

## 중등 및 대학 교재 중 산화-환원반응에 대한 연계성 연구

金曉謙<sup>†</sup> · 文星培<sup>\*</sup>

<sup>†</sup>부산 모라중학교  
부산대학교 화학교육과  
(1999. 6. 23 접수)

### A Study of the Curricular Articulation of Oxidation-Reduction in the Textbooks from Middle School to College

HyoKyum Kim<sup>†</sup> and SeongBae Moon<sup>\*</sup>

<sup>†</sup>Mora Middle School, Pusan 616-082, Korea  
Department of Chemistry Education, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea  
(Received June 23, 1999)

**요 약.** 본 연구는 중학교 과학 교과서(제5차 및 제6차 교육 과정), 고등학교 화학 교과서(제5차 교육과정) 및 대학 일반화학에서 화학 관련 부분 중 산화와 환원반응을 중심으로 이 학습 내용이 학생들의 사고력을 향상시키는 데 도움이 되는 적절한 연계성을 갖고 있는지를 분석하였다. 먼저 각급 학교간 배당 시간수의 차이 및 교과서 설명의 차이를 비교하였으며, 연계성 판별을 위하여 준거의 기준을 5가지로 수립하여 분석한 결과는 중학교에서 고등학교 과정의 연계시 다소 격차가 있었지만 고등학교에서 대학교 과정의 연계는 무난한 것으로 나타났다. 이 분석결과를 이용하여 수업의 효율성을 도모하기 위하여 중등 및 대학에 이르기까지 일관된 연계성을 갖춘 각급 학교간의 새로운 교과내용 구조도를 제시하였다.

**ABSTRACT.** The content of oxidation-reduction in the chemistry textbooks from middle school to college was analyzed about the effective connection of curricular articulation. The classification was divided from five groups of "first concept", "same concept", "overlap", "development", and "gap". As a results, there was a deep big gap from middle school to high school and the effectiveness from high school to college was quite acceptable. Finally, the flow map, consisted of each concept between the school unit, was suggested.

## 서 론

### 연구의 필요성 및 목적

오늘의 과학 기술은 도약적인 발전을 하고 있으며, 과학의 지식이나 정보의 질적인 향상과 양적인 팽창이 눈부시게 발전하고 늘어나는 실정이다. 따라서 학교 교육에서 과학 교육이 차지하고 있는 비중은 점점 커지고 있어 어떻게 하면 학생들에게 과학의 지식이나 정보를 효율적이고 체계적으로 가르칠 수 있느냐 하는 문제는 우리가 처해져 있는 현실적이고 지속적인 과제이다. 그러므로 학습 내용의 선정과 조직은 과학의 교육 계획을 세우는 데 중심적인 부분이 되고 있으며, 효율적인 학습을 위해서 선정된 교과 내용이 적절한

연계성을 가지고 구성되어야 한다.<sup>1</sup> 그리고 Piaget의 지적 발달 단계<sup>2,3</sup>에 의해 학습자의 특성을 고려하면, 초등학교는 구체적 조작기이므로 활동 중심의 학습을, 중학교는 형식적 조작기이므로 실험 실습, 원리, 법칙을 검증하는 학습을 하는 것이 좋다. 또한 고등학교는 거시적 물질관과 미시적 물질관을 관련지어 과학 지식을 체계화할 수 있도록 교육 내용을 구성하여야 한다. 따라서 학습자의 발달과 연속성, 학습내용의 계통적 발전 및 학습지도의 효율화를 고려하면 각급 학교간의 연관과 일관성을 가져야 할 필요성을 이해할 수 있을 것이다.

학습 내용의 연계성은 학습자들의 각급 학교 수준간에 걸친 학업적 진행을 어떻게 교육 과정을 통하여

수행할 수 있는 가에 관련지어져 있다. 이러한 연계성에는 수직적 연계성과 수평적 연계성이 포함된다. 수평적 연계성은 같은 등급내의 영역간의 문제이며, 수직적 연계성은 각 상하 등급간의 문제를 의미한다. 따라서 본 연구의 주제인 중등 및 대학 교과 내용 중 산화·환원 반응의 연계성은 수직적 연계성을 의미한다. 각급 학교간의 교육과정은 수직적 연계성과 밀접한 관계가 있을 것이다. 이러한 관점에서 각급 학교간의 과학(화학) 교과서에서 학습 내용이 기초에서부터 반복, 발전, 격차의 연계성을 얼마나 유지하고, 학습자의 사고력 수준에 맞추어 교과 내용이 조직되었는가 또는 학습자의 사고력을 발달시킬 수 있도록 조직되었는가 하는 점에 관심을 갖게 되었다. Bruner<sup>1)</sup>와 Piaget의 이론에 의하면 하나의 학습 내용이 어떻게 제시되고 있는 가도 중요하지만 각급 학교간의 연계성이 어떠한 방법으로 전개되어야 하는 가도 매우 중요하다.

이와 같은 필요성에 따라 각급 학교간의 교과내용의 연계성에 대한 연구<sup>2)</sup>는 일부 보고되었지만 본 연구자는 중학교 과학 교과서(제5차 및 제6차 교육 과정), 고등학교 화학 교과서(제5차 교육과정) 및 대학 일반화학에서 화학관련 부분 중 물질변화<sup>3)</sup> 및 물질특성<sup>4)</sup>에 대한 연구를 보고한 바 있다. 본 연구에서는 산화와 환원반응을 중심으로 학습 내용이 학생들의 사고력을 향상시킬 수 있도록 적절한 연계성을 갖고 있는지를 분석하고자 준거의 기준을 수립하여 각급 학교간의 연계성을 파악하고자 한다. 또한 각급 학교간 적절한 연계성을 갖도록 새로운 교과내용 구조도를 작성하여 효과적인 수업에 도움이 될 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

### 연구의 내용 및 방법

**연구 내용.** 본 연구는 제5차와 제6차 교육과정의 중학교 과학 교과서 3종,<sup>1)</sup> 고등학교 화학 교과서 3종,<sup>2)</sup> 및 대학 일반 화학 교재 3종<sup>3)</sup>을 선택하여 기본적인 개념인 산화와 환원반응에 초점을 두고 각급 학교별로 중학교 5개, 고등학교 10개, 대학교 14개의 소단원 주제를 선정하였다. 또한 각급 학교간의 해당 시간수의 비교 및 교과서간의 설명의 차이를 비교하였다. 교과서의 학습 내용을 동일한 기준으로 체계적 연계성에 중점을 두었으며 또한 각 소단원 주제별로 학습 내용을 조사하였다. 그리고 산화와 환원반응의 분석 대상이 되었던 각급 학교의 교과서의 관련 소단원은 다음과 같다.

#### (1) 중학교 소단원

① 산화; ② 환원; ③ 산화 환원반응과 전자의 이동; ④ 산화제와 환원제; ⑤ 화학전지

#### (2) 고등학교 소단원

① 전자의 이동과 산화 환원; ② 산화수와 산화 환원; ③ 산화수의 결정규칙; ④ 산화제와 환원제; ⑤ 산화 환원 반응식의 계수 완결; ⑥ 전기분해와 이용; ⑦ 패러데이의 법칙; ⑧ 화학전지; ⑨ 표준 전극전위; ⑩ 실용전지

#### (3) 대학교 소단원

① 전자의 이동과 산화 환원; ② 산화제와 환원제; ③ 산화수와 산화수의 결정 규칙; ④ 산화 환원 반응식의 계수 완결; ⑤ 화학전지; ⑥ 표준 전극전위; ⑦ 자유에너지와 전지전압; ⑧ Nernst 방정식; ⑨ 실용전지(건전지); ⑩ 실용전지(축전지); ⑪ 전기분해; ⑫ 전기분해의 이용; ⑬ 패러데이의 법칙; ⑭ 금속의 부식과 방지

**연구 방법.** 주제의 분석에 앞서 산화와 환원에 대한 목표 및 내용을 비교하였으며, 특히 각 교과서의 설명의 차이를 비교하기 위한 준거는 Table 1에 나타내었다. 그리고 각급 학교간 (중→고 및 고→대) 연계의 정도를 판별하기 위한 준거를 Table 2와 같이 정하였다. 또한 연계성 판별을 위한 소단원 주제에 대한 단계적 분석을 통하여 개념구조도를 도식화하였다.

### 연구의 제한점

1) 중등학교 교과서 3종 및 대학 일반화학 3종만을 대상으로 분석하였다. 각급 학교간의 공통 학습내용의 연계성에 중점을 두고 분석을 실시하였다. 따라서 설명

Table 1. 각 교과서의 내용의 차이에 대한 준거

| 유형 | 준거의 기준                       |
|----|------------------------------|
| 가  | 세 교과서가 동일한 설명과 내용            |
| 나  | 두 교과서가 동일하고 한 교과서가 다른 설명과 내용 |
| 다  | 세 교과서가 전혀 다른 설명과 내용          |

Table 2. 연계성 판별을 위한 준거

| 유형 | 준거의 기준                            |
|----|-----------------------------------|
| A  | 처음 소개된 새로운 개념                     |
| B  | 전단계와 동일한 수준                       |
| C  | 전단계보다 발전하고, 이해가 가능한 수준            |
| D  | 전단계보다 새로운 개념이 많이 도입되어 이해가 어려운 수준  |
| E  | 전단계보다 격차가 심해 대부분의 학생이 이해가 불가능한 수준 |

Table 3. 산화와 환원에 대한 목표 및 내용 비교

| 단계<br>항목 | 중   | 고   | 대   |
|----------|---|---|---|
|          | <중3>  | <화학>  |   |
| 소년원      | 1. 산화<br>2. 환원<br>3. 산화· 환원과 전자의 이동<br>4. 화학전지  | 1. 산화· 환원과 그의 반응식<br>2. 전기분해<br>3. 화학전지<br>4. 전극전위  |   |
| 목표       | 1. 물질의 연소와 녹스는 실험을 통하여 산화의 뜻을 이해하게 한 다음, 연소는 빠른 산화이고 녹스는 것은 느린 산화라는 것을 구별할 수 있게 한다.<br>2. 한 물질에서 산소를 잃는 현상이 환원반응이라는 것을 실험으로 조사하고, 반응에 관계하는 물질들을 화학반응식으로 나타낼 수 있다.<br>3. 산화와 환원반응이 일어날 때 전자의 이동이 있음을 실험으로 조사한 다음에 전자의 이동으로 산화와 환원을 정의할 수 있다.<br>4. 화학에너지를 전기에너지로 바꿀 수 있는 원리를 이해하게 한 다음 이 원리를 이용한 불타전지의 내부구조와 원리를 이해할 수 있다. | 1-1. 산화· 환원의 정의를 알고, 전자이동이나 산화수의 증감으로 설명할 수 있다.<br>1-2. 산화제 또는 환원제의 특성과 그 작용을 이해할 수 있다.<br>1-3. 산화· 환원 반응식을 통하여 산화제, 환원제가 서로 반응할 때 반응물질의 양적 관계를 설명할 수 있다.<br>2-1. 전자의 이동을 중심으로 전기분해의 원리와 법칙을 이해하고, 전기분해의 원리가 어떻게 응용되는지를 설명할 수 있다.<br>2-2. 전기분해반응의 양적인 관계를 패러데이의 법칙을 이용하여 설명할 수 있다.<br>2-3. 전기도금의 원리를 통하여 전기분해가 여러가지 공업에 응용됨을 설명할 수 있다.<br>3-1. 전지는 산화· 환원반응에서 얻어지는 화학에너지를 전기에너지로 바꾸는 장치임을 설명할 수 있다.<br>4-1. 표준전극전위의 뜻을 알고, 반반응의 표준환원전위값을 이용하여 전채반응의 E값을 계산함으로써 반응을 예측할 수 있음을 설명할 수 있다.<br>4-2. 금속의 이온화경향 서열과 반응성에 대하여 설명할 수 있다. |   |
| 내용       | 1-1-1. *산화<br>: 물질이 산소와 결합하는 반응<br>빠른산화: 연소<br>느린산화: 소화(digestion), 철의 녹슴<br>2-1-1. *환원<br>: 물질이 산소를 잃는 반응<br><br>— 산화 —<br>예) $2CuO + C \rightarrow 2Cu + CO_2$<br>— 환원 —  | 1-1-1. *산화· 환원의 정의<br>산화: 산소와 화합, 수소를 잃는 것, 산화수 증가<br>환원: 산소와 해리, 수소를 얻는 것, 산화수 감소<br>*산화수: 공유전자쌍이 그것을 세게 끌어당기는 원자에 속해 있다고 가정할 때, 그 원자가 가지는 전하<br>1-2-1. *산화제: 산소를 내어 놓아 상대방 물질은 산화시키고 자신은 환원되는 물질<br>환원제: 산화물로부터 산소를 빼앗고 자신은 산화되는 물질<br>1-3-1. *산화· 환원반응식의 계수를 맞추는 법<br>① 이온전자법, ② 산화수법<br>==>산화· 환원반응에서는 환원제가 내놓는 전자수와 산화제가 받는 전자수가 같다.(산화제와 환원제의 양적 관계)  | 1. 표준자유에너지와 표준전지전위와의 관계<br>$\Delta G^\circ = -nFE^\circ$<br>2. 비표준조건의 E값 계산<br>* Nernst식<br>$E = E^\circ - \frac{0.0592}{n} \log Q$<br>* E°와 평형 수<br>$\log K = \frac{nE^\circ}{0.0592}$ |

Table 3. 계속

| 단계 항목 | 중   | 고  | 대   |
|-------|---|--|---|
|       | <p>3-1-1. 전자기동으로서의 산화. 환원</p> <p>① 산화: 어떤 원자 또는 원자의 집단이 전자를 잃는 것</p> <p>② 환원: 어떤 원자 또는 원자의 집단이 전자를 얻는 것</p> <p>— 환원 —</p> <p>예) <math>Cu^{2+} + Fe \rightarrow Cu + Fe^{2+}</math></p> <p>— 산화 —</p> <p>4-1-1. 화학전지:</p> <p>산화·환원반응을 이용하여 화학 반응에 따르는 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 장치</p> <p>예) ① 볼타전지</p> <p><math>Zn   H_2SO_4   Cu</math></p> <p>(-)극: <math>Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-</math></p> <p>(+)극: <math>2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2</math></p> <p>전체반응: <math>Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2</math></p> <p>② 볼타전지의 단점 보완</p> <p>- 건전지, 수은전지, 납축전지</p> | <p>2-1-1. 전기분해: 전해질의 수용액에 지류물 통할 때, 전해질이 분해되는 것</p> <p>양극: 음이온이 끌려와서 전자를 잃는 산화반응</p> <p>음극: 양이온이 끌려와서 전자를 얻어 환원반응</p> <p>=&gt;전기분해의 용융-소금물의 전기분해</p> <p>양극: <math>2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-</math></p> <p>음극: <math>2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-</math></p> <p>전체식: <math>2H_2O + 2Cl^- \rightarrow H_2 + Cl_2 + 2OH^-</math></p> <p>2-2-1. 패러데이의 법칙</p> <p>① 전기분해에 의해 생성 또는 소모되는 물질의 양은 통해 준 전하량에 비례한다.</p> <p>② 일정한 양의 전하를 통했을 때 얻어지는 물질의 양은 각 물질의 원자량을 이온의 전하수로 나눈 양에 비례한다.</p> <p>2-3-1. 전기도금: 전기를 이용하여 금속의 표면에 다른 금속을 얇게 입히는 과정. 도금의 방법은 도금할 금속을 양극, 도금시킬 물체를 음극에 연결시킨다. 수용액은 도금할 금속의 염을 사용한다.</p> <p>예) 은 도금</p> <p>도금액: <math>KAg(CN)_2 \rightleftharpoons K^+ + Ag(CN)_2^-</math></p> <p>음극: <math>Ag^+ + e^- \rightarrow Ag(\text{석출})</math></p> <p>양극: <math>Ag \rightarrow Ag^+ + e^-(\text{용해})</math></p> <p>3-1-1. 전지: 전자의 이동으로 일어나는 산화. 환원 반응에서 그 전자를 흘려보낼 수 있는 적절한 장치를 꾸며 전류를 얻어 사용할 수 있을 때, 이것을 화학전지라 한다.</p> <p>예) ① 볼타전지</p> <p><math>Zn(-) \text{극}: Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-</math></p> <p><math>Cu(+)\text{극}: 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)</math></p> <p>전체반응식: <math>Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)</math></p> <p>(-)Zn   <math>H_2SO_4(aq)</math>   Cu(+)</p> <p>② 다니엘전지</p> <p><math>Zn(-) \text{극}: Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-</math></p> <p><math>Cu(+)\text{극}: Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)</math></p> <p>전체반응식: <math>Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)</math></p> <p>(-)Zn   <math>ZnSO_4(aq)</math>   <math>CuSO_4(aq)</math>   Cu(+)</p> <p>③ 망간전전지 : (-) Zn   <math>NH_4Cl(aq)</math>   <math>MnO_2, C(+)</math></p> <p>④ 납축전지 : (-) Pb   <math>H_2SO_4</math>   <math>PbO_2(+)</math></p> <p>4-1-1. 표준전극전위</p> <p>① 표준수소전극: 국제적 전극전위의 기준. 1M의 <math>H^+</math>속에 백금판을 꽂고, 이 백금판을 둘러 싸고 있는 1atm, 25°C의 수소기체가 <math>H^+</math>과 평형을 다루고 있을 때의 전위값을 0.00볼트(V)로 정한 전극 <math>2H^+(aq) (1M) + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g) (1atm), E^0 = 0.00V</math></p> <p>② 표준전극전위를 두 부분으로 나눌때, 전극 전위가 큰쪽은 환원반응이, 작은쪽은 산화반응이 일어난다.</p> <p>③ 전지의 기전력 구하기: <math>E = E_{\text{환원}} - E_{\text{산화}} (+\text{값} \rightarrow \text{정반응}, -\text{값} \rightarrow \text{역반응})</math></p> <p>4-2-1. 금속의 이온화 서열: 여러가지 금속이 반응의 표준환원전위를 측정하여 값이 작은 것부터 순서대로 나열하면, 금속이 전자를 잃기 쉬운 경향의 순서가 되는데 이 순서를 이온화경향이라 한다.</p> | <p>3. 알칼리전지</p> <p>4. 수은전지</p> <p>5. 니켈카드뮴전지</p> <p>4. 연료전지</p> <p>5. 전기화학적 방법에 의한 화학물질의 상업적 제법</p> <p>6. 부식: 전자기동</p> <p>의 예</p> <p>- 양극보호, 음극보호</p> |
| 내용    |   |  |   |

과 내용의 분석만 실시되었고, 표현 방법 면에서의 분석은 이루어지지 못했다.

2) 각급 학교간의 수직적인 연계성에만 중점을 두었으며, 타 교과와의 수평적인 연계성은 고려하지 않았다.

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

4) 연구 시점부터 완료 시까지 고교 교과서의 경우 제6차 교육과정에 따른 교재가 사용되지 않아 부득이 제5차 교육과정 교과서를 사용하였다.

### 연구 결과 및 고찰

**각급 학교간의 교과서의 배당 시간수 및 페이지 수 비교.** 산화와 환원에 대한 목표 및 내용을 정리하여 Table 3에 나타내었다. 중등 및 대학교재 중 3종의 교재를 분석하였으므로 조금씩 차이가 나는 부분도 있었고, 특히 대학교재는 다루는 비중이 큰 차이를 보여 연계성 판단의 객관성을 갖기 위하여 공통적인 부분만을 정리하였다. 그리고 대학교재의 내용은 너무 방대하여 새롭게 도입되는 내용을 제시하였으며 구체적인 목표 및 내용은 언급하지 않고 단원의 제목만 나타내었다.

**각급 학교간의 교과서의 배당 시간수 및 페이지 수 비교.** 각급 학교간의 배당 시간수, 실험의 수 및 페이지 수를 Table 4에 나타내었다.

중등학교는 교사용 지침서를 분석하여 정리하였으며 대학교의 배당 시간은 일반화학의 교수계획표를 참고하였다. 중학교에서 고등학교의 경우 첫째, 배당 시간수는 약 10% 증가하였다. 둘째, 실험의 수는 1개의 교과서는 늘었으나 반면에 다른 2개의 교과서는 오히려 감소하였다. 이는 학생들의 실험실습에 대한 조작 능력을 떨어뜨리는 요인이 될 수 있다. 셋째, 페이지 수는 약 40% 증가함으로써 배당 시간수의 증가에 비해 학습 내용의 증가로 인하여 학습자의 학습에 대한 부담

감이 늘어난 것으로 생각된다. 고등학교에서 대학교의 경우 페이지 수가 약 100% 증가하였는데, 이는 비교적 전문적인 수준까지 교재에 제시된 결과로 여겨지며 따라서 일정한 부분은 화학 전공영역에서 다루는 것이 바람직할 것이다.

교과서별로 소단원의 학습 내용이 전개되는 순서, 읽을 거리, 발전 학습, 익힘 문제(연습 문제) 등의 개수가 차이가 있었다. 특히 대학교재의 경우는 일부 교재는 산화와 환원의 내용을 화학반응이나 용액, 무기화학반응에서 취급하였으며, 또 다른 교재는 전기화학분야에서 중점적으로 강조되는 학습 내용을 기술하고 있다. 이는 저지들의 전공에 따라 같은 내용을 다루는 정도의 차이가 있는 것으로 여겨진다. 그리고 중학교의 제6차 교육과정에서는 배당 시간수는 8시간, 실험의 수, 교과서의 페이지 수는 거의 변화가 없었다. 그러나 실험의 내용이 실험, 관찰, 측정, 조사, 탐구활동, 분류, 자료해석 등으로 다양하게 나타났다. 그 이유는 자연 현상의 탐구에 흥미와 호기심을 가지고, 기본적인 탐구 방법과 과학의 지식을 습득하여 창의적으로 문제를 해결하려는 능력을 기르도록 추구하기 때문이다.

### 각급 학교간의 교과서의 설명과 내용의 차이 비교

Table 1의 준거에 의해 중등 및 대학 교재 중 산화·환원에 대한 소단원에서 교과서의 설명의 차이를 비교하였다. 중학교와 고등학교 교과서 분석결과의 예를 각각 Table 5와 Table 6에 나타내었다. 또한 산화·환원 전체에 대한 설명의 차이를 비교하였을 때 3가지 분류에 해당되는 소단원 수는 Table 7과 같다.

나와 '다'의 부분이 중학교에서 80%, 고등학교에서 80%와 대학교에서 57%를 차지하고 있다. 특히 중등학교 학생들이 전학할 경우 학습 내용의 차이 및 다른 용어의 사용 [예: 산화수(산화상태), 단원자 이온(1원자이온), 이온 전자법(반쪽반응을 이용하는 방법)] 등으로 혼선을 주어 학습에 지장을 가져올 우려가 있을 것이다. 그리고 내용의 정도도 교과서별로 약간씩 차이를 보여 다음 교과서의 개편 시에는 과학교육 전공자 및 여러 분야의 교과내용 전공자들의 참여 하에 각 학회에서 통일된 용어의 사용과 적절한 학습 내용을 제시하는 것이 바람직할 것으로 여겨진다.

중학교의 제5차와 제6차 교육과정에서의 교과서의 설명과 내용은 크게 차이가 나지 않았다. 제6차 교육과정에서는 금속이 이온화되는 순서의 차이와 화학전지 부분에서 전압계의 연결로 전압을 측정하는 내용과 전

Table 4. 각급 학교간의 배당 시간수, 실험의 수 및 페이지 수의 비교

| 학교         | 구분  | 배당 시간수 | 실험의 수 | 페이지 수 |
|------------|-----|--------|-------|-------|
|            |     |        |       |       |
| 중학교        | 제5차 | 8~10   | 3~4   | 15~17 |
|            | 제6차 | 8      | 3~4   | 15~19 |
| 고등학교 (제5차) |     | 9~11   | 2~5   | 25~31 |
| 대학교        |     | 9      | .     | 50~59 |

Table 5. 중학교 교과서들의 설명의 차이

| 소단원<br>제목           | 동아출판사  | 교학사  | 금성교과서  | 설명<br>의 차이<br>가 나 다 |
|---------------------|--|--|--|---------------------|
| 1. 제<br>5<br>화<br>차 | <p>실험. 구리의 산화와 환원</p> <p>1. 산화</p> <p>① 어떤 물질이 산소와 화합하는 반응</p> <p>② 수소를 잃는 반응</p> <p>예: <math>2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO</math><br/><math>2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O</math></p> <p>2. 산화물: 어떤 원소가 산소와 화합하여 생긴 물질</p> <p>① 물에 녹아 산성을 나타내기도 하여 염기화 잘 반응한다. (산성산화물)</p> <p>예: <math>C + O_2 \rightarrow CO_2</math><br/><math>S + O_2 \rightarrow SO_2</math><br/><math>4P + 5O_2 \rightarrow P_2O_{10}</math></p> <p>② 물에 녹아 염기성을 나타내기도 한다.</p> <p>예: <math>4Na + O_2 \rightarrow 2Na_2O</math><br/><math>2Ca + O_2 \rightarrow 2CaO</math></p> <p>③ 수소의 산화물인 물은 중성을 나타낸다.</p> <p>예: <math>2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O</math></p> | <p>실험. 산화반응</p> <p>1. 산화: 산소와 화합하는 반응</p> <p>① 빠른 산화: 연소와 같이 열과 빛을 내면서 급격히 일어나는 산화</p> <p>· <math>2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO</math><br/>· <math>S + O_2 \rightarrow SO_2</math><br/>· <math>4P + 5O_2 \rightarrow P_2O_{10}</math></p> <p>② 느린 산화: 천천히 일어나는 산화</p> <p>· 강철이 녹스는 것</p> <p>③ 산화물: 산화하여 생긴 물질</p> <p>ㄱ. 산성산화물: 이산화황처럼 산성을 나타내는 것</p> <p>ㄴ. 염기성산화물: 산화마그네슘처럼 염기성을 나타내는 것</p> | <p>실험. 산화와 산화물</p> <p>1. 산화: 어떤 물질이 산소와 결합하는 반응</p> <p>· 연소반응: 열과 빛을 내며 격렬히 일어나는 산화반응</p> <p>· 참고: 산성산화물과 염기성산화물</p> <p>① 산화물: 물질이 산화되어 생성되는 화합물</p> <p>ㄱ. 산성산화물: 물에 녹아 산성을 나타낸다</p> <p>· <math>S + O_2 \rightarrow SO_2</math></p> <p>ㄴ. 염기성산화물: 물에 녹아 염기성을 나타낸다.</p> <p>· <math>2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO</math></p> <p>ㄷ. 염의 생성: 산성 산화물과 염기성 산화물은 염기와 산과 반응하여 염을 만든다.</p> <p>· <math>SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O</math><br/>· <math>MgO + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2O</math></p> | ○                   |
|                     | <p>발전학습: 산화물과 그 수용 탐구 활동. 빠른 산화와 느린 산화</p> <p>느린 산화: 철은 공기 중에서도 산소와 서서히 결합하여 산화물로 되면서 녹스는 것</p> <p>빠른 산화: 황이나 마그네슘 등은 산소와 결합할 때 반응이 급격히 일어나면서 열과 빛을 내는 산화반응</p>  | <p>발전학습: 산화물과 그 수용 탐구 활동. 빠른 산화와 느린 산화</p> <p>느린 산화: 철은 공기 중에서도 산소와 서서히 결합하여 산화물로 되면서 녹이는 것</p> <p>빠른 산화: 황이나 마그네슘 등은 산소와 결합할 때 반응이 급격히 일어나면서 열과 빛을 내는 산화반응</p>  | ○  |                     |
| 1. 환원               | <p>① 어떤 물질이 산소를 잃는 반응</p> <p>② 수소를 얻는 반응</p> <p>예: <math>2CuO \rightarrow 2Cu + O_2</math><br/><math>2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2</math></p>   | <p>실험. 산화구리(II)의 환원반응</p> <p>1. 환원</p> <p>산화구리(II)가 산소를 잃고 구리로 되는 반응과 같이 산화물이 산소를 잃는 현상</p> <p>· <math>2CuO + C \rightarrow 2Cu + CO_2 \uparrow</math></p> <p>2. 금속의 제련</p> <p>철광석인 적철석과 자철석을 코크스, 석회석과 함께 용광로에 넣고 금속을 제련한다.</p>   | <p>실험. 산화물의 환원</p> <p>1. 환원: 산화물에서 산소가 떨어져 나가는 현상</p> <p>① 금속 원소 중에는 산소와 결합하는 힘이 약하여 그 산화물을 가열하기만 하여도 금속과 산소가 분해되어 금속이 환원되는 것</p> <p>· <math>2HgO \rightarrow 2Hg + O_2</math></p> <p>② 대부분의 금속처럼 탄소를 섞어서 가열하여야 환원이 되는 것</p> <p>· <math>2CuO + C \rightarrow 2Cu + CO_2 \uparrow</math></p> <p>③ 산소와 결합하는 힘이 강하여 탄소로는 환원되지 않고 고온으로 녹여서 전기분해 하여 환원시키는 알루미늄과 마그네슘의 산화물 등이 있다.</p> <p>· <math>2Al_2O_3 \rightarrow 4Al + O_2 \uparrow</math><br/>(-극) (+극)</p>  | ○                   |
| 2. 제<br>5<br>원<br>차 | <p>제5차와 내용이 같음</p>   | <p>제5차와 내용이 같음</p>   | <p>금속의 제련으로 산화 환원반응의 이용 설명</p>   |                     |
| 제6차                 | 제5차와 내용이 같음  |  |  |                     |

Table 6. 고등학교 교과서들의 설명의 차이

| 소단원<br>제목                          | 동아출판사   | 교학사   | 금성교과서   | 설명<br>의 차이<br>가 나 다 |
|------------------------------------|---|---|---|---------------------|
| 6. 전<br>기<br>분<br>해<br>의<br>이<br>용 | <p>I. 전기분해</p> <p>① 전해용기 : 전기분해를 할 때 전류를 통하는 용기<br/>전해질의 용액 또는 용융액과 전극으로 구성 전극은 백금 또는 흑연과 같이 침식되지 않은 재료<br/>전자를 빼앗기는 전극은 +전하를 띠게 되므로 (+극이라 하고 전자를 받는 전극은 전하를 띠게 되므로 (-)극이라 한다.</p> <p>② H<sub>2</sub>수용액의 전기분해<br/>                     a. 음극: 용액중의 H<sup>+</sup>는 (-)극으로 이동하여 전자를 받아 환원이 되는 데 이와 같이 환원이 일어나는 전극<br/>                     b. 양극: H<sup>+</sup>이온은 (+)극으로 이동하여 전자를 내놓고 산화되는 데 이와같이 산화가 일어나는 전극<br/>                     · 음극: <math>2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)</math> : 환원<br/>                     · 양극: <math>2F^-(aq) \rightarrow 1_2(s) + 2e^-</math> : 산화<br/>                     · 전체반응: <math>2H^+(aq) + 2F^-(aq) \rightarrow H_2(g) + 1_2(s)</math><br/>                     c. 위의 반응은 H<sub>2</sub>(g) + I<sub>2</sub>(s)가 자발적으로 반응하여 HI가 되는 반응의 역반응이다.<br/>                     ③ 전기분해반응은 자발적으로 일어나지 않는 반응을 외부로부터 전류를 공급하여 일어나게 하는 과정이다.<br/>                     ④ 전기분해를 할 때의 유의해야 할 것은 우리가 원하지 않는 산화 환원반응이 일어나는 경우<br/>                     예: NaF의 전기분해<br/>                     · 음극: <math>2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2</math><br/>                     · 양극: <math>2H_2O(l) \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-</math><br/>                     · 전체반응: <math>2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2</math><br/>                     ⑤ 수용액에서 전기분해하여 환원시킬 수 없는 양이온:<br/>                     · Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup><br/>                     ⑥ 산화시킬 수 없는 음이온:<br/>                     F<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup><br/>                     이러한 이온이 들어있는 수용액을 전기분해하면 물이 수소와 산소로 분해된다.<br/>                     ⑦ 수용액에서 전기분해하여 환원 또는 산화시킬 수 없는 물질은 용융상태에서 전기분해하면 원하는 물질은 얻을 수 없다.<br/>                     예: NaCl의 용융액을 전기분해하는 경우<br/>                     · 음극: <math>2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na</math><br/>                     · 양극: <math>2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-</math><br/>                     수용액의 전기분해로 얻을 수 없는 금속나트륨을 이 방법으로 얻을 수 있다.</p> | <p>I. 전기분해</p> <p>실험. 염화나트륨 수용액의 전기분해<br/>                     ① 수용액의 전기분해<br/>                     a. 염화나트륨의 전기분해<br/>                     · <math>NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-</math><br/>                     · <math>H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-</math><br/>                     · 양극: <math>2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-</math> : 산화<br/>                     · 음극: <math>2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2</math> : 환원<br/>                     b. 전기분해: 전해질의 수용액이 2개의 전극을 꽂고 직류전류를 통해 주면 수용액중의 양이온은 음극으로 끌려가 전자를 얻는 환원반응이 일어나고, 음이온은 양극 쪽으로 끌려가 전자를 잃는 산화반응이 일어나는 변화<br/>                     c. 전해질 수용액중의 음이온과 양이온이 모두 양극이나 음극에서 환원소 물질로 생성되는 것은 아니다.<br/>                     1) Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, 등은 물속의 H<sup>+</sup>보다 전자를 받아들이기 어려워 수용액에 남아있고 H<sup>+</sup>이 전자들을 얻어 수소가 생성되며,<br/>                     2) SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 등은 전자를 내어 놓기 어려워서 수용액중의 OH<sup>-</sup>이 전자를 내어 놓고 산소가 생성된다.</p> | <p>I. 전기분해반응</p> <p>① 전기분해(전해): 전해질이 전류에 의해 분해되는 것<br/>                     ② 전기분해가 될 때 전해질의 양이온은 음극으로 끌려가서 환원되고 음이온은 양극으로 끌려가서 산화된다. 따라서 음극에서는 환원반응이 일어나고 양극에서는 산화반응이 일어난다.<br/>                     예. 황산구리(II)수용액의 전기분해 (구리전극)<br/>                     · 양극: <math>Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-</math><br/>                     · 음극: <math>Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu</math><br/>                     ③ 백금과 같이 화학적으로 활성이 없는 금속을 전극으로 사용하여 수용액을 전기분해할 때<br/>                     a. 전해질중의 Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, 등은 방전전압이 높아 방전하기 어려워서 그대로 존재하고, 물의 수소가 이온이 방전하여 수소기체가 된다.<br/>                     b. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 등도 방전하기 어렵기 때문에 물의 수산화이온이 방전하여 산소기체로 된다.<br/>                     예. 황산구리(II)수용액의 전기분해 (백금전극)<br/>                     · <math>2CuSO_4(s) \rightarrow 2Cu^{2+}(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)</math><br/>                     · <math>4H_2O(l) \rightleftharpoons 4H^+(aq) + 4OH^-(aq)</math><br/>                     · 양극: <math>4OH^-(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g) + 4e^-</math><br/>                     · 음극: <math>2Cu^{2+}(aq) + 4e^- \rightarrow 2Cu(s)</math><br/>                     · <math>2CuSO_4(s) + 4H_2O(l) \rightarrow 2Cu(s) + O_2(g) + 2H_2SO_4(aq)</math></p> |                     |

Table 7. 각급 학교간의 교과서의 설명과 내용의 차이 비교

| 학교   | 구분 | 가 | 나 | 다 |
|------|----|---|---|---|
|      |    |   |   |   |
| 중학교  | 1  | 2 | 2 |   |
| 고등학교 | 2  | 3 | 5 |   |
| 대학교  | 6  | 4 | 4 |   |

\*표 안의 숫자는 해당되는 소단원 수임

해질의 종류, 농도 및 금속의 종류에 따라 전압의 차이가 발생하는 내용이 첨가되었다. 또한 발전 학습, 생활 과학, 중단원 요약 및 학습 마무리 등 다양하게 추가되었다.

#### 각 소단원 주제의 공통 학습 내용에 대한 연계성 정도 비교

Table 2의 준거에 바탕하여 각급 학교간 연계성의 정도를 나타내기 위하여 소단원 주제에 대한 단계적 분석결과는 Table 8과 같다. 그리고 산화와 환원반응에서 중학교 5개, 고등학교 10개, 대학교 14개의 소단원으로 나누어서 분석을 하였으며 연계성 판별시 문제점으로 지적된 예를 들면 다음과 같다.

Table 8. 소단원 주제에 대한 단계별 분석 결과

| 소단원주제            | 학교별 | 중 |   |   |   |   | 고 |   |   |   |   | 대 |   |   |   |   |   |
|------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                  |     | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E |   |
| 1. 산화            |     | ○ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2. 환원            |     | ○ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3. 전자의 이동과 산화 환원 |     | ○ |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |
| 4. 산화수와 산화 환원    |     |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |
| 5. 산화수의 결정 규칙    |     |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6. 산화제와 환원제      |     | ○ |   |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   | ○ |   |   |   |
| 7. 산화환원방정식의 계수완결 |     |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |   |   |   |   | ○ |   |
| 8. 화학전지          |     | ○ |   |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   | ○ |   |   |   |
| 9. 표준전극전위        |     |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |
| 10. 자유에너지와 전지전압  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |
| 11. Nernst 방정식   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |
| 12. 실용전지(건전지)    |     |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |   |   |   |   | ○ |   |
| 13. 실용전지(축전지)    |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ○ |   |
| 14. 전기분해         |     |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |
| 15. 전기분해의 응용     |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ○ |
| 16. 패러데이의 법칙     |     |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |
| 17. 금속의 부식과 방지   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ○ |   |   |   |   |

1) 산화·환원의 개념 부분의 경우 중학교에서 고등학교로의 연계시 산화수의 개념이 도입될 때 그리고 산화환원 반응식에서 반응계수를 완결하는 방법으로 이온전자법과 산화수법의 도입은 학습자들의 부담이 있는 것으로 일선교사들의 의견이 다수 있었다.

2) 산화·환원반응의 응용부분은 ① 전기분해에서 고등학교에서 대학교의 경우는 표준자유에너지와 Nernst 방정식은 전공 수준의 학습으로 여겨진다. ② 전지에서 중학교에서 고등학교로의 연계시 기전력 및 표준기전력에 관한 내용이 충분한 설명이 부족하였다. 그리고 고등학교에서 대학으로의 연계시 이온선택성전극 및 기전력을 이용한 평형상수의 계산은 관련전공 수준으로 여겨진다.

#### 각 소단원 주제별 연계성 통계 분석

Table 9는 산화와 환원반응이 처음 도입되는 A유형의 각급 학교별 백분율을 나타낸 것이다. 소단원 주제 중에서 전체 A유형 중 중학교가 5개(33.33%), 고등학교가 7개(46.67%), 대학교가 3개(20.00%)로 고등학교에서 처음 소개된 개념이 거의 7개를 차지하고 있어 중학교에서 고등학교로의 연계성이 다소 부족하여, 학



Table 9. A 유형의 각급 학교별 백분율

| 유형 | 단계 | 중              | 고              | 대              | 계             |
|----|----|----------------|----------------|----------------|---------------|
| A  |    | 5개<br>(33.33%) | 7개<br>(46.67%) | 3개<br>(20.00%) | 15개<br>(100%) |

Table 10. 각 유형별 각급 학교간 연계성 통계 분석

| 유형 | 단계 | 중→고        | 고→대        |
|----|----|------------|------------|
| A  |    | 7 (70.00%) | 3 (21.43%) |
| B  |    | 1 (10.00%) | 2 (14.28%) |
| C  |    | .          | 5 (35.72%) |
| D  |    | 2 (20.00%) | 3 (21.43%) |
| E  |    | .          | 1 (7.14%)  |
| 계  |    | 10 (100%)  | 14 (100%)  |

습자들에게 학습시간마다 새로운 개념의 전개를 받아들이야 하는 부담이 있을 수 있다. 그리고 Table 10은 각급 학교간의 연계성 분석의 각 유형별 개수를 백분율로 나타낸 것이다.

중학교→고등학교의 연계는 A유형이 7개(70.00%), B유형이 1개(10.00%), D유형이 2개(20.00%)이며, A유형이 전체의 70% 이상을 차지하고 있어 다소 격차가 있는 것으로 나타났다. 이는 학습자들이 학습시간마다 새로운 개념을 이해해야만 하는 부담을 주어 학습자의 흥미와 동기유발을 저하시킬 우려가 있으므로 적절한 양의 유형을 배분하여 교과서를 구성하는 것이 바람직할 것으로 여겨진다.

고등학교→대학교의 연계는 A유형이 3개(21.43%), D유형이 3개(21.43%), E유형이 1개(7.14%)로 A, D, E유형이 1/2을 차지하나 B, C유형도 1/2을 차지하고 있어 학습 내용의 전개와 이해의 수준에는 무난한 것으로 생각된다.

처음 소개된 새로운 개념이 많이 제시되는 단계는 고등학교 과정이며, 중학교에서 고등학교로의 연계의 격차가 가장 큰 것으로 나타났다. 따라서 고등학교에서 처음 소개되는 새로운 개념들은 학습자의 이해를 돕기 위해 학습 모델의 개발이나 이에 유사한 노력이 필요할 것이다.

**연구 결과에 따른 새로운 교과내용 구조도**

개념도란 Ausubel<sup>14</sup>의 의미학습이론에 그 이론적 배경을 근거로 고안하였으며 그후 Novak<sup>15</sup> 및 박승재 등<sup>16</sup>에 의하면 "가장 포괄적인 개념부터 구체적이고 특

정한 개념을 위계적 배열로 조직하는 과정이다"라 하였다. 본 연구에서는 산화·환원 반응에 관계되는 교과 내용 구조도를 도식화하였다. 그런데 물질을 대상으로 하는 과학에서는 거시적 성질의 학습과 미시적 성질의 학습의 연관성이 중요하다. 학습자의 오감에 의하여 인식할 수 있는 것은 거시적 측면이다. 그 인식한 것을 미시적 측면과 관련지어서 화학적 지식을 체계화시키는 것이 필요하다. 이와 같이 양측 면을 연관시켜 학습하는 방법은 어느 시점(예를 들어, 고등학교)에서 급히 시작하는 것이 아니라 초·중·고를 통하여 서서히 확대해 가는 것이 바람직할 것이다.

거시적 측면과 미시적 측면의 연관성을 기본으로 한 개념구조도를 만들어 Fig. 1에 나타내었다. 거시적 측면 및 미시적 측면에 관련되는 사항을 각각 하나의 축에 늘어놓는다. 하나의 축상에서의 배열은 보다 기초적인 사항일수록 보다 위쪽에 위치하는 것으로 나타내었다. 그리하여 실제 수업에서 학습내용은 각각의 축상에 배치된 관련사항과 연결하였다. 따라서 이 구조도는 소단원의 주제로 공통 학습 내용이나 연관성이 깊은 것을 나열하여 교과서의 흐름을 전체적으로 볼 수 있고 고 수업의 전개에 도움이 되며, 특히 중·고·대학의

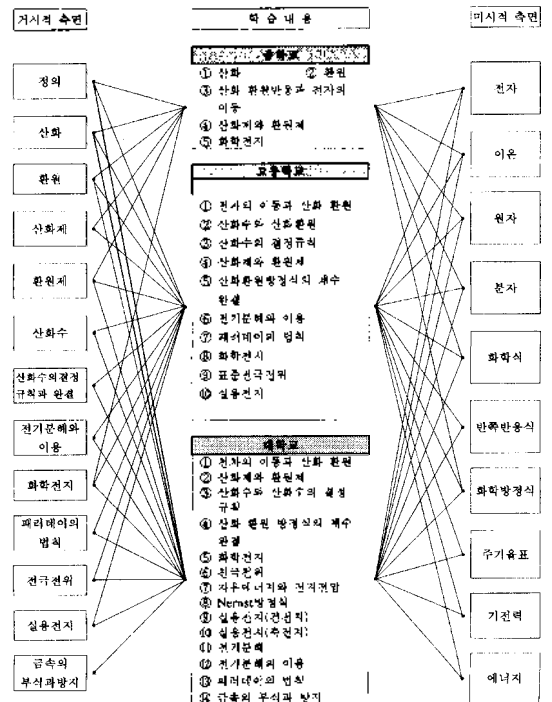


Fig. 1. 산화와 환원반응의 개념구조도.

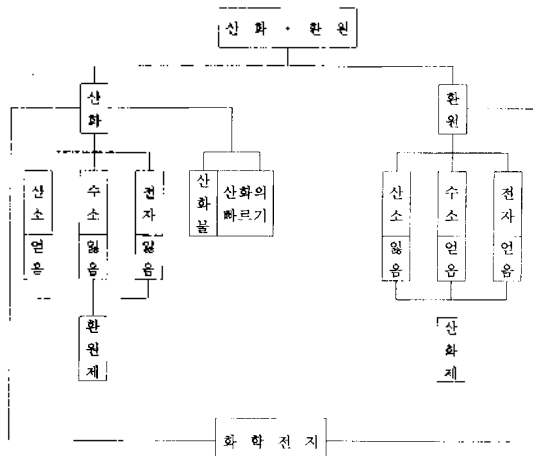


Fig. 2. 중학교의 산화와 환원반응에 관계되는 교과내용 구조도.

일관된 교과내용의 흐름을 파악할 수 있다는 의의가 있다. 특히 미시적 측면을 고려해보면 중학교의 전자, 이온, 원자, 분자, 화학식은 산화와 환원반응의 선수개념으로 먼저 도입되어 학습이 이루어졌고, 반쪽반응식, 화학방정식의 완결, 주기율표, 힘과 에너지는 고등학교,

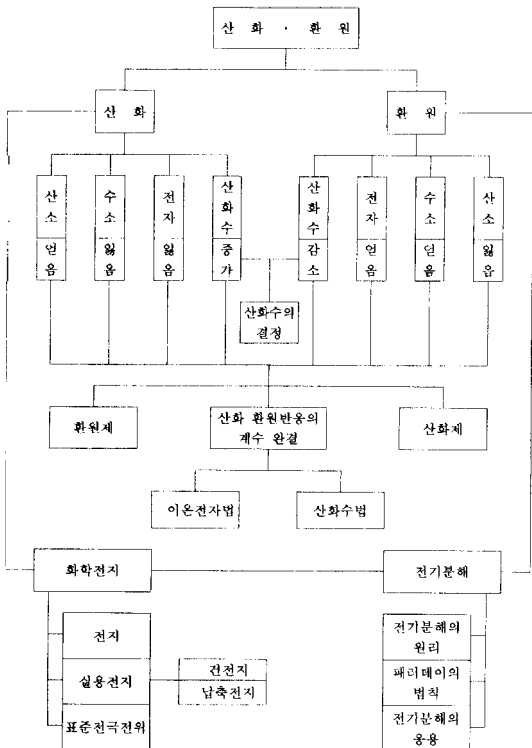


Fig. 3. 고등학교의 산화와 환원반응에 관계되는 교과내용 구조도.

대학교의 수준으로 학습할 내용으로 무난하게 연계가 되어 앞서 배운 기초적인 학습 내용을 토대로 물질의 변화 원리를 체계적으로 접근하고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서는 학습자의 지적 능력보다는 이론적인 교과과정을 중심으로 구성되어 있는 교사용 지도서의 단점을 보완하기 위하여 산화와 환원 반응을 학습자의 지적 발달 단계 및 각급학교간의 연계성을 고려하여 각급 학교별 교과내용 구조도를 도식화하여 Fig. 2~Fig. 4에 나타내었다. 그리고 산화·환원 반응에 대한 내용을 중등 및 대학에 이르기까지 공통부분은 제외하고 새로운 개념을 연결시켜 전체적인 교과내용의 흐름을 파악할 수 있도록 구조도를 Fig. 5에 나타내었다.

결론 및 제언

이상에서 중학교 제5차와 제6차 교육과정의 과학 교과서 3종(화학 부분), 고등학교 화학 교과서 3종 및 대학교 일반화학 3종의 산화와 환원반응과 관련된 내용을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 새로운 개념이 많이 소개되는 단계는 고등학교 과정이며, 중학교에서 고등학교로의 연계의 격차가 다소 있는 것으로 나타났다. 중학교에서 고등학교의 연계

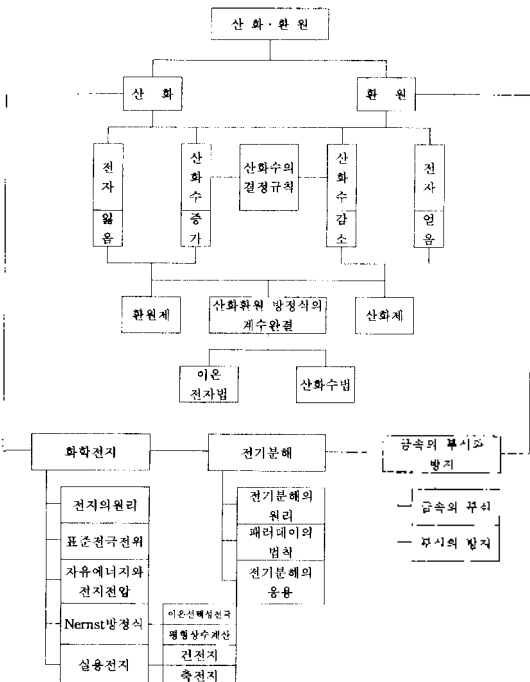


Fig. 4. 대학교의 산화와 환원반응에 관계되는 교과내용 구조도.

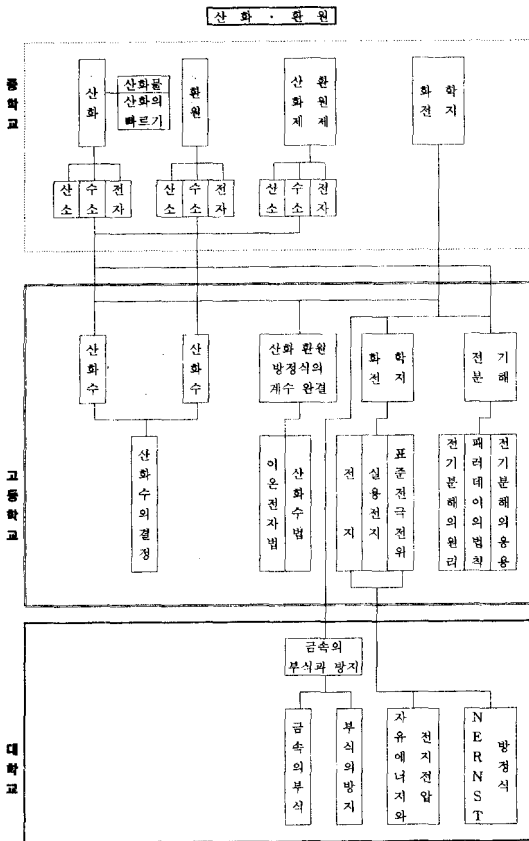


Fig. 5. 중등 및 대학의 산화와 환원반응에 관계되는 교과내용 구조도.

시 A유형 70%, B유형 10%, 및 D유형 20%로 나타나 학습자들이 새로운 개념을 이해하는데 많은 부담을 줄 수 있다.

2) 고등학교에서 대학교의 연계는 A, D, E유형이 1/2을 차지하나 B, C유형도 1/2을 차지하고 있어 학습 내용의 전개와 이해의 수준에서 볼 때 무난한 것으로 여겨진다. 그리고 B, C유형이 1/2정도로 반복과 발전이 적절하게 나타났다.

3) 중학교에서 고등학교의 연계시 배당 시간수, 실험의 수 및 페이지의 수는 약간의 차이는 있었으나 전체적인 학습의 전개에는 지장이 없는 것으로 분석되며, 고등학교에서 대학교로의 연계시에는 학습 내용이 다소 전문적인 수준까지 제시되어진 것으로 여겨진다. 특히 자유에너지와 전지전압, Nernst 방정식에서 기전력을 이용한 평형상수의 계산 등의 내용은 기초과정에서보다는 전공영역에서 다루는 것이 바람직하다고 여겨진다.

4) 중학교 제5차와 제6차 교육과정에서 교과서의 설명과 내용은 크게 차이가 나지 않았으며 발견 학습, 생활 과학, 중단원 요약, 학습 마무리 등의 내용이 추가되었다. 또한 실험의 내용이 실험, 관찰, 측정, 조사, 탐구활동, 분류, 자료 해석 등으로 다양하게 나타났다.

5) 고등학교에서 대학으로의 연계시 문제점을 해결하기 위해서는 대학의 일반화학 교재들을 화학을 이수한 학생과 이수하지 않은 학생의 수준을 고려하여 서로 다른 일반화학 교재의 개발이 필요하다.

6) 각급 학교간의 연계성이 부족한 부분의 해결 방안을 제시해보면, 초·중등학교 교사 및 과학교육 전문가들로 구성된 소집단 협의체가 필요하다. 이들이 교과 수준의 연계에 관한 협의를 거쳐 학생들의 수준에 적절한 내용을 초·중·고·대학에 이르기까지 일관성 있게 계획하는 것이 시급하다. 특히 중등학교 학생 및 교사들에게 교과내용 구조도를 제시하여 학습자들에게 학습의 욕구와 흥미를 도울 수 있는 교재의 개발이 필요하다.

### 인용 문헌

- 장남기, 임영득, 강호감, 김영수, 김희배 *탐구과학교육론*, 교육과학사: 서울, 1990.
- Piaget, J. *Science of Education and the Psychology of the Child*; Orion Press: New York, 1970.
- Piaget, J. *To Understand is to Invent: The Future of Education*; Grossman: New York, 1973.
- 이홍우 *브루너 교육의 과정*; 배영사: 서울, 1973.
- 여환진; 최진호 *화학교육* 1977, 4(1), 31.
- 박종운; 김성희 *화학교육* 1988, 15(2), 137.
- 강순희; 김대영 *화학교육* 1990, 17(2), 106.
- 전상숙 *화학교육* 1996, 23(2), 114.
- 문정대; 이남식; 문성배 *화학교육* 1996, 23(5), 345.
- 이경윤; 문정대; 문성배 *화학교육* 1997, 24(6), 359.
- (a) 권숙일 외 11인 *중학교 과학3*; 동아출판사: 1989. (b) 정창희 외 7인 *중학교 과학3*; 교학사: 1989. (c) 김시중 외 11인 *중학교 과학3*; 금성교과서: 1989. (d) 권숙일 외 12인 *중학교 과학3*; 두산동아: 1994. (e) 정창희 외 7인 *중학교 과학3*; 교학사: 1994. (f) 김시중 외 13인 *중학교 과학3*; 금성교과서: 1994.
- (a) 소현수; 김관영; 윤길수; 이영만 *고등학교 화학*; 동아출판사: 1990. (b) 이원식; 한인섭; 윤용 *고등학교 화학*; 교학사: 1990. (c) 김시중; 구창현; 이종면 *고등학교 화학*; 금성교과서: 1991.
- (a) Kotz, J. C.; Purcell, K. F. *확산일반화학*; 탐구당: 1995. (b) Zumdahl, S. S. *일반화학* 일신사: 1995. (c) Oxtoby,

- D. W.; Nachtrieb, N. H. *현대일반화학 2판*, 자유아카데미: 1995.
14. Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanesian, H. *Educational Psychology-A Cognitive View*, 2nd Ed.: Holt, Rinehart and Winster. Inc.: New York, 1968.
15. Novak, J. D.; Gowin, D. B. *Learning How to Learn*; Cambridge University Press: London, 1984.
16. 박승재; *조희형 학습론과 과학교육*, 교육과학사: 서울, 1994.
-