

# 측정과 관련된 실험 활동에서 보이는 초등학생의 대푯값 선정 및 신뢰 방법 분석

양일호 · 임성만 · 임재근 · 송진령<sup>†</sup>  
(한국교원대학교) · (축석초등학교)<sup>†</sup>

## An Analysis of Elementary Students' Selection of Representable Value and Confident Method That Appear in Measuring Activities

Yang, Il-Ho · Lim, Sung-Man · Lim, Jae-Keun · Song, Jin-Lyong<sup>†</sup>  
(Korea National University of Education) · (Chokseok Elementary School)<sup>†</sup>

### ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the elementary students' selection of representable value and confident method that appear in measuring activities by using a microgenetic method. The participants were seven elementary students in the fourth grade. They performed the same measuring activities six times for the study period. Data were collected by interview and observation with their activity recording papers and video tape transcription. Their activities were recorded and documented for the analysis. Results were as follows. First, in the time measuring activity, elementary students developed desirably as their measuring experience increased, for example they selected a representable value in use of a repeated measurement and used a various method in the domain of a time measurement and they showed an increase of a quantitative observation in the volume domain except in the length domain. Second, in a confident method of a representable value, though they must rely upon a repeated measurement, they only measure repeatedly in the time domain. Also in the time domain, it doesn't get accomplished a exact confidence of a representable value at a shortage of skill about a measurement. Accordingly this study will be implications for teachers to teach a handling abilities of measuring instruments to elementary students and to be promote understanding a nature of measurement.

**Key words** : elementary student, measuring activity, science process skills, microgenetic method

### I. 서 론

단순한 지식보다는 능동적인 활동을 통한 학습이 강조되는 과학 교과는 다양한 교육경험을 제공한다는 측면에서 탐구 활동을 매우 중요하게 여기고 있다(심규철 등, 2002). 이러한 과학에서의 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 대

한 지식과 이해를 증진시키기 위한 학생들의 활동을 의미한다(NRC, 1996, 2000). 또한, 과학적 탐구는 일련의 과정을 거치면서 이루어지는데, 그 중에서 측정은 실험 활동에서 빈번하게 이루어지는 가장 대표적인 요소로써 외부 세계에 대한 경험을 정량화하는 과정이다. 특히 과학자에게 있어 측정은 중요한 활동이며, 실험적 접근을 통해 자료를 수집하는 경우에는 대부분 양적 관찰인 측정 단계를 거치게 된다(Coelho & Séré, 1998).

또한, 측정 기술을 익히는 것은 양적 관찰뿐 아니

라 우리 주위의 것들을 분류 비교하고 다른 사람들과 효과적으로 의사소통할 수 있게 도와주는 것(Rezba *et al.*, 2002)으로써, 19세기의 과학자 Kelvin은 ‘말하려는 것에 대해 측정할 수 있고 이를 수사로 표현할 때, 비로소 그것을 아는 것이다. 사물을 측정할 수 없거나 수로 표현할 수 없을 때, 우리의 지식은 빈약하고 불만족스러운 것이다.’라고 표현한 바가 있을 정도로 측정은 누구든지, 어느 분야에서든지 고려의 대상이 되며, 현대 과학 지식 형성에 필수 불가결한 요소이다. 그래서 과학교육에서도 측정을 실험에서 자료 수집을 위한 탐구의 한 과정으로 강조하였으며, 이러한 측정을 하기 위해서는 측정 도구의 선택과 사용, 단위 선택, 측정 범위와 구간, 어림셈, 오차와 정확도, 반복 가능성 등에 관한 이해가 필요하다(교육인적자원부, 2001).

지금까지의 측정에 관한 연구는 과학에서의 측정에 관련된 현재의 학생들의 기능적인 면에서만 이루어져 왔다. Lubben과 Millar(1996)는 실험적인 자료의 수집과 평가에 대한 학생들의 이해 수준을 8 단계로 나누어, 측정 과정에 대한 관점에 따라 결과를 평가하는 방법이 어떻게 다른가에 관해 연구하였으며, 대학교 1학년생을 대상으로 측정에 대한 개념을 연구한 Séré 등(1993)의 연구도 있었다. 이러한 연구들은 모두 측정 방법이나 개념에 국한된 측정의 요소들에 대한 연구라고 할 수 있다. 이와는 달리 Hackling과 Garnett(1995)의 연구에서는 측정 능력의 발달에 관계된 연구가 진행되었다. 과학 전문가와 학생들의 탐구 능력을 단계별로 비교하면서 특히 자료 수집 부분에서 7살부터 10살까지 아동들의 측정 능력이 눈에 띄게 발달된 것을 보고하고 있으며, 12살 이후부터는 0점 측정이나 시차적 오차 등을 인식하는 능력을 갖추는 것을 보고했다. 이와 같이 Hackling과 Garnett의 연구는 학생들의 측정 능력의 발달은 보고했으나, 지금까지의 측정에 관한 연구들이 그랬듯이 학생들의 측정 능력이 어떠한 과정을 통해 발달되고 있는지를 말해주는 못했다. 국내에서 이루어진 연구(서정아 등, 2000; 양일호와 김후선, 2004; 정귀향과 김범기, 1997) 또한 학생들의 측정 개념이나 측정 능력에 관한 연구에 국한되어 있다. 이에 본 연구는 학생들의 측정 활동에서 보이는 행동 특성을 알아보고, 이러한 행동 특성들이 어떻게 변화되는 지를 알아보고자 하였다. 이 연구는 양일호 등(2008)이 초등학생의 측정 능력을 분

석한 연구의 후속 연구로서 측정의 본성과 관련되어 있는 반복 측정과 대푯값 선정, 그리고 측정값 신뢰 방법과 관련된 연구이다. 이러한 측정에 대한 본성들이 측정 경험이 증가함에 따라 어떻게 변화하는 지를 연구하여 학생들의 측정에 대한 본성의 변화 경로를 파악하는 데 그 목적이 있다. 또한, 이와 같은 연구는 학교 현장에서 측정과 관련된 과학 수업이 진행되는 경우, 학생들의 측정에 대한 본성을 파악하여 적절한 교수가 이루어질 수 있도록 많은 도움을 주리라 사료된다.

이에 본 연구는 연구의 목적이 학생들의 측정에 대한 경험이 증가함에 따라 측정의 대푯값 선정과 신뢰 방법이 어떻게 변해가고 더불어 이에 대한 측정의 본성을 파악하는 데 목적이 있으므로, 양일호 등(2008)의 연구와 같이 학생들의 인지 변화 과정에 대한 정보를 얻기 위한 방법은 미시발생학적인 연구 방법을 사용하였다. 미시발생학적인 연구 방법은 특정 행동이 형성되고 변화해가는 과정을 단시간에 밀도 있게 관찰하여 자료를 얻는 방법으로 발달 심리학자들이 고안(Kuhn, 1995; Kuhn & Phelps, 1982; Siegler & Crowley, 1991)한 것이다. 따라서 미시발생학적인 연구 방법을 이용해 측정 경험이 증가함에 따른 학생들의 반복 측정과 대푯값 선정, 그리고 측정값 신뢰 방법과 같은 측정의 본성의 변화 경로와 특성을 알아보기 위해 다음과 같이 연구 문제를 설정하였다.

측정 활동에서 나타나는 초등학생들의 대푯값 선정 방법 및 신뢰 방법의 변화 특성은 어떠한가?

## II. 연구 방법

본 연구는 양일호 등(2008)의 연구의 후속 연구로서 이전 연구 설계를 통해 얻은 자료를 기반으로 연구한 내용이므로 연구 방법에는 이전 연구와 상이함이 없다. 그러나 이전 연구가 측정 능력에 초점을 둔 반면에 이번 연구는 학생들의 측정에 대한 본성의 변화 경로에 초점을 두어 연구하였으므로, 자료 분석에 있어서의 차이점을 가지고 있다.

### 1. 연구 대상

연구 대상은 초등학교 4학년 학생 7명이었다. 연구 대상을 4학년으로 선택한 이유는 눈금 실린더를

이용해 부피를 처음으로 사용하는 것이 4학년이기 때문에 학생들의 부피에 관한 측정의 본성의 변화 경로를 정확히 살펴볼 수 있으리라는 동료 연구자들의 합의에 의해 이루어졌다.

연구 대상의 1차적 선정은 이전 학년의 과학과 수행 평가에서 중, 하의 평가를 받고 있으나, 자신이 생각하고 있는 것에 대하여 비교적 분명하게 의사를 표현할 수 있는 학생이라는 담임교사의 평가를 바탕으로 이루어졌다. 과학과 수행 평가에서 중, 하의 평가를 받는 학생을 1차 선정한 이유는 과학 성적이 우수한 학생들은 측정에 대한 높은 능력이 예상되어 그로 인해 변화 경로를 추적하기에는 적절하지 못하다는 과학 교육 전문가와 동료 연구자들의 판단에 의해 이루어졌다.

연구 대상의 2차 선정은 학생들 중 연구에 자발적인 참여 의사를 가진 학생을 위주로 이루어졌으며, 그 이유는 여러 번의 검사와 계속되는 시행이나 회기에 아동들이 계속 반응해야 하므로 자발적인 참여가 있을 때만 가능하다는 연구 방법적 특성 때문이다. 연구 초기 8명을 선정하여 연구를 진행하였으나, 1명은 연구 진행 과정에서 교사의 유도에 의한 측정 활동이 이루어졌다는 동료 연구자들의 판단에 의해 분석 대상에서 제외하고 나머지 7명에 대해 분석하였다.

## 2. 측정 과제

초등학생들의 측정 능력을 지필 평가, 또는 어렵하기, 눈금 읽기 등의 내용으로 실기 평가하는 연구들인 측정의 원칙이 활동에 적용된다는 Nunes 등(1993)의 연구와 과학 교육의 목적 중 한 가지가 과학의 경험이라는 Nott와 Wellington(1996)의 연구에 근거하여, 측정 과제를 활동 분야에 국한시켰다. 또한, 측정 활동 중에서 초등학생들은 길이, 부피, 시간과 같은 세 영역이 대부분을 차지하고 있다는 Martin(1997)의 연구를 근거로 측정 영역을 이 세 영역으로 제한하였다.

### 1) 길이와 부피 영역의 측정 과제

길이와 부피 영역의 측정 과제는 표 1에서와 같이 매 회기마다 다른 길이와 양을 측정하여 기록하고, 이를 다시 삼등분하여 각각을 측정하도록 하는 것이었다. 전체 양을 삼등분하는 과제는 SAPA II(AAAS, 1990)에서 2학년용으로 제시되어진 부피 등분하기

표 1. 길이와 부피의 전체량

	끈의 길이(cm)	액체의 양(mL)
1회기	30.45	87.6
2회기	54.45	66.6
3회기	63.45	42.6
4회기	100	100
5회기	110	110
6회기	130	130

과제를 참고하였다. 각 회기의 길이와 부피의 전체량에 차이를 둔 이유는 미시발생학적 연구 방법이 관심이 되는 행동을 반복 관찰하는 것이므로 발생과정의 철저한 규명이 가능한 반면에, 반복적인 검사의 연습 효과로 인해 신뢰성이 문제될 수 있다는 송명자(1995)의 지적에 따른 것이다. 특히, 끈의 길이와 액체의 양을 소수점을 이용하여 다양하게 제시한 이유는 앞서 지적한 것처럼 연습의 효과를 없애고, 3등분이라는 점에서 나눠 떨어지는 것과 떨어지지 않은 것을 제시함으로써 계산에 의해 나누어 떨어지지 않은 양에 대해서 어떻게 측정하는지 알아보기 위한 목적을 함께 함께 내포하고 있다.

### 2) 시간 영역의 측정 과제

시간 영역의 측정 과제는 추를 5회 왕복 운동시키고 그 시간을 측정하여 기록하는 활동으로 선정하였다. 위 과제는 추의 왕복 운동에 걸리는 시간을 측정하는 것으로 구체적 조작기에 있는 4학년 학생들이 충분히 할 수 있는 활동이라고 과학 교육 전문가와 동료 연구자들의 판단하였다. 또한, 시간 영역의 측정 과제 역시 반복적인 검사의 연습 효과로 인한 신뢰성의 문제점을 보완하기 위하여 매 회기마다 실의 길이를 약간씩 수정하였다.

## 3. 연구 절차

연구는 그림 1과 같이 예비 연구와 본 연구로 나누어 진행되었으며, 본 연구에 들어가기 전에 중·소도시에서 총 3회에 걸쳐 예비 연구를 시행하였다. 1차 예비 연구에서는 4, 5학년 각각 8명의 학생을 대상으로 실시하여 본 연구에 적절한 학년 선정과 실험 회기의 간격 및 총 실험 회기 횟수를 결정하였다. 2차 예비 연구는 과제 선정을 위해 실시하였다. 즉, 미시발생학적 연구에서 단점으로 지적되는 반복

에 의한 학습 효과를 배제시키기 위해 과제의 속성은 같으나 외형적으로 과제의 내용이 다른 과제들을 개발하였다. 과제의 속성이라 함은 측정 가능한 과제라는 점이며, 외형적으로 다르다는 것은 같은 양을 반복하여 측정하는 것이 아니라, 매 회기 다른 양을 측정하고, 3등분으로 나뉘 떨어지지 않는 것과 같이 다른 수치의 양을 뜻한다. 이 과제는 1차 예비 연구에서 선정된 학년을 대상으로 실시하여 다시 검증하였다. 2차 예비 연구에서 촬영한 자료를 바탕으로 과학교육전문가 4인이 동석한 3차에 걸친 세미나를 통해 각 측정 영역의 과제를 수정 보완하였다. 측정 과제는 1회기부터 3회기까지, 그리고 4회기부터 6회기까지로 나누어 삼등분을 위한 소수점 이하의 속성을 비슷하게 수정하였다. 3차 예비 연구에서는 과제의 적절성과 질문 방법 등을 위주로 최종 점검하였다. 예비 연구에 참여한 학생들은 본 연구에서 제외하였다. 그리고 예비 연구에서의 학생들의 측정 활동을 비디오로 녹화하고 전사한 자료와 면담 자료 및 현장 관찰 기록지 등을 함께 분석한 결과에 근거하여 본 연구를 설계하였다.

본 연구는 연구 대상과 연구자들이 직접 만나서 실시한 측정 활동 및 자료 수집 활동을 말한다. 학생들은 주어진 문제를 해결하기 위해 총 6회기의 측정 실험을 하였다. 6회기 활동은 하루에 2회기씩 3일에 걸쳐 4명씩 투입되었다. 총 투입 시기와 횟수에 대한 선정은 예비 연구 결과 학생들의 과제 흥미 정도와 과제 집중력을 고려하여 선정한 것이다. 사전 면담에서 학생들이 해결해야 할 문제를 소개하였

다. 그리고 학생들과 연구자는 활동 기간 중 친구나 다른 사람들의 도움을 받지 않기로 약속하여 학생들의 측정 활동에 영향을 미치는 외래 변인을 최대한 차단하고자 하였다. 각 회기의 측정 활동은 학습자들이 주어진 문제를 직접 해결하는 활동으로 이루어졌으며, 본 연구의 면담은 연구자들에 의해 학생과 일대 일로 이루어졌다.

#### 4. 자료 수집 및 분석

이 연구에서는 연구의 진실성을 높이기 위해서 비디오 녹화, 면담, 현장 관찰 기록지 작성 등을 이용한 삼각 측정법을 사용하였다. 각각의 방법을 구체적으로 제시하면 다음과 같다. 학생들의 사고 발생뿐만 아니라 학생들이 도구를 선택하고 조작하는 측정 활동 전반의 행동이 중요한 자료가 되기 때문에 연구 기간 동안 연구자는 학생들의 측정 활동을 비디오로 녹화하였다.

자료의 수집에 있어 사고 발생법이 언어적 보고에 대한 유용성은 인정하고 있으나(Siegler, 1986), 자칫 언어적 활동에 집중하다 보면 활동에 제한을 받을 수 있고 초등학교 4학년의 발달 특성상 자신들의 사고 과정을 모두 정확하게 표현하였다고는 볼 수 없기 때문에 활동에 관련된 면담을 추가로 실시하였다. 각 과제를 해결하면서 도구 선택 이유나 측정량 결과에 대한 신념과 더불어 특이 행동에 대한 학생들의 생각을 더 이끌어내고 싶은 부분을 각 과제가 끝나는 동시에 면담자는 수동적인 참여자의 입장으로 비구조화된 면담을 실시하였다. 이때 면담 내용이나 면담 시기가 학생들의 문제 해결 활동에 영향을 미치지 않도록 최대한 주의하였다.

면담자는 활동 전 과정에 대해 현장 관찰 기록지를 작성했다. 학생이 말로 표현하지 못하거나 특이한 사항을 연구자는 지속적으로 관찰하여 다음 회기 면담 내용과 분석의 기초 자료로 삼았다. 이때 관찰 기록 내용은 전사 과정에서 활동들과 일치하는 적절한 위치에 기입하였고, 결과 분석 시 참고하였다. 네 명의 면담자와 학습자가 일대 일 면담을 위해 반이 다른 8명의 학생을 네 명씩 2회에 걸쳐 연구를 진행하였으며, 과제 수행에 필요한 측정 도구는 각 개인별로 똑같이 제공되었다. 과제 제시는 길이 측정, 부피 측정, 시간 측정의 순으로 이루어졌으며, 각각 학생의 진행 속도에 맞추어 과제를 수행하도록 하여 시간의 제약을 두지 않았다. 학생들

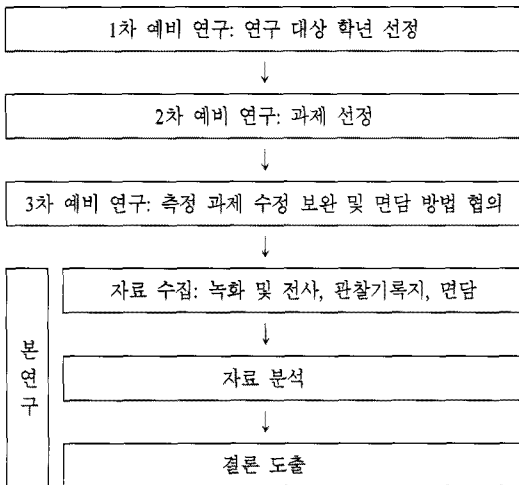


그림 1. 연구 절차

은 측정 결과를 주어진 활동지에 기록하였다. 면담의 모든 과정은 캠코더를 이용해 촬영한 후 전사하였으며, 전사는 언어적 활동뿐만 아니라 현장 관찰 기록지와 녹화된 자료를 바탕으로 한 행동 특성을 시간으로 구분하여 정리하였다. 자료의 수집과 행동 내용의 전사 과정에서 연구자의 사전 편견과 주관성 및 이론적 경향이 개입되는 것을 방지하기 분석자간 회의를 통해 분석하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 길이 영역에서의 대푯값<sup>1)</sup> 선정 방법 및 신뢰 방법에 관한 변화 특성

##### 1) 대푯값 선정 방법

길이 영역의 과제는 주어진 끈의 전체 길이를 측정하고 이를 삼등분한 뒤 각각을 측정하는 과제이다. 분석 결과, 학생들의 길이 영역에서의 대푯값 선정 방법은 실험 결과에 의존하거나, 수학적 계산에 의존하여 산출하는 것으로 나타났다. 실험 결과에 의존하는 것은 실험 과정에서 측정한 자료를 바탕으로 결과 값을 산출하는 것이며, 계산에 의존하는 것은 수학적 계산에 의존하여 결과 값을 산출하는 경우이다.

계산에 의존하는 경우에는 실험 결과를 측정하기 전에 계산한 답으로 기록하는 것, 전체량을 삼등분한 뒤 계획한 양만큼 측정하여 등분하였으나, 결과 값이 계산 값과 다른 경우에도 수정하지 않은 것, 전체량을 삼등분이 되는 수로 바꾸어 계산하고 이를 수정한 것, 실험 과정에서 수많은 오차 원인을 생각하지 않고 부분의 합으로 전체의 양을 수정한 것 등이 있었다. 계산에 의존하는 학생들은 대푯값이 측정된 값과 일치할 수 없으며, 단지 측정된 값과의 일정한 분포를 가지고 측정됨(한국표준과학연구원, 1998)을 알지 못하므로 측정된 값이 계산한 값과 다를 경우 그 오차를 이해하지 못하고 계산한 값에 의존하여 대푯값을 선정하는 경우라 할 수 있다.

학생들은 익숙하지 않은 과제에 대한 측정 또는 측정 활동에 자신감이 없는 학생일수록 계산에 의한 값이 더 정확하다고 생각했다. 이러한 현상은 과학 실험에서 하는 많은 활동들이 실험지침서에 제

시된 방법으로 실험을 수행하여 배경 이론에 제시된 내용 즉 이론값에 맞추는 행동이 대부분이라는 이재봉과 이성묵(2006)의 연구에서와 같은 결과이다. 학생 개인별 대푯값 선정 방법은 표 2와 같다.

표 2에서 보는 것과 같이 학생들은 실험 경험의 증가에 따른 대푯값 선정 방법의 변화 경향성은 없었으며, 대부분 실험에 의존하는 것보다 측정 활동과 무관하게 계산에 의존하여 대푯값을 선정하였다. 길이 영역에서 학생들이 전체량을 정확하게 측정한다고 해도, 등분 과정에서 일어나는 오차를 고려하면 수학적 계산 값과 측정 결과 값이 일치될 수는 없다. 따라서 학생들은 정확한 측정이 불가능하다는 것과 실제 측정된 값으로 대푯값을 산출해야 한다는 것을 인지해야 함에도 불구하고 표 2에서 보는 것과 같이 실험 회기와 무관하게 계산에 의존하여 대푯값을 산출하는 학생 수는 줄어들지 않았다. 이러한 결과는 학생들의 측정에 대한 불확실성의 개념이 측정 경험의 증가만으로는 변하지 않는다는 것을 보여주는 예라고 할 수 있다. 따라서 연구 결과는 학생들의 불확실성에 대한 개념의 습득에 다른 교수 방법이 동원되어야 함을 보여주고 있다.

##### 2) 대푯값 신뢰 방법

학생들은 전체량을 측정하고 이를 삼등분한 뒤, 똑같은 양으로 나누었다. 그리고 그 과정에서 등분된 양이 각각 같은지 확인하는 과정을 거친다. 이때 과학적인 방법은 각각의 양을 반복 측정하여 그 결과 값을 평균하여 비교함으로써 대푯값에 대한 신뢰하는 과정을 거치게 된다. 그러나 학생들은 반복 측정에 의한 평균이 아닌 다른 방법으로 대푯값을

표 2. 길이 영역에서의 대푯값 선정 방법

	1회기	2회기	3회기	4회기	5회기	6회기
학생 A				계산		
학생 B	실험			계산		
학생 C	계산		실험			계산
학생 D			계산		실험	계산
학생 E	계산	실험			계산	
학생 F				실험		
학생 G	실험	계산	실험	계산		실험

1) 본 연구에서는 학생들이 측정을 통해 나온 값 중에서 최종적으로 선정하는 값을 대푯값이라고 정의한다.

신뢰하였다. 즉, 학생들은 걸보기를 통해 직관적으로 각각이 동일한 양임을 인식하는 정성적인 관찰을 통한 사례와 반복 측정은 아니나 정량적 관찰 방법으로 측정 도구를 이용하여 측정된 값을 다시 측정한 뒤 대푯값을 신뢰하는 사례, 그리고 정량적 관찰과 정성적 관찰을 동시에 사용하는 사례와 같이 총 3 가지 경우로 나타났다.

길이 측정 영역에서 학생들이 대푯값을 신뢰하는 방법은 표 3과 같다. 정성적 관찰을 통해 대푯값을 신뢰하는 학생들은 등분된 길이를 눈으로 보아 그 길이가 같음을 어렵해 보거나, 세 개를 겹쳐 확인하는 방법을 사용하였다. 정량적 관찰을 통해 신뢰하는 학생들은 각각의 길이를 자를 이용하여 측정해 그 측정량을 비교하였다.

학생 F는 전체 회기 동안 등분된 각각의 길이를 측정 도구인 자를 이용하여 다시 측정한 뒤 그 수치로 결과를 신뢰하는 정량적 관찰을 통해 대푯값을 신뢰하였다. 아울러 학생 D, G는 초기 실험 회기에 등분된 끈을 어렵하기로 같음을 확인하거나, 세 개를 맞게 겹쳐 같음을 확인하는 등 정성적 관찰을 하였으나, 측정 회기가 증가하면서 정량적 관찰을 통해 대푯값을 신뢰하였다. 이러한 결과는 학생들이 실험 회기가 증가함에 따라 부분 길이의 양을 정확히 비교할 수 있는 방법은 정량적 관찰에 의한 측정임을 인식하는 것으로 이해할 수 있다.

그러나 학생 A는 실험 회기에 상관없이 정성적인 관찰과 정량적인 관찰을 함께 사용함을 보였으며, 학생 E도 전 회기 동안 정성적인 관찰을 통해서만 결과를 신뢰하는 모습이 관찰되었다. 또한, 학생

B는 정성적 관찰을 하다가 정성적 관찰과 정량적 관찰을 병행하다가 다시 정성적 관찰을 하였다. 이것은 다양한 경험을 통해 좀 더 쉽고 편리한 방법을 찾은 것으로 해석할 수 있으며, 이와는 다르게 학생 C는 정량적 관찰을 하다가, 정성적 관찰과 정량적 관찰을 병행하는 모습을 관찰되었다. 이것은 학생 C는 특정한 방법보다는 병행을 하는 것이 더 낫다는 생각을 하고 있는 것으로 해석된다.

## 2. 부피 영역에서의 대푯값 선정 방법 및 신뢰 방법에 관한 변화 특성

### 1) 대푯값 선정 방법

부피 영역에서의 과제는 전체 부피를 눈금 실린 더(50 mL, 100 mL)를 이용해 삼등분하면서 삼등분한 양을 각각 측정하는 것이다. 분석 결과, 학생들은 부피 영역에서도 길이 영역에서와 같이 실험 결과에 의존하는 것과 수학적인 계산에 의존하는 것으로 구분되었다.

표 4는 학생들의 부피 영역에서의 대푯값 선정 방법에 대해 정리한 표이다. 표 4에서 볼 수 있는 것과 같이 학생들은 측정 회기가 증가함에 따라 계산보다는 실험 결과에 의존하여 대푯값을 선정하고 있음을 알 수 있다. 특히 학생 A와 학생 D, 학생 G는 회기 초기에는 계산에 의존하여 대푯값을 선정하였으나, 회기가 증가하면서 실험에 의존하는 쪽으로 증가하였다. 이것은 학생들이 계산보다는 실험을 통한 대푯값 선정이 과학 활동에서는 더 중요함을 인식하고 있는 것으로 생각된다. 그러나 관찰

표 3. 길이 영역에서의 대푯값 신뢰 방법

	1회기	2회기	3회기	4회기	5회기	6회기
학생 A	정성적 관찰	정량적 관찰		정성적 관찰	정성적 관찰	정성적 관찰
학생 B	정성적 관찰	정량적 관찰	정성적 관찰 정량적 관찰	정성적 관찰 정량적 관찰	정성적 관찰 정량적 관찰	정성적 관찰
학생 C	정량적 관찰	정량적 관찰	정성적 관찰 정량적 관찰	정성적 관찰 정량적 관찰	정량적 관찰	정성적 관찰 정량적 관찰
학생 D	정성적 관찰	정량적 관찰				
학생 E	정성적 관찰					
학생 F	정량적 관찰					
학생 G	정성적 관찰	정량적 관찰				

※ 음영은 정량적 관찰을 나타낸다.

결과, 실험을 통한 대푯값 선정에는 학생들의 정확한 측정 능력이 요구되는데 불구하고 학생들은 그렇지 못하고 있었다. 실험에 의한 정확한 대푯값을 선정하기 위해서는 학생들의 측정 능력을 향상시키는 학습이 필요하리라 생각된다.

학생들은 길이 영역과는 다르게 부피 영역은 스포이트를 이용해 조금씩 나눠 담을 수 있으므로 먼저 대강의 양을 나눠 담은 뒤 스포이트를 이용해 조금씩 나눠 담으며 과제를 해결하려고 하였다. 특히 회기가 증가함에 따라 계산이 어려운 값 즉 3으로 나눠 떨어지지 않는 과제에서는 이와 같은 방법을 자주 사용하는 것을 볼 수 있었다.

## 2) 대푯값 신뢰 방법

표 5는 부피 측정 영역에서의 결과 신뢰 방법을 정리한 것이다. 표 5에서 볼 수 있듯이, 부피 측정에서 학생들은 등분된 액체를 눈으로 보아 직감적으로 같음을 확인하거나 물의 높이를 비교하여 확인하는 경우, 무게를 들어서 각각의 부피가 같음을 확

인하는 것과 같은 정성적인 관찰과 각각의 부피를 50 mL나 100 mL의 눈금실린더에 다시 측정하여 각각을 확인해 보는 정량적인 관찰들을 이용하였다.

학생 E, G는 초기 실험 회기부터 끝까지 정량적 관찰을 통해 등분한 양을 재 측정하여 결과를 신뢰하였다. 학생 A, B, C, D, E는 시기에는 차이가 있으나, 정성적 관찰에서 정량적 관찰로 발달을 보인 학생들이다. 학생 B는 실험 초기에서 학생 A와 같이 컵에 담긴 액체의 높이를 눈으로 확인하였으나, 3회기에서 5회기까지는 액체의 높이를 엄지와 검지사이의 간격을 이용하여 같음을 보였다. 마지막 6회기에서는 손가락 사이의 간격이 매번 정확하지 않음을 깨닫고 50 mL 눈금실린더를 활용하여 결과 값을 신뢰하였다. 학생 C는 1회기에서 저울을 이용해 등분한 양의 액체 무게를 비교함으로써 부피가 같음을 보였으나, 액체의 양이 작아 무게 비교가 어려우며, 무게로 부피를 비교하면 정확하게 비교하기 어렵다는 이유로 50 mL의 눈금실린더에 액체의 양을 각각 재 측정하였다. 학생 D는 1회기에서 한 부분의 액체의 양을 측정하고, 전체량을 삼등분하였기 때문에 계산한 값과 일치하면 세 값이 일치할 것이라고 생각하였다.

이상의 결과에서 볼 수 있듯이, 학생들은 결과 신뢰 방법에서 길이 영역과 부피 영역 모두에서는 정성적 관찰과 정량적 관찰을 사용하고 있으나, 특히 길이 영역에서는 두 가지 방법을 혼합하여 사용하는 예가 많았으며, 몇몇 학생들에게서는 정량적 관찰로의 변화가 관찰되었다. 이것은 학생들이 결과 신뢰 방법으로 정량적 관찰이 더 신뢰할 수 있다는 것을 점차 인식하는 것으로 볼 수 있을 것이다.

길이 영역보다는 부피 영역에서 모든 학생들이

표 4. 부피 영역에서의 대푯값 선정 방법

	1회기	2회기	3회기	4회기	5회기	6회기
학생 A		계산				실험
학생 B			계산			
학생 C	계산		실험			계산
학생 D	실험		계산			실험
학생 E			계산			
학생 F			실험			
학생 G	계산				실험	

표 5. 부피 영역에서의 대푯값 신뢰 방법

	1회기	2회기	3회기	4회기	5회기	6회기
학생 A	정량적 관찰	정성적 관찰			정량적 관찰	
학생 B			정성적 관찰			정량적 관찰
학생 C				정량적 관찰		
학생 D				정량적 관찰		
학생 E			정성적 관찰			정량적 관찰
학생 F		정량적 관찰			정량적 관찰	
학생 G				정량적 관찰		

※ 음영은 정량적 관찰을 나타낸다.

측정 경험의 증가와 함께 정성적 관찰보다는 정량적 관찰을 선택하여 결과를 신뢰함으로써 바람직한 변화를 보여주었다. 길이 영역에서는 학생들의 단순한 측정 경험의 증가가 학생들의 결과 신뢰 방법의 변화를 가져올 수 없음을 보여주었다. 이러한 결과는 길이 영역에서 측정값에 대한 신뢰 방법과 관련하여 적절한 교수가 이루어져야 함을 시사해 주는 것이라 볼 수 있다. 또한 길이 영역보다는 부피 영역의 과제가 측정에 있어서 계산에 의존하는 것보다는 실험에 의존하는 것이 더 편리하고 정확하다는 인식이 강함을 보여준다고 할 수 있다.

### 3. 시간 영역에서의 대푯값 선정 방법 및 신뢰 방법에 관한 변화 특성

#### 1) 대푯값 선정 방법

시간 영역의 과제는 학생들이 추가 5회 왕복한 시간을 측정하는 것이다. 시간 영역에서 학생들은 대푯값을 선정하면서 실험 초기에는 한 가지 방법으로 대푯값을 선정하였으나, 실험 회기가 증가할수록 특정한 한 가지 방법과 ‘여러 가지 다른 요인을 고려’하는 방법을 추가하여 대푯값을 선정하였다. 학생들의 대푯값 선정 방법에 관한 빈도는 표 6과 같다.

학생들이 대푯값을 선정하면서 사용한 방법은 표 6에서 볼 수 있는 것과 같이 다양했다. 그리고 표 6에서 볼 수 있는 것처럼 회기가 증가함에 따라 대푯값 선정 방법을 다양하고 복합적으로 사용하는 학생들이 많아짐을 볼 수 있다. 학생들이 대푯값을 선정하는 방법에 대해 구체적으로 정리하면 다음과 같다.

첫째, ‘여러 번 측정해서 같은 값이 나오는 옳은

값을 찾기 위해서’와 같이 ‘최빈값’을 선택하는 경우가 있었다. 최빈값으로 선정하는 방법은 초기 실험 회기부터 끝까지 가장 빈번하게 선택된 것으로 Lubben과 Millar(1996) 및 Varelas(1997)의 연구와 동일하다.

둘째, ‘측정값의 가운데 수’인 ‘중앙값’을 대푯값으로 선정하는 경우가 있었다. 그러나 학생들은 ‘최빈값이 없기 때문에’에 중앙값을 선택하였으므로 보다 정확한 실험을 위해 반복 측정한 결과 최빈값이 발견되면 ‘중앙값’에서 ‘최빈값’으로 수정하는 사례가 있었다. 학생 C와 D의 1회기 실험에서 대푯값으로 중앙값을 선택하려 하였으나 반복 실험 후 최빈값으로 바꾼 경우가 그 예이다.

셋째, ‘추가 5회 반복하고 멈췄을 때 딱 맞게 늘렸거나’, ‘초시계를 정확하게 사용하여 늘렸다’라고 하는 등 측정 도구와 실험을 정확하게 수행했다고 생각하는 ‘최초값’으로 대푯값을 선정하는 경우가 있었다. ‘최초값’은 선행 연구들의 ‘처음값’과는 구분된다. ‘최초값’은 단 한 번 측정에서 얻은 값을 대푯값으로 선택하는 경우에 해당된다. 또한 한 번 이상 측정한 학생들을 면담한 결과, 두세 번 측정했다 하더라도 이들 역시 실험이 정확하게 수행되었다고 생각하는 첫 실험의 값을 대푯값으로 선정했다면 ‘최초값’을 선택하는 경우로 분류하였다.

넷째, ‘소수점 이하의 숫자를 고려’하여 대푯값을 선정하는 경우가 관찰되었다. 즉, 측정값들 중에 한 값을 정하고자 하는 경향에서 벗어나 측정값들을 반올림하거나 내림을 하여 소수점 이하의 값을 없애는 경우, 소수점 이하의 측정은 잘못된 것으로 인식하고 소수점이 없는 수를 대푯값으로 선정하는 경우를 ‘소수점 이하의 숫자를 고려’하는 방식이라고 구분하였다.

표 6. 회기별 대푯값 선정 방법

	1회기	2회기	3회기	4회기	5회기	6회기	합
최빈값	3	4	2	4	3	4	20
중앙값	0	0	2	1	3	1	7
최초값	3	2	1	0	0	1	7
소수점 이하의 숫자를 고려	1	1	2	2	2	1	9
다른 값들과의 유사성을 고려				2	5	4	11
합	7	7	7	9	13	11	54



다섯째, ‘다른 값들과의 유사성을 고려’한 경우를 들 수 있다. 즉, 측정된 결과 값으로 비슷한 크기에 밀집된 값들 중 다른 수들과의 오차 정도를 고려하여 대푯값을 선택하는 경우이다. ‘다른 값들과의 유사성을 고려’하는 방법은 최빈값이나 중앙값과 같이 독립적으로 선택되지는 않으나 다른 대푯값을 선택하는데 확신을 주는 주요 요인으로 작용하였다. ‘다른 값들과의 유사성을 고려’하여 대푯값을 선택하는 방법은 Lubben과 Millar(1996)이 제시한 측정값의 추론 형식에서 특정한 한 값만을 선정해야 한다고 생각하는 점 추론에 의한 중앙값이나 최빈값과 달리 다른 값들을 고려하여 대푯값을 정하는 집합추론에 의한 선정이므로, 별도의 항목으로 구분하였다.

이와 같이 학생들은 고정적인 방법을 정하지 않고 실험 회기에 따라 여러 가지 방법으로 대푯값을 선정하고 있음을 알 수 있다. 표 7은 학생들의 대푯값 선정 방법의 변화 양상을 정리한 표이다. 표 7에서 볼 수 있는 것과 같이 대푯값 선정 방법은 크게 과학적이지 않은 의미 없는 변화를 보이는 ‘임의 선정’과 과학적인 변화를 보이는 ‘논리적 선정’으로 구분할 수 있다.

학생 A는 진자의 움직임을 보고 시간을 측정하는 것이 아니라, 초시계를 보고 근사한 값을 누르는

잘못된 측정 방법을 이용하고 있었다. 이러한 방법 때문에 학생 A는 회기가 증가함에 따라 반복 측정의 횟수는 줄어들었다. 학생 A와 같이 ‘임의 선정’을 보이는 사례는 학생 B와 학생 E, 학생 F에서도 관찰되었다.

학생 B는 1회기에는 정확하게 측정했던 처음 값을 대푯값으로 선정했으나, 2회기에는 반복되는 수가 측정될 때까지 측정하고, 3회기에는 소수점 이하의 없는 값을 대푯값으로 선정하는 등의 의미 없는 변화를 보였다.

이와는 반대로 학생 C는 1회기에서 3회 측정한 뒤 중앙값을 대푯값으로 선정하려 하였으나, 이후 계속된 반복 실험에서 동일한 값이 나오자 중앙값 대신 최빈값을 대푯값으로 선정하였다. 2회기 실험에서도 1회기 실험과 같이 최빈값이 나올 때까지 측정하였으며, 3회기 실험에서는 8회 반복 측정하여 최빈값을 찾으려 하였으나, 동일한 값이 측정되지 않았으므로 중앙값을 선정하였다. 4회기 실험에서는 실험 도중 동일한 값이 측정되었으나 반복 실험을 더 한 뒤 측정된 값들 중 최빈값이면서 측정한 다른 비슷한 크기에 밀집한 값으로 판단하여 대푯값으로 선택하는 ‘논리적 선정’을 보였다.

연구자: 어떤 값을 대푯값으로 할 거예요?

표 7. 학생들의 대푯값 선정 방법

회기	임의 선정				논리적 선정									
	학생 A		학생 B		학생 E		학생 F		학생 C		학생 D		학생 G	
	반복 횟수	선정 방법	반복 횟수	선정 방법	반복 횟수	선정 방법	반복 횟수	선정 방법	반복 횟수	선정 방법	반복 횟수	선정 방법	반복 횟수	선정 방법
1회기	6		5	최초값	1		2		5	중앙값에서 최빈값	6	중앙값에서 최빈값	2	
2회기	15		10	최빈값	1	최초값	3	최초값	8	최빈값	10		2	소수점
3회기	7		4	소수점	2		3		8	중앙값	9	최빈값	4	
4회기	9	최빈값	5	최빈값 유사성	6	소수점	3	중앙값	10	최빈값 유사성	17		4	소수점 유사성
5회기	4		8	중앙값	8	중앙값	6		10	최빈값	8		5	
6회기	3		5	최빈값	5	최초값	4		6	최빈값 유사성	5	최빈값 유사성	5	소수점 유사성

※소수점: 소수점 이하의 수가 나오지 않은 값  
유사성: 다른 값들과의 유사성을 비교

학생 A: 5.55요. 지금까지 제일 많이 나왔거든요. 3번 나왔거든요.

연구자: 5.77초도 두 번이나 반복되었는데요.

학생 C: 이거 세 번 반복되었거든요. 그리고 다른 값들하고 비슷하잖아요. 5.56도 있고요.

(학생 C, 4회기 시간 측정)

학생 D와 학생 G도 ‘논리적 선정’을 보였는데, 특히 학생 D는 1회기 실험에서 학생 C와 같이 중앙값을 선택하고, 선택한 값이 동일하게 재 측정되면 정확한 답일 것이라고 생각하여 반복 실험을 계속 하였다. 그래서 측정한 값들이 중앙값과 동일한 값이 다시 측정되자, 그 값을 선택하였다. 학생 D는 3회기 후에 실시한 아래에 있는 면담에서도 볼 수 있듯이, 같은 실험을 했을 때 동일한 값이 나올 것 같으냐는 질문에 측정한 값과 비슷한 주변의 수가 측정될 것으로 보았으며, 대푯값으로 선택한 값을 매 실험에서 구할 수 없으며, 그 값과 비슷한 오차 분포를 가진 값들이 측정될 것으로 예상하였다. 이는 실험 회기가 증가하면서 측정값이 일정한 분포를 지니고 있음을 이해하기 시작한 것으로 보인다. 따라서 학생 D는 반복 실험에 의한 최빈값을 대푯값으로 선택하는 경우가 많았다.

학생 D: [추를 운동시키고 6.40을 메모지에 적고, 한 번 더 운동시킨다.]

연구자: 왜 한 번 더 해요?

학생 D: 틀리게 나올 수도 있으니까

연구자: 네가 이것 조금 느리게 누를 수도 있고 해서.....

학생 D: [초시계로 측정하고 메모지에 6.37을 적고 한 번 더 운동시킨다] 한 번 더 재박야죠. [6.31을 측정하고 메모지에 적는다.]

연구자: 어떤 값으로 할 거예요?

학생 D: 6.37이요..... 6.37이 31하고도 비슷하고 40하고도 비슷하니까..... [활동지에 적는다.]

연구자: 제일 중간 값이라고요?

학생 D: 네. [측정을 계속한다.]

연구자: 왜 계속 측정해요?

학생 D: 이 값이 맞는지 다시 측정해 봐야 될 것 같아요. [추를 반복 운동을 시킨다.]

(학생 D, 3회기 시간 측정)

초등학생들은 대푯값 선정에 있어서 다양한 방법으로 대푯값을 선정하고 있었으며, 반복 측정의 필요성을 느끼지 못하는 경우 대부분의 학생들은 최

초값을 대푯값으로 선택하고 있었다. 반복 측정의 필요성을 느낀 학생들은 최빈값을 대푯값으로 선택하려는 경향이 강하며, 동일한 측정값이 나오지 않은 경우, 소수점 이하의 자리 수를 고려하거나, 중앙값을 선택하는 경우가 있음을 알 수 있었다. 또한, 학생들이 측정 실험을 계속하고 적절한 대푯값을 선정하는 과정을 반복하면서 측정 결과 값이 일정 분포를 가지고 있음을 깨닫는 사례도 관찰되었다. 이러한 결과는 측정에서 반복 측정의 필요성을 인식시켜 주는 것이 중요하다는 것을 보여준다. 그리고 측정 경험의 증가와 관련해 학생들은 여러 가지 방법들을 함께 사용하여 대푯값을 보여주는 일관성 있는 변화를 보여주었다. 대푯값 선정에 있어서 학생들은 여러 가지 방법을 함께 사용하는 것이 더 정확하다는 인식의 변화가 이루어짐을 알 수 있었다.

## 2) 대푯값 신뢰 방법

측정의 결과를 신뢰하기 위해서는 측정의 불확실성으로 인하여 오차가 존재하므로 측정 과정에서 특별한 실수가 없는 한 반복 측정하여 평균값을 구함으로써 참값에 근사한 값을 측정해야 한다(서정아, 2002). 그러나 학생들의 6회기 동안의 길이, 부피 영역의 측정 활동을 관찰한 결과 동일한 양을 반복 측정하는 경우를 찾아보기 힘들었다. 이는 대학생을 대상으로 한 Séré 등(1993)의 연구에서 대학생들이 반복 측정의 필요성을 이해하지 못한다는 연구와 비슷한 결과이다.

그러나 시간 영역에서는 추를 5회 왕복 운동시키면서 반복 측정의 필요성을 인식하고 반복 측정하는 학생이 많았다. 이와 같이 시간 영역에서는 학생들이 측정에서 중요한 반복 측정을 통해 대푯값을 선정하고 신뢰하고 있었다. 따라서 시간 영역에서의 대푯값 선정에서의 신뢰 방법에 대한 결과는 반복 측정과 관련하여 자세히 관찰한 후 분석하였다.

대부분의 학생들은 시간 영역에 있어서 반복 측정을 하고 있었다. 특히 학생 E, F, G는 실험 회기 초기에는 반복 측정을 하지 않았으나, 회기가 거듭됨에 따라 반복 측정의 필요성을 인식하게 되었다. 표 8은 학생들의 회기별 반복 측정 횟수를 정리한 표이다.

표 8에서도 볼 수 있듯이, 이번 연구의 결과는 서정아(2002)가 중학생들을 대상으로 실시한 시간 측정 실험의 결과와는 다른 결과를 보여준다. 서정아

표 8. 시간 영역에서의 회기별 반복 측정 횟수

	학생 A	학생 B	학생 C	학생 D	학생 E	학생 F	학생 G
1회기	6	5	5	6	1	2	2
2회기	15	10	8	10	1	3	2
3회기	7	4	8	9	2	3	4
4회기	9	5	10	17	6	3	4
5회기	4	8	10	8	8	6	5
6회기	3	5	6	5	5	4	5

의 연구에서는 단 한 번만 측정한 경우가 17%였으며, 두 번 50%, 세 번 23%, 네 번 10%, 그리고 다섯 번 이상 측정한 학생은 없었다. 측정의 횟수는 신뢰도가 높은 측정값을 선정하는데 필수불가결한 요소라는 점에서 두 연구는 상당히 다른 결과를 보여주고 있다.

반복 측정에 대한 이유는 다음의 3가지로 요약된다. 첫째, 한 번의 측정으로 충분하다는 생각으로 측정을 끝내는 경우, 둘째, 초시계의 조작 미숙과 첫 번째 실험이 정확하게 이루어졌다는 확신과 함께 한두 번 측정을 더 해보는 경우, 셋째, 보다 정확한 측정을 위해 반복 측정을 하는 경우이다.

Lubben과 Millar(1996)의 연구 결과를 수정하여 실험적인 자료와 관련한 학생들의 생각 발달을 8단계로 제시한 Allie 등(1998)의 연구에서는 제일 낮은 수준의 사고 단계를 가지고 있는 학생들은 단 한번 측정으로 측정을 마무리한다고 보고하였다. 이번 연구에서도 초기 실험 회기에서 단 한번이나 두 번 측정으로 끝낸 학생을 면담 분석한 결과, 학생들은 단 한번의 측정이 옳다고 판단하기 때문에 한 번만 측정한다는 연구와는 달리 자신들의 측정 결과에 대해서 옳다고 신뢰하지는 않았다. 이는 학생들이 측정 결과가 신뢰할 수 없다고 생각하였음에도 적절한 대안을 모색하지 못했기 때문으로 보인다. 이러한 결과는 학생 E의 전사 자료에서 확인할 수 있다.

학생 E: [추를 운동시킨 후 6.49초를 측정하고 활동지에 기록한 다음 초시계를 준비물 상자에 다시 넣는다.]

연구자: 정확한 거 같아요?

학생 E: ..... 조금 모자란 것 같아요. (정확하지 않다는 의미로 이야기함)

연구자: 그러면 정확한 값이 아닌 거예요?

학생 E: 아닌 것 같아요.

연구자: 그러면 더 정확한 값을 낼 수 있는 방법은 없을까요?

학생 E: ..... 잘 모르겠어요.

(학생 E, 2회기 시간 측정)

그러나 한두 번의 측정만으로 측정값을 기록하던 학생들(학생 E, F, G)도 실험 회기가 증가하면서 측정값에 대한 정확성을 불신하면서 차차 여러 번 반복 측정을 하는 것이 관찰되었다.

연구자: 여러 번 측정을 했구나..... 이 전까지 두 번 측정하거나 한번 측정한 거랑 지금 여러 번 측정한 거랑 어떻게 뭐가 다를까? 어떤 게 더 정확할까?

학생 E: 지금 측정하는 게 더 정확한 거 같아요.

연구자: 왜 그렇게 생각해?

학생 E: 저번에는 2번만하고 맞았는데, 지금은 여러 번 하였고 그 중에서 제일 정확한 답을 골라서 썼으니깐.....

연구자: 그런데 너무 궁금한 게요. 왜 갑자기 여러 번 측정을 해야겠다는 생각을 했어요?

학생 E: 더 정확하게 한 번 재보기 위해서.....

연구자: 지금까지는 정확하지 않았던 것 같아요? 하면서도 뭔가 의심이 남았어?

학생 E: 예. 이게 정말 정확한가? 정확하지 않을까?

(학생 E, 4회기 시간 측정)

학생 A, B, C, D는 1회기부터 정확한 답을 얻기 위해 반복 측정을 하였으나, 과학자들이 생각하는 반복 측정에 대한 개념과는 다른 것으로 보인다. 과학자들과 학생들의 반복 측정의 필요성에 관한 생각의 근본적인 차이를 Lubben 등(2001)의 연구와 비교해 볼 수 있다. 즉, 과학자들은 집합 추론(set reasoning)에 의거 각각의 측정이 단지 참값에 대한 근사값이고, 참값으로부터의 변위는 무작위적이므로 측정 결과값은 특정값 주위에 일정한 분포를 가지므로 존재하게 된다. 따라서 이 결과의 분포를 알기 위해 반복 측정이 필요하다는 추론 형태를 가지고 있다. 반면 측정 실험 회기 초반에 학생들은 각각의 측정 결과를 이론적으로 참값이 될 수 있다는 생각을 바탕으로 점 추론(point-like)에 의한 반복 측정으로 이해한 것처럼 보인다. 점 추론은 측정 결과는 다른 것과 독립적이고 다른 방식으로 결합될 수 없다고 생각하는 것이다. 따라서 학생 D와의 면담 결

과에서도 볼 수 있듯이 학생들은 측정은 어떤 간격을 나타내는 것이 아니라 점과 같은 것(point-like)을 이끌어 내는 활동이므로 여러 개의 측정 자료에서 반복 되는 값을 찾는 현상으로 인식하고 있었다.

연구자: 완전하게 정확한 측정이 가능하다고 생각해요?  
 학생 D: 완전히 정확하게는 할 수 없죠.  
 연구자: 완전히 정확하게는 할 수가 없어요? 그러면 정확한 값이란 무엇을 말하는 것 같아요?  
 학생 D: 정확한 값이란 이걸[추] 다섯 번 똑같은 높이에 서 재고 정확히 [초시계]를 누르는 거 그거죠.  
 연구자: 시간이 그러니까 여러 번 해봐야 된다는 거예요?  
 학생 D: 네.  
 연구자: 그러면 이건 여러 번 했는데 부피는 한 번씩만 했잖아요. 길어도 그렇고. 그러면 정말 정확하게 하기 위해서는 몇 번씩 해야 된다고 생각해요?  
 학생 D: 모르죠. 수백 번 수만 번이 되도 똑같이 나올 때.....  
 연구자: 똑같은 값이 나올 때까지?  
 학생 D: 네.  
 연구자: 그게 정확한 값이에요?  
 학생 D: 틀리게 나올 수도 있고 무조건 똑같은 값을 맞혀야 해요.

(학생 D, 1회기 시간 측정)

또한, 반복 측정 횟수와 관련하여 표 8에서 보는 것과 같이 실험 회기가 증가하면서 학생마다 회기의 차이는 있으나 반복 횟수가 증가하다가 감소함을 알 수 있다. 이는 학생 A와의 면담에서와 같이, 하나의 정확한 특정 값을 측정하기 위해 반복 측정의 횟수가 증가하다가 측정 횟수가 증가할수록 대푯값 선정의 어려움을 겪으면서 점차 감소한 것으로 나타났다. 특히 최빈값을 대푯값으로 선정하는 경우가 증가하면서 반복되는 값이 나오면 더 이상 반복 측정을 하지 않는 것이 관찰되었다.

연구자: 이번 실험에는 몇 번 측정하였어요?  
 학생 A: 3번이요.  
 연구자: 또 줄었네.  
 학생 A: 네.  
 연구자: 세 번한 이유가 있어요?  
 학생 A: 네. 같은 게 두 번이나 연속으로 빨리 나와서 그게 정답이라고.....  
 연구자: 그런데 이전 실험에서는 10번을 넘게 측정하기

도 하고 9번 측정하기도 했잖아요. 그러면서 뭐라고 그랬냐면 많이 재면 많이 잦수록 더 정확한 값이 나올 거라고 말을 했지요? 그런데 오늘 3번만 잦지요. 뭐 특별한 이유가 있나요?

학생 A: 같은 답이 많이 나올수록 정답이 확실해지니까..... 오늘은 같은 게 연속으로 나와서.....  
 연구자: 그러면 더 이상 측정할 필요가 없는 거야?  
 학생 A: 네.  
 연구자: 아! 그렇구나.

(학생 A, 6회기 시간 측정)

첫 회기부터 반복 측정한 학생 B는 2회기에서 10회 반복 측정한 후 이틀 값 중 최빈값으로 대푯값을 선택하려 하였으나 측정한 값이 모두 달라 어려움을 겪었다. 결국 3회 측정에서부터는 실험 횟수를 줄였다. 이 같은 현상은 학생 A, B뿐 아니라 대푯값 선정 방법에 어려움을 겪는 다른 학생에게서 관찰되었다.

시간 영역에서의 반복 측정에 대한 학생들의 결과는 학생들이 반복 측정의 중요성에 대해서 처음부터 인식하고 있는 것으로 보인다. 이러한 학생들의 인식은 측정 경험이 증가해도 변하지 않았으나, 측정 횟수의 감소를 나타냈다. 그 이유는 학생들이 대푯값을 선정하는 데 있어서 어려움을 겪으면서 측정 횟수를 감소하면서 대푯값 선정에 있어서 다른 방법 즉 반복되는 값을 찾는 것과 같은 방법을 사용했기 때문이다.

이상에서 볼 수 있듯이, 시간 영역에서 학생들은 측정에서 중요한 반복 측정에 의한 대푯값 선정이나 신뢰에 대한 면은 대체적으로 인식하고 있으나, 대푯값 선정에 있어서 어려움을 겪으면서 자신이 가지고 있는 측정에 대한 본성이 흔들리는 것을 볼 수 있었다. 이것은 학생들이 가지고 있는 측정에 대한 본성이 아직 확고하게 정립되어 있지 않은 것을 보여주는 예라고 할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구의 목적은 측정과 관련된 실험 활동에서 초등학생이 보이는 대푯값 선정 방법과 신뢰 방법의 변화에 대한 분석에 목적이 있다. 이에 본 연구의 결과를 종합하여 결론을 내리면 다음과 같다.

첫째, 대푯값 선정에 있어서 초등학생들은 길이 측정 영역에서는 측정 경험이 증가함에 따라 대푯

값 선정 방법의 변화는 보이지 않았다. 이는 단순한 측정 경험의 증가가 학생들에게 대푯값 선정 방법을 스스로 터득하게 하지는 않는 것으로 보인다. 그리고 과학적인 변화의 모습 또한 보이지 않았다. 그러나 부피 영역에서의 정량적 관찰의 증가나 시간 영역에서의 반복 측정을 통한 대푯값 선정 그리고 다양한 방법을 함께 사용하는 것과 같은 방향으로의 변화 모습이 관찰되었다. 이것은 부피 영역과 시간 영역에서는 측정 경험의 증가가 측정에 대한 기술적인 변화를 가져올 수 있음을 보여주는 것이다.

둘째, 대푯값 신뢰 방법에 있어서는 측정의 본성과 관련하여 반복 측정에 의한 대푯값의 신뢰가 이루어져야 함에도 불구하고 시간 영역을 제외하고는 다른 영역에서는 반복 측정에 의한 대푯값의 신뢰가 이루어지지 않았다. 또한 시간 영역에서도 학생들의 측정 기술의 미흡으로 정확한 대푯값 신뢰가 이루어지지 않았다. 이러한 점은 측정의 경험이 증가함에도 변화하는 모습이 관찰되지 않았다. 이는 학생들의 반복 측정과 같은 측정의 본성에 대한 이해가 아직 미흡함을 보여주는 것이다.

이와 같은 결론은 과학과 교육과정에서 강조하고 있는 탐구 과정인 측정에 대한 학교 현장에서의 교육이 강화되어야 한다는 점을 시사해 준다. 즉, 측정에서 중요하게 다루어져야 하는 측정 기술과 더불어 측정의 본성에 대한 이해가 단순한 실험의 반복 즉 측정의 반복 경험이 아닌 교육을 통해 이루어져야 함을 보여준다. 측정 경험의 증가가 측정의 본성을 이해하는 데는 한계가 있다. 즉 다양한 측정 경험을 제공하여 학생들이 측정의 본성에 대해 이해하는 기회를 제공하고, 이와 더불어 측정의 본성에 대한 보다 직접적인 교수가 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

교육인적자원부(2001). 초등학교 교사용 지도서 과학. 4-1. ~ 6-2. 교육인적자원부.  
 서정아(2002). 측정이론에 관한 중학교 1학년 학생의 선 개념 조사. 한국과학교육학회지, 22(3), 455-465.  
 서정아, 정희경, 정용재(2000). 초, 중학생의 눈금 읽기 능력 및 측정 도구와 단위에 관련된 개념 조사. 한국과학교육학회지, 20(1), 1-11.  
 송명자(1995). 발달 심리학. 학지사.  
 심규철, 김현섭, 박영철(2002). 제7차 교육과정 7학년 과학 교과 생명 영역의 탐구분석. 한국과학교육학회지,

22(3), 551-660.  
 양일호, 김후선(2004). 초등학생이 갖고 있는 측정 결과에 대한 신념 분석. 청람과학교육연구논총, 14(1), 149-169.  
 양일호, 송진령, 임성만, 임재근(2008). 미시발생학적 방법을 이용한 초등학생의 측정 능력 분석. 초등과학교육, 27(4), 341-355.  
 이재봉, 이성목(2006). 학생들의 측정불확실도 개념의 결핍으로 인한 물리탐구과정에서의 어려움 분석. 한국과학교육학회지, 26(4), 581-591.  
 정귀향, 김범기(1997). 초등학생들의 측정 수행 능력 평가. 한국과학교육학회지, 17(2), 127-137.  
 한국표준과학연구원(1998). 측정 불확도 표현지침. 대전: 한국표준과학연구원.  
 American Association for the Advancement of Science (1990). *Science-A process approach II*. N.Y.: Delta Education, Inc.  
 Allie, S., Buffler, A., Kaunda, I., Campbell, B. & Lubben, F. (1998). First year physics student's perceptions of the quality of experimental measurements. *International Journal of Science Education*, 20(4), 447-459.  
 Coelho, S. & Séré, M-G. (1998). Pupil's reasoning and practice during hands-on activities in the measurement phase. *Research in Science & Technological Education*, 16(1), 79-96.  
 Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1995). The development of expertise in science investigation skills. *Australian Science Teachers Journal*, 41(4), 80-86.  
 Kuhn, D. (1995). Microgenetic study of change: What has it told us? *Psychological Science*, 6, 133-139.  
 Kuhn, D. & Phelps, E. (1982) The development of problem-solving strategies. In H. Reese & L. Lipsitt (Eds.), *Advances in child development and behavior*. 17(pp. 2-44). San Diego, CA; Academic press.  
 Lubben, F. & Millar, R.(1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955-968.  
 Lubben, F., Cambell, B., Buffler, A. & Allie, S. (2001). Point and set reasoning in practical science measurement by entering university freshman. *Science Education*, 85(4), 311-327.  
 Martin, D. J. (1997). *Elementary science methods; A constructivist approach*. NY: Delmar Publishers, pp. 86-99.  
 Nott, M. & Wellington, J. (1996). When the black box springs open: practical work in schools and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 18(7), 807-818.  
 NRC (National Research Council) (1996). *National science education standards*. Washington, D.C, USA: National Academy Press.

- NRC (National Research Council) (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, D.C, USA: National Academy Press.
- Nunes, T., Light, P. & Mason, J. (1993). Tools for thought: the measurement of length and area. *Learning and Instruction*, 3, 39-54.
- Rezba, R. J., Sprague, C. S. & Fiel, R. L. (2002). *Learning and assessing science process skills*. London: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Séré, M-G., Journeaux, R. & Larcher, C. (1993). Learning the statistical analysis of measurement errors. *International Journal of Science Education*, 15(4), 427-438.
- Siegler, R. S. (1986). *Children's thinking* (3th ed.). NJ; Prentice-Hall.
- Siegler, R. S. & Crowley, K. (1991). The microgenetic method : A direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, 46(6), 606-620.
- Varelas, M. (1997). Third and fourth graders' conceptions of repeated trials and best representatives in science experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 853-872.