

일반고와 과학고 학생들의 정신용량과 산화 환원 개념의 이해도가 산화 환원 반응식 완결에 미치는 영향

崔秉舜* · 金忠鎬[†] · 李相權

한국교육원대학교 화학교육과

성안고등학교

(2002. 5. 21 접수)

The Influence of Mental Capacity and Understanding of the Oxidation-Reduction Concepts on Senior and Science High School Students' Completion of the Balancing Redox Equations

Byung-Soon Choi*, Chung-Ho Kim[†], and Sang-Kwon Lee

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

[†]Sungan Senior High School, Kyonggido 425-171, Korea

(Received May 21, 2002)

요약. 이 연구의 목적은 일반고와 과학고 학생들의 정신용량과 산화 환원 개념 이해 정도가 산화 환원 반응식 완결 문제의 성취도에 미치는 영향을 분석하여 이러한 화학문제 해결에 대한 효과적인 학습 지도 방안 마련에 도움을 주고자 하는데 있다. 이를 위해 일반고 학생 92명과 과학고 학생 57명을 연구대상으로 선정하여 정신용량 검사, 산화 환원 개념 검사, 산화 환원 반응식 완결 검사를 실시하고 성취도에 미치는 영향을 분석하였다. 일반고 학생들은 정신용량이 클수록 산화 환원 반응식 완결에서의 성취도가 증가하는 경향을 보였으나 과학고 학생들은 정신용량에 따른 성취도의 차이가 없었다. 산화 환원 개념 이해 정도를 분석한 결과, 일반고 학생들은 개념 이해 정도가 전반적으로 매우 낮았으나 과학고 학생들은 비교적 높았다. 일반고 학생들은 개념을 부분적으로 이해한 학생들의 성취도는 개념을 이해하지 못한 학생들의 성취도보다 높게 나타났고, 개념을 이해하지 못한 학생들은 정신용량이 클수록 성취도가 증가하였다. 과학고 학생들은 개념 이해 정도가 높을수록 성취도가 높게 나타났다. 산화 환원 개념을 완전하게 이해한 학생은 일반고와 과학고에 관계없이, 그리고 분할 유형에 관계없이 높은 성취도를 나타냈음을 알 수 있었다.

주제어: 정신용량, 산화, 환원, 산화 환원 반응식

ABSTRACT. The purpose of this study was to analyze the influence of mental capacity and understanding of the oxidation-reduction concepts on the completion of the balancing redox equations. Participants were 92 senior high school students and 57 science high school students. Tests were conducted to measure the mental capacity, the understanding of the oxidation-reduction concepts and the completion of the balancing redox equations and the influence on the performance was analyzed. The performance of the senior high school students increased as the mental capacity increased, but the performance of science high school students did not change by mental capacity. Most of senior high school students couldn't understand the oxidation-reduction concepts well. Most of science high school students, however, understood the concepts completely and partially. The students who had a good understanding of the oxidation-reduction concepts showed a good performance for both senior and science high school students, regardless of the problem pattern.

Keywords: Mental Capacity, Oxidation, Reduction, Balancing Redox Equation

서 론

최근 20년 동안 화학교육 연구는 문제 해결 능력의 신장과 화학문제 해결 과정에서 일어나는 학생들의 오인(misconceptions)에 대해 주된 관심을 갖고 진행되어 왔다.¹ 문제 해결 능력은 발달 수준(developmental level), 정신 용량, 그리고 장 의존성, 장 독립성 등의 인지 변인이 중요하게 작용한다고 보고되고 있다. 특히 신 피아제 이론^{2,3}과 정보처리 이론⁴에 의하면, 문제 해결자가 지니고 있는 단기 기억의 정보처리 용량에 해당하는 정신용량과, 문제가 지니고 있는 요구주의력(mental demand)에 따라 문제 해결의 성취도에 의미있는 변화와 영향을 미친다. 이러한 이론을 검증하기 위한 많은 연구가 여러 영역에서 활발히 진행되어 왔다.⁵⁻¹¹

화학 반응에서 양적 관계에 관한 주의력 차원과 학생의 주의력과의 관계 연구에서는 같은 논리구조를 갖고 있는 문제의 주의력 차원이 증가할수록 학생들의 문제 해결 정도는 낮았으며, 문제의 요구주의력이 정신용량보다 더 클 때는 성취도가 급격하게 떨어지는 임계상황이 존재한다고 보고되었다.¹¹ 물 개념 및 화학 평형과 같은 화학 개념의 성취도와 정신용량과의 관계에 관한 연구들에서는 문제 변인에 따라서는 오도과제와 요구주의력이 중요한 변인으로 작용하며, 학생들의 인지능력으로서는 기능적 정신용량과 논리적 사고력이 중요한 변인으로 작용하는 것을 밝혀냈다.⁹

학습자의 덩이지식이 성취도에 미치는 영향에 관한 연구에서는 학습자의 덩이지식이 잘 형성된 집단은 요구주의력을 감소시켜 문제 해결에 성공함으로써 정신용량에 의한 영향이 미미하였고, 덩이지식이 잘 형성되지 않은 집단은 정신용량에 의한 영향을 크게 받는다는 것을 알 수 있었다.¹⁰ Opdenacker 등¹²은 정신용량과 화학 문제를 해결하는데 있어서의 성취도에 관한 연구에서, 분량의 요구주의력이 학생들의 정신용량을 초과할 정도로 큰 분량이 제시되어서는 안되며, 학생들의 실행 기억 과다를 고려해야 한다고 보았다. 즉, 낮은 요구주의력을 요구하는 문제를 도입함으로써 성공률을 높일 수 있고, 학생들이 충분한 경험과 동기화가 되어 있을 때 요구주의력이 높은 문제를 제시하면 더 효과적이라는 것을 시사하였다.

그러나 다른 연구자들은 학습자가 사전지식을 가지고 새로운 정보와 연결하기 때문에, 학습을 하는데 있어서 내재하는 과학개념이 중요한 역할을 수행한다고

주장하였다. 화학문제에 포함된 화학개념을 이해하지 못하는 많은 학습자들은 문제를 풀 때 개념 지식을 적용하지 못한다는 연구 결과들이 이러한 주장을 뒷받침한다.^{13,16}

산화 환원 반응식과 산화제와 환원제의 개념은 가르치고 학습하는데 가장 어려운 내용 가운데 하나에 속한다.¹⁷ 많은 고등학교 학생들이 산화 환원 개념과 페러데이 법칙, 몰 개념 등 다양한 화학 개념과 정량적인 문제를 포함하는 전기화학 단원을 학습하는데 어려움을 느끼고 있다. 그래서 현장 교사들은 전기 화학 분야에 대한 학생들의 문제 해결 능력을 높일 수 있는 방법에 많은 관심을 가지고 있지만 국내에서는 이러한 연구가 미흡한 실정이다.

Niaz와 Lawson¹⁸은 산화환원 반응식에서 풀이 단계가 단순한 경우에는 오직 발달 수준만이 문제를 성공적으로 해결하는데 중요하다는 것을 보여주었지만, 여러 단계의 복잡한 문제의 경우에는 발달 수준뿐 아니라 정신용량도 중요한 요인으로 작용함을 보여주었다. 그러나 Chandran 등¹⁹은 화학의 정량적인 문제를 해결하는데 있어서, 형식적 사고력과 사전 지식이 성공적인 문제 해결에 관계되며 다른 인지 변인은 통계적으로 큰 의미를 보이지 않았음을 밝혔다. 이러한 연구 결과들의 차이는 매우 흥미로운 것인데, 이러한 차이가 어떤 연구는 산화 환원 개념을 전혀 고려하지 않았고, 또 어떤 연구는 문제 해결 과정을 분석하지 않아서 발생하는 것이라고 생각된다. 즉, 연구 설계에 문제점이 내포되어 있다고 말할 수 있다. 그러므로 이러한 문제를 해결하기 위하여, 이 연구에서는 학생들의 정신용량과 산화 환원 개념의 이해도를 함께 고려하여 이들이 산화 환원 반응식 완결 문제의 문제 유형별 성취도에 미치는 영향을 알아보았다.

연구방법

연구대상. 대도시에 있는 일반고 3학년 학생 2개 반 92명과, 과학고 2학년 학생 2개 반 57명을 대상으로 하였다. 일반고 학생들은 2학년부터 화학 단원을 학습하고, 과학고 학생들은 1학년부터 학습하는데, 산화 환원 반응식 완결과 관련된 단원의 학습 시간은 같았고, 위 학생들 모두 산화 환원 반응 개념과 산화 환원 반응식 완결의 학습이 충분하게 이루어진 상태였다. 연구 대상으로 일반고 학생들과 과학고 학생들을 선정된 이유는,

학습자 변인과 과제 변인에 따른 성취도를 서로 비교함으로써 보다 많은 정보와 시사점을 얻고자 하였기 때문이다.

검사도구

이 연구에서는 정신용량 검사(figure intersection test 752, FIT)²⁾, 산화 환원 개념 검사(test for the concept of oxidation-reduction, TCOR)와 산화 환원 반응식 완결 검사(test of oxidation-reduction equations balancing, TOR:EB) 등, 세 가지 형태의 검사도구를 사용하였다.

정신용량 검사. FIT는 본체 해결자의 정신 용량을 측정하기 위한 검사 도구이다. 이 검사지는 부류2(정신용량 1)에서부터 부류8(정신용량 7)까지 구성되어있으며, 각각의 부류는 5개 검사문항으로 되어 있다. 이 연구에서는 최병순과 김경희³⁾가 사용한 것을 재 사용하였다. 정신용량의 크기는 FIT 752 방법에 의해서 판정하였는데, 이 방법은 각 부류에 나누어진 문항들의 맞은 수에 대하여 각 부류의 해당 백분율을 결정한다. 결정된 백분율이 70% 이상인 부류들 중에서 가장 낮은 백분율을 지니는 부류를 찾아서 정신용량의 크기를 결정한다.

산화 환원 개념 검사. TCOR는 연구자들이 개발한 것으로 8분항으로 구성되어 있는데, 산화 환원 반응식에 해당되는 문항은 5분항으로 되어있다. 산화 환원 반응을 구별하고 산화된 물질을 잘 알고 있는 정도에 따라서 완전 이해, 부분 이해, 거의 이해하지 못함, 전혀 이해하지 못함으로 구분하여 분석하였다. 개발된 TCOR는 분석화학 전문가 1인과 화학교육 전문가 2인으로부터 내용 타당도를 검증 받았다. 평가분항은 예비 검사를 거쳐 확정하였으며, 완성된 평가 문항의 신뢰도는 Cronbach's α 값이 0.77이었다.

산화 환원 반응식 완결 검사. TOR:EB는 미정 계수 법이나 암산법을 이용해서 쉽게 해결할 수 있는 문항 2 문항, 산화수법을 이용해서 계수를 완성하는 1개 문항 등, 모두 8개의 문항으로 구성하였으며 평가 문항의 검사시간은 50분으로 하였다. 연구자들에 의해 개발된 TOREB는 분석화학 전문가 1인과 화학교육 전문가 2인으로부터 내용 타당도를 검증 받았고, 평가문항은 예

비 검사를 거쳐 확정하였으며 완성된 평가 문항의 신뢰도는 Cronbach's α 값이 0.81이었다. 평가 문항은 문항 유형을 네 가지로 나누어서 분석하였다. 산화수가 제시되지 않은 분항 유형 중에서 풀이 단계 수가 적은 분항 유형 QT1(문항 1, 2, 3)과 풀이 단계 수가 많은 분항 유형 QT2(문항 4, 5). 산화수가 제시된 문항 유형 중에서 풀이 단계 수가 적은 문항 QT3(문항 6). 풀이 단계 수가 많은 문항 유형 QT4(문항 7, 8)로 나누어 분석하였다.

분석 방법. 학생들에게 FIT, TCOR, 그리고 TOREB를 투입한 후 응답 결과를 분석, 종합하여 일반고와 과학고 학생들의 정신용량, 산화 환원 개념 이해 정도에 따른 성취도를 알아보았고, 변량 분석을 하여 의미있는 차이가 있는지를 검증하였다. 학생들의 산화 환원 반응식에 대한 문항 유형별 성취도를 분석할 때는 무응답한 학생들이 영향을 미치므로 이 학생들을 제외하고 분석하였다. 정신용량, 산화 환원 개념과 문항 유형별 성취도가 서로 어떤 상 관계를 갖는지, 그리고 전체 성취도에 각각 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위해서 상관 관계 분석을 하였다.

연구 결과 및 논의

일반고와 과학고 학생들의 정신용량과 산화 환원 개념 이해도 분포

기능적 정신용량의 분포. FIT를 이용하여 측정한 기능적 정신용량의 분포 비율은 Table 1에 나타내었다. 일반고 학생들의 FIT의 평균 점수는 5.65로 최병순과 김경희³⁾의 일반고 결과인 5.67과 비슷하고, 과학고 학생들은 6.19로 안수영과 권재술¹⁰⁾의 과학고 결과인 6.20과 비슷하였다. 특히 정신용량이 7인 과학고 학생들의 비율이 일반고 학생들의 비율보다 더 높게 나타났다. 변량 분석한 결과, 일반고와 과학고 학생들의 FIT 점수 차이는 $p < 0.05$ 수준에서 유의미한 차이를 보였다.

산화 환원 개념 이해도의 분포. 일반고와 과학고 학생들의 산화 환원 개념 이해 정도의 분포를 Table 2에 나타냈다.

Table 1. Distribution of the functional mental capacity (the number of students)

School	Mental Capacity			
	4	5	6	7
Senior high school. %	14.1(13)	31.6(29)	29.3(27)	25.0(23)
Science high school. %	0	26.3(15)	28.1(16)	45.6(26)

Table 2. Distribution of the understanding of the oxidation-reduction concepts (the number of students)

School	Degree of Understanding Redox Concepts			
	No	Little	Partial	Full
Senior high school, %	66.3(61)	17.4(16)	10.9(10)	5.4(5)
Science high school, %	3.5(2)	10.5(6)	15.8(9)	70.2(40)

일반고 학생들은 산화 환원 개념을 완전하게 이해하거나 부분적으로 이해한 학생들이 16.3%로 너무 적었고, 전혀 이해하지 못한 학생들이 66.3%로 아주 많았다. 반면에, 과학고 학생들은 완전하게 이해하거나 부분적으로 이해한 학생들이 86.0%로 대부분이어서 일반고 학생들의 개념 이해 정도와 비교할 때 큰 차이를 보였다.

일반고와 과학고 학생들의 문항 유형별 성취도

정신용량에 따른 문항 유형별 성취도. 일반고 학생들의 정신용량에 따른 문항 유형별 성취도는 Fig. 1에 나타났다.

일반고 학생들의 경우, 풀이 단계 수가 적은 문항 유형 QT1과 QT3에 비해서 풀이 단계 수가 많은 문항 유형 QT2와 QT4에서 낮은 성취도를 보였다. 정신용량이 7인 학생들의 성취도가 정신용량이 5, 6인 학생들에 비해서 높게 나타났다. 정신용량이 증가함에 따라서 성취도가 증가하는 경향성을 보인 문항 유형은 산화수가 제시되지 않고 풀이 단계 수가 많은 문항 유형 QT2였으며, $p < 0.05$ 수준에서 정신용량의 크기에 따라 유의미한 차이를 나타냈다. 이와 같은 결과는 풀이 단계 수가 많아질수록 즉, 문제의 요구주의력이 증가할수록 학생들의 성취도가 떨어지고, 정신용량이 클수록 문제의 요구주의력이 높은 문항을 잘 해결할 수 있다는 선행 연

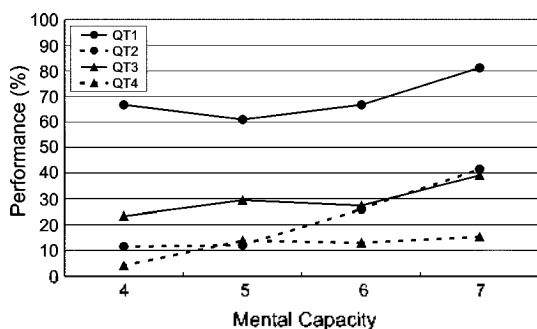


Fig. 1. The influence of mental capacity and problem patterns on performance for the senior high school students.

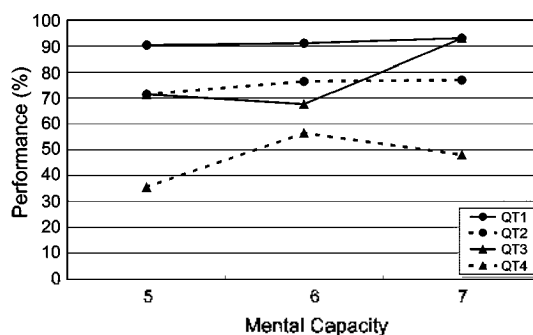


Fig. 2. The influence of mental capacity and problem patterns on performance for the science high school students.

구^(1,2)의 결과와 일치하는 것이다.

산화수가 제시된 문항 유형 QT3와 QT4의 성취도는 풀이 단계 수에 관계없이 아주 낮아서 산화수가 제시되지 않은 문항 유형의 성취도보다 낮게 나타났다. 산화수가 제시된 문항 유형의 성취도는 정신용량에 따라 차이를 나타내지 않았는데, 이는 요구주의력이 큰 문항이라도 문항의 성격에 따라서 정신용량에 의한 영향보다는 다른 요인에 의해 영향을 받을 가능성을 시사해 준다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이, 과학고 학생들은 산화수가 제시되고 풀이 단계 수가 적은 문항 유형 QT3에서는 정신용량이 7인 학생들의 성취도가 정신용량이 5나 6인 학생들에 비해서 큰 차이로 높게 나타났는데, 이는 통계적으로 $p < 0.05$ 수준에서 의미있는 차이였다. 산화수가 제시되지 않고 풀이 단계 수가 많은 문항 유형 QT2에서는 정신용량에 따른 성취도의 차이를 나타내지 않았다. 문제 해결 과정을 분석하면, 과학고 학생들은 정신용량이 낮은 학생들도 문제 풀이 단계 수를 줄이거나 산화수법을 이용하여 문제를 해결함으로써 정신용량에 따른 성취도의 차이를 나타내지 않는 것으로 밝혀졌다. 그러므로 정신용량에 의한 영향보다는 다른 요인, 즉 산화 환원 개념을 잘 이해하고 있는가가 더 중요한 영향을 미칠 수 있다는 점을 시사해 주고 있다.

일반고 학생들의 경우 QT2 유형에서의 성취도는 정신용량에 따라 유의미한 차이를 나타냈으나, 과학고 학

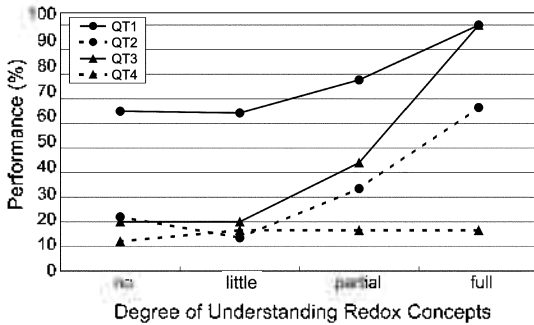


Fig. 3. The influence of the understanding of the oxidation-reduction concepts and of problem patterns on performance for the senior high school students.

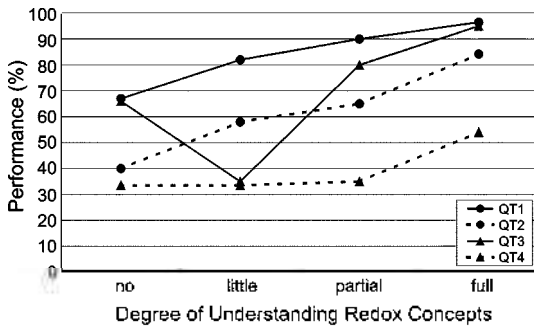


Fig. 4. The influence of the understanding of the oxidation-reduction concepts and of problem patterns on performance for the science high school students.

생들의 경우에는 QT3 유형에서만 정신용량에 따라 유의미한 차이를 나타냈다.

산화 환원 개념 이해 정도에 따른 문항 유형별 성취도.
Fig. 3과 Fig. 4는 일반고와 과학고 학생들의 산화 환원 개념 이해 정도에 따른 문항 유형별 성취도를 각각 나타내었다.

일반고 학생들의 경우, 산화수가 제시되고 붙이 단계 수가 많은 문항 유형 QT4에서는 개념 이해 정도에 따라서 성취도의 차이를 나타내지 않았으나, 다른 문항 유형들에서는 산화 환원 개념의 이해 정도가 높을수록 성취도는 증가하는 것으로 나타났다. 개념 이해 정도가 성취도에 미치는 영향을 알아보기 위해서 변량 분석한 결과, QT4 유형을 제외하고 통계적으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의미한 차이를 나타냈다.

과학고 학생들의 경우 산화 환원 개념 이해 정도에 따라서 성취도에 차이를 나타내며 문항 유형은 일반고 학생들의 경우와 거의 동일하게 QT1, QT2, QT3 이었다.

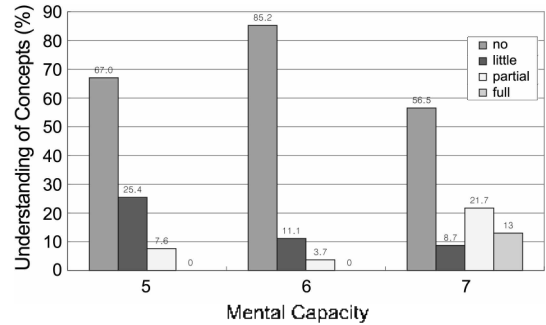


Fig. 5. Distribution of the understanding of the oxidation-reduction concepts by mental capacity for the senior high school students.

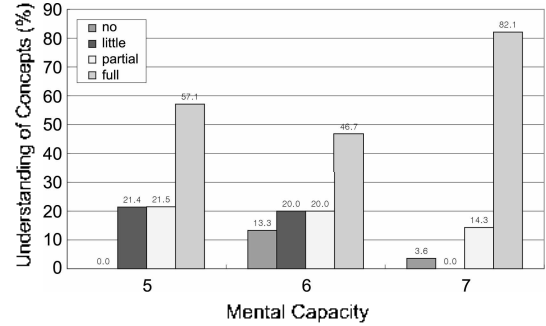


Fig. 6. Distribution of the understanding of the oxidation-reduction concepts by mental capacity for the science high school students.

변량 분석 결과, 산화 환원 개념 이해 정도에 따른 QT1, QT2, QT3 문항 유형의 성취도는 $p < 0.05$ 수준에서 유의미한 차이를 나타냈다.

위의 결과를 종합해 보면, 개념을 완전하게 이해한 학생은 일반고와 과학고에 관계없이, 그리고 문항 유형에 관계없이 높은 성취도를 나타냈음을 알 수 있다.

일반고와 과학고 학생들의 정신용량과 산화 환원 개념 이해도에 따른 성취도

정신용량에 따른 개념 이해도 분포. 일반고와 과학고 학생들의 정신용량에 따른 개념 이해도 분포 비율을 Fig. 5와 Fig. 6에 각각 나타냈다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이, 일반고 학생들은 정신용량에 상관없이 산화환원 개념을 전혀 이해하지 못한 학생들의 비율이 가장 높았다. 그 중에서 정신용량이 6인 학생들이 정신용량이 5인 학생들에 비해서 전혀 이해하지 못한 학생들의 비율이 85.2%로 높았으며, 정신용

량이 7인 학생들은 정신용량이 5나 6인 학생들에 비해서 부분적으로 이해하거나 완전 이해한 비율이 높았다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이, 과학고 학생들은 정신용량이 7인 학생들이 5나 6인 학생들에 비해서 개념을 완전하게 이해한 학생들의 비율이 82.1%로 훨씬 높았으나, 정신용량이 6인 학생들이 오히려 정신용량이 5인 학생들에 비해서 산화 환원 개념을 완전하게 이해한 학생들의 비율이 다소 낮았다.

일반고와 과학고 학생들 모두 정신용량이 7인 학생들이 정신용량이 5나 6인 학생들에 비해서 개념을 이해한 정도가 높았으나, 정신용량이 5인 학생들이 정신용량이 6인 학생들에 비해서 개념을 이해한 비율이 높게 나타났다. 따라서, 학생들의 정신용량이 클수록 산화 환원 개념의 이해 정도가 높다고 해석하는 때는 약간의 어려움이 따른다.

정신용량과 개념 이해도에 따른 성취도. 일반고와 과학고 학생들의 정신용량과 산화 환원 개념 이해 정도에 따른 성취도는 Fig. 7과 Fig. 8에 각각 나타냈다.

Fig. 7의 일반고 학생들의 경우에 개념을 부분적으로 이해한 학생들의 성취도는 개념을 이해하지 못한 학생들의 성취도에 비해서 높게 나타났다. 정신용량이 7인 학생들의 성취도는 정신용량이 5나 6인 학생들에 비해서 개념 이해 정도에 관계없이 높은 성취도를 보였다. 또, 개념을 전혀 이해하지 못한 학생들은 대부분이 미정계수법으로 문제를 해결하였으며, 정신용량이 클수록 성취도가 증가하는 경향을 나타냈다. 그러나 정신용량이 6인 학생들 중에서는 개념을 거의 이해하지 못한 학생들의 성취도가 개념을 전혀 이해하지 못한 학생들의 성취도보다 더 낮게 나타났는데, 그 이유는 개념을 전

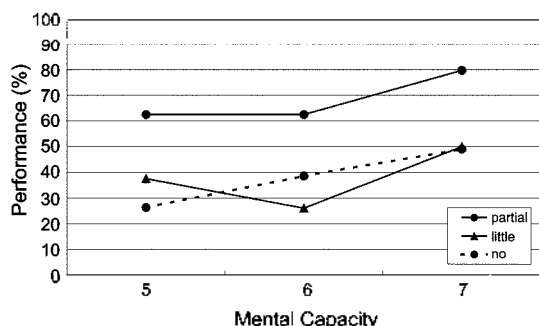


Fig. 7. The performance of the senior high school students by mental capacity and the understanding of the oxidation-reduction concepts.

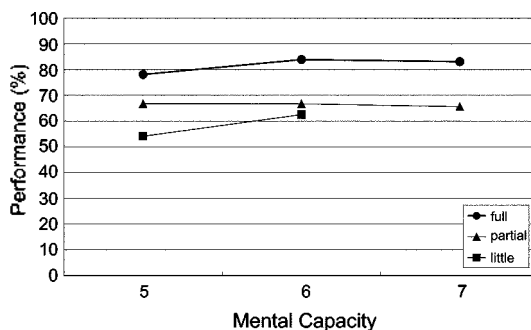


Fig. 8. The performance of the science high school students by mental capacity and the understanding of the oxidation-reduction concepts.

혀 이해하지 못한 학생들이 미정계수법으로 문제를 해결해서 성공한 반면에 개념을 거의 이해하지 못한 학생들이 산화수법을 잘못 적용하여 문제 해결에 실패한 것으로 분석되었다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이, 과학고 학생들은 개념을 완전 이해한 학생들의 성취도가 가장 높게 나타났고, 개념 이해 정도가 같을 경우 정신용량에 따른 성취도의 차이가 나타나지 않았다. 정신용량과 개념 이해 정도에 따른 성취도를 변량 분석한 결과, 정신용량에 따른 차이를 보이지 않았으나 개념 이해 정도에 따라서는 통계적으로 $p < 0.01$ 수준에서 유의미한 차이를 나타냈다.

위의 결과를 종합해 보면, 일반고 학생들의 경우 개념을 부분적으로 이해한 학생들의 성취도는 개념을 이해하지 못한 학생들의 성취도보다 높게 나타났고, 개념을 전혀 이해하지 못한 학생들은 정신용량이 클수록 성취도가 증가하였다. 과학고 학생들의 성취도는 정신용량에 관계없이 산화 환원 개념 이해 정도가 높을수록 성취도가 높았으며, 그 경향이 뚜렷하게 나타났다.

정신용량, 산화 환원 개념과 성취도간의 상관 관계 분석

일반고와 과학고 학생들의 정신용량, 산화 환원 개념 이해도와 풀이 방법, 그리고 문항 유형별 성취도간의 상관 관계 분석 결과를 Table 3과 Table 4에 제시하였다.

Table 3의 결과를 보면, 일반고 학생들의 경우 전체 성취도와 산화 환원 개념과는 의미있는 상관 관계를 나타내지 않았으나, 전체 성취도와 정신용량 사이의 상관 계수가 0.312로 의미있는 상관 관계로 나타났다. 산화수가 제시되지 않고 풀이 단계 수가 많은 유형인 Q12

Table 3. The correlation of the performance, mental capacity and oxidation-reduction concepts on senior high school students

	QT1	QT2	QT3	QT4	Perf.	M-Cap.	Concept
QT1	1.000						
QT2	0.421**	1.000					
QT3	0.258	0.414**	1.000				
QT4	0.250	0.174	0.222	1.000			
Perf.	0.814**	0.752**	0.592**	0.552**	1.000		
M-Cap.	0.225	0.332*	0.150	0.113	0.312**	1.000	
Concept	0.157	0.167	0.298*	0.099	0.198	0.198	1.000

*p: 0.01, **p: 0.001. Perf.: performance, M-Cap.: mental capacity.

Table 4. The correlation of the performance, mental capacity and oxidation-reduction concepts on science high school students

	QT1	QT2	QT3	QT4	Perf.	M-Cap.	Concept
QT1	1.000						
QT2	0.447**	1.000					
QT3	0.491**	0.183	1.000				
QT4	0.356*	0.254	0.251	1.000			
Perf.	0.746**	0.696**	0.554**	0.768**	1.000		
M-Cap.	0.065	0.059	0.246	0.092	0.142	1.000	
Concept	0.441**	0.287	0.443**	0.192	0.432*	0.233	1.000

*p: 0.01, **p: 0.001. Perf.: performance, M-Cap.: mental capacity.

의 정신용량과 문항 유형별 성취도 사이의 상관 계수가 0.332로 통계적으로 유의미하게 나타났다. 즉, 풀이 단계 수가 많은 문항 유형과 정신용량과의 상관성이 높게 나타난 것은 정신용량이 클수록 풀이 단계 수가 많은 문항도 잘 해결할 수 있다는 것을 의미한다. 산화수가 제시되고 풀이 단계 수가 적은 유형 QT3의 성취도와 산화 환원 개념 이해도 사이에는 상관 계수가 0.298로 통계적으로 의미있는 상관 관계를 나타냈고 정신용량과의 상관 계수보다 더 높았다. 산화수가 제시되지 않은 QT1과 QT2 유형은 산화 환원의 개념 이해도 보다는 정신용량과의 상관 관계가 더 높았다.

Table 4를 살펴보면, 과학고 학생들의 전체 성취도와 정신용량과의 상관 관계는 통계적으로 의미있게 나타나지 않았으나, 산화 환원 개념 사이에는 상관 계수가 0.432로 통계적으로 유의미한 상관 관계를 나타냈다. 풀이 단계 수가 적은 문항 유형인 QT1과 QT3 유형에서의 성취도(각각 상관 계수가 0.746과 0.554)와 산화 환원 개념 이해도 사이에도(각각 상관 계수가 0.441과 0.443) 높은 상관 관계를 나타냈다. 정신용량과 산화 환원 개념 사이의 상관 계수는 0.233으로 상대적으로 낮게 나와서 정신용량과 산화 환원 개념의 이해 정도는 관련성이 높지 않은 것으로 해석할 수 있다.

Table 3과 Table 4에서 보듯이, 일반고 학생들의 성취도는 정신용량과 상관성이 높았고, 과학고 학생들의 성취도는 산화 환원개념과 상관성이 높게 나타났으므로, 일반고 학생들의 성취도는 정신용량에 의한 영향을 많이 받았고, 과학고 학생들은 산화 환원개념 이해 정도에 의해 영향을 많이 받았다는 것으로 해석할 수 있다.

결론 및 제언

이 연구에서는 일반고와 과학고 학생들의 정신용량, 산화 환원 개념 이해 정도에 따라 산화 환원 반응식 완결 문제의 성취도와 문항 유형별 성취도에 미치는 영향을 알아보고 각 변인간의 상관 관계를 분석하였다.

일반고 학생들은 정신용량이 클수록, 산화 환원 개념 이해 정도가 높을수록 성취도가 높게 나타났다. 특히, 풀이 단계 수가 많은 문항 유형에서의 성취도는 정신용량이 커질수록 증가하는 경향을 보였다. 과학고 학생들은 정신용량에 따른 성취도의 차이는 없었으나 산화 환원 개념의 이해도가 높을수록 성취도가 높게 나타났다. 산화 환원 개념을 완전하게 이해한 학생은 일반고와 과학고에 관계없이, 그리고 문항 유형에 관계없이 높은 성취도를 나타냈다.

정신용량의 분포는 과학고 학생들이 평균적으로 높았으며, 특히 정신용량이 7인 학생들의 비율이 일반고 학생들의 비율보다 매우 높게 나타났다. 산화 환원 개념 이해 정도를 분석한 결과, 일반고 학생들은 개념 이해 정도가 전반적으로 매우 낮았으나 과학고 학생들은 비교적 높았다.

일반고 학생들은 정신용량이 클수록 성취도가 증가하는 경향을 보였으나 과학고 학생들은 정신용량에 따른 성취도의 차이가 없었다. 정신용량이 낮은 학생들도 문제 풀이 단계 수를 줄이거나 산화수법을 이용하여 문제를 해결함으로써 정신용량에 따른 차이를 나타내지 않았다. 일반고 학생들은 산화 환원 개념을 부분적으로 이해한 학생들의 성취도는 개념을 이해하지 못한 학생들의 성취도보다 높게 나타났고, 개념을 이해하지 못한 학생들은 정신용량이 클수록 성취도가 증가하였다. 과학고 학생들은 개념 이해 정도가 높을수록 성취도가 높게 나타났다.

정신용량, 산화 환원 개념, 성취도간의 상관 관계를 분석한 결과, 일반고 학생들의 경우 전체 성취도와 산화 환원 개념과는 상관 관계를 나타내지 않았으나, 정신용량간의 상관 관계는 의미있게 나타났다. 과학고 학생들은 정신용량 보다는 산화 환원 개념 이해 정도에 의해 더 많은 영향을 받았다.

이상의 결론으로부터 다음 사항을 제안하고자 한다.

첫째, 산화 환원 반응식 문제 완결에 대한 학생들의 성취도는 산화 환원 개념의 이해 정도에 의해 크게 영향을 받으므로 학생들에게 산화 환원 개념을 잘 이해시킬 수 있는 수업 자료를 개발하여, 산화 환원 개념의 학습이 충분하게 이루어져야 한다.

둘째, 학습자 변인과 문제의 상황에 따라 산화 환원 반응식의 풀이 방법을 미리 알맞게 선택하여 풀 수 있도록 학습 지도 방안을 마련하는 것이 필요하다고 판단된다.

인 용 문 헌

1. Herron, J. D. In *Toward a Scientific Practice of Science*

Education, Gardner, M.; Greeno, J.; Rief, F.; Schoenfeld, A.; diSessa, A.; Stage, E., Eds.; Erlbaum: Hillsdale, NJ, U. S. A., 1990; pp. 31-54.

2. Pascual-Leone, J. *Acta Psychologica* **1970**, *32*, 301.
3. Pascual-Leone, J. *International Journal of Psychology* **1987**, *22*, 531.
4. Burtis, P. J. *Journal of Experimental Child Psychology* **1982**, *34*, 387.
5. Niaz, M. *Journal of Chemical Education* **1987**, *64*, 502.
6. Niaz, M. *International Journal of Science Education* **1989**, *11*, 93.
7. Niaz, M.; Robinson, W. R. *Journal of Research in Science Teaching* **1992**, *29*, 211.
8. Johnstone, A. H.; Hogg, W. R.; Ziane, M. *International Journal of Science Education* **1993**, *15*, 663.
9. Choi, B. S.; Kim, K. H. *Chemical Education* **1996**, *23*, 18.
10. Ahn, S. Y.; Kwon, J. S. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **1996**, *16*, 134.
11. Choi, B. S.; Yeo, W. K. *Chemical Education* **1997**, *24*, 57.
12. Opdenacker, C.; Fierens, H.; Van Brabant, H.; Sevnants, J.; Spruyt, J.; Sloopmaekers, P. J.; Johnson, A. H. *International Journal of Science Education* **1990**, *12*, 177.
13. Niaz, M. *International Journal of Science Education* **1995**, *17*, 343.
14. Nurrenbern, S. C.; Pickering, M. *Journal of Chemical Education* **1987**, *64*, 508.
15. Garnett, P. J.; Treagust, D. F. *Journal of Research in Science Teaching* **1992**, *29*, 1079.
16. De Jong, O.; Acampo, J.; Verdonk, A. *Journal of Research in Science Teaching* **1995**, *32*, 1097.
17. Butts, B.; Smith, R. *The Australian Science Teachers Journal* **1987**, *32*, 45.
18. Niaz, M.; Lawson, A. F. *Journal of Research in Science Teaching* **1985**, *22*, 41.
19. Chandran, S.; Treagust, D. F.; Tobin, K. *Journal of Research in Science Teaching* **1987**, *24*, 145.
20. Pascual-Leone, J.; Ijaz, H. In *Assessment and Placement of Minority Students*; Samuda, R. J.; Kong, S. L.; Cummins, J.; Pascual-Leone, J.; Lewis, J., Eds.; Intercultural Social Science Publications: Toronto, Canada, 1989; pp. 143-171.
21. Niaz, M. *International Journal of Science Education* **1988**, *10*, 231.