

英才教育研究  
Journal of Gifted/Talented Education  
2004. Vol 14. No 1, pp. 29-46

## 과학 분야 사사 프로그램에 대한 학생 및 교수들의 인식 조사

임희준(미시간 주립대학교)

### 요 약

본 연구에서는 고등학교 영재 학생을 위한 미국의 한 과학 분야 사사 프로그램을 통하여 학생들이 사사 프로그램에 참여한 이유, 학생들이 사사 프로그램을 통하여 배운 점, 그리고 학생 프로젝트의 평가와 지도에 대한 교수들의 인식을 조사하였다. 이 사사 프로그램은 여름방학 7주 동안에 걸쳐 단기적이고 집중적으로 진행되는 프로그램이었으며, 연구를 위한 자료로는 학생들의 프로젝트 관련 산출물, 생활일지, 실험실 및 전체 토의 시간에 대한 참관 노트, 학생 및 일부 지도 교수들에 대한 면담 자료 등이 사용되었다. 학생들이 프로그램에 참여한 이유는 대학의 전문 과학자와의 연구 수행, 실제 과학 연구에 대한 이해, 진로 탐색 등 주로 과학 분야에 대한 관심과 내적 동기에 기반한 것이었다. 사사 프로그램에의 참여를 통하여 학생들이 배운 점은 실제 과학 연구의 본성, 과학 분야의 지식, 진로 확인 및 탐색 등으로 나타났다. 한편, 학생 프로젝트에 대한 평가와 지도는 교수와 학생 사이의 지속적인 상호작용과 인지적 도제 관계를 통하여 이루어졌다.

주요어: 영재, 사사 프로그램, 과학, 연구 프로젝트

## I. 서론

초중등 학생들이 대학 및 연구소의 실험실에 참여하여 일정 기간 동안 해당 분야의 전문가들과 함께 연구를 수행하는 프로그램을 미국에서는 다양한 형태로 흔히 찾아볼 수가 있다(Bleicher, 1996). 이러한 프로그램을 통칭하여 사사 프로그램(apprenticeship program)이라고 하는데, 일반적으로 과학/수학 분야에서의 사사 프로그램은 K-12 학생들, 그 중 주로는 고등학생들이 대학이나 연구소 등 현재 과학 및 공학, 수학 연구를 수행 중인 연구 현장에 참여하여 대학의 교수, 박사 후 연구원 및 박사 과정 대학원생, 또는 연구소의 연구원들과 함께 생활하면서 과학자들의 연구 활동, 생활 방식, 태도와 책임감 등을 직접적이고 총체적으로 배우는 과정이라고 할 수 있다(Davis & Rimm, 1994).

사사 프로그램은 학교의 정규 과학교육과정에서 흔히 이루어지는 소위 요리책식의 과학 실험 교육과는 달리, 개방된 탐구 환경에서 이루어지는 실제 연구 프로젝트에서 학생들이 과학자와 함께 활동하게 함으로써 보다 실질적인 과학 탐구의 기회를 제공한다. 이러한 방법은 과학 지식 및 탐구 과정에 대한 이해를 증진시키고 과학 학습에 대한 동기를 증진시키는 데 매우 효과적인 것으로 제안된다(Driver et al., 1994). 과학자의 바로 가까이에서 과학 연구 활동에 참여하는 것은 과학 지식을 아는 것(knowing science)뿐만 아니라 실제로 과학을 하는 것(doing science)을 강조하고 있는 최근의 과학교육 목표(NRC, 1996)와도 맥을 같이 하고 있다.

이러한 사사 프로그램에서의 학습은 흔히 “인지적 도제(cognitive apprenticeship)” 과정을 통한 학습이라고 설명된다(Brown et al., 1989; Collins et al., 1989; Roth, 1993). 인지적 도제 모델에서는 학습이란 특정 사회집단으로의 문화적 동화를 의미하는 것으로, 초심자가 전문가와의 상호작용을 통하여 그 사회집단의 문화적 양상이 내재되어 있는 상황과 맥락에서 실질적인 체험을 함으로써 학습이 이루어진다고 본다. 즉, 학습은 특정 사회집단에의 점진적인 참여를 통해 이루어지는데, 초심자가 주변적 참여(legitimate peripheral participation)를 하는 새로운 방문자로부터 그 집단의 핵심적인 참여자로 변화하는 과정으로 볼 수 있다(Lave & Wenger, 1991).

사사 프로그램에 참여하는 학생들은 실험실에서 과학자들과 함께 활동하면서 사회적, 문화적으로 그 집단에 적합한 방식으로 일을 수행하고 상호작용하는 방법을 배워

나가게 된다. 처음에는 일종의 방문자로서 실험실 활동을 관찰하는 것에서 시작하여 점진적인 참여를 통하여 실험실의 정식 한 멤버로서 활동하는 것을 배우게 되고, 점차 과학이 무엇이고, 과학자들에 의해서 과학이 어떻게 수행되는지에 대한 이해를 얻게 된다. 즉, 과학자의 문화에 참여함으로써 그들처럼 사고하고, 생각하고, 논쟁하며 상호작용하는 것을 배우게 된다(Lave & Wenger, 1991; Richmond & Kurth, 1999).

해당 분야의 전문가와 함께 활동할 기회를 제공하는 사사 프로그램은 영재 학생들에게 특히 유의한 것으로 보고된다(Davis & Rimm, 1994). 사사 프로그램은 영재 학생들에게 그들의 잠재력을 계발하고, 독립적인 연구를 수행할 수 있는 능력을 기르는 효과적인 기회를 제공한다. 뿐만 아니라 학생들은 사사 프로그램을 통하여 그 분야의 연구를 직접 경험함으로써 해당 분야에 대한 자신의 능력 및 흥미를 평가할 수 있고, 이를 통해 보다 실질적인 관점에서 향후 진로 및 직업을 선택할 수 있게 된다(Abraham, 2002; Milam & Schwartz, 1992). 이러한 독특한 장점으로 인하여 사사 프로그램은 영재교육 프로그램에서 필수적인 경험으로 요청된다(Beck, 1989).

국내에서도 사사 프로그램에 대한 다양한 지원을 통하여 과학영재학교의 R&E나 과학고등학교의 창의적 사사 등 여러 기관에서 사사 프로그램이 진행되고 점차 본격화되는 시점에 있다. 이에 본 논문에서는 오래된 역사와 전통을 가지고 현재에도 활발히 진행 중에 있는 미국의 과학 영재를 위한 한 사사 프로그램을 대상으로 이에 참여한 학생과 교수들의 인식을 고찰함으로써 국내의 과학 영재를 위한 사사 프로그램 시행에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 구체적으로 본 연구에서는 학생들이 사사 프로그램에 참여한 이유, 학생들이 사사 프로그램에의 참여를 통해 배운 점, 그리고 학생 프로젝트의 평가와 지도에 대한 교수들의 인식을 살펴보았다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 상황

본 연구에서는 미국 중동부에 위치한 큰 규모의 한 주립 대학에서 이루어지는 사사 프로그램에 참여한 28명의 고등학교 10, 11학년 학생과 5명의 지도 교수, 프로그램 디렉터를 대상으로 실시되었다. 이 사사 프로그램에 참여한 학생들은 흥미, 이전 학업 성적 및 과학 관련 활동 경험 등을 토대로 미국 전역에서 지원한 약 200명의 학생들 중에서 선발된 학생들로서, 그들의 선호도에 기초하여 프로젝트 및 지도 교수를 선정받았다. 이 학생들은 여름 방학 7주 동안 대학 기숙사에서 생활하면서 해당 실험실에서 자신의 지도 교수(mentor)-대학 교수, 박사 과정 및 박사 후 연구원-와 함께 연구를 수행하였다. 기본적으로 참가 학생들은 서로 다른 실험실에서 각기 서로 다른 개인 연구 프로젝트를 수행하였으며, 일부 프로젝트에 대해서는 같은 지도 교수 아래에서 2명의 학생이 공동 연구를 수행하기도 하였다.

7주 과정 중 처음 2주 동안은 지도 교수 및 박사 후 연구원, 박사 과정 학생들과의 토의를 통하여 그 실험실의 관심 분야와 현재 수행 중인 연구에 대한 전반적인 이해를 넓히며, 관련 문헌들을 학습하면서 자신의 연구 프로젝트와 구체적인 연구 방법을 지도 교수와 함께 결정하였다. 최소 3주 이후부터는 연구 계획서를 제출하고 본격적으로 프로젝트를 수행하였다. 그리고 마지막 주에는 전체 참가 학생과 지도 교수 및 대학원생들이 참석하는 연구 발표회에서 개인별로 15~20분씩 자신의 프로젝트에 대하여 발표를 하고, 최종 보고서를 제출하였다.

또한, 연구 프로젝트 수행 이외에도 학생들은 매일 자신의 하루를 점검하기 위한 생활일지를 작성하였으며 매주 이 일지에 대하여 디렉터가 피드백을 주었다. 또한, 주 2회씩 정기적으로 이루어진 프로그램 디렉터와 참여 학생들의 전체 토의 시간을 통하여 자신들의 프로젝트 진행 상황 및 생활 등을 함께 논의하였다.

### 2. 자료 수집 및 분석

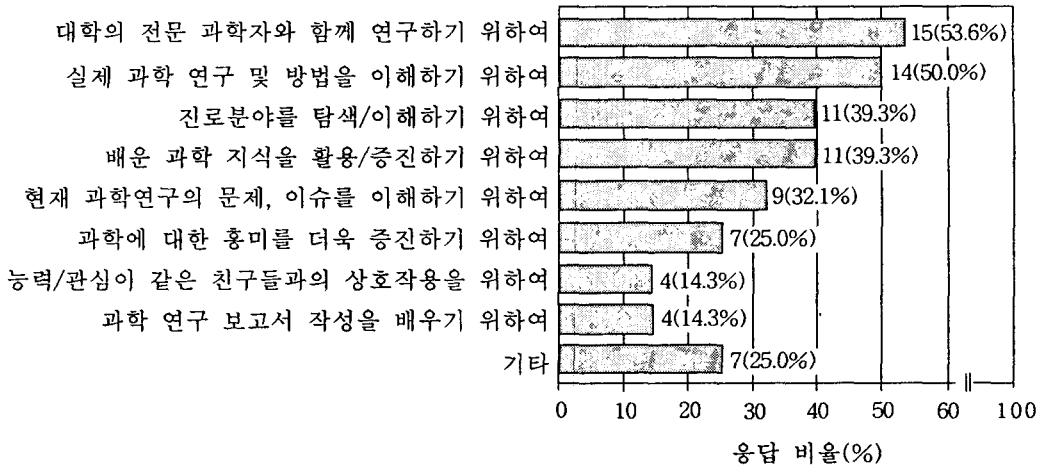
본 연구를 위한 자료로는 학생들의 지원서, 3주째에 제출된 연구 계획서, 마지막 주에 이루어지는 연구 발표회 및 최종 보고서, 생활일지, 전체 토의 시간에 대한 참관 노트를 이용하였다. 또한, 질적 연구 방법(Spradley, 1997)을 통하여 실험실 활동

을 참관하여 학생들이 수행하고 있는 프로젝트 및 그 진행 과정에 대한 정보를 수집하였으며, 이 실험실 참관 시간과 점심 시간이나 일과 후 시간을 이용하여 비공식적 면담을 실시하였다. 특히, 본 연구와 관련하여 학생들이 이 프로그램에 참여하게 된 이유, 프로젝트를 진행해가면서 배우고 느끼는 것 등에 대하여 주로 면담하였다. 이러한 전체 참여 학생들의 인식은 정량적으로 분석하여 응답 분포를 구하였으며, 전체 토의 때의 학생들의 논의 내용 및 생활일지, 그리고 면담 내용 등을 이에 대한 구체적인 예를 제시하는 보충 자료로써 분석하였다. 또한, 프로그램이 끝난 후 프로그램 디렉터 및 면담이 가능했던 화학, 곤충학, 물리학, 수학, 원예학 분야의 5명의 지도 교수와 개별 면담을 실시하여 학생들의 프로젝트에 대한 평가 및 지도에 대한 정보를 수집하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 학생들이 사사 프로그램에 참여한 이유

프로그램 초반부에 진행된 전체 토의 시간에서 학생들에게 사사 프로그램에 참여하게 된 이유에 대하여 생활일지에 기술하도록 하고, 이를 함께 논의하였다. 학생들이 생활일지에 기술한 참여 이유들을 분석한 결과, 학생들의 응답은 다음의 [그림 III-1]과 같이 분포하였다. 대부분의 학생들이 두세 가지의 이유를 언급하고 있었기 때문에 학생들이 언급한 응답 각각에 대하여 빈도를 구하고, 참여 학생인 총 28명에 대한 백분율로 응답 비율을 구하였다.



[그림 III-1] 사사 프로그램에 참여한 이유에 대한 학생들의 응답 분포

학생들의 응답에서 살펴볼 수 있는 바와 같이, 많은 학생들(53.6%)이 사사 프로그램에 참여하게 된 이유로 언급한 것은 과학자, 주로는 대학 교수와 함께 전문적인 연구 환경 하에서 연구를 해보고 싶어서인 것으로 나타났다. 또한, 50%의 학생들은 학교 과학 학습과는 달리 과학 연구가 실제로 어떻게 진행되며, 어떠한 과학적 연구 방법이 이용되고 적용되는지를 이해하기 위해서라고 참여 이유를 밝혔다. 이와 관련하여 한 학생은 전체 토의에서 다음과 같이 자신의 생각을 구체적으로 이야기하였다.

브라이언: 저희 학교는 아마도 과학 실험을 많이 하는 학교 중 하나일 거라고 생각해요. 또 방과 후 과학반 활동을 통해서도 여러 가지 과학 실험들을 할 기회가 많았지요. 저는 그 실험들이 모두 좋았어요. 하지만 이게 진짜 과학자들이 하는 연구는 아닐텐데 하는 아쉬움이 있었어요. 그래서 한두 시간 또는 하루 이틀 동안에 짧게 하는 실험이 아니라 정말 과학자들이 연구실에서 수행하는 연구는 어떻게 진행되는지 알고, 제가 직접 경험해보고 싶었어요.

과학자와 함께 실제 과학 연구를 해보고 싶다는 이와 같은 이유로 학생들은 다양한 영재교육 프로그램 중 특히 사사 프로그램에 참여했음을 알 수 있었다.

또 다른 참여 이유들은 자신의 진로 분야를 탐색하고 이해하기 위해서, 그리고 지금까지 배워온 과학 지식을 활용하고 증진하기 위해서였다(각각 39.3%). 전체 토론에서 자신의 참여 이유를 설명한 케빈의 이야기에서처럼 학생들은 장래 전공 및 직업에 대한 자신의 현재의 생각에 대하여 보다 근거있는 판단을 하고자 희망하였다.

케빈: 저는 지금 생물학이나 생리학 분야에 관심이 많아요. 그리고 이 분야에서 실험 과학을 전공했으면 하는데, 실제로 저에게 그런 실험실 생활이 중심이 되는 전공이 맞는지 미리 알고 싶어요. 이 분야 전공의 교수님들이나 박사 과정에 계신 분들이 어떻게 생활하는지 그 구체적인 생활들도 궁금하구요. 제가 앞으로 살게 될 지 모를 모습이니까요.

아래의 메리의 응답에서처럼 일부의 학생들은 사사 프로그램을 통하여 자신들의 과학 지식을 증진시킬 수 있을 것이라 기대했을 뿐만 아니라, 자신들이 그 동안 학습하고 쌓아온 과학 지식을 직접 활용하고 싶다는 생각을 가지고 있었다.

메리: 저는 그 동안 과학 수업, 과학 토론, 과학 도서 등을 통하여 많은 과학 지식과 원리를 배워왔습니다. 이제 저는 이처럼 제가 가지고 있는 지식을 실제로 활용할 기회를 가지고 싶습니다. 그리고 이 프로그램을 통해서 보다 많은 어려운 과학 지식을 배울 수 있을 것이라고 기대합니다.

이 외에 현재 과학 연구들의 주된 관심 주제와 이슈들을 이해하고 싶어서, 과학 분야의 흥미를 보다 증진시키기 위하여, 과학에 대한 능력이나 관심 분야가 자기와 같은 친구들과 상호작용을 하기 위하여, 기술적이고 전문적인 과학 연구 보고서를 작성하는 것을 배우기 위해서라는 응답들이 있었다.

이처럼 대부분의 학생들이 밝힌 사사 프로그램에 참여한 이유들은 과학 성적을 향상시키거나 대학 진학에 도움이 되기 위한 외재적 이유에서라기보다는 자신들의 내재적 관심과 흥미에서 비롯된 자발적인 것들이었으며, 보다 장기적인 관점에서 자신들에게 도움이 되는 측면들을 고려한 것이었다. 이와 관련하여 참여 학생 중 한 학생은 연구자와 다음과 같은 대화를 하였다.

연구자: 7주는 상당히 긴 시간이고, 여름 방학의 전부를 투자하는 건데도 불구하고, 사사 프로그램에 참여하는 특별한 이유가 있나요?

로레인: 전 과학과 수학을 좋아하고, 작년에도 다른 사사 프로그램에 여름 방학동안 참여했었어요. 여기 와서 새로운 내용을 배우고, 학교에서는 할 수 없는 실제 실험을 하는 것 자체가 제겐 즐거워요. 작년에는 수학, 올해는 과학 분야의 프로젝트에 참여하면서 제가 어떤 분야에 적성이 더 맞는 지도 알게되는 것 같구요.

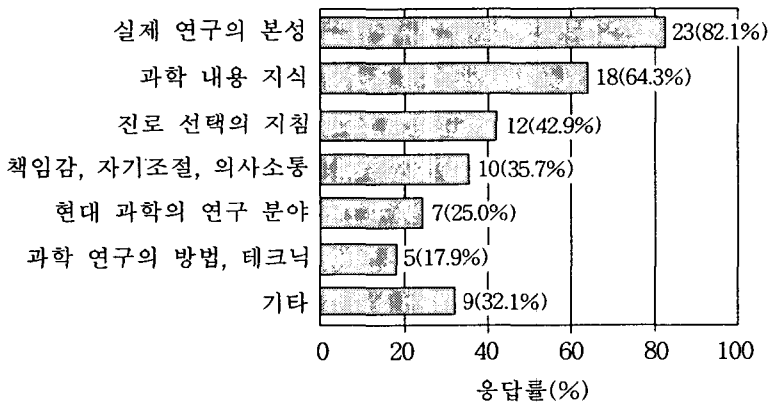
연구자: 이 프로그램에 참여함으로 얻게 되는 보다 실제적인 이득에 대해서는 생각해 봤나요? 예를 들면, 대학 입학에서 가산점을 얻게 된다는지 하는...

로레인: 물론 이런 경험들은 대학 진학에도 도움이 될 거예요. 지도 교수의 추천서도 받을 수 있을 거구요. 하지만 그런 것이 주된 목적이라면 7주를 버틸 수는 없을 거예요. 저는 사실 학교 성적도 매우 높고, 이 프로그램에 꼭 참여하지 않더라도 좋은 대학에 갈 수 있을 거라고 생각해요. 그런 외적인 요인은 일부 요인은 될 수 있지만 주된 이유는 될 수가 없다고 생각해요.

학생들의 생활일지, 토론, 대화 등에서 알 수 있었던 바와 같이 프로그램에 참여한 많은 학생들은 성적이나 대학 진학을 위해서라기보다는 자신의 흥미와 내적 동기에 의해서 프로그램에 자발적이고 적극적으로 참여하게 되었음을 알 수 있었다.

## 2. 학생들이 사사 프로그램을 통해 배운 점

7주간의 사사 프로그램이 끝날 무렵 학생들에게 이 프로그램을 통하여 배운 가장 중요한 점들을 3가지씩 기술하도록 하였다. 28명의 총 84개의 응답을 분석한 결과는 [그림 III-2]와 같았다.



[그림 III-2] 사사 프로그램으로부터 배운 점에 대한 학생들의 응답 분포

먼저 전체의 82.1%의 학생이 실제 과학 연구의 본성을 알게 되었다고 응답하였다. 이러한 응답을 한 많은 학생들은 하나의 연구 결과가 나오기까지는 오랜 기간이 필요하며, 그 과정은 때로는 매우 지루하고 단조로우나 때로는 환희를 느끼게 된다고 응답하였다. 또한 연구는 학교 과학 수업에서 했던 것과 같이 예상되는 결과가 있고 잘못을 하지 않는 한 그 답에 순조롭게 이르게 되는 것이 아니라 가설은 있지만 꼭



그 예상이 맞아떨어지는 것은 아니며 계획한 대로만 수행되지는 않는다는 응답을 하였다. 이와 관련하여 마이크는 전체 토의 시간에서 다음과 같이 자신의 의견을 발표하였다.

마이크: 무엇보다도 저는 연구라는 게 항상 성공하는 것은 아니라는 것을 알게 되었어요. 제 경우, 지도 교수와 상의하여 결정한 프로젝트를 수행하는 데 실험이 생각했던 대로 되지가 않았어요. 그래서 같은 실험을 다시 여러 번 해 보고, 역시 결과가 안나와서 온도 조건을 바꿔서 또 해보고 다양한 시도를 해서 결국 결과를 얻게 되었어요. 언제나 예상되는 답이 나오던 학교 과학 실험에서의 경험과는 너무 달라서, 처음에는 '뭐 이런 게 있어', '왜 교수님이 말해준 대로 했는데 안되지'하고 생각했었는데 그로부터 연구라는 것이 언제나 정해진 답대로, 계획대로 되는 것이 아니며 그렇기 때문에 꾸준한 인내와 노력이 필요하다는 것을 알게 되었어요.

다음으로 64.3%의 학생이 과학 내용 지식을 더 많이, 깊이 있게 알게 되었다고 응답하였다. 실례로 연구자가 실험실에서의 실험 수행을 참관하고 인터뷰한 한 학생의 경우, 첫 주에 지도 교수가 프로판올을 구조식( $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ )으로 나타낼 때, 결합선들이 탄소-탄소 결합을 의미하는 것을 알지 못하고 '끝에 있는 -OH는 알겠는데 저 지그재그 선은 무엇이지요?' 라고 질문했었다. 그러나 3, 4주가 지나서는 자신의 실험과 관련된 고분자 화합물들을 분자식, 구조식, 시성식 등으로 자유자재로 나타낼 수 있었으며 기간이 지날수록 관련된 유기 합성과 관련된 개념들을 이해하고 이를 연구자가 참관할 때나 전체 토의 시간에서 자신의 프로젝트 진행 상황을 설명할 때 상세히 설명할 수 있는 수준이 되었다. 또한, 프로그램이 끝날 무렵에 행해진 관련 문헌에 대한 이해도에 대한 질문에서 이 학생은 다음과 같이 응답하였다.

제이콥: 처음에 지도 교수가 관련 논문을 세 편 주었는데 아무리 읽어도 'the', 'and', 'carbon', 'hydrogen' 같은 단어 말고는 아는 게 없었어요. 겉으로 표현은 안 했지만 제 마음 속으로는 제 자신의 능력에 대해서 사실 참담하게 느꼈고 제가 이 연구를 수행할 수 있을지 자신이 없었어요. 그런데 지도 교수와 또 다른 대학원생들로부터 여러 번 설명을 듣고 의문이 있을 때마다 질문하고, 또 동시에 내용은 일단 잘 몰라도 실험을 수행해가면서 '아하, 이것구나' 하는 느낌을 점차 갖게 되었죠.

연구자: 그럼 지금은 그 문헌을 제대로 이해하고 있다고 생각하나요?

제이콥: 아직 완전하다고 자신은 못해요. 예를 들어, 그 연구에서 구체적인 실험 수치들을 정확히 어떻게 얻게 되었는지, 그 수치가 정확히 무엇을 의미하는지를 완전히 알지는 못해요. 하지만 그 연구의 의미는 정확히 알구요, 그 데이터로부터 어떻게 그런 해석을 할 수 있는지는 충분히 안다고 생각해요.

다음으로 42.9%의 학생들은 사사 프로그램에서의 연구 경험이 자신들의 진로 탐색과 선택에 도움이 되었다고 응답하였다. 어떤 학생들은 자신이 선택하여 참여한 분야에서 연구를 수행함으로써 그 분야에 대한 자신의 흥미와 적성에 보다 확신을 얻게 되었다. 또 어떤 학생들에게 이 프로그램에의 참여 경험은 자신의 진로 분야로 잠정적으로 생각해왔던 분야에 대하여 재고해 볼 필요가 있다는 생각을 가지게 해주었다. 사사 프로그램에의 참여 경험은 자신의 장래 진로 분야에 대하여 경험에 근거하여 판단할 기회를 제공함으로써 과학 영재 학생들이 실제로 자신의 전공을 선택하는 과정에서 경험할 수 있는 오류를 미리 줄이고 보다 실제적인 관점에서 자신의 관심과 능력을 평가할 수 있게 한다는 점에서 의미가 크다.

이 외에도 연구 수행에 있어서 책임감, 자기 조절, 시간의 분배 등이 중요하며, 같은 분야에서 함께 일하는 동료들 및 그들과의 의사소통의 중요성을 인식했다는 응답들도 있었다. 그리고 현대 과학이 어떤 분야와 주제들에 관심을 갖는지, 또 어떤 연구 방법과 테크닉들이 이용되는지를 폭넓고 자세히 알게 되었다는 응답들도 있었다.

### 3. 학생 프로젝트의 평가와 지도에 대한 교수들의 인식

학생들이 다양한 측면을 배웠다고 인식한 이 사사 프로그램에 대하여 사사 프로그램을 진행하고 지도하였던 디렉터와 일부 지도 교수들을 대상으로 이들이 학생들이 수행하였던 프로젝트의 수준을 어떻게 평가하고 있으며, 이들 프로젝트의 지도에 대하여 어떠한 관점을 가지고 있는지를 면담을 통하여 조사하였다. 디렉터를 비롯하여 면담한 5명의 지도 교수들은 모두 학생들이 수행한 프로젝트 수준이나 학생들의 능력, 동기 등에 대하여 매우 긍정적으로 평가하고 있었다. 그 중 한 예로 학생들의 프로젝트 수행 능력이나 그들이 수행한 프로젝트 수준에 대하여 곤충학 분야의 한 지도 교수는 다음과 같이 언급하였다.

객: 솔직히 이 프로그램에 참여한 학생들-전부는 모르지만 최소한 우리 실험실에 있었던 학생들의 수준은 우리 실험실에 있는 웬만한 학부 학생들보다는 훨씬 우수하며, 그들의 사고 수준은 대학원생 못지 않습니다. 굉장히 똑똑하고 빨리 배웁니다. 특히 호기심이 많아 질문이 많고 연구에 대한 동기가 아주 높아요. 물론 이제 겨우 고등학생이기 때문에 당연히 한계가 많지요. 화학이나 물리 등 기초 과학 내용도 아직 잘 모르고, 관련 자료를 찾고 이해하는 데에도 한계가 많지요. 하지만 그들이 수행하는 프로젝트와 관련해서는 짧은 시간 동안 많은 것을 배웁니다. 올해의 학생을 비롯하여 일부 학생들은 저널에 공동 저자로 들어갈 정도로 자신의 프로젝트를 수행해냈습니다.

학생들에 대한 이러한 평가는 면담한 다른 지도 교수들도 유사하게 언급한 것으로, 지도 교수들은 참여 학생들이 고등학생으로써 그들의 과학 분야에 대한 기본 지식과 연구를 수행하는 능력에 한계가 많지만 그 한계 내에서도 프로젝트 수행 능력이나 전체 연구에의 기여도가 높다는 것에 대하여 상당한 확신을 나타내었다.

그러나 흥미롭게도 학생 및 그들의 프로젝트에 대한 교수들의 이러한 평가는 어떤 명시적인 평가틀에 기초하여 이루어지는 것은 아니었다. 전체 프로그램 또는 어느 지도 교수의 연구실에서도 학생들의 과학 지식 수준, 태도, 실험 과정, 보고서 작성 등에 대한 명시적인 평가틀이나 점수화 체제는 찾아볼 수 없었다. 이에 연구자는 이 사사 프로그램에서 학생들을 어떻게 평가하고 지도하는지를 알아보기 위하여 프로그램 디렉터와 다음과 같은 면담을 수행하였다.

연구자: 학생들이 프로젝트를 수행하는 동안에 학생들의 구체적인 활동, 예를 들어 태도, 실험 기구 다루는 법, 실험 노트 작성, 논의 등에 대한 구체적인 평가를 하나요? 이를 위한 어떤 평가 지침이나 틀이 있나요?

디렉터: 이 프로그램은 사사 프로그램입니다. 학생들이 직접 교수와 그 실험실의 대학원생들과 함께 생활하고 부대끼면서 그들의 연구, 생활, 사고 방식을 서서히 배워나가는 거지요. 그런 과정에서 스스로 그 실험실의 규칙과 기준(standards)을 터득하고 맞춰나가게 됩니다. 소위 인지적 도제 과정의 학습이라고 할 수 있지요. 또한, 실제로 지도 교수들마다 강조하는 부분이 다르고 지도하는 스타일이 다릅니다. 거기에 프로그램 전체적으로 어떤 외형적이고 구체적인 평가틀을 부여한다는 것이 의미가 없다고 봐요.

연구자: 그런 평가가 없으면 학생들의 프로젝트 수준을 어떻게 조절하고 지도하나요?

디렉터: 명시적인 세부 평가들이 없다고 해서 평가가 이루어지지 않는다는 것은 아닙니다. 프로그램 시작 전에 진행된 지도교수들에 대한 오리엔테이션에서도 함께 공유했듯이, 이 프로그램에서는 교수들이 학생들을 지도하는 과정 내내 학생들의 연구 목적에 대한 이해도, 과학 배경 지식 및 문헌 이해도, 실험 방법에 대한 이해 및 수행, 결과 해석의 논리성, 연구 보고서 작성 등을 점검하고 이에 대하여 지속적인 피드백을 주는 방식으로 이루어진다고 볼 수 있습니다. .... 특히, 마지막 주에 이루어지는 연구 발표회도 중요한 평가의 장이라고 할 수 있습니다. 전체 참여 학생과 지도 교수 및 대학원생들이 모두 참석하는 가운데 학생들이 개별적으로 자신의 프로젝트를 발표하고, 질문에 대해 응답하게 됩니다. 이것 역시 점수화한다거나 하는 과정은 없지만 공식적인 발표와 보고서 제출 등 연구 산물을 공유하는 과정을 배움과 동시에 자신들이 수행한 프로젝트에 대해 공개적으로 평가를 받는 과정이라고 할 수 있습니다.

프로그램 디렉터가 언급한 바와 같이 학생들의 프로젝트에 대한 평가는 점수화하거나 구체화된 명시적 평가들을 토대로 이루어지는 것이 아니라 지도 교수와 학생 사이의 지속적인 상호작용 과정을 통하여 학생의 프로젝트 수행 과정을 점검하고 이에 대하여 피드백을 주는 과정으로 이루어짐을 알 수 있었다. 즉, 연구 목적에 대한 이해도, 과학 배경 지식 및 문헌 이해도, 실험 방법에 대한 이해 및 수행, 결과 해석의 논리성, 연구 보고서 작성 등 기본적인 사항에 대한 지도 교수의 지속적인 평가와 지도가 이루어졌다. 특히, 자신들이 수행한 프로젝트를 공식적으로 발표하고 공유하는 과정인 연구 발표회는 학생과 지도 교수들이 프로젝트의 수준을 고려하게 하는 수단 중 하나임을 알 수 있었다.

프로그램 디렉터 이외에 면담한 5명의 지도 교수들도 모두 누가 평가 관리를 하기 전에 학생들 스스로 자신의 프로젝트에 대한 기대와 목표 수준이 높다고 응답하였다. 또한 참여 학생들은 지도 교수의 지도하에 다른 대학원생들과 함께 실험실 생활을 하고 연구의 일부를 수행하면서 그 실험실의 규칙과 기준 등을 배우게 되며, 이를 통해 실험 수행 및 결과 해석, 보고서 작성 등에 대한 구체적인 방법을 배운다고 응답하였다. 한 예로 유기 합성 전공의 한 지도 교수의 응답은 다음과 같았다.

에드: 이 학생들은 고등학생들이기 때문에 물론 차이는 있지만 저는 일종의 석사 과정 학생들을 지도하는 것과 비슷한 과정으로 봅니다. 석사 과정 학생들은 실험실에서 생활과 상호작용을 통해서 자신이 어느 정도를 성취해야 하는지를 터득합니다.

관련 문헌 조사 등으로부터 이 분야 연구 및 연구 논문들의 일반적인 수준을 알고, 실험실에서의 실제 생활을 통하여 제 실험실의 기준을 인식하고 최소한 거기에는 달하려고 하지요. 그 과정에서 연구 계획 몇 점, 실험 기술 몇 점 등등의 평가를 하지 않아도 저나 동료들과의 토의와 피드백을 통하여 자신의 실험 수행 및 결과 해석 과정에서 무엇이 문제이고 부족한지를 압니다. 제 경험으로는 고등학생인 이 프로그램 참가 학생들도 여러 면에서 한계가 있지만 기본적으로 그러한 방식으로 학습해 나간다고 봐요. 또한, 석사 학생이 최종적으로는 자신의 연구에 대하여 구두 발표를 통해 평가를 받듯이, 이 학생들에게 있어서 연구 발표회는 일종의 구두 발표를 통한 평가의 과정이라고 할 수 있습니다.

즉, 평가틀이나 기준이 명시적으로 주어지지 않더라도 학생들은 해당 실험실에 직접 참여함으로써 점차 그 문화-연구 방법, 스타일, 기준 등-에 동화되어 가고, 그 과정에서의 지도 교수 및 대학원생과의 상호작용을 통하여 자신들이 수행해야 하는 프로젝트의 목표 수준 등을 알아나가게 된다는 것이다. 그리고 앞서 프로그램 디렉터도 언급한 것처럼 지도 교수인 에드 또한 연구 발표회를 학생들의 프로젝트 수행에 대하여 평가받는 의미있는 장으로 인식하고 있었다.

이러한 과정을 통하여 수행된 학생들의 프로젝트가 상당히 정교화된 수준의 것임은 학생들이 이 프로젝트들을 가지고 참여한 Siemens나 Intel 등의 명성있는 과학 경진대회에서 거둔 우수한 수상 결과들로부터도 확인할 수 있었다. 총 28명의 2003년도 프로그램 참여 학생 중 6명의 학생이 Siemens 과학 경진대회 준결승에, 2명이 Intel 과학 경진대회의 지역 결승에 진출하였으며, 이 중 2명은 미국 전역을 대상으로 한 Siemens 과학 경진대회에서 4위에 입상한 것은 학생들이 수행한 프로젝트가 의미있고 수준있는 것임을 시사한다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 영재교육에서 필수적인 경험으로 제안되는 사사 프로그램의 일례를 통해 학생들이 사사 프로그램에 참여한 이유, 학생들이 사사 프로그램에의 참여를 통해 배운 점, 그리고 학생 프로젝트의 평가와 지도에 대한 교수들의 인식 등을 살펴보았다.

학생들이 사사 프로그램에 참여한 주된 이유는 대학의 전문적인 과학자와 함께 연구해 보기 위하여, 실제 과학 연구와 과학적 방법을 이해하기 위하여, 또는 자신의 진로 분야를 탐색하고 이해하기 위하여 등이었다. 즉, 대부분의 학생들은 성적이나 대학 진학에의 가산점과 같은 외적 동기보다는 과학 분야에 대한 관심과 흥미, 그리고 실제 과학 연구를 수행해보고 싶다는 내적 동기에 기반하여 프로그램에 참여하였다. 또한, 학생들이 사사 프로그램에 참여함으로써 배웠다고 평가한 사항들은 자신들이 초기에 기대했던 실제 연구의 경험, 과학 지식에 대한 이해 증진, 진로 선택에의 도움 등에도 잘 부합됨과 동시에, 이를 넘어서 사사 프로그램이 실제 과학 연구가 무엇인가를 다양한 측면에서 본인에게 체화된 형태로 느끼게 해주는 기회였음을 보여준다. 사사 프로그램에 참여함으로써 학생들은 과학 연구를 자신의 생활의 일부로써 조망하고 그에 기초하여 과학 관련 분야로의 자신의 진로를 확신하거나 재고하였다. 이러한 결과들은 사사 프로그램이 영재 학생들에게 제공할 수 있는 독특한 장점을 보여주는 것이라고 할 수 있다.

또한, 프로그램 디렉터와 5명의 지도 교수들과의 면담으로부터, 학생들의 프로젝트에 대한 평가와 지도는 지도 교수와 학생 사이의 지속적인 상호작용 과정을 통하여 학생의 프로젝트 수행 과정을 점검하고 피드백을 주는 과정으로 이루어짐을 알 수 있었다. 학생들은 실험실의 기준과 문화에 동화되어 가는 과정에서 프로젝트의 목표와 수준 등을 지도 교수와 인지적 도제 관계를 통하여 배워나갔으며, 공식적인 연구 발표회는 프로젝트의 완결성을 고무함과 동시에 이를 평가하는 역할을 하고 있었다. 이러한 방식의 평가와 지도는 참여 학생들의 높은 동기 수준 및 우수한 지적 능력이 바탕이 되는 것으로 보인다. 즉, 학생들의 높은 내적 동기 및 능력은 프로그램에서의 명시적인 규제나 평가를 최소화하고 학생들이 자율적이고 실제적인 연구 환경 하에서 활동할 수 있게 하는 토대가 된 것으로 파악된다.

이러한 결과는 사사 프로그램에서 학생들의 자발적이고 높은 동기가 필수적임을 보여주며, 동시에 이러한 학생들의 동기를 충족시키고 증진시킬 수 있는 가치로운 프로젝트를 제공하기 위한 디렉터 및 지도 교수들의 지속적인 고려와 노력이 요구됨을 시사한다. 아울러, 학생들이 과학자의 삶과 그들의 문화를 이해하는 것이 중요하다는 인식을 바탕으로, 사사 프로그램이 학생들에게 단지 차원이 다른 연구의 경험을 제공하고 수행하도록 하는 것을 넘어서 학생들로 하여금 연구가 수행되는 공동체의 역할과 문화에 대하여 공유하고 이해할 기회를 제공할 필요가 있음을 시사한다.

본 연구에서 살펴본 사사 프로그램은 여름 방학 동안에 단기적이고 집중적으로 이루어지는 프로그램 중 하나로 방과 후 시간을 통하여 장기간에 걸쳐 이루어지는 사사 프로그램과는 그 성격과 기대하는 바가 많이 다를 수 있다. 또한, 유사한 형태의 다른 여름 방학 사사 프로그램과도 여러 면에서 많은 차이점이 있을 것이기 때문에 이 사사 프로그램으로부터 조사된 학생들의 프로젝트 수행 과정 및 학생과 지도 교수들의 인식이 일반화될 수는 없다. 그러나 미국의 대표적인 여름 방학 사사 프로그램의 일례로서 그것이 가지고 있는 특징과 가능한 장점들은 우리 나라에서의 다양한 사사 프로그램의 활성화에 기여하는 바가 있을 것으로 기대된다.

나름의 오랜 역사와 노하우를 가지고 있는 본 연구에서 살펴본 사사 프로그램도 디렉터 및 지도 교수들, 그리고 참여 학생들의 피드백을 통하여 보다 나은 프로그램을 정립하기 위하여 끊임없이 노력하고 있다. 이러한 노력의 선상에서 이 프로그램을 비롯한 전반적인 사사 프로그램이 여전히 숙제로 안고 있고 몇 가지 문제로는 다음과 같은 사항들을 생각해 볼 수 있으며, 이는 우리 나라의 사사 프로그램 정립에서도 고려될 필요가 있는 사항들로 사료된다.

첫째, 사사 프로그램에 참여한 학생들이 여기에서의 연구 경험들을 자신들의 학교 과학 학습과 어떻게 조화를 이루어나가게 할 것이냐 하는 것이다. 학교 과학교육에서도 탐구를 강조하기는 하지만 이 학생들이 기대하고 또 경험했던 실제 과학 탐구 활동과는 거리가 먼 것으로 학생들의 탐구 및 연구 의욕을 지속적으로 지원해주기가 어려운 것이 사실이다. 이러한 여건에서 이 학생들에게 어떻게 의미있는 탐구의 경험을 지속적으로 제공해 줄 것인가가 계속 논의될 필요가 있다.

둘째, 사사 프로그램에 참여한 학생들 중 자신들의 학교에 돌아가서도 방과후 활동 등을 통하여 후속 연구를 진행시키고자 하는 학생들, 또는 이 연구를 토대로 과학 탐

구 경연대회 등을 준비하고자 하는 학생들을 지원하기가 쉽지 않다는 것도 하나의 문제점이다. 후속 연구를 희망하는 학생들의 경우, 자신들의 학교나 과학 교사 차원에서의 지도가 쉽지 않아 학생들의 연구 의욕이 그 단계에서 멈출 수밖에 없는 경우가 대부분으로, 이러한 문제는 해당 학교 및 지역에서의 영재 지도 교사의 육성과 맞물려 있는 문제라고 할 수 있다.

셋째, 사사 프로그램을 통하여 얻는 긍정적인 경험들을 일반 학교의 과학 교육과정 및 수업에 어떻게 적용하여 전체 학생들의 과학 탐구 수행 능력 및 이해를 증진시킬 것인가 하는 것이다. 이상과 같은 사항들에 대한 지속적인 고려와 발전의 노력을 통해 사사 프로그램은 영재 학생은 물론 학생들 전반에게 의미있는 과학교육의 한 방법으로 효과적으로 이용될 수 있을 것이다.



## 참고문헌

- Abraham, L.M. (2002). What do high school science students gain from field-based research apprenticeship program? *The Clearing House*, 75(5), 229-232.
- Beck, L. (1989). Mentorships: Benefits and effects on career development. *Gifted Child Quarterly*, 33(1), 22-28.
- Bleicher, R.E. (1996). High school students learning science in university research laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10), 1115-1133.
- Brown, J.S., Collins, A., Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Collins, A., Brown, J.S., & Newman, S.E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L.B. Resnick (Ed.) *Knowing, learning and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: LEA.
- Davis, G.A., & Rimm, S.B. (1994). *Education of the gifted and talented* (3rd ed.). Needham Heights: Allyn & Bacon.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Milam, C.P., & Schwartz, B. (1992). The mentorship connection. *Gifted Child Today*, 15(3), 9-13.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Spradley, J.P. (1997). *Participant observation*. New York: Holt Rinehart & Winston.
- Richmond, G., & Kurth, L.A. (1999). Moving from outside to inside: High school students' use of apprenticeships as vehicles for entering the culture and practice of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(6), 677-697.
- Roth, M.W. (1993). Metaphors and conversational analysis as tools in reflection on teaching practice: Two perspectives on teacher-student interactions in open-inquiry science. *Science Education*, 77(4), 351-373.

## Abstract

### **Student apprentices' and mentors' perceptions on a science research apprenticeship program**

Heejun Lim

This study investigated a 7-week summer science research apprenticeship program for gifted high school students in U.S. The purpose of the study was to examine the reasons why the high school student participated in the program, the students' perceptions on the benefits of the apprenticeship program, and to investigate mentors' perceptions on assessment and mentorship of the students' projects. For this study, laboratory works and group meetings were observed, students' journal and research products were analyzed, and interviews were administrated with student apprentices and some mentors. The result revealed that the main reasons of students' participation were to perform research with university professionals, to understand the scientific research, and to explore their college/career decisions. Students' participation was strongly associated with their internal motivation and interests. The students perceived the benefits of the apprenticeship program as providing them with the experience of the nature of real scientific research, of learning of scientific knowledge on the focus area, and wiser college/career decisions. Students' projects were assessed and guided through on-going interactions and cognitive apprenticeship between mentors and student apprentices.

Key words: gifted, apprenticeship, science, research

1차 심사: 2004. 1. 27.

2차 심사: 2004. 2. 12.