

# 우리나라 3-10학년 과학 교과서에 나타난 기초탐구과정 분석: 관찰 및 측정 탐구요소를 중심으로

이봉우 · 박보화 · 김희경<sup>1</sup>

단국대학교 · <sup>1</sup>강원대학교

## Analyses of the Basic Inquiry Process in Korean 3-10 Grade Science Textbooks: Focused on Observation and Measurement

Lee, Bongwoo · Park, Bohwa · Kim, Heekyong<sup>1</sup>

Dankook University · <sup>1</sup>Kangwon National University

**Abstract:** The purpose of this study was to examine the characteristics of observation and measurement inquiry process in the Korean science textbooks. For the inquiry process of observation, the higher grade textbooks contained more ‘comparative observation’ rather than ‘simple observation’. Students should express their observation results in written words rather than verbal descriptions in the higher grade. For the inquiry process of measurement, the temperature measurement was the most frequent measurement activity. ‘Measurement design’ was found more frequently in the lower grade textbooks. The uses of measurement tools were not presented systematically and were presented restrictively when the relevant experiment wanted to use these tools. The higher grade textbooks include ‘quantitative measurements’ rather than ‘qualitative measurements’ and ‘operation measurement’ rather than ‘simple measurement’. In the application of measurement results, we had difficulty in finding the activities related with the usage of unit, unit conversion, significant figure, error and uncertainty.

Key words: basic inquiry process, science textbook, observation, measurement

### I. 서론

오래전부터 과학학습에서 탐구는 다른 교과와 과학을 구분하는 가장 특징적인 것으로 받아들여지고 있다. 과학적 탐구란 관찰하고, 측정하고, 문제의 해결책을 찾고, 자료를 해석하고, 일반화하고, 이론적 모형을 세워 검증하고, 수정하는 등의 활동이다(Welch, 1981). 또한 과학적 탐구란 과학자들이 자연 세계를 연구하고 자신들의 활동을 통해 얻어진 증거를 토대로 설명을 제안하는 다양한 방법을 뜻하며, 자연 세계에 대한 과학자들의 연구 방법을 이해하고 과학적인 아이디어에 대한 지식과 이해를 증진시키기 위한 학생들의 활동을 의미한다(National Research Council, 1996, 2000). 탐구활동을 통하여 학생들은 과학적 개념은 물론 과학의 본성을 이해할뿐더러 과학에 대한 긍정적인 자세를 갖출 수도 있다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998). 그런 까

닭에 미국의 과학교육 개혁(American Association for the Advancement of Science, 1994; National Research Council, 1996, 2000)에서도 과학적 탐구를 통하여 과학의 본성에 대한 학습을 할 수 있도록 교육 환경을 설계하도록 권장하고 있으며, 우리나라의 교육과정에서도 과학에서 탐구능력의 신장을 과학지식의 습득과 긍정적인 과학적 태도의 함양과 함께 중요한 항목으로 제시하고 있다(교육부, 1997).

그러나 실험활동에 대한 여러 연구들(Hodson, 1998; Wellington, 1998)에 따르면, 학교에서 수행되고 있는 실험활동은 종종 학생들에게 의미 있는 학습을 제공하지 못하고 오히려 과학에 대한 왜곡된 관점을 조장하고 있다는 비판도 있다. 학교에서 수행되는 전통적인 실험에서 가장 많이 이루어지고 있는 형태는 확인실험으로 과학 개념이나 법칙을 학습한 후 그에 대한 구체적인 경험을 얻기 위한 실험이다. 그러나 확인실험에서

\*교신저자: 이봉우(peaklee@dreamwiz.com)

\*\*2007.04.10(접수) 2007.05.16(1심통과) 2007.07.13(2심통과) 2007.07.24(최종통과)

학생들은 교사와 교과서의 지시에 일방적으로 따르며, 왜 그런 활동을 수행하고 있는지 진지하게 생각하지 못하고 있다는 비판이 많이 제기되고 있다. 이러한 문제점들은 많은 연구(Bell *et al.*, 2003; Germann *et al.*, 1996; Tamir & Lunetta, 1981)에서 제시되고 있다. 펜너와 클라흐(Penner & Klahr, 1996)는 학생들이 실험적인 측면과 지적인 측면을 결합하는 과정으로써 탐구를 바라보지 못하고 있다고 지적하고 있다.

이봉우(2005)는 미국, 영국, 호주, 캐나다, 뉴질랜드 등 여러 나라의 교육과정에 제시된 탐구 기준들을 분석하여 제시하면서 우리나라의 과학교육과정에는 탐구에 대한 중요성만 언급되어 있고 그 세부기준이 없다고 지적하였다. 그러나 우리나라의 과학교육과정에 명시되어 있지 않다고 해서 학교 현장에서 탐구교육이 전혀 이루어지지 않는다고 볼 수는 없다. 이 연구는 우리나라 교육현장에서 이루어지는 탐구활동의 모습을 교과서 속에서 찾아보려는 것이다. 그 첫 번째 연구로 기초탐구과정이 교과서 속에서 어떻게 제시되고 있는지 분석하였다. SAPA(American Association for the Advancement of Science, 1965)에서는 단순탐구능력으로 관찰, 분류, 시공간 관계사용, 의사소통, 수사용, 측정, 예상, 추리의 8가지를 제시하였고, 우리나라의 제7차 교육과정에서는 기초탐구과정으로 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리의 5가지를 제시하였다. 기초탐구과정은 탐구의 가장 기초적이고 초보적인 탐구요소로 탐구과정의 바탕을 이루며, 3학년부터 10학년까지 여러 과학 학습활동에서 모두 강조해야 한다고 제시하면서 특히 초등학교와 중학년 과정에서 중점적으로 지도하는 것이 바람직하다고 하였다.

기초탐구과정 중에서는 특히 관찰과 측정 탐구요소가 많이 강조되고 있다. 관찰은 과학적 탐구의 출발점으로 인식되어 왔다. 관찰은 과학적 개념의 변화에까지 영향을 미치는 중요한 부분으로 받아들여 왔으며(Malcolm, 1987), 기초탐구과정 중에서 가장 첫 번째로 언급되는 탐구요소로 탐구의 가장 기초적인 요소로 간주되고 있다. 또한 측정은 탐구활동에서 가장 대표적인 실험활동에서 빈번하게 이루어지는 요소로 국내외의 여러 연구자들(서정아, 2002; 이재봉, 이성목, 2006; Buffer *et al.*, 2001, Lubben *et al.*, 2001)도 탐구에 대한 연구로 측정 탐구요소를 대상으로 연구를 진행하였다.

본 연구의 목적은 기초탐구과정 중에서 관찰과 측정 탐구요소에 초점을 맞추어 분석틀을 개발하여 과학교과서를 분석하여 실제 학교 과학 수업에서 관찰 탐구

요소와 측정 탐구요소가 어떻게 반영되고 있는지 알아보는 것이다. 이를 위해서 여러 연구 결과를 바탕으로 관찰 탐구요소 분석틀과 측정 탐구요소 분석틀을 개발하였다. 개발된 분석틀로 국민공통기본 교과과정인 3학년부터 10학년까지의 과학교과서를 분석하였다.

## II. 관찰 탐구요소와 측정 탐구요소 분석틀 개발

### 1. 관찰 탐구요소 분석틀 개발

본 연구에서는 과학적 관찰에 대한 기존의 논의들을 정리하여 관찰의 본성을 파악하고 교과서에 제시된 관찰 내용을 범주화하고 분류하였다. 체드윅과 발로우(Chadwick & Barlow, 1994)는 관찰에는 시각적인 것뿐 아니라 촉각과 후각 등 인간의 오감이 모두 사용되는 것으로 정의하였고 관찰 대상물의 상태뿐 아니라 변화도 관찰의 대상이 되는 것으로 보고 그러한 변화를 보기 위해서는 어떠한 조작이 포함될 수 있다고 지적하였다. 드라이버 등(Driver *et al.*, 1982)과 SAPA에서도 관찰에는 오감이 모두 사용되는 것으로 정의하였다. 클로퍼(Klopfer, 1990)는 탐구기능을 분류하면서 사물이나 현상을 관찰하는 행동, 관찰한 것으로 적절한 언어로 기술하는 것을 제시하면서 관찰을 관찰하는 행동과 관찰에 대한 진술로 구분하여 평가할 수 있음을 보였다. 박종원과 김익균(Park & Kim, 2004)은 학생들의 관찰을 분류하기 위하여 이론적 논의와 학생들의 실제 관찰 행동으로부터 나타난 특징에 기초하여 초보적 관찰, 해석적 관찰, 조작적 관찰, 간섭적 관찰 등으로 분류하였으며, 서울대학교 과학교육연구소(2005)에서는 탐구 수업을 위한 자료 개발을 위하여 좋은 관찰을 수행하기 위한 관찰 순서를 개발하면서 초보적 관찰과 조작적 관찰을 제시하였다.

본 연구에서는 관찰에 대한 여러 연구결과를 바탕으로 관찰과 관련된 모든 요소들을 임의로 추출하고 1차 교과서 분석을 통하여 해당되는 요소들만 남겨두고 다시 상위 범주로 묶어가는 과정을 반복하여 분석범주를 결정하였다. 본 연구에는 관찰 탐구요소의 분석틀의 대범주로 도구와 감각사용, 관찰 단계, 관찰결과 표현, 조작용, 관찰 목적 유무, 관찰자 등의 6개를 정하였다. 도구와 감각사용에서는 관찰이 시각뿐만 아니라 인간의 오감을 모두 사용하고 관찰을 확장하기 위해 간단한 도구를 선택하고 사용하는 행위를 포함하므로 소범주로 ‘오감사용’과 ‘도구사용’으로 나누었으며 오감에는 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각사용 등으로 분류하였

고 관찰에 사용되는 도구는 1차 분석을 통해서 교과서에 제시된 여러 가지 도구들의 목록을 작성한 후 가장 빈번히 사용되는 도구로 현미경, 돋보기, 망원경, 종이 도구, 거울과 렌즈, 기타 등을 선정하였다.

관찰의 단계에서는 ‘단순관찰’과 관찰 결과의 유의미한 해석단계인 ‘차이점과 유사점을 비교하며 관찰’의 범주로 나누었고 클로퍼(Klopfer, 1990)가 관찰 행동과 관찰에 대한 진술로 구분한 것에 근거를 두어 ‘관찰한 결과를 표현하기’를 추가하였다. 관찰 결과를 표현하는데 있어 구체적으로 ‘언어(말)로 표현하기’, ‘그림으로 표현하기(스케치하기)’, ‘글로 표현하기 혹은 기록하기’로 분류하였다. ‘언어로 표현하기’의 경우에는 실제 수업에서는 글로 이루어질 수도 있지만 교과서에서 ‘이야기해보자’와 같이 언어로 표현하라고 제시된 것을 포함하였다. 박종원과 김익균(1999)은 조작적 관찰이 관찰자의 물리적인 작용을 통해서 일어나는 변화나 현상을 관찰하는 경우로 실험활동으로 이어지는 중요한 활동이라고 했다. 따라서 이 연구에서는 조작적 관찰을 대범주에 포함하고 조작을 하는 방법에 따라 ‘시간에 따라 관찰하기’, ‘대상에 변화를 주며 관찰하기’, ‘환경에 변화를 주며 관찰하기’, ‘도구 조작하여 관찰하기’ 등의 소범주를 정하였다. ‘시간에 따라 관찰하기’의 경우에는 연구자가 물리적인 변화를 가하는 것이 아니지만 연구자가 시간을 조절하는 의도를 가지고 있기 때문에 조작을 하는 방법으로 포함시켰다.

관찰을 하는데 있어 ‘관찰의 목적을 알고 관찰하는 것’과 ‘목적 없이 제시되지 않고 관찰만 제시하는 것’을 구분하였고 관찰자가 ‘혼자인 경우’, ‘2명 이상이나 모둠별 관찰인 경우’, ‘교사를 포함하는 경우’ 등으로 구분하였으며 교과서에 나타난 지문이나 사진으로 구분이 어려울 경우는 ‘분석 어려움’으로 분류하였다. 관찰 탐구요소의 분석들은 그 결과와 함께 표 1에 제시하였다.

## 2. 측정 탐구요소 분석틀 개발

측정은 도구나 기계를 사용하여 길이, 넓이, 부피, 무게 등과 같은 정량적 자료를 모으는 활동을 말하며, 도구나 기계를 사용하지 않고 정량적으로 수집하는 어렵활동도 포함한다(AAAS, 1990). 클로퍼(Klopfer, 1990)는 탐구과정의 측정 목표로 적절한 측정 도구 선택하기를 제시하였고, 외국의 교육과정에서는 학년별로 필요한 측정 도구가 제시되어 있는 나라도 있다(이봉우, 2005). 측정에는 적절한 도구를 선택하거나 능숙하게 사용할 수 있는 기능, 자료를 수학적·통계적으로

분석할 수 있는 기술, 자료에 적절한 단위를 붙이는 기능도 필요하다(조희형, 최경희, 2000). 또한 측정에는 어렵짐작도 포함된다. 어렵짐작은 과학과 관련이 있는 양, 즉 값을 대강 짐작으로 헤아리는 방법으로서 직접 측정하지는 않지만 측정의 기능과 그에 관한 지식에 바탕을 두고 있기 때문에 영국의 APU와 미국의 NAEP에서는 어렵능력을 평가의 대상에 포함시키고 있다. 서울대학교 과학교육연구소(2005)에서는 좋은 측정을 위하여 수행하여 할 요소들로 어렵하기, 도구 사용법, 대푯값으로 표현하기, 영점 조정, 오차와 불확실도 등의 5가지 요소를 제안하였다.

본 연구에서는 측정에 대한 여러 연구결과를 바탕으로 측정과 관련된 모든 요소들을 임의로 추출하고 교과서 분석을 실시하여 해당되는 요소들만 남겨두고 다시 상위 범주로 묶어가는 과정을 반복하여 분석 범주를 결정하였다. 본 연구에서는 어렵하기, 측정설계, 측정대상, 측정의 단계, 측정 도구의 사용, 측정 결과의 활용, 측정자 등의 7가지 대범주를 선정하였다. 어렵하기는 측정 도구를 직접 사용하지 않고 짐작으로 헤아리는 방법이고, 측정 설계는 어떤 도구를 사용할 것인지, 어떻게 측정 할 것인지에 대한 설계를 말한다. 외국의 교육과정에서 가장 강조된 부분 중 하나가 바로 측정 대상과 측정 도구의 사용이다(이봉우, 김희경, 2007). 본 연구에서는 측정 대상을 도구나 기계를 사용하여 측정하는 대상, 즉 어떤 물리량을 측정하는지로 구분하였으며 학년별 측정에 사용하는 도구를 알아보기 위하여 대상과 측정 도구를 연결하여 분석하였다. 측정에 있어 기본적인 물리량에 해당하는 길이, 질량, 온도, 부피, 시간, 무게 등을 각각 소항목으로 정하였고 다른 물리량은 기타 항목으로 정하였다. 측정의 단계는 앞의 관찰의 범주를 정할 때와 같이 ‘단순측정’과 ‘조작적 측정’으로 나누었다. ‘단순 측정’은 비조작 측정을 말하고, ‘조작적 측정’은 측정 대상 또는 환경에 변화를 주는 경우로 세부 범주를 ‘시간에 따라 측정하기’, ‘대상에 변화를 주며 측정하기’, ‘환경에 변화를 주며 측정하기’ 등으로 구분하였다. 측정 도구의 사용에 있어 교과서에 도구의 부분별 명칭이나 사용법, 도구 사용 시 주의할 점 등을 제시한 경우에는 ‘사용법 제시 항목’으로 분류하고 도구 제시를 넘어 활동에 필요한 도구를 직접 제작하는 경우 ‘간단한 도구 만들기’로 구분하였다. 측정 결과의 활용은 ‘단위 변환하기’, ‘대표하는 값으로 표현하기’, ‘오차와 불확실도’ 항목으로 분류하였고 ‘대표하는 값’에는 ‘평균값 계산하기’, ‘유효숫자 계산하기’로 나누고 ‘오차와 불확실도’는

‘반복측정’과 ‘보정하기’로 나누었다. 또한 측정자가 혼자인 경우, 2명 이상인 경우, 교사를 포함하는 경우, ‘분석이 어려운 경우’ 등으로 나누어 분석하였다. 측정 탐구요소의 분석틀은 분석 결과와 함께 표 2에 제시하였다.

3. 분석 방법

분석된 교과서는 제7차 교육과정에 의한 초등학교 3학년부터 6학년까지의 국정교과서와 중학교 1학년부터 고등학교 1학년까지의 교과서 중 가장 사용빈도수가 높은 3종의 교과서로 총 20권을 분석하였다. 초등학교 과학 교과서는 탐구 활동 위주로 되어 있기 때문에 교과서 전체 내용을 분석하였고 중학교와 고등학교 과학 교과서는 교과서에 제시된 활동만을 분석 대상으로 선정하였다.

개발된 관찰 및 측정 탐구요소의 분석틀을 바탕으로 3인의 연구자가 1차 분석을 실시하였고, 연구자의 분

석 결과가 일치하지 않은 항목에 대해서는 최종적으로 일치할 때까지 반복하여 분석을 실시하였다. 분석의 예는 그림 1과 그림 2와 같다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 관찰 탐구요소 분석

본 연구에서 개발한 관찰 탐구요소 분석틀에 의해서 초등학교 3학년 1학기부터 6학년 2학기까지 총 8권의 교과서와 중학교 1학년(7학년)부터 고등학교 1학년(10학년)까지 총 4개 학년에 대해서 12권을 분석하여 그 결과를 표 1에 제시하였다.

기초탐구능력 중에서 관찰은 가장 기본이 되는 능력이기 때문에 상당히 많은 빈도수를 나타내었다. 제7차 과학과 교육과정(교육부, 1997)에서 명시한 바와 같이 관찰 탐구요소는 모든 학년에 걸쳐 강조되고 있음을 알 수 있다. 빈도수로만 생각하면 초등학교에서는 3학년에서 가장 많았고, 다른 학년에 비해서 4학년의 빈도수가 상당히 적었다. 상대적으로 8학년부터 10학년까지는 그 이하 학년에 비해서 수업 단위수가 한 단위 더 크고 교과서의 분량도 많지만 그 빈도가 낮아졌는데, 이는 학년이 올라가면서 관찰을 비롯한 기초탐구과정보다는 통합탐구과정이 강조되기 때문으로 볼 수 있다. 관찰이 탐구에서 가장 기초적인 활동이라고 생각하면 초등학교 저학년에서 더 많은 활동이 포함되도록 할 필요가 있다.

오감 사용에서는 대부분 시각을 사용하는 것으로 나타났다. 3-5학년(2)은 291개 중 257개(89%), 6-7학년은 366개 중 315개(86%), 8-10학년은 445회 중 412회(93%)로 거의 90% 가량이 시각을 이용한 관찰로 나타났다. 일부에서만 촉각, 후각, 청각, 미각 등의 다른 감각을 사용하고 있었다. 관찰에서 도구를 사용하는 것은 총 62개로 현미경을 이용한 관찰이 21개, 돋보기를 이용한 관찰이 19개였다. 저학년에서 고학년으로 올라가면서 주변의 사물이나 생물, 단순 현상을 관찰하는 것에서 세포나, 천체 등 감각 기관의 한계를 넘는 관찰이 필요함에 따라 생물영역에서는 현미경과 돋보기, 지구 과학 영역에서 천체 망원경을 사용한 관찰 활동이 제시되어 있었다. 실험에서 시각적인 관찰이 대부분을 차지하는 것은 당연한 것이지만, 초등학교 수준에서는 시각 이외의 다양한 감각을 활용하는 관찰 활동이 거의 제시되지 않는 것은 바람직하지 않다. 이것은 현재의

나. 관찰하기

- 1. 프레파라트를 재물대 위에 올려놓고, 오른쪽의 현미경 조작서에 따라 100배의 배율로 관찰하자. AAA, ABA
- 2. 현미경 시야에 모눈종이의 작은 사각형이 나타나도록 초점을 맞춘 다음, 시야에 보이는 것을 공책에 그려 보자. BBB
- 3. 프레파라트를 움직이면서 작은 글자가 현미경 시야에 나타나도록 조절하자. CD

그림 1 관찰 탐구요소 분석의 예(AAA-오감사용/시각, ABA-도구사용/현미경, BBB-관찰결과표현/그림, CD-도구조작관찰)

- 2. 뷰렛에서 나온 물이 떨어지는 지점에 살레를 놓고, 살레 바닥에서 뷰렛 끝부분까지의 거리를 측정한다. CA(자)
- 3. 뷰렛과 살레 사이의 거리는 몇 m인가?
- 3. 뷰렛의 복을 조절하여 뷰렛에서 나온 물방울이 살레에 닿는 순간, 다른 물방울이 떨어지도록 한다.
- 4. 30방울이 떨어지는 데 걸리는 시간을 5회 측정하여 평균값을 구한다. FBA



결과 및 정리

- 30방울이 떨어지는 데 걸리는 시간은 평균 얼마인가? FCA

횟수(회)	1	2	3	4	5	평균
30방울이 떨어지는 데 걸리는 시간(초)						
CE(초시계)						

그림 2 측정 탐구요소 분석의 예(CA-측정대상/길이, FBA-대푯값표현/평균값, FCA-오차와 불확실도/반복 측정, CE-측정대상/시간)

1) 중학교와 고등학교 교과서는 학년별 3종을 분석하여 그 평균값을 제시함.  
 2) 교육과정에서 제시한 것과 같이 3학년-5학년, 6학년-7학년, 8학년-10학년의 3부분으로 나누어 분석함.

**표 1**  
 학년별 관찰 탐구요소 분석결과<sup>3)</sup>

대범주	학년 세부 범주	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7	8	9	10	계
도구와 감각사용	시각	60	41	32	28	59	37	59	24	77	57	42	39	555
	청각	1	4	0	0	0	1	0	0	4	0	0	1	11
	후각	1	2	1	0	2	1	3	1	2	1	1	2	17
	미각	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
	촉각	5	5	0	3	3	2	7	2	5	2	1	0	35
	현미경	1	0	0	0	3	0	1	0	8	6	2	0	21
	돋보기	2	3	0	0	3	0	1	0	4	4	1	1	19
	망원경	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3	0	1	6
	종이도구	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	4
	거울과 렌즈	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
기타	0	3	0	0	0	1	0	0	5	1	1	0	11	
관찰 단계	단순히 관찰하기	44	23	14	16	30	16	53	19	29	21	21	24	310
	비교하며 관찰하기	14	22	15	14	29	21	12	4	42	30	16	10	229
관찰결과 표현	언어	5	10	1	4	10	1	5	2	2	1	0	0	41
	그림	4	5	3	2	4	2	0	0	15	10	7	3	55
	글	2	1	3	0	4	0	0	2	11	6	5	6	40
조작 여부	시간에 따라 관찰하기	5	5	3	1	5	3	0	2	9	4	6	2	45
	대상에 변화를 주며 관찰하기	8	5	5	6	17	2	10	6	25	21	9	17	131
	환경에 변화를 주며 관찰하기	2	2	2	4	3	3	0	0	10	6	8	8	54
	도구 조작하여 관찰하기	17	18	3	2	5	11	27	13	24	16	6	7	149
관찰 목적 유·무	무	45	27	7	12	27	12	13	7	19	18	12	0	199
	유	18	25	25	18	34	26	54	19	63	41	30	41	394
관찰자	1인	63	49	27	31	58	36	59	26	77	51	37	36	550
	2인 이상	0	4	5	0	4	2	8	0	5	7	5	5	45
	교사 포함	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	분석 어려움	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
계		298	255	147	141	304	178	318	127	440	317	220	214	2,930

교육과정에서 단원이 과학의 내용을 기준으로 제시되어 있어 다양한 감각을 사용하는 활동이 포함되기 어렵기 때문이다. 초등학교 저학년 학생들은 시각을 포함하여 여러 가지 감각을 사용한 관찰 방법을 최소한 한 번씩은 경험할 수 있도록 교과서에 반영할 필요가 있다. 이것은 개정 교육과정에서 제시된 ‘자유 탐구’와 관련지어 제시될 수 있을 것이다. 그리고 감각을 이용하여 관찰하는 경우에는 발생할 수 있는 안전사고에 대한 주의사항도 같이 제시될 필요가 있다.

관찰의 단계에서 3-5학년과 6-7학년에서는 단순관찰

이 각각 143개, 101개로 ‘비교하며 관찰하기’의 101개, 58개에 비해서 상당히 많았으나, 8-10학년에서는 단순관찰이 66개, ‘비교하며 관찰하기’가 56개로 학년이 올라가면서 관찰의 상위 단계로 올라가는 것처럼 올바르게 구성되었다고 볼 수 있다. 그러나 6학년의 경우에는 단순 관찰이 72개인 것에 비해서 비교 관찰이 16개로 상당히 적어 세부적으로는 관찰의 단계가 학년에 따라 상위 단계로 올라가도록 구성되었다고 단정 지을 수는 없다.

관찰결과를 표현하는 방법으로는 3-5학년에서는 언

3) 7-10학년의 데이터는 3개 교과서의 결과를 평균하여 소수점 첫째 자리에서 반올림하여 정수로 나타냄.

어 표현이 31개, 그림 표현이 20개, 글 표현이 10개이고, 6-7학년에서는 언어 표현이 9개, 그림 표현이 15개, 글 표현이 13개이며, 8-10학년에서는 언어 표현이 1개, 그림 표현이 20개, 글 표현이 17개로 저학년에서는 관찰결과를 언어로 표현하는 것이 많은 반면에 상위 학년으로 갈수록 글로 표현하는 방법이 많이 활용되고 있음을 알 수 있다.

관찰에서 조작여부에 따른 분석으로는 ‘시간에 따라 관찰하기’, ‘대상에 변화를 주며 관찰하기’, ‘환경에 변화를 주며 관찰하기’, ‘도구를 조작하며 관찰하기’가 각각 3-5학년에서는 22개, 43개, 16개, 56개이고, 6-7학년에서는 11개, 41개, 16개, 64개이고, 8-10학년에서는 12개, 47개, 22개, 29개로 나타났다. 학년급에 따라서 큰 차이를 보이지는 않았는데, 3-7학년에서는 ‘도구를 조작하며 관찰하기’가 가장 많았으나 8-10학년에서

는 ‘대상에 변화를 주며 관찰하기’가 가장 많이 나타났다. 특히 ‘환경에 변화를 주며 관찰하기’는 고학년으로 올라가면서 그 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 관찰 단계와 마찬가지로 전체적으로 살펴보면 조작적 관찰이 학년이 올라가면서 증가하는 것을 볼 수 있어 긍정적으로 평가할 수 있다.

관찰의 목적이 명시되어 있는 경우가 66%로 명시되지 않은 경우보다 많았는데, 3-5학년에서는 관찰의 목적을 명시하지 않고 관찰이 이루어지는 경우가 130개로 47%였으나 6-8학년에서는 21%로 낮아짐을 알 수 있다. 관찰자의 수는 대부분 혼자 관찰하는 방식으로 이루어져 있었고, 7.6%만이 관찰에서 2명 이상이 필요한 것으로 나타났는데, 저학년보다 고학년에서 비율이 높아짐을 알 수 있었다.

표 2  
학년별 측정 탐구요소 분석결과<sup>4)</sup>

대범주		학년 세부 범주	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7	8	9	10	계
측정 대상	측정 도구와 연결	어렵하기	0	2	4	2	5	0	0	3	4	1	1	2	24
		측정설계	1	5	11	2	8	1	3	5	4	2	1	1	44
		길이	0	0	2	1	4	0	0	6	2	6	6	5	32
		질량	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	7	0	12
		온도	6	2	0	4	4	2	0	0	5	5	5	5	38
		부피	1	0	2	3	0	0	0	0	4	4	2	1	17
		시간	0	3	1	0	4	0	0	2	0	4	0	3	17
		무게	0	0	7	2	1	0	1	6	1	0	0	0	18
		기타	2	2	6	0	9	2	2	11	12	16	9	8	79
		측정 단계	단순 측정	비조작 측정	3	0	7	6	5	3	0	5	4	8	6
시간에 따라 측정	2			0	0	2	4	0	0	3	4	4	3	3	25
대상 변화 주며 측정	0			2	0	0	0	0	0	2	12	9	8	10	43
환경 변화 주며 측정	0			3	2	1	1	1	0	5	2	3	8	3	29
측정 도구 사용	사용법 제시	도구 제작 (간단한 도구 만들기)	4	4	2	0	1	0	0	1	6	8	1	0	27
		도구 제작 (간단한 도구 만들기)	4	6	1	2	2	0	3	8	2	2	1	1	32
측정 결과 활용	단위 변환	대뜻값 표현	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
		평균값 계산하기	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	2	6
	오차와 불확실도	유효숫자 계산하기	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		반복 측정	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	0	2	8
측정자	보정하기	1인	4	1	13	9	8	3	1	19	18	20	23	14	133
		2인 이상	3	6	6	2	5	1	2	4	3	4	3	6	45
		교사포함	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		구분 어려움	2	0	0	0	1	0	0	0	2	3	0	0	8
		계	35	39	68	40	68	20	18	86	98	114	93	79	688

4) 7-10학년의 데이터는 3개 교과서의 결과를 평균하여 소수점 첫째 자리에서 반올림하여 정수로 나타냄.

## 2. 측정 탐구요소 분석

본 연구에서 개발한 측정 탐구요소 분석틀에 의해서 3학년부터 10학년까지의 교과서를 분석한 결과는 표 2와 같다.

전체적으로 측정 탐구요소는 3-5학년에서 528개, 6-7학년에서 386개, 8-10학년에서 560개로 학년당 측정 탐구요소가 제시된 것의 개수는 학년이 올라감에 따라 거의 차이를 보이지 않았다. 측정 설계는 총 44개로 4학년 1학기에서 11개, 5학년 1학기에서 8개로 특정 학년에서 많이 발견되었고 그 밖의 학년에서는 1-5개 정도의 빈도수를 나타내었다. 측정 설계에서는 변인 통제나 고차원적인 사고가 요구될 것이라 생각하여 학년이 높아짐에 따라 증가할 것이라고 예상하였으나 저학년에서 28회로 가장 높은 빈도를 나타내었고 고학년으로 갈수록 감소하였다. 이는 교과서에 제시된 측정 설계가 가설 설정, 변인 통제 등의 고차원적인 사고를 요구하는 것이 아니라 정성적 측정 수준에서 어떻게 측정을 해야 할지 생각해 보게 하는 흥미를 유발하는 정도의 설계가 대부분이었기 때문이다. 측정설계는 통합탐구과정에서 실험설계와 이어질 수 있는 부분으로 통합탐구과정을 익히기 어려운 초등학교 학생들에게 낮은 수준의 설계라고 생각할 수 있는 측정설계부분이 다수 포함되어 있는 것은 긍정적인 면이 있다.

측정 대상에 대한 분석 결과를 보면 온도 측정이 38개로 가장 많았다. 이는 초등학교 3학년의 ‘온도재기’

단원과 7-10학년의 화학 영역에서 온도에 따른 변화를 측정하는 부분에서 많은 요소가 발견되었기 때문에 온도측정을 포함하고 있지 않는 학년도 많이 있었다. 그 다음으로 무게, 부피, 질량, 길이 측정의 순서로 나타났다. 무게와 질량은 물리 영역에서 그 차이점을 중요하게 다루고 있는데, 초등학교 수준에서는 무게와 질량을 구분하는 것이 어렵기 때문에 생활 속에서 많이 사용하는 무게 측정을 먼저 수행하고 질량측정은 7학년에서부터 시작하게 되어 있었다.

교과서에 제시된 측정도구를 정리한 표 3을 보면 우리나라의 교과서에서는 어떤 기준에 의해서 측정도구의 사용법을 익히도록 제시되지 않는 것을 볼 수 있다. 예를 들어 길이 측정은 가장 기초적인 것임에도 불구하고 온도계와 초시계를 이용한 온도와 시간 측정은 3학년에서 이루어지는 것에 비해 자의 사용은 4학년부터 이루어지고 있다. 이는 우리나라 교육과정이나 교과서에서 학년별로 익혀야 할 측정도구 사용에 대한 기준이 없기 때문이다.

반면 미국의 버지니아주나 텍사스주의 교육과정에서는 측정 대상이나 측정 도구를 학년별로 제시하여 학생들의 측정 탐구능력을 신장시키도록 하는 내용이 담겨 있다(이봉우, 2005). 이 교육과정에 맞추어 개발된 교과서에는 교과서 본문은 물론 부록을 통하여 필요한 측정도구와 사용방법이 제시되어 있는 것을 볼 수 있다. 측정 대상에 대하여 살펴보면 외국에서는 온도나

표 3  
교과서에 제시된 측정 도구

도구		학년							
		3	4	5	6	7	8	9	10
지 울	온도계	○	○	○		○	○	○	○
	초시계	○		○	○	○	○	○	○
	자		○	○	○	○	○	○	○
	스포이트		○			○		○	
	양팔		○		○				
	용수철		○		○	○		○	○
	윗집시				○	○	○	○	
	전자		○	○		○	○	○	○
	메스실린더		○				○	○	○
	각도기				○	○	○	○	
시간기록계						○		○	
습도계			○					○	
pH시험지			○					○	
pH미터기								○	
전류계						○	○	○	
전압계						○	○	○	

시간 측정 방법을 학습하기 이전에 길이 측정과 같이 측정 난이도가 낮은 것부터 측정하도록 제시하고 있다 (이봉우, 김희경, 2007).

우리나라의 교과서에서에서도 표 4와 같이 교과서의 본문 내와 부록을 이용하여 도구의 사용법을 제시하고 있다. 측정 대상에 대해서 보면, 초등학교 1학년의 ‘슬기로운 생활’에서 길이재기를, 초등학교 2학년의 ‘슬기로운 생활’에서 무게와 시간측정을 배우고 3학년 과학에서 온도재기를 학습하도록 되어 있어 기본적으로는 측정 난이도에 맞게 구성하고 있다고 볼 수 있다. 그러나 우리나라의 측정도구의 사용은 측정 도구 자체를 익히는 것이 목적이 아니고 관련된 실험활동에 필요한 측정도구가 본문 속에 제시되면서 그것이 새로운 측정 도구일 경우에 한하여 그 측정도구의 사용법이 제시되어 있다. 즉, 우리나라 교과서에 제시된 측정도구는 학년에 따라 익혀야 할 도구에 대한 기준에 맞추어 구성된 것이 아니고 본문에 제시된 측정도구 중에서 좀 더 자세히 설명이 필요한 것을 보충하는 수준에서 제시되고 있었다. 이런 이유 때문에 미국의 캘리포니아 주에서는 2학년에서 메스실린더를 이용하여 액체의 부피를 측정하는 능력을 갖추도록 하고 있지만 우리나라에서는 4학년이 되어야 그 사용법을 익히게 되어 체계적인 탐구능력이 신장되지 못하고 있다.

이것은 우리나라 교과서의 탐구활동들이 탐구능력을 신장시키기 위함보다는 과학의 내용을 익히는 과정에서 필요한 활동으로 구성되어 있기 때문이다. 물론 연구자에 따라서는 탐구능력을 과학 내용과 연계하여 익히도록 하는 것이 더욱 효율적이라고 생각할 수 있다. 그러나 현재 이루어지고 있는 많은 교과서의 탐구활동

들이 ‘요리책’과 같은 구성으로 이루어져 있어 학생들은 그들이 수행하고 있는 탐구활동의 중요한 측면을 이해하지 못하고 있다는 지적(Bell et al., 2003; Germann et al., 1996)에서 제시한 것과 같이 중요한 탐구 능력은 별도의 학습이 이루어질 수 있도록 하는 것이 바람직하다고 생각한다. 예를 들어 측정 도구의 사용을 위해서는 특히 저학년 수준에서 다양한 측정도구를 사용할 수 있는 방안이 교과서 속에 제시될 필요가 있다.

측정의 단계에서는 저학년에서는 정성적으로 측정하는 내용이 많았고, 상대적으로 고학년으로 올라가면서 정량적 측정이 증가하였다. 특히 조작 측정 요소는 3-5학년에서는 23개밖에 되지 않았지만 8-10학년에서는 70개로 증가하였으며 ‘대상에 변화 주며 측정하기’ 요소는 초등학교 3-5학년에서는 불과 2개였지만 7-10학년에서는 약 10회 정도로 크게 증가하였다. 이것은 초등학교의 측정 단계가 있는 그대로를 측정하여 자연의 현재 모습을 알고자하는 것이 목적인 것에 비해서 고학년의 측정 단계는 원인과 결과의 관계를 통하여 자연의 법칙을 알아보고자 하는 활동 속에서 나타난 것으로 이해할 수 있다.

다른 나라의 교육과정에서는 표준단위의 사용과 관련되어 단위의 사용에 대하여 강조하고 있는 것(이봉우, 김희경, 2007)에 비해서, 우리나라 과학 교과서에는 단위 사용과 관련된 내용은 거의 언급되어 있지 않았다. 단위 변환에 관련된 내용도 8학년에서 1회만 제시되어 있을 뿐이었다. 과학 학습에서 유효숫자의 중요성은 많은 과학자들이 강조하고 있는 내용이고 중학교 수학교과에서도 유효숫자의 정의와 계산방법을 학습하고 있지만, 과학 교과서에서는 탐구활동에서 유효숫자

표 4  
교과서에 제시된 도구의 사용법

학년	도구 사용법 제시
3-1	온도계 눈금 읽는 방법
3-2	가루약품사용법, 약순가락, 유리막대 사용법, 막자와 막자사발 사용법
4-1	표준분동, 표준양팔저울 사용법 메스실린더(액체 부피 재는 방법, 눈금읽기)
5-1	현미경(부분 명칭 및 주의사항)
6-2	도르래( 도구의 역할 및 설명)
7	피펫 사용법, 현미경(조작순서 및 사용법), 시험관(잡는 방법, 가열방법), 스포이트 잡는 방법, 각도기 측정방법, 윗접시저울(사용법, 영점조정), 알코올램프 사용법, 온도계 사용법, 전자저울 사용법 및 주의사항
8	시간기록계 사용법, 메스실린더 눈금 읽는 방법, 전자저울 사용법, 천체망원경 주의점, 별자리 보기판 사용법, 전류계(연결방법 및 단자선택), 전압계(연결방법 및 단자선택), 윗접시저울 사용법, 망원경 조절방법 및 주의점, 전원공급장치 구조 및 사용법, 거름종이 사용법,
9	직류전원장치 사용법, 사진기 사용법, 망원경 사용법,



를 사용하는 예는 찾아볼 수 없었다. 또한 측정에서 반복적으로 수행함으로써 측정의 정확성을 높이려는 시도는 여러 곳에서 제시되고 있는 것에 비해서 오차를 보정하는 활동은 하나도 제시되어 있지 않았다. 그리고 측정에 필요한 인원은 1인으로 가능한 실험이 75%, 2인 이상이 필요한 실험이 25%로 나타났다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 기초탐구과정 중 관찰과 측정 탐구요소가 우리나라 과학 교과서에 어떻게 제시되어 있는지 살펴보는 것이다. 이를 위하여 관찰과 측정에 대한 다양한 이론적 논의를 바탕으로 ‘도구와 감각 사용’, ‘관찰의 단계’, ‘결과 표현’, ‘조작 여부’, ‘관찰 목적 유무’, ‘관찰자’의 6개의 범주와 26개의 세부범주로 되어 있는 관찰 탐구요소 분석틀과 ‘어림하기’, ‘측정 설계’, ‘측정 대상’, ‘측정의 단계’, ‘측정 도구의 사용’, ‘측정 결과 활용’, ‘측정자’의 7개의 대범주와 26개의 세부범주로 되어 있는 측정 탐구요소 분석틀을 개발하였다. 초등학교 3학년부터 고등학교 10학년까지의 과학교과서를 대상으로 개발된 분석틀로 분석을 실시하였다.

관찰 탐구요소에서는 오감 사용에서 시각을 가장 많이 활용하는 것으로 나타났고, 관찰의 단계에서는 저학년에서는 단순관찰이 많았지만 고학년으로 올라가면서 ‘비교하며 관찰하기’가 늘어나 관찰의 수준이 높아짐을 알 수 있었다. 관찰결과를 표현하는 방법으로 저학년에서는 언어로 표현하는 방법이 많았지만 고학년으로 올라가면서 그림과 글로 표현하는 방법이 많이 제시되어 있었다. 관찰에서 조작여부에 따른 분석으로는 ‘시간에 따라 관찰하기’, ‘대상에 변화를 주며 관찰하기’, ‘환경에 변화를 주며 관찰하기’, ‘도구를 조작하며 관찰하기’가 고루 분포되었으며 특히 8-10학년에서 ‘대상에 변화를 주며 관찰하기’가 많이 나타났다. 한편 저학년에서는 관찰의 목적을 제시하지 않는 경우가 다수 있었지만 학년이 올라가면서 관찰의 목적을 분명하게 제시하는 경우가 많았다. 전체적으로 7차 교육과정에서 제시한 것처럼 관찰 탐구요소는 전 학년에서 고루 강조하고 있고, 관찰의 단계나 조작적 관찰이 저학년보다 고학년에서 많이 강조되고 있어 교육과정의 취지가 교과서에 잘 반영되었다고 볼 수 있다. 그러나 시각적인 감각 이외에 다른 감각을 사용하는 관찰 활동이 거의 없는 측면이나 일부 학년에서 비교 관찰 또는 조작적 관찰이 제시되지 않은 것은 문제점으로 볼 수 있다. 측정 탐구요소 분석에서 측정 설계 부분이 고학년에서

많이 이루어질 것으로 예상되었으나 저학년에서 많이 발견되었고 측정 대상 또는 측정 도구의 제시는 학년급에 맞는 체계성을 갖추지 않고 내용을 중심으로 구성된 활동에 필요한 도구를 제시하고 있음이 밝혀졌다. 온도를 측정하는데 사용하는 온도계의 경우에는 초등학교 3학년에서 소단원으로 제시되어 있기 때문에 측정방법을 정확하게 알 수 있는데 반하여 자, 저울, 메스실린더 등과 같이 길이, 무게, 질량, 부피 등의 기본적인 물리량을 측정하는 내용은 관련된 활동이 있을 경우에만 제시되기 때문에 학생들이 제대로 학습하지 못하는 문제점이 발생할 수 있다. 저학년 수준에서 기본적인 물리량을 측정하는 부분을 교과 내용 속에 포함하여 학생들이 충분히 익힐 수 있도록 할 필요가 있다.

측정 단계에서 고학년으로 올라가면서 정성적 측정에서 정량적 측정의 횟수가 증가하였으며 측정 결과의 활용 측면에서는 단위를 변환하거나 대푯값을 사용하고 오차와 불확실도를 학습하도록 되어 있는 부분이 거의 없었다. 이재봉과 이성복(2006)의 연구에 의하면 학생들이 오차와 불확실도에 대해서 고려하지 않기 때문에 적절한 증거를 모으는데 어려움을 겪는 것으로 나타났는데, 이는 우리나라 과학 교과서에서 오차와 불확실도를 학습할 기회를 제공하지 못하고 있기 때문으로 생각할 수 있다.

현재의 교과서 구성은 과학 내용에 묶여 있기 때문에 다양한 관찰 및 측정요소를 포함하는 활동을 제시할 수 없는 제한점이 있다. 따라서 기초적인 탐구요소를 신장시키기 위해서는 내용과 별도의 구성이 필요하다. 개정 교육과정에서 제시한 ‘자유 탐구’ 속에서는 내용과 관련 없이 관찰 및 측정의 탐구 요소를 골고루 신장시킬 수 있는 방안을 마련할 수 있을 것이다. 새 교육과정에 따른 교과서에 포함되는 ‘자유 탐구’를 위한 내용에는 여러 탐구요소들을 신장시킬 수 있는 방안들이 마련될 수 있기를 기대한다. 본 연구의 결과는 현재 사용하고 있는 교과서 속에 관찰과 측정 탐구요소가 어떻게 제시되어 있는지 보여주는 것이다. 이는 새로운 교과서 속에 포함될 탐구 활동을 통하여 학생들이 신장시켜야 할 탐구능력의 기준을 세우는데 필요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

#### 국문 요약

본 연구의 목적은 우리나라 3학년에서 10학년까지의 과학교과서에 나타난 기초탐구과정 중 관찰과 측정이 어떻게 제시되어 있는지 알아보는 것이다. 분석결과

는 다음과 같다. 관찰에서는 시각을 많이 사용하고, 고학년으로 올라가면서 관찰의 수준이 높아져 ‘단순관찰’에서 ‘비교하며 관찰하기’의 수가 증가하였고, 언어표현보다 글표현 방식이 증가하였다. 측정대상은 온도측정이 가장 많았고, 저학년에서 고학년보다 측정 설계가 많이 발견되었다. 측정도구의 사용법은 학년에 맞게 계획적으로 제시되지 않고 교과서의 탐구활동에서 관련된 측정도구가 제시될 때 설명되어 학생들이 측정방법을 체계적으로 학습하지 못하도록 되어 있었다. 학년이 올라가면서 정성적 측정에서 정량적 측정이 많아졌으며, 단순측정보다 조작측정의 수가 급격하게 증가하였다. 측정결과의 활용에서는 단위사용, 단위변환, 유효숫자처리, 오차와 불확실도 등에 대한 내용은 거의 제시되지 않는 문제점이 발견되었다.

주요어: 기초탐구과정, 과학교과서, 관찰, 측정

## 참고 문헌

- 교육부 (1997). 과학과 교육과정. 서울: 대한교과서 주식회사.
- 서울대학교 과학교육연구소 (2005). 성공적인 중학교 과학 탐구수업을 위한 길라잡이 자료.
- 서정아 (2002). 측정이론에 관한 중학교 1학년 학생의 선개념 조사. 한국과학교육학회지, 22(3), 455-465.
- 이봉우 (2005). 외국 과학교육과정의 탐구기준 비교 분석. 한국과학교육학회지, 25(7), 873-884.
- 이봉우, 김희경 (2007). 외국 과학교육과정의 관찰과 측정 기준 분석. 초등과학교육, 26(1), 87-96.
- 이재봉, 이성목 (2006). 학생들의 측정불확실도 개념의 결핍으로 인한 물리탐구과정에서의 어려움 분석. 한국과학교육학회지, 26(4), 581-591.
- 조희형, 최경희 (2000). 과학 교수 학습과 수행평가. 서울: 교육과학사.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural. *Science Education*, 82, 417-436.
- American Association for the Advancement of Science (1965). *Science - A Process Approach*. Washington, DC: Ginn and Co.
- American Association for the Advancement of Science (1994). *Benchmarks for Scientific Literacy: Project 2061*. New York, USA: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science (1990). *Science - A Process Approach II*. Delta Education, Inc.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487-509.
- Buffler, A., Allie, S., Lubben, F. & Campbell, B. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1137-1156.
- Chadwick, B., & Barlow, S. (1994). *Science in perspective: Book 1*. Marrickvil. Australia: Science Press.
- Driver, R., Gott, R., Johnson, S., Worsley, C., & Wylie, F. (1982). *Science in Schools. Age 15: Report No1*. London: HMSO.
- 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, 475-499.
- Hodson, D. (1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical Work in School Science*(pp. 93-108). NY: Routledge.
- Klopfer, L. (1990). Learning scientific inquiry in the student laboratory. In E. Hegarty-Hazel(Ed.), *The student laboratory and the science curriculum* (p.101). London: Routledge.
- Lubben, F., Campbell, B., buffler, a., & Allie, S. (2001). Point and set seasoning in practical science measurement by entering university freshman. *Science Education*, 85(4), 311-327.
- Malcolm, C. (1987). *The science framework P-10: Science for every child*. Melbourne, Australia: Ministry of Education.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C, USA: National Academy Press.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, D.C, USA: National Academy Press.
- Park, Jongwon & Kim, Ikgyun. (2004). Classification of Students' Observational Statements in Science. in R. Nata (Ed.), *Progress in Education*, Vol.13. (pp.139-154) NY: Nova Science Publishers, Inc.
- Penner, D. E., & Klahr, D. (1996). The interaction of domain-specific knowledge and domain general discovery strategies: A study with sinking objects. *Child Development*, 67.
- Tamir, P. & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65, 477-484.

Welch, W. W. (1981). Inquiry in school science. In N. Harms, & R. Yager, Project synthesis, What research says, Vol 3 NSTA.

Wellington, J. J. (1998). Practical work in science: time for a reappraisal. In J. J. Wellington(Ed.), Practical work in school science (pp. 3-15). NY: Routledge.