



[2016-9-RP-017]

REC가격변동이 태양광투자에 미치는 영향에 대한 실증분석

선우석호^{1)*}

Effect of the REC Price Volatility on the PV System Installation by Private Participants: Empirical Test on a Korea Case under the RPS System

Sukho Sonu^{1)*}

Received 27 July 2016 Revised 30 August 2016 Accepted 30 August 2016

ABSTRACT After implementing the RPS in 2012, independent PV memberships who participate in the REC markets have grown 19 times within 4 years. On the other hand, the increase in capacity differ with times, though the long-term trend is on the rise. This paper examines whether and how much the investments in the PV system by private investors are affected by past REC prices and the price volatility that represents market risk. This paper shows that PV capacity investments are inversely affected by the past price and the volatility with the statistical significance for two dataset, inland and Cheju. This result requires a government authority to design a new system to reduce the price volatility. The author recommends here the pre-announcement of price guideline by authority, and an insurance product and/or put option to cover down-side price risk.

Key words 태양광, RPS(신재생에너지 의무할당제), REC(공급인증서), 가격변동, 투자, 시장위험

1. 서론

태양광발전은 공해유발적인 화석원료 발전소를 대체하는 에너지원이며, 소외지역에의 효과적인 전력공급방식일 뿐 아니라 향후 대량 보급될 전기자동차의 무공해 충전 등 미래에 각광받을 영역으로, 국가미래를 위해 투자를 반드시 늘려야하는 분야이다. 다만, 기술개발 및 대규모 용량확보가 일정 수준에 다다르기 전인 초기 단계에는 생산비용이 과도하여 시장가격으로 생산이 유발될 수 없는 시장실패분야이다. 각국은 민간 참여를 촉진하기 위해 생산비용

을 상회하는 가격으로 장기간 구매해주는 FIT(feed-in-tariff, 발전차액지원제도)나, 대형발전사업자가 발전량의 일정 비율을 신재생에너지원으로 조달하되 부족분은 민간 참여자와 수의계약으로 또는 인증 받은 민간참여자의 경쟁적인 입찰가를 기준으로 공급인증서(REC)를 구매하는 RPS(Renewable Energy Portfolio Standard, 신재생에너지 의무할당제)를 도입하고 있다. 2012년 1월에 한국정부는 그동안 운용해 왔으나 재정부담 또는 전기료 인상을 유도하는 FIT제도를 폐기하고, 이를 시장가격도입으로 경제성 증진의 효과가 있는 RPS시스템으로 전환하였다.

태양광발전예의 투자는 이후에도 지속적으로 늘어나 시장에 참여한 태양광 월 설치용량(누적치)이 2016년 3월말 현재 1,392GWH로 4년 전 대비 4배로 증가하였다¹⁾. 전세

1) College of Business Administration, Hongik University
E-mail: sonu@hongik.ac.kr
Tel: +82-2-320-1717 Fax: +82-2-322-2293

계적으로 볼 때 태양광시장은 독일, 미국, 일본, 중국 등이 큰데, 평균 생산단가측면에서 가장 큰 시장을 보유한 독일은 미국의 최대 수요처인 캘리포니아에 비해 1/2에 불과하여 국가별로 큰 차이를 보이고 있다. 이는 누적 용량이 큰 데에 기인한다. 스완슨 법칙에 의하면 용량이 2배로 증가하면 패널생산원가가 20%씩 감소한다고 한다²⁾. 즉, 독일의 경우 용량이 클수록 비용이 줄고 이것이 또 다른 투자를 유도하여 용량을 키워왔던 것이다. 따라서 우리나라에서도 어느 정도 수준의 누적용량확보가 더 많은 투자를 촉진시키는 요인이 된다는 점에서 태양광에 대한 투자는 조기에 확대하는 것이 국가적으로 볼 때도 유리한 선택이다(Hunt^[1] 참조). 그러나 용량확보에 중요한 역할을 하는 민간인에 의한 투자가 어떤 논리에 의해 이뤄지는 데에 대한 연구가 부족하다. 특히, 가격의 수준이나 변동에 어떤 영향을 받아 이뤄지고 있는가에 대한 연구는 전무하다. 본 연구는 투자이론을 먼저 설명한 후 실증분석을 시행함으로써 시장에 참여하는 민간투자자들이 가격정보를 투자에 어떻게 활용하였는지 가격이 태양광설비용량에 끼친 영향을 밝힘으로써 보여준다. 본 연구에서는 지역별 특성을 고려하여 제주를 제외한 육지와 제주지역에 대한 투자를 분리하여 분석한다.

2. 신재생에너지 의무할당제에 대한 기존문헌 연구와 시사점

기존의 연구들은 신재생에너지 의무할당제(또는 RPS)에 대한 정책적인 측면을 다룬 것들이다. 정책적인 측면에서 RPS제도는 시장가격도입에 따른 경제성 증진이란 이점이 있다. 하지만 에너지원별로 차별적 지원이 어렵고, 신규 기술의 예상되는 한계생산비용이 기존의 성숙기술의 한계비용보다 높을 경우 사업자들이 성숙기술에 안주하거나 신규 기술을 도입한 사업자 대비하여 성숙기술도입사업자가 과도한 이윤을 취득할 반 정책적인 효과가 발생할 수 있다. 이에 대해 이수철·박승준^[2]은 차별적 지원을 위해 일본의

사례를 들어 태양광 등에 대한 별도의무량 설정과 가중치 설정제도 도입을 제안하였다. 진상현^[3]은 이에 더하여 가중치 설정 시 환경요인을 포함할 것과 이것이 어려울 경우 경제성에 기준한 순차도입 및 발전차액지원제도와 병렬 도입을 제안하였다. 아울러 이희선·안세웅^[4]은 RPS 도입 초기에 한해 발전차액지원제도와 결합시행을 제안하였다. 권태형^[5]은 태양광에 대한 차별적 지원과 일부성숙기술에의 초과이윤문제는 가중치방식과 별도할당설정으로의 해결을 제안하였다.

그리고 RPS제도는 FIT의 고정가격 및 장기계약방식과 달리 시장가격, 즉 공급인증서(REC, renewable energy certificate)가격 도입에 따른 가격변동, 즉 시장위험이 존재하고 이에 의한 투자 위축이란 문제점이 있다. 권태형^[5]은 이에 대해 최고 및 최저가격제도의 활용으로 줄일 수 있다고 주장하였다. 그러나 규제기관이 최고 및 최저가격제도를 활용하여 가격의 진폭을 인위적으로 줄일 경우 시장가격이 경제요인에 비탄력적이 되면서 오히려 가격변동을 증가시킬 수도 있는 문제를 야기할 수도 있다. 이철용 등^[6]은 REC가격 변동의 감소를 위해 발전사가 아닌 전력판매사가 RPS 의무자가 되는 제도로의 변환, SMP+REC를 합하여 고정가격으로 보장하는 방식, 금융기관에 의한 SMP+REC 고정수익을 보장하는 금융상품의 개발, REC 선물상품 도입 등을 제안하였다. 그러나 판매사가 의무자가 된다하더라도 한전과 자회사간의 지배구조나 전기요금을 시장상황에 유연하게 올릴 수 없는 한국적인 정부규제 환경에서 RPS 비용이 그대로 소비자한테 전가가 되기는 어렵다. 또한 고정가격보장방식은 시장기능의 긍정적인 효과를 제거하면서 가격에의 정부개입이라는 정부실패를 야기하는 위험이 존재하며, 금융상품 개발이나 선물시장은 바람직한 제언이나 민간이 스스로 참여할 만한 여건이 아직 조성되지 않았다는 점에서 장기적인 과제로 연구해야 할 것이다. 따라서 이 같은 새로운 정책 신설에 앞서 현재의 RPS제도 아래에서 REC 가격과 가격변동이 투자에 어떤 영향을 주는가를 미시적으로 분석하는 일이 우선되어야 할 것이다.

본 연구는 가격변동이 가져다주는 투자자의 시장위험이 투자에 어떤 영향을 끼치는 지 분석한다. 우선 위험이 투자에 끼치는 영향에 대한 이론을 설명한 후 자료분석 및 실증 분석을 시행한다.

1) 자료원천: 한국에너지공단 홈페이지,
<https://www.renewableenergy.or.kr/spc/stats/powerstation/selectPowerStationList.do>
 2) 태양에너지의 선구자인 스완슨(Richard Swanson)은 실제자료를 통해 패널생산량과 비용과의 관계를 도표로 보여준다. Hunt^[1] 참조.

3. 투자이론과 의무할당제 아래에서의 가설 설정

다음으로 투자이론을 간단히 설명하고 의무할당제 아래에서의 시장위험, 가격수준이 투자에 끼치는 영향과 관련된 가설을 설정한다.

3.1 투자 결정이론

본 연구에서는 투자자의 투자 인센티브는 투자에 따르는 재무적인 가치(financial value)를 극대화하는 데에 있다. 이런 가정에서 투자자는 투자의 순현재가 즉, NPV(net present value)를 극대화할 것이다. 순현재가는 투자이후 이사업이 창출하는 미래 현금흐름들의 현재에서 초기투자를 뺀 값이다(선우석호^[7] 참조). 이를 수식화하면 다음과 같다.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r_t)^t} - I_0$$

여기서, I_0 : 초기 투자비용

C_t : t기의 순현재금유입, 즉 수익-비용

r_t : 자금조달비용(대출의 경우 대출이자)

T는 사업수명(단위:년)

투자자는 NPV가 0보다 크면 투자를 결정하는데, 이는 향후 예상되는 기간별 순현재금유입액 C_t 이 클수록 그리고 자금조달비용 r_t 이 작을수록 NPV가 늘어나므로, 투자가능성이 높아진다. 분자에 해당하는 현금흐름, 즉 수익에서 비용을 감한 값이 크게 예상될수록 투자는 늘어난다. 또한 시장위험 즉, 예상되는 기간별 현금흐름의 변동이 증가하면 현금흐름의 예상치(평균값)는 변동하지 않더라도 위험의 증가로 조달비용, 즉 r 이 상승하고 투자유인감소로 이어진다. 요약하면 투자 후 확보될 현금흐름이 클수록, 현금흐름의 변동이 작을수록 투자가 촉진된다.

3.2 가설의 설정

의무할당제에서 신재생에너지 발전사업자의 수익은 계통한계가격(이하 SMP), REC가격 및 발전량에 의해 결정된다. 발전차액지원제도에서는 SMP를 초과하는 발전단가를 전액 지원했지만 의무할당제에서는 시기적으로 변동하

는 REC가격을 보전가격으로 사용한다. REC가격은 정부가 일방적으로 정하는 것이 아니라 시장기구 즉, 전력거래소에서 다수의 공급자가 매도가격을 제시하면, 전력회사나 발전사업자가 이 가격에 매입을 결정하면 확정된다³⁾, 따라서 투자자 즉, 발전사업자는 발전차액지원제도에서와는 달리 REC가격 변동에 따르는 위험을 부담해야한다. 가격변동위험 즉, 시장위험은 미래의 수익에 변동을 줄 수 있을 뿐 아니라 투자비를 조달함에 있어 조달비용을 상승시킨다. 특히, 타인자본으로 태양광 보급사업에 참여하는 일반인이나 소규모 발전업체에게는 조달 자체를 어렵게 만든다. 또한 이들이 장래에 유망한 신기술을 도입코자할 때 기술적인 위험이 가중되어 신기술개발을 지연시키는 사회적 비용을 유발한다. 시장위험의 증가는 기존기술에 의한 투자위축과 신기술에 의한 투자 위축을 동시에 불러일으켜 투자 활성화에는 부정적으로 작용한다. 따라서 다음과 같은 가설 설정이 가능하다.

가설 1: 시장위험의 증가는 투자를 위축시킨다. 즉, 시장위험과 투자의 양은 부(-)의 관계이다.

본 연구에서는 시장위험 즉, 가격변동(price volatility)은 시차별 가격변동으로 파악하였다. 이는 가격의 기간별 변동치로 미래가격의 불확실성을 대변한다. 동시에 이는 미래 수익의 불확실성을 대변한다. 미래 수익의 불확실성은 미래수익의 현재가치를 감소시킨다. 따라서 위와 같은 가설 설정이 가능하다.

본 연구에서의 시차별 가격변동은 투자 자료가 집계되는 인증서 매각 시점의 1개월 전에서 5개월 전 기간 동안의 가격변동, 즉 표준편차로 파악한다⁴⁾. 즉 투자 즉, 시장참여 PV용량 자료가 잡히기 전 약 1개월 전 투자결정이 최종적으로 이뤄진다고 가정하였다. 즉, 설치작업과 실적확보 및 인증서 발부에 1개월 소요될 것으로 예상하였다.⁵⁾ 따라서

3) 이 가격은 공급자와 수요자 양방이 동시에 경매에 임하는 경쟁적 가격은 아니다, 공급자간 가격경쟁으로 공급자가 지대추구적인 로비보다는 생산단가를 낮추어 이익을 늘리려는 노력을 유도한다.
 4) 4개의 가격정보로 계산된 표준편차로 변동의 특성을 유지하면서 자료수를 최대한 확보하기 위함이다. 추가 연구에는 기간을 증가시킬 수 있을 것이다.
 5) 투자결정 후 인증서 매각까지의 기간은 지역/개인에 따라 1~3개월이 소요되나, 본 연구에서는 자료를 최대한으로 활용하기 위해 1개월 소요되는 것으로 가정하였다.

시장참여투자자가 투자결정시 확보한 가격정보는 인증서 매각 1개월 전의 과거자료에서 그 이전 3개월간의 총 4개의 가격정보를 활용하는 것으로 가정하였다.

다음은 가격과 투자와의 관계이다. 앞서 논의한 바와 같이 스완슨 법칙에 의하면 패널단가는 누적용량에 반비례한다. 패널 외에도 인버터, 선반제작, 전선과 같은 BOS(balance of system)과 이에 수반되는 노임, 행정비용 등도 한계제값의 법칙에 따라 누적용량에 의해 감소한다. 흥미로운 사실은 비용감소가 투자를 유인하여 추가적인 비용하락을 유도하게 된다는 점이다. 이는 가격이 지속적으로 감소하는 동적인 프로세스(dynamic process)에서는 투자자는 게임의 법칙에 따라 행동한다. 즉, 투자가 늦춰질수록 투자에 따르는 이익이 감소하는 것을 아는 투자자는 가격하락하면 이에 자극받아 투자를 서두른 다는 것이다. 따라서 다음과 같은 가설설정이 가능하다.

가설 2: 장기간의 가격하락 추세에서 가격하락은 투자를 증가시킨다. 즉, REC가격수준과 투자의 양은 부(-)의 관계이다.

위의 가설대로 가격변동과 가격수준이 각각 투자의 양과 부(-)의 관계에 있다면 이들의 곱 즉 가격변동×가격수준은 투자의 양과 양(+)의 관계에 있게 될 것이다. 이와 같은 양(+)의 결과는 앞서 두변수의 (-)영향과 (-)영향의 곱이 가져온 기술적인 것이며, 통계적으로 유의할 경우 가격과 가격변동의 용량에 대한 (-) 영향을 감소시키면서 실증분석모형의 설명력을 증가시킬 것이다.

4. 자료의 선정과 분석

본 연구에서는 세 가지 자료가 사용되었다. 우선 RPS제 실시 이후의 월별 설치용량, REC가격 그리고 거시경제지표가 그들이다. 설치용량(Inv)은 시장에 참여하는 태양광 발전사업자의 설치용량(이하 시장참여설치용량)으로 월말 기준의 누적치이다. 시장참여설치용량은 분석기간(2012년 6월-2016년 3월)동안 보급총량의 60%를 차지하며 나머지 40%는 한전과 직거래하는 PPA(Power Purchase Agreement,

전력수급계약)발전사업자가 설치한 용량이다. PPA발전사업자는 REC 판매에 있어 현물시장가격이 계약시장가격에 비해 높을 경우에만 현물시장에 참여하는 성향이 짙고, 계약시장은 고정가격과 변동가격(사후 재정산)이 혼재되어 있어 시기별로 REC시장가격에 민감하지 않은 경우가 많다.⁶⁾ 따라서 본 연구에서는 PPA를 제외한 시장참여 태양광발전사업자의 설치 용량을 중심으로 분석을 시행한다. 시장참여설치용량은 다시 육지(Inv_inland)와 제주(Inv_cju)로 나누어 시행한다. 그 이유는 육지와 제주는 지역적인 투자 여건이 매우 다른 것이 첫 번째 이유이고 둘째로는 제주에 대한 분석은 지역의 일치성(homogeneity)을 유지할 수 있어 설명변수의 설명력이 늘어날 것이라는 기대가 있기 때문이다. 여기서의 용량은 인증서 발부 후 집계된 설치총량을 의미하며 에너지통계 핸드북에서 발췌하였다.

REC가격(Price)은 전력거래소(KPX)에서 공시한 REC가격을 그대로 사용하였다. 다만, 기간별로 빈도수가 달라⁷⁾ 1회 이상 거래가 있었던 일부 기간에는 월말가격을 해당 월의 가격으로 하였다. 마지막으로 거시경제지표를 투자에 영향을 줄 것으로 예상되는 거시경제지표를 선정하여 이론적으로 가장 의미 있는 지표를 선정하고자 하였다. 우선 거시경제지표로는 경제성장률(분기별), 소득지수인 국민총소득 GNI(연별)와 부동산 경기를 나타내는 지표로 국민은행 주택가격지수(월별)를 선정하였다. 이 중에서 전기수요 및 투자환경에 두루 영향을 주는 가장 의미가 있다고 보이는 거시경제지표로 경제성장률(GDPgr)을 최종 선정하여 본 분석에 사용하였다.⁸⁾

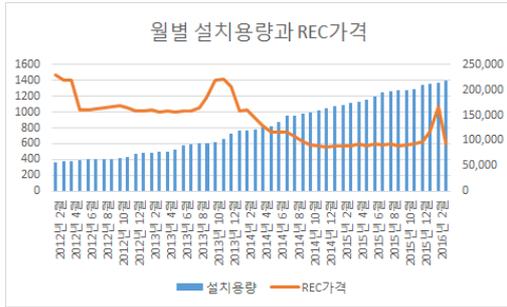
Fig. 1은 분석 기간 동안의 기간별 설치용량과 REC가격을 보여주고 있다. 예상과 같이 설치용량은 지속적으로 증가하는 추세이며, REC가격은 점차 감소하는 추세이나 시기적으로 큰 변동을 보여 주고 있다. 흥미로운 현상은 단기간이지만 가격이 급격히 증가한 2013년 9월~12월 기간 동

6) 2016년 1월 현물시장 거래량은 232,193REC로 계약시장을 포함한 총거래량의 72%를 차지한다. 시장참여자들은 대부분 현물시장을 이용하는 것으로 판단된다. 자료원천: REC거래동향리포트, 전력거래소(2016. 2)

7) 2014년 10월 이후 월 2회, 2016년 3월 이후에는 월 4회 REC가격이 제공되었다.

8) 분기별 자료로 판매이후 해당 3개월의 성장률로 사용하였다. 투자자들은 KDI등의 단기GDP성장률예측자료를 활용하며, 이것이 판매이후의 실현 GDP성장률과 오차가 없다는 가정이 적용되었다.

안 설치용량은 초기에 정체되다가 11월과 12월에 20만 원 대에 정착되는 모습을 보이고서야 1개월의 시차를 두고 대 폭 증가하고 있다. 가격변동에 투자가 위축되다가 이례적인 가격인상에는 투자가 늘어나고 있다. 그러나 2014년 1월



단위: MW(좌측), 원(우측)

Fig. 1. 기간별 설치용량과 REC가격(2012.2~2016.2)

이후 가격하락이 추세가 되는 시기에는 가격과 용량은 정반대의 모습을 보이고 있다. 하락이 심할수록 더 늦기 전에 투자를 서두르는 모습일 거라 판단된다. 반면 2016년 2월 한번에 그친 가격상승에는 투자가 영향을 받지 않고 있다.

다음의 Table 1은 본 분석에 사용된 변수들의 통계치와 변수들 간의 상관계수와 단순회귀분석을 행할 때 추정된 계수(coefficients)를 보여주고 있다. 여기서 사용된 자료는 가격변동을 계산하기 위해 투자 이전 5개월의 자료가 요구되므로 2012년 6월부터 시작되어 2016년 3월까지의 총 46개월간의 자료이나, 2014년 3월과 2016년 2월 인증서 거래가격이 존재하지 않아 최종적으로 44개이다.

Table 1의 패널-A의 자료 특성을 살펴보면 총 설치용량(단위: MW)을 나타내는 누적투자(INV)와 육지에의 투자(InV_inland), 제주에의 투자(InV_cju)는 변동과 1개월

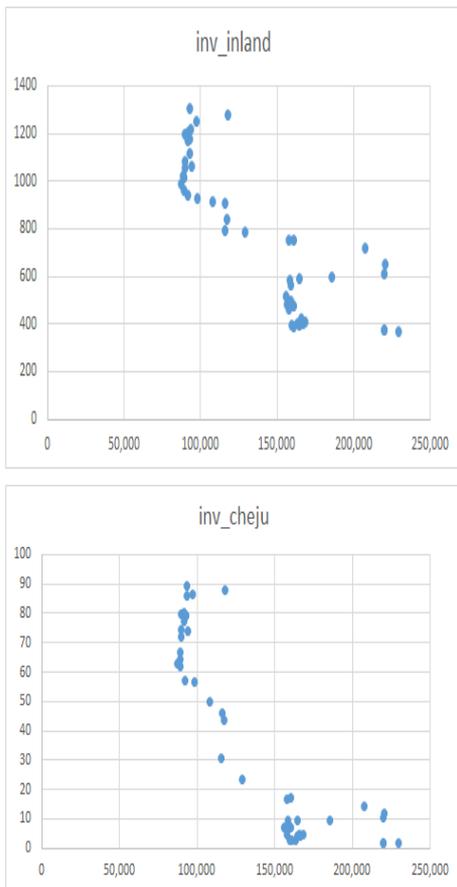
Table 1. 분석에 사용된 변수들의 특성과 변수 간 상관계수

패널 A: 각 자료의 특성							
	Inv	Inv_inland	Inv_cju	Price	P4	V5 ²	GDPgr
평균	840	804	39	133	138	11522	0.7
표준편차	328	297	32	40	40	12143	0.27
자기상관 계수	0.997	0.997	0.993	0.897	0.850	0.687	0.43
패널 B: 변수간의 상관관계							
	Inv	Inv_inld	Inv_cju	Price	P4	V5 ²	GDPgr
Inv	1						
Inv_inld	0.9997	1					
Inv_cju	0.9812	0.9766	1				
Price	-0.8174	-0.8096	-0.8751	1			
P4	-0.8526	-0.8423	-0.9162	0.8574	1		
V5 ²	-0.3096	-0.2998	-0.3557	0.3075	0.5820	1	
GDPgr	0.1764	0.1899	0.0794	0.0310	0.0863	0.1787	1
패널 C: 회귀분석을 통한 설명변수의 유의성							
Inv =a0	+a1 Price	+a2 P4	+a3 V52	+a4 GDPgr	Adjusted R ²		
1736 (101,6)	-6.75 (0.73)**				66%		
1802 (94.7)		-6.97 (0.659)**			72%		
936 (65.9)			-0.0084 (0.00396)*		7%		
688 (139.6)				216.7 (186.7)	1%		

* 변수설명: Inv: 시장참여설치용량총액, Inv_inland: 시장참여설치용량_육지, Inv_cju: 시장참여설치용량_제주, Price: 인증서거래시점의 REC 가격, P4: 설치용량 집계일 이전 4개월 REC가격평균, V5²: 설치용량 집계일 이전 4개월 REC가격들의 표준편차, GDPgr: 경제성장률(실질).
** 패널 C의 괄호안의 숫자는 standard error임. **는 1%, *는 5%내에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

시차변수와의 자기상관도 높은 편이다. 설치용량이 파악된 월의 REC가격(Price, 단위: 천원)과 설치용량이 파악된 월의 5개월 전부터 1개월 전까지의 4개월간의 평균가격(P4)는 비슷한 특성을 보이고 있다. 또한 설치용량이 파악된 월의 5개월 전부터 1개월 전까지의 4개월간의 가격에서 산출된 표준편차(V5²)는 그 자체의 변동이 크고, 자기상관도 높은 편이다. 거시변수인 경제성장률(GDPgr)은 설치용량이 파악된 시점의 1개월 전 GDP성장률(단위: %)로 파악했으며 이는 변동이 크고, 자기상관은 낮은 편이다.

Table 1의 패널-B에서 자료간의 상관계수를 살펴보면 종속변수인 INV와 가격변수(Price, P4)와의 관계가 매우 큰 부(-)의 값을 보여준다. 가격의 변동을 나타내는 V5²와도 -0.31의 높은 부(-)의 관계를 보여주고 있다. 특히 제주에의 설치용량과 이들 변수와의 관계에 있어 유의도가 더욱 크게 나타나고 있다. 이는 제주의 경우 육지 평균에 비



단위: 원(X축), MW(Y축)

Fig. 2. REC가격(X축)과 시장참여설치용량(Y축)

해 설명변수에 대해 더욱 예민하게 반응하여 투자를 결정한 것이 그 이유라고 파악된다. 경기변수인 GDPgr도 투자와 정(+)의 관계를 보임으로써 경기가 좋으면 투자가 늘어남을 보여주고 있다. 패널-C의 단순회귀분석을 통해 본 설명변수의 설명력을 살펴보면 현재가격, 과거 평균가격, 가격의 분산 등이 각각 1%, 1%, 5%내에서 통계적으로 유의한 모습을 보여주고 있다.

Fig. 2는 육지와 제주에의 시장참여설치용량인 누적투자(Y축)가 REC가격(X축)과 어떤 관계인지 시각적으로 파악하기 위해 작성하였다. 이들의 관계가 일단 선형적인 관계가 아니며 비선형관계로 판단된다. 육지의 경우 더욱 복잡한 모습인 반면, 제주의 경우는 비교적 원점에 볼록한 모습을 보여 변동성이 더욱 설명력을 가질 것이라는 예상하게 된다. 본 연구에서 사용된 REC가격은 2015년 5월 이전에는 통합가격 그리고 그 이후는 육지의 REC가격이다. 제주지역분석에도 같은 가격정보를 사용하였는데, 제주에 특화된 REC가격은 2015년 5월 이후에나 보고되어 이 자료로는 분석이 불가능할 뿐 더러, 제주의 투자자도 대부분의 기간인 2015년 5월 이전에는 육지REC가격을 보고 투자를 했고, 그 이후에도 제주의 가격과 육지의 가격이 유사한 체계 내에 있어 투자결정에 있어 육지의 가격을 중시하였을 것으로 판단하였기 때문이다.

5. 실증분석과 시사점

본 절에서는 앞서 시행한 자료 분석을 바탕으로 실증분석을 시행한다. 우선 실증모형을 설정하고, 이에 따른 실증분석 결과와 시사점을 요약한다.

5.1 실증분석 모형

우선, 앞서의 자료 분석에서 예상한 설치용량 즉 투자와 가격과의 관계에서의 비선형성을 확인하여 자료간의 적합성을 확인하고자 한다. 따라서 모델(1)에서는 종속변수인 투자(Inv)에 대해 설치시점에서 파악된 가격변수와 가격의 제공들의 시계열 자료를 설명변수로 하여 회귀분석을 시행한다. 조정변수(control variables)로서 거시변수로서의 경기를 나타내는 경제성장률 GDPgr과 연도별 특성을 반영

한 연-더미(year dummies)를 추가한다.

model (1)

$$(Inv)_{it} = \alpha_0 + \sum_{k=1}^4 \alpha_{1,k}(P)_{i, t-k} + \sum_{k=1}^4 \alpha_{2,k} P^2_{i, t-k} + \alpha_3(GDPgr)_{i,t-1} + \alpha_4 \text{ Year dummies} + \epsilon_{it}$$

여기서 Inv =1,2(1=육지, 2=제주)
 P: REC거래가격(1개월전~4개월전)
 GDPgr: 설치 1개월 전경제성장률
 t,k: 각각 자료의 시점(월)과 개월

이어서 본 연구의 목적인 가설검증을 위한 다음의 회귀 분석 모형을 설정한다.

model (2)

$$(Inv)_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 P_{4i, t-1} + \alpha_2 \sigma(P)_{i,t-1} + \alpha_3 P_{4i, t-1} * \sigma(P)_{i,t-1} + \alpha_4 (GDPgr)_{i,t-1} + \alpha_5 \text{ Year dummies} + \epsilon_{it}$$

여기서 Inv =1,2(1=육지, 2=제주)
 P4: 설치전 1~4개월 간 REC 평균거래가격
 σ(P): 설치전 1~4개월 간 REC가격의 표준편차
 GDPgr: 설치 1개월 전 경제성장률
 Year dummies: 해당연도 더미변수(0,1)

5.2 실증분석 결과

Table 2의 첫 번째 실증분석은 Model(1)을 통해 Fig. 2에서의 설치용량 즉, 투자와 가격과의 선형 및 비선형관계를 파악하고자 함이다. 육지에서의 태양광설치용량의 선형 모형과 비선형모형 그리고 제주에서의 태양광설치용량의 선형모형과 비선형모형을 분석하였다. 가격에 있어서는 4개월 전의 가격이 비교적 유의한 수준에 접근하고 있다. 이는 인증받기 1개월 전(즉 투자결정시점)부터 4개월 전까지의 가격을 투자결정에 사용할 것이라는 추정을 가능하게 한다. 변동성을 나타내는 가격의 제곱은 거의 유의하지 않아 용량과 가격의 관계가 단순한 2차함수와의 관계가 아닌 3차원의 관계일 수 있음을 시사한다. 이는 가격과 변동(제

곱의 값)과의 곱, 즉 3차함수가 곡면의 정도를 나타내면서 Fig. 2의 특성을 효과적으로 설명할 개연성을 남겨놓는다. 또한 거시변수는 앞서의 자료 분석에서 보았듯이 어느 정도의 설명력을 가지며, Year Dummies는 매우 높은 설명력을 가지는 것으로 나타내고 있다. Year Dummies는 용량자료의 시계열 상의 자기상관 문제를 상당 분 해소할 수 있을 것으로 예상된다.

Table 3은 본 연구의 목적인 가설 검증을 위한 것이다. model(2)는 누적용량이 지난 4개월간의 가격정보와 가격의 변동에 의해 어떤 영향을 받는지를 육지와 제주의 경우를 분리하여 분석하였다. 4개월간의 가격정보로는 실적 1개월 전부터 4개월 전까지의 산술평균 REC가격 (P4)를 사용하였고, 가격변동은 이들 정보의 표준편차(σ(P))로 시장위험을 대변한다. P4와 σ(P)의 곱인 P4*σ(P)항은 이 두 변수의 곱효과(multiply effect)를 나타내는 변수이다.

Table 3의 1행과 2행은 model(2)의 육지(inland)와 제주(cju)에 대한 분석결과를 보여주고 있다. 육지와 제주 모

Table 2. model (1)의 의한 설명변수 시계열 값의 적합성 검증

$(Inv)_{it} = \alpha_0 + \sum_{k=1}^4 \alpha_{1,k}(P)_{i, t-k} + \sum_{k=1}^4 \alpha_{2,k} P^2_{i, t-k} + \alpha_3(GDPgr)_{i,t-1} + \alpha_4 \text{ Year dummies} + \epsilon_{it}$				
변수	1	2	3	4
	Inv_inland	Inv_inland	Inv_cju	Inv_cju
	선형모형	비선형모형	선형모형	비선형모형
	OLS계수(t-값)	OLS계수(t-값)	OLS계수(t-값)	OLS계수(t-값)
1차 함수군				
(P) _{i, t-4}	-1.27(-1.72)	-4.03(-0.62)	-1.63(-2.32)*	.894(-1.61)
(P) _{i, t-3}	-1.188(-1.19)	2.63(0.33)	-.126(-1.32)	.576(0.84)
(P) _{i, t-2}	-.0634(-0.06)	-8.31(-1.07)	-.022(-0.23)	-.852(-1.29)
(P) _{i, t-1}	.9435(1.14)	-2.59(-0.46)	-.064(-0.81)	-.534(-1.11)
2차 함수군				
P ² _{i,t-k, t-4}		.001(0.56)		.002(1.51)
P ² _{i,t-k, t-3}		-.010(-0.44)		-.002(-0.98)
P ² _{i,t-k, t-2}		.022(1.02)		.0016(1.20)
P ² _{i,t-k, t-1}		.012(0.77)		.0016(1.20)
GDPgr	106.74(2.44)*	121.75(2.77)*	6.46(1.54)	7.272(1.94)
Year Dummies	-1723.8 (F=72.4)**	-1524.1 (F=28.2)**	144.61 (F=55.96)**	-116.28 (F=22.64)**
조정 R ²	0.9584	0.9638	0.9683	0.9748

(주석) **,*는 각각 1%,5%내에서 통계적으로 유의함을 나타냄. 자료 수는 44개. Year더미변수는 연도별 계수 4개를 합산하여 표시하였으며, F-값은 계수의 합이 0과 다름에 통계적으로 유의함을 표시하며 선형의 경우 F(1,34), 비선형의 경우 F(1,30)에 대한 5% 유의한 F-값은 각각 4.13, 4.17임. (Hanlon^[8] 참조)

Table 3. model (2)의 회귀분석 결과

$$(Inv)_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 P4_{i,t-1} + \alpha_2 \sigma(P)_{i,t-1} + \alpha_3 P4_{i,t-1} * \sigma(P)_{i,t-1} + \alpha_4 (GDPgr)_{i,t-1} + \alpha_5 \text{Year dummies} + \epsilon_{it}$$

변수	1	2
	Inv_inland	Inv_cju
	OLS계수	OLS계수
	(t-값)	(t-값)
P4	-3.999 (-3.74)***	- .687 (-8.72)***
$\sigma(P)$	-.015 (-2.03)**	-.002 (-3.5)***
P4* $\sigma(P)$.0001 (2.21)**	.00001 (3.9)***
GDPgr	90.44 (2.08)**	7.446 (2.32)**
Year Dummy	-1,657 (F=58.86)***	-123.7 (F=60.12)***
조정 R ²	0.9564	0.9801

(주석) ***는 1%, **는 5%, *는 10%내에서 통계적으로 유의함을 나타냄. 자료 수는 44개, Year더미변수는 연도별 계수 4개를 합산한 값이며, 사용된 F-값은 더미변수 계수의 합이 0과 다름에 통계적으로 유의한지를 표시하며, 위 모델(2)의 자유도 F(1,35)에 대한 5% 유의한 F-값은 4.13임. (Hanlon^[8] 참조)

두에서 P4, $\sigma(P)$ 와 P4* $\sigma(P)$ 가 모두 통계적으로 유의하며 계수도 모두 가설에서 예상한 방향과 같이 투자결정에 영향을 주고 있다. 제주의 경우가 육지의 경우보다 가격변동성의 통계적 유의성이 더욱 높게 나타나고 있다. 따라서 가설-1과 가설-2 그리고 두 변수의 곱효과가 모두 통계적으로 유의함을 보이면서 검증되고 있다고 평가된다.

6. 결론

본 연구는 실증분석모형을 통해 REC 가격변동이 어떻게 투자에 영향을 주는 가 분석하였다. 앞서 설명한바와 같이 가격과 투자실적과의 (-)관계, 시장위험과 투자실적과의 (-)관계, 가격과 시장위험의 복합효과의 투자실적과의 (+)관계 모두가 통계적인 유의성을 가지며 검증되었다. 특히 model(2)로 행한 제주 지역분석에서 시장위험이 1%의 유의성을 가지고 투자를 위축하고 있음을 보여준 점은 매우 흥미로운 결과이다. 태양광에 대한 투자는 누적실적이 생

산단계에 매우 큰 영향을 주어 어느 단계에 이르면 한계비용 0에 접근하는 상황으로 전개될 수 있다. 이 같은 실정에서 민간의 다양한 투자자가 프로슈머(prosumer)로서 참여할 것을 독려하는 것은 국가적으로도 매우 중요한 일이다. 본 연구에서 분석된 바와 같이 REC가격의 변동이 시장참여자들의 투자를 위축시키는 데에 중요 요인이 되고 있다는 사실은 우리에게 매우 중요한 시사점을 던져주고 있다.

정책당국자들은 여타의 태양광투자 활성화지원책 개발에 앞서 REC가격의 변동을 줄일 수 있는 방안을 모색하여야 할 것이다. 단기적인 방안으로 정부가 REC 거래가격에 가이드라인을 공시하여 시장 자율적으로 변동 폭을 줄여나가도록 유도하는 방법을 고려할 수 있을 것이다. 중장기적으로는 지나친 가격하락 시 사후적으로 손실보전이 가능한 보험 상품이나 REC 선물(future)이나 풋옵션의 개발을 고려할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 연구되었습니다. 아울러 논문 내용을 크게 개선하는 데 유익한 심사평을 해주신 익명의 두 분 심사위원께 깊은 감사드립니다.

References

- [1] Hunt, Tam (2014), "Swanson's Law and Making US Solar Scale Like Germany: Can the U.S. halve the price of solar?", Greentech Media. 2014.11.24.
- [2] 이수철·박승준 (2008), "한국의 신재생에너지전력 지원 정책: EU와 이론의 제도 비교분석을 통한 지원정책의 현상과 과제", 환경정책연구, 7(4): 1-37.
- [3] 진상현 (2009), "신재생에너지 공급의무화제도 도입관련 서울시의 대응방안", 서울시정개발연구원.
- [4] 이희선·안세웅 (2011), "의무할당제(RPS) 시행과 재생에너지 활성화에 미치는 영향. 환경포럼, 15(4): 1-8.
- [5] 권태형 (2014), "신재생에너지 시장확대를 위한 정책수단의 비교", 한국정책과학학회보, 제18권 제2호.
- [6] 이철용 외 7인, "신재생에너지 공급인증서(REC) 가격 예

측 방법론 개발 및 운용, 에너지경제연구원 기본연구보고서, 15-12, 2016.6.

[7] 선우석호 (2016), 「핵심재무관리」, 율곡.

[8] Hanlon et al. (2003), “Are executive stock options associated with future earnings”, *Journal of Accounting and Economics* 36, pp. 3-43.

[9] 최재호, 이태섭 (2015), “RPS제도가 PF방식 LNG복합발전프로젝트의 사업성에 미치는 영향”, *신재생에너지* 11(1), pp. 27-35B.

[10] 김영경, 장병만 (2012), “한국 태양광발전사업의 에너지 균등화비용(LCOE) 추정”, *신재생에너지* 8(3), pp. 23-29.

[11] Byrne, John, Job Taminiau, Kyung Nam Kim, Jeongseok Seo, Joohee Lee (2016), “A solar city strategy applied to six municipalities: integrating market, finance, and policy factors for infrastructure-scale photovoltaic development in Amsterdam, London, Munich, New York, Seoul, and Tokyo”, *WIREs Energy and Environment*, Vol.5, JAN/FEB, pp. 68-88.