

‘생각하는 과학’ 활동을 경험한 초등 학생들의 논리 사고력 측면의 비판적 사고력 신장

양혜영 · 강순희[†]
(이화여자대학교)

The Enhancement of Critical Thinking Skill by the Logical Thinking Skill about the Elementary School's Pupil through the Activities of 'Thinking Science'

Yang, Haeyeoung · Kang, Soonhee[†]
(Ewha Womans University)

ABSTRACT

The purpose of this study was to know that the 'Thinking Science' activities affects the enhancement of critical thinking skill by the logical thinking skill about pupils in the 5th and 6th grade of elementary school in Korea. The 19 activities of 'Thinking Science' as the teaching materials was implemented to 40 pupils in elementary school over 13 weeks. Results indicated that the experimental group presented statistically meaningful improvement in logical thinking skills($p < .05$). Those teaching materials contributed to improve 3 logical sub-elements significantly($p < .05$) as the proportional logical element, the probabilistic logical element, and combinational logical element. But, there was no significant improvement in conservational logical element, control of variable element, and correlational element($p < .05$).

Key words : logical thinking skill, critical thinking skill, proportionality, probability, combination, conservation, control of variable, correlation

I. 서 론

사고력에 대한 개념도(그림 1)를 보면 과학적 사고는 논리적 측면으로 보는 능력인 논리적 사고일 수도 있고, 문제를 해결하는 탐구 과정 측면으로 보는 능력인 탐구 능력일 수도 있다. 두 측면은 서로 관점에서 차이가 있을 뿐 서로 크게 다르지 않으며, 각 관점에서의 하위 사고 기능 요소를 보면 서로 많이 중첩되어 있다. 따라서 과학 교육 연구를 할 때에 두 가지 측면으로 학생들의 과학적 사고력을 측정할 수 있다(강순희, 2010).

어떠한 미해결 과학적 또는 일반적 문제를 직면

하면 그 문제를 해결하기 위한 다양한 여러 가지 '사고(주장)'들이 나타난다. 이러한 여러 가지 '사고(주장)'들 중에서도 '보다 더 합리적인 사고' 또는 '보다 더 나은 사고'를 우리는 보다 바람직한 '비판적인 사고(critical thinking skill)'라고 한다(김영채, 2004). 다시 말하여 비판적 사고란 표출된 여러 가지 다양한 사고들을 한 발짝 뒤로 물러서서 이리 따져보고, 저리 따져 보면서 그리고 적극적으로 경청하고 비판적으로 질문하면서, 여러 가지 사고들 중에서 어떤 것(들)을 기각할 것인지를 결정하고 난 후에, 결국 그 중에서 가장 나은 어떤 것(들)을 수용·선택하는 방향으로 수렴하는 과정이어서 '비

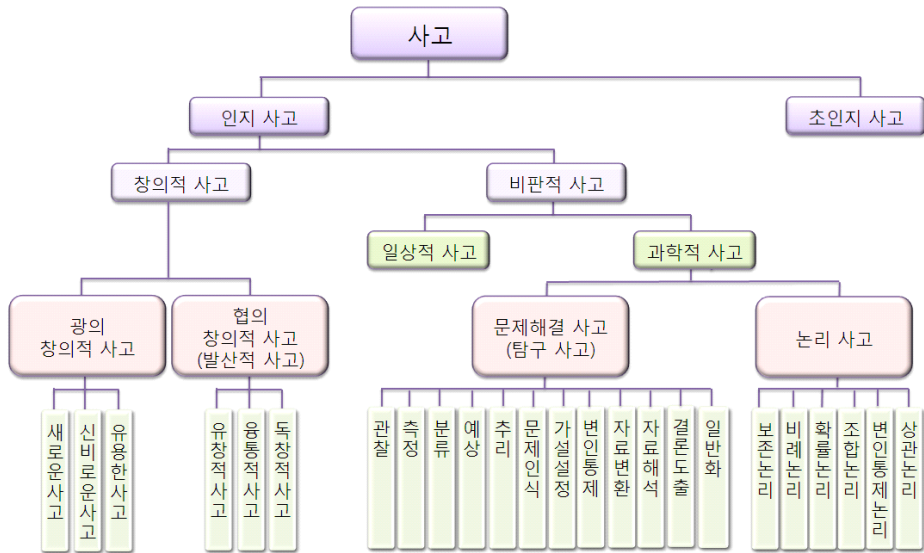


그림 1. 사고력 개념도

관적인 사고’를 또 다른 의미로 ‘수렴적 사고(convergent thinking skill)’이라고도 한다.

이와 같이 당면한 문제를 보다 나은 방법으로 보다 나은 비판적인 사고를 하려면 논리적인 측면으로 사고를 전개해야 하기 때문에 그림 2의 위쪽에 있는 ‘논리 사고 요소’들이 필요하다(강순희, 2010). 이러한 ‘논리 사고 요소’들을 사용하여 올바른 사

고가 되도록 비판적으로 ‘작동’하기 위해서는 그림 2의 아래쪽에 있는 인지적 사고력이 필요하고, 그림 2의 오른쪽에 있는 수행(평가) 준거들도 필요하고, 그리고 그림 2의 왼쪽에 있는 여러 가지 태도들도 갖추어 있어야 한다. 다시 말하면, ‘보다 바람직한 비판적인 사람’은 여러 논리 요소로 구성된 인지적 사고 능력(인지 사고력)들을 갖추고 있어야

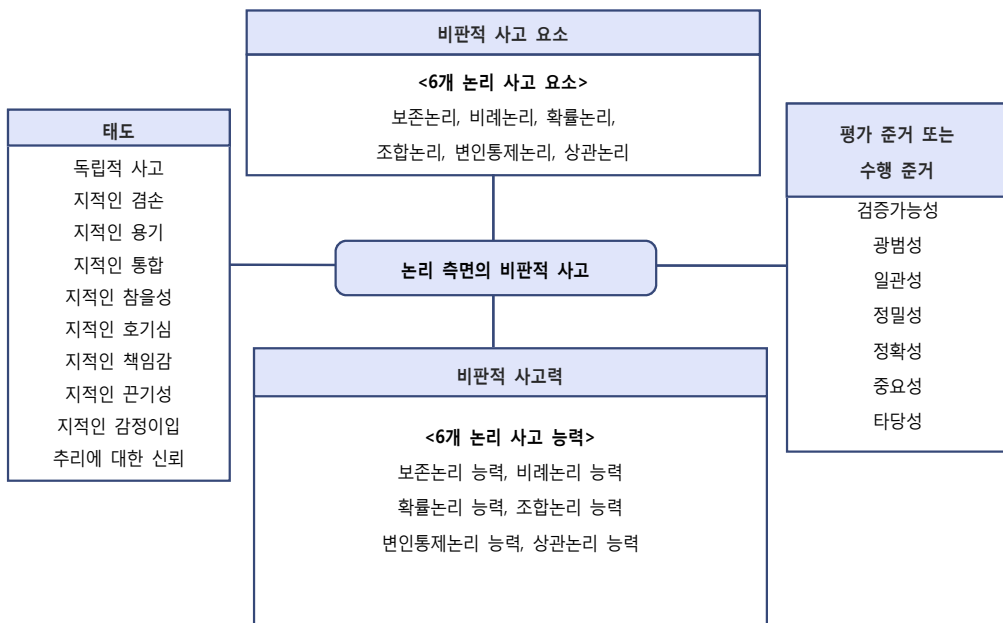


그림 2. 논리 측면의 비판적 사고 개념도

하고, 문제를 해결하는 수행 과정에서 필요로 하는 분석적 평가 준거들을 자유자재로 적재적소에 적용하고 활용하는 능력도 갖추어져 있어야 하며, 마지막으로 문제를 해결하는 모든 과정에 필요로 하는 다양한 태도들도 모두 갖추어져 있는 사람을 의미한다. 또한 논리적 사고력을 측정하는 검사지에 의하여 얻어지는 아동들의 ‘논리적 사고력 점수’란 논리 사고인 인지적 측면, 수행 준거 측면, 그리고 태도 측면인 세 측면을 모두 활용하여 산출되는 ‘논리적 사고 측면의 비판적 사고력 평가 점수’를 의미한다.

인지 발달 심리학자인 피아제에 의하면 아동들이 12세 이후부터는 이러한 ‘논리 사고 요소’들을 형식적으로도 마음대로 조작할 수 있는 인지 수준으로 발달한 청소년으로 성장한다고 하였다(Ginsberg, 1979). 그에 의하면 형식적 조작 인지 수준은 사고력 발달에서 가장 높은 인지 수준이며, 이 수준의 청소년들은 눈앞에서 보거나 만질 수 있는 현상들은 물론이고, 그리고 더 나아가서 만지거나 볼 수 없는 여러 이론들까지 이해한다고 하였다. 이처럼 학습자들의 나이 또는 성장이 학습에 영향을 미친다는 인지 발달 심리학은 이러한 요인들을 인정하지 않으면서 학습의 경험과 학습자가 이미 가지고 있는 개념들을 매우 중요하게 여기는 심리 철학으로서의 구성주의에 의하여 비판도 받는다(Driver, 1981). 그러나 이 두 측면의 과학 학습 이론들은 당면한 현장 과학 교육의 여러 가지 문제점들을 진단하는 연구에서 빈번히 활용되고 있고, 그리고 다양한 과학 교수·학습 전략들을 개발하는 경우에도, 때로는 각각 독자적 이론으로, 때로는 두 측면의 이론들을 함께 협력하여 활용되기도 한다.

전자인 인지 발달 심리학 측면에서 영국의 Adey 등(1989, 1995, 2001)은 아동들의 논리적 사고력 측면의 비판적 사고력을 신장하게 하기 위하여 30여 개의 과학 활동들을 논리 요소별로 개발하여 사용하고 있다. 그들은 지금까지도 그 과학 활동들을 끊임없이 수정·보완하고 있으며, 수시로 초·중등학교 현장에 적용하고 있다. 이러한 과학 활동들을 우리나라에서도 ‘사고력이 자라나는 생각하는 과학’으로 편역하여 출간되었다(최병순 등, 2011). 이 과학 활동의 목적은 과학적 탐구 활동을 통하여 학생의 인지 발달을 촉진시킴으로써 보다 높은 단계의 일반적 사고를 할 수 있도록 하고, 궁극적으로는

형식적 조작 수준의 사고가 가능한 학생의 비율을 높이는 것이다. 이 과학 활동들은 현재 영국을 비롯한 유럽의 여러 나라에서 활발히 적용되고 있다. Adey와 Shayer가 중심이 되어서 개발한 이러한 과학 활동들이 들어있는 학습 자료들을 아동들에게 적용한 후에 나타나는 교수 전략의 효과에 대한 연구들이 많이 있다(Adey, 1988, 1995, 2005; Adey & Shayer, 1994; Shayer & Adey, 1992, 1993; Iqbal & Adey, 2000). 우리나라에서도 최병순과 최미화(1998), 최병순 등(2002a, 2002b), 이상권과 김선영(2011), 이상권 등(2011)이 중학교 학생들에게 이와 관련된 교수 전략들을 적용하여 학생들의 인지 수준이 신장되었음을 보고하고 있다. 또한 이러한 교수 전략들을 초등학교 학생들에게 적용하여 인지 수준으로 논리 수준 요소 별 또는 전체 논리 수준이 신장되었음을 보고하는 연구들도 많이 있다(김선자 등, 2002; 김선자 등, 2004; 김은정 등, 2005; 한효순 등, 2002)

본 연구에서는 ‘생각하는 과학’ 활동들을 10세와 11세인 초등학교 4학년과 5학년 학생들에게 한 학기 동안 적용한 후에 아동들의 논리적 사고력에 의한 인지 수준의 변화를 알아보고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상 및 적용 기간

본 연구의 대상은 경기도 지역 소재 초등학교 학생들이며, 실험 집단은 정규 수업이 끝난 후의 방과 후 학교 과학 교실 시간을 활용하여 과외 활동으로 자원한 학생들로서, 4학년과 5학년이 함께 구성되어 있다(표 1). 실험 집단과 비교 집단의 4학년과 5학년 학생들의 수업은 모두 연구자가 담당하였다. 실험 집단과 비교 집단의 ‘생각하는 과학’ 활동을 하기 전인 1학기 과학 학업 성취도 평균이 각각 90.55, 90.53으로 거의 비슷하게 나타났다. 실험 집단과 비교 집단은 모두 각각 4학년, 5학년에 맞는 동일한 교과 과정의 과학 학습이 진행되었으며, ‘생각하는 과학’ 활동은 실험 집단에게만 주 1회 100

표 1. 연구 대상

| 집단 | 4학년 학생수(명) | 5학년 학생수(명) | 전체 학생수(명) |
|-------|---------------|---------------|--------------|
| 실험 집단 | 20 | 20 | 40 |
| 비교 집단 | 20 | 20 | 40 |

분의 방과 후 활동으로 13차시 진행하였다.

2. 검사 도구 및 분석 방법

본 연구에서 사용한 검사 도구는 Roadranka 등 (1983)이 개발한 논리적 사고력 검사 도구인 GALT 검사 도구 축소본을 사용하였다. 이 검사 도구로 아동들의 ‘논리적 사고 측면의 비판적 사고력 평가 점수’를 측정할 수 있다. 이 검사 도구는 보존 논리, 비례 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리 6가지의 논리 유형별로 2문항씩 총 12문항으로 구성되어 있다. 이 검사 도구는 12점이 만점이며, 이 검사 점수가 8~12점이면 형식적 조작 수준 아동이고, 5~7점이면 과도기 수준 아동이며, 0~4점은 구체적 조작 수준 아동이라고 분류한다. 검사 자료의 통계 처리는 SPSS 프로그램을 사용하여

분석하였다. 또한 이 검사 도구에 의하여 얻어진 한 아동이 습득한 검사 점수를 가지고, 교차 확인 방법(cross checking method)를 사용하여 해당 아동의 6가지 하위 논리 각각의 형성 정도를 분석하기도 한다(강순희, 2002).

3. 교수-학습 프로그램 내용 구성

본 연구에서는 최병순 등(2011)이 편역한 책인 ‘생각하는 과학(TS; Thinking Science)’에 들어 있는 활동들 중 30개 중에서 사고 논리 유형 별로 선별하여 사용하였다. 이 책인 ‘생각하는 과학’은 영국의 Adey 등(1995, 2001)이 개발한 것을 최병순 등(2011)이 편역하면서 30개 활동의 난이도를 ‘초등학교 6학년 학생’들의 이해 수준을 기준으로, 60% 이상 이해하는 활동은 D 난이도, 50~60%의 학생이

표 2. 본 연구에서의 ‘생각하는 과학’ 활동에 대한 차시 별 내용

| 차시 | 활동 주제(TS/TS 수정)* | 논리 사고 요소 | 활동 내용 | 난이도 |
|----|--|------------------------|---|-----|
| 1 | 활동①; 무엇이 변하는가? (TS) | 변인과 변인과의 관계 | -변인 개념 설명 및 그림을 보고, 변인 찾기 및 관계 알기 | D |
| 2 | 활동②; 두 변인 사이의 관계 (TS) 활동③; 지우개 만들기 (TS 수정) | 원인변인과 결과변인, 보존논리 | -용수철 저울 실험 및 물의 높이 실험, 지우개 만들기 -실습을 통한 변인과 보존 관계알기 | D |
| 3 | 활동④; 공정한 실험 (TS) 활동⑤; 유리컵 실로폰 실험 (TS 수정) | 공정한 실험설계(변인) | -유리컵 실로폰 실험 -공정한 실험 생각해 보기 | B |
| 4 | 활동⑥; 어떤 관계일까? (TS) | 실험결과와 그래프화(변인) | -용수철 늘이기 실험 및 그래프 그리기 | C |
| 5 | 활동⑦; 구슬 굴리기 (TS) 활동⑧; 알까기 (TS 수정) | 변인통제하기 | -구슬 굴리기 실험 및 변인과 관계를 알고, 변인통제하기 -알까기 실습을 통한 학습 | B |
| 6 | 활동⑨; 양팔저울 (TS) 활동⑩; 촛불 보상개념 (TS 수정) | 보상 알기 | -양팔저울 실험을 통해 보상의 개념 이해하기 -촛불로 보상개념 이해하기 | B |
| 7 | 활동⑪; 동전던지기 (TS) | 확률, 조합 알기 | -동전 던지기 실습을 통해 확률, 조합의 개념 알기 | B |
| 8 | 활동⑫; 확률, 조합 (TS) | 확률, 조합 알기 | -색종이로 색팽이 만들기 실습을 통해 여러 가지 확률, 조합 생각하기 | A |
| 9 | 활동⑬; 처치와 효과 (TS) | 처치와 효과에 따른 변인관계 (상관관계) | -색연필로 예쁘게 칠해 가며, 처치와 효과에 따른 변인관계 알기 | B |
| 10 | 활동⑭; 주사위 던지기 (TS) | 확률, 조합개념 종합 이해 | -주사위 던지기 게임을 통해 확률, 조합에 대해 정확히 이해하기 | B |
| 11 | 활동⑮; 팝콘 만들기 (TS 수정) 활동⑯; 아르키메데스 왕관 찾기 (TS 수정) | 보존논리 이해 | -팝콘 만들기 실습, 아르키메데스 왕관 찾기를 통해 보존 논리를 이해하기 | B |
| 12 | 활동⑰; 다이빙 대결 (TS 수정) | 부피와 질량관계 이해(복합변인) | -부피와 질량관계를 생각하고, 이해하기 -다른 변인 찾기 | A+ |
| 13 | 활동⑱; 또띠아 피자 만들기 (TS 수정) 활동㉑; 1박2일 김치 로드 (TS 수정) | 확률, 조합 이해 | -또띠아 피자 만들기 실습 -1박2일 김치 로드 학습을 통해 확률, 조합을 이해하기 | B |

* (TS): ‘생각하는 과학(TS; Thinking Science)’ 활동

(TS 수정) : TS를 중심으로 하되, 우리나라 학교 현장에 합당한 소재 등을 활용하여 수정·보완한 활동

이해하는 활동은 C 난이도, 40~50%는 C+ 난이도, 30~40%인 경우는 B 난이도, 20~30%인 경우는 B+ 난이도, 15~20%는 A 난이도, 10~15%는 A+ 난이도 등 총 7개 난이도 수준으로 분류하여 제시하고 있다. 이 난이도 분류에 대한 내용 타당도 검증은 우리나라에서 편역한 저자들이 함께 검증하였다.

표 2의 맨 오른쪽 칸에 보여준 바와 같이 본 연구에 적용한 총 13차시에 대한 난이도를 보면 각각 D 난이도 2개, C 난이도 1개, B 난이도 9개, A 난이도 1개, A+ 난이도 1개 구성되어 있다. 본 연구의 아동들이 6학년이 아니고 5학년과 4학년임을 고려하여, 난이도가 높은 A나 A+ 등보다는 보다 낮은 B 난이도 활동들을 많이 선별하였다.

표 2를 보면 총 13차시지만 한 차시에 두 개의 활동들을 포함하기도 하므로 활동들은 총 19개이다. ‘생각하는 과학’에 들어 있는 활동들은 ‘TS’로 표시하였고, 총 10개 활동들이다. 그리고 TS의 활동이지만 본 연구의 연구자들이 연구하면서 현장 초등학교에 적용하기 위하여 우리나라 학교 현장에 합당한 소재들로 바꾸어 수정·보완한 활동들은 ‘TS 수정’이라고 하였으며, 총 9개이며, 연구자들이 함께 내용 타당도도 검증하였다.

표 2의 19개 활동에는 보존 논리 활동이 4개, 비례 논리 활동이 2개, 변인 통제 논리 활동이 4개, 상관 논리 활동이 2개, 확률과 조합 논리 활동이 5개 활동이 포함되어 있다.

III. 연구 결과 및 논의

1, ‘생각하는 과학’을 경험한 아동들의 논리적 사고력 신장

본 연구에서는 우리나라 초등학교 4학년과 5학년 아동들로 하여금 논리적 사고력을 많이 경험하도록 구성한 표 2의 13차시 19개 수업 활동을 한 학기 동안에 경험한 학생들이 그러한 활동들을 경험하지 못한 학생들에 비해 논리적 사고력이 신장될 것이라고 설정하였다. 연구 결과로 얻어진 다음의 표 3에는 실험 집단과 비교 집단의 본 연구를 시작하기 전인 학기 초와 끝난 후인 학기 말에 측정한 학생들의 인지 수준 분포의 변화를 보여 주고 있다. 그리고 한 학기 동안의 수업이 끝난 후 실험 집단과 비교 집단의 논리적 사고력 평가 점수를 비교한 통계 분석 결과는 표 4, 5와 같다.

표 3. 실험 집단과 비교 집단의 인지 수준 분포 명(%)

| 집단 | | 인지 수준 | | |
|----|----|----------|----------|---------|
| | | 구체적 조작 | 과도기 | 형식적 조작 |
| 실험 | 사전 | 32(80.0) | 3(7.5) | 5(12.5) |
| | 사후 | 18(45.0) | 15(37.5) | 7(17.5) |
| 비교 | 사전 | 34(85.0) | 5(12.5) | 1(2.5) |
| | 사후 | 31(77.5) | 9(22.5) | 0(0.0) |

표 4를 보면 총점이 12점인 논리적 사고력 검사에서 실험 집단의 사후의 논리적 사고력 점수가 사전 점수와 비교하여 2.02 높아졌고, 비교 집단의 사후의 논리적 사고력 점수는 사전 점수와 비교하여 0.65 높아졌다. 표 5의 공변량 분석 결과를 보면 논리적 사고력 점수가 실험 집단의 논리적 사고력 교정 평균 점수가 5.050으로 나타나, 비교 집단의 교정 평균 점수인 3.325보다 높게 나타났으며, 이 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다($p < .01$). 이를 바탕으로 볼 때 초등학교 4학년과 5학년 학생들의 한 학기 동안 ‘생각하는 과학 활동’을 경험한 학생들의 논리적 사고력의 신장에 긍정적인 효과를 나타낸다는 것을 알 수 있다. 이 결과부터 우리는 ‘생각하는 과학’ 활동이 논리적 사고력 향상에 도움을 줄 수 있었다고 해석할 수 있다.

표 6과 표 7은 실험 집단과 비교 집단 학생들의 사전, 사후의 논리적 사고력 수준 변화를 구체적, 과도기, 형식적 수준으로 분류하여 나타낸 것이다. 표 6의 실험 집단은 구체적 조작기의 학생들이 사전에 32명이었는데, 사후 검사에서 18명으로 줄어들었으며, 과도기로 13명으로 변하였고. 그리고 형식적 수준으로 2명이 변하였다. 다시 말하면 과도

표 4. 논리적 사고력에 따른 사전·사후 검사 점수*

| 집단 | 사전 | | 사후 | |
|----|------|------|------|------|
| | 평균 | 표준편차 | 평균 | 표준편차 |
| 실험 | 3.25 | 2.72 | 5.27 | 2.34 |
| 비교 | 2.45 | 2.00 | 3.10 | 1.41 |

*총점 12점 만점

표 5. 논리적 사고력에 따른 공변량 분석 결과

| 집단 | 교정평균 | 자유도 | 평균제곱 | F | p |
|----|-------|-----|--------|--------|--------|
| 실험 | 5.050 | 1 | 57.838 | 29.447 | .000** |
| 비교 | 3.325 | | | | |

** $p < .01$

표 6. 실험 집단 학생들의 사전·사후 인지 발달 수준 변화

| 사전 \ 사후 | 구체적 | 과도기 | 형식적 | 총 |
|---------|-----|-----|-----|----|
| 구체적 | 17 | 13 | 2 | 32 |
| 과도기 | 1 | 0 | 2 | 3 |
| 형식적 | 0 | 2 | 3 | 5 |
| 총 | 18 | 15 | 7 | 40 |

표 7. 비교 집단 학생들의 사전·사후 인지 발달 수준 변화

| 사전 \ 사후 | 구체적 | 과도기 | 형식적 | 총 |
|---------|-----|-----|-----|----|
| 구체적 | 29 | 5 | 0 | 34 |
| 과도기 | 2 | 3 | 0 | 5 |
| 형식적 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 총 | 31 | 9 | 0 | 40 |

기의 학생들은 사전 검사에서 3명이었으나, 사후 검사에서는 15명으로 크게 증가하였다. 형식적 조작기의 학생들은 5명에서 7명으로 2명 증가하였다.

반면에 비교 집단(표 7)은 구체적 조작기의 학생들이 사전에 34명이었는데, 사후에 31명으로 3명이 줄어들었고, 과도기의 학생들은 사전에 5명에서 사후에 9명으로 증가하였는데, 형식적 조작기의 학생들은 사후 검사에서 한 명도 없었다. 이러한 분석 결과인 표 6과 표 7에 있는 자료를 토대로 하여 살펴볼 때 본 연구의 대상인 초등학교 4학년과 5학년 학생들로 하여금 ‘생각하는 과학’ 활동을 한 학기 동안 경험하였을 때 구체적 조작 수준 학생들 중에서 많은 학생들이 과도기 수준으로 논리적 사고력의 신장하고 있음을 알 수 있었다(표 6).

한 학기 13차시에 걸친 ‘생각하는 과학’ 활동의 효과로 본 연구 실험 집단 학생들의 인지 발달 단계가 상위 인지 발달 단계로 변화하는 것은 2년에 걸쳐 영국에서 진행된 Adey와 Shayer의 연구인 11~12세 학생들에게 ‘생각하는 과학’ 프로그램을 활용한 연구 결과(Adey, 1988)와도 비슷한 결과를 보여주고 있다. 이러한 결과는 ‘생각하는 과학’ 활동이 기존의 과학 교과 수업과는 다르게 학생들로 하여금 인지 갈등을 일으켜 과학적으로 생각해 보는 문제를 통해 스스로가 깊이 생각해 보고, 학습할 수 있는 충분한 시간이 주어졌기 때문이다. 실험을 행하지 않으면서 생각으로 문제만 푸는 것이 아니라, 다양한 실험 과학 활동들 안에는 많은 논리 유형의 활동들이 많이 내포되도록 개발하였다. 집중

력이 쉽게 떨어지는 초등학생의 특성을 고려하여 논리 유형을 매주 다른 상황으로 활동하게 하였다. 수업 활동보다는 좀 더 자유롭게 활동할 수 있었던 환경 등이 실험 집단 학생들의 논리적 사고력을 향상시키는데 도움이 되었던 것으로 해석된다. ‘생각하는 과학’ 교재를 그대로 사용하였으나(표 2의 TS) 때로는 사용하는 소재를 우리나라에서 쉽게 구할 수 있는 자료들로 수정 또는 보완하기도 하였다(표 2의 TS 수정).

다시 말하면 표 3의 자료와 같이 본 연구의 실험 집단과 비교 집단 아동들의 사전 검사에서 각각 80%와 85%의 아동들이 구체적 조작 수준 학생들 이고, 과도기 아동들은 각각 7.5%와 12.5%이며, 그리고 형식적 조작 수준 아동들은 각각 12.5%와 2.5%이다. 실험 집단 아동들은 한 학기 동안 ‘생각하는 과학’ 활동을 통해 6개 논리 요소들을 체계적으로 여러 번의 활동들을 통하여 경험하고, 또한 많은 논리 요소와 관련된 연습 문제들을 풀도록 하는 활동들을 거쳤다. 이렇게 ‘생각하는 과학’ 활동들을 한 학기 동안 여러 차례 경험함으로써 아동들은 과학 탐구 수업의 본질을 이해하게 되었고, 다양한 활동으로 인하여 6개 논리 사고 요소들을 직접적으로 경험하면서 익히게 되었다. 그러한 활동들에 의하여 실험 집단의 아동들은 비교 집단에 비하여 표 5에서 보는 바와 같이 유의미하게 논리적 사고력이 향상하게 되는 결과($p < .000$)를 도출할 수 있었던 것으로 해석된다.

2. ‘생각하는 과학’을 경험한 아동들의 논리 유형별 분석

논리적 사고력 검사인 GALT 축소본 검사지는 비례 논리, 보존 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리 총 6개의 논리 유형으로 각각 2 문항씩 구성되어 있다. 각각의 논리 유형의 형성 정도를 분류하기 위하여 교차 확인 분석법을 활용하였다(강순희, 2002). 각 문항은 정답과 이유를 묻는 문제로 이루어져 있으므로 정답과 이유가 각각 맞고 틀림에 따라 가능한 응답의 쌍은 네 종류가 있을 수 있다. 정답과 이유가 모두 맞으면 4점, 정답은 틀리고 이유가 맞으면 3점, 정답은 맞고 이유가 틀리면 2점, 정답과 이유가 모두 틀리면 1점이 된다. 따라서 각 논리 유형별 최고 점수는 2개 문항으로 총 8점이고, 최저 점수는 총 2점이다. 이와 같

이 분석한 6개 논리 유형 형성에 대한 사전, 사후 검사 점수의 평균과 표준 편차는 표 8과 같이 6개 논리 유형 별로 나타났다. 그리고 6개 논리 유형에 따른 공변량 분석 결과는 표 9에 있다.

6개 논리 유형에 대한 공변량 분석(표 9)을 보면, 보존 논리($p<.005$), 확률 논리($p<.001$), 조합 논리($p<.000$) 3개의 논리 유형에서 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이를 보여 주고 있다. 그리고 비례 논리, 변인 통제 논리, 상관 논리 3개 논리에서는

표 8. 실험 집단과 비교 집단의 논리 유형에 따른 사전 검사와 사후 검사 점수

| 논리 유형 | 집단 | 인원수 | 사전 | | 사후 | |
|----------|----|-----|------|-------|------|-------|
| | | | 평균 | 표준 편차 | 평균 | 표준 편차 |
| 비례 논리 | 실험 | 40 | 4.07 | 1.86 | 4.35 | 1.77 |
| | 비교 | 40 | 3.53 | 1.49 | 4.18 | 1.98 |
| 보존 논리 | 실험 | 40 | 5.98 | 1.94 | 6.58 | 1.68 |
| | 비교 | 40 | 5.58 | 2.05 | 5.58 | 1.36 |
| 변인 통제 논리 | 실험 | 40 | 5.10 | 1.95 | 4.70 | 2.43 |
| | 비교 | 40 | 4.40 | 2.04 | 4.45 | 1.85 |
| 확률 논리 | 실험 | 40 | 4.00 | 2.08 | 4.60 | 2.42 |
| | 비교 | 40 | 3.95 | 2.10 | 3.28 | 1.68 |
| 상관 논리 | 실험 | 40 | 4.85 | 1.61 | 4.40 | 1.87 |
| | 비교 | 40 | 4.93 | 1.64 | 4.58 | 1.55 |
| 조합 논리 | 실험 | 40 | 2.67 | 1.00 | 7.85 | .70 |
| | 비교 | 40 | 2.40 | 1.45 | 2.48 | 1.34 |

표 9. 실험 집단과 비교 집단의 논리 유형에 따른 공변량 분석 결과

| 논리 유형 | 집단 | 교정 평균 | 자유도 | 평균 제곱 | F | P |
|----------|----|-------|-----|--------|--------|--------|
| 비례 논리 | 실험 | 4.18 | 1 | .51 | .21 | .65 |
| | 비교 | 4.34 | | | | |
| 보존 논리 | 실험 | 6.49 | 1 | 13.88 | 8.21 | .005** |
| | 비교 | 5.66 | | | | |
| 변인 통제 논리 | 실험 | 4.46 | 1 | 1.07 | .37 | .55 |
| | 비교 | 4.70 | | | | |
| 확률 논리 | 실험 | 4.59 | 1 | 33.67 | 11.02 | .001** |
| | 비교 | 3.29 | | | | |
| 상관 논리 | 실험 | 4.41 | 1 | .48 | .17 | .68 |
| | 비교 | 4.57 | | | | |
| 조합 논리 | 실험 | 7.77 | 1 | 538.86 | 791.95 | .000** |
| | 비교 | 2.55 | | | | |

** $p<.01$

두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이는 없으므로 나타났다. 다시 말하면 앞의 표 2의 13차시 19개의 ‘생각하는 과학’ 활동을 경험한 초등학교 4학년과 5학년 아동들은 그러한 활동을 경험하지 아니한 아동들과 비교해 볼 때, 보존 논리, 확률 논리, 조합 논리가 유의미하게 신장되었음을 보여 주고 있다. 앞의 표 2의 19개 활동에는 보존 논리 활동이 4개, 비례 논리 활동이 2개, 변인 통제 논리 활동이 4개, 상관 논리 활동이 2개, 확률과 조합 논리 활동이 5개 활동들이 포함되어 있었으며, 그 중 제일 많이 활동한 논리는 확률과 조합 논리로서 5번이었다. 논리 유형 활동이 4개 또는 5개인 활동들이 유의미하게 신장된 것으로 보인다. 변인 통제 논리 활동은 4개 활동임에도 유의미하지 않은 것으로 볼 때, 반드시 활동의 횟 수가 많았기 때문에 유의미한 차이를 보인다고는 말할 수 없었다. 다음은 유의미한 차이를 보이는 세 가지 논리 유형에 대한 횟수와 사전·사후 평균 점수이다.

보존 논리 활동은 총 4개의 활동(표 2)이 있었으며, 사전 검사에서 실험 집단이 5.98이고, 비교 집단이 5.58로 실험 집단의 평균 점수가 약간 높았다. 사후 검사의 교정 평균(표 9)을 보면 두 집단 각각 6.49과 5.66으로 실험 집단이 0.83점이 높아졌으며, 유의미한 차이를 보이고 있다($p<.005$).

확률 논리 활동은 총 5개 활동(표 2)이 있었으며, 사전 검사에서 실험 집단이 4.00이고, 비교 집단이 3.95으로 두 집단 점수가 비슷하였다. 사후 검사의 교정 평균을 보면 두 집단 각각 4.59와 3.29로 실험 집단이 1.30점이 높아졌으며, 유의미한 차이를 보이고 있다($p<.001$).

조합 논리 활동은 총 5개 활동(표 2)이 있었으며, 사전 검사에서 실험 집단이 2.67점이고, 비교 집단은 2.40으로 두 집단의 점수가 비슷하였다. 사후 검사의 교정 평균을 보면 두 집단이 각각 7.77과 2.55로서 실험 집단이 비교 집단보다 5.22나 더 높게 나타났다. 유의미한 차이를 보이고 있다($p<.000$).

전체적인 연구 결과로서, 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이를 보여 주고 있는 위 3개 논리 유형을 보면 아동들로 하여금 4~5개 활동들을 경험하게 하고 있었음을 알 수 있었다. 특히 조합 논리 유형에서 두 집단 간의 사후의 교정 평균이 실험 집단이 7.77점으로 비교 집단 2.55에 비교해서 다른 논리 유형에 비하여 매우 높게 나타나고 있는 것은

추후에 이에 대한 보다 더 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 예를 들어, 본 연구의 활동과 같이 단지 네 다섯 번 정도의 활동들을 경험함으로써 나타나거나 결과인 것인지, 아니면 또 다른 어떠한 요인들이 있는 것인지를 알아내는 연구가 필요할 것으로 사료된다. ‘생각하는 과학’ 활동을 할 때에 보통 학교 과학 학습 활동과 비교해서 4학년과 5학년 과학 시간에서 접하지 못한 수학적, 과학적 개념들이 많이 들어 있었으며, 학습 활동을 할 때에도 많은 시간과 훈련이 적용되었기 때문에 눈에 띄게 유의미한 변화를 나타낼 수 있었던 것이라고 생각할 수도 있다. 특히 변인 통제 논리는 4개 활동들을 했음에도 불구하고 유의미한 차이를 보이지 않았다. 변인 관련 여러 연구에 따르면 중학생들을 대상으로 한 연구(이상권 등, 2011; 이윤하와 강순희, 2011)에서도 변인 통제 논리의 사고 발달이 두드러지게 나타나기가 쉽지 않다고 보고하고 있다. 하물며 아직 구체적 조작기와 과도기 상태의 아동들이 대부분인 4학년과 5학년 초등학생들에게 변인의 효과를 추론하는 능력은 많이 미흡하기 때문인지 변인 통제 논리는 본 연구에서도 유의미하게 신장되지 않았음을 알 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

과학적 사고력의 하나인 논리적 사고력은 우리가 살아가는데 있어서 언제든지 또는 어디서든지 직면하게 되는 어떠한 미해결 과학 문제를 해결하려고 할 때에 필수적으로 활용되는 비판적 사고력이다. 본 연구의 대상으로 대부분이 아직도 구체적 조작 수준이거나 과도기 수준인 초등학교 4학년과 5학년 아동들에게 한 학기 13차시 걸쳐서 19개의 ‘생각하는 과학’ 활동들을 경험한 후에 아동들의 논리적 사고력 신장에 대하여 연구한 결과는 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 적용한 13차시 19개의 ‘생각하는 과학’ 활동을 경험한 초등학교 4학년과 5학년 아동들의 논리적 사고력은 그러한 경험을 하지 않은 동일 학년의 아동들과 비교해 볼 때 유의미하게 향상되는 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 논리적 사고력을 활용하는 탐구 활동 시간이 부족한 일반 수업과 달리 ‘생각하는 과학’ 활동은 다양한 논리적 사고 요소들을 많이 사용하도록 했기 때문

인 것으로 사료된다. ‘생각하는 과학’ 활동에 대한 흥미를 높이기 위해 ‘생각하는 과학’ 교재의 내용 뿐만 아니라 새로 개발한 재미있고, 다양한 실험 소재로 구성되어 있는 활동지로 학생들이 1회당 100분의 수업에 집중할 수 있도록 수업을 진행하였기 때문에 아동들의 논리적 사고력이 신장된 것으로 판단된다.

둘째, 본 연구에서 적용한 13차시 19개 ‘생각하는 과학’ 활동을 경험한 초등학교 4학년과 5학년 아동들은 보존 논리, 확률 논리, 조합 논리의 형성이 그러한 경험을 하지 않은 아동들에 비해서 유의미하게 신장된 것으로 나타났다. 다시 말하면 보존 논리, 확률 논리, 조합 논리 관련 활동을 한 학기에 4-5개 이상의 활동을 경험하면 이러한 논리 유형의 신장에 효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 효과는 영국의 CSMS 연구진들이 개발한 ‘생각하는 과학’ 활동이 해당 논리 유형을 신장되도록 활동 내용이 합당하게 구성되어 있기 때문이라고 말 수도 있다. 그러나 비례 논리, 변인 통제 논리, 상관 논리 유형 형성에는 유의미하게 신장되지 않은 것으로 나타났다. 이 세 논리 유형에 활용한 활동 내용이 본 연구 대상 아동들에게 합당하지 못한 활동 내용일 수도 있고, 아니면 활동이 본 연구의 적용 횟수보다 더 필요할 수도 있을 것으로 사료된다. 이러한 연구는 추후 연구에서 더 진행하여야 할 것으로 사료된다.

따라서 위와 같은 본 연구의 결과들을 토대로 얻을 수 있는 결론은 다음과 같다. 오랜 동안의 연구 기간을 거쳐서 개발된 영국의 ‘생각하는 과학’ 활동들도 우리나라 초등학교 4, 5학년 아동들이 19개 활동을 경험하면 아동들의 논리적 사고력 측면의 비판적 사고력을 신장시킨다고 할 수 있다. 특히 보존 논리, 확률 논리, 그리고 조합 논리가 유의미하게 신장된다고 말할 수 있다. 아동들의 논리적 사고력 측면의 비판적 사고력 향상으로 인해서 인지 구조가 발달되면, 바로 아동들의 학업 성취도도 향상되리라고 사료된다. 왜냐하면 어떠한 평가 문제를 풀 때 문제의 의도를 이해하고, 정답을 골라 내며, 풀어내는 논리적 사고력과 밀접한 관련이 있는 문제 해결력도 향상되어 학업 성취도 향상에 영향을 줄 것이기 때문이다.

본 연구 결론을 바탕으로 하여 보충하면 좋을 제언은 다음과 같다. 학교 수업의 과학 활동으로 ‘생

각하는 과학’ 활동을 사용하면 아동들의 인지 수준 향상에 도움을 줄 것이다. 그리고 되도록 6개 논리 유형 별로 적어도 4-5개 이상의 활동이 되도록 하는 것이 논리적 사고력을 효과적으로 신장시킬 것이다. 특히 변인 통제 논리와 상관 논리 유형 향상에 대한 연구는 추후에 보다 구체적으로 진행되어야 한다고 사료된다. 또한 학생들로 하여금 100분 동안 집중적으로 많이 생각하고 활동하게 하는 경험의 효과가 있었을 것으로 사료된다. 보편화된 국가 교육 과정인 학교 교과 과정의 수업과 조금 다르게 문제 상황 제시에서 비롯하여 인지 갈등을 유발하고, 갈등을 해소하는 탐구 과정을 포함하는 실험과 실습, 다방면으로 생각해야 하는 논리 사고 요소들의 문제들을 직접 경험하는 것이 아동들의 논리적 사고력 측면의 비판적 사고력을 신장하게 할 것으로 사료된다. 마지막으로 본 연구 기간인 한 학기보다 더 길게 예를 들어 일 년에 걸쳐서 ‘생각하는 과학’ 활동에 대한 연구가 진행되었으면 하는 바람이다. 아직도 인지 구조가 형식적 수준이 되려고 준비 중인 초등학교 고학년 아동들에게는 본 연구에서 사용한 교수 자료들을 사용하면 인지 수준 신장에 유의미한 효과를 보여줄 것으로 사료된다. 이러한 인지 수준의 향상이 모든 교과 또는 내용 영역으로 전이된다는 여러 연구들이 많이 있기 때문에, 앞으로도 이와 관련 연구들은 우리나라에서도 계속 진행해 볼 만하다고 사료된다.

참고문헌

- 강순희(2002). 과학 교수 전략에서 학생의 인지 수준과 교과 내용의 인지 요구 수준. *교과교육연구* 2002-01: 이화교육총서. 이화여자대학교 사범대학.
- 강순희(2010). 과학 창의적 문제 해결력 평가 도구와 평가 준거. 이화교육총서 이화여자대학교 사범대학 교과교육연구 2010-13, 도서출판 새로문화.
- 김선자, 이상권, 박종윤, 강성주, 최병순(2002). ‘생각하는 과학’ 프로그램의 보상논리 활동에 의한 보상적 사고 수준 변화. *한국과학교육학회지*, 22(3), 604-616.
- 김선자, 이상권, 최병순(2004). 초등학생의 보상 논리 문제 해결에 대한 Thinking Science 프로그램의 일반적 이 효과. *한국과학교육학회지*, 24(5), 977-986.
- 김영채(2004). 사고력: 이론, 개발과 수업. 서울: 교육과학사.
- 김은정, 신애경, 이상권, 최미화, 최병순 (2005). Thinking Science 프로그램의 확률활동이 초등학생의 확률적 사고 신장에 미치는 효과. *한국과학교육학회지*, 25(7), 787-793.
- 이상권, 김선영(2011). ‘생각하는 과학’ 활동이 중학생들의 기체 분자 운동 개념의 이해에 미치는 영향과 그 활동에 대한 인식. *과학교육연구지*, 35(1), 68-79.
- 이상권, 백명화, 이종백, 최병순, 박종윤(2011). ‘생각하는 과학’ 활동을 경험한 중학생들의 변인 통제 전략과 변인의 효과를 추론하는 능력에 대한 분석. *한국과학교육학회지*, 31(4), 587-599.
- 이윤하, 강순희(2011). 중학생들의 변인 통제 논리력과 변인 통제 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 31(1), 32-47.
- 최병순, 강경균, 강순민, 강순희, 김규환, 김동현, 김선자, 김숙희, 김영준, 남정희, 박유정, 박종윤, 신애경, 이상권, 이성현, 최미화, 최영일, 한효순(2011). 생각하는 과학-사고력이 자라나는. 자유아카데미.
- 최병순, 최미화(1998). CASE 프로그램 고찰. *한국과학교육학회지*, 25(4), 228-232.
- 최병순, 최미화, 남정희, 이상권(2002a). Thinking Science 프로그램의 적용이 중학교 1학년 학생들의 인지 발달에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 22(3), 422-431.
- 최병순, 한효순, 강성주, 이상권, 강순희, 박종윤, 남정희 (2002b). CASE 프로그램에 의한 중학생들의 인지가속 효과. *한국과학교육학회지*, 22(4), 837-850.
- 한효순, 최병순, 강순민, 박종윤(2002). ‘생각하는 과학’ 프로그램의 변인활동이 초등학생의 변인 통제 능력에 미치는 효과. *한국과학교육학회지*, 22(3), 578-585.
- Adey, P. & Shayer, M. (1994). *Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement*. Routledge: London.
- Adey, P. (1988). Cognitive acceleration: Review and prospects. *International Journal of Science Education*, 10(2), 121-134.
- Adey, P. (1995). Science education research and cognitive science. *Research in Science Education*, 25(1), 101-113.
- Adey, P. (2005). Issues arising from the long term evaluation of cognitive acceleration programs. *Research in Science Education*, 35, 3-22.
- Adey, P., Shayer, M. & Yates, C. (1989). *Thinking science - The curriculum materials of the Cognitive Acceleration Through Science Education (CASE) project Teacher's guide* (1st ed.); MacMillan Education Ltd.: London, U.K.
- Adey, P., Shayer, M. & Yates, C. (1995, 2001). *Thinking science - The curriculum materials of the Cognitive Acceleration Through Science Education (CASE) project Teacher's guide* (2nd ed. & 3rd ed.); Thomas Nelson and Sons Ltd.: London, U.K.

- Driver, R. (1981). Pupils' alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, 3(1), 93-101.
- Ginsburg, H. & Oppen, S. (1979). *Piaget's theory of intellectual development*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs: NJ.
- Iqbal, H. M. & Adey, P. (2005). Accelerating the development of formal thinking in Pakistan secondary school students: Achievement effects and professional development issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(3), 259-274.
- Paul, R. & Elder, L. (2006). *Critical thinking: Learn the tools the best thinkers use, Concise Ed.* New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Roadranka, V., Yeany, R. H. & Padilla, M. J. (1983). The construction and validation of group assessment of logical thinking. *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Dallas, Texas.
- Shayer, M. & Adey, P. (1989). *Towards a Science of science teaching*. Heinemann Educational Books Ltd. Oxford, London.
- Shayer, M. & Adey, P. (1992). Accelerating the development of formal thinking II : Postproject effects on science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 81-92.
- Shayer, M. & Adey, P. (1993). Accelerating the development of formal operational thinking in high school pupils, IV : Three years on after a two-year invention. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 351-366.