

# 초등학생의 보상 논리 문제 해결에 대한 Thinking Science 프로그램의 일반 전이 효과

김선자 · 이상권\* · 최병순  
(한국교원대학교) · (전남대학교\*)

## The General Transfer Effects of Thinking Science Program on the Problem Solving with Compensational Reasoning of the Elementary School Students

Kim, Sun-Ja · Lee, Sang-Kwon\* · Choi, Byung-Soon  
(Korea National University of Education) · (Chonnam National University\*)

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the general transfer effects of Thinking Science program on the problem solving with compensational reasoning of the elementary school students. For this study, 156 5th grade and 138 6th grade students were selected from four elementary schools. The students were tested with SRT (Science Reasoning Task) and compensational reasoning task.

Statistically significant gains on the development of compensational reasoning were shown by the experimental group implemented with Thinking Science activities compared to the group implemented with compensation activity only. The achievement of the experimental group was higher than that of the compensation activity group in solving problem with compensational reasoning, specially for the boys and students in both the mature concrete and the concrete generalization stage. The results of this study implied that implementation of Thinking Science program related to several formal reasoning were effective for the development of reasoning ability as a general-transfer.

**Key words:** general transfer effect, elementary science education, compensation, Thinking Science, CASE

### I. 서 론

Nisbet(1993)은 “이 세기가 끝나기 전에 교육과정의 사고(thinking)를 가르치는데 기여하지 못한다면 어느 교육 과정도 받아들일 수 없을 것이다”라고 언급하면서 사고 기능(thinking skills)의 발달을 위한 프로그램이 교육과정에 적극적으로 도입되어야 함을 강조하였다. 사고를 가르치려는 시도는 평생 학습을 준비시키고, 교육 기준을 높이기 위한 수단으로써 사고 과정과 사고 기능의 특성을

강조한다.

1970년대부터 시도된 사고 기능 발달에 관련된 연구 중에서 교육과정이나 특정 영역과 관계있는 구조화된 프로그램으로 CASE(Cognitive Acceleration through Science Education), CAME(Cognitive Acceleration through Mathematics Education), CATE(Cognitive Acceleration through Technology Education), ARTS(Arts, Reasoning and Thinking Skills), Thinking through Geography 등이 개발되어 있다(Shayer &

Adey, 2002). 특히 CASE 프로젝트에서는 교수 학습 자료 인 변인 통제, 비례, 보상, 확률, 조합, 분류, 상관, 형식적 모형, 복합변인, 평형 논리 활동이 포함된 Thinking Science를 개발하여 사고 기능의 발달을 통한 인지 수준 향상 효과를 보고한 바 있다(Shayer & Adey, 1992a, 1992b, 1993; Shayer, 1996).

국내에서도 과학 교육 과정에서 제시되는 학습 내용의 이해에 요구되는 인지 수준에 학생들의 인지 수준이 미치지 못한다(최병순과 허명, 1987; 강순희 등, 1999)는 문제점이 제기되면서 학생들의 사고 기능을 향상시킬 수 있는 처치 프로그램의 필요성에 대한 관심이 고조되었다. 처치 프로그램의 특수 전이에 의해 사고 기능이 향상되었고(최병순 등, 2002), 형식적 사고 기능의 향상을 통해 인지 수준의 발달이 촉진될 수 있다는 연구 결과가 보고 되고 있다(김영준, 2001; 최병순 등, 2002; 신애경, 2003).

그러나 변인 통제, 비례, 확률, 상관 등을 포함한 형식적 사고 형성을 위한 처치 프로그램에 대한 대부분의 연구는 해당되는 논리 활동만의 단기간 처치에 의한 결과를 다루고 있어 성숙에 의한 인지 발달과 형식적 사고 능력이 밀접히 관련되어 통합적으로 발달함을 고려할 때 그 효과를 극대화할 수 없는 제한이 따른다. 특히 형식적 사고 기능 중 보상(compensation) 논리는 보존, 비례, 평형 개념 등의 과학적 추론 활동에 필수적으로 수반되지만(Adey & Shayer, 1994), 일부 비례 논리 연구에서 반비례 문제로 포함되었을 뿐 독립적인 추론 유형으로써 연구되지는 않은 실정이다.

따라서, 이 연구에서는 여러 형식적 사고 기능의 통합적 처치 효과와 보상 논리 활동의 독립적 처치 효과를 비교해봄으로써 보상 논리 형성을 위한 처방적 처치 방안을 모색하고자 한다. 이를 위해 여러 형식적 사고 기능이 포함된 Thinking Science 프로그램 처치 집단(이하 TS 집단)과 Thinking Science 프로그램의 일부인 보상 논리 활

동 처치 집단(이하 CA 집단)의 보상 논리 문제 해결 수준을 성별, 인지수준별, 문제 상황별로 비교하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

TS 집단은 충북 청원군 소재의 5학년 3개 학급에서 남학생 37명, 여학생 36명 총 73명, CA 집단은 청주시 소재의 6학년 2개 학급에서 남학생 40명, 여학생 34명 총 74명을 표집하였다. 또한, 두 집단에서 처치 기간의 차이로 인하여 사전 검사와 사후 검사 시기가 달라서 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 각각의 집단에 대하여 통제 집단을 선정하였다. Thinking Science 프로그램의 처치는 2년 동안 이루어지므로 학생들의 학교 이동을 최소화할 수 있도록 하기 위해 초등학교 5학년 학생을 대상으로 하였다. 그리고, 학년과 반의 변경, 전학 등으로 인하여 프로그램 처치 및 검사에 모두 참여하지 못한 학생들은 분석 대상에서 제외하였다.

### 2. 연구 과정

TS 집단 및 통제 집단 1을 대상으로 사전 인지 수준 검사  $O_1$ 을 실시하여 두 집단의 동질성을 확인한 후( $t = 0.837, p = 0.404$ ), 실험 집단에 Thinking Science 프로그램의 활동1~활동15를 2주 간격으로 1년간 처치하였다( $X_1$ ). 이듬해 초등학교 6학년이 된 통제 집단1과 CA 집단 및 통제 집단2를 선정한 후 인지 수준 검사  $O_2$ 를 실시하여 변량 분석한 결과 유의미한 차가 없었다( $MS=0.561, F=0.655, p=0.521$ ). 이와 같은 검증 과정을 통하여 TS 집단과 CA 집단은 사전 인지 수준이 동질임을 확인하였다. 그리고, CA 집단은 보상 활동만( $X_5$ )을 2주 간격으로 처치한 후 사후 보상 논리 검사를 실시하였고, TS 집단은

Table 1. Numbers of the subjects

Group		Male	Female	Total
Thinking Science	Experimental	37	36	73
	Control 1	36	47	83
Compensation activity	Experimental	40	34	74
	Control 2	32	32	64

활동16~활동30을 2주 간격으로 1년 동안 처치한 후(X<sub>2</sub>) 사후 보상 논리 검사를 하였다. CA 집단과 TS 집단의 사후 검사 시기가 5개월 정도 차이 있는 것이 검사 결과에 영향을 주는지 살펴보기 위하여 아무런 처치를 하지 않고 사후 검사 시기가 다른 통제 집단1과 통제 집단2의 사후 보상 논리 검사 결과(O<sub>3</sub>)를 비교한 결과 유의미한 차이가 없었다(t=1.049, p=0.296). 따라서, TS 집단과 CA 집단의 사후 보상 논리 검사 결과를 직접 비교하여 효과를 살펴 보았으며, 이와 같은 통계적 가정에 대하여 교육통계 전문가 1인과 과학 교육 전문가 2인으로부터 타당도를 확인 하였다.

### 3. 검사 도구 및 자료 분석

#### 1) 인지 수준 검사지

인지 수준을 검사하기 위한 도구로 사용된 SRT 검사지는 학생들의 과학적 이해력과 조작적 인지 수준과의 관계를 측정하기 위해 영국 Chelsea 대학의 CSMS팀에 의해 1973년~1978년에 개발된 검사도구이다. SRT의 타당도는 Piaget식 임상법에 의거하여 0.64~0.85였고, 검사-재검사 신뢰도는 0.64~0.85이었다(Wylam & Shayer, 1978; Adey & Shayer, 1994). 이 연구에서는 우리 나라 초등학교 학생들이 대부분 구체적 조작기라는 점을 감안하여 5학년의 인지 수준 검사지는 SRT II를 사용하였고, 6학년의 경우에는 SRT III를 이용하였다.

SRT II 검사지는 질량, 부피 보존, 밀도 개념에 관한 14개 문항으로 구성되어 있다. 검사지는 문항 내용에 따라 시범 실험을 보여주고, 학생들은 시범 실험을 보고 검사지의 질문에 답하도록 되어 있으며, 소요시간은 약 50분이다. SRT II 검사 결과는 인지 수준 결정 방법에 따라

후기 전조작기 이하(1B-), 전기 구체적 조작기(2A), 중기 구체적 조작기(2A/2B), 후기 구체적 조작기(2B), 과도기(2B/3A), 전기 형식적 조작기 이상(3A+)의 6단계로 구분하였고, 인지 수준 단계에 따라 2~7점까지 점수를 부여하였다. SRT III는 추의 무게, 실의 길이, 추를 미는 힘의 세기를 변인으로 하는 진자 실험을 통해 변인통제에 관한 문항들을 해결하도록 구성되어 있으며, 인지수준 판정 범위는 중기 구체적 조작기 이하(2A/2B-)에서 후기 구체적 조작기(3B)까지이다. 따라서, SRT III의 점수 분포대는 4점~9점 사이이다. 검사 실시 요령 및 검사 시간은 SRT II와 유사하다.

#### 2) 보상 논리 검사지

사후 보상 논리 문제 해결 수준 및 전략의 비교를 위해서 김선자 등(2002)의 연구에서 사용한 보상 논리 검사지를 이용하였다. 이 검사지는 수평인 시소에서 무게와 거리의 관계, 같은 거리를달리는 속도와 시간의 관계, 같은 양의 물을 담은 용기의 밑넓이와 높이의 관계, 평형인 양팔 저울에서의 무게와 거리의 관계에 대하여 각각 정수비와 비정수비를 다루는 8문항으로 구성되어 있다. 검사 결과는 문제 해결 전략에 따라 해결 수준을 설정하여 0~4점의 점수를 부여하였으며(Table 3), 8문항의 평균 점수로 연구 대상들의 보상 논리 문제 해결 수준이 결정되었다. 정수비 문항의 최고 점수는 각각 3점, 비정수비 문항의 최고 점수는 각각 4점이므로, 8문항의 평균 점수의 최고 점은 3.5이다. 문제 해결 수준 분석 과정은 과학 교육 전문가 2인과 과학 교육을 전공하는 대학원생 3인이 수행하였으며, 분석자 간 일치도가 0.9 이하일 경우에는 협의 결과에 따랐다.

Table 2. Research desig

Thinking Science	Experimental group	O <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	
	Control 1 group	O <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	
Compensation activity	Experimental group			O <sub>2</sub>	X <sub>5</sub>	O <sub>3</sub>
	Control 2 group			O <sub>2</sub>	X <sub>5</sub>	O <sub>3</sub>

O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>: Science Reasoning Task

X<sub>1</sub>: Thinking Science Programme (Activity 1~15)

X<sub>2</sub>: Thinking Science Programme (Activity 16~30)

X<sub>5</sub>: Thinking Science Programme (Compensation Activity 9~12)

X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>, X<sub>6</sub>: Regular curriculum

O<sub>3</sub>: Compensation Reasoning Task

## 4. 프로그램 처치

### 1) Thinking Science

이 연구에서 여러 형식적 사고 기능을 통합적으로 처치하기 위하여 선정한 프로그램은 사고 기능 발달을 위한 프로그램 중 과학 교육을 통한 인지 수준 발달을 목적으로 하는 Thinking Science 프로그램 내용을 기초로 하였다. Thinking Science 프로그램을 번역하여 과학 교육 전문가가 3인과 초등과학교육이나 화학교육을 전공하는 대학원생 6인, 현직 교사 6인의 협의를 통해 타당도를 점검하고 수정, 보완하였다. 각 활동에는 교사용 안내서, OHP 자료, 학생용 활동지, 활동카드 그리고 실험 자료가 포함되어 있다.

### 2) 보상 활동

특정의 형식적 사고 기능에 해당되는 활동을 독립적으로 처치하기 위하여 Thinking Science 프로그램의 일부인 보상 논리에 해당되는 활동을 선정하였다. 보상 활동은 Thinking Science 프로그램 중 9~12 번에 해당하는 활동이다. 정성적 보상에 대한 활동 후 세 활동에 걸쳐서 정량적 보상 논리를 다루게 된다. 보상 활동은 나무의 마디수와 굵기와의 관계, 수평인 양팔 저울에서 무게와 거리의 관계, 전류, 전선의 길이, 굵기와의 관계, 전압, 전류, 전력의 관계에 대한 내용을 주로 다룬다(김선자 등, 2002).

### 3) 프로그램 투입 및 교사 연수

TS 집단의 처치는 교사 경력이 5년 이상이고, 6개월 이상 Thinking Science 프로그램 수업 경험이 있는 연구자 및 대학원에서 초등과학을 전공하는 교사 2인이 담당하였다. 2주에 1개 활동을 각 학급의 재량 활동 시간에 투입하는 것을 원칙으로 하되 학교 교육 과정상 재량 활동 시간을 운영할 수 없는 경우에는 투입 간격이 다소 조정되기도 하였다. 통제 집단은 교사 경력이 4년 이상인 담임 교사에 의해 자체 학교 교육과정에 의한 재량 활동이 운영되었다. 투입에 필요한 각 활동의 활동지, 활동카드, 수업지도안은 교사 연수를 통해 수정하여 투입되었고, 각 활동에 필요한 실험 자료 중에서 학교 현장에서 구할 수 있는 재료는 실험 집단 소속 학교에서 협조를 받았고, 그 외의 것은 과학 실험 전문 제작 업체에 의뢰하여 제작하였다.

Thinking Science 프로그램에 대한 이해와 효과적인 수업 처치를 위해서 프로그램의 이론적 배경 및 목적, 교수 전략, 투입 효과와 관련된 연구 결과들에 대한 사전 연수를 실시하였다. 처치가 이루어지는 동안에도 투입한 활동과 이후 투입할 활동에 대한 연수가 7차례 이루어졌다. 교사 연수에서는 우선 투입한 활동에 대한 소감과 어려움 점에 대한 의견 교환이 이루어지고, 다음에 투입될 활동의 전개 과정 및 실험 자료에 대한 검토를 통해 효율적인 투입을 위한 방안이 구체적으로 논의되었다.

CA 집단의 처치는 역시 Thinking Science 프로그램 처치 경험이 6개월 이상인 연구자에 의해 각 학급의 재량 활동 시간에 2주에 1회씩 이루어졌다. 통제 집단은 교사 경력 3년 이상인 담임 교사에 의해 학교 교육과정에 따른 재량활동이 이루어졌다.

## III. 연구 결과 및 논의

### 1. 보상 논리 문제 해결 전략 및 수준

보상 논리 검사에 나타난 학생들의 응답을 유형화한 결과, Table 3에서 보는 바와 같이 보상적 사고를 전혀 하지 못하는 경우에는 비논리적 설명이나 비례 논리로 문제를 해결하려는 오류를 보였다. 보상적 사고를 하는 경우는 정성적인 설명, 가감산 논리, 변화 요인, building-up 전략, 항등식 전략(the cross-product strategy)으로 구분할 수가 있었다.

변화 요인 전략은 “한 변인의 양이 몇 배 증가했다면 다른 변인의 양은 같은 배수만큼 감소한다(역수만큼 증가한다)”는 것을 이용하여 문제를 해결하는 전략이다. 이 전략은 Graeber (1993)가 비례 논리에서 제시한 the factor of change strategy와 같은 전략으로, 비례 논리에서는 “한 변인의 양이 몇 배 증가했다면 다른 변인의 양도 같은 배수만큼 증가한다”는 것이지만, 보상 논리에서는 한 변인이 증가하면, 다른 변인은 감소한다는 것이다. building-up은 주어진 문제가 해결될 때까지 계속해서 변인을 변화시키는 전략이다. “밀넛이가 다른 그릇에 같은 양의 물을 부을 경우 높이가 얼마가 될까?”를 묻는 문항에서 “밀넛이가 60 cm<sup>2</sup>일 때 높이가 2 cm이면 40 cm<sup>2</sup>일 때는 3 cm, 20 cm<sup>2</sup>일 때는 6 cm가 된다”라고 응답하는 경우이다. 이러한 전략은 흔히 비례 문제 해결 전략에서 나타나는 것으로 Hart (1983), Lamon (1993)의 연구에서

도 보고된 바 있다. 항등식 전략은 흔히 말하는 반비례식, 곱하기 연산으로 해결하는 전략으로, 예를 들어 시소가 수평이 되기 위해서는 무게×거리가 일정해야 한다는 규칙을 적용하는 경우이다.

이상의 문제 해결 전략 중에서 비논리적인 설명이나 비례 논리 전략처럼 변인간의 보상적인 관계를 전혀 파악하지 못하는 경우는 수준0, 정성적인 수준에서 두 변인의 보상적 관계를 파악하는 경우는 수준1, 변인값의 변화를 보다 정량적으로 접근한 가감산은 수준2로 설정하였다. 정량적 보상 논리 전략의 수준은 문항의 난이도를 고려하여 정수비 문항에서는 수준3, 비정수비 문항에서는 수준4로 설정하였다(Table3). 정량적인 보상 논리 전략의 수준을 세밀하게 비교하기 위하여 직관적인 전략인 변화 요인 전략, building-up 전략, 형식적 전략인 항등식 전략으로 세분화하여 집단간에 응답률을 비교하였다.

**Table 3.** Types of strategies and level in compensation problem solving

Strategy	Level
Illogical explanation	0
Proportionality	
Explanation in qualitative terms	1
Additive quantification	2
Factor of change	3* or 4**
Building-up	
Cross-product	

\* Level 3: The unit-rate is integral.

\*\* Level 4: The unit-rate is not integral

## 2. 사후 보상 논리 문제 해결 수준

### 1) 처치 효과

TS 집단과 CA 집단에서의 사후 보상 논리 문제 해결 수준을 Table 4에 나타내었다. Table 4에 따르면, TS 집단과 CA 집단에서의 사후 보상 논리 문제 해결 수준이 각각 1.9, 1.6으로 나타나 TS 집단이 더 높았다. 또한, TS 집단에서는 남학생이 2.1, 여학생이 1.8로 남학생이 더 높게 나타났다. 사전 인지 수준이 동일했던 학생들의 문제 해결 수준을 비교해 본 결과 TS 집단이 CA 집단에 비하여 보상 논리 문제 해결 수준이 훨씬 높았다.

두 집단에서의 사후 보상 논리 문제 해결 수준의 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 처치, 성별, 인지수준별로 변량 분석을 하였다(Table 5). 분석 결과 TS 집단의 보상 논리 문제 해결 수준이 통계적으로 유의미하게 높았으며, 처치, 성별, 인지수준에 의한 상호 작용 효과는 나타나지 않았다. 따라서, 보상 논리 문제 해결에서 보상 활동의 독립적인 처치보다 Thinking Science 전체 프로그램의 처치가 성별, 인지 수준에 상관없이 보상 논리 문제 해결 수준을 효과적으로 향상시켰음을 알 수 있다.

이러한 결과는 보상 활동만 처치하기보다는 여러 형식적 사고 기능을 통합적으로 처치할 때 보상 논리 형성이 더 용이하다는 것을 의미한다. 즉, 형식적 사고 기능들은 서로 밀접한 관련이 있기 때문에 한 형식적 사고 기능의 처치가 다른 형식적 사고 기능에 영향을 줄 수 있는 일반 전이 효과가 가능함을 뜻한다. 형식적 사고 기능에 대한 일반 전이 효과는 Lawson과 Wollman (1976), Rosental (1979)의 연구에서도 보고된 바 있다. Lawson과

**Table 4.** TDescriptive results for compensational thinking level of the students in the post-test\*

Cognitive level	Thinking Science group				Compensation activity group			
	n**	Male	Female	Total	n	Male	Female	Total
1B-	( 1, 3)	0.9	1.3	1.2				
2A	(15, 5)	1.9	1.7	1.8	( 6, 0)	1.3		1.3
2A/2B	(10, 21)	2.2	1.6	1.8	( 6, 9)	1.5	1.9	1.5
2B	( 7, 4)	2.5	2.3	2.4	(12, 10)	1.6	1.5	1.5
2B/3A	( 4, 3)	2.8	2.6	2.7	(13, 14)	1.6	1.7	1.7
3A+					( 3, 1)	2.2	3.1	2.4
Total	(37, 36)	2.1	1.8	1.9	(40, 34)	1.6	1.7	1.6

\*Maximum score: 3.5, \*\*n(Male, Female)

Wollman (1976)은 보손 논리 과제로 훈련시킨 결과 보손 논리 외의 형식적 사고 기능이 향상된다는 결과를 얻었는데, 이것을 하나의 추론 능력의 획득이 다른 종류의 형식적 사고 기능에도 영향을 미칠 수 있다는 일반 전이의 가능성으로 보았다. Rosental (1979)은 변인들의 특성을 강조한 수업을 실시한 결과 변인 통제뿐만 아니라 비례 논리 과제에서도 의미 있는 향상을 보여 일반 전이의 가능성을 보여주었다.

따라서, 보상 논리가 요구되는 문제의 해결에서 보상 활동 처치에 의한 효과보다 여러 형식적 사고 기능의 통합적 처치 효과가 더 크다는 것은 변인 통제나 비례, 평형 등을 포함한 다른 형식적 사고 기능의 처치가 보상 논리 형성을 촉진하여 일반 전이 효과가 나타난 것으로 생각할 수 있다.

## 2) 성별 효과

성에 따른 사후 보상 논리 문제 해결 수준을 비교하기 위하여 TS 집단과 CA 집단의 성별에 따른 보상 논리 문제 해결 수준을 t-검증한 결과를 Table 6에 나타내었다.

Table 6에서 살펴보면, 남학생의 경우 TS 집단은 2.1, CA 집단은 1.6이었으며, 여학생의 경우는 1.8, 1.7로 나타나 남학생과 여학생 모두 TS 집단이 모두 높았다. 이러한 차이가 통계적으로 의미가 있는지 살펴보기 위하여 t-검증한 결과 TS 집단에서 남학생이 여학생보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다.

이러한 결과는 초등학생의 인지 가속 효과가 여학생에게 의미있게 나타난 신애경(2003)의 연구 결과와 상반된다. 이에 대해 두 가지 측면을 생각해 볼 수 있다. 첫째는 두뇌 발달의 급등 시기가 성별에 따라 차이가 있으나, 이것이 크게 영향을 크게 미치지 않았다는 것이다. 청소년기의 두뇌 발달 급등은 만 10~11세에 나타나며, 남자가 여자보다 약 9개월 정도 후에 나타난다(Adey & Shayer, 1994). 그러나, 이 연구에서는 TS 집단도 처치 후반에 만 11세 이상이었고, CA 집단도 처치 시작 시기가 6학년 1학기로 만 11세 이상이었다. 따라서, 5학년에서 처치를 시작한 TS 집단은 총 처치 기간 2년 중 2년째 즉 6학년이 되면서 남녀 모두 급등 시기를 지나게 되고, 6학년에서 처치를 시작한 CA 집단은 처치 직전에 이미 남학생과 여학생이 모두 두뇌 발달의 급등 시기를 지났다고 할 수 있다. 그러므로, 두 집단 모두 성별에 따른 두뇌 발달 급등 시기의 차이가 크게 영향을 미치지 않았다고 할 수 있다.

그렇다면, 남학생과 여학생의 보상 문제 해결 수준이 유의미한 차이가 없어야 하지만, Table 6에서는 남학생의 문제 해결 수준이 유의미하게 높게 나타났다. 남학생과 여학생의 문제 해결 수준의 차이를 설명할 수 있는 두 번째 요인은 특정 형식적 사고 기능에 대한 발달이 성별에 따라 다를 수 있다는 것이다. 초등학생들의 비례 논리 전략의 발달에 관한 연구 보고(정완호 등, 1999)에서 초등교 6학년 학생의 비례 논리 발달이 남학생이 가파른 증가 경향을 유지하는데 비해, 여학생은 정체 경향을 보여

**Table 5.** Three-way ANOVA results of the mean score of compensational thinking level in the post-test

Source	SS	df	MS	F	p
Intervention	10.05	1	10.05	9.490	0.003
Intervention×Gender	1.25	1	1.25	1.178	0.280
Intervention×Cognitive level	3.64	3	1.21	1.145	0.334
Intervention×Gender×Cognitive level	0.75	2	0.37	0.353	0.703

**Table 6.** The t-test results of the mean scores of compensational thinking level in the post-test by gender

Gender	Group	n	M*	SD	t	p
Male	Thinking Science	37	2.1	1.31	2.207	0.031
	Compensation Activity	40	1.6	0.93		
Female	Thinking Science	36	1.8	1.02	0.104	0.918
	Compensation Activity	34	1.7	0.74		

\*Maximum score: 3.5

특정 형식 논리 요소의 발달이 성별에 따라 다소 다르게 나타났었다. 이 연구에서도 TS 집단 남학생의 보상 논리 문제 해결 수준이 눈에 띄게 향상되었다. 따라서, 비례 논리 발달의 급등 시기인 TS 집단의 남학생들에게 보상 논리와 밀접히 관련된 비례 논리와 함께 보상 논리가 통합적으로 처치되어 그 효과가 극대화된 것으로 생각할 수 있다.

### 3) 인지 수준별 효과

각 집단에서의 효과를 인지 수준별로 비교하기 위하여 사전 인지 수준별 사후 보상 논리 문제 해결 수준에 대한 t-검증을 하였다. 인지 수준 검사 도구인 SRT에서는 구체적 조작기가 4단계로 세분화되므로, 인지 수준별로 사례수가 많지 않음을 고려하여 전기 구체적 조작기(2A)와 중기 구체적 조작기(2A/2B), 후기 구체적 조작기(2B)와 과도기(2B/3A) 수준에 속하는 학생들을 통합하여 분석하였다.

Table 7에서 살펴보면 2A와 2A/2B 수준은 TS 집단이 1.8, CA 집단이 1.6, 2B와 2B/3A 수준은 TS 집단이 2.5, CA 집단이 1.6으로 나타나 TS 집단이 모두 높게 나타났다. 이러한 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 t-검정한 결과를 살펴보면 TS 집단의 2B와 2B/3A의 인지 수준에 해당하는 학생들이 유의미한 차이가 있었다. 따라서, Thinking Science 프로그램 처치는 보상 활동의 독립적인 처치에 비해서 후기 구체적 조작기와 과도기 학생들의 보상 논리 문제 해결 수준을 향상시키는 특히 효과적임을 알 수 있었다.

Thinking Science 처치는 보상 활동에 의한 특수 전이와 더불어 다른 형식적 논리의 처치에 의한 일반 전이 효과가 더해지므로, TS 집단의 문제 해결 수준이 더 높았다. 또한, 인지 수준별로 문제 해결 수준을 보았을 때 CA 집단보다 TS 집단이 인지 수준간에 문제 해결

수준의 차이가 더욱 커졌다. 즉, CA 집단에 비해 TS 집단이 인지 수준이 높아질수록 문제 해결 수준의 향상 폭이 더욱 커졌다. 따라서, 인지 수준간에 문제 해결 수준의 차이가 적은 CA 집단에 비해서 인지 수준간에 문제 해결 수준의 차이가 커진 TS 집단의 후기 구체적 조작기와 과도기 학생들이 특히 더 유의미한 향상을 보인 것으로 생각된다. 이러한 연구 결과는 초등학생의 인지 가속 효과를 검증한 김영준(2001)의 연구 결과와도 일치한다.

### 4) 문항의 특성에 따른 효과

사후 보상 논리 문제 해결 수준의 변화가 문제의 상황에 따라 어떤 차이가 있는지 알아보기 위하여 문항별로 사후 보상 논리 문제 해결 수준에 대하여 t-검정한 결과를 Table 8에 제시하였다.

Table 8에 따르면 TS 집단의 보상 논리 문제 해결 수준이 부피 보존 정수비 문항과 양팔 저울의 정수비 문항은 비슷하게 나타났으나, 그 외 문항들은 모두 TS 집단이 높게 나타났으며, 비정수비 문항에서는 문제 해결 수준차가 더욱 커지는 경향을 보였다. 이러한 차이를 t-검정한 결과 특히 시소 비정수비 문항과 부피 보존 비정수비 문항이 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 이러한 결과는 Thinking Science 프로그램의 처치로 인하여 형식적 수준으로 문제 해결 전략이 향상되어 항등식 전략을 사용하게 함으로써 인지 부담이 큰 비정수비 문항의 해결 수준을 효과적으로 향상시킨 것임을 시사한다.

## 3. 문제 해결 전략의 비교

TS 집단과 CA 집단 학생들의 보상 논리 문제 해결 전략을 비교하여 Fig. 1에 나타내었다. 정량적인 보상 논리 문제 해결 수준인 변화 요인, building-up, 항등식 전략의

**Table 7.** The t-test results of the mean scores of compensational thinking level in the post-test by cognitive level

Cognitive level	Group	n	M*	SD	t	p
2A, 2A/2B	Thinking Science	51	1.8	1.18	0.794	0.491
	Compensation activity	21	1.6	0.85		
2B, 2B/3A	Thinking Science	18	2.5	1.12	3.275	0.003
	Compensation activity	49	1.6	0.81		

\*Maximum score: 3.5

Table 8. The t-test results of mean scores of compensational thinking level by items

Items		M*(SD)		t	p
		Thinking Science(n=74)	Compensation activity (n=73)		
Seesaw	1 <sup>a)</sup>	1.9 (1.19)	1.8 (0.82)	0.634	0.527
	2 <sup>b)</sup>	2.3 (1.68)	1.8 (1.17)	2.400	0.018
Speed	3 <sup>a)</sup>	1.9 (1.44)	1.6 (1.35)	1.223	0.223
	4 <sup>b)</sup>	1.6 (1.79)	1.4 (1.74)	0.816	0.416
Conservation of volume	5 <sup>a)</sup>	1.7 (1.39)	1.7 (1.84)	0.086	0.932
	6 <sup>b)</sup>	2.2 (1.86)	1.3 (1.44)	3.108	0.002
Balance beam	7 <sup>a)</sup>	1.8 (1.29)	1.8 (1.02)	0.199	0.842
	8 <sup>b)</sup>	2.2 (1.79)	1.8 (1.44)	1.469	0.144

\*Maximum score: 3.5, a)The unit-rate is integral, b)The unit-rate is not integral.

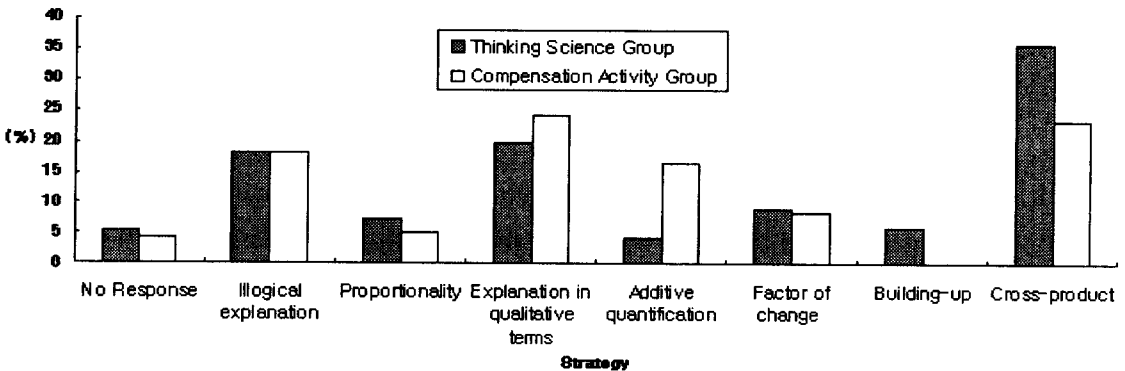


Fig. 1. The distribution of the students at each strategy in Thinking Science group and Compensation activity group

로 해결한 학생의 비율이 TS 집단이 CA 집단에 비해서 훨씬 높았다. 특히 TS 집단은 형식적 보상 논리 전략인 항등식 전략의 비율이 더 높게 나타난 반면, CA 집단은 정성적 설명이나 가감산 논리 전략의 빈도가 높게 나타났다. 따라서, TS 집단은 CA 집단에 비해서 변인값의 변화를 비율 개념으로 잘 설명하고, 비정수비와 같이 인지 부담이 큰 문항에서도 항등식 전략을 사용함으로써 쉽게 문제를 해결할 수 있었음을 알 수 있었다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 초등학교 5, 6학년년을 대상으로 Thinking Science 프로그램에서 보상 활동을 독립적으로 처치한 CA 집단과 Thinking Science 프로그램 전체를 처치한

TS 집단에서의 처치 효과를 성별, 인지 수준, 문제 상황 별로 알아보았다.

TS 집단과 CA 집단을 비교해 본 결과 Thinking Science의 처치 효과가 유의미하게 높게 나타났으며, 성별 및 인지수준에 따른 상호 작용 효과는 나타나지 않았다. 또한, TS 집단에서 비례 논리 발달의 급등 시기에 있는 남학생과 비례 논리가 확립된 후기 구체적 조작기 이상의 인지 수준에 해당되는 학생들에게서 보상 논리 문제 해결 수준의 향상이 뚜렷하였다. 보상 논리에 관한 대부분의 문항에서 TS 집단의 문제 해결 수준이 높았으며, 특히 인지 부담이 큰 비정수비 문항에서 효과적으로 보상 논리를 적용하여 문제 해결 수준이 유의미하게 높았다. 두 집단의 문제 해결 전략별 응답률을 비교해 본 결과, TS 집단에서 변화 요인 전략, building-up, 항등식 전략



중 특히 항등식 전략 빈도의 차이가 뚜렷하여 정량적으로 보상 논리를 적용하면서 좀더 형식적 수준의 문제 해결 전략을 사용하였음을 알 수 있었다. 그에 비해 CA 집단은 정성적 설명이나 가감산 전략을 사용하여 보상 논리 형성의 부족을 엿볼 수 있었다. 따라서, TS 집단에서는 보상 논리 외의 다른 형식적 사고 기능이 포함된 활동들이 보상 논리 형성을 촉진하였을 것이라는 일반 전이의 가능성을 알 수 있었다.

이상의 연구 결과는 인지가속 프로그램인 Thinking Science는 다양한 형식적 사고 기능의 상호보완적 발달을 통해 통합적인 사고 발달을 가능하게 하고, 궁극적으로 형식적 사고로의 이행을 촉진하는 효과가 있음을 시사한다. 따라서, 인지발달은 물론 형식적 사고 기능의 향상을 위한 프로그램 개발 및 교수학습 전략 고안에 있어서 반드시 형식적 사고 요소들 간의 관련성을 고려해야 할 것이다.

## 국문 요약

이 연구에서는 초등학교 5, 6학년생을 대상으로 Thinking Science 프로그램에서 보상 활동의 독립적인 처치 효과와 Thinking Science 프로그램 전체의 처치 효과를 성별, 인지 수준, 문제 상황별로 알아보았다. 연구 결과, Thinking Science의 처치 효과가 유의미하게 높게 나타났으며, 성별, 인지수준에 따른 상호 작용 효과는 나타나지 않았다. 특히, 비례 논리 발달의 급등 시기에 있는 남학생과 비례 논리가 확립된 후기 구체적 조작기 이상의 인지 수준에 해당되는 학생들의 향상이 뚜렷하였다. 또한, Thinking Science를 처치한 집단의 학생들은 정량적 보상 논리 전략 중 항등식 전략 빈도가 높아서 인지 부담이 큰 비정수비 문항에서의 문제 해결 수준이 유의미하게 높았다. 따라서, Thinking Science 집단에서는 보상 논리 외의 다른 형식적 사고 기능이 포함된 활동들이 보상 논리 형성을 촉진하는 일반 전이 효과가 있음을 알 수 있었다.

이상의 연구 결과는 인지가속 프로그램인 Thinking Science는 다양한 형식적 사고 기능의 통합적인 발달을 통하여 인지 발달을 촉진하는 효과가 있음을 시사한다. 따라서, 인지발달은 물론 형식적 사고 기능의 향상을 위한 프로그램 개발 및 교수학습 전략 고안에 있어서 반드시 형식적 사고 요소들 간의 관련성을 고려해야 할 것이다.

## 참고 문헌

- 강순희, 박종윤, 정지영(1999). 학습자의 인지수준과 학습 내용의 인지 요구도를 고려한 중등 화학 학습 전략 개발에 대한 연구. *화학교육*, 43(5), 578-588.
- 김선자, 이상권, 박종윤, 강성주, 최병순(2002). '생각하는 과학' 프로그램의 보상 논리 활동에 의한 보상적 사고 수준 변화. *한국과학교육학회지*, 22(3), 604-616.
- 김영준(2001). CASE 프로그램의 적용과정에서 아동의 인지수준과 아동-교사의 상호작용이 문제 해결과 논리적 사고력에 미치는 영향. *한국교원대학교 박사학위논문*.
- 신애경(2003). Thinking Science 프로그램이 학생들의 인지발달 가속과 인지 과정 기능의 발달에 미치는 효과. *한국교원대학교 박사학위논문*.
- 정완호, 권용주, 김영신(1999). 초등학교 학생들의 비례논리 전략의 발달에 대한 연구. *한국교원대학교 과학교육연구소*, 8(1), 87-95.
- 최병순, 강성주, 강순희, 박종윤, 권용주(2002). 과학교육을 통한 인지발달 가속의 메카니즘에 관한 신경심리학적 해석. *특정기초연구 보고서*. R01-1999-000-00335-0, 한국과학재단.
- 최병순, 허명(1987). 중학생들의 인지 수준과 과학 교과 내용과의 관계 분석. *한국과학교육학회지*, 7(1), 19-32.
- Adey, P., & Shayer, M.(1994). *Really raising standards*. London: Routledge.
- Graeber, O. A.(1993). Proportional reasoning and achievement in high school chemistry. *School Science and Mathematics*, 87(1), 25-32.
- Hart, K. M.(1983). I know what I believe; Do I believe what I know? *Journal for Research in Mathematics Education*, 20, 95-102.
- Lamon, S. J. (1993). *Ratio and proportion: Children's cognitive and metacognitive processes*. In T. P. Carpenter, E. Fennema & T. A. Romberg (Eds.), *Rational numbers: An integration of research*. Lawrence Erlbaum Associate.
- Lawson, A. E., & Woolman, W. T.(1976). Encouraging the transition from concrete to formal cognitive functioning an experiment. *Journal of*

*Research in Science Teaching*, 13, 413-430.

- McGuinness, C.(1999). *From thinking skills to thinking classrooms: A review and evaluation of approaches for developing pupils' thinking*(RR115). London: DfEE.
- Nisbet, J.(1993). The thinking curriculum. *Educational Psychology*, 13, 281-290.
- Rosenthal, D.(1979). The aquisition of formal operations: The effects of two training procedures. *Journal of Genetic Psychology*, 134, 125-140.
- Shayer, M.(1996). *The long-term effects of cognitive acceleration on pupils'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.
- Shayer, M., & Adey, P.(2002). *Learning Intelligence: Cognitive Acceleration across the curriculum from 5 to 15 years*. Milton Keynes: Open University press.
- Wylam, H., & Shayer, M. (1978). *CSMS Science Reasoning Tasks*. Berks: NFER Publishing Company, pp. 6-28.