

신 · 재생에너지 융합을 통한 첨단 유리온실의 경제성 분석*

-지열과 태양광 융합을 중심으로-

정종화** · 윤성이***

Economic Analysis of High-tech Glass Greenhouse through the Convergence of New Renewable Energy -Focusing on the Convergence of Geothermal and Solar Power-

Chung, Jong-Hwa · Yoon, Sung-Yi

The whole world concentrates on the reduction of greenhouse gas to effectively cope with policy toward global climate change. To effectively react to climate change, even the agricultural sector requires construction of new farming systems that utilizes new and renewable energy because of rising oil prices and regulations for greenhouse gas emissions. For this reason, we need to fuse the new and renewable energy with the horticulture sector of which the light and heat energy cost accounts for great part, moreover, efforts and researches should be done which can increase income of farmers through reducing carbon dioxide and energy cost in agricultural production expenses. Therefore, this study analyzes economic feasibility and applicability of fusing geothermal heat pump and solar power facilities with high-tech glass greenhouse. As a result, it is concluded that there surely are an applicability and economic feasibility if we apply new development system that can be an alternative for problems of securing premises of existing geothermal heat pump and the RPS system as a power generation company in case of solar power. Therefore, using this analysis data, if new empirical studies fusing and implementing agriculture sector with new and renewable energy fields proliferate and be applied to actual rural and agricultural field, it will increase actual income and will become a new advanced agricultural system that effectively deals with world-wide environmental problems.

Key words : *convergence of new renewable energy, geothermal system, glass greenhouse, new renewable energy, solar power*

* 이 논문은 “농·임·축산 바이오매스 순환 실증단지(Biopia)모델 구축 및 사업지침서 개발”에 의하여 이루어졌음.

** 동국대학교 식품산업관리학과 대학원(rocker1st@naver.com)

*** Corresponding author, 동국대학교 식품산업관리학과 교수(syoon@dongkuk.edu)

I. 서 론

전 지구적인 기후변화 대응정책을 중심으로 온실가스 감축에 집중하고 있으며, 우리나라 또한 2015년부터 배출권거래제 실행을 통해 온실가스 감축에 노력을 쏟을 정도로 많은 관심을 두고 있다.

또한 유가 상승과 온실가스 배출규제로 인해 농업부문에서도 기후변화 대응을 위하여 신·재생에너지를 효율적으로 보급·관리할 수 있는 농업시스템 구축이 필요하고, 국가 간 무역이 자유로워지고 있는 이때 외국의 농산물과의 경쟁에서 우위를 점할 수 있도록 생산비를 줄이고, 고품질 농산물 생산과 수출전략품목 개발에 노력이 필요하다.

이를 위해 현 정부의 주요 정책인 창조경제의 일환으로써, 신·재생에너지를 농업에 융합하여, 농업의 생산비 중 에너지 비용 절감을 통하여 농가의 소득 증대와 나아가 지속 가능한 창조농업을 위한 연구와 노력이 필요하다. 특히 유리온실과 같은 시설원예에 있어서는 광열동력비가 많은 비중을 차지하는데, 이를 신·재생에너지와의 융복합을 통한 전력발전으로 대체함으로써 소득 증대 및 온실가스 배출량 감축 효과를 얻을 수 있다.

이와 관련하여 (Kim and Yoon, 2012)은 시설원예 농가에 지열·태양광의 적용 가능성에 대해 기존의 지열을 도입한 농가에 태양광 시설을 적용 할 때의 경제성 및 적용 가능성에 대한 연구를 하였고, (Yang and Yoon, 2013)은 목재펠릿 보일러를 시설재배에 도입했을 때의 경제적·환경적 타당성에 대해 분석하였으며, (Kim and Yoon, 2014)은 목재펠릿과 지열을 이용한 시설원예 농가와 경유보일러를 사용하는 농가의 경제성 대한 연구를 하였다.

따라서 본 연구에서는 0.5ha기준의 유류보일러 사용을 하는 기존의 유리온실에 신·재생에너지인 태양광 발전시설의 온실 상부 설치 시에 광방해율을 해결할 수 있는 모델(안)을 가지고, 기존의 지열히트펌프의 단점을 개선시킨 새로운 지중저수열 이용 지열 히트펌프 융합을 통해 유류보일러를 대체함으로써 대표적 온실가스인 CO₂ 감축효과와 태양광 발전을 통한 농가의 소득 향상의 효과를 얻을 수 있는 새로운 신·재생에너지 융합 첨단 유리온실의 타당성 및 경제성 분석을 하였다.

연구 방법은 기존의 농업부문에 신·재생에너지 도입 사례를 조사하고, 신·재생에너지 도입 시에 정부와 지자체의 지원 사업들의 적용 가능성에 대해 분석한 후, 신·재생에너지 융합을 통한 CO₂ 감축효과에 대한 탄소배출권거래제도와 농업기술실용화재단의 ‘농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업’ 및 국회에 상정되어 있는 RPS법안 중 영국의 RHI(열차액지원제도)¹⁾와 유사한 법안이 통과되어 도입했을 시에 얻을 수 있는 경제적 편익들을 적용하였으며, 시설 도입의 설치비와 비용부분을 경제성 분석에 적용하여 회수기간법²⁾으로 결론

1) 신·재생에너지를 이용하여 생산된 열에너지에 대해 인센티브를 지원해 주는 제도

2) 투자안을 수행하기 위해 수행초기에 지출된 투자비용을 회수하는데 걸리는 기간을 비교하여 평가

을 도출하였다.

본 연구는 실제 유리온실 상부에 태양광 발전시설의 도입에 따르는 작물의 광방해율 및 구조적인 문제 등은 완벽하게 해결하지 못하였지만 이 문제에 대한 대안으로 새로운 모델(안)을 제시하여 이를 근거로 경제성 분석을 실시하였다.

II. 첨단유리온실의 신·재생에너지 도입 타당성 및 주요동향

1. 첨단유리온실의 신·재생에너지 도입 타당성

농업의 시설원예 부문에서 활용되는 주 에너지는 열에너지로 화석연료를 사용하여 열을 발생 및 공급하는 시스템이 주를 이루었다. 또한 시설원예 농가들의 소득유형을 살펴보면 지난 3년간 평균적으로 경영비중 광열비의 비중은 평균 36.43%³⁾를 차지하는 것으로 나타나 경영비중 광열비가 많은 비용을 차지하는 것으로 나타났다.

따라서 유가 상승과 전 세계적인 기후변화 문제 등에 따른 규제들로 화석 연료를 대체하고, 광열비 절감, 온실가스 감축효과가 있는 농업부문에 활용도가 높은 신·재생에너지 시스템의 개발 및 보급에 정부와 농촌이 관심을 가지고 있다.

현재 농업부문에 활용도가 높은 신·재생에너지로는 지열 및 바이오매스를 활용한 바이오에너지를 꼽을 수가 있는데, 농업부문의 도입에 대한 연구 및 실증사업들이 진행 중이다.

이 밖에도 산림 바이오매스를 활용한 목재칩 및 목재펠릿의 사용과 축산 바이오매스를 활용한 바이오가스 열병합에 의한 열과 전기에너지 공급의 연구와 실증사업도 현재 진행되고 있는데, 기존 화석연료를 사용했을 때와 비교하였을 때 ‘경제적, 환경적인 측면에서 우위에 있다’라는 분석 연구도 많이 연구되고 있다.⁴⁾ 하지만 지열과 바이오에너지 외에도 다양한 방향으로 신·재생에너지를 도입하여 시설원예 농가의 에너지 광열비를 자체적인 에너지 생산·사용·관리를 통한 농가의 부가가치 상승의 효과를 얻을 수 있는 방법에 대해 연구와 실증사업이 반드시 필요하지만 현재 시설원예 분야에 지열과 태양광을 동시에 도입하여 운영하는 농가의 예는 찾아볼 수 없으며, 실증사업 또한 기획 단계에 있다.

따라서 본 논문에서는 첨단유리온실에 신·재생에너지인 지열과 태양광 발전시설의 도입을 통해 농업 시설원예 부문에 신·재생에너지의 융복합 실증 사업을 위한 경제성 및 적용

하는 방법

3) 농촌진흥청, ‘농축산물 소득자료집’, 2012~2013.

4) 김형우 외, ‘신·재생에너지 도입에 따른 시설재배의 경제성 분석’, 2014; 양정수 외, ‘목재펠릿 도입에 따른 시설재배의 경제적·환경적 타당성 분석’, 2013; 김태호 외, ‘시설원예농가의 재생에너지 적용가능성 평가’, 2012.

효과에 대해 분석을 하였는데, 농업농촌에 소득 증가 효과와 사업 가능성에 대한 증명을 통해 소규모 실증 사업진행과 차후 대규모 시설단지 조성에 신·재생에너지와 스마트그리드 시스템과의 ICT융합을 통하여 향후 인도, 중국, 동남아 시장에 고품질 농산물 수출을 전제로 한 네덜란드를 능가하는 창조 농업을 실현하고, 농가소득 창출이 가능한 농업으로써 전국적으로 확산시킬 수 있는가를 확인하는 사업 자료로써 활용이 가능 할 것으로 보인다.

2. 선진 지원 정책

REN21(Renewables Global Status Report)에 따르면 세계경제불황, 진행 중인 무역분쟁, 정책 불확실성과 일부 주요 시장의 지원 감소에도 불구하고 재생가능에너지에 대한 세계적인 수요는 2011년부터 2012년까지 계속 증가하는 추세이며, 2011년 말을 기준으로 전세계 최종에너지 중에서 재생에너지를 통한 공급은 약 19%로 추정하고 있다. 또한 2012년 세계 총재생에너지발전용량은 1,470기가와트(GW)를 넘어섰는데 이는 2011년보다 약 8.5% 늘어난 것이다.

Table 1. Support policies of the new renewable energy

	FIT	RPS	Subsidy	Tax credit			Deed transaction	Counter-vailing charges	Loans	Auction
				Investment tax	Tax	Energy production tax				
Germany	○		○	○	○				○	
France	○		○	○	○		○		○	○
England	○	○			○	○	○		○	
Italy	○	○	○	○	○		○	○	○	○
Spain	○		△	○	○				○	
Netherlands			○	○	○	○	○			
Denmark	○		○	○	○		○	○	○	○
Sweden		○	○	○	○	○	○			
Finland	○		○		○	○	○			
USA	△	△	○	○	○	○	○	△	○	○
Canada	△	△	○	○	○			○	○	○
Japan	○	○	○				○	○	○	
Korea		○	○	○	○		○		○	

Source : REN21(Renewables global status report). 2011

이처럼 전 세계적인 불안정성 속에서도 재생가능 에너지의 수요와 발전량은 꾸준히 증가하고 있음을 볼 수 있고, 주요 국가별로 이러한 재생에너지의 전력생산을 촉진하기 위한 수많은 정책들이 시행되어 오고 있으며, 대부분의 국가들이 수요자측면, 공급자측면, 생산(발전)량 및 생산(발전)설비용량 측면의 정책들을 조합하여 시행함으로써 각 국가의 신·재생에너지 보급 확대와 산업화 목표를 달성해 가고 있다.

미국과 캐나다는 FIT(Feed in Tariff)와 RPS(Renewable Portfolio Standards)를 도입하고 있지만, 각 주 별로 상황에 적합한 제도를 채택하여 운영하고 있다. 스페인의 경우는 각 지방자치단체별로 상이한 보조금 제도를 운영하고 있다.⁵⁾

3. 우리나라 농업부문의 신·재생에너지 도입 현황

우리나라의 신·재생에너지 보급현황은 2012년 현재 8,850.7천toe로 국내 총에너지 공급비중의 3.2%를 차지하고 있다.⁶⁾ 이중 농업 시설원에 부문에 도입되었던 지열과 목재펠릿 보일러 온실의 현황을 살펴보면 Table 2와 같다.

Table 2. The current introduction of wood-pellet and geothermal in Korea

(Unit : ha)

Years	Gas	Wood-pellet	Geothermal
2013	11,891	403	116
2012	12,116	288 ⁷⁾	105
2011	12,389	175	38
2010	11,418	123	112

Source : Ministry of agriculture, food and rural affairs. 2010~2013. Green house status of facility vegetable and vegetable production performance.

농림부의 자료에 따르면 목재펠릿의 경우 2010년에는 123ha이었지만 2013년에는 403ha로 꾸준히 늘어난 것을 알 수 있다.

5) 소진영, ‘신·재생에너지 지역별 지원정책 개선방안 연구’, 에너지경제연구원, 2011. p. 34.

6) 신·재생에너지센터, ‘신·재생에너지보급통계’, 2013.

7) ‘시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적’, 농림축산식품부, 2012년도 자료에는 2012년도에 전국 목재펠릿 이용현황 면적이 5,328ha로 전남지역의 이용현황 면적이 5,078ha로 나타났으나 ‘전남 친환경농업과’에 문의한 결과 잘못 기재된 것으로 확인됐으며 원래의 조사되었던 수치를 확인하여 기재함.

반면 지열의 경우는 2010년 112ha에서 2011년 38ha로 줄었으나 2012년부터 다시 증가하여 2013년에는 116ha로 이용면적이 증가하였음을 알 수 있다.

하지만 기존 유류 사용량이나 목재 펠릿 사용 보일러의 이용 면적에는 미치지 못하는 것으로 조사되었다.

그 원인으로는 유류 보일러나 목재펠릿 보일러보다 설치비용, 설치부지확보 문제, 많은 전기사용량 등의 문제 등을 꼽을 수 있는데, 이러한 문제들을 해결하고 좀 더 신·재생에너지의 확대가능성을 높이기 위한 시스템 적용과 문제점 해결방안을 제시하여 비용 분석 및 도입 효과분석을 하였다.

Ⅲ. 신·재생에너지 지원제도 및 시설 도입 비용 분석

1. 우리나라 신·재생에너지 지원제도

국내 신·재생에너지 보급·확산 정책은 지난 1997년 1월 수립된 ‘1차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획’을 시작으로 2015년까지 4.3%로 확대하고, 2030년에는 11%까지 달성하는 것을 목표로 ‘3차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획’(2009)을 수립하고 많은 지원 정책들과 ‘신·재생에너지 의무할당제(RPS)’ 등이 시행되어지고 있으며, 지식경제부, 농림축산식품부등에서도 농업부문에 신·재생에너지 도입에 지원 및 보급 사업을 시행하고 있다.

1) 신·재생에너지설비 지원 사업

지식경제부의 대표적인 신·재생에너지 지원 사업으로는 ‘보급 보조사업’, ‘용자 및 세계 지원’, ‘지방보급사업’이 있는데, 이러한 보조 지원을 받아 생산된 전기 에너지는 자신의 시설 내에서만 사용할 수 있고 팔거나 양도할 수 없다.

또한 농림축산식품부의 ‘농업에너지 이용 효율화 사업’에서는 신·재생에너지인 지열 냉난방 시설에 대해 보조금을 지급하고 있다.

Table 3. Support project of the new renewable energy which is applicable to the agriculture sector

Name	Assignment organization	Content
Supply-subsidy business	The ministry of knowledge economy	<ul style="list-style-type: none"> • Trail supply business: supporting within 80% in case of using installing trial supply facilities for commercialization (government support r&d usable condition) • General supply business: supporting maximum 60% in case of using installing the commercialized general supply facilities
Financing and tax support	The ministry of knowledge economy	<ul style="list-style-type: none"> • Intending the new renewable energy facilities and including the positive study business, the support for communization items and the business support in case of installing the new renewable energy facilities payment in ten years with a five-year grace period with in 90% of necessary funds (but, in five years with in a three-year grace period in the bio and industrial waste area)
District supply business	The ministry of knowledge economy	<ul style="list-style-type: none"> • Within 50% of necessary funds according to application installed capacity (in case of a share of expense in district funds)
Agricultural energy efficiency business	The ministry of agriculture, food and rural affairs	<ul style="list-style-type: none"> • Support business of the air conditioning and heating facility using thermal heat : national funds 60%, district funds 20%, private cost 20% • Support business of wood pellet heating facility: national funds 30%, loaning 20%, district funds 30%, private cost 20%

Source : Ministry of agriculture food and rural affairs. www.mafra.go.kr

2) 발전사업자 지원제도

정부는 2012년부터 일정규모(500MW)이상의 발전설비를 보유한 발전사업자(공급의무자)에게 총 발전량의 일정비율 이상을 신·재생에너지를 이용하여 공급토록 의무화하는 제도인 RPS(Renewable Portfolio Standards)를 시행하고 있다.

RPS제도는 발전사업자(공급의무자)가 의무 공급량을 충족하기 위해 신·재생에너지 설비를 이용하여 전기를 생산·공급하였음을 증명하는 인증서인 REC(Renewable Energy Certificate)를 구매하여 충당할 수 있으며, REC는 발전사업자(공급의무자)가 사전에 필요한 발전물량을 제출하여 이 물량만큼 입찰을 통해 REC공급자를 선정하고, 입찰확정 금액을 최소 12년에서 최대 15년까지 동일한 금액으로 지급받게 된다.

따라서 RPS제도에서 발전사업자는 계통한계가격(SMP: System Marginal Price)으로 전력

시장에 전기를 판매할 수 있고, 동시에 REC가격에 설치 위치에 따른 가중치를 적용받게 되어 더욱 안정적인 전기 판매 수익을 얻을 수 있다.

Table 4. Renewable energy certificate weight

Category	Certificate weighting	Target and criteria	
		Type of installation	Subcriteria
Solar energy	1.2	In case of installing in general site	Less than 100kw
	1.0		From 100kw
	0.7		More than 3,000kw
	1.5	In case of using existing facilities like buildings	Below 3,000kw
	1.0	In case of installing on surface of water	More than 3,000kw
	1.5	In case of installing on surface of water	
Other new renewable energy	0.25	IGCC, Saprophagous gas	
	0.5	Industrial waste, land Fill Gas	
	1.0	Water power, wind power, bio energy, RDF thermal power, waste gas power, tidal power(using sea dike)	
	1.5	Power generation of lignocellulosic, offshore wind energy(connecting distance below 5km)	
	2.0	Fuel cell, tidal current	
	2.0	Offshore wind energy(connecting distance more than 5km) geothermal heat, tidal power(without sea dike)	Fixed type
	1.0~2.5		Fluctuation type
	5.5	ESS facility(connecting wind power facility)	'15years
	5.0		'16years
	4.5		'17years

Note : 2015 years march 13 criteria

Source : Korea new & renewable energy center, <http://www.knrec.or.k>

2. 신·재생에너지 시설 투입 비용 분석

본 연구에 있어서 경제성 분석을 위한 금액부분이 구체적으로 조사되었다. 이러한 비용 투입을 통해 첨단 유리온실 설치 기획 단계부터 지중저수열이용 히트펌프와 온실 북측 상

부에 태양광 발전시설 설치를 동시에 진행하여 태양광 발전을 통한 전기를 판매 혹은 자체 사용함으로써 첨단유리온실 설치 농가의 광열비 절감과 온실가스 절감을 통한 소득창출의 기회로 사용할 수 있다.

1) 첨단유리온실

첨단유리온실은 설치 면적과 시공 업체마다 차이가 있으며 태양광 발전시설의 온실상부 설치 시에 추가되는 금액에 대해서는 정확하게 산정할 수 없다. 따라서 시공업체마다 3.3㎡ 당 50~100만원으로 차이가 있기 때문에 농림수산식품부의 ‘첨단온실 신축지원사업’의 지원 기준단가 30억/ha를 적용하여 초기 투자비를 산정 하였다.

Table 5. Cost estimation of high-tech glass greenhouse

Category	Area	Price per m ²	Initial investment cost
High-tech glass greenhouse	0.5ha	300,000Won	1,500,000,000Won

Note : Land lease and purchase costs that have not been taken into account

2) 지열 히트펌프

지열 히트펌프의 종류는 회수방식에 따라서 수직형과 수평형 등으로 나뉘는데, 설치비용과 설치 부지 확보에 대한 문제점을 해결할 수 있도록 ‘농촌진흥청 국립원예특작과학원’과 ‘(주)티알엑서지’에서 개발한 ‘지중저수열이용히트펌프’시스템의 도입을 통해 초기 투자비용 산정과 기존의 경유 온풍기를 사용하는 농가와비교하여 경제성 분석에 활용하였다.

기존의 수직형 지열히트펌프에 비하여 새로 개발된 지중저수열 이용 히트펌프를 도입할 경우 설치비용은 3억6천9백만원, 비용은 약 3천1백만원이 절약되며, 기존 경유 온풍기 사용시와 비교하면 설치비용은 약 4억2천만원 정도 더 필요하지만 내구연한은 2배 이상 길고, 약 1억4천만원의 연간 비용 절감 효과가 있는 것으로 조사되었다.

Table 6. The comparison in operating costs of the geothermal heat pump installation

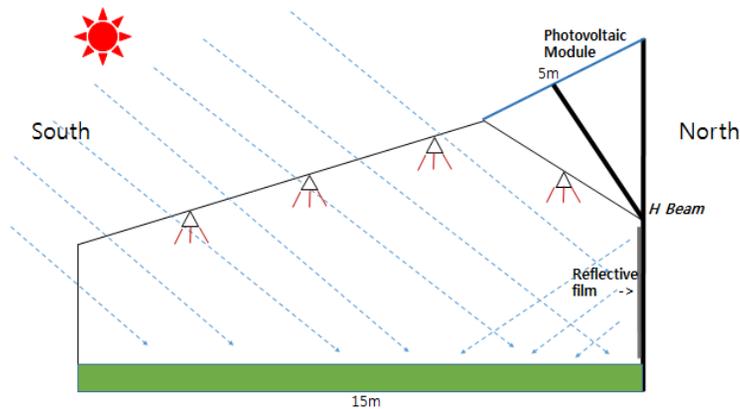
Category	Diesel heaters	Geothermal heat pump of vertical	New geothermal heat pump system
Installation costs(Won)	35,000,000	819,000,000	450,000,000
Service life(Years)	6	Heat exchanger:30 Heat pump:12	Water tank etc.: 25 Heat pump, incidental equipment: 12
Operating time(Time/Years)	1,800	1,800	1,800

Category		Diesel heaters	Geothermal heat pump of vertical	New geothermal heat pump system
Fixed cost(Won/Years)		8,460,000	82,480,000	51,330,000
Variable cost (Won/Years)	Diesel(ℓ)	178,812	-	-
	Power consumption (kwh)	6,790	270,000	270,000
	Heating costs (Won/Years)	197,010,000	12,690,000	12,690,000
The total cost(Won/Years) (fixed cost+variable cost)		205,470,000	95,170,000	64,020,000

Note : 1) 6 months, standard of 10 hours per day running
 2) Unit cost: electricity = 47won/kwh, diesel= 1,100/ℓ
 3) Fixed cost includes the depreciation, maintenance and repairing cost, service life = 10years
 Source : Trexergy co., ltd.

3) 태양광 발전시설

태양광 발전시설을 온실 상부에 설치하기 위해서는 태양광 모듈에 의한 광방해로 작물의 생육에 큰 영향을 끼치기 때문에 광방해율을 가장 최소화 할 수 있는 설계가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 유리온실 0.5ha 기준으로 광방해율을 가장 최소화 할 수 있는 태양광 배치(안)과 설치 가능 면적을 고려하여 태양광 발전시설의 용량과 설치비용을 산정하였다.



Note : 1) Greenhouse area = width 15m × length 330m = 4950㎡
 2) Area of installation of solar power = 5m × 330m = 1,650㎡
 3) 1650㎡ ÷ 2㎡ = 825Pieces × 300w = 247.5kWh

Fig 1. Placement of the solar cell module that takes into account the light interference rate (draft)

Fig 1.은 남쪽 지붕면을 길게 하고, 북쪽 지붕면을 사용하여 H빔 구조로 태양광 발전 시설을 설치하여 주간에 태양광을 가리지 않는 구조이다.

또한 모자라는 광량은 북쪽 면에 반사필름과 LED조명등을 사용하여 보광을 함으로써 태양광 발전시설의 지붕설치에 의한 광방해로 시설 작물의 생육 방해를 최소화 하는 방법이다. 위 그림을 통해 얻어진 계산을 이용한 시설 용량을 활용하여 태양광 설치 업체의 견적서에 대입한 후 태양광 발전시설의 설치 운영비용을 분석하였다.

Table 7. The operating costs of solar power generation equipment installation

Item	Contents	Explanation
Total cost (Won/kWh)	440,938,750	Installation charge of 247.5kWh
SMP(Won/kWh)	128.6	2014 Augusta average 128.6Won
REC(Won/kWh)	169.5	2014 Average of REC 122,591Won/REC 113Won×1.5(Weighting)=169.5Won
The average time of power generation(Hour)	3.61	The average amount of national solar radiation for 20years(the meteorological administration)
Maintenance cost ⁸⁾ (%/Years)	1	Including maintenance and repairing cost
Rental (Won)	0	Installation for the top of the glass greenhouse
The decreasing of efficiency (%/Years)	0.5	Every year Decreased by 0.5% of the previous year amount of power generation
Depreciation(Won)	22,046,938	Service life 20Years
Solar power amount (kWh/Years)	326,118	247.5kWh×3.61Hour×365Days
Power generation revenue (Won/Years)	97,215,888	326,118kWh(247.5kWh×3.61Hour×365Days) ×298.1Won(SMP+REC)

Source : JisungENC co., Ltd.

분석 결과 첨단유리온실 상부에 247.5kWh의 태양광 발전시설을 도입할 경우 연간 발전량은 326,118kWh이고, 이를 RPS제도를 활용하여 발전사업으로 전부 판매할 경우 얻을 수 있는 발전 소득은 연간 97,215,888원으로 분석되었다.

8) 산업자원부, ‘신·재생에너지 원별 경제성 분석과 통계체계 개선방안 연구’, 2004.

Table 8. Comparison of renewable energy effect in high-tech glass greenhouse

Category		Paprika farming facility using an existing BC oil	New geothermal heat pump system	Solar energy generation
Oil consumption(ℓ)		165,000	-	-
Amount of used electricity(kWh)		84,703	270,000	-
Amount of electricity generation (kWh)		-	-	326,118
CO ₂ Savings and emissions (tCO ₂)	Use of oil (Emissions)	495.495	-	-
	Use of electricity (Emissions)	39.853	127.035	-
	Saving CO ₂	-	Total 408.313 Saving(76.27%)	
Energy cost	Oil(Won)	132,000,000	-	-
	Use of electricity (Won)	3,981,041	12,690,000	-
	Selling electricity (Won)	-	-	97,215,888
Reduction of annual energy Cost		Standard	123,291,041Won	
Substitution effect of annual energy cost		Standard	Sold generation power : 84,525,888Won Use generation power : 56,118kWh	
Total substitution effect of annual energy cost		Standard	Sold generation power : 207,816,929Won Use generation power : 56,118kWh and 123,291,041Won	

Note : 1) B/C Oil = 800Won/ℓ, Electricity = 47Won/kWh

2) SMP: 128.6Won, REC:113Won×1.5 = 169.5Won

Source : Korea rural economic institute⁹⁾, Trexergy co., Ltd., JisungENC co., Ltd., Korea energy management corporation.

이러한 분석 자료를 토대로 실제 파프리카 농가의 사례에 조사된 시스템을 도입했을 때의 효과를 비교해 본 결과 기존 BC유를 사용했을 때에 지열 및 태양광 발전시설을 도입을 하게 되면 CO₂ 감축량은 총 408.313tCO₂로 76.27%의 감축 효과가 있는 것으로 분석되었고,

9) 김연중 외, '농업부문 에너지 수급전망과 청정에너지 농업시스템 구축방안(2/2차 연도)', 한국농촌경제연구원. 2011의 내용에서 지열시스템 설치 농가 사례 중 남원의 병커C유를 사용하는 파프리카 유리온실 3,000평의 연료 항목과 사용량을 0.5ha로 계산하여 작성함.

연간 에너지 비용은 기존 대비 123,291,041원이 절약되며, 에너지 비용 대체 효과는 발전전력 판매 시에는 연간 84,525,888원의 소득 증가 효과가 생기게 되고, 자체 사용 시에는 지열 시스템의 필요 전기량을 전부 대체 하고도 56,118kWh의 전기를 더 사용할 수 있는 것으로 분석되었다.

IV. 첨단유리온실의 소득 유형 분석 및 신·재생에너지 융합을 통한 경제성 분석

1. 주요 시설 작목 설정 및 소득유형 비교

Table 9. Income trends of paprika

(Unit : Won/0.5ha)

Category	2013	2012	2011	Average
Gross income	205,524,900	213,115,715	215,325,120	211,336,910
Operating cost	127,172,365	143,849,625	142,192,085	137,738,025
Light and heat energy cost	41,615,800	54,837,590	54,654,905	50,369,430
Light and heat energy costs rate(%)	32.72	38.12	38.44	36.43
Earnings	78,352,535	69,311,090	73,133,035	73,598,885
Operating costs when light and heat energy cost is zero	85,556,565	89,012,035	87,537,180	87,368,595
Income when light and heat energy cost is zero	119,968,335	124,148,680	127,787,940	123,968,320
Income growth rate(%)	53.11	79.12	74.73	68.99

Source : Rural development administration. 2012~2013. Revenue instruction manual of agricultural and livestock products

대표적인 유리온실 재배 및 수출 작목인 파프리카를 대상으로 조사한 결과 최근 3년간 10a당 경영비중 평균 광열비용은 36.43%이고, 광열비를 신·재생에너지 도입을 통해 전량 대체할 경우 소득은 평균 68.99% 증가할 수 있는 것으로 나타났다.

또한 생산량 증가에 따른 수익 증가율을 적용하기 위하여 2008년부터 5년간 파프리카의 생산량 변화율을 조사한 결과 2011년까지는 꾸준한 증가율을 보이다가 2012년에는 갑자기 생산량이 감소하여서 평균 증가율은 0.745%를 적용하여 분석하였다.

Table 10. Change volume of paprika annual production

(Unit : Ton, %/10a)

Category	Paprika	
	Production	Increasing rate
2008	11029	
2009	11307	2.52
2010	11605	2.63
2011	11712	0.92
2012	11350	-3.09
Average	0.745	

Source : Rural development administration. 2009~2013. Revenue instruction manual of agricultural and livestock products

2. 신·재생에너지 시설 도입을 통한 시나리오 설정

앞서 분석한 바를 토대로 첨단유리온실에 태양광, 지열을 도입할 경우 2가지의 시나리오로 설정할 수 있다.

Table 11. Calculation of initial investment cost per scenario

Category	Size	Installation costs (Won)	Remarks	
Scenario 1	High-tech glass greenhouse	0.5ha	1,500,000,000	-
	Solar power generation	247.5kWh	440,938,750	-
	New geothermal heat pump system	0.5ha	90,000,000	• 450,000,000Won+Subvention 80% = 90,000,000Won
	Total		2,030,938,750	-
Scenario 2	High-tech glass greenhouse	0.5ha	1,500,000,000	-
	Solar power generation	247.5kWh	176,375,500	• 440,938,750Won+Subvention 60% = 176,375,500Won
	New geothermal heat pump system	0.5ha	90,000,000	• 450,000,000Won+Subvention 80% = 90,000,000Won
	Total		1,766,375,500	-

시나리오 1은 태양광 발전을 통한 전기를 전량 판매하고, 필요한 전기는 농업용 전기로싼 가격에 구입하여 사용하는 방법이고, 시나리오 2는 태양광 발전을 통한 전기를 전량 자체 사용하는 두 가지 방법으로 초기 투자비용 설정을 하였다.

시나리오1처럼 발전 사업으로 발전된 전기를 전량 판매 후 농업용 전기를 구입하여 사용할 경우 초기 투자비용에 정부 보조를 적용할 수 없지만 시나리오 2의 경우처럼 자가 발전을 통해 자가 소비를 할 경우는 정부 보조 60%를 적용받아 초기투자비용은 감소한다.

이 밖에도 현재 농업부문에 신·재생에너지의 도입에 따른 지원 제도로 ‘농업·농촌 자발적 온실가스 감축 시범사업과 산업통상자원부에서 도입을 검토하고 있는 대안 중 영국의 RHI(Renewable Heat Incentive)제도 등이 적용되었을 때 추가적으로 얻을 수 있는 편익 부분에 대해서도 적용을 하여 경제성 분석을 실시하였다.

3. 시나리오별 경제성 분석

각 시나리오별로 조수입과 생산량 증가율, 광열동력비 전량 대체로 인한 편익, 유류비 절감, 열차액지원제도가 도입되었을 시에 예상되는 편익과 CO₂ 감축에 따른 지원 부분을 공통적으로 적용하였으며, 시설별 고정비용과 경영비용을 적용하여 경제성 분석을 실시하였다.

Table 12. Economic analysis result¹⁰⁾

Scenario 1			Scenario 2		
Category	Contents	Amount of money(Won)	Category	Contents	Amount of money
Costs	Installation costs	2,030,938,750	Costs	Installation costs	1,766,375,500
	Fixed cost	46,739,388		Fixed cost	46,739,388
	Energy cost	12,690,000		Energy cost	0
	Operating costs	137,738,025		Operating costs	137,738,025
	Depreciation	31,046,938		Depreciation	17,818,775

10) 본 경제성 분석은 자부담으로 설치함을 가정하였으므로 이자율은 계산하지 않았음, 감가상각비는 태양광은 내구연수 20년, 지열은 10년을 적용하였으며, 각 내구연수 이후 잔존가치는 0%로 계산함.

Scenario 1			Scenario 2		
Category	Contents	Amount of money(Won)	Category	Contents	Amount of money
Profit	Gross income	211,336,910	Profit	Gross income	211,336,910
	Income as increasing of amount of production	1,615,533		Income as increasing of amount of production	1,615,533
	Saving oil costs	132,000,000		Saving oil costs	132,000,000
	Saving CO ₂	4,083,130		Saving CO ₂	4,083,130
	Sold generation power	97,215,888		Sold generation power	0
	RHI	14,955,840		RHI	14,955,840
	Light and heat energy profit	50,369,430		Light and heat energy profit	50,369,430
Total	Profit	511,576,731	Total	Profit	414,360,843
	Cost	228,214,351		Cost	202,296,188
	Net profit	283,362,380		Net profit	212,064,655
The payback period on the investment (Years) 7.17			The payback period on the investment (Years) 8.33		



Fig 2. Cash flow chart

시나리오 1은 공통적으로 적용했던 부분 외에 전기판매에 따른 이익이 추가되었고, 지열 히트펌프를 사용하기 위해 구입하는 전기 에너지 비용이 추가되어서 분석되었으며, 분석

결과 7.17년 이후부터 투자비용을 회수할 수 있는 것으로 분석되었고, 시나리오 2의 경우 편익 부분에서 전력 판매로 인한 추가 소득과 에너지 비용부분이 제외가 되었고, 8.33년 이후부터 투자비용을 회수해 이익을 얻을 수 있는 것으로 분석되었다.

따라서 시나리오 1과 2 모두 편익이 비용보다 높은 것으로 분석되었지만 태양광을 통해 발전되어진 전력을 한전에 판매하고 농업용 전력을 구입하여 사용하는 시나리오 1이 초기 투자비용에 대한 부담감은 더욱 높은 반면에 편익에 따른 초기투자비용 회수기간은 짧아지고, 수익성면에서 시나리오 2보다 높으므로 시나리오1이 경제성 면에서 비교적 유리하다고 할 수 있다. 하지만 시나리오 2의 경우에도 연간 지열히트펌프에 필요한 전기 에너지양을 모두 대체하고도 연간 약 56,118kWh의 전력이 남게 되어 추가적으로 필요한부분에 사용하게 된다면 추가적인 전력 구입에 따른 비용을 절감할 수 있을 것으로 분석된다.

V. 결 론

이상으로 광열동력비의 비중이 많이 차지하는 시설원에 부문에 첨단유리온실을 설치하고, 신·재생에너지인 지열과 태양광 발전시설을 융합하였을 때의 경제성과 적용가능성에 대해 분석을 해보았다.

그 결과로 지열은 기존의 부지 확보와 천공문제, 초기 설치비용 문제에 대해 대안이 될 수 있는 개발 시스템을 적용하고, 태양광 발전의 경우 발전사업자로서 RPS제도를 적용하게 된다면 약 7.17년차 이후에 투자비용을 회수할 수 있기 때문에 충분히 경제성과 적용가능성이 있는 것으로 분석되었다. 또한 발전사업자로서 RPS제도를 적용받지 못하더라도 정부의 보조를 통해 초기 투자비용의 부담을 일부 해결할 수 있고, 그로 인해 전체적인 초기 투자비용은 감소하게 되어 8.33년 이후에 투자비용을 회수할 수 있는 것으로 분석되었으며, 발전된 전기를 자체 사용을 하고도 남는 전기량이 생산되기 때문에, 농업에 필요한 다른 부분에 사용을 하게 된다면 추가적인 비용은 감소할 수 있는 것으로 분석되었다.

이처럼 기존에 화석연료를 사용하던 시설 농가에 신·재생에너지 발전과 난방을 동시에 도입하게 된다면 초기 설치비용은 많이 소요되지만 경제성 측면에서 비용은 감소하고, 편익은 증가하여 각 시설의 내구연한 안에 투자비용 회수 및 부가적인 소득을 얻을 수 있는 것으로 분석된다.

따라서 이러한 신·재생에너지 융합 첨단 유리온실을 실제 경종 농가에 적용할 시에는 여유 자금이 된다면 발전사업자로 태양광 발전 전력량을 한전에 RPS와 REC제도를 통해 판매를 하고, 농업용 전기를 구입해서 사용하는 시나리오 1이 농가에는 유리할 것으로 판단된다. 하지만 장기적으로 SMP가격과 REC가격의 변동에 대한 관찰과 전망을 통한 장래성에대해서 고려를 해야 될 것이며, 초기 투자비용의 비용부담은 줄이고, 안정적이며 장기

적인 에너지 공급 및 대체효과와 그로인한 부가적인 효과를 원한다면 시나리오 2의 적용도 좋은 대안이 될 것으로 보인다.

최근 새로운 정부의 창조경제라는 개념 하에 화두로 떠오른 ‘6차 산업’과 ‘ICT융복합산업’을 농업부문에 적용하기 위해서는 앞으로 농업과 다른 분야의 융복합을 통한 농업·농촌의 소득 증대를 꾀하고, 신·재생에너지 사용을 통한 새로운 선진 농업 시스템 구축이 되어 전 세계적인 환경문제에도 대응을 할 수 있는 새로운 실증 연구 및 사업들이 확대 진행되어 실제 농업·농촌에 적용이 가능하도록 하는 노력이 반드시 필요하다.

[논문접수일 : 2014. 11. 15. 논문수정일 : 2014. 11. 28. 최종논문접수일 : 2014. 12. 5.]

Reference

1. JisungENC co., Ltd. 2014. Installation cost work data.
2. Kim, H. W. and S. Y. Yoon. 2014. Economical Feasibility of Cultivation under Structure Due to the Introduction of New and Renewable Energy. Korean J. Organic Agric. 22: 255-268.
3. Kim, T. H. and S. Y. Yoon. 2012. Evaluation of Applicability of Renewable Energy in Controlled Horticulture Farms. Korean J. Organic Agric. 20: 267-282.
4. Kim, Y. J., H. T. Park., D. H. Gwon., C. Y. Kang., K. H. Park., H. S. Han, and W. Y. Lee. 2011. Prospect of Production and Utilization of Energy in the Rural Sector and Strategies for Introducing Clean Energy Farming System. Korea Rural Economic Institute. R635: 107-110.
5. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2014. Agriculture, forestry and livestock business enforcement guidelines.
6. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2010~2013. Green house status of facility vegetable and vegetable production performance.
7. New & Renewable Center. 2013. Dissemination statistics of new renewable energy.
8. Rural Development Administration. 2009~2013. Revenue Instruction Manual of agricultural and livestock products.
9. Trexergy co., Ltd. 2013. Introduce of New geothermal heat pump system data.
10. Yang, J. S. and S. Y. Yoon. 2013. Economical and Environmental Feasibility of Cultivation under Structure Due to the Introduction of Bio-energy. Korean J. Organic Agric. 21: 335-350.