

# Evaluation of Program Effectiveness via Path Analysis : Focused on Plant Engineering Program

Heung-Kyu Kim<sup>†</sup>

School of Business Administration, Dankook University

## 경로분석을 이용한 사업의 효과성 분석 : 플랜트엔지니어링사업을 중심으로

김 흥 규<sup>†</sup>

단국대학교 경영학부

When evaluating effectiveness of a R&D program, there is a tendency to simply compare the performances of the beneficiaries before and after the program or to compare the differences in the performances of the beneficiaries and the non-beneficiaries before-after the program. However, these ways of evaluating effectiveness of a program have some problems because they can not differentiate between complement effect, which facilitates corporate R&D investment, and substitute effect, which, literally, substitutes corporate R&D investment. Therefore, these problems could bring about wrong policies concerning R&D programs.

In this paper, a new approach using path analysis is suggested as a means to overcome these problems and it is utilized, as an application, to evaluate the effectiveness of Plant Engineering Program conducted by Ministry of Trade, Industry & Energy, Korea. First, the direct impact of government R&D investment on corporate R&D investment is analyzed, through which it is identified which of crowding-in effect (complement effect) and crowding-out effect (substitute effect) is dominant. Next, the direct effect of government R&D investment on corporate performance and the direct effect of corporate R&D investment on corporate performance is analyzed respectively. Finally, by combining the two previous analysis, the total effect of government R&D investment on corporate performance is identified.

As a result, it turns out that, in Plant Engineering Program, crowding-in effect is more dominant than crowding-out effect and that Plant Engineering Program has definitely positive effect on the beneficiary in terms of corporate performance indirectly and directly.

**Keywords** : Path Analysis, Program Effectiveness, Crowding-In Effect, Crowding-Out Effect, Plant Engineering Program

### 1. 서 론

정부 R&D 투자 중 기업에 대한 금액이 증가함에 따라

기업을 대상으로 하는 정부 R&D 투자의 효율적인 관리가 더욱 중요해지고 있다. 따라서 정부에서는 정부 R&D 투자의 효과성에 관한 분석을 정기적으로 실시하고, 이의 결과에 따라 정부 R&D 투자에 관한 정책을 조정해나가고 있다.

한편, 위와 같은 목적으로 정부 R&D 투자의 효과성을 분석할 때 단지 수혜기업의 수혜 전·후의 성과를 비교하거나, 혹은 수혜기업과 비수혜기업의 수혜 전·후의 성

과차이를 비교하는 경향이 있다[7]. 그러나 이러한 방법으로는 정부 R&D 투자가 과연 기업 R&D 투자를 대체(substitute)하고 있는지, 아니면 당초 목적하는 바와 같이 추가적인 투자를 보완(complement)하는지를 파악할 수 없고, 단지 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향만을 고려하여 잘못된 정부 R&D 정책을 유도할 수 있다[1, 2, 5, 10]. 보다 자세한 분석을 위해서는 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향을 간접효과(indirect effect)와 직접효과(direct effect)로 구분해볼 필요가 있다. 여기서 간접효과란 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자에의 영향을 통하여 기업의 성과에 영향을 미치는 경우를 의미하고, 직접효과(direct effect)란 정부 R&D 투자가 직접적으로 기업의 성과에 영향을 미치는 경우를 의미한다.

따라서 본 연구에서는 정부 R&D 투자의 효과성 분석을 위한 한 가지 방법으로 경로분석의 적용을 제안하고, 이의 응용사례로 산업통상자원부에서 시행하는 플랜트 엔지니어링사업에 적용해보고자 한다. 한편, 경로분석을 적용하면 기존의 방법론과는 다르게 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자에 미치는 영향, 기업 R&D 투자가 기업 성과에 미치는 영향에 관한 순차적인 분석을 통하여 기업 R&D 투자를 통한 정부 R&D 투자의 기업 성과에의 영향(간접효과)은 물론이고, 정부 R&D 투자의 직접적인 기업 성과에의 영향(직접효과)을 구분할 수 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 이론적 배경으로 경로분석과 정부 R&D 투자의 효과와 관련된 기존연구를 살펴본다. 다음 산업통상자원부에서 시행하는 플랜트 엔지니어링사업의 수혜기업에서 기업 R&D 투자가 정부 R&D 투자에 의해 대체되는지, 아니면 보완되는지를 파악한다. 다음 플랜트엔지니어링사업의 수혜기업에서 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향을 간접효과와 직접효과로 구분하여 살펴본다. 마지막으로 지금까지의 논의를 바탕으로 본 연구의 의의와 한계를 제시한다.

## 2. 이론적 배경

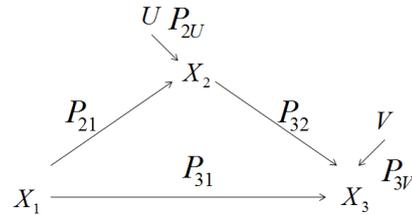
### 2.1 경로분석

경로분석이란 모형에서 설정된 변수들 간의 인과관계를 검증하기 위하여 회귀분석(regression analysis)을 이용하는 통계적 기법이라고 할 수 있으며, 이는 다음의 세 단계로 이루어진다[3].

먼저 이론 혹은 가설에 기초하여 경로다이어그램(path diagram)을 그려 변수들 간의 인과관계를 파악한다. 다음 회귀분석을 적용하여 경로계수(path coefficient)를 추정하여 한 변수의 다른 변수에의 효과를 구한다. 마지막으로

이러한 효과로부터 간접효과와 직접효과를 구한다.

예를 들어 <Figure 1>은 변수  $X_1$ 의 변수  $X_2$ 에의 효과, 변수  $X_2$ 의 변수  $X_3$ 에의 효과, 변수  $X_1$ 의 변수  $X_3$ 에의 효과를 나타내는 경로다이어그램이다.



<Figure 1> Path Diagram

경로다이어그램에서 두 변수  $X_i$ 와  $X_j$ 간의 인과관계는 화살표에 의해 나타낸다. 즉, <Figure 1>에서 변수  $X_1$ 은 변수  $X_2$ 와 변수  $X_3$ 에 영향을 주고, 변수  $X_2$ 는 변수  $X_3$ 에 영향을 준다. 즉, 변수  $X_2$ 는 변수  $X_1$ 과 동일하게 변수  $X_3$ 에 영향을 주는 변수이지만, 순서적인 측면에서 변수  $X_1$ 과 변수  $X_3$ 의 사이에 있는 변수이다. 다시 말해서, 변수  $X_2$ 는 변수  $X_1$ 에 영향을 받으면서 변수  $X_3$ 에 영향을 미친다. 한편, <Figure 1>에서 변수  $U$ 와 변수  $V$  각각은 변수  $X_2$ 와 변수  $X_3$ 에 영향을 주는 잔차변수(residual variable)들이다.

<Figure 1>에서  $P_{31}$ 은 경로계수라 하며, 이는 변수  $X_1$ 에 의한 변수  $X_3$ 에의 효과를 나타낸다. 또한 변수  $X_2$ 를 통한 변수  $X_1$ 의 변수  $X_3$ 에의 효과는 두 경로계수  $P_{21}$ 과  $P_{32}$ 의 곱으로 나타낼 수 있다. 따라서 변수  $X_1$ 에 의한 변수  $X_3$ 에의 효과를 총효과(total effect)라고 하고, 이는 직접효과  $P_{31}$ 과 간접효과  $P_{21}P_{32}$ 의 합으로 구할 수 있다.

한편, <Figure 1>에서 경로계수는 모형의 구조를 나타내는 회귀모형을 추정하여 구할 수 있다. 즉, <Figure 1>에서 변수  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ 의 관계를 나타내는 회귀모형은 식 (1)에 나타낸 바와 같다.

$$\begin{aligned} X_2 &= P_{21}X_1 + P_{2U}U \\ X_3 &= P_{31}X_1 + P_{32}X_2 + P_{3V}V \end{aligned} \quad (1)$$

### 2.2 정부 R&D 투자의 효과

기업의 입장에서 R&D는 미래 성장 동력을 확보하는데 있어서 가장 중요한 수단이라고 할 수 있고, 이러한 인식은 R&D 투자를 확대하기 위한 논거로 활용된다. 즉, R&D 투자가 많다는 것은 신기술이나 신제품으로 활용될 가능성이 높다는 것을 의미하며, 이는 해당 기업의 성과 제고로 연결될 것이다. 또한 기업의 성과 제고는 국가측면에서 지속적인 경제성장을 가능하게 한다[6]. 이러한 이

유로 정부에 의한 기업에의 R&D 투자(이하 정부 R&D 투자)는 지속적으로 증가하여 왔다. 정부 R&D 투자는 2007년 1조 6,071억 원에서 2012년 3조 5,353억 원으로 매년 증가하였다[15].

정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향에 관한 기존연구는 다음과 같이 정리할 수 있다.

먼저 정부 R&D 투자는 일반적으로 시장실패로 인해 최적보다 낮은 수준에 머물고 있는 기업 R&D 투자를 촉진하는 데에 주된 목적이 있으나, 이는 기업 R&D 투자에 관한 우선순위의 변경을 가져올 수 있으며, 결과적으로 기업 R&D 활동의 왜곡을 가져올 수 있다는 점에서 그 적절성에 대한 논란이 지속되어 왔다. 특히 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자를 대체하고 있는지, 아니면 당초 목적하는 바와 같이 추가적인 기업 R&D 투자를 보완하는지가 중요한 이슈가 되었다. 따라서 이에 대한 실증 분석이 국내외 학자들에 의하여 많이 이루어졌다[1, 2, 5, 10]. 그러나 이러한 연구의 결과는 국가별로, 시대별로, 그리고 분석모형별로 상반된 결과를 보여주고 있다. 이는 국가별로, 그리고 시대별로 정부 R&D 투자의 행태(behavior)에 따른 차이에 기인할 수도 있고, 분석모형의 한계에 기인할 수도 있다고 판단된다.

다음 기업 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향에 관한 실증적 연구가 많이 이루어졌으며, 대부분의 연구 결과는 R&D 투자가 기업의 성과에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다[4, 9, 11, 13].

또한 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향에 관한 몇 가지 실증적 연구에 의하면, 대체적으로 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타나나, 그 효과는 정부 R&D 사업별로 다소 다르게 나타나고 있다[7, 8]. 한편, 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향을 간접효과와 직접효과로 구분하여 살펴본 연구는 거의 없는 듯하다.

전술한 바와 같이 정부 R&D 투자(독립변수)를 통한 주요한 정책 목표 중의 하나는 기업 R&D 투자(매개변수)를 장려하여 기업의 성과(종속변수) 제고에 이르게 하는 것이다. 이러한 효과를 본 연구에서는 정부 R&D 투자의 간접효과라고 한다.

한편, 기업이 정부 R&D 투자(독립변수)를 받았다는 사실 자체만으로도 시장에서는 해당 기업의 미래가치가 긍정적으로 평가되는 신호로 작용하여 해당 기업의 성과(종속변수) 제고로 연결될 수 있다. 이러한 효과를 본 연구에서는 정부 R&D 투자의 직접효과라고 한다.

본 연구에서는 기업 R&D 투자에의 영향을 통한 정부 R&D 투자의 기업 성과에의 간접효과와 정부 R&D 투자의 기업 성과에의 직접효과를 합쳐 정부 R&D 투자의 기업 성과에의 총 효과라고 한다.

<Table 1> R&D Investment

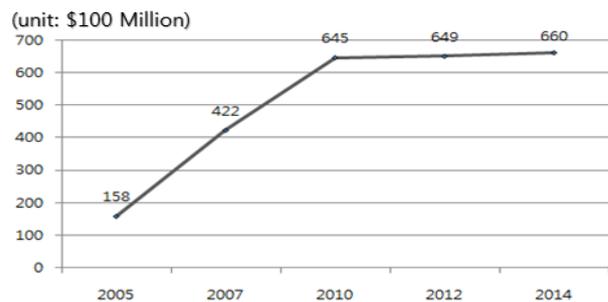
Effect	Description
Indirect Effect	The impact of government R&D investment on corporate performance through the impact of government R&D investment on corporate R&D investment(Government R&D → Corporate R&D → Corporate Performance)
Direct Effect	The impact of government R&D investment on corporate performance(Government R&D → Corporate Performance)
Total Effect	The Sum of Indirect Effect and Direct Effect

본 연구에서는 경로분석을 적용하여 산업통상자원부에서 시행하는 플랜트엔지니어링사업의 수혜기업에서 대체효과가 나타나는지, 아니면 보완효과가 나타나는지를 살펴보고, 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향을 간접효과와 직접효과로 구분하여 파악하고자 한다.

### 3. 분석절차

#### 3.1 플랜트엔지니어링사업

플랜트 산업은 설계, 조달, 시공 등이 복합되어 전·후방연관 효과가 큰 고부가가치 산업으로 산업구조 고도화에 기여한다. 또한 플랜트 산업은 자동차, 반도체, 조선 등과 함께 국가 성장동력의 한 축을 담당하는 국가기간 산업이라고 할 수 있다.



Source : Press Release, Ministry of Strategy and Finance, 2013.

<Figure 2> Overseas Construction Plant Orders

한편, 국내 플랜트 기업은 시공 중심의 산업구조로 성장하여 가치사슬 상의 상세설계, 시공 등 저수익·저리스크 영역에서는 강세인 반면, 기획·개념설계·핵심기자재 등의 고부가가치 영역은 매우 취약한 상황이라고 한다. 따라서 정부에서는 외형적 성장에 비해 부족한 내실을 채우기 위한 기술력을 확보하고, 기자재의 국산화율을 제고하기 위하여 플랜트엔지니어링 기술개발에 대한 적

극적인 지원의 필요성을 느끼게 되었다. 이에 산업통상자원부에서는 2011년도부터 플랜트엔지니어링사업을 통하여 플랜트엔지니어링 분야의 원천기술, 엔지니어링, 기자재 개발을 위한 R&D를 지원하고 있다.

<Table 2> R&D Investment

(Unit : \100 Million)

Year				Total
2011	2012	2013	2014	
80.5	91.2	88.3	104.6	3,64.6

Source : R&D Project Description Material, Ministry of Commerce, Industry and Energy, 2014.

### 3.2 정부 R&D 투자에 따른 기업 R&D 투자

연구개요 플랜트엔지니어링사업의 수혜기업에서 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자에 대체효과 혹은 보완효과를 주는지 확인하기 위하여 KEIT로부터 얻은 수혜기업 12개의 R&D 투자에 관한 자료와 (주)기업데이터 DB로부터 이러한 수혜기업에 관한 재무자료로부터 패널자료를 구성하였다. 그 결과 최종 자료는 2000~2013년 14년간을 대상으로 한 불균형패널자료가 되었다. 이 때 각 연도별 금액은 모두 한국은행에서 발표되는 GDP 디플레이터를 사용하여 실질가치로 변환하였다. 또한 각 변수는 로그를 취하여 회귀분석의 추정계수가 탄력성을 의미하게 하였다. 한편, 0의 값을 갖는 자료는 모두 1의 값으로 변환하여 로그를 취할 때 0인 값이 무한대로 정의됨에 따른 자료 손실과 오류를 막았다.

플랜트엔지니어링사업의 수혜기업에서 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자에 대체효과 혹은 보완효과를 주는 지 확인하기 위하여 사용한 변수는 <Table 3>에 나타낸 바와 같다.

<Table 3> Variable I

Var. Name	Description
ln_Corp	Corporate R&D Investment
ln_Gov	Government R&D Investment(Current Period)
ln_Gov_1	Government R&D Investment(One Period Ago)
ln_Gov_2	Government R&D Investment(Two Periods Ago)
ln_Ass	Total Asset
year	Year Dummy

<Table 3>에서 기업 R&D 투자(ln\_Corp)는 기업 내의 R&D 활동에 투입되는 기업 자체 투자액의 총액을 나타내는 변수로 이를 종속변수로 하여 회귀 분석을 실시하였다. 이 때 정부 R&D 투자의 효과를 실증하기 위한 주요 독립변수로 정부 R&D 투자(ln\_Govern)를 사용하였다. 또한 정

부 R&D 투자의 시간에 따른 동태적 효과를 확인하기 위하여 당기의 정부 R&D 투자(ln\_Govern)는 물론 1기 전의 정부 R&D 투자(ln\_Govern\_1)와 2기 전의 정부 R&D 투자(ln\_Govern\_2)를 사용한 모형을 각각 회귀분석하였다. 이는 당기에 받은 정부 R&D 투자의 효과도 중요하지만, 이전에 받은 정부 R&D 투자 또한 당기의 기업 R&D 투자에 관한 의사결정에 영향을 줄 수 있는 측면을 고려한 것이다.

분석모형 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자에 미치는 영향에 관한 분석에서 주요 쟁점은 내생성의 해소에 있다고 할 수 있다. 즉, 국가 내 산업군에서의 중요한 기술 개발에 따른 파급효과가 나타나 모든 기업의 R&D 투자가 동시에 증가하는 상황에서는 정부 R&D 보조금의 효과가 과대하게 측정될 수 있다. 예를 들어 정부의 특정 시책에 의해 특정 산업군에 대한 정부 지원이 대폭 늘어나는 일이 발생할 수 있다. 따라서 본 분석의 신뢰성 제고를 위해서는 일반적 패널 OLS 추정방법으로는 일치 추정량을 도출하기 어려우므로 내생성을 효과적으로 통제하는 추정방법인 패널고정효과모형을 이용한다[12, 14].

<Table 4>는 기본적인 회귀식을 정리한 것으로 각 변수에는 로그를 취하여 추정계수가 탄력성의 의미를 가지게 하였다. 그 외 연도 더미 변수를 통하여 연도별 특질을 통제하는 한편, 개별기업의 업력, 개별기업이 속한 산업, 개별기업의 유형 등과 같이 개별기업의 고유한 특성에 따른 영향은 패널고정효과모형에 의해 자동적으로 통제하였다.

<Table 4> Regression Model I

No.	Dependent Var.	Independent Var.
1-1	ln_Corp	ln_Asset, ln_Gov, year
1-2	ln_Corp	ln_Asset, ln_Gov_1, year
1-3	ln_Corp	ln_Asset, ln_Gov_2, year

### 3.3 기업 R&D 투자에 따른 기업 성과

활용자료 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향을 분석하기 위하여 전술한 패널자료를 사용하였다. 여기서 기업의 성과를 나타내는 매출액을 고용자 수로 나눈 1인당 매출액 수준에 로그를 취한 변수를 종속변수로 하여 회귀분석을 실시하였다. 이 때 근로자의 자본장비율의 개념을 대신하는 1인당 자본액 수준에 로그를 취한 변수를 독립변수에 추가하였다. 또한 기업 R&D 스톡(stock)의 개념을 대신하는 기업 R&D 투자액에 로그를 취하여 독립변수에 추가한다. 이는 기업 R&D 스톡 Z와 기업 R&D 투자 R과의 관계는  $Z = \frac{R}{g + \delta}$ , 여기서 g는 R&D 투자의 연평균성장률, 그리고  $\delta$ 는 감가율로 나타낼 수 있으므로  $\ln Z \propto \ln R$ 이 성립하기 때문이다[9]. 다음 정부 R&D 투

자의 정책효과를 검증하기 위하여 정부 R&D 투자에 로그를 취하여 독립변수에 추가하였다.

정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향을 분석하기 위하여 사용된 변수와 그 내용은 <Table 5>에 나타낸 바와 같다.

<Table 5> Variable II

Var. Name	Description
ln_QPC	Sales per Employee
ln_KPC	Capital per Employee
ln_Corp	Corporate R&D Investment
ln_Gov	Government R&D Investment(Current Period)
ln_Gov_1	Government R&D Investment(One Period Ago)
ln_Gov_2	Government R&D Investment(Two Periods Ago)
year	Year Dummy

분석모형 고전경제학에 의하면 개별기업의 생산량(Q)은 전통적인 생산요소인 자본(K)과 노동(L)에 의해 결정되는데, 여기에 규모에 대한 보수불변을 가정하고 R&D(Z)를 추가하면 식 (2)과 같이 나타낼 수 있다[4].

식 (2)에서 자본(K)과 R&D(Z)는 스톡 개념의 투자이며,  $\beta_1, \beta_2 > 0$ 를 가정하면, 생산함수 전체적으로는  $(\beta_1 + (1 - \beta_1) + \beta_2) > 1$ 이므로 식 (2)는 규모에 대한 보수체증이 나타남을 보여주고 있다. 식 (2)의 양변을 노동(L)으로 나누면 노동생산성, 즉 노동 1단위당 생산량(Q/L)을 자본장비율, 즉 노동 1단위당 자본(K/L)과 R&D(Z)의 함수로 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다. 한편, 식 (2)와 식 (3)에서 A는 자본(K)과 연구개발(Z) 외에 생산량(Q)에 영향을 미치는 요소, 혹은 노동장비율(K/L)과 R&D(Z) 외에 노동생산성(Q/L)에 영향을 미치는 요소를 나타낸다. 다시 말해서 A는 개별기업의 업력, 개별기업이 속한 산업, 연도별 특질, 개별기업의 특질 등이 노동생산성에 미치는 영향을 나타낸다고 할 수 있다.

$$Q = AK^{\beta_1} L^{(1-\beta_1)} Z^{\beta_2} \quad (2)$$

$$\frac{Q}{L} = A \left( \frac{K}{L} \right)^{\beta_1} Z^{\beta_2} \quad (3)$$

본 연구에서는 기본적으로 식 (3)의 생산함수를 염두에 두고, 각 생산 요소를 대변하는 변수들과 정부 R&D 투자를 나타내는 변수를 이용하여 <Table 6>에 나타낸 회귀분석 모형을 도출하고, 여기에 내생성의 통제를 위하여 패널고정효과모형을 적용하여 회귀계수를 추정하였다.

먼저 생산량을 대변하는 매출액을 상근근로자 수로 나눈 1인당 매출액에 로그를 취하여 종속변수로 설정하였다. 다음 자본액을 상근근로자 수로 나눈 1인당 자본

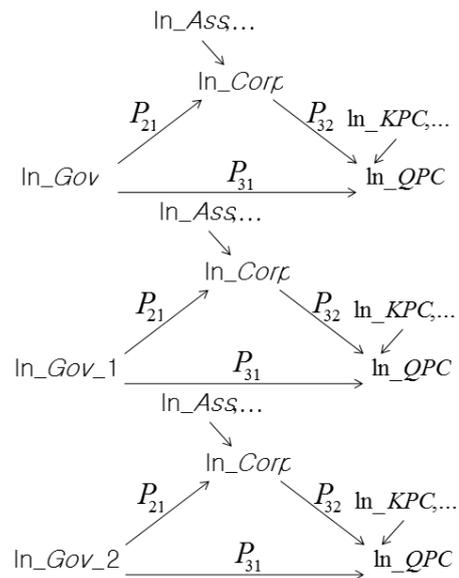
과 기업 R&D 투자액에 로그를 취하여 독립변수로 설정하였다. 또한 정부 R&D 투자의 시간에 따른 동태적 효과를 확인하기 위하여 당기의 정부 R&D 투자는 물론 1기 전의 정부 R&D 투자와 2기 전의 정부 R&D 투자를 각각 사용한 모형을 회귀분석하였다. 그 외 연도 더미 변수들을 통하여 연도별 특질을 통제하는 한편, 개별기업의 업력, 개별기업이 속한 산업, 개별기업의 유형 등과 같이 개별기업의 고유한 특성에 따른 영향은 패널고정효과모형에 의해 자동적으로 통제하였다.

<Table 6> Regression Model II

No.	Dependent Var.	Independent Var.
2-1	ln_QPC	ln_KPC, ln_Corp, ln_Gov, year
2-2	ln_QPC	ln_KPC, ln_Corp, ln_Gov_1, year
2-3	ln_QPC	ln_KPC, ln_Corp, ln_Gov_2, year

### 3.4 정부 R&D 투자에 따른 기업 성과

제 3.1절의 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자에 미치는 영향에 관한 논의와 제 3.2절의 기업 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향에 관한 논으로부터 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향을 경로분석을 적용하여 추정할 수 있다. 즉, <Figure 3>의 경로다이어그램으로부터 당기의 정부 R&D 투자(ln\_Gov), 1기 전의 정부 R&D 투자(ln\_Gov\_1), 그리고 2기 전의 정부 R&D 투자(ln\_Gov\_2) 각각이 기업 R&D 투자(ln\_Corp)를 통한 노동생산성(ln\_QPC)에의 간접효과는 물론 정부 R&D 투자 각각의 노동생산성에의 직접효과를 계산할 수 있다.



<Figure 3> Path Diagram

## 4. 분석 결과

### 4.1 정부 R&D 투자의 기업 R&D 투자에의 효과

플랜트엔지니어링사업의 수혜기업에서 기업 자산과 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자에 미치는 영향은 <Table 7>에 나타낸 바와 같이 추정된다.

먼저 기업 자산은 어떠한 경우에도 기업 R&D 투자를 증가시키는 것으로 나타났다. 다음 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자에 미치는 영향은 탄력성이 당기는 0.047, 1기 전은 0.062, 그리고 2기 전은 0.488로 나타났다. 따라서 정부 R&D 투자의 효과가 크지는 않지만 시차를 두고 나타나고, 그 효과는 시간이 지남에 따라 점점 줄어든다고 할 수 있다.

따라서 당기나 전기의 정부 R&D 투자는 당기의 기업 R&D 투자에 보완효과를 가진다는 해석에는 큰 무리가 없을 듯하다. 먼저 당기의 정부 R&D 투자로 인해 기업 R&D 투자는 일종의 시그널 효과로 인하여 증가하는 경향을 보인다고 할 수 있다. 즉, 해당기업은 미래가치를 시장에서 인정받게 되므로 외부에서 R&D 자금을 더 수월하게 도입할 수 있게 된다고 예상할 수 있다. 또한 다음 기에 R&D 보완효과가 나타나는 경우는 전기에 정부 R&D 투자로 인해 수행한 R&D의 결과는 이것으로 끝나지 않고, 사업화 등을 위한 후속 R&D 등으로 이어진다고 예상할 수 있다.

<Table 7> Effects on R&D Investment

	ln_Corp		
	1-1	1-2	1-3
ln_Ass	.573*	.707**	.647*
ln_Gov	.047**		
ln_Gov_1		.062**	
ln_Gov_2			.049*
R-sq	.428	.432	.422
No. of Obs.	134	127	121
No. of Corp.	12	12	12

\*p < 0.1, \*\*p < 0.05, \*\*\*p < 0.01.

### 4.2 기업 R&D 투자의 기업 성과에의 영향

플랜트엔지니어링사업의 수혜기업에서 1인당 자본장비율, 기업 R&D 투자, 그리고 정부 R&D 투자가 노동생산성에 미치는 영향은 <Table 8>에 나타낸 바와 같이 추정된다.

먼저 1인당 노동장비율은 어떠한 경우에도 노동생산

성을 증가시키는 것으로 나타났다. 다음 기업 R&D 투자도 노동장비율의 경우와 마찬가지로 노동생산성을 증가시키는 것으로 나타났다. 또한 정부 R&D 투자가 노동생산성에 미치는 영향은 탄력성이 당기는 0.009, 1기 전은 0.027, 2기 전은 0.025로 나타났다.

따라서 기업 R&D 투자는 물론 당기나 전기의 정부 R&D 투자도 기업 성과에 긍정적인 견인 효과를 가진다는 해석에는 큰 무리가 없을 듯하다. 먼저 기업 R&D 투자는 대부분의 연구결과와 마찬가지로 해당기업의 성과 제고로 연결된다고 볼 수 있다. 다음 당기 혹은 전기에 정부 R&D 투자를 받았다는 사실로 인해 시장에서 이러한 기업의 기술이나 제품은 좋은 평가를 받는다고 예상할 수 있다.

<Table 8> Effects on Labor Productivity

	ln_QPC		
	1-1	1-2	1-3
ln_KPC	.384***	.511***	.616***
ln_Corp	.062**	.053**	.048
ln_Gov	.009**		
ln_Gov_1		.027**	
ln_Gov_2			.025***
R-sq	.588	.641	.642
No. of Obs.	134	127	121
No. of Ben.	12	12	12

\*p < 0.1, \*\*p < 0.05, \*\*\*p < 0.01.

### 4.3 정부 R&D 투자의 기업 성과에의 영향

경로분석을 통해 플랜트엔지니어링사업의 수혜기업에서 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향(총효과)은 <Table 9>에 나타낸 바와 같이 추정할 수 있다. 즉, 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향은 탄력성이 당기는 0.012, 1기 전은 0.030, 그리고 2기 전은 0.028로 추정된다. 물론 총효과에 관한 통계적 유의성을 검정할 수는 없지만, 이는 정부 R&D 투자의 효과는 작지만 시차를 두고 나타나고, 그 효과는 당기보다는 전기가 더 크고 이후 시간이 지남에 따라 점점 줄어든다고 예상할 수 있다.

한편, 이러한 영향을 간접효과와 직접효과로 구분해보면 간접효과와 크기가 각각 .003, .003, .002로 직접효과와 크기가 .009, .027, .025보다 다소 작게 나타났다. 이는 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자의 증가를 유발하여 결국 기업의 성과 제고에 이르게 하는 효과보다 기업이 정부 R&D 투자를 받았다는 사실 자체가 기업의 성과 제고로 연결되는 효과보다 작다는 것을 의미한다.

&lt;Table 9&gt; Effects on Corporate Performance

	ln_QPC		
	Indirect Effect	Direct Effect	Total Effect
ln_Gov	.003 (= .047** × .062**)	.009**	.012
ln_Gov_1	.003 (= .062** × .053**)	.027**	.030
ln_Gov_2	.002 (= .049* × .048)	.025***	.028

\*p < 0.1, \*\*p < 0.05, \*\*\*p < 0.01.

## 5. 결론

본 연구의 의의는 정부 R&D 투자가 기업 R&D 투자를 대체하고 있는지, 아니면 보완하는지를 파악하고, 정부 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향을 간접효과와 직접효과로 구분하여 살펴보기 위하여 경로분석의 적용을 제안한 데에 있다.

산업통상자원부에서 시행하고 있는 플랜트엔지니어링 사업의 수혜기업에 본 연구의 방법론을 적용한 결과, 정부 R&D 투자는 기업 R&D 투자에 보완효과를 가지나, 그 효과는 작은 것으로 나타났다. 또한 정부 R&D 투자는 시차를 두고 노동생산성에 긍정적인 영향을 미치나, 그 효과는 작은 것으로 나타났다. 또한 이러한 효과는 작지만 시차를 두고 나타나고, 그 효과는 당기보다는 전1기 전이 가장 크고 이후 시간이 지남에 따라 점차 줄어드는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 단지 12개만의 기업 패널자료를 활용하여 정부 R&D 투자에 따른 기업 성과에의 효과를 확인하였고, 그 탄력성의 크기가 작아 실제로 발생하는 경제적 효과를 가늠하기 어려운 점 등 한계가 많다. 향후 연구과제는 이러한 한계를 극복하는 것이 될 것이다.

## References

- [1] Adams, J., Chiang, E., and Jensen, J., The Influence of Federal Laboratory R&D on Industrial Research, *The Review of Economics and Statistics*, 2006, Vol. 85, No. 4, pp. 1003-1020.
- [2] David, P., Hall, B., and Toole, A., Is Public R&D a Complement or Substitute for Corp R&D : A Review of the Econometric Evidence, *Research Policy*, 2000, Vol. 29, No. 4-5, pp. 497-529.
- [3] Frankfort-Nachmias, C. and Nachmias, D., *Research Methods in the Social Sciences*, USA, Worth Publishers, 2008.
- [4] Griliches, Z., *R&D, Education, and Productivity : A Retrospective*, USA, Harvard University Press, 2000.
- [5] Higgins, R. and Link, A., Federal Support of Technological Growth in Industry : Some Evidence of Crowding Out, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1981, Vol. 28, No. 4, pp. 86-88.
- [6] Hong, S.K., Hong, S.K., and Ahn, D.H., A Study on the Analysis of the Inter-industry Flow and Increase of Direct and Indirect Productivity of R&D Investment, *Science and Technology Policy Institute*, 1991, pp. 6-47.
- [7] Kim, H., Evaluating Effectiveness of a Government's Supporting Program through Sequential Applications of PSM and DID, *Information Systems Review*, 2013, Vol. 15, pp. 141-150.
- [8] Kim, H., Kang, W., and Bae, J., Evaluation of Program Effectiveness Using Panel Data : Focused on Fusion Technology Program, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2014, Vol. 37, No. 3, pp. 122-128.
- [9] Kim, T. and Chung, S., The Effects of R&D on Productivity Growth : An Empirical Analysis using Korean Firm Data, *Journal of Korean Economics Studies*, 2003, Vol. 11, No. 12, pp. 45-70.
- [10] Lach, S., Do R&D Subsidies Stimulate or Displace Corpl R&D, *Journal of Industrial Economics*, 2002, Vol. 50, No. 4, pp. 369-390.
- [11] Lerner, J., The Government As Venture Capitalist : The Long-Term Impact of the SBiR Program, *The Journal of Private Equity*, 2000, Vol. 3, No. 2, pp. 285-318.
- [12] Mendenhall, W., Wackerly, D., and Scheaffer, R., *Mathematical Statistics with Applications*, USA, Duxbury, 1995.
- [13] Na, S., A Study on the Relationship among Business Environments, Development of New Products and its Performance of Small and Medium Industries, *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, 2009, Vol. 14, No. 1, pp. 117-128.
- [14] Wooldridge, J., *Introductory Econometrics : A Modern Approach*, USA, Thompson; 2003.
- [15] Year 2012 National Research and Development Project Survey and Analysis Report, 2013.

## ORCID

Heung-Kyu Kim | <http://orcid.org/0000-0003-2506-6519>