Journal of the Korean Chemical Society
2004, *Vol. 48, No. 4*
Printed in the Republic of Korea

용해 현상에 대한 학생들의 개념유형 및 교사들의 지도 실태

강대훈* · 백성혜[†] · 박국태[†]
서울중화고등학교
[†]한국교원대학교 화학교육과
(2002. 9. 25 접수)

The Patterns of Students' Conceptions and Teachers' Teaching Practices on Dissolution

Dae-Hun Kang*, Seoung-Hey Paik[†], and Kuk-Tae Park[†]
Seoul JungHwa High School, Seoul 131-121, Korea
[†]*Department of Chemical Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea*
(Received September 25, 2002)

요 약. 이 연구에서는 용해와 관련된 현상에 대해서 초등학교 학생에서부터 대학생에 이르기까지 학교급에 따라 학생들이 가지는 개념유형을 알아보고, 초 · 중등학교 교사들의 용해 현상에 대한 지도 실태를 알아보았다. 연구 결과, 초등학생 때 형성된 구멍 개념에 의한 용해 현상의 이해가 고등학생 때까지 유지되고 있었으며, 인력 개념에 의해 용해 현상을 학습하는 시기인 고등학교 2, 3학년과 대학생들은 인력 개념으로 용해 현상을 이해하는 비율이 상대적으로 높게 나타났다. 그러나 용해 현상을 설명할 때는 초등학생에서부터 대학생에 이르기까지 많은 학생들이 인력 개념보다는 구멍 개념을 선호하는 것으로 나타났고, 개념의 이해와 설명에 커다란 차이를 나타냄으로써 학생들의 용해 현상에 대한 이해 정도가 전반적으로 낮음을 알 수 있었다. 교사들의 설문 응답 분석 결과, 초등학교 교사의 90% 정도가 소금이 물에 녹는 현상을 콩 사이로 좁쌀이 들어가는 것과 같은 현상으로 이해하고 있었으며, 실제 학생들에게 소금이 물에 녹는 현상을 콩 사이로 좁쌀이 들어가는 모형을 이용하여 지도한다고 응답하였다. 중등학교 교사들 역시 약 절반 정도는 용해 현상을 구멍 개념으로 이해하고 있었으며, 인력 개념으로 바르게 이해하고 있는 교사는 20% 정도에 지나지 않았다. 또한, 인력 개념으로 이해하고 있는 교사들도 실제 학생들을 지도할 때는 구멍 개념으로 설명하는 경우가 많아 교사들의 개념 이해와 지도에는 차이가 있음을 알 수 있었다.

주제어: 용해, 구멍 개념, 인력 개념

ABSTRACT. In this study, a survey was conducted of students of elementary through college on their conceptions of phenomenon related with dissolution, saturation, and extraction. The teaching strategies of elementary and secondary teachers related to dissolution phenomena were also investigated. Most of elementary and secondary school students thought of dissolution as a phenomenon in which particles broke into the spaces between other particles. This explanation called 'space conception' can be sought in elementary school science textbooks. Some of high school students also had this type of thought. A concept of dissolution phenomenon as 'hydration through attraction of solvent and solute' was held by most of students of 11th, 12th grade, and college. This explanation called 'attraction concept' can be sought in high school chemistry textbooks for 11th and 12th grade. But many students of elementary through college used analogies and models related to 'space conception' when they tried to explain the dissolution phenomena. This indicates that the 'attraction concept' was not firmly established in the students' cognition. 90% of elementary school teachers thought and taught dissolution as a phenomenon in which two different size particles were mixing together like as mixing beans and millets. The model does not represent the attractions among solvent-solvent particles, solvent-solute particles, and solute-solute particles. This model only represents the space size effect (smaller size particles fitting into the spaces of larger size particles). Half of the secondary school teachers also had 'space conception' and only 20% of the teachers had 'attraction concept'. Many teachers who had 'attraction concept' used to represent explanation related to 'space conception' for teaching dissolution.

Keywords: Dissolution, Space Conception, Attraction Concept

서 론

효과적인 수업이 진행되기 위해서 교사는 학습자의 특성을 제대로 파악하고 있어야 하며, 교사 자신이 잘 알고 있는 개념이라 하더라도 그것을 학생들에게 적합하게 표현하지 못하면 효과적인 수업을 할 수 없다.

오늘날 과학학습론에서 많이 논의되고 있는 구성주의에 따르면 학습자는 학습하기 전에 이미 학습할 내용과 관련된 선개념(preconception)을 가지고 있으므로 과학 학습에서 교사는 먼저 학생들의 이러한 선개념을 파악하고 이를 학습 지도에 이용한다면 보다 바람직한 개념의 획득 및 올바른 개념으로의 변화가 가능하게 될 것이다.

Strike 등[1]은 수업에서는 오개념 자체의 특성을 이해하기보다는 오개념을 만드는 원인이 무엇인지를 이해하는 것이 더 중요하다고 지적하였으며, Jones 등[2]은 그 동안의 개념발달 연구들이 유년개념 혹은 오개념을 동정하고 분류하는데 집중되어 왔지만 이제는 교육현장과 교육과정 설계를 어떻게 개혁할 수 있는가에 집중되어야 한다고 하였다. 학생들이 과학을 어려워하는 이유가 학생들의 인지 수준의 탓뿐만 아니라 가르치는 교사와 교과서 내용 체계가 정확한 개념 정립을 못한 상태일 수 있기 때문이라는 지적[3]은 학생들의 개념 형성에 있어서 교사의 지도와 교과서의 내용 설명 체계의 중요함을 강조한 것으로 생각된다.

비유나 모형은 오래 전부터 동기 유발의 도구로 과학수업에 많이 사용되어 왔으며, 현재의 과학 교과서에도 다양하게 제시되어 있다. 그러나 교사와 교과서 저자들이 의도한 것과 달리 과학 개념과 비유물을 혼동하거나 새로운 오개념을 유발하는 등 비유의 사용이 오히려 과학 개념의 이해에 방해가 되고 있다는 보고가 있다.[4]

국내외에서 용해 현상과 관련된 연구들을 살펴보면 용해 현상을 제대로 이해하기 위해서는 분자나 이온과 같은 미시적인 입자 개념에 대한 이해 및 입자 상호간의 인력 개념 등에 대한 이해가 요구되는 것으로 중학생들에게는 어려운 개념이며 고등학생들에게도 쉬운 개념은 아닌 것으로 보고된 바 있다.[5-9] 또한, 교과서의 설명만으로는 용해 현상을 제대로 이해할 수 없거나 오히려 교과서의 설명이 다양한 오개념을 유발하거나 용해 현상을 이해하는데 걸림돌이 되고 있다는 지적과 함께 입자성이 강조된 영상적 표현의 보조자료 개발의 필요성을 강조하였다.[10-16]

따라서 이 연구에서는 용해 현상과 관련된 내용을 학생들이 얼마나 바르게 이해하고 있으며, 학생들의 개념이 어떻게 변화하는지 알아보는 것과 함께 교사들의 이해 정도와 지도 실태를 파악함으로써 학생들이 용해와 관련된 현상에 대해서 가지는 오개념의 원인을 분석하고 학생들의 올바른 개념 형성을 위한 교사의 역할을 알아보았다.

연구 문제 이 연구에서는 용해 현상에 대한 학생들의 이해 정도와 개념유형, 그리고 교사들의 개념 이해 및 지도 실태에 대해서 알아보기 위하여 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

첫째, 초등학교 자연 교과서와 중 · 고등학교의 과학 교과서에서 용해 현상과 관련된 내용의 설명은 어떻게 되어 있는가?

둘째, 초등학생부터 대학생까지 각 단계에서 학생들의 용해 현상에 대한 이해 정도와 개념유형은 어떠한가?

셋째, 초등학교 교사와 중등학교 교사들의 용해 현상에 대한 이해 정도와 지도 실태는 어떠한가?

용어의 정의 이 연구에서 사용된 주요 용어의 정의는 다음과 같다.

· 인력 개념(attraction concept): 이 연구에서 용해와 관련된 현상을 설명할 때 수화 등 입자 사이의 작용을 인력으로 설명한 경우 인력 개념에 의한 설명이라고 하였다.

· 구멍 개념(space conception): 이 연구에서 용해와 관련된 현상을 설명할 때 큰 입자 사이의 공간(구멍)으

로 작은 입자가 들어가는 것과 같은 유형으로 응답한 경우를 구멍 개념에 의한 설명이라고 하였다.

・충돌 개념(collision conception): 이 연구에서 용해와 관련된 현상을 설명할 때 단순히 입자끼리 부딪힌다라고 응답한 경우를 충돌 개념에 의한 설명이라고 하였다.

・포함 개념(inclusion conception) : 이 연구에서 용해와 관련된 현상을 설명할 때 큰 입자 안으로 작은 입자가 들어간다고 응답한 경우 등을 포함 개념에 의한 설명이라고 하였다.

연구 방법 및 절차 이 연구에서는 용해와 관련된 현상의 교과서 설명 내용을 알아보기 위하여 초등학교 4, 5, 6학년 자연 교과서와 8종의 중학교 과학 교과서 및 12종의 고등학교 화학II 교과서를 분석하였다. 또한, 학생들의 용해와 관련된 현상의 이해 정도 및 개념유형을 알아보고, 지도 실태를 파악하기 위하여 초?중등학교 과학 교사들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 초・중등 학생 및 교사의 경우는 각 학년의 2학기초에 실시하였으며, 대학생의 경우에는 4학년 2학기초에 실시하였다. 이 연구에 사용한 설문지는 총 여섯 문항으로 선택형 문항과 자유 반응형 문항으로 구성되어 있고 설문 분석은 총 911명의 설문 내용을 대상으로 하였으며 이들의 구성은 *Table* 1과 같다.

연구 결과 및 논의

교과서 분석 결과

용해 현상은 초등학교에서부터 대학교까지 폭넓게 다루어지는 주요 개념이다. 특히 초, 중・고교에서는 여러 차례 교육과정이 개정되었음에도 불구하고 물질의 특성이나 물질의 분리 등의 단원에서 꾸준히 다루어지고 있어 그 중요성을 짐작할 수 있다.

초등학교 자연과 교과서의 용해 현상 관련 내용 초등학교 자연과 교과서에서 다루고 있는 용해 현상과 관련된 내용을 학년별로 살펴보면 다음과 같다.

4학년 1학기 물질의 성질 단원에서 다음과 같은 내용을 다루고 있다.

◎ 소금, 밀가루, 설탕, 탄산수소나트륨을 물이 든 비커에 각각 넣고, 유리 막대로 저으면 서 관찰하여 보자.

물에 녹는 물질은 어느 것인가?

물에 녹지 않는 물질은 어느 것인가?

가루 물질을 넣었을 때 일어나는 변화를 비교하여 이야기해 보자.

5학년 1학기 용해 단원에서는 다음과 같은 내용을 다루고 있다.

◎ 소금을 두 개의 헝겊 주머니에 넣고, 두 비커에 물과 아세톤을 각각 반쯤씩 넣자.

소금을 넣은 주머니를 물과 아세톤에 동시에 담그고, 어떤 변화가 일어나는지 관찰하여 보자.

얼마 후, 두 비커에 넣었던 소금 주머니를 꺼내어 비교하여 보자.

◎ 비커 두 개에 물과 아세톤을 각각 1/3쯤 넣자. 두 비커에 소금을 한 숟가락씩 넣고, 유 리 막대로 저어보자.

소금은 어떻게 되는가?

◎ 소금을 물에 넣었을 때와 같이, 물질이 액체에 녹는 현상을 용해라고 하며, 소금물처럼 물질이 액체에 녹아 있는 것을 용액이라고 한다.

◎ 물의 양에 따라 붕산이 용해되는 양은 어떻게 다른지 알아보자.

◎ 물의 온도에 따라 붕산이 용해되는 양은 어떻게 다른지 알아보자.

시험관에 물을 1/3쯤 넣자.

붕산이 물에 더 이상 녹지 않을 때까지 넣어 보자.

녹지 않고 가라앉아 있는 붕산을 어떻게 하면 녹일 수 있을까?

6학년 1학기 분자 단원에서는 다음과 같은 내용을 다루고 있다.

◎ 비커에 물을 반쯤 넣고, 여기에 약숟가락으로 2숟가락 정도의 설탕을 넣어, 유리 막대로 잘 저어

Table 1. Distribution of respondents

Elementary school students	Middle school students	High school students	College students	Elementary school teachers	Middle school teachers	High school teachers	Total
315	158	271	81	41	32	13	911

서 모두 녹이자.

물에 설탕을 조금씩 넣어, 더 이상 녹지 않고 밑에 설탕이 남아 있을 때까지 녹이자.

이 용액의 윗부분에 설탕이 들어 있다고 할 수 있는가?

◎ 두 개의 메스 실린더에 물을 각각 40 mL씩 넣자. 두 메스 실린더의 물을 합한 다음, 그 부피를 재어보자.

에탄올에 대해서도 같은 방법으로 섞어, 그 부피를 재어보자.

이번에는 물과 에탄올을 각각 40 mL씩 섞고, 그 부피를 재어보자.

이상에서 보는 바와 같이 4학년에서는 단순히 물질이 녹는 것과 녹지 않는 것을 구별하고, 5학년에서 처음으로 용해를 정의하고 같은 용질이라도 용매에 따라 용해가 되거나 되지 않는다는 사실과 용액의 농도 등에 대해서 학습하며, 포화 용액이나 과포화 용액에 대한 용어를 사용하지는 않지만 내용은 다루고 있음을 알 수 있다.

6학년에서는 설탕의 용해를 통해서 용해 후에도 분자는 변하지 않는다는 사실과 물과 에탄올을 각각 40 mL씩 섞을 때 부피가 80 mL가 되지 않는 이유를 좁쌀과 콩의 모형을 사용하여 분자의 크기가 서로 다르다는 사실을 학습하는 것으로 되어 있다.

4, 5, 6학년 자연과 교과서의 용해 현상과 관련된 내용을 살펴보면 전체적으로 관찰에 의한 현상적인 차이 정도를 알아내는 수준의 학습이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그리고 4, 5, 6학년에서 공통적으로 용질을 가한 다음에는 “유리막대로 저어보자”라는 표현을 찾아 볼 수 있는데 이는 학생들로 하여금 젓는 조작이 용해의 필수 조건으로 인식하게 할 우려가 있음을 알 수 있다.

중학교 과학 교과서의 용해 현상 관련 내용 중학교 과학 교과서의 분석 결과 중학교 1학년 과학 교과서에서는 용해를 다음과 같이 크게 3가지로 정의하고 있다.

· 용질이 용매에 녹는 현상

·용질이 용매에 녹아 고르게 섞여 용액이 되는 현상

·한 물질이 다른 물질에 녹아 균일하게 섞여 들어가는 현상

이와 같이 중학교 과학 교과서에서는 용해를 단순히 두 물질이 고르게 섞이거나 한 물질이 다른 물질 속으로 녹아 들어가는 현상으로 정의하고 있다. 그러나 이와 같은 설명으로는 용해 과정이 용질과 용매 사이의 상호 작용에 의한 것이라는 사실을 제대로 이해하기 어려울 것으로 생각된다. Ebbing과 Wrighton[17]은 용해되는 과정이 단순히 섞이는 것이라면 어떤 물질이라도 다른 물질에 완전히 녹을 것이라고 생각해도 좋다라고 하였는데, 이는 현재 사용 중인 중학교 과학 교과서의 용해 현상의 설명에 오류가 있음을 반증하는 것으로 생각된다.

또한, 중학교 1학년 과학 교과서에서는 포화 용액을 다음과 같이 정의하고 있다.

·일정한 양의 용매에 용질이 녹는 한계에 도달하여 더 이상 녹을 수 없는 용액

·어떤 온도에서 일정량의 용매에 용질이 더 이상 녹을 수 없을 만큼 최대로 녹아 있는 용액

이와 같이 대부분의 교과서에서 포화 용액은 용질이 용매에 최대로 녹아 있는 용액으로 일정량의 용매에는 어느 한도 이상의 용질이 용해되지 않는다고 설명하고 있으며 조금 자세하게 설명하는 경우 온도까지 언급하고 있음을 알 수 있다. 그렇지만 포화 용액은 어떤 한 가지 용질에 관한 것이므로 어떤 용질에 초점을 맞추어 포화 용액을 정의를 해야함에도 불구하고 용질이 더 이상 녹을 수 없는 상태에 초점이 맞추어져 있어 한 용질로 포화된 용액에는 다른 용질이 녹는 현상을 이해하기 어려울 것으로 생각된다.

그리고 중학교 과학 교과서에서는 용해도의 정의를 다음과 같이 크게 두 가지로 하고 있다.

· 어떤 온도에서 용매 100 g에 최대로 녹을 수 있는 용질의 g수

· 일정한 온도에서 용매 100 g이 포화 용액으로 될 때까지 그 용매에 녹을 수 있는 용질의 g수

교과서에서는 위와 같은 정의와 함께 “어떤 용매에 대한 고체 물질의 용해도는 같은 온도에서도 물질의 종류마다 서로 다르므로 물질의 특성이 된다”라고 부연하여 설명하고 있다. 그러나 여기에서는 용질과 용질, 용매와 용질 사이에 작용하는 상호 작용에 대해서는 전혀 알 수 없으며, 한 용질로 포화된 용액에 다른 용질이 녹는 경우에 대해서 이해할 수 있는 정보를 찾을 수 없다. 또한, 교과서에서는 다음과 같이 혼합물의 분리 방법 중 하나로 용해도의 차이에 의한 석출량의 계산 문제를 다루고 있다.

35.5 g의 소금과 같은 양의 질산칼륨이 섞인 혼합물을 물 100 g에 완전히 녹인 다음 이 용액을 0 ℃까지 냉각시킨 후 거르면 무엇이 얼마나 걸러질까? (단, 0 ℃에서 소금의 용해도는 35.5이고 질산칼륨의 용해도는 13.3이다.)

위의 문제에 대해 학생들은 질산칼륨 22.2 g으로 답을 해야만 정답으로 인정받을 수 있다. 그러나 여기에는 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째는 소금과 질산칼륨이 물에 용해될 때 두 용질은 용해도에 서로 영향을 주지 않는다는 가정이 있어야만 한다. 실제로 한 용매에 두 가지 이상의 용질이 용해될 때는 용매와 용질 사이의 상호 작용뿐만 아니라 서로 다른 두 용질 사이에 작용하는 상호 작용 등 여러 가지 요인을 고려해야만 한다. 둘째는 교과서의 용해도 정의에 의하면 이미 그 온도에서 용해도만큼 용질이 녹아 있는 용액에 다른 용질이 용해도만큼 함께 녹아 있는 현상을 설명하기 어렵다.

김주현 등[18]은 이와 관련하여 교과서 내용 구성이 용해의 원리를 이해하기보다는 용해도를 이용한 계산 문제를 더 중요하게 다루는 것처럼 보인다고 지적한 바 있으며, Brady와 Humiston[19]은 일반적으로 혼합물의 조성을 모르기 때문에 실제로 석출량을 구하는 계산은 거의 하지 않는다고 하였다. 따라서 중학교 교과서에서 석출량을 계산하도록 하는 것은 바람직하지 않은 것으로 생각된다.

고등학교 화학 교과서의 용해 현상 관련 내용 고등학교에서는 화학 교과서가 화학I, 화학II로 구분되어 있는데 용해 현상은 화학II에서 다루고 있다. 고등학교 화학 II 교과서에서는 중학교 과학 교과서보다는 다양한 용매와 용질에 대해서 다루고 있으며, 용해 현상에 대해서도 자세히 설명되어 있을 뿐 아니라 다음과 같이 더 이론적으로 설명하고 있다.

염화나트륨의 결정을 물 속에 넣으면, 물분자의 전기적으로 음성 부분인 산소 원자 쪽이 결정의 표면에 있는 Na^+을 끌어당기고, 물분자의 전기적으로 양성 부분인 수소 원자 쪽이 Cl^-을 끌어당긴다. 그 결과 결정을 이루고 있는 Na^+와 Cl^- 사이의 인력이 약해지고, 이어서 결정이 부서지면서 이온은 물분자에 둘러싸여 물 속으로 떨어져 나가 각각 몇 개의 물분자를 끌어당긴 상태로 존재한다. 이와 같이, 이온이나 분자에 물분자가 결합하는 것을 수화(hydration)라고 하고, 일반적인 용매에 대해서는 용매화(solvation)라고 한다.

이와 같이 대부분의 화학 II 교과서에서는 염화나트륨이 물에 용해되는 현상을 용질과 물분자 입자 사이의 인력에 의한 현상으로 설명하고 있으며, *Fig.* 1과 같은 모형을 사용하여 설명함으로써 용매와 용질 사이에 작용하는 인력을 이해하는데 도움을 주고 있다.

그러나 일부 교과서에서는 나프탈렌이 물에 녹지 않는 이유를 다음과 같이 설명하고 있다.

나프탈렌의 경우에는 물분자 사이의 인력이 물분자와 나프탈렌 사이의 인력보다 크기 때문에 물분자 사이에 나프탈렌 분자가 끼어들 수 없으므로 물에 녹지 않는다.

이와 같은 설명은 교과서의 저자들의 의도와는 달리 학생들은 용해 과정을 용매 분자 사이로 용질 분자가 끼어 들어가는 과정이며, 나프탈렌이 물에 녹지 않는 까닭이 물분자 사이에 구멍이 없기 때문으로 이해할 가능성이 있어 용해 과정에 대해 올바른 개념을 갖기 어려울 것으로 생각된다.

중학교 과정에서는 인력 개념을 학습하지 않기 때문에 용해 현상 및 그와 관련된 내용의 설명을 입자 사이에 존재하는 공간 때문으로 설명하는 것이 어쩔 수 없다하더라도 고등학교 과정에서는 인력 개념을 다루고 있음에도 불구하고 여전히 중학교 수준의 구멍 개념으로 용해 현상을 설명하는 것은 문제점으로 생각된다.

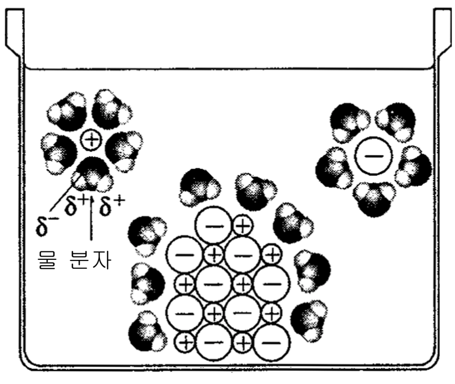

Fig. 1. A demonstration of dissolution of sodium chloride in Chemistry II.

포화 용액에 대해서 대부분의 고등학교 화학II 교과서에서는 자세히 다루지 않고 있으나 일부의 교과서에서는 용해 과정의 설명과 함께 다음과 같이 포화 용액을 설명하고 있다.

용해 과정에서 용액 속의 이온의 수가 많아짐에 따라, 이들 가운데에는 다시 결정으로 되돌아가는 것도 생겨나게 된다. 이 때 이온들이 결정으로부터 떨어져 나오는 속도와 결정 표면으로 되돌아가는 속도가 같아지면, 결정은 더 이상 용해되지 않는 것처럼 보일 것이다. 이와 같은 동적 평형 상태를 용해 평형이라고 한다. 따라서, 용해 평형 상태에서는 그 용액의 농도가 일정하게 유지되는데, 이와 같은 용액을 그 온도에서의 포화 용액이라고 한다.

포화 용액에 대한 이와 같은 설명은 중학교 교과서에서의 설명보다 과학적이고 이론적이지만 이 내용을 통해 학생들이 포화 상태를 바르게 이해하려면 동적 평형 상태에 대한 이해가 전제되어야 할 것으로 생각된다. 하지만 동적 평형 상태 역시 시각적으로는 확인하기 어려운 미시적 현상일 뿐 아니라 중학교에서 '포화 용액은 용질이 용매에 최대로 녹아 있는 용액으로 일정량의 용매에는 어느 한도 이상의 용질이 용해되지 않는다'라고 학습했던 학생들이 포화 용액을 동적 평형 상태의 개념으로 바르게 받아들이기에는 어려움이 있을 것으로 보인다. 아울러 이와 같은 설명에는 포화 용액이 되는 이유를 인력 개념으로 이해할 수 있는 어떤 정보도 제공되어 있지 않아 이 설명만으로 학생들이 포화 용액에 대한 과학적 개념의 형성을 기대하기에는 무리가 따른다고 생각된다.

학생들의 용해와 관련된 현상의 이해 정도

초등학교 4학년 학생부터 대학생에 이르기까지 각급 학교 학생들이 용해와 관련된 현상의 이해 정도를 설문을 통해 알아보았다. 응답 유형은 학생들의 설문응답을 분석하여 유사한 응답을 같은 범주로 묶어 유형별로 구분하였다.

용해 현상의 이해에 대한 개념유형별 응답율 소금이 물에 녹는 현상을 학생들이 어떻게 이해하고 있는 알아보고자 했던 1번 문항 "다음 중 소금이 물에 용해되는 현상을 가장 바르게 설명한 것은?"에 대한 학교급에 따른 학생들의 개념유형별 응답율은 *Table* 2와 같다.

Table 2에서 보는 바와 같이 전반적으로 물리교육, 화학교육, 생물교육을 전공하는 대학생을 제외하고 소금의 용해 현상을 인력 개념으로 이해하기보다는 구멍 개념으로 이해하는 학생이 비율이 높음을 알 수 있다.

소금이 물에 녹는 현상을 인력 개념으로 이해하는 비율은 중학교 이후부터 학년이 높아질수록 증가하는 경향을 볼 수 있는데 용해 현상을 입자간의 인력에 의한 현상이라는 사실을 학습하는 시기인 고등학교 2학년 이후에 용해를 인력 개념으로 이해하는 학생이 눈에 띄게 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 용해를 인력 개념으로 학습하는 시기인 고등학교 2학년 이후와 일반화학을 수강한 대학생들마저 용해 현상을 구멍 개념으로 이해하고 있는 학생의 비율이 높은 것을 보면 많은 학생들이 일반화학을 수강한 이후에도 여전히 구멍 개념에서 벗어나지 못함을 알 수 있다.

초등학생들의 경우에는 소금이 물에 녹는 현상을 소금이 점점 작아지는 것으로 응답한 비율이 높은데 이는 초등학교 학생들의 용해 현상에 대한 이해가 관찰에 의존한 현상적 수준에 머무르고 있음을 알 수 있다.

용해 현상의 설명에 대한 개념유형별 응답율 문항 1의 이해 정도를 모형이나 비유로 설명해보라는 내용의 주관식 2번 문항 "소금이 물에 용해되는 과정을 비유

Table 2. The rate of response to which concept students take to understand question 1 (percentages)

Types of response	Elementary school(grade)			Middle school (grade)		High school (grade)			College				
	4	5	6	1	3	1	2	3	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	Elementary
Space concept	9.7	41.9	51.4	75.0	76.7	66.7	51.2	67.3	0	10.0	23.1	63.2	57.1
Attraction concept	8.7	12.4	1.9	0	5.8	17.3	25.6	28.8	86.7	75.0	76.9	26.3	21.4
Collision concept	5.8	4.8	6.5	0	2.3	6.2	8.1	0	0	5.0	0	5.3	7.1
Getting smaller	71.8	27.6	38.3	11.1	12.8	7.4	3.5	3.8	0	0	0	0	0
Others, no response	4.0	13.3	1.9	13.9	2.4	2.4	11.6	0.1	13.3	10.0	0	5.2	14.4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

나 모형을 이용하여 설명하시오.”에 대한 학교급에 따른 학생들의 개념유형별 응답율은 *Table* 3과 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이 용해 현상을 모형이나 비유로 설명해 보라는 문항 2에 대한 응답 결과도 문항 1의 응답 결과와 유사한 경향을 보이고 있는데 문항 1에서와는 달리 “없어짐”이라고 응답한 경우가 초등학생을 중심으로 응답자가 많았다.

문항 1에서 고등학교 학생까지는 소금의 용해 현상을 인력 개념보다 구멍 개념으로 이해하는 비율이 높았던 것과 마찬가지로 문항 2에서도 소금의 용해 현상을 구멍 개념으로 설명하는 학생들이 인력 개념으로 설명하는 학생보다 많음을 알 수 있다.

대학생의 경우에도 문항 1의 응답 유형과 마찬가지로 지구과학교육 전공 학생과 초등과학교육 전공 학생들은 소금의 용해 현상을 인력 개념보다는 구멍 개념의 모형을 설명하는 학생들이 많았다.

소금이 물에 용해되는 현상의 설명을 큰 입자 사이로 작은 입자가 들어가는 것으로 설명하는 경우는 *Fig.* 2와 같이 학교의 급이 높아짐에도 불구하고 응답의 형태가 매우 유사함을 알 수 있다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 소금의 용해 현상을 구멍 개념으로 이해하고 있는 학생들의 응답 형태를 보면 초등학생이나 대학생이나 그들이 사용하는 모형에는 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

최병순 등[20]은 학생들의 선개념은 매우 안정하여 일종의 신념에 가깝고 수업에서 교사가 학생의 생각과 대립되는 증거를 제시해도 학생들은 자신의 생각을 쉽게 바꾸지 않으며, 설사 바꾼다하더라도 시간이 지나면 원래 자신의 생각으로 되돌아오는 경우를 흔히 관찰할 수 있었다고 하였는데 고등학교 2학년 이후 용해를 인력

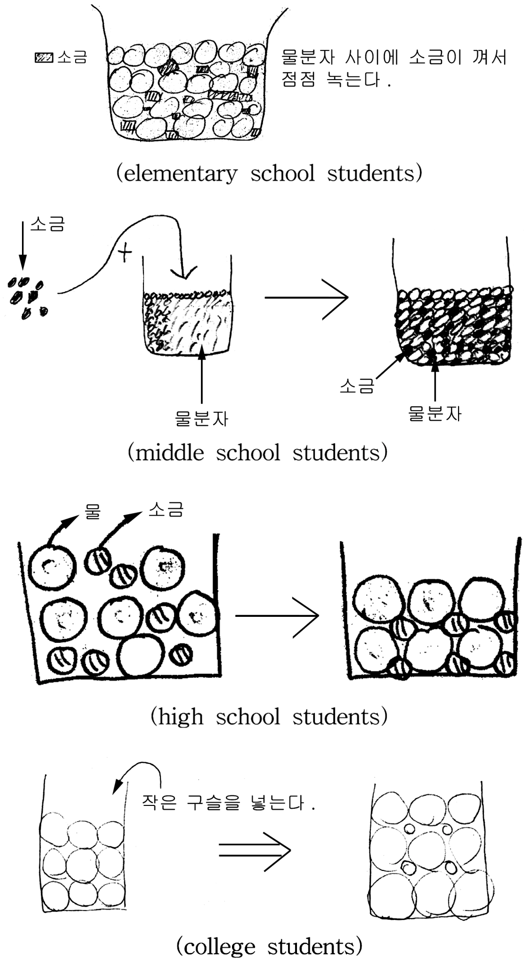

Fig. 2. Students’ demonstrations of dissolution using space concept.

Table 3. The rate of response to which concept students take to explain dissolution using a model (percentages)

Types of response	Elementary school(grade)			Middle school (grade)		High school (grade)			College				
	4	5	6	1	3	1	2	3	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	Elementary
Space concept	7.8	32.4	20.6	52.8	46.5	48.1	13.4	41.3	13.3	15.0	15.4	73.7	71.4
Attraction concept	2.9	4.8	6.5	2.8	3.5	6.2	12.8	21.2	66.7	65.0	84.6	15.8	21.4
Inclusion concept	0	3.8	7.5	2.8	8.1	0	0	2.9	0	0	0	5.3	0
Getting smaller	47.9	22.2	31.8	8.3	0	3.7	3.5	2.9	0	0	0	0	0
Disappearing	24.3	18.1	13.1	13.9	1.2	18.5	9.3	5.8	0	0	0	0	0
Others, no response	17.1	18.7	20.5	19.4	40.7	23.5	61.0	25.9	20.0	20.0	0	5.2	7.2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

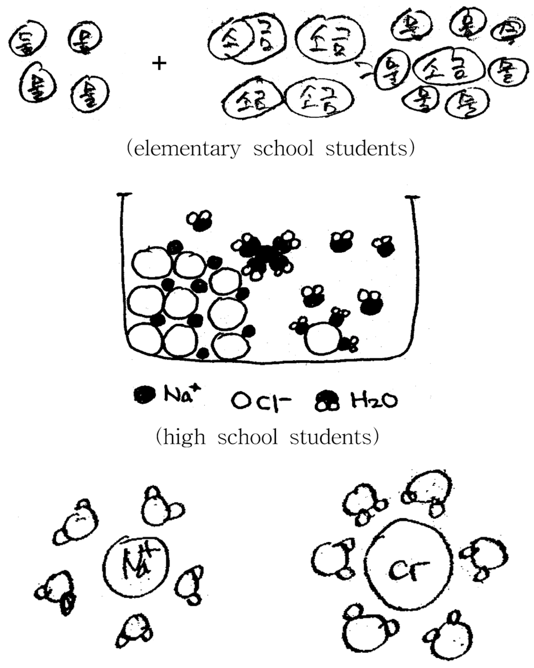

Fig. 3. Students' demonstrations of dissolution using attraction concept.

개념으로 학습한 학생들도 구멍 개념으로 용해 현상을 설명한다는 것은 선개념의 특징이 그대로 반영된 결과로 보인다.

용해 현상을 인력 개념으로 설명한 학생들의 경우는 *Fig*. 3과 같이 학교의 급이 높아짐에 따라 설명에 사용한 모형이 더욱 세련되어짐을 볼 수 있다.

소금의 용해 현상을 인력 개념으로 바르게 이해하고 있는 학생들의 경우에는 학년이 높아질수록 과학자적인 사고를 하며 옳은 개념으로 용해 현상을 바르게 설명하고 있음을 알 수 있다. 또한, 소금의 용해 현상의 설명에서 초등학교 학생들에게서 많이 볼 수 있는 “작아진다”거나 “없어진다”고 하는 유형의 응답은 학년이 높아질수록 감소하는 경향을 보여 고학년이 될수록 관찰에 의한 현상적 설명보다는 이론적으로 설명하는 경향이 높게 나타남을 알 수 있다.

포화 용액의 이해에 대한 개념유형별 응답율 포화 용액이 되는 이유를 학생들이 어떻게 이해하고 있는지 알아보기 위한 3번 문항 “소금을 물에 녹이면 어느 정도 녹다가 더 이상 녹지 않는 이유를 가장 바르게 설명한 것은?”에 대한 학교급별에 따른 학생들의 개념유형별 응답율은 *Table* 4와 같다.

Table 4에서 보는 바와 같이 포화 용액이 되는 이유에 대해서 초등학생부터 고등학교 3학년까지와 대학생 중 지구과학교육 전공 학생과 초등과학교육 전공 학생의 상당수가 입자 사이의 공간이 꽉 차게 되면 용질이 더 이상 녹지 않는다고 응답하였다. 이와 같은 응답 경향은 문항 1의 응답 결과와 유사한 것으로 많은 학생들이 입자 사이의 구멍 채우기를 용해 현상으로 이해하고 있듯이 이 구멍이 모두 차게 되면 포화 용액이 된다고 이해하고 있음을 알 수 있다.

포화 용액이 되는 이유를 인력 개념으로 응답한 학생들은 문항 1에서와 마찬가지로 고등학교 2학년을 기점으로 크게 증가하는데 이는 이 시기에 용해를 인력에 의한 현상으로 학습하기 때문으로 보인다. 그러나 대학생들 중 화학교육을 전공하는 학생들의 경우 포화 용액이 되는 이유를 인력 개념으로 이해하고 있는 학생이 15%로 문항 1에서 용해를 인력 개념으로 응답한 학생이 75%이었던 것에 비하면 커다란 차이를 보이며, 다른 전공 학생들보다 용해에 대해서 다양한 이해를 하고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 같은 원리로 일어나는 현상에 대해서 서로 다른 개념으로 응답하는 것은 용해와 포화 용액에 대한 개념의 정립이 확실하지 못함을 보여

Table 4. The rate of response to which concept students take to understand question 3 (percentages)

Types of response	Elementary school(grade)			Middle school (grade)		High school (grade)			College				
	4	5	6	1	3	1	2	3	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	Elementary
Space concept	34.0	60.0	72.9	66.7	81.4	77.8	53.5	63.5	13.3	10.0	23.1	73.7	64.3
Attraction concept	23.3	6.7	6.5	2.8	9.3	12.3	23.3	21.2	66.7	15.0	76.9	15.8	21.4
Collision concept	8.7	4.8	3.7	2.8	1.2	2.5	5.8	1.9	13.3	30.0	0	5.3	7.1
Getting smaller	30.1	17.1	13.1	11.1	8.1	3.7	7.0	12.5	0	0	0	1.5	0
Others, no response	3.9	11.4	3.8	16.6	0	3.7	10.4	0.9	6.7	45.0	0	4.7	7.2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Table 5. The rate of response to which concept students take to explain saturated solution (percentages)

Types of response	Elementary school(grade)			Middle school (grade)		High school (grade)			College				
	4	5	6	1	3	1	2	3	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	Elementary
Space concept	1.9	13.3	53.3	44.4	52.3	54.3	32.6	61.5	80.0	40.0	69.2	89.5	78.6
Attraction concept	0.9	0	0.9	0	10.5	0	3.5	5.8	13.3	35.0	23.1	0	7.1
Inclusion concept	3.9	7.6	7.5	2.8	0	2.5	2.3	4.8	0	5.0	0	5.3	0
Dissolving in water	40.8	32.4	19.6	0	0	2.5	2.3	3.8	0	0	0	5.0	0
Getting smaller	7.8	9.5	3.7	13.9	2.3	0	0	.0	0	0	0	0	0
Others, no response	44.7	37.2	15.0	38.9	34.9	40.7	59.3	24.1	6.7	20.0	7.7	0.2	14.3
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

주는 것으로 생각된다.

포화 용액이 될 때의 부피 감소 이유의 설명에 대한 개념유형별 응답율 포화 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유를 모형이나 비유를 이용하여 설명하여 보라는 주관식 4번 문항 “상온에서 50 mL의 소금을 50 mL의 물에 녹이면 소금물의 부피는 100 mL 보다 작아지는 이유를 간단히 설명하시오(그림을 그려서 설명해도 됩니다).”에 대한 학교급별에 따른 학생들의 개념유형별 응답율은 *Table* 5와 같다.

Table 5에서 보는 바와 같이 포화 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유에 대해서 전체적으로 인력 개념으로 응답한 것보다는 구멍 개념으로 응답한 비율이 절대적으로 높음을 알 수 있다. 이와 같은 응답 결과는 문항 2에서 소금의 용해 현상을 구멍 개념으로 응답 한 것(*Table* 3)보다 높은 비율이다. 특히, 대학생의 경우 문항 2에서 용해를 구멍 개념으로 응답한 비율보다 포화 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유를 구멍 개념으로 응답한 비율이 월등하게 높아졌다.

이와 같은 결과는 보다 논리적이고 이론적으로 학습한 대학생들마저 초등학교 때부터 가지고 있던 선개념에서 벗어나고 있지 못할 뿐 아니라 더욱 강화된 듯한 응답 결과를 보여주는 것으로 생각된다.

포화 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유를 구멍 개념으로 설명하는 응답 형태를 분석해 보면 *Fig*. 4와 같이 학교급이 높아지는 것과 관계없이 유사한 응답 형태를 보임을 알 수 있다.

Fig. 4와 같이 학년이 높아지더라도 같은 형태의 응답을 하는 것을 보면 학생들이 가지고 있는 선개념을 변화시킨다는 것이 얼마나 어려운지를 짐작할 수 있다.

초등학생들의 경우 포화 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유를 “물에 녹기 때문에”라고 응답한 비율이 높은데 이는 초등학생들의 경우 소금이나 설탕 등을 물에 녹여 보았던 경험에서 소금이나 설탕이 물에 녹으면 눈에 보이지 않게 되므로 이를 소금이나 설탕 자체의 부피가 감소하는 것으로 이해하고 있는 것으로 생각된다.

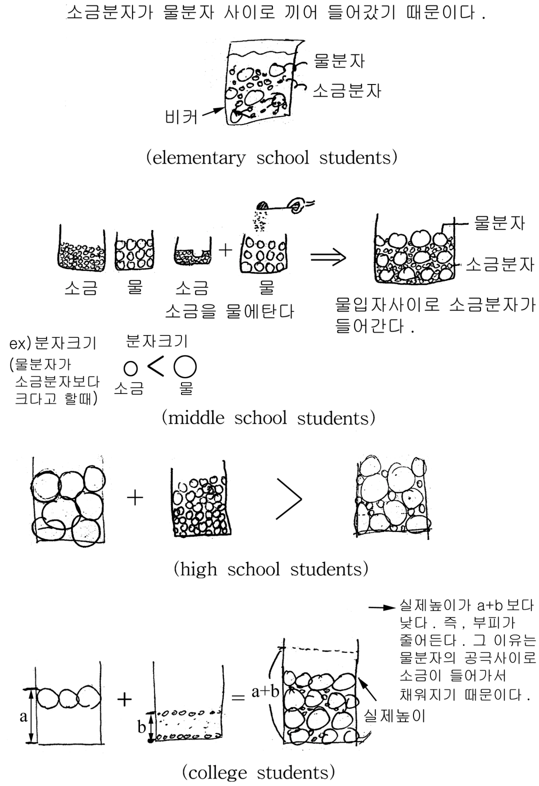

Fig. 4. Students’ demonstrations of saturated solution using space concept.

용질 사이의 상호 작용 이해에 대한 개념유형별 응답율 용해도에 미치는 용질 상호간의 영향에 대한 이해 정도를 묻는 5번 문항 “50°C의 물 100 g에 용질 A를

Table 6. The rate of response to which concept students take to understand the interaction of solutes (percentages)

Types of response	Elementary school(grade)			Middle school (grade)		High school (grade)			College				
	4	5	6	1	3	1	2	3	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	Elementary
Space concept	13.6	24.8	16.8	27.8	38.4	49.4	12.8	34.6	13.3	5.0	0	31.6	7.1
Attraction concept	17.5	16.2	19.6	2.8	14.0	24.7	24.4	11.5	6.7	70.0	30.8	21.1	42.9
Definition of solubility	32.0	23.8	31.8	19.4	29.1	6.2	14.0	19.2	33.3	10.0	38.5	5.3	14.2
Others, no response	36.9	35.2	31.8	50.0	18.5	19.7	48.8	34.7	46.7	15.0	30.7	42.0	35.8
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

녹여 포화 용액을 만든 다음 물에 녹는 용질 B를 가하면 어떻게 되는가?"에 대한 학교급별에 따른 학생들의 개념유형별 응답율은 *Table* 6과 같다.

Table 6에서 보는 바와 같이 한 용매에 두 가지 용질을 함께 녹일 때 용질 상호 간의 이해 정도는 전체적으로 낮음을 알 수 있다. 설문 응답자 중 화학교육을 전공하고 있는 70%의 대학생을 제외하고는 대부분이 학생들이 두 가지 용질이 한 용매에 함께 녹을 때 두 용질 사이의 상호 작용을 이해하지 못하고 있음을 알 수 있다.

문항 3에서 입자 사이의 구멍이 다 차는 것을 포화용액으로 이해하고 있는 학생들이 많았음에도(*Table* 4) 문항 5에서 용질 A로 포화된 용액에 용질 B를 가하면 용질 B도 용해도만큼 녹는다고 응답한 학생이 많은데 이는 학생들은 포화 용액에 대한 개념도 확실하지 못하며 나아가 두 용질이 한 용매에 녹을 때 두 용질 사이의 상호 작용에 대한 이해가 낮음을 보여주는 것으로 생각된다.

초등학교 때부터 일정량의 물에 녹는 물질의 양에는 한계가 있다는 사실을 학습하는 것을 시작으로 중 · 고등학교 때는 어떤 온도의 용매 100 g에 최대로 녹는 용질의 양을 용해도의 정의로 기계적으로 암기했던 학생들은 대학생이 되어서도 한 용매에 두 가지 용질이 녹는 상황에서도 아무런 갈등 없이 이미 기계적으로 자신의 인지 구조에 들어 있는 용해도의 정의에 입각하여 두 용질은 각각의 용해도만큼 녹을 것이라는 결론에 도달하고 있음을 짐작할 수 있다.

인력 개념으로 용해 현상을 학습한 고등학교 2학년 이후에도 한 용매에 두 가지 이상의 용질이 함께 녹는 상황에 대해서 용질과 용질 사이의 상호 작용을 고려하지 않은 채 한 가지 용질이 녹는 상황의 용해도 정의를 기계적으로 적용하고 있음은 교과서의 설명이 여러 가지 상황에 대해서 충분하게 되어 있지 못한 때문이기도 하며, 학생들이 수업에서 배운 과학 지식을 낱낱의 것으로 암기하고 있을 뿐 구조화하지는 못하고 있기 때문으로 생각된다.

석출량 계산 문제의 이해에 대한 개념유형별 응답율

석출량 계산 문제에 대한 이해 정도를 묻는 주관식 6번 문항 "35.5 g의 소금과 35.5 g의 질산칼륨이 고르게 섞인 혼합물을 물 100g에 완전히 녹인 다음 이 용액을 0 °C까지 냉각시킨 후 거르면 무엇이 얼마나 걸러지는가?(단, 0 °C에서 소금의 용해도는 35.5이고 질산칼륨의 용해도는 13.3이다.)"에 대한 학교급별에 따른 학생들의 개념유형별 응답율은 *Table* 7과 같다.

석출량 계산 문제에서 초등학생들 무응답 비율이 높은 것은 석출량의 계산이 중학교 1학년에서 다루는 내용이기 때문으로 생각된다. 그러나 이 문제를 다루는 중학교 1학년 과학 교과서에서조차 두 용질이 함께 녹을 때 두 용질은 서로의 용해도에 영향을 주지 않는다는 어떤 단서나 가정도 주지 않은 채 단순히 온도에 따른 두 물질의 용해도 차이에 근거하여 석출량을 계산하도록 하여 질산칼륨 22.2 g이 석출된다고 답한 경우를 정답으로 인정하고 있다. 이와 같은 학습은 학생들로 하여금 과학적 원리를 바르게 이해하도록 하기보다는 과학을 수학처럼 여기도록 하며, 과학은 어려운 과목이라는 인식을 심어주는 결과만을 가져올 곳으로 생각된다.

현재 문항 6의 정답으로 인정받는 질산칼륨 22.2 g이 석출된다는 응답에도 논리적으로 커다란 모순을 발견할 수 있다. 질산칼륨 22.2 g이 석출된다는 것은 0 °C 물 100 g에 소금 35.5 g과 질산칼륨 13.3 g이 함께 녹아 있는 경우인데 이는 학생들이 가지고 있던 기존의 포화 용액 개념과도 맞지 않을 뿐 아니라 용해도의 개념과도 배치되는 응답이다. 또한, 구멍 개념에 의한 포화 용액의 해석이나 용해도의 정의로는 한 용매에 두 가지 용질이 녹아 있는 경우를 이해하는 것은 거의 불가능하며, 용질과 용질 사이의 상호 작용을 제대로 이해할 수 없다.

Table 7. The rate of response to which concept students take to calculate eduction amount (percentages)

Types of response	Elementary school(grade)			Middleschool (grade)		High school (grade)			College				
	4	5	6	1	3	1	2	3	Physics	Chemistry	Biology	Earth science	Elementary
Potassium nitrate 22.2g	3.9	9.5	6.6	27.8	38.4	38.3	24.4	17.3	80.0	40.0	69.2	85.0	78.6
Less than potassium nitrate 22.2 g	34.0	45.7	32.7	19.4	29.1	22.2	17.4	21.2	13.3	35.0	23.1	0	7.1
Nothing filtered	0	1.0	2.8	27.8	15.1	2.5	0	3.8	0	0	0	5.0	0
Unpredict	4.9	16.2	15.9	2.8	14.0	4.9	4.7	9.6	0	5.0	0	5.0	0
No response	57.3	27.6	42.1	22.2	3.5	32.1	53.5	48.1	6.7	20.0	7.7	5.0	14.3
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

대학생들의 경우 인력 개념에 의한 용해 현상에 대한 학습이 충분히 이루어졌을 것으로 생각할 수 있는데 문항 6에서 질산칼륨 22.2 g이 석출된다고 응답한 비율이 전반적으로 높은 것은 것을 알 수 있다. 이와 같은 응답 결과는 대학생들이 어떤 현상에 대해서 원리나 이론에 의한 해석보다는 기계적인 적용에 익숙해 있음을 보여주는 것으로 단순히 중・고등학생들보다 계산 능력이 나아졌음을 보여줄 뿐이다.

이와 같은 석출량 계산 문제를 용질 상호 간의 인력 개념 없이 단순히 용해도의 정의에 근거해서 인위적 조작에 의한 가정 하에 문제를 해결하도록 요구하는 것은 무리라고 생각된다.

교사들의 용해와 관련된 현상의 이해 및 지도 실태

초등학교와 중등학교 현장에서 용해 현상과 관련된 내용의 지도 실태를 알아보기 위하여 초등학교 교사와 중・고등학교 교사들의 설문 응답 결과를 비교 분석하였다.

교사들의 응답을 분석한 결과 학생들과는 달리 대부분 구멍 개념과 인력 개념으로 나타나 이 두 가지 유형으로 범주화하여 초등학교 교사와 중・고등학교 교사들의 지도 실태를 알아보았다.

용해 현상의 이해에 대한 개념유형별 응답율 비교 초등학교 교사와 중・고등학교 교사들의 소금이 물에 녹는 현상에 대한 이해 유형은 *Table* 8과 같다.

Table 8에서 보는 바와 같이 초등학교 교사의 90.2%, 중학교 교사의 50.5%, 고등학교 교사의 30.8%가 소금이 물에 녹는 현상을 큰 입자 사이의 공간으로 작은 입자가 들어가는 것과 같은 구멍 개념으로 이해하고 있으며, 고등학교 교사의 61.5%, 중학교 교사의 40.6%, 초등학교 교사의 2.4%는 소금이 물에 녹는 현상을 인력 개념으로 바르게 이해하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 초등학교 교사들보다는 중학교 교사들이, 중학교 교사들보다는 고등학교 교사들이 용해 현상을 과학적 개념으로 이해하고 있는 비율이 높음을 알 수 있다.

초등학교 교사들이 용해 현상을 인력 개념보다 구멍 개념으로 이해하고 있는 비율이 높은 것은 초등학교에서는 용해를 현상적으로 지도하도록 한 교육과정이 결국 교사들의 용해 현상의 이해를 현상적인 수준에 머무르게 한 것이 아닌가 생각된다.

용해 현상의 지도에 대한 개념유형별 응답율 비교 초등학교 교사와 중?고등학교 교사들의 소금이 물에 녹는 현상을 설명할 때 주로 사용하는 모형에 대한 응답 유형은 *Table* 9와 같다.

Table 9에서 보는 바와 같이 초등학교 교사의 90.2%, 중학교 교사의 43.8%, 고등학교 교사의 61.5%는 좁쌀

Table 8. A comparison of the rate of response to which concept students take to understand dissolution the number of respondents(%)

Types of response	Elementary school teachers	Middle school teachers	High school teachers
Space concept	37 (90.2%)	16 (50.0%)	4 (30.8%)
Attraction concept	1 (2.4%)	13 (40.6%)	8 (61.5%)
Others, no response	3 (7.4%)	3 (9.4%)	1 (7.7%)
Total	41 (100%)	32 (100%)	13 (100%)

Table 9. A comparison of the rate of response to which concept teachers take to teach dissolution the number of respondents(%)

Types of response	Elementary school teachers	Middle school teachers	High school teachers
Space concept	37 (90.2%)	14 (43.8%)	8 (61.5%)
Attraction concept	0 (0%)	5 (15.6%)	4 (30.8%)
Others, no response	4 (9.8%)	13 (40.6%)	1 (7.7%)
Total	41 (100%)	32 (100%)	13 (100%)

Table 10. A comparison of the rate of response to which concept teachers take to understand saturated solution the number of respondents(%)

Types of response	Elementary school teachers	Middle school teachers	High school teachers
Space concept	36 (87.8%)	17 (53.2%)	6 (46.2%)
Attraction concept	1 (2.4%)	8 (25.0%)	5 (38.5%)
Others, no response	4 (9.8%)	7 (21.9%)	2 (15.4%)
Total	41 (100%)	32 (100%)	13 (100%)

과 콩을 섞을 때 콩 사이로 좁쌀이 들어가는 것과 같이 입자의 크기 차이가 나는 모형을 주로 이용하여 설명하고 있으며, 중학교 교사 32명 중 5명(15.6%), 고등학교 교사 13명 중 4명(30.8%)만이 인력 개념으로 용해 현상을 설명한다고 하였다.

이와 같이 구멍 개념으로 용해 현상을 설명한다고 하는 비율이 높은 것은 과학 수업에서 교사들의 설명의 비중이 높음에 비추어 볼 때 학생들이 소금이 물에 녹는 현상을 콩 사이로 좁쌀이 들어가는 것과 같이 구멍 개념으로 설명하게 된(*Table* 3)원인으로 작용한 것으로 보인다. 또한, *Table* 8에서 소금의 용해 현상을 인력 개념으로 이해하고 있는 교사의 비율이 초등학교 교사의 2.4%, 중학교 교사의 40.6%, 고등학교 교사의 61.5%이었던 것에 비하면 용해 현상을 설명하는데 인력 개념의 모형을 사용하는 교사의 비율이 초등학교 교사 0%, 중학교 교사 15.6%, 고등학교 교사 30.8%로 낮은데 이는 교사들이 용해 현상을 설명하기 위한 적당한 모형의 사용에 어려움을 겪고 있음을 반증하는 것으로 보인다. 즉, 많은 교사들이 자신들이 이론적으로 알고 있는 것과 실제 지도에 있어서 괴리가 있음을 알 수 있다.

포화 용액의 이해에 대한 개념유형별 응답율 비교 초등학교 교사와 중·고등학교 교사들의 포화 용액에 대한 이해 유형은 *Table* 10과 같다.

Table 10에서보는 바와 같이 포화 용액이 되는 이유를 초등학교 교사의 87.8%, 중학교 교사의 51.3%, 고등학교 교사의 46.2%가 구멍 개념으로 이해하고 있으며 초등학교 교사의 2.4%, 중학교 교사의 25.0%, 고등학교 교사의 38.5%만이 인력 개념으로 이해하고 있는 것으로 나타났다.

많은 초등학교 교사들이 콩과 좁쌀의 모형을 용해 현상을 설명하는데 이용하는 것(*Table* 9)과 마찬가지로 포화 용액을 콩 사이의 공간이 좁쌀로 모두 차게 되는 것과 같이 입자 사이의 공간이 모두 채워지는 것으로 이해하고 있는 것으로 생각된다. 이와 같이 초등학교 교사들이 포화 용액을 구멍 개념으로 응답한 비율이 높은 이유는 초등학교에서 분자의 크기를 설명하기 위한 실험인 콩과 좁쌀을 섞어보는 실험 때문이 아닌가 생각된다.

중학교 교사들 역시 교과서의 "용질이 더 이상 녹지 않게 된 상태"를 포화 용액으로 정의하고 있는 것으로부터 입자 사이의 공간이 모두 채워지면 용질이 더 이상 녹지 않을 것으로 해석하여 포화 용액을 구멍 개념으로 이해하게 된 것이 아닌가 생각된다.

교사들은 교과서의 설명 및 실험을 재해석하여 학생들을 지도하게 되는데 이와 같은 잘못 된 해석과 옳지 않은 모형으로 학생들을 지도하게 된다면 학생들의 과학적 개념형성을 방해하는 요인으로 작용할 것으로 생각된다.

포화 용액이 될 때 부피 감소 이유 설명에 대한 개념유형별 응답율 비교 초등학교 교사와 중·고등학교 교사들이 포화 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유를 설명하는 유형은 *Table* 11과 같다.

Table 11에서 보는 바와 같이 포화 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유를 설명할 때 초등학교 교사의 68.3%, 중학교 교사의 81.3%, 고등학교 교사의 76.9%가 큰 입자 사이의 공간을 작은 입자가 채우기 때문으로 설명한다고 응답하였다.

Table 11. A comparison of the rate of response to which concept teachers take to explain why the volume of saturated solution decreases the number of respondents(%)

Types of response	Elementary school teachers	Middle school teachers	High school teachers
Space concept	28 (68.3%)	26 (81.3%)	10 (76.9%)
Attraction concept	0 (0%)	1 (3.1%)	3 (23.1%)
Others, no response	13 (31.7%)	5 (15.6%)	0 (0%)
Total	41 (100%)	32 (100%)	13 (100%)

Table 12. A comparison of the rate of response to which concept teachers take to understand the interaction of solutes the number of respondents(%)

Types of response	Elementary school teachers	Middle school teachers	High school teachers
Space concept	8 (19.5%)	2 (6.3%)	0 (0%)
Attraction concept	14 (34.1%)	4 (12.5%)	4 (30.8%)
Others, no response	19 (46.3%)	22 (68.8%)	9 (69.2%)
Total	41 (100%)	32 (100%)	13 (100%)

Table 10에서 포화 용액이 되는 이유를 구멍 개념으로 이해하고 있는 교사가 초등학교 교사의 87.8%, 중학교 교사의 53.1%, 고등학교 교사의 46.2% 이었던 것과 비교하면 포화 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유를 구멍 개념으로 설명한다는 교사가 초등교사는 다소 낮아진 비율이며, 중・고등학교 교사들은 다소 높아진 비율이다.

이와 같이 교사들이 이해하고 있는 것과 실제 지도시 설명에 사용하는 모형의 응답율에 차이를 보이는 것은 교사들이 포화 용액에 대한 개념을 확실하게 가지고 있지 못함을 반증하는 것으로 보인다.

용질 사이의 상호 작용 이해에 대한 개념유형별 응답율 비교 초등학교 교사와 중・고등학교 교사들의 용해시 용질 사이의 상호 작용에 대한 이해 유형은 *Table* 12와 같다.

Table 12에서 보는 바와 같이 초등학교 교사와 중・고등학교 교사 모두 기타(무응답)의 응답 비율이 높음을 알 수 있다. 이는 교사들이 용질 사이의 상호 작용을 무시하였거나 용질 사이의 상호 작용을 고려하지 못한 결과로 초등학교 교사와 중・고등학교 교사 모두 용해도에 미치는 용질 상호 간의 영향에 대한 이해는 매우 낮은 것은 것으로 생각된다.

중학교 교사의 경우 기타로 분류된 68.8%의 교사들은 모두 용질 A로 포화된 용액에 용질 B를 가하면 용질 B도 용해도만큼 녹을 것이라고 응답하였는데 이는 용질 사이의 상호 작용을 전혀 고려하지 않고 단순히 용해도의 정의에 근거한 응답을 것으로 보인다.

이와 같은 응답 결과로 미루어 교사 자신이 한 용매에 두 가지 용질이 함께 녹는 경우에 용질-용질 사이의 상호 작용에 대한 이해 정도가 매우 낮음을 알 수 있다.

문항 1에서 문항 4까지 많은 교사들이 용해와 관련된 현상들에 대해 구멍 개념으로 응답하는 비율이 높았었는데 문항 5의 용질 사이의 상호 작용을 묻는 문항에서는 구멍 개념으로 응답한 비율이 급격히 감소하였다. 만약 구멍 개념으로 용해 현상을 이해하고 있는 교사라면 용질 A로 포화된 용액에 용질 B를 가할 경우 이미 구멍이 다 채워졌으므로 용질 B는 전혀 녹지 않는다라고 응답했어야 한다. 그러나 용질 B가 전혀 녹지 않는다라고 응답한 교사는 초등학교 교사의 19.5%, 중학교 교사의 6.3% 밖에 되지 않았으며, 구멍 개념으로 응답한 교사가 줄어든 비율만큼 인력 개념으로 응답한 비율이 증가하지 않았는데 결국 교사들이 한 용매에 두 가지 용질이 함께 녹는 경우에 용질-용질 사이의 상호 작용에 대한 이해가 매우 낮음을 반증하는 것으로 생각된다.

석출량 계산 문제의 이해에 대한 개념유형별 응답율 비교 초등학교 교사와 중・고등학교 교사들의 석출량 계산 문제에 대한 이해 유형은 *Table* 13과 같다.

석출량 계산 문제에 있어서 두 용질 사이의 상호 작용을 고려한다면 6번 문항에 대해서 '무엇이 얼마나 걸러질지 알 수 없다'라고 응답했어야 한다. 그러나 *Table* 13에서 보는 바와 같이 질산칼륨 22.2 g이 석출된다고 응답한 비율이 높은데 이는 석출량 계산 문제에 있어 교사들은 학생들과 마찬가지로(*Table* 7) 단순히 용해도

Table 13. A comparison of the rate of response to which concept teachers take to calculate eduction amount the number of respondents(%)

Types of response	Elementary school teachers	Middle school teachers	High school teachers
Potassium nitrate 22.2g	9 (22.0%)	26 (81.3%)	8 (61.5%)
Less than potassium nitrate 22.2g	13 (31.7%)	1 (3.1%)	1 (7.7%)
Nothing filtered	0 (0%)	1 (3.1%)	1 (7.7%)
Unpredict	11 (26.8%)	1 (3.1%)	1 (7.7%)
Others, no response	8 (19.5%)	3 (9.4%)	2 (15.4%)
Total	41 (100%)	32 (100%)	13 (100%)

의 정의에 근거하여 기계적인 계산을 하고 있음을 알 수 있다.

질산칼륨 22.2 g이 석출된다는 응답은 엄밀하게 용해도의 정의와도 논리적으로 맞지 않는 응답임을 알 수 있다. 질산칼륨 22.2 g이 석출된다는 것은 0℃의 물 100 g에 소금 35.5 g과 질산칼륨 13.3 g이 함께 녹아 있는 경우인데 용해도의 정의만으로는 이와 같은 상황을 제대로 설명하기 어렵다. 결국 석출량의 계산이나 용해 현상을 바르게 이해하려면 용질-용매 사이의 인력은 물론 용질-용질 사이의 인력 관계에 대한 이해가 있어야만 한다.

초등학교 교사들이 질산칼륨 22.2 g이 석출된다는 응답율이 낮은 것은 초등학교에서는 석출량 계산 문제를 다루지 않기 때문으로 보이며, 중학교 교사들이 질산칼륨 22.2 g이 석출된다고 응답한 비율이 가장 높은 것은 이와 같은 석출량 계산 문제가 중학교 1학년에서 다루어지기 때문으로 생각된다.

결론 및 제언

이 연구를 통해서 얻은 결론과 용해 현상과 관련한 학생들의 올바른 개념 형성을 돕기 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 교과서 분석을 통해서 초등학교 교과서와 중·고등학교 교과서 모두 용해와 관련된 내용의 설명이 충분하게 되어 있지 않으며, 일부의 교과서에서는 용해 현상을 설명하는 모형이나 내용 중 오개념을 유발할 가능성을 포함하고 있어 학생들이나 교사들의 개념 형성에 도움을 주지 못함을 알 수 있었다.

이와 같이 교과서의 설명이 충분하게 되어 있지 않은 까닭은 교과서의 지면이 제한되어 있는 것이 한 원인으로 생각된다. 최근 들어 학생들의 학습 부담을 덜어준다는 차원에서 교육과정에서부터 학습 내용의 양을 줄이고 있는데 이와 함께 교과서의 지면 제약도 유지되고 있는 실정이다. 이 같은 제약 속에서는 교과서 저자들이 충분한 설명을 하려고 해도 지면의 제약 때문에 어떤 현상에 대한 설명을 제대로 하기 어려울 것이다. 학습할 내용 요소를 줄이려는 의도가 자칫 내용 설명의 부실로 이어져서는 안될 것이므로 교과서의 면 수 제한을 하지 말아야 할 것이다. 아울러 모형이 가지는 특성상 모형으로 인한 오개념의 유발 가능성이 있으며, 한 가지 현상을 설명하는 모형이나 비유를 마치 모든 현상을 설명할 수 있는 것처럼 의도된 것과는 다른 현상의 설명에 적용하는 것은 바람직하지 않으므로 모형의 사용에 신중을 기하여야 할 것이다. 또한, 현재의 교육과정에 의하면 저학년에서는 학생들의 인지 수준을 고려하여 이론적인 설명보다는 현상적인 관찰에 의한 학습을 하게 되는데 학생의 수준에 맞는 인력 개념에 의한 용해 현상의 설명에 대한 연구가 이루어져야할 것으로 생각된다.

둘째, 초등학생으로부터 대학생까지의 용해 현상에 대한 개념유형 분석을 통해서 용해 현상에 대해 초등학생들은 다양한 응답을 보여 현상의 관찰에 의한 나름대로의 개념을 형성하고 있음을 알 수 있었다. 중학교 학생들은 용해 현상을 구멍 개념으로 이해하고 있는 비율이 70% 이상이었으며, 고등학생들은 50% 이상의 학생들이 구멍 개념으로 이해하고 있었다. 대학생의 경우에는 인력 개념으로 이해하고 있는 비율이 중·고등학교 학생보다 상대적으로 높았지만 여전히 구멍 개념으로 용해 현상을 이해하고 있는 학생이 많았다. 그리고 용해 현상의 설명에서는 인력 개념으로 이해하고 있던 학생들 마저 설명할 때는 구멍 개념을 사용함으로써 용해 현상에 대한 개념 정립이 확실하지 못함을 드러내었다.

구멍 개념에 의한 용해 현상의 설명 시 초등학생이 사용하는 모형이나 대학생이 사용하는 모형이 큰 차이가 없음을 보여 학생들의 선개념의 견고함을 확인할 수

있었는데 이는 학생들이 한 번 형성한 개념의 변화가 어렵다는 것을 대변한다고 생각된다. 따라서, 교사들은 수업 전에 학생들의 선개념을 확인하는 것이 중요하며, 학생들이 과학적인 개념을 형성하기 이전에 가지고 있던 선개념을 쉽사리 변화시키지 어렵다는 점을 고려한 수업 전략의 수립이 필요하다 하겠다. 아울러 학생들의 이해를 도울 수 있는 보조 자료의 개발이 이루어져야 할 것으로 보이는데 교과서 개발 단계에서 관련 동영상을 함께 제작하여 보급하는 방안도 검토할 필요가 있다고 생각된다. 현재 일부 출판사에서 교과서 내용을 수록한 CD-ROM을 보급하고 있기는 하지만 수록된 내용이 실제 수업에 큰 도움이 되지 못하므로 교육 현장에서의 활용도는 미미한 실정이다. 따라서, 교과서 관련 규정에 보조 자료의 개발을 포함시키는 것도 좋은 방안으로 생각된다.

셋째, 교사들을 대상으로 한 설문 조사에서 많은 교사들이 용해와 관련된 현상을 구멍 개념으로 이해하고 있었다. 중등학교 교사들보다는 초등학교 교사들의 구멍 개념으로 응답한 비율이 높았으며, 중등학교 교사들 역시 학교급에 따라 용해 현상을 이해하는 개념의 차이를 보이고 있었다. 이와 같은 결과는 한 명의 교사가 과학 교과서의 전 영역을 지도하고 있는 중학교의 현실을 반영한 것으로 보이며 고등학교에서도 전공 영역 이외의 단원을 지도하게 될 가능성이 점점 커지는 현실에 비추어 문제점으로 생각된다.

이상에서 용해와 관련된 현상에 대해서 학생들이 인력 개념보다 구멍 개념으로 이해하고 있는 비율이 높게 된 배경에는 학생들의 개념 형성에 교과서와 교사들이 미치는 영향이 큼을 알 수 있었다. 따라서, 학생들이 과학적인 개념을 형성하도록 하기 위해서는 교과서의 자세한 설명과 함께 적절한 모형의 개발, 과학 교사들의 재교육 및 예비교사 교육의 강화 등이 요구된다 하겠다.

인 용 문 헌

1. Strike, K.; Posner, G. *Cognitive structure psychology, and educational theory and practice*; Albany, SUNY Press: NY, USA, 1992; pp.147-176.
2. Jones, M. G.; Carter, G.; Rua, M. J. *Journal of Research in Science Teaching.* **2000**, *37*(2), 139-159
3. Paik, S. H. *Chem. Educ.* **2000**, *27*(1), 78-80.
4. Duit, R. (1991). *The psychology of learning science*; Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates: NJ, USA, 1991; pp. 65-85.
5. Kang, D. H.; Paik, S. H.; Park K. T. *Chem. Educ.* **1998**, *25*(4), 207-220.
6. Kang, S. H.; Park, J. Y.; Woo, A. J. Heo, E. K. *Chem. Educ.* **1996**, *23*(4), 267-275.
7. Park, J. Y.; Kang, S. H.; Choi, H. Y. *Chem. Educ.* **1996**, *23*(6), 436-450.
8. Lee, W. S.; Jo, S. W.; Kim, D. W. *Chem. Educ.* **1996**, *23*(6), 451-461.
9. Noh, T. H.; Kwon, H. S.; Lee, S, W. *Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1997**, *17*(3), 323-332.
10. Kang, D. H.; Paik, S. H.; Park, K. T. *J. Korean Chem. Soc.* **2000**, *44*(5), 460-469.
11. Kim, J. H.; Lee, D. J.; Kim, S. K.; Kang, S. J.; Paik, S. H. *J. Korean Chem. Soc.* **2000**, *44*(6), 611-624.
12. Han, Y. W.; Kang, D. H. Yang, I. H.; Paik, S. H.; Park, K. T. *Chem. Educ.* **1999**, *43*(3), 340-350.
13. Anderson, C. W.; Berkheimer, G. D. Matter and Molecules. Teacher's Guide: Science Book, Institute for Research on Teaching, College of Education. Michigan State University, Occasional Paper No. 121, 122., 1988.
14. Blanco, A.; Prieto, T. *International Journal of Education.* **1997**, *19*(3), 303-315.
15. Ebenezer, J. V.; Gaskell, P. J. *Science Education.* **1995**, *66*(4), 623-633.
16. Abraham, M. E. *Journal of Research in Science Teaching.* **1994**, *29*(2), 105-120.
17. Ebbing, D. D.; Wrighton, M. S. *Chemistry* (4th ed.). Houghton Mifflin Company: Boston, USA, 1993; pp. 450-475.
18. Kim, J. H.; Lee, D. J.; Kim, S. K.; Kang, S. J.; Paik, S. H. *J. Korean Chem. Soc.* **2000**, *44*(6), 611-624.
19. 강석구; 박준우; 고광호; 안운선; 권동숙; 이순보; 김연규; 정명숙; 박윤창; 정은호; 박일현; 주완철 일반화학. 보진재출판사, 1984, pp. 237-268.
20. 최병순; 강순희; 박종윤; 김도욱; 김경희 교사양성대학의 화학교육학 교재개발 연구 보고 서. 100-119. 1998. [초, 중등학교의 교과서는 6차 교육과정에 따른 것이며 인용문헌에서 생략하였음.]