

# 초·중학생의 눈금 읽기 능력 및 측정 도구와 단위에 관련된 개념 조사

서정아 · 정희경 · 정용재<sup>1</sup>  
(서울대학교) · <sup>1</sup>(두산초등학교)

## Investigation on the Students' Abilities of Reading Scales and Conceptions Related with Measuring Instruments and Units

Soh, Jong-Ah · Jong, Hee-Kyong · Jung, Yong-Jae<sup>1</sup>  
(Seoul National University) · <sup>1</sup>(Doo-San Elementary School)

### ABSTRACT

This study investigated both elementary and middle school students' abilities of reading scales and students' conceptions of measuring instruments and units. Seventy two students with 5th grade, sixty nine students with 7th grade, and eighty students with 9th grade were participated. Performance tests and written questionnaires were used. To assess their scale reading abilities, individual performance test was used. Every student should measure length of an envelope, temperature of water, volume of water, etc. And to find out students' conceptions related with measuring instruments and units, written questionnaires with pictures and photographs were used. Some of the students' abilities of reading scales were considerably poor. The results of a two-plate-balance and measuring-cylinder were worse than those of a ruler, a spring-balance, and a thermometer. Many of the students had misconceptions related with measuring instruments. Some of them did not know exactly the meaning of volume, or mass, or force. So they did not know what to measure with the measuring instruments. Also students were confused with several units of volume, force, weight and mass.

**Key words** : measurement, conceptions related with measuring instruments, units

### I. 서 론

측정은 외부 세계의 경험을 정량화 하는 과정을 의미한다. 과학적 탐구 활동 중에 자연 현상에 대한 관찰 및 측정의 자연 법칙에 대한 과학자의 개념을 검증하여 진보하게 하는 수단이다(Physical Science Study Committee, 1996). 측정에 대해 19 세기 영

국의 과학자 켈빈이 "당신이 말하고있는 것을 측정할 수 있어서 수로 표현 가능하다면 당신은 그것에 대해 알고 있는 것이다. 그러나 그렇지 못하다면, 당신이 알고 있는 것은 애매하고 불만족스러운 것에 불과하다. 그런 것은 지식의 출발이기는 하나, 과학과는 거리가 멀다고 할 수 있다"라고 표현한 바가 있을 정도로 측정은 실험의 필수 불가결한 요소로 자리잡고 있

<sup>1</sup>1999년 1월 7일 받음.

다(Baird, 1994). 측정 활동은 과학 탐구 활동에서 중요한 부분이며 이런 이유로 측정이 과학교육과정이나 과학학습 평가 틀에 포함되었다. 예를 들어 TAPS(Bryce, T. et al., 1983)에서 측정기능은 기본 탐구 능력 중의 하나로 포함되며 관찰과 측정 기능은 다른 탐구 기능을 잘 수행하기 위해 필요한 것이다. 그 외에도 APU(Schofield, 1989), 권재술과 김범기(1994), 우종욱 등(1992)은 다양한 탐구능력 평가 연구 속에 공통적으로 포함되었다.

한국의 제6차 중학교 과학교육 과정에서 측정 교육은 주로 물리량을 간접 측정하기 위한 실험, 즉, 밀도의 측정, 끓는점의 측정, 진자 주기의 측정 등과 같은 실험 활동 중에서 이루어지는데 측정 도구의 사용법이나 눈금 읽는 법 자체를 목적으로 하는 활동은 별로 없다. 또한 측정에 관련된 개념, 예를 들어 측정 오차나 평균값에 대한 것은 수학과에서 다루고 있으나 과학 실험과는 무관하게 다루어진다. 물론 각각의 측정 기구에 대해 자세히 다루고 실험하는 과정이 초등학교에서 제시되어 있으나, 그 학습 효과가 얼마나 지속적일지 의문이다. 그러나 초등학생과 중학생의 측정 능력에 대해 비교 연구된 바가 거의 없다.

측정을 잘 하기 위해서는 실제 실험실 수업에서 이루어진 측정 도구를 가지고 눈금을 잘 읽는 것도 필요하지만 이와 더불어 각각의 물리량이 의미하는 것을 정확히 아는 것이 필요하며 또 단위에 대하여도 정확한 개념을 가지고 있어야 한다. 따라서 이 항목들에 대한 실태 조사도 요구된다.

따라서 본 연구에서는 초·중학교 학생들의 눈금 읽기 능력과 물리량 및 단위에 대한 학생의 개념에 대해 조사하고자 한다. 연구 목적을 나열하면 다음과 같다.

첫째, 초등학교 5학년, 중학교 1학년, 중학교 3학년 학생들을 대상으로 자, 메스실린더, 윗접시 저울, 용수철 저울, 온도계, 초시계에 나타난 눈금을 읽는 능력을 평가하고 비교한다.

둘째, 초등학교 5학년, 중학교 1학년, 중학교 3학년 학생들이 물리량에 대한 개념을 측정도구와 관련하여 조사한다.

셋째, 초등학교 5학년, 중학교 1학년, 중학교 3학년들이 단위에 대하여 가진 개념을 조사한다.

## II. 국내의 연구동향

탐구 과정 요소 중에서 측정기능은 기본적인 요소에 포함된다. 예를 들어 과정 기능 중심 교육과정의 일종인 SAPA(AAAS, 1967)는 8가지의 단순 탐구 능력과 6가지의 복합 탐구능력을 구분하고 측정을 단순 탐구능력에 포함시키고 있다. 허명(1984)의 탐구 과정 범주는 자료의 수집과 정리, 자료의 해석 및 분석, 자료의 종합 및 평가, 가설 설정 및 실험 설계로 나뉜다. 그리고 측정은 자료의 수집과 정리에 포함되며 그 하위 요소로 불연속적인 양의 측정과 연속적인 양의 측정으로 나뉜다. 그 외에도 TAPS, 클로퍼의 평가틀에서도 모두 측정을 기본 탐구 능력의 하나로 포함시키고 있다. 즉 측정기능은 탐구 과제를 수행하기 위해 기본적으로 필요한 기능이라고 할 수 있다. 그리고 측정의 세부 평가 항목에는 측정치를 바르게 읽기, 적절한 측정 단위 사용하기, 측정 도구를 선택하기 등이 포함된다(김미경 등, 1996; 우종욱 등, 1992).

한국에서는 학생의 측정 기능이 주로 여러 가지 탐구 과정 기능 속에 포함되어 평가되어 왔다(우종욱 등, 1998; 김미경 등, 1996; 정완호 등, 1993). 측정 기능에 초점을 두어 평가한 연구로 국내에는 최근에 정귀향·김범기(1997)가 초등학생의 길이, 면적, 부피, 모눈 이용능력 등을 평가했다. 연구 결과 정답 율은 길이 과제에서 가장 높았고 그 다음 면적, 부피 순위였다. 그리고 도구를 이용한 것보다 직접 비교 능력이 더 높았다. 그는 학년별로 측정을 다른 방법으로 가르쳐야 한다고 주장했다.

국외에서는 영국의 APU 연구(Schofield, 1989)를 예로 들 수 있는데, 1982년(n=916명), 1984년(n=842명)에 걸쳐 11, 13, 15 학년 아동들의 측정 능력에 대한 조사를 하였다. 눈금 읽기 능력, 눈금 어렵하기 능력, 눈금 읽기 능력과 측정능력간의 비교 조사 등이 이루어졌다. 특히 눈금 읽기 능력은 실제 도구의 눈금을 읽는 능력과 그림이나 사진으로 제시되

는 도구에 나온 눈금을 읽는 능력에 대해 비교하여 조사하였다. 842명을 대상으로 한 1984년 연구에서 측정 도구에 새겨진 최소 눈금만큼의 오차, 즉  $\pm 1$  최소 눈금의 오차를 기록한 학생의 백분율을 조사한 결과, 메스실린더, 용수철 저울, 윗접시 저울, 자, 온도계, 초시계 중에서는 온도계(72%)를 가장 정확하게 읽었고, 그 다음으로 용수철 저울(62%), 메스실린더(50%), 자(43%), 초시계(33%), 마지막으로 윗접시 저울(29%) 순서이었다. 아동들이 눈금을 읽을 때 주로 범하는 오류중의 하나로 근접한 곳에 숫자가 적힌 눈금이 있다면 숫자가 적힌 그 눈금을 읽는 오류, 실제 값의 1/10,  $\times 10$ ,  $\times 100$  등으로 읽는 오류, 작은 눈금이 2단위씩 증가할 때 이를 1단위로 읽는 오류, 작은 눈금을 거꾸로 된 방향으로 읽는 오류(예를 들어 48을 52로 읽음), 큰 눈금과 작은 눈금의 혼동(예를 들어 30.3을 33으로 읽음) 등이 있다.

이 연구는 그 외에도 학생들이 자, 힘 측정 기구, 메스실린더, 초시계를 이용하여 직접 조작하고 측정하는 능력과 단순히 눈금을 읽는 능력 사이에는 차이가 있음을 알아내었다.

현재까지 한국에는 초등학생과 중학생을 대상으로 측정 능력에 집중하여 다양한 측정 량이나 측정 도구를 사용하는 능력 및 관련 개념에 대한 광범위한 조사가 많이 이루어졌다고 보기 어렵다. 이에 본 연구는 초·중학생의 눈금 읽기 능력과 측정 도구 및 단위에 대한 개념을 조사하고자 한다.

### Ⅲ. 연구 대상 및 연구 방법

#### 1. 연구 대상

본 연구의 대상은 초등학교 5학년 72명, 중학교 1학

년 69명, 중학교 3학년 80명으로 총 221명이다. 서울 소재 초등학교 한군데와 중학교 두 군데를 선정하여 수행 평가 및 지필 평가를 실시하였다. 이 학생들을 한국 학생들의 측정 능력을 대표하는 표본으로 보기는 어려우나, 학생들은 측정과 관련된 정규 교육과정을 빠짐없이 받았으며 특수한 집단이 아니었다. 따라서 이 학생들의 수행 능력이나 개념을 보는 것은 현재 과학과에서 다루는 측정 교육의 효과가 어느 정도 인지를 파악함에 도움이 된다.

#### 2. 연구 방법

눈금 읽기 능력의 평가를 위해 사용한 도구들은 30 cm 자, 디지털 초시계, 100 mL 메스실린더, 윗접시 저울, 용수철 저울, 온도계였다. 디지털 초시계를 제외한 각 측정기구들의 세부 사항은 Table 1에 기록하였다. 학교 현장에서 과학실에 비치되어 있는 기구들을 사용하였으며, 개개의 학생들이 책상에 비치되어 있는 하나의 측정 기구의 눈금을 읽고 기록하도록 하였다. 학생의 수행 평가를 위해서는 두 가지의 방식이 사용되었다. 첫째 방식은 칸막이가 있는 책상을 복도에 비치해 놓고 한 학생씩 나와 하나의 눈금을 읽고 그 다음 기구로 이동하는 방식인데, 그 동안 나머지의 학생들은 다른 공부를 하거나 쉬었다. 두 번째 방식은 2개의 실험실에서 책상을 여러 개 배치해 놓고 동시에 여러 학생이 여러 곳에서 측정을 하는 것이었다. 첫째 방식의 소요시간은 한 반 당 약 2시간, 두 번째 방식은 1시간이었다. 학생들은 눈금을 읽고 나누어준 보고서에 그 값을 적어서 교사에게 제출했다.

측정 도구 및 단위에 대한 개념 조사를 위해서 지필 평가지를 개발했다. 측정 도구에 관련된 개념 조

Table 1. Details of measuring instruments used in the test

Instrument	Ruler	Measuring cylinder	Balance	Spring balance	Thermometer
Ranges	0~30cm	0~100mL	0~191g	0~10N	-10~110°C
Smallest scale of instruments	1mm	1mL	0.1g	0.1N	1°C

사를 위해서 다양한 측정기구를 그림으로 제시하고 각 기구의 눈금이 의미하는 것이 무엇인지 객관식 평가지에 응답하도록 했다. 단위 개념의 평가를 위해서 각 물리량의 단위로 쓰일 수 있는 것을 보기에서 있는 대로 고르도록 했다.

연구 대상 학급에게 아침 자율학습 시간이나 본 수행 평가가 있기 전 15분 정도 동안 측정 도구의 그림 및 단위가 있는 질문지를 배부하고 각자 문제를 풀도록 했다. 그 지필 평가지의 구성 및 예시는 다음 Table 2 와 Figure 1 과 같다.

#### IV. 연구결과 및 논의

##### 1. 학생들의 눈금 읽기 능력

각 측정 도구에 대한 학생들의 눈금 읽기 능력을 분석하여 나타난 결과는 다음과 같다.

###### 1) 30 cm 자를 이용한 봉투의 길이 측정

30 cm자를 이용하여 봉투의 가로 길이, 세로길이를 측정한 결과는 아래 Table 3에 제시되어 있다.

전체적으로 볼 때, 자를 이용한 길이의 측정에서 5 mm 이내의 오차를 범한 학생이 비교적 많았으며 학년간 큰 차이는 없었다. 봉투의 길이가 자보다 작은 경우, 초등학교 5학년(이하 초등학생으로 약칭), 중학교 1학년(이하 중1 학생으로 약칭), 중3 학생(이하 중3 학생으로 약칭) 순서대로 각각 89%, 86%, 89% 가, 그리고 봉투의 길이가 자보다 긴 경우, 학년 순서

대로 각각 75%, 94%, 89%의 학생이 5mm 미만의 오차를 내었다. 1 cm 이상의 오차를 내며 응답을 한 학생들이 있었는데, 특히 초등학생들은 봉투의 길이가 30cm 자보다 길 경우 14%의 학생이 1cm 이상의 오차를 내었으며 중1 학생들도 경우에 따라 8% 이상의 학생이 1cm 이상의 오차를 내었다.

봉투의 길이가 자보다 작은 경우와 큰 경우를 비교하여 보면, 초등학생의 경우 5mm 미만의 오차를 낸 학생이 89%에서 75%로 감소한 반면 중학생의 경우는 오히려 그 정확도가 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 즉 측정도구가 측정량 보다 작아 두 번에 걸쳐 측정해야 하는 경우 중학생에게는 난이도의 차이가 없으나 초등학생에게는 그 난이도가 현저하게 증가함을 알 수 있다.

2) 100mL 메스실린더를 이용한 물의 부피 측정  
메스실린더를 이용한 부피의 측정 과제는 초등학생과 중학생간의 차이가 가장 크게 벌어진 과제이었다. 5 mL 이내의 오차를 낸 학생들은 중1, 중3 학생이 각각 86%, 85% 이상으로서 초등학생 28%보다 훨씬 많았다. 초등학생 담당 교사가 메스 실린더 사용하는 법을 아동들이 이미 학습했다고 했음에도 불구하고 초등학생 중 58%가 10 mL 이상의 오차를 보이며 메스실린더에 적힌 눈금을 못 읽었다. 이는 메스실린더로 액체의 눈금을 읽는 것 혹은 메스실린더의 눈금체계가 초등학생들에게 무척 어려운 것임을 보여준다.

한편 10%내외의 중학생도 메스실린더의 눈금을 10

**Table 2.** Contents of questionnaires to investigate students' conceptions related with measuring instruments and units

Question	Contents of questions
1	Meaning of marks on a syringe
2	Quantities measured by a two plate balance
3	Meaning of marks on a beaker
4	Quantities measured by a measuring cylinder
5	Meaning of marks on a spring balance
6	Meaning of marks on a kitchen scale
7	Quantities measured by a equal arm balance
8	Quantities measured by a spring scale pulling a cart
9	Units (kg, g, °C, A, V, mm, m .....)

##### 주사기



Q1. The numbers on the syringe means ( ).

- ① volume ② mass ③ length  
④ force ⑤ weight ⑥ time  
⑦ others \_\_\_\_\_

**Fig 1.** Examples of problems in questionnaires on conceptions related with measuring instruments

mL 이상의 오차를 보이며 읽었다(Table 3 참조).

해준다(Table 3 참조).

3) 윗접시 저울을 이용한 비커의 질량 측정

가장 정확도가 높았던 것은 중1 학생으로서 69명 중 71%가 5g 미만의 오차를 냈다. 가장 낮은 학년이 중3 학생으로서 45%만이 5g 미만의 오차를 내었다. 초등학생의 경우와 중1 학생의 경우 자연과 혹은 과학 과에서 이 수행평가 직전에 질량 측정 수업을 한 반면 중3 학생의 경우 질량 측정을 해 본 지가 오래 되었다는 점이 원인 중의 하나라고 여겨진다.

한편 10g 이상의 오차를 보인 학생의 수가 초등학생의 경우 33%, 중1 학생의 경우 26%, 중3 학생의 경우 31%에 이르러 부피를 제외한 기타 다른 과제보다 많았다. 이는 윗접시 저울의 눈금 읽기가 까다로운 과제이며 실험을 순조롭게 진행하기 위해서는 좀 더 편리하고 손쉬운 측정 도구가 도입되어야 함을 말

4) 용수철 저울을 이용한 물체의 무게 측정하기

용수철 저울의 눈금을 읽는 과제는 다른 과제에 비하여 비교적 수월한 것으로 나타났다. 초등학생의 88%, 중1 학생의 88%, 그리고 중3 학생의 90%의 학생이 0.5N 미만의 오차를 내며 눈금을 읽었다. 1 N 이상(100g 이상)의 오차를 낸 학생들도 그 수가 적었다. 힘의 단위로 중학생의 경우 3학년 학생들은 N 단위를 이미 배운 상태이지만 49(60%)명이 무게의 단위로 g 을 사용했다. 이것은 초등학교 때 물체의 무게를 용수철 저울로 재며 그 단위로 g 을 사용한 것에 그 원인이 있다고 여겨진다(Table 3 참조).

5) 온도계를 이용한 물의 온도 측정하기

Table 3. Students' reading abilities of scales on measuring instruments

(Total students number of 5th grade = 72, 7th grade = 69, and 9th grade = 80)

Instruments	Value	Grade	% students who are off by			
			Less than 5*	Less than 10	Greater than 10	No answer
Ruler	24.0cm	5th	89	1	4	6
		7th	86	6	9	0
		9th	89	10	1	0
	33.1cm	5th	75	6	14	6
		7th	94	3	3	0
		9th	89	4	8	0
Measuring cylinder	67.4mL	5th	28	0	58	14
		7th	86	3	9	3
		9th	85	1	13	1
Two plate balance	93.7g 93.6g	5th	56	4	33	7
		7th	71	1	26	1
		9th	45	24	31	0
Spring balance	1.57N (160.5g) 3.93N (401.0g)	5th	88	0	1	11
		7th	88	7	3	1
		9th	90	5	5	0
Thermometer	1°C	5th	88	3	1	8
		7th	93	1	1	4
		9th	91	6	1	1

\* less than 5 means that students' errors were within 5 smallest scale divisions of each instruments. For example, in case of a ruler, it meant that percent number of students whose error was within 5mm.

온도계 눈금 읽기 과제도 잘 측정한 학생의 수가 매우 많았다. 초등학생의 88%, 중1 학생의 93%, 중3 학생의 91%가 5°C 미만의 오차 범위 내에서 눈금을 읽었다. 온도계 눈금 읽기가 비교적 다른 과제보다 정확하게 이루어졌다는 영국 APU 결과(Schofield, 1989)와도 같은데 일상 생활에서 흔히 접하는 계기이며 십진법으로 되어있다는 점등이 그 원인으로 여겨진다.

6) 디지털 초시계를 이용한 시간 측정하기

Table 4 에서는 디지털 방식의 초시계에 적힌 시간을 읽는 과제 결과를 제시했다. 많은 수의 학생들이 시간을 잘 읽지 못함을 볼 수 있었다. 단위를 혼동하던가 엉뚱한 답, 예를 들면 105.05초, 혹은 3(22/60), 0.0913 초 등의 응답을 한 학생들이 초등학생의 경우 44%, 중1 학생의 경우 29%, 중3 학생의 경우 38% 이었다.

2 측정 도구 및 단위에 대한 학생의 개념

1) 질량 측정 도구에 대한 학생의 개념

두 문항이 질량 측정 도구와 관련되어 있다(2번, 7번). 윗접시 저울 그림을 보여주고 그 눈금이 어떤 물리량을 의미하는지에 대하여 물어 보았을 때 정답율은 학년별로 각각 1%, 77%, 68% 이었다(Table 5

참조). 초등학생은 아직 질량을 안 배웠기 때문에 무게라고 응답했는데 그 학생 수는 92% 이었다. 중학생의 경우도 나머지 대부분의 학생들은 초등학교 때 배웠던 대로 무게라고 응답했다. 초등학교 때 무게와 질량을 구분하지 않고 가르치는 것이 중학교에서 질량 개념의 학습에 어려움을 초래하고 있다고 할 수 있다.

양팔 저울이 측정할 수 있는 물리량이 무엇인지에 대한 문항(7번)에서는 윗접시 저울에 비해 좀 더 답이 여러 항목으로 분산됨을 볼 수 있었다. 중1 학생의 경우에는 윗접시 저울에서 77% 이상의 학생들이 질

**Table 4.** Reading digitalized stop watch  
(Total students number of 5th grade = 72, 7th grade = 69, and 9th grade = 80)

	% students		
	5th	7th	9th
Accurate reading (ex. 1mim 39sec 44)	44	62	46
Copying (ex. 01:39:44)	8	6	15
Confuse with unit (ex. 1 hour 38min 44s)	31	16	10
Other*	11	13	28
No answer	6	1	1

**Table 5.** Students' conceptions related with mass measuring instruments(% students)  
(Total students number of 5th grade = 72, 7th grade = 69, and 9th grade = 80)

Questions Items\Grade	Quantities measured by a two plate balance			Quantities measured by a equal arm balance		
	5th	7th	9th	5th	7th	9th
Volume	1	3	0	6	9	3
Mass*	1	77	68	11	48	55
Length	0	0	0	1	0	1
Force	4	1	0	11	1	0
Weight	92	20	31	68	41	40
Time	0	0	0	-	-	-
Temper-ature	-	-	-	0	0	0
Other	0	0	0	1	0	0
No answer	1	0	1	1	1	1

\* means the right answer

(-) means it is not included in the real questionnaires

량 측정 도구라고 응답했으나 양팔 저울의 경우에는 그 수가 48%로 줄어들었다. 학교에서 주로 윗접시 저울을 사용하고 있다는 점을 고려할 때, 이는 학생들이 질량의 개념을 정확히 알았다고 하기보다는 각 저울이 사용되었던 상황을 더 기억한다는 것을 보여준다.

### 2) 부피 측정 도구에 대한 학생의 개념

총 세 문항(1번, 3번, 4번)이 부피 측정 도구와 관련되어 있다. 각각 주사기, 비커, 메스실린더 등 부피 측정 기구의 그림을 보며 각 기구의 눈금이 의미하는 물리량을 보기에서 고르라는 과제였다. 각 결과는 Table 6에 나와있다.

주사기의 눈금이 그 안에 들어있는 공기의 (무엇)을 의미하는지 쓰라는 1번 문항에서 '부피'를 선택한 학생의 수는 중3 학생이 가장 많았고(75%) 그 다음이 중1 학생(68%), 초등학생의 경우 28% 이었다. 초등학교 학생들의 낮은 정답 율은 초등학교 학생들이 부피 개념을 학습하는 것에 어려움을 겪고 있음을 보여 준다. 반면 힘이라고 응답한 학생의 수가 초등학교는 32%, 중학생은 1학년이 7%, 3학년이 10%로 있었는데 이것은 학생들이 부피 개념을 제대로 이해하지 못하고 도구들이 사용된 용도, 예를 들면 공기를 압축했던 상황을 더 기억하고 있음을 보여 주는 것이다.

비커에 담긴 물 그림을 보여 주고 비커의 눈금이

의미하는 바를 선택하라는 문항(3번)에서 학생의 정답 율이 더욱 낮아졌다(초등학생 26%, 중1 학생 65%, 중3 학생 60%). 초·중학생 모두 비커의 눈금을 질량이라고 여기는 학생이 21% 이상이었으며, 길이 혹은 온도라고 생각하는 학생도 적지 않았다.

온도 혹은 질량이라고 응답한 학생들은 주사기 문제(1번)와 같이 비커가 사용되었던 용도를 기억한 것이라고 생각된다. 위의 결과들은 학생들의 물리량 개념의 혼동을 보여준다. 전반적으로 중학생들의 정답 율은 초등학생을 훨씬 넘었다.

메스실린더의 용도에 대한 질문(4번)에서도 학생들의 부피 개념의 어려움이 그대로 나타나서 특히, 초등학교 학생들의 경우 부피라고 응답한 학생수가 17%밖에 되지 않았다. 그 외에도 모든 학년에 걸쳐 15% 이상이 질량이라고 응답했는데, 이는 부피, 질량 개념의 혼동을 보여준다.

### 3) 힘 측정 도구에 대한 학생의 개념

총 세 개의 문항이 힘 측정도구와 관련되어 있다(5번, 6번, 8번). 각각의 문항에는 용수철 저울, 부엌용 저울 그림이 주어져 있다(Table 7 참조).

용수철 저울에 물체가 매달린 그림을 제시하고 무엇을 측정하고 있는 것인지 선택하라는 질문(5번)의 경우, 과반수를 넘는 학생들이 "무게"라고 옳게 응답

**Table 6.** Students' conceptions related with volume measuring instruments(% students)  
(Total students number of 5th grade = 72, 7th grade = 69, and 9th grade = 80)

Questions	Meaning of number on a syringe			Meaning of number on a beaker			Quantities measured by a measuring cylinder		
	5th	7th	9th	5th	7th	9th	5th	7th	9th
Volume*	28	68	75	26	65	60	17	75	64
Mass*	17	17	11	29	21	24	15	16	24
Length	7	0	1	14	10	5	10	3	3
Force	32	7	10	0	0	0	-	-	-
Gravity	-	-	-	-	-	-	46	1	4
Weight	7	3	0	-	-	-	3	1	1
Time	0	0	0	1	0	0	-	-	-
Temper-ature	-	-	-	19	4	8	4	1	1
Other	10	6	0	8	0	1	4	1	3
No answer	0	0	3	1	0	3	1	0	1

\* means the right answer

(-) means it is not included in the real questionnaires

했다(초등학생 60%, 중1 학생 78%, 중3 학생 66%). 그러나 한편으로 초등학생의 경우 24%의 학생들이 이를 "길이"라고 응답하였는데, 이는 초등학생들의 경우 무게나 질량, 길이, 부피 개념이 혼동되고 있음을 보여주고 있다. 또, 중3 학생들 중 21%가 이를 질량이라고 응답하였는데 이는 질량과 무게 개념의 혼동을 보여준다.

부엌용 저울의 그림을 제시하고 "왼쪽 그림에서 저울의 바늘이 가리키는 숫자는 그 과일(무엇)을(를) 뜻한다."에 답하게 한 질문(6번)에서는 무게가 중력의 크기임을 아는지에 대하여 묻기 위하여 무게라는 응답을 선택답안에서 없애고 그 대신 중력의 크기를 넣었다. 중력의 크기라고 응답한 학생의 수는 크게 줄었고 대신 많은 수의 학생이 기타에 '무게'라고 썼다. 이때 중력의 크기라고 응답한 학생 수는 중3 학생이 31%로 가장 많았다. 초등학생의 경우, 기타에서 무게라고 응답한 학생의 수와 '중력의 크기'라고 응답한 학생 수를 합하면 이전 문항 5번의 정답율과 동일하다. 그러나 중학생의 경우 5번 문항에 비해 질량이라고 답한 학생의 수가 많아짐을 볼 수 있어서 중학생의 경우 무게와 질량을 동일한 것으로 여기는 경향이 있음을 알 수 있다.

수레를 용수철 저울로 잡아당기는 그림을 제시하고 "왼쪽 그림은 용수철 저울을 이용해서 (무엇)을(를)

측정하고 있다"에 답하게 한 질문(8번)에서는 초등학생의 85%, 중1 학생의 70%, 중3 학생의 73%가 "수레에 작용한 힘"이라고 바르게 선택했다. 그러나 중1 학생의 11%, 중3 학생의 16%가 질량이라고 응답했고, 중1 학생의 11%, 중3 학생의 5%가 중력의 크기라고 응답하여 힘의 작용 방향에 대한 이해의 부족을 보여준다. 또한 측정 기구의 원리에 대한 이해 부족을 보여 주기도 하는데, 용수철 저울은 단지 무게의 측정 도구라는 인식이 있기 때문에 그 힘이 수평으로 작용했음에도 불구하고 무게라고 응답을 한 것으로 보인다.

4) 단위에 대한 학생의 개념

단위에 대한 학생의 개념을 평가하기 위해서 7개의 문항을 개발했다. 길이, 부피, 시간, 질량, 온도, 힘, 무게 각각에 해당하는 단위를 보기에서 있는 대로 선택하는 문항이었다. 보기는 다음과 같다.

<보기>

m, kg, L, mL, N, cm, 초, g, kg중, °C, min, A, V, mm, °, cm<sup>3</sup>, kg·m<sup>2</sup>

결과는 Table 8 에 요약했다. 학생은 위의 보기에서 2개 이상의 답을 선택해도 되었다.

보기에서 길이의 단위를 모두 고르라는 문항에서

Table 7. Students' conceptions related with force measuring instruments(% students)  
(Total students number of 5th grade = 72, 7th grade = 69, and 9th grade = 80)

Questions Items\Grade	Meaning of number on a spring balance			Meaning of number on a kitchen scale			Quantities measured by a spring scale pulling a cart		
	5th	7th	9th	5th	7th	9th	5th	7th	9th
Volume	6	3	3	14	6	1	7	3	0
Mass	3	9	21	25	51	51	1	11	16
Length	24	6	5	0	0	1	4	1	1
Force*	-	-	-	-	-	-	85	70	73
Gravity*	-	-	-	17	19	31	1	11	5
Weight*	60	78	66	-	-	-	-	-	-
Time	0	1	0	0	0	0	-	-	-
Temper-ature	4	3	0	0	1	0	-	-	-
Other	4	0	1	44	23	14	1	3	4
No answer	0	0	0	0	0	1	0	0	1

\* means the right answer

(-) means it is not included in the real questionnaires



거의 모든 학생들이 m, cm, mm, 를 올바르게 선택했다. 그러나 초등학생의 23%는 부피의 단위인 mL도 길이의 단위로 생각했고, 초등학생의 73%, 중1 학생의 34%, 중3 학생의 22%는 cm<sup>3</sup>를 길이의 단위로 생각했다. mL, cm<sup>3</sup>는 길이의 단위인 m, cm와 비슷하게 m가 들어가기 때문인 것으로 여겨진다(Table 8).

부피의 단위에 해당하는 것을 선택하는 문항에서 L를 선택한 학생 수는 초등학생, 중1 학생, 중3 학생의 경우 각각 31%, 57%, 56% 이었고, mL를 선택한 학생 수는 각각 34%, 57%, 55% 이었다. 또한 cm<sup>3</sup>를 선택한 학생 수는 각각 21%, 64%, 76% 이었다. 초등학생들은 부피의 단위를 올바르게 선택한율이 중학생에 비해 매우 낮았다. 부피 단위가 아님에도 불구하고 부피의 단위로 여겨진 단위들의 예로 N, A, V, kg·%등을 들 수 있다. 이 단위들은 학생들이 흔히 접하지 못한 단위들인데 어려운 개념일 경우 이와 같은 생소한 단위를 선택하는 율이 높아진다. 특히 중3 학생의 경우 V를 부피의 단위로 여기는 율이 31%로 다른 학년에 비해 매우 높았다. 중학교 2학년 1단원에 보일 사들의 법칙에서 부피의 기호로

Volume의 약자인 V를 사용하는데 그것이 원인 중의 하나일 것으로 여겨진다. 이는 학생들이 단위를 선택할 때 혼동을 가져오는 원인 중의 하나로 물리 기호의 사용이 있음을 시사한다(Table 8).

시간의 단위를 선택하는 정답율도 길이의 단위처럼 매우 높았다. 초등학생의 94%, 중1, 중3 학생의 100%가 초를 선택했고 초등학생의 98%, 중1 학생의 98%, 중3 학생의 99%가 분을 선택했는데 그 중에는 A, V 혹은 kg·%가 시간의 단위라고 생각하는 학생도 일부 있었다(Table 8).

질량의 단위를 선택하는 문항에서 초등학생이 질량이라는 개념을 아직 학습하지 않았기 때문에 초등학생의 낮은 정답율은 당연한 결과라고 하겠다. 그러나 중학교 학생들의 정답율도 별로 높지 않은데 kg의 경우 중1 학생, 중3 학생이 각각 24%, 29% 그리고 g의 경우 25%, 38% 에 불과했다. g단위의 정답율이 약간 더 높았는데, 이는 학교에서 질량을 잴 때 kg단위보다는 g단위를 더 많이 사용하는 것이 원인으로 여겨진다. 질량의 단위가 아님에도 불구하고 질량의 단위로 사용되는 예는 부피의 단위인 L, mL, 힘의

**Table 8.** Results of questionnaires for students' conceptions on units(% students)  
(Total students number of 5th grade = 72, 7th grade = 69, and 9th grade = 80)

Units	Length	Volume	Time	Mass	Temper- ature	Force	Weight
m	94/95/99*	1/0/0	0/0/0	1/2/0	0/2/0	1/2/0	0/0/1
kg	1/0/0	6/0/1	0/0/0	1/24/29	0/0/0	6/0/0	84/71/65
L	6/0/2	31/57/56	0/0/0	38/35/38	0/0/0	17/6/2	6/2/3
mL	23/0/1	34/57/55	4/0/0	26/41/40	0/0/0	9/0/0	2/2/3
N	2/0/0	28/4/0	4/0/0	37/18/11	0/2/0	26/61/71	2/14/13
cm	97/100/100	2/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	2/0/0	0/0/0
sec	0/0/0	3/0/0	94/100/100	0/0/0	0/0/0	3/0/0	0/0/0
g	2/0/0	0/0/1	0/0/0	0/25/38	0/0/0	2/0/0	95/70/58
kgf	2/0/0	7/6/2	0/0/0	4/22/28	0/0/0	18/20/23	65/52/45
°C	0/0/0	0/0/0	2/0/0	2/0/0	95/100/99	2/0/0	0/0/0
min	0/0/0	2/0/0	98/98/99	0/0/0	0/2/1	0/0/0	0/0/0
A	2/0/0	28/11/13	4/0/0	30/7/13	2/0/0	30/80/74	0/2/0
V	2/0/0	19/11/31	8/4/3	35/6/6	0/0/0	35/78/58	0/0/3
mm	98/98/99	2/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/2/0	0/0/1
°	4/2/0	0/0/0	0/2/0	2/0/0	91/94/98	2/2/2	0/0/0
cm <sup>3</sup>	73/34/22	21/64/76	0/0/0	0/0/0	2/0/0	4/0/0	0/2/0
kg·%	7/3/0	10/14/11	0/0/13	14/26/16	0/0/0	45/34/40	21/23/21

\* 94/95/99 means 94% among 5th grade students, 95% among 7th grade students & 99% among 9th grade students

단위인 N, kg중, kg·%, 초등학생의 경우 A, V 등을 예로 들 수 있다.

온도의 단위는 초등학생과 중학생 모두 정답율이 다른 물리량에 비해 비교적 높았다. 온도의 단위가 아님에도 온도의 단위로 여겨지는 올이 높은 단위는 각도의 단위인 이다. 읽는 방법이 같기 때문에 동일한 단위로 여기는 학생의 수가 매우 많았다(Table 8).

힘 개념은 초등학생은 아직 배우지 않은 개념이다. 그러나 초등 학생 중에도 N을 선택한 초등학생 수는 26%, kg·%를 선택한 학생 수는 45% 이었다. 중학생의 경우, N을 선택한 올은 1학년이 61%, 3학년이 71% 이었다. 그리고 kg·%를 선택한 올은 그보다는 낮아 각각 34%, 40% 이었다. 초등학생과 중학생 모두에게 힘의 단위가 아님에도 선택 올이 높은 단위는 A, V 이었다.

무게의 단위로 N을 선택한 올은 중1 학생이 14%, 중3 학생이 13%이었다. kg중을 선택한 올은 중1 학생이 52%, 3학년이 45% 이었다. 그리고 kg·%를 선택한 올은 중1 학생이 23%, 중3학생이 21% 이었다. 초등학교에서 무게와 질량을 동일한 단위로 쓰기 때문에 무게의 단위로 kg이나 g을 쓰는 학생이 매우 많은데 먼저 kg을 사용하는 학생 수는 초등학생, 중1 학생, 중3 학생 순서대로 각각 84%, 71%, 65% 이었고 g을 사용한 학생 수는 각각 95%, 70%, 58% 이었다.

## V. 결과 요약, 결론 및 시사점

눈금 읽기 능력을 조사한 결과, 초등학교와 중학교 학생들의 눈금 읽기의 정확도는 각 측정 도구에 따라 달랐다. 자나 용수철저울, 온도계 등에 대한 정확도는 비교적 높은 반면 메스실린더나 윗접시 저울의 경우 오차가 다른 것에 비해 큼을 알 수 있었다. 특히 초등학생들의 경우는 메스실린더, 중학교 학생들의 경우는 윗접시 저울이 가장 어려워하는 측정 도구였다. 메스실린더와 윗접시 저울은 일상 생활 중에서 접하기가 어렵다는 점과 메스실린더의 경우 액체의 표면을 읽을 때 오차가 발생하기 쉬우며 눈금 자체가 혼동을 일으킬 수 있도록 되어 있는 것이 그 원인으로

여겨진다. 윗접시 저울의 경우 분동의 숫자를 읽는 것이 학생들에게 어려웠다. 디지털 방식의 시계를 읽는 과제와 비교하여, 적지 않은 학생들이 단위를 혼동하거나 이해할 수 없는 방식으로 숫자를 읽어 익숙하지 않은 측정 도구를 학생들이 어려워함을 보여주었다. 자의 길이보다 물체의 길이가 더 긴 경우의 측정 과제와 메스실린더를 이용한 부피 측정 과제에서 초등학생들은 중등 학생들에 비해 편차가 많이 났다.

측정 도구에 관련된 개념에 대한 조사 결과, 초등학교와 중학교 학생들이 범한 대표적인 오류는 기존에 실험실에서 도구를 사용했던 용도와 그 도구 자체가 측정할 수 있는 물리량에 대한 혼동이었다. 주사기의 경우, 학생들은 주사기의 다른 용도 혹은 기존 실험실에서 사용했던 용도에 이미 익숙해져 있어 부피를 재는 기구로 인식하지 않았다. 또한 비커의 경우도 온도를 재거나 질량을 재던 용도에 익숙해져서 비커 위의 숫자가 의미하는 것이 부피라고 인식하지 못하는 학생들이 많았다. 질량과 무게를 재는 도구에 대해 그 용도를 혼동하는 경우가 많았고, 초등학교 학생의 경우 특히 부피를 재는 도구의 용도에 대해서 많이 어려워했다.

단위 개념 조사 결과, 초등학교와 중학교 학생들은 길이나 온도, 시간 등의 단위는 잘 선택했으나 부피, 질량, 무게 등의 단위 선택에 어려움을 겪었다. 질량과 무게의 단위를 혼동해서 사용했고 각도의 단위를 온도의 단위로 여기는 학생이 매우 많았다. 단위와 기호를 혼동하는 경우도 있었다.

초등학생과 중학생들 중에 교육과정에 나온 측정 도구의 눈금을 정확하게 읽지 못하는 학생이 적지 않게 있었고 심지어 측정하고자 하는 물리량이 무엇인지를 혼동하고 있어서 측정 도구의 용도를 잘 못 알고 있거나 단위를 모르는 학생도 있었다.

이상의 연구 결과는 측정 교육에 대해 다음과 같은 시사점을 제시한다.

첫째, 눈금 읽기 능력이 부족한 학생들을 위해서 측정 기구를 좀 더 쉽게 만들어야 한다. 학생들은 특히 윗접시 저울을 이용한 질량 측정에서 분동의 질량을 읽는 것에 많은 어려움을 겪고 있다. 메스실린더의 이중 눈금 등에 대한 어려움도 보이고 있다. 둘째, 부

피나 질량 등의 물리량에 대한 학생들의 이해가 부족하므로 부피나 질량이 무엇인지에 대해 좀 더 구체적인 교육이 필요할 것이다. 셋째, 단위에 대한 연습과 이해가 더 필요하다. 마지막으로, 용어의 사용과 측정 기구의 사용, 단위의 사용에 있어서 학년간 일관성 있는 교육이 필요하다. 예를 들어 초등학교에서 무게라는 용어로 통칭되었던 질량, 무게, 중력의 크기 등은 중학교에 학생들의 개념과 단위 선택에서 혼동스러운 개념이 되었다.

## 적 요

본 연구에서는 초·중등 학생들의 눈금 읽기 능력과 측정도구의 용도 및 단위에 대한 개념을 조사했다. 초등학교 72명, 중1 학생 69명, 중3 학생 80명의 학생을 대상으로 수행 평가 및 지필 평가를 실시했다. 눈금 읽기 능력을 평가하기 위해서 개별 수행 평가를 실시했는데, 학생 개개인은 서류 봉투의 가로 세로 길이, 물의 온도, 물의 부피 등을 실험실에서 주로 사용하는 주어진 측정 도구를 사용하여 측정했다. 측정 도구 및 단위와 관련된 개념을 평가하기 위해서는 그림과 사진이 그려진 질문지를 사용했다. 눈금 읽기 능력 면에서 각 학년마다 적지 않은 측정오차를 내는 학생이 있음이 드러났으며 특히 질량이나 부피 측정의 경우 그 수가 더욱 증가했다. 측정 도구에 대한 학생의 개념 조사 결과 학생들은 물리량 개념이 정확하지가 않아 측정 도구가 측정할 수 있는 물리량을 제대로 지적하지 못했다. 또한 단위에 대해서도 혼동이 있어서 특히 질량, 무게, 부피나 힘의 단위 등을 어려워하고 있음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- 권재술·김범기(1994). 초·중학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
- 김미경·오희윤·박종원(1996). 물리 탐구 실험의 평가를 위한 도구의 개발과 분석. 한국과학교육학회지, 16(1), 51-60.
- 우종옥·김범기·한안진·허명(1998). 국가 수준의 과학 탐구 능력 평가 체제 개발. 한국 과학교육 학회지, 18(4), 617-626.
- 우종옥·이향로·이경훈(1992). 대학 수학 능력 시험의 자연과학 탐구 능력 평가를 위한 행동 요소의 추출과 평가 목표의 세분화 연구 II 한국과학교육학회지, 12(2), 81-95.
- 정귀향·김범기(1997). 초등학교 학생들의 측정 수행 능력 평가. 한국과학교육학회지, 17(2), 127-137.
- 정완호·허명·은경용(1993). 국민학생의 과학 탐구능력 측정을 위한 평가도구 개발. 한국과학교육학회지, 13(1), 80-91.
- 허명(1984). 과학 탐구 평가표의 개발. 한국과학교육학회지, 4(1), 57-63.
- American Association for the Advancement of Science(1967). *Science-A Process Approach*. Xerox Co.
- Baird, D.C(1995). *Experimentation, an Introduction to measurement theory and experiment design*, 3rd ed. Prentice-Hall, N.J.
- Bryce, T., McCall, J., MacGregor, J., Robertson, I., & Weston, R.(1983). *Techniques for the Assessment of Practical Skills in Foundation Science*. Heinemann Education Books.
- 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.