

과학 지식 생성 학습을 통한 초등학생들의 가설 지식 생성 능력의 발달

강은미 · 신동훈 · 권용주

(한국교원대학교)

Development of Elementary Students' Ability to Generate Hypothesis Knowledge through Knowledge Generation Learning in Science

Kang, Eun-Mi · Shin, Dong-Hoon · Kwon, Yong-Ju

(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop elementary students' ability to generate hypothesis knowledge through knowledge generation learning in science. The learning program consisted of a series of 28 activities to generate hypotheses in science. Eighty 6th grade students participated in the study and were divided into experimental and control groups. The experimental group was administered a program geared towards hypothesis generation learning and the control group was administered a program aimed at hypothesis expository learning in elementary science. After using the respective programs, subjects in both groups were tested in terms of their abilities in abductive knowledge generation and administered a descriptive self-report regarding their generation of hypotheses. Two of the 28 activity program worksheets in the experimental group were analyzed in terms of the quality and process of students' hypothesis generation. The results were as follows: 1) The experimental group showed significantly higher scores in terms of scientific knowledge generation (i.e. abductive knowledge generation) than the control group. 2) The degree of hypothesis explanation in the experimental group was significantly higher than in the control group in terms of the quality of the generated hypotheses. In addition, students in the experimental group generated more varied and valid knowledge than the control group in terms of sub-knowledge of hypothesis generation. Therefore, it can be argued that this program for hypothesis knowledge generation in elementary science students was effective in the generation of hypothesis knowledge.

Key words : abductive knowledge, generating hypothesis, scientific knowledge, knowledge generation learning, elementary science

I. 서 론

과학 교수-학습 활동의 중요한 요소 중의 하나는 학생들의 과학적 사고력을 향상시키는 것이다(권용주 등, 2000; 교육부, 2002). 과학적 사고력 중에서도 가설을 생성하는 활동은 과학적 탐구 과정의 핵심적인 사고 과정으로(Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn *et al.*, 1988; Lawson, 1995; Peter, 1992; Wenham, 1993),

학생들의 과학 성취도 및 논리적 사고력, 창의적 사고력 발달과 밀접한 관련이 있다고 논의되어 왔다(Adsit & London, 1997; Lawson, 1985; 1995). 이와 같이 가설을 생성하는 활동은 과학 교수-학습 활동에서 핵심적인 활동으로 다루어지고 있다. 이처럼, 가설을 생성하는 활동이 과학 교육의 질을 향상시키는 중요한 요소로 인식됨에 따라 가설 생성과 관련된 사고 과정에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(R05-2004-12069-0).

2006.3.23(접수), 2006.5.3(1심통과), 2006.6.23(최종통과)

E-mail: kwonyj@knu.ac.kr(권용주)

다(권용주 등, 2000, 2003; 정진수, 2004; Hanson, 1958; Lawson, 1995). 이러한 연구들에서 가설은 귀추적 추론(abductive reasoning) 과정을 포함한 복잡한 사고 과정을 통해서 생성된다고 제안하고 있다. Hanson(1958)에 의하면 귀추란 현상을 관찰한 후 알게 된 사실의 원인을 밝히는 것이라고 정의하였고, 과학의 모든 아이디어는 귀추를 통하여 얻어진다고 하였다. Lawson(1995, 2000)은 어떤 상황을 설명할 수 있는 과거의 유사한 경험을 차용하여 추론하는 귀추에 의해 가설이 생성된다고 하였다. 권용주 등(2000, 2003)은 귀추적 추론 과정에 바탕을 두고 과학적 가설 지식 생성 과정을 의문 생성, 의문 상황 분석, 경험 상황 표상, 원인적 설명자 동정, 가설적 설명자 고안, 가설 생성의 연속적인 세부 과정으로 보다 체계적으로 설명하고 있다. 정진수(2004)는 가설 생성 과정을 의문 분석 과정, 설명자 탐색 과정, 가설 구성 과정으로 상세화한 삼원 귀추 모형을 개발하여 제시하였고, 정진수 등(2005)은 이러한 모형을 고등학생을 대상으로 적용한 연구를 하였다. 이러한 가설 생성과 관련된 하위 세부 과정들은 Vygotsky의 근접 발달 영역(zone of proximal development)에서 비계(scaffold)의 설정과 같은 도움을 준다고 할 수 있다(송선희, 2000; Zady et al., 2003). 즉 학생들에게 단순히 ‘가설을 만들어라’라고 요구하는 것보다 ‘의문 상황과 유사한 경험을 생각해 보자’, ‘유사한 경험의 원인은 무엇일까?’ 등의 가설 생성 단계에 따라 적절한 비계를 제공해 준다는 점에서 교육 현장에서 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

이상과 같이 과학적 가설의 생성 과정에 관련된 연구들은 귀추적 추론 과정과 하위 과정을 중심으로 활발히 이루어져 왔으나, 이러한 연구 결과들이 과학교육 현장에서 구체적으로 적용한 연구는 찾아보기 어렵다. 다만, 김영학(2004)이 중학생을 대상으로 과학 지식 생성 프로그램을 개발·적용하여 효과를 알아본 연구가 존재한다. 김영학(2004)의 연구는 중학교 과학 영역에서 12개의 학습 주제를 사용하였고, 이중 가설 생성과 관련된 주제는 7개였다. 이 연구에서는 과학 지식 생성 학습 후 중학생들의 과학 지식 생성력을 과학 지식 생성력 측정 도구를 이용하여 결과적 효과만을 검증하였기 때문에 학생들의 가설 생성 능력이 어떻게 발달하였는지는 알아보기 어렵다. 그러므로 가설 생성의 하위 요소들이 구체적으로 어떻게 발달하였는지를

밝히는 연구가 필요한 것이다. 특히 고등 사고 능력이 발달하기 시작하는 초등학생들의 경우에 가설 생성 학습과 같은 과학적 사고 과정과 관련된 연구가 더욱 필요할 것이다.

따라서 이 연구의 목적은 초등학교 6학년 학생을 대상으로 귀추적 추론 과정을 바탕으로 가설 생성 학습 프로그램을 개발하고, 개발된 프로그램을 실제적으로 적용하여 아동들의 가설 지식 생성 과정의 하위 요소들이 어떻게 변화하였는지를 구체적으로 알아보는 것이다. 즉 프로그램의 투입 후 실험반과 비교반의 가설 생성력을 조사하고, 실험반 학생들의 활동지를 시간대별로 분석하여 가설 지식 생성 과정의 하위 요소들의 변화 정도를 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

가설 생성 학습 후 초등학생들에게 나타나는 가설 지식 생성 과정의 변화를 알아보는 이 연구를 위해 경기도 안산시에 소재한 W초등학교 6학년에서 가정 환경과 학업 성취도가 유사한 2개 학급 학생들(남학생 39명, 여학생 41명)을 연구 대상으로 선정하였다. 그리고 가설 생성 학습 프로그램을 투입할 실험반과 전통적인 학습 방법인 가설 수용 학습을 투입할 비교반으로 나누었다. 두 집단의 동질성 여부를 검사하기 위하여 기본적인 인지 능력을 조사하였다. 특히 아동들의 인지 능력은 가설 생성 능력에 많은 영향을 미칠 수 있기 때문에 별도로 조사할 필요성이 있다. 기본 인지 능력은 지능 검사와 창의성 검사를 통해 알아보았다. 지능 검사는 류기섭과 이기우(1995)가 개발한 초등학교 4~6학년용 기초 지능 검사 도구를 사용하였으며, 창의성 검사는 서울대학교 사범대학 교육연구소에서 이영덕과 정원석(1995)이 공동으로 개발한 표준화 간편 창의성 검사 도구를 사용하였다. 기초 지능 검사 도구의 전체적인 신뢰도는 0.93이고, 창의성 검사 도구의 전체적인 신뢰도는 0.70~0.90의 신뢰도 계수의 범위를 가지고 있다. 채점 및 분석은 코리아 테스팅 센터에서 실시하였다.

표 1에 이러한 검사 결과를 나타냈으며, 두 집단 간 인지 능력 수준은 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 따라서 두 집단의 인지 능력은 평균적으로 동일하다고 가정할 수 있다.

표 1. 기초 지능 검사와 간편 창의성 검사 결과

검사 종류	집단	인원	평균	표준 편차	t	p
기초 지능	비교 집단	40	95.0	30.0	-0.155	0.877
	실험 집단	40	94.0	15.0		
간편 창의성	비교 집단	40	117.6	19.7	-0.130	0.897
	실험 집단	40	116.9	16.6		

2. 연구 절차

이 연구는 초등 과학 학습에서 가설 생성 학습 프로그램의 개발 및 적용 후 아동들의 가설 생성 과정의 변화를 알아보는 것이다. 이를 위하여 과학 지식 생성력 검사지(권용주 등, 2004)의 귀추 ㉔형을 이용하여 사전 검사를 두 집단 모두 실시하였다. 그런 다음, 실험 집단은 28차시에 해당하는 가설 생성 학습 프로그램을 적용하였고, 비교 집단은 실험 집단을 대상으로 수업한 후 생성된 지식을 수용하는 가설 수용 학습을 실시하였으며, 이 가설 수용 학습은 전통적으로 설명하는 수업과 동일한 형태의 수업을 의미한다. 즉 가설 생성 단계에 따라 수업을 진행하는 것이 아니라 이러한 의문에 대해서는 이러한 가설이 가능하다고 설명하는 것입니다. 이러한 수업은 동일 교사 1인이 실험 집단과 비교 집단의 수업을 차례대로 하였으며, 28차시의 가설 생성 학습 프로그램을 제외한 나머지 수업은 동일한 교수-학습 과정으로 진행하였다. 수업을 실시한 교사는 1학기 동안 가설 생성 학습에 관한 대학원 강의를 수강하였으며, 특히 연구를 하기 전에 연구자들이 교사의 수업을 참관하여 가설 생성 학습과 가설 수용 학습의 차이점을 명확하게 이해하도록 하였다. 또한 가설 생성 학습과 비교 집단의 수업을 모두 녹화하여 과학 교육 전문가들에게 내용 타당도를 검증받았다. 이와 같은 처치를 한 후 동형 검사 신뢰도가 확보된 과학 지식 생성력 검사지(권용주 등, 2004) 귀추 ㉔형을 이용하여 사후 검사를 실시하였다.

더불어 가설 생성 프로그램이 적용이 끝난 후, 서술식 자기 평가를 통제반과 비교반 모두 실시하였다. 서술식 자기 평가는 '투명한 액체를 가열하고 있는 물에 넣어보기'라는 활동을 안내한 후, 학습자가 가설 생성 단계에 따라 가설 지식을 생성하도록 한 것이다. 또한 아동들이 가설 지식 생성 과정의 발달적 변화를 검증하고자 실험 집단 아동들의 학

습지를 시간대별로 분석하였다. 학습지 분석은 프로그램을 적용한 첫 주의 학습 활동인 '보통 콜라와 다이어트 콜라의 대결(프로그램 3)'과 중간에 적용한 '장독에 물이 많이 흐르면 비가 온다(프로그램 12)'와 마지막 주의 학습 활동인 '물질이 연소할 때 필요한 것 알아보기(프로그램 25)' 활동을 대상으로 하였다.

3. 프로그램 개발

학교 교육의 실제에서 학생들의 가설 생성 능력을 향상시킬 수 있는 연구 결과가 미흡하기 때문에(구수정과 박승재, 1995; 김영학, 2004), 초등학교 6학년 2학기 과학과 교육과정을 바탕으로 학생들에게 사용할 가설 생성 학습 프로그램을 연구자들이 공동으로 개발하였다.

프로그램은 권용주 등(2000; 2003)이 제안한 귀추적 추론 과정을 근거로 총 28차시에 해당하는 학습 활동으로 교사용 스토리 보드와 학생용 학습지로 구성되어 있다. 개발된 프로그램의 타당도는 과학교육 전문가 2인과 4명의 과학교사들로 구성된 6회의 세미나 과정을 통하여 검토, 수정, 보완하는 과정을 거쳐 검증받았다. 이렇게 개발된 가설 생성 학습 프로그램의 주제는 표 2와 같다. 가설 생성 학습 프로그램은 현상 제시, 관찰, 의문 발상, 의문 구성 현상 동정, 가설적 설명자 생성(유사 경험 표상, 원인적 설명자 동정), 가설 생성의 하위 과정별로 구성되어 있으며, 비교 집단에 사용될 가설 수용 학습 프로그램은 학생들이 스스로 지식을 생성하기 보다는 교사가 가설을 설명하는 형태로 구성하였다. 즉 전통적인 강의식 수업과 동일한 형태의 수업이다. 그림 1은 프로그램 3을 위한 교사용 스토리 보드의 예시이다.

4. 분석 도구

가설 생성 학습 프로그램의 효과를 검증하기 위하여 사용한 검사 도구는 권용주 등(2004)이 개발한 과학 지식 생성력 검사지이고, 아동들의 가설 지식 생성의 발달적 변화를 알아보기 위하여 실험 집단과 비교 집단의 서술식 자기 평가지와 실험 집단 학생들이 작성한 학습지를 시간대에 따라 분석하였다.

1) 과학적 지식 생성력 검사지 - 귀추형

권용주 등(2004)이 개발한 과학 지식 생성력 검

표 2. 가설 생성 학습 프로그램의 주제

영역	주제	프로그램 주제
에너지	여러 가지 물체를 물속에서 들어보기	물속에 잠긴 모양에 따라 물체의 무게 변화 알아보기
	보통 콜라와 다이어트 콜라의 대결	
	물이 누르는 힘에 대하여 알아보기	
	물이 누르는 압력의 방향에 대하여 알아보기	
	물을 이용하여 여러 가지 놀이기기 1	
	물을 이용하여 여러 가지 놀이기기 2	
	접촉한 면적에 따른 물체의 압력 비교하기	
물질	촛불 관찰하기	
	초가 연소할 때 생기는 물질 알아보기	
	물질이 연소할 때 필요한 것 알아보기	
	물질이 타기 시작하는 온도 비교하기	
지식영역	물이 담긴 풍선 가열하기	
	생물이 살아가는 데 필요한 것	
	생물 사이의 먹고 먹히는 관계	
	생물이 양분을 얻는 방법	
	먹이 피라미드 알아보기	
지구	생태계 평형 알아보기	
	감자 관찰하기	
	기압과 공기의 움직임 알아보기	
	계절에 따른 우리나라의 날씨	
	강통에게 무슨 일이 일어난 것일까?	
	장독에 물이 많이 흐르면 비가 온다?	
	계절에 따른 기온과 밤낮의 길이 변화	
	태양의 고도에 따른 그림자의 길이와 기온 변화	
	계절에 따라 태양의 고도는 어떻게 달라지는가?	
	위도에 따른 태양의 고도와 그림자의 길이 변화	
계절에 따라 태양의 남중 고도가 달라지는 까닭		

사지 중 가설 지식 생성력 측정과 관련된 귀추적 지식 생성력 검사지 ㉔형과 ㉕형을 사전, 사후 검사에 각각 이용하였다. 과학 지식 생성력 검사지는 귀납, 귀추, 연역적 지식 모두를 검사하는 것이기 때문에 가설 지식 생성력과 관련된 귀추적 지식 검사 부분만 사용한 것이다. 이 검사 도구의 평가내용 타당도는 ㉔형은 92%, ㉕형은 91%이고, 문항의 내용 타당도는 ㉔형 93%, ㉕형 90%이다. 그리고 채점표의 내용 타당도는 ㉔형 92%, ㉕형 90%이다. 공인 타당도는 ㉔형은 0.71, ㉕형은 0.73이다. 검사의 내적 일치 정도를 나타내는 Cronbach's alpha 값은 ㉔형은 0.76, ㉕형은 0.70이다. ㉔형과 ㉕형을 투

입한 집단을 통해 얻은 동형 검사 신뢰도는 0.66이다. 각 문항의 변별도는 0.36~0.56이다. 사전, 사후 검사의 채점자간 신뢰도는 ㉔형과 ㉕형 모두 0.91이었고, 과학적 가설 지식 생성력을 평가한 점수는 t-검증을 통하여 두 집단의 차이를 확인하였다.

2) 서술식 자기 평가지

가설 생성 학습 프로그램의 투입이 모두 끝난 후, 아동들의 가설 지식 생성 정도의 변화를 살펴보기 위하여 서술식 자기 평가를 실시하였다. 서술식 자기 평가는 실험 집단과 비교 집단의 아동들에게 학습하지 않은 새로운 가설을 만들어 보게 하는 활동을 하게 했을 때, 가설 지식을 생성하는 하위 과정에서 지식 생성 정도를 알아보는 것이다. 그러므로 자기 평가지는 과학적 지식 생성 과정에 근거하여 ‘관찰 결과 기록하기’, ‘인과적 의문 만들기’, ‘인과적 의문 중 한 가지 선택하기’, ‘유사 경험 및 원인적 설명자 기록하기’, ‘가설 만들기’의 순서로 구성되었다. 또한, 최종적으로는 정진수 등(2005)이 제안한 ‘가설의 설명도’ 개념을 도입하여 아동들이 생성한 가설 지식을 평가하였다. 그림 2는 이러한 서술식 자기 평가지의 예시이다.

가설 생성의 하위 과정인 관찰 지식 생성력은 권용주 등(2005)이 개발한 관찰 유형 분류틀에 근거하여 분석하였다. 관찰 유형 분류틀에 대한 내용 타당도는 리커트식 3단계 응답 척도를 이용하였고, 그렇다 3, 보통이다 2, 그렇지 않다 1로 적용하였다. 과학교육 전문가 2인과 과학교사 4명을 통해 얻은 이 분류틀의 내용 타당도는 0.98이었다.

가설 생성 학습 프로그램에서는 가설 지식을 생성하기 위해 의문 지식을 생성하는 하위 과정이 포함된다. 현재의 관찰 대상이 그렇게 되어 있는 이유나 까닭, 원인을 알고자 하는 의문을 인과적 의문으로 구분하였다(권용주 등, 2003; Klemke, 1988; Lawson, 1995). 따라서 이 연구에서는 학생들에게 인과적 의문을 생성하도록 하였으며, 학생들이 평가지에 응답한 결과를 바탕으로 1인당 평균 의문생성 수를 알아보고, 생성한 의문의 범주를 분석하여 의문의 다양성을 비교 분석하였다.

인과적 의문에 대한 가설 지식을 생성하기 위하여, 의문 상황과 유사한 경험을 떠올리면, 그 다음에는 유사 경험의 원인적 설명자 동정 과정을 거치게 된다(권용주 등, 2000; 2003). 유사 경험 표상 및

<프로그램 3. 보통 콜라와 다이어트 콜라의 대결>

과정	활동내용	학생 반응의 예
현상제시	실험 준비물 및 실험 활동 안내 (사전에 예상하기)	모둠별로 실험 준비물 확인하기 실험 전에 예상하기
물이 담긴 수조에 일반콜라와 다이어트 콜라를 넣고 관찰		
관찰	실험을 하면서 관찰한 내용을 자세히 적기	다이어트 콜라는 물에 뜨고 일반콜라는 가라앉는다. 물에 잠기는 모양이 달라도 같은 결과다 두드릴 때 나는 소리가 다르다. 다이어트 콜라는 톡 쏘는 맛이 덜하다. 내용물을 버리면 둘 다 물 위에 뜬다.
의문발상	실험을 통해 생기는 궁금증 적기	다이어트 콜라는 왜 물에 뜨고 일반콜라는 가라앉을까? 왜 다이어트콜라는 쏘는 맛이 덜할까?
의문구성 의문구성 의문구성	의문과 관련하여 더 알고 싶은 것이나 실험하고 싶은 것은 적기	각각 콜라를 내용물을 버리고 캔만 실험해도 결과는 똑같을까? 실제로 들어간 콜라의 양은 같은가? 들어간 설탕의 양의 차이를 알 수는 없을까?
가설명 가설명 가설명	(유사경험표상) 위의 경우처럼 물에 뜨는 경우와 가라앉는 경우 생각해보기	소금물에서 달걀이 뜨는 것과 물에서는 가라앉는 경우 기름은 물에 뜨는데 다른 액체들은 가라앉으며 퍼지는 경우 배과일 등을 물에 씻을 때
	(원인적 설명자) 유사경험처럼 생각해본 원인 적기	소금물은 소금이 많이 녹아있어 달걀을 밀어내는 힘이 세기 때문 기름은 물보다 가볍지만 다른 것은 무겁기 때문 물이 받쳐주는 힘 때문에 다이어트 콜라처럼 물에 뜬다.
가설생성	지금까지 생각한 것을 바탕으로 가설 만들기 ※가설 수정 기회 부여	다이어트 콜라에는 설탕이 적게 들어가서 일반콜라보다 무게가 가벼워 물에 뜨는 것이다. 다이어트 콜라의 성분은 기름에서처럼 가벼운 것이 들어있어 물에 뜰 것이다.

그림 1. 가설 생성 학습을 위한 교사용 스토리 보드의 예

<최종 평가: 관련된 현 속에서 일어나는 일> 6-6(하반기)

1. 실험을 통해 관찰한 사실은 모두 적으세요.

큰 비커에 뜨거운 물을 넣자 캔이 나온다
일반 콜라, 물, 다이어트 콜라, 캔, 얼음, 일반 콜라
캔이 뜨는 것이 하나만 있고 나머지는 가라앉는다
큰 비커 안에 하나씩을 가져와서 실험해 보았어요
가라앉은 것은 온다 온다 온다 물에 뜨는 것은 뜨는
온다 뜨는 온다 뜨는 온다 뜨는 온다
온다 뜨는 온다 뜨는 온다

2. 위 1번을 실험 할 때 어떤 원인이 작용하는지 적으세요. (최대한 많이)

① 왜 일반콜라를 넣으면 밑으로 떨어지니까 기름이 같은 것이
사라진다?
② 왜 다이어트 콜라를 넣으면 가벼운 캔이 뜨는가?
③ 왜 일반콜라가 하얗게 변했는 거지? 같은데 가라
앉는다?
3. 의문점 중에서 가장 궁금한 것 하나만 선택하여 적으세요.
왜 일반콜라를 넣으면 밑으로 떨어지니까 하얗게 변했는가?
4. 위 질문과 비슷한 경험(현상)을 적으세요. 왜 그 현상이 나타났는지 적으세요.

비슷한 경험	가라	물속에서 물고기	물고기	사라진다
	다이어트 콜라	달걀이 뜨는 거	물속에서 물고기	사라진다

5. 지금까지의 생각한 원인과 관련된 질문에 대한 가장 관련이 있는 보충요 (이거 때문이다)
물속에 들어가면 뜨는 거니까 사라진다
아니면 뜨는 거니까 뜨는 거니까 뜨는 거니까 뜨는 거니까 뜨는 거니까 뜨는 거니까 뜨는 거니까

그림 2. 서술식 자기 평가지의 예

원인적 설명자 동정 단계는 내용에 따라 4단계의 수준으로 나누어 평가하였다. 수준 1은 의문과 관련 없는 유사 경험을 표상한 경우, 수준 2는 의문과 관련된 유사 경험만을 표상한 경우, 수준 3은 의문과 관련된 유사 경험을 표상하였으나 논리적으로 타당하지 못한 원인적 설명자를 동정한 경우, 수준 4는 의문과 관련된 유사 경험을 표상하고, 논리적으로 타당한 원인적 설명자를 동정한 경우이다. 유사 경험 표상 및 원인적 설명자 동정 활동 평가 기준에 대하여 과학 교육 전문가 2인과 과학 교사 4인에게 의뢰하여 얻은 내용 타당도는 1.0이었다. 이러한 하위 과정에 대한 분석은 연구자들의 합의로 수행되었다.

가설의 설명도는 학생들이 생성한 가설이 인과적 의문 상황을 얼마나 포괄적으로 설명하고 있는지를 알려주는 값이다(정진수 등, 2005). 그러므로 서술식 자기 평가에서 관찰된 현상인 ‘투명한 액체를 가열하고 있는 물에 넣으니 색이 하얗게 변하였다’에 대하여 생성한 가설 지식의 설명자를 3가지 요소로 구분하고, 이 요소를 기준으로 실험 집단과 비교 집단의 가설 설명 요소를 분석하였다. 즉, ‘투

명 액체를 가열하고 있는 물에 넣었다.’, ‘열의 영향을 받았다.’, ‘투명 액체의 성분이 변하였다.’의 3가지 요소가 분석 기준이 되는 것이다. 이러한 가설 설명도 분석 기준에 대하여 과학 교육 전문가 2인과 과학 교사 4인에게 의뢰하여 얻은 내용 타당도는 1.0이었으며, 이 경우의 채점자간 신뢰도는 0.75였다.

3) 학생용 학습지 분석

가설 생성 학습 프로그램이 실험 집단 내의 아동들에게 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보기 위하여 실험 집단의 학생용 학습지를 분석하였다. 전체 학습지가 28개에 해당하므로 가장 대표적인 프로그램을 3개 선택하였다. 하나는 초기의 학습지 중 프로그램 3을 선택하였고, 중간 단계에 해당하는 프로그램 12, 또 하나는 후기의 학습지 중 프로그램 25를 선택하였다. 이 세 프로그램에 해당하는 학생용 학습지를 분석하였고, 세 프로그램 모두 가설을 생성하게 하는 활동을 하였을 때, 생성한 가설과 가설 생성의 하위 과정에서 생성되는 지식을 구체적으로 알아보고자 하였다. 가설 생성의 하위 과정에서 생성된 지식인 관찰 유형 및 의문 지식 생성력, 유사 경험 표상 및 원인적 설명자 동정 능력의 분석은 서술식 자기 평가의 분석 기준을 동일하게 적용하였다. 즉 연구자들의 합의로 하위 과정의 분석을 수행하였으며, 프로그램 3, 12, 25 활동에서 생성된 가설의 설명 요소를 분석하기 위해서 사용한 가설 설명도 분석 기준은 서술식 자기 평가 때 사용했던 것과 동일하였으며, 채점자간 신뢰도도 0.75였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 가설 생성 학습 프로그램의 효과

가설 생성 학습 프로그램이 연구 목적에 맞게 잘 개발되었는지 실험 집단과 비교 집단의 아동들에게 사전, 사후 2차례에 걸쳐 귀추적 지식 생성력 검사지 ㉔형과 ㉕형을 이용하여 과학 지식 생성력 검사를 하고 채점을 한 후, 집단별 t-검증을 한 결과는 표 3과 같다.

표 3과 같이 사전 검사 결과, 비교 집단의 평균 점수는 50.02이고 실험 집단은 49.97로 나타났다. 그리고 사전 검사 결과에서 두 집단 사이에는 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$).

사후 검사에서 비교 집단의 평균 점수는 47.13이고 실험 집단은 52.86으로 집단간 5.73의 평균 차이를 보였다. 실험 집단의 과학적 가설 지식 생성력은 향상되었고 비교 집단은 하락하였음을 알 수 있다. 또한 사후 검사 결과를 t-검증한 결과, 두 집단은 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.01$). 이 결과는 가설 생성 학습 프로그램이 연구의 목적에 맞게 개발되었다는 것을 의미한다. 그리고 초등학생의 두뇌 활성 변화를 뇌파를 사용하여 측정한 권용주 등(2006)의 연구에서 가설 생성 학습을 한 아동들의 두뇌가 가설 수용 학습을 한 아동들의 두뇌보다 더 많은 뇌 부위를 함께 사용한다는 연구 결과를 고려할 때, 실험 집단의 과학 지식 생성력의 향상은 실험반 학생들의 두뇌의 활발한 사용에 긍정적 영향을 미쳤음을 의미하는 것이다.

2. 아동들의 가설 지식 생성 과정 변화

1) 서술식 자기 평가 분석 결과

가설 생성 학습 프로그램의 투입이 끝난 후, 실험 집단과 비교 집단 모두 서술식 자기 평가를 실시하였다. 가설 생성 과정의 각 하위 과정에 대한 분석 결과는 다음과 같고, 두 집단 간의 가설 설명도를 분석하기 위하여 위의 과정 이후에 교사가 하나의 인과적 의문을 선정해 주고 가설 지식을 만들어 보게 하는 과정을 첨가하였다. 교사가 선정 한 인과적 의문은 ‘투명한 액체를 가열하고 있는 물속에 넣으면 색이 왜 변할까?’였다.

(1) 관찰 지식 생성

학생들의 관찰 유형 결과는 권용주 등(2005)이 제안한 관찰 유형 분류틀을 사용하여 표 4에 정리하였으며, 표 안에 제시된 숫자는 관찰 지식의 수를 의미한다. 다음은 서술식 자기 평가지에 나타난 관찰 유형을 분류한 예이다.

표 3. 과학 지식 생성력의 평균 점수

	전후	집단	인원	평균	표준 편차	t	p
사전	비교 집단	40	50.02	6.06	-0.045	0.964	
	실험 집단	40	49.97	5.82			
사후	비교 집단	40	47.13	5.90	4.117	0.000	
	실험 집단	40	52.86	6.55			

표 4. 서술식 자기 평가에서 나타난 관찰 지식의 수

관찰 대상	관찰 방법	전체				부분					
		단수		복수		단수		복수			
		시간 독립 비교 실험	시간 의존 비교 실험	시간 독립 비교 실험	시간 의존 비교 실험	시간 독립 비교 실험	시간 의존 비교 실험	시간 독립 비교 실험	시간 의존 비교 실험		
시각	단순 정성	11	12	41	61	1	1	2	4	3	11
	정량										
조각	정성	8	46	73				3	6	16	21
	정량										
청각	단순 정성							1			
	정량										
	조각 정성										
	정량										
후각	단순 정성	19	28	1	5						
	정량										
조각	정성			4							
	정량										
미각	단순 정성		3								
	정량										
	조각 정성										
	정량										
촉각	단순 정성	3	3	1				2	1	2	
	정량										
조각	정성					2	9				
	정량										
소 계		33	54	93	139	1	1	7	22	20	34

- 투명한 액체는 시간이 지나면서 전체적으로 하얗게 변한다.
<시각, 단순, 정성><전체, 단수, 시간의존>
- 투명한 액체는 비린 냄새가 난다.
<후각, 단순, 정성><전체, 단수>
- 비커 속에 몇 개의 흰 덩어리는 물 위에 떠 있고, 몇 개는 물 아래에 가라앉아 있다.
<시각, 단순, 정성><부분, 복수>

표 4에서 실험 집단 학생들은 총 250개의 관찰 지식을 생성하여 1인당 평균 6.3개를 나타냈고, 비교 집단의 학생들은 총 154개의 관찰 지식을 생성하여 1인당 평균 3.9개를 나타냈다. 그리고 실험 집단은 오감을 사용하여 관찰하였고, 비교 집단은 시각, 후각, 촉각을 이용하여 관찰하였다. 기구를 사용하는 조작 관찰의 경우 실험 집단이 비교 집단보다 46개 더 많은 빈도수를 나타냈다. 평가 활동의

주제가 시간의 변화에 따라 현상이 나타나는 것이므로 양 집단의 학생들은 시간 의존적인 관찰을 주로 하였다. 실험반 학생들의 관찰 지식의 수가 비교반 학생들보다 훨씬 더 많음을 알 수 있다. 두 집단이 동질 집단임을 가정할 때 이러한 관찰 지식의 변화는 가설 생성 학습 프로그램의 영향이라고 할 수 있다. 이것은 가설 생성 학습 프로그램이 학생들의 자유스러운 관찰 활동을 권장하였기 때문이고, 실험 집단의 학생들은 교사가 관찰 결과를 설명하기 때문에 학생들의 적극적인 관찰 활동이 이루어지지 않았기 때문으로 생각할 수 있다.

(2) 의문 지식 생성

아동들이 관찰을 통해 생성한 의문 지식을 두 가지 측면에서 분석하였다. 첫째, 두 집단의 아동들이 생성한 의문의 총 개수를 비교하였고, 둘째, 의문의 범주를 분석하여 의문 생성의 다양성 정도를 알아

보았다. 의문의 범주는 학생들의 반응 결과를 귀납적으로 분류하여 정리하였고, 의문 지식 생성에 관한 결과는 표 5와 같다.

표 5에서 의문의 범주는 색을 비롯하여 크게 10가지로 구분하였고, 각 범주에 해당하는 하위 의문수를 알아보았다. 예를 들어, 색의 범주에 해당하는 의문 생성에 있어서 비교 집단은 4가지 하위 의문에 대하여 34명의 응답자수가 나타났고, 실험 집단은 9가지 하위 의문에 대하여 43명의 응답자수가 나타난 것이다. 의문 지식 생성 결과를 보면, 비교 집단은 34개의 의문 수에 대하여 103명의 응답자수를 나타냈고, 실험 집단은 57개의 의문 수에 대하여 126명의 응답자수를 나타냈다. 학생 1인당 생성한 평균 의문 수는 비교 집단이 2.9개, 실험 집단이 3.6개로 큰 차이를 보이지는 않지만, 의문의 범주 및 범주별 하위 의문 수를 비교해 볼 때, 실험 집단이 더 다양한 의문 지식을 생성한 것으로 생각할 수 있다. 의문은 관찰한 사실에 근거하여 생성되기 때문에, 이전 단계인 관찰 단계에서 실험 집단의 관찰 유형이 더 다양하게 나타났기 때문에 의문 지식도 다양하게 나타난 것으로 추론할 수 있다. 이는 실험 집단에서 사용한 가설 생성 학습이 비교 집단의 수업보다 의문 지식을 효과적으로 생성하게 하는 것으로 생각할 수 있다.

(3) 유사 경험 표상 및 원인적 설명자 동정

‘투명한 액체를 가열하고 있는 물에 넣어보기’를 통해 관찰한 결과를 바탕으로 ‘왜 투명 액체를 가

표 5. 서술식 자기 평가에서 나타난 의문 지식의 수

범주	대상		실험 집단	
	비교 집단	실험 집단	응답자수	의문수
색	34	4	43	9
기포	14	4	20	8
냄새	15	4	12	8
움직임	6	3	13	8
상태 변화	4	3	6	3
연기	3	1	7	3
점성	3	2	3	2
모양	1	1	6	4
촉감	0	0	4	3
기타	23	12	12	9
합계	103	34	126	57

열하고 있는 물에 넣으면 하얗게 변할까?’라는 인과적 의문에 대하여 유사 경험 표상 및 원인적 설명자 동정 단계를 거쳐 가설을 만드는 활동을 하게 하였다. 아동들이 작성한 결과물을 바탕으로 유사 경험 표상 및 원인적 설명자 동정 분석 기준을 4단계의 수준으로 분류하였다. 1단계 수준에서 4단계 수준으로 갈수록 과학적인 가설 지식이라고 할 수 있다.

이러한 분석 결과를 정리한 표 6에서, 비교 집단의 경우에는 1수준이 27로 가장 많은 빈도수를 나타냈으나, 실험 집단의 경우에는 4수준이 59로 가장 많은 빈도수를 나타내었다. 또한 전체적인 유사 경험 표상 및 설명자 동정의 수도 실험 집단이 비교집단에 비해 많았다. 이러한 결과는 실험 집단의 아동들이 비교 집단의 아동들보다 동일한 인과적 의문 현상에 대해 많은 사전 지식을 사용하고 있다는 것을 의미한다. 사전 지식을 많이 사용한다는 것은 귀추적 사고 과정이 많이 일어난다는 것이므로 귀추적 사고를 요구하는 가설 지식을 많이 생성하는 것으로 해석할 수 있다. 이는 가설 생성 학습을 한 초등학생의 두뇌 활성 변화를 뇌파를 사용하여 측정한 권용주 등(2006)의 연구 결과와 일치한다. 즉 귀추적 사고 과정이 많이 일어날수록 두뇌의 여러 부위가 동시에 사용된다고 생각할 수 있다.

(4) 가설 지식 생성

가설 생성 학습 프로그램의 마지막 단계는 가설을 생성하는 활동으로 ‘왜 투명 액체를 가열하고 있는 물에 넣으면 하얗게 변할까?’라는 인과적 의문에 대하여 학생들이 생성한 가설 지식의 종류와 빈도수를 정리하여 표 7에 나타내었다. 실험반 학

표 6. 수준에 따른 유사 경험 표상 및 원인적 설명자 동정의 수

수준	대상		실험 집단
	비교 집단	실험 집단	
1. 의문과 관련 없는 유사 경험을 표상한 경우	27	6	
2. 의문과 관련된 유사 경험만 표상한 경우	14	22	
3. 의문과 관련된 유사 경험을 표상하였으나, 논리적으로 타당하지 못한 원인적 설명자를 동정한 경우	16	14	
4. 의문과 관련된 유사 경험을 표상하고, 논리적으로 타당한 원인적 설명자를 동정한 경우	19	59	
합 계	76	101	

생들이 10가지 종류의 가설을 생성하였고, 비교반 학생들은 5가지 종류의 가설을 생성하였다. 가설을 생성한 학생들의 수도 실험반 학생들이 28명으로 비교반 학생들의 12명보다 배 이상 많았다.

실험 집단과 비교 집단이 생성한 가설의 종류뿐 아니라 가설의 설명도 개념을 이용하여 가설의 정확성을 평가하였다. 즉 생성한 가설이 인과적 의문 상황을 얼마나 포괄적으로 설명하고 있는지를 가설에 제시된 설명 요소를 추출하여 분석하는 것이다. ‘왜 투명 액체를 가열하고 있는 물에 넣으면 하얗게 변할까?’라는 인과적 의문에 대하여 학생들이 생성한 가설을 종합하여 가설 설명자들을 3개의 설명 요소로 구분하였고, 이 설명 요소를 기준으로 실험 집단과 비교 집단의 빈도수를 비교 분석하였다. 즉 ‘투명한 액체를 가열하고 있는 물에 넣으면/ 열의 영향을 받아서/ 투명 액체의 성분이 변하기 때문에(변성 때문에)/ 투명 액체의 색이 하얗게 변한

다.’라는 가설을 생성하였을 경우, /로 나눈 것처럼 3개의 설명 요소를 포함하고 있는 것이다. 표 8은 이러한 3개의 설명 요소를 이용하여 실험 집단과 비교 집단의 학생들이 생성한 가설 지식을 분석한 결과이다.

표 8을 살펴보면, 비교 집단은 가설의 설명 요소가 2개, 3개인 가설을 생성한 경우가 나타나지 않았고, 설명 요소가 1개인 경우의 빈도수는 12로 나타났다. 기타 및 무응답의 빈도가 28로 많은 부분을 차지하였다. 실험 집단의 경우에는 가설의 설명 요소가 3개를 포함한 가설 생성의 빈도는 1에 불과하지만, 가설의 설명 요소 2개와 1개를 포함하는 가설을 생성한 경우의 빈도수가 각각 9와 18을 나타냈다. 기타 및 무응답의 경우도 12로 비교 집단에 비하여 빈도수가 낮았다. 기타에 해당하는 반응에는 가설의 형태로 진술하였으나 설명 요소를 포함하고 있는 않는 경우와 의문 형태의 진술, 의문과 전혀 관련 없는 진술, 관찰 결과를 재 진술한 경우 등이 포함되었다.

이러한 결과를 볼 때 가설 생성 학습 프로그램은 초등학생들의 가설 지식 생성 과정을 촉진하여 가설의 개수뿐만 아니라 의문 상황을 좀 더 효과적으로 포괄하는 정교한 가설을 만드는 효과를 가진다고 할 수 있다.

표 7. 가설 지식의 종류와 수

종류	대상	비교	실험
1. 투명한 액체는 가열로 인해 열을 받아서 하얗게 변한 것이다.	5	7	
2. 투명한 액체는 물을 가열하였기 때문에 하얗게 변한 것이다.	3	6	
3. 투명한 액체가 물이 끓으면서 익었기 때문에 하얗게 변한 것이다.	0	6	
4. 물과 반응해서 하얗게 변한 것이다.	2	0	
5. 투명한 액체는 가열로 인해 액체가 아닌 물질로 변하면서 색깔도 변한 것이다.	0	3	
6. 투명한 액체가 익어서 하얗게 변한 것이다.	1	1	
7. 가열하면 온도 차이가 나서 성분이 바뀌어 색깔까지 바뀐 것이다.	1	0	
8. 투명한 액체와 끓인 물의 성분이 변해서 하얗게 된 것이다.	0	1	
9. 투명한 액체는 계속된 가열로 인해 녹았기 때문에 하얗게 된 것이다.	0	1	
10. 엄청난 온도 차이가 있었기 때문에 투명한 액체가 하얗게 된 것이다.	0	1	
11. 투명한 액체는 불에 약하기 때문에 색이 변한 것이다.	0	1	
12. 투명한 액체는 다른 액체의 영향을 받아 하얗게 변한 것이다.	0	1	
13. 기타	17	8	
14. 무응답	11	4	
합 계	40	40	

2) 실험 집단 아동들의 지식 생성 과정 변화

가설 생성 학습 프로그램을 적용하면서 실험 집단 학생들의 가설 지식 생성 과정의 변화를 알아보기 위해 학습지를 분석하였다. 프로그램 적용에 따른 시간대별 분석을 통해 가설 지식 생성 과정의 하위 요소별로 변화 과정을 살펴보았다. 따라서 프로그램을 적용한 첫 주의 학습 활동인 프로그램 3(A)과 중간 정도에 해당하는 프로그램 12(B)와 마지막 주의 학습 활동인 프로그램 25(C)의 학습지를

표 8. 가설의 설명 요소 수

수준	대상	비교 집단	실험 집단
가설의 설명 요소가 3개인 경우		0	1
가설의 설명 요소가 2개인 경우		0	9
가설의 설명 요소가 1개인 경우		12	18
기타 및 무응답		28	12
합계		40	40

대표 활동으로 선정하여 분석하였다. 학습지를 분석하는 방법은 서술식 자기 평가지를 분석한 방법과 동일하였다.

(1) 관찰 지식 생성

실험 집단 학생들이 프로그램 3인 ‘보통 콜라와 다이어트 콜라의 대결’ 활동을 하면서 생성한 관찰 유형을 분석한 결과는 표 9와 같다. 표 9에서 볼 때, 관찰 지식의 총 개수는 102개로 1인당 평균 2.9개를 생성하였다. 감각 사용에 따라 관찰 유형을 살펴보면, 시각, 청각, 후각, 미각을 사용한 관찰 지식을 생성하였다. 조작 관찰 결과는 19개로 나타났고, 정성적인 관찰 유형이 많이 나타났다. 프로그램 12인 ‘장독에 물이 많이 흐르면 비가 온다.’의 활동을 하면서 생긴 관찰 지식의 총 개수는 146개로 1인당

평균 4.17개를 생성하였다. 조작 관찰의 결과도 26개로 나타나 초기의 관찰 지식보다 증가하는 경향을 보였다. 프로그램 25인 ‘물질이 연소할 때 필요한 것 알아보기’ 활동을 하면서 생성한 관찰 유형을 분석한 결과도 표 9에 나타내었다. 표 9에서 나타난 것과 같이, 프로그램 25 활동에서 나타난 관찰 지식의 총 개수는 199개로 1인당 평균 5.7개를 생성하였다. 감각 사용에 따라 관찰 유형을 살펴보면 시각, 후각, 촉각을 사용한 관찰 지식을 생성하였다. 그리고 조작 관찰 결과는 68개로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때, 프로그램을 적용하면서 학생들이 생성하는 관찰 지식은 양적으로 증가할 뿐만 아니라 정량적 관찰 및 조작 관찰의 경우가 증가하는 등 질적으로도 향상되는 경향성을 나타내었다. 이는 가설 생성 프로그램이 학생들의 관찰 능력을

표 9. 실험반에서 나타난 관찰 지식의 수

관찰 방법	관찰 대상	전체												부분											
		단수						복수						단수						복수					
		시간 독립			시간 의존			시간 독립			시간 의존			시간 독립			시간 의존			시간 독립			시간 의존		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
시각	단순	정성	1	6		21	19	53	4			20	24	1	3	3		12					1		
	정량	3	18				48							1											
조작	단순	정성	4	4		2	11	43	7	2		2			4			4							
	정량						16	8	8					1											
청각	단순	정성	2	5											2										
	정량																								
조작	단순	정성						4																	
	정량																								
후각	단순	정성						1	2																
	정량																								
조작	단순	정성																							
	정량																								
미각	단순	정성	2	17			8		20																
	정량																								
조작	단순	정성																							
	정량																								
촉각	단순	정성		16			1						5		4			2					1		
	정량																								
조작	단순	정성																							
	정량																								
소 계			12	66		23	39	161	45	10		22	24	1	7	12		21			2		2		

A: 프로그램 3, B: 프로그램 12, C: 프로그램 25

촉진하는 것으로 생각할 수 있다.

(2) 의문 지식 생성

프로그램 3, 12, 25 활동에서 각각 생성한 의문의 범주와 범주별 하위 의문 수에 따른 응답자수를 표 10에 나타내었다. 표 10에서 나타난 바와 같이, 프로그램 3에서는 16개 하위 의문 수에 대하여 57명의 응답자수를 나타냈고, 프로그램 12에서는 18개의 하위 의문 수에 대하여 62명의 응답자수가 나타났고, 프로그램 25에서는 21개의 하위 의문 수에 대하여 71명의 응답자수를 나타냈다. 이와 같은 결과는 가설 생성 학습 프로그램이 적용되면 학생들이 생성하는 의문 지식의 수가 양적으로 증가할 뿐만 아니라 다양한 범주에 해당하는 의문 지식을 생성한다는 것을 의미한다. 이는 프로그램이 학생들의 사고의 범위를 넓혀주기 때문에 나타나는 현상으로 생각할 수 있다.

(3) 유사 경험 표상 및 원인적 설명자 동정

프로그램 3, 12, 25 활동에서 생성한 유사 경험 표상 및 원인적 설명자 동정 분석 결과는 표 11과 같다. 이 표에서 나타난 것과 같이 프로그램 3에서는 3수준이 26으로 가장 높은 빈도수를 나타냈고, 프로그램 12에서는 4수준의 빈도수가 가장 높았고, 프로그램 25에서는 4수준의 빈도수가 58로 크게 증가하였다. 이는 프로그램이 진행될수록 의문 상황과 유사한 경험을 잘 표상하고 원인적 설명자 동정이 잘 이루어진다는 것을 의미하는 것이다.

(4) 가설 지식 생성

프로그램 3인 ‘보통 콜라와 다이어트 콜라의 대결’에서는 ‘왜 보통 콜라는 물에 가라앉을까?’라는

표 11. 실험반에서 나타난 유사 경험 표상 및 원인적 설명자의 수

수준	대상 (프로그램 번호)		
	A(3)	B(12)	C(25)
1. 의문과 관련 없는 유사 경험을 표상한 경우	3	2	3
2. 의문과 관련된 유사 경험만 표상한 경우	8	16	37
3. 의문과 관련된 유사 경험을 표상하였으나, 논리적으로 타당하지 못한 원인적 설명자를 동정한 경우	26	19	9
4. 의문과 관련된 유사 경험을 표상하고, 논리적으로 타당한 원인적 설명자를 동정한 경우	15	22	58

인과적 의문에 대하여 가설 지식을 생성하도록 하였다. 학생들이 생성한 가설 지식에 포함된 설명 요소를 기준으로 가설 지식의 설명도를 분석하였다. 프로그램 3에서는 ‘콜라의 내용물을 이루는 성분이 다르고/ 보통 콜라의 밀도가 물보다 크며/ 보통 콜라의 캔 자체의 무게가 더 무거워 물에 가라앉는다.’라는 3가지 설명 요소를 기준으로 분석하였다. 프로그램 12인 ‘장독에 물이 흐르면 비가 온다’에서는 ‘왜 캔의 표면에 물이 생길까?’라는 인과적 의문에 대하여 가설 지식을 생성하도록 하였다. 설명 요소는 ‘공기 중에 존재하는/ 물방울(수증기)이 / 차가운 것과 부딪혀서/ 물방울이 생기는 것이다.’라는 3가지 설명 요소를 기준으로 분석하였다. 프로그램 25인 ‘물질이 연소할 때 필요한 것 알아보기’에서는 ‘왜 초에 유리 등피를 씌우고 유리판으로 위를 덮으면 촛불이 꺼질까?’라는 인과적 의문에 대하여 가설 지식을 생성하도록 하였다. 프로그램 25는 ‘유리 등피의 위와 아래를 모두 막으면/ 산소의 공급이 차단되고/ 이산화탄소가 생성되어/ 촛불

표 10. 실험반에서 나타난 의문 지식의 수

범주	대상 A		범주	대상 B		범주	대상 C	
	N	n		N	n		N	n
뜨고 가라앉기	30	2	물 생성	31	2	촛불의 꺼짐	30	4
무게	4	1	캔의 차가움	13	3	촛불이 꺼지는 시간	8	4
색	2	2	물 생성 멈춤	3	1	연소	13	2
맛	14	5	맛	6	3	수증기	8	3
기타	7	6	기타	9	8	기타	12	8
합 계	57	16	합 계	62	18	합 계	71	21

A: 프로그램 3, B: 프로그램 12, C: 프로그램 25, N: 응답자수, n: 의문 수

이 꺼진다.’라는 설명 요소를 기준으로 가설 지식의 설명도를 분석하였다. 표 12는 이러한 가설 지식 생성 결과를 설명 요소의 수준별로 나타낸 것이다.

표 12에서 나타난 바와 같이, 프로그램 3에서는 기타 및 무응답의 빈도수가 21로 가장 높게 나타났다. 기타 내용은 의문과 상관없는 진술, 관찰 결과 재진술 등 가설 지식으로 판단할 수 없는 진술을 포함한다. 프로그램 12에서는 가설의 설명 요소가 3개인 경우가 5개, 2개인 경우가 7개로 증가하였으며 기타 및 무응답의 경우는 많이 줄었다. 프로그램 25에서는 기타 및 무응답의 빈도가 줄어든 반면 가설 설명 요소가 2개인 경우의 빈도수가 10, 가설 설명 요소가 3개인 경우의 빈도수가 9로 증가하였다. 이는 가설 생성 학습 프로그램이 적용되면서 학생들이 보다 정교한 질 높은 가설을 생성하는 것으로 해석할 수 있다. 즉 가설 생성 학습 프로그램이 전통적인 가설 수용 학습보다 초등학생들의 인지적 발달 과정에 더 영향을 미치는 것으로 생각할 수 있다.

IV. 결론 및 교육적 적용

이 연구는 초등학교 6학년 학생을 대상으로 가설 생성 학습 프로그램을 적용하여 가설 생성 과정의 변화를 알아보는 것이다. 이를 위해 과학적 가설 지식 생성 과정에 근거한 가설 생성 학습 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램을 동질 집단으로 가정하는 실험 집단과 비교 집단에 투입하여 얻은 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 제시하고자 한다.

첫째, 가설 생성 학습 프로그램은 과학 지식 생성력에 효과적이다. 과학 지식 생성력 검사 도구를 사용한 검사에서 실험 집단은 비교 집단에 비해 과학 지식 생성력이 향상되었다. 즉, 가설 생성 학습

프로그램은 실험 집단의 아동들에게 가설 생성에 영향을 미치는 귀추적 추론 능력을 향상시킨다고 볼 수 있다. 이러한 결과는 가설 생성 학습 후 초등학생들의 두뇌 활성 정도를 뇌파를 이용하여 측정 한 이전 연구 결과와도 일치한다. 즉 가설 생성 학습은 전통적인 가설 수용 학습보다 두뇌의 여러 부위를 함께 활성화시켜 가설 생성과 관련된 다양한 지식을 생성하게 하는데 효과적인 방법이다.

둘째, 가설 생성 학습 프로그램은 비교반 아동들에 비해 실험반 아동들에게 설명도가 높은 가설을 생성하도록 한다. 또한 가설 생성 과정의 하위 과정인 관찰, 인과적 의문 생성, 유사 경험 표상 및 원인적 설명자 동정 단계의 능력을 향상시키는 변화를 나타낸다. 즉, 가설 생성 학습이 끝난 후, 실험 집단은 비교 집단보다 다양하고 정교한 가설을 생성하는 변화를 뚜렷하게 나타낸다고 할 수 있다.

셋째, 실험 집단 내에서 가설 생성 학습 프로그램 투입 횟수별로 변화의 추이를 살펴 볼 경우에도 프로그램이 적용될수록 설명도가 높은 가설을 생성하는 것으로 나타났다. 이는 가설 생성 학습 프로그램이 인과적 의문, 경험 상황, 원인적 설명자, 가설적 설명자 등의 가설 생성 하위 과정의 지식 생성력 과정을 촉진하기 때문이라고 할 수 있다.

이 연구의 결과를 통해 과학적 가설 생성 학습 프로그램이 초등 과학 학습에서 가설 지식을 생성하는데 효과적이라는 것이 검증되었다. 이러한 연구 결과는 초등 과학 교육에 다음과 같은 시사점을 준다. 첫째, 초등 과학 교육에서 가설 지식 생성 능력을 향상시키기 위한 교수-학습 전략을 수립하는데 바람직한 지침이 된다. Vygotsky의 근접 발달 영역에서 학습자 수준에 따라 적절한 비계를 놓아줄 때 학생들의 사고력이나 학업 성취도가 향상된다는 연구 결과들을 상기할 필요가 있다. 그러므로 가설 생성 학습 프로그램은 교육 현장에서 가설 지식 생성 능력을 향상시킬 수 있는 유용한 학습 모형으로서 적용될 수 있을 것이다. 둘째, 이 연구 결과는 초등학교 과학에서 다양한 영역의 활동에 가설 생성 학습 프로그램을 개발하고 적용하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 현재 초등학교 과학과 내용에서 가설을 생성하는 탐구 과정의 활용 빈도는 높지 않다는 점을 감안하면, 이 연구는 가설 생성 학습 프로그램을 바탕으로 초등 과학 교과와 다양한 학습 내용을 재구성하여 가설을 생성하는 활동으로 개발하

표 12. 실험반에서 나타난 가설의 설명 요소의 수

수준	대상(프로그램 번호)		
	A(3)	B(12)	C(25)
가설의 설명 요소가 3개인 경우	0	5	9
가설의 설명 요소가 2개인 경우	3	7	10
가설의 설명 요소가 1개인 경우	11	10	8
기타 및 무응답	21	13	8
합계	35	35	35

는 구체적인 예가 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 교육부(2002). 초등학교 교사용 지도서(과학 6-2). 한국교육과정평가원.
- 구수정, 박승재(1995). 자연보호답사대회 보고서에 진술된 국민 학생의 가설능력 분석. 한국과학교육학회지, 15(1), 116-125.
- 권용주, 박지영, 신동훈, 정진수, 박국태(2006). 가설 생성 학습 후에 나타난 초등학생의 두뇌 활성 변화. 한국생물교육학회지, 34(1), 72-80.
- 권용주, 양일호, 정원우(2000). 예비 과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. 한국과학교육학회지, 20(1), 29-42.
- 권용주, 정진수, 강민정, 박윤복(2005). 생명현상에 대한 초·중등 과학교사의 관찰에서 나타난 과학적 관찰의 유형. 한국과학교육학회지, 25(3), 431-439.
- 권용주, 정진수, 고경태, 박윤복(2004). 과학 지식 생성력 측정 도구의 개발. 한국생물교육학회지, 32(1), 67-78.
- 권용주, 정진수, 박윤복, 강민정(2003). 과학적 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구: 귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로. 한국과학교육학회지, 23(3), 215-228.
- 김영학(2004). 중학생을 위한 과학적 지식 생성 학습 프로그램의 개발. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 류기섭, 이기우(1995). 기초 지능 검사. 서울: 코리아 테스트 센터.
- 송선희(2000). 근접발달영역을 고려한 교수-학습 방법의 효과성 연구. 교육심리연구, 14(1), 87-111.
- 이영덕, 정원식(1995). 표준화 간편 창의성 검사. 서울: 코리아 테스트 센터.
- 정진수(2004). 과학적 가설 생성에 대한 삼원 귀추 모형의 개발과 적용. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.
- 정진수, 원희정, 권용주(2005). 과학적 가설의 생성력 향상을 위한 삼원귀추모형의 적용. 한국과학교육학회지, 25(5), 595-602.
- Adsit, D. J. & London, M. (1997). Effect of hypothesis generation on hypothesis testing in rule discovery tasks. *Journal of General Psychology*, 124(1), 19-35.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery*. (송진웅, 조숙경 역, 1995). Cambridge University Press.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1-48.
- Klemke, E. D. (1988). Introduction. In E. D. Klemke, R. Hollinger & A. D. Kline (Eds.), *Introductory Readings in the Philosophy of Science* (pp. 1-5). New York: Prometheus Books.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego, CA: Academic Press.
- Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 569-618.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E. (2000). How do humans acquire knowledge? and What does that imply about the nature of knowledge?. *Science & Education*, 9(6), 577-598.
- Peter, S. (1992). Children's language and assessing their skill in formulating testable hypothesis. *British Educational Research Journal*, 18(1), 73-86.
- Wenham, M. (1993). The nature and the role of hypothesis in school science investigations. *International Journal of Science Education*, 15(3), 231-240.
- Zady, M. F., Portes, P. R. & Ochs, V. D. (2003). Examining classroom interactions related to difference in students' science achievement. *Science Education*, 87(1), 40-63.

<부록>

<프로그램 24. 초가 연소할 때 생기는 물질 알아보기>

과정	활동 내용	학생 반응의 예
실험 안내	초 연소 실험에 대한 안내하기	· 교과서 66쪽, 초 연소 실험 방법 알기
	초 연소 실험을 통해 알게 된 사실을 바탕으로 활동 전개	
관찰	실험을 통해 알게 된 사실을 모두 적기	<ul style="list-style-type: none"> · 타고 있는 초위로 집기병을 덮은 후 촛불의 크기가 점점 줄어들다 결국 꺼진다. · 촛불이 꺼진 후 흰 연기가 피어오른다. · 집기병 안쪽에 물이 생겼다. · 염화코발트 종이를 집기병에 대어보니 붉은 색으로 변했다. · 초를 집기병에 넣으니 타던 불이 꺼졌다.
의문 발생	생각해 낸 결과를 통해서 생기는 의문점 적기	<ul style="list-style-type: none"> · 왜 타는 촛불이 집기병을 덮으면 꺼지나? · 집기병은 뜨거운데 촛불이 꺼진 후 안에 왜 물이 생겼나? · 촛불이 꺼지면서 왜 흰 연기가 생기나?
의문 선택	의문점 중 가장 궁금한 것 하나선택하기	· 왜 촛불이 꺼진 후 집기병 안에는 물이 생겼을까?
가설적 설명자 생성	(유사 경험 표상) 위와 비슷한 현상에는 무엇이 있는지 생각하기 (원인적 설명자) 유사경험처럼 생각하게 된 원인 적기	<ul style="list-style-type: none"> · 비닐봉투에 입김을 모으면 그 안에 물기가 생긴다. · 음식을 만들 때(끓이는 경우) 냄비 뚜껑에 물이 생긴다. · 사람이 호흡을 하면서 입 밖으로 보이지 않는 기체가 나와 봉투 안에서 모아졌기 때문이다. · 음식의 물이 가열되면서 기체로 변하여 뚜껑에 붙었기 때문이다.
가설 생성	지금까지 생각한 것을 바탕으로 가설 만들기 ※ 가설 수정 기회 부여	· 초가 탈 때 나오는 물질과 집기병 안 속의 기체가 만나 물을 만든 것이다. 등