

교육 생산 함수를 이용한 학업 성취 수준 탄력성 추정

한 진 수(경인교육대학교 교 수)*

구 정 화(경인교육대학교 부교수)**

《 요 약 》

이 연구는 한국청소년정책연구원의 청소년 패널 조사 자료를 이용해 초등학교 6학년, 중학교 3학년, 고등학교 3학년 '학생들이 인지하는 국어, 영어, 수학, 사회, 과학의 학업 성취 수준'을 콤퍼더글라스 생산 함수 형태로 추정했다. 추정 결과 초등학교 6학년과 중학교 3학년은 소득, 개인 공부 시간, 학교에서 공부를 열심히 하는 정도가 학생이 인지하는 학업 성취 수준을 결정하는 중요한 변수였으며, 학업 성취 수준은 열심히 공부하는 정도에 대해서 가장 탄력적으로 반응했다. 고등학교 3학년은 영어와 수학 과목에서만 소득 계수가 유의미했다. 학년이 올라갈수록 성취 수준의 소득 탄력성이 감소했으며 성취 수준이 소득에 가장 민감하게 반응하는 과목은 영어로 나타났다.

트랜스로그 생산 함수를 사용하거나 전국 석차를 종속 변수로 사용하더라도 분석 결과가 질적으로 크게 달라지지 않아 학생의 학업 성취 수준은 소득보다는 공부를 열심히 하는 정도에 더 민감하게 반응함을 확인할 수 있었다. 그리고 설명 변수들의 과거 3년 동안의 투입량을 가지고 고등학교 3학년의 생산 함수를 추정해본 결과 석차가 장기간에 걸친 교육 투자의 산물임을 발견했지만, 이 경우에도 소득은 여전히 유의미하지 않았다. 마지막으로 소득, 개인 공부 시간, 학교에서 공부를 열심히 한 정도는 서로 대체 가능한 투입 요소로 밝혀졌다.

주제어 : 교육 생산 함수, 성취 수준 탄력성, 대체 탄력성, 순서 프로빗 모형, 콤퍼더글라스 함수

* 제1저자

** 교신저자, flower9@gin.ac.kr

I . 서론

경제학자들은 기업이 직면하는 생산 함수의 형태를 오랫동안 연구했으며, 수학적으로 성립 가능하고 기술적으로 추정 가능한 생산 함수들을 다양하게 개발해냈다. 이후 경제학자와 교육학자는 기업의 생산 활동과 교육의 생산 활동 사이에 유사성이 있음을 인지하고, 교육을 학교나 가정에서 이루어지는 생산 활동의 결과로 보기 시작했다. 이에 의하면 학생들은 시간, 노력, 능력 등과 같은 요소를 투입하는데, 가족 배경, 학교나 사회로부터 제공되는 각종 간접 자본과 결합되어 미지의 학습 과정(생산 과정)을 거친 후 일정한 교육 성과를 생산해낸다. 기업이 노동과 자본이라는 투입 요소를 활용해 생산물을 만들어내는 관계와 유사하다.

성적으로 대표되는 교육 과정의 생산물이 교육 관련 투입 요소들에 의해서 결정된다고 보는 시각은 교육 생산 함수 개념을 만들어냈다. 이후 교육 생산 함수를 추정하는 연구는 교육 분야의 주된 관심사 가운데 하나였다(Bowles, 1970; Levin, 1976; Polachek, Kniesner, and Harwood, 1978; Chizmar and Zak, 1983; Gyimah-Brempong and Gyapong, 1992; Douglas and Sulock, 1995; Haile and Nguyen, 2008).¹⁾

전문가들이 교육 생산 함수 추정에 관심을 두었던 이유는 연구 결과를 통해 중요한 시사점을 얻을 수 있기 때문이다. 우선 교육 생산 함수를 통해서 교육 당사자인 학생이나 가정에서는 보다 나은 교육 성과를 달성하기 위해서 어떠한 투입 요소를 양적 또는 질적으로 얼마나 확대하는 것이 필요한지를 파악할 수 있다. 예를 들어 만약 소득과 학생의 노력이 중요한 투입 요소이며 두 투입 요소 사이에 생산의 대체 가능성이 크다면 소득이 적은 가정의 학생도 개인의 노력을 강화함으로써 소득으로 인한 생산성 불이익을 극복할 가능성이 있음을 의미한다.

투입 요소와 생산물 사이의 기술적 관계는 교육 정책을 수립하는 전문가들에게도 유익한 정보를 제공해준다. 학교의 학업 성과를 개선하기 위해서 어떤 투입 요소를 강화시킬 것이며 어떤 부문의 예산을 확대시키는 것이 효과적인지를 파악할 수 있게 해줌으로써 학교 또는 교육 관련 정책을 수립하고 관련 예산을 효율적으로 배분하는 데 도움이 된다.

이와 같은 외국의 관심 및 활발한 연구와는 달리 우리나라에서는 생산 함수를 본격적으로 추정하는 연구는 아직 이루어지지 않았다. 가장 중요한 이유는 생산 함수 추정에 필요한 자료를 구하기 힘들었기 때문이다. 한국교육과정평가원이 확보하고 있는 국가 수준 학업 성취도 평가 자료가 있지만, 일반 연구자들에게 공개되지 않을 뿐 아니라 성적의 투입 요소로 간주할 수 있는 핵심 투입 변수들에 대한 데이터가 포함돼 있지 않아 교육 생산 함수 추정에는 유용하지 못하다.

1) 교육 생산 함수에 대한 종합적이고 체계적인 문헌 연구는 Hanushek(1986)에서 찾아볼 수 있다.

2004년부터 한국청소년정책연구원이 제주도를 제외한 전국에서 조사하기 시작한 한국 청소년 패널 조사의 자료는 우리나라 연구자들에게 관련 연구의 가능성을 열어주기 시작했다. 이 자료에는 사교육, 학교에서의 활동, 부모의 소득과 같은 변수들이 포함되어 있다. 비록 설명 변수들이 풍부하지는 않지만 표본의 수가 많고 공신력 있는 기관이 수집한 전국 자료라는 점에서 생산 함수 추정을 시도할 가치가 충분히 있다.²⁾

청소년 패널 자료가 공개되자 많은 연구들이 학생들의 성취도를 결정하는 요인들 사이의 관계를 분석하기 시작했다. 예를 들면 박창남·도종수(2005)는 부모의 사회 경제적 지위가 성취도에 영향을 주며, 윤현선(2006)은 가족내 사회적 자본과 가족 관계가 학업 성취에 영향을 준다고 했다. 이은우(2006)는 사교육비, 부모의 소득, 학력, 직업이 성취에 영향을 준다는 사실을 발견했다.

이 외에도 개인적으로 구한 자료를 가지고 학생들의 성적에 영향을 미치는 다양한 변수들을 추정하고 분석한 연구들도 있다. 예를 들면 김청자(2001), 이정환(2002)은 부모의 소득, 직업, 사교육비, 과외 경험 등이 학생의 성적에 미치는 영향을, 김종한(2001), 이정우(2009)는 과목에 대한 선호도나 태도가 성적에 미치는 영향을 분석했다.

지금까지 우리나라에서 이루어진 이들 연구는 대부분 성적에 영향을 미치는 변수들을 확인하는 데에 초점을 두고 있다. Hanushek(1979)의 표현을 빌리자면, 이들 연구는 단지 교육에서의 투입과 산출 사이의 관계를 분석한 것일 뿐, 제대로 된 교육 생산 함수를 추정한 것이 아니다. 결국 우리나라 학생들을 대상으로 교육 생산 함수를 체계적으로 추정한 연구는 찾아보기 힘들며, 생산물(학업 성취도)이 각종 투입 요소에 반응하는 탄력성을 구하거나 투입 요소들 사이의 대체 가능성 정도를 계량적으로 분석하는 연구는 없었다.

이 연구는 우리나라 교육 생산 함수를 추정함에 있어서 사회의 관심을 끌고 있는 사교육 또는 소득과 본인의 노력이라는 투입 요소에 초점을 둔다. 사교육과 본인의 노력을 투입 요소로 하는 교육 생산 함수를 추정함으로써 학생의 학업 성취가 각 투입 요소에 반응하는 탄력성을 학년별(초등학교 6학년, 중학교 3학년, 고등학교 3학년의 3개 학년) 및 과목별(국어, 영어, 수학, 사회, 과학의 5개 과목)로 분석하는 것이 이 연구의 목적이다. 그리고 투입 요소 사이의 대체 탄력성을 추정함으로써 개인의 노력이나 공부 시간이 소득을 대체할 수 있는 가능성이 어느 정도인지를 확인하는 것도 이 연구의 또 다른 목적이다.

2) 한국교육개발원의 한국교육종단패널이나 직업능력개발원의 한국교육고용패널에도 학생들의 성적 자료가 있지만, 조사 대상에서 초등학생이 빠져 있다. 이들 자료를 이용한 성적 함수 추정이 의미 있는 연구 주제가 될 것이라는 지적을 적절하게 해준 익명의 심사자에게 감사드린다.

II. 추정 모형

1. 요소 사이의 대체 탄력성

교육 생산 함수는 기업의 생산 함수와 마찬가지로 $y = f(X)$ 의 형태로 표현할 수 있다. 여기에서 f 는 교육 생산 함수, y 는 학업 성적, X 는 학생의 노력 정도, 공부 시간, 지능, 교육 환경, 소득 등 교육 투입 요소로 구성되어 있는 벡터, 즉 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 이다. 교육 생산 함수를 추정하려면 생산 함수 f 가 투입 요소들의 유효한 값에 대해서 연속적(continuous)이며, 비음수(nonnegative)의 값을 가지고, 연속적인 1차 및 2차 도함수가 존재한다는 가정이 필요하다. 투입 요소를 증가시키에 따라 학생의 성적은 향상될 것이므로, 즉 투입 요소의 한계 생산은 양의 값을 가질 것이므로 $f' > 0$ 이 성립한다.

경제학의 생산 함수를 원용해서 교육 생산 함수를 분석할 때, 우리가 관심을 가질 필요가 있는 개념이 투입 요소들 사이의 대체 가능성이다. 기업은 일정한 양의 재화나 서비스를 생산하기 위해서 노동과 자본을 적절히 배합한다. 예를 들어 자본의 값이 상승하면 자본 투입을 줄이는 대신 노동 투입을 늘림으로써 기업은 이전과 동일한 생산량을 달성하면서 비용을 절감한다. 이는 동일한 양을 생산할 수 있는 노동과 자본의 무수한 조합으로 구성된 등량 곡선(isoquant)이 존재함을 의미한다.

교육의 경우에도 투입 요소 사이에 대체가 가능하다. 예를 들면 90점이라는 점수를 얻기 위해서 수업 시간의 몰입도를 증가시키는 대신 집에서의 개인 공부 시간을 줄일 수 있으며, 사교육 시간을 줄이는 대신 개인 노력이나 개인 공부 시간을 늘리는 일도 가능하다. 이처럼 교육 생산에서도 투입 요소 사이에 상충 관계가 존재한다.

투입 요소들 사이에 성립하는 대체 비율은 경제학에서 한계 기술 대체율(marginal rate of technical substitution, MRTS)이라 불리며, 이는 등량 곡선의 기울기이자 두 생산 투입 요소의 한계 생산 비율이다.

$$MRTS = - \frac{dx_j}{dx_i} \Big|_{dy=0} = \frac{\partial y / \partial x_i}{\partial y / \partial x_j}.$$

동일한 양을 생산함에 있어서 생산 투입 요소 사이에 대체가 얼마나 쉽게 이루어질 수 있는가의 정도를 엄밀하게 측정할 수 있는 개념이 대체 탄력성(elasticity of substitution)이다. 대체 탄력성이 클수록 요소 사이의 대체 가능성이 커짐을 의미하며, 일반적으로 등량 곡선의 형태가 직선에 가까워진다. 위의 정의에 따르면 투입 요소 x_i 와 x_j 사이의 대체 탄력성은

아래 식으로 정의된다.³⁾

$$\sigma_{ij} = \frac{\partial \ln(x_j/x_i)}{\partial \ln(f_i/f_j)} = \frac{\sum_k x_k f_k}{x_i x_j} \frac{H_{ij}}{|H|} \quad i \neq j.$$

여기에서 x_i 는 투입 요소 i , f_i 는 함수 f 의 i 번째 투입 요소에 대한 편미분, f_{ij} 는 ij 번째 편미분, $|H|$ 는 경계 헤시안(bordered Hessian) 행렬식, H_{ij} 는 행렬 H 의 f_{ij} 요소의 보조인자(co-factor)이다.

2. 생산 함수

경제학에서 제시하고 있는 생산 함수의 이론적 형태는 다양하지만, 실제로 추정 가능한 생산 함수의 형태는 제한적이다. 대표적인 예로 CES 생산 함수가 있는데, 비선형이어서 추정의 적합도가 떨어진다는 한계를 지닌다. 이러한 문제점을 인식하고 Douglas and Sulock(1995), Guilkey, Lovell, and Sickles(1983), Gyimah-Brempong and Gyapong(1992) 등 지금까지 이루어진 대다수 연구들은 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 생산 함수를 사용했다. 이 연구에서도 콥-더글라스 생산 함수를 사용하며, 추정을 위해 아래처럼 로그 형태로 변환한다. 투입 요소가 증가할수록 학생들의 성적이 증가할 것으로 기대되므로 추정 계수 β_i 는 양의 값일 것으로 예상한다.

$$\ln y_i = \ln \alpha + \sum_{i=1}^k \beta_i \ln x_i.$$

생산 함수 관련 연구에서 콥-더글라스 다음으로 널리 쓰이는 것이 트랜스로그(translog) 함수이다. 이 연구에서 얻은 결과가 콥-더글라스라는 특정 생산 함수를 사용했기 때문인지 아니면 생산 함수 형태에 관계없이 일반적인 결과인지를 확인하기 위해, 이 연구에서는 트랜스로그 함수를 추정한 결과도 덧붙여 제시한다.

$$\ln y_i = \ln \alpha + \sum_{i=1}^k \beta_i \ln x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} \ln x_i \ln x_j.$$

3) 경제학에서 이야기하는 생산 함수의 대체 탄력성에는 Allen의 부분 대체 탄력성, Morishima의 대체 탄력성, Shadow의 대체 탄력성 등이 있는데, 이 연구는 지금까지 가장 널리 사용돼 온 Allen의 부분 대체 탄력성(Allen partial elasticity of substitution)을 사용한다.

Ⅲ. 변수와 자료

1. 생산물과 투입 요소

우리나라의 경우 최근에 전국 학생을 대상으로 하는 학력 평가가 시작됐고, 고등학교 3학년 학생들이 치르는 수학능력시험이 있지만 학생별 점수가 공개되지 않아 학업 성취에 대한 자료를 구하는 일이 어려워 국가 차원의 생산 함수 추정에 어려움이 있었다. 이와 같은 어려움을 부분적으로나마 극복할 수 있게 해주는 것이 청소년 패널 자료이다. ‘부분적’이라고 표현하는 이유는 패널 자료에 있는 수치가 국가 차원의 표준화된 시험의 결과가 아니라 조사 대상 학생들이 스스로 평가하는 과목별 등급 점수이기 때문이다. 즉, “학생의 해당 과목의 지난 학기 성적은 반에서 어느 정도였습니까?”라는 질문에 대해서 학생들은 “매우 잘하는 수준(5점), 잘하는 수준(4점), 중간(3점), 못하는 수준(2점), 매우 못하는 수준(1점)”의 다섯 개 가운데 하나를 선택하도록 돼있다.

이 자료를 학업 성취 수준으로 간주하는 데에는 두 가지 어려움이 있다. 첫째는 이 수치가 객관화된 점수가 아니라는 점이다. 학생들이 어느 정도 정확하게 응답했는지의 문제도 있으며(이 문제는 패널 자료의 신빙성에 대한 근본적인 문제가 될 수 있으므로 여기에서는 정확한 응답이었다고 받아들임), 학생들이 자신의 학업 성취 정도를 정확하게 진단할 수 있는지의 문제도 제기될 수 있다. 그렇지만 현재 우리나라 상황에서 생산 함수 추정에 사용할 수 있는 자료로 신뢰도가 높을 뿐 아니라 표본의 수가 많다는 점을 높이 평가해, 이 연구에서는 청소년 패널 자료의 과목별 등급 점수를 학생의 과목 성적의 대리 변수로 간주하고 이를 ‘학생이 지각하는 학업 성취 수준’(이하에서는 줄여 학업 성취 수준이라 부름)이라 정의한다.

두 번째 어려움은 종속 변수가 1~5점인 경우 양적인 해석이 힘들다는 점이다. 달리 이야기하면 숫자 1~5는 “공부를 못한다”부터 “공부를 잘한다”에 이르기까지의 서열(ordering)만을 이야기하고 있을 뿐, 크기와 관련해서 아무런 정보를 제공하지 못한다. 예를 들어 1과 2 사이의 차이와 3과 4 사이의 차이는 같지 않을 수 있다. 또한 설명 변수의 양적인 크기가 같더라도 응답자의 주관적인 판단에 따라 다른 등급으로 대답했을 가능성도 있다. 이와 관련된 어려움은 순서 프로빗(ordered probit) 모형을 통해 해결할 수 있다.

이 연구에서는 국어, 영어, 수학, 사회, 과학의 다섯 과목에 관심을 둔다. 과목별 성취 수준을 종합해 하나의 학업 성취 수준 자료에 대한 생산 함수를 추정할 수도 있겠지만, 종합하는 과정에서 과목별 비중에 대한 논란이 있을 수 있으며, 실제로 학생마다 과목에 대한 중요도 인식이 달라서 요소 투입량을 달리 했을 수 있다. 따라서 과목별 점수를 합친 종합 성취 수준 함수를 추정하기보다는 과목별 생산 함수를 추정하기로 한다. 더욱이 과목별로 투입 요소들의 대체 탄력성이 얼마나 다른지를 비교하는 일도 의미 있는 연구 주제가 될 수

있다는 점도 과목별 함수 추정의 가치를 높인다.

교육 생산 함수에서 투입 요소는 크게 학교 변수, 교사 변수, 가족 변수, 학생 변수로 구분할 수 있다. 학교 변수에는 학교 예산, 학급 규모, 학교 시설 등이 있으며, 교사 변인으로는 교사의 교육 정도나 경험 등이 있다. 가족 변수로는 부모의 소득, 학력, 가족의 수 등이 있고, 학생 변수에는 성, 노력 정도, 친구 요인 등이 있다.

청소년 패널 자료에는 교육 생산 함수를 추정할 때 고려할 수 있는 잠재적인 설명 변수들이 여럿 포함돼 있다. 실제로 구정화·한진수(2010)는 10여개의 설명 변수를 가지고 초등학교 6학년의 교과별 학업 성적 결정 요인을 분석한 바 있다. 그러나 생산 함수 추정 연구의 주된 관심은 투입 요소의 한계 생산성 및 탄력성, 투입 요소 사이의 대체 가능성, 특히 소득(또는 사교육)이라는 투입 요소와 본인의 노력이라는 투입 요소 사이의 대체 가능성에 있으므로 논의의 핵심과 관련이 별로 없는 설명 변수들이나 대체가 불가능한 변수(예를 들어 학생의 성별)는 제외한다. 이에 따라 소득, 학생의 공부 시간, 학교에서의 수업 열심 정도를 설명 변수로 포함시킨다. 이들 변수 외에 몇 개의 변수를 추가해 추정해보았지만, 결과의 질적 향상에 도움이 되지 않았다.

소득은 이전의 많은 연구들에서 학업 성취도를 결정하는 중요한 변수로 밝혀진 바 있다(이정환, 2002; Blau, 1999). 소득 대신 사교육비 수준을 설명 변수로 고려해보고 소득과 사교육비 모두를 설명 변수로 포함시켜보았지만, 소득 변수를 사용했을 때에 추정 결과가 가장 좋았으므로 이 연구에서는 사교육비를 설명 변수에서 제외시킨다. 본 연구에서 사용한 소득은 가구원 모두의 근로소득, 이자소득, 임대소득, 연금 등을 합한 금액이며, 사교육비는 학생에게 지출한 한 달 평균 비용이다.

학생의 공부 시간은 “지난 1년 간 학교 수업이나 학원/과외 수업 외에 혼자서 교과 공부를 한 시간은 얼마입니까?”라는 질문에 대해서 학생들이 대답한 수치로서 분 단위로 환산했다. 마지막 설명 변수인 학교 수업의 열심 정도는 “지난 1년 간 학교 수업을 얼마나 열심히 하셨나요?”라는 질문에 대해서 “전혀 열심히 하지 않았다”(1)부터 “매우 열심히 한 편이다”(5) 사이의 등급 점수이다.

2. 대상 학년

청소년 패널 자료는 2003년에 제주도를 제외한 전국의 중학교 2학년 3,697명을 대상으로 조사하기 시작했다. 이 연구에서는 조사 대상 학생들이 중학교 3학년이 된 제2차년도(2004년)에 조사한 자료와 이들이 고등학교 3학년이 된 제5차년도(2007년)에 조사한 자료를 사용한다. 그리고 청소년 패널 자료는 2004년에 당시 초등학교 4학년이었던 학생들을 대상으로 새로이 패널 조사를 시작했는데, 이들이 초등학교 6학년이 된 제3차년도(2006년)에 조사한 자료도 함께 사용한다. 그러므로 이 연구가 사용하는 자료는 3년의 간격을 두고 있는 초등

학교 6학년, 중학교 3학년, 고등학교 3학년 시기의 학업 성취 수준과 투입 요소들이다.

〈표 1〉은 추정에 사용되는 변수에 대한 설명이며, 자료의 수는 〈표 2〉에 요약돼 있다. 질문 항목에 따라 응답하지 않아 결측 처리된 표본의 수가 과목에 따라 크게 달라 분석에 사용된 표본의 수에도 차이가 있다. 특히 사회와 과학의 경우 혼자서 공부하는 시간 자료에 결측값이 많았다. 패널 조사 5차년도인 고등학교 3학년의 경우에는 자연 탈락하는 표본들이 발생한 결과 중학교 3학년의 경우보다 표본의 수가 줄어들었다.

〈표 1〉 추정에 사용하는 변수들

이름	설명
<i>Per</i>	학생이 평가한 과목별 등급(국어, 영어, 수학, 사회, 과학; 1~5)
<i>Inc</i>	가구의 월평균 소득(만 원)
<i>Stu</i>	1주일 평균 과목별 개인 공부 시간(국어, 영어, 수학, 사회, 과학; 분)
<i>Eff</i>	과목별 학교 수업을 열심히 한 정도(국어, 영어, 수학, 사회, 과학; 1~5)

〈표 2〉 과목별 및 학년별 표본 수

(단위: 명)

학년	국어	영어	수학	사회	과학
초등학교 6학년	1,885	1,909	2,098	1,754	1,761
중학교 3학년	2,033	2,221	2,293	1,854	1,966
고등학교 3학년	1,933	2,043	1,782	1,276	979

〈표 3〉은 분석 대상이 되는 학생들의 과목별 등급 분포를 보여준다. 학년과 과목에 관계 없이 성적이 중간 수준이라고 응답한 학생들의 비율이 가장 높았고, 공부를 잘하는 수준이라고 응답한 비율이 그 다음으로 높게 나타났다. 그런데 중학교 3학년 수학 과목은 특이하게도 중간 수준이라고 응답한 비율(27.3%)이 공부를 잘한다고 응답한 비율(30.0%)보다 오히려 낮았다.

자신의 학업에 대해 매우 못하는 수준이라고 응답하거나 못하는 수준이라고 응답한 학생의 비율을 과목별로 비교해보면 전반적으로 국어 과목이 가장 낮아서 학업 성취에 대한 자기 평가가 비교적 후한 것으로 나타났으며, 사회 과목 역시 비교적 낮은 응답 비율을 보였다. 국어, 영어, 수학의 경우에는 매우 잘하는 수준과 잘하는 수준이라고 응답한 학생들의 비율이 학년이 올라갈수록 감소하는 것으로 나타나, 고학년으로 갈수록 대학 입시에서 커다란 비중을 차지하는 이른바 주요 과목들에 대해서 어려움을 느끼는 학생들이 많아짐을 알 수 있다.

〈표 3〉 학생이 인지한 학년별 및 교과별 학업 성취 수준

(단위: %)

구 분		국어		영어		수학		사회		과학	
		비율	누적	비율	누적	비율	누적	비율	누적	비율	누적
초등 6학년	매우 못하는 수준	0.3	0.3	2.8	2.8	1.1	1.1	1.4	1.4	0.3	0.3
	못하는 수준	3.0	3.3	15.4	18.2	9.9	11.0	13.4	14.8	7.0	7.3
	중간	44.8	48.1	36.2	54.4	39.0	50.0	45.3	60.1	44.7	52.0
	잘하는 수준	41.0	89.1	31.4	85.8	33.8	83.8	27.7	87.8	34.9	86.9
	매우 잘하는 수준	10.9	100	14.2	100	16.2	100	12.2	100	12.9	99.8
중학 3학년	매우 못하는 수준	0.9	0.9	5.2	5.2	6.3	6.3	2.1	2.1	4.6	4.6
	못하는 수준	11.5	12.4	24.0	29.2	21.6	27.9	15.6	17.7	23.5	28.1
	중간	48.0	60.4	31.8	61.0	27.3	55.2	39.2	56.9	36.6	64.7
	잘하는 수준	32.4	92.8	29.0	90.0	30.0	85.2	31.1	88.0	25.0	89.7
	매우 잘하는 수준	7.3	100	9.9	100	14.9	100	11.9	99.9	10.3	100
고등 3학년	매우 못하는 수준	0.8	0.8	2.1	2.1	5.6	5.6	0.8	0.8	2.0	2.0
	못하는 수준	12.3	13.1	20.7	22.8	22.5	28.1	10.8	11.6	14.5	16.5
	중간	50.2	63.3	43.1	65.9	37.5	65.6	42.6	54.2	42.0	58.5
	잘하는 수준	30.8	94.1	27.4	93.3	26.5	92.1	36.1	90.3	33.1	91.6
	매우 잘하는 수준	5.9	100	6.7	100	7.9	100	9.7	100	8.4	100

IV. 추정 결과의 논의

1. 콥-더글라스 생산 함수 추정 결과

가. 초등학교 6학년

〈표 4〉는 콥-더글라스 함수를 이용해 초등학교 6학년의 과목별 학업 성취 수준 생산 함수를 추정한 결과이다. 5개 과목 모두에서 소득, 개인 공부 시간, 학교에서 공부를 열심히 하는 정도의 추정 계수들이 1% 수준에서 유의미한 양의 값을 가짐으로써, 이들 변수가 학업 성취 수준 향상에 긍정적인 영향을 줌을 확인할 수 있다.

그렇지만 추정 계수의 해석에는 주의를 요한다. 만약 최소자승법에 의한 추정이었다면 추정 계수가 바로 생산의 투입 요소 탄력성($=\partial \ln y / \partial \ln x_i$)이겠지만, 순서 프로빗 방법에 의한 추정 계수의 경우에는 그렇지 않기 때문이다. 〈표 4〉의 국어 과목 추정 결과를 보면, 소득이

1% 증가할 때 국어 학업 성취 수준 점수의 누적 정규 분포에서의 위치가 0.266%만큼 증가한다. 개인 공부 시간과 학교에서 공부를 열심히 하는 정도의 1% 증가는 국어 학업 성취 수준의 누적 정규 분포의 위치를 각각 0.141%와 1.959%만큼 증가시킨다. 단순히 표현하면 양의 추정 계수는 다른 조건이 동일한 상태에서 해당 투입 요소의 값이 커질수록 성취 수준이 높은 등급에 속할 확률이 그만큼 커짐을 의미한다.

이와 같이 비록 순서 프로빗의 경우 투입 요소의 추정 계수가 생산의 투입 요소 탄력성(생산 증가율/투입 요소 증가율) 자체는 아니지만, 추정 계수의 값이 클수록 설명 변수들에 대한 생산 탄력성의 크기는 증가한다. 그러므로 국어의 경우 학교에서 공부를 열심히 하는 정도의 추정 계수가 소득이나 개인 공부 시간의 추정 계수보다 크므로 국어 학업 성취 수준이라는 생산물의 증가율이 공부를 열심히 하는 정도라는 투입 요소 증가율에 반응하는 탄력성이 나머지 투입 요소들의 경우보다 크다. 이와 같은 결과는 다른 과목에서도 발견됨으로써, 해당 과목의 성취 수준은 학교에서 공부를 열심히 하는 정도에 가장 탄력적으로 반응함을, 즉 탄력성이 가장 큼을 알 수 있다.

탄력성을 과목별로 비교하면, 학업 성취 수준이 소득에 가장 민감하게 반응하는 과목은 영어였으며 가장 덜 민감하게 반응하는 과목은 사회였다. 학업 성취 수준이 학생의 개인 공부 시간에 가장 민감하게 반응하는 과목과 가장 덜 민감하게 반응하는 과목 역시 영어와 사회로 밝혀졌다. 반면에 학업 성취 수준이 학교에서 열심히 공부하는 정도에 대한 반응을 측정하는 탄력성은 5개 과목에서 비교적 고르게 추정됐다.

〈표 4〉 초등학교 6학년의 과목별 학업 성취 수준 함수 추정 결과

설명 변수	국어	영어	수학	사회	과학
$\ln Inc$	0.266*** (0.051)	0.405*** (0.049)	0.290*** (0.046)	0.182*** (0.051)	0.282*** (0.052)
$\ln Stu$	0.141*** (0.040)	0.205*** (0.034)	0.180*** (0.033)	0.101** (0.040)	0.165*** (0.040)
$\ln Eff$	1.959*** (0.122)	2.003*** (0.092)	1.782*** (0.095)	2.097*** (0.103)	2.019*** (0.115)
-2 Log 우도	1,670.688	2,360.502	2,353.104	1,931.730	1,838.495
Pearson χ^2	***	***	***	***	***
Pseudo R^2	0.163	0.298	0.210	0.250	0.208

주 1: 종속 변수는 과목별 학업 성취 수준인 $\ln Per$ 이며, $\ln Inc$ 는 소득, $\ln Stu$ 는 개인 공부 시간, $\ln Eff$ 는 학교에서 열심히 공부하는 정도의 로그 값임

주 2: 괄호 안은 표준 오차임

주 3: **는 5%에서, ***는 1%에서 유의함을 의미함; Cox and Snell Pseudo R^2 임

나. 중학교 3학년

〈표 5〉에서 알 수 있듯이 중학교 3학년의 경우에도 5개 과목 모두에서 소득, 개별 공부 시간, 학교에서 공부를 열심히 하는 정도가 학생의 학업 성취 수준 향상에 긍정적인 영향을 미쳤다. 뿐만 아니라 사회 학업 성취 수준 추정식에서 10% 수준에서 유의미한 개인 공부 시간 변수를 제외하고 나머지 추정 계수들은 모두 1% 수준에서 유의미했다. 초등학교 6학년의 경우와 마찬가지로 5개 과목 모두에서 학업 성취 수준의 열심히 공부하는 정도에 대한 탄력성이 가장 큰 것으로 나타나, 학업 성취 수준이 소득이나 개인 공부 시간보다는 열심히 공부하는 정도에 대해 더 민감하게 반응함을 알 수 있다.

과목별로 비교할 때 학업 성취 수준의 소득 탄력성이 가장 큰 과목은 초등학교 6학년과 마찬가지로 영어였으며, 탄력성이 가장 작은 과목은 국어였다. 학업 성취 수준의 개인 공부 시간 탄력성은 영어가 가장 큰 반면에 사회가 가장 작은 것으로 드러났는데, 이 역시 초등학교 6학년의 결과와 일치한다. 반면에 학교에서 열심히 공부하는 정도에 대해서 학업 성취 수준이 반응하는 탄력성은 다른 설명 변수들에 비해서 과목별로 비교적 고른 편이었다.

〈표 5〉 중학교 3학년의 과목별 학업 성취 수준 함수 추정 결과

설명 변수	국어	영어	수학	사회	과학
$\ln Inc$	0.189*** (0.044)	0.446*** (0.043)	0.376*** (0.042)	0.233*** (0.046)	0.205*** (0.045)
$\ln Stu$	0.143*** (0.038)	0.245*** (0.033)	0.179*** (0.032)	0.067* (0.040)	0.119*** (0.038)
$\ln Eff$	1.321*** (0.084)	1.462*** (0.070)	1.495*** (0.069)	1.638*** (0.085)	1.702*** (0.079)
-2 Log 우도	2,000.031	2,649.292	2,920.282	2,120.794	2,335.588
Pearson χ^2	***	***	***	***	***
Pseudo R^2	0.146	0.284	0.265	0.215	0.254

주 1: 종속 변수는 과목별 학업 성취 수준인 $\ln Per$ 이며, $\ln Inc$ 는 소득, $\ln Stu$ 는 개인 공부 시간, $\ln Eff$ 는 학교에서 열심히 공부하는 정도의 로그 값임

주 2: 괄호 안은 표준 오차임

주 3: **는 5%에서, ***는 1%에서 유의함을 의미함; Cox and Snell Pseudo R^2 임

다. 고등학교 3학년

〈표 6〉의 고등학교 3학년에 대한 추정 결과는 이전의 2개 학년과 다소 다른 모습을 띤다. 5개 과목 모두에서 개인 공부 시간과 학교에서 공부를 열심히 하는 정도가 학생의 학업 성

취 수준 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것에는 변함이 없지만, 학업 성취 수준의 설명 변수로서의 소득은 중요성이 떨어지는 것으로 나타났다. 영어와 수학의 경우에만 소득이 여전히 1% 수준에서 유의미했다. 이는 대학 입시에서 이른바 핵심 과목으로 간주되는 영어와 수학 과목에 (소득과 정의 상관관계를 가지고 있는) 사교육비를 집중 투자한 결과라고 생각한다.⁴⁾ 이에 비해서 다른 과목들의 고등학교 3학년 학업 성취 수준은 소득에 의해서 영향을 받지 않았다.

과목별로 비교할 때 학업 성취 수준의 소득 탄력성이 가장 큰 과목은 고등학교 3학년의 경우에도 영어로 드러남으로써, 학년에 관계없이 5개 과목 가운데 영어의 학업 성취 수준이 소득에 가장 민감하게 반응한다는 사실을 확인할 수 있다. 반면에 학생의 개인 공부 시간에 대한 학업 성취 수준 탄력성이 가장 큰 과목과 가장 작은 과목은 각각 과학과 영어였다. 학업 성취 수준이 학교에서 열심히 공부하는 정도에 반응하는 탄력성을 보면 사회와 과학 과목이 영어와 수학보다 컸는데, 이는 영어와 수학은 상대적으로 사교육에 의존하는 경향이 강한 반면 사회와 과학은 학교 수업에 의존하는 경향이 강하기 때문으로 보인다.

〈표 6〉 고등학교 3학년의 과목별 학업 성취 수준 함수 추정 결과

설명 변수	국어	영어	수학	사회	과학
$\ln Inc$	0.023 (0.052)	0.239*** (0.050)	0.150*** (0.054)	-0.026 (0.065)	0.080 (0.072)
$\ln Stu$	0.126*** (0.028)	0.106*** (0.026)	0.146*** (0.027)	0.116*** (0.032)	0.173*** (0.037)
$\ln Eff$	1.077*** (0.085)	1.498*** (0.080)	1.639*** (0.076)	1.794*** (0.117)	1.722*** (0.118)
-2 Log 우도	2,588.578	3,020.387	2,852.681	1,923.401	1,632.220
Pearson χ^2	***	***	***	***	***
Pseudo R^2	0.112	0.215	0.319	0.233	0.287

주 1: 종속 변수는 과목별 학업 성취 수준인 $\ln Per$ 이며, $\ln Inc$ 는 소득, $\ln Stu$ 는 개인 공부 시간, $\ln Eff$ 는 학교에서 열심히 공부하는 정도의 로그 값임

주 2: 괄호 안은 표준 오차임

주 3: **는 5%에서, ***는 1%에서 유의함을 의미함; Cox and Snell Pseudo R^2 임

4) 소득과 사교육비 지출 사이의 Pearson 상관계수는 초등학교 6학년 0.445, 중학교 3학년 0.401, 고등학교 3학년 0.349였다.

학년에 따라 추정 결과가 어떻게 다른지를 비교하는 일도 흥미롭다. 국어, 사회, 과학 과목의 경우에는 초등학교 6학년 및 중학교 3학년과는 달리 고등학교 3학년에서 소득이 유의미하지 않은 변수로 추정된 점이 가장 두드러진다. 영어와 수학 과목의 경우에는 고등학교 3학년에서도 소득이 여전히 유의미하지만, 추정 계수의 값이 큰 폭으로 감소한 것도 주목할 만하다. 유의미하지 않은 추정 계수는 결국 그 값이 0임을 의미하므로 5개 과목 모두에서 고등학교 3학년이 되면 소득 변수의 추정 계수 값이 이전 학년에 비해 감소한 것이다. 이렇게 보면 학년이 올라갈수록 학업 성취 수준의 소득 탄력성이 감소함을 알 수 있다.

이에 비해서 개인 공부 시간이나 학교에서 공부를 열심히 하는 정도는 학년에 관계없이 학업 성취 수준을 결정하는 중요한 투입 요소였다. 이는 Chizmar and Zak(1983), Borg, Mason, and Shapiro(1989), Lamdin(1996), Okpala, Okpala, and Ellis(2000) 등이 미국 학생들에 대해서 발견한 결과와 일치한다.

2. 트랜스로그 생산 함수 추정 결과

지금까지의 추정 결과가 콥-더글라스 함수를 사용했기 때문인지, 아니면 생산 함수의 형태에 관계없는 일반적인 것인지를 확인하기 위해 이번에는 트랜스로그 생산 함수를 이용해 다시 추정해본다. 추정에 사용되는 설명 변수는 기본적으로 콥-더글라스 함수의 경우와 동일하지만, 트랜스로그 함수의 경우에는 이들 설명 변수끼리의 곱이 추가되는데 고등학교 3학년 학생들의 추정 결과는 <표 7>과 같다.⁵⁾

콥-더글라스 생산 함수를 사용한 추정 결과와 비교할 때 대부분의 변수들이 유의미하지 않은 것으로 밝혀진 반면에, 공부를 열심히 하는 정도의 곱($\ln Eff Eff$)이 5개 과목 모두에서 1% 수준으로 유의미했다. 그리고 국어, 영어, 과학 과목의 경우에는 개인 공부 시간과 공부를 열심히 하는 정도의 곱($\ln Stu Eff$)이 유의미한 것으로 추정됐다. 그 추정 계수는 음이었는데, 공부를 열심히 하는 정도의 곱에서 얻은 양의 추정 계수의 영향을 부분적으로 상쇄하고 있음을 알 수 있다. 국어와 과학 과목의 경우에는 개인 공부 시간의 곱($\ln Stu Stu$)까지도 유의미한 변수로 추정됐다.

이와 같은 결과로부터 두 가지 사실을 확인할 수 있다. 첫째, 공부를 열심히 하는 정도가 여전히 학업 성취 수준에 영향을 준다. 단, 공부를 열심히 하는 정도의 곱이 유의미한 변수가 되는 대신에 일차항의 유의성은 사라졌다. 이는 개인 공부 시간 변수의 경우에도 마찬가지이다. 둘째, 트랜스로그 생산 함수를 사용할 경우 소득은 학업 성취 수준에 영향을 미치지

5) 초등학교 6학년과 중학교 3학년을 대상으로 한 트랜스로그 함수 추정 결과는 고등학교 3학년의 결과와 질적으로 큰 차이가 없어서 여기에 제시하지 않는다. 즉, 공부를 열심히 하는 정도의 곱이 모든 과목에서 유의미했으며, 다른 변수들은 대부분 통계적으로 유의미하지 않았다.

않는다. 결국 추정에 사용하는 생산 함수의 형태에 관계없이 학생의 학업 성취 수준은 소득 보다는 학교에서 공부를 열심히 하는 정도에 더 민감하게 반응함을 알 수 있다.

〈표 7〉 고등학교 3학년의 과목별 학업 성취 수준 함수 추정 결과: 트랜스로그 함수

설명 변수	국어	영어	수학	사회	과학
$\ln Inc$	0.462 (0.670)	0.287 (0.689)	0.051 (0.767)	-0.340 (0.861)	-0.068 (0.886)
$\ln Stu$	-0.531 (0.395)	-0.050 (0.368)	0.000 (0.375)	0.156 (0.474)	-0.904* (0.524)
$\ln Eff$	0.314 (1.086)	1.336 (0.966)	0.616 (0.853)	0.102 (1.421)	-0.388 (1.361)
$\ln Inc Inc$	-0.076 (0.058)	0.000 (0.062)	-0.029 (0.068)	0.006 (0.073)	-0.040 (0.076)
$\ln Stu Stu$	0.054** (0.026)	0.028 (0.023)	-0.018 (0.024)	-0.022 (0.027)	0.074** (0.032)
$\ln Eff Eff$	1.256*** (0.156)	0.958*** (0.143)	0.920*** (0.133)	1.575*** (0.211)	1.190*** (0.194)
$\ln Inc Stu$	0.078 (0.058)	0.013 (0.056)	0.078 (0.059)	0.068 (0.071)	0.081 (0.077)
$\ln Inc Eff$	-0.007 (0.175)	-0.103 (0.164)	0.003 (0.143)	-0.094 (0.241)	0.138 (0.229)
$\ln Stu Eff$	-0.311*** (0.089)	-0.206*** (0.077)	-0.116 (0.074)	-0.184 (0.122)	-0.163* (0.098)
-2 Log 우도	2,515.614	2,974.138	2,803.030	1,862.629	1,583.924
Pearson χ^2	***	***	***	***	***
Pseudo R^2	0.145	0.233	0.337	0.269	0.321

주 1: 종속 변수는 과목별 학업 성취 수준인 $\ln Per$ 이며, $\ln Inc$ 는 소득, $\ln Stu$ 는 개인 공부 시간, $\ln Eff$ 는 학교에서 열심히 공부하는 정도의 로그 값임

주 2: 괄호 안은 표준 오차임

주 3: **는 5%에서, ***는 1%에서 유의함을 의미함; Cox and Snell Pseudo R^2 임

※ 변수 설명: $\ln x_i x_j = \ln x_i \times \ln x_j$.

3. 새로운 종속 변수

지금까지는 과목별로 학생이 주관적으로 인지한 학업 수준을 학업 성취 수준으로 간주하고 분석했다. ‘학업 수준에 대한 주관적인 인지’로 인한 분석 결과의 한계를 고려해 새로운 종속 변수를 적용해보고자 한다. 청소년 패널 자료에는 자신의 전교 석차를 확인하는 항목

이 있는데, 이로부터 ‘전교 등수/전교 재적 학생 수’의 비율이 산출된다. 이 자료는 과목별로 스스로 평가한 학업 수준에 비해서 객관적인 자료이기는 하지만, 다음과 같은 한계가 있다. 우선 과목별 석차가 아니라 전체 과목(예체능 과목까지 포함한)의 석차여서 과목별로 추정치 비교가 불가능하다. 또한 학교별로 존재하는 수준 격차의 문제가 남아 있어서 이 연구에서 핵심적인 종속 변수로 사용하지 않았다. 그렇지만 학생의 학교 내 석차 자료를 가지고 생산 함수를 다시 추정해봄으로써 지금까지의 추정 결과들이 얼마나 확고한지를 확인해보는 것은 의미가 있다.

또 청소년 패널 자료에는 조사 당시 직전에 치렀던 전국 모의고사 석차가 있다. 만약 100명 가운데에서 1등인 학생은 청소년 패널 자료에 석차 상위 1%로 기록되어 있기에, 성적이 낮을수록 이 자료의 값은 커진다. 이 경우 성적이 높은 학생일수록 추정 계수의 값이 작아지므로, 전형적인 생산 함수의 성질에 위배된다. 이 문제를 해결하기 위해서 석차 상위 비율 자료를 다음과 같이 변환한 후 종속 변수로 사용한다.

$$PerN = 100 - \text{전국 석차 상위 비율}$$

다만 초등학교의 경우에는 전국 등수 자료가 존재하지 않으므로 여기에서는 중학교 3학년과 고등학교 3학년에 대해서만, 그리고 로그 형태의 콥-더글라스 생산 함수를 이용해 최소자승법으로 추정한다. 추정 결과는 <표 8>의 첫째 열과 둘째 열에 정리돼 있는데, 설명 변수 $StuT$ 는 과목별 개인 공부 시간을 모두 합해 구했으며, $EffT$ 는 과목별로 공부를 열심히 한 정도의 평균값이다.

추정 결과는 순서 프로빗 모형의 결과와 비슷하다. 소득, 개인 공부 시간, 공부를 열심히 하는 정도가 학업 성취 수준에 긍정적인 영향을 미치는 변수임을 다시 확인할 수 있다. 고등학교 3학년의 경우 모형에 사용된 설명 변수들의 설명력이 다른 학년에 비해 떨어지는 현상이 발견됐는데, 이 역시 앞서서의 발견과 일치한다. 고등학교 3학년의 경우에는 소득 외에 다른 변수들의 역할이 중요하다는 것을 알 수 있다.

〈표 8〉 전국 석차 자료를 이용한 생산 함수 추정 결과

설명 변수	중학교 3학년	고등학교 3학년	
상수	0.984** (0.419)	2.495*** (0.298)	2.394*** (0.307)
$\ln Inc$	0.175*** (0.058)	0.078* (0.046)	
$\ln StuT$	0.095** (0.045)	0.098*** (0.023)	
$\ln EffT$	1.104*** (0.132)	0.377*** (0.087)	
$\ln IncC$			0.039 (0.050)
$\ln StuC$			0.135*** (0.026)
$\ln EffC$			0.563*** (0.113)
N	407	514	497
R^2	0.203	0.100	0.174

주 1: 종속 변수는 전국 석차를 나타내는 $PerN$ 임

주 2: 괄호 안은 표준 오차임

주 3: **는 5%에서, ***는 1%에서 유의함을 의미함

최소자승법 추정을 통해 얻은 〈표 8〉의 경우에는 석차가 해당 투입 요소에 반응하는 탄력성과 추정 계수는 일치한다. 예를 들어 중학교 3학년의 경우 석차의 공부를 열심히 하는 정도의 탄력성은 1.1이다. 이는 공부를 열심히 하는 정도를 1% 강화시킬 경우 전국 모의고사에서의 석차 점유율이 1.1% 상승함을 의미한다. 그런데 이 탄력성은 고등학교 3학년이 되면 0.38로 하락한다. 석차의 소득 탄력성 역시 중학교 3학년(0.18)에 비해서 고등학교 3학년(0.08)에서는 크게 감소함으로써 학년이 올라가면서 석차가 소득에 반응하는 정도가 감소한다. 이에 비해서 석차가 개별 공부 시간에 반응하는 탄력성은 중학교 3학년과 고등학교 3학년 사이에 큰 차이가 없었다.

추정 계수들의 합을 구해보면 중학교 3학년의 경우 1.4였으며, 고등학교 3학년의 경우 0.6이었다. 이는 중학교 3학년의 경우에는 추정에 사용된 변수들에 대해 석차가 규모에 대한 수확 체증(increasing returns to scale)을 보이지만, 고등학교 3학년이 되면 규모에 대한 수확 체감으로 바뀔을 의미한다. 이와 같은 결과 역시 중학교와 고등학교 3학년의 교육 생산 함수 사이에 커다란 차이가 있으며, 고등학교 3학년의 학업 성취나 석차를 결정하는 요인들에

대한 추가 연구가 필요하다는 것을 보여준다.

이에 대해서 고등학교 3학년의 석차는 그 해의 소득(사교육비), 공부 시간, 노력 정도에 의해서만 결정되는 것이 아니라, 과거로부터 수년에 걸쳐 투자된 교육 설명 변수들의 영향이 누적된 결과라는 가설을 세워볼 수 있다. 이 가설을 검증하기 위해 고등학교 3학년의 경우 고등학교 1학년 때부터의 소득, 개인 공부 시간, 학교에서 공부를 열심히 한 정도를 모두 포함시켜 모형을 다시 추정해보았으며, <표 8>의 셋째 열은 그 결과를 정리한 것이다.⁶⁾

설명 변수 $IncC$ 는 과거 3년 동안의 월평균 소득, $StuC$ 는 과목들의 3년 동안의 평균 개인 공부 시간, EfC 는 3년 동안 각 과목 공부를 열심히 한 정도의 평균값이다. 결정 계수 (R^2)를 통해 본 모형의 적합도는 예상대로 다소 개선됐지만 소득은 여전히 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 추정됨으로써 해당 연도의 자료만을 가지고 추정한 이전 결과와 질적으로 크게 달라지지 않았다. 석차가 개인 공부 시간과 공부를 열심히 한 정도에 반응하는 탄력성(0.14와 0.56)은 1개 연도 자료를 사용했을 때의 결과(0.10과 0.38)보다 눈에 띄게 커짐으로써, 석차가 장기간에 걸친 개인 투입 요소의 산출물임을 보여준다. 그러나 공부를 열심히 하는 정도의 경우 중학교 3학년의 탄력성보다는 여전히 작게 추정됐다.

4. 대체 탄력성

<표 8>에서 구한 콥-더글라스 교육 성적 함수를 이용해 투입 요소들의 대체 탄력성을 구할 수 있다. 각 생산 함수에는 세 개의 투입 요소가 포함되어 있으므로 <표 9>에서처럼 3개의 요소 대체 탄력성이 존재한다. 예를 들면 <표 9>에서 σ_{12} 는 소득과 개인 공부 시간 사이의 요소 대체 탄력성이다. 고등학교 3학년의 경우에는 <표 8>의 둘째 열에 있는 추정 결과에서 얻어지는 대체 탄력성만 제시한다. 그 이유는 고등학교 3학년의 함수에서 소득의 추정 계수가 0이라는 귀무가설을 기각하지 못한 셋째 열의 경우에는 소득이 유의미한 설명 변수가 아니므로 소득과 관련된 대체 탄력성이 존재하지 않기 때문이다. 이 경우에는 교육 생산 함수가 2개의 투입 요소를 지닌 콥-더글라스가 되므로 개인 공부 시간과 공부를 열심히 하는 정도 사이의 대체 탄력성 σ_{23} 은 자동적으로 1이 된다.

<표 9>에서 알 수 있듯이 소득, 개인 공부 시간, 학교에서 공부를 열심히 한 정도는 서로 대체 가능한 투입 요소이다. 대체 탄력성 추정치를 비교하면, 소득과 개인 공부 시간 사이의 대체 가능 정도(σ_{12})는 소득과 공부를 열심히 한 정도 사이의 대체 가능 정도(σ_{13})와 거의 같다. 개인 공부 시간과 공부를 열심히 한 정도 역시 서로 대체 가능한 투입 요소였는데, 대

6) 이 연구의 주된 목적은 고등학교 3학년 성적에 대한 새로운 설명 변수를 찾는 것이 아니므로 지금까지 고려해 온 설명 변수들만 사용해 추정했다.

체 탄력성(σ_{23})은 1 정도로 추정됐다. 이로부터 소득 하락은 (부분적으로 사교육 감소를 통해서) 석차에 부정적인 영향을 미치지만, 대신에 개인 공부 시간을 늘리거나 또는 학교에서 공부를 열심히 하는 정도를 강화하면 동일한 석차를 유지할 수 있음을 알 수 있다.

〈표 9〉 투입 요소 사이의 대체 탄력성

구분	중학교 3학년	고등학교 3학년
σ_{12}	0.881	1.293
σ_{13}	0.881	1.294
σ_{23}	1.018	0.977

주: 대체 탄력성(σ)에서 아래 첨자 1은 소득, 2는 개인 공부 시간, 3은 공부를 열심히 한 정도를 나타냄

V. 결론

이 연구는 청소년 패널 조사 자료를 이용해 우리나라 학생들의 교육 생산 함수를 추정했다. 소득, 개인적으로 공부하는 시간, 학교에서 공부를 열심히 하는 정도가 학생의 학업 성취 수준이나 석차를 결정하는 중요한 변수임을 확인할 수 있었지만, 소득의 경우에는 고등학교 3학년이 되면 중요성이 과목에 따라 사라지는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 생산 함수의 형태나 성적으로 사용한 자료의 종류에 관계없이 일관되게 나타났다.

실제로 세 가지 투입 요소에 대한 학업 성취 수준 탄력성을 비교해보면, 학년이 올라감에 따라 성취 수준의 소득 탄력성이 감소하는 것으로 나타나 성취 수준이 소득에 반응하는 정도는 고학년이 되면 감소함을 알 수 있었다. 과목별로 학업 성취 수준의 소득 탄력성을 비교해본 결과 소득에 가장 민감하게 반응하는 과목은 영어였다. 그리고 소득, 개인 공부 시간, 학교에서 공부를 열심히 한 정도는 서로 대체 가능한 투입 요소로 나타나서, 저소득층 학생의 경우 개인 공부 시간 투입 확대나 학교에서의 학업 충실도를 강화함으로써 소득에 따른 부정적인 영향력을 상쇄할 수 있다는 가능성을 확인할 수 있었다.

물론 이 연구 결과의 해석에 조심해야 할 점도 있다. 이 연구에서는 경제학에서 사용하는 생산 함수 추정 모형에 따라 변수의 영향력을 설명하고, 소득과 학생 개인의 공부 시간이나 공부에 열심히 하는 정도를 서로 자유롭게 대체할 수 있는 투입 요소로 간주했다. 그러나 부의 사회 경제적 지위와 자녀의 학업 성취간의 높은 상관을 보인다는 Jencks(1972)의 주장과, 여러 나라의 학업 성취 결정 요인 중에서 부모의 사회 계층적 요인이 가장 중요한 요인이라는 Simmons and Alexander(1978)의 분석 이후, 교육학 연구에서는 부모의 사회 경제적

지위는 그 자체로 학업 성취에 영향을 미치는 요인이며, 더불어 학생 개인의 요인으로 볼 수 있는 교과에 대한 선호나 개인적인 관심, 학업에 투여하는 시간에도 학생의 가정 환경 변인이 영향을 미칠 가능성을 제기한다.

이런 점을 고려한다면 이 연구에서 밝혀낸 학생의 개인 공부 시간, 학업을 열심히 공부한 정도, 소득 사이의 대체 탄력성이 얼마나 유연하게 개별 학생에게 적용될 수 있는지가 새로운 연구 과제로 부각된다. 또한 학생들의 성취 수준을 결정하는 요인에는 학생 개인 변수 외에 학교 변수와 지역 변수 등이 있다. 따라서 학생들의 객관적인 성적을 종속 변인으로 하고, 이를 설명할 수 있는 더 풍부한 설명 변수들을 가지고 교육 생산 함수를 추정하는 노력이 필요하며, 이 연구는 그러한 과제들에 대한 기초 작업이라 하겠다.

이 연구를 통해 고등학교 3학년의 생산 함수는 중학생이나 초등학생 생산 함수와 크게 다르다는 점도 발견했다. 이는 고등학교 3학년의 학업 성취 수준은 중학교나 초등학교의 경우와 다른 요인에 의해서 영향을 받고 있음을 의미한다. 이것이 수학 능력 시험에 몰두하는 고등학교 3학년의 독특한 현상 때문인지, 아니면 고등학교 3학년의 성적이 초등학생 때부터 10여년에 걸쳐 진행돼 온 각종 교육 관련 투자의 종합적인 산출물이기 때문인지를 규명하는 일은 향후 흥미로운 연구가 될 것이다. 이를 포함해 고등학교 3학년의 학업 성취 및 성적을 결정하는 요인들에 대한 추가 연구가 이루어질 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 구정화 · 한진수(2010). 초등학생의 사회과 주관적 학업 성적에 영향을 주는 요인. **시민교육연구**, 42(1), 25-52.
- 김종한(2001). 고등학생의 학업 성취에 영향을 미치는 관련 변인에 대한 회귀 분석. **교육학연구**, 39(4), 349-366.
- 김청자(2001). 과외 수업이 학교 학습에 미치는 영향에 관한 연구. **청소년학연구**, 8(2), 61-89.
- 박창남 · 도종수(2005). 부모의 사회 경제적 지위가 학업 성취에 미치는 영향. **사회복지정책**, 22, 281-303.
- 윤현선(2006). 사회경제적 배경이 청소년의 학업 성취에 영향을 미치는 과정. **청소년학연구**, 13(3), 107-135.
- 이은우(2006). 중학생 가정의 소득 및 사교육이 성적에 미치는 영향. **청소년학연구**, 13(6), 247-273.
- 이정우(2009). 학생들의 사회과에 대한 태도와 사회 수업 평가. **시민교육연구**, 41(1), 141-166.
- 이정환(2002). 가족 환경, 과외, 성적. **한국사회학**, 36(6), 195-213.
- Blau, D. M. (1999). The Effects of Income on Child Development. *Review of Economics and Statistics*, 81(2), 261-276.
- Borg, Mary O., Mason, Paul M., & Shapiro, Stephen L. (1989). The Case of Effort Variables in Student Performance. *Journal of Economic Education*, 20(3), 308-313.
- Bowles, Samuel (1970). Towards an Education Production Function. In *Education, Income, and Human Capital*, edited by W. Lee Hansen. NY: National Bureau of Economic Research.
- Chizmar, John F. and Zak, Thomas A. (1983). Modeling Multiple Outputs in Educational Production Functions. *American Economic Review*, 73(2), 18-22.
- Douglas, Stratford and Sulock, Joseph (1995). Estimating Educational Production Functions with Correction for Drops. *Journal of Economic Education*, 26(2), 101-112.
- Guilkey, David. K., Lovell, C. A. Knox, & Sickles, Robin C. (1983). A Comparison of the Performance of Three Flexible Functional Forms. *International Economic Review*, 24(3), 591-616.
- Gyimah-Brempong, Kwabena and Gyapong, Anthony O. (1992). Elasticities of Factor Substitution in the Production of Education. *Economics of Education Review*, 11(3), 205-217.
- Haile, Getinet Astatike and Nguyen, Anh Ngoc (2008). Determinants of Academic Attainment in the United States: A Quantile Regression Analysis of Test Scores. *Education Economics*,

- 16(1), 29-57.
- Hanushek, Eric A. (1979). Conceptual and Empirical Issues in the Estimation of Educational Production Functions. *Journal of Human Resources*, 14(3), 351-388.
- Hanushek, Eric A. (1986). The Economics of Schooling: Production and Efficiency in Public Schools. *Journal of Economic Literature*, 24(3), 1141-1177.
- Jencks, Christopher, et al. (1972). *Inequality: A Reassessment of the Effect of Family and Schooling in America*. NY: Basic Books.
- Lamdin, Douglas J. (1996). Evidence of Student Attendance as an Independent Variable in Education Production Functions. *Journal of Educational Research*, 89(3), 155-162.
- Levin, Henry M. (1976). Concepts of Economic Efficiency and Educational Production. In *Education as an Industry*, edited by Joseph T. Froomkin, et al. Cambridge, Mass.: Ballinger.
- Okpala, Amon O., Okpala, Comfort O., & Ellis, Richard (2000). Academic Efforts and Study Habits Among Students in a Principles of Macroeconomics Course. *Journal of Education for Business*, 75(4), 219-224.
- Polachek, Solomon W., Kniesner, Thomas J., & Harwood, Henrick J. (1978). Educational Production Functions. *Journal of Educational Statistics*, 3(3), 209-231.
- Simmons, John and Alexander, Leigh, (1978). The Determinants of School Achievement in Developing Countries: A Review of the Research. *Economic Development and Cultural Change*, 26(2), 341-357.

• 논문 접수 : 2010년 4월 9일 / 수정본 접수 : 2010년 6월 4일 / 게재 승인 : 2010년 6월 17일

ABSTRACT

Estimating Education Production Functions and Performance Elasticities

Jinsoo Hahn

(Professor, Gyeongin National University of Education)

Jeonghwa Koo

(Associate Professor, Gyeongin National University of Education)

This study investigates the Cobb-Douglas functional form of education production of Korean students, using the data from the Korea Youth Panel Survey(KYPS). Our production function estimates show that income, individual time devoted to studying, and students' own endeavors in achieving academic performance are key inputs of academic performance of 6th and 9th graders' Korean language, English, Mathematics, Social studies, and Science. We also find that effort elasticities of performance are greater than income elasticities or study time elasticities. However, not only is income statistically significant only for English and Mathematics for 12th graders' academic performance, but the estimated coefficients are lower, implying that the income elasticity of performance decreases as students advance to 12th grade. And it is English that has highest income elasticity of performance. Finally, the estimated elasticities of factor substitution imply that students are able to compensate for background deficiency, that is low incomes, with more study time or extra effort in schools.

Key words : Education Production Function, Performance Elasticity, Elasticity of Substitution, Ordered Probit Model, Cobb-Douglas Function