

간이비중계 실험의 개선방안

고한중* · 문소현 · 한광래†
(전주교육대학교) · †(광주교육대학교)

Revisement of Experiment with Supplementary Gravimeter

Koh, Han-Joong · Moon, So-Hyun · Han, Kwang-Lae†

(Chonju National University of Education) ·

† (Kwangju National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study is to improve the experiments of supplementary gravimeter in elementary school. The developing procedures of the experiments of supplementary gravimeter are as follows. First, we investigated the solutions which indicated the largest difference of the supplementary gravimeter between the dilute and concentrated solution. Second, we investigated the improvement of the supplementary gravimeter. Considering the price and safety of the chemical and easy making of the supplementary gravimeter, supplementary gravimeter of rubber-clay with the solution of the unrefined-sugar can be used effectively in experiment for elementary school.

I. 서 론

교과서는 교육과정의 목표를 구현하기 위해서 교육과정의 내용과 방법을 해석하여 구성한 하나의 예시 교수·학습 자료다. 그러나 이러한 예시적 성격에도 불구하고 교과서는 교육과정 구현을 위한 주된 자료로서 과학과 교수·학습에 미치는 영향이 매우 크다(교육부, 2001).

‘교과서’의 탐구활동 내용은 잠정적인 가설을 검증하기 위하여 자연현상을 인위적으로 일어나게 하면서 관찰하는 과정이라고 볼 수 있다. 따라서 ‘과학’ 교과서는 교육과정 목표를 구현하기 위하여 학생의 발달 단계나 학습 능력에 맞도록 체계적으로 명확하게 교육목표와 교과내용을 제시함으로써 학교에서 학생들의 학습 활동을 하는 과정에서 유용하게 활용할 수

있도록 제작한 것이다.

교육과정 목표를 원활하게 수행하기 위한 핵심적 역할을 하는 이러한 교과서의 중요성 때문에 교육과정이 개편될 때마다 장점을 계승하고 문제점을 보완하는 작업이 계속되어져 왔다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 여전히 현행 교과서는 몇 가지의 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점에 대한 연구로는 박종욱 등(1996)은 제 5차 교육과정이 이루어지고 있는 현장에서 과학과 실험수업에서 겪는 문제점을 각각의 영역별로 초등교사를 대상으로 조사하였으며 나타난 문제점이 제 6차 교육과정에서 개선되었는지에 여부와, 이 연구를 통해 새로운 교육과정 개정이나, 교사의 재교육, 예비교사들에게 주는 시사점을 찾고자 하였다. 이 연구에서 특별히 화학영역에 대한 것 중에 관심을 가질 수 있는 중요한 사항 중에 하나는 교과

서 내용에 준하여 실험을 하였을 때 결과오류에 관련된 문제가 다른 영역(물리, 생물, 지구과학)에 비해 매우 높다는 것이다. 이는 화학 영역이 대부분 물질의 변화를 다루고 물질의 변화가 시약이나 기구 등의 미세한 변화에 의하여 달라질 수 있는 것이기 때문에 교사가 사전에 이를 완전하게 인지하고 있지 못할 경우에 잘못된 결과가 나올 수 있다는 것이다.

최돈형 등(1996)은 제 5차 교육과정에 따른 과학과 교과용 도서의 문제점을 조사 분석하고, 제 6차 교육과정에 따른 과학과 교과용 도서에 대한 교사의 요구를 조사함으로써 보다 질 높은 교과용 도서 개발에 필요한 기초자료를 제공하고, 교과용 도서의 문제점 및 교사의 요구 사항을 분석하여 차기 과학과 교육과정 개정에 시사점을 제시하였다.

이범홍 등(1988)은 과학과 교육과정에 의한 교과서의 몇 가지 문제점을 지적하고, 기존의 과학과 보조 학습자료와 활용실태를 분석함으로써 새로운 과학과 보조 학습 자료의 개발을 위한 체계적이고 심도 있는 기초자료를 제공하고 있다. 윤용석(1994)은 학교현장에서 교사들이 사용하기에 적당한 안내형 탐구의 실험교재를 개발하여 학생들의 과학에 대한 태도 변화와 탐구능력의 향상 정도를 알아보았다.

또한 한광래 등(1997)은 제 6차 초등학교 과학과 내용 중 물질영역에 관련지어 학생들의 과학적 흥미와 호기심을 유발하고 탐구능력향상에 도움을 줄 수 있는 보조실험을 개발하여 발표하였다.

최병순(1988)은 “아동들은 스스로 기구를 다루고 구체적인 경험을 하게되는 과정에서 실험설계, 가설 설정, 자료분석, 추리, 결론유도 등의 형식적 사고 신장을 경험할 수 있다”고 하여 과학교육에서 실험관찰을 통한 과학탐구학습의 중요성을 강조하였다. 학습을 통하여 과학과 내용을 올바르게 이해하고 체계적인 과학의 기초적 능력을 길러주기 위해서는 실험관찰을 통한 과학탐구학습이 필수적이라는 것은 당연하다 하겠다. 하지만 실험 관찰을 통한 과학탐구학습은 교육과정, 교과서 그리고 평가 등에서 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점 중 본 연구자는 교과서 내용에 따라 실험을 수행할 때 초등학교현장에서 어려움을 겪는 영역에 관심을 가지고 이를 해결

해 하고자 하였다.

본 연구에서는 5학년 1학기 2단원 “용해와 용액” 단원 중에서 초등학교교사들이 실험을 수행하는데 어려움을 겪고 있는 ‘용액의 진하기에 따른 성질(간이비중계 제작)’의 내용을 교과서에 의거한 실험을 하였을 때 발생하는 문제점에 대하여 알아보았으며(표1), 이를 실험연구를 통하여 개선할 수 있는 방안을 찾아 보고자 하였다.

II. 연구내용 및 방법

과학과 5학년 1학기 2단원 “용해와 용액”에서 용액의 진하기를 알아보는 실험에서 발생하는 문제점을 C교육대학교 대학원생들인 현장교사 30명(본 단원을 지도한 경험이 있음)과, 본 단원 내용을 강의의 통하여 실험을 한 경험이 있는 C교육대학교 3학년 300명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 조사 결과를 실험재료, 실험기구, 실험과정 그리고 실험결과로 나누어서 분류하였다.

실제 교재내용에 준하여 실험을 하였을 때 발생하는 가장 큰 문제점은 용액의 농도를 다르게 하였을 때 간이비중계의 높이 차이가 크게 나타나지 않는다는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 다음과 같은 두 가지 요소에 주안점을 두고 연구하였다.

먼저 물을 공통 용매로 하고 용매에 녹아 들어가는 시약의 종류와 그 양을 각각 다르게 하고 간이비중계를 용액에 넣었을 때 용액위로 떠오르는 부분의 차이가 크게 나타나는 물질에 대하여 알아보았다. 다음으로는 여러 가지 재료를 이용하여 만든 간이비중계를 농도가 서로 다른 용액에 넣었을 때 용액 위로 떠오르는 부분의 차이가 크게 나타나는 간이비중계를 제작해 보는 것이다.

본 연구에서 얻은 실험결과를 예비초등교사인 C교육대학교 과학교육과 4학년 학생들과 C교육대학교 부속초등학교 5, 6학년 과학 탐구반 학생들에게 적용하여 보았다. 하지만 실질적인 초등학교현장에 광범위하게 적용하는 연구를 수행하지 못했다. 따라서 연구결과를 일반화하기에는 더 많은 연구가 필요하다고 여겨진다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 교재에 제시된 간이비중계 실험수업상의 문제점

교재에 제시된 실험은, 용액의 진하기를 재는 도구 만들기, 진하기가 다른 염화나트륨 용액 만들기, 진하기를 재는 기구의 사용법 알아보기, 그리고 소금 용액의 진하기 비교하기의 4단계로 이루어져 있다. 진하기를 재는 기구 만들기 단계에서는 5학년 1학기 교과서 51쪽의 제작과정대로 압정 간이비중계 3개를 제작한다. 수수깡에 압정을 꽂을 때 압정의 수는 수수깡을 용액에 담가 보고 조절해야 하며 보통 3~5개 정도가 적당하다.

염화나트륨을 막자와 막자사발을 이용하여 고운 가루로 만든 다음 이 가루를 반쯤 물로 채워진 비이커에 넣어 녹인다. 염화나트륨을 포화용액이 될 때까지 충분히 녹인 후 거름종이를 이용하여 거른다. 포화된 용액을 이용하여 진하기가 다른 염화나트륨용액 3가지를 만들어 각각의 시험관에 넣는다. 압정 간이비중계 3개를 각각 진하기가 다른 염화나트륨 용액이 담긴 시험관에 넣는다. 압정 간이비중계가 떠오르는 높이를 측정하여 용액의 진하기를 비교한다

앞에서 언급한 바와 같이 본 연구의 주안점이 교과서 내용에 따라 실험을 실시하였을 때 발생하는 문제점을 알아보고 이를 해결해 보는 것이다. 따라서 먼저 문제점을 알아보기 위해 C교육대학교에 재학중인 예비초등교사와, C교육대학교 대학원에 재학중인 초등교사를 대상으로 설문 조사를 하였다. 한 가지 이상의 문제점을 쓰게 하고, 이를 유사한 내용끼리 모은 다음 연구자가 다시 정리하였다. 수업에서 발생하는 구체적인 문제를 지정한 것을 <표 1>과 같이 실험재료, 실험기구, 실험과정 그리고 실험결과로 분류하여 제시하였다.

실험재료로 염화나트륨이란 시료 물질이 본 실험에 적절하지 않은 것으로 답한 경우가 가장 많았다. 이는 염화나트륨이 용해도가 비교적 작기 때문에 진하기를 서로 다르게 한 세 가지의 염화나트륨 용액의 비중 차가 작을 수밖에 없고, 이러한 이유로 인하여

결국 간이비중계인 수수깡의 높이 차이가 잘 나타나지 않는 것으로 생각하고 있음을 예상할 수 있다.

실험기구에 관련된 문제는 간이비중계를 제작하는 과정과 실험기구가 사용하기에 불편한 경우가 있음을 지적하였다.

실험과정에 관련된 문제는 실험방법을 모호하게 서술한 경우, 수치를 명확하게 제시하지 않아 실험 시에 여러 번의 시행착오를 거쳐야 하는 경우, 변인 통제가 명확하게 제시되지 않은 경우, 압정 간이비중계를 다루는데 불편함이 있는 경우를 지적하였다.

실험결과에 관련된 문제는 실험재료, 실험기구 그리고 실험과정 상에 문제가 있는 경우에 발생하기 때문에 분류상 위에 제시된 내용과 중복되는 문제점이 있다. 그러나 실험을 실시하였을 때 진하기가 다른 각각의 용액에 넣는 간이비중계의 수치 차이가 별로 크게 나타나지 않는 문제점에 대한 것이 본 연구의 주안점이기 때문에 이를 강조하기 위해 <표 1>과 같이 정리하였다.

Ⅳ. 새로운 실험 내용

1. 개선 방안

<표 1>에서 보여주는 바와 같이 교과서 내용에 준해서 실험을 수행하였을 때 나타나는 가장 큰 문제점은 용액의 농도를 서로 다르게 만든 세 개의 용액에 간이비중계를 넣었을 때 용액 위에 떠있는 간이비중계의 높이 차이가 확연하게 구별되지 못한다는 것이다. 이러한 원인은

<표 1>에 조사내용에서도 볼 수 있듯이 실험재료와 실험기구 부분의 문제성이 제일 큰 것으로 생각할 수 있다. 실험 수업에서 가장 중요한 부분은 그 실험을 수행하였을 때의 결과가 교재 내용과 잘 일치해야 된다는 것이다. 교재 내용과 전혀 다른 결과가 나오거나, 재현성이 없는 경우에는 실험자를 큰 혼란에 빠지게 할 수도 있다. 본 연구에서는 교재 내용과 같이 용액의 농도를 각각 다르게 하였을 때 간이비중계의 높이 차이가 뚜렷이 나타나지 않는 문제점에 초점을 두고 이를 해결해 보고자 하였다.

표 1. 5학년 1학기 “용액과 용해” 단원의 간이비중계 실험상의 문제점

분류	문 제 점	지적 회수
실험 재료	1 염화나트륨은 용해도가 크지 않기 때문에 비중 차이가 크게 나타나지 않으므로 실험에 부적합한 시약이다.	88
	2 압정 간이비중계가 갖추어야 할 조건, 수수깡의 두께, 길이, 무게, 압정 수에 대한 자세한 언급이 없다.	82
	3 염화나트륨의 사용량을 정확하게 수치화(g) 하여 제시되어 있지 못하다.	22
	4 수수깡의 굵기가 똑같지 않다.	5
실험 기구	1 시험관에 압정 간이비중계를 넣을 때 시험관 주둥이 부분이 너무 좁고, 시험관에 들어가는 용액의 양이 제한되어 있다. 따라서 압정 간이비중계가 들어가지 않거나, 시험관 벽에 끼게 되어 압정 간이비중계로 정확한 수치를 재는데 어려움이 있다.	60
	2 압정 간이비중계의 측정단위를 실험관찰에서는 센티미터(cm)로 제시하였으나 실제의 측정단위는 밀리미터(mm)다. (원래 비중은 단위가 없다).	22
	3 수수깡에 압정을 꽂을 때 압정의 무게 중심을 조절하기가 어려워 수수깡 시험관에 세울 때 균형이 잘 잡히지 않았다.	16
실험 과정	1 염화나트륨 포화용액(진한용액)을 만드는 과정에서 교사용 지도서에는 비이커에 물을 반쯤 넣어 염화나트륨 용액을 녹이게 되어 있는데, 비이커에 담아야 할 증류수의 양을 제시하지 않았다.	30
	2 압정 간이비중계를 제작하는 과정에서 3개의 수수깡에 압정을 꽂는 과정에서 압정을 고정시키는 각도, 모양, 개수, 위치에 따라 실험의 오차를 일으킬 수 있으므로 명확한 변인 통제가 필요하다.	25
	3 압정 간이비중계를 제작하는 과정에서 임의로 만든 3개의 비중계는 수수깡 자체의 무게, 길이의 차이로 인하여 오차를 일으킬 수 있으므로 변인 통제가 제대로 이루어져야겠다.	20
	4 진하기가 서로 다른 염화나트륨 용액을 만드는 과정에서 교사용지도서 상에는 8 : 4 : 1의 비율로 농도차이를 두도록 제시하였으나 이 비율은 간이비중계의 높이차이가 확연하게 드러낼 수 있는 정도는 아니다.	20
	5 진하기가 서로 다른 3개의 염화나트륨 용액을 시험관에 담는 과정에서 시험관에 담겨질 물의 양이 명확하게 제시되어 있지 않기 때문에 시험관에 담겨진 용액의 양이 같지 않아 아동들이 혼란을 일으킬 수가 있다.	20
실험 결과	1 진하기가 다른 용액의 비중차이가 크지 않기 때문에 압정 간이비중계의 높이 차이가 가장 진할 때와 묽을 때 약 5~7 밀리미터(mm) 정도로 확연한 결과를 얻기엔 어려움이 있다.	120
	2 간이 비중계에 수수깡의 눈금은 센티미터(cm)로 표시되어 있으나 실험결과의 단위는 밀리미터(mm) 단위로 측정된다.	9
	3 라벨이 없는 경우 눈으로 농도의 차이를 확인하기 힘들다.	7

위에서 언급한대로 뚜렷한 높이 차이가 나타날 수 있는 간이비중계 실험이 되도록 하는 데는 다음과 같이 크게 두 가지 요소로 나누어 생각해 볼 수 있다.

첫 번째로는 간이비중계 제작에 관한 것이다. 비교적 쉽게 구할 수 있는 여러 가지 재료를 이용하여 농

도가 서로 다른 용액에서 비중계의 높이 차이가 가장 크게 나타나는 것을 만드는 것이다. 본 연구에서 제작해 본 간이비중계는 수수깡, 압정 그리고 고무찰흙을 이용하여 만든 압정 간이비중계, 수수깡과 납을 이용하여 만든 납 간이비중계, 수수깡과 구리를 이용

하여 만든 구리 간이비중계, 수수깡과 고무찰흙을 이용하여 만든 고무찰흙 간이비중계, 고무찰흙과 뉘시찌를 사용한 뉘시찌 간이비중계 등이다.

두 번째로는 용액에 대한 것이다. 한 종류의 간이비중계를 만들었을 때 어느 특정 용액(녹아 들어간 용질의 종류가 서로 다른 것 중에 하나)의 종류에 따라 그 간이비중계의 높이 차이가 얼마나 많이 나타나는가를 알아보는 실험이다. 즉, 용매에 녹여주는 용질의 종류를 결정하는 것이다. 이를 위해 14가지의 다양한 시약을 사용하여 용액을 만들어 보고, 비중을 알아보는 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 시약은 흑설탕(C₁₂H₂₂O₁₁), 백설탕(C₁₂H₂₂O₁₁), 요오드화칼륨(KI), 염화칼슘(CaCl₂), 수산화나트륨(NaOH), 질산나트륨(NaNO₃), 황산구리(CuSO₄ · 5H₂O), 황산나트륨(Na₂SO₄), 염화나트륨(NaCl), 염화칼륨(KCl), 질산칼륨(KNO₃), 커피, 탄산나트륨(Na₂CO₃), 인산나트륨(NaPO₄) 등이다. 흑설탕과 백설탕은 제일제당, 커피는 한국네슬러 회사 제품을, 그리고 그 외의 시약들은 Fluka GR 급을 구입하여 사용하였다.

실험은 간이비중계 제작하기, 물 100ml에 녹는 물질의 진한용액 만들기, 액체 비중계로 용액의 비중 측정하기, 간이비중계로 용액의 비중 측정하기 등의 4 단계로 나누었다.

2. 간이비중계 제작하기

간이비중계는 사용한 재료에 따라 압정, 고무찰흙, 납, 구리 그리고 뉘시찌 간이비중계로 분리하였으며 구체적인 내용은 <표 2>에 나타내었다.

3. 물 100ml에 녹는 물질의 진한 용액 만들기

200ml 둥근 플라스크에 증류수 100ml를 넣은 다음 자석 짓개 막대(magnetic stirrer bar)를 넣고 교반기를 이용하여 연속적으로 저어준다. 실험실 온도(~20°C)에서 물에 녹이고자 하는 시료를 아주 적은 양씩 첨가해 주면서 서서히 녹인다. 더 이상 녹지 않을 때까지 시료를 가하면서 녹인 다음 녹지 않은 시료를

표 2. 간이비중계의 재료*와 제작법

비중계 종류	지지대 재료		무게조절 재료		재료	제작법
	길이(mm)	두께(mm)	무게(g)	무게(g)		
압정 간이비중계	150	10	0.64	2.84 0.52	압정 고무찰흙	고무찰흙을 수수깡 밑 부분에서 위로 10mm 지점까지 꼰고루 덮은 후 압정 5개를 꽂는다.
고무찰흙 간이비중계	150	10	0.64	11.8	고무찰흙	고무찰흙을 수수깡 밑 부분에서 위로 30mm 지점까지 꼰고루 덮는다.
납 간이비중계	150	10	0.64	5.92	납	납선을 수수깡 밑 부분에서 위로 20mm 지점까지 감는다.
구리 간이비중계	150	10	0.64	4.64	구리	구리선을 수수깡 밑 부분에서 위로 20mm 지점까지 감는다.
뉘시찌 간이비중계	150	-	1.30	3.70	고무찰흙	뉘시찌 아래에 고무찰흙을 붙인다.

* 뉘시찌 간이비중계는 지지대를 뉘시찌를 사용하였으며, 그 외에 모든 간이비중계의 지지대는 수수깡을 사용하였다.

글라스필터를 이용하여 2회 거른다. 주어진 조건 하에서 최대한으로 녹아 들어간 시료의 양을 <표 3>에 나타내었다.

4. 액체 비중계로 용액의 비중 측정하기

실험실 온도(~20°C)에서 메스실린더에 진한용액(포화용액) 50ml를 넣고 이것을 농도가 가장 진한 용액으로 정한다. 진한용액 25ml에 증류수 25ml를 넣어 희석시킨 용액을 묽은 용액으로 정한다. 마지막으로 증류수 45ml에 진한용액 5ml를 넣어 아주 묽은 용액으로 정한다. 액체비중계(표준비중계, 대광계기)를 이용하여 각각의 실제 비중을 측정한다. 측정된 비중 값을 <표 4>에 나타내었다.

5. 진하기가 다른 용액을 간이비중계로 비중 측정하기

만들어진 진한 용액, 묽은 용액, 아주 묽은 용액에 압정, 고무찰흙, 납, 구리, 낚시찌 간이비중계를 각각 넣어 비중을 측정하고 그 값들을 <표 5>에 나타내었다.

6. 실험결과에 대한 고찰

(1) 각 물질의 용해도

실험실 온도(~20°C)에서 물 100ml에 가능한 범위에서 최대한 녹이고 이를 진한 용액이라 정하였으며 용해도는 <표 3>과 같다. 물 100ml에 대한 용해도는 흑설탕 > 백설탕 > 요오드화칼륨 > 염화칼슘 > 수산

표 3. 물 100ml 이 대한 용질의 용해량(~20°C)

물 질	용해된 양(g)/ 100ml의 물	녹이는데 필요한 시간(h)	물 질	용해된 양(g)/ 100ml의 물	녹이는데 필요한 시간(h)
흑 설탕 (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	145 (204)*	3	황산나트륨 (Na ₂ SO ₄)	39 (45)	2
백 설탕 (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	140 (204)	3	염화나트륨 (NaCl)	31 (36)	3
요오드화칼륨 (KI)	116 (142)	3	염화칼륨 (KCl)	28 (33)	5
염화칼슘 (CaCl ₂)	106 (130)	3	질산칼륨 (KNO ₃)	28 (32)	4
수산화나트륨 (NaOH)	95 (120)	3	커피	25 (-)	4
질산나트륨 (NaNO ₃)	71 (85)	3	탄산나트륨 (Na ₂ CO ₃)	22 (24)	2
황산구리 (CuSO ₄ · 5H ₂ O)	39 (45)	3	인산나트륨 (NaPO ₄)	19 (22)	2

* 이 수치는 Merck Index 에 수록된 자료임. Merck Index에 수록된 자료는 25°C 일 때 1ml 또는 5ml의 물 속에 녹는 량이 제시되어 있고, 이를 근거로 연구자가 100ml의 물에 적용하여 예상되는 녹는 양을 다시 추정하여 구한 것임. 따라서 실제 실험 값과 다소 차이가 있을 수 있음. The Merck Index. Published by Merck & Co., Inc. Rahawy, N. J., U.S.A. 1983.

표 4. 진하기가 다른 용액의 비중

물 질	비 중	진한 용액 ^(a) (Mole)	묽은 용액 ^(b) (Mole)	아주 묽은 용액 ^(c) (Mole)	비 중 차
요오드화칼륨 (KI)		1.693 (7.0)	1.344 (3.5)	1.055 (0.39)	0.638
흑 설 당 (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)		1.562 (4.2)	1.338 (2.6)	1.038 (0.23)	0.524
백 설 당 (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)		1.536 (4.1)	1.330 (2.0)	1.038 (0.23)	0.498
수산화나트륨 (NaOH)		1.521 (24)	1.328 (12)	1.025 (1.3)	0.496
염화칼슘 (CaCl ₂)		1.425 (7.2)	1.206 (3.6)	1.017 (0.40)	0.408
질산나트륨 (NaNO ₃)		1.369 (8.4)	1.118 (4.2)	1.017 (0.47)	0.352
황산구리 (CuSO ₄ · 5H ₂ O)		1.276 (1.56)	1.110 (0.78)	1.013 (0.087)	0.263
염화나트륨 (NaCl)		1.194 (5.3)	1.093 (2.7)	1.013 (0.30)	0.181
황산나트륨 (Na ₂ SO ₄)		1.187 (2.75)	1.088 (1.37)	1.011 (0.15)	0.176
염화칼륨 (KCl)		1.161 (3.7)	1.084 (1.9)	1.010 (0.21)	0.151
인산나트륨 (NaPO ₄)		1.124 (1.2)	1.065 (0.58)	1.007 (0.064)	0.117
탄산나트륨 (Na ₂ CO ₃)		1.124 (2.1)	1.066 (1.0)	1.007 (0.12)	0.117
질산칼륨 (KNO ₃)		1.121 (2.8)	1.065 (1.4)	1.009 (0.16)	0.112
커피		1.074	1.038	1.007	0.067

* (a) 실험실 온도(~20°C)에서 물 100ml에 시료를 최대한으로 녹인 것. (b) 진한 용액 25ml와 증류수 25ml를 섞은 용액. (c) 진한용액 5ml와 증류수 45ml를 섞은 용액.

화나트륨 > 질산나트륨 > 황산구리, 황산나트륨 > 염
화나트륨 > 염화칼륨, 질산칼륨 > 커피 > 탄산나트륨
> 인산나트륨 순으로 나타났다.
흑설당, 요오드화칼륨, 커피, 황산구리의 경우에는

수용액 상태에서 특정한 색깔을 띠고 있고, 그 외의
시약은 투명한 색깔을 띤다. 염화나트륨
용액은 짠맛을 가지고 있고, 흑설당과 백설당은 단
맛을 가지고 있으며 커피는 쓴맛을 가진다. 수산화나

표 5. 진하기를 달리한 용액의 비중(수치 값)

물 질	간 이 비 중 계	압 정	고무찰흙	납	구 리	뉘 시 쩌
요오드화칼륨 (KI)	진한용액	119	118	109	101	123
	묽은용액	102	106	95	85	88
	아주 묽은용액	92	67	73	65	35
흑 설 탕 (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	진한용액	114	110	102	92	115
	묽은용액	105	103	95	87	84
	아주 묽은용액	89	67	76	65	32
백 설 탕 (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	진한용액	113	109	101	91	110
	묽은용액	102	103	94	87	84
	아주 묽은용액	89	66	75	65	33
수산화나트륨 (NaOH)	진한용액	111	112	99	91	105
	묽은용액	101	104	94	85	77
	아주 묽은용액	87	69	75	66	27
염화칼슘 (CaCl ₂)	진한용액	108	109	97	90	96
	묽은용액	94	98	87	79	65
	아주 묽은용액	86	70	75	65	27
질산나트륨 (NaNO ₃)	진한용액	105	108	96	88	88
	묽은용액	95	91	87	82	60
	아주 묽은용액	86	67	74	64	28
황산구리 (CuSO ₄ · 5H ₂ O)	진한용액	100	101	90	83	69
	묽은용액	94	92	86	79	57
	아주 묽은용액	86	67	74	64	24
염화나트륨 (NaCl)	진한용액	94	98	88	79	64
	묽은용액	91	78	81	73	58
	아주 묽은용액	85	67	74	65	25
황산나트륨 (Na ₂ SO ₄)	진한용액	92	90	86	77	63
	묽은용액	89	78	80	72	56
	아주 묽은용액	85	67	73	64	21
염화칼륨 (KCl)	진한용액	92	87	85	75	63
	묽은용액	89	77	80	71	55
	아주 묽은용액	85	67	73	64	21
인산나트륨 (NaPO ₄)	진한용액	92	86	83	73	60
	묽은용액	89	75	77	67	43
	아주 묽은용액	84	65	73	63	19
탄산나트륨 (Na ₂ CO ₃)	진한용액	92	83	83	73	60
	묽은용액	90	78	79	70	49
	아주 묽은용액	85	67	74	64	20
질산칼륨 (KNO ₃)	진한용액	92	83	82	73	60
	묽은용액	89	76	78	66	43
	아주 묽은용액	84	67	73	63	30
커 피	진한용액	89	77	79	68	51
	묽은용액	85	70	76	65	40
	아주 묽은용액	84	67	73	63	19

(간이비중계의 전체 길이는 150mm 로 같게 하였으며, 용액 위에 떠있는 길이를 측정함) (단위 : mm)

트륨, 염화칼슘, 인산나트륨은 많은 양의 시약을 한꺼번에 물 속에 넣으면 온도가 60~70°C까지 급상승하는 발열반응이 일어나기 때문에 소량씩 녹여야 한다. 모든 시약은 10분 정도 안에 시료 전체의 90% 정도 이상이 녹는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 시료를 녹이는 데, 전체적으로 2시간 이상 걸린 것은 가능하면 포화용액을 만들어 보고자 했기 때문이다.

(2) 액체 비중계에 의한 비중 측정

용액의 진하기를 다르게 한 다음 액체 비중계를 이용하여 측정된 비중 값을 <표 4>에 나타내었다. 용질의 농도가 각각 다르기 때문에 직접 비교하는 것은 다소 무리가 있지만 본 실험 조건 하에서 얻은 결과에 의하면 진한 용액과 아주 묽은 용액의 비중 차이가 큰 순서는 요오드화칼륨 > 흑설탕 > 백설탕 > 수산화나트륨 > 염화칼슘 > 질산나트륨 > 황산구리 > 염화나트륨 > 황산나트륨 > 염화칼륨 > 인산나트륨, 탄산나트륨 > 질산칼륨 > 커피이다.

교과서에 제시된 염화나트륨인 경우 진한 용액과 아주 묽은 용액에서 측정된 비중 치의 차이가 0.181이다. 이에 반하여 요오드화칼륨은 0.638, 흑설탕은 0.524 그리고 백설탕은 0.518로 염화나트륨보다 크게 나타났다. 진한용액과 아주 묽은 용액 비중 차가 크다는 것으로부터 요오드화칼륨 용액이 간이비중계의 높이 차이가 크게 나타나리라는 예상을 할 수 있게 해 준다.

(3) 간이비중계에 의한 측정

용액의 진하기를 달리하여 실제로 만든 여러 가지 간이비중계를 넣어 측정된 비중(용액위로 떠있는 부분의 길이)은 <표 5>과 같다. 원래 비중은 단위 없지만 간이비중계의 높이의 크기로 용액에 진하기가 표현되므로 그 높이 차이를 쉽게 구별하기 위해 밀리미터(mm)란 단위를 사용하였다.

교과서에 제시된 압정 간이비중계와 새로 제작한 여러 가지 간이비중계를 이용하여 각각의 용액에서 진한 용액과 가장 묽은 용액간에 간이비중계의 높이 차이가 비교적 크게 나타나는 것들을 <표 6>에 정리하였다.

비중계의 높이차이가 크게 나타날 수 있는 조건 중에 먼저 용액적인 면에서 살펴보도록 하였다. 진한 용액과 아주 묽은 용액에서 각각 비중을 측정하였을 때 여러 가지 간이 비중계의 높이 차이를 가장 크게 할 수 있는 용액으로는 요오드화칼륨이며(예, 압정 간이비중계 : 27mm), 수산화나트륨, 질산나트륨, 염화칼슘, 흑설탕, 백설탕은 서로 비슷하게 나타났고(예, 압정간이비중계 : 19mm~25mm), 교재에 제시된 염화나트륨(예, 압정간이비중계 : 9mm)인 경우에 <표 6>에서 볼 수 있듯이 다른 것들에 비해 상대적으로 작게 나타나고 있다. 교과서에 제시된 압정 간이비중계를 제작하여 염화나트륨이 녹아있는 진한용액을 1로 하고 1 : 4 : 8로 희석하여 진한용액과 아주 묽은 용액의 간이비중계의 수치차이는 5~7mm 정도를 보였다. 이 수치차이는 실제 눈으로 실험의 결과를 확인하기 어렵다.

교과서에 제시된 염화나트륨 용액 대신 요오드화칼륨, 흑설탕, 백설탕, 수산화나트륨, 염화칼륨 용액을 사용하면 수치를 세밀하게 읽지 않고도 쉽게 간이비중계의 높이 차이를 확인할 수 있다. 백설탕은 흑설탕과 거의 같은 특성을 보이기 때문에 <표 6>에 실지 않았다.

다음은 서로 다른 간이비중계를 사용했을 때의 기구적 측면에 대하여 알아보았다. 진한 용액과 아주 묽은 용액에서 각각 비중을 측정하였을 때 간이비중계의 수치 차이를 가장 많이 낼 수 있는 것은 낚시찌 간이비중계 > 고무찰흙 간이비중계 > 납 간이비중계 > 구리 간이비중계 > 압정 간이비중계 순이다. 간이비중계의 수치 차이에 있어서 낚시찌 간이비중계의 경우는 39~88mm의 차이를 보여 실험 결과를 이상적으로 볼 수 있다. 다음으로는 고무찰흙 간이비중계가 31~51mm 수치차이를 보여주고 있다. 납 간이비중계와 구리 간이비중계는 압정 간이비중계에 비하여 보다 큰 수치 차이를 보이고 있지만 30mm 이상의 수치 차이를 가지는 경우가 드물어 낚시찌 간이비중계와 고무찰흙 간이비중계 보다는 실험결과에 있어 시각적 효과가 떨어진다.

표 6. 진한 용액과 아주 묽은 용액간의 간이비중계의 수치차

용액 비중계	수 치 차 (단위 : mm)					
	요오드화칼륨	흑설탕	수산화나트륨	염화칼슘	질산나트륨	염화나트륨
압정 간이비중계	27	25	24	22	19	9
납 간이비중계	36	26	24	22	22	14
구리 간이비중계	36	27	25	25	24	14
고무찰흙 간이비중계	51	43	43	39	41	31
뉘시찌 간이비중계	88	83	78	69	60	39

V. 결 론

본 연구에서는 초등학교 과학과 5학년 1학기 “용해와 용액” 단원에 용액의 진하기를 간이비중계를 만들어서 측정하는 실험에 대한 것이다. 교재내용에 따른 실제 실험결과를 간이비중계인 수수깡의 높이 차이가 확연하게 구별되지 않는 문제점을 가지고 있다. 따라서 이러한 점을 해결하는데 연구의 주안점을 두었다.

위와 같은 문제점을 크게 두 가지로 나누어 연구하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

(i) 용액적인 측면, 즉 서로 다른 특성을 가진 여러 가지 용액을 사용하였을 때에 대한 것이다. 진한 용액과 아주 묽은 용액에 여러 가지 간이 비중계를 넣어 그 수치 차이를 가장 크게 할 수 있는 용액은 요오드화칼륨, 흑설탕(또는 백설탕), 수산화나트륨, 염화칼슘, 질산나트륨 순이었으며, 교재에 제시된 염화나트륨은 다른 용액에 비해 상대적으로 작게 나타났다. 요오드화칼륨 용액은 수치의 차이 면에서 가장 유용한 실험시약으로 나타났지만, 시료 가격이 매우 비싼 편이다. 따라서 학생들이 다량으로 사용하기에는 경제적인 어려움이 따를 것으로 예상되어지며, 교사의 시범실험 등 시료가 조금만 필요할 때 적합한 것으로 여겨진다.

흑설탕과 백설탕은 일상생활 속에서 쉽게 접할 수 있는 물질로 용해도와 비중이 실험 목표에 적합한 물질로 여겨진다. 그 중 흑설탕은 색깔의 차이로도 용액의 진하기를 확인할 수 있으므로 백설탕보다 더 적합한 시료로 볼 수 있다. 수산화나트륨과 염화칼슘은 많은 양의 시약을 한꺼번에 물 속에 넣으면 온도가 60~70°C까지 급상승하는 발열반응이 일어나기 때문에 실험시 화상의 염려가 있어 세심한 주의가 요구되기 때문에 초등학교 학생들의 실험 시약으로는 적합하지 않은 것으로 여겨진다.

(ii) 다음은 기구적 측면, 즉 간이비중계의 종류를 다르게 했을 때에 대한 것이다. 진한 용액과 아주 묽은 용액간에 간이비중계의 수치 차이를 가장 많이 나타낼 수 있는 비중계는, 뉘시찌 간이비중계 > 고무찰흙 간이비중계 > 납 간이비중계 > 구리 간이비중계 > 압정 간이비중계 순이다. 간이비중계의 수치 차이에 있어서 뉘시찌 간이비중계의 경우는 39~88mm의 차이를 보여 실험 결과를 이상적으로 볼 수 있는 것으로 나타났다. 그 다음은 고무찰흙 간이비중계가 31~51mm의 높은 수치 차이를 보여주고 있다. 따라서 뉘시찌와 고무찰흙 간이비중계는 초등학교 실험 현장에 적용하였을 때 실험의 목표에 잘 맞는 결과를 얻는 실험기구가 되리라 여겨진다. 납 간이비중계와 구

리 간이비중계는 압정 간이비중계에 비하여 보다 큰 수치 차이를 보이고 있지만 30mm이상의 수치 차이를 가지는 경우가 드물어 낚시찌 간이 비중계와 고무찰흙 간이비중계 보다는 실험결과에 있어 시각적 효과는 떨어질 것으로 생각된다.

간이비중계의 제작에 있어서는 납 간이비중계, 구리 간이비중계, 고무찰흙 간이비중계가 비교적 제작이 쉽고, 무게조절이 용이하며, 비중계의 균형을 맞추는데 용이하였다. 낚시찌 간이비중계는 제작과정에서 정밀성이 요구되며, 비중계의 균형유지가 어려워 지지대가 필요하여 초등학교생들이 사용하기에는 다소 어려움이 있을 것으로 생각된다.

위의 두 가지 점(용액과 기구)을 모두 고려할 때, 용액은 흑설탕용액, 간이비중계로는 고무찰흙 간이비중계가 초등학교 현장에서 용액의 진하기에 따른 비중을 측정하는 방법으로 적합한 것으로 여겨진다. 또한 흑설탕용액인 경우 용액에 진하기의 차이에 따라 색깔의 변화가 나타나므로 본 단원의 학습 목표중의 하나인 색깔을 이용하여 진하기를 판단하는데도 유용할 것으로 보인다.

제한점으로는 농도를 보다 객관화시키려면 농도에 대한 정량적인 표현방법으로 실험이 이루어져야 하지만 본 연구에서는 초등학교 5학년 수준임을 감안하여 수치의 정량화에 대한 것을 자세하게 다루지 않았다. 비중은 원래 단위가 없이 수치만 있는 값이다. 본 연구에서 용액위로 떠오르는 간이 비중계의 높이를

측정하여 수치화 하다보니 mm 라는 단위가 필요하여 이를 사용하였으며, 이는 비중은 단위가 없다는 개념에 혼동을 줄 수 있다. 또한 현장에서 다양하게 이를 적용시키지 못한 점이 있다.

참 고 문 헌

- 교육부 (2001). 초등학교 과학 5-1 교사용 지도서, 교육부.
- 교육부 (1997). 초등학교 자연 5-1 교과서, 교육부.
- 남철우 · 송판섭 · 한광래. (1997). 초등학교 자연과 물결영역 보조실험의 개발. *한국초등과학교육학회지*, 16권 1호, 25~37.
- 박종욱 · 김선자 (1996). 초등학교 교사들이 자연과 실험수업에서 겪는 문제조사. *한국초등과학학회지*, 15권 2호, 236~282.
- 이범홍 외 (1988). 자연과 탐구능력 신장을 위한 보조 학습 자료 개발 연구. 한국교육개발원.
- 윤용석 (1994). 탐구적 화학실험 프로그램의 개발 및 적용. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 최돈형 · 이양락 · 노석구 (1996). 6차 교육과정에 의한 자연과 교과용 도서의 연구 · 개발 (I). *초등과학교육학회지*, 15권 1호, 85~106.
- 최병순 (1988). 인지발달과 탐구학습. *화학교육*, 15권 1호, 54-59.