

# 분자 구조에 대한 고등학생들의 개념 이해도와 인지 변인의 관계

노태희 · 서인호 · 차정호 · 김창민 · 강석진  
(서울대학교)

## The Relationships among High School Students' Conceptual Understanding of Molecular Structure and Cognitive Variables

Noh, Taehee · Seo, Inho · Cha, Jeongho  
· Kim, Changmin · Kang, Sukjin  
(Seoul National University)

### ABSTRACT

In this study, the relationships among students' conceptual understanding of molecular structure and cognitive variables were investigated for 165 high school students. After they had learned 'High School Chemistry II' for two semesters, the tests of conception concerning molecular structure, spatial visualization ability, logical thinking ability, mental capacity, and learning approach were administered. The results indicated that students' conceptual understanding of molecular structure was not sound, and several misconceptions were found. The scores of the conception test were significantly correlated with all the cognitive variables studied. Multiple regression analyses were conducted to examine the predictive influences of students' cognitive variables on their conceptual understanding. Meaningful learning approach was the most significant predictor and were followed by logical thinking ability, rote learning approach, and mental capacity. However, spatial visualization ability did not have the predictive power.

**Key words:** molecular structure, conceptual understanding, cognitive variable.

### I. 서 론

분자 구조 개념은 현대 화학에서 다루는 다양한 내용들의 기초가 된다는 점에서 중요하게 다루어진다. 제6차 고등학교 화학 II 교육과정에서도 원자의 전자

배치, 주기율과 주기율표, 화학 결합의 종류 다음에 분자의 구조가 제시되고 있는데(교육부, 1995), 이는 무기 화합물과 탄소 화합물의 특성을 이해하는 데 분자 구조가 필수적인 기초 개념이기 때문이다. 그러나 학생들이 분자 구조 개념을 이해하는데 많은 어려움

을 겪는다고 지적되고 있다(노태희, 차정호 등, 1999; Peterson, Treagust, & Garnett, 1989; Tuckey, Selvaratnam, & Bradley, 1991). 효과적인 학습을 위해서는 학생들이 분자 구조를 설명하거나 예측할 때 사용하는 개념적·절차적 지식의 문제점(Furió & Calatayud, 1996) 뿐 아니라, 개념 이해 수준에 영향을 미치는 요인들을 밝혀낼 필요성이 있다.

일부 연구에서는 3차원 공간에서 사물을 시각화하고 정신적으로 조작하는 능력인 공간 지각 능력(Anderson, 1985)과 분자 구조에 대한 개념 이해 사이의 직접적인 관련성이 제안되었다. 공간 지각 능력은 금속 결정의 개념 문제 해결(Bodner & McMillen 1986)이나 유기 화학의 분자 구조에 대한 개념 이해(Pribyl & Bodner, 1987)와 유의미한 상관이 있었다. 또한, 학생들은 평면적 분자 구조보다 입체적 분자 구조의 학습에서 어려움을 겪으며, 3차원적인 배열을 고려하지 않고 단순히 루이스 구조식으로부터 분자의 모양을 결정하는 경향이 있다(Furió & Calatayud, 1996; Tuckey et al., 1991). 따라서, 분자 구조에 대한 개념 이해에서 공간 지각 능력은 중요한 역할을 할 것으로 예측할 수 있다. 그리고 화학 관련 개념에서 논리적 사고력(노태희, 임희연, 김창민, 강석진, 1999)이나 기억 용량(Niaz, 1996)의 설명력이 유의미하였던 선행 연구들은 이들 인지 변인과 분자 구조에 대한 개념 이해 사이에 관련이 있을 가능성을 시사한다.

한편, 개념 학습의 경우 학습 접근 방식이 논리적 사고력보다 큰 설명력을 지니며, 기계적 학습 접근 방식을 취하는 학습자들은 학습에서 다양한 제한점들을 가지고 있는 것으로 보고되었다(Cavallo, 1996). 유의미 접근 방식을 취하는 학습자는 개별적인 사실을 단순히 암기하기보다는 여러 선지식들을 유기적으로 연결시켜 이해한다. 분자 구조 개념을 이해하기 위해서는 원자가전자 수, 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍, 루이스 전자식, 전자쌍 반발 이론 등 많은 선지식이 필요하다(Furió & Calatayud, 1996; Tuckey et al., 1991). 따라서, 여러 선지식들을 바탕으로 한 통합적 사고가 요구되는 분자 구조 개념 학습에서 학습 접근 방식이 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

이에 본 연구에서는 분자 구조를 배운 고등학교 2학년 학생들을 대상으로 공간 지각 능력, 논리적 사고력, 기억 용량, 학습 접근 방식 등의 인지 변인들과 분자 구조에 대한 개념 이해도 사이의 관계를 조사하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 대상 및 절차

본 연구는 서울시에 소재한 인문계 고등학교 2학년 자연 계열 남학생 165명을 대상으로 하였다. 대상 단원인 고등학교 화학 II의 '화학 결합과 화합물' 단원 중 '분자의 모양과 분자간의 힘'을 학습한 후, 분자 구조에 대한 개념, 공간 지각 능력, 논리적 사고력, 기억 용량, 학습 접근 방식 검사를 실시하였다.

### 2. 검사 도구

분자 구조에 대한 개념 검사는 총 5문항으로서, 주어진 조건을 바탕으로 적절한 분자 모형이나 기하학적 도형을 답지 중에서 선택하고 그 이유를 서술하는 형식으로 구성하였다(Table 1). 각 문항의 하위 목표(Table 2)는 교육과정(교육부, 1995) 및 선행 연구(노태희, 차정호 등, 1999; Furió & Calatayud, 1996; Peterson et al., 1989)에 기초하여 설정하였다. 50명의 고등학교 2학년 학생들을 대상으로 예비 검사를 실시하여 문항을 수정·보완하였다. 검사지에 포함된 문항의 예를 부록에 제시하였다. 개념 검사는 과학 교육 전문가 3인과 과학 교사 1인에게 안면 타당도를 검증 받았으며, 본 연구에서 구한 신뢰도(Cronbach  $\alpha$ )는 .53이었다.

공간 지각 능력은 short-version Purdue Visualization of Rotations Test(Bodner & McMillen, 1986)로 측정하였다. 문제는 보기에서 도형이 회전한 방식을 찾아내어, 5개의 답지 중에서 주어진 도형을 동일한 방식으로 회전시킨 후의 모양을 고르는 형식으로 구성되어 있다. 이 검사는 총 20문항이며, 분석적 사고에 의한 풀이를 막기 위하여 검사 시간을

**Table 1.** Information and diagram/model presented in the items of the conception test

Item No.	Information provided	Diagram/model presented
1	Lewis structure	Ball and stick model
2	Molecular formula and number of valence electrons	Geometrical figure
3	Molecular formula and polarity of molecule	Ball and stick model
4	Molecular formula and number of valence electrons	Ball and stick model with nonbonding electrons
5	Geometrical figure	Ball and stick model with nonbonding electrons

**Table 2.** Objectives for the items of the conception test

Objective	Item No.
Counting bonding and nonbonding electron pairs from the Lewis structure	1, 2, 4, 5
Explaining molecular geometry by using the VSEPR theory	1, 2, 4
Explaining molecular geometry on the basis of polarity	3

10분으로 제한하였다. 본 연구에서 구한 Cronbach  $\alpha$  는 65였다.

논리적 사고력은 12문항으로 구성된 short-version Group Assessment of Logical Thinking (Roadrangka, Yeany, & Padilla, 1983)으로 측정하였다. 본 연구에서 구한 신뢰도 계수(Cronbach  $\alpha$ ) 는 51이었다.

기억 용량은 제시된 여러 개의 도형들이 겹친 영역을 찾아내는 문항들로 구성된 Figural Intersection Test-RAC 794(FIT-RAC 794)로 측정하였다. FIT-RAC 794는 연습 문항 6개와 검사 문항 36개로 구성되어 있으며, FIT 사용 설명서(Pascual-Leone & Burtis, 1974)에 따라 40분간 검사를 실시하였다. 본 연구에서 구한 신뢰도(Cronbach  $\alpha$ ) 는 .83이었다.

학습 접근 방식은 Learning Approach Questionnaire(Cavallo, 1996)로 측정하였다. 이 검사지는 유의미 접근 방식 13문항과 기계적 접근 방식 11문항으로 구성되어 있다. 그런데 유의미 접근 방식과 기계적 접근 방식 사이의 상관은 매우 낮고(전경문과 노태희, 1997), 일부 선행 연구의 경우(Anderman

& Young, 1994) 두 접근 방식을 구분하여 다루고 있다. 따라서, 본 연구에서는 유의미 접근 방식과 기계적 접근 방식을 각각 하나의 독립적인 변인으로 사용하였다. 유의미 접근 방식과 기계적 접근 방식의 Cronbach  $\alpha$  는 각각 .82와 .67이었다.

### 3. 분석 방법

개념 검사의 채점에서 올바른 분자 구조를 선택했을 경우 1점을 부여하였고, 그 이유에 대한 서술에서 각 하위 목표 개념에 도달했을 경우 1점씩을 추가로 부여하였으므로, 각 문항별 총점은 하위 목표 개념의 수에 따라 2점(3, 5번 문항) 혹은 3점(1, 2, 4번 문항)이다. 학생들의 응답에 대해 연구자 2인이 각각 채점한 후 일치도를 구하고 차이를 검토하는 과정을 반복하였다. 최종적으로 구한 연구자간 일치도는 95%였고, 이를 바탕으로 연구자 중 1인이 모든 채점을 실시하였다. 개념 이해도와 인지 변인들 간의 상관관계를 조사한 후, 인지 변인의 설명력을 조사하기 위해 개념 이해도를 준거 변인, 인지 변인들을 예언 변인으

로 하는 단계적 중다 회귀 분석(stepwise multiple regression analysis)을 실시하였다.

### III. 결과 및 논의

#### 1. 개념 검사 결과

분자 구조에 대한 개념 검사에서 객관식 질문 및 문항 전체의 정답률은 (Table 3)과 같다. 올바른 분자 구조를 묻는 객관식 질문에 대한 정답률은 비교적 높았지만, 이유 설명까지 포함한 문항 전체의 정답률은 26.4~44.2%에 불과했다. 이러한 결과는 학생들이 적절한 분자 구조를 선택하는데 필요한 개념적, 절차적 지식이 부족한 상태에서 주어진 정보를 이용하여 올바른 분자 구조 모형을 선택하는 방법만을 암기하고 있음을 의미한다.

Table 3. Percentages of correct responses in the conception test

Item No.	1	2	3	4	5
Multiple choice	75.2	53.3	75.2	60.0	39.4
Total	33.1	32.3	44.2	30.5	26.4

개념 검사의 서술형 응답에서는 여러 종류의 오개념이 나타났다. 루이스 구조식을 바탕으로 분자 구조를 예측하도록 한 1번 문항에서는 12학년과 대학생들을 대상으로 한 Furió와 Calatayud(1996)의 연구와 유사하게 루이스 구조식과 분자의 구조를 동일시하는 오개념이 발견되었다(5.5%). 그러나 선행 연구에서 50~60%의 학생들이 이러한 오개념을 나타내었던 것에 비해 우리 나라 고등학생들의 경우에는 상대적으로 그 비율이 적었다. 한편, 원자가전자가 6개이므로 옥텟 규칙에 어긋나서 답이 없다고 생각하는 학생들도 있었다(9.1%). 분자식과 원자가전자 수를 제시하고, 이 분자 구조와 유사한 기하학적인 도형을 선택하는 2번 문항에서는 구성 원자의 원자가전자 수를 산술적으로 더하여 그 비율을 계산한 후 도형의 꼭지점이나 면의 수에 대응시키는 학생이 많았다(11.5%). 예를 들어, 'A는 원자가전자 수가 4개, X는 28개이므로, A:X=1:7이고 분자 구조와 유사한 기하학적 도형은 꼭지점이 8개이다'라는 응답이 이에 해당한다. 즉, 학생들은 분자 구조 예측에 일반적으로 사용되는 전자쌍 반발 이론에 대한 지식이 부족하여 원자가전자 수를 단지 산술적으로 조작하여 문제를 해결하려는 경향이 있음을 알 수 있다.

비공유 전자쌍의 오비탈이 포함된 분자 구조를 제공한 4번 문항에서는 오비탈 그림을 하나의 원자로 전자로 생각하는 경향이 나타났다(6.7%). 이는 비공유 전자쌍을 강조하기 위하여 사용되는 오비탈 그림이 오히려 분자 구조를 이해하는데 장애 요인이 될 가능성을 시사한다. 그 외에도 분자 구조가 대칭이면 극성이 상쇄되어 무극성이 된다는 것을 이해하지 못하고, 결합의 극성과 분자의 극성을 동일시하는 오개념(13.3%)이나 평면 구조와 입체 구조를 구별하지 못하는 오개념(8.5%)도 발견되었다. 한편, 선행 연구(노태희, 차정호 등, 1999)에서와 마찬가지로 적지 않은 학생들이 원자와 전자, 원자와 분자, 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 등의 용어를 혼동하고 있었다(17.6%).

비공유 전자쌍의 오비탈이 포함된 분자 구조를 제공한 4번 문항에서는 오비탈 그림을 하나의 원자로 전자로 생각하는 경향이 나타났다(6.7%). 이는 비공유 전자쌍을 강조하기 위하여 사용되는 오비탈 그림이 오히려 분자 구조를 이해하는데 장애 요인이 될 가능성을 시사한다. 그 외에도 분자 구조가 대칭이면 극성이 상쇄되어 무극성이 된다는 것을 이해하지 못하고, 결합의 극성과 분자의 극성을 동일시하는 오개념(13.3%)이나 평면 구조와 입체 구조를 구별하지 못하는 오개념(8.5%)도 발견되었다. 한편, 선행 연구(노태희, 차정호 등, 1999)에서와 마찬가지로 적지 않은 학생들이 원자와 전자, 원자와 분자, 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 등의 용어를 혼동하고 있었다(17.6%).

#### 2. 개념 이해도와 인지 변인들 사이의 상관 관계

분자 구조에 대한 개념, 공간 지각 능력, 논리적 사고력, 기억 용량, 유의미 접근 방식, 기계적 접근 방식 검사 점수의 평균 및 표준 편차를 (Table 4)에 제시하였다. 논리적 사고력 검사의 평균은 8.73으로서 구체적 조작 단계(0-4점)에 속하는 학생이 전체의 4%, 전이 단계(5-7점)와 형식적 조작 단계(8-12점)에 속하는 학생이 각각 20%와 76%였다. 즉, 대부분의 학생들이 전이 단계와 형식적 조작 단계에 해당하는 것으로 나타났다. 기억 용량의 경우, 3단계 이하인 학생이 전체 학생의 2%, 4단계 12%, 5단계 24%, 6단계 27%, 그리고 7단계인 학생이 36%였다.

분자 구조에 대한 개념 검사 점수와 인지 변인 검사 점수들 사이의 단순 상관 계수를 (Table 5)에 제시하였다. 개념 이해도는 모든 인지 변인들과 .17~.37의 범위에서 유의미한 상관이 있었다. 개념 이해도와 가장 높은 상관을 지닌 변인은 유의미 접근 방

**Table 4.** Means and standard deviations of the test scores

Variable (Total score)	Con (12)	SV (20)	LT (12)	MC (8)	ML (65)	RL (11)
Mean	4.09	15.53	8.73	6.04	32.02	32.81
(SD)	(2.09)	(2.79)	(1.79)	(1.00)	(8.58)	(6.14)

Con: conception, SV: spatial visualization ability, LT: logical thinking ability, MC: mental capacity, ML: meaningful learning approach, RL: rote learning approach

**Table 5.** Correlation coefficients among the test scores of the conception and students' cognitive variables

Variable	Con	SV	LT	MC	ML
SV	.21**				
LT	.26**	.20**			
MC	.29**	.22**	.33**		
ML	.37**	.05	-.01	.14*	
RL	.17*	-.02	-.09	-.06	.02

\*p<.05, \*\*p<.01.

**Table 6.** Multiple regression analysis summary of the students' cognitive variables on the conception test scores

Step	Variable entered	Multiple R	Accum. R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> change
1	ML	.374	.140	.140**
2	LT	.457	.209	.069**
3	RL	.494	.244	.035**
4	MC	.522	.272	.028*
5	SV	.534	.285	.013

\*p<.05, \*\*p<.01

식이며, 기계적 접근 방식이 가장 낮은 상관을 나타냈다. 또한, 논리적 사고력과 기억 용량은 유의미한 상관이 있었으며, 공간 지각 능력은 논리적 사고력 및 기억 용량과 유의미한 상관이 있었다.

한편, 선행 연구(전경문과 노태희, 1997)에서와 유사하게, 본 연구에서도 유의미 접근 방식과 기계적 접근 방식 사이에 상관이 매우 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 사실이나 공식의 암기 능력이 평가에서 상대적으로 중요한 위치를 차지하고 있을 경우, 학생들은 유의미 접근과 기계적 접근을 동시에 취할 수도 있기 때문인 것으로 생각할 수 있다. 즉,

유의미 접근 방식과 기계적 접근 방식은 반드시 배타적이지 않으므로, 두 변인을 통합하여 학습 접근 방식이라는 하나의 변인으로 사용하는 것보다 각각을 독립적인 변인으로 취급하는 것이 타당할 것으로 생각된다.

### 3. 개념 이해도에 대한 중다 회귀 분석 결과

개념 이해도에 대한 인지 변인들의 설명력을 조사하기 위한 단계별 중다 회귀 분석 결과( Table 6)에 제시하였다. 회귀 분석 결과, 개념 검사 점수에 대

하여 유의미한 예언력을 지닌 변인은 유의미 접근 방식, 논리적 사고력, 기계적 접근 방식, 그리고 기억 용량이었으며, 이 변인들은 분자 구조에 대한 개념 이해도의 27.2%를 설명하였다.

가장 설명력이 큰 변인은 유의미 접근 방식으로서 전체 변량의 14.0%를 설명하였으며, 논리적 사고력은 추가적으로 6.9%를 설명하였다. 즉, 분자 구조 개념 학습에서 포괄적인 인지 능력인 논리적 사고력보다는 유의미 접근 방식이 더 중요한 요인으로 나타났다. 문제 해결과 개념 이해에서 인지 변인의 설명력을 조사한 선행 연구들(노태화와 전경문, 1997; BouJaoude, 1992; Cavallo, 1996)에서도 문제 해결에서는 논리적 사고력의 예언력이 컸지만, 개념 이해에서는 유의미 접근 방식의 예언력이 더 큰 것으로 보고되었다. 분자 구조 개념을 이해하기 위해서는 기하학적 모양, 루이스 전자식, 원자가전자 수, 중심 원자의 공유 및 비공유 전자쌍 수, 극성, 전자쌍 반발 원리 등 관련 개념들 사이의 유기적인 관계가 파악되어야 한다(Furió & Calatayud, 1996; Tuckey et al., 1991). 따라서, 학습 과정에서 여러 개념들 사이의 의미를 재구성하는 유의미 접근 방식을 선호하는 학생들이 보다 효과적으로 개념을 학습하게 되는 것으로 해석할 수 있다.

기계적 접근 방식 또한 회귀식에 포함되어, 개념 이해도의 3.5%를 추가적으로 설명하였다. 이러한 결과는 학생들이 관련된 적절한 개념적, 절차적 지식에 대한 이해 없이 주어진 정보를 이용하여 정답을 선택하는 방법만을 기계적으로 암기하는 경향이 영향을 미친 것으로 추측할 수 있다. 그러나 한편으로는 일반적으로 학습에 부적인 영향을 주는 것으로 간주되어 온 기계적 접근 방식도 개념 학습에서 일정한 역할을 할 가능성이 있으므로, 이에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다. 마지막으로, 기억 용량 또한 유의미한 설명력을 갖는 것으로 나타났으나 논리적 사고력과의 상관으로 인하여 추가적인 설명력(2.8%)은 크지 않았다.

한편, 대학생들도 분자의 3차원적 구조를 시각화하는 기술이 부족한 것으로 보고되었던 선행 연구(Furió & Calatayud, 1996; Tuckey et al.,

1991)에 근거하여 분자 구조 개념 이해에 핵심적인 역할을 할 것으로 기대했던 공간 지각 능력은 예상과 달리 설명력이 유의미하지 않았다. 즉, 공간 지각 능력이 개념 이해도와 유의미한 상관성이 있긴 했지만, 논리적 사고력 및 기억 용량과의 상관으로 인해 추가적인 설명력은 상대적으로 작았던 것으로 보인다. 그러나 한편으로는 공간 지각 능력의 설명력이 유의미하지 않았던 결과는 일반적인 의미의 공간 지각 능력만으로는 분자 구조에 대한 개념 학습을 설명할 수 없을 가능성을 시사한다. 예를 들어, 최소한으로 요구되는 공간 지각 능력을 갖춘 학생일지라도 전자쌍 반발 이론에 대한 지식이 부족할 경우 분자 구조의 올바른 예측에 실패할 것이므로, 분자 구조 개념의 이해에는 특정한 선지식과 공간 지각 능력이 동시에 필요할 가능성도 생각할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

분자 구조 개념은 현대 화학에서 다루는 여러 화합물의 성질을 학습하기 위해서 필수적인 기초 개념이다. 그러나 이러한 중요성에 비해 학생들의 분자 구조에 대한 개념 이해도나 관련된 인지 변인을 밝히는 연구들은 상대적으로 부족하다. 따라서, 본 연구에서는 고등학생들의 분자 구조에 대한 개념을 조사하고, 개념 이해도와 학생의 인지 변인들 사이의 관계를 연구하였다.

분자 구조 개념에 대한 조사 결과, 비교적 많은 학생들이 올바른 분자 구조를 선택하였으나, 분자가 특정한 구조를 가지는 이유를 전자쌍 반발 이론이나 극성과 관련지어 설명하는 데는 어려움을 겪고 있었다. 또한, 학생들은 분자 구조와 관련된 여러 가지 오개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 그러나 오개념의 내용을 고려할 때, 분자 구조에 관련된 오개념은 학생들의 이전 경험에 근거한 뿌리 깊은 대안적 사고 방식이라기보다는 필요한 선행 지식의 부족에서 유래하는 개념적 어려움일 가능성이 더 큰 것으로 생각된다. 따라서, 분자 구조 개념에 대한 학생들의 이해도를 높이기 위해서는 우선, 분자의 구조를 설명하는데 필수적인 기초 지식을 숙달시키는 것이 선행되어야

하고, 이를 바탕으로 올바른 분자 구조를 예측하기 위해 이러한 기초 지식이 어떻게 유기적으로 조직되어야 하는지를 가르쳐야 할 것이다.

개념 이해도는 본 연구에서 조사한 모든 인지 변인들과 유의미한 상관이 있었다. 중다 회귀 분석 결과, 유의미 접근 방식이 개념 이해도를 가장 잘 예측하는 변인이었고, 논리적 사고력, 기계적 접근 방식, 기억 용량의 순서로 유의미한 설명력을 지니고 있었다. 그러나 개념 이해도와 유의미한 상관을 보였던 공간 지각 능력은 설명력이 없었는데, 이는 분자 구조 개념의 이해에 요구되는 공간 지각 능력의 개념적 속성들이 보다 정확하게 규정되어야 함을 시사한다. 한편, 일반적으로 학습에 부정적인 영향을 미치는 것으로 주장되어 온 기계적 접근 방식이 본 연구에서는 개념 이해도를 유의미하게 설명하였으나, 이는 분자 구조 개념이 단편적인 암기로 학습되고 있음을 간접적으로 보여준다. 여러 선행 연구에서 기계적 접근 방식의 제한점이 일관되게 지적됨을 고려할 때(Cavallo, 1996; Meece & Jones, 1996), 학생들이 개념간의 의미를 능동적으로 관련짓는 유의미 접근 방식을 갖도록 유도하는 것이 바람직할 것이다.

한편, 특정한 선행 지식의 부족이 분자 구조 개념의 이해에 영향을 줄 수 있으므로, 루이스 구조식 그리기, 공유 및 비공유 전자쌍 결정하기, 전자쌍 반발 이론 등의 선행 지식에 대한 숙달 정도가 분자 구조 개념 이해에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해, 추후 연구에서는 분자 구조 개념을 더 많이 공부한 대학생을 대상으로 한 개념 조사 연구를 실시하고, 그 결과를 본 연구와 비교해야 할 것이다. 한편, 본 연구에서는 고등학교 화학교육과정에 따라 두 종류의 원소로 구성된 정형화된 분자 구조 모형만을 사용하였으므로, 분자 구조 개념의 이해에 미치는 공간 지각 능력의 영향이 미미하게 나왔을 가능성이 있다. 따라서, 복잡한 공간적 재구조화가 요구되는 경우를 대상으로 공간 지각 능력을 비롯한 여러 인지 변인이 미치는 영향을 조사할 필요가 있다.

## 적 요

본 연구에서는 고등학생 165명을 대상으로 학생들의 분자 구조에 대한 개념 이해도와 인지 변인들 사이의 관계를 조사하였다. 학생들이 두 학기 동안 '고등학교 화학 II' 과목을 학습한 후, 분자 구조에 대한 개념, 공간 지각 능력, 논리적 사고력, 기억 용량, 학습 접근 방식 검사를 실시하였다. 연구 결과, 분자 구조 개념에 대한 학생들의 이해는 불완전하였으며, 몇 가지 오개념이 발견되었다. 개념 검사 점수는 모든 인지 변인 검사 점수들과 유의미한 상관이 있었다. 개념 이해에 대한 인지 변인들의 예언력을 조사하기 위해 중다 회귀 분석을 실시하였다. 유의미 학습 접근 방식이 가장 큰 예언력을 나타내었고, 논리적 사고력, 기계적 학습 접근 방식, 기억 용량의 순으로 예언력이 컸다. 그러나 공간 지각 능력은 예언력이 없었다.

## 참 고 문 헌

- 교육부(1995). 고등학교 과학과 교육과정 해설. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 노태희와 전경문(1997). 문제와 문제해결자 특성에 따른 화학 문제해결: 문제해결 시간과 전이 분석. 한국과학교육학회지, 17(1), 11-19.
- 노태희, 임희연, 김창민, 강석진(1999). 학습자의 인지 및 동기 변인들과 비유를 통한 개념 이해도의 관계. 한국과학교육학회지, 19(3), 471-478.
- 노태희, 차정호, 정태호, 전경문, 한재영, 최용남(1999). 고등학교 개념 학습에 적용한 협동학습에서 학습자의 성취도를 고려한 소집단 구성의 효과. 한국과학교육학회지, 19(3), 400-408.
- 전경문과 노태희(1997). 학생들의 과학 학습 동기 및 전략. 한국과학교육학회지, 17(4), 415-423.
- Anderson, J. R.(1985). *Cognitive psychology and its implications*. San Francisco: Freeman.
- Anderman, E. M., & Young, A. J.(1994). Motivation and strategy use in science: Individual differences and classroom effects. *Journal of Research in Science Teaching*,

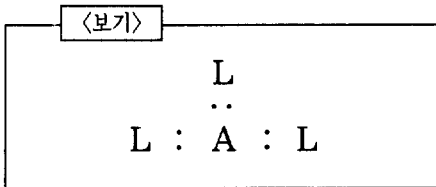
- 31(8), 811-831.
- Bodner, G. M., & McMillen, T. L. B.(1986). Cognitive restructuring as an early stage in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 727-737.
- BouJaoude, B. E.(1992). The relationship between students' learning strategies and the change in their misunderstandings during a high school chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 687-699.
- Cavallo, A. M. L.(1996). Meaningful learning, reasoning ability, and student's understanding and problem solving of topics in genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 625-656.
- Furió C., & Calatayud, M. L.(1996). Difficulties with the geometry and polarity of molecules: Beyond misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 73(1), 36-41.
- Meece, J. L., & Jones, M. G.(1996). Gender differences in motivation and strategy use in science: Are girls rote learners? *Journal of Research in Science Teaching*, 33(4), 393-406.
- Niaz, M.(1996). Reasoning strategies of students in solving chemistry problems as a function of developmental level, functional M-capacity and disembedding ability. *International Journal of Science Education*, 18(5), 525-541.
- Pascual-Leone, J., & Burtis, P. J.(1974). *FIT: Figural intersection test, a group measure of M-capacity*. Unpublished manuscript, York University, Ontario.
- Peterson, R. F., Treagust, D. F., & Garnett, P. (1989). Development and application of a diagnostic instrument grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), 301-314.
- Pribyl, J. R., & Bodner, G. M.(1987). Spatial ability and its role in organic chemistry: A study of four organic courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 229-240.
- Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). *The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT)*. Paper presented at the annual meeting of the NARST, Dallas.
- Tuckey, H., Selvaratnam, M., & Bradley, J. (1991). Identification and rectification of student difficulties concerning three-dimensional structures, rotation, and reflection. *Journal of Chemical Education*, 68(6), 460-464.

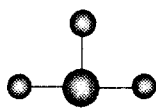
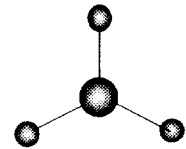
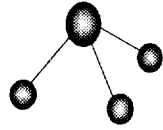
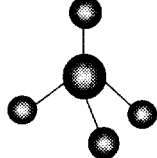


[ 부 록 ]

1. 분자 구조에 대한 개념 검사 문항 예

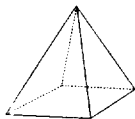
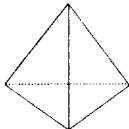
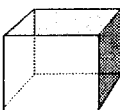
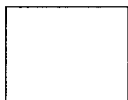
1번 문항. 다음 중 <보기>와 같은 루이스 전자식을 갖는 분자 구조는?



- ①       ②       ③       ④ 


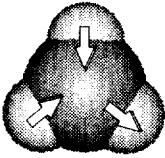
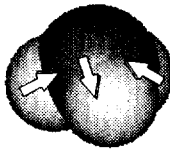
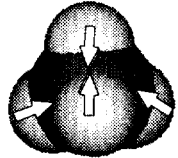
분자 구조를 고를 때 루이스 전자식을 어떻게 사용하였는지 자세히 쓰시오.

2번 문항. 분자식이 AX<sub>4</sub>이고, 이 분자를 구성하는 A원자의 원자가 전자는 4개이고, X원자의 원자가 전자는 7개이다. 이 분자의 구조와 유사한 도형은?

- ①       ②       ③       ④ 

분자의 구조가 선택한 도형의 모양과 유사한 이유를 자세히 쓰시오.

4번 문항. 다음 중 결합의 극성을 화살표(⇨)로 바르게 나타낸 것은?

- ①       ②       ③       ④ 

내가 선택한 그림의 분자는 (극성, 무극성)이다. 그 이유를 자세히 쓰시오.