

초등학생의 인지 수준에 따른 과학의 본성에 대한 명시적 교수 효과 분석

방미정[†] · 김효남

(대구장성초등학교)[†] · (한국교원대학교)

The Effects of Explicit Instruction about Nature of Science by Elementary School Student's Cognitive Level

Bang, Mijeong[†] · Kim, Hyo-Nam

(Daegu Jangsung Elementary School)[†] · (Korea National University of Education)

ABSTRACT

In this study, we investigated the effects of explicit instruction about nature of science by elementary school students' cognitive level. Participants were six classes, 187 sixth graders at elementary schools in Daegu. Three classes were assigned to control groups and the other classes to treatment groups. Control groups were provided normal instructions and treatment groups were provided instructions integrated with nature of science about chapter 'electromagnet' for 9 class periods. The results of this study were as follow. Both low-cognitive level students and high-cognitive level students in the treatment groups are improved in understanding about nature of science by the explicit instructions about nature of science. Especially, the high-cognitive level students had more improvement than the low-cognitive level students in understanding about nature of science by the explicit instructions about nature of science. There were no significant differences between the test scores of the two groups in the science interest sub-domain of the science-related affective domain. But, there were significant differences between the test scores of the two groups in curiosity and open-mindedness of the scientific attitudes sub-domain of the science-related affective domain.

Key words : nature of science, explicit instruction, elementary students, cognitive level

I. 서 론

오늘날 과학교육의 궁극적인 목적은 과학적 소양인의 양성이다(AAAS, 1990; NRC, 1996). 과학적 소양인은 다른 사람들이나 주위 환경과의 상호작용에서 일어나는 의사 결정 과정에서 과학의 개념, 과정, 기술, 그리고 가치를 사용하며, 사회 경제적 발달, 과학, 기술 및 사회의 다른 여러 측면들 간의 상호관련성을 이해할 수 있는 사람을 의미한다(NSTA, 1971). 이러한 과학적 소양을 함양하기 위하여 과학의 본성에 대하여 이해하는 것이 필수적이다(Mei-

chtry, 1992).

우리나라에서는 제5차 교육 과정(교육부, 1998)에서부터 과학의 본성에 대한 이해가 교육 목표에서 제시되어 왔으며, 현행 7차 교육 과정에서는 10학년 과학 교과서에서 과학 지식의 형성 과정이나 과학 지식의 잠정성, 과학적 탐구 방법 등 과학의 본성에 대한 내용을 다루고 있다. 그러나 초등학교의 과학 교과서에서는 과학의 본성에 대하여 직접적으로 다루지 않는다. 교사가 과학의 본성에 대해 직접 가르치지 않아도 학생들이 과학 탐구 활동을 수행하는 과정에서 자연스럽게 과학의 본성에 대

한 학습이 이루어진다고 가정할 수 있으나(Moss *et al.*, 1998), 이러한 간접적인 방법은 학생들이 과학의 본성에 대해 적절한 견해를 갖도록 하는 데 효과가 크지 않다는 연구 결과가 있다(Meichtry, 1992).

피아제의 인지 발달 단계 이론에 따르면 대부분의 초등학생들은 구체적 조작기에 해당하는데, 이 단계에서의 사고는 정교화 된 인식론적 이해가 불가능한 것으로 보는 경향이 대부분이다(Chandler *et al.*, 1990). Inhelder와 Piaget(1958)는 위계적인 의미로 인지 발달 단계를 사용한다면, 구체적 조작기의 학생이 구성주의적 신념을 가지고 지식을 바라보는 것은 어려울지도 모른다고 주장하였으며 또한, Basseches(1980)는 상대주의적인 인식론적 신념을 사용하기 위해서는 더 높은 단계의 인지적 발달 수준이 필요하며, 인지적 발달의 상위 단계가 인식론적 신념과 어떤 관련을 가지고 있는지 더 많은 연구가 이루어져야 한다고 하였다. Buehl과 Alexander(2001)는 신념은 그 깊이와 본질을 알기 어려운 문제로, 신념을 측정하는 것이 매우 어렵고, 더군다나 어린 아이들은 지식과 앎에 대한 신념을 갖고 있더라도 그 개념을 명확하게 설명할 수 있는 언어를 갖고 있지 않기 때문에 더욱 어렵다고 보고 있다. 이러한 주장들을 과학의 본성에 대한 연구 대상 또한 상급학교 학생이나 교사를 위주로 이루어져 왔고, 초등학생들의 과학의 본성에 대한 견해 연구는 거의 이루어지지 않았다(Elder, 2002).

그러나 Montgomery(1992)는 초등학생이나 미취학 아동과 같이 비록 어린 학생들일지라도 ‘안다’는 것이나 ‘지식’에 대한 초기 형태의 인식론을 지니고 있음을 주장하였으며, Metz(1995)는 오랜 연구로부터 유치원과 초등학생들이 피아제나 다른 발달 이론이 추측해왔던 것보다 훨씬 더 논리적, 지적으로 정교화 되어 있음을 밝혔다. 또한, Smith 등(2000)은 의도적인 교육 과정에 의해 초등학생들이 좀 더 정교화 된 인식론적 관점을 가지는 것이 가능하다고 주장하며, 이주연 등(2006)은 과학에 대한 인식론적 신념이 학습자 특성과 유의미한 관계를 가지고 있고 초등학생들은 미숙하지만 어느 정도의 긍정적인 신념을 형성하고 있음을 밝혔다.

결국, 구체적 조작기의 단계에서 형식적 조작기 단계에서와 같은 정교한 인식론적 이해는 부족하더라도 어느 정도의 인식론적 신념을 가질 수 있다. 그렇기 때문에 초등학교 시기부터 인식론적 신념에

대한 교육이 이루어져야 할 것으로 본다. 왜냐하면 개인이 특정한 대상에 가진 신념은 그 대상과 관련한 사고와 행동에 영향을 끼치게 된다. 과학을 증명된 사실들의 집합이라고 생각하는 학생들은 그 진리들을 암기하는 데 초점을 맞추고, 모든 지식을 과학적 방법이라고 하는 절차를 통해 확인하려고 할 것이다. 반면에 과학을 연속적인 개념 발달, 데이터를 의미 있게 해석하려는 노력, 각 개인 간의 과학적 의미를 협상하는 과정으로 생각하는 학생들은 개념과 그것의 변화에 초점을 맞출 것이다(Roth & Roychoudhury, 1994). 그리고 과학 학습에서 과학적 가치, 가정, 방법 등에 대한 적절한 이해가 선행되지 않는다면 과학적 법칙, 이론, 원리와 같은 과학 지식을 올바르게 이해할 수 없기 때문에 과학의 본성에 대한 교육이 저학년에서부터 이루어져야 효과적이다(Lederman & O'Malley, 1990). 학생들이 가진 과학에 대한 인식론적 신념이 과학 학습에 영향을 미치게 된다는 연구 결과들이(문성숙과 권재술, 2004; 차정호 등, 2005) 이를 뒷받침하고 있다. 이러한 논의를 볼 때, 초등학생들에게 과학의 본성과 같은 인식론적 신념을 가르치는 전략에 주의를 기울여야 함을 알 수 있다.

대부분의 학생들이 구체적 조작기인 초등학생들의 인지적 특성을 고려할 때, 과학의 본성을 과학 수업 및 탐구 활동을 통해 자연스럽게 습득하기를 기대하는 암시적인 방법보다는 구체적인 활동과 함께 과학의 본성에 대한 관점을 구체적으로 명시하는 것이 효과적일 것이며 또한, 이러한 명시적 방법이 과학의 본성을 가르치는 데 긍정적인 효과를 나타낸다는 연구 결과들(김경순 등, 2008; 김지나 등, 2008; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Akerson & Volrich, 2006)이 있다.

또, 과학의 본성에 대한 교육이 학생들의 과학과 관련된 정의적 특성을 향상시키는데 긍정적인 영향을 미친다면 이는 과학 수업에 활용될 가치가 클 것으로 판단된다.

따라서 이 연구에서는 초등학교 과학과 내용과 통합하여 학생들에게 과학의 본성에 대해 명시적으로 가르치는 전략을 수립하여 직접 수업에 투입해 봄으로써, 초등학생들의 인지 수준에 따른 과학의 본성에 대한 명시적 교수 효과를 알아보고, 과학의 본성에 대한 교육이 과학과 관련된 정의적 특성에

미치는 영향을 알아보고자 하였다. 연구 내용을 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

- (1) 과학의 본성에 대한 명시적 교수가 인지 수준에 따른 학생들의 과학의 본성 이해에 미치는 영향은 어떠한가?
- (2) 과학의 본성에 대한 명시적 교수가 학생들의 과학과 관련된 정의적 특성에 미치는 영향은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 대구시에 소재한 3개의 공립 초등학교 6학년 6개 학급 171명의 학생들을 선정하여, 처치 집단(85명)과 통제 집단(86명)에 각각 3학급씩 배치하였다.

처치 집단과 통제 집단의 학생들 모두 논리적 사고력 검사지(Roadranka *et al.*, 1983)를 이용하여 인지 수준을 측정하였으며, 구체적 조작기에 해당하는 학생들을 낮은 인지 수준, 과도기와 형식적 조작기에 해당하는 학생들을 높은 인지 수준으로 분류하였다. 이 연구에서의 문항 내적 신뢰도(Cronbach- α)는 0.77이었다.

처치 집단과 통제 집단 간에 인지 수준에 차이가 있는지 알아보기 위하여 χ^2 검정을 실시한 결과는 표 1과 같다. 통계 분석 결과, 두 집단 간에 인지 수준에 차이가 없는 것으로 나타났으며, 이로써 두 집단은 동질한 집단임을 확인할 수 있다.

2. 연구 절차

과학의 본성에 대한 문헌 연구 및 선행 연구 고찰을 토대로 교과 내용과 통합할 과학의 본성 요소를 선정하였다. 과학의 영역이나 활동이 다양하

고 광범위하듯이 과학의 본성 또한 다양한 영역을 포함한다. 많은 과학자들이 과학의 본성에 대한 다양한 영역을 제시하고 있으며, 그 중 Driver(1996)는 과학의 본성에 포함될 수 있는 내용으로 과학의 목적, 과학 지식의 특성, 사회적 산물로서의 과학을 제시했다. 이 중 ‘사회적 산물로서의 과학’은 과학자의 특성이나 과학 지식의 사회적 구성 등에 관련되는데, 과학의 본성 중 사회성에 관련된 내용은 초등학교들이 일상생활이나 학교 교육을 통해서 접하거나 생각할 수 있는 기회가 매우 제한되어 있다(Solomon *et al.*, 1996). 따라서 이 연구에서는 과학의 본성의 범위를 초등학교들이 이해할 수 있는 과학의 목적과 과학 지식의 특성(과학 이론의 정의, 모델의 성질, 과학 이론의 잠정성, 과학 이론의 성질)으로 한정하였다. 6학년 1학기 과학 ‘7.전자석’ 단원의 교과 내용을 분석하여 과학의 본성 요소를 통합한 명시적 교수 학습 지도안과 활동 자료를 개발하였다. 개발한 교수 학습 지도안은 연구자가 교과 내용과 과학의 본성을 명시적으로 통합하여 초안 작성 후 과학 교육 전문가 2인 및 초등교사 3인과 함께 검토하였다. 교수 학습 활동들이 교과 내용과 함께 과학의 본성 요소를 학습하기에 적합하게 계획되었는지의 기준에 비추어 검토 및 수정을 하였으며, 수정 보완된 지도안은 다시 현장 초등교사 3인에게 현장 적용 적절성에 대한 검토를 받은 후 실험 집단의 수업 처치에 사용되었다.

수업 처치 이전에 사고력 검사지를 투입하여 학생들의 인지 수준을 구별하고, 과학의 본성, 과학과 관련된 정의적 특성에 대한 사전 검사를 실시했다. 6학년 1학기 과학 ‘7.전자석’ 단원에 대하여 실험 집단에는 과학의 본성과 통합한 명시적 수업, 통제 집단에는 교사용 지도서에 따른 일반적 수업을 실시했다. 처치 후 과학의 본성, 과학과 관련된 정의적 특성에 대한 사후 검사를 실시했다.

사전 검사를 하기 전에 참여 교사 연수를 실시하여 수업을 담당할 교사가 교과 내용과 과학의 본성을 통합한 명시적 수업 방식에 대해 명확히 이해할 수 있도록 했다. 모의 수업을 통해 실시할 수업을 연습하고, 처치 기간 중 3차시 단위로 수업 협의회를 통해 수업 진행을 점검하였다. 또, 연구자는 처치 기간 중 모든 학습의 수업을 1회씩 참관하여 수업 처치가 계획대로 진행되는지 확인하였다.

표 1. 연구 대상의 인지 수준 빈도(%)

인지 수준	통제 집단	실험 집단	df	χ^2	p
L	59(68.6)	59(69.4)			
H	27(32.6)	26(30.6)	1	0.05	0.82
전체	86(100)	85(100)			

H: 높은 인지 수준, L: 낮은 인지 수준.

3. 검사 도구

이 연구에서는 과학의 본성을 검사하기 위하여 노태희 등(2002)이 개발한 선다형 검사지를 사용하였다. 이 검사지는 Aikenhead 등(1989)과 Solomon 등(1996)의 선행 연구를 바탕으로 개발한 검사지로서 과학의 목적, 이론의 정의, 모델의 성질, 이론의 잠정성, 이론의 성질에 대해 각 1문항씩 총 5문항으로 구성되어 있다. 모든 문항은 선행 연구들의 개방형 질문이나 면담 결과에서 나타난 학생들의 견해에 기초하여 개발된 선다형 형식이다. 과학의 본성에 대한 학생들의 견해를 조사할 때, 학생들의 견해에 기초하여 개발한 선다형 문항은 개별적인 면담보다는 정확성이 떨어지지만, 개방형 서술 문항이나 이론적 입장에 근거하여 개발된 리커트 문항에 비해 측정의 모호함을 줄일 수 있는 방법으로 보고되었다(Aikenhead, 1988). 따라서 이러한 방식의 문항은 이 연구와 같이 대규모로 학생들의 과학의 본성에 대한 견해를 조사할 경우 효과적인 방법이다(노태희 등, 2002). 노태희 등(2002)은 초등학교 6학년을 대상으로 개방형 문항 형식의 예비 검사를 실시하여 학생들의 응답 유형이 기존 연구의 답지들과 일치하는지 점검하고, 그 결과에 따라 문항을 수정하였다. 또, 수정된 문항들이 우리나라 교육 현실에 적절한지, 답지가 예비 검사 결과의 응답 유형을 잘 반영하는지 등에 대해 전문가 3인에게 안면타당도를 검증 받았다. 이 연구에서의 대상도 초등학교 6학년으로 선행 연구와 그 대상이 동일하므로, 통계 집단과 실험 집단의 과학의 본성에 대한 검사는 노태희 등(2002)이 개발한 선다형 검사지를 사용하였다.

과학과 관련된 정의적 특성을 검사하기 위하여 한국교원대학교 과학교육연구소에서 김효남 등(1998)이 개발한 과학과 관련된 정의적 특성 검사지를 사용하였다. 이 검사지는 인식, 흥미, 과학적 태도, 세계의 영역으로 총 48개의 리커트 척도 문항으로 구성되어 있다. 인식과 흥미 영역의 문항 내적 신뢰도(Cronbach α)는 0.83, 과학적 태도 영역의 문항 내적 신뢰도(Cronbach α)는 0.86으로 나타났다. 이 연구에서는 인식의 범주가 노태희 등(2002)이 개발한 과학의 본성 검사와 일부 중복되는 부분이 있어 흥미와 과학적 태도 범주의 36문항만을 사용하였다. 이 연구에서의 문항 내적 신뢰도(Cronbach α)는 흥미 영역의 사전 검사 0.99, 사후 검사 0.88, 과학적

태도 영역의 사전 검사 0.86, 사후 검사 0.87로 나타났다.

4. 수업 내용 및 전략

과학의 본성과 통합할 교과 단원으로 6학년 1학기 '7.전자석' 단원을 선정하였다. 과학의 본성을 가르치기 위해서는 어느 정도 개념적인 이론이 바탕이 되고 과학 활동을 경험할 수 있는 단원이 필요한데 '7.전자석' 단원은 과학적 지식과 함께 관찰, 조사, 측정, 변인 통제, 예상과 같은 탐구 과정을 함께 경험할 수 있는 단원으로써 과학의 본성을 명시적으로 가르치고자 하는 이 연구의 목적에 부합된다고 판단하였다.

이 연구에서 가르친 과학의 본성 내용은 표 2와 같다. Solomon 등(1996)과 노태희 등(2002)의 연구 내용을 바탕으로 과학의 본성에 대한 견해를 정리한 것으로 표 2에서 제시한 바와 같이 각 영역의 현대적 견해에 해당하는 내용을 교과 내용과 통합하였다.

단원의 각 차시에 통합된 과학의 본성 요소는 표 3과 같으며, 각 차시의 교과 내용과 과학의 본성 요소 통합 전략을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 단원의 1차시 '전류가 흐르는 에나멜선 주위의 나침반 방향 관찰하기'의 교과 내용은 전류가 흐르는 전선 주위에 자기장이 발생하는 것을 나침반으로 관찰하는 것이다. 이 수업의 도입부에 과학자 외르스테드가 전류가 흐르는 전선 주위의 자기장을 발견하는 과학사적 에피소드를 도입하여 수업에 대한 동기 유발을 하였다. 과학 수업에서 과학사를 소재로 활용한 과학의 본성 수업이 효과적이라는 선행 연구 결과들(Solomon *et al.*, 1992; 김경순 등, 2008)이 있다. 수업 활동을 통해 학생들이 한

표 2. 과학의 본성에 대한 견해

영역	현대적 견해
과학의 목적	· 일어나는 현상에 대한 원리를 설명하는 것
이론의 정의	· 현상에 대한 창의적 설명
모델의 성질	· 모델은 실재하는 것이 아닌 것으로 인식 · 도구주의적 견해
이론의 잠정성	· 개인이나 집단의 규범이나 문화에 따라 변화 가능함
이론의 성질	· 과학자의 상상이나 필요에 의해 창조되어 지는 것

표 3. 차시별 교과 내용과 통합된 과학의 본성 요소

목표		과학의 본성 내용 요소				
교과 내용		과학의 목적	이론의 정의	모델의 성질	이론의 잠정성	이론의 성질
목표	교과 내용을 배우며 과학의 본성의 현대 인식론적 관점을 이해할 수 있다.					
교과 단원	6학년 1학기 단원 7. 전자석					
차시	본시 주제	과학의 목적	이론의 정의	모델의 성질	이론의 잠정성	이론의 성질
1	전류가 흐르는 에나멜선 주위의 나침반 방향 관찰하기	○			○	
2	고리 모양으로 감은 에나멜선 주위의 나침반 방향 관찰하기		○		○	○
3~4	여러 종류의 막대에 에나멜선 감고 전지 연결하기	○	○			○
5	전자석의 특징 알아보기		○	○		
6~7	전자석의 세기에 영향을 주는 요인 조사하기			○	○	
8~9	전자석의 성질을 이용한 장난감 만들기	○	○	○	○	○

것처럼 외스테드도 전류가 흐르는 전선 주위의 나침반 움직임을 관찰하고 왜 그러한 현상이 일어나는지 설명하는 과정을 통해 전자기력이라는 이론이 생성되었음을 설명하였다. 이 과정에서 발문과 토의를 통해 관찰되는 현상을 설명하는 것, 새로운 이론의 탄생 등 과학의 목적과 과학 이론의 임시성 등을 명시적으로 지도하였다.

2차시 ‘고리 모양으로 감은 에나멜선 주위의 나침반 방향 관찰하기’에서 가르쳐야 할 교과 내용은 고리 모양으로 감은 전선에 전류가 흐를 때 생기는 자기장을 나침반으로 확인하는 것이다. 이 차시에서는 구멍 그림 활동(Lederman & Abd-El-Khalick, 1998)을 도입하였다. 구멍 그림 활동은 사진을 전부 가린 채 정해진 구멍을 통해서만 관찰하고, 그 사진이 무엇인지 맞추어 보는 활동이다. 구멍의 개수가 늘어날수록 관찰할 수 있는 사실이 많아지게 되지만 보이지 않는 부분은 보이는 부분을 근거로 추리와 상상을 해야만 한다. 이와 마찬가지로 과학자도 자연의 원리를 설명하기 위해서는 추리와 상상력이 필요함을 이끌어내었다. 이러한 과학의 본성에 대한 내용을 교과 내용과 접목하여 고리 모양으로 감은 에나멜선 주위에서 관찰 가능한 나침반 바늘의 움직임을 통해 눈에 보이지 않는 자기장을 추론하였다.

3~4차시 ‘여러 종류의 막대에 에나멜선 감고 전지 연결하기’의 교과 내용은 여러 종류의 막대에 에나멜선을 감아 자기장의 세기를 비교하는 것이다. 이 차시에서는 검은 상자 활동(Lederman & Abd-El-Khalick, 1998)을 도입하였다. 검은 상자 활동은

검은 상자 밖에서 일어나는 현상을 관찰하고, 안이 보이지 않는 검은 상자에서 어떤 일이 일어났기 때문에 그러한 현상이 관찰되었는지를 추론하는 것이다. 이 활동 역시 관찰되는 현상이 왜 그러한지 설명하는 과학의 목적과 이론의 정의, 또 이론이 만들어질 때 과학자의 추론과 상상력이 동원되는 이론의 성질 등의 과학의 본성 요소를 경험할 수 있다. 이를 교과 내용과 접목하여 검은 상자 밖에서 자기장의 세기가 달라지는 현상을 제시하고, 검은 상자 속의 무엇 때문에 자기장의 세기가 달라지는지 추론 및 상상해 보는 과정을 거쳐 전자석의 세기에 영향을 주는 요인 중 막대의 종류에 따른 영향을 알아보는 방법으로 수업을 전개하였다.

5차시 ‘전자석의 특징 알아보기’는 전자석과 막대자석의 같은 점과 다른 점을 알아보는 내용이다. 이 차시에서는 ‘누구의 발자국?’(Lederman & Abd-El-Khalick, 1998)이라는 활동을 통해 관찰과 추론 활동을 경험해 보도록 하였다. 이 활동은 종이에 찍힌 발자국을 보고 관찰할 수 있는 것과 추론할 수 있는 것을 생각해 보는 활동이다. 과학에서는 정답이 있는 즉, 한 가지 추론만이 가능한 것이 아니라 관찰할 수 있는 객관적인 증거를 바탕으로 한 여러 가지 추론을 할 수 있으며, 이러한 추론을 바탕으로 만들어진 이론 중 가장 자연 현상을 잘 설명하는 것이 인정을 받게 된다는 모델의 성질과 관련한 과학의 본성을 도출하였다. 전자석의 특징을 알아보는 것 역시 전자석을 조작했을 때 관찰할 수 있는 것을 바탕으로 그 특징을 추론할 수 있음을 인지시키고 전자석을 조작하여 그 특징을 알아보는 교과 내용을 학습하였다.

6~7차시 ‘전자석의 세기에 영향을 주는 요인 조사하기’의 교과 내용은 전자석의 세기에 영향을 주는 요인들을 알아보고 센 전자석을 만들어 보는 것이다. 앞에서 활용되었던 검은 상자 활동을 다시 도입하여 검은 상자 속의 무엇 때문에 자기장의 세기가 달라지는지 추론 및 상상해 보는 과정을 거쳐 전자석의 세기에 영향을 주는 다양한 요인을 찾는 것으로 3~4차시의 내용을 확장하였으며, 찾은 요인들을 조합하여 센 전자석을 만들어 보고 이를 정리하는 과정에서 모델의 성질과 이론의 감성성도 느낄 수 있는 발문을 하였다.

마지막 8~9차시에서는 그동안 학습한 전자석의 특징을 이용하여 ‘전자석을 이용한 장난감 만들기’를 하면서 교과 내용을 정리하는 시간과 함께 과학의 본성의 각 요소에 관하여 정리하는 시간을 가졌다.

5. 분석 방법

수집된 자료는 SPSS WIN 12.0을 이용하여 분석하였다.

과학의 본성 이해 정도를 정량화하기 위하여 사전, 사후 과학의 본성 검사의 각 문항에서 현대적 인식론 견해에 해당하는 답지를 선택한 경우는 1점, 그렇지 않은 경우는 0점으로 채점하여 각 문항의 점수를 합산하였다. 과학의 본성 검사의 사전 집단 간 동질성 확인 후, 인지 수준 군별로 사후 검사에 대하여 t-검정을 실시하고, 수업 처치와 인지 수준의 상호작용 효과를 알아보기 위해 이원변량 분석을 실시하여 인지 수준에 따른 과학의 본성에 대한 명시적 수업 효과를 알아보았다. 사전 및 사후 과학의 본성 검사의 각 문항에 대한 학생들의 견해 비교에는 빈도 분석을 실시하였다.

과학과 관련된 정의적 태도 변화에 관한 통계 분석은 하위 요소 중 사전 집단 간 동질성을 만족 시키지 못하는 경우가 있어 인지 수준별로 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 일원 공변량 분석을 실시하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 명시적 과학의 본성 수업이 인지 수준에 따른 학생들의 과학의 본성 이해에 미치는 효과

인지 수준에 따른 명시적 과학의 본성 수업의 효

과를 알아보기 위해 통제 집단과 실험 집단의 과학의 본성에 대한 사후 검사 점수에 대하여 t-검정을 실시하였다. 또, 수업 전, 후의 과학의 본성에 대한 견해 변화를 각 문항별로 알아보기 위해 빈도 분석을 실시하였다. 구체적인 분석 결과는 다음과 같다.

1) 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 효과

통제 집단과 실험 집단의 과학의 본성에 대한 사전 검사 결과에 대해 독립 표본 t-검정을 실시한 결과는 표 4와 같다.

표 4에서 보면 낮은 인지 수준 군, 높은 인지 수준 군 모두 통제 집단과 실험 집단 간 평균 차이가 통계적으로 유의하지 않게 나타났다(각각 평균 차이 = -.12, $t_{(116)} = -.79, p > .05$; 평균 차이 = -.25, $t_{(51)} = -1.03, p > .05$). 또 각 집단 전체 학생들의 두 집단 간 평균 차이 역시 통계적으로 유의하지 않게 나타났다(평균 차이 = -.16, $t_{(169)} = -1.26, p > .05$). 이를 통해 두 집단 간 수업 전 과학의 본성에 대한 이해 수준에는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

명시적 과학의 본성 수업 효과를 알아보기 위하여 과학의 본성에 대한 사후 검사의 t-검정 결과는 표 5와 같다.

표 5에서 알 수 있는 바와 같이 전체 학생의 과학의 본성 사후 검사 결과에 대한 통계적 유의성을 검정한 결과, 통제 집단($M=90$)과 실험 집단($M=2.14$)의 평균 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($t_{(169)} = -7.56, p < .05$). 이는 명시적 과학의 본성 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키는데 효과적임을 말한다.

또, 구체적으로 인지 수준에 따른 명시적 과학의 본성 수업 효과를 알아보기 위하여 인지 수준에 따른 군집별로 t-검정을 실시하였다. 낮은 인지 수준

표 4. 과학의 본성에 대한 사전 검사의 t-검정 결과

인지 수준	집단	N	평균	표준 편차	t
L	통제	59	.86	.76	-.76
	실험	59	.98	.90	
H	통제	27	.75	.84	-1.03
	실험	26	1.00	.94	
전체	통제	86	.83	.79	-1.26
	실험	85	.99	.91	

총집=5, L: 낮은 인지 수준, H: 높은 인지 수준, $p > .05$.

표 5. 과학의 본성에 대한 사후 검사의 t-검정 결과

인지 수준	집단	N	평균	표준편차	t
L	통제	59	.88	.87	-5.52*
	실험	59	1.93	1.17	
H	통제	27	.93	1.04	-5.47*
	실험	26	2.62	1.20	
전체	통제	86	.90	.92	-7.56*
	실험	85	2.14	1.22	

총점=5, H : 높은 인지 수준, L : 낮은 인지 수준, *p<.05.

군의 경우, 통제 집단(M=.88)과 실험 집단(M=1.93)의 평균 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며($t_{(116)}=-5.52, p<.05$), 높은 인지 수준 또한 통제 집단(M=.93)과 실험 집단(M=2.62)의 평균 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며($t_{(53)}=-5.47, p<.05$). 이러한 결과를 통해 명시적 과학의 본성 수업은 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키는데 있어 낮은 인지 수준 군, 높은 인지 수준 군 모두에게 효과적임을 알 수 있다.

집단과 인지 수준의 상호작용 효과를 알아보기 위해 사후 검사 점수의 이원 변량 분석 결과는 표 6에 나타나 있다.

표 6에서 보면 수업 처치의 주 효과와 상호작용 효과 모두 통계적으로 유의함을 알 수 있다(각각 $F_{(1, 167)}=61.01, p<.05$; $F_{(2, 167)}=3.76, p<.05$). 즉, 수업 처치 효과가 인지 수준에 따라 차이가 있음을 의미한다. 실험 집단의 경우, 낮은 인지 수준의 평균(1.91)과 높은 인지 수준의 평균(2.59)을 비교해 보면 높은 인지 수준의 평균이 더 높다. 이는 그림 1에서 보는 바와 같이 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키는데 있어 명시적 과학의 본성 수업이 일반적인 수업 방식에 비해 낮은 인지 수준 군과 높

표 6. 과학의 본성 사후 검사의 이원 변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균 자승화	F
실험 처치	68.64	1	68.64	61.01*
처치×인지 수준	8.46	2	4.23	3.76*
오차	187.90	167	1.13	
합계	262.71	170		

*p<.05.

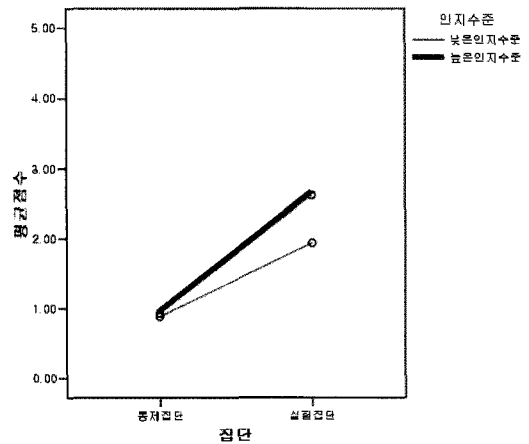


그림 1. 인지 수준에 따른 과학의 본성 사후 검사 결과

은 인지 수준 군의 학생들 모두에게 효과적이며 특히 높은 인지 수준 군 학생들에게 더 효과적임을 보여 준다. 이러한 결과는 상대주의적인 인식론적 신념을 사용하기 위해서는 더 높은 단계의 인지적 발달 수준이 필요하다는 Basseches(1980)의 주장을 부분적으로 뒷받침하고 있으나 동시에 부분적으로 부정한다. 높은 단계의 인지적 발달 수준의 학생들이 현대 인식론적 신념을 더 잘 습득하나, 낮은 단계의 인지적 발달 수준의 학생들 역시 현대 인식론적 신념을 습득할 수 있다는 것을 이 연구 결과에서 보여주고 있기 때문이다.

2) 과학의 본성에 대한 학생들의 견해 변화

과학의 본성에 대한 사전, 사후 검사의 과학의 목적, 과학 이론의 정의, 모델의 성질, 과학 이론의 참정성, 과학 이론의 성질의 각 문항에서 학생들의 문항별 응답 빈도의 통계 분석 결과를 표 7에 제시하였다.

표 7에 나타난 결과를 살펴보면 과학의 본성에 대한 사전 검사 결과는 선행 연구(노태희 등, 2002)의 결과와 비슷하였다. 즉, 모든 문항에서 현대적인 견해에 대한 학생들의 응답 빈도가 낮았고, 통제 집단과 실험 집단의 응답 빈도는 유의미한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$). 이에 반해, 과학의 본성에 대한 사후 검사 결과에서는 모든 문항에서 실험 집단의 학생들이 통제 집단의 학생들보다 과학의 본성에 대한 현대적 견해에 해당하는 응답 빈도가 높았고, 특히 과학의 목적, 과학 이론의 정의, 모델의 성질, 과학 이론의 성질의 4문항에서 통계적으로 유

표 7. 과학의 본성에 대한 사전, 사후 검사에서 나타난 학생들의 견해

빈도(%)

집단		사전 검사				사후 검사			
		1	2	3	χ^2	1	2	3	χ^2
과학의 목적	C	28(33.7)	12 ^a (14.5)	43(51.8)	1.78	32(38.6)	14 ^a (16.9)	37(44.6)	32.42 [*]
	T	25(29.4)	19 ^a (22.4)	41(48.2)	df=2	23(27.1)	49 ^a (57.6)	13(15.3)	df=2
과학 이론의 정의	C	14(16.9)	25 ^a (30.1)	44(53.0)	.10	17(20.2)	26 ^a (31.0)	41(48.8)	13.12 [*]
	T	15(17.6)	27 ^a (31.8)	43(50.6)	df=2	15(17.9)	48 ^a (57.1)	21(25.0)	df=2
모델의 성질	C	21(24.7)	50(58.8)	14 ^a (16.5)	.22	27(31.8)	39(45.9)	19 ^a (22.4)	13.28 [*]
	T	23(27.1)	47(55.3)	15 ^a (17.6)	df=2	13(15.5)	31(36.9)	40 ^a (47.6)	df=2
과학 이론의 잠정성	C	13 ^a (15.3)	50(58.8)	22(25.9)	.30	11 ^a (13.1)	49(58.3)	24(28.6)	3.85
	T	14 ^a (16.5)	52(61.2)	19(22.4)	df=2	20 ^a (23.8)	47(56.0)	17(20.2)	df=2
과학 이론의 성질	C	45(53.6)	32(38.1)	7 ^a (8.3)	1.35	36(42.4)	42(49.4)	7 ^a (8.2)	13.62 [*]
	T	38(44.7)	38(44.7)	9 ^a (10.6)	df=2	32(38.1)	27(32.1)	25 ^a (29.8)	df=2

C: 통제 집단, T: 실험 집단, ^a 현대 인식론적 견해, * $p < .05$.

의미한 차이를 나타내었다($p < .05$). 즉, 명시적 과학의 본성 수업은 학생들이 과학의 본성에 대해 현대적 견해를 가지도록 하는데 효과적인 것으로 해석할 수 있다. 각 문항별 학생들의 응답 양상을 살펴보면 다음과 같다.

과학의 목적을 묻는 문항의 경우, 사전 검사에서는 다수의 학생들이 ‘더 살기 좋은 세상을 만들기 위해 새로운 것을 발명한다.’(통제: 51.8%, 실험: 48.2%)는 견해를 가지고 있는 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 경제 발전에 최우선 순위를 부여하는 성장 위주의 정책의 결과, 기초 과학보다는 경제 발전에 직접적인 도움이 되는 응용 과학이나 기술 과학 측면이 상대적으로 부각되는 우리나라의 사회·문화적 배경이 학생들에게 영향을 미쳤을 가능성이 높다(노태희 등, 2002). 통제 집단의 학생들은 사후 검사에서도 사전 검사와 비슷한 응답 반응을 보였으나, 실험 집단의 경우 사후 검사에서 ‘자연 현상을 탐구하여 그 현상이 일어나는 과정과 이유를 설명한다.’는 현대적인 견해를 선택한 학생들이 사전 검사에 비해 증가하였다(사전: 22.4%, 사후: 57.6%). 이는 명시적 과학의 본성 수업을 통해 학생들은 과학의 목적에 대해 생각해보는 기회를 가지게 되었으며, 어떤 현상이 일어나는 이유를 설명해보는 활동 등을 통해 과학의 목적에 대한 현대적 견해를 가질 수 있었던 것으로 생각된다.

과학 이론의 정의를 묻는 문항의 경우, 사전 검사에서는 ‘실험이나 관찰을 통해 사실로 증명된 것이

다’(통제: 53%, 실험: 50.6%)라는 실증주의적 견해를 가지고 있는 학생들이 많았다. 이는 전통적으로 학교의 과학 교육이 주로 실험을 통해 과학적 지식을 확인하고(Hodson, 1988), 과학 지식 체계의 전달을 중요시해 왔기 때문인 것으로 생각된다. 사후 검사의 경우, 통제 집단의 학생들은 사전 검사와 비슷한 응답 반응을 보였으나, 실험 집단의 학생들은 ‘어떤 현상이 왜 일어나는지 설명한 것이다.’는 현대적 견해를 선택한 학생들이 사전 검사에 비해 증가하였다(사전: 31.8%, 사후: 57.1%). 즉, 실험 집단의 학생들은 수업을 통해 과학자들은 어떤 현상이 왜 일어나는지 설명하기 위해 과학 이론을 제시한다는 것을 접함으로써 이론의 정의를 바르게 이해하는 데 도움이 되었던 것으로 보인다.

모델의 성질을 묻는 문항에서도 사전 검사에서는 많은 학생들이 ‘실험을 통해 입자가 존재한다는 것이 증명되었기 때문이다.’(통제: 58.8%, 실험: 55.3%)라는 실재론적 인식을 가지고 있었다. 고등학생들을 대상으로 한 선행 연구(노태희 등, 1997; Ryan & Aikenhead, 1992)에서도 절반 이상의 학생들이 단순한 실재론을 지니고 있는 것으로 보고되었다. 사후 검사 결과 ‘입자로 이루어져 있다고 상상하면, 여러 현상을 설명할 수 있기 때문이다.’라는 도구 주의적 인식, 즉 현대적 견해에 응답한 빈도는 통제 집단의 경우 여전히 낮았으나(22.4%), 실험 집단의 경우 사전 검사에 비해 증가하였다(사전: 17.6%, 사후: 47.6%). 실험 집단의 학생들은 검은 상자 활동과 같

은 경험을 통해 눈에 보이지 않는 것을 설명하고자 했던 시도들이 모델의 성질에 대한 현대적 견해를 가지는데 도움을 준 것으로 보여진다.

이론의 잠정성을 묻는 문항에서는 사전 검사의 경우, 두 집단 모두 ‘기술이 발달하고 과학 지식이 많아져서, 예전 이론이 틀렸다는 것이 증명되었기 때문이다.’라는 반증주의적 견해에 응답하는 학생이 많았다(통제: 58.5%, 실험: 61.2%). Lederman과 O'Malley(1990)의 선행 연구에서도 학생들이 ‘과학 이론이 변한다.’는 견해를 지니고 있더라도 그것이 반드시 현대 인식론과 일치하는 잠정적인 시각을 의미하는 것이 아니라 반증주의적 시각이 많다고 한다. 사후 검사에서는 통제 집단의 경우 사전 검사의 응답 분포와 거의 차이가 없고, 실험 집단의 경우 사전 검사보다 ‘하나의 현상에 대해 설명하는 방식이 예전과 달라졌기 때문이다.’라는 현대적 견해를 선택한 학생들이 조금 증가하였으나(사전: 16.5%, 사후: 23.8%), 통제 집단과의 응답 빈도 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다($\chi^2(2, 171)=3.85, p>.05$). 이러한 결과는 과학 이론이 변하는 원인에 대한 학생들의 반증주의적 시각이 매우 견고한 것을 보여 준다.

이론의 성질 문항에서는 사전 검사 결과, 두 집단 모두 ‘과학 이론을 발견한다.’(통제: 53.6%, 실험: 44.7%)와 ‘과학 이론을 발견하는 경우도 있고 창조하는 경우도 있다.’(통제: 38.1%, 실험: 44.7%)는 견해가 많았다. 사후 검사에서는 실험 집단의 경우, 통

제 집단보다 ‘과학 이론을 창조한다.’는 현대적 견해에 응답하는 빈도가 증가하였고(통제: 8.2%, 실험: 29.8%), 통제 집단과의 응답 빈도 차이가 통계적으로 유의하나($\chi^2(2, 171)=13.62, p<.05$), 여전히 많은 학생들이 실재론적 관점에서 과학 이론에 대한 발견 또는 발견하기도 하고 창조하기도 한다는 견해(각각 38.1%, 32.1%)를 가지고 있었다. 이는 학생들이 과학의 목적, 이론의 정의, 모델의 성질 문항의 사후 검사 결과에서처럼 과학의 본성에 대하여 어느 정도 현대적 견해 인식하더라도 실재론적 관점을 완전히 거부하지는 못한다는 것을 보여 준다. 학생들에게 실재론적 관점 역시 견고함을 알 수 있었다.

구체적으로 인지 수준에 따른 학생들의 견해 변화를 살펴보기 위해 인지 수준에 따른 학생들의 문항별 응답 빈도의 통계분석 결과를 표 8과 표 9에 제시하였다.

표 8은 낮은 인지 수준 학생들의 견해 변화를 보여 준다. 사전 검사에서는 모든 문항에서 현대적 견해의 응답 비율이 낮았으며, 실험 집단과 통제 집단 사이에서 그 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다($p>.05$). 반면, 사후 검사에서는 과학의 목적, 이론의 정의, 이론의 성질, 모델의 성질 문항에서 실험 집단이 통제 집단에 비해 현대적 견해의 응답 비율이 높았고, 그 차이 또한 통계적으로 유의미하였다($p<.05$).

표 9는 높은 인지 수준 학생들의 견해 변화를 보여 준다. 낮은 인지 수준 학생들과 마찬가지로 사전

표 8. 과학의 본성에 대한 사전, 사후 검사에서 나타난 낮은 인지 수준 군 학생들의 견해 빈도(%)

집단	사전 검사				사후 검사				
	1	2	3	χ^2	1	2	3	χ^2	
과학의 목적	C	18(32.1)	7 ^a (12.5)	31(55.4)	1.86	23(39.7)	8 ^a (13.8)	27(46.6)	18.05 [*]
	T	16(27.1)	13 ^a (22.0)	30(50.8)	$df=2$	20(33.9)	28 ^a (47.5)	11(18.6)	$df=2$
과학 이론의 정의	C	7(12.5)	18 ^a (32.1)	31(55.4)	.30	10(17.2)	18 ^a (31.0)	30(51.7)	7.76 [*]
	T	9(15.3)	20 ^a (33.9)	30(50.8)	$df=2$	11(19.0)	31 ^a (53.4)	16(27.6)	$df=2$
모델의 성질	C	16(28.1)	32(56.1)	9 ^a (15.8)	.24	21(36.2)	25(43.1)	12 ^a (20.7)	10.02 [*]
	T	19(32.2)	31(52.5)	9 ^a (15.3)	$df=2$	10(17.2)	21(36.2)	27 ^a (46.6)	$df=2$
과학 이론의 잠정성	C	10 ^a (17.5)	29(50.9)	18(31.6)	1.53	9 ^a (15.5)	35(60.3)	14(24.1)	.89
	T	10 ^a (16.9)	36(61.0)	13(22.0)	$df=2$	13 ^a (22.0)	34(57.6)	12(20.3)	$df=2$
과학 이론의 성질	C	33(57.9)	18(31.6)	6 ^a (10.5)	2.02	24(40.7)	30(50.8)	5 ^a (8.5)	7.01 [*]
	T	27(45.8)	26(44.1)	6 ^a (10.2)	$df=2$	23(39.7)	20(34.5)	15 ^a (25.9)	$df=2$

C: 통제 집단, T: 실험 집단, ^a 현대 인식론적 견해, ^{*} $p<.05$.

표 9. 과학의 본성에 대한 사전, 사후 검사에서 나타난 높은 인지 수준 군 학생들의 견해

빈도(%)

집단		사전 검사				사후 검사			
		1	2	3	χ^2	1	2	3	χ^2
과학의 목적	C	10(37.0)	5 ^a (18.5)	12(44.4)	.17	9(36.0)	6 ^a (24.0)	10(40.0)	16.65*
	T	9(34.6)	6 ^a (23.1)	11(42.3)	df=2	3(11.5)	21 ^a (80.8)	2(7.7)	df=2
과학 이론의 정의	C	7(25.9)	7 ^a (25.9)	13(48.1)	.06	7(26.9)	8 ^a (30.8)	11(42.3)	6.31*
	T	6(23.1)	7 ^a (26.9)	13(50.0)	df=2	4(15.4)	17 ^a (65.4)	5(19.2)	df=2
모델의 성질	C	5(17.9)	18(64.3)	5 ^a (17.9)	.25	6(22.2)	14(51.9)	7 ^a (25.9)	3.45
	T	4(15.4)	16(61.5)	6 ^a (23.1)	df=2	3(11.5)	10(38.5)	13 ^a (50.0)	df=2
과학 이론의 잠정성	C	3 ^a (10.7)	21(75.0)	4(14.3)	1.15	2 ^a (7.7)	14(53.8)	10(38.5)	4.46
	T	4 ^a (15.4)	16(61.5)	6(23.1)	df=2	7 ^a (28.0)	13(52.0)	5(20.0)	df=2
과학 이론의 성질	C	12(44.4)	14(51.9)	1 ^a (3.7)	1.18	12(46.2)	12(46.2)	2 ^a (7.7)	7.08*
	T	11(42.3)	12(46.2)	3 ^a (11.5)	df=2	9(34.6)	7(26.9)	10 ^a (38.5)	df=2

C: 통제 집단, T: 실험 집단, ^a 현대 인식론적 견해, * $p < .05$.

검사에서는 모든 문항에서 현대적 견해의 응답 비율이 낮았으며, 실험 집단과 통제 집단 사이에서 그 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다($p > .05$). 반면, 사후 검사에서는 과학의 목적, 이론의 정의, 이론의 성질 문항에서 실험 집단이 통제 집단에 비해 현대적 견해의 응답 비율이 높았고, 그 차이 또한 통계적으로 유의미하였다($p < .05$).

두 인지 수준 군의 결과를 비교해 보면 과학의 목적, 이론의 정의, 이론의 성질, 이론의 잠정성 문항에서는 사전, 사후 반응 결과가 유사하지만 모델의 성질 문항에서는 낮은 인지 수준 군에서만 통계적으로 유의미한 결과가 나타났다($\chi^2_{(2, 118)} = 13.28, p < .05$).

모델의 성질 문항에서 높은 인지 수준 군 학생들의 사전, 사후 현대적 견해에 대한 응답 빈도 변화 정도를 보면 수업의 효과가 전혀 나타나지 않은 것은 아니라고 볼 수 있다(사전: 23.1%, 사후: 50.0%). 하지만 통계적으로 유의미한 결과가 나타나지 않은 것으로 볼 때($\chi^2_{(2, 53)} = 3.45, p > .05$), 인지 수준이 높은 학생들이 모델의 성질에 관하여 가진 견해 즉, '입자를 볼 수 있기 때문이다.'와 '실험을 통해 증명되었기 때문이다.'와 같은 실재론적 또는 실증주의적 견해가 낮은 인지 수준의 학생들만큼 쉽게 변화되지는 않는다고 볼 수 있다.

모델의 성질 문항에서 높은 인지 수준 군과 낮은 인지 수준 군의 이러한 차이는 명시적 과학의 본성 수업에 의해 평균적인 과학의 본성에 대한 이해도

가 높아진다고 하더라도 학생들이 가진 인지 수준의 특성에 따라 과학의 본성 하위 영역의 이해 정도에 차이가 나타남을 보여 준다.

2. 명시적 과학의 본성 수업이 과학과 관련된 정의적 특성에 미치는 효과

1) 흥미에 미치는 효과

과학과 관련된 정의적 특성 검사지 중 흥미 영역의 사후 검사 점수와 사전 검사 점수를 통제된 교정 점수의 평균과 표준편차는 표 10에 제시하였다.

흥미 영역의 사전 검사 점수의 영향을 통제된 후 교정된 사후 검사 점수의 통계적 유의성을 검정한 결과는 표 11과 같다.

표 11에서 보는 바와 같이 통제 집단과 실험 집단 간의 차이가 통계적으로 유의미하지 않았으며($F_{(1, 168)} = .00, p > .05$), 낮은 인지 수준 군과 높은 인지 수준 군에서도 집단 간의 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다(각각 $F_{(1, 115)} = .03, p > .05$; $F_{(1, 50)} = .02, p > .05$). 즉, 명시적 과학의 본성 수업은 학생들의 과학에 대한 흥미를 향상시키는데 효과가 없었다. 이는 과학의 본성 수업을 통해 과학에 대한 흥미를 증가시킬 수 있었다는 Solomon 등(1992)의 선행 연구 결과와는 다르게 나타났으나, 과학의 본성 수업이 과학 수업에 대하여 느끼는 즐거움을 향상시키는데 효과적이지 않았다는 김경순 등(2008)의 연구 결과와

표 10. 흥미 영역 사후 검사의 평균과 교정 평균

인지 수준	통제 집단			실험 집단		
	평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균
H	3.44	.68	3.42	3.37	.58	3.40
L	3.06	.60	3.07	3.10	.63	3.08
전체	3.18	.65	3.18	3.18	.62	3.18

H : 높은 인지 수준, L: 낮은 인지 수준.

표 11. 흥미 영역 검사의 일원 공변량 분석 결과

인지 수준	변량원	제곱합	자유도	평균 제곱	F
H	공변인	14.58	1	14.58	120.12
	수업 처치	.004	1	.0004	.03
L	공변인	27.36	1	27.36	190.96
	수업 처치	.003	1	.0003	.02
전체	공변인	45.38	1	45.38	327.68
	수업 처치	1.09	1	1.09	.00

H : 높은 인지 수준, L: 낮은 인지 수준, $p > .05$.

일치한다.

이 연구에서는 과학의 본성 수업이 그동안 과학 교과서의 내용 지식 위주로 학습했던 학생들에게 교과 내용과 더불어 과학의 목적, 과학 지식의 특성 등에 대해 생각해 보게 하는 수업은 새로운 교과 내용의 학습과 함께 또 다른 사고를 요구하며, 학생 본인의 기존 견해와 새로운 견해 사이의 갈등으로 인해 실험 집단 학생들에게 과학에 대한 흥미 향상으로 이끌지 못한 것으로 보여진다.

2) 과학적 태도에 미치는 효과

과학과 관련된 정의적 특성 검사지 중 과학적 태도 영역은 7개의 하위 요소로 나뉜다. 각 하위 요소별과 전체의 사후 검사 점수와 사전 검사 점수를 통제한 교정 점수의 평균과 표준편차는 표 12에 제시하였다.

사전 검사 점수의 영향을 통제한 후 교정된 사후 검사 점수의 통계적 유의성을 검정한 결과(표 13), 과학적 태도 전체 점수에서는 통제 집단과 실험 집단간의 차이가 통계적으로 유의미하지 않았으나 ($F_{(1, 168)}=2.85, p > .05$), 하위 요소 중 호기심과 개방성

표 12. 과학적 태도 영역 검사의 전체 및 하위 요소별 평균과 교정 평균

요소	통제 집단			실험 집단		
	평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균
호기심	3.18	.78	3.21	3.50	.89	3.47
개방성	3.50	.70	3.47	3.69	.62	3.71
비판성	3.11	.81	3.12	3.16	.71	3.15
협동성	3.27	.85	3.26	3.35	.81	3.36
자진성	3.29	.61	3.30	3.23	.71	3.22
끈기성	3.43	.73	3.40	3.34	.76	3.36
창의성	3.05	.82	2.99	3.03	.80	3.09
전체	3.26	.53	3.24	3.33	.58	3.34

표 13. 과학적 태도 영역 검사의 전체 및 하위 요소별 일원 공변량 분석 결과

요소	변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F
호기심	공변인	40.96	1	40.96	89.67
	수업 처치	2.86	1	2.86	6.27*
개방성	공변인	19.08	1	19.08	59.33
	수업 처치	2.51	1	2.51	7.80*
비판성	공변인	30.31	1	30.31	74.73
	수업 처치	.06	1	.06	.15
협동성	공변인	40.20	1	40.20	89.32
	수업 처치	.44	1	.44	.98
자진성	공변인	32.51	1	32.51	130.34
	수업 처치	.24	1	.24	.97
끈기성	공변인	38.83	1	38.83	119.55
	수업 처치	.06	1	.06	.19
창의성	공변인	33.08	1	33.08	71.68
	수업 처치	.50	1	.50	1.08
전체	공변인	34.10	1	34.10	330.00
	수업 처치	.42	1	.42	2.86

* $p < .05$.

요소에서 실험 집단의 교정 평균이 통제 집단의 교정 평균보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다(각각 $F_{(1, 168)}=6.27, p < .05$; $F_{(1, 168)}=7.80, p < .05$).

이는 명시적 과학의 본성 수업이 과학적 태도 중

호기심 요소와 개방성 요소의 향상에 효과적이라는 것이다. 호기심은 신기한 것, 새로운 것 등을 생각하고 탐구하려는 열망과 관찰되어지는 현상들이 '왜' 그리고 '어떻게' 일어났는지를 알아내려고 노력하는 행동으로 특징지을 수 있으며, 개방성은 새로 밝혀진 근거에 따라 자신의 주장을 변경하고 반대의 견해와 결론도 기꺼이 수용할 수 있는 행동 특성을 말한다(김효남 등, 1998). 명시적 과학의 본성 수업에 내포된 과학의 연역주의, 상대주의적 인식 속성이 실험 집단 학생들의 경험주의, 실재론적 견해를 변화시킴으로써 호기심과 개방성을 향상시키는데 영향을 미친 것으로 보인다. 이는 과학의 본성에 대한 바른 인식이 과학적 태도 중 일부 요소를 향상시킬 수 있는 가능성을 보여주는 결과이다.

구체적으로 인지 수준에 따른 학생들의 과학적 태도 변화 정도를 알아보기 위해 인지 수준별 군집으로 나누어 과학적 태도 영역 검사의 결과를 비교해 보았다.

먼저 낮은 인지 수준 군 학생들의 각 하위 요소별과 전체의 사후 검사 점수와 사전 검사 점수를 통제한 교정 점수의 평균과 표준편차를 표 14에 제시하였다.

사전 검사 점수의 영향을 통제한 후 교정된 사후 검사 점수의 통계적 유의성을 검정한 결과(표 15), 호기심 요소에서 통계 집단과 실험 집단 간의 차이가 통계적으로 유의미하였다($F_{(1, 115)}=4.22, p<.05$).

높은 인지 수준 군 학생들의 각 하위 요소별과 전체의 사후 검사 점수와 사전 검사 점수를 통제한 교

표 14. 낮은 인지 수준 군의 과학적 태도 검사 평균과 교정 평균

요소	통제 집단			실험 집단		
	평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균
호기심	3.02	.75	3.07	3.38	.93	3.34
개방성	3.44	.72	3.44	3.62	.64	3.62
비판성	2.99	.81	3.00	3.03	.72	3.03
협동성	3.13	.86	3.15	3.31	.81	3.28
자진성	3.23	.66	3.26	3.17	.66	3.13
끈기성	3.27	.71	3.27	3.17	.73	3.18
창의성	2.92	.77	2.87	3.01	.77	3.06
전체	3.14	.53	3.15	3.24	.57	3.23

정 점수의 평균과 표준 편차를 표 16에 제시하였다.

사전 검사 점수의 영향을 통제한 후 교정된 사후 검사 점수의 통계적 유의성을 검정한 결과(표 17),

표 15. 낮은 인지 수준 군의 과학적 태도 검사 일원 공변량 분석 결과

요소	변량원	제곱합	자유도	평균 제곱	F
호기심	공변인	24.80	1	24.80	48.75
	수업 처치	2.15	1	2.15	4.22*
개방성	공변인	17.64	1	17.64	55.38
	수업 처치	.88	1	.88	2.75
비판성	공변인	17.64	1	17.64	40.33
	수업 처치	.03	1	.03	.06
협동성	공변인	23.00	1	23.00	45.92
	수업 처치	.53	1	.53	1.07
자진성	공변인	23.99	1	23.99	105.66
	수업 처치	.52	1	.52	2.30
끈기성	공변인	26.84	1	26.84	93.29
	수업 처치	.24	1	.24	.83
창의성	공변인	21.49	1	21.49	52.93
	수업 처치	1.02	1	1.02	2.50
계	공변인	21.63	1	19.71	142.28
	수업 처치	.02	1	.19	1.35

* $p<.05$.

표 16. 높은 인지 수준 군의 과학적 태도 검사 평균과 교정 평균

요소	통제 집단			실험 집단		
	평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균
호기심	3.53	.74	3.53	3.78	.71	3.79
개방성	3.62	.63	3.56	3.85	.53	3.91
비판성	3.37	.76	3.38	3.45	.62	3.44
협동성	3.59	.74	3.50	3.46	.82	3.56
자진성	3.42	.49	3.37	3.37	.81	3.43
끈기성	3.77	.67	3.71	3.71	.70	3.77
창의성	3.32	.86	3.24	3.09	.89	3.18
계	3.52	.42	3.45	3.53	.57	3.60

높은 인지 수준의 학생들에게서는 낮은 인지 수준 군의 학생들과 달리 개방성 요소에서 통제 집단과 실험 집단 간의 차이가 통계적으로 유의미함을 알 수 있었다($F_{(1, 115)}=4.66, p<.05$).

이는 명시적 과학의 본성 수업이 낮은 인지 수준 군 학생들에게는 호기심을 향상시키는데 좀 더 효과적이고, 높은 인지 수준 군 학생들에게는 개방성을 향상시키는데 좀 더 효과적이라 말할 수 있다.

결과적으로 명시적 과학의 본성 수업은 학생들의 과학적 태도 중 호기심 요소와 개방성 요소의 향상에 효과적이며 낮은 인지 수준 학생들에게는 호기심 요소를, 높은 인지 수준 학생들에게는 개방성 요소를 향상시키는 데 좀 더 효과적이다. 이러한 결과에 대한 자세한 규명은 학생들의 인지 수준에 따라 과학적 태도에 어떤 특징이 있는지, 명시적 과학의 본성 수업 중 어떤 요소가 과학적 태도 변화에 영향을 미치는지에 대한 좀 더 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

표 17. 높은 인지 수준 군의 과학적 태도 검사 일원 공변량 분석 결과

요소	변량원	제곱합	자유도	평균 제곱	F
호기심	공변인	13.29	1	13.29	49.50
	수업 처치	.90	1	.90	3.34
개방성	공변인	1.71	1	1.71	5.49
	수업 처치	1.45	1	1.45	4.66*
비판성	공변인	10.90	1	10.90	39.38
	수업 처치	.06	1	.06	.20
협동성	공변인	15.99	1	15.99	54.12
	수업 처치	.06	1	.06	.19
자진성	공변인	9.29	1	9.29	34.18
	수업 처치	.05	1	.05	.18
근기성	공변인	5.55	1	5.55	15.19
	수업 처치	.05	1	.05	.12
창의성	공변인	10.52	1	10.52	18.26
	수업 처치	.04	1	.04	.07
계	공변인	6.10	1	6.10	45.91
	수업 처치	.26	1	.26	1.99

* $p<.05$.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 초등학교 과학과 내용과 통합하여 학생들에게 과학의 본성에 대해 가르치는 전략을 수립하여 직접 수업에 투입해 봄으로써, 초등학교 6학년 학생들의 인지 수준에 따른 과학의 본성에 대한 명시적 교수 효과를 밝히고, 과학의 본성에 대한 교육이 과학적 태도에 미치는 영향을 조사하였다. 지금까지의 연구 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

명시적 과학의 본성 수업은 낮은 인지 수준 군, 높은 인지 수준 군의 학생들 모두에게 일반적 수업보다 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키는데 효과적이다. 특히 높은 인지 수준 군의 학생들에게 더 효과적이다. 이러한 결과는 상대주의적인 인식론적 신념을 사용하기 위해서는 더 높은 단계의 지적 발달 수준이 필요하다는 Basseches(1980)의 주장을 지지하는 근거가 될 수 있지만 다른 한편으로, 과학의 본성적 측면을 인지 수준이 낮은 학생들도 학습할 수 있고, 인식할 수 있다는 것을 보여줌으로써 과학에 대한 편견을 가지지 않도록 하기 위해 어릴 때부터 과학의 본성에 대한 교육이 가능함을 시사하고 있다.

명시적 과학의 본성 수업 전, 후의 과학의 본성에 대한 견해 변화를 구체적으로 살펴본 결과, 사전 검사 결과에서는 통제 집단과 실험 집단 모두 각 문항에서 과학의 본성에 대한 부적절한 견해를 가진 학생들이 많았다. 수업 후 통제 집단 학생들의 견해는 거의 그대로 유지된 반면, 실험 집단의 학생들은 모든 문항에서 과학의 본성에 대한 현대적 견해를 선택하는 빈도가 증가하였으며 특히, 과학의 목적, 이론의 정의, 모델의 성질, 이론의 성질 문항에서 학생들의 뚜렷한 이해 향상이 나타났다. 그러나 이론의 잠정성 문항에 대해서는 수업 전의 반증주의적 시각이 수업 후 처치 후에도 잘 변화하지 않았는데, 이는 학생들의 반증주의적 시각이 그만큼 견고하다는 것을 의미한다.

인지 수준에 따른 과학의 본성에 대한 견해 변화를 구체적으로 살펴본 결과, 낮은 인지 수준 군의 학생들은 과학의 목적, 이론의 정의, 모델의 성질, 이론의 성질의 문항에서 통제 집단과 실험 집단의 응답 차이가 통계적으로 유의미하게 나타났고, 높은 인지 수준 군의 학생들은 과학의 목적, 이론의 정

의, 이론의 성질의 문항에서 통제 집단과 실험 집단의 응답 차이가 통계적으로 유의미하였다. 이러한 인지 수준 군에 따른 차이는 높은 인지 수준 군의 학생들이 평균적인 과학의 본성에 대한 이해도가 높다고 하더라도 영역에 따라 차이가 나타날 수 있음을 보여 준다. 모델의 성질 문항에서는 인지 수준이 높은 학생들이 모델의 성질과 관련하여 '입자를 볼 수 있기 때문이다.'와 '실험을 통해 증명되었기 때문이다.'와 같은 실재론적 또는 실증주의적 견해가 낮은 인지 수준군의 학생들보다 더 견고하다고 볼 수 있다. 이는 인지 수준이 가진 특성에 따라 과학의 본성에 대한 현대적 견해를 잘 흡수하는 영역과 강한 저항을 가지는 영역이 있을 수 있음을 시사한다. 이러한 영역에 관한 연구가 더 깊이 이루어져 그 영역들이 구체적으로 밝혀진다면 학생들의 인지 수준의 특성에 맞는 과학의 본성에 관한 효과적인 수업을 실시할 수 있을 것이다.

명시적 과학의 본성 수업은 학생들의 과학과 관련된 정의적 영역 중 과학에 대한 흥미를 향상시키는 데는 효과가 없으나, 과학적 태도 중 일부 요소인 호기심과 개방성을 향상시키는 데는 효과적이다. 과학의 본성 수업이 과학 교과서의 내용 지식 위주로 학습했던 학생들에게 교과 내용과 더불어 과학의 목적, 과학 지식의 특성 등에 대해 생각해 보게 함으로써 새로운 교과 내용의 학습과 함께 또 다른 사고를 요구하며, 학생 본인의 기존 견해와 새로운 견해 사이의 갈등으로 인해 실험 집단 학생들에게 과학에 대한 흥미 향상으로 이끌지 못한 것으로 보여 진다. 하지만 명시적 과학의 본성 수업이 학생들의 과학적 태도 중 일부 요소인 '호기심'과 '개방성'을 향상시키는 데는 효과가 있었다. 특히, 낮은 인지 수준 학생들에게는 호기심 요소를, 높은 인지 수준 학생들에게는 개방성 요소를 향상시키는 데 좀 더 효과적이다. 명시적 과학의 본성 수업이 과학과 관련된 모든 정의적 영역을 향상시키지는 못했지만 일부 요소에 긍정적인 영향을 미친 것에 주목할 필요가 있다. 이는 좀 더 체계적이고 장기적인 방법으로 과학의 본성 내용이 교육 과정과 통합한다면 학생들의 과학의 흥미, 과학적 태도 중 일부 요소를 향상시킬 수 있음을 시사한다.

그러나 이 연구만으로는 명시적 과학의 본성 수업이 인지 수준에 따라 과학의 본성 이해 정도와 과학적 태도에 미치는 영향이 차이가 나는 까닭에 대해서는 구체적인 정보를 얻을 수가 없다. 따라서 학

생들의 인지 수준에 따른 특성이 명시적 과학의 본성 수업을 접할 때 어떤 반응을 보이는지, 그 원인은 무엇인지에 관한 보다 구체적인 후속 연구가 이루어져야 할 것이다. 또 이러한 수업으로 인해 변화한 학생들의 과학의 본성에 대한 견해가 얼마나 장기적으로 지속되는지도 알아볼 필요가 있다. 이 연구에서는 현행 7차 교육 과정 6학년 1학기 7.전자석 단원과 과학의 본성을 통합하였지만 교과 내용과 과학의 본성 내용의 통합을 다른 학년, 다른 단원에도 적용하여 교수·학습 자료 및 수업 전략들을 개발하고, 이를 현장 교사들이 잘 활용할 수 있는 방향으로 꾸준한 연구가 필요하다.

참고문헌

- 교육부(1998). 과학과 교육 과정. 서울: 문교부.
- 김경순, 노정아, 서인호, 노태희(2008). 중학교 과학 '물질의 구성'단원에서 과학사 소재를 활용한 명시적·반성적 과학의 본성 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 28(1), 89-99.
- 김지나, 김선경, 김동욱, 김현경, 백성혜(2008). 초등학교 학생들의 과학의 본성에 대한 명시적 교수 효과 분석. 초등과학교육, 27(3), 261-272.
- 김효남, 정완호, 정진우(1998). 국가수준의 과학에 관련된 정의적 특성의 평가체제 개발. 한국과학교육학회지, 18(3), 357-369.
- 노태희, 강석진, 이선욱(1997). 과학·기술과 사회의 관계 및 과학이 본성에 대한 고등학교 학생들의 견해. 서울대학교 사대논총, 55, 89-116.
- 노태희, 김영희, 한수진, 강석진(2002). 과학의 본성에 대한 초등학교 학생들의 견해. 한국과학교육학회지, 22(4), 882-891.
- 문성숙, 권재술(2004). 학습자의 역학적 에너지에 대한 개념변화 중에 살펴본 물리 지식과 삶에 대한 인식론적 신념간의 관계. 한국과학교육학회지, 24(3), 499-518.
- 원정애(2006). 초등학교 학생들의 과학에 대한 인식론적 신념에 따른 과학 개념변화 과정. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 이주연(2006). 초등학교 학생의 과학에 대한 인식론적 신념과 학습자 특성과의 관련성 분석. 초등과학교육, 25(2), 167-178.
- 차정호, 윤정현, 노태희(2005). 중학생의 과학 지식의 본성에 대한 이해와 개념 이해 및 학습 전략 사이의 관계. 한국과학교육학회지, 25(5), 563-570.
- 최준환(2008). 과학사를 활용한 과학수업을 통한 교사 및 학생들의 과학의 본성에 대한 이해의 발달. 부산대학교 박사학위 논문.

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science course on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Aikenhead, G. S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 607-629.
- Aikenhead, G. S., Ryan, A. G. & Fleming, R. W. (1989). *Views on science-technology-society: Form CDN. mc. 5*. Saskatoon: Univ. of Saskatchewan.
- Akerson, V. L. & Volrich, M. L. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 377-394.
- American Association for the Advancement of Science (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy: A Project 2061 report*. New York: Oxford University Press.
- Basseches, M. (1980). Dialectical schemata: A framework for the empirical study of the development of dialectical thinking. *Human Development*, 23, 400-421.
- Brickhouse, N. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relation to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41, 53-62.
- Buehl, M. M. & Alexander, P. A. (2001). Beliefs about academic knowledge. *Educational Psychology Review*, 13(4), 385-418.
- Chandler, M. J., Boyes, M. & Ball, L. (1990). Relativism and stations of epistemic doubt. *Journal of Experimental Child Psychology*, 50, 370-395.
- Driver, R., Leach, J., Miller, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Open University Press: Bristol, Pennsylvania.
- Elder, A. D. (2002). Characterizing fifth grade students' epistemological beliefs in science. In P. R. Pintrich (Ed.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 347-364.
- Hodson, D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), 19-40.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking: from childhood to adolescence*. New York: Basic.
- Khisfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective views versus implicit 'inquiry orientated' instruction on sixth graders views of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In McComas, W. F. (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G. & O'malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74(2), 225-239.
- Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407.
- Metz, K. (1995). Reassessment of developmental constraints on children's science instruction. *Review of Educational Research*, 65(2), 93-127.
- Montgomery, D. E. (1992). Young children's theory of knowing: The development of a folk epistemology. *Developmental Review*, 12, 410-430.
- Moss, D. M., Abrams, M. D. & Kull, J. A. (1998). Can we be scientists, too? Secondary students' perceptions of scientific research from a project-based classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 7(2), 149-161.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- National Science Teachers Association (1971). NSTA position statement on school science education for the 70's. *The Science Teacher*, 38, 46-51.
- Roadrangka, V., Yeany, R. H. & Padilla, M. J. (1983). The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT), Paper presented at the 56th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas.
- Roth, W. & Roychoudhury, A. (1994). Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 5-30.
- Ryan, A. G. & Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, Carolyn. & Hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science. *Cognition and Instruction*, 18(3), 349-422.
- Solomon, J., Duveen, J., Scott, L. & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421.
- Solomon, J., Scott, L. & Duveen, J. (1996). Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. *Science Education*, 80(5), 493-508.