

중학교 화학 분야의 개념 연구에 대한 문제점 분석

朴恩姬[†] · 裴昊勳* · 白盛憲* · 朴國泰* · 金惠敎^{**} · 蔡禹基^{**} · 權 鈞^{***}

한국교원대학교 화학교육과

[†]동지중학교

^{**}서울대학교 화학교육과

^{***}한림대학교 심리학과

(1998. 10. 30 접수)

Analysis of Problems in Researches Related to Students' Conceptions of Middle School Chemistry

Eun-Hee Park[†], Dae-Hun Kang*, Seoung-Hey Paik*, Kuk-Tae Park*,
Hye-Gyeng Kim^{**}, Woo-Ki Chae^{**}, and Gyun Kwon^{***}

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

[†]Dongji Middle School, Pohang 790-160, Korea

^{**}Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

^{***}Department of Psychology, Hallym University, Chunchon 200-702, Korea

(Received October 30, 1998)

요 약. 중학교 화학 분야의 오개념 조사에 사용된 설문지의 문제점을 밝혀, 학생들의 정확한 오개념 조사를 위한 바탕을 마련하고자 한다. 기존의 중학교 화학 분야에 대한 오개념 조사 설문지가 연구 대상 학생들에게 잘못 사용되고 있었으며, 문항 내용 자체에도 오류가 있었음을 지적하고자 하는 것이다. 선행 연구들의 분석 결과들이 오개념이 아니라 무개념임을 확인하기 위하여 중학교 1학년 학생 182명을 대상으로 두 종류의 설문지 A와 B를 투입하여 조사하였다. 설문지 A는 오개념 연구를 위해 선행 연구들에서 사용한 문항들로 이루어진 것으로, 이를 투입한 결과를 선행 연구들의 결과들과 비교하기 위한 것이다. 그리고 설문지 B는 설문지 A에서 응답한 학생들의 구체적인 생각을 알아보기 위하여 새롭게 개발한 것이다. 설문지 A를 통해 얻은 결과와 선행 연구들에서 얻은 결과들을 비교할 때, 전반적으로 일관성이 없게 나타났으며, 중학교 1학년 학생들의 주관식 정답률이 객관식 정답률에 비해 매우 낮게 나타나는 공통점은 있었으나, 문항 자체의 오류들이 발견되었다. 설문지 B를 통해 학생들의 생각을 알아본 결과, 설문지 A에서 과학적 개념과 오개념으로 분류된 학생들 중에서 무개념으로 판단된 경우가 많았다.

ABSTRACT. This study was to clarify the problems of questionnaires related to misconception researches of middle school chemistry and to prepare a ground for the correct misconception research for students. For these purposes, the questionnaires of the misconception researches related to chemistry in middle school were analyzed, and the mistakes of the questions which were used in 7th grade students were found, based on a definition of misconceptions in this study. Also, the errors in contents of the questionnaires were indicated. The results of the analysis revealed that most of the 7th grade students did not have misconceptions contrary to some of the previous researches conclusions. They only had no conceptions related to the contents. In order to support this analysis, two different questionnaire sets (questionnaire set A and B) for 182 7th grade students were used. After obtaining similar results to those of the previous researches by the questionnaire set A, the students' thoughts were examined by the questionnaire set B. From the results of this study, the correct answer rates of subjective questions were very low compared with those of objective questions in the questionnaire set A for 7th grade students. It was hard to find consistency among the results of the researches using the questionnaire set A. And

many contents of the questions consisted of the questionnaire set A were not consisted with a definition of misconceptions. There were errors in the contents of the questions, too. The students classified as the having-science-concepts group and the having-misconceptions group by the questionnaire set A were classified as the having-no-concepts group by the questionnaire set B.

서론

과학 교육의 중요한 과제 중 하나는 과학적 개념의 올바른 이해이다. 학생들의 개념 이해를 위하여 구성주의 관점에서는 먼저 선개념(오개념) 파악이 중요함을 강조하였다. 그러나 학생들의 오개념을 조사한 국내 대부분의 연구들이 오개념과 무개념을 구분하지 않는 경향이 있다.

학습에 대한 구성주의 관점의 중심 전제는 지식은 인간에 의해 구성된다는 것이다.¹² 이러한 구성주의 인지론에 바탕을 둔 개념 변화 이론에서 말하는 오개념은 학생들이 생활이나 학습을 통한 경험에 의해서 올바른 과학 개념을 배우기 이전에 형성되는 개념이다. 그런데 중학교 화학이나 물리에서 미시적 세계의 현상들을 설명하는 원자, 화합물, 분자 등과 같은 개념들은 학생들이 학습 전에 오개념을 형성하고 있다고 보기 어렵다. 따라서 이러한 미시 세계의 현상들은 학습 전에는 무개념으로 분류하는 것이 타당할 것이다. 그리고 무개념의 경우에는 오개념 조사를 통한 갈등이론 수업 모형의 효과를 기대하기 어렵다. 그러므로 학생들이 수업 전에 가지는 과학 개념들이 과학 사회가 합의한 과학적 개념과 관련된 오개념인지 아니면 무개념인지를 밝혀내는 것은 올바른 수업 계획을 위해 우선되어야 한다.

주요한 과학 개념에 대한 학생들의 오개념 근원이 지금까지 이루어진 연구 결과들³⁻⁶을 종합·분석하여 자연 세계에 대한 지각적 경험, 일상적인 생활을 통한 경험, 언어의 사용(과학적 이론과 개념에 대한 은유, 비유, 모형의 사용 등), 그리고 학교에서 일어나는 형식적 교육으로 분류되었다.⁷ 이러한 오개념의 근원을 바탕으로 정규 과학 교수/학습 전에 학생들이 가지고 있는 학습 내용과 관련된 과학 개념이 당대의 과학 사회와 합의한 과학적 개념과 다를 때 학생들이 가지고 있는 개념을 오개념(misconception)이라고 한다.

보통 오개념 또는, 직관적 사고(intuitive belief)라는 용어로 많이 사용되지만 이들 용어에는 잘못되었

다는 부정적 의미를 많이 내포하고 있어 좀더 가치 중립적인 표현인 선개념(preconception), 선행 개념(prior idea), 선행 지식(prior knowledge), 대안적 개념 체계(alternative framework)라는 용어를 사용하기도 한다.^{8,9} 이런 용어 외에도 순수한 지식(naive knowledge), 어린이의 과학(children's science), 자발적 사고(spontaneous reasoning) 등으로 표현하기도 한다. 그러나 본 연구에서는 부정적 의미를 지닌 선개념을 오개념으로 정의한다. 한편, 오개념의 근원을 바탕으로 정규 과학 교수/학습 전에 학생들이 가지고 있는 지식이 학습 내용과 관련이 없을 때 이를 무개념이라 한다. 즉 교수/학습 전 학습 내용과 관련된 학생들의 선행 지식이 전혀 없는 상태를 개념이 없는 상태로 보고 무개념으로 정의한다.

그 동안 화학 개념에 대한 선행 연구들을 살펴보면, 원자/분자에 관한 중등학교 학생과 과학 교사의 오인 분석¹⁰에서는 중학교 1학년 학생들에게 원자와 분자의 개념, 다이아몬드의 원자 배열, 금속과 산의 반응 등에 대한 오개념을 조사하였는데, 학생들이 배우지 않은 내용일 뿐만 아니라 문항에 사용된 용어가 일상에서 사용되지 않는 것이었고, 무개념에 대한 고려가 없었다. 연소와 녹스는 현상에 대한 학생들의 개념 조사¹¹에서는 화학 반응시 산소의 역할에 대해 학습 전 학생들은 과학적 개념으로 설명하는 경우가 거의 없었으며, 학습 후에도 타면 무엇이 가 빠져나간다는 직관적 개념이 더욱 강화되어 새로운 오인을 만들며, 학생들은 과학적인 관점을 전혀 사용하지 않고 일상적인 상식으로 설문지의 문제를 다루고 있다고 보고하였다. 그러나 여기서 표현한 일상적인 상식에는 과학적 개념과 관련이 없이 답할 수밖에 없는 상황에 놓인 학생들의 대답도 포함되어 있다고 생각된다. 물질의 상태 변화 현상에 대한 학생들의 개념 연구¹²에서는 초등학교 6학년 학생과 중학생을 대상으로 물질의 상태 변화를 이해하기 위한 개념 중 성질 불변, 무게 불변, 가역성의 개념을 조사하여 학생들의 오개념과 오개념의 근원을 밝히

려고 하였다. 그러나 연구 내용 중 학습이나 자연 현상으로 쉽게 경험할 수 없는 미시 세계의 개념인 질량 보존의 법칙은 초등학교 6학년 학생과 중학교 1학년 학생들에게 오인의 근거가 없으므로 오개념으로 판단하기 어렵다. 중학교 1, 2학년 학생을 대상으로 연소 개념의 수업 전·후의 개념 변화 연구¹³에서는 학생들의 생각이 과학적 생각과 다르며, 또한 그것이 과학자의 생각으로 고쳐져야만 되는 잘못된 개념이라는 가치 판단의 기준을 고려했을 때 오개념이라는 용어를 사용한다고 제시하였으나, 과학자와 생각이 다르다는 오개념이라는 용어가 무개념에 대한 고려가 있었는지를 알 수 없었다. 중학생의 원자와 분자 개념에 대한 오인을 수정하기 위한 발생학습 모형의 적용¹⁴에서는 중학교 2학년 학생들을 대상으로 발생학습 처치 후 학습에 따른 오인 수정의 효과를 보았다고 제시하고 있지만, 학습 전 학생들의 원자와 분자에 대한 오인의 15.5~17.4%의 결과 처리 자체가 무개념의 결과일 수 있어 오인 수정을 위한 갈등이론 수업을 적용시키기 어렵다고 생각된다. 화학 변화에 대한 중학생들의 개념에 관한 연구¹⁵에서는 학생들은 화학 변화를 일상 경험적 개념으로 알고 있었고, 화학 변화를 물리 변화로 오인하는 경향이 있었으며, 오개념이 학습 후 변형된 오개념으로 나타났다고 보고하였다. 현재의 과학자적 관점에 의한 개념을 과학적 개념, 과학자적 개념과 다른 학생들의 선입관을 오개념이라고 정의하였는데, 과학자적 개념과 다르다는 것에 무개념에 대한 고려가 없었다고 생각된다. 중학교 1, 2, 3학년 학생들을 대상으로 원소와 화합물에 대한 중학생들의 개념 분석¹⁶에서는 미시 세계의 원자와 분자, 아보가드로의 법칙, 화학 변화시 원자의 재배열 관계, 원자와 분자 모형 등에 대해 중학교 1학년 학생들에게도 오개념이 있음을 지적하였는데, 오개념의 조사가 오개념의 근거에 의한 것인지 또는 무개념에서 답할 수 밖에 없는 상황에서 조사되어졌는지를 알 수 없었다.

과학 개념에 대한 여러 선행 연구들¹⁷⁻²²에서 오개념 조사를 위한 문항이 연구 대상 학생들의 오개념과 무개념을 구분하지 않고 사용된 경우들과 그리고 오개념의 용어 정의에서 무개념에 대한 고려를 하지 않은 경우들이 있었다. 오개념 조사를 위한 문항이 조사 대상 학생에게 적절한지에 대한 고려가 배제된 채, 오개념 조사 연구가 계속 진행되고 이에 따른 수

업 효과를 논의한다는 것은 문제가 있다고 생각된다. 오개념 조사에 대한 문항의 적절성 여부는 학생들의 선행 지식을 파악하는 중요한 요인으로 작용한다. 오개념 조사에 사용된 문항에 문제점이 많으면 아무리 조사 결과가 정확하다 하더라도 평가 자체의 오류로 학생들의 오개념을 정확하게 파악할 수 없고, 수업 처치 후의 효과도 의심받을 수밖에 없는 결과를 가져온다. 따라서, 오개념 조사 문항의 적절성에 대한 분석은 학생들의 오개념 수정을 위한 수업 전략을 수립함에 있어 선행되어야 할 과정으로 생각된다.

본 연구에서는 그 동안 중학생들의 화학 개념에 대한 오개념을 조사하기 위해 선행 연구들에서 사용된 문항들이 중학교 1학년 학생들에게 적절한지를 알아보고자 하였는데, 적절성의 근거는 오개념에 대한 이론적 근거와 학생들의 설문조사 결과를 기초로 하여 판단하였다. 연구를 위해 선행 연구들에서 사용된 설문지의 적절성과 학생 대상 설문조사 결과로 오개념과 무개념의 유형을 분석하였고, 선행 연구들에서 사용된 문항들을 선별하여 만든 설문지를 학생들에게 재투입한 결과를 선행 연구들의 결과들과 비교함으로써 오개념과 무개념을 분석하였다.

연구 방법

오개념 조사 대상의 정확한 선정에 대한 바탕을 마련하기 위하여 예비 연구, 현장 조사, 본 연구의 순으로 진행하였다. 예비 연구에서는 본 연구와 관련된 선행 연구들을 분석하고, 이를 근거로 중학생들의 오개념을 조사하기 위한 설문지 A를 작성하였다. 설문지는 화학 변화와 물리 변화의 구분, 결합 구조, 아보가드로의 법칙, 일정 성분비의 법칙에 해당하는 문항으로 구성되었다. 문항 선별을 위하여 중학교 화학 분야에서의 오개념에 관한 선행 연구들^{10,14,15}에서 사용한 설문 문항들과 분석틀 및 결과들을 이용하였다. 예비 연구에서는 선행 연구들에서 사용한 설문지의 문제점을 분석하였고, 이를 토대로 학생들의 오개념과 무개념을 구분할 수 있는 설문지 B를 개발하였다.

현장 조사에서는 선행 연구들의 오개념 조사 시기와 비슷한 6월 초순경에 포항시 소재 중학교 1학년 학생 182명을 대상으로 선행 연구들에서 사용한 설

문지 A를 투입하였다. 그리고 설문지 A의 응답 결과를 선행 연구들의 선개념 유형별로 구분한 후, 선행 연구들에서 오개념이라고 분석된 내용들이 실제로 오개념에 해당하는지 아니면 무개념에 해당하는지를 확인하기 위하여 동일한 집단에 설문지 B를 투입하였다. 이 결과를 바탕으로 오개념 연구에 관련된 선행 연구들의 설문지 문항 내용에 대한 타당성을 검증하였다.

결과 및 고찰

오개념 연구의 결과에 대한 분석. 선행 연구¹⁵의 객관식 문항의 정답률에 대한 주관식 문항의 정답률의 비율을 Table 1에 나타내었다. 중학교 1학년 학생들은 2, 3학년 학생들에 비해서 객관식 문항을 올바르게 답한 학생들이 주관식 문항에도 옳게 답한 비율이 6.5 ~32.4%로 상대적으로 낮게 나타났다. 반면에 중학교 2, 3학년 학생의 경우에는 객관식 문항에서 정답을 한 학생들이 주관식 문항에서 이유 진술을 정확하게 한 비율이 36.6~100.0%로 높게 나타났다. 이러한 경향성은 Table 2와 같이 본 연구 대상의 학생에게서도 나타났는데, 본 연구에서 중학교 1학년 학생들에게 설문지 A를 투입하여 조사한 결과 객

관식 문항의 정답률에 대한 주관식 문항의 정답률의 비율이 0.0~42.1%로 역시 낮게 나타났다. 이와 같은 결과는 학습을 하기 전의 내용을 가지고 학생들의 오개념을 조사하는 것이 바람직한가 하는 의구심을 갖게 한다.

선행 연구들에서 사용한 설문지의 문항 내용 분석. 오개념의 형성 조건이 갖추어지지 않은 중학교 1학년 학생들에게 선행 연구들에서 사용된 오개념 조사 설문지를 적용하는 것이 타당한지를 알아보기 위해 각 문항의 내용을 오개념이 생기는 원인⁷에 따라 분석하고, 설문지 내용 자체의 문제점도 함께 분석하였다.

Table 3은 선행 연구들^{10,14,15}에서 화학 변화와 물리 변화에 대한 중학생들의 오개념 연구에 공통적으로 사용하였던 문항이다. Table 3에 제시된 무색 투명한 액체란 특정 화학 약품인 산이다. 그러나 중학교 1, 2학년 학생들에게는 일상 생활에서 식초를 제외하고는 산이란 물질은 쉽게 접할 수 있는 액체가 아닐 뿐만 아니라, 산과 금속의 반응 자체도 일상에서 쉽게 접하는 종류의 것이 아니다. 따라서, 이는 오개념 근원⁷의 항목 중 어느 것에도 해당되지 않기 때문에 이러한 내용을 학습하기 전에 학생들이 이에 관련된 오개념을 가질 것이라는 가정은 무리가 따른

Table 1. Ratios of correct answer percents of multiple-choice versus statement tests in the previous research unit: %

Grade \ Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7th grade	8.3	17.8	21.5	14.0	20.7	18.0	24.0	12.7	30.8	6.5	14.4	32.4	9.2
8th grade	39.0	100.0	38.9	47.0	47.7	57.4	45.1	52.6	44.5	53.6	48.6	57.2	45.8
9th grade	61.9	37.7	56.3	46.0	58.5	57.4	60.3	53.9	54.3	54.8	53.5	50.1	36.6

Table 2. Ratios of correct answer percents of multiple-choice versus statement tests for 7th grade students in this research unit: %

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ratio	10.4	10.5	14.6	42.1	15.3	38.0	8.5	0.0	0.0	0.0	6.3	25.0	11.1	0.0	0.0	3.4	0.0	19.8

Table 3. The problem used in the previous researches for classifying students' misconceptions of the chemical change and physical change

무색 투명한 액체에 철가루를 넣었더니 기체가 발생하면서 철가루가 보이지 않았다. 철가루는 어떻게 되었는가? ()

- ① 설탕처럼 용액 속에 녹아 있다.
- ② 변화되어 용액 속에 남아 있다.
- ③ 기체가 되어 날아갔다.
- ④ 일부는 기체가 되고 일부는 용액 속에 있다.

*위의 문제에 그렇게 답한 이유는?

다고 할 수 있으며, 문제의 보기 ②번의 변화라는 용어는 화학 변화를 뜻하므로 화학 변화의 개념이 있어야 문제를 올바르게 해결할 수 있는 것이다. 물론 초등학교 교과서 내용에서 소재를 뽑아왔지만 초등학교 교과서에는 물리 변화와 화학 변화에 대한 용어의 정의도 없을 뿐만 아니라, 두 변화에 대한 개념을 제시하지 않고 단지 두 변화의 현상만 보는 것으로 그치는 수준이기 때문에 이러한 내용의 문항은 중학교 1학년 학생에게는 적절하지 못하다고 할 수 있다.

Table 4는 선행 연구들^{10,14}에서 중학생들을 대상으로 결합 구조에 대한 오개념 조사를 위해 사용하였던 문항이다. Table 4의 내용은 결합 구조의 개념을 알아보는 문항인데, 결합 구조는 중학교 교육과정에서는 다루지 않는 내용으로 중학교 학생들은 결합 구조에 대한 학습을 하지 않는다. 그럼에도 불구하고 이러한 설문지로 중학생들을 대상으로 오개념 조사를 실시하였다. 그리고 같은 원소이면서 결합 구조가 달라서 다이아몬드가 흑연보다 단단하다는 지식은 학생들이 학습 전에는 관찰하거나 경험해 볼 수 없는 것이다. 그러므로 본 연구의 용어 정의를 기

초로 할 때, 이 문항은 중학교 학생들에게는 무개념이라고 볼 수밖에 없다. 또한 보기 내용 중 원자, 결합구조, 원자수와 같은 용어는 과학 교과서에서나 다루는 전문 과학 용어로서 일상에서 쓰는 용어가 아니기 때문에 이것을 학습 전인 학생들에게 오개념 조사에 사용하는 것도 문제라고 할 수 있다.

Table 5는 선행 연구들^{10,14}에서 모형에 대한 중학생들의 오개념 조사를 위해 사용하였던 문항이다. Table 5에 제시된 문항을 풀기 위해서는 분해와 합성이 원자나 분자의 재배열이라는 개념을 가지고 있어야 한다. 그러나 중학교 1학년 학생들에게는 아직 이러한 개념이 형성되어 있지 못하다. 더구나 이러한 개념들은 미시 세계의 내용이기 때문에 이러한 내용을 학습하기 전에 학생들이 이에 관련된 오개념을 형성하였으리라고 기대하기 어렵다. 모형에 대한 오개념 조사를 위해 사용하였던 Table 5의 문항은 중학생들이 갈색 기체 NO₂ 두 분자가 냉각으로 무색 기체인 N₂O₄로 변환한다는 사실을 모른다는 점 이외에도, ■와 ◀은 모두 NO₂ 분자를 나타내어야 하므로 같은 모형으로 그려 주어야 하는데 ■와 ◀ 즉, 다른 모형으로 표시함으로써 다른 분자라는 뜻을 전달하

Table 4. The problem used in the previous researches for classifying students' misconceptions of the chemical bond structure

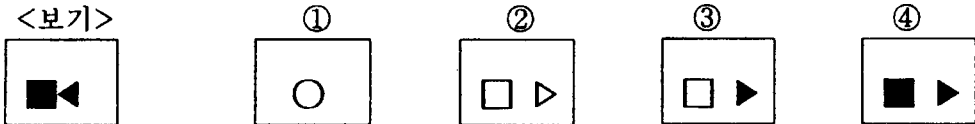
다이아몬드는 흑연보다 아주 단단한 물질이다. 그 이유는 무엇이라고 생각하는가? ()

① 다른 물질보다 밀도가 크기 때문에
 ② 구성 원자가 단단하기 때문에
 ③ 다른 물질보다 원자수가 많기 때문에
 ④ 결합 구조 때문에

* 위의 문제에 그렇게 답한 이유는?

Table 5. The problem used in the previous researches for classifying students' misconceptions of models

갈색 기체가 들어 있는 시험관을 고무마개로 막고 얼음물 속에 넣었더니 색깔이 없어졌다. 갈색 기체의 분자모형이 <보기>와 같을 때 색깔이 없어진 후의 기체를 이루고 있는 원자 모형을 옳게 나타낸 것은? ()



* 위의 문제에 그렇게 답한 이유는?

Table 6. The problem used in the previous research for classifying students' misconceptions of the law of Avogadro

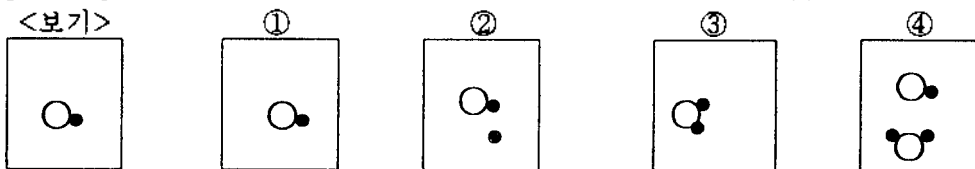
수소, 산소, 질소가 각각 100 mL 플라스크에 들어 있다. 어느 플라스크에 분자수가 가장 많이 들어 있겠는가? ()

① 수소 ② 산소 ③ 질소 ④ 모두 같다.

* 위의 문제에서 그렇게 답한 이유는?

Table 7. The problems used in the previous researches for classifying students' misconceptions of the law of definite proportions

Item 1. 도가니에 A 2 g과 B 1 g을 섞어서 가열시켰더니 <보기>와 같은 모형의 물질만 생성되었다. 만약 A 2 g과 B 2 g을 충분히 반응시켰다면 도가니속의 물질 모형은 어떻게 되겠는가? ()



* 위의 문제에 그렇게 답한 이유는?

Item 2. 공기 중에서 구리 가루 8 g을 가열하였더니 완전히 반응하여 산화구리(II)가 생겼다. 이 때 만들어진 산화구리의 질량은 몇 g인가? (단, 구리와 결합한 산소의 질량비는 4:1임) ()

① 0 g ② 8 g 보다 적어진다. ③ 10 g ④ 10 g 보다 많아진다.

* 위의 문제에 그렇게 답한 이유는?

게 되는 내용상의 오류를 범하고 있다. 또 한편으로 분자가 냉각으로 쉽게 구성 원자들로 변할 수 있다고 생각할 수 있는 내용상의 오류도 발견된다.

Table 6은 아보가드로의 법칙에 대한 중학생들의 개념을 묻는 문항으로 선행 연구¹⁰에서 사용하였던 문항이다. Table 6의 문항에서 같은 조건이라는 제시는 없지만, 같은 조건일 때 모든 기체는 같은 부피에 같은 수의 분자를 포함한다는 개념을 묻는 문항이다. 아보가드로의 법칙에 관련된 선개념을 학습하기 전인 중학교 1학년 학생들이 학교 밖의 다른 경험을 통해서 가지고 있다고 가정하기는 매우 어렵다. 따라서 오개념의 근원⁷에 비추어 볼 때, 중학교 1학년 학생들에게 이러한 형태의 오개념 조사는 적절하지 않은 것으로 생각된다.

Table 7의 문항들은 선행 연구들^{10,15}에서 화학 변화의 반응물과 생성물 사이에 일정한 질량비가 성립한다는 일정 성분비의 법칙을 알아보는 것이다. 일

정 성분비의 법칙은 중학교 2학년에서 배우는 내용으로 중학교 1학년 학생들에게는 아직 학습 전이고 또한, 반응물과 생성물 사이의 질량 관계를 생활 경험으로 쉽게 측정할 수 있는 내용이 아니다. 그리고 첫번째 문항은 과학적 지식에 위배되는 오류를 가지고 있다. 즉, A 2 g이 한 원자이고 B 1 g이 한 원자라는 설명이 없어 학생들이 도가니 속의 물질 모형을 알아낼 때, 한 분자가 들어 있어야 하는지 또는 두 분자가 들어 있어야 하는지를 선다형 보기가 제시되기 전에는 알 수 없어 선다형 보기 중에서 적절한 답을 추리하여야 한다. 그러므로 이 문항은 학생들의 추론에 의존한 문제 해결을 요구하고 있으며 또한, 모형을 설명하는 단계가 결여되어 있는 것이다. 두번째 문항은 반응 물질 사이의 결합 비율을 제시하여 줌으로써, 일정 성분비의 법칙에 대한 개념 생성 여부와 관계없이 수학적 능력이 뛰어난 학생들의 정답률이 높게 나타날 수 있는 것이다.²³ 따라서

Table 8. The problem used in the questionnaire B for classifying students' conceptions of the chemical change and physical change

다음 보기에 열거한 내용을 잘 읽고 비슷한 변화라고 생각하는 내용들을 크게 두 가지로 나누어 묶어 보세요. (), ()

- ① 물에 설탕이 녹아 설탕물이 되었다.
- ② 밀가루에 요오드용액을 떨어뜨렸더니 흰색이 보라색으로 변화되었다.
- ③ 나프탈렌을 옷장에 넣어 며칠동안 방치하였더니 없어졌다.
- ④ 탄산수소나트륨에 식초를 떨어뜨렸더니 이산화탄소가 발생했다.
- ⑤ 사이다에 수저를 떨어뜨렸더니 이산화탄소가 발생했다.
- ⑥ 물을 가열하였더니 수증기가 발생하였다.
- ⑦ 양초를 태웠더니 수증기와 그을음과 이산화탄소가 발생하였다.

* 위의 문제를 두 가지로 묶은 이유를 자세히 설명해 보세요.

Table 9. The comparison of the results of responses related to the conceptions of the chemical change and physical change in the questionnaire A and B

Questionnaire A	Number of response (%)	Questionnaire B			
		Multiple-choice	Number of response (%)	Statement	Number of response (%)
Scientific conception	56(30.8)			Scientific conception	1(0.5)
		Misconception	22(12.1)	Misconception	6(3.2)
		No response	34(18.7)	No response	15(8.2)
Misconception	110(60.4)			No response	34(18.7)
		Misconception	44(24.4)	Scientific conception	1(0.5)
		No response	66(36.3)	Misconception	8(4.4)
No response	16(8.8)			No response	35(19.2)
		Misconception	3(1.6)	No response	66(36.3)
		No response	13(7.1)	Scientific conception	1(0.5)
				Misconception	1(0.5)
				No response	1(0.5)
				No response	13(7.1)

이 문제의 정답률이 높다는 이유만으로 학생들이 일정 성분비의 법칙에 대한 올바른 과학적 개념을 가지고 있다고 판단하기 어려운 것이다.

설문지 A와 B를 투입한 결과의 분석. 설문지 A에서 화학 변화와 물리 변화의 구분에 관련된 문항이 Table 3에 제시되어 있으며, 이와 관련하여 설문지 B에서는 Table 8과 같이 여러 가지 변화들을 제시하고 이들을 물리 변화와 화학 변화로 구별할 수 있는지를 알아보았다.

선행 연구들에서 사용한 설문지 A와 본 연구에서 개발한 설문지 B에 대한 학생들의 응답 유형을 Table 9에 구분하여 제시하였다. 선행 연구들에서 사용한 설문지 A에서는 91.2%의 학생이 과학적 개념이나 오개념을 가지고 있는 것으로 분류되었으나, 설문지 B에서는 무응답함으로써 무개념 상태로 분류된 학생이 무려 55.0%에 달하는 것으로 나타났다. 이는 객관식 문항의 결과만을 분석하였을 때의 수치인데, 이를 주관식 문항의 결과로 비교하면, 설문지 B에서는 무려 82.4%의 학생들이 무개념 상태이나 설문지 A에서는 과학적 개념이나 오개념을 가지는

학생으로 잘못 분류된 것으로 나타났다. 그리고 설문지 A에서 오개념으로 구분되고, 설문지 B에서도 오개념으로 구분된 경우는 객관식 문항만을 기준으로 할 경우에는 24.2%이며, 주관식 문항을 기준으로 할 경우에는 겨우 4.4% 밖에 안 되는 것으로 나타났다. 선행 연구들에서 무응답으로 구분되었으나 설문지 B에서 오개념이나 과학적 개념을 가진 학생으로 분류된 비율은 매우 낮다. 따라서, 많은 비율의 학생들이 선행 연구들의 선개념 유형 분류에서 잘못된 판단을 받았다고 할 수 있는 것이다.

Table 10은 설문지 B에서 학생들의 다이아몬드와 흑연의 결합 구조에 대한 생각을 알아본 문항이다. 이는 Table 4의 선행 연구들에서 제시한 문항과 관련지어 학생들의 생각을 확인해 보기 위한 것이다.

Table 4의 설문지 A와 Table 10의 설문지 B의 결과를 분석하여 Table 11에 나타내었다. 설문지 A에서 정답을 한 학생은 과학적 개념, 틀린 답을 한 학생은 오개념, 답을 하지 않은 학생은 무응답으로 분류하였다. 설문지 B의 객관식 문항에서 ①번으로 답을 한 학생은 과학적 개념이든 오개념이든 개념

Table 10. The problem used in the questionnaire B for classifying students' conceptions of the chemical bond structure

다이아몬드와 흑연의 결합구조에 대하여 들어본 적이 있는가? ()

① 있다 ② 없다

* 위의 문제를 ①번으로 답한 학생들은 다이아몬드와 흑연의 결합구조에 대하여 아는대로 적어 보세요.

Table 13. The comparison of the results of responses related to the conceptions of models in the questionnaire A and B

Questionnaire A	Number of response (%)	Questionnaire B			
		Item 1	Number of response (%)	Item 2	Number of response (%)
Scientific conception	43(23.6)	No response	43(23.6)	No response	43(23.6)
Misconception	116(63.7)	No response	116(63.7)	No response	116(63.7)
No response	23(12.6)	No response	23(12.6)	No response	23(12.6)

류하였다. 설문지 B의 주관식 문항 1과 2에서 응답을 한 학생이 없었으므로 과학적 개념과 오개념의 난을 분류표에서 없애고 무응답 난만 만들었다.

Table 13에서 알 수 있는 바와 같이 설문지 A에서 과학적 개념을 가지는 것으로 분류된 학생들이 설문지 B에서는 모두 무개념으로 나타났다. 또 설문지 A에서 오개념을 가지고 있는 것으로 분류된 학생들 역시 설문지 B에서는 모두 무개념으로 나타났다. 이는 설문지 A에서 오개념으로 분류된 학생들 모두 모형에 관한 아무런 개념이 없었음을 나타내 주는 것이라고 생각된다. 특히 모형으로 설명하는 화학 분야의 내용들이 눈으로 쉽게 관찰하기 어려운 미시 세계에서 일어나는 자연 현상이므로, 원자와 분자의 입자개념, 물리 변화에서 구성 입자의 변화, 화학 변화시 원자의 재배열 등은 학습 전에는 개념을 형성하기 어렵다고 생각된다. 이와 같이 선행 연구들에서는 아무런 오개념의 근거도 없이 답할 수밖에 없는 상황을 만들어 오개념 조사를 하였으며, 오개념

조사의 결과를 해석할 때 객관식 문항에서 정답을 한 학생들은 과학적 개념이 있는 것으로 분류하고 오답을 한 학생들은 오개념이 있는 것으로 분류한 것은 큰 문제점으로 지적될 수 있는 것이다.

Table 14는 설문지 B에서 아보가드로의 법칙에 대한 학생들의 생각을 알아보기 위한 문항이다. 이는 Table 6의 선행 연구에서 제시한 문항과 관련지어 학생들의 생각을 알아보기 위한 것이다.

Table 6의 설문지 A와 Table 14의 설문지 B의 결과를 분석하여 Table 15에 나타내었다. 설문지 A의 응답 결과는 과학적 개념, 오개념, 무응답으로 분류되었고, 설문지 B의 응답 결과 문항 1에서 ①번으로 답한 학생들은 개념이 있는 것으로, ②번으로 답한 학생은 무개념으로 분류하였다. 또한, 설문지 B의 이유 진술 문항에서 옳은 답을 한 학생은 과학적 개념, 틀린 답을 한 학생은 오개념, 무응답은 그대로 무응답으로 나타내었다. 이유 진술 문항에서 정답으로 답한 학생이 없어 과학적 개념 난을 생략하였다.

Table 14. The problem used in the questionnaire B for classifying students' conceptions of the law of Avogadro

학생들이 이제까지의 경험이나 학습에서 아보가드로의 법칙에 대하여 들어본 적이 있는가? ()

① 있다 ② 없다

* 위의 문제에 ①번으로 답한 학생은 아보가드로의 법칙을 아는대로 자세히 설명하여 보세요.

Table 15. The comparison of the results of responses related to the conceptions of the law of Avogadro in the questionnaire A and B

Questionnaire A	Number of response (%)	Questionnaire B			
		Multiple-choice	Number of response (%)	Statement	Number of response (%)
Scientific conception	31(17.0)	Conception	1(0.5)	Misconception	0(0.0)
		No conception	30(16.5)	No response	1(0.5)
				No response	30(16.5)
Misconception	134(73.6)	Conception	3(1.6)	Misconception	1(0.5)
		No conception	131(72.0)	No response	2(1.1)
				No response	131(72.0)
No response	17(9.3)	No conception	17(9.3)	No response	17(9.3)

생 182명을 대상으로 선행 연구들에서 오개념 연구에 사용한 문항들로 이루어진 설문지 A와 설문지 A에서 응답한 학생들의 구체적인 생각을 알아 보기 위하여 개발한 설문지 B를 투입하여 조사하였다.

중학교 1학년을 대상으로 한 선행 연구들의 오개념 조사 설문지의 내용들이 오개념 근거에 해당되지 않는 문항들이 많았으며, 문항 내용 자체에도 오류가 있었음을 알 수 있었다. 또한, 설문지 A에서 과학적 개념과 오개념으로 분류된 학생들 중 설문지 B를 통해 무개념으로 판단된 비율이 매우 높았다. 따라서, 설문지 A에서의 응답 결과로 과학적 개념 또는 오개념을 가졌다고 판단된 학생들 중 많은 비율이 무개념임을 알 수 있었다. 그리고 선행 연구들에서 사용되었던 문항들 중 일부는 문항 내용 자체가 과학적 지식에 위배되는 경우도 있었는데, 오개념 조사를 위한 문항의 내용이 과학적 지식에 위배된다는 것은 큰 문제점이라 하지 않을 수 없는 것이다.

본 연구를 통해서 오개념 조사를 할 때 대상 학년에 따라 무개념과 오개념을 구분하여야 함을 알 수 있었는데, 오개념과 무개념의 차이에 따라 교수 전략 즉, 수업 모형도 많은 차이를 가져올 수 있는 것이다. 선행 연구들에서 사용한 설문 문항들 중에는 중학교 1학년 학생들이 설문 내용을 배우기 전인 것들이 많았다. 이 경우 중학교 1학년 학생들은 무개념의 상태이고, 중학교 2, 3학년의 경우에는 해당 개념을 학습한 상태이므로 중학교 1학년과는 다른 상태, 즉 오개념이나 올바른 과학 개념이 형성될 수 있는 상태인 것이다.

선행 연구들에서 객관식과 주관식 문항에 대한 정답률의 큰 차이, 연구자에 따라 일관성 없는 응답률 등을 보이는 것은 대상 학년에 따라 오개념과 무개념을 구분하지 않고 오개념 조사를 한 결과로 생각된다. 또한, 학생들이 처음 접하는 과학 용어와 내용들이 아무런 근거 없이 오개념 조사에 사용되고 있었으며, 비록 어려운 과학 용어를 들어본 적이 있다 하더라도 화학 변화와 물리 변화, 원자와 분자, 모형, 아보가드로의 법칙, 일정 성분비의 법칙 등의 미시 세계를 다루는 내용들은 우리들이 생활 주변에서 경험으로 쉽게 관찰되는 것이 아니므로, 이 내용을 학습하기 전인 중학교 1학년 학생들에게는 무개념임이 본 연구의 결과로 밝혀졌다. 특히, 전문적인 과학 용어는 학습 전에 학생들이 접하기 어려울 뿐만 아니

라, 비록 용어를 안다하더라도 개념 자체가 쉽게 관찰되기 어려운 미시 세계에서 일어나는 자연 현상을 설명하는 것이므로, 학생들이 과학을 학습하기 전에는 개념을 형성하기 어렵다. 그러므로 중학교 1학년 학생들이 학습하지 않은 전문적인 과학 용어나 개념은 무개념으로 분류되어야 하며, 무개념의 상태에서 답을 요구하는 오개념 조사 방법은 적절하지 않은 것이다.

오개념과 무개념에 따라 수업 전략이 크게 달라질 수 있으므로, 효과적인 학습 방법을 결정하기 위해서는 정확한 오개념 조사가 우선되어야 하는데, 이를 위하여 오개념 조사 대상 학년에 적합한 설문지의 개발과 함께 오개념과 무개념을 판단할 수 있는 문항의 개발이 필요하며, 설문지를 사용한 오개념 조사뿐만 아니라 면담 조사법과 같은 정성적인 방법의 연구도 이루어져야 할 것이다.

인 용 문 헌

1. Bonder, G. M. *Journal of Chemical Education* **1986**, *63*, 873.
2. Driver, R. In *Adolescent Development and School Science*; Adey, P., Ed.; The Falmer Press: New York, U. S. A., 1998; pp 79-104.
3. Driver, R.; Erickson, G. *Studies in Science Education* **1983**, *10*, 41.
4. Head, J. *Research in Science & Technological Education* **1986**, *4*, 204.
5. Fisher, K. M. *Journal of Research in Science Teaching* **1985**, *22*, 53.
6. Cho, H. H.; Kahle, J. B.; Nordland, F. H. *Science Education* **1985**, *69*, 707.
7. 조희형; 박승재 *학습론과 과학교육*; 교육과학사: 서울, 1994.
8. Abimbola, I. O. *Science Education* **1988**, *72*, 175.
9. Fisher, K. M.; Lipson, J. I. *Journal of Research in Science Teaching* **1986**, *23*, 783.
10. Bae, T. S. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1990.
11. Hahn, M. J. M. Ed. Thesis; Seoul National Univ.: Seoul, Korea, 1990.
12. Choi, H. N. M. Ed. Thesis; Seoul National Univ.: Seoul, Korea, 1991.
13. Kwon, H. S. M. Ed. Thesis; Seoul National Univ.: Seoul, Korea, 1991.
14. Kim, I. H. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1992.

15. Kang, H. S. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1993.
 16. Hwang, Y. S. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1994.
 17. Kim, M. L. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1994.
 18. Choi, H. Y. M. Ed. Thesis; Ewha Womans Univ.: Seoul, Korea, 1993.
 19. Park, S. M. M. Ed. Thesis; Seoul National Univ.: Seoul, Korea, 1993.
 20. Park, Y. B. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1997.
 21. Cho, Y. W. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1993.
 22. Hong, M. Y. M. Ed. Thesis; Seoul National Univ.: Seoul, Korea, 1991.
 23. Noh, T. H.; Woo, K. W.; Lim, H. J.; Seo, I. H. *Chemical Education* **1995**, 22, 144.
-