

시설원예농가의 재생에너지 적용가능성평가* -지열·태양광의 경제성 분석을 중심으로-

김태호** · 윤성이***

Evaluation of Applicability of Renewable Energy in Controlled Horticulture Farms -Centering on Economic Analysis of Geothermal · Solar Powered-

Kim, Tae-Ho · Yoon, Sung-Yee

In this study, RPS system, one of the renewable energy support systems, is utilized for economic analysis of solar generation equipment and the fuel cost savings plan for controlled horticulture farms with high fuel-cost dependency and facility applicability were evaluated. On the exterior of the upper layer of glass greenhouse (9917m²) of controlled horticulture farms using bunker C oil, half of the area (4958m²) was utilized for theoretical installation and operation of 450kW-level solar power generator, and as the result, first, the effect of investment cost only of solar generation system was found to be quite excellent, but it was analyzed that there were limits to saving the fuel costs of the controlled horticulture farms. Second, when geothermal system was first introduced in the farm and solar system was additionally introduced, it was analyzed that the effect of introducing solar system was excellent. In order to apply such effects to the sites of farming, partial supplementation of RPS system which is being uniformly applied regardless of the purpose of renewable energy is necessary. When the subject of use directly install facilities where it is directly connected to national added-value such as food security created by the farming industry, it is necessary to introduce appropriate system that corresponds to such. Moreover, it was studied that the quick development of demonstrative complex that can practically evaluate the applicability of renewable energy in farming industry and interest and preparation of related institutions in financial support structure for its site application would lead to success.

* 본 연구는 농림부 “농·임·축산, 바이오매스 순환 실증단지(Biopia) 모델구축 및 사업지침서 개발” 사업의 지원으로 이루어짐.

** 동국대학교 식품산업관리학과 대학원

*** 동국대학교 식품산업관리학과

Key words : *renewable energy, solar generation system, geothermal system, controlled horticulture complex*

I. 서 론

전세계적으로 온실가스 감축을 위한 노력이 가시화되고 있고, 각국마다 선언단계를 넘어 탄소감축을 위한 실행계획을 구체화하며 재정투입 비중 또한 높이고 있다.

우리나라도 이러한 흐름에 부응하여 신재생에너지 비중을 2020년까지 국가 총에너지 사용량의 6.1%, 2030년까지 11%로 높이고, 온실가스 배출의 주범인 석탄과 석유류의 사용을 대폭 축소하는 에너지 전략을 수립하고 있다.

하지만 우리의 현실은 그리 밝지 않다. 특히, 농업부문의 유류사용 비중은 전체 농업용 연료의 대부분을 차지하고 있으며, 화훼작물의 경우 연평균 투입비중이 11.9%로 가파르게 상승하고 있다. 여기에 국제유가 상승에 따라 농어업용 면세유 가격 또한 가파르게 상승하고 있으며, 유류비가 생산원가의 대다수를 차지하는 시설화훼부문의 경영비 부담이 날이 갈수록 가중되고 있다.

〈표 1〉 유가상승이 시설원에 경영에 미치는 영향

(10a기준, 천원, %)

구 분	유가 시나리오별 경영비 및 소득 증감율			
	'05기준(52.96\$)	83\$	90\$	100\$
경영비	100%	105	108	112
소 득	100%	94	90	86

자료 : 2007. 10. 농촌진흥청

다만 최근 관련 부서를 중심으로 농업부문의 신재생에너지 시설 도입을 위한 예산반영 등 심각성을 인지하고 있고, 산하 연구소를 통한 실증단지 운영 등 대책마련에 고심하고 있어 그나마 다행스러운 일이나 어찌되었건 현재까지 보급되어 검증된 신재생에너지의 조속한 현장 적용과 추가 확대가 절실한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 신재생에너지의 농업부문 도입을 위하여 지원제도, 보급사례, 경제성분석을 통하여 그 가능성을 조사하였다. 특히, 지열시스템과 태양광발전의 총 사업비, 운영비 등 시장 상황을 조사한 후 태양광발전시설의 경제성을 분석하였고, 이미 지열시스템이 설치된 국내 시설화훼농가를 모델로 수익성을 분석하였으며, 농업부문에서 지열시스템과 태양광발전시스템의 이용 확대를 위한 농업현장 및 제도개선과제를 제시하였다.

본 연구는 시설화훼농가의 유리온실 상부 외부공간을 활용하여 태양광시설의 설치를 전제로 하나 유리온실의 강도, 작물 방해 일사량, 유리온실의 방향, 설치조건 등 기술적 측면은 검토하지 않았다. 태양광발전이 접목된 유리온실의 구체적 안과 이미 설치된 유리온실의 상부뿐만 아니라 시설의 계획단계에서부터 태양광발전의 도입을 고려한 모델이 될 만한 모범 디자인에 대한 연구는 향후 과제로 남겨두고자 한다.

II. 신재생에너지 지원제도 및 시설운영사례 연구

본 장에서는 지열시스템과 태양광발전시스템 중심으로 우리나라의 신재생에너지 지원제도의 전담 부서인 지식경제부의 포괄적 지원을 비롯하여 농림수산식품부·환경부 등에서 운영하고 있는 특성화 지원 프로그램을 살펴보았다.

1. 신재생에너지 지원제도

1) 자가 사용 목적사업의 지원제도

지식경제부의 신재생에너지 지원사업으로는 ‘일반보급보조사업’, ‘지방보급사업’, ‘용자지원제도가 대표적이다. 태양광발전과 지열의 경우, 상기 모든 사업의 지원을 받을 수 있으나 보조를 받아 생산된 에너지를 자신의 시설 내에서 사용하는 것 이외에 제3자에게 판매하지 못한다.

〈표 2〉 분야별 정부 신재생에너지 지원사업

지원 항목	지원대상	지원기준과 내용
일반보급 보조사업	일반건물, 시설물 등에 자가 사용 목적으로 사용하는 자	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 : 기준단가의 40% 이내 태양열·지열·바이오·소형풍력 : 기준단가의 50% 이내 연료전지 : 기준단가의 75% 이내 기타 분야 : 자문위원회를 통해서 별도 검토 새롭게 개발된 신재생에너지기술(정부지원 R&D활용조건)의 상용화를 위해 설치비의 최대 80% 이내 지원
지방보급 사업	16개 광역지자체 및 기초지방자치단체	<ul style="list-style-type: none"> 적용설비용량기준으로 소요자금의 50% 이내(지방비 부담조건)
용자지원 제도	신재생에너지 설치자와 설비를 생산하는 제조업자	<ul style="list-style-type: none"> 발전설비에 대한 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 동일사업자당 지원한도액 100억원 이내 (5년 거치 10년 분할상환)

지원 항목	지원대상	지원기준과 내용
용자지원 제도	신재생에너지 설치자와 설비를 생산하는 제조업자	<ul style="list-style-type: none"> 발전시설을 제외한 설비 및 신재생에너지 제품 생산에 대한 지원 - 생산자금 및 시설자금 : 동일사업자당 100억원 이내 (5년 거치 10년 분할상환) - 바이오 및 폐기물분야 : 50억원 이내(3년 거치 5년 분할상환) - 운전자금 : 10억원 이내(1년 거치 2년 분할상환)

2) 발전사업자(전력판매사업자) 지원제도

정부는 2012년부터 신재생에너지 시설을 설치하려고 생산한 전력을 판매하고자 하는 사업자를 대상으로 정해진 가격에 전력을 판매할 수 있도록 하는 공급의무화제도인 RPS제도(Renewable Portfolio Standards)를 시행하고 있다. RPS제도는 정부가 신재생에너지의무할당 대상자인 공급의무자(REC수요자)로부터 사전에 필요한 수요물량을 제출받아 이 물량만큼 입찰을 통하여 발전사업자(REC공급자)를 선정하게 된다.

RPS제도 하에서 REC공급자인 신재생에너지 사업자는 전력 1kWh를 생산하게 되면 이에 해당하는 입찰확정 금액을 최소 12년에서 최대 15년까지 동일한 금액으로 지급받게 되며, 이와 동시에 계통한계가격(SMP : System Marginal Price)도 지급받게 된다. REC가격이 고정적인데 반해, 계통한계가격은 전력시장의 운영상황에 따라 매일 변화한다는 특징이 있다.

또한 태양광발전소를 어디에 설치하느냐에 따라 REC의 가중치가 3단계로 차별 적용되는 구조이기 때문에 최고 가중치인 1.5를 받기 위해서는 아래 <표 3>의 건축물 등 기존 시설물을 이용해야 한다는 특징도 있다.

<표 3> RPS제도의 신재생에너지 종류별 가중치(REC)

구 분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준		
		설치유형	지목유형	용량기준
태양광에너지	0.7	건축물 등 기존 시설물을 이용하지 않는 경우	5대 지목 (전, 답, 과수원, 목장용지, 임야)	
	1.0		기타 23개 지목	30kW 초과
	1.2			30kW 이하
	1.5		건축물 등 기존 시설물을 이용하는 경우	

구 분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준		
		설치유형	지목유형	용량기준
기타 신·재생 에너지	0.25	IGCC, 부생가스		
	0.5	폐기물, 매립지가스		
	1.0	수력, 육상풍력, 바이오에너지, RDF 전소발전, 폐기물 가스화 발전, 조력(방조제 有)		
	1.5	목질계 바이오매스 전소발전, 해상풍력(연계거리 5km 이하)		
	2.0	해상풍력(연계거리 5km 초과), 조력(방조제 無), 연료전지		

주 : 1) “건축물”이란 ㉠지붕과 외벽이 있는 구조물이며, ㉡사람이 출입할 수 있어야 하며, ㉢사람, 동·식물을 보호 또는 물건을 보관하는 건축물의 본래의 목적에 합리적으로 사용되도록 설계·설치된 구조물을 대상으로 「건축법」 등 관련규정 준수여부 및 안전성 등을 확보할 수 있도록 공급인증기관의 장이 정하는 세부 기준을 충족하는 설비를 의미한다.

자료 : 신재생에너지센터

태양광발전시설의 경제성을 분석하고자 하는 본 연구에 적용할 제도가 바로 이 ‘발전사업자 지원제도’로서, 시설화해 등 농업부문의 시설물을 이용해서 태양광발전시설을 설치할 경우, 가중치 1.5로서 타 지목보다 높은 수익을 창출할 수 있기 때문에 농업경영에 도움이 될 수 있는 법제도적인 기본 조건은 이미 제도화 되어 있다고 보아도 될 것이다.

2. 시설원예부문 지열히트펌프 도입사례와 한계

농촌경제연구원(김연중)의 기존 벙커C유를 연료로 하는 전라북도 남원 파프리카 농가의 지열시스템의 경제성 분석에 의하면 유리온실 3,000평을 기준으로 지열시스템 도입 이전 연간 330,000리터의 벙커C유가 소모되는데 반해, 도입 후 기존 사용된 유류 전량을 절감, 264,000천원의 유류비용 절감 효과를 거두었다고 밝혔다.

반면, 전기 사용량에 있어서는 기존 169,406kWh에서 지열 히트펌프 도입 후 1,155,774 kWh로 오히려 986,368kWh 증가하여 최종 45,230천원의 전기료가 증가한 것으로 나타났다)고 기술하였다.

1) 농업부문의 청정에너지 생산·이용실태 분석, 2011. 11 한국농어촌경제연구원(박현태, 한혜성).

〈표 4〉 지열시스템²⁾ 설치 농가 사례

형태 : 개인농가	사업명 : 시설원예지열보급사업
지역 : 전라북도 남원	사업비 : 12억9천7백만원
온실면적 : 3000평	공사기간 : 2009. 10~2010. 1(3개월)
재배작물 : 파프리카	히트펌프 용량 : 240RT
온실형태 : 유리온실	지열열교환기 사양 : 150M×80공
온실설치년도 : 1998년도	축열조 용량 : 축열조 240ton, 폐열조 48ton
사용연료 : 병커C유	FCU : 상하교반형 110대(난방 12,000kcal/Hr)
연간연료사용량 : 330,000리터(약2억6천만원)	수전설비 : 400kW(신설)
연간전기사용량 : 170,000kWh(약8백만원)	자동제어 : 냉난방자동전환(자동밸브 16개)
연간운영비 합계 : 2억6천8백만원 (CO ₂ 비용화 하지 않음)	보일러 : 1,800,000kcal/Hr(기존 사용) 기계실면적 : 27평

자료 : 한국농어촌경제연구원

〈표 5〉 지열시스템 도입 효과

연료 항목	지열도입 이전		지열도입 이후	
	사용(배출)양	금액(천원)	사용(배출)양	금액(천원)
유류사용량(리터)	330,000	264,000	-	-
전기사용량(kWh)	169,406	7,981	1,155,774	53,211
소 계		271,981		53,211
탄소배출량(TCO ₂)	유류	989.93	-	-
	전기	79.98	545	
소 계		1,070	545	

본 사업은 농림수산식품부에서 추진하는 ‘농어업에너지이용효율화사업’의 일환으로 지자체장이 농림수산식품부로부터 받은 국고 보조금과 농가에서 예치한 자부담을 위탁사업자인 농어촌공사로 이체하고, 농어촌공사가 사업비를 집행하는 시스템으로 국고보조 60%, 지방비 20%, 자부담 20%의 형태로 추진되었다.³⁾ 보조금의 폭이 크기는 하나 어쨌든 농가

2) 여기서서는 지열히트펌프를 의미함.

3) 정부가 지원한 신재생에너지 R&D기술을 활용 도입할 경우, 정부보조금(지방자치단체 포함)이 총

입장에서는 14개월만에 투자비를 회수할 수 있다.

하지만 본 사업 모델을 모든 농업시설에 일반화하여 적용할 수는 없어 보인다. 왜냐하면 언제까지 정부가 전체사업비의 상당부분을 보조하면서 지열시스템 지원을 지속할 수 있을 것인가.

어쨌든 상기 소개된 지열시스템을 도입한 시설화훼농가의 사례를 본 연구의 모델로 사용하면서 그 효과는 농어촌경제연구원의 결과를 그대로 인용하였다.

3. 태양광발전 시설투자과 운영비용

1) 태양광발전의 시설투자비

국내 시설원예농가의 유리온실 상부층 외부에 태양광발전시설을 도입한 사례가 전무하기 때문에 유리온실에 적용 가능한 투자비를 정확히 제시하기란 불가능하다. 그 대안으로 국내 태양광 설치 전문기업 3개사를 대상으로 최근 일반 건축물 경사형 지붕 기준의 시공 가격을 조사⁴⁾하였다.

조사 결과, 인허가 및 전력회사 불입금 등 사업주 부담금을 포함한 총 투자비는 1kW를 설치하는데 약 250만원 소요⁵⁾되었으며, 이 중 약 85%가 순수 시공비(지재 및 시공비), 나머지 약 15%가 설계·감리·인허가·계통비용⁶⁾인 것으로 분석되었다.

총 사업비의 50% 이상을 차지하는 태양광모듈과 인버터 가격이 대폭 하락하는 추세에 있으며 이러한 추세가 당분간 지속되리라는 게 업계의 일반적 견해이고 보면, 본 연구에서 조사된 비용을 연구의 한 조건으로 인용해도 무리가 없어 보였다.

2) 태양광발전소의 운영비

태양광발전의 경제성을 분석하기 위해서는 이에 직접 영향을 미치는 일사량, 모듈 각도 등 주요 조건의 기준설정이 중요하다. 본 연구에서는 이와 관련하여 보다 객관성 있는 데이터를 인용하기 위해 현재 운영 중인 전남 고흥 200kW급 1개와, 경북 의성 900kW급 태양광발전소발전소의 1년간 실비를 분석하다.

사례로 든 고흥과 의성의 발전소 운영실적을 비교한 결과, 발전법인의 회계 정산 세무위탁비용은 규모에 관계없이 동일하나, 그 외 보안담당, 전기안전관리자, 보험료, 유지보수용

사업비의 최고 80%까지 지원.

4) 2012. 5월 조사 : S사·K사·H사 이상 3개사

5) 최소 100kW 이상의 발전설비 비용을 기준으로 한 1kW 환산비용이며, 것임.

6) 부대고정비 중 전력회사 불입금의 경우, 시설화훼농가의 위치 및 한국전력공사의 연계전주 거리에 따라 비용이 변동적이거나 여기서는 현재 시장에서 지불되고 있는 통상적인 불입금 수준으로 산정하였다.

역 비용 등은 규모 대비 동일 비중으로 증가하였다. 다만 용량 대비 운영비는 kW당 95,913원에서 48,394원으로 큰 폭 감소하나, 매출 대비 운영비 비율은 9.2%에서 7.2%로 그다지 감소하지 않았다. 운영비 결정 요소가 발전소 규모보다 매출액의 영향을 더 크게 받고 있음을 알 수 있다.

〈표 6〉 태양광발전소의 매출 및 운영비 사례 비교(1년간)⁷⁾

	항 목	전남고흥	경북의성	
일반 조건	시설 용량(kW)	200.18	921.6	
	2년 평균 발전시간(발전시간)	4.2	3.7	
	구조물 방식(방식)	추적식	고정식	
실비형 고정비 ⁸⁾	외부 인건비	세무 위탁비	3,600,000	3,600,000
		보안비용	1,200,000	3,000,000
		전기안전관리자	2,400,000	10,000,000
	유지보수 용역비(원)	10,000,000	20,000,000	
	보험료(원)	2,000,000	9,000,000	
비용계(원)		19,200,000	45,600,000	
매출액 대비 고정비 비중(%)		9.2	7.2	
매출(원) ⁹⁾		207,000,000	634,000,000	

이에, 본 연구의 경제성 분석을 위한 조건을 선정함에 있어 시설투자비의 경우, 상기 3개 업체가 제시한 중간 가격인 kW당 250만원을, 운영비의 경우 매출의 9.2%인 고흥발전소를 기준으로 하였다.

7) 본 사례는 전남 고흥과 경북 의성에 설치되어 3년 이상 운영 중인 태양광발전소로서 최근 3년간 실적이 비슷하여 직전연도인 2001년 데이터를 비교하였다.

8) 고정비는 시설규모와 설치장소 등에 따라 다소 차이가 있으나 이외에 타 지역에서 운영 중인 발전소의 경우에서도 이와 유사한 결과를 보이고 있다. 또한 국내 다수의 태양광발전소가 SPC(특수법인)으로 운영되며, 피고용인을 별도로 두지 않기 때문에 이의 인건비는 제외하였다.

9) 발전차액지원제도(FIT : Feed-in Tariff) 운영시 설치된 발전소로서 전남 고흥의 경우 677.38원/kWh, 경북의성의 경우 510.10원/kWh에 각각 매진 되고 있다. 전남고흥의 매출은 계산은 200.18*4.2시간*677.38원*365일=207,871,624원이며, 경북의성의 경우 921.6*3.7시간*510.1원*365일=634,881,070원이다.

Ⅲ. 시설원예부문 태양광발전시설의 경제성

1. 태양광발전시설의 경제성

발전사업자의 전력 판매용도로 태양광발전시설을 운영할 경우의 경제성을 분석하기 위하여, II. 2. 3의 ‘태양광시설 투자와 운영’에서 조사된 투자비와 운영비, 그리고 현행 RPS제도의 지원기준을 기본 가정으로 하였다. 투자비 구성 또한 현행 태양광발전 사업의 일반적 투자비율인 자기자본 25%, 외부 차입자금 75%를 가정하여 적용하였다.

〈표 7〉 태양광발전 경제성 분석의 주요 조건

전제 항목	내용	비 고
총투자금(원/kW)	2,500,000	450kW의 경우 1,125,000,000원 • 자기자본(25%) : 281,250,000원 • 타인자본(75%) : 843,750,000원
SMP(원/kWh)	130	계통한계가격(변동), 매년 1.5% 증가 가정 • 1~12차년도 평균가격 130원 적용 • 13~20차년도 평균가격 150원 적용
REC(원/kWh)	234	신재생에너지 공급인증서가격(고정) • 234원=156원*지붕형가중치 1.5
기준발전시간(시간/일)	3.3	첫해 발전시간
효율감소율(%/년)	0.25	매년 전연도 발전량의 0.25%씩 감소
고정비(%)	9.2	첫해 매출 대비, 20년 고정
임대료(원)	없음	유리온실 상부
타인자본 이자율(%/연)	6.4	고정 이자율 가정
감가상각	5년 정액법	6년차 최초 법인세 적용

분석 결과, 시설화훼농가의 유리온실 상부의 옥외 공간에 적절한 방식으로 450kW급 태양광발전시설을 도입할 경우, 경제적 수명기간으로 보고 있는 20년 동안 상기 가정의 자본을 투입할 경우, 자본수익율(ROE, 세후)은 23.4%의 높은 수익률이 보장되는 것으로 분석되었다. 이 경우, 투자한 자기자본의 투자비 회수기간은 4년 1개월이며, 이후 15년 이상 수명기간 동안 안정적인 수익을 추가적으로 보장 받을 수 있는 것으로 나타났다. 만약 차입금이 없고 100% 자기자본으로 투자한다면, 투자수익율(IRR, 세후)은 17.3%으로 분석되었다.

또한 청정전력의 생산을 통하여, 매년 이산화탄소 209.5톤을 저감하여 병커C유 69,700리

터를 발열시킬 때 발생시키는 이산화탄소 만큼 절감되는 되는 것으로 분석¹⁰⁾되었다.

만약 이 같은 결과를 제2장 2의 벙커C유를 사용하고 있는 남원 파프리카 농가의 에너지 사용량을 절감하기 위한 목적으로 비교하여 보면 어떤 효과가 나타날까.

기존 파프리카 농가의 에너지비용은 각각 유류사용액 264,000천원(330,000리터), 전기사용료 7,981천원(169,406kWh)으로 총 271,981천원이었다. 또한 이를 통해 배출되는 이산화탄소량은 유류와 전기를 합하여 총 106,991톤이 다.

비교 결과, 태양광발전소에서 연간 463,864kWh의 전력을 생산, 총 51,300천원의 전력판매 수익을 올림으로써 유류비의 경우, 18.86%(투자자본 제외시 13.69%)의 비용 저감효과가 있었으며, 이산화탄소는 209.5톤 감축으로 19.6%의 저감 효과가 있는 것으로 분석되었다.

〈표 8〉 태양광발전시설(450kW) 도입 전·후의 유류 및 탄소저감 효과 비교

		태양광 도입 이전	태양광 도입 이후
온실면적(평)		3,000	3,000
작물형태		파프리카	파프리카
시설용량		-	450kW
설치비용(천원)		-	1,125,000
공간점유형태		지상	온실상부
사용연료		B/C유+전기	B/C유+전기
생산연료		-	전기
유류사용량(리터)		330,000	330,000
전기사용량(kWh)		169,406	169,406
전기생산량(kWh)			463,865
CO ₂ 배출 및 감축량(tCO ₂)	유류사용(배출)	989.93	989.93
	전기사용(배출)	79.98	79.98
	전기생산(감축)		209.5(19.6%)

10) 전기(발전기순)의 석유환산계수(순발열량)은 0.211이며, 탄소환산계수는 0.583843이므로 20년간 발전한 총 전기량 9,277,294kWh(평균 감소율 0.25% 적용/매년)의 이산화탄소 저감량은 연평균 209.5tCO₂이다. 또한 B-C유의 석유환산계수는 0.935이며, 탄소환산계수는 0.875000이므로 B-C 1리터(L)의 배출량은 0.003tCO₂이며, B-C유 69,700리터는 209.3의 tCO₂를 배출한다. 에너지관리공단, 홈페이지(www.co2.kemco.or.kr) 이산화탄소배출량(tCO₂) 자동 계산

		태양광 도입 이전	태양광 도입 이후
CO ₂ 저감 효과(%)			19.58%
에너지비용(천원)	유류	264,000	264,000
	전기사용료	7,981	7,981
	전기판매료(연평균)	-	51,300(자본 포함) 37,240(자본 제외)
에너지비용 저감효과(%)			18.86%(자본 포함) 13.69%(자본 제외)

현행 RPS제도를 활용하여 농업시설의 유류비 절감 목적이 아닌 순수 매전용으로 태양광 발전사업을 운영할 경우, 투자자본 회수기간은 4.1년으로 수익률이 우수한 것으로 분석되었다. 하지만 투자 목적을 기존 파프리카 농가의 에너지비용 및 이산화탄소 배출량을 상쇄하고자 한다면 투자 규모에 비하여 감축 효과는 그다지 크지 않는 것으로 분석되었다.

태양광 도입이 벙커C유 사용 농가의 유류비 절감과의 연계 효과가 낮은 이유는 우선, 연료의 비용은 무시하더라도 태양광발전은 전기만 생산하기 때문에 기존 농가에서 사용하는 절대 냉난방열을 대체할 수 있는 근본적 수단이 없다 것과 연료비를 상쇄할 수 있을 수준의 태양광발전시설을 추가하려면 태양광시설의 규모화가 필요한데 이럴 경우, 활용할 수 있는 유리온실 상부의 공간이 제한적이라는 이유 때문이다.

결론적으로 태양광발전시설만을 도입하여 기존 유류사용 시설화훼농가의 유류비 및 이산화탄소를 저감하는 방식은 그 다지 효과적이지 못할 뿐만 아니라 오히려 상호 인과적이지도 않다는 결론에 이르게 되었다.

2. 지열시스템 설치 전·후의 태양광발전시설 도입 효과 및 적용 가능성

제2장 2에서 사례로 소개된 남원 파프리카 농가는 1998년도에 설치되어 벙커C유를 주연료로 사용하다가 2009년 10월-2010년 1월까지 3개월 동안 총 사업비 12억9천7백만원을 투자하여 지열히트펌프를 설치한바 있다.¹¹⁾

연구를 수행한 한국농어촌경제연구원에 의하면, 지열시스템이 도입된 후 기존 파프리카 농가의 연간 연료비 기존 270,000천원에서 53,211천원으로 무려 80% 감소한 것으로 분석하였다.¹²⁾ 더불어 이산화탄소는 약 50%로 저감된 것으로 분석하여 도입 결과가 성공적인 것

11) 농업부문의 청정에너지 생산 이용실태 분석, 한국농촌경제연구원, 박현태 외.

12) 박현태는 기존 농가의 에너지비용을 316,781천원으로, 지열 도입 후 전기사용액을 71,313천원이라

으로 평가하였다.

하지만 지열도입 과정에서 1차연료인 유류가 2차 연료인 전력으로 전량 대체되면서 이에 따른 전기요금이 당초 대비 6.7배 증가, 이에 대한 적절한 추가 조치가 필요한 것으로 분석되었다.¹³⁾

〈표 9〉 지열시스템 설치 전·후 효과 비교

		지열 설치 이전	지열 설치 이후
유류사용량(리터)		330,000	-
전기사용량(kWh)		169,406	1,155,774
CO ₂ 배출 및 감축량(tCO ₂)	유류사용(배출)	989.93	-
	전기사용(배출)	79.98	544.79
CO ₂ 저감 효과(%)		-	525.12(49%)
에너지비용(천원)	유류	264,000	-
	전기사용료	7,981	53,211
에너지비용 저감효과(천원, %)			218,770(80.4%)

이러한 지열 도입 후 전기사용량 및 사용료의 대폭적 증가는 향후 전기요금 인상시 시설농가가 유류비 상승에서 겪고 있는 것과 같은 위험에 놓일 가능성이 다분하다.

이에, 본 연구에서는 지열 도입 이후의 해당 농가에 태양광발전시설을 추가하여 그 효과를 분석, 연료비 및 탄소감축 효과를 추가 고찰함으로써 시설농가가 향후 사용연료 가격의 인상 등 영업외적 위험에도 안정적인 운영을 영위할 수 있는 가능성을 추가로 검토하였다.

검토 결과, 지열시스템이 도입 이후, 상기 파프리카 농가에서 소비하는 전력량은 1,155,774 kWh. 이를 상쇄시키기 위해 450kW급 태양광 시설을 추가설치 하였더니 463,865kWh의 판매용 전력이 생산하였다. 전력량만 비교한다면 40%의 절감 효과가 있다고 할 수 있으나, 태양광발전에서 생산된 전기를 판매함으로써 얻을 수 있는 이익은 가동기간 20년 동안 연평균 51,300만원이었다. 이는 지열시스템의 매년 전기사용료 53,211천원의 거의 전액을 회수하는 것으로 분석되었다. 이 의미는 이미 지열시스템이 설치되어 있는 시설화훼농가의

고 하였으나 이는 해당 연료를 사용하면서 배출된 이산화탄소를 비용으로 환산하였기 때문이다. 본 논문에서 연구자는 이산화탄소를 비용화하지 않았으며, 이에 본 논문에서의 에너지비용은 단지 에너지사용액만을 지칭하는 것이다.

13) 농업부문 에너지 수급전망과 청정에너지 농업시스템 구축방안(2/2차연도), 한국농촌경제연구원, 김연중 외, 2011.

〈표 10〉 신재생에너지 도입 후 경영비 변화

	B-C사용 시설화해	지열 도입 후	태양광 추가 도입 후
연료비(천원)	264,000	53,211	53,211
전기판매비(천원)	-	-	-51,300
연료비 외(천원)	52,781	17,920	17,920
총 운영비(천원)	316,781	71,131	19,831
운영비 대비 에너지비용 비중(%)	83.3	74.8	9.6

주 : 1) 태양광발전의 운영비용은 이미 상계되었음.

〈표 11〉 지열시스템 · 태양광발전시스템 동시도입 효과 비교

		(A)B-C사용 파프리카농가	(B)지열 도입 이후	(D)지열+태양광 설치 이후
생산연료		-	냉난방열	냉난방열, 전기
유류사용량(리터)		330,000		
전기사용량(kWh)		169,406	1,155,774	1,155,774(지열)
전기생산량(kWh)				463,865(태양광)
CO ₂ 배출 및 감축량(tCO ₂)	유류사용(배출)	989.93	-	
	전기사용(배출)	79.98	544.79	544.79(지열)
	유류사용(감축)		525.12(49%)	
	전기생산(감축)			209.5(40%)-태양광
에너지비용 (천원)	유류	264,000	-	
	전기사용료	7,981	53,211	53,211(지열)
	전기판매료(평균)	-	-	51,300(자본 포함) 37,240(자본 제외)

주 : 1) (A), 'B-C사용 파프리카 농가'의 에너지사용량, 에너지사용요금, 요금기준 등은 지열도입 이전의 실제요금을 반영. 유류는 리터당 약 788원, 전기료는 kWh당 약 47원(본 요금은 각각의 에너지 요금을 그 에너지사용량으로 나눈 값임)

2) (B)의 경우, 2010년 (A)시설에 지열을 도입한 후 발생한 효과(유류절감 tCO₂ 감축효과)를 2012년 현재 기준 효과로 수정한 것임.

3) (C)의 경우, 상기 지열이 도입된 후(B) 추가적인 조치(태양광설치)의 효과를 가정함 것임.

자료 : (A, B자료) (주)경인에너지. 한국농촌경제연구원 박현태.

일정 지분을 활용하여 태양광발전기를 추가 설치하게 되면 파프리카 생산에 필요한 어떠한 연료비도 더 이상 투입되지 않아도 됨을 의미하는 것이다. 이와 더불어 이산화탄소의 경우, 지열시스템을 통해 49%, 태양광시스템을 통해 기존 대비 약 20%로 총 69%의 저감하게 되었다.

IV. 결 론

이상에서 연료비 의존도가 높은 시설화훼농가에 신재생에너지 지원제도 중 하나인 RPS 제도를 활용하여 태양광발전설비의 적용가능성을 평가해보았다.

그 결과, 태양광발전소 자체의 투자수익율은 우수하였으나 시설화훼농가의 활용 가능한 이론적 면적을 이용하여 설치·운영할 경우, 농가의 기존 에너지비용을 감당하기에는 효과적이지 못하다는 결론에 이르렀다.

하지만 지열시스템이 설치된 상황에서 태양광발전시설을 추가로 설치하여 운영할 경우, 태양광발전에서 생산된 전력의 판매를 통하여 지열시스템의 에너지비용 전액을 상쇄시킬 수 있었다.

열과 전기를 생산하는 각기 다른 특성을 가진 재생에너지 간 조합만으로 3,000평 거대 파프리카 농가에 투입되는 에너지비용을 제로화 할 수 있다는 사실은 우리나라 농업 경쟁력에 새로운 희망의 메시지이기에 충분하다.

하지만 그런 희망을 실제 농업 현장에 적용하기 위해서는 몇 가지 풀어야 할 숙제가 있다. 먼저, 농업부문의 신재생에너지 적용 가능성을 타진하기 위한 실증연구를 확대하여야 한다.

국내 신재생에너지 지원제도의 역사나 타 분야에서의 보급 규모를 고려할 때 에너지 다소비 분야인 시설화훼부문에 태양광시설의 적용을 위한 실증 연구가 지금부터라도 시작하여야 할 것이다. 농업부문에 적용할 수 있는 신재생에너지 항목도 다양하며, 태양광발전시설의 방식 또한 다양하다. 그리고 그러한 실증의 결과를 과학적으로 입증해내고 그러한 입증이 지원 정책으로 이어질 수 있도록 하여야 한다. 비단 시설농업 뿐만 아니다. 농지 사이의 보를 활용하여 태양광시설을 설치하게 되면 농작물의 방해일사량을 최소화하면서 농가 소득을 보전할 수도 있을 것이다. 벼농업을 하면서 햇빛농사도 지을 수 있는 가능성은 얼마든 있다. 그러한 가능성을 발굴하기 위한 대대적인 실증연구가 필요하다.

둘째, RPS제도의 적용 방법을 농업분야에 차별 적용할 필요가 있다.

현재 RPS제도 내에서 태양광 등 신재생에너지 발전사업자로 참여하기 위해서는 매년 2회에 걸쳐 열리는 신재생에너지센터의 입찰과정에 참여하여 경쟁 과정을 거쳐 최종 선정되어야 한다. 이는 태양광시설에 투자하고 싶어도 선정되지 못하면 투자 위협에 놓이게 되

는 것이다. 이러한 위험을 감수하면서 농업종사자가 발전사업자가 되기는 거의 불가능하다고 보아야 할 것이다. 따라서 RPS제도를 농업분야에 차별적으로 적용하여 해당 분야의 경영레버리지를 극대화 할 수 있는 제도적 보완이 필요하다.

셋째, 신재생에너지에 대한 농업분야 유관기관의 실질적 지원 노력이 필요하다.

에너지비용이 과다한 시설농업부문에 신재생에너지 도입시 유관기관인 농협이 저리대출 등의 실효적 지원 프로그램을 마련하는 것은 어떨까. 그렇지 않으면 시설기업이 농가에 선 투자하고 발전수익을 통하여 후회수하는 ESCO¹⁴⁾ 방식은 어떤가. 농협이 이런 전과정의 세련된 금융기법을 만들어 컨트롤 타워 역할을 하면 어떤가.

넷째, 패키지형 신재생에너지 시설에 대한 우대 정책이 필요하다

본 연구에서 보았듯, 농가의 입장에서 지열-태양광의 연계 프로그램 효과는 현행 제도를 활용 농업부문의 일대 경영혁신을 가져오기 충분함이 입증되었다. 따라서 패키지형 신재생에너지 시설에 대한 우대 정책이 필요하다.

[논문접수일 : 2012. 5. 23. 논문수정일 : 2012. 7. 26. 최종논문수정일 : 2012. 8. 13.]

참 고 문 헌

1. 강정일·오세익·김철민·서지환. 1992. 시설원예농업의 실태 및 육성방안에 관한 연구. 한국농촌경제연구원.
2. 김연중·권대흠·한혜성. 2011. 농촌지역의 청정에너지 생산·이용 시스템 구축 방안. 한국농어촌경제연구원.
3. 김연중·박현태·강창용·박기환·권대흠·한혜성·이용연. 2011. 농업부문 에너지 수급전망과 청정에너지 농업시스템 구축방안(2/2차연도). 한국농어촌경제연구원.
4. 김연중·이상민·김배성. 2009. 농어업용 에너지 절감시설 보급효과 및 정책방안. 한국농촌경제연구원.
5. 김정욱·김태호·박성문·김쾌량·김유진. 2011. 불가리아 태양광발전 시장조사 및 프로젝트 발굴사업 최종보고서. 지식경제부.
6. 김정섭·김영단. 2010. 농촌 부문의 녹색성장 진단과 과제. 한국농촌경제연구원.

14) ESCO의 개념 : 에너지사용자가 에너지절약을 위하여 기존의 에너지 사용시설을 보완하고자 하나 기술적, 경제적 부담으로 사업을 시행하지 못할 경우, 에너지절약전문기업(ESCO)이 기술, 자금 등을 우선 제공하고 향후 투자시설에서 발생하는 에너지절감액으로 투자비를 후 회수하는 사업 형태.

7. 농촌진흥청 농업공학연구소. 2008. 지열을 이용한 농업시설 냉난방 시스템 개발. 농촌진흥청.
8. 박현대·김연중·한혜성. 2009. 시설원예산업의 재도약 방안. 한국농촌경제연구원.
9. 박현대·한혜성. 2011. 농업부문의 청정에너지 생산·이용실태 분석. 한국농어촌경제연구원.
10. 이두순·박현대·박기환. 1999. 유리온실의 경영실태 분석. 한국농촌경제연구원.
11. 최영문·임중열·차인수·박세준. 2005. 신재생에너지 자원별 통합관리시스템 구축. 산업자원부 전력산업연구개발사업.
12. 이현화, 2009. 저탄소 녹색성장을 위한 태양광발전. 단행본.
13. 이성호, 2012. 태양과 바람의 나라를 꿈꾸다. 단행본.
14. (주)홍성나눔발전소. 2011-2011. 재무제표 및 손익계산서.
15. (주)송파나눔의성태양광발전소. 2011-2011. 재무제표 및 손익계산서.