

## 기체의 성질에 대한 중·고등학생들의 오개념에 관한 연구

劉承娥 · 丘寅鮮\* · 金奉坤 · 姜大鎬  
경상대학교 사범대학 화학교육과 및 과학교육연구소  
(1998. 7. 4 접수)

### The Study of Students' Misconception about the Properties of Gas in Secondary School

Seung A Yoo, In Sun Koo\*, Bong Gon Kim and Dae Ho Kang  
Department of Chemistry Education and Science Education Research Institute  
College of Education, Gyeongsang National University Chinju 660-701, Korea  
(Received July 4, 1998)

**요 약.** 본 연구는 학생들이 갖고 있는 입자개념과 분자운동에 관한 개념을 바탕으로 기체의 상태변화, 분자운동, 압력과 부피, 기체법칙 등 기체의 성질과 관련된 중·고등학생들의 오개념을 조사하고, 그 오개념의 분포상황을 고찰함으로써 개념 학습의 효율화를 추구하고, 교사에게는 관련 단원의 학습 전개에 도움을 주고자 하였다. 이를 위해 중학교 3학년 100명, 고등학교 2학년 150명을 대상으로 기체의 성질과 관련된 개념조사 문항지를 개발하여 오개념의 유형을 조사하였다. 그 결과 학생들은 기체의 성질에 대한 다양한 오개념을 가지고 있었으며, 주 오개념은 다음과 같다. (1) '기체 분자들끼리 부딪혀 에너지를 방출한다' 또는 '기체 분자들 사이에 공기가 채워져 압력이 나타난다'를 비롯하여 '압력이 작용하는 방향은 중력 방향과 관련 있다', (2) 온도에 따른 부피변화에서 '분자가 열을 받으면 분자의 크기가 커져 부피가 증가한다'와 '분자수가 증가해 분자들의 운동이 활발하다', (3) 고도에 따른 압력과 부피 개념에서는 '지상에서 높이 올라감에 따라 압력이 낮아지는 것은 온도가 낮아지기 때문이다'와 '기체 분자의 압력은 기체분자의 충돌 수에 반비례한다', (4) '분자의 크기가 다르므로 같은 부피에 존재하는 분자수가 다르다' 등이었다.

**ABSTRACT.** The purpose of this study is to help an improvement of conceptional learning about the properties of gas based on molecular kinetics for secondary school students and to help an improvement of teaching method for reducing misconceptions regarding the molecular kinetics in gas phase for teachers. The subjects of this study were 100 students of 9th grade and 150 students of 11th grade students. The results showed that students had various misconceptions about the properties of gas. The major misconceptions are as follows. First, the energy is released due to the collision of the molecules, and also the direction of action of pressure is related to the direction of gravity. Second, as molecule is heated, the size of molecule is increased, and the molecule is more active because the number of molecules is increased. Third, the pressure is reduced because of decreasing the temperature at the higher altitude and the pressure of gas molecules is inversely proportional to the collision number of gas molecules. Forth, the numbers of molecules of two different molecules in two same containers differ because the size of molecules differ each other. The results suggest that these problems ought to be addressed in chemistry textbooks and in the classroom teaching of chemistry. If teachers are more aware of students' misconceptions they will be better able to remove them.

## 서 론

**연구의 필요성 및 목적.** 학생들이 자신에게 주어진 문제를 해결(problem solving)하려면 그 문제에 포함되어 있는 개념들을 바르게 이해해야만 한다. 그러나 자신의 생각이 과학적 개념과 다를 때 학생들은 많은 어려움을 느끼게 된다. 이러한 어려움을 해결하기 위해 최근 구성주의(constructivism) 교육사조에 영향을 받은 개념학습(concept learning)이 강조되면서 학생들의 개념형성 과정에 많은 관심을 가지게 되었다. 따라서 과학수업에서 교사는 수업 전에 학생들이 이미 가지고 있는 선행 개념을 파악하는 일이 수업 진행에서 중요하게 대두되었다.<sup>1,2</sup>

선행 개념은 각자 자신만의 체계를 가지고 있고 매우 견고하므로 전통적 수업방식으로는 잘 바뀌지 않아 이를 바꾸기 위하여 특별한 노력이 필요하다. 학생들이 지니고 있는 선행 개념들은 일상생활의 경험을 통하여 얻어진 지식과 언어적인 연관성에 바탕을 두고 있기 때문에 과학적 개념에 비하여 덜 분화되어 있거나,<sup>4</sup> 현재 과학자들의 세계에서 인정하는 과학 지식과 큰 차이가 있을 수 있다. 이러한 잘못된 개념들을 일반적으로 오개념(misconceptions) 또는 대안개념(alternative conceptions)이라 한다.<sup>5,6</sup> 오개념은 학생들의 인지 구조에 강하게 정착하여 나름대로의 논리적인 체계를 이루고 있기 때문에 쉽게 버려지거나 변화되지 않기도 하며,<sup>7,8</sup> 후속학습에 의해서 각각 개인에 따라 독특하고 특유한 형태로 발달하게 되어 과학 교수·학습 과정에 많은 영향을 끼칠뿐만 아니라 오히려 과학 학습을 방해하기도 한다고 하였다.<sup>9</sup> Osborne 등<sup>10</sup>은 교사가 과학수업에서 학생들의 고유한 개념 유형을 조사하여 그 유형을 고려한 수업전략을 실행하지 않으면 학생들이 갖고 있는 선개념들이 쉽게 변화되지 않으며 또한 변화된다고 해도 비과학적 개념으로 발달될 수 있다고 하였다. 따라서 올바른 개념 형성을 위한 학습지도가 되려면 학생들의 흥미와 호기심을 끌 수 있도록 적합한 과학적 개념들을 도입하여 학습동기를 유발시키고, 인지적 갈등을 일으키도록 하여 학습자가 지니고 있던 오개념들을 버리고 학생들 스스로 과학적 개념을 찾아내도록 하는 학습활동을 제시해야한다.<sup>11</sup>

오개념에 관한 연구는 1970년대 이후에 활발해졌는데 주로 선개념의 유형을 조사하는 분야, 선개념의 원인을 밝히는 분야, 선개념을 과학적인 개념으로 전환시

키는 분야 등의 연구가 많이 이루어지고 있다. 국내에서 오개념에 관한 연구는 1980년대 후반부터 연구가 활성화되기 시작했으며 주로 학생들의 오개념의 유형을 밝히는 연구가 활발히 진행되어 지고 있다. 그러나 과학의 분야별로 보면 물리와 지구과학 분야의 연구가 가장 많고 생물분야도 제법 많은 편이나 화학분야의 연구는 상대적으로 적게 나타나고 있다. 오개념 연구는 외국의 사례도 중요한 참고자료가 될 수 있으나, 학습자의 오개념 유형은 교육적 환경과 밀접한 관련이 있으므로 지역과 단원내용에 따라서 많은 연구가 이루어져야 할 것이다. 더욱이 6차 교육과정 이후 각급 학교에서는 서로 다른 교과서를 선택하여 사용할 뿐만 아니라 교육과정의 경향이 지역화 되어가고 있는 우리의 현실에서 볼 때, 오개념의 주 요인이 되는 지역 환경, 교과서, 교사 등을 감안하여 지역특성에 따른 중등학교 학생들의 오개념 유형과 그 분포상황을 조사할 필요가 있다. 특히, 화학의 기본 개념인 기체의 성질은 추상적 개념이므로 학생들에게 있어서 과학적 개념 형성이 어려울 뿐만 아니라 많은 오개념을 파지하고 있을 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 분자운동과 관련된 기체의 성질에 대한 과학적 개념의 형성을 돕기 위해 먼저 분자운동과 기체의 성질과 관련된 오개념의 유형과 그 분포가 어떠한지를 조사 하고자 한다.

**연구 내용.** 학생들이 갖고 있는 물질의 입자성 및 분자 운동에 관한 개념을 바탕으로 하여 오감으로 감지하기가 힘든 기체의 상태변화, 분자 운동, 압력과 부피, 기체의 두 가지 법칙에 관한 오개념의 유형과 그 분포상황을 파악하기 위하여 다음과 같은 문제를 정하여 조사, 분석하였다.

- 1) 기체상태의 운동과 분자인력 관계
- 2) 기체부피에 따른 밀도 압력관계
- 3) 기체의 분자운동과 압력관계
- 4) 기체의 온도와 부피관계
- 5) 기체법칙에 대한 개념

**연구의 제한점.** 오개념 조사는 면접과 지필 고사에 의해서 이루어지며, 지필 고사는 선택형 혹은 진술형 방법이 흔히 사용된다. 특히, 물음을 선택한 이유에 대해서는 대체로 자유롭게 기술하도록 하고 있다. 본 연구에서 사용한 검사문항은 응답자의 질문에 대한 답과 이유를 모두 선택하는 2단계 선택형 문항으로 구성하

였다. 따라서 본 연구의 결과는 다음과 같은 몇 가지 한계를 가진다.

1) 본 연구는 지방 중소도시에 있는 특정학교만을 대상으로 한 조사·연구이다.

2) 본 연구는 중·고등학생을 대상으로 조사하였으나 급간 별 학생들의 오개념 유형과 분포상황만을 파악하고자 하였다.

3) 이유 선택 항에서 핵심 개념의 인식 여부를 알아보고자 문항을 간결히 처리하다보니 검사문항이 가진 한계점이 있을 수 있다고 생각된다.

**선행 연구 고찰.** Griffiths 등<sup>8</sup>은 원자와 분자의 기본 개념에 대한 오개념을 면접법으로 조사한바 있으며, Nussbaum과 Novick<sup>12</sup>은 고등학생들이 가지고 있는 화학개념들 중에서 대표적인 오개념은 모든 물질에 대한 자연적 장소의 존재, 진공은 불가능하고 물질은 연속적이다라고 생각하는 세 가지의 근본적인 관념에 의해 나타나는 것으로 보고하였다. Novick과 Nussbaum<sup>12</sup>은 중학생부터 대학생을 대상으로 하여 입자 모형에 관련된 정보습득에 따른 개념 변화 추적에 대한 연구 결과를 보고하였고, Driver 등<sup>9</sup>은 학생들의 일상적인 경험에서 얻어진 물질관에 바탕이 되는 화학평형과 기체 상태 개념에 대한 오개념을 논의하였다. 이때 기체 분자 운동과 관련된 학생들의 오개념은 따뜻한 공기는 찬 공기보다 가볍고, 용기에 열을 가하면 용기 안의 공기의 양이 늘어나며, 기체는 한쪽 방향으로만 힘이 작용하는 것으로 생각한다는 것이다. 기체의 부피 변화에 관한 중학교 2학년 학생들의 오개념 유형을 조사한 이광재 등<sup>11</sup>은 학생들이 기체 부피의 입자적 관점과 기체 확산의 원인을 분자운동에서 찾지 못하고 공기의 운동으로 생각하는 오인을 가지고 있음을 보고하였다. 특히, 기체의 압력에 따라서 부피가 변화되는 사실의 근원을 분자운동에서 찾는 학생이 수업 전 8%에서 수업 후 24%로 수업 후에도 크게 향상되지 않음을 보고하였다. 초등학교 5학년에서 중학교 3학년까지 학생을 대상으로 분자운동의 개념 발달에 대한 연구를 수행한 박성미 등<sup>14</sup>은 중학교 3학년이 되어야 비로소 분자운동을 압력과 관련된 것 시작하며, 물질의 올바른 입자적 관점과 가열, 냉각과 같은 자연현상을 분자운동의 관점으로 보는 학생이 매우 낮은 것으로 보고하였다. 이상과 같은 기체의 성질의 오개념에 관한 연구가 많이 이루어졌다 하더라도 학생들이 처해있는 환경(교사, 지역, 시대)에 따라 학생들이 가지는 오개념의 유

Table 1. 중·고등학교 교과서에서 다루고 있는 기체의 성질과 관련된 개념

과정	중 단원	관련 개념
중 1	물질의 특성	밀도, 물질의 상태
중 2	원자와 분자	아보가드로의 법칙, 보일의 법칙, 샤를르의 법칙, 기체의 법칙
중 3	에너지의 보존	열과 역학적 에너지의 관계
공통과학	열	온도와 열의 이동
화학 II	원자와 분자, 화학식량	원자와 분자에 관한 기본법칙, 물의 개념

형과 그 분포상황이 달라질 수 있으므로 환경과 시대 변화에 따라서 오개념에 대한 연구가 지속적이고 체계적으로 수행되어야 함을 알 수 있다.

**과학교육 과정에서의 분자운동 관련 내용.** 본 연구와 관련이 있는 중·고등학교 교육과정에서 다루고 있는 기체의 성질과 관련된 개념을 조사하여 Table 1에 나타내었다.

## 연구방법 및 절차

**연구 대상.** 본 연구는 진주시에 소재 하는 중학교 3학년 남녀 2학급(100명), 고등학교 2학년 남녀 3학급(150명)을 대상으로 조사하였으며, 검사는 선택형 설문지법으로 관련 단원을 학습한 후인 1997년 7월에 실시하였다.

**검사도구의 개발.** 본 연구에서 사용한 기체의 성질에 관한 문항을 개발하기 위하여 먼저 중·고등학교 교육과정에서 다루고 있는 기체성질에 관한 기본개념을 분석하고, 학습목표에 따른 평가개념을 선정하여 서술형 문항을 개발하였다. 개발된 문항을 사범대학 부속 중·고등학생 각각 10여명과 현직교사 5명을 임의로 선정하여 예비검사를 실시하여 그 결과를 바탕으로 개념과 이유의 답안을 선택할 수 있는 2단계 선택형 문항을 개발하였다.<sup>15</sup> 개발된 2단계 선택형 질문지는 중등교사와 전문가의 검토를 거친 후 최종 9문항으로 완성하였다. 개념별 문항은 다음과 같다.

- 1) 기체상태의 운동과 분자인력 관계: 문항 1
- 2) 기체 부피에 따른 밀도와 압력관계: 문항 2, 문항 3, 문항 7
- 3) 기체의 분자 운동과 압력관계: 문항 4, 문항 5
- 4) 기체의 온도와 부피관계: 문항 6

5) 기체의 법칙에 대한 개념

- (1) 아보가드로의 법칙: 문항 8
- (2) 보일의 법칙: 문항 9

**검사 방법.** 기체의 성질에 대한 개념평가는 정규 수업시간을 할애하여 실시하였다. 검사 소요시간은 40분을 원칙으로 하였고, 시간부족으로 문항을 끝까지 작성하지 못하는 학생이 없도록 시간을 배려하였다.

**분석 방법.** 각 개념별 오개념 유형을 조사하기 위하여 먼저 학생이 선택한 옳은 개념과 그릇된 개념의 선택으로부터 분석하였으며, 학생들의 개념과 그 이유의 선택 항을 연관지어 교차 분석하여 오답 중에서 가장 높은 응답률을 갖는 오개념의 유형과 분포상황을 제시하였다.

연구 결과 및 논의

문항별 오개념의 유형 분석

**기체 상태의 운동과 분자인력 관계.** 선행 연구<sup>1,16</sup>에 따르면 중학생들이 대체로 기체의 확산과 분자운동을 연계시키지 못하며, 이들의 원인을 분자간의 인력에서 찾지 못하는 것으로 보고되어 있다. 따라서 기체의 일반적인 성질인 확산을 분자운동이라는 구성개념과 어느 정도 연계해서 인식하며, 그 원인을 분자간의 인력에서 찾는지를 알아보기 위해서 물분자의 예를 들어 학생들의 인식을 조사하였다.

문 1. 기체상태의 물 분자운동에 대한 설명이다. 맞는 것을 모두 고르시오.

\*㉑ 물은 기체상태에서 모양이나 부피가 일정하지 않다.

\*㉒ 물분자는 기체상태에서 따로 떨어져서 활발하게 운동한다.

㉓ 기체상태의 물분자는 모여 있는 상태로 움직인다.

㉔ 기체상태의 물분자는 고정된 위치에서 운동한다.

㉕ 잘 모르겠다.

그 이유는?

① 기체 상태에서는 분자들간의 인력이 가장 크기

때문이다.

\*㉖ 기체 상태에서는 분자들간의 인력이 가장 작기 때문이다.

③ 잘 모르겠다.

문 1의 과학적 개념은 기체 분자들은 분자들 간의 인력이 매우 작으므로 서로 떨어져 끊임없이 무질서하게 분자운동을 하고 담는 용기에 따라서 모양이나 부피가 달라진다이다. 질문에 대한 학생들의 응답 결과는 Table 2와 Table 3에 나타내었다.

기체 분자운동에 대한 학생들의 응답률을 나타낸 Table 2에서 물음의 선택 항에서 보면, 중학생은 응답 학생의 43.6%, 고등학생은 49.9%가 '기체 상태는 일정한 모양이나 부피를 갖지 않고 분자들이 따로 떨어져 활발하게 운동한다'라고 응답하였다. 그러나 선택과 이유를 교차 분석한 Table 3에서 알 수 있듯이 응답 학생들 중에서 35.1%의 중학생과 44.8%의 고등학생들은 기체상태에서 물분자 운동에 관한 올바른 개념을 가지고 있었다. 또한, 기체상태에서 분자간 인력이 가장 작다는 사실은 잘 알고 있으나 기체분자의 운동에 대한 정확한 답을 찾지 못한 학생은 중학생이 37.1%, 고등학생은 39.1%이었으며, 이들 중에서 상당수의 학생들은 물이 기체상태에서 분자들의 부피, 모양이 일정하지 않다는 것(중학생 17.8%, 고등학생 11.1%)과 물분자들이 서로 떨어져 운동하는 것(중학생 20.7%, 고등학생 26.4%)중 하나만 선택한 것으로 나타났다.

이처럼 이유 선택의 정답률은 높으나 물음선택에서 정답률이 낮은 이유는 많은 학생들이 아직도 거시적으

Table 3. 기체분자 운동에 대한 중·고등학생의 정·오답 비교 (%)

학교	A	B	C	D
중	35.1	12.3	37.1	16.0
고	44.8	6.7	39.1	9.4

\*A는 선택과 이유가 다 맞을 경우

B는 선택은 맞고 이유는 틀린 경우

C는 선택은 틀리고 이유는 맞는 경우

D는 선택과 이유 모두 틀린 경우

Table 2. 기체분자 운동에 대한 중·고등학생의 응답률(%)

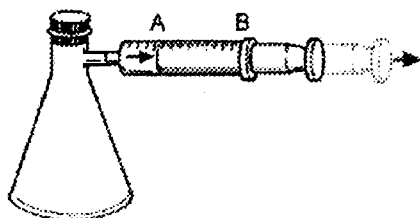
학교	물음의 선택						이유 선택				
	㉑*	㉒*	㉓	㉔	㉕	㉖*㉗*	무응답	①	②*	③	무응답
중	17.8	20.7	6.3	0	6.3	43.6	3.1	13.6	71.9	13.4	1.0
고	11.1	26.4	3.3	1.9	0	49.9	7.9	12.7	83.4	4.0	0

로 기체의 부피나 모양이 가변적인 것과 운동상태에 대한 의미나 개념에 대해 바르게 인식하지 못한 것으로 생각된다. 이것은 노백희 등<sup>16</sup>이 '물질과 확산에 대한 학생들의 개념을 신뢰성 있게 정량화 하는 방법'에 관한 연구의 결과, 학생들의 오개념이 거시적인 물리현상을 미시적인 것에 관해 추론하여 거시적 물리현상을 잘못 이해한데서 비롯되었다는 것과 유사하다고 볼 수 있다.

**기체의 부피와 밀도 및 압력 관계.** 기체의 분자운동과 관련된 제 법칙들은 온도, 압력, 부피 및 분자수 등의 상태함수와 밀접한 관련이 있다. 따라서 구성개념인 분자운동의 올바른 인식을 조사하기 위해 부피의 변화(증·감)에 따른 밀도와 압력의 변화에 대한 학생들의 인식을 조사하였다.

(1) 기체 부피의 증가에 따른 밀도와 압력의 변화 개념 문항

문 2. 아래 그림과 같이 주사기를 이용하여 밀폐된 플라스크 속의 공기를 빼내는 실험을 하였다. 피스톤을 A에서 B까지 당긴 후의 플라스크 안의 공기밀도와 압력에 대한 설명이다. 맞는 것을 선택하시오.



(1) 피스톤을 당긴 후 플라스크 속 공기의 밀도는 (㉠)높아진다. (㉡)낮아진다.)

(2) 피스톤을 당긴 후 플라스크 속 공기의 압력은 (㉢)높아진다. (㉣)낮아진다.)

그 이유는?

\*① 기체분자의 밀도와 압력은 기체분자가 차지하는 부피와 관계가 있기 때문이다.

② 기체분자의 밀도와 압력은 기체분자가 차지하는 부피와 관계가 없기 때문이다.

③ 잘 모르겠다.

질문에 대한 응답 결과는 Table 4와 Table 5와 같다.

문 2를 해결하기 위해서는 플라스크내의 부피가 커지면 압력과 밀도가 감소된다는 개념을 가져야 하고, 또한 문 3을 해결하기 위해서 학생들은 주사기 속에 이미 공기가 들어있으며, 공기는 활발히 분자운동을 하

Table 4. 기체의 부피 변화에 따른 밀도와 압력에 관한 학생들의 응답률(%)

학교	물음의 선택				이유 선택			
	(1)		(2)		①*	②	③	무응답
	㉠	㉡*	㉢	㉣*				
중	39.7	60.3	38.5	61.5	78.1	8.3	10.3	3.1
고	28.8	71.2	25.5	74.5	87.6	5.9	3.2	3.2

Table 5. 부피 변화에 따른 밀도와 압력의 변화에 관한 학생들의 응답률 비교(%)

학교	A	B	C	D
중	29.9	1.0	51.5	14.4
고	52.6	3.2	40.8	4.6

\*A는 선택과 이유가 다 맞을 경우

B는 선택은 맞고 이유는 틀린 경우

C는 선택은 틀리고 이유는 맞는 경우

D는 선택과 이유 모두 틀린 경우

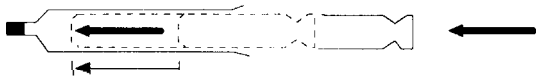
며, 기체가 들어있는 용기는 대부분 빈 공간이기 때문에 외부에서 압력을 가하면 부피가 감소된다는 입자적 관점을 가지고 있어야 한다. 문 2의 과학적 개념은 일정한 온도에서 기체분자의 압력은 기체분자가 차지하는 부피에 반비례한다. 따라서 기체의 부피를 증가시키면 압력이 감소되고 밀도도 감소한다'이다. Table 4를 보면 기체의 부피와 밀도에 관한 문 2의 (1)문항에서 60.3%의 중학생과 71.2%의 고등학생은 올바른 답을 선택하였다. 그러나 Table 5를 보면, 선택을 바르게 하고 이유까지 알고 있는 학생은 중학생이 29.9%, 고등학생은 52.6% 뿐이었다. 그리고 39.7%의 중학생과 28.8%의 고등학생은 '기체의 부피가 증가하면 밀도는 높아진다'는 오개념을 가지고 있었다. 이처럼 낮은 정답율을 보인 이유는 학생들이 밀도의 정의를 분명하게 인식하지 못하거나, 밀폐된 공간에서 기체의 양이 일정하다는 변인 통제 능력이 부족하여 기체의 부피를 증가시키면 밀도도 증가하는 것 즉, 부피와 밀도를 비례 관계로 해석하려는 오개념을 가지고 있는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 서정쌍 등<sup>17</sup>이 보고한 기체의 부피와 질량 관계 개념조사에서 각 개념이 분화되지 않아 기체의 부피가 증가하면 질량도 증가할 것으로 생각하는 유형과 유사한 형태이다.

문 2의 (2)문항은 기체의 부피와 압력에 관한 것으로 부피가 증가하면 압력은 어떻게 되는지를 선택하도록 하였다. Table 4를 보면 문 2의 (2)문항에서 중학

생은 응답자의 61.5%, 고등학생은 74.5%가 올바른 답을 선택하였다. 학생들이 일상생활 또는 학습활동에서 많은 경험(탐구활동)을 가지고 있지만, 조사 대상 학생들 중에서 중학생의 38.5%, 고등학생의 25.5%가 '부피가 증가하면 압력이 높아진다.'고 잘못 알고 있었다. 또한, 상당수의 학생이 '기체분자의 밀도와 압력은 기체분자가 차지하는 부피와 관계 있기 때문이다.'(중학생 51.5%, 고등학생 40.8%)라는 것은 알고 있었으나 부피와 압력, 밀도와의 관계를 잘 이해하지 못한 것으로 나타났다.

**기체의 부피 감소에 따른 압력변화 개념 문항.** 압력과 부피 관계 개념을 보다 자세히 알아보기 위해서 문 3에서 기체의 부피를 감소시켰을 때 공기의 양이라는 용어를 제시하면서 공기의 부피와 압력과의 관계 개념을 조사하였다.

문 3. 아래 그림은 주사기 끝을 막고 피스톤을 밀 때 일어나는 현상에 대한 설명이다. 맞는 것을 모두 선택 하시오.



- ㉠ 주사기 속의 공기의 양이 일정하므로 압력도 언제나 일정하다.
- ㉡ 주사기 속의 공기의 압력이 작음하므로 피스톤이 전혀 들어가지 않는다.
- \*㉢ 주사기 속의 공기의 압력은 높아진다.
- ㉣ 입구가 막혀 있어서 공기의 양이 일정하기 때문에 피스톤이 전혀 들어가지 않는다.
- ㉤ 잘 모르겠다.

그 이유는?

- ① 기체의 부피와 압력은 서로 무관하기 때문이다.
- \*② 기체의 부피와 압력은 서로 관계가 있기 때문이다.
- ③ 잘 모르겠다.

질문에 대한 학생들의 응답 결과는 Table 6과

Table 6. 기체부피와 압력에 대한 중·고등학생의 응답률(%)

학교	물음의 선택					무응답	이유 선택			
	㉠	㉡	㉢*	㉣	㉤		①	②*	③	무응답
중	1.1	9.4	40.5	5.3	7.3	34.9	3.1	87.5	6.3	2.1
고	0.6	9.1	54.3	7.1	1.3	27.3	3.2	92.1	3.9	0.6

Table 7에 나타내었다.

이 문항의 과학적 개념은 문 2와 같이 기체의 압력은 기체가 차지하는 부피에 반비례하므로 외부에서 압력을 가하면 공기가 압축되어 공기의 압력이 높아진다는 사실이다. 대부분의 학생들은 주사기의 피스톤을 밀어주면 처음의 공기가 다소 압축이 되고 힘을 가하지 않으면 다시 피스톤이 밀려나는 현상을 경험하였을 것이다. Table 6에서 알 수 있듯이 과학적 개념으로 응답한 학생은 중학생이 40.5%, 고등학생이 54.3%이었다. 그러나 14.7%의 중학생과 16.2%의 고등학생은 피스톤이 전혀 들어가지 않는다고 응답하였다. 이 가운데 약 10%의 학생은 기체의 활발한 분자운동으로 인해서 공기의 압력이 작음하므로 외부에서 압력이 가해져도 부피가 줄어들지 않는다는 오개념을 가지고 있었다. 또한, Table 7의 C를 보면 49.5%의 중학생과 41.2%의 고등학생들이 기체의 부피와 압력은 서로 관계가 있다는 것은 알고 있으나 이들 가운데는 압축하기 힘든 상태에서 공기의 양이 일정하면 부피나 압력도 일정할 것으로 생각하는 오개념을 가진 학생이 상당수 있을 것으로 생각된다.

**외부압력(기압) 변화에 따른 부피변화 개념 문항.** 고무풍선으로 외부압력(대기압)의 변화에 따른 용기 속의 기체분자의 압력과 부피 변화 그리고 고도에 따른 대기압력의 변화에 대한 학생들의 인식을 조사하였다. 문 7. (1) 지표면에서 가벼운 고무풍선을 하늘 높이 날렸을 때 고무풍선의 부피변화에 대한 설명이다. 맞는 것을 모두 선택하시오.

Table 7. 기체 부피와 압력에 대한 중·고등 학생의 응답률 비교(%)

학교	A	B	C	D
중	37.1	3.1	49.5	9.3
고	48.8	7.3	41.2	2.6

- \*A는 선택과 이유가 다 맞을 경우
- B는 선택은 맞고 이유는 틀린 경우
- C는 선택은 틀리고 이유는 맞는 경우
- D는 선택과 이유 모두 틀린 경우

㉠ 지표면에 있는 고무풍선의 부피가 하늘 높이 올라갔을 때 보다 크다.

㉡ 하늘 높이 올라감에 따라 고무풍선의 부피는 점점 줄어든다.

㉢ 고무풍선의 부피는 언제나 일정하다.

\*㉣ 하늘 높이 올라감에 따라 고무풍선의 부피는 점점 팽창하여 나중에 터진다.

㉤ 잘 모르겠다.

그 이유는?

① 지표면과 공중사이의 기압의 차이가 없기 때문이다.

\*② 지표면과 공중사이의 기압의 차이가 있기 때문이다.

③ 잘 모르겠다.

(2) 지표면과 공중사이의 압력은 어떤 차이가 날까?

㉠ 지표면이 공중보다 기압이 낮다.

\*㉡ 지표면이 공중보다 기압이 높다.

이유는 ?

① 위로 올라갈수록 온도가 낮기 때문에

\*② 위로 올라갈수록 누르는 공기 기둥의 길이가 짧기 때문에

③ 잘 모르겠다.

학생들의 응답결과는 Table 8과 Table 9에 나타나 있다.

문 7의 (1)에서 과학적 개념은 '지표면에서 공중으로 갈수록 대기압력이 낮아지므로, 고무풍선이 하늘 높이 올라가면 풍선의 부피가 증가되어 결국 터지게 된다' 이다. Table 8에서 (1)의 물음 선택 항에서 정답율은 중학생이 67.6%, 고등학생이 81.5%를 보였다. 이유 선택 항에서 84.4%의 중학생과 92.6%의 고등학생들은 지표면과 공중사이의 기압 차이가 있다고 응답하였으나, 이 중에서 약 10% 정도의 학생들은 대기압력과 풍선 안의 기체압력과 평형개념, 그리고 압력과 부피의 관련 개념이 부족한 것을 알 수 있다. 지표면과 공중사이의 압력이 다른 이유를 묻는 문 (2)의 과학적

Table 9. 고도에 따른 부피와 압력개념에 대한 중·고등학생의 응답률 비교(%)

학교	(1)				(2)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
중	67.0	3.1	18.6	11.4	48.0	8.0	37.7	6.8
고	78.1	1.3	14.6	4.0	65.2	7.7	20.3	6.8

\*A는 선택과 이유가 다 맞을 경우  
 B는 선택은 맞고 이유는 틀린 경우  
 C는 선택은 틀리고 이유는 맞는 경우  
 D는 선택과 이유 모두 틀린 경우

개념은 "대기압력은 공기 기둥의 밀도와 고도에 관계되므로 지표면이 공중보다 압력이 높다"이다. Table 8에서 (2)의 물음 선택 항에서 정답률은 중학생이 57.5%, 고등학생이 71.9%이었다. 응답학생들 중에서 중학생의 42.6%와 고등학생의 28.1%가 '지표면이 공중보다 압력이 낮다'고 응답한 것으로 보아, 중학교 3학년 학생들은 압력개념이 잘 형성되지 않은 것을 알 수 있다. 또한, (1)의 정답율이 압력 개념 문항인 (2)의 정답율에 비해 10% 정도 높은 것은 학생들이 많은 경험적 사실에 의한 직관적 판단에 의한 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 채동현 등<sup>18)</sup>의 연구에서 "초등학생(5, 6학년)의 80%에 가까운 학생이 기압은 고도가 높아질수록 높아진다"고 보고한 결과와 비교하면 중학생 이상에서 압력(기압) 개념은 많이 형성되었음을 알 수 있다. 그러나 여전히 고도와 기압이 비례한다고 생각하는 학생이 남아있음을 알 수 있다. 이는 오감으로 잘 느껴지지 않는 가벼운 공기의 무게에 대한 직관적 사고를 하기가 힘들고 기압의 정확한 정의인 단위 면적 위에 있는 공기기둥의 누르는 힘이라는 개념이 잘 구성되어 있지 못한 까닭이라고 생각된다. 그러므로 Table 8의 (2)를 보면 이유의 선택에서 중학생의 29.6%와 고등학생의 27.4%가 위로 올라 갈수록 온도가 낮기 때문에 기압이 낮아진다는 오개념을 가지고 있었다.

기체분자 운동과 압력 관계. 기체는 모든 방향으로

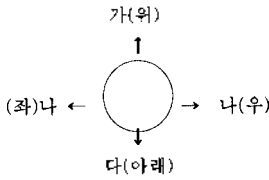
Table 8. 고도에 따른 부피와 압력개념에 대한 중·고등학생의 응답률(%)

학 교	(1)						(2)									
	물음의 선택						이유 선택				물음 선택		이유 선택			
	㉠	㉡	㉢	㉣*	㉤	무응답	①	②*	③	기타	㉠	㉡*	①	②*	③	
중	1.1	8.5	4.2	67.6	5.2	12.5	7.4	84.4	7.3	0	42.6	57.5	29.6	60.2	10.2	
고	1.3	4.7	1.3	81.5	0.6	9.2	3.2	92.6	1.3	2.8	28.1	71.9	27.4	70.2	2.5	

무질서하게 분자운동을 하고 압력을 나타낸다. 이 때 기체분자들의 운동량과 충돌횟수에 따라서 압력이 결정된다. 기체의 압력이 작용하는 방향을 표시한 모델을 제시하여 기체 분자운동과 압력의 관계 개념과 함께 압력이 변화되는 원인에 대한 학생들의 인식을 조사하였다.

(1) 기체의 압력이 작용하는 방향에 대한 문항

문 4. 아래 그림과 같은 용기에 수소 기체가 담겨져 있다. 압력이 가장 크게 작용하는 쪽은?



- ㉠ 가 ㉡ 나 ㉢ 다 \*㉣ 모두 같다. ㉤ 잘 모르겠다.

그 이유는?

① 기체분자의 운동방향은 중력과 관계가 있기 때문이다.

\*② 기체분자는 모든 방향으로 운동을 하기 때문이다.

③ 잘 모르겠다.

학생들의 응답결과는 Table 10과 Table 11에 나타내었다.

이 문항의 과학적 개념은 "기체의 분자운동은 어느 방향이든 자유롭게 일어나므로 기체의 압력도 기체가 담긴 그릇의 모든 방향으로 작용하게 된다"이다. Table 10에서 알 수 있듯이 학생들의 정답률은 중학생이 65.5%, 고등학생이 72.5%로 비교적 높음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 초등학생들을 대상으로 기압의 작용 방향에 대한 조사에서 '기압이 모든 방향에서 작용한다'고 응답한 학생이 5학년 15%, 6학년 26%이었다는 보고<sup>15,16)</sup>에 비하면 중학생 이상에서 과학적 개념의 형성율이 크게 증가했음을 알 수 있다. 그러나 여전히 11.4%의 중학생은 압력이 아래로, 9.4% 학생은 위로 작용한다고 생각하고 있으며, 고등학생의 15%는 압력이 위로 작용한다고 응답하였다. 이는 노태희 등<sup>13)</sup>

Table 11. 기체의 압력이 작용하는 방향에 대한 중·고등학생의 응답률 비교(%)

학교	A	B	C	D
중	64.3	2.1	4.2	28.9
고	70.9	4.7	3.9	19.7

A는 선택과 이유가 다 맞을 경우

B는 선택은 맞고 이유는 틀린 경우

C는 선택은 틀리고 이유는 맞는 경우

D는 선택과 이유 모두 틀린 경우

연구에서 가열된 기체가 위로만 올라간다고 생각하는 오개념과 비슷하다. 또한, Table 10의 이유의 선택에서 중·고등학생 모두 17.7%의 학생이 기체 분자의 운동 방향은 중력과 관계된다.'고 답하였다. 이는 물리적인 힘의 판념(압력과 중력)간에 쉽게 일어날 수 있는 근접성에 대한 사고의 결과라 생각할 수 있다. 중·고등학생이 비슷한 경향을 보인 것은 한번 형성된 오개념은 과학학습이 수년간 계속되어도 잘 바뀌지 않고 마치 Lakatos의 연구프로그램 이론에서 '견고한 핵'처럼 오래 지속된다는 현상과 같은 것이다. 또한 이와 같은 현상은 전통적인 수업방법에 의해서는 오개념이 쉽게 바뀌지 않는다는 선행연구와도 일치한다.<sup>36,5)</sup> 그리고 고등학생은 15%로 중학생 9.4%에 비해 약간 높은 비율로 '압력이 가장 크게 작용하는 쪽이 위 방향이다.'라고 답했다. 기체에 관한 학습을 더 많이 한 고등학생이 이와 같이 오개념의 비율이 높은 것은 기체는 가벼운 것이라는 일반적인 선개념을 갖고 있기 때문이 아닌가 생각된다. 이러한 현상은 교육을 통해서 잘못된 형성된 개념은 그후의 교육에 의해서도 크게 변화되지 않고 더 높은 학년 층에서 더욱 많이 사용하고 있다는 선행연구와도 같은 현상을 보인다.<sup>19,20)</sup>

(2) 기체가 압력을 나타내는 이유에 대한 문항

문 5. 기체분자가 들어있지 않은 고무풍선에 기체를 넣어보면 풍선의 모양으로 풍선 안의 기체 압력이 커졌음을 알 수 있다. 압력의 변화가 나타나는 이유는 무엇인가?

- ㉠ 용기에 기체가 꼭 차 있으므로

Table 10. 기체의 압력이 작용하는 방향에 대한 중·고등학생의 응답률(%)

학교	몰음의 선택					이유의 선택			
	㉠	㉡	㉢	㉣*	㉤	①	②*	③	무응답
중	9.4	2.2	11.4	65.5	9.5	17.7	69.8	10.5	1.0
고	15.0	4.0	7.2	72.5	1.3	17.7	74.4	5.2	2.7



- \*㉠ 분자들이 벽에 부딪혀 힘을 가하므로
- ㉡ 기체분자들끼리 부딪혀 에너지를 방출하므로
- ㉢ 기체분자들 사이에 공기가 채워져 공간이 전혀 없으므로
- ㉣ 잘 모르겠다.

그 이유는?

- \*① 기체의 압력은 기체분자의 운동과 관련이 있기 때문이다.
- ② 기체의 압력은 기체분자의 크기와 관련이 있기 때문이다.
- ③ 잘 모르겠다.

학생들의 응답결과는 Table 12와 Table 13에 나타내었다.

문 5의 과학적 개념은 기체분자는 분자운동으로 서로 충돌하고, 충돌하는 힘에 의해 기체의 압력이 생긴다이다. Table 12의 ㉡을 보면 고등학생의 71.5%, 중학생의 52.2%가 '분자들이 부딪혀 힘을 가하므로 압력이 생긴다'라고 대답했다. 그러나 Table 13을 보면 이유를 함께 바르게 알고있는 학생은 중학생의 경우 46.4%에 지나지 않는다. 이 문항에서 답지 ㉡의 '기체분자들끼리 부딪히면 에너지를 방출한다'에 응답한 학생이 10% 정도 있었다. 또한, Table 13의 C를 보면, 약 20%의 중·고등학생들은 기체의 압력이 기체분자의 운동과 관련이 있다고 생각하지만 기체분자의 압력이 왜 증가하는지에 대한 명확한 과학적 개념이 형성되어 있지 못하였다. 이러한 결과는 학생들이 운동량외 과 힘과의 관계, 기체압력은 기체분자들의 운동량과 충돌빈도에 의존한다는 개념이 확실히 형성되어 있지 않았기 때문으로 생각된다. 약 10%의 중·고등학생은 '압력이 기체 분자의 크기와 관련 있다'라는 오개념이 있는 것으로 나타났다. 압력이 나타나는 이유에 대해서 고등학생의 정답률이 중학생보다 20% 이상 높은 것을 보면 분자운동에 대한 개념은 인지적 수준이 평균적으로 높고 공물과학의 물리영역 등과 관련 과학개념이 같이 학습되어야 잘 형성될 수 있다고 생각된다.

기체의 온도와 부피와의 관계. 지그러진 탁구공의

Table 13. 기체가 압력을 나타내는 이유에 대한 중·고등학생의 응답률 비교 (%)

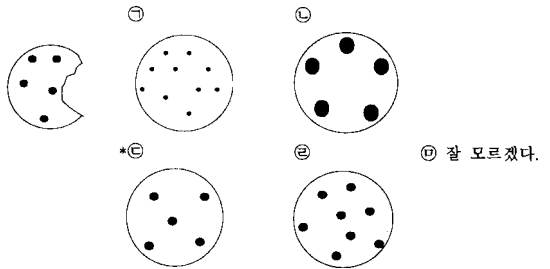
학교	A	B	C	D
중	46.4	3.1	22.7	27.8
고	69.5	3.1	18.6	9.1

A는 선택과 이유가 다 맞을 경우  
 B는 선택은 맞고 이유는 틀린 경우  
 C는 선택은 틀리고 이유는 맞는 경우  
 D는 선택과 이유 모두 틀린 경우

예를 들어 기체분자운동과 관련하여 온도변화에 따른 기체의 압력변화에 대한 학생들의 개념 인식을 조사하였다.

(1) 일정한 용기 내에서 온도 변화에 따른 부피변화에 대한 문항

문 6. 아래 예의 그림처럼 찌그러진 탁구공을 불에 쪼았더니 찌그러진 부분이 퍼졌다. 퍼진 탁구공 안의 상태를 나타낸 그림을 보기에서 맞는 것을 모두 선택하십시오. ( )



그 이유는?

- \*① 분자가 열을 받으면 분자 운동이 활발해지기 때문이다.
- ② 분자가 열을 받으면 기체 분자의 수가 많아지기 때문이다.
- ③ 잘 모르겠다.

질문에 대한 응답결과는 Table 14와 Table 15와 같다.

이 문항의 과학적 개념은 '단단 공간에 열을 가하면 내부 기체의 분자운동이 활발해져 압력이 증가된다. 이

Table 12. 기체가 압력을 나타내는 원인에 대한 중·고등학생의 응답률(%)

학교	물음의 선택					무응답	이유 선택			
	㉠	㉡*	㉢	㉣	㉤		①*	②	③	무응답
중	8.4	52.2	9.4	15.6	10.4	2.0	69.8	10.4	15.6	1.0
고	2.7	71.5	9.5	8.6	3.2	3.3	82.7	10.0	5.2	2.1

Table 14. 기체의 온도 변화에 따른 압력변화 개념에 대한 중·고등학교생의 응답률

학교	물음의 선택					이유 선택				
	㉠	㉡	㉢*	㉣	㉤	무응답	A*	B	C	무응답
중	20.7	22.1	28.2	19.0	3.2	20.8	78.2	14.6	5.1	1.0
고	17.9	29.8	36.8	4.2	2.0	7.8	87.4	6.3	2.0	4.3

Table 15. 기체의 온도 변화에 따른 압력변화 개념에 대한 중·고등학교생의 응답률

학교	A	B	C	D
중	25.8	3.1	53.7	17.5
고	33.9	1.4	58.5	6.1

A는 선택과 이유가 다 맞을 경우,  
 B는 선택은 맞고 이유는 틀린 경우  
 C는 선택은 틀리고 이유는 맞는 경우  
 D는 선택과 이유 모두 틀린 경우

때 분자의 크기와 수는 변하지 않고 단지 내부 압력의 증가에 의해서 탁구공이 퍼지게 된다.'이다. Table 14를 보면 현상의 제시 물음에서 28.3%의 중학생과 36.8%의 고등학교생만이 올바른 답을 선택하였다. 이유 선택 문항의 응답률에서 알 수 있듯이 78.2%의 중학생과 87.4%의 고등학교생들은 '분자가 열을 받으면 분자운동이 활발해진다'는 사실을 알고 있으나, 많은 학생들(중학생 22.1%, 고등학교생 29.8%)이 탁구공의 팽창 현상을 분자의 크기가 커지거나 분자수가 증가되는 것으로 생각하고 있었다. 이것은 온도의 변화는 분자의 운동에너지 변화만을 가져온다는 개념이 정확히 형성되어 있지 못하고 상식적인 생각에서 온도증가는 분자의 수나 크기의 증가도 일어날 것으로 생각하는 과도한 일반화에 의해 오개념이 나타난 것으로 생각할 수도 있다.<sup>19)</sup> 일상생활에서 많은 경험을 가지고 있는 현상임에도 이처럼 많은 오인을 가진 것은 온도변화에 따른 압력 또는 부피변화에서 분자수와 분자 크기의 보존 개념이 없는 것으로 생각된다. 이는 '기체의 운동이 빨라지면 질량이 커진다는 오개념이 고등학교 2학년에서 보인다는 서정쌍 등'<sup>1)</sup>의 연구와 유사하게 분자운동을 분자 수나 분자의 질량까지 확대 해석하는 오개념이 고등학교생에게 더 많이 남아 있는 것으로 생각된다.

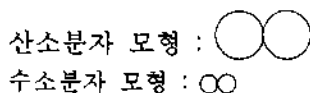
**기체의 법칙에 관한 개념.**

(1) 아보가드로 법칙에 대한 개념 문항

기체의 분자 수와 부피 개념 즉, 아보가드로 법칙에 대한 개념인식을 알아보기 위해 문항에서 서로 다른 크기의 산소와 수소 분자 모형을 그림으로 제시하여

크기가 같은 두 용기에 서로 다른 기체를 각각 채웠을 때 용기에 들어 있는 분자 수에 대한 답안을 선택하도록 하였다.

문 8. 다음은 산소와 수소분자의 모형이다. 그림에서와 같이 산소분자는 수소분자보다 훨씬 크다. 0°C, 1기압 하에서 같은 크기의 두 용기에 각각 다르게 산소와 수소 기체를 채웠다. 맞는 것을 모두 선택하시오.



- ㉠ 용기 속의 분자수는 크기가 큰 산소분자가 더 많다.
- ㉡ 용기 속의 분자수는 크기가 작은 수소분자가 더 많다.
- \*㉢ 분자의 크기에 관계없이 용기 속의 분자수는 서로 같다.
- ㉣ 서로의 크기가 달라서 들어가는 분자수가 다르다.
- ㉤ 잘 모르겠다.

그 이유는?

- \*① 온도와 압력이 같은 일정한 부피 속에는 항상 같은 수의 분자를 가지기 때문이다.
- ② 온도와 압력이 같고 일정한 부피를 가지더라도 분자의 크기가 다르면 같은 수의 분자를 가지지 않기 때문이다.
- ③ 잘 모르겠다.

그 결과는 Table 16과 Table 17에 나타내었다.

문 8의 과학적 개념은 '같은 온도·압력에서 일정한 부피 속에는 분자의 크기(화학종)에 관계없이 항상 같은 수의 분자가 들어 있다'이다. Table 16에서 보면 정답률은 중학생이 29.3%, 고등학교생은 72.6%로서 고등학교생이 중학생들보다 매우 높은 정답율을 나타내었다. 중학생들이 가진 주 오개념은 '서로의 크기가 달라서 들어가는 분자수가 다르다.'라는 것이었다(24.9%). 이러한 이유로는 비슷한 비율의 학생이 '온도와 압력이 같고 일정한 부피를 가지더라도 분자의 크기가 다르면

Table 16. 아보가드로 법칙에 대한 중·고등학생의 응답률(%)

학교	물음의 선택					무응답	이유 선택			
	㉠	㉡	㉢*	㉣	㉤		①*	②	③	무응답
중	6.3	7.3	29.3	24.9	21.8	9.3	47.2	28.1	22.9	1.0
고	4.3	4.2	72.6	8.9	6.1	5.3	71.8	17.8	5.4	5.1

Table 17. 아보가드로 법칙에 대한 중·고등학생의 응답률 비교(%)

학교	A	B	C	D
중	25.8	6.1	17.6	50.5
고	69.8	3.9	8.0	20.3

A는 선택과 이유가 다 맞음 경우  
 B는 선택은 맞고 이유는 틀린 경우  
 C는 선택은 틀리고 이유는 맞는 경우  
 D는 선택과 이유 모두 틀린 경우

같은 수의 분자를 가지지 않기 때문이다'라고 생각하였다. 이와 같은 현상은 배태수와 최병순의 원자/분자에 관한 오개념의 연구에서도 같은 부피 속에 기체 분자 수는 수소는 작기 때문에 분자수가 많다고 생각하는 오개념과 같은 것이다.<sup>21</sup> 중학교 2학년 교과서에서 원자에 관한 설명에 이어 분자에 대한 개념을 구체적인 예를 들어 잘 설명하고 있으나 학생들은 여전히 같은 온도와 압력 하에서 기체의 부피를 결정하는 변인이 분자 수인지 분자크기인지를 잘 구분하지 못하고 있음을 알 수 있다.

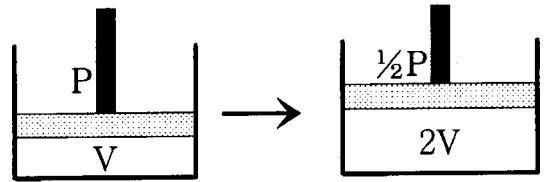
선택문항과 이유를 교차 분석한 Table 17에서 보여 주듯이 50.5%의 중학생과 20.3%의 고등학생은 '수소와 산소는 그 분자크기가 다르므로 일정 크기의 용기를 차지하는 분자 수는 다르다' 혹은 분자의 크기가 다르면 부피도 다르다고 생각하여 '일정 온도와 압력 하에서 기체의 부피를 결정하는 것은 분자의 크기와 관련 있다'고 생각하는 오개념을 가지고 있었다. 그리고 중학생의 50% 이상이 아보가드로 법칙에 대한 오개념이 나타난 것은 탐구과정에서 변인통제에 해당하는 아보가드로법칙의 전제조건을 수업시간에 관심을 기울이지 않고 법칙의 결과만을 단순히 암기하는데 익숙했기 때문이라고 생각된다. 이와 비슷한 현상으로 상황은 조금 다르나 김도옥의 물 개념에 대한 오개념 조사에서 '표준상태'와 '기체상태에서만'이란 조건을 소홀히 다루어 물질의 상태에 따른 물 부피의 변화에 대한 사고 없이 22.4 L가 1몰이라는 것을 암기 식으로 알고 있다는 것을 발견한 것과 같다고 볼 수 있다.<sup>22</sup> 아

보가드로 법칙의 전제조건을 잘 생각하여야 법칙이 성립하는 이유를 알게 되는데, 복합 탐구과정인 변인통제 과정이 중학생에게는 어려운 탐구과정인 것이 원인이 될 수도 있다.

## (2) 보일의 법칙에 관한 문항

기체의 압력과 부피의 개념 즉, 보일의 법칙에 대한 학생들의 이해정도를 알아보기 위해서 피스톤의 모형으로 압력과 부피 변화 현상을 제시하여 그와 관련 개념을 조사하였다.

문 9. 아래 그림과 같이 일정 온도 하에서 원편 용기에 들어있는 기체의 부피를 2배로 하면 압력은 1/2배로 된다(P는 대기압과 관계없음). 맞는 것을 모두 선택하십시오.



\*㉠ 분자들이 그릇의 벽에 충돌하는 수가 1/2로 줄기 때문이다.

㉡ 분자들의 운동속도가 1/2로 줄기 때문이다.

㉢ 그릇 안의 분자수가 1/2로 줄기 때문이다.

㉣ 그릇의 벽에 기체분자가 한 번 충돌에 의해 생기는 힘이 1/2로 줄기 때문이다.

㉤ 잘 모르겠다.

그 이유는?

① 기체분자의 압력은 기체분자의 충돌 수에 반비례하기 때문이다.

\*② 기체분자의 압력은 기체분자의 충돌 수에 비례하기 때문이다.

③ 잘 모르겠다.

학생들의 응답결과는 Table 18과 Table 19에 나타내었다.

문 9의 과학적 개념은 '일정한 온도에서 같은 분자 수를 가진 기체분자의 압력은 분자의 충돌 횟수에 비

Table 18. 보일의 법칙에 대한 중·고등학생의 응답률(%)

학 교	물음의 선택					무응답	이유 선택			
	㉠*	㉡	㉢	㉣	㉤		①	②*	③	무응답
중	25.2	15.7	5.3	13.5	18.7	20.8	39.4	36.7	21.8	1.0
고	50.3	14.8	3.3	7.5	5.2	18.6	33.1	61.1	5.8	

Table 19. 보일의 법칙에 대한 중·고등학생의 응답률 비교 (%)

학 교	A	B	C	D
중	15.5	12.4	18.7	53.5
고	37.4	13.2	21.5	28.6

A는 선택과 이유가 다 맞을 경우  
 B는 선택은 맞고 이유는 틀린 경우  
 C는 선택은 틀리고 이유는 맞는 경우  
 D는 선택과 이유 모두 틀린 경우

례하므로 기체의 부피가 2배로 되면 분자들이 충돌하는 횟수가 1/2로 준다.'이다. Table 18에서 보면 질문항의 정답률은 중학생이 25.2%, 고등학생이 50.3%로 아주 낮았다. 물음과 이유를 교차 분석한 Table 19에서 보여 주듯이 물음과 이유를 함께 알고 있는 학생은 중학생이 15.5%, 고등학생은 37.4%에 불과하였다. 중학생들의 대부분은 일정한 용기 내에서 기체 분자의 압력이 기체 분자의 충돌 수와 어떠한 관계가 있는가를 잘 이해하지 못하고 압력이 반으로 줄어드는 현상 즉 변화에만 집중하여 분자의 운동이나 분자 수를 압력변화(1/2P로 되는 것)의 결과에 맞추려는 과도한 일반화로 인한 오개념을 보이고 있지 않으나 생각된다. 그리고 이유의 선택에서 응답자 가운데 18.7%의 중학생과 21.5%의 고등학생들은 '기체 분자의 압력은 분자의 충돌 수에 비례한다.'라고 바르게 대답하였으나 물음의 선택이 잘 못된 것으로 보아 부피와 압력이 반비례하는 정량적 관계의 개념이 형성되지 않음을 알 수 있다.

또한, Table 18에서 상당수의 학생들은 '일정 온도 하에서 일정한 용기 속의 기체 부피를 2배로 하면 압력은 1/2배 되는 것을 분자들의 운동속도가 1/2로 줄기 때문' 혹은 '기체의 부피가 커지면 운동할 수 있는 공간이 커져서 운동하는 힘이 줄어든다'로 생각하고 있음을 알 수 있다. 따라서 기체의 운동속도는 온도에 의존한다는 개념이 잘 형성되어 있지 못한 듯하다. 그리고 이유에 대한 답에서 '기체 압력은 분자의 충돌 수에 반비례한다'고 답한 학생이 중·고 모두 30%를

넘는다는 것은 기체의 압력과 운동에너지와의 상관개념이 잘 되어 있지 못한 학생이 많은 것 같다. 그러나, 물음과 이유의 선택에서 고등학생이 중학생보다 2배 정도의 정답률을 보인 것은 보일 법칙의 전체조건을 고려하는 복합탐구과정인 변인통제 과정은 인지수준이 높은 학습자에게 유리하고, 그나마 압력과 운동에너지 간의 관계에 대한 개념형성이 고등학교에서 더 이루어진 때문인 것으로 생각된다.

이상의 연구결과를 종합하여 각 개념별 오개념 유형과 그 분포상황을 학교 급별 전체학생에 대한 비율로 나타낸 것을 Table 20에 요약하였다. 고등학생에 비해 중학생들의 오개념 형성비율이 다소 높음을 알 수 있었고 특히 분자운동에너지와 압력관계에 대한 개념형성과 관계가 깊은 문항에서는 고등학생의 정답률이 더 높았다.

**결론 및 제언**

**결론**

본 연구는 학생들이 갖고 있는 입자개념과 분자운동에 관한 개념을 바탕으로 기체의 성질에 관련된 중·고등학생들의 오개념 유형 및 그 분포상황을 조사함으로써 개념학습의 효율화를 추구하고자 하였다. 비교적 큰 비율로 오개념이 나타난 것을 중심으로 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 중·고등학생 모두 1/3에 가까운 학생이 물질의 상태 중 기체는 분자간 인력이 가장 작다는 것을 알고 있으나, 그 의미를 기체의 분자운동이나 가변적인 기체의 부피나 모양 등과 연결짓지 못하고 있었다.
- 2) 기체의 압력에 대한 부피 및 밀도의 개념에서는 압력과 부피 관계뿐만 아니라, 부피나 압력의 변화에 따른 밀도의 변화에 대해서도 비례관계로 해석하려는 오개념을 가지고 있었다.
- 3) 압력이 나타나는 이유에 대한 개념으로는 '기체 분자들끼리 부딪혀 에너지를 방출한다.' 또는 '기체 분자들 사이에 공기가 채워져 압력이 나타난다.'라는 오

Table 20. 기체의 성질에 대한 중·고등학생의 주 오개념의 유형과 분포상황(%)

개념	주 오개념 유형	중	고
기체운동	o. 기체 분자는 분자들간의 인력이 가장 작다는 것은 알고 있으나 그 현상을 기체분자운동, 부피, 모양 등과 연결시키지 못한다.	37.1	39.1
	o. 온도가 높아지면 분자의 크기가 증가하여 분자운동이 활발하다	22.1	29.8
	o. 온도가 높아지면 분자수의 증가로 인해 분자운동이 활발하다.	39.7	22.1
부피와 밀도	o. 기체의 부피가 커지면 밀도도 커진다.	39.7	28.8
부피와 압력	o. 기체의 부피가 증가하면 압력도 높아진다.	38.5	25.5
	o. 주사기 끝을 막고 피스톤을 밀면 공기의 양이 일정하므로 더 이상 피스톤이 전혀 들어가지 않는다.	49.5	41.2
	o. 고도에 따른 부피와 압력변화의 개념 형성이 되지 않아 고도가 올라감에 따라 부피가 줄어들거나 일정하다.	30.0	20.0
압력이 작용하는 범위	o. 기체분자의 운동 방향은 중력과 관계 있어 위쪽 혹은 아래방향으로 작용한다.	20.8	22.2
	o. 고도가 높을 수록 기온이 낮아서 기압이 낮아진다.	29.6	27.4
아보가드로의 법칙	o. 서로크기가 다르므로 들어가는 분자수가 달라진다.	38.5	17.4
	o. 분자의 크기에 따라서 차지하는 부피가 다르다.	24.9	8.9
보일의 법칙	o. 기체의 부피를 2배로 하면 압력이 1/2배가되는 것은 분자의 운동속도가 1/2로 줄기 때문이거나 충돌에 의해 생기는 힘이 1/2로 줄기 때문이다.	29.2	22.3

개념을 가지고 있었고, ‘압력이 작용하는 방향은 중력 방향과 관련 있다.’는 오개념이 형성되어 있었다. 특히 그 차이는 크지 않으나 고등학생이 오히려 기체분자 위치로 운동한다는 오개념이 더 많았다.

4) 온도에 따른 부피 개념은 ‘분자가 열을 받으면 분자의 크기가 커져 부피가 증가한다.’는 오개념과 ‘분자수가 증가해 분자들의 운동이 활발하다.’는 오개념이 형성되어 있었다.

5) 고도에 따른 압력과 부피 개념에서는 지상에서 높이 올라감에 따라 압력이 낮아지는 것은 온도가 낮아지기 때문이라는 오개념이 형성되고 있었다

6) 아보가드로의 법칙에 대한 것은 중학생이 고등학생에 비해 높은 비율로 ‘분자의 크기가 다르므로 같은 부피에 존재하는 분자수가 다르다.’는 오개념을 가지고 있었다.

7) 기체의 부피를 2배로 하면 압력이 1/2배로 되는 것은 분자의 운동 속도가 1/2 줄기 때문이며 그 이유는 ‘기체 분자의 압력은 기체분자의 충돌 수에 반비례한다.’는 오개념이 형성되어 있었다.

8) 아보가드로 법칙과 보일법칙에서 생기는 오개념은 두 법칙의 전체조건을 수업시간에 관심 있게 보지 않고 결과만을 알아두었기 때문인 것도 한 원인이 된다고 생각된다.

## 제언

1) 가지적이지 못한 기체에 대한 학생들의 과학 개념 형성을 위해서 효율적인 개념학습 개발과 그 현장 적용의 효과 등을 조사하는 연구가 실험적인 방법으로 계속 수행될 필요가 있다.

2) 화학 개념 변화의 요인을 찾아낸 것을 바탕으로 과학적인 개념으로 변화시킬 수 있는 수업전략에 의한 개념의 이해 정도를 비교하는 실험연구가 필요하다.

3) 직접 실험이나 관찰을 할 수 없는 기체 분자운동과 같은 논리적 사고력을 요구하는 단원은 학습자의 오개념 유형을 파악하여 그를 치유하는 개념 학습이 절실히 요구되고, 따라서 교사는 학습 지도 이전에 교재 내용은 물론 학습자의 오개념에 대한 충분한 파악이 요구된다.

4) 기체 분자 운동 개념뿐만 아니라 확산, 원자, 분자, 분자속도, 분자에너지 등의 개념을 이해하는 정도와 관계를 조사하는 연구가 계속됨으로써 학생의 화학 개념 형성에 대한 이론을 세울 수 있어야 되겠다.

5) 기체의 법칙을 학습할 때는 그 전체 조건의 이유와 의미를 잘 이해시키는 유의미 학습이 필요하다.

이 연구 결과는 일선 교사가 기체의 성질에 관한 수업 전후에 학생들이 갖고있는 오개념을 고려하여 효율적인 지도를 하기 위한 기초 자료로 이용될 수 있으며, 더 나아가 올바른 개념 학습의 수업 모형을 구

상하기 위한 연구가 계속 되어야 할 것이며, 또한 본 연구에 사용된 검사 도구 및 분석 방법의 객관성, 타당성을 입증할 수 있는 연구도 계속 되어야 한다.

### 인 용 문 헌

1. Driver, R.; Guesene, E.; Tiberghien, A. In R. Driver, E. Guesene; A. Tiberghien, Eds.; *Children's ideas in science*; Milton Keynes: Open University Press; 1985; p193.
2. Hashweh, M. Z. *European Journal of Science Education* **1986**, 8(3), 229.
3. (a) Gilbert, J. K.; Osborne, R. J.; Fensham, P. J. *Science Education* **1982**, 66(4), 623. (b) Gilbert, J. K.; Swift, D. J. *Science Education* **1985**, 69(5), 681.
4. Hewson, M. G. *Science Education* **1986**, 70(2), 159.
5. 조희형 *한국과학교육학회지* **1985**, 5(1), 11.
6. 조희형; 이문원; 조영신; 한인숙 *한국과학교육학회지* **1991**, 11(2), 49.
7. Gabel, D. L.; Bunce, D. M. *Research on Problem Solving: Chemistry*; Gabel, D. L., Ed.; Handbook of research on science teaching and learning, New York, 1994; pp 301-326.
8. (a) Griffiths, A. K. *A Critical Analysis and Synthesis of Research on Students' Chemistry Misconceptions*; H.-J. Schmidt, Ed.; ICASE, 1994; p 70. (b) Griffiths, A. K. and Preston, K. R. Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules. *J. Res. Sci. Teach.* **1992**, 29, 611.
9. 김상명. 이화여자대학교 석사학위 논문, 1993.
10. Osborne, R.; Freberg, P. *Learning in Science: The Implication of Children's Science*; Auckland: Heinemann, 1986.
11. 홍순경, 한국교원대학교 석사학위 논문, 1990.
12. Nussbaum, J. A.; Novick, S. *Instructional Science* **1982**, 11, 183.
13. 이광재, 한국교원대학교 석사학위 논문, 1992.
14. 박성미, 서울대학교 석사학위 논문, 1990.
15. Peterson, R. F.; Treagust, D. F.; Garnett, P. J. *Res. Science Teaching* **1989**, 26, 301.
16. (a) 노태희; 임희준 *한국과학교육학회지* **1995**, 15(4), 443. (b) 노태희; 전경문; 김혜경 *화학교육* **1996**, 23(1), 42.
17. 서정쌍; 김도욱; 고숙영 *한국과학교육학회지* **1996**, 17(3), 242.
18. 채동현; 백은미 *한국과학교육학회지* **1997**, 17(3), 242.
19. 권재술; 최병순 *한국과학교육학회지* **1992**, 12(2), 43.
20. Osborne, R. J.; Wittorock, M. C. *Science Education* **1983**, 67, 489.
21. 배태수; 최병순 *화학교육* **1991**, 18(4), 316.
22. 김도욱 *화학교육* **1992**, 19(1), 23.