

# 복합개념상황에서 고등학생들의 문제해결력과 정신용량

최혁준 · 박호진\* · 권재술\*  
(공주대학교 과학교육연구소) · (한국교원대학교\*)

## Problem Solving Ability and Mental Capacity of High School Students under Complex Concept Situations

Choi, Hyukjoon · Park, Hojeon\* · Kwon, Jaesool\*  
(Institute of Science Education, Kongju National University)  
· (Korea National University of Education\*)

### ABSTRACT

In this study, we examined high school students' abilities for solving problems under single concept situations and complex concept situations and their mental capacities. Single concept situations are defined as the problems which can be solved with a scientific concept or principle and complex concept situations are the problems combined with more than 2 single concept situations.

152 11th-graders were participated in this study, who had taken natural science track. FIT 752 was used to measure their mental capacities. And an instrument, made up of six questions under three single concept situations and three complex concept situations, was used to assess students' problem solving abilities.

As results, students' problem solving abilities were lower in complex concept situations than in single concept situations. There wasn't significant difference in mental capacities between of students who succeeded in solving problems and ones who did not under both single and complex concept situations.

Although students solved the problems of single concept situations, some of them failed in solving the problems of complex concept situations composed of single concept situations which they succeeded in solving. They belonged to relatively low mental capacity group, of which students who failed in solving problems of complex situations had lower mental capacities than ones who succeeded in solving them.

According to these results, it could be concluded that mental capacity is one of main variables which have influence on problem solving of complex concept situations composed of solvable single concept situations.

**Key words:** mental capacity, problem solving, problem solving ability, FIT, single concept situation, complex concept situation, electric circuit.

## I. 서론

과학 수업의 중요한 목표 중 하나는 학생들이 올바른 과학 개념을 형성하도록 하는 것이다. 그런데 개념 형성 정도를 확인하는 방법은 학교 현장에서 이루어지는 대부

분의 평가 형태처럼 곧장 문제를 해결하는 상황으로 이어 지곤 한다. 뿐만 아니라, 학습의 결과가 실제 생활에서 효과적으로 활용되는 상황들도 일종의 문제해결이라고 볼 수 있다. 그러기에 문제해결력의 신장은 과학 교과 목표 중의 하나로서 강조된다.

\*2004.2.23(접수) 2004.5.3(1심통과) 2004.7.26(최종통과)

\*\*최혁준(rsookey@chol.com)

과학교육 분야에서의 문제해결과정에 대한 연구는 1960년대에 인지심리학적 방법 도입됨으로써 이루어지기 시작되었으며, 1980년대부터 학습에 대한 구성주의적 입장과 인간 사고에 대한 정보처리모형이 반영되면서 활발하게 진행되었다.

특히 피아제의 이론을 수정한 Pascual-Leone은 아동이 지니고 있는 정신용량(Mental Capacity)과 문제가 지니고 있는 요구정신용량(Mental Demand)이 문제해결에 있어 중요한 변인임을 주장하였다(안수영과 권재술, 1996). 정신용량이란 단기기억에서 처리할 수 있는 정보처리능력을 의미하는 것으로, Pascual-Leone의 이론에 의하면 단기기억에서 동시에 처리할 수 있는 독립된 스키머 또는 덩이지식의 수를 의미한다. 반면 요구정신용량이란 주어진 문제를 해결하기 위하여 문제해결자가 처리해야 하는 정보의 수나 사고과정에 관련된 것으로서, 관련 문제에 대하여 기초지식만 있는 문제해결자가 문제를 해결하기 위하여 단기기억에서 동시에 처리해야 할 변인의 수나 사고과정을 의미한다. Pascual-Leone의 이론에 따르면 문제가 성공적으로 해결되기 위해서는 문제해결자의 정신용량이 문제의 요구정신용량보다 크거나 최소한 같아야 한다(안수영, 1995).

정신용량과 요구정신용량이 문제해결에 미치는 영향에 대한 많은 연구가 이루어졌으며, 이때 문제가 특정한 내용 지식을 요구하는 경우에는 주로 과제 분석(task analysis)을 통해 문제의 요구정신용량을 결정하게 된다(안수영과 권재술, 1992).

Lawson(1983)은 성취도에 영향을 끼치는 인지적 변인으로 학습자의 논리 수준, 장독립-장의존성(disembedding ability), 관련 선지식 및 관련된 신념과 함께 정신용량을 가정하고, 생물학적 진화에 관한 학습 내용을 가지고 이들 변인들과 세 가지 문항 유형(선다형, 계산형, 논술형)에 따른 성취도를 조사하였다. 연구 결과, 정신용량은 다른 변인들보다 논술형 문항의 성취도에 대해 설명력이 큰 것으로 나타났다.

Niaz와 Lawson(1985)은 학습자의 논리 수준 및 정신용량과 문항의 요구정신용량 사이의 관계를 알아보기 위하여 요구정신용량이 다른 일련의 미완성의 화학 방정식을 제시하고 시행착오법에 의해 올바른 계수를 찾도록 하였다. 연구 결과, 논리 수준은 문항의 요구정신용량과 상관없이 모든 문항의 성취 정도와 일정한 상관성이 있는 것으로 나타났다. 반면, 학생의 정신용량과 문항의 성취

정도 사이의 상관 정도는 문항의 요구정신용량이 증가할수록 높게 나타났다. 이와 비슷한 연구 결과로, 다양한 주제의 화학과 관련된 문항을 사용한 연구에서 문항의 요구정신용량이 증가할수록 성취 정도가 낮아졌으며, 문항의 요구정신용량이 증가할수록 학습자의 정신용량과 성취정도와의 상관 정도가 커짐을 보였다(Niaz, 1988). 또한 Johnstone *et al.*(1993)은 다양한 유형의 물리 문항을 이용한 연구에서, 전체적으로 정신용량이 큰 학생이 정신용량이 작은 학생에 비해 성취 수준이 높으나 요구정신용량이 낮은 문항에 대해서는 차이가 나타나지 않음을 보였다.

한편, Niaz(1989), Johnstone과 Al-Naeme(1991) 및 Johnstone *et al.*(1993)은 학습자의 인지양식과 문제의 요구정신용량 사이의 관계를 조사하여, 장독립적인 성향의 문제해결자의 성취도가 장의존적인 성향의 문제해결자보다 더 높게 나타남을 보였다. Johnstone *et al.*(1993)은 장의존적인 성향의 학생들은 그들의 작동기억을 문제해결과 관련 없는 정보가 차지하기 때문에 이와 같은 결과가 나타난다고 설명하였다.

정신용량 및 요구정신용량에 관한 국내의 연구로는 김혜경(1991)이 학생의 주의력과 문제의 주의력 차원이란 용어를 사용하여 문제의 요구정신용량이 증가할 때 정신용량별 성취도를 조사하여, 요구정신용량이 증가할수록 성취도가 낮아짐을 보였다. 안수영과 권재술(1992)은 문제에 포함된 조작단계수에 따른 문제해결 정도를 연구하였다. 동일한 논리구조와 내용을 가지는 문제에서 그 문제를 해결하는데 요구되는 조작단계의 수가 증가할수록 문제해결 정도가 낮아지는데, 이때 단순히 선형적인 관계를 보이지 않고, 특정 조작단계수의 문제에서 갑자기 문제해결 정도가 급격히 감소함을 보였다. 김경희(1994)는 문항의 요구정신용량이 문제해결자의 정신용량보다 한 단계 높거나 같을 때, 학생의 성취 수준이 급격히 감소한다는 결과를 얻었다.

안수영과 권재술(1995)은 문제해결과정의 중심변인인 문제해결자의 정신용량과 문제의 요구정신용량의 상호관계와 관련된 덩이지식의 크기가 문제해결에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다. 문제의 요구정신용량이 증가하면 정답률은 감소하였고 문제해결자의 덩이지식의 크기에 따라 문제의 요구정신용량은 달라졌다. 지식구조 내의 정보들이 학습에 의해 덩이지식화 됨으로써 문제의 요구정신용량은 줄어들고 문제해결은 용이해지는 것으로 나타났

다. 박문형(1998)도 정신용량의 차이는 있지만 출발점의 지식 정도가 같은 학생들을 대상으로 문제의 요구정신용량이 증가할수록 성취 수준이 낮아짐을 보였다. 그러나 학습을 반복할수록 정신용량의 크기와 상관없이 학생들의 성취 수준은 차이가 나타나지 않았으며, 문제풀이 전략도 초기에는 쉬운 문제는 순행풀이를 하고 어려운 문제는 역행풀이를 하는 경향이 있었으나, 반복학습이 이루어진 후에는 어려운 문제도 순행풀이를 하는 경향이 나타남을 보였고, 이러한 결과를 학습에 의한 덩이지식의 효과라고 해석하였다.

한편, 안승걸(2003)은 문제 환경을 문제의 요구정신용량이 아닌 단일개념상황과 복합개념상황으로 단순하게 구분하여 단일개념상황과 복합개념상황에서의 문제해결력을 조사하였다. 이때, 단일개념상황이란 하나의 과학적 개념이나 원리를 가지고 해결할 수 있는 문제를 말하며, 복합개념상황이란 단일개념상황을 2개 이상 결합하여 만든 문제이다. 연구 결과, 학생들은 단일개념상황의 문제보다 복합개념상황의 문제를 해결하는데 어려움을 느끼며, 이미 해결한 단일개념들로 이루어진 복합개념상황의 문제해결에 실패한 학생이 다수 나타나는 것을 보임으로 문제해결을 실패한 원인이 개념의 미형성에만 있지 않음을 보였으나, 이에 대해 학생들이 복합개념상황의 문제 환경에 대한 적응력이 떨어지는 데서 나타나는 결과일 수 있다고만 언급하였을 뿐, 그 원인에 대한 구체적인 논의를 하지 않았다.

이에 대해 이 연구에서는 이미 해결한 단일개념으로만 구성된 복합개념상황의 문제해결에 실패하는 원인이 앞서 논의하였던 문제해결자의 인지적 특성 중의 하나인 정신용량과 관련 있는지 알아보려 하였다. 이를 위해 우선 각 문항의 문제해결에 성공한 사람과 이에 실패한 사람의 정신용량이 차이가 있는지 조사한 다음, 이미 해결한 단일개념으로만 구성된 복합개념상황의 문제해결에 성공한 사람과 이에 실패한 사람의 정신용량이 차이가 있는지 조사하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

이 연구에서는 이미 해결한 단일개념으로 이루어진 복합개념상황에서의 문제해결과 정신용량 사이의 관계를 알

아보기 위하여 청주시 소재 일반계 고등학교 2학년 4개 학급 152명을 대상으로 학생들의 정신용량과 문제해결력을 검사하였다. 이들은 모두 자연이공과정의 학생으로, 이 중 남학생은 56명이고 여학생은 97명이었다.

검사는 고등학교 2학년 과정에서 전기에 대한 학습이 이루어지기 전인 4월에 실시하였으며, 연구 대상인 학생들은 이 검사를 실시하기 약 1년 전, 10학년 과학 수업을 통해 전기에 대해 학습한 경험이 있다.

### 2. 검사 도구

#### 1) 정신용량 측정도구

학생들의 정신용량을 측정하기 위해 FIT(Figural Intersection Test) 검사지를 사용하였다. FIT 검사지는 Pascaul-Leone의 신피아제 이론을 바탕으로 제작된 것으로, 처음 제작된 이후 몇 차례의 개정을 거쳤다. 이 연구에 사용한 FIT 752 검사지(Johnson, 1982)는 1982년 캐나다의 York 대학에서 개정된 것으로, 안수영(1995)이 Pascaul-Leone과의 서신교환으로 입수한 것을 사용하였다. FIT 752 검사지의 신뢰도는 개발 당시 Cronbach  $\alpha$ 가 0.88이며, 안수영이 두 차례 검사한 결과는 각각 0.75와 0.77이었다.

아동의 정신용량은 구조적 정신용량과 기능적 정신용량으로 나눌 수 있는데, Pascaul-Leone의 이론을 따르면 구조적 정신용량은 검사 시간에 제한을 두지 않고 측정하는 반면, 기능적 정신용량은 검사 시간이 제한되어야 한다. 선행 연구(Niaz, 1989, 1992; 김혜경, 1991; 김경희, 1994; 안수영과 권재술, 1996)의 결과, 기능적 정신용량이 문제해결에 영향을 주는 것으로 드러났으므로 이 연구에서는 검사 시간을 13분으로 제한하여 기능적 정신용량을 측정하였다. 13분의 제한 시간은 선행 연구에서 연구자들이 기능적 정신용량을 측정하는데 적합하다고 판단한 시간을 따랐다.

FIT 752 검사지는 연습문항 5개와 검사문항 36개로 구성되어 있다(Table 1). 36개의 검사문항은 부류 2부터 부류 8까지 구분되며, 각 부류는 5개 또는 6개의 문항으로 구성되어 있다.

각 문항은 두 종류의 도형 세트로 구성된다. 오른쪽은 제시도형 세트로서 여러 도형들이 따로 그려 있고, 왼쪽은 검사도형 세트로서 오른쪽에 제시되어 있는 도형들이 겹쳐있다. 피검자들이 왼쪽의 검사도형 세트에서 오른쪽

Table 1. Items of FIT 752

	Exercise	Group							Total
		2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	
No. of items	5	5	5	6	5	5	5	5	36
Mental demand		1	2	3	4	5	6	7	

에서 주어진 모든 제시도형이 겹쳐있는 공통 영역을 찾아 그 부분에 점을 찍도록 되어있다. 이 때 각 부류를 나타내는 숫자는 제시도형의 개수이다. 즉, 부류 5의 문항은 5개의 도형이 제시되어 있다. 이 때, 부류 5의 문항을 해결하기 위한 정신용량은 4이다. 5개의 도형이 공통적으로 겹쳐지는 영역을 찾기 위해서는 임의의 1개의 도형에 겹쳐져 있는 나머지 4개의 도형을 작동기역에서 동시에 활성화시킨 상태에서만 문제해결이 가능하기 때문이다. 즉, 부류 2부터 부류 8까지 문항의 요구정신용량은 각각 1부터 7까지이다.

2) 문제해결력 검사도구

단일개념상황과 복합개념상황에서의 문제해결 정도를 알아내기 위한 검사도구는 안승걸(2003)이 개발한 문항 가운데 Table 2와 같이 전기 회로에 관한 6문항을 수정, 보완하여 사용하였다.

단일개념상황의 문항은 저항의 직렬연결 개념으로 해결할 수 있는 문항(문항1), 저항의 병렬연결 개념으로 해결할 수 있는 문항(문항2), 옴의 법칙 개념으로 해결할 수 있는 문항(문항3)이다. 반면, 복합개념상황의 문항은 이러

한 단일개념을 2개 또는 3개를 동시에 이용해야 해결할 수 있는 문항이다. 즉, 문항4는 저항의 직렬연결 개념과 병렬연결 개념을 이용해야 해결할 수 있는 문항이며, 문항5와 문항6은 저항의 직렬연결 개념과 병렬연결 개념 및 옴의 법칙 개념을 모두 이용해야 해결할 수 있는 문항이다.

안승걸(2003)은 대학원에서 물리교육을 전공하고 있는 10명의 현직 중, 고등학교 물리 교사를 대상으로 3단계 리커드 척도를 사용하여 개발한 문항에 대한 내용타당도를 조사하였다. 이 때 타당도는 각 문항과 관계된 학습개념이 바르게 연결되어 있는지를 물어보고, 각 문항에 '그렇다' 라고 응답한 경우는 3점, '보통이다' 라고 응답한 경우는 2점, '그렇지 못하다' 라고 응답한 경우는 1점을 부여하였다. 그 결과 이 논문에서 사용한 각 문항의 평균은 3.0 만점에 2.8~3.0이며, 여섯 문항의 전체 평균은 2.92로 매우 높았다.

안승걸이 개발한 문항의 경우, 저항의 병렬연결이라는 단일개념상황의 문항(문항2)에서는 병렬연결된 두 저항의 저항값이 다른 반면, 이와 관련된 복합개념상황의 문항(문항4~6)에서는 병렬연결된 두 저항의 저항값이 같았다.

Table 2. Questions of the instrument for measuring problem solving ability

Question	Situation	Content
1	S	The Equivalent Resistance in a Series Circuit
2	S	The Equivalent Resistance in a Parallel Circuit
3	S	Ohm's Law
4	C	The Equivalent Resistance in a Complex Circuit (Q1 + Q2)
5	C	The Equivalent Resistance in a Complex Circuit & Ohm's Law (Q1 + Q2 + Q3)
6	C	The Equivalent Resistance in a Complex Circuit & Ohm's Law (Q1 + Q2 + Q3)

Note. S: Single Concept Situation, C: Complex Concept Situation.

이 연구에서는 복합개념상황을 단일개념상황과 보다 밀접한 관련을 짓기 위해 복합개념상황의 문항에서도 병렬연결된 두 저항의 저항값을 다른 값으로 수정하였다. 수정된 문항의 타당도는 다시 구하지 않았다.

### 3. 검사 실시

먼저 정신용량 측정 검사를 실시하였다. 본 검사를 실시하기 전, 다섯 문항의 연습 문제를 가지고 검사 문항을 해결하는 방법을 충분히 설명하였으며, 학생들이 그 방법을 숙지하고 있는지 확인하였다. 또한 검사 시간이 13분으로 제한되어 있는 것을 감안하여 시간 안배에 유의하도록 지도하였다.

문제해결력 검사의 경우 문항에 정답을 쓰고 풀이과정을 상세히 적을 것을 강조하였다. 특히 반드시 문항을 번호 순서대로 풀며, 뒷 번호 문항을 푸는 과정에서 이미 풀었던 앞 번호 문항의 답을 수정하지 않도록 하였다. 풀이 시간은 제한을 두지 않았으나, 문제해결능력 검사는 20분 안에 모두 이루어졌다.

### 4. 자료 처리

FIT 752 검사지는 피검자의 정신용량을 판정하기 위하여 FIT2 Score와 FITC Score 등 두 가지의 점수 체계를 이용할 수 있다(Johnson, 1982). FIT2 Score는 연령과 정신용량의 상관관계나 연령에 대한 평균적인 정신용량을 지닌 집단을 선별하는데 이용되는 점수 체계이며, FITC Score는 각 피험자의 정신용량을 결정하는 점수 체계이다. 정신용량과 문제해결력의 관계를 알아보기 위해서는 집단이 아닌 연구 대상자 개인별 정신용량을 판별할 필요가 있으므로 이 연구에서는 FITC Score를 사용하여 개인별 정신용량을 판정하였다.

FITC Score는 부류의 문항의 70% 이상을 맞힌 부류들 중에서 가장 낮은 백분율을 지니는 부류에 해당하는 요구 정신용량으로 피검자의 정신용량을 결정하는 방법이다(Johnson, 1982).

한편, 문제해결력 검사도구는 문제해결의 성공과 실패로 구분하였다. 문항의 답과 풀이과정이 모두 맞을 경우에만 그 문항의 문제해결에 성공한 것으로 간주하였다. 답이 맞더라도 풀이과정이 없거나 풀이과정이 잘못된 경

우는 문제해결에 실패한 것으로 하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 정신용량 및 문제해결력

연구 대상자의 정신용량은 정신용량 3에서 정신용량 7까지 분포하였으며, 정신용량의 평균은 5.34였다. 정신용량이 5인 학생이 전체 152명의 45.4%인 69명으로 가장 많았다. 정신용량이 5인 학생을 제외하고 정신용량 6과 7인 학생은 정신용량이 큰 집단으로, 정신용량 3과 4인 학생은 정신용량이 작은 집단으로 구분하였는데, 정신용량이 6이나 7인 학생(정신용량이 큰 집단)은 36.8%인 56명이었고, 정신용량이 3이나 4인 학생(정신용량이 작은 집단)은 17.8%인 27명이었다(Fig. 1).

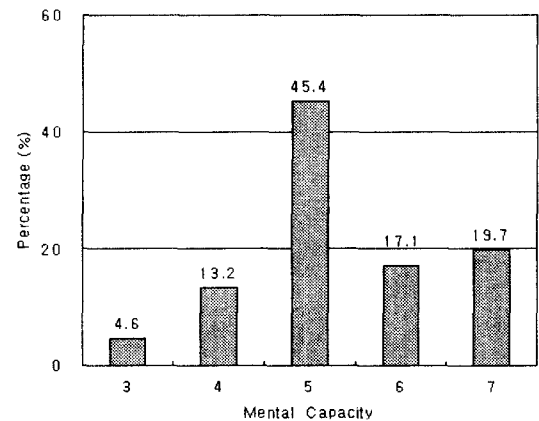


Fig. 1. Distribution of students' mental capacity.

문제해결력 검사의 문항별 문제해결 성공률은 Fig. 2와 같다. 단일개념상황인 문항1, 문항2 및 문항3의 문제해결 성공률은 각각 92.8%, 48.7%와 69.1%이었으며, 복합개념상황인 문항4, 문항5 및 문항6의 문제해결 성공률은 각각 61.2%, 52.0%와 50.0%이었다.

특이한 점은 단일개념상황인 문항2의 성공률이 가장 낮게 나타난 것이다. 문항2는 병렬연결된 2개의 저항의 합성저항을 구하는 문제로, 합성저항은 우선 두 저항의 역수를 취하여 더한 후 다시 역수를 취하여 구한다. 검사지에 기록된 학생들의 풀이과정을 확인한 결과, 단지 두 저항의 역수를 취하여 더한 것으로 합성저항을 제시한 학생

들이 많았으며, 또한 두 저항의 역수를 취하여 더하는 과정인 분수의 덧셈에서 실수를 범하는 경우도 많았다. 반면 저항의 병렬연결 개념이 포함된 복합개념상황의 문제(문항4, 문항5, 문항6)를 해결하는 과정에서는 이러한 실수를 범하는 경우가 적게 나타났다.

문제해결 과정에서 단순 실수가 많았던 문항2를 제외하면 복합개념상황의 성공률이 단일개념상황의 성공률보다 낮았으며, 2개의 개념이 복합된 문항4보다 3개의 개념이 복합된 문항5와 문항6의 성공률이 더 낮았다.

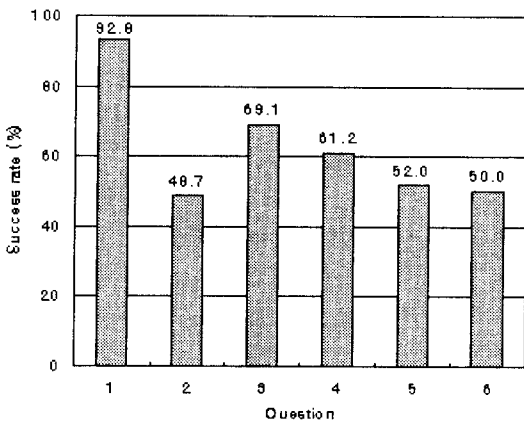


Fig. 2. The success rate of solving problem by question.

각 문항의 문제해결에 성공한 학생들과 실패한 학생들의 평균 정신용량을 비교하면 Table 3과 같다. 문항1을 제외하면 문제해결에 성공한 학생의 정신용량이 실패한 학생보다 모두 높았으나, 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 문항은 없었다.

선행 연구(예, Niaz & Lawson, 1985; Niaz, 1988; Johnstone *et al.*, 1993)의 결과를 보면, 정신용량이 큰 학생이 작은 학생보다 성취도가 높으며, 특히 이러한 경향은 문제의 요구정신용량이 높을수록 뚜렷이 나타나는 경향을 보이나, 이 연구에서는 문제해결의 성공이나 실패가 정신용량과 뚜렷한 관련이 있음을 보이지 않았으며, 이러한 경향은 단일개념상황뿐만 아니라 문제의 요구정신용량이 큰 것으로 간주할 수 있는 복합개념상황에서도 볼 수 있었다.

## 2. 정신용량과 해결한 단일개념상황으로 구성된 복합개념상황인 문항의 문제해결

우선 정신용량이 작은 집단(정신용량 3이나 4)과 정신용량이 큰 집단(정신용량 6이나 7)으로 구분하여 이미 해결한 단일개념상황으로 구성된 복합개념상황인 문항에 대한 문제해결 정도를 살펴보았다.

단일개념상황은 문항1과 문항2 및 문항3인데, 정신용량이 작은 집단의 경우 단일개념상황인 문항1과 문항2를 모

Table 3. Comparison of mental capacity by result of problem solving

Problem Solving		N	Mean	SD	t value
Question 1	Failed	11	5.45	1.13	0.357
	Succeeded	141	5.33	1.08	
Question 2	Failed	78	5.31	1.15	0.402
	Succeeded	74	5.38	1.00	
Question 3	Failed	47	5.30	1.04	0.337
	Succeeded	105	5.36	1.10	
Question 4	Failed	59	5.29	1.05	0.489
	Succeeded	93	5.38	1.10	
Question 5	Failed	73	5.23	1.14	1.195
	Succeeded	79	5.44	1.02	
Question 6	Failed	76	5.22	1.10	1.355
	Succeeded	76	5.46	1.05	

두 해결한 학생은 10명이며, 이들은 모두 문항1과 문항2의 개념이 포함된 복합개념상황인 문항4를 해결하였다. 그러나 문항1과 문항2 및 문항3을 모두 해결한 학생은 9명이었으나, 이들 중에는 문항1과 문항2 및 문항3의 개념이 포함된 복합개념상황인 문항5와 문항6을 해결하지 못한 학생이 각각 3명과 1명 나타났다(Fig. 3).

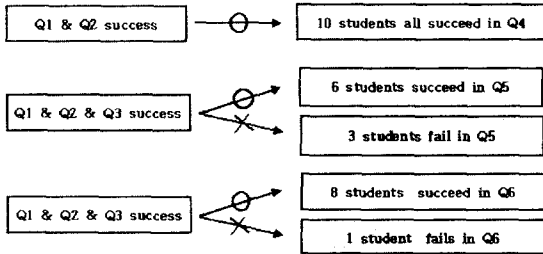


Fig. 3. Problem solving of group with lower mental capacity in complex concept situations.

반면 정신용량이 큰 집단의 경우에는 문항1과 문항2를 모두 해결한 학생 25명은 문항4를, 문항1과 문항2 및 문항3을 모두 해결한 학생 22명은 문항5와 문항6을 해결하는데 모두 성공하였다(Fig. 4).

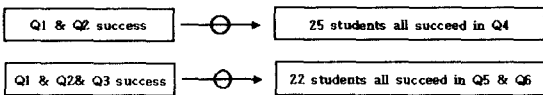


Fig. 4. Problem solving of group with higher mental capacity in complex concept situations.

정신용량이 작은 집단의 경우 이미 해결한 단일개념만으로 구성된 복합개념상황의 해결에 실패한 학생이 있었지만 정신용량이 큰 집단의 경우에는 이미 해결한 단일개념만으로 구성된 복합개념상황을 모두 성공하였다.

다음으로는 이미 해결한 단일개념상황으로 구성된 복합개념상황인 문항에 대한 문제해결을 성공한 학생들의 정신용량과 실패한 학생들의 정신용량이 차이가 있는지 조사하였다.

단일개념상황인 문항1과 문항2를 모두 해결한 학생은 72명이며, 이들 중 67명이 두 문항의 개념으로 구성된 복합개념상황인 문항4의 해결에 성공하였고, 5명이 실패하였다. 문항4의 해결에 성공한 학생과 실패한 학생의 평균 정신용량은 각각 5.40과 5.00으로 성공한 학생의 정신용량이 실패한 학생보다 높았으며, 이것은 t-검정 결과 통계적으로 유의미하였다(Table 4).

문항5와 문항6은 단일개념상황인 문항1과 문항2, 문항3의 개념이 모두 포함된 복합개념상황이다. 단일개념상황인 문항1, 문항2와 문항3의 문제해결에 모두 성공한 학생은 61명이며, 이들 중 문항5의 해결에 성공한 학생과 실패한 학생은 각각 53명과 8명이며, 이들의 평균 정신용량은 각각 5.55와 4.38로 문항5의 해결에 성공한 학생의 정신용량이 유의미하게 높았다(Table 5).

문항1, 문항2와 문항3의 문제해결에 모두 성공한 학생 중 문항6의 문제해결에 성공한 학생과 실패한 학생은 각각 53명과 8명이며, 이들의 평균 정신용량은 각각 5.47과 4.88이었다. 즉, 문항6의 해결에 성공한 학생의 정신용량

Table 4. Comparison of mental capacity by result of solving question 4 in the cases students succeeded in solving question 1 & 2

Solving Question 4	N	Mean	SD	t value
Failed	5	5.00	0.00	3.156*
Succeeded	67	5.40	1.05	

\*p < 0.01.

Table 5. Comparison of mental capacity by result of solving question 5 in the cases students succeeded in solving question 1, 2 & 3

Solving Question 5	N	Mean	SD	t value
Failed	8	4.38	0.92	3.144*
Succeeded	53	5.55	0.99	

\*p < 0.01.

**Table 6.** Comparison of mental capacity by result of solving question 6 in the cases students succeeded in solving question 1, 2 & 3

Solving Question 6	N	Mean	SD	t value
Failed	8	4.88	0.5	3.039*
Succeeded	53	5.47	1.10	

\*p < 0.01.

이 실패한 학생의 정신용량보다 유의미하게 높았다 (Table 6).

이미 해결한 단일개념상황으로 구성된 복합개념상황인 세 문항 모두, 문제해결을 성공한 학생들의 정신용량이 실패한 학생들의 정신용량보다 높았다. 이러한 결과는 문제해결을 실패한 학생이 정신용량이 낮은 집단에서만 나타났던 앞의 결과와 함께 정신용량의 크기가 이미 해결한 단일개념으로 구성된 복합개념문항의 성공여부의 중심 변인이 될 수 있음을 보여주는 것이다.

#### IV. 결론 및 제언

학습자의 문제해결력은 안승걸(2003)의 연구 결과와 마찬가지로 단일개념상황의 문항보다 복합개념상황의 문항에서 낮게 나타나는 경향을 보였다. 즉, 복합개념상황의 문항이 단일개념상황의 문항보다 문제해결에 어려움이 크다는 것을 알 수 있다. 그리고 단순히 문제해결에 성공한 학습자와 실패한 학습자의 정신용량에는 단일개념상황뿐만 아니라 복합개념상황에서도 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

그러나 단일개념상황을 해결한 학생의 경우, 이미 해결한 단일개념상황들의 결합으로 만들어진 복합개념상황의 문제해결에 있어서는 문제해결에 성공한 학생들의 정신용량이 문제해결에 실패한 학생들의 정신용량보다 컸으며, 이것은 통계적으로 유의미하였다. 또한 이미 해결한 단일개념상황들의 결합만으로 만들어진 복합개념상황의 문제해결에 실패한 학생들은 모두 비교적 작은 정신용량을 가지고 있었으며, 정신용량이 큰 학생 중에는 이러한 상황의 문제해결에 실패한 학생이 한 명도 나타나지 않았다. 이러한 결과로부터 정신용량이 이미 해결한 단일개념상황들로 구성된 복합개념상황의 문제해결의 주요 변인의 하나임을 알 수 있다.

이것은 문제가 성공적으로 해결되기 위해서는 문제해결자의 정신용량이 문제의 요구정신용량보다 크거나 최소한

같아야 한다는 Pascual-Leone의 이론이나 선행 연구의 결과와 유사하게, 문제해결자가 단편적인 개념들은 알고 있지만 이를 동시에 활용하여 복합개념상황을 해결하기 위해서는 단편적인 개념들을 동시에 활성화시켜 사용할 수 있는 충분한 용량의 작동기억, 즉 정신용량을 가져야 함을 보여준다.

이 연구는 고등학생을 대상으로 전기 회로에 관련된 문제상황을 가지고 제한적으로 하였기에 연구의 결과를 일반화하는 것에는 한계가 있다. 그러므로 연구 대상과 문제상황을 다양하게 한 후속 연구가 필요하다. 또한 선행 연구에서는 문제 환경의 주요 변인을 요구정신용량으로 본 반면 이 연구에서는 단일개념상황과 복합개념상황으로 나누어 살펴보았으나 요구정신용량과 단일/복합개념상황 사이의 관계에 대한 정의 및 구분이 명확하지 못한 면이 있다. 그러므로 요구정신용량의 크기가 같은 단일개념상황과 복합개념상황을 개발하여 각 상황에 대한 문제해결 정도를 비교하는 연구가 필요하다고 생각된다.

#### 국문 요약

이 연구에서는 이미 해결한 단일개념으로만 구성된 복합개념상황에서 학생들의 문제해결력과 정신용량의 관계를 알아보았다. 과학적 개념이나 원리 하나만 알면 풀 수 있는 문제를 단일개념상황으로 정의하였고 단일개념상황을 2개 이상 결합하여 만든 문제를 복합개념상황으로 정의하였다.

청주시 소재 일반계 고등학교 2학년 학생 152명을 대상으로 정신용량은 FTT 752 검사지를 사용하여 측정하였으며, 문제해결력을 측정하기 위하여 단일개념상황 3개와 복합개념상황 3개로 구성된 전기 회로에 관한 6문항을 사용하였다.

학생들의 문제해결력은 대체로 단일개념상황에서 보다 복합개념상황에서 낮았으며, 단일개념상황뿐만 아니라 복합개념상황에서도 문제해결에 성공한 학습자와 실패한 학



습자의 정신용량에는 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

그러나 이미 해결한 단일개념상황들의 결합으로 만들어진 복합개념상황의 문제해결에 있어서는 정신용량이 작은 집단에서만 실패한 학생들이 나타났으며 문제해결에 실패한 학생들의 정신용량이 문제해결에 성공한 학생들의 정신용량보다 낮았다.

이러한 연구 결과 단일개념상황은 해결할 수 있으면서 이와 관련된 복합개념상황의 해결에 실패한 이유의 하나를 문제해결자의 정신용량이 작기 때문이라고 볼 수 있다.

## 참 고 문 헌

- 김경희(1994). 문제 환경과 학생의 인지능력이 Mole에 관련된 문제해결에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김혜경(1991). 화학반응에서 양적 관계에 대한 화학문제의 주의력 차원과 학생의 주의력과의 관계성 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 박문형(1998). 문제해결자의 정신용량과 문제의 요구정신용량이 물리 문제 해결에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 안수영(1995). 학습자의 정신용량과 덩이지식의 크기 및 문제의 요구정신용량이 과학 문제해결에 미치는 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 안수영과 권재술(1992). 문제에 포함된 조작단계수에 따른 문제해결 결과의 차이. 한국과학교육학회지, 12(3), 49-59.
- 안수영과 권재술(1995). 문제의 요구주의력과 덩이지식화 효과가 문제해결에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 15, 263-274.
- 안수영과 권재술(1996). 문제해결자의 정신용량과 문제의 요구정신용량이 문제해결에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 16, 134-145.
- 안승걸(2003). 단일개념상황과 복합개념상황에서 학생들의 문제해결능력. 한국교원대학교 석사학위논문.
- Johnson, J. M. (1982). *Manual for FIT: Figural Intersection Test*. Unpublished manuscript. York University.
- Johnstone, A. H. & Al-Naeme, F. F. (1991). Room for scientific thought? *International Journal of Science Education*, 13, 187-192.
- Johnstone, A. H., Hogg, W. R., & Ziane, M. (1993). A working memory model applied to physics problem solving. *International Journal of Science Education*, 15, 663-672.
- Lawson, A. E. (1983). Predicting science achievement: The role of developmental level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge, and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 117-129.
- Niaz, M. (1988). The information-processing demand of chemistry problems and its relation to Pascual-Leone's functional M-capacity. *International Journal of Science Education*, 10, 231-238.
- Niaz, M. (1989). Relation between Pascual-Leone's structural and functional M-space and its effect on problem solving in chemistry. *International Journal of Science Education*, 11, 93-99.
- Niaz, M. (1992). Manipulation of logical structure of chemistry problem and its effect on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 211-226.
- Niaz, M. & Lawson, A. E. (1985). Balancing chemical equations: The role of developmental level and mental capacity. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 41-51.