

‘생각하는 과학’ 활동이 중학생들의 기체 분자 운동 개념의 이해에 미치는 영향과 그 활동에 대한 인식

이상권^{1*} · 김선영²

¹전남대학교 · ²순천연향중학교

Influence on the Understanding of the Gas Particles Behavior Concepts in ‘Thinking Science’ Activities of Middle School Students and Recognition on Its Activities

Sang Kwon Lee^{1*} · Seon-Young Kim²

¹Chonnam National University · ²Suncheon Yeonhyang Middle School

Abstract: The purpose of this study was to investigate the recognition of middle school students on ‘Thinking Science’ activities and the influence on the understanding of the gas particles behavior concepts. For this study 125 students of four classes first grade in middle school were divided into two groups, the experimental and the control group. The SRT II test was carried out to identify the cognitive level of the students. The logical factors, needed to understand of the gas particles behavior concepts, were extracted. And the 9 ‘Thinking Science’ activities designed to develop these factors were chosen and then implemented to the students of the experimental group. After the lesson for the gas particles behaviors, the achievement test of understanding of the gas particles behavior concepts and the survey of the students’ recognition on ‘Thinking Science’ activities were administered. According to the results of the achievement test, there was not significant difference between the two groups on the whole. But only mature concrete operational students in the experimental group got high scores than those in the control group in analyzing the effect size. According to the results of the ANCOVA analysis, there was significant difference between the two girls’ group. When students in the experimental group had a positive perceptions about ‘Thinking Science’ activities, they got higher achievement scores. This implied that there was a correlation between perception about ‘Thinking Science’ activities and their achievement in the gas particles behavior concepts. Especially, students with positive perception in mature concrete operational period got higher scores in science achievement. After the ‘Thinking Science’ activities, there was a high perceptions about improving in scientific thinking.

Key words: CASE program, cognitive level, control variables, scientific thinking

I. 서 론

과학교육에 대한 높은 관심과 인식에도 불구하고 초·중등 학생들이 과학을 어려워하고, 오히려 학년이 올라감에 따라 과학을 기피하는 현상이 증가하고 있다. 이러한 현상의 원인은 과학교과 내용이 요구하는 인지 수준에 학생들의 인지 수준이 미치지 못하기 때문이다(문흥무, 최병순, 1987; 최병순, 1987; 최병순, 허명, 1987; 강순희 등, 1996; 최병순 등 2002a; 최병순 등, 2002b)).

중학교 1학년 과학교과 내용은 형식적 조작 초기

의 사고 수준을 요구하는 내용이 구체적 조작 사고를 요구하는 내용보다 더 많기 때문에 형식적 조작 수준의 학습 내용을 구체적 조작 수준의 학생에게 가르치는 것이 쉽지 않다(강순희 등, 1996). 우리나라 중학교 1학년 학생들의 인지 수준을 조사한 결과, 구체적 조작기 수준의 학생 비율이 48~67%, 과도기가 24~36%, 형식적 조작기 수준은 2.2~9.5%로 대부분 구체적 조작기에 머물러 있으며 형식적 조작기에 있는 학생은 극히 적은 것으로 나타났다(김경미, 1999).

이러한 문제를 해결하기 위하여 학생들의 인지 발달을 형식적 조작기로 촉진시켜 과학교과 내용을 잘 이

*교신저자: 이상권(lsk1213@jnu.ac.kr)

**2011년 04월 22일 접수, 2011년 06월 08일 수정원고 접수, 2011년 06월 09일 채택

해할 수 있도록 하는 CASE(Cognitive Acceleration through Science Education) 프로그램을 학생들에게 처치하여 효과가 있었음을 증명하는 연구 결과들이 국내외에서 보고되고 있다(Adey, Shayer, 1990; Shayer & Adey 1992a, 1992b, 1993; Adey, Shayer, Yates, 1995; Shayer 1999; Iqbal, Shayer, 2000; 김현재, 장경래, 1991; 최병순 등, 2002a, 2002b; 이상권 등, 2007). 이러한 프로그램의 처치를 통하여 인지 발달 가속은 물론 과학 과목의 성취도가 향상되었다는 특수전이 효과와 수학과 영어의 성취도도 유의미하게 높아졌다는 일반전이 효과도 밝혀졌다(Shayer, Adey, 1993; Iqbal, Shayer, 2000). 우리나라에서는 이러한 프로그램의 처치의 결과로 과학 과목의 성취도가 향상되었다는 특수전이 효과나 일반전이 효과에 대한 보고는 없는 형편이다. 그 이유 가운데 한 가지는 이 프로그램의 '생각하는 과학' 활동이 2년의 장기간에 걸쳐 격주로 30개의 활동을 처치해야 하는 문제와 일반 전이의 효과 등이 보다 명백해지는 것은 처치하고 나서 1~3년 후라는 것(Shayer, Adey, 1993; Iqbal, Shayer, 2000) 등의 장기간의 추적 연구가 필요하기 때문으로 생각된다.

그러나 변인 통제, 보상, 그리고 비례 논리의 특수전이 효과 연구에서는 '생각하는 과학' 활동 가운데 변인 통제 활동 중 5개 활동을 중학교 1학년에 투입한 경우(한윤덕, 2001), 6개 활동을 초등학교 5학년에게 투입한 경우(한효순 등, 2002)와 보상 활동 4개를 초등학교 6학년에 투입한 경우(김선자 등, 2002)와 비례 활동 3개를 중학교 1학년(이덕렬, 2001)과 초등학교 6학년에 투입한 경우(조성남, 2000) 등에서 구체적인 조작기와 과도기에 속한 초등학생과 중학생들에게서 각각 변인 통제, 보상, 비례 논리 등의 문제 해결 능력이 통제 집단과 비교하여 향상되었다는 결과를 얻었다. 이와 같이 한 가지 논리에 대해 상대적으로 단기간에 관련된 활동만을 선별하여 처치하는 경우 특수전이 효과를 긍정적으로 얻을 수 있다는 것이 보고되었다.

이러한 결과를 토대로 중학교 학생들이 어려워하는 단원의 내용을 선정하고, 이 내용에서 요구되는 논리를 추출하여 '생각하는 과학' 활동 가운데 추출된 논리와 관련된 활동들을 선별하여 학생들에게 처치한 다음 수업을 하면 어떠한 효과가 있을까하는 관점에서 연구를 시도해 보고자 하였다.

중학교 1학년 과학교과 내용 가운데 화학 관련 단원에서 학생들이 어려워하는 부분은 분자의 운동, 그 중에서 기체 분자의 압력, 온도, 부피의 관계이다. 기체의 부피가 압력이나 온도에 따라 변화되는 현상을 실험을 통해 쉽게 확인할 수 있고 단순한 문제 풀이에는 익숙하지만, 그러한 현상을 분자적 관점에서 이해하고 설명하기가 쉽지만은 않다. 이는 형식적 조작 수준의 사고를 요하는 추상적 사고, 가설 연역적 사고 등이 형성되지 않아서 분자를 미시적 수준에서 이해하지 못하기 때문이다. 이런 관계로 물질의 입자성에 대한 개념의 이해 부족은 많은 오개념을 형성하게 되고, 한 번 정착된 오개념은 올바른 과학 개념으로 변화되기가 어렵게 된다. 그리고 기체 분자 운동의 개념 도입과 동시에 실험을 통해 얻어진 결과나 표와 그래프의 분석 등의 문제를 대하게 되면 수학적, 연역적 사고가 추가로 요구되기 때문에 학생들이 어려움을 느끼는 것으로 보인다.

또한 그동안 국내외에서 많은 CASE 관련 연구가 이루어져 왔지만 '생각하는 과학' 활동을 경험한 학생들이 이 활동 참여에 대한 나름대로의 인식이 어떠한가를 조사하여 이러한 결과를 앞으로의 활동에서 반영할 필요가 있다.

이 연구에서는 중학교 1학년의 기체 분자 운동 단원의 수업 전에 관련 개념 이해에 필수적인 논리와 관련된 '생각하는 과학' 활동들을 처치하였을 때 기체 분자 운동 관련 개념의 이해에 어떠한 효과가 있는지를 살펴보고, 이러한 활동에 대한 학생들의 인식을 인지적 영역, 과학적 사고력 영역, 태도 영역으로 구분하여 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

'생각하는 과학' 활동이 기체 분자 운동의 개념 이해에 어떤 영향을 주는지를 연구하기 위하여 시에 위치한 D중학교 1학년 4개 학급 125명을 군집표집하였으며, 실험 집단 2개 학급 62명(남 32명, 여 30명)과 통제 집단 2개 학급 63명(남 33명, 여 30명)으로 선정하였다.

기체 분자 운동의 개념 이해에 필요한 논리적 요소를 추출하여 그 요소들을 형성시키기 위한 '생각하는

과학' 활동 9개를 선정하여 처치하였다.

사전 검사로는 SRT II를 사용하여 학생들의 인지 수준을 검사하였고 실험 집단에는 '생각하는 과학' 활동을 한 개의 프로그램 당 2차시씩 격주로 처치하였으며 학사일정을 고려하여 기체 분자 운동 수업을 시작하기 직전까지 9개의 활동을 정규 과학 교과 수업과 병행하여 처치하였다. 통제 집단은 정규 과학 교과 수업만을 실시하였다.

9개의 '생각하는 과학' 활동과 기체 분자 운동 단위 수업이 끝난 후 외연 변수의 영향을 최소화하기 위해 직후에 기체 분자 운동에 대한 성취도 평가를 실시하고 실험 집단에 한하여 '생각하는 과학' 활동에 대한 학생들의 인식 설문 조사를 하였으며 연구 도중에 한 과정이라도 빠진 학생은 통계처리에서 제외시켰다. 연구의 설계는 표 1에 나타내었다.

표 1 연구 설계

실험 집단	O ₁	X ₁	O ₃
통제 집단	O ₂	X ₂	O ₄

- O₁, O₂ : 사전 인지 수준 검사(SRT II 검사)
- O₃ : 사후 성취도 평가 + 인식 설문 조사
- O₄ : 사후 성취도 평가
- X₁ : '생각하는 과학' 활동 9개 + 과학 교과 수업
- X₂ : 과학 교과 수업

2. 수업 내용 이해에 요구되는 논리요소의 추출

중학교 1학년 교과서에서 '분자의 운동' 단위 중 '압력에 따른 기체의 변화'와 '온도에 따른 기체의 변화' 4차시에 해당하는 중단원 내용 분석을 통하여 이 내용을 이해하기 위해서 필요한 논리요소들을 추출하

였다. CASE 프로그램의 교재인 '생각하는 과학' 활동에서 요구되는 논리요소는 변인 및 변인 통제, 비례, 보상, 확률, 조합, 상관관계, 분류, 형식적 모형, 복합변인, 평형 등 10가지이며, 활동 30개 가운데는 변인 및 변인 통제 6개, 비례 3개, 보상 4개, 확률 4개, 조합 1개, 상관관계 2개, 분류 2개, 형식적 모형 3개, 복합변인 3개, 평형 활동 2개 등으로 구성되어 있다.

'압력에 따른 기체의 변화'와 '온도에 따른 기체의 변화'의 관련 개념 이해를 위해 필요한 논리적 요소를 추출한 결과는 표 2와 같다.

추출된 논리적 요소로는 변인, 비례, 보상, 형식적 모형 등 이었으며, 그 요소들을 향상시키기 위해 '생각하는 과학'의 관련 활동 가운데 학사 일정 등을 감안한 투입 여건상 변인 및 변인 통제 활동 4개, 비례 활동 1개, 보상 활동 2개, 형식적 모형 2개 등 9개 활동을 선정하여 학생들에게 처치하였다. 우리나라 학생들의 비례 문제의 해결 수준이 미국의 또래 학생들에 비해 높은 편으로 알려져 있기 때문에(Matteis *et al.*, 1992) '생각하는 과학'의 비례 활동 3개 가운데 1개만 처치하였다. '생각하는 과학'의 10개의 논리 요소와 30개의 활동 가운데 기체 분자 운동 단위에서 요구되는 4개 논리 요소에서 9개 활동을 선택하여 학생들에게 투입한 것은 학생들의 인지 발달을 도모하기 위한 것이 아니라 이 단원을 학습하기 전에 요구되는 논리 요소를 경험하는 유무에 따라 학생들의 관련 개념이해에 어떤 효과가 있는지를 알아보기 위한 것이기 때문이다.

표 3은 연구에 활용된 9개의 '생각하는 과학' 활동을 요약하여 나타낸 것이다.

표 2 기체 분자 운동 내용의 이해를 위해 요구되는 논리요소와 평가 문항의 구성

문항	세 부 내용	관련 논리
1	힘의 크기와 접촉면의 넓이가 압력의 크기에 주는 영향	변인 및 변인 통제
2	일정한 온도에서 압력과 부피의 관계	변인 통제, 보상, 형식적 모형
3	보일의 법칙	보상
4	일정한 압력에서 기체의 온도와 부피의 관계	변인 통제, 형식적 모형
5	기체 분자 운동 모형	형식적 모형
6	샤를의 법칙	비례
7	주사기 속의 풍선의 변화	형식적 모형, 보상

표 3 연구에 활용된 9개의 '생각하는 과학' 활동 프로그램의 내용

연번	활동명	제목	논리	개요
1	활동 1	무엇이 변하는가?	변인	변인, 변인값, 변인 사이의 관계
2	활동 2	두 변인	변인	원인변인과 결과변인, 변인들 간의 관계
3	활동 3	공정한 검사	변인	공정한 실험을 위한 변인 통제
4	활동 4	관계의 종류	변인	실험결과와 그래프 그리기(비례, 반비례)
5	활동 7	배울-그림과 현미경	비례	그림의 척도, 현미경을 사용하여 확대와 축소의 관계 이해
6	활동 10	저울대	보상	평형막대에서 거리와 무게와의 관계에서 상보성의 개념 확인
7	활동 11	전류, 길이와 두께	보상	전선의 길이와 굵기에 따른 전류의 세기 관계에서의 보상
8	활동 23	물질의 상태 설명하기	형식적 모형	물질의 상태를 관찰하고 모형을 사용하여 설명하기
9	활동 24	용해 설명하기	형식적 모형	물질의 용해, 증발 현상을 관찰하고 모형을 사용하여 설명하기

3. 검사도구

1) SRT II 검사지

SRT II (Science Reasoning Task II)는 학생들의 과학적 이해력과 인지 수준과의 관계를 측정하기 위해 영국 Chelsea 대학의 CSMS (Concepts in Secondary Maths & Science) 팀에 의해 1973~1978년에 개발된 일련의 검사도구들 중의 하나이다.

이 SRT II는 질량, 무게, 부피 그리고 밀도 개념을 서로 구별하지 못한 채, '크기' 라는 모호한 개념을 갖고 있는 아동들에게 적용하는 검사도구로 물질의 질량 보존 개념, 무게 보존 개념과 모호하고 직관적인 밀도 개념과 무게와 구별, 부피와 무게 개념의 구별과 밀도가 무게와 부피의 비율이라는 분석적인 개념 등을 검사하도록 구성되어 있다. 검사는 모든 학생들이 잘 볼 수 있는 크기의 몇 가지 기구들을 사용하면서 절차에 따라 시범 실험을 보여주고, 학생은 시범 실험을 보고 검사지의 질문에 답하도록 되어 있다. 전체 문항은 체계적으로 조직되어 있고, 검사에 소요되는 시간은 50분이며, 학생의 이해를 돕기 위하여 각 문항마다 실험과 관련 있는 그림이 실려 있다.

이 검사도구의 신뢰도는 학생들의 검사결과를 토대로 Cronbach's α 의 신뢰도 계수를 구한 결과 0.81이었으며 공인된 신뢰도는 Kuder-Richardson 신뢰도 계수로 0.78이며, Piaget식 임상법으로 나타난 인지 수준과의 상관계수는 0.64~0.85로 알려져 있다

(Wylam, Shayer, 1978).

이 연구에서는 일반적으로 분류해온 인지 수준 발달 단계보다 세분화한 Genevan 척도(Adey, Shayer, 1994)를 사용하여 자료를 수집하였다. 일반적으로 인지 발달 수준에 대한 통계처리를 하기 위하여는 전조작기(전기=1A(1점); 후기=1B(2점)), 구체적 조작기(전기= 2A(3점); 중기=2A/2B(4점); 후기=2B(5점); 과도기=2B/3A(6점)), 형식적 조작기(전기=3A(7점); 중기=3A/3B(8점); 후기=3B(9점))로 구분하여 1A부터 3B까지 1점~9점까지 부여하여 분석하였다. SRT II의 측정 범위는 구체적 조작기 전기 이하(2A-, -는 '이하'의 의미임)에서 형식적 조작기 전기 이상(3A+, +는 '이상'의 의미임)까지이므로 2A-는 3점, 3A+는 7점을 부여한 후 SPSS 통계프로그램을 사용하여 분석하였다

SRT II를 사용한 이유는 우리나라 중학교 1학년 학생들의 인지 수준이 대부분 구체적 조작기에 속하고 형식적 조작기에 속한 학생들의 비율은 상대적으로 매우 적기 때문에 (최병순, 허명, 1987; 강순희 등, 1996) 측정 범위가 구체적 조작기 전기 이하(2A-)에서 형식적 조작기 전기 이상(3A+)까지인 이 검사도구를 사용하였다.

2) 기체 분자 운동의 성취도 검사지

연구에 사용된 기체 분자 운동의 성취도 평가 문항은 과학교육전문가 2인과 대학원생 3인에게 타당도를

검증받아 사용하였으며 신뢰도는 학생들의 검사결과를 토대로 Cronbach's α 의 신뢰도 계수를 구한 결과 0.79였다. 검사지의 문항은 압력, 압력에 따른 기체 분자의 운동, 온도에 따른 기체 분자의 운동을 분자적 수준에서 이해하고, 설명하는 형태로 구성되어 있다. 전체 7문항으로 객관식, 단답형, 간단한 서술형 등의 유형으로 구성되어 있으며, 그에 대한 세부내용은 표 2에 나타내었다. 또한 논리 요소를 추출한 결과와 동일한 유형으로 구성 되도록 제작하였고 평가에 소요되는 시간은 45분으로 하였다.

3) '생각하는 과학' 활동에 대한 학생들의 인식 설문 조사지

학생들의 인식 설문 조사지는 '생각하는 과학' 활동을 경험한 학생들이 인지적 영역(개념 이해와 성취도, 과학적 사고력 등)과 태도 영역에 대해 어떠한 인식을 가지고 있는지 조사하기 위하여 김지연(2003)이 작성한 것 가운데 과학적 사고력 문항을 인지적 영역에 포함시켜서 수정하여 사용하였다. 인지적 영역은 "생각하는 과학 활동이 교과 내용의 이해에 도움을 주었는가?", "생각하는 과학 활동이 기체 분자 운동 문제풀이에 도움을 주었는가?", "생각하는 과학 활동이 과학 성적 향상에 도움을 주었는가?", "생각하는 과학 활동이 과학적 사고력 향상에 도움을 주었는가?" 라는 4개 문항으로 이 가운데 앞의 세 문항은 개념 이해와 성취도 관련 문항이고 마지막 문항은 과학적 사고력에 관한 문항이다. 태도 영역은 "생각하는 과학 활동이 과학에 대한 자신감에 도움을 주었는가?", "생각하는 과학 활동이 과학에 대한 흥미에 도움을 주었는가?" 라는 2개 문항으로 구성되었다. 이와 같이 총 6개 문항의 설문을 작성하여 5단계 리커트 척도로 답변하도록 하였다.

이 설문 조사지는 사후 성취도 평가가 끝난 후 실험 집단에만 투입하여 분석하였으며 설문의 응답에 대한 구체적 답변을 듣기 위하여 그렇게 답변한 이유를 묻는 면담을 실시하였다. 이 연구에 사용된 설문 조사지는 과학교육전문가 2인과 대학원생 3인에게 타당도를

검증받아 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 실험 집단과 통제 집단의 인지 수준

'생각하는 과학' 활동 프로그램을 처치하기 전에 실험 집단과 통제 집단의 사전 인지 수준에 대한 t-검증 결과 표 4에서 보는 바와 같이 두 집단의 인지 수준은 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 인지 수준에 있어서 동일한 집단으로 간주하였다.

실험 집단과 통제 집단의 인지 수준 별 분포를 비교하면, 실험 집단은 2A/2B 수준이 가장 많았으며, 구체적 조작기까지의 비율이 64.6%, 과도기 29.0%, 형식적 조작기 6.5%이었다. 통제 집단도 구체적 조작기 중기(2A/2B) 수준이 가장 많았으며, 전체적으로 실험 집단과 비슷한 경향을 보이고 있다. 형식적 조작기의 학생 비율이 통제 집단은 11.1%, 실험 집단은 6.5%로 두 집단 모두 상당히 낮은 편이다. 다른 선행 연구(최병순, 1987; 최병순, 허명, 1987; 강순희 등, 1996; 김정미, 1999)와 마찬가지로 중학교 1학년 학생들의 대부분은 구체적 조작기 및 과도기에 있음을 알 수 있다.

실험 집단과 통제 집단의 성 별에 따른 인지 수준 별 분포를 비교하면 남학생의 경우 실험 집단은 과도기(2B/3A), 통제 집단은 구체적 조작기 중기(2A/2B) 수준의 분포 비율이 다소 높으나 특정 인지 수준에 집중하지 않은 반면, 여학생의 경우 실험 집단과 통제 집단 모두 2A/2B 인지 수준의 학생들이 가장 많았으며, 구체적 조작기 후기(2B) 수준의 실험 집단 학생들이 통제 집단 학생들보다 더 많은 것으로 나타났다. 그리고 형식적 조작기 전기 이상(3A+) 수준의 학생들의 비율은 남학생이 여학생보다 높은 것으로 나타났다. 이는 여학생들은 남학생들에 비하여 구체적 조작기에 머물러 있는 비율이 높으며, 과도기 및 형식적 조작기에 있는 학생들의 비율은 남학생이 여학생보다

표 4 실험 집단과 통제 집단의 사전 인지 수준에 대한 t-검증 결과

구분	n	M	SD	t	p
실험 집단	62	4.95	1.08	.529	.588
통제 집단	63	4.84	1.25		

높다는 연구 결과(최병순, 허명, 1987)와 일치하는 인지 수준 분포를 나타냈다.

성 별에 따른 집단별 사전 인지 수준에 대한 t-검증 결과를 표 5에 나타내었다.

실험 집단과 통제 집단 남학생들의 인지 수준은 대체적으로 5.0 근처의 값을 나타내어 두 집단 모두 평균적으로 구체적 조작기 후기(2B) 수준이었다. 여학생의 경우는 통제 집단이 약간 높았으나 남학생에 비교하여 아직 구체적 조작기 후기로 발달해가는 상태에 있었다. 남녀 모두 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났다.

2. ‘생각하는 과학’ 활동이 기체 분자 운동의 개념 이해에 영향을 주었는가?

1) 기체 분자 운동의 성취도 결과

실험 집단과 통제 집단의 기체 분자 운동 성취도의 평균값을 t-검증한 결과는 표 6에 나타내었다.

실험 집단과 통제 집단의 기체 분자 운동 성취도 평균차이가 5.63점으로 나타났으나 통계적으로는 유의

미한 차이가 없었다. 이는 ‘생각하는 과학’ 활동을 처치 받은 학생이나 처치 받지 않은 학생들이 기체 분자 운동 단원의 ‘압력에 따른 기체의 변화’와 ‘온도에 따른 기체의 변화’를 학습한 후에 실시한 개념 이해 검사 평가에서 의미 있는 차이가 나타나지 않았다는 것을 설명해준다. 이는 ‘생각하는 과학’ 활동은 활동의 특성이 논리적 사고력 향상에 중점을 두고 있기 때문에 성취도에 직접적인 영향을 미치지 못한 것으로 판단된다.

실험 집단과 통제 집단의 성 별에 따른 차이가 어떠한가를 알아보기 위해 사전 인지 수준 결과를 공변인으로 하여 기체 분자 운동 성취도 결과를 공변량 분석하였으며 그 결과를 표 7에 나타내었다.

남학생과 여학생 모두 실험 집단의 성취도 평균이 통제 집단보다 높은 것으로 나타났으나 공변량 분석(ANCOVA) 결과, 남학생의 경우 두 집단 간의 추정 평균의 차이가 0.33점으로 거의 차이가 없었으나, 여학생의 경우는 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이(p<0.05)를 보였으며 집단 간 추정평균의 차이도 9.47로 큰 차이를 보였다. 이는 30개의 활동을 2년에

표 5 성 별에 따른 집단별 사전 인지 수준에 대한 t-검증 결과

성 별	구분	n	M	SD	t	p
남 (65)	실험 집단	32	5.16	1.11	.848	.400
	통제 집단	33	4.91	1.23		
여 (60)	실험 집단	30	4.73	1.02	-.112	.911
	통제 집단	30	4.77	1.28		

표 6 실험 집단과 통제 집단의 기체 분자 운동 성취도의 t-검증 결과

구분	n	M	SD	t	p
실험 집단	62	65.03	21.36	1.417	.159
통제 집단	63	59.40	23.05		

표 7 성 별 기체 분자 운동 성취도의 결과(ANCOVA)

성 별	구분	n	M	SD	M*	F	p
남 (65)	실험 집단	32	65.03	24.47	63.92	.005	.946
	통제 집단	33	62.52	19.58			
여 (60)	실험 집단	30	65.03	17.89	65.24	2.067	.043**
	통제 집단	30	55.97	26.27			

M* : 추정평균, **p<.05

결쳐 투입하여 CASE 프로그램의 효과를 성 별에 따라 비교한 결과 남학생들보다 여학생들 인지 수준이 더 발달된 것으로 밝혀졌는데(최병순 등, 2002a; 2002b), 30개 활동의 1/3 정도만을 투입한 본 연구에서도 그와 같은 연구 결과와 맥락을 같이 하는 것으로 생각된다.

또한 실험 집단의 사전 인지 수준 별 기체 분자 운동 성취도 평가 결과는 연구 대상 학생들의 규모가 작고, 중학교 1학년 학생의 형식적 조작기 수준의 비율이 현저히 낮으므로 통계적 처리에 제한점이 있지만 2B 수준의 학생집단이 효과 크기(effect size)에서 0.57로 가장 높게 나타났다. 이는 실험 집단의 2B 학생들의 평균 정도의 학생이 통제 집단의 상위 28.5%의 위치에 해당하는 결과이다.

2) 논리 별 정답률과 기체 분자 운동 개념의 이해 관계

성취도 평가에 내재된 변인 통제, 비례, 보상, 형식적 모형의 4가지 논리도식 중 '생각하는 과학' 활동을 통하여 어떤 논리의 적용이 기체분자 운동 개념 이해도에 가장 큰 영향을 미쳤는지에 대해서 알아보기 위하여 성취도 평가 문항의 정답률을 분석하였다. 기체 분자 운동의 성취도 검사지의 1번 문항은 변인 통제 논리, 3번 문항은 보상 논리, 5번 문항은 형식적 모형, 6번 문항은 비례논리로 구성되어 있으며 그 외의 2번, 4번, 7번 문항은 논리가 복합적으로 구성되어 있다. 복합적으로 구성된 문항은 배제하고 1, 3, 5, 6번 문항에 대한 정답률을 측정하여 그림 1에 나타내었다.

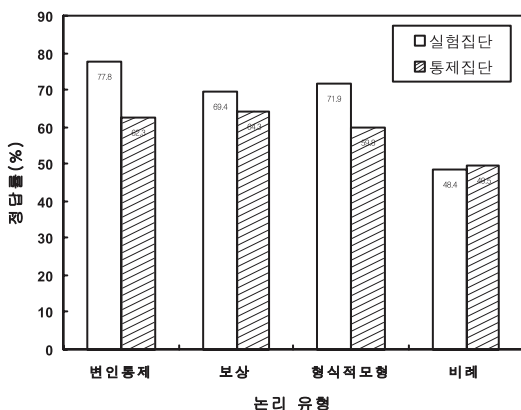


그림 1 성취도 평가의 논리 별 정답률

실험 집단의 성취도 평가의 논리 별 정답률을 보면 변인 통제 논리의 정답률이 77.8%로 가장 높았으며 보상 논리, 형식적 모형의 정답률은 69.5%와 71.9%로 거의 비슷하게 나타났다. 그러나 비례논리에 대한 정답률은 48.4%로 상당히 낮은 것으로 나타났다. 통제 집단의 논리 별 정답률은 보상, 변인 통제, 형식적 모형, 비례 논리의 순으로 64.3%, 62.3%, 59.8%, 49.5%로 나타났다. 비례 논리를 제외하고는 거의 비슷한 수준의 정답률을 나타내었다. 실험 집단과 통제 집단의 각 논리 별 정답률의 차이를 비교해 보면, 비례 논리의 경우는 실험 집단과 거의 비슷한 정답률을 보이면서 가장 낮은 정답률을 나타내었다.

'생각하는 과학' 활동을 경험한 학생들은 변인 통제 관련 문제 해결에서 통제 집단 학생들에 비해 정답률이 매우 높게 나타났다. 그 이유는 투입한 활동 중 변인과 변인 통제에 해당하는 활동이 4개로 가장 많았으며, 이로 인하여 변인 찾기 및 변인들 간의 관계, 변인 통제 등의 위계적인 활동을 통하여 변인 통제 논리에 대한 형성도가 가장 높았다고 해석할 수 있다.

비례논리의 정답률이 통제 집단에 비해 오차 범위 내에서 오히려 낮게 나타났으나 거의 차이가 없는 것으로 보여지는데 이는 실험 집단에 비례 논리의 활동 1개만이 투입되어 학생들의 비례 논리 형성에 부족함이 있었기 때문으로 보인다. 또한 비례 문제의 해결에는 수학적·연역적 사고가 추가로 요구되기 때문에 학생들이 어려움을 느껴 포기해버리는 소극적 태도 때문이기도 하다고 생각된다. 이는 과학에 대한 흥미도 상실의 주된 원인이 수학적 계산 및 수식의 어려움(유호, 1992)이었다는 선행연구에서도 엿볼 수 있다. 우리나라 학생들의 비례 문제의 해결 수준은 미국의 또래 학생들에 비해 높은 편으로 알려지고 있으나 (Matteis et al., 1992) 사실은 주어진 단순한 비례 문제의 기계적 훈련의 결과로 정답률이 높았기 때문으로 보여진다. 오히려 비례적 해결 상황의 문제를 제시하고 이를 학생들이 비례 논리를 적용하여 식을 세우고 푸는 과정 등의 사고력을 요구하는 문제의 해결에는 매우 취약하다는 결과를 얻을 수 있다.

3. '생각하는 과학' 활동에 대한 학생들의 인식

1) 인식 설문 문항 분석

'생각하는 과학' 활동에 대한 실험 집단 학생들의

인식 정도가 기체 분자 운동 성취도와 어떠한 관련이 있는지 알아보기 위해서 상관관계를 조사하였다. 실험 집단 학생들이 5단계 리커트 척도로 응답한 결과를 수집하여 각 문항별로 가장 부정적인 응답에서 가장 긍정적인 응답 순으로 1~5점을 부과하여 각 문항의 평균을 계산하였다. 평균점수가 클수록 긍정적인 인식을 나타낸다.

표 8은 '생각하는 과학' 활동을 경험한 실험 집단 학생들이 인식 설문에 대한 문항별, 영역별 평균 점수를 나타낸 것이다.

'생각하는 과학' 활동에 대한 설문 문항의 영역별 평균을 구한 결과 인지적 영역과 태도 영역에서 보통에 가까운 거의 비슷한 인식을 나타내었다.

문항별로 구체적으로 살펴보면, 교과 내용을 이해하는 데 도움이 되었다는 1번 문항, 기체 분자 운동의 문제 풀이에 도움이 되었다는 2번 문항, 과학적 사고력 향상에 도움이 되었다는 4번 문항, 과학에 흥미가 생겼다는 6번 문항 등에 대한 인식은 약간 긍정적인 편이었으며, 과학 성적을 올리는 데 도움이 되었다는 3번 문항, 과학에 자신감이 생겼다는 5번 문항은 보통이라는 답변을 얻었다.

학생들의 면담결과, 왜 과학적 사고력이 향상되었다고 생각하느냐는 질문에 다음과 같은 설명들을 하였다.

"교과서에 나와 있지 않는 실험이어서 흥미가 있었어요."

"실험 시간이 2시간이어서 여유를 가지고 충분히 활동을 할 수 있어서 좋았어요."

"실험 후에 서로 서로 토론을 하면서 나도 연구자가 된 듯한 느낌을 갖게 되었어요."

"생각하게 하는 질문들이 있어서....."

2) 문항별 인식 정도와 성취도의 상관관계

'생각하는 과학' 활동에 대한 각 설문 문항별 인식 정도와 기체 분자 운동 성취도와의 상관관계($\alpha=0.05$)를 표 9에 나타내었다.

표 9는 각 문항별로 학생들의 인식 정도에 따라 성취도가 어떻게 나타났는가를 분석한 결과이다. 문항 6번인 '생각하는 과학 활동으로 과학에 흥미가 생겼는가'와 문항 4번인 '과학적 사고력 향상에 도움이 되었는가'에 대한 상관관계수가 0.4 이상으로 나타나 성취도와 상관관계가 있음을 알 수 있고, 나머지 문항들은 상관관계는 있으나 약간의 관련성이 있는 정도로 볼 수 있다. 이는 '생각하는 과학' 활동을 통하여 과학에 흥미가 생겼고 과학적 사고력 향상에 도움이 되었다는 긍정적인 인식의 정도가 높을수록 기체 분자 운동 개념의 성취도가 높다는 사실에 상관관계가 있다고 설명할 수 있다.

영역별로는 태도 영역과 인지적 영역 가운데 과학적 사고력 영역만이 성취도와 어느 정도 상관관계가 있으나 개념 이해와 적용 등 성취도와 직접적인 관련이 있는 인지적 영역은 매우 낮은 상관관계를 보였다. 이는 '생각하는 과학' 활동을 경험해 본 학생들이 이

표 8 '생각하는 과학' 활동의 인식에 대한 각 문항별, 영역별 평균

영역	인지적 영역				태도 영역	
	개념 이해와 성취도			과학적 사고력		
문항	1	2	3	4	5	6
평균	3.44	3.46	3.08	3.40	3.06	3.48
영역 평균	3.32			3.40	3.27	

표 9 '생각하는 과학' 활동의 인식과 기체 분자 운동 성취도와의 Pearson 상관계수

영역	인지적 영역				태도 영역	
	개념 이해와 성취도			과학적 사고력		
문항	1	2	3	4	5	6
Pearson 상관 계수	0.316	0.296	0.279	0.431	0.374	0.442
	0.346			0.431	0.454	

를 통하여 자신의 인지적 능력이 즉각적으로 향상된 것처럼 느끼지만 활동을 통해 얻어진 잠재적 능력이 실제적 능력으로 발현되기 위해서는 어느 정도의 경과시간이 필요로 하는 것으로 생각된다(Shayer, Adey, 1993; Iqbal, Shayer, 2000). 또한 '생각하는 과학' 활동의 특성이 과학적 사고력 향상에 중점을 두고 있기 때문에 과학 개념의 이해와 적용 등의 성취도에 직접적인 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다.

그러나 학생들의 인식의 정도와 성취도와는 어느 정도의 상관관계가 있다는 사실과 과학에 대한 태도와 자신에 대한 인식이 긍정적일 때 문제 해결에 대한 자신감과 성공률을 높일 수 있다는 사실(김영준, 2001; 김지연, 2003)로부터 '생각하는 과학' 활동에 대한 인식이 긍정적인 학생들이 활동에 더 적극적으로 참여하면서 과학에 자신감을 갖고 과학 수업에 임했으며 기체 분자 운동의 관련 문제 해결에도 쉽게 포기하지 않고 활동을 통해 얻은 논리와 사고를 수업 시간에 배운 관련 개념 지식에 적용하여 적절하게 문제를 해결하였다고 추론할 수 있다.

3) 인지 수준에 따른 인식 정도

각 인지 수준의 학생들이 '생각하는 과학' 활동을 경험한 후 인지적 영역과 태도 영역의 향상에 얼마나 도움이 되었다고 생각하는지를 표 10에 나타내었다.

인지 수준이 3A 이상인 학생 보다 2B 수준의 학생들이 세 영역 모두에서 가장 긍정적으로 인식하고 있음을 알 수 있다. 이는 사전 인지 수준에 대한 사후 인지 수준 검사 결과에서 2B 수준 학생의 효과 크기(effect size)가 1.01 (최병순 등, 2002b), 지연 검사

결과 1.03 (이상권 등, 2007), 그리고 특수전이 효과의 관점에서 기체 분자 운동 개념에 적용한 본 연구에서는 0.57로 이와 같은 높은 성취도의 결과와도 연관이 있다. 효과 크기가 1.0 인 경우는 실험 집단의 평균 정도의 학생이 통제 집단의 상위 약 50%의 위치에 해당된다. 이는 CASE 프로그램이 특별히 구체적 조작기에 있는 학생들을 형식적 조작기 수준으로 인지 발달 시키기에 적절한 프로그램(최병순 등, 2002b)이면서도, 2B 수준의 학생들을 형식적 조작기로 인지 발달시키는데 가장 효과가 있는 프로그램(최병순 등, 2002a; 이상권 등, 2007)이라는 연구 결과를 뒷받침한다.

3A 이상인 학생들의 인식 정도가 상대적으로 2B 수준의 학생보다 낮게 나타난 이유는 '생각하는 과학' 활동의 내용이 이 수준의 학생에게는 상대적으로 그다지 도전적이지 못하기 때문이라고 보여진다. 이는 '생각하는 과학' 활동이 2B 인지 수준을 가진 학생들에게 적절한 인지적 갈등을 불러일으키고, 2B 수준의 학생들에게 성취 가능한 적절한 수준의 학습과제를 제공하였으며 교사-학생의 상호작용이 학생의 인지 수준과 과제가 요구하는 인지 수준과의 차이가 크지 않을 때 효과가 있음을 알 수 있다. 2B 수준의 학생들에게 가장 적절하고 긍정적인 인식을 갖게 한 '생각하는 과학' 활동의 처치를 통하여 획득한 논리들을 기체 분자 운동의 관련 개념에 대한 학습에서도 잘 적용함으로써 성취도 평가에서 가장 높은 결과를 얻었는데, 이는 특수전이의 관점에서 효과가 있음을 보여주는 사례라고 하겠다.

표 10 인지 수준에 따른 '생각하는 과학' 활동에 대한 영역별 인식 정도

인지 수준	인지적 영역		태도 영역
	개념 이해와 성취도	과학적 사고력	
구체적조작기 전기 이하(2A-)	3.43	2.75	3.13
구체적조작기 중기 (2A/2B)	3.11	3.05	3.07
구체적조작기 후기 (2B)	3.72	4.07	3.60
과도기 (2B/3A)	3.18	3.39	3.25
형식적조작기 전기 이상(3A+)	3.35	3.75	3.38

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 ‘생각하는 과학’ 활동이 기체 분자 운동의 개념 이해에 미치는 영향을 알아보았다. 인지 수준 별, 성 별, 논리 별로 ‘생각하는 과학’ 활동이 미치는 효과에 대해 분석하였으며 ‘생각하는 과학’ 활동에 대한 학생들의 인식과 기체 분자 운동에 대한 성취도와와의 상관관계를 살펴보았다.

‘생각하는 과학’ 활동이 기체 분자 운동의 개념 이해에 미치는 영향은 실험 집단과 통제 집단간에 유의미한 차이는 없었으나, 성 별에 따라서는 실험 집단의 여학생이 통제 집단의 여학생보다 의미 있게 성취도가 향상된 것으로 나타났다. 기체 분자 운동의 개념 이해에 필요한 과학적 사고력 중 변인 통제, 보상, 형식적 모형 등의 논리에 대한 정답률이 높았으나 비례 논리에 대한 정답률은 낮게 나타났다. 이는 ‘생각하는 과학’ 활동 중 변인에 해당하는 활동이 위계적으로 잘 구성되어있고 많은 활동 경험을 통하여 변인 통제 논리에 대한 이해도를 높였기 때문이며, 비례논리는 수학적, 연역적 사고가 추가로 요구되어 포기하는 경우가 많았으며, 문제의 난이도가 높았기 때문이라고 판단된다.

‘생각하는 과학’ 활동에 대해 학생들은 대체적으로 ‘보통이다’ 라는 인식을 가지고 있었으며 과학적 사고력의 향상, 흥미와 자신감의 획득 면에서는 약간 긍정적인 편이었다. 태도 영역과 인지적 영역 가운데 과학적 사고력 영역만이 성취도와 어느 정도 상관관계가 있으나 개념 이해와 적용 등 성취도와 직접적인 관련이 있는 인지적 영역은 매우 낮은 상관관계를 보였다. 이는 ‘생각하는 과학’ 활동의 특성이 과학적 사고력 향상에 중점을 두고 있기 때문에 과학 개념의 이해와 적용 등의 성취도에 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

인지 수준에 따른 인식 정도에서는 구체적 조작기 후기(2B) 수준의 학생들이 인지적, 과학적 사고력, 태도 영역에서 모두 상대적으로 가장 긍정적인 인식을 가지고 있었으며 기체 분자 운동의 성취도도 높았다. 이는 ‘생각하는 과학’ 활동이 2B 수준의 학생들에게 흥미가 있었으며 도전 가능한 수준의 학습과제이었고, 적절한 인지적 갈등을 불러일으켜 적극적으로 상호작용에 참여하였기 때문에 ‘생각하는 과학’ 활동에 긍정적인 인식을 가질 수 있었고 성취도도 높일 수 있

었다고 보여진다.

‘생각하는 과학’ 활동 내용 중 요구되는 논리 별 활동을 과학 교과 수업과 병행하면 학습효과가 높을 것으로 생각되며 재량 활동 시간을 활용하여 학생들에게 처치할 필요성이 있다고 생각된다. 실제로 ‘생각하는 과학’ 활동을 하면서 활동지에 포함된 변인을 찾고, 변인의 종류, 변인 통제, 변인들 간의 관계, 그래프 그리기, 자료 해석 등의 활동을 한 후 정규 과학 교과 수업을 했을 때 학생들의 이해도가 높았고 문제 풀이 과정에서 학생들의 과학적 사고 능력이 더 극대화되었다. 또한 기체 분자 운동을 분자적·미시적 수준에서 설명하려는 학생들이 더 많아졌다.

무엇보다도 학생들이 흥미를 가지고 능동적으로 과학 수업에 임할 수 있도록 내적·외적 환경을 조성하는 것이 필요하다. 아울러서 과학적 사고력의 향상이 과학교육에 있어서 중요하다는 사실을 인식하고 ‘생각하는 과학’ 활동을 학생들에게 투입하여 과학 개념 이해에 필요한 논리를 먼저 경험하게 하는 것이 과학적 사고력 향상을 통한 과학 개념 이해에 효과적인 방법이라고 생각된다.

참고 문헌

- 강순희, 박종윤, 우애자, 허은규 (1996). 중학교 화학 개념이 요구하는 과학적 사고력 수준과 학생들의 인지 수준을 고려한 교수 방안에 관한 연구(제1보). 화학교육, 23(4), 267-278.
- 김경미 (1999). 완본과 축소본의 GALT 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 김선자, 이상권, 박종윤, 강성주, 최병순 (2002). ‘생각하는 과학’ 프로그램의 보상 논리에 의한 보상적 사고 수준 변화. 한국과학교육학회지, 22(3), 604-616.
- 김영민, 김수현 (2009). 우리나라 중학생들의 논리적 사고 능력에 대한 메타 분석 -1980~2000년까지의 학술지 게재 논문을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 25(2), 111-121.
- 김영준 (2001). CASE 프로그램의 적용과정에서 아동의 인지 수준과 아동-교사의 상호작용이 문제 해결 논리적 사고력에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.
- 김지연 (2003). ‘생각하는 과학’ 활동이 중학교 2학

- 년 학생의 용해도 및 분별결정 문제 해결에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 김현재, 장경래 (1991). 인지 가속자료를 통한 논리적 사고의 지도 효과. 한국초등과학교육학회지, 10(2), 153-173.
- 문홍무, 최병순 (1987). 고등학생의 지적 발달 수준과 화학 내용이 요구하는 조작 수준과의 관계 연구. 화학교육, 14(2), 116-127.
- 유호 (1992). 중학생들의 과학 과목에 대한 흥미도와 과학 성취도에 관련된 변인 조사. 경북대학교 대학원 석사학위논문.
- 이덕렬 (2001). CASE의 비례논리 프로그램이 중학교 1학년 학생들의 비례논리 신장에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 이상권, 최병순, 신애경, 이종백, 백명화 (2007). Thinkinh Science 프로그램의 적용에서 지연검사에 의한 중학생들의 인지 발달 가속 효과의 분석. 대한화학회지, 51(6), 549-559.
- 조성남 (2000). 비례논리 학습 프로그램에 의한 초등학교 6학년 학생의 비례논리 형성 및 지속효과. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 최병순 (1987). 학생들의 인지 수준과 구체적 및 형식적 과학 내용과의 관계 연구. 화학교육, 14(1), 30-42.
- 최병순, 허명 (1987). 중학생들의 인지 수준과 과학 교과 내용과의 관계 분석. 한국과학교육학회지, 7(1), 19-31.
- 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.
- 한윤덕 (2001). CASE의 변인 통제 학습 프로그램이 중학교 1학년 학생들의 변인 통제 능력 신장에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 한효순, 최병순, 강순민, 박종윤 (2002). '생각하는 과학' 프로그램의 변인활동이 초등학생의 변인 통제 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 22(3), 571-585.
- Adey, P., & Shayer, M. (1990). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school student. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 267-285.
- Adey, P., & Shayer, M. (1994). Really raising standards. Routledge: London and New York.
- Adey, P., Shayer, M., & Yates, C. (1995). *Thinking Science : The curriculum materials of the cognitive acceleration through science education(CASE) project. Teacher's guide*. Tomas Nelson and son Ltd.
- Iqbal, H. M., & Shayer, M. (2000). Accelerating the development of formal thinking in Parkistan secondary school students: Achievement effects and professional development issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(3), 259-274.
- Matteis, F. E., Spooner, W. E., Coble, C. R., Takamura, S., Matsumoto, S., Matsumoto, K., & Yoshida, A. (1992). A study of the logical thinking skills and integrated process skills of junior high school students in North Carolina and Japan. *Science Education*, 76(2), 211-222.
- Shayer, M. (1999). Coginitive acceleration through science education II: It's effects and scope. *International Journal of Science Education*, 21(8), 883-902.
- Shayer, M., & Adey, P. (1992a). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school student II: Post project 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 student 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 student IV: Three years after a two year intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 351-366.

Wlyam, H., & Shayer, M. (1978). CSMS Science Reasoning Tasks. NFER Publishing Co.

국문 요약

이 연구에서는 형식적 사고를 요구하는 '기체 분자 운동'의 개념 이해에 형식적 조작기로의 인지가속을 목적으로 하는 '생각하는 과학' 활동을 사전에 적용했을 때 어떠한 효과가 있는지 알아보았으며 이 활동에 대한 학생들의 인식을 조사하였다. 교과서 내용 분석을 통하여, 기체 분자 운동의 개념 이해에 필요한 논리적 요소로 변인, 비례, 보상, 형식적 모형 등의 4가지 논리를 추출하였다. 실험 집단 학생들에게 4가지 논리와 관련된 9개의 '생각하는 과학' 활동을 처치한 후에 기체 분자 운동의 수업을 실시하고, 기체 분

자 운동의 개념 이해에 대한 성취도 평가를 하였다. 기체 분자 운동 개념에 대한 실험 집단과 통제 집단 간의 성취도는 t-검증 결과 유의미한 차이가 없었다. 성 별 분석에서는 사전 인지 수준을 공변인으로 한 공 변량 분석 결과 실험 집단의 여학생이 유의미하게 성취도가 향상된 것으로 나타났다. 과학 성취도 평가의 논리 별 정답률에서는 변인 통제, 보상, 형식적 모형 논리의 정답률이 통제 집단에 비해 높게 나타났으나 비례 논리는 거의 비슷하게 나타났다. 실험 집단의 '생각하는 과학' 활동에 대한 인식 조사 결과, 활동에 대한 인식이 긍정적일수록 성취도가 높게 나타났으며 과학적 사고력과 태도 영역이 기체 분자 운동의 성취도 사이에 상관관계가 있었다. 특히 구체적 조작기 후기(2B)의 학생들이 가장 긍정적 인식을 가지고 있었으며 성취도도 높았다. 학생들은 교과서에 나와 있지 않는 실험 소재를 다루게 되어 흥미로웠으며 실험 후 토론 시간을 가지면서 연구자가 된 듯한 느낌을 갖게 되어 '생각하는 과학' 활동을 통해 자신의 과학적 사고력이 향상된 것 같다고 답변하였다

주요어: CASE 프로그램, 인지 발달 수준, 변인 통제, 과학적 사고력