

미시발생학적 방법을 이용한 초등학생의 측정 능력 분석

양일호 · 송진령[†] · 임성만 · 임재근

(한국교원대학교) · (축석초등학교)[†]

An Analysis on Elementary Students' Measuring Abilities by Using a Microgenetic Method

Yang, Il-Ho · Song, Jin-Lyong[†] · Lim, Sung-Man · Lim, Jae-Keun

(Korea National University of Education) · (Chokseok Elementry School)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the measuring abilities of elementary school students by using a microgenetic method. The participants were seven elementary students in the fourth grade. To analyze their measuring abilities, students attended three physical quantities measuring tasks such as length, volume, and time task by six times. Results were as follows. First, in the measuring length task, students selected appropriate measuring instruments but they didn't consider measuring amounts. And as their measuring experience increased, they desirably improved management abilities of measuring instruments. In the measuring volume task, they dealt with measuring instruments, but not very well. And these tendency were maintained. In the measuring time task, they were not measure exactly. Second, as their measuring experience increased, their ability to read the scale marks improved. However, they had difficulties in estimating the volume between scale marks. Results indicate that, elementary students need to basic education about measuring instruments, their usage, and scale reading ability for their science experiment courses in schools.

Key words : measuring ability, microgenetic method, elementary student, scale reading ability

I. 서 론

측정은 과학적 탐구의 한 요소로써(Welch, 1981), 외부 세계에 대한 경험을 정량화하는 과정으로, 특히 전문 과학자에게 있어서 중요한 활동이며, 실험적 접근을 통해 자료를 수집하는 대부분의 경우에 양적 관찰인 측정 단계를 거치게 된다(Coelho & Sére, 1998). 아울러 탐구 활동으로써 측정은 자연 법칙에 대한 과학자의 개념을 검증하여 진보하게 하는 수단이다(PSSC, 1996). 우리나라 교육과정에서도 측정을 실험에서 자료 수집을 위한 탐구의 한 과정으로 강조하였으며, 측정에 대해 측정 도구의 선택과 사용, 단위 선택, 측정 범위와 구간, 어림셈, 오

차와 정확도, 반복 가능성 등에 관한 이해가 필요하다고 서술하고 있다(교육인적자원부, 2001).

한편, 지금까지의 측정에 관한 선행 연구들을 살펴보면, 실험 상황에서 측정 능력을 조사한 연구(정귀향과 김범기, 1997), 눈금 읽기 능력과 측정 도구, 단위에 관련된 개념에 대한 조사 연구(서정아 등, 2000), 그리고 Hackling과 Garnett(1995)가 과학전문가와 고등학생들의 탐구 능력을 네 가지 실험적 과정인 문제 분석 및 설계, 자료 수집, 자료 해석, 결론 도출로 단계화를 비교 연구한 것과 같은 측정 능력에 관한 연구와 초등학생의 측정 능력과 측정 결과에 관한 신념 연구(양일호와 김후선, 2004), 학생들이 측정값 처리 과정에 대한 선개념과 실험자

료의 신뢰도에 대한 학생의 개념, 학생들이 반복 측정을 하는 이유, 반복 측정 시 자료의 결과를 처리하는 방법의 유의 수준 등에 대한 연구(Lubben & Millar, 1996), 그리고 반복 측정과 측정의 대푯값에 대한 초등학생들의 개념 조사 연구(Varelas, 1997)와 같은 측정의 본성에 대한 연구가 있었다. 그러나 이러한 과학교육자들에 의한 실험의 대부분이 자연현상의 정량화와 자료 분석 기술에만 치중되었다(Tyler, 1988)는 지적과 함께 그로 인해 학생들이 측정과 실험의 본성에 접근할 수 없다(Séré et al., 1993)는 연구 결과가 있다. 그리고 측정에 대한 본성을 연구한 논문들도 탐구 과정 속에서 측정을 바라보지 않고, 측정이라는 단순한 능력의 속성에 치우쳐 본성을 논하고 있다.

다시 말하면, 이러한 연구들 모두가 지필형 설문지를 이용한 것이거나 학생들에게 일회적인 활동을 제시하고 그 결과 수집된 자료를 통해 분석한 것이어서 실제 측정 활동에서 학생들의 변화 경향성을 말해 주지 못한다. 즉, 학생들의 측정 능력과 본성에 대한 개념이 변화하는 것인지 아니면 고정적인지, 그리고 변화한다면 어떤 계열성과 다양성이 있는지에 관한 설명은 못한다. 이러한 연구를 통해서서는 투입된 학생들의 측정 능력 정도는 이해할 수 있지만, 학생들의 측정 능력은 어떠한 과정을 거쳐 발전하는지에 관해서는 말해 주지 못하고 있다.

이러한 내용을 통해 볼 때 학생들의 측정 능력을 제대로 이해하기 위해서는 실제 측정 활동을 통한 실증적인 분석뿐만 아니라, 그 각각의 활동을 밀도 있게 관찰하여 학생들의 측정 능력과 측정에 대한 개념의 변화 과정을 분석할 필요가 있다. 그러나 학생들이 어떤 사고를 가지고 측정을 하는지 그리고 그 변화 과정은 어떠한지 그리고 측정 활동에서 나타나는 다양성은 어떠한지에 대한 정확한 정보를 얻는 것은 쉽지 않다.

따라서 많은 연구자들은 종단적 설계 방법으로 인간 행동의 발달을 연구해왔다. 그러나 종단적인 설계는 각 연령에서 아동의 전형적인 행동에 초점을 맞추므로 같은 학년의 아동이라도 주어진 문제 해결에 여러 가지 다른 유형을 사용하거나 동일한 아동이 문제를 해결해 나가는데 있어 여러 가지 전략을 사용하므로 나타나는 다양성은 밝혀내기 힘들다. 이 연구 설계상의 문제점을 해결하기 위해 많은 연구자들(Kuhn, 1995; Kuhn & Phelps, 1982; Sieg-

ler, 1986; Siegler & Crowley, 1991)은 대안으로 미시 발생학적 연구 방법을 사용했다.

미시발생학적인 연구는 적은 수의 아동의 특정 행동이 형성되고 변화해 가는 과정을 면밀하게 추적하여 분석하는 연구 방법으로 특정 변인의 발달과 직접적으로 관련된 경험을 집중적으로 제공하고 밀도 높은 관찰을 실시하여 장기간에 일어나는 변화의 과정과 양상을 비교적 단기간에 밝혀내는 연구 방법이다. 또한, 미시발생학적 연구 방법은 아동 발달에 있어서 개인 간 차와 개인 내 차로 인한 행동의 다양성을 다룰 수 있는 연구 방법으로 Kuhn과 Phelps(1982), Siegler와 Crowley(1991), Siegler(1986)의 사고과정 변화를 밝힌 연구에서 미시발생학적 연구 방법의 타당성이 입증되었다.

이에 본 연구는 인간 행동의 다양성과 변화의 과정에 대한 데이터를 얻을 수 있는 미시발생학적 방법을 이용하여 초등학생들의 측정 능력과 그 변화 경향을 검증하고자 다음과 같이 구체적인 연구 문제를 설정하였다.

첫째, 측정 도구의 조작 능력은 어떠한가, 그 변화 특성은 어떠한가?

둘째, 눈금 읽는 능력은 어떠한가, 그 변화 특성은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구에 참여한 연구 대상은 우리나라 중부지방에 위치한 중소도시 소재 S초등학교 4학년 아동 7명이었다. 초등학교 4학년을 대상으로 한 이유는 눈금실린더를 이용하여 부피를 측정하는 학습 주제가 처음 제시되어 있기 때문이다. 그리고 연구 대상은 담임교사가 이전 학년의 과학과 평가에서 중, 하의 평가를 받고 있으나, 자신이 생각하고 있는 것에 대하여 비교적 분명하게 의사를 표현할 수 있는 학생들을 대상으로 1차 선정하였으며, 그 선정 이유는 학생들이 초기 측정 활동에서 겪는 어려움이 무엇이며, 반복 활동을 통해 나타나는 변화 과정을 보고자 하였기 때문이다. 선정된 학생들 중 연구에 자발적인 참여 의사를 가진 학생을 위주로 2차 선정하였다. 이는 여러 번의 검사와 계속되는 시행이나 회기에 아동들이 계속 반응해야 하므로 자발

적인 참여가 있을 때만 가능하다는 연구 방법적 특성 때문이다. 이러한 준거에 의해 8명의 학생이 선정되었으나, 1명은 연구진행 과정에서 교사의 유도에 의한 측정 활동이 이루어졌으므로 분석 대상에서 제외하였다.

이 연구의 대상자인 학생들의 일반적인 특징은 표 1과 같이 대체적으로 과학 실험에 대해서 흥미를 가지고 있으나, 실험 결과 처리 및 실험 설계 능력이 다소 미숙한 면이 있는 것으로 나타났다. 이 자료는 전 학년 담임교사의 국어 및 과학 교과 평가 기록과 연구자의 관찰 내용, 연구자와 학생과의 면담 과정에서 얻은 것을 중심으로 정리한 것이다.

2. 선정된 과제의 내용

초등학생들의 측정 능력을 지필 평가 또는 어렵하기, 눈금 읽기 능력을 평가하는 연구들이 있었다. 이 연구에서도 측정의 원칙이 실험 활동에 적용된다는 Nunes 등(1993)의 연구와 과학 교육의 목적 중 한 가지가 과학의 경험이라는 Nott와 Wellington(1996)의 연구에 근거하여, 측정 과제를 측정 실험 활동 분야에 국한하였다. 또한, Martin(1997)의 연구를 근거로 하여 초등학생들의 측정 활동의 다수를 차지하는 길이, 부피, 시간의 세 영역으로 제한하였다.

1) 길이, 부피 측정

길이와 부피의 측정 영역은 매 회기마다 끈과 액체의 전체량을 측정하여 기록하고, 이를 다시 삼등분하여 각각을 측정하도록 하였다. 전체량을 삼등분하는 과제는 SAPA II(1970)에서 2학년용으로 제시되어진 부피 등분하기 과제를 참고한 것이다. 또한, 이 과제는 눈금 읽는 능력과, 도구를 조작하여 측정하는 능력은 다르다는 선행 연구 결과에 의거하여 측정 도구를 직접 선택·조작하는 능력과 그 변화 과정을 알아보기에 적합하기 때문이다. 이 과제의 과학적 해결 방법은 전체량을 반복 측정하여 평균값을 구하고, 이를 삼등분으로 계산한다. 이 값을 어렵값으로 하여 삼등분한 양을 반복 측정한 뒤, 불확실성을 고려하여 불확실도를 함께 표현해야 한다. 즉, 측정 결과는 측정량의 값에 대한 근사값 또는 추정값일 뿐이므로, 삼등분하여 표현된 값도 불확실도를 포함하여야 한다. 따라서 모든 측정의 기본이 되는 측정 개념과 반복적인 측정 경험이 측정의 불확실성을 인식할 수 있는지 확인할 수 있을 뿐 아니라 과제 자체에 의해 학생들의 변화를 유발할 수 있는 과제로 미시발생학적 연구 방법에 적합한 과제로 판단하였다. 각 회기의 길이와 부피의 전체량은 표 2와 같이 조금씩 차이를 두었다. 이는 미시발생학적 연구 방법이 관심이 되는 행동을 반복 관

표 1. 연구 대상자들의 일반적인 특성

이름	구분	성별	특기사항
학생 A	남	남	<ul style="list-style-type: none"> 발표를 잘 하며 언어 사용 능력이 양호함. 일관성 있게 실험 관찰을 하지 않고 산만함.
학생 B	여	여	<ul style="list-style-type: none"> 여러 가지 학교 활동에 흥미 있게 참여하며 남이 하는 대로 하는 것보다는 스스로 행동하고 판단하기를 좋아함. 자연에 대한 흥미와 호기심이 있고 실험 관찰을 즐기려고 노력함. 과학행사에서 글라이더 부문에 참가함.
학생 C	남	남	<ul style="list-style-type: none"> 자기가 하고 싶은 이야기를 친구들에게 조리 있게 하려고 노력함. 실험에 필요한 자료 준비를 잘 하고 실험도구를 다루는 솜씨가 양호함.
학생 D	남	남	<ul style="list-style-type: none"> 생각과 느낌을 정리하여 말하기를 즐겨함. 실험에 흥미를 갖고 있으나 실험 결과를 처리하는 능력이 부족함.
학생 E	여	여	<ul style="list-style-type: none"> 이유와 근거를 들어가며 자기의 의견을 발표하는 능력이 바랍직함. 새로운 사실에 대하여 호기심과 탐구 의욕이 양호함.
학생 F	여	여	<ul style="list-style-type: none"> 의견을 주고받을 때의 주의할 점을 알고 알맞은 이유를 들어가며 의견을 주고받음. 관찰 능력은 뛰어나나 자료를 처리하는 능력이 부족함.
학생 G	남	남	<ul style="list-style-type: none"> 어휘력과 상상력이 풍부하고 말을 조리 있게 잘하나 끈기가 부족함. 과학 실험에 흥미를 갖고 있으나, 실험 설계 능력이 부족함.

표 2. 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

찰하므로 발생 과정의 철저한 규명이 가능한 반면에, 반복적인 검사의 연습 효과를 피하기 위해 과제를 수정한 것이다.

전체량과 이를 삼등분하였을 때 측정되어지는 양을 측정하는 과제는 반복적인 검사의 연습 효과를 배제하기 위한 이유 외에도 숫자가 없는 눈금을 주변의 수치로 파악하거나, 눈금이 없는 양에서 측정 범위와 구간을 정하는 활동이 포함된 과제로 초등학교 학생들의 측정 능력을 파악하는 자료로 충분하다고 본다.

2) 시간 측정

시간 영역의 측정과제는 추가 5회 왕복한 시간을 측정하여 기록하도록 하였다. 시간 영역의 측정 과제 역시 반복적인 검사의 연습 효과로 인한 신뢰성의 문제점을 보완하기 위하여 매 회기마다 추의 왕복 시간에 영향을 미치는 실의 길이를 약간씩 수정하였다.

3) 측정 도구

측정 도구는 각 측정 영역에 적합한 측정 도구를 선택하도록 여러 가지 표준도구와 임의 도구들을 함께 제시하였고, 길이와 부피 영역은 2종류 규격의 표준 도구를 제시함으로써 학생들이 도구 선택 시 측정량을 고려하거나 정확성과 수월성을 고려하는지 참고하였다. 시간 측정은 디지털 초시계를 사용하였다. 디지털 초시계를 제외한 측정 도구의 세부 사항은 표 3과 같다.

그 밖에 임의 도구로 활용될 수 있는 실, 나무 막대, 시음용 컵, 자판기용 컵, 나무젓가락, 스포이트 등을 제시하였으며, 학습자가 필요한 도구는 언제든지 제공받을 수 있음을 알려주었다.

표 3. 측정 도구의 세부 사항

측정 도구	자	눈금실린더
범위	0~15 cm	50 mL
	0~30 cm	100 mL
최소 눈금	0.1 cm	1 mL

3. 연구절차

이 연구는 예비 연구와 본 연구로 나누어 진행하였다. 본 연구에 들어가기 전에 총 3회에 걸쳐 예비 연구를 시행하였다. 1차 예비 연구는 4, 5학년 학생 8명씩으로 연구에 적절한 학년을 선정하고 실험 회기의 간격 및 총 실험 회기 횟수를 선정하기 위하여 수행하였다. 2차 예비 연구에서는 실험 목적에 적합하게 과제를 수정하여 1차 예비 연구에서 선정된 학년을 대상으로 과제를 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. 이때 참여한 학생들은 실제 연구에서 제외되었다. 예비 연구 방법도 본 연구와 동일하였다. 학생들의 문제 해결 활동을 비디오로 녹화하여 전사하고 그것과 면담 자료, 현장 관찰 기록지 등을 중심으로 분석했다. 예비 연구 결과에서 발견한 것을 중심으로 본 연구를 설계하였다.

본 연구는 연구 대상과 연구자가 직접 만나 활동한 것을 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 소개하였다. 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 이루어졌다. 본 연구의 면담은 연구자에 의해 연구 목적 및 방법에 대한 연

수를 받은 과학교육 전공 석·박사 과정생 3명과 함께 학생과 일 대 일로 관찰과 면담이 이루어졌다.

4. 자료 수집 및 분석

이 연구에서는 자료 수집의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해서 비디오 녹화, 면담, 현장 관찰 기록지 작성 등을 이용하였다. 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 연구자들은 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 하였다. 이때 면담 내용이나 면담 시기가 학생들의 문제 해결 활동에 영향을 미치지 않도록 최대한 주의하였다.

활동 전 과정에 대해 면담자는 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 일 대 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. 학생들은 측정 결과를 주어진 활동지에 기록하였다.

면담의 모든 과정은 캠코더로 촬영하여 전사하

였으며, 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 개입될 수 있어 가능한 편견을 배제하고 중립적인 자세를 가하도록 노력하였다.

III. 연구 결과

1. 측정 도구 선택 및 조작 능력과 그 변화 특성

측정 기능 및 세부 평가 항목에는 측정치를 바르게 읽기, 적절한 측정 단위 사용하기와 더불어 측정 도구를 선택하기 등이 포함된다(정귀향과 김범기, 1997). 이러한 측정에 대한 여러 가지 평가 항목 중에서 측정 도구를 선택하는 능력을 알아보기 위해 길이와 부피 영역에서 각각 2가지 이상의 규격을 가진 표준 도구와 시간 측정 도구인 초시계를 포함하여 실험에 필요한 여러 도구를 구분 없이 제시하고 측정 대상의 물리량이 적절한 선택인지 확인하였으며, 선택한 측정 도구의 조작 능력 및 변화 특성을 측정 영역별로 나누어 분석하였다.

1) 길이 측정 영역

길이 측정에서 학생들은 주어진 긴 끈의 길이를 측정한 후에 끈을 삼등분하여 각각의 길이를 측정하게 된다. 길이를 정확하게 측정하기 위해서는 자를 이용해야 한다. 그리고 전체 길이를 삼등분하고 각각의 길이를 측정할 때에는 15 cm자를 적절하게 이용할 수 있다. 각 학생들이 선택한 길이 측정 도구는 표 4와 같다.

학생들은 모두 길이를 측정하기 위하여 여러 가지 측정 도구 중 자를 선택하였는데, 학생들이 도구 선택 이유에 대한 면담을 통하여 측정량을 고려하여 측정 도구의 규격을 선택하였는가를 살펴 보았으나, 학생들 대부분이 측정량을 고려하지 않고 측정 도구를 선택하고 있었다. 그러나 학생 E는 긴 끈의 길이를 측정할 때는 측정량을 고려하여 두 자를 이어 측정하고 있었으며, 등분한 끈도 측정량을 고려하여 짧은 15 cm자를 이용하여 측정하고 있었다.

표 4. 길이 측정에 사용된 도구

회기		학생 A	학생 B	학생 C	학생 D	학생 E	학생 F	학생 G
1회기	30 cm자	○		○	○	○	○	○
	15 cm자	○	○	○			○	
2회기	30 cm자	○	○	○	○	○	○	○
	15 cm자	○		○		○	○	
3회기	30 cm자	○	○	○	○	○	○	○
	15 cm자	○					○	
4회기	30 cm자	○	○	○	○	○	○	○
	15 cm자	○			○			
5회기	30 cm자	○	○	○	○	○	○	○
	15 cm자	○			○			
6회기	30 cm자	○	○	○	○	○	○	○
	15 cm자	○			○	○		

연구자: 전체 길이를 측정할 때는 30 cm 자를 이용했는데, 부분 길이를 측정할 때는 15 cm 자를 이용하고 있어요. 15 cm 자를 이용한 특별한 이유가 있어요?

학생 E: 전체 길이를 잴 때는 끈이 길어서 그랬지만 삼등분을 하고 나니깐 끈이 줄어들었잖아요? 15 cm자로 재는 게 더 편할 것 같아요.

(학생 E, 2회기 길이 측정)

자의 올바른 사용법은 물건의 한쪽 끝을 자의 0과 맞추는 것, 물건과 자를 수평으로 맞추어 놓고 측정 대상의 끝에 있는 숫자를 읽는 것이다(교육인적자원부, 2001). 실험에 참가한 모든 학생이 끈의 길이를 이어서 측정할 때 사용한 방법을 정리한 것

이 표 5이다. 표 5에서 볼 수 있는 바와 같이 학생들은 6회기 실험 동안 끈의 한쪽 끝을 자의 처음 눈금(0)에 맞추었으며, 자와 끈이 평행하도록 측정을 하였다. 그러나 측정 물체가 측정 도구보다 클 경우 30 cm자를 이어 측정하거나, 30 cm자에 15 cm자를 이어 측정할 경우 눈금을 정확하게 이어서 측정하지 못하는 것이 관찰되었다.

학생들의 조작 능력을 관찰과 면담한 결과, 실험 회기의 증가와 상관없이 모든 측정에서 조작 방법이 동일한 학생과 매회별 조작 방법에서 의미 없는 변화를 보이는 학생도 있었으나, 실험 회기가 증가하면서 잘못된 조작 방법을 깨닫는 다거나, 적절한 조작 방법을 익혀가는 학생도 관찰되었다.

표 5. 이어서 측정을 할 때 표시 방법

	1회기	2회기	3회기	4회기	5회기	6회기
학생 A	점 (30 cm 자 위에 15 cm 자 눈금(0)을 겹쳐 45 cm 지점을 점으로 표시하고 이어 측정)					
학생 B	손끝	세로선	가로선	세로선		
학생 C	손끝		세로선			
학생 D	표시 안함	손끝	점			
학생 E	점					
학생 F	점	손끝			점	
학생 G	점					

연구자: 이번에는 세로선을 그었네요. 저번 실험에서는 어떻게 표시했는지 기억나요?

학생 B: 네. 저번 실험에서는 손가락으로 표시했는데요. 다시 재려고 하니깐 어디지 잘 몰라가지고요. 이번에는 이렇게 해냈어요.

(학생 B, 2회기 길이 측정)

연구자: 이번에는 2회 때처럼 세로선으로 표시했네요?

학생 B: 이게 더 편해요.

연구자: 왜 더 편할까요?

학생 B: 이게 세로라서요. 여기에 딱 맞추면 되니까요. 가로로 해보니까요. 이거 다음에 재 때는 중간에서 해야 할지 끝으로 해야 할지 잘 몰라서...

(학생 B, 4회기 길이 측정)

학생 B는 1회기에서 끈 위에 30 cm자가 끝나는 지점을 손가락으로 짚고 손가락으로 짚은 임의의 지점에 자를 연결하여 나머지 부분을 측정하였다. 2회기에서는 보다 정확한 측정을 위해 손가락 대신 세로선으로 표시하였다가 3회기에서는 가로선으로 표시하였다. 4회기에는 가로선이 30 cm자를 이어 측정할 경우 연결해야 할 점에 대한 기준을 정하기 어렵다는 판단을 내리고 4회기에서부터는 다시 세로선으로 표시하여 측정하였다. 다음 면담을 통하여 학생 B는 도구 조작 능력이 비교적 올바르게 변화되었음을 알 수 있다.

학생 B와 D는 측정 도구를 이어 측정하면서 초

기에는 손가락을 이용하였으나, 실험 회기가 증가할수록 보다 정확한 측정을 위해 세로선이나 점으로 바뀌어야 한다는 것을 인지하였던 것으로 보인다. 학생 F 또한 첫 실험 회기에는 점으로 표기하였으나, 2회기와 3회기에는 손가락으로 기준을 표시하다 4회기부터 다시 점으로 바뀌었으나 면담 분석 결과, 특별히 정확한 측정을 위해 도구 조작이 발전된 것으로는 볼 수 없었다.

길이 측정 영역에서 회기가 거듭됨에 따라 학생들의 측정 도구 선택면에서는 대체적으로 별다른 변화를 보이지 않았으나, 조작 능력면에서는 학생 B, D와 같이 잘못된 조작을 하고 있던 학생들은 올바른 방향으로 변화함을 볼 수 있었다.

2) 부피 측정 영역

실험에 참여한 대부분의 학생들은 매회기별 부피 측정에서 눈금실린더를 선택하였으나, 측정량이 측정 도구보다 클 경우 잘못된 조작을 하는 학생이 있었다. 부피를 정확하게 측정하기 위해서는 눈금실린더를 이용해야 한다. 그리고 측정량에 맞춰 50 mL, 100 mL의 눈금실린더를 적절하게 사용할 수 있다. 또한, 측정 액체가 주어진 100 mL의 눈금실린더보다 클 경우 두 종류의 눈금실린더를 모두 활용할 수 있다. 각 학생들이 선택한 부피 측정 도구는 표 6과 같다.

표 6. 부피 측정에 사용된 도구

	학생 A	학생 B	학생 C	학생 D	학생 E	학생 F	학생 G
1회기 (87.6 mL)	100 mL 눈금실린더	100 mL 눈금실린더	50, 100 mL, 눈금실린더	100mL 눈금실린더	50, 100 mL 눈금실린더, 스포이트	100 mL 눈금실린더	50, 100 mL 눈금실린더, 스포이트
2회기 (86.6 mL)		100 mL 눈금실린더, 스포이트		50, 100 mL 눈금실린더, 스포이트	100 mL 눈금실린더, 스포이트	100 mL 눈금실린더, 스포이트	100 mL 눈금실린더
3회기 (42.6 mL)	100 mL 눈금실린더, 스포이트		50, 100 mL 눈금실린더, 스포이트	100 mL 눈금실린더, 스포이트	50,100 mL 눈금실린더, 스포이트	50 mL 눈금실린더, 스포이트	50 mL 눈금실린더, 스포이트
4회기 (100 mL)		50, 100 mL 눈금실린더, 스포이트				100 mL 눈금실린더, 스포이트	100 mL 눈금실린더, 스포이트
5회기 (110 mL)	100 mL 눈금실린더,	100 mL 눈금실린더,		50, 100mL 눈금실린더, 스포이트	50, 100mL 눈금실린더, 스포이트	50, 100 mL 눈금실린더, 스포이트	50, 100 mL 눈금실린더, 스포이트
6회기 (130 mL)	30 cm자	스포이트					

표 5에서 볼 수 있듯이 부피 측정에서는 실험 회기가 증가할수록 측정량을 고려하여 100 mL와 50 mL 눈금실린더를 적절하게 사용하는 경우가 학생 F와 G에서 관찰되었다. 학생 F와 G는 전체 측정량을 어렵하여 50 mL 눈금실린더를 선택하는 등 실험 회기가 거듭될수록 비교적 측정량에 적합한 규격의 측정 도구를 사용하였다.

- 연구자: 50 mL 눈금실린더는 왜 사용하였어요?
 학생 F: 아까는 액체가 많았잖아요. 지금은 액체가 별로 없으니깐 50 mL에 해도 될 것 같아요.
 연구자: 그럼 어떤 때엔 큰 눈금실린더의 크기는 어떻게 달라지나요?
 학생 F: 물에 따라 다르겠죠. 양이 많으면 아까처럼 큰 걸 써야 되고, 작으면 이걸.....
 (학생 F, 3회기 부피 측정)
- 학생 G: [등분되어 종이컵에 담겨진 액체를 다시 50 mL 눈금실린더로 재 측정한다.]
 연구자: 왜 50 mL 눈금실린더를 써요? 100 mL도 있잖아요.
 학생 G: 이거는 액체의 양이 작잖아요. 작으니깐 오겜으로 보는 게 더 잘 보여요. 저거는 너무 넓어 가지고 보기 힘들어요.
 (학생 G, 4회기 부피 측정)

그러나 그 밖의 학생들도 50 mL 눈금실린더를 사용하였으나, 전사 자료를 분석한 결과 측정량을 고려한 선택이라기보다 액체를 등분할 때 편리하게 쓸 수 있는 도구로 사용하였으므로 측정량을 고려한 선택으로는 볼 수 없었다. 학생 A는 100 mL 이상의 액체를 자를 이용하여 측정하려 하였다. 학생 A는 자로 부피를 잴 수 없는 것과 눈금실린더의 눈금과 자의 눈금에서 일정한 관계를 찾을 수 없는 것을 인지하였음에도 자로 부피를 측정하려 하였다. 또, 학생 E는 100 mL 이상의 액체를 손가락으로 어렵해 측정하려 하였다. 학생 E는 눈금실린더의 눈금 90과 100사이를 엄지와 검지로 측정한 다음 100 mL 이상의 액체의 눈금과 비교해서 100 mL로 측정하였다.

부피를 등분하여 측정하는 과제에서 학생들은 전체량을 삼등분하면서 스포이트를 사용하였다. 스포이트는 많은 양의 부피를 측정하는 도구는 아니나, 적은 양의 액체 시약이나 용액을 덜어낼 때 혹은 일정한 양을 정확하게 넣으려 할 때 사용하는

실험 도구로 초등학교 과학과 3학년 때부터 실험에 사용한다. 이 실험에 참여한 학생들은 계획한 액체의 양을 손쉽게 덜어내기 위한 도구로 스포이트를 사용하였으며, 학생 E와 F는 1회기부터 스포이트를 이용하여 액체를 등분하였으며, 학생 G는 3회기부터 스포이트를 사용하고 나머지 학생 모두는 2회기부터 스포이트를 사용하였다. 특히 학생 E는 5회에서 계산으로 나누어지지 않은 소량의 액체를 스포이트에서 떨어지는 액체의 방울수를 측정하는 도구로 사용하였다.

- 학생 G: [눈금실린더의 남은 2 mL 액체를 보고 고민한다]. 이제 이것도 1 mL씩 나눌 수도 없고. 한 곳에다가 다 부울 수도 없고 한데.
 연구자: 한 곳에다가 다 부울 수도 없고 큰일이네, 좋은 방법이 없을까?
 학생 G: 이것도 3 mL처럼 나눌 수 있으면 좋을텐데...
 학생 G: 아! 맞다. 한 방울씩 삼등분된 곳에 떨어뜨린다.
 연구자: 왜 그렇게 해요?
 학생 G: 이거 2 mL는 3으로 안 나뉘지잖아요. 그런데 이걸 다 스포이트에 넣고 한 방울씩 한 방울씩 떨어뜨리면 나눌 수 있잖아요.
 (학생 G, 5회기 부피 측정)

눈금실린더의 올바른 사용법은 액체를 부을 때 눈금실린더를 약간 기울이고 안쪽 벽을 따라 흘러내리도록 붓는다(서울과학교육원, 1993). 또한, 눈금실린더로 액체를 정확하게 측정하기 위해서는 액체 수면의 오목한 부분을 눈과 수평으로 눈금을 맞추어야 하며, 눈금을 읽기 전 눈금실린더를 책상 위나 안정된 곳에 고정하여 측정해야 한다. 이번 연구에서는 눈금실린더 조작 방법을 살펴보기 위해 액체를 부을 때 눈금실린더를 기울이는지 그리고 액체를 측정하기 전 눈금실린더의 고정 여부를 관찰하였다.

분석 결과, 어떠한 학생도 눈금실린더를 기울여 액체가 눈금실린더 안쪽 벽을 따라 액체가 흘러내리도록 붓게 하지는 않았다. 액체를 측정하기 전 눈금실린더의 고정 여부는 표 7과 같이 눈금실린더를 고정하지 않고 측정을 하는 사례가 많았다.

학생 A, C, D, E의 학생들은 눈금실린더를 눈과 액체 수면이 수평을 유지해야 한다는 사실만 주의한 채 눈금실린더의 고정 유무를 생각하지 않고 측정하고 있음을 알 수 있었다. 특히 이러한 현상은

표 7. 회기별 눈금실린더 고정 여부

	학생 A		학생 B		학생 C		학생 D		학생 E		학생 F		학생 G	
	전체	부분	전체	부분	전체	부분	전체	부분	전체	부분	전체	부분	전체	부분
1회기	x	○	○	○	○	x	x	x	○	○	○	○	x	○
2회기	○	x	○	○	x,○	x	x	x	○	○,x	○	○	x	○,x
3회기	○	x	x	x	○	x	○	○,x	○	x	○	○,x	○	○,x
4회기	○	x	x	○	○	x	○	○,x	○	○	○	○,x	○,x	○
5회기	x	○	x	○	x	x	○,x	x	○	x	○,x	○,x	○	○
6회기	x	○	○,x	x	x	x	○	x,○	○	○,x	○	○,x	○	○

※ ○ : 눈금을 읽기 전 눈금실린더를 책상 위에 고정시켜 측정하는 경우
 x : 눈금을 읽기 전 눈금실린더를 책상 위에 들고 측정하는 경우

삼등분된 양을 측정하는 경우와 같이 액체의 양이 적은 경우 다수 관찰되었다.

학생 C: [눈금실린더를 들고 팔꿈치를 책상 위에 고정시켜 눈금실린더의 눈금을 읽는다.] 23.5mL

연구자: 아까 전체량을 측정할 땐 눈금실린더를 안 움직였는데, 이번엔 왜 눈금실린더를 들고 읽어요?

학생 C: 눈금실린더를 읽을 때요. 눈이 이렇게 되어야 되잖아요[눈과 눈금실린더의 눈금을 수평으로 가리킨다.]. 그러니까 이렇게[들고] 봤어요.

연구자: 전체량을 측정할 때는 왜 들고 읽지 않았어요?

학생 C: 아까는 양이 많아서 들지 않아도 수평이 되었는데요. 이번에는 양이 작으니까 이렇게 들고 읽는 게 더 편해서요.

(학생 C, 1회기 부피 측정)

학생 F나 G는 과학 수업에서 눈금실린더를 고정시키고 눈과 액체의 수면이 수평을 맞추어야 함을 인지하였으나, 회기와 상관없이 일관된 행동을 보이지 않은 것으로 보아, 이는 눈금실린더의 정확한 조작 방법을 모르고 있는 것으로 여겨진다.

부피 측정에서는 학생들은 적절한 도구를 선택하는 면에서 학생 E와 F를 제외하고는 별다른 변화를 보여주지 못했다. 그리고 적절한 도구 선택을 하지 못했다. 아울러 서정아 등(2000)의 연구에서도 나타났듯이 부피 측정 도구의 용도와 사용에 대해서 어려움을 갖고 있었다.

3) 시간 측정 영역

학생들은 시간을 정확하게 측정하기 위해 초시계를 사용할 수 있으며, 측정 대상인 추를 5회 반복

운동시키고 왕복이 끝난 시점에 맞춰 정지 버튼을 눌러 정확한 측정을 할 수 있다. 그러나 표 8에서 보는 것과 같이, 대부분의 학생들은 추를 보지 않고 초시계를 보며 추의 왕복 지점을 직감에 의지하여 측정하는 경우가 많았다.

학생들이 초시계를 보고 측정하는 현상은 각 회기에서 반복 측정의 횟수가 증가하고, 이에 따라 대푯값 선정에서 어려움 겪었기 때문으로 이해된다. 즉, 대부분의 학생들은 최빈값이나 중앙값을 선택하게 되는데, 머릿속에 정한 대푯값과 측정값을 비슷한 수나 같은 수로 맞추기 위한 방법으로 초시계를 보면서 누르는 것으로 여겨진다.

2. 눈금 읽는 능력과 그 변화 특성

정확한 측정을 위해 측정 영역에 알맞은 측정 도구를 선택하고 바르게 조작하는 것도 중요하지만 주어진 도구의 눈금을 잘 읽는 것도 필요하다. 이 장은 눈금 읽는 능력을 ‘숫자가 없는 눈금의 값을 주변 눈금의 수치로 파악하여 눈금을 읽는 것’(Greg, 1989a)과 ‘눈금과 눈금 사이를 어렵하여 눈금 읽는 것’(Greg, 1989b)으로 구분하여 정리하였다.

이 연구에서는 그림과 사진으로 도구의 눈금 읽는 것이 실제 도구에서 눈금을 읽는 능력과 다르므로(Schofield, 1989), 측정 활동 중 실제 도구를 사용하면서 눈금을 읽는 과정을 관찰하였으나 분석의 어려움이 있었다. 따라서 학생들의 눈금 읽는 능력을 분석하기 위해 측정 결과, 값과 측정량과의 오차 범위나 활동지에 기록한 측정값의 형태를 위주로 분석하여 정리하였다. 그러나 전체량을 등분하여 각각 측정한 부분 길이 및 부분 부피에서 눈금 읽

표 8. 회기별 시간 측정 도구 사용법

	학생 A	학생 B	학생 C	학생 D	학생 E	학생 F	학생 G
1회기					초시계를 보며 측정		초시계를 보고 측정
2회기	초시계를 보며 측정						추를 보고 측정
3회기		추를 보며 측정	추를 보며 측정	추를 보며 측정		초시계를 보며 측정	2회 반복 측정에서 초시계 보며 측정, 이후 추를 보며 측정
4회기	4번 반복 측정까지 추를 보며 측정하나, 이후 초시계를 보며 측정				추를 보고 측정		초시계를 보고 측정
5회기	3번 반복 측정까지 추를 보며 측정하나, 이후 초시계를 보며 측정						
6회기	1번 반복 측정까지 추를 보며 측정하나, 이후 초시계를 보며 측정						추를 보고 측정

는 능력은 분석 대상에서 제외하였다. 즉, 대부분의 학생들이 전체량을 등분하는 과제에서 실제 측정 과정 없이 수학적 계산 값을 답지에 작성한 경우와 계산 값이 선지식으로 작용하여 자료 해석에 영향을 미친 경우들은 학생들의 눈금 읽는 능력 분석에 오염을 줄 수 있다고 판단하여 분석 대상에서 제외하였다.

1) 숫자가 없는 눈금의 값을 읽는 능력

1회기부터 3회기까지 제시되는 전체량은 숫자가 없는 눈금을 주변 눈금의 수치로 파악하고 나머지 눈금과 눈금 사이의 값까지 어렵하여 측정해야 하는 과제이다. 그러나 4회기부터 6회기까지 과제는 삼등분하였을 때 측정되는 부분 측정에서 눈금이 없는 값을 측정하거나, 눈금 사이의 값을 어렵하는 능

력을 알아보기 위해 선정하였으나, 앞서 설명하였듯이 측정 능력의 오염을 고려하여 본 연구에서는 1회기부터 3회기까지를 분석하였다.

측정량과 측정값이 ±1 이상의 오차를 기록하는 것은 눈금에 숫자가 없는 양을 측정할 때 주변의 수치로 적절하게 파악하지 못했음을 나타낸다. 길이 영역과 부피 영역의 오차는 그림 1과 같다.

길이 측정은 그림 1에서와 같이 학생 F와 G를 제외한 학생들은 눈금의 오차가 전 회기에서 ±1 이하를 기록하였음을 알 수 있다. 학생 F는 오차의 범위가 컸으나 눈금이 없는 양을 혼동하여 생긴 오차는 아닌 것으로 분석되었다. 즉, 학생 F는 3회기의 오차가 11 이상으로 측정 과정에서 30 cm자와 15 cm자를 겹쳐 단위가 긴(45cm)자를 만들었으나, 측정 대상이 45 cm 이상이므로 30 cm자로 나머지 부분을

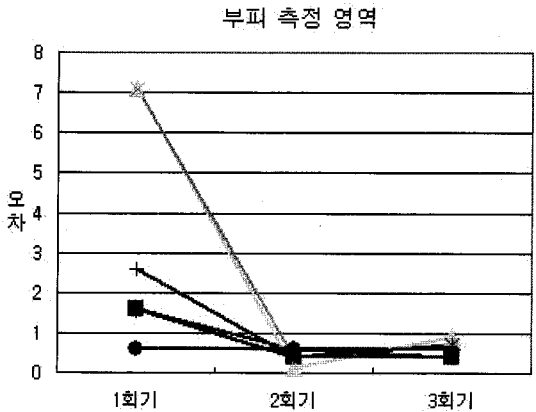
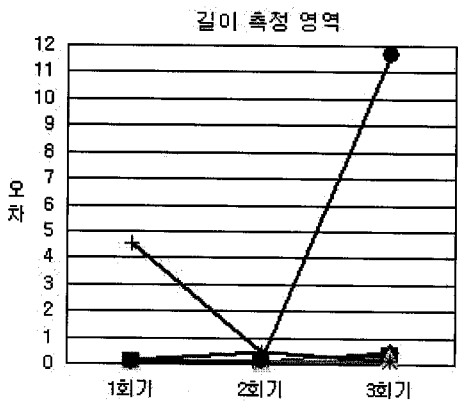


그림 1. 길이 측정 영역과 부피 측정 영역의 오차

측정하였다. 이 과정에서 임의로 만든 45 cm 대신 30 cm와 남는 부분의 길이를 합해서 오차가 발생하였다. 측정 도구를 여러 번 이어 측정할 때 계산상의 오류로 오차를 보이는 경우가 학생 F의 3회기 측정을 비롯하여 학생 C의 4회기 측정에서도 보였다.

학생 G는 1회기 측정에서 30.45 cm를 35 cm로 측정하였다. 0.5 cm를 30 cm와 합하는 과정에서 큰 눈금과 작은 눈금의 단위를 혼동하여 35 cm로 측정한 것으로 여겨진다. 이러한 결과는 영국의 APU연구(Schofield, 1989)에서의 큰 눈금과 작은 눈금의 혼동(예를 들어 30.3을 33으로 읽음)한 예와 같다.

따라서 학생들은 길이 측정 영역에서는 눈금의 숫자가 없는 양을 주변의 수치로 잘 파악하는 편임을 알 수 있다. 또한, ±1 이하의 오차가 실험 회기에 관계없이 나타나는 것으로 보아 측정 경험과 상관없이 우수한 것으로 보인다.

부피 측정 영역은 학생 F를 제외하고 모든 학생이 실험 1회기에서 ±1 이상의 오차를 보이고 있다. 이는 눈금실린더의 눈금은 자와 달리 숫자가 적혀 있지 않은 눈금이 많기 때문에 오차가 많은 것으로 이해된다. 서정아 등(2000)의 연구에서도 부피 측정의 오류에 대해 눈금실린더의 경우 액체의 표면을 읽을 때, 오차가 발생하기 쉬우며 눈금 자체가 혼동을 일으킬 수 있도록 제작되어 있는 측정 도구 자체의 문제일 수 있다고 지적하고 있다.

학생 C, D는 측정량이 87.6 mL였으나, 오차가 ±7 이상인 두 학생 모두 80.7 mL로 측정하였다. APU 연구(Schofield, 1989)에서도 이와 같은 점을 보고하고 있는데, 근접한 곳에 숫자가 적힌 눈금이 있다면 숫자가 적힌 그 눈금을 읽는 오류와 맥락을 같이 하는 것으로 보인다.

그러나 학생들은 그림 1에서 볼 수 있듯이 실험 회기가 증가하면서 오차 범위가 ±1 이하로 줄어들어 학생들이 반복 측정 경험에 의해 학생들의 눈금 읽는 능력이 향상되었음을 알 수 있다.

2) 눈금과 눈금 사이를 어렵하여 읽기

1회기부터 3회기까지 과제는 모두 눈금과 눈금 사이의 양을 어렵하여 읽어야 하는 과제로 구성하였다. 그러나 눈금과 눈금 사이를 어렵하여 읽는 능력을 측정량과 측정값과의 오차 정도로 파악하는 것은 무의미하다. 학생들이 오차를 줄여 정확한 측정을 하기 위해서는 눈금을 주변의 수치로 파악하는 능력이 더 크게 좌우되며(이재봉과 이성목, 2006), 무엇보다 학생들이 측정한 값은 실험상 발생하는 필수적인 오차로 인해 측정량과 근사한 값을 측정하게 되기 때문이다. 따라서 이 연구에서는 표 9와 같이, 눈금과 눈금 사이의 양을 인지하여 적절한 소수점 이하의 수로 표현할 수 있는지를 전체량의 결과 값을 중심으로 살펴보았다.

길이 측정 영역에서 모든 학생이 눈금이 있는 수의 값은 소수 한 자리 수로만 표현하였다. 끈의 길이가 눈금 사이에 있었으나, 학생 E를 포함하여 실험에 참여한 모든 학생들은 이를 인식하지 못하거나, 인식하였어도 자의 눈금과 일치하도록 재 측정하거나 자의 위치를 조절하는 것이 관찰되었다.

부피 측정 영역에서는 학생 C는 실험 초기부터 측정량이 눈금과 눈금 사이에 있음을 인지하고 이를 어렵하여 소수 자리로 표기하였음을 전사 자료에서 확인할 수 있다. 또 학생 E는 1회기 2회기 측정에서 눈금이 있는 수의 값으로만 측정하였으나, 눈금 사이의 측정량이 계속 관찰되면서 3회기에서

표 9. 길이 및 부피 측정 결과

길이 측정 결과							
	학생 A	학생 B	학생 C	학생 D	학생 E	학생 F	학생 G
1회기	30.5 cm	30.6 cm	30.3 cm	30.3 cm	30.3 cm	30.4 cm	35 cm
2회기	54.4 cm	54.5 cm	54.4 cm	54.5 cm	54 cm	54.6 cm	54 cm
3회기	63.8 cm	63 cm	63.7 cm	63.6 cm	63.3 cm	51.8 cm	63.3 cm
부피 측정 결과							
	학생 A	학생 B	학생 C	학생 D	학생 E	학생 F	학생 G
1회기	86 mL	86 mL	80.5 mL	80.5 mL	86 mL	87 mL	85 mL
2회기	67 mL	66 mL	66.5 mL	67 mL	67 mL	66 mL	67 mL
3회기	43 mL	42 mL	43.5 mL	43 mL	43.3 mL	43 mL	43 mL

는 소수점 한 자리까지 표기함으로써 눈금 사이의 양을 인지하고 이를 적절하게 표기할 방법을 찾는 것으로 여겨진다.

그러나 학생 A, G는 눈금사이의 액체를 인지하였으나 이 값을 표현해야 하는 방법을 몰라 어려움을 겪었다. 또한, 학생 D도 초기에는 눈금 사이를 어렵하여 소수점으로 표기하였으나, 실제 과학 시간에 측정 결과 값을 소수점으로 표기해본 경험이 없기 때문에 잘못 읽은 것으로 판단하여 2, 3회기에서는 눈금에 맞추어 읽었다.

학생 G: [눈금실린더를 읽기 위해 의자를 빼고 허리를 굽혀 눈금실린더의 눈금과 눈높이를 맞춰 읽고 있다가 눈금실린더를 보며 고개를 갸우뚱한다.]

연구자: 왜 머리를 갸우뚱 했어요? 뭐가 이상해요?

학생 G: 네, 가운데 있어서.

연구자: 가운데 있어서? 액체가 눈금과 눈금 사이에 있던 말이에요?

학생 G: 네. [고민하다] 반내림 해야겠어요.

연구자: 반내림?

학생 G: 네.

연구자: 반내림하여 적은 값이 정확할 것 같아요?

학생 G: 아니요. 그래도. 밑에 있는 게 더 많아서..... 거의 다 밑에 있어요. 그러니까 반내림 하면 될 것 같아요.

(학생 G, 3회기 부피 측정)

학생 B, F, G는 눈금과 눈금 사이에 액체가 있음을 인지하지 못하였다. 학생 B는 눈금과 눈금 사이의 액체가 표면 장력 때문에 잘못 보여지는 현상으로 인식하였다.

학생 B: [책상위의 눈금실린더를 고정시키고 눈금을 읽는다. 54를 메모장에 적고 눈금실린더를 다시 본다.]

연구자: 54 mL예요?

연구자: 음. 잘 모르겠어요. 54 mL 같기도 하고 좀 더 되는 거 같기도 하고 다시 봐야겠어요.

학생 B: [눈금실린더를 계속 보다가 눈높이까지 들고 읽는다] 54 mL가 맞아요.

연구자: 54 mL예요? 그런데. 왜 눈금실린더를 들고 읽었어요?

학생 B: 이게 표면장력 때문이에요 다르게 보여요... 책에 오 표면장력 때문에 액체가 커보였어요.

(학생 B, 2회기 부피 측정)

따라서 측정량과는 상관없이 눈금실린더를 책상 위에 고정하지 않고 들고 측정하거나, 눈금실린더를 고정하여도 액체 면과 눈높이가 수평을 유지하지 않고 위에서 아래로 보거나 아래에서 위로 보는 방법으로 측정하는 등 측정량을 눈금에 맞추어 읽는 경향을 보였으며, 이러한 현상들은 학생 C와 E를 제외하고는 변하지 않았다. 서정아 등(2000)의 연구에서도 지적한 바와 같이, 초등학생과 중학생 모두 측정 도구의 눈금을 정확하게 읽지 못하는 학생이 적지 않았다는 결과와 함께 눈금 읽기 능력이 부족한 학생을 위해서 측정 기구를 좀 더 쉽게 만들어야 한다는 생각을 다시금 하게 된다. 아울러 교실 수업 상황에서도 학생들의 측정 기구 조작에 대한 교육이 병행되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 논 의

이 연구는 초등학생의 측정 능력에 대한 특성과 변화 과정을 알아보는데 그 목적이 있다. 학생들은 길이를 측정하는 데 있어서 측정량을 고려하지 않고 측정 도구를 선택하고 있었다. 이와 같은 점은 이봉우 등(2007)의 연구에서 나타난 바와 같이 교과과에서 측정 대상 또는 측정 도구의 제시가 학년급에 맞지 않게 제시되고 있으며, 체계성을 갖추지 않은 점 등이 문제가 될 수 있다. 학생들에게 물리량의 종류와 크기에 맞는 올바른 측정 도구의 선택이 교과서에서 체계적으로 제시되고 다루어져야 할 것은 사료된다. 자를 이용해 학생들이 길이를 측정하는 데 있어서도 세밀한 조작 활동의 미숙이 관찰되었다. 예를 들면, 긴 끈의 길이를 측정할 때, 학생들은 두 자를 이어 측정함에 있어서 30 cm자와 15 cm자의 처음과 끝을 정확하게 이어서 측정해야 하나 그렇지 못하였다. 기본적인 물리량 측정에 대한 부분이 저학년 수준에서 교과 내용에 포함되어 학생들이 충분히 익힐 수 있도록 할 필요가 있다 (이봉우 등, 2007).

회기가 거듭됨에 따라 학생들은 측정 도구의 조작 능력면이 올바른 방향으로 향상되는 학생들(학생 B, D)이 나타났으나, 측정 도구의 선택면에서는 별다른 변화를 보이지 않았다. 이봉우 등(2007)이 밝힌 바와 같이 측정 도구에 대한 학년급에 맞는 체계적인 제시가 필요한 부분이라 하겠다.

부피 측정 영역에서는 길이 영역에서와 달리 학

생들이 회기가 거듭됨에 따라 비교적 측정량을 고려하여 적합한 규격의 측정 도구를 선택하여 사용하였다. 그러나 학생 A와 E의 경우에서 보았듯이 눈금과 눈금 사이의 양을 측정하는 데에 자를 이용하거나 손가락을 이용해 어렵하려 하는 경우가 관찰되었다. 또 학생들은 정확한 부피 측정을 위한 방법인 눈금실린더를 안정된 곳에 고정해 두고 눈높이를 맞춰 측정해야 함에도 불구하고 측정 도구의 고정 여부에 상관없이 측정하거나 측정 방법의 일관성을 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 서정아 등(2000)의 연구 결과에서 초등학교 학생의 경우가 중학생의 경우보다 다른 물리량의 측정과 비교하여 부피를 재는 도구의 용도에 대해서 많이 어려웠다는 결과와도 맥락을 같이 한다.

시간 측정 영역에서는 추의 왕복 운동을 보면서 시작과 끝을 맞춰 시간을 측정해야 함에도 불구하고, 회기가 거듭될수록 먼저 측정한 값에 자신의 실험값을 맞추기 위해 추의 왕복 운동보다는 초시계를 보면서 앞선 측정값에 맞춰 누르는 것이 관찰되었다. 이러한 현상은 학생들이 각 회기에서 반복 측정의 횟수가 증가하고 이에 따라 대푯값 선정에 어려움을 겪으면서 그에 대한 해결책으로 이러한 방법을 사용한 것으로 여겨진다.

학생들의 눈금 읽는 능력과 그 변화 특성면을 관찰한 결과, 숫자가 없는 눈금의 값을 읽는 면에서는 학생들은 길이와 부피 영역에서 모두 회기가 거듭됨에 따라 오차 범위가 ± 1 이하를 나타냈다. 학생들이 전체량을 측정하고 각각을 삼등분하는 과정과, 등분된 각각의 양을 재확인하는 과정에서 눈금 실린더의 눈금을 읽는 기회 경험이 증가하였고, 이로 인해 자연스럽게 눈금 읽는 방법을 터득한 것으로 이해된다. 따라서 눈금실린더의 사용 경험 증가가 눈금 읽는 능력의 향상을 가져오는 것으로 보인다. 실제로 양일호와 김후선(2004)의 연구에서도 초등학생들은 반복해서 측정할수록 더 정확한 측정 결과를 얻을 수 있다고 생각하고 있었다. 학생들이 눈금과 눈금 사이를 어렵하여 읽는 면을 관찰한 결과, 길이 영역에서는 회기와 상관없이 눈금과 눈금 사이의 거리를 소수를 이용해 어렵하였다. 그러나 부피 측정 영역에서는 학생들이 부피의 정확한 측정을 위한 방법인 눈금실린더의 조작 능력의 미숙으로 인해 눈금실린더를 들고 기울이거나 눈높이를 달리하여 눈금에 맞춰 읽는 경우가 대부분이었다.

이와 같은 현상은 학생들이 부피 측정에 비해 길이 측정이 일상생활에서나 수학 교과 시간에서 많이 이루어져 그 측정 기능이 향상되어 있음을 보여주는 예라고 생각된다. 부피 측정에 대한 경험 부족으로 인해 학생들의 정확한 측정이 이루어지지 못한 것으로 여겨진다.

V. 결론 및 교육적 활용

이 연구의 목적은 초등학생의 측정 능력에 대한 특성과 변화 과정을 밝히고자 하는 데 있다. 이를 위해 미시발생학적 연구 방법을 사용하여 학생들의 측정 활동 과정에서 나타나는 특성과 변화 과정 및 다양성을 밝히고자 하였다. 이번 연구에서는 측정의 기본 항목인 길이, 부피, 시간 영역에 관한 측정을 실시하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 학생들은 측정 도구의 선택은 바르게 선택하고 있었으나, 측정량을 고려하지는 않았다. 길이 측정 과제에서는 측정 경험이 증가하면서 조작 능력이 능숙하게 발전하였으나, 부피 측정 과제에서는 미숙한 조작 능력이 지속되었다. 시간 측정 과제에서는 측정 방법이 올바르지 않았으며, 측정 경험과 무관하게 지속되었다.

둘째, 학생들의 눈금 읽는 능력은 길이 측정 과제에서는 측정 경험이 증가하면서 향상되었으나, 부피 측정 과제에서는 그렇지 못했다.

따라서 이와 같은 결론을 통해 본 연구는 교사들이 실험 활동에서 측정 활동을 통해 증거 자료를 수집하거나 평가할 때 학생들에게 과학적 탐구 능력을 향상시키기 위한 교수 학습 전략에 다음과 같은 시사점을 줄 수 있으리라 본다.

먼저 연구 결과, 학생들의 측정 도구의 조작 능력이 미흡한 것으로 나타나 이에 관해 현장에서 보다 많은 조작 기회가 주어져야 할 것으로 생각되며, 측정 도구에 대한 이해를 도울 수 있는 교수 활동이 이루어져야 할 것으로 본다. 그리고 측정의 본성에 대한 이해를 바탕으로 길이, 부피, 시간의 반복 측정의 필요성을 인식하고 적절한 대푯값 선정 방법에 대한 학습도 필요하리라 본다. 아울러 측정값을 기록하면서 계산이나 이론적인 결과 값에 의존하기보다 실험 결과 값으로 측정값을 기록하는 과학적인 자료 처리에 대해서도 지도되어야 하겠다. 이러한 교수 학습 전략에 의해 초등학교 학생

들의 측정 도구 선택 및 조작과 눈금 읽는 방법에 관한 기초적인 학습 및 측정의 본성에 대한 이해가 병행될 때 과학 탐구의 시발점으로서의 측정이 그 역할과 기능을 다할 수 있을 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, 박승재(2003). 중학생의 속력과 밀도에 대한 어림 및 측정 활동이 관련 사항 이해와 능력 함양에 미치는 영향. 한국물리학회지 "새물리", 46(6), 305-313.
- 서정아, 정희경, 정용재(2000). 초, 중학생의 눈금 읽기 능력 및 측정 도구와 단위에 관련된 개념 조사. 한국과학교육학회지, 20(1), 1-11.
- 서정아, 조광희, 박승재(2003). 중학생의 물리량에 대한 차수 어림 능력 분석. 한국과학교육학회지, 23(3), 229-238.
- 이봉우, 김희경(2007). 외국 과학교육과정의 관찰과 측정 기준 분석. 초등과학교육, 26(1), 87-96.
- 이봉우, 박보화, 김희경(2007). 우리나라 3-10학년 과학 교과서에 나타난 기초탐구과정 분석: 관찰 및 측정 탐구요소를 중심으로. 한국과학교육학회지, 27(5), 421-431.
- 이재봉, 이성묵(2006). 학생들의 측정불확실도 개념의 결핍으로 인한 물리탐구과정에서의 어려움 분석. 한국과학교육학회지, 26(4), 581-591.
- 양일호, 김후선(2004). 초등학생이 갖고 있는 측정 결과에 대한 신념 분석. 청람과학교육연구논총 14(1), 149-169.
- 이재봉, 이성묵(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.
- 홍미영(2002). 우리 나라 중학생들의 과학적 탐구 및 과학의 본성 영역에서의 국제 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 22(2), 336-334.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The nature of nature and instructional practice: Making the unnatural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Aderson, C. L. (1998). *A microgenetic study of science reasoning in social context*. Unpublished doctoral dissertation, Columbia University.
- 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.
- Cohen, M. (1996). Preschoolers' practical thinking and problem solving: The acquisition of an optimal solution strategy. *Cognitive Development*, 11, 357-373.
- Ecangelion, D., Psillos, D. & Valassiades, O. (2002). An investigation of teaching and learning about measurement data and their treatment in the introduction physics laboratory. In Psillor, D. & Niedderer, H. (Eds.), *Teaching and learning the science laboratory* (pp. 179-190). Netherlands; Kluwer Academic Publishers.
- Greg, L. (1989a). *Science Skills-book four-*. Longman Cheshire.
- Greg, L. (1989b). *Science Skills-book three-*. Longman Cheshire.
- Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1995). The development of expertise in science investigation skills. *Australian Science Teachers Journal*, 41(4), 80-86.
- Johnson, K. E. & Mervis, C. B. (1994). Microgenetic analysis of first steps in children's acquisition of expertise on shorebirds. *Developmental Psychology*, 30, 418-435.
- 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.
- Leach, J. (1997). *Student's understanding of the nature of science*. In Welford, G., Scott, P. & Osborne, J. (Eds.), *Research in Physics Learning; Theoretical issues and empirical studies*. Germany; Keil.
- Leach, J. (2002). *Student's understanding of the nature of science and its influence on labwork*. In Psillos, D. & Niedderer, H. (Hds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 41-48). Netherlands; Kluwer Academic Publishers).
- 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 Cons-*

- tructivist approach*. NY: Delmar Publishers, pp. 86-99.
- Martin, D. J. (2001). *Construcing early childhood science*. NY: Delmar Publisherw, pp. 1-31, 56-99.
- McGilly, K. & Siegler, R. S. (1989). How children choose among serial recall strategies. *Child Development*, 60, 172-182.
- Miller, P. H. & Aloise-Young, P. (1996). Preschoolers' strategic behaviors and performance on a same-different task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 60, 284-303.
- 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.
- Nunes, T., Light, P. & Mason, J. (1993). Tools for thought: the measurement of length and area. *Learning and Instruction*, 3, 39-54.
- Physical Science Study Committee (1996). *PSSC 물리*. PSSC 번역위원회 역. 탐구당. 189-199.
- Schofield, B. (1989). *Use of apparatus and measuring instruments. Assessment of performance unit. Science at age 13: A review of APU Survey findings 1980-84*. 55-71. London: Her Majesty's Stationary Office.
- 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. (1996). *Emerging minds : The process of change in children's thinking*. New York : Oxford University Press.
- Siegler, R. S. (1986). *Children's thinking (3th ed.)*. NJ; Prentice-Hall.
- Siegler, R. S. & Jenkins, E. (1989). *How children discover new strategies*. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.
- Siegler, R. S. & Crowley, K. (1991). The microgenetic method: A direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, 46(6), 606-620.
- Tyler, F. (1988). *A laboratory manual of physics, 6th ed.* (Edward Arnold, London, 1988).
- 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.
- Welch, W. W. (1981). Inquiry in school science. In N. Harms. & R. Yager, *Project synthesis, What research says*, Vol 3 NSTA.