국내 신재생에너지 R&D 사업의 경제적 성과 분석*

오승환**, 이철용***

요 약

기후변화 대응 및 에너지 안보 제고에 대한 필요성에 따라 한국 정부는 신재생에너지 R&D 지원을 지속적으로 늘리고 있으며, 논문 및 특허 등에서 어느 정도 가시적인 성과가 나오고 있다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 신재생에너지 R&D 성과가 경제적 가치 창출로 이어지고 있는지 의문이 제기되고 있으며, 본 논문에서는 PSM(Propensity Score Matching) 기법을 활용하여 이를 분석하였다. 분석결과 R&D 지원 받은 신재생에너지 기업은 지원받지 않은 신재생에너지 기업에 비해 기업의 성장성, 수익성, 안정성, 혁신성이 유의미하게 증가하지 않은 것으로 분석되었다. 하지만 에너지원별로 구분해서 분석한 결과, 태양광 분야에서는 R&D 지원이 기업의 성장성과 혁신성에 유의한 영향을 미치고 있으며, 비태양광 부문에서는 효과가 미미한 것으로 나타났다.

주요 단어 : 신재생에너지, R&D, 기술사업화, PSM, 성과평가
경제학문헌목록 주제분류 : C19, H59, Q42

* 본 논문은 산업통상자원부 기술료사업 지원을 받은 연구보고서 「신재생에너지기술 성과분석 및 확산을 위한 기획(2013)」의 일부 내용을 발전시킨 논문입니다.

** 서울대학교 Post-Doc(주저자). onlywinwin@gmail.com

*** 에너지경제연구원 연구위원(교신저자). cylee@keei.re.kr

I. 서 론

세계 각국은 신재생에너지에 대한 투자를 지속적으로 늘리며, 온실가스 감축과 에너지 안보 제고에 힘쓰고 있다. 2012년 기준으로 신재생에너지 발전에 대한 투자는 2,270억 달러로 원자력 발전 254억 달러, 석탄 발전 1,080억 달러, 가스 발전 130억 달러, 석유 발전 58억 달러보다 높은 수준을 기록하고 있으며, 격차는 점차 벌어질 것으로 전망되고 있다(Bloomberg New Energy Finance, 2013). 우리나라는 대부분의 화석연료를 수입하고 있고, 온실가스 배출량이 세계 7위이며 GDP 대비 온실가스 배출량은 OECD 국가 중 1위로 신재생에너지의 지속적인 개발이 필요한 상황이다.

이러한 필요성에 따라 우리나라는 2002년부터 FIT(발전차액지원제도)를 통해 신재생에너지 보급을 주도하다가 2012년에는 RPS(신재생 공급의무화제도)로 전환되었다. 그 결과 최근 5년간 신재생에너지 연평균 보급 증가율은 11%로 1차에너지 증가율 3.7%보다 3배 높으며, 2012년 기준 신재생에너지 공급 비중은 3.18% 수준에 이르고 있다. 이에 따라 국내 신재생에너지 기업의 수출은 8배, 민간투자 6배 증가 등 본격적인 성장궤도에 진입하였다.

정부는 신재생에너지 기술 개발에도 많은 투자를 하고 있다. 구체적으로 2008년 신재생에너지 R&D 예산은 2,000억 원에서 2013년 2,700억 원으로 35% 증가하였다. 이러한 노력의 결과 2008~2012년 5개년 동안 신재생에너지 관련 SCI 논문은 6,000건 이상 발간되었으며, 특히 약 1,500건이 산출되었다. 국내 신재생에너지 기술수준은 원별로 상이하지만 평균 82% 수준에 도달한 것으로 분석되고 있다(이철용 외, 2013). 하지만 이러한 노력에도 불구하고 신재생에너지 연구개발 성과가 경제적 가치 창출로 이어지고 있는지에 대해 의문이 제기되고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 신재생에너지에 투자된 R&D 지원이 기술사업화를 통해 경제적 가치를 창출하고 있는지 분석하는 것이다. 최근 박근혜 정부에서는 창조경제를 강조하면서 기술사업화에 많은 관심을 가지고 있다. 창조경제는 신기술 개발을 통한 창의력, 기술 융합을 통한 응용력, 기술사업화를 통한 실천력으로 부가가치와 일자리 창출을 목표로 하고 있다. R&D 사업에 대한 경제성 평가 연구는 이재억 외(2000), 조현춘 외(1998) 등 많은 연구가 있으나 비용-편익 분석, 옵션 프라이싱과 같이 개별 R&D에 대한 투입-산출 개념으로 접근한 연구가 대부분이다. 하지만 본 연구의 분석대상은 신재생에너지 전체 R&D 투자 사업이므로, 투입-산출 방식의 모형보다는 지원을 받지 않은 기업과의 비교연구가 적합하다. 다만, 지원을 받은 기업군과 받지 않은 기업군의 경제적 성과를 단순히 비교하게 되면 선택 편익(selection bias) 문제가 생기므로 이를 해결할 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 신재생에너지 R&D 투자에 대한 성과를 분석하기 위해 PSM(Porpensity Score Matching) 기법을 이용할 것이다. PSM 방법론은 정책 및 지원으로 발생하는 성과를 평가함에 있어 선택 편익(selection bias) 문제를 해결하는 대표적인 방법으로, 2000년 중반 이후부터 선진국을 중심으로 R&D 평가에 활용되고 있다(Carboni, 2011).

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 PSM 방법론과 관련된 기존연구를 고찰하고, III장에서는 PSM 방법론에 대한 구체적인 내용을 서술할 것이다. IV장에서는 국내 신재생에너지 R&D를 지원받은 기업을 대상으로 PSM 방법론을 적용하고, 분석결과를 도출한다. 마지막으로 V장에서는 분석결과를 정리하고, 시사점을 도출한 후에 기술사업화를 위한 정책을 제언할 것이다.

II. 기존 연구 고찰

정부의 R&D 지원이 기업의 성과에 어떠한 영향을 미쳤는가에 대해서는 국내외적으로 수많은 연구들이 존재한다. 대표적인 논문으로는 Lerner(1999)를 들 수 있는데, 여기에서는 정부의 자금지원을 받은 기업들이 그렇지 않은 기업들에 비해 더 빠른 성장을 하고 있음을 보여주고 있다. 이외에도 Piekkola(2007)와 Koshi(2008)에서는 정부의 지원을 받은 기업들이 고용 측면에서 좋은 성과를 나타냈음을 언급하고 있다. 또한, Almus(2003)와 Czarnitzki, D., B. Ebersberger, and A. Fier(2007) 등에서는 정부의 지원이 기업의 혁신성 증대에 긍정적인 영향을 미친다는 결론을 보여주고 있다. 국내에서도 역시 이와 같은 맥락에서 다양한 연구 결과들이 제시되어 왔는데, 이종일, 김찬준(2007)은 정부의 자금지원을 받은 기업들이 기술개발에 더 활발한 모습을 보인다고 언급하고 있다. 오준병, 장원창(2008) 역시 정부의 보조금을 받은 기업들일수록 R&D 지출을 늘리고 있음을 보여줌으로써 정부의 지원과 기업의 혁신성과에는 양의 관계가 성립함을 보여주었다.

Propensity score matching (PSM) 방법론을 이용하여 정부의 R&D 지원 효과를 추정한 연구는 2000년 중반 이후부터 꾸준히 이루어져 왔다. 이러한 연구는 미시데이터를 이용하여 정부의 R&D 지원을 받은 기업들의 성과를 추정함에 있어서 만일 그 기업이 R&D 지원을 받지 않았다면 어떠한 성과를 얻어낼 수 있었는가에 대한 논의로부터 시작한다. 본 논문에서 사용한 PSM 방법은 정부의 R&D 지원을 받은 기업들의 순수한 효과를 추정하는 방법이다.

이처럼 PSM을 활용하여 정부의 R&D 지원 효과를 분석한 연구는 매우 다양하게 이루어지고 있는데, 대표적인 국내 연구로는 윤윤규·고영우(2010)와 김호·김병근(2012)을 들 수 있다. 윤윤규·고영우(2010)는 동남권 제조업 기업

들을 대상으로 정부의 기술개발과제 지원을 받고 있는 기업들의 성과를 고용 및 경영 성과를 PSM 방법을 적용하여 추정하였는데, 결과적으로 정부의 R&D 지원을 받은 기업들이 고용과 혁신성에서 유의한 양의 효과가 나타난 것으로 분석하였다. 김호·김병근(2012)은 정부 R&D 지원의 정당성을 확인하고 정부의 지원의 효과가 어떠한 점에서 긍정적일 수 있는가에 대해 PSM 방법을 활용하여 분석하였다. 분석 결과 정부 R&D 지원은 혜택을 받은 기업들의 지속적인 혁신활동에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 대기업보다는 중소기업에서 정부 R&D 지원 효과가 크게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 이외에도 최준석·김상신(2009)와 김흥규(2013) 등의 연구에서 PSM 방법을 활용하여 정부 지원을 받은 기업들의 성과 평가에 대한 다양한 연구들이 이루어져왔다.

국내 뿐 아니라 해외에서도 PSM 방법을 활용하여 정부 정책을 평가하는 연구가 활발하게 이루어져왔는데, 가장 대표적인 연구로는 Carboni (2011)를 들 수 있다. Carboni (2011)는 기업 단위의 미시데이터를 활용하여 이탈리아 정부의 R&D 지원을 받은 제조업 업체들의 성과 평가를 수행하였으며, 정부의 R&D 지원을 받은 기업들의 혁신활동이 그렇지 않은 기업들에 비해 더 활발하게 이루어지는 것으로 나타났다. Gorg and Strobl (2007) 역시 정부의 R&D 보조금의 효과를 추정함에 있어서 PSM 방법을 활용하였는데, 아일랜드 제조업체들을 대상으로 정부 지원을 받은 기업들이 그렇지 않은 기업들보다 상대적으로 혁신 활동을 더 활발하게 진행한다는 결론을 내렸다. 이외에도 Wallsten (2000), Busom (2000), Almus and Czarnotzki (2003), Bluundell and Dias (2000) 등 많은 연구들에서 정부의 R&D 지원 정책을 평가함에 있어서 PSM 방법을 활용하고 있다.

이러한 국내외 연구를 바탕으로 각 국의 정부 기관에서도 정부 정책을 평가함에 있어서 PSM 방법을 활용하고 있는데, 프랑스에서는 2004년 공공 기술개발 지원 사업에 대한 성과 평가를 PSM 방법론을 사용하여 수행하였고, 지원을 받은 기업들의 기술개발집약도가 향상되었음을 확인하였다. 캐나다에

서도 2005년 정부의 조세지원을 받은 기업들의 성과 평가를 PSM 방법을 활용하여 수행하였는데, 조세제도가 그 혜택을 받은 기업들의 성과에 유의한 긍정적 효과를 보이고 있다고 언급하였다. 마지막으로 아일랜드에서도 PSM 방법을 사용하여 제조업 분야 기업들에 대한 정부의 기술개발 지원 사업의 성과 평가를 통해 대기업들에게서 긍정적인 효과가 있었음을 확인하였다. 이러한 연구들을 종합해보면 다음 <표 1>과 같이 정리할 수 있다.

<표 1> PSM 방법론을 사용한 정부 사업의 성과 평가 사례

연도	국가	성과평가 대상 사업	주요 결과
2004	프랑스	공공 기술개발 지원 사업 (1985~1997)	기술개발 집약도 향상
2005	캐나다	기술개발 활동에 대한 조세지원 사업 (1997~1999)	혁신과 기술개발에 관련된 항목에서 유의한 긍정적 효과
2007	아일랜드	제조업 기술개발 지원 사업 (1999~2002)	대기업의 경우 긍정적 효과를 관찰

Ⅲ. 분석 모형

정부의 R&D 지원이 그 혜택을 받은 개별 기업들의 성과에 어떠한 영향을 미쳤는가를 정확하게 알기 위해서는 해당 기업이 R&D 지원을 받았을 때와 받지 않았을 때에 대해서 각각의 경우에 어떠한 성과를 나타내는가를 알아야 한다. 이러한 R&D 지원 효과 연구의 가이드 라인은 여러 실증 연구들을 통해 오래 전부터 수행되어 왔으며 (Neyman and Iwazskiewicz, 1935; Quandt, 1972; Rubin, 1974), 이러한 연구들을 보통 Roy-Rubin-Model(이하 RRM)이라고 지칭한다. 하지만 이러한 RRM 연구를 수행함에 있어서 여러 문제에 직면

하게 된다. 우선, 정부의 지원을 받은 기업들의 성과를 추정하려면 정부의 지원을 받지 않은 기업들의 성과가 필요한데, 기본적으로 정부의 지원을 받은 기업들은 그렇지 않은 기업에 비해 우월한 기업일 확률이 높다. 이 때문에 단순히 두 그룹의 성과를 비교하면 정부 지원성과가 과대 추정될 수 있는데, 이러한 문제를 선택편의라고 부른다. 그렇다면 이 선택편의 문제에 대해 좀 더 상세히 알아보도록 하자.

RRM에서 가장 중요한 개념은 개별 기업, 정부의 지원 그리고 잠재적 성과라고 말할 수 있다. Y_i^1 를 정부의 R&D 지원을 받은 i 기업이 정부 지원을 통해 얻은 잠재적인 성과, Y_i^0 를 그 기업이 정부의 R&D 지원을 받지 않았을 때의 자연적으로 얻게 될 성과라고 한다면 정부 R&D 지원 효과는 다음과 같은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta_i = (Y_i^1 - Y_i^0) \quad (1)$$

결국 많은 정책 평가 연구에서는 ATT(Average Treatment Effect on the Treated), 즉 정부의 R&D 지원을 받은 기업들이 R&D 지원을 통해 얻은 성과와 그 기업이 만약 정부의 지원을 받지 않았을 때의 성과를 비교하여 정부 지원 효과를 도출하게 된다. ATT값을 도출하게 되면 이론적으로 정부의 R&D 지원을 받은 기업들의 순수한 경제적 성과를 구할 수 있는데, 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\Delta_{ATT} = E(\Delta|D=1) = E(Y^1|D=1) - E(Y^0|D=1) \quad (2)$$

위 식에서 D 는 정부의 지원을 받았는가의 여부를 나타내는 더미변수이다. 하지만 식 (2)에서 선택 편의 문제가 즉각적으로 발생한다는 것을 알 수 있다. 왜냐하면 식 (2)에서 $E(Y^0|D=1)$ 부분은 우리가 실제로 관측할 수 없는

반사실적 값이기 때문이다. 만일, $E(Y^0|D=1) = E(Y^0|D=0)$ 이 성립한다면 우리는 R&D 지원을 받지 않은 그룹을 대신 선택하여 식 (2)에 대입하는 것이 가능하다. 하지만 정부의 R&D 지원 혜택을 받은 기업들은 일반적으로 정부 혜택을 받지 못한 기업들과 많은 면에서 차이점을 가지고 있다. 따라서 비실험적 데이터에서는 이와 같은 등식이 성립하는 경우가 매우 드물다.

이러한 비실험적 데이터에서 순수한 지원 효과를 구하기 위해서 다양한 경제학적 방법론이 사용되고 있는데, 여기에는 Before and after 방법, Heckmann 2 step 방법, Difference in difference 방법, 도구변수 방법 등이 있다. 특히 Propensity Score Matching(PSM)은 혁신 정책 분야의 성과 평가에 자주 사용되는 방법론 중 하나이다 (David et al., 2000). PSM 방법의 기본적인 개념은 정책의 지원을 받은 기업과 가장 유사한 특성을 지닌 비교 기업을 찾아내는 것이다. 그렇게 매칭된 기업과의 성과차이를 도출함으로써 반사실적 상황을 극복할 수 있다 (Rosenbaum & Rubin, 1983). PSM을 통해 정부 R&D 지원의 성과 평가를 위해서는 다음과 같은 세 단계의 절차를 거쳐야 한다.

(i) 성향 점수(Propensity score) 추정

성향 점수의 추정은 정부 R&D 지원을 받은 기업과 유사한 특성을 가진 집단을 추출하기 위해 수행되어야 한다. 따라서 R&D 지원을 받은 집단(D=1)과 R&D 지원을 받지 않은 집단(D=0)으로 나누어서 프로빗(Probit) 혹은 로짓(Logit) 모형 분석을 통해 R&D 지원을 받은 기업들의 성향 지수를 추정한다. 여기서 프로빗 모형이나 로짓 모형을 선택하는 이유는 정부로부터 R&D 지원을 받았는가의 여부가 이산형(Discrete) 변수이기 때문이다. 이처럼 종속 변수가 이산형으로 주어질 경우 오차항의 정규성이나 등분산 가정을 위배하게 된다. 본 논문에서는 프로빗 모형을 통해 성향 점수를 추정하였는데, 프로빗 모형에서는 성향 점수 PS가 다음과 같은 누적 정규분포를 따른다고 가정한다.

$$PS(X_i) = \Pr(D_i = 1 | X_i) = \Phi(X_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\alpha + \beta X_i} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (3)$$

위 식에서 X_i 는 기업의 특성변수로 매출액, 자산, 부채, R&D 투자금, 종업원 수 등을 나타낸다. 이러한 변수들은 정부가 R&D 지원할 기업을 선택함에 있어서 직·간접적인 영향을 미칠 수 있는 기업의 특성변수들이다. 따라서 프로빗으로 추정한 추정계수 α , β 와 기업 특성변수를 대입하게 되면 각 기업마다 정부의 R&D 지원을 받게 될 확률(성향 점수)이 도출된다.

Rosenbaum and Rubin (1983)과 Caliendo (2006)에 의하면 성향점수를 통한 매칭법은 기업 특성이 유사하면 오직 R&D 지원여부에 따라서 성과가 달라질 수 있다는 것을 가정한다고 할 수 있다. 즉, R&D 지원을 받은 기업과 특성이 거의 유사한 쌍둥이 기업을 대조군으로 선별하여 비교한다면 향후 두 기업의 성과에 영향을 미치는 요인은 오직 정부 R&D 지원 여부가 된다는 것이다. 특정 두 기업의 성향 점수가 유사한 값을 갖는다는 것은 두 기업이 정부의 R&D 지원을 받을 확률이 비슷하다는 것을 의미하고, 따라서 앞서 언급했던 것처럼 성향 점수가 유사한 값을 갖는 기업들끼리 매칭하여 성과를 비교한다면 기업의 특성 변수로 인해 발생하는 선택 편향의 문제를 어느 정도 해결할 수 있다.

(ii) 매칭 알고리즘의 결정

성향 점수를 추정된 후 매칭을 수행함에 있어서 어떠한 매칭 알고리즘을 사용할 것인지에 대해 결정해야 한다. 본 논문에서는 여러 매칭 알고리즘 중에서 Nearest Neighborhood Matching(NNM)을 선택하였는데, NNM은 정부의 R&D 지원을 받은 기업과 성향점수가 가장 유사한 값을 갖는 기업을 선택하여 성과를 비교하는 방식이다. 이 NNM 알고리즘은 PSM에서 가장 일반적으로 사용되는 알고리즘이며, 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$C^{NNM}(P_i) = \min_j \| PS_i - PS_j \|, j \in N_0 \quad (4)$$

PS_i : 지원을 받은 기업의 성향지수

PS_j : 지원을 받지 않은 기업의 성향지수

N_0 : 정부의 지원을 받지 않은 기업 전체

(iii) 성과 추정

Nearest Neighborhood Matching 알고리즘을 통해 R&D 지원을 받지 않은 기업들 중에서 R&D 지원을 받은 각 기업과 성향점수가 가장 비슷한 기업들을 선택하여 그 성과를 비교하게 된다. 본 논문에서는 R&D 지원을 받은 기업들이 R&D 지원으로 인해 얻은 성과를 도출하는 것에 그 목적을 가지고 있기 때문에 아래의 식(6)와 같이 ATT 값을 추정하였다. 앞서 언급했던 것처럼 매칭 방법을 통해 이러한 ATT 값을 추정하게 되면 기업의 특성변수로 인해 발생하는 선택 편의를 제거할 수 있으며, 결과적으로 정부 R&D 지원 여부를 제외한 나머지 변수들이 모두 통제됨으로써 정부 R&D의 순수한 효과를 도출할 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} \Delta_{ATT} &= E(Y_1 - Y_0 | D=1) = E[E(Y_1 - Y_0 | D=1), PS(X)] \quad (5) \\ &= E_{PS(X)}[E(Y_1 | D=1, PS(X)) - E(Y_0 | D=0, PS(X)) | D=1] \end{aligned}$$

IV. 분석 결과

1. 분석 자료

신재생에너지 R&D 지원 사업의 경제적 성과를 분석하기 위해서 다음과 같은 자료를 사용하였다. 우선, 2006년과 2007년 사이에 정부로부터 R&D 지원을 받은 신재생에너지 기업들의 데이터를 확보하였다. 이 데이터에서 기업의 사업자번호가 식별가능한 기업들만을 분석 대상으로 선정하였다. 또한 기업의 재무데이터의 경우에는 KED(한국기업데이터)에서 제공하는 데이터를 사용하였는데, 이 데이터는 2006년부터 2012년까지의 기업 재무 데이터를 포함하고 있다. 최종적으로 분석에 사용된 데이터는 정부의 R&D 지원을 받은 신재생에너지 기업들의 데이터와 KED에서 제공하는 기업데이터를 사업자번호 및 연도로 통합하였으며, 이 결과 총 264개의 기업들이 정부로부터 자금 지원을 받은 것으로 나타났다. 이 중 태양광 산업에 속한 기업의 수는 155개이며, 비태양광 산업에 속하는 기업의 수는 109개였다. 이처럼 정부의 R&D 지원을 받은 기업(treatment group)을 전체 기업, 태양광 산업에 속한 기업, 비태양광 산업에 속한 기업으로 나누어서 지원 효과를 각각 추정하였다.

정부의 지원 효과를 추정하기 위해 사용된 대조군의 경우 두 가지로 나누어서 분석하였는데, 우선, 일반 기업을 대상으로 한국표준산업분류코드(5-digit)를 기준으로 R&D 지원을 받은 기업과 동일한 산업군에 속해있는 기업들을 선별하여 대조군으로 활용하였다. 두 번째로는 신재생에너지기업들 중에서 정부의 R&D 지원을 받지 않은 기업들을 선별하여 대조군으로 활용하였다. 이처럼 대조군을 신재생에너지기업으로 한정하게 되면 R&D 지원을 제외한 신재생에너지 정책(산업육성 용자 정책, 보급보조 정책, 조세 지원 정책

등) 효과를 배제할 수 있어 R&D 지원에 의한 순수한 효과를 관찰할 수 있게 된다. 다만 R&D 지원을 받지 않은 태양광 기업 및 비태양광 기업의 수가 적어 PSM으로 유의한 결과를 얻기 어려우므로 대조군으로 활용하지 못했다.

분석에 사용된 기업 그룹과 그에 따른 대조군 선정과 관련된 내용을 아래의 <표 2>에 정리해 놓았다.

<표 2> 분석에 따른 분류

구 분	실험군	대조군
분석 ①	R&D 지원을 받은 신재생에너지 기업	일반 제조업 중 산업코드가 동일한 기업
분석 ②		R&D 지원을 받지 않은 신재생에너지 기업
분석 ③	R&D 지원을 받은 신재생에너지기업 중 태양광 기업	일반 제조업 중 산업코드가 동일한 기업
분석 ④		R&D 지원을 받지 않은 신재생에너지 기업
분석 ⑤	R&D 지원을 받은 신재생에너지기업 중 비태양광 기업	일반 제조업 중 산업코드가 동일한 기업
분석 ⑥		R&D 지원을 받지 않은 신재생에너지 기업

2. 기초통계량

<표 3>은 분석에 사용된 기업들의 기초통계량을 보여주고 있다. 특히, 대조군을 신재생에너지기업으로 지정했을 경우와 일반기업으로 지정했을 경우에 대해서 나누어서 기초통계량을 살펴보았으며, 그룹별 기초통계량의 평균 차이를 t-test를 통해 통계적 유의도를 도출하였다.

〈표 3〉 R&D 지원을 받은 기업과 지원을 받지 않은 기업들의 기초통계량 비교

구분		대조군이 신재생에너지 기업			대조군이 일반 기업		
		실험군	대조군	t-test	실험군	대조군	t-test
기업수		264	36,216		264	454,094	
규모	매출액 (log(천원))	17.988	14.656 ***		17.988	14.080 ***	
	자산 (log(천원))	18.145	14.275 ***		18.145	13.679 ***	
	임금 (log(천원))	14.511	11.690 ***		14.511	11.339 ***	
	종업원수 (log(천원))	5.427	2.834 ***		5.427	2.438 ***	
	부채 (log(천원))	17.388	12.989 ***		17.388	12.849 ***	
수익성	ROA(%)	3.63	6.499 ***		3.63	1.3870	
	ROE(%)	5.709	9.273		5.709	-13.742	
혁신성	R&D 투자 (log(천원))	13.485	4.495 ***		13.485	4.699 ***	
	매출액당 R&D(%)	93.417	3.157		93.417	2.597	
	종업원1인당 R&D (log(천원))	8.537	4.472 ***		8.537	4.773 ***	

주1 : 실험군은 정부의 R&D 지원을 받은 기업, 대조군은 R&D 지원을 받지 않은 기업
 주2 : *, **, *** 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의미한 추정치임을 의미
 주3 : 각 규모변수와 R&D는 천원 단위를 사용하였으며, 기초통계량에 수치는 각 변수들의 log 값
 주4 : ROA(총자산수익률) = (당기순이익/총자산)*100
 ROE(자기자본이익률) = (당기순이익/자기자본)*100
 매출액 당 R&D(R&D 집약도) = (R&D/매출액)*100
 종업원1인당 R&D = log(R&D/종업원수)

결과를 살펴보면 대부분의 설명변수에서 R&D 지원을 받은 기업들이 통계적으로 유의하게 우수한 것으로 나타났다. 이는 정부의 R&D 지원이 상대적으로 우월한 기업들에게 이루어지고 있다는 것을 의미한다. 즉, 정부가 R&D 지원을 함에 있어서 신재생에너지 기업들 중에서도 우수한 성과를 보일 것으로 예상되는 기업들에게 집중적으로 지원했다는 것을 확인할 수 있는 것이다. 따라서 이와 같은 상황에서 단순하게 R&D 지원 사업의 성과를 평가한다면

선택 편익이 발생한다. 왜냐하면 정부의 지원을 받은 기업들은 이미 우수한 성과를 보일 것으로 예상되는 기업들이기 때문에, 다른 일반적인 기업들과 비교를 통해 성과 차이를 도출한다면 정부의 R&D 투자 성과가 과대추정 될 위험이 존재한다. 따라서 이와 같은 경우에는 선택 편익을 해결할 수 있는 방법인 PSM 방법을 통해 정부 R&D 투자의 순수한 효과를 도출할 필요성이 있다.

3. 분석 결과

1) 정부의 R&D 지원을 받은 신재생에너지 기업의 성과

<표 4>는 정부의 R&D 지원을 받은 신재생에너지 기업의 성과를 PSM을 통해 도출한 결과를 보여주고 있다. 여기에서 대조군은 일반기업들 중 산업코드가 신재생에너지 기업과 일치하는 기업들이다. 결과를 살펴보면 기업의 성장을 나타내는 변수인 매출액 증가율, 자산 증가율, 부채증가율, 종업원 증가율에 있어서 정부의 R&D 지원이 긍정적인 역할을 하고 있다는 것을 확인할 수 있다. 특히 이러한 정부의 R&D 효과는 시간이 지남에 따라 더욱 커지는 것을 볼 수 있다. 하지만, 기업의 수익성을 나타내는 변수인 ROA와 ROE 증가율에 있어서는 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났으며, ROE의 경우 3년 후 성과에 있어서는 -28.1%로 오히려 음의 효과가 나타났다. 기업의 혁신성을 나타내는 변수인 종업원 1인당 R&D 증가율에 있어서는 정부의 R&D 지원으로 인한 양의 효과가 나타났지만, 매출액 당 R&D는 통계적으로 유의한 효과를 보이지 않고 있다.

〈표 4〉 R&D 지원 사업의 효과(지원 받은 신재생에너지 기업 vs. 일반 제조업 기업)

구분	ATT				
	1년후	2년후	3년후	4년후	
성장성	매출액 증가율	4.66	11.5 **	31.9 ***	34.2 ***
	자산 증가율	9.8 ***	14.3 ***	21.5 ***	28.3 ***
	부채 증가율	10.2 ***	20.8 ***	26.6 ***	40.0 ***
	종업원수 증가율	4.3	13.3 ***	16.4 ***	30.2 ***
수익성	ROA	1.2	0.27	2.59	-88.8
	ROE	9.3	-1.12	-28.1 **	-4.37
안정성	부채비율주1) 증가	-57.3	80.3	76.5	-13.9
	자본비율주2) 증가	2.79	-1.35	0.69	-0.76
	유동비율주3) 증가	-45.1	-106.9	-130.0	-316.9 **
혁신성	1인당 R&D	49.4 ***	109.9 ***	91.7 ***	82.9 **
	매출액 당 R&D	-39.1	-73.5	-5.04	-4.04

주 1: *, **, *** 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의미한 추정치임을 의미

주 2: 모든 증가율은 지원 받은 연도를 기준

주 3: 부채비율 = (부채 / 자기자본) *100

주 4: 자본비율 = (자기자본 / 총자산) *100

주 5: 부채비율 = (유동자산 / 유동부채) *100

위 결과는 대조군을 일반 기업으로 선택했을 경우이다. 하지만 앞서 언급했던 것처럼 대조군을 일반 기업이 아닌 정부의 R&D 지원을 받지 못한 신재생에너지기업으로 한정하여 분석을 하게 되면 더 많은 선택 편의를 줄일 수 있다. 또한 이 결과에서 신재생에너지 기업으로 지정됨으로써 받는 혜택들을 간접적으로나마 확인할 수 있다. 이처럼 매칭에 사용될 대조군을 정부의 R&D 지원을 받지 않은 신재생에너지 기업으로 선택한 경우에 대한 결과를 <표 5>에 정리해 놓았다. 결과를 살펴보면, 대조군이 일반기업이었을 경우보다 그 성과가 상대적으로 줄어든 것을 확인할 수 있다. 기업의 성장에 있어서 자산이나 부채의 증가율에는 정부의 R&D 지원이 긍정적인 역할을 하고 있지만 매출 증가율이나 종업원수 증가율에는 유의한 영향을 미치지 않고 있다. 이는

정부의 R&D 지원으로 자산과 부채가 증가하는 효과가 있으나 지원이 매출로 연결되지 않아 실제로 R&D 지원 효과가 없는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 기업의 수익성이나 안정성 개선에는 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 기업의 혁신성의 경우, 종업원 1인당 R&D 증가에는 지원 후 2년 까지는 양(+)의 영향을 미치고 있지만, 매출액 당 R&D에는 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 이는 R&D 지원금이 보통 여러 해에 걸쳐 투자되기 때문에 1인당 R&D가 2년 후까지 증가했을 가능성이 큰 것으로 볼 수 있다.

이러한 <표 4>와 <표 5>의 결과를 종합해보면 대조군을 일반 제조업으로 분석했을 경우, 성장성과 혁신성에서 효과가 있는 것으로 나타났으나 이는 R&D에 의한 효과인지, 다른 신재생에너지 정책에 의한 효과인지 불분명하다는 것을 확인할 수 있다. 또한 대조군을 신재생에너지로 한정했을 경우 매출액 증가율, 종업원수 증가율, ROA, ROE 등에서 유의미한 결과가 나타나지 않아 실제로 R&D 지원에 의한 효과는 없는 것으로 확인되었다.

<표 5> R&D 지원 사업의 효과(지원 받은 신재생에너지 기업 vs. 지원 받지 않은 신재생에너지 기업)

구분	ATT				
	1년후	2년후	3년후	4년후	
성장성	매출액 증가율	0.85	0.87	4.97	-1.38
	자산 증가율	10.6 ***	14.8 ***	12.9 ***	10.8 *
	부채 증가율	6.6	14.9 **	8.78	17.6 **
	종업원수 증가율	1.1	4.34	0.78	0.26
수익성	ROA	1.06	1.23	2.7	-0.12
	ROE	15.9	9.3	4.07	16.4
안정성	부채비율주1」 증가	-105.9	-80.6	57.6	15.8
	자본비율주2」 증가	1.39	0.027	46.03	-4.35 *
	유동비율주3」 증가	-60.5	-156.8	-75.8	-60.5
혁신성	1인당 R&D	47.9 ***	70.5 ***	44.2	52.4
	매출액 당 R&D	-15.3	-1.37	-51.4	94.8

주 1: *, **, *** 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의미한 추정치임을 의미

주 2: 모든 증가율은 지원 받은 연도를 기준

2) 정부의 R&D 지원을 받은 신재생에너지 기업 중 태양광 기업의 성과

본 절에서는 신재생에너지 원별 R&D 지원에 대한 경제적 성과 평가를 실시한다. 태양광 기업은 샘플이 155개로 PSM 분석하기에 충분하지만, 풍력, 연료전지, 바이오, 태양열, 폐기물 등 기업의 샘플 수가 적어 비태양광 그룹으로 통합하여 분석한다.

<표 6>는 정부의 R&D 지원을 받은 태양광 기업의 성과를 추정한 결과이다. 이때의 대조군은 일반 제조업 기업들이다. 결과를 살펴보면 태양광 분야 기업의 성장에 있어서 정부의 R&D 지원이 긍정적인 역할을 수행 하고 있는 것으로 나타났다. 하지만 그 효과는 3년이 지나면서 점차 약화되어 지속성이 부족한 것으로 나타났다. 혁신성장에 있어서 1인당 R&D의 증가에 효과가 있는 것으로 나타났는데, 이는 태양광 분야의 경우 R&D 지원 사업에 대해 어느 정도 혁신이 이루어지고 있는 것으로 평가할 수 있는 대목이다. 하지만, R&D 집약도가 증가하지 않고 있는 것을 고려해보면 진정한 혁신성 향상에 긍정적인 영향을 미쳤는가를 판단하기에는 불분명하다. 마지막으로 수익성이나 안정성에 있어서는 R&D 투자가 가시적인 성과를 보이고 있지 못하다.

<표 6> R&D 지원 사업의 효과(지원 받은 태양광 기업 vs. 일반 제조업 기업)

구분	ATT				
	1년후	2년후	3년후	4년후	
성장성	매출액 증가율	15.3 **	19.9 **	35.9 **	33.3 **
	자산 증가율	18.2 ***	27.9 ***	33.4 ***	33.6 ***
	부채 증가율	17.8 ***	33.0 ***	41.1 ***	36.3 ***
	종업원수 증가율	7.3	12.9 *	27.3 ***	24.7 ***
수익성	ROA	3.23	4.16	3.58	-3.14
	ROE	20.1	-4.8	-21.3	61.2
안정성	부채비율주1」 증가	-82.9	34.7	92.9	-297.9
	자본비율주2」 증가	78.2	1.03	-0.34	0.81
	유동비율주3」 증가	200.4	-36.4	-279.5	-381.9
혁신성	1인당 R&D	54.3 **	91.8 ***	83.4 *	86.9 **
	매출액 당 R&D	-134.4	-839.4	-280.2	-7.35

주 1: *, **, *** 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의미한 추정치임을 의미

주 2: 모든 증가율은 지원 받은 연도를 기준

그렇다면 대조군을 신재생에너지 기업으로 한정한다면 성과는 어떻게 달라질까? 매칭에 사용될 대조군을 정부의 R&D 지원을 받지 않은 신재생에너지 기업으로 선택한 경우에 대한 결과를 <표 7>에 정리해 놓았다. 결과를 살펴보면 앞서 대조군을 일반기업으로 설정한 경우와 크게 다르지 않은 것으로 나타났다. 기업의 성장성에 있어서 정부의 R&D 지원이 긍정적인 역할을 수행하고 있는 것으로 나타났으며, 매출액 성장률의 경우 앞선 결과와 유사하게 4년 이후 그 성장률이 감소하는 것으로 나타났다. 즉, 지원받은 기업의 장기적인 성장까지 고려한 정책적 대안이 필요하다는 것을 보여주는 결과이다. 혁신성에 있어서도 앞의 결과와 유사하게, R&D 지원이 어느 정도 혁신에 기여하고 있는 것으로 나타났다. 수익성과 안정성 증가에서는 초기에 몇몇 성장률에서 유의미한 결과를 보이고 있지만 전체적으로는 유의미한 효과가 나타나다고 단정하기 어려웠다.

<표 7> R&D 지원 사업의 효과(지원 받은 태양광 기업 vs. 지원 받지 않은 신재생에너지 기업)

구분	ATT				
	1년후	2년후	3년후	4년후	
성장성	매출액 증가율	10.1	16.1 *	31.5 *	15.1
	자산 증가율	17.6 ***	24.6 ***	24.3 ***	38.1 ***
	부채 증가율	19.7 ***	26.5 ***	21.6 **	44.6 ***
	종업원수 증가율	8.4 *	12.9 *	23.3 ***	36.9 ***
수익성	ROA	4.11	2.51	4.29	2.48
	ROE	37.7 *	9.42	68.3	25.2
안정성	부채비율주1」 증가	-113.4 *	30.6	-266.9	-27.2
	자본비율주2」 증가	-0.17	13.2	1.46	-5.5
	유동비율주3」 증가	-153.4	-29.7	-34.4	-23.8
혁신성	1인당 R&D	50.0 **	67.7 ***	115.5 ***	96.4
	매출액 당 R&D	-31.7	-43.2	-117.5	178.0

주 1: *, **, *** 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의미한 추정치임을 의미

주 2: 모든 증가율은 지원 받은 연도를 기준

3) 정부의 R&D 지원을 받은 신재생에너지 기업 중 비태양광 기업의 성과

마지막으로 정부의 R&D 지원을 받은 신재생에너지 기업 중 비태양광 기업들의 성과를 도출해보았다. <표 8>은 대조군을 일반 제조업 기업으로 하여 분석을 수행한 결과이다. 결과를 살펴보면 정부의 R&D 지원으로 자산과 부채가 증가하는 효과가 있으나 이러한 효과가 매출 증가나 고용 증가로 연결되지 않음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 앞선 태양광 분야의 R&D 지원이 기업의 성장에 유의한 양의 효과를 보인다는 결과와 상이하다. 혁신성에 있어서도 R&D 지원 효과가 3년 이후로 유의미한 증가를 보이고 있지 못하고 있으며, 수익성과 안정성에 있어서는 몇몇 지표에서 음의 효과가 나타난 것을 확인할 수 있다. 이 결과를 종합해보면 태양광 분야에 비해 비태양광 분야의 경제적 성과가 미흡하다는 사실을 보여주고 있으며, 이로 인한 정부지원의 효율성이 비태양광 분야에서 더욱 떨어진다는 것을 확인할 수 있다.

<표 8> R&D 지원 사업의 효과(지원 받은 비태양광 기업 vs. 일반 제조업 기업)

구분	ATT				
	1년후	2년후	3년후	4년후	
성장성	매출액 증가율	-1.5	-4.7	4.9	10.6
	자산 증가율	4.6 *	5.6	5.2 ***	18.3 ***
	부채 증가율	5.4	11.4 **	21.6 **	19.5 *
	종업원수 증가율	0.5	-0.7	-0.3	4.9
수익성	ROA	-1.78	-2.72 *	44.6	0.92
	ROE	4.04	-14.5	40.8	-30.6 *
안정성	부채비율주1」 증가	-1.93	-66.1	-254.8	-137.2
	자본비율주2」 증가	-0.41	-2.63 *	-0.64	1.83
	유동비율주3」 증가	-96.6 **	-89.3	-82.3	-123.1
혁신성	1인당 R&D	43.6 *	70.3 ***	44.5	85.4
	매출액 당 R&D	-65.4	-4.7	-5.94	-9.47

주 1: *, **, *** 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의미한 추정치임을 의미

주 2: 모든 증가율은 지원 받은 연도를 기준

대조군을 일반 기업이 아닌 신재생에너지 기업으로 한정하여 분석한 결과 역시 크게 다르지 않았는데, 이 결과를 <표 9>에 나타내었다.

<표 9> R&D 지원 사업의 효과(지원 받은 비태양광 기업 vs. 지원 받지 않은 신재생에너지 기업)

구분	ATT				
	1년후	2년후	3년후	4년후	
성장성	매출액 증가율	-6.6	-12.7	-12.4	-32.7
	자산 증가율	6.93 ***	5.4	7.8	24.8
	부채 증가율	6.74 *	10.9 **	11.9	25.2
	종업원수 증가율	-1.5	-0.9	-3.4	27.1 **
수익성	ROA	-1.13	-3.48 **	0.01	3.10
	ROE	-0.65	34.6	-24.9	32.4
안정성	부채비율주1」 증가	-39.6	-169.9	170.0	-43.0
	자본비율주2」 증가	0.84	-2.85 **	-1.99	-5.95
	유동비율주3」 증가	70.5	-62.4	-69.9	-58.8
혁신성	1인당 R&D	55.3 ***	83.4 ***	27.5	110.2
	매출액 당 R&D	0.10	60.8	86.0	175.7

주 1: *, **, *** 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의미한 추정치임을 의미

주 2: 모든 증가율은 지원 받은 연도를 기준

이상을 정리하면 <표 10>과 같다. 정부의 R&D 지원을 받은 신재생에너지 기업은 일반 제조업에 비해 성장성이나 혁신성에서 우수한 성과를 나타냈지만 R&D를 지원받지 않은 신재생에너지 기업과 비교했을 때 경제적 성과가 나타나지 않았다. 반면, R&D 지원을 받은 태양광 기업은 일반 제조업 및 신재생에너지 기업과 비교했을 때 성장성과 혁신성에서 우수한 성과를 보여주었다. 단 수익성과 안정성에는 성과가 나타나지 않아 지속가능 발전에는 의문이 있었다. 정부의 R&D 지원을 받은 비태양광 기업은 어떠한 경제적 성과도 나타나지 않았다.

〈표 10〉 R&D 지원 사업의 효과 정리

구분		지원 효과	
		대조군이 일반 기업	대조군이 신재생에너지기업
정부의 R&D 지원을 받은 신재생에너지기업	성장성	+	-
	수익성	-	-
	안정성	-	-
	혁신성	+	-
정부의 R&D 지원을 받은 태양광 기업	성장성	+	+
	수익성	-	-
	안정성	-	-
	혁신성	+	+
정부의 R&D 지원을 받은 비태양광 기업	성장성	-	-
	수익성	-	-
	안정성	-	-
	혁신성	-	-

주 : +는 유의미한 효과가 있음을, -는 유의미한 효과가 없음을 나타냄.

V. 결론

본 연구는 최근 중요도가 높아지고 예산이 지속적으로 증가하고 있는 국내 신재생에너지 R&D에 대한 경제적 성과를 평가하였다. 분석결과 R&D 지원 받은 신재생에너지 기업은 일반 제조업과 비교했을 때, 매출액이나 자산이 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 다만 R&D 지원이 수익성이나 안정성으로 연결이 안 되고 있는 것으로 나타났다. 신재생에너지 R&D 지원에 대한 순수한 효과를 검증하기 위해 대조군을 R&D 지원 받지 않은 신재생에너지 기업으로 한정하여, 기업의 성장성, 수익성, 안정성, 혁신성에 유의한 영향을 미치지 못하고 있는 것으로 분석되었다. 즉 신재생에너지 R&D 지원이 기술사업화를 통한 기업의 실적으로 연결되지 못하고 있는 것으로 보인다. 결과를 구체적으로 살펴보기 위해 신재생에너지 기업을 태양광 기업과 비태양광 기업으로 구분하여 추가적인 분석을 수행하였다. 태양광의 경우 R&D 지원이 기업의 성장성과 혁신성에 유의한 영향을 미치고 있는 것으로 나타나고 있으나, 비태양광 부문에서는 효과가 미미한 것으로 분석되었다. 이는 국내 신재생에너지 보급이 태양광에 집중적으로 이루어져 비태양광에 비해 기술사업화가 상대적으로 활발하게 진행된 것으로 풀이된다. 하지만 태양광과 비태양광 분야 모두에서 수익성의 측면에서 어떠한 양의 효과도 나타나고 있지 않은데, 이는 R&D 지원을 받은 기업이 지속적으로 성장할 수 있는 여건이 부족하다는 것을 의미한다. 따라서 신재생에너지 R&D 결과물이 국내·외 보급으로 연결될 수 있도록 여건을 갖추어야 할 것으로 보인다. 하지만 본 논문에서는 정부 지원의 효과를 4년 이후의 성과, 즉 단기적인 성과만을 보았기 때문에 장기적으로도 이러한 수익성과 안정성에 영향을 없을 것이라고 확대 해석하는 것은 주의하여야 한다. 특히, 수익성과 안정성은 성장성과 다르게 중장기적으로 나타날 수 있는 성과이기 때문에 이에 대한 장기적인 분석은 향후에 더

많은 논의가 이루어져야 할 것으로 보인다.

신재생에너지 R&D의 경제적 성과를 제고하기 위해 기술사업화에 대한 관심과 제도개선이 필요하다. 우선 R&D 착수단계부터 완료까지 기술사업화를 고려하여 진행할 필요가 있다. 미국의 경우 R&D 수행 전에 아이디어의 기술성 및 경제성 측면에서 가능성을 검증하는데 많은 시간과 예산을 투입한다. 또한 현재 R&D 성과 평가가 논문 및 특허 건수로 되어 있는 것을 기술사업화 중심으로 변경할 필요가 있다. 논문 및 특허 제작도 중요하지만 R&D 성과는 기술이 개발되어 구체적인 제품과 서비스로 실현되었을 때 의미가 있는 것이다.

본 연구는 신재생에너지 R&D 평가를 위해 PSM이라는 정량적인 방법을 이용하여 선택 편의를 제거함으로써 보다 객관적인 분석을 수행했다는 데 큰 의미가 있다. PSM 방법은 주요 선진국을 중심으로 폭넓게 사용하고 있는 도구로써 이를 이용하여 신재생에너지 R&D 뿐만 아니라 정보통신, 건축, 자동차 등의 타분야 R&D 성과평가에도 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 자료의 제약으로 태양광과 비태양광 두 분야로 나누어서 분석하였지만, 향후 충분한 자료가 확보된다면 풍력, 바이오, 연료전지 등 타 신재생에너지 분야의 R&D 성과 평가를 수행할 것을 미래연구로 제안한다.

접수일(2014년 8월 12일), 게재확정일(2014년 9월 15일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 김호·김병근, 2012. “정부보조금의 민간연구개발투자에 대한 효과분석”, 기술혁신학회지 15, 649-674
- 김홍규, 2013. “PSM과 DID의 순차적 적용을 통한 정부지원사업의 효과성 분석”, Information systems review 15, 141-150.
- 오준병·장원창, 2008. “정부 직접보조금, 기업 R&D 투자 그리고 대체 또는 보완효과의 결정요인분석”, 산업조직연구, 16(4), 1-33.
- 윤윤규·고영우, 2011. “정부 R&D지원이 기업의 성과에 미치는 효과 분석: 동남권 지역 산업진흥사업을 중심으로”, 기술혁신연구 19, 29-53.
- 이종일·김찬준, 2007. “R&D 지원 정책이 기술성파에 미치는 영향 분석”, 기술혁신학회지, 10, 1-21.
- 이재익·윤윤중·안두현·권용수·오재건, 2000, “연구과제의 경제성 평가모형”, 정책연구, 1-134
- 이철용 외, 2013. “신재생에너지기술 성과분석 및 확산을 위한 기획”, 산업통상자원부.
- 조현춘·김재천·박상덕, 1998, “R&D 투자에 대한 경제성 분석의 사례연구 -초전도 한류기 개발을 중심으로-”, 기술혁신연구 6(2), 159-177
- 최준석·김상신, 2009. “성향점수 매칭을 이용한 정부 연구개발 보조금 효과분석”, 한국산학기술학회논문지 10, 200-208.
- Almus, M. and Czarnitzki, D. 2003. “The effects of public R&D subsidies on firms’ innovation activities: the case of Eastern Germany”, *Journal of Business & Economic Statistics*, 21(2), 226-236.
- Becker, S. O., & Ichino, A. 2002. Estimation of average treatment effects based on propensity scores. *The Stata Journal*, 2(4), 358-377.
- Bloomberg New Energy Finance. 2013. “Global Renewable Energy Market Outlook”
- Blundell, R. and Costa Dias, M. 2000. “Evaluation methods for non experimental data”,

- Fiscal Studies*, 21(4), 427-468.
- Busom, I. 2000. "An Empirical Evaluation of The Effects of R&D Subsidies", *Economics of Innovation and New Technology*, 9(2), 111-148.
- Caliendo, M. 2006. Microeconometric evaluation of labour market policies. Berlin: Springer.
- Carboni, O. A. 2011. "R&D subsidies and private R&D expenditures: evidence from Italian manufacturing data", *International Review of Applied Economics*, 25(4), 419-439.
- Czarnitzki, D., Ebersberger, B., and Fier, A. 2007. "The relationship between R&D collaboration, subsidies and R&D performance : Empirical evidence from Finland and Germany," *Journal of Applied Econometrics*, 22, 1347-1366
- David, P. A., Hall, B. H., & Toole, A. A. 2000. "Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence". *Research Policy*, 29(4), 497-529.
- Gorg, H. and Strobl, E. 2007. "The Effect of R&D Subsidies on Private R&D", *Economica*, 74(294), 215-234.
- Klein, A., Held, A., Ragwitz, M., Resch, G., and Faber, T. 2006. "Evaluation of different feed-in tariff design options- Best practice paper for the International Feed-in Cooperation
- Koshi, H. 2008. "Public R&D subsidies and employment growth-microeconomic evidence from Finnish firms," *Keskusteluaiheita-Discussion Paper*, 1143.
- Lerner, J. 1999. "The Government as Venture Capitalist: The Long-Run Impact of the SBIR Program," *The Journal of Business*, 72(3), 285-318
- Neyman, J. and Iwazkiewicz, K. 1935. "Statistical problems in agricultural experimentation", *Supplement to the journal of the Royal Statistical Society*, 2(2), 107-180.
- Piekkola, H. 2007, "Public funding of R&D and Growth : Firm-level evidence from Finland," *Economics of Innovation and New Technology*, 16(3), 195-210

- Quandt, R. E. 1972. "A new approach to estimating switching regressions", *Journal of the American Statistical Association*, 67(338), 306-310.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. 1983. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.
- Rubin, D. B. 1974. "Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies", *Journal of educational Psychology*, 66(5), 688-701.
- Wallsten, S. J. 2000. "The effects of government-industry R&D programs on private R&D: the case of the Small Business Innovation Research program", *The RAND Journal of Economics*, 31(1), 82-100.

ABSTRACT

Economic Evaluation for Renewable Energy R&D
in South Korea

Seunghwan Oh* and Chul-Yong Lee**

The importance of renewable energy is all the more growing sharply as the necessity for climate change mitigation and energy security enhancement has been increasing. Korean Government also has been increasing the R&D support for renewable energy consistently and there has been considerable achievements in research paper publications and patent applications. Despite these kinds of efforts, however, as there has been questions whether the achievements of R&D in renewable energy is led to the creation of economic value. Therefore, the paper aims at analyzing the connection between the R&D support and the economic performance. Propensity Score Matching method which solves the issue of selectivity bias has been used for analysis. The result shows that the R&D support in Solar PV sector has a statistically significant effect on the growth and innovation of corporations while but not significant in non-PV sector.

Key Words : Renewable Energy, R&D, Technology Commercialization,
PSM, Outcome Evaluation

JEL Codes : C19, H59, Q42

* Post-Doc Researcher, Seoul National University(main author).
onlywinwin@gmail.com

** Research Fellow, Korea Energy Economics Institute(corresponding author).
cylee@keei.re.kr