

입자론의 관점에서 본 확산과 용해 개념에 관련된 과학 교과서 및 인터넷 자료 분석과 컴퓨터 수업 보조자료의 개발

金珠賢¹ · 李東準² · 金善璟^{1,11} · 姜成周 · 白盛惠*

한국고원대학교 화학교육과

¹진해여자고등학교

²주분진중학교

¹¹광주여자전산산업고등학교

(2000. 8. 11 접수)

An Analysis of Science Textbooks and Internet Sites Related to Diffusion and Dissolution on the View Point of Particle Theory, and Development of Computer-Assisted Instruction Program

Ju-Hyun Kim¹, Dong-Jun Lee², Sun-Kyoung Kim^{1,11}, Seong-Joo Kang, and Seong-Hey Paik*

Department of Chemistry Education, Korean National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

¹Jin Hae Girls' High School, Jin Hae 645-250, Korea

²Ju Mun Jin Middle School, Kangnung 210-800, Korea

¹¹Kwanju Girls' Computer Technology & Business High School, Kwanju 506-010, Korea

(Received August 11, 2000)

요 약. 이 연구에서는 확산과 용해에 관련된 3~12학년의 과학교과서와 여러 문헌 자료들, 인터넷 사이트들을 분석하였다. 이 자료들로부터, 교과서에 제시된 확산과 관련된 설명들이 용해, 상태변화, 분출과 혼동되어 사용되고 있었으며 매질과의 충돌 또한 고려되고 있지 않았다는 것을 알았다. 그리고 용해와 관련된 거의 모든 자료도 용해의 원리를 인력에 의한 영향으로 설명하지 못하고 있었으며, 거의 대부분 용해에 관한 설명이 개념의 이해보다는 계산 문제 풀이에 초점이 맞추어져 있었다. 또한, 각종 인터넷 사이트들은 단편적인 교과서의 나열 수준에서 벗어나지 못하였고 단지 시청각적인 효과에 치중하고 있었다. 화학이 입자론적 관점에서 자연현상을 이해해야 함에도 불구하고 대부분의 교과서와 인터넷 사이트들은 그것을 충분히 반영하지 못하고 있었다. 이에 이 연구에서는 올바른 과학적 개념을 형성하고 입자론적인 관점에서 미시세계를 거시적 자연현상과 연결시키고자 했다. 그 방법으로 움직이는 물체를 표현할 수 있는 컴퓨터의 장점을 최대한 활용하여 입자이동의 관점으로 확산과 용해와 관련된 수업보조자료를 개발하였다.

ABSTRACT. In this study we analysed 3-12 grade science textbooks, many literatures and internet sites related to diffusion and dissolution concepts. From these data, we discovered that the explanations of diffusion that used in textbooks are not considered the site of collision with mediums, and confused with dissolution, state transition and effusion. In the case of dissolution, almost analysis data were short of the explanations of interaction effect. Most of all, the focus of dissolution explanations was to solve the calculation problems rather than to understand the concept. Every internet site was poor, just as the level of showing textbook contents with computer, so the only effect of using computer was the sense of sight and hearing. Chemistry must be understood nature phenomena with a view point of particle theory, but many textbooks and Internet sites didn't represent it sufficiently. We set up the correct scientific concept and linked micro world of particle theory with macro world of nature phenomena. With a use of computer which have the advantage of representing moving

things, we developed the computer-assisted instruction programs related to diffusion and dissolution with the viewpoint of particle movement.

서 론

연구의 목적 및 필요성

화학은 물질에 대해 다루는 학문이다. 다시 말해, 물질에는 어떤 종류들이 있고 어떻게 구성되어 있으며 또 어떤 특성을 지니고 어떤 변화를 일으키는지에 대해 그 원리를 이해하고 탐구하는 학문이다. 그래서 우리가 눈으로 관찰하는 기시적 자연 현상들을 이해하려면 입자적 관점에서 미시세계에 대한 정확한 이해가 선행되어야 한다.

따라서 Fig. 1에서처럼 화학은 미시와 거시세계를 연결할 뿐 아니라 그것을 표현하는 기호까지 동시에 생각하여 균형 있게 이해해야 하는 학문이다. 화학자들이나 교사들은 이러한 세 영역을 동시에 사고하고 받아들일 수 있다. 예를 들어 공기 중의 수소 기체라고 말하면 머리 속으로 수소 원자가 두 개씩 붙은 수소 분자를 그릴 수 있고, 이를 H₂라는 기호로 표현할 수 있다. 즉, 그림의 삼각형 범위 안에서 자유롭게 사고의 이동을 할 수 있는 것이다. 그러나 학생들은 이러한 사고의 이동을 처음부터 원활하게 할 수는 없다. 따라서 한번에 한 가지 수준으로 사고하게 마련인데, 대부분은 거시세계에 국한하여 사고하는 경향이 있다고 한다.¹

그럼에도 불구하고 지금까지 화학 교육에서는 학생들의 이러한 상황을 고려하지 못한 채, 기시세계와 미시세계, 그리고 표현의 세 영역간의 균형이 체계적으로 제시되지 못하고 있다고 본다. 이러한 불균형이 학생들의 화학에 대한 어려움의 원인이 될 수 있다. 실제로 학생들은 중학교에서 등장하는 화학반응식을 이해하기 매우 어려워하는데, 이러한 기호 체계를 제대로 이해하

기 위해서는 미시세계의 개념과 기시 세계의 개념과의 연결이 제대로 이루어져야 할 것이다. 이 연구에서는 이러한 문제를 해결할 수 있는 교과 도구 중 하나로, 눈으로 관찰할 수 없는 미시세계의 입자적인 움직임을 역동적으로 표현한 컴퓨터 시뮬레이션 보조자료가 필요하다고 보았다. 이러한 컴퓨터의 역동적인 시뮬레이션은 학생들에게 분자, 원자, 원소에 대한 미시세계를 탐구하도록 하며, 학생들에게 개념적 이해를 발달시키는 데 필요한 개념적 기초를 제공해 줄 수 있을 뿐만 아니라, 학생들에게 직접 관찰로부터 쉽게 추론되어지지 않는 잠재된 과학적 모델을 알게 하고 상호 작용함으로써 자연 세계에 대해 학습하는 것을 도울 수 있을 것이다. 또한, 역동적인 컴퓨터 영상은 전통적인 교수자료와 방법으로는 성취하기 어려운 개념 학습을 쉽게 조장할 수 있다.²

하지만 지금까지 개발된 컴퓨터를 활용한 보조학습 자료들은 분필대용으로 단지 시청각적인 효과에만 치중함으로 컴퓨터의 장점을 제대로 활용하지 못하고 있다.³ 컴퓨터의 의무 교육화 방침에 따라 1989학년도 이후에 컴퓨터를 활용한 수업방안에 대한 연구가 계속되어 왔으며 최근에는 다양한 웹사이트들이 등장하고 있다. 그러나 아직까지 대부분의 학습자료들이나 사이트들이 단편적인 교과서의 나열에 지나지 않은 상태이고, 기시적 세계의 현상적인 제시에서 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 대부분의 웹사이트들은 교육과정을 제대로 이해하지 못한 채 단순히 프로그램 전문가에 의해 제작된 것이 많아 백과사전이나 교과서 베끼기 수준에서 벗어나지 못하거나 때로는 잘못 서술되거나 표현되어 역시 정확한 개념 전달이 안되고 있어 오히려 더 혼란을 유발시키는 것들도 많다.

이에 교과 교육전문가와 프로그램 전문가의 공동연구에 의해 올바른 개념형성을 위한 수업보조 자료 개발이 절실히 요구된다. 따라서 이 연구에서는 확산과 용해에 관련하여 교과서를 중심으로 각종 자료를 분석하고 혼동된 개념들을 바로 잡아 입자론적 관점에서 미시세계를 정확히 표현하여 거시세계 현상과 연결하는 컴퓨터를 활용한 수업보조자료를 개발하여 이를 이용하는 학생들이 올바른 과학 개념을 형성하고 이해하

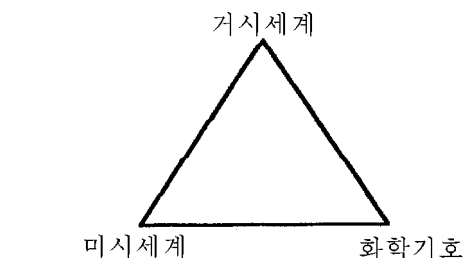


Fig. 1. 화학을 가르칠 때 고려해야 할 세 영역.¹

도록 도움을 주고자 한다.

용어 정의

이 연구에서 사용할 용어를 정의하기에 앞서, 많은 사람들이 보편적으로 사용하는 인지도 있는 사전들에 제시된 용어를 먼저 살펴보겠다.

확산에 대한 용어 정의

- 어떤 물질 속에 이종(異種)의 물질이 점차 섞여 들어가는 현상.¹
- 분자의 무작위운동에 의해 고농도 영역에서 저농도 영역으로 물질의 순수 흐름이 일어나는 과정.⁵
- 농도가 다른 물질이 섞일 때 각 물질이 각각 공간에서 균일한 농도로 존재하려고 서로 섞이는 현상.⁶
- 기체 속의 분자 또는 용액 속의 이온, 분자 또는 콜로이드 입자가 농도가 높은 곳에서 농도가 낮은 방향으로 이동하는 현상.⁷
- 원자, 분자들의 입자가 열운동을 하고 그 결과로 생기는 기체, 액체 때로는 고체의 이동.⁸

용해에 대한 용어 정의

- 기체 · 액체 · 고체 물질(溶質)이 다른 액체나 고체와 혼합되어 균일한 상의 혼합물, 즉 용체(solution)를 생성하는 현상. 액체의 용체는 용액이라 하지만 고체의 경우는 고용체라 한다. 일반적으로 기체끼리의 혼합은 용해라고 하지 않는다.^{4,5}
- 용질이 용매와 섞여 균일한 혼합물인 용액을 이루는 것.⁷
- 정의 없음.^{6,8}

이처럼 많은 사람들이 보편적으로 이용하는 사전의 정의조차도 확산과 용해의 정의가 혼동되어 명확히 구별되지 못하고 있거나, 아예 정의가 없는 경우도 있었다. 이 연구에서는 이러한 혼동을 피하기 위하여 Table 1과 같이 용해와 확산의 용어를 정의하고자 한다. 그리고 이 용어정의에 분출을 함께 정의 한 것은 교과서뿐만 아니라 대부분의 자료에서 확산이 분출 개념으로 대체되어 사용되고 있기 때문이다.

확산과 용해는 모두 그 결과로 인해 두 물질이 균일하게 섞여서 용액이 된다는 공통점이 있다. 따라서 지금까지 두 개념은 서로 뒤섞여서 정의되어 왔다. 하지만 확산과 용해를 정의하는데 있어, 확산은 어떤 외부로부터의 힘을 고려하지 않고 단순한 엔트로피 증가에 의한 혼합의 개념으로, 용해는 반드시 용매와 용질간의 인력이 용매간 또는 용질간의 평균인력보다 커서

Table 1. 확산, 분출, 용해의 용어 정의

용어	정의
확산 ⁹	한 종류의 분자들이 다른 종류의 분자들 속으로 이동하는 것
용해 ⁹	치음 상태에서의 입자간 인력(용매와 용매간 또는 용질과 용질간 인력)은 깨지고 부분적으로 용매와 용질간의 새 인력으로 대체되는 현상.
분출 ¹⁰	진공속에 가스를 갖다 놓고 용기에 매우 작은 구멍을 만들면 기체분자는 용기 속에서와 같은 운동속도로 구멍을 통하여 빠져나온다. 이렇게 용기의 작은 구멍을 통하여 기체가 흐르는 과정.

생기는 혼합의 개념으로 제시되어야 한다는 점에서 뚜렷한 차이점이 드러나야 한다. 또한 분출은 작은 구멍을 통한 진공으로의 퍼짐이고 확산은 다른 분자들 속으로의 퍼짐이므로 이 둘도 엄연히 구별되어야 하는 개념이다.

선행연구 고찰

선행연구는 용해와 확산에 관한 연구와 컴퓨터를 활용한 수업자료에 대한 연구로 크게 두 부분으로 나누어 살펴보았다.

노태희 등¹¹의 연구에서 고등학교 학생들의 화학개념을 조사하였는데 물질의 입자성과 확산에 대한 화학개념 테스트 결과 대부분이 거시적인 현상으로부터 미시적인 것에 관해 추론하거나, 과학 용어를 불완전하게 사용하거나 거시적인 물리 현상을 잘못 이해하여 오개념을 가지고 있는 것으로 분류되었다. 고등학교 학생들 입에도 불구하고 확산에 관한 질문에서는 많은 학생들이 화학변화나 용해와 혼동하고 있었고 물질에 관한 질문에서도 화학을 이해하기 위한 기본적인 입자 개념이 부족함이 나타났다. 이 연구에서는 개념변화의 구조적 전략 중의 하나로 분자모델을 이용한 구체적 방법이 물질에 대한 개념 형성에 도움이 됨을 지적하였다. 이 연구는 학생들이 혼돈하고 있는 개념인 확산과 용해를 미시세계의 분자 개념으로 구별할 필요가 있음을 말해주고 있다.

물질의 입자성과 확산에 관한 화학개념 테스트와 같은 취지에서 노태희 등¹²은 상변화와 용해에 대한 학생들의 개념을 정성적으로 분석하였는데 여기서도 마찬가지로 학생들이 가지는 오개념은 과학용어를 잘못 사용하거나 분자 운동과 인력 사이의 인과 관계를 잘못

이해하거나 분자간 인력과 화학결합을 명확하게 구별하지 못하는에서 비롯된다고 하였다. 일반적으로 학생들이 분자사이의 인력을 답변에서 사용하지 못하여 어떤 물질은 용해되고 어떤 물질은 용해가 안 되는지를 이해하는데 어려움을 가지고 있다고 한다. 이러한 연구 결과 역시 지금의 교과서에서 용해의 원리가 빠져있는 것이 부적절함을 보여주는 것이라고 할 수 있다.

정찬주³의 용액 분야에 관한 중학교 학생의 오인 분석 연구의 시론에서 지적한 것과 같이, 용해 현상, 용액 등 교과서에서 언급한 개념들의 표현상의 차이가 있고 정의가 정확하게 서술되지 못해서 오인을 가지고 있음을 지적하였다. 그러므로 개념을 정리하는 용어들은 한 부분만 예를 제시하지 말고, 다양한 예를 제시하여 학생들이 폭넓은 개념을 습득할 수 있도록 하고, 교과서마다 차이가 있는 용어에 대한 정의를 일치시켜 교과서를 통한 오인을 감소할 수 있도록 해야 한다고 했다. 이에 대해 구체적인 제안은 하지 않았지만 앞서 지적한 교과서의 문제점과 그에 대한 제안 사항들은 이 연구에서도 충분히 고려될 필요가 있다.

박정윤 등¹¹은 용해에 대한 중학생들의 오인을 조사하고 수업을 통해 개념을 변화시키는 연구를 하였다. 이 연구에서는 용해가 물질의 입자성에 대한 이해를 바탕으로 하기 때문에 형식적 조작사고를 요구하는 개념임을 지적하고, 학생들의 오인을 과학자적인 개념으로 전환시키는 학습전략을 개발, 적용하였다. 실험반에서는 오인을 치치하기 위한 학습전략으로 용해의 원리를 설명하였다. 이때 용해된 상태의 용매, 용질을 표현해 주는 큰 구슬과 작은 구슬을 이용하여 용해의 원리를 설명하였다. 이렇게 분자의 움직임을 모델화 하는 것으로 통제반과 수업을 차별화 하였다. 학습 결과, 개념변화의 정도에 있어서는 실험반이나 통제반이 통제반 상 유의미한 차이가 없었다. 단지 실험반의 경우, 용매와 용질의 입자성의 분포에 대해서 유의미한 학습 효과가 관찰되었다. 이 연구 결과가 의미하는 바를 분석해 보면, 구슬 모델은 물질의 입자 개념의 획득에는 효과적일지 모르지만 입자간의 인력 개념이 매우 중요한 용해의 원리 설명에는 부적절한 교수법이었음을 알 수 있다.

박현주¹²는 초등학교 아동들의 용해에 관한 개념을 조사하고 분석하였는데 아동들은 일상생활에서 얻은 자기의 경험을 기초로 하여 자연현상을 설명하려 하며, 학년이 올라갈수록 과학적 개념이 발달하고 과학적 용

어의 사용 빈도수가 증가하였다고 했다. 그리고 아동들에게 추상적인 내용이나 이해하기 어려운 복잡한 학습 내용을 쉽게 이해시키기 위하여 모델이나 모형 같은 시각적인 학습자료가 많이 개발되어야 한다고 제안하였다. 이 연구에서는 초등학교 배부터 영상적인 학습자료와 함께 학습이 병행된다면 올바른 과학적 개념을 가질 수 있으며, 이후 학습에서 생길 수 있는 학생들의 오개념을 사전에 예방할 수 있다고 주장하였다.

최석남 등¹⁶은 고등학교 화학에서 주기율과 전자배치를 중심으로 애플릿을 이용한 자율학습 자료 개발과 적용을 연구하였다. 이 연구에서는 학습 후 성취도 검사와 설문지를 통하여 조사하였는데, 그 결과 컴퓨터 프로그램을 통하여 활용한 수업을 받은 학생들이 다른 매체를 통하여 학습한 학생들에 비하여 흥미도와 학습 효과 면에서 더 효과적인 것으로 나타났다. 그러나 이 연구에서 제시한 컴퓨터 프로그램은 텍스트의 나열 수준에서 벗어나지 못하였다.

노태희 등¹⁷은 분자운동과 관련하여 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조수업을 실시하고, 인지적, 정의적 영역에서의 효과를 조사하였다. 그 결과, 컴퓨터 화면에 제시된 입자 수준의 애니메이션이 교과서에 제시된 정적인 삽화에 비해 분자의 운동성을 이해하는데 효과적이었고 입자의 동적인 본성에 대한 오개념이 적게 나타났다고 하였다.

김광근¹⁸의 연구에서는 대부분의 수업에서 적용하는 자료는 평면적이고 단면적이며 지식의 전이력이 매우 적은 확인화된 자료가 대부분임을 지적하고, 재미와 효과 위주의 프로그램 개발과 교육과정 및 교재를 제대로 이해하지 못한 비전문가에 의해 제작된 프로그램의 문제점을 지적하였다. 그리고 충분한 교육적 이론과 교육과정, 실제 수업 적용의 필요성 및 흐름을 잘 고려하여 완성된 멀티미디어를 활용한 수업의 경우에는 학습 성취도 면에서 큰 향상이 있다고 주장하였다.

Krajcik은 시각적으로 상호작용하는 컴퓨터 시뮬레이션의 효과를 연구했다.² 비시각적 소프트웨어를 사용한 집단과 시각적 소프트웨어를 사용한 집단의 분자운동에 관한 개념변화에 관한 연구결과, 동적인 영상을 포함하는 소프트웨어와 상호 작용한 시각적 그룹 9명중 5명이 분자 운동적 이론과 일치하는 모델을 가졌으며, 비시각적인 소프트웨어와 상호 작용한 그룹 8명중 1명만이 분자 운동적 이론과 일치하는 모델을 가졌다고 보고하였다.

또한, Wisser와 Kipman은 상호 작용적인 컴퓨터 시뮬레이션이 열 에너지와 온도 개념에 대한 학생의 이해를 재구성하게 돕는다고 보고하였다.²

용해 현상은 일상생활에서 그 예를 흔히 볼 수 있으므로 관찰이 용이한 면 때문에 초등학교 4학년에서부터 제시되기 시작하여 5학년, 6학년 중학교 1학년, 그리고 고등학교에서도 제시되고 있다.¹¹ 그러나 용해의 원리를 제대로 이해하기 위해서는 분자나 이온 같은 미시적인 입자에 대한 개념, 즉 물질의 입자성에 대한 개념과 함께 형식적인 조작사고를 요구한다.^{19,20} 따라서 중학생들에게조차 용해는 어려운 개념이며, 고등학생들도 일상 생활을 통해서도 용해에 대한 다양한 선개념이 있음이 조사되었다. 이러한 선개념들 중에는 과학자적 개념과 다른, 다양한 오인들이 많았다. 또한 학교 수업을 통해서도 용해는 올바른 과학자적 개념이 형성되기 어려운 개념으로 연구의 대상이 되어 왔다.²¹

화학은 원자나 분자의 개념 없이는 이해하기 어렵기 때문에 많은 연구자들이 물질의 입자성에 관련된 학생들의 개념을 연구하여 왔다. 그러나 용해와 같은 구체적인 화학 개념에 관련된 연구는 거의 없으며, 있는 경우에도 대부분이 물질의 보존에만 초점이 맞추어져 있다.²² 따라서 학생들의 용해에 대한 이해가 용해, 확산, 분출, 물질의 상태 등의 4가지 개념 사이에서 혼동되어 있지만,²³ 이러한 점을 고려한 연구는 많지 않다.

그리고 선행연구에서 용해와 확산에 대한 학생들의 오개념을 변화시키기 위한 여러 수업모형들 중에 동영상으로 미시세계의 이론과 거시세계의 현상을 연결하여 오개념을 올바른 과학 수정하기 위한 시도는 거의 없었다. 단지 단순한 문자나 그래픽 정보를 중심으로 내용 전개를 하는 수준의 CAI 프로그램이 대부분이었다. 그러나 이러한 프로그램은 학습자의 인지를 강화하는데 한계가 있으므로, 질적으로 우수한 멀티미디어 학습프로그램이 필요하다고 할 수 있다.²⁴

이처럼 대부분의 용해와 확산에 관한 연구들은 오개념 연구가 주를 이루었고 이런 개념들을 변화시키기 위한 것에 초점이 맞추어져 있다. 그리고 컴퓨터를 활용한 수업자료를 개발한 연구들도 학생들의 흥미를 높이는 것에는 효과적이었으나 아직도 단순한 텍스트나 그래픽의 나열 수준에서 벗어나지 못하고 있음을 알 수 있다.

연구 방법 및 절차

교과서 분석

초등학교 교과서 내에서 확산이라는 용어는 사용되지 않았지만, 5학년 1학기 날씨 단원에서 기온에 따른 물의 증발을 다루며, 6학년 1학기 분자 단원에서 분자 운동과 관련하여 확산의 개념을 다루고 있다. 용해에 관련해서는 4학년 1학기의 물질의 성질 단원과, 5학년 1학기의 용해 단원에서 이러한 내용을 다루고 있다. 따라서 이 단원을 중심으로 초등학교 교과서^{25,26} 내용을 분석하였다.

확산의 내용은 중학교 2학년 교과서에서 대단원 '물질의 구성'에서 '분자운동' 단원에 제시되어 있다. 그리고 용해의 내용은 중학교 1학년 대단원 '물질의 특성과 분리'에서 '용해도' 단원에 제시되어 있다. 따라서 이 단원을 중심으로 중학교 교과서^{27,28}를 분석하였다.

고등학교에서는 화학 II의 '물질의 상태와 용액' 대단원 내에 '기체와 용액' 단원에서 용해와 확산의 개념을 서술하고 있다. 따라서 이 단원을 중심으로 고등학교 교과서^{29,30}의 내용을 분석하였다.

인터넷 사이트 분석

용해와 관련하여 이 연구에서 분석한 국내외 인터넷 사이트는 총 16개³¹⁻³⁶이다. 그리고 확산과 관련하여 분석한 사이트는 13개³⁷⁻⁴⁹이다.

결과 및 토의

교과서 분석

확산과 관련된 교과서 내용 분석. 초등학교 6학년 1학기 자연 교과서에서는 분자 단원에서 다음과 같은 현상을 관찰함으로써 분자 운동을 추리하도록 내용이 구성되어 있다.

- 액체의 증발에 대하여 알아보자.
- 암모니아의 분자 운동을 알아보자.
- 잉크나 색소가 물에 퍼지는 현상에 대하여 알아보자.
- 잉크는 찬물과 따뜻한 물 중 어느 쪽에서 더 빨리 퍼지는지 알아보자.

그러나 초등학교에서는 확산이라는 용어는 사용하지 않고 단순히 '퍼지는 현상'으로 설명하고 있다. 그리고 이러한 현상의 원인이 분자의 운동 때문임을 설명하고

있다. 잉크 실험의 경우 이 내용의 관점은 잉크 분자의 운동이다. 따라서 찬물과 더운물에서 물분자 자체의 운동에 대한 고려는 거의 이루어지지 않고 있다. 암모니아의 경우에도 공기의 존재는 거의 고려되지 않는다. 따라서 암모니아의 확산은 두 물질이 섞이는 현상으로 이해되기보다는 증발이나 기화와 같은 상태변화로 이해될 가능성이 더 크다.

액체의 증발에 대한 현상에서는 증발한 기체가 공기 중에 퍼지는 확산의 개념보다는 상태변화의 관점에서 증발이라는 용어가 사용되고 그 내용이 기술되어 있다. 따라서 초등학교 5학년 1학기의 날씨 단원에 제시되어 있는, 온도에 따라 증발의 빠르기가 달라지는 현상을 더운물과 찬물에서 잉크의 확산 속도가 달라지는 것과 유사한 확산 현상으로 이해하기는 어려울 것이다. 이러한 내용은 초등학교 5학년 1학기 날씨 단원에서 다루고 있다.

기온이 어떠한 때 물이 빨리 증발할까?

이를 알아보려면 어떻게 하여야 할까? 생각한 대로 실험을 하여 보자.

기온을 고려해야 하는 이유는 바로 확산 속도를 다르게 해주기 때문이다. 분자는 확산이 올바르게 이해되기 위해서는 눈에 관찰되지 않는 공기의 존재를 인식해야 한다는 점이다. 용어 정의와 이론적 배경에서도 살펴보았듯이 확산은 두 물질이 고르게 섞이는 현상이기 때문이다.

중학교 2학년 과학 교과서에서는 확산을 다음과 같이 설명하고 있다. 교과서의 보편적인 설명 내용을 먼저 제시하고 교과서의 특징적인 설명을 그 다음에 제시하였다.

· 잉크가 물 속에 퍼지거나, 향수 냄새가 방안에 퍼지는 것과 같이 입자들이 스스로 운동하여 기체나 액체 속으로 퍼져나가는 현상을 확산이라고 한다. ..기체 분자나 액체 분자는 정지하고 있는 것이 아니라 끊임없이 여러 방향으로 운동하는 성질을 지니고 있다. 흰 고리가 생긴 부분이 염산이 묻은 약솜 쪽에 더 가까운 것은 암모니아가 염산 보다 가벼워 더 빨리 퍼지기 때문이다.

· 분자는 작고 가벼울수록, 온도가 높을수록 빠르게 확산되며 공기 속에서 보다 진공 속에서 더 빠르게 확산된다.^{27,28,33}

· 흰 띠가 생길 때까지 시간을 측정하고 각 분자가 이동한 거리를 그 시간으로 나누면 확산속도가 된다. 일반적으로 분자들은 가벼울수록 확산 속도가 크고 온도가 높을수록 확산 속도는 커진다.³⁰

· 확산에서 퍼져나가는 분자가 매질의 입자 사이 사이에 끼어 들어가는 것처럼 서슬되어 있다.³¹

· (확산이라는 용어는 정의되어 있지 않다)... 염화수소 분자나 암모니아 분자는 질량이 매우 작아서 쉽게 움직일 수 있고 그들 분자가 없는 곳으로 이동한다.³⁴

이 연구에서 조사한 중학교의 모든 교과서에는 공통적으로 분자가 스스로 움직이고 있다는 설명을 하고 있다. 그리고 염화수소 기체와 암모니아 기체가 저질로 퍼지는 성질이 있음을 보여주는 실험으로 염화암모늄 생성 실험을 공통적으로 다루었다. 또한 잉크의 퍼짐, 암모니아 냄새, 향수 냄새를 맡을 수 있음을 확산의 사례로 빼지 않고 들었다.

하지만 교과서 설명의 초점은 이러한 확산 현상의 관찰을 통해 분자운동의 개념을 도출하는 것이라기 보다는, 이미 분자 운동은 알고 있다는 전제 조건 아래, 또한 모든 분자는 고유한 분자량이 있다는 사실을 안다는 전제조건 아래 가벼운 기체는 확산 속도가 빠르다는 것을 설명하는 데에 초점을 두고 있다. 즉, 확산의 개념보다는 그레이엄의 분출 법칙을 설명하고 있다. 심지어 확산이라는 용어를 이미 알고 있다고 가정하였는지 확산의 용어 설명이 생략된 채로 확산의 개념을 제시하는 교과서도 있었다.

또한 교과서에 따라서는 공기 중보다 진공 중에서 확산이 더 빠르다는 설명도 하고있다. 확산은 섞이는 두 물질에 대한 개념이 전제되어야 하므로 진공 중에서 한 물질이 퍼져나가는 현상은 확산이 아니라 분출이다. 즉, 이러한 설명은 확산과 분출 개념의 혼동을 보여주는 것이다.

분출은 이 연구의 용어 정의에서 언급하였듯이, 진공으로 일정 압력의 기체가 퍼져나가는 것이며 이때 속도는 오직 분자량에 의존한다. 하지만 확산은 다른 매질 속으로 서로 충돌하면서 퍼져나가는 것이므로 분자량뿐만 아니라 온도, 충돌 지름 등 고려할 사항이 매우 복잡하다. 그런데 대부분의 교과서에서는 확산의 사례로 공기중이나 물 속으로 기체나 액체 등이 확산하는 현상을 제시하면서도 다른 조건은 거의 무시한 채

분자량으로만 확산을 설명하는 오류를 범하고 있다.

대부분의 중학교 교과서에서 입자들은 '스스로' 퍼져 나가는 성질이 있음을 강조함으로써 확산의 현상을 설명한다. 따라서 확산은 분자들이 알아서 자신의 힘으로 퍼져나가는 것으로 이해될 수 있기 때문에 다른 매질 입자와의 충돌에 의한 확산의 개념을 가지기 어려운 것이다.

이러한 문제는 확산 현상과 온도의 관계를 이해하는 데에도 걸림돌로 작용한다. 확산 현상을 전적으로 분자량에만 의존하여 설명한다면 확산과 온도와의 관계를 연결시키지 못할 것이다. 확산이 일어날 때에는 퍼져나가는 물질뿐만 아니라 매질이 물이든 공기든 모두 분자운동을 하고 있으므로 서로 충돌하면서 퍼지는 엔트로피 증가에 의한 자발적인 현상인 것이다. 분자운동과 충돌로 확산을 설명하지 못하면 공기중과 진공 중의 확산 차이가 설명될 수 없음을 당연한 것이다.

디구나 분자량의 개념은 주기율표에 대한 개념이 정립된 후에 고등학교에서 다루는 내용인데, 중학교 2학년의 확산 현상을 통한 분자 운동을 이해하는 단계에서 초점이 분자량에 맞추어져 있다는 것은 문제점이라고 할 수 있다.

확산의 예로 제시된 내용 중에는 황산구리나 과망간산칼륨이 불에 퍼지는 현상이 있다.³¹⁻³³ 그러나 이러한 예로는 용해 현상과 확산 현상을 구분하기 어려울 것이다. 앞서 초등학교의 경우 상태변화 현상과 확산 현상의 구분이 모호한 것과 유사한 문제이다. 따라서 어떤 현상이 두 개념 이상을 포함하고 있는 경우, 이에 대한 구분이 명료하게 제시될 필요가 있다. 이 경우에는 황산구리나 과망간산칼륨이 불에 용해된 후에 확산 현상이 일어나는 것이라는 점을 분명히 하여 줄 필요가 있다. 요오드가 공기 중에 퍼지는 현상을 제시한 교과서의 설명²⁸도 역시 승화 개념과 함께 확산의 개념을 제시할 필요가 있다.

이러한 개념간의 구분의 중요성은 교과서의 서술 내용 중 나타나는 혼동에서도 드러난다. 예를 들어 용해와 확산 개념의 혼동으로 인해, 확산을 용해의 개념으로 설명한 교과서의 내용³¹도 분석되었다. 즉, 확산에서 퍼져나가는 분자가 매질의 입자 사이사이에 끼어 들어가는 것처럼 서술되어 있는 교과서도 있었다. 이러한 설명은 용해 현상을 설명할 때 사용하는 전형적인 설명 유형으로 교과서에서 용해와 확산 개념을 혼동하고 있음을 알 수 있다.

고등학교 화학 II 교과서에서는 확산을 다음과 같이 설명하고 있다. 교과서의 보편적인 설명 내용을 먼저 제시하고 교과서의 특징적인 설명을 그 다음에 제시하였다.

· 어떤 기체의 분자들이 열 운동에 의하여 서로 반응하지 않는 다른 기체 속으로 저절로 퍼져나가는 현상을 기체의 확산이라고 한다. ...기체 분자는 빠른 속도로 끊임없이 운동하고 있으므로 어떤 방향으로도 퍼져나갈 수 있으며 기체가 들어있는 용기에 아주 작은 구멍이라도 뚫려 있으면 기체는 용기 밖으로 새어나간다. 기체의 확산 법칙은 기체가 들어있는 용기에 뚫린 작은 구멍을 통하여 새어나오는 기체의 속도에서도 성립한다.

분자량이 다른 기체의 움직임을 관찰하여 분자량과 확산속도의 관계를 알아보는 실험 제시.

· 기체가 들어있는 용기에 작은 구멍을 뚫어 놓으면 기체 분자 중에서 우연히 이 구멍을 때리는 분자는 용기 밖으로 빠져 나오게 된다. 이것을 분출 (effusion)이라고 한다. 한 기체가 다른 기체 속으로 퍼져나가는 현상을 확산이라고 한다. 기체 분자는 다른 기체뿐만 아니라 액체 또는 다공성 고체 속으로 확산하기도 한다.³⁰

고등학교에서는 중학교에서 보다 더 분명히 확산을 분출의 개념으로 제시하고 있다. 단지 소수의 교과서^{30,34}에서만 확산과 분출의 개념을 구분하였다. 그러나 이 경우에도 역시 분출을 진공 중에 한 물질이 퍼져나가는 개념으로 진술하여 확산, 즉 두 물질의 섞임 개념과 구분하지는 않고 있다. 다른 교과서들에서는 이 교과서에서 분출의 개념으로 사용한 설명 그대로 확산을 설명하고 있음을 알 수 있다. 그리고 모든 교과서에서 분자량과 확산 속도를 관련 지음으로써 그레이엄의 분출 법칙을 제시하였다. 또한 확산에서 분자들이 스스로 움직임을 강조함으로써 충돌에 의한 확산의 개념을 획득하지 못하게 하며, 따라서 확산과 온도와의 관계를 이해하기 어렵도록 진술하고 있다. 이러한 경향은 중학교의 경우와 크게 다르지 않다.

용해와 관련된 교과서 내용 분석

초등학교 5학년 1학기 자연 교과서에서는 용해 단원에서 용해의 개념을 다음과 같이 제시하고 있다.

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

여기서는 용해의 원리에 대한 설명은 없이 현상으로만 용해를 정의하고 있으며, 용매와 용액의 예를 액체만 들고 있기 때문에 용매나 용액을 모두 액체로 이해하는 오류를 가질 수 있도록 제시하고 있다.

중학교 과학 교과서에서 용해는 물질의 특성 중 하나로 용해도 단원에서 설명되고 있다. 이 때 용해는 보편적으로 다음의 두 가지 유형으로 제시되어 있다.

용질이 용매에 녹아서 고르게 섞이는 현상^{27-29,32,34}

한 물질이 다른 물질에 균일하게 섞여 들어가는 현상^{30,31}

둘째 정의는 확산의 개념과 구분이 되지 않는다. 첫째 정의에서는 용질과 용매라는 용어를 사용하였다는 점이 구별되지만, 역시 단순한 용어의 나열에서만 차이가 있을 뿐 고르게 섞이는 것이 용해라고 진술한 점에 있어서 확산의 개념과 구분이 되지 않는다.

또한 중학교임에도 불구하고 용해의 정의뿐만 아니라 내용이나 실험, 사례 면에서 대체적으로 초등학교 교과서의 내용과 크게 달라지지 않았다. 초등학교 5학년의 용해 단원에서는 물질의 입자 개념이 도입되기 어렵지만, 초등학교 6학년에서 물질의 입자 개념을 도입하기 때문에 중학교에서 다루는 용해의 개념에는 이러한 물질의 입자 개념이 제시되어 보다 심화된 내용으로 전개될 수 있으나, 이러한 시도가 전혀 이루어지지 않고 있다. 단순히 현상적인 관찰 수준으로 '녹아 혹은 섞여 들어간다'는 표현으로 용해를 설명하고 있다.

또한 일부 교과서³에서는 초등학교 6학년 1학기 분자 단원에서 물질이 연속적이지 않고 입자로 이루어져 있다는 것을 이해시키기 위해 실험으로 제시한 콩과 좁쌀을 섞는 실험과 유사한 그림을 용해에 대한 설명으로 제시함으로써 올바른 용해 개념을 형성하는데 걸림돌이 되고 있다. 용어 정의 및 이론적 배경에서 제시한 바와 같이 용해는 입자 사이의 인력 개념으로 설명되어야 한다. 단순히 입자의 크기가 차이가 나서 그 구멍으로 크기가 작은 입자가 들어가는 현상으로 용해를 설명하면 모든 물질은 다 입자의 크기가 고유하기 때문에 모든 물질이 용해될 수 있다는 오류를

낼 수 있기 때문이다. 초등학교에서 두 액체를 섞어 부피의 변화를 관찰하는 실험의 목적은 용해에 있는 것이 아니라 물질의 입자성을 확인하는 데에 있다. 그러나 이 현상에서 두 액체 물질이 고르게 섞이게 된다. 이러한 유사한 심 때문에 용해의 원리를 설명하는 데에 이 개념을 도입함으로써 용해를 인력의 개념으로 이해하지 못하고 구멍 사이에 입자가 끼어 들어가는 개념으로 이해하도록 유도하는 것은 문제라고 생각한다.

이 단원의 목적이 용해가 물질의 고유한 성질 중 하나임을 인식하는 것임에도 불구하고 입자의 개념이나 입자의 인력 개념에 대한 설명이 배제되어 있기 때문에 학생들은 올바른 개념의 획득이 어려울 것이다. 이 단원의 교과서 내용 구성에 비추어 볼 때, 용해의 원리를 이해하기보다는 용해도를 이용한 계산 문제의 풀이를 더 중요하게 다루는 것처럼 보인다. 일부 교과서³³에서는 확산의 경우와 같이 용해에 대한 심의를 하지 않았다. 아마도 이러한 개념을 초등학교에서 충분히 다루었다고 판단하였기 때문인 것 같다. 그러나 초등학교에서 다루는 용해의 개념은 매우 왜곡되었기 때문에 보다 정확한 정의가 중학교에서 도입될 필요가 있다고 본다.

고등학교 화학 II 교과서 중에 용해의 정의를 하지 않은 교과서가 대부분이었으며, 있는 경우에도 중학교 수준으로 제시된 경우가 많았다. 극히 일부의 교과서^{36,39}에서만 인력의 개념으로 용해 현상을 설명하였다. 이 설명을 제시하면 다음과 같다.

용질이 녹으려면 용질과 용매 입자 사이의 인력이 용질 입자들 사이나 용매 입자들 사이에 작용하는 인력보다 커야 한다.

그러나 대부분의 교과서에서는 '극성 물질은 극성 물질에, 비극성 물질은 비극성 물질에 잘 녹는다'라고 정리하고 있다. 이 설명을 이해하기 위해서는 입자간의 인력 개념이 필수적이라고 본다. 특히 이온성 물질의 경우 극성 물질이지만 용해도가 매우 낮은 것이 많은데, 그 이유가 용질 입자 사이의 인력이 매우 크기 때문이라는 점을 이해하려면 용질과 용매의 인력 개념이 명확히 제시될 필요가 있다. 그러나 대부분의 교과서에서 용해될 인력의 개념으로 설명하지 않고 있으며, 극성물질과 비극성 물질의 용해될 서술하고 있기 때문에 학생들은 분필이 물에 안 녹는 이유를 비극성 물

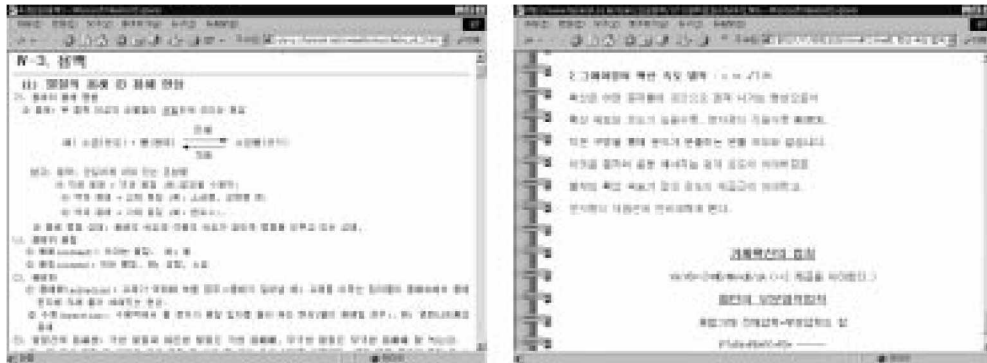


Fig. 2. 텍스트 나열 예.^{53,54}

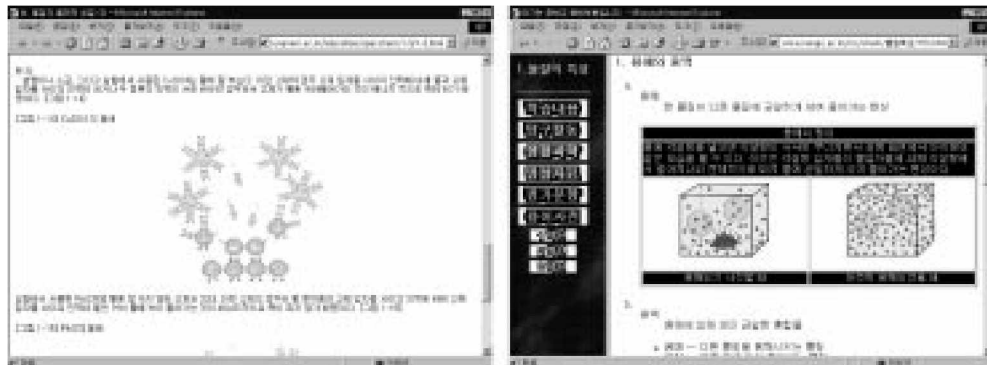


Fig. 3. 텍스트에 평면그림 나열 예.^{53,54}

질이기 때문이라고 오해할 가능성이 있다.

인터넷 사이트 분석

인터넷 사이트를 분석한 결과, 단순히 개념을 설명한 글로 구성된 정지된 화면들의 나열인 경우(Fig. 2), 이러한 정지 화면에 컬러 그림들이 첨가된 경우(Fig. 3),

그리고 가상 실험을 통해 간접 실험을 할 수 있는 경우(Fig. 4)로 구분할 수 있었다.

이 중 첫째와 둘째 유형은 책의 개념과 전혀 다르지 않다. 단지 책장을 넘기는 대신 컴퓨터의 엔터키를 누르는 것이 다를 뿐이다. 자유롭게 책장을 넘길 수

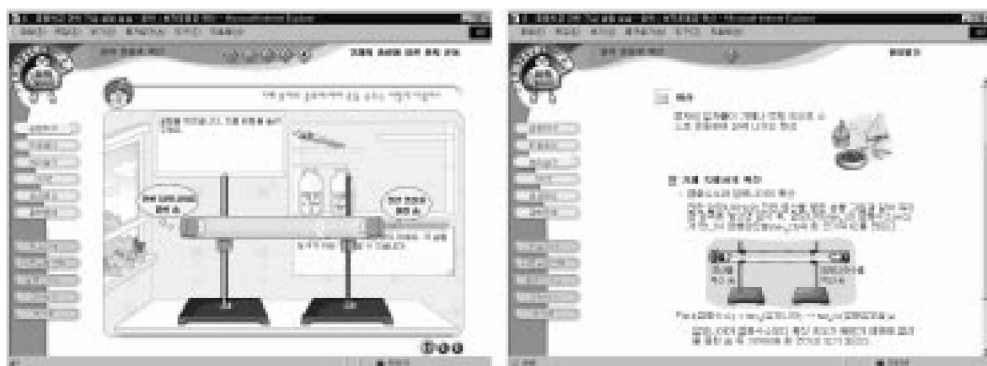


Fig. 4. 가상실험 사이트 예.⁵⁶

없다는 점에서 오히려 불편할 수도 있다. 이러한 유형으로는 교과서로는 다룰 수 없는 학습의 영역을 보조해 주는 수업 보조 자료로서의 역할을 제대로 감당할 수 없을 것이다. 셋째 유형의 경우에는 직접 실험이 가능한 경우로써 당연히 직접 실험이 더욱 큰 교육 효과를 나타낼 것이다. 가상 실험이 필요한 경우는 실험 장비가 크거나 실험 결과 관찰이 어렵거나 위험할 때 하는 것인데, 대부분의 초, 중, 고등학교 교육 내용은 관찰이 쉽고 장비를 구하기가 어렵지 않으며 직접 탐구 실험이 가능한 내용들이 대부분이기 때문이다.

이 연구에서 조사한 용해와 확산에 관련된 대부분의 인터넷 사이트들은 초등학교 수준이 가장 많았으며, 중, 고등학교 수준의 사이트들은 비교적 적었다. 또한 내용의 구성 면에 있어서 다양한 사진들을 첨가하여 시각적 효과를 준 것들이 많았다. 즉 두번째 유형에 해당하는 경우가 대부분이었다.

이 연구에서 분석한 자료에 따르면 용해와 확산에 관련된 인터넷 사이트 중에서 입자적 관점으로 이러한 개념을 설명한 경우가 몇 개 있었으나 이 사이트 역시 분자모형을 제시한 그림들이 평면적이고 정적인 교과서의 그림 수준을 벗어나지 못하고 있었다. 그리고 글로 진술된 그림에 대한 설명 역시 교과서의 수준이었고, 따라서 이 연구의 교과서 분석 단원에서 지적한 많은 문제점들을 그대로 가지고 있었다.

따라서 컴퓨터가 교과 도구로 활용될 때 가질 수 있는 장점이 제대로 실려지지 못하고 있었다. 용해와 확산의 개념이 올바르게 이해되기 위해서는 입자의 개념과 입자간의 인력 개념이 동영상적으로 표현될 필요가 있다. 이러한 영상적인 입자의 움직임에 대한 표현은 글로 제시한 설명을 대신하기 때문에 정지된 그림

과 이에 대한 설명이 가지는 효과를 충분히 대신할 수 있을 뿐만 아니라, 보다 정확한 개념의 획득에도 도움을 줄 수 있을 것이다. 정지된 화면과 이에 따르는 글은, 사실 입자의 움직임을 교과서 내에서 영상적으로 표현하는데 한계가 있기 때문에 지금까지 그 한계점 내에서 이루어져 온 표현방식이기 때문이다. 이는 마치 만화를 책으로 보고 그 내용을 이해하는 경우와, 이를 영화로 볼 때 이해되는 경우로 비교될 수 있을 것이다.

교과서에서 용해와 확산에 관한 개념을 표현할 때 가지는 기본적인 한계점뿐만 아니라, 이 연구에서 분석한 결과에 의하면 교과서에 서술된 내용에서도 많은 오류가 나타났다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 수업 보조 자료로서의 인터넷 사이트의 개발을 하였다.

이 자료는 웹 애니메이션 제작도구인 Flash 4로 제작되었다. 이 제작도구는 Flash 4 프로그램 없이도 응용파일로 실행이 가능하기 때문에 쉽게 학생들이 다운받아 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이 연구에서 개발한 용해와 확산의 차이점에 관한 자료(Fig. 5, 6)에서는 학생들이 쉽게 관찰 가능한 기시적인 용해와 확산현상으로부터 미시세계의 입자 관점으로의 연결을 표현함으로써 학생들이 좀 더 입자적인 관점으로 용해와 확산을 이해하도록 시도하였다. 또한 이러한 이해를 돕기 위하여 관련화면에 대한 부과설명을 화면상에 제시하였으며, 학생들이 마우스를 이용해 입자의 움직임을 직접 실행해 봄으로써 좀 더 흥미롭게 접근할 수 있도록 제작하였다. 특히, 이 연구에서 구분하고자 했던 용해와 확산의 차이점을 입자의 움직임과 인력개념으로 한 화면에 비교하여 제시함으로써 용해와 확산

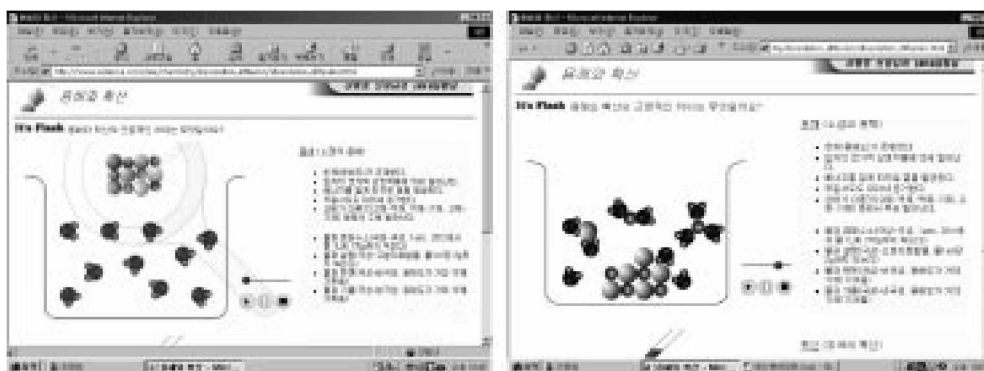


Fig. 5. 확산과 용해를 구별할 수 있게 개발된 자료 1.⁶⁸

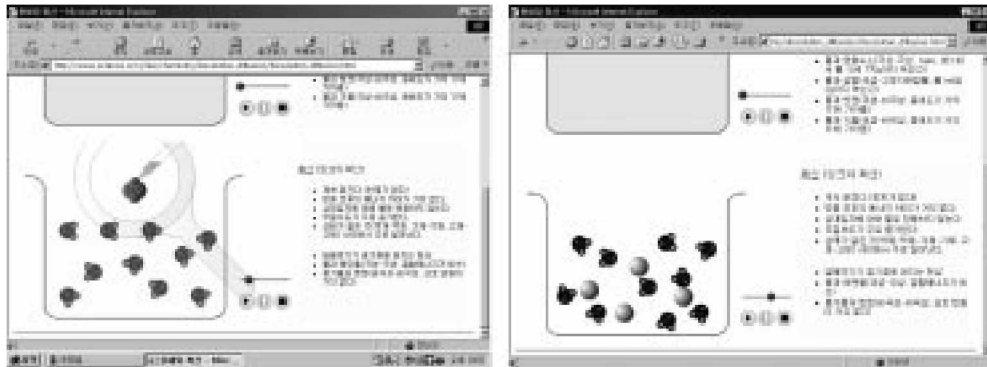


Fig. 6. 확산과 용해를 구별할 수 있게 개발된 자료 2.⁸⁾

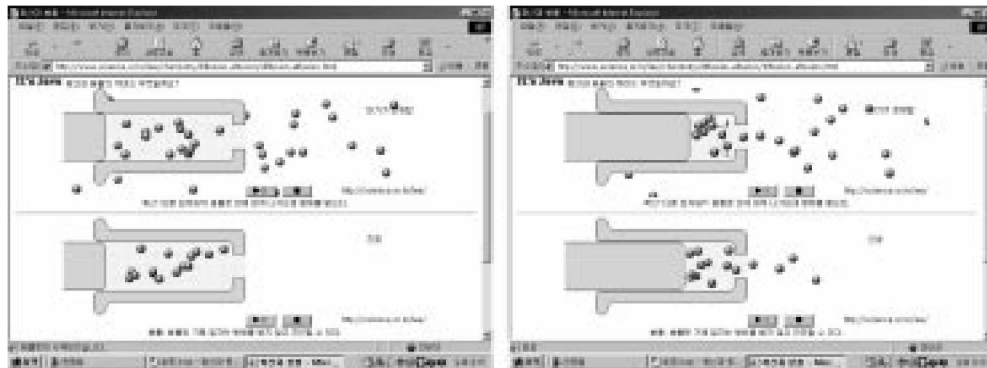


Fig. 7. 확산과 분출의 차이점을 구별할 수 있게 개발된 자료.⁸⁾

을 쉽게 구별할 수 있도록 하였다.

또한, 확산과 관련해 많은 교과서 및 내부본의 자료에서 분출개념과 혼동되어 사용되고 있었기 때문에 같은 엔트로피 증가에 의한 개념이긴 하지만 다른 분자들 속으로 이동하는 확산과, 작은 구멍을 통해 진공으로의 퍼짐을 나타내는 분출의 차이점을 비교한 동영상

자료(Fig. 7)를 개발함으로써 주너 확산의 개념을 명료화하였다.

용해와 관련해서는 물질의 고유한 성질로서의 용해도를 이용하여 각 물질의 용해도 차이를 알아볼 수 있는 동영상 자료(Fig. 8, 9)를 함께 개발하였다. 용해도와 관련된 컴퓨터 보조자료에서는 이온결합물질과 공

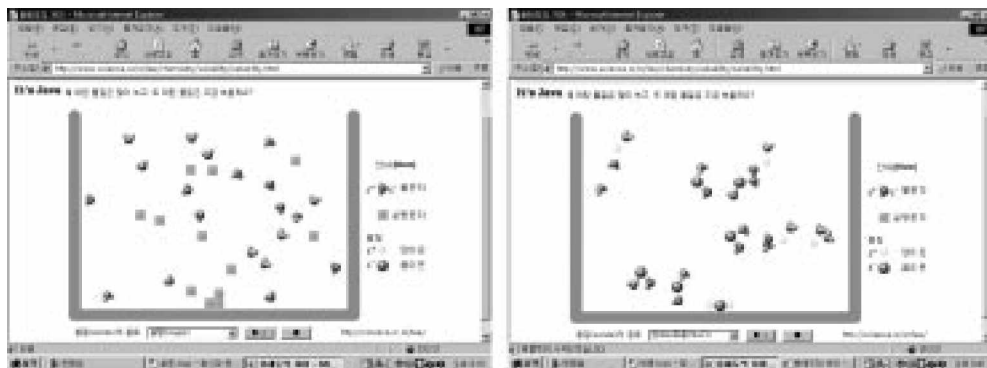


Fig. 8. 물질에 따른 용해도의 차이를 구별할 수 있게 개발된 자료 1.⁸⁾

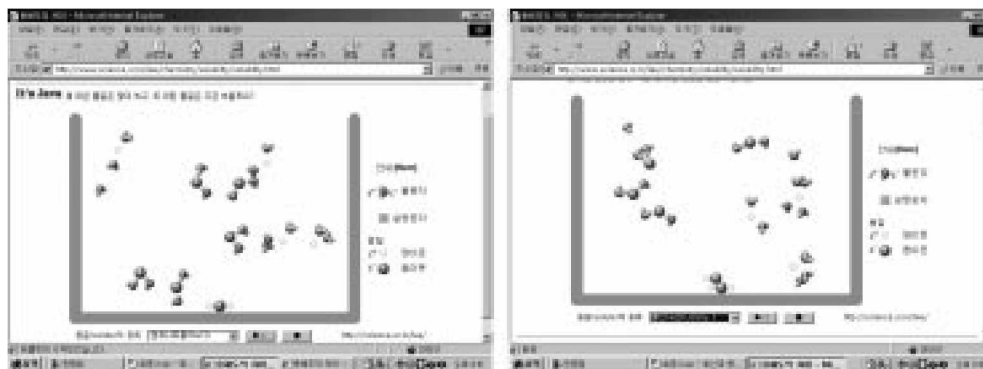


Fig. 9. 물질에 따른 용해도의 차이를 구별할 수 있게 개발된 자료 2.⁶⁵

유결합물질이 각각 물에 의해 용해되면서 입자와 입자 간의 인력 개념으로 어떠한 용해도의 차이를 보이는가를 확인 할 수 있어 용해성 차이를 통한 물질의 특성을 학생들이 이해할 수 있도록 하였다(Fig. 8). 그리고, 이온결합물질의 경우 각 물질을 구성하는 입자의 특성에 따라 같은 수의 물분자와 결합하는 용질의 수가 달라지기 때문에 같은 양의 물에 녹는 용질의 양이 달라짐을 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 제작. 개발(Fig. 9)하였다. 현재까지 개발한 이러한 자료는: 'http://www.science.or.kr/lee/chemistry.html'의 '용해와 확산' 영역에 제시하였다.

결론 및 제언

초, 중등학교 과학 교과서를 분석한 결과, 확산과 용해의 개념이 유사하게 정의되고 있음을 알 수 있었다. 유일한 차이 중 하나는 확산은 '퍼진다'는 것으로, 용해는 '섞인다'는 것으로 구분한 것인데, 이러한 차이는 국문학적인 가치가 있을지는 모르지만, 과학적 변별력을 가지는 것은 아니다.³⁰ 그 외에도 확산은 상태변화, 분출의 개념과도 혼동되어 서술되었으며, 확산의 중요 개념 중 하나인 다른 입자와의 충돌의 개념이 거의 배제된 채 제시되어 있었다.

이러한 혼동은 아마도 용해, 확산, 상태변화 등의 현상 후에 두 물질이 고르게 섞인다는 결과가 유사하기 때문일 것이다. 즉 거시세계에서 눈으로 관찰할 때에는 이러한 개념들 간의 차이를 인식하기 어려운 것이다. 이 연구에서는 이러한 개념의 차이는 미시세계의 입자와 입자간 인력의 개념으로 제시할 때 비로소 정확한 과학적 이해가 가능하다고 보았다.

중, 고등학교의 일부 교과서에서는 용해와 확산의 용어에 대한 정의 자체가 빠져 있는 경우도 있었다. 이는 분명히 이 단원을 학습하기 전에 학생들이 이미 이러한 개념을 알고 있을 것이라는 전제 조건을 하고 있었기 때문일 것이다. 그러나 실제 교과서에서 정확한 과학 개념, 즉 입자관과 입자간의 인력 개념으로 명확히 이러한 개념들을 설명한 경우는 매우 드물었다. 오히려 많은 잘못된 개념들을 통해 용해나 확산의 개념을 도입하였다. 이러한 내용은 고등학교보다는 초등학교나 중학교의 경우에 더 심했는데, 이는 아마도 충분히 정확한 과학 개념을 설명하기에 학습자의 사전 지식이 부족하다고 판단하여 직관적으로 이해할 수 있는 사례만을 선별하다 보니 나타난 현상이라고 본다. 예를 들어 용해나 용액의 개념에 반드시 액체의 사례가 들어가는 경우를 들 수 있다.

그러나 이러한 문제 때문이라도 고등학교에서는 보다 정확한 입자 개념의 도입으로 이러한 과학 개념의 정립을 해 줄 필요가 있다고 본다. 또한 초등학교와 중학교 학생들에게도 입자 개념이나 인력의 개념을 말이나 글로 설명하는 것은 어렵지만, 이를 동영상적인 수업 보조 자료로 제시해주고 설명해 줌으로써 그들의 이해를 도울 수 있을 것이라고 생각한다. 행성의 움직임이나 달의 위상 변화와 같은 개념도 모델을 이용하여 초등학교에서 충분히 다루고 있기 때문이다.

현재까지 이루어진 과학교육에 관련된 많은 선행 연구에서는 과학적 개념 획득의 실패 원인을 학습자의 인지 상태에서 찾고자 노력하였다. 인지 용량이나 인지 수준, 오개념에 갈등 상황을 제공하는 연구, 인지 가속에 관련된 연구 등은 모두 이러한 시각을 대변하고 있다고 본다. 그러나 이 연구에서는 올바른 개념 획득

을 위해서는 저학년부터 지식의 구조에 해당하는 내용을 영상적 기법을 써서 보다 정확히 학습자에게 전달하는 것이 중요하다²³⁾는 점을 강조하고자 한다. 이 연구에서 소재로 선택한 용해와 확산의 경우에는 입자관과 입자간의 인력 개념이 지식의 구조에 해당하였다.

앞서 여러 문헌 분석에서 살펴보았듯이, 아직까지 교과서는 지면이라는 한계와 교육과정의 틀에서 벗어나지 못하는 문제 때문에 내다수의 교과서들이 정확한 과학 개념의 전달에 실패하였다. 그리고 관련 개념의 일부분에 해당하는 왜곡된 사례로 개념의 정의를 대신하는 경향이 있었다. 그러나 현 교육과정의 해석에서도 “...변화하는 현상은 실험을 통해 쉽게 확인할 수 있으나 현상에 대한 이유를 분자운동과 관련지어야 하므로 이해가 쉽지 않으므로 가능한 분자 모형이나 시범 실험을 통해 구체화시켜 설명해야 할 필요가 있다...학생들에게 입자론적 물질관을 이해시키는 것이 목적이다.”²⁴⁾라고 진술하고 있다. 따라서 앞으로 보다 정확한 과학 개념의 이해를 돕기 위하여 이러한 입자운동 개념과 입자 인력 개념으로 과학적 현상을 진술하고자 하는 노력을 계속할 필요가 있다고 본다.

그리고 입자론적 물질관을 실험을 통해 관찰한다고 해도 기시세계에서는 관찰이 불가능한 영역이므로 이러한 미시 세계의 이해를 돕기 위한 도구로 컴퓨터 수업 보조자료의 개발이 뒤따라야 할 것이다.

이 연구에서 소재로 선택한 용해와 확산은 화학에서 뿐만 아니라 생물에서 삼투압이나 호흡, 지구과학에서 습도나 포화수증기량의 개념과도 밀접한 관련을 가지는 개념이다. 특히 포화수증기량은 물의 상태변화와도 긴밀한 관계를 가지며, 포화의 개념에는 용해의 개념이 뒤따르지만 현재까지는 이러한 내용이 생물과 지구과학 단원에서 기시세계의 관찰 가능한 수준에서만 다루어져 왔다. 따라서 물질의 입자관을 통해 이러한 과학 개념을 통합적인 시각으로 학생들이 이해할 수 있도록 컴퓨터를 이용한 동영상적인 수업 보조 교재의 개발이 후속 연구로 진행될 필요가 있다. 또한 이렇게 개발된 자료들을 직접 현장에 투입하고, 그 교육적 효과가 검증되어야 할 것이다.

인 용 문 헌

1. Johnstone, A. H., *Thinking about thinking-A Practical approach to practical work*. Kempa, R. F.: Wad-

dington, D. J., Eds.: *Bringing Chemistry to Life. Proceeding of the Eleventh International Conference on Chemical Education*: 1992; pp. 69-76.

2. Glynn S. M., Yeany R. H., Britton B. K. *구성주의적 과학학습심리학*. 권성기 등 2인역: 시그마프레스: 서울, 2000.

3. 백성혜 *교원교육* 1999, 50, 169.

4. 두산대백과사전 편찬위원회 *두산대백과사전*, 1999.

5. <http://preview.britannica.co.kr> *브루태너커 대백과사전*.

6. <http://krenyel.yahoo.com> *야후 백과사전*.

7. <http://www.pull.co.kr> *제왕사 웹 백과사전*.

8. 고정식, 박택규 역, *화학용어사전*, 막영사: 서울, 1993.

9. Oxtoby D. W., Gillis H. P., Nachtrieb N. H. *현대일반화학*, 일반화학교재연구회편: 자유아카데미: 서울, 2000.

10. Fbbing D. D., Wrighton M. S. *일반화학*, 장영기 등 26인역: 교보문고: 서울, 1996.

11. 노태희: 진정문, 김해경 *화학교육*, 1996, 23(1), 42.

12. 노태희: 진정문 *화학교육*, 1996, 23(2), 102.

13. 정찬주 *경상대학교 석사학위 논문*, 1995.

14. 박종윤: 강순희: 최혜영 *화학교육*, 1996, 23(6), 436.

15. 박현주 *한국교원대학교 석사학위 논문*, 1996.

16. 최석남, 류해일, 홍춘표, 이동재, 류명영 *화학교육연구*, 1999, 30(1~12), 1.

17. 노태희: 차정호: 김창민: 최용남 *한국과학교육학회지*, 1998, 18(2), 161.

18. 김광진: *공주대학교 석사학위논문*, 1997.

19. 강순희: 박종윤: 우애자: 허은규 *화학교육*, 1996, 23(4), 267.

20. 박종윤: 강순희: 김선영: 김성희: 김인주: 이자현 *화학교육*, 1993, 20(4), 285.

21. Driver, R. *Beyond appearance: The conservation of matter under physical and chemical transformations*: Driver R.: Guesue A.: Tiberghien A., Eds.: Open University Press: Milton keynes, 1985, p 145.

22. Haidar, A. H.: Abraham, M. R. *Journal of Research in Science Teaching* 1991, 28(10), 919.

23. 임혜영: 안희수, *한국과학교육학회지*, 1999, 19(4), 595.

24. 교육부 *초등학교 자연 4-1*: 대한교과서주식회사: 서울, 1998, p 72.

25. 교육부 *초등학교 자연 5-1*: 대한교과서주식회사: 서울, 1998, p 32.

26. 교육부 *초등학교 자연 6-1*: 대한교과서주식회사: 서울, 1998, p 72.

27. 정창희 외 11인 *중학교 2학년 과학*, (주)교학사: 서울, 1998, p 64.

28. 송인명 외 7인 *중학교 2학년 과학*, (주)교학사: 서울, 1998, p 60.

29. 박봉상 외 7인 *중학교 2학년 과학*, 동화사: 서울, 1998, p 59.

30. 강영희 외 12인 *중학교 2학년 과학*, 두산동아: 서울, 1998, p 56.

31. 공규영 외 12인 *중학교 2학년 과학*. 지학사: 서울, 1998. p 57.
32. 우규환 외 7인 *중학교 2학년 과학*. (주)천재교육: 서울, 1998. p 61.
33. 권재술 외 8인 *중학교 2학년 과학*. 한샘출판(주): 서울, 1998. p 70.
34. 김시중 외 13인 *중학교 2학년 과학*. 금성출판사: 서울, 1998. p 56.
35. 이원식 외 2인 *고등학교 화학 II*. (주)교학사: 서울, 1998. p 253.
36. 정구조 외 2인 *고등학교 화학 II*. (주)동아시적: 서울, 1998. p 254.
37. 박원기 외 1인 *고등학교 화학 II*. (주)지학사: 서울, 1998. p 294.
38. 우규환 외 3인 *고등학교 화학 II*. (주)천재교육: 서울, 1998. p 222.
39. 최병순 외 4인 *고등학교 화학 II*. 한샘출판(주): 서울, 1998. p 236.
40. 소현수 외 4인 *고등학교 화학 II*. (주)두산. 1998. p 255.
41. http://www.tanchon-e.ed.kyonggi.kr/study/m_study/cho5jajon5/chap02/index.html.
42. http://www.kmec.net/apply/vaca-1998se5jaje5_j3.htm.
43. <http://www.ilgok-e.ed.kwangju.kr/ilgok/sogae/suop/soup5-1-2.htm>.
44. <http://210.99.240.129:sc51-12:sc512/SC512000.htm>.
45. http://galaxy.channeli.net/sweethome/chem_u4_3.htm.
46. <http://www.comschool.com/ddadagi/sci5-1.htm>.
47. <http://electrochem.kyungnam.ac.kr/lecture/chem/chm421.htm>.
48. <http://ems.cnu.ac.kr/박옥하/4.9.htm>.
49. <http://www.comschool.com/ddadagi/sci-5학년/1학기/2-3:자연.htm>.
50. <http://sugok.chongju-e.ac.kr/~parkcata/chem2/water/html/t131.html>.
51. <http://atom.kyunghee.ac.kr/Chemweb/Solution/soln02.htm>.
52. <http://myhome.shinbiro.com/~kimski/4-3/4-3.htm>.
53. <http://chemwave.chungnam.ac.kr/education-specchem-1-3/1-3.html>.
54. <http://science.kongju.ac.kr/ms/chem/물질특성/t131.html>.
55. <http://sciencenote.com/>.
56. http://www.topianet.co.kr/open/고교화학/1/11/화학교과/chm421.htm#1_용해.
57. <http://user.chollian.net/~cunkwang/m2-3.htm>.
58. <http://mylife60.inticity.com/>.
59. <http://ems.cnu.ac.kr/박옥하/제4장/4.htm>.
60. <http://science.kongju.ac.kr/ms/chem/구획성/t21231-1.html>.
61. <http://sun.hallym.ac.kr/~neuro/kns/tutor/nurse/조은정.html>.
62. <http://asan3.sch.ac.kr/~chem/lecture/gc/state/gas6.html>.
63. <http://www.comschool.com/ddadagi/sci/6학년/1학기/3-6:자연.htm>.
64. http://electrochem.kyungnam.ac.kr/lecture/chem/chm412.htm#2_확산_속도_법칙.
65. <http://www.topianet.co.kr/open/고교화학/1/11/화학교과/chm412.htm>.
66. <http://sugok.chongju-e.ac.kr/~semester/education/c6-1.htm>.
67. <http://cjh-e.ed.chungbuk.kr/sc51-12/SC512/sc512.htm>.
68. <http://www.science.or.kr/lee/chemistry.html>.
69. <http://cyberlab.edunet4u.net/indexnew.html>.
70. 백정례 *화학교육*. 1999. 26(4). 34.
71. Bruner, J. S. *교육의 과정*. 이흥우 역; 배영사: 서울, 1989.
72. *교육부 중학교 교육과정 해설*. 대한교과서: 서울, 1995.