

전자 흐름에 기초한 기초적인 화학 반응에 관한 대학생들의 이해도 조사

李相權 · 權弼謹 · 金景美 · 朴國泰*

한국교원대학교 화학교육과

(2001. 9. 12 접수)

Investigation of Undergraduate Students' Understanding on Fundamental Chemical Reaction Based on Electron Flow

Sang-Kwon Lee, Jung-Geun Kwon, Kyong-Mee Kim, and Kuk-Tae Park*

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

(Received September 12, 2001)

요 약. 이 연구의 목적은 대학생들이 유기화학 반응을 전자의 흐름으로 이해하는데 필요한 기초 지식에 대하여 어떤 선개념을 가지고 있으며, 기초적인 화학 반응을 전자의 흐름으로 이해하는 능력은 어느 정도인지 조사하여 교수 학습 방법에 도움을 주고자 하는데 있다. 이를 위해 11 대학교 화학교육과 2학년 18명을 연구 대상으로 선정하였고, 선행연구에서 밝혀진 연구결과를 근거로 하여 예비검사를 거쳐 검사도구를 개발하였다. 개발된 검사도구로 지필 검사를 실시하여 대학생들의 응답을 통계처리 하였고, 통계적인 의미를 정성적으로 확인하기 위하여 면담을 실시하였다. 연구 결과, 대학생들의 원자의 전자배치에 대한 개념과 전자의 흐름에 기초하여 화학 반응을 이해하는데 필요한 기본 개념들에 대한 이해도는 높았으나, 이 개념들을 기초적인 화학 반응에 적용시키지는 못하였다. 그러므로 전자의 흐름에 기초하여 화학 반응을 이해하는데 필요한 기본 개념들을 화학 반응에 적용할 수 있게 하는 교수 학습 전략의 개발이 필요하다.

주제어: 전자 흐름, 화학 반응, 대학생들의 이해도

ABSTRACT. The purpose of this study was to investigate undergraduate students' preconception about the needed knowledge to understand organic reactions based on electron flow and undergraduate students' ability that understand fundamental chemical reaction based on electron flow, and was to offer pertinent teaching and learning method. For this study, 18 sophomores that majored in chemistry education of H University, were sampled. Test papers were newly developed that based on previous research. Undergraduate students' response was classified and reasons of the response were qualitatively analyzed by interview. According to the results of this study, it was found that undergraduate students had good understanding on the concept about the electron configuration of atoms and on the concepts about the needed knowledge to understand chemical reactions based on electron flow. But they didn't apply the concepts to the fundamental chemical reaction. Therefore, teaching and learning strategy that apply the needed concepts to understand chemical reactions based on electron flow to chemical reactions should be developed.

Keywords: Electron Flow, Chemical Reaction, Undergraduate Students' Understanding

서 론

화학은 계속해서 발전하고 있는 학문이며 이 발전은 화학을 공부하는 학생들의 창의적인 사고와 직관에 의해 이루어진다. 그러므로 화학 교육은 여러 사실을 나열하고 암기하게 하는 것이 아니라 사고하는 방법을 가르쳐야 하며 또한, 화학을 지금까지처럼 문제풀이의 대상으로서가 아니라, 복합적인 자연 현상을 몇 가지 단순화된 원리들로 이해하도록 지도해야 한다. 특히, 화학 반응은 그 범위와 종류가 너무 방대하여 학생들에게 제한된 시간 내에 효율적으로 가르치는 일은 쉽지 않다. 더구나 지금까지와 과거에 비해 훨씬 많은 새로운 지식의 축적과 응용의 개발이 다양하고 빠르게 진행 중인 상태에서는 더욱 어려운 일인 것이다. 따라서, 많은 종류의 유기화학 반응을 효율적으로 지도하려면 현재 학생들이 가지고 있는 선개념이나 학습의 어려움을 파악하는 일이 선행되어야 할 것이다.

연구의 필요성 및 목적. 자연 현상에 대한 학생들의 이해 정도를 파악하고 그에 따른 적절한 교수 학습 설계를 위해서는 학생들의 선개념과 학습방식에 대한 이해가 선행되어야 한다. 20세기 초반까지의 전통적인 과학교육에서는 학습을 백지상태로부터 경험에 의하여 얻어진 결과에 따라 나타나는 행동의 변화라고 보았다. 그러나 Ausubel¹⁾에 의해 영향을 받은 근래의 구성주의 이론에서는 학습을 인지구조 즉, 구체적 개념체계의 변화로 정의하면서 학습자가 이미 지니고 있는 개념 체계의 중요성이 크게 부각되고 있다. 학생들에게 과학적인 개념 체계를 올바르게 이해시키기 위해서는 기존에 학생들이 가지고 있는 선개념에 대한 조사가 이루어져야 하며, 이것은 학생들의 이해수준을 분석하여 현재 그들이 가지고 있는 선입견이나 학습의 어려움을 파악할 수 있으므로 중요하다. 학생들은 수업 전에 이미 다양한 선개념을 가지고 있으며, 그 선개념들은 수업상황에서도 그대로 적용되고, 학생들이 주어진 문제를 해결하는 과정에서 관련된 개념으로 나타난다.²⁾

학생들이 수업 전에 가지고 있는 개념은 자신들의 인지구조와 외부 환경과의 자발적인 상호작용에 의해 자기 나름의 고유한 개념 구조들로 형성되어지기 때문에 이렇게 형성된 개념은 수업에 의해서 쉽게 과학적 개념으로 바뀌어지지 않고 오히려 수업에 의해 더욱 자신의 개념이 강화되어 지는 경우도 있다고 한다. 따라서, 학생들의 선개념은 과학적 개념을 획득하는데 방해가 되

며, 과학문제를 해결할 때에도 경험과 학습을 통해서 얻어진 지식과 함께 적용한다.³⁾ 그러므로 수업에 의해 학생들의 개념을 과학적인 개념으로 바꾸려면 수업 전에 학습자가 가지고 있는 선개념을 정확하게 파악해야 하며, 학습자의 선개념에 대한 근원을 찾아서 교사가 수업에서 이것을 어떻게 다룰 것인가. 그리고 학습자의 수업에 대한 효율을 어떻게 증진시킬 것인가를 분명히 해야 한다.⁴⁾ 이것은 모든 과목에서 예외일 수 없으며, 유기화학에서도 마찬가지이다.

유기화학이란 무엇이며 왜 유기화학을 공부해야 하는가? 그 대답은 우리의 주변에서 찾을 수 있다. 살아 있는 모든 생명체는 유기 화합물들로 만들어져 있다. 머리털, 피부, 빛 근육 등을 만드는 단백질, 유전을 조절하는 DNA, 먹는 음식물, 입은 의류, 그리고 복용하는 의약품 모두가 유기 화합물이다.⁵⁾ 생명이나 살아 있는 것들에 대한 호기심을 갖고 있는 사람이라면 유기화학에 대한 기본적인 이해력을 갖추어야 한다. 그러나 대학에서 화학을 전공하는 많은 학생들은 유기화학을 수많은 작용기와 반응들로 구성된 어려운 학문이라고 생각하기도 하며, 심지어는 연계성이 없는 잡다한 내용의 나열인 단순 암기 과목으로 생각하는 경우도 있다. 그러나 많은 유기화학 반응들도 전자의 흐름으로 이해한다면 쉽게 이해 할 수 있고, 그 영역도 단순화할 수 있다. 따라서, 이 연구에서는 학생들이 유기화학 반응을 전자의 흐름으로 이해하는데 필요한 기초 개념들과, 그 개념들을 이용하여 기초적인 화학 반응을 전자의 흐름으로 이해하는 능력은 어느 정도인지 조사하여 교수 학습 방법에 도움을 주고자 한다.

연구 내용 및 방법

연구 내용. 대학에서 일반화학을 배운 후 유기화학을 처음 배우는 대학생들을 대상으로 원자의 전자배치와 분자의 Lewis 구조, 전기음성도, 분자의 입체구조와 혼성 등에 대한 선개념들을 분석하였다. 그리고 이 개념들을 이용하여 기초적인 화학 반응을 전자의 흐름으로 이해하는 능력이 어느 정도인지 알아보았고, 또한 이해하지 못하는 원인이 무엇인가에 대하여 조사하였다.

연구 방법. 이 연구에서는 H 대학교 화학교육과 2학년 18명을 대상으로 하였다. 모든 연구대상 학생들은 고등학교에서 화학 II를 이수하였고, 대학 1학년 때 두 학기 동안 일반화학을 수강하였으며, 유기화학 공부를

Table 1. Task and problem patterns of concept questionnaire on fundamental chemical reaction

Task	Pattern	Contents	Problems
I	Problem test	Basic concept about electron configuration of atoms & Lewis structure for molecules	<ul style="list-style-type: none"> Ground-state electron configuration of atoms Valence electrons of atoms Lewis structures for molecules
		Basic knowledge to understand fundamental chemical reaction based on electron flow	<ul style="list-style-type: none"> Bond polarity by differences in electronegativity in a covalent bond Shape and hybridization Intermolecular electron flow
II	Problem test	Understanding on fundamental chemical reaction based on electron flow	<ul style="list-style-type: none"> Accomplishment of fundamental chemical reaction

처음 시작하는 단계에 있는 대학생들이다. 연구 대상 학생들의 대학 입학 수능 성적은 12명(67%)이 상위 6%, 이내였으며, 나머지 6명(33%)은 상위 6~10% 이내였다.

전자 흐름에 기초한 기초적인 화학 반응 이해에 관한 개념 검사도구는 선행연구⁶⁾에 의해 밝혀진 연구결과를 근거로 하여 예비검사를 거쳐 개발하였으며, 유기화학자 1인과 화학교육자 2인으로부터 내용 타당도 검증을 받았다. 개발된 검사도구는 2가지 과제로 구성하였으며, 각 과제는 각각의 하위 문제를 포함한다. 그 구체적인

내용은 Table 1에 나타나 있다.

지필 검사와 면담의 결과에 따라 학생들의 응답을 문항별로 완전한 이해와 부분적 이해, 그리고 이해 못함으로 나누었는데, 그 분류기준은 Table 2와 같다.

연구 결과 및 논의

원자의 전자배치와 분자의 Lewis 구조에 대한 개념 분석, 원자의 전자배치와 분자의 Lewis 구조에 대한 개념은 화학에서 가장 기본이 되는 개념이며, 유기화학

Table 2. Criterion of classification of undergraduate students' responses by written test and interview

Task	Problem	Classification	Criterion of Classification
I	1	Perfect understanding	All correct responses to ground-state electron configuration of the atoms
		Partial understanding	More than 2 false responses to the ground-state electron configuration of the atoms
		No understanding	All false responses to the ground-state electron configuration of the atoms
	2	Perfect understanding	All correct responses to the valence electrons of the atoms
		Partial understanding	More than 2 false responses to the valence electrons of the atoms
		No understanding	All false responses to the valence electrons of the atoms
	3	Perfect understanding	Correct concept on Lewis structure, and draw Lewis structures for the molecules, showing lone-pair electrons
		Partial understanding	Correct concept on Lewis structure, but more than 2 false Lewis structures for the molecules or no showing of lone-pair electrons
		No understanding	Belong neither to the perfect nor to the partial understanding
II	1, 2	Perfect understanding	Understanding on bond polarity and correct indication of the symbols δ^+/δ^-
		Partial understanding	Understanding on bond polarity and δ^+/δ^- convention, but can not correlate them
		No understanding	No understanding on bond polarity and false indication of the symbols δ^+/δ^-
	3	Perfect understanding	Drawing the shape of the molecules, and indicating the kind of hybridization
		Partial understanding	Drawing the shape and indicating the kind of hybridization, but can not correlate them
		No understanding	False drawing the shape and false indicating the kind of hybridization
4, 5	Perfect understanding	Indicating the electron movement and drawing the product of the reaction	
	Partial understanding	Only indicating the electron movement	
	No understanding	False indicating the electron movement and false drawing the product	

1. Give the ground state electron configuration of the following atoms.				
B				
C				
N				
O				
Cl				
2. How many valence electrons does each of the following atoms have?				
B	C	N	O	Cl
3. Draw Lewis structures for the following molecules.				
BF ₃	SO ₂	NH ₃	CH ₃ NO	

Fig. 1. Problems 1-3 of the task 1.

반응을 전자의 흐름으로 이해하는데는 기본이 되는 개념이므로 원자의 전자배치와 분자의 Lewis 구조에 대한 대학생들의 개념을 분석하였다.

Fig. 1은 과제 1의 문제들이며, 대학생들의 응답 결과는 Table 3과 같다.

과제 1의 문제 1과 2의 경우에 지필 검사에서 완전한 이해가 아닌 경우라도 면담시 주기율표를 제시했을 때 완전하게 이해한 경우에는 완전한 이해로 분류하였다. 과제 1의 문제 3의 경우 완전한 이해로 분류되기 위해서는 면담시 Lewis 구조에 대한 올바른 용어 설명과 그리는 방법에 대하여 언급한 경우에 한하였다. 그리고 분자들의 Lewis 구조를 모두 바르게 그린 경우라도 그리는 방법에 대하여 알지 못하고 단지 위해서 그린 경우에는 부분적인 이해에 포함시켰다.

과제 1의 문제 1과 2는 주기율표와 관련하여 원자의 전자 배치와 최외각 전자에 관한 것으로 화학에서 가장 기초가 되는 내용을 묻는 문제들이다. 이 문제들에서 대학생들의 94.4%가 완전한 이해를 하는 높은 정답률을 보였다. 문제 1에서 완전한 이해를 하지 못한 학생 한 명이 다시 문제 2에서도 완전한 이해를 하지 못하였는데, 이는 문제 1을 완전하게 이해하지 못함으로써 문제 2로 유의미하게 넘어가지 못하는 상황이라고 볼 수 있다. 이 학생은 주기율표의 구성 원리를 이해하지 못함으로써 전체 전자와 최외각 전자의 개념을 혼동하는 경우로 부분적 이해의 범주에 포함시켰다. 연구 대상 학생들과의 면담 결과, 원자 오비탈에 따른 전자배치는

모든 학생들이 단순 암기에 의해 나타내었으며, 이것이 화학 반응과 밀접한 관계가 있음을 이해하고 있지는 못하였다. 이러한 것이 학생들이 화학 반응을 전자의 흐름으로 이해하지 못하는 첫 번째 원인이라고 생각된다.

Table 3에 나타나 있는 바와 같이 94.4%의 높은 정답률을 보인 과제 1의 문제 1, 2와 대조적으로 과제 1의 문제 3인 분자들의 Lewis 구조를 그리는 문제는 단정한 명의 학생만 완전한 이해를 보였고, 나머지 대부분의 학생들은 부분적 이해를 보였다. Fountain²은 유기화학 교과서 저자나 대학에서 유기화학을 강의하는 강의자들은 대학생들이 Lewis 구조에 대하여 잘 이해하고 있다고 생각하지만 유기화학을 처음 시작하는 단계에 있는 대학생들 대부분은 실제로 그렇지 않다고 하였다. 이 연구에서도 연구 대상의 대학생들이 Lewis 구조에 대하여 잘 이해하지 못하였다. 일부 학생들은 Lewis 구조에 대하여 octet 규칙에 따라 원자의 최외각 전자를 채워치킨다는 올바른 개념을 가지고 있으면서도 문제에 적용시키지는 못했다. 이는 연구 대상 대학생들이 과학적 개념을 문제에 적용시키는 응용력이 부족하고, 문제를 해결하는 충분한 연습이 이루어지지 않았기 때문이다. 그리고 한 명의 학생은 Lewis 구조를 피상적으로만 이해할 뿐 구체적인 개념이 없어 이해하지 못함으로 분류하였다.

Fig. 2는 SO₂ 분자의 Lewis 구조에 대한 대학생들의 응답 분류 예이며, <사례 1>은 Fig. 2에서 응답한 대학생들과 Lewis 구조에 관하여 면담한 내용들이다. Lewis 구조에 대한 내용은 고등학교 화학 II에서 처음 도입된다.⁸ 그러나 고등학교 교과서에서는 공유결합을 설명하기 위한 수단으로 제시하였고, NH₃나 CH₄, C₂H₂와 같은 간단한 화합물 위주로 한정되어 있었다.^{9,10}

Fig. 2에서 학생 1은 완전한 이해로, 학생 2는 부분적 이해로, 그리고 학생 3은 이해 못함으로 분류한 응답지를 보여주고 있다. Table 3의 결과와 <사례 1> 면담 결과, 많은 대학생들이 고등학교 화학 II 교과서에서 공유결합을 설명하는 수준으로 Lewis 구조를 이해하는 것으로 나타났다. 이 결과는 대학생들이 Lewis 구조를 잘 이

Table 3. The results of undergraduate students' responses to the problems of task 1 unit: persons (%)

Classification	Problem 1	Problem 2	Problem 3
Perfect understanding	17 (94.4)	17 (94.4)	1 (5.5)
Partial understanding	1 (5.6)	1 (5.6)	16 (88.9)
No understanding	0 (0)	0 (0)	1 (5.5)

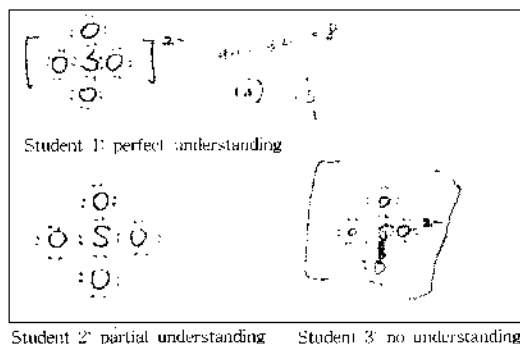


Fig. 2. Classification examples of undergraduate students' responses to the Lewis structure.

해하지 못하였다는 선행연구 결과와도 일치하고 있어, 화학 반응을 지도할 때 고려하여야 할 점으로 생각된다.

예 사례 1:

질문자: Lewis 구조를 어떻게 그리나요?

학생 1: 최외각 전자를 사용해서 octet 규칙에 따라서 그려요.

학생 2: 시험에 자주 나오는 특징적인 분자는 정해져 있으니까

그것 위주로 외워서 그려요.

학생 3: 책에서 많이 본 것이라 그냥 그려요.

질문자: 그러면 처음 보는 분자이거나, octet 규칙에 벗어나는 분자의 경우에는 어떻게 그리나요?

학생 1: 일반화학 시간에 그리는 공식을 배웠어요.

학생 2: 일반화학 시간에 그리는 방법에 대해서 배우기는 했는데요.

지금 기억이 잘 안나요.

학생 3: 못 그려요. 그냥 틀려요.

연구대상 학생들이 대학에서 학습한 일반화학 교과서¹⁾에서는 Lewis 구조를 그리는 방법에 대해서 상세하게 설명하고 있었고, octet 규칙에 벗어나는 분자에 대해서도 잘 설명하고 있었다. 그러나 연구 대상 학생들이 학습할 유기화학 교과서²⁾와 또 다른 유기화학 교과

- ◆ BF₃ + CH₃OH →
1. Draw line-bond structures for the reactants, showing lone-pair electrons, indicate the direction of polarity for each bond by using \rightarrow convention
 2. Indicate bond polarity for each bond by using δ^+ / δ^- convention
 3. Draw the shape of the molecules, indicate the type of hybridization of boron, carbon, and nitrogen, and identify the type of bond (σ or π bond) for each bond
 4. Indicate the electron movement for the reaction by using \rightarrow convention
 5. Draw the product of the reaction.

Fig. 3. Problems 1- 5 of the task II.

서¹⁾에는 “Lewis 구조는 분자들의 공유결합을 가장 간단하게 나타내는 방법으로 원자의 최외각 전자들을 점으로 나타내는 것이다.”라고 설명하고 있었으나, Lewis 구조를 그리는 방법에 대한 설명은 없었다. 이는 유기화학 교재를 쓰는 지사들이 일반화학에서 충분한 학습이 이루어진 내용이라고 생각하기 때문일 것이다.

그러나 학생들이 화학 반응을 공부할 때, 처음으로 생각해야 할 과제가 Lewis 구조라고 한다면, 유기화학을 처음 배우는 단계에서는 다시 한번 더 Lewis 구조에 대해 학습하는 것이 필요한 것이다. 그러므로 유기화학을 가르치는 강사진들은 학생들이 Lewis 구조에 대하여 어느 정도 이해하고 있는지 확인하는 것이 매우 중요한 교수 학습 활동일 것이다.

화학 반응을 이해하는데 필요한 기본 개념들 및 기초적인 화학 반응의 이해 능력 정도 분석. 전자의 흐름으로 유기화학 반응을 이해하는데 필요한 기본 개념들을 분체화하고 체계적으로 제시하여 학생들의 이해 정도를 알아보았다. 또한, 이 개념들이 유의미하게 연결되어 학생들이 전자 흐름으로 기초적인 화학 반응을 이해하는 능력은 어느 정도인지도 분석하였다. Fig. 3은 과제 II의 문제들이며, 학생들의 응답결과는 Table 4에 나타나 있다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 과제 II의 문제 1은 전기 음성도의 개념을 통하여 각 결합들의 결합 전자들이 어느 원자쪽으로 치우쳐있는가를 알아보고자 하는 문항이다. 72.3%에 해당하는 13명의 학생이 완전한 이해를 나

Table 4. The results of undergraduate students' responses to the problems of task II unit: persons (%)

Classification	Problem 1	Problem 2	Problem 3	Problem 4, 5
Perfect understanding	13 (72.3)	15 (83.2)	6 (33.3)	10 (55.6)
Partial understanding	4 (22.2)	2 (11.1)	7 (38.9)	5 (27.8)
No understanding	1 (5.5)	1 (5.5)	5 (27.8)	3 (16.7)

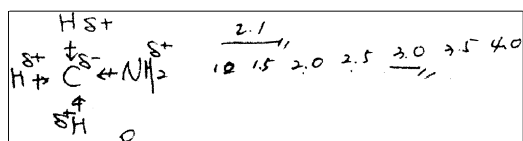


Fig. 4. The response of an undergraduate student who has alternative concept about electronegativity.

타냈고, 22.2%의 학생이 부분적 이해를 나타냈다. 떠남 시에 전기음성도의 개념을 언급한 학생들만을 완전한 이해의 범주로 분류하였다. 부분적 이해로 분류한 학생들 중에는 전기음성도와 전자친화도의 개념을 혼동하는 경우도 있었다.

과제 II의 문제 1에서 이해 못함으로 분류된 한 명의 학생은 전기음성도 값을 알고 있으면서도 그 의미를 정확히 이해하지 못했다. 따라서, N 원자의 전자가 C 원자로 이동해 간다는 잘못된 개념을 가지고 있었다. 면답시 이 학생은 원자 번호가 커짐에 따라 전기음성도 값이 커지므로 전기음성도가 큰 것이 전자를 많이 가지고 있다고 생각하였다. Fig. 4는: "전기음성도가 큰 것이 전자를 잘 준다"라는 잘못된 개념을 가지고 있는 학생의 지필 검사지의 응답지이며, <사례 2>는 이 학생의 면답 내용이다.

<사례 2>

질문자: 전기음성도가 무엇인가요?

학 생: 전자를 주고 당기는 정도요.

질문자: 그러면 왜 N 원자의 전자가 C 원자로 이동한다고 생각하나요?

학 생: N 원자가 C 원자보다 원자 번호가 크니까 N 원자가 더 전자를 많이 가지고 있잖아요. 원자 번호가 더 큰 것이 전기음성도가 더 커서 전자를 더 잘 주는 것 아닌가요?

질문자: 그러면 전기음성도가 큰 것이 전자를 더 많이 가지고 있다고 생각하는군요.

학 생: 그런 것이 아닌가요? 그렇게 배웠는데...

Fig. 4와 같이 응답한 학생은 원자들의 전기음성도 값은 기억하고 있었지만 전기음성도에 대하여 잘못된 개념을 가지고 있었다. 이는 오개념 형성원인 중 내적 요인 즉, 물체에 물리적인 양만 부과하는 경우에 해당되는 것이다. 따라서, 이 학생의 경우는 이런 오개념으로 인하여 새로운 개념으로 전이가 어려워 다음 문제들도

이해하지 못하는 것으로 나타났다.

Fountain⁷은 Lewis 구조와 마찬가지로 전기음성도에 대한 내학생들의 이해도가 낮음을 보고하였다. 그는 분자내에서 원자들의 전기음성도를 따지는 일이 유기화학 반응을 이해하는 첫 단계이자 가장 중요한 단계라고 지적하였다. 따라서, 이러한 점은 유기화학을 지도할 때 Lewis 구조와 마찬가지로 고려되어야 할 것이다.

과제 II의 문제 2는: 문제 1의 전기음성도를 이해하고, 그 전기음성도의 차이에 의해 편극이 일어나며 전자밀도에 차이가 생김을 이해하는 문항이다. 여기서 한가지 주목할 만한 점은 문제 2는 문제 1의 후속 되는 내용이므로 정답률이 문제 1과 비슷하게 나타날 것이라고 예상되었으나, 문제 2의 정답률이 오히려 높게 나타났다는 것이다. 이것은 용어 제시 형태의 차이에 의한 결과로 추정된다. 즉, 과제 II의 문제 1에서는 전기음성도란 용어를 직접 제시하지 않은 반면에, 문제 2에서는 편극과 전자밀도의 상징적 표현인 δ^+ / δ^- 를 직접 제시한 배서 생긴 결과로 생각된다.

Fig. 5는: 과제 II의 문제 2에서 부분적 이해를 보인 학생 중 편극과 이중극자 모멘트의 개념을 혼동하는 경우의 응답지이다. 이 학생은 BF₃ 분자의 각 결합에서 예상되는 편극 방향을 표시하라는 문제에서 "편극이 일어나지 않는다"라고 응답하였으며, 면답시에 편극과 이중극자 모멘트의 개념을 혼동하고 있었다.

과제 II의 문제 3은 입체구조와 혼성 개념의 이해 정도를 알아보고자 한 문항이다. 또한, 이 두 개념을 연결하여 원자 주위의 전자 공간 즉 오비탈이 실제 반응의 영역임을 이해하는지 알아보았다. BF₃는 VSEPR(valence shell electron pair repulsion) 이론에 의해서 평면삼각형의 입체구조를 가지며, 중심원자 B 원자는: sp^2 혼성을 이룬다. F 원자는: B 원자의 sp^2 혼성 오비탈과 σ 결합을 이루고, B 원자는: 비어있는 p 오비탈을 가진다.

CH₃NH₂의 C 원자와 N 원자는 모두 sp^3 혼성을 이룬다. N 원자도 C 원자에서처럼 혼성화되어 4개의 sp^3 혼

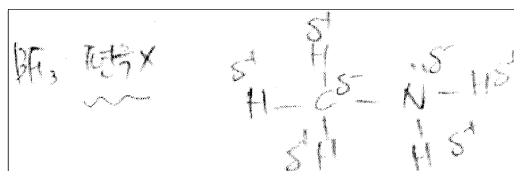


Fig. 5. The response of an undergraduate student who has confusion between bond polarity and dipole moment.

성 오비탈을 만들고 이들 중 1개의 혼성 오비탈에는 비공유 전자쌍이 들어있고, 다른 3개의 sp^3 혼성 오비탈에는 각각 한 개씩의 전자를 가진다. 반만 채워진 3개의 sp^3 혼성 오비탈은 각각 두 개의 H 원자 오비탈과 한 개의 C 원자 sp^3 혼성 오비탈과 σ 결합을 이룬다. 따라서, 비공유 전자쌍이 들어있는 sp^3 혼성 오비탈에서 반응이 일어날 가능성이 크다.

과제 II의 문제 3에서 완전한 이해의 범주에 속하는 학생은 6명으로 33.3%에 불과했고, 나머지 학생 중 7명(38.9%)은 부분적 이해를, 그리고 6명(27.8%)은 이해 못함을 나타내었다. 부분적 이해를 보인 학생들 중에는 입체구조와 혼성의 개념을 연관짓지 못하는 경우가 많았다. 입체구조를 결정할 때 선행학습으로 일반화학에서 학습한 VSEPR 이론을 적용하기보다는 '많이 본 것이므로 외워서 그런다'는 학생이 대부분이었다. 사례 3은 혼성에 대해 부분적 이해를 보인 학생의 반응이다.

· 사례 3 ·

질문자: 혼성을 어떻게 결정하나요?

학 생: 결합수가 4면 sp^3 혼성을 이루고요, 결합수가 3이면 sp^2 , 결합수가 2면 sp 혼성을 이루요.

질문자: 그렇다면 H_2O 경우는 어떤 혼성일까요?

학 생: H_2O 의 경우는 sp 혼성 같은데, sp^3 혼성이래요.

질문자: 왜 그럴까요?

학 생: 잘 모르겠는데요.

과제 II의 혼성 문제에 관한 면담시에 '많이 접하는 분자 위주로 외운다'라고 하는 것이 학생들의 가장 많은 응답 내용이었다. 이는 분자의 구조를 이해할 때 먼저 Lewis 구조를 그리고 이것을 VSEPR 이론에 적용하여 입체구조와 혼성을 결정하는 식의 연계성 있는 학습을 하지 않고 별개의 개념으로 단순 기계식 암기학습을 하기 때문이라고 추정된다.

과제 II의 문제 3에서 부분적 이해를 보인 학생들과의 면담 결과, 이들 학생들은 CH_3NH_2 분자에서 비공유 전자쌍이 있는 N 원자의 sp^3 혼성 오비탈은 결합을 하고 있는 σ 결합 오비탈보다도 실제로 화학 반응이 일어나는 영역이더라는 것을 전혀 이해하지 못하였다. 그러므로 이들 학생들은 지필 검사에서 단순 암기에 의해 입체구조와 혼성만을 표시하여서 N 원자 비공유 전자쌍의 화학 반응성에 대하여 알고 있지 않았다. 이러한 것이 학생들이 전자 흐름에 의해 화학 반응이 일어남을

이해하지 못하는 중요한 원인을 알 수 있는 것이다.

과제 II의 문제 4와 5는 전자의 이동에 의해서 반응을 완결하는 문제이다. 이 분항에서는 전자쌍을 받을 수 있는 Lewis 산과 전자쌍을 줄 수 있는 Lewis 염기의 산·염기 이론이 적용된다. 전자쌍을 받을 수 있는 Lewis 산과 전자쌍을 줄 수 있는 Lewis 염기의 개념은 대부분 대학교 일반화학에서 처음 도입된다. 비록 고등학교 화학 II에서 소개하는 교과서도 두 종류¹¹⁾이 있지만, 이들 교과서도 참고자료로 제시할 뿐 구체적으로 설명을 하고 있지는 않았다.

과제 II의 문제 4와 5에서는 10명인 55.6%의 학생이 완전한 이해를, 5명(27.8%)은 부분적 이해를, 그리고 3명(16.7%)은 이해하지 못함을 나타냈다. 부분적 이해를 보인 학생들의 경우는 산·염기 이론에 관한 개념은 있었으나 전자의 이동이라는 용어 자체를 어려워하였다. 또한, 완전한 이해를 보이는 학생들도 N 원자의 비공유 전자쌍이 B 원자의 비어있는 p 오비탈로 이동해 간다는 것에 관심을 갖기보다는 N 원자와 B 원자의 배위 결합 속, 공유 결합의 종류에 관심을 가지고 있었다. 이는 고등학교 화학 II 교과서에 배위 결합의 예로 BF_3 와 NH_3 의 결합이 제시되어 있었으므로 학생들이 배위 결합의 한 예로 이 반응을 이해하는 것으로 추정된다. 그러나 배위 공유 결합도 전자쌍의 이동에 의하여 형성되는 것이므로, 유기화학을 가르치는 강의자들은 이러한 점을 잘 고려한 교수 학습 활동이 필요한 것이다.

결론 및 제언

이 연구에서는 전자 흐름에 기초한 기초적인 화학 반응에 관한 대학생들의 이해를 조사하였다. 연구 결과, 연구 대상 대학생들의 원자의 전자배치에 대한 개념과 전자의 흐름에 기초하여 화학 반응을 이해하는데 필요한 기본 개념들에 대한 이해도는 높았으나, 이 개념들을 기초적인 화학 반응에 적용시키지는 못하였다. 이는 이러한 개념들을 암기 위주로 이해하고 있었고, 고등학교 화학 II와 일반화학에서 선행학습으로 많이 이루어졌기 때문인 것이다. 따라서, 원자의 전자배치와 분자의 Lewis 구조, 전기음성도, 혼성 오비탈 등 화학의 기초적인 개념들을 단편적으로 이해하고 있었으므로, 전자들이 실제로 화학 반응과 관계가 있다는 것을 이해하지 못하였다. 이것이 학생들이 전자의 흐름에 의해 화학 반응이 일어남을 이해하지 못하는 중요한 원인중의

하나인 것이다.

대부분의 인구 대상 학생들은 화학의 기초적인 개념들을 학습할 때, 원자의 전자배치에 대해 생각하여 분자의 Lewis 구조를 그리고 이것을 VSEPR 이론에 적용하여 입체구조와 혼성을 생각하는 연계성이 있는 학습 대신에 단편적으로 학습을 하여 왔었다. 또한, Lewis 염기에서 Lewis 산으로 전자쌍이 이동한다는 개념과 함께 비공유 전자쌍이 비어있는 원자 오비탈로 이동하여 화학 반응이 일어난다는 방식으로 학습을 하지 않고 각각을 별개의 개념으로 학습을 하기 때문에 학생들이 전자의 흐름에 의해 화학 반응이 일어남을 이해하지 못하는 것이다.

따라서, 화학 반응을 전자의 흐름에 기초하여 이해하는 사고를 높이기 위해서는 먼저, 학생들로 하여금 연계성 있는 학습이 가능하도록 하는 교수 학습 활동이 필요하다. 즉, 학생들이 화학 반응을 공부할 때 원자의 전자배치에 대해 생각하여 분자의 Lewis 구조를 그리고 이것을 VSEPR 이론에 적용하여 입체구조와 혼성을 생각하게 하며, Lewis 염기에서 Lewis 산으로 전자쌍이 이동한다는 개념과 함께 비공유 전자쌍이 화학 반응이 일어나기 가장 유리한 원자 오비탈로 이동해 갈 것이다라는 식의 연계성 있는 학습이 이루어지도록 하는 것이 가장 필요하다.

다음으로, 전자나 원자 오비탈 등과 같은 미시적 개념으로 화학반응을 쉽게 설명할 수 있는 동영상 자료를 개발하여 학생들의 흥미를 유발하고 이해를 돕는 것도 좋은 교수 학습 활동이 될 것이다. 마지막으로 중요하다고 생각되는 것은 화학의 기초적인 개념들을 강의할 때 학생들에게 단순히 개념들만을 전달하기보다는 학생들이 학습하고 있는 내용의 목적과 목표가 무엇인지 학생들에게 명확히 설명하여 주는 것이다. 그럼으로써

학생들이 수업시간에 무엇을 이해해야 하는 것인지를 인식할 수 있을 것이므로, 효과적인 교수 학습 활동이 이루어 질 수 있다.

인 용 문 헌

1. Ausubel, D. P. *Educational Psychology: A Cognitive View*; Holt, Rinehart and Winston: New York, U.S.A., 1968.
2. Johnson, P. M.; Gott, R. *Science Education* **1996**, *80*, 65.
3. Galili, I. *International Journal of Science Education* **1996**, *18*, 256.
4. Osborn, J. F. *Science Education* **1996**, *8*, 53.
5. McMurry, J. *Organic Chemistry*, 5th ed.; Brooks/Cole: Pacific Grove, CA, **2000**, pp 3-73.
6. Wentland, S. H. *Journal of Chemical Education* **1994**, *71*, 3.
7. Fountain, K. R. *Journal of Chemical Education* **1997**, *74*, 354.
8. 교육부 *고등학교 과학과 교육과정 해설*; 대한교과서주식회사: 1994.
9. 최병순; 문영삼; 신재섭; 김대수; 현종오 *고등학교 화학 II*; 학생출판사: 1997.
10. 김시중; 문정대; 이종면; 구창현; 이상진 *고등학교 화학 II*; 금성출판사: 1997.
11. Oxtoby, D. W.; Gillis, H. P.; Nachtrieb, N. H. *Modern Chemistry*, 4th ed.; Saunders College Publishing, 1999; pp. 63-97.
12. Solomons, T. W. G. *Organic Chemistry*, 6th ed.; John Wiley and Sons: New York, U.S.A., 1995; pp 3-46.
13. 어수동; 이환진; 장영근; 이규옥 *고등학교 화학 II*; 청문각: 1997; p 376.
14. 오제직; 김종희; 박병민; 최석남 *고등학교 화학 II*; 교학사: 1997; p 377.