

중학생들의 용해 현상 이해에 대한 연구

姜吳勳* · 白盛惠[†] · 朴國泰[†]

서울인회중학교

[†]한국교육원대학교 화학교육과

(2000. 8. 18 접수)

A Study on Middle School Students' Understanding of Dissolution

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

Seoul Yonhui Middle School, Seoul 120-122, Korea

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

(Received August 18, 2000)

요 약. 이 연구에서는 중학생들의 용해 현상 및 그와 관련된 내용에 대한 이해 실태를 알아보았다. 연구 결과 75% 이상의 학생들이 용해될 입자의 크기 차이로 인하여 한 물질이 다른 물질 사이로 들어가는 현상으로 이해하고 있었으며, 일부 학생들은 용해가 일어나면 용질이 없어지거나 용매에 포함되는 것으로 이해하고 있었다. 또한, 학생들은 용해 현상을 큰 입자 사이로 작은 입자가 들어가는 것으로 이해함으로써 침작 용해가 될 때 부피가 감소하는 이유를 제대로 설명하지 못하였다. 그리고 용해도에 미치는 용질 상호간의 영향에 대한 이해는 매우 낮은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 중학교 과학 교과서의 용해 관련 개념의 설명이 불충분하고 과학 교사들의 부적절한 모형 사용에 의한 설명 때문으로 생각된다. 따라서, 중학생의 이해 수준에 알맞은 교과서의 설명과 용해 현상을 입자적 관점에서 시각적으로 보여줄 수 있는 적절한 모형의 개발이 요구된다.

ABSTRACT. This study was to examine middle school students' understanding of dissolution. More than 75% students understood that dissolution was caused by small particles' filling the space between large particles due to the difference of size among particles. Some other students responded that solute disappeared or was absorbed in a solvent as the result of dissolution. Besides, they didn't know that space between particles was the reason of the volume's decreasing after the process of dissolution. Instead, they explained that space between particles caused dissolution. And they hardly understood the fact that solutes affect solubility. Students' misunderstanding about the concept of dissolution resulted from the lack of the explanation on the right concept of dissolution in science textbooks and the inappropriate use of the dissolution model by teachers. In conclusion, we need the appropriate explanation in middle school science textbooks that consider the students' level and the development of the appropriate model that demonstrates dissolution in the perspective of particles.

서 론

연구의 목적 및 필요성. 효과적인 수업이 진행되기 위해서 교사는 학습자의 특성을 제대로 파악하고 있어야 하며, 교사 자신이 잘 알고 있는 개념이라 하더라도 그것을 학생들에게 적절하게 표현하지 못하면 효과

적인 수업을 할 수 없다. 아울러 학생들이 가지고 있는 오개념에 대한 올바른 이해가 필요하다.¹ 이 연구에 서는 용해 현상과 관련한 내용들에 대한 중학생들의 이해 정도를 파악함으로써 현장 교사들에게 있을 수 있는 지도상의 여러 가지 문제점들을 예상하고 미리 대처함으로써 용해 현상의 효과적인 지도가 이루어질

Table 1. 교육과정에 따른 용해 관련 단원 지도 내용의 변천

교육 과정	해당 학년	단 원	지도 내용
제 3차	1학년	물질의 특성	질량, 밀도, 녹는점과 끓는점, 용해
제 4차	1학년	물질의 특성과 분리	질량 보존의 법칙, 고체의 밀도, 녹는점과 끓는점, 용액의 농도, 용해도, 혼합물의 분리
제 5차	1학년	물질의 성질	밀도, 녹는점과 끓는점, 용해도, 용액과 퍼센트 농도, 혼합물의 성질, 혼합물의 분리
제 6차	1학년	물질의 특성과 분리	결보기 성질, 밀도, 녹는점과 어는점, 끓는점, 용해도, 혼합물의 분리
제 7차	8학년(기존의 2학년에 해당)	물질의 특성	끓는점, 녹는점, 밀도, 용해도

수 있는 방안을 마련하고자 한다. 용해 현상은 초등학교는 물론 중·고등학교에서도 다루는 개념으로 중학교에서는 Table 1에서 보는 바와 같이 제 3차 교육과정에서부터 제 6차 교육과정까지 빠지지 않고 다루어지고 있는 개념이며, 2001년에 중학교 1학년부터 적용된 제 7차 교육과정에서도 대부분이 되어있는 것으로 보아 중학교 과학과 교육과정에서는 빼놓을 수 없는 주요 개념임을 알 수 있다. 그러나 이에 대한 학생들의 이해 정도를 파악한 연구는 미미하며, 그러나 대부분 초중학생을 대상으로 한 연구들로 중학생을 대상으로 한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서, 이 연구에서 중학생들을 대상으로 용해 현상의 이해 정도를 알아보는 것은 의미 있는 일이라 하겠다.

연구 내용 및 방법. 이 연구에서는 중학생들의 용해 현상 및 그와 관련된 내용의 이해 정도를 파악하여 이에 대한 적절한 지도 방법을 모색하고자 한다. 이를 위하여 중학생들을 대상으로 설문지를 개발하여 투입한 다음 설문 결과를 분석하여 학생들의 용해와 관련된 내용의 이해 정도를 파악하였다. 설문 조사는 중학교 1학년 학생들이 관련 단원을 학습한 후인 7월 초에 실시하였고, 설문에 응답한 학생은 서울특별시 소재 2개의 중학교 1학년 학생 2개반 72명과 3학년

학생 2개반 86명으로 총 158명 이었으며, 학생들의 생각을 자세히 알아볼 필요가 있는 경우에는 면담을 실시하였다. 설문지는 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.

연구의 제한점. 이 연구는 서울특별시 소재 2개 중학교에서 1학년, 3학년 각각 1개반씩을 대상으로 한 연구이므로 연구 결과를 일반화하기에는 어려움이 있다.

결과 및 논의

중학생들의 용해 및 용해 현상과 관련된 내용의 이해 정도를 알아보기 위하여 설문 조사와 면담을 실시하여 얻은 결과는 다음과 같다.

용해 현상의 이해 정도. 학생들이 용해 현상을 어느 정도 이해하고 있는지 알아보기 위한 1번 문항 “소금이 물에 용해되는 현상을 바르게 설명한 것은?”에 대한 응답 결과는 Table 2와 같다.

Table 2에서 보는 바와 같이 문항 1의 정답은 2이지만 75% 이상의 학생들이 소금이 물에 녹는 현상을 소금

Table 2. 문항 1에 대한 학년별 응답 결과

보 기	응답자수 (%)	
	1학년	3학년
(1) 소금 알갱이가 물분자와 충돌한다.	0 (0%)	2 (2.3%)
(2) 소금 알갱이가 물분자로 둘러싸인다.	0 (0%)	5 (5.8%)
(3) 소금 알갱이가 물분자 사이로 날아간다.	54 (75.0%)	66 (76.7%)
(4) 소금 알갱이의 크기가 점점 작아진다.	8 (11.1%)	11 (12.8%)
(5) 기타	10 (13.9%)	2 (2.3%)
계	72 (100%)	86 (100%)

알갱이가 물분자 사이로 들어간다고 응답하였다. 이와 같은 응답 결과는 과학 교과서에서 다음과 같이 용해를 다음과 같이 정의하고 있기 때문이 아닌가 생각된다.

용질이 용매에 녹는 현상²
 용질이 용매에 녹아 고르게 섞여 용액이 되는 현상^{3,6}
 한 물질이 다른 물질에 녹아 균일하게 섞여 들어가는 현상^{7,8}

즉, 현재 사용 중인 중학교 1학년 과학 교과서에서는 용해를 단순히 두 물질이 고르게 섞이거나 한 물질이 다른 물질 속으로 녹아 들어가는 현상으로 설명하고 있으며, (주)두산의 교과서만 Fig. 1과 같은 모형을 이용하여 용해의 원리를 설명하고 있다. 그러나 이

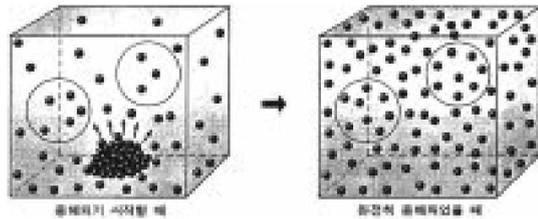


Fig. 1. 용해의 원리 설명 모형.⁹

와 같은 모형으로는 용해 과정이 용질과 용매 사이의 상호 작용에 의한 것이라는 사실을 제대로 이해하기 어려울 것으로 생각된다.

이울리 학생들의 이와 같은 응답 결과는 중등학교에서의 용해 현상에 대한 지도 실태에 관한 연구¹⁰에서 응답 교사의 44.4%가 소금의 용해 현상을 소금 알갱이가 물분자 사이로 들어가는 것으로 지도한다는 응답 결과와 관련이 있음을 추측할 수 있다. 결과적으로 75% 이상의 학생들이 소금의 용해 현상을 소금 알갱이가 물분자 사이로 들어간다고 응답한 것은 과학 교과서의 부정확한 정의와 교사들의 부적절한 모형 사용에 의한 지도가 있었기 때문으로 생각된다.

모형을 이용한 용해 과정의 설명. 학생들이 용해 과정을 어느 정도 이해하고 있는지 알아보기 위하여 “소금이 물에 용해되는 과정을 비유나 모형을 이용하여 설명해 보시오.”라는 주관식 2번 문항에 대한 응답 결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이 설문 응답 학생의 반 정도는 소금이 물에 녹는 과정을 Fig. 2와 같이 입자의 크기 차이로 설명하였다.

Fig. 2와 같은 응답 유형은 학생들이 초등학교에서 분자의 크기 차이를 학습하는 과정에서 사용된 콩과

Table 3. 문항 2에 대한 응답 결과

설명 유형	응답비율 (%)	
	1학년	3학년
콩 사이로 좁쌀이 들어가는 것과 같이 입자의 크기 차이로 설명	38 (52.8%)	40 (46.5%)
소금이 녹으면 없어짐	10 (13.9%)	1 (1.2%)
소금 알갱이가 점점 작아짐	6 (8.3%)	0 (0%)
소금이 불안으로 들어감	2 (2.8%)	7 (8.1%)
인력으로 설명	2 (2.8%)	3 (3.5%)
기타	10 (13.9%)	2 (2.3%)
무응답	4 (5.6%)	33 (38.4%)
계	72 (100%)	86 (100%)

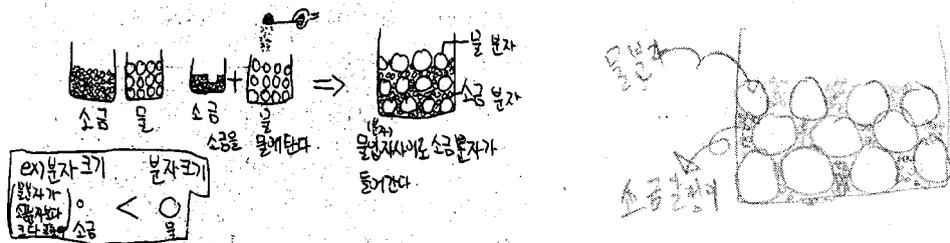


Fig. 2. 입자의 크기 차이로 설명하는 응답 유형.

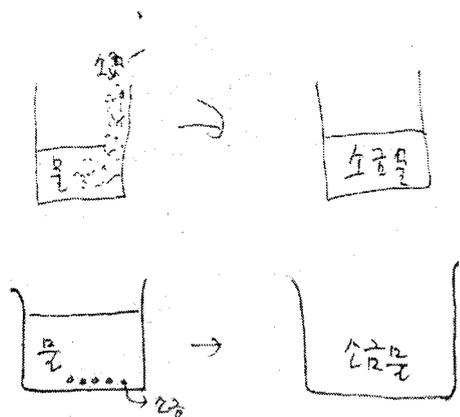


Fig. 3. 없어진다고 설명하는 응답 유형.

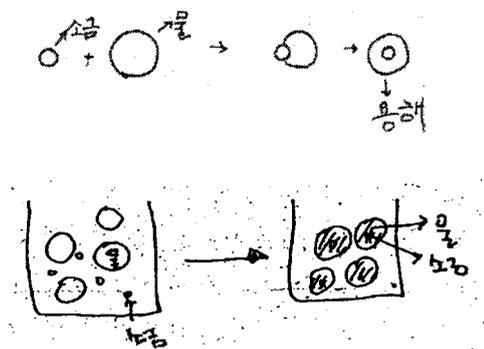


Fig. 4. 포함의 개념으로 설명하는 응답 유형.

좁쌀의 비유가 용해 현상에 잘못 전이된 것이 아닌가 생각된다. 또한, Table 3에서 중학교 1학년 학생의 13.9%가 Fig. 3과 같이 소금이 용해되면 없어진다고 응답하였는데, 이는 초등학교 중에서 용해가 일어나면 용질이 없어진다고 생각하는 학생이 2학년 18%, 4학년 21%에 이른다는 연구 결과¹¹⁾와 무관하지 않음을 알 수 있다. 즉, 중학교 1학년이 되어서도 초등학교 때 가지

고 있던 오개념이 수정되지 못하였음을 알 수 있다.

한편, 일부의 학생들은 Fig. 4와 같이 소금이 물 안으로 들어간다는 포함의 개념으로 용해 과정을 설명한 학생들도 있었다.

이와 같이 포함의 개념으로 용해 과정을 설명한 학생들과의 면담을 통해서 학생들이 이러한 오개념을 가지게 된 원인이 교과서의 용해에 대한 정의 중 녹아 들어간다는 표현 때문임을 알 수 있었다. 즉, 학생들 중 일부에게는 하지만 교과서에서 용해를 정의할 때 사용한 설명 중 '용질이 용매에 녹아 균일하게 섞여 들어간다'는 표현을 '용질이 용매 입자 속으로 포함되는 것으로 잘못 이해하고 있었던 것이다.

포화 용액에 대한 이해. 학생들의 포화 용액에 대한 이해 정도를 알아보기 위한 3번 문항 '어떤 용질이 물에 녹아 포화 용액이 되는 이유는 무엇인가?'에 대한 응답 결과는 Table 4와 같다.

Table 4에서 보는 바와 같이 포화 용액이 되는 이유를 1학년 학생의 66.7%, 3학년 학생의 81.4%가 용질과 물 사이의 공간이 꽉 찼기 때문이라고 응답하였다. 이와 같은 응답 유형은 소금이 물에 용해되는 현상에 대한 분항 1에서 75% 이상의 학생들이 소금이 분분자 사이로 들어간다고 응답했던 것(Table 2)과 깊은 관련이 있는 것으로 생각된다. 즉, 학생들은 용해된 용질이 용매 사이의 공간으로 들어가는 것이며 이 공간이 꽉 차게 되면 포화 용액이 된다고 생각하는 것으로 보인다. 한편, 현재 사용 중인 8종의 중학교 과학 교과서에서는 Table 5와 같이 포화 용액을 정의하고 있는데, 대부분의 교과서에서 포화 용액은 용질이 용매에 최대로 녹아 있는 용액으로 일정량의 용매에는 어느 한도 이상의 용질이 용해되지 않는다고 설명하고 있다. 이와 같이 대부분의 과학 교과서에서 포화 용액을 '용질이 더 이상 녹을 수 없는 상태'로 정의한다

Table 4. 문항 3에 대한 응답 결과

보 기	응답자수 (%)	
	1학년	3학년
(1) 용질과 물이 더 이상 증발할만한 에너지가 없어서	2 (2.8%)	1 (1.2%)
(2) 용질을 둘러싼 물분자가 없어서	2 (2.8%)	8 (9.3%)
(3) 용질과 물 사이의 공간이 꽉 찼기 때문에	48(66.7%)	70(81.4%)
(4) 용질 알갱이가 더 이상 작아질 수 없어서	8(11.1%)	7 (8.1%)
(5) 기타, 무응답	12(16.7%)	0 (0%)
계	72(100%)	86(100%)

Table 5. 중학교 8종 과학 교과서의 포화 용액의 정의

출판사	포화 용액의 정의
1 교학사(정창희 등)	정의하지 않음
2 천재교육	용질이 용매에 최대로 녹아있는 용액
3 지학사	일정한 양의 용매에 용질이 어느 한계까지 녹아있는 용액
4 두산동아	용매에 용질이 더 이상 녹을 수 없을 정도로 최대한 녹아있는 용액
5 교학사(송인병 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 녹아있는 용액
7 동화사	어떤 온도에서 일정한 양의 용매에 용질이 더 이상 녹을 수 없을 만큼 최대한으로 녹아있는 용액
8 한샘출판사	일정 온도의 용액에 용질이 더 이상 녹지 않는 상태

Table 6. 문항 4에 대한 응답 결과

설명 유형	응답자수 (%)	
	1학년	3학년
큰 입자 사이로 작은 입자가 들어감. 공간이 꽉 찼기 때문 (입자의 크기 차이로 설명)	32 (44.4%)	45 (52.3%)
소금이 물 안으로 또는 물이 소금 안으로 들어감	2 (2.8%)	0 (0%)
소금이 물과 결합해서	0 (0%)	9 (10.5%)
알갱이의 크기가 작아지기 때문에	10 (13.9%)	2 (2.3%)
기타	8 (11.1%)	8 (9.3%)
무응답	20 (27.8%)	22 (25.6%)
계	72 (100%)	86 (100%)

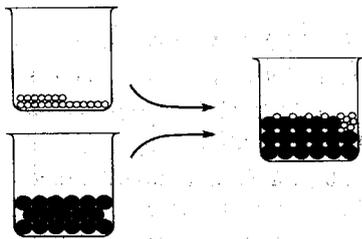


Fig. 5. 용해시 부피 변화 설명.¹²

면 학생들은 한 용질로 포화된 용액에 또 다른 용질이 녹을 수 있는 현상을 이해하기 어려운 것으로 생각된다.

용해시 부피 변화에 대한 이해. 용해시 부피 변화에 대한 이해 정도를 알아보기 위한 4번 문항 “소금을 물에 녹여 포화 용액으로 만들면 부피가 감소하는 이유는 무엇인가?”에 대한 응답 결과는 Table 6과 같다.

Table 6에서 보는 바와 같이 1학년의 44.4%, 3학년의 52.3%의 학생들이 용해시 부피가 감소하는 이유를 큰 입자 사이로 작은 입자가 들어가는 입자의 크기로 설명하고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 정답율이 비

교적 높은 이유는 일부의 교과서에서 용해가 되어 용액이 될 때 부피가 줄어드는 이유를 Fig. 5와 같이 용매와 용질이 고루 섞이게 되면 큰 알갱이들 사이로 작은 알갱이가 끼어 들어가서 공간이 줄어들다는 설명을 하고 있기 때문으로 생각된다.

이 설명에 의하면 큰 알갱이 사이의 공간에 작은 알갱이가 끼어 들어가 알갱이 사이의 공간을 채우기 때문에 부피가 감소하는데, 이와 같은 설명이 용해가 될 때 부피가 감소하는 것을 설명하려는 본래의 의도와는 달리 학생들은 이 모형을 용해 현상을 설명하는 것으로 생각하려는 경향(Fig. 2)이 있음을 알 수 있다. 즉, 많은 학생들이 용해 현상에 대해서 입자 사이의 공간으로 용질이 들어가는 것으로 응답함으로써 정작 부피 감소에 대한 타당한 이유를 설명하는데 입자 사이 공간의 존재를 활용하지 못하는 것으로 보인다.

용질 상호간의 영향에 대한 이해. 용해도에 미치는 용질 상호간의 영향에 대한 이해 정도를 알아보기 위한 5번 문항 “50 °C의 물 100g에 용질 A를 녹여 포화 용액을 만든 다음 물에 녹는 용질 B를 가하면 어떻게 될까?”에 대한 응답 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. 문항 5에 대한 응답 결과

보 기	응답자수 (%)	
	1학년	3학년
㉠ 용질 B는 전혀 녹지 않는다.	20 (27.8%)	33 (38.4%)
㉡ 50 °C 용질 B의 용해도만큼 녹는다.	14 (19.4%)	25 (29.1%)
㉢ 용질 A가 석출되고 용질 B는 용질 A가 석출된 양만큼 녹는다.	20 (27.8%)	13 (15.1%)
㉣ 50 °C에서 용질 B의 용해도보다 더 녹을 수도 있고 덜 녹을 수도 있다.	2 (2.8%)	12 (14.0%)
㉤ 기타. 무응답	16 (22.2%)	3 (3.5%)
계	72 (100%)	86 (100%)

Table 7에서 알 수 있는 바와 같이 ‘용질 B가 전혀 녹지 않는다’라는 응답 비율이 1학년 27.8%, 3학년 38.4%에 이른다. 이와 같이 ‘용질 B가 전혀 녹지 않는다’라고 응답한 비율이 높은 것은 학생들의 포화 용액에 대한 이해가 낮음을 보여주는 것으로 생각된다. ‘용질 B가 전혀 녹지 않는다’라고 응답한 학생들과의 면담에서 학생들은 ‘포화 용액이란 용질이 더 녹을 수 없는 상태로 이미 한 가지 용질로 포화된 용액에 또 다른 용질은 녹을 수 없다’거나 ‘포화 용액은 용질과 용매 사이의 공간이 꽉 찬 상태로 포화 용액 속에는 더 이상의 공간이 존재하지 않기 때문이다’라고 하였다. 학생들이 포화 용액을 이처럼 이해하고 있는 배경에는 과학 교과서의 포화 용액에 대한 정의 때문으로 생각되는데, 현재의 중학교 과학 교과서의 포화 용액에 대한 정의(Table 5)만으로는 두 가지 이상의 용질이 한 용매에 함께 녹을 수 있다는 사실을 이해하기 어려운 실정이다. 또한, 한 용질로 포화된 용액에 다른 용질이 녹을 수 있다는 것을 이해할 수 있는 정보도 찾을 수 없다. 따라서, 과학 교과서의 정의만으로는 학생들이 용질과 용질 사이의 상호 작용을 이해하기는 어려울 것으로 생각된다.

석출량 계산 문제의 이해. 중학교 1학년 과학 교과서의 용해도 차이에 의한 혼합물의 분리에서 다루고 있는 석출량을 계산하는 6번 문항 ‘35.5 g의 소금과 같은 양의 질산칼륨이 섞인 혼합물을 물 100 g에 완전히 녹인 다음 이 용액을 0 °C까지 냉각시킨 후 기르민 무엇이 얼마나 걸러지는가?(단, 0 °C에서 소금의 용해도는 35.5이고 질산칼륨의 용해도는 13.3이다.)’에 대한 응답 결과는 Table 8과 같다.

Table 8에서 알 수 있는 바와 같이 1학년의 41.7%, 3학년의 61.6%의 학생들이 질산칼륨 22.2 g이 석출된다고 응답하였다. 이와 같은 응답 유형은 문항 5에서와 같이 용질 상호 간의 작용을 전혀 고려하지 않은 결과임을 알 수 있다. 즉, 5번 문항에서 용질 A로 포화된 용액 속에는 용질 B는 전혀 녹지 않는다고 응답한 학생이 1학년과 3학년에 각각 27.8%, 38.4%이었던 것에 비해서, 소금으로 포화된 용액에 질산칼륨도 용해도만큼 녹고 나머지는 석출된다고 응답한 학생이 1학년과 3학년에 각각 41.7%, 61.6%나 된다는 것은 학생들이 논리적인 사고보다는 직관적인 생각으로 기계적인 문제 풀이를 하고 있는 것으로 보인다. 또한, 질산칼륨 22.2 g이 석출된다고 응답한 학생이 1학년보

Table 8. 문항 6에 대한 응답 결과

응답 유형	응답자수 (%)	
	1학년	3학년
질산칼륨 22.2 g	30 (41.7%)	53 (61.6%)
질산칼륨 22.2 g보다 적은 양	10 (13.9%)	2 (2.3%)
걸러지는 것이 없다.	0 (0%)	1 (1.2%)
알 수 없다.	6 (8.3%)	2 (2.3%)
기타(소금 22.2 g, 질산나트륨 237.4 g이 걸러진다 등)	8 (11.1%)	6 (7.0%)
무응답	18 (25.0%)	22 (25.6%)
계	72 (100%)	86 (100%)

나 3학년이 많은 것은 단순한 계산 능력의 향상에서 기인된 것으로 생각된다.

결론 및 제언

이 연구에서는 교육과정의 변화에 따른 용해 관련 단원 지도 내용의 변천과 중학교 과학 교과서에서의 용해 개념 관련 내용을 분석하고 설문과 면담을 통하여 중학생들의 용해 관련 내용의 이해 정도를 알아보았다.

설문 분석을 통해 학생들은 용해와 관련된 여러 가지 현상에 대한 이해가 낮음을 알 수 있었다. 75% 이상의 학생들이 용해 현상을 콩과 찹쌀의 예로 입자 사이의 공간을 채우는 것으로 이해하고 있으며, 용질이 용매에 포함되는 것으로 용해 과정을 설명하는 경우도 있었다. 또한, 포화 용액에서 용질 상호간의 영향에 대한 이해가 매우 낮는데, 이는 교과서의 포화 용액에 대한 설명이 충분하지 않기 때문으로 생각된다. 용해 관련 개념은 제 3차 교육과정 이래 지속적으로 다루어져 중학교 과학과 교육과정에서 학습해야 할 중요한 개념임에도 불구하고 과학 교과서에서는 용해들 단순히 두 물질이 고르게 섞이거나 한 물질이 다른 물질 속으로 녹아 들어가는 현상으로 설명하고 있다. 그러므로 학생들은 여러 가지 오개념을 갖을 수 있으며, 용해 과정을 용매화로 이해하기에는 중학교 과학 교과서의 설명이 충분하지 않음을 알 수 있었다. 따라서, 과학 교과서에서의 설명은 학생들의 이해 수준을 고려하여 좀더 자세히 기술되어야 하겠고, 용해 현상을 입자적 관점에서 시각적으로 보여줄 수 있는 모형이나 동영상의 개발과 이를 교육 현장에 활용하는 방안이 대한

연구가 계속되어야 하겠다. 아울러 새로이 적용될 제 7차 교육과정에 따라 개발될 과학 교과서에서는 이와 같은 내용들이 반영되어 학생들의 이해를 높일 수 있어야 하겠으며, 과학 교사들은 이러한 점에 유의하여 수업을 함으로써 학생들의 오개념을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

인용문헌

1. 권재순: 김범기: 우종욱: 정원호: 정진우: 최병순 *과학교육론*: 교육과학사: 서울, 1999, p 7.
2. 박봉상 등 7인 *중학교 1학년 과학*: 동화사: 대구, 1999, p 182.
3. 정창희 등 11인 *중학교 1학년 과학*: (주)교학사: 서울, 1999, p 193.
4. 우규환 등 7인 *중학교 1학년 과학*: (주)천재교육: 서울, 1999, p 179.
5. 송인명 등 7인 *중학교 1학년 과학*: (주)교학사: 서울, 1999, p 184.
6. 김시중 등 13인 *중학교 1학년 과학*: 금성출판사: 서울, 1999, p 192.
7. 공구영 등 12인 *중학교 1학년 과학*: 지학사: 서울, 1999, p 190.
8. 강영희 등 12인 *중학교 1학년 과학*: (주)두산: 서울, 1999, p 184.
9. 강영희 등 12인 *중학교 1학년 과학*: (주)두산: 서울, 1999, p 184.
10. 장대훈: 백성혜: 박국태 *대한화학회지* 2000, 44(5), 460-469.
11. 박현주 *초등학교 아동들의 용해에 관한 개념*, 한국교원대학교 석사학위논문, 1996.
12. 강영희 등 12인 *중학교 1학년 과학*: (주)두산: 서울, 1999, p 186.