

중등학교에서의 용해 현상의 지도 실태 조사

姜昊勳* · 白盛惠† · 朴國泰†

서울연희여자중학교

†한국교원대학교 화학교육과

(2000. 5. 22 접수)

A Study on Teaching Practices of Dissolution in the Secondary Schools

Dae-Hun Kang*, Seoung-Hey Paik[†], and Kuk-Tae Park[†]

Seoul Yonhui Girls' Middle School, Seoul 120-122, Korea

[†]Department of Chemical Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

(Received May 22, 2000)

요 약. 이 연구에서는 중등학교 과학 교과서에서의 용해 현상 및 그와 관련된 내용에 대한 설명의 적절성과 과학 교사들의 지도 실태를 알아보았다. 연구 결과, 현재의 중·고등학교 과학 교과서에는 용해를 단순히 두 물질이 고르게 섞이거나 한 물질이 다른 물질 속으로 녹아 들어가는 현상으로 설명을 하고 있어 용해 과정을 용매화로 제대로 이해하기 어려운 실정이다. 또한, 실문-응답 교사들 중에는 용해를 콩 사이로 좁쌀이 끼어 들어가는 것과 같이 입자의 크기 차이에 비유하여 설명하는 경우가 많았다. 이와 같은 결과는 교사 자신이 용해 현상에 대해서 잘못 이해하고 있을 뿐 아니라 학생들에게 잘못된 개념이 그대로 전수되는 것으로 보인다. 결국 교사가 가지고 있는 옳지 못한 개념이 학생들에게 그대로 전이되어 용해에 대한 올바른 개념 형성을 어렵게 만들 것으로 생각된다.

ABSTRACT. This study was to examine the appropriateness of explanation and science teachers' teaching practices on dissolution in secondary school science textbooks. The result showed that students had difficulty in understanding the process of dissolution as solvation. Because the textbooks referred dissolution as a mixture of two substances. According to the survey, many teachers usually compared dissolution to small particles' filling the space between large particles due to the difference of size among particles such as beans and rices. This survey told us that teachers themselves misunderstood dissolution. Eventually, students are expected to have a hard time in forming the right concept of dissolution by the misunderstanding of teachers.

서 론

과학 교사가 갖추어야 할 두 가지 중요한 조건을 말한다면 교과 내용에 관한 지식을 아는 일과 그 교과를 학생들에게 효과적으로 전달하는 방법을 아는 일이라 할 수 있다.¹ 교육과정에서는 학교급별, 학년별로 과학 교과에서 다루어야 할 내용요소들을 제시하고 있는데, 용해는 초등학교 4학년 자연 과목에서부터 대학교의 일반화학 과목에서까지 폭넓게 다루어지는 주요 개념이다. 특히 중학교에서는 제 3차 교육과정 이래 여러 번의 교육과정 개정에도 불구하고 물질의 특성이나

물질의 특성과 분리 등의 단원에서 빠지지 않고 꾸준히 다루어지고 있어 그 중요성을 짐작할 수 있다. 또한, 용해는 일상생활과 밀접한 현상임에도 불구하고 학생들은 용해 현상을 이해하는데 어려움을 겪고 있으며 교사들이 용해 현상을 지도할 때 적절하지 않은 비유나 모형을 사용한다는 지적도 제기 되었다.² 비유는 오래 전부터 동기 유발의 도구로 과학 수업에 많이 사용되어 왔으며, 과학 교과서에도 다양하게 제시되고 있다.^{3,5} 그러나 교사와 교과서 저자들이 의도한 것과 달리 과학 개념과 비유물을 혼동하거나 새로운 오개념을 유발하는 등 비유의 사용이 오히려 과학 개념의 이해

에 방해가 되고 있다.⁶⁹ 따라서 비유의 사용에 있어서 세심한 주의가 필요하다. 학생들이 과학을 어려워하는 이유가 학생들의 인지 수준의 탓이 아니라 가르치는 교사와 교과서 내용 체계가 정확한 개념 정립을 못한 상태이기 때문이라는 지적¹⁰은 교과서의 내용 체계와 교사의 올바른 개념 정립이 중요함을 강조한 것으로 생각된다. 따라서, 이 연구에서는 용해와 그에 따른 여러 가지 현상에 대해서 중·고등학교의 과학 교과서의 진술 내용 및 지도 실태를 파악하여 적절한 지도 방법을 모색해 보고자 한다.

연구 내용 및 방법

연구내용. 이 연구에서는 중등학교에서 용해 현상 및 그와 관련된 내용의 지도 실태를 파악 분석하여 이에 대한 적절한 지도 방법을 모색하고자 한다. 이를 위하여 제 6차 교육과정에 따라 개발된 중·고등학교의 과학 교과서에서 다루고 있는 용해 현상 및 그에 관련된 내용을 분석하여 그 설명이 적절한지를 알아보았다. 또한, 교육현장에서 관련 내용의 교육을 담당하고 있는 교사들을 대상으로 설문지를 개발하여 투입한 다음 설문 결과를 분석하여 교사들의 용해 현상 및 그와 관련된 내용을 어떻게 지도하고 있는지 알아보았다.

연구방법. 이 연구에서는 8종의 중학교 과학 교과서와 5종의 고등학교 화학 II 교과서에서 다루고 있는 용해 현상 및 그에 관련된 내용을 분석하였다. 그리고 교사들의 용해 현상 및 그와 관련된 내용의 지도 방법을 알아보기 위하여 설문 조사를 실시하였다. 설문지는 다음과 같이 용해 현상과 관련된 문항 2개, 포화 용액과 관련된 문항 2개, 용해도와 관련된 문항 2개 등 총 여섯 문항으로 구성되어 있으며 과학교육 전문가와 과학 교사들에 의해 문항의 타당도를 검증 받았다.

- (1) 용해 현상과 관련한 문항
 - ① 용해 현상의 지도 방법

- ② 용해 현상을 지도할 때 사용하는 비유나 모형
 - (2) 포화 용액과 관련된 문항

- ① 포화 용액의 개념 지도 방법

- ② 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유의 지도 방법

- (3) 용해도와 관련된 문항

- ① 용해도에 미치는 용질 상호간의 영향

- ② 석출량 계산 문제

설문에 응답한 45명의 교사는 현재 교육대학원 과학 교육학과에 재학 중으로 이들의 구성은 Table 1과 같다.

결과 및 논의

중학교 과학 교과서의 용해 현상 설명. 제 6차 교육과정의 중학교에서는 모두 8종의 과학 교과서가 개발 되어 쓰이고 있다. 용해 현상과 그와 관련 있는 내용은 중학교 1학년에서 다루고 있는데 8종의 교과서에서는 Table 2와 같이 용해를 정의하고 있다.

Table 2에서 보는 바와 같이 현재 사용 중인 중학교 1학년 과학 교과서에서는 용해를 단순히 두 물질이 고르게 섞이거나 한 물질이 다른 물질 속으로 녹아 들어가는 현상으로 정의하고 있다. 대부분 용해 과정을 문장으로 설명하고 있으며 (주)두산의 교과서만 Fig. 1과 같은 모형을 이용하여 용해의 원리를 설명하고 있다. 그러나 이와 같은 모형으로는 용해 과정이 용질과 용매 사이의 상호 작용에 의한 것이라는 사실을 제대로 이해하기 어려울 것으로 생각된다.

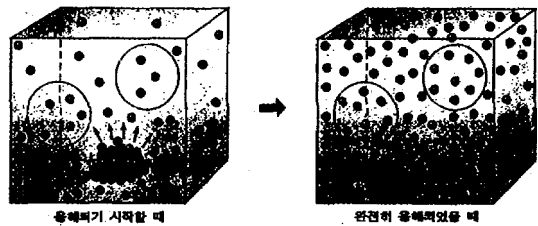


Fig. 1. 용해의 원리 설명 모형.¹¹

Table 1. 설문 응답 교사의 구성

전공별	물리 관련	화학 관련	생물 관련	지구과학 관련	계
	10	31	2	2	45
학교급별	중학교		고등학교		계
	32		13		45
경력별	1~5	6~10	11~15	16년 이상	계
	1	21	14	9	45

Table 2. 중학교 8종 과학 교과서의 용해의 정의

출판사	용해의 정의
1 교학사(정창희 등)	용질이 용매에 녹아 고루 섞이는 현상
2 천재교육	용질이 용매에 녹아 골고루 섞이면서 용액이 되는 현상
3 지학사	한 물질이 다른 물질에 녹아 고르게 섞여 들어가는 현상
4 (주)두산	한 물질이 다른 물질에 균일하게 섞여 들어가는 현상
5 교학사(송인명 등)	용질이 용매에 녹아서 균일하게 섞이는 현상
6 금성출판사	용질이 용매에 녹아서 고르게 섞여 용액이 되는 현상
7 동화사	용질이 용매에 녹는 현상
8 한샘출판사	정의하지 않음

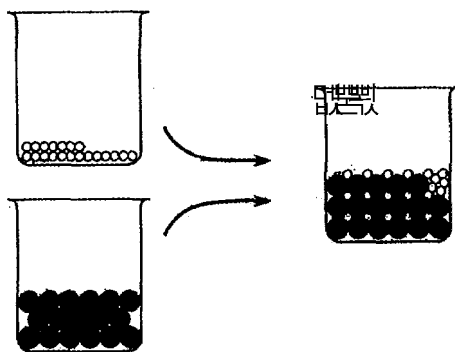


Fig. 2. 용해시 부피 변화 설명.¹²

또한, (주)두산의 교과서에서는 용해가 되어 용액이 될 때 부피가 줄어드는 이유를 Fig. 2와 같이 용매와 용질이 고루 섞이게 되면 큰 알갱이들 사이로 작은 알갱이가 끼어 들어가서 공간이 작아지기 때문으로 설명하고 있다.

이 설명에 의하면 용해를 큰 알갱이 사이의 공간에 작은 알갱이가 끼어 들어가 알갱이 사이의 공간을 채우는 현상으로 이해할 수밖에 없으며, 용해가 될 때 부피가 감소하는 것을 설명하려는 본래의 의도와는 달리 학

생들로 하여금 용해 현상을 단순히 용질이 용매 사이로 끼어 들어가는 것으로 이해하도록 유도하고 있다.

Ebbing과 Wrighton¹³은 용해되는 과정이 단순히 섞이는 것이라면 어떤 물질이라도 다른 물질에 완전히 녹을 것이라고 생각해도 좋다고 하였는데, 이는 현재 사용 중인 중학교 과학 교과서의 용해 현상의 설명에 오류가 있음을 반증하는 것으로 생각된다. 즉, 용해가 용질이나 용매 사이에 존재하는 공간(구멍)으로 서로 들어가 고르게 섞이는 현상이라면 어떤 용질이나 용매라도 공간이 존재하기 마련이므로, 어떠한 용질이라도 모든 용매에 녹아야 하는 모순이 생기게 되는 것이다.

중학교 과학 교과서의 포화 용액 설명. 현재 사용 중인 8종의 중학교 과학 교과서에서는 Table 3과 같이 포화 용액을 정의하고 있다.

Table 3에서 보는 바와 같이 대부분의 교과서에서 포화 용액은 용질이 용매에 최대한 녹아 있는 용액으로 일정량의 용매에는 어느 한도 이상의 용질이 용해되지 않는다고 설명하고 있다. 포화 용액은 어떤 한 가지 용질에 관한 것이므로 “어떤 용질”에 초점을 맞추어 포화 용액을 정의를 해야한다. 그러나 대부분의 교과서는 “용질이 더 이상 녹을 수 없는 상태”에 초

Table 3. 중학교 8종 과학 교과서의 포화 용액의 정의

출판사	포화 용액의 정의
1 교학사(정창희 등)	정의하지 않음
2 천재교육	용질이 용매에 최대한 녹아 있는 용액
3 지학사	일정한 양의 용매에 용질이 어느 한계까지 녹아 있는 용액
4 두산동아	용매에 용질이 더 이상 녹을 수 없을 정도로 최대한 녹아 있는 용액
5 교학사(송인명 등)	일정한 양의 용매에 용질이 녹는 한계에 도달하여 더 이상 녹을 수 없는 용액
6 금성출판사	어떤 용질이 일정한 온도에서 일정한 양의 용매에 더 이상 용해될 수 없는 한계까지 녹아 있는 용액
7 동화사	어떤 온도에서 일정한 양의 용매에 용질이 더 이상 녹을 수 없을 만큼 최대한 녹아 있는 용액
8 한샘출판사	일정 온도의 용액에 용질이 더 이상 녹지 않는 상태

점이 맞추어져 있다. 이와 같은 포화 용액의 정의에 의하면 한 용질로 포화된 용액에는 다른 용질이 녹는 현상을 이해하기 어려울 것으로 생각된다.

중학교 과학 교과서의 용해도 설명. 현재 사용 중인 중학교 과학 교과서에서는 용해도의 정의를 다음과 같이 크게 두 가지로 하고 있다.

어떤 온도에서 용매 100 g에 최대로 녹을 수 있는 용질의 g수¹⁴⁻¹⁷

일정한 온도에서 용매 100 g이 포화 용액으로 될 때까지 그 용매에 녹을 수 있는 용질의 g수¹⁸⁻²¹

이와 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. 그리고 대부분의 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°C까지 냉각시킨 후 거르면 무엇이 얼마나 걸러질까? (단, 0°C에서 소금의 용해도는 35.5이고 질산칼륨의 용해도는 13.3이다.)²²

위의 문제에 대해 학생들은 질산칼륨 22.2 g으로 답을 해야만 정답으로 인정받을 수 있다. 그러나 여기에는 여러 가지 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. 셋째는 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유를 큰 알갱이 사이로 작은 알갱이가 끼어 들어가는 것으로 설명한다면 이 문제는 성립할 수 없다.

왜냐하면 포화 용액이 되었다면 이미 알갱이 사이의 공간이 꽉 차버렸기 때문에 또 다른 용질이 녹는 것은 있을 수 없기 때문이다.

Brady와 Humiston²³은 일반적으로 계산에 필요한 혼합물의 조성을 모르기 때문에 실제로 석출량을 구하는 계산은 거의 하지 않는다고 하였는데, 교과서에서의 인위적인 조작에 의한 석출량을 계산하도록 하는 것은 바람직하지 않은 것으로 생각된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 중학교 과학 교과서에서는 용해 및 그와 관련된 여러 가지 현상에 대해서 충분한 설명이 되어 있지 않기 때문에 어떤 상황의 설명을 위해서는 무리한 가정을 하게 되는 등의 모순을 낳고 있음을 알 수 있다. 그러므로 용해 과정에 대한 올바른 과학적 개념을 설명하기 위해서는 인력 등 입자 간의 상호 작용을 중학교 과학 교과서에도 도입해야 될 것이다.

고등학교 화학 교과서의 용해 현상 설명. 제 6차 교육과정의 고등학교에서는 화학 교과서가 화학I, 화학II로 개발되어 사용 중인데, 용해 현상은 화학II에서 다루고 있다. 고등학교 화학II에서는 중학교 과학 교과서 보다는 다양한 용매와 용질에 대해서 다루고 있으며, 고체 용질의 용해 현상에 대해서도 다음과 같이 중학교보다 더 이론적으로 설명하고 있다.

염화나트륨의 결정이 물 속에 넣으면, 물분자의 전기적으로 음성 부분인 산소 원자 쪽이 결정의 표면에 있는 Na⁺를 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, 물과 결합하고 있는 이온을 수화 이온이라고 한다. 그리고 일반적인 용매에 대해서는 용매화(solvation)라고 한다.²⁴

또한, 대부분의 고등학교 화학II 교과서에서는 용해 과정을 Fig. 3과 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.

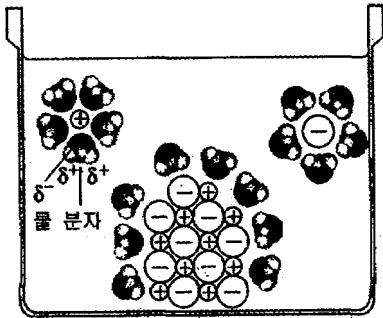


Fig. 3. 염화나트륨의 용해 설명.²⁵

나프탈렌의 경우에는 물분자 사이의 인력이 물분자와 나프탈렌 분자 사이의 인력보다 크기 때문에 물분자 사이에 나프탈렌 분자가 끼어들 수 없으므로 물에 녹지 않는다.^{26,27}

이러한 설명은 용해 현상을 용매와 용질 사이의 인력 관계로 설명하다가 "나프탈렌 분자가 물분자 사이로 끼어들 수 없기 때문에 물에 녹지 않는다"라고 결론을 맺음으로서 학생들로 하여금 나프탈렌이 물에 녹지 않는 까닭이 물분자 사이의 공간이 없기 때문으로 이해하게 하는 결과를 낳을 것으로 생각된다. 즉, 이 설명에 의하면 학생들은 용해 과정을 용매 분자 사이로 용질 분자가 끼어 들어가는 과정이며, 나프탈렌이 물에 녹지 않는 까닭이 물분자 사이에 공간(구멍)이 없기 때문으로 이해함으로써 용해 과정에 대해 올바른

개념을 갖기 어렵게 하고 있음을 알 수 있다. 중학교 과정에서는 인력 개념을 학습하지 않기 때문에 용해 현상 및 그와 관련된 내용의 설명을 입자 사이에 존재하는 공간 때문으로 설명하는 것이 어쩔 수 없다 하더라도 고등학교 과정에서는 인력 개념을 다루고 있음에도 불구하고 여전히 중학교 수준의 공간 개념으로 용해 현상을 설명하는 것은 문제점으로 생각된다.

중등학교 과학 교사들의 용해 현상 관련 내용의 지도 실태. 중등학교 과학 교사들의 용해 및 용해 현상과 관련된 내용의 지도 실태를 알아보기 위하여 중·고등학교에서 과학 교과를 담당하고 있는 교사들을 대상으로 설문 조사를 실시하였다.

용해 현상의 설명 방법. 과학 교사들이 학생들에게 용해 현상을 어떤 방법으로 설명하는지 알아보기 위한 1번 문항 "선생님께서 소금의 용해 현상을 학생들에게 지도하실 때(지도하신다면) 어떤 방법으로 설명하시나요?"에 대한 응답 결과는 Table 4와 같다.

Table 4에서 보는 바와 같이 문항 1의 정답은 ②번으로 옳은 지도 방법은 수화 개념을 사용해서 설명해야 한다. 그러나 20명(44.4%)의 교사들이 소금이 물에 녹는 현상을 소금 알갱이가 물분자 사이로 들어가는 것으로 설명한다고 응답하였다. 이와 같은 결과는 설문 응답 교사의 절반 이상이 용해 현상에 대해서 옳은 개념을 가지고 있지 못하거나 이해 정도가 낮기 때문으로 생각된다. 또한 교과서의 오류가 교사들에 의해서

Table 4. 문항 1에 대한 응답 결과

	보	기	응답자수 (%)
①	소금 알갱이가 물분자와 충돌한다.		0 (0%)
②	소금 알갱이가 물분자로 둘러싸인다.*		21 (46.7%)
③	소금 알갱이가 물분자 사이로 들어간다.		20 (44.4%)
④	소금 알갱이의 크기가 점점 작아진다.		1 (2.2%)
⑤	기 타		3 (6.7%)
	계		45 (100%)

Table 5. 소금 알갱이가 물분자 사이로 들어간다고 응답한 교사의 분포 (단위:명)

전 공 별	물리	화학	생물	지구과학	계
	6	10	2	2	20
학교급별	중학교		고등학교		계
	16		4		20
경 력 별	1~5년	6~10년	11~15년	16년 이상	계
	0	8	7	5	20

바로 잡혀지지 않은 채 학생들에게 전달되는 것으로 생각된다.

소금 알갱이가 물분자 사이로 들어가는 것으로 설명한다는 20명의 교사들의 분포를 보면 Table 5와 같다.

Table 5에서 알 수 있는 바와 같이 설문 응답 교사 중 생물과 지구과학 전공자는 모두 용해 현상을 분자 사이로 들어가는 것으로 설명하고 있으며, 물리 전공자도 전체 10명 중 6명이 이와 같은 방법으로 설명하고 있음을 알 수 있다. 아울러 화학 전공자는 전체 31명 중 10명이 용해 현상을 잘못 지도하고 있는 것으로 나타났다. 산술적으로 전체 과학 교사를 100으로 본다면 물리, 화학, 생물, 지구과학 전공자는 각각 25에 해당하는 것이 교육 현장의 현실이다. 이와 같은 상황에서 한 명의 교사가 과학 교과서 전체를 지도하고 있는 중학교의 과학 교육은 자칫 옳지 않은 과학 개념을 교육하는 결과를 낳지 않을까 우려된다. 또한, 설문 응답 교사들의 교직 경력을 보면 중·고등학교에서 오래 전부터 잘못된 방법으로 용해 현상이 지도되고 있음을 추측할 수 있다.

용해 현상 설명 시 사용하는 모델의 유형. 용해 현상을 설명할 때 교사들은 주로 어떠한 모형을 사용하는지를 알아보기 위한 “선생님께서 용해 현상을 학생들에게 지도하실 때(지도하신다면) 많이 사용하시는 비유나 모형은 무엇인가요?”라는 주관식 2번 문항의 응답 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. 문항 2에 대한 응답 결과

설명유형	응답자수 (%)
공과 좁쌀, 모래와 물 등 입자의 크기 차이로 설명	22 (48.9%)
인력 등 수화 개념 모형으로 설명	9 (20.0%)
기타	7 (15.6%)
무응답	7 (15.6%)
계	45 (100%)

Table 6에서 보는 바와 같이 설문 응답 교사 45명 중 22명이 용해 현상을 공 사이로 좁쌀이 들어가는 것과 같은 입자의 크기 차이로 설명한다고 응답하였는데 이는 문항 1에서 20명의 교사가 소금이 물에 녹는 현상을 소금 알갱이가 물분자 사이로 들어간다고 응답한 것과 비슷한 양상으로 많은 교사들이 용해 현상을 입자 사이의 공간을 채우는 것으로 지도하고 있음을 알 수 있다. 또한, 문항 1에서 소금 알갱이가 물분자로 둘러싸인다고 응답한 교사가 21명(46.7%)인 반면 문항 2에서 이를 설명하기 위한 모형으로 수화 모형을 사용하는 교사는 9명(20.0%)에 불과한데, 이는 교사들이 알고 있는 것과 실제 가르치는데 있어서는 차이가 있으며 용해 현상을 설명하기 위한 적절한 모형의 사용에 어려움을 겪고 있음을 알 수 있다.

용해 현상을 알갱이의 입자 크기의 차이로 설명한다는 22명의 교사들의 분포는 Table 7과 같다.

Table 7에서 알 수 있는 바와 같이 용해 현상을 입자의 크기에 비유하여 설명한다는 22명의 교사 중에 12명(54.5%)이 화학 전공자인데, 이는 화학 교사를 양성하는 과정에서의 문제점으로 생각된다. 그리고 중학교에서 과학 교과를 담당하는 교사의 약 3/4이 화학 비전공자이다. 비전공자일수록 교과서의 의존도가 높을 것을 감안한다면 교과서의 오류는 곧 학생 지도상의 오류로 이어져 결국은 학생들에게 오개념을 갖게 하는 원인으로 작용할 것으로 생각된다. 또한, 설문에 응답한 교사의 교직 경력이 모두 6년 이상인 점을 고려하면 우리의 교육 현장에서 용해 현상의 설명에 이와 같은 잘못된 비유나 모형이 오래 전부터 사용되어 왔음을 알 수 있다. 용해 현상과 관련한 1, 2번 문항의 응답을 통해서 많은 교사들이 용해 현상에 대한 이해가 낮거나 교사 자신이 옳지 못한 개념을 가지고 있으며, 적절하지 않은 모형으로 용해 현상을 설명하고 있음을 알 수 있다.

Table 7. 용해 현상을 입자의 크기 차이로 설명한다고 응답한 교사의 분포

(단위:명)

전 공 별	물리	화학	생물	지구과학	계
	8	12	1	1	
학교급별	중학교		고등학교		계
	17		5		
경 력 별	1~5년	6~10년	11~15년	16년 이상	계
	0	7	10	5	

Table 8. 문항 3에 대한 응답 결과

설명유형	응답자수 (%)
용질과 물 사이의 공간이 팽창기 때문에	23 (51.1%)
용질에 둘러싼 물분자가 없어서	14 (31.1%)
용질과 물이 더 이상 충돌할만한 에너지가 없어서	4 (8.9%)
기타	4 (8.9%)
계	45 (100%)

포화 용액에 대한 설명 유형. 포화 용액에 대한 설명 방법을 알아보기 위한 3번 문항 “선생님께서 어떤 용질이 물에 녹아 포화 용액이 되는 이유를 학생들에게 지도하실 때(지도하신다면) 어떻게 설명하십니까?”에 대한 응답 결과는 Table 8과 같다.

Table 8에서 보는 바와 같이 23명(51.1%)의 교사들이 포화 용액이 되는 이유를 용질과 용매 사이의 공간이 팽창기 때문으로 설명한다고 응답하였는데, 이는 용해 과정에 대한 교사들의 이해가 부족하다는 반증이며, 결국은 용해 현상을 용질이 용매에 끼어 들어가는 것으로 설명하게 되는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한, 충돌할 만한 에너지가 없어서라고 응답한 교사가 4명(8.9%)인데 문항 1에서 용해 현상을 설명할 때 용질이 용매와 충돌한다고 응답한 교사가 없었던 것에 비하면 교사들의 응답에 일관성이 없음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 교사들이 용해 현상이나 포화 용액에 대한 개념의 이해가 부족하기 때문인 것

으로 생각된다.

포화 용액이 되는 이유를 용질과 용매 사이의 공간이 팽창기 때문이라고 응답한 23명의 교사들의 분포를 보면 Table 9와 같다.

Table 9에서 보는 바와 같이 포화 용액이 되는 이유를 용질과 용매 사이의 공간이 팽창기 때문이라고 응답한 23명의 교사 중에 12명(52.2%)이 화학 전공자이며, 용해 현상 및 그와 관련된 내용을 가장 많이 학습하는 단계인 중학교에 근무하는 교사가 17명으로 전체 설문 응답 교사 중 중학교에 근무하는 교사 32명의 53.1%에 해당한다. 이와 같은 결과는 화학 교사의 양성 과정과 현장 과학교육에 있어서 문제점으로 지적할 수 있다.

용해 시의 부피 변화에 대한 설명 유형. 포화 용액이 될 때 질량은 변하지 않는데 부피가 감소하는 이유를 어떻게 설명하는지를 알아보기 위한 주관식 4번 문항 “소금을 물에 녹여 포화 용액으로 만들면 질량은 변하지 않는데 부피는 감소합니다. 그 이유를 학생들에게 지도하실 때(지도하신다면) 선생님께서 어떻게 설명하십니까?”에 대한 응답 결과는 Table 10과 같다.

Table 10에서 보는 바와 같이 설문 응답 교사 중 36명(80.0%)이 용액이 될 때 부피가 감소하는 이유를 용매와 용질 사이의 입자의 크기의 차이에 의한 공간 사이로 들어가는 것으로 설명하고 있는 반면에 용매와 용질 사이의 인력 때문으로 설명하는 교사는 불과 4명(8.9%)에 지나지 않음을 알 수 있다. 이와 같은 응답

Table 9. 공간이 팽창해서 포화 용액이 된다고 응답한 교사의 분포

(단위: 명)

전 공 별	물리	화학	생물	지구과학	계
	8	12	2	1	23
학교급별	중학교		고등학교		계
	17		6		23
경력 별	1~5년	6~10년	11~15년	16년 이상	계
	0	11	9	3	23

Table 10. 문항 4에 대한 응답 결과

설명유형	응답자수 (%)
큰 입자 사이로 작은 입자가 들어가기 때문에(입자의 크기 차이로 설명)	36 (80.0%)
인력 때문에	4 (8.9%)
기타(지도하지 않음, 소금 사이의 공기가 빠져나감 등)	3 (6.7%)
무응답	2 (4.4%)
계	45 (6.7%)

Table 11. 문항 5에 대한 응답 결과

보 기	응답자수 (%)
① 용질 B는 전혀 녹지 않는다.	2 (4.4%)
② 50 °C 용질 B의 용해도만큼 녹는다.	30(66.7%)
③ 용질 A가 석출되고 용질 B는 용질 A가 석출된 양만큼 녹는다.	2(4.4%)
④ 50°C에서 용질 B의 용해도보다 더 녹을 수도 있고, 덜 녹을 수도 있다.*	8 (17.8%)
⑤ 기타	3 (6.7%)
계	45 (100%)

비율은 교사들이 소금이 물에 용해되는 것을 어떻게 설명하는가 하는 1번 문항에 대해서 설문 응답 교사 중 20명(44.4%)이 소금 알갱이가 불분자 사이로 들어가는 것으로 설명한다고 응답했던 것과 밀접한 연관이 있는 것으로 보인다. 즉, 초등학교 6학년에서 분자의 크기가 서로 다르다는 것을 설명하기 위한 도구였던 콩과 좁쌀을 섞으면 부피가 감소한다는 내용이 중등학교에서는 용해 현상을 설명하는 도구로 잘못 쓰여지고 있는 것이다. 이와 같이 한 가지 사실을 설명하는데 유용한 모형이 마치 여러 가지 현상을 모두 설명할 수 있는 것처럼 사용되어서는 안될 것이며, 옳지 못한 모형의 사용으로 인한 오인의 요소를 줄이기 위한 적절한 모형의 개발과 바른 사용의 필요성을 실감하게 한다.

용해도에 미치는 용질 상호간의 영향에 관한 설명 유형. 용해도에 미치는 용질 상호간의 영향에 대해서 어떻게 설명하는지를 알아보기 위한 5번 문항 “50 °C 의 물 100g에 용질 A를 녹여 포화 용액을 만든 다음 물에 녹는 용질 B를 가하면 어떻게 될까요?”에 대한 응답 결과는 Table 11과 같다.

Table 11에서 보는 바와 같이 용질 사이의 상호 작용을 고려하여 지도하고 있는 교사는 8명(17.8%)에 지나지 않으며, 30명(66.7%)의 교사가 이미 포화된 용액에 다른 용질을 가해도 용해도만큼 녹을 것이라고 응답하였다. 이는 3번 문항에서 보여준 응답과는 앞뒤

가 맞지 않는 응답 결과이다. 즉, 3번 문항에서 포화 되는 이유를 입자 사이의 공간이 꽉 찼기 때문으로 설명한다고 응답한 교사가 23명(51.1%)에 이르면, 5 번 문항에서는 30명(66.6%)의 교사가 이미 포화된 용액에도 다른 용질이 용해도만큼 더 녹을 것이라고 모순되게 응답한 것이다. 이와 같은 결과는 용질이 용매에 녹아 용액을 이룰 때 용질과 용매 사이의 상호 작용을 고려하지 않은 채 단순히 용해도의 정의에 따라 기계적으로 설명하거나, 교사 자신이 용해, 포화 용액, 용해도의 관계 및 용해 과정에 대한 이해가 부족하기 때문인 것으로 생각된다.

문항 5에서 이미 포화된 용액에 다른 용질도 용해도만큼 녹는다고 설명하는 30명의 교사들의 분포는 Table 12와 같다.

Table 12에서 보는 바와 같이 포화된 용액에 다른 용질도 용해도만큼 녹는다고 응답한 30명의 교사 중 20명(66.7%)의 교사가 화학 전공자이다. 총 설문 응답 교사 중 31명(Table 1)이 화학 전공자인 점을 고려하면 화학 교사의 양성에 있어서 기초 화학 교육이 강화되어야 할 것으로 생각된다. 아울러 22명(73.3%)의 교사가 실제 내용을 지도하는 중학교에 근무하는 교사이며, 대부분 5년 이상의 교직 경력을 가지고 있다는 점을 고려하면 현장 교사의 재교육 절실함을 알 수 있다.

용해도와 관련된 식육량 계산 문제에 관한 설명 유

Table 12. 포화된 용액에 다른 용질도 용해도만큼 녹는다고 응답한 교사의 분포

(단위: 명)

진 공 별	물리	화학	생물	지구과학	계
	7	20	1	2	30
학교급별	중학교		고등학교		계
	22		8		30
경 력 별	1~5년	6~10년	11~15년	16년 이상	계
	1	15	8	6	30

Table 13. 문항 6에 대한 응답 결과

응답유형	응답자수 (%)
질산칼륨 22.2 g	37 (82.2%)
질산칼륨 22.2 g보다 적은 양	2 (4.4%)
질러지는 것이 없다.	2 (4.4%)
알 수 없다.	1 (2.2%)
기타	3 (6.7%)
계	45 (100%)

형, 중학교 과학 교과서의 분석에서 문제점으로 지적하였던 석출량 계산 문제를 교사들은 어떻게 설명하고 있는지를 알아보기 위한 6번 문항 “35.5 g의 소금과 같은 양의 질산칼륨이 섞인 혼합물을 물 100 g에 완전히 녹인 다음 이 용액을 0°C까지 냉각시킨 후 거르면 무엇이 얼마나 질러지는가?(단, 0°C에서 소금의 용해도는 35.5이고 질산칼륨의 용해도는 13.3이다.)”에 대한 응답 결과는 Table 13과 같다.

Table 13에서 보는 바와 같이 설문 응답 교사 중 37명(82.2%)의 교사들이 질산칼륨 22.2 g이 석출될 것이라고 응답하였다. 이와 같은 응답 결과는 5번 문항에서 용질 A로 포화된 용액에 용질 B도 용해도만큼 녹을 것이라고 응답한 교사의 비율이 66.7%이었던 것이 비하면 훨씬 높은 비율이다. 5번 문항에서 용질 A로 포화된 용액에 용질 B는 더 녹을 수도 있고 덜 녹을 수도 있다고 응답하였던 교사들 중에도 질산칼륨 22.2 g이 석출될 것이라고 응답하였는데, 이는 이온 상호 간의 작용이나 용질이 이온화되었을 때 용액은 더욱 강한 이온성 물질이 된다는 사실 등을 간과하고 단순하게 두 물질 모두 그 온도에서의 용해도만큼 녹는다고 설명하고 있음을 알 수 있다. 또한, 5번 문항에서 이미 포화된 용액에 다른 용질은 전혀 녹지 않는다고 응답한 2명의 교사도 6번 문항에는 질산칼륨 22.2 g이 석출될 것이라고 응답하였다. 이러한 응답

결과는 교사들이 기계적으로 알고 있는 것을 기계적으로 가르치고 있음을 짐작하게 하는 대목으로 논리성과 합리성이 중요시되는 과학 교육에 있어 커다란 문제점으로 지적할 수 있다.

문항 6에서 질산칼륨 22.2 g이 석출될 것으로 응답한 37명 교사들의 분포를 보면 Table 14와 같다.

Table 14에서 보는 바와 같이 설문에 응답한 화학 전공자 31명 중 24명(77.4%)이, 화학 비전공자 14명 중 물리 전공자 1명을 제외한 13명(92.9%)이 질산칼륨 22.2 g이 석출될 것으로 응답하였다. 이러한 결과는 교과서에서 용해 과정에 대한 설명을 제대로 하고 있지 않기 때문으로 화학 전공 교사라 하더라도 자신이 배웠던 과학적 개념을 버리고 교과서의 정의에 근거하여 지도하기 때문으로 생각된다. 더욱이 화학을 전공하지 않은 과학 교사들은 이와 같은 문제를 접하게 될 때 바르게 지도할 수 없는 것은 당연한 결과일 것이다. 따라서, 교과서의 정의가 더욱 과학적인 표현으로 되어야 하며 교사나 학생 모두가 옳은 과학적 개념을 가질 수 있도록 자세히 설명되어야 할 것으로 생각된다.

결론 및 제언

이 연구에서는 중등학교 과학 교과서에서의 용해 현상 및 그와 관련된 내용에 대한 설명의 적절성과 과학 교사들의 지도 실태를 알아보았다.

제 6차 교육과정에 따라 개발되어 현재 사용 중인 중·고등학교 과학 교과서에는 용해를 단순히 두 물질이 고르게 섞이거나 한 물질이 다른 물질 사이로 들어가는 현상으로 설명을 하고 있어 용해 과정을 용매화로 제대로 이해하기 어려운 실정이다. 또한, 중학교 1학년에서 용해도 차이를 이용한 혼합물의 분리 방법으로 석출량을 계산하는 문제를 다루고 있는데, 이와 같이 인위적인 조작에 의한 계산 문제는 학생들로 하

Table 14. 질산칼륨 22.2 g이 석출될 것으로 응답한 교사의 분포

(단위: 명)

전 공 별	물리	화학	생물	지구과학	계
	9	24	2	2	
학교급별	중학교			고등학교	
	27			10	
경력 별	1~5년	6~10년	11~15년	16년 이상	계
	1	16	12	8	

여금 과학을 수학처럼 생각하게 하고 과학에 대한 거부감을 가져올 뿐 아니라 과학을 어려운 과목으로 인식시키는 등의 문제점으로 지적할 수 있다. 따라서, 용해의 원리를 바르게 설명하기 위해서는 중학교 과정에도 입자 간에 존재하는 인력 등의 상호 작용에 대한 개념의 도입이 필요하며 이론에 맞는 모형에 의한 자세한 설명이 요구된다. 혼합물의 분리 방법으로써 석출량을 계산하는 문제는 중학교 1학년 수준에서 다루는 것이 부적절하다고 생각되며, 단지 용해도의 차이가 큰 고체 혼합물은 재결정과 같은 방법으로 분리할 수 있다는 정성적인 방법의 소개 수준까지만 다루어야 할 것으로 생각된다.

설문에 응답한 교사들 중에는 용해를 콩 사이로 좁쌀이 끼어 들어가는 것과 같이 입자의 크기 차이에 비유하여 설명하는 경우가 많았다. 이는 교사 자신이 용해 현상에 대해서 잘못 이해하고 있을 뿐 아니라 학생들에게 잘못된 개념을 그대로 전달하는 것으로 보인다. 교사는 지식의 전달자라기보다는 안내자로서 전체적인 구조를 파악하고 있어야 함에도 불구하고 설문에 응답한 교사의 상당수는 그러하지 못함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 화학 전공 교사와 화학 비전공 교사 사이에 커다란 차이를 보이지 않았으며, 설문 응답 교사들의 대부분이 교직 경력 6년 이상이며 23명(51.1%)이 11년 이상의 교직 경력을 가지고 있는 점을 고려하면 오래 전부터 용해 현상 및 그와 관련된 내용의 지도가 바르게 이루어지지 못하고 있었음을 알 수 있었다. 결국 교과서의 오류로 인한 교사가 가지고 있는 옳지 못한 개념이 학생들에게 그대로 전이되어 용해에 대한 올바른 개념 형성을 어렵게 만들 것으로 생각된다.

이 연구를 통해서 교과서에서의 올바른 정의의 중요성을 새삼 인식할 수 있었으며, 과학 교사의 양성 과정에 있어서 관련 과목 비전공자들을 위한 교육과정상의 배려와 함께 현장 교사의 재교육이 강화되어야 할 것으로 생각된다. 아울러 용해 현상을 시각적으로 보여줄 수 있는 적절한 모형의 개발이 요구되며 이에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

인 용 문 헌

1. 권재술; 우종욱; 정환호; 정진우; 최병순 *교원양성대학의 중학교 과학교육학 교재개발 연구*; 1994년도 교과

교육공동연구 연구결과 보고; 1994. 5.
 2. 백성혜 *과학교육* 1999, 26, 39.
 3. 노태희; 권혁순; 이선옥 *한국과학교육학회지* 1999, 17, 323.
 4. 노태희; 권혁순; 김동연; 채우기 *화학교육*; 1997, 24, 1.
 5. Thiele, R. B., & Treagust, D. F. *Journal of Research in Science Teaching* 1994, 31, 227.
 6. Duit, R. *Science Education* 1991, 75, 649.
 7. Harrison, A. G.; Treagust, D. F. *Journal of Research in Science Teaching* 1993, 30, 1291.
 8. Thagard, P. *Journal of Research in Science Teaching* 1992, 29, 353.
 9. Treagust, D. F.; Duit, R.; Josline, P.; Lindauer, I. *International Journal of Science Education* 1992, 14, 413.
 10. 백성혜 *과학교육* 2000, 27, 78.
 11. 강영희 등 12인 *중학교 1학년 과학*, (주)두산: 서울, 1999, p 184.
 12. 강영희 등 12인 *중학교 1학년 과학*, (주)두산: 서울, 1999, p 186.
 13. Ebbing, D. D.; Wrighton, M. S. *General Chemistry 4th Ed.*, 강영기 등 26인 역; 교보문고: 서울, 2000, p 501.
 14. 우규환 등 7인 *중학교 1학년 과학*, (주)천재교육: 서울, 1999, p 183.
 15. 강영희 등 12인 *중학교 1학년 과학*, (주)두산: 서울, 1999, p 187.
 16. 공구영 등 12인 *중학교 1학년 과학*, 지학사: 서울, 1999, p 192.
 17. 정창희 등 11인 *중학교 1학년 과학*, (주)교학사: 서울, 1999, p 197.
 18. 송인명 등 7인 *중학교 1학년 과학*, (주)교학사: 서울, 1999, p 187.
 19. 김시중 등 13인 *중학교 1학년 과학*, 금성출판사: 서울, 1999, p 197.
 20. 박봉상 등 7인 *중학교 1학년 과학*, 동화사: 대구, 1999, p 187.
 21. 권재술 등 8인 *중학교 1학년 과학*, 한샘출판사: 서울, 1999, p 201.
 22. 권재술 등 8인 *중학교 1학년 과학*, 한샘출판사: 서울, 1999, p 215.
 23. Brady, J. E.; Humiston, G. E. *General Chemistry*, 강석구 등 12인 역; 보진재출판사: 서울, 1984, p 251.
 24. 이원식 등 2인 *고등학교 화학I*, (주)교학사: 서울, 1999, p 272.
 25. 최병순 등 4인 *고등학교 화학II*, 한샘출판사: 서울, 1999, p 261.
 26. 최병순 등 4인 *고등학교 화학II*, 한샘출판사: 서울, 1999, p 261.
 27. 오제직 등 3인 *고등학교 화학I*, (주)교학사: 서울, 1999, p 296.