

# Thinking Science 프로그램 중 분류활동이 초등학교 5학년 학생의 분류문제해결능력에 미치는 영향

이성현·한 신\*

한국교원대학교

## The Effect of the classification problem solving of Thinking Science Program on the Classified Activities on Elementary School 5th grade category

Sung-Hyun Lee · Shin Han\*

Korean National University of Education

### ABSTRACT

In this study, elementary school science program, this category did not affect any troubleshooting analyzed. Thinking Science Program to buy for them in group activities by using one of the elements of a program of treatment and cognitive level effects were two kinds of research questions. 102, 5th grade four classes were involved, these two classes of the experimental group and the remaining two classes were divided into a control group. Pre-test between the two groups is compared to the level and classification problem-solving skills but the skills did not show a statistically significant difference. Thinking Science activity after application of classification and posttest the experimental group than in the control group problem solving abilities of students classified at the level of statistical significance was higher. Thinking Science program is a treatment effect for each level of analysis, tests, regardless of cognitive level was more effective. Through theses findings, Thinking Science activities 5th grade category classification problem-solving skills of students found to be effective in improving and these types of programs actively introduced in the field suggests that we need to see.

**Key words :** Thinking Science Program, Classified Activities, Classification Problem Solving

## I. 서 론

과학 교육 과정에서 제시되는 학습 내용의 이해에 요구되는 인지 수준에 학생들의 인지 수준이 미치지 못한다(강순희 등, 1999)는 문제점이 제기되면서 학생들의 인지 수준을 향상시킬 수 있는 처치 프로그램의 필요성에 대한 관심이 고조되었다. 특히 과학 교육을 통한 사고 기능 발달 프로그램의 개발 및 타당성에 관련된 지속적인 연구 중에서 가장 대표적인 것으로 영국의 CASE(Cognitive Acceleration through Science Education) 프로젝트를 들 수 있다.

이 프로젝트에서는 교수-학습 프로그램인 Thinking Science를 개발하여 중학생에게 적용한 결과 인지 수준의 향상은 물론 다른 교과목의 학업성취도를 향상시키는 일반 전이 효과가 있었음을 보고하였다(Shayer, 1996; Shayer와 Adey, 1992a, 1992b, 1993).

CASE는 런던의 King's College에서 개발하였고 Piaget의 인지발달이론과 Vygotsky의 사회적 상호작용을 통한 인지 발달 이론에 기초한 과학교육을 통한 인지 가속 프로그램의 개발과 적용에 관한 연구로서 상황 독립적인(context-independent) 인지처치를 하는 프로그램이다.

\* 교신저자 : 한 신(geoscience@naver.com)

2011. 4. 8(접수) 2011. 4. 26 (1심통과) 2011. 8. 24 (게재확정)

CASE 프로그램의 목표는 과학교육을 통하여 학생들의 인지발달을 촉진시켜 보다 높은 단계의 형식적 사고가 가능하도록 하여 형식적 사고를 하는 학생의 비율을 높여서 전통교육과정의 수업목적을 다룰 수 있게 하는 것이고, 처치는 과학교육과정에 맞추어져 있고 학습자료는 과학적 사고를 할 수 있도록 만들어져있다. 대상은 만11세에서 14세의 학생들이며 이 연구에서 개발된 프로그램은 인지발달의 촉진을 주목적으로 하는 교육과정 및 교수방법으로 일종의 전략적 과학교육프로그램이라 할 수 있다. CASE의 특징은 학업 성취도만을 향상시키기 위한 다른 프로그램과는 달리 우선 인지발달을 촉진시키고 그 후에 보다 용이하게 학업성취도의 향상을 꾀하는 것이다.

CASE 프로그램의 교육과정자료는 ‘생각하는 과학’으로 점진적으로 형식적 조작 사고 도달을 목표로 한 30가지 활동으로 구성되어 있다(Adey et al., 2001). 초기활동은 원인변인 결과 변인에 집중하고 그리고, 점차 비례 확률 보상 조합 상관관계 분류 형식적 모형 복합변인 평형으로 나아가게 구성되어 있다. 각각의 활동은 학생에게 활동지, 교사에게 안내서(수업지도안 포함)가 배부되어 특별한 사례와 활동들이 구체화되어 있다. 전체과정은 2년에 걸쳐 가르치게 고안되어 있다. 1개의 활동에 소요되는 시간은 70분정도이며 2~3개의 구체적인 활동으로 구성되어 있다.

CASE를 통해 학생들의 인지발달을 촉진시키기 위해서는 일정기간 동안 지속적으로 활동하는 것이 중요하다. 그 이유는 중추적인 정신작용이 성숙과 환경의 영향을 받는다고 가정할 때 학생이 새로운 것을 학습하거나 문제해결을 위한 접근과정에서 충분히 긴 기간이 필요하기 때문이다. 그러므로 CASE는 30개의 TS활동을 2년에 걸쳐 2주에 1회씩 처치하도록 되어있다.

CASE의 활동은 그림 1과 같이 구체적 준비, 인지 갈등, 구성영역활동, 메타인지, 연계의 교수전략으로 지도하도록 되어있다 (Adey와 Shayer, 1994).

Adey(1987a, 1987b)는 과학교육을 통하여 학생의 논리적 사고력 즉, 인지발달을 가속시킬 수 있는 프로그램의 개발에 관해 언급하고, 인지발달은 오랜 시간에 걸쳐 진행되는 것이므로 인지발달에 항구적이고 일반적인 효과에 대한 증거를 확보해야 한다고 주장하였다. 그리고 전이와 훈련의 차이를 강조

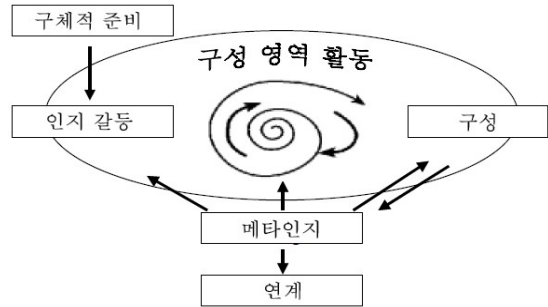


그림 2 CASE의 교수·전략

하고 Thinking Science 프로그램에서는 훈련이 아니라 상황 독립적인 일반 전이가 일어나야 한다고 주장했다(Adey, 1988). Fones와 Gott(1998)는 Adey와 Shayer에 의해 이루어진 일련의 연구 결과를 분석했는데, Thinking Science 프로그램의 처치로 인한 인지발달 가속 효과는 연령과 성별에 따라 다르며, 특히 학교에 따라 많은 차이를 보이므로 학교의 특성도 주요 요인이 될 것이라고 했다. 최병순 등(2002)은 남학생들보다 여학생들의 인지수준이 더 발달된 것을 밝혔으며, 처치와 성별 간 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 인지수준에 따른 효과는 모든 인지수준에서 나타났으며 특히 초기 구체적 조작기와 전조작기, 후기 구체적 조작기 학생들에게 큰 효과가 있었다. 신애경(2003)은 Thinking Science 프로그램에 의한 인지과정 기능의 발달은 초등학교와 중학교에게 모두 효과가 있었는데, 이러한 결과는 Thinking Science 프로그램이 인지과정 기능에 대해 효과가 있으며, 나이가 많을수록 이 프로그램에 의해 높은 인지과정 기능 영역에서 효과가 있음을 보여주는 것이라 주장하였다. 김은정 등(2005)은 인지수준이 높을수록 보다 높은 수준의 확률적 사고를 하고, Thinking Science 프로그램의 확률 활동은 학생들의 확률적 사고 형성에 효과적이었음을 보고하였으며, 전기 구체적 조작기와 과도기 학생들에게 효과적이었음을 보고하였다.

특히 Thinking Science 프로그램 내에 존재하는 분류(Classification)는 현행 과학과 교육과정에서도 골고루 분포되어 있고, 에너지, 물질, 생명, 지구의 내용 영역별로도 다양하게 구성되어 있다. 다양한 내용 구성과 전 학년에 걸친 분류 학습은 초등학교에서 분류가 중요한 탐구 기능으로 다루어지고 있음을 의미한다. 더욱이 분류는 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 나아가는 인지 발달의 지표가 되는

중요한 사고 요소이므로(Krnel et al., 2003), 분류 능력을 향상시키기 위한 프로그램의 개발 및 적용에 관련된 연구가 요구된다. 이에 본 연구에서는 사고 기능의 발달을 강조한 Thinking Science 프로그램 중 분류 활동의 독립적인 처치가 학생들의 분류 문제 해결에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고자 하였다.

이는 우리나라 초등학교에서의 Thinking Science 프로그램의 활용 가능성과 구체적인 보급 방안을 모색하고, 사고 기능이 강조된 과학교육과정이나 프로그램의 개발에 대한 이론적 검증과 경험적 자료를 축적하기 위한 것이다. 본 연구의 목적을 달성하기 위한 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, Thinking Science 프로그램은 분류 문제 해결력 향상에 효과가 있는가?

둘째, Thinking Science 프로그램의 효과는 학생들의 인지수준에 따라 차이가 있는가?

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 연구 절차 및 설계

Thinking Science 프로그램의 분류 활동의 처치 효과를 분석하기 위한 기초 단계로 사고 인지 가속 프로그램과 분류에 관련된 선행연구를 조사하고 초등학교교육을 전공하는 대학원생 7인이 Thinking Science 프로그램 원안을 번안하였으며, 번안된 프로그램을 가지고 교사가 직접 수업에 투입할 수 있는 형태의 교수 학습 과정안을 개발하였다. 선행연구를 바탕으로 검사 도구를 선정하였으며, 사전 인지 수준 검사와 분류 문제 해결 능력 검사를 토대로 동질성을 살펴보고 Thinking Science 프로그램의 분류 활동의 처치 후 분류 문제 해결능력 검사를 통해 그 효과를 비교하였다.

본 연구는 Thinking Science 프로그램 중 분류 활동을 적용한 후 분류 문제 해결 능력의 효과를 분석하기 위하여 연구집단 및 비교집단을 선정하고, 사전 인지 수준 검사와 분류 문제 해결 검사를 실시하여 집단의 동질성을 확인하였다. Thinking Science 프로그램 중 분류에 해당되는 2개의 활동을 처치하고, 사후에 분류 문제 해결 검사를 실시하여 두 집단의 문제 해결 수준을 비교하여 효과를 분석하였다. 두 집단의 연구 설계를 도식화하면 그림 2와 같다.

|      |    |    |    |
|------|----|----|----|
| 연구집단 | O1 | X1 | O2 |
| 비교집단 | O1 | X2 | O2 |

O1: SRTⅡ 검사, 사전 분류 문제 해결력 검사

X1: 학교 교육과정별 재량 활동

X2: Thinking Science 프로그램 2개 활동

O2: 사후 분류 문제 해결력 검사, 분류 수행 과정 관찰 및 면담

그림 2. 연구 설계

### 2. 연구 대상

Thinking Science 프로그램 중 분류활동의 효과를 알아보기 위하여 비교집단은 울산시 소재의 한 초등학교 5학년 2개 학급, 연구집단은 비교집단과 같은 학교의 5학년 2개 학급을 각각 선정하였다. 연구 대상의 구체적인 사례 수는 표 1과 같다.

표 1. 연구 대상

| 집 단  | 남  | 여  | 계  |
|------|----|----|----|
| 연구집단 | 28 | 23 | 51 |
| 비교집단 | 27 | 24 | 51 |

### 3. 검사 도구

본 연구에서는 학생들의 과학적 사고력을 통해 인지수준을 판정하기 위해 SRTⅡ 검사지를 사용하였다. SRT는 영국 Celsea 대학의 CSMS팀에 의해 1973년~1978년 사이에 I~Ⅶ까지 개발되었는데, 각 종류마다 인지수준 판정 범위가 조금씩 다르다. SRT의 타당도는 Piaget식 임상법의 인지 수준과의 상관관계에서  $R=0.64\sim0.85$ 였고, 검사-재검사 신뢰도는  $0.70\sim0.80$ 이다(Wylam 과 Shayer, 1978).

본 연구에서는 연구대상이 5학년이라는 점을 감안하여 SRTⅡ 검사지를 번안하여 사용하였다.

SRTⅡ 검사지는 질량, 부피 보존, 밀도 개념에 관한 14개 문항으로 구성되어 있다. 검사자는 문항 내용에 따라 시범 실험을 보여주고, 학생들은 시범 실험을 보고 검사지의 질문에 답하도록 되어 있으며, 소요시간은 약 50분이다. Piaget의 인지발달 단계와 SRTⅡ 검사 결과에 따른 인지수준의 점수를 표 2에 나타내었다.

SRTⅡ 검사 결과는 인지 수준 결정 방법에 따라 전조작기(1), 전기 구체적 조작기(2A), 중기 구체적 조작기(2A/2B), 후기 구체적 조작기(2B), 과도기(2B/3A), 전기 형식적 조작기의 6단계로 구분하였

표 2. Piaget의 인지 발달 단계와 SRT II 검사 결과에 따른 인지수준 점수

| Piaget    | 단 계        | 기 호   | 판정점수 |
|-----------|------------|-------|------|
| 전조작 단계    | 전조작단계      | 1     | 1    |
| 구체적 조작 단계 | 전기 구체적 조작기 | 2A    | 2    |
|           | 중기 구체적 조작기 | 2A/2B | 3    |
|           | 후기 구체적 조작기 | 2B    | 4    |
|           | 과도기        | 2B/3A | 5    |
| 형식적 조작 단계 | 전기 형식적 조작기 | 3A    | 6    |

고, 인지 수준 단계에 따라 1~6점까지 점수를 부여하였다.

분류 문제 해결 검사지는 안영균(1997)이 초등학교생들의 분류 능력 평가를 알아보기 위하여 개발된 검사도구를 사용하였다. 이 검사지는 16문항의 4지 선다형 지필 검사 도구로 대상학년은 초등학교 2~6학년이다. 분류 문제 해결에 대한 문항 영역으로는 속성·특성(1~4번 문항), 분류기준(5~8번문항), 단순분류(9~12문항), 복합분류(13~16문항)로 나누었다. 속성·특성 영역은 속성이나 특성에 따라 사건이나 사물을 순서대로 배열할 수 있는지 알아보는 문항이다. 분류 기준 영역은 주어진 자료의 분류 기준이나 분류 조건을 설명할 수 있는지 알아보는 문항으로 구성되어 있다. 단순분류영역은 여러 가지 사물은 한 가지 분류기준에 따라 분류할 수 있는지, 복합분류 영역은 여러 가지 사물을 두 가지 이상의 분류기준에 따라 분류 할 수 있는지를 알아보는 문항으로 구성되어 있다. 검사는 연구자의 감독 하에 실시하였으며 이 문항들에 대한 검사 결과 신뢰도는 Cronbach's  $\alpha$  0.66으로 나타났다. 분류 문제 해결 검사지의 검사 결과는 문항당 1점씩 부여하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 사전 검사 분석

처치 프로그램의 효과를 분석하기 위하여 SRT II 검사와 분류 문제 해결 검사를 통해 연구집단과 비교집단의 동질성 여부를 알아보았다.

##### 1) 인지 수준 분석

Thinking Science 프로그램의 분류 활동을 처치하기 전에 연구집단과 비교집단의 인지수준을 비교 분석하기 위해 과학적 사고력 검사 도구인 SRT II를 사용하여 집단간의 인지 수준 동질성 여부를 판단

하였다. 검사 결과, 연구집단의 평균이 4.4, 비교집단의 평균이 4.2로 연구집단이 비교집단보다 약간 높았다. 그러나 t-검증 결과 t 통계값은 0.56이고, 이에 따른 유의확률은 1.645로 유의수준 .05에서 두 집단은 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 연구집단과 비교집단은 인지수준의 측면에서 동질 집단으로 볼 수 있다. 집단별 인지 수준 검사 결과는 표 3에 나타내었다.

표 3. 집단별 인지 수준 검사 비교

| 구 분  | 학생수 | 평균  | 표준편차 | t    | p     |
|------|-----|-----|------|------|-------|
| 연구집단 | 51  | 4.4 | 1.28 | 0.56 | 1.645 |
| 비교집단 | 51  | 4.2 | 1.16 |      |       |

인지 수준의 최고점: 9점

(\*p>.05)

#### 2) 분류 문제 해결 검사 분석

Thinking Science 프로그램에 있는 분류 활동을 처치하기 전에 비교집단과 연구집단을 대상으로 분류 문제 해결 검사를 실시한 결과, 연구집단의 평균이 91, 비교집단의 평균이 93로 비교집단이 연구집단보다 약간 높았다. 그러나 t-검증 결과 t 통계값은 0.45이고, 이에 따른 유의확률은 .388로 유의수준 .05에서 두 집단은 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 그러므로 두 집단은 분류능력에 있어서 동질인 것을 알 수 있다. 분류 문제 해결 검사 결과는 표 4와 같다.

이와 같이 사전 인지수준 검사와 분류 문제 해결 검사 결과를 분석한 결과, 이 연구에 참여한 비교집단과 연구집단이 통계적으로 유의미한 차이가 없었

표 4. 집단별 사전 분류 문제 해결 검사 결과

| 구 분  | 학생수 | 평균  | 표준편차 | t    | p    |
|------|-----|-----|------|------|------|
| 연구집단 | 51  | 9.1 | 2.97 | 0.45 | .388 |
| 비교집단 | 51  | 9.3 | 2.69 |      |      |

분류 문제 해결 검사지의 총점 : 16점

(p>.05)

기 때문에 두 집단을 동질 집단으로 간주하였다.

## 2. 프로그램의 효과 분석

Thinking Science 프로그램이 분류 문제 해결에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Thinking Science 프로그램 중 분류활동 영역 활동만을 독립적으로 처치한 후 처치 효과, 인지수준별 효과를 분석하였다.

### 1) 처치 효과

프로그램의 효과를 살펴보기 위하여, 집단별, 인지수준별로 사후분류 문제 해결 검사 결과를 비교하여 표 5에 나타내었다. 연구집단과 비교집단에서 각각 평균이 4.3과 4.4로 연구 집단이 높게 나타났다. 인지수준별로 살펴본 결과 같은 인지 수준에서 비교집단의 분류 문제 해결검사 평균 점수가 모두 더 높았다.

Thinking Science 프로그램 중 분류 활동을 비교집단에 처치한 후 비교집단과 연구집단의 분류능력 검사를 분석한 결과, 연구집단의 평균은 9.4, 비교집단의 평균은 10.9로 비교집단의 평균이 높게 나타났다. 이를 t-검정한 결과, 통계적으로도 유의미한 결과가 나왔다. 이러한 결과로부터 Thinking Science에 포함된 분류 활동의 독립적인 처치가 분류 능력향상에 효과가 있음을 알 수 있었다. 사후 분류 문제 해결 검사 결과는 표 6에 나타내었다.

### 2) 인지수준별 효과

인지 수준에 따른 프로그램의 효과를 분석하기

위하여 사전 인지 검사 결과를 근거로 집단별 인지수준 분포를 표 5에 제시하였다. 표 5를 보면, 형식적 조작기에 해당하는 학생은 비교집단보다 연구집단에 한명 더 많았고, 통계집단이 중기 구체적 조작기(2A/2B)에서 비교집단보다 높은 분포를 나타내고 있으며, 비교집단은 과도기에서 연구집단보다 높게 나타났다.

인지수준에 따른 집단간 분류 문제 해결 향상 정도는 인지수준에 따른 분류능력의 신장은 각 인지수준에 해당되는 사례수가 많지 않아 통계적 처리가 불가능하여 중기 구체적 조작기(2A/2B)를 기준으로 전후로 인지수준의 두 집단으로 나누어 살펴 보았을때 중기 구체적 조작기 이하(1, 2A, 2A/2B)인 집단의 경우 연구 집단의 평균은 8.5, 비교집단의 평균은 9.4이었고, 중기 구체적 조작기 초과(2B, 2B/3A, 3A)인 집단의 경우 연구 집단의 평균은 11.9, 비교집단의 평균은 13.6으로 인지수준에 따른 집단간 분류 문제 해결력의 향상이 비슷한 경향을 보인다. 따라서, 이 연구에서는 Thinking Science 프로그램 분류 활동의 처치가 인지 수준에 상관없이 효과적이었음을 알 수 있었다.

## IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 초등학교 5학년을 대상으로 Thinking Science 프로그램의 처치가 분류능력 신장에 어떠한 영향을 미치는지 분석하기 위해, 먼저 초등학교생들의 인지수준 및 분류 문제 해결 능력 수준을 알아보았

표 5. 집단별, 인지수준별 사후 분류 문제 해결 검사 결과

| 인지수준  | 학생수 | 연구집단 | 계    | 학생수 | 비교집단 | 계    |
|-------|-----|------|------|-----|------|------|
| 1     | 1   | 4    | 4    | 3   | 17   | 5.7  |
| 2A    | 10  | 63   | 6.3  | 8   | 62   | 7.8  |
| 2A/2B | 28  | 265  | 9.4  | 22  | 231  | 10.5 |
| 2B    | 2   | 21   | 10.5 | 4   | 52   | 13   |
| 2B/3A | 6   | 70   | 11.7 | 12  | 161  | 13.4 |
| 3A    | 3   | 40   | 13.3 | 2   | 31   | 15.5 |

분류 문제 해결 검사지의 총점 : 16점

표 6. 집단별 사후 분류 문제 해결 검사 결과

| 구 분  | 학생수 | 평균   | 표준편차 | t    | p     |
|------|-----|------|------|------|-------|
| 연구집단 | 51  | 9.4  | 2.86 | 2.55 | 4.809 |
| 비교집단 | 51  | 10.9 | 2.86 |      |       |

분류 문제 해결 검사지의 총점 : 16점

(p<0.05)

다. 그 결과를 바탕으로 Thinking Science 프로그램에서 분류 활동의 독립적인 처치 효과를 인지수준별로 알아보고, 처치에서 비교집단의 사후 분류 문제 해결 능력 신장 수준을 직접 비교하여 그 차이를 알아보았다. 분석 결과는 다음과 같다.

첫째, Thinking Science 프로그램의 분류 활동만을 독립적으로 처치하여 그 효과를 분석한 결과, 사전에는 비교집단과 연구집단의 분류 문제 해결 검사 결과가 t-검증결과 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았으나 Thinking Science 프로그램 중 구체적 사고요소가 분류인 활동을 처치한 후 실시한 사후 분류 문제 해결 검사 결과에서는 집단간 분류 능력 신장 정도가 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 이러한 결과는 Thinking Science 프로그램의 분류 활동이 초등학교 5학년 학생들의 분류 문제 해결 능력 신장에 효과적이며, 현 교육과정에서 필요로 하는 분류 능력에 대한 훈련 및 학습 기회를 제공한다 점에서 의의가 있다 하겠다.

둘째, 학생들의 인지수준에 따른 Thinking Science 프로그램 효과를 분석한 결과 인지수준에 상관없이 비교집단이 연구집단에 비해 많이 신장되었고 통계적으로도 유의미한 차이를 보여주었다.

이상의 연구 결과로부터 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, Thinking Science 프로그램의 분류 활동을 처치한 결과 비교집단과 연구집단의 비교에서 유의미한 향상을 보였지만 각 문항 영역별 효과를 다루지 않았다. 따라서 Thinking Science 프로그램의 분류 활동을 통해 분류활동 검사의 분류 영역별로 효과에 대하여 연구되어야 할 것이다. 둘째, 분류 활동은 초등학교 과학 교육과정에서 많이 나타나고 있는 대표적인 논리적 조작으로, Thinking Science 프로그램의 처치결과 분류 문제 해결 능력에 있어서 효과가 있는 것으로 보아 프로그램의 현장 적용 기회를 확산시킬 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

강순희, 박종윤, 정지영 (1999). 학습자의 인지수준과 학

- 습 내용의 인지 요구도를 고려한 중등 화학 학습 전략 개발에 대한 연구. 화학교육, 43(5), 578-588.
- 김은정, 신애경, 이상권, 최미화, 최병순 (2005). Thinking Science 프로그램의 확률 활동이 초등학생의 확률적 사고 신장에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 25(7), 787-793.
- 신애경 (2003). Thinking Science 프로그램이 학생들의 인지 발달 가속과 인지과정 기능의 발달에 미치는 효과. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 안영균 (1997). 초등학생들의 분류 능력 평가. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 최병순, 강성주, 강순희, 박종윤, 권용주 (2002). 과학교육을 통한 인지 발달 가속의 메타니즘에 대한 신경심리학적 해석. 한국과학재단.
- Adey, P. (1987a). Science develops logical thinking-doesn't it? Part I: Abstract thinking and school science. *School Science Review*, 69, 622-639.
- Adey, P. (1987b). Science develops logical thinking-doesn't it? Part II: The CASE for science. *School Science Review*, 69, 17-27.
- Adey, P. (1988). Cognitive acceleration: Review and prospects. *International Journal of Science Education*, 10, 121-134.
- Adey, P., Shayer, M. (1994). *Really raising standards*. London: Routledge.
- Adey, P., Shayer, M., & Yates, C. (2001). *Thinking Science*(3rd ed.). London: Nelson Thornes Ltd.
- Fones, M., Gott, R. (1998). Cognitive acceleration through science education: Alternative perspectives. *International Journal of Science Education*, 20(7), 755-768.
- Krnal, D., Glazr. S. S., & Waston. R. (2003). The development of the concept of "Master": A cross-age study of how children classify materials. *Science Education*, 87(5), 621-639.
- Shayer, M. (1996). *The long-term effects of cognitive acceleration on pupil's school achievement*. London: Center for the Advancement of Thinking King's College.
- Shayer, M., Adey, P.(1992a). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students II: Postproject effects on science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 81-92.
- Shayer, M., Adey, P.(1992b). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students III: Testing the permanency of effects. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1101-1115.
- Shayer, M., Adey, P.(1993). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students IV: Three years after a two-year intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 351-366.