

귀추전략 과학수업이 초등학생의 과학적 개념 이해와 초인지에 미치는 영향

김희연 · 강버들* · 유병길†
(개화초등학교 · *부경대학교 · †부산교육대학교)

The Effects of Science Classes Using Abductive Strategies Applied to Elementary School Students on Scientific Concept Understanding and Meta-cognition

Hee-Yeon KIM · Beodeul KANG · Pyoung-Kil YOO†

(Gaehwa Elementary School · *Pukyong National University · †Busan National University of Education)

Abstract

The purpose of this study was to verify the effects of science classes using abductive strategies on the scientific concept understanding and meta-cognition. The subjects included two classes of sixth graders from K Elementary School in B Metropolitan City and they divided into two groups. Research group was composed of 21 students(10 boys, 11 girls) and comparative group was composed of 21 students(11 boys, 10 girls). In order to achieve aims of this study, proper contents to apply abductive strategies were selected from the first semester science curriculum for sixth graders. Also five-steps study papers were designed to elicit abductive reasoning. While the research group received 20 times of reframed science lessons using abductive strategies, the comparative group received common science lessons according to the teachers' manual. The results of this study are as follows. First, science classes using abductive strategies were effective for the scientific concept understanding. Also there were statistically significant differences between the research group and the comparative group in overall science sub-domain. In the process of hypothesis formulating, students tried to find out scientific causes thoroughly to present the optimal explanation and they concentrated on the analysis of each scientific concept. It is thought that this process contributed to better understanding in scientific concepts. Second, science classes using abductive strategies were effective for improving meta-cognition. There were statistically significant differences between the two groups and especially in monitoring that is one of sub-factors of meta-cognition. It indicates that hypothesis formulating process gave positive effect on meta-cognition by stimulating critical thinking and manifesting elaboration.

Key words : Peirce, Abduction, Scientific concept, Meta-cognition

I. 서론

과학의 본성은 인지적 갈등을 통해 사고 체계

를 변화시키는 데 있다. 인지적 갈등은 변화를 이끄는 핵심 동력이며, 인지 갈등으로 비롯된 끊임없는 탐구과정을 통해 현대사회에 필요한 변화

† Corresponding Author : 051-500-7248 pkyoo@bnue.ac.kr

와 발전이 이루어지고 있는 것이다. 탐구과정에서 사고 체계의 근간이 되는 두 가지 논리적 추론은 객관적인 관찰을 통해 진리로서의 규칙을 추구하는 귀납법과 전체로부터 결론의 참을 증명하는 연역법이다. 그러나 귀납법은 현재 상태에 부합하는 많은 사례를 제시하여 규칙을 뒷받침하므로 왜 그러한지에 대한 이유를 제시하지 못한다는 한계를 지니고 있다. 연역법 또한 필연적 결론을 넘어서는 새로운 정보를 생성하지 못하는 단점이 있다. 급변하는 현실에서 귀납이나 연역적 사고 과정만으로는 쉽 없이 쏟아지는 정보들을 새롭고 의미 있는 지식으로 신속하게 구성해 나가기에는 역부족인 면이 있다. 왜냐하면 변화는 점점 가속화되어 가는 데 수 많은 사례를 통해 검증된 규칙을 기다리거나, 필연적인 결론만 붙잡고 있는 것은 다양하고 복잡한 문제 상황들을 해결하는 과정에서 개방적이고 적극적인 사고 활동에 제약을 주기 때문이다. 한 차원 더 높은 유연한 대응과 적합한 문제 상황으로의 적응을 위해서는 사고 체계의 전환이 필요하다. 이에 대한 대안으로 Peirce가 제안한 귀추법이 최근 꾸준히 학자들의 연구를 통해 새롭게 부각되고 있다 (Kwon et al., 2003; Jung & Song, 2006; Fischer, 2001; Lawson, 1995; Hanson, 1958).

귀납적, 연역적, 귀추적 과정을 통해 생성되는 과학지식 가운데 귀추적 과학지식은 자연현상의 원인을 설명하는 데 요구되는 핵심적인 지식으로 인식되어 왔다(Klahr & Dunber, 1988; Wenham, 1993). Magnani(2001)는 창조적인 추리에 의한 과학적 발견에 있어 귀추의 역할이 매우 중요하다고 주장하였다. 확실성을 양보한 대신 새로운 지식에 대한 가능성과 다양성을 높여 지식 생성의 기회를 적극적으로 제공하는 귀추법이야말로 새로운 아이디어를 고안해 내는 유일한 논리적 과정이다(Fischer, 2001). Jung & Song(2006)은 귀추법에 대한 이해를 바탕으로 의심에서 믿음으로 이끄는 가설의 생성과정에 보다 주목해야 함을 제안하며 귀추법의 교육적 의의를 부각시켰다.

이와 같이 현상에 대해 품었던 의문을 해소하고 믿음의 단계에 도달하여 만족감과 성취감을 얻으며 암기가 아닌 이해 수준의 개념 습득이 가능하도록 하기 위하여 귀추법을 학습할 필요가 있다.

과학적 개념 이해는 과학교육의 일차적 목표임에도 불구하고, 귀추법 관련 최근 연구는 주로 과학 탐구능력과 창의적 사고력 및 과학에 대한 태도 등에 초점이 맞추어져 있다(Kim, 2012). 또한 Lee(2008)는 중학생을 대상으로 하여 빛 개념 형성에만 국한하여 귀추법을 도입한 수업을 진행하였으며, Park(2006)도 고등학생을 대상으로 하여 범과학적인 내용을 주제 중심으로 구성하여 120분 내외의 정규 교과 외 프로그램으로 진행한 연구이므로 그 결과를 일반화하기 어렵다. 따라서 인지 발달 단계상 형식적 조작기로 들어서는 초등학교 고학년을 대상으로 정규교육과정 속에서 귀추전략을 적용할 때 과학적 개념 이해에 미치는 효과를 확인하는 연구를 할 필요가 있다.

Hanson(1965)은 귀추를 단순히 전체를 풀어내는 가설-연역법의 차원을 넘어서서 전체를 추적하는 추론으로 보았다. 이는 귀추법이 학습자의 적극성과 자진성, 주도성을 더욱 요구하는 사고 활동임을 의미한다. Park(2006)은 학생들이 긍정적인 자기 주도적 태도를 보일 때, 가설 생성 능력이 향상된다고 보고하였다. 따라서 귀추전략을 활용하는 과정에 자신의 사고 과정에 대하여 보다 자발적으로 깊이 개입하게 되고, 지속적인 인식-검증-재인식의 과정이 나타나게 된다. 이는 학습자의 반성적, 비판적 사고력 향상에 기여할 것으로 예상되며, 초인지와 관련이 깊은 것으로 보인다.

Kim(1996)은 인지 과정에 작용하는 반성적 사고는 과제 수행에 영향을 미치는 초인지 수준의 인지 사고라 하였고, Baird et al.(1991)도 과학의 내용은 쉽게 이해되지 않는 개념이 많기 때문에 학생들이 자신의 학습 과정을 되돌아보고, 이에 따라 인지 과정을 조절하고 통제하는 초인지가 매우 중요하다고 하였다. 그렇다면 Piaget(1970)의

인지 발달 단계에서 추상적 사고와 반성적 사고가 가능해지는 초등학교 고학년 학생들에게 귀추전략이 초인지에 유의미한 영향을 줄 수 있는지에 대한 의문이 제기된다.

따라서 본 연구는 절차를 체계화한 귀추전략을 이용한 과학수업을 정규교과과정 속에서 진행하였을 때, 초등학생의 과학적 개념 이해와 초인지에 미치는 영향은 어떠한지를 알아보고자 한다. 아울러 이것을 바탕으로 과학수업에 활용 가능한 다양한 귀추전략 프로그램 개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 이와 같은 목적을 이루기 위해 설정한 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 귀추전략을 이용한 과학수업이 초등학생들의 과학적 개념 이해에 미치는 영향은 어떠한가?

둘째, 귀추전략을 이용한 과학수업이 초등학생들의 초인지에 미치는 영향은 어떠한가?

II. 이론적 배경

과학적 문제해결의 첫 단계는 관찰한 현상을 설명할 수 있는 가설 생성에 있다. 이러한 가설 생성의 방법에 대하여 귀추법이라는 명시적인 형태로 제시한 최초의 학자는 Peirce이다. 귀추법은 논리적 추론법으로서, Hanson(1958)은 기존의 귀납법이나 연역법만으로는 설명하기 어려운 가설의 생성과정이나 과학 지식의 과정을 설명하는데 적합한 방법이라고 주장하였다. Lawson(1995)은 귀추법을 어떤 한 상황에서 성공적이었던 기존의 설명을 미지의 상황에 대한 잠정적인 설명으로 차용하여 제안하는 가설 창안의 정신적 과정으로 정의하였다. 그리고 Magnani(2001)는 특정한 사실이나 법칙, 가설 등을 추론하여 어떤 현상이나 관찰 내용을 설명하거나 발견하는 과정으로 보았다. 본 연구에서는 귀추법을 ‘놀라운 현상을 관찰하여 생긴 의문점과 관련된 경험을 떠올려 원인을 찾아봄으로써 새로운 가설을 생성하는 논리적 추론’으로 정의하고자 한다.

귀추법을 통해 도달하고자 하는 목표는 최선의 설명으로서의 가설 생성에 있다. 본 연구에서는 이 과정에서 나타나는 절차적 체계를 갖춘 추론의 방법적 측면을 부각시키기 위하여, 귀추법을 통해 가설을 생성하는 일련의 과정을 ‘귀추전략’이라는 용어를 사용하였다.

Carin(1997)에 따르면, 개념은 이론을 구성하는 인지적 기본 단위로서 다양한 사건이나 사물, 관찰 내용 등에서 공통적인 속성을 나타내는 정신적 표상이며, 유사한 사례를 일반화한 관념이다. 과학적 개념은 과학 지식의 구성요소 중 하나로서 Cho et al.(2009)은 과학적 개념이 관찰한 사실을 바탕으로 형성된다고 보았다. 본 연구에서는 과학적 개념을 관찰한 사실을 바탕으로 자료들 간의 유의미한 관계를 구성한 추상적 관념으로 정의하고자 한다. 또한, 이것은 초등 과학 핵심 성취기준을 참고로 하여 추출해 낸 과학적 내용 요소의 이름과 정의, 속성, 가치, 예시 등을 의미한다.

과학교육에서 개념 이해의 목적은 각 개인의 인지 구조 내 정신적 표상인 주관개념을 공인된 속성으로서의 객관개념으로 변화시키는데 있다. 이 과정에서 각 대상에 대한 공통적 속성을 알고 개념에 알맞은 사례를 들 수 있고 적용할 수 있을 때 개념을 이해했다고 할 수 있다. 이는 Anderson & Krathwohl(2001)이 Bloom의 신교육목표분류체계를 변형하여 발표한 요소에서 ‘기억하다’, ‘이해하다’, ‘적용하다’의 단계까지 확장된 수준이다. 본 연구에서는 과학적 개념 이해를 개념의 습득과 형성, 변화의 차원까지 포함하여 기억, 이해, 적용의 수준까지 종합적으로 나타나는 인지과정으로 정의하였다.

초인지에 대하여 Kim(1996)은 인지 현상 전반에 대한 지식으로 보았고, Song(2011)은 인지 사고를 지시하고 통제하는 조작들을 의미한다고 보았다. 본 연구에서는 초인지를 초인지의 사용과 관련된 측면에 특히 주목하여 초인지를 계획, 모니터, 조절, 평가의 하위요소를 가진 초인지적 기

능으로 한정하여 사용하였다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 B시 소재 K초등학교 6학년 2개 학급을 각각 실험집단과 비교집단으로 선정하여 진행되었다. 자세한 사항은 <Table 1>과 같으며, 총 42명을 대상으로 하였다.

<Table 1> Distribution of the respondents

division	exp.		com.	
gender	boy	girl	boy	girl
N	10	11	11	10
total	21		21	

2. 검사 도구 및 자료 분석

귀추전략을 이용한 과학수업이 초등학생의 과학적 개념 이해와 초인지에 미치는 영향을 비교 분석하기 위하여 본 연구진이 개발한 20차시의 귀추전략 학습지를 15주 동안 귀추전략 과학수업에 투입하였다. 사전 및 사후 검사 도구로는 과학적 개념 이해 검사지, 초인지 검사지를 사용하였다. 개발된 귀추전략 학습지는 과학교육 전문가 5인에게 내용 타당도를 검증받았다.

과학적 개념 이해의 정도를 파악하기 위하여 본 연구의 적용 단원으로 선정된 내용의 학습 위계를 분석하고 핵심 성취기준을 중심으로 과학적 개념을 추출하여 과학적 개념 검사지를 자체 개발하였다. 검사지는 과학교육 전문가 5인과 논의하여 내용타당도를 검증받았고, 실험집단과 비교집단에게 동일하게 통제된 조건에서 과학적 개념 이해 검사지로 사전·사후 검사를 실시하였다.

초인지를 측정하기 위하여 Yang(2000)의 자기 조절학습 측정 도구와 Pintrich et al.(1991)의 학습 동기화 전략에 대한 질문지(MSLQ)를 바탕으로

Song(2011)에 의해 수정·보완된 검사문항을 활용하였다.

비교집단의 수업처치를 위하여 연구집단과의 차이를 유발할 수 있는 교사 요인, 환경 요인 등을 통제하는 사전 수업 협의를 주 2회 실시하였다. 비교집단에게 연구집단과 동일한 차시의 과학 수업을 진행하되, 과학과 교사용 지도서에 제시된 수업 모형과 순서에 따른 일반적인 수업을 진행하였다. 실험집단과 비교집단에 각각 사전·사후검사를 실시하였다. 본 연구를 위하여 수집한 자료는 SPSS 22 통계프로그램을 이용하여 분석하였다.

3. 귀추 전략을 사용한 과학수업 설계

선행연구를 바탕으로 다음과 같은 3가지 원칙에 유의하여 가설 생성의 5단계를 설정하였다. 3가지 원칙은 첫째, 귀추적 사고의 첫 단계인 유사 경험과의 관련성을 포함할 것, 둘째, 명료한 행동차원으로 용어를 정리할 것, 셋째, 초등학생이 이해하기 쉬운 용어로 짧게 제시할 것이다.

본 연구에서 설정한 귀추 전략을 이용한 가설 생성의 5 단계는 다음과 같다. 1단계의 ‘현상 관찰하기’에서는 놀라움을 주는 현상을 관찰하고, 2단계 ‘의문점 찾기’에서는 현상을 관찰하며 생긴 의문점을 찾는다. 3단계인 ‘경험 떠올리기’에서는 현재의 의문점과 비슷한 과거 경험 상황을 떠올리고, 4단계 ‘원인 찾기’에서는 과거 경험 상황을 설명할 수 있는 원인을 찾는다. 5단계 ‘가설 생성하기’에서는 현재 의문 상황을 가장 잘 설명해 줄 수 있는 가설을 생성하도록 한다.

초등학생들에게도 가설 설정활동을 용이하게 경험시킬 수 있다(Joung & Song, 2006)는 연구를 바탕으로 분석할 때, 귀추법 양식을 제공하는 것이 바람직한 형태의 가설 생성을 돕는 하나의 방안이 될 수 있다. 따라서 귀추적 사고를 진행시킬 간단한 양식이 필요함을 공감하고, 귀추 전략 학습지를 개발하여 학습의 과정에 활용하였다.

학습지는 Kim(2012)의 귀추를 이용한 가설 설정 활동지를 참고로 재구성 하되, 귀추의 각 단계가 명시적으로 드러나도록 부각시켰다. 특히 가설 생성에 대한 강한 동기를 부여하고자 현상의 관찰과 관련된 다양하고 놀라운 상황을 영상, 사진, 만화 등의 다양한 형식으로 제공한 후, 학생들에게 작성하도록 하였다. 학습지에도 관련된 일련의 사진을 삽입하여 귀추의 사고 과정에 계속해서 놀라움의 감정을 유지하도록 하였다.

IV. 결과 및 논의

1. 귀추전략을 이용한 과학수업이 과학적 개념 이해에 미치는 영향

실험집단과 비교집단의 동질성 여부를 확인하기 위한 과학적 개념 이해 사전 검사에 대한 t-검정 결과는 <Table 2>와 같다.

과학적 개념 이해 사전 검사의 t-검정 결과, 실험집단과 비교집단은 유의미한 차이가 없었다 ($p>.05$). 더욱이 지구과학, 생물, 물리, 화학 영역에서의 과학적 개념 이해 사전 검사를 분석한 결과에서도 두 집단은 유의미한 차이가 없었다 ($p>.05$). 따라서 실험집단과 비교집단은 과학적 개념 이해에 있어서 동질집단으로 간주하고, 실험

험을 처치하였다.

귀추전략 수업 처치 후 실시한 사후 검사의 t-검정 결과, 두 집단은 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p<.05$). 과학을 하위 영역별로 구분하여 두 집단의 사후 검사 결과를 보면, 지구과학, 생물, 물리, 화학 전 영역에 걸쳐 통계적으로 유의미한 차이가 있는($p<.05$) 것으로 분석되므로 귀추전략을 이용한 과학수업이 과학적 개념 이해에 긍정적으로 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 귀추법을 도입한 과학수업이 초등학생이 인식하는 빛 개념의 추론과 인식에 긍정적인 효과를 준다는 Lee(2007)의 연구 결과와 일치하며, 귀추적 사고를 도입한 수업이 중학생의 빛의 개념 형성과 이해에 효과적이라는 Lee(2008)의 연구와도 일치한다. 하지만 두 연구 모두 과학의 물리 영역 중에서 빛 관련 개념에만 국한된 연구 결과이기 때문에 다양한 개념으로 일반화하기에는 한계가 있었다.

귀추전략을 이용한 과학수업이 과학적 개념 이해에 효과적으로 작용한 것은 귀추의 핵심인 가설 생성 능력의 신장과 관련이 있는 것으로 분석된다. 귀추법에 관한 선행 연구(Kwon et al., 2003; Park, 2006; Joung & Song, 2006; Hanson, 1965; Lawson, 2000)에서는 새로운 가설을 생성하

<Table 2> Before & after test of scientific concept (N=21)

division	before test				after test					
		M	SD	t	p	M	SD	t	p	
life & earth	earth S.	exp.	28.62	10.18	.408	.68	39.19	8.89	3.919	.000
		com.	27.57	5.90			27.43	10.50		
	biology	exp.	25.86	6.44	1.063	.29	32.95	4.50	4.189	.000
		com.	23.62	7.18			23.67	9.11		
material & energy	physics	exp.	20.24	4.92	.765	.44	24.76	5.79	2.965	.005
		com.	19.10	4.76			19.00	6.77		
	chemistry	exp.	20.14	7.44	.196	.84	30.24	7.56	2.921	.006
		com.	20.62	8.26			24.33	5.35		
total	exp.	94.86	25.14	.548	.58	127.14	24.54	4.172	.000	
	com.	90.90	21.47			94.43	26.25			

게 하는 발견의 논리로서의 귀추의 역할을 강조하였다. 이러한 결과는 Yun(2007)의 연구에서도 경험 귀추적 탐구수업이 중학생의 가설생성 능력에 긍정적인 영향을 준다는 것을 밝혔고, Jeong(2004)도 삼원귀추모형을 적용한 수업이 과학적 가설의 생성력을 향상시킨다고 보고한 결과와 일치한다.

이와 같이 과학적 개념은 과학 지식을 이루는 관념적 인지 단위로서 가설 생성 시 과학의 각 하위 영역에 영역-특수적으로 작용하여 가설 생성을 가능하게 하는 기초가 되었다. 이와 더불어 체계적으로 단계를 갖춘 귀추전략은 과학 전 영역에 걸쳐 이러한 가설 생성의 과정이 원활하게 이루어질 수 있도록 영역-보편적으로 지원하는 역할을 했다고 분석된다. 따라서 귀추전략을 이용한 과학수업은 가설 생성 능력을 향상시켜 과학적 개념에 대한 이해도를 높이는데 유기적으로 작용하여 결과에 유의미한 영향을 주었다고 할 수 있다.

2. 귀추전략을 이용한 과학수업이 초인지에 미치는 영향

실험집단과 비교집단의 동질성 여부를 확인하기 위하여 실시한 초인지 사전 검사에 대한 t-검정 결과는 <Table 3>과 같다.

초인지 사전 검사에 대한 t-검정을 실시한 결과, 두 집단 사이에 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($p>.05$). 따라서 실험집단과 비교집단은 초인지에 있어서 동질집단임을 가정하고, 실험을 처치하였다.

귀추전략 수업 처치 후 실시한 사후 검사의 t-검정 결과, 두 집단은 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 알 수 있었다($p<.05$). 따라서 귀추전략을 이용한 과학수업은 초인지 향상에 효과가 있는 것으로 분석된다.

실험집단과 비교집단 모두 사전·사후 검사에서 일관되게 초인지 점수의 평균이 상승하였는데, 이러한 결과는 중, 고등학생의 초인지, 자기효능감, 구성주의적 과학학습 환경에 대한 인식을 분석한 Kim(2011)의 연구에서 학년이 올라갈수록 초인지가 향상된다는 결과와 일치한다. 다만, 선행 연구에서는 중학생과 고등학생의 차이를 비교한 학교급 단위의 분석이고, 본 연구는 15주 동안 나타난 변화 양상을 비교하여 분석한 것이라는 차이를 감안할 필요가 있다. 특히 시간의 경

<Table 3> Before & after test of meta-cognition(N=21)

division		before test				after test			
		M	SD	t	p	M	SD	t	p
plan	exp.	8.86	2.80	-.875	.387	11.05	2.89	1.271	.211
	com.	9.52	2.09			9.95	2.69		
monitor	exp.	18.14	5.16	-.233	.817	22.86	4.80	2.464	.018
	com.	18.48	4.06			18.90	5.57		
control	exp.	18.29	4.81	-.544	.590	21.38	4.35	1.631	.111
	com.	19.00	3.62			19.43	3.34		
evaluation	exp.	8.90	2.88	.110	.913	11.05	2.54	1.200	.221
	com.	8.81	2.73			10.05	2.67		
total	exp.	54.19	13.16	-.442	.661	66.33	12.34	2.124	.040
	com.	55.81	10.42			58.33	12.04		

과에 따라 인지 수준의 발달로 자연스럽게 초인지 수준이 두 집단 모두 높아질 것이라 예상되지만, 특히 초인지 사후 평균 점수에서 두 집단 간 유의미한 차이가 있었다는 점은 눈여겨 볼 점이다($p < .05$). 이와 더불어, 귀추전략을 이용한 과학수업을 실시한 실험집단에서 검사의 사전·사후 평균값을 비교할 때 그 향상도가 비교집단에 비해 크게 나타났다.

초인지를 하위 요소별로 구분하여 두 집단의 사후 검사 결과를 분석해보면 계획, 조절, 평가 요소는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았으나, 모니터 요소는 실험집단과 비교집단 사이에 유의미한 차이가 있었다($p < .05$).

Go(2005)는 인지적 모니터링에 대하여 자신의 인지 활동을 의식적으로 관찰, 검토하는 능력 뿐 아니라 인지 활동에 대한 평가, 통제 및 조절하는 등의 능력을 포함하는 광의의 능력으로 정의하였다. 즉, 모니터링은 초인지의 하위 요소로 분류됨과 동시에 초인지의 개념 전반을 아우르기 위해 필요한 사항들을 상당수 내포한 포괄적인 요소인 셈이다. 그러므로 본 연구의 결과에서 보이는 모니터 요소의 향상은 전체적인 초인지 수준의 신장과 일맥상통하는 점이 있다.

결론적으로 귀추전략을 이용한 과학수업이 초인지 향상에 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과에 대해 초인지의 활용 능력은 향상될 수 있으며, 초인지 능력은 교수 및 학습이 가능하다는 연구(Song, 2011; Gunstone, 1994)를 토대로 분석해 볼 필요가 있다. 본 연구의 결과는 Park & Seo(2015)가 가설 설정 능력과 초인지와의 관계를 분석하여 초등 과학영재의 가설 설정 능력과 초인지의 인지 조절 사이에 유의미한 상관관계가 있음을 밝힌 바와 일치한다. 이는 문제가 비구조적이고 상황이 친숙하지 않을 때 학습자 스스로 초인지 사용의 필요성을 느끼고 사용하게 된다는 Shin et al.(2003)의 연구 결과와도 유사하다. 귀추전략은 과학적 사고를 실현시키는 논리적 추론의 과정이므로 과학적 사고력과 밀접

한 관련이 있기 때문에, 이와 같은 결과는 과학적 사고력이 초인지와 유의미한 정적 상관관계가 있는 것으로 나타난 Lee(2010)의 연구와도 일치한다. Park(2005)의 연구에서도 창의적 문제해결력의 확산적 사고, 비판적 사고가 초인지와 유의미한 상관을 보였다. 특히 문제 발견하기 및 정의하기, 가설 설정하기 및 변인 조절하기, 해결책 구안하기 단계에서 모두 초인지와 유의미한 상관을 보인 Park(2005)의 연구 결과는, 귀추 전략이 초인지에 유의미한 영향을 준다는 본 연구 결과와 일치하는 부분이다.

귀추를 이용한 가설 설정이 창의적 사고활동에 있어 정교성과 유창성의 영역에서 통계적으로 유의미한 결과를 보여준 Kim(2012)의 연구를 분석해 보면, 다양한 유사 경험 상황을 떠올려 최선의 설명이 가능한 원인을 고찰하는 귀추의 과정에서 발휘되는 정교성에 주목할 필요가 있다. Hwang(2011)에 따르면 정교성은 다듬어지지 않은 아이디어를 다듬는 능력을 말하는데 특정한 일을 계획하고 검증 및 분석하는 정교성의 특성을 감안했을 때, 높은 수준의 정교성은 초인지와 관련이 있는 것으로 여겨진다. 초인지의 하위 요인 중 정교화가 비판적 사고와 가장 높은 상관을 보이며 과학 학업 성취에도 가장 큰 영향을 미친다는 Jang(2010)의 연구 결과는 이를 뒷받침한다. 또 Oh & Oh(2011)의 연구 결과에 의하면, 가설을 형성하는 귀추적 탐구과정은 증거와 이론에 비추어 새로운 가설이 계속 등장하고 그것들을 지속적으로 다듬어가는 과정이며, 증거와 이론을 고려하는 반성적 과정이 순환적으로 반복됨으로서 가설의 정교화에 기여한다고 하였다. 따라서 귀추전략을 이용한 과학수업이 초인지 향상에 효과가 있으며, 가설을 생성하는 과정에 비판적 사고의 활성화와 정교성의 발현을 통해서 초인지에 긍정적인 영향을 주는 것으로 분석된다.

V. 결론

본 연구에서는 귀추전략을 이용한 과학수업이 초등학생의 과학적 개념 이해와 초인지에 미치는 영향을 알아보았으며, 그 결론은 다음과 같다.

첫째, 귀추전략을 이용한 과학수업은 학생들의 과학적 개념 이해에 효과가 있었다. 이는 귀추의 핵심인 가설 생성 능력의 신장과 관련이 있는 것으로 보인다. 귀추적 추론의 과정 속에서 가설을 생성하기 위해 의문 상황과 유사한 경험을 떠올리며 적절한 원인을 찾는 단계에 진입하게 되는데, 이때 일상적 상황에 대한 과학적 접근이 집중적으로 이루어지게 된다. 그리고 과학적 개념 요소들을 하나씩 짚어가며 가설로서의 타당성을 깊이 있게 탐색하는 일련의 과정이 과학적 개념 이해 향상에 유효하게 작용한 것으로 분석된다. 실제로 가설을 세우기 위해서 다양한 생각을 하게 되면서 과학적 개념을 더 쉽고 명확하게 이해하는데 도움이 되었다는 학생들의 응답 분석 결과도 이를 뒷받침한다. 과학의 하위 영역에 대한 분석에서도 귀추전략은 지구과학, 생물, 물리, 화학 전반에 걸쳐 과학적 개념 이해에 유의미한 영향을 주었다. 따라서 귀추전략은 특정 개념이나 영역에 제한된 것이 아니라, 과학 학습 전반에 활용될 수 있는 전략으로 일반화 가능성이 높다.

둘째, 귀추전략을 이용한 과학수업은 학생들의 초인지 향상에 효과가 있었다. 초인지의 하위 요소별로 분석해 보면 계획, 조절, 평가 요소 모두 향상되었는데, 특히 모니터 요소에서 유의미한 차이를 보였다. 이것은 모니터 요소 본연의 특징이 자신의 인지 활동을 의식적으로 관찰하고 검토하는 능력과 인지 활동에 대한 평가·통제 및 조절하는 능력을 포함하는 종합적인 성격을 지니고 있기 때문이다. 즉, 모니터는 초인지의 하위 요소로 분류됨과 동시에 초인지 전체의 개념을 아우르기 위해 필요한 사항들을 상당수 내포한 포괄적인 요소이므로 모니터 기능의 향상이 전체 초인지의 수준을 끌어올리는데 기여한 것으로 분석된다. 그리고 다양한 유사 경험을 떠올려 최선의 설명이 가능한 원인을 고찰하는 귀추의 과정

에서 발휘되는 높은 수준의 정교성은 초인지와 관련이 있는 것으로 보인다. 경험과 사전 지식에 비추어 새로운 가설이 계속 등장하고 그것들을 지속적으로 다듬어가는 반성적 순환 과정은 비판적 사고의 활성화와 정교성의 발현을 통해서 초인지에 긍정적인 영향을 주는 것으로 분석된다.

이러한 결과를 종합하여 볼 때, 귀추전략을 이용한 과학수업은 학생들의 과학적 개념에 대한 이해를 돕고, 초인지 신장에 유의미한 영향을 주는 것으로 판단된다. 따라서 귀추전략은 과학 교육에 있어 효과성 있는 방법으로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

이와 같은 결론을 토대로 과학교육 현장과 후속 연구를 위해 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 현재 초등학생을 대상으로 한 귀추전략과 과학학습에 대한 연구는 충분하지 못하며, 그 주제도 매우 한정적이다. 초등학생은 대부분 구체적 조작기 수준에 있는 학습자이기에 귀추전략 투입의 효과성에 의문을 던지며 적극적인 시도를 하지 않는 것으로 보인다. 하지만 본 연구에서는 단계적인 지도 과정을 통하면 초등학생에게도 인지적 측면이나 정의적 측면에 있어 유의미한 영향을 줄 수 있음을 확인하였다. 더욱이 귀추법은 과학적 탐구의 시작을 여는 핵심적인 추론 과정이므로, 형식적 조작기로의 이행이 시작되는 초등학교 고학년 학생들에게 적극적으로 소개될 필요가 있다. 따라서 귀추전략의 핵심적 단계는 유지하되, 초등학생의 인지 수준을 고려하여 다양한 활동 유형이나 내용 구성 등 그 접근법에 있어 더욱 쉽고 재미있는 방법을 모색하는 연구가 필요하다.

둘째, 본 연구는 귀추전략에 기반을 둔 가설 생성 활동에 초점을 맞추어 진행하였다. 지나치게 가설의 정당성 확인에 주목하여 탐구의 과정이 불균형을 이루고 있는 상황에서 상대적으로 소홀했던 가설 생성을 부각시켜 균형을 잡으려 했기 때문이다. 하지만 가설 생성 활동이 충분히

안정적으로 진행된다면, 더 나아가 가설 검증 활동으로 자연스럽게 연결되어 하나의 순환적 연결 고리가 구성되어야만 온전한 과학적 탐구과정이 이루어질 것이다. 따라서 추후에는 초등학생을 대상으로 하여 가설의 생성과 그 검증 과정으로 까지 확대하여 과학적 탐구를 진행하는데 있어 효과적이고 체계적인 단계별 지도 전략을 개발할 필요가 있다.

셋째, 학습자의 사고 과정을 돕기 위해 귀추전략 학습지를 활용하여 효과를 보았으나, 동일한 형태의 학습지 투입이 장기화된다면 의존도가 높아지고 도리어 형식에 갇힌 일관된 생각을 조장할 수도 있다. 따라서 학습자의 인지 수준에 따라 차별화된 접근 방식으로 학습지를 개발하여 최선의 투입 방법과 투입 기간을 탐색하고 그 효과성을 검증해 보는 연구는 학교 현장에 실질적인 도움이 될 것이다.

References

- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R.(2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. NY: Addison Wesley Longman.
- Baird, J. R. · Fensham, P. J. · Gunstone, R. F. & White, R. T.(1991). The importance of reflection in improving science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(2), 163-182.
- Carin, A. A.(1997). *Teaching science through discovery*, (8th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill.
- Cho, H. Y. · Kim, H. G. · Yoon, H. S. & Lee, G. Y.(2009). *Theory and Practice of Science Education*. Seoul: Kyoyookbook.
- Fischer, H. R.(2001). Abductive reasoning as a way of worldmaking. *Foundations of Science*, 6, 361~383.
- Go, G. B.(2005). The Effects of cognitive monitoring learning strategy on students' academic achievement and metacognition in elementary science classes. A doctor's thesis. Korea National University of Education.
- Gunstone, R. F.(1994). The importance of specific science contents in the enhancement of metacognition. In P. Fensham, R. Gunstone, & R. White (Eds.), *The contents of science: A constructivist approach to its teaching and learning*. Falmer Press: London.
- Hanson, N. R.(1958). *Pattern of discovery: An inquiry into the conceptual foundation of science*, Cambridge University Press.
- Hanson, N. R.(1965). Notes toward a logic of discovery, In *perspectives on Peirce*, 42-65.
- Hwang, S. Y.(2011). Effects of science writing program on middle school students' scientific creativity and science-related attitude. A doctor's thesis. Ewha Womans University.
- Jang, J. Y.(2010). The Effect of Metacognition Level and Interest on the Science Achievement of Middle School students. A master's thesis. Pukyong National University.
- Jeong J. S.(2004). Development of the triple abduction model and its application to scientific hypothesis generation. A doctor's thesis. Korea National University of Education.
- Joung, Y. J. & Song, J. W.(2006). Exploring the Implications of Peirce's Abduction in Science Education by Theoretical Investigation. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(6), 703~722.
- Kim, N. Y.(2012). The Effect of Hypothesis Formulation using Abduction on Science Processing Skills and the Creative Thinking Activities. A master's thesis. Busan National University of Education.
- Kim, S. M.(1996). A study on the concept of metacognition in mathematics education. A doctor's thesis. Seoul National University.
- Kim, S. O.(2011). Analysis of Metacognition, Self-efficacy and Perceptions of Constructivist Learning Environment on Science of Middle and High School Students. A master's thesis. Ewha Womans University.
- Klahr, D. & Dunbar, K.(1988). Dual search space during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1~48.
- Kwon, Y. J. · Jeong, J. S. · Kang, M. J. & Kim, Y.

- S.(2003). A Grounded Theory on the Process of Generating Hypothesis-Knowledge about Scientific Episodes. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 23(5), 458-469.
- 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, 577-598.
- Lee, E. J.(2010). A study of direct teaching strategy of inquiry skills applying meta-cognition. A doctor's thesis. Ewha Womans University.
- Lee, E. S.(2008). Effect of the application of abduction inference in class on the formation of 7th graders' conception of light. A master's thesis. Korea National University of Education.
- Lee, S. H.(2007). Effect of teaching strategy related to abduction inference on elementary school students' cognition of vision. A master's thesis. Korea National University of Education.
- Magnani, L.(2001). *Abduction, reason, and science: Process of discovery and explanation*. NY: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Oh, P. S. & Oh S. J.(2011). A Study on the Processes of Elaborating Hypotheses in Abductive Inquiry of Preservice Elementary School Teachers . *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(1), 128-142.
- Park, E. M.(2006). The influence of hypothetico-deductive teaching programs based on abduction in creative thinking, critical thinking and scientific attitude. A doctor's thesis. Ewha Womans University.
- Park, J. Y.(2005). The Relationship between the Creative Problem Solving Ability in Science and Students' Metacognition. A master's thesis. Ewha Womans University.
- Park, M. J. & Seo, H. A.(2015). Analysis on Hypothesis-generating Ability of Elementary School Gifted Students in Science and Its Correlation with Meta-cognition. *Journal of Gifted/Talented Education*, 25(1), 59-76.
- Peirce, C. S.(1931-1958). *Collected papers of Charles Sanders Peirce* [ab. CP], 8 vols. C. Hartshorne, & P. Weiss (1931-1958)(Eds.), vols. 1-6; A. W. Burks (1931-1958)(Ed.), vols. 7-8, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Piaget, J.(1970). *Science of education and the psychology of the child*. NY: Orion Press.
- Pintrich, P. R. · Smith, D. A. F. · Garcia, T. & Mckeachie, W. J.(1991). A manual for the use of motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ). (ERIC Document Reproduction Service No. ED 338 122).
- Shin, N. · Jonassen, D. H. & McGee, S.(2003). Predictors of well-structured and ill-structured problem solving in astronomy simulation. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(1), 6-33.
- Song, J. E.(2011). The effect of enhanced meta-cognitive skills on the strategy of science creative problem solving skills. A master's thesis. Ewha Womans University.
- Wenham, M.(1993). The nature and role of hypotheses in school investigations. *International Journal of Science Education*, 15, 231-240.
- Yang, M. H.(2000). The Study on the development and validation of self-regulated learning model. A doctor's thesis. Seoul National University.
- Yun, Y. J.(2007). The effect of empirical abductive inquiry study considering hypothetical thinking on 「Properties of the matter」 section of middle school science 2. A master's thesis. Ewha Womans University.

-
- Received : 21 June, 2016
 - Revised : 11 June, 2016
 - Accepted : 22 July, 2016