



무게 단위 수업에서 겪는 교사와 학생의 어려움 분석

박준형¹, 전영석^{2*}

¹서울마천초등학교, ²서울교육대학교

An Analysis of Difficulties of Teachers and Students in Class on Weight

Joonhyeong Park¹, Youngseok Jhun^{2*}

¹Seoul Macheon Elementary School, ²Seoul National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 April 2014
Received in revised form
4 May 2014
Accepted 12 May 2014

Key words:

weight, measuring weight,
teaching difficulty,
learning difficulty,
Pedagogical Content Knowledge
(PCK)

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the difficulties of teachers and students on the unit about 'measuring weight.' In this research, we have acquired data about teachers through survey, interview, and self-reflection journals, at the same time we have collected information on the students through survey, assessment test, and interview. We have extracted the difficulties from analysis with constant comparison method. In addition, we have analysed the curriculum of science and mathematics to know the leaning sequence. The analysis had been checked up by experts in science education. The result of the study is as follows: The difficulties of teachers are from the lack of teachers' descriptive knowledge, disorder of conceptual hierarchy in the curriculum, poor experimental instruments, and low psychomotor skill of students. The difficulties of students are from common misconceptions, opaque concepts, lack of manipulation skill, insufficiency of mathematical ability, difficulty of application of principles to the real situation, and lack of problem-solving ability. In addition, teachers have recognized that students face more difficulties in experiment class, while students think that they face more difficulties in conceptual understanding class.

1. 서론

내실 있는 교실 수업의 핵심은 교사의 수업 전문성이다(곽영순, 2006). Shulman(1986)은 수업 전문성과 관련하여 교사가 갖추어야 할 지식으로 Pedagogical Content Knowledge(PCK)를 제안하였다. 그 후 여러 학자들의 연구를 통해 PCK는 그 정의와 구성요소가 확장되고 구체화 되었다(Cochran, 1993; Grossman, 1990; Loughran *et al.*, 2004; Magnusson *et al.*, 1999; Marks, 1990; Van Driel *et al.*, 1998). PCK의 다양한 특징 중 하나는 학습 주제에 따라 서로 다른 지식이 요구된다는 점이다(Magnusson *et al.*, 1999; Veal & MaKinster, 1999). 이와 관련하여 Veal & MaKinster(1999), Loughran *et al.*(2004) 등은 학습 주제별로 적합한 교수 전략을 제시하는, 주제별 PCK에 대한 연구가 필요하다고 주장하였다. PCK를 탐색할 주제 선정에 있어서 곽영순(2006)은 학생들이 이해하기 어려워하거나 교사가 지도하기 어려운 내용을 중심으로 접근해야 한다고 하였다. 또한 De Jong & Van Driel(2004)은 과학 학습자에 대한 지식을 얻기 위해서는 학습자의 어려움을 살펴보아야하고 가르치는 전략에 대한 지식을 얻기 위해서는 교사가 수업에서 겪는 어려움을 직접 살펴보아야 한다고 하였다. 따라서 학생이 이해하기 어려워하는 부분과 교사가 지도하기 어려워하는 부분의 탐색을 통하여 교사가 해당 주제를 지도하는데 필요한 내용 지식과 함께 그 주제를 효과적으로 지도하는 방법을 알아낼 수 있을 것이다.

‘힘과 운동’ 관련 단원에서 다루는 주된 주제인 시간, 공간, 질량, 운동 등과 관련해서는 일상생활 중에 이와 관련된 경험을 쉽게 할 수 있기(Zhaoyao, 1993) 때문에 그 경험이 학생들의 학습에 도움을 줄 것이라고 생각할 수 있다. 그러나 학생들은 오히려 그 경험으로 인하여 정확한 개념을 얻는데 어려움을 겪는다(오원근, 박승재, 1995). 그 중 ‘무게’는 ‘역학’ 분야의 학교 수업으로는 처음 학습하는 개념으로 일상생활에서 자주 사용되지만, 학생들은 그 개념을 이해하는데 많은 어려움을 경험한다. 학생들은 무게와 중력을 서로 연결하는데 혼란을 겪으며(Galili *et al.*, 2001), 무게는 일상생활에서 흔히 질량과 혼용하여 사용된다. 또한 무게는 과학과 교육과정 뿐 아니라 수학과 교육과정에서도 다루고 있는데, 초등학교 수학과 교육과정에서는 무게의 단위로 질량의 단위를 제시하고 있다(교육과학기술부, 2008). 무게에 대한 학생의 오개념이 다양하고 견고하여 초등학생의 경우, 무게 개념을 과학적으로 정확하게 이해하는 것이 매우 어렵다고 알려져 있다(윤길수, 1994).

이렇듯 학생들은 무게 개념을 이해하는 데에 많은 어려움을 겪는 것으로 나타났지만 관련 연구로는 윤길수(1994) 및 전우수(1993) 등이 수행하였던, 무게에 대한 학생들의 오개념을 조사한 연구를 들 수 있을 뿐, 무게 학습의 어려움과 원인을 체계적으로 밝힌 연구는 거의 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 무게 개념을 처음 학습하는 초등학교 4학년 무게 재기 단원에서 학생이 겪는 어려움과 이 단원을 지도하는데 있어서 교사와 학생이 겪는 어려움을 조사하고, 아울러 교사가 생각하

* 교신저자 : 전영석 (jhunys@snu.ac.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.3.0295>

Table 1. Research participants

Participants	Methods(n)
Teachers	Survey(19), Interview(3), Self-reflection journal(19)
Students	Survey(392), Assessment(392), Interview(3)
Curriculum	2007 revision science curriculum and mathematics curriculum

는 학생의 어려움과 실제 학생들이 인식하는 학습의 어려움에 차이가 있는지 살펴봄으로써 무게 단위를 적절하게 지도하는데 필요한 시사점을 얻고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2개 학급의 담임교사 2명과 학생 58명을 대상으로 한 예비 연구를 바탕으로 수행한 것으로 연구 대상은 Table 1과 같이 서울시 및 경기도에 소재한 초등학교의 교사 38명과 학생 392명이다. 교사와 학생이 겪는 어려움을 입체적으로 비교하기 위하여 교사와 학생을 분리시키지 않고 학생과 그 학생을 가르친 교사를 묶어서 조사하였다. 설문 조사를 실시한 연구 대상 중 교사 3명과 학생 3명에 대해서는 반구조화된 면담을 실시하였다. 또한 무게 재기 단원과 관련한 과학 교육 교수법 강의를 수강한, 초등과학교육을 전공하는 석사과정에 있는 19명의 교사가 작성한 자기반성성찰지를 분석하였다. 아울러 2007 개정 과학과 및 수학과 교육과정을 연계성 측면에서 살펴보았다.

2. 자료 수집 및 분석

교사와 학생의 어려움을 탐색하기 위한 자료를 수집할 때는 신뢰도와 타당도를 높이기 위하여 다양한 측면의 자료를 활용하였다(Merriam, 1998). 교사로부터는 설문지, 면담, 자기반성성찰지를 통하여 자료를 수집하였다. 설문지는 예비 연구를 토대로 설문 문항을 구성하였고 과학교육전문가(박사 1명, 박사과정 1명)와 함께 문항의 타당도를 검토하였다. 면담은 반구조화된 형식으로 3명의 교사와 무게 재기 단원을 지도하면서 어려웠던 점에 대하여 약 30분 정도씩 진행하였다. 면담 내용은 모두 녹음한 다음 전사하여 분석하였다. 자기반성성찰지는 실제 일어난 상황을 생생하게 파악하기 위하여 무게 재기 단원에 대한 강의를 수강한 교사 19명에게 무게에 대한 개념 변화, 지도하기 어려운 점, 학생이 어려워할만한 점에 대하여 자신의 경험을 내려티브 형식으로 자유롭게 기술하도록 하였다(오피셜 등, 2006).

학생으로부터는 설문지, 단원평가와 면담을 통하여 자료를 수집하였다. 설문지의 문항은 예비 연구를 토대로 구성하였고, 과학교육전문가 2명과 함께 문항의 타당도를 검토하였다. 차시별 2문항씩 총 20문항으로 구성된 단원평가 문항은 교육 전문가 2명과 함께 개발하고 예비 연구를 통하여 수정 및 보완하였다. 학생 대상의 면담도 반구조화된 형식으로 진행하였는데 무게 재기 단원을 학습하면서 어려웠던 점에 대하여 학생 3명과 약 30분 정도씩 진행하였다. 면담 내용은 모두 녹음하고 전사하였다.

과학과 교육과정과 수학과 교육과정의 내용 비교는 2007 개정 교육과정, 4학년 과학과 교과서 및 지도서, 그리고 3~4학년 수학과 교과서

Table 2. Difficulties of teachers

Categories	Contents
Content knowledge	· Lack of procedural knowledge
Curriculum	· Sequences and introduction of terms · Relation with the curriculum of mathematics
Class environment	· Dual units on spring scales · Over-compression of spring · Control of balances · Making scale or balances by own ways
Students	· Operational ability of students

및 지도서를 중심으로 비교 분석하였는데, 교육과정에서 공통으로 다루는 주제나 학습요소를 중심으로 연계성을 살펴보았다.

한편, 본 연구의 양적인 자료는 기술통계치를 이용하여 분석하였고, 질적인 자료는 반복비교분석법(constant comparison method)을 통하여 범주화하였다(Glaser & Strauss, 1967). 교사와 학생이 겪는 어려움을 범주화한 내용은 과학교육전문가 2인과 함께 검토하여 확정하였다.

III. 연구결과

1. 교사들이 겪는 어려움

교사가 무게 재기 단원을 지도하면서 겪는 어려움을 교과내용 측면, 교육과정 측면, 수업도구 측면으로 범주화하여 Table 2에 기술하였다.

교과내용 측면에서 초등학교 교사들은 절차적 지식을 지도할 때 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 과학적 지식은 선언적 지식과 절차적 지식으로 나눌 수 있다. 선언적 지식은 이론, 모델, 개념, 사실과 같은 지식이며, 절차적 지식은 지식이 성립되는 과정, 수단, 방법에 관한 지식이다(권용주 등, 2011). 교사들은 주로 절차적 지식에 해당하는 지식을 지도할 때에 어려움을 겪는다. 절차적 지식은 주로 실험에서 사용되는 지식으로, 이수아 등(2007)의 연구에서 초등교사들이 가장 어려움을 많이 겪는 부분이 실험 실습 영역으로 나타난 것과 같은 맥락이다.

모빌을 만들 때 어려운 점이 있었어요. 같은 거리에 있어야 무게가 같은데 실의 무게가 달라지니까 균형을 맞추는 것이 어려웠어요. 그리고 묶는 것을 잘 못해서 테이프를 썼는데 또 테이프의 양에 따라서 무게가 달라져서 아이들이 많이 어려워하고 질문을 많이 했어요. (B교사와의 면담)

B교사의 면담 중 밑줄 친 부분을 통해 알 수 있듯이 B교사는 모빌 만들기 실패의 원인을 실이나 테이프의 양을 정확히 맞추지 못한 것에 있다고 생각한다. 실과 테이프의 양은 모빌에 매다는 물체의 무게에 비하여 매우 작기 때문에 영향을 거의 미치지 못한다. 오히려 매다는 물체의 위치가 모빌의 균형을 맞추는데 더 중요한 요인인데 B교사는 이 부분을 간과한 것이다.

대저울을 확인해 보진 않았어요. 대저울을 직접 사용해 보지는 않았어요. 나도 사실 직접 해보진 않아서 평형을 맞추면 될 것 같긴 한데, 아이들도 직접 해보진 않았으니까 어떻게 쓰이는지는 잘 모르는 것 같았어요. (B교사와의 면담)

교사들은 다양한 저울을 다루는 방법을 학생들에게 효과적으로 전달하는

방법에 대해서 잘 모르는 것 같아요. 대저울은 쉽게 볼 수 있는 저울이 아니어서 아이들이 낯설어 하였어요. 그리고 저도 직접 사용해 본 적은 없어요. (C교사와의 면담)

대저울 사용에 대한 지도를 할 때에도 교사들은 밑줄 친 부분과 같이 대저울을 직접 해본 적이 없었다. 그렇기 때문에 B교사의 경우에는 학생들도 대저울을 이용하여 무게를 측정할 기회를 제공하지 못하였다. C교사의 경우에는 학생들에게 대저울로 무게를 측정하게 해보았으나 학생들이 낯설어 하고 교사 본인도 어려워하였다. 면담을 실시한 교사들 모두 학교 과학실에 대저울이 있음에도 불구하고 대저울을 이용하여 학생들이 물체의 무게를 재어보도록 하지 않았다. 교사들은 모빌 만들어 보기, 대저울로 무게 재어보기 등 질차적 지식이 필요한 부분의 지도에 어려움을 겪었다. 결국 교사 스스로 교과내용에 대하여 자신이 없는 부분에 대해서 지도하는데 어려움을 겪은 것이다.

교육과정 측면에서 교사들은 과학 교과 내에 용어의 계열성 문제와 수학과 교육과정과의 연관성 부분에 대한 문제에서 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 용어의 계열성 문제는 무게와 질량, 중력의 제시 순서와 관련이 있다. 무게는 질량, 중력으로부터 나오는 개념이다. 물체의 고유한 양인 질량에 비례해서 작용하는 힘이 중력이며 그 크기를 무게라 하는데, 우리나라 교육과정에서는 질량과 중력은 중학교에서 도입되고 무게는 4학년에서 도입된다(교육과학기술부, 2008). 중력 개념도 현행 교육과정에서 7학년에서 다루어지기 때문에 무게를 지구가 물체를 끌어당긴다는 수준에서 중력과 연계하여 지도하도록 하였다(교육과학기술부, 2008). 교사들은 질량이나 중력에 관한 개념을 사용하지 않고 무게 개념을 지도하는데 큰 어려움을 겪는다.

그리고 아이들에게 무게의 뜻을 설명하는 것이 어려웠어요. 아이들이 질량이라는 개념이 없는 상태에서 무게를 이해시켜야하는 상황이기 때문인데 아이들의 입장에서는 당연한 건데 왜 이런 것을 설명하지? 라는 반응을 보였어요. (A교사와의 면담)

4학년 아이들과 이 단원을 공부했을 때 가르치기 어려웠던 점은 무게와 질량의 비교였다. 아이들은 두 개념을 같은 개념으로 알고 있고, 양의 일종으로 생각하고 있다. (J교사의 자기반성성찰지)

밑줄 친 부분에서 보는 바와 같이 A교사는 질량이라는 개념이 없는 상태에서 학생들이 가지고 있던 무게에 대한 생각을 바꾸는데 어려움을 겪었다. 또한 J교사의 자기반성성찰지에 나타난 바와 같이 학생들은 무게를 질량 개념과 같이 물체가 가지고 있는 고유한 양적인 개념이라고 생각하고 있어서 어려움을 겪었다. 교사 설문에도 학생들이 무게를 물체의 고유한 양이라고 생각하고 있다는 문항에 대해 ‘매우 그렇다’에 26.3%, ‘대체로 그렇다’에 31.6%의 교사가 선택하였다.

또한 교사들은 수학과 교육과정과의 연계성 문제로도 어려움을 겪는다. 용수철의 늘어난 길이와 무게 사이의 관계를 알아보는 실험을 하기 위해서 학생들은 소수의 뺄셈을 할 수 있어야 한다. 소수의 뺄셈을 할 줄 알아야 용수철의 늘어난 길이를 측정하고 계산할 수 있기 때문이다. 수학과 교육과정에 나타나는 소수의 뺄셈은 4학년 2학기에 제시되어 있고, 무게 재기 단원은 4학년 1학기에 배정되어 있다(교육

과학기술부, 2008). 학생들은 이러한 이유로 이 실험을 수행하는데 어려움을 겪는다. 그리고 용수철의 늘어난 길이와 무게 사이의 관계 실험의 결과는 꺾은선 그래프로 나타내는 것이 적절하다. 꺾은선 그래프는 수학과 교육과정 중 4학년 2학기에 제시되어 있어, 학생들은 꺾은선 그래프를 배우지 않은 채로 그래프를 해석하고 작성하는데 어려움을 겪는다. 비록 학생들이 3학년 2학기에 막대그래프와 그림그래프를 학습하긴 하지만 이 실험에서 나타나는 연속적인 변량을 접하지는 못한다. 이렇듯 교사들은 교육과정 측면에서 무게와 관련한 용어의 계열성 문제와 수학과 교육과정과의 연계성 문제로 인하여 어려움을 겪는다.

수업환경 측면에서 교사들은 용수철저울에 표기된 단위, 용수철의 과압축, 그리고 윗접시 저울의 관리 상태 불량으로 여러 가지 어려움을 겪는다. 이 단원의 실험에서 사용되는 대부분의 용수철 저울에는 힘의 단위인 N(뉴턴)과 질량의 단위인 g이 동시에 표기되어 있다. 교사 면담에서 교사들은 실험 도구로 사용되는 용수철저울에 힘과 질량의 단위가 모두 표기되어 있어 지도하는데 혼란을 겪는다고 응답하였다. 교육과정에서는 g이나 kg을 사용하여 지도하도록 되어 있지만 N 단위가 실험 도구에 표기되어 있고, 학생들이 이에 대해 질문을 하는 경우가 있어 교사들은 지도 범위 설정 문제 등에서 어려움을 겪는다. 또한 용수철의 늘어난 길이와 무게 사이의 관계를 알아보는 실험에서 교사들은 과압축된 용수철로 인해 어려움을 겪는다. 초등학교에서 사용하는 대부분의 용수철은 20g 추를 2개 매단 이후부터는 용수철의 길이가 매단 추의 개수에 비례하여 늘어나지만 추를 1개 매다는 경우는 늘어난 길이가 그 추이를 따르지 않는다.

교과서에 보면 일정하게 늘어나는데 우리들은 안 나타나니까. 그래서 제가 용수철인 처음에는 단단하니까 2개부터 하면 된다고 이야기를 하였어요. 그런데 아이들이 헛갈려 해요. 왜 하나 달았을 때 똑같이 늘어나지 않고. 그래서 표를 그릴 때도 어떻게 해야 하나 고민하더라고요. (B교사와의 면담)

B교사와의 면담 내용에 나타난 것처럼, 교과서에는 용수철의 길이가 무게에 따라 일정하게 늘어나는데 학생들이 직접 수행하는 실험에서는 그렇게 나타나지 않아 실험 결과를 정리하는데 어려움을 겪는다. 이를 지도하는 교사들은 용수철의 이러한 특징을 알고 있다하더라도 지도하는데 어려움을 겪게 된다. 또한 교사들은 윗접시 저울의 관리 상태가 불량하여 실험을 지도하는데 어려움을 겪는 경우가 많다. 사용하는 분동 세트의 구성품이 분실된 경우도 상당하고, 저울의 기울어짐이 매끄럽지 않은 경우도 종종 발생한다.

나만의 저울 만들기 주제에서 교사들은 다인수학급으로 인한 문제, 준비물 준비로 인한 문제에서 어려움을 겪는다. 나만의 저울 만들기 주제에서 교사들은 다인수학급으로 인하여 학생들이 개별적으로 나만의 저울을 만들도록 하는 것에서 어려움을 겪었다. 학생 설문 결과에서 39.7%의 학생들은 교사가 제시한 나만의 저울을 만들었고, 14.4%의 학생들은 나만의 저울을 만들지 않았다고 응답하였다. 교사 설문 결과에서는 교사가 통일하여 준비물이나 방법을 제시하여 진행하였다는 문항에 ‘매우 그렇다’는 21.1%, ‘대체로 그렇다’는 36.8%의 교사가 응답하였다. 면담을 실시한 3명의 교사 중 2명은 학생들에게 나만의 저울 만들기를 집에서 해오도록 과제로 부여하였다. 나만의 저울 만들

Table 3. Difficulties of students

Categories	Contents
Frequent misconceptions	· Confusion between of weight and gravity · Confusion between of weight and mass
Difficult concepts	· Standard objects · Weight and force
Operational abilities	· Activity of tie string · Correlation between weight and expanded length of spring
Mathematical abilities	· Subtraction of decimal · Graph of broken line
Application of theory to practice	· Application of a principle of balancing
Problem solution	· Design of the own scale or balances · Consideration of problem solving

기에서 교사들은 학생들이 나만의 저울 만들기에서 구상하기 어려운 상황 뿐 아니라 활동 준비물을 마련하는데도 어려움을 겪었다. 부족한 학교 예산으로는 학생들의 활동 준비물을 모두 제공하기가 어렵고, 교육청 방침에 따라 학생들이 준비물을 구입하도록 할 수도 없었기 때문이다. 이처럼 수업환경 측면에서 교사들은 실험도구의 특성이나 관리 상태, 그리고 다인수학급 등의 문제로 인하여 어려움을 겪는다.

교사들은 학생 측면에서도 어려움을 겪었다. 모빌 만들기 주제에서 학생들은 직접 모빌을 만들어 본다. 교과서에서 제시하는 모빌 만드는 과정에는 막대와 모빌에 실을 묶는 단계가 있다. 이 단계에서 많은 학생들이 실을 묶지 못하여 교사들에게 요청을 많이 한다. 학생들이 실을 묶는 조작활동에 어려움을 겪는다는 문항에 ‘매우 그렇다’에는 57.9%, ‘대체로 그렇다’에는 42.1%의 교사들이 선택하였다. 교사들은 학생들이 해야 할 실을 묶는 조작활동에 시간을 소비하게 되어 수업을 진행하는데 어려움을 겪는다.

2. 학생들이 겪는 어려움

교사와 마찬가지로 학생들도 무게 단원을 학습하는데 여러 가지 어려움을 겪는다. 학생들의 어려움을 자주 발생하는 오개념, 이해하기 힘든 개념, 조작능력, 수학적인 능력, 학습한 내용을 실제 상황에 적용 하는데서 오는 어려움, 그리고 문제해결의 능력 부족으로 유목화하여 Table 3으로 나타내었다. Table 4는 단원평가의 결과로, 차시별 학생들의 평균 정답률을 나타낸 것이다. 물체의 무게 재기와 윗집시저울로 무게를 재는 주제는 학생들의 정답률이 가장 높고, 무게의 뜻 알기, 나만의 저울 만들기 등의 주제는 학생들의 평균 정답률이 가장 낮다.

많은 학생들이 이 단원을 학습하면서 무게를 중력과 혼동하거나 무게를 질량으로 혼동하는 오개념을 가지고 있다. 단원평가 결과 학생들은 Table 4에서와 같이 무게의 뜻 배우기 차시와 내 스스로 나만의 저울 만들기 주제에 대한 정답률이 가장 낮았다. 많은 학생들이 “지구가 물체를 끌어당기는 힘의 크기”를 무엇이라고 하는지에 대해 ‘무게’라고 답하지 못하고 ‘중력’이라고 답을 하였다. 교사용 지도서에서는 학생들이 지구가 물체를 잡아당기고 있다는 사실을 대부분 알고 있다고 보고 무게 개념을 지도하라고 권하고 있지만(교육과학기술부, 2008), 명확하게 중력을 도입하는 것이 아니기 때문에 학생들이 무게와 중력 개념을 혼동하기 쉬울 것이다. Galili *et al.*(1994)의 연구에서도 학생들이 무게와 중력을 혼동한다고 밝히고 있다.

Table 4. The result of unit evaluation of class average correct answer rate

Classes	Subjects	Average correct answer rate(%)
1/10	Weighing on a scale	71.6
2~3/10	Measuring the expanded length of spring due to the weights hung	76.3, 62.0
4/10	Learning about definition of weight	45.2
5/10	Making the mobile	55.9
6/10	Balancing the objects	84.3
7/10	Weighing with a balance	80.1
8/10	Various kinds of scales	61.9
9~10/10	Making scale or balance by student's own way	42.5, 42.0

또한 역시 많은 학생들이 무게와 질량을 혼동한다. 교사들의 설문에서도 무게 개념을 질량처럼 고유한 개념이라고 여기는 학생이 많다고 응답하였다. 일상생활에서 무게는 질량과 흔히 혼용하여 사용할 뿐만 아니라(윤길수, 1994), 4학년 과학과 교육과정에서는 질량의 단위를 무게의 단위로 사용하고 있다(교육과학기술부, 2008). 게다가 3학년 수학과 교육과정에서도 무게의 단위를 질량의 단위로 사용하고 있어 학생들이 무게와 질량을 쉽게 혼동하는 것으로 판단된다. 이처럼 학생들은 무게 개념을 이해하는 데 있어서 무게를 중력과 동일하게 생각하거나 질량과 무게를 구분하지 못하는 문제를 가지고 있다.

이 단원에서 학생들이 이해하기 힘든 개념 중에 하나로 ‘기준물체’를 들 수 있다. 수평잡기의 원리가 사용되는 양팔 저울 등으로 물체의 무게를 잴 때에 기준 물체의 개념이 사용된다. 질량이 표기되어 있는 추나 분동을 사용하는 경우에 학생들은 크게 어려움을 겪지는 않으나 나만의 저울 만들기 주제에서 수평잡기의 원리가 적용된 나만의 저울을 만들 때에는 어려움을 상당히 많이 겪는다.

R : 기준물체로 왜 구슬이나 바둑돌 같은 것을 사용하나요?

S : 무게가 있으니까요.

R : 그럼 구슬 대신에 연필이나 공책을 사용하면 어떨까요?

S : 괜찮아요. 무게가 느껴지니까 사용할 수 있어요.

(A학생과의 면담)

기준 물체의 조건으로는 무게가 일정하고, 적당한 무게를 가져야 하며, 크기가 적당하여야한다는 점 등을 들 수 있을 것이다. 위의 면담에서처럼 학생 A는 기준물체에 대하여 무게를 가져야 한다는 점만을 고려하였다. 학생 A와의 면담 결과 뿐 아니라 교사들의 면담결과에서도 학생들이 기준 물체에 대한 이해를 잘하지 못하여 나만의 저울 만들기에서 제대로 사용하지 못한다는 응답이 많이 나왔다. 교과서에 기준 물체에 대한 설명이 별도로 없고 실험 과정에서 기준 물체에 대한 질문 정도만 제시되는 것도 학생들이 기준 물체를 잘 이해하지 못하는 이유가 될 수 있다.

학생들은 무게를 물체의 고유한 양으로 생각하는 경향이 있기 때문에 무게에 대한 개념을 이해하기 힘들다. 교과서에는 무게를 지구가 물체를 끌어당기는 힘의 크기라고 제시되어 있다(교육과학기술부, 2008). 힘의 개념은 이 단원에서 처음 도입되고, 힘의 개념은 일상적인

의미와 과학적인 의미가 다르기 때문에 학생들은 무게가 힘의 크기라는 개념에 대하여 받아들이기 힘들어 한다. 학생 중에는 시험 문제에 대하여는 그대로 외워서 답을 하지만 무게가 힘의 크기라는 것에 대하여 받아들이기 어렵다고 대답하는 경우도 있었다.

학생들은 모빌 만들기 실험 중 실 묶는 조작, 용수철의 길이와 무게와의 관계 실험을 수행하는 과정에서 조작 능력과 관련하여 여러 가지 어려움을 겪는다. 학생들은 모빌 만들기 실험을 할 때에 실험 관찰에 제시된 인형 모형을 이용한다. 교과서에는 실을 묶어 모빌을 만들도록 제시가 되어 학생들은 실을 묶는 과정에서 교사들에게 어려움을 많이 호소하였다. 교사 설문에서 학생이 모형에 실을 묶는 조작 활동에 어려움을 겪는다는 문항에서 5단계의 척도 중 ‘매우 그렇다’에 57.9%, ‘대체로 그렇다’에 42.1%의 교사가 응답하였다.

용수철이 늘어난 곳에 표시를 할 때 용수철이 너무 흔들려서 어려웠어요.

(B학생과의 면담)

또한 학생의 면담 결과처럼 용수철을 스탠드에 고정시키고 늘어난 용수철의 길이를 측정할 때 용수철이 잘 멈추어 있지 않아 정확한 위치를 찍는 것을 어려워하였다.

학생들은 용수철이 늘어난 길이와 무게와의 관계 실험에서 수학적 인 능력으로 인하여 어려움을 겪기도 하였다.

용수철 저울 사용시에는 원래 용수철 자체의 길이를 늘어난 후의 용수철 길이에서 빼아하는 원리 이해를 어려워하였어요. 용수철의 길이를 미리 측정하지 않고 활동을 진행하는 경우가 많았어요.

(C교사와의 면담)

C교사와의 면담에 나타난 것처럼 용수철이 늘어난 길이를 계산할 때 추를 매단 후의 용수철의 길이에서 매달기 전의 용수철의 길이를 빼야 하는 것을 잘 고려하지 못하는 학생들이 종종 발생하였다. 그리고 용수철의 길이를 계산하기 위해서는 소수의 뺄셈을 할 수 있어야 한다. 무게 재기 단원은 4학년 1학기에 학습하는 반면에서 소수의 뺄셈은 4학년 2학기에 학습하기 때문에 어려움을 겪는 학생들도 있다. 그리고 용수철 실험 결과를 그래프로 나타내는 과정에서도 학생들은 많은 어려움을 겪었다.

표를 주고 그것을 그래프로 나타내보라고 하였을 때는 잘 못하더라고요.

(A교사와의 면담)

특히 가로축, 세로축 자체를 어렵게 여기며 선이 아닌 점으로 나타내는 경우가 많았어요.

(C교사와의 면담)

A교사 면담 결과처럼 학생들은 실험 결과를 그래프로 나타내지 못한 학생들이 있었고, C교사 면담 결과처럼 그래프의 요소를 잘 이해하지 못하는 학생들도 있었다. 또한 단원평가 결과에서 실험결과를 그래프로 나타내는 문항의 정답률이 57.5%으로 나타났다. 따라서 막대그래프와 그림그래프만을 배운 학생들에게는 이 실험 결과를 나타내기 어려움이 있다고 판단된다. 그리고 실험 결과를 나타내기에 적절한

그래프는 꺾은선 그래프인데, 학생들은 꺾은선 그래프를 4학년 2학기에 배우게 된다.

학생들은 수평잡기 원리를 실제 상황에서 적용하기 어려워하였다. Table 4의 단원평가 결과에서는 학생들이 물체의 수평잡기에 대한 문제의 정답률이 84.3%로 상당히 높은 수준의 이해를 보였다. 하지만 면담 결과, 문제를 푸는 측면에서는 정답을 바르게 답하였지만, 실제로 정답과 같이 생각하는지에 대한 질문에서는 그렇지 않다고 반응한 학생도 있었다. 그리고 면담 중 균형이 이루어지지 않은 물체의 균형을 직접 맞추게 하는 상황에서 수평잡기의 원리를 적용하기보다는 자신의 직관에 따라 반대방향으로 물체의 받침점을 이동하는 등의 행동을 하는 학생도 있었다. 따라서 정답률은 상당히 높은데도 불구하고, 학생 설문에서 학생들이 가장 어려워하는 주제가 물체의 수평잡기라는 점, 그리고 학생과의 구체적인 면담 결과를 감안해 보면, 학생들은 학습한 수평잡기의 원리를 실제의 상황에 적용하는데 어려움을 겪는다는 것을 알 수 있다.

학생들은 나만의 저울 만들기와 관련된 문제의 해결 방안을 찾는 데 어려움을 가지고 있었다. Table 4에 나타난 단원평가 결과에 나만의 저울 만들기 주제의 정답률이 42.5%, 42.0%로 나타난 것처럼 학생들은 나만의 저울 만들기에 필요한 지식을 잘 이해하지 못하였다. 교사 설문결과 중 스스로 나만의 저울을 구상할 수 있는 학생이 많지 않다는 문항에 36.8%의 교사가 ‘매우 그렇다’, 36.8%의 교사가 ‘대체로 그렇다’로 응답하였다. 교사 면담 중에서도 학생들에게 나만의 저울을 만들어 실제로 무게를 측정하는 것은 너무 어려웠다는 내용이 있었다. 단원평가, 교사 설문결과, 그리고 교사 면담 등을 살펴보았을 때 많은 학생들이 나만의 저울 만들기를 할 때에 저울의 구상을 잘 못하는 것으로 나타났다.

또한 학생들은 문제를 해결하는데 있어서 여러 가지를 함께 고려하지 못하여 어려움을 겪는 경우도 있었다. 위에서 언급한 내용 중 용수철이 늘어난 길이를 판단할 때 늘어난 길이를 따지지 못하고 전체 용수철의 길이만을 생각하는 학생도 이러한 내용에 해당된다.

R : (단원평가 2번 문제를 가리키며) 가벼운 물체부터 무거운 물체 순서대로 어떻게 나열했어요?

S : 늘어난 용수철의 길이가 똑같이 4라서 둘 중에 찍었는데 틀렸어요.

R : 연필은 2자루에 4cm이고 지우개는 1개에 4cm이면 어느 것이 더 무겁나요?

S : 아, 연필이 2자루인 것은 생각하지 못하였어요.

(B학생과의 면담)

B학생과의 면담내용처럼 물체의 무게를 측정하는데 있어서 동일한 여러 개 물체의 무게를 질 경우에 전체 무게를 물체의 수로 나누어야 한다는 생각을 못하는 경우도 있었다. 이처럼 문제를 해결하는데 여러 가지를 함께 고려하지 못하여 문제를 해결하지 못하기도 한다. Johnstone(1991)가 수행하였던, 학생들이 여러 차원의 것을 동시에 고려하지 못한다는 연구 결과도 이와 맥락을 같이 한다.

3. 학생의 어려움에 대한 교사와 학생의 인식

교사가 학생의 학습 상태를 아는 것은 교수·학습전략을 세우는데 있어서 매우 중요하다. 무게 재기 단원에서 학생이 어려워하는 주제

Table 5. Recognition comparison of the difference of difficulties

Subjects (※ plural response)	Difficult subjects to learn for students		Difficult subjects to teach for teachers (n=19)
	Students' thought (n=392)	Teachers' thought (n=19)	
Weighing on a scale	3.0%(36)	0.0%(0)	1.8%(1)
Measuring the length stretched scale by weighting	7.2%(85)	8.8%(5)	7.0%(4)
Learning about definition of weight	10.3%(122)	8.8%(5)	7.0%(4)
Making the mobile	16.8%(199)	21.1%(12)	21.1%(12)
Balancing the objects	20.9%(247)	12.3%(7)	8.8%(5)
Weighing on a balances	9.1%(107)	17.5%(10)	17.5%(10)
Learning about principles of many kinds of scales	14.6%(172)	8.8%(5)	12.3%(7)
Making the own scale or balances	13.7%(162)	22.8%(13)	24.6%(14)

에 대한 교사와 학생의 인식 조사를 통하여 교사가 학생의 어려움을 어떻게 인식하고 있는지 알아보았다.

Table 5는 무게 재기 단원을 학습하면서 학생이 겪는 어려움에 대하여 학생 설문지와 교사 설문지를 비교한 것이다. 학생들은 학습하기 어려운 주제를 선택하였고, 교사들은 학생들이 어려워할 것이라고 생각하는 주제를 선택하였다.

Table 5에서와 같이 무게 재기 단원을 학습하는데 있어서 교사들은 내 스스로 나만의 저울 만들기(22.8%), 모빌 만들어 보기(21.1%), 윗접시 저울로 무게 재기(17.5%) 등의 주제 순으로 학생들이 학습하기 어려울 것이라고 생각하는 것으로 나타났다. 이러한 주제들은 주로 실험이 많이 포함된 주제들이다.

반면 학생들은 물체의 수평 잡기(20.9%), 모빌 만들어 보기(16.8%), 여러 가지 저울들의 원리 알기(14.6%) 등의 주제 순으로 어려워하는 것으로 나타났다. 학생들이 학습하기에 어렵다고 생각하는 주제는 모빌 만들어 보기를 제외하면 학습 내용에 주로 개념이나 원리가 많이 포함된 주제들이다.

모빌 만들어 보기 주제를 제외하면 교사들은 학생들이 학습하기 어렵다고 생각하는 주제를 학생들과는 다르게 인식하였다. 교사가 학생이 학습하기 어렵하다고 생각하는 주제는 교사가 지도하기 어려워하는 주제와 거의 유사하였다. 교사가 지도하기 어려워하는 주제는 내 스스로 나만의 저울 만들기(24.6%), 모빌 만들어 보기(21.1%), 윗접시 저울로 무게 재기(17.5%) 등의 순으로 나타났다. 이는 교사가 생각하기에 학생들이 어려워할 것이라는 주제와 거의 유사하게 생각한 것이다. 이 주제들은 실험 도구를 사용하여 실험을 하는 것이 많은 비중을 차지한다. 다음은 교사가 학생이 어려워할 것이라는 주제를 제대로 인식하지 못하는 이유로 판단되는 내용이다.

첫째, 교사 스스로 절차적 지식이 부족하여 수업 시간 중 학생들의 반응을 살펴볼 여유가 없는 것이다. 교사가 지도하기 어렵게 느낀 주제들은 주로 절차적 지식이 필요한 주제였다. 교사가 지도해야 하는 절차적 지식에 익숙하지 못한 경우, 교사는 학생을 효과적으로 지도하기 어렵다.

둘째, 개념이나 원리의 설명이 있는 부분은 학생들의 이해 수준이 드러나는 경우가 많지 않지만, 학생들이 실험을 수행하는 과정에는

학생의 이해 수준이 잘 드러난다. 학생들이 실험을 할 때에 이해 수준이 낮은 경우에는 실험을 진행하는데 어려움을 겪기 마련이다. 그렇기 때문에 교사가 학생의 실험 과정을 살펴보는 것을 통하여 학생들의 이해 수준을 판단할 수 있다. 반면에 교사가 개념이나 원리를 설명하는 부분에서는 교사의 질문에 대한 학생의 답변, 혹은 학생들의 질문 등을 통하여 학생의 이해 수준을 판단할 수 있다. 따라서 교사들은 학생들의 어려움이 보다 잘 드러나는 수업에서 학생들이 더 어려움을 겪을 것이라고 생각하였을 것이다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 초등학교 과학과 4학년 무게 재기 단원의 교수·학습 상황에서 교사와 학생이 겪는 어려움에는 어떠한 것들이 있는지, 그리고 그 어려움에 대한 교사의 인식은 어떠한지를 탐색하였다. 탐색한 연구 결과로부터 얻은 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 교사가 무게 재기 단원을 지도하면서 겪는 어려움은 교과내용적 측면에서 교사들의 절차적 지식의 전문성 부족 문제, 교육과정 측면에서는 교육과정의 연계성 문제, 수업 환경 측면에서는 실험 도구로 인한 문제와 준비물 준비의 제도상 문제, 학생 측면에서는 학생들의 조작 능력과 관련한 문제 등과 관련한 어려움이 있었다.

둘째, 학생이 무게 재기 단원을 학습하면서 겪는 어려움은 개념적인 측면에서 오개념이나 이해하기 힘든 개념의 문제, 기능적인 측면에서 조작 능력과 수학적 능력으로 인한 문제, 이론을 실제에 적용하고 문제를 해결하는 문제 등과 관련한 어려움이 있었다.

셋째, 학생은 개념적인 이해에서의 어려움을 겪는 반면에 교사들은 학생들이 개념보다는 실험에서 겪는 어려움이 클 것이라고 인식하였다.

초등학교 과학과 4학년 무게 재기 단원의 교수·학습 상황에서 교사와 학생이 겪는 어려움과 그 인식의 차이를 탐색한 연구 결과로 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 교과내용 지식 중 교사들의 절차적 지식의 어려움 해소 및 학생들이 겪는 어려움에 대한 교사 전문성 향상 기회가 마련되어야 한다. 이수아 등(2007)의 연구에서 교사들이 실험 단원에 대하여 어려움이 많다는 연구결과와 마찬가지로 교사들은 절차적 지식에서 어려움을 겪는다. 그리고 교사가 인식하는 학생의 어려움이 실제 학생이 겪는 어려움과는 달라 어려움을 겪기도 한다. 따라서 이러한 교사들이 가지는 어려움을 구체적으로 파악하여 이를 해결될 수 있도록 돕는 기회를 마련해야 한다.

둘째, 교육과정을 구성할 때 타 교과 교육과정과의 연계성 및 학생들의 인지능력과 조작능력이 고려되어야 한다. 무게 재기 단위에서는 수학 교육과정과 연관된 부분에서 연계가 잘 이루어지지 않아 어려운 부분이 있었다. 또한 무게 재기 단원을 학습하는 학생들의 발달 수준에 비하여 어려운 탐구 활동이 제시되기도 하였다.

국문요약

본 연구의 목적은 무게 재기 단원을 지도한 교사가 겪는 어려움과 무게 재기 단원을 학습하는 학생들이 겪는 어려움을 탐색하는 데에 있다. 이를 위해 교사 대상으로는 설문지, 면담, 자기만성성찰지를,

학생 대상으로는 설문지, 단원평가지, 면담을 통하여 자료를 수집하였으며 반복적으로 자료를 검토하고 범주화 하였다. 분석한 자료는 과학 교육 전문가 2명과 함께 검토하였다. 연구결과 교사들이 겪는 어려움은 교사들의 절차적 지식의 부족, 교육과정의 연계성 부족, 충분하지 못한 수업환경, 그리고 학생들의 조작능력 미숙으로부터 나타났다. 학생들이 겪는 어려움은 오개념의 발생, 이해하기 어려운 개념, 조작능력 미숙, 수학적 능력의 부족, 실제에 원리 적용의 어려움, 문제해결능력 부족으로부터 나타났다. 그리고 교사들은 학생들이 실험부분에서 더 어려움을 겪는다고 인식을 하였으나 학생들은 개념을 이해하는데 더 많은 어려움을 겪는 것으로 나타났다.

주제어 : 무게, 무게재기, 교수곤란, 학습곤란, 교수내용지식(PCK)

References

- Cochran, K. L., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263-272.
- De Jong, O., & Van Driel, J. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(4), 477-491.
- Galili, I. (1993). Weight and gravity: Teachers' ambiguity and students' confusion about the concepts. *International Journal of Science Education*, 15(2), 149-162.
- Galili, I. (2001). Weight versus gravitational force: Historical and educational perspectives. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1073-1093.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. London: Wiedenfeld and Nicholson.
- Grossman, P.L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York, NY: Teachers College Press.
- Jeon, W. (1993). Mainly physics concept: A survey on the scientific misconception of the elementary students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 97-107.
- Kwak, Y. (2006). Definition of pedagogical content knowledge and ways of raising teaching professionalism as examined by secondary school science teachers. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(4), 527-536.
- Kwon, Y., Jeong, J., Shin, D., Lee, J., Lee, I., & Byeon, J. (2011). The formation and evaluation of scientific knowledge[과학지식의 생성과 평가]. Seoul: Hakjisa.
- Lee, S., Jhun, Y., Hong, J., Shin, Y., Choi, J., & Lee, I. (2007). Difficulties experienced by elementary school teachers in science classes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 97-107.
- Loughran, J. Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borke, H. (1999). Nature, sources, and development of PCK. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer.
- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of teacher education*, 41(3), 3-11.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study application in education*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Ministry of Education, Science and Technology. (2008). 2007 revised curriculum: Science subject. <http://ncic.re.kr/>
- Ministry of Education, Science and Technology. (2008). 2007 revised curriculum: Mathematics Subject. <http://ncic.re.kr/>
- Oh, P., Lee, S., Lee, K., Kim, C., & Kim, H. (2008). Narrative inquiry on student-teachers' teaching experiences with extra curricular science classes of a high school: Types and characteristics of the knowledge constructed by the pre-service science teachers. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(6), 546-564.
- Oh, W., & Park, S. (1995). The comparison of daily meanings of 'force' between elementary students and pre-service teachers. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 14(1), 85-91.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 673-695.
- Veal, W. R. & Makinster, J. G. (1999). Pedagogical content knowledge taxonomies. *Electronic Journal of Science Education*, 3(4).
- Youn, K. (1994). A study on the student's misconceptions of weight. *Science Education Research*, 16, 31-39.
- Zhaoyao, M. (1993). Difficulties in teaching and learning mechanics: a consideration of three problems. *Physics Education*, 28(6), 371.