생물교육학회지*, 16(2), 1-38.
- 강순희, 김대영 (1990). 중등학교 과학교과서의 화학 영역에 관한 연계성 분석(제2보). *화학교육*, 17(2), 106-129.
- 강영희, 조완규, 권숙일, 나일성, 소현수, 조희구, 이민호, 윤길수, 하효명, 서평용, 김종권, 이영만, 목창수 (1994). *중학교 과학(1, 2)*. 동아출판사.
- 교육부 (1992a). *국민학교 교육과정 해설*, 교육부 고시 제 1992-16호, 대한교과서주식회사.

- 교육부 (1992b). 중학교 과학과 교육과정 해설, 교육부 고시 제 1992-11호. 대한교과서주식회사.
- 교육부 (1992c). 유치원 교육과정 해설, 교육부 고시 제 1992-15호. 대한교과서주식회사.
- 교육부 (1998a). 과학과 교육과정, 교육부 고시 제 1997-15호. 대한교과서주식회사.
- 교육부 (1998b). 슬기로운 생활(1, 2학년), 자연(3, 4, 5, 6학년). 국정교과서주식회사:충남.
- 김영은 (1991). 초·중·고등학교 과학교과서의 물리 내용 연계성에 관한 연구. 공주대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 김옥련, 임영단 (1997). 유아교육과정론. 교육과학사.
- 김주훈, 이양락 (1984). 국민학교 자연과 평가의 원리와 실제. 한국교육개발원 연구보고.
- 김효남, 이영미 (1995). 한국과 일본 5학년 과학 교과서 내용 분석. 한국과학교육학회지, 15(4), 452-458.
- 김후식 (1993). 국민학생의 과학 탐구능력 조사. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 박종원, 김익균 (1990). 과학적 관찰의 의미와 탐구과정에서 학생들의 관찰 행동 분석. 한국과학교육학회지, 19(3), 487-500.
- 박종운, 김성희 (1983). 초·중·고 과학교과서의 화학영역에 관한 연계성 분석(제1보). 화학교육, 15(2), 137-149.
- 신은수, 안경숙, 유윤영, 김은정 (1994). 유아과학교육. 양서원.
- 심성경, 김영실 (1997). 통합적 유아교육과정. 다음세대.
- 우규환, 홍종배, 안태인, 권병두, 진황은, 손영진, 이평윤, 전성용 (1994). 중학교 과학(1, 2). 천재교육(주): 서울.
- 유영근 (1991). 초·중·고등학교 지구과학 실험의 연계성 분석: 지질 분야를 중심으로. 공주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 윤명임 (1994). 유치원과 국민학교 1학년 교육과정의 연계성에 관한 연구. 강원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이경우, 조부경, 김정준 (1999). 구성주의 이론에 기초한 유아과학교육. 양서원.
- 이연우, 우종옥 (1991). 과학 탐구능력 측정을 위한 표준화 검사지 개발. 한국과학교육학회지, 11(1), 59-72.
- 장남기, 임영득, 강호감, 김영수, 김희백 (1987). 탐구과학교육론. 교육과학사.
- 정완호, 김영애 (1991). 초·중·고등학교 생물 영역에서 공통실험 내용의 연계성에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 19(1), 11-26.
- 정완호, 최돈희 (1993). 초·중·고등학교 생물 용어의 연계성 비교분석. 한국생물교육학회지, 21(1), 71-78.
- 조연순, 최경희 (1999). 자율성과 사고력을 키워주는 초등과학교육방법. 이화여자대학교 출판부. (원전: Howe, A. C. & Jones, L. (1993). Engaging Children in Science. Macmillan Publishing Company.)
- 조희형, 박승재 (1994). 과학론과 과학교육. 교육과학사.
- 진수경 (1987). 초·중등 천문 교육 내용간의 연계성 고찰. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- 한광래 (1997). 초등학교 과학탐구력 측정을 위한 실재평가 도구 개발. 광주교육대학교 연구보고서.
- 한안진 (1987). 현대 탐구과학교육. 교육과학사.
- 한유화 (1998). 초등학교와 중학교 과학 교과서의 연계성과 중학생들의 과학 개념에 대한 인식 분석: 화학 영역을 중심으로. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- AAAS (1990). Science - A Process Approach II. Delta Education, Inc.
- Bailer, J., Ramig, J. E., & Ramsey, J. M. (1995). Teaching Science Process Skills. Morristown, NJ: Good Apple.
- Gabel, D. L. (1993). Introductory Science Skills, 2nd ed. Waveland Press, Inc.
- Inbody, D. (1963). Children's understandings of natural phenomena. Science Education, 47(3), 270-278.
- Lawson, A. E. (1995). Science teaching and the development of thinking. Belmont, CA:

유치원, 초등, 중등 과학 교재의 연계성을 위한 탐구능력 분석(물질의 상태 및 변화 개념을 중심으로)

- Wadsworth, Inc.
- Levenson, E. (1987). *Teaching Children about Science*. Prentice Hall Press.
- Martin, R., Sexton, C., Wagner, K., & Gerlovich, J. (1997). *Teaching Science for All Children*, 2nd ed. Allyn and Bacon.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*, National Academy Press: Washington, DC.
- Ostlund, K. L. (1992). *Science Process Skills: Assessing Hands-On Student Performance*. Addison-Wesley.
- Padilla, M. J. & Mckenzie, D. L. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS). *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 571-579.
- Peter, S. (1986). *Warwick Process Science*. Ashford Press.
- Rezba, R. J., Sprague, C. S., Fiel, R. L., Funk, H. J., Okey, J. R., & Jaus, H. H. (1995). *Learning and Assessing Science Process Skills*. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Tolman, M. N. & Hardy, G. R. (1999). *Discovering Elementary Science*, 2nd ed. Allyn & Bacon.
- Watson, C. (1991). *Process Science in Action*. Shortrun Books.