

중학교 과학영재들의 과학의 본성에 대한 인식 분석

박 은 이

서울대학교

홍 훈 기

서울대학교

과학의 본성이 과학 교육에서 차지하는 의미에 비하여 실제 과학 영재교육에서는 과학 영재들의 과학의 본성에 대한 인식을 향상시키기 위한 획기적인 수업이 제공되고 있지 않다. 과학영재 담당 교사들에게 과학의 본성에 대한 효율적 수업 구성을 위한 기초 자료를 제공하고자, 본 연구의 과학 영재들의 과학의 본성에 대한 인식을 알아보고 인식 간에 존재하는 상충된 관점을 파악하였다. 연구는 서울의 한 대학부설 영재센터에 재학 중인 중학생 과학영재 73명을 대상으로 VNOS를 활용하였다. 인식조사 결과, 과학영재 학생들은 ‘과학 지식의 잠정성’ 영역을 제외한 다섯 개 영역에서 인식의 개선이 요구되었고 과학의 본성 영역 간에도 서로 일치하지 않는 관점을 보였다. 과학 영재학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 전문가적 관점으로 향상시키고 각 요소 간에 일관적인 관점을 갖도록 이끌기 위하여 두 가지를 제안한다. 첫째는, 실험 자료와 과학적 지식에 대한 인식을 변화시키기 위해 지식을 확인하기 위한 실험에서 지식을 구성해가는 과정을 강조하는 실험으로 바뀔 필요가 있다는 것이다. 둘째는 과학에 대한 안목을 넓히기 위해 과학자 문화와 과학자 공동체에 다양한 방법으로 경험할 기회가 제공되어야 할 것이다.

주제어: 과학의 본성, 과학영재, VNOS

I. 서 론

과학지식체계의 다면성과 복잡성으로 인해 과학의 본성에 대한 통일된 하나의 견해가 존재하는 것은 아니지만, 어느 정도의 동의가 과학교육 사회에서 이루어졌다(Naiz, 2009). 그 중 초중등 교육과정에서 다루어지는 과학의 본성을 강조하는 Lederman (1992)은 과학의 본성을 과학에 대한 인식론으로 규정하면서, 과학지식과 그것의 발달 과정에 내재된 가치와 신념이라고 정의내렸다.

과학의 본성은 과학적 소양의 기본 요소로 과학교육자들 사이에서 동의를 얻어내면서 (AAAS, 1993; Hipkins & Barker, 2005) 과학적 시민 양성을 위한 중요한 덕목으로 인식되

고 있다(NRC, 1996). 또한 과학의 본성에 대한 인식이 진정된 탐구 수행(Toth et al., 2002), 과학 개념의 이해도(Lin et al., 2004) 등과 긍정적 관계를 갖고 있음이 드러나면서 더욱 중요시 되고 있다. Driver 외 (1996)는 과학 교육 내에서 과학의 본성이 갖는 가치를 다섯 가지 관점으로 제시하고 있다. 먼저 과학을 이해하고 일상생활에서 접하는 기술의 산물과 그 형성 과정을 이해하는 실용주의적 관점에서, 사회-과학적 이슈를 이해하고 의사 결정 과정에 참여하는 민주주의적 관점에서, 동시대적 문화의 주요 요소 중 하나로 과학을 인식하는 문화적 관점에서, 가치 있는 도덕적 책무를 포함해서 과학적 공동체의 준거를 이해하는 도덕적 관점에서, 마지막으로 과학 내용을 성공적으로 학습하도록 지원하는 과학 교육적 관점에서 과학의 본성이 중요한 역할을 한다는 것이다. 우리나라에서도 과학교육 연구를 통해 과학의 본성이 갖는 가치와 긍정적 역할이 점진적으로 인식되었고 2007년 개정 교육과정에서는 과학적 문제 해결 태도 양성을 위한 과학의 가치 인식에 대한 이해를 강조하면서 과학의 본성이 언급되고 있다(교육인적자원부, 2007).

그러나 현행 우리나라의 과학 교육은 과학의 내용지식에 주로 초점을 두면서 상대적으로 과학의 본성을 이해할 수 있는 프로그램이 적절하게 학생들에게 제공되고 있지 않다. 이러한 상황은 과학 영재 교육에서도 예외는 아니다. 실제 과학 영재 교육에서 많은 시간이 실험에 배정되고 있음에도 불구하고 과학의 본성이 명시적으로 다루지기 보다는 실험과 같은 과학 활동을 통해 학습자 개인에 의해 암묵적으로 인식되도록 하고 있다. 과학에 대한 인식론이 과학을 하는 과정에 다양한 형태로 영향을 미칠 수 있다는 데 공감대가 형성되었다면 미래과학자를 꿈꾸는 과학 영재들에게 과학의 본성이 확실하게 자리매김할 수 있도록 적절한 기회가 제공되어야 한다. 그런 맥락에서 영재교육 현장에서 과학 영재에게 과학의 본성에 대한 올바른 인식을 심어주고자 몇 가지 노력이 시도되었다. 고등학교 과학 영재들의 R&E 경험을 활용하거나(김경대 외, 2006), 중학교 과학 영재들에게 토론 및 읽기 활동을 제공하거나(장명덕 외, 2002), 중학교 과학 영재에게 명시적 과학의 본성 프로그램(박은이, 홍훈기, 2010)을 실시하였다. 그러나 연구자들의 이런 노력은 획기적인 효과를 거두지 못한 것으로 보고되었다.

연구자들의 다양한 시도에도 불구하고 그 효과가 크지 않은 원인 중 하나는 과학의 본성이 갖는 특성과 관련되어 있다. 과학의 본성을 구성하는 요소들은 상호 독립적이지 않고 서로 연관성을 갖고 있다는 것이다(Schwartz & Lederman, 2008; Seung et al., 2009). VNOS를 이용해 다양한 분야에서 현재 활동하고 있는 과학자를 인터뷰한 Schwartz와 Lederman의 연구(2008)에서는 과학자들은 여러 항목에 대한 답변 간에 일관성을 드러내며 이러한 과학의 본성에 대한 관점이 과학을 수행하는데 영향을 미친다고 보고하였다. 과학의 본성을 구성하는 다양한 요소들에 대해 통합된 인식을 갖지 못하고 각 요소 간 서로 상반된 인식을 갖고 있는 경우, 하나의 통합된 관점을 갖기 어렵고 자기모순에 빠질 수 있다. 이러한 인식의 불안정이 해결되지 않으면 과학의 본성에 대한 인식을 변화시키고자 시행된 연구자의 다양한 프로그램은 효과를 거두기 어렵다.

그러므로 과학 영재 학생의 과학의 본성에 대한 인식 변화를 위해 다양한 방법론적 전

환을 시도하는 것도 중요하지만 과학 영재 학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 명확하게 규명하고 그 안에 드러난 문제점을 파악하는 것 역시 의미가 있을 것이다. 과학의 본성에 대한 과학 영재 학생들의 인식 파악이 이후 방법론적 시도에 접목된다면 영재담당 교사는 프로그램 목표와 구성을 구체적으로 제시하여 학생들의 인식 변화를 효과적으로 이끌 수 있을 것으로 기대되기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 과학의 본성 검사지 VNOS를 통해 과학 영재들의 과학의 본성에 대한 인식을 조사하고 그 속에 내재된 상반된 인식 구조를 파악하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 서울 소재 대학 부설 과학영재교육원의 영재수업에 참여하고 있는 학생을 대상으로 하였다. 학생들은 서울 시내 중학교 2학년에 재학 중이며 추천, 창의적 문제 해결력 검사, 면접의 3단계 선발과정을 거쳐 프로그램에 참여하게 되었다. 이 중 과학 관련 네 개 분과 학생 73명을 대상으로 연구를 수행하였다. 연구에 참여한 학생 중 남학생은 61명, 여학생은 12명이다. 네 개 분과는 전체적인 3단계 선발 과정은 동일하다 각 과정에 구체적 내용 즉 선발검사와 면접 내용 등은 선발에 참여한 각 분과의 교수단에 따라 서로 다르게 수행되었다. 그러나 연구사 수행된 시점에 각 분과의 독특한 프로그램이 수행되기 이전인 4월이고 Schwartz와 Lederman (2008)의 연구에 의하면 본 연구에서 다루어질 일반적인 과학의 본성이 과학 학문 영역의 경계를 뛰어넘는 일관성을 갖고 있기 때문에 네 분과의 학생을 과학영재라는 범주 내에서 세분화하지 않고 동일하게 고려하였다. 단지 자료 분석에서는 편의상 각 분과의 학생들을 구분하기 위해 서로 다른 알파벳을 사용하였다.

2. 자료수집 및 분석

본 연구에서는 과학 영재 학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 알아보기 위해 VNOS (Views of Nature of Science questionnaire)를 사용하였다. 국내 연구에서 리커트 척도형이나 다지선다형 검사지가 주로 사용되고 있으나(김문선, 2008) 타당도에 대한 몇 가지 제한점이 제기되고 있다. 첫째는 응답자가 검사 도구 개발자의 의도와 다르게 문항을 해석할 가능성이 있다는 것이고 둘째는 주어진 선택 내에서 의무적으로 선택해야 하는 상황이 응답자로 하여금 응답을 제한하거나 강요할 수 있다는 것이다(Lederman et al., 2002). Lederman 외 (2002)는 VNOS라는 개방형 질문지를 통해 개선점을 제안하고자 하였고 검사지의 타당도는 여러 연구를 통해 확보되었다(Lederman et al., 2002). 본 연구에서는 VNOS-C형의 10문항 중 7문항을 선택하여 연구 대상 이외의 과학 영재 학생 5명에게 사전 검사를 실시하여 문항에 대한 이해도를 확인하였다. 과학철학자, 과학사회학자, 과학학자, 과학자들 사이에서 과학의 본성이 하나의 명확한 형태로 규명된 것은 아니나(Smith et al., 1997) 어느 정도의 일치를 드러내고 있으며 특히 초, 중등 교육과정과 일상생활에 접

근가능하며 논쟁의 여지가 없어 교육과정에서 중요시 되고 있는 특성들(Lederman, 1992) 중 질문에 대한 응답으로 드러난 6가지를 선택하여 분석하였다. 분석 대상에 해당되는 6가지 과학의 본성은 NSTA (“The Nature of Science”, 2000)에서 제시하는 입장과도 동일하다. 첫째는 과학지식이 변화가 가능하다는 ‘과학지식의 잠정성’이다. 둘째는 과학지식이 자연 세계의 관찰에 부분적으로 근거한 또는 거기서 유도된 경험적 자료에 근거하고 있다는 ‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’이다. 셋째는 관찰이 이론에 의존적이며, 과학지식의 생성 과정에서 과학자 개인이나 과학자 공동체가 관여된 주관성이 개입될 수 있다는 ‘과학의 주관성과 이론의존성’이다. 넷째는 과학 지식의 생성과정에서는 필수적으로 인간의 추론, 상상, 창의성과 관련되어 있으며 이는 현상에 대한 설명을 고안하는 과정도 포함된다는 ‘과학지식에서 창의성과 상상력의 필요성’이다. 다섯 번째는, 과학이 사회, 문화에 의해 영향을 받는다는 ‘과학에 대한 사회적, 문화적 영향’이다. 마지막으로 과학적 이론과 법칙 사이의 관계 및 기능을 강조한 ‘법칙과 이론의 구분’이다. 선택한 과학의 본성 여섯 가지 영역을 분석하기 위해 연구자 2인이 Lederman 외 (2002)가 제시한 준거를 숙지한 후 초보자(naive)적 관점, 과도기(transition)적 관점, 전문가(informed)적 관점으로 구분하였다. 개방형 질문지에서 학생들은 자신의 인식을 드러내기 위해 다양한 예를 제시하도록 요구받는데, 특히 검사지 전체에 걸쳐 답변의 일관성이 잘 유지되는지에 분석의 초점을 두었다. 예를 들어 몇몇 문항에서 전문가(informed)적 관점이 드러난다고 하더라도 검사지 전체에 걸쳐 응답의 일관성이 유지되지 못할 경우 과도기(transition)적 관점에 배치하였다. 예를 들어 과학적 법칙이 변화 가능한지를 묻는 질문에 ‘그것이 왜 그런지가 밝혀졌기 때문에 그것에 대해 반론을 제시하거나 할 수 없다. 변하지 않는다(C9 학생 답변)’라고 응답한 경우는 ‘과학지식의 잠정성’ 영역에서 초보자적 관점에 배치하였다. 한편, ‘변할 것이라고 생각한다. 왜냐하면 시간이 지날수록 과학자는 조금 더 많은 지식을 발견할 것이고 이로 인해 그걸 이용해 계속 발전해 나갈 수 있는 것이다. 예를 들어 지금은 단지 우리는 우리가 사는 지구 밖에 모르지만 훗날 기술이 발전해 다른 생명체가 사는 별을 발견해 지식이 변화되고 늘어날 수 있다(C8 학생 답변)’라고 응답한 경우는 전문가적 관점에 배치하였다. 검사지에 제시된 준거에 의거하여 연구자가 1차 분석한 후 분석자간 일치도를 살펴본 결과 92%였고 일치하지 않는 자료에 대해서는 연구자간 논의를 거쳐 해당 관점을 재결정하였다.

본 연구에서는 학생들의 응답을 우선 각 영역에 따라 1차원적으로 제시하였다. 이 자료를 통해 과학의 본성 중 6개 영역에 학생들이 세 관점 중 어느 관점에 분포되어 있는지를 살펴볼 수 있다. 그러나 이러한 1차원적 제시를 통해서도 영역 간에 일관된 관점을 갖고 있는지 드러내기 어렵다. 과학의 본성이 갖고 있는 영역간의 상관성을 고려할 때(Seung et al., 2009) 과학영재 학생들의 영역 간 모순점이나 일치되지 않는 관점을 파악할 필요가 있다. 따라서 연구자는 각 영역을 두 개씩 조합하여 학생들의 인식을 15개의 2차원 형태로 분석한 뒤 서로 모순되거나 일관되지 않는 관점을 드러내는 4개의 조합에 초점을 두어 연구 결과를 제시하였다.

III. 결과 및 논의

1. 과학영재 학생들의 과학의 본성에 대한 인식

다음 표는 과학영재 학생들의 과학의 본성에 대한 인식 중 본 연구에서 선택한 6가지 영역에 대한 해당 관점의 빈도를 나타낸 것이다. 각 관점에 해당하는 학생들의 수를 표시하였고 해당 비율을 괄호 안에 나타내었다.

<표 1> 과학영재 학생들의 과학의 본성 6가지 영역에 대한 빈도분석 결과 명(%)

영역 \ 관점	초보자적 관점	과도기적 관점	전문가적 관점
과학지식의 잠정성	6(8.2)	1(1.4)	66(90.4)
과학지식이 경험적 자료에 근거함	0(0)	36(49.3)	37(50.7)
과학의 주관성과 이론의존성	25(34.2)	5(6.8)	43(58.9)
과학지식에서 창의성과 상상력의 필요성	1(1.4)	32(43.8)	40(54.8)
과학에 대한 사회적, 문화적 영향	31(42.5)	4(5.5)	38(52.1)
법칙과 이론의 구분	64(87.7)	6(8.2)	3(4.1)

<표 1>의 ‘과학지식의 잠정성’ 요소에 관해서 90.4%에 해당하는 66명의 학생들이 전문가적 관점을 갖고 있었다. 대부분의 학생들은 과학 지식주장이 변화가능하다는 인식을 드러냈다. 해당 관점을 갖고 있는 학생들은 과학사에 드러난 플로지스톤설, 천동설과 지동설, 원자의 구조 등 다양한 과학 지식주장의 변천 사례를 인식의 근거로 제시하였다.

‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’ 영역에서는 49.3%에 해당하는 36명의 학생이 과도기적 관점을, 50.7%에 해당하는 37명의 학생이 전문가적 관점을 갖고 있었다. 과학 지식은 많은 부분이 자연 세계에서 그 증거를 찾고 이러한 과정은 경험적이라고 표현된다. 이런 측면에서 모든 학생이 과학이 경험적 자료에 근거한다는 데는 일치된 인식을 보였으나, 과도기적 관점을 갖고 있는 학생들은 모든 과학 지식주장이 실험과 같은 경험적 과정을 통해 명확하게 입증될 수 있다고 언급하고 있다. 다시 말해, 같은 증거를 가지고도 과학자 공동체에서 서로 다른 주장을 펼치는 갈등 상황은 명확하고 확실한 증거를 통해 모두 해결 가능하다고 인식하고 있다.

‘과학의 주관성과 이론의존성’ 영역에서는 34.2%에 해당하는 25명의 학생들이 초보자적 관점을, 58.9%에 해당하는 43명의 학생들이 전문가적 관점을 갖고 있었다. 초보자적 관점의 학생들은 과학이 객관적이고 보편적인 학문이기 때문에 주관적일 수 없다고 응답하였다. 따라서 과학을 하는 과정에 다양한 주관적 요소가 개입될 수 있다는 가능성을 과학에 위협적인 것으로 인식하였다.

‘과학지식에서 창의성과 상상력의 필요성’ 영역에서는 43.8%에 해당하는 32명의 학생이 과도기적 관점을, 54.8%에 해당하는 40명의 학생이 전문가적 관점을 갖고 있었다. 과도기적 관점에 해당하는 학생들은 과학 지식의 형성 과정에 창의성과 상상력이 사용되지만 그 쓰임을 가설 설정이나 실험 설계에 한정하고 있다. 또한 창의성과 상상력이 제한된

영역을 넘어서 확대 사용될 경우 과학의 객관성을 해칠 수 있다고 보고 있다.

‘과학에 대한 사회적, 문화적 영향’ 영역에서는 42.5%에 해당하는 31명의 학생이 초보자적 관점을, 52.1%에 해당하는 38명의 학생이 전문가적 관점을 보였다. 이러한 양극화된 경향성을 들여다보면, 과학이 보편적인 학문이기 때문에 사회나 문화, 경제 등 과학 이외의 여타 영역에 의한 영향을 받아서는 안된다는 초보자적 관점과 창조론과 진화론, 천동설과 지동설 등을 통해 드러난 것처럼 과학 지식주장이 사회나 문화의 영향을 받는다는 전문가적 관점이 있었다. 초보자적 관점을 갖고 있는 학생들의 응답을 살펴보면 교과서에 제시된 법칙이 지구 어디에서든 동등하게 적용되기 때문에 사회, 문화적 요소에 의해 영향을 받지 않는다고 주장하고 있다.

‘법칙과 이론의 구분’ 영역에서는 87.7%에 해당하는 64명의 학생들이 초보자적 관점을 갖고 있었다. 초보자적 관점의 학생들은 이론과 법칙의 다양한 예를 알고 있음에도 불구하고 이론이 좀 더 증거를 모아 확실해졌을 때 변하지 않는 법칙으로 발전한다는 인식을 갖고 있었다. 이는 과학 지식주장에 위계성을 부여한 것이며 이론을 법칙의 하위 개념으로 두고 있음을 드러낸다. 법칙은 관찰된 현상들 사이의 관계를 기술한 것이고, 이론은 관찰 가능한 현상에 대한 추론된 설명이다. 이론과 법칙은 그 역할이 서로 다르기 때문에 어느 하나를 다른 하나의 하위 개념으로 두거나 어느 하나가 다른 하나로 발전되거나 변형되지 않는다.

2. 과학영재 학생들의 과학의 본성에 대한 인식에서 드러난 문제점

과학 영재 학생들이 갖고 있는 과학의 본성에 대한 인식 중 요소 간 서로 모순되는 인식이 있는지 살펴보기 위해 앞서 선정된 6가지 연구 영역을 두 영역씩 서로 조합하여 분석하였다. 가능한 전체 15개의 조합 가운데 서로 모순되거나 일관적인 관점이 드러나지 않는 4개 조합을 구체적으로 언급하고자 한다. 아래의 표에서는 학생 개개인을 구별하기 위해 각 분과에 서로 다른 알파벳을 붙였고 각 분과 내 학생들에게 숫자를 부여하였다. 괄호 안의 숫자는 각 셀에 해당되는 학생 수를 의미한다.

가. ‘과학지식의 잠정성’과 ‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’ 요소 간의 문제점

<표 2> ‘과학지식의 잠정성’과 ‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’ 요소 간의 인식

		과학지식의 잠정성		
		초보자적 관점(N)	과도기적 관점(T)	전문가적 관점(I)
		N	(0)	(0)
과학 지식이 경험적 자료에 근거함	T	B5,B8,A1,C10(4)	(0)	B3,B6,B7,B9,B15,E1,E2,E3,E5,E6,E7, E8,E10,E11,E17,E18,A2,A3,A7,A9,A10, A11,A14,C2,C7,C13,C14,C15,C16,C17, C18,C20(32)
	I	B16,C9(2)	C6(1)	B1,B2,B4,B10,B11,B12,B13,B14,B17, E4,E9,E12,E13,E14,E15,E16,A4,A5,A6, A8,A12,A13,A15,A16,A17,A18,C1,C3, C4,C5,C8,C11,C12,C19(34)

<표 2>를 살펴보면, ‘과학지식의 잠정성’에 대해 전문가적 관점을 갖고 있는 66명의 학생 중에서 32명(43.8%)은 ‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’ 요소에서 과도기적 관점을 갖고 있다. 이 관점을 학생들의 표현으로 바꿔보면, 과학지식의 형성에서 실험을 통해 축적된 자료는 객관적이고 명확해서 결국 절대적 진리로 이끈다는 것이다. 그러나 이러한 인식은 ‘과학의 잠정성’에 대한 전문가적 인식과 상충된다. 이는 자료를 근거로 얻어진 과학적 지식이 불변하는 절대적 진리이면서 동시에 변화가능하다는 모순된 표현이기 때문이다. 예를 들어 E17의 학생은 과학이 다양한 경험적 정보를 이용하고 과학적 지식이 변화가능하다는 관점을 갖고 있으면서 동시에 ‘과학적 관찰을 통해 얻은 정보는 객관적이고 정확하게 때문에 진실이 될 것이고 서로 다른 의견을 통합할 수 있을 것이다’라는 주장을 하였다. 이는 실험에 의한 경험적 자료에 지나친 객관성과 명확성을 부여하며 나아가 그로 인해 추정된 과학적 지식에 대한 강한 신뢰에 근거하고 있다. 이런 사례에 해당하는 학생들은 실제 과학 활동에서 알고 있는 과학 지식 주장에 어긋나는 실험 결과를 얻거나, 과학자 공동체에서 존재하는 하나의 과학 지식이 다른 지식과 대립하는 상황을 접하게 되었을 때 객관적이고 절대적 증거 및 지식에 대한 신념 때문에 현상 그 자체를 있는 그대로 받아들이기 힘들 것이다. 학생들은 과학 수업을 통해 증거와 실험이 과학에서 중요하다는 점에 직·간접적으로 노출되어 있지만(Lederman, 2006) 학교 과학에서는 과학 실험이 미리 습득한 과학 지식을 확인하기 위한 수단으로 구성되면서, 학생들은 같은 실험 절차를 수행했을 때 같은 결과를 얻도록 유도되고 이러한 분위기는 보편성과 객관성이라는 인식을 암묵적으로 학생들에게 심어줄 가능성이 있다. 자료를 수집하고 처리하는 방법은 입증과 반증 논리에 대한 학생 자신의 암묵적 신념에 의해 영향을 받는다(Carey et al., 1989). 다시 말해, 모순된 증거가 나타났을 때 학생들이 믿고 있는 지식주장은 거부될 가능성이 적다(Kuhn et al, 1988; Driver et al., 1996)는 것이다. 과학자에 부여한 권위와 더불어 실험 자료에 근거한 과학적 지식에 대한 극대화된 신념은 과학 지식의 잠정성을 부인할 수 있고 나아가 과학의 발전을 더디게 할 수 있다. 그러므로 ‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’ 요소에 관한 인식은 ‘과학의 잠정성’에 대한 인식과 모순되지 않는 수준으로 개선될 필요가 있다.

나. ‘과학지식의 잠정성’과 ‘법칙과 이론의 구분’ 요소 간의 문제점

<표 3> ‘과학지식의 잠정성’과 ‘법칙과 이론의 구분’ 요소 간의 인식

		과학지식의 잠정성		
		초보자적 관점(N)	과도기적 관점(T)	전문가적 관점(I)
법칙과 이론의 구분	N	C9,C10,A1, B8,B16 (5)	C6(1)	B1,B2,B3,B4,B6,B7,B9,B10,B11,B12,B13, B15,B17,E1,E2,E3,E5,E6,E7,E8,E9, E10,E11,E12,E13,E14,E16,E17,A2,A4, A5,A6,A7,A8,A10,A11,A12,A13,A14,A15, A16,A17,A18,C1,C2,C3,C4,C5,C7,C8,C11, C12,C13,C14,C15,C16,C19,C20(58)
	T	(0)	(0)	C18,A9,E4,E15,E18,B14(6)
	I	B5(1)	(0)	C17,A3(2)

<표 3>에 의하면 연구 대상 학생 중 58명(79.5%)이 ‘과학지식의 잠정성’에 대해 전문가적 관점을 갖고 있으면서 동시에 ‘법칙과 이론의 구분’ 요소에 대해서는 초보자적 관점을 갖고 있다. 이러한 인식을 학생들의 표현으로 바꿔보면, 과학 지식은 변화 가능하지만, 아직 증거가 충분하게 수집되지 않은 상태의 이론은 충분한 증거를 축적하게 되면 절대 변하지 않는 법칙으로 변하게 된다는 것이다. 반면에 실제 과학자들의 경우 과학지식의 잠정성을 내재적으로 인식하고 있는 과학자들은 실제 수행에 있어서 과학 법칙이 확정적인 불변의 진리라고 인식하지 않는다는 일관성이 드러났다(Schwartz & Lederman, 2008). 학생들은 과학 지식의 변화가능성을 주장하기 위해 천동설에서 지동설로의 변천, 원자 구조에 대한 다양한 주장들의 변화 등 과학 지식의 형성과정을 언급하였다. 그러나 이론과 법칙 요소에 관한 주장에서는 교과서에 제시된 다양한 이론과 법칙을 예로 들면서 과학 지식 그 자체에 초점을 두고 있음을 알 수 있다. 이러한 인식은 과학적 내용 지식과 형성 과정을 별개로 인식하기 때문에 발생한다. 실제로 과학 교과서에 이론과 법칙에 대한 분명한 역할과 관계가 규명되어 있지 않고, 과학사를 통해 간접적으로 인식할 수 있도록 이론의 변천 과정이 구체적으로 언급되어 있지 않기 때문에 잘못된 인식을 개선할 충분한 기회가 제공되고 있지 않다.

과학적 이론은 새로운 증거나 기존 증거에 대한 해석 변화에 의해 변형되거나 보강되거나 또는 사라지기도 한다. 이러한 과학의 과정 안에 과학적 이론의 역할과 의미가 담겨있고 과학 지식의 잠정성이 녹아들어가 있다. 실제 과학자들에게 이론은 탐구를 안내하고, 새로운 연구 문제를 생성하도록 도우며, 외관상 관련짓기 힘든 관찰 결과들을 상대적으로 설명하는데 유용한 역할을 하고 있다. 이론과 법칙의 기능과 관계에 대해 과학지식의 형성과정을 아우르는 포괄적 관점을 갖지 못할 경우 기존 지식에 대한 비판적 태도를 갖기 힘들고, 과학자로서 연구 방향을 개방적으로 이끌기 어려울 수 있다. 그러므로 과학 지식주장에 한정되지 않고 과학 지식 주장의 형성 과정을 아우르는 통합된 관점을 통해 ‘과학지식의 잠정성’과 서로 모순되지 않는 ‘법칙과 이론의 구분’에 대한 인식으로 변화될 필요가 있다.

다. ‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’과 ‘과학의 주관성과 이론의존성’ 요소 간의 문제점

<표 4> ‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’과 ‘과학의 주관성과 이론의존성’ 요소 간의 인식

		과학지식이 경험적 자료에 근거함		
		초보자적 관점(N)	과도기적 관점(T)	전문가적 관점(I)
과학의 주관성과 이론 의존성	N	(0)	E1,E3,E5,E7,E11,E18,B3,B7,B8,B9,C15,C18,C20,A1,A2,A3,A7,A9,A10,A11,A14(21)	E14,C8,C11,C12(4)
	T	(0)	E8,B5,B6,C7,C10(5)	(0)
	I	(0)	E2,E6,E10,E17,B15,C2,C13,C14,C16,C17(10)	E4,E9,E12,E13,E15,E16,B1,B2,B4,B10,B11,B12,B13,B14,B16,B17,C1,C3,C4,C5,C6,C9,C19,A4,A5,A6,A8,A12,A13,A15,A16,A17,A18(33)

<표 4>에서 ‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’ 요소에서 과도기적 관점을 갖고 있는 학생들(36명, 49.3%)은 실험에서 얻은 객관적이고 명확한 자료를 통해 과학적 진리를 발견해나간다고 인식한다. 그러나 이 관점에 해당되는 학생들 중 과학에 주관성이 개입될 수 있다는 인식에 긍정적인 관점을 드러내는 학생은 과도기적 관점과 전문가적 관점을 합쳐 총 15명(20.5%)이었다. 이러한 입장은 과학에 대한 ‘객관성’의 이미지를 갖고 있으면서도 동시에 ‘주관성’이 개입 가능성을 인식하는 것이다. 이러한 인식은 과학에 대한 혼합된 이미지를 갖고 있으면서 과학에 대한 ‘객관성’ 이미지를 바꿀 만큼 ‘주관성 개입’이 인식 내에서 크게 영향력을 끼치지 못하기 때문에 발생한다. 이러한 상황에서는 주어지는 정보의 내용 자체보다는 주어지는 형식이나 주장 강도에 의해 관련 내용을 판단하기 쉽고 또한 일관된 결론을 이끌어내기 어렵다.

실제 과학 현장에서는 과학자의 이론적 배경, 신념, 사전 지식, 훈련 과정, 경험 등이 연구과정에서 어떤 문제를 탐구할지, 어떻게 탐구를 수행할지, 무엇을 관찰하고 하지 않을지, 관찰된 결과를 어떻게 이해하고 해석할지 결정하는데 영향을 미치고 있다. 물론 과학자 사회는 다양한 장치를 통해 주관성의 부정적 영향을 줄이고자 노력하고 있지만 주관성은 피할 수 없는 것이고 많은 경우에 오히려 생산적 해석으로 이끌 수 있다(Lederman, 2006). 현대의 과학기술 관련 이슈는 명확한 한 가지의 정답을 갖고 있는 경우가 드물기 때문에 과도한 ‘과학의 객관성’ 이미지는 오히려 시민들의 비판적 사고를 저해할 수도 있다. 이는 판단의 중요한 자원을 제공하는 입장에 있는 과학자에게도 마찬가지이다. 그러므로 ‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’ 요소에 대한 인식은 ‘과학의 주관성과 이론의존성’과 모순되지 않는 수준까지 변화될 필요가 있다.

라. ‘과학의 주관성과 이론의존성’과 ‘과학에 대한 사회적, 문화적 영향’ 요소 간의 문제점

<표 5> ‘과학의 주관성과 이론의존성’과 ‘과학에 대한 사회적, 문화적 영향’ 요소 간의 인식

		과학의 주관성과 이론의존성		
		초보자적 관점(N)	과도기적 관점(T)	전문가적 관점(I)
과학에 대한 사회적, 문화적 영향	N	A9,C8,C20,B7, B8,E5,E11(7)	C7,C10,B6,E8(4)	A8,A12,A13,C2,C6,C9,C14,B1,B2, B10,B13,B16,B17,E2,E4,E9,E10, E12,E15,E17(20)
	T	E14(1)	(0)	C3,C4,C17(3)
	I	A1,A2,A3,A7,A10,A11, A14,C11,C12,C15,C18,B3 ,B9,E1,E3,E7,E18(17)	B5(1)	A4,A5,A6,A15,A16,A17,A18, C1,C5,C13,C16,C19,B4,B11, B12,B14,B15,E6,E13,E16(20)

<표 5>에서는 과학이 사회, 문화적 영향을 받지만 전혀 주관성이 개입될 수 없다는 인식과 과학지식에 주관성이 개입할 수 있으나 사회, 문화적 영향은 전혀 받지 않는다는 인

식을 갖는 학생이 각각 17명(23.3%)과 20명(27.4%)으로 나타났다. 총 37명(50.7%)의 학생들은 두 요인 중 하나에만 치우쳐 과학자의 내적 요인(주관성)과 외적 요인(사회, 문화적 영향)이 과학 지식주장의 형성과정에서 동시에 미치는 영향력을 인식하지 못하고 있다. 예를 들어 C6학생의 경우 공통멸종에 관한 주장이 상반된 이유로 과학자들의 해석과 관점의 차이를 들었지만 ‘과학은 문화, 사회, 정치 등과 관련이 없다. 과학은 자연의 진리와 현상을 탐구하는 일이지, 사회의 억압 등을 받아 변하는 것이 아니기 때문이다’라는 주장을 드러냈다. 그러나 과학은 과학 지식에만 한정된 것이 아니라 과학을 하는 과정, 과학자 공동체 등 많은 다른 요소를 포함하고 있다. 과학 역시 사회와 문화의 한 부분이며 과학자 역시 사회의 한 구성원이다. 과학이 사회, 경제, 정치, 문화에 영향을 미치기도 하고 영향을 받기도 한다. 그러나 학생의 과학에 대한 인식 범위가 제한적일 경우에는 과학에 영향을 미치는 다양한 요인을 포괄적으로 이해하기 어렵다.

실제 과학자 공동체에서는 잘 알려지지 않은 신진 연구 영역에 대해서 불확실성, 미결정성, 개방성, 유연성을 갖고 많은 이견과 논쟁이 진행 중이며 종종 사회적, 문화적, 정치적 요소가 과학 지식 형성과정에 개입되기도 한다(홍성욱, 2004). 또한 모든 상황에서 한 차례의 결정적 실험이 문제를 해결하기 보다는 정확성, 일관성, 포괄범위, 단순성, 결과의 풍부함과 같은 가치 혹은 미적인 기준에 의해 과학자 공동체에서 선택이 이루어져 왔다(Kuhn, 1977; 홍성욱, 2004에서 재인용). 이러한 다양한 요인들의 영향이 과학의 본성을 만들어가는 중요한 요소가 됨을 간과해서는 안 된다. 과학이 발달할수록 사회과학적 이슈는 더욱 복잡하고 미묘해졌으며 과학기술의 영향력은 개발자조차도 예측하기 힘든 상황에 이르렀다. 과학에 대한 제한적 관점은 변화된 상황에 대한 장기적이고 책임있는 판단을 위해 변화되어야 한다. 그러므로 ‘과학의 주관성과 이론의존성’요소에 대한 인식과 ‘과학에 대한 사회적, 문화적 영향’에 대한 인식을 서로 모순되지 않는 수준으로 개선될 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학의 본성에 대한 과학 영재학생들의 인식을 여섯 가지 영역으로 구분하여 알아보았다. 연구 결과 대상 학생들은 ‘과학지식의 잠정성’ 영역에서는 대부분의 학생들이 전문가적 관점을 갖고 있었으나, ‘과학지식이 경험적 자료에 근거함’ 영역과 ‘과학 지식에서 창의성과 상상력의 필요성’ 영역에서는 과도기적 관점이 절반가량의 비율을 차지하였고, ‘과학의 주관성과 이론의존성’, ‘과학에 대한 사회적, 문화적 영향’ 영역에서는 초보자적 관점과 전문가적 관점에 비슷한 비율의 양극화된 경향을, ‘법칙과 이론의 구분’ 영역에서는 초보자적 관점이 지배적이었다. 이러한 일차적 분석은 두 영역 간의 인식을 함께 비교한 이차적 분석을 통해 몇 가지 모순된 인식을 드러냈다. 첫째는, ‘과학 지식이 경험적 자료에 근거함’ 영역에 대한 올바른 인식을 갖지 못할 경우 ‘과학지식의 잠정성’, ‘과학의 주관성과 이론의존성’ 영역과 상호 모순되는 인식을 가질 수 있다는 것이다.

이는 실험 자료에 대한 지나친 객관성 그로 인한 과학지식에 대한 절대적 진리성 부여가 원인으로 파악되었다. 둘째로, ‘법칙과 이론의 구분’ 영역이 ‘과학지식의 잠정성’ 영역과 갖는 모순된 인식이다. 이는 과학에 대한 제한된 안목으로 인해 법칙과 이론의 기능과 관계를 잘못 인식하게 되어 ‘과학지식의 잠정성’과 모순된 인식을 갖게 된 것으로 밝혀졌다. 셋째로, ‘과학의 주관성과 이론의존성’ 영역이 ‘과학에 대한 사회적, 문화적 영향’ 영역과 갖는 모순이다. 이러한 모순된 인식 역시 과학 지식뿐 아니라 과학 진행 과정, 과학자 공동체 등의 다양한 과학 구성 요소를 폭넓게 인식하지 못하면서 갖게 된 관점이었다. 이러한 상반된 인식을 해결하기 위해 과학의 본성을 다루는 프로그램들은 과학 영재 학생들이 갖고 있는 실험 자료의 객관성에 대한 또 거기서 비롯된 과학지식에 대한 절대적 신념을 갖지 않도록 실험의 의미와 가치를 더욱 강조할 필요가 있다. 단순히 습득한 지식을 검증하기 위한 수단이 아니라 실험 그 자체가 지식 주장을 구성하는 과정으로 구성되어야 한다. 지식 구성과정으로서의 실험은 간단하고 단순한 실험이라 할지라도 미래 과학자로서 스스로의 과학 활동에 의미와 가치를 부여하게 될 것이다. 나아가 지식 주장에 일치하지 않는 실험 자료를 언더라도 긍정적이고 생산적인 시각을 통해 과학에 대한 흥미와 호기심을 지속적으로 성장시킬 수 있을 것이다. 또한 과학에 대한 폭넓은 안목을 기르기 위해 과학 지식의 습득뿐 아니라 과학이 형성되는 과정을 접할 수 있는 다양한 기회가 주어져야 할 것이다. 일례로 사사활동, 지식포럼 참여, 학회 견학 등의 활동을 통해 과학에서 관찰 역시 이론의존적인 부분이 있으며 과학 활동에 다양한 주관적 요소가 개입될 가능성이 있다는 것을 자연스럽게 인식하도록 이끌 수 있을 것이다. 그리하여 과학에 대한 인식이 과학 지식주장에 그치지 않고 과학 지식주장 구성 과정까지 확대되고 과학자 내외적 요소를 폭넓게 인식하게 되면서 전체적이고 일관적인 안목을 키울 수 있을 것이다. 이러한 일관된 안목을 목표로 하는 다양한 학습 경험은 이후 과학영재로 하여금 과학의 본성에 대한 인식이 과학의 맥락이 강한 유대를 형성하도록 도울 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 교육인적자원부 (2007). **과학과 교육과정**. 서울: 교육인적자원부.
- 김경대, 강순민, 임제항 (2006). 과학영재들의 과학의 본성에 대한 인식. **한국과학교육학회지**, 26(6), 743-752.
- 김경순, 노정아, 서인호, 노태희 (2008). 중학교 과학 ‘물질의 구성’ 단원에서 과학사 소재를 활용한 명시적 · 반성적 과학의 본성 수업의 효과. **한국과학교육학회지**, 28(1), 89-99.
- 김문선 (2008). **과학의 본성에 대한 견해 조사들의 메타 분석**. 석사학위논문. 전남대학교.
- 나지연, 장병기 (2005). 과학 연극 수업이 과학 본성에 대한 초등학생의 인식에 미치는 영향. **초등과학교육**, 24(5), 558-570.
- 박은이, 홍훈기 (2010). 과학 영재를 대상으로 한 명시적 과학의 본성 프로그램의 효과. **한**

국과학교육학회지, 30(2), 249-260.

박종원, 김두현 (2008). 과학의 본성 지도자료 개발과 과학영재를 대상으로 한 시험적용.

한국과학교육학회지, 28(2), 169-179.

임승출 (1994). **과학의 본성과 과학교육에 대한 초등학교 교사들의 인식 조사**. 석사학위논문. 한국교원대학교.

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.

한지숙, 정영란 (1997). 중,고등학교 과학교사와 학생들의 과학의 본성에 대한 인식 조사. **한국과학교육학회지**, 17(2), 119-125.

홍성욱 (2004). **과학은 얼마나**. 서울: 서울대학교출판부.

황성원 역 (2001). **과학실험실습교육**. 서울: 시그마프레스.

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, P., & Linn, M. C. (2001). Beliefs about science: How does science instruction contribute? In B. K. Hofer, & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

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* (pp. 63-79). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

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

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (1989). 'An experiment is when you try

- it and see if it works': A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(5), 514-529.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young peoples images of science*. Bristol, PA: Open University Press.
- Elby, A., & Hammer, D. (2001). On the substance of a sophisticated epistemology. *Science Education*, 85(5), 554-567.
- Hipkins, R., & Barker, M. (2005). Teaching the 'nature of science': Modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, 27(2), 243-254.
- Khishife, 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.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego, CA: Academic Press.
- 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. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick, & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 301-317). The Netherlands: Springer.
- 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.
- Lin, H. S., Chiu, H. L., & Chou, C. Y. (2004). Student understanding of the nature of science and their problem-solving strategies. *International Journal of Science Education*, 26(1), 101-112.
- 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 W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education* (pp. 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 L. B. Flick, & N. G. Lederman (Eds.), *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.
- Smith, M. U., Lederman, N. G., Bell, R. L., McComas, W. F., & Clough, M. P. (1997). How great is the disagreement about the nature of science? A response to Alters. *Journal of Research in Science Teaching, 34*(10), 1101-1103.
- 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>
- Toth, E. E., Suthers, D. D., & Lesgold, A. (2002). "Mapping to know": The effects of representational guidance and reflective assessment on scientific inquiry. *Science Education, 86*, 264-286.

= Abstract =

Analyzing Science-gifted Middle School Students' Understandings of Nature of Science (NOS)

Euni Park

Seoul National University

Hun-Gi Hong

Seoul National University

The nature of science has been recognized in a great deal in the field of science education. However, only few innovative programs are offered for science-gifted students to improve their recognition of the nature of science. The current study describes and analyzes science-gifted students' understandings of the nature of science (NOS). In addition, the study looks into contradictory views among the aspects of NOS, which are fundamental data in constructing target programs on NOS for science gifted students. Data used in this study were collected from 73 middle school science-gifted students using an open-ended questionnaire, VNOS. The results of this study showed that the participants' understanding of NOS was significantly distributed on naive or transition view except for 'tentative NOS', and the results revealed inconsistent view among the aspects of NOS. This study proposes two suggestions to enhance the recognition of science-gifted on NOS of science to informed state and to have consistent perspectives with other areas. First, the role of experiment has to be changed-it should be the process in constructing scientific knowledge rather than an instrument to check scientific knowledge to transform perspective on experimental data and scientific knowledge. Second, various opportunities must be provided to science-gifted students, so they can experience the culture and community of scientists and science to gain a wider insight of science.

Key Words: Nature of science (NOS), Science-gifted, VNOS (views of nature of science questionnaire)

1차 원고접수: 2011년 5월 2일

수정원고접수: 2011년 6월 12일

최종게재결정: 2011년 6월 16일