creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

교육학석사학위논문

예비 화학교사들의 학생 오개념에 대한 지식과 교육 요구

2012년 6월

서울대학교 대학원

과학교육과 화학전공

박 연 옥

국문 초록

이 연구에서는 5개 사범대학의 화학교육과 4학년 87명을 대상으로 중학생들의 오개념에 대한 지식과 인식, 그리고 교육요구를 조사하였다. 검사 도구는 학생들의 화학 오개념에 대한 지식 검사지 및 인식 검사지와 학생들의 오개념을 접한 경험과 관련 교육요구에 대한 교육요구 검사지로 구성되어 있다. 지식 검사에서 대부분의 예비 화학교사들은 물질의 입자성과 관련된 학생들의 오개념 유형을 충분히 인지하지 못하였다. 인식 검사에서는 학생 오개념에 대한 지식의 필요성을 높이 인식하고 이를 수업에서 활용하려는 의지가 컸다. 그러나 구성주의적 관점에서 오개념 활용 방안을 제시한 예비 화학교사들은 적었다. 학생들의 오개념은 주로 사범대학 화학 교과교육학 강의 및 강의 자료를 통해서 접했으며, 과제 수행이나 수업 시연 및 교육실습에서 학생들의 오개념 유형과 대처 방안에 대한 지식 및 관련 교수-학습 자료 등의 부족으로 인해 어려움을 겪고 있었다. 또한, 오개념 관련 강의 및 실행에 대한 교육요구가 높았다. 이에 대한 교육적 함의를 논의하였다.

주요어: 오개념, 예비 교사, 교육요구

학 번: 2009-21525

목 차

국문 초록 ····· i
목차 ····· ii
표 목차 ····· iv
그림 목차 ····· v
부록 목차 ····· vi

Ⅰ. 서론
1.1 연구의 필요성 ····· 1
1.2 연구의 내용 및 연구 문제 ····· 3
1.3 연구의 제한점 ····· 3
1.4 용어의 정의 ····· 4

Ⅱ. 이론적 배경
2.1 구성주의 학습이론과 오개념 ····· 5
2.1.1 구성주의 학습이론 ····· 5
2.1.2 오개념 형성의 원인 ····· 5
2.1.3 학생 오개념의 특징 ····· 8
2.2 개념변화를 위한 수업모형 ····· 9
2.2.1 개념변화의 조건 ····· 9
2.2.2 개념변화를 위한 수업 모형의 예 ····· 11
2.3 오개념 관련 선행연구 ····· 14
2.3.1 학생 오개념에 관한 연구 ····· 14
2.3.2 예비 교사 및 현직 교사의 학생 오개념 이해에 관한 연구 ····· 22
2.3.3 오개념 교정을 위한 수업 전략에 관한 연구 ····· 26

Ⅲ. 연구 방법 및 절차

3.1 연구 대상 및 절차 ····· 29

3.2 검사 도구 ····· 29

3.3 분석 방법 ····· 31

Ⅳ. 결과 및 논의

4.1 예비 화학교사의 학생 오개념에 대한 지식 ····· 33

4.1.1 기체의 압력과 부피 관계 ····· 33

4.1.2 기체의 온도와 부피 관계 ····· 36

4.2 예비 화학교사의 학생 오개념에 대한 인식 ····· 38

4.3 예비 화학교사들의 학생 오개념에 대한 교육요구 ····· 41

4.3.1 학생 오개념에 대한 경험 ····· 41

4.3.2 학생 오개념 관련 교육요구 ····· 42

Ⅴ. 결론 및 제언 ····· 45

Ⅵ. 참고 문헌 ····· 48

Ⅶ. 부 록 ····· 55

Abstract ····· 62

표 목차

<표 Ⅲ-1> 연구 대상 대학별 사례 수 ····· 29
<표 Ⅳ-1> 기체의 압력과 부피 관계에 대해 예비 화학교사들이 예상하는 학생들의 오개념 ····· 34
<표 Ⅳ-2> 기체의 온도와 부피 관계에 대해 예비 화학교사들이 예상하는 학생들의 오개념 ····· 37
<표 Ⅳ-3> 학생 오개념 지식의 필요성 및 활용 정도에 대한 예비 화학교사들의 인식 ····· 38
<표 Ⅳ-4> 예비 화학교사가 인식하는 오개념 활용 방안 ····· 39
<표 Ⅳ-5> 학생 오개념을 알게 된 경로 ····· 41
<표 Ⅳ-6> 예비 화학교사의 학생 오개념 관련 교육요구 ····· 43

그림 목차

<그림 Ⅱ-1> 불일치 상황, 인지 갈등, 개념 변화 사이의 관계 ····· 11
<그림 Ⅱ-2> 순환학습의 나선형 구조 ····· 13
<그림 Ⅱ-3> 기체의 확산에 대한 오개념 유형 ····· 18
<그림 Ⅱ-4> 기체의 압력에 대한 오개념 유형 ····· 19
<그림 Ⅱ-5> 기체의 압력과 부피 관계에 대한 오개념 유형 ····· 19
<그림 Ⅱ-6> 기체의 온도와 부피 관계에 대한 오개념 유형 ····· 20
<그림 Ⅱ-7> 물질의 세 가지 상태에 대한 오개념 유형 ····· 21

부록 목차

<부록 Ⅶ-1> 학생 오개념에 대한 지식 검사지 ····· 55
<부록 Ⅶ-2> 학생 오개념에 대한 인식 검사지 ····· 58
<부록 Ⅶ-3> 학생 오개념에 대한 교육요구 검사지 ····· 59

Ⅰ. 서론

1.1 연구의 필요성

구성주의 관점에 따르면 학생들은 과학 수업 이전에 학습할 내용과 관련된 오개념을 가지고 있으며, 이 선개념은 과학적인 개념과 의미가 다른 오개념인 경우가 많다. 학생들의 오개념은 쉽게 변화하지 않고(Griffiths & Preston, 1992) 잘못된 선행 지식으로 작용하여 후속 학습을 방해할 수 있다(Nussbaum & Novick, 1982). 이에 학생들의 오개념을 파악하고 과학적 개념으로 변화시키기 위한 많은 연구들이 진행되어 왔다(Driver *et al.*, 1985).

화학 분야에서 학생들의 오개념이 많이 보고된 개념 중 하나로 물질의 입자성을 들 수 있다(Abraham *et al.*, 1994). 물질이 입자로 이루어져 있다는 개념은 물질의 상태, 화학 반응 등의 화학의 핵심 내용을 이해하는데 필수적인 지식이다. 입자성에 대한 과학적 개념이 정립되지 않을 경우 상태 변화, 확산, 용해 등의 화학 주제에서 다양한 화학 오개념이 발생할 수 있다(Ayas *et al.*, 2010). 따라서 화학을 가르치는 교사들은 효과적인 개념 학습을 위해 물질의 입자성에 관한 학생들의 오개념을 숙지하고 이를 교정하는 수업을 설계할 수 있어야 한다.

그러나 국·내외의 많은 현직 중등교사들은 학생들에게 많이 나타나는 과학 오개념의 유형을 잘 알지 못하고(Berg & Brouwer, 1991; 박지애 등, 2010) 학생들의 오개념을 과학 개념 학습을 위해 효과적으로 활용하지 못하는 것으로 보고되었다(박지애 등, 2010; Gomez-Zwiep, 2008). 또한, 현장에서의 과학 교수 경험만으로는 학생들의 오개념을 인지하는데 한계가 있음에도 학생들의 오개념을 파악하기 위한 특별한 노력을 기울이지 않는 것으로 조사되었다(Morrison & Lederman, 2003). 이러한 실태를 개선하기 위해 교사 연수를 통

한 현직 교사의 재교육과 장차 교사가 될 예비 교사의 교사 양성 교육에서 학생들의 오개념 및 그 활용 방법을 강조하는 방안을 고려할 수 있다. 특히 교사 양성 교육은 장기간에 걸쳐 이루어지므로 체계적인 교육이 가능할 뿐 아니라 모든 교사들에게 교육 기회를 제공할 수 있다는 점에서 교사들의 학생 오개념에 대한 이해 향상에 더욱 효과적일 수 있다.

교사 양성 교육에서 실시할 학생들의 오개념에 대한 교육 프로그램을 계획하기 위해서는 우선 현재 예비 교사들의 학생 오개념에 대한 지식의 수준을 확인할 필요가 있다(Otero & Nathan, 2008). 또한, 학생들의 오개념에 대한 예비 교사들의 인식은 실제 과학 수업에서의 오개념 활용 의지와 실행에 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 조사도 필요하다. 그러나 예비 교사들의 학생 오개념에 대한 지식과 인식을 조사한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 예비 화학교사들에게 물질의 입자성에 대해 중학생들이 가질 만한 오개념의 유형과 그 중에 실제로 많이 나타날 유형을 예상하도록 함으로써 학생 오개념에 대한 지식을 조사하고, 이러한 지식의 필요성과 활용 의향 및 활용 방안에 대한 견해를 분석함으로써 학생 오개념에 대한 인식을 알아보았다.

한편, 교사 양성 과정에서 교육 프로그램을 통해 학생 오개념에 대한 지식과 인식의 긍정적인 변화를 이끌어내기 위해서는 교육 수요자인 예비 교사들의 필요와 요구를 바탕으로 개선 방향을 설정할 필요가 있다(김혜숙, 2003). 그러나 지금까지 교사 양성 교육의 개혁을 위한 연구는 주로 사범대학 교육과정의 편성 및 운영에 대한 예비 교사들의 의견을 조사하거나(이정우, 2004) 교육과정 전반에 대한 예비 교사와 현직 교사의 평가 견해를 조사하여 비교하는 방식으로 진행되어 왔다(황원철, 김정규, 1993). 이에 비해 교과교육학 영역의 특정 프로그램에 대한 예비 교사들의 교육요구를 조사한 경우는 드물었다. 그러므로 학생들의 오개념과 관련된 교육에 대한 예비 화학교사들의 어려움이나 요구를 분석하는 연구가 필요하다.

1.2 연구의 내용 및 연구 문제

이 연구에서는 예비 화학교사들이 예상하는 중학생들의 오개념과 예비 화학교사들의 학생 오개념에 대한 인식 및 교육요구를 조사하였다. 이 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

(1) 예비 화학교사들이 예상하는 학생 오개념 유형의 종류 및 순위를 분석하여 선행연구에 보고된 중학생들의 오개념 유형 및 비율과 비교함으로써 예비 화학교사의 학생 오개념에 대한 지식을 조사한다.

(2) 학생 오개념에 대한 지식의 필요성 및 오개념을 교수에 활용하려는 의향에 관한 응답을 분석하여 학생 오개념에 대한 인식을 조사한다.

(3) 예비 화학교사들이 학생 오개념을 알게 된 경로와 사범대학 교육과정에서 오개념과 관련하여 겪은 어려웠던 점 및 오개념에 대한 교육유형에 대한 요구정도를 조사한다.

1.3 연구의 제한점

이 연구는 아래와 같은 제한점을 지닌다.

(1) 이 연구는 서울, 충북, 대구, 부산, 광주 지역에 각각 위치한 5개 사범대학교의 4학년 과정에 재학 중인 예비 교사 중 화학교육이 전공인 학생들만을 대상으로 실시하였다. 따라서 지역적인 특성, 학과의 전반적인 분위기, 대상 예비 화학교사들의 특성 등이 연구 결과에 영향을 미쳤을

가능성이 있으므로, 이 연구 결과를 우리나라 전체 예비 교사에게 일반화하기 어렵다.

(2) 이 연구는 사범대학교의 교육과정이 학교별로 큰 차이가 없으리라는 가정 하에 실시되었다. 그러나 실제로는 학교별 교육과정에 차이가 있을 수 있으며, 이 배경변인이 연구 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다.

(3) 이 연구에서는 중학교 1학년 과학의 '분자의 운동' 단원에서 '기체의 압력과 부피의 관계', '기체의 온도와 부피의 관계'에 대해 예비 교사의 학생 오개념 이해 검사를 실시하였다. 따라서 대상 단원의 내용이나 특성이 연구 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 연구 결과를 모든 화학 단원 및 과학 교과로 일반화하여 적용하는 데는 한계가 있다.

1.4 용어의 정의

본 연구에서 사용한 용어는 다음과 같이 정의하였다.

(1) 선개념(preconception)과 오개념(misconception)

학습자가 학습 전에 스스로의 경험과 외부와의 자발적인 상호작용을 통해 형성한 개념을 선개념(preconception)이라 한다. 선개념은 형식적인 학습 후에 올바른 개념으로 변화되기도 하나 학습 후에도 자신의 인지 구조 속에 잘못된 개념으로 형성되어 있기도 한다. 이처럼 선개념 중 과학자들이 공인하는 개념과 다른 비과학적 개념을 오개념(misconception)이라 정의한다.

Ⅱ. 이론적 배경

2.1 구성주의 학습이론과 오개념

2.1.1 구성주의 학습이론

현대 과학 학습이론은 구성주의에 바탕을 두고 있다. 구성주의는 경험주의, 실증주의 등 전통적 과학철학을 거부하고 현대의 과학철학 또는 후실증주의에 따라 수행되는 과학교육 연구의 이론적 배경이 되고 있다.

구성주의적 관점에 따르면 학생들은 백지 상태가 아니라 자연 세계와의 상호작용으로 형성된 선개념을 가지고 있으며, 학습이란 학생의 선개념이 수업에서 배우는 지식과 상호작용하면서 이루어지는 능동적인 과정이다(Pine & West, 1986). 따라서 구성주의적 학습에 영향을 미치는 중요한 요인은 학습자의 선개념이며(Ausubel, 1968), 구성주의적 관점에서 과학 교수의 핵심적인 목표는 학생들의 오개념을 과학적인 개념으로 변화시키는 것이라고 할 수 있다.

이에 학생들이 과학 내용을 학습하기 이전에 수업 주제와 관련하여 이미 지니고 있는 오개념들을 광범위하게 조사·분석하고, 이를 통해 학생들이 과학을 학습하는 과정에서 경험하게 되는 공통적인 어려움의 인식론적·심리학적 원인을 추적하는 연구들이 진행되었다. 또한 구성주의적 교수-학습 과정에서 고려해야 할 요인들을 밝히는데 초점을 맞춘 연구들이 실시되었다.

2.1.2 오개념 형성의 원인

학생 오개념 형성 요인은 학습자 요인과 환경적 요인으로 나눌 수 있다.

(1) 학습자 요인

아동들은 처해진 상황 안에서 관찰에 의하여 지각되는 것에 대해서는 우선적으로 생각하려는 경향이 있다. 물이 수증기로 변하여 공기 중으로 퍼져 나갈 때 아동은 더 이상 수증기가 물이라고 생각하지 않는 경우가 많다. 이처럼 아동은 문제 상황에 대해서 관찰 가능한 특징만을 받아들여 생각하므로 쉽게 감지되지 않는 현상을 다루는 학습 내용에 대해 어려움을 느끼게 된다(Gilbert *et al.*, 1982).

또한 어떤 현상에 대하여 전체적인 상호작용을 고려하지 못하고 부분적인 것에만 주의를 집중하여 현상에 대해 제한된 범위 내에서만 경험하는 경향이 있다(Gilbert *et al.*, 1982). 예를 들어, 한 회로 안에서 저항, 전류, 전압의 변화에 의한 결과는 상호작용의 과정으로 전 체계에서 동시적으로 나타나지만, 아동들은 회로 내 어느 한 부분만을 생각한다. 저항의 증가에 의한 전류 감소를 해당 부분에서만 전류 감소가 일어난 것으로 고려할 뿐 상호작용에 의한 전체 회로의 전류 감소를 생각하지 못하는 것은 이러한 까닭이다.

변화하는 것에만 집중하기 때문에 오개념을 갖게 되는 경우도 있다. 아동들은 평형 상태에서 일어나는 상호작용을 깨닫지 못하고 변화하는 상태에만 관심을 집중하는 경향이 있다(Driver *et al.*, 1985). 예를 들어, 탁자 위에 물체가 놓여 있을 때 아동들은 힘이 작용하지 않는다고 생각한다. 반면에 물체가 움직이고 있을 때는 관성은 생각하지 못하고 운동하는 쪽으로 힘이 있다고 생각한다.

Piaget의 인지발달 이론에 따르면 효과적 학습이 이루어지기 위해서는 학습 과제에 적정한 수준의 인지발달이 요구된다. 만일 학습할 내용에 대해서 아동의 인지조작 능력이 이에 미치지 못하면 오개념이 나타날 수 있다. 논리적인 조작 능력이 미숙할 때 자신의 인지구조에 맞게 해석하여 현상을 이해하려고 하기 때문이다(조희형, 1984).

아동들은 현상을 설명할 때 시간에 따른 순차적인 인과관계에 따라 설명한다. 즉, 사건의 동시성을 깨닫지 못하고 순차적으로 지각하여 시간의 방향성을 고집한다(Driver *et al.*, 1985). 뉴턴의 작용·반작용 법칙에서 작용을 파악하나 동시에 반작용이 존재함을 깨닫지 못하는 경우가 이러한 예이다.

아동의 의식 속에는 관념들의 통합이 시간적으로 또는 공간적으로 근접하게 연관되어 있는 관념들 간에 쉽게 일어난다(Driver *et al.*, 1985). 따라서 사건들이 시·공간적으로 근접하여 발생했을 때 이와 일치하는 관념들 사이에 연합이 형성되어 오개념이 형성되기도 한다. 우주선 안에서 진공인 상태로 무중력의 효과를 나타내는 장면을 보고 진공과 무중력을 유사한 개념으로 밀착시켜 놓는 경우가 그 예이다.

또한 아동들은 비분석적이거나 비조건, 통제적인 관찰 결과에 대해서 심사숙고함이 없이 상식적인 생각에 의존하여 나타난 현상에 대하여 성급한 결론을 도출하거나 과도하게 일반화함으로써 그릇된 개념을 형성할 수 있다. 가역적인 사고를 하지 못하고, 하나의 결과에는 하나의 원인만이 작용한다고 생각한다. 예를 들어, 고체가 열을 흡수하여 액체, 기체가 되는 현상은 이해하지만, 기체가 열을 방출하여 액체, 고체가 되는 현상은 이해하지 못한다(김찬종 등, 1999).

이 외에도 아동들이 언어의 의미가 명확해지기 전에 일상 경험에 대해 나름의 기대체계를 가지고 개념을 직관적으로 획득함으로써 오개념을 형성하기도 한다(조희형, 1984).

(2) 환경적 요인

과학자들의 지식 체계의 구조는 아동들의 지식 체계와는 다르다. 따라서 과학자들에 의해 진술된 교과서의 개념 구조는 아동의 지식 체계에는 쉽게 받아들여지지 않을 수 있다. 설사 받아들여졌다 할지라도 과학자들이 원하는 개념

과 다른 개념 구조로 존재할 수 있다. 특히 교과서 내용에서 관련 있는 개념들이 서로 분리되어 독립적인 단원으로 구성되어 있을 때나 개념에 관한 설명이 불명확하거나 부적절한 용어가 사용된 경우들이 오개념의 원인이 될 수 있다.

학생들은 과학 내용을 교과서를 통해서 학습하기도 하지만, 대부분은 교사와 학생간의 교수-학습 활동을 통해서 개념을 획득한다. 따라서 학생의 인지능력과는 상관없이 교사가 잘못된 개념을 가지고 있으면 이는 직접적으로 학생의 개념 획득에 영향을 주게 된다(Berg & Brouwer, 1991).

과학에서 사용하는 많은 단어는 일상생활에서의 단어를 그대로 대체하여 사용된다. 이때 언어 자체의 은유적 의미와 단어가 지닌 개념에 대한 불명확한 표현으로 인하여 아동은 과학에서 사용하는 단어의 의미를 자신이 가진 개념체계 내에서 일상적인 의미로 동화하려고 한다(Gilbert *et al.,* 1982). 예를 들어, 아동은 힘에 관하여 학습할 때 과학에서 말하는 힘의 의미와 일상생활 언어로 사용하는 힘의 뜻을 명확하게 구별하지 않고 사용함으로써 운동의 법칙을 학습하는 데에 많은 어려움을 겪는다. 특히 이러한 경향은 일상생활에서 친숙하게 사용되는 언어에 대한 과학적인 의미가 특별할 때 자주 일어난다.

2.1.3 학생 오개념의 특징

오개념의 특성에 관한 선행연구들의 연구 결과를 종합해 보면 학생들의 오개념은 다음과 같은 특징을 가지고 있다(최병순 등, 1993).

첫째, 오개념은 개인 특유의 것이지만 동시에 일반적으로 나타나는 공통성이 있다. 학생들은 현상을 관찰하거나 결과를 해석하는 과정에서 자신의 기대 혹은 경험적으로 획득한 개념에 의해서 영향을 받는다. 따라서 자신의 방식대로 의미를 구성하기 때문에 형성한 오개념은 개인 특유의 것이다. 그러나 오

개념 조사 결과에 따르면, 개인적으로 형성한 오개념들이 사회 문화적인 배경에 크게 영향을 받지 않고 매우 유사한 것을 발견할 수 있다.

둘째, 오개념은 상황 의존적이다. 학생들은 동일한 여러 현상을 통합할 수 있는 과학적 모형을 갖고 있지 못하므로, 동일한 성격이나 내용에 관련된 현상에 대해서도 상황이 다를 경우에는 서로 다르게 설명하는 상황 의존성을 나타낸다.

셋째, 오개념은 매우 안정하다. 자연 현상에 대한 학생의 개념은 자신의 경험에 바탕을 두고 있기 때문에 학생들의 생각과 대립되는 실험적 증거를 제시해도 자신의 생각을 쉽게 바꾸지 않으며, 설사 바꾼다 해도 시간이 지나면 원래의 생각대로 되돌아오는 경우를 흔히 볼 수 있다. 즉, 학생들의 오개념은 변화에 대해 강한 저항성을 보인다. 특히 환경적 요인으로 인해 형성된 오개념은 격리된 것이 아니라 아동 자신의 견해로 세계를 이해하게 하는 일련의 개념적 구조로서 그 자체의 법칙에 의해 형성되기 때문에 그 구조와 모순되는 과학적 개념을 가르침에도 불구하고 오랫동안 지속되는 것으로 알려져 있다.

2.2 개념변화를 위한 수업모형

2.2.1 개념변화의 조건

Posner 등(1982)은 개념변화가 일어나기 위해서 다음의 4가지 조건이 만족되어야 한다고 주장하였다.

(1) 현재의 개념에 불만족스러워야 한다. 즉, 학생들의 기존 개념과 일치하지 않는 많은 모순된 상황을 제시해 주어야 한다.

(2) 새 개념을 지적으로 이해할 수 있어야 한다. 기계적 암기로는 개념 변화가 일어날 수 없으므로 학습 과제가 논리적이면서 학습자의 언어로 이해될 수 있어야 한다.

(3) 새 개념이 그럴 듯해야 한다. 학생이 가진 믿음, 경험, 생각과 연관된 것일수록 학생들은 그럴 듯하다고 느낀다.

(4) 새 개념이 유용해야 한다. 기존 개념보다 새로운 개념이 더 많은 것을 설명하고 예측할 수 있고 변칙 사례들을 해결할 수 있어야 한다.

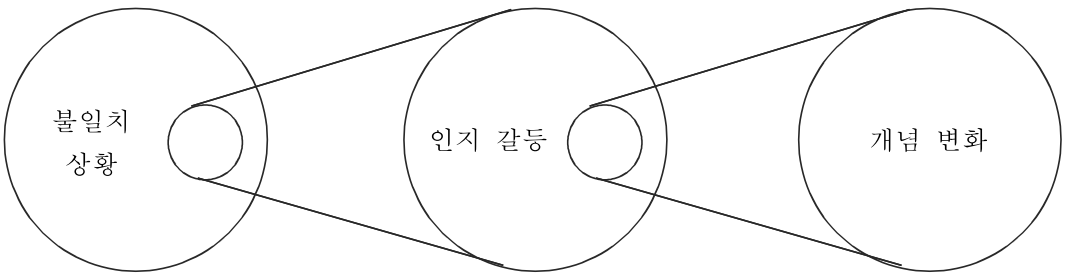
Piaget(1985)는 학습을 인지구조와 환경간의 상호작용으로 보았으며, 그 상호작용을 조절과 동화로 설명하였다. 조절과 동화 과정에서 나타나는 인지구조와 환경의 불일치 상태를 인지적 비평형이라고 하였는데, 최근에는 인지 갈등이라고 표현한다. Piaget는 인지발달이 평형화 과정이며, 비평형 상태가 없다면 인지구조의 변화가 생길 수 없으므로 인지구조의 발달에는 인지적 비평형 상태의 유발이 필수적이라고 하였다.

그러나 단지 불일치 사례의 제시만으로는 인지 갈등을 유발시키는데 충분하지 못하다(권재술 등, 2003). 불일치 사례가 제시되면 인지 갈등이 자동적으로 일어나고, 인지 갈등이 일어나면 개념 변화가 자동적으로 일어난다고 생각하지만, 불일치 사례와 마주해도 인지 갈등이 일어나지 않거나 인지 갈등이 일어나도 개념 변화가 일어나지 않을 수도 있다. Kuhn 등(1988)은 대부분의 사람들은 불일치 사례를 앞에 두고도 고집스럽게 기존의 신념을 포기하지 않는다고 지적했으며, Vosniadou(1999)는 학생들이 인지 갈등 상황에서도 개념 변화에 도달하는 일 없이 부분적으로 불일치하는 부분을 수정하기 때문에 교수전략으로서의 인지 갈등의 효과에 의문을 제기했다. 또한, 모순되는 경험의 제시가 반드시 학생들로부터 인지 갈등을 유발하지는 않는다는 보고들이 있다(Chinn & Brewer, 1998; Gorsky & Finegold, 1994; Shepardson & Moje, 1999; Tirosh *et al.*, 1998).

그러나 Popper(1959)는 과학이론의 발달 과정에서 불일치 상황이 출현하면 자동적으로 기존 이론을 폐기해야 한다는 주장을 하였고, Kuhn(1970)은 위기상황의 출현이 새로운 이론의 출현에 선행되는 매우 중요한 과정으로 보았으

며, Lakatos(1970)는 대안 이론의 등장이 기존 이론의 폐기에 필요조건이라고 하였다. 이러한 주장들은 모두 새로운 이론이 출현하기 위해서는 기존 이론이 적용되지 않는 상황이 출현해야 하고, 이 상황의 출현으로 상당한 혼란과 고민의 과정을 거쳐야 한다는 것이다. 이것을 학생의 개념 변화 과정에 적용한다면, 인지 갈등이 없는 개념 변화는 불가능하다는 것을 알 수 있다.

한편, 인지 갈등이 유발되었다고 개념 변화가 자동적으로 일어나는 것이 아니라 적절한 학습 과정이 있어야 한다. 즉, 인지 갈등은 개념 변화를 위한 기반을 조성하는 것이지 개념 변화를 보장하는 것은 아니다. 이에 대한 결론을 <그림 Ⅱ-1>과 같이 나타낼 수 있다(권재술 등, 2003).



<그림 Ⅱ-1> 불일치 상황, 인지 갈등, 개념 변화 사이의 관계

2.2.2 개념변화를 위한 수업 모형의 예

개념변화를 위해서는 개념에 대해 인식(meta-conceptual awareness)하게 한 후 기존 개념과 새로운 개념에 대한 유의미한 경험을 제공하는 수업 전략이 필요하다(Vosniadou & Ioannides, 1998). 개념에 대한 인식이란 학습하고자 하는 개념과 관련된 학생의 선개념을 드러내고 이를 학생이 알게 하여 새 개념의 필요성을 인식하게 하는 것을 말한다. 오개념을 교정하기 위한 개념변화 수업에서는 이 경험이 교수-학습 방법의 핵심이며, 인지갈등 전략이라고 할 수 있다(Eaton *et al.*, 1983). 이론과 실제의 연구를 통해 인지갈등 전략을 교

수 방법에 이용한 모형들은 다음과 같다.

Osborn과 Freyberg(1985)가 제안한 발생학습 수업 모형은 친숙한 소재에 대한 능동적 탐색과 선개념에 대한 비교 분석 및 토론 활동을 통해 과학개념을 학생의 인지구조에 포섭시키거나 재조직하도록 한다. 발생학습 수업모형의 단계를 살펴보면 다음과 같다.

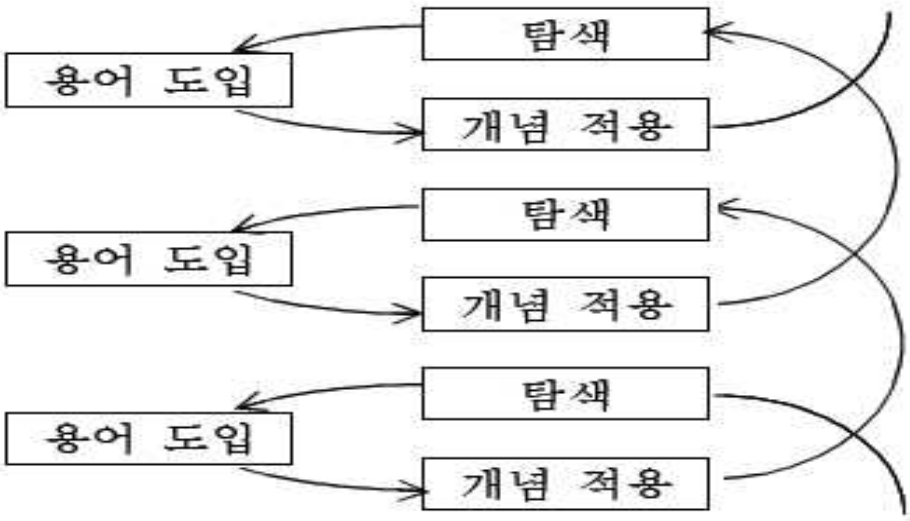
첫 번째 단계는 예비 단계(preliminary phase)로서 가르칠 내용과 관련해서 학생들이 어떤 선입개념을 가지고 있으며, 특히 지배적인 선입개념이 무엇인지 조사하는 단계이다. 두 번째 단계는 초점 단계(focus phase)로서 학습과 관련하여 학생의 오개념으로 설명할 수 없는 현상을 보여 주거나 직접 활동에 참여하게 하여 학생들의 생각을 끌어낸다. 교사는 학생들에게 자신의 생각을 글로 써보도록 하거나 질문을 통해서 학생들이 자신의 생각을 명료하게 인식하도록 도와준다. 세 번째 단계는 도전 단계(challenge phase)로서 학생들이 자신의 생각을 발표하면서 자신의 생각이 다른 학생들의 생각과 어떻게 다른지 비교하게 되고 오개념을 타파하고 새로운 지식을 얻는 단계이다. 이때 교사는 과학자적 관점을 도입할 수 있게 된다. 네 번째 단계는 적용 단계(applicaton phase)로서 학습한 과학 개념을 이용하여 문제를 해결하거나 새로운 상황에 보다 쉽게 적용해 내면화하는 단계이다.

Lawson(1995)은 탐구 과정을 거치면서 개념 변화가 가능하다고 보고 이를 위한 수업 전략으로 순환 학습 모형을 제안하였다. 순환 학습은 세 단계인 탐색, 용어 도입, 개념 적용으로 구성되어 있다.

순환 학습의 세 단계 중 첫 번째 단계는 탐색 단계로 학생 중심의 탐색 활동을 통해 학생들에게 발견의 기회를 제공한다. 이 단계에서는 학생들에게 최소한의 안내가 주어지고, 새로운 현상에 대해 스스로 탐색하도록 한다. 이때 학생의 사전 지식을 이용하면 부분적으로 이해할 수 있지만 전체적으로는 이해할 수 없는 상황을 제시하여 학생들에게 비평형 상태를 제공한다. 비평형 상태의 학생들은 토론을 거치면서 자신의 사전 지식이 노출되고 이를 다른 학

생들과 공유한다. 교사는 현상의 규칙성이 가지는 유형을 확인하도록 이끌어야 하며 관찰적인 기술, 가설 제안, 기술의 검증에 큰 효과를 줄 수 있는 개인적인 방법으로 현상과 상호작용하도록 허용한다. 두 번째 단계는 용어 도입 단계로 교사가 탐색 단계 동안 발견된 현상의 유형을 언급하는데 사용되는 용어를 소개한다. 세 번째 단계는 개념 적용 단계로 학생들에게 새로운 개념을 적용하는 범위를 확장시키는데 필요하다. 평균적인 학생들보다 개념의 재조직화가 늦게 일어나는 학생들이나 교사의 설명을 그들의 경험과 적당하게 연결시키지 못하는 학생들에게 도움을 줄 수 있다.

순환 학습의 세 단계는 <그림 Ⅱ-2>에서 보이는 것처럼 나선형으로 이루어져 있다. 연속해서 진행되는 세 단계의 순서는 바뀌어서도 안 되며, 이 단계들 중 어느 한 단계도 생략되어서는 안 된다. 각 단계가 순차적으로 진행될 때 가장 효과적인 것으로 알려져 있으므로 교사도 과학 수업을 할 때 이 순서를 따르는 것이 좋다고 제안하고 있다(Lawson, 1995)



<그림 Ⅱ-2> 순환학습의 나선형 구조

특히 Lawson(1995)은 관찰 및 실험 활동을 통해 학생 스스로 새로운 개념을 발견할 수 있도록 유도하는 탐색 단계를 가장 중요하다고 보았다.

Nussbaum과 Novick(1982)도 학습 경험을 통해 개념적 갈등을 유발하는 교수 전략을 고안하였다. 이 수업 모형에서 첫 번째 단계는 학생들로 하여금 자신들이 가지고 있는 선개념을 인식하게 하는 토의 단계이다. 이 단계는 학습자들에게 일련의 사건이나 현상을 제시하고 그들로 하여금 언어나 그림으로 설명해 보도록 하여 그들의 생각을 분명하게 밝혀 제시하도록 유도하는 단계이다. 두 번째 단계는 학생들이 자신의 개념에 내재되어 있는 갈등을 느낌으로서 자신의 선개념에 불만을 느끼고 인지적 갈등을 의식하는 단계이다. 세 번째 단계는 서로 상충되는 개념들 사이의 갈등을 느낌으로서 이미 파지하고 있는 개념들이 조절되는 단계이다. 이 단계에서는 기존의 개념들이 변화되어 처음보다 더 복잡하고 과학적 의미를 갖는 구조로 조정된다.

이 외에도 사회적 구성주의의 접근 방법을 통한 수업(Driver *et al.*, 1994), 학생의 선개념을 효과적으로 이용하여 개념을 연결하고 확장하는 비유 수업 모형(Brown & Clement, 1987), 컴퓨터 시뮬레이션과 토론법을 이용한 수업 등이 있다.

2.3 오개념 관련 선행연구

2.3.1 학생 오개념에 관한 연구

Driver 등(1984)은 영국의 고등학생을 대상으로 물질의 입자성에 대한 이해를 조사하였다. 연구 결과, 50%이상의 학생들이 입자론을 사용하여 주어진 현상을 설명하였지만, 전체의 20%만이 수업 중 교사가 의도한 방식으로 올바르게 설명하였다. 많은 학생들이 '입자가 수축하거나 팽창한다', '입자가 녹거나 뜨거워진다'라고 표현하여 거시적 물질의 성질을 미시 세계에 그대로 적용하

는 오개념을 나타냈다. 또한, 현상을 설명하는 데 입자 모형을 전혀 사용하지 않고 거시적으로만 설명하는 학생도 전체의 25%였다.

Gabel 등(1987)은 물질의 입자성을 가르친 경험이 없는 초등학교 예비 교사를 대상으로 물질의 입자성에 대한 이해 정도를 조사하였다. 검사 도구로는 원자와 분자를 원으로 표현한 그림을 제공한 후, 물리 변화나 화학 변화가 일어난 후의 결과를 그림을 통해 표현하도록 하는 "Nature of Matter Inventory" 14문항을 이용하였다. 그림을 통한 응답은 9가지 관점-입자의 보존, 입자의 근접성, 입자 배열의 규칙성, 용기 안의 입자 위치, 입자 크기와 모양의 일관성, 입자의 불연속성, 화학적 구성, 생성물의 배열, 결합-에서 분석되었다. 학생들이 그린 그림에서 많이 나타나는 오류는 '액체에서 기체로 변할 때의 입자 크기 변화', '액체의 상단을 입자를 통해 표현하지 않고 경계선으로 표현', '기체의 규칙적 배열', '분자의 분해 후에도 원래의 분자와 동일하게 표현' 등이었다.

Novick과 Nussbaum(1981)은 물질의 입자성에 관한 학생들의 이해를 조사한 후 학년이 올라가면서 입자 모형에 관련된 정보를 습득함에 따라 학생들의 개념이 어떻게 변화하는지를 조사하였다. 연구 결과, 입자 모형의 특성 중에서 학생들이 가지는 감각적 물질관과 크게 다른, '입자 사이의 진공', '입자의 고유 운동', '입자간 상호 작용' 등에 대한 오개념이 많이 나타났다. 또한 입자론에 대해 알고 있는 학생도 새로운 현상을 접하게 되면 더욱 많은 입자나 먼지 등이 공간을 꽉 채운다고 생각하거나 입자의 운동성에 대해 인지하지 못하였다. 즉, 새로운 상황을 접하면 물질을 연속적으로 보는 입장으로 돌아가는 경향을 나타냈다. 학년이 올라감에 따라 학생들이 현상을 입자 모형으로 이해하는 정도는 꾸준히 증가하는 양상을 보였으나, 균일한 입자의 분포가 입자의 운동 때문이라는 답을 고른 학생 비율은 고등학생이나 대학생 중에서도 50%에 미치지 못하였다. 또한 고등학생과 대학생의 37%만이 입자 사이의 진공을 인지하였는데 이를 통해 많은 학생들이 물질을 연속체로 인식하고 있음을 알

수 있었다.

박성미(1990)는 초등학교 5학년부터 중학교 3학년 학생들을 대상으로 학년에 따른 분자 운동 개념의 변화를 조사하였다. 연구 결과, 모든 검사 문항에 대하여 분자 운동 개념을 바르게 이해한 학생은 절반 이하였으며 이 개념에 대해 처음 학습한 후에는 개념 이해도가 크게 증가하지만 추가적으로 학습한 후에는 별다른 진전을 보이지 않았다. 학년이 높아지면서 가열과 냉각 현상을 분자 운동의 관점으로 파악하는 학생들은 증가하지만, 분자의 균일한 분포에 대한 이해도는 낮아지는 것으로 분석되었다. 또한 가열에 의한 부피 증가를 공기의 이동 또는 분자 수의 증가로 설명하는 학생들이 많았으며, 가열 후 부피가 늘어나는 쪽으로 공기가 이동한다고 생각하는 오개념이 강화되는 것으로 나타났다.

홍미영(1991)은 초등학교 5학년에서부터 중학교 3학년까지의 학생을 대상으로 고체, 액체, 기체 상태의 분자 운동에 대한 개념을 조사하여 학생들이 가지고 있는 오인의 유형과 수업을 통해서 과학적 개념을 배우게 될 때 그러한 오인이 어떻게 변하게 되는가를 학년별로 알아보았다. 연구 결과에 의하면, 교과과정에서 반복되어 나오는 내용이나 구체적인 실험에 의해 쉽게 갈등 상황을 제공해 줄 수 있는 내용은 학생들이 비교적 쉽게 받아들이는 것으로 나타났다. 전 학년에 걸쳐서, 분자 운동 개념을 받아들인 학생은 소수(평균 9%)였고 절반 이상의 학생들이 분자를 거시적인 개념으로 받아들이고 있었다.

기체의 부피 변화에 관한 중학교 2학년 학생들의 오개념 유형을 조사한 이광재(1992)의 연구에서는 학생들이 기체 부피의 입자적 관점과 기체 확산의 원인을 분자운동에서 찾지 못하고 공기의 운동으로 생각하는 오인을 가지고 있는 것으로 나타났다. 특히, 기체의 압력에 따라서 부피가 변화되는 사실의 근원을 분자운동에서 찾는 학생의 비율이 수업 전 8%에서 수업 후 24%로 수업 후에도 크게 향상되지 않음을 보고하였다.

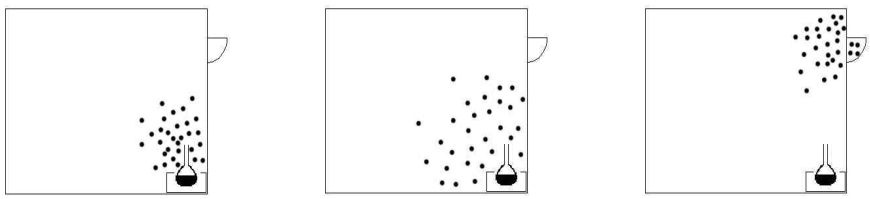
배태수와 최병순(1991)이 분자 운동에 관한 학생들의 생각을 조사한 연구에

따르면, 대부분의 학생들은 기체의 부피 변화를 분자 운동에 의해 설명하지 못하고, 직관적으로 혹은 경험적으로 형성된 자신의 생각에 바탕을 두고 물음에 응답하는 경향성이 뚜렷이 나타났다고 지적하였다. 이 연구에서 '고무풍선을 끼운 플라스크를 얼음물 속에 넣었을 때 고무풍선이 오므라들었다. 이때 공기 입자 모형은 어떠한가?'라는 질문에 일부 학생들은 온도가 내려갈 때 기체의 부피가 줄어드는 이유는 기체 입자의 크기가 작아지기 때문이거나 기체 입자의 수가 줄어들기 때문이라고 생각하고 있었으며, 가장 많은 비율의 학생들은 두 요인이 함께 작용하기 때문이라고 생각하고 있었다.

유승아 등(1999)은 중학교 3학년 100명, 고등학교 2학년 150명을 대상으로 물질의 상태 변화, 분자의 운동, 기체 법칙 등 기체의 성질과 관련된 학생들의 오개념의 유형을 조사하였다. 그 결과, 학생들은 기체의 성질에 대해 다양한 오개념을 가지고 있었으며, 주 오개념은 (1) '기체 분자들끼리 부딪혀 에너지를 방출한다', '기체 분자들 사이에 공기가 채워져 압력이 나타난다', '압력이 작용하는 방향은 중력 방향과 관련이 있다', (2) 온도에 따른 부피 변화에서 '분자가 열을 받으면 분자의 크기가 커져 부피가 증가한다', '분자수가 증가해 분자들의 운동이 활발하다', (3) '지상에서 높이 올라감에 따라 압력이 낮아지는 것은 온도가 낮아지기 때문이다', '기체 분자의 압력은 기체 분자의 충돌수에 반비례한다', (4) '분자의 크기가 다르므로 같은 부피에 존재하는 분자수가 다르다' 등으로 나타났다.

노태희 등(1995)은 중학교 여학생 134명, 고등학교 여학생 128명을 대상으로 주관식 및 객관식 개념 검사지를 이용하여 화학양론, 기체 법칙, 확산 개념을 조사하였다. 객관식 검사 결과 화학양론에서는 고등학생이 옳은 개념을 더 많이 보유하고 있는 반면, 기체 법칙과 확산에서는 중학생이 옳은 개념을 더 많이 보유하고 있었다. 화학양론에서는 고등학생의 개념 이해 정도가 월등히 높았으나 기체 법칙과 확산에서는 차이가 유의미하지 않거나 중학생이 더 높았다.

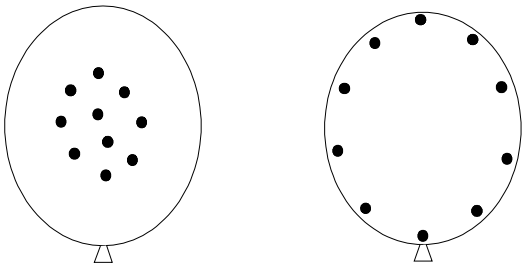
김경순(2005)은 중학생들의 분자 수준의 개념 이해 정도를 측정하는 개념 이해도 검사지를 개발하였다. 기체의 확산에 대해 많은 학생들이 가지는 오개념은 <그림 Ⅱ-3>과 같다. 즉, <유형 1>, <유형 2>와 같이 학생들은 시간이 오래 지났음에도 불구하고 냄새를 가진 분자들이 스스로 움직여서 공간 속에 고르게 퍼져있는 것이 아니라 병 주위에 몰려 있다고 생각하는 경우가 많았다. 또는 <유형 3>과 같이 문을 열었을 때, 냄새를 맡을 수 있는 이유는 냄새를 가진 분자들이 문 앞에 몰려 있기 때문이라고 생각하는 경우가 많았다.



< 유형 1 > < 유형 2 > < 유형 3 >

<그림 Ⅱ-3> 기체의 확산에 대한 오개념 유형

기체의 압력에 대해서도 학생들은 분자들이 공간에서 고르게 퍼져 있다는 분포에 대한 오개념을 가장 많이 지니고 있는 것으로 나타났다. 가장 대표적인 오개념 유형은 <그림 Ⅱ-4>과 같이 기체 분자들끼리 모여 있다고 생각하거나(유형 1), 기체 분자들이 풍선을 밀어낸다는 관점에서 기체들이 풍선 벽에 바짝 붙어 있다(유형 2)고 생각하는 경우이다. 이외에 기체 분자들의 크기가 제각기 다르다고 생각하는 경우도 있었다.



< 유형 1 > < 유형 2 >

<그림 Ⅱ-4> 기체의 압력에 대한 오개념 유형

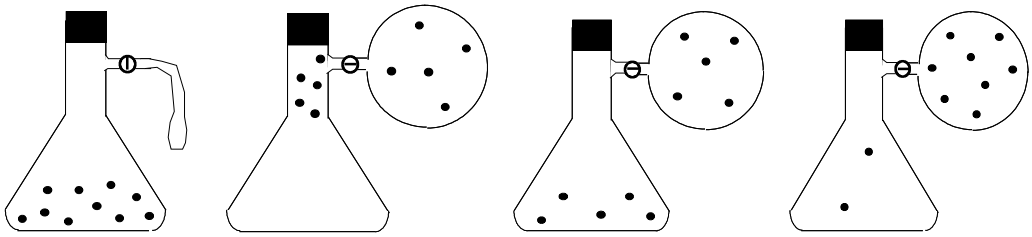
기체의 압력과 부피 관계에 대한 학생들의 대표적인 오개념 유형을 살펴보면(그림 Ⅱ-5), <유형 1>에서와 같이 피스톤을 눌러 외부 압력이 커지면 기체의 부피가 작아져서 분자들이 모여 있거나 또는 붙어 있게 된다고 생각하였다. 또한, <유형 2>와 같이 기체 분자들의 운동이 작아져서 고체처럼 일정한 배열을 갖게 된다고 생각하는 경우도 발견되었다. 이외에 기타 오개념 유형으로는 분자 모양이 찌그러지거나 크기가 작아지는 등의 모양이 변한다고 생각하는 경우가 있었고, 어떤 학생들은 압력이 커져서 부피가 줄어들면 분자수가 줄어든다고 생각하는 경우도 있었다.

< 유형 1 > < 유형 2 >

<그림 Ⅱ-5> 기체의 압력과 부피 관계에 대한 오개념 유형

기체의 온도와 부피 관계에서는 과학적 개념을 지닌 학생의 비율이 매우 낮게 나타났다. 특히, 온도가 변하게 될 때 기체 분자들의 크기나 모양이 보존되는 것을 잘 모르는 경우가 많았다.

학생들의 대표적인 오개념 유형은 <그림 Ⅱ-6>과 같다. <유형 1>은 가열 전에는 기체 분자들의 운동이 활발하지 않고 플라스크의 아래쪽에 분포한다는 것이다. <유형 2>는 가열하면 기체가 상승하여 위쪽에 분포하고 기체 분자들이 풍선을 팽창시키는 데 기여한다고 생각하는 경우이다. <유형 3>은 가열하면 바닥에 있는 일부의 기체 분자들만 활발히 운동하여 풍선 쪽으로 들어간다는 관점이고, <유형 4>는 가열하면 대부분의 기체 분자들이 풍선 속으로 이동한다는 것이다. 그 외에 기타 유형으로는 온도가 올라가면 분자의 크기가 커진다고 생각하거나 입자수가 늘어난다고 생각하는 경우도 종종 있었다.



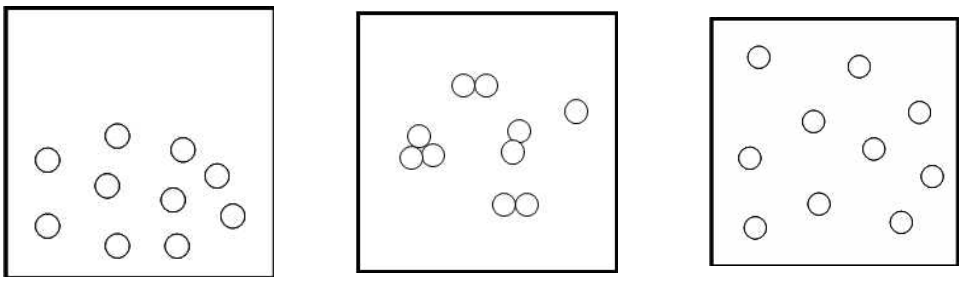
< 유형 1 >　　< 유형 2 >　　< 유형 3 >　　< 유형 4 >

<그림 Ⅱ-6> 기체의 온도와 부피 관계에 대한 오개념 유형

박지애 등(2010)은 물질의 세 가지 상태, 기체의 압력과 부피 관계, 기체의 온도와 부피 관계에 대해 중학생들이 가지는 오개념을 조사하였다.

물질의 세 가지 상태에서 대부분의 학생들이 오개념을 나타냈는데, 특히 분포 범주의 오개념이 많이 나타났다(그림 Ⅱ-7). 특히 '액체 상태에서 분자 간 거리가 고체와 기체 상태의 중간 정도이다'라는 오개념이 가장 많았으며(유형 1), '액체 상태에서 분자들은 2~3개씩 붙어서 서로 멀리 떨어져 있다'(유형 2),

‘액체 상태에서 분자 배열이 불규칙하고 부자 간 거리가 매우 멀다’(유형 3)라는 오개념도 많이 나타났다. 이외에도 ‘기체로 상태가 변화할 때 분자 수가 줄어든다’ 혹은 ‘기체로 상태가 변화할 때 분자 크기가 커진다’는 보존 범주의 오개념도 나타났다.



<유형 1> <유형 2> <유형 3>

<그림 Ⅱ-7> 물질의 세 가지 상태에 대한 오개념 유형

기체의 압력과 부피 관계에서는 전체 학생의 85%가 오개념을 가지고 있었으며 추를 하나 더 올려 두면 ‘분자 운동이 느려진다’ 또는 ‘분자 운동이 빨라진다’와 같은 운동 범주의 오개념을 많이 가지고 있었다. 또한, ‘분자들이 용기 가운데 규칙적으로 배열된다’는 오개념도 가지고 있었다. 이 연구에서 나타난 학생들의 주요 오개념 유형은 김경순(2005)의 연구 결과와 유사하였다. 기체의 온도와 부피 관계에서는 전체 학생의 87.1%가 오개념을 가지고 있었는데, 가장 많이 나타난 오개념 유형은 ‘분자들이 모두 풍선으로 이동하여 퍼져있다’는 것이었다. 이 밖에 ‘분자들이 플라스크의 위쪽과 풍선에 퍼져있다’, ‘분자의 크기가 커진다’는 오개념도 나타났다.

물질의 입자성에 대해 학생 오개념을 연구한 선행연구들에서 제시한 오개념 유형들이 유사하여 학생들의 오개념이 보편적임(Driver *et al.*, 1994)을 확인할 수 있었다.

2.3.2 예비 교사 및 현직 교사의 학생 오개념 이해에 관한 연구

구성주의적 관점에서 학습자의 오개념은 교수-학습에서 고려되어야 할 중요한 요소이므로, 효과적인 개념 지도를 위해 교사들은 학생들의 오개념과 오개념 교정에 효과적인 수업 전략에 대한 적절한 이해를 갖추어야 한다(박지연, 이경호, 2004; Bennett, 2003). 이에 교사 교육에서는 중요 주제들에 대한 학생들의 공통적인 오개념들과 이를 변화시키기 위한 수업 전략들에 대한 지식, 학생들의 오개념을 진단하거나 학생 반응을 통해 오개념을 파악할 수 있는 능력 등에 교사 교육에서 역점을 두어야 한다고 주장되었다(Smith & Anderson, 1984). 이와 같은 맥락에서 과학 교사 교육 프로그램은 예비 교사들이 학생들의 오개념을 확인하고, 그에 맞게 가르칠 수 있도록 보장해야 한다는 주장이 제기되었다(Meyer, 2004). 이러한 인식에 근거하여 학생들의 오개념과 오개념 교정을 위한 수업 전략에 대한 현직 교사와 예비 교사들의 인식을 조사하거나 이를 향상시키기 위한 연구들이 선행되어 왔다.

Berg와 Brouwer(1991)는 고등학교 교사를 대상으로 힘과 중력에 대한 학생의 반응과 이에 대처하는 교수 전략에 대해 조사하였다. 교사들은 많은 학생들이 옳은 개념을 가지고 있을 것이라고 과대평가하고 대부분이 학생 오개념을 예상하지 못했다. 학생들의 오개념을 교정하기 위한 주된 교수 전략으로는 절반 이상의 교사가 '설명'을 사용하였고 학생들에게 새로운 생각을 제안하고 이해하기 위한 방법으로 '증명'이나 '유추'를 사용하였다. 그러나 학생들의 오개념에 맞추어 '질문'과 '토론' 전략을 사용하고자 계획한 교사는 10%미만이었다. 또한, 대부분의 교사는 학생들의 오개념의 세기를 인지하지 못하였고 개념 변화 연구에 대해서도 알지 못하였다.

Meyer(2004)는 초임교사와 경력교사가 학생 선개념에 대해 이해하는 것과 그것을 어떻게 활용하는지를 연구하였다. 연구 결과, 초임교사들은 선개념과 효율적으로 구성주의를 수행하기 위한 오개념의 역할에 대해 불충분한 개념을

가지고 있었다. 반면, 경력교사들은 선개념에 대한 복잡한 지식을 가지고 있었고 수업에 학생들의 선개념을 유용하게 이용하였다. 연구 결과를 토대로, 예비교사 교육과정에서 학생들의 선개념에 대해 인지하게 하는 메타인지 활동을 강조해야 한다고 주장하였다.

Halim과 Meerah(2002)는 12명의 말레이시아 예비 중등 교사들을 대상으로 학생들의 오개념과 오개념 교정을 위한 수업 전략에 관한 지식을 조사하였는데, 교사들의 과학적 개념의 이해 수준과 무관하게 세 가지 형태의 결과가 나타났다. 첫째, 학생 오개념을 인지하지 못하는 교사들이 있다. 둘째, 학생 오개념을 알지만 그것을 고려하지 않는 교사들이 있다. 이런 경우 구두의 설명으로 개념을 가르치거나 교사 자신이 이해한 바를 재진술한다. 셋째, 학생에게 과학적 개념을 설명할 때 자세한 교수 전략을 제시하는 교사들이 있다. 이 교수 전략은 학생 오개념의 제시, 실험의 제안, 유추 사용, 관련된 생각의 표현 등의 풍부한 설명을 제시하는 다양한 활동으로 구성되어 있다. 그러나 교사들이 학생 오개념을 인지하는 것이 교수 전략에서 학생들의 오개념을 고려하는 것으로 이어지지는 않았으며, 또한 학생의 이해를 증진시키기 위한 교수 전략을 제안하는 것과도 관련성이 없었다.

Morrison과 Lederman(2002)은 중등교사 4명을 대상으로 학생 선개념을 파악하기 위한 전략과 학생 진단을 통해 얻은 정보를 활용하는 방법에 대해 조사하였다. 연구 결과, 모든 교사가 학생 선개념에 대한 평가를 실시하지 않았고 개념도, 인터뷰 등의 전략을 전혀 언급하지 않았다. 4명의 교사 모두 선개념의 진단이 중요하다고 인식하고 학생들의 생각을 확인하고자 질문을 한다고 응답하였으나, 실제 수업에서는 단 한 명만이 학생들에게 질문하였다. 또한 3명의 교사들이 학생 선개념의 진단에서 얻어진 정보를 교수 활동에 활용한다고 하였으나, 교실에서 그러한 행동은 관찰되지 않았다. 즉, 교사들의 학생 선개념의 중요성에 대한 믿음과 얻어진 정보의 사용, 그리고 실제 교수 활동 사이에 불일치를 나타냈다. 또한, 가장 경력이 적은 교사는 내용 영역 안의 일반

적 선개념 지식을 거의 가지고 있지 않은 반면 가장 경력이 많은 교사는 학생 선개념의 지식이 풍부한 것으로 나타났다.

Gomez-Zwiep(2008)은 30명의 초등 교사들과의 인터뷰를 통해 학생 오개념의 유형 및 원인, 수업에의 활용 등에 대해 조사하였다. 연구 결과, 전체 교사의 43%이상이 학생 오개념의 예를 제시하지 못하였다. 대부분의 교사들은 오개념 형성의 외적 요인만을 언급한 반면, 10%의 교사만이 학생의 인지적 구조 등의 내적 원인을 제시하였다. 수업을 계획할 때에는 2명의 교사만이 학생 선개념을 확인하여 교수 전략을 토의하였고 나머지 교사들은 모두 고려하지 않았다. 교사들은 오개념을 변화시키기 위한 대부분의 방법에서 인지적 충돌을 포함하였는데 20명이 필수적 요소로서 실험이나 탐구의 형태를 언급하였고 10명은 증명이나 토론을, 8명은 시각 자료와 설명을 언급하였다. 교사들이 학생 오개념을 예시나 정의를 통해 수업 준비 과정에서 노출시키는 것은 그들이 수업에서 오개념을 제시하기 위한 적절한 준비라 보기 어렵다. 따라서 교사들은 오개념의 존재를 인지하지만, 수업에서 오개념의 효과에 집중하지 않으며 오개념을 적절히 활용하지 못하는 것으로 나타났다.

예비 초등 교사들을 대상으로 학생 오개념에 대한 이해를 조사한 장명덕(2010)의 연구에 따르면 예비 초등 교사들은 오개념의 정의나 예, 오개념의 변화에 대한 저항성 및 오개념이 수업의 성패에 미치는 영향에 대한 이해는 비교적 양호하였다. 그러나 오개념의 형성 원인으로써 학습자의 외적 요인에 대한 인식이 다소 부족할 가능성을 나타내었다. 또한 예비 교사들은 수업 전에 해당 수업 주제와 관련하여 학생 오개념의 사전 확인의 필요성에 대한 인식은 양호하였으나 오개념을 조사하는 구체적 시기에 대해서는 많은 예비 교사들이 부적절한 응답을 하였다. 오개념의 확인 방법에 대해서도 지필 형태의 설문지, 면담, 문제 상황 제시 후 발문, 퀴즈, 대화 등의 다양한 방법을 제시하였으나, 현장의 근무 환경을 고려한 현실적인 대안인 기존 연구 결과를 활용하는 방법을 언급한 예비 교사는 소수에 불과하였다. 또한 대다수의 예비 교사들이 오

개념 교정을 위해 특별히 개발된 수업 모형들의 명칭이나 개발된 수업 모형들의 공통된 핵심 수업 전략에 대해 알고 있었으나, 오개념의 확인 시기와 방법에 대한 응답 결과를 고려할 때 이들 예비 교사들이 알고 있는 수업 전략들을 장차 일선 교육 현장에서 실제로 적용할 가능성은 매우 낮을 것으로 판단하였다.

윤지현 등(2010)은 중등 예비 교사들의 PCK 요소에 대한 인식 정도와 실행 과정에서 겪는 어려움을 조사하였다. 연구 결과, 예비 교사들은 과학 수업을 계획하면서 일반적인 학습자의 인지적·정의적 특성에 대해서는 고려한 반면에, 학습 주제에 포함된 과학 개념에 대한 학습자의 오개념에 대해서는 거의 고려하지 않은 것으로 나타났다. 또한 예비 교사들은 가르칠 학습 주제에 대해 학습자가 지닐 수 있는 오개념의 중요성이나 활용 방안에 대한 지식이 미비한 것으로 나타났다. 예비 교사들은 학습자가 지닌 선지식 파악의 어려움에 대해 거의 언급하지 않았는데, 이는 수업을 계획하면서 고려해야 할 요소로 인식조차 하지 못했기 때문으로 볼 수 있다.

박지애 등(2010)은 물질의 입자성과 관련된 오개념 유형과 그 유형이 실제 학생들의 오개념에서 차지하는 비중을 예상한 교사의 응답을 바탕으로 학생 오개념에 대한 교사의 지식을 조사하였다. 교사들의 전체 응답은 실제 학생들의 유형을 거의 모두 포괄하였지만 교사들이 학생들에게 가장 많이 나타날 것으로 예상한 오개념 유형은 실제 학생들의 주요 오개념과 차이가 있었다. 즉, 각 교사들은 물질의 입자성과 관련된 학생들의 주요 오개념을 모두 인지하지 못하고 있었다. 과학 개념 학습 지도에서 학생 오개념 파악의 필요성에 대해서는 65.5%의 교사가 '필요하다', 27.6%의 교사가 '매우 필요하다'고 응답하였으나, 대부분의 교사들은 오개념에 대처하는 효과적인 방안을 언급하지 못하였다. 또한, 수업 중 학생 오개념을 이용하는 빈도에 관한 문항에서는 '가끔 이용한다' 64.4%, '별로 이용하지 않는다' 25.3%였다. 학생 오개념을 이용한다고 응답한 대부분의 교사들은 학생 오개념을 수업에서 예시로 사용하여 오개

념을 갖지 않도록 주의를 주거나 질문을 통해 오개념을 가지고 있는지 확인하는 방식으로 수업에 이용하고 있었다.

2.3.3 오개념 교정을 위한 수업 전략에 관한 연구

학생들의 오개념은 학교 교육 이후에도 지속되어 새로운 교수 방법을 활용하여도 오개념이 변화하거나 개념 이해 수준이 완전해지기는 어려운 것으로 보고되고 있다. 이에 학생들이 올바른 과학 개념을 형성하고 그들이 가진 오개념을 과학적 개념으로 변화하기 위한 연구들이 활발히 진행되어 왔다. 예를 들면, 개념 변화 접근법(conceptual change approach)이나 협동 학습 전략(cooperative learning; Basili & Sanford, 1991), 분자 모형이나 비유를 사용하는 구체적인 방법(Stavy, 1991) 또는 개념도(concept map)의 활용 등이 그것이다. 이와 더불어 개념에 대한 추상성을 낮추어 줄 수 있는 애니메이션이나 동영상 등과 같은 멀티미디어를 활용하여 개발한 코스웨어의 효과를 조사하는 연구들이 활발히 진행되고 있다.

Russell과 Kozma(1997)는 실험 동영상, 분자 수준 애니메이션, 화학식, 그래프 또는 다이어그램을 함께 보여줌으로써 미시적, 거시적, 상징적 수준의 화학을 강조하는 컴퓨터 프로그램(4M:CHEM)을 개발하였다. 그리고 그 효과를 295명의 대학생을 대상으로 조사하였다. 화학 평형과 관련된 사전 검사와 사후 검사를 과학적 개념과 오개념의 측면에서 채점한 결과, 두 검사 점수 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 즉, 사전 검사에 비해 사후 검사에서 과학적 개념을 진술한 학생 수가 더 많았고, 오개념을 드러낸 학생 수는 더 적었다.

정완호(1997)는 고등학교 학생들이 가지고 있는 '삼투'에 대한 오개념의 처치로서 인지갈등 수업모형, 순환학습 수업모형, 가설 검증 수업모형을 3시간씩 실시하였다. 연구 결과, 학생들의 참여와 활동이 포함되어 있는 실험집단에서

는 수업 처치의 효과가 있었지만 학생들의 참여가 없는 교사 중심의 전통적인 수업에서는 효과가 없는 것으로 나타났다. 추후 검사의 결과에서 학습의 지속 효과는 가설 검증 수업모형이 다른 수업모형보다 효과적인 것으로 나타났고, 인지갈등 수업을 받은 학생들이 여러 가지 다른 상황에서 개념을 올바르게 적용하는 것으로 나타났다. 수업모형간의 효과를 검증하기 위해 ANOVA 검증을 한 결과, 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($F=5.90$, $p<.001$). 이는 개념 변화 학습에 가설 검증 수업과 인지갈등 수업이 전통적인 교사 중심의 수업이나 순환학습보다 효과적임을 나타낸다.

김병인(2000)은 CD-ROM title, web 상의 자료를 토대로 작성한 CAI프로그램을 고등학교 1학년 학생에게 적용하여 세포분열에 대한 오개념이 교정되는 효과를 조사하였다. 연구 결과, 개별 학습을 적용한 CAI수업은 전통적 수업에 비하여 오개념을 교정하는데 효과가 있었으나 학업 성취수준에 따라서는 유의미한 차이가 없었다. 반면 오개념이 강한 영역에 대한 문제풀이형 CAI를 적용한 결과는 오개념 교정에 높은 효과가 있었으며 성취 수준이 높은 학생들에게 특히 효과적이었다.

장주은(2004)은 중학교 과학실험 전후에 오개념의 변화에 대한 연구에서 실험과 같은 능동적인 학습 자세가 필요한 수업이 강의식 수업보다 오개념 해소에 효과가 있었다고 보고하였다. 이 연구에서는 오개념 해소를 위한 실험 수업 방법의 한 부분으로서 모의실험을 실시하기도 하였다.

이영민(2004)은 웹을 통하여 교사와 학생들이 가지고 있는 오개념의 정도를 확인할 수 있는 시스템을 구현하고 이를 통하여 오개념을 진단 할 수 있었다고 하였다. 이 외에도 멀티미디어나 컴퓨터 시뮬레이션을 활용한 수업이 학생들의 과학 개념 형성에 효과적이며, 전통적인 강의법에 의한 오개념 교정수업보다 개념 변화에 효과적이라고 하였다. 또한, 오개념 해소에 대한 방안으로 컴퓨터 활용 수업이 효과적이라고 보고하였다.

이영직(1998)은 면담법을 이용하여 인지갈등 유발 소재, 인지갈등 유발 방

법, 사전 개념에 대한 확신도가 인지갈등 정도에 미치는 영향을 조사하였다. 인지 갈등 관련 요인이 인지갈등 유발 정도에 미치는 효과를 조사한 결과, 논리제시 방법보다는 현상제시 방법이 효과적이었고 사전 개념에 대한 확신도가 높은 경우가 낮은 경우보다 효과적이었다고 하였다.

권난주(2000)는 학습자 특성이 인지갈등에 의한 중학생의 개념 변화에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 지능과 인지수준이 높은 학생들이 자신의 오개념에 불일치한 현상을 보았을 때, 개념 변화를 많이 하였으며, 갈등을 많이 일으킨 집단일수록 개념 변화의 효과가 뚜렷한 것으로 나타났다.

노태희 등(1998)은 중학교 여학생 84명을 대상으로 분자 수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조 수업의 효과를 조사하였다. 분자의 운동 단원에 대해 5차시 동안 수업을 진행한 결과, 처치 집단의 학생들(n=42)이 분자의 운동에 대한 오개념을 적게 나타내었으나, 개념 이해도 검사 점수에서는 처치 집단과 통제 집단(n=42) 간에 유의미한 차이가 없었다. 또한, 컴퓨터 보조 수업이 과학 수업에 대한 태도와 동기에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 수업에 대한 인식 검사에서는 학생들이 컴퓨터 보조 수업에 대해 전반적으로 긍정적으로 인식하였으나, 일부 학생들은 어수선한 수업 분위기를 지적하였고, 화면에 제공된 내용이 어려웠다고 응답한 학생도 있었다.

Ⅲ. 연구 방법 및 절차

3.1 연구 대상 및 절차

연구 대상 학교는 지역적으로 편재되지 않도록 수도권, 충청도, 경상도, 전라도에 위치한 총 5개의 사범대학을 선정하였다. 선정된 대학의 화학교육과 또는 과학교육학부 화학 전공 4학년 학생들을 대상으로, 교육실습을 비롯한 사범대학의 교육과정이 거의 끝난 2학기에 설문 조사를 실시하였다. 설문에 응한 예비 화학교사들은 총 87명이었다(표 Ⅲ-1).

<표 Ⅲ-1> 연구 대상 대학별 사례 수

대학	남	녀	계
A	6	24	30
B	5	14	19
C	6	9	15
D	4	6	10
E	4	9	13
계	25	62	87

3.2 검사 도구

이 연구에서는 학생 오개념에 대한 지식 검사지, 인식 검사지, 교육요구 검사지를 사용하였다. 지식 검사지는 박지애 등(2010)의 연구에 사용된 검사 문항 중 기체의 압력과 부피 관계, 기체의 온도와 부피 관계에 대해 학생들의 오개념 유형을 예상해 보는 2개 문항을 선택하고, 추가적으로 과학적 개념을 설명하도록 수정하여 구성하였다. 기체의 압력과 부피 관계, 기체의 온도와 부피 관계는 학생들의 개념 이해 정도를 조사한 선행연구(김경순, 2005)에서 물

질의 입자성에 관한 오개념이 많이 보고된 주제이다. 이에 대한 중학생들의 오개념 유형을 가능한 많이 기술하고 그 중 실제 중학생들에게 많이 나타날 것으로 예상되는 3가지 유형을 순서대로 나열하게 함으로써 예비 화학교사들이 알고 있는 오개념 유형의 종류와 순위를 조사하였다. 또한, 각 주제에서 목표로 하는 과학적 개념을 분자 수준의 그림으로 표현하고 자세히 글로 설명하도록 함으로써 예비 화학교사들에게 오개념이 존재하는지를 조사하였다.

인식 검사지는 박지애 등(2010)의 연구를 참고하여 학생 오개념 지식의 필요성에 대한 인식 문항은 5단계의 리커트 척도로, 오개념을 교수에 활용하려는 의향 문항은 4단계의 리커트 척도로 구성하였다. 그리고 오개념을 활용할 의향이 없을 경우에는 그 이유를 서술하도록 하고, 활용 의향과 관계없이 오개념을 활용한 교수 방법을 아는대로 모두 서술하도록 하였다.

교육요구 검사지는 사범대학에서의 학생 오개념에 대한 경험과 오개념과 관련된 교육요구를 조사하기 위해 사용하였다. 오개념에 대한 경험은 학생들의 오개념을 알게 된 구체적인 경로에 대한 3개 문항과 오개념과 관련된 과제 수행이나 수업 시연 및 교육실습에서 어려웠던 점에 대한 1개 문항으로 조사하였다. 각 문항은 모든 연구 대상 대학의 교육과정을 참고하여 선다형으로 구성하고 복수 응답과 제시된 항목 이외의 사항에 대한 응답도 할 수 있도록 제작하였다. 예비 화학교사들의 경험에 대한 응답의 신빙성을 확보하기 위해 추가적으로 경험을 얻게 된 화학 교과교육학 강의명과 시수를 서술형으로 조사하였다. 오개념에 대한 교육요구는 주영 등(2009)의 연구를 참고하여 사범대학에서 가능한 학생들의 오개념에 대한 교육 유형을 10개 문항으로 제시하고, 각 문항에 대한 요구 정도를 5단계 리커트 척도로 측정하였다. 그리고 필요한 경우 문항에 제시된 유형 이외의 교육요구 사항도 자유롭게 서술할 수 있도록 하였다. 이 연구에서 사용한 모든 검사지는 과학교육 전문가 3인 및 중등 과학 교사 2인으로부터 안면 타당도를 검증받았다.

3.3 분석 방법

학생 오개념에 대한 지식을 조사하기 위해 예비 화학교사들이 예상한 학생 오개념 유형의 종류와 순위를 분석하고, 선행연구(김경순, 2005; 노태희 등, 1998; 박지애 등, 2010)에 보고된 중학생들의 오개념 유형 및 비율과 비교하였다. 오개념 유형의 종류 분석에서는 예비 화학교사들의 응답을 박지애 등(2010)의 연구를 참고하여 크게 분포, 보존, 운동의 세 범주로 구분하고 다시 이를 세분하였다. 즉, 주어진 공간에 분자들이 퍼져 있는 정도에 관한 오개념들은 분포 범주로, 분자의 크기와 수, 모양 등의 불변에 대한 오개념들은 보존 범주로, 분자의 운동성 및 운동 속도 변화에 대한 오개념들은 운동 범주로 분류한 후 범주 내에서 다시 세분하였다. 분석의 신뢰도를 높이기 위해 연구자 2인이 각자 그림으로 표현된 오개념 유형을 글로 작성된 설명을 참고하여 분석하고, 분석자 간 일치도가 90% 이상에 도달한 후 연구자 1인이 모든 답안지를 분석하였다. 오개념 유형의 순위 분석에서는 중학생들에게 많이 나타날 것으로 예상된 순서에 따라 다른 가중치를 부여하여 계산된 대표 순위를 이용하였다. 대표 순위는 1순위로 예상된 유형에 300%, 2순위로 예상된 유형에 200%, 3순위로 예상된 유형에 100%의 가중치를 부여한 후, 유형별로 가중치를 합산하여 계산되었다(우수명, 2007). 한편, 지식 검사의 분석 대상은 정확한 결과 분석 및 해석을 위해 오개념을 지니지 않은 예비 화학교사들로 한정하였다. 이를 위해 기체의 압력과 부피 관계와 기체의 온도와 부피 관계에 대한 지식 검사 문항에서 과학적 개념으로 예비 화학교사들이 제시한 응답을 '과학적 이해', '오개념이 없는 부분적 이해', '오개념이 포함된 부분적 이해 및 비과학적 이해'로 분류하고(김경순, 2005), 각 문항별로 '오개념이 포함된 부분적 이해 및 비과학적 이해'에 포함된 응답을 한 20명과 10명을 분석 대상에서 제외하였다. 예비 화학교사들의 오개념의 예로는 '기체의 압력이 증가하면 분자 운동이 느려진다', '기체의 압력이 증가하면 분자들이 가운데로 모이거나 서로

붙는다', '기체의 온도가 높아지면 분자들이 용기의 벽에 붙는다' 등이 있었다.

학생들의 오개념에 대한 인식을 조사하기 위해 오개념에 대한 지식의 필요성, 오개념을 교수에 활용하려는 의향에 관한 응답은 빈도와 백분율로 분석하였다. 또한, 교육요구를 파악하기 위해 조사한 학생 오개념에 대한 경험에서 오개념을 알게 된 경로, 오개념과 관련된 사범대학 교육과정에서 어려웠던 점에 대한 응답은 빈도와 백분율로 분석하였다.

Ⅳ. 결과 및 논의

4.1 예비 화학교사들의 학생 오개념에 대한 지식

4.1.1 기체의 압력과 부피 관계

기체가 들어 있는 용기 위에 추를 더 올려서 부피가 감소한 현상을 분자 수준으로 설명하는 지식 검사 문항에서 예비 화학교사들이 예상한 학생들의 오개념 유형은 <표 Ⅳ-1>과 같다.

<표 Ⅳ-1> 기체의 압력과 부피 관계에 대해 예비 화학교사들이 예상하는 학생들의 오개념

범주	오개념의 유형	응답수 (N=67)[a]	순위
분포	분자들이 위로 떠있다	17(25.4)[b]	18(5)[c]
	분자들이 아래로 가라앉는다	34(50.7)	45(3)
	분자들이 모이거나 붙는다	12(17.9)	13(8)
	분자들이 용기 가운데 규칙적으로 배열된다	7(10.4)	16(6)
	분자들이 용기에 꽉 찬다	8(11.9)	16(6)
	기타	4(6.0)	4(15)
보존	분자 수가 줄어든다	47(70.1)	88(2)
	분자 크기가 작아진다	50(74.6)	111(1)
	분자 모양이 납작해진다	19(28.4)	20(4)
	기타	5(7.5)	2(16)
운동	분자 운동이 빨라진다	4(6.0)	9(11)
	분자 운동이 느려진다	4(6.0)	7(12)
	기타	4(6.0)	0(17)
기타	물질의 상태가 액체 또는 고체로 변한다	5(7.5)	5(13)
	물질은 연속적이다	5(7.5)	5(13)
	분자들끼리 결합한다	12(17.9)	12(9)
	기타	11(16.4)	12(9)
무응답		1(1.5)	

[a]오개념을 가진 예비 화학교사를 제외한 수
[b]빈도(백분율)
[c]가중치 값(평균 순위)

중학생들이 가지고 있을 오개념 유형의 종류로는 '분자 크기가 작아진다'(74.6%), '분자 수가 줄어든다'(70.1%), '분자들이 아래로 가라앉는다'(50.7%) 등을 예상한 예비 화학교사들이 많았다. 범주별로는 분자의 크기나 수 등이 일정한지에 대한 보존 범주의 응답이 많았다. 오개념 유형의 순위에서 중학생들에게 많이 나타날 것으로 예상된 대표 순위 1위부터 3위까지는 오개념 유형의 종류에서 응답 빈도가 높았던 3가지와 동일했다. 즉, 예비 화학교사들은 많은 중학생들이 분자 크기나 수, 배열 위치에 대한 오개념을 가지고 있을 것으로 예상하고 있었다. 그러나 유사한 문항으로 중학생들의 개념 이해 정도를

조사한 선행연구(김경순, 2005; 박지애 등, 2010)의 결과에 따르면, 실제 중학생들은 예상과 달리 '분자 운동이 느려진다', '분자 운동이 빨라진다', '분자들이 용기 가운데 규칙적으로 배열된다' 등의 분자의 운동 속도와 배열의 규칙성에 대한 오개념을 많이 가지고 있었다. 한편, 예비 화학교사 1명당 평균 3.8개씩 예상한 오개념 유형을 모두 종합하면 실제 학생들의 오개념 유형을 포괄하였다. 이상의 결과로부터 예비 화학교사들은 중학생들이 가질만한 오개념의 유형의 종류는 예상할 수 있으나, 실제로 많은 중학생들이 가지고 있는 일반적인 오개념 유형은 잘 모르고 있음을 알 수 있다. 이는 예비 화학교사들이 교사가 되어 오개념을 고려한 수업을 할 때에 실제로 많은 학생들이 가지고 있는 오개념에 초점을 맞추지 못하여 기대한 교수-학습 효과를 얻지 못할 수 있음을 암시한다.

예비 화학교사들이 중학생들이 많이 갖고 있는 분자 운동에 대한 오개념을 거의 예상하지 못한 원인 중 하나로 교사 양성 교육에서 관련 지식을 습득하지 못했을 가능성을 생각할 수 있다. 현직 초등교사들이 오개념 관련 연수 후 학생에 대한 지식이 향상되었다는 선행연구(Smith & Neale, 1989) 결과에 비추어 볼 때, 화학교사 양성 교육에서 오개념에 관한 교육이 예비 화학교사들의 학생 오개념 지식 수준에 영향을 주었을 수 있다. 또한, 다른 원인으로 개념에 대한 불완전한 이해가 보편적인 학생 오개념의 예상을 방해했을 수도 있다(Halim & Meerah, 2002). 예비 화학교사들이 기체의 압력과 부피 관계의 과학적 개념으로 제시한 응답의 분석 결과, 분자의 충돌 횟수 증가 또는 운동 속도 불변 등과 같은 운동 범주에 대한 목표 개념의 언급이 없어 '오개념이 없는 부분적 이해'로 분류된 응답을 한 예비 교사들이 14명(20.9%) 있었다. 이와 같이 현상 설명에 분자 운동 개념을 적용하지 않은 예비 화학교사들은 학생들이 분자 운동에 대한 오개념을 가질 것이라고 예상하기 어려울 것으로 생각된다.

4.1.2 기체의 온도와 부피 관계

기체가 들어 있는 플라스크 위쪽에 풍선을 연결하고 가열하였을 때 풍선의 부피가 커진 현상을 분자 수준으로 설명하는 지식 검사 문항에서 예비 화학교사들이 예상한 학생들의 오개념 유형은 <표 Ⅳ-2>와 같다.

오개념 유형의 종류에서 예비 화학교사들의 응답 빈도가 높았던 유형은 '분자들이 모두 풍선으로 이동하여 퍼져있다'(74.0%), '분자 크기가 커진다'(64.9%), '분자 수가 늘어난다'(49.4%) 등이었다. 이 오개념들은 오개념 유형의 순위에서 학생들에게 많이 나타날 것으로 예상된 대표 순위 1위부터 3위까지의 오개념과 동일했다. 실제로 선행연구(김경순, 2005; 노태희 등, 1998; 박지애 등, 2010)에서 보고된 중학생들에서 많이 나타난 오개념은 '분자들이 모두 풍선으로 이동하여 퍼져 있다', '분자들이 플라스크 위쪽과 풍선에 퍼져 있다', '분자 크기가 커진다, '분자 수가 늘어난다'로, 예비 화학교사들이 높은 순위로 예상한 오개념 유형과 거의 유사하였다. 그러나 예비 화학교사들이 1인당 평균 3.3개씩 제시한 학생들의 오개념을 종합했을 때 그 유형의 종류가 매우 다양하여, '모든 분자들이 풍선 안에 한 곳에 치우쳐 있다', '플라스크의 아래쪽과 풍선의 벽에 기체 분자가 분포한다', '기체 분자가 움직이지 않고 정지해 있다' 등의 실제 학생들에게서 거의 나타나지 않았던 유형까지 포함되어 있었다. 이는 예비 화학교사들이 예상한 오개념이 학생들의 특성이나 오개념에 대한 체계적이고 정확한 지식에 근거한 것이 아니라 추측이나 직관적 판단에 의한 것일 가능성을 보여 준다.

<표 Ⅳ-2> 기체의 온도와 부피 관계에 대해 예비 화학교사들이 예상하는 학생들의 오개념

범주	오개념 유형	응답수 (N=77)[a]	순위
분포	분자들이 모두 풍선으로 이동하여 퍼져있다	57(74.0)[b]	121(1)[c]
	분자들이 풍선 벽에만 붙어있다	5(6.5)	7(8)
	거의 모든 분자들이 풍선으로 이동하여 퍼져있다	1(1.3)	3(13)
	분자들이 플라스크 위쪽과 풍선에 퍼져있다	13(16.9)	24(4)
	분자들의 일부는 풍선으로 이동하고, 나머지는 플라스크 바닥에 가라앉아 있다	4(5.2)	3(13)
	모든 분자들이 풍선 안에 한 곳에 치우쳐 있다	5(6.5)	7(8)
	모든 분자들이 플라스크 안에 분포한다	16(20.8)	24(4)
	플라스크의 아래쪽과 풍선의 벽에 기체 분자가 분포한다	4(5.2)	8(7)
	기타	12(15.6)	4(11)
보존	분자 수가 늘어난다	38(49.4)	76(3)
	분자 크기가 커진다	50(64.9)	87(2)
	기타	4(5.2)	2(17)
운동	가열해도 분자 운동 빠르기는 변함없다	2(2.6)	2(17)
	열을 가해야 분자들이 움직이기 시작한다	3(3.9)	2(17)
	기체 분자가 움직이지 않고 정지해 있다	4(5.2)	7(8)
	모든 분자들이 벽면을 향해 운동한다	2(2.6)	4(11)
	기타	5(6.5)	3(13)
기타	물질은 연속적이다	2(2.6)	0(20)
	새로운 물질이 생성된다	3(3.9)	3(13)
	기타	11(14.3)	11(6)
무응답		3(3.9)	

[a]오개념을 가진 예비 화학교사를 제외한 수
[b]빈도(백분율)
[c]가중치값(평균 순위)

4.2 예비 화학교사의 학생 오개념에 대한 인식

예비 화학교사들이 인식하는 학생 오개념에 대한 지식의 필요성과 학생 오개념을 활용하려는 의향은 <표 Ⅳ-3>에 제시하였다. 대부분의 예비 화학교사들은 교수 활동에서 학생 오개념에 대해 아는 것이 필요하다고 응답하였으며(98.8%), 불필요하다는 응답은 전혀 없었다. 이는 예비 화학교사들이 학생들의 오개념을 화학 개념 지도에서 중요한 요소로 인식하고, 오개념에 대한 지식을 교사로서 갖추어야 할 필수적인 내용으로 간주하는 것으로 볼 수 있다. 또한, 장차 교사가 되면 교수 활동의 준비나 교수-학습 활동에서 학생 오개념을 자주 활용하겠다는 예비 화학교사들이 많았다(58.6%). 가끔 활용할 것으로 응답한 예비 화학교사(40.2%) 중 일부는 '학생들의 과학 개념이 안정되지 않은 상태에서 오개념을 활용하는 것은 오히려 학생들에게 혼란을 줄 수 있다'거나 '오개념을 활용하고 싶지만 능력이 부족하다'는 이유를 제시하였다.

<표 Ⅳ-3> 학생 오개념 지식의 필요성 및 활용 정도에 대한 예비 화학교사들의 인식

학생 오개념을 아는 것이 과학 개념 지도에 필요하다고 생각합니까?	매우 필요하다	필요하다	그저 그렇다	필요하지 않다	전혀 필요하지 않다	미응답	Total
	63 (72.4)[a]	23 (26.4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.1)	87 (100)
교사가 되면 학생 오개념을 얼마나 자주 활용할 것입니까?	자주 활용한다	가끔 활용한다	별로 활용하지 않는다	전혀 활용하지 않는다	미응답	Total	
	51 (58.6)	35 (40.2)	0 (0)	0 (0)	1 (1.1)	87 (100)	

[a]빈도(백분율)

한편, 예비 화학교사들이 알고 있는 오개념을 활용한 교수 방법을 조사한 결과는 <표 Ⅳ-4>와 같다.

<표 Ⅳ-4> 예비 화학교사가 인식하는 오개념 활용 방안

교수-학습 활동에서 학생 오개념 활용 방안	응답수 (N=87)
오개념으로 설명할 수 없는 상황을 제시하여 인지갈등을 일으킨다	37(42.5)[a]
오개념을 과학적 개념으로 변화시키는 수업을 한다	8(9.2)
오개념을 갖지 않도록 주의해서 가르친다	4(4.6)
과학적 개념을 제시한다	3(3.4)
다양한 오개념을 제시한다	2(2.3)
오개념의 잘못된 점을 설명한다	4(4.6)
오개념을 고려하여 수업 방향 및 수업 방법을 선택한다	8(9.2)
과학적 개념과 오개념을 비교하여 설명한다	5(5.7)
기타	20(23.0)
미응답	4(4.6)

[a]빈도(백분율)

42.5%의 예비 화학교사들이 오개념을 수정하기 위해 오개념으로 설명할 수 없는 상황을 제시하여 인지 갈등을 일으킬 것이라고 응답하였다. 그러나 인지 갈등은 오개념에 대한 불만을 야기함으로써 개념 변화가 일어날 수 있는 여건을 조성할 수는 있지만, 대안인 과학적 개념이 존재하지 않거나 과학적 개념에 대한 이해가 동반되지 않을 경우 개념 변화를 보장할 수 없다는 단점이 있다(권재술 등, 2003). 한편, 13.8%의 예비 화학교사들은 '오개념을 과학적 개념으로 변화시키는 수업을 한다'(9.2%), '오개념을 갖지 않도록 주의해서 가르친다'(4.6%)와 같이 교수 목표만 진술하고 오개념의 활용 방안을 언급하지 않았다. 이는 오개념을 변화시켜야 할 필요성은 인식하지만 구체적인 대처 방안은 잘 알지 못하기 때문으로 생각된다. 또한, '과학적 개념을 제시한다'(3.4%), '다

양한 오개념 유형들을 제시한다'(2.3%), '오개념의 잘못된 점을 구체적으로 설명한다'(4.6%) 등과 같이 응답한 예비 화학교사들도 있었다. 이러한 응답들은 교사가 과학적 개념을 제시하거나 오개념이 틀린 것임을 알려준다면 학생들이 무리 없이 개념을 이해할 수 있을 것이라고 가정하고 있다. 이는 학습을 백지 상태의 학생들이 교사에 의해 전달되는 지식을 수동적으로 받아들이는 과정이라고 보는 전통주의적 교수관을 반영한다고 볼 수 있다(Gomez-Zwiep, 2008). 반면에 '오개념을 고려하여 수업 방향 및 수업 방법을 선택한다'(9.2%)는 응답은 막연하지만 오개념을 수업 계획에 고려해야 한다는 인식이 반영된 것으로 볼 수 있다. 그리고 '오개념을 과학적인 개념과 비교·대조하여 설명한다'(5.7%)는 응답은 학생들에게 오개념과 과학적 개념을 동시에 평가하게 함으로써, 오개념에 대한 불만을 유발하고 과학적 개념의 타당성과 유용함을 이해하게 하므로(조정일과 윤수미, 2002) 오개념을 과학적 개념으로 변화시킬 수 있는 효과적인 방안이라고 할 수 있다. 그 외의 활용 방안을 제시한 23%의 예비 화학교사들의 응답은 '오개념을 바탕으로 평가 문항을 제작한다', '오개념으로 학습 동기를 유발한다', '토론의 주제로 사용한다' 등 다양하였다.

전반적으로 예비 화학교사들은 학생 오개념 지식의 필요성과 활용에 매우 긍정적이었지만 이들이 제시한 오개념 활용 수업 방안은 현대 과학교육자들이 제안하는 구성주의적 교수 전략과 차이가 있었다. 이는 현직 중등교사들을 대상으로 한 선행연구(Morrison & Lederman, 2003) 결과와 유사한데, 선행연구에서는 이러한 결과의 원인으로 교사들이 구성주의적 교수에 반대되는 신념을 가지고 있거나 구성주의적 신념을 갖고 있더라도 실제 수업에 전이되지 않기 때문이라고 지적하였다. 교사의 교수 신념은 교수 방법이나 수업 결과를 결정하는 중요한 변인으로 알려져 있으므로(조정일과 윤수미, 2002), 추후 연구를 통해 예비 화학교사들의 교수 신념과 오개념에 대처하는 수준과의 관계를 알아볼 필요가 있다.

4.3 예비 화학교사들의 학생 오개념에 대한 교육요구

4.3.1 학생 오개념에 대한 경험

예비 화학교사들이 화학 교과교육학 관련 강의나 활동, 관련 자료, 개인적인 경험 등에서 학생들의 오개념을 알게 되는 경로는 <표 Ⅳ-5>에 정리하였다.

<표 Ⅳ-5> 학생 오개념을 알게 된 경로

항목	응답수 (N=87)
화학교육 관련 강의나 실습	
① 이론 강의	46(52.9)[a]
② 수업 자료 제작	29(33.3)
③ 수업 시연 활동	28(32.2)
④ 교생 실습	29(33.3)
⑤ 연구 논문을 통한 학습	26(29.9)
관련 자료를 통해서	
① 화학교육 관련 강의 자료	52(59.8)
② 과학 교육학 관련 전공 서적	34(39.1)
③ 인터넷 자료	11(12.6)
④ 중학교 과학 교과서	7(8.0)
⑤ 중학교 과학 교사용 지도서	19(21.8)
⑥ 연구 논문	39(44.8)
⑦ 기타(설문조사)	1(1.1)
개인적인 경험에서	20(23.0)
기타	1(1.1)

[a]빈도(백분율)

화학 교과교육학 강의나 활동 범주에서는 화학 교과교육학 이론 강의(52.9%), 학습 활동지와 지도안 등의 수업 자료 제작 활동(33.3%), 수업 시연(32.2%), 교육 참관 및 실습(33.3%), 연구 논문(29.9%)을 통해 학생 오개념을

알게 되었다는 응답이 많았으며, 이러한 경험을 제공한 화학 교과교육학 강의는 학교별로 평균 1.0~2.6개 정도였다. 관련 자료 범주에서는 화학 교과교육학 강의 자료(59.8%)를 통하여 학생 오개념을 알게 되었다는 응답이 가장 많았다. 이상의 결과는 예비 화학교사들에게 사범대학에서의 화학 교과교육학 강의나 활동이 학생 오개념을 접한 경험의 큰 부분을 차지하며, 학생 오개념에 대한 지식 및 인식 형성에 중요한 요인으로 작용할 수 있음을 보여 준다. 그러나 화학 오개념과 관련된 과제 수행이나 수업 시연 및 교육실습에서 겪은 어려움에 대한 응답에서 예비 화학교사들은 학생들의 오개념 유형(43.7%)이나 오개념을 수정하기 위한 교수 전략(39.1%)을 알지 못하거나 관련된 교수-학습 자료가 부족하다(41.4%)고 생각하는 것으로 나타났다. 이는 현재 사범대학의 화학교사 양성 교육에서 학생 오개념과 관련된 교육이 시도되고 있지만, 이러한 교육이 예비 교사들의 학생 오개념 이해 및 이에 기초한 교수 실천을 가능하게 하기 위해서는 개선이 필요함을 의미한다.

4.3.2 학생 오개념 관련 교육요구

학생들의 오개념과 관련된 교육요구에 대한 각 문항의 평균과 표준 편차를 <표 Ⅳ-6>에 제시하였다. 평균은 5점 만점에 3.82~4.48로 예비 화학교사들은 모든 교육 항목에 대한 요구가 높았다. 이는 기존의 교육과정이 예비 화학교사들의 학생 오개념에 대한 교육요구를 충족시켜 주지 못하고 있음을 시사한다.

<표 Ⅳ-6> 예비 화학교사의 학생 오개념 관련 교육요구

항목	평균(편차) (N=87)	순위
과학 수업에서 학생의 오개념을 활용하는 방법이나 학생의 오개념을 과학적 개념으로 변화시키는 수업 전략에 대한 강의가 필요하다	4.48(.53)	1
학생의 오개념 자료나 이를 활용한 교수-학습 자료의 제공이 필요하다	4.28(.52)	2
다양한 화학 개념에 대해 학생의 오개념을 소개하는 강의가 필요하다	4.25(.51)	3
학생의 오개념과 관련된 자료를 어디에서 찾을 수 있는지에 대한 안내가 필요하다	3.91(.77)	7
학생의 오개념과 관련된 학습 이론 등의 이론적 내용에 대한 강의가 필요하다	3.86(.70)	8
학생의 오개념과 관련된 연구 결과를 다루는 강의가 필요하다	3.82(.84)	9
학생의 오개념을 활용한 수업 시연(모의 수업) 또는 교생 실습 과정에서 지도교수나 지도교사의 조언이 필요하다	4.21(.63)	4
오개념을 활용하여 수업 자료(활동지, 지도안 등)를 제작해 보는 실습이 필요하다	4.09(.67)	5
오개념을 활용한 수업 시연(모의 수업) 또는 교생 실습 경험이 필요하다	3.95(.81)	6
오개념을 활용한 현직 교사의 수업을 참관하거나 동영상으로 시청 하는 프로그램이 필요하다	3.86(.81)	8
계	4.07(.34)	

특히 ‘오개념을 과학적 개념으로 변화시키는 수업 전략이나 오개념을 활용하는 교수 방법에 관한 강의’(4.48), ‘학생 오개념 목록이나 이를 활용한 교수-학습 자료의 제공’(4.28), ‘다양한 화학 개념에 대한 학생 오개념 소개’(4.25)에 대한 요구가 높았다. 이 항목들은 학생 오개념에 대한 경험의 조사 결과에서 예비 화학교사들이 과제 수행이나 수업 시연 및 교육실습을 하면서 겪는 어려움들을 해소하는 한 가지 방안이 될 수 있다. 즉, 예비 화학교사들은 자신이 겪었던 어려움을 극복하기 위한 교육을 요구한 것으로 해석할 수 있다. 또한, ‘오개념을 다루는 수업 시연이나 교육실습 과정에서 지도 교사나 지도 교수의

멘토링’(4.21), ‘오개념을 활용한 수업 자료를 제작하는 활동’(4.09) 등에 대한 교육요구도 높았다. 이는 예비 화학교사들이 수업 설계나 교수-학습 활동 등에서 오개념과 관련된 지식을 적용할 수 있는 실제적인 지식을 원하며, 이를 얻기 위해 전문가의 조언을 필요로 하는 것으로 생각할 수 있다. 제시된 교육 항목 이외의 요구로는 ‘학생 오개념 발생 원인에 대한 이론 교육’, ‘예비 화학교사나 현직 교사들이 가지는 오개념에 대한 연구 결과의 소개’, ‘오개념이 많이 보고된 주제의 과학적 개념에 대한 교육’ 등이 있었다.

V. 결론 및 제언

이 연구에서는 예비 화학교사들을 대상으로 물질의 입자성과 관련된 학생 오개념에 대한 지식을 알아보고, 그 지식의 필요성과 활용 의지 및 활용 방안에 대한 인식, 학생 오개념에 대한 교육요구를 조사하였다.

예비 화학교사들은 화학 개념을 가르칠 때 학생들의 오개념에 대한 지식이 필요하다는 인식이 높았고 학생 오개념을 활용하려는 의지가 강하였다. 그러나 화학에서 핵심적인 개념인 물질의 입자성과 관련된 학생들의 보편적인 오개념을 예상하지 못하거나 실제로 나타나지 않는 오개념을 제시하는 등 학생 오개념에 대한 지식이 부족하였다. 구성주의적 관점에서 적절한 오개념 활용 방법을 제안한 예비 화학교사들도 적었다. 대부분의 예비 화학교사들이 사범대학의 화학교사 양성 교육을 통하여 학생들의 오개념을 알게 되었다고 응답하였으므로, 학생 오개념에 대한 지식이 부족하고 적절한 대처 방안을 제시하지 못한 중요한 원인 중 하나로 화학교사 양성 교육을 생각해 볼 수 있다. 실제로 예비 화학교사들은 오개념과 관련된 과제 수행이나 수업 시연 및 교육실습에서 일반적인 학생 오개념의 유형이나 교수-학습에서의 오개념 활용 방법 및 실례 등의 정보가 부족하여 어려움을 겪은 것으로 조사되었으며, 오개념과 관련된 교육을 필요로 하고 있었다. 이상의 결과는 현행 사범대학의 화학교사 양성 교육에서 학생 오개념에 대한 교육을 강조할 필요가 있음을 시사한다. 따라서 예비 화학교사들의 교육요구를 포함한 이 연구 결과를 바탕으로 학생 오개념에 대한 이해를 향상시키기 위한 교육 프로그램의 개선책을 제안하고자 한다.

첫째, 주요 화학 개념에 대한 학생 오개념과 이를 수정하기 위한 교수 전략을 학습하는 기회를 제공할 필요가 있다. 학생들의 오개념을 아는 것은 구성주의적 교육의 기초로서 학생에 대한 이해에 기반한 수업 설계를 가능하게

하며, 교사 자신이 학생들과 비슷한 오개념을 갖고 있는지 점검하게 한다. 또한, 오개념의 발생 원인이나 특징 등과 같이 학생들의 오개념 형성 과정을 심층적으로 이해할 수 있는 교육을 제공하여 화학 개념 학습에서 나타날 만한 다양한 오개념을 예상하도록 돕는 것도 필요하다.

둘째, 학생 오개념에 대한 지식의 내면화를 위해 예비 화학교사들이 수업 시연이나 교육실습을 통해 직접 학생들의 오개념을 검사하고 진단하거나 과학적 개념으로 변화시키는 교수 전략을 실행해보는 경험을 제공할 필요가 있다. 아는 것과 실천하는 것 사이에는 괴리가 있으므로, 학생 오개념과 관련된 실제적인 지식을 습득하기 위해서는 오개념에 대한 지식과 활용 방안 등의 지식을 적용하고 반성해 보는 활동이 필요하다. 또한, 이러한 과정에 예비 화학교사들의 요구가 높았던 지도 교수나 교사의 멘토링을 도입한다면, 예비 화학교사들의 부족한 지식이나 경험 미숙으로 인한 시행착오를 줄이고 현장과 관련된 맥락적인 지식까지 습득할 수 있을 것으로 기대된다.

셋째, 예비 화학교사들이 현장에서 장차 가르치게 될 주요 화학 개념에 대한 교육을 강화할 필요성이 있다. 이 연구 결과에서 일부 예비 화학교사들은 물질의 입자성을 불완전하게 이해하고 있었는데, 이는 학생들의 오개념을 인지하는 데 부정적인 영향을 끼칠 수 있다(Halim & Meerah, 2002). 또한, 지식 검사에서 과학적 개념으로 예비 화학교사들이 제시한 응답 중에는 오개념이 적지 않았다. 오개념을 가진 교사는 학생들에게 오개념을 전달할 우려가 있고(Berg & Brouwer, 1991), 동일한 오개념을 가진 학생들에게 오개념을 수정할 기회를 제공하지 못할 수 있다. 구성주의 관점에서 교사는 학생들의 과학적 개념 구성의 안내자 역할을 담당하므로 개념에 대한 교사 본인의 이해는 필수적이다(Yager, 1991). 따라서 중등 교육과정의 화학 개념에 대한 예비 화학교사들의 이해 수준을 확인하고 이를 향상시키는 방향으로 교육 프로그램이 개선되어야 할 것이다.

한편, 예비 화학교사들의 학생 오개념의 활용 방안이 구성주의적 관점과

차이가 있었던 원인으로 이들의 과학 교수 신념 등을 생각해 볼 수 있다. 정성적인 방법의 선행연구 결과(Morrison & Lederman, 2003), 학생 오개념에 효과적으로 대처하는 전략의 사용 여부는 구성주의적 교수 신념과 관련이 있었다. 그러나 예비 화학교사들의 학생 오개념에 대한 지식과 그 적용이 교수 신념과 어떤 관계가 있는지에 대해서는 체계적으로 조사되지 않았으므로, 추후 연구를 통해 알아볼 필요가 있다. 이를 통해 예비 화학교사의 학생 오개념에 대한 지식과 인식을 향상시키는 교육 프로그램을 보완할 수 있을 것이다.

Ⅵ. 참고 문헌

권재술, 이경호, 김연수 (2003). 인지갈등과 개념변화의 필요조건과 충분조건. 한국과학교육학회지, 23(5), 574-591.

권난주 (2000). 인지갈등에 의한 중학생의 과학 개념변화에서 학습자 특성의 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.

김경순 (2005). 화학 개념 학습에서 협동적 CAI와 상호동료교수적 CAI의 효과: 개념 이해와 언어적 상호작용. 서울대학교 박사학위논문.

김병인 (2000). 컴퓨터보조수업을 통한 고등학생의 세포분열에 대한 오개념 교정. 한국교원대학교 석사학위논문.

김찬종, 채동현, 임채성 (1999). 과학교육학개론. 서울: 북스힐.

김혜숙 (2003). 교원 '전문성'과 '질'의 개념 및 개선전략 탐색. 교육학연구, 41(2), 93-114.

노태희, 차정호, 김창민, 최용남 (1998). 중학교 과학수업에서 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 18(2), 161-171.

노태희, 임희준, 우규환 (1995). 화학양론과 기체 상태에 대한 중·고등학생의 개념 이해도 비교. 한국과학교육학회지, 15(4), 437-451.

박성미 (1990). 분자운동에 대한 학생들의 개념조사: 국민학생과 중학생을 대상으로. 서울대학교 석사학위논문.

박지애, 한수진, 노태희 (2010). 물질의 입자성과 관련된 학생들의 오개념에 대한 중등 교사들의 지식과 인식. 한국과학교육학회지, 30(1), 42-53.

박지연, 이경호 (2004). 과학 개념변화 연구에서 학생의 개념에 대한 이해: 오개념에서 정신모형까지. 한국과학교육학회지, 24(3), 621-637.

배태수, 최병순 (1991). 원자/분자에 관한 중등학교 학생과 과학교사의 오인

분석. 화학교육, 18(4), 313-318.

우수명 (2007). 마우스로 잡는 SPSS 14.0. 서울: 인간과 복지.

유승아, 구인선, 김봉곤, 강대호 (1999). 기체의 성질에 대한 중・고등학생들의 오개념에 관한 연구. 대한화학회지, 43(5), 564-577.

이광재 (1992). 기체의 부피 변화에 관한 학생들의 개념 유형과 전이 정도와의 관계. 한국교원대학교 석사학위논문.

이영민 (2004). 인지갈등이론을 통한 과학교육 오개념 해결을 위한 시스템 설계 및 구현. 한국교원대학교 석사학위논문.

이영직 (1998). 인지갈등이 학생들의 물리 개념변화에 미치는 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.

이정우 (2004). 사범대생의 눈으로 본 사범대학 교육의 의미: 서울대학교 사범대학 사회교육과의 사례를 중심으로. 사회과교육, 43(4), 107-137.

장명덕 (2010). 학생들의 과학 오개념에 관한 초등 예비 교사들의 이해. 초등과학교육학회지, 29(1), 32-46.

장주은(2004). 중학교 과학실험 전후에 오개념의 변화에 대한 연구. 충남대학교 석사학위논문.

정완호 (1997). 고등학생들의 생물 오개념 처치를 위한 수업모형 연구. 한국과학교육학회지, 17(3), 333-343.

조정일, 윤수미 (2002). 구성주의 과학교사를 만들기 위한 장기적인 현직 교육의 한 예. 한국과학교육학회지, 22(3), 632-648.

조희형 (1984). 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학학습의 관계. 한국과학교육학회지, 4(1), 34-43.

주영, 강훈식, 노태희 (2009). 초・중등 예비 교사들의 과학과 협동학습에 대한 인식과 교육요구. 대한화학회지, 53(4), 432-444.

최병순, 김범기, 김효남, 우종옥, 정완호, 정진우, 김대식, 이화국, 강순희, 허명 (1993). 과학 오개념의 한・영 비교 연구. 연구 보고서, 한국교원대학교.

황원철, 김정규 (1993). 사범대학 발전을 위한 교육과정과 교육실습 개선방향. 교육 이론과 실천, 3(1), 3-24.

홍미영 (1991). 고체, 액체, 기체 상태의 분자 운동에 대한 학생들의 개념 조사 : 국민학교 5, 6학년 학생과 중학교 학생을 대상으로. 서울대학교 석사학위 논문.

Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*. 31(2), 147-165.

Ausubel, D. (1968). *Educational psychology*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Ayas, A., Özmen, H., & Çalik, M. (2010). Students' conceptions of the particulate nature of matter at secondary and tertiary level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 165-184.

Basili1, P. A., & Sanford, J. P. (1991). Conceptual change strategies and cooperative group work in chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 293 - 304.

Bennett, J. (2003). *Teaching and Learning science: A guide to recent research and its applications*. London: Continum.

Berg. T., & Brouwer. W. (1991). Teacher awareness of student alternate conception about rotational motion and gravity. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 3-18.

Brown, A., & Clement, J. (1987). Misconception concerning Newton's law of action and reaction: The underestimated importance of the third law. *Physics Education*, 24, 353 - 358.

Chinn, C., & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of

responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623-654.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.

Driver, R., Brook, A., Briggs, H., & Bell, B. (1984). *Aspects of Secondary Students' Understanding of Heat: Full Report*. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Some features of children's ideas and their implications for teaching*. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), Children's ideas in science (pp. 193-201). Milton Keynes, UK: Open University Press.

Eaton, J. F., Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1983). When students don't know they don't know. *Science and Children*, 20(7), 7-9.

Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695-697.

Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.

Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary Teachers' Understanding of Students' Science Misconceptions: Implications for Practice and Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 19(5), 437-454.

Gorsky, P., & Finegold, M. (1994). The role of anomaly and of cognitive dissonance in restructuring students' concepts of force. *Instructional Science*, 22(2), 75-90.

Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students'

misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.

Halim. L., & Meerah, S. M. (2002). Science Trainee Teachers' Pedagogical Content Knowledge and Its Influence on Physics Teaching. *Research in Science and Technological Education*, 20(2), 215-225.

Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego: Academic Press.

Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolution*. Chicago: University of Chicago Press.

Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos, & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge* (pp. 91-196). London: Cambridge University Press.

Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA.: Wadsworth.

Meyer, H. (2004). Novice and expert teachers' conceptions of learners' prior knowledge. *Science Education*, 88(6), 970-983.

Morrison, J., & Lederman, N. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science Education*, 87(6), 849-867.

Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Junior high school pupil's understanding of particulate nature of matter: An crossage study. *Science Education*, 65(2), 187-196.

Nussbaum, J., & Novick, S. (1982) Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11(3), 183-200.

Osborn, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implication of*

children science. Auckland, New Zealand: Heinemann Publishers.

Otero, V. K., & Nathan, M. J. (2008). Preservice elementary teachers' views of their students' prior knowledge of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 497-523.

Piaget, J. (1985). *The Equilibration of Cognitive Structures*. Chicago: University of Chicago Press.

Pines, A. L., & West, L. T. (1986). Conceptional understanding and learning: An interpretation of research within a source of knowledge framework. *Science Education*, 70(5), 583-604.

Popper, K. R. (1959). *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Harper & Row.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.

Russell, J. W., & Kozma, R. B. (1997). Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, 74(3), 330-334.

Shepardson, D. P., & Moje, E. B. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuit. *International Journal of Science Education*, 21(1), 77-94.

Smith, D. C., & Neale, D. C. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and Teacher Education*, 5(1), 1-20.

Smith, E. L., & Anderson, C. W. (1984). Plants as producers: A case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science*

Teaching, 21(7), 685-698.

Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 305-313.

Tirosh, D., Stavy, R., & Cohen, S. (1998). Cognitive conflict and intuitive rules. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1257-1269.

Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education : A psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.

Vosniadou, S. (1999). Conceptual change research: State of the art and future directions. In W. Schnotz, S. Vosniadou, & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 3-13). Oxford, UK: Elsevier Science Ltd.

Yager, R. E. (1991). The Constructivist Learning Model. *Science Teacher*, 58(6), 52-57.

Ⅶ. 부　　록

<부록 Ⅶ-1> 학생 오개념에 대한 지식 검사지

※ 다음은 중학생들의 화학 오개념에 대한 질문입니다.

<답안 작성 방법>

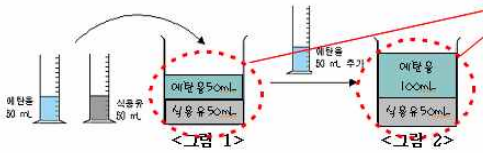
1) 각 문제(1~2번)에 대한 **과학적 개념**을 **그림과 글로** 적어 주십시오.
2) 각 문제에 대해 중학생들이 응답할 경우, **나올만한 오개념**을 **가능한 많이** 그림 또는 글로 적어 주십시오.
3) 여러분이 적은 오개념 중에서 **많이 나타날 것으로 생각되는 것**을 **3가지**만 골라, **가장 많이 나올 순서대로** 적어주십시오.

<예시 답안>

과학적 개념

에탄올 50 mL와 식용유 50 mL를 비커에 넣은 후, 에탄올 50 mL를 추가로 더 넣었다. 에탄올 50 mL, 식용유 50 mL를 비커에 넣었을 때의 결과를 **<그림 1>**에, 에탄올 50 mL를 더 넣은 후의 결과를 **<그림 2>**에 각각 그려보자.
단, 에탄올의 밀도는 0.79 g/mL이고, 식용유의 밀도는 0.93 g/mL이다.

문제지에 **과학적 개념의 그림**을 그립니다.



문제지에 **과학적 개념에 대한** 설명을 적습니다.

<그림 1>과 **<그림 2>**에 나타낸 에탄올과 식용유의 **분포**와 그렇게 생각한 **이유**에 대하여 자세히 설명해 보자.

***설명:** (그림 1): 에탄올의 밀도가 식용유보다 작으므로, 에탄올이 식용유 위에 뜬다.
(그림 2): 에탄올의 양(부피)이 식용유보다 2배 많지만, 물질의 밀도는 양과 관계없이 일정하다. 그러므로 밀도가 작은 에탄올이 식용유 위에 뜬다.

예상되는 중학생들의 오개념

① 종류에 관계없이 넣은 순서대로 쌓인다.

② 식 50mL / 에 50mL — 식용유가 뜬다.
<그림 1>

③ 〃 — 에탄올 추가 → 에 / 식 / 에 — 나중에 넣은 에탄올이 가장 윗층에
<그림 2>

④ 에 / 식 <처음> — → 식 / 에 <나중> — 에탄올 양이 많아지니까 에탄올이 가라앉는다.

⑤ 처음부터 식용유와 에탄올이 섞인다. 에탄올은 물이 아니니까.

⑥ <처음>은 ④번 그림과 동일 → <나중> 섞임.

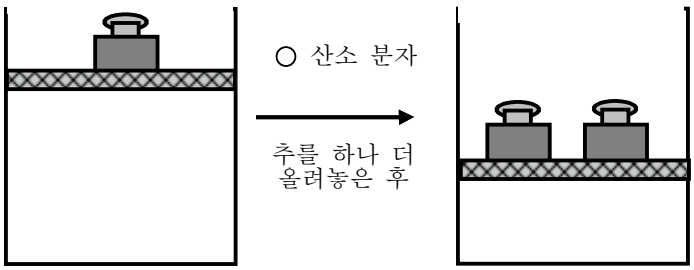
⑦ <그림 1>과 <그림 2> 에서 모두 식용유가 위에 뜬다. 기름은 뜨니까.

순위	중학생에게 많이 나올 오개념 순서대로 적어주세요.	④ > ① > ③

1. <u>기체의 압력과 부피의 관계</u> 개념에 대한 질문입니다.

과학적 개념

<그림 1>과 같이 산소 기체가 들어있는 용기 위에 추를 하나 더 올려놓았더니, **<그림 2>**와 같이 되었다. 용기 속에는 산소 분자가 **<u>8개</u>** 들어 있고, 이 분자를 볼 수 있다고 가정하자. 추를 더 올려놓기 전 용기의 내부 상태를 **<그림 1>**에, 추를 하나 더 올려놓은 후 용기의 내부 상태를 **<그림 2>**에 각각 그려보자.



<그림 1> **<그림 2>**

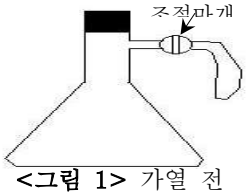
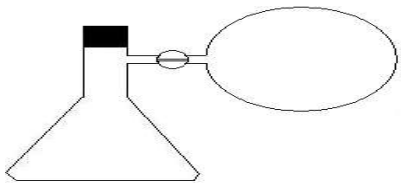
<그림 1>과 **<그림 2>**에 나타낸 산소 분자의 **<u>분포</u>**와 **<u>상태</u>**에 대하여 <u>자세히</u> 설명해 보자.

***설명:**

예상되는 중학생들의 오개념

순위	중학생에게 많이 나올 오개념 순서대로 적어주세요.	( ) > ( ) > ( )

2. <u>기체의 온도와 부피의 관계</u> 개념에 대한 질문입니다.

과학적 개념	**<그림 1>**과 같이 질소 기체가 들어 있는 플라스크의 가지에 <u>공기를 완전히 제거한</u> 고무풍선을 매달았다. <u>가지에 달린</u> <u>조절 마개를 열고</u> 플라스크를 가열하였더니, 고무풍선이 팽팽하게 부풀어 올랐다. 플라스크 안에 <u>10개</u>의 질소 분자가 들어 있으며, 이 분자를 볼 수 있다고 가정하자. 가열하기 전 질소 분자의 분포를 **<그림 1>**에, 가열한 후 질소 분자의 분포를 **<그림 2>**에 각각 그려보자.  **<그림 1>** 가열 전 ○ 질소 분자 조절마개를 열고 플라스크 가열  **<그림 2>** 가열 후 **<그림 1>**과 **<그림 2>**에 나타낸 질소 분자의 **<u>분포</u>**와 **<u>상태</u>**에 대하여 <u>자세히</u> 설명해 보자. ***설명:**

예상되는 중학생들의 오개념	
순위	중학생에게 많이 나올 오개념 순서대로 적어주세요. ( ) > ( ) > ( )

<부록 Ⅶ-2> 학생 오개념에 대한 인식 검사지

※ 다음은 학생들이 지니고 있는 과학 오개념에 대한 여러분의 인식을 묻는 문항입니다.

1. 학생들이 지니고 있는 과학 오개념을 아는 것이, 과학 개념을 지도하는데 필요하다고 생각합니까?

① 매우 필요하다 ② 필요하다 ③ 그저 그렇다
④ 필요하지 않다 ⑤ 전혀 필요하지 않다

2. 과학을 가르칠 때 학생들의 과학 오개념을 어떻게 활용할 수 있는지 아는대로 적어 주십시오.

3. 여러분이 교사가 되었을 때, 학생들의 오개념을 얼마나 자주 수업 준비 또는 수업에 활용할 것입니까?

① 자주 활용한다 ② 가끔 활용한다
③ 별로 활용하지 않는다 ④ 전혀 활용하지 않는다

※ 위 3번 문항에서 ③, ④를 선택하신 분들만 응답해 주십시오.

3-1. 학생들의 과학 오개념을 활용하지 <u>않는</u> 이유는 무엇입니까?

<부록 Ⅶ-3> 학생 오개념에 대한 교육요구 검사지

중학생의 화학 오개념에 대한 교육요구 검사지

※ 다음은 여러분의 인적 사항에 대한 질문입니다.

❖ 성 별: ① 남 ② 여

❖ 나 이: 19 년 생

❖ 학 과: _____ 과

❖ 교생 실습 여부: ① 있다 (중학교 / 고등학교) ② 없다

❖ 졸업 후 교직에 진출할 의향:

① 있다 ② 아직 고민 중이다 ③ 다른 진로를 계획 중이다

❖ 보일의 법칙과 샤를의 법칙에 대한 내용을 화학교육 관련 강의나 실습(모의 수업이나 교생 실습 등)에서 접한 경험: ① 있다 ② 없다

Ⅰ. 다음은 여러분이 학생들의 화학 오개념을 접한 경험을 묻는 문항입니다.

과학적 개념과 일치하지 않는 학생의 생각은 관점에 따라 여러 가지 용어로 불리고 있는데, 여기서는 과학적 개념과 다른 학생들의 생각을 '오개념'이라는 용어로 표현하였습니다.

1. 학생들이 지니고 있는 화학 오개념을 어떻게 알게 되었습니까? (복수 응답 가능)

① 화학교육 관련 강의나 실습(교생실습 포함) ② 관련 자료를 통해

③ 개인적인 경험에서 ④ 기타_____

2. 학생들이 지니고 있는 화학 오개념에 대해 배웠거나, 화학 오개념을 활용한 수업 진행 또는 참관을 해 본 화학교육 관련 강의명과 대략의 시간을 모두 적어주십시오.

예) 화학교육론 (1.5 시간)

3. 학생들이 지니고 있는 화학 오개념을 화학교육 관련 강의나 실습을 통해 알게 되었다면, 구체적으로 어떤 과정에서 알게 되었습니까? (복수 응답 가능)

① 이론 강의
② 수업 자료(활동지, 지도안 등) 제작
③ 수업 시연(모의 수업) 활동
④ 교생 실습(수업 진행 또는 수업 참관)
⑤ 연구논문을 통한 학습(과제 또는 발표 등)
⑥ 기타_____

4. 학생들이 지니고 있는 화학 오개념을 관련 자료를 통해 알게 되었다면, 구체적으로 어떤 자료에서 알게 되었습니까? (복수 응답 가능)

① 화학교육 관련 강의 자료
② 과학 교육학 관련 전공 서적
③ 인터넷
④ 중학교 과학 교과서
⑤ 중학교 과학 교사용 지도서
⑥ 연구 논문 및 오개념
⑦ 기타_____

5. 화학 오개념과 관련된 과제나 실습(모의 수업, 교생 실습)을 하면서 어려웠던 점은 무엇이었습니까? (복수 응답 가능)

① 다양한 화학 개념에 대해 학생들이 지니고 있는 오개념을 모름
② 오개념을 활용하는 방법이나 오개념을 변화시키는 수업 전략에 대해 잘 모름
③ 오개념을 설명하는 학습 이론에 대한 지식이 부족함
④ 학생의 오개념 자료나 이를 활용한 교수-학습 자료가 부족함
⑤ 오개념 관련 자료를 어디에서 찾아야 하는지 모름
⑥ 기타

※ 다음은 화학교육 관련 강의에서 다룰 수 있는 화학 오개념 관련 교육 항목입니다. 각 항목이 자신에게 필요한 정도를 ○로 표시해 주십시오.

	교육 항목	전혀 필요하지 않다	필요하지 않다	보통이다	필요하다	매우 필요하다
1	다양한 화학 개념에 대해 학생의 오개념을 소개하는 강의가 필요하다.	1	2	3	4	5
2	과학 수업에서 학생의 오개념을 활용하는 방법이나 학생의 오개념을 과학적 개념으로 변화시키는 수업 전략에 대한 강의가 필요하다.	1	2	3	4	5
3	학생의 오개념과 관련된 학습 이론 등의 이론적 내용에 대한 강의가 필요하다.	1	2	3	4	5
4	학생의 오개념과 관련된 연구 결과를 다루는 강의가 필요하다.	1	2	3	4	5
5	학생의 오개념 자료나 이를 활용한 교수-학습 자료의 제공이 필요하다.	1	2	3	4	5
6	학생의 오개념과 관련된 자료를 어디에서 찾을 수 있는지에 대한 안내가 필요하다.	1	2	3	4	5
7	오개념을 활용한 수업 시연(모의 수업) 또는 교생 실습 경험이 필요하다.	1	2	3	4	5
8	오개념을 활용하여 수업 자료(활동지, 지도안 등)를 제작해보는 실습이 필요하다.	1	2	3	4	5
9	학생의 오개념을 활용한 수업 시연(모의 수업) 또는 교생 실습 과정에서 지도교수나 지도교사의 조언이 필요하다.	1	2	3	4	5
10	오개념을 활용한 현직 교사의 수업을 참관하거나 동영상으로 시청 하는 프로그램이 필요하다.	1	2	3	4	5

*위에 제시된 교육 항목 이외에, 화학교육 관련 강의에서 화학 오개념과 관련하여 제공할 필요가 있다고 생각되는 것이 있으면 적어주십시오.

Abstract

Pre-service Chemistry Teachers' Awareness of Middle School Students' Misconceptions and Their Perceived Educational Needs

Younok Park
Department of Science Education, Major in Chemistry
The Graduate School
Seoul National University

In this study, we investigated pre-service chemistry teachers' awareness and perceptions of middle school students' misconceptions and their perceived educational needs. A survey was administered to 87 seniors at the department of chemistry education of five colleges of education. The instrument was consisted of a test for their awareness and perceptions of students' misconceptions on chemistry topics and an educational need test for their experiences and needs for learning them. Analyses of the results revealed that most pre-service teachers were not thoroughly aware of students' misconceptions related to the particulate nature of matter. The perceptions of a necessity of knowing misconceptions and a willingness to deal with them were positive. However there were few pre-service teachers addressing them according to the constructivism. The pre-service teachers encountered misconceptions through chemical education courses, and had difficulties in practicing teaching strategies addressing misconceptions because of limited examples of misconceptions and insufficiencies of methods/materials in teaching. They also needed lectures

and practices related to students' misconceptions. Educational implications of these findings are discussed.

Key words: Misconception, Pre-service teacher, Educational need

Student Number: 2009-21525