

과학 영재를 대상으로 한 명시적 과학의 본성 프로그램의 효과

박은이 · 홍훈기*

서울대학교

The Effects of Explicit Instructions on Nature of Science for the Science-gifted

Park, Eun-I · Hong, Hun-Gi*

Seoul National University

Abstract: The main purpose of this study is to examine the effects of explicit instructions on the nature of science (NOS) on the understanding of science-gifted students. Participants were engaged in 8 explicit NOS instructions spanning 6 months. Data were collected before and after the instructions from 20 science-gifted students using student worksheets, open-ended questionnaires (Views of Nature Of Science, VNOS), and in-depth interviews. The results of this study showed that explicit instructions were helpful in improving the understanding of the tentativeness in science and socially and culturally embedded aspects of science. However, participants not only still possess naive views on the nature of science about the distinction of law and theory and the empirical aspects of science, but also had conflicting views and misconceptions in some areas. The study has implication for development of science-gifted program that the explicit instructions on NOS and science inquiry should be provided concurrently, given the complementary relationship of the two activities.

Key words: nature of science (NOS), explicit NOS instruction, science-gifted, VNOS (views of nature of science questionnaire)

I. 서론

과학의 과정과 산물에 의해 직접적으로 영향을 받는 현대 사회에서는 개인적인 건강 문제에서부터 공공 정책에 이르기까지 다양한 분야에 걸쳐 사회 구성원으로서 의사결정을 내려야하는 순간이 자주 일어난다. 그러나 현대 사회에 미치는 과학의 영향력에 비하여 과학적 지식체계가 어떻게 작용하는지에 대한 개인의 이해는 매우 부족하다(McComas, 2000). 과학교육의 목적을 단순히 과학 지식의 습득을 통한 성적 향상에 둔다면 과학에 대한 인식과 과학 지식의 형성 과정에 대한 인식이 과학 교육과정에서 차지하는 가치는 미비할 것이다. 그러나 과학이나 기술과 관련된 이슈들은 갈수록 복잡하게 변화할 뿐 아니라 모호하고 모순되는 경우가 많기 때문에 합리적이고 적절한 결정을 내리기 위해 어느 때보다도 과학적 소양이 중요시 되고 있고, 그 과학적 소양의 중심에는 과학의

본성이 자리 잡고 있다(Bell, 2003; NRC, 1996; McComas *et al.*, 1998). 우리나라에서도 2007년 개정 교육과정에서 과학적으로 문제를 해결하려는 태도를 기르기 위해 과학의 가치 인식과 같은 과학의 본성에 대한 이해를 주요한 목표로 강조하고 있다(교육인적자원부, 2007).

과학지식체계의 다면성과 복잡성 때문에 과학의 본성에 대한 완벽하게 일치하는 하나의 견해가 존재하지는 않으나, 오랜 논쟁을 거치면서 어느 정도의 동의가 과학교육 사회 안에서 성취되어 왔고(Naiz, 2009) 과학교육과정에 적극적으로 도입되도록 권하고 있다(AAAS, 1993; NRC, 1996). Lederman(1992)은 과학의 본성을 과학지식과 그 지식의 발달과정에 내재되어 있는 가정과 가치로 정의하면서 초·중등 교육과정과 일상생활에 접근 가능하며 논쟁의 여지가 없는 과학의 본성을 선정하여 연구의 주 대상으로 다루었다. 그 내용을 구체적으로 들여다보면, 과학지식은

*교신저자: 홍훈기(hghong@snu.ac.kr)

**2009.11.26(접수) 2010.02.02(1심통과) 2010.03.15(2심통과) 2010.03.23(3심통과) 2010.03.24(최종통과)

잠정적이고 경험에 근거해 발달하며, 주관적 경향성(이론의존성)을 갖고 부분적으로 추론·상상력·창의력에 근거하고 있다는 점 그리고 사회적·문화적으로 깊이 관여되어 있다는 점이다. 여기에 관찰과 추론이 구분되어야 한다는 점, 실제 과학을 수행함에 있어서 요리법과 같은 보편적 절차 이외에 다양한 과학적 방법이 존재한다는 점, 이론과 법칙사이의 관계와 기능에 대한 인식을 덧붙였다.

이러한 과학의 본성이 과학교육 내에서 갖는 가치를 Driver *et al.*(1996)은 5가지로 주장했다. 첫째, 과학 내용을 학습하는데 지원적 역할을 할 수 있고 둘째, 과학자 공동체의 준거를 이해하는데 도움을 주며 셋째, 과학을 동시대적 문화의 주요한 요소로 인정하는데 필요하고 넷째, 사회-과학적 이슈를 이해하고 의사결정에 참여하는데 필요한 요소이며 마지막으로, 과학을 이해하고 기술적 산물과 기술적 과정을 다루는데 과학의 본성이 중요한 역할을 한다는 것이다. Bell(2003) 역시 과학과 기술 관련 문제 해결에서 과학 지식의 특성과 그 구성 과정, 논쟁 과정에 대해 앞으로 정보에 근거한 합리적 의사결정이 가능한 시민을 양성할 수 있다고 강조하고 있다. 이러한 과학의 본성이 갖는 다양한 가치를 고려해 볼 때 향후 과학계에서 중요한 역할이 기대되는 과학 영재들이 과학의 본성을 올바르게 이해하는 것은 중요한 의의가 있다. 과학 및 기술과 관련된 문제가 사회에서 이슈화 될 때마다 많은 국민이 방송매체 및 과학자의 목소리에 신뢰를 두고 판단하기 때문에 현대는 과학자에게 더 많은 책임이 요구된다. 그러므로 과학 영재들은 과학 지식의 생성 과정에 직접 참여하는 입장에서 과학의 본성에 대한 인식을 정확히 할 필요가 있다. 과학자에게 있어서 과학의 본성은 가깝게는 자연환경에 관해 사고하는 연구자의 세계관에 영향을 미칠 수 있고(Bybee, 1997), 나아가 문제해결 및 의사 결정 과정에 영향을 끼치기 때문이다(정충덕 외, 2008).

학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 개선하고자 하는 노력은 오래 전부터 다양한 방법으로 연구되어 왔다. 우선 Solomon *et al.*(1992)은 과학교육에 과학사를 병합하는 방법을 통해 학생들의 과학의 본성에 대한 인식에서 긍정적 변화를 발견하였다. 그러나 과학사적 접근에 대한 연구에서는 프로그램 효과에 대해 연구자마다 서로 다른 결과를 제시하며 아직 통일된 결정에 이르지 못한 상태이다. 이후 과학의 본성에

대한 학습자 인식 개선을 목표로 하는 노력들은 과학 교수 안에 과학적 탐구를 포함하도록 강조하고 있다. 이는 학생들이 탐구활동에 참여함으로써 자동적으로 과학의 본성에 대한 인식이 개선될 것이라는 가정에서 출발한 것이다. 그러나 탐구에 기반 한 교수법 역시 과학의 본성 획득이나 과학적 탐구 이해라는 목적을 지속적으로 달성한 것은 아니다. 1960년대와 1970년대 미국의 물리와 생물 교육과정은 이러한 접근을 채택하였으나 몇몇 연구결과들은 이 접근법이 과학의 본성에 대한 인식을 정교화 하는데 비효과적이라는 발표를 하였다. 한 예로 Meichtry(1992)의 경우 과학의 본성을 인식하는데 있어서 암묵적 탐구 수업이 전통적인 교과서 중심 교육과정보다 더 효과적이지는 않다는 연구 결과를 발표했다. 이후 탐구 지향적 교수 접근에 다양성을 가미해 과학의 본성에 대해 올바른 인식을 지도하고자 하는 시도가 진행되었다(Schwartz *et al.*, 2006). 우리나라에서도 다양한 시도를 통해 과학 영재들의 과학의 본성에 대한 인식을 개선하고자 하는 노력이 수행되었다. 기존 연구에서는 중학교 과학 영재들의 과학 지식에 대한 과학 철학적 관점이 토론 및 읽기 활동을 통해 전통적 관점에서 현대적 관점으로 쉽게 변하지 않는다는 연구가 있다(장명덕 등, 2002). 또한 김정대 등(2006)의 연구에서는 R&E 경험이 있는 과학 영재 학생들이 그렇지 않은 과학영재 학생들보다 과학의 본성에 대한 인식 영역 중에서 과학자의 연구 동기와 관련된 문항과 과학자의 연구와 국가(사회)의 관계와 관련된 문항에서 유의미한 차이를 드러냈다고 보고하였다. 그러나 이 문항에서 과학자의 연구에 정부가 개입해서는 안된다는 학생들이 R&E를 이수한 학생들 중에서도 65.2% 존재해 과학의 사회-문화적 연관성을 인식하지 못하는 학생이 과반수 이상을 차지했다.

이렇게 국내외에서 과학의 본성에 대한 연구가 진행되면서 과학의 본성에 대한 인식에도 변화가 일어났다. 과학의 본성이 과학 활동에서 부수적으로 생성되는 정서적 산물이기보다는 과학을 수행하는데 있어서 반드시 획득되어야 할 인지적 산출물이며 그래서 암묵적인 접근보다는 명시적으로 가르쳐야 한다는 것이다. 과학 탐구 중심의 활동을 통해 암묵적으로 학생들에게 과학의 본성을 인식시키려는 시도가 큰 성공을 거두지는 못하면서(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998) 강의활동보다는 탐구중심의 활동에서 다양한

접근법을 통해 학생들이 스스로 과학의 본성을 숙고하는 활동을 강조하게 되었다(Liu, Lederman, 2002). 교사가 학생들에게 특정한 과학의 본성을 우선 명시적으로 소개하고, 학습하는 과학개념이나 참여하는 과학 활동 맥락에서 이런 과학의 본성을 깊게 생각할 수 있는 구조화된 기회를 제공하는 이른바 명시적 교수법이 연구되어 긍정적 효과가 보고되었다(Khishfe, Abd-El-Khalick, 2002). 명시적 접근법에서 명시적이라는 말의 의미는 높은 수준의 과학 이론을 이해하도록 의도적으로 목표화하는 것처럼 과학의 본성에 대한 이해 역시 의도적으로 목표화되어 철저히 계획된다는 것을 강조하고 있다. 다시 말해 학생들이 스스로 수업을 통해 암묵적으로 이해하도록 두는 것보다 단순한 읽기 자료처럼 덧붙여진 활동이 아니라 과학 수업의 계획된 교육적 산출물로 수업 내 활동이나 논의 안에 필수적으로 포함되어 과학의 본성에 대한 이슈를 불러일으켜 명확히 다루는 것이다(Akerson *et al.*, 2000). 이는 어떤 일반화된 사실을 학생들로 하여금 되풀이하도록 연습시키는 설교적 교수법과 구별되어야 하고 소단계로 학생들이 따라하면서 기술을 배우거나 지식을 습득하는 명시적 교수 전략과는 다르다. 명시적으로 어떤 과학의 본성 측면을 먼저 소개하고 이후에 참여하여 배우고 있는 과학 내용의 맥락이나 특별히 고안된 수업 안에서 이런 과학의 본성 측면에 대해 반성적으로 사고할 수 있는 다양한 기회를 구조화해 제공함으로써 과학의 본성을 명료하고 일관되게 인식하도록 돕는 것이다(Khishfe, Abd-El-Khalick, 2002; Seung *et al.*, 2009).

이에 따라 본 연구에서는 과학영재들에게 과학의 본성에 대한 현대적 관점을 지도하기 위해 명시적 과학의 본성 프로그램을 수행하고 과학영재들의 과학의 본성에 대한 인식에 어떠한 변화가 있는지 살펴보았다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구대상

서울에 소재한 한 대학교 부설 영재교육센터 프로그램에 참가하는 학생 20명을 대상으로 연구를 실시하였다(남학생 19명, 여학생 1명). 대상 학생들은 서울 시내 중학교 2학년 학생들로서 추천, 창의적 문제해결력 검사, 면접의 3단계로 구성된 선발과정을 거쳐

프로그램에 참여하게 되었다. 대상 학생들 중 이전에 영재교육 프로그램에 참여한 경험이 있는 학생들이 65%를 차지하였고 참여 기간은 평균 1.7년이었다.

2. 연구절차

본 연구가 진행된 대학부설 영재센터에서는 1년 동안 과학영재 학생들에게 100시간의 수업을 제공하고 있다. 이 연구의 주제가 되는 과학의 본성에 대한 명시적 프로그램은 수업과 별개로 6개월에 걸쳐 8가지 활동이 제공되었다. 각 활동이 강조하는 과학의 본성 영역이 서로 다르기 때문에 다양한 접근을 통하여 학생들이 과학의 본성에 대한 인식을 향상시키도록 하였다(Seung *et al.*, 2009). 활동 2, 3, 4, 5는 McComas(2000)에 의해 소개된 프로그램을 저자의 교육적 의도는 유지하면서 연구 상황에 적합하도록 일부 수정하거나, 연구 현장에서 구하기 쉬운 자료로 대체하였다. 활동 6, 8은 Abd-El-Khalick *et al.*(2000b)의 선행 연구를 참고하여 연구자가 과학의 본성을 명시적으로 제시하기 적합한 접근법으로 도입한 활동이다. 과학지식이 어떻게 발달되었는가의 문제는 과학 인식론의 본질적인 부분이기 때문에 역사적 관점의 접근이 효과적이다. 기존 연구에서 과학사를 이용한 수업이 주로 읽기 자료를 배포하거나 시청각 자료를 제시하는데 그친데 반해 이번 프로그램에서는 학생들이 주어진 과학사의 사건들을 자료를 조사하고 직접 구성하여 역할극으로 제시하고 토론하면서 숙고해보도록 하는 형태로 구성하였다. 각 활동 후에 학생들은 토론을 통해 각 활동에서 초점을 두어 명시적으로 제시하는 과학의 본성을 확인 및 정리하는 기회를 가졌고, 활동지에 활동에 대한 의미와 평가를 내려 보면서 스스로 피드백을 하도록 하였다. 표1은 프로그램에서 제시된 활동목록과 목표로 설정한 과학의 본성 영역에 대한 요약이다.

한 예로 2차시 'Block box' 활동의 경우, 양쪽 원의 중심으로부터 끈이 나와 있는 원통을 학생들에게 보여주고 직접 한 방향씩 실을 잡아당겨 보도록 한다. 왼쪽으로 실을 끌어 당기면 오른쪽 실이 안으로 당겨 들어가고 반대의 경우도 마찬가지다. 그러나 왼쪽으로 당긴 실의 길이와 오른쪽에서 들어간 실의 길이가 서로 다르다는 것을 학생들이 관찰하게 하고 내부의 구조가 어떻게 되어 있을지 고안해보도록 한다. 원통

Table 1

The program on the nature of science(NOS)

#	Activity	Components of NOS
1	What is NOS?	Justice, necessities and meanings on NOS
2	Block box	Creativity/imagination, Tentativeness, Law/theory, Empirical nature
3	Trick tracks	Subjectivity, Tentativeness, Creativity/imagination
4	That's part of life!	Subjectivity, Social/cultural influence
5	The aging president	Subjectivity, Social/cultural influence
6	History of science	Tentativeness, Social/cultural influence, Law/theory, Subjectivity, Empirical nature, Creativity/imagination
7	Research ethics	Social/cultural influence, Empirical nature
8	Role playing	Social/cultural influence, Creativity/imagination, Tentativeness, Subjectivity, Empirical nature

의 내부를 볼 수 없는 상태에서 관찰할 수 있는 실의 길이 변화만은 가지고 내부를 유추하도록 하는 활동이기 때문에 'Block box'라고 이름붙였다. 이 활동은 원통의 구조를 고안해 보도록 하는 과학적 과정 기술 뿐 아니라 과학자들 역시 현상을 경험하고 왜 그것이 일어나는지에 관해 설명하려고 시도한다는 과학자 활동의 축소판이라고 할 수 있다. 이 활동을 통해 학생들은 관찰과 추론의 차이를 인식하며, 과학 지식이 추론과 상상력과 창의력의 산물이라는 점을 활동을 통해 깨닫게 되고, 자신과 마찬가지로 과학자들도 실험이나 관찰을 통해 과학적 지식을 이끌어내며 이 과정이 바로 과학적 지식이 경험적 자료에 근거한다는 것을 드러내는 것이며, 또한 내부를 드러다 볼 수 없는 원통 안의 구조처럼 과학적 지식은 잠정적이며 가변성을 갖는다는 점, 과학적 모델의 역할 나아가 이론과 법칙을 구분하도록 구조화하여 제시하였다.

3. 자료분석

이번 연구에서는 영재학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 파악하기 위해 VNOS(Views of Nature Of Science questionnaire)가 사용되었다. 기존의 표준화된 수렴적 필기 검사는 응답자가 검사 도구 개발자와 같은 방식으로 문항을 인식하고 해석할 것이라고 가정한다. 또한 의무적으로 하나의 답안을 선택해야 하는 경우 응답자는 개발자가 갖고 있는 관점 중 하나

를 선택하도록 강요받을 수 있다(Lederman *et al.*, 2002). 이러한 상황은 검사 도구의 타당도를 위협하는 요소가 된다. 기존 검사지의 제한점을 개선하기 위해 Lederman *et al.*(2002)은 VNOS라는 개방형 질문지를 개발하였으며 여러 연구를 통하여 검사지의 타당도가 확보되었다(Lederman *et al.*, 2002). 이번 연구에서는 VNOS-C형 10문항 중 7문항을 선택하였고 응답자의 답변을 올바르게 해석하도록 반구조화된 인터뷰를 사용해 검사지의 타당도를 높이고자 하였다. VNOS는 연구대상 이외의 영재학생 5명에게 pilot test 실시 후 인터뷰를 통해 문항의 이해도를 먼저 파악하였다. 대상 학생들이 중학생임에도 불구하고 고등학교 화학 내용까지 개인적으로 학습을 한 상태여서 문항을 이해하는데 어려움은 없었다(예: 원자 모형에 대한 모델). 개방형 질문지는 3월과 12월에 두 차례 수행되었고 명시적 과학의 본성 프로그램은 3월부터 6개월에 걸쳐 진행되었다. 각 활동 후 모아진 학생 활동지와 개방형 질문지를 1차 자료로 수집하였고 답변이 모호한 경우 이메일을 통해 답변을 재요청하였으며, 이후 전체 학생 20명 중 7명을 선정해 인터뷰를 실시하였다.

과학의 본성에 관한 과학교육자간에 완벽하게 일치하는 의견이 존재하지 않지만 본 연구에서는 중학교 2학년 학생들을 대상으로 한 연구이므로 초·중등 교육과정에 접근 가능하며 논쟁의 여지가 없는 과학의 본성을 선정해 연구대상으로 삼고 있는 Lederman

(1992)의 제안 중 이번 연구에 사용된 질문지에 대한 학생들의 응답에서 드러난 과학의 본성 6가지를 분석하였다. 이는 NSTA("The Nature of Science," 2000)에서 제시하는 입장에도 포함되어 있다. 6개 하위 영역을 살펴보면 다음과 같다. 첫째는 '과학지식의 잠정성'이다. 과학적 지식은 신뢰성이 높고 충분히 지속가능한 지식임에도 불구하고 절대적인 것은 아니다. 과학적 주장은 이론과 기술의 발달로 새로운 증거가 드러나거나, 현존하는 증거가 새로운 이론에 의해 재해석되거나 또는 사회·문화적 관점 등에 의해 변화될 수 있는 특성을 가지고 있다. 둘째는 '법칙과 이론'에 대한 구분이다. 과학적 이론은 관찰할 수 없는 것들의 존재를 가정하거나 외관상 연관성 없는 관찰들을 가정이나 원리에 기초해 일관적으로 설명하는 것이다. 반면에 과학적 법칙은 관찰 가능한 현상 사이의 관계성을 나타낸 것이다(McComas, 2000). 이렇듯 이론과 법칙은 과학에서 서로 다른 역할을 하고 있으며 이론이 부가적 증거를 더 갖는다고 해서 법칙이 될 수 있는 것은 아니다. 셋째는 '과학적 지식에서 창의성과 상상력의 필요성'이다. 과학이 경험적 자료에 근거하고 자연 현상에 대한 관찰을 포함하지만 과학 지식의 생성 과정은 유기적인 생명력을 갖고 있고 과학적 설명과 이론을 수립하는데 여러 경로에서 과학자의 창의성이 필요하다. 넷째는 '과학적 지식이 경험적 자료에 근거'한다는 특성이다. 과학적 지식은 자연 세계의 관찰에 근거하고 이를 통해 과학적 주장의 타당도가 성립된다. 그러나 많은 자연 현상이 직접 접근하기 어렵고, 자연 세계의 관찰은 감각기관이나 복잡한 기구를 통해 인식되며 과학자 개인의 이론적 틀 안에서 해석되는 과정을 거치게 된다. 다섯째는 '과학에 대한 사회적, 문화적 영향'이다. 과학이 진행되는 방향과 과학의 산출물은 그것이 수행되는 사회의 구조, 그 안의 힘의 구조, 정치, 사회, 경제, 철학, 종교 등의 요소에 의해 영향을 받는다. 마지막으로 다른 과학의 본성은 '과학의 주관성과 이론의존성'이다. 과학적 지식을 생성하는 과정에서 과학자들은 경험적 증거를 수집하고 해석을 할 때 자신의 가치, 지식, 기존 경험 뿐 아니라 현 시대의 과학적 관점에 영향을 받아서 이론 의존적인 관찰과 해석을 하게 된다. 선정된 여섯 가지 과학의 본성 영역을 바탕으로 Lederman *et al.*(2002)이 제시한 준거를 연구자 2인이 함께 숙지한 후 초보자(naive)적 관점, 과도기(transition)적

관점, 전문가(informed)적 관점으로 구분해 분석 자료를 개별 분석하였다. 만약 과학에 대한 사회적, 문화적 영향에 관한 영역에서 과학적 지식이 사회적, 문화적 요소에 의해 영향을 받는다고 일관되게 응답하는 경우에는 전문가(informed)적 관점으로 배치하였고 과학적 지식이 가치 중립적이고 사회적, 문화적 요소에 의해 영향을 받지 않는다고 응답한 경우에는 초보자(naive)적 관점에 배치하였으며 응답이 일관되지 않고 초보자(naive)적 관점과 전문가(informed)적 관점이 동시에 드러날 때는 과도기(transition)적 관점에 배치했다. 예를 들면 A학생은 과학이 가치 보편적이라고 응답하였으나 다른 문항에서는 과학에 사회적이고 문화적인 가치가 녹아있다고 언급하면서 중세의 천동설에 대한 예를 들었다. 이 경우에 사회적, 문화적 영향에 대해 일관되게 전문가(informed)적 관점을 갖지는 않지만 어느 정도 인식한다고 판단하여 과도기(transition)적 관점에 배치하였다. 개방형 질문지에서 학생들은 자신의 주장을 확증하기 위해 여러 가지 예시를 제시하는데, 특히 답변간의 일관성이 잘 유지되는지 주의 깊게 살펴보았다. 1차 분석 후 분석자간 일치도는 95%였고 일치하지 않는 부분에 대해서는 연구자간 논의를 거쳐 해당 범주를 일치시켰다.

Ⅲ. 결과 및 논의

표2는 명시적 과학의 본성 프로그램을 진행하기 전과 후에 드러난 학생들의 과학의 본성에 대한 인식 결과를 제시한 것이다.

과학 지식의 잠정성에 대한 학생들의 인식 변화를 알아 본 결과, 15% 학생이 초보자적 관점에서 전문가적 관점으로 바뀌었다. 다음은 과학의 잠정성에 대한 인식 변화를 드러낸 응답 중 한 예이다.

과학은 모든 현상에 대해 절대적이고 답이 있다고 본다. 우리가 답을 찾지 못한 것이다. (T학생, 사전질문)

(과학적 지식은) 물론 변할 수 있다. 동시에 한 현상에 대해서 그 원인을 해석하는 것은 사람마다 다를 수 있기 때문에 나는 충분히 변할 수 있다고 생각한다. (T학생, 사후질문)

사전 질문지에서 과학지식의 잠정성에 대해 이미

Table 2

Percentages of naive and informed views of target NOS aspects in pre- and postintervention

Components of NOS	pre-			post-		
	naive	transition	informed	naive	transition	informed
tentative	15	5	80	5(-10)	0(-5)	95(+15)
law/theory	85	10	5	75(-10)	20(+10)	5(0)
create/image	0	15	85	0(0)	15(0)	85(0)
empirical	100	0	0	100(0)	0(0)	0(0)
social/cultural	45	15	40	20(-25)	25(+10)	55(+15)
subjective	40	10	50	35(-5)	10(0)	55(+5)

* () : variation

전문가적 인식을 갖고 있는 학생들은 사후 설문지에서 더욱 다양한 예를 제시하면서 그러한 관점을 유지하였다. 사전 질문에서 언급된 플로지스톤설, 천동설 이외에도 사후 질문에서 아리스토텔레스가 주장했던 무거운 물체가 빨리 낙하한다는 주장, 원자의 다양한 구성입자, 상대성이론, 양자역학, 판구조론, 열역학, 산-염기 개념의 확장 등을 예로 들었다. 이러한 예 중 원자의 구성입자, 양자역학, 산-염기 개념의 확장 등은 정규 수업을 통해 제공된 강의 내용과 일치한다.

학생들이 과학 지식의 잠정성을 인식하는 요인들을 살펴보면 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 과학기술 발달에 근거한 증거의 확장에 따른 과학 지식의 변화이고 둘째는 다른 과학의 본성 영역과 연관된 요인이다. 다음 두 답변은 각 요인에 해당되는 예이다.

도구의 발달, 기술의 발달이 더 진행되어 지금 볼 수 없는 것을 볼 수 있게 되면 과학적 지식이 변할 것 (D학생, 사후질문)

인간의 과학적 지식은 주로 인간의 관찰, 경험에서 생기기 때문에 오차가 날 수도 있고, 추상적인 것일 수도 있기 때문이다(E학생, 사후질문)

특히 두 번째 응답에서는 과학 지식의 잠정성의 원인을 과학 지식의 주관성, 과학 지식이 추론과 상상력의 산물이라는 과학의 본성과 연결된 포괄적인 요인을 제시하였다.

학생들의 답변을 분석한 결과 과학의 잠정성에 대한 현대 과학적 관점에도 불구하고 '미래의 절대적 지식관' 과 '자기모순' 이라는 두 가지 인식 패턴이 드러났다. 첫째로, '미래의 절대적 지식관' 이라는 인식 패

턴은 지금은 과학 지식이 여러 가지 이유에 의해 변하지만 '미래에는 확고하고 명확한 절대적 지식이 수립 될 것이다' 라는 인식을 말한다. 이러한 인식은 J학생의 응답에서 드러난다.

(과학적 지식은) 변하지 않는다. 그것이 왜 그런지 밝혀졌기 때문에 그것에 대해 반론을 제시하거나 할 수 없다(J학생, 사전질문)

(과학적 지식은) 변하게 될 것이다. 과학기구가 발달하면서 더 정밀하고 정확한 실험이 가능해졌기 때문에 옳은 지식으로 바뀌게 된다(J학생, 사후질문)

J학생의 경우 사전질문에서는 과학의 잠정성을 인식하지 못한 반면 사후질문에서는 과학적 지식이 변할 수 있다고 인식하게 되었다. 그러나 과학의 잠정성은 그 요인이 단순히 과학 기술의 부족으로 인한 것이 아니기 때문에 다른 과학의 본성과 연관지어 폭넓게 이해할 필요성이 있다. 둘째로, '자기모순' 적 인식 패턴은 과학지식의 잠정성에 대한 응답과 이론과 법칙에 대한 응답이 서로 모순된다는 것이다. 구체적으로 예를 들면, 과학 지식은 이후에 변할 수 있다는 과학의 잠정성을 인식하는 응답과 별개로 과학적 법칙에 대해 절대성, 불변성을 언급하여 과학적 지식의 잠정성에 대한 언급과 상호 모순된다. 다시 말해, 과학 지식의 잠정성에 대한 다양한 예시를 스스로 제공하면서도 과학 지식 특히 과학적 법칙이 변하지 않을 것이라는 모순된 생각을 드러낸 것이다. 이는 과학의 잠정성 영역이 독립적이지 않고 다른 과학의 본성과 서로 연결되어 있음을 의미한다. 다시 말해 과학지식의 잠정성을 진정으로 인식하기 위해서는 과학의 주관성과

과학적 이론 및 법칙에 대한 올바른 이해가 함께 해야 한다는 것이다. 그러나 학생들의 경우 과학적 이론과 법칙에 대한 구분과 과학의 주관성에 대한 올바른 인식을 갖고 있지 못하기 때문에 과학의 잠정성을 규정하는 요인이 단편적이고 상호 모순된 답변을 제시하고 있는 것으로 보인다. Schwartz *et al.*(2008)의 연구에 의하면 현장에서 직접 과학을 수행하고 있는 과학자들의 경우 과학의 잠정성에 대해 전문가적 관점을 갖고 있으며 이런 인식이 자기모순 없이 자연스럽게 본인의 연구에 녹아들어가 있는 것으로 드러났다. 과학의 잠정성에 대한 인식은 과학을 연구하는 자세, 다시 말해 결정론적 관점이 아니라 모든 방향으로 가능성을 열어두는 개방적 자세와 긴밀하게 연결되어 있기 때문에 이러한 인식이 자기모순 없이 과학 영재 학생들에게 확실하게 인식이 될 필요가 있다.

2. 법칙과 이론

법칙과 이론의 구분에 대한 학생들의 인식변화를 살펴본 결과, 10%(2명)의 학생이 초보자적 관점에서 과도기적 관점으로 바뀌었다. 분석 결과 초기에 85% 학생들이 과학의 이론과 법칙에 대해 초보자적 관점을 갖고 있었다. 대표적으로 Q학생은 변화 가능한 것, 불완전한 것이 이론이고 여기에 증거를 모으면 더 이상 변하지 않는 것, 확고한 것 즉, 법칙이 된다고 인식하고 있었다.

(이론이) 일반성이 성립하고 실험에 의해 맞다고 증명된다면 이것은 법칙으로 인정될 수 있다. (예: 아보가드로법칙, 멘델의 법칙) 즉 이론은 맞을 수도 있고 틀릴 수도 있으며 법칙이 정형화되기 전의 기본 단계이다(Q학생, 사전질문)

명시적 프로그램이 수행된 후에 이 영역에 대한 학생들의 인식에 큰 변화는 없었다. 20%의 학생은 이론과 법칙의 역할을 완벽하게 설명하지는 않았지만 증거 여부와 관련된 위계성을 부여하지 않고 서로 다른 역할을 언급하고 있어 과도기적 관점에 배치되었다.

다음은 이론과 법칙에 대한 긍정적 변화가 드러난 답변의 한 예이다.

이론은 과학이 발전함에 따라 함께 발전하고 변해가지만 법칙은 확정된 것으로 거의 변하지 않는다(K학

생, 사전질문)

이론은 현재 알고 있는 사실을 이용하여 세운 내용으로 실험적으로는 증명되지 않은 것이며 변할 가능성이 크다. 법칙은 그 내용이 실험적 결과로 그에 맞아 떨어지는 것을 서술한 것이다(K학생, 사후질문)

K학생은 사전 응답에서 이론에 대한 명확한 개념을 갖고 있지 못했고 법칙 역시 확정적이어서 변하지 않는 것이라고 응답했으나 사후 질문에서는 이론은 알려진 사실을 이용하여 세워지고, 실험적으로 증명되지 않는 것이며 법칙은 실험적 결과에 대한 서술이라는 다소 개선된 응답을 보여 '과도기'에 배치되었다. 그러나 75% 학생은 여전히 이론이 더 많은 증거를 통해 검증 절차를 거치면 법칙이 된다는 위계성을 부여하고 있었다. 이론과 법칙을 구분하는 질문에서 법칙에 관한 학생들의 응답에 가장 많이 등장하는 단어가 '실험, 증명, 불변'이었다. 이는 교과서에서 언급되는 법칙이 대부분 실험과 함께 제공되기 때문으로 여겨진다. 어떤 주제를 중심으로 관련 실험을 수행하고, 그 결과를 통해 이끌어 낸 수학적 표현과 같은 변수간의 관계를 어떤 법칙으로 명명함으로써 학생들로 하여금 실험을 통해 검증된 것이 '법칙'이라는 인식을 암묵적으로 심어줄 가능성이 있다. 한편 이런 법칙을 설명하기 위해 제공되는 아이디어가 이론으로 소개되면서 학생들은 이론은 아직 검증되지 않은 것, 법칙은 실험을 통해 검증되어 더 이상 변하지 않는 것으로 인식하게 되는 것이다. 그러나 과학 지식에서는 이론과 법칙의 역할이 다르고, 과학 지식의 생성 과정 중에는 법칙 또한 잠정적일 수 있음을 학생들이 인식해야 할 필요가 있다. 왜냐하면, 이론과 법칙에 대한 인식은 기존 지식에 대해 비판적인 태도를 갖게 하고, 모든 연구에 좀 더 개방적인 태도로 이끌 수 있기 때문이다. 과학사를 들여다보면 그 시대의 지배적 이론이 과학적 탐구의 방향을 결정짓기도 하고 결과에 대한 해석에도 영향을 끼쳤던 만큼 이론과 법칙에 대한 인식을 개선하기 위해 교육 현장에서 이론과 법칙의 역할과 구분이 충분히 언급되어야 할 필요성이 있다.

3. 과학적 지식에서 창의성과 상상력의 필요성

과학적 지식에서 창의성과 상상력의 필요성에 대한

인식 변화를 살펴본 결과, 사전응답에서 이미 85%의 학생이 전문가적 관점을 가지고 있었고 명시적 과학의 본성 프로그램 이후에도 그대로 유지되어 수치적 변화는 없었다. 다음은 'Block box' 활동 후 G학생이 활동지에 기록한 것이다.

과학자들이라고 해서 항상 옳은 결과만 내며 결과가 항상 자연현상과 같지만은 않다는 걸 알게 되었고 실패를 할 수도 있으며 추론을 할 때, 상상력, 창의력 등이 많이 필요하다는 것을 알게 되었다.(G학생, 활동지)

그러나 여전히 15% 학생들은 창의성과 상상력이 활용되는 상황을 가설 설정단계나 결과 해석 단계에 한정하면서, 객관적 지식을 생성하기 위해 관찰 과정에서는 상상력과 창의력이 사용되어서는 안된다고 주장하였다.

계획할 때, 가정을 세울 때 창의력과 상상력을 발휘하는 것 같다. (중략) 그리고 실험, 자료분석, 추론과 결과보고에는 상상력이 쓰이면 결과가 실제와 달라 지므로 사용되지 않는다(D학생, 사후질문)

D학생은 과학자의 상상력과 창의력이 결과를 왜곡시킬 수도 있다는 주장으로 상상력과 창의력의 사용 영역을 제한하는 응답을 보여 과도기적 관점에 배치되었다. 특히 원자 모델의 발전 과정과 관련된 질문에서는 현대적 원자 모델이 실제 원자의 모습 그대로라는 답변도 있었다. 과학적 지식을 구성하는 과정에서 상상력과 창의력 같은 심리적 요소는 과학 영재가 길러야 할 중요한 소양의 하나이다. 과학을 하는 모든 과정에서 논리력과 통찰력 못지않게 상상력과 창의력의 역할과 중요성이 과학 영재들에게 올바르게 인식될 필요성이 있음에도 불구하고 여전히 15%의 학생들에게는 제한적으로 인식되고 있다. 이는 명시적 과학의 본성 프로그램과 달리 영재센터에서 제공하는 대부분의 실험 수업들은 과학을 수행하는 과정 중에 상상력과 창의력이 발휘될 수 있는 기회를 접하기 어렵기 때문으로 여겨진다. 과학적 논리를 검증하기 위한 실험 수업이 주를 이룰 때는 창의력과 상상력보다는 과학적 지식 및 논리력과 분석력이 더욱 효과적이기 때문이다. 그러므로 영재센터 프로그램 중 실험 수업에서 학생의 창의성과 상상력을 다양하게 접목시킬 수 있

는 기회를 제공해 학생들이 과학 탐구를 하는 과정 중에 창의력과 상상력이 중요한 요소임을 직접 경험해 볼 수 있도록 해야 할 것이다.

4. 과학적 지식이 경험적 자료에 근거함

과학적 지식이 경험적 자료에 근거함에 대한 학생들의 인식변화를 살펴 본 결과, 사전응답에서 모든 학생들이 초보자적 관점을 갖고 있었고 이러한 경향성은 프로그램 이후에도 수치적 변화가 없었다. 다음은 과학에 대해 B학생이 내린 정의이다.

과학은 자연 이치를 탐구하여 진리를 찾아내는 학문이다. 자연의 현상을 보고, 그에 따른 의문을 가져 그 현상의 원리를 찾는 것. 그 원리를 찾을 때 사실적으로 증명되는 것이다(B학생, 사전질문)

학생들은 과학이 명확한 사실에만 근거하며, 증명가능하고, 관찰가능하며 반복적 규명이 가능한 정답과 오답이 명확하기 때문에 예술과 다르다고 언급하였다. 과학자들이 증거를 어떻게 해석하는지 따라 해보는 "Tricky tracks" 활동에서 증거의 제시 순서에 따라, 추론의 도입 여부에 따라, 참여자간 토론에 따라 한 가지 증거 및 현상에 대해 여러 가지 이론이 성립할 수 있음을 명시적 활동을 통해 경험했음에도 불구하고 사후 설문에서 학생들의 응답에는 큰 변화가 없었다. 다음은 사후 설문에서 드러난 전형적인 답변이다.

과학은 진실을 다루는 학문이어야 하므로 실험에 입각하여 결론을 도출하며 문학과는 달리 허구와 분리된다. (중략) 즉 과학은 언제 어느 때라도 그 사실대로 행한다면 같은 결과가 도출되어야 한다(Q학생, 사후질문)

학생들은 과학이라는 영역을 오로지 증거에 기반한 사실들의 집합체로 인식하여, 실제 과학계에서 개인적 편견이나 개인적 관점으로 인해 다양한 의견이 존재할 수 있는 분야라는 인식을 명확하게 하지 못하고 있었다. 또한 과학자간 서로 상충되는 의견을 어떻게 해결해야 하는지에 대한 질문에서는 '결정적인 명확한 증거(J학생, 사후질문)'를 찾게 되면 서로 다른 의견을 하나로 모을 수 있다는 응답이 많았고 관찰이

나 실험 자료가 과학적 주장에 대한 지지 및 확인의 역할을 하기보다는 증거로서 명확한 지식임을 증명하는 것으로 인식하였다. 이러한 응답 역시 다른 과학의 본성과 연관이 없어 볼 때, 관찰이나 해석에 과학자의 주관성이 개입될 수 있다는 인식의 부족과 증거가 축적된 과학을 절대 불변의 진리로 인식하는 것과 관련이 있는 것으로 보인다. 이는 과학이 경험적 자료에 근거한다는 과학의 본성이 독립적으로 인식되는 것이 아니라 저변에 다른 여러 가지 과학의 본성과 서로 깊은 연관성을 갖고 인식된다는 선행 연구(Seung *et al.*, 2009)와 일치한다.

5. 과학에 대한 사회적, 문화적 영향

이번 연구에서는 과학의 본성에 중에서 과학의 사회·문화적 영향력에 대한 긍정적 인식 변화가 가장 두드러졌다. 초보자적 인식을 갖고 있던 학생 중 35%(7명)가 과도기 인식과 전문가적 인식으로 각각 10%(2명), 25%(5명) 개선되었고 과도기적 인식을 갖고 있던 5%(1명) 학생이 전문가적 인식으로 개선되었다. 학생들은 중세의 종교적 영향력과 연관된 천동설 주장, 1차 세계대전에서 과학이 무기개발에 적극적으로 참여하게 된 상황, 창조론, 플로지스톤설, 고대 그리스 4원소설, 동양과 서양의 과학발달사, 줄기세포 사건 등을 예로 들면서 과학과 사회·문화의 관계를 인식하게 되었다. 특히 명시적 프로그램에서 제공된 과학자 역할극을 수행하면서 학생들의 시점에 변화가 일어났다는 것이 N학생의 사후 질문에서 드러났다.

(과학을) 연구하는 것은 인간이기 때문에 그 인간 각각의 사회적, 문화적, 철학적 렌즈에 따라 달라진다. 줄기세포 연구에 관한 각 나라의 생각이 다른 것에서도 볼 수 있다(N학생, 사후질문)

전체적으로 학생들의 응답을 분석한 결과 과학 지식에 미치는 정치, 문화, 사회의 영향력을 결정하는데 학문 영역과 시대라는 두 가지 기준이 드러났다. 먼저 창조론과 과학 연구 윤리 같은 영역은 종교, 사회, 문화의 영향을 많이 받지만 물리적 법칙 등은 가치중립적이라는 것이다. 또한 과거에는 과학이 다른 분야의 영향을 많이 받았지만 지금은 인터넷, 통신 등 다양한 매체의 발달로 이전보다 영향을 덜 받거나 받지 않는

다는 것이다. 이러한 견해는 학생들이 과학 지식 자체나 과학 지식의 생성 과정의 유기적인 특성을 인식하지 못하고 단지 단편적이고 피상적으로 인식하고 있음을 보여준다. 시대에 따라 영향을 받는 정도가 다르다고 인식하는 원인은 역할극에서도 찾을 수 있다. 역할극에 사용된 5가지 과학사의 사건 중 3가지가 과거에 발생했던 사례였다. 학생들은 선택한 사건을 자료 조사 후 논의를 거쳐 대본을 구성하고 역할극을 수행하면서 과학자의 연구가 어떻게 그 시대와 영향을 주고 받았는지 간접적으로 경험해보도록 하였는데 과거의 사건을 다루는 팀들은 현재 잘못된 것으로 판단되고 있는 과학적 주장이나 과학자를 좀 더 어리석고 우스꽝스럽게 묘사하였고 현대의 황우석 사건이나 광우병 논쟁에 관련된 역할극에서는 과학자들이 처한 상황과 도덕적 딜레마를 심도있고 조심스럽게 많은 시간을 할애하며 묘사하였다. 이는 의사결정이 이루어지고 어떤 아이디어가 발달하도록 과학자를 이끌었던 그 당시의 시대적 사고와 사회적 상황을 인식하지 못하고 단지 과거 아이디어에 대해 공감대를 형성하지 못한 채 과거 이론을 잘못된 지식의 일부로 간주하는 경향(Khishfe, Abd-El-Khalick, 2002) 때문으로 여겨진다. 과학에 대한 단편적이고 피상적인 인식을 벗어나 현대에도 과거 못지않게 과학이 다른 영역과 영향을 주고받는다는 것을 학생들에게 효과적으로 인식시키기 위해 역할극에 다양한 현대적 주제를 포함시켜 과학과 사회 및 문화의 접근성을 정확하게 전달할 필요가 있을 것 같다.

6. 과학의 주관성과 이론의존성

과학이 과학자 개인이 갖고 있는 이론, 관점, 연구 방법 등에 의해 주관성을 가질 수 있다는 인식에 대해서는 전문가적 관점이 5% 증가하였다. 다음 J학생의 답변은 이 영역에 대한 긍정적 변화의 한 예이다.

예술은 주관적인 시각으로 바라보지만 과학은 모든 사람들이 객관적인 시각으로 바라본다(J학생, 사전질문)

(과학자들) 각자 생각하는 논리와 실험 결과나 자료를 해석하는 관점이 다르고 서로 살아온 경험이나 연구해 온 분야에 따라 다르기 때문에 (서로 다른 과학적 지식을 주장하게 된다)(J학생, 사후질문)

새로운 기술, 증거, 관찰에 의해서만 아니라 다른 관점을 통한 재해석으로도 과학적 지식이 변화 가능하다는 과학 지식의 주관성에 대한 인식을 드러냈다. 그러나 똑같은 증거를 가지고 서로 다른 이론을 제기하는 원인에 대해 답변으로 2명(10%)은 측정된 자료의 연대나 증거물이 다르다(F학생, 사후질문)거나, 증거가 완벽하지 못하기 때문(E학생, 사후질문) 등으로 언급하면서 증거가 확실하다면 서로 다른 의견으로 인해 대립되는 상황을 해결할 수 있다고 언급하고 있다. 이는 학생들에게 여전히 과학적 논의 과정보다는 '결정적 증거'를 통한 '완벽하고 절대적인 과학적 지식'에 대한 가치가 선호되기 때문으로 생각된다. 과학사를 통해 동시대의 다양한 과학적 주장이 어떤 절대적으로 완벽한 증거를 통해 하나의 이론으로 정리된 경우는 흔치 않다. 과학 자체가 여러 학문의 집합체이고 복잡한 사회적 활동의 하나이기 때문에 서로 다른 과학적 주장들이 같은 시대에 공존할 수 있었던 것이다. 이러한 과학사를 통한 경험적 자료들이 학생들에게 충분히 제공된다면 보다 많은 학생들이 과학의 주관성과 이론의존성에 대한 인식을 올바르게 변화시킬 수 있을 것으로 여겨진다.

IV. 결론 및 제언

이번 연구에서는 과학영재학생들에게 과학의 본성을 명시적으로 제시하는 프로그램을 제공하여 학생들의 과학의 본성에 대한 인식에 어떠한 변화가 있었는지 알아보았다.

연구 결과를 살펴보면, 과학의 본성 중 연구 대상으로 삼은 6가지 영역 가운데 사전에 높은 전문가적 인식을 드러냈던 과학의 잠정성, 과학적 지식에서 창의성과 상상력의 필요성의 두 영역은 프로그램 후에도 유지되거나 더욱 향상되었고, 사전에 초보자적 인식을 강하게 드러냈던 법칙과 이론, 과학적 지식이 경험적 자료에 근거함 두 영역은 프로그램 후에도 큰 변화가 드러나지 않았다. 연구 영역 중 전문가적 관점으로 긍정적 변화가 일어난 영역은 과학의 잠정성, 과학에 대한 사회적·문화적 영향 두 영역이었다.

과학의 본성에 대한 명시적 프로그램의 효과를 알아본 다른 연구에서는 대상 학생이나 대상 교사들의 인식변화가 긍정적으로 드러났음에도 불구하고 (Abd-El-Khalick *et al.*, 2000a; Akerson *et al.*,

2000; Seung *et al.*, 2009) 이번 연구에서는 대상 영재학생들의 인식에 두드러진 변화가 나타나지 않았다. 영재들의 과학의 본성에 대한 인식을 더욱 효과적으로 이끌기 위해서는 제공되는 프로그램 측면에서 분석해보면 다양한 현대 소재를 도입하여 과학과 사회, 문화의 접근성을 높이고, 과학의 본성이 상호 모순을 만들어 내지 않도록 한 활동에서 여러 가지 과학의 본성들이 더욱 구조화되어 제공될 필요가 있고 이론과 법칙에 대한 용어의 정의의 명확한 규명과 그 역할에 대한 적절한 인식을 강조하는 프로그램이 개발되어야 할 것이다. 덧붙여 본 프로그램이 긍정적 효과를 나타냈던 선행 연구의 의도와 방법에 충실했던 것을 볼 때 대안을 프로그램의 진행 맥락 측면에서 살펴보는 것도 의미있을 것이다. 선행 연구와 본 연구의 가장 큰 차이는 비슷한 프로그램이나 교수적 접근법이 탐구 지향적 분위기에서 진행되었느냐 여부이다. 본 연구는 과학 영재 센터에서 제공하는 100시간의 정규 프로그램과는 별도로 구성되었다. 각 활동에서 학생들의 인식 변화 여부를 개개인의 활동지를 통해 확인할 수 있었음에도 불구하고 프로그램을 마친 후 4개월이 지나 수행된 사후질문에서는 변화된 인식이 꾸준히 유지되지 못했음을 확인할 수 있었다. 이는 과학의 본성 프로그램이 독립적으로 구성·운영되어 정규 실험 수업이나 강의에서 동일하게 적용되지 못했기 때문으로 파악된다. 바꾸어 말하자면 실제 탐구 수업과 맥락을 같이 하여 제공되지 못하고 독립적으로 제공되는 명시적 접근법에는 한계가 있다고 생각된다. 현재 대학부설 과학 영재 센터에서 제공되는 정규 수업은 상위 과학 지식을 확인하기 위한 실험 수업과 강의를 주를 이루기 때문에 과학의 잠정성을 비롯한 여러 가지 과학의 본성을 학생들이 직접 경험해 보기 어렵고 오히려 과학을 절대적 지식 습득의 과정으로 인식하기 쉽다. 그래서 효율적인 인식 변화를 얻기 위해서는 실험의 목적이 과학 지식을 확인하기 위한 절차가 아니라 다양한 과학적 호기심을 탐구해가는 과정, 새로운 탐구문제를 안내하는 과정으로 구성될 필요가 있다(Khishfe, Abd-El-Khalick, 2002). 절대적이고 불변적인 과학 지식을 추구해가는 영재 수업에서 학생들이 가변적이고 잠정적인 과학적 지식의 본성을 체득해 유지하는 것은 쉽지 않을 것이다. 과학 영재 수업에서 명시적 과학의 본성 프로그램이 다양한 결과를 허용하는 탐구 활동 속에 그 맥락에 녹아

들이 함께 제공된다면 학생들의 과학에 대한 인식 변화는 긍정적 결과를 낳을 것이다. 이런 환경에서 학생들은 탐구 활동을 더욱 더 참되게 할 수 있을 것이고 명시적 과학의 본성 프로그램은 진행되고 있는 탐구 활동 뿐 아니라 나아가 과학에 대한 올바른 인식을 심어줄 수 있을 것이기 때문이다. 과학 영재학생들은 장래 과학 지식 생성 과정의 실천가들이며 가장 근접한 곳에서 과학을 접하게 된다. 과학 영재 학생들이 현 과학지식 뿐 아니라 그들이 만들어 낸 과학 지식의 본성을 제대로 이해한다면 과학을 하면서 경험하게 될 수많은 모호한 순간, 가치 개입적 상황, 도덕적 딜레마 상황에서 현명하고 건전한 판단을 내릴 수 있을 것이다.

국문 요약

본 연구의 목적은 과학 영재를 대상으로 한 명시적 과학의 본성(NOS) 프로그램의 효과를 알아보고자 하는 것이다. 참가자들은 6개월 동안 8개의 명시적 NOS 프로그램에 참가하였다. 연구 분석 자료로는 20명의 과학영재 학생을 대상으로 활동지, 프로그램 전후로 수행된 개방형 질문지(VNOS), 인터뷰를 사용하였다. 연구 결과 명시적 NOS 프로그램은 과학의 잠정성, 과학에 대한 사회적·문화적 영향에 대한 인식 변화에 도움이 되었다. 그러나 법칙과 이론의 구분, 과학의 경험적 측면에서는 과학영재들은 여전히 현대적 관점을 갖지 못했고 몇몇 영역에서는 모순되는 관점과 오개념을 드러냈다. 이 연구는 과학 영재 프로그램 개발에 있어서 명시적 NOS 프로그램과 과학 탐구의 상보적 관계를 고려할 때 두 활동이 동시에 제공되어야 한다는 점을 제언하고 있다.

주제어: 과학의 본성, 명시적 과학의 본성 프로그램, 과학영재, VNOS

참고 문헌

- 교육부 (2007). 과학과 교육과정. 서울: 교육부.
 김경대, 강순민, 임재항(2006). 과학영재들의 과학의 본성에 대한 인식. 한국과학교육학회지, 26(6), 743-752.
 김경순, 노정아, 서인호, 노태희(2008). 중학교 과

학 '물질의 구성' 단원에서 과학사 소재를 활용한 명시적·반성적 과학의 본성 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 28(1), 89-99.

박종원, 김두현(2008). 과학의 본성 지도자료 개발과 과학영재를 대상으로 한 시험적용. 한국과학교육학회지, 28(2), 169-179.

장명덕, 홍상욱, 정진우(2002). 중학교 2학년 과학영재들의 과학 지식에 대한 과학철학적 관점과 이에 대한 토론 및 읽기 활동의 효과. 한국지구과학회지, 23(5), 397-405.

정충덕, 강경희(2008). 과학 영재들의 STS에 대한 관점. 한국과학교육학회지, 28(2), 150-158.

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G.(1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. Science Education, 82(4), 417-436.

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G.(2000a). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. International Journal of Science Education, 22, 665-701.

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G.(2000b). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 37(10), 1057-1095.

Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G.(2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 37(4), 295-317.

American Association for the Advancement of Science. (1993). Benchmarks for science literacy. New York: Oxford University Press.

Bell, R. L. (2003). Exploring the role of nature of science understandings in decision-making. In D. L. Zeidler (Ed.), The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education (p. 63-79). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heineman.

Driver, R., Leach, J., Miller, R., & Scott, P. (1996). *Young peoples images of science*, Bristol, PA, Open University Press.

Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

Liu, S., & Lederman, N. G. (2002). Taiwanese Gifted Students' Views of Nature of Science. *School Science and Mathematics*, 102(3), 114-123.

McComas, W. F., & Almazroa, H. (1998). The nature of science in science education: An Introduction. *Science & Education*, 7(6), 511-532.

McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2000). The role and character of the nature of science in science education. In McComas, W. F. (Ed.), *The nature of science in science education*. (p. 3-39). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student

understanding of the nature of science: Data from a case curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 389-407.

National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.

Niaz, M. (2009). Progressive transitions in chemistry teachers' understanding on nature of science based on historical controversies. *Science and Education*, 18, 43-65.

Schwartz, R. S., & Crawford, B. A. (2006). Authentic scientific inquiry as context for teaching nature of science. In Flick, L. B., Lederman, N. G. (Ed.), *Scientific inquiry and nature of science*. The Netherlands: Springer.

Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2008). What scientists say: Scientists' views of Nature of Science and Relation to Science Context. *International Journal of Science Education*, 30(6), 727-771.

Seung, E., Bryan, L., & Butler, M. (2009). Improving Preservice Middle Grades Science Teachers' Understanding of the Nature of Science Using Three Instructional Approaches. *Journal of Science Teacher Education*, 20, 157-177.

Solomon, J., Duveen, J., Scot, L., & Hennessey, M. G. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 409-421.

The Nature of Science. (2000). In NAST Position Statement. Retrieved from <http://www.nsta.org/about/positions/natureofscience.aspx>