

미국 Tennessee주 양계 농장의 태양광발전 도입 타당성 연구

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 김영철
(kimcheoly@reseat.re.kr)

1. 서론

- 석유 가격이 상승하고 있고 환경에 대한 관심이 증가하고 있어 재생에너지의 개발에 대한 요구가 점점 증가하고 있다. 특히 풍력발전과 태양광발전은 유망한 미래 에너지원으로 주목받고 있다. 미국 에너지부(DOE: Department of Energy)에 의하면 미국 국토의 1.6%에 집열판을 설치하면 미국의 에너지 수요를 모두 충족할 수 있다고 한다.
- 미국의 주요 전력업체 중 하나인 TVA(Tennessee Valley Authority)도 재생에너지 개발을 위하여 GPS(Green Power Switch) 프로그램을 실시하고 있다. TVA의 연간 전력 공급량은 176TWh(2006년)이며 화석연료 비율은 64%이지만 수력발전(6%)을 제외한 재생에너지 비율은 1% 미만(85.1GWh)에 불과한 실정이다.
- TVA는 재정적 인센티브를 주면서 재생에너지 전력을 개발하고 있다. GPS 프로그램에서는 풍력발전 78%, 메탄가스발전 21.5%, 태양광발전 0.5%의 비율로 재생에너지 전력이 개발되고 있는데 태양광발전의 개발이 극히 부진한 상태에 있기 때문에 이를 더욱 장려할 필요가 있다.
- Tennessee주는 양계 산업(2006년도 매출액 4.137억 달러)이 발달해 있는데 양계 산업은 전력을 포함한 에너지 수요가 매우 큰 분야이다. 양계 농장이 태양광발전을 도입하여 자체 전력 수요를 충족할 수 있으면 에너지 비용을 절감하고 재생에너지 개발에 크게 기여할 수 있을 것이다. 여기서는 Tennessee주의 양계 농장을 대상으로 태양광발전의 도입 타당성 연구를 수행하였다.

2. 태양광발전의 현황

- 과거에 태양광발전(PV: Photovoltaic)의 높은 투자비가 문제였지만 최근에는 기술의 개선으로 투자비가 크게 낮아졌다. 1970년대의 집열판 비용은 W당 25달러였지만 지금은 3.5달러 수준이다. 그러나 PV 시스템 이용은 아직까지 재정적 인센티브에 의존하고 있으며 일부 주에서는 개발 보조금, 무이자 융자 그리고 세금 감면 등의 인센티브를 주고 있다.
- 양계 농장에서 전기요금은 두 번째로 큰 비용 항목이다. Alabama주 북부 지역에서는 2006년도에 양계 가구당 전기 요금으로 3,700달러를 지출한 것으로 추정되고 있고 이는 전년도보다 1,200달러나 증가한 수치이다.
- 양계 분야의 태양에너지 이용 현황
 - 양계 단지의 태양열 이용을 이전부터 연구되어 왔지만 경제성이 없는 것으로 평가되었다. 그러나 Maryland주의 양계 농장을 대상으로 한 연구에서는 농장 열량 수요의 42%를 태양열로 공급하면 프로판 가스를 이용하는 것보다 경제성이 있는 것으로 분석된 바 있다.
 - 양계 단지의 태양광발전 도입에 대한 타당성 연구는 Delaware 대학을 제외하면 지금까지 거의 없었다. Delaware 대학은 2005년에 양계 농장이 1.5kW 용량의 태양광발전을 이용하면 경제성이 있고 수명 주기 동안에 112톤의 CO₂와 1.8톤의 SO_x 및 0.4톤의 NO_x 배출량을 감축할 수 있는 것으로 분석하였다.
 - Delaware 대학은 2007년에도 42kW 용량의 PV 시스템을 양계 농장에 설치하여 연구하였다. 투자비(최대 50만 달러)의 50%를 Delaware주에서 지원받고 kWh당 0.2달러에 해당하는 재생에너지 인증서(REC: Renewable Energy Certificate)를 발급받았다. PV 시스템의 설치로 양계 농장은 연간 7,500달러의 전기 요금을 절감하였고 투자 소득세의 30%를 감면받았다. 투자비 회수 기간은 2.5년으로 평가되었다.

3. 연구 방법 및 데이터

- Tennessee주에는 5개의 양계 단지 밀집 지역이 있는데 Bedford, Bradley, Fentress, Greene 및 Weakley의 5개 카운티(county)에 위치해 있다. 이들 5개 카운티의 육계 생산량은 주 전체의 46%를 차지하고 있다.
- 본 연구에서는 양계 농장에 PV 시스템을 도입할 경우의 수익/비용 분석으로 타당성 분석을 하였으며 정치 및 경제적 조건에 따라 여러 가지 시나리오를 가정하여 분석하였다.
 - PV 시스템의 발전용량은 20kW를 기준으로 하였다. 20kW 용량을 선택한 이유는 Tennessee주의 보조금 기준(kW당 8,000달러, 투자비의 최대 40%, 건당 최대 75,000달러)에서 최대로 지원을 받을 수 있기 때문이다. 또한 양계 농장의 연간 전력 사용량은 2~2.5만kWh 범위인데 Tennessee주에서는 20kW 용량의 연간 발전량이 2.5만kWh 정도로 적절하기 때문이다.
 - Tennessee주의 TVA 전력망에서 PV 시스템의 전력 구매 가격은 10년 동안 주택용과 상업용의 여부에 따라 kWh당 15센트와 20센트이다. 이 조건에서 모든 인센티브를 고려한 PV 시스템의 비용은 kW당 5,200~8,000달러 정도로 분석된다. 운전 기간이 10년을 지난 시점부터는 생산된 전력을 모두 잉여 수익으로 간주하였다. 분석 결과는 순현재 가치와 내부 수익률로 나타내었다.

4. 미국의 재정적인 인센티브

- Tennessee주는 2006년 9월부터 재생에너지 시설에 대한 새로운 기준(발전용량 kW당 8,000달러, 투자비의 최대 40%, 건당 5,000~75,000달러)의 보조금 대책을 시행하고 있으며 이를 위해 2007년도에 375만 달러의 예산을 책정하였다.
- 미국 농무부는 2002~2007년의 기간을 대상으로 재생에너지 투자비(최대 50만 달러) 및 에너지 효율화 투자비(최대 25만 달러)의 최대 25%까지를 보조금으로 지원하도록 규정하고 있으며 여기에는 PV 시스템도 해당된다. 또한 투자비(최대 1,000만 달러)의 50%에 대하여 융자 보증을 해주고 있다. 이 법령은 2007년에 만료되지만 기간 연장이 논의되

고 있다. 또한 연방 투자 소득세의 30%를 감면해주는 인센티브도 있다.

○ 입력 데이터

- 본 분석에서는 1) Tennessee주가 PV 시스템 초기 투자비의 40%(최대 7.5만 달러)를 보조금으로 지급하고, 2) 미국 농무부가 초기 투자비의 25%를 지원한다고 가정하였다. 또한 나머지 투자비는 10년간 7.5%의 연이율로 융자를 받는다고 가정하였다.
- 연방 투자 소득세의 30%를 감면받는다. 이 조건은 보조금이나 다른 인센티브에 따른 영향을 받지 않는다고 가정하였다. 할인계수는 8.25%를 적용하며 PV 시스템의 연간 유지비는 투자비의 0.6%로 하고 시스템의 연간 보험 비용은 투자비 1,000달러 당 7.25달러로 하였다.

5. 연구 결과

- Tennessee주의 5개 양계 농장 밀집지 역에 PV 시스템을 도입하는 경우의 수익/비용 분석결과는 아래와 같다. 수치는 1) Bedford, 2) Bradley, 3) Fentress 서부, 4) Greene, Weakley 북서부의 순서이다.
 - 할인계수를 적용하지 않는 경우의 비용 회수 시간은 각기 4.7년, 5.1년, 4.5년, 4.9년 및 4.3년이였다. 할인계수를 적용하면 각기 12.2년, 16.2년, 9.8년, 14.6년 및 9.1년으로 비용 회수 기간이 크게 증가한다.
 - 수익/비용의 비는 각기 1.06, 1.04, 1.07, 1.04 및 1.08이며 모든 경우에 PV 시스템 도입의 수익이 비용보다 크다는 점을 알 수 있다. 내부 수익률은 각기 10.5%, 9.8%, 11.1%, 10.1% 및 11.7%이며 대부분 10% 이상인 것으로 분석되었다.
- 발전용량의 규모를 달리하여 PV 시스템의 순 현재 가치를 분석하면 규모가 커질수록 순 현재 가치가 낮아지는 점을 알 수 있다. 또한 보조금 비율(기본 경우 $65\% = 40\% + 25\%$)을 약간 감소시켜 60%와 55%로 하여 분석한 경우에는 PV 시스템이 경제성이 없는 것으로 분석되었다.

- 기본 경우에는 전기 요금이 매년 3%씩 인상된다. 이를 매년 1%씩 인상되는 것으로 하면 Bedford 지역에서 투자비가 kW당 7,200달러인 경우에 PV 시스템의 kW당 순 현재 가치는 기본 경우(6,477달러)에 비해 크게 낮은 3,367달러로 감소하였다.
- 연방 투자 소득세 감면을 30%에서 20%로 축소하는 경우에도 PV 시스템의 순 현재 가치가 크게 감소하였다. 특히 PV 시스템의 전력 구매 가격을 kWh당 15센트에서 10센트로 감소시키면 Bedford 지역에서 투자비가 kW당 7,200달러인 경우의 PV 시스템의 kW당 순 현재 가치는 1,956달러로 크게 감소하고 또한 할인율을 12%로 증가시키면 PV 시스템 kW당 순 현재 가치는 1,308달러로 더욱 감소하였다.

6. 결론

- 미국 Tennessee주의 양계 단지에 PV 시스템을 도입할 경우에 20kW 용량의 PV 시스템 투자비는 현재 시점에서 kW당 8,000달러 수준이다. 이를 kW당 7,200달러 수준으로 10% 이상 감소시키지 않으면 양계 단지의 PV 시스템은 경제성을 확보할 수가 없다.
- 20kW 용량 PV 시스템의 순 현재 가치에 가장 크게 영향을 미치는 인자는 투자비 보조금이다. 보조금이 투자비의 1%씩 감소하면 순 현재 가치는 35%씩 감소한다. 연방 투자 소득세 감면도 중요한 인자이며 30% 감면에서 1%씩 축소될 때마다 순 현재 가치가 15%씩 감소한다. kW당 투자비의 경우는 1%가 감소하면 순 현재 가치는 10.6% 증가한다.

출처 : Ernest F. Bazen, Matthew A. Brown, "Feasibility of solar technology(photovoltaic) adoption: A case study on Tennessee's poultry industry", *Renewable Energy*, 34, 2009, pp. 748~754

◁ 전문가 제언 ▷

- 농업 분야는 재생에너지 개발의 잠재력이 큰 분야이다. 특히 대규모 시설이 설치되어 있는 농장(작물 또는 축산)에서는 전력 수요가 높고 넓은 토지를 보유하고 있어 풍력발전이나 태양광발전 및 바이오매스(또는 바이오가스) 이용에 유리한 조건을 갖추고 있는 경우가 많다.
- 특히 미국은 축산뿐만 아니라 작물 농장에도 자동화 설비를 갖추고 있는 경우가 많아 전력 수요가 높다. 이는 세계 최대의 육계 소비국인 미국의 대규모 양계 농장도 마찬가지 상황이다. 미국 양계 농장의 비용 항목 중 두 번째로 큰 항목이 전기 요금이라고 한다.
- 이 자료는 양계 산업이 발달한 미국 Tennessee주의 전력 현황과 재생에너지 전력의 개발 필요성을 설명하고 Tennessee주 양계 농장에 태양광발전을 도입하여 자체 전력 수요를 충족할 경우의 수익/비용 분석으로 양계 농장의 태양광발전 도입의 타당성을 평가하고 있다.
- 석유 가격이 급변동하고 있고 미국의 연방 및 주정부가 재생에너지 개발에 파격적인 인센티브를 한시적으로 제공하고 있는 현시점에서 또한 태양광발전의 개발에 유리한 여건을 갖춘 Tennessee주를 대상으로 하였지만 태양광발전의 투자비(현재 kW당 8,000달러)를 10% 정도 감소시키지 않으면 양계 농장에서는 아직까지 태양광발전의 경제성을 갖추 수 없다는 결론을 내리고 있다.
- 우리나라의 경우도 재생에너지, 특히 풍력발전 및 태양광발전의 개발을 장려하고 있고 곳곳에 풍력발전단지 및 태양광발전단지들이 건설되고 있지만 농가에서의 태양광발전 이용은 규모 면에서나 투자비 부담 면에서 아직까지 시기상조라고 사료된다.
- 우리의 현실이 농가의 태양광발전 도입을 연구해야 할 정도로 좋은 여건 속에 있지 못하지만 앞으로 재생에너지 개발을 더욱 가속화할 계획이 있고 또한 태양광발전 이용을 장려하기 위한 여러 가지 대책들이 세워지고 있으므로 농가의 태양광발전 이용도 멀지 않은 미래라고 전망된다. 그런 차원에서 이 자료는 크게 참고가 되는 자료이다.