

321079
-02

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
농업에너지 자립형산업모델 기술개발사업 2022년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004397-01

작물별 영농형 태양광 경제성 평가 및 정책 가이드라인 개발

2023.05.26

주관연구기관 / 영남대학교 산학협력단

농림축산식품부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

정책 가이드라인 개발
경제성 평가 및
작물별 영농형 태양광

최종
보고
서

2022

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “작물별 영농형 태양광 경제성평가 및 정책 가이드라인 개발”(개발
기간 : 2021. 04. ~ 2022. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023.05.26

주관연구기관명 : 영남대학교 산학협력단 (대표자) 김우경 (인)



주관연구책임자 : 이상호

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	농업에너지 자립형산업모델 기술개발			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)	에너지저장·관리			연구개발과제번호			
기술 분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LB0505	40%	2순위 LB0507	30%	3순위 LB2001	30%
	농림식품 과학기술분류	1순위 CA0201	60%	2순위 RA0407	20%	3순위 SA0101	20%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	1.(총괄과제)작물별 생산성을 고려한 영농형 태양광 표준모델 개발 및 실증						
연구개발과제명	(협업과제 4)작물별 영농형 태양광 경제성 평가 및 정책 가이드라인 개발						
전체 연구개발기간	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)						
총 연구개발비	총 331,000천원 (정부지원연구개발비: 331,000천원, 기관부담연구개발비: 천원, 지방자치단체지원연구개발비: 천원, 그 외 지원연구개발비: 천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[√] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물별 영농형 태양광 경제성 평가 및 비즈니스 모델 개발, 정책 가이드라인 작성 - 작물별 영농형 태양광 유형을 고려한 경제성 평가에 기반하여 적정 설치규모를 도출하고자 함 - 작물별 영농형 태양광 유형별 비즈니스 모델을 운영주체별(농가 및 법인체)로 제시하고 최적 수익방안 도출 - 영농형 태양광의 보급을 위한 지역 작물별로 최적화된 자본조달방식, 농지제도, 신재생에너지지원책 등의 가이드라인 개발 				
	전체 내용		<p>[제1년차 연구과제] 작물별 영농형 태양광 경제성 분석 및 농가의 사결정지원 프로그램 개발</p> <p><1단계> 지역별 작물별 농가수용의향 및 실태조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등) - 지역별 작물별 농가설문 조사 - 영농형 태양광 실태조사 ○ 활용DB : 지역별 작물별 설문조사 자료 ○ 연구내용 - 영농형 태양광 실태조사 <ul style="list-style-type: none"> · 초기투자비 및 운영비 · 농업생산 투입 및 산출구조 · 태양광 발전규모 및 유형 등 기술특성 조사 - 작물 재배현황 및 작부체계 <ul style="list-style-type: none"> · 식량작물 : 품종, 정식기, 수확기, 병해충 방제 등 · 과수작물 : 품종, 수형, 재배양식, 병해충 방제 등 · 채소작물 : 품종, 재배양식, 정식기, 병해충 방제 등 - 영농형 태양광 수용의사 - 영농형 태양광 운영형태: 개인 또는 법인형태 - 농가 선호 모델: 태양광 유형, 발전시설 규모, 작물 등 - 자본조달방안: 자부담, 정책자금 등 				

- 농지조달방안 및 계약방식
- 태양광 수익 확보방안

<2단계> 작물별 영농형 태양광 경제성 평가

- 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등)
- 분석변수 : <1단계>에서 구축한 농가수용성 및 실태조사 자료
- 분석방법 : 순현재가치법, 편익/비용 비율, 내수투자수익률 등
- 연구내용
 - 영농형 태양광 경제성 분석: 표준모델(3종), 작물(3종이상), 설치규모(100kW 등 3종)
 - 편익항목: 태양광 발전수익, 농업소득 등
 - 비용항목: 초기 투자비, 운영비, 농업경영비 등
 - 정책조건별 영농형 태양광 경제성 분석
 - 민감도 시나리오별 영농형 태양광 경제성 분석
 - 동태적 분석: 영농형 태양광 기술진보, 시장변화, 경제구조 변화 반영

<3단계> 농가 의사결정지원을 위한 경제성 프로그램 개발

- 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등)
- 분석변수 : <2단계>에서 구축한 경제성 평가 자료 및 분석모형
- 분석방법 : 엑셀기반 경제성 프로그램 개발
- 연구내용
 - 작물별, 유형별, 규모별 경제성 평가
 - 개별 농가 단위 의사결정 프로그램: 작물, 유형, 규모별 경제성 분석
 - 정책조건별 최적 영농형 태양광 규모 분석
 - 민감도 시나리오별 최적 영농형 태양광 규모 분석

[제2년차 연구과제] 작물별 영농형 태양광 비즈니스 모델 및 보급 정책가이드라인 개발

<4단계> 영농형 태양광 운영에 따른 온실가스 감축 및 경제적 파급효과

- 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등)
- 활용DB : <2단계>의 태양광 발전규모 및 경제성 분석결과
- 분석방법 : 투입산출분석
- 연구내용
 - 태양광 발전규모 및 보급면적에 따른 온실가스 감축량 산정
 - 영농형 태양광보급에 따른 생산액, 부가가치, 고용 유발효과
 - 영농형 태양광보급에 따른 지역별 경제적 파급효과

<5단계> 영농형 태양광의 경제적 비즈니스 모델 제시

- 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등)
- 활용DB : <2단계>의 태양광 발전규모 및 경제성 분석결과
- 연구내용
 - 영농형 태양광의 비즈니스 체계: 가치사슬, 수익모델, 경쟁전략, 사업 하부구조 도출
 - 지역별 작물별 경제성 달성이 가능한 영농형 태양광 유형 및 규모 산출
 - 지역별 작물별 최적 영농형 태양광 규모 산출

		<ul style="list-style-type: none"> - 개별농가 단위 최적 영농형 태양광 규모 산출 - 법인체 단위 최적 영농형 태양광 규모 산출 - 정책조건(자본조달, 농지제도, 신재생에너지지원정책 등)별 작물별 최적 영농형 태양광 규모 산출 <p><6단계> 영농형 태양광 보급 정책 가이드라인 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등) ○ 활용DB : <1단계> 농가수용성 설문조사 및 <2단계> 경제성 분석, <5단계> 경제적 비즈니스 모델 ○ 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 농가수용성, 경제성, 비즈니스 모델을 고려한 자본조달 방안 - 영농 지속성, 온실가스 감축효과, 경제성을 고려한 REC 가중치 등 지원방안 - 영농형 태양광 운영조직 활성화 방안
	1단계 (해당 시 작성)	<p>목표</p> <p>내용</p>
	n단계 (해당 시 작성)	<p>목표</p> <p>내용</p>

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정성성과 <ul style="list-style-type: none"> - 12가지 유형의 시나리오를 고려하여 적정 설치규모를 도출하였음 - 개별농가를 비롯한 염해간척지, 집적지구 등 다양한 비즈니스 모델을 제시하고 최적 수익방안을 도출하였음 - 영농형 태양광 보급에 의해 생겨나는 다양한 이슈를 정리하고 최적화된 정책 가이드라인 제공하였음. ○ 정량성과 <ul style="list-style-type: none"> - 논문 1건/학술대회 논문발표 2건/정책활용 1건/자료발간 2건
--------	---

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	1) 연구개발성과의 활용계획		
	구분	활용 제목	활용분야
	경제성 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물별 영농형 태양광의 유형별 경제성 분석 ○ 태양광 유형별 최적 발전시설 규모 산출 ○ 농가 의사결정지원을 위한 경제성 평가 프로그램 개발 ○ 보급정책에 따른 작물별 영농형 태양광 경제성 평가 	논문, 학술발표, 자료발간
	온실가스 감축 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물별 영농형 태양광 발전규모에 따른 온실가스 감축량 분석 ○ 작물별 영농형 태양광 발전규모에 따른 생산 및 고용유발 효과 	논문, 학술발표, 정책활용
	경제적 비즈니스 모델	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물별 영농형 태양광 유형 및 규모에 따른 경제적 비즈니스 모델 ○ 운영주체에 따른 영농형 태양광 비즈니스 모델 ○ 보급정책에 따른 작물별 영농형 태양광 최적 비즈니스 모델 	정책활용, 자료발간
정책 가이드라인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농가수용성, 경제성, 비즈니스 모델을 고려한 자본조달 방안 ○ 영농 지속성, 온실가스 감축효과, 경제성을 고려한 REC 가중치 등 지원방안 ○ 영농형 태양광 운영조직 활성화 방안 	정책활용, 자료발간	
	2) 연구개발성과의 기대효과		
	가) 과학기술적 측면		
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물별 영농형 태양광 경제성 평가 프로그램 개발을 통해 의사결정의 효율성 제고와 농가 수용성 제고에 기여 		

- 작물별 영농형 태양광 경제성 평가 모델을 구축함으로써 최적 규모와 유형을 제시하고 태양광 기술개발의 근거자료로 활용
 - 보급정책에 따른 작목별 영농형 태양광 최적 비즈니스 모델 개발
- 나. 경제적·산업적 측면
- 작물별 영농형 태양광 경제성 평가를 통해 최적의 유형과 규모를 도출하여 농가소득 제고와 온실가스 감축에 기여
 - 작물별 영농형 태양광 발전규모에 따른 온실가스 감축효과와 고용유발 등 환경·경제적 파급효과 마련
 - 작물별 영농형 태양광 유형 및 규모에 따른 경제적 비즈니스 모델을 통해 농가의 수용성 제고에 기여
- 다. 사회적 측면
- 작물별 영농형 태양광 이해관계당사자의 요구사항을 파악하고, 영농의 지속가능성을 위한 주민수용성, 수익성 제고를 위한 태양광 유형별 설계, 보급 확대를 위한 정책설계 기여
 - 영농 지속성과 태양광 발전을 통한 온실가스 감축이라는 두 개의 목표를 동시에 달성할 수 있는 사회적 균형 달성에 기여
 - 농지보전 및 식량안보 목표 달성과 신재생에너지 보급 확대를 통한 온실가스 감축의 균형을 위한 정책 가이드라인 도출에 기여

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	1											
국문핵심어 (5개 이내)	영농형 태양광		생산성 최적화			표준모델		경제성분석		자립형 에너지		
영문핵심어 (5개 이내)	Agrophotovoltaic		Productivity optimization			Standard model		Economic analysis		Self-supporting energy		

최종보고서				보안등급 일반[<input checked="" type="checkbox"/>], 보안[<input type="checkbox"/>]				
중앙행정기관명	농림축산식품부	사업명	사업명		농업에너지 자립형산업모델 기술개발			
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획 평가원		내역사업명 (해당 시 작성)		에너지저장 · 관리			
광고번호	농축2021-71호	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		321003-02				
		연구개발과제번호		321076-2				
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LB0505	40%	2순위 LB0507	30%	3순위 LB2001	30%	
	농림식품과학기술분류	1순위 CA0201	60%	2순위 RA0407	20%	3순위 SA0101	20%	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문	1. (총괄과제)작물별 생산성을 고려한 영농형 태양광 표준모델 개발 및 실증						
연구개발과제명	국문	(협업과제 4) 작물별 영농형 태양광 경제성 평가 및 정책 가이드라인 개발						
	영문	Development of Economic Evaluation and Policy Guidelines for Agro Photovoltaics Power Generation by Crop						
주관연구개발기관	기관명	영남대학교 산학협력단	사업자등록번호		515-82-06574			
	주소	(38541) 경북 경산시 대학로 280	법인등록번호		174871-0003711			
연구책임자	성명	이상호		직위		교수		
	연락처	직장전화 전자우편			휴대전화			
연구개발기간	전체	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)						
	단계 (해당 시 작성)	1단계	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)					
	n단계	-						
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원	기관부담		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발비 외 지원금
	연구개발비 현금	연구개발비 현금	연구개발비 현물	지방자치단체 현금	기타() 현물	현금	현물	
총계	331,000					331,000	331,000	
1단계	1년차	142,000				142,000	142,000	
	n년차	189,000				189,000	189,000	
n단계	1년차							
	n년차							
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고 역할 기관유형		
공동연구개발기관								
위탁연구개발기관								
연구개발기관 외 기관								
연구개발담당자 실무담당자	성명	이상호		직위		교수		
	연락처	직장전화 전자우편			휴대전화			

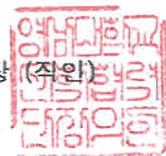
이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022년 12월 31일

연구책임자: 이상호



주관연구개발기관의 장: 영남대학교산학협력단장



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

최종보고서				보안등급						
				일반[√], 보안[]						
중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명	사업명			농업에너지 자립형산업모델 기술개발		
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획 평가원			내역사업명 (해당 시 작성)			에너지저장 · 관리		
공고번호		농축2021-71호		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			321003-02			
				연구개발과제번호			321076-2			
기술 분류	국가과학기술 표준분류		1순위 LB0505	40%	2순위 LB0507	30%	3순위 LB2001	30%		
	농림식품과학기술분류		1순위 CA0201	60%	2순위 RA0407	20%	3순위 SA0101	20%		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문	1. (총괄과제)작물별 생산성을 고려한 영농형 태양광 표준모델 개발 및 실증							
		영문								
연구개발과제명		국문	(협업과제 4) 작물별 영농형 태양광 경제성 평가 및 정책 가이드라인 개발							
		영문	Development of Economic Evaluation and Policy Guidelines for Agro Photovoltaics Power Generation by Crop							
주관연구개발기관		기관명	영남대학교 산학협력단			사업자등록번호		515-82-06574		
		주소	(38541) 경북 경산시 대학로 280			법인등록번호		174871-0003711		
연구책임자		성명	이상호			직위		교수		
		연락처	직장전화				휴대전화			
		전자우편				국가연구자번호				
연구개발기간		전체		2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)						
		단계 (해당 시 작성)	1단계	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)						
			n단계	-						
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비	그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타()				합계		연구개발비 외 지원금
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		331,000						331,000		331,000
1단계	1년차	142,000						142,000		142,000
	n년차	189,000						189,000		189,000
n단계	1년차									
	n년차									
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고			
							역할	기관유형		
공동연구개발기관										
위탁연구개발기관										
연구개발기관 외 기관										
연구개발담당자 실무담당자		성명	이상호			직위		교수		
		연락처	직장전화				휴대전화			
		전자우편				국가연구자번호				

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022 년 12월 31일

연구책임자: 이상호 (인)

주관연구개발기관의 장: 영남대학교산학협력단장 (직인)

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용	6
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	13
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	142
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	142

별첨 자료 (자체평가의견서, 연구결과활용계획서)

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 필요성

- 파리협정이 발효됨에 따라 새로운 기후변화 협약의 실질적인 이행을 위해서는 청정에너지 보급 확대가 절실히 필요한 상황임.
 - 신기후체제(新氣候體制, New Climate Regime)는 2020년 말 교토의정서가 만료되고, 2021년 1월부터 파리협정이 발효되면서 교토의정서 체제와는 다른 새로운 기후체제가 출범함.
 - 기후위기 대응을 위한 에너지 전환의 국제적 요구에 따라 우리나라도 지속적으로 재생에너지가 확대하고 있으며, 2030년까지 재생에너지의 비중을 20%까지 확대할 계획임.
 - 정부는 2050년까지 넷제로(Net zero)를 선언하였는데, 이는 지구 기후의 변화를 야기하는 온실가스의 배출과 흡수가 균형을 이룬 상태를 의미함. 따라서 온실가스 감축을 위한 신재생에너지 보급 확대가 무엇보다 중요한 과제로 부각되고 있음.
- 그린뉴딜은 '그린(green)'과 '뉴딜(New Deal)¹⁾'의 합성어로, 환경과 사람이 중심이 되는 지속 가능한 발전을 뜻함.
 - 현재 화석에너지 중심의 에너지 정책을 신재생에너지로 전환하는 등 저탄소 경제구조로 전환하면서 고용과 투자를 늘리는 정책임.
 - 이를 통해 청정에너지 기반 기술과 산업이 활성화되며 이를 여타 산업부문과 연계하여 신성장동력으로 활용가능함.
- 에너지 고갈 등 자원 위기에 대비하여 고갈성 화석연료에서 지속가능한 재생에너지로 전환 필요.
 - 석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료는 고갈성 에너지이기 때문에 향후 가격상승뿐만 아니라 자원의 이용자체가 불가능한 상황이 도래할 수 있음.
 - 태양광, 풍력, 수력, 조력 등은 에너지원이 자연에서 발생하며, 재생가능하기 때문에 지속가능한 자원임.
- 3020 달성과 넷제로를 위해 신재생에너지 보급이 확대되는 추세이며, 그 중에서도 태양광 발전의 비중이 높은 비중을 차지하고 있음.
 - 지금까지 태양광 개발이 집중됐던 임야는 산지훼손 등의 이유로 더이상 추가적인 개발이 어렵고, 산지가 대부분인 국토 특성상 태양광 개발을 위해 농지가 새로운 후보지로 주목 받고 있음.
 - 2018부터 2030년까지 농촌지역 1만3,000ha 부지에 태양광 10GW 설치를 목표로 농촌 재생에너지 확대를 추진하고 있으며, 농지보전부담금 감면을 비롯해 태양광발전을 위한 농지전용 허가 면적 확대 등 농지제도 개선을 통해 태양광 공급 기반을 조성해 왔음.
 - 태양광 부지로 전용된 부지 면적은 2017년 1,438ha, 2018년 3,675ha, 2019년 2,555ha, 2020년 913ha임.
- WTO/FTA 등으로 농업소득의 불안정 및 변동성이 심각해짐에 따라 대안적 소득원의 개발이 절실한 상황임.
 - 농촌에 태양광을 설치하는 사업 방식은 여러 가지 형태가 있으나 크게 농촌 태양광과 영농형 태양광으로 구분됨.

1) 미국의 루스벨트 대통령이 1930년대 대공황을 극복하기 위하여 추진한 일련의 경제정책

- 농지를 활용한 태양광발전 방식이라는 공통점이 있으나 농지에서 발전만을 하는가, 작물 재배를 병행하는가에 따라 차이가 있음.
 - 영농형 태양광은 농지 상부의 공간을 활용해 태양광발전을 동시에 수행하는 시스템임. 모든 작물은 일정량의 일조량을 넘어서면 더이상 광합성량이 증가하지 않는 광포화점이 있는데 이 광포화점이상의 빛을 태양광발전과 공유하는 것임.
 - 농지에서의 농작물 수확량 감소 및 영농 활동의 장애를 최소화하며 태양광발전을 통한 추가 수익을 기대할 수 있음.
 - 영농형 태양광은 작물 농사와 태양광발전을 병행해 소득 증가를 예상할 수 있으며, 기존 태양광발전 시설과 달리 토지를 그대로 사용하기 때문에 농지 유지라는 장점이 있음.
- 농촌은 도시와 달리 집중식 구조가 아닌 분산형이기 때문에 중앙집중식 에너지 공급방식에서 분산형 청정에너지 공급체계 필요
- 농업·농촌 에너지 수요를 고려한 지역 에너지 수급체계를 위해 태양광을 비롯한 재생에너지 공급체계가 필요함.



<그림 1> 영농형 태양광 발전 개념도



<그림 2> 영농형 태양광 실증단지

- 영농형 태양광은 농지에 설치하기 때문에 부지확보는 용이하나 농업 생산성 감소로 인한 식량안보 문제가 발생할 우려가 있음.
 - 농작물 재배와 태양광발전을 병행하는 영농형 태양광은 농지 보전, 농가소득 증진, 태양광 확대를 동시에 달성할 수 있는 장점이 있으나 영농의 지속성 확보, 장기적(20년 간) 사후관리, 농지 환원 등의 이행을 담보하기 위해 제도와 정책 검토 필요.
- 해외 기술동향 및 수준을 살펴보면, 일본은 솔라셰어링(Solar Sharing) 개념으로 영농형 태양광을 2003년부터 도입하고 있음.
- 2013년 3월에 농림수산성의 지침에 의해 농용지구역에 조건부 설치 허가를 해주면서 확산이 시작됐으며, 현재 일본의 영농형 태양광 허가 실적은 2020년 약 2,000건이상으로 집계되고 있음.
 - 농림수산성은 영농형 태양광이 작물의 수량과 품질에 피해를 주지 않는 것으로 판단되면 농지전용 기간을 연장해주는 등 농가들의 소득 증대에 직간접 지원을 이어가고 있음.
 - 프랑스, 스페인 등은 ‘Solar Double Cropping’ 이라는 명칭으로 태양광발전과 작물의 공

동재배를 위한 시범사업을 실시 중에 있음.

- 사막 등지에서 식물 재배를 위한 태양광발전 설비 밑에 식물재배를 위해 연구를 추진하고 있으며, 태양광발전 설비를 이용 토지에 적절한 그늘을 제공해 수분증발을 막고 발전된 전기를 사용해 식물에 물을 공급하는 연구를 개발 중에 있음.
- 영농형 태양광은 초기 단계로 영농 지속성과 태양광 발전의 경제성, 온실가스 감축의 환경효과 등을 동시에 추진할 수 있는 방안을 마련할 필요성이 있음.
- 작물별 영농형 태양광 경제성 평가에 기반하여 적정 설치규모와 유형을 도출해야 함
- 작물별, 규모별 영농형 태양광 비즈니스 모델을 개발하여 최적의 수익방안을 제시할 필요성이 있음
- 영농형 태양광의 자본조달방식, 농지제도, 신재생에너지지원정책 등을 종합적으로 고려한 보급 가이드라인의 개발이 필요함.

2) 연구개발과제의 최종 목표

- 작물별 영농형 태양광 경제성 평가 및 비즈니스 모델 개발, 정책 가이드라인 작성
- 작물별 영농형 태양광 유형을 고려한 경제성 평가에 기반하여 적정 설치규모를 도출
- 작물별 영농형 태양광 유형별 비즈니스 모델을 운영주체별(농가 및 법인체)로 제시하고 최적 수익방안 도출
- 영농형 태양광의 보급을 위한 지역 작물별로 최적화된 자본조달방식, 농지제도, 신재생에너지지원책 등의 가이드라인 개발

3) 연구개발과제의 연차별 목표

- 1년차 : 지역별 작물 재배 특성(품종 및 재배방식)과 농업인 수용성에 기반한 작물별 영농형 태양광 경제성을 분석하고 이를 바탕으로 최적 설치규모를 도출
- 2년차 : 작물별 영농형 태양광 유형별 비즈니스 모델을 운영주체별(농가 및 법인체)로 제시하고 최적 수익방안 도출
- 영농형 태양광의 보급을 위한 지역 작물별로 최적화된 자본조달방식, 농지제도, 신재생에너지 지원책 등의 가이드라인 개발

4) 연구개발과제의 내용

[제1년차 연구과제] 작물별 영농형 태양광 경제성 분석 및 농가의사결정지원 프로그램 개발

<1단계> 지역별 작물별 농가수용의향 및 실태조사

- 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등)
- 지역별 작물 재배면적 및 기후변화 특성을 반영한 조사대상 표본추출
- 지역별 작물별 농가설문 조사
- 영농형 태양광 실태조사
- 활용DB : 지역별 작물별 설문조사 자료
- 연구내용
- 영농형 태양광 실태조사

- 초기투자비 및 운영비
- 농업생산 투입 및 산출구조
- 태양광 발전규모 및 유형 등 기술특성 조사
- 작물 재배현황 및 작부체계
 - 식량작물 : 품종, 정식기, 수확기, 병해충 방제 등
 - 과수작물 : 품종, 수형, 재배양식, 병해충 방제 등
 - 채소작물 : 품종, 재배양식, 정식기, 병해충 방제 등
- 영농형 태양광 수용의사: 고부가가치 작물의 태양광 재배의향
- 영농형 태양광 운영형태: 개인 또는 법인형태
- 농가 선호 모델: 태양광 유형, 발전시설 규모, 작물 등
- 자본조달방안: 자부담, 정책자금 등
- 농지조달방안 및 계약방식
- 태양광 수익 확보방안

<2단계> 작물별 영농형 태양광 경제성 평가

- 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등)
- 분석변수 : <1단계>에서 구축한 농가수용성 및 실태조사 자료, 총괄과제 및 여타 협업과제의 태양광 비용·수익 및 작물수익 자료
- 분석방법 : 순현재가치법, 편익/비용 비율, 내수투자수익률 등
- 연구내용
 - 영농형 태양광 경제성 분석: 표준모델(3종), 작물(3종이상), 설치규모(100kW 등 3종)
 - 편익항목: 태양광 발전수익, 농업소득(작물별 수익) 등
 - 비용항목: 초기 투자비, 운영비, 농업경영비 등
 - 경제성 분석항목: 태양광 발전용량, 사용면적, 설치 및 운영비용 등
 - 정책조건별 영농형 태양광 경제성 분석
 - 민감도 시나리오별 영농형 태양광 경제성 분석
 - 동태적 분석: 영농형 태양광 기술진보, 시장변화, 경제구조 변화 반영

<3단계> 농가 의사결정지원을 위한 경제성 프로그램 개발

- 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등)
- 분석변수 : <2단계>에서 구축한 경제성 평가 자료 및 분석모형
- 분석방법 : 엑셀기반 경제성 프로그램 개발
- 연구내용
 - 작물별, 유형별, 규모별 경제성 평가
 - 개별 농가 단위 의사결정 프로그램: 작물, 유형, 규모별 경제성 분석
 - 정책조건별 최적 영농형 태양광 규모 분석
 - 민감도 시나리오별 최적 영농형 태양광 규모 분석

[제2년차 연구과제] 작물별 영농형 태양광 비즈니스 모델 및 보급 정책가이드라인 개발

<4단계> 영농형 태양광 운영에 따른 온실가스 감축 및 경제적 파급효과

- 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등)
- 활용DB : 태양광 발전규모 및 경제성 분석결과
- 분석방법 : 투입산출분석
- 연구내용
 - 태양광 발전규모 및 보급면적에 따른 온실가스 감축량 산정
 - 영농형 태양광보급에 따른 생산액, 부가가치, 고용 유발효과
 - 영농형 태양광보급에 따른 지역별 경제적 파급효과

<5단계> 영농형 태양광의 경제적 비즈니스 모델 제시

- 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등)
- 활용DB : 태양광 발전규모 및 경제성 분석결과
- 연구내용
 - 영농형 태양광의 비즈니스 체계: 가치사슬, 수익모델, 경쟁전략, 사업 하부구조 도출
 - 지역별 작물별 경제성 달성이 가능한 영농형 태양광 유형 및 규모 산출
 - 지역별 작물별 최적 영농형 태양광 규모 산출
 - 정책조건(자본조달, 농지제도, 신재생에너지지원정책 등)별 작물별 최적 영농형 태양광 규모 산출

<6단계> 영농형 태양광 보급 정책 가이드라인 개발

- 연구대상 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등)
- 활용DB : 농가수용성 설문조사 및 경제성 분석, 경제적 비즈니스 모델
- 연구내용
 - 농가수용성, 경제성, 비즈니스 모델을 고려한 자본조달 방안
 - 영농 지속성, 온실가스 감축효과, 경제성을 고려한 REC 가중치 등 지원방안
 - 영농형 태양광 운영조직 활성화 방안

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

[제1년차 연구과제] 작물별 영농형 태양광 경제성 분석 및 농가의사결정지원 프로그램
 <1단계> 지역별 작물별 농가수용의향 및 실태조사

- 수행일정 : 2021년 4월~6월(3개월)
- 수행방법 : 식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등), 채소작물(배추 등) 주산지 대상
 - 지역별 작물별 재배면적 기반 조사대상 표본설계
- 실태 및 설문조사내용
 - 영농형 태양광 실태조사: 작물, 유형, 규모별 투자비, 운영비, 수익 등

<표 1> 국내 영농형 태양광발전 사례

구분	설치지역	규모(kw)	설치시기	작물	비고
한수원	경기 가평	79	17.04	벼	
HS솔라	충북 청주	97	18.06	벼	충북TP
솔리팜	충북 오창	25	16.03	벼, 인삼	자체연구
		30	16.09	감자, 배추	농식품부
		100	18.09	감자, 배추, 무	산업부(예기평)
	경북 군위	50	18.05	벼	
	경기 성남	70	18.10	마늘, 양파	
	전남 보성	100	19.04	벼	
남동발전	경남 고성	100	17.03	벼	
	인천 영흥	100	18.09	포도	
	경남 고성	76.8	19.02	벼	시범사업
	경남 함양	100	19.04	벼	시범사업
	경남 하동	100	19.04	벼	시범사업
	경남 함안	100	19.05	벼	시범사업
	경남 거창	100	19.06	벼	시범사업
	경남 남해	100	19.06	벼	시범사업
전남농업기술원	전남 나주	100	18.08	마늘, 양파, 배추	
	전남 보성	15	18.08	녹차	
	경기 강진	15	18.08	수수, 옥수수	
녹색에너지 연구원	전남 나주	10	17.05	마늘, 들깨	농식품부
		10	18.09	배	
		10	18.06		산업부(예기평)
동서발전	경기 파주	100	19.11	콩	시범사업
영남대	경북 경산	50	19.10	보리, 파, 밀	

- 사회경제적 특성변수: 연령, 학력, 영농경력, 소득, 가구원수 등
- 영농형 태양광 규모변수: 작물별 경지면적, 필지별 면적, 총경지면적, 소유형태, 농업진흥지역 등
- 영농형 태양광 수용의사 및 조건
- 영농형 태양광 자기 자본금 및 희망 조달방법
- 영농형 태양광 운영주체

〈표 2〉 작물별 지역별 재배면적

(단위: ha, 2020년 기준)

기준	쌀	포도	배	배추	감자
합계	697,000	10,226	8,391	28,415	20,898
경기도	75,128	1,529	1,921	1,604	1,642
강원도	28,405	223	140	6,783	5,199
충청북도	32,745	825	315	2,597	1,270
충청남도	131,284	620	1,956	1,504	2,041
전라북도	110,880	510	532	2,101	1,224
전라남도	156,230	134	2,143	8,766	2,674
경상북도	97,257	6,125	1,081	3,969	3,132
경상남도	65,028	260	303	849	2,170
제주도	43	0	0	242	1,546

○ 주요 결과물

- 영농형 태양광 실태 기반 자료구축
- 영농형 태양광 농가 수용성 자료구축

〈2단계〉 작물별 영농형 태양광 경제성 평가

○ 수행일정 : 2021년 7월~11월(5개월)

○ 수행방법 : 경제성 분석방법론

○ 비용/편익 분석의 의미

- 비용/편익 분석은 특정한 개발계획에서 예상되는 편익과 비용을 대응하여 투자수익을 계량적으로 측정함으로써 투자 의사결정을 지원하는 체계적인 접근방법임
- 비용/편익 타당성 분석은 단일 프로젝트의 투자효율을 측정할 수 있음은 물론 계획 목적을 달성하기 위한 여러 가지 대안의 투자효율을 객관적으로 비교하여 평가를 가능하게 함.
- 비용/편익 분석은 편익의 측정, 비용의 측정, 편익과 비용의 대응의 내용을 포함함

○ 비용/편익 분석결과와 해석

- 순현재가치법, 내부수익율법, 편익/비용의 비율 등 경제적 타당성 분석기법에 의해 판별된 단위사업에 대해서 경제성 평가를 할 수 있음.
- 여러 가지 대안에 대한 경제적 타당성 분석이 이루어졌을 경우 동일한 투자위험의 여건하에서는 기대수익률이 높은 대안을 선택하며, 단일안의 경우 내부 수익율이 사회적 기대수익률(자금조달의 평균이자율+투자위험 부담률)을 상회하면 경제성이 있는 사업으로 평가할 수 있음

○ 편익의 측정

- 편익은 영농형 태양광 도입으로 기대되는 장래 농업소득 및 태양광 발전수익의 총액으로 정의됨
- 직접적 편익의 계량화에 있어 감안하여야 할 사항은 영농형 태양광 사업에 따른 생산활동으로 인한 발전수익과 농업생산활동의 변화를 반영해야 함

○ 비용의 측정

- 편익에 대응할 수 있는 영농형 태양광의 비용항목을 설정함.

- 영농형 태양광 도입에 따른 직접적 비용과 기술도입에 따른 작업시간의 변화에 따른 비용도 포함

○ 순현재가치법(NPV : net present value method)

- 장래에 실현되는 편익과 비용을 투자액의 기회비용인 사회적 할인율(social discount rate)을 적용하여 현재가치(present value)로 나타내어 투자의 수익성을 측정하는 방법임

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \geq 0$$

여기서 B_t : t시점에서의 편익

C_t : t시점에서의 비용

i : 사회적 할인율

- 단일안을 대상으로 투자사업의 경제성을 평가하는 경우 순현재가치가 0보다 클 경우 채택하고, 여러개의 대안을 평가하는 경우 순현재가치가 가장 큰 대안을 선택
- 투자사업의 기준시점에서 경제성을 현재가치 금액으로 표시하기 때문에 이해관계자들에게 사업효과를 설명하기 용이함

○ 편익/비용 비율(benefit/cost ratio)

- 사회적 할인율에 의해 편익과 비용의 현재가치를 계산하고 비용에 대한 편익의 비율을 구함.

$$\text{B/C ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{1(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{1(1+i)^t}}$$

- 편익/비용의 비율이 상대적으로 높은 대안이나 단일안의 경우 1보다 클 때 투자사업의 경제성이 있는 것으로 판단

○ 경제적 내부수익율법(EIRR : economic internal rate of return)

- 내부수익율법은 투자사업의 순현재가치가 0이 되는 할인율을 측정하는 기법으로서 투자사업의 기간동안에 연평균 수익률을 현재가치로 표시하는 방법

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{1(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{1(1+r)^t} = 0 \text{을 만족하는 } r \text{이 내부수익률}$$

- 경제적 내부수익율이 평가기준으로 선택한 사회적 할인율보다 높거나 다른 대안에 비하여 높은 투자사업안을 선택

○ 조사내용

<표 3> 영농형 태양광 발전사업 초기 투자비 항목

(단위: 100kW, 600평 기준)

구분		내역
인허가비용	발전사업허가 및 개발행위허가	·필요서류 작성 및 인허가 대행
	계통연계부담금	·계통연계부담금=용량부담금+거리부담금 ·용량부담금: 100kW당 부과 ·거리부담금: 100m당 부과 *최초 200m에 대해서는 미부과 *전봇대에서 400m 떨어진 곳으로 가정
시공비	모듈 가격	·영농형: 일반형 태양광×1.5
	인버터 가격	·전력량에 비례하여 부과
	설계감리, 구조물, 시공비 등	·모듈설치, 구조물설치, 전기설비 시공 등

<표 4> 영농형 태양광 발전사업 운영비 항목

(단위: 100kW, 600평 기준)

구분	내역
전기안전관리비	· 전기안전관리대행 수수료 * 50kW 초과~100kW 이하 * VAT 별도
보험료	· 화재보험료(대출가입 시 필수) * 시공비의 0.6%
유지관리비	· 통신비, 전기료, 제초관리, 소규모 보수 등
정기점검	· 저압계통연계 기준: 기본료 137,200원, 20kW 초과 이후 952원/kW · 3년마다 점검
인버터 교체 비용	· 7년마다 교체
폐기물처리비용 등	· 폐기공사 및 산업폐기물 처리 비용 * 사업 종료 시점에 비용 발생

○ 주요 결과물

- 작물별 규모별 영농형 태양광 유형의 경제성 분석자료 구축
- 경제성 프로그램 개발을 위한 자료 구축

<3단계> 농가 의사결정지원을 위한 경제성 프로그램 개발

- 수행일정 : 2021년 11월~12월(2개월)
- 수행방법 : 엑셀 기반 경제성 프로그램 개발
- 수행결과물
 - 엑셀 기반 개별 농가 단위 의사결정 프로그램
 - 민감도 분석을 통한 경제성 분석
 - 비용/편익 분석지표(엑셀 프로그램 분석결과 예시)
 - 비용/편익 분석 입력지표(엑셀 프로그램 예시)

[제2년차 연구과제] 작물별 영농형 태양광 비즈니스 모델 및 보급 정책가이드라인 개발

<4단계> 영농형 태양광 운영에 따른 온실가스 감축 및 경제적 파급효과

- 수행일정 : 2022년 1월~4월(4개월)
- 태양광 발전규모 및 보급면적에 따른 온실가스 감축량 산정 및 분석
- 영농형태양광 확산과 관련 국내 산업 확대 방안 제시
 - 농업용수 및 농경지 중금속 오염의 최소화를 위한 가이드라인 제시
- 1GW 및 2GW 시나리오에 따른 생산유발액, 부가가치유발액, 취업유발 측정 및 분석
- 산업 간 직/간접적인 상호연관관계를 분석하고자 산업연관분석(Input-Output Analysis) 진행
 - 최종수요가 생산, 고용, 소득 등 국민경제에 미치는 각종 파급효과를 산업부문별로 나누어서 분석
- 수요측 모형은 최종수요의 외생적인 변화에 따른 생산, 부가가치, 고용 등의 파급효과를 분석하는데 사용
 - 최종수요 변화에 의해 야기된 초기 산출량 변화는 투입 방향으로 연쇄반응을 발생시키게 되며 이러한 연쇄반응이 후방연쇄효과
 - 특정 산업의 최종수요가 외생적으로 증가하면 이러한 수요 증가를 충족시키기 위해 해당 산업의 생산이 증가해야 하며 이와 같이 상류방향으로 발생하는 생산 증가 연쇄과정이 후방연쇄효과

$$A = Z\hat{X}^{-1} \quad (1)$$

$$AX + Y - Im = X$$

여기서, \hat{X} 는 대각항이 X 의 원소들로 이루어진 대각행렬

Y 는 최종재 수요합(= 소비+투자+정부지출+수출)

위 식을 총생산에 대해 정리하면,

$$X - AX = Y - Im \quad (2)$$

$$X(I - A) = Y - Im \quad (3)$$

$$X = (I - A)^{-1}(Y - Im) \quad (4)$$

단, I : 단위행렬(주대각요소가 1이고 나머지 요소가 모두 0인 행렬)

- 투입역행렬은 최종수요 1단위 증가함에 따라 유발되는 직간접 생산파급효과를 모두 합한 생산유발계수를 의미하게 되며 최종 수요의 변화에 따른 산출파급효과를 측정하며 또한 최종수요 증가를 위해 요구되는 중간재 투입을 공급하기 위한 전 산업 산출의 총변화를 측정
- 이는 다양한 유발효과 계산에서 기본적인 구성 요소가 되며, 부가가치유발계수와 수입유발계수, 고용유발계수를 산정

$$\text{부가가치유발계수} : \hat{A}^v(I - A)^{-1} \quad (5)$$

$$\text{고용유발계수} : \hat{l}(I - A)^{-1} \quad (6)$$

여기서, \hat{A}^v : 부가가치계수(= V/X), \hat{A}^m : 수입계수(= Im/X),

\hat{l} : 고용계수(= L/X), L : 고용량

- 농축수산물식품의 특정 생산물에 적용시 그 생산물의 최종수요 변화에 따른 파급효과
- 농가에서 해당 생산물을 생산하는 직접효과와 이러한 직접생산량 증가를 위해 투입되는 종자, 농기계, 농약, 비료, 유류 등 1차 파급효과.
- 농기계, 농약, 비료, 유류 등의 1차 파급효과 생산량 증대를 위해 투입되는 철강제품, 기계제품, 화학제품, 전기, 가스 등등의 2차에서 n 차 파급효과를 모두 더한 값
- 농가에서 해당 생산물을 생산하기 위해 투입되는 노동과 자본 등 부가가치의 합이 직접효과가 되며, 생산에 필요한 중간재 투입을 위해 생산된 농기계, 농약, 비료, 유류 등을 생산하는데 투입된 노동과 자본 등 부가가치가 1차 파급효과

<5단계> 영농형 태양광의 경제적 비즈니스 모델 제시

○ 수행일정 : 2022년 5월~8월(4개월)

○ 가치사슬

- 기업의 전략적 단위 활동을 구분하여 자사의 강·약점을 파악하고 경쟁 기업과의 현재적·잠재적 차별화 가치 창출 원천을 분석하기 위해 정립한 경쟁우위평가
- 가치창출 단계에 기여하는 기업의 모든 내·외부 활동
- 수직적 연계분석 또한 기업들이 각기 가치사슬의 전 분야 또는 일부 분야에만 참여하는 다양성이 있어 프로세스를 파악하기 위한 표준화 방법론이 존재하지 않아 분석에 어려움을 겪을 수 있으므로 현재까지 상당수의 가치사슬에 대한 연구는 설문방식으로 진행되었음.

○ 영농형 태양광 경제적 비즈니스 모델의 필요성

- 태양광 보급 사업만으로 에너지 전환과 산업 경쟁력 강화의 효과를 거두기엔 한계가 존재함.
- 현재 태양광 기술 수준은 이미 한계치에 근접했다는 것이 공통적인 인식임.
- ‘에너지 시장’의 경우 비즈니스 모델의 부재로 발전 정도가 낮아 국가 발전에 기여하는 정도가 낮음
- ‘에너지 시장’을 활성화하기 위하여 소규모 지역에서 전력을 자급자족할 수 있도록 하는 스마트그리드 시스템인 마이크로그리드와 개인 등이 생산한 소규모 전력을 판매할 수 있는 전력 시장을 뜻하는 에너지 프로슈머 제도의 도입이 제시됨.
- 신재생 에너지의 특성을 고려할 때 소비자가 직접 사업에 참여하도록 하는 것이 확대·보급에 효과적임
 - 소규모 분산전원이라는 특성을 지닌 신재생에너지는 전력 확대·보급에 소비자의 참여가 절대적임.
 - 정부 차원에서 별도의 인센티브를 제공하거나 전력사업법을 개정하여 참여 문턱을 낮춰야 함.
- 신재생 에너지 확대 사업과 비즈니스 모델을 결합하면 태양광 보급 가속화, 에너지 산업 활성화에 따른 고용 창출 등의 효과도 기대됨.
- 정부 중심의 공급 방식에서 탈피하여 소비자의 참여를 늘려야만 정부의 신재생 보급 목표치 달성이 가능할 것으로 전망됨.
- 조영혁(2019)에서는 농민이 보유한 토지의 사용권을 근거로 부지임대 또는 현물출자 등과 같이 직간접적으로 사업에 참여할 수 있는 비즈니스 모델을 제안하고 각 비즈니스 모델에 대한 경제성 평가와 민감도 분석을 실시함.

<6단계> 영농형 태양광 보급 정책 가이드라인 개발

○ 수행일정 : 2022년 9월~12월(4개월)

○ AHP 분석

- 의사결정의 전과정을 다단계로 나눈 후, 단계별로 분석·해결함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 것을 지원하는 접근방법

- 브레인스토밍 → 계층구조 설정 → 가중치 산정 및 일관성 검증 → 평점 → 검토 단계로 구성
- 필요성

• 영농형 태양광과 같은 공공정책사업은 정책적 및 경제적 분석결과를 종합하는 과정에는 다음과 같은 어려움이 수반됨. 첫째, 계량지표로 표현할 수 있는 평가항목과 정성적(qualitative)으로 표현되는 평가항목을 체계적으로 통합하는 과정에서의 어려움. 둘째, 수치화된 정량 지표의 경우에도 측정 단위가 다르면 통합하는 데 있어 어려움. 셋째, 조사에 참여한 연구진 각각의 사업 시행 여부에 대한 판단이 서로 다를 경우 이를 종합하여 집단적인 의사결정을 하는 데의 어려움

• 이러한 어려움을 해소하고 사업의 타당성을 종합적으로 판단하기 위하여 다기준 분석기법의 하나인 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석을 적용

- 장점

• 평가항목간 위계, 항목간 가중치 및 항목별 평가결과를 조사하여 최종적인 평가점수를 구하는 과정에서 연구자의 평가근거를 제3자가 확인할 수 있으며, 정성평가 과정에는 연구진의 주관적인 판단개입이 불가피하기 때문에 의사결정과정과 근거를 명확히 밝힘으로써 제3자가 의사결정의 합리성을 판단할 수 있도록 하는 것이 바람직함

• 연구책임자뿐만 아니라 다른 연구진의 의견도 반영. 연구에 참여한 전문가 집단의 의사를 객관적으로 수렴하는 사회적 합의 과정을 창출함으로써 주관적 판단의 오류를 줄임

• 유사한 평가구조를 여러 가지 사업에 그리고 장기적으로 적용함으로써 사업간 평가결과를 상호 비교가능하게 함으로써 종합적 판단의 신뢰성을 높임

○ 환경성, 농작물 생산성에 미치는 영향, 기술성, 경제성, 식량안보, 법·제도적, 주민 수용성 성과관리 이슈

- 영농형 태양광의 전력 생산 원리는 토지 위에 설치된 일반 태양광과 같지만, 전력 생산과 동시에 영농활동을 영위하기 위한 기술적 요소는 기존의 태양광 설비와 상이

- 신동원 외 (2021)은 영농형 태양광의 주요 환경적 이슈로 (1) 태양광 폐패널에 의한 토지 및 농작물의 중금속 오염과 (2) 태양광 설치에 따른 경관 훼손을 제기

- 영농형 태양광 설치는 필연적으로 모듈의 하부에 음영을 만들고, 그로 인해 태양광 모듈 하부 농지의 조사량에 영향

- 설치 및 운용 비용 대비 발전수익 및 각종 보조금 등을 비교

- 농지법 관련 법령 미비, 이격거리 규제 등 문제

- 농촌지역에서의 태양광 발전사업은 도시지역에 비해 지료가 저렴, 토지 이용상의 제약이나 토지이용 현황 등에서 이점

○ 영농형 태양광 보급 정책 가이드라인 개발

- 영농형 태양광 보급을 추진하는 데 있어 존재하는 주요 이슈들로 환경, 경제성, 법·제도, 주민 수용성을 제시

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

가. 영농형 태양광의 농가수용의향 및 실태조사

가) 영농형 태양광의 정의와 필요성

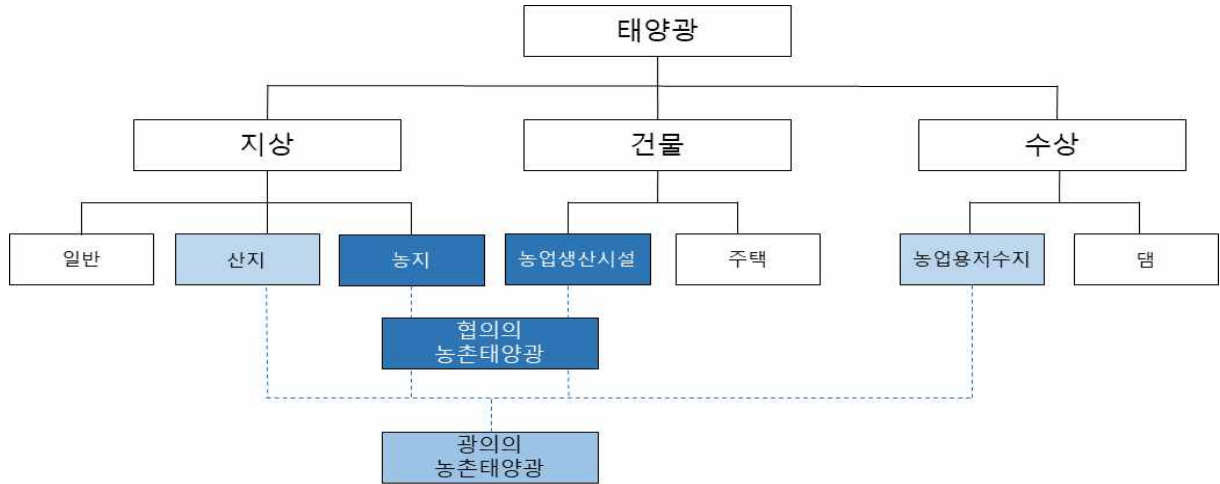
(가) 영농형 태양광의 정의

- 정부(산업부, 농림축산식품부, 해양수산부, 산림청) 및 유관기관(농협)에서 발표하거나 추진 중인 정책을 통하여 살펴본 농촌 태양광에 대한 범위는 다음과 같음.
 - 주로 농촌 태양광은 발전설비가 설치된 토지의 지목이나 구축물을 대상으로 하고, 일부 정책에서는 사업주체(농업인)을 대상으로 농촌 태양광을 구분함.
- 변재연(2021)은 이를 감안하여 농촌 태양광을 협의와 광의로 세분화하여 구분함(그림 3).
 - 협의의 농촌 태양광은 농지(전·답) 및 농업생산시설(축사, 버섯 재배사 등) 지붕 위에 설치한 태양광과 정부 지원을 받아 농업인·어업인·축산인 등이 설치한 태양광을 의미함(변재연, 2021).
 - 광의의 농촌 태양광은 협의의 태양광을 포함하여, 농업용 저수지, 산지, 양식장 등 농촌지역에 설치한 태양광을 의미함(변재연, 2021).

〈표 5〉 농촌 태양광의 개념 및 범위

구분	내용
「재생에너지 3020 이행계획」	<ul style="list-style-type: none"> · 농지(전·답) 및 농업생산시설(축사, 버섯 재배사 등) 지붕 위에 설치한 태양광 - 농지(전·답)에 설치된 태양광 - 축사, 버섯재배사 등 농업생산시설 지붕 위에 설치한 태양광 - 정부지원을 받아 농민, 어업인, 축산인 등이 설치한 태양광
농림축산식품부	<ul style="list-style-type: none"> · 마을단위 협동조합형 태양광 - 농업인(5명이상)과 지역농협이 발전협동조합을 구성하고, 발전협동조합이 시공·운영, 전력판매 및 수익배당 등 수행 · 얽혀간척지 태양광 - 일정 수준이상 염도로 인하여 농업생산성이 낮은 간척농지를 활용한 주민참여형 태양광 모델 발굴·확산 · 영농형 태양광 - 농업인 영농 활동과 태양광 발전을 병행할 수 있도록 영농형 태양광 적정품목 및 재배모델 실증지원하여 보급 확대 · 농업기반시설활용 에너지개발 - 저수지, 유휴지 등 한국농어촌공사의 농업생산기반시설을 활용하여 수상태양광 등 재생에너지 추진
해양수산부	<ul style="list-style-type: none"> · 양식장태양광 발전사업 - 양식장의 수면, 지붕 등에 태양광발전 설치를 통해 신재생에너지보급을 확대하고 양식어업인 등의 어가 소득을 증대
산림청	<ul style="list-style-type: none"> · 산지태양광 조사·점검 관리 - 산지에 설치되는 태양광으로 인한 재해방지나 산지경관 유지 등에 필요한 조사·점검 - 지자체의 산지태양광 발전설비 관리계획의 내용 및 시행결과를 국회상임위원회에 보고
농협	<ul style="list-style-type: none"> · 농가 컨설팅, 금융지원, 마을단위 태양광 추진, 농협 자체 태양광 발전소 등

자료: 변재연 (2021), p.6



자료: 변재연(2021)

<그림 3> 태양광 발전 시설의 구분

- 영농형 태양광 발전은 농지의 상부에 일정 간격으로 태양광 모듈을 분산 배치함으로써 토지에 충분한 태양광이 조사될 수 있도록 하여 영농활동을 지속할 수 있는 형태의 태양광 발전을 의미함(김연중 외, 2018).
- 김연중 외(2018)은 태양광 발전시설을 크게 위치에 따라 육상 태양광과 수상 태양광으로 구분하면서, 농지에 설치된 태양광을 농촌 태양광과 영농형 태양광으로 세분화함.
 - 육상 태양광은 설치지역의 유형, 용도 및 지형에 따라 (1)건물용 태양광, (2)농지 태양광, (3)산지 태양광으로 구분할 수 있음.
 - 농촌 태양광은 농지를 활용하여 설치한 태양광 시설을 의미함. 반면, 영농형 태양광은 농지를 활용하여 태양광을 설치하되, 원래의 용도인 농작물 재배가 가능하도록 차광을 확보하여 설치한 태양광 시설을 의미함.
 - 농촌 태양광은 농사를 짓지 못하므로 농지전용이 필요하지만, 영농형 태양광은 영농활동을 지속할 수 있으므로 농지전용이 별도로 요구되지 않는다는 점에서 차이가 있음.



자료: 전기신문 (2021.2.8.)

<그림 4> 영농형 태양광 설치 모습

- 변재연(2021)과 김연중 외(2018)의 분류에 따르면, 농업용 저수지와 산지 태양광을 농촌 태양광으로 분류할 것인지 다소 이견이 존재함. 태양광 발전시설을 구분할 때 설치지역의 용도나 지형을 기준으로 하느냐, 아니면 발전시설의 운영 주체를 기준으로 하느냐에 따라 발생할 수 있는 차이점으로 보임.
- 영농형 태양광은 농지를 대상으로 설치되는 발전시설임. 따라서 영농형 태양광은 농촌 태양광의 하부 개념으로 보는 것이 적합하다고 판단됨.
 - 농림축산식품부가 영농형 태양광을 농촌 태양광의 하부 개념으로 인식한 것과 동일하게 농촌 태양광 보급을 위한 금융지원사업에서도 영농형 태양광은 농촌 태양광의 하부 개념으로 인식하고 있음.
 - 다만, 영농형 태양광은 원래 농지의 용도인 농작물 재배를 겸하여 태양광 발전설비가 설치되어 토지의 이용 효율을 높인다는 점에서 기존의 농촌 태양광과 다르다는 점을 인식할 필요가 있음.

〈표 6〉 농촌태양광 금융지원사업 대상

구분		내용
농촌 태양광	공통 거주 요건	발전소 소재자와 동일한 읍·면·동에 1년이상 거주 발전소에서 직선거리 5Km 이내에 1년이상 거주
	농촌형	농·축산·어업인에 해당함 ①농업인 : “농업·농촌 및 식품산업기본법“ 시행령 제1조 제1항 제1호에 해당하는 자 ②축산인 : “축산법“에 따른 축산업허가증(등록증)을 득한 자 ③어업인 : “수산업·어촌·발전기본법“ 시행령 제3조 제2항에 해당하는 자 (조합의 경우) 조합원의 70%이상 이 농·축산·어업인임
	영농형	영농형 태양광 설치가 가능한 작물인지 확인 본인 소유 농지에 설치하는 사업
	농업용 저수지	지자체 또는 공공기관 소유의 저수지 조합원의 70%이상 이 발전소 인근 거주요건에 해당

자료: 한국에너지공단 신재생에너지센터. (https://www.knrec.or.kr/biz/introduce/new_fin/intro_fin.do?gubun=A)

(나) 영농형 태양광 보급 필요성 및 역할

- 산업통상자원부는 2016년 약 7%에 그치는 재생에너지 발전비중을 2030년까지 20%로 확대하는 목표를 「재생에너지 3020 이행계획(안)」을 통해 발표함.
 - 이 계획에 따르면 2018~2030년 동안 48.7GW의 재생에너지 설비를 신규 보급하게 되는데, 이중 태양광과 풍력이 각각 63%(30.8GW)와 34%(16.5GW)를 차지하는 등 95%이상의 신규 보급 설비가 태양광과 풍력으로 구성될 계획임.



자료: 재생에너지 3020 이행계획(안)

<그림 5> 재생에너지 3020의 신재생에너지 보급 목표 (설비기준)

- 이 과정에서 정부는 도시형 자가용 태양광 확대, 협동조합 등 소규모 사업 지원, 농촌 태양광 활성화 등을 통해 국민참여형 에너지 보급을 유도할 계획임.
- 농촌 태양광 활성화를 위해 비우량농지(농업진흥구역 내 염해 간척지 1.5만ha, 농업진흥지역 이외 농지 86만ha, 농업용 저수지 188ha 등)을 중심으로 2022년까지 3.3GW, 2030년까지 10GW를 보급할 계획임.
- 특히 농촌지역의 태양광 발전 보급을 활성화하기 위하여 경작과 태양광 발전을 병행하는 영농형 태양광 모델을 도입하기로 함.
- 산업통상자원부는 2030년까지 발전량의 20.3%를 신재생에너지로 공급하겠다는 목표와 함께 「제5차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획(2020.12)」을 발표함.
- 원별로 살펴보면, 「재생에너지 3020 이행계획(안)」과 동일하게 태양광과 풍력을 중심으로 재생에너지를 보급할 계획임.
- 2030년 재생에너지 원별 발전량 비중 목표는 태양광 38.9%, 풍력 31.9%로 태양광과 풍력만으로 약 70%의 재생에너지 전력을 생산하는 것을 목표로 함.
- 「제5차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획」에서도 태양광 보급확산을 위해 수용성 제고가 필요함을 강조하고 있으며, 고효율 태양광 개발, 입지 다변화용 태양광 모듈(수상, 해상, 영농형 등) 개발을 위한 기술개발 목표를 함께 제시함.

<표 7> 발전량 기준 신재생 비중 목표(단위 : %)

구분	2020	2022	2030	2034
신재생 비중	7.4	10.1	20.3	25.8
재생에너지	6.5	8.7	17.3	22.2
신에너지	0.9	1.4	30	3.6

자료: 제5차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획, p.49

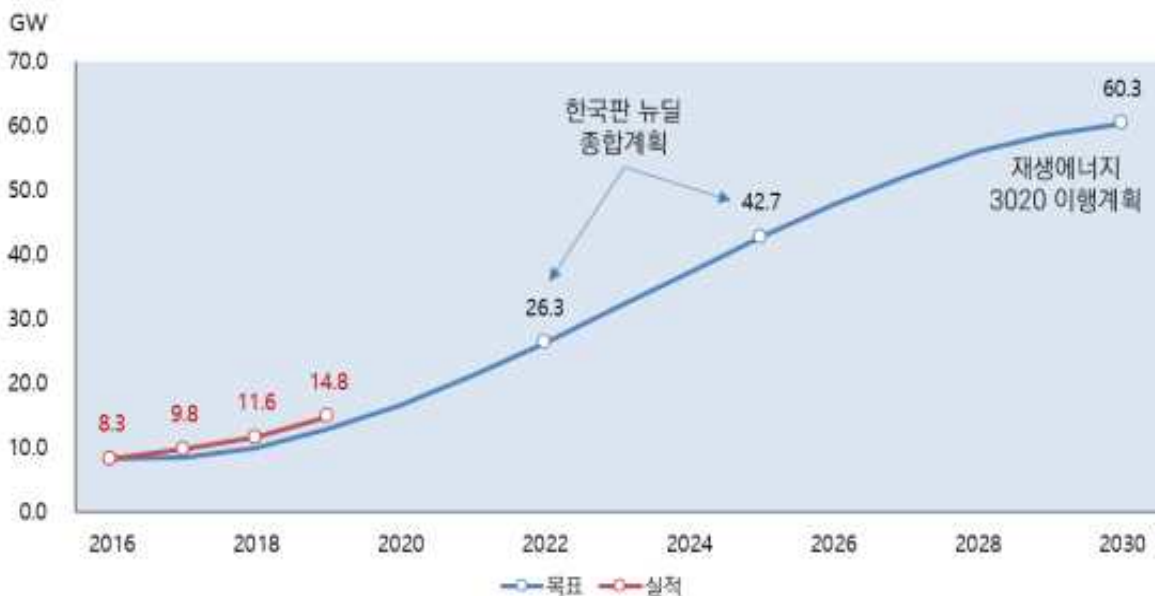
〈표 8〉 발전량 기준 원별 비중 목표

(단위 : %)

구분	2022	2030	2034
태양광	47.4	38.9	39.3
육상풍력	7.2	8.1	7.6
해상풍력	3.0	23.8	27.5
바이오	21.9	10.8	8.9
수력	5.9	3.0	2.4
해양	0.8	0.4	0.3
연료전지	9.9	13.1	12.5
IGCC	3.9	1.9	1.4
합계	100	100	100

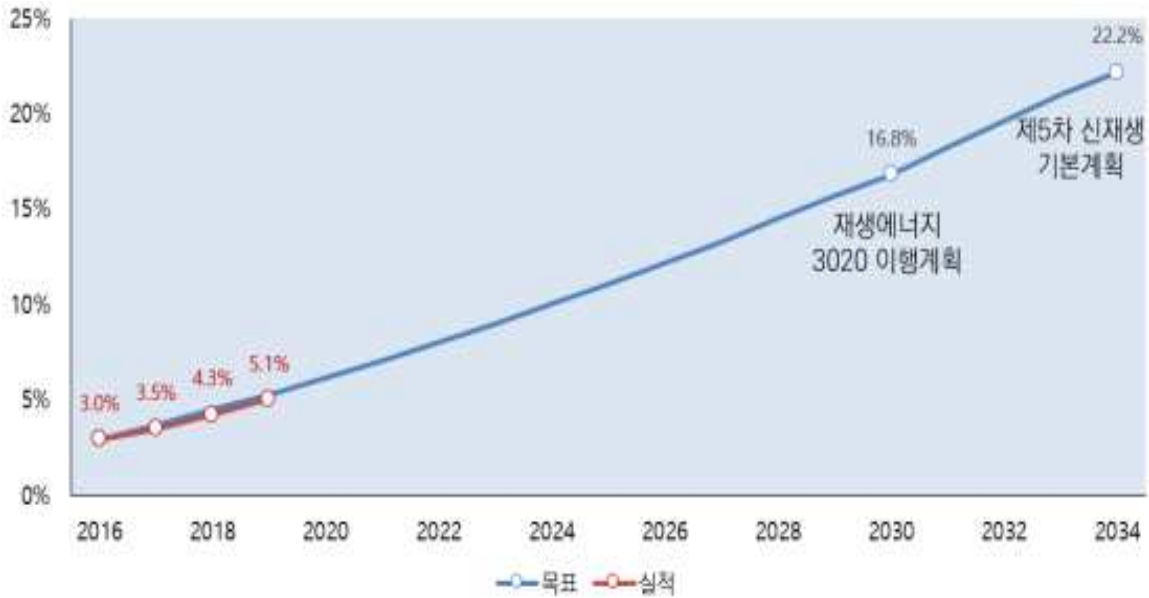
자료: 제5차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획, p.49

- 김지효·김현제(2021)은 기존의 에너지 전환정책의 목표는 주로 공급구조를 중심으로 제시되었음을 언급하여 재생에너지의 설비보급과 발전 비중에 대한 목표 달성 여부를 점검함.
 - 재생에너지의 경우 「에너지전환 로드맵」, 「재생에너지 3020 이행계획」, 「한국판 뉴딜 종합계획」, 「제5차 신재생에너지 기본계획」에서 설비용량 및 발전 비중에 대한 목표가 구체적으로 제시되었는데, 해당 목표가 준수한 수준으로 달성되고 있다고 평가되고 있음.
 - 하지만 이러한 성과는 공적 지원 및 제도개선 등 정부 주도로 진행되어왔음이 지적되고 있으며, 재생에너지의 특성을 고려하여 개인 및 소규모 사업자의 참여에 기반한 분산형 재생에너지 보급의 필요성이 주장되고 있음.



자료: 김지효·김현제 (2021)

〈그림 6〉 재생에너지 발전설비 보급 목표와 실적



자료: 김지효 · 김현제 (2021)

<그림 7> 재생에너지 발전비중 목표와 실적

- 에너지전환 가속화 목표 달성을 위해서는 태양광의 역할이 매우 중요하고, 태양광 보급 확대를 위해서는 주민참여형 모델의 개발과 성공이 담보되어야 함.
 - 정부에서도 이러한 점을 고려하여 주민참여형 에너지 체제로의 전환을 각종 정책의 핵심 비전으로 제시함.
 - 결국 정책목표의 달성을 위해서는 농지전용 및 산지 태양광 등으로 야기되는 난개발과 주민 수용성 문제를 극복할 수 있는 태양광 발전 시스템이 요구됨(김우람 외, 2021).
- 현재 태양광을 농지에 설치하기 위해서는 농지전용허가를 얻어야 하며 지목이 전 또는 답이었던 농지는 전용 후 잡종지 등으로 변경됨.
 - 농촌지역 태양광 보급이 증가함에 따라, 태양광 설치를 위한 농지전용 면적도 증가하고 있고, 전국의 농지 면적은 감소하는 추세임.
 - 통계청(2022)에서 발표하는 농업면적조사에 따르면, 동 기간 전국의 논밭 농지 면적은 2010년 1,715천ha에서 2019년 1,581천ha로 감소함.
 - 변재연(2021)이 조사한 바에 따르면 태양광 발전설비의 설치로 인한 농지 전용면적이 지난 2010년 42ha에 그쳤지만, 2019년에는 2,555ha에 이르는 것으로 나타남. 전체 농지 전용면적에서 차지하는 비중은 2010년 0.2%에서 2019년 15.5%까지 증가함.
- 영농형 태양광은 식량안보를 위한 농지 보전, 고령화와 농업소득 감소에 직면한 농촌 문제, 에너지 전환정책의 걸림돌인 주민 수용성 제고 등에 대응할 수 있는 대안으로 평가할 수 있음.
 - 농촌지역의 태양광 설치는 농지의 전용을 촉진하고 있음. 최근 곡물 가격의 급등으로 유발된 식량안보 이슈를 감안할 경우 적절한 수준의 농지 면적을 유지하는 것 역시 고려되어야 함.
- 영농형 태양광은 토지이용 효율을 높임과 동시에, 농지를 보전하면서 농가 수입 증대에 기여할 수 있고, 태양광 발전에 대한 수용성을 제고할 수 있음.

나) 영농형 태양광 현황 및 주요 사례

(가) 국내 태양광 및 농촌태양광 보급 현황

- 2010년 약 7GW 보급되었던 신재생에너지 설비는 이후 연평균 14% 증가하여, 2020년 현재 신재생에너지 누적 보급용량은 약 26GW임.
 - 혼소 비중을 반영하여 보급용량을 산정한 바이오 및 폐기물을 제외할 경우, 태양광의 보급이 빠르게 이루어져 왔음을 확인할 수 있음.
 - 2010년 651MW에 불과하던 태양광 설비는 2010-2020 연평균 증가율이 약 39%에 이를 정도로 빠르게 증가하며, 2020년 누적 보급용량이 약 17GW를 넘어서며 전체 신재생에너지 누적 보급용량의 약 67% 비중을 차지함.
 - 2020년 사업자, 상용자가 및 신재생 자가용을 합친 국내 총발전설비용량은 137GW이며, 약 26GW가 보급된 신재생에너지 설비가 전체 발전설비에서 차지하는 비중은 약 18.9%임.²⁾
- 연도별 신재생에너지 신규 보급용량을 살펴보면, 우리나라의 재생에너지 보급 및 확산은 태양광을 중심으로 이루어져 왔음을 명확하게 확인할 수 있음.
 - 2014년 이후 태양광은 매년 신재생에너지 신규 보급용량의 절반이상을 차지하고 있으며, 특히 2019년과 2020년에는 신규 보급되는 신재생에너지 발전설비의 약 85%를 점유할 정도로 보급용량이 빠르게 증가하였음.
 - 재생에너지 보급 확대의 한 축을 담당하고 있는 풍력발전의 경우, 보급 증가세가 정체되어 있음을 확인할 수 있음.
- 2010년 약 5,890GWh에 불과하던 신재생에너지 발전량은 연평균 22% 증가하여, 2020년 현재 신재생에너지 발전량은 약 43,062GWh임.
 - 2010년 773GWh의 전력을 생산한 태양광 설비는 연평균 약 38%에 이를 정도로 빠르게 증가하며, 2020년 발전량이 약 19,298GWh를 넘어서며 전체 신재생에너지 발전량의 약 44.8% 비중을 차지함.
 - 참고로 2019년에 비해 2020년 태양광 발전 비중이 큰 폭(17.7%p)으로 증가하였음. 이는 태양광 발전량이 대폭(5,135GWh) 증가한 요인도 있지만, 신재생에너지법 개정으로 비재생 폐기물이 통계작성 대상에서 제외됨에 따라 신재생에너지 보급통계에 반영되는 폐기물 발전량이 크게 감소한 것도 주요 요인임.
 - 2020년 사업자, 상용자가 및 신재생 자가용을 합친 국내 총발전량은 579,937GWh로, 43,062GWh의 전력을 생산한 신재생에너지는 전체 발전량의 약 7.4%를 담당하고 있음.³⁾

2) 한국에너지공단 신.재생에너지센터 (2021), p.19

3) 한국에너지공단 신.재생에너지센터 (2021), p.197

〈표 9〉 신재생에너지 누적 보급용량

연도	합계	태양광	풍력	수력	해양	바이오	폐기물	신에너지
누적 설비용량 (MW)								
2010	6,928	651	367	1,623	1	119	4,130	38
2011	7,467	736	419	1,719	255	143	4,137	58
2012	8,169	1,052	492	1,747	255	411	4,151	61
2013	10,001	1,619	583	1,755	255	938	4,723	129
2014	11,999	2,620	645	1,769	255	1,514	5,031	165
2015	13,959	3,845	853	1,772	255	1,604	5,079	552
2016	14,226	4,882	1,035	1,790	255	1,906	3,794	564
2017	16,303	6,435	1,143	1,794	255	2,284	3,794	597
2018	19,849	8,921	1,303	1,798	255	3,065	3,813	694
2019	24,121	12,717	1,494	1,809	256	3,141	3,888	815
2020	25,937	17,323	1,645	1,807	256	3,526	422	958
연평균 증가율	14.1%	38.8%	16.2%	1.1%	74.1%	40.3%	-20.4%	38.1%
누적 설비비중 (%)								
2010	100%	9.4%	5.3%	23.4%	0.0%	1.7%	59.6%	0.5%
2011	100%	9.9%	5.6%	23.0%	3.4%	1.9%	55.4%	0.8%
2012	100%	12.9%	6.0%	21.4%	3.1%	5.0%	50.8%	0.7%
2013	100%	16.2%	5.8%	17.5%	2.6%	9.4%	47.2%	1.3%
2014	100%	21.8%	5.4%	14.7%	2.1%	12.6%	41.9%	1.4%
2015	100%	27.5%	6.1%	12.7%	1.8%	11.5%	36.4%	4.0%
2016	100%	34.3%	7.3%	12.6%	1.8%	13.4%	26.7%	4.0%
2017	100%	39.5%	7.0%	11.0%	1.6%	14.0%	23.3%	3.7%
2018	100%	44.9%	6.6%	9.1%	1.3%	15.4%	19.2%	3.5%
2019	100%	52.7%	6.2%	7.5%	1.1%	13.0%	16.1%	3.4%
2020	100%	66.8%	6.3%	7.0%	1.0%	13.6%	1.6%	3.7%

주: 신에너지는 IGCC와 연료전지의 합계

주: 신재생에너지법 개정 시행(2019.10)으로 2020년부터 비재생 폐기물이 제외됨

자료: 에너지통계종합정보시스템 (자료원: 한국에너지공단 신재생에너지보급통계)

〈표 10〉 신재생에너지 신규 보급용량

연도	합계	태양광	풍력	수력	해양	바이오	폐기물	신에너지
신규 보급용량 (MW)								
2010	664	128	33	6	-	1	482	14
2011	539	85	52	97	254	24	7	20
2012	702	316	73	28	0.1	268	14	3
2013	1,833	568	92	8	-	526	572	68
2014	1,997	1,001	61	14	-	576	308	36
2015	1,961	1,225	208	3	-	90	48	387
2016	1,642	1,059	187	19	-	287	43	47
2017	2,312	1,582	114	6	-	487	90	33
2018	3,755	2,589	161	4	-	865	38	98
2019	4,613	3,917	191	12	0.5	290	81	122
2020	5,497	4,658	160	3	-	454	65	157
신규 보급 비중 (%)								
2010	100%	19.3%	5.0%	0.8%	0.0%	0.1%	72.6%	2.1%
2011	100%	15.8%	9.6%	17.9%	47.1%	4.4%	1.3%	3.7%
2012	100%	45.0%	10.4%	3.9%	0.0%	38.2%	2.1%	0.4%
2013	100%	31.0%	5.0%	0.4%	0.0%	28.7%	31.2%	3.7%
2014	100%	50.1%	3.1%	0.7%	0.0%	28.9%	15.4%	1.8%
2015	100%	62.5%	10.6%	0.1%	0.0%	4.6%	2.4%	19.7%
2016	100%	64.5%	11.4%	1.2%	0.0%	17.4%	2.6%	2.8%
2017	100%	68.5%	4.9%	0.3%	0.0%	21.1%	3.9%	1.4%
2018	100%	68.9%	4.3%	0.1%	0.0%	23.0%	1.0%	2.6%
2019	100%	84.9%	4.1%	0.3%	0.0%	6.3%	1.7%	2.6%
2020	100%	84.7%	2.9%	0.1%	0.0%	8.3%	1.2%	2.8%

주: 신에너지는 IGCC와 연료전지의 합계

주: 신재생에너지법 개정 시행(2019.10)으로 2020년부터 비재생 폐기물이 제외됨

자료: 에너지통계종합정보시스템 (자료원: 한국에너지공단 신재생에너지보급통계)

〈표 11〉 신재생에너지 원별 발전량

연도	합계	태양광	풍력	수력	해양	바이오	폐기물	신에너지
신재생에너지 원별 발전량 (GWh)								
2010	5,890	773	817	3,685	1	417	-	197
2011	17,351	923	863	4,490	52	525	10,204	295
2012	19,522	1,127	913	3,862	466	1,027	11,737	390
2013	21,500	1,667	1,148	4,228	484	1,840	11,554	579
2014	27,020	2,694	1,146	2,754	492	4,656	14,335	943
2015	37,329	4,230	1,342	2,150	496	5,547	22,469	1,095
2016	41,049	5,516	1,683	2,859	496	6,238	22,754	1,504
2017	47,305	7,738	2,169	2,820	489	7,467	23,867	2,755
2018	53,665	10,155	2,465	3,374	485	9,363	24,355	3,467
2019	52,289	14,163	2,679	2,791	474	10,416	18,449	3,316
2020	43,062	19,298	3,150	3,879	457	9,938	439	5,900
연평균 증가율	22.0%	38.0%	14.4%	0.5%	84.5%	37.3%	-29.5%	40.5%
신재생에너지 원별 발전비중(%)								
2010	100%	13.1%	13.9%	62.6%	0.0%	7.1%	0.0%	3.3%
2011	100%	5.3%	5.0%	25.9%	0.3%	3.0%	58.8%	1.7%
2012	100%	5.8%	4.7%	19.8%	2.4%	5.3%	60.1%	2.0%
2013	100%	7.8%	5.3%	19.7%	2.3%	8.6%	53.7%	2.7%
2014	100%	10.0%	4.2%	10.2%	1.8%	17.2%	53.1%	3.5%
2015	100%	11.3%	3.6%	5.8%	1.3%	14.9%	60.2%	2.9%
2016	100%	13.4%	4.1%	7.0%	1.2%	15.2%	55.4%	3.7%
2017	100%	16.4%	4.6%	6.0%	1.0%	15.8%	50.5%	5.8%
2018	100%	18.9%	4.6%	6.3%	0.9%	17.4%	45.4%	6.5%
2019	100%	27.1%	5.1%	5.3%	0.9%	19.9%	35.3%	6.3%
2020	100%	44.8%	7.3%	9.0%	1.1%	23.1%	1.0%	13.7%

주: 신에너지는 IGCC와 연료전지의 합계

주: 신재생에너지법 개정 시행(2019.10)으로 2020년부터 비재생 폐기물이 제외됨

주: 폐기물에너지의 연평균 증가율은 2011~2020 기간을 대상으로 계산됨

자료: 에너지통계종합정보시스템 (자료원: 한국에너지공단 신재생에너지보급통계)

- 농촌 태양광으로 범위를 좁혀 태양광 보급현황을 살펴보면 다음과 같음. 변재연 (2021)에 따르면 농촌 태양광 보급은 빠르게 증가하는 추세를 보이고 있으며, 2019년 약 1,145MW의 농촌 태양광이 신규 보급된 것으로 조사됨.
- 2019년의 태양광 신규설비가 약 3,917MW인 점을 감안하면 2019년 농촌 태양광 신규 설비용량 1,145MW는 전체 태양광 신규설비의 약 29.2%에 해당함.
- 영농형 태양광 보급실적은 아직 실증연구 및 시범사업이 주를 이루고 있는 현재 상황을 고려했을 때 아직 미미한 수준으로 판단됨.
- 변재연(2021)의 자료를 기준으로 보면, 2018년과 2019년 각각 약 1.7MW와 1MW의 영농형 태양광이 보급됨. 영농형 태양광 이외에 다른 농업인 참여형 태양광 보급 역시 아직 미미한 수준임을 확인할 수 있음.

〈표 12〉 농촌태양광 및 참여형 농촌태양광 보급 현황

(단위 : kW, %)

구분	2016	2017	2018	2019	2020(10월)
기존 농촌태양광(A)	247,578	33,186	677,333	1,145,330	1,178,507
농업인 참여형 농촌태양광 합계(B)	30	285	1,770	3,432	2,257
- 영농형 태양광	30	285	1,720	1,062	833
- 마을 단위 협동조합 태양광	-	-	-	1,470	895
- 농어촌공사 농업인 참여형 사업	-	-	50	900	530
비중(B/A)	0.0	0.1	0.3	0.3	0.2

주: 영농형태양광 실적은 농식품부의 실증연구 및 시범사업과 산업부의 금융지원 사업 실적을 합한 것임

자료: 변재연 (2021)

(나) 국내외 영농형 태양광 주요 사례

■ 해외 영농형 태양광 현황⁴⁾

□ 독일

- 독일은 국가 전체 재생에너지 설비용량의 약 11%를 농업인이나 농업인 단체가 주축이 된 에너지 기업이 운영할 정도로 농업부문에서의 재생에너지 보급이 활발한 편임.
- 독일은 영농형 태양광의 보급확산을 위해 다수 프로젝트를 수행하고 있으며, Fraunhofer Institute는 독일의 영농형 태양광 잠재량이 53GW에 달한다고 추정함.
- 독일은 FIT를 통해 신재생에너지에 대한 지원정책을 시행해 왔고, 2017년 재생에너지 법이 개정됨에 따라 경매제도 방식으로 지원정책을 전환함. 다만 750kW이하 육상풍력, 해상풍력, 태양광이나 경매에서 제외된 것은 여전히 FIT가 적용되고 있음.
- 영농형 태양광은 2028년까지 경매에 참여할 수 있으며, 우선 입찰 자격을 가지고 있음.
- 영농형 태양광은 패널 하부에 영농활동을 지속할 수 있으므로, EU Direct payment 가이드라인을 준수하고 농업용도의 심각한 제한이 없다면 정부보조(직불금, Direct payment)를 청구하는데 제약이 없음.
- 독일은 영농형 태양광에 대한 일종의 규격 인증(Deutsche Industrie Norm SPEC)⁵⁾을 설정하고 있음. 해당 인증제도에서는 영농형 태양광 허가 조건을 다음과 같이 제시하고 있음.

4) 본 절은 신동원 외 (2021)을 주로 참조하여 서술하였음.

5) APV DIN SPEC (독일 산업규격 Deutsche Industrie Norm SPEC)

- 영농형 태양광이 설치되는 토지에는 영농활동을 지속해야 함.
 - 농작물의 소출 수준은 기준소출의 최소 66%를 달성해야 함.
 - 설치기술이나 방식에 따라 차이가 있지만, 영농형 태양광 설치 후 토지 사용에 대한 제약 수준(Land loss)이 최대 10%(또는 15%) 이하여야 함.
 - 이밖에 일사량 투과 수준, 안정성, 농업용수 이용 가능성, 토양침식 및 피해 기준을 등을 규정하고 있음.
- 대표적인 실증 프로젝트는 2015년부터 추진되고 있는 Fraunhofer Institute(Fh-ISE) 프로젝트가 있음.
- Fh-ISE 프로젝트는 독일 교육연구부를 통해 태양에너지 연구소, 호헨하임대학 등 여러 연구기관의 컨소시엄을 통해 시작되었음.
 - 실험내용을 보면, 2015년부터 194kW의 규모로 독일 남부 Lake Constance 지역 내 Hegelbach에서 실증연구를 진행 중에 있음.
 - 면적은 2.5ha이며 영농형 태양광 설비 규모는 194.4kW로 실험 면적의 1/3은 영농형 태양광을 설치하고 나머지 2/3은 대조군으로 설정하여 영농형 태양광 설치의 효과를 실증분석하고 있음.
 - 프로젝트 초기에는 밀, 감자, 셀러리 등의 농작물을 대상으로 하였으며, 농장 전체의 수익률이 태양광 발전과 영농을 별개로 수행할 때보다 약 60%가량 증가함을 확인하였음.
 - 2017년 실증 플랜트 하부에서 처음으로 수확한 작물 (겨울밀, 감자, 셀러리, 클로버 잔디 등)의 상품성은 정상적이었음.
 - 수확량의 변화는 작물별로 다르게 나타났는데 클로버 잔디 수확량은 대조군 대비 5.3% 적은 수준이었으며 감자, 밀, 셀러리 등의 손실은 18~19%로 다소 높게 나타났음.
 - Fh-ISE 프로젝트에 따른 주요 성과는 토지이용 효율의 획기적 향상이라고 할 수 있음. 영농형 태양광 설치 이전 대비 60%이상 토지이용의 효율이 증가하였음.

□ 일본

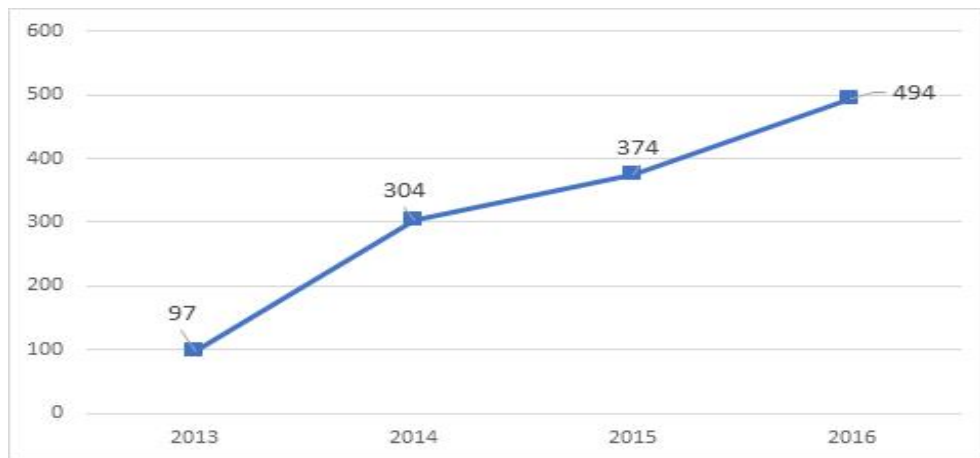
- 일본은 전력수요 증가에 대응하기 위한 방안중 하나로 Solar Sharing⁶⁾이라는 영농형 태양광 사업을 추진하고 있음. 주로 50kW미만의 소규모 태양광 설비를 대상으로 함.
- 2013년 6개였던 영농형 태양광 발전사업은 2021년 누적 기준 2천 개소를 돌파한 것으로 알려짐(Ai타임즈, 2021.2).
- (농지전용) 농지에 영농형 태양광을 설치하기 위해서는 일본 농림수산성에 농지전용 허가를 얻어야 하는데, 도입 초기 때 3년 갱신하는 조건에서 최근 전용기간을 10년으로 연장하였음.
 - 모든 농지를 대상으로 일시 전용 허가를 할 수 있지만, 농지 전용을 위해서는 아래와 같은 영농계획서 등 관련 자료의 제출을 요구함(농지법 관계 사무에 관한 처리기준).
 - (1)영농형 태양광 설치가 하부 농지의 영농에 미치는 영향 전망(근거가 되는 관련 자료 또는 전문가 의견서: 영농계획서 및 영농에 미치는 영향 전망서/개축보고/폐지

6) 솔라쉐어링은 일본에서 영농형 태양광을 처음으로 연구한 학자인 나사시마 아키라(Akira Nagashima)가 명명한 이름으로서, 태양광으로 생산된 전력을 농업 및 농업 외 전력으로 나누어 사용한다는 개념을 담고 있음.

보고/농작물의 상황 보고/영농형발전 설비의 설치에 관한 정보)

- (2)영농형 태양광을 설치하는 자와 하부의 농지에서 영농하는 자가 다른 경우에는 설치비용 및 해체비용 부담에 대한 합의 증명서 제출
- (3)농업위원회⁷⁾라는 별도의 농지행정기관을 통해 수확량에 대해서 검증함.
- 농지전용 후에도 태양광 설비 하부의 농지에서 생산된 농작물의 품질이 현저하게 떨어지거나, 농업 생산성이 동 지역의 평균대비 20%이상 감소할 경우에 농지전용 허가가 취소될 수 있음. 이때 농업위원회가 수확량 확인 과정을 검증함.
- 한편, 일본 농림수산성의 공식 발표에 따르면 연도별 농지전용 허가 건수는 2013년 97건, 2014년 304건, 2015년 374건, 2016년 494건으로 해마다 증가하고 있음(농민신문, 2018.8).

<그림 8> 일본 영농형 태양광 설치를 위한 농지전용 허가 건수



자료: 농민신문 (2018)을 바탕으로 재구성.

- (정부 보조) 영농형 태양광 사업 수행을 위한 보조금은 농업 또는 신재생에너지 지원 사업의 일환으로 지급 중임.
 - 영농형 태양광 발전사업자는 농림수산성 소관의 고정가격매입제도(한국형 FIT)나 환경부 소관의 영농형 등 재생가능 에너지발전을 통한 자가이용모델 구축사업(보조율: 1/2)을 통한 지원을 선택할 수 있음.
 - (농림수산성) 고정가격매입제도(FIT 제도)의 2021년 전력 매입가격 및 재생에너지발전 촉진부담금은 kWh당 19엔~11엔 수준임. 2022년 3월부터 FIT를 FIP(Feed-in-Premium)로 변경하는 법 개정안이 통과되었는데, FIP는 시장에서 거래된 신재생 전력에 일정 수준의 프리미엄을 보조금으로 지급하는 제도임.
 - (환경부) 에너지 대책 특별 회계를 통해 폐열·미이용 열·영농지 등의 효율적 활용을 통한 탈탄소화추진사업 중 영농지 등에서의 재생에너지도입 계정으로 지원을 하고 있음.
 - 보조금 비율이 최대 50%인 영농형 등 재생 가능 에너지 발전 자가이용 모델 구축 사업 등이 있음.

7) 농업위원회는 영농형 태양광 시설에 대한 사후관리를 권장하며, 영농형 태양광 발전을 위해 요구되는 허가 사항을 점검함. 영농형 태양광 발전설비 도입을 위한 참여자가 단계별로 수행해야 할 사안을 제시함. 이밖에 지역주민 설득, 설비사업자 조사, 사업계획서 제출(농지전용 신청 및 허가 획득, 전력판매 계약), 사업수행 및 보조금 지급 신청 등의 업무를 권장하고 있음.

□ 프랑스

- 프랑스는 폭염에 와인 생산용 포도 재배에 많은 어려움을 겪고 있어 이를 해결함과 동시에, 생산량 유지(증가) 및 부수입 창출 목적으로 영농형 태양광을 도입하고 있음.
 - 타 국가들과 달리 오히려 태양광 패널 하단에 그늘을 인공적으로 생성시킴으로써 폭염에 대응하고자 함.
 - CRE(Energy Regulatory Commission)에 의해서 기술개발 프로젝트로 진행하고 €0.0815/kWh로 구매 지원을 하고 있음.
- 현재 영농형 태양광 실증사업을 진행중인 Sun'Agri에서는 일사량에 따라서 태양광 모듈의 각도를 조절함으로써 태양광 발전뿐 아니라 포도 생육에 도움이 되는 환경을 조성하는 실증사업을 시행 중임.
 - 특히 일사량이 많은 오후에는 태양광 모듈을 조정하여 의도적으로 음영을 발생시키고, 이를 통해 작물(포도)의 스트레스 감소, 열과(熱果)나 건조피해 최소화, 당도 조절 등을 실증하고 있음.
 - 물 스트레스 수준은 대조군의 다른 작목보다 63% 낮았으며 충분히 낮은 온도가 유지되는 것이 실증사업으로 입증되었음.
 - 토지 온도는 대조군보다 섭씨 2~4도 범위 안에서 감소한 것으로 나타났음.
 - 영농형 태양광 설비로 인한 기온 감소로 토지의 수분 증발이 감소하여 농업 활동에 필요한 물 요구량이 감소하였고, 안토시아닌(빨간색 안료) 및 산도는 약 10% 증가한 것으로 보고됨.

<그림 9> 프랑스 아비뇽 포도농장 영농형 태양광 발전소 전경



자료: 원광전력기술연구소 (<https://blog.naver.com/wepcol>)

<그림 10> 프랑스 아비뇽 포도농장 영농형 태양광 패널



자료: 원광전력기술연구소 (<https://blog.naver.com/wepcol>)

■ 국내 영농형 태양광 지원제도

- (R&D, 실증) 현재 영농형 태양광에 대한 R&D 지원과 실증 지원사업은 농림축산식품부에 의해 수행되고 있음.⁸⁾
 - 농림축산식품부는 2020년부터 「영농형태양광 재배모델 실증지원사업」을 통해 기후 및 환경에 부합하는 지역별 적정 품목을 발굴하고, 농산품의 품질을 유지하기 위한 영농기법 개선 등을 추진하고 있음.
 - 또한 2021년부터 2년간 「농업 에너지자립형 산업모델 기술개발 사업」을 통해 농산물별(식량, 채소, 과수) 영농형 태양광 표준모델을 마련하여 제시하여 효율성과 경제성을 제고하고 있음.
- (REC 가중치) 태양광 발전을 통하여 얻게 되는 수입은 전력판매수입(SMP)과 신재생에너지공급인증서(REC) 판매수입으로 구성되는데, 현재 영농형 태양광을 지원하기 위한 별도의 REC 가중치 부여는 존재하지 않음.
 - 태양광 발전을 통해 생산된 전력은 신재생에너지공급인증서(REC)를 발급받을 수 있는데 이때 설비용량이나 설치유형에 따라 가중치가 적용됨.
 - 태양광 발전의 REC 가중치는 다음과 같음. 일반 부지에 설치할 경우 100kW미만은 1.2, 100kW부터 3,000kW까지는 1.0, 그리고 3,000kW를 초과할 경우 0.7의 가중치를 부여받음.
 - 영농형 태양광을 대상으로 하는 금융(융자)지원이 500kW미만을 대상으로 하는 점을 감안하면, 일반부지에 설치하는 대부분의 영농형 태양광 발전사업자들은 1.04~1.2 사이의 가중치를 부여받을 것으로 예상됨.⁹⁾

8) 농림수산물식품부 보도자료, 재배모델 실증연구 등을 통한 적정품목 검토 및 표준모델 구축 추진 (2021.9.23.)

〈표 13〉 태양광 REC 가중치

구분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준	
		설치유형	세부기준
태양광에너지	1.2	일반부지에 설치하는 경우	100kw미만
	1.0		100kW부터
	0.7		3,000kW초과부터
	1.5	건축물 등 기존 시설물을 이용하는 경우	3,000kW이하
	1.0		3,000kW초과부터
	1.5	유지 등의 수면에 부유하여 설치하는 경우	
	1.0	자가용 발전설비를 통해 전력을 거래하는 경우	
	5.0	ESS설비(태양광설비 연계)	'16년, '17년, '18년(6월30일까지)

자료: 신재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리운영지침, 별표2

- 설비용량 1,000kW이상의 태양광 발전소 중에서 주민참여율 (투자지분을 및 총사업비 대비 주민이 투자한 금액의 비율)이 일정 비율이상일 경우 REC 가중치를 지원하고 있음.
- 참여주민은 해당 발전소로부터 반경 1km 이내에 소재하는 읍·면·동에 1년이상 주민등록이 되어 있는 자를 의미하며, 최소 5인이상이 참여하고, 1인당 투자금은 전체 주민 투자금의 30%미만이어야 함.

〈표 14〉 태양광(일반부지) REC 가중치 적용기준(주민참여형)

구분		가중치 적용기준	
1,000kW 이상 태양광	지분비율 10%+총사업비 2%이상	100kW미만	1.2
		100kW부터 3,000kW 이하	$\frac{99.999 \times 1.2 + (\text{용량} - 99.999) \times 1.1}{\text{용량}}$
		3,000kW 초과부터	$\frac{99.999 \times 1.2}{\text{용량}} + \frac{2,900.001 \times 1.1}{\text{용량}} + \frac{(\text{용량} - 3,000) \times 0.8}{\text{용량}}$
	지분비율 20%+총사업비 4%이상	100kW미만	1.2
		100kW부터 3,000kW 이하	$\frac{99.999 \times 1.2 + (\text{용량} - 99.999) \times 1.2}{\text{용량}}$
		3,000kW 초과부터	$\frac{99.999 \times 1.2}{\text{용량}} + \frac{2,900.001 \times 1.2}{\text{용량}} + \frac{(\text{용량} - 3,000) \times 0.9}{\text{용량}}$

자료: 신재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리운영지침, 별표2

- (고정가격 매입) 소형태양광 고정가격계약 매입(한국형 FIT) 제도는 「신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침 (산업부 고시)」 및 「공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙 (신·재생에너지센터 공고)」에 의거하여 시행되고 있음
- 다음 표의 자격 요건에 해당하는 발전사업자는 한국형 FIT에 참여할 수 있고, 자격요건을 충족하더라도 탄소배출량 730kg·CO2/kW 이하의 탄소검증 모듈을 사용한 발전설비만 한국형 FIT에 참여가 가능함.

9) 태양광 REC 가중치는 100kW까지 1.2, 100~500kW까지는 1.0을 적용하는 방식이므로 500kW미만의 경우 1.04~1.2 수준의 가중치를 받게 됨.

〈표 15〉 한국형 FIT 참여 자격

1. 설비용량 30kW미만의 태양광 발전사업자
2. 설비용량 100kW미만의 태양광 발전사업자로 “농업·농촌 및 식품산업 기본법”에 따른 농업인, “수산업·어촌 발전 기본법”에 따른 어업인, “축산법”에 따른 축산업 허가를 받은 자 또는 가축 사육업으로 등록한 자
3. 상기 2호의 구성원을 조합으로 하여 설비용량 100kW미만의 태양광 발전사업을 추진하는 조합(“민법”에 따른 조합)
4. “협동조합기본법”에 따른 조합중 설비용량 100kW미만의 태양광 발전사업을 추진하는 조합으로서 정관상에 에너지사업이 명시된 조합
5. 주민지분율(발전소가 설치된 마을 주민이 투자한 금액이 자기자본 총액에서 차지하는 비율)이 50퍼센트를 초과하는 설비용량 500kW이상 1,000kW미만의 태양광 발전사업자로서, “2022년도 햇빛두레 발전소 참여마을 선정공고(센터공고 제2021-19호)”에 따라 지정된 자

자료: 신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침 제10조의2, 공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙 제32조 (신재생에너지센터 공고 제2022-15호에서 재인용)

- 계약기간은 20년이며, 고정 계약단가(SMP+IREC)는 직전 경쟁입찰 결과의 100kW미만 낙찰 평균가격을 적용함(신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침 제10조).
- 참고로 2022년 상반기 기준 고정 계약단가(SMP+IREC)는 태양광 모듈의 탄소배출량 검증 결과에 따라 156,616(670kg·CO2/kW 이하) 또는 151,285원(670kg·CO2/kW 초과 ~ 730kg·CO2/kW 이하)임.
- 계약방식은 고정 계약단가(SMP+IREC)를 기준으로 공시된 SMP와 설비별 REC 가중치를 고려하여 “SMP+IREC가격×가중치” 고정가격으로 계약함.
- 참고로 2022년 상반기 기준 공고 SMP는 2022년 상반기 고정가격계약 경쟁입찰에서 공고된 육지지역 SMP 기준가격인 85,900원을 적용함(신재생에너지센터 공고 제2022-15호).
- 구체적인 고정가격 산정방식은 다음 식과 같음.
고정가격 = 공고SMP+(계약단가-공고SMP) × 가중치

〈표 16〉 한국형 FIT 계약단가 산정방식

고정가격 산정방식 (SMP+IREC가격×가중치)
▶ 고정가격 = 공고SMP+(계약단가 - 공고SMP) × 가중치
< 예시 > 가중치 1.2를 적용받는 경우
- 670kg·CO2/kW 이하 제품 : 85,900원+(계약단가①-85,900원) × 1.2
- 670 초과 730kg·CO2/kW 이하 제품 : 85,900원+(계약단가②-85,900원) × 1.2
※ SMP+IREC×가중치 및 SMP 기준가격은 1MWh를 기준으로 하며, 계약단가 ①·②는 '22년 상반기 고정가격계약 경쟁입찰 결과의 100kW미만 낙찰 평균가격으로 함

자료: 신재생에너지센터 공고 제2022-15호

- (보조/용자) 정부는 「신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정 및 해당 지침」에 근거하여, 태양광 보급을 촉진하고 농가소득을 증대시키기 위해 농민들을 대상으로 태양광 발전시설 설치비용에 대한 용자지원을 시행하고 있음.¹⁰⁾

- 지원대상은 주민등록상 거주지 및 인근 지역에 1년이상 거주한 농업인이며, 500kW미만인 농촌(농촌형·영농형) 태양광 발전사업에 한함.
 - 농촌형 태양광은 농업인이 단독, 공동, 또는 조합을 구성하여 신청한 사업을 의미하며, 단독일 경우 500kW(미만)까지, 조합인 경우 1.5MW까지 신청이 가능함.
 - 영농형 태양광은 농민이 소유하고 있는 농지에 500kW미만의 태양광 발전과 경작을 병행할 경우 신청이 가능함.
- 영농형 태양광으로 인정받는 농작물은 다음 51종임.
 - 미곡(2): 논벼, 밭벼
 - 맥류(4): 길보리, 쌀보리, 맥주보리, 밀
 - 두류(4): 콩, 팥, 녹두, 기타두류
 - 서류(3): 봄감자, 고구마, 가을감자
 - 잡곡(3): 옥수수, 메밀, 기타잡곡
 - 채소(24) : 고추, 마늘, 양파, 가을무, 가을배추, 봄무(고랭지무), 봄배추(고랭지배추), 겨울무, 겨울배추, 참외, 오이, 호박, 수박, 토마토, 딸기, 당근, 상추, 시금치, 파, 생강, 양배추, 풋고추
 - 특용(3) : 참깨, 들깨, 땅콩
 - 과일(8) : 사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤, 자두, 감, 기타 과일
- 영농형 태양광의 경우 설치비용의 90% 이내에서 융자신청이 가능하며, 시공금액은 kW당 171만원을 상한으로 함. 대출기간은 5년거치 10년 분할상환이며, 이자율은 분기별 변동금리로 2022년 3분기 당시 2.0%임.¹¹⁾

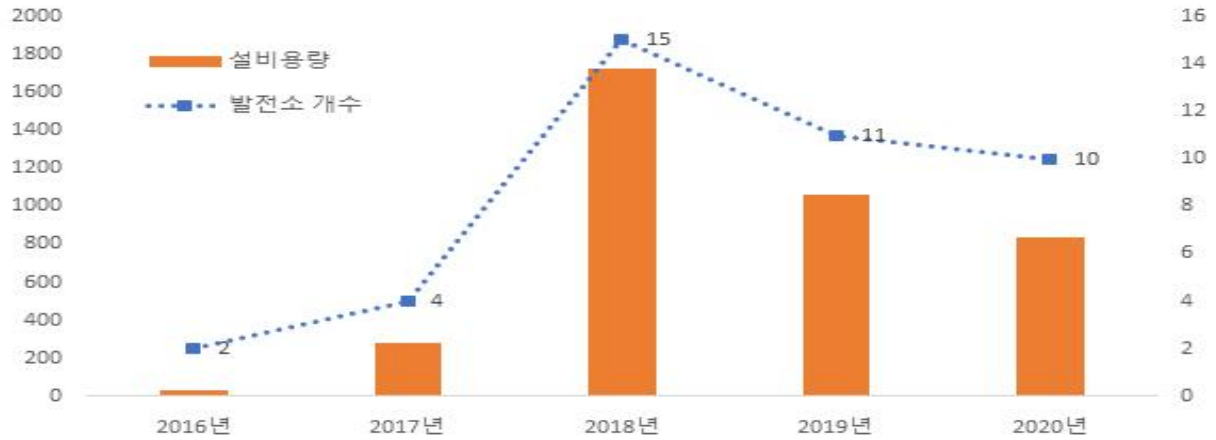
■ 국내 영농형 태양광 보급 사례

- 우리나라의 영농형 태양광 보급은 실증, 시범사업단계에 머무르고 있으며 주로 발전공기업이나 연구기관 등을 중심으로 이루어지고 있음.
- 또한 정부에서는 농림축산식품부가 지역별 시도 농업기술원, 농업기술센터를 중심으로 영농형 태양광 시범사업을 병행하고 있음.
- 2020년 기준 우리나라의 영농형 태양광 설비용량과 발전소의 개수는 각각 833kW, 10개로 집계됨.

10) https://www.knrec.or.kr/biz/introduce/new_fin/intro_farm.do?gubun=D

11) 한국에너지공단 신재생에너지센터,

https://www.knrec.or.kr/biz/faq/faq_list02.do?depth_1=A010000&depth_2=A010600&searchword=%EC%98%81%EB%86%8D%ED%98%95&record_cnt=10



자료: 신동원 외 (2021), p.23를 바탕으로 도식화

<그림 11> 국내 영농형 태양광 설비용량(kW) 및 발전소 개수

<표 17> 영농형 태양광 실증연구 사례

구분	설치지역	규모(kW)	설치시기	작물	비고
한수원	경기 가평	79	'17.4	벼	“
남동발전	경남 고성	100	'17.3	“	“
HS솔라	충북 청주	97	'18.6	“	충북 TP
솔라팜	충북 오창	25	'16.3	벼, 인삼	자체연구
		30	'16.9	감자, 배추	농식품부
		100	'18.9	감자, 배추, 무	산업부(예기평)
남동발전	인천 영흥	100	'18.9	포도	“
전남 농업기술원	전남 나주	100	'18.8	마늘, 양파, 배추	“
	전남 보성	15	'18.8	녹차	“
	전남 강진	15	'18.8	수수, 옥수수	“
녹색 에너지연구원	전남 나주	10	'17.5	마늘, 들깨	농식품부
		10	'18.9	배	“
		10	'18.6	-	산업부(예기평)

자료: 에너지공단 신재생에너지센터 (2020)

〈표 18〉 국내 주요 영농형 태양광 관련 사업

구 분	수행기관	설치지역	규모(kW)	설치시기	품목
1	국립식량과학원	전북 전주	86	‘19년	벼
2	원광전력	전남 나주	100	‘18년	마늘, 양파, 배추
		전남 보성	15	‘18년	녹차
		전남 강진	15	‘18년	수수, 옥수수
		인천 옹진	100	‘18년	포도
		충북 청주	100	‘18년	참깨, 배추, 무
3	솔라광	충북 청주	25	‘15년	벼, 인삼
		충북 청주	30	‘16년	감자, 배추
4	녹색에너지연구원	충북 청주	15	‘16년	벼
				‘16년	감자, 배추
		전남 나주	15	‘17년	마늘, 배추
				‘18년	배
5	한수원	경기 가평	79	‘17년	벼
		전남 영광	100	‘19년	옥수수
6	남동발전	경남 고성	100	‘17년	벼
				‘19년	벼
		경남 고성	79	‘19년	벼
		경남 함양	100	‘19년	벼
		경남 함안	100	‘19년	벼
		경남 거창	100	‘19년	벼
7	HS솔라	충북 청주	97	‘18년	벼
8	(주)빠루	경북 군위	100	‘18년	벼, 콩
		경기 성남	70	‘18년	마늘, 양파, 싹채류
9	GS건설·경북대	경기 화성	49	‘20년	마늘, 옥수수
10	새마을운동중앙회	경기 파주	50	‘20년	콩, 양파
		전남 순천	50	‘20년	오이, 딸기, 토마토
		전남 보성	49	‘20년	녹차, 배, 포도
		제주 한림	40	‘20년	마늘, 양파, 양배추
		경기 화성	50	‘21년	마늘
		경남 함양	미정	‘21년	양파, 감자

자료: 신동원 외 (2021)

〈표 19〉 에이치에스솔라에너지(청주)-2018 실증

구 분	영농형(청주)	일반형	비고	
시설규모	100 kW			
소요 면적	2,124m ² (642평)	1,320m ² (400평)	면적 1.5배 소요	
사업비	190백만원	160백만원	일반모듈사용(340w)	
발전효율	16%	15%	수면 냉각효과로 발전효율상승(5~6%)	
수익	벼 수확+태양광 27.5백만(2.5+25)	태양광 24백만원	벼재배 면적 감소 14% 수익 15% 상승	
지목	농업진흥구역	전, 담, 과수원, 임야		
태양광 특징	높이	4.0m	1 ~ 1.5m	농기계 진입 공간 확보
	모듈	340w(2.0m x 1.0m)	3702(2m x 1m)	차광율 25 ~ 30%
	간격	설치간격 1.5배	-	

자료: 에너지공단 신재생에너지센터 (2020)

□ **솔라팜/녹색에너지연구원(우리나라 최초 실증사례)**

- 2016년 솔라팜(주)에서 충북 오창의 110평 규모의 논에 15kW 규모의 태양광 설비를 병행 운용한 것이 국내 영농형 태양광의 최초 실증사례로 알려져 있음(녹색에너지연구원, 2020).
 - 실증기간은 2016년 5월에서 동년 9월까지로 실제 벼를 수확한 첫 사례임.
 - 태양광 설비 설치에 따른 감수율은 약 20%정도이고, 발전된 전력은 농업용 자체 소비에 활용함으로써 일본의 솔라쉐어링의 컨셉을 적용하였음.
- 이러한 경험은 대규모 연구과제로 확대되어 솔라팜과 녹색에너지연구원이 협업하여 한국형 태양광 이모작 스마트 영농시스템 개발이라는 100kW급 설비의 대규모 연구과제로 확대되는 밑거름이 되었음.
 - 충북 오창에서 논과 밭에 각각 15kW의 설비가 시험적으로 운용되었으며, 전남 나주의 밭(1개소), 배(2개소)에서 각각 10kW급 설비를 설치하였음.
 - 실험 결과 작물별로 태양광 모듈에 따른 감수율이 약 20%이하로 기록되며 상용화의 가능성을 확인하였음.
 - 이러한 프로젝트들은 태양광으로 생산된 전력이 계통판매로 이어지지 않는지만 벼나 여러 작물 등의 생육 등에 관한 실증연구로서 의의가 있음.
 - 특히 국내 첫 태양광 연구과제 사례로서 한국에너지기술평가원의 지원으로 100kW급 농업병행 태양광 발전 표준시스템 개발 및 실증사업으로 연계되었음.



자료: 녹색에너지연구원(2020), 영농형 태양광과 해상풍력을 중심으로 한 지역 주민 수용성 해결 방안연구.

<그림 12> 국내 첫 영농형 태양광 연구과제 기본 개념도

□ 남동발전(계통연계형 실증사례)

- 남동발전은 국내 발전공기업중 영농형 태양광사업 실증에 가장 적극적으로 투자하고 있는 기업임.
 - 진주혁신도시에 본사를 두고 있는 남동발전은 경상남도와 전라남도 일대 농촌지역을 중심으로 재생에너지 사업의 새로운 비즈니스 모델로써 양한 영농형 태양광 실증사업을 추진 중에 있음.
 - 현재 실증사업은 경상대학교와 KLES(주)가 컨소시엄을 통해 추진 중에 있음.
- 특히 '17년부터 경남 고성군 하이면 일대에 약 2천평 규모의 부지에서 국내 최초의 전력계통 연계형 영농형 태양광 실증사업을 시행중에 있음.
 - 남동발전의 고성군 실증사업의 경우 우리나라의 주식인 쌀을 대상으로 하여 태양광 설비를 설치하고 모듈 아래에서의 작황을 실험하는 최초의 프로젝트로서 의미가 있음.
 - 농지 위에 설치된 태양광 모듈에서 생산된 전기는 전력거래소에 계통한계가격 (SMP)로 판매하고 예공단으로부터 REC를 발급받아 RPS 대상자에게 판매하고 있음.
 - 이를 통해 농가에서는 농작물 경작을 통한 소득 뿐 아니라 전력 판매수입을 통해 농가소득을 향상시키고 있음.
 - 신동원 외 (2021)의 분석에 따르면 영농형 태양광 발전 병행시 농가의 순수익은 약 3배이상 증가할 것으로 전망하고 있음.
 - 또한 우리나라 평균 경작면적인 약 5.1천평 규모로 환산할 경우 농가당 순이익은 약 2,400만원 증가할 수 있는 것으로 분석한 바 있음.
 - 특히 벼의 생육과정 중 일조량이 가장 많이 요구되는 하절기(8, 9월)에는 태양광 모듈의 각도를 조절하여 쌀 수확량을 극대화 하고 있음.
 - 이를 통해 영농형 태양광 설비에도 불구하고 모듈이 설치되지 않은 대조군 대비 모듈 하단의 약 80%이상의 쌀 생산량을 시현 중에 있음¹²⁾.
 - 실험 농지의 경우 영농형 태양광 모듈설치로 인해 재배면적 자체는 대조군 대비 약 86% 수준인 점을 감안하면 실질적인 단위면적당 수확량은 대조군 대비 90%이상으로 평가할 수 있음¹³⁾

<표 20> 남동발전 태양광 시범사업 수행 현황

수행기관	설치지역	규모	설치시기	품목	수행결과
남동발전	경남 고성	10	'17년	벼	· 수확량 감수율 약 20% · 100kW 설치 시 순수영농 대비 소득 증대 · 통합운영지원센터 및 가상발전소 사업연계 가능성 검토
			'19년		
	경남 고성	79	'19년		
	경남 함양	100	'19년		
	경남 함안	100	'19년		
	경남 거창	100	'19년		
경남 남해	100	'19년			

12) 한국남동발전, <https://www.koenergy.kr/kosep/gv/nf/dt/nfdt20/main.do?gubun=KS5105& menuCd=GV05020305> (최종접속일, 2022.10.26.)

13) (주)KLES(<https://blog.naver.com/klesblog>, 최종접속일 2022.10.26).



자료: (주)KLES (<https://blog.naver.com/klesblog>).

<그림 13> 남동발전 계통연계형 태양광 시범사업 수행 현황

(다) 국내외 사례의 시사점

- 영농형 태양광 기술은 최근 활발하게 개발되고 있음. 설치용량은 빠르게 증가하고 있으며, 정부지원에 힘입어 2020년 최소 2.8GW가 보급된 것으로 전망(Trommsdorff et al., 2020).
 - 해외 주요국 중 영농형 태양광의 보급 확산에 가시적인 정책을 추진하고 있는 국가는 일본, 독일, 프랑스 등임.
 - 일본을 제외하면 우리나라와 유사하게 실증·시범사업을 통해 도입 여건을 검토하고 있는 단계인 것으로 파악됨.
- 영농형 태양광 보급이 확산되는 이유로는 농지 보전에 대한 요구를 충족시키면서도 재생에너지 발전을 통해 토지의 이용 효율을 제고 할 수 있기 때문임.
- 이 과정에서 정부의 지원이 큰 역할을 담당하고 있음. 각국 정부의 지원정책은 크게 두 가지(발전단가 보조와 설치비 보조)로 나눌 수 있음.
 - 우리나라를 비롯 독일, 일본, 프랑스에서는 고정가격계약 등을 통해 시장가격에 비해 상대적으로 높은 가격으로 영농형 태양광을 통해 생산된 전력을 구매해 주고 있음.
 - 일본의 경우 고정가격계약 또는 태양광 설치비 보조를 선택할 수 있음. 우리나라 역시 태양광 설치 시 저리의 정책금융지원을 받을 수 있음.
- 태양광 하부 작물에 대한 생산성 이슈에 대응하기 위해 각 국가들은 목표 감수율을 정하고 이를 달성하는지 검증함.
 - 기존의 실증사업들을 통해 확인한 결과 생산성 감소는 감내할 만한 수준임을 확인할 수 있었으며, 작물이나 기후 특성에 따라서 생산성이나 품질이 오히려 증가하는 사례도 확인할 수 있었음.
- 우리나라와 일본의 사례에서는 농지 전용의 허가문제나 일시사용승인 허가 기간 등의 문제가 논의되고 있음.
 - 일시사용 허가 기간은 태양광 발전시설 설치 후 원금회수 기간 내지는 수익성과 직결될 수 있는 사안임.
 - 담당 부처 간 협의 내지는 정책 목표(식량안보를 위한 농지 보전, 에너지전환을 위한 재생에너지 보급 활성화)의 우선순위에 의해 결정될 부분이지만, 영농형 태양광 보급이 원활하게 이루어지기 위해서는 이 부분이 선결되어야 할 것으로 판단됨.

다) 작물 재배 생육과정 및 재배관리¹⁴⁾

- 영농형 태양광 하부에서 재배되는 주요 작물 벼, 배, 포도, 배추의 주요 생육과정과 재배관리를 검토함

(가) 벼

□ 개요

● 생육과정 및 주요 농작업

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하
			모기몰때		모내기때		이삭팔때		익음때		수확할때
객토, 퇴비주기			토양 개량 제주기, 논갈이		밑거름		이삭거름		벼질갈기, 논갈이		
				새끼칠거름							
				제초제 살포							
논물가두기				물깊이대기		중간 물때기	물갈러대기	안전물때기			

● 병해충방제

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하
			중자소독		입도열병, 벼물바구미, 애멸구, 끝동매미충, 이화명나방		이삭도열병 입집무늬마름병 이화명나방 멸구류<흑명나방>				

● 기상재해 및 예상되는 문제점

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하		
○가뭄 →			모내기 지연, 이삭수감소			이삭패기 지연, 여름불량							
○험관수, 태풍 →			이삭수감소						흰이삭, 쓰러짐, 여름불량				
○저온 →			모생육부진		이삭수감소	이삭패기 지연, 벼알수감소	여름불량						

- 재배적지 표고
 - 중모 : 중북부 300m, 남부 350m 이하
 - 어린모 : 중북부 200m, 남부 250m 이하
- 자재준비(10a당)

	중자	상자	상토	못자리
중모	4~5kg	30개	150 l	6.6㎡
어린모	3~4	15	45	3.3

- 파종 및 모내기

	중북부	남부
중모	4.10~5.10 (5.10~6.10)	4.10~5.20 (5.10~6.20)
어린모	5.1~5.25 (5.10~6.5)	4.20~6.5 (5.1~6.15)

주: ()는 모내기때임

- 파종량 : 중모 - 120g/상자, 어린모 - 200g/상자
- 평 당 포기수 : 1모작 70~80 포기, 2모작 80~90 포기

14) 농촌진흥청 농작업일정 자료 재작성

○ 시비량 및 방법

시비량(kg/10a)	질소	인산	칼리
평야지	9	4.5	8.7
중산간지	9	6~7	7~8
간척지	11	5.1	5.7

시비방법	질소	인산	칼리
밑거름	50%	100	70
새끼칠거름	25	-	-
이삭거름	25	-	30

○ 수확 적기

- 조생, 중생종 : 이삭팬 후 50~54일
- 중만생종 : 이삭팬 후 57~60일
- 건조기 온도 : 도정·수매용 - 45~50 ℃, 종자용 - 40 ℃

○ 물관리

- 중간 물떼기 : 이삭패기 전 35~40일
- 완전 물떼기 : 이삭팬 후 30~35일

○ 병해충 방제

볍씨소독 약제명	물타는 배수	소독시간	소독요령
스포탁유제	2000배	24시간	○ 소독한 볍씨를 물로 2~3회 씻은후 씨앗 담그기
호마이, 금나락, 벤레이트티, 큰나락, 삼공베노람, 씨소독	200	24	○ <분의 처리시>약물 소독한 볍씨를 그늘에서 말린 후 씨앗 담그기 ○ 약과 볍씨(마른볍씨 1kg당 약제5g)을 고루 잘 섞은 다음 그늘에 말려서 씨앗 담그기
사파이어 스위퍼 액상수화제	2000	24	○ 약물20L에 볍씨10kg(20L) 담그어 소독함
굳타임, 모도우리수화제	200	24	○ 약물20L에 볍씨10kg(20L) 담그어 소독한 후 그대로 씨앗 담그기
자바라 종자처리수화제	-	-	○ 씨앗담그기 한 종자를 건져 물기를 제거한 후 파종 전(마른볍씨 kg당 약제 10g기준) 습분의 처리(잎도열병, 벼물바구미, 에멸구 동시방제)

○ 종합관리형 병해충 방제체계 모형

구분	보완방제	기본방제	보완방제
시기	6상~중순	7하~8상순	8중~하순
병해충	잎도열병, 벼물바구미, 이화명나방	*이삭도열병, 잎집무늬 마름병, 벼멸구(혹명나방)	이삭도열병, 이화명나방, 벼멸구

○ 잡초 방제

처리시기 처리방법	초기방제		초·중기방제	중기방제	중·후기방제	후기방제
	미알권	이앙후 10일까지 1차	1회(10~15일까지, 피1.0~2.5엽)	25~40일 (토양)	20~40일 (경엽)	유효분얼종지기 ~유수형성전
1회방제			1차			
"					1차	
체계방제①	1차		2차			
" ②	1차				2차	
" ③		1차		2차		
" ④			1차	2차		
" ⑤		1차				2차
" ⑥			1차			2차
	론스타	마세트, 메끄란, 마끼세, 솔네트, 솔네트엡, 사단, 스퀴프, 제초탄, 푸마시, 풀하얀, 풀하나, 늘풍년, 한손, 온드레, 만수레, 논두렁, 만석군, 명장, 말꼬미, 푸로미, 한힐, 골드논, 황금물, 한들, 큰물, 갈꼬미, 보배논, 옥도, 명수비, 풀단속, 제로초, 미리매, 단칼, 만드리, 두베논, 직파매, 풀제로, 신초왕, 내가매, 동시매	노난매, 단드리, 만냥, 뉴손노리, 슈퍼유나니, 풀그만, 풀방피, 한수위, 크닐손, 마다들, 그만매, 풀박사, 등반자, 논풍, 마무리, 포도대장, 부자는, 마그마, 농부왕, 아패, 논지기, 큰부자, 푸레왕, 선봉장, 손아네, 개선문, 내노내, 휘모리, 금싸락, 신명나, 양향머사, 수문장, 갈채, 메가론, 한마당, 대들보, 풀당번, 논단속, 풀사리, 살초왕, 헤라클레스, 푸란매, 풀스타, 노내다, 등지기, 논대매골드, 풀가, 손시운, 농부손, 다년왕, 논닥터, 풀도사, 사단엡스, 논키퍼, 지초왕, 아피로에어스, 슈퍼크닐손, 메아리, 마다들, 부자들	밧사그란, 큰일군		밧사그란, 정일품, 이사디아민엡, 수종이사디 밧사그란M60, 살초대립
	미리매(알), 도움꾼, 손시네, 먼저네, 마세트				정일품, 단골, 피안커, 크린쳐(피), 매드사(피)	

○ 기계이앙재배

1회방제	잡초발생 보통인 논: 제초제를 한번(기본방제)뿌림
2회방제	지난해 피 등 잡초가 만히 발생했던 논 : 두번 뿌림 후기관엽잡초가 많이 발생하는 논: 두번뿌림

○ 재배면적

년도	2018	2019	2020	2021	2022
면적(ha)	737,408	729,585	726,180	732,070	726,745

□ 기상재해 유형별 대책

항목	내용
가뭄	* 논물가두기 실천 * 예비못자리 설치, 모노화 방지 * 건답직파 재배(조,중생종)적기내 파종 * 늦모내기 포기수 확보(평당 110~130포기)
침관수	* 조,중, 중만생종 고루재배 * 질소비료 20~30% 덜주 * 침관수는 서둘러서 물빼주기 * 휴양급 씻기, 물걸러 대리로 생육촉진 *도열병 등 병해충방제
태풍	* 중간낙수, 이삭거름 칼리시용 등 쓰러짐 대책실천 * 출수기때 흰이삭 방지(10a당 물 160 L살포 * 쓰러진 벼 묶어 세우기
저온	* 규산질비료, 퇴비주기 * 인산, 칼리비료 20~30% 더주기 * 새끼칠거름 유안으로 주기 * 이삭거름에 질소비료 안주고 칼리만 전필지 주기 * 물온도 높여대기(비닐호스, 돌림도랑) * 감수분 열기

(나) 배

□ 개요

▶ 생육과정(주요 농작업)

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하		
휴면기		발아기		개화 및 전엽기		세포분열기		과실 비대기		낙엽기			
정지전정, 유인, 꽃눈정리				적퇴		신초신장기		화안분화기		정지전정			
낙엽 및 조피제거		묘목심기, 고점갱신		인공수분		적과		봉지적우기		신초유인			
관수, 배수, 예초관리						묘목재식							
과실저장								과실저장					
웃거름				조생종수확				중생종수확		만생종수확		밧거름	

▶ 기상재해 및 예상되는 문제점

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하
병해충 발생											
강추위		서리		가뭄, 장마, 태풍, 우박		생리장애발생, 품질저하 병해충 다발생					

▶ 병해충 방제

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하		
활동병해충			붉은별무늬병			검은별무늬병		흰가루병		흰가루병		검은별무늬병	
깍지벌레, 꼬마배나무이, 복숭아순나방, 응애													

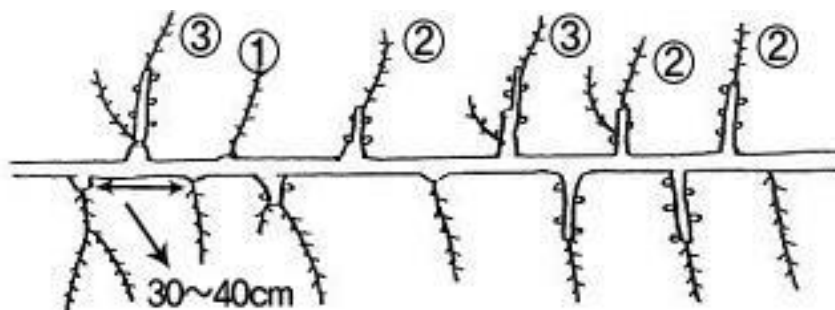
○ 우량품종

품종	숙기(수원)	과중(g/개)	당도(° Bx)	저장력(일)
황금배	9중	430	14.9	30
화산	9하	543	12.9	80
신고	10상	550	11.4	90

○ 열매숙기

1 차		2 차	
시기	남기는 과실수	시기	남기는 과실수
꽃 진후 10일경 (5상~중순)	1개 열매 송이에 1과 (3~4번과)	꽃 진후 20일경 (5중~하순)	3~4개 열매송이에 1개

○ 측지 배치 간격과 갱신요령



- ①~③ : 1~3년생, 신고품종 1~5년생지 고루 배치

○ 숙기별 출하시기

숙기	재배비율	수확기	출하기	성출하기	저장출하기
조생종	7.0	8중~9상	8중~9중	8하~9상	-
중생종	88.8	9중~10중	9하~10중	10하~2하	10중~6중
만생종	4.2	10중~11상	10중~11중	10하~2하	11중~8중

○ 재배적 특성

학명	Pyrus pyrifolia NAKAI var.
분류	장미과
생육온도(℃)	생육적온 20 내외 동해온도 휴면기 -25~-30 동해온도 개화기 -1.7~-2.8 지온 (℃) 최고 26~27 최적 20
재배적지	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토심이 깊고 유기물함량이 많으며 토양산도 pH 5.5~6.5가 좋음 ○ 바람이 세지 않으며 배수가 잘되고 늦서리 피해가 없는곳 ○ 평지가 제일 좋으며 경사지는 15° 미만까지 재배가능
생리적 특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 꽃 한 과충에서 5~8개의 꽃이 밑에서 차례로 피어 올라가는데 3~4번째 꽃에서 열린 과실이 좋음 ○ 꽃눈분화기는 6중순~8월이며 수분수를 20%이상 섞어 심고 신고, 황금배는 꽃가루가 없으므로 2품종의 수분수 필요
주요기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공수분에 의한 결실 및 품질향상 : 과중 증대 및 정형과 ○ 점적관수 : 7~10일 간격 20~30mm ○ 열매숙기 : 3~4열매송이에 1과씩 남김 ○ 토양개량 : 심경, 유기물, 석회시용 등 ○ 병해충방제 : 검은별무늬병, 꼬마배나무이, 응애, 각지벌레 등

○ 재배면적

년도	2018	2019	2020	2021	2022
면적(ha)	10,303	9,615	9,091	9,675	9,680

○ 기상재해 및 생리장해 대책

항목	내용
서리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 서리방지 선풍기, 살수장치 설치, 혼연법 ○ 착과량 부족시 수세안정 위해 불량과도 착과
가뭄	<ul style="list-style-type: none"> ○ 나무뿌리 주위에 퇴비, 짚, 풀 및 비닐피복 ○ 관수시설 설치 ○ 가뭄 시 7~10일 간격 관수
장마	<ul style="list-style-type: none"> ○ 명거 및 암거배수로 설치 ○ 토양유실 방지
태풍	<ul style="list-style-type: none"> ○ 덕설치에 의한 가지유인으로 낙과피해 감소 ○ 숙기가 된 과실은 5~7일 앞당겨 수확 ○ 피해과실 및 부러진 가지 정리
바람들이	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전정법 개선, 주지숙음, 가지유인, 약전정 ○ 토양개량 : 심경, 퇴비, 석회시용 ○ 너무 익기전 수확
과피흑변	<ul style="list-style-type: none"> ○ 칼리비료 증시, 수확후 예냉, 저장고 적습관리
둘배	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토양개량, 석회시용, 가뭄시 물주기
붕소과다	<ul style="list-style-type: none"> ○ 석회, 유기물 시용

(다) 포도

□ 개요

① 생육과정(주요 농작업)

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하
휴면기	수액이 돌기	발아 및 신초생장기		개화 및 과립비대기		성숙기		수확 및 저장양분 축적기		낙엽기	휴면기
덕시열정비, 동계전정	눈썹기 병해충 방제	순지르기 꽃송이 다듬기 병해충방 제	송이다듬기 불지 끄 우기 병해충방제	신초관리 생리장 해 대책 병해충방 제		조, 중생종 수 확 병해충 방제	만생종수확 병해충방제		낙엽시비		
				1회웃거름				2회웃거름			

② 기상재해 및 예상되는 문제점

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하
폭한 및 건조		가뭄		생육기 저온 및 기상불 량			호우 및 태풍			폭한 및 건조	
휴면병, 발아불량		발아불량, 초기생육 불 균일		신초고사 꽃떨이 현상			열과, 조기낙엽 덕시열 도복			휴면병, 발아불량	

③ 병해충 방제

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하	상 중 하
갈색무늬병, 새눈무늬병, 탄저병, 회색곰팡이병, 노균병, 녹병, 포도호랑하늘소, 응애류, 깍지벌 레류 등											

- 전정 : 동계전정 - 휴면기, 하계전정 - 발아기~성숙기
- 송이다듬기 및 송이숙기
 - 송이다듬기 : 만개 10일 후~20일까지 지경숙기+알숙기
 - 송이숙기 : 캠벨얼리 1.5송이/신초, 거봉 0.5송이/신초
- 꽃떨이현상 방지
 - 재식거리(성목) : 캠벨얼리 5.0m~7.0m, 거봉 10.0m~12.0m
 - 간벌시기 : 수확 직후, 동계전정
 - 대립계 포도 : 하향유인 전정, 착립증진제 살포
- 수확기관정 - 품질기준
 - 캠벨얼리 : 당도 15° Bx, 칼라차트 10단계,
 - 거봉 : 당도 18° Bx, 칼라차트 8단계이상
- 시비

비료명	총량	밑거름	웃거름	
			1회	2회
퇴 비	2,000	2,000	-	-
질 소	10.6	6.0	2.0	2.0
인 산	6.0	6.0	-	-
칼 리	8.0	4.0	4.0	-
석 회	80	80	-	-

□ 재배적 특성

학명	Vitis labrusca L.
분류	포도과
생육온도	발아기 20~25℃ 비대기 20~25℃ 개화기 20~25℃ 성숙기 20~25℃
재배적지	토양 적응범위는 넓은 편으로 pH 6.0~6.5 정도가 적당
생리적 특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 척박한 토양에도 잘 견디며 내습성, 내건성이 강해 재배 범위 넓음 ○ 꽃눈 분화가 5월 하순~6월 상순에 시작하므로 당년의 개화, 결실과 동시에 진행함 ○ 성숙기에 비가 많으면 당함량이 떨어지고 탄저병을 비롯한 각종 병해와 열과 심함 ○ 과피색이 당도 및 산도에 비하여 성숙기준에 조기에 도달 하므로 과피색 위주로 수확하면 신맛 포도 생산
고품질 생산기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적정 주간거리로 수세안정 - 캠벨얼리 5.0~7.0m, 거봉 10.0~12.0m ○ 성숙기 신초생장정지율 80% ○ 적정 엽면적 확보 - 캠벨얼리 1.5송이/신초. 거봉 0.5송이/신초

□ 작형별 출하시기

작 형	발아기	개화기	수 확 기
노지재배	4월 하	6월 상	8월 하(캠벨얼리) 9월 중(거봉)

□ 재배면적

년도	2018	2019	2020	2021	2022
면적(ha)	10,938	10,595	10,582	10,611	11,086

□ 기상재해 및 생리장해 대책

항목	내용
혹한 및 건조	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조기낙엽 방지 ○ 과다착과 방지 ○ 월동전 저장양분의 충분한 축적 ○ 월동전 충분한 관수
봄가뭄 및 저온	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관수 - 미니스프링클러 및 점적관수 설치 ○ 비가림비닐 피복 - 5월 중순 (0.06~0.08mm)
꽃떨이현상	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적정 주간거리 확보 ○ 대립계 포도 하향유인 전정 - 착립증진제 살포
열과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수세안정 - 성숙기 신초생장정지율 80% ○ 이랑재배 - 폭 180~300cm, 높이 40~50cm ○ 송이다듬기 및 적정 착과량 확보

(라) 배추

□ 개요

① 생육과정(주요 농작업)



② 기상재해 및 예상되는 문제점



③ 병해충방제



○ 파종

- 파종시기 : 남부 8월 하순, 중부 8월 중순
- 육묘주수 : 4,500~5,000주/10a
- 파종량 : 0.6dl/10a

○ 정식

- 정식시기 : 남부 9월 중순, 중부 9월 상순
- 재식거리 : 이랑나비 75cm, 포기사이 45cm
- 관수 : 가뭄시 관수
- 붕소 결핍시 : 붕사 0.2% 엽면시비
- 제초 : 제초제 사용

○ 시비

비료명	총량	밑거름	웃거름		
			1회	2회	3회
퇴비	2,500	2,500	-	-	-
질소	32.0	11.0	7.0	7.0	7.0
인산	7.8	7.8	-	-	-
칼리	19.8	11.0	-	8.8	-
석회	100	100	-	-	-
붕사	1.5	1.5	-	-	-

□ 재배적 특성

학명	Brassica pekinensis RUPR.
분류	배추과
생육온도	발아적온 25~25℃ 육묘적온 20~22℃ 개화적온 12℃ 생육적온 15~20℃ 결구적온 15~16℃ 저장적온 0~3℃
재배적지	토양산도는 pH 5.5~6.8 정도가 알맞고, 산성토양에서는 병해 발생 증가
생리특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 서늘한 기후를 좋아하며, 저온성채소로 생육초기에는 고온에 비교적 잘 견디나 결구기에는 내고온성이 약함 ○ 종자춘화형의 식물로 12℃ 이하에서 7일이상 지나면 꽃눈이 분화 되고, 고온에 의하여 추대가 촉진됨 ○ 자가 불화합성이 있어 계속 자식시키면 세력 약화됨
주요기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 망사 터널재배로 바이러스 이병을 감소 : 무피복 100%→ 망사터널 0% ○ 배추 비닐덮기 재배(안덮은곳 대비) : 7~39% 증수 ○ 결구기 관수효과(자연강우 대비) : 193~396%증수 ○ 배추 기계화 생력재배 효과(관행대비) : 19%

□ 작형별 출하시기

작형	파종기	정식기	수확기	성출하기
시설재배	1상~3상	2상~4중	3중~5하	4중
봄재배	3중~4하	4상~5중	5하~6중	6중
가을재배	8상~8하	8하~9상	10중~12상	10중~12상

□ 재배면적

년도	2018	2019	2020	2021	2022
면적(ha)	13,313	10,968	13,854	13,345	13,953

□ 기상재해 및 생리장해 대책

항목	내용
저온추대	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저온감응이 둔한 품종재배 ○ 5월 상순이후 파종 ○ 배추육묘시 야간 10℃ 이상 보온
가을가뭄	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이동식 스프링클러 설치 관수 ○ 짚 덮기 ○ 망사피복, 육묘정식 재배, 살충제 살포
한파	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동해온도 : -3~-4℃ ○ 섬피, 비닐덮기 ○ 적기수확, 임시저장, 옮겨장
봄가뭄	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관수, 육묘 정식 - 간이저수장 설치 - 이동식 스프링클러설치 ○ 짚, 비닐덮기 ○ 살충제 살포
호우	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수구 정비 ○ 재파, 보파(조생종, 반결구종) ○ 엽면시비, 살균제 살포

나. 영농형 태양광의 농가수용의향 및 실태조사

가) 농가수용의향

(가) 조사방법

- 영농형 태양광의 농가 수용의사에 대해 알기 위해 전국 단위 설문조사를 실시하여 영농형 태양광 인지도, 설치 의향, 농업진흥구역 내 시설 설치 동의 여부에 대한 현황을 조사함.
- 2021년 9월 10일부터 10월 12일까지 전국 19세이상 성인 127명을 대상으로 조사하였으며, 응답자 모두 본인 소유의 농지를 보유 중이었음.
 - 영농형 태양광의 장기 내구연한을 고려하여 상대적으로 젊은 농업인을 대상으로 설문 조사를 진행하였음.

(나) 응답자의 일반적 특성

- <표 21>에서 응답자의 성별을 살펴보면, 전체 응답자 127명 중 남성이 82명으로 64.6%를 차지하였으며, 여성은 45명으로 35.4%를 차지하였음.

<표 21> 성별

성별	빈도	퍼센트
남성	82	64.6
여성	45	35.4
전체	127	100.0

- 응답자의 연령은 <표 22>와 같이 20대, 30대, 40대, 50대이상으로 구분하였는데, 전체 127명의 응답자 중 50대이상이 64명(50.4%)으로 가장 많았으며, 40대(31명, 24.4%), 30대(26명, 20.5%), 20대(6명, 4.7%)의 순이었음.

<표 22> 연령

연령	빈도	퍼센트
20대	6	4.7
30대	26	20.5
40대	31	24.4
50대이상	64	50.4
전체	127	100.0

- 응답자의 귀농여부를 살펴보면, 전체 응답자 127명 중 귀농인이 59명으로 46.5%를 차지하며 귀농하지 않은 응답자는 68명(53.5%)로 귀농인 수보다 다소 높은 것으로 나타났다.

<표 23> 귀농여부

귀농여부	빈도	퍼센트
예	59	46.5
아니오	68	53.5
전체	127	100.0

- 응답자의 농지 규모 조사 결과, 모든 응답자는 본인 소유의 농지가 있는 것으로 나타났으며 이 중 76명(59.8%)이 1,000평이상의 농지를 소유하고 있다고 응답하였고 300평~500평미만의 농지를 가진 응답은 26명(20.5%)이었으며, 500평~1,000평미만의 농지를 가진 응답자는 25명(19.7%)이었음.

<표 24> 농지 규모

평수	빈도	퍼센트
300평~500평미만	26	20.5
500평~1,000평미만	25	19.7
1,000평이상	76	59.8
전체	127	100.0

- 응답자의 거주 지역을 살펴보면, 경북이 27명으로 21.3%를 차지하였으며, 경기(20명, 15.7%), 경남(15명, 11.8%), 강원(12명, 9.4%), 충남(11명, 8.7%) 등의 순으로 조사되었음.

<표 25> 거주 지역

지역	빈도	퍼센트	지역	빈도	퍼센트
서울	4	3.1	강원	12	9.4
부산	2	1.6	충북	7	5.5
대구	3	2.4	충남	11	8.7
광주	2	1.6	전북	7	5.5
대전	2	1.6	전남	7	5.5
울산	1	0.8	경북	27	21.3
세종	1	0.8	경남	15	11.8
경기	20	15.7	제주	6	4.7
			전체	127	100.0

- 응답자의 학력은 전체 응답자의 54.3%에 해당하는 69명의 응답자가 대졸자인 것으로 나타났으며 고졸 이하는 47명으로 37.0%를 차지함. 대학원 졸업이상은 11명으로 8.7%를 차지하였음.

<표 26> 학력

학력	빈도	퍼센트
고졸 이하	47	37.0
대졸	69	54.3
대학원 졸업이상	11	8.7
전체	127	100.0

- <표 27>에서 연간 총 가구소득 2,000~4,000만원미만이 33명(26.0%), 2,000만원미만이 31명(24.4%)으로 전체 응답자의 절반가량이 연간 4,000만원미만의 가구소득을 얻는 것으로 집계되었으며 그 뒤를 이어 연간 총 가구소득이 4,000만원~6,000만원미만이라는 응답이 24명(18.9%), 6,000만원~8,000만원미만인 응답과 10,000만원이상이라는 응답이 각각 16명(12.6%), 8,000만원~10,000만원미만이라는 응답이 7명(5.5%)로 나타났음.

<표 27> 연간 총 가구소득

연간 총 가구소득	빈도	퍼센트
2,000만원미만	31	24.4
2,000~4,000만원미만	33	26.0
4,000~6,000만원미만	24	18.9
6,000~8,000만원미만	16	12.6
8,000~10,000만원미만	7	5.5
10,000만원이상	16	12.6
전체	127	100.0

(다) 결과

□ 영농형 태양광에 대한 인지도

- 설문조사 응답자 127명 중 93명(73.2%)은 영농형 태양광에 대해 알고 있었으며 모르거나 전혀 모른다고 응답한 비율은 34명(26.8%)으로 나타났다.

<표 28> 영농형 태양광 인지 여부

	전혀 모름	모름	보통	알고 있음	매우 잘 알고있음	합계
응답자수	11	23	28	55	10	127
비중	8.7	18.1	22.0	43.3	7.9	100.0

- 영농형 태양광에 대해서 알고 있었던 93명을 대상으로 영농형 태양광에 대한 인지 경로에 대한 조사 결과, 언론매체를 통해 알게 되었다는 응답이 52.7%로 가장 높았고 실제 설치하여 운영 중인 농업인의 소개(32.3%), 영농형 태양광 시범단지(14.0%)를 통해 알게 되었다는 응답이 뒤를 이음.

<표 29> 영농형 태양광 인지 경로

	언론매체	농업인의 소개	시범 단지	기타	합계
응답자수	49	30	13	1	93
비중	52.7	32.3	14.0	1.1	100.0

□ 영농형 태양광 설치 의향

- 본인의 토지에 영농형 태양광 시설을 설치할 의향에 대한 응답에는 긍정 비율이 26.8%, 부정 39.4%, 모르겠다는 응답이 33.9%를 차지함.

<표 30> 영농형 태양광 시설 설치 의향

	예	아니오	모르겠음	합계
응답자수	34	50	43	127
비중	26.8	39.4	33.9	100.0

- <표 30>에서 설치에 긍정으로 답한 응답자 34명을 대상으로 설치 이유, 설치 규모와 방법 등에 대해 추가적으로 실시하였음. 설치 이유에 대한 조사 결과 기존 농지 자원의 효율적 활용과 농업소득 감소에 따른 대체소득 수단의 창출이 각각 29.4%, 23.5%로 가장 높은 비중을 차지하였으며 고령화 등 농촌문제에 대한 대안(20.6%), 신재생 에너지 생산을 통한 에너지 안보 강화(14.7%), 기후위기 완화 기여(11.8%)의 순으로 나타났음.

<표 31> 영농형 태양광 설치의 이유

	기존 농지 자원의 활용	대체소득 수단	고령화 등 농촌문제 대안	에너지 안보	기후위기 완화	합계
응답자수	10	8	7	5	4	34
비중	29.4	23.5	20.6	14.7	11.8	100.0

- 영농형 태양광의 설치 방안에 대한 문항에는 영농조합법인, 농업 회사법인을 통해 설치하겠다는 응답이 52.9%를 차지하였으며 개인 단독(35.3%) 또는 협동조합을 통해 설치(11.8%)하겠다는 응답보다 크게 앞섰음.

<표 32> 영농형 태양광 설치 방안

	영농조합· 농업회사법인	개인 단독	협동조합	합계
응답자수	18	12	4	34
비중	52.9	35.3	11.8	100.0

- 영농형 태양광 시설을 설치할 경우, 선호하는 패널의 형태에 대한 문항에는 고정형 패널을 선택한 응답 비중이 29.4%로 가장 높았고 고정형+회전형 패널에 대한 응답이 26.5%로 집계되었음. 회전형 패널을 선호한다는 응답은 8명(23.5%), 상관없음은 7명(20.6%)로 나타났음.

<표 33> 영농형 태양광 설치 시 선호하는 패널의 형태

	고정형	고정형+회전형	회전형	상관없음	합계
응답자수	10	9	8	7	34
비중	29.4	26.5	23.5	20.6	100.0

- 영농형 태양광 시설을 설치할 경우, 선호하는 발전량 규모에 대한 문항에는 50~75kW 미만을 선택한 응답 비중이 38.2%로 가장 높았으며, 30~50kW미만과 100kW이상의 발전량에 대한 응답이 17.6%로 동일하게 집계됨. 반면, 30kW미만의 규모에 대한 응답비중은 11.8%로 가장 낮았음.

〈표 34〉 영농형 태양광 설치 시 선호하는 발전량 규모

	30kW미만	30~50kW미만	50~75kW미만	75~100kW미만	100kW이상	합계
응답자수	4	6	13	5	6	34
비중	11.8	17.6	38.2	14.7	17.6	100.0

- 영농형 태양광 시설을 설치했을 경우, 선호하는 전력 판매 방식에 대한 문항에는 고정 가격 판매제에 대한 응답이 20명으로 전체의 58.8%를 차지하였으며 변동가격 판매제를 선호한다고 선택한 응답은 14명(41.2%)로 집계되었음.

〈표 35〉 영농형 태양광 설치 후 선호하는 전력 판매 방식

	고정가격 판매제	변동가격 판매제	합계
응답자수	20	14	34
비중	58.8	41.2	100.0

- 영농형 태양광 설치에 대한 정부지원에 대한 의사를 추가적으로 조사하였음. 영농형 태양광 설치에 대한 정부지원의 만족도에 대해 만족한다는 응답이 19명(55.9%)으로 가장 높았으며 그 뒤를 이어 보통이 11명(32.4%), 매우 만족이 4명(11.8%)로 조사되었음. 매우 불만족과 불만족에 대한 응답이 없는 것으로 보아 응답자 대부분이 영농형 태양광 설치에 대한 정부지원에 만족하고 있다는 것을 알 수 있음.

〈표 36〉 영농형 태양광 설치에 대한 정부지원의 만족도

	매우 만족	만족	보통	합계
응답자수	4	19	11	34
비중	11.8	55.9	32.4	100.0

- 영농형 태양광의 원활한 설치를 위하여 개선해야 할 정책지원 사항을 설문한 결과, 상환기간에 대한 응답이 19명으로 전체의 55.9%로 가장 높았으며 그 외에 거치기간은 15명(44.1%)을 차지하였고 설치자금 지원한도와 금리조건에 대한 응답이 41.2%로 동일하게 집계되었음.

〈표 37〉 정책지원 개선내용(중복선택)

	상환기간	거치기간	설치자금 지원한도	금리조건
응답자수	19	15	14	14
비중	55.9	44.1	41.2	41.2

- 영농형 태양광 설치자금 대출 지원 한도의 적절한 수준에 대한 조사결과, 80%와 90%

가 적절하다는 의견이 각각 35.7%로 가장 높았으며 100%에 대한 응답이 21.4%, 85%에 대한 응답이 7.1%를 차지하였음.

<표 38> 영농형 태양광 설치자금 대출의 지원한도에 대한 의견

	80%	85%	90%	100%	합계
응답자수	5	1	5	3	14
비중	35.7	7.1	35.7	21.4	100.0

- 영농형 태양광 설치자금 대출의 금리조건에 대한 응답자들의 설문결과는 <표 39>과 같음. 3.00%에 대한 응답이 35.7%로 집계되었으며, 1.00%에 대한 응답 비중은 28.6%로 조사되었고 0.50%와 1.50%은 각각 21.4%, 14.3%로 나타났음

<표 39> 영농형 태양광 설치자금 대출의 금리조건에 대한 의견

	0.50%	1.00%	1.50%	3.00%	합계
응답자수	3	4	2	5	14
비중	21.4	28.6	14.3	35.7	100.0

- 영농형 태양광 설치자금 대출의 거치기간에 대한 조사 결과, 20년에 대한 응답이 40.0%로 가장 높았고, 10년이 가장 적절하다는 의견이 5명으로 전체의 33.3%를 차지하였음. 다음으로 5년(20.0%), 30년(6.7%)에 대한 응답 순으로 이어졌음.

<표 40> 영농형 태양광 설치자금 대출의 거치기간에 대한 의견

	5년	10년	20년	30년	합계
응답자수	3	5	6	1	15
비중	20.0	33.3	40.0	6.7	100.0

- 영농형 태양광 설치자금 대출의 상환기간에 대한 설문의 경우, 20년이 가장 적절하다는 의견이 8명으로 전체의 42.%를 차지하였고 10년(26.3%), 30년(15.8%), 5년(10.5%), 25년(5.3%)에 대한 응답 순으로 이어졌음. 이는 거치기간과 유사한 양상으로, 응답자의 대부분은 20년 또는 10년의 거치기간 및 상환기간이 가장 적절하다고 여기는 것으로 보였음.

<표 41> 영농형 태양광 설치자금 대출의 상환기간에 대한 의견

	5년	10년	20년	25년	30년	합계
응답자수	2	5	8	1	3	19
비중	10.5	26.3	42.1	5.3	15.8	100.0

- 영농형 태양광 시설을 설치할 경우 발생할 수 있는 문제에 대한 인식을 알아보기 위해 발생 가능 문제 사례를 제시하고 이에 대한 우려수준을 5점 등간척도(5점: 매우 부정적)에 응답하도록 조사한 결과, 농촌경관 훼손에 대한 응답자들의 점수 평균값은 3.41로 집계되었고, 태양광 패널 시설로 인한 환경오염이 3.88, 농지 전용(농지를 주택지, 공장부지 등 타 용도로 전환)에 따른 문제 3.71, 농업 생산량 감소 문제 3.82, 지역주민과의 갈등이 3.85점으로 집계되었음.

<표 42> 영농형 태양광 설치 시 발생가능한 문제에 대한 우려

	농촌경관 훼손	환경 오염	농지전용문제	농업 생산량 감소	지역주민과의 갈등	평균
평균값	3.41	3.88	3.71	3.82	3.85	3.74

- 영농형 태양광 설치 시 농촌경관 훼손문제에 대해서는 일반적 수준에서 다루어야 한다는 응답이 50.0%를 차지하며 중요하다(10명, 29.4%), 매우 중요하다(4명, 11.8%), 중요하지 않다(2명, 5.9%), 전혀 중요하지 않다(1명, 2.9%)는 응답보다 크게 앞서고 있음.
- 태양광 패널로 인한 환경오염 문제의 경우, 중요하게 다루어져야 한다는 응답이 17명으로 전체의 50.0%를 차지하였으며 보통이다(26.5%), 매우 중요하다(20.6%), 중요하지 않다(2.9%)에 대한 응답 순으로 이어졌음.
- 농지전용 문제에 대한 결과를 살펴보면 중요하게 다루어야 한다고 응답한 비중이 50.0%로 가장 높았으며, 보통이라는 응답이 35.3%, 매우 중요하다는 응답이 11.8%, 중요하지 않다는 응답이 2.9%로 나타났음.
- 농업생산량 감소에 대하여서는 일반적 수준에서 다루어야 한다는 응답이 41.2%로 가장 높았으며 중요하다(35.3%), 매우 중요하다(23.5%)는 응답 순으로 이어졌음. 전혀 중요하지 않다거나 중요하지 않다는 응답이 존재하지 않아 모든 응답자가 농업생산량 감소문제를 중요하게 다루어야 한다고 인지하고 있는 것으로 보임.
- 지역주민과의 갈등의 경우, 중요하게 다루어야 한다고 응답한 비중이 47.1%를 차지하였으며 매우 중요하다는 응답이 23.5%, 보통이라는 응답이 20.6%, 중요하지 않다는 응답이 8.8%로 조사되었음.
- 대부분의 응답자들은 영농형 태양광 설치 시 발생할 수 있는 모든 문제들에 대해서 일반적 수준이상으로 중요하게 다루어야 한다고 응답하였음.

〈표 43〉 영농형 태양광 설치 시 발생할 수 있는 문제의 중요성

		매우 중요하다	중요하다	보통이다	중요하지 않다	전혀 중요하지 않다	합계
농촌경관 훼손	응답자수	4	10	17	2	1	34
	비중	11.8	29.4	50.0	5.9	2.9	100.0
환경오염	응답자수	7	17	9	1	0	34
	비중	20.6	50.0	26.5	2.9	0	100.0
농지전용 문제	응답자수	4	17	12	1	0	34
	비중	11.8	50.0	35.3	2.9	0	100.0
농업생산량 감소	응답자수	8	12	14	0	0	34
	비중	23.5	35.3	41.2	0	0	100.0
지역주민과의 갈등	응답자수	8	16	7	3	0	34
	비중	23.5	47.1	20.6	8.8	0	100.0

○ 영농형 태양광 시설을 설치하지 않겠다고 답한 응답자(50명)와 모르겠다고 답한 응답자(43명)를 대상으로 그 이유에 대해 설문한 결과, 비용 대비 태양광 발전 수익의 불확실성에 대한 응답이 전체의 32.3%를 차지, 가장 높은 비중을 나타내었고, 자본의 부족이 23.7%를 차지, 수익 불확실성과 비용에 대한 고려가 높게 나타났음. 그밖에 농촌경관 훼손에 대한 우려(15.1%), 생산량 감소에 따른 식량안보 문제(8.6%), 시설 설치에 따른 환경오염 우려(7.5%), 전자파 등 건강피해 우려(7.5%) 순으로 집계되었으며, 비농업인의 악용 가능성에 대한 응답 비중은 4.3%를 차지하였음.

〈표 44〉 영농형 태양광을 설치하지 않는 이유

	수익의 불확실성	초기자본 등 자본부족	농촌경관 훼손	식량안보 문제	
응답자수	30	22	14	8	
비중	32.3	23.7	15.1	8.6	
	태양광 패널로 인한 환경오염	건강피해 우려	비농업인의 악용가능성	기타	합계
응답자수	7	7	4	1	93
비중	7.5	7.5	4.3	1.1	100.0

○ 반면, 〈표 45〉를 통해 현재 재배 중인 작물에 대한 전체 127명의 응답자의 응답을 살펴보면, 92종의 작물 중 고추에 대한 응답이 40.9%로 가장 높았고, 다음으로 벼(30.7%), 고구마(24.4%), 콩(21.3%), 배추(19.7%), 감자(13.4%), 들깨·무(12.6%), 마늘(11.8%), 가지·깨(10.2%) 등에 대한 응답 순으로 이어졌음. 기타 작물을 재배한다는 응답은 4.7%로 나타남.

〈표 45〉 응답자의 재배작물 현황(중복선택)

	고추	벼	고구마	콩	배추	감자	들깨	무
응답자수	52	39	31	27	25	17	16	16
비중	40.9	30.7	24.4	21.3	19.7	13.4	12.6	12.6
	마늘	가지	깨	사과	옥수수	참깨	감	상추
응답자수	15	13	13	12	12	11	10	9
비중	11.8	10.2	10.2	9.4	9.4	8.7	7.9	7.1
	배	양파	토마토	파	포도	복숭아	자두	호박
응답자수	8	8	7	7	7	6	6	6
비중	6.3	6.3	5.5	5.5	5.5	4.7	4.7	4.7
	갯잎	당근	대파	땅콩	매실	오이	쪽파	한라봉
응답자수	5	5	4	4	4	4	4	4
비중	3.9	3.9	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
	감귤	레드향	방울 토마토	시금치	단감	대추	도라지	버섯
응답자수	3	3	3	3	2	2	2	2
비중	2.4	2.4	2.4	2.4	1.6	1.6	1.6	1.6
	보리	블루베리	생강	샤인 머스켓	수수	양배추	참외	거봉
응답자수	2	2	2	2	2	2	2	1
비중	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0.8
	고사리	굴	극조 생감귤	꽃사과	녹두	대봉	두충	딸기
응답자수	1	1	1	1	1	1	1	1
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	루꼴라	메론	미나리	바질	밤	버터헤드 레터스	베리	부추
응답자수	1	1	1	1	1	1	1	1
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	산초	소나무	수박	쭈	아로니아	아스파라 거스	아오리사과	애호박
응답자수	1	1	1	1	1	1	1	1
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	앵두	양잔디	엄나무	연근	오디	인삼	잔디	조생감귤
응답자수	1	1	1	1	1	1	1	1
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	참쌀	취청	콜라비	타임	파프리카	팔	표고버섯	호두
응답자수	1	1	1	1	1	1	1	1
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	호박	홍로사과	후지사과	흑치 마상추	기타			
응답자수	1	1	1	1	6			
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	4.7			

- 응답자의 주요 재배작물 현황에 대한 조사결과, 89종의 작물 중 고추에 대한 응답이 36.2%로 가장 높은 것으로 집계되었고 그 뒤를 이어 벼(30.7%), 고구마(18.9%), 콩(15.7%), 배추(12.6%), 감자(10.2) 등에 대한 응답이 나타났음. 기타 작물을 주로 재배한다는 응답은 3.1%로 조사되었음. 이를 통해 응답자들은 현재 고추, 벼, 고구마를 주로 재배하고 있음을 알 수 있음.

〈표 46〉 응답자의 주요 재배작물 현황(중복선택)

	고추	벼	고구마	콩	배추	감자	사과
응답자수	46	39	24	20	16	13	12
비중	36.2	30.7	18.9	15.7	12.6	10.2	9.4
	들깨	무	마늘	옥수수	깨	가지	배
응답자수	11	10	10	10	9	8	8
비중	8.7	7.9	7.9	7.9	7.1	6.3	6.3
	감	양파	토마토	파	자두	참깨	포도
응답자수	7	7	6	6	6	5	5
비중	5.5	5.5	4.7	4.7	4.7	3.9	3.9
	복숭아	상추	호박	깻잎	매실	한라봉	대파
응답자수	5	4	4	4	4	4	3
비중	3.9	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	2.4
	땅콩	오이	감귤	레드향	시금치	당근	쪽파
응답자수	3	3	3	3	3	2	2
비중	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	1.6	1.6
	방울토마토	단감	대추	버섯	생강	샤인머스켓	참외
응답자수	2	2	2	2	2	2	2
비중	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
	도라지	보리	블루베리	수수	거봉	고사리	굴
응답자수	1	1	1	1	1	1	1
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	극조생감귤	꽃사과	녹두	대봉	두충	말기	메론
응답자수	1	1	1	1	1	1	1
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	미나리	바질	밤	버터헤드 레터스	베리	부추	산초
응답자수	1	1	1	1	1	1	1
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	소나무	수박	쑥	아로니아	아스파라거스	아오리사과	애호박
응답자수	1	1	1	1	1	1	1
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	앵두	양잔디	업나무	연근	오디	인삼	잔디
응답자수	1	1	1	1	1	1	1
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	조생감귤	참쌀	취청	콜라비	타입	파프리카	표고버섯
응답자수	1	1	1	1	1	1	
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
	호두	호박고구마	홍로사과	후지사과	흑치마상추	기타	
응답자수	1	1	1	1	1	4	
비중	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	3.1	

○ 〈표 47〉에서 영농형 태양광 설치에 긍정으로 답한 응답자 34명을 대상으로 영농형 태양광을 설치한 농지에서 재배하고 싶은 작물을 조사하였음. 전체 응답자 중 마늘·벼에 대한 응답이 20.6%로 가장 높았으며, 다음으로 배추·콩·파(17.6%), 감자·옥수수(14.7%), 양파(11.8%), 고추(8.8%)에 대한 응답이 이어졌고 녹차를 포함한 8종의 작물에

대한 응답은 각각 5.9%, 고구마를 포함한 11종의 작물에 대한 응답은 각각 2.9%를 차지하였음. 기타에 대한 의견은 2.9%로 나타났으며, 영농형 태양광을 설치한 농지에서 재배하고 싶은 작물이 없다는 응답은 11.8%로 나타났음.

<표 47> 영농형 태양광을 설치한 농지에서 재배하고 싶은 작물(중복선택)

	마늘	벼	배추	콩	파	감자	옥수수	
응답자수	7	7	6	6	6	5	5	
비중	20.6	20.6	17.6	17.6	17.6	14.7	14.7	
	양파	고추	녹차	들깨	무	배	보리	
응답자수	4	3	2	2	2	2	2	
비중	11.8	8.8	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	
	수수	인삼	포도	고구마	고사리	당근	딸기	
응답자수	2	2	2	1	1	1	1	
비중	5.9	5.9	5.9	2.9	2.9	2.9	2.9	
	밀	샤인머스켓	시금치	오이	참쌀	채소	기타	없음
응답자수	1	1	1	1	1	1	1	4
비중	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	11.8

- 반면, 영농형 태양광 시설을 설치하지 않겠다거나 모르겠다고 응답한 응답자(93명)를 대상으로 영농형 태양광 시설 설치 시 작물의 생산과 관련하여 고려할 요인들에 대한 문항에는 작물 생산량 변화에 대한 고려가 32.4%로 가장 높았으며 다음으로 농작업의 편리성(29.4%), 작물 품질의 변화(23.5%)에 대한 응답 순으로 이어졌음.

<표 48> 작물 생산 관련 고려사항

	작물생산량 변화	농작업의 편리성	작물 품질 변화	작물 생육문제	합계
응답자수	11	10	8	5	93
비중	32.4	29.4	23.5	14.7	100.0

□ 농업진흥구역 내 시설 설치에 대한 의사

- 현재 농업진흥구역에 대해서는 태양광 시설 설치를 위한 농지전용이 불가함을 안내하고, 영농형 태양광의 설치를 위한 농업진흥구역 농지전용의 일시적 허용에 동의하는지 조사한 결과 반대 의견이 25.2%, 찬성 의견이 28.3%를 차지하며 찬성 의견이 조금 앞섰지만, ‘모르겠다’는 응답이 46.5%를 차지하였음.

<표 49> 농업진흥구역 농지전용 찬반 의견

	적극 반대	반대	모름	찬성	적극 찬성	합계
응답자수	10	22	59	30	6	127
비중	7.9	17.3	46.5	23.6	4.7	100.0

- 찬성 응답자(36명)와 모르겠다고 답한 응답자(59명) 95명을 대상으로 만약 농업진흥구역 내 영농형 태양광 시설 설치가 허용되고, 임시허용기간이 20년이라고 주어진다면,

어떠한 허용기간의 보장 방법을 선호하는지에 대해 조사하였음.

- 농업진흥구역 내 농지 전용을 일시에 20년 간 보장하는 안을 선택한 응답자 비중은 31.6%로 집계되었고 최초 허가 기간 10년 보장 후 조건부로 이용기간 10년을 연장해주는 안을 선택한 응답자 비중은 41.1%, 최초 허가 기간 5년 보장에 5년씩 최대 3회 조건부로 이용기간을 연장해주는 안을 선택한 응답자가 26.3%를 차지하였음.
- 일시에 20년의 농지전용 기간을 보장하는 방안(31.6%)보다 최대 20년을 보장하되 조건부로 기간을 연장해주는 방안(77.9%)에 대한 선호가 더 높음.

<표 50> 농업진흥구역 농지전용 기간 허가 방안

	20년 일시 보장	최초 10년, 조건부 연장 10년 (총 20년)	최초 5년, 5년씩 조건부 연장 (총 20년)	기타	합계
응답자수	30	39	25	1	95
비중	31.6	41.1	26.3	1.1	100.0

- 농업진흥구역 내 영농형 태양광 시설 설치 일시 사용허가 연장을 위한 조건이 ‘농업 생산량 일정 비율이상 유지’ 일 경우, 적절한 농업생산량 유지 비율에 대한 의견을 설문한 결과, 80%이상 유지해야 한다는 의견이 41.1%로 가장 높았고, 70%이상이 36.8%, 60%이상이 21.1%를 차지함.

<표 51> 농업생산량 유지 비율

	60%이상	70%이상	80%이상	기타	합계
응답자수	20	35	39	1	95
비중	21.1	36.8	41.1	1.1	100.0

- 전체 127명의 응답자를 대상으로 농업진흥구역이 아닌 농지를 타용도(농업 외 다른 용도) 일시사용허가 방식으로 전용하여 23년 동안 영농형 태양광 부지로 이용하는 것이 허용될 경우에 대한 찬반의견을 조사한 결과, 찬성의견이 32.3%, 반대의견이 29.9%로 찬성의견이 조금 앞선 것으로 집계되었지만, 앞서 농업진흥구역 내 영농형 태양광을 위한 일시적 농지전용에 대한 찬반 의견 설문 문항의 결과와 마찬가지로 모르겠다는 답변이 37.8%로 가장 높았음.

<표 52> 농업진흥구역 이외 농지의 타용도 일시사용허가 찬반 의견

	적극 반대	반대	모름	찬성	적극 찬성	합계
응답자수	9	29	48	33	8	127
비중	7.1	22.8	37.8	26.0	6.3	100.0

나) 영농형 태양광 실태조사

(가) 조사방법

- 영농형태양광 실증시험현황 조사표 분석

(나) 결과

- 현재 영농형 태양광 실증시험을 하고 있는 농가들을 대상으로 한 영농형태양광 실증 시험현황 조사표에서 규모, 단위면적, 감소율, 차광률에 대한 평균분석 결과, 농가들의 평균 규모는 55.1kW이며 평균 단위면적은 23.8m²/kW 수준이고 평균 감소율은 14%이며 평균 차광률은 30.05%임.

<표 53> 영농형 태양광 실증시험현황 평균분석

규모(kW)	단위면적(m ² /kW)	감소율(%)	차광률(%)
55.1	23.8	14.0	30.05

- 영농형 태양광 실증시험을 하고 있는 농가들을 대상으로 실시한 영농형태양광 실증 시험현황 조사표에서 작물종류에 대한 빈도분석 결과 벼(19건), 양파(6건), 마늘(5건), 콩(5건), 감자(5건), 포도(3건) 등의 순으로 다양한 작물들을 재배하고 있었으며 벼에 대해 영농형 태양광 실증 시험을 하고 있는 농가들이 제일 많았음.

<표 54> 영농형 태양광 실증시험현황 작물종류 빈도분석

작물종류																		
마늘	옥수수	양파	콩	오이	딸기	토마토	양배추	벼	밀	포도	녹차	감자	보리	대파	호밀	배추	무	무화과
5	2	6	5	1	1	1	2	19	1	3	1	5	1	1	1	2	1	1

- 마찬가지로 영농형태양광 실증시험현황조사표에서 기초형식, 기둥종류에 대한 빈도분석을 실시한 결과, 기초형식은 스파이럴 형식이 45건으로 제일 많았으며 콘크리트 형식은 10건, U형파일 3건 순이었음. 기둥종류는 원형강관과 각형강관이 각각 29건, 23건으로 비슷한 차이를 보였으며 H형강과 하우스일체형이 모두 3건씩으로 가장 낮은 빈도를 보임.

<표 55> 영농형 태양광 실증시험현황 기초형식, 기둥종류 빈도분석

기초형식			기둥종류			
스파이럴	콘크리트	U형파일	원형강관	각형강관	H형강	하우스일체형
45	10	3	29	23	3	3

- 지목에 대한 빈도분석 결과 답이 17건, 전이 14건으로 비슷한 빈도를 보였으며 연구부지 8건, 대지 3건, 학교부지 1건순이었음.

〈표 56〉 영농형 태양광 실증시험현황 지목 빈도분석

지목				
답	대지	전	연구부지	학교부지
17	3	14	8	1

- 모듈방식 등 모듈과 관련된 항목들에 대한 빈도분석 결과 모듈방식은 고정형이 58건으로 압도적으로 많았으며 추적형과 방위가변형은 각각 2건, 1건으로 낮은 빈도를 보임. 모듈각도 조절유형은 가변형 40건, 고정형 21건으로 가변형이 고정형에 비해 2배에 가까운 빈도를 보임. 모듈형식은 단면형 48건, 양면형 6건, 투과형 6건으로 단면형이 제일 많은 빈도를 보였으며 양면형과 투과형은 비슷한 빈도를 보임.

〈표 57〉 영농형 태양광 실증시험현황 모듈 관련 빈도분석

모듈방식			모듈각도 조절유형		모듈형식		
고정형	추적형	방위가변형	가변형	고정형	단면형	양면형	투과형
58	2	1	40	21	48	6	6

다. 작물별 영농형 태양광 경제성 분석

가) 태양광 관련 비용 조사

(가) 태양광 발전설비 원가 조사

- 우리나라에 설치되고 있는 사업용 태양광 발전소의 설비용량은 10kW에서 3MW이상까지 다양하며 발전사업자는 신재생에너지로 생산된 전력을 통해 지급된 REC(신재생에너지 공급인증서)에서 가중치를 가산한 수익을 얻음.
- 태양광의 경우 설비용량에 따른 규모의 경제성을 고려해서 소규모 태양광 발전사업자를 확대하기 위해 가중치가 차등됨.
- 2020년 기준, 태양광 REC 가중치 체계는 일반부지의 경우 1.2(100kW미만), 1.0 복합(100kW부터), 0.7 복합(3MW 초과부터)로 분류되어있음.¹⁵⁾

□ 태양광 원가분석 전제조건

- 설치유형
 - 태양광 발전설비 설치유형은 신재생에너지 설비 지원 등에 관한 지침¹⁶⁾에서 신재생에너지 발전설비 원별 시공기준에 따라 지상형, 건물형, 수상형으로 나누어짐.
 - 지상형 : 일반지상형, 산지형, 농지형
 - 건물형 : 일반 건물 옥상에 설치하는 건물설치형, 지붕이나 외벽에 밀착하여 설치하는 건물부착형, BIPV(Building Integrated Photovoltaic System) 시스템¹⁷⁾과 같이 건축 부자재의 역할을 하는 건물일체형
 - 수상형 : 강, 댐, 바다 수면 위에 부유식으로 설치하는 유형

〈표 58〉 태양광 설비 설치 유형별 구분

설치유형		세부내용
지상형	일반지상형	표면에 고정하여 설치하는 것으로서 산지관리법 및 농지법의 적용을 받지 않는 태양광설비의 유형
	산지형	산지전용허가(신고) 또는 산지일시사용허가 등 산지관리법에 따른 인·허가 등을 받아 설치하는 태양광 설비의 유형
	농지형	농지전용허가(신고) 또는 농지의 타용도 일시사용허가 등 농지법에 따른 인·허가 등을 받아 설치하는 태양광설비의 유형
건물형	건물설치형	건축물 옥상 등에 설치하는 태양광설비의 유형
	건물부착형	건축물 경사 지붕 또는 외벽 등에 밀착하여 설치하는 태양광 설비의 유형
	건물일체형	태양광모듈을 건축물에 설치하여 건축 부자재의 역할 및 기 능과 전력생산을 동시에 할 수 있는 태양광설비
	수상형	댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률 제2조에 따른 댐, 전 원개발촉진법 제5조에 따라 전원개발사업구역으로 지정된 지 역의 발전용 댐, 농어촌정비법 제2조의 농업생산기반 정비사 업에 따른 저수지 및 담수호와 농업생산기반시설로서의 방조 제 내측, 산업입지 및 개발에 관한 법률 제6조 내지 제8조에 따른 산업단지 내의 유수지, 공유수면 관리 및 매립에 관한 법률 제2조에 따른 공유수면 중 방조제 내측 위에 부 유식으로 설치하는 태양광설비 유형

자료: 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침, [별표1] 신·재생에너지 설비 원별 시공기준

15) 1.0 복합은, 예를 들어, 120kW의 경우 100kW까지 1.2REC를 받고 나머지 20kW에 대해서 1REC를 받음을 의미.

16) 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침의 별표 1

17) 태양광 에너지로 전기를 생산하여 소비자에게 공급하는 것 외에 건물 일체형 태양광 모듈을 건축물 외장재로 사용하는 태양광 발전 시스템

○ 설치형태

- 태양광 발전설비는 설치형태에 따라 고정형과 경사각이나 고도를 움직일 수 있게 하는 경사가변형, 방향이나 각도 변화에 따라 최적효율을 추적하는 추적형으로 분류됨.

〈표 59〉 태양광 발전설비 설치형태에 따른 장단점

	고정형	경사가변형	추적형
장점	- 초기설치비 낮음 - 하부공간 활용 가능 - 구조적 안전 - 사고가능성이 낮음	- 고정형 대비 발전효율이 높음	- 고정형 대비 발전효율이 높음 - 추적장치 병렬제어로 운전효율이 높음 - 경사지 설치 가능
단점	- 다른 형태 대비 효율이 낮음	- 고정형 대비 설치범위가 큼 - 구조적 안정도가 낮음 - 하부공간 활용이 제한적	- 고정형 대비 설치범위가 큼 - 구조적 안정도가 낮음 - 설치 및 운영 교육 필요 - 보수비용이 높음

자료: 재생에너지 공급확대를 위한 중장기 발전단가(LCOE) 전망 시스템 구축 및 운영(1/5)

○ 조사항목

- 조사항목은 발전설비비용(CAPEX)과 연간 운영유지비용(OPEX)으로 구분하며, 발전설비비용은 직접비, 간접비와 토지비로 나누어짐
- 직접비 : 모듈, 인버터, 접속반, 수배전반, 모니터링, 토목공사, 구조물공사, 전기공사(전기실 포함)를 포함한 직접재료비와 설치와 시공에 투입되는 인력에 대한 직접노무비로 구분됨.
- 간접비 : 태양광 발전설비를 개발하는 단계에서 필수적으로 투입되는 설계와 감리, 개발행위인허가, 지역발전비, 진단과 검사, 일반관리비, 금융비용, 보험료 등을 포함함.
- * 지역발전비는 일반적인 주민수용성 확보와 관련한 비용으로 지역별 편차가 커 표준화가 어렵기 때문에 조사항목에서는 제외

〈표 60〉 태양광 발전설비비용 조사항목

구분	항목	조사항목
직접비	직접재료비	모듈, 인버터, 접속반, 수배전반, 모니터링, 토목공사, 구조물공사, 전기공사(전기실 포함)
	직접노무비	시공에 투입되는 인력
간접비		설계 및 감리, 개발행위인허가, 지역발전비, 진단 및 검사, 일반관리비, 기타사업비(금융비용, 보험비용, 기타)
토지비		매입비, 임대비(연간)

자료: 재생에너지 공급확대를 위한 중장기 발전단가(LCOE) 전망 시스템 구축 및 운영(1/5)

- 연간 운영유지비용은 전기사업법의 전기안전관리자 선임기준에 따른 인건비용, 발전시설 안전에 대한 보험비용, 유지관리 및 보수비용, 인버터 수명 주기에 따른 인버터 교체비용을 조사항목으로 설정하였음.
- 전기안전관리자 선임비용은 법적 기준에 따라 외부위탁인 경우, 상주하는 경우로 구분함.

〈표 61〉 태양광 연간 운영유지비용 조사항목

구분	항목	비고
직접비	전기안전관리자 선임비용	외부위탁일 경우 연간 계약비용
	보험료	
	유지관리 및 보수 비용 (세척, 수리, 기타 등)	
	인버터 교체비용	

자료: 재생에너지 공급확대를 위한 중장기 발전단가(LCOE) 전망 시스템 구축 및 운영(1/5)

□ 태양광 세부항목별 정의 및 관련 규정

○ 태양광 발전설비 항목별 정의

- 한국표준산업분류¹⁸⁾에서는 태양광 발전 시스템 개별부품에 대하여 〈표 62〉와 같이 정의하고 있으며, 본 연구에서는 세부 항목별 내용에 근거하여 비용 조사를 시행하였음.

〈표 62〉 태양광 발전설비 항목별 정의

번호	항목	내용
3.1.43	태양광 발전모듈	결선한 태양전지를 주위 환경으로부터 완벽하게 보호할 수 있도록 만든 조립체의 최소단위
3.2.15	인버터	직류(DC)전기를 교류(AC) 전기로 변환시키는 전자 장치의 하나
3.2.16	접속함	내부에 보호 소자를 달 수 있는 회로가 전기적으로 연결되어 있는 함
3.2.21 b)	직류 간선 케이블	발전부의 접속함과 인버터를 연결하는 케이블
3.2.21 c)	스트링 케이블	태양광 발전 모듈과 모듈을 연결하여 스트링을 이루게 하는 케이블
3.2.21 d)	급전 케이블	인버터와 전기 설비로 구성된 배전 회로를 연결하는 케이블
3.2.22	전력 조절기	전기를 수요 측에서 요구하는 형태로 전환하는데 사용되는 장비
3.2.32	가대(지지 구조)	태양광 발전 모듈이나 패널(panel) 또는 어레이가 설치되는 구조물

자료: 한국표준산업분류 KS C IEC 61836:2014 태양광 발전 에너지-시스템 용어

○ 태양광 발전설비 항목별 관련 규정

- 국내 태양광 발전설비는 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침상¹⁹⁾⁴³⁾의 태양광설비 시공기준을 준수하여야함.(〈표 63〉 참조).
- 관련 규정에 따르면 태양광 발전설비를 설치할 경우 전기사업법과 전기공사업법의 전기설비기술기준, 건축구조기준 등을 준수해야하므로 본 연구에서는 관련 규정에 근거하여 태양광 발전설비를 설계하고, 설치 및 시공에 필요한 세부비용을 조사하였음.

18) 한국표준산업분류 KS C IEC 61836:2014 태양광 발전 에너지-시스템 용어

19) 태양광 발전설비는 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침 상의 [별표 1] 태양광설비 시공기준(나. 공통준수사항)

〈표 63〉 태양광 발전설비 항목별 관련 규정

품목	관련 규정																
모듈	<ul style="list-style-type: none"> - 한국산업표준(이하 “KS”)에 따른 인증제품(수상형 태양광 모듈의 경우에는 고내구성·친환경 제품)을 설치 - 단위 모듈당 용량에 따라 설계용량과 동일하게 설치할 수 없는 경우에는 설계용량의 110% 범위 내에서 설치 가능 																
인버터	<ul style="list-style-type: none"> - 태양광 발전용 인버터(이하 “인버터”)는 KS 인증제품을 설치 - 인버터의 설치용량은 사업계획서 상의 인버터 설계용량이상 - 인버터에 연결된 모듈의 설치용량은 인버터 설치용량의 105% 이내 이어야 하며 각 직렬군의 태양전지 개방전압은 인버터 입력전압 범위 안에 있어야 한다. 																
접속함	접속함 및 접속함 일체형 인버터는 KS 인증제품을 설치																
지지대	<ul style="list-style-type: none"> - 지지대는 다음 각 호의 재질로 제작 - 지지대간 연결 및 모듈-지지대 연결은 가능한 볼트로 체결하되, 절단 가공 및 용접 부위(도금처리제품 한정)는 용융아연도금처리를 하거나 에폭시-아연페인트를 2회 이상 도포 ㉠ 용융아연 또는 용융아연-알루미늄-마그네슘합금 도금된 형강 (단, 수상형의 경우 별도 규정 준수) ㉡ 스테인리스 스틸(이하 “STS”) ㉢ 알루미늄합금 																
볼트, 너트, 와셔 (볼트캡 포함)	- 용융아연도금(단, 수상형은 제외), STS, 알루미늄합금 재질(볼트 캡은 플라스틱 재질도 가능)로 하고 볼트규격에 맞는 스프링와셔 또는 풀림 방지너트로 체결																
전기배선	- 모듈에서 인버터에 이르는 배선에 사용되는 케이블은 모듈 전용 선 또는 단심(IC) 난연성 케이블(TFR-CV, F-CV, FR-CV 등)을 사용하여야 하며 케이블이 지면 위에 설치되거나 포설되는 경우에는 피복에 손상이 발생되지 않게 가요전선관, 금속 덕트 또는 몰드 등을 시설																
모니터링설비	<ul style="list-style-type: none"> - 계측설비별 요구사항 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">계측설비</td> <td style="text-align: center;">요구사항</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">인버터</td> <td style="text-align: center;">CT 정확도 3% 이내</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">전력량계</td> <td style="text-align: center;">정확도 1% 이내</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> - 측정 및 모니터링 항목 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>모니터링 항목</th> <th>데이터(누계치)</th> <th>측정 항목</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">태양광</td> <td style="text-align: center;">일일발전량(kWh)</td> <td style="text-align: center;">24개(시간당)</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">인버터 출력</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">생산시간(분)</td> <td style="text-align: center;">1개(1일)</td> </tr> </tbody> </table>	계측설비	요구사항	인버터	CT 정확도 3% 이내	전력량계	정확도 1% 이내	구분	모니터링 항목	데이터(누계치)	측정 항목	태양광	일일발전량(kWh)	24개(시간당)	인버터 출력	생산시간(분)	1개(1일)
계측설비	요구사항																
인버터	CT 정확도 3% 이내																
전력량계	정확도 1% 이내																
구분	모니터링 항목	데이터(누계치)	측정 항목														
태양광	일일발전량(kWh)	24개(시간당)	인버터 출력														
	생산시간(분)	1개(1일)															

자료: 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침, [별표1] 신·재생에너지 설비원별 시공기준

나) 영농형 태양광 고정투자 비용

- 영농형 태양광사업의 고정비용은 인허가 등의 행정비용과 모듈, 인버터, 시공비 등으로 이루어짐
- 인허가비용은 발전허가, 개발행위허가, 농지전용부담금, 토지 취득세 등 필요서류 작성 비용임. 단, 영농형 태양광 발전은 일반형과는 달리 농지보전부담금이 발생하지 않음.
- 태양광 발전사업은 발전된 전기를 한전에 계통 및 연계해야 하므로, 계통연계부담금이 발생함. 계통연계부담금은 기본시설부담금과 거리시설부담금으로 구성됨

<표 64> 계통연계의 기본시설부담금(2021년 2월 1일부터 2021년 7월 31일까지 신청분)

구분		금액	
		공중공급	지중공급
저압	매 1계약에 대하여 계약전력 5kW까지	240,000원	451,000원
	계약전력 5kW 초과분의 1kW에 대하여	93,000원	108,000원
고압 또는 특별고압		19,000원	39,000원

<표 65> 계통연계의 기본시설부담금(2021년 8월 1일 이후 신청분)

구분		금액	
		공중공급	지중공급
저압	매 1계약에 대하여 계약전력 5kW까지	246,000원	472,000원
	계약전력 5kW 초과분의 1kW에 대하여	98,000원	114,000원
고압 또는 특별고압		20,000원	41,000원

- 태양광발전소 부지에서 200m이내에 삼상전주가 있으면 거리시설부담금을 따로 지불해야함. 저압 지중공급의 경우 기본거리를 초과하는 1m당 60,000원이 부과됨.

<표 66> 계통연계의 거리시설부담금

구분			금액		
			공중공급		지중공급
			단상	삼상	
신설거리 시설부담금	기본거리를 초과하는 신설거리 매 1m에 대하여	저압	39,000원	43,000원	60,000원
		고압 또는 특별고압	43,000원		110,000원
첨가거리 시설부담금	기본거리를 초과하는 첨가거리 매 1m에 대하여	저압	5,000원		-
		고압 또는 특별고압	10,000원		-

※ 1m미만의 끝자리수는 버림.

※ 삼상으로 공급하기 위하여 기존 단상 배전선로에 첨가공사를 하는 경우 첨가거리시설부담금 단가를 적용. 다만, 지중 배전선로인 경우에는 신설거리시설부담금 단가를 적용.

- 영농형 태양광발전의 주요 비용은 모듈, 시공비, 인버터가 차지하고 있음. 모듈 유형별 비용을 살펴보면 100kW 기준 상용양면은 54.5백만원, 상용단면은 53.5백만원, 협소형은 60백만원임. 태양광 모듈 기술의 발전으로 이전 경제성 분석에 비해 모듈 비용은 감소하는 추세를 보이고 있음
- 모듈 유형별 특성을 간략히 살펴보면 상용양면은 투자효율이 가장 높은 특성을 갖고 있어 우선순위를 가장 높게 설정함. 상용양면과 상용단면의 전력 발전효율은 연간 0.54%씩 감소함.

<표 67> 영농형 태양광 모듈 유형별 비용 (단위 : 백만원/100kW)

		유형 1	유형 2	유형 3
모듈	이름	협소형	상용단면	상용양면
	비용(100KW기준)	60	53.5	54.5
	모듈개수(100KW 기준)	416	208	208
	전력생산량 감소비율	0.54%/년	0.54%/년	0.54%/년
	우선순위	3	2	1
	특성	일반 구조물용	투자비 최저	투자효율 최고

- 영농형 태양광발전의 인버터 유형별 비용을 살펴보면 100kW 기준 접속함 일체형은 8.25백만원, 분리형은 9.75백만원임.
- 인버터 유형별 특성을 간략히 살펴보면 접속함 일체형은 스트링별 DC 접속이가능하고 비용이 낮아 가장 높은 우선순위를 설정함

<표 68> 영농형 태양광 인버터 유형별 비용 (단위 : 백만원/100KW)

		유형 1	유형 2
인버터	이름	접속함 일체형	접속함 분리형
	비용(100KW기준)	8.25	9.75
	우선순위	1	2
	특성	- 스트링별 DC접속 - MPPT 별 모니터링 가능	- 접속반에서 모아진 DC를 접속 - 1개의 DC 접속

- 영농형 태양광 시공비용은 시공방식에 따라 차이가 있는데 이 연구에서는 하이브리드형과 스크류형을 적용하였음. 하이브리드형의 시공비용은 48.9백만원이며, 스크류형은 52.5백만원임.

<표 69> 영농형 태양광 유형별 시공비용 (단위 : 백만원/100KW)

	하이브리드형	스크류형
시공비(100kW)	48.9	52.5

다) 영농형 태양광 운영비용

- 영농형 태양광 발전사업은 초기 시공이후 운영과정에서 설비를 유지 및 보수하고 관리하는 비용 발생.
- 태양광발전소의 정기점검 비용은 저압계통연계의 경우 20kW까지는 기본료 80,300원, kW당 요금은 286원임. 20kW초과의 경우 기본료 137,200원, kW당 요금은 952원임. 정기점검은 3년마다 실시해야 함

<표 70> 태양광발전소 정기점검 [단위 : 원/VAT 별도]

구 분		기 본 료	kW당 요금
저압계통연계	20kW까지	80,300	286
	20kW초과	137,200	952
특고압계통연계	500kW까지	219,300	366
	500kW초과	267,800	317

- 영농형 태양광 전기안전관리비 대행 수수료를 살펴보면 저압의 경우 용량 단위에 따라 수수료에 차이가 있음. 50kW이하는 88,900원, 500kW초과 100kW이하는 101,600원이며, 부가가치는 별도로 정산됨.

<표 71> 태양광 전기안전관리비

(단위:원/VAT별도)

구	분	수 수 료	비 고
저압	50kW이하	88,900	○ 부가가치세 별도
	50kW초과 ~ 100kW이하	101,600	○ 수수료 중복할인 적용안됨 (자동이체 제외)
	100kW초과 ~ 200kW이하	117,400	1. 선납수용가 할인
	200kW초과 ~ 300kW이하	135,100	○ 3개월이상 : 2%
	300kW초과 ~ 400kW이하	202,600	○ 6개월이상 : 3%
고압	400kW초과	243,100	○ 12개월이상 : 5%
	100kW이하	124,200	2. 장기계약 고객 할인
	100kW초과 ~ 200kW이하	156,200	○ 15 ~ 19년 : 3%
	200kW초과 ~ 300kW이하	173,700	○ 20 ~ 24년 : 4%
	300kW초과 ~ 400kW이하	252,100	○ 25년이상 : 5%
	400kW초과 ~ 500kW이하	298,300	3. 다수계약 고객 할인
	500kW초과 ~ 600kW이하	398,200	○ 10 ~ 19건 : 3%
	600kW초과 ~ 700kW이하	502,400	○ 20 ~ 29건 : 4%
	700kW초과 ~ 800kW이하	606,900	○ 30건이상 : 5%
	800kW초과 ~ 900kW이하	753,400	4. 자동이체 고객 1% 할인
	900kW초과 ~ 1,000kW이하	874,000	
	1,000kW초과 ~ 1,250kW이하	1,133,100	
	1,250kW초과 ~ 1,500kW이하	1,358,500	
1,500kW초과 ~ 2,000kW이하	1,860,200		
2,000kW초과 ~ 2,499kW까지	2,480,300		

- 태양광 발전시설의 위험을 회피하기 위한 수단으로 화재보험료 가입이 가능하며, 인버터는 7년 주기로 교체해야 함.
 - 화재보험료는 대출가입시 필수사항이며, 보험 종류 및 회사별로 차이가 있음.
 - 유지관리비는 모니터링을 위한 통신비, 안전유지 및 수선비로 구성됨.
 - 사업 종료 시 폐기공사 및 폐기물 처리비용이 발생함.
- 영농형 태양광은 사용연한이 20년이기 때문에 사업초기에 설정한 비용들이 매년 물가 상승율만큼 증가해야 함.
 - 이러한 물가상승율을 반영하기 위하여 최근 10년 동안의 소비자물가 상승률을 적용함. 이 연구에서는 연평균 물가상승율을 1.20% 적용하여 미래시점의 운영비용을 산출하였음.

<표 72> 소비자 물가 상승율

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	연평균 증가율
소비자 물가지수	94.7	96.8	98.0	99.3	100.0	101.0	102.9	104.5	104.9	105.4	1.20

라) 영농형 태양광 편익

- 영농형 태양광은 농지를 작물생산과 태양광 발전, 두 가지 수익원으로 활용할 수 있음.
 - 이 연구에서는 쌀, 포도, 가을배추의 총수입, 경영비 자료를 이용하여 작물생산에 따른 농가소득을 계산하였음. 단, 영농형 태양광을 설치할 경우 작물별로 차이는 있지만 일정 정도 생산량은 감소하는 것으로 조사되고 있음.

<표 73> 주요 작물의 수입 및 비용(2021년)

	가을배추	포도	쌀
총수입 (원)	2,956,473	10,472,660	1,294,243
경영비 (원)	1,220,690	3,147,760	508,375
소득 (원)	1,735,783	7,324,900	785,868
소득률 (%)	58.7%	69.9%	60.7%

- 영농형 태양광 발전사업의 수익은 태양광 발전으로 생산한 전력 판매에서 발생함.
 - 매전단가는 고정가격계약제도(한국형 FIT) 3개년 평균 계약단가 161,927원/1MWh 적용.
 - 연간 전력 생산량은 일평균 3.6시간 발전을 가정하여 131,400kW로 가정함.
 - 발전효율은 매년 0.54%씩 감소하는 것으로 가정함
- 고정가격계약 방식은 전년도 상·하반기 고정가격계약 경쟁입찰 100kW미만 낙찰 평균 가중 높은 값으로 산정. 2021년 계약단가(SMP+1REC)는 161,927원이며 계약기간은 20년.
 - 2020년 상반기 고정가격계약 100kW미만 낙찰 평균가 : 161,927원
 - 2020년 하반기 고정가격계약 100kW미만 낙찰 평균가 : 156,223원
 - * 설비별 가중치를 고려하여 “SMP+REC×가중치” 고정단가 형태로 계약체결
 - * 1REC=1MWh, 1REC단위로 판매, 소수점 이하는 익월에 이월하여 합산 판매
 - * SMP=1MWh, 한국전력공사 또는 전력거래소에서 운영하는 전력시장에 판매
- 고정가격의 계약방식은 “SMP+1REC가격×가중치” 임.
 - 계약단가(SMP+1REC)을 기준으로 공고 SMP, 가중치를 고려하여 “SMP+1REC가격×가중치” 고정가격으로 계약.
 - 계약체결을 위한 공고 SMP는 ' 20년 하반기 고정가격계약 경쟁 입찰에서 공고된 육지지역 SMP 기준가격인 89,980원 적용.
 - SMP 기준가격은 규칙 제27조에 따라 한국전력거래소(KPX)의 상한가격 산정위원회의 의견을 받아 한국에너지공단의 RPS 운영위원회에서 제시.
- 한국형 FIT의 매입가격은 지속적으로 하락해왔으며, '22년부터는 매입가격의 산정방식의 개선으로 매입가격은 더욱 하락할 것으로 전망됨.
 - 매입가격 : ('18) 189,175원 → ('19) 184,393원 → ('20) 173,981원 → ('21) 161,927원

<표 74> 고정가격계약의 낙찰 평균가격의 변화 추이

	2018년	2019년	2020년	2021년
고정가격계약(한국형FIT)	189,175원	184,393원	173,981원	161,927원

마) 영농형 태양광 경제성 분석

- 영농형 태양광 경제성 분석을 위해 영농형 태양광 설치 공사로 인해 1년차에 농업 수익 및 전력수입이 없다는 가정의 시나리오 1과 농업수익 및 전력수입이 있다는 시나리오 2로 구분하여 진행함.

□ 영농형 태양광+벼 재배_시나리오 1

- 이 연구에서는 100kW 설비용량을 기준, 계통연계를 위한 전봇대와의 거리는 400m, 벼 생산성 감소는 15.7%를 가정함
- 경제성 분석은 태양광 모듈(3종류), 인버터 유형(2종류), 시공방식(2종류)을 고려하여 총 12가지의 시나리오를 설정함
- 전력판매가격을 한국형 FIT와 현물가격으로 REC 가중치를 1.0과 1.2로 반영하여 분석함
 - 상용단면, 일체형의 하이브리드 시공방식과 REC 1.2가 적용된 한국형 FIT의 경우 B/C 비율이 1.393으로 가장 높게 나타났음
 - 12가지 유형 모두 REC 1.0과 현물가격을 적용하는 경우 현물가격이 하락하지 않는다면 B/C 비율이 1보다 큰 것으로 나타나 경제성이 있는 것으로 분석됨
 - 단 현물가격이 미래에 하락하는 시나리오의 경우 경제성이 최대 0.858까지 하락하는 것으로 분석됨

〈표 75〉 영농형 태양광+벼 재배의 경제성 분석(B/C ratio)

	모듈	인버터	시공방식	REC1.0				REC1.2			
				FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)	FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)
1	상용양면	일체형	하이브리드	1.282	1.252	1.841	0.911	1.386	1.314	1.935	0.954
2	상용양면	일체형	스크류	1.260	1.230	1.808	0.895	1.362	1.291	1.900	0.937
3	상용양면	분리형	하이브리드	1.262	1.133	1.811	0.896	1.364	1.292	1.903	0.938
4	상용양면	분리형	스크류	1.240	1.210	1.779	0.881	1.340	1.270	1.870	0.922
5	상용단면	일체형	하이브리드	1.289	1.258	1.850	0.916	1.393	1.320	1.944	0.959
6	상용단면	일체형	스크류	1.268	1.238	1.820	0.901	1.371	1.299	1.913	0.943
7	상용단면	분리형	하이브리드	1.266	1.236	1.817	0.899	1.368	1.297	1.910	0.942
8	상용단면	분리형	스크류	1.246	1.216	1.788	0.885	1.346	1.276	1.879	0.927
9	협소형	일체형	하이브리드	1.248	1.219	1.792	0.887	1.349	1.279	1.883	0.928
10	협소형	일체형	스크류	1.227	1.198	1.761	0.872	1.326	1.257	1.851	0.913
11	협소형	분리형	하이브리드	1.228	1.199	1.763	0.873	1.328	1.258	1.853	0.914
12	협소형	분리형	스크류	1.208	1.179	1.733	0.858	1.305	1.237	1.822	0.898

<표 76> 영농형 태양광+벼 재배의 경제성 분석(NPV)

	모듈	인버터	시공방식	REC1.0				REC1.2			
				FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)	FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)
1	상용양면	일체형	하이브리드	66,161	59,085	196,962	-20,813	90,493	73,500	218,971	-10,799
2	상용양면	일체형	스크류	61,956	54,879	192,757	-25,018	86,287	69,294	214,766	-15,005
3	상용양면	분리형	하이브리드	62,284	34,524	193,085	-24,690	86,616	69,622	215,094	-14,676
4	상용양면	분리형	스크류	58,078	51,002	188,879	-28,896	82,410	65,416	210,888	-18,882
5	상용단면	일체형	하이브리드	67,330	60,253	198,130	-19,644	91,661	74,668	220,140	-9,631
6	상용단면	일체형	스크류	63,477	56,401	194,278	-23,497	87,809	70,815	216,287	-13,483
7	상용단면	분리형	하이브리드	63,099	56,022	193,900	-23,875	87,431	70,437	215,909	-13,861
8	상용단면	분리형	스크류	59,247	52,170	190,047	-27,728	83,578	66,585	212,056	-17,714
9	협소형	일체형	하이브리드	59,736	52,660	190,537	-27,238	84,068	67,074	212,546	-17,224
10	협소형	일체형	스크류	55,531	48,454	186,331	-31,443	79,862	62,869	208,340	-21,430
11	협소형	분리형	하이브리드	55,859	48,782	186,659	-31,115	80,190	63,197	208,669	-21,102
12	협소형	분리형	스크류	51,653	44,577	182,454	-35,321	75,985	58,991	204,463	-25,307

<표 77> 영농형 태양광+벼 재배의 경제성 분석(IRR)

	모듈	인버터	시공방식	REC1.0				REC1.2			
				FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)	FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)
1	상용양면	일체형	하이브리드	4.48%	4.03%	9.40%	-2.03%	5.99%	4.94%	10.29%	-1.04%
2	상용양면	일체형	스크류	4.11%	3.67%	9.04%	-2.39%	5.60%	4.57%	9.91%	-1.41%
3	상용양면	분리형	하이브리드	4.20%	2.42%	9.16%	-2.42%	5.71%	4.66%	10.05%	-1.41%
4	상용양면	분리형	스크류	3.84%	3.40%	8.81%	-2.77%	5.33%	4.30%	9.68%	-1.78%
5	상용단면	일체형	하이브리드	4.58%	4.13%	9.50%	-1.93%	6.10%	5.05%	10.40%	-0.93%
6	상용단면	일체형	스크류	4.24%	3.79%	9.15%	-2.26%	5.74%	4.70%	10.04%	-1.28%
7	상용단면	분리형	하이브리드	4.28%	3.82%	9.24%	-2.35%	5.80%	4.74%	10.14%	-1.34%
8	상용단면	분리형	스크류	3.94%	3.50%	8.91%	-2.67%	5.44%	4.40%	9.79%	-1.68%
9	협소형	일체형	하이브리드	3.93%	3.49%	8.85%	-2.58%	5.41%	4.38%	9.72%	-1.61%
10	협소형	일체형	스크류	3.59%	3.15%	8.51%	-2.92%	5.04%	4.03%	9.37%	-1.96%
11	협소형	분리형	하이브리드	3.66%	3.22%	8.63%	-2.95%	5.14%	4.11%	9.50%	-1.97%
12	협소형	분리형	스크류	3.32%	2.89%	8.29%	-3.29%	4.78%	3.77%	9.15%	-2.32%

□ 영농형 태양광+포도 재배_시나리오 1

- 이 연구에서는 100kW 설비용량을 기준, 계통연계를 위한 전봇대와의 거리는 400m, 포도 생산성 감소는 24%로 가정함.
- 전력판매가격을 한국형 FIT와 현물가격으로 REC 가중치를 1.0과 1.2로 반영하여 분석함
 - 상용단면, 일체형의 하이브리드 시공방식과 REC 1.2가 적용된 한국형 FIT의 경우 B/C 비율이 1.692로 가장 높게 나타났음
 - 12가지 유형 모두 REC 1.0과 현물가격을 적용하는 경우에도 B/C 비율이 1보다 큰 것으로 나타나 경제성이 있는 것으로 분석됨
 - 포도의 경우 현물가격이 미래에 하락하는 시나리오의 경우에도 경제성이 있는 것으로 나타남

<표 78> 영농형 태양광+포도 재배의 경제성 분석(B/C ratio)

	모듈	인버터	시공방식	REC1.0				REC1.2			
				FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)	FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)
1	상용양면	일체형	하이브리드	1.608	1.585	2.028	1.328	1.686	1.631	2.099	1.360
2	상용양면	일체형	스크류	1.586	1.564	2.001	1.310	1.663	1.610	2.071	1.342
3	상용양면	분리형	하이브리드	1.588	1.565	2.003	1.312	1.665	1.611	2.073	1.344
4	상용양면	분리형	스크류	1.567	1.545	1.977	1.294	1.643	1.590	2.046	1.326
5	상용단면	일체형	하이브리드	1.614	1.591	2.036	1.333	1.692	1.638	2.107	1.365
6	상용단면	일체형	스크류	1.594	1.571	2.011	1.317	1.672	1.617	2.081	1.349
7	상용단면	분리형	하이브리드	1.592	1.570	2.009	1.315	1.670	1.615	2.079	1.347
8	상용단면	분리형	스크류	1.573	1.551	1.984	1.299	1.649	1.596	2.053	1.331
9	협소형	일체형	하이브리드	1.575	1.553	1.987	1.301	1.652	1.598	2.057	1.333
10	협소형	일체형	스크류	1.555	1.533	1.961	1.284	1.630	1.577	2.030	1.315
11	협소형	분리형	하이브리드	1.556	1.534	1.963	1.285	1.632	1.579	2.032	1.317
12	협소형	분리형	스크류	1.536	1.514	1.938	1.269	1.611	1.559	2.006	1.300

<표 79> 영농형 태양광+포도 재배의 경제성 분석(NPV)

	모듈	인버터	시공방식	REC1.0				REC1.2			
				FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)	FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)
1	상용양면	일체형	하이브리드	188,999	181,922	319,799	102,025	213,330	196,337	341,808	112,038
2	상용양면	일체형	스크류	184,793	177,716	315,594	97,819	209,125	192,131	337,603	107,833
3	상용양면	분리형	하이브리드	185,121	178,045	315,922	98,147	209,453	192,459	337,931	108,161
4	상용양면	분리형	스크류	180,915	173,839	311,716	93,941	205,247	188,254	333,725	103,955
5	상용단면	일체형	하이브리드	190,167	183,090	320,968	103,193	214,498	197,505	342,977	113,206
6	상용단면	일체형	스크류	186,314	179,238	317,115	99,340	210,646	193,653	339,124	109,354
7	상용단면	분리형	하이브리드	185,936	178,859	316,737	98,962	210,268	193,274	338,746	108,976
8	상용단면	분리형	스크류	182,084	175,007	312,884	95,110	206,415	189,422	334,894	105,123
9	협소형	일체형	하이브리드	182,573	175,497	313,374	95,599	206,905	189,911	335,383	105,613
10	협소형	일체형	스크류	178,368	171,291	309,168	91,394	202,699	185,706	331,178	101,407
11	협소형	분리형	하이브리드	178,696	171,619	309,496	91,722	203,027	186,034	331,506	101,735
12	협소형	분리형	스크류	174,490	167,414	305,291	87,516	198,822	181,828	327,300	97,530

<표 80> 영농형 태양광+포도 재배의 경제성 분석(IRR)

	모듈	인버터	시공방식	REC1.0				REC1.2			
				FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)	FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)
1	상용양면	일체형	하이브리드	11.38%	10.99%	14.79%	7.54%	12.71%	11.78%	15.63%	8.27%
2	상용양면	일체형	스크류	10.91%	10.53%	14.33%	7.09%	12.21%	11.30%	15.15%	7.80%
3	상용양면	분리형	하이브리드	11.09%	10.70%	14.53%	7.23%	12.41%	11.49%	15.36%	7.95%
4	상용양면	분리형	스크류	10.63%	10.25%	14.07%	6.78%	11.93%	11.02%	14.89%	7.49%
5	상용단면	일체형	하이브리드	11.51%	11.12%	14.93%	7.67%	12.85%	11.92%	15.77%	8.41%
6	상용단면	일체형	스크류	11.06%	10.68%	14.48%	7.24%	12.37%	11.46%	15.31%	7.96%
7	상용단면	분리형	하이브리드	11.20%	10.81%	14.63%	7.33%	12.53%	11.60%	15.47%	8.06%
8	상용단면	분리형	스크류	10.76%	10.37%	14.20%	6.91%	12.06%	11.15%	15.02%	7.62%
9	협소형	일체형	하이브리드	10.67%	10.29%	14.09%	6.85%	11.96%	11.06%	14.91%	7.56%
10	협소형	일체형	스크류	10.23%	9.86%	13.65%	6.42%	11.50%	10.61%	14.46%	7.11%
11	협소형	분리형	하이브리드	10.39%	10.02%	13.84%	6.55%	11.68%	10.78%	14.65%	7.25%
12	협소형	분리형	스크류	9.96%	9.59%	13.41%	6.13%	11.22%	10.34%	14.21%	6.82%

□ 영농형 태양광+가을배추 재배_시나리오 1

○ 이 연구에서는 100kW 설비용량을 기준, 계통연계를 위한 전봇대와의 거리는 400m,

가을배추 생산성은 12.2% 감소하는 것으로 가정함

- 전력판매가격을 한국형 FIT와 현물가격으로 REC 가중치를 1.0과 1.2로 반영하여 분석함
 - 상용양면, 일체형의 하이브리드 시공방식과 REC 1.2가 적용된 한국형 FIT의 경우 B/C 비율이 1.452로 가장 높게 나타났음
 - 12가지 유형 모두 REC 1.0과 현물가격을 적용하는 경우 현물가격이 하락하지만 않으면 B/C 비율이 1보다 큰 것으로 나타나 경제성이 있는 것으로 분석됨
 - 가을배추의 경우 현물가격이 미래에 하락하는 시나리오의 경우 경제성이 최대 0.963까지 하락하는 것으로 나타남

<표 81> 영농형 태양광+가을배추 재배의 경제성 분석(B/C ratio)

	모듈	인버터	시공방식	REC1.0				REC1.2			
				FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)	FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)
1	상용양면	일체형	하이브리드	1.350	1.322	1.863	1.009	1.445	1.379	1.949	1.048
2	상용양면	일체형	스크류	1.328	1.301	1.833	0.992	1.422	1.356	1.917	1.031
3	상용양면	분리형	하이브리드	1.330	1.302	1.835	0.994	1.424	1.358	1.920	1.032
4	상용양면	분리형	스크류	1.308	1.281	1.806	0.978	1.401	1.336	1.889	1.016
5	상용단면	일체형	하이브리드	1.356	1.328	1.871	1.013	1.452	1.385	1.958	1.053
6	상용단면	일체형	스크류	1.336	1.308	1.843	0.998	1.430	1.364	1.929	1.037
7	상용단면	분리형	하이브리드	1.334	1.306	1.841	0.997	1.428	1.362	1.926	1.036
8	상용단면	분리형	스크류	1.314	1.287	1.814	0.982	1.407	1.342	1.898	1.020
9	협소형	일체형	하이브리드	1.317	1.290	1.817	0.984	1.410	1.345	1.901	1.022
10	협소형	일체형	스크류	1.296	1.269	1.788	0.968	1.387	1.323	1.871	1.006
11	협소형	분리형	하이브리드	1.297	1.271	1.790	0.970	1.389	1.325	1.873	1.007
12	협소형	분리형	스크류	1.277	1.251	1.763	0.954	1.367	1.304	1.844	0.992

<표 82> 영농형 태양광+배추 재배의 경제성 분석(NPV)

	모듈	인버터	시공방식	REC1.0				REC1.2			
				FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)	FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)
1	상용양면	일체형	하이브리드	89,198	82,121	219,999	2,224	113,530	96,536	242,008	12,238
2	상용양면	일체형	스크류	84,992	77,916	215,793	-1,982	109,324	92,330	237,802	8,032
3	상용양면	분리형	하이브리드	85,320	78,244	216,121	-1,654	109,652	92,659	238,130	8,360
4	상용양면	분리형	스크류	81,115	74,038	211,916	-5,859	105,446	88,453	233,925	4,154
5	상용단면	일체형	하이브리드	90,366	83,290	221,167	3,392	114,698	97,704	243,176	13,406
6	상용단면	일체형	스크류	86,514	79,437	217,315	-460	110,846	93,852	239,324	9,554
7	상용단면	분리형	하이브리드	86,135	79,059	216,936	-839	110,467	93,473	238,945	9,175
8	상용단면	분리형	스크류	82,283	75,207	213,084	-4,691	106,615	89,621	235,093	5,323
9	협소형	일체형	하이브리드	82,773	75,696	213,573	-4,201	107,104	90,111	235,583	5,812
10	협소형	일체형	스크류	78,567	71,491	209,368	-8,407	102,899	85,905	231,377	1,607
11	협소형	분리형	하이브리드	78,895	71,819	209,696	-8,079	103,227	86,233	231,705	1,935
12	협소형	분리형	스크류	74,689	67,613	205,490	-12,285	99,021	82,028	227,499	-2,271

〈표 83〉 영농형 태양광+배추 재배의 경제성 분석(IRR)

	모듈	인버터	시공방식	REC1.0				REC1.2			
				FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)	FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)
1	상용양면	일체형	하이브리드	5.87%	5.44%	10.42%	0.20%	7.33%	6.32%	11.30%	1.09%
2	상용양면	일체형	스크류	5.49%	5.06%	10.04%	-0.18%	6.93%	5.93%	10.91%	0.70%
3	상용양면	분리형	하이브리드	5.59%	5.16%	10.18%	-0.15%	7.05%	6.04%	11.06%	0.75%
4	상용양면	분리형	스크류	5.22%	4.79%	9.81%	-0.52%	6.65%	5.66%	10.67%	0.36%
5	상용단면	일체형	하이브리드	5.98%	5.55%	10.53%	0.31%	7.45%	6.43%	11.41%	1.21%
6	상용단면	일체형	스크류	5.62%	5.19%	10.17%	-0.04%	7.06%	6.06%	11.04%	0.84%
7	상용단면	분리형	하이브리드	5.68%	5.24%	10.27%	-0.08%	7.14%	6.12%	11.15%	0.82%
8	상용단면	분리형	스크류	5.32%	4.89%	9.91%	-0.42%	6.76%	5.76%	10.78%	0.47%
9	협소형	일체형	하이브리드	5.29%	4.87%	9.85%	-0.37%	6.72%	5.73%	10.71%	0.50%
10	협소형	일체형	스크류	4.93%	4.52%	9.49%	-0.72%	6.34%	5.36%	10.34%	0.14%
11	협소형	분리형	하이브리드	5.03%	4.60%	9.62%	-0.71%	6.45%	5.46%	10.47%	0.17%
12	협소형	분리형	스크류	4.67%	4.26%	9.27%	-1.06%	6.07%	5.10%	10.11%	-0.19%

□ 영농형 태양광+기타작물(마늘, 배, 양파, 콩)

- 이 연구에서는 100kW 설비용량을 기준, 계통연계를 위한 전봇대와의 거리는 400m, 마늘, 배, 양파, 콩 생산성은 각각 22.4%, 6.7%, 17.6%, 16.4% 감소하는 것으로 가정함
- 전력판매가격을 한국형 FIT와 현물가격으로 REC 가중치를 1.0과 1.2로 반영하여 분석함
 - 마늘의 경우, 상용단면, 일체형, 하이브리드 시공방식과 REC 1.2가 적용된 한국형 FIT일 때 B/C비율이 1.556으로 나타났음
 - 배의 경우, 상용단면, 일체형, 하이브리드 시공방식과 REC 1.2가 적용된 한국형 FIT일 때 B/C비율이 1.549로 나타났음
 - 양파의 경우, 상용단면, 일체형, 하이브리드 시공방식과 REC 1.2가 적용된 한국형 FIT일 때 B/C비율이 1.466으로 나타났음
 - 콩의 경우, 상용단면, 일체형, 하이브리드 시공방식과 REC 1.2가 적용된 한국형 FIT일 때 B/C비율이 1.403으로 나타났음
 - 4가지 작물 모두 REC 1.0과 현물가격을 적용하는 경우 B/C 비율이 1보다 큰 것으로 나타나 경제성이 있는 것으로 분석되며 현물가격이 미래에 하락하는 시나리오의 경우 경제성이 최대 각각 1.154, 1.196, 1.064, 0.915까지 하락하는 것으로 나타남

<표 84> 영농형 태양광 경제성 분석_기타 작물

작물명	항목	REC 1.0				REC 1.2			
		FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)	FIT	현물 (고정)	현물 (증가)	현물 (감소)
마늘	B/C	1.468	1.442	1.940	1.154	1.556	1.494	2.020	1.190
	NPV	129,612	122,536	260,413	42,638	153,944	136,951	282,422	52,652
	IRR	8.24%	7.83%	12.27%	3.51%	9.64%	8.67%	13.13%	4.32%
배	B/C	1.472	1.450	1.888	1.196	1.549	1.495	1.958	1.228
	NPV	148,553	141,476	279,354	61,579	172,885	155,891	301,363	71,593
	IRR	9.29%	8.88%	13.10%	4.89%	10.67%	9.71%	13.96%	5.67%
양파	B/C	1.378	1.353	1.852	1.064	1.466	1.405	1.932	1.100
	NPV	104,528	97,451	235,329	17,554	128,860	111,866	257,338	27,568
	IRR	6.81%	6.39%	11.16%	1.53%	8.25%	7.25%	12.04%	2.39%
콩	B/C	1.296	1.265	1.870	0.915	1.403	1.329	1.967	0.959
	NPV	67,548	60,471	198,348	-19,426	91,879	74,886	220,357	-9,413
	IRR	4.60%	4.14%	9.51%	-1.91%	6.12%	5.06%	10.41%	-0.91%

□ 전체 시나리오 2

- 시나리오 2의 경우 수익성이 가장 높은 사용단면, 일체형, 하이브리드 유형의 경우로 경제성 분석을 실시하였음.
- 영농형 태양광 설치로 인한 작물 감소율은 시나리오 1과 같이 벼 15.7%, 포도 24%, 배추 12.2%, 마늘 22.4% 배 6.7%, 양파 17.6%, 콩 16.4%으로 가정하였음.
- 시나리오 2에 적용한 영농형 태양광 비용은 영농형 태양광 협회와 본 연구의 비용을 평균하였음. 따라서 시나리오 1의 경제성 분석 결과와 다르게 도출된 것은 비용의 차이에 따른 것임
- 전력판매가격은 한국형 FIT를 기준으로 하였으며 REC 가중치 1.2와 1.5를 반영하였음

<표 85> 영농형 태양광 경제성 분석_시나리오 2

항목	벼		포도		배추			
	FIT_1.2	FIT_1.5	FIT_1.2	FIT_1.5	FIT_1.2	FIT_1.5		
REC가중치								
B/C	1.371	1.525	1.669	1.786	1.430	1.572		
NPV(천원)	91,714	129,848	218,557	256,690	115,502	153,635		
IRR	4.7%	6.6%	10.6%	12.4%	5.9%	7.7%		
항목	마늘		배		양파		콩	
	FIT_1.2	FIT_1.5	FIT_1.2	FIT_1.5	FIT_1.2	FIT_1.5	FIT_1.2	FIT_1.5
REC가중치								
B/C	1.533	1.664	1.530	1.645	1.446	1.577	1.380	1.538
NPV(천원)	156,028	194,161	175,586	213,719	130,125	168,259	91,939	130,073
IRR	7.8%	9.6%	8.7%	10.5%	6.6%	8.4%	4.7%	6.6%

- 작물 생산만 하였을 때(일반농사)와 영농형 태양광을 설치하였을 때를 비교하여 경제성 분석을 수행하였음.
- B/C Ratio의 경우, 영농형 태양광의 높은 투자비용으로 인해 비용편익은 단순 농산물(일반농사)만 생산하는 경우에 비해 상대적으로 낮음

- NPV의 경우, 대부분의 품목이 영농형 태양광의 편익이 커서 순현재가치(NPV)가 단순 농산물 생산물 생산에 비해 매우 높음

* 포도 외에 대부분 품목에서 영농형태양광을 병행하는 경우 소득이 많이 증가

- IRR의 경우 사회적 할인율(4.5%) 보다 높으므로 타당성이 있음

○ 품목별로 차이는 있으나 경제적 타당성이 있는 것으로 나타남.

<표 86> 영농형 태양광과 일반 농사 경제성 분석 비교

품목	B/C		순현재가치(천원)		현재가치(천원)				IRR (영농형 태양광)
	영농형 태양광	일반 농사	영농형 태양광	일반 농사	영농형태양광		일반농사		
					편익	비용	편익	비용	
벼	1.37	2.54	91,714	23,563	339,018	247,304	38,816	15,254	4.7%
콩	1.38	3.34	91,939	23,113	333,858	241,919	32,982	9,869	4.7%
배추	1.43	2.42	115,502	52,075	384,163	268,661	88,686	36,611	5.9%
양파	1.45	2.35	130,126	80,572	421,930	291,804	140,326	59,754	6.6%
배	1.53	2.16	175,586	115,759	507,061	331,475	215,184	99,425	8.7%
마늘	1.53	3.03	156,028	122,868	448,597	292,569	183,387	60,519	7.8%
포도	1.67	3.33	218,557	219,714	545,038	326,481	314,144	94,431	10.6%

□ 영농형 태양광 고정비용 시나리오별 경제성 분석

- 초기비용의 다양한 수치에 대한 경제성 분석을 위해 고정비용을 1.3억, 1.5억, 1.8억으로 나눈 시나리오별 경제성 분석을 실시함.
- 분석에 사용된 농가는 벼 생산 농가이며 전력판매 비용은 FIT 1.2를 가정하였음.
- 분석 결과, 고정비용 1.3억, 1.5억, 1.8억의 경우 모두 B/C ratio가 1 이상으로 나타나 경제적 타당성이 있는 것으로 분석됨.

<표 87> 초기비용별 경제성 분석결과

	고정비용 1.3억	고정비용 1.5억	고정비용 1.8억
B/C	1.49	1.35	1.18
NPV	111,302	87,393	52,119
IRR	6.6%	4.7%	2.5%
연평균 순수익	12,805	11,562	9,741

□ 영농형 태양광 유형별 투자비용 경제성 분석

- 영농형 태양광의 유형별 투자비용을 고려한 경제성 분석을 위해 영농형 태양광 건설 업체의 자료를 이용해 경제성 분석을 실시함.
- 건설방식을 Hybrid형과 Frame형 두가지로 나누었으며 고정비와 가변비를 모두 합쳤을 때 Hybrid형의 비용은 약 1.5억, Frame형의 비용은 약 2.1억이었음.
- 분석에 사용된 농가는 벼 생산 농가이며 전력판매 비용은 FIT 1.2으로 가정하였음.
- 분석 결과, Hybrid형과 Frame형의 경우 모두 B/C ratio가 1 이상으로 나타나 경제적 타당성이 있는 것으로 분석됨.

〈표 88〉 유형별 투자비용을 고려한 경제성 분석

	Hybrid형	Frame형
B/C	1.81	1.36
NPV	151.988	88,952
IRR	11.05%	4.84%
연평균 순수익	14,869	11,651

□ 일본의 태양광 경제성 평가 분석

- 경작 포기지를 이용한 태양광 발전의 경제성 평가를 수행한 이타가키 와카 외(2016)의 논문에서 일본의 태양광 경제성 분석에 대한 내용을 확인할 수 있었음.
- 해당 논문에서는 경제성 분석을 두 가지 시나리오로 구분하였으며 각각의 시나리오는 1. 도쿠시마현 내 모든 경작 포기지(4577ha)에 태양광 발전을 도입하는 경우, 2. 도쿠시마현 내 연간 평균 일사량이 3.7 이상인 경작 포기지(2060ha)에 태양광 발전을 도입하는 경우로 나뉨.
- 해당 논문에서 편익과 비용의 분류는 다음 표와 같았음.

〈표 89〉 편익, 비용 항목

편익 항목	설명
화력 발전 감소 편익 (능연료비)	화력 발전을 줄이고 태양광 발전으로 대체함으로써 감소한 연료비에 의한 편익
온실가스 감축	태양광 발전으로 대체됨으로써 감소된 온실가스 편익
조수 피해 감소	경작 포기지에 태양광 발전 설비를 도입함으로써 조수 피해가 감소하는 편익
폐기물 불법투기 감소	경작 포기지에 태양광 발전 설비를 도입함으로써 폐기물 불법 투기가 감소하는 편익
배수로 관리 불편 감소	태양광 발전 설비를 도입함으로써 경작 포기지용 배수로 관리의 불편이 감소되는 편익
비용 항목	설명
태양광 발전 설비	초년도에 경작 포기지에 태양광 발전 설비를 도입할 때 발생하는 비용
유지관리비	태양광발전설비를 20년간 운전할 때 발생하는 비용
농지전용허가 비용	농지전용허가를 받을 때 발생하는 비용
폐기비용	20년간 사용한 태양광 발전 설비를 폐기할 때 발생하는 비용

- 태양광 발전의 실행기간을 20년으로 상정하였으며 실행 후 1년 1개월의 기간을 건설기간, 이후 19년 11개월간을 편익 발생기간으로 상정하였음.
- 20년 간 편익과 비용을 초년도 발생, 매년 발생, 최종년도 발생의 3단계로 구분하여 분석하였음.

〈표 90〉 편익 비용 구분

분류	대상
① 초년도	태양광 발전설비에 드는 비용, 농지전용허가의 비용
② 매년	5개 모든 편익항목, 유지관리비
③ 최종년도	태양광발전 폐기비용

- 각 편익과 비용을 도출할 때 해당 논문에서 고려한 부분이 있음.
- 화력 발전 감소 편익의 경우, 도입되는 태양광 발전은 모든 석탄 발전을 대체할 수 있다고 가정하며 화력 발전과 관련해 연료비 이외의 비용은 한계 비용으로 무시하였음. 또한 발전소의 증설을 고려하지 않았기 때문에 단기한계비용만 고려하였음.
- 온실가스 감축의 경우 온실가스 감축 편익이 많은 경우와 적은 경우로 나누어 분석을 실시하였음. ‘많은 경우’의 케이스는 일본 국토교통성에서 사업평가에 쓰인 36,000엔/톤으로 설정하였으며 ‘적은 경우’의 케이스는 ToI(2005)의 논문에서 쓰인 5,000엔/톤으로 설정되었음.
- 태양광 설비 관련 비용의 경우 토지 조성 비용, 연결 비용, 시스템 비용으로 나뉘며 첫째에만 계상된다고 가정하였음.
- 도출된 각종 편익과 비용의 결과값은 다음 표와 같음.

〈표 91〉 편익 비용 도출값

편익 항목		시나리오 1	시나리오 2
화력 발전 감소		3,453억 엔	1,625억 엔
온실가스 감축	많은 경우	3조 322억 7,217만 엔	1조 4,269억 7,741만 엔
	적은 경우	4,211억 4,891만 엔	1,981억 9,131만 엔
조수 피해 감소		41.7억 엔	18.8억 엔
폐기물 불법투기 감소		38억 7,461만 엔	14억 3,315만 엔
배수로 관리 불편 감소		15억 1,080만 엔	6억 7,957억 엔
비용 항목		시나리오 1	시나리오 2
태양광 발전 설비	연결 비용	1,586억 2,000만 엔	1,586억 2,000만 엔
	토지 비용	1,013억 2,142만 엔	456억 239만 엔
	시스템 비용	2조 1,765억 3,428만 엔	9,796억 686만 엔
유지관리비		6,364억 7,593만 엔	3,043억 5,723만 엔
농지 전용 허가 비용		6억 9,650만 엔	3억 1,346만 엔
철거 비용		624억 2,223만 엔	247억 683만 엔

- 분석결과, 온실가스 감축에 대한 편익이 많을 경우, 순편익이 ‘+’로 나오며 적을 경우 모두 순편익이 ‘-’인 것으로 분석되었음.

〈표 92〉 경제성 분석 결과

	시나리오 1	시나리오 2
온실가스 감축 많을 경우	2,512억 엔	800억 엔
온실가스 감축 적을 경우	-2조 3,600억 엔	-11,488억 엔

라. 농가 의사결정지원을 위한 경제성 프로그램 개발

(가) 농가단위의 영농형 태양광 비용 의사결정지원모델

- 영농형 태양광 설치 및 운영에 필요한 합리적 의사결정을 지원하기 위해서 농가단위의 경제성 프로그램을 작성함
- 개별 농가단위는 농지와 계통연계 전봇대와의 거리, 설치하고자 하는 설비 규모, 태양광 하부에 재배하는 작물의 농업조수입 및 경영비, 그리고 태양광을 통해 생산된 전력의 판매방식 및 가격, 고정비용의 대출 및 대출이자에 따라 경제성이 달라질 수 있음
- 개별 농가는 태양광 발전 설비용량(kW)을 비롯하여 다양한 선택변수의 값을 입력하면 고정비용과 운영비용이 산출됨. 영농형 태양광 설치와 관련된 의사결정에 있어 농가의 판단을 지원하기 위해 사전적 단계에서 경제성 추정 모델을 제시함.

(나) 농가의 입력 및 결과

- 개별 농가는 계통연계, 설비규모, 재배작물, 전력수입, 대출비율을 선택하면 비용/편의 비율, 순현재가치, IRR의 값이 자동적으로 계산됨

입력	계통연계거리(m)	설비규모(kW)	재배작물 (천원/600평)		전력수입			대출비율
			농업조수입	농업경영비	한국형 FIT	현물가격	가중치	
	400	100	1500	1029	179,039	168,663	1.2	

<그림 14> 영농형 태양광 농가 의사결정 프로그램 입력창

영농형 태양광 경제성 분석	
용어설명	
B / C = 연평균 편익의 현재가치 / 연평균 비용의 현재가치	
B / C : 비용 편익비(Benefit/Cost Ratio)	
NPV = 연평균 편익의 현재가치 - 연평균 비용의 현재가치	
NPV : 순현재가치(Net Present Value)	
IRR = 연평균 편익의 현재가치와 연평균비용의 현재가치가 같아지는 할인율	
IRR : 내부수익율(Internal Rate of Return)	
실질할인율 : 미래의 비용과 편익을 현재가치로 환산하는 할인율	
경제성 분석 결과표	
B/C	1.40
NPV(천원)	90,311
IRR	6.01%

<그림 15> 영농형 태양광 농가 의사결정 프로그램 결과

(다) 농가단위의 영농형 태양광의 경제성 분석모델

○ 영농형 태양광+벼 재배

- 영농형 태양광+벼 재배의 발전용량의 규모에 따라 경제성은 상당한 차이가 발생하고 있음. 벼 재배 농가의 경우 영농형 태양광을 통해 수익을 달성하기 위해서는 최소 50kW를 초과하는 설비용량이 필요한 것으로 분석됨

<표 93> 영농형 태양광 설비용량에 따른 벼 농가단위 의사결정 지원

	B/C	NPV(천원)	IRR
25kW	0.94	-6,257	-1.41
50kW	1.20	30,216	3.72
75kW	1.32	61,148	5.20
100kW	1.45	100,391	6.60

- 영농형 태양광+ 벼 재배의 외부자본 비율에 따라 경제성은 차이가 발생하고 있음. 외부자본의 경우 이자비용이 발생하기 때문에 자기자본 비율이 높아짐에 따라 경제성이 높은 것으로 분석됨.

<표 94> 외부자본 비율에 따른 벼 농가단위 의사결정 지원

	B/C	NPV(천원)	IRR
90%	1.45	100,391	6.60
80%	1.46	102,331	6.76
70%	1.47	104,272	6.92
50%	1.50	108,153	7.23
0%	1.57	117,856	8.04

- 영농형 태양광+ 벼 재배의 계통연계를 위한 전봇대와의 거리에 따라 경제성은 상당한 차이가 발생하고 있음. 전봇대와의 거리가 200m일 경우 편익/비용 비율은 1.54인데 반해, 거리가 1km일 경우 편익/비용은 1.23으로 하락함. 따라서 농가는 영농형 태양광 부지 선정시 계통연계를 위한 전봇대와의 거리를 고려해야 함

<표 95> 계통연계를 위한 전봇대와의 거리에 따른 벼 농가단위 의사결정 지원

	B/C	NPV(천원)	IRR
200m	1.54	113,576	8.00
300m	1.49	106,983	7.28
400m	1.45	100,391	6.60
500m	1.41	93,798	5.98
1000m	1.23	60,835	3.36

마. 영농형 태양광 운영에 따른 온실가스 감축 및 경제적 파급효과

가) 태양광 발전규모 및 보급면적에 따른 온실가스 감축량산정

- 온실가스 배출 감축량(tCO₂-eq/년)
 - 사업 이전 온실가스 배출량(tCO₂-eq/년) - 사업 이후 온실가스 배출량(tCO₂-eq/년)
- 적용 계수

<표 96> 온실가스 감축 산정을 위한 주요 계수

기호	정의	적용값
EFCO ₂ eq	조정 전력 배출계수	0.459411CO ₂ eq/MWh*
	값	단위
태양광 발전설비의 용량	100	KW
태양광 발전설비의 연간가동시간	8,760	시간/년
태양광 발전설비 이용율	15	%
전력배출계수	0.459411	
사업이전 온실가스배출량	60.367	tCO ₂ -eq/년
사업이후 온실가스배출량	0	tCO ₂ -eq/년
온실가스 감축량	60.367	tCO ₂ -eq/년

- 사용자 입력항목 : 태양광 발전설비의 용량
- 용량 : 태양광 발전설비의 발전 용량 기재
- 가동시간 : 8,760시간/년, 고정값 적용
- 태양광 발전설비 이용율 : 15%, 고정값 적용
- 배출량 산정에 사용된 전력배출계수 : 0.459411tCO₂-eq/MWh
 - 100kW 기준 발전량은 131,400KWh이며 온실가스 감축량은60.37tCO₂-eq

<표 97> 온실가스 감축량 산정

기준	발전량(KWh)	전력배출계수(tCO ₂ -eq/MWh)	온실가스감축량(tCO ₂ -eq)
100kW	131,400	0.4594	60.37

나) 경제적 파급효과 분석방법론

□ 산업연관모형 개요

- 하나의 상품을 생산하기 위해서는 원초적 생산요소뿐만 아니라 여타 산업부문의 생산물이 필요하고 또한 여타 산업의 생산물 생산에도 다른 산업에 의해 생산되는 원재료가 투입되어야함.
- 이와 같이 한 산업의 생산물이 다른 산업의 상품생산을 위한 원재료로 투입됨으로써 각 산업은 직·간접으로 서로 밀접한 상호연관관계를 형성하고 있는데, 이러한 산업부문의 상호연관관계를 분석하고자 하는 것이 바로 산업연관분석(input-output analysis)
- 일반적으로 국민경제 전체의 경제분석을 위해서는 이를 위한 통계자료가 정비되어 있어야 함.
 - 일반균형 효과를 파악하기 위한 경제분석을 위해서는 국민경제를 여러 산업부문의

세분하여 구조적 측면에서 상호연관관계를 살펴볼 필요가 있음.

- 소비, 투자, 수출 등 최종지출이나 최종생산물을 대상으로 하는 국민소득분석은 국민경제전체의 활동수준을 표시할 수는 있어도 이러한 산업구조적 측면에서의 생산의 연관관계를 분석하는 데에는 미흡함.
- 산업별 생산활동은 최종수요의 상품구성은 물론 각 산업의 생산기술구조와 그에 따른 각 산업간의 직·간접적인 상호연관관계에 따라 상이하기에 이러한 점들을 모두 고려한 산업연관분석은 최종수요가 생산, 고용, 소득 등 국민경제에 미치는 각종 파급효과를 산업부문별로 나누어서 분석한다는 데 그 특징이 있음.
- 산업연관분석은 각 산업의 투입과 산출관계를 통한 상호연관관계에 기초한 분석기법 이기에 이를 통해 한 산업에 대한 수요변화는 연관 산업부문의 공급변화를 의미하고, 이는 국민경제의 수요와 공급을 산업별로 세분하여 고려해야 하는 경제예측이나 계획 수립 등에도 유용한 분석도구로 활용될 수 있음. 특정 경제구조가 생산기술이나 산업구조면에서 급격하게 변화한다면 거시경제모형에 의한 총량분석과 산업연관분석이 상호보완적으로 이루어질 때 보다 효율적인 경제 분석이 가능하게 됨.
- 오늘날 경제구조는 점점 더 복잡해지고 있으며 서로가 밀접하게 관련되어 있음. 따라서 이러한 경제문제를 해결하기 위해서는 산업부문간의 상관관계나 상호작용에 관한 연구를 빠트릴 수는 없음. 예를 들어, 농업생산부문인 쌀의 경우에도 농업관련산업인 비료 및 농약, 농기계의 적절한 공급이라든지, 가공산업의 발전정도, 효율적인 유통망의 구축 여부, 유통기구의 형태 등 다른 산업분야에 속하는 여건들이 어떠한가에 따라서 쌀산업의 발전이 달라지는 경우가 많기 때문에 어느 한가지 상품 또는 산업도 다른 여타의 산업과 별개의 것으로 보기는 어려운 것이 현실임.
- 실제 경제현상을 보다 더 자세하게 설명하는 경제이론이 필요하게 되었는데, 이를 위해서는 특히 경제변수들 상호간의 움직임을 거시적인 차원에서 뿐만 아니라 미시적인 차원에서도 관찰하는 것이 필요하고 그러한 변수들이 부문별 활동에 영향을 주고 받는 것에 대한 분석이 요구됨. 이러한 입장에서 경제의 상호연관성에 관한 연구가 이루어져 왔음.
- 산업연관분석이 필요한 이유는 수많은 경제부문으로 구성된 경제가 갖는 문제 중에서 기존의 국민소득분석이나 부분균형분석만으로는 설명하기 어려운 경우가 있을 때는 부문별 산업연관을 통해서 이를 파악할 수밖에 없는데, 이와 같은 것을 가능하게 해주는 것이 바로 산업연관분석이기 때문임.
- 부분균형분석에서는 주어진 상품의 생산자와 소비자 두 그룹이 있고 이들이 서로 상대방에 대하여 어떻게 반응하느냐를 통하여 시장에서의 가격과 교환량이 결정되어짐을 보이고 있지만 이는 어디까지나 개별 상품 또는 개별산업에서의 균형만을 취급하고 있으므로 타산업에 대해서는 크게 영향을 주지도 받지도 않음.
 - 즉 한 산업에서 부분균형분석을 실시할 경우 여타 산업에 관한 변수는 외생적으로 취급하는 것이 일반적이지만 합리적인 예측을 위해서는 연관 산업부문이 고려되어야 함.
- 일반적인 산업연관분석의 장점
 - 첫째, 산업연관분석은 국민경제 전체를 포괄하면서 전체와 부분을 유기적으로 결합하

고 있으며, 상품의 산업간 순환을 포함하고 있기 때문에 구체적인 경제구조를 분석하는데 유리함

- 둘째, 산업연관분석은 거시, 미시분석이 모두 가능하기 때문에 소비, 투자, 수출 등의 변화에 따른 산업부문별 생산, 고용, 수입 등에 대한 분석을 통하여 경제계획의 수립 및 예측 또는 산업구조정책의 방향설정 등에 유익한 자료를 제공함.
 - 셋째, 산업연관분석은 소비, 투자, 수출 등 최종수요의 변동이 각 부문의 생산 및 수입에 미치는 파급효과를 투입계수를 이용하여 분석할 수 있기 때문에 경제정책의 실시에 따른 생산, 고용, 물가 등에 미친 파급효과 측정에 유리함.
 - 넷째, 산업연관분석은 임금, 이윤 등 부가가치 변동에 따른 산업부문별 가격파급효과 역시 투입계수를 이용하여 분석할 수 있으므로, 원유가격 등 특정 부문의 가격변동이 물가에 미치는 파급효과를 측정하는데는 매우 유효한 분석수단으로 활용되고 있음.
- 산업연관표는 일정기간(보통 1년) 동안 국민경제 내에서의 상품과 서비스의 생산 및 처분과정에서 발생하는 모든 거래를 일정한 원칙과 형식에 따라 기록한 종합적인 경제 통계표임. 국민경제를 구성하고 있는 각 산업부문은 서로 다른 산업부문으로부터 원재료, 연료 등의 중간재를 구입하고 여기에 노동, 자본 등 본원적 생산요소를 결합함으로써 새로운 상품과 서비스를 생산하여 이를 다른 산업부문에 중간재로 팔거나 최종소비자에게 소비재나 자본재 등으로 판매하게 됨.
- 산업연관표에서는 이와 같은 상품과 서비스의 거래를 첫째 산업 상호간의 중간재 거래부분, 둘째 각 산업부문에서의 노동, 자본 등 본원적 생산요소의 구입부분, 셋째 각 산업부문 생산물의 최종소비자에게로의 판매부분의 세 가지로 구분하여 기록함.
- 이를 그림으로 표시해 보면 <그림 16>과 같으며 그림에서 세로방향(열)은 각 산업부문의 비용구성, 즉 투입구조를 나타내는데 이는 원재료투입을 나타내는 중간투입과 노동이나 자본투입을 나타내는 부가가치의 두 부분으로 나누어지며 그 합계를 총투입액이라 할 수 있음.
- 이 표의 가로방향(행)은 각 산업부문의 생산물의 판매, 즉 배분구조를 나타내는 것으로 중간재로 판매되는 중간수요와 소비재, 자본재, 수출상품 등으로 판매되는 최종수요의 두 부분으로 나누어지며 중간수요와 최종수요를 합한 것을 총수요액이라 하고, 여기서 수입을 뺀 것을 총산출액이라 함. 이때 각 산업부문의 총산출액과 이에 대응되는 총투입액은 항상 일치해야 함.

	중 간 수 요		최 종 수 요	총 수요계	수입 (공제)	총 산출액
중 간 투 입	열	생산물의 판매내역(배분구조)				
부 가 가 치	원재료, 노동 등 구입내역	내생부문				
총 투입액						

<그림 16> 산업연관표의 기본구조

- 한편 상품과 서비스의 산업부문 상호간의 거래인 중간수요와 중간투입을 기록하는 부분을 내생부문이라 하고, 최종수요와 부가가치를 기록하는 부분을 외생부문이라 함.
- 따라서 산업연관표는 내생부문과 외생부문으로 구성된다고 볼 수 있는데, 내생부문이란 외생부문의 수치가 모형 밖에서 주어지면 이에 따라 수동적으로 모형 내에서 그 값이 결정되는 부분이란 의미로 산업연관표 작성과정에서 가장 어려운 부분이며 작성된 표의 분석이나 이용에 있어서도 가장 중요한 부분임.
- 외생부문이란 내생부문과는 관계없이 모형 밖에서 값이 결정되는 부분이란 의미로 이 부분의 값의 변동이 국민경제에 어떠한 파급효과를 미치는가를 알아보려는 것이 산업연관표 작성의 목적이라고 할 수 있음

□ 수요측 파급영향 분석모형

- 수요측 모형은 최종수요의 외생적인 변화에 따른 생산, 부가가치, 고용 등의 파급효과를 분석하는데 사용됨. 최종수요 변화에 의해 야기된 초기 산출량 변화는 투입 방향으로 연쇄반응을 발생시키는데 이러한 연쇄반응이 후방연쇄효과이며 후방연쇄효과는 특정 산업의 최종수요가 외생적으로 증가하면 이러한 수요 증가를 충족시키기 위해 해당 산업의 생산이 그만큼 증가하여야함. 이와 같이 상류방향으로 발생하는 일련의 생산증가 연쇄과정을 후방연쇄효과라고 함.
- 수요측 모형은 세로방향의 산업연관표에 담겨 있는 정보를 활용하며 세로(열, column) 방향의 산업연관표는 각 산업부문이 재화 및 용역을 생산하기 위하여 지출한 생산비용의 구성 즉, 투입구조를 보여줌.
- 수요측모형의 분석에서 핵심적인 역할을 하는 것은 Leontief역행렬인데, 레온티에프 역행렬은 투입계수행렬을 이용하여 계산됨.
- 투입계수행렬(A)는 세로 방향의 산업연관표에서 읽을 수 있는 중간투입행렬(Z)을 총

생산으로 나눈 값($a_{ij} = z_{ij}/X_j$)으로 계산되며 투입계수행렬의 원소 a_{ij} 는 j산업의 1단위 생산을 위해 중간재로 투입되는 i산업의 산출물로 해석됨.

- 각 산업의 기술구조는 이러한 투입계수행렬을 통해 나타낼 수 있으며 투입계수행렬을 이용하여 가로방향으로 성립하는 산업연관표의 균형관계를 행렬로 나타내면 다음 식과 같음.

$$A = Z\hat{X}^{-1} \quad (1)$$

$$\Rightarrow AX + Y - Im = X$$

여기서, \hat{X} 는 대각항이 X의 원소들로 이루어진 대각행렬

Y는 최종재 수요합(=소비+투자+정부지출+수출)

위 식을 총생산에 대해 정리하면,

$$X - AX = Y - Im \quad (2)$$

$$X(I - A) = Y - Im \quad (3)$$

$$X = (I - A)^{-1}(Y - Im) \quad (4)$$

단, I: 단위행렬(주대각요소가 1이고 나머지 요소가 모두 0인 행렬)

- 위 식에서 $(I - A)^{-1} = L$ 을 Leontief 역행렬 혹은 투입역행렬이라고 하며 투입역행렬은 최종수요 1단위 증가함에 따라 유발되는 직간접 생산과급효과를 모두 합한 생산유발계수를 의미하게 되며 다음과 같은 해석이 가능함.

- 첫째, 행렬 L의 (i,j)원소는 $L_{ij} = \partial X_i / \partial Y_j$ 로서, 산업 j의 최종재수요 한 단위 증가를 위해 요구되는 중간재 투입들을 공급하기 위해 필요한 산업 i 산출의 총변화량을 측정하므로 투입역행렬 L은 최종수요의 변화에 따른 산출과급효과를 측정함.

- 둘째, 행렬 L의 j번째 열의 합은 $\sum_{i=1}^n L_{ij} = \sum_{i=1}^n \partial X_i / \partial Y_j$ 로서 산업 j의 한단위 최종수요 증가를 위해 요구되는 중간재 투입을 공급하기 위해 필요한 전 산업 산출의 총변화량을 측정함.

- 생산유발계수는 다른 다양한 유발효과 계산에서 기본적인 구성 요소가 되는데, 이들 유발효과들을 계산하는 유발계수는 산출 1단위가 창출하는 해당 효과(계수)와 생산유발계수를 곱하는 형태로 정의되며 부가가치유발효과, 고용유발효과를 산정할 수 있는 부가가치유발계수와 수입유발계수, 고용유발계수는 각각 다음과 같은 수식으로 구성됨.

$$\text{부가가치유발계수: } \hat{A}^v(I - A)^{-1} \quad (5)$$

$$\text{고용유발계수: } \hat{l}(I - A)^{-1} \quad (6)$$

여기서, \hat{A}^v : 부가가치계수(= V/X), \hat{A}^m : 수입계수(= Im/X),

\hat{l} : 고용계수(= L/X), L: 고용량

- 위 식에서 부가가치계수는 산출 1단위가 창출하는 부가가치를 나타내며 부가가치유발계수는 부가가치계수와 생산유발계수를 곱하여 정의되며 고용계수는 산출 1단위가 창출하는 고용자수와 생산유발계수를 곱하여 정의됨. 수식에서 \hat{A}^v, \hat{l} 은 각각 해당 계수 값을 대각항의 원소로 갖고 비대각항은 모두 0인 대각행렬(diagonal matrix)을 나타냄.
- 산업연관분석을 활용한 경제적 파급효과 분석에 대한 개념적 정의를 재정리하면 다음과 같음.
 - 생산유발효과는 최종수요가 한 단위 증가에 따라 유발되는 직·간접의 생산파급효과를 합한 것을 의미하며 생산유발계수가 $(I-A)^{-1}$ 는 단위행렬(I)에서 투입계수행렬(A)를 차감한 행렬의 역행렬을 구해서 도출되는 것으로 이것의 의미를 해석하기 위해 무한 등비급수 형태로 나타내면 다음과 같음.

$$(I-A)^{-1} = 1 + A + A^2 + A^3 + \dots + A^\infty$$

- 이 식의 우변에서 단위행렬은 쌀에 대한 최종수요가 한 단위씩 발생하였을 때 이를 충족시키기 위해 쌀을 생산하는 산업의 직접생산효과가 되며, A 는 쌀 생산에 필요한 중간재 투입액으로 1차 생산파급효과가 되며 A^2 은 쌀 생산에 필요한 중간재 생산을 위해 투입된 중간재 투입액으로 2차 파급효과가 됨. 마찬가지로 A^3, A^4, \dots 는 각각 3차, 4차, ..., 파급효과가 됨.
- 농축수산물식품의 특정 생산물에 적용하여 설명하면 그 생산물의 최종수요 변화에 따른 파급효과란 농가에서 해당 생산물을 생산하는 직접효과와 이러한 직접생산량 증가를 위해 투입되는 종자, 농기계, 농약, 비료, 유류 등 1차 파급효과, 그리고 이러한 농기계, 농약, 비료, 유류 등의 1차 파급효과 생산량 증대를 위해 투입되는 철강제품, 기계제품, 화학제품, 전기, 가스 등등의 2차에서 n 차 파급효과를 모두 더한 값임.
- 부가가치유발효과는 최종수요의 변화에 따라 생산유발효과가 발생하고 각 파급시점에서 유발된 생산량 증가를 충족하기 위해 투입되어야 하는 부가가치(피용자보수(노동), 영업잉여(자본), 고정자본소모(감가상각), 기타생산세(세금))들을 합산한 것임.
 - 즉, 농가에서 해당 생산물을 생산하기 위해 투입되는 노동과 자본 등 부가가치의 합이 직접효과가 되며, 생산에 필요한 중간재 투입을 위해 생산된 농기계, 농약, 비료, 유류 등을 생산하는데 투입된 노동과 자본 등 부가가치가 1차 파급효과가 됨.

□ 농업생산부문의 에너지 투입구조

- 농업생산 과정에서 투입되는 에너지 원을 살펴보면 크게 화력, 원자력, 신재생에너지, 수력의 형태로 나타나고 있음
 - 벼 생산에 투입되는 에너지원은 화력이 25,874백만 원으로 가장 크며, 그 다음으로는 원자력 5,803백만 원, 신재생에너지 1,983백만 원, 수력 412백만 원으로 나타났음.
 - 신재생에너지를 투입요소로 이용하는 농업부문은 양돈이 6,113백만 원으로 가장 크게 나타났고 그 다음으로는 채소 6,099백만 원, 축우 5,942백만 원, 가금 5,553백만 원의

순으로 나타남.

<표 98> 농업생산부문의 에너지 투입구조

(단위: 백만원)

	수력	화력	원자력	자가발전	신재생 에너지	도시가스
벼	412	25,874	5,803	0	1,983	10
맥류 및 잡곡	205	12,899	2,893	0	1,102	0
콩류	127	7,968	1,788	0	683	0
감자류	310	19,500	4,374	0	1,672	0
채소	1,171	73,464	16,477	0	6,099	28
과실	414	25,929	5,816	0	2,069	5
화훼작물	49	3,035	681	0	235	121
약용작물	58	3,625	813	0	306	71
잎담배	13	798	179	0	66	3
천연고무	0	0	0	0	0	0
종자	293	18,419	4,132	0	1,569	0
기타 식용작물	202	12,688	2,846	0	1,051	13
기타 비식용작물	16	1,007	226	0	83	0
낙농	433	27,155	6,088	0	2,157	4
축우	1,125	70,540	15,822	0	5,942	18
양돈	1,169	73,366	16,456	0	6,113	19
가금	1,041	65,384	14,665	0	5,553	9
기타축산	149	9,299	2,085	0	794	20

자료: 산업연관표(2019년 기준)

□ 영농형 태양광 보급에 따른 사업비 및 생산감소액

- 영농형 태양광 1GW 규모는 신재생에너지 산업 1조 원, 건설업 5,000억 원의 산출이 증대하였으며 농지 면적 2,333ha 중 전체 논 면적의 0.321%에 해당하는 설비를 가지고 있기 때문에 쌀 생산 감소액은 54.3십억 원(15.7% 수량 감소 기준)로 나타남.

<표 99> 영농형 태양광의 사업비 및 생산 감소액

	신재생에너지 (억 원)	건설업(억 원)	면적(ha)	비중(%)	생산 감소액 (억 원)
1MW	10	5	2.33	0.0003	0.05
1GW	10,000	5,000	2,333	0.321	54.30
2GW	20,000	10,000	4,667	0.642	108.60

□ 영농형 태양광 보급에 따른 파급영향

- 영농형 태양광 1GW 규모 기준, 생산유발액은 4조 3,965억 원, 부가가가치 유발액은 1조 4,946억 원, 취업유발효과는 163,474명으로 나타남.
- 영농형 태양광 2GW 규모 기준, 생산유발액은 8조 7,929억 원, 부가가가치 유발액은 2조 9,891억 원, 취업유발효과는 326,974명으로 나타남.

<표 100> 영농형 태양광 보급에 따른 파급영향

	생산유발액(억 원)	부가가치유발액(억 원)	취업유발효과(명)
1GW	43,965	14,946	163,474
2GW	87,929	29,891	326,974

□ 영농형 태양광 농업부문 파급영향

- 영농형 태양광 1GW 규모 기준, 벼의 생산유발액 28억 원 감소, 부가가치유발액 22억 원 감소하였고 취업유발은 519명 감소하였음.
- 영농형 태양광 2GW 규모 기준, 벼의 생산유발액 56억 원 감소, 부가가치유발액 44억 원 감소하였고 취업유발은 1,038명 감소하였음.

<표 101> 영농형 태양광 보급에 따른 농업부문별 파급영향

(단위: 억원, 명)

	1GW			2GW		
	생산유발액	부가가치유발액	취업유발	생산유발액	부가가치유발액	취업유발
벼	-28	-22	-519	-56	-44	-1,038
맥류 및 잡곡	15	9	588	30	18	1,177
콩류	3	2	129	6	4	258
감자류	3	2	435	5	3	870
채소	21	14	766	43	28	1,532
과실	9	7	288	18	14	575
화훼작물	5	3	162	10	5	323
약용작물	6	5	158	12	9	316
잎담배	1	1	95	2	2	191
종자	3	1	85	6	2	170
기타 식용작물	4	3	197	8	6	393
기타 비식용작물	14	6	322	29	11	644
낙농	8	4	63	15	7	125
축우	17	4	75	34	8	150
양돈	19	3	65	38	7	129
가금	11	2	30	22	4	60
기타축산	5	3	42	9	6	83
임업및수산	50	23	275	100	46	549
농림어업서비스	3	1	29	6	2	59
음식료품	422	108	1,018	844	216	2,037
합계	591	178	4,302	1,181	355	8,604

□ 영농형 태양광 지역별 파급영향

- 100MW를 경북지역에 설치한 경우, 전체 생산유발액 2,602억원, 부가가치유발액 1,229억원, 취업유발 9,788명으로 나타남.
- 경북지역의 생산유발액은 1,850억원, 부가가치유발액은 941억원, 취업유발은 5,811명으로 나타남

- 타 지역을 살펴보면 서울의 생산유발액은 151억원, 부가가치유발액은 72억원, 취업유발은 1,176명으로 나타났으며 인천의 생산유발액은 145억원, 부가가치유발액은 56억원, 취업유발은 748명으로 나타남.

<표 102> 지역별 유발효과

(단위: 억원, 명)

지역	생산유발액	부가가치유발액	취업유발
서울	151	72	1,176
경기	44	16	202
인천	145	56	748
대전	12	5	76
세종	3	1	10
충북	35	12	137
충남	57	17	145
광주	8	3	51
전북	22	7	89
전남	56	15	116
대구	63	30	588
경북	1,850	941	5,811
부산	27	11	186
울산	59	17	87
경남	54	19	247
강원	14	6	93
제주	3	1	26
전체	2,602	1,229	9,788

바. 영농형 태양광의 경제적 비즈니스 모델 제시

가) 영농형 태양광의 비즈니스 체계

□ 영농형 태양광 가치사슬

- 영농형 태양광 발전시스템도 일반 태양광 발전 시스템과 크게 다를 바 없으므로 태양광 발전의 기본요소인 태양광 모듈, 구조물 및 BOC(Balance of System:인버터, 전기배선 등 태양광 발전 설치 및 운영에 필요한 장치 총합) 등은 동일하나 영농형 태양광에만 고려해야 하는 요소들이 존재
 - 태양광모듈: 영농형 태양광발전에 사용되는 모듈은 농지의 일조량 증대와 낙숫물 피해 감소를 위해 일반 태양광 발전소에 적용되는 일반 태양광 모듈보다 폭이 좁은 모듈이 적용
 - 태양광 구조물의 규격 및 배치: 하부 농지에서의 영농활동 및 농작물의 생육 장애를 최소화하기 위해 태양광 구조물의 규격 및 배치는 가장 중요함
 - 표준재배 기법: 농지에 없던 구조물이 생기면서 생기는 음영은 일조량, 토양의 수분 및 온도, 풍량 등으로 인해 농작물에 다양한 영향을 주기 때문에 작물별로 생산량이 증가하거나 감소하며 품질저하, 웃자람, 병충해 등의 영향이 나타나기도 함 때문에 변화된 환경에 맞는 재배 및 영농 기술의 개발이 필요
 - ICT 스마트 영농 기술: 본래 ICT 스마트 영농 기술은 스마트π팜의 요소기술로서 대부분 온실이나 식물공장처럼 닫힌 공간이나 실내용으로 적용되었지만 영농형 태양광의 경우 일반 노지에 설치하므로 구조물에 다양한 스마트 영농기술이 적용될 수 있도록 개발이 필요함

나) 영농형 태양광 경제적 비즈니스 모델

□ 부지임대형 모델

- 발전회사가 사업개발, 설계조달시공(Engineering procurement construction: EPC), 운영 및 전력거래, 유지보수 등의 대부분 사업영역을 직접 운영하고, 농민(지주)은 보유한 토지의 사용권을 제공하여 임대료를 수수하는 모델
- 농민참여를 유인하기 위한 적정 임대료 산정의 어려움, 조합과의 계약 시 토지주 개인과 조합 간의 이익 배분 문제, 농지의 경관 문제 등 문제점이 존재
- 농민(지주)의 경우 기존 농토 대비 수확량은 일부 감소하지만 안정적인 임대수익 확보가 가능함에 따라 전체적인 수익 증가 효과를 기대할 수 있으며 사업의 위험부담도 최소화할 수 있음
- 발전회사의 경우 안정적인 일조량을 얻을 수 있는 태양광 사업 부지를 확보할 수 있으며 사업 수익성이 향상된 만큼 추가 수익이 발생.
- 향후 일본의 지침과 같이 우리나라도 수확량이 80%미만일 경우 사업을 중단한다는 관련 규정이 제정될 경우에는 사업 중단 위험이 존재

□ 농민참여형 모델

- 농민이 함께 투자할 수 있도록 특수 목적 회사(Special purpose company: SPC)를 설립하고 발전회사는 영농형 태양광 발전 사업자로서 사업개발, 운영 및 전력 거래, 유지보수 등을 수행하며 농민(지주)은 토지의 현물출자(농지공중점유권)를 통한 배당으로

수입을 확보하는 비즈니스 모델

- 농민은 고정적인 임대 수익이 없어지고 사업 위험을 분담해야 하지만 부지에 공중 사용권을 제공하여 직접 사업 운영을 통한 잉여 수익의 확보가 가능하여 부지 임대형 모델 대비 높은 수익 창출을 기대할 수 있지만 향후 사업을 계속하기 위해 수확량을 80%이상 생산해야 하는 노력이 필요
- 발전회사 및 기타 투자자는 주주의 다양한 이해 관계가 존재하지만, 농민 참여로 인해 저리에 정책자금 차입이 가능하고 사업 중단 위험을 줄일 수 있는 장점이 존재

□ 임차농을 고려한 비즈니스 모델 제시

- 임차농에 대한 조사를 통해 영농형태양광 도입시 임차농의 반대를 극복할 수 있는 비즈니스 모델 제시
- 영농형 태양광 반대측의 반대 이유를 명확하게 파악하여 대안 제시(임차농의 짧은 임차 기간, 이익공유 방식의 제안), 영농형 태양광 발전지구 조성 등 규모화 방안 제시
- 임차농 장기계약 문제로 영농형 태양광에 직접 참여의 한계
 - 현재 대부분의 임차는 구두 계약이며 단기계약임
 - 시설원예(정부보조사업)의 경우 10년 임차가 이루어지지만 특수관계인과의 계약형태가 대부분임
 - 발전지구 조성시 임차인이 경작 농지가 포함될 경우 협동조합을 통해 참여 보장
- 임차농의 우려사항
 - 부재지주가 영농형 태양광 사업을 위해 자경할 경우 임차면적 감소
 - 태양광 하부 재배면적 및 생산성 감소로 농업소득 하락
 - 농업기계화 작업 및 기타 영농작업의 편리성 감소
 - 농기계 작업시 안전사고 발생위험 증가

<표 103> 영농형 태양광 사업에 따른 농지 소유 및 이용 주체별 장점과 단점

구분	장점	단점
자경농업인	농지 이용도 제고	- 초기 고정비용 부담 - 지역주민 간의 갈등발생
부재지주	임차소득과 함께 전력발전소득 가능	- 장기 계약(20년)에 따른 재산권 제한
임차농	전력수입 등 농외소득	- 농지 임차 가능면적 축소(부재지주 자경 가능) - 태양광 하부 재배면적 감소 및 생산성 하락 - 영농작업 편리성 감소 - 안전사고 발생위험 증가

- 주민이익공유제
 - 발전지구 지역주민의 협동조합을 설립하여 사업비의 일정비율(4%)이상 출자
 - 거리에 비례하여 배당금 비율 산정(신안군 조례참고)
 - 100m 이내 4배, 500m 이내 3배, 1km 이내 2배, 1km이상 1배

① 주민참여사업 준비	② 조합원 지분 관리	③ 수익배분
조합설립, 조합대출 투자, 특별회계 설치 (공동통장)	매월 조합원 명부, 조합원 지분을 작성(조합)	지분율에 따라 조합원에 수익 배분

- 설비용량 1,000kW이상의 태양광 발전소 중에서 주민참여율 (투자지분을 및 총사업비 대비 주민이 투자한 금액의 비율)이 일정 비율이상일 경우 REC 가중치 지원
- 참여주민은 해당 발전소로부터 반경 1km 이내에 소재하는 읍·면·동에 1년이상 주민등록이 되어 있는 자를 의미하며, 최소 5인이상이 참여하고, 1인당 투자금은 전체 주민 투자금의 30%미만이어야 함

□ 염해 간척지 영농형 태양광

- 농업진흥구역 내 농지전용없이 태양광 시설 설치 가능(2019.7.1.이후)
- 염해 농지 기준을 악용하여 우량농지에 태양광 설치를 통해 농지 이용이 감소할 수 있다는 농업인들의 이의 제기
- 지표면에서 30~60cm 토양의 염분 농도가 5.5dS/m이상인 곳이 전체 농지 면적의 90%이상
- 농식품부 “태양광 발전시설을 설치할 수 있는 염해 간척농지 판정기준 개선 방안” 연구 용역

다) 영농형 태양광 집적지구 조성

- 1MW, 10MW의 집적지구를 조성할 경우의 경제성을 분석
- 상용양면, 일체형 인버터, 하이브리드 시공방식의 적용하였으며, 생산 감수율은 15.7%, REC 가중치는 1.2(현물)를 적용하였음.
- 경제성 분석결과 1MW는 1.45, 10MW는 1.49로 수익성 높은 것으로 분석됨

〈표 104〉 버 재배 영농형 태양광 민감도 분석결과

	1MW	10MW
B/C	1.45	1.49
NPV(천원)	1,000,696	10,727,286
IRR	8.97	10.06

라) 염해 간척지 활용 주민참여형 태양광 사업 사례(신안)

(가) 기본현황

□ 위치 및 추진 주체

- 위치: 전남 신안군 안좌면 내호리 일대
- 주체: 안좌스마트팜앤솔라시티(주)

□ 지자체, 주민, 서부발전 등의 참여 주체별 역할

- 지자체: 신재생에너지 개발이익 공유 조례제정, 조합설립, 조합대출투자, 특별회계 설치 등
- 주민: 협동조합 가입 및 지분출자
 - 안좌면 2,935명, 총사업비 4%(113억 원) 채권매입
- 서부발전: 사업자로 참여해 직접 O&M(관리운영) 수행

□ 발전 규모 및 소요 면적

- 발전규모: 96MW(태양광 모듈 약 24만여 개)
 - 340MWh급 에너지저장장치(ESS)
- 소요면적: 87만7119㎡(약 26만 5,793평)

□ 자본(재원 규모 및 투자 주체)

- 사업비 2,803억 원
- 투자주체: KCH그룹, 한국서부발전, 탑솔라그룹

(나) 추진 경과

□ 조례 제정(주요 내용)

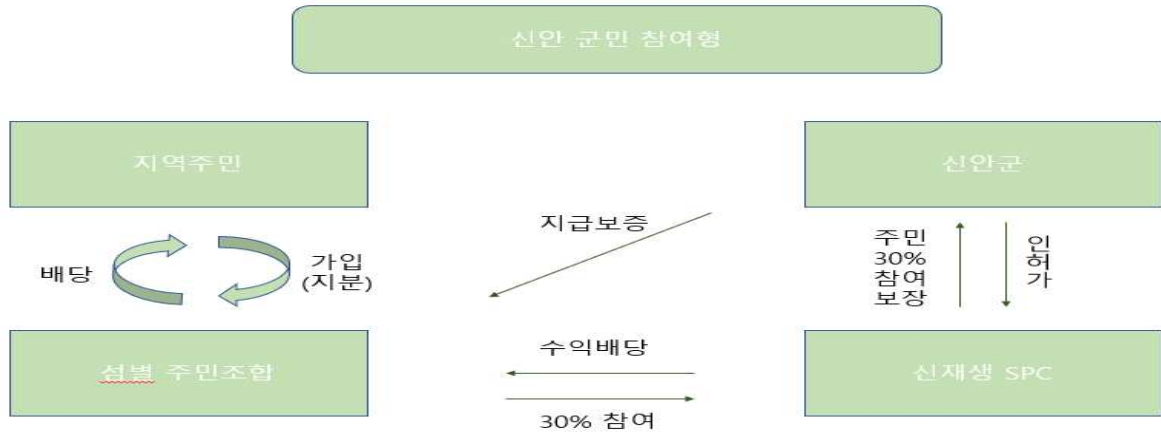
- 주민사업형 일종으로 지역 주민들이 발전사업의 투자자로 참여해 수익의 일정부분을 나눠 갖는 형태
 - 사업지 인근 주민들이 협동조합을 구성해 총 사업비의 일정 부분을 채권 형태로 투자하는 방식
 - 발전사업자는 주민들로부터 자금을 조달하고, 주민들은 그 대가로 개발이익의 일부를 배당금으로 받게 됨
- 발전소 사업비의 4%이상 인근 주민에게서 조달할 경우 발전사업자는 0.2 수준의 REC 가중치를 추가로 받을 수 있고, 이를 다시 배당금으로 환원.

□ 염해간척지 판정, 기본 계획 수립, 발전사업 허가, 개발행위 허가 등, 운영 실시

- 염해간척지 기준: 토양염도 판정은 오염을 피하고 신뢰도를 확보하기 위해 표층으로부터 30~60cm 깊이의 심토 염분 5.5dS/m를 기준
 - 시장·군수가 예외적으로 표층으로부터 30cm 이내의 표토에서 측정한 염도 값을 적용
 - 염해 조사시점: 2019.10(한국농어촌공사)
- 기본계획수립: SPC 법인인 안좌스마트팜앤솔라시티(주)
- 발전사업 허가: 산자부 승인
- 개발행위 허가: 산자부 승인(20.4)

□ 주민 설명회 등 주민 수용도 제고를 위한 추진 내용

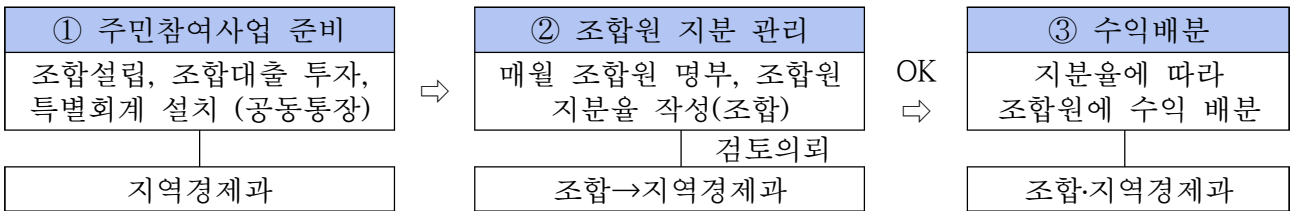
- 주민참여형 사업: 사업지역주민들이 협동조합을 구성해 총사업비의 일정부분 채권 형태로 투자하는 방식



(다) 주요 성과(기대 효과)

□ 수익, 일자리, 주민 증감 등

- 배당금 기준: 영업이익의 30%/연간 13~14억 원, 당기순이익 5.2%
- 분기당 주민 1인당 12~36만원 지급
 - 100m 이내 4배, 500m 이내 3배, 1km 이내 2배, 1km이상 1배



〈참고〉 신안군 태양광 사업 발전수익 주민 공유

- ▶ 신안태양광발전법인을 설립(주민, 남동발전 참여)하고 신안군 조례 제정을 통해 사업 추진
- ▶ 폐 염전지, 법인 및 개인소유지 등 임차를 통해 부지 마련(45만평)
- ▶ 채권 매입 형식으로 전체 사업비의 약 4%를(126억) 지역주민(4천명)이 투자
- ▶ 발전규모 150MW, 투자주민 대상으로 배당금 지급(총 26억원)
- ▶ 동 사업의 영향 등으로 '21년 7년 만에 처음으로 읍주민 79명 순증가



마) 염해 간척지 활용 주민참여형 태양광 사업 모델(영광)

□ 수익분배 구조

- 매진 수익을 활용하여 농가와 주민에 직불보상, 임대료, 주민참여 인센티브 등을 제공
- 분석 조건
 - (REC) REC 1.2(100kW 초과 농지태양광 1.0+주민참여 가중치 0.2)
 - (수익) '20~' 22 현물가 SMP+1REC 평균가격 169천원, 연 9,940백만원 수익 예상
 - (농업편익) '21년 통계청 KOSIS, 농업편익 - 농업생산비 = 농업현금유입
 - (비용, 백만원) (고정) 시설 투자금액 4,500백만원(180백만원/100kW), (가변) 유지보수

1,100백만원, 직불 보상 204백만원, 임대료 913백만원, 철거 100백만원, 농업생산비 25,785백만원, 대출이자 1,238

* 농지 소유 가구 11호와 일반 인근 주민 17호 등 총 28호

□ 개별 농지소유자(농업인) 소득 분석

○ 소득원 구성(안)

<표 105> 영광 염해간척지 영농형 태양광 소득 구성안

구분	단가	연평균 소득 (600평 기준)	비고
농작물 소득	통계청 KOSIS	1,307,880원	감수율 적용
농지 임대료	3,000원/평·年	1,800,000원	
직불금 보상비	670원/평·年	402,000원	
주민	193천원/호·月	2,316,000원	

* 농지 소유 가구 11호와 일반 인근 주민 17호 등 총 28호

○ 100kW(600평) 영농형태양광을 운영하는 개별 농가와 비교

- 비용부분에서 일반농지 영농형 태양광보다 염해간척지 영농형 태양광이 현저히 낮으며 직불금 보상비, 부지임대료 등 보상금 차원의 수익 발생부분 높기 때문에 B/C가 높게 나타나는 것으로 추정됨. IRR의 경우 초기투자비용이 매우 낮아 염해간척지 영농형 태양광의 경우 계산하기 어려움.

* 대규모 설치에 따른 비용 감면 효과와 농지 소유자 외 지역주민에게 배분되는 수익이 농가에 집중시 염해간척지 농가의 경제성이 더 높게 나타날 것으로 추정

<표 106> 일반 농지와 염해간척지(영광) 경제성 분석 비교

품목	B/C	NPV(천원)	현재가치		IRR(%)
			편익	비용	
벼(개별)(A)	1.51	114,964	339,018	224,054	6.5
벼(염해간척지)(B)	4.08	71,094	94,141	23,048	-
A-B(a-b/a, %)	2.57	-43,870	-244,877	-201,006	-

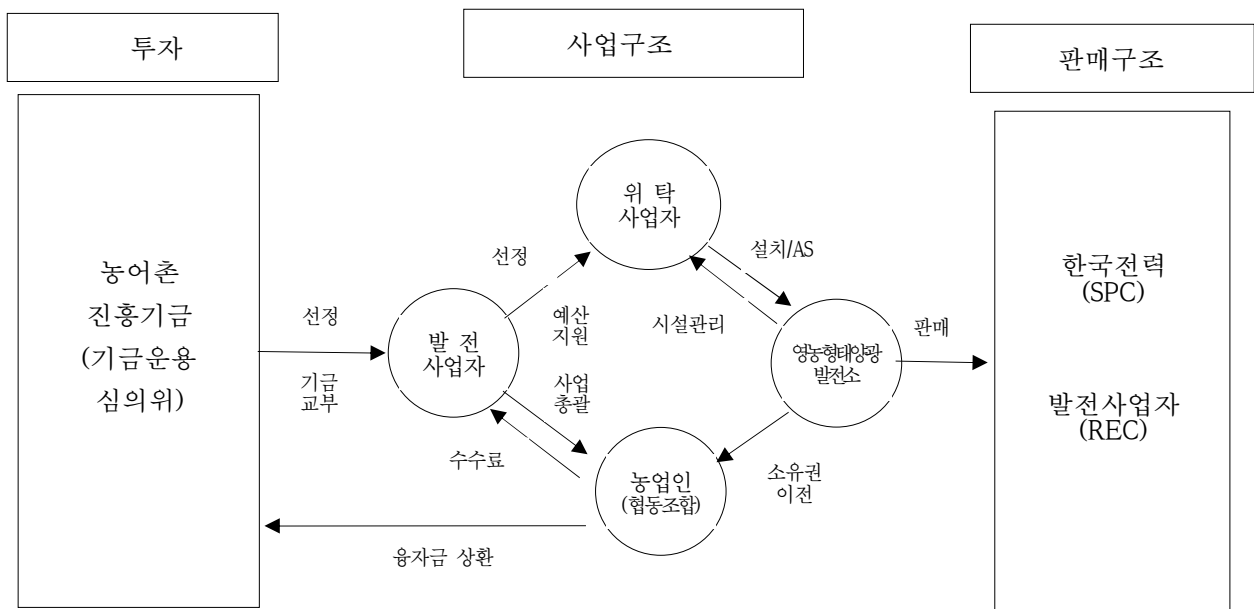
바) 농어촌진흥기금을 활용한 협동조합형 영농형 태양광 비즈니스 모델

(가) 검토 배경 및 사업모델

- 농어촌진흥기금을 활용한 사업모델은 투자비 일부를 농어업인이 부담하는 대신 광역 또는 기초 지자체, 금융기관(농협·수협) 등의 참여로 조성된 농어촌진흥기금(FTA 확대 등에 따른 농어업 경쟁력 강화를 통해 지역 농수산업의 육성과 농업·농어촌 발전 도모를 지원하기 위한 기금)을 통해 조성하고, 사업자가 ‘농어촌진흥기금 운용심의위원회’를 통해 위탁자를 선정하여 선정된 지역에 영농형태양광을 설치한 후 소유권을 이전하는 사업구조.
- 정부의 ‘재생에너지 3020 이행계획’의 농촌지역 태양광 활성화와 농지를 활용한 영

농형 태양광 부지확보가 가능하고, 태양광 사업을 통해 전력수익과 영농수익을 포함한 농촌마을의 안정적 수익창출도 가능한 여건이지만 영농형태양광 발전보급의 장애요인으로 지적되는 계통문제가 우려되는 부분임.

- 소규모 영농형태양광 시설의 경우 계통연계시 추가 비용부담이 커지는 문제가 있어 사실상 경제성이 어느 정도 확보되는 대규모 영농형태양광 시스템이 요구되는 것이 현실임. 그러나 농식품부는 대단위 발전 단지용 부지가 확보 가능한 절대농지에 대한 인허가는 강하게 반대하고 있는 입장이기 때문에 소규모 부지를 묶어 마을 단위로 추진하는 방식이 현재 대안으로 떠오르고 있지만 여전히 소규모 농가가 직면하는 초기 투자자본의 비용부담은 여전히 만만치 않은 문제로 제기되고 있음.
- 소규모 농가의 초기 자본부담 비용을 줄이면서 계통문제를 해결할 수 있는 사업보급 방안은 지자체가 운영하고 있는 ‘농어촌진흥기금’을 활용하는 방법만이 대안이라고 할 수 있음. 기존 농지를 활용하여 영농활동과 태양광발전을 병행하는 영농형태양광 발전사업을 기금사업과 연계하여 추진하게 되면 농어촌의 소득향상·복지증진 등에도 기여할뿐만 아니라 농어촌진흥기금의 운용목적과도 부합됨. <그림 17>은 농어촌진흥기금을 활용한 협동조합형 영농형태양광사업 모델을 도식화하였음.



<그림 17> 농어촌진흥기금을 활용한 협동조합형 영농형태양광사업 모델

- 협동조합을 활용한 영농형태양광사업 모델은 협동조합 발전(cooperative development)과 지역발전(community development)을 통합한 발전모델이라고 볼 수 있는데 이는 협동조합 회원의 이익을 도모하면서 이것이 자연스럽게 마을 및 지역의 경제적·사회적 복지 향상으로 이어지는 외부성 효과(community externalities)가 발생할 때 비로소 가능함. 마을 단위를 기반하는 협동조합형 사업의 창출과 확대를 통해서 마을 및 지역에서 일자리 창출은 물론 이를 기반으로 새로운 기회를 확보하는 순기능성이 구현되면 이것은 효과적인 마을발전 전략으로 그 의미가 크다고 할 수 있기 때문에 결국 이러한 사업 모델의 성공은 두 발전모델의 적절한 균형과 조화 그리고 순기능성에 달려

있다고 볼 수 있음.

- 협동조합을 활용한 영농형태양광사업 모델이 성공하기 위해서는 협동조합을 구성하는데 있어 몇가지 원칙을 고려해야 함(Nadeau and Wilson, 2001).
 - 첫째, 협동조합은 과정이자 일종의 조직이라는 인식.
 - 둘째, 협동조합의 조직 안에는 기존의 협동조합은 물론 기타 민주적으로 통제되는 조직도 포함.
 - 셋째, 협동조합 설립 계획은 지역사회 주민들이 참여하는 포괄적 과정이라는 인식.
 - 마지막으로 협동조합 조직과 사업에 대한 평가는 이것이 해당 조직은 물론 지역사회에 직접 관련된 사람들의 경제, 환경 및 사회복지에 미치는 긍정적이고 지속 가능한 영향 측면을 고려.

(나) 농어촌진흥기금의 활용 의의 및 기대효과

□ 기금 활용 의의

- 농어촌진흥기금²⁰⁾은 교역자유화(FTA) 확대 등에 따른 농어업 경쟁력 강화를 통해 지역 농수산업의 육성과 농어업·농어촌 발전도모를 지원하기 위해 운용되는 광역 및 기초 지자체의 기금을 말하는데 경북의 경우 주요 재원은 광역 및 기초 지자체, 금융기관(농협·수협), 운영수익 등으로, 2022년까지 조성액은 총 2,617억원이며 조성 분담율을 보면 도 675억원, 시군 1,077억원, 금융기관 228억원, 운영수익 637억원임.
- 농어촌진흥기금은 조례와 시행규칙(경상북도농어촌진흥기금 설치 및 운용조례, 경상북도농어촌진흥기금 설치 및 운용조례 시행규칙)에 근거를 두고 있음. 시장개방화를 계기로 농어촌진흥과 발전을 목적으로 지자체, 민간기관 등의 참여로 기금이 조성되었으며, 조례는 기금의 설치, 조성, 용도 등을 규정하고 있음.
- 농어촌진흥기금은 민간금융기관 협력을 통해 농어업·농어촌 종사자, 농기업의 성장에 쓰여지는데, 정부와 지자체의 공공 투자만으로 해결이 어려운 농어촌 현안에 민간부문의 협력으로 농어촌의 성장과 발전을 지원하고, 민간부문은 농어업·농어촌에 공헌할 수 있는 다양한 가능성, 사업방향, 사업모델 등을 제시하여 농어촌은 지속가능한 발전을 달성하고, 민간부문은 비즈니스 기회가 확대될 수 있도록 공유가치(sharing value)를 창출에 중점을 두고 있음.
- 농어촌진흥기금은 민간부문의 기금을 통해 농어촌과 민간부문의 공유가치를 창출하고, 민간부문은 사회적 요구에 부응하여 경제적 이윤과 사회적 가치를 추구하여 농어촌과 함께 지속가능한 성장 발전을 마련한다는 점에서 지자체와 민간부문의 새로운 협업 가능성을 보여주는데 그 의의가 있다고 할 것임.

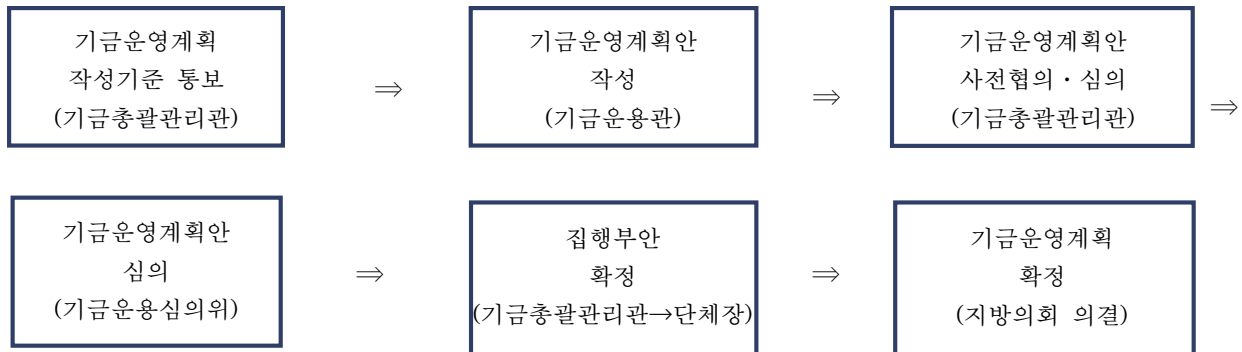
□ 기금운용계획 확정 절차

- 농어촌진흥기금 확정 절차는 「지방자치단체 기금관리기본법」에 적용을 받게 되고, 동법 제9조 및 시행령 제5조에 의거하여 기금운용계획안을 작성해야 됨. 기금운용관²¹⁾은

20) 2022년 경상북도농어촌진흥기금 사업 시행지침 참조

21) 시·도 기금별 담당 실(국)장, 시·군·구 기금별 담당 실(과)장

회계연도마다 기금의 운영계획안을 작성, 기금운영심의위원회 심의를 거쳐 자치단체장의 결재를 얻어 확정하며 시·도는 회계연도 개시 50일 전, 시·군·구의 경우는 40일 전까지 세입·세출예산안과 함께 지방의회에 제출해야 함.



<그림 18> 농어촌진흥기금 기금운용계획 확정 절차

- 사업대상자는 행정구역 내 주소지를 두고 농수산업을 영위하는 농어업인, 농어업법인, 관련 기업체 또는 농·축·수협, 특수조합 등이며 기금 지원대상 사업은 농어촌 소득 증대사업, 지역특화작목 및 소득작목 육성지원 사업, 농어업시설의 구조개선 및 첨단 산업화 지원사업, 신기술개발 및 고부가 농수산식품산업 육성지원 사업, 농수산물 수출육성 지원사업, 농수산물 생산·가공·유통 및 농촌융복합산업 지원 사업, 로컬푸드 활성화 및 산지조직화 지원 사업, 친환경농업 육성지원 사업, 청년농어업인 육성 및 고령·여성 농어업인 등 취약계층 지원 사업, 농수산식품경영체에 대한 투자를 목적으로 설립된 조합 또는 회사에 대한 출자, 도내 농수산물 판로 확대 및 일자리창출을 위한 농수산식품산업 관련 투자유치기업 지원 사업 등임.

□ 관련 조례 개정과 기대 효과

- 영농형태양광발전사업은 현행 농어촌진흥기금의 지원대상사업에 포함되어 있지 않음. 영농형태양광사업은 영농수익과 발전수익을 통해 농가소득 증대는 물론 농어업 및 농어촌 발전에 충분히 기여할 수 있는 부분이 크고 소득증대와 지역발전 도모는 본 기금의 조성 및 운용 목적에도 합치하기 때문에 본 조례 개정을 통해서 영농형태양광발전사업을 지원할 근거를 마련함과 아울러 본 사업이 향후 농어촌 발전을 물론 지역에너지 수급 기반을 마련하고, 기후위기 대응 및 탄소중립 실현에 커다란 변화를 촉진할 것으로 기대됨.

(다) 협동조합형 영농형태양광 사업모델 개발시 고려사항

□ 부지 확보 사항

- 사업후보 부지를 실사하고, 면적·방향·설치 가능용량 등 사업 적정성과 농지법 및 각 지자체의 조례 등 토지이용규지정보를 검토하고, 한국전력공사의 연계 가능한 선로용량을 사전에 검토해야 하고 이들 바탕으로 사업추진시 관련 마을 주민들의 사전

동의를 필수적임.

□ 마을별 사회적협동조합 설립 및 운영 사항

- 사회적협동조합의 설립 목적은 태양광 발전 수익금을 마을 공유 자산으로 활용하고 지속 가능한 운영을 위해 주민주도형 운영에 적합한 형태의 사회적협동조합을 설립하는데 있음. 각 해당지역의 사회적경제지원센터 등 중간지원조직의 지원과 도움을 적극 활용할 필요가 있으며, 아울러 주민참여와 이익공유를 위한 주민 컨설팅 및 교육도 병행해야 함.

□ 발전시설 구조물 및 기자재 선정 사항

- 구조물과 농작물에 대한 작업자의 안정성 확보, 지역과 토양에 적합한 설계와 시공을 통한 태양광발전의 운영효율성 제고, 농작물 생육과 생산량 저하의 최소화와 적정 이격 격리 유지, 태풍·적설 등 이상기후 변화에 대응한 시설의 견고성 및 내구성 유지, 농지의 훼손 및 농작물 오염·지반변형·토사유출 방지를 위한 친환경 기초 자재 선정 등은 구조물 및 기자재 선정시 고려해야 사항들이며 모듈은 국내외적으로 인정되는 업체 제품을, 인버터는 향후 사후관리가 가능한 국내 인증업체 중 충분히 검증된 업체 제품을 선정하는 것이 중요함.

□ 인허가 업무 사항

- 영농형태양광발전소는 농지법상 ‘타용도일시사용’ 허가 대상에 포함되지 않으므로, 각 지자체의 개발계획위원회 심의를 통해 개발행위허가 및 농지타용도일시사용허가를 의제 처리하여 득하는 것이 중요한데 농지법상 농지타용도일시사용허가 기간은 최초 5년, 이후 3년 연장이 가능하고, 연장가능 여부는 각 지자체와 사전 협의가 필요함. 중요한 것은 한국전력공사와 전력판매계약 문제인데, 한국전기안전공사로부터 사용전 검사 합격 후 사회적협동조합 명의로 계약을 체결하면 됨.

사. 영농형 태양광 보급 정책 가이드라인 개발

가) 영농 의사결정을 위한 다기준 의사결정 지원방안

(가) AHP 분석방법

- 영농형 태양광과 같은 공공정책사업은 정책적 및 경제적 분석결과를 종합하는 과정에는 다음과 같은 어려움이 수반됨.
 - 첫째, 계량지표로 표현할 수 있는 평가항목과 정성적(qualitative)으로 표현되는 평가항목을 체계적으로 통합하는 과정에서 어려움이 있음.
 - 둘째, 수치화된 정량지표의 경우에도 측정단위가 다르면 통합하는 데 어려움이 있음.
 - 셋째, 조사에 참여한 연구진 각각의 사업 시행 여부에 대한 판단이 서로 다를 경우 이를 종합하여 집단적인 의사결정을 하는데 어려움이 있음
- 최근 타당성 조사는 이러한 어려움을 해소하고 사업의 타당성을 종합적으로 판단하기 위하여 다기준 분석기법의 하나인 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석을 적용하고 있음.
- AHP 분석이란 의사결정의 전과정을 다단계로 나눈 후, 단계별로 분석·해결함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 것을 지원하는 접근방법의 하나로 정성적 요소를 포함하는 다기준 의사결정(multi-criteria decision making)에 널리 사용되고 있으므로 AHP 분석은 다음과 같은 장점을 가지고 있음.
 - 첫째, AHP 분석은 평가항목간 위계, 항목간 가중치 및 항목별 평가결과를 조사하여 최종적인 평가점수를 구하는 과정에서 연구자의 평가근거를 제3자가 확인할 수 있으며 정성평가 과정에는 연구진의 주관적인 판단개입이 불가피하기 때문에 의사결정과정과 근거를 명확히 밝힘으로써 제3자가 의사결정의 합리성을 판단할 수 있도록 하는 것이 바람직함.
 - 둘째, AHP 분석과정에는 연구책임자뿐만 아니라 다른 연구진의 의견도 반영되게 되기 때문에 연구에 참여한 전문가 집단의 의사를 객관적으로 수렴하는 사회적 합의과정을 창출함으로써 주관적 판단의 오류를 줄일 수 있음.
 - 셋째, AHP 분석은 유사한 평가구조(평가항목과 항목간 위계)를 여러 가지 사업에 그리고 장기적으로 적용함으로써 사업간 평가결과를 상호 비교가능하게 함으로써 종합적 판단의 신뢰성을 높일 수 있음.

□ AHP 분석의 개요

- AHP 분석기법은 1970년대 초 Thomas Saaty 교수가 의사결정과정의 비능률을 개선하기 위하여 개발한 의사결정방법론인데 AHP 분석의 가장 큰 특징은 복잡한 문제를 계층화하여 주요 요인과 세부 요인들로 나누고, 이러한 요인들에 대한 쌍대비교(雙對比較: pairwise comparison)를 통해 가중치를 도출하며, 산정된 가중치의 일관성을 검증하여 의사결정의 강건성(robustness)을 제고하는 데 있음.
- 이 기법은 인간의 사고와 유사한 방법으로 문제를 분석하고 분해하여 구조화 할 수 있다는 점과 모형을 이용하여 상대적 중요도 또는 선호도를 체계적으로 비율척도(ratio scale)화 하여 정량적인 형태로 결과를 얻을 수 있다는 점에서 그 유용성을 인정받고 있으며 뿐만 아니라 간결한 적용절차에도 불구하고 척도선정, 가중치 산정절차, 민감

도 분석 등에 사용되는 각종 기법이 실증분석과 엄밀한 수리적 검증과정을 거쳐 채택된 방법들을 활용한다는 점에서 이론적으로 높게 평가되고 있음.

- AHP 분석은 그 적용분야에 있어서도 에너지 수급·수송계획, 고등교육에 관한 계획, 대통령 선거, 북아일랜드 분쟁해결, 환경정책수립 등 공공부문 의사결정문제와 IBM, GM, Xerox, 3M을 비롯한 수많은 민간부문의 의사결정 과정에 활용되고 있음.
- AHP 분석은 문제해결을 위한 효과적 인간사고는 다음과 같은 세 가지 원리가 지켜진다는 특징에 착안하여 개발된 의사결정 방법의 하나임.
 - 첫째, 계층적 구조의 설정(hierarchical structuring)의 원리. 인간은 복잡한 현상을 그 구성요소별로, 나아가 더 작은 부분으로 나누어 종국적으로 계층구조를 설정하여 사고하는 특징을 가지고 있다는 것인데 인간은 어떤 한 현상을 동질성을 가진 부분으로 나누고, 다시 보다 더 작은 부분으로 나눔으로써 보다 많은 정보를 문제의 구조화에 포함시켜 보다 완벽한 전체 시스템을 구성하여 효과적으로 사고할 수 있음.
 - 둘째, 상대적 중요성 설정(weighting)의 원리. 인간은 관측한 사물 사이의 관계를 인식하고, 유사한 사물들을 짝으로 묶어 특정 기준에 대비하여 비교하며, 짝을 이루는 구성인자 사이의 선호도를 판단하는 능력을 소유하므로 이러한 능력을 바탕으로 인간은 최종적으로 상상이나 논리적 과정을 통하여 그들이 내린 판단을 종합하여 전체 시스템에 대한 이해를 보다 강화할 수 있음.
 - 셋째, 논리적 일관성(consistency)의 원리. 인간은 사물이나 생각들을 논리적 일관성을 갖도록 관계를 설정하는 능력을 보유하고 있음. 여기서 일관성이라함은 유사한 사물이나 생각들을 동질성이나 관련성에 따라 묶는 것과 특정 기준이 있을 경우 생각이나 사물들의 관계의 강약을 그 기준에 따라 일관성 있게 구성하는 것을 의미함.

□ AHP 분석 절차

- AHP 분석은 일반적으로 브레인스토밍(brainstorming) → 계층구조 설정(structuring) → 가중치 산정(weighting) 및 일관성 검증(consistency test) → 평점(measurement) → 검토(feedback)단계로 구성됨.
- 브레인스토밍(brainstorming)
 - 브레인스토밍은 계층구조를 설정하기 위하여 평가의 목표를 명확히 하고 평가에 중요한 요인들을 도출하기 위하여 여러 사람이 참석하여 평가대상과 관련된 모든 항목과 대안을 열거하는 과정.
- 계층구조 설정(structuring)
 - 계층구조를 설정한다는 것은 해결하고자 하는 문제의 요소를 동질적인 집합으로 군집화하고 이 집합을 상이한 계층에 배열하는 것을 의미함. 이때 각 집합들을 수준(level)이라고 부르며 각 수준은 요소(element; 또는 평가항목)로 구성됨. 요소는 위 수준에서 식별된 요소들을 구체적으로 정의하고 설명하게 되는데 주로 기준이나 하위기준에 대한 정의 및 설명이 이루어짐.
 - AHP 분석에서는 문제의 속성을 최종목표와 최종목표에 영향을 미치는 관련 속성들을 계층적으로 세분화하여 계층을 구성함. 최상위 수준은 문제의 궁극적인 목표를 나타내

고 제1수준은 최종목표에 영향을 미치는 평가기준을 나타내며 제2수준은 제1수준에 영향을 미치는 세부 평가기준을 나타냄. 이러한 과정을 반복하여 문제의 속성을 계층적으로 분화해 가면서, 마지막으로 최하위 수준에는 평가 대안들이 존재함.

○ 가중치 산정(weighting)

- AHP 분석의 가중치 산정은 평가항목간 상대적 중요도 또는 선호도를 나타내는 쌍대 비교를 통하여 이루어짐. 쌍대비교 과정은 평가자의 판단을 어의적인 표현으로 나타내고 이에 상응하는 적절한 수치를 부여하는 과정으로 구성됨. 쌍대비교를 통한 상대적인 평가를 위해서는 신뢰할 만한 평가척도가 필요함.
- 이때 사용되는 척도는 인간이 느낄 수 있는 차이를 최대한으로 반영할 수 있는 범위로 정하여야 함. AHP 분석에서는 인지심리학 분야의 연구결과에 기초하여 9점 척도를 기본형으로 이용하고 있음.
- 쌍대비교를 통하여 두 요소간 상대적 중요도의 측정결과를 종합하여 요소들간 상대적 가중치를 추정함. 의사결정자가 한 수준에서 n 개의 평가항목에 대해 nC_2 회의 쌍대비교를 수행하면 실제적인 상대적 가중치를 알 수 있고, 이를 이용하여 아래의 쌍대비교 행렬 $A_{n \times n}$ 을 구성할 수 있음.

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & & & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

- 이때 행렬 A를 구성하는 a_{ij} 는 요소 j에 대한 요소 i의 상대적 가중치 w_i/w_j 의 추정치이며 행렬 A는 $a_{ji} = 1/a_{ij}$, 주대각선의 원소(element) 값이 모두 1이 되는 성질을 가진 역수행렬(reciprocal matrix)임. 행렬 A에 평가항목간 상대적 중요도를 나타내는 가중치인 열벡터 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 를 곱하게 되면 식 (1)의 관계를 가짐.

$$\begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & & & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$A \cdot w = n \cdot w \quad \dots\dots\dots(2)$$

- 여기서 n 은 행렬 A의 최대 고유치(maximum eigenvalue)이며 행(또는 열)의 수이며 식 (2)는 n 개의 연립방정식 체계에서 non-zero해를 구하는 고유치 문제 (eigenvalue problem)이고 식 (2)로부터 w 의 해를 구한 값을 평가항목별 가중치 벡터로 사용임.

○ 일관성 검증

- 쌍대비교에 의하여 행렬 A를 얻는 방법은 각 열의 요소의 중요도를 1을 기준으로 한 후 대각선 상위에 있는 요소들의 상대적인 중요도를 결정함. 만약에 쌍대비교에 의해서 얻어진 행렬 A의 원 a_{ij} 가 각각 w_i/w_j 의 값을 갖는다면 기수적 일관성, 즉 $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$

$k = aik$ 가 성립되어야 한다. $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$ 의 의미는 i 를 j 보다 x 배 중요하게 생각하고, j 를 k 보다 y 배 중요하게 생각한다면 i 를 k 보다 $x \times y$ 배 중요하게 평가한다는 것임. 그러나 쌍대비교에 대한 응답이 완전한 일관성을 유지하지 않을 경우 응답의 신뢰성에 문제가 발생할 수 있기 때문에 실제 응답에 있어서는 이러한 일관성이 완전히 지켜지기 어렵기 때문에 행렬 A 의 기수적 일관성을 검증하는 과정이 필요함.

- AHP 분석에서는 응답일관성 정도를 ‘비일관성 비율’로 나타냄, 비일관성 비율이 0의 값을 갖는다는 것은 응답자가 완전한 일관성을 유지하며 쌍대비교를 수행하였음을 의미함. Saaty는 비일관성 비율이 0.1미만이면 쌍대비교는 합리적인 일관성을 갖는 것으로 판단하고, 0.2미만일 경우 용납할 수 있는 수준의 비일관성을 갖고 있으나, 0.2이상이면 일관성이 부족하여 재조사가 필요하다고 제안함. 본 연구에서는 비일관성 비율의 최대 허용치를 0.15로 설정하고 비일관성 비율이 0.15를 초과하는 응답자에 대해서는 검토(feedback) 과정을 통하여 일관성을 높이도록 하였음.

○ 집단의 상대적 가중치 산정

- 의사결정자가 다수인 경우 개인들의 의견을 종합하는 절차는 기본적으로 개인 의사결정과 동일함. 다만 개인별로 얻어진 쌍대비교 행렬을 종합하여 분석하는 추가적인 절차를 거친다는 차이점이 있음. 개인별 쌍대비교 행렬을 종합하는 데는 다음과 같은 두 가지 방법이 있음.
 - 첫째, 개인별 쌍대비교 행렬에서 개인별 가중치벡터를 구하는 과정을 완료한 이후, 이 벡터값을 산술평균하여 최종적으로 집단의 가중치벡터를 구하는 방법.
 - 둘째, 개인별 쌍대비교의 결과를 기하평균(geometric mean)을 이용하여 집단 쌍대비교 행렬을 구한 후 집단의 가중치 벡터를 산정하는 방법.
 - 첫 번째 방법은 두 번째 방법에 비하여 개별 전문가의 판단을 중시하는 방식.
 - 두 번째 방법은 의사결정에 관한 경험적인 자료나 선행연구가 부족하거나 이에 대한 정보가 부족한 경우의 의사결정에 활용.
 - 양자의 방법 가운데 실제 어느 방법이 적절한가에 대해서는 아직도 이론적으로 검증되어야 할 부분들이 많이 남아있음.

○ 평점(measurement)

- 평점은 각 평가요소를 기준으로 대안에 대한 선호도나 중요도를 점수로 부여하는 과정이며 평가요소별 평점결과를 평가요소에 대한 가중치에 곱하여 더한 값이 대안별 종합평점이 됨. 의사결정자는 높은 종합평점을 받은 대안을 우선순위가 높은 대안으로 선택함.

○ 검토과정(feedback)

- 검토과정은 AHP 분석의 유용성을 높이는 또 하나의 특성인데 검토과정의 주안점은 응답일관성이 낮은 응답자에게 비일관성에 관한 정보를 제공하여 의사결정을 다시 수행하도록 함으로써 의사결정의 비일관성을 줄여나가는데 있음. 만약 의사결정자가 형식화된 질문에 적절하게 응답하지 못한다면 AHP 분석의 계층구조를 재고하여야함. 계층구조를 형성하고 있는 각 요소들의 정의 및 설명이 잘못된 경우에도 마찬가지로 불일치 정도가 심하고 검토과정에서도 일관성이 개선되지 않는다면 평가항목들의 계

층적 구조를 다시 구성하거나 수준과 요소의 개념을 재정의 및 재설명한 후 AHP 설문을 다시 수행함.

□ AHP에 의한 다중속성 분석결과

- AHP 기법을 적용하여 영농형태양광 대책평가 지표의 상대적 중요도인 가중치를 도출한 결과, 학계 및 실무 전문가 전체 의견은 4개 대분류 중 환경측면을 0.320으로 가장 중요하게 평가하였으며, 그 다음으로는 경제성 0.300, 농가수용성 0.205, 정책측면 0.175의 순으로 분석되었음.
- 영농형 태양광 대책 평가의 개별 평가지표들에 대해서는 경관훼손(0.148), 중금속 오염(0.124), 전력판매소득(0.122), 농업소득(0.107), 정책자금 지원(0.096) 등이 가장 중요한 속성으로 평가되었음. 즉 전문가들은 영농형 태양광과 관련하여 상대적으로 환경측면에 대하여 보다 높은 우선순위를 부여하고 있다는 것을 알 수 있음.

<표 107> 영농형 태양광에 대한 우선순위(전체 평가)

대책평가의 지표		대분류 중요도	중분류 중요도	순위
대분류	지표			
정책측면	농지제도	0.175	0.059	10
	영농지속성		0.065	9
	한국형FIT 제도		0.051	11
경제성	고정 및 운영비용	0.300	0.071	7
	전력판매소득		0.122	3
	농업소득		0.107	4
환경측면	중금속 오염	0.320	0.124	2
	경관훼손		0.128	1
	폐기물 처리		0.068	8
농가수용성	정책자금 지원	0.205	0.096	5
	인허가 절차 간소화		0.036	12
	협동조합 등 이익공유 체계 도입		0.074	6

나) 영농형 태양광 정책 사업에 대한 이슈

(가) 농지법 관련 이슈

□ 농촌태양광 관련 법령

- 농촌 태양광 관련 법령으로는 신재생에너지법, 농지법, 산지법, 한국농어촌공사 및 농지관리기금법 등이 있음
- 신재생에너지법의 목적과 주요 내용
 - 목적 : 신에너지 및 재생에너지의 기술개발 및 이용·보급 촉진, 신재생에너지 산업의 활성화를 통해 에너지원 다양화, 안정적 공급, 환경친화적 전환 및 온실가스 배출의 감소를 달성
 - 주요 내용 : 시책과 장려, 관련계획의 수립, 신재생에너지의 이용 및 공급의무화, 신재생에너지 공급인증서, 공급인증기관 관련, 품질검사관련, 보급사업, 주민참여, 기술의

사업화, 인력 육성, 신재생에너지센터 등

○ 농지법의 목적과 주요 내용

- 목적 : 농지의 소유·이용 및 보전에 필요한 사항 규정, 농지의 효율적 이용과 관리, 농업인의 경영안정과 농업생산성 향상 도모
- 주요 내용 : 총칙, 농지의 소유, 농지의 이용(농지의 이용 증진, 농지의 임대차 등), 농지의 보전 등(농업진흥지역의 지정과 운용, 농지의 전용, 농지대장)

○ 산지법의 목적과 주요 내용

- 목적 : 산지의 합리적 보전과 이용, 임업의 발전과 산림의 공익적 기능 증진 도모
- 주요 내용 : 총칙, 산지의 보전(관련계획 수립과 조사, 보전산지에서 행위제한, 산지전용허가, 산지관리위원회), 토석채취 등(토석채취, 석재 및 토사의 매각), 재해 방지 및 복구 등

○ 한국농어촌공사 및 농지관리기금법

- 목적 : 농어촌정비사업과 농지은행사업 시행, 농업기반시설의 종합관리, 농업인의 영농 규모 적정화 촉진 등
- 주요 내용 : 총칙, 한국농어촌공사(설립, 사업, 채무), 농지관리기금 등

□ 농촌태양광 관련 상위계획

- 농촌태양광 관련 주요 상위 계획은 「농촌지역 태양광 보급 확대방안(2016.12.)」, 「재생에너지 3020 이행계획(2017.12.)」, 「농촌 태양광사업 추진방향(2018.11.)」 등이 있음

<표 108> 농촌태양광 관련 상위계획

구 분	주요 내용
농촌지역 태양광 보급 확대방안(16. 12)	<ul style="list-style-type: none"> · 농가소득 증진과 신재생에너지 보급확대 · 2020년까지 농촌(농가) 태양광 1만호 추진 · (지원체계 강화) 농협이 농민들의 태양광조합 구성, 시공업체 선정, A/S 등 전주기 지원 · (인센티브 강화) 농촌태양광 사업에 대한 전력판매 우대, REC 가중치 상향, 금융지원 등 추진
재생에너지 3020 이행계획(17.12)	<ul style="list-style-type: none"> · 2030년까지 농촌지역 태양광발전 10.0GW 보급 · 농업인 참여 활성화 : 농업진흥지역 외 농지, 염해간척지(농업진흥구역 내) 등에 태양광 설치 활성화 · 농사와 태양광 발전을 병행하는 영농형 태양광 모델 신규 도입
농촌 태양광사업 추진방향(18.11)	<ul style="list-style-type: none"> · 2030년까지 농촌태양광 10GW(1.5ha) 보급 · 영농형, 마을단위 태양광 등 농업인 소득을 높이는 참여형 농촌 태양광 추진 · 수상태양광은 저수지 본래기능 유지, 주민동의, 경관유지, 환경·안전이 확보된 지구를 중심으로 추진

□ 태양광 관련 중앙정부 및 지자체 조례

○ 지자체 태양광 발전시설 이격거리 관련 문제

- 태양광발전시설 관련 지자체별 이격거리 규정이 과도하여 이로 인해 지자체를 상대로 행정소송이 제기되어 상당수는 패소함. 이에 따라 산업통상자원부는 태양광발전시설 관련 지자체 이격거리 기준을 설정·운영하지 않는 것으로 가이드라인을 제정함

- 산업통상자원부 태양광발전시설 입지 가이드 라인 내용
 - 목적 : 태양광발전시설을 토지에 설치하는 것과 관련한 규제를 체계적으로 정비하여 태양광발전 시설의 보급 및 확산을 촉진.
 - 기본원칙 : 지방자치단체장은 태양광발전시설에 대한 이격거리 기준을 설정·운영하지 아니함.
 - 예외 : 지방자치단체장은 태양광발전시설에 대해 객관적 필요성이 인정되고, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 필요 최소한의 범위에서 이격거리(태양광발전 시설로부터 직선거리로 계산함) 기준을 설정·운영할 수 있음. 다만, 이격거리는 최대 100m를 초과할 수 없음.
 - 가. 10호이상 주민이 거주하는 주거밀집지역으로부터 이격거리를 두는 경우. 다만, 이 경우에도 해당 주민들이 동의하는 경우에는 태양광발전시설을 허용할 수 있음.
 - 나. 도로(도로법상 도로에 국한)로부터 이격거리를 두는 경우. 다만, 이 경우 왕복 2차로이상의 포장도로로 한정함.
 - 다. 문화재 등 기타 시설물로부터 이격거리를 두는 경우.
- 지자체별 개발행위허가 및 태양광발전 관련 조례
 - 산업통상자원부 가이드라인과 별개로 다수의 지방자치정부에서는 태양광발전 관련 조례를 제정하고 있으며, 기존 개발행위허가 조례와 연계하여 운영하고 있음. 모든 지자체가 태양광발전 관련 개발행위허가 조례를 제정·운영하고 있지는 않음.

〈표 109〉 지자체별 개발행위허가 기준 및 태양광발전 관련 규정

지 역	규정 내용
진주시	1. 경사도 12도미만 2. 도로로부터 50m미만
논산시	1. 태양광시설은 경사도 15도미만 2. 도로로부터 표고 50m미만, 비오톱 I-II등급 3. 보전용도지역(보전, 생산, 농림)은 용도지역 지정목적에 부적합하고 난개발 우려가 있을 경우 불허
합천군	1. 태양광시설은 경사도 15도미만 2. 도로로부터 표고 50m미만 3. 비오톱 I-II등급
청송군	1. 경사도 18도미만 2. 도로로부터 표고 50m미만
거창군	1. 경사도 18도미만 2. 도로로부터 표고 50m미만 3. 비오톱 I-II등급
양구군	1. 수목이 우건진 산림 보호 필요 지역, 경관보존 필요 지역
태안군	5영급 산림이상 지역은 보전 태양광시설은 토사 반출량이 없어야 함

(나) 영농형 태양광 관련 농지법 사항과 개정안

□ 현행 농지법의 태양광 설치 관련 사항

- 농촌형 및 영농형 태양광 설치 가능 농지²²⁾ : 농업보호구역 및 농업진흥지역 밖(한계

22) 농업진흥구역 : 농지조성사업 또는 농업기반정비사업이 시행되었거나 시행 중인 지역으로서 농업용으로 이용하고 있거나 이용할 토지가 집단화되어 있는 지역
· 농업보호구역 : 농업진흥구역의 용수원 확보, 수질 보전 등 농업환경을 보호하기 위하여 필요한 지역

농지)으로 한정되며, 농지전용 후 설치 가능

- 농지전용 없이 설치 가능한 지역 : 농업진흥구역 내 염해간척지이며, 농업보호구역은 타용도 일시사용허가를 받을 경우 설치가 가능함
 - (허가기간 : 농지법 시행령 제38조 제1항 제1호) 태양에너지 발전설비의 경우 5년 이내
 - (연장 : 농지법 시행령 제38조 제2항 제1호) 태양에너지 발전설비의 경우 18년 연장 가능하며, 이 경우 1회 연장기간은 3년을 초과할 수 없음

〈표 110〉 농촌태양광 설치 가능 농지

농지 구분		농지전용 후 설치	농지전용 없이 설치
농업진흥구역	농업진흥구역	불가능	염해간척지만 가능
	농업보호구역	가능	타용도 일시사용허가 5년
농업진흥지역 밖(한계농지)		가능	불가능

자료 : 여기봉(2021. 2. 8) 수정

□ 위성곤의원 대표발의안(2021. 3. 12)

- 발의안 제목
 - 「농업인 영농형 태양광 발전사업 지원에 관한 법률안」
- 제안 목적
 - 농업인 영농형 태양광 발전사업모델에 대한 법적 근거 마련을 위한 특별법 제정
- 주요 내용
 - 제안목적(안 제1조), 다른 법률과의 관계(안 제3조), 인·허가 관련(안 제10조), 지원시책(안 제11조 및 제12조), 재정적 지원 및 송·배전 시설 지원(안 제12조-제14조), 부정처벌(안 제16조), 과태료부과(안 17조)
- 주요 쟁점 사항 : 설치농지 대상과 타용도 일시사용허가 내용
 - 설치농지 대상 : 농업진흥구역 밖(한계농지)
 - 타용도 일시사용허가 내용 : 허가기간은 23년으로 함

□ 김정호의원 대표발의안(2021. 1. 21)

- 발의안 제목
 - 「농지법 일부개정법률안」
- 제안 목적
 - 농지의 전용 또는 타용도 일시사용과는 구별되는 「농지의 복합이용」 개념을 도입, 농업진흥구역으로 지정되지 않은 자경(自耕) 농지에 대해서만 복합이용을 허용함으로써 영농형 태양광 사업의 본격적인 보급확산을 위한 법적·제도적 장치 마련
- 주요 내용
 - 제2조(정의)에 “8. 농지의 복합이용” 신설, 제36조의3(농지의 복합이용허가) 신설
- 주요 쟁점 사항 : 설치 농지 대상
 - 설치농지 대상 : 농업진흥구역 밖 자경농지에 한해 영농형 태양광 사업의 복합이용을 허용

□ 김승남의원 대표발의안(2021. 1. 11).

○ 발의안 제목

- 「농지법 일부개정법률안」

○ 제안 목적

- 농업진흥구역내에 영농형 태양광 시설을 설치하는 행위를 예외적으로 허용하고, 타용도 일시사용허가 기간을 20년으로 하도록 하여 영농형 태양광발전사업을 촉진

○ 주요 내용

- 제2조(정의)에 8호 신설(영농태양광 시설), 제32조제1항에 제9호(본인 소유 농지에 형질변경없이 영농태양광 시설 설치)와 제10호(영농태양광 시설 시범단지 조성) 신설, 제36조제4호(태양에너지 발전설비)에 기간을 20년 이내로 함

○ 주요 쟁점 사항 : 설치 농지 대상과 타용도 일시사용허가

- 설치농지 대상 : 농업진흥구역
- 타용도 일시사용허가 : 20년 이내

□ 박정의의원 대표발의안(2020. 6. 1)

○ 발의안 제목

- 「농지법 일부개정법률안」

○ 제안 목적

- 농업진흥구역내에 영농형 태양광 발전시설을 설치하는 경우, 한시적으로 농지를 타용도로 일시사용할 수 있도록 하여 농업진흥구역의 농지 훼손을 최소화하면서 효율적인 국토 이용을 촉진

○ 주요 내용

- 제32조제1항(농업진흥구역에서 행위 제한)에 제10호(영농형 태양광 설비의 설치) 신설, 제36조제1항(타용도 일시사용허가 등)에 제5호(농지의 타용도 일시사용기간은 10년 이내로 하되, 10년을 초과하지 아니하는 범위에서 연장할 수 있다) 신설

○ 주요 쟁점 사항 : 설치 농지 대상과 타용도 일시사용허가

- 설치농지 대상 : 농업진흥구역
- 타용도 일시사용허가 : 10년이내로 하되, 10년을 초과하지 아니하는 범위에서 연장

〈표 111〉 영농형 태양광 관련 국회 특별법 및 농지법 개정안 현황

대표발의자 및 발의연월일	발의안 제목	제안목적	주요내용		우려 사항
			대상 농지	타용도 일시 사용 허가	
위성곤 (2021. 3. 2)	농업인 영농형 태양광 발전사업 지원에 관한 법률안	농업인 영농형 태양광 발 전사업모델에 대한 법적 근거 마련을 위한 특별법 제정	농업진흥 구역 밖	23년	농업진흥구역 밖의 농지전용 을 억제하고 감 소시키는 효과 는 있으나, 농 지 훼손 및 농 업생산성 하락 우려
김정호 (2021. 1. 21)	농지법 일부개정 법률안	농지의 복합이용 개념을 도입하여 영농형 태양광 사업의 본격적인 보급확 산을 위한 법적·제도적 장치 마련	농업진흥 구역 밖 자경농지	-	농업진흥구역 내 농지 훼손 및 농업생산성 하락 우려
김승남 (2021. 1. 11)	농지법 일부개정 법률안	농업진흥구역내 영농형 태양광 시설 설치의 허용 과 타용도 일시사용허가 기간을 20년으로 하도록 하여 영농형 태양광사업 을 촉진	농업진흥 구역	20년 이내	농업진흥구역 내 농지 훼손 및 농업생산성 하락 우려
박정 (2020. 6. 1)	농지법 일부개정 법률안	농업진흥구역내 영농형 태양광 시설을 설치할 경 우, 타용도 일시사용허가 를 연장하여 농지 훼손 의 최소화 및 효율적 국 토 이용 촉진	농업진흥 구역	10년 이내(추가 10년내에서 연장 가능)	농업진흥구역 내 농지 훼손 및 농업생산성 하락 우려

자료 : 법령정보센터, 해당 자료를 바탕으로 제작성

□ 복합이용 및 타용도 일시허가

- 농업진흥구역 밖 자경농지에 한해 영농형 태양광 사업의 복합이용을 허용
 - 농지전용 없이 태양광 시설을 설치 가능하기 때문에 사업 추진 용이
 - 전력수입이 높을 경우 농지활용이 낮아질 우려가 있음
 - 부채지주가 태양광 사업을 위해 자경+태양광사업을 추진할 경우 임차인의 농지사용 제약
 - 임차인의 비중이 높은 현실에서 20년 간 태양광 시설 설치에 대한 임대인의 동의가 어려움

□ 농지법 개정 검토 필요

- 현재 태양광 성능 보증은 25년이상인 대다수임. 또한 RE100을 위해 발전소를 확보하려
는 기업들의 경우 사실상 반영구적인 재생에너지 전력 확보가 필요한 상황임.
 - 하지만 현재 농업진흥구역 또는 농업보호구역 등은 농지법에 의해 일시사용허가 기한이
제한되어 있고, 계류중인 법안 역시 일시사용허가 기한이 성능보증 기간에 비해 짧음.
 - 국가적으로도 우수 입지에 리파워링²³⁾을 통해 재생전력을 지속적으로 확보하는 것이

효율적임을 고려하면, 일시사용허가는 태양광 발전 사업에 커다란 규제적 요소임.

- 따라서 해당 부지의 사회적 가치나 용도의 우선순위에 대한 지대한 변화가 없는 한 계속 사용을 장려하는 것이 바람직하다고 판단됨.

[농지법]

제32조(용도구역에서의 행위 제한) ①농업진흥구역에서는 농업 생산 또는 농지 개량과 직접적으로 관련 되지 아니한 토지이용행위를 할 수 없다. 다만, 다음 각 호의 토지이용행위는 그러하지 아니하다.

- 1. 대통령령으로 정하는 농수산물의 가공·처리 시설의 설치 및 농수산업 관련 시험·연구 시설의 설치
- 9. 농어촌 소득원 개발 등 농어촌 발전에 필요한 시설로서 대통령령으로 정하는 시설의 설치

②농업보호구역에서는 다음 각 호 외의 토지이용행위를 할 수 없다.

- 2. 농업인 소득 증대에 필요한 시설로서 대통령령으로 정하는 건축물·공작물, 그 밖의 시설의 설치

제34조(농지의 전용허가·협의) ①농지를 전용하려는 자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 외에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 농림축산식품부 장관의 허가를 받아야 한다. 허가받은 농지의 면적 또는 경계 등 대통령령으로 정하는 중요 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

제36조(농지의 타용도 일시사용허가 등) ②시장·군수 또는 자치기구청장은 주무부 장관이나 지방자치단체의장이 다른 법률에 따른 사업 또는 사업 계획 등의 인가·허가 또는 승인 등과 관련하여 농지의 타용도 일시사용 협의를 요청하면, 그 인가·허가 또는 승인 등을 할 때에 해당 사업을 시행하려는 자에게 일정기간 그 농지를 사용한 후 농지로 복구한다는 조건을 붙일 것을 전제로 협의할 수 있다.

제37조(농지전용허가 등의 제한) ①농림축산식품부 장관은 제34조제1항에 따른 농지전용허가를 결정할 경우 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설의 부지로 사용하려는 농지는 전용을 허가할 수 없다. 다만, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따른 도시지역·계획관리지역 및 개발진흥지구에 있는 농지는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설의 부지로 사용하더라도 전용을 허가할 수 있다.

- 3. 농업의 진흥이나 농지의 보전을 해칠 우려가 있는 시설로서 대통령령으로 정하는 시설

「농지법 시행령」

제29조(농업진흥구역에서 할 수 있는 행위) ②법 제32조제1항제1호에서 “대통령령으로 정하는 농수산물(농산물·임산물·축산물·수산물을 말한다. 이하 같다)의 가공·처리 시설 및 농수산업(농업·임업·축산업·수산업을 말한다. 이하 같다) 관련 시험·연구 시설”이란 다음 각 호의 시설을 말한다.

- 3. 농수산업 관련 시험·연구 시설: 육종연구를 위한 농수산업에 관한 시험·연구 시설로서 그 부지의 총면적이 3천제곱미터미만인 시설
- ⑦법 제32조제1항제9호에서 “농어촌 발전에 필요한 시설로서 대통령령으로 정하는 시설”이란 다음 각 호의 시설을 말한다.

7. 「전기사업법」 제2조제1호의 전기사업을 영위하기 위한 목적으로 설치하는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조제2호가목에 따른 태양에너지를 이용하는 발전설비(이하 “태양에너지 발전설비”라 한다)로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 발전설비

가. 건축물(「건축법」 제11조 또는 같은 법 제14조에 따라 건축허가를 받거나 건축신고를 한 건축물만 해당한다) 지붕에 설치하는 태양에너지 발전설비(해당 설비에서 생산한 전기를 처리하기 위하여 인근 부지에 설치하는 부속설비를 포함한다. 이하 같다)

나. 국가, 지방자치단체 또는 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관이 소유한 건축물 지붕 또는 시설물에 설치하는 태양에너지 발전설비

제30조(농업보호구역에서 할 수 있는 행위) ①법 제32조제2항제2호에서 “농업인 소득 증대에 필요한 시설로서 대통령령으로 정하는 건축물·공작물, 그 밖의 시설”이란 다음 각 호의 시설을 말한다.

- 3. 태양에너지 발전설비로서 농업보호구역 안의 부지 면적이 1만제곱미터미만인 것

23) 리파워링이란 노후 발전소 및 수명도래에 따라 발전효율이 현저히 떨어지는 발전소를 철거하고 재설치하여 신규 발전소를 설치하는 사업을 의미함.

(나) 환경적 이슈

- 영농형태양광의 패널 및 구조물에 따른 토양 오염 및 농산물 중금속 방지 문제
 - 농식품안전성에 대한 관심 고조로 토양 및 농산물 중금속 잔류 문제 검토 필요
 - 토양의 중금속 오염 및 대조구토양 대비 중금속은 기준치 이하로 검출
 - 환경오염 문제는 심각하지 않으나 장기적 측면에서 안전성 기준 필요
- 태양광 구조물에 따른 경관훼손 최소화 문제
 - 경관은 심미적 요인이므로 객관적 기준을 설정하는데 어려움이 존재
 - 농촌관광 및 귀농귀촌인구의 증대로 농촌경관에 대한 관심도 증가
 - 패널 간격 및 구조물 설치시경관요소 고려 필요

□ 영농형태양광 확산과 관련 국내 산업 확대 방안 제시

- 농업용수 및 농경지 중금속 오염의 최소화를 위한 가이드라인 마련
- 태양광 모듈 KS(KS C 8561) 기준 사례
 - 태양광 모듈을 선정하는데 있어 출력과 함께 고려해야 할 요소는 모듈의 효율이며, 정부는 2020년부터 태양광 모듈 17.5% 최저효율제를 도입하여 시행중임.
 - 수상 태양광 환경성 기준 강화: 납 함량 기준을 기존 수상 태양광 모듈의 0.1%보다 20배 강화된 0.005%로 설정
 - 0.005% 함량은 현재 태양광 기술수준에서의 납 최저 사용량으로, 20kg 모듈 1장에 납 1g이 사용되었다는 의미
- 수상 태양광 기준을 준용하여 납 함량 기준(0.005%) 가이드라인 제시

□ 중금속 오염

- 중금속 오염 이슈를 살펴보면, 태양광 폐패널로부터 중금속이 용출된 실험결과를 보고한 사례는 없는 것으로 판단됨. (사공정희·장창석, 2020; 신동원 외, 2021; 조지혜 외, 2018)
 - 하지만 태양광 폐패널은 기준치이상의 중금속 성분을 함유하고 있는 것으로 조사되었음. (조지혜 외, 2018).
- 태양광 폐패널은 중금속을 포함하여 환경오염을 유발할 것이라는 우려는 주민 수용성을 저해하여 영농형 태양광 보급에 부정적인 영향을 미칠 수 있음.
 - 태양광 폐패널 증가추세에 반하여, 재활용 시설이 부족하여 재처리되지 않고 매립되어 향후 폐패널의 처리 문제가 환경오염 문제로 부상할 것이라고 주장하는 의견이 존재함.²⁴⁾
 - 태양광 폐패널은 중금속을 포함하여 심각한 환경오염을 유발한 우려가 크다는 우려가 있음.²⁵⁾
 - 태양광 패널로 인한 중금속 오염이 발생한 사례는 없었음을 적극 홍보하여 주민 불안을 완화할 수 있는 노력이 필요함. 또한 김연중 외 (2018)에서 제안한 바와 같이 태양광 패널의 제조업체가 다양한 점을 감안하여, 폐패널 성분분석 및 용출결과 실험 등을 통해 지속적인 모니터링이 필요함.

24) 연합뉴스 (2020.10.05.)

25) 연합뉴스 (2020.10.05.)

- 정부도 이와 같은 상황은 인지하고 있으며, 산업통상자원부는 보도자료를 통해 폐패널 재처리와 중금속 오염에 대한 우려를 불식시키려는 취지로 다음과 같이 설명하였음.²⁶⁾
 - 2021년 준공된 진천 재활용센터를 통해 2022년 이후 9,700톤 규모의 폐모듈 처리가 가능하며, 이는 2027년 이전까지 최대 규모로 발생할 것으로 예상되는 연간 9,665톤 보다 큼.
 - 2023년 생산자책임회용 제도가 시행되어 태양광 패널 공급자 (생산 및 수입)에게 폐패널 재활용에 대한 의무가 부여되며, 재활용 시설에 대한 확대가 예상됨.
 - 마지막으로 국내 설치되고 있는 태양광 모듈은 결정질 실리콘계 모듈로서 유해 중금속을 포함하지 않는다고 확인하였음.
- 중금속 오염에 대한 우려를 근본적으로 불식시키기 위해서는 태양광 폐패널의 회수부터 재처리까지의 과정이 투명하게 관리되어야 함.
 - 조지혜 외 (2018)은 다섯 가지 측면에서 개선방안을 제안하였음.
 - 태양광 폐패널의 회수 및 적정 처리를 위한 재사용/재활용체계 구축 (통계관리 포함)
 - 재사용 인증기준 마련을 통한 국내에서의 재사용 촉진 필요
 - 철거사업자에 대한 정의 및 자격 요건 검토 필요
 - 저비용 재활용기술 개발 지원(해체 용이성 등) 필요
 - 철거·재사용·재활용을 위한 안전 지침 마련 필요

□ 경관훼손 및 입지규제

- 자연경관 훼손이 태양광 보급반대의 주요 이유임에도 이에 대한 정량적인 평가 방법이 미비하고, 체계적인 법적 기준이 부족한 현실임.
 - 현재 지자체들은 이격거리 규제를 통해 자연경관 훼손 문제에 대응하고 있는데, 이는 영농형 태양광의 보급 잠재량에 큰 영향을 미칠 수 있음.
 - 지자체별로 상이한 이격거리도 규제의 합리성에 대해 의문을 제기함. 일관적이지 못한 이격거리 규제는 규제 대상인 발전사업자와 수혜자인 지역주민들의 수용성이 부정적인 영향을 미칠 수 있음.
 - 따라서 영농형 태양광 보급 잠재량을 증대시킴과 동시에 주민 수용성을 제고할 수 있도록 경관훼손에 대한 정량적 지표와 입지규제에 대한 일관적인 가이드라인이 필요함.
 - 그리고 태양광 설치로 인한 생태 및 경관 피해를 정량적으로 분석한 연구가 부족하므로, 환경적 영향에 대하여 평가할 수 있는 정량적인 기준이 수립된다면 입지선정에 대한 기준 역시 마련될 수 있을 것이라고 기대함(신동원 외, 2021).
 - 영농형 태양광은 주로 평지나 완경사 농지에 태양광 발전 시설을 설치하는 경우일 것으로 판단됨. 이 경우 태양광 발전 반대 민원 중 경관훼손에 대한 사항은 2~3m 높이의 차폐림 조성을 통하여 회피하거나 저감 할 수 있을 것으로 예상됨(김연중 외 2018).

(다) 식량안보 이슈

- 영농의 지속가능성 검토 기준 설정 : 생산량 측면
 - 일정이상의 농작물 생산성 유지 기준 : 일본 80%, 독일 66% 유지

26) 산업통상자원부 보도자료 (2020.10.05.)

- 작목전환 : 태양광 설치 이후 작목 변경시 사전 승인제도 도입
- 유휴농지는 작목 제한 예외
- 토양검정을 통한 영농의 지속가능성 검토 : 투입 측면
 - 토양검정사업을 통해 양분의 변화 추이
 - 양분투입을 통한 영농활동 평가
- 생산량 및 생산요소 투입 측면의 평가 방식
 - 조사방식 및 조사기관 : 3개년 또는 5개년 평균 개념
 - 대조구설정 문제
 - 영농형태양광 하부 재배농가가 신고하되, 공인기관이 검증하는 방식 도입
- 구조물 설치에 따른 농지면적 감소 최소화
 - 구조물 설치 면적이 영농형태양광 면적의 10% 이하
 - 농업생산 및 농지를 이용하는 태양광 관련 시설 최소화

□ 식량 안보 관련 부정적 영향 대응

- 농업진흥구역 외에 한정해서 영농형태양광을 도입할 경우, 쌀 이외 타작물 재배지역일 가능성이 높는데, 이에 대한 쌀 외 식량자급을 제고에 부정적 영향을 미칠 수 있다는 의견에 대한 대응 논리 제시
- 벼 이외 밭작물의 생산성 감소에 따른 식량안보 위협
 - 유휴농지에 영농을 조건으로 영농형 태양광 허용
 - 생산성 감소율이 낮은 작목(녹차, 생강 등) 우선
 - 현재 단작재배 지역이 이모작으로 전환할 경우
 - 농업 생산성을 전력발전가격과 연동하여 농업생산활동에 대한 인센티브
 - 생산성 수준별 REC 가중치 조정(예, 생산성이 95% 유지시 REC 가중치 1.3)

□ 적정 감수율 설정

- 농작물 수확량 감소에 대한 이슈는 기술적 이슈와 밀접하게 연관되어 있음. 태양광 발전시설의 구조물 설치에 따른 농지 이용 제한이나 차광효과 등으로 인하여 직접적으로 농작물 수확량에 영향을 미칠 수 있기 때문임.
 - 현재 국내에서 실증사업 중인 영농형 태양광의 경우 수확 감소율을 최대 20%가 넘지 않도록 하는 목표가 있음. 따라서 태양광의 설치도 해당 목표를 달성할 수 있는 상황을 먼저 고려한 후 최적 태양광 발전을 위한 시스템을 분석하고 설치함.
 - 향후 기술개발에 따라 감수율 문제는 점차 개선될 것이라고 기대할 수 있음. 그리고 이 과정에서 지역별, 작물별 특성을 고려한 영농형 태양광 시스템을 개발할 필요가 있음.
 - 농지 내 수분, 온도 변화, 풍량, 일사량 등의 환경인자에 대한 대상 작물의 표준 재배기술이 개발된다면 농업 생산성이 개선될 여지가 충분하다고 판단됨.
- 또한 발전효율 개선, 전력 판매가격, 또는 농산물 가격 등에 의해서도 감내할 수 있는 수준의 감수율이 결정될 것이므로 농업 생산성 문제는 경제성 문제와도 밀접하게 연관되어 있음.

(라) 주민수용성 제고 이슈

- 농업인 및 지역주민 참여방안 마련
 - 협동조합, 영농조합법인 등 공동참여 방안
 - 마을(읍,면) 단위 영농사업 등과 연계
- 정책자금 융자조건 개선
 - 영농 생산성과 연계한 이자율 방식 : 목표 생산성 초과달성시 이자율 인하
 - 상환기간 : 최대한 20년으로 연장
- 영농활동을 위한 설비 규격
 - 벼 재배 : 트랙터, 이앙기 등 농기계 작업 고려
 - 포도 재배 : 비가림시설의 규격 고려
 - 기동높이(중방높이) : 최소 3.0m이상

□ 수용성 제고 방안

- 환경오염에 대한 우려는 각종 선행연구에서 우려할만한 수준이 아니라는 연구결과가 나오고 있음에도 이에 대한 홍보가 부족한 것으로 판단됨.
 - 따라서 태양광 발전과 관련된 오해와 편견을 해소할 수 있도록 홍보가 필요함(신동원 외, 2021).
 - 이 과정에서 인근 주민에게 관련 정보를 사전에 공유하고, 공사가 진행되기 전 단계인 인허가 이전부터 환경오염에 대한 우려를 해소할 수 있도록 발전설비의 특성 및 사후 관리 방안 등을 사전에 제시하고 설명하도록 제도화할 필요가 있음(신동원 외, 2021).
 - 그리고 주민들의 높은 관심 대비 설치의향이 낮은 점으로 볼 때, 환경오염에 대한 우려의 불식이 요구되며, 현 수준보다 높은 수준의 경제성이 확보되어야 할 것으로 보임.
- 영농형 태양광 보급 활성화를 위해서는 주민 수용성 제고가 필수적이며, 이는 결국 농민들이 주도하고 소득을 점유할 수 있는 태양광 발전 방식으로 사업 방향이 선회해야 할 것으로 판단됨.
 - 농민이 직접 참여하여 수익을 창출하고, 이를 통해 각종 민원이나 사회적인 갈등 문제를 해결함으로써 주민 수용성을 제고해야 함.
 - 이를 위해서 농민이 직접 참여하는 공동사업 모델을 개발하고, 대규모 발전시설이 설치되는 경우 발전수익이 지역주민들에게도 환원될 수 있는 방안 등을 마련할 필요가 있음(신동원 외, 2021).
- 마지막으로 정부의 재생에너지 입지에 대한 정부의 명확한 가이드라인이 요구됨. 정부가 가능 또는 불가능 지역 (생태계 우수지역, 경관 우수지역, 안전문제 발생지역) 등을 명확하게 설정할 필요가 있음(김연중 외, 2018)
 - 이 과정에서 영농형 태양광 보급 활성화를 위해 폐과수원, 유휴농지, 한계지, 배수로, 저수지 수면 등 농지로서 가치가 낮고, 주민 갈등이 적은 지역에 대해 우선 설치가 필요함(신동원 외, 2021).

(마) 이격거리 이슈

■ 재생에너지 보급 및 규제 동향

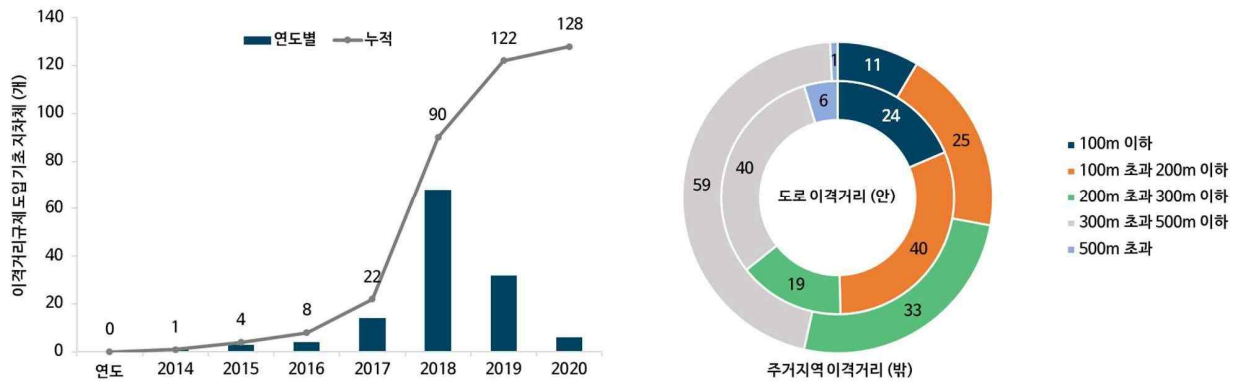
□ 국내 이격거리 입지규제로 인한 실질적인 재생에너지의 확대 한계성 존재

- 전세계적으로 기후변화대응의 일환으로 재생에너지의 확대가 필요한 시점에서, 국내 지자체의 경우 해외에서 찾아보기 힘든 과도한 이격거리 규제 시행중인 지자체가 많은 상황임
- 최근 몇 년 간 태양광 발전시설이 폭발적으로 증가하면서 발전소가 위치하는 지역 주민과 발전사업자 간의 갈등 또한 증가함.
- 관할 행정기관은 주민들의 민원을 미연에 방지 또는 해소하기 위해 각 지방자치단체 (이하 지자체)의 조례에 태양광 이격거리 규제를 도입해오고 있음
- 이격거리 규제를 시행중인 지자체 중에서 그 범위와 기준 및 한도가 상이하여 발전사업자 및 관계자의 혼란 가중됨
- 지자체에서 시행중인 이격거리 규제는 과학·기술적인 근거가 부족하며, 이격 대상 또한 지나치게 다양하게 적용되어 과도한 측면이 있음
- 따라서, 지자체의 태양광·풍력 등 재생에너지 발전시설에 대한 이격거리 규제에 대한 합리적인 조정 및 체계화에 대한 필요성이 제기되고 있음
- 전국적인 태양광 보급 용량의 증가에도 불구하고, 지역별 1MW 이하 중소규모 태양광 발전시설 보급 통계를 살펴보면, 신규 보급 용량이 지속적으로 감소하고 있으며, 이러한 감소세는 기초지자체에서 시행하고 있는 태양광 발전시설에 대한 입지규제에서 영향을 받는 것으로 보임
- 낮은 토지 비용 및 임대료로 인해 태양광 발전사업이 활성화되어 있는 농촌 지역에서 2016년 대비 2018년의 1MW 규모 이하 태양광 신규 보급 용량은 평균 8% 감소하였으며 전북, 충북, 경남 등 일부 지자체의 경우 최대 30%까지 신규 보급 용량이 줄어들었음

■ 국내 재생에너지 이격거리 규제 현황

□ 기초지자체 이격거리 도입현황

- 우리나라 광역지자체 및 기초지자체 243개를 대상으로 전수 조사한 결과, 129개 지자체에서 태양광, 풍력을 포함한 발전시설의 이격거리 조항을 두고 있음 (* 21년 11월 30일 기준)
- 2017년 83개 지자체가 이격거리 규제를 두고 있었던 것에 비해 55.4%가 증가한 수준임.
- 태양광 발전시설 이격거리 규제를 가지고 있는 지자체는 총 129개, 풍력 발전시설 관련 이격거리 규제를 가지고 있는 지자체는 총 53개로 나타남.
 - 풍력 발전시설 이격거리 규제를 가지고 있는 지자체 수(53개)가 발전시설(24개)과 풍력시설(36개)의 단순 합이 아닌 이유는 구미, 봉화, 성주, 나주, 장성, 화순, 장수, 진안, 영암 등 총 9개 지자체의 경우 ‘발전시설’ 과 ‘풍력’ 시설에 대해 중복 규정을 하고 있음.
 - 반면, 태양광 시설 및 발전시설에 대한 이격거리 규제가 있는 지자체 중 중복 규정이 있는 지자체는 없음.
- 규제형태는 조례로 이격거리를 제한하는 지자체가 128개로 가장 많으며, 인천광역시 강화군은 예규 형태로 규정하고 있음.



자료: KMAC(2021)

<그림 19> 기초 지자체 이격거리 규제(좌: 연도별, 우: 도로(안) 및 주거지역(밖) 이격거리)

<표 112> 광역지자체 이격거리 규제 현황 ('21.11.30 기준)

광역자치단체	지자체수 (기초 및 광역)	이격거리규제 지자체수	규제 비율(%)	발전시설	태양광	풍력
강원도	19	17	89%	2	15	1
경기도	32	11	34%	-	11	-
경상남도	19	15	79%	-	15	-
경상북도	24	21	87%	4	17	11
광주광역시	6	0	0%	-	-	-
대구광역시	9	1	11%	-	1	-
대전광역시	6	0	0%	-	-	-
부산광역시	17	0	0%	-	-	-
서울특별시	26	0	0%	-	-	-
세종특별자치시	1	0	0%	-	-	-
울산광역시	6	0	0%	-	-	-
인천광역시	11	1	9%	-	1	-
전라남도	23	22	96%	6	16	18
전라북도	15	14	93%	6	8	3
제주특별자치도	1	1	100%	-	1	-
충청남도	16	15	94%	6	9	2
충청북도	12	11	92%	-	11	3
총합계 (개)	243	129	53%	24	105	38

자료: KMAC(2021)

□ 이격 대상 시설별 이격거리

- 이격거리 규제는 태양광 및 풍력 발전설비로부터 이격대상인 도로, 주거시설, 관광지 등 최소 이격거리이상을 확보해야 개발행위허가를 승인해주는 형태의 규제임.
- 주택, 도로, 관광지, 문화재 등이 주요 이격 대상 시설이며, 지자체별로 지역 특성 및 상황에 따라 이격대상을 정하여 설정하고 있음
 - 주거밀집지역은 5호 또는 10호이상 등 지자체별로 상이하며 산정기준은 실제 거주주택과 주택부지가 직선거리 50미터 이내로 연결되는 주택수를 합산한 것으로 「농어촌정비법」 제2조제12호에 따른 빈집은 주택에서 제외하며, 다중주택, 다가구주택, 공동주택 등은 세대수와 상관없이 1호로 산정함.

- 지자체별로 적용하는 도로 유형은 다양하며, 다수의 지자체들이 지칭하는 주요도로는 「도로법」 제2조제1호에 따른 고속국도, 일반국도, 지방도, 군도와 「농어촌도로 정비법」 제2조제1항에 따른 농어촌도로 및 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제4호다목 및 제7호에 따른 도시계획도로 중 2차선이상의 개설도로임.

〈표 113〉 기초지자체 이격거리 대상 현황

이격대상	발전시설	태양광	풍력	합계
주택	47	183	64	294
도로	28	128	19	175
관광지	19	76	9	104
기타	12	50	7	69
문화재	7	32	4	43
자연취락지구	6	27	8	41
동물 및 식물관련시설		1	21	22
공공시설부지	3	15		18
공공시설	5	12	1	18
공원	5	9		14
정온시설			15	15
관광휴양형지구단위계획구역	2	6	2	10
철도		5	2	7
교통시설		2	3	5
해안선	1	5		6
하천	1	4		5
유원지	1	3		4
주거개발진흥지구		1		1
경관지구		1		1
총합계	137	560	155	852

자료: KMAC(2021)

□ 지자체별 도로와 주택에 대한 이격거리 규정 유형

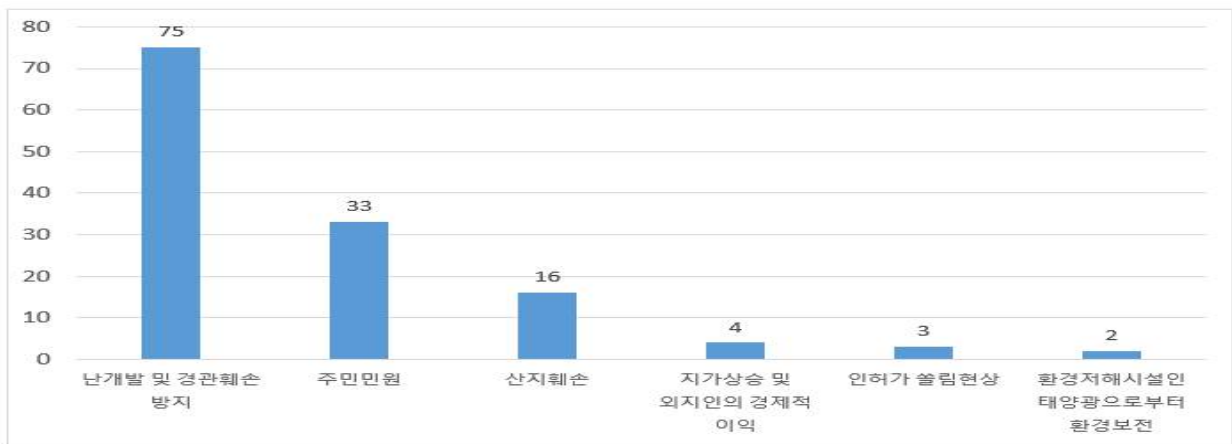
- 태양광 및 풍력 발전시설에 대한 이격거리 규정 중 지자체별로 도로의 종류 또는 유형별로 다양하게 구분하여 적용하고 있으며, '농어촌도로 정비법'(농어촌도로법)상에 규정하고 있는 도로로부터의 이격거리를 규정하고 있는 지자체도 다수 있음.
- 태양광 및 풍력 발전시설에 대한 이격거리 규정이 있는 대부분의 지자체는 주택의 밀집도에 따라 이격거리를 구분하여 규정하고 있음.
- 주택의 경우 밀집 정도에 따라 이격거리가 상이하나, 태양광은 최소 50m에서 최대 1,000m까지, 풍력은 최소 100m에서 2,000m까지 이격거리를 규정하고 있음.
- 도로의 경우, 태양광은 최소 15m에서 최대 1,000m, 풍력은 최소 100m에서 최대 2,000m까지 이격거리를 규정하고 있음.
 - 경관상의 이유로 차폐식재를 하거나 비가시권일 경우 건설 가능한 곳도 있음
 - 이격거리 규정을 둔 지방자치단체 중 발전시설의 부지경계에 울타리나 차폐수 설치를 의무화(63개)하거나 권고(7개)하는 조항을 보유한 지자체는 총 70개로 확인됨.
- 풍력발전은 소음 발생을 이유로 태양광보다 더 높은 규제를 적용하고 있는 것으로 보이며, 소음관리가 필요한 정온시설, 축사 등 이격 대상을 추가 지정하여 규제하고 있는 사례도 있음.

□ 이격거리 규제 정책의제의 설정 원인

- ‘19년 설문조사4)를 실시한 결과 82곳의 응답 지자체 중, ‘난개발 및 경관훼손 방지’ (75곳, 91%), ‘주민 민원’ (33곳, 40%), ‘산지훼손’ (16곳, 20%), ‘지가상승 및 외지인의 경제적 이익’ (4곳, 5%), ‘인허가 쏠림 현상’ (3곳, 4%), ‘환경저해시설인 태양광으로부터 환경보전’ (2곳, 2%) 순으로 총 6가지 유형으로 나타남(중복선택)
 - ‘지가상승 및 외지인의 경제적 이익’ 은 외지인이 상업적 목적으로 태양광 발전사업을 위해 지가가 저렴한 부지를 찾아 장기 임대나 매매함에 따라 지가가 상승하여 지역 주민들이 경제적 피해를 보는 것을 의미함
 - ‘인허가 쏠림 현상’ 은 인근 시·군에서 이격거리를 규제하다보니 규제가 없는 해당 지자체로 태양광 발전사업 인허가 신청이 몰려 이격거리를 두게 된 경우를 의미
 - ‘환경저해시설인 태양광으로부터 환경보전’ 은 태양광 발전시설을 단순 비선호 수준이 아니라 환경 유해 시설로 인식하고 주변 환경 보전을 위해 이격거리 규제를 마련하는 것을 의미함

□ 기초지자체의 조례에 나타난 태양광/풍력 발전시설의 이격거리 규정 고려 사항

- 조례에서는 대부분 개발행위허가 시, 아래와 같은 사항을 고려하여 이격거리를 적용함
 - 태양광발전시설의 이격거리는 주변 경관, 환경, 산림, 재해 등을 고려하여 설정함
 - 풍력발전시설의 이격거리는 소음방지와 주변 토지이용현황, 경관 등을 고려하여 설정함
 - 그 외에 경계울타리나 차폐림의 설치 의무는 주민들의 민원 예방과 주변경관을 위해 규정함



자료: KMAC(2021)

<그림 20> 지자체의 이격거리 규제 설정 원인

□ 각 지자체의 이격거리 조항 제정 시 참고사항

- 39곳의 응답 결과, ‘타지자체의 정책 참조’ (20곳, 51%), ‘산업통상자원부 가이드라인 준용’ (16곳, 41%), ‘광역지자체 가이드라인 참조’ (4곳, 10%) 순으로 나타남.
- 특히, 가장 처음으로 태양광·풍력 이격거리 규제를 도입한 영광군(2012년 5월 10일 시행)을 비롯한 초기 지자체의 제도를 참조

- 「영광군 개발행위허가 운영 지침」에 최초 규정했으나, 국토부 훈령이 아닌 법령으로 정하는 것이 바람직하다는 법제처 의견에 따라 2018.11.13.에 해당 예규를 폐지하고 「영광군 도시계획조례」의 개정으로 재규정
- 2012.05.10. 「영광군 개발행위허가 운영 지침」을 제정하며 제6조(발전시설 허가기준)에서 주요 도로로부터 100m, 10호이상의 주거 밀집지역, 관광지, 공공시설 부지 경계로부터 500m의 이격거리를 설정
- 영광군은 태양광 발전시설에 대한 주민 민원에 대응하기 위하여 가축사육시설 거리 규정을 참고하여 태양광에도 이격거리 규제를 마련했다고 공개
- 많은 지자체들이 태양광 발전시설의 특성을 고려하여 이격거리 규제로 결정했다기보다는, 주민 민원 회피, 정책의 불확실성을 제거를 목적으로 영광군을 비롯한 초기 지자체들의 제도를 참조하여 이격거리 규제를 제정한 것으로 사료됨

■ 입지규제에 따른 영향분석

□ 입지규제 혹은 이격거리 규제 도입에 따라 재생에너지 설비용량에 영향을 주게 됨.

- 이격거리 규제가 적용되면서 재생에너지 설치용량에 미치는 영향에 대한 연구는 확인되지 않고 있으나, 잠재 면적 및 잠재량 변화에 대한 평가를 수행한 연구가 존재함.
 - 기후솔루션의 연구에서는 지리정보시스템을 활용하여 경남, 경북, 전남 지역의 일부 지자체를 선정 후 도로 및 주택 이격거리 규제가 설정되면서 줄어드는 잠재면적을 정량적으로 산출하여 제시한 바 있음.
 - NEXT group의 최근 보고서에서는 재생에너지 잠재 설치면적과 일사량 및 태양광 모듈의 발전효율 값을 활용하여 입지규제 도입으로 변화하는 잠재량에 대한 시나리오 분석을 수행함.
- 본 연구에서는 입지규제의 영향에 대한 기존의 연구를 요약 정리하고 이를 토대로 시사점을 도출하고자 함.

□ 태양광 잠재량에 대한 이격거리 규제도입 영향분석²⁷⁾ 이격거리 규제에 따른 태양광 잠재량 현황

- 전국의 기초 지자체로 범위를 넓혀서 분석을 수행하였으며 잠재면적을 넘어서 잠재량 도출 산식을 설정하여 이격거리 규제에 따른 잠재량 변화를 산출한 점에서 앞서 제시한 연구와 차별점이 있음.
- 분석을 위해 Global Solar Atlas(<https://globalsolaratlas.info/map>)로부터 수평면전일사량을 확보하고, 지리정보시스템(GIS)을 이용해서 상위법상 규제²⁸⁾를 각 226개의 기초 지자체에 적용함.
- 구체적으로 각 지자체별 도로 및 주거지역 이격거리 규제를 적용한 경우와 이격거리 규제가 각각 0m, 100m(태양광 발전시설 입지 가이드라인), 300m(도로 이격거리 규제 적용 기초자치단체 중 50%이상의 지역에서 적용된 규제 수준) 등으로 통일된 경우를 비교함.

27) 본 절은 NEXT group의 “합리적인 이격거리 규제, RE100을 위한 첫 걸음(2022)”의 내용을 일부 발췌하고 요약 정리하여 제시함.

28) 한국에너지공단(2020), 기후솔루션(2020)의 분석방법론을 토대로 방법론 설정

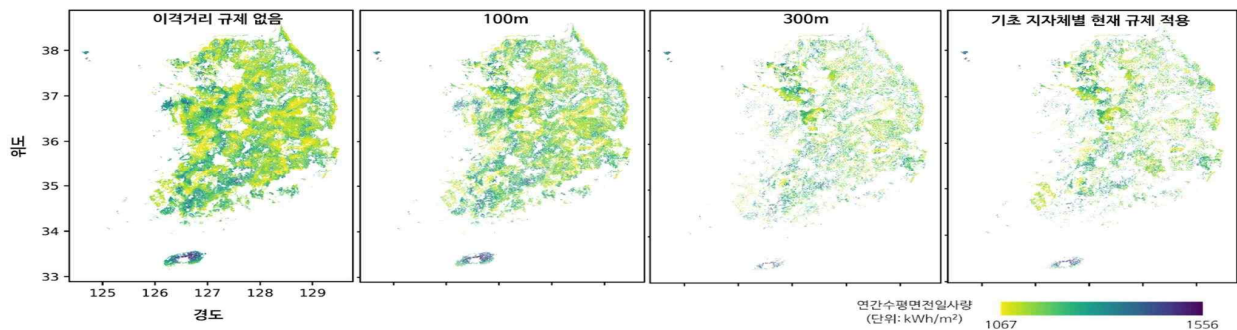
- 먼저 태양광 발전시설 입지 가능 면적을 계산하기 위해서 각 기초 지자체의 면적에서 입지 규제지역을 제외하고 각 기초 지자체별 도로 및 주거지역 이격거리에 포함되는 지역을 다시 제외하여 태양광 발전시설 입지 가능 면적을 계산함.
- 이격거리 규제가 없는 기초 지자체는 이격거리가 0m로 고정되며, 규제가 있는 기초 지자체는 현행 이격거리, 0m, 100m, 300m를 포함하는 네 가지의 시나리오를 적용하여 각각의 변화량을 도출함.
- Global Solar Atlas에서 확보한 수평면전일사량 데이터에 설치가능 면적 비율(33% 가정)과 태양광 모듈의 발전 효율(20% 가정)을 곱한 값을 태양광 발전시설 입지가능면적과 곱하여 최종적으로 이격거리를 고려한 태양광 잠재량을 계산됨.

□ 이격거리 규제 적용에 따른 태양광 잠재량 변화

- 이격거리 규제가 존재하지 않는 경우에 비해 현 이격거리 규제 하에서는 설치가능 면적의 22.7%를 사용할 수 있는 것으로 나타나며, 잠재량은 절반에도 미치지 못하는 수준으로 확인됨.

□ 입지규제 완화를 통한 태양광 잠재량 확보 가능성 검토

- 도로 및 주거지역 이격거리 규제를 각각 완화하는 방안을 임의로 설정하여 태양광 잠재량의 변화를 살펴본 결과를 도출함.
 - 현재 적용되는 주거지역 이격거리 규제를 고정한 상태에서 도로 이격거리 규제를 0m로 완화할 경우 524TWh 가량 추가적인 태양광 잠재량을 확보할 수 있을 것으로 분석됨.
 - 현재 적용되는 도로 이격거리 규제를 고정한 상태에서 주거지역 이격거리 규제를 0m로 완화할 경우 확보할 수 있는 추가적인 잠재량은 104TWh 정도로 예상됨.
 - 이러한 분석 결과는 주거지역의 경우 대부분 도로와 인접한 반면, 도로의 경우 주거지역에서 떨어져 있는 곳들도 다수 있기 때문일것으로 판단됨.
 - 결과적으로 현 주거지역 이격거리 규제 하에서는 이격거리 규제가 없을 때에 비해 43% 수준의 태양광 잠재량을, 현 도로 이격거리 규제로 인해서는 27% 수준의 태양광 잠재량을 확보할 수 있음.



자료: NEXT group(2022)

<그림 21> 이격거리 조정에 따른 태양광 잠재량 시각화 결과

- 전국 단위에서 산출한 잠재량 변화를 광역 지자체별로 나누어 살펴본 결과, 이격거리

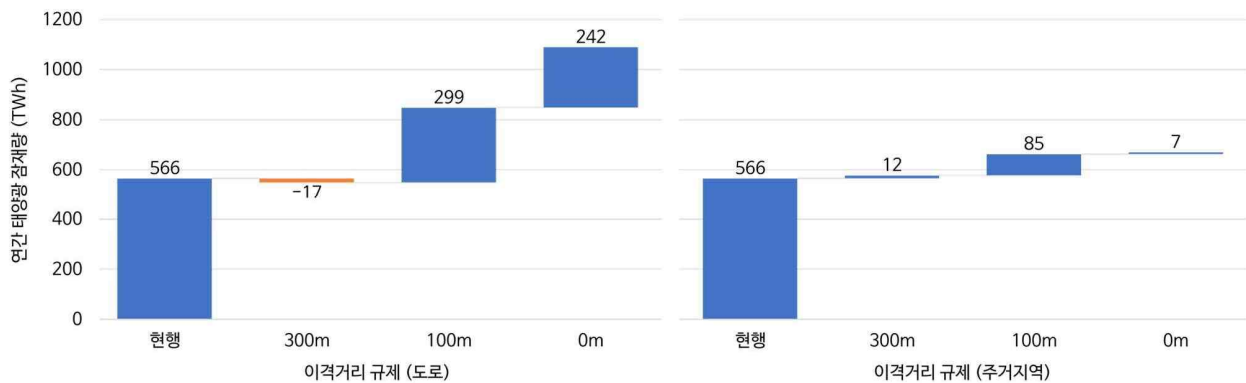
규제가 없을 때에 비해 현 이격거리 규제로 인해 가장 많은 잠재량의 손실이 있는 광역지자체는 충청남도로, 전체 311.2TWh 중 단 25.6TWh(8%)만을 활용할 수 있는 것으로 나타남.

- 이 외에 제주, 경북, 전남 등의 광역 지자체에서도 이격거리 규제로 인해 태양광 잠재량의 20%미만 수준밖에 활용할 수 없었음.
- 특히 경북 지역에는 포항 및 구미 국가산단 등 기업들이 많이 입주해 있기 때문에 산업체의 RE100 달성, 송전비용 최소화 및 계통혼잡 방지를 위해서도 이격거리 규제 개선을 적극적으로 고려할 필요가 있음
- 반면 도시가 과밀화되어 태양광을 설치가능지역이 제한적인 서울, 부산, 광주, 대전, 울산, 세종의 경우 이격거리 규제의 유무에 따른 잠재량의 변화가 0% 수준으로 미미함.
- 이러한 지역의 경우 건물 옥상 및 주차장 등에 태양광을 설치할 수 있도록 정책을 설계하는 것이 효과적일 것으로 판단됨.

<표 114> 이격거리 조정에 따른 태양광 설치 가능 면적, 설치 가능 용량 및 잠재량

구분	이격거리 규제 없음	100m	300m	현 이격거리 규제
설치가능 면적 (km^2)	26,077	14,219	6,256	5,915
설치가능 용량 (GW)	1,376	750	345	312
잠재량 (TWh)	2,507	1,364	625	566

자료: NEXT group(2022)



자료: NEXT group(2022)

주: 좌측의 결과는 주거지역 이격거리 규제는 현 수준으로 고정한 것으로 가정한 것이며, 우측의 결과는 도로 이격거리 규제는 현 수준으로 고정한 것을 가정함.

<그림 22> 도로 이격거리 규제 변화와 주거지역 이격거리 규제 변화에 따른 태양광 잠재량 변화

〈표 115〉 이격거리별 태양광 에너지 잠재량(단위: TWh(%))

주거 (m) 도로 (m)	0	100	300	현행
0	2,507 (100%)	2,036 (81%)	1,243 (50%)	1,089 (43%)
100	1,391 (55%)	1,364 (54%)	990 (40%)	848 (34%)
300	639 (25%)	638 (25%)	625 (25%)	549 (22%)
현행	670 (27%)	663 (26%)	578 (23%)	566 (23%)

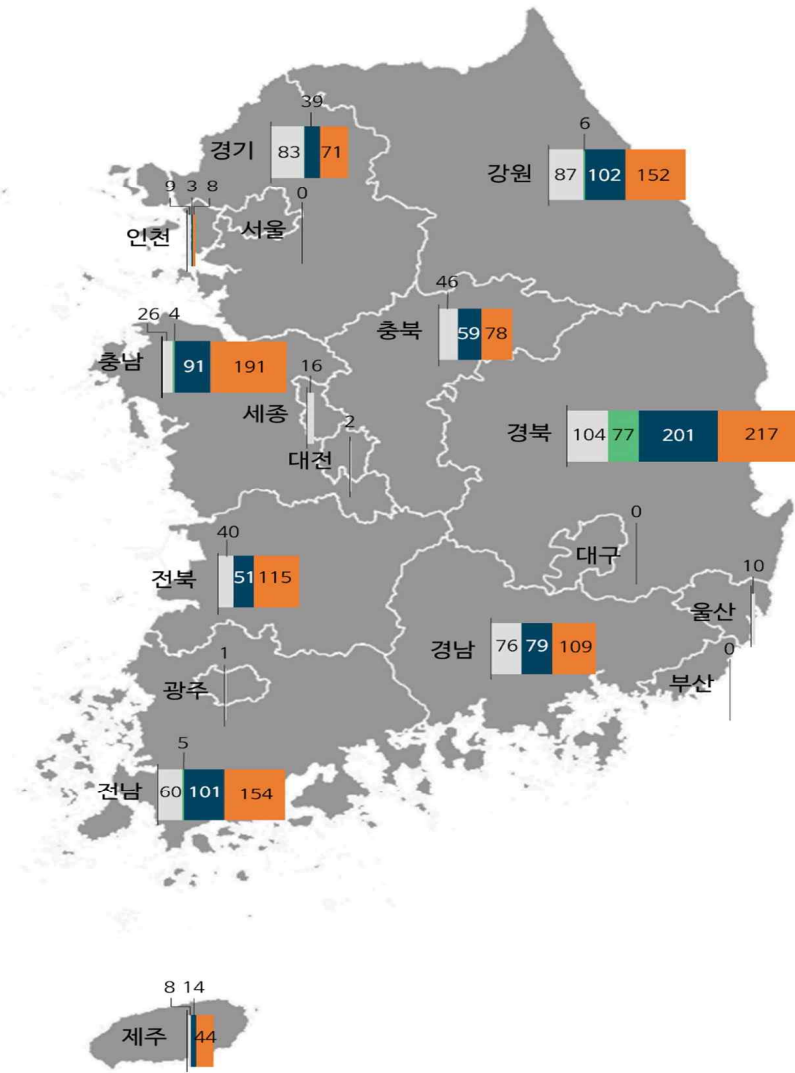
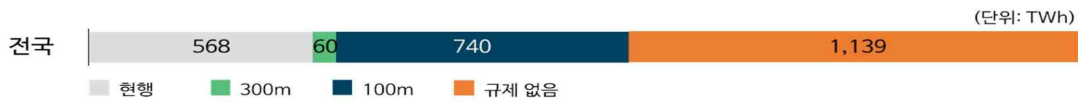
자료: NEXT group(2022)

〈표 116〉 광역 지자체별 이격거리 규제 유무에 따른 태양광 잠재량 활용률

광역 지자체	이격거리 규제 없음(TWh)	현 이격거리 규제(TWh)	설치가능비율(%)
서울특별시	0.3	0.3	100
부산광역시	0.0	0.0	100
대구광역시	0.8	0.3	33
인천광역시	18.9	8.5	45
광주광역시	1.1	1.1	100
대전광역시	1.8	1.8	100
울산광역시	9.9	9.9	100
세종특별자치시	16.0	16.0	100
경기도	185.5	83.3	45
강원도	347.5	87.1	25
충청북도	179.4	45.8	26
충청남도	311.2	25.6	8
전라북도	192.9	40.1	21
전라남도	319.1	59.8	19
경상북도	599.0	104.5	17
경상남도	260.8	75.8	29
제주특별자치도	62.7	8.4	13

자료: NEXT group(2022)

- 광역 지자체별로 현행 이격거리 규제 하에서의 태양광 잠재량, 그리고 도로 및 주거지역 이격거리 규제를 각각 300m, 100m, 규제가 없을 경우까지 완화하였을 때 추가 확보 가능한 태양광 잠재량을 아래 그림에 제시하였으며, 이격거리 규제를 100m까지 줄일 경우 모든 광역 지자체에서 현 규제 하의 잠재량을 뛰어넘는 추가 잠재량을 확보할 수 있을 것으로 예상됨.
- 특히, 경북의 경우 현 이격거리 규제 수준이 지나치게 높아 이격거리 규제를 300m까지 줄여도 현재 잠재량의 74%에 달하는 양의 잠재량을 확보할 수 있을 것으로 판단됨.



〈그림 23〉 광역 지자체별 이격거리 변화에 따른 태양광 잠재량

□ 이격거리 관련 이슈

- 신동원 외 (2021)은 명확한 법적 근거의 부재로 인하여 태양광 입지에 대한 기준이 불명확함을 지적하였음.
 - 현재 지자체별로 이격거리 설정 등의 입지규제를 위주로 태양광 도입을 제한하는 정책을 시행하고 있음.
 - 이격거리 제한을 통한 입지규제는 명확한 법적 근거가 부족할 뿐 아니라, 현재 지자체의 이격거리 규제를 적용할 경우 태양광의 설치가능 지역이 급격하게 감소하는 것으로 나타남(신동원 외, 2021).
- 이는 영농형 태양광이 설치될 농지에도 동일하게 적용되는 문제임.
 - 영농형 태양광은 일사량 확보를 위해 일반 태양광 패널보다 길이가 짧은 패널을 사용하고 그 설치간격이 상대적으로 넓은 점을 감안할 경우, 영농형 태양광에도 일반 태양광과 동일한 이격거리를 적용하는 것이 타당한 것인가에 대한 문제 제기가 가능함.

□ 이격거리에 따른 설치가능 면적 감소

- 만약 도로 및 주택으로부터 태양광 발전설비까지의 이격거리를 설정하는 경우 설치가능한 농지가 감소할 것이기 때문에 영농형 태양광의 보급은 큰 영향을 받을 수 있음 (신동원 외, 2021).
- 즉, 입지규제는 경관훼손과 같은 환경적 이슈에 대한 주민갈등 대응방법으로 이용되고 있지만, 이격거리와 같은 입지규제는 결국 영농형 태양광의 보급 잠재량을 결정하는 핵심적인 요소로 작용할 가능성이 있음.
- 이격거리 규제에 따른 태양광 설치가능 지역을 분석한 구리시 사례를 보면, 도로 및 주택 이격거리를 적용할 경우 태양광 설치가능 지역은 크게 줄어들게 됨.

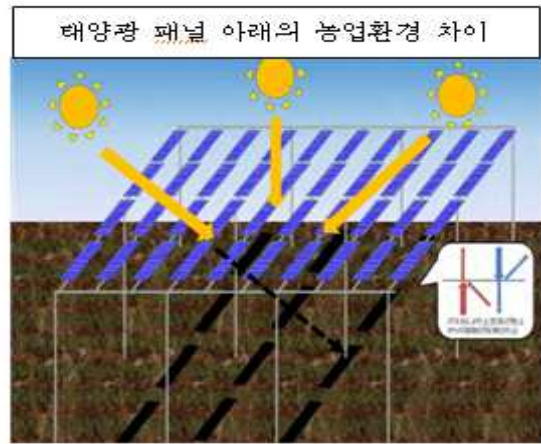
아. 일본의 영농형 태양광 발전 사례

가) 영농형 태양광 발전이란

- 작물마다 생육에 필요한 일사량은 그 종류에 따라서 다름. 영농형 태양광 발전은 태양광 패널을 사용해 일사량을 조절하고, 발전한 전기를 농업생산과 자가발전에 공유하고 작물의 판매수입과 함께 잉여전력 판매에 의한 수입이나 발전전력을 자가 이용하여 농업인의 수입확대에 따른 농업경영의 새로운 규모 확대나 6차 산업화의 추진을 기대할 수 있음.



발전 설비를 활용한 황폐한 농지의 활용



태양과 함께 그림자가 이동해, 패널 아래 작물의 일사량은 변동.
패널에 의해 낮은 시원, 밤은 따뜻함.

(가) 예시

- 패널 설치 모습
 - 패널 바닥을 띄우고 설치 → 패널 아래에서 농업이 가능



- 패널 아래의 농사 작업
 - 작업기의 크기에 맞는 높이·폭의 시설 설치 → 패널 아래에서 작업이 가능



(나) SDGs에 대한 기여

- SDGs 7 - 모두를 위한 저렴하고 신뢰성 있으며 지속가능하고 현대적인 에너지에 대한 접근 보장.
- SDGs 9 - 회복력 있는 사회기반시설 구축, 포용적이고 지속가능한 산업화 증진 및 혁신 촉진.
- SDGs 11 - 포용적이고 안전하며 회복력 있는 지속가능한 도시·정주지 조성.
- SDGs 12 - 지속가능한 소비 및 생산 양식 보장.
- SDGs 13 - 기후변화와 그 영향을 방지하기 위한 긴급한 행동의 실시.
- SDGs 15 - 육상 생태계의 보호·복원 및 지속가능한 이용 증진, 산림의 지속가능한 관리, 사막화 방지, 토지 황폐화 중지, 역전 및 생물다양성 손실 중지.

(다) 영농형 태양광 발전 작업 전

- 태양광 발전 작업을 위해서는 태양광 패널이 설치된 농지에서 농사를 지속한다는 것이 확인되어야함.
- 장기적으로 태양광 발전 사업을 수행하기 위해서는 지역주민들의 이해를 바탕으로 사업을 진행하는 것이 중요하며 장기 농업 계획 수립, 농업시스템 확보와 안전대책 등의 관련 법령을 준수하여야함.

(라) 농업과 발전의 양립 (농지전용허가의 취급, 촉진방안)

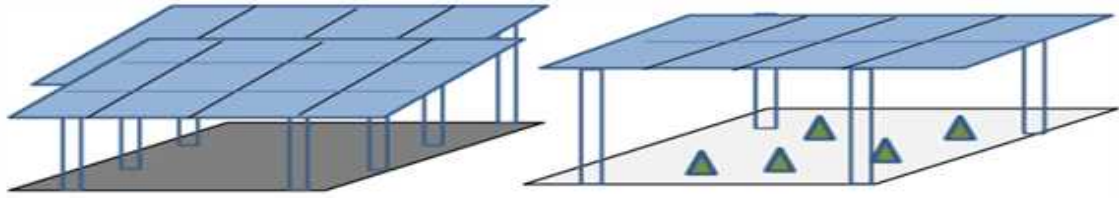
- 농업과 태양광 발전을 어떻게 양립해 나갈지의 대응방법이 중요.
- 영농형 태양광 발전 설비의 설치를 위해서는 농지법에 기초한 전용허가가 필요.
- 전용허가는 농지가 적정하고 효율적으로 이용되고 있는지에 의해서 판단.

(마) 농지전용 관련 취급의 주요 내용

- 전용허가에 있어 다음 사항을 체크.
 - 전용 기간이 일정한 기간 내로 되어 있는가?
 - 농지에서 농업의 지속성이 확실한가?
 - 농작물의 생육에 필요한 일조량을 유지하기 위한 설계인가?
 - 농업 기계 등을 이용 가능한 높이(최저: 지상 높이 2m이상)인가?
 - 주변 농지의 이용 등에 지장이 없는 위치에 설치되어 있는가? 등.
- 전용허가는 재허가 가능
 - 재허가는 이전 전용기간의 농업상황을 충분히 감안하여 종합적으로 판단.
 - 자연재해나 노동력 부족 등 부득이한 사정으로 인해 농업 상황이 적절하지 않은 경우에는 그 사정 등을 충분히 감안.
- 연 1회 보고로 농작물 생산 등에 지장이 발생하지 않는지 체크.
 - 보고 결과 농업에 확실한 지장이 있을 경우에는 설비를 철거, 농지를 복원.

(바) 영농형 태양광 발전 설비 설치에 관해 고민이 필요한 경우

(예시 1)



- 패널이 겹쳐 빈틈이 없어 농경지 대부분에서 그늘이 지고 있음.
- 지금까지 재배한 적이 없는 작물이나 지역에서 재배되지 않은 작물이 길러짐.
- 통상적인 재배방법과 다른 작물의 재배방법이 이루어지고 있음.

↓ 필요한 수량·품질을 확보할 수 없을 우려.

- 농지전용허가권자는 농업인이 적절한 농업 지도를 받을 자세가 갖추어져 있는지, 확인하는 등 농업을 지속할 수 있는지 여부를 신중하게 판단하여야함.

(예시 2)



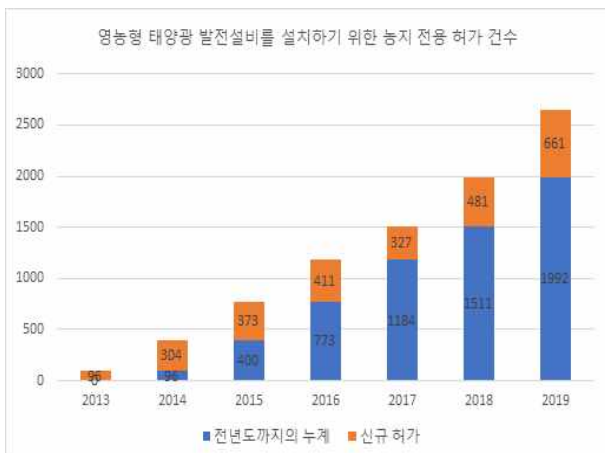
- 집단적으로 통합된 농지의 한가운데 발전 설비가 설치되어 있음.

↓ 집적, 포장 정비 등에 의한 규모 확대, 농업용 유통수 시설 등의 관리에 지장이 발생

- 농지전용허가권자는 집적, 토지개량사업의 실시예정 등에 관하여 담당자에게 확인한 후 허가 여부를 판단할 필요가 있음.

(사) 영농형 태양광 발전 도입 현황

※건수 기준



출처 : 일본 ‘농림수산성 농촌진흥국’ 영농형 태양광 발전 설비 설치상황 상세조사

- 영농형 태양광 발전을 설치하기 위한 농지전용허가는 2019년도까지 누적 2,653건, 742ha 수준
- 태양광판이 설치된 농지에서 생산되고 있는 농작물은 다양.

나) 영농형 태양광 발전 사례

(가) 토마토 재배 시설 x 농업 기반 태양광 발전

〈표 117〉 주식회사 선프레쉬 고이즈미 농원 발전 실증개요

사업실시 주체	주식회사 선프레쉬 고이즈미 농원 (미야기 현, 게센누마 시)		
발전량	200 kw	발전 전력량	23만 1천 kwh/년
농지면적	22 a, 감자 재배	차광률	68.5%
건설비	4,780만 엔	운전 개시 시기	2019년 2월

□ 활동 개요

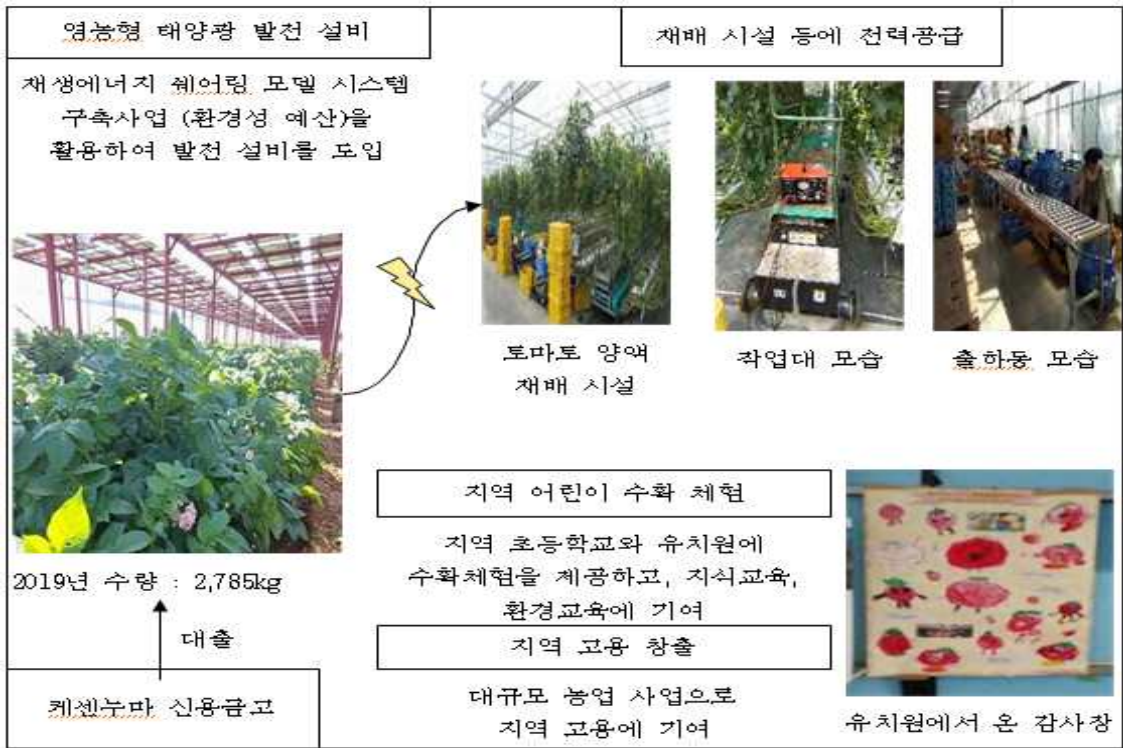
- 게센누마 시의 남부에 위치하는 (주) 선프레쉬 고이즈미 농원은 광활한 논 지대였지만, 일본 대지진 때 해일에 의한 염해와 농업 기계의 손상을 입고 지진 재해 전 60ha에서 현재 40ha 정도로 감소.
- (주) 선프레쉬 고이즈미 농원의 콘노 대표에게 인근 농가 17호가 농지를 맡기고 싶다는 제안을 하여 전부터 설계하고 있던 대규모 시설원예를 사업화하였음.
- 이 시설에서는 암면을 배지로 한 토마토 양액재배를 하고 있으며 시설 내에서는 공기 조절 외에 양액 플랜트, 레일대차나 컨베이어 등에 전기를 사용하고 있음.
- 중유나 전기세가 해마다 상승해 경영을 압박하는 배경에서 재생에너지에 주목하여 토마토 재배 시설에 인접한 미사용 농지에 영농형 태양광 발전 설비를 도입하였음.

□ 전망 및 과제

- 공조 설비의 이용이 적은 시기는 태양광 발전의 전력 공급이 수요를 넘어서기 때문에 전력을 모두 활용하기 위해서 축전지가 필요하다고 생각해 도입을 검토하는 중.
- 영농형 태양광 발전으로 인한 저탄소 프로세스 하에서의 재배가 브랜드화로 이어지지 않을까 검토하는 중.

□ 요약

- 대규모 토마토 시설을 육성하던 이 회사는 중유와 전기의 비용을 줄이기 위해 인접한 미사용 농지에 영농형 태양광 발전을 구현.
- 생성된 전기는 집 난방에도 사용되며, 이로 인해 연간 약 600만 엔의 전기 요금이 절감.
- 근무 트럭의 충전시간을 주간으로 변경하고 선적 건물의 에어컨 장비를 운영함으로써 직원의 건강관리에 기여.



(나) 재해 시의 비상용 전원으로서의 활용 x 농업 기반 태양광 발전

<표 118> 시민에너지 지바 태양광 발전 실증개요

사업실시 주체	시민에너지지바(지바 현, 고바 시)		
발전량	35kw	발전 전력량	2만 7천 kwh/년
농지면적	6a, 콩 재배	차광률	33%
건설비	1000만 엔	운전 개시 시기	2016년 9월



<현재의 설비 모습>

- 깃발을 개시하여 재해 시에 무료 충전소로 활용할 수 있음을 알림

□ 활동 개요

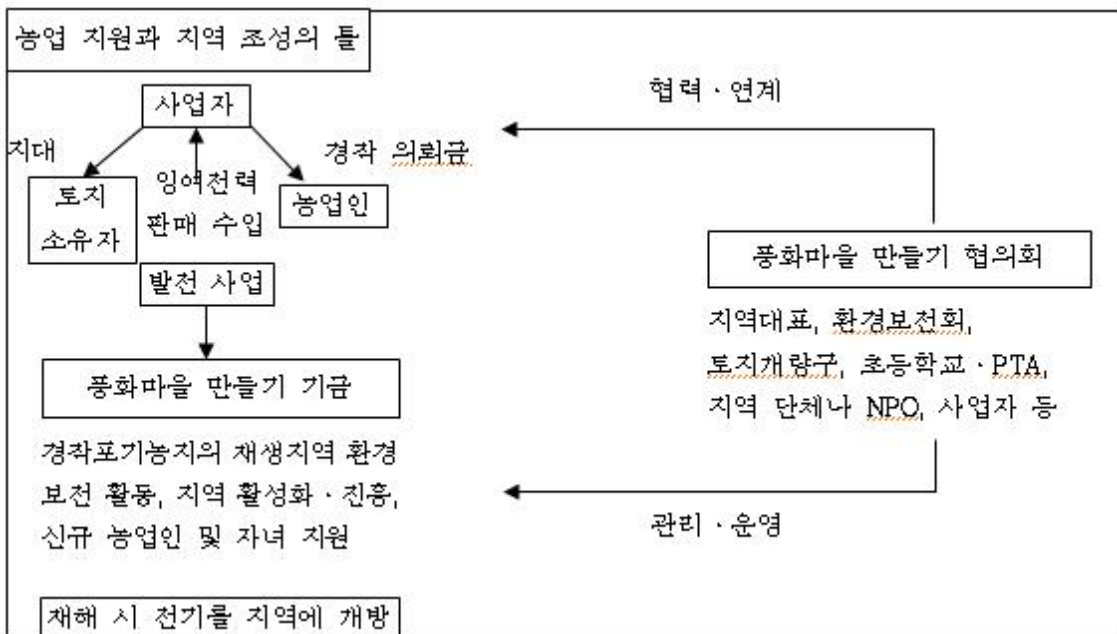
- 시민에너지지바(주)는 지바 현의 환경과 지속가능한 에너지에 관심이 많으며 영농형 태양광 발전과 시민발전소 설립에 특화된 기업.
- 고바 시에서 2019년 9월의 태풍에 의해 정전이 계속 되었는데 정전 발생 다음날부터 정전이 해소될 때까지 자가 발전이 가능했던 시민에너지지바 (주)의 영농형 태양광 발전 설비인 소사제일시민발전소에서는 스마트폰·휴대전화·PC 무료충전소를 개설해 지역에 제공하였음. 입소문 등을 통해 정보가 퍼지면서 150명 정도가 충전소를 이용하였고 충전소는 시민에너지지바(주)와 지역협의회(풍화마을만들기협의회)가 상의해 공동으로 운영하게 되었음.

□ **전망 및 과제**

- 정전 시 지역에 있는 모든 영농형 태양광 발전 설비로 충분히 전기 사용이 가능하도록 설비개수를 요청할 것이며 시 및 지역 자치조직과 협정을 체결하는 등 비상시 지역에 전기를 공급할 수 있는 운영체제를 갖출 것임.
- 정전 시에는 지역의 발전소에서 충전이 가능하다는 것을 평상시에 지역에 알릴 것이며 이런 방향을 확인하고 태풍 시즌에 대비해 구체적인 검토를 진행하고 있음. 또한 발전사업자가 잉여전력 판매 수입의 일부를 지역지원금으로 지역에 환원, 기금으로 적립하여 경작포기농지의 재사용이나 지역 환경보전 활동 등에 활용하고 있음. 정전 시 전기를 지역으로 개방하기 위한 설비 비용은 해당 기금에서 지출함.

□ **요약**

- 이 회사는 지역 사회가 주도하는 친환경 시민 발전소를 개발하고 있음.
- 2019년 9월 태풍으로 인한 정전이 지속될 때, 이 회사는 독립적으로 작동할 수 있는 발전소에 휴대 전화 및 기타 장치를 위한 무료 충전소를 개설하였음.
- 앞으로는 시·도 내 지방자치단체와의 협약 체결 등 비상시 전력공급체계를 설치하고 보급할 예정임.



(다) 차 재배 시설 x 농업 기반 태양광 발전

<표 119> 주식회사 유통 서비스 태양광 발전 실증개요

사업실시 주체	주식회사 유통 서비스 (시즈오카 현, 기쿠가와 시)		
발전량	782kw	발전 전력량	99만 3천 kWh/년
농지면적	170a, 차 재배	차광률	40 %
건설비	2억 엔	운전 개시 시기	2014년 4월

□ 활동 개요

- (주)유통서비스는 기쿠가와 시의 산중에 위치하며 차의 생산(면적 7ha정도)뿐만 아니라 가공, 포장사업, 판매까지 하고 있음.
- 일반 차 외에 엽차 등을 재배하고 있으며 해외 수출을 위해 무농약·유기재배에 힘써 왔으며 해외 수요가 높은 말차에 주목하여 사업에 동참하는 사람들을 모집해 말차의 원료를 재배하는 「사랑의 마을 팜」을 설립하였음.
- 국내 시장의 축소로 인해 8년 전부터 영국에 말차 수출을 하였고 현재는 30개가 넘는 나라에 수출하고 있음.
- 동일본 대지진을 계기로 시즈오카 차의 매출이 대폭락하여 차 산업의 방향을 모색하던 중 발전 사업을 실시하는 (주) F.ha.와의 교류를 통해 영농형 태양광 발전에 관한 지식을 습득하였음.
- 녹차와 옥로, 덮개차를 피복 재배 하고 있었기 때문에 차는 패널 아래에서도 재배할 수 있다는 점과 잉여전력 판매수입으로 비수익 기간에 수입을 확보할 수 있다는 점에 주목하여 경작포기농지를 빌려 영농형 태양광 발전에 힘썼음.
- 차 농장을 방문한 해외 바이어들은 농지에서의 재생에너지 활용을 높게 평가하였으며 환경가치 또한 인정받아 차를 수출할 때 어필 포인트가 되고 있음.

□ 전망 및 과제

- 농업을 어떻게 지속시킬지가 중요하며 후계자 확보를 위해서도 농업 중노동 부분의 기계화가 필요하며 발전한 전기를 이용해 수분이나 기온 등의 환경 데이터를 관측하고 자동으로 차광, 관수, 수확을 실시할 생각임.
- 해외 바이어가 실시간으로 생육 상황을 관찰할 수 있는 시스템 등을 검토하는 중.

□ 요약

- 기술 개발 및 비수익 동안도 잉여전기 판매 수익을 확보할 수 있음.
- 황폐해진 농지를 임대하고 영농형 태양광 발전 작업을 하는 동안 회사는 비용과 인건비를 절약하기 위해 다른 발전 시설을 사용하였음.
- 차 농장을 방문한 해외 바이어들은 농지에 대한 재생에너지 활동에 대해 환경적 가치로 높이 평가하였음.

(주)유통서비스	태양광 발전가대를 유효 활용하여 <u>한냉사</u> 설치		
			
영농형 태양광 발전 설비	검은 천막으로 빛을 가림	가대에 부착한 한냉사 레일	
초등학생 시찰 수용	생산부터 가공까지 체험하며 지속적인 교류		
해외 바이어 시찰	농지에서의 <u>재에너지</u> 대처를 평가		
지역에서 대처가 확대됨	집출하 그룹에 호소하여 지역에서 대처가 확대		
FAA	설비 설치 등을 지원		

(라) 논 재배 시설 × 농업 기반 태양광 발전

<표 120> 부식회사 사누키 태양광 발전 실증개요

사업실시 주체	주식회사 사누키의 논 (가가와 현, 마루가메 시)		
발전량	444kw (3기 합계)	발전 전력량	53만 7천 kWh/년
농지면적	60a, 벼·보리 재배	차광률	25 ~ 37%
건설비	1억 1,150만 엔	운전 개시 시기	2016년 5월

□ 활동 개요

- (주)사누키의 논에서는 스마트 농업의 추진에 의한 생산성 향상, 사누키 쌀의 브랜드화와 수출, 젊은이가 활동하기 쉬운 환경의 구축, 농업인의 육성을 경영방침으로 농업 경영을 실시하고 있음.
- 농업 경영면적 3.7ha 중 약 0.6ha에 3기의 영농형 태양광 발전 설비를 도입해 영농형 태양광 발전과 스마트 농업을 조화시키려는 노력을 하고 있음. 농업의 스마트화로서는 농업 ICT 플랫폼의 도입 외에 시스템을 활용한 원격 조작 자동 수문, 방제용 드론을 활용한 대응을 실시하고 있음. 또한 영농형 태양광 발전 설비의 발전 정보나 기상 환경 정보를 파악하기 위해서 ICT 환경을 정비하였고 이는 스마트 농업의 실천을 위한 기반으로서도 도움이 되고 있음.
- (주)다리와 종합연구소, 큐슈 대학과 제휴해 공동 연구도 실시하며 영농형 태양광 발전을 하고 있으며 태양 전지판이 작물에 미치는 영향, 수확량을 안정화하기 위한 노하우를 축적하고 있음.





- 영농형 태양광 발전의 잉여전력 판매, 스마트 농업의 기반 이외의 이점으로서 직사광선을 부분적으로 차단해 포장의 온도 상승을 억제할 수 있어 고온 장해 경감에 도움이 되고 있음.
- 다만, 트랙터 등의 작업 효율이 떨어진다는 점, 작업에 세심한 주의를 기울일 필요가 있다는 점, 피로감이 크다는 점은 단점이라 여겨지고 있으며 드론을 이용한 비료 살포 또한 조작성이 통상적으로 어려움.

□ **전망 및 과제**

- 잉여전력 판매수입을 농업경영의 버팀목으로 삼기 위해 영농형 태양광 발전 설비 도입을 추가 검토 중이며 농업 후계자가 농업과 재생에너지 사업을 통해 수익 창출을 할 수 있도록 전개해 나갈 예정임.
- 현시점에서 발전한 전기는 잉여전력 판매만 하고 있지만 미래에는 축전지를 도입해 농업에서 활용하며 재생에너지로 100% 딸기 재배를 목표로 하고 있음.

□ **요약**

- 이 회사는 영농형 태양광 발전과 스마트 농업을 결합하였음.
- 발전 설비를 모니터링하기 위해 개발된 ICT 환경은 원격 조작 자동 수문 및 제어 드론의 작동을 위한 거점으로도 유용함.
- 민간 기업 및 대학과 협력하여 태양 전지판이 작물에 미치는 영향을 조사, 수확량을 안정화하는 노하우 축적 중.

㈜ 사누키 논			
			
<p>47a(1기), 워터 프루프 재배 차광률 36 %</p>	<p>6a · 7a(2기), 워터 프루프 재배 차광률 25 %</p>		
 <p>기상 센서</p>	 <p>자동 수문</p>		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">목표</td> </tr> <tr> <td> 1. ICT 환경을 이용, 논물 관리의 완전 자동화 2. 재생 가능 에너지 100 % (RE100) 에서의 딸기 재배 </td> </tr> </table>		목표	1. ICT 환경을 이용, 논물 관리의 완전 자동화 2. 재생 가능 에너지 100 % (RE100) 에서의 딸기 재배
목표			
1. ICT 환경을 이용, 논물 관리의 완전 자동화 2. 재생 가능 에너지 100 % (RE100) 에서의 딸기 재배			

다) 영농형 태양광 발전의 자가 발전 전기 이용 사례

(가) 블루베리 재배 시설 x 영농형 태양광 발전

<표 121> 하우스텐보스 주식회사 태양광 발전 실증개요

사업실시 주체	하우스텐보스 주식회사 (나가사키 현, 사세보 시)		
발전량	100kw		
농지면적	16.8a, 블루베리 재배	차광률	25 ~ 37%
전력의 이용	레스토랑 등의 원내시설 전력으로 이용		



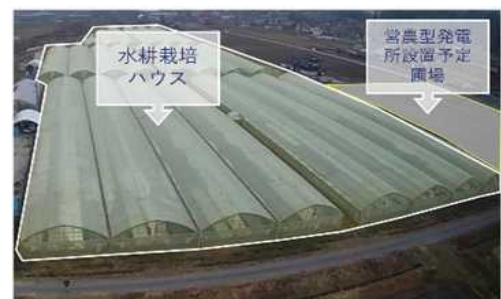
□ 활동 개요

- (주) 하우스텐보스는 환경 조화를 이념으로 자립형 수소 에너지 공급 시스템의 도입이나 EV 버스의 도입도 검토하고 있는데 에너지뿐만 아니라 식량문제에도 높은 관심을 가지고 있으며 영농형 태양광 발전이 이것들을 양립하는 것이라고 파악하였음.
- 지금까지 농업 실적이 있었던 점, 원내 레스토랑에서 수요가 있던 점, 관광농원으로서의 이용 가능성을 높이 평가하였기 때문에 태양광 발전 설비 하에서 300개의 블루베리 과수를 자동 관수 양액 재배로 재배하고 있음.
- 인구 감소가 심화되고 있기 때문에 적은 인원으로 관리할 수 있도록 자동 관수를 실시하고 수확 시기를 분산시키기 위해 다양한 수종을 심고 있음.
- 양면 수광형 태양광 패널을 설치했으며 발전 효율을 높일 수 있도록 포장에는 백색 시트를 깔았으며 관광농원으로서 방문객에 대한 매출 효과도 기대되기 때문에 사세보 시에서 환경시민 육성의 모델로 삼고 있음. 또한 대학 관계자 외에 농업 사업에 관심이 있는 제조업체도 시찰에 나서고 있음.

(나) 보리 재배 시설 x 영농형 태양광 발전

<표 122> 주식회사 토페코 오바라 태양광 발전 실증개요

사업실시 주체	주식회사 토페코 오바라 (히로시마 현, 아키타카타 시)		
발전량	95kw		
농지면적	37a, 보리 재배	차광률	30%
전력의 이용	재배 시설에서의 물 펌프		



□ 활동 개요

- (주) 토페코 오바라는 지역·농가·자연환경의 삼위일체 농업으로 지역의 활성화에 공헌하는 것을 경영이념으로 찰보리, 쌀, 야채 등 농업 생산 사업을 하고 있는데 시설 내에서 수경재배를 실시하고 있어 양수 펌프의 전력 소비가 고민거리로 여겨지던 중 영농형 태양광 발전에 관심을 가지게 되었음.
- 태양광 발전 설비는 수경재배 하우스에 인접하는 보리밭에 설치하였으며 발전 전력의 전량을 수경재배 시설에서 자가소비하고 있기 때문에 연간 전력구입량의 약 25%가 감소되었으며 CO2 배출 절감은 연간 약 60t을 전망하고 있음.
- 태양광 발전 설비 설치의 전기세 삭감 등 경제적인 효과뿐만 아니라 태양광 발전 설비하의 농지에서 기르는 작물이나 깨끗한 전력으로 기르는 작물이 회사가 가지는 마케팅 판로에서 어필할 수 있다고 생각할 수 있어 이러한 마케팅의 관점도 설비 도입의 동기가 되고 있음.
- 영농형 태양광 발전 설비는 2019년 3월에 설치하였으며 4월부터 자가발전 전기이용을 위한 계획을 실시하였음.

(다) 논 재배 시설 x 영농형 태양광 발전

<표 123> 후쿠이 농원 태양광 발전 실증개요

사업실시 주체	후쿠이 농원(효고 현, 도요오카 시)		
발전량	35kw		
농지면적	6a, 벼 재배	차광률	30%
전력의 이용	건조 조정 설비		



□ 활동 개요

- 환경 보전에 적극적인 도요오카 시에서 후쿠이 농원은 환경 및 경제를 지역과 조화시킨 발전성 있는 도시 조성에 공헌하는 사업을 모색하는 것과 동시에 농업 후계자 부족에 따른 농업경영의 지속성에 위기감을 느낀 것을 배경으로 상용전력 구입량 삭감에 의한 생산비용 삭감과 농업의 저탄소화 기술 도입을 실현시킬 수 있는 벼농사에서 영농형 태양광 발전 자가소비사업 도입을 고려하였음.
- 논에 영농형 태양광 발전 설비를 도입하고 인접한 작업실에서 벼 건조 등 공정을 거치고 있으며 CO2 배출 감소량은 연간 13.7t을 전망하고 있음.
- 영농형 태양광 발전 설비는 2019년 2월에 설치하고 5월부터 자가발전 전기이용을 실시하였음.

라) 영농형 태양광 발전 고수익농업 실증사업 개요

- 2년(2018년, 2019년)간 아키타 현 및 시즈오카 현에서 영농형 태양광 발전이 설치된 농지에 대한 농업 실증을 실시하였음.

(가) 아키타 현, 아키타 시의 완두콩 실증 개요

- 아키타 현에서 완두콩은 생산 및 판매를 강력하게 지원하는 아키타 현의 중점 야채 중 하나로 자리매김하였으며 특히 경작포기농지의 확대가 우려되는 중산간지역의 모델로서 실증 실시하였음.

<표 124> 아키타 시 설비 개요

설비 개요 - 완두콩			
설치장소	아키타 시	시설면적	8.5a
발전량	39.6kw	차광률	31%
지주간격	4.2m	높이	3.4m



<표 125> 나무 분해 조사

시험구	분지수 (가지/그루)	절수 (절/그루)	꼬투리수 (개/그루)	전중 (kg/10a)	수량 (kg/10a)
차광 (31%)	2.6	23.8	55	1,726	838
평균	3.2	25.8	62.6	2,235	1,089

- 발전 설비 하에서는 약간 생육량이 부족하고 개화기도 2일 정도 늦어지는 등 생육에 미치는 영향이 있으나 수량, 품질은 평균과 동등하다고 추정
- 기계작업은 가능하나 지주에 주의하여 작업하기 때문에 작업시간이 증가

(나) 시즈오카 현의 차, 블루베리, 키위 실증개요

□ 차

- 시즈오카 현의 특산품인 차 등에 대해 태양광 발전 설비 설치가 육성 환경에 미치는 영향 등을 조사하여 높은 수익성을 확보할 수 있는 농업방법 실증을 실시하였음.

<표 126> 시마다 시 설비 개요

설비 개요 - 차			
설치장소	시마다 시	시설면적	4.6a
발전량	22kw	차광률	50%
지주간격	3m	높이	2.8m



〈표 127〉 차의 새싹이 자라는 상황

시험구	맹아기	조사일	무게(g)	새싹수
차광 (50%)	4/9	5/2	15.6	29
평균	4/16		12.7	34

- 50 %정도의 차광이라도 수량이나 품질에 영향이 없다는 결과.
- 발전 설비 하에서는 찻잎의 새싹이 가장 빨리 자라는 경향.
- 발전 설비 하에서는 아침의 엷은 저하가 억제되어 동상해 발생을 억제.

□ 블루베리

〈표 128〉 시즈오카 시 설비 개요

설비 개요 - 블루베리				
설치장소	시즈오카 시 시미즈 구	시설면적		2.6a
발전량	13kw	차광률		36%
지주간격	4\m	높이		3m



〈표 129〉 블루베리의 수량과 과실 품질

품종	시험구	수량(kg/나무)	당도(Brix)	산 함량(%)
브라이트웰	차광(36%)	1.5	10.6	0.7
	평균	1.8	10.2	0.5
발드윈	차광(36%)	2.0	12.0	0.7
	평균	2.2	11.1	0.7

- 수확 시기가 며칠 정도 늦어지는 경향
- 수확량, 과실 품질은 평균과 동등

□ 키위

<표 130> 시즈오카 시 설비 개요

설비 개요 - 키위			
설치장소	시즈오카시 시미즈구	시설면적	2.6a
발전량	13kw	차광률	36%
지주간격	4m	높이	3 m



<표 131> 키위의 수량과 과실 품질

시험구	수량(t/10a)	당도(Brix)	산 함량(%)
차광(36%)	1.8	15.5	0.6
평균	1.8	15.6	0.6

- 수량, 과실 품질은 평균과 동등
- 비바람이나 강한 빛이 차단되기 때문에 상처 및 오염이 감소된 경향, 그러나 패각층이 증가되는 경향

마) 영농형 태양광 발전 설비 구축 단계

(가) 초기 검토 단계

- 주요한 점
 - 영농형 태양광 발전에 대한 이해
 - 영농형 태양광 발전 전문가와 상담
 - 전력 연결 가능 여부 확인
- 농업자
 - 체크 리스트 등을 활용
 - 농업 계속 체제 구축
 - 주위의 이해 확보
 - 전문가와 상담
- 농지전용허가권자
 - 농지의 전용 일시 사용 상담(농업위원회 등)
 - 농지법에 따른 전용허가 필요
- 경제산업성
 - 경제산업성 사전 상담
 - 전력을 연결할 수 있는지 경제산업성과 상담
- 발전 설비 시공업자
 - 신뢰할 수 있는 업자 찾기

(나) 계획 수립

- 주요한 점

- 농업 계획 수립
- 측량 등 현지 조사를 토대로 태양광 발전 시스템의 설계, 견적 취득
- 농업자
 - 토지 이용 현황 확인, 설비 하에서의 농업계획 수립
 - 의견서의 첨부
 - 자금 조달의 목표 수립
- 발전 설비 시공업자
 - 토지 이용 현황, 지반 조사, 경계 확인 등 현지 조사
 - 농업에 지장이 없는 태양광 발전 시스템 설계 의뢰, 견적 취득

(다) 각종 신청

- 주요한 점
 - 전력회사에 계약 신청
 - FIT 사업계획 인정신청
- 농지전용허가권자
 - 농지의 전용 일시 사용 신청(농업위원회)
- 경제산업성
 - 경제산업성에 사업계획 인정 신청
 - ‘재생에너지 충전’ 등에 대한 상담
 - 전력회사에 계약 신청
 - 계약의 가부와 필요한 개산 비용의 산정을 의뢰

(라) 영농형 태양광 설치공사

- 주요한 점
 - 전력회사에게 공사비 부담금 지불
 - 공사 계약
- 농업자
 - 현지 확인, 배수 및 고저차 등 필요한 농업환경을 공사회사와 공유
- 농지전용허가권자
 - 농지의 전용허가(농지전용허가권자)
- 경제산업성
 - 사업계획 인정 통지
 - 매입 가격의 결정
 - 전력회사에게 공사비 부담금의 지불
- 발전 설비 시공업자
 - 주변 농지에 영향이 없는지 확인
 - 계약 후 공사 실시

(마) 사업 개시

- 주요한 점
 - 농업의 개시
 - 전력 공급 개시
 - 농지전용허가권자에게 연차보고
 - 지속적인 커뮤니케이션
- 농업자
 - 농업개시, 계속
- 농지전용허가권자
 - 농지전용허가권자에게 연차보고
- 경제산업성
 - 전력 공급 개시
- 발전 설비 시공업자
 - 공사 완료
 - 태양광 발전 설비의 유지보수
- 관계자끼리 지속적으로 커뮤니케이션하는 것이 중요.
 - ※ 전용허가 신청 시에는 적절한 농업이 이루어질 전망인지 아닌지 전문가의 의견서를 첨부할 필요가 있음.
 - ※ 영농형 태양광 발전 설비 설치자와 농업인이 다른 경우 등 민법 제269조의2제1항의 지상권 등을 설정하는 경우에는 별도로 농지법 제3조에 따른 농업위원회의 허가를 받아야함.
 - ※ 경제산업성에 사업 계획 인정 신청 등은 「재생에너지 안내서비스」를 이용하면 상세히 안내를 해주고 있음.
 - ※ 계약은 각 전력회사에 따라 상황이 다르므로 현지 전력회사의 사정에 맞게 이루어짐.
- 주위의 이해를 얻는 것
 - 영농형 태양광 발전에 있어 장기 안정적으로 발전 사업을 실시하기 위해 지역 주민의 이해를 얻으면서 사업을 진행시켜 나가는 것이 중요. 대처 내용이나 지역의 실태에 따라 지역의 주민과 소통을 취하여야함.
- 영농형 태양광 발전을 위한 농지 전용허가
 - 농업을 계속하면서 농지에서 발전 설비를 설치하기 위해서는 농지법에 의거한 전용허가가 필요.
 - 발전 설비 기동 기초부분에 대해서 전용허가가 필요. 전용 사용기간은 신청자가 농업을 하는 경우나 황폐 농지를 활용하는 경우 등은 10년 이내, 그 이외는 3년 이내이며 계약만료 후 문제가 없으면 재허가가 가능.
 - 전용허가를 할 때 농업의 지속성이 확보되었는지, 주변의 농업상 지장이 없는지 등을 체크함.
 - 연 1회 보고하는 것이 원칙이며 농산물 생산 등에 현저한 차질이 있을 경우에는 시설을 철거하고 복원해야하기 때문에 처음 단계에서 신중하게 계획을 세우는 것이 중요.
- 기타 영농형 태양광 발전에 있어서 유의할 점

- 영농형 태양광 발전을 위해서는 법령에 따른 안전대책 등 관련 법령을 준수.
- 영농형 태양광 발전 설비의 철거 및 처분 : 사업 종료 후에 철거 및 처분을 실시하기 위해 그 실행에 관련되는 비용을 상정한 다음 그 개시 시기와 종료 시기를 밝혀 사업 계획을 책정하여야함.
- 어떤 작물로 임하면 좋은지?
 - 농작물의 종류 제한이 없으며 다양한 작물에 대한 대응 사례가 있으나 발전 사업을 하는 동안 농업을 적절하게 지속할 수 있는 체제가 필요하기에 농업 기술이 확립되어 있고 해당 지역의 기후 풍토에도 적합하며, 관로도 확보하기 쉽다는 관점에서 해당 토지나 지역에서 통상 재배되고 있는 작물을 선택하는 것이 바람직.
- 고정 가격 매입 제도(FIT 제도)에서의 영농형 태양광 발전의 취급은?
 - 다른 제도 하의 태양광 발전과 마찬가지로 사업을 실시하게 되면 10kw이상 50kw미만인 사업용 태양광은 2020년도부터 자가 소비형 지역 활용 요건이 설정. 다만, 인정된 농업인이 농업을 실시하는 경우나 황폐 농지를 활용하는 경우 등, 농지의 전용허가기간이 3년을 넘는 영농형 태양광 발전은 자가 소비 등을 실시하지 않는 것이라도 재해시 활용을 조건으로 FIT제도의 대상이 됨.

〈표 132〉 영농형 태양광 발전 관련 지방자치단체의 지원 시책

지방자치 단체명	지원 메뉴
미야기 현	미야기 현 이산화탄소 배출 감소 지원 사업
도코로자와 시 (사이타마 현)	도코로자와 시 스마트하우스화 추진 보조금
아쓰기 시 (가나가와 현)	아쓰기 시 재생 가능 에너지 추진 사업비 보조금
니가타 현	① 니가타 현 농림수산업 종합진흥사업 (재생에너지 이용, 활용 촉진) ② 니가타 현 프런티어 기업 지원 자금 (탈탄소 범위) ③ 니가타 현 재생 가능 에너지 설비 도입 촉진 사업
효고 현	지역창생! 재에너지 발굴 프로젝트

〈표 133〉 영농형 태양광 발전 관련 국가의 지원 시책

분류	지원 메뉴
상담	계획 책정 등의 상담 (지역자원 활용 전개 지원 사업)
실증·연구	① 실증·연구 전기를 농업에 활용하는 대처 (영농형 태양광 발전시스템 풀활용사업) ② 연구 정보를 찾고 싶다 (아그리서처)
설비 도입	영농형 태양광 발전 설비를 도입 ① 고정가격매입제도 (FIT 제도) ② 폐열·미사용열·농업지 등의 효율적 활용을 통한 탈탄소화 추진사업 중 농업지 등에서의 재생에너지 도입 ※ 고정가격 매입제도(FIT)의 병용은 불가
대출	저금리 융자 - 환경·에너지 대책 자금(비화석 에너지 관련 설비)

○ 영농형 태양광 발전 사업 체크리스트

- 이 체크리스트는 영농형 태양광 발전 사업을 시작함에 있어 유의해야 할 점을 열거하고 있음. 실제 사업계획, 설계, 시공, 발전 개시 후의 유지관리나 절차의 대부분은 전문가가 실시하게 되지만 우선, 계획 수립부터 보수까지의 대략적인 흐름을 파악한 후 체크리스트를 참고로 하여 원활한 도입을 도모하여야함.

<표 134> 영농형 태양광 발전사업 체크리스트

항목	체크 항목	확인
농업 계획	20년(고정가격 매입 기간)을 기준으로 지속 가능하고 수익을 올릴 수 있는 적절한 농업계획을 수립하였음.	
	만일 자신이 질병이나 상해 등으로 농업을 할 수 없게 되었을 경우, 농업이 지속될 수 있도록 준비되어있음.	
	농업에 관한 개선지도 등을 받았을 경우의 대응이 준비되어있음.	
발전 사업 계획	발전량 예상은 객관적인 데이터나 인근 지역의 실적값 등에 근거하였음.	
	잉여전력 판매단가를 정확하게 파악하고 있음.	
	발전설비 설치비용의 정산 내역이 적절함.	
	발전기간 중의 유지관리비 등이 계상되어 있음.	
발전 설비 설계	농지에서 계획하고 있는 작목에 적합한 일사량을 확보할 수 있는 사양(차광률)으로 되어 있음.	
	농사를 효율적으로 할 수 있는 높이와 간격이 확보되어 있음.	
	발전설비에 부식방지 처리가 되어 있음.	
	발전설비에서 토양오염을 일으킬 우려가 있는 금속이 사용되고 있지 않음.	
	발전설비를 설치하는 지점에서 예상되는 풍속 및 적설량을 고려한 충분한 강도를 가진 설계로 되어 있음.	
	농업에 지장이 없는 범위에서 감전 등의 위험이 없는 안전이 확보된 설계로 되어 있음.	
	빗물이 농지나 농작물에 악영향을 주지 않도록 설계가 되어 있음.	
	빗물이나 배수가 인접지로 흘러 들어가지 않는 등 수로나 농로 등에 악영향을 주지 않도록 설계되어 있음.	
	인접지에 발전설비의 그림자가 드리우거나 패널 반사광이 주위에 피해를 주지 않도록 설계되어 있음.	
	시공업체는 농업 및 안전에 대한 우려에 대해 의견을 수렴하여 설계에 반영할 수 있는 업체임.	
발전 설비 공사	발전설비 설치공사가 농업(자신 및 주위)에 지장이 없는 시기, 기간(휴경기, 농한기)에 예정되어 있음	
	농업에 지장이 없는 등 농지에 최대한 부하가 걸리지 않도록 설계된 공사로 되어 있음	
	공사에 의해 농도나 논두렁, 수로 등을 손상시키는 등의 경우 책임자가 명확하게 되어 있음.	
발전 설비 보증, 점검, 보수	발전설비의 보증내용이나 보증조건이 명시되어 있음	
	트러블 발생 시 상담창구가 설치되어 있음.	
	발전설비의 정기점검체제가 정비되어 있음.	
	발전설비의 이상을 즉시 검지하고 대처할 수 있는 체제임.	
	발전설비의 일상 점검은 영농인이 할 수 있도록 점검 장소나 점검 항목 등이 밝혀져 있음.	
전문업자에 의한 점검·보수의 결과나, 발생한 이상과 그 조치에 대해서 보고 받는 체제로 되어 있음.		

발전 설비 이용권 설정 또는 농사 수탁	농업위원회에 실시하는 농지 전용 허가의 신청·갱신이나 매년 농업실적보고의 책임자가 명확함.	
	농업에 관한 권리설정 등이 적절하게 이루어지고 있음.	
	농업인과 발전 설비 설치자가 다른 경우 해당 농지에 구분지상권 등의 신청을 할 수 있도록 되어 있음.	
	농업작업을 통해 발전설비를 손상시킨 경우의 대처가 명확함.	
	재해 등으로 발전설비가 손상되어 농업인·농지·농기계·농작물 등이 피해를 입은 경우의 책임자가 명확함.	
	발전 사업자로부터 차임 등 이외에 지역에 대한 환원금을 받을 수 있는 것인지 등 금액·내역이 명확함.	
	농작물의 소유 및 수익의 소유자가 명확함.	
	발전사업이 종료되거나 사고 등으로 철수하는 경우, 농지 복구를 발전사업자의 부담으로함.	
	자신이 농업을 계속할 수 없게 된 경우 또는 농업을 위탁하고 있는 자가 농업을 할 수 없게 된 경우 농업을 계속하기 위한 계획이 명확함.	
	부적절한 농업으로 인해 전용 허가가 취소되어 발전사업을 계속할 수 없게 된 경우의 철거 비용이나 손해 등의 책임소재가 명확함.	
양호한 농업을 계속할 수 있는 것에 대해 다양한 배려를 해주는 신뢰할 수 있는 발전사업자임.		

(2) 정량적 연구개발성과

< 정량적 연구개발성과 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명	연도	1단계 (YYYY~YYYY)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	논문(비SCIE)	목표(단계별)	1	20
		실적(누적)	1	
	학술대회	목표(단계별)	2	30
		실적(누적)	2	
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	정책활용	목표(단계별)	1	20
		실적(누적)	1	
	자료발간	목표(단계별)	2	30
		실적(누적)	2	
계		6	6	100

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	영농형 태양광의 농가의향 및 비용-편익 분석	한국산학기술학회논문지	이상호	24(1)	한국	한국산학기술학회	비SCIE	2023-01-31	1975-4701	100

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2021 한국산학기술학회 추계 학술대회	이상호	2021-12-03	경주 한화리조트	한국
2	2022 한국농업경제학회 동계 학술대회	이상호	2022-12-14	한국농촌경제연구원	한국

[사회적 성과]

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
	제안	국가농식품통계서비스를 통한 농업부문 통계 구축 및 활용방안	농림축산식품부	2022	정책 건의

[그 밖의 성과]

자료 발간

번호	일자	활용내역
1	2021-12-20	일본의 영농형 태양광 사례 및 정책
2	2022-12-27	영농형 태양광 경제적 효과 분석방법론

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 작물별 영농형 태양광 유형을 고려한 경제성 평가에 기반하여 적정 설치규모를 도출	○ 12가지 유형의 시나리오를 고려하여 적정 설치규모를 도출하였음	100
○ 작물별 영농형 태양광 유형별 비즈니스 모델을 운영주체별(농가 및 법인체)로 제시하고 최적 수익방안 도출	○ 염해간척지, 집적지구 등 다양한 비즈니스 모델을 제시하고 최적 수익방안을 도출하였음	100
○ 영농형 태양광의 보급을 위한 지역 작물별로 최적화된 자본조달방식, 농지제도, 신재생에너지 지원책 등의 가이드 라인 개발	○ 영농형 태양광 보급에 의해 생겨나는 다양한 이슈를 정리하고 최적화된 정책 가이드라인 제공하였음.	100

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○ 작물별 영농형 태양광의 유형별 경제성 분석을 통한 논문, 학술 발표 및 농가 수용성 제고를 위한 자료 발간에 활용될 수 있음.
○ 운영주체에 따른 영농형 태양광 보급을 위한 정책활용 및 자료발간에 기여할 수 있음.
○ 농가수용성, 경제성, 비즈니스모델을 고려한 자본조달의 정책적 고려 및 영농형 태양광 운영조직 활성화를 위한 자료발간에 기여할 수 있음.

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내
국외논문	SCIE	
	비SCIE	
	계	
국내논문	SCIE	
	비SCIE	
	계	
학술발표	국내	
	국외	1
	계	1
사업화	매출액(단위 : 천원)	
	기술료(단위 : 천원)	

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	321076-2		
사업구분	농업에너지 자립형 산업모델 기술개발				
연구분야	[농림식품 융복합] [농생명 에너지 자원] [농산에너지 생산·활용]		과제구분	단위	
사업명	에너지자립형 저장·관리기술개발			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	(협업과제 4)작물별 영농형 태양광 경제성 평가 및 정책 가이드라인 개발		과제유형	응용	
연구개발기관	영남대학교 산학협력단		연구책임자	이상호	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기관	정부	민간	계
	1차년도		142,000		142,000
	2차년도		189,000		189,000
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계		331,000		331,000
참여기업					
상대국	상대국연구개발기관				

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2023년 4월 10일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
영남대학교	교수	이상호

4. 평가자(연구책임자) 확인 : 이상호

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	
-----	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

작물, 유형, 설치 규모 뿐 아니라 염전 및 집적 지구 등 다양한 조건을 고려함. 특히, 국내 연구 중 선구적으로 영농형 태양광 경제성 분석 및 비즈니스 모델에 대한 체계적인 연구라는 점에 의의가 있음.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

영농형 태양광 사업을 통해 에너지 및 농가소득 창출 등 경제성 측면에 기여할 수 있음. 또한 영농형 태양광 도입에 따른 농지 보존 등을 통해 환경적 측면에서도 기여할 수 있음.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

영농형 태양광 사업의 농가 및 법인체 보급에 기여할 수 있음. 특히, 영농형 태양광을 적극적으로 도입하고자 하는 농가 및 법인체가 최적의 수익 방안을 도출해 불필요한 경제적 손실을 감소시킬 수 있음.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

식량작물(벼), 과수작물(포도, 배 등)를 대상으로 12가지 유형의 영농형 태양광 경제성 분석을 실시함, 이를 통해 구축한 경제성 평가 자료 및 분석모형을 토대로 엑셀 기반 경제성 프로그램을 개발함. 또한 영농형 태양광 발전에 따른 온실가스 감축량 산정, 경제적 파급효과 및 비즈니스 모델, 정책 가이드라인을 개발함.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

논문: 1건, 학술대회 논문발표: 2건, 정책활용: 1건, 자료발간: 2건, 기존 목표 대비 100% 달성함.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
작물별 영농형 태양광 유형을 고려한 경제성 평가에 기반하여 적정 설치규모를 도출	30	30	12가지 유형의 시나리오를 고려하여 적정 설치규모를 도출하였음
작물별 영농형 태양광 유형별 비즈니스 모델을 운영주체별(농가 및 법인체)로 제시하고 최적 수익방안 도출	30	30	염해간척지, 집적지구 등 다양한 비즈니스 모델을 제시하고 최적 수익방안을 도출하였음
영농형 태양광의 보급을 위한 지역 작물별로 최적화된 자본조달방식, 농지제도, 신재생에너지지원책 등의 가이드 라인 개발	40	40	영농형 태양광 보급에 의해 생겨나는 다양한 이슈를 정리하고 최적화된 정책 가이드라인 제공하였음.
합계	100	100	모든 세부연구목표의 달성을 하였음.

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

태양광 경제성 평가 모델을 구축함으로써 의사결정의 효율성과 농가 수용성 제고에 기여하였으며 태양광 기술개발의 근거자료로써 활용될 수 있음. 영농형 태양광의 이해관계자끼리의 의사소통을 하기 위한 기초 자료로써 활용될 수 있으며 온실가스 감축의 균형을 위한 정책 가이드라인 도출에 기여할 수 있음.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 12가지 유형별 시나리오를 고려한 작물별 영농형 태양광 경제성 평가
- 다양한 유형(지역별, 정책조건별)을 고려한 영농형 태양광 비즈니스 모델
- 농가수용성, 경제성, 비즈니스 모델을 고려한 정책가이드 라인

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

향후 영농형 태양광 보급을 위한 경제적, 정책적 가이드라인으로 활용될 수 있으며 연구개발이 미흡했던 영농형 태양광 분야의 기초자료로써 활용될 수 있음.

[별첨 1]

IV. 보안성 검토

○ 해당사항 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	[농림식품 융복합] [농생명 에너지 자원] [농산에너지 생산·활용]
연구과제명	(협업과제 4)작물별 영농형 태양광 경제성 평가 및 정책 가이드라인 개발		
주관연구개발기관	영남대학교 산학협력단	주관연구책임자	이상호
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타
	331,000,000		총연구개발비 331,000,000
연구개발기간	2021.04.01. ~ 2022.12.31		
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)		

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 작물별 영농형 태양광 유형을 고려한 경제성 평가에 기반하여 적정 설치규모를 도출	12가지 유형의 시나리오를 고려하여 적정 설치규모를 도출하였음
② 작물별 영농형 태양광 유형별 비즈니스 모델을 영주체별(농가 및 법인체)로 제시하고 최적 수익방안 도출	염해간척지, 집적지구 등 다양한 비즈니스 모델을 제시하고 최적 수익방안을 도출하였음
③ 영농형 태양광의 보급을 위한 지역 작물별로 최적화된 자본조달방식, 농지제도, 신재생에너지 지원책 등의 가이드 라인 개발	영농형 태양광 보급에 의해 생겨나는 다양한 이슈를 정리하고 최적화된 정책 가이드라인 제공하였음.

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)	
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시		
													S C I	비 S C I							논 문 평 관 I F
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건	명	건	건		
가중치															40			30		30	
최종 목표														1		2			1		2
당해 년도	목표													1		1			1		1
	실적													1		1			1		1
달성률 (%)														100		100			100		100

[별첨 2]

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	작물별 영농형 태양광 경제성 평가
②	개인, 법인체 등 영농형 태양광 경제적 비즈니스 모델
③	영농형 태양광 정책 가이드라인

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술										
②의 기술										
③의 기술										

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	작물별 영농형 태양광의 유형별 경제성 분석을 통한 논문, 학술 발표 및 농가 수용성 제고를 위한 자료 발간에 활용될 수 있음.
②의 기술	운영주체에 따른 영농형 태양광 보급을 위한 정책활용 및 자료발간에 기여할 수 있음.
③의 기술	농가수용성, 경제성, 비즈니스모델을 고려한 자본조달의 정책적 고려 및 영농형 태양광 운영조직 활성화를 위한 자료발간에 기여할 수 있음.

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문 SCI	논문 비SCI			논문 평판 I/F	학술발표		정책 활용
단위	건	건	건	평년건수	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치																				
최종목표																				
연구기간내 달성실적																				
연구종료후 성과창출 계획														1						

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농업에너지 자립형산업모델 기술개발 사업의 최종 보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시농림축산식품부에서 시행한 농업에너지 자립형산업모델 기술개발 사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.