

화학반응에 대한 수직적 연계성

박임규¹ · 박종근 · 문성배^{*}
¹창원 중앙고등학교
부산대학교 사범대학 화학교육과
(2001. 7. 23 접수)

Vertical Articulation in Chemical Reaction

ImKyu Park¹, JongKeun Park, and SeongBae Moon^{*}
¹Changwon ChungAng High School, KyeongNam 641-842, Korea
Department of Chemistry Education, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea
(Received July 23, 2001)

요약. 본 연구는 초등학교 자연교과서, 중등학교 과학교과서 및 대학의 일반화학 교재에 있는 화학반응 관련 개념의 연계성을 고찰하였다. 화학반응에 관한 19개의 주제를 선정하여 각 주제별로 학교 급별에 따른 선행학습과 후속 학습 간의 연계성도를 준기 기준에 따라 분석하였다. 연계성 판별을 위하여 5가지 준기를 수립하여 분석한 결과 초등학교에서 중학교 과정의 연계는 양호하였다. 그러나 중학교에서 고등학교 과정의 연계는 격차의 비율이 크게 나타났으며, 고등학교에서 대학으로의 연계는 반복과 격차의 비율이 높은 것으로 나타났다. 이 분석결과를 이용하여 화학반응에 대한 새로운 교과내용 구조도를 제시하였다.

주제어: 수직적 연계성, 개념구조도, 화학반응

ABSTRACT. The contents of chemical reaction in the science textbooks, used by starting from elementary school to college level, were investigated how much closely connected with them. For this purpose, nineteen subjects of chemistry contents were selected and the articulation analysis, classified into 5 criteria, was carried out. The results indicated that the articulation from elementary school to middle school looked quite acceptable, but there was a big gap from middle school to high school and the articulation from high school to college exhibited a big overlap and gap. Finally, the flow map of chemical reaction was suggested.

Keywords: Articulation, Flow Map, Chemical Reaction

서론

연구의 필요성 및 목적

현대사회에서 과학의 영향력은 인간생활의 전반에 걸쳐 파급 효과가 미치지 않는 영역이 없는 실정이다. 특히 21세기를 맞이하여 그 동안 축적되어온 과학지식의 양은 폭발적으로 증가되어 매우 방대한 양에 이르고 있다. 이러한 과학지식이나 정보를 어떻게 보다 효율적이고 체계적으로 가르치느냐 하는 것이 학교교육에서 과학교육이 해야 할 중요한 과제이다. 최근 과학교육의

국제적인 비교 평가에 의하면 학생들의 과학성취도가 초등학교에서 중학교, 고등학교로 올라갈수록 낮아지고 있을 뿐만 아니라 과학적 태도도 초등학생보다 중학생, 고등학생으로 갈수록 부정적인 태도를 보이고 있다.¹ 이러한 사실을 해결하는 방안 중의 하나는 학생들의 인지 수준에 적합한 교과내용의 안배와 선정된 교과내용이 학교 급간에 적절한 연계성을 갖도록 구성하는 것이다.² 아울러 학습자의 지적 발달단계를 고려하여 교과내용을 선정 및 구성하고 탐구능력 및 태도를 기를 수 있도록 계획하는 것도 중요하다.^{3,4}

교육과정의 연계성에는 수직적 연계성과 수평적 연계성이 포함된다. 각급 학교간의 교육과정은 수직적 연계성과 밀접한 관계가 있으며 수직적 연계성이란 Tyler의 계속성과 관련을 갖는다.⁶ 여기에서는 교육내용을 종적으로 조직하는 원리로 계속성과 계열성, 횡적 조직의 원리로 통합성을 들 수 있다. 또한 수직적 연계성이란 학생들의 발달단계에 따라 점차 높은 수준을 가르치도록 계획된 Bruner의 나선형 교육과정과 Taba의 누적학습 등을 종합해 볼 때, 동일한 학습내용이 학년간과 학교급간에 반복되고 점차 더 높은 수준으로 심화 확대되어 제시되는 것이라고 할 수 있다.⁷ 이러한 연계성이 수립되지 못할 경우 첫째로 교육조직들의 불연속성을 증대시키며, 둘째로 교육단위간의 불연속은 결과적으로 중복학습 또는 단절학습을 초래하게 된다.⁸ 이러한 관점에서 각급 학교간의 과학(화학) 교과서에서 학습내용이 기초에서부터 반복, 발전, 격차의 연계성을 얼마나 유지하고, 학습자의 사고력 수준에 맞추어 교과내용이 조직되었는가 또는 학습자의 사고력을 발달시킬 수 있도록 조직되었는가 하는 점이 중요하다. Tyler,⁶ Bruner,⁹ Ausubel¹⁰ 및 Piaget³에 의하면 하나의 학습내용이 어떻게 제시되고 있는 가도 중요하지만 각급 학교간의 연계성이 어떠한 방법으로 전개되어야 하는 가도 매우 중요하다.

교수-학습은 학습자와 과학지식 자체와의 상호작용, 그리고 교사와 학생간의 상호작용을 통하여 활성화 된다.¹¹ 그리고 효과적인 학습을 위하여 의미학습이론에 이론적 배경을 근거를 둔 개념도를 이용한 연구가 보고되고 있다.¹²⁻¹⁵ 이러한 개념도를 활용한 수업의 연구결과: 전통적인 수업보다 과학수업에 대한 태도가 긍정적으로 향상되었으며,^{12,13} 또한 부분개념도 활용은 학습능력이 중위권 학생들에게 특히 효과적이라고 하였다.

이와 같은 필요성에 따라 각급 학교간의 교과내용의 연계성에 대한 연구¹⁶⁻¹⁹가 일부 있었으며 또한 중학교 과학, 고등학교 화학 및 대학 일반화학 중 물질변화,²⁰ 물질특성,²¹ 및 산화-환원반응²²에 대한 연구가 보고되어 있다. 따라서 본 연구에서는 이미 연구된 준거를 기준으로 화학반응을 중심으로 학습내용이 학교 급간의 적절한 연계성을 갖고 있는지를 파악하고자 한다. 그리고 화학반응에 대한 새로운 교과내용 구조도를 작성하여 수업개선에 도움이 될 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

연구내용 및 방법

연구내용

본 연구는 제6차 교육과정에 따른 초등학교 자연교과서,²³ 중학교 과학교과서 3종,²⁴ 고등학교 화학교과서 3종²⁵ 및 대학 일반화학 교과서 3종²⁶을 선택하였다. 고등학교 교과서에서 화학반응과 관련된 19개의 주제를 선정하였다. 본 연구는 각급 학교간의 체계적 연계성에 중점을 두고, 각 주제별 항목 내용을 분석하였다. 화학반응에서의 분석의 주제 및 분석 대상인 각 교과서의 관련단원 및 단원내용은 다음과 같다: ① 원소; ② 원자; ③ 분자; ④ 이온; ⑤ 화합물; ⑥ 화학식; ⑦ 반응식 및 화학양론; ⑧ 화학반응 (반응열, 반응속도, 화학평형); ⑨ 이온결합; ⑩ 공유결합; ⑪ 배위(공유)결합; ⑫ 금속결합; ⑬ 수소결합; ⑭ 분산력; ⑮ 쌍극자 사이의 힘; ⑯ 결합의 극성; ⑰ 분자의 모양; ⑱ 산과 염기; ⑲ 산화·환원(산화·환원 개념, 산화제·환원제, 산화·환원 반응식, 응용)

분석에 사용된 관련단원 및 단원내용은 Table 1 및 Table 2에 나타난 바와 같다.

연구방법

화학반응에 대한 각급 학교의 과학교육의 특성 및 교과내용을 비교·조리한 후 이를 바탕으로 분석의 대상이 된 19가지 주제를 정하였다. 각급 학교간(초→중, 중→고, 고→대) 연계의 정도를 판별하기 위한 준거는 Tyler의 계속성, Taba의 누적학습 이론에 따라 화학 및 과학교육 전공 교수 1명, 과학 및 화학 교사 10명 등과 함께 협의하여 Table 3과 같이 정하였다. 여기에서 유형 13은 전단계와 동일한 수준에서 내용이 제시되는 것으로 반복으로 볼 수 있으며, 유형 1)는 전단계에 비해 어느 정도의 격차가 있어 이해가 어려운 경우에 해당한다. 유형 2)는 전단계와 비교할 때 그 격차가 지나치게 심하여 이해가 불가능한 수준에 해당한다. 이러한 반복과 격차의 정도에 따라 연계성의 정도를 판단할 수 있다.

이 준거에 따라 개별적으로 연계성의 정도를 분석한 후, 차이가 있는 개념에 대해서는 협의하여 연계의 정도를 판별하고, 분석된 연계의 정도를 바탕으로 연계가 부족한 부분을 보완하여 새로운 교과내용 구조도를 도식화하였다.

연구의 제한점

1) 화학반응 관련 개념에 대해서만 분석하였고, 또한

Table 1. Concerned chapter of each school level (by publisher)

Elementary school	Publisher	Junior high school		High school	Publisher	College
		2nd grade	3rd grade			
	Dong-A	I. Composition of Material 1. Compound and Element 2. Element and Molecule	III. Material change 1. Electrolyte solution 2. Acid-Base Reaction 3. Oxidation-Reduction Reaction	I. Science of Chemistry-Material 1. Atom and Molecule 2. Formular weight 3. Reaction formular IV. Chemical bond 1. Type of chemical bond 2. Covalent bond and molecule 3. Intermolecular forec V. Element and compound 1. metallic compound and nonmetallic compound 2. carbon compound VI. Chemical reaction 1. chemical reaction and energy 2. chemical equilibrium 3. acid-base reaction 4. oxidation-reduction reaction	Ja-yu Academy	Stoichiometry and the atomic theory of material, chemical equilibrium, acid-base equilibrium, chemical kinetics, polyelectronic atom and chemical bond, organic chemistry and bio-chemistry
5-2 1. Acid and Base 6-1 3. Molecule 6-2 3. Oxygen and Carbon dioxide	Keun-sung	I. Composition of Material 1. Compound and Element 2. Regulations of material composition	II. Material change 1. property of electrolyte solution 2. Acid-Base Reaction 3. Oxidation-Reduction Reaction	I. Science of Chemistry-Material 1. Atom and Molecule 2. Formular weight 3. Reaction formular IV. Chemical bond 1. Type of chemical bond 2. Covalent bond and molecule 3. Intermolecular force V. Element and compound 1. metallic compound and nonmetallic compound 2. carbon compound VI. Chemical reaction 1. chemical reaction and energy 2. chemical equilibrium 3. acid-base reaction 4. oxidation-reduction reaction	Tam-gu dang	atom, molecule and ion, chemical reaction, stoichiometry, concept of bonding and chemical structure, concept of chemical bonding, chemical kinetics, chemical equilibrium, acid-base, organic chemistry
	Kyo-hak	I. Composition of Material 1. Compound and Element 2. Element and Molecule	I. Material change 1. Electrolyte solution 2. Acid-Base Reaction 3. Oxidation-Reduction Reaction	I. Science of Chemistry-Material 1. Atom and Molecule 2. Formular weight 3. Reaction formular IV. Chemical bond 1. Type of chemical bond 2. Covalent bond and molecule 3. Intermolecular forec V. Element and compound 1. metallic compound and nonmetallic compound 2. carbon compound VI. Chemical reaction 1. chemical reaction and energy 2. chemical equilibrium 3. acid-base reaction 4. oxidation-reduction reaction	Ill-shin Publisher	atom, molecule and ion stoichiometry, atomic structure, chemical bond, covalent bond, chemical kinetics, chemical equilibrium, acid-base, organic chemistry

Table 2. Analyzed chapter for the articulation of chemical reactions (example of each school level)

	Elementary school (Ministry of Education)	Junior high school (Donga publisher)	High school (Donga publisher)	College (Ilshin publisher)
			· Chemistry ·	· General chemistry ·
	5-2	Science 1	I. Science of chemistry-material	1. the basis of chemistry
	1. acid-base	III. Physical property and separation of the material	1. atom and molecule	2. element, molecule, ion
	(1) acidic solution and basic solution	1. property of compound	2. formular weight	3. stoichiometry
	(2) acid and base in life	2. separation of compound	3. reaction formular	4. stoichiometry and chemical analysis
	· 6-1 ·		II. State of material and solution	5. gas
	3. molecule	Science 2	1. gas, liquid, solid	6. thermochemistry
	(1) molecule	I. Composition of material	3. solution	7. atomic structure and periodicity
	(2) molecular movement	1. compound and element	III. Atomic structure and the periodic law	8. chemical bond
		2. atom and molecule	1. atomic structure	9. covalent bond-orbital function
			2. periodic law	10. liquid and solid
			IV. Chemical bond	11. property of solution
unit	· 6-2 ·	· Science 3 ·	1. type of chemical bond	12. chemical kinetics
	3. oxygen and carbon dioxide	III. Material change	2. covalent bond and molecule	13. chemical equilibrium
		1. electrolyte solution	3. intermolecular force	14. acid-base
		2. acid-base reaction	V. Element and compound	15. practice of equilibrium in aqueous solution
		3. oxidation-reduction reaction	1. metallic compound and nonmetallic compound	16. spontaneous entropy
			2. carbon compound	17. electrochemistry
			VI. Chemical reaction	18. representative elements
			1. chemical reaction and energy	19. representative element: 15-18 group
			2. chemical equilibrium	20. transition metal and coordination chemistry
			3. acid-base reaction	21. view of nuclear chemist
			4. oxidation-reduction reaction	22. organic chemistry
				23. biochemistry
				24. industrial chemistry

Table 3. Criteria referred to judge the articulation

Type	Criteria referred to the each type
A	First introduction of the concept
B	Same level compared to the former level
C	Developed and understandable level compared to the former level
D	Difficult understanding level due to the much introduction compared to the former level
E	Impossible understanding level due to the big gap compared to the former level

*D-E type was classified with the medium level between D type and E.

초등학교 5, 6학년, 중·고등학교 3종의 교과서 및 대학 일반화학 3종만을 대상으로 분석하였다. 각급 학교 간의 공통 학습내용의 연계성에 중점을 두고 분석을 실시하였다. 따라서 내용의 분석만 실시되었고, 표현방법, 실험내용 및 탐구과정 면에서의 분석은 이루어지지 못하였다.

2) 각급 학교간의 수직적인 연계성만을 중점을 두었으며, 타 교과와의 수평적 연계성은 고려하지 않았다.

3) 초·중등 및 대학 교재의 연계성 정도는 연구자 또는 교재의 종류에 따라 다소 차이가 날 수 있을 것이다.

연구결과 및 고찰

화학반응 개념의 주제에 대한 각급 학교간의 목표 및 내용 비교

각 분석 주제별로 관련 소단원, 목표, 내용을 정리하여 6가지 주제에 대한 내용은 이미 전보에 보고하였으며,^{20,21} 그 외 13가지 주제에 대한 내용 중 화합물, 반응식 및 화학양론, 수소결합에 대한 내용은 Table 4, 5, 6에 나타내었다. 초등학교는 교육부 출판으로 모두 같은 내용이었고, 중학교 교과서는 중·소단원까지 거의 같았으며, 고등학교 교과서는 중소단원의 내용 및 순서가 다소 차이가 나는 부분이 있었다. 특히 대학교재에서는 중점내용이 큰 차이를 보였으나 연계성 판단의 객관성을 갖기 위해서 공통적인 부분만을 정리하였다. 또한 대학교재의 내용은 너무 방대하여 새롭게 도입되는 내용만 제시하고 구체적인 목표, 내용은 언급하지 않았으며, 단원의 제목만 간단히 제시하였다.

각 주제에 대한 단계별 분석 결과

Table 7은 화학반응과 관련있는 19가지 주제를 Table 3의 준거를 바탕으로 각급 학교간 연계성의 정도를 판별한 것이다. 각 주제 중에서 화학반응과 산화·환원

반응은 내용이 광범위하여 몇 개의 항목으로 나누어 분석하였다.

각 주제항목별 연계 정도 판별

연계성에 대한 객관적인 근거를 높이기 위해 19가지 주제 항목별 연계 정도를 Table 3의 준거를 바탕으로 판별하였다. 6가지 주제에 대한 내용은 이미 전보에 보고하였으며,^{20,21} 그 외 13가지 주제에 대한 판별내용은 다음과 같다.

1. 화합물

화합물에서는 중학교에서 고등학교의 경우가 E유형으로 나타났는데, 그 이유를 살펴보면 금속·비금속화합물, 산화물, 수소화물, 탄소화합물, 탄화수소 유도체의 각 성질 및 제법, 용도를 요점으로 설명하고 있으며 화학 메커니즘과 분자구조를 이해하지 못하는 학생들의 수준을 고려할 때 이해하기 어려운 수준으로 판단되었다.

C 초	E 중	C 고	C 대
·이산화탄소 ·설탕 ·에탄올 ·석회수 ·안티니아 ·나프탈렌	·화합물 ·화학무의 성질	·탄소화합물 ·고분자 화학물 ·알칼리금속 화합물 ·할로젠화합물 ·전이원소 화합물	·무기화합물 명명법 ·이온성 화합물 ·이성분 화합물 ·격자에 배치 계인 ·탄소화합물(지방·방향족 탄화수소) ·중합체

2. 화학식

중학교에서 고등학교의 경우 C유형으로 연계성이 잘 나타나고 있으며 고등학교에서 대학의 경우는 B유형으로 중복되는 경우가 있었다.

C 중	E 고	C 대
·분자식 (H ₂ , O ₂ , NH ₃ , CO, NaCl)	·탄소화합물의 화학식 (신원식, 분자식, 지성식, 구조식) ·고분자 화합물의 화학식 ·알칼리금속 화합물의 화학식 ·할로젠 화합물의 화학식 ·전이원소 화합물의 화학식	·화학식 (분자식, 구조식) ·화합물의 화학식 구하기 ·이온성 화합물의 화학식

Table 4. Comparison with objects and contents in compound

Level	Elementary school	Junior high school	High school	College
Items				
small unit	6-2 1. oxygen and carbon dioxide 2. combustion	2 1. compound and element	Chemistry 1. metal compound-ionic bonding material nonmetal compound-covalent bonding material 2. carbon compound	
object	1-1. explain and draw a comparison between oxide and carbon dioxide 2-1. identify the difference between reactants and products by the combustion of a candle	1-1. explain the principle of a chemical reaction by combustion 1-2. explain the difference between a compound and mixture 1-3. explain the principle of analysis and chemical combination	1-1. identify to the characteries, method and use of the metallic and nonmetallic compound 1-2. identify the class and structure of hydrocarbon. understand each property and reaction of hydrocarbon derivatives	
contents	1-1-1. Put manganese dioxide and hydrogen peroxide in a bottle and then produce oxygen gas. And then put a flame of match in the bottle and identify the property of this gas. 1-1-2. Drop diluted hydrochloric acid on a lime stone and produce carbon dioxide gas. And then put in candle light and lime water and identify the property of this gas. 2-1-1. soot, water and carbon dioxide will be generated after combustion of a candle	1-1-1. methanol + oxide ---- carbon dioxide + water 1-2-1. We understand the difference between the mixture and the compound in the reaction of an iron and a sulfur and the meaning of the compound. *compound : a substance composed of atoms of two or more elements chemically united in fixed proportions 1-3-1. We realize the principle and general form of the resolution reaction through the resolution experiment of sodium chlorate ① pyrolysis ② combustion by the catalyst ③ electrolysis 1-3-2. We understand the principle of the chemical combination reaction through the synthesis experiment of the zinc iodide and general form of the chemical combination reaction. *chemical combination reaction: the reaction to be formed one kind material after the material over two kind reacts	1-1-1. alkali metals and compound the chloride of alkali metals, hydroxide, a carbonate 1-1-2. halogens and their compounds Hydrogen halides, Salt halides, Detection of halides 1-1-3. oxide metal oxide, sulfuric oxide, nitrogen oxide. carbon oxide 1-1-4. hydride-hydrogen sulfide, ammonia 2-1-1. carbon compound saturated hydrocarbon-alkane, cycloalkane, petroleum unsaturated hydrocarbon-alkene. 2-1-2. hydrocarbon derivative alcohol, ether, aldehyde, ketone, carboxylic acid, ester aromatic hydrocarbon derivative phenol, aromatic carboxylic acid, aromatic nitro compound, aromatic amine	1. ionic compound 2. covalent compound 3. inorganic compound 4. carbon compound (organic compound) 5. coordination compound

Table 5. Comparison with objects and contents in reaction equation and stoichiometries

	Elementary school	Junior high school	High school	College
small unit		· 2· 1. molecule	· chemistry · 1. fomular weight 2. mole 3. reaction fomular 4. stoichiometry	
object		1-1 Representing chemical equation on the basis of atomic theory and understanding the meaning of chemical equation.	1-1, 1-2 Interpret the mass relationship in a chemical reaction to use the atomic weight, molecular weight and chemical fomular weight, and the volume relationship to use the concept of mole. 1-4. determine the exact chemical equation to use the chemical fomular and understand the meaning of the chemical equation.	
contents		1-1-1 *method of making reaction fomular ① write reactants on the left and product on the right ② Begin balancing the equation by trying different coefficients to make the number of atoms of each element the same on both sides of the equation *reaction fomular -the expression of the chemical change to use the chemical fomular *things which are identified by reaction fomular ① reactant and product ② molecular number of reactant and product ③ a law of conservation of mass and a law of definite proportion are formed ④ a law of gaseous reaction is formed in case of gas's reaction	1-1. *atomic mass unit : a mass exactly equal to one-twelfth the mass of one carbon-12 atom *molecular mass : the sum of the atomic mass *chemical fomular weight: the sum of masses in the ionic-compound 1-2. ① mole : 1 equal to 6.023×10^{23} particles. ② volume of gas 1 mole : 22.4L at standard state ③ Determination of molecular weight by volume of gas 1 mole 1-3. *method of making reaction fomular ① identify all reactants and products ② identify their chemical fomular. if it's necessary, write on right by using the letters(solid), l(liquid), g(gas), aq(aqueous) ③ reactants are written on the left, products are written on the right, connect the letter of --· or - ④ balance equation by trying different coefficients to make the number of atoms *law of balancing the chemical equation ① Identify all reaction and product and write their correct fomulars. ② Being balancing the equation by trying different coefficients to make the number of atoms of each element the same on both sides of the equation. ③ Check your balanced equation to be sure that you have the same total number of each type of atom on both sides of the equation arrow. 1-4. The meaning of chemical equation ① What means that the chemical reaction is. ② The basic rules of the reaction ③ The chemical relationship of the reaction.	reaction fomular Balancing chemical equations Meaning of chemical equations $\% \text{yield} = \frac{\text{actual yield}}{\text{theoretical yield}} \times 100$

Table 6. Comparison with objects and contents in hydrogen bond

	Elementary school	Junior high school	High School	College
small unit		1. formation of the hydrogen bond 2. physical properties of hydrogen bond		
object		1-1 Understand the hydrogen-bonding in polar molecules. 2-1 identify the general property of hydrogen bonding material		
contents		<p>※ the strength of electronegativity F>O>N, Cl >>H>...</p> <p>1-1-1 formation of the hydrogen bond interaction between the hydrogen atom in a polar bond, such as F-H, N-H or O-H and an electronegative F, N or O atom ex) H-F...H-F</p> <p>※ dimer are in the form of a hydrogen bond and the boiling point is higher than the molecule which the hydrogen does not combine.</p> <p>2-1-1 The nature of a hydrogen bonding material 1. high specific heat 2. high boiling point 3. high molar heat of vaporization 4. the water becomes the hexagon when it is frozen..</p>	<p>1-1-1 hydrogen bond : a formation of interaction between high electronegative atom and non-covalent electron pair of the hydrogen atom It's ever weaker than strength of the covalent bond, but it is strong as it can't break in room temperature $\text{F}(g) + \text{HF}(g) \rightarrow (\text{F}\cdots\text{H}\cdots\text{F})(g)$$\Delta H^\ominus = -162 \text{ kJ mol}^{-1}$</p> <p>2-1-1 character of water by hydrogen bond: such nature gives the life big influence · water : H₂O in each molecule takes part in four intermolecular hydrogen bonding. tetragonal high molar capacity · ice : formation of hydrogen bond hexagon ring shape less dense than its liquid state</p>	

Table 7. Stepwise analysis results of 19 subjects

Subject	School level		Elementary school			Middle school			High school	College
	5	6	1	2	3	chem.	general chem.			
1. Element				A			D	D-E		
2. Atom				A			D	D		
3. Molecule		A		D			C	D-E		
4. Ion					A		B	B		
5. Compound		A		C			E	C		
6. Chemical Formula				A			C	B		
7. Reaction equation and stoichiometrics				A			D	B		
8. Chemical reaction (1) Heat of reaction				A			D	B		
(2) Reaction rate							A	D-E		
(3) Chemical equilibrium							A	C		
9. Ionic Bond							A	D-E		
10. Covalent Bond							A	D-E		
11. Coordination Bond							A	D		
12. Metallic Bond							A	B		
13. Hydrogen Bond							A	C		
14. Dispersion Force							A	C		
15. Dipole moment Force							A	C		
16. Polarity of Bond							A	B		
17. Molecular Shape							A	D		
18. Acid and Base		A			C		D-E	C		
19. Oxidation and Reduction										
(1) Concept of Oxidation and Reduction			A				D	C		
(2) Oxidized agent and reduced agent					A		C	B		
(3) Oxidation-Reduction Equation					A		D	C		
(4) Application of Electrolysis							A	E		
(5) Electric cell					A		D	D-E		

3. 반응식 및 화학양론

중학교에서 고등학교의 경우 화학반응의 다양한 종류와 화학반응식 만드는 법, 양론적 계산 등이 상당적 수준에서 제시되어 있기 때문에 어렵게 느껴져 D형으로 판별하였고, 고등학교에서 대학으로는 화학반응을 다루는 내용에 있어서 내용의 깊이나 전개방법에서 별 차이가 없기 때문에 B유형으로 판별하였다.

중	고	대
화학변화의 질량 관계 화학반응식 이온반응식 (이온의 확인, 정준) 산염기반응(중화)	화학식량 (원자량, 분자량, 그밖의 화학식량) 몰과 화학식량 (몰과 기체 부피) 화학반응의 종류 (화학, 분해, 복분해) 화학반응식 만드는 법 화학반응식의 뜻 화학반응식의 양적 관계	화학양론 원자질량 몰 분자량 화학반응식 화학반응식의 의미 화학반응식 맞추기 화학양론 계산

4. 화학반응

화학반응은 메카니즘을 중심으로 하여 반응열, 반응

속도, 화학평형으로 개념을 구분하여 살펴보았다. 반응열의 개념에서는 중학교에서 고등학교의 경우가 D유형으로 나타났는데, 이는 헤스의 법칙 등 새로운 개념이 많이 도입되기 때문인데, 또한 이 때 상태함수의 도입 없이 헤스의 법칙이 도입되기 때문에 학생들이 이해하는데 어려움을 겪기 때문이었다. 반응속도에서는 고등학교 과정에서 처음 도입되는 새로운 개념이 매우 많아서 A유형으로 나타났고, 고등학교에서 대학의 경우가 D-E유형으로 나타났다. 그 이유는 고등학교 과정에서 반응속도의 정의 및 속도식이 매우 기초적인 수준에서 제시되고 반응속도에 영향을 미치는 요인에 대한 설명이 중요하게 다루어지고 있으나, 대학 일반화학 과정에서는 속도법칙이 매우 세분화되어 제시되고 있으며 수준도 고등학교에서 제시하는 것보다 훨씬 높은 수준에서 제시되고 있다. 특히, 아레니우스식과 속도식에서의 반응차수의 구별은 일반화학 수준에서는 지나치게 심화된 내용이므로 이는 전공분야 수준으로 넘기는 것

이 바람직할 것이라 판단하였다. 화학평형은 고등학교에서 처음 소개된 내용으로 가역반응, 비가역반응의 개념에 대한 설명이 다소 추상적이었다. 그 외 주요한 개념은 고등학교에서 다루고 있으며 대학에서는 고등학교에서 소개된 개념의 반박이 많고, 발전된 개념이 제시되기는 하나 고등학교에서의 내용을 바탕으로 이해 가능한 수준이라 판단하여 C유형으로 판별하였다.

·반응열· D

D	
중	고
·반응열의 개념	·반응열의 개념 ·연화과 반응식 ·헤스의 법칙, 반응열 계산

·반응속도·

D-E	
고	대
·반응속도의 정의 ·반응에가니즘과 속도식정당개 ·반응속도에 영향유끼치는 인자	·반응속도에 미치는 농도의 영향 ·속도법칙 (0차, 1차, 2차반응, 반감기, 농도와 시간과의 관계) ·반응속도에 미치는 온도의 영향 (진이상태이론, 충돌이론, 아레니우스식) ·촉매 (균일촉매, 불균일촉매) ·활동도

·화학평형·

C	
고	대
·가역반응과 비가역반응 ·자발적 반응 ·화학평형의 법칙 ·화학평형이동법칙 ·화학평형에 영향유끼치는 요인 ·평형이동법칙의 응용	·가역반응 ·화학평형의 법칙 ·평형상수 ·Le Chatelier의 원리 ·화학평형에 영향유끼치는 요인 ·평형에 대한 이온곱상수 ·이온화상수 ·용해도곱상수 ·기수분해 ·회중용액

5. 이온결합

이온결합은 고등학교에서 처음 소개되는 개념이며 대학 일반화학에서는 결합길이와 전기음성도 등의 개념이 깊이 있게 제시된다. 이와 함께 이온결합성 물질의 구조 등이 어렵게 여겨지고, 대학으로 갈수록 다양하고 심도깊은 개념이 소개되므로 D-E유형으로 판별하였다.

D-E	
고	대
·이온의 형성 ·이온결합의 형성 ·이온 반지름 ·이온 결합성 물질의 성질 ·이온결합성 물질의 구조	·이온 ·이온결합 ·이온 화합물 ·쿨롱의 법칙 ·결합 길이 ·전기음성도 ·이온성 고체

6. 공유결합

공유결합도 고등학교에서 처음 소개된 내용이며, 대학 일반화학에서는 고등학교에서 소개되는 개념보다 훨씬 심화된 개념인 결합 형태, 궤도함수, 혼성화 등이 도입되기 때문에 D-E 유형으로 판별하였다.

D-E	
고	대
·공유결합 형성 ·공유결합 (단일, 이중, 삼중결합) ·공유전자쌍 ·공유결합성 물질의 성질 ·공유결합 에너지 ·공유결합 길이 ·공유결합 반지름 ·결합에너지 ·해리에너지	·결합 형태 ·공유결합 (단일, 이중, 삼중결합) ·공유결합의 부분 이온성 ·공유결합의 모형 ·공유결합 에너지와 화학반응 ·결합에너지 ·결합에너지와 엔탈피 ·공유결합-궤도함수 ·혼성화 ·분자성 고체

7. 배위(공유) 결합

배위(공유)결합은 공유결합의 한 부분으로 고등학교에서 처음으로 일부 기술하였으며 대학의 과정에서는 착화합물, 킬레이트 등의 구조등 매우 심화되고 학생들이 이해하기 어려운 개념들이 제시되기 때문에 D-E유형으로 판별하였다.

D-E	
고	대
·배위결합 ·착이온 형성 ·리간드	·배위화합물 ·킬레이트 ·배위화합물의 생물학적 중요성 ·배위화합물의 기하, 광학 이성질체 ·배위화합물의 명명법 ·배위화합물의 결합이론 ·분자궤도함수이론(MO), 결정장이론(CFT)

8. 금속결합

금속결합은 고등학교에서 처음 소개되며 주로 금속결합의 형태와 특성에 대해 다루고 있다. 그러나 대학 일반화학과정에서는 금속의 구조, 전자배, 금속의 합금 등의 개념이 상당히 높은 수준에서 새로 소개되기 때문에 학생들이 이해하기에 어려움이 있다고 판단하여 D-E유형으로 판별하였다.

D-E	
고	대
·금속결합 ·금속의 물리서 특성 ·금속결합의 형성 ·전지배다 모형 ·금속결합과 금속의 물리서 특성 ·과의 관계	·금속의 구조와 결합 ·금속의 성질 ·금속의 구조 (최조밀배위, 육방밀집구조, 입방밀집 구조) ·금속에서의 결합 ·전지배다모형 ·전도도 ·금속합금 (치환형 합금, 틸제형 합금)

9. 수소결합

수소결합은 고등학교에서 대학으로 갈 경우 아래에서 보듯이 대부분 고등학교에서 도입된 개념들이 대학 일반화학과정에서 다시 소개되면서 내용이 심화되기 때문에 C유형으로 판별하였다.

C	
고	대
· 분자간 힘 · 수소결합 형성 · 수소결합성 물질의 물리적 성질 (끓는점이 높다. 물증발열이 크다.) · 이황화 구조	· 분자간 힘 · 수소결합 · 극성 분자 · 분분자 속의 수소결합

10. 분산력

분산력은 고등학교에서 처음 소개되는 내용으로 고등학교에서 충분히 다루어진 내용이 대학에서 약간 심화되면서 다루어지므로 연계가 적절하다고 생각하여 C유형으로 판별하였다.

C	
고	대
· 유도쌍극자의 형성과 분극 · 분산력(벤젠과 알칸스 합) · 분산력으로 응집된 물질의 물리적 성질	· 분자간의 힘 · London 분산력 · 쌍극자 모멘트 · 비극성분자간 작용하는 힘 · 18주기체(비활성기체)

11. 쌍극자 사이의 힘

쌍극자 힘은 고등학교 과정에서 쌍극자 사이의 힘 부분을 중심으로 충분히 취급되어지고 대학에서도 고등학교에서 제시된 개념이 어느 정도 심화되면서 다루어지기 때문에 연계가 잘 이루어졌다고 판단하여 C유형으로 판별하였다.

C	
고	대
· 쌍극자 · 쌍극자 사이의 힘 · 쌍극자 사이의 힘으로 응집된 물질의 물리적 성질	· 분자간의 힘 · 쌍극자, 쌍극자간의 인력 · 극성분자

12. 결합의 극성

결합의 극성은 대학 일반화학과정에서 다루는 내용이 고등학교 과정에서의 내용과 거의 비슷한 수준이기 때문에 B유형으로 판별하였다.

D-E	
고	대
· 결합의 극성 · 극성과 극성 공유결합 · 극성 · 극성 공유결합 · 쌍극자 · 결합의 극성과 전기음성도 · 쌍극자 모멘트 · 다원자분자의 극성	· 결합의 극성 · 쌍극자 모멘트 · 극성분자

13. 분자의 모양

분자의 모양에 대해서는 고등학교에서 많은 내용이 광범위하게 다루어져 왔고, 대학에서는 결합방법, 분자 궤도함수 모형, 차이온 배위결합, 결정장 모형 등으로 어려운 D유형으로 판별하였다.

D	
고	대
· 분자 모양 · 전자쌍 반발이론 · 다원자분자의 입체구조 (지칭형, 삼각쌍변형, 정사면체, 삼각피라미드형, 굽은형 등)	· 분자 구조 · 원자가 결합 (전자쌍 반발 모형) · 고립전자쌍 · VSEPR모형과 나중결합 · 한 개 이상의 중심원자를 가진 분자 · 분자궤도함수 모형 · 차이온 내의 결합 · 결정장 모형

학교 급간 주제별 연계성 통계 분석

화학반응 개념이 처음 도입되는 A유형의 각급 학교별 백분율을 Table 8에 나타내었다. 25개의 세분화된 주제 중에서 A유형은 초등학교가 4개(16%), 중학교가 9개(36%), 고등학교가 12개(48%)로 고등학교에서 새 개념이 가장 많이 도입되었다.

각급 학교간의 연계성 분석의 각 유형별 개수와 백분율을 Table 9에 나타내었다. 초등학교-중학교로의 연계는 C유형이 75%, D유형이 25%로 비교적 적절한 것으로 나타났고, 중학교-고등학교의 연계는 B유형이 7.7%, C유형이 23.1%, D유형이 53.8%, D-E유형이 7.7%, E유형이 7.7%로 D유형 이상이 전체의 69.2%를 차지하고 있어 격차가 심한 것으로 나타났다. 격차가 큰 내용을 살펴보면 화합물, 원소, 원자, 반응식 및 화학량론, 반응열, 산과 염기, 산화·환원 개념 및 산화·환원 반응식, 전지 등이다. 새로운 개념이 많이 제시되는 단계는 고등학교 과정이며, 중·고등학교로의 연계도 격차

Table 8. The percentage of A type at each school level

Type	School level				
	Elementary school	Junior high school	High school	College	Total
A	4(16%)	9(36%)	12(48%)	0	25(100%)

Table 9. Curricular connection analysis between each school level

Type	School level	Elementary school	Junior high school	High school
		-- Junior high school	-- High school	-- College
B			1(7.7%)	7(28%)
C		3(75%)	3(23.1%)	8(32%)
D		1(25%)	7(53.8%)	3(12%)
D-E			1(7.7%)	6(24%)
E			1(7.7%)	1(4%)
Total		4(100%)	13(100%)	25(100%)

가 큰 것으로 나타났다.

고등학교-:대학교의 연계는 B유형이 28%, C유형이 32%, D유형이 12%, D-E유형이 24%, E유형이 4%로 고등학교 수준의 반복인 B유형이 전체의 1/4 이상을 차지하고, 또한 D유형 이상이 전체의 40%로 나타났다. B유형이 이 정도로 많다는 것은 고등학교에서 내용이 갑자기 어렵고, 그 내용이 대학에서 반복되기 때문으로 여겨진다. 그리고 D유형 이상의 비율이 높다는 점은 전공과목에서 다루어져야 할 내용이 일반화학 수준에 포함되어 있는 것으로 생각된다. 대학 수준에서 반복되는 내용은 이온, 화학식, 반응식 및 화학량론, 반응열, 산화·환원개념, 결합의 극성, 금속 결합, 산화제·환원제이고, 격차가 큰 것으로는 원소, 분자, 반응속도, 이온결합, 공유결합, 전기분해, 전지 등으로 생각된다.

연구결과에 따른 새로운 교과내용 구조도

물질을 대상으로 하는 과학에서는 거시적 성질의 학습과 미시적 성질의 학습의 연관성이 중요하다. 따라서 학습자의 오감에 의하여 인식할 수 있는 거시적 측면 그리고 미시적 측면과 관련지어서 과학지식을 체계화시키는 것이 필요하다. 이러한 양 측면을 연관시켜 학습하는 방법은 어디, 시점에서 시작하는 것보다는 초·중·고를 통하여 점차 수준을 높이면서 반복해서 지도하는 것이 바람직한 것이다. 따라서 본 연구에서는 화학반응과 관련된 개념들을 거시적 측면과 미시적 측면으로 구분하고, 이러한 개념들이 중학교, 고등학교, 대학교에서의 교과내용과 어떻게 관련이 되는지를 보여주기 위해 Fig. 1과 같이 나타내었다. 먼저 거시적 측면 및 미시적 측면에 관련되는 개념을 각각 하나의 축에 늘어놓았으며, 하나의 축상에서의 배열은 보다 기초적인 개념인 수족 위쪽에 위치하는 것으로 나타내었다. 그 다음 그러한 가운데 축에 제시된 실제 교육과정에서 제시되는 학습내용이 거시적, 미시적 측면의 어떤 개념

들과 관련이 되는지를 선으로 연결하여 나타내었다. 이것은 소단원의 주제로 공통 학습내용이나 연관성이 깊은 것을 나열하여 교과서의 흐름을 전체적으로 볼 수 있으므로 수업의 전개에 도움이 되며, 특히 각급 학교 간의 다루는 내용의 흐름을 파악할 수 있다는 의의가 있다.

본 연구에서는 위의 Fig. 1을 바탕으로 화학반응 관련 25개의 주제 중, 연구결과 고등학교에서 처음 소개 되는 것이 12개이고, 반복과 격차가 심한 개념들을 고려하여 화학반응 전체에 대한 구조를 파악할 수 있는 새로운 교과내용 구조도를 Fig. 2에 제시하였다.

결론 및 제언

초등학교 자연교과서, 중학교 과학교과서 3종, 고등학교 화학교과서 3종 및 대학교 일반화학 3종 교사의 화학반응과 관련된 내용을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

초등학교에서 중학교의 단계는 연계가 비교적 잘 이루어진 것으로 나타났으며 중학교에서 고등학교의 연계는 격차가 큰 것으로 분석되었다.

고등학교에서 대학교의 연계에서는 반복의 비율이 높게 나타났는데, 이는 중학교에서 고등학교 과정의 연계에서 수준에서의 비약이 있었기 때문이다. 따라서 현 고등학교 교과에서 높은 수준의 사고를 필요로 하는 주제는 대학 일반화학에서 다루는 것이 바람직한 것이다. 또한 고등학교에서 대학교의 연계에서 격차의 비율도 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 대학 일반화학의 수준에서 어려운 부분은 전공분야에서 다루는 것이 더 적절한 것으로 여겨진다. 현재 우리나라 대학의 일반화학 교재들의 대부분은 예비전공자 수준의 교재이므로 비전공자 수준에 적합한 일반화학 교재의 개발이 필요한 것으로 생각된다.

주제항목 중 격차가 심한 부분의 예를 보면, 원소에

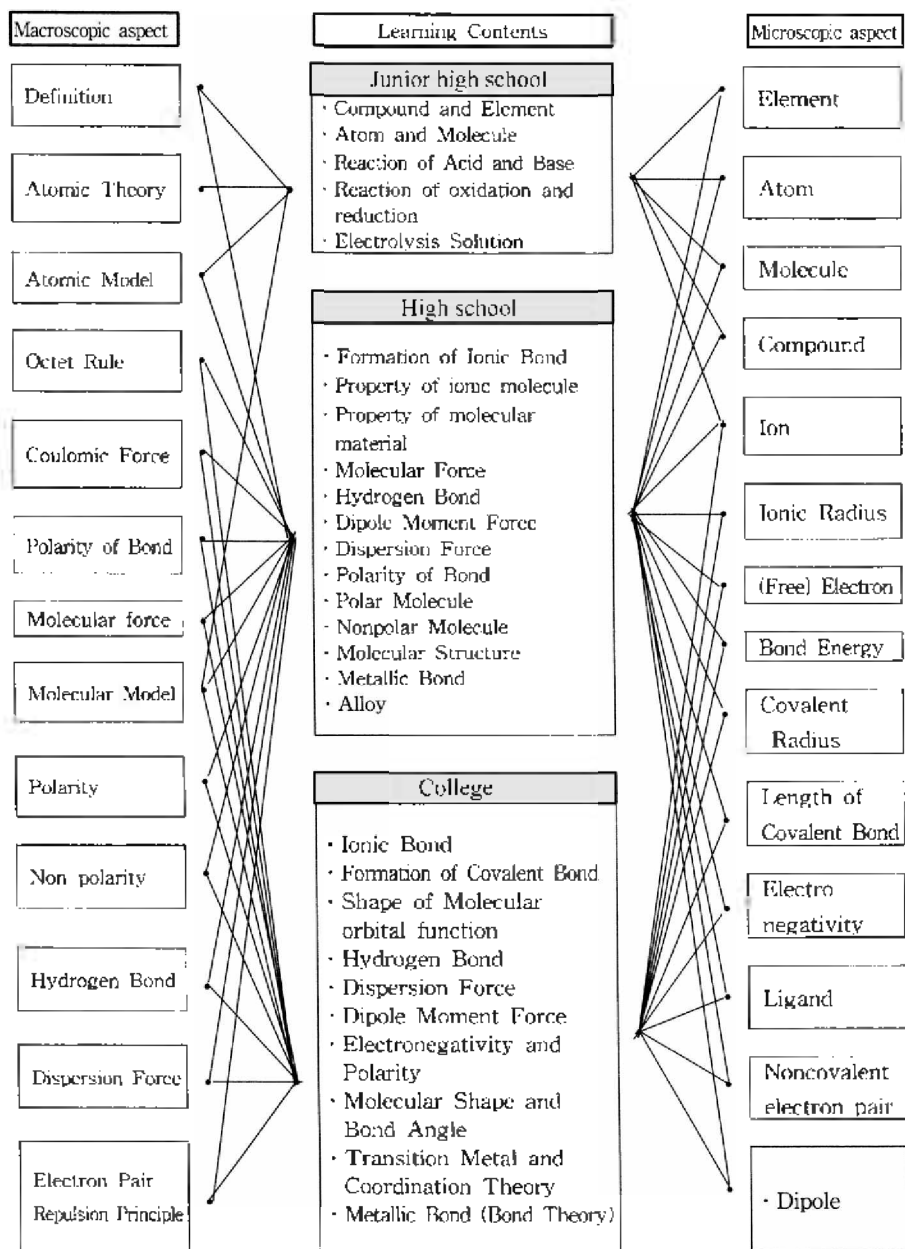


Fig. 1. Macroscopic and microscopic aspects in chemical reaction.

서 고등학교의 내용은 중학교의 내용에 비하여 새로운 개념의 도입이 많아 어려웠고, 대학교재에서는 각종 원소들의 세세한 특징, 반응, 용도들이 나열되어 있어 전공영역에서 다루는 것이 더 적합하리라 판단되었다. 특히 대학 일반화학에서 배위화합물의 결합이론은 자세한 설명 없이 분자궤도함수 이론과 결정장 이론의 도입

은 적절하지 못하므로 보완이 필요한 부분으로 여겨진다.

세분화된 25개의 주제항목 중 고등학교에서 처음 소개되는 것이 12개(48%)로 나타났으나, 중등학교 및 대학에 이르기까지 새로운 개념의 수를 적절하게 배열한 교재를 개발하면 학생들에게 처음 도입되는 개념들의 분산으로 학습에 대한 부담을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

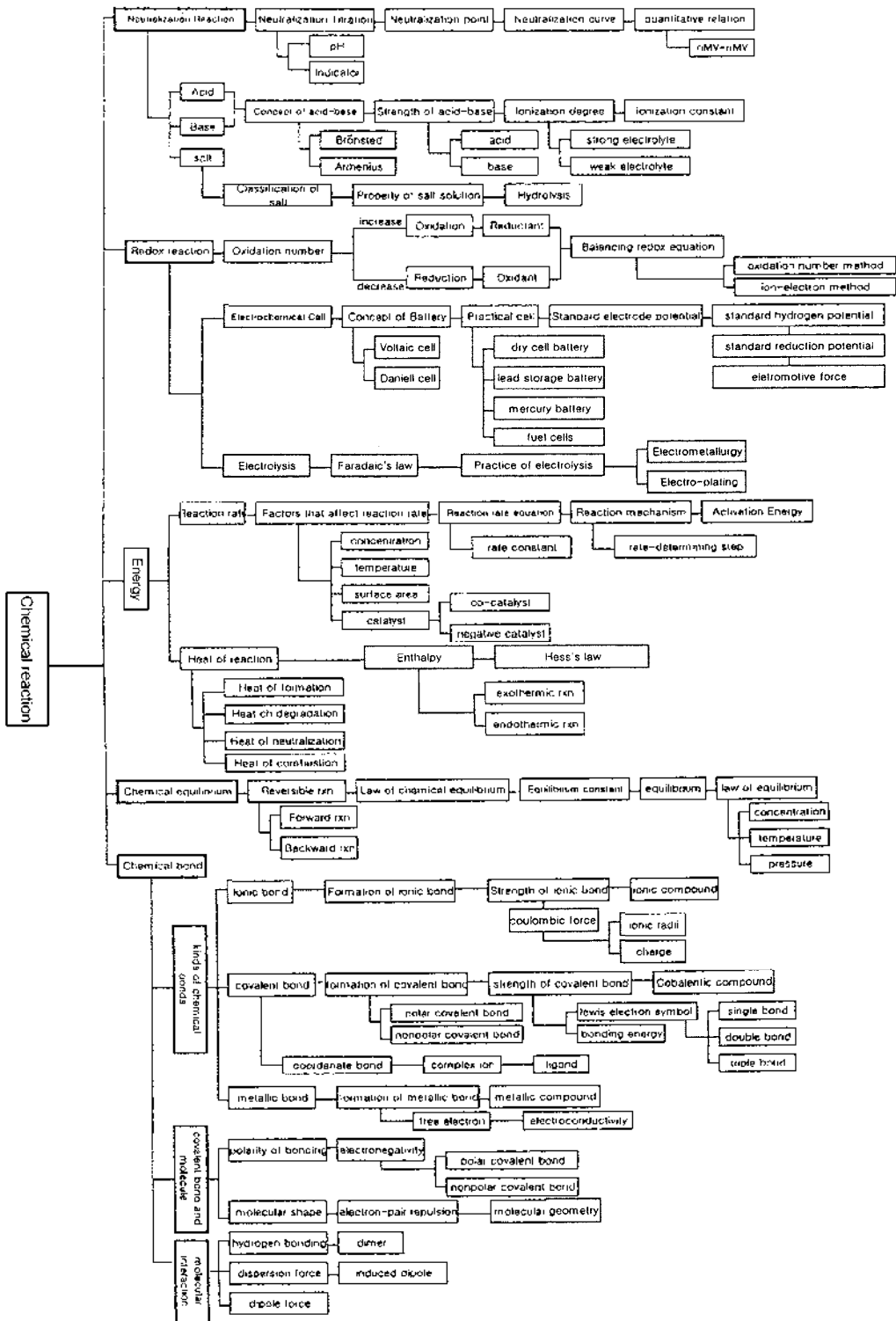


Fig. 2. The flow map of chemical reaction.

인용 문헌

1. Hur, M. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1993**, *13*, 334.
2. 장남기; 임영득; 강호장; 김영수; 김희백 *탐구과학교육론*, 교육과학사; 서울, 1990.
3. Piaget, J. *Science of Education and the Psychology of the Child*. Orion Press: New York, 1970.
4. Piaget, J. *To Understand is to Invent: The Future of Education*; Grossman: New York, 1973.
5. Han, Y.H.; Kang, D.H.; Yang, I.H.; Paik, S.H.; Park, K.T. *J. Kor. Chem. Soc.* **1999**, *43*(3), 340.
6. 김종서; 이영덕; 황정규; 이명우 *교육과정과 교육평가*. 교육출판사; 서울, 1997.
7. Yeo, H.J.; Kim, J.H. *J. Educ. Res. KyungPook Nat'l Univ.* **1987**, *29*, 83.
8. Song, S.H.; Kim, Y.Y. *J. Kor. Soc. Math. Educ.* **1998**, *37*(1), 87.
9. 이홍우 *브루너 교육의 과정*. 배영사; 서울, 1973.
10. 유광찬 *교수방법과 교과*. 교육과학사; 서울, 1998.
11. Kim, H.K. Ph.D Dissertation Seoul Nat'l. Univ., 1994.
12. Lee, J.Y.; Hur, M. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1995**, *15*(2), 223.
13. Wellford, G.; Osborne, J.; Scott, P. *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes*; The Falmer Press: London, 1996.
14. Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanesian, H. *Educational Psychology-A cognitive view* 2nd Ed.; Holt, Rinehart and Winston, Inc.; New York, 1968.
15. Novak, J. D.; Gowin, D. B. *Learning How to Learn*; Cambridge University Press: London, 1984.
16. Yeo, H.J.; Choi, J.H. *Chem. Educ.* **1977**, *4*(1), 31.
17. Park, J.Y.; Kim, S.H. *Chem. Educ.* **1988**, *15*(2), 137.
18. Kang, S.H.; Kim, D.Y. *Chem. Educ.* **1990**, *17*(2), 106.
19. Jeon, S.S. *Chem. Educ.* **1996**, *23*(2), 114.
20. Moon, J.D.; Lee, N.S.; Moon, S.B. *Chem. Educ.* **1996**, *23*(5), 345.
21. Lee, K.Y.; Moon, J.D.; Moon, S.B. *Chem. Educ.* **1997**, *24*(6), 359.
22. Kim, H.K.; Moon, S.B. *J. Kor. Chem. Soc.* **2000**, *44*(2), 145.
23. 교육부 자연 및 실험관찰, 1997.
24. (a) 권숙일의 11인 *중학교 과학3*; 동아출판사; 1997. (b) 정창희외 7인 *중학교 과학3*; 교학사; 1997. (c) 김시중외 11인 *중학교 과학3*; 급성교과서; 1997.
25. (a) 소현수의 3인 *고등학교 화학*; 동아출판사; 1997. (b) 이원식의 2인 *고등학교 화학*; 교학사; 1997. (c) 김시중외 2인 *고등학교 화학*; 급성교과서; 1997.
26. (a) Kotz, J. C.; Purcell, K. F. *최신일반화학*; 탐구당; 1997. (b) Zumdahl, S. S. *일반화학*; 일신사; 1997. (c) Oxtoby, D. W.; Nachtrieb, N. H. *현대일반화학 2판*; 자유아카데미; 1997.