

물의 상태 변화에 대한 중, 고등학생의 개념 형성에 관한 연구*

국 동 식

충북 대학교

(1988년 5월 1일 받음)

I. 서론

오늘날은 과학의 급격한 발달에 따라 과학 정보의 양이 매우 짧은 시간에 폭증하고 있기 때문에 학생이 학습을 통해서 얻어야 할 지식의 양과 질이 더욱 복잡하고 다양하여지게 된다. 이와같이 복잡하고 다양한 지식을 학생의 지적 수준에 적합하게 재조직화하고 재구성하여 단순화시킴으로써 학습을 쉽고 효율적으로 하자는 것이 개념학습이다(pella, 1966). 개념은 학습자의 신체적 성장에 의해서 단순히 얻어지는 것이 아니고 학습이라는 과정을 통해서 얻어지는 것이므로 과학적인 개념 획득은 효율적인 교수 학습을 통해서 가능한 것이다(박승재, 1985). 그런데 학생의 개념구조는 과거의 경험을 통해서 얻어진 개념구조에 영향을 받을 뿐만 아니라 새로운 경험은 학습자가 이미 가지고 있는 개념구조에 동화되어 다른 형태로 발달하기 때문에(Novak, 1977) 어떤 개념에 대한 개인

적 차이는 개인에 따른 인지적 구조가 특이하기 때문에 생길 수도 있고(Ausubel, etal, 1978) 개인의 지식 수준이 다르기 때문에 생길 수도 있다.

학생들은 일상생활에서의 경험과 그 이전 단계의 교육을 통해서 자신이 배운 내용과 관련된 개념체계를 가지고 있는데, 이들은 교사가 가르치고자 하는 또는 과학 교과서에 설명되어 있는 과학적 개념들과 다를 수 있다. 학생이 이미 가지고 있는 개념체계는 효과적인 과학 학습에 지대한 영향을 미칠 뿐만 아니라 다음의 학습에 의해서도 각각 개인에 따라 특유한 형태로 발달하게 된다(Osborne & Bell, 1983). 교사가 가지고 있는 과학적 개념과 학생이 소지하고 있는 개념체계가 다를때 과학 학습에서 문제점을 수반하게 되는데(조희형, 1985) 어떤 주제에 대한 것이든 학생은 그와 관련된 어떤 개념체계를 이미 파지하고 있어서 기존의 전통적 교수법에 의해 크게 영향을 받지 않는다(조희형, 1984).

학생이 가지고 있는 기존 개념체계와 학습과의 관계에 대한 위와 같은 몇 가지 관점에서 볼때 교사는 과학 학습의 시작에서부터 학습자가 현재 가지고 있

* 본 연구는 1987년도 충북대학교 학술 재단의 지원에 의하여 연구되었음.

는 개념체계를 고려하여 학습내용을 학생의 능력에 맞게 하위개념에서 상위개념으로 잘 조직하여 제시되어야 바람직하고 효과적인 교수와 학습이 이뤄질 수 있다.

따라서 본 연구에서는 학생들이 일상생활에서 항상 접하고 경험하는 물의 상태변화에 관해서 학생들이 현재 과지고 있는 개념체계를 조사하고 그러한 개념체계가 형성되게 된 배경을 분석함으로써 다음의 과학학습에서 올바른 개념을 획득시키기 위한 교수방법을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 방법

학생들이 어떤 개념에 대한 이해도를 연구함에 있어서 지금까지 연구에서는 Interview-about-instances(Osborne & Gilbert, 1980)라고 알려진 Clinical interview methodology를 이용한다. 본 연구에서는 Interview-about-events method(Osborne, 1980)를 변형하여 개인별 면담은 하지 않고 주제에 관한 실험을 실시함과 동시에 그 실험에서 관찰한 사실에서 주어진 질문에 대답하는 지필조사 방법을 이용하였다.

2. 연구 대상 및 절차

물의 상태변화에 대한 학생들이 현재 가지고 있는 개념체계를 조사하기 위하여 충북대학교 사범대학 부속 중·고등학교의 중학교 1학년에서 고등학교 2학년까지 각 학년에서 1개 반을 임의로 선택하고 각 반에서 5명씩 무선 표집하여 51명을 정하고 이들에게 1차 설문 조사를 실시하였다. 각 질문에 대한 대답을 몇 가지의 유형으로 분류하고 각 유형에 대한 학생들의 개념 형태를 확인하기 위하여 충청북도 청주시에 소재하는 4개 중·고등학교에서 각 학년의 남녀 각 1개반씩(60명 정도)을 임의로 선택하여 총 5개 학년 585명을 대상으로 2차 설문 조사를 실시하였다.

물의 상태 변화 중에서 물의 끓음, 수증기의 응결, 물의 증발, 얼음의 녹음을 포함하는 실험을 학생들이 직접 실시하도록 하고 그 실험에서 관찰한 사실을 근거로 몇 가지 설문을 제시하여 그 물음에 대한 자신들의 생각을 주관식으로 설명하도록 하였다. 실험 기구는 매우 간단하고 쉽게 구할 수 있는 비이커와 유리판을 사용하였다.

III. 조사 결과 및 분석

1. 끓음에 대한 학생들의 이해

비이커에 물을 넣고 온도계를 장치한 후 알콜 램프로 가열하면서 물이 끓는 것을 관찰하게 하고 물음(1)과 같이 질문한 결과는 다음과 같다.

물음(1) 물이 끓고 있는 비이커에서 무엇을 볼 수 있는가?

- ① 기포가 생겨서 위로 올라간다(45명)
중1×9, 중2×7, 중3×9, 고1×8, 고2×12
- ② 물의 표면에서 김(흰 연기)이 나서 공기중으로 들어간다(4명)
중2×2, 고1×2
- ③ 액체가 기체로 되는 현상(1명)
고2×1
- ④ 이산화 탄소가 발생한다(1명)
중3×1

이 결과에서 보듯이 약 88%의 학생들이 끓음의 특징으로 물 속에서 기포가 생겨서 올라가는 현상을 들고 있다.

물음(2) 기포는 무엇으로 되어 있을까?

- ① 공기이다(17명)
중1×5, 중2×3, 중3×2, 고1×3, 고2×4
- ② 물에 녹아 있던 기체이다(13명)
중1×5, 중2×1, 중3×2, 고1×4, 고2×1
- ③ 물이다(6명)
중2×1, 중3×1, 고1×2, 고2×2
- ④ 수증기이다(5명)
중1×1, 중2×2, 중3×2
- ⑤ 산소이다(5명)
중2×2, 중3×2, 고2×1
- ⑥ 열이다(4명)
중2×1, 고1×1, 고2×2
- ⑦ 기타 : 진공(고1×1) 물속의 결정체(고1×1) 끓음(고1×1)

대부분의 학생들이 공기나 물 속에 녹아 있던 기체가 빠져나오는 것으로 보고 있다. 이러한 개념형태를 확인하기 위하여 위의 몇 가지 생각 중 주요한 것을 보기로 하여 다음과 같은 2차 설문 조사를 실시하였

는데 그 결과는 <그림 1>과 같다.

조사 (1) 다음 그림과 같이 비이커에 물을 넣고 가열하면 물 속에서 많은 기포(물방울)가 생기면서 끓는다. 이 기포는 무엇으로 만들어졌다고 생각하는가?

① 물에 녹아 있던 기체
 ② 공기 ③ 수증기
 ④ 열
 ⑤ 산소 또는 수소

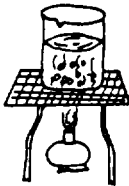
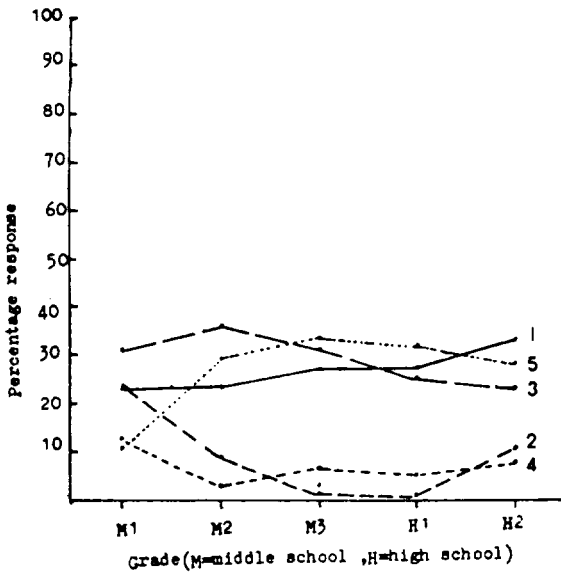



Fig. 1. Survey on "What the bubbles are made of" (Numbers are example number)

기포가 산소와 수소로 되었다고 하는 것은 물이 본래 산소와 수소가 화합하여 된 물질이므로 가열하면 다시 산소와 수소로 분해되는 것으로 잘못 알고 있기 때문이라고 생각하며 또 이러한 생각을 고학년 학생들이 더 많이 가지고 있는 것은 저학년보다 더 많은 과학교육을 받았기 때문에 과학적 용어는 많이 알고 있지만 잘못 이해하고 있기 때문이라고 생각한다.

물음(3) 물의 온도는 계속 올라가지 않는다. 가열해준 열은 어디로 갔을까?

- ① 수증기가 기화열로 공기중으로 가지고 갔다(19명)
 중1×1, 중2×1, 중3×5, 고1×5, 고2×7
 ② 공기중으로 사라졌다(13명)

중1×4, 중2×4, 중3×2, 고1×2, 고2×1
 ③ 복사 평형을 이루는 데에 소비되었다(7명)

중1×4, 중2×3
 ④ 열이 포화되어 더 이상 가지지 못한다(2명)
 고2×2

⑤ 산소 발생에 소비되었고 산소가 다 발생해서 더 이상 올라가지 않는다. (고2×1)

이 결과에서 알 수 있는 것은 물의 증발에 에너지가 필요하다는 올바른 개념이 형성되어 있는 점이다. 그런데 복사 평형의 개념으로 생각하는 것은 중학교 1학년 첫 단원에서 복사 평형이라는 용어를 그 당시에 배워서 그것이 기억되어 있기 때문으로 본다. 또 고2학생이 산소 발생에 소비되었다고 생각하는 것은 앞의 물음(2)의 결과와 같이 고학년일수록 상태 변화를 화학적 변화로 생각하는 선입견 때문이라고 생각한다.

물음(4) 끓음이란 무엇인가?

- ① 액체가 기체로 되는 것(12명)
 중2×1, 중3×4, 고1×3, 고2×4
 ② 뜨거워지는 것(7명)
 중1×2, 중2×4, 고1×1
 ③ 온도가 더 이상 올라가지 않는 현상(6명)
 중1×1, 중3×2, 고1×1, 고2×2
 ④ 연기나 물방울이 생기는 것(4명)
 중2×1, 중3×1, 고1×1, 고2×1
 ⑤ 증발이 일어나는 것(2명)
 중2×1, 고2×1
 ⑥ 분자 운동이 활발해지는 것(2명)
 중1×1, 고1×1
 ⑦ 기타 : 녹아 있던 기체가 빠져나오는 것(중1×1), 부피가 팽창하는 것(중1×1), 100°C로 되는 것(중3×1), 분자 배열이 변하는 것(고1×1), 원자가 튀어나오는 것(고1×1), 용융 상태로 되는 것(고1×1)

끓음이라는 개념에 대한 학생들의 생각은 매우 다양하게 나타나는데 이는 학생들이 끓는 현상을 많이 보았지만 끓음이라는 용어에 대한 명확한 정의를 갖고 있지 못하다는 것을 알 수 있다.

물음(5) 끓고 있는 물의 표면에서 나가는 하얀 물질은 무엇인가?

- ① 수증기 (36명)
중1×5, 중2×8, 중3×6, 고1×8, 고2×9
- ② 산소 혹은 수소(4명)
중2×1, 중3×1, 고1×1, 고2×1
- ③ 물 속에 있던 기체(3명)
중1×3
- ④ 물(3명)
중1×1, 중3×1, 고2×1
- ⑤ 공기(3명)
중1×1, 중3×1, 고1×1
- ⑥ 기타 : 열(중1×1), 기체나 물이 아닌 다른 물질(중3×1)

약 70%의 학생들이 수증기라고 하였다. 이것은 일상 생활이나 과학 수업시간에 이 물질을 수증기라고 배우고 있기 때문에 이러한 선입견이 형성되어 있다고 생각된다. 또 산소 또는 수소, 물 속에 녹아 있던 기체라는 것은 물의 상태 변화가 가열에 의해 물이 분해된다든지 용해도가 작아지는 것으로 알고 있기 때문이다.

이러한 학생들의 이해를 확인하기 위하여 다음과 같은 2차 설문 조사를 실시하였는데 그 결과는 <그림 2>와 같다.

조사(2) 물의 표면에서 처음에는 아무것도 보이지 않지만 가열함에 따라 물의 표면에서 공기중으로 하얀 물질(김)이 이동하다가 사라진다. 이 하얀 물질은 무엇으로 만들어졌다고 생각하는가?
 ① 물 ② 공기 ③ 산소 혹은 수소 ④ 물 속에 녹아 있던 기체 ⑤ 처음과 다른 성질의 물

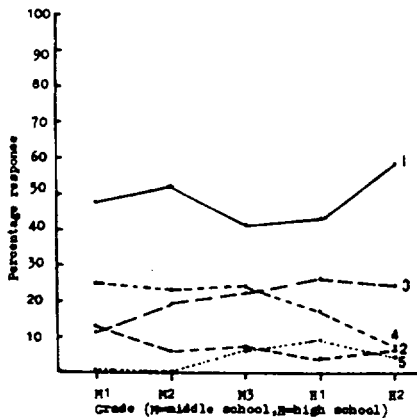


Fig. 2. Survey on "What the steam is made of" (Numbers are example number)

이 조사 결과에서도 물음 (4)에서 수증기라고 대답한 많은 학생들이 수증기는 물로 되었다는 것을 알고 있음을 알 수 있다. 특이한 사실은 처음과 다른 성질의 물이라 생각하는 학생도 있는데 이것도 물의 상태 변화를 화학적 변화로 잘못 이해하고 있기 때문이라고 생각된다.

2. 수증기의 응결에 대한 이해

수증기의 응결에 관하여 학생들이 가지고 있는 개념형태를 조사하기 위하여 끓고 있는 비이커에 유리판을 기대어 놓고서 유리 표면에 일어나는 변화를 관찰하고 다음 물음에 답하도록 하였다.

물음(6) 유리판에서 무엇을 볼 수 있는가?

- ① 수증기가 물방울로 된다(49명)
중1×11, 중2×9, 중3×10, 고1×10, 고2×9
- ② 유리판에 습기가 찬다(중2×1)
- ③ 유리판이 뿌연게 된다(고1×1)
위의 세가지 생각은 수증기가 물로 응결되는 현상을 다르게 표현했을뿐 모두 같은 견해를 가지고 있음을 알 수 있다.

물음(7) 유리판에 이러한 현상이 왜 일어난다고 생각하는가?

- ① 수증기가 차가운 유리판을 만났기 때문이다(15명)
중1×5, 중2×1, 중3×1, 고1×4, 고2×4
- ② 물이 증발하였기 때문이다(6명)
중1×2, 중3×1, 고1×2, 고2×1
- ③ 열을 주어 온도가 높아졌기 때문이다(6명)
중1×2, 중2×1, 중3×3
- ④ 물이 승화하다 부딪혔기 때문이다(6명)
중2×2, 중3×3, 고2×1
- ⑤ 수증기가 날아가는 것을 막았기 때문이다(3명)
고1×3
- ⑥ 자연적 현상이다(2명) 고1×1, 고2×1
- ⑦ 공기중 산소와 수증기가 결합했기 때문이다(2명)
중2×1, 고2×1
- ⑧ 기타 : 더운 공기가 올라왔기 때문이다(중1×1), 온도와 열이 있기 때문이다(중2×1)
위의 결과에서 약 30%의 학생만이 수증기의 응결

현상을 바르게 설명하였고 많은 학생들이 잘못 이해되거나 그 표현 방법이 미숙함을 알 수 있다.

물음(8) 응결이란 무엇인가?

- ① 공기가 가열되는 것(7명)
중1×2, 중2×3, 중3×1, 고1×1
- ② 액체가 고체로 되는 것(7명)
중2×2, 중3×1, 고2×4
- ③ 수증기가 물로 되는 것 (7명)
중1×4, 고1×1, 고2×2
- ④ 더운 공기와 찬 공기가 냉각되는 것(4명)
중1×2, 중2×1, 고1×1
- ⑤ 기체가 액체로 되는 것(3명)
고1×2, 고2×1
- ⑥ 분자와 분자가 뭉쳐지는 것(3명)
고1×2, 고2×1
- ⑦ 서리와 같은 현상(3명)
중3×3
- ⑧ 액체가 어는 것(2명)
중1×2
- ⑨ 기체가 고체로 되는 것(2명)
중2×1, 중3×1
- ⑩ 기타 : 더 이상 온도가 올라가지 않는 현상(중3×1), 다른 물질에 붙는 현상(중3×1), 두 물질이 화합하는 것(고1×1), 물이 어는 것(고1×1), 물질이 물방울로 되는 것(고1×1), 액체의 온도가 낮아지는 것(고2×1)

일상 생활에서 흔히 경험하는 응결이라는 개념에 대하여 15% 정도의 학생들만이 올바르게 이해하고 있고 대부분의 학생들은 잘못 이해하고 있음을 알 수 있다. 이는 교과서에 수증기가 응결하여 구름, 비로 된다고 설명되어 있으나 응결의 정의를 뚜렷하게 제시하지 않았기 때문이라고 생각한다. 응결에 대한 학생들의 개념형태를 확인하기 위하여 다음과 같은 2차 설문조사를 실시하였는데 그 결과는(그림 3)과 같다.

조사(3) 비이커에 끓는 물을 넣고 그 위에 유리판을 걸쳐 놓으면 유리판에 응결이 일어난다. 이때 응결된 것은 무엇이고 어떻게 하여 만들어졌다고 생각하는가?

- ① 수증기가 물로 된 것이다.
- ② 처음과 성질이 다른 물이다.
- ③ 공기중의 산소와 수소가 결합하여 물로 된 것이다.

④ 증발하는 산소와 수소 분자가 다시 결합하여 물로 된 것이다.

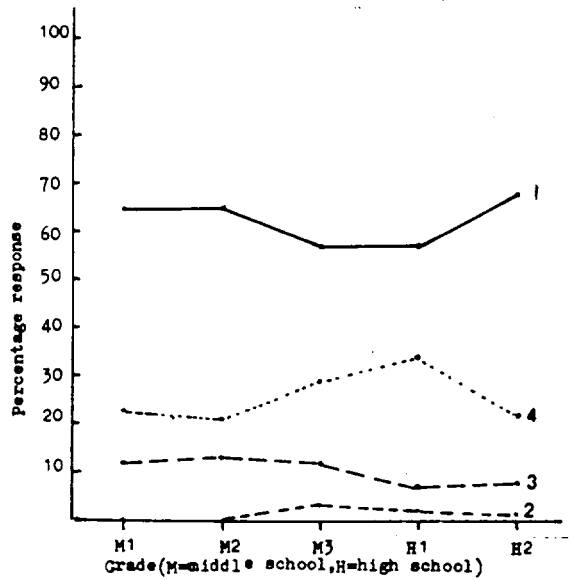


Fig. 3. Survey on "Where has the water on the glass Come from?"

(Numbers are example number)

수증기가 응결된 것으로 대답한 학생의 수가 중학생보다 고1 학생에서 적어졌고 증발에 의해 산소와 수소로 분해된다고 생각한 학생은 이들이 다시 결합하여 물이 생기는 것으로 오인하고 있는데 중3, 고1 학생 쪽에서 증가하고 있다.

이상의 3개의 물음과 1개의 조사 결과에서 어떤 과학개념에 대한 학생들의 개념형태는 매우 다양하고 피상적이라는 사실을 알 수 있다. 물의 상태 변화가 마치 산소와 수소로 분해되는 것으로 잘못 이해하고 있는데 이러한 현상은 고등학교 학생에 더욱 그렇다. 이것은 어떤 과학적 사실을 실험을 통해서 직접 경험함으로써 이해하지 않고 주입식 방법으로 맹목적으로 암기하였기 때문이라고 생각한다.

3. 증발에 대한 학생들의 이해

증발에 대한 개념체계를 조사하기 위하여 책상 위에 뜨거운 물을 적신 유리판을 놓고 일어나는 변화를 관찰하여 물음에 대답하도록 하였다.

물음(9) 유리판 위의 물은 어디로 갔는가?

- ① 증발되어 기체로 된다. (45명)
중1×10, 중2×9, 중3×8, 고1×8, 고2×10
- ② 공기로 된다(중1×1)
- ③ 응결되어 비로 된다(중2×1)

물음(10) 20°C의 물을 유리판 위에 놓아두면 어떻게 되겠는가?

- ① 증발한다(38명)
중1×9, 중2×6, 중3×7, 고1×9, 고2×7
- ② 온도가 낮아 증발하지 않는다(13명)
중1×2, 중2×4, 중3×3, 고1×1, 고2×3

물음(11) 증발이란 무엇인가?

- ① 물이 수증기로 되는 것(26명)
중1×9, 중2×5, 중3×6, 고1×4, 고2×6
- ② 액체가 기체로 되는 것(11명)
중2×4, 고1×4, 고2×3
- ③ 액체나 고체가 기체로 되는 것(4명)
중3×2, 고1×2
- ④ 기타 : 기체로 되는 것(중1×1), 물이 없어지는 것(중1×1)

증발의 개념은 비교적 많은 학생들이 잘 이해하고 있으나 증발과 기화의 용어를 뚜렷이 할 필요가 있다고 생각한다.

물음 (9)에서 증발해서 기체로 된다는 것에 대하여 그 기체가 무엇인지 확인하기 위하여 다음과 같은 2차 설문을 조사하였는데 그 결과는 <그림 4>와 같다.

조사(4) 물로 적신 접시를 책상 위에 놓아두면 마른다. 물은 어디로 갔는가?

- ① 접시 속으로 스며들어 간다.
- ② 모두 말라 없어져서 더 이상 어떤 것으로도 존재하지 않는다.
- ③ 산소와 수소 분자로 분리되어 공기 중으로 들어갔다.
- ④ 물의 작은 입자로 되어 공기 속으로 들어갔다.
- ⑤ 물이 아닌 공기로 변해서 공기 속으로 들어갔다.

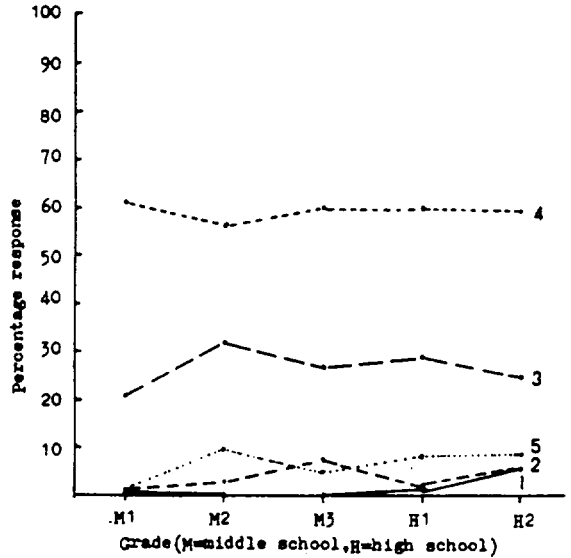


Fig. 4. Survey on "What happens to the water when a wet dish dries?"
(Numbers are example number)

위의 결과에서 약 60% 정도의 학생들은 올바른 개념을 가지고 있으나 약 27%의 학생들이 산소와 수소로 분리된다고 하였다. 또 약 5%의 학생들은 눈에 보이지 않으니 없어져서 존재하지 않는 것으로 이해하고 있다. 이 결과에서도 상당수의 학생들이 물의 증발에 대한 개념을 이해하지 못하고 있음을 알 수 있다.

4. 차거운 표면에서의 응결에 관한 학생들의 이해

물의 증발과 응결에 관한 앞의 실험에서는 증발되어 나가는 수증기가 유리표면에 응결되는 것으로 응결에 관한 개념형태를 조사하였으나 이번에는 응결의 원인을 알고 있는지 확인하기 위하여 비이커에 얼음을 넣고 뚜껑을 덮은 후 비이커의 표면에 생기는 변화에 관한 실험을 하고 물음에 대답하도록 하였다.

물음(12) 비이커의 표면에 생기는 것은 무엇이고 어디서 왔다고 생각하는가?

- ① 물이고 얼음에서 빠져나온 것(17명)
중1×4, 중2×6, 고1×2, 고2×5
- ② 물방울이고 공기 중에서 온 것(12명)
중1×3, 중2×1, 중3×4, 고1×3, 고2×2
- ③ 기체이고 얼음에서 빠져나온 것(3명)

중2×1, 중3×1, 고1×1

④ 이슬이고 얼음에서 나온 것(2명)

중1×2

⑤ 기타 : 이슬(중1×1), 물방울이고 비이커 안에서 나온 것(중1×1)

기포(중3×1), 물방울이고 얼음이 승화한 것(고1×1), 물과 얼음이 반응해서 생긴 것(고2×1), 그울음(고2×1)

물의 증발과 응결에 관한 실험에서는 수증기가 응결해서 된 물이라고 올바르게 이해되고 있으나 이 실험에서는 비이커에 맺힌 것이 물인 것은 아는데 그것은 공기중의 수증기가 응결해서 된다는 사실은 이해하지 못하고 있다. 이러한 생각들을 확인하기 위하여 다음과 같은 2차 설문을 실시하였는데 그 결과는 <그림 5>와 같다.

조사(5) 그림과 같이 비이커에 얼음을 넣고 뚜껑을 꼭 덮었다. 얼마 후에 비이커의 표면이 뿌옇게 되면서 물방울이 맺힌다. 이 물은 어디서 온 것인가?

- ① 얼음이 녹아서 생긴 물의 작은 입자들이 유리를 뚫고 확산되어 나온 것이다.
- ② 공기 중의 산소와 수소가 냉각되어 물로 결합되어 붙은 것이다.
- ③ 공기 중의 물이 차가운 유리벽에 붙은 것이다.
- ④ 얼음의 차가운 냉기가 유리를 뚫고 나와서 물로 변한 것이다.
- ⑤ 공기와 얼음이 반응하여 생긴 물질이다.

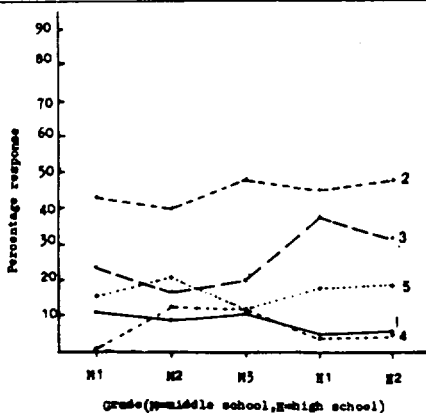
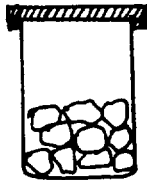


Fig. 5. Survey on "Where has the water on the outside of beaker Come from?"

(Numbers are example number)

위의 결과에서 보듯이 공기 중의 산소와 수소가 냉각되면 물로 결합된다는 잘못된 생각이 가장 많다는 것도 응결이라는 용어는 알아도 그 개념을 구체적으로는 모르고 있다는 사실을 입증해주고 있다.

5. 얼음의 용해에 대한 학생들의 이해

녹음이라는 개념을 학생들이 정확히 이해하고 있는지 알아보기 위하여 얼음을 비이커에 놓아두고 녹는 것을 관찰하게 하고 물음에 대답하도록 하였다.

물음(13) 얼음은 어떻게 되고 있는가?

① 녹아서 물로 된다(42명)

중1×7, 중2×7, 중3×9, 고1×9, 고2×10

② 승화한다(2명)

중1×2

③ 공기 중으로 날아간다(중1×1)

물음(14) 녹음(용해)이란 무엇인가?

① 고체가 액체로 되는 것(25명)

중1×3, 중2×3, 중3×6, 고1×5, 고2×8

② 얼음이 녹는 것(13명)

중1×4, 중2×5, 중3×1, 고1×3

③ 기타 : 기체가 액체로 되는 것(중1×1)

액체가 고체로 되는 것(중3×1)

차가운 것과 공기 중의 온도가 만나는 것(고2×1)

위의 결과에서 보듯이 대부분의 학생들은 용해라는 개념을 잘 이해하고 있다. 용해에 관한 생각들을 확인하기 위하여 다음과 같은 2차 설문을 실시하였는데 그 결과는 <그림 6>과 같다.

조사(6) 그림과 같이 비이커 속에 얼음을 놓아두면 녹아서 물로 된다. 이때 물은 어디서 온 것이며 얼음의 성질과는 어떠한가?

- ① 열을 받아서 얼음의 성질이 변화하여 물로 된 것이다.
- ② 녹은 물은 얼음과 성질이 같은 것이며 녹아서 물로 되었을 뿐이다.
- ③ 얼음이 공기 중의 수증기를 냉각시켜 응결된 물로서 얼음과는 성질이 다르다.
- ④ 공기 중의 산소와 수소가 냉각되어 결합된 물로서 얼음과는 성질이 다르다.



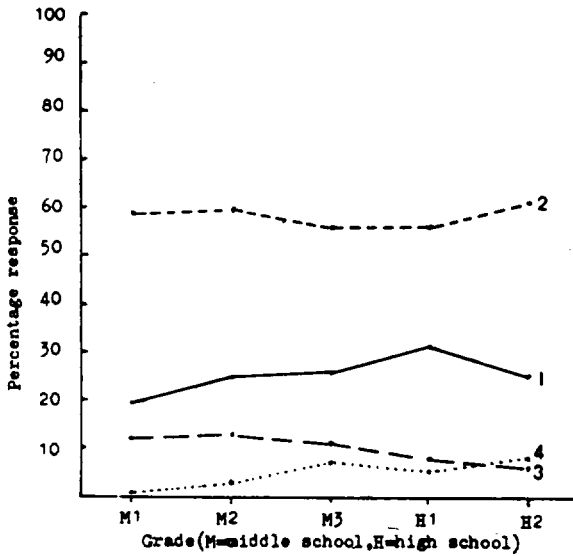


Fig. 6. Survey on "Where has the melting water come from?"

(Number are example number)

이 결과에서 많은 학생들은 용해의 개념을 정확히 알고 있으나 40% 정도의 학생들은 용해를 화학적 변화로 잘못 이해하고 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

물의 상태 변화에 대해서 학생들이 가지고 있는 개념 형태를 조사 분석한 결과 다음과 같은 사실들을 발견하였다.

첫째, 과학적 개념이나 용어에 대하여 학생들이 이해하고 있는 형태는 매우 다양하고 피상적이다. 증발에 관한 <그림 1>이나 응결에 관한 <그림 2, 3, 4>에서 알 수 있듯이 학생들은 이들 현상을 과학적 용어로 사용하여 설명하고 있으나 구체적인 물음에 대해서는 고학년의 학생들도 과학적 개념을 정확히 이해하지 못하고 있다.

둘째, 각급 학년의 학생들이 어떤 현상에 대하여 비슷한 생각을 가지고 있다. 고등학교 학생이 중학교 학생보다 더 많은 과학교육을 받았음에도 저학년의 학생들과 비슷한 생각을 가지고 있다. 예를 들면 <그림 1>에서 기포가 공기로 되어 있다는 생각이나 <그림 6>에서 비이커의 표면에 맺힌 물이 얼음에서 나왔다는 생각 등이 이를 증명하고 있다.

셋째, 고학년 학생일수록 자신의 비과학적 생각을 옳다고 주장하기 위하여 과학적 용어를 사용한다. 물이 증발하면 산소와 수소로 된다든지 산소와 수소가 결합하여 응결이 일어난다는 생각이 고학년일수록 증가하고 있다.

넷째, Piaget의 주장에서처럼 학생들의 인지구조가 연령에 따라 변할 수 있겠으나 일상생활이나 교육을 통해서 잘못 형성된 어떤 과학개념은 그 후의 교육에 의해서도 크게 변화하지 않아서 더 높은 학년층에서 더욱더 많이 사용되고 있다(Osborne, 1982)는 연구의 결과와도 일치하고 있다.

다섯째, 학생들이 과학수업에서 배운 과학적 개념들이 학생들에게는 오히려 추상적으로 나타날 수 있다. 본 연구의 주제가 일상 생활에서 매일 경험하는 물의 끓음, 증발, 응결, 녹음과 같은 개념들이나 구체적이고 깊이 있는 물음에 매우 피상적인 대답을 하고 있는 데서 알 수 있듯이 학생들이 경험해 보지 못한 어떤 현상은 더욱더 추상적으로 나타난다. 학생들은 자신들의 경험에서 얻어진 개념형태가 논리적이고 과학적이라고 생각하기 때문에 이러한 생각은 형식적 과학 교육에 의해 변화되지 않고 남아 있을 수 있으며 또 다음의 과학 수업에 예상되지 않은 방법으로 영향을 줄 수 있다.

V. 학습에의 활용

본 연구에서 알 수 있듯이 물의 상태 변화에 대한 학생들이 가지고 있는 개념형태는 각급 학년에 따라 매우 다양하다. 학생들의 이러한 개념형태를 조사하여 확인하고 그 형태를 고려하여 수업 계획을 설계하지 않는다면 학생들이 일상생활의 경험에서 강하게 형성된 개념형태들이 형식적 과학 교육에 의해서 쉽게 변화되지 않을 것이고 또 변화된다고 하더라도 바람직하지 못한 비과학적 개념형태로 될 것이다. 이러한 사실을 교사나 교육 과정 개발자들이 잘 알지 못하여 흔히 무시되고 있다(Gilber, Osborne & Fensham, 1982).

물의 상태 변화 개념은 학생들이 경험하는 자연 현상의 이해나 과학의 모든 분야의 개념을 이해하는데도 중요하므로 중·고등학교의 과학 교과서에 포함되어 교육되고 있다. 그런데 학생들은 자신들이 경험을 통해서 가지고 있는 어떤 개념형태를 대치할 수 있는

더 유용하고 훌륭한 것이 없으면 자신들의 생각을 포기하지 않으므로 교사는 과학적 개념들을 포함하는 실험들을 실시하여 학생들이 탐구하고 관찰할 기회를 과학 교육을 통해서 제공해주어야 한다. 이러한 실험 실행 과정에서 학생들 스스로가 개념을 찾아내도록 격려해주어야 하고 어떤 현상을 과학적으로 설명할 수 있는 기회가 주어지도록 교육되어야 한다(Osborne, 1983).

학습에 있어서 가장 필수적인 것은 학습 욕구를 유발시키는 것이다(Anderson, 1969). 그러기 위해서는 학생들이 가지고 있는 어떤 개념 형태를 알고 그들에게 흥미와 호기심을 갖도록 각급 학년의 각 연령층에 적합하게 과학적 개념들이 소개되어야 한다. 본 연구에서 발견되었듯이 중 고등학교 학생을 위한 학습지도 설계에 있어서 교사는 학생들이 소지하고 있는 개념형태, 과학자들의 견해, 교사 자신의 견해를 이해할 필요가 있다.

교사는 학생들이 자신들의 잘못된 과학적 개념을 버리고 시정하려는 용기를 제공할 수 있는 학습활동을 제시할 필요가 있고, 그러한 수업활동을 통해서 학생 스스로가 자신들의 생각을 다시 하도록 도와주어야 한다. 그러기 위해서는 교사와 교육과정 개발자들이 이러한 학습지도 전략을 설계하기 위해서 더 많은 노력을 하는 것이 중요하다고 하겠다.

참 고 문 헌

1. Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston.(1978)
2. Bloom, Texonomy of Educational objectives, Handbook I: Cognitive domain. Mckay: New York.(1956)
3. Anderson, H.O., Readings in science education for the secondary school, The Mcmillan Company, 16~19.
4. Lawson, A.E., The reality of general cognitive operations. Science Education, 66(2), 229~241, (1982)
5. Novak, J.D., A theory of education, Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, (1977)
6. Osborne, R. & Bell, B.F., Science teaching and Children's view of the world, European Journal of Science Education, 5(1), 1~14. (1983). 재인용.
7. Osborne, R.J. & Gilbert, J., A method for the investigation of concept understanding in science, European Journal of science Education, 2(3), 311~321(1980), 재인용.
8. Osborne, R.J. & Wittrock, M.C. Learning Science: a generative process. Science Education, 67, 489~508, (1983)
9. Roger J. Osborne & Mark M. Cosgrove, Children's conceptions of the changes of state of water, Journal of Research in Science Education 20(9) 825~838, (1983)
10. Pella, M.O, Concept learning, The Science Teacher, 33(9) 31~34. (1966).
11. 박종석, 조희형, 고등 학생들의 유전에 대한 오인의 확인 및 유전학 지도 방향, 과학교육 학회지, 6(2), 35~42. (1986)
12. 조희형, 고등학교 생물 I의 세포 분열, 생식, 수정 개념에 대한 오인 과학교육 학회지, 7(1), 11~18(1987)
13. 조희형, 고등학교 생물 과정에 필요한 기본 개념의 확인 및 결정, 과학교육 학회지, 5(1) 11~17(1985)
14. 박성식, 박승재, 힘과 운동에 관한 중학생들의 개념 조사, 과학교육 학회지, 7(2), 61~70(1987)
15. 박승재, 과학 교육, 교육과학사(1985)
16. 황정규, 학교 학습과 학습 평가, 교육과학사, (1985)

ABSTRACT

A Study on the Secondary School Students' Conceptions about the Changes of State of Water

Dong-Sik Kook

Chungbuk National University

Secondary school students' conceptions about the phenomena of evaporating, condensing, boiling and melting of ice using a modified questionnaire-about-events method. The specific views at each grade level were also studied. The results of investigation were as following.

- 1) Students' understanding on the scientific concepts and terms is superficial and nonscientific.
- 2) Even though upper grade students have exposed to a considerable science teaching, their views are similar to lower grade students.
- 3) Certain views on the change of state of water can change with the advanced science teaching. However, some nonscientific views are more popular with the older students than with the younger students.