

RS-2022
-IP32200
5

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
농식품수출비즈니스전략모델구축사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004594-01

(신남방)무음영 영농형 태양광 발전 설비 개발 및 평가, 해외 실증을 통한 수출 모델 개발

2024.06.12

주관연구기관 / 한국전자기술연구원
공동연구기관 / 썬웨이(주),
한국건설생활환경시험연구원
한국농어촌공사 농어촌연구원
제주대학교 산학협력단

(신남방)
무음영
영농형
태양광발
전 설비
개발 및
평가,
해외
실증을
통한 수출
모델 개발

최
종
보
고
서

2024

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “(신남방)무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 평가, 해외 실증을 통한 수출 모델 개발” (개발기간 : 2022.04.01. ~ 2023.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

납본일자 2024.06.12.

주관연구기관명 : 한국전자기술연구원 (대표자) 한국전자기술연구원장

공동연구기관명 : 썬웨이(주) (대표자) 옥 성 애

공동연구기관명 : 한국건설생활환경시험연구원 (대표자) 이상권 원장직무대행

공동연구기관명 : 한국농어촌공사 농어촌연구원(대표자) 서 상 기

공동연구기관명 : 제주대학교 산학협력단 (대표자) 강 철 용

주관연구책임자 : 정 학 준

공동연구책임자 : 김 승 진

공동연구책임자 : 하 지 원

공동연구책임자 : 신 승 욱

공동연구책임자 : 오 욱

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서										보안등급	
										일반[√], 보안[]	
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		사업명		농식품 수출 비즈니스전략모델구축 사업		
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획 평가원			사업명		내역사업명 (해당 시 작성)		국제협력기반 수출다변화		
공고번호		농림축산식품부 공고 제 농축 2022-18호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		연구개발과제번호		322005-02		
기술 분류	국가과학기술 표준분류	1순위 EF0601	50 %	2순위 EA0799	35 %	3순위 LB0104	15 %				
	농림식품과학기술분류	1순위 CA0201	50 %	2순위 CA0399	30 %	3순위 RA0406	20 %				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문									
		영문									
연구개발과제명		국문		무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 베트남 현지 실증을 통한 해외 수출 모델 개발							
		영문		Development of agricultural solar power generation systems to shadow free and overseas export models through demonstration in Vietnam							
주관연구개발기관		기관명		한국전자기술연구원 (KETI)		사업자등록번호		125-82-05237			
		주소		(13509)경기도 성남시 분당 구 새나리로 25 (야탑동) KETI 한국전자기술연구원		법인등록번호		135471-0000431			
연구책임자		성명		정학준		직위		팀장			
		연락처		직장전화		휴대전화		010-3244-6928			
		전자우편		electric-jun@keti. re.kr		국가연구자번호		1094 8691			
연구개발기간		전체		2022. 04. 01. - 2023. 12. 31.(21개월)							
		단계 (해당 시 작성)		1년차		2022. 04. 01. - 2022. 12. 31.(9개월)					
				2년차		2023. 01. 01. - 2023. 12. 31.(12개월)					
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계			연구개발비 외 지원금
		현금		현금 현물		지방자치단체 기타()		현금 현물 합계			
총계		2,268,000		0 125,050				2,268,000 125,050			2,393,050
1단계	1년차	972,000		0 63,300				972,000 63,300			1,035,300
	2년차	1,296,000		0 61,750				1,296,000 61,750			1,357,750

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관	썬웨이(주)	김승진	소장			공동	중소기업
	한국건설생활환경시험연구원 (KCL)	하지원	책임		haji1938@kcl.re.kr	공동	전문연
	한국농어촌공사(KRC)	신승욱	선임		swshin@ekr.or.kr	공동	공공기관
	제주대 산학협력단	오 옥	교수		wookoh@jeju.ac.kr	공동	대학
위탁연구개발기관							
연구개발기관 외 기관							
연구개발담당자 실무담당자	성명		정학준		직위		팀장
	연락처	직장전화	063-219-0052		휴대전화		-
		전자우편	electric-jun@kcti.re.kr		국가연구자번호		1094 8691

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

2024년 02월 29일

주관연구책임자: 정학준

주관연구개발기관의 장: 한국전자기술연구원장

공동연구개발기관의 장: 썬웨이(주) 대표이사

공동연구개발기관의 장: 한국건설생활환경시험연구원장 (직인)

공동연구개발기관의 장: 한국농어촌공사 농어촌연구원장 (직인)

공동연구개발기관의 장: 제주대학교 산학협력단장 (직인)



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관	썬웨이(주)	김승진	소장		seungjiny@gm	공동	중소기업
	한국건설생활환경시험연구원 (KCL)	하지원	책임		haji1938@kcl.re.kr	공동	전문연
	한국농어촌공사(KRC)	신승욱	선임		swshin@ekr.or.kr	공동	공공기관
	제주대 산학협력단	오 옥	교수		wookoh@jeju.ac.kr	공동	대학
위탁연구개발기관							
연구개발기관 외 기관							
연구개발담당자 실무담당자	성명		정학준		직위		팀장
	연락처	직장전화	063-219-0052		휴대전화		010-3244-6928
		전자우편	electric-jun@keti.re.kr		국가연구자번호		1094 8691

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

2024년 02월 29일

주관연구책임자: 정학준

주관연구개발기관의 장: 한국전자기술연구원장

공동연구개발기관의 장: 썬웨이(주) 대표이사

공동연구개발기관의 장: 한국건설생활환경시험연구원장

공동연구개발기관의 장: 한국농어촌공사 농어촌연구원장

공동연구개발기관의 장: 제주대학교 산학협력단장



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관	썬웨이(주)	김승진	소장			공동	중소기업
	한국건설생활환경시험연구원 (KCL)	하지원	책임		haji1938@kcl.re.kr	공동	전문연
	한국농어촌공사(KRC)	신승욱	선임		swshin@ekr.or.kr	공동	공공기관
	제주대 산학협력단	오 옥	교수		wookoh@jeju.ac.kr	공동	대학
위탁연구개발기관							
연구개발기관 외 기관							
연구개발담당자 실무담당자	성명		정학준	직위		팀장	
	연락처	직장전화	063-219-0052	휴대전화		010-3244-6928	
전자우편		electric-jun@keti.re.kr	국가연구자번호		1094 8691		

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

2024년 02월 29일

주관연구책임자: 정학준

주관연구개발기관의 장: 한국전자기술연구원장

공동연구개발기관의 장: 썬웨이(주) 대표이사

공동연구개발기관의 장: 한국건설생활환경시험연구원장

공동연구개발기관의 장: 한국농어촌공사 농어촌연구원장

공동연구개발기관의 장: 제주대학교 산학협력단장



(직인)



(직인)

(직인)

(직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관	썬웨이㈜	김승진	소장		ail.com	공동	중소기업
	한국건설생활환경시험연구원 (KCL)	하지원	책임		haji1938@kcl.re.kr	공동	전문연
	한국농어촌공사(KRC)	신승욱	선임		swshin@ekr.or.kr	공동	공공기관
	제주대 산학협력단	오 옥	교수		wookoh@jeju.ac.kr	공동	대학
위탁연구개발기관							
연구개발기관 외 기관							
연구개발담당자 실무담당자	성명		정학준		직위		팀장
	연락처	직장전화	063-219-0052		휴대전화		010-3244-6928
전자우편		electric-jun@keti.re.kr		국가연구자번호		1094 8691	

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

2024년 02월 29일

주관연구책임자: 정 학 준

주관연구개발기관의 장: 한국전자기술연구원장

공동연구개발기관의 장: 썬웨이(주) 대표이사

공동연구개발기관의 장: 한국건설생활환경시험연구원장

공동연구개발기관의 장: 한국농어촌공사 농어촌연구원장

공동연구개발기관의 장: 제주대학교 산학협력단장



(직인)

(직인)

(직인)

(직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관	썬웨이㈜	손동욱	실장			공동	중소기업
	한국건설생활환경시험연구원 (KCL)	하지원	책임		haji1938@kcl.re.kr	공동	전문연
	한국농어촌공사(KRC)	신승욱	선임		swshin@ekr.or.kr	공동	공공기관
	제주대 산학협력단	오 욱	교수		wookoh@jeju.ac.kr	공동	대학
위탁연구개발기관							
연구개발기관 외 기관							
연구개발담당자 실무담당자	성명		정학준		직위		팀장
	연락처	직장전화	063-219-0052		휴대전화		010-3244-6928
전자우편		electric-jun@keti.re.kr		국가연구자번호		1094 8691	

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

2024년 02월 29일

주관연구책임자: 정학준

주관연구개발기관의 장: 한국전자기술연구원장

공동연구개발기관의 장: 썬웨이 대표이사 옥성애

공동연구개발기관의 장: 한국건설생활환경시험연구원장 (직인)

공동연구개발기관의 장: 한국농어촌공사 농어촌연구원장 (직인)

공동연구개발기관의 장: 제주대학교 산학협력단장 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	농식품수출비즈니스전략모델구축			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)	국제협력기반 수출다변화			연구개발과제번호		322005-02	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	1순위 EF0601	50 %	2순위 LB0104	35 %	3순위 LB0104	15 %
	농림식품 과학기술분류	1순위 CA0201	50 %	2순위 CA0399	30 %	3순위 RA0406	20 %
총괄연구개발명 (과제선정 후 해당 시 작성)							
연구개발과제명	무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 베트남 현지 실증을 통한 해외 수출 모델 개발						
전체 연구개발기간	2022. 04. 01 - 2023. 12. 31(1 년 9 개월)						
총 연구개발비	총 2,413,800천원 (정부지원연구개발비: 2,268,000천원, 기관부담연구개발비 :145,800천원, 지방자치단체지원연구개발비: 천원, 그 외 지원연구개발비: 천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도 (해당 시 작성)		착수시점 기준(5) 종료시점 목표(7)	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	실증 현지의 농사 환경 영향을 고려한 무음영 60kW급 영농형 태양광발전 설비 개발 및 베트남 현지 실증을 통 한 해외 수출 모델 개발					
	전체 내용	<p>○ 태양광 발전 용량 : 60kW (1차년도 20kW, 2차년도 40kW)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해외 신남방 실증국가 : 베트남 <ul style="list-style-type: none"> · 베트남 현지 기업 : 위비엣에너지 - 실증사이트 : 2400M, Hanoi, Hanoi, Hanoi, Thai Lai Village Vietnam (호아방 현 다낭 베트남 다낭시 화방현 화년면 타이라이 마을) <ul style="list-style-type: none"> · 실증 재배 작물 : 벼(인디카종, 2모작), - 무음영 달성을 위한 투광형 양면태양광 모듈 설계 최적화 및 모듈 개발 - 실증 국가(베트남) 농사 환경을 고려한 발전량, 작물 재배 수확 감수량 예측 시뮬레이션 - 현지 실증환경 및 재배 작물(벼)을 고려한 무음영 태양광 발전 구조물 최적화 및 개발 - 실증국가(베트남) 광환경·연변화 및 음영률을 고려한 작물 생육 특성 모니터링 및 분석 - 재배 작물 수확량 및 작물생육 특성 평가 기법 개발 - 실증사이트 지리·환경적영향을 고려한 친환경 시공기법 설계 최적화 및 실증 - 무음영 영농형 태양광 발전 설비 국가표준 제안 <ul style="list-style-type: none"> · 베트남 현지 기관 : VSQI, VINACONTROL - 무음영 영농형 태양광 발전 설비 사업화를 위한 MOU 및 기술이전 - 실증을 기반으로 한 베트남 적합 무음영 영농형 태양광 발전 설비 수출 모델 개발 					

연구개발 목표 및 내용	1단계	목표	<p>[1차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 농사환경을 고려한 음영 최소화(무음영) 태양광 모듈 개발 및 20kW급 베트남 현지 사이트 설치 및 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 태양광 발전 실증 용량 : 20kW (위비엣에너지) - 무음영 달성을 위한 투광형 양면 태양광 모듈 설계 및 시제품 제작 - 실증 국가(베트남)환경을 고려한 발전량 예측 시뮬레이션 - 실증 국가(베트남) 표준 기상 데이터 활용 시뮬레이션 - 현지 실증환경 및 재배 작물(벼)을 고려한 무음영 태양광 발전 구조물 설계 및 시제품 제작 - 실증국가(베트남) 광환경·연변화 및 음영률을 고려한 작물 생육 특성 모니터링 및 분석 - 재배 작물 수확량 및 작물생육 특성 평가 기법 개발 - 실증사이트 지리·환경적영향을 고려한 친환경 시공기법 설계 및 분석 - 무음영 영농형 태양광 발전 설비 국가표준 개발 (베트남 VSQI, VINACONTROL)
		내용	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 현지 실증형 무음영 영농형 태양광 발전 설비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 차광률 개선 및 발전량 확보를 위한 투광형 양면 태양광 모듈 설계 및 태양전지 배열(matrix)에 따른 특성 분석 ◦ 설치 국가(베트남) 실증환경을 고려한 발전량 예측 시뮬레이션 ◦ 현지 국가(베트남) 실증 작물 재배 환경을 고려한 무음영 영농형 태양광 구조물 설계(2종) ◦ 기후환경을 고려한 태양광 구조물 안정성 시뮬레이션 검증 ◦ 작물재배를 위한 친환경 영농형 태양광 설비 시공기업 설계 ◦ 현지기후 및 작물 재배환경을 고려한 무음영 영농형 태양광 시스템 설계실증 국가(베트남) 광환경 연변화 및 음영률을 고려한 작물 생육 특성 모니터링 및 분석 ◦ 재배 작물 수확량 및 작물생육 특성 평가 기법 개발 ◦ 태양광 발전 실증 용량 : 20kW (위비엣에너지) ◦ 무음영 영농형 태양광 발전설비 국가표준 개발 (베트남 VSQI, VINACONTROL)
		목표	<p>[2차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 농사환경을 고려한 음영 최소화(무음영) 태양광 모듈 개발 및 40kW급 베트남 현지 사이트 설치 및 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 태양광 발전 용량 : 40kW (위비엣에너지) - 투광형 양면 태양광 모듈 설계 최적화 및 시제품 제작 - 태양광 모듈간 이격 배치에 따른 음영개선 시뮬레이션 - 현지 실증환경 및 재배 작물(벼)을 고려한 무음영 영농형 태양광 발전 구조물 최적화 - 실증국가(베트남) 광환경·연변화 및 음영률을 고려한 작물 생육 특성 모니터링 및 분석 - 재배 작물 수확량 및 작물생육 특성 평가 기법 개선 - 실증사이트 지리·환경적영향을 고려한 친환경 시공기법 설계 최적화 및 실증 - 무음영 영농형 태양광 발전 설비 국가표준 제안 (베트남 국가기술표준원, VINACONTROL) - 무음영 영농형 태양광 발전설비 사업화를 위한 기술이전 (한국전자기술연구원 ⇄ 위비엣에너지) - 무음명 영농형 태양광 확산을 위한 정책제안(2건) - 실증을 기반으로 한 베트남 적합 무음영 영농형 태양광 발전 설비 수출 모델 개발

<p>연구개발 목표 및 내용</p>	<p>1 단계</p>	<p>내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 현지 실증형 무음영 영농형 태양광 발전시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 차광률 개선 및 발전량 확보를 위한 투광형 양면 태양광 모듈 설계 및 태양전지 배열(matrix)에 따른 특성 분석 ◦ 설치국가(베트남) 실증환경을 고려한 발전량예측시뮬레이션 <ul style="list-style-type: none"> - 태양광 모듈간 이격 배치에 따른 음영개선 시뮬레이션 - 음영 확보에 따른 발전량 예측 시뮬레이션 - 음영 개선 및 발전량 확보를 위한 분석 D/B 검증 ◦ 현지 국가(베트남) 실증 작물 재배 환경을 고려한 무음영 영농형 태양광 구조물 설계(2종) ◦ 기후환경을 고려한 태양광 구조물 안정성 시뮬레이션 검증 ◦ 작물재배를 위한 친환경 영농형 태양광 설비 시공기업 설계 ◦ 현지기후 및 작물 재배환경을 고려한 무음영 영농형 태양광 시스템 설계실증 국가(베트남) 광환경 연변화 및 음영률을 고려한 작물 생육 특성 모니터링 및 분석 ◦ 재배 작물 수확량 및 작물생육 특성 평가 기법 개발 ◦ 태양광 발전 실증 용량 : 40kW (위비엣에너지) ◦ 무음영 영농형 태양광 발전 설비 국가표준 개발 (베트남 국가기술표준원, VINACONTROL) ◦ 무음영 영농형 태양광 확산을 위한 정책제안(2건) <ul style="list-style-type: none"> - 베트남 표준기술 정책 제안 - 수출 모델 확산을 위한 정책 제안 ◦ 실증 기반 베트남 적합 무음영 영농형 태양광 발전 설비 수출 모델 개발
-------------------------	-------------	-----------	--

연구개발성과		<연구개발성과 목표 대비 실적>																							
		사업화지표											연구기반지표												
		지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술인증			학술성과			교육지도		인력양성		정책 활용-홍보		기타 (MOU, 표준모델) (명)
		특허출원	특허등록	품종등록	S M A R T	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치	논문 SCI	논문 비SCI	학술발표	교육지도	인력양성	정책 활용	홍보전시						
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건							
가중치	5	10	0	0	10	10	10	10	0	10	0			0	5	5	0	10	5	10					
최종 목표	4	1		BB	1	30	2	2,300	3,400	10		4		3	2	1	3	2	1	2					
당해 년도	목표	2	1		BB	1	30	1	200		1		3	1	1	3	2	1	2						
	실적	2	2		B	1	0	1	202		2		1	1	3.1	6	1	3	2	3	2				
달성률 (%)	100	200		100	100	0	100	100		200		100		300	100	100	100	300	100						

< 연구개발성과 성능지표 >									
평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고 보유국/ 보유기관	연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치				
			성능수준	성능수준	1차년도 (2022.04.01.~ 12.31)		2차년도 (2023.01.01.~ 12.31)		
					목표	실적	목표	실적	
1	작물 수확 감수율	%	15	25 일본/-	20 솔라팜	20	-	≤10	0
2	태양광 모듈 투광율	%	5	-	-	5~10	8.60% 8.61% 8.96% 15.31% 20.34%	≥15	8.96 15.31 20.34
3	태양광 시스템 평균 차광율	%	5	-	-	30~2 0	-	≤10	2
4	태양광 시스템 차광율 (정오기준)	%	5	-	-	≤10	-	≤5	1
5	구조검토	건수	5	-	-	2	3	2	1
6	구조물 재질	종	5	-	-	1	1	1	1
7	구조물 풍압강도	m/s	5	50 (일본)	45	45	45	45	45
8	구조물 시제품	종	10	-	-	2	3	2	1
9	실증 사이트	개	15	-	-	1	1	1 (1년도 동일 실증사 이트)	1
10	실증용량	kW	10	1000 (일본/ 메가솔라)	300	20	20	40	44.08
11	실증 시뮬레이션	건	5	-	-	1	-	1	3
12	무음영 영농형 태양광 설비 표준화	건	5	-	-	-	-	1	1
13	사업화 표준모델	건	10	-	-	-	-	1	1

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>[연구개발성과]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기술적 성과 <ul style="list-style-type: none"> · 특허출원 4건, 특허등록 2건(SMART값 B등급), 논문(SCI) 1건 · 무음영 영농형 태양광 발전 시스템 적합 모듈 6종 및 구조물 시제품 2종 · 무음영 영농형 태양광 발전 시스템 1건 - 경제적 성과 <ul style="list-style-type: none"> · 제품화 1건이상, 기술이전 1건, 고용창출 8명, 매출액 202백만원, 기술료 30백만원 - 사회적 성과 <ul style="list-style-type: none"> · 정책제안 2건(표준화 모델 포함), 영농기술 1건 - 사회적 성과 기타 성과 <ul style="list-style-type: none"> · MOU 1건(한국전자기술연구원-새마을세계화재단 재단-위비엣에너지) · 기술이전 1건 (한국전자기술연구원-위에너지)
---------------------------	---

<p>연구개발성과 활용계획 및 기대 효과</p>	<p>[활용계획]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 신재생에너지 인프라 구축 수요가 증가하고 있는 신남방 국가 대상 영농활동과 재생에너지 동시 생산 모델 제시를 통한 기후변화 대처 지원 <ul style="list-style-type: none"> · 기존 영농형 태양광의 문제점(높은 음영율 및 감수율) 해결을 통한 문제 해결 및 무음영 영농형 태양광 시설 개발 통한 국내외 보급 확산 · 영농활동과 재생에너지 동시 충족을 통한 농촌과 이익공유 및 공생모델 제시 - 신남방 국가의 농업환경에 적합한 무음영 태양광 발전설비 검증 및 수출모델 개발을 통한 수출 기반 확보 <ul style="list-style-type: none"> · 무음영 태양광 발전시스템 현지 농업환경 실증 D/B를 바탕으로 에너지 자급자족형 新농업기술 모델 확장 · 농업지역내 관개용수공급 및 계측 시설의 전력공급 등의 스마트팜 전력활용 - 국내 농업분야 신재생에너지 확대 <ul style="list-style-type: none"> · 국내법(농지법)에 의해 영농형 태양광 확산 제한 해결책 제시 · 논·밭 등의 작물재배에 기본인 수질, 토양, 식생변화 및 환경 영향 평가를 통한 시스템/제품의 안정성 확보를 통해 주민 수용성 기반을 확보함으로써 국내농업분야 신재생에너지 보급 사업 유치 가능 · 농촌 지역 내 유휴부지(하천, 수로, 도로 법사면 등)를 이용한 추가적인 토지 확보 없이 구조적 심미성을 갖춘 태양광 발전 시스템을 통한 태양광 보급 확대 · 농촌 지역 내 유휴부지를 이용한 전력보급을 통해, 에너지 자급자족형 미래지향 농업화 부흥 가능 - 무음영 영농형 태양광 시스템의 요소별 사업화 확장 및 다양한 태양광 시장 판로 개척 - 무음영 영농형 태양광 발전시스템 상품화 및 가이드라인 개발을 통한 국내·외 영농분야 시장 진출 기회 확보 <p>[기대효과]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 농업기술 향상(낙차 해소) 기여도 <ul style="list-style-type: none"> · 신남방지역 맞춤형 영농형 태양광발전시스템 적용기준 마련 · 태양광 발전시스템(구조물 포함) 음영에 의한 일사량, 일조량 등 작물재배에 필요한 주요 인자에 대한 규명 · 실증 현지 국가 기업 및 연구기관 참여를 통한 영농형 태양광 발전시스템의 수출 표준화 모델 확보 기반 마련 및 유지보수에 대한 불안감 해소 - 본 과제에서 기술개발 및 실증을 통해 신뢰성이 확보된 무음영 영농형 태양광 발전 시스템 기술을 바탕으로 성능 및 디자인적 기능의 패키지와 비즈니스 모델을 통한 국내·외 영농 태양광 시장 확장 및 에너지 자급자족 농업화 가능 - 농지와 농업인 유지를 통한 농업의 지속 가능성 확보로 식량 안보 문제 해소 - 농촌 지역에 대한 신규 태양광 모델 발굴로 영농형 태양광의 법규 개정(농지법)에 대한 부담 감소 및 농업인의 태양광 설비 반대 여론 감소 - 환경 문제없이 다양한 태양광 모델 발굴에 따른 정부 정책의 긍정적인 여론 확보로 재생에너지의 주민 수용성 제고 - 주민참여형 사업을 통해 농촌 지역의 다양한 수익원을 제공함으로써 기존 농민의 수익 향상과 귀농 인원 증가 등 사회적 문제 해결 - 무음영 영농형 태양광 발전의 해외수출형 모델로 활용 가능함 																												
<p>연구개발성과의 비공개여부 및 사유</p>	<p>해당없음</p>																												
<p>연구개발성과의 등록·기탁 건수</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">논문</th> <th rowspan="2">특허</th> <th rowspan="2">보고서 원문</th> <th rowspan="2">연구 시설 ·장비</th> <th rowspan="2">기술 요약 정보</th> <th rowspan="2">소프트 웨어</th> <th rowspan="2">표준</th> <th colspan="2">생명자원</th> <th rowspan="2">화합물</th> <th colspan="2">신제품</th> </tr> <tr> <th>생명 정보</th> <th>생물 자원</th> <th>정보</th> <th>실물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신제품		생명 정보	생물 자원	정보	실물	1	4			1							
논문	특허								보고서 원문	연구 시설 ·장비		기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신제품											
		생명 정보	생물 자원	정보	실물																								
1	4			1																									
<p>연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구입 기관</th> <th>연구시설 ·장비명</th> <th>규격 (모델명)</th> <th>수량</th> <th>구입 연월일</th> <th>구입가격 (천원)</th> <th>구입처 (전화)</th> <th>비고 (설치장소)</th> <th>ZEUS 등록번호</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호																			
구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호																					
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>무음영 영농형 태양광</p> <p>영농기술</p> <p>해외실증</p> <p>수출모델화</p> <p>자립형 에너지</p>																												
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Shadow-free agricultural photovoltaic</p> <p>Farming Technology</p> <p>Overseas Demonstration</p> <p>Export modelling</p> <p>Self-supporting Energy</p>																												

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	1
1-1. 개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용	12
2-1. 1차년도 연구개발 목표	12
2-1-1. 1차년도 연구개발 수행 내용	12
2-2. 2차년도 연구개발 목표	91
2-2-1. 2차년도 연구개발 수행 내용	91
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	246
1) 연구수행 결과	246
2) 목표 달성 수준	277
4. 목표 미달 시 원인 분석(해당 시 작성)	278
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	279
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	279

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 개발과제 개요

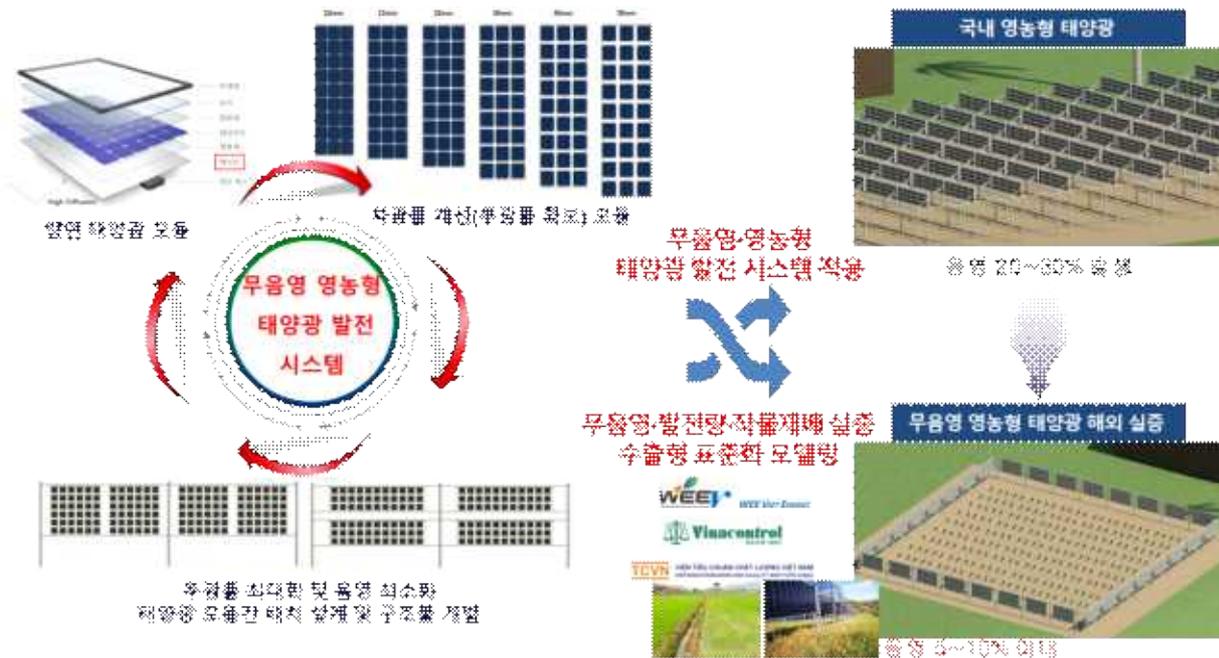
(1) 기술 개발 개요



- 국제적으로 기후 변화 대응을 위한 탄소중립을 선언으로 화석연료 에너지의 사용을 감축하고 있는 상황에서 최근 신남방 국가들의 에너지 수요가 증가함에 따라 신재생에너지 인프라의 필요성이 급증하고 있음
- 지속적인 식량 자원의 확보를 위해 작물 재배와 태양광 발전을 같이 진행할 수 있는 영농형 태양광 발전 설비가 적절하지만, 기존 영농형 태양광의 경우 음영으로 인한 작물 수확량 감소(25~30%)와 생육이 저하되는 문제점이 나타남에 따라 작물 특성에 맞는 무음영 또는 음영 최소화 영농형 태양광 발전 설비 개발 필요함
- 국내는 현재 관련 법규(농지법) 따라 영농형 태양광 발전 설비의 농업진흥구역 내 구축이 제한됨에 따라 신남방 국가를 대상으로 영농형 태양광 설비를 맞춤 개발하고, 이를 검증하여 향후 국내 도입이 가능한 시점에 영농형 태양광을 보급 확대 가능하게 대비해야 함
- 또한 신남방 국가의 주요 재배 작물에 대한 실증 및 검증으로 수출 모델을 확보함에 따라 국내 영농형 태양광 기술의 향상과 더불어 국내 수출 증가 및 국제적 식량 자원 확보를 도모할 수 있음

(2) 신남방(베트남) 적합 무음영 영농형 태양광발전 설비의 기술 개발

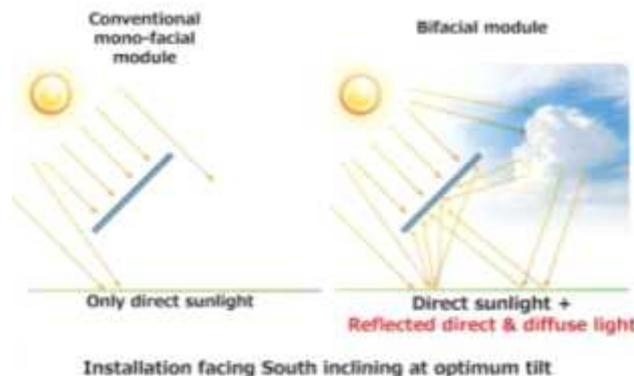
- 신남방 국가의 주요 작물에 대해 무음영 태양광 발전 설비를 개발하기 위해서는 다음과 같은 기술 개발이 필요함
 - 차광률이 최적화 또는 무음영(최소화) 된 영농형 투광·양면형 태양광 모듈 개발
 - 현지 작물 재배 환경을 고려한 무음영 영농형 태양광 구조물 개발
 - 신남방 현지의 주요 작물에 대한 무음영 영농형 태양광 실증 및 적합성 검증



< 무음영 영농형 태양광 적합 모듈 개발 모식도 >

① 신남방(베트남) 적합한 무음영 투광·양면형 영농형 태양광 모듈 기술

- 양면형 태양광 모듈을 적용하여, 후면 발전을 위한 가시광 반사를 고려하여 전면 및 후면 동시 발전을 할 수 있도록 시공하는 것이 효과적임



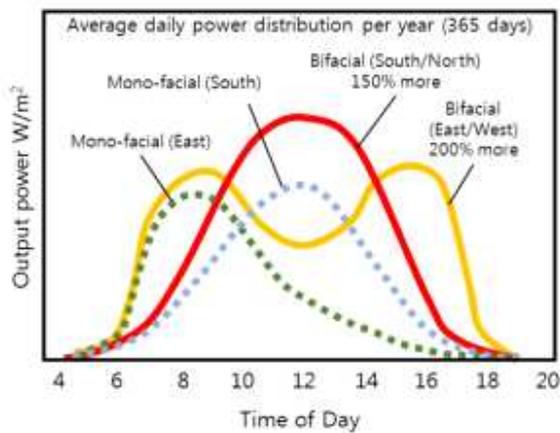
< 단면형 태양광 및 양면형 태양광 모듈 개요 >

- 요구하는 채광량을 충족하기 위해 단위 면적 당 양면형 태양전지의 배치 개수는 제한을 받음

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

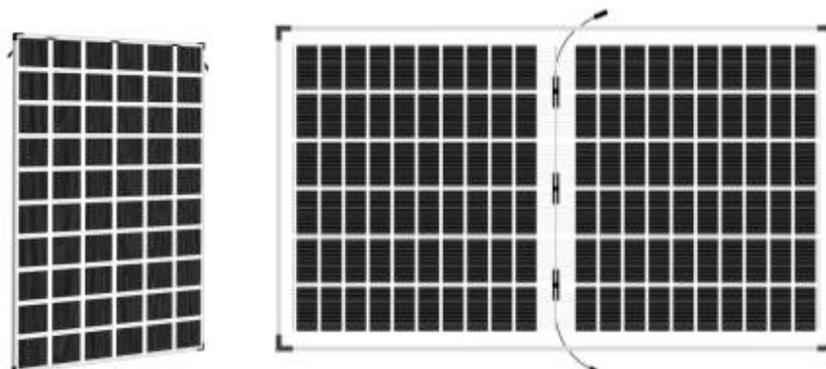
- 양면형 태양전지들을 이격시키며 이러한 이격 틈을 통해 입사한 태양광의 일부를 양면형 태양전지의 후면으로 반사 시킴
- 양면수광형 태양광 모듈의 출력 증가는 주변 환경 및 지면 반사에 의한 산란광에 대해 태양전지 후면에서도 이를 이용한 추가적인 발전 덕분이며, 이때 지면의 반사도(알베도, Albedo)에 따라 좌우됨
- 알베도는 표면이나 물체에 입사된 일사에 대한 반사된 일사의 비율로, 알베도의 값이 0.25인 잔디밭에 양면수광형 태양전지의 출력은 단면수광형 태양전지와 비교시 산술적으로 양면수광형 태양전지가 약 25%의 출력이 추가적으로 발생 가능함

주변 지면	Albedo
도시환경	0.14-0.22
유리(glass)	0.15-0.25
깨끗한 눈(snow)	0.82
젖은(wet) 눈(snow)	0.55-0.75
건조한 아스팔트	0.09-0.15
젖은 아스팔트	0.18
화이트 콘크리트	0.55
콘크리트(concrete)	0.25-0.35
관광(bare soil)	0.17
잔디밭(green grass)	0.25
사막(desert sand)	0.40
적 벽돌(red tiles)	0.33



< 주변환경에 따른 알베로 및 태양광 종류와 설치 방향에 따른 전력생산량 >

- 일반적인 정남형으로 태양광 모듈을 설치할때와 비교하면 양면수광형 태양광 모듈을 남북 방향으로 설치시 일출(동향)과 일몰(서향)에 시스템에서 주발전이 이루어지고 태양 고도가 높은 정오 시간대에도 산란광에 의한 발전이 가능하므로 일반 단면수광형 대비 최대 약 2배의 발전 성능 향상이 가능함
- 따라서 양면수광형 태양광 모듈의 특성을 반영한 구조물 설계를 통해 작물 재배 면적 감소를 최소화하고, 안정적인 작물의 태양광 요구량(광포화점)을 충족시키며, 태양광 발전량을 향상시킬 수 있음
- o 광투과도 증대를 위한 모듈 설계 구상도
 - 셀간 이격 거리 변경을 통하여 투과율 변경 진행

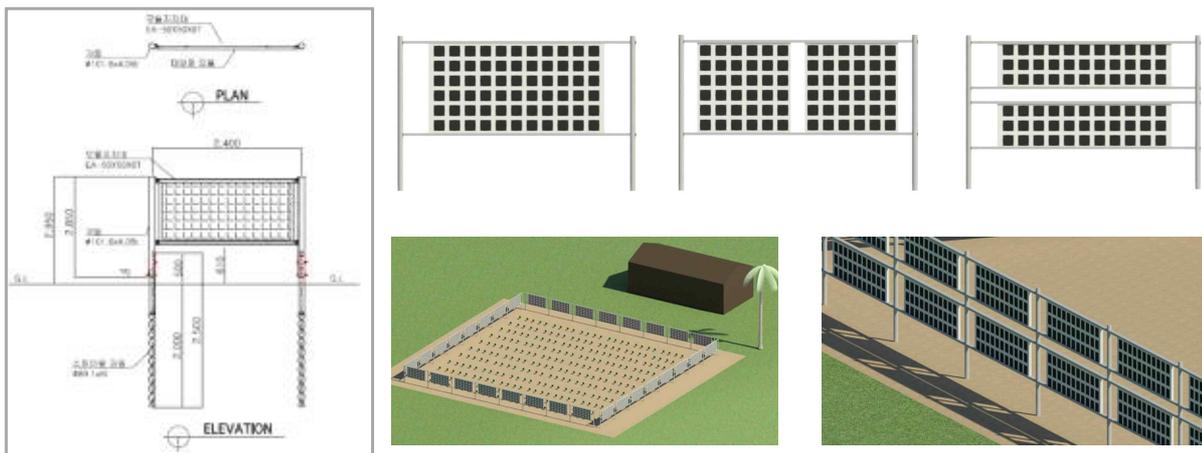


< 광투과형 양면 태양광 모듈 구상도 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)

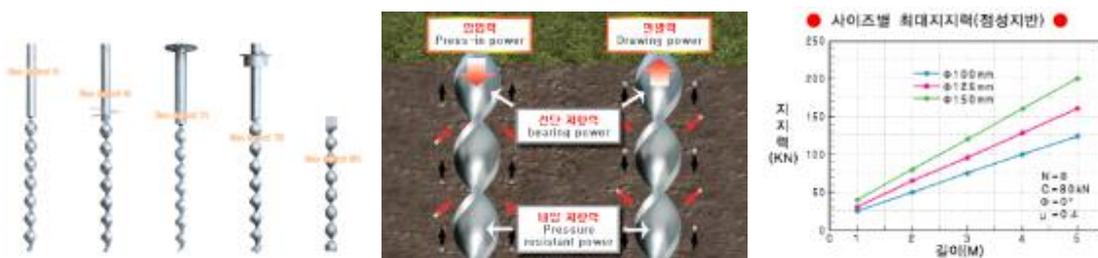
② 무음영 영농형 태양광 구조물 기술

- 기존 영농형 태양광 방식(루프탑) 구조물 대비 수직 형태 구조물의 혁신성
 - 농어촌 농작물과 공존할 수 있는 태양광 시스템의 선행연구 결과를 바탕으로 농기계 이동 경로 및 작물 수확량을 고려하여 신남방 현지 조건에 최적화된 수직 방식의 태양광 모듈, 구조물, 설치방법, 배치안 개발
 - 실증 대상 신남방 국가(베트남)의 현지 맞춤형 구조물 표준화 기술 개발
 - 제한된 면적에서 기존 루프탑 방식의 영농형 태양광 설치방식에 비해 인건비, 자재비 절감 및 공사 기간 단축으로 태양광 발전 설치 비용을 30% 이상 절감 가능(시공비 75% 차지)
 - 영농 기술의 수출 다변화를 위해 무음영 또는 음영 발생이 최소화되고 신남방 국가의 주요 작물 재배와 태양광 발전이 병행이 가능한 모델 발굴

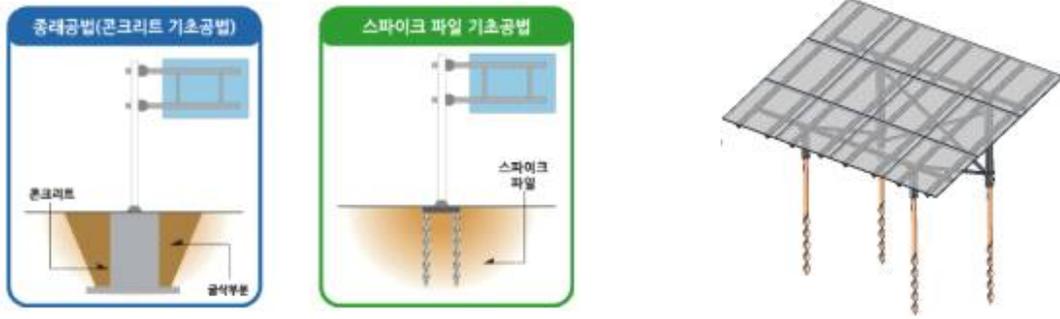


< 태양광 모듈 형태에 따른 영농형 수직 태양광 구조물 예시 >

- 연약지반에서 설치 가능한 스파이럴(Spiral) 파일 구조체 기술
 - 농작지의 토양은 논과 밭(과수원) 형태로 구분이 가능하며 단단한 지반은 기초 구조물의 구조 안정성을 쉽게 확보할 수 있으나, 연약 지반의 특성을 갖는 논외의 경우 토양 오염이 없고 안정성을 확보할 수 있는 구조체가 요구됨
 - 스파이럴 파일 구조체는 시공시 굴삭 작업이 필요 없는 건식공법으로 가능하며, 설치 환경에 대한 다양한 구조체 대응이 가능하여 내구성 및 안전성 확보가 가능하고 구조체 역회전을 통해 유지보수가 용이함
 - 토지 침수 경계면에서 구조체 코팅기술을 적용하여 토지오염 최소화 방지 기술 적용 및 확보가 가능함

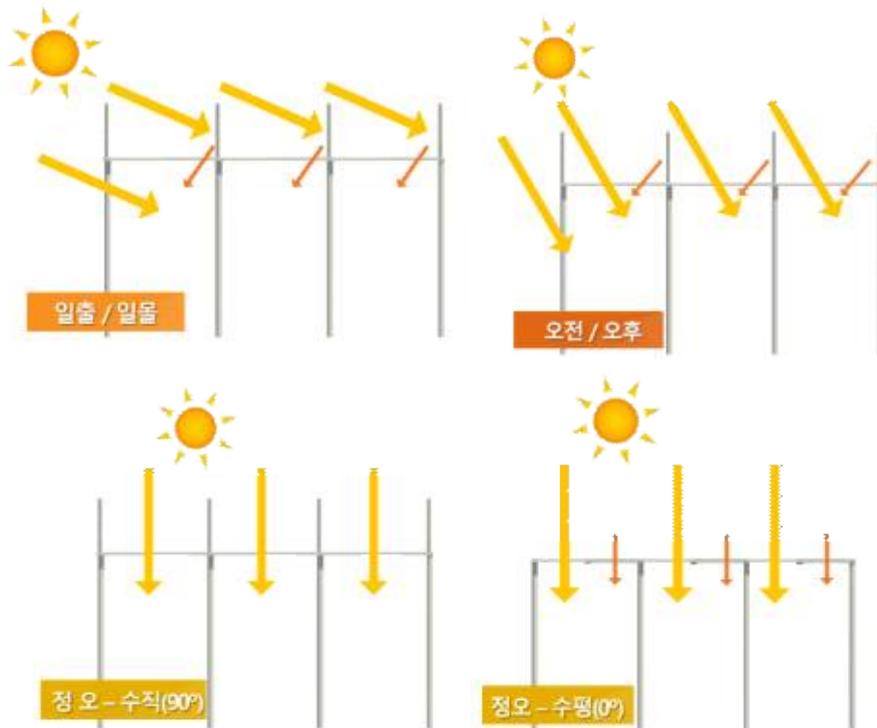


210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<콘크리트 기초시공 대비 스파이럴 시공 방법의 편리성 및 지지력 성능 비교>

- 무음영 또는 차광률 최소화를 통한 작물 광포화점 및 잉여 태양광을 이용한 발전 최적화



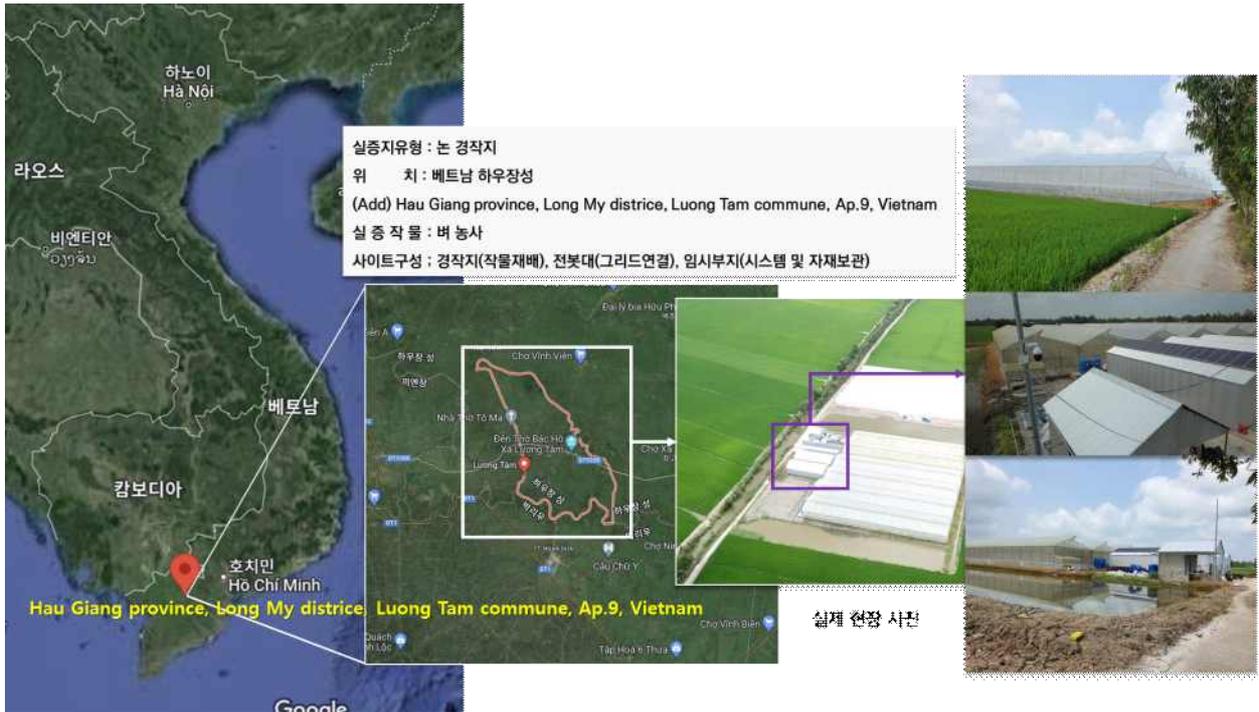
< 상부 모듈 각도에 따른 시간대별 작물 및 태양광 패널의 태양광 에너지 사용 예시 >

- 작물의 광포화점을 확보하고 남은 추가 태양광 에너지에 대하여 태양광 발전 설비의 활용으로 재생에너지 효율성 극대화 기술 개발
- 신남방 지역은 높은 일사량 조건의 재배 환경을 가지고 있으므로 [일출-정오- 일몰]까지 균일한 광량을 공급하고, 광포화점 이상의 태양광을 전력으로 활용
- 또한 상부 영농형 태양광 구조물에 설치된 태양광 패널의 각도 조절을 통해 작물에 대한 광량 감소가 필요할 경우 수평(0°)으로 조절이 가능하며, 광포화점이 높은 작물의 경우 수직(90°)으로 조절하여 작물의 생육 조건을 조절할 수 있음

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

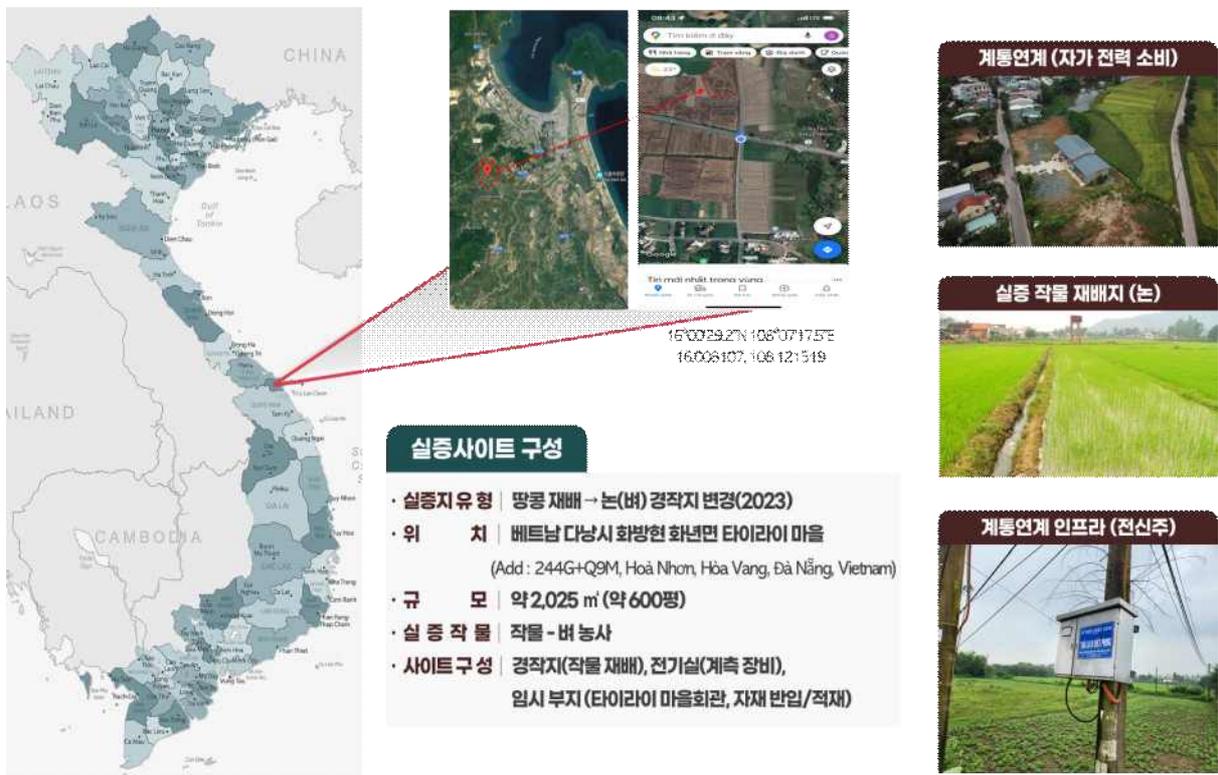
③ 베트남 실증 사이트내 영농형 태양광 발전 설비 설치 및 실증

- 실증 용량 : 60KW
- 변경 전) 실증 사이트 : Hau Giang province, Long My districe, Luong Tam commune, Ap.9, Vietnam

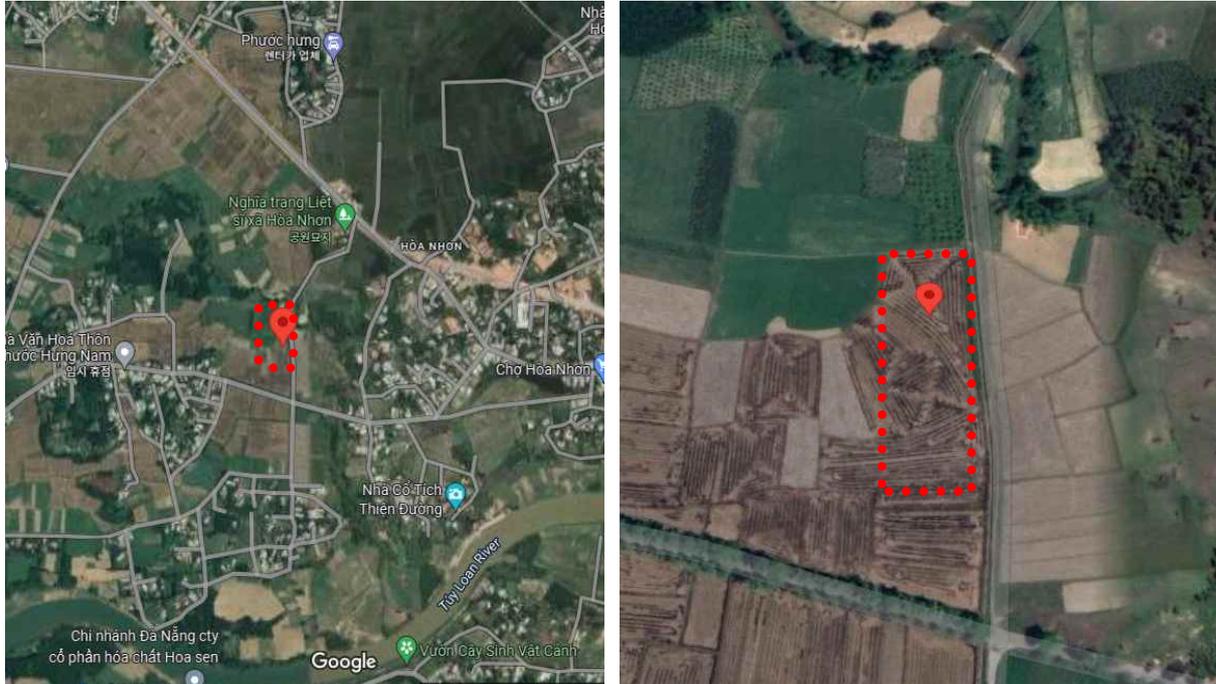


< 베트남 현지 실증 사이트 (위비엣에너지(베트남 참여기업)) >

- 변경 후) 실증 사이트 : 244G+Q9M, HoàNhơn, HoàVang, ĐàNẵng, Thai Lai Village Vietnam
 (호아방 현 다낭 베트남 다낭시 화방현 화년면 타이라이 마을)



210mm×297mm [(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 베트남 현지 실증 사이트 (위비엣에너지(베트남 참여기업)) >

(2) 베트남 실증을 통한 신남방 向 무음영 영농형 태양광 발전 설비 표준화 모델

- 사업을 통해 개발되는 영농형 태양광 설비는 해외 수출을 바탕으로 하기 때문에 해당 신남방 국가에 대한 실증 및 검증을 포함하여 현지에서 신뢰할 수 있는 모델 개발이 반드시 필요함
 - 따라서 본 컨소시엄은 베트남 국가표준개발연구원(VSQI)과 협의체 구성
 - 작물생육특성 모니터링기법 및 태양광설비 설치/시공 기술에 대한 KS표준 전수 및 베트남 국가표준(TCVN) 제안
- 베트남 국가표준(TCVN) 제·개정 추진
 - 베트남 국가기술표준원(STAMEQ)와 협업, 영농형 태양광설비 분야 기술위원회(TC) 구성 및 평가·승인 추진



< 한국-베트남 협의체 구성 및 국가표준 제·개정 절차도 >



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비의 베트남 현지 실증을 통한 수출 모델 개발 >

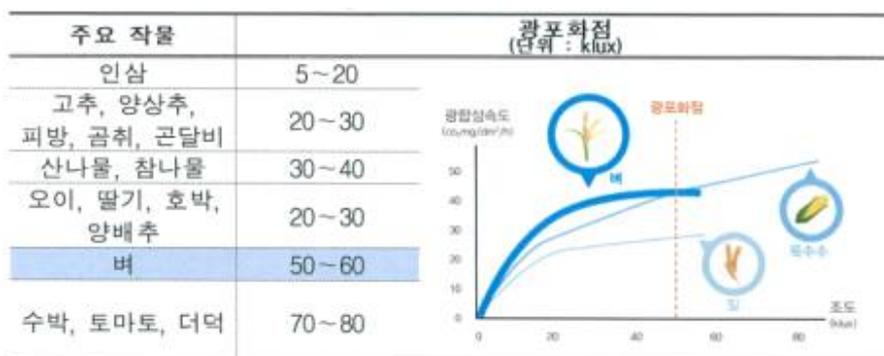
- K-영농형 표준보급모델 정책제언
 - 베트남 농업농촌개발부에 농촌진흥정책 수립 제안



< K-영농형 태양광 설비 표준보급모델 개발(안) >

1-2. 필요성

- (정의) 무음영 영농형 태양광 발전시스템은 발전시설 하부에 작물을 재배하여 발전과 농업을 동시에 충족하는 기술로 식물에 따라 생육에 필요한 광량은 다르고, 일조량이 많아도 식물 성장에 기여하지 못함에 따라, 작물 성장에 활용되지 않은 일사량을 태양광 발전에 활용함과 동시에 작물재배 수확량 감소 최소화를 동시에 확보할 수 있는 기술임



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

- 일반 추적식 태양광 발전은 고정식에 비하여 발전량이 30% 많으나 설치비가 20~30% 비싸고 동적인 부분이 있어서 O&M 비용이 높고 특히 중소기업 설치업자들의 A/S 부실로 보급·확산되고 있지 않음
- 본 과제의 무음영 영농형 태양광 발전시스템은 고정식·펜스형의 차광률 제어 및 무음영(최소화) 가능한 구조물과 무음영에 적합한 투광형 양면 태양광 모듈 적용을 통하여 설치비 저감 효과가 높음
- 본 과제의 무음영 영농형 태양광 시설은 경작지 외곽 테두리에 설치되어, 차광률 개선 효과에 따른 발전량 감소를 최소화하기 위하여 투광형 양면 태양광 모듈을 적용
- 기존 고정·지붕형 영농형 태양광 발전시스템은 하부 음영으로 인해 양지에 비해 작물의 성장이 저해되어 수확량이 감소할 수 있음
 - '17 경기도 가평에서 논에 고정형 태양광 발전시설을 설치하여 벼 수확량 감소율을 실증하였으며, 약 15%의 생산량 감소가 있었음.

< 벼 수확량 비교표 >

(' 17.12.18.)

구분	㎡당 포기수(개)	포기당평균 이삭수(개)	이삭당 완전 벼알수(개)	삼광벼 현미천립중(g)	현미수량 (kg/10a)	인근대비 (%)
시범양지	19.4	13.3	72.4	22	411.0	86.6
시범음지	18.3	14.3	69.8	22	402.0	84.7
평균	18.9	13.8	71.1	22	406.4	85.6
인근관행	19.2	13.3	84.5	22	475.0	100

- 솔라팜에서 17년에 구축한 영농형 태양광에 대한 토양오염 조사 결과이며, 수확된 농작물에서 중금속 미검출됨

처리	중금속(mg/kg)							
	비소	카드뮴	납	구리	니켈	아연	수은	6가크롬
대조구	불검출	2.85a	11.36a	10.34a	12.63a	94.26b	0.16a	0.16a
처리구	불검출	2.85a	12.85a	11.23a	10.65a	116.55a	0.11b	0.18a
Pr>F	-	NS	NS	NS	NS	**	*	NS
LSD	-	-	-	-	-	9.780	0.047	-

NS 유의성 없음, *95% 수준, ** 99% 수준에서 유의성 있음

< 배추를 재배한 토양의 중금속 오염 분석 결과 >

- 식량과학원에서는 식량작물(벼, 보리)에 대해 태양광 하부에서 작물 생산 환경 분석 및 재배법 개발을 위해 고정식 및 추적식 태양광 발전 설비를 설치하여 연구를 수행하고 있으나, 밭작물에 대한 환경분석 및 재배법 개발에 대한 연구는 없음

- 대부분의 영농형 태양광 발전 시설은 고정식 형태이며, 이 경우, 음영지역에서의 작물 생육 저하는 피할 수 없으며, 벼보다는 수익성이 높은 밭작물에 대한 영농형 태양광 발전 관련 연구는 거의 진행되고 있지 않음.
- 작물의 수확 감수율을 줄이고, 태양광 발전량을 최적화하기 위해서는 무음영 영농형 태양광 발전의 발전향 및 구조 안정성 확보와 작물 수확 감수율 최소화를 위한 음영 지역 조정 기술에 대한 체계적인 실증 연구가 필요함
 - 무음영 영농형 태양광 발전의 보급확대 및 수출을 위해서는 수익성 및 안정성 확보 및 작물에 대한 일조 특성 분석, 토양 환경 분석과 스마트 O&M을 통한 체계적인 재배 연구와 개선이 필요함
- (정부 정책 부합성) 한국은 세계 7위의 온실가스 배출 국가이며, 2015년 유엔 파리협정에 가입한 국가로서, 막대한 이산화탄소 배출량 감축 의무를 지고 있음
 - '18.09 : 범부처 기후변화 대응 및 미세먼지 관리 종합 대책 발표
 - '20.07 : 『한국판 뉴딜』 종합계획 발표
 - '21.03 : 『2050 탄소중립』 이행계획 발표
 - '21.07 : 『한국판 뉴딜 2.0』 발표
- 그린뉴딜 정책(한국형 뉴딜 종합계획(7.14), 산업·에너지 한국판 뉴딜 정책방향(7.16) 등) · 탄소중립 이행 연계수요
 - 재생에너지 발전용량 목표 수요 : '22년 26.3GW, ' 25년 42.7GW
- 재생에너지 3020 이행 계획
 - 태양광 보급 목표 : '30년 36.5GW(누계)
 - 재생에너지 산업경쟁력 강화를 위해 전략적 시범사업 · 실증단지 추진을 통해 초기시장 창출 → 태양광의 경우 영농형, 방음벽, 학교건물, 독립형 등 신기술 실증, 사업모델 검증 및 선제적 규제철폐 추진
 - 재생에너지 3020 이행을 위해 농촌지역에 10GW 태양광 설치 필요
 - 탄소 배출 없는 에너지 공급의 중심인 태양광 분야 설치 확대가 농촌지역을 중심으로 확대되고 있으나, 민원, 환경문제, 지역조례에 의한 설치 제한으로 태양광의 설치 가용면적이 제한됨
 - 주민민원, 지역 조례 등에 전기사업허가 신청 기준 34%만 태양광 발전 사업 개시하였으며, 전기사업허가 후 사업 개시일까지 약 1년 소요로 농촌지역 내 대규모 태양광 발전시설 확산 제한됨
 - ※ 출처: 농촌 태양광 사업추진 체계 및 주민참여 우수사례 연구, 농식품부, 2020.05, 14년~18년 기준
- (정부 신남방 정책) 아세안과 인도 등 신남방국가들과 정치·경제·사회·문화 등 폭넓은 분야에서 주변 4강(미국·중국·일본·러시아)과 유사한 수준으로 관계를 강화해 한반도를 넘어 동아시아, 전 세계 공동번영과 평화를 실현하고자 하는 정부 핵심 외교정책 (2017.11)

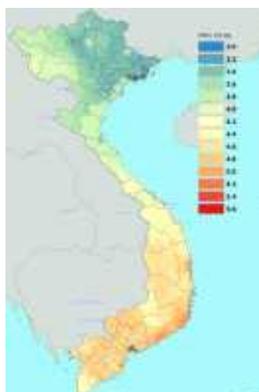
- 신남방 국가 : 부르나이, 캄보디아, 인도네시아, 라오스, 말레이시아, 미얀마, 필리핀, 싱가포르, 태국, 베트남, 인도
- 주요 정책 방향 및 추진 전략 : 교류 증대를 통한 상호 이해 증진, 상생 번영 및 평화 공동체 구축
- 베트남 대상 주요 정책 : 산업화 역량 강화, 중소기업 기술 교류 협력 증진



< 정부의 신남방 정책 개요 >

- 베트남 재생에너지 정책 동향

- 베트남은 「제8차 전력개발종합계획(’ 21년 확정 예정)」을 통해 재생에너지를 대폭 확대할 계획을 발표(’ 21.3)
- ’ 30년까지 풍력발전(13.1%), 태양광발전(13.5%)을 주요 발전원으로 재생에너지로의 전환을 목표함
- ’ 25년, ’ 30년의 석탄발전 용량은 제7차 목표 대비 40%, 30% 감축
- 태양광 현황 : 현재 가동 중인 설비는 9 GW(’ 20년 말)이며, ’ 25년까지 41 GW규모 신규 투자계획, 가동 중인 설비용량(9 GW) 중, 남동부에 위치한 닌투언(Ninh Thuan)과 빈투언(Binh Thuan)의 설비용량이 38.9%(3.5 GW)를 차지, 루프탑 발전 설비용량은 ’ 19년 말 272 MW에서 ’ 20년 7.78 GW로 28.6배 증가



< 전력원별 발전 설비용량 목표 비교 >

		현재	제8차 전력계획		제7차 전력계획	
		2020	2025	2030	2025	2030
풍력	GW	0.6	11.3	18.0	2.0	6.0
	%	0.9	11.1	13.1	2.1	4.6
태양광	GW	16.6	17.2	18.6	3.9	11.8
	%	24.0	16.9	13.5	4.1	9.1
석탄	GW	20.4	29.5	37.3	47.9	55.5
	%	29.5	28.9	27.1	49.5	42.8

* 출처 : 베트남 전력 산업의 현재와 미래(한국무역협회, 2021.7.5.)

< 베트남은 「제8차 전력개발종합계획」 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

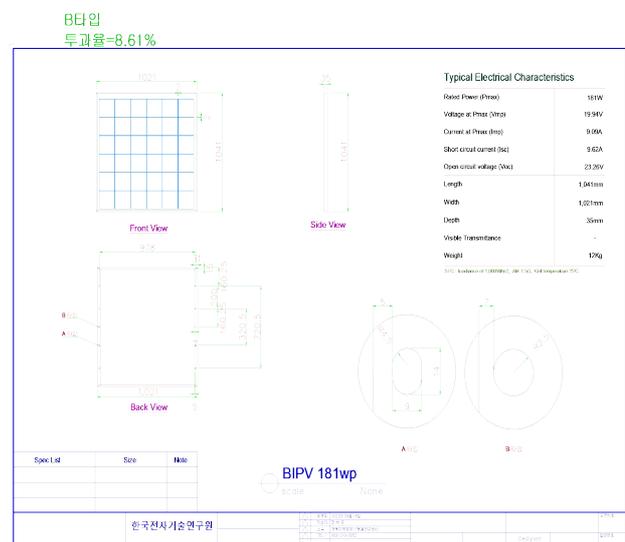
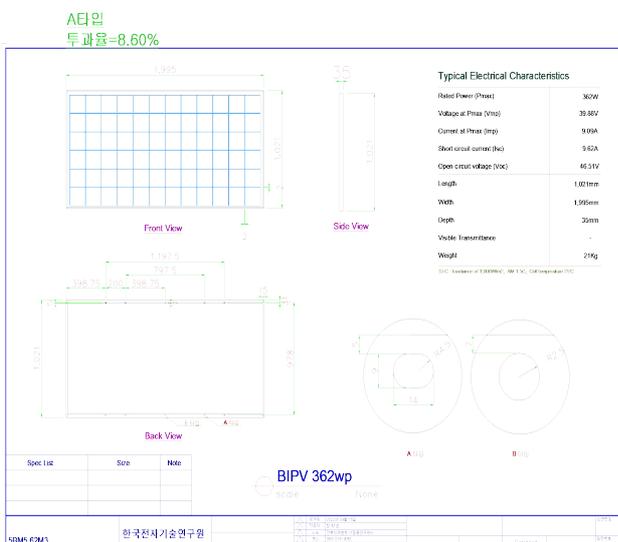
2-1. 1차년도 연구개발 목표

- 농사환경을 고려한 음영 최소화(무음영) 태양광 모듈 개발 및 20kW급 베트남 현지 사이트 설치 및 실증
 - 태양광 발전 실증 용량 : 20kW (위비엣에너지)
 - 무음영 달성을 위한 투광형 양면 태양광 모듈 설계 및 시제품 제작
 - 실증 국가(베트남)환경을 고려한 발전량 예측 시뮬레이션
 - 실증 국가(베트남) 표준 기상 데이터 활용 시뮬레이션
 - 현지 실증 환경 및 재배 작물(벼)을 고려한 무음영 태양광 발전 구조물 설계 및 시제품 제작
 - 실증 국가(베트남) 광환경 연변화 및 음영률을 고려한 작물 생육 특성 모니터링 및 분석
 - 재배 작물 수확량 및 작물생육 특성 평가 기법 개발
 - 실증사이트 지리·환경적영향을 고려한 친환경 시공기법 설계 및 분석
 - 무음영 영농형 태양광 발전시스템 국가표준 개발
(베트남 국가기술표준원, VINACONTROL)

2-1-1. 1차년도 연구개발 수행 내용

(1) 주관연구개발기관(한국전자기술연구원)

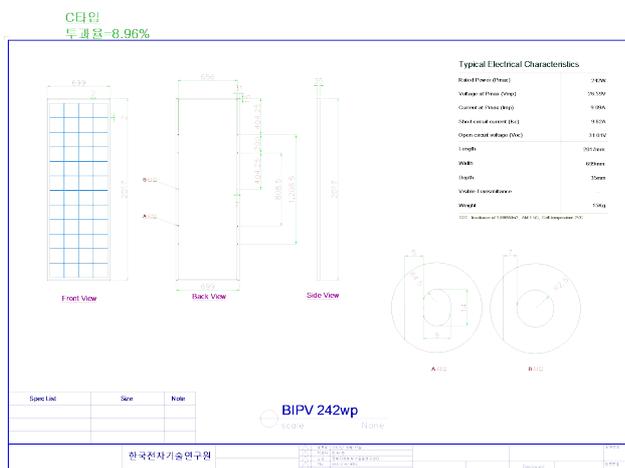
- 현지 실증 재배작물 맞춤형 무음영 영농형 태양광 발전 시스템 개발
 - 현지 대상 실증사이트 내 재배작물(벼)의 수확량 조사
 - 1차년도 실증사이트 변경에 따라 2차년도 진행
 - ✓ 실증 사이트 변경 : (기존) 베트남 하우장성 → (변경) 베트남 다낭
 - ✓ 베트남 현지 기업(위비엣에너지) 및 연구기관(베트남기술표준연구원(VSOI), VINACONROL) 참여를 통한 실증사이트 면적 및 수확량 조사
 - 현지 대상 실증사이트 내 재배 작물(벼)의 수확량 및 기후환경을 고려한 차광률 개선 태양광 모듈 설계 및 개발
 - 차광률 및 무음영화에 따른 발전량 개선을 위한 영농형 양면 태양광 모듈 설계



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

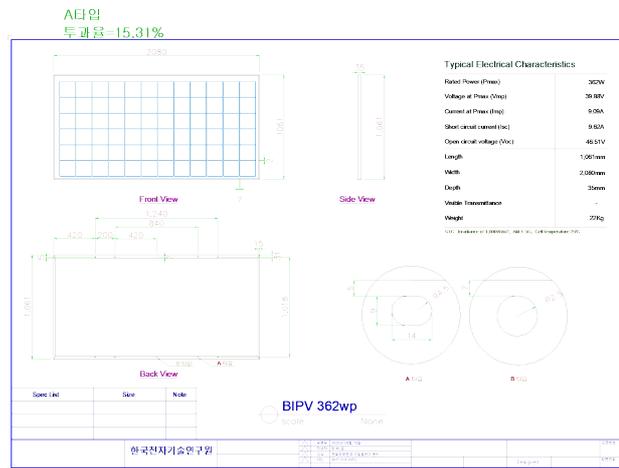
Rated Power(Pmax)	362 W
Voltage at Pmax	39.88 V
Current at Pmax	9.09 A
Short circuit current	9.62 A
Open circuit voltage	46.51 V
Length	1,021 mm
Width	1,995 mm
Depth	35 mm
Visible transmittance	8.60 %
Weight	21 kg

< 투과율 8.60%, 모듈출력 362Wp >



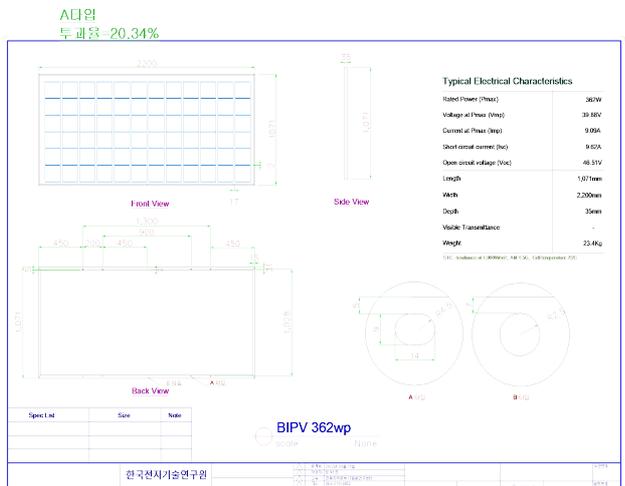
Rated Power(Pmax)	181 W
Voltage at Pmax	19.94 V
Current at Pmax	9.09 A
Short circuit current	9.62 A
Open circuit voltage	23.26 V
Length	1,041 mm
Width	1,021 mm
Depth	35 mm
Visible transmittance	8.61 %
Weight	12 kg

< 투과율 8.61%, 모듈출력 181Wp >



Rated Power(Pmax)	242 W
Voltage at Pmax	26.59 V
Current at Pmax	9.09 A
Short circuit current	9.62 A
Open circuit voltage	31.02 V
Length	2,017 mm
Width	699 mm
Depth	35 mm
Visible transmittance	8.96 %
Weight	15 kg

< 투과율 8.96%, 모듈출력 242Wp >



Rated Power(Pmax)	362 W
Voltage at Pmax	39.88 V
Current at Pmax	9.09 A
Short circuit current	9.62 A
Open circuit voltage	46.51 V
Length	1,061 mm
Width	2,080 mm
Depth	35 mm
Visible transmittance	15.31 %
Weight	22 kg

< 투과율 15.31%, 모듈출력 362Wp >

Rated Power(Pmax)	362 W
Voltage at Pmax	39.88 V
Current at Pmax	9.09 A
Short circuit current	9.62 A
Open circuit voltage	46.51 V
Length	1,071 mm
Width	2,200 mm
Depth	35 mm
Visible transmittance	20.34 %
Weight	23.4 kg

< 투과율 20.34%, 모듈출력 362Wp >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 차광률, 작물 생산량, 전력량 등을 고려한 태양광 모듈 개발 및 제작

- 차광률 개선에 따른 태양광 모듈의 발전량 최소화를 위한 양면형 태양광 모듈 제작

: 차광률 개선 및 무음영화 태양광 모듈 구조물 설계를 반영한 Solar cell

배열(matrix) 설계(투과율 8.96%, 8.61%, 8.60%, 15.31%, 20.34%)

- Solar cell(Bifacial 등) 배열 수 및 간격에 따른 전기적 및 투과율 특성

< 투과율 8.60%, 영농형 태양광 모듈 출력 383W >

Solar cell size	Inter Riibon width	상하부 Bus bar width	Inter Riibon 수	String 당 Solar cell 수	String 수	Solar cell 간격	String 간격
23.178 mm ²	0.9 mm	5 mm	5 ea	12 ea	6 ea	2 mm	2 mm
좌, 우측 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 셀 끝과 버스바 간격	프레임 후면 유리가림 길이	프레임 유리외부 돌출 길이	단결정 Solar cell 출력	모듈 CTM loss	모듈 출력
30 mm	20 mm	5 mm	25 mm	4 mm	5.60 W	5.0 %	383 W
Solar module size		Glass size		Solar Module 면적(a)		Frame 면적	
세로	가로	세로	가로			Front edge	Rear edge
1,021 mm	1,995 mm	1,013 mm	1,987 mm	2,035,898 mm ²		59,910 mm ²	171,535 mm ²
Solar cell 면적	Bus bar 면적	Inter Ribbon 면적	Junction Box 면적	전체 가림 면적(b)	(계산) 투과율 [(a-b)/a×100]	모듈 효율	모듈 출력
1,668,795 mm ²	9,585mm ²	1,458mm ²	9,450mm ²	1,860,823 mm ²	8.60%	18.81%	383W

< 투과율 8.61%, 영농형 태양광 모듈 출력 192W >

Solar cell size	Inter Riibon width	상하부 Bus bar width	Inter Riibon 수	String 당 Solar cell 수	String 수	Solar cell 간격	String 간격
23.178 mm ²	0.9 mm	5 mm	5 ea	6 ea	6 ea	2 mm	2 mm
좌, 우측 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 셀 끝과 버스바 간격	프레임 후면 유리가림 길이	프레임 유리외부 돌출 길이	단결정 Solar cell 출력	모듈 CTM loss	모듈 출력
25 mm	30 mm	5 mm	25 mm	4 mm	5.60 W	5.0 %	192 W

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

Solar module size		Glass size		Solar Module 면적(a)		Frame 면적	
세로	가로	세로	가로			Front edge	Rear edge
1,041 mm	1,021 mm	1,033 mm	1,013 mm	1,061,830 mm ²		40,820 mm ²	116,174 mm ²
Solar cell 면적	Bus bar 면적	Inter Ribbon 면적	Junction Box 면적	전체 가림 면적(b)	(계산) 투과율 [(a-b)/a×100]	모듈 효율	모듈 출력
834,398 mm ²	9,585mm ²	810mm ²	9,450mm ²	970,417 mm ²	8.61%	18.04%	192W

< 투과율 8.96%, 영농형 태양광 모듈 출력 255W >

Solar cell size	Inter Riibon width	상하부 Bus bar width	Inter Riibon 수	String 당 Solar cell 수	String 수	Solar cell 간격	String 간격
23.178 mm ²	0.9 mm	5 mm	5 ea	12 ea	4 ea	2 mm	2 mm
좌, 우측 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 셀 끝과 버스바 간격	프레임 후면 유리가림 길이	프레임 유리외부 돌출 길이	단결정 Solar cell 출력	모듈 CTM loss	모듈 출력
25 mm	30 mm	5 mm	25 mm	4 mm	5.60 W	5.0 %	255 W
Solar module size		Glass size		Solar Module 면적(a)		Frame 면적	
세로	가로	세로	가로			Front edge	Rear edge
2,017 mm	699 mm	2,009 mm	691 mm	1,409,883 mm ²		53,920 mm ²	154,164 mm ²
Solar cell 면적	Bus bar 면적	Inter Ribbon 면적	Junction Box 면적	전체 가림 면적(b)	(계산) 투과율 [(a-b)/a×100]	모듈 효율	모듈 출력
1,409,883 mm ²	6,390mm ²	972mm ²	9,450mm ²	1,283,506 mm ²	8.96%	18.11%	255W

< 투과율 15.31%, 영농형 태양광 모듈 출력 383W >

Solar cell size	Inter Riibon width	상하부 Bus bar width	Inter Riibon 수	String 당 Solar cell 수	String 수	Solar cell 간격	String 간격
23.178 mm ²	0.9 mm	5 mm	5 ea	12 ea	6 ea	2 mm	7 mm
좌, 우측 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 셀 끝과 버스바 간격	프레임 후면 유리가림 길이	프레임 유리외부 돌출 길이	Half-cut Solar cell 출력	Half-cut Solar 모듈 CTM loss	Half-cut Solar 모듈 출력
45 mm	40 mm	5 mm	25 mm	4 mm	5.60 W	5.0 %	383 W
Solar module size		Glass size		Solar Module 면적(a)		Frame 면적	
세로	가로	세로	가로			Front edge	Rear edge
1,061 mm	2,080 mm	1,053 mm	2,072 mm	2,205,8400 mm ²		62,410 mm ²	178,785 mm ²
Solar cell 면적	Bus bar 면적	Inter Ribbon 면적	Junction Box 면적	전체 가림 면적(b)	(계산) 투과율 [(a-b)/a×100]	모듈 효율	모듈 출력
1,668,795 mm ²	9,735mm ²	1,458mm ²	9,450mm ²	1,868,223 mm ²	15.31%	17.36%	383W

< 투과율 20.34%, 영농형 태양광 모듈 출력 383W >

Solar cell size	Inter Riibon width	상하부 Bus bar width	Inter Riibon 수	String 당 Solar cell 수	String 수	Solar cell 간격	String 간격
23.178 mm ²	0.9 mm	5 mm	5 ea	12 ea	6 ea	2 mm	17 mm
좌, 우측 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 셀 끝과 버스바 간격	프레임 후면 유리가림 길이	프레임 유리외부 돌출 길이	Half-cut Solar cell 출력	Half-cut Solar 모듈 CTM loss	Half-cut Solar 모듈 출력
50 mm	45 mm	5 mm	25 mm	4 mm	5.60 W	5.0 %	383 W
Solar module size		Glass size		Solar Module 면적(a)		Frame 면적	
세로	가로	세로	가로			Front edge	Rear edge
1,071 mm	2,200 mm	1,063 mm	2,192 mm	2,355,100 mm ²		65,010 mm ²	186,325 mm ²
Solar cell 면적	Bus bar 면적	Inter Ribbon 면적	Junction Box 면적	전체 가림 면적(b)	(계산) 투과율 [(a-b)/a×100]	모듈 효율	모듈 출력
1,668,795 mm ²	10,035mm ²	1,458mm ²	9,450mm ²	1,876,063 mm ²	20.34%	16.26%	383W

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

: 차광률 개선에 따른 태양광 모듈의 발전량 최소화를 위한 양면형 태양광 모듈 제작

✓ G to G 모듈 제조 장비 보유 기업 Product manufacturing line 활용

< 차광률 개선 영농형 양면형 태양광 모듈 제작 재료 >

구분		세부 내용
태양전지(Solar cell)		<ul style="list-style-type: none"> - Size : 158.75mm*158.75mm±0.05mm - Thickness : 170μm±20μm - Front : 5*0.7mm busbar, 128 finger grid Blue anti-reflecting coating - Back : Wide soldering pad, 140 finger grid Surface field aluminum - Eff 22.6%, Voc 0.689V, Isc 10.025A, Power 5.702W
투명백시트(Back sheet)		<ul style="list-style-type: none"> - Thickness : 350μm - Materials : PE/PET/PET - EVA 부착력 : >75N/15mm - 양면수광형@1,500V
Ribbon	Busbar ribbon	<ul style="list-style-type: none"> - Thickness : 0.3*0.6mm - Coating Thickness : 0.02~0.04μm - Coating materials : SnPb / SnAgCu
	Inter ribbon	<ul style="list-style-type: none"> - Thickness : 0.15*1.5mm - Coating Thickness : 0.02~0.03μm - Coating materials : SnPb / SnBiAg / SnBi
정선박스(Junction box)		<ul style="list-style-type: none"> - Rated Voltage : IEC 1500V(TUV) - Rated Current : 20.2A - Protection Degree : IP68



< 차광률 개선 영농형 양면형 태양광 모듈용 Solar cell >

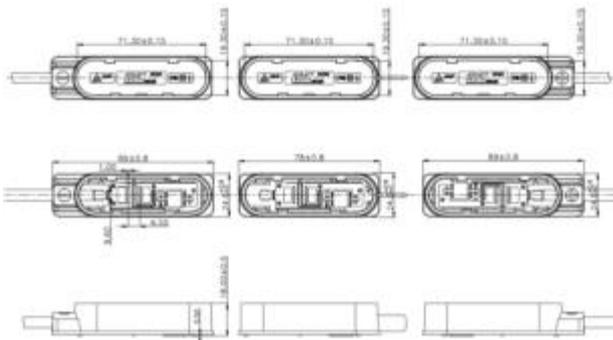


< 차광률 개선 영농형 양면형 태양광 모듈용 투명 Back-Sheet >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 차광률 개선 영농형 양면형 태양광 모듈용 Ribbon & Bus-bar >



< 차광률 개선 영농형 양면형 태양광 모듈용 Junction-box >



< 차광률 개선 영농형 양면형 태양광 모듈 제작 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

ICTC
Korea Testing Certification

시험성적서

발행서 번호 : GT2022-19236

회사명 : 한국기계전기기계연구원
대표자 : 신희철
주소 : 경기도 성남시 분당구 새너희로 25-9 (가림동)

1. 시험명 : 중형질 태양전지 모듈
- 규격 및 형식 : 두중형 태양전지 모듈 (SGE-8SF-1, SGE-8SF-2, SGE-8SF-3, SGE-8SF-4, SGE-8SF-5)
2. 설치서지 코드 : 국제 제품용 (국제번호 J22005-02)
3. 접수일자 : 2022년 11월 04일
4. 시험일자 : 2022년 11월 04일 ~ 2022년 11월 18일
5. 시험방법 : KS C IEC 61215:2005, 10.1 육안 검사, 10.2 최대 전력 측정
6. 시험결과 : 합격함

시험자 : 홍수현 승인자 : 최현종 최현종

1. 이 성적서에 열거된 모든 항목에 대한 1000 Wh/m² (1000 Wh/m² 이하의 온도에서)에 대한 시험은 1년 동안 유효하며, 1년 후에도 유효합니다.
2. 이 성적서는 한국기계전기기계연구원 홈페이지 (www.kctc.com)에 게시된 후, 1년 동안 유효하며, 1년 후에도 유효합니다.
3. 이 성적서에 열거된 모든 항목에 대한 1000 Wh/m² (1000 Wh/m² 이하의 온도에서)에 대한 시험은 1년 동안 유효하며, 1년 후에도 유효합니다.

2022년 11월 17일

한국기계전기기계연구원

www.kctc.com | TEL: 1599-7974 FAX: 042-961-0007

서식 P206-05 (Rev.4) Page: 1 of 7

ICTC
Korea Testing Certification

시험제품개요

발행서 번호 : GT2022-19236

- 시험제품명 : 중형질 태양전지 모듈
- 모델명 : SGE-8SF-1, SGE-8SF-2, SGE-8SF-3, SGE-8SF-4, SGE-8SF-5
- 제조사 : 한국기계전기기계연구원
- 시험용량 : 5 대

시험용 번호	모델명	제품 번호
M-1	SGE-8SF-1	SGE26542
M-2	SGE-8SF-2	SGE26544
M-3	SGE-8SF-3	SGE26543
M-4	SGE-8SF-4	SGE26546
M-5	SGE-8SF-5	SGE26545

■ 제품 명세

제품의 명칭구분 및 사양 (Nominal values of specified by the applicant)	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
공칭최대출력 (Nominal values of maximum power at STC/Impd)	362 W	181 W	242 W		
공칭개회전압 (Nominal values of open circuit voltage at STC/Voc)	48.51 V	23.26 V	31.01 V		
공칭단락전류 (Nominal values of short circuit current/Is)	9.62 A	9.62 A	9.62 A		
공칭최대출력전압 (Nominal values of maximum power voltage at STC/Vmp)	39.88 V	19.94 V	26.58 V		
공칭최대출력전류 (Nominal values of maximum power current at STC/Imp)	9.09 A	9.09 A	9.09 A		

■ 기타 정보

시험항목	시험항목	시험용 번호	비고
1	육안검사	■	
2	최대전력측정	■	

2022년 11월 17일

한국기계전기기계연구원

www.kctc.com | TEL: 1599-7974 FAX: 042-961-0007

서식 P206-05 (Rev.4) Page: 2 of 7

ICTC
Korea Testing Certification

시험결과

발행서 번호 : GT2022-19236

1. 육안 검사

시험조건 및 기준	시험용 번호	결과
Cell, Glass, Box, Frame, 기타사항(결구단자, 용접단자) 용의 이상이 없음 것 (인증규격 - KS C IEC 61215, 10.1항) - 모듈외관 : 크랙, 구부러짐, 갈라짐 - 셀 : 색조, 크랙 - 내부구조 또는 결함분양 - 셀과 셀, 셀과 프레임 간에 접촉 - 전극에 이상이 없음 것 - 셀과 모듈 경 부분을 연결하는 기호 또는 색의 등	M-1	이상 없음
	M-2	이상 없음
	M-3	이상 없음
	M-4	이상 없음
	M-5	이상 없음

2. 최대전력 측정

■ 시험 조건 (1일시험 / 1000 Wh/m², 모듈온도 : 25 °C)

No	시험용 번호	V _{oc} [V]	I _{sc} [A]	V _{mp} [V]	I _{mp} [A]	P _{in} [W]	η, F [%]	Module Efficiency [%]	
Y	SGE 조건 에서의 일련성 측정	M-1	48.50	9.79	40.00	9.22	369.09	77.74	16.12
	M-2	48.50	9.81	40.00	9.23	369.83	77.72	16.76	
	M-3	48.55	9.84	40.17	9.23	370.84	77.58	15.74	
	M-4	24.21	9.79	20.12	9.21	185.42	77.87	17.45	
	M-5	32.10	9.67	26.65	9.16	244.21	78.63	17.32	

서식 P206-05 (Rev.4) Page: 3 of 7

ICTC
Korea Testing Certification

제품 사진

발행서 번호 : GT2022-19236

M-1

전면

후면

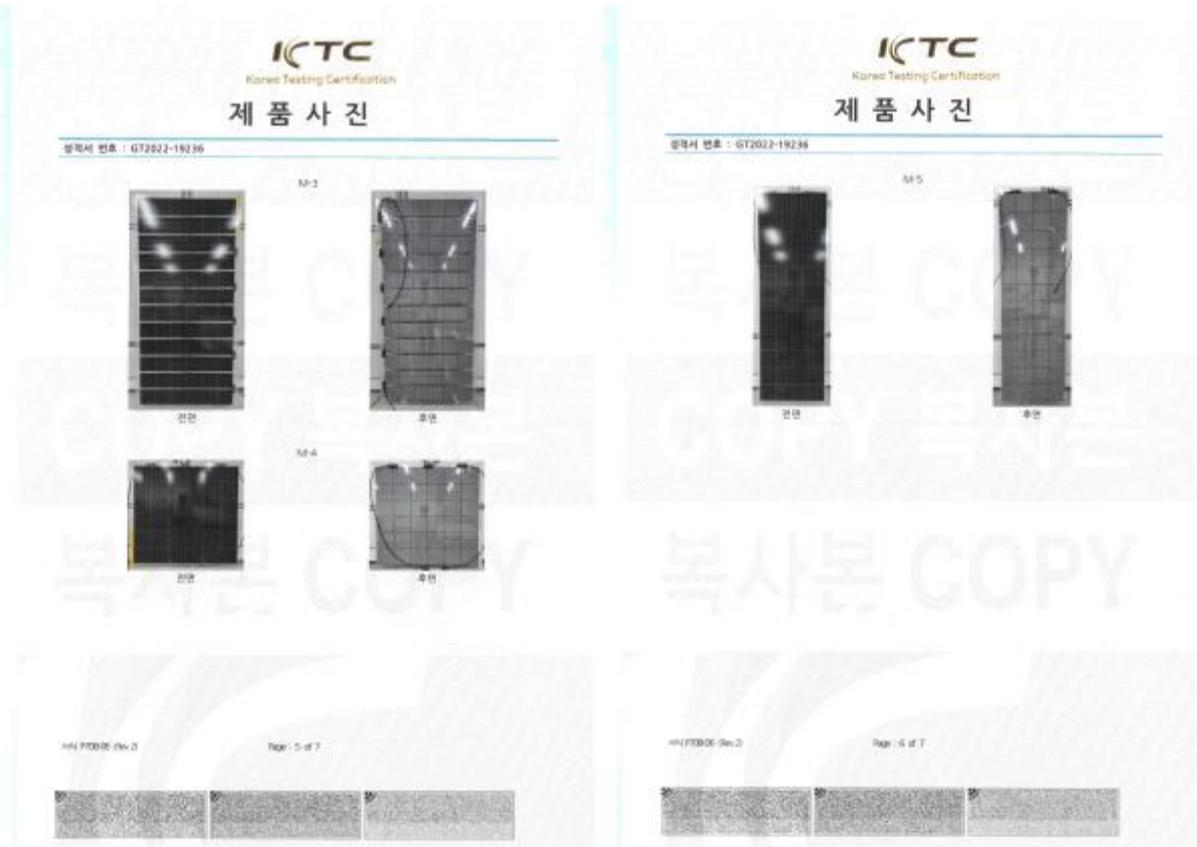
M-2

전면

후면

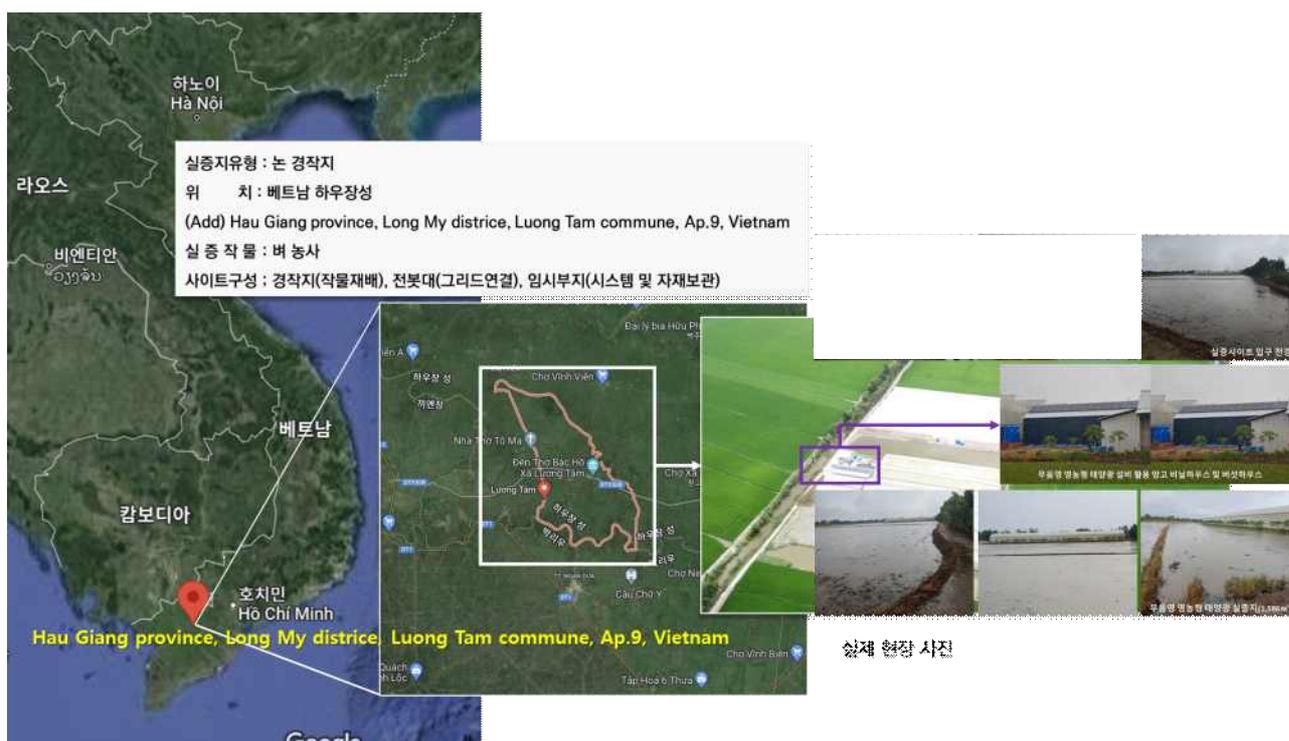
서식 P206-05 (Rev.4) Page: 4 of 7

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 차광률 개선 영농형 양면형 태양광 모듈의 외부공인기관 시험성적서 >

- 차광률 최적화를 위한 태양광 프리즘 집광기 기반 음영지역 차광률 개선
 - 2차년도 Roof type 무음영 영농형 태양광 모듈의 프리즘 필름 적용 제작(예정)
- o 설치 국가(베트남) 실증 환경을 고려한 발전량, 수확량 예측 모니터링 기법 개발
 - 1차년도 실증사이트 변경에 따라 2차년도 진행
 - 실증 사이트 변경 : (기존) 베트남 하우장성 → (변경) 베트남 다낭
 - KCL 및 제주대학교와 베트남 현지 기업(위비엣에너지)/연구기관 (VSOI, VINACONROL) 참여를 통하여 진행
 - 음영지역 D/B, 태양광 환경인자 및 발전량 모니터링을 통한 PR/수익을 분석
 - 1차년도 실증사이트 변경에 따라 2차년도 진행
 - ✓ 실증 사이트 변경 : (기존) 베트남 하우장성 → (변경) 베트남 다낭
- o 베트남 실증 사이트 내 영농형 태양광 발전시스템 설치 및 실증
 - 1차년도 협약 실증사이트 현장 답사
 - 협약 실증사이트 : Hau Giang province, Long My districe, Luong Tam commune, Ap.9, Vietnam
 - 협약 실증사이트 현장 답사 및 실증사이트 사용 계약
 - ✓ 답사일 : 2022. 05. 03. ~ 2022. 05. 11.



< 변경 전 베트남 실증사이트 현장 답사 사진 >

- ✓ 실증지역 협동조합(하우장성 새마을영농협동조합) 간담회
 - : 실증 및 성과 활용을 위하여 총 임대 사용 기간을 22.08~28.12으로 하고, 실증 사용

기간 22.08~23.12 / 모니터링 기간 24.01~28.12으로 세분화 함

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

(291쪽 중 22쪽)

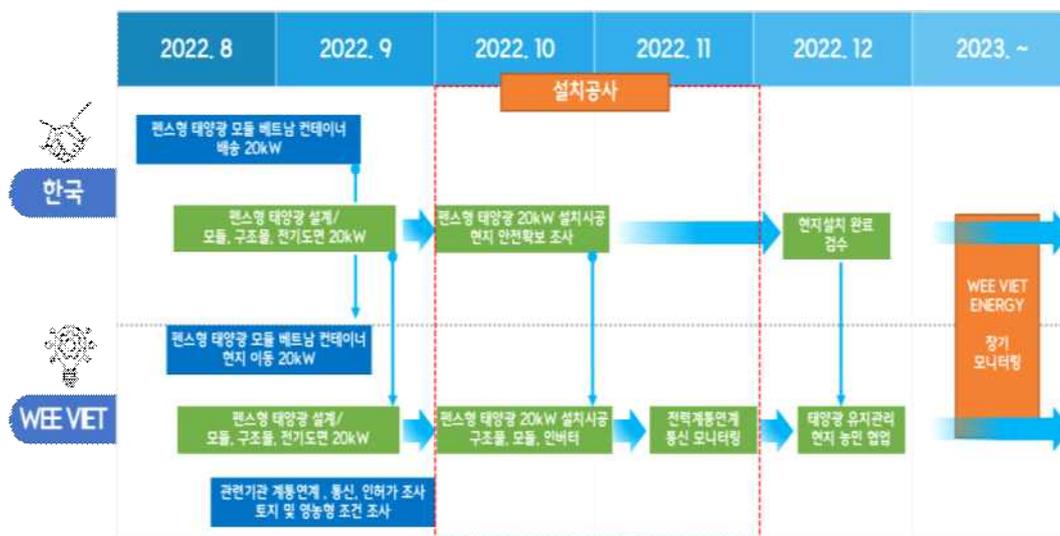
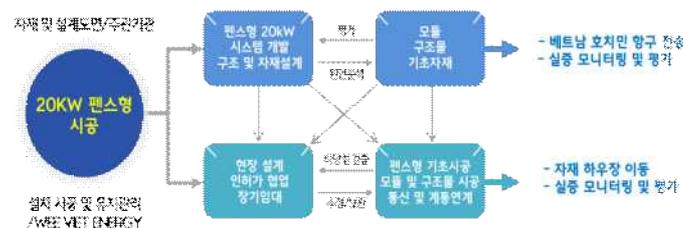
- : 실증용량은 연도별로 구분하지 않고, 설비 형태로 구분하여 Fence type 20kW, Agriculture type(루프탑) 40kW로 명시함
 - : 태양광 발전 설비 실증 모니터링 기간은 28.12.31까지 진행하고, 계약 완료 이후에는 하우장새마을협동조합에 이관하는 내용 명시함
 - : 사용 계약은 실제 설치 및 시공, O&M을 담당하는 Wee Viet Energy(위비엣에너지)와 하우장새마을협동조합으로 함
 - : 그 외에 실제 영농환경에 태양광 발전 설비 설치 및 시공을 위한 기상 데이터 수집 시스템 및 전기 설비, 작물 생육 데이터 수집 시스템 설치는 기존 협동조합 건물내 공간을 활용하기로 함
- ✓ 베트남 하우장성 새마을협동조합 실증 사용 계약서 검토 및 체결
- : 하우장성 새마을협동조합보유 실증지 사용 계약서 검토 및 체결
 - : Wee Viet Energy(베트남 현지 참여 기업) ↔ 하우장성 새마을영농협동조합

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

- 1차년도 무음영 영농형 태양광 발전 설비의 베트남 실증을 위한 시공 및 O&M 용역 계약 체결

- 용역 기업 : Wee Viet Energy (베트남 현지 참여기업)
- 용역 주요 내용
 - ✓ 베트남 농사환경을 고려한 20kW급 음영 최소화(무음영) 태양광발전 설비 설치를 위한 현지 실증사이트 부지 확보
 - (실증 설치 용량) 20KW (수직(펜스)형 태양광 구조물 적용)
 - (실증 사이트) Hau Giang province, Long My districe, Luong Tam commune, Ap.9, Vietnam
 - ✓ 영농형 펜스형 모듈, 영농형 펜스형 구조물 현지 운송 및 시공
 - ✓ 하우스장 협동조합과의 상호협력 및 한국 태양광 기술 전수를 통한 유지관리 수행
 - : 무음영 영농형 태양광 발전시스템 현지 실증 및 사업화를 위한 MOU 및 Wee Viet Energy-한국전자기술연구원간 기술이전(include Technical Know-how) LOI 체결

베트남의 농사환경을 고려한 20kW급 음영 최소화(무음영) 태양광 발전 설비의 현지 실증사이트 설치·공사 / 실증 및 유지보수



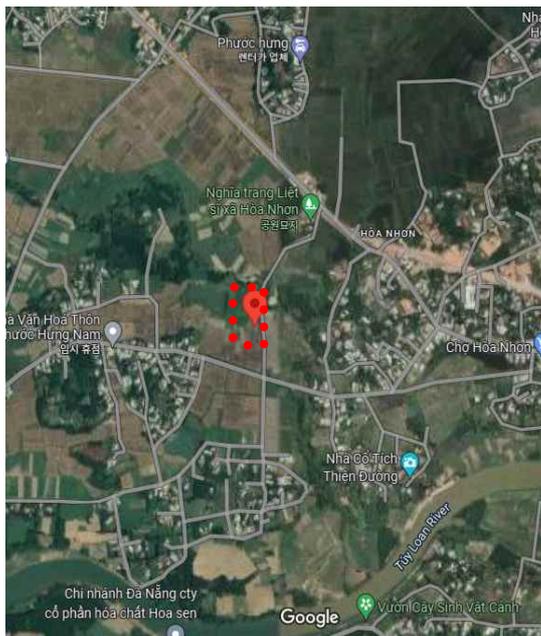
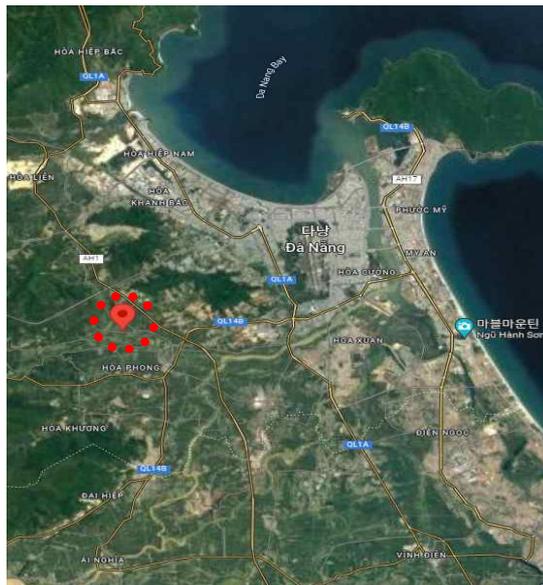
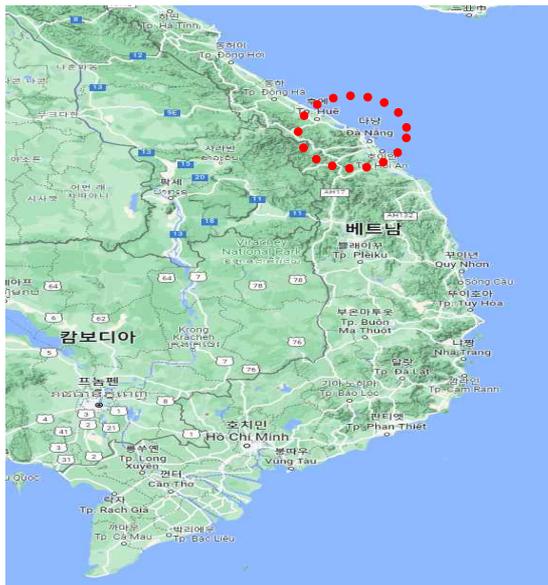
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 베트남 실증사이트 변경

• 실증사이트 변경

✓ 변경 전 : Hau Giang province, Long My districe, Luong Tam commune, Ap.9, Vietnam

✓ 변경 후 : Hòa Nhơn, 호아방 현 다낭 베트남 다낭시 화방현 화년면 타이라이 마을



(구글위치 : 16.008015213564214, 108.12144201887236)

< 변경 실증사이트 위성 사진 >

• 실증사이트 변경 사유

✓ 새마을세계화재단의 베트남 농촌 현대화 지원사업 종료

✓ 금전적 보상 요구 : 마을발전기금, 임대료, 유지보수 인건비 과다 요구 등

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

• 변경 전 · 후 실증 사이트 분석 (Wee Viet Energy)

	변경 후 : 타이라이/다낭시 (After change: Tai Lai / Da Nang City)	변경 전 : 하우장/껀터 (Before change: Hau Giang/Can Tho)
접근성 (accessibility)	다낭시에서 <u>자동차로 30~40분</u> (30~40 minutes by car from Da Nang City)	호치민에서 <u>자동차로 5시간</u> (5 hours by car from Ho Chi Minh)
평균일사량 (average insolation)	중부지역으로 <u>5.9시간</u> (5.9 hours to the central region)	남부지역으로 <u>5.1시간</u> (5.1 hours to the South)
주민호응도 (Resident response)	국제지원사업 초기단계로 <u>사업참여 적극적</u> (Active participation in the international support project at the initial stage)	국제지원사업 종료됨에 따라 <u>비협조적인 성향</u> 을 보이면서 <u>금전적 보상 요구</u> (As the international support project ends, they show non-cooperative tendencies and demand monetary compensation)
전력사용방식(Power usage method)	마을공동회관 및 땅콩오일 공장 등에서 <u>광범위하게 사용</u> (Widely used in community halls and peanut oil factories)	멜론재배 비닐하우스 및 버섯 재배사에서만 사용 (Used only in melon-growing greenhouses and mushroom growers)
지방정부 지원 (Local government support)	다낭시 한국인 관광지역으로 <u>한국선호도가 높음</u> (Da Nang City is a tourist destination for Koreans and has a high preference for Korea.)	한국에 대한 <u>일반적 선호도</u> (General Preference for Korea)

✓ Wee Viet Energy의 다낭시 타이라이 마을회관 지붕 20kW 태양광 설치



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 베트남 실증사이트내 1차년도 무음영 태양광 발전설비 설치 공사

- 실증사이트 : Hòa Nhơn, 호아방 현 다낭 베트남 다낭시 화방현 화년면 타이라이 마을
- 설치 공사 기간 : 2022.12.03.~16.



< 베트남 실증사이트 입구 >



< 무음영 태양광 발전 설비 공사 >



< 1차년도 20kW 무음영 태양광 발전 실증 설비 >



< 1차년도 20kW 무음영 태양광 발전 실증 설비 외부공인기관입회시험 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

(2) 공동연구개발기관(썬웨이(주))

○ 베트남 영농형 태양광 환경 및 선행기술 조사

① 국내외 영농형 태양광 유형 및 사례

○ 국내 영농형 태양광 기술 동향

- 국내 영농형 태양광의 첫 설치 사례는 2016년 3월 농업회사법인 솔라팜이 충북 오창에 15kW급 2기를 논과 밭에 설치한 것임. 이후 한국남동발전에서 2017년 경남 고성에 100kW 규모의 국내 첫 계통연계 농어촌형 태양광을 설치함



<국내 첫 영농형 태양광(솔라팜, 오창)과 계통연계(남동발전, 고성) 사례>

- 이후 한국수원자력이 경기 가평에 73KW, 녹색에너지연구원이 전남 나주에 20kW, 에너지공단과 남동발전이 공동으로 경남지역 6개군 지역을 대상으로 실증사업을 추진하는 등 시범 및 실증 사업을 진행 하였지만 농지법의 대한 영농형 태양광 관련 규정이 마련되지 않아 제한적으로 영농형 태양광에 대하여 검증하고 있는 단계임



<추적식 영농형 태양광 및 타설 기초 공법이 적용된 사례 >

- 국내 영농형 태양광은 구조물은 ○형강(강관) 또는 □형강(각관)을 사용한 기둥이 많고, 3~5m의 경간 거리를 확보하여 설치하거나, 나대지에 적용하는 태양광 시공법이나 건축에 적용되는 시공 구조를 응용하여 접목하고 있는 현실임. 또한 태양광 설치 단위면적당 전력생산 효율성을 증가하기 위하여 추적식 구조물(트래킹 시스템)을 적용한 경우 토목 기초의 안정성 확보를 위하여 콘크리트 타설 공법을 적용함

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

○ 국내 농어촌형 태양광 수확 감수율 기술 동향

- 녹색에너지연구원, 농업회사법인 솔라팜에서 실시한 영농형 태양광 발전 연구에 따르면 15kW 시설 기준(2017~2019년) 벼 생산량은 12~20%, 감자 수확량은 14~16% 감수율을 보임
- 한국동서발전에서 실시한 영농형 태양광 실증 결과, 보리 기준 노지 경작 대비 117%의 높은 생산량과 100.5% 낱알 결실도를 보이고 한국식품과학연구원의 수확물 영양성분 분석 결과 조단백(12.3%), 조지방(1.4%) 등 4가지 영양성분에서 노지 경작보다 우수한 결과를 보임
- 녹색에너지연구원에서 실시한 영농형 태양광 사업 결과 벼 생산량 7.2%, 콩 수확량 13.2%의 감수율을 보임



경북 군위군 영농형 태양광 시설



일반 농지(벼 검정)



양파, 마늘, 호밀 검정



옥수수 검정

<논, 밭 작물에 대한 영농형 태양광 수확 감수율 분석 사례>

- 영농형 태양광에 대한 국내 실증 사업 사례를 살펴보면 작물 종별 생육 특성 (광포화점, 온도 등) 조건이 다르고, 각 사업에 적용된 태양광 설비의 형태가 다르기 때문에 상대적인 비교만 가능하지만 영농형 태양광 설비의 형태에 따라 작물의 수확 감수율이 미미하거나 작물의 생육에 이로운 환경 조성이 가능함을 알 수 있음

○ 국외 영농형 태양광 기술 동향

- 영농형 태양광은 1981년에 독일의 물리학자 A. Goetzberger와 A. Zastrow가 처음으로 농업과 태양광 발전을 병행하는 것에 대한 이론을 제시하였음. 설치 사례로는 일본의 나가시마 아키라(長島 彬)가 2003년도에 제안하고 프로토타입을 설치하여 도입이 되었으며, 2013년 3월에 농림수산성의 지침에 의해 농용지 구역에 조건부 설치허가를 해주면서 확산 시작됨



<일본 영농형 구조물 및 영농형 태양광 발전소 사례>

- 일본의 영농형 태양광 허가실적은 2018년 10월 약1,300건인데, 2019년 현재 2,000개 이상으로 집계되고 있으며, 1MW이상의 대규모(메가솔라) 영농형 태양광은 치바현과 군마현에 각 1개소 구축되었으며, 대부분은 50kW~200kW의 소규모 발전소가 주를 이루고 있음
- 일본의 영농형 태양광의 재배 작물은 벼, 밭 작물 등 다양하게 적용하고 있으며, 과수의 사례는 많지 않음. 영농형의 차광률을 약33% 이하로 설정하고 있으며 이때 적용되는 태양광 모듈은 폭이 좁게 제작하여 적용하고 있음. 이는 폭이 넓은 일반 플랜트용 태양광 패널의 경우 동일한 차광률이라도 하부 작물의 음영 발생 빈도에 따라 편차가 발생하여 생육 차이가 유발하기 때문임



<독일의 agrophotovoltaic 및 프랑스 Sunagri의 영농형 실증단지 >

- 독일 Fraunhofer ISE 연구소는 트러스트 구조를 개발하여 비교적 넓은 스펀 간격과 5m 수준의 높이의 구조물을 개발하여 다양한 밭 작물을 대상으로 실증 연구를 진행 중임

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 프랑스는 이상기후에 따른 폭염이 지속됨에 따라 영농형 태양광 시설에 트래킹 기술 적용을 통한 태양광 발전용 모듈의 차광률 제어를 통한 하부 작물에 대한 음영 조절에 따른 포도의 재배환경 최적화 및 실증이 진행 중임



< Next2Sun의 펜스형 영농형 태양광 시스템 예시 >

- 프랑스 Total 업체와 독일 태양광 스타트업 Next2Sun 업체는 펜스형태의 구조물과 양면수광형 PV 기술을 프랑스 시장에 도입하기 위해 계약을 체결함. 이러한 설비 형상은 태양광 패널을 동향과 서향으로 설치하여 에너지 소비량이 증가하는 일출과 일몰에 에너지 생산량을 극대화하여 전력망의 안정성을 기여하고, 설비 스트링 간격을 최소 8m로 구성하여 다양한 농기계를 활용할 수 있도록 설계하여 프랑스 시장에 도입 예정임

② 베트남 영농형 태양광 환경 분석

- o 베트남의 위도 상 위치는 동경 102° 09 ~ 109° 30, 북위 8° 10 ~ 23° 24으로 면적은 한반도의 약 1.5배(331,690km²)의 크기를 나타냄. 북부의 홍강과 남부의 메콩강이 베트남 국민의 주요 생활 중심지이며, 특히 메콩강은 4,200km 길이로 티베트에서 발원해 베트남까지 도달해 메콩델타지역(총 면적 22,000km²)을 형성함

표 1 주요 관측소별 평균 기온

분류	2006	2007	2008	2009	2010	2011
다오자위(Da Chau)	25.3	25.2	25.0	25.8	26.0	25.6
상미(Son Mi)	25.8	25.5	25.7	25.9	26.1	25.6
푸안강(Phu An Giang)	24.0	24.0	23.2	24.2	24.2	23.9
방남(Bang Nam)	26.7	26.6	25.7	26.9	26.9	25.3
바이쩌이(Bai Chai)	25.9	25.8	25.1	26.0	26.0	25.6
반트(Ban Tru)	24.4	24.2	23.3	24.4	24.6	23.9
반안(Ban An)	25.1	24.9	24.1	25.0	25.3	25.3
후안(Hue)	25.4	25.0	24.2	25.0	25.4	23.8
다오(Da Nang)	26.3	26.2	25.5	26.3	26.3	25.2
꽁킵(Ko Kiep)	27.4	27.0	26.8	27.2	27.4	26.9
꽁킵(Ko Kiep)	27.3	27.2	27.8	27.0	27.0	27.5
꽁킵(Ko Kiep)	26.3	26.1	26.0	26.2	26.2	26.1
나짱(Na Trang)	27.2	26.7	26.6	27.0	27.4	26.7
꽁킵(Ko Kiep)	26.0	27.8	27.7	27.7	27.7	27.5
꽁킵(Ko Kiep)	27.8	27.5	27.2	27.5	27.5	27.5

표 2 주요 관측소별 평균 강수량

분류	2006	2007	2008	2009	2010	2011
다오자위(Da Chau)	1,777.0	2,470.0	2,935.0	1,975.9	1,867.8	2,077.7
상미(Son Mi)	1,292.0	1,353.0	2,083.0	1,000.4	1,000.8	1,093.4
푸안강(Phu An Giang)	1,566.0	1,294.0	1,251.0	1,254.3	1,294.3	1,446.5
방남(Bang Nam)	1,540.0	1,890.0	2,280.0	1,692.1	1,230.2	1,765.3
바이쩌이(Bai Chai)	1,697.0	1,433.0	1,877.0	1,967.3	1,942.0	1,823.8
반트(Ban Tru)	1,144.0	1,087.0	3,800.0	1,643.6	1,461.4	1,797.2
반안(Ban An)	1,997.0	1,967.0	2,000.0	1,406.2	2,796.5	2,296.6
후안(Hue)	2,479.0	4,399.0	3,899.0	3,900.1	2,854.0	4,489.0
다오(Da Nang)	2,220.0	3,063.0	2,589.0	3,177.8	2,299.0	3,607.9
꽁킵(Ko Kiep)	1,399.0	2,269.0	2,207.0	2,275.6	2,864.9	1,504.8
꽁킵(Ko Kiep)	2,079.0	2,294.0	1,945.0	2,725.4	2,725.4	2,867.2
꽁킵(Ko Kiep)	1,886.0	2,166.0	1,577.0	1,948.7	1,848.1	1,690.0
나짱(Na Trang)	899.0	1,995.0	2,303.0	1,399.5	2,097.9	1,377.8
꽁킵(Ko Kiep)	1,584.0	1,500.0	1,960.0	1,957.7	1,992.7	1,999.9
꽁킵(Ko Kiep)	2,387.0	2,606.0	2,979.0	2,244.4	2,244.4	2,465.0

<베트남의 주요 관측소별 평균 기온 및 강수량>

- o 베트남의 북부는 아열대성 기후이고, 남부는 열대성 기후를 가짐. 연평균 기온은 24.1℃(북부 23.2℃, 중부 24.1℃, 남부 27.1℃)이며, 습도는 월 평균 83%, 연평균 강수량은 2,151mm 임. 남부와 북부의 기후 차이와 마찬가지로 평야 지대와 고원지대 기후 역시 뚜렷하게 차이남

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²))

- (북부) 하노이는 춘하추동이 비교적 뚜렷하며, 계절별 기온은 겨울 10 ~ 16℃, 여름 37 ~ 38℃ 정도로 평균 강우량은 1,678mm을 나타냄
- (남부) 호치민과 메콩델타지역의 연평균 기온은 26.9℃로 우기(5~10월)와 건기(1~3월)로 구분되며, 우기의 강우량은 1,800mm에 달함
- 베트남의 태풍 영향은 하노이를 포함한 북부 및 중부 지역의 경우 매년 피해가 발생하고, 남부지역 중 메콩델타지역도 태풍이나 침수를 당하는데 이는 고도가 매우 낮아 강 수위에 직접적인 영향을 받기 때문이지만 호치민을 포함한 남부지역은 태풍 피해가 거의 없는 편임. 최근 기후변화로 인하여 북부의 태풍 피해가 감소되고 있으며, 실증사이트인 다낭이 위치한 중부지방의 경우 태풍 빈도가 증가하는 추세임



표 3. 주요 관측소별 연간 일조량

분류	단위: 시간					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
라오쑤(Lao Chau)	1,884.0	1,800.0	1,645.0	2,049.9	1,933.8	1,664.1
상라이(Son Lai)	2,063.0	2,063.0	1,891.0	2,208.1	2,463.2	1,792.8
투언쑤(Tuyen Quang)	1,421.0	1,472.0	1,358.0	1,578.0	1,578.0	1,389.6
하노이(Hanoi)	1,363.0	1,462.0	1,234.0	1,403.0	1,256.0	1,063.8
바이쑤이(Bai Chay)	1,457.0	1,409.0	1,338.0	1,802.2	1,285.6	1,430.8
남딘(Nam Dinh)	1,498.0	1,396.0	1,275.0	1,464.3	1,305.0	1,164.8
빈(Vinh)	1,568.0	1,564.0	1,314.0	1,523.8	1,484.0	1,188.2
후에(Hue)	1,899.0	1,899.0	1,546.0	1,960.2	1,973.8	1,487.5
다낭(Da Nang)	2,193.0	2,002.0	1,660.0	2,112.8	1,434.0	1,791.6
꾸안(Quan Hoa)	2,401.0	2,411.0	2,289.0	2,426.0	2,528.6	2,178.7
플라이부(Phu Loc)	2,445.0	2,248.0	2,349.0	2,329.6	2,323.6	2,214.9
달랴(Da Lat)	2,213.0	1,950.0	1,980.0	2,039.1	2,039.1	1,902.8
나짱(Nha Trang)	2,712.0	2,502.0	2,407.0	2,493.1	2,527.3	2,314.3
땡다우(Tung Tau)	2,683.0	2,348.0	2,509.0	2,575.9	2,575.9	2,435.3
카이랑(Co Nhai)	2,175.0	1,965.0	1,938.0	1,944.3	1,944.3	1,832.9

자료: Statistical Yearbook of Vietnam 2011, Statistical Publishing House.

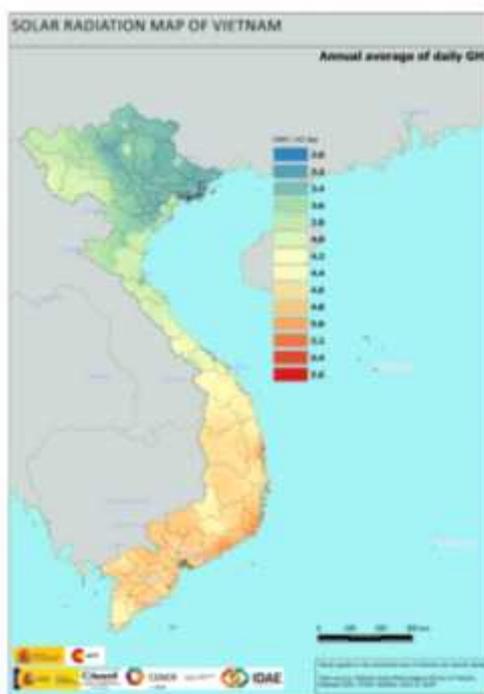
<베트남의 연간 일조 분포도와 주요 관측소별 일조량>

- 일조시간은 태양광이 구름 등에 차단되지 않고 직접 도달하는 시간으로 작물의 성장과 태양광 발전의 직접적인 영향을 끼침. 베트남의 연간 일조시간은 1,300 ~ 2,600시간으로 북부지방은 1,600시간으로 비교적 낮고, 남부지방의 경우 2,000시간 이상으로 높은 편에 속함. 실증 대상지인 다낭의 경우 연간 일조시간은 2,000시간 전후로 비교적 높은 일사량을 보유함. 2022년 베트남 건설부에서 발행한 국가 기술 규정 자료(National Technical Regulation on Natural Physical and Climatic Data for Construction)를 살펴보면, 다낭의 연간 평균 일조시간은 2,162.6시간으로 베트남에서 평균 이상의 일조시간을 가짐을 확인함. 특히 메콩강 유역과 메콩강 북동쪽 해안지역은 2,400시간 이상으로 베트남에서 태양에너지와 풍부한 수자원, 겨울철의 높은 기온으로 농업 환경이 매우 우수함. 이런 메콩델타지역은 연간 1,600만톤 이상의 쌀과 다양한 과일 등 베트남 최대의 농산물 생산 지역임
- 베트남은 이러한 기후조건으로 인하여 벼의 3모작이 가능함. 남부 곡창지대로 전체 쌀의 약 60%가 생산되는 메콩델타지역에서는 최대 4모작이 가능하지만, 지력 소진과 과도한 쌀 생산으로 시장 가격의 붕괴 때문에 정부 정책에 따라 3모작을

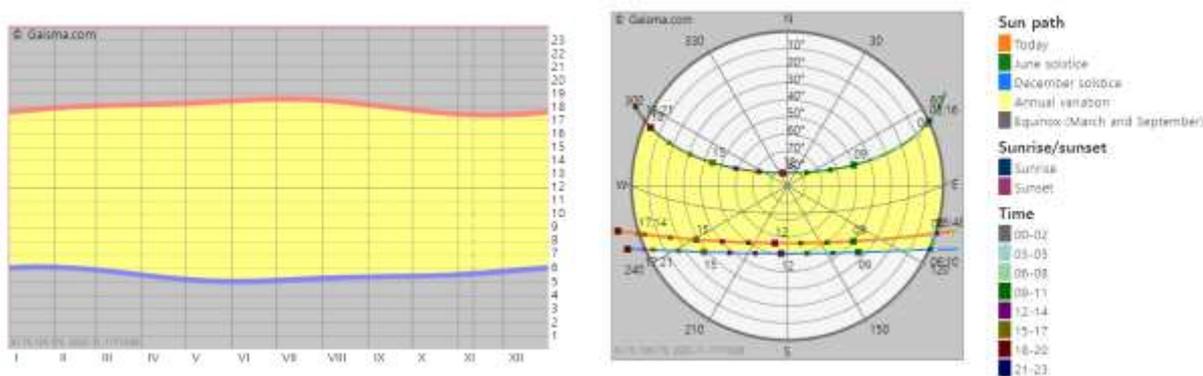
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

진행함. 따라서 남부와 중부에서는 연간 3모작, 북부에서는 2모작 및 3모작 형태가 일반적임

- 베트남의 일사량은 중부 및 남부 지역의 경우 일일 평균 5kWh/m², 북부지역의 경우 일일 평균 4kWh/m²으로 국내(약 3.6kWh/m²) 대비 풍부한 일사량과 건기와 우기 간 일사량의 차이가 약 20%가량으로 연중 일사량이 일정하게 유지됨. **베트남 중부에 위치한 실증 대상지 다낭은 일일 평균 약 4.4kWh/m²의 일사량을 보유하고 있어 영농형 태양광 시스템 실증에 있어 타지역에 비해 우수한 자원환경을 보유하고 있음.** 태양경로는 하지(6월)에 북쪽, 동지(12월)에 남쪽 경로를 형성함
- 실증 대상지인 다낭은 베트남 중부에 위치하여 일일 일조시간이 11시간 12분에서 12시간 51분으로 약 11시간 30분의 평균 시간을 갖음. 일출 시간은 05시 30분에서 06시 20분 사이이며, 일몰은 17시 15분에서 18시 10분 사이에 위치함. 국내와 비교하면 연평균 일조시간의 균일하며, 일정한 일조시간을 나타냄



<베트남 지역별 일일 평균 일사량 분포도>



<베트남 다낭의 일조시간 그래프 및 연간 태양 경로도>

- 또한 국내보다 상대적으로 적도에 가깝게 위치하고 있으므로 태양의 고도가 높게
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)

형성됨. 만약 수직형 태양광을 동-서 방향으로 설치할 경우 태양광의 직접적인 조사 형태가 아닌 난반사 및 산란광에 의한 발전 형태가 주를 이룰 것으로 예상된다. 반대로 남-북 방향으로 수직형 태양광을 설치하면 일출과 일몰시 주발전이 이루어질 수 있음

- 베트남의 농업은 2019년 기준 국내총생산(GDP)의 13.96%(36.4억 달러)를 차지할 정도로 베트남의 주요 산업 중 하나이었지만, 코로나19로 베트남의 주요 수출 농산물인 쌀, 채소, 커피 등의 최대 수입국인 중국의 경제 성장세 하락과 베트남 농업의 자연조건에 대한 높은 의존도, 저장·가공 인프라 개발 등 농산업 관련 분야에 대한 투자 부족으로 인하여 베트남 농업 분야의 생산성·비용·품질의 낮은 경쟁력으로 이어져 전반적인 베트남 농업 성장세가 둔화되고 있음
- 이러한 문제점을 해결하고 베트남 농업을 지속적으로 발전시키기 위해 최근 베트남 정부에서는 스마트팜(SmartFarm), 하이테크농업(Hi-Tech Agriculture)에 대해 투자를 장려하고 있으며, 그 외에 농지제도 개선, 관개시설 운영, 정책개선 등에 힘쓰고 있음
- 베트남 농업농촌개발부(MARD)는 2022년 1월 28일 결정서 ‘2050년까지의 비전, 2021 ~ 2030년 지속 가능한 농업농촌개발전략’ (Decision No. 150/QD-TTg)을 통해, 향후 약 10년간의 농림수산 분야 발전 목표 및 전략, 그리고 2050년까지의 장기적인 비전을 공표함. 또한 베트남 정부는 지속 가능한 농업농촌 개발을 위한 주요 전략으로 내수 농산물 품질을 향상하고, 고부가가치상품 생산 농가를 먼저 육성하여 농가 및 농업 소득을 증진하고 성장률을 증가시킬 목표를 세움

구 분	발전 전략
일반	<ul style="list-style-type: none"> - 농림수산물 전반의 내수 수요 충족 - 농작물 생산 및 유통 구조 혁신(공급망 개선) - 농지사용 목적에 대해 보다 유연한 관리체제 구현 - 고품질 쌀, 수출용 열대 과일, 사료용 곡물 등 고부가가치 상품 개발 우선 - 약용식물, 관상용 식물, 식용버섯, 옥수수, 목화, 담배, 열대 과채류, 대두 등 유망 농산물 개발
쌀	<ul style="list-style-type: none"> - 국가 식량안보 보장 - 토지/수자원 효율 사용 - 벼 재배 농경지(메콩·홍강 삼각주) 엄격 관리 - 생산성 향상 및 농민 소득 구조 개선 - 윤작, 간작, 물새사육 등의 농법을 결합하여 농민 소득 증진 및 농업 시스템 개선

- 2017년 기준 베트남의 도시화율은 35.03%였으나 베트남 정부는 2035년까지 국가 도시화율이 증가해 50~55%에 도달할 것으로 예측하며, 2020년까지 1급지인 히노이시, 호치민시, 다낭시 등 원자재와 노동력 및 경제기반 시설이 제공 가능한 도심을 중심으로 농지를 확장하려는 경향이 나타남
- 베트남에서 쌀은 주요 수출 품목으로 고부가가치의 농업 성장의 핵심 작물이지만 노동 집약적 쌀 재배 방식과 토지의 부족의 문제점이 발생함. 이는 경작과 수확 면적의 증대가 불가능한 상황이므로 생산량을 포함한 농민의 소득 증진에 한계를 나타냄

- 따라서 무음영 수직형 태양광 모델과 같이 영농형 태양광을 베트남 기존 농업에 접목 시킴으로써 하이테크농업으로 전환이 가능하며, 영농형 태양광의 생산 전력에 대한 인근 도심의 전원 공급으로 추가적인 파생 효과를 얻을 수 있음. 또한 영농형 태양광의 전력 판매로 농민의 소득 증가를 통해 베트남의 기반 산업인 농업의 안정적인 성장을 도모할 수 있음

③ 친환경 무타설 시공 공법

- 건축물이 아닌 대지에 태양광 발전설비를 시공하기 위해서는 안정적으로 토지에 기초를 설치하여야 함. 일반적으로 태양광 발전설비는 25년 이상 운영되기 때문에 관입시험(SPT) 등을 통한 지층 조사 후 시공 대상 토지에 맞는 기초 시공법을 선정함. 일반적으로 태양광의 기초는 철근콘크리트 기초공법과 그라우팅 공법 같이 시멘트 타설을 하는 방안과 스파이럴 기초를 이용한 무타설 시공법이 있음
- 철근콘크리트 공법은 건물 건축시 일반적으로 사용되는 시공 구조로 큰 하중을 받거나 연약한 지반에 대한 기초 구성시 그 너비와 두께가 매우 커지고, 자중도 증가하여 불리할 경우 적용함. 시공 순서는 터파기 후 거푸집을 설치하고 양카 시공 후 시멘트를 타설함. 이후 되메우기 및 태양광 기둥 구조물을 설치한 후 몰탈로 마감하는 순으로 진행 됨



거푸집



양카시공 및 타설



되메우기



몰탈

<태양광 설비의 기초공사 - 철근콘크리트 기초공법>

- 그라우팅 공법은 지반에 터파기나 천공을 실시한 후 태양광 기둥 구조물을 설치한 후 별다른 기초시공 작업없이 콘크리트 및 보양제를 이용하여 바닥에 직접적으로 고정하는 시공법임. 시공법이 간단하고 석축의 틈이나 암석의 균열, 투수성 지층 등에 강제로 충전재를 주입한 후 고형화 시키기 때문에 구조적 안정성이 증가하고 지반의 고결화를 통한 지지력 증가, 지반과 구조물의 일체화가 가능한 것이 장점으로 시공 비용 또한 저렴하기 때문에 일반적으로 사용되는 태양광 기초 시공법 중 하나임



천공



구조물 고정



밀크주입-1

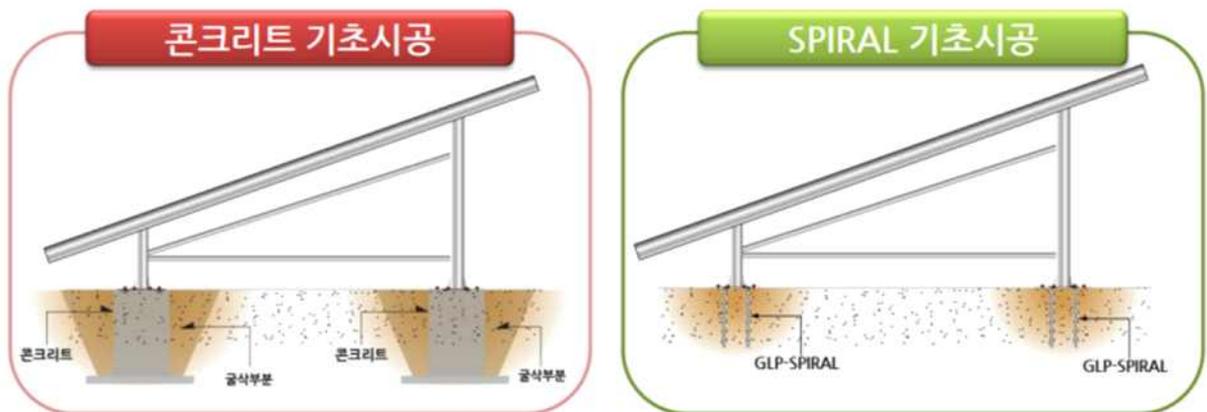


밀크주입-2

<태양광 설비의 기초공사 - 그라우팅 공법>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 이 외에도 줄기초 시공법도 있으나 콘크리트 타설시 개별 또는 줄 모양 등 구성의 차이가 있을 뿐이며, 개별 기초 대비 줄기초 시공은 길게 연속한 콘크리트제의 구성으로 안정적인 기초 구성이 가능하나 공사 비용 및 기일이 증가하고 향후 폐기물 및 철거 비용이 증가하는 특성이 있음
- 철근콘크리트 기초 및 그라우팅 공법 모두 부동침하의 가능성과 철거 시 폐기물이 많이 발생한다는 단점이 있음. 시공시 배출되는 시멘트 분진으로 인한 농작물 피해, 농수로에 버린 시멘트 희석액으로 인해 벼 등 농작물이 오염 등 콘크리트 타설 시 사용되는 시멘트는 강한 알칼리 성을 띄고 있어 수질 및 토양오염의 문제가 발생함. 따라서 콘크리트가 사용되는 기존의 타설 공법을 논에 적용 시 토지 및 작물 오염의 문제가 예상되므로 영농형 태양광의 기초시공으로 무타설 시공 공법이 요구됨



<타설 공법(콘크리트 기초)과 무타설 공법(스파이럴 기초)의 구조 비교 >

- 스파이럴 시공법은 무타설 공법으로 앞선 콘크리트 사용으로 인한 토지 및 작물에 예상되는 피해가 없는 시공 방법임. 또한 채굴 공사가 필요하지 않으며 폐기물과 잔토 처리 과정이 없어 논에 적용되는 영농형 태양광 기초시공으로 적합함. 또한 이러한 건식공법인 스파이럴 시공은 구조체의 설계를 통해 논과 같은 연약지반에서 기초공사가 가능함. 시공시 스파이럴 날개 형상에 씹혀 들어가는 토사의 선단력과 토압에 의한 주변의 마찰력(내압 저항력)이 더해져, 일반 파일보다 높은 지지력을 얻을 수 있음

<표> 콘크리트 기초와 스파이럴 기초의 시공성 비교

비교항목	콘크리트 기초	스파이럴 기초
지반 지하수 대책	필요	영향을 받지 않음
날씨조건	동절기 및 우천 시 공사 불가	전천후 시공 가능
내진성	없음	일본(후쿠시마) 대지진 상황에서 검증
습지에서의 시공	불가능(지반 보강 및 개량 필요)	직접 시공 가능
연약지반의 부동침하	일어남	스파이럴의 선단력으로 안정된 형태 유지
시공 기간	콘크리트 양생 후 7~8일 소요	기초시공 후 즉시 구조물 설치 가능
지중시설물의 존재	불가능	편심 설계로 대응
야간공사	불가능	가능
협소한 공간의 기초 시공	불가능	가능



주요 자재 반입



파일 관입



상부 구조물 기둥 및 모듈 가대 체결



모듈 체결 및 완성

<스파이럴 기초를 이용한 태양광 설비 공사 예시 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 벼는 많은 인종에서 주식으로 섭취하는 작물로 만약 오염되어 재배될 경우 여러 가지 질병을 유발하며 인간의 건강을 위협함. 즉, 환경 오염은 그 자체로 끝나는 문제이기 보다는 생태계로 이행되어 중국에는 인간에게 직·간접적으로 미치는 위해성이 매우 심각한 상황으로, 특히 중금속은 환경과 식품 전반에 걸쳐 그 오염도가 심해지고 장기간의 축적에 의해 치명적인 피해를 줄 수 있음
- 국내 및 베트남을 포함한 아시아권은 식생활이 곡류를 주식으로 하여 여러 가지 부식으로 구성된 점을 감안할 때 쌀에 대한 중금속 오염 방지는 매우 중요함. 국내 쌀(7분도 도정 기준)은 납 0.2mg/kg이하, 카드뮴 0.2mg/kg 이하로 설정되어 있음. 일본의 경우 쌀(현미)의 카드뮴 허용기준을 1.0 mg/kg이하로 설정하고 있으며 일본식품위생소육법에 설정된 납 및 비소 기준은 잔류농약의 기준에 따라 일부 과일, 채소에만 허용된 중금속 규격임
- 납은 낮은 농도로도 인간의 신경계에 큰 영향을 끼치는 중금속으로 인지능력에 장애를 줄 수 있음. 카드뮴은 칼슘을 대신 뼈에 축적되어 신장과 근골격계에 문제를 일으키는데 과거 일본의 이따이이따이병이 대표 오염 사례임. 규정 외의 중금속인 수은이나 비소 등 위험성을 갖는 다양한 위해 물질에 대한 작물의 오염을 방지해야 함
 - 일본은 2002년 5월 토양오염 대책법을 공시하고 시행령에 25종의 특정 유해물질을 지정하였는데 이 가운데 무기물질인 카드뮴, 6가크롬, 수은, 셀레늄, 납, 비소, 불소, 붕소 및 그 화합물은 시안화 화합물을 포함해서 제2종 특정 유해물질로 지정함
 - 환경부 소속 국립환경과학원은 시멘트 제품에 대하여 6가 크롬 등 중금속 6개 항목(6가 크롬, 비소, 카드뮴, 수은, 납, 구리)을, 2019년 9월부터 세슘 등 방사능 물질 3개 항목(세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs), 요오드(¹³¹I))을 모니터링하고 있음
- 국내에서 일반적으로 사용되는 시멘트는 포틀랜드 시멘트(Portland Cement)로 주 성분인 석회, 실리카, 알루미나 및 산화철을 함유하는 원료를 적당한 비율로 적절히 혼합하여 그 일부가 용융하여 소결된 클링커에 적당량의 석고를 가하여 분말로 한 것임. 고품질의 시멘트는 환경 유해성이 없으나, 과거 시멘트 소성로가 폐기물 처리시설로 인정된 이후 폐타이어 등의 폐기물을 시멘트 부원료와 보조 연료로 재활용을 하면서 논란이 발생함
- 따라서 저품질의 시멘트를 적용할 경우 장기간에 걸쳐 토양 오염이 발생할 수 있으며, 영농형 태양광에 타설 공법을 이용한 기초 설계시 적은 양이라도 작물의 오염이 지속적으로 노출될 수 있음. 만약 쌀과 같은 주식으로 섭취하는 곡류의 경우 결과적으로 인간까지 이런 오염에 노출되는 결과가 초래될 소지가 높음

- 베트남의 농업은 많은 투입재를 사용하여 생산량 증가에 따라 환경비용에 대한 부담도 증가함. 베트남의 농업 성장은 토지와 자연 자원을 토대로 이루어졌는데, 상대적으로 과도한 비료와 농화학 제품을 사용하고 있음. 결과적으로 베트남의 농업은 성공했지만 많은 환경비용 지불이 발생함
- 베트남은 2050년까지 현대적 · 효율적 · 친환경적인 농산물 가공 산업을 통화여 세계 최고의 농업국 중 하나로 도약을 목표로 함. 이를 통해 농촌 지역의 빈민가구를 퇴치하고 농촌 주민의 생활여건 및 소득을 개선하려고 하는데, 이를 위해서는 친환경적인 영농형 태양광 접목을 통하여 하이테크농업의 기반 구축으로 지속 가능한 농업농촌 개발이 필요함

○ 무음영 영농형 태양광 구조물 설계

① 연약지반용 스파이럴 기초 설계

- 베트남은 인도차이나 반도의 동쪽 끝에 위치한 좁고 긴 나라로, 국토의 전체면적은 총 330,957.6km² 한반도의 약 1.5배 크기로 S자형으로 남북으로 길게 뻗어 있으며, 남북의 전체 길이는 약 1,650km로 동서의 폭이 가장 넓은 곳은 약 600km, 가장 좁은 중부지역은 50km에 불과함. 또한 남북으로 기다란 서고동저의 지형 때문에 기후도 상이하며, 연평균 기온이 24.1℃를 구성하고 다양한 기후여건과 함께 토질의 차이(특히 델타지역과 북서부 산간지역)로 인하여 매우 독특한 식생대가 형성됨
- 베트남은 북부, 중부, 남부의 3개 지역으로 크게 구분되어 남부지역은 고온 열대성 계절풍(연평균 27.1℃), 북부지역은 아열대성 계절풍 기후(연평균 23.2℃)이고, 중부지역은 열대성과 아열대성 계절풍이 혼재하는 기후(연평균 24.1℃)를 나타냄
- 베트남의 농업은 크고 작은 수많은 강 유역(River basin)을 따라 발전되었는데, 강유역을 흐르는 지표 수량이 지역적으로 균등하게 분포되어 있지 않을 뿐만 아니라 계절에 따라 차이가 큰 편이며, 특히 베트남 최대 곡창지역인 메콩델타 지역은 건기와 우기의 영향을 동시에 받고 있는 대표적인 취약한 지역으로 우기 가운데 특히 6~7월과 10~11월에는 연간 총 강우량의 약 85 ~ 90%가 집중되어 홍수 피해가 심각하며, 건기(12~4월)에는 가뭄 피해가 심각한 지역임



<건기 및 우기에 따른 베트남의 토양 환경 변화>

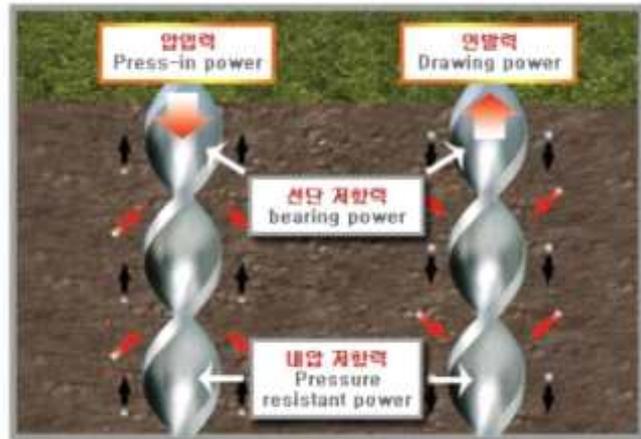
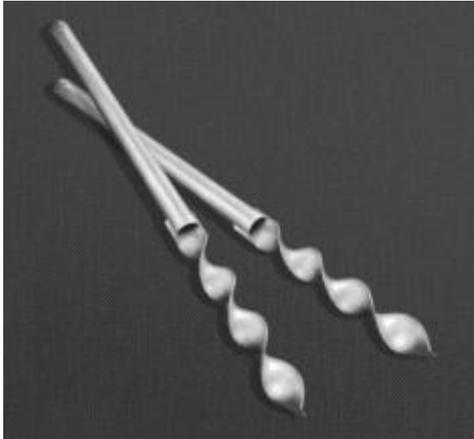
- 베트남은 남북으로 기다란 서고동저의 지형 때문에 기후뿐만 아니라 지역(특히 델타지역과 북서부 산간지역)에 따라 토질도 다른 특성을 나타내는데, 북부 홍강이나 남부 메콩강 유역에는 강물이 운반해 온 토사가 쌓여 강 어귀에 이룬 모래톱(삼각주) 델타가 형성되어 있으며, 토질은 대부분 총적도(alluvial soil) 로써 벼를 포함한 각종 채소 재배에 적합한 특성을 갖음
- 따라서 실증사이트인 다낭(중부)을 포함하여 베트남에 무음영 영농형 태양광 모델을 개발하기 위해서는 다양한 베트남 기후 및 토양에 환경에 대응 가능한 태양광 설비의 기초 구조물 개발이 필요함
- 토양 분석은 표준관입시험(SPT, Standard Penetration Test)을 통해 지반의 종류 및 깊이별 변화경향(N값), 연약층의 두께와 지지층의 위치 등을 추정 또는 산정 가능함. 하지만 베트남 남부의 대표적인 벼 재배지인 메콩델타지역과 중부, 북부의 토양 환경 차이가 심하고 수출 모델의 특성상 다양한 환경에 적용 가능한 범용성이 요구되므로 본 사업에서 개발하는 무타설 기초인 스파이럴 구조체는 베트남의 우기에 대한 토양의 상태와 연약 지반에 대응 가능하도록 설계 및 개발을 진행 하였음

< 표준관입시험을 통한 조사 및 산정 가능 정보 >

구 분		판정 및 추정사항
조사결과로 판정 가능한 사항		- 지반분류, 지하수위, 깊이별 변화경향(N값) 등 - 연약층의 두께, 개략적인 압축성, 지지층 위치 등
N값으로 추정할 수 있는 공학적 특성	사질토	상대밀도, 내부 마찰각의 범위, 지지력, 액상화 가능성 등
	점성토	연경도, 일축압축강도 또는 점착력, 지지력 등
	일반사항	지반의 극한 지지력, 말뚝의 지지력, 지반반력계수 등

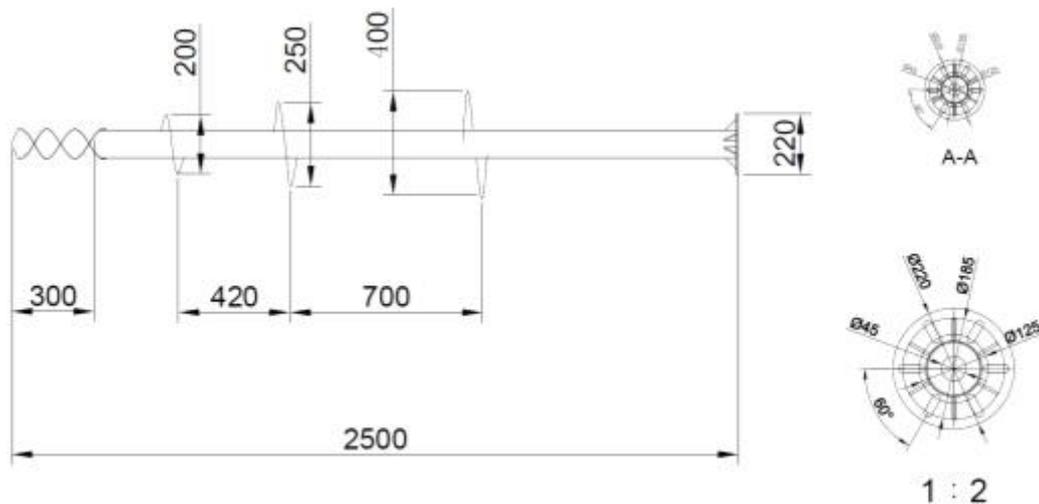
- 국내에서 태양광 구조물용 스파이럴 구조체는 통상 1,500mm의 길이로 제작하는데 구조물 말단을 나선형의 형상으로 구성하며 이를 철재 원통형 기둥(Shaft)에 결합(용접)한 형상을 갖음. 이는 암반지대가 많은 국내 토양 특성으로 건식 시공시 시공의 용이성과 암반 파쇄를 통한 기초 형성이 가능하기 때문임
- 하지만 베트남의 토양 환경은 지역에 따라 다양하게 구성되어 있는데 특히 메콩델타 지역은 모래톱에 의해 형성됨으로써 연약지반이며, 대부분의 베트남 벼 재배지는 3모작의 벼 생산으로 국내와 다르게 농번기 및 농한기의 구분 없이 일년 내내 논에 물을 공급하기 때문에 연약지반 대상으로 스파이럴을 설계하였음

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<국내 태양광 구조물용 스파이럴 및 기초지지 원리>

- 스파이럴 말단(Edge Blade part)은 시공시 암반 출현에 대한 파쇄가 가능하도록 나선형 구조를 적용하였으며, 물이 다수 포함된 논·밭의 특성을 고려하여 헬리컬 베어링 플레이트(Helical bearing plate)를 Ø200, Ø250, Ø400 총 3단으로 구성하였음. 베어링 플레이트는 태양광 구조물의 무게를 지반에 넓게 분포시켜 설비 자중의 인한 지반 침하를 방지하는 목적이 있음. 또한 각 플레이트의 크기를 다르게 구성함으로써 시공시 플레이트의 변형 방지 및 지압력을 유지하게 설계함



Type	Flange	Material	Steel(Q235)
Shaft	2,500mm	Weight	26.3 kg
Edge Blade part	300mm	Blade Pitch	150mm
Helix Diameter	Ø200 / Ø250 / Ø400	Helix Pitch	420mm / 700mm

- 전체적으로 샤프트에 나선형 구조가 결합된 구조(Bored screw-shaft pile)로 설계하여 구조물 제작 비용 절감 및 구조 안정성 확보를 도모하였음. 이를 통해 다양한 토양 환경을 가지고 있는 베트남에 대하여 시공 범용성과 시공시 스파이럴 구조체의 손상을 최소화할 수 있으며, 2종의 스크류 구조가 적용된 1종의 스파일

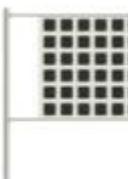
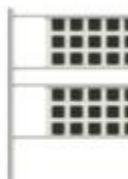
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

렬구조체로 무음영 태양광설비의 자재 개수를 감소시켜 유통 및 관리가 용이해짐

- 이렇게 2종의 스크류 형상이 적용된 스파이럴은 총 2,500mm로 국내 제품(1,500mm) 대비 약 67% 길이가 증가하여 지반에 시공되는 깊이는 약 2,100mm로 일반 국내 제품(1,100mm) 대비 약 90% 정도 설치 깊이가 증가하게 됨. 따라서 마사토나 모래톱 같이 연약지반에서 수직형 태양광 구조물의 구조 안정성이 향상됨
- 스파이럴 구조체와 상부 기둥(Post)과 체결 구조는 프렌지 일체형 타입으로 설계하였는데, 프렌지가 볼트로 샤프트와 체결되는 구조 대비 자재 수량을 감소할 수 있으며, 커플러 또는 볼트 타입 대비 수직형태의 태양광 구조물이 수평으로 받는 횡압력에 대한 지지력 증가와 보다 용이한 설비 유지관리가 가능함

② 수직형 무음영 태양광 구조물

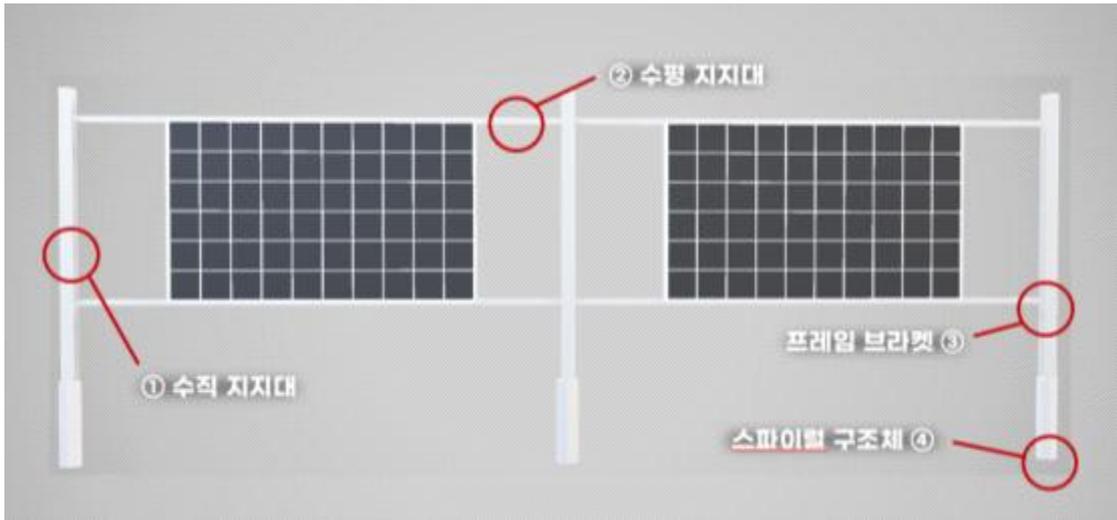
- 1차년도에 개발, 설치되는 영농형 무음형 태양광 구조물은 지반과 수직(90°)으로 설치되는 설비 형태로 양면수광형 태양광 모듈이 적용됨. 이는 태양광 모듈 및 구조물에 의한 농작물에 음영 발생을 최소화할 수 있는 구조로 일몰/일출시에는 설비에 의한 음영이 발생되나, 정오를 기준으로 설비의 음영이 발생되지 않거나 최소화할 수 있는 구조 형상임
- 태양광 모듈은 후면 발전이 가능한 양면수광형으로 일몰과 일출시 발전전력이 높게 발생되고, 정오 기준으로 태양의 고도가 높게 형성되는 시간에는 난반사에 의한 발전전력을 생산할 수 있음. 또한 일몰/일출시 설비에 의한 음영을 최소화 하기 위하여 투광형 태양광 모듈이 적용되었으며, 아래와 같이 태양광 구조물에 모듈을 설치하는 공간에 대한 여유 공간을 확보함으로써 설비 구조상 태양광이 투과되어 최종적으로 작물에 대한 음영 영향을 최소화 하였음

구분	Case -1		
	A	B	C
구조물 형상			
구조물 크기	(W)2,758 x (H)2,000 mm	(W)2,858 x (H)2,000 mm	(W)2,758 x (H)2,500 mm
모듈 투과도	8.6% / 15.3% / 20.3%	8.61%	8.96%
설비 용량	20kW 이상		

<1차년도 실증사이트에 적용되는 무음영 수직형 태양광 구성도>

- 태양광 모듈의 형상(크기), 투과율 및 구조물에 결합 형태에 따라 1차년도에 실증하는 설비의 종류는 총 4가지로 개발되었음. A 타입은 가장 일반적으로 사용되
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

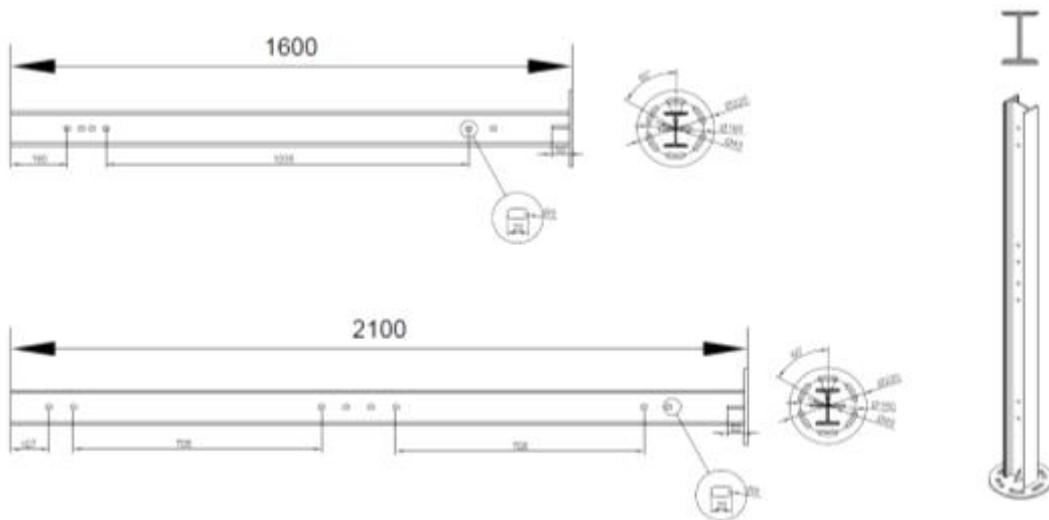
는 플랜트용 모듈 크기(약 2,000x1,000mm)로 모듈 투과율(8.6%, 15.3%, 20.3%)에 따라 3가지로 구성됨. B 타입은 약 1x1m의 모듈로 A 타입 대비 태양광이 투과되는 개구면을 유닛(Unit)당 좌/우, 중간으로 구성됨. C타입은 수평의 개구면을 갖기 위하여 약 700x2,000mm의 태양광 모듈 2개가 적용되는 구조를 갖음



<무음영 수직형 태양광 구조물의 구성도>

○ 무음영 수직형 태양광 발전 설비는 크게 수직지지대, 수평지지대, 프레임 브라켓, 스파이럴 구조체, 양면수광형 태양광 모듈로 5개의 부재로 구성되어 있음

1) 수직 지지대



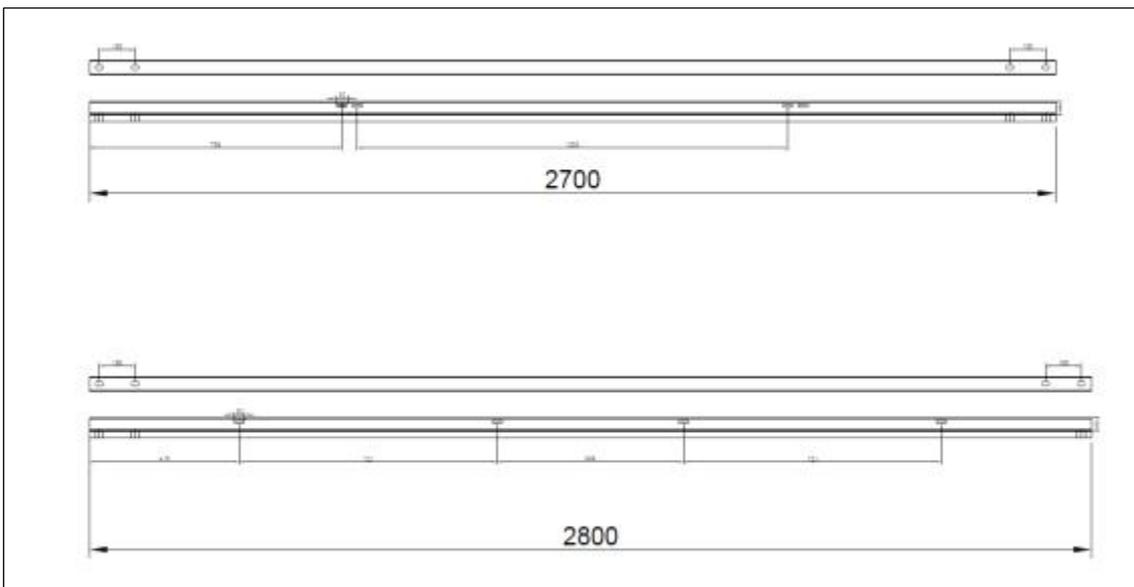
Model	A-1~3, B	Material	Steel(Q235)
Size	100 x 68 x 1,600 mm	Weight	20.3 kg
Model	C	Material	Steel(Q235)
Size	100 x 68 x 2,100 mm	Weight	25.9 kg

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 수직형 태양광의 기둥(Post) 기능을 하는 수직지지대는 ‘H-beam’ 형상으로 설계되었음. H-beam은 건축에서 구조재료로 사용되는 자재로 다양한 접합 구조와 단면의 조합이 가능함. 그리고 플랜지 측에 더 많은 단면을 갖을 수 있기 때문에 강축에 대한 휨 저항력이 높게 형성됨. 따라서 지면과 수직으로 구성되는 수직형 태양광 구조물이 풍압에 대한 휨 강성을 확보하기 용이하며, 향후 사업화시 압연으로 제조되는 ‘H 형강’ 으로 대체가 가능하므로 설비 비용 감소와 자재 생산에 이점을 확보할 수 있음
- 수직지지대는 A와 B 타입의 길이 1,600mm 자재와 C 타입의 길이 2,000mm 로 구성됨. 이는 상하 2단으로 구성되는 C 타입의 설비 구성 특징에 따른 것으로 일반적으로 생산되는 60cell(약 1x1.6m) 태양광 모듈이나 70cell(약 1x2m) 모듈을 적용시 A 타입과 동일한 1,600mm 자재로 대응이 가능함

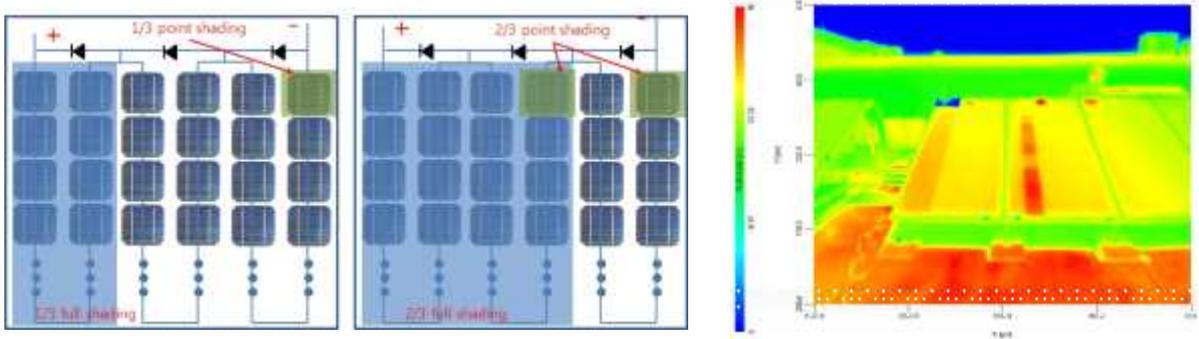
2) 수평 지지대

- 무음영 수직형 태양광은 양면수광형 태양광 모듈이 적용되어 전후면 모두 태양광 발전을 수행함. 따라서 설비 구성을 위하여 구조물에 모듈 체결시 자재에 의한 음영 때문에 미스매칭이 발생되지 않게 구조물 설계가 되어야 함. 만약 태양광 모듈 체결을 위한 구조물이 돌출될 경우에 정오에 높은 고도에 위치한 태양에 대한 구조물의 음영 발생으로 태양광 모듈의 부분음영이 발생되며, 반복된 미스매칭으로 인해 모듈의 고장을 유도하게 됨



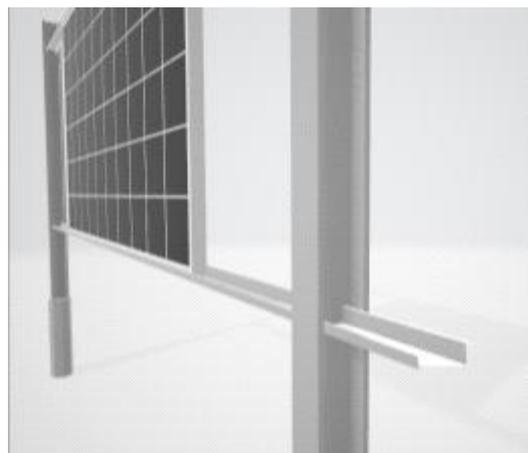
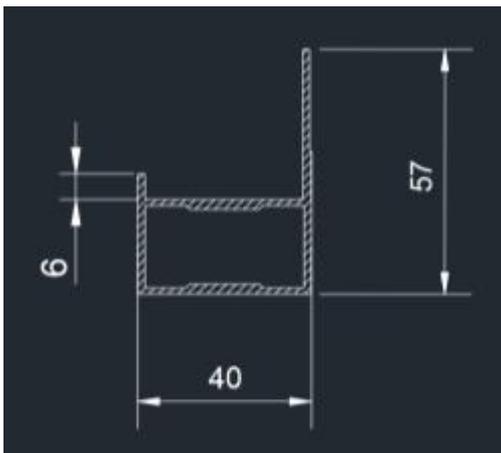
Model	A-1~3, C	Material	AL6005-T5
Size	40.2 x 57 x 2,700 mm	Weight	2.03 kg
Model	B	Material	AL6005-T5
Size	40.2 x 57 x 2,800 mm	Weight	2.10 kg

- 수평지지대는 구조물과 모듈이 체결되는 유일한 부재로써 풍압에 대한 강성 확보를 위해서 구조 안정성이 요구됨. 일반적으로 프레임의 자재 두께의 증가나 보강을 통해 강성을 확보하게 되는데 이를 위하여 태양광 모듈 프레임과 수평지지대의 결합 일체화 구조를 통하여 수평지지대의 추가 프레임 보강 없이 강성을 확보할 수 있었음. 태양광 모듈 프레임의 측면 폭은 30mm 또는 35mm로 규격화 되어 있기 때문에 향후 자재 규격화에 따른 어려움은 발생하지 않을 것으로 판단됨



<태양광 모듈의 부분 음영 발생 예시 및 손상된 스트링의 온도 특성>

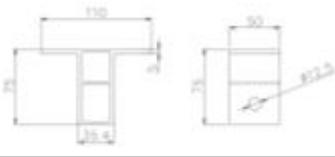
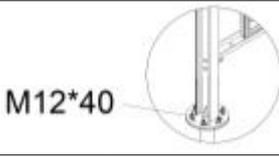
- 앞서 설명한 바와 같이 태양광 모듈-구조물 체결시 지지대에 의한 모듈의 음영이 발생되지 않아야 하는데, 개발된 수평지지대는 전/후면 모두 기존 태양광 모듈 프레임과 동등 또는 그 이하 면적에 대해 고정지지 구조를 형성함으로써 별도의 음영이 발생하지 않음



<수평지지대의 단면도 및 태양광 모듈과 결합된 구조 예시>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

3) 부속품

부품명	형상	재질	규격
지지대 브라켓		AL6005-T5	110x75x50mm
스파이럴 체결 볼트		SUS304	M12x40mm
가로 지지대 체결 볼트		SUS304	M8x35mm M12x80mm
모듈체결 볼트		SUS304	M8x20mm

- 지지대 브라켓은 수직지지대와 수평지지대를 체결하여 주는 부속품으로 수직형 태양광 설비의 종류(A, B, C 타입)와 상관없이 적용이 가능함. 지지대 브라켓은 알루미늄 압출 제품으로 제작하였으며, 이 외의 체결 볼트는 장기간 운영에 따른 녹 발생을 방지하기 위하여 스텐인리스(SUS304) 볼트를 적용하였음
- 각 부재별 크기에 대한 수직형 태양광 타입 적용은 아래와 같음

구분	적용 모델	크기	무게
스파이럴 구조체	A-1~3, B, C	Ø102 x 2,500 mm	26.3 kg
수직지지대 - 1	A-1~3, B	100 x 68 x 1,600 mm	20.3 kg
수직지지대 - 2	C	100 x 68 x 2,100 mm	25.9 kg
수평지지대 - 1	A-1~3, C	40.2 x 57 x 2,700 mm	2.03 kg
수평지지대 - 2	B	40.2 x 57 x 2,800 mm	2.10 kg

- 스파이럴은 A, B, C 타입에 대하여 공통으로 적용 가능하며, 수직지지대와 수평지지대는 장홀(Slot hole)과 길이로 각각의 타입에 대응이 가능하도록 설계 제작함. 최종적으로 수직형 태양광 구조물의 주요 자재는 스파이럴, 수직지지대, 수평지지대로 총 3개의 부재로 단순화 시켰으며, 일부 부재(수직/수평지지대)의 길이 차별화로 5종의 태양광 모듈에 대한 설비 구성이 가능함

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

구조물 타입	A-1-3	B	C
설계 도면			
구조물 크기	(W)2,758 x (H)2,000 mm	(W)2,858 x (H)2,000 mm	(W)2,758 x (H)2,500 mm
스파이럴 크기	ø102 x 2,500 mm		
수직 지지대	(W)68 x (D)100 x (H)1,600 mm	(W)68 x (D)100 x (H)1,600 mm	(W)68 x (D)100 x (H)2,100 mm
수평 지지대	(W)2,700 x (D)40 x (H)57 mm	(W)2,800 x (D)40 x (H)57 mm	(W)2,700 x (D)40 x (H)57 mm
모듈 사양	1,995 x 1,021 mm (362W / T.T. - 8.60%)	1,021 x 1,041 mm (181W / T.T. - 8.61%)	2,017 x 699 mm (242W / T.T. - 8.96%)
	2,080 x 1,061 mm (362W / T.T. - 15.31%)		
	2,200 x 1,071 mm (362W / T.T. - 20.34%)		
단위 출력	362W/unit	362W/unit	242W/unit

<실증사이트에 적용되는 무음영 수직형 태양광 설비의 개요>



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

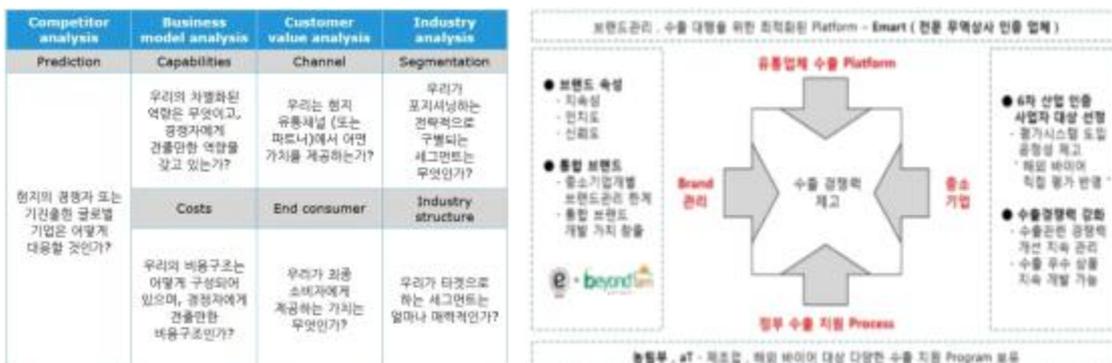


<본 사업에서 개발된 무음영 수직형 태양광 구조물_Type C >

- 상위 시제품은 최종적으로 제작된 무음영 수직형 태양광 구조물의 시제품 조립 모습임. 스파이럴 구조체와 수직지지대는 강성 확보를 위하여 철강(Q235)으로 제작 하고, 부식 방지를 위하여 아연도금(도금 두께 : $\geq 65\mu\text{m}$)을 진행하였음. 수평 지지대와 프레임브라켓은 설계 형상에 대한 제조 용이성 확보를 위하여 알루미늄(AL6005-T5) 압출로 제작 하였으며 후처리 공정으로 산화피막(아노다이징) 을 적용함

③ 영농형 태양광 수출 모델 개발 요소

- 본 사업은 베트남을 포함한 신남방 국가에 대한 영농형 태양광 발전 설비의 수출 모델 개발로 국내 사업화와 다르게 해외 시장 공략을 위하여 사전 준비 및 개발 이 진행되어야 함. 이를 위하여 사업 준비 단계부터 영농형 태양광 모델에 대한 베트남 현지 정책 제안과 현지 실증 사업으로 제품 검증 등 복합적인 전략 구성
- 해외 시장에 대한 수출 고려시 유통 및 관리 등을 위하여 자재의 수량 감소가 반드시 필요함. 베트남은 기후 및 토양, 작물 재배 환경이 지역별 편차가 큰 편으로 이런 지리적 특성을 다수의 영농형 태양광 모델로 접근할 시 자재의 운송량 증가로 비용이 증가하며, 각 자재별
- 재고 확보를 위한 보관비용 발생, 다양한 자재에 따른 유지보수의 어려움 등이 발생함. 하지만 단일 모델로 해외 시장 공략을 할 경우 국내와 다르게 시장의 요구 성능 및 사양에 대해 대처 기한이 소요될 수 밖에 없으므로 효과적인 해외 시장 공략을 위해서는 범용성을 갖는 제품군 형성이 중요함



<농식품부의 수출 상생 협력 모델 및 해외 시장 공략에 대한 고려사항>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 사업 1차년도에는 영농형 제품 개발 및 제작, 실증사이트 설치 시공에 대하여 사업 수행이 진행 되었지만, 성공적인 영농형 태양광 수출 모델 발굴을 위해 2차년도에 현지 기업에 대한 기술이전을 포함한 설비 자재 유통 방안, 시공, 마케팅 등 정책제안과 함께 수출 모델 발굴을 위한 협력 네트워크 구성이 필요함

- 수직형 무음영 태양광 시스템 설계

① 수직형 태양광 설비의 시스템 설계

- 베트남 다낭시 타이라이마을에 위치한 실증사이트는 논 경작지역으로 주변에 마을이 형성되어 있음. 실증 대상 면적은 약 10,000m²(가로 50m x 세로 200m)로 사이트 북쪽은 비교 대조군(Reference), 남쪽은 실험군(Test-bed)로 구성되어 있음
- 1차년도 무음영 태양광 설치 목표 용량인 20kW를 구성하기 위하여 아래와 같이 각 설비 유형별 용량 선정을 진행함

설비 유형	설비 용량	스트링 길이	구조물 수량	모듈 수량
A-1	3.982 kW	29.7 m	11 unit	11 EA
A-2	3.982 kW	29.7 m	11 unit	11 EA
A-3	3.982 kW	29.7 m	11 unit	11 EA
B	5.068 kW	39.2 m	14 unit	28 EA
C	5.324 kW	29.7 m	11 unit	22 EA

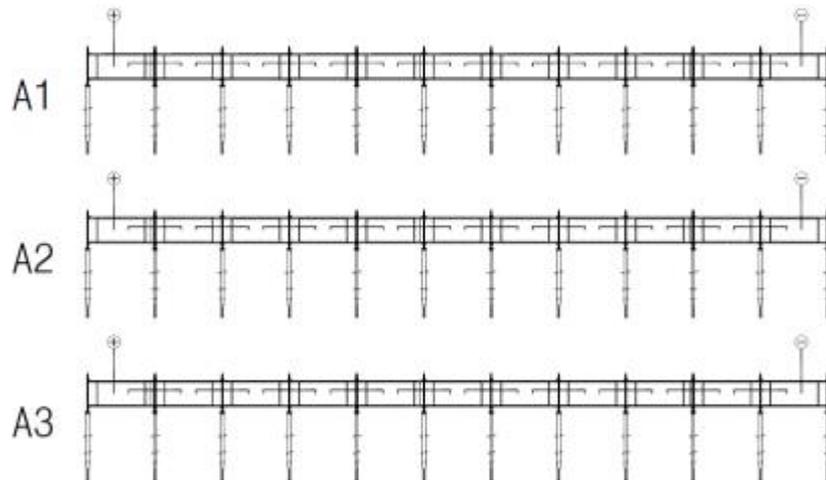
- A 타입은 모듈 투과도에 따라 3종(8.60%, 15.31%, 20.34%)으로 구성되는데 이로 인한 음영 발생 면적에 대한 작물(벼)의 생육을 동일한 조건에서 비교하기 위하여 구조물 설치 방향을 남-북으로 구성하였음
- B 타입은 실증사이트 서쪽에 위치하여 A 타입 대비 모듈 크기 및 구조물 형태에 따른 작물의 음영 영향에 대한 비교 분석을 할 계획이며, C 타입은 동-서 방향으로 설치 되었기 때문에 A와 B 타입과 발전량 비교 분석을 통한 베트남 지리적 환경(태양고도)의 수직형 태양광 설치 조건을 검증할 계획임



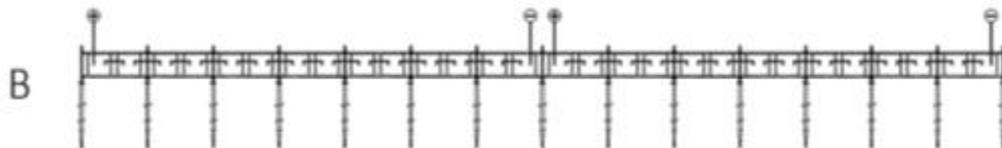
<실증사이트의 주변 환경 및 설비 구축 개요도>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

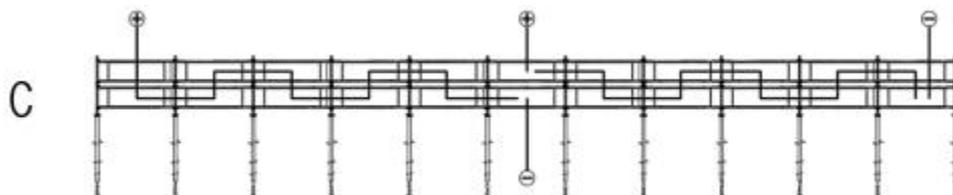
- 수직형 태양광의 유형별 어레이 구성은 다음과 같음. 유형별 발전 특성을 판단하기 위하여 개별 마이크로인버터를 구성하였으며, A타입은 각 스트링별 모듈 수량이 11개로 적기 때문에 직렬 구성을 함. B와 C 타입은 A 타입과 달리 수직형 구조물 유닛당 모듈 2개씩 구성되므로 각각 14직렬과 11직렬로 2병렬을 구성하여 유형별 마이크로인버터에 2 채널로 구성하였음



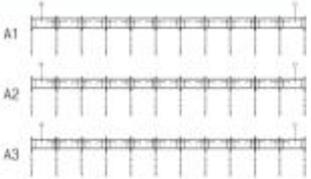
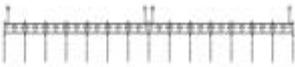
모델	A	설비 용량	3.982 kW
모듈 수량	11 EA	인버터	4 kW
어레이	11 직렬 x 1 병렬(1 ch)	케이블	F-CV 4 sq / 1C x 2



모델	B	설비 용량	5.068 kW
모듈 수량	28 EA	인버터	5 kW
어레이	14 직렬 x 2 병렬(2 ch)	케이블	F-CV 4 sq / 1C x 2



모델	C	설비 용량	5.324 kW
모듈 수량	22 EA	인버터	6 kW
어레이	11 직렬 x 2 병렬(2 ch)	케이블	F-CV 4 sq / 1C x 2

구조물 타입	A-1~3			B	C
스트링 구성					
구조물 수량	11 unit	11 unit	11 unit	14 unit	11 unit
스트링 길이	29.7 m	29.7 m	29.7 m	39.2 m	29.7 m
	합계 - 158 m				
모듈 수량	11 EA	11 EA	11 EA	28 EA	22 EA
인버터 용량	4 kW	4 kW	4 kW	5 kW	6 kW
설비 용량	3.98 kW	3.98 kW	3.98 kW	5.07 kW	5.32 kW
	합계 - 22.33 kW				

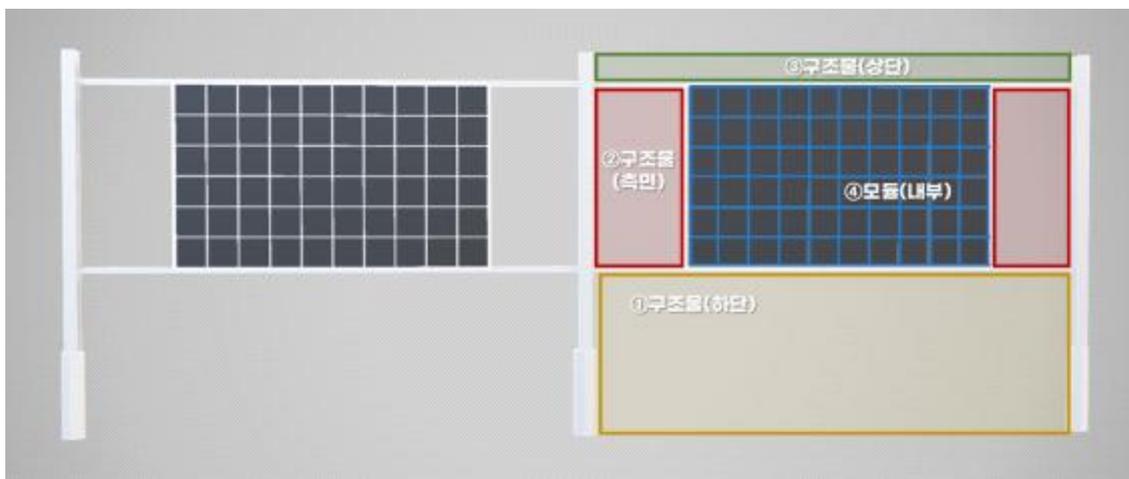
<실증사이트에 설치된 타입별 수직형 태양광 설비 구성 및 사양>

- 최종적으로 베트남에 대한 1차년도 무음영 태양광 시스템은 수직형태의 구조물로 총 설치 용량 22.3kW를 확보함. 세부적으로는 구조물 타입 3종, 모듈 형태/투과도 5종으로 구성되어 있고, 구조물 설치 방향은 ‘남-북’ 과 ‘동-서’ 로 구성함으로써 베트남의 벼 작물에 대한 수직 형태의 영농형 태양광 설비의 최적의 조건이 분석 가능할 것으로 판단됨
- 3모작으로 벼를 재배하는 베트남에 대하여 태양광 설비의 음영 영향을 최소화하는 조건을 확보함으로써 작물 재배와 재생에너지 생산을 통한 농가 소득 증가가 가능한 수출 모델을 확보할 수 있을 것으로 예상됨

② 실증사이트 구성 및 음영 분석

- 수직형 태양광 발전설비는 설치시 지상과 수직으로 구성되며, 구조물은 일직선 형태로 시공됨. 이런 구조물 형태는 펜스나 담벽락과 유사하여 정오 전후에는 음영 발생이 거의 되지 않지만, 일출과 일몰시에 음영이 필연적으로 발생하게 됨. 따라서 농작물에 음영 피해를 주지 않기 위해서는 태양광 모듈의 셀-셀 간격을 이용한 개구율과 구조물-태양광 패널의 공간을 확보함으로써 태양광 설비에 의한 음영 발생을 최소화할 수 있음
- 수직형 태양광 구조물에서 태양광이 투과할 수 있는 부분은 다음과 같음
 - 구조물 : 상단 / 측면 / 하단
 - 태양광 모듈 : 내부
- 태양광 발전 설비의 음영은 대부분 태양광 모듈에서 발생하게 됨. 태양광 모듈 제조시 셀(Solar cell) 배치 이격거리로 투과율을 확보할 경우 모듈에 의한 음영을 감소시킬수 있으나, 동일한 모듈 면적에 셀 개수가 감소하여 모듈의 출력이 낮아지게 되고, 동일한 발전용량의 설비 구축시 태양광 모듈의 비용 상승 요인이 됨

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



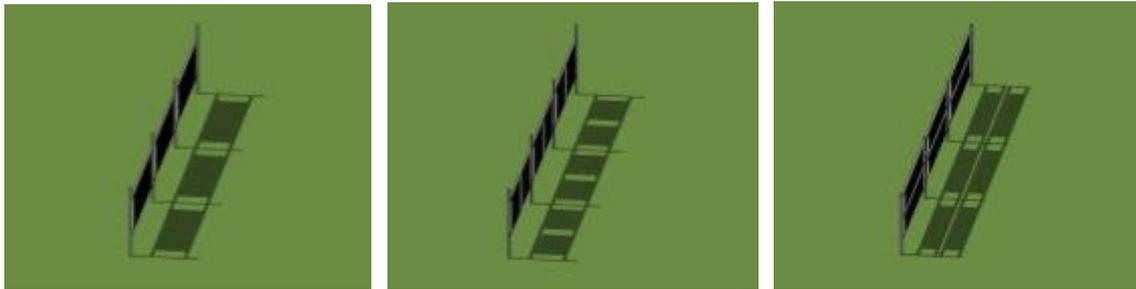
<무음영 수직형 태양광 설비의 구조물 및 모듈의 개구율 >

- 구조물의 경우 태양광 모듈의 설치 간격 조절로 개구면적 확보가 가능함. 하지만 구조물의 하단을 통해 들어오는 태양광은 일출과 일몰시 작물의 측면 부위를 직접적으로 조사됨으로써 재배지 외곽에 위치한 작물에 대해서만 무음영 효과가 발생하며, 내부에 위치한 작물은 외곽의 작물에 의해 음영 영향을 받게됨. 또한 구조물 상단의 경우 실질적으로 구조물을 구성하기 위해 발생하는 부위가 아니며 수직지지대(기둥)과 수평지지대가 결합하는 과정에서 발생하는 부위이기 때문에 음영 산출에 포함하는 것은 적절하지 못함
- 따라서 구조물 측면(모듈-모듈의 공간)과 태양광 모듈 자체의 개구면적 및 투과율에 대하여 음영 발생 정도를 산출하여야 하며, 음영에 따른 작물의 생육 평가가 적절함
- 구조물의 상하단을 포함한 전체 개구율은 약 60%로 유사하나(C 타입 - 48.3%) 앞서 설명한 바와 같이 작물(벼)에 실질적인 음영 영향이 발생하는 부위는 모듈과 구조물 측면 부임임. 이를 비교하여 보면 A 타입의 경우 모듈의 투과율에 따라 약 30% 정도의 개구율을 형성하며, B 타입과 C 타입은 각각 30% 전후로 모듈부의 개구율을 나타냄

설비 유형	전체 면적 (모듈부)	구조물_측면 개구면적	모듈 면적	모듈 투과도	개구율 (모듈부)
A-1	3.021m ²	0.662m ²	2.037m ²	8.60 %	27.72%
A-2	3.131m ²	0.606m ²	2.207m ²	15.31 %	30.14%
A-3	3.158m ²	0.491m ²	2.356m ²	20.34 %	30.74%
B	3.128m ²	0.674m ²	2.126m ²	8.61 %	27.40%
C	4.667m²	0.849m²	2.820m²	8.96 %	33.78%

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 상기 표를 기준으로 A 타입은 모듈부의 전체면적이 유사하게 형성되나 모듈의 투과율이 증가함에 따라 모듈부 개구율도 증가함을 알 수 있음. 하지만 A-3 타입은 모듈 크기가 커짐으로써 구조물 측면의 개구면적이 작아져 모듈부 개구율의 상승 폭이 제한됨.
- C 타입은 모듈부 전체 면적이 가장 크게 형성되고 모듈의 면적 또한 가장 넓게 나타나지만 구조물 측면의 개구면적이 높게 구성되어 모듈부 개구율이 가장 높게 나타남



Type - A

Type - B

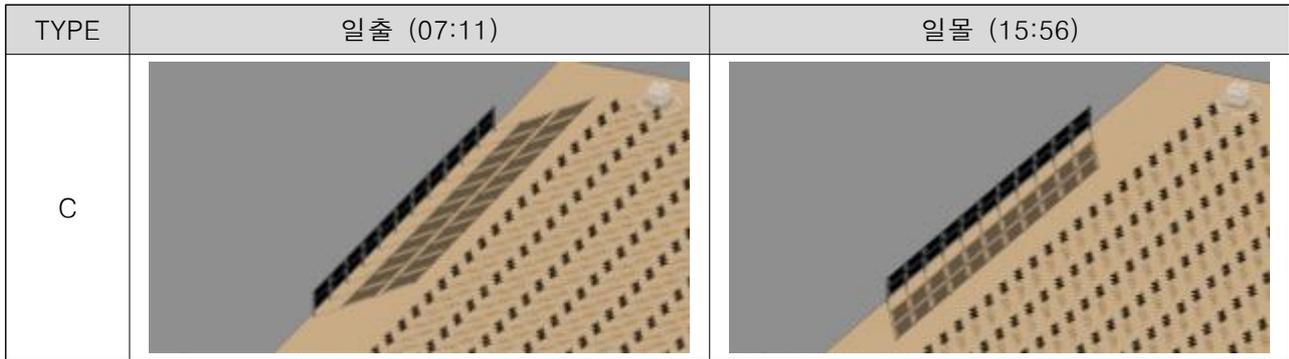
Type - C

<수직형 태양광 유형별 음영 발생 예시 >

- 수직형 태양광 각 유형별 음영 형상을 살펴보면 A 타입은 모듈-모듈 사이에 태양광이 조사되는 형태(모듈 너비 - 약 2m, 간격 - 약 0.7m)이며, B 타입은 A 타입 대비 모듈의 너비가 작아지고 빛이 투과되는 구성을 가짐. C 타입은 기본적으로 음영의 형상이 A 타입과 유사하나 가로로 빛이 조사되는 것이 특징임
- 태양광 구조물에 의해서 작물에 음영 발생시 특정 재배 공간이 지속적으로 반복된 음영에 노출될 경우 해당 부위의 작물의 생육 환경이 달라지게 되므로 결과적으로 작물의 품질이 저하될 수 있음. 따라서 태양광 구조물의 대한 음영이 발생되더라도 인접 작물에 전반적인 음영 노출이 된다면 작물의 품질 저하가 최소화됨
- 아래 그림은 동지 기준으로 일출과 일몰시 각 설비의 음영 예상 형상임

TYPE	일출 (07:11)	일몰 (15:56)
A		
B		

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



- A와 B 타입은 남-북 방향으로 설치되기 때문에 일출과 일몰시 최대 10m 내외의 음영 길이가 발생함. 하지만 C 타입은 동-서 방향으로 설치가 되어 음영의 최대 길이가 약 4m 내외로 형성됨. 실제 실증사이트 구축시 작물(벼)와 수직형 태양광의 이격거리에 따라 음영 영향 범위가 달라질 수 있지만, 일출과 일몰의 시간대가 길지 않은 점을 고려하면 태양광 구조물에 의한 음영 영향을 받는 작물 재배지는 제한적으로 판단됨

설비 유형	A	B	C
일출(07:11)	8 m	8 m	3.5 m
일몰(15:56)	5.5 m	5.5 m	2.5 m

- 수직형 태양광의 구조 안정 시뮬레이션

① 수직형 구조물 및 자재 모델링

- 수직형 구조물의 자재를 살펴보면 SS235(Q235B), Al6005-T5로 이루어져 있고 PV 모듈은 한 장의 무게인 15kg에 맞춰서 밀도를 수정하고 강화유리의 물성을 사용함

구분	재료	밀도 [kg/m^3]	탄성계수 [GPa]	포아송비
상·하단 Frame	Q235B	7,850	200	0.26
모듈 Frame, 브라켓	Al6005-T5	2,700	69	0.33
PV 모듈	-	290	70	0.23
Air	-	1.297	-	-

- 또한 구조물의 안정성에 대한 시뮬레이션을 수행하기 위하여 각 재질별 물성을 다음과 같이 설정함

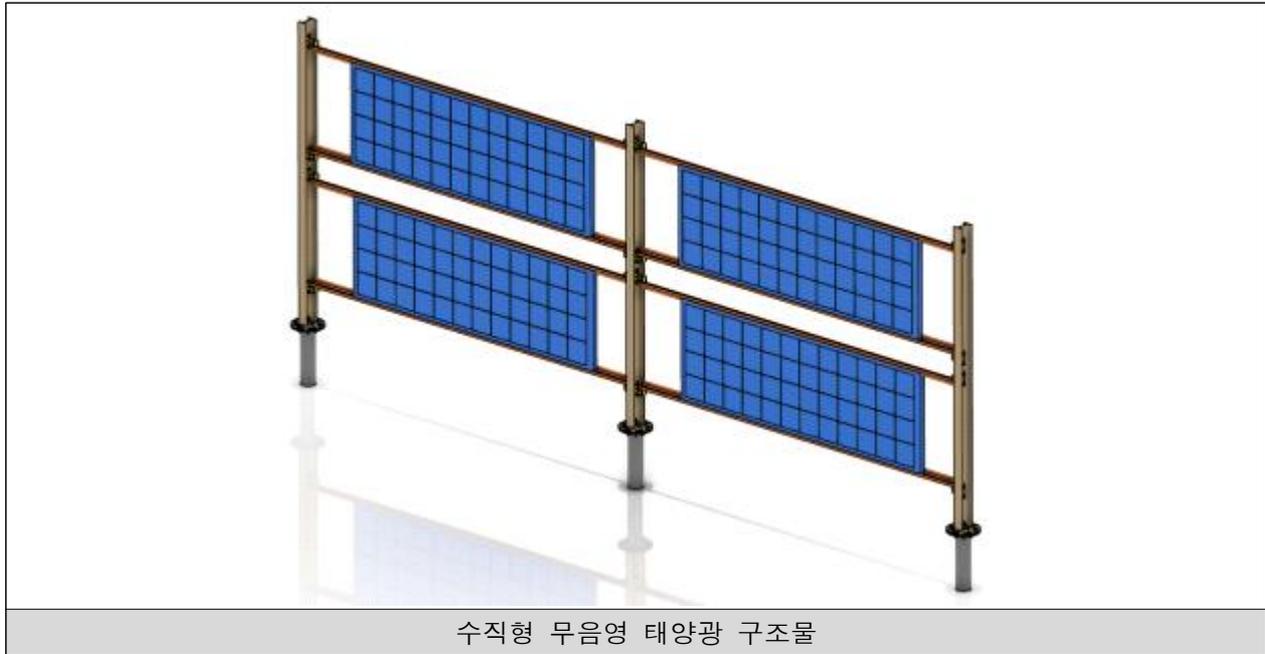
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

재료	항복강도 [MPa]	인장강도 [MPa]
SS235 (Q235B)	235	330~450
Al6005-T5	240	250

- 구조물은 하단, 상단, 모듈 Frame과 브라켓, PV 모듈로 구분하며 모델의 상세 형상에 대하여 모델링을 실시함. 하단 Frame 관의 지름은 102mm이고 두께는 3mm이다. 아래 방향으로 스파이럴이 있어 땅에 박히는 역할을 하지만 해석에 사용될 모델에서는 바닥 아래로 고정되는 부분은 생략됨
- 패널 Frame의 길이는 2.7m이고 상단 Frame에 부착된 브라켓에 연결되어 PV 모듈을 지지하는 역할을 하며. PV 모듈의 크기는 약 $2 \times 0.7m$ 이고 한 장의 무게는 15kg으로 설정함



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

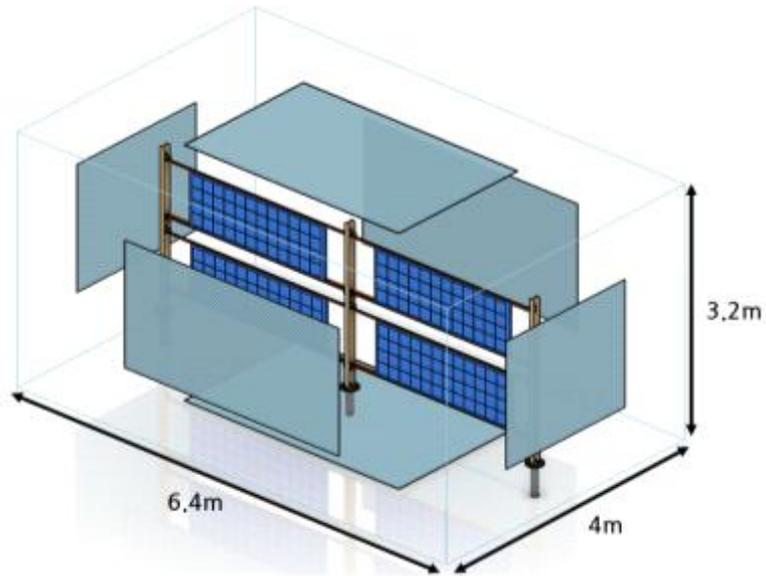


수직형 무음영 태양광 구조물

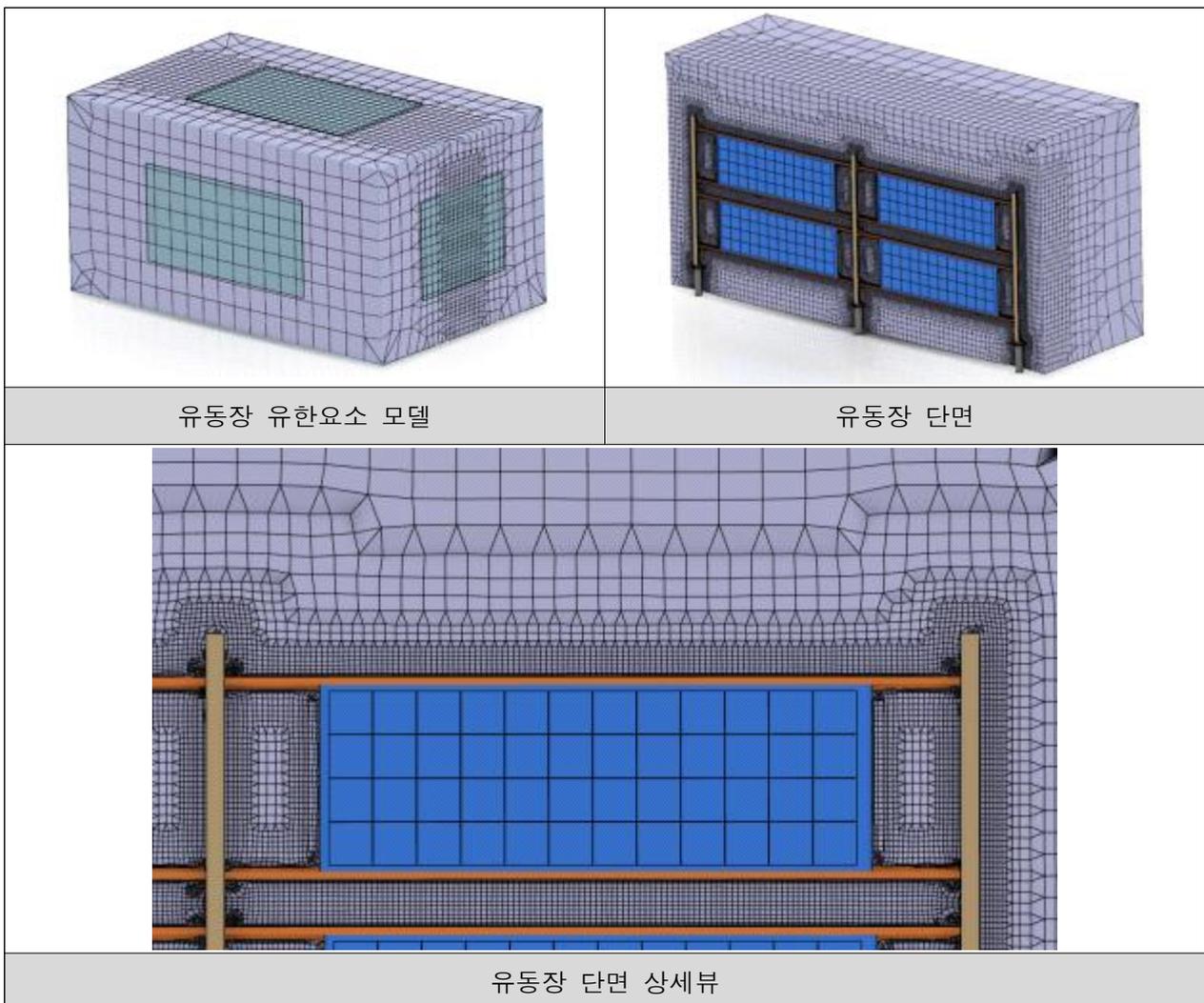
② 유동해석 및 구조검토

- 구조 안정성 시뮬레이션은 태양광 설비의 면적(구조물 및 모듈 포함)이 가장 넓은 C 타입을 대상으로 실시함. 3가지 구조물 타입 중 C 타입이 풍압에 의한 구조물의 부하가 제일 크게 발생되고, 구조물 부재의 크기 및 재질이 동일하기 때문임
- 수직형 태양광이 설치되는 장소는 상시 개방적 환경으로 구조물의 특성상 바람에 의한 압력이 가장 주된 외력으로 작용함. 따라서 구조물에 가해지는 압력에 따른 구조물의 특성을 분석하기 위해 시뮬레이션을 수행함. 최종적으로 실제 실험값과 비교할 수 있는 시뮬레이션 결과값 도출하였음
- 해석 조건
 - CFD(Computational Fluid Dynamics) Analysis
 - Transient Step
 - Inlet Velocity : 45m/s
 - Outlet Pressure : 0 Pa
 - Boundary Condition : Wall, Symmetry
 - 재료 : SS235(Q235B), AL6005-T5, Air
 - Simulation S/W : 3DExperience
- 시행한 시뮬레이션은 유동해석(CFD, Computational Fluid Dynamics, 전산유체역학)으로 일정한 초기 속도를 가진 바람에 의해 수직형 태양광에 가해지는 압력과 구조물 주위의 유체의 흐름 파악하기 위함임
- CFD해석에 있어 구조물 주위로 외풍 영향이 발생하는 것을 가정한 해석을 진행하기 위해 유한요소 모델은 유동장을 설정하여 생성함. 유동장의 크기는 아래와 같음. 총 요소 개수는 737,239개이고, 가장 큰 요소의 크기는 1,000mm이며, 가장 작은 크기는 10mm임

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



<무음영 수직형 태양광 설비의 유동해석을 위해 설정한 유동장 조건>



- 해석은 틸새 및 점성 하위 레이어 흐름을 정확히 예측하기 위해 넓은 Far Field 영역에서 일반적으로 사용하는 $K-\omega$ SST 난류 모델을 사용함. 정면으로 45m/s의 210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

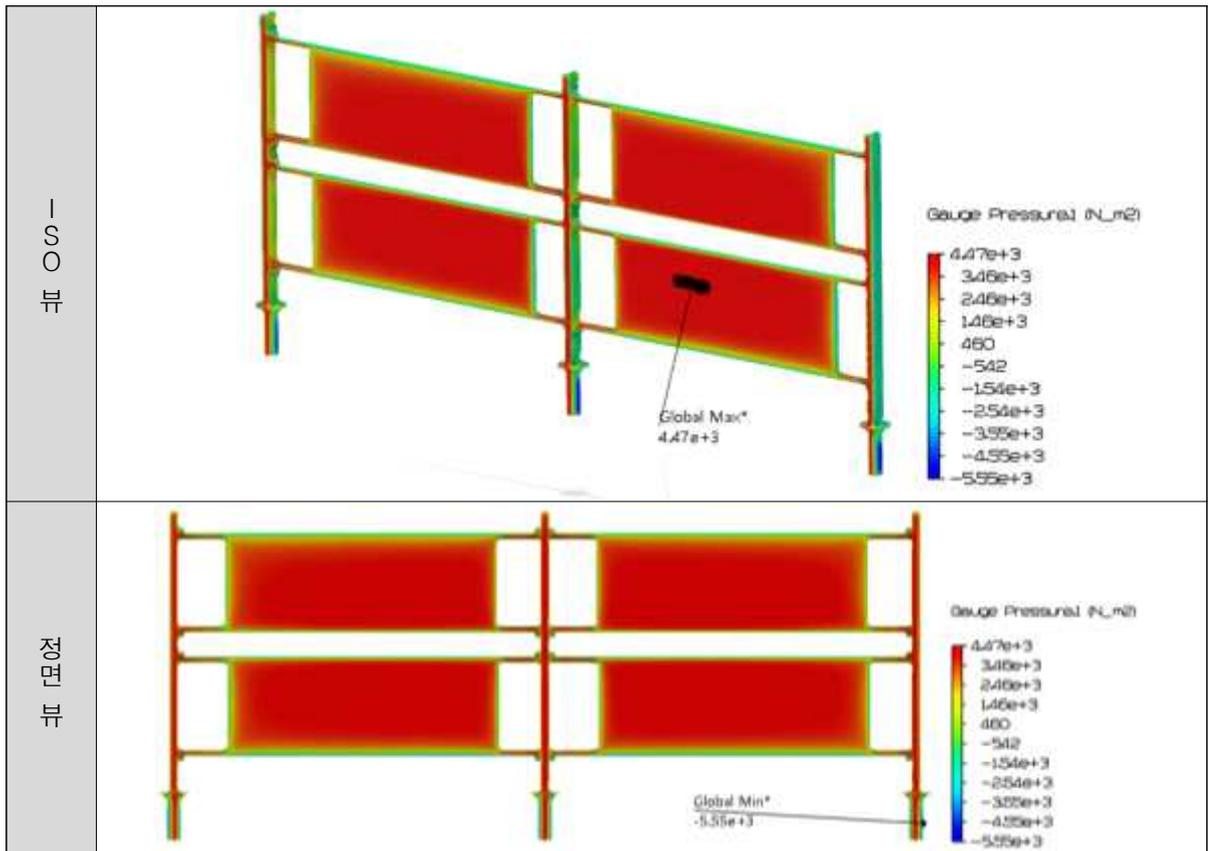
바람이 불어오는 조건으로 동일 형상의 구조물이 반복되는 것을 가정하여 유동장의 측면은 Symmetry 조건을 적용하였고 바닥 면은 Slip이 일어나지 않는 Wall 조건을 적용하였음



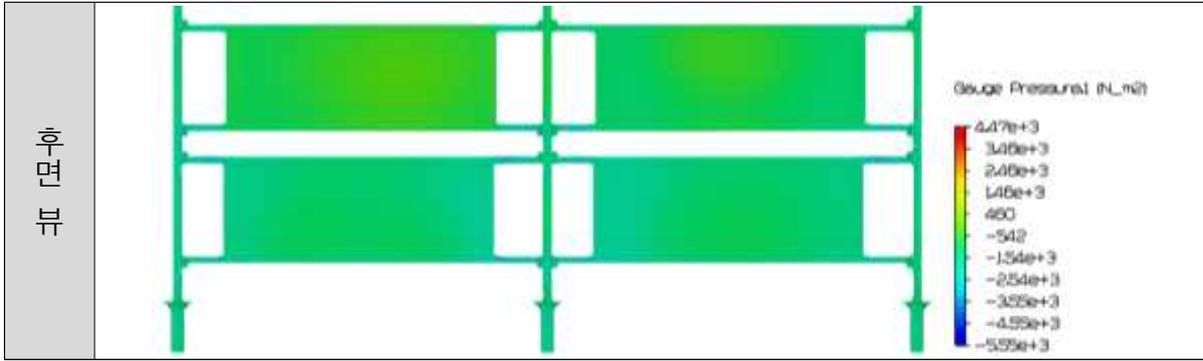
<수직형 태양광의 유동해석 Inlet 조건>

③ 시뮬레이션 결과

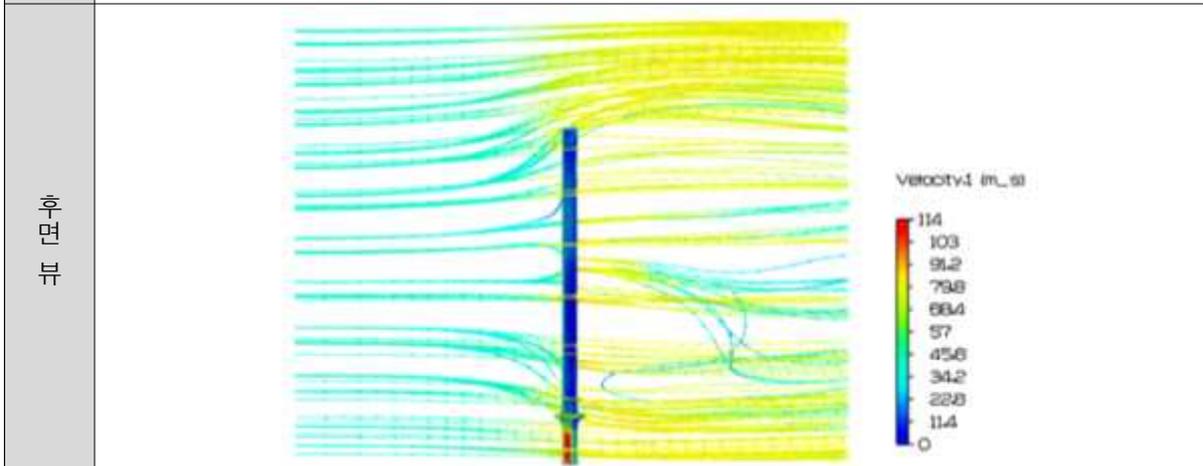
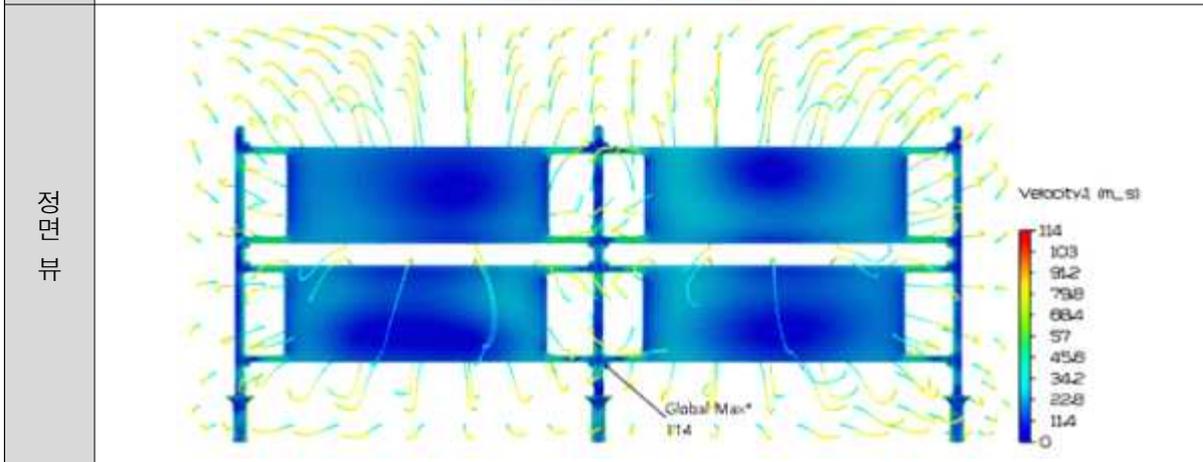
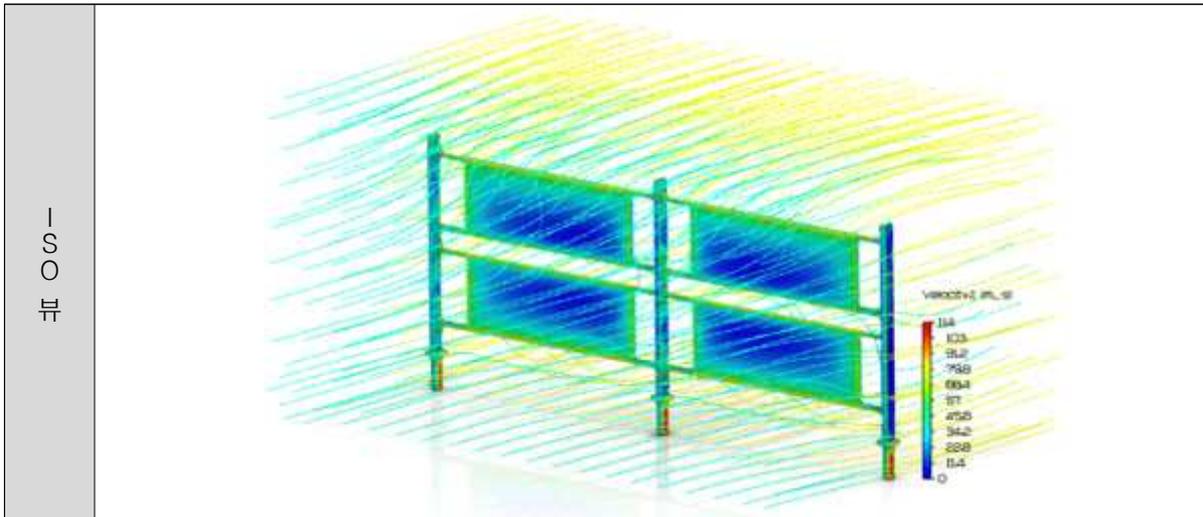
○ 무음영 수직형 태양광의 유동해석 결과 압력의 최댓값은 4.47kPa로 전면 PV 모듈의 표면에서 나타남. 최대 순간 속도는 구조물의 중앙부 상단 Frame의 아래 부근으로 114m/s의 속도가 확인되었으며, 45m/s의 바람은 구조물과 충돌 후 상단, 하단으로 주로 빠져나가며 중앙으로 빠져나간 부분에선 일부가 재순환 되는 것을 확인함



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



<유동해석 결과 - 압력 분포>



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

(3) 공동연구개발기관(한국건설생활환경시험연구원)

- 실증사이트 생태환경(온·습도 등) 조사 및 분석(베트남 비나컨트롤 협업*)
 - 실증사이트 변경에 따른 생태환경 조사 지연, 현재 베트남 비나컨트롤에서 수행 중 (~ '22.12월 말경 종료 예정)
 - * 베트남 산업무역부 산하 시험인증기관이며, 건설/에너지/농업/화학제품 등 다양한 분야에서 시험인증업무를 수행하고 있음

· 설치장소 : 하우장 협동조합(벼농사, 버섯 재배 등 생산)
 Installation place: Haujang cooperative (rice farming, mushroom cultivation, etc.)



변경 전(베트남 하우장)

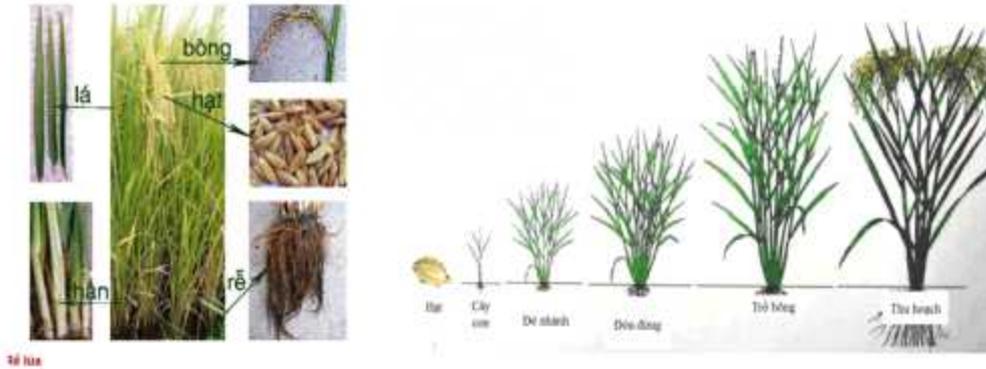
Demonstration site of Tai Lai Village, Da Nang



변경 후(베트남 다낭 타이라이마을)

- 실증사이트 작물생육특성 시험평가방법 공동개발(베트남 비나컨트롤 협업)
 - 베트남 비나컨트롤 1차, 2차 미팅 추진/베트남 현지 비나컨트롤 방문 및 과업 내용 설명
 - 1차 미팅
 - 일자 : 2022.06.05.
 - 회의 내용 : 베트남 실증사이트 소개/설명, 베트남 현지 작물생육특성법 조사분석
 - 2차 미팅
 - 일자 : 2022.07.15.
 - 회의 내용 : 베트남 KCL-비나컨트롤 실증사이트 작물생육특성 모니터링 연구용역 계약체결 추진, 작물생육특성 화학분석 시험실 방문 등
 - ※ KCL 베트남 하노이 대표사무소는 공식 미팅 외에도 지속적으로 업무 추진을 위한 회의를 비나컨트롤과 진행하고 있음

	1 st April	15 th April	1 st May	15 th May	1 st June	15 th June	1 st July	15 th July	1 st Aug.	15 th Aug.	1 st Sep.	15 th Sep.
샘플 채취												



Analysis contents	Soil	Crop	
	Chemical analysis	Measurement	Chemical analysis
	<ul style="list-style-type: none"> - Total N - Available phosphate - Positive Ions (Na, K, Ca, Mg) - Heavy Metals (As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) 	<ul style="list-style-type: none"> - Plant body Length - Root length & width - Leaf length & width - Total plant weight - Total weight of rice 	<ul style="list-style-type: none"> - Total N - Available phosphate - Positive Ions (Na, K, Ca, Mg) - Heavy Metals (As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn)

It carries out for both the solar system area and non-solar system area



<실증사이트 작물생육특성 모니터링 및 분석기법 개발>



**CONTRACT OF
Monitoring demonstration site and
Development on crop growth measurement
in Viet Nam**

BETWEEN
KOREA CONFORMITY LABORATORIES (KCL)
AND
VINACONTROL GROUP CORPORATION

ARTICLE 8. MISCELLANEOUS

- E.1. The PARTIES shall not be entitled to assign or transfer all or any of its rights, benefits, and obligations under this Contract.
- E.2. This Contract shall become effective on the date of signing to December 2023 and shall remain effective until the PARTIES fulfill their obligations and responsibilities as stipulated in the Contract.
- E.3. Any term of this Contract may be amended or waived only with the consent of all PARTIES, and any such amendment or waiver will be binding on all PARTIES.
- E.4. This Contract may be terminated in case any PARTY fails to respect or implement any rights and obligations specified in the Contract.
- E.5. This Contract is made in English language. In two (02) Original copies with equal effect, each PARTY shall retain one (01) copy.
- E.6. For matters not covered in this Contract, the Parties may consult separately and reach other written provisions and confirmation documents.

On behalf of
KOREA CONFORMITY LABORATORIES

On behalf of
VINACONTROL GROUP CORPORATION



Signature

Name: An Soo Yong

Title: Executive Director

Name: Mai Tien Ding

Title: C.E.O

<KCL-비나컨트롤 계약체결('22.10.1)_실증사이트 작물생육특성 모니터링>

- o 무음영 태양광모듈 신뢰성 검증 성능평가(썬웨이 협업)
- KCL 기후환경실증센터 내풍압성 시험 진행 중('22.12월 중순쯤 완료 예정)
- ※ 시료 정면(0도, 45도), 측면, 후면(0도, 45도), 45m/s, 1분 가압 후 이상유무 확인



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



- 베트남 국가표준(TCVN) 공동개발 착수(VSQI* 협업)
 - 영농형 태양광설비 설치/시공 기술에 K-표준보급모델 전수 및 베트남 국가표준개발 초안 작성
 - (1차 미팅
 - 일자 : 2022.07.14.
 - 회의 내용 : 프로젝트 과업 소개 및 설명, 영농형 태양광설비 국가표준 조사분석, KCL-VSQI K-영농형 표준보급모델 기반 베트남 국가표준 개발 연구용역 계약체결 추진

- 베트남 국가표준(TCVN) 공동개발 착수(VSQI* 협업)
 - 영농형 태양광설비 설치/시공 기술에 K-표준보급모델 전수 및 베트남 국가표준개발 초안 작성
 - (1차 미팅 회의내용) 프로젝트 과업 소개 및 설명, 영농형 태양광설비 국가표준 조사분석, KCL-VSQI K-영농형 표준보급모델 기반 베트남 국가표준 개발 연구용역 계약체결 추진

SOCIALIST REPUBLIC OF VIETNAM
Independence – Freedom – Happiness

SCIENTIFIC SERVICE CONTRACT
No 02/2022/RDS-VSQI

Today, October 20th, 2021 at the address: 8 Hoang Quoc Viet Street, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam. We include:

PARTY A: KOREA CONFORMITY LABORATORIES (KCL)
Represented by: Mr. Jo Yung Tae Position: President
Address: 7, Nambusunhwan-ro, 319-gil, Seocho-gu, Seoul, 06711, Korea
Telephone: (82) 2 3415 8862

PARTY B: VIETNAM STANDARD AND QUALITY INSTITUTE (VSQI)
Represented by: Mr. Phung Manh Trung Position: Acting Director
Address: No 8 Hoang Quoc Viet street, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam
Telephone: (84) 24 3726 4273
VAT Code: 0100111835
Account number: 11100002900
BIC/SWIFT code: ICBVVNVX140
Bank: Vietnam Joint Stock Commercial Bank for Industry and Trade - Thang Long South Branch

The two parties agree to sign this contract for Technical service with the following terms:

ARTICLE 1: CONTENT OF CONTRACT
Party A agrees to rent Party B to conduct a Feasibility study on development of agricultural solar power system standard in Viet Nam. The result of this study includes two reports:
Report on feasibility study for developing Viet Nam standard of the

- Be responsible for liquidating agreement with Party A following current regulations
- Ensure that the content of two reports in Article 1 do not infringe the intellectual property rights and copyrights of any other third party; responsible for resolving complaints and disputes about intellectual property rights, copyright related to the report content

ARTICLE 6: TERMINATION OF CONTRACT

- This contract is terminated in the following cases:
- The contract has been terminated and accepted.
 - There are grounds to confirm that the continued performance of the Contract is unnecessary and the two parties agree to terminate the contract ahead of schedule.
 - Party A does not provide sufficient funds according to the contract implementation schedule without a valid reason;
 - Party A terminates the contract if Party B does not handover the reports on time
 - Party B is suspended from conducting the contract under a decision of a competent authority.
- Done in Hanoi, Viet Nam in duplicate in the English language with each of the copies being equally authenticated by their duly authorized representatives. Each party shall keep two copies for fulfillment.

REPRESENTED BY PARTY A REPRESENTED BY PARTY B




Jo Yung Tae Phung Manh Trung

<KCL-VSQI 계약체결('22.11.1)_
K-무음영 영농형 태양광설비 표준보급모델 국가표준 개발>

(4) 공동연구개발기관(제주대학교)

- 현지 환경을 고려한 수량 예측과 환경 및 작물 생육 모니터링
 - ① 현지 광환경 연변화 및 음영률을 고려한 작물 생육 및 수량 예측
 - 베트남의 지역별 벼농사 현황 및 영농형 태양광 적용 가능성
 - 1) 베트남의 기후 조건

베트남의 위도 상 위치는 동경 102° 09' ~109° 30' , 북위 8° 10' ~23° 24' 으로 면적은 한반도의 약 1.5배(331,690km²)의 크기이다. 베트남 북부의 홍강과 남부의 메콩강이 베트남 국민의 주요 생활 중심지이다. 특히 메콩강은 길이가 4,220km에 달하는 인도차이나의 젓줄로서 티베트에서 발원해 중국, 미얀마, 라오스, 캄보디아 등 여러 나라를 거쳐 베트남에 도달해 메콩 델타 지역(총면적 22,000km²)을 형성하고 있다.

베트남 북부는 아열대성 기후이고, 남부는 열대성 기후이며, 평균기온은 24.1℃(북부 23.2℃, 중부 24.1℃, 남부 27.1℃), 상대습도는 월 평균 83%, 연평균 강우량은 2,151mm이다. 남과 북의 기후는 차이는 뚜렷하며, 평야지대와 고원지대의 기후도 매우 다르다.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

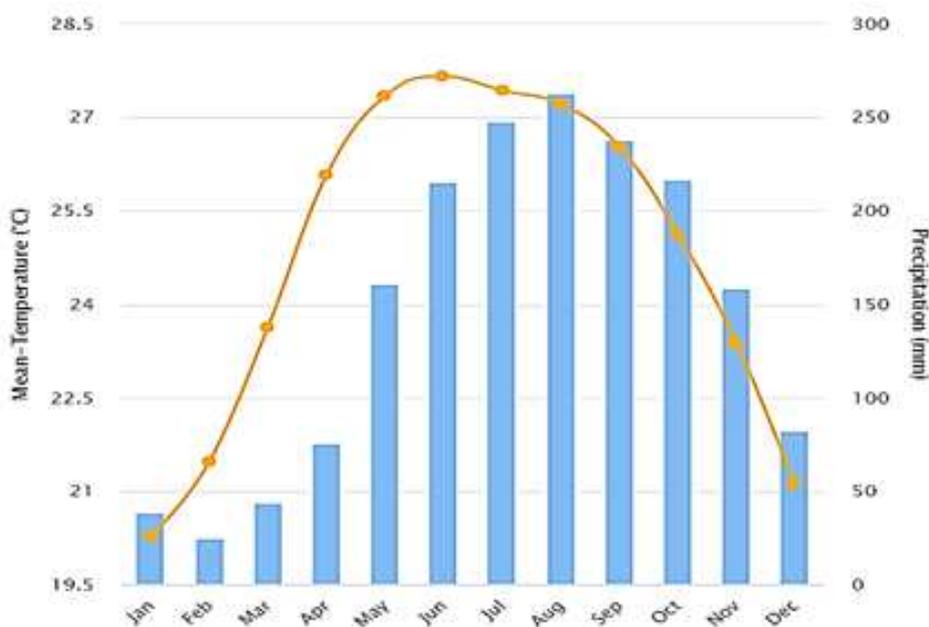
하노이는 춘하추동이 비교적 뚜렷한 데 반해 평균기온이 겨울에는 10℃~16℃, 여름에는 37℃~38℃ 정도이며 평균 강수량은 1,678mm이다. 호치민시와 메콩델타 지역의 연평균 기온은 26.9℃로 우기와 건기로 구분되며, 우기는 5월~10월, 건기는 1월~3월이며, 우기의 강수량은 1,800mm에 달한다.

하노이를 포함한 북부 및 중부 지역은 매년 태풍 피해가 발생하고, 남부 메콩델타 지역도 태풍이나 침수 피해를 당하는데, 고도가 매우 낮아 강 수위에 큰 영향을 받는다. 그러나 호치민시를 포함한 남부지역은 연중 기온 변화가 크지 않고(평균 26℃~29℃), 태풍 피해가 거의 없는 편이다.

분 류	2006	2007	2008	2009	2010	2011
라이쩌우(Lai Chau)	23.3	23.2	23.0	23.8	24.0	23.6
성라(Son La)	21.8	21.5	20.7	21.9	22.1	20.6
투원광(Tuyen Quang)	24.0	24.0	23.2	24.2	24.2	22.8
하노이(Hanoi)	24.7	24.6	23.7	24.9	24.9	23.3
바이쩌이(Bai Chay)	23.9	23.8	23.1	24.0	24.0	22.6
남딘(Nam Dinh)	24.4	24.2	23.3	24.4	24.6	22.9
빈(Vinh)	25.1	24.9	24.1	25.0	25.3	23.3
후이(Hue)	25.4	25.0	24.2	25.0	25.4	23.8
다낭(Da Nang)	26.3	26.2	25.5	26.3	26.3	25.2
퀴닌(Quinhon)	27.4	27.0	26.8	27.2	27.4	26.9
플라이꾸(Phai Ku)	22.3	22.2	21.8	22.0	22.0	21.6
달랏(Da Lat)	18.3	18.1	18.0	18.2	18.2	18.1
나짱(Nha Trang)	27.2	26.7	26.6	27.0	27.4	26.7
붕따우(Vung Tau)	28.0	27.8	27.7	27.7	27.7	27.5
까마우(Ca Mau)	27.6	27.5	27.2	27.5	27.5	27.5

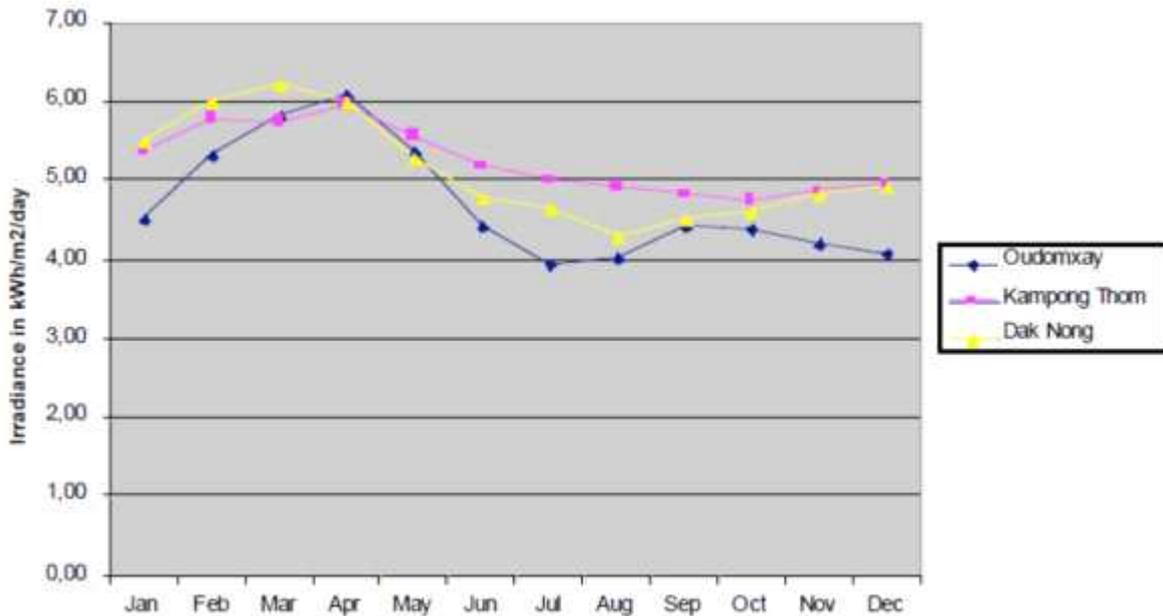
자료: Statistical Yearbook of Vietnam 2011, Statistical Publishing House.

<베트남의 주요 관측소별 평균 기온(℃)>

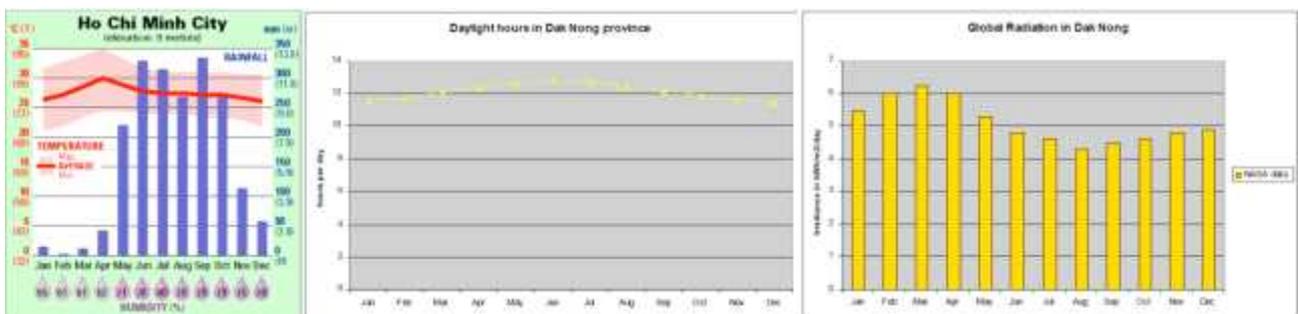


<베트남의 월평균 기온 및 강수량(1991-2020)>

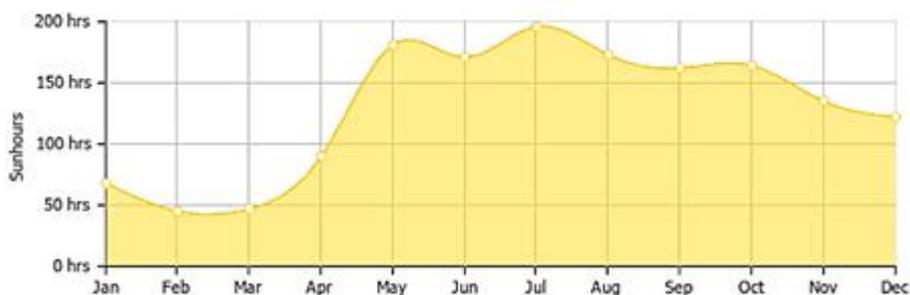
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 증질지(80g/m²)]



<베트남(Dak Nong), 캄보디아(Kampong Thom), 라오스(Oudomxay)의 연중 일평균 일사량>



<메콩델타 지역(Dak Nong Province)의 환경조건. 좌: 호치민시의 월별 기온, 강수량, 상대습도; 중: Dak Nong Province의 일조시간; 우: Dak Nong 지역의 일사량>



<하노이의 월평균 sunhours(7월 최장 196시간, 2월 최단 45시간; 연 1,570시간)>

2) 베트남의 영농형 태양광의 도입 필요성

베트남에서 전통적인 에너지원은 점점 고갈되고 있으며, 재생 에너지 및 태양광 발전의 개발은 에너지 안보를 보장하는 데 기여할 수 있다. 태양광 발전은 베트남의 국가 전력 부족을 줄이고 전력 공급 보안을 강화하며 전력 시스템 운영에 기여할 것이다. 2020년 말까지 베트남의 총 태양광 발전 용량은 약 16,500MWp에 도달했다. 이 용량의 규모는 국

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

가 전력 계획에서 예상되는 태양광 발전 개발 규모인 850MW를 초과하며, 태양광 발전 시스템의 긍정적인 기여 외에도 베트남의 여러 농촌 지역에서 태양광 발전 프로젝트는 농경지 개발과 지역 주민들의 일상 생활에 대한 주요 관심사가 되었다.

농업 생산에서 태양광 발전의 결합 모델의 두드러진 장점은 동일한 농업 지역에서 두 가지 활동을 결합하여 태양 에너지 개발과 농업 생산 간의 토지 이용 갈등을 해결할 수 있기 때문에 토지 이용 효율성의 향상이다. 또한 에너지 비용 절감, 지역 농부의 소득 증대, 및 경쟁력 향상, 농업 생산, 에너지 수요 및 CO₂ 배출 감소와 같은 지역 사회에 많은 사회 경제적 이점을 제공한다.

3) 베트남의 벼 생산 현황과 영농형 태양광 가능성

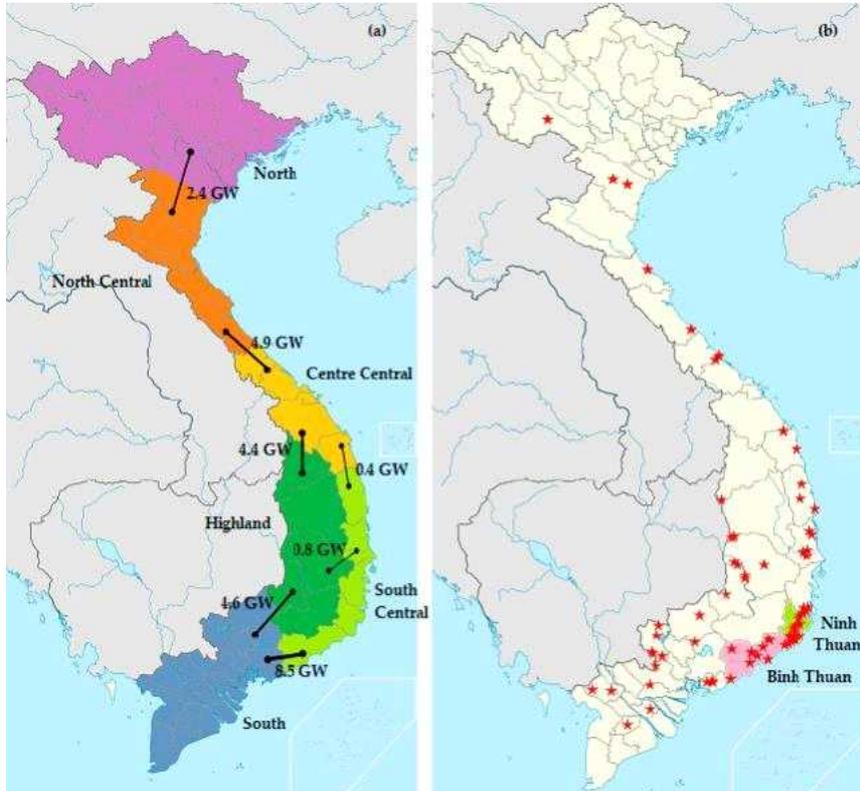
베트남 농업·농촌개발부의 발표에 따르면 2019년 10월까지 베트남 전국 벼 재배 면적은 747만ha이며 전년 동기 대비 92,300ha 감소했다고 밝혔다. 또한 차년도 벼 면적은 올해 대비 50만 ha가 감소할 것으로 예상하고 있다. 그럼에도 불구하고 일조량이 좋은 벼 재배 면적은 우리나라의 대략 10배 정도이며 지역에 따라 차이는 있지만 일조량이 매우 풍부하여 이는 영농형 태양광 발전부지로서 활용가치가 매우 크다고 할 수 있다.

베트남의 주요 벼 품종은 인디카(Indica)계이며, 국내에서 안남미라고도 불린다. 인디카계 벼는 전 세계 쌀 생산량의 90%를 차지하는 대표적인 쌀 품종이며, 태국에서도 88%가 이 계통이다. 국내에서 주로 재배되고 소비되는 자포니카(Japonica)계에 비해 낱알이 길쭉하고 밥을 지었을 때 찰기가 없는 것이 특징이다. 인디카계에서 향미가 더해진 자스민 쌀이나 잡종(hybrid) 등 신품종이 육성되기도 한다.

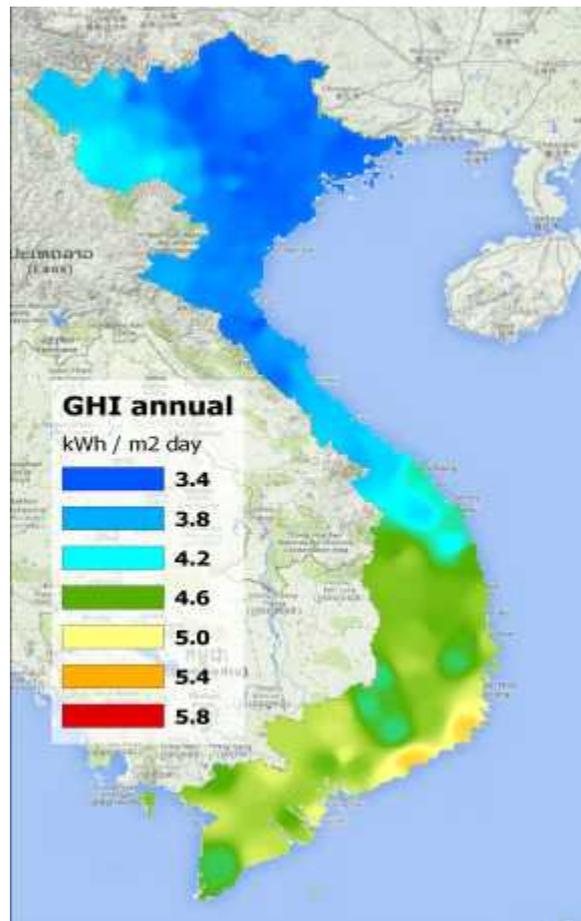


<인디카계(좌)와 자포니카계(우) 쌀>

베트남은 3기작이 가능할 정도로 기후가 벼농사에 알맞고, 특히 남부지역에서는 풍부한 수자원을 바탕으로 벼 생산량이 많은 만큼 그림에서 나타나듯 태양광 발전소가 많이 승인이 되었다. 가장 북쪽에 위치한 지역과 산악지역을 제외하고는 베트남의 어느 위치에서도 태양광 발전이 가능하다는 것이고, 아래 그림에서 보이는 것처럼 베트남의 남쪽 지역의 평균 조사량이 많고 벼 생산량이 높아 북쪽보다는 남쪽지역에서의 영농형 태양광 발전이 유리할 것으로 보이며, 이는 벼 재배지역 지역민들의 소득 창출에 기여할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 베트남은 북부 및 산악지역을 제외하면 태국과 라오스 등 유사한 위도에 위치한 주변국들보다 광량이 많은 것으로 나타났다.



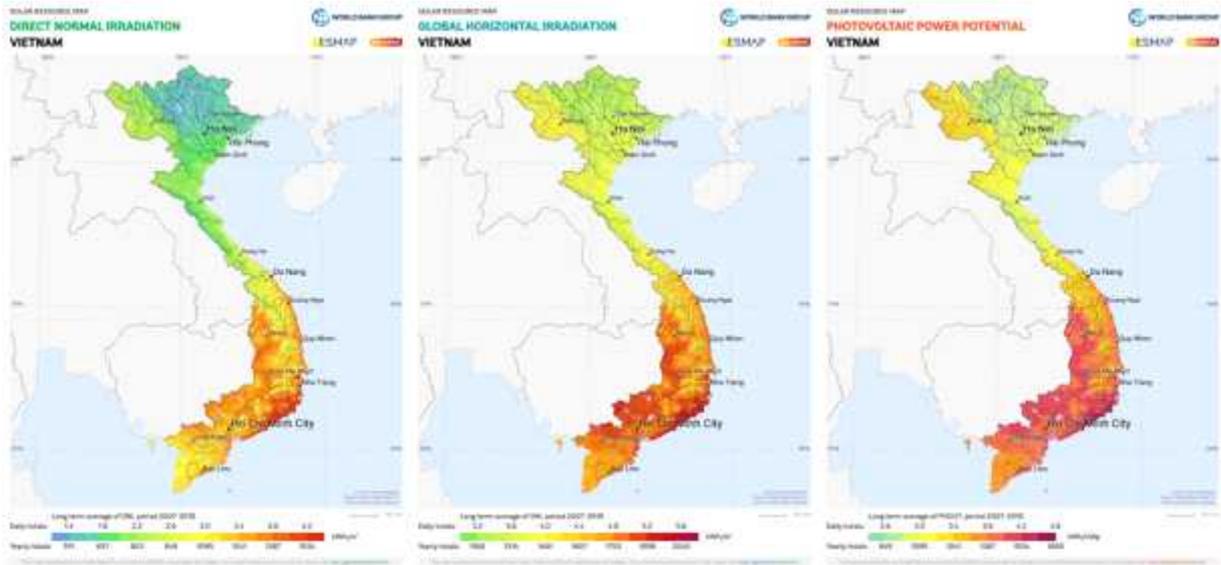
<2019년 베트남의 송전망(a) 및 승인된 태양광 발전소 위치(b)>



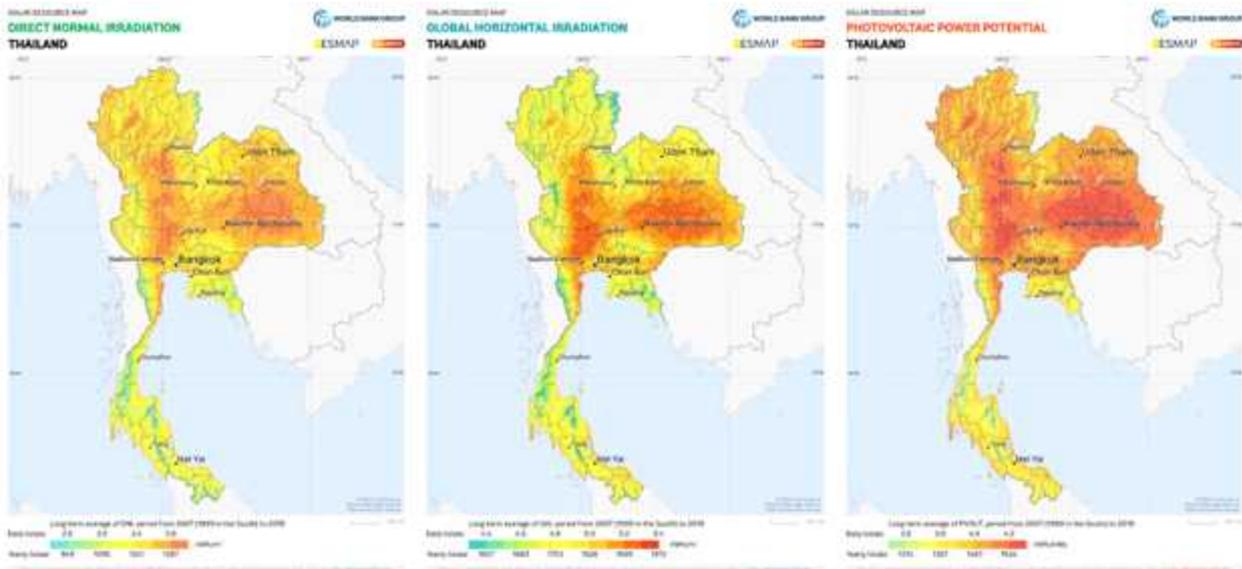
<베트남의 연간 일평균 광조사 지도>

[Renewable and Sustainable Energy Reviews 42(2015):1326-1334]

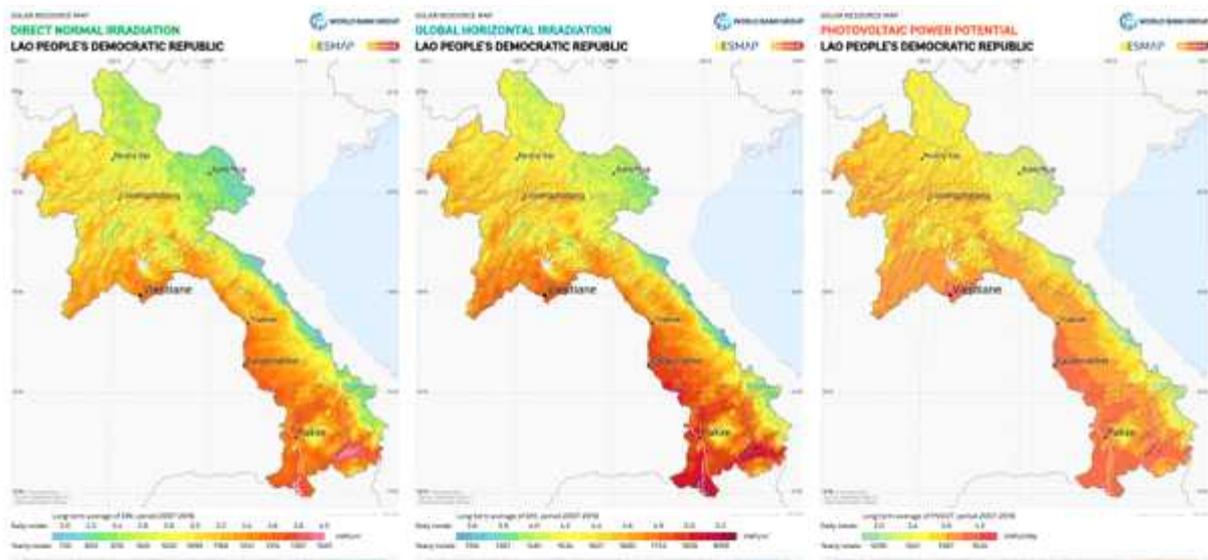
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<베트남의 연간 일조량: DNI, GHI, 태양광 발전 포텐셜> (자료 : Global Solar Atlas)

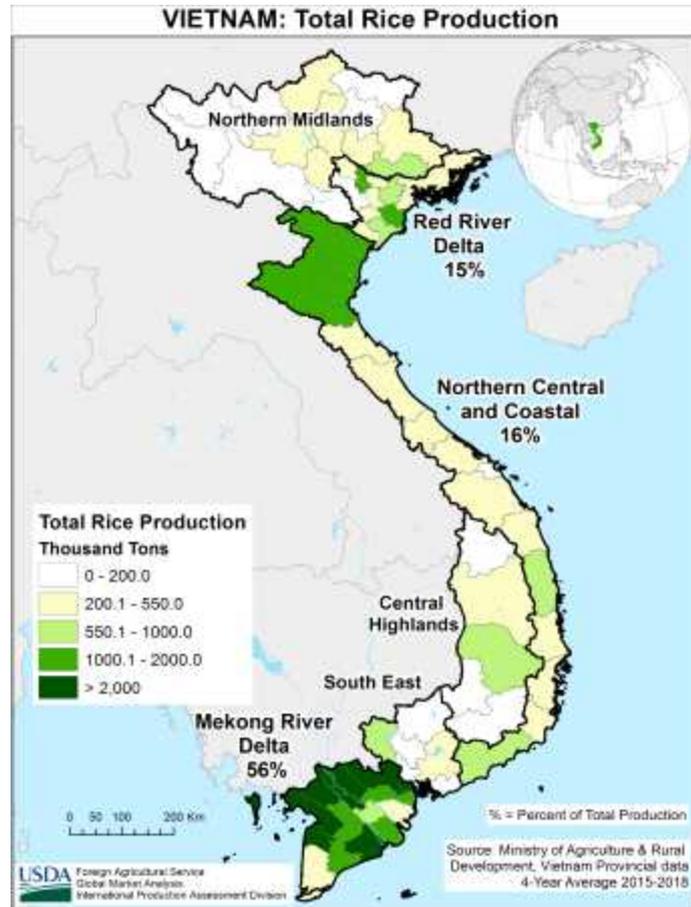


<태국의 연간 일조량: DNI, GHI, 태양광 발전 포텐셜 (자료 : Global Solar Atlas)>

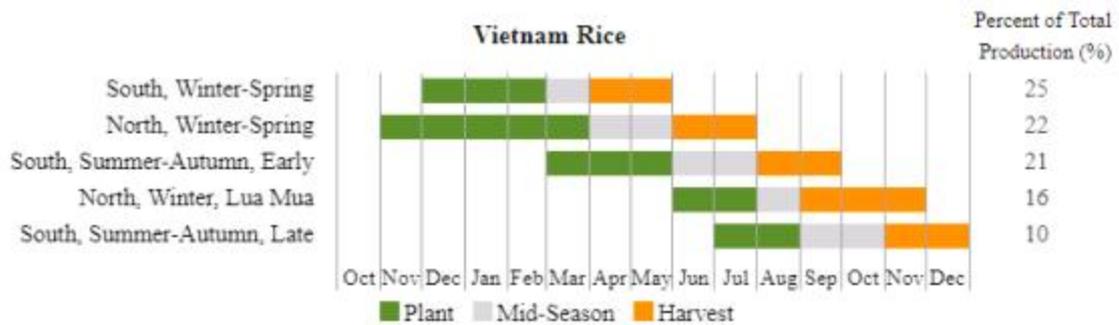


<라오스의 연간 일조량: DNI, GHI, 태양광 발전 포텐셜>(자료 : Global Solar Atlas)

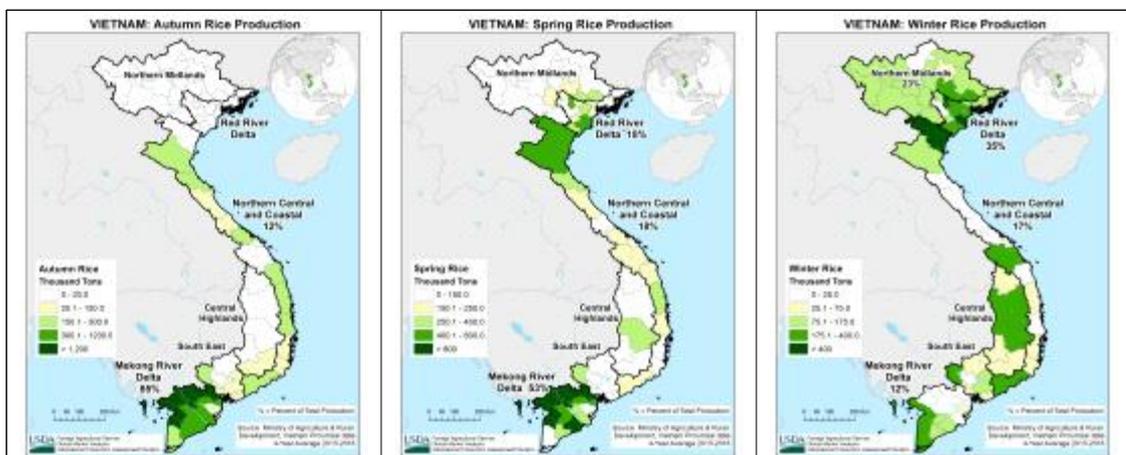
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<베트남의 지역별 총 벼 생산량>

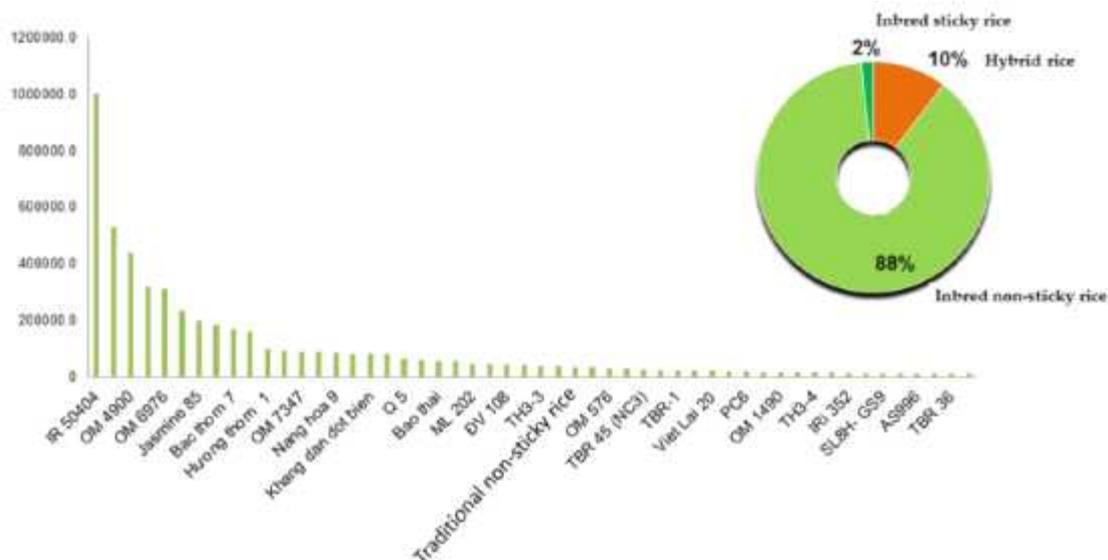


<베트남의 지역별 벼 재배 작기>



<베트남의 시즌별 쌀 생산량>

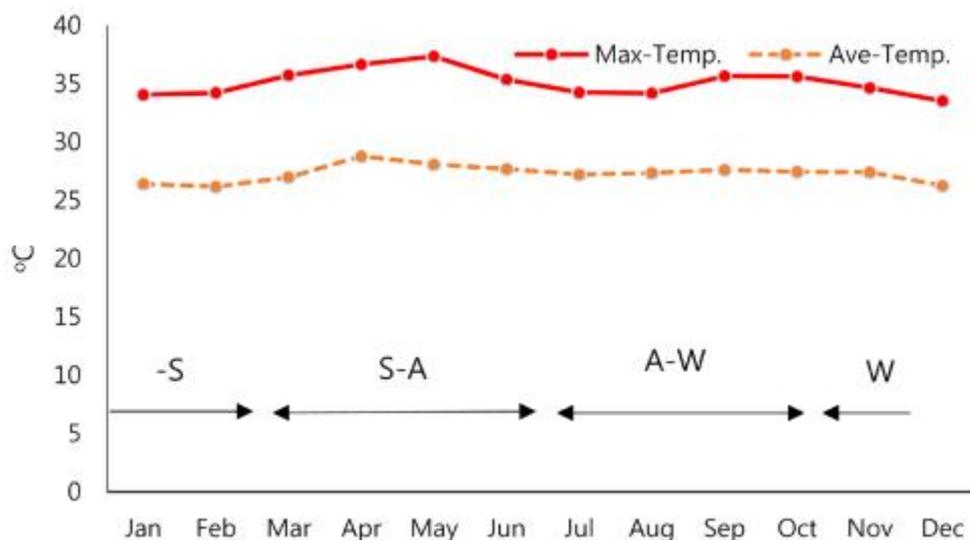
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



<베트남의 벼 재배 품종 현황>

4) 영농형 태양광의 농업적 예상 장점

베트남의 연간 기온은 매우 높으며 특히 건기의 최고기온은 벼에 스트레스를 줄 수 있는 수준이다. 특히 개화기의 고온은 여러 가지 피해를 줄 수 있다. 작물 주변의 온도를 낮추는 방법 중 가장 쉬운 방법은 차광이다. 영농형 태양광 패널 설치 시 그늘이 생기며 이는 작물의 온도를 낮추는 효과가 있다. 따라서 고온기와 건기가 겹치는 1월~5월에 벼가 개화하는 작형의 경우 태양광 패널에 의한 그늘은 작물의 온도를 낮추어 각종 피해를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.



<베트남 Mekong Delta 지역의 벼 재배 3계절 동안의 최고 및 평균 온도(2015-2018) (Thuy et al., 2019). A-W: 가을-겨울 작기, S-A: 여름-가을 작기, W-S: 겨울-봄 작기>

	Threshold	Major effect	References
Day temperature stress	33°C	Threshold temperature for successful flowering in rice.	Jagadish <i>et al.</i> , 2007; Satake & Yoshida, 1978
	35°C	Failure of anther dehiscence, leading to less pollen, resulting in incomplete fertilization.	Prasad <i>et al.</i> , 2006
	37°C	About 50% and 35% spikelet sterility in heat susceptible and moderate genotypes, respectively.	Matsui & Omasa, 2002
	38°C	More than 80% spikelet sterility in heat susceptible genotypes.	Jagadish <i>et al.</i> , 2010
	39°C	Impaired pollen fertility and poor pollen attachment and germination on stigma.	Endo <i>et al.</i> , 2009
	41°C	Completely sterility.	IRRI, 1979
Night temperature stress	30°C	Decrease plant photosynthetic and increase plant respiration.	Oscar <i>et al.</i> , 2017
	32°C	Decrease pollen germination and spikelet fertility.	Mohamed & Tarpley, 2009

<벼의 개화 단계 중의 고온 스트레스가 작물에 미치는 영향(Thuy et al., 2019)>

- 태양광 패널(현지 설치) 음영률에 따른 생태환경 분석
 - 측정 환경 요소 : 기온, 상대습도, 일사량(차광률), 수온 등
 - 현지 실증지 조성 후 측정 예정
 - 모니터링 및 조사 분석을 위한 작물 주요 특성 요소 도출
 - 베트남 환경을 고려한 수확량 예측 및 모니터링을 위한 작물생육특성 도출
 - 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청) 활용
- 동영상 링크: <https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbo/vodPlay.ps?mvpNo=613>

1) 작물(벼) 주요 특성 요소 도출

(가) 벼의 초기 생육 특성 조사

- ① 조사 시기 : 수면 위 출현 직후(모들 차광에 의한 생육 차이가 없을 때)~수확 때까지 2주 간격으로 조사
- ② 조사 특성
 - 초장
 - 분얼수(가지 수)
 - 엽록소 함량

AV 패널 하부의 엽록소 함량이 높고, 늦게까지 유지
Chlorophyll meter(SPAD) 활용

(나) 벼의 수량 관련 특성 분석(수확 때)

- ① 조사 시기 : 개화 시, 수확 시, 벼 건조 후
- ② 조사 특성
 - 재식밀도: 단위 면적당 식재 본수
 - 수량(5주 평균): 한 주당 이삭수, 이삭당 이삭꽃수, 등숙률, 천립중
 - 전체 수량: 100주 샘플링 → 적당히 건조시킨 후 볍씨 무게 측정

<벼 생육조사 시기 및 항목(농작물생육조사에 관한 규정 별표 2)>

시 기	조 사 항 목
6. 1	m ² 당 주수(m ² 당 입모수), 초장, 주당 경수(m ² 당 경수)
6. 16	초장, 주당(m ² 당) 경수
7. 1	초장, 주당(m ² 당) 경수
7. 16	초장, 주당(m ² 당) 경수, 조생종 출수 예정일
8. 1	출수기(출수 예정일), 조생종 주당(m ² 당) 수수, 조생종 수당(m ² 당) 총입수
8. 16	출수기(출수 예정일), 주당(m ² 당) 수수, 수당(m ² 당) 총입수
9. 1	주당(m ² 당) 수수, 조·중생종 수당(m ² 당) 완전입수, 조·중생종 수당(m ² 당) 완전입 비율

<벼 생육조사 기준(농작물생육조사에 관한 규정 별표 3)>

조사항목	조사기준	방법	규모	단위
초 장	지면에서 최장엽 선단까지의 길이	측정	20주	cm
경 수	경의 총수 : 2엽 이상 전개한 것	"	"	개
출수기	총 경수의 40%가 출수한 날	"	"	"
수 수	1주 또는 단위면적당 이삭의 총수	"	"	"
총입수	1이삭에 총 벼알수(영화수)	"	5주	"
완전입수	1이삭에서 수정·동숙되어 쌀이 될 수 있는 벼알수	"	"	"
완전입비율	완전입수/총입수×100 = ()%	"	-	%

(다) 벼의 품질 요소

- 필요 시 측정



<벼의 형태적 특성>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

② 베트남 현지 작물생육특성 모니터링 및 수량 분석

- 현지 실증지 조성 후 모니터링 및 분석 예정

1) 음영률에 따른 작물 성장 모니터링 및 수량 분석

- 대조구 대비 상대적 비율 및 환경 요인 변화와의 연관성 분석

- CCTV 영상을 활용한 작물 성장 모니터링 방법 연구

2) 태양광 패널 유형(음영율)에 따른 작물 수량 분석

- 수확 후 수량 및 품질 비교 분석 및 대조구 대비 증감 비교

- 환경요인과 수량과의 상관관계 분석

(5) 공동연구개발기관(한국농어촌공사 농어촌연구원)

o 국내외 영농형 태양광 현황 조사 및 분석

- 국내영농형 태양광 현황 조사

· 국내 약 44개 현장, 2개타입 (고정식, 추적식), 3.2MW 설치 운영중 (표 24 참조)

· 국내 영농형 태양광은 일본에서 확산 보급되고 있던 영농형 태양광 개념을 국내 영농법인 솔라팜이 2016년 국내에 연구 실증 (농식품부 국가 연구과제)을 실시하여, 국내에 도입되기 시작함

· 도입 초기의 경우, 일본 모델을 그대로 도입하여, 얇고 많은 철골 구조물 및 보급되는 크기의 절반 모듈을 사용하여, 실증 시설을 구축하여, 안전성에 상당한 문제점이 있었음

· 그 후 지속적인 연구를 통하여, 초기에 벼에 집중되었던 작물도 다양한 밭작물로 확대 및 영농형 태양광에 적합한 재배기술 역시 농업기술센터 및 식량과학원을 중심으로 지속적인 연구를 진행 중임

· 초기 모델의 구조물은 상부 모듈의 안전성 확보를 위해, 많은 구조물 부재가 존재하여, 구조물 단가가 매우 비싼 단점이 있었으며, 이를 해결하기 위해 한국에너지기술평가원에서 구조물 단가 저감 연구가 진행되었음 ('19~'21)

· 또한, 기존 영농형 태양광 음영에 따른 수확량 감소 문제를 해결하기 위한 음영이 없거나 작은 형태의 구조물을 이용한 영농형 태양광 시스템 개발하는 과제 역시 한국에너지기술 평가원에서 진행중임 ('21~'24)

· 국내 최초 영농형 태양광 설비는 영농법인 솔라팜에서 2016년 충북 오창에 논과 밭을 대상으로, 15kW를 구축하였고, 현재까지 운영중임 (그림 참조)

· 다양한 작물을 대상으로 연구중이지만, 농지 내 실증시설 구축에 따른 한전 전력망 연계를 통한 매전 추진 안하였고, 구체적인 발전량에 대한 연구결과 확보에 미흡

· 농업인 최초 개인 투자를 통한 영농형 태양광 설비 구축 사례로, 전남 보성의 논에 설치되어 있으며, 설치 용량은 99kW이며, 설비 구축비용의 95%를 농협에서 저리로 대출 받았고, 5%를 개인이 투자한 형태로 자금을 조달함(한전 매전함)

· 충북 괴산 밭에 개인이 설치한 99kW급 영농형 태양광 설비로, 밭 작물을 대상으로 영농활동을 진행중임(한전 매전함)



<국내 영농형 태양광 약력 (자료출처: 솔라팜)>

지역	논 (개소)	밭(개소)	과수/특작 (개소)	합계 (개소)	비고
경기	4	4	3	11	
강원	0	1	0	1	
충북	2	9	0	11	
충남	2	1	0	3	
전남	3	4	12	19	
전북	4	1	0	5	
경북	1	3	1	5	
경남	8	1	0	9	
제주	0	1	0	1	
합계	24	25	16	65	약 3.4MW

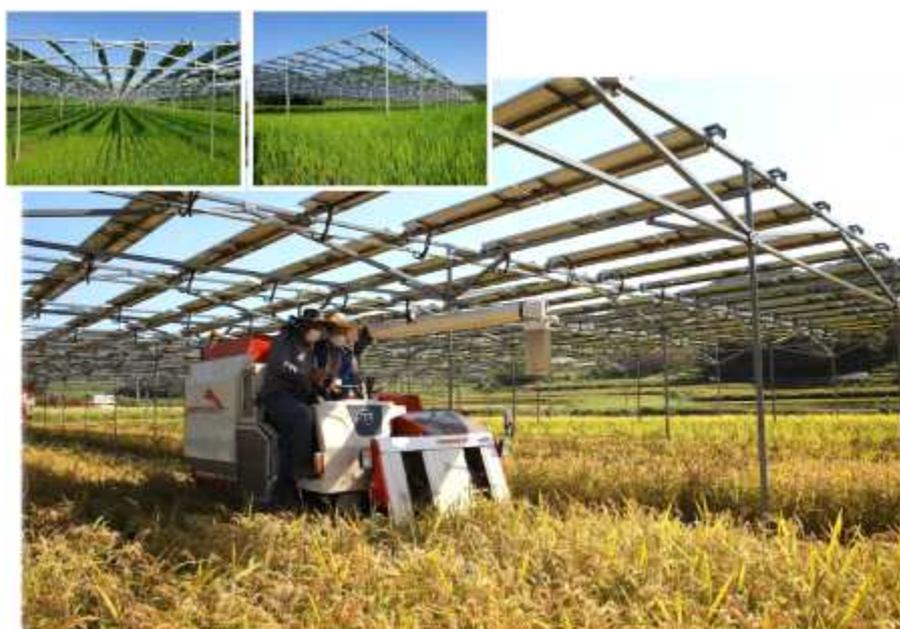
<지역에 따른 영농형 태양광 분포 현황>



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<영농법인 솔라팜이 구축한 영농형 태양광 실증 설비 전경 (충북 오창, 논, 밭)>



<농업인 최초 개인 투자 영농형 태양광 설비 구축 사례 (전남 보성, 논, 99kW)>



<충북 괴산 밭에 개인이 설치한 99kW급 영농형 태양광 설비 전경>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 보성 녹차 연구소에서는 녹차밭 내에 설치한 영농형 태양광 설비 전경으로, 2022년에 구축하였으며, 차잎의 품질 변화 및 주변에 미치는 영향에 대한 연구 실시 중임



<보성 녹차연구소에서 설치한 영농형 태양광 설비 전경>

- 녹색에너지 연구원에서 나주 배밭에 설치한 영농형 태양광 설비 전경으로, 2020년에 구축하였으며, 재배된 배의 품질 및 기타 생육에 미치는 영향에 대한 연구 진행중임



<나주 배밭에 설치된 영농형 태양광 설비 전경>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 2018년에 경기 성남에 새마을 연수원에서 비닐하우스와 밭 부지에 구축한 영농형 태양광 설비 전경으로, 70kW이며, 비닐하우스 위에 구축한 최초 사례임
- 다만, 연구보다는 매전에 중점을 두고 설비 구축하여, 영농형 태양광 설비가 작물에 미치는 영향에 대한 연구는 미미함.



<경기 성남 새마을 연수원에서 밭에 구축한 영농형 태양광 설비 전경>



<한국전력에서 밭에 구축한 300kW급 영농형 태양광 설비 전경>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 한국전력과 전남 농업기술원이 공동으로, 밭 작물 대상 300kW 규모 영농형 태양광 설비 전경이며, 장경간 시설물, 3가지 타입의 모듈 및 다양한 밭작물을 비교 재배 연구 진행중임



<국립식량과학원 내 구축된 영농형 태양광 설비 전경>

- 국립식량과학원 내 고정식, 추적식 형태로 구축된 영농형 태양광 설비의 전경으로, 80kW급 규모이며, 발전량 보다는 벼작물의 생육 및 생산된 쌀에 미치는 영향을 중심으로 연구 진행 중임

- 운용상 문제점 분석

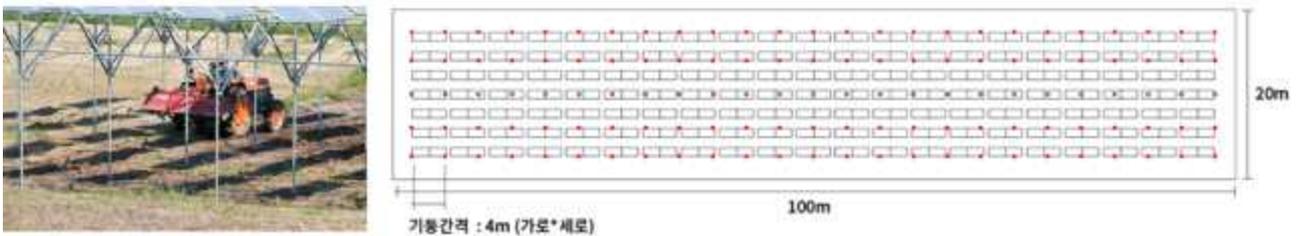
- 기존 영농형 태양광 시설물의 운용상 문제점 분석 및 도출



<남동 발전에서 경남고성군에 설치된 영농형 태양광 구조물 전경>

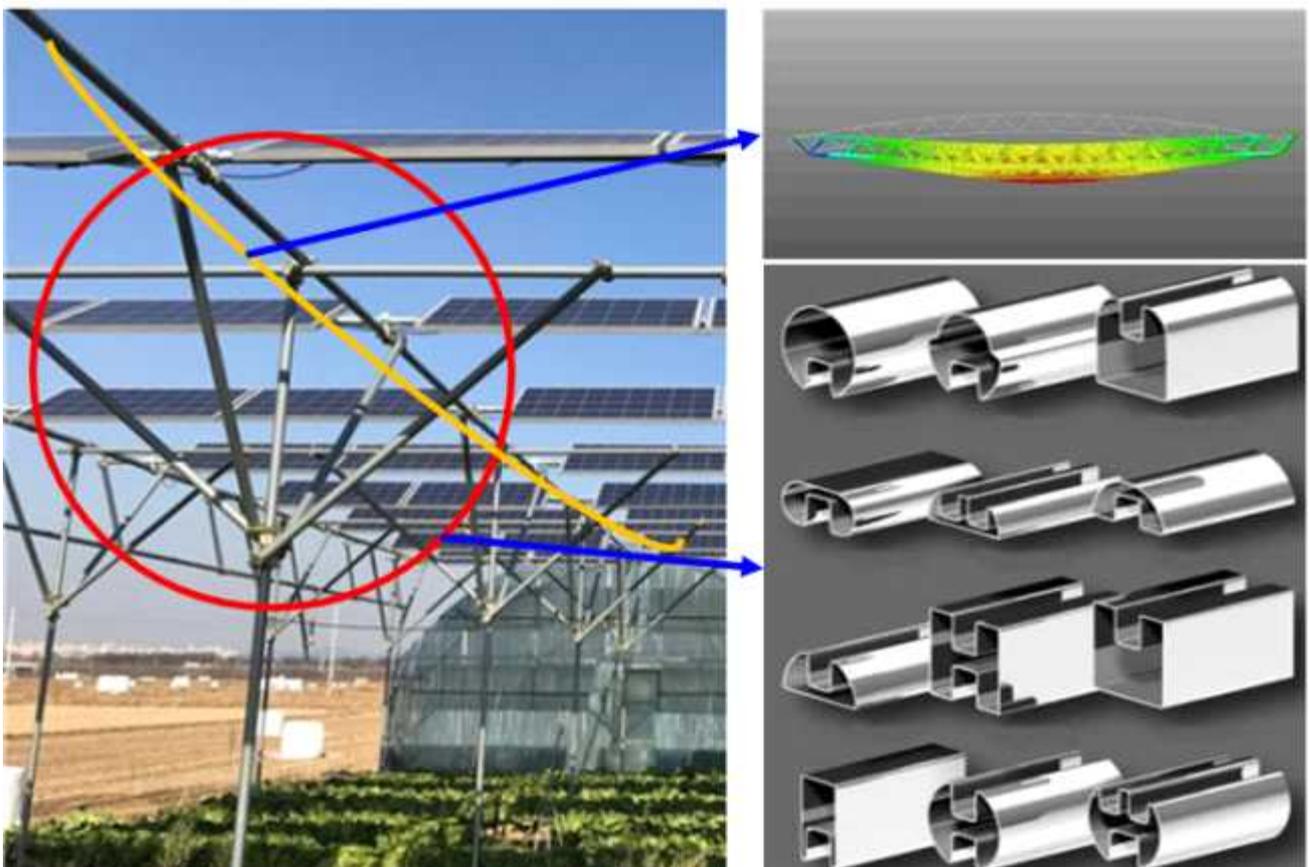
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 앞서 언급한것과 같이, 영농형 태양광의 경우, 일본의 설비를 그대로 도입함에 따라, 태양광 구조물이 기존의 육상 태양광 구조물과 달리, 비닐하우스 시설에 사용된 구조물 자재를 그대로 사용하여, 풍하중에 매우 취약했고, 체계적인 구조 해석이 진행되지 않아, 자연재해에 많이 취약했음
- 또한, 초기 모델의 경우, 상부 모듈의 지탱을 위한 다수의 구조물 설치에 따른 기둥 사이의 좁은 경관 구성에 따른 농기계 활용이 제한됨



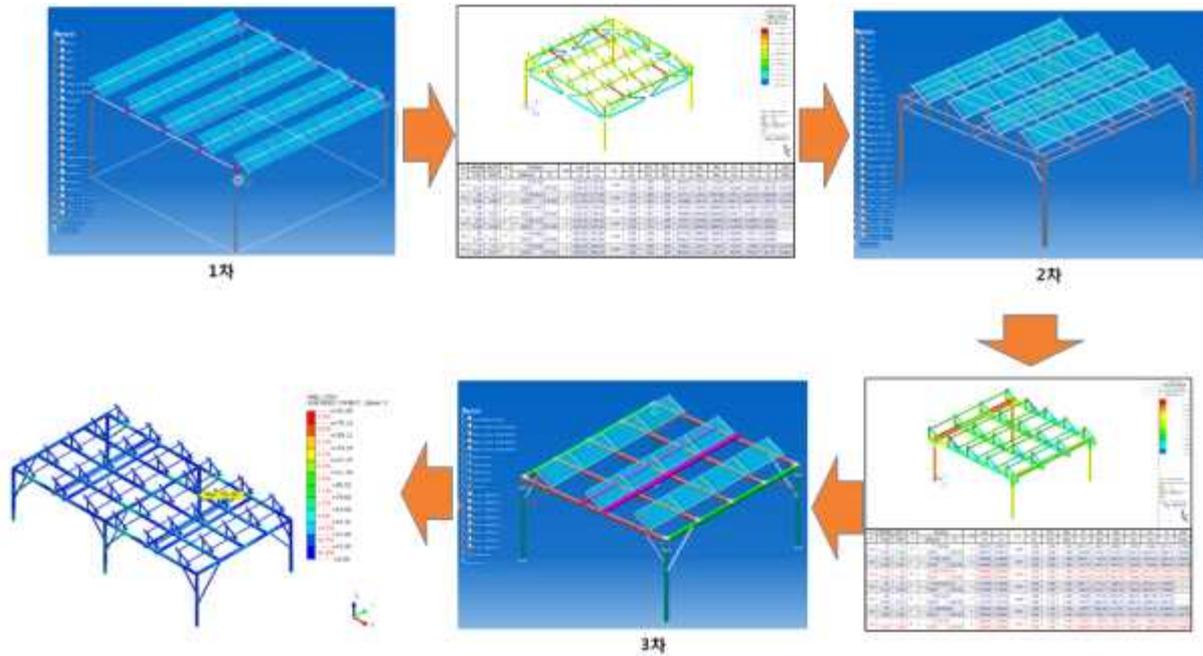
<좁은 경관에 인한 농기계 활용 제약의 예시>

- 다수의 구조물 및 부자재 구성의 의한 높은 설치비용의 문제점 발생함.
- 기존 영농형 태양광 구조물의 경우 kW당 50~100만원선의 고가 구조물 단가를 보였으며, 이를 해결하고자, 부재의 수를 줄이기 위한 시뮬레이션과 관련 형상에 대한 연구를 추진하여, 구조물 단가 kW당 33만원 선에 도달하였으나, 2022년 내 철강 및 가공비 인상에 따른 구조물 단가 상승 kW당 40만원 선으로 상승함 (그림 참조)



<고정식 영농형 태양광 구조물의 단저 저감을 위한 시뮬레이션 및 형상 예시>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<구조물 단가 저감을 위한 구조물 부재 제거 및 풍압 시뮬레이션 결과 예시>



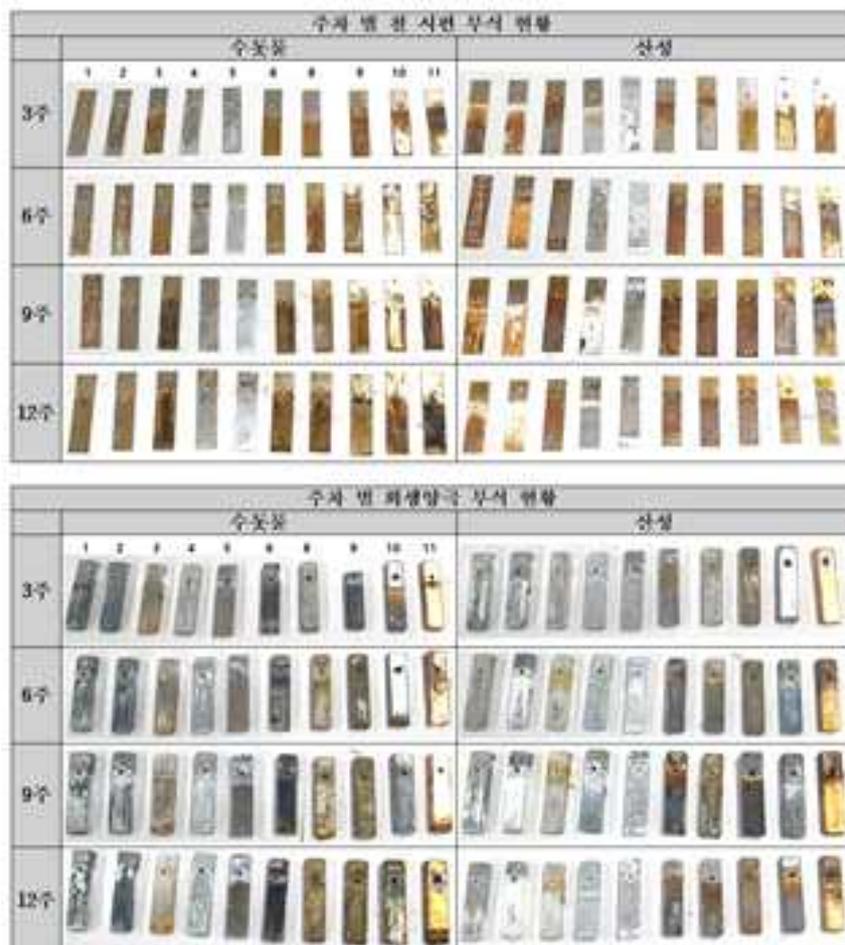
<한국에너지기술평가원 연구과제 결과인 영농형 태양광 토양오염 기준 가이드라인 및 설비 표준 가이드라인 예시>

- 영농형 태양광의 경우, 산업부에서 주관하는 태양광 산업 확산 정책과 달리, 농지를 관리하는 농식품부 주관으로 진흥 및 확산이 되다보니, 상대적으로 영농형 태양광에 대한 토양오염 기준 및 설비 표준에 대한 연구결과가 최근예야 확보되었으며, 이부분도 소수의 결과여서, 향후 추가적인 연구 및 실증이 필요한 시점임 (그림 참조)



<영농형 태양광 설비의 토양 오염 평가 결과 예시>

- 기존의 육상 태양광과 달리, 영농형 태양광의 경우 농작물의 생육 관점에서 다습한 환경에 노출되어 있어, 내부식에 대한 문제점 발생 가능성이 높음
- 특히, 베트남과 같이 적도 지역은 고온 다습의 환경으로, 구조물 및 모듈의 부식에 매우 취약할 것으로 판단됨
- 이러한 부식의 문제점은 기존 연구에서 개발된 자기 희생전극을 활용한 내부식 향상 기술을 도입하면 어느 정도 해결이 가능할 것으로 판단이 되나, 현지 실증이 필요함



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<자기 희생 전극을 활용한 영농형 태양광 구조물의 내부식성 향상 결과 예시>

○ 무음영 영농형 태양광 설계 지원

- 운용상 문제점 분석을 통한 영농형 태양광 설계 지원

· 앞서 언급한 영농형 태양광 운용상 문제점 및 반영 요소는 크게 아래와 같음

- 구조물 단가 저감을 위한 구조물 부재 적은 사용 필요

* 고정식의 경우, 형광 구조에 따른 시뮬레이션을 통해 단가 저감의 노력 필요

- 영농형 태양광 구조물의 풍하중 기준에 따른 구조물 안전성 확보

* 태풍 등 자연재해에 대응하는 풍하중 기준 검토 및 관련 시뮬레이션을 통한 구조물의 안정성 확보 필요

* 국내의 경우 45m/s 기준으로 설계하나, 베트남의 경우 자연재해(태풍 등)이 없어 25 m/S 기준으로 충분할 것으로 판단되나, 현지 설계 기준에 대한 검토 필요

* 만일, 풍하중 기준을 25m/s로 하향시키면, 구조물 단가 저감이 가능할 것으로 판단됨

- 조류 방지 설비에 대한 구축 여부 및 유지 보수 방안 반영 필요

* 국내 태양광(육상, 수상, 영농형) 경우, 조류 배설물에 의한 핫스팟 발생에 따른 발전 효율 저하 현상이 많이 나타남

* 특히, 다수의 조류가 서식할 것으로 예상되는 실증 부지 내에 조류 방지 설비의 구축은 필수임 (고정형의 경우 필수이며, 수직형의 경우 불필요 예상됨)

- 농기계 진출입로 확보를 위한 구조물 기둥 간 최소 거리 확보 필요

* 구조물 기둥간 거리 최소 6미터 확보 필요 (국내 기계 기준)

* 모듈 하단은 지면에서 최소 3미터 높이 확보 필요 (국내 기계 기준)

* 실증 단지의 경우, 새마을사업단에서 구축된 농지 및 농기계를 이용하여, 국내 기준 적용에도 충분할 것으로 판단됨

- 고온다습한 환경에 내부식 설비 또는 기능 확보 필요

* 자기희생 전극을 활용한 내부식 요소 강화

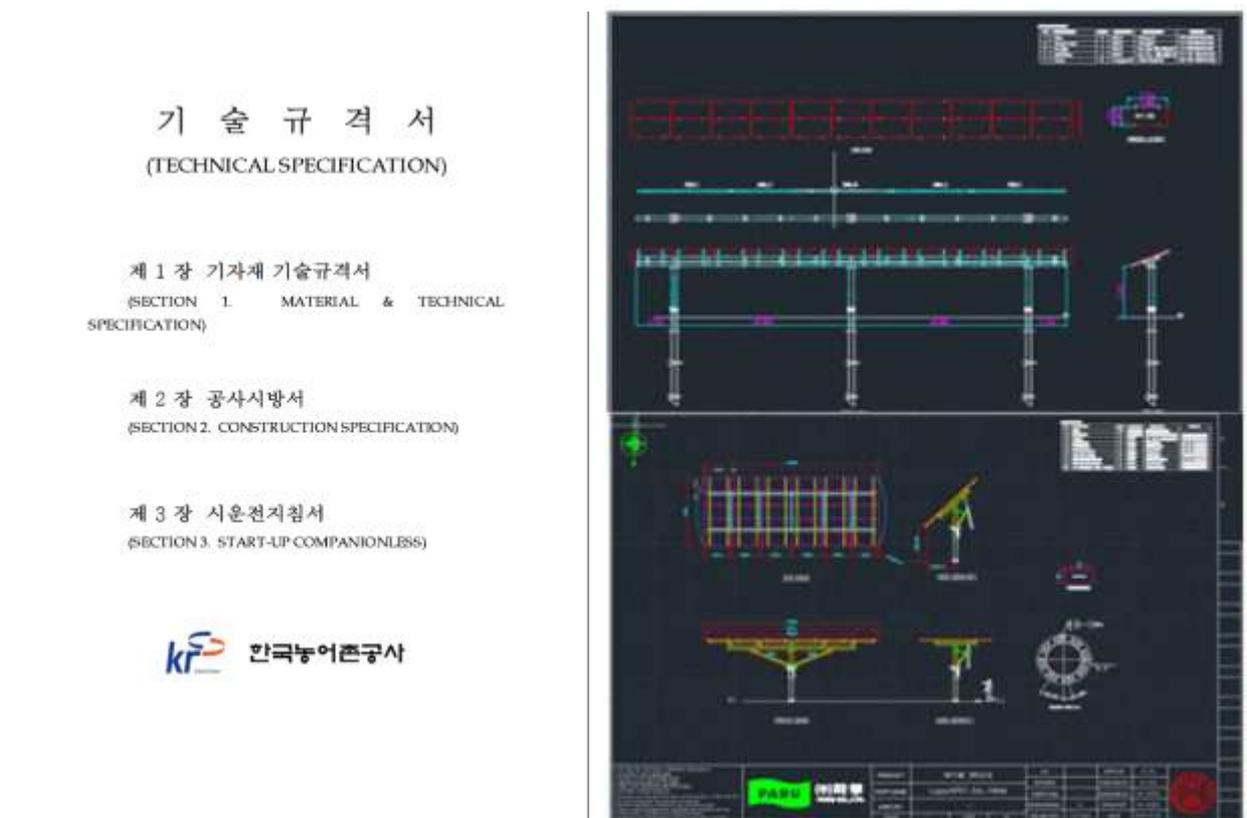
* 기존 연구 결과 공유 및 실증 설비 적용 방안 고안 (2차년도)

- 음영에 따른 수확량 감소 최소화를 위한 음영 최소화 필요

* 음영 최소화를 위한 수직형(팬스형) 태양광 설비 구축 필요

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- * 구조물의 안전성 및 기존 모듈 사용을 위한 다양한 크기의 모듈, 바람 통과 부분의 크기 및 배치에 대한 고려 및 반영 필요
- 환경오염 방지를 위한 콘크리트 기초 배제 필요
 - * 알칼리 성분으로 구성된 콘크리트의 경우, 작물 생육환경에서 분해되어, 중금속 등 환경오염 물질 배출 사례있음
 - * 이러한 문제 해결을 위한 헬리커파일 형태의 기둥 기초를 적용할 필요 있음
- 또한, 공사 내 태양광 표준기술 규격서 및 설계도면 확보를 통한 설계 요소 도출 (그림 참조)
- 국내 태양광 사업에 대한 표준 기술규격서 확보/공유(썬웨이)/설계 요소 도출
 - * 고온 다습한 환경 내 접속반 내 IP 등급 상향 필요
 - * 국내 기준 IP 등급 67 만족시켜야함 (수상태양광 및 육지 태양광)
 - * 베트남의 고온 다습한 환경 대응하기 위한 접속반 및 인버터의 IP 등급 확보 필요
 - * 발전량 및 주요 설비 (모듈, 인버터 등) 운용상 문제(작동여부, 화재 등)에 대한 모니터링 필요
- 시공비 저감을 위한 스파일러 방식 기초 반영 필요
 - * 시공비 저감과 시간 절감을 위한 스파일러 방식 기초 필요함
 - * 다만 현지에서 시공가능한지 여부의 선행 검토 후 기초에 반영 필요 (베트남 현지 기업과 사전 협의 필요함)

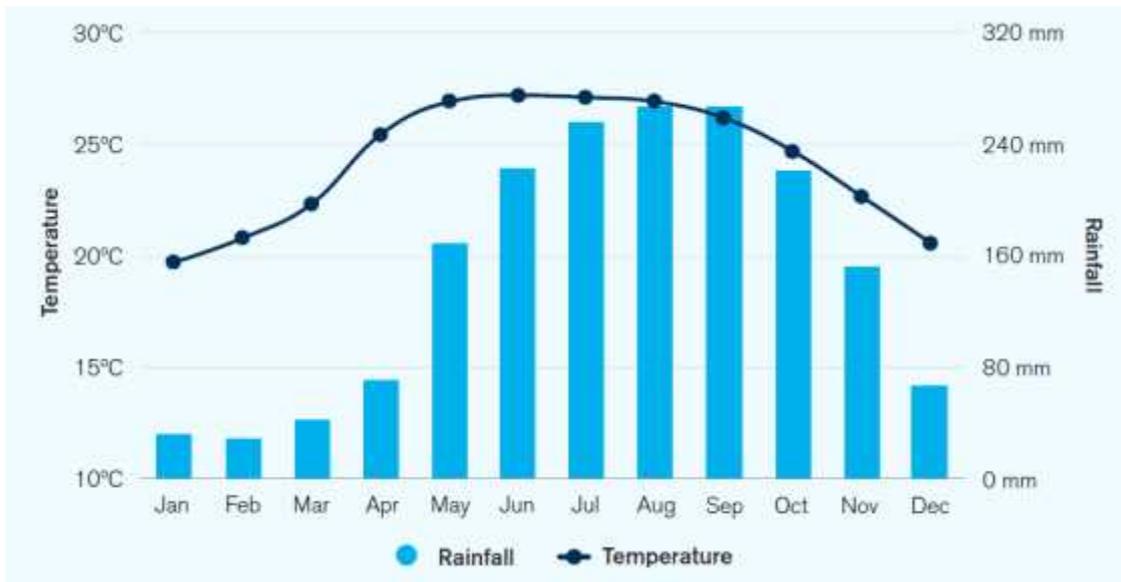


<공사 태양광 설비 기준 및 영농형 태양광 설계 도면 예시>

- 이해관계자 의견 수렴을 통한 무음영 영농형 태양광 설계 요소 도출
- 국내 영농형 태양광 이해관자 의견 수렴을 통한 무음영 영농형 태양광 설계 요소 및 정책 제안 요소 도출함
- 농식품부 관계자 의견
 - * 농식품부 재생에너지과 : 1) 농작물의 수확감소의 최소화를 위한 음영 최소화 필요
 - 국내의 경우 대비, 위도가 낮아 고정형(루프탑 형태)의 경우, 상대적으로 유리할 것으로 판단되나, 수확량 감소 부분에 대한 해결책 제안 필요
 - 태양광 패널 사이에 빛을 산란시키는 장치(오목렌즈 등)의 반영 필요
 - 또한, 수직형(팬스형) 영농형 태양광의 경우, 실증지가 적도인 것을 고려하면 매우 효과적으로 음영 최소화 가능할 것으로 판단되나, 농기계 접근성, 구조물의 안전성 등 고려사항이 많음
 - 2) 해외 (베트남) 농작물에 대한 생육 정보가 연구 중, 연구 후 공유되면 정책 입안에 많은 도움이 될 것으로 판단됨
 - 3)국내는 농지법 제한으로 영농형 태양광 확산이 제한되나, 베트남의 경우 아직 영농형 태양광에 대한 제한이 없어, 신규 태양광 시장 형성 및 수출이 가능할 것으로 판단됨
 - 농식품부 재생에너지과는 영농형 태양광 보급에 찬성이나, 농지과는 부정적 의견 제시함
 - 영농법인 관계자 의견 : 1) 산업부 및 에너지 관리 공단에서 제시한 태양광 설치 기준에 준용하고, 영농형 태양광 특수성을 고려하여 설계 필요
 - 구조물의 안전성, 농기계 출입 용이, 낙수에 의한 농작물 피해 최소화, 음영 최소화, 콘크리트 기초 사용 배제 등
 - 2) 장기적인 관점의 발전량 모니터링 뿐만 아니라, 음영에 의한 작물 생육 최적화 등에 대한 영농기술 개발 필요
 - 3)기존 태양광 설비 대비, 사업 확산 및 장려를 위한 인센티브 시스템 구축 필요
 - 국내의 경우, 영농형 태양광의 인센티브(REC)는 없고, FIT 적용을 통한 장려 중임.
 - 베트남 현지 전력 시장 구조에 영농형 태양광 인센티브 구축 및 반영 필요
 - 제조업체 의견 : 1) 철강 등 부재값 상승에 따른 수출 루트 확보 중요 (중국을 통한 수출 경우, 추가 관세 있음)
 - 2) 설치 부품의 패키지화를 통한 수출의 간편성 확보 필요 (발전 단위 3kW 또는 10kW)
 - 설계시 관련 내용 반영하도록 설계 업무 기관가 내용 공유 (썬웨이)
 - 3)베트남 현지 파트너 확보 및 신뢰관계 구축을 통한 수출 및 현지 설치에 관한 정부 정책 지원 필요
 - 2차년도 정책 제안 내 고려 필요
- 국내외 영농형 태양광 시설 설계 정보 분석을 통한 무음영 영농형 태양광 설계 지원
 - 현지 설계 기준 분석을 통한 무음영 영농형 태양광 설계 요소 및 지원요소 도출
 - 그림 30 및 31은 베트남 강수량 및 평균 기온 정보로, 대부분의 지역이 연강수량이

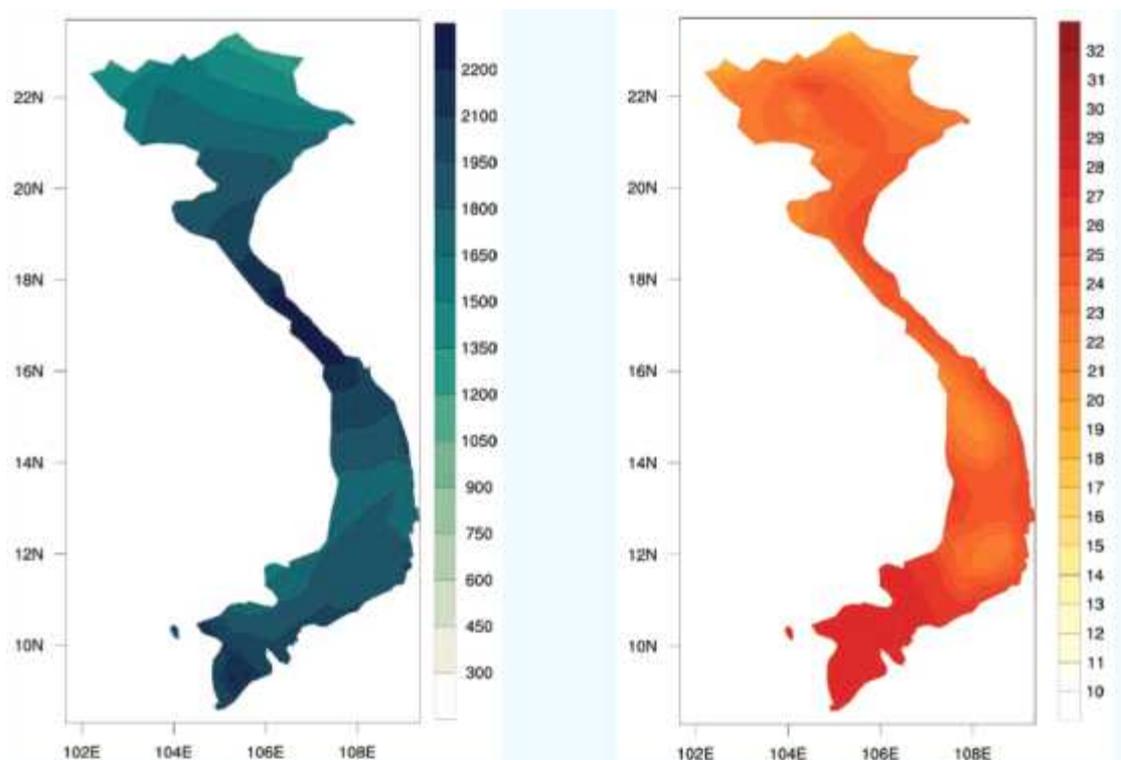
2000mm 이상이며, 연평균 기온이 20도 이상의 기후로, 다작을 위한 벼농사하기 좋은 환경임

- 특히, 우기의 경우 고온 다습의 환경을 유지하여, 주요 부품 (모듈, 배전반, 인버터 등)의 IP 등급 상향이 필요할것으로 예상됨
- 농촌환경에 따른 비산 먼지 역시 많을것으로 판단됨 (이또한 IP 등급 상향 필요)
- 폭우 또는 우기때 상부 태양광 패널에 의한 낙수에 의해 농작물의 생육이 미치는 영향 최소화를 위한 물받이 설계 반영 및 고려 필요



(자료 출처 : World bank group, Asian development bank)

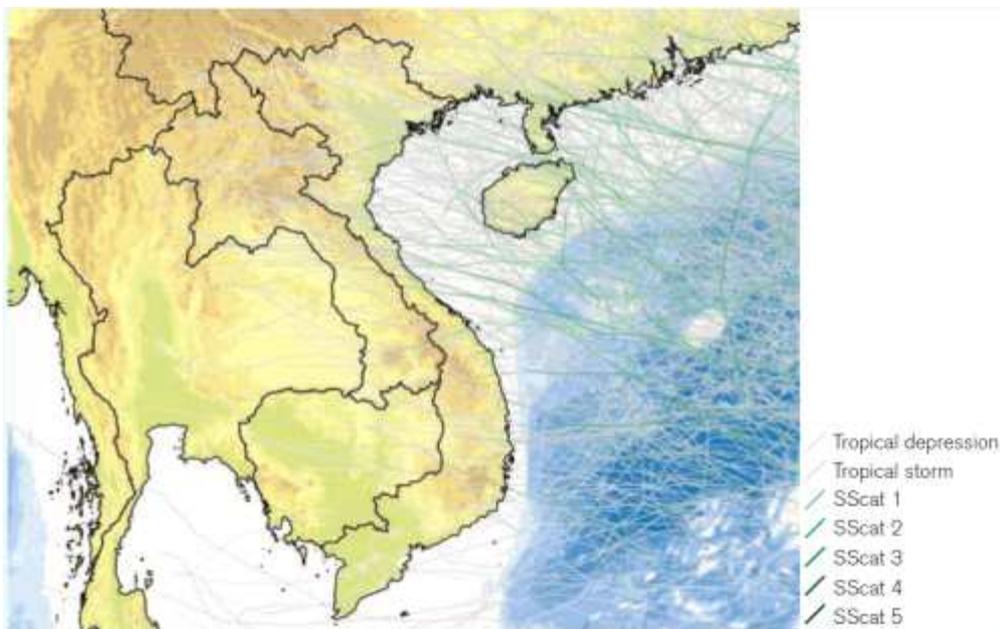
<베트남 달 평균 강수량 및 기온 >



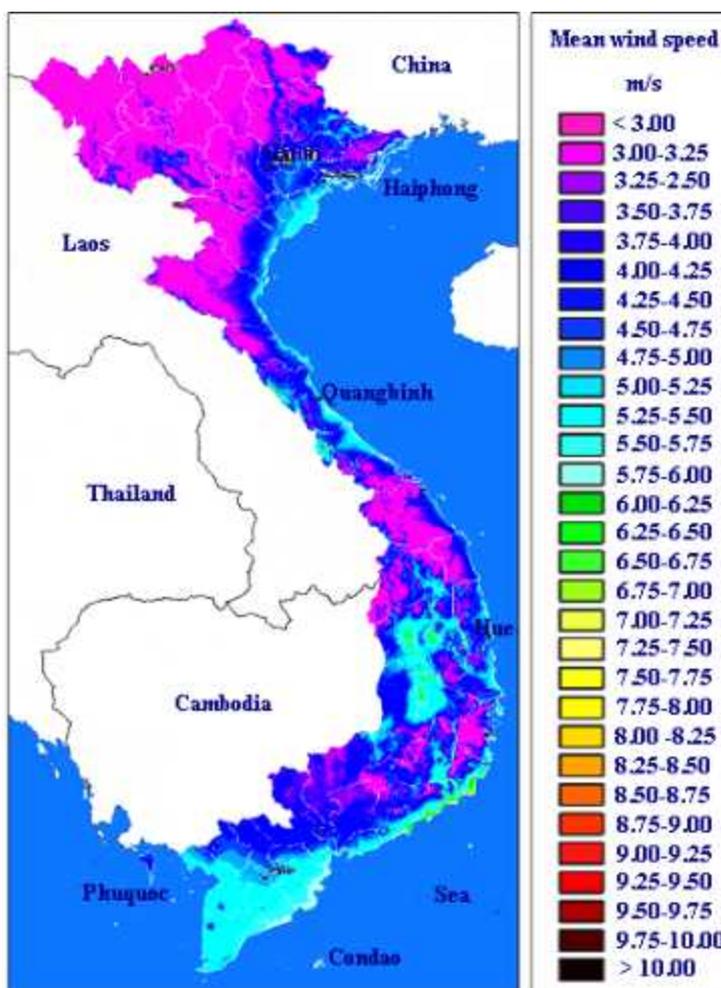
(자료 출처 : World bank group, Asian development bank)

<베트남 지역별 연강우량 및 평균 기온>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



(자료 출처 : World bank group, Asian development bank)
 <1970년부터 2015년까지 베트남에 접근한 사이클론 현황>



(자료 출처 : ASEAN eng. J. 2018, 8, 16-28)
 <베트남 해상 풍력 자원 현황 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 1970년부터 2015년까지 베트남에 접근한 사이클론 현황으로, 매우 복잡하고 다양한 경로로 이동하여 예측이 불가능함
- 대부분의 경우 베트남 육지 상륙 후 소멸되나, 최근 발생하는 기후 변화에 따른 사이클론 발생 및 접근 빈도 향상 가능성에 의한 영농형 태양광 구조물의 풍속 기준 상향 필요 (최소 25m/s 이상)
- 사이클론과 같은 자연재해 상황이 아닌 평시에는 대부분 풍속은 5m/s이하이며, 국내와 비슷한 환경으로 파악됨
- 영농형 태양광 시설 기초 분석을 통한 친환경 시공기법 분석 및 설계 지원
 - 시공방식 수집을 통한 친환경 시공기법 분석 및 제안
 - 국내의 경우 앞서 언급한 것과 같이 농지에 콘크리트 기초 사용은 중금속 등 오염물질 유출 문제로 육상 태양광과 달리 거의 사용하지 않고 있음
 - 이러한 상황에서 지반에 따라서 사용 가능한 기초방식은 크게 3가지로 구분됨
 - 헬리컬파일(스파일러 방식)은 가격이 싸며, 3m정도 기둥을 암반에 고정시키는 방식, 사각프레임은 암반이 없을 때 주로 사용하며, 단가가 다소 비싼 단점이 있고, 최근 철강 가격 상승에 따라서, 경제성 확보가 어려울 것으로 판단됨
 - 친환경 콘크리트 (흙 고화제)는 콘크리트와 강도가 비슷한 친환경 물질을 사용하여, 기존의 콘크리트 기초를 구축하는 방식으로, 상대적으로 고가여서, 경제성이 없음
 - 다만, 지반에 암반이 없거나, 간척한지 얼마 안되는 무른 지반의 경우 적용 가능할 것으로 판단됨

	헬리컬파일	사각프레임	친환경 콘크리트(흙 고화제)
종류			
작업방법	<p>평원암 지형에 사용 예정</p> <p>· 헬리컬파일 자체만으로는 시공이 어렵기 때문에 전공기로 3M정도 전공 후 헬리컬 파일 시공</p>	<p>암반지형에 사용 예정</p> <p>- 3Mx3Mx2.5M 포크레인으로 굴착 후 프레임을 짜서 매립하는 방법</p> <p>- 암반지형에 적합하긴 하나, 단가 및 작업 공정이 불편함.</p>	<p>암반지형에 사용 예정</p> <p>- 흙, 물, 고화제를 섞어서 사용</p> <p>- 콘크리트와 동등한 강성을 빔</p> <p>- 친환경 제품으로 작업을 재배하는 데에 있어 불이익이 없음.</p> <p>- 암반지형에 6M전공한다음 헬리컬 파일을 넣어 3M정도 배합된 제품 주입</p>
단가(1기)	150만원	180만원	고화제가격 240만원 (가격조정가능)

<지반 조건에 따른 기초 시공 방식>

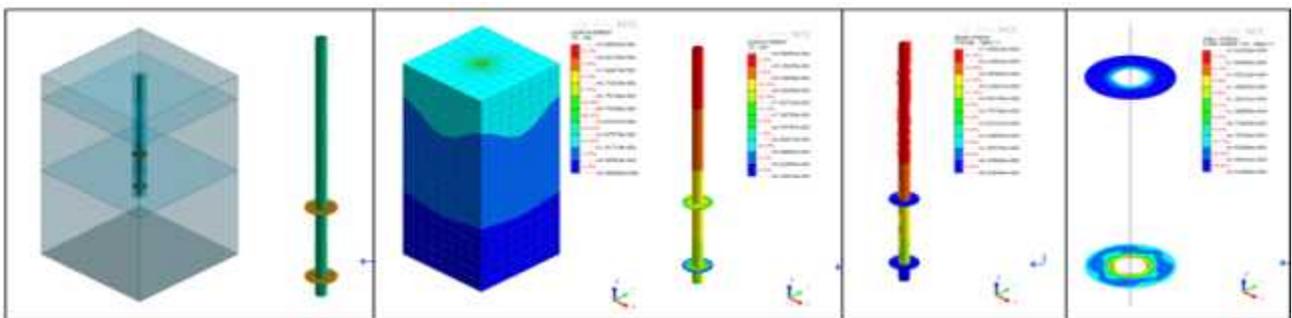
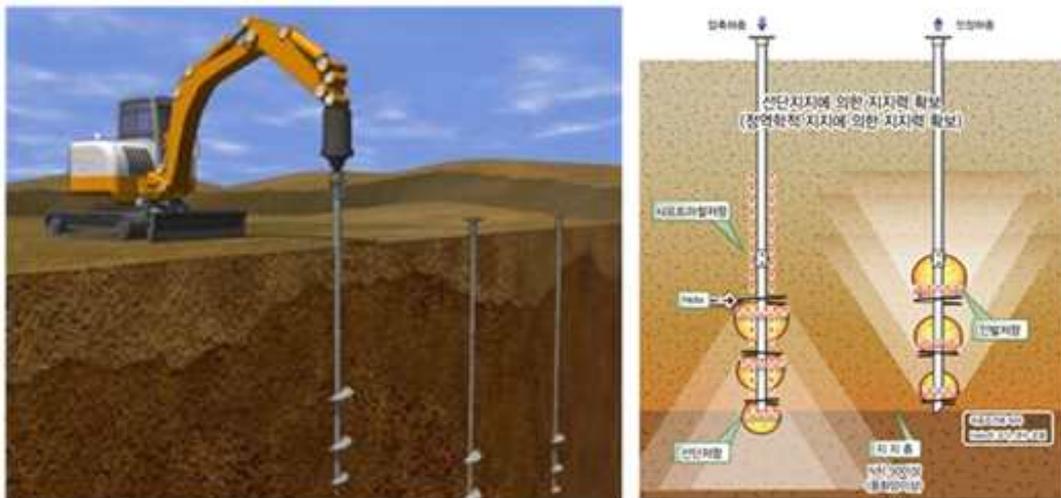
- 하지만 경제적인 측면에서 국내의 영농형 태양광의 기초는 대부분 무타설 기초(스파일러 방식)를 사용하여서 시공하고 있음
- 베트남 현지의 경우, 저가의 태양광 시스템 구축 및 시공을 통한 보급 확산을 위하여, 국내에서 많이 활용 중인 스텔라 방식으로 기초를 구축하는 것이 유리할것으로 판단됨

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 무타설 anchor 시공 개념, 지지 메커니즘 및 시공 지역의 인발력 테스트 예시임
- 무타설 기초의 경우, 기초 공사를 위해 지반조사 및 지반에 대한 시뮬레이션이 필수적으로 이루어져야 하여, 베트남 현지의 시공 여건에 대한 검토 필요
- 현지 시공 업체와 사전 협의 필요



<무타설 기초 예시 (스파일러 방식)>



<무타설 Anchor 시공 개념도, 지지 메커니즘 및 시공 지역 최대 인발력 작용 부재 응력 검토 예시>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

2-2. 2차년도 연구개발 목표

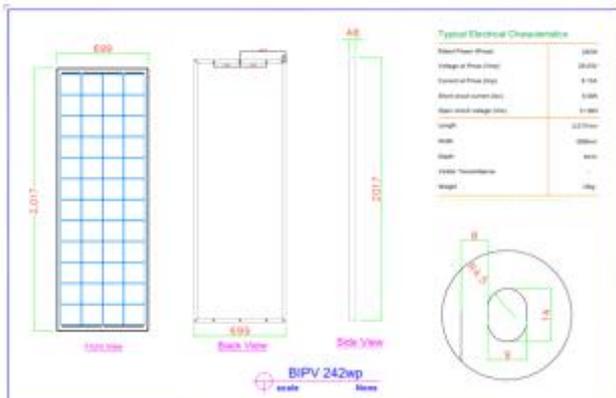
- 농사환경을 고려한 음영 최소화(무음영) 태양광 모듈 개발 및 40kW급 베트남 현지 사이트 설치 및 실증
 - 태양광 발전 용량 : 40kW (Roof-top type)
 - Roof-top type(루프탑) 투광형 양면 태양광 모듈 설계 최적화 및 시제품 제작
 - 태양광 모듈간 이격 배치에 따른 음영 개선 시뮬레이션
 - 현지 실증 환경 및 재배 작물(벼)을 고려한 무음영 영농형 태양광 발전 구조물 최적화
 - 실증 국가(베트남) 광환경 연변화 및 음영률을 고려한 작물 생육 특성 모니터링 및 분석
 - 재배 작물 수확량 및 작물생육 특성 평가 기법 개선
 - 실증사이트 지리·환경적영향을 고려한 친환경 시공기법 설계 최적화 및 실증
 - 무음영 영농형 태양광 발전시스템 국가표준 제안 (베트남 국가기술표준원, VINACONTROL)
 - 무음영 영농형 태양광 발전시스템 사업화를 위한 기술이전
 - 무음명 영농형 태양광 확산을 위한 정책제안(2건)
 - 실증을 기반으로 한 베트남 적합 무음영 영농형 태양광 발전시스템 수출 모델 개발

2-2-1. 2차년도 연구개발 수행 내용

(1) 주관연구개발기관(한국전자기술연구원)

- 현지 실증 재배작물 맞춤형 무음영 영농형 태양광 발전 시스템 개발
 - 현지 대상 실증사이트 내 재배작물(벼)의 수확량 조사
 - 1차년도 실증사이트 변경에 따라 2차년도 진행
 - ✓ 실증 사이트 변경 : (기존) 베트남 하우장성 → (변경) 베트남 다낭
 - ✓ 베트남 현지 기업(위비엣에너지) 및 연구기관(베트남기술표준연구원(VSOI), VINACONROL) 참여를 통한 실증사이트 면적 및 수확량 조사
 - 현지 대상 실증사이트 내 재배 작물(벼)의 수확량 및 기후환경을 고려한 차광률 개선
 - 차광률 및 무음영화에 따른 발전량 개선을 위한 영농형 양면 태양광 모듈 설계

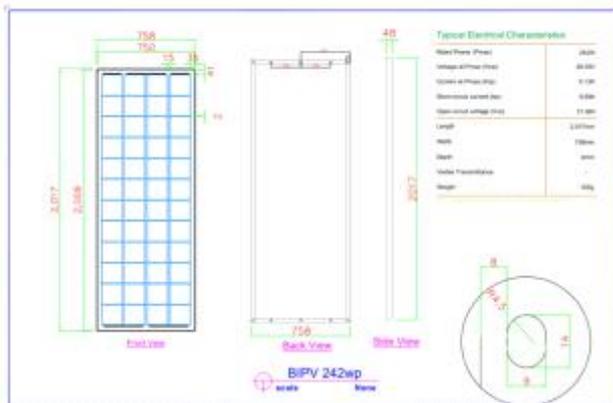
C type : 투과율 8%



Rated Power(Pmax)	242 W
Voltage at Pmax	26.53 V
Current at Pmax	9.13 A
Short circuit current	9.89 A
Open circuit voltage	31.99 V
Length	2,017 mm
Width	699 mm
Depth	4 mm
Visible transmittance	8.96 %
Weight	12 kg

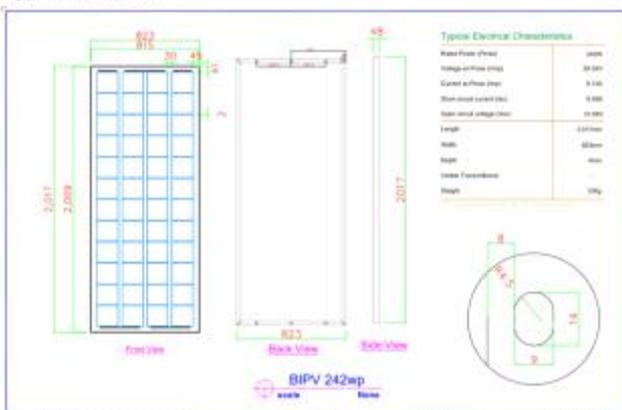
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

C type : 투과율 15%



Rated Power(Pmax)	242 W
Voltage at Pmax	26.53 V
Current at Pmax	9.13 A
Short circuit current	9.89 A
Open circuit voltage	31.99 V
Length	2,017 mm
Width	758 mm
Depth	4 mm
Visible transmittance	15.31 %
Weight	12 kg

C type : 투과율 20%



Rated Power(Pmax)	242 W
Voltage at Pmax	26.53 V
Current at Pmax	9.13 A
Short circuit current	9.89 A
Open circuit voltage	31.99 V
Length	2,017 mm
Width	823 mm
Depth	4 mm
Visible transmittance	20.34 %
Weight	12 kg

<루프탑용 광투과형 태양광 모듈 설계>

- 차광률, 작물 생산량, 전력량 등을 고려한 Roof-top type(루프탑) 투과형 양면 태양광 모듈 시제품 제작

- 차광률 개선에 따른 태양광 모듈의 발전량 최소화를 위한 양면형 태양광 모듈 제작
: 차광률 개선 및 무음영화 태양광 모듈 구조물 설계를 반영한 Solar cell 배열(matrix) 설계(투과율 8.96%, 15.31%, 20.34%)

- Solar cell(Bifacial 등) 배열 수 및 간격에 따른 전기적 및 투과율 특성

< 투과율 8.96%, 영농형 태양광 모듈 출력 242W >

Solar cell size	Inter Riibon width	상하부 Bus bar width	Inter Riibon 수	String 당 Solar cell 수	String 수	Solar cell 간격	String 간격
23.178 mm ²	0.9 mm	5 mm	5 ea	12 ea	4 ea	2 mm	2 mm
좌, 우측 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 셀 끝과 버스바 간격	프레임 후면 유리가림 길이	프레임 유리외부 돌출 길이	단결정 Solar cell 출력	모듈 CTM loss	모듈 출력
25 mm	30 mm	5 mm	25 mm	4 mm	5.60 W	5.0 %	242 W

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

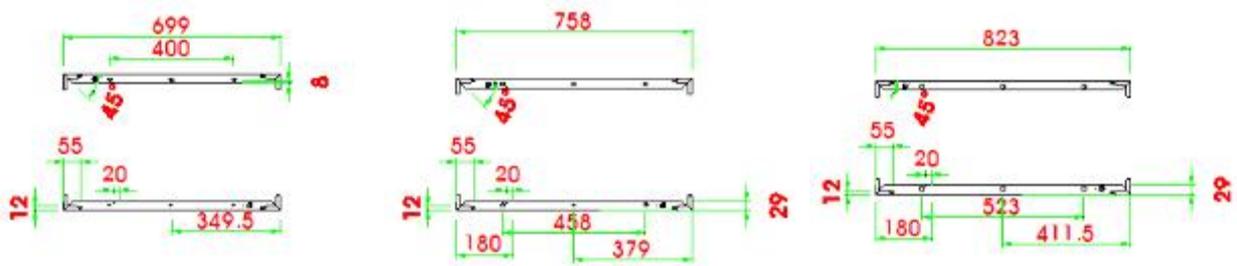
Solar module size		Glass size		Solar Module 면적(a)		Frame 면적	
세로	가로	세로	가로			Front edge	Rear edge
2,017 mm	699 mm	2,009 mm	691 mm	1,409,883 mm ²		53,920 mm ²	154,164 mm ²
Solar cell 면적	Bus bar 면적	Inter Ribbon 면적	Junction Box 면적	전체 가림 면적(b)	(계산) 투과율 [(a-b)/a×100]	모듈 효율	모듈 출력
1,409,883 mm ²	6,390mm ²	972mm ²	9,450mm ²	1,283,506 mm ²	8.96%	17.77%	250.47W

< 투과율 15.31 %, 영농형 태양광 모듈 출력 242W >

Solar cell size	Inter Riibon width	상하부 Bus bar width	Inter Riibon 수	String 당 Solar cell 수	String 수	Solar cell 간격	String 간격
23.178 mm ²	0.9 mm	5 mm	5 ea	12 ea	4 ea	2 mm	15 mm
좌, 우측 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 셀 끝과 버스바 간격	프레임 후면 유리가림 길이	프레임 유리외부 돌출 길이	단결정 Solar cell 출력	모듈 CTM loss	모듈 출력
35 mm	41 mm	5 mm	25 mm	4 mm	5.60 W	5.0 %	242 W
Solar module size		Glass size		Solar Module 면적(a)		Frame 면적	
세로	가로	세로	가로			Front edge	Rear edge
2,017 mm	758 mm	2,009 mm	750 mm	1,528,886 mm ²		53,920 mm ²	154,164 mm ²
Solar cell 면적	Bus bar 면적	Inter Ribbon 면적	Junction Box 면적	전체 가림 면적(b)	(계산) 투과율 [(a-b)/a×100]	모듈 효율	모듈 출력
1,409,883 mm ²	6,390mm ²	972mm ²	9,450mm ²	1,283,506 mm ²	15.31%	16.12%	247.83W

< 투과율 20.34 %, 영농형 태양광 모듈 출력 242W >

Solar cell size	Inter Riibon width	상하부 Bus bar width	Inter Riibon 수	String 당 Solar cell 수	String 수	Solar cell 간격	String 간격
23.178 mm ²	0.9 mm	5 mm	5 ea	12 ea	4 ea	2 mm	30 mm
좌, 우측 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 유리 끝단에서 셀 까지 간격	상하부 셀 끝과 버스바 간격	프레임 후면 유리가림 길이	프레임 유리외부 돌출 길이	단결정 Solar cell 출력	모듈 CTM loss	모듈 출력
45 mm	41 mm	5 mm	25 mm	4 mm	5.60 W	5.0 %	242 W
Solar module size		Glass size		Solar Module 면적(a)		Frame 면적	
세로	가로	세로	가로			Front edge	Rear edge
2,017 mm	823 mm	2,009 mm	815 mm	1,659,991 mm ²		53,920 mm ²	154,164 mm ²
Solar cell 면적	Bus bar 면적	Inter Ribbon 면적	Junction Box 면적	전체 가림 면적(b)	(계산) 투과율 [(a-b)/a×100]	모듈 효율	모듈 출력
1,409,883 mm ²	6,390mm ²	972mm ²	9,450mm ²	1,283,506 mm ²	20.34%	14.93%	246.40W



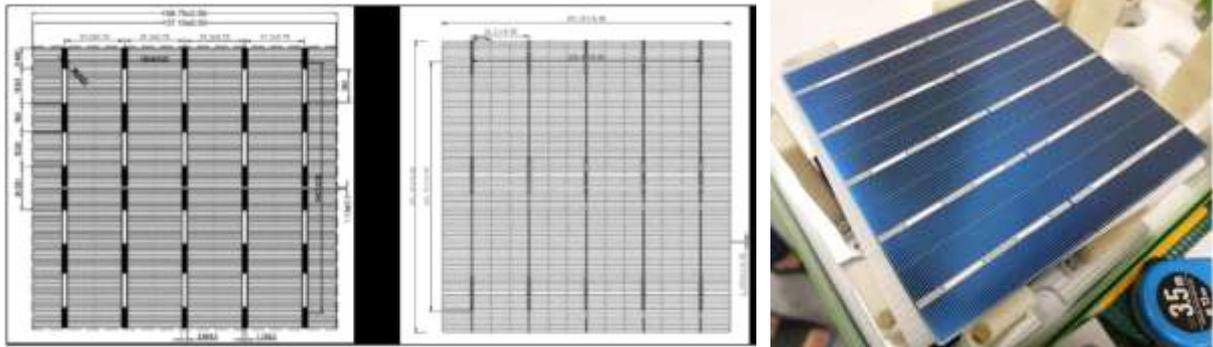
(a) 투과율 8% 모듈 (b) 투과율 15% 모듈 (c) 투과율 20% 모듈

< 루프탑 양면형 태양광 모듈 프레임 설계>

: 차광률 개선에 따른 태양광 모듈의 발전량 최소화를 위한 양면형 태양광 모듈 제작
 ✓ G to G 모듈 제조 장비 보유 기업 Product manufacturing line 활용

< 차광률 개선 영농형 양면형 태양광 모듈 제작 재료 >

구분		세부 내용
태양전지(Solar cell)		- Size : 158.75mm*158.75mm±0.05mm - Thickness : 170 μ m±20 μ m - Front : 5*0.7mm busbar, 128 finger grid, Blue anti-reflecting coating - Back : Wide soldering pad, 140 finger grid, Surface field aluminum - Eff 22.6%, Voc 0.689V, Isc 10.025A, Power 5.702W
투명백시트(Back sheet)		- Thickness : 350 μ m - Materials : PE/PET/PET - EVA 부착력 : >75N/15mm - 양면수광형@1,500V
Ribbon	Busbar ribbon	- Thickness : 0.3*0.6mm - Coating Thickness : 0.02~0.04 μ m - Coating materials : SnPb / SnAgCu
	Inter ribbon	- Thickness : 0.15*1.5mm - Coating Thickness : 0.02~0.03 μ m - Coating materials : SnPb / SnBiAg / SnBi
정션박스(Junction box)		- Rated Voltage : IEC 1500V(TUV) - Rated Current : 20.2A - Protection Degree : IP68



cell size(가로)	cell size(세로)	Efficiency(%)	Ppm(W)	Imp(A)	Isc(A)	Vmp(V)	Voc(V)
158.75mm	158.75mm	22.3	5.62	9.69	10.186	0.58	0.68

< 루프탑 투광형 양면형 태양광 모듈용 태양전지 >

품명	두께	구성	EVA 부착력	특성	용도
투명백시트	350 μ m	PE/PET/PET	>75 N/15mm	양면수광형	1500V

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



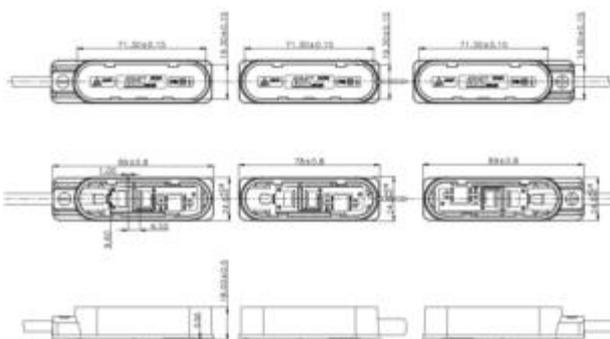
< 루프탑 투광형 양면형 태양광 모듈 제작용 투명 백시트 >

품명	두께(mm)	코팅 두께(mm)	물성
Busbar Ribbon	0.3*6.0	0.02~0.04	SnPb, SnAgCu
Inter Ribbon	0.15*1.5	0.02~0.03	SnPb, SnBiAg, SnBi



< 루프탑 투광형 양면형 태양광 모듈 제작용 Ribbon >

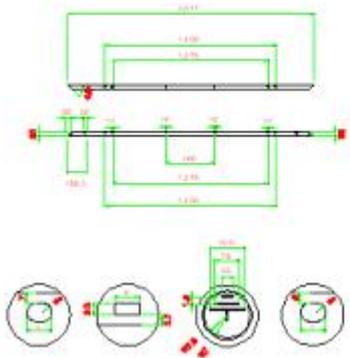
품명	Rated Voltage	Rated current	Protection degree
Junction box	IEC 1,500V(TUV)	20.2A	IP68



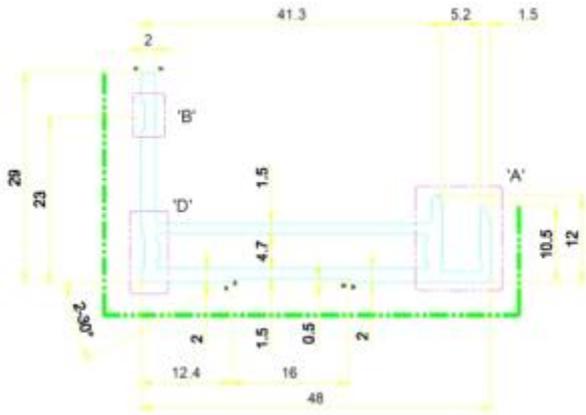
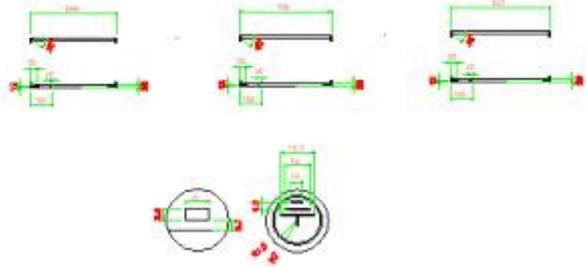
< 루프탑 투광형 양면형 태양광 모듈 제작용 Junction box >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

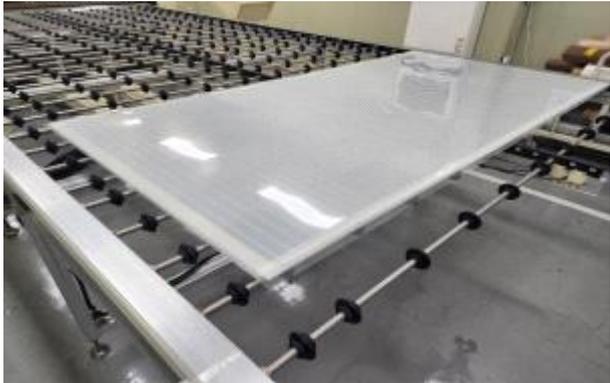
• 프레임 양면



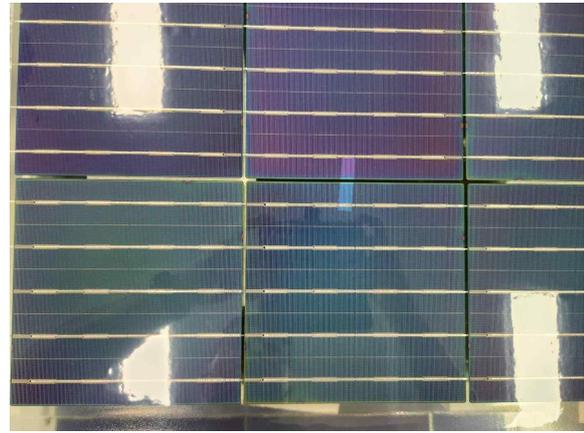
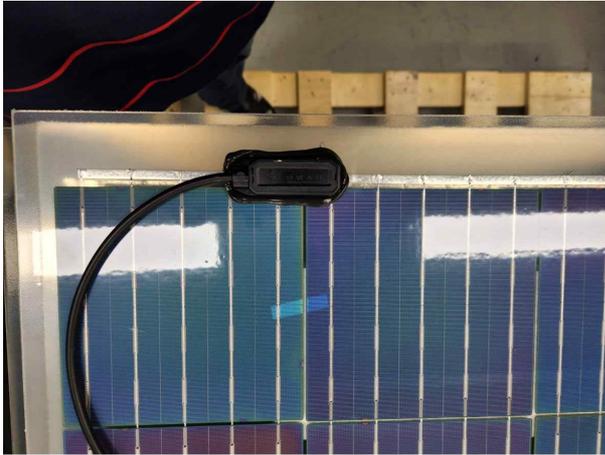
• 프레임 단면



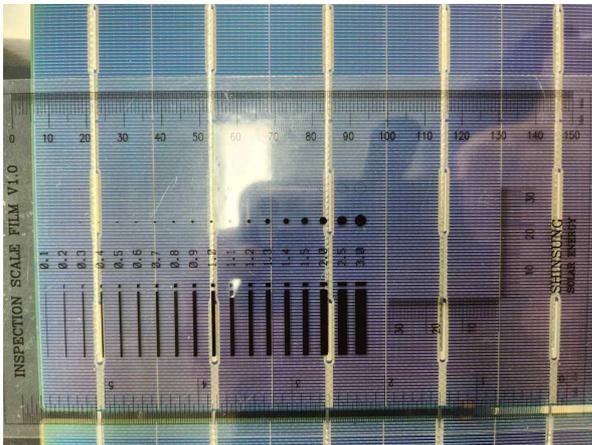
< 루프탑 투광형 양면형 태양광 모듈 AL Frame >



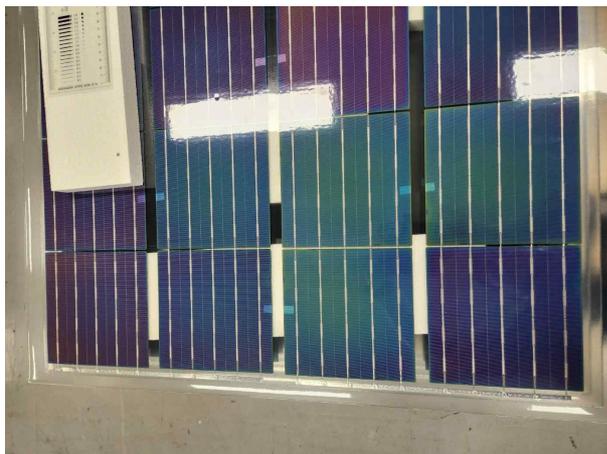
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



(투과율 8.96% 루프탑 양면형 태양광 모듈)

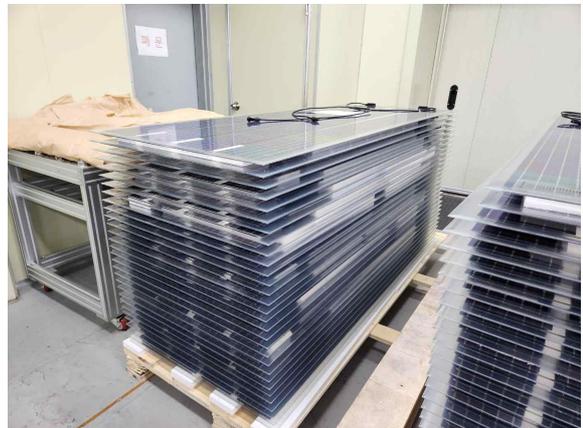
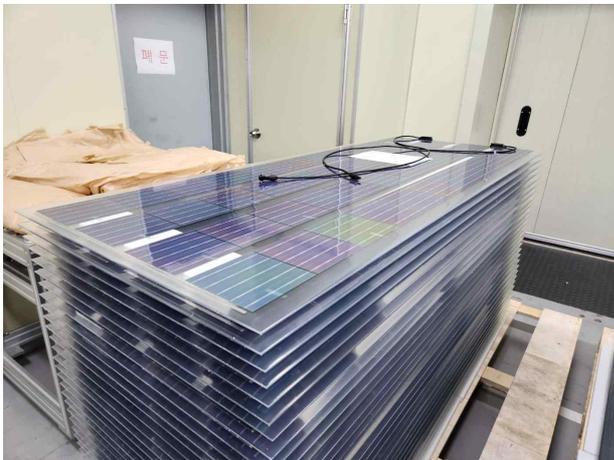
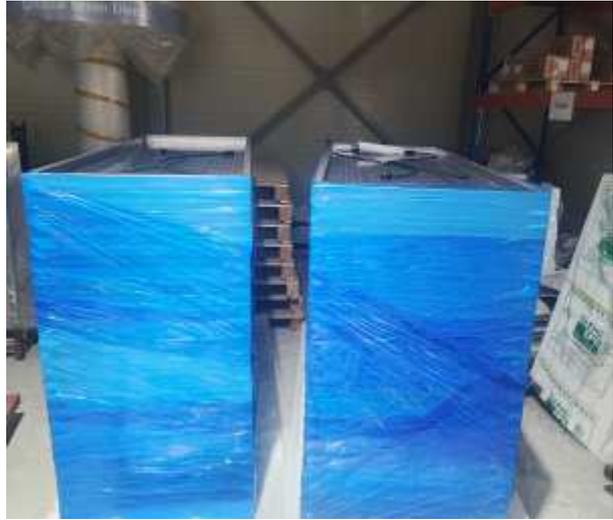
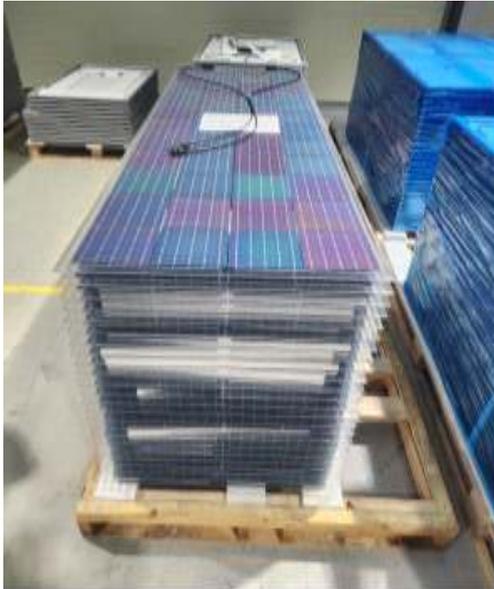


(투과율 15.31% 루프탑 양면형 태양광 모듈)



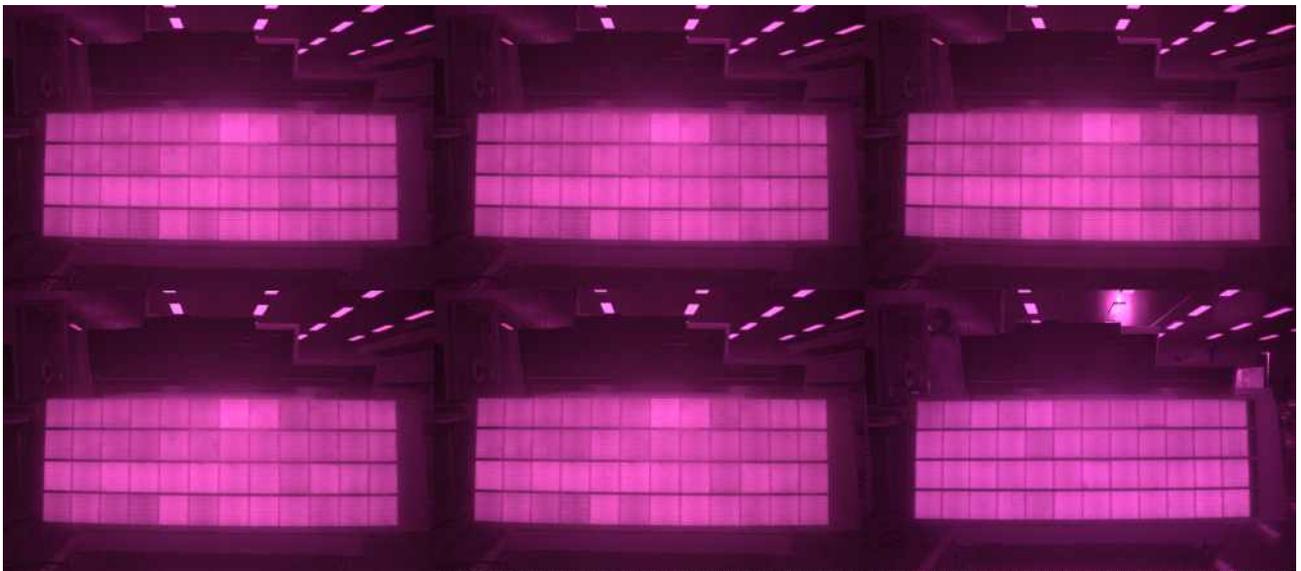
(투과율 20.34% 루프탑 양면형 태양광 모듈)

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



< 루프탑 영농형 양면형 태양광 모듈 제작 >

- 실증용 무음영 영농형 태양광 모듈 성능 시험(투광률 15.31% 모듈 28장 E1 측정)



< 무음영 영농형 영농형 태양광 모듈 E1 측정 결과 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 루프탑 무음영 영농형 양면형 태양광 모듈 성능 시험(출력 시험)
: 육안 검사

육안검사 기준	태양광 모듈	결과
• cell, Glass, Junction box, Frame, 기타사항(접지단자, 출력단자) 등 이상이 없을 것(인용 규격 : KS C IEC 61215, 10.1항) - 모듈 외관 : 크랙, 구부러짐, 갈라짐 - 셀 : 깨짐, 크랙 - 내부접속 또는 결함 불량 - 셀과 셀, 셀과 프레임 간의 접촉 - 접착에 결함이 없을 것 - 셀과 모듈 끝 부분을 연결하는 기포 또는 박리 등	투과율 8.96%	이상 없음
	투과율 15.31%	이상 없음
	투과율 20.34%	이상 없음

: 최대 출력 시험

시험기준	태양광 모듈	V _{oc} (V)	I _{sc} (A)	V _{mp} (V)	I _{mp} (A)	P _m (W)	F.F(%)	Eff.(%)
STC 조건에서의 발전 성능 측정	투과율 8.96%	32.91	9.89	26.78	9.35	250.47	76.91	17.77
	투과율 15.31%	32.87	9.98	26.09	9.45	246.40	75.14	16.12
	투과율 20.34%	32.90	10.05	26.11	9.49	247.83	74.98	14.93



< 루프탑 무음영 영농형 양면형 태양광 모듈 시험 성적서(외부공인시험기관 :KCL >

- 태양광 모듈간 이격 배치에 따른 음영 개선 시뮬레이션

• 베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 지역 음영 분석(1차 : 23.05.29)

: 드론 촬영을 이용한 3D 입지 환경 분석

: 드론 촬영을 통한 정사영상 데이터 수집 및 음영 분석 측정



< 베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 지역 파노라마 사진 >

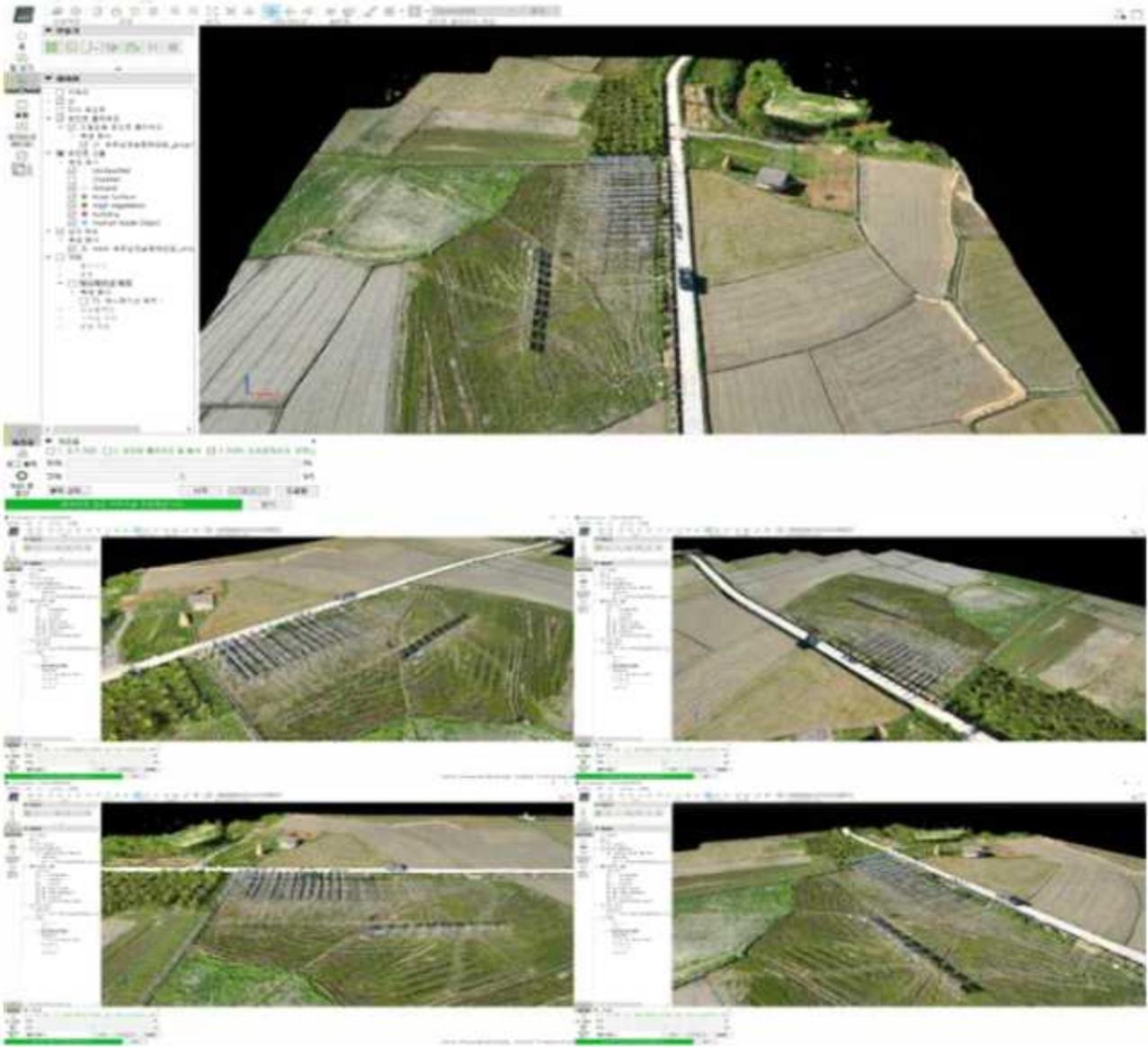


< 베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 지역 드론 촬영 사진 >



< 베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 지역 정사영상 사진 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



< 베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 지역 3D 모델링 >



< 베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 지역 음영 분석 18개 포인트 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

: 음영 측정 결과 연간 98%, 5~9월 99%, 11~4월 97%로 무음영에 가까움



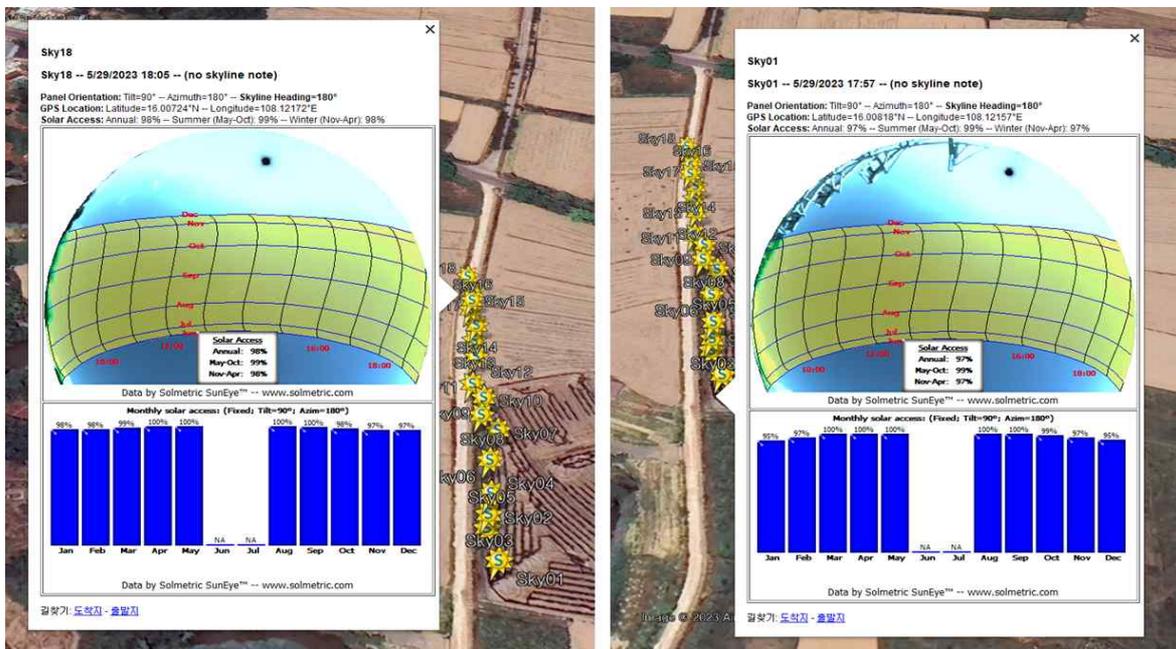
Name	Thi Lai
Creation Date	5/29/2023 17:33
Note	(none)
Location	16.0°N, 108.2°E Mag Dec: 1.4°W Time Zone: GMT+09:00

Solar access averages of 18 skylines in this session

Skylines Averaged: Sky01, Sky02, Sky03, Sky04, Sky05, Sky06, Sky07, Sky08, Sky09, Sky10, Sky11, Sky12, Sky13, Sky14, Sky15, Sky16, Sky17, Sky18

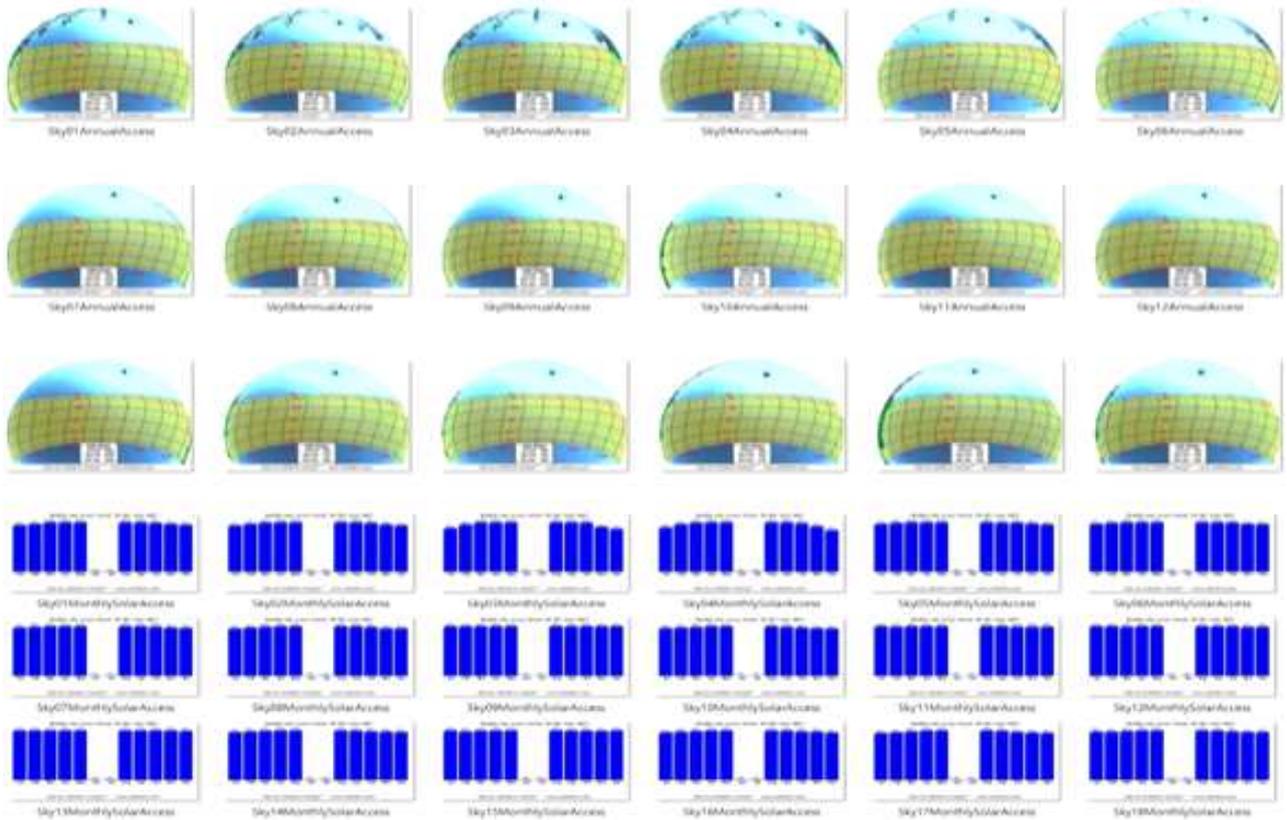


< GPS 음영 분석-18개 포인트의 연간 음영지수 결과 >



< GPS 음영 분석-1번 18번 포인트의 연간 음영 지수 측정 결과 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< GPS 음영 분석-18개 포인트의 연간 태양 위치 좌표계 >

• 베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 지역 음영 분석(2차 : 23.11.12~14)

< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 >

발전설비명	무음영 영농형 태양광 발전 설비	발전설비 용량	64.08 kWp
발전설비 위치	베트남 다낭호아방현 HoaNhon Thai Lai 마을		
태양광 모듈	양면형 투광형, 181wp / 242wp / 362wp	태양광 모듈 설치 수량	28/190/36 EA
인버터	Sungrow10kW , 20kW Growatt 5kW , 6kW	인버터 수량	2 / 1 EA 4 / 1 EA
구조물 타입	루프탑(경사가변식)/펜스형(고정식)	모듈 설치 방향	가로 배치(동서향, 동남형 복합)
설치 위치	영농형	모듈 설치 단수	복합
방위각	180°	경사각	90°
위 도	16.008	경 도	108.122

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 베트남 실증 전경 : 베트남 다낭시 타이라이 마을 >

: 음영 측정 Points는 총 24EA로, 각각의 설치 구조별로 구분 및 등간격으로 음영을 측정

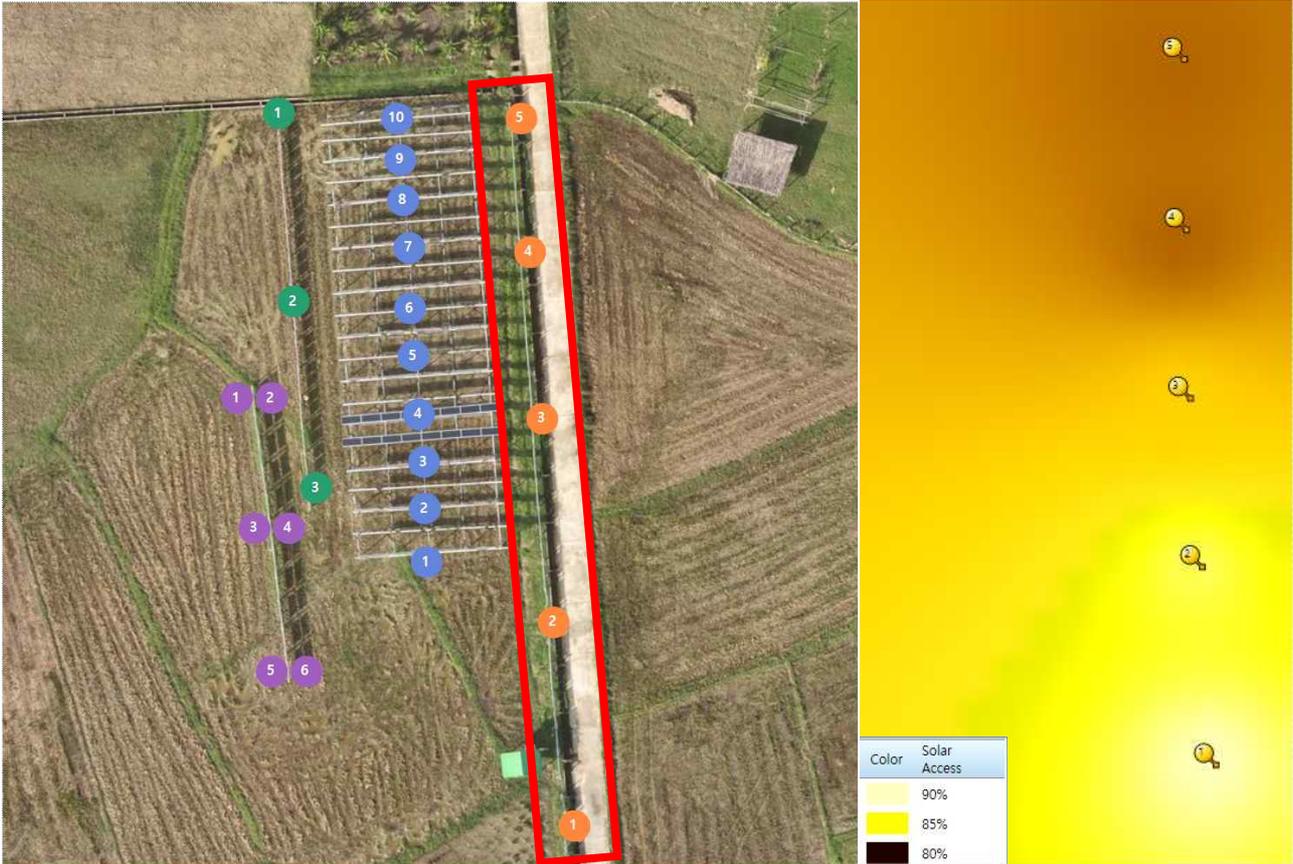


< 무음영 영농형 태양광 발전 설비의 구조별 음영 측정 포인트 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

: 도로변 펜스형 태양광 모듈(주황색)은 5 Points, 수직형(루프탑) 태양광 모듈(파란색)은 10 Points, 펜스형 Half 태양광 모듈(녹색)은 3 Points, 펜스형 2단 태양광 모듈(자주색)은 6 Points를 측정함.

- 도로변 펜스형 태양광 모듈(주황색) 음영 분석



< 도로변 펜스형 태양광 모듈 음영 측정 point(좌) 및 음영 지수(우) >

< 도로변 펜스형 태양광 모듈 음영 지수 >

[단위 : %]

구분	1	2	3	4	5
연간 Solar Access	99	99	99	100	90
여름 Solar Access(5~10月)	98	97	99	100	89
겨울 Solar Access (11~4月)	100	100	100	100	91

※ 지수 수치가 높을수록 음영에 의한 영향이 적음

- 수직형(루프탑) 태양광 모듈(파란색) 음영 분석



< 수직형(루프탑) 태양광 모듈 음영 측정 point(좌) 및 음영 지수(우) >

< 수직형(루프탑) 태양광 모듈 음영 지수 >

[단위 : %]

구분	1	2	3	4	5
연간 Solar Access	100	93	94	97	98
여름 Solar Access(5~10月)	100	98	99	98	99
겨울 Solar Access (11~4月)	100	92	93	97	98
구분	6	7	8	9	10
연간 Solar Access	95	94	94	93	93
여름 Solar Access(5~10月)	99	97	99	95	99
겨울 Solar Access (11~4月)	94	93	93	92	92

※ 지수 수치가 높을수록 음영에 의한 영향이 적음

- 펜스형 Half 태양광 모듈(녹색) 음영 분석



< 펜스형 Half 태양광 모듈 음영 측정 point(좌) 및 음영 지수(우) >

< 펜스형 Half 태양광 모듈 음영 지수 >

[단위 : %]

구분	1	2	3
연간 Solar Access	90	95	95
여름 Solar Access(5~10月)	94	95	95
겨울 Solar Access (11~4月)	84	94	95

※ 지수 수치가 높을수록 음영에 의한 영향이 적음

- 펜스형 2단 태양광 모듈(자주색) 음영 분석



< 펜스형 2단 태양광 모듈 음영 측정 point(좌) 및 음영 지수(우) >

< 펜스형 2단 태양광 모듈 음영 지수 >

[단위 : %]

구분	1	2	3
연간 Solar Access	80	83	100
여름 Solar Access(5~10月)	82	82	100
겨울 Solar Access (11~4月)	78	83	100
구분	4	5	6
연간 Solar Access	82	100	91
여름 Solar Access(5~10月)	79	100	90
겨울 Solar Access (11~4月)	85	100	93

※ 지수 수치가 높을수록 음영에 의한 영향이 적음

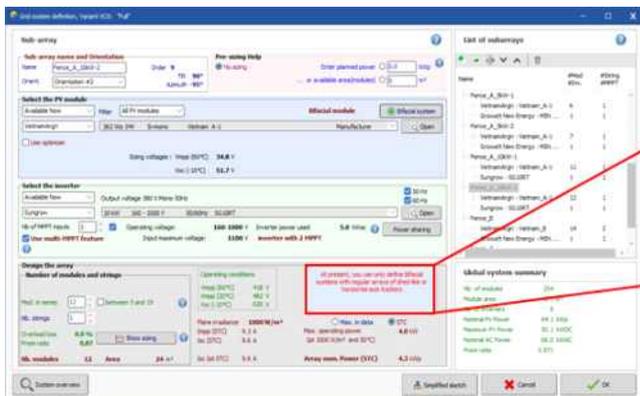
- 설치 국가(베트남) 실증 환경을 고려한 발전량, 수확량 예측 모니터링 기법 개발
 - 실증 환경의 일사량 및 광학 위치 등을 고려한 발전량 시뮬레이션 D/B 분석을 통한 실측 발전량 최적화
 - 실증 지역의 표준 기상 데이터 활용 시뮬레이션 분석

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 실증 환경(일사량, 광학위치 등) 발전량 및 표준 기상 데이터 Matching 최적화
- 태양광 발전량 및 차광을 모니터링시스템 개발과 빅데이터 분석
- PVsyst 시뮬레이션을 통한 발전량 예측
 - 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 설치 완료(23.10월) 시점을 기준으로 23년도 한 해의 베트남 현지 실증사이트(다낭) 기상데이터를 기반으로 시뮬레이션을 진행함

< PVsyst 시뮬레이션>

기상 데이터	SolarGIS Data 활용	
무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비	실제 설치된 태양광 모듈/셀/인버터 Data 적용	
모델링	Near-shadings	Pix4D드론3D정사영상
	Far-shadings	SolarGIS데이터
특이사항	PVsyst 프로그램 특성 상 태양광 모듈 전면이 동쪽을 바라보는 Fence형 태양광 모듈에 의해 태양광 모듈 후면 발전 특성 반영을 하지 못함	



At present, you can only define Bifacial systems with regular arrays of shed-like or horizontal axis trackers

210mm×297mm [(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

• 베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 지역 발전량 예측 결과

: 예상되는 연간 태양광 발전량은 약 32.47MWh

: 예상되는 연평균 일사량은 1.681kWh/m²

주요 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 예상되는 연간 발전량은 32.47MWh로 연 평균 발전시간은 1.39시간. • 이는 해당 지역 위도가 낮고 태양의 남중고도가 높아 설치된 수직형 태양광 모듈의 직달일사량이 줄어 발전량이 낮게 나타남.(후면 발전 특성 및 발전량은 고려안함) • 태양의 남중고도가 비교적 낮은 10월에서 3월은 태양광 모듈의 직달일사량이 늘어 나 PR이 높아지는 것을 알 수 있음.
-------	--



Project: VietnamArgri_231122

Variant: Full

PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:
29/11/23 15:42
with v7.2.8

Main results

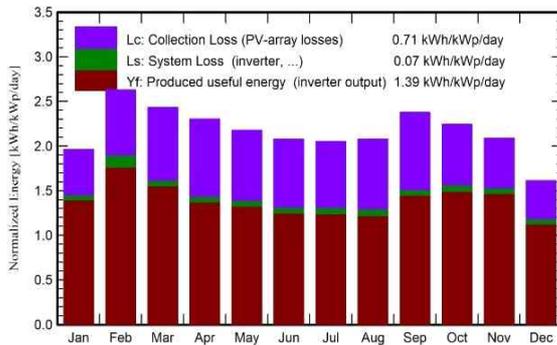
System Production

Produced Energy 32.47 MWh/year

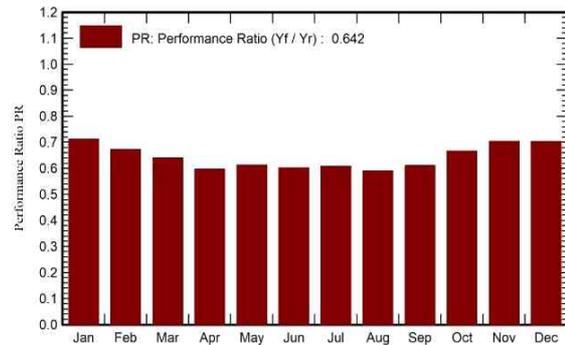
Specific production
Performance Ratio PR

507 kWh/kWp/year
64.15 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	ratio
January	87.0	54.90	22.00	60.90	49.66	2.893	2.780	0.712
February	114.7	60.90	22.60	73.53	58.44	3.414	3.168	0.672
March	147.4	82.40	24.60	75.42	55.52	3.219	3.098	0.641
April	171.0	82.60	26.90	69.09	48.37	2.765	2.644	0.597
May	195.8	75.50	28.80	67.39	49.07	2.775	2.649	0.613
June	184.1	70.00	30.00	62.29	44.94	2.530	2.405	0.602
July	179.9	68.40	29.70	63.47	46.26	2.606	2.476	0.609
August	170.6	72.90	29.50	64.37	45.69	2.577	2.430	0.589
September	152.3	66.10	28.20	71.30	50.96	2.904	2.784	0.609
October	115.5	66.90	26.50	69.58	54.11	3.113	2.967	0.665
November	90.6	54.10	25.00	62.68	51.00	2.942	2.827	0.704
December	72.4	49.40	22.69	49.87	40.66	2.353	2.244	0.702
Year	1681.3	804.10	26.39	789.90	594.69	34.090	32.472	0.642

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

Loss Diagram	<ul style="list-style-type: none"> • 해당 지역 연 평균 일사량은 1,681kWh/m²로 높게 나타나지만, 수직형 태양광 모듈에 직접 작용하는 일사량이 적음(일사각도 90도 기준, 53.02%의 손실) • 태양광 모듈 방위각에 의해 시뮬레이션 상에서는 근거리 음영 손실(Near shading loss) 16.54%가 발생 • 단, 베트남 영농형 태양광 발전 설비의 경우, 실제로는 후면 발전이 가능하므로, 근거리 음영 손실(Near shading loss)은 시뮬레이션 결과보다 낮을 것으로 예상되고, 실제 발전량은 32.47MWh보다 높을 것으로 판단.
--------------	---



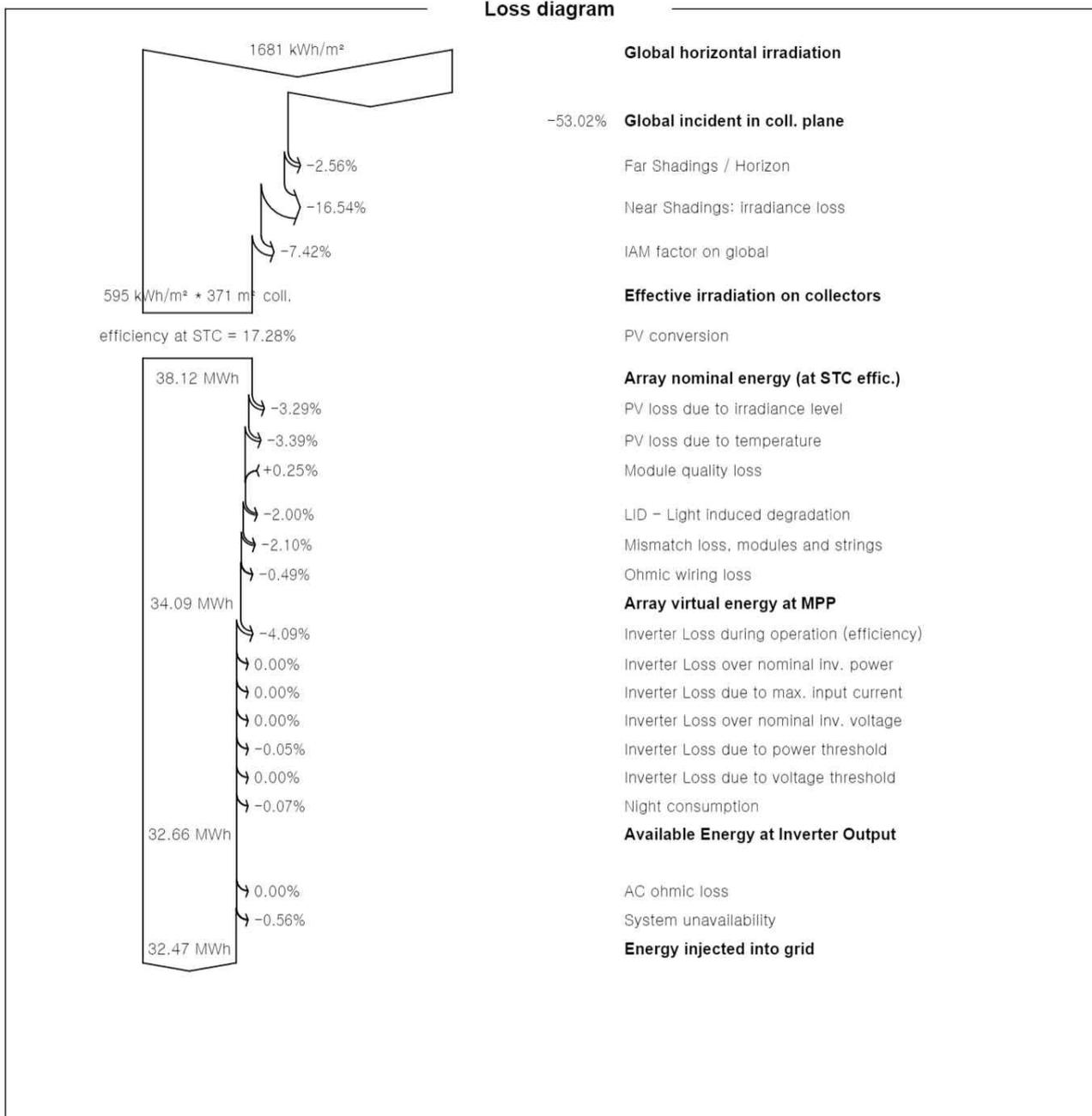
Project: VietnamArgri_231122

Variant: Full

PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:
29/11/23 15:42
with v7.2.8

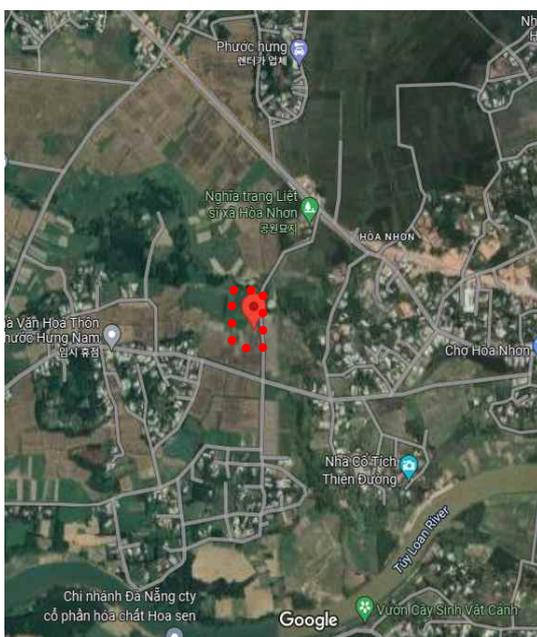
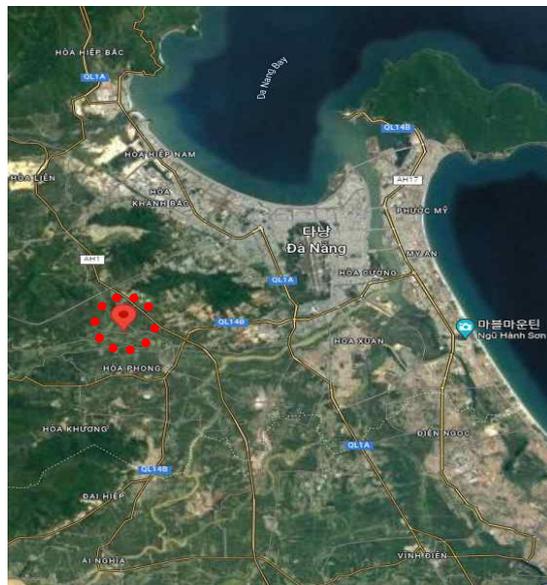
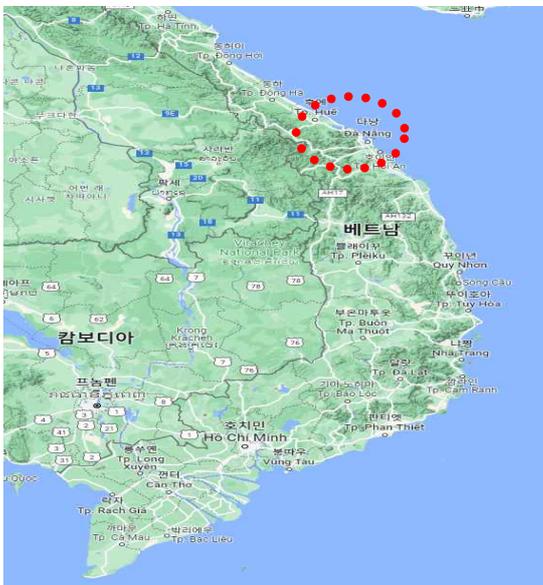
Loss diagram



- 태양광 모듈의 낙수물 제어 및 저장 장치 설계 최적화 및 제작
- 시뮬레이션을 빗물 수집 구조물 최적화
 - 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비가 설치된 베트남 다낭 현지 농경지역 과 농도(로) 사이에 농수로가 갖추어져 있어, 별도의 낙수 저장 시설을 설치하지 않음.
 - 베트남 실증 사이트 기후가 건기와 우기가 분명하게 나누어져 있으며, 토질 특성이 빗물을 자연적으로 흡수하는 점토 특성을 가지고 있고, 연평균 강수량이 매우 높아 별도의 물을 저장할 수 있는 시설이 필요없다고 판단됨

○ 실증 사이트내 영농형 태양광 발전시스템 설치 및 실증

- 실증사이트 : 244G+Q9M, HoàNhơn, HoàVang, ĐàNẵng, Thai Lai Village Vietnam (호아방 현 다낭 베트남 다낭시 화방현 화년면 타이라이 마을)



(구글위치 : 16.008015213564214, 108.12144201887236)

< 실증사이트 위성 사진 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

• 2차년도 주민 설명회

일자	2023. 05. 08
장소	타이라이마을회관(Thai Lai Village Communicatuin Center)
참석자	KETI, 타이라이마을협동조합장, 이장 및 부녀회장 등 20여명
주요 내용	무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 사업 설명 설치 완료 후 마을 기부 및 땅콩오일 공장 전력 활용

• 타이라이 마을내 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증지 변경

사유	<ul style="list-style-type: none"> • 1차년도 펜스형 무음영 발전 설비 실증지내 고압 선로 확인 - 베트남 전력공사(EVN) 이동 명령
이동 실증지 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 실증지에서 반경 2km내, 임대 가능한 곳 • 경작지 정리 완료 및 벼농사 지역 • 우기시 배수가 용이한 곳 • 무음영 영농형 태양광 발전 설비 설치 공사시 자재 이동이 용이한 곳 • 무음영 영농형 태양광 발전 설비용 전기실을 설치할 수 있는 곳 • 향후 전력 활용 예정인 땅콩 오일 공장에서 근접 • 펜스형 및 루프탑형 무음영 영농형 태양광 발전 설비 집적화 가능



< 펜스형 및 루프탑 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 설치 지역 >

- 2차년도 1차 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 시공

- 설치 용량 : 펜스형 20kW, 루프탑 20kW
- 용역 기업 : Wee Energy(Weeviet Energy (베트남 현지 참여기업) 한국 자회사)
 - ✓ 내자 계약 사유

- : 사업기간내 총 60kW급 무음영 영농형 태양광 발전 설비 설치 완료
- : 베트남 현지 농사 일정을 고려, 시공 기간이 벼농사 휴지기인 05월~07월에 가능
- : 내자 계약을 통한 계약 과정 단순화

베트남 지사 계약서
(Vietnam Agent Contract)

〈주〉위에너지(이하 "갑")와 WEEVIET ENERGY Co., Ltd(이하 "을")는 다음과 같이 베트남 지사 계약을 체결하고 이를 증명하기 위해서 날인 후 각 1통씩 보관하기로 한다.
We Energy Co., Ltd. [hereinafter referred to as "Part A"] and WEEVIET ENERGY Co., Ltd. [hereinafter referred to as "Part B"] signs the contract with the agent in Vietnam as follows and keep one copy each after sealing to prove it.

제1조 (계약의 목적)

Article 1 (Purpose)

이 계약은 "갑"과 "을"간의 해외 베트남 지사 계약에 관한 전반적인 사항을 규정하고 상호 협조와 믿음으로써 이를 성실히 준수하여 공동의 번영과 발전에 이바지함을 그 목적으로 한다.

The purpose of this contract is to contribute to common prosperity and development by stipulating the overall matters regarding the overseas Vietnamese agent contract between "Part A" and "Part B" and faithfully complying with them through mutual cooperation and trust.

제2조 (사업의 개요)

Article 2 (Business Overview)

2-1 "갑"이 보유하고 있는 모든 정보 및 기술을 "을"에게 공급하고 "을"은 "갑"이 제공하는 정보를 활용하여 베트남 및 동남아시아의 사업을 독점 운영한다.

2-1 "Part A" supplies all information and technology it possesses to "Part B", and "Part B" exclusively operates business in Vietnam and Southeast Asia by utilizing the information provided by "Part A".

2-2 "갑"은 "을"의 대표이사를 선임하고, 운영에 관한 의사 결정을 갖는다.

2-2 "Part A" appoints the representative director of "Part B" and has the right to make decisions about operation.

제3조 (베트남 지사의 명칭)

Article 3 (Name of Agent in Vietnam)

본 계약에 따라 "갑"과 "을"은 업무 수행을 위해 지사의 명칭을 아래와 같이 한다.

In accordance with this contract, "Part A" and "Part B" shall name agent as follows in order to carry out their business.

- Part B : WEEVIET ENERGY Co., Ltd



Land use right lease contract for agriculture solar R&D testing (한국 Agency와 계약)

Land use right lease contract for agricultural solar R&D testing.

Thai Lai Village People and WEE ENERGY confirm the friendly relationship between each other and sign the following agreements based on mutual trust for joint development of solar power agricultural and contribution to the supply of renewable energy in Vietnam.

Article 1 [Purpose of Project]

This project aims to actively respond to the Vietnamese government's response to climate change and the supply of new and renewable energy through joint development of new and renewable energy generation projects, as well as to create social and economic shared values by promoting the local economy and related projects in Vietnam through cooperation between the parties of this agreement.

Article 2 [Condition]

1. Address : Thai Lai Villager
2. Land Size : 1) Rice Farm 2989m² 2) Fence Line 120m
3. Lease Period : 1) Development : 2022. 8.1 - 2023.12.31
2) Monitoring Period. 2024. 1.1~2026.12.31

4. Lease Expense

No	Name Village People	Acreege(M ²)	Unit price/500 m ² / 1 year	Unit price/500 m ² / 5 year	Signature
01	ĐỒ HỮU THIÊN	1285	5.140.000	25.700.000	
02	NGUYỄN MỸ	624	2.496.000	12.480.000	
03	NGUYỄN ĐĂNG TỬU	650	2.600.000	13.000.000	
04	TRẦN VĂN MINH	552	2.208.000	11.040.000	
Total		3111	12.444.000	62.220.000	

개발기간 : 2022.08.01~2023.12.31
성과활용기간 : 2024.01.01~2026.12.31

Article 3 [Role sharing, etc.]

1. The villagers named in the above list are responsible for handing over the ground for Wee ENERGY to implement the project agricultural solar R&D testing.

2. WEE ENERGY :

- 1) Payment of Lease Expense
- 2) Development and demonstration of a standard model for agricultural-based solar power generation in Vietnam.

Article 4 [Confidentiality]

The parties to the agreement shall not use, leak or reveal any information or documents acquired through this agreement for the purposes other than the promotion of this project without prior written consent even after the agreement ends. However, this is not the case of breach in the case of public notice or when disclosure is required by law.

Article 5 [Legal binding force]

This agreement lists the matters of cooperation between the parties and is not legally binding except for Article 5.

Article 6 [Other matters]

Other matters not specified in this agreement and details related to the promotion of this project are handled under separate consultation.

To prove the conclusion of this agreement and its contents, prepare two copies of the agreement for 2 parties to sign and keep one copy each.

THAI LAI VILLAGE PEOPLE

Bo Huu Thien

Nguyen Dang Tuu

Nguyen My

Tran Van Minh

WEE ENERGY,co.,Ltd

CEO Representative

Mr. Han Unki



5. Solar Power Capacity : 60kW(20kW / Fence Type, 40kW / Agricultural Type)
6. Solar Power Management
 - Mandatory research and monitoring by 2028.12.31
 - Transfer the rental fee to Thai Lai Saemaual cooperative after 2028.12.31
 - Thai Lai Saemaual cooperative and village can use solar power as soon as it is generated

< 베트남 다낭 타이라이마을과 실증지 사용 계약서 >

베트남 실증을 위한 투과율 20% 태양광 모듈을 적용한 설치 용량 20kW 무음형 영농형 태양광 설치/실증 및 유지보수 용역 제안서

Proposal for Transmittance 20% solar module applied installation capacity 20kw Shade Agricultural solar power system Installation/Demonstration and Operating & Maintenance in Da Nang city, Vietnam

2023. 07.



1. 용역의 명칭 및 기간 (Project Name and Period)

- 용역의 명칭 : 베트남 다낭/타이라이마을 농사환경을 고려한 투과율 20% 태양광 모듈을 적용한 설치 용량 20kW급 용역 최소화 (무음형) 루프탑 태양광 발전 시스템 현지 사이트 설치 / 실증 및 유지보수
Project Name: Transmittance 20% solar module applied installation capacity 20kW Shade Minimization Considering Agricultural Environment in Thai Lai Village, Danang city, Vietnam/ (No Shade) Rooftop Solar power system Installation/ Demonstration and Maintenance

- 용역의 기간 : 2023. 07. 01 - 2023. 10. 31
Period : 07.01. 2023 ~ 10. 31, 2023
* 유지관리 조건: 설치 후 5년간
Maintenance Condition: 5 years after installation

2. 주요 내용 및 범위 등 (Main Content and Work Scope)

- 추진전략 (Promotion Strategies)
 - 베트남 농사환경을 고려한 투과율 20% 모듈 적용, 20kW급 용역 최소화(무음형) 태양광 발전 설비 설치
20kW class shadow minimization (no shadow) solar power generation facility applying a 20% transmittance module considering the agricultural environment in Vietnam
 - 무음형 태양광 설치 후 쌀농사 환경 모니터링을 위한 현지 실증사이트 부지확보
Securing a site for a field demonstration site for rice agricultural environmental monitoring after installation of solar power
 - 영농형 루프탑형 모듈, 영농형 루프탑형 구조물 현지 운송 및 시공
Local transportation and construction of agricultural rooftop-type structures
 - 다낭 협동조합과 상호협력 및 한국의 태양광 기술 전수를 통한 유지관리 수행
Conducting mutual cooperation with Da Nang Cooperative and maintenance by Korean solar technology specialization

1) (차관) 산업기술혁신사업 공통 운영요청 일부 개정안 제46회(의정) 종료 후 활용 보고 및 평가
①추진연구개발기관의 장은 별도 서식에 의한 결과 활용보고서를 연구개발과제가 종료된 해의 다음 해부터 5년간 매년 2월 말까지 전문기관에 제출하여야 한다.

< 무음형 영농형 태양광 발전 설비의 시공 및 유지보수 계약서 >

• 용역 주요 내용 :

- ✓ 영농형 펜스형 모듈 및 구조물 이동 설치
- ✓ 영농형 루프탑형 모듈 및 펜스형 구조물 현지 운송 및 시공
- ✓ 타이라이마을협동조합과의 상호협력 및 한국 태양광 기술 전수를 통한 유지관리 수행



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비의 유지보수 방안>



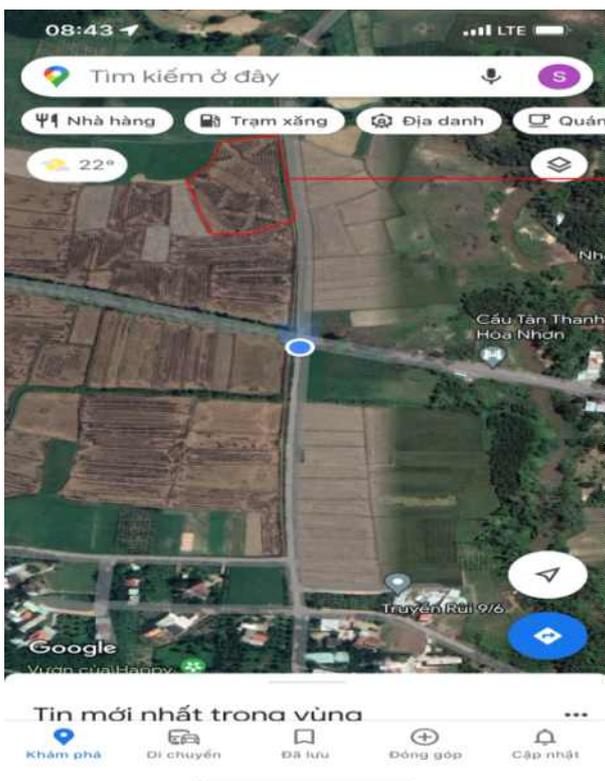
< 2차년도 1차 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 주요 용역 내용 및 일정 >

- 용역 공사 기간 : 23.05~07
- ✓ 공사 전 사전 회의 진행



< 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 공사 전 시공 설계 회의 >

- ✓ 2차년도 1차 20kW급 루프탑 무음영 영농형 태양광 발전 설비 시공 설계

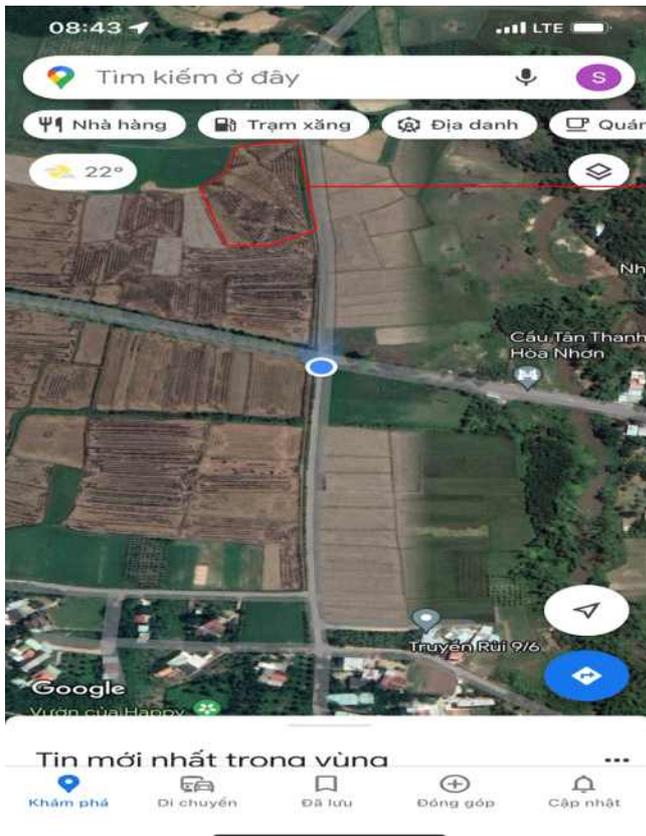


무음영 영농형 태양광 발전 설비의 베트남 실증사이트



< 2차년도 루프탑형 무음영 영농형 태양광 발전 설비 시공 설계 >

✓ 2차년도 1차 20kW급 루프탑 무음영 영농형 태양광 발전 설비 시공 설계



무음영 영농형 태양광 발전 설비의 베트남 실증사이트



< 2차년도 루프탑형 무음영 영농형 태양광 발전 설비 시공 설계 >

✓ 2차년도 1차 20kW급 루프탑 무음영 영농형 태양광 발전 설비 자재



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



< 광투과율 15% 영농형 태양광 모듈 >



< 광투과율 8% 영농형 태양광 모듈 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비용 Inverter >



< 영농형 태양광 모듈용 루프탑형 구조물 자재 >

- ✓ 2차년도 루프탑 무음영 영농형 태양광 구조물 및 모듈 조립 시뮬레이션
 - : 공동연구개발기관 썬웨이(주)에서 베트남 현지 맞춤형 영농형 태양광 발전 설비용 구조물의 파트별 설명 및 조립/시공 기술 교육 및 전수
 - : 총 2set 조립 시연 및 시공·설치 교육 실시

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 영농형 태양광 모듈용 루프탑형 구조물 조립 시뮬레이션 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 영농형 태양광 모듈용 루프탑형 구조물과 태양광 모듈 조립 시뮬레이션 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

✓ 2차년도 루프탑 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증지 점검



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 시공 전 실증지 현장 점검 >

- ✓ 2차년도 루프탑형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 시공 현장 감독
- : 베트남 현지의 고온·다습의 무더위 및 공사 인원의 사고방지를 위하여 오전 6시부터 11시, 오후 16시부터 18시 하루 두차례 시공 공사를 진행함
- :루프탑형 구조물의 헬리컬 시추 공사



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

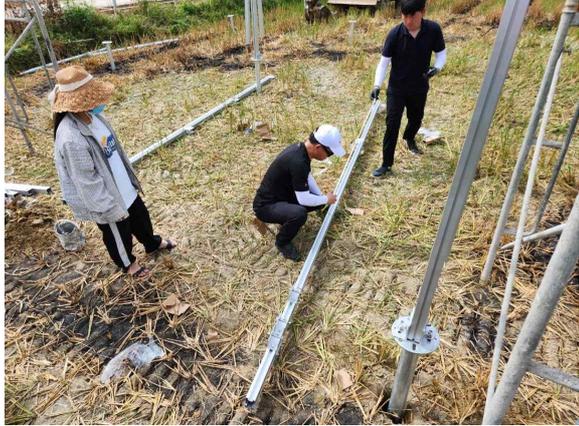


< 루프탑형 영농형 태양광 구조물 공사 확인 >

: 루프탑형 구조물 조립 시연 및 기술 전수



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 루프탑형 영농형 태양광 구조물 조립 기술 교육 및 전수 >

: 루프탑형 구조물과 태양광 조립 시연 및 기술 전수



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 루프탑형 영농형 태양광 발전 설비 2set 시공 시연 >

- ✓ 2차년도 1차 20kW 루프탑형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 시공
 - : 국내 외부전문가를 통한 중간 용역 검수 진행
 - : 우도에너지(태양광 발전 설비 시공 전문기업) 우성철 대표, 에스테코(태양광 발전 설비 시공 검수 및 O&M 전문기업) 최훈주 대표



< 중간 용역 점검 외부 전문가 및 현장 사진 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



< 2차년도 1차 20kW 루프탑형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 공사 현장 >



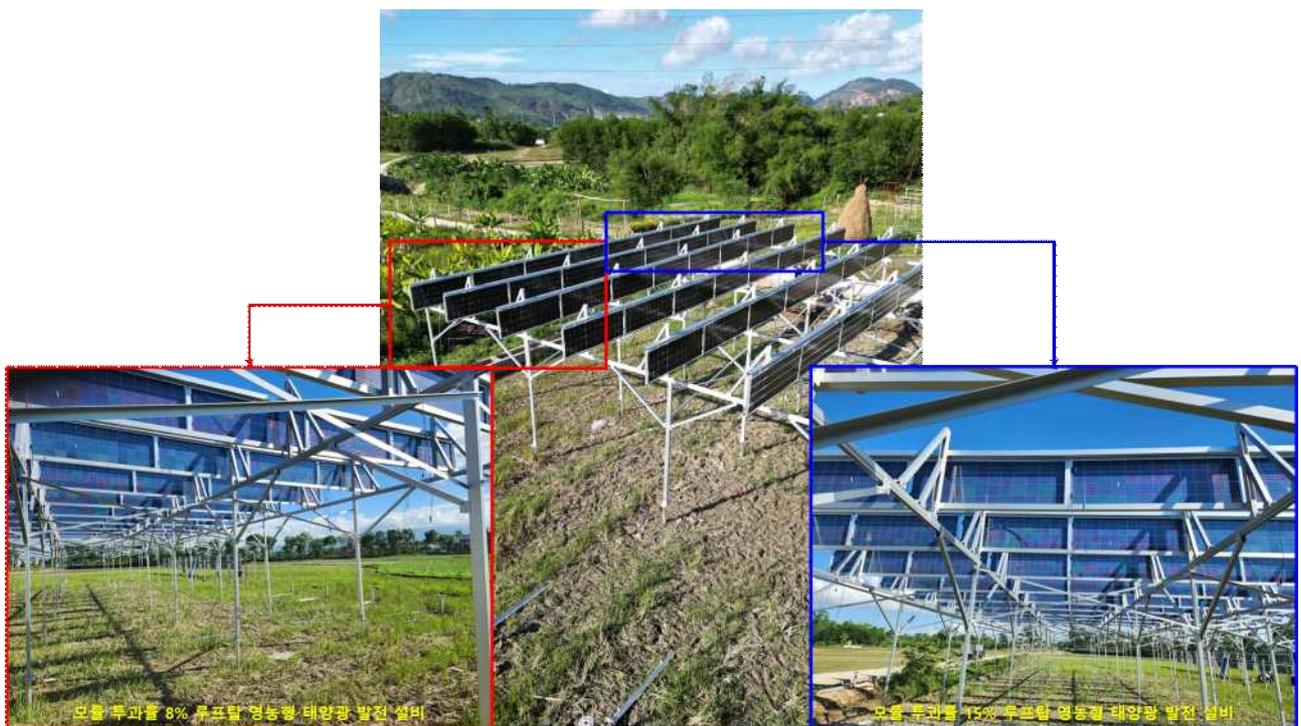
2차년도 1차 20kW 루프탑 영농형 태양광 발전 설비 드론 촬영



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 2차년도 1차 20kW 루프탑형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 시공 완료 >



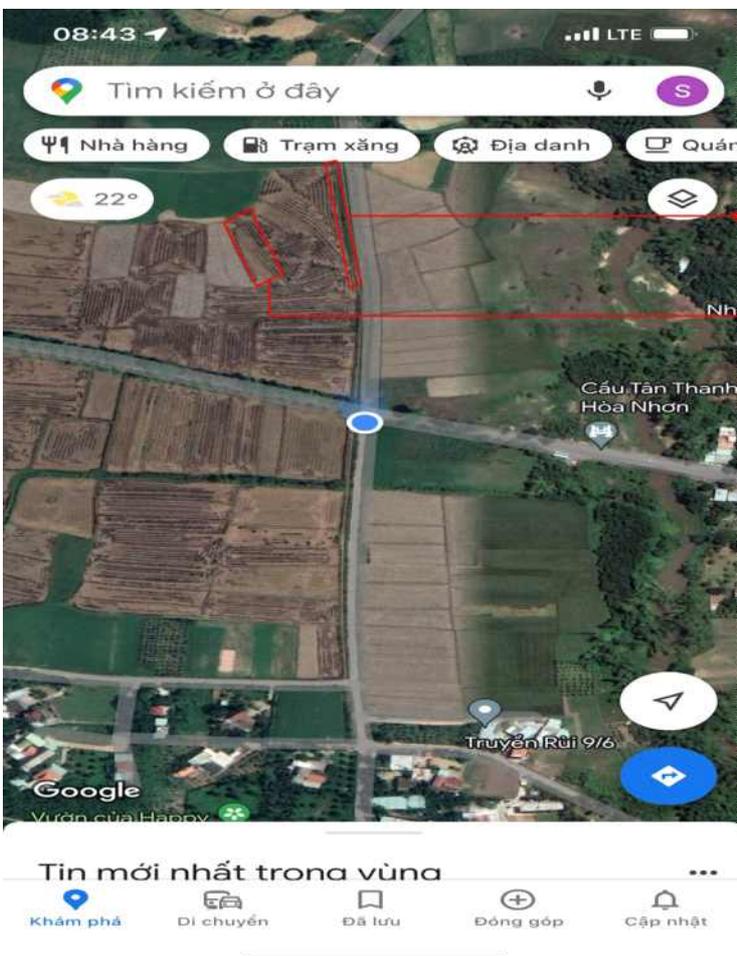
<2차년도 1차 20kW 루프탑형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 시공 완료(모듈 배치)>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 투과율 20%/20kW 루프탑형 영농형 태양광 모듈 설치 예정 구조물 시공 >

- ✓ 1차년도 20kW 펜스형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 이동 설치
: 이동 설치 위치 및 모듈 간 간격 확인



1차년도 펜스형 무음형 태양광 발전 설비 이동 설치 지역

< 1차년도 20kW 펜스형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 이동 설치 위치 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 1차년도 20kW 펜스형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 이동 설치 공사 >



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



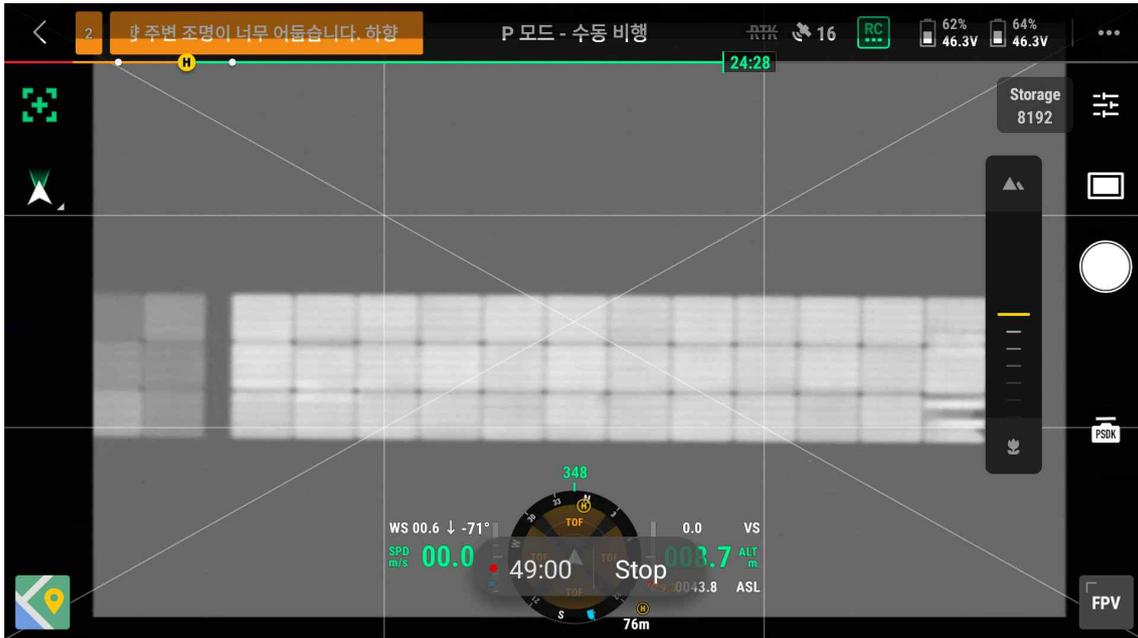
< 1차년도 20kW 펜스형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 이동 설치 완료 >



< 20kW 펜스형 및 루프탑형 무음영 영농형 태양광 발전 설비 시공 완료 >

- ✓ 드론을 활용한 항공 적외선 촬영
: 설치된 태양광 모듈의 이상유무 확인

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 설치된 태양광 모듈의 드론 적외선 활용 사진>

✓ 20kW 펜스형 및 루프탑형 무음영 영농형 태양광 발전 설비 음영 확인
 : 시공 완료 후, 실증지(논)의 음영 확인





< 루프탑 영농형 태양광 발전 설비 내 음영 >



< 펜스형 영농형 태양광 발전 설비내 음영 >

- 2차년도 1차 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 외부공인시험기관 입회 검증
 - 설치용량 : 펜스형 20kW, 루프탑 20kW
 - 입회기관 : 한국기계전기전자시험연구원(KTC) 황수현선임, 한국광기술원 기현철책임
 - 입회검증 : 태양광 모듈 간이 투과율 및 모듈 출력 전압, 시공 설치 및 용량
 - 결과물 : 설치 용량 입회시험 성적서 및 설치 용역 입회 검수보고서

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

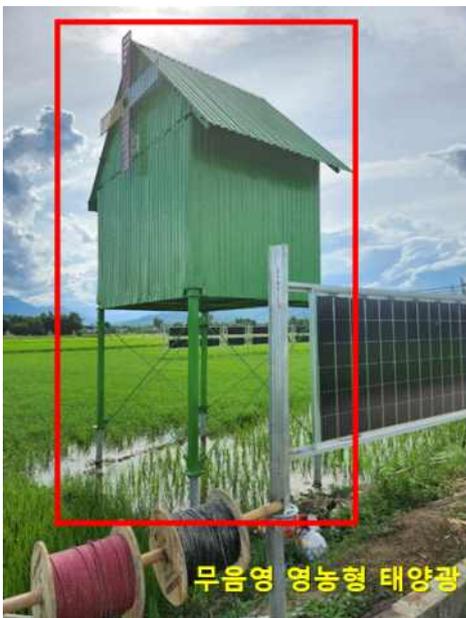


< 20kW 펜스형 및 루프탑 무음영 영농형 태양광 발전 설비 입회 시험 전문가 >



무음영 영농형 태양광 발전 설비 베트남(다낭 타이라이마을) 실증 사이트 전경

< 베트남 실증사이트(다낭시 타이라이마을) 전경(23.07월) >



무음영 영농형 태양광 발전 설비용 전기실(인버터 및 수배전반 설치 예정)

< 무음영 영농형 태양광 발전 설비용 전기실(인버터 및 수배전반 설치 장소) >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



KTC
Korea Testing Certification Institute

시험 성적서

시험서 번호 : GT2023-06046

회사명 : 한국전자기술연구원
대표자 : 신희동
주소 : 경기도 성남시 분당구 새너희로 25 (마침길)

1. 시 료 명 : 40kW 무음형 영농형 태양광 발전 설비
- 규격 및 형식 : 20kW 펜스형 무음형 영농형 태양광 발전 설비, 20kW 루프탑형 무음형 영농형 태양광 발전 설비

2. 설치처의 용도 : 과계 계측용(과재번호 : 32205-02)

3. 접수일자 : 2023년 06월 21일

4. 시험일자 : 2023년 07월 03일 ~ 2023년 07월 07일

5. 시험방법 : 시험자 제시 기준시험 (수치비 준용)

6. 시험결과 : 불합격

시험자 : 홍승희 유연재 : 구왕기 주광희

1. 과 명 : 과계 계측용(과재번호 : 32205-02) 1차 시험(과제 A) 인공 조명 시험, 시험자 제시 기준 시험 및 시험방법에 대한 불합격
2. 과 명 : 과계 계측용(과재번호 : 32205-02) 2차 시험(과제 B) 인공 조명 시험, 시험자 제시 기준 시험 및 시험방법에 대한 불합격
3. 과 명 : 과계 계측용(과재번호 : 32205-02) 3차 시험(과제 C) 인공 조명 시험, 시험자 제시 기준 시험 및 시험방법에 대한 불합격



한국기계전기전자시험연구원

www.ktc.or.kr 02-7738 통영대로 106-2 영등포구 대림동 3가
TEL : 1800-7058 FAX : 02-7701-0921

사서 02200-015 (Box 15) Page : 1 of 10



KTC
Korea Testing Certification Institute

시험 결과

시험서 번호 : GT2023-05464

시험 항목	시험 기준 및 방법	단위	시험 결과
태양전지 모듈	시험 전 모듈의 육안 검사 상으로 이상이 없을 것 (인증규격 : KSC IEC 61215, 10.1.1.1) - 모듈 규격 : 크레, 구부러짐, 갈라짐 - 셀 : 깨짐, 크랙 - 배후집속 또는 광합성판 - 셀과 셀, 셀과 프레임 간의 접촉 - 접착제 접합이 없을 것 - 셀과 모듈 끝 부분을 연결하는 기호 또는 표시 등	-	적합 (이상 포함)
	모듈은 출력이 검증된 제품을 사용할 것	-	적합 (제외시험 GT2023-19236, GT2023-09381)
구조물 및 치온	풍동 시험도급 또는 풍동 부연제 도장처리자가 되어 있을 것.	-	적합
	접거물과 및 너트는 부식방지 처리 되었는지 되어 있을 것.	-	적합
	유연재 줄, 균열, 크랙 등의 결함이 없을 것.	-	적합
	구조물이 풍상 시공 후 모듈 수 있는 스트러스트에 풍동제 견딜 것.	-	적합
예산	모듈에 예산 값안에 포함되지 않았거나 인형하여 인입 것.	-	적합
설치 용량	설치 용량이 30kW를 넘을 것.	-	적합

1. 시험장소 : Hwa Nyon, 호이안 판 라남 베트남 기타달리 시험실 (최근형 하이리더 포함)
2. 시험기간 : 2023. 07. 03. ~ 2023. 07. 07.
3. 재 용 량 :
1) 20kW 펜스형 무음형 영농형 태양광 발전 설비
2) 20kW 루프탑형 무음형 영농형 태양광 발전 설비
4. 설치용량 :
1) 펜스형 : 362 W + 35 EA + 181 W + 28 EA = 242 W + 22 EA = 22.42 kW
2) 루프탑형 : 242 W + 88 EA = 21.80 kW
* 모듈 출력을 시험서명 'GT2023-19236', 'GT2023-09381'로 시험서명함.
* 태양광 발전설비 용량의 오류 발생 용량을 기준으로 산정하였음.
5. 직 부 : 시스템 및 구성품 사진



한국기계전기전자시험연구원

www.ktc.or.kr 02-7738 통영대로 106-2 영등포구 대림동 3가
TEL : 1800-7058 FAX : 02-7701-0921

사서 02200-015 (Box 15) Page : 2 of 10

<20kW 펜스형 및 루프탑형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 설치 용량 입회시험성적서>



한국광기술원

수신자 : 한국전자기술연구원 전북지역본부
(경유) IT 융합센터 정학준

제 목 : 2차년도 베트남 현지 무음형 영농형 태양광 발전 설비설치에 대한 입회검수 결과보고

1. 귀 기관의 우장한 발전을 기원합니다.

2. 귀 기관에서 의뢰한 「2차년도 베트남 현지 무음형 영농형 태양광 발전 설비설치에 대한 입회 검수(사업명 : 농민식용수출비즈니스 전략모형 구축사업)」 결과보고서를 아래와 같이 제출합니다.

- 아 래 -

가. 보고서명 : 2차년도 베트남 현지 무음형 영농형 태양광 발전 설비설치에 대한 입회검수 결과보고서
나. 입회검수기간 : 2023.07.03.(월) ~ 06(목)
다. 입회검수 및 보고서 작성자 : 광에너지연구본부 AI에너지연구센터 기현철 책임 연구원

붙임 2차년도 베트남 현지 무음형 영농형 태양광 발전 설비설치에 대한 입회검수 결과보고서(별첨) 1. 끝.



한국광기술원



2023년 7월 10일 기현철

2차년도 베트남 현지 무음형 영농형 태양광 발전 설비설치에 대한 입회검증 결과보고서

작성자 : 기현철
소 속 : 한국광기술원
작성일 : 2023. 7. 10.

<20kW 펜스형 및 루프탑형 무음형 영농형 태양광 발전 설비 설치 용역 입회시험성적서>

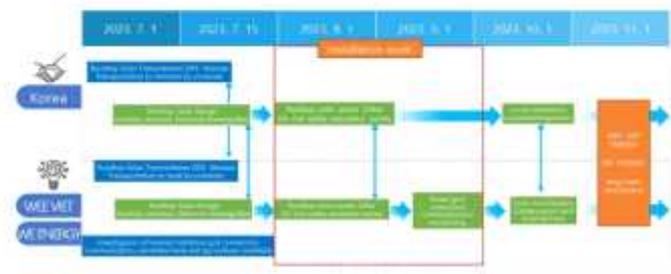
- 2차년도 2차 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 시공

- 설치 용량 : 루프탑 40kW
- 용역 기업 : Weeviet Energy (베트남 현지 참여기업)
- 용역 기간 : 23.07~11 / 시공 설치 기간 : 23.09~11(농번기 23.07~09)
- 용역 주요 내용 :
 - ✓ 영농형 루프탑형 모듈 및 펜스형 구조물 현지 운송 및 시공
 - ✓ 타이라이마을협동조합과의 상호협력 및 한국 태양광 기술 전수를 통한 유지관리 수행

**베트남 실증을 위한 투과율 20% 태양광
모듈을 적용한 설치 용량 20kW 무음영
영농형 태양광 설치/실증 및 유지보수 용역
제안서**

**Proposal for Transmittance 20% solar module
applied installation capacity 20kw Shade
Agricultural solar power system
Installation/Demonstration and Operating &
Maintenance in Da Nang city, Vietnam**

2023. 07.



< 2차년도 2차 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 유지보수 및 주요 용역 일정 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 2차 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 시공 용역 전 실증 사이트 점검



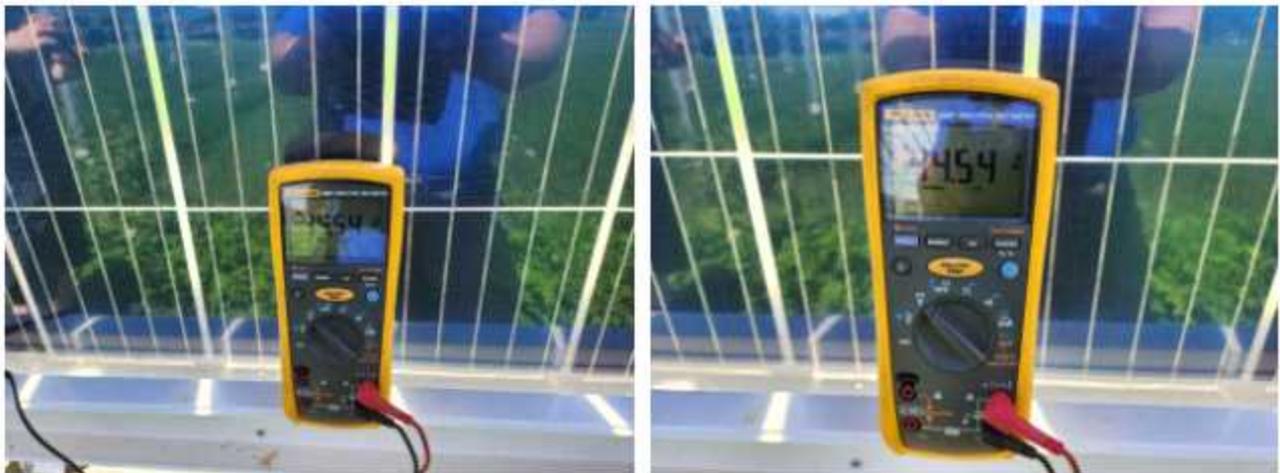
< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증지 전경 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

✓ 전기실내 인버터 설치 및 태양광 모듈 정상 동작 확인



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비용 전기실내 인버터 설치 확인 >



< 무음영 영농형 태양광 모듈 정상 동작 확인 >

✓ 펜스형 및 루프탑형 일부가 설치된 실증지내 작물(벼) 생육 확인



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증지내 작물(벼) 생육 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

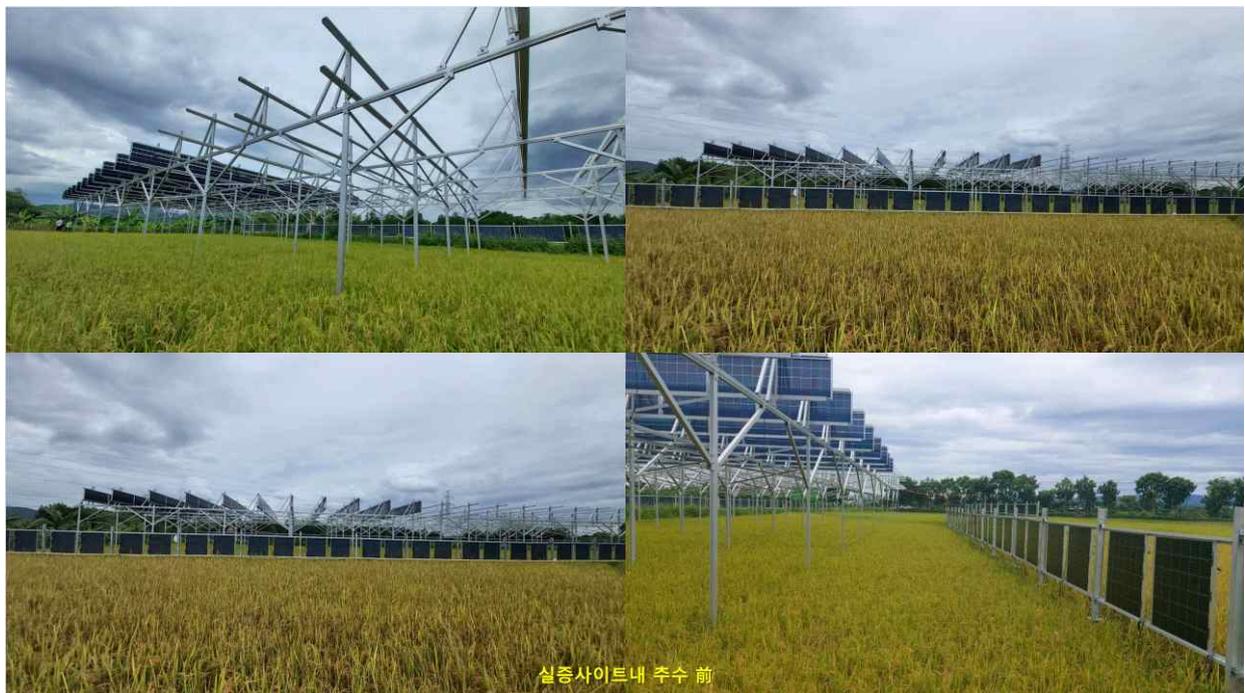
✓ 펜스형 및 루프탑형 태양광 발전 설비 음영 확인



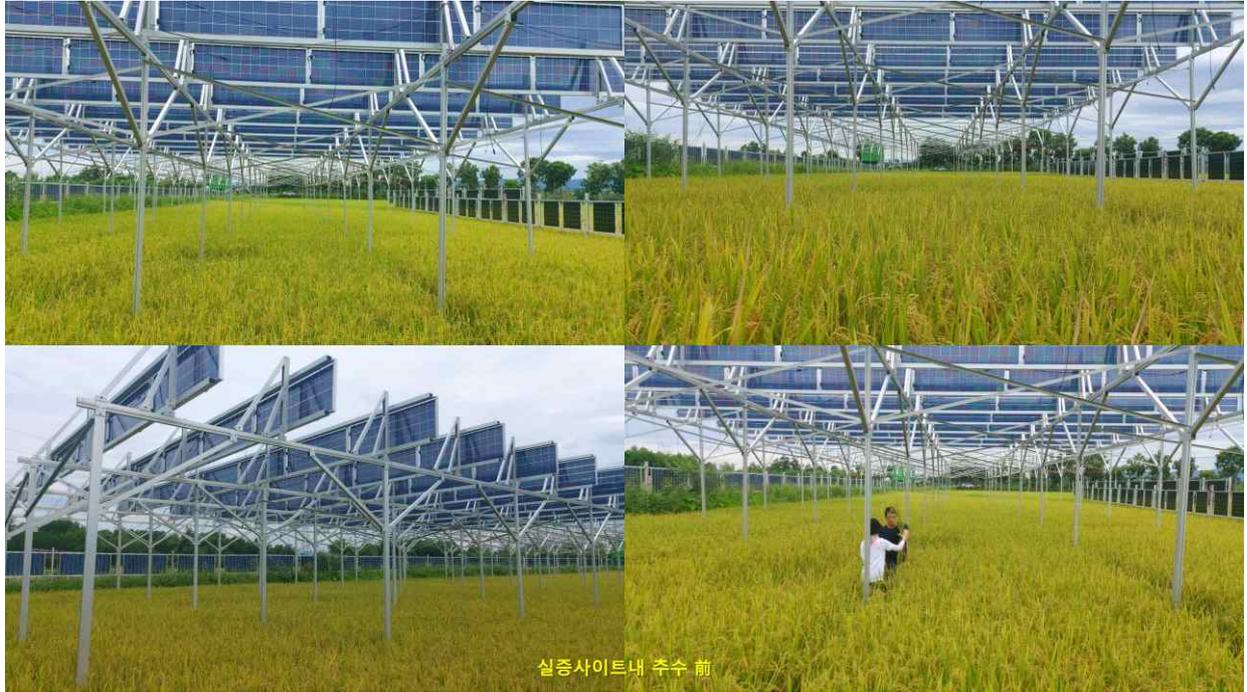
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



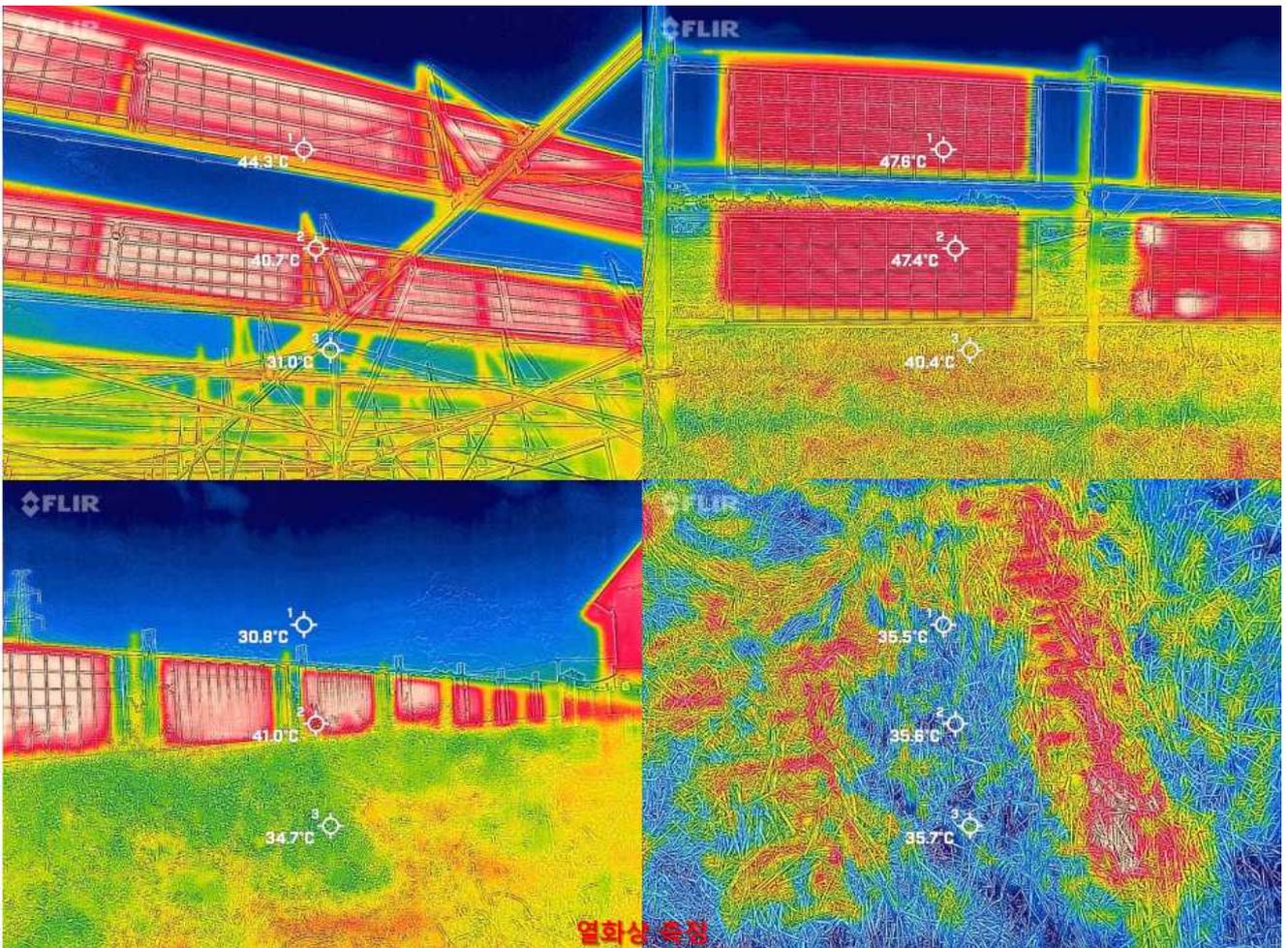
- 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트내 추수 전·후
 - ✓ 추수 전·후 실증사이트 확인 : 23.09.16~19
 - ✓ 추수 전 실증사이트내 벼 재취



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 추수 前, 실증사이트 및 벼 채취 >



< 추수 전, 태양광 모듈 및 실증사이트내 작물 열화상 카메라 측정 >



< 추수 후, 실증사이트 >

- 2차년도 2차 40kW 루프탑형 무음영 영농형 태양광 발전 설비 시공
✓ 투과율 20% 루프탑형 태양광 모듈 자재 도착 현장 검수 : 23.09.16

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 투과율 20% 루프탑형 태양광 모듈 현지 도착 및 하자 검수 >

✓ 2차년도 2차 루프탑형 태양광 모듈 설치 시공

: 투과율 15% 및 20% 모듈 설치

: 설치 용량 40kW

: 썬웨이(주) 김승진 연구소장, 김도영 대리



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



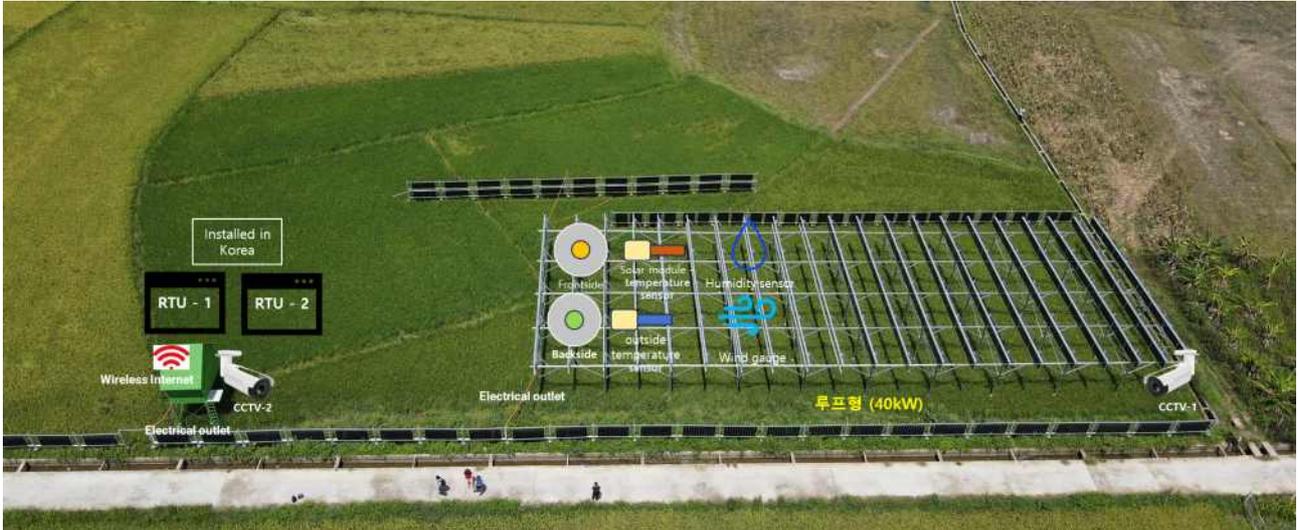
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 60kW급 무음영 영농형 태양광 발전 설비 시공 완료
 - 설치 용량 : 약 64kW
 - 시공 완료 : 2023.10.31



< 60kW급 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 항공(드론) 촬영 >

- 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 모니터링 시스템 설치
 - 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비의 건전성(환경) Data 수집
 - ✓ 건전성(환경) Data : 온도, 일사량, 풍향, 습도
 - 설치 위치 : 루프탑형 태양광 발전 설비 상부
 - ✓ 태양광 발전 설비 확인용 CCTV 설치 : 전기실 상단 및 펜스형 상단



< 60kW급 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 모니터링 센서 설계 >



< 60kW급 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비용 인버터 설치(전기실내) >



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 60kW급 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 모니터링 센서 >

- 모니터링 시스템 설치 전 태양광 발전 실증 설비 및 실증지 사전 점검/준비
✓ CCTV 우선 설치



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



< 60kW급 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 감시카메라(CCTV) 동작 확인 >

- 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 모니터링 시스템 설치



< 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 모니터링 시스템 설치 현장 >



< 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 모니터링 시스템 설치 완료 >

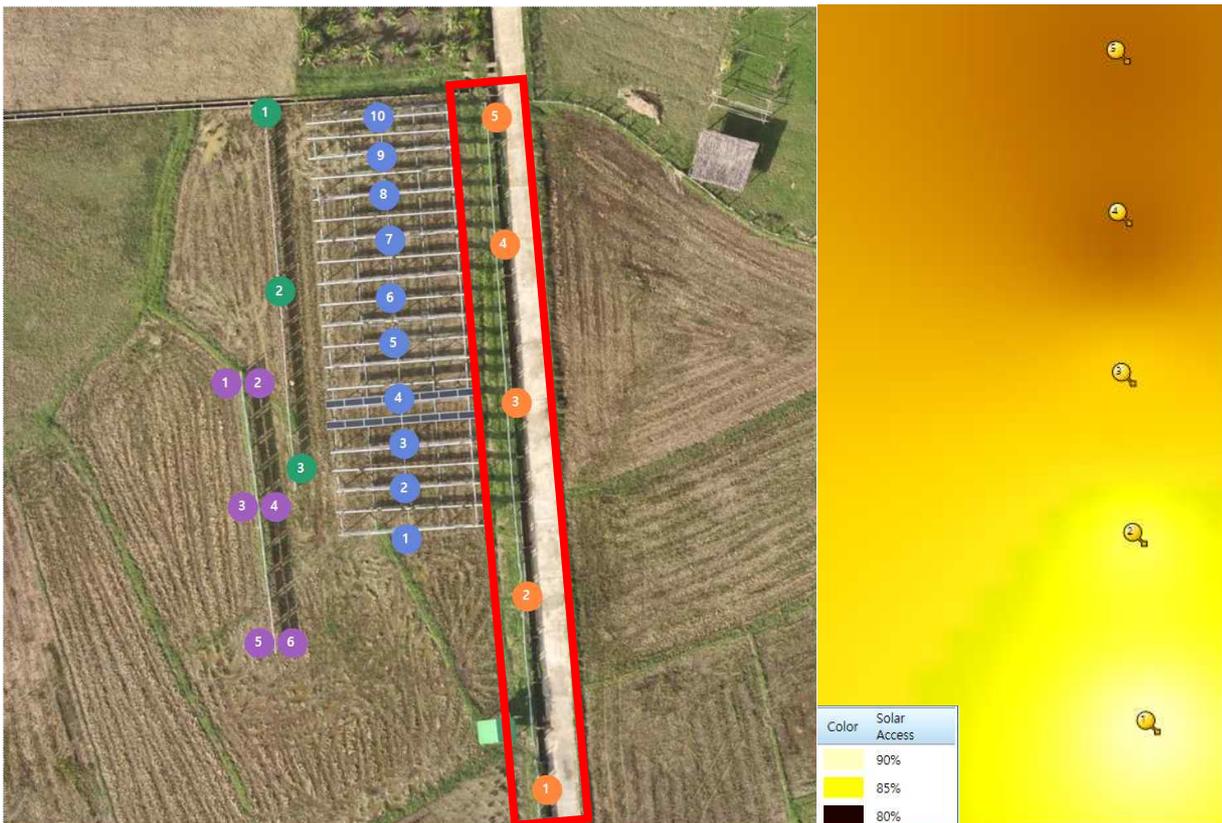
- 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 외부전문가 입회 검증

- 설치 용량 : 펜스형 20kW, 루프탑 40kW
- 입회 검증 주요 내용
 - ✓ 실증 설비 성능 진단 : 발전량 및 일사량, 구조물 설치 및 태양광 모듈 EL 측정
 - ✓ 2차 용역 검수 : 20kW 루프탑 태양광 발전 설비 시공 완료 검수
 - ✓ 최종 설치 용량 입회 시험 : 시험성적서 발급
- 입회 검증 외부 전문 기관
 - ✓ 실증 설비 성능 진단 : (주)에스테코
 - ✓ 2차 용역 검수 : 한국광기술원(Kopti)
 - ✓ 최종 설치 용량 입회 시험 : 한국기계전기전자시험연구원(KTC)
- 입회 검증 일자 : 2023.11.12.~16

- 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 성능 진단
✓ 음영 분석



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비의 구조별 음영 측정 포인트 >



< 도로변 펜스형 태양광 모듈 음영 측정 point(좌) 및 음영 지수(우) >
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 수직형(루프탑) 태양광 모듈 음영 측정 point(좌) 및 음영 지수(우) >



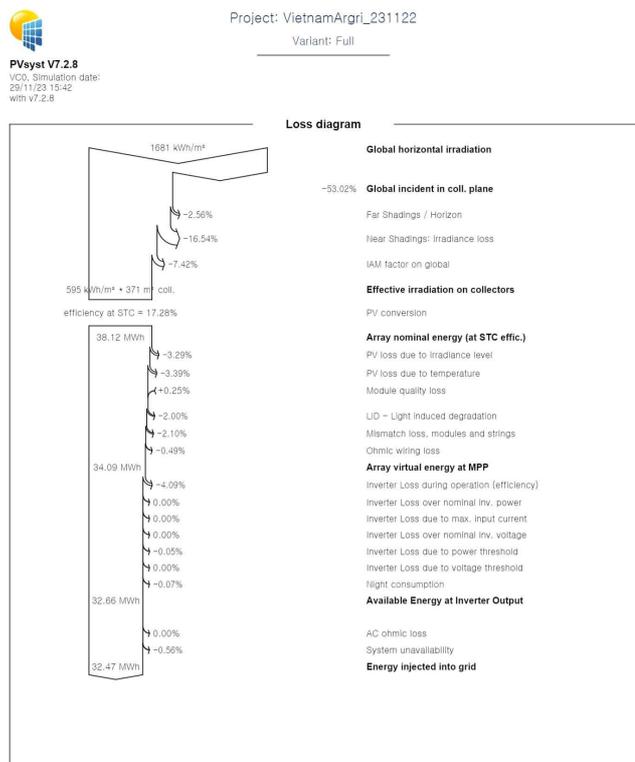
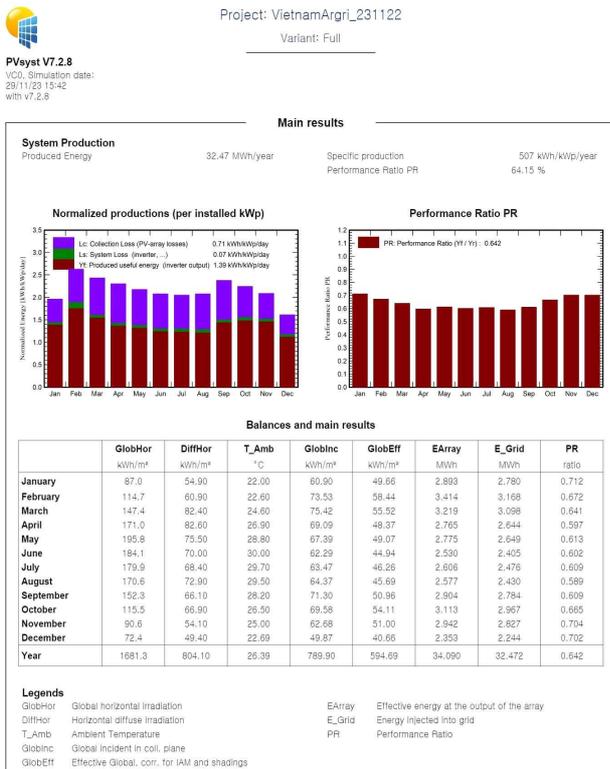
< 펜스형 Half 태양광 모듈 음영 측정 point(좌) 및 음영 지수(우) >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 펜스형 2단 태양광 모듈 음영 측정 point(좌) 및 음영 지수(우) >

- ✓ 베트남 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 발전량 성능 진단(예측) 결과
- : 예상 연간 태양광 발전량 약 32.47MWh
- : 예상 연평균 일사량 1.681kWh/m²



< 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 성능 진단(예측) 결과 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

✓ 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 일사계수 확인 및 ET 측정



< 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 일사 계수 확인 >



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



< 무음영 영농형 태양광 모듈 야간 EL 측정 >

한국전자기술연구원

베트남 영농형 태양광발전소 설비점검 보고서

60kW 무음영 영농형 태양광 발전 설비 성능진단 설비점검 보고서



STECO
2023년 12월 01일

본 점검보고서는 태양광발전소 운영에 있어 안전확보를 위해 점검되는 태양광 모듈, 인버터, BESS 시스템 및 기타 발전설비의 정기적 성능과 안전상태를 점검하고 이에 대한 점검의 결과결과를 기록하여 사전에 사고발생예방에 대응할 수 있도록 하기 위하여 작성된 것으로, 점검결과를 바탕으로 사후를 계획합니다.

본 점검 결과는 고객사로부터 사전 제공된 정보와 현장점검시 측정결과에 따라 수집한 측정결과에 근거로 존재할 수 있으며 본 보고서의 작성 목적은 고객에게 유용한 자료 제공을 위한 것이며, 최종결과는 해당 점검대상 관련자로부터 확인을 받은 후 최종적으로 안전확보를 위해 관련 부서와 협의할 수 있습니다.

< 무음영 영농형 태양광 태양광 발전 설비 성능 진단 보고서 >

- ✓ 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 입회 검수 및 시험
: 최종 설치 용량 입회 시험 (한국기계전기전자시험연구원 황수현)

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



< 무음영 영농형 태양광 태양광 발전 설비 입회 용역 검수 및 시험 >



KTC
Korea Testing Certification Institute

시험성적서

발주서 번호 : GT2023-10701

회사명	한국전기기술연구원
대표자	신희영
주소	경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (미합동)

1. 시공명 : 60kW 무음영 영농형 태양광 발전 설비
2. 규격 및 용량 : 20 kW 편스통 무음영 영농형 태양광 발전 설비, 40 kW 편스통 무음영 영농형 태양광 발전 설비
3. 계약서일 용도 : 국제 건축물 (과제번호 : 322005-02)
4. 검수일기 : 2023년 10월 25일
5. 시험일기 : 2023년 11월 13일 ~ 2023년 11월 16일
6. 시험방법 : 표화자 제시 기준 (10%의 준용)
7. 시험결과 : 불합격

시험자 : 홍수현 승인자 : 우병기 국장기



한국기계전기전자시험연구원

2023년 12월 28일

www.ktc.or.kr TEL: 1689-1654 FAX: 043-901-0803

시험번호: KTC2023-10701 Page: 1 of 15



KTC
Korea Testing Certification Institute

시험결과

발주서 번호 : GT2023-10701

시험 항목	시험 기준 및 방법	단위	시험 결과
배달전지 모듈	모듈 전 모듈이 확인 및 시공으로 이상이 없을 것 (인증규격 : KS C 45C 4:215, 10.1항) - 모듈프레임 크랙, 구부러짐, 갈라짐 - 셀 : 깨짐, 크랙 - 내부연속 또는 결함용량 - 셀과 셀, 셀과 프레임 간의 접촉 - 절연체 결함이 있을 것 - 셀과 모듈 및 주변을 연결하는 기류 또는 전력 등	-	적합 (10% 이상)
구조물 및 피복	모듈의 충격에 안전한 계층을 사용할 것 모듈을 피복으로 또는 모듈 프레임에 피복이 없을 것 열팽창을 잘 내는 부식방지 처리 마감재 피복이 없을 것 부탄에 흡, 균열, 크랙, 결구, 갈라짐이 없을 것 구조물이 통상 사용 중 발생할 수 있는 스트레스에 충분히 견딜 것	-	적합 (GT2022-10236, GT2023-09081 참조)
배선	모듈의 배선 결선이 결함없이 진행되어 있을 것	-	적합
설치 용량	설치 용량이 60 kW를 초과할 것	-	64.66 kW

시험결과 요약

1. 시험장소 : How Nwon, 호아별 편 다량 제조실 (다량시 확량형 최단형 최아래지 미용)
2. 시험기간 : 2023. 11. 13 ~ 2023. 11. 16.
3. 재 용 명 :
 - 1) 20kW 편스통 무음영 영농형 태양광 발전 설비
 - 2) 40kW 편스통 무음영 영농형 태양광 발전 설비
4. 검사사항 :
 - 1) 20kW : 362 W × 36 EA × 181 W × 28 EA × 242 W × 22 EA × 23.42 kW
 - 2) 40kW : 242 W × 188 EA × 40.66 kW

· 모듈 용량에 의해 시험일 'GT2023-10236', 'GT2023-09081'로 시험서명함
· 해당일 발전용량에 영향을 미칠 수 있는 용량용 기준치로 인정하였음.

KTC2023-10701 Page: 2 of 15

< 무음영 영농형 태양광 태양광 발전 설비 입회 시험성적서 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 과제 종료 전 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 점검
 - 일자 : 23.12.16(토)~18(화)
 - 11월~01월 우기시 실증 설비 점검



집중 호우로 인한 실증사이트 마을 입구 진입로 잠김 (23.15)

< 베트남 다낭시 타이라이 마을(실증사이트) 입구 >



< 집중 호우로 인한 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증지 전경 >



집중 호우시 실증 사이트 점검(23.15~16)

< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 점검 >



< 집중 호우 이후 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증지(타이라이마을) 전경 >



< 집중 호우 전·후 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증지 전경 >



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 전기실 점검 : 정상 확인 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 2차년도 중간 진도점검 워크숍 및 외부전문자문위원회

- 일자 : 23.08.21(월)~24(목)
- 장소 : 베트남 다낭 실증사이트 및 실증사이트내 숙소
- 외부전문가 : 우도에너지(태양광 발전 설비 전문기업) 우성철 대표
- 컨소시엄 참석자 : 썬웨이(주) 김승진연구소장, 김도영 주임 / 제주대 오욱 교수
※ 한국건설생활환경시험연구원(KCL) 및 한국농어촌공사 불참 : 기관내부사정
- 자문회의 주요 내용
 - ✓ 무음영 영농형 태양광 발전 설비 및 전기 시스템 점검
 - ✓ 공동연구개발기관 개발 수행 내용 자문



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 외부전문가 점검 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



< 2차년도 중간 진도점검 워크숍 및 외부전문가 자문 회의 >

외부전문가 종합의견서

사업명	농식품 수출 비즈니스전략모델구축사업(국제협력기관 수출다변화)		
과제번호	322005-02	평가일	2023. 08.21~23.
과제명	무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 베트남 현지 실증을 통한 해외 수출 모델 개발		
주관기관	한국전자기술연구원	주관책임자	정 학 준
참여기관(책임자)	선웨이(김승진), 한국건설생활환경시험연구원(하지원), 한국농어촌공사(신승욱), 제주대학교 산학협력단(오욱)		
종합의견	<p>◇ 종합의견 ◇</p> <p>- 구조물</p> <p>베트남 여건에 기인하여 직립의 설계됨.</p> <p>특히 높은 강력 설계에 대비 2.1m 현상. 무수함.</p> <p>현지 인력으로 시공하여 다량 수경 수직이 틀어짐 있음.</p> <p>특히 A-type의 중간층 기둥이 수직 각도가 매우 불량.</p> <p>재시공이 필요함 보임.</p> <p>- 전기</p> <p>시공과정상 완전히 연결되지 않은 상태에서 정보.</p> <p>PV전용 케이블 사용은 아니고, 현재 부지가 논으로 사용되고 있어 케이블 경로를 설치한 것은 좋은 선택임. 또한 케이블이 지하로 부터 보호되지 않아 PVC관으로 보호가 되어 있음. 단, PVC관 사이가 다소 작아 보임.</p> <p>모듈 커넥터가 파손된 것이 보임. 추후 수경이 필요함.</p> <p>MC4 커넥터 예시품 확보하기 바람.</p>		
작성자	외부전문가 :		

외부전문가 종합의견서

사업명	농식품 수출 비즈니스전략모델구축사업(국제협력기관 수출다변화)		
과제번호	322005-02	평가일	2023. 08.21~23.
과제명	무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 베트남 현지 실증을 통한 해외 수출 모델 개발		
주관기관	한국전자기술연구원	주관책임자	정 학 준
참여기관(책임자)	선웨이(김승진), 한국건설생활환경시험연구원(하지원), 한국농어촌공사(신승욱), 제주대학교 산학협력단(오욱)		
종합의견	<p>◇ 종합의견 ◇</p> <p>선웨이</p> <p>- 중간층에 에너열 포함하여 제작하기로 함.</p> <p>PV모듈과 지선 연결이 반드시 커넥터(MC4)를 이용하여 제작하고, 현지 인력에 MC4 커넥터 제작 방법은 수반.</p> <p>PV모듈 글라스에 MC4 커넥터 연결 확보하기.</p> <p>신체스인상 점검 포인트에 예시되는 견합 조류 기입.</p> <p>관중 내시경 연구는 하였으나 현상은 양키움 생활함.</p> <p>- 현상에서 비 손상 상태도 본 과가 극단 상황은 잘 파악됨.</p> <p>제주대학교에서 제시한 비 각종 조류는 10% 이상은 가능한 수직으로 보임.</p> <p>6~8월 양호한 태양광 모준 그림자가 인사는 조류해서 식물 성장에 도움됨</p> <p>비 손상 이나 신 수확량 관려하여 표류가 필요함</p> <p>논 개장거리 제초 및 재배에트 설치까지 포함함.</p>		
작성자	외부전문가 : (23. 8. 22)		

외부전문가 종합의견서

사업명	농식품 수출 비즈니스전략모델구축사업(국제협력기관 수출다변화)		
과제번호	322005-02	평가일	2023. 08.21~23.
과제명	무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 베트남 현지 실증을 통한 해외 수출 모델 개발		
주관기관	한국전자기술연구원	주관책임자	정 학 준
참여기관(책임자)	선웨이(김승진), 한국건설생활환경시험연구원(하지원), 한국농어촌공사(신승욱), 제주대학교 산학협력단(오욱)		
종합의견	<p>◇ 종합의견 ◇</p> <p>- 전기</p> <p>표현상으로 케이블 사이가 좁아지는데 현상이 필요함</p> <p>태양광 모듈의 연결시 중간 층의 MPPPT 주름이 가능한 범위 인력 인력 시할 처치가 필요함.</p> <p>크기 전기연선 규격의 기반으로 케이블 리본관류타</p> <p>전압강하율의 처치가 필요함.</p> <p>현상에는 전기선까지 DC 1500V를 4mm가 통수되어 있음.</p> <p>전기를 인력 케이블이 처짐이 보임. 여기서 PV관에</p> <p>우수가 고일 가능성이 있음. 수경된 수직이 이동시키거나</p> <p>가용기가 필요한 것으로 보임.</p> <p>전기선 내부 기둥이 무리함. 분도 컨트롤러도 환풍기, 온도 모니터링이 필요함.</p> <p>- 구조물</p> <p>결함 A-type 주변 재료가 차양에 유입 모듈 파손이 우려됨. 주력 토지판 설치가 필요함.</p>		
작성자	외부전문가 : (23. 8. 22)		

• 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 방문 및 점검



< 주관 및 공동연구개발기관 실증사이트 현지 점검 >

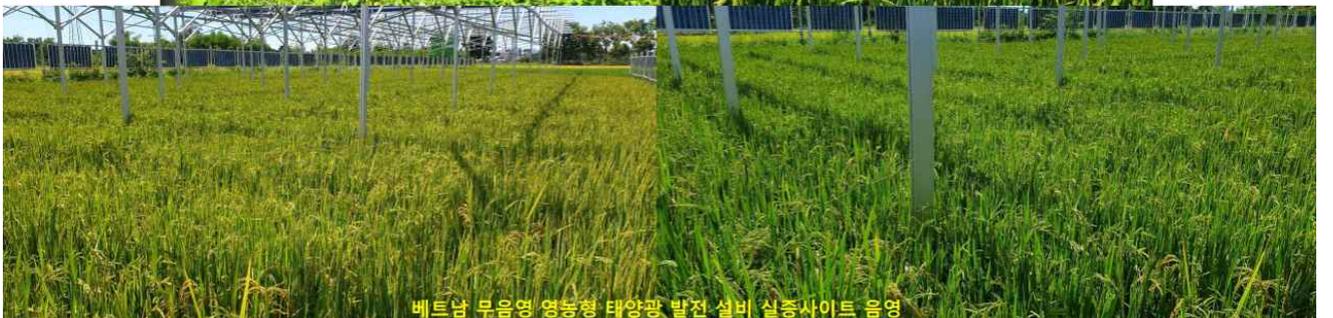
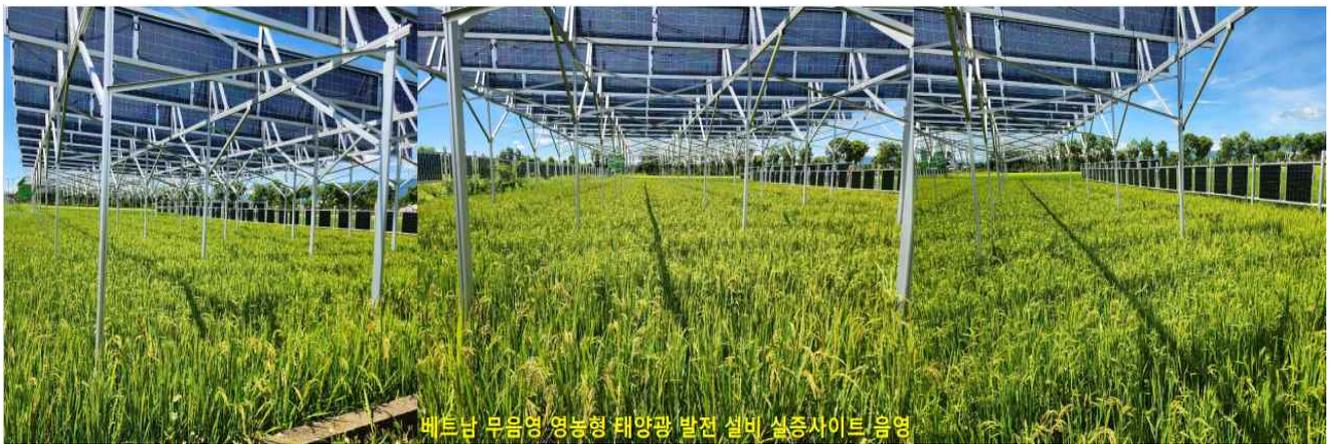
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트의 오전/오후 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 증질지(80g/m²)]

• 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 음영 점검



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 음영 확인 (오전~정오)>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 음영(오후)

< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 음영 확인 (오후~해질녘)>

- 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트내 작물 생육 일사량 점검

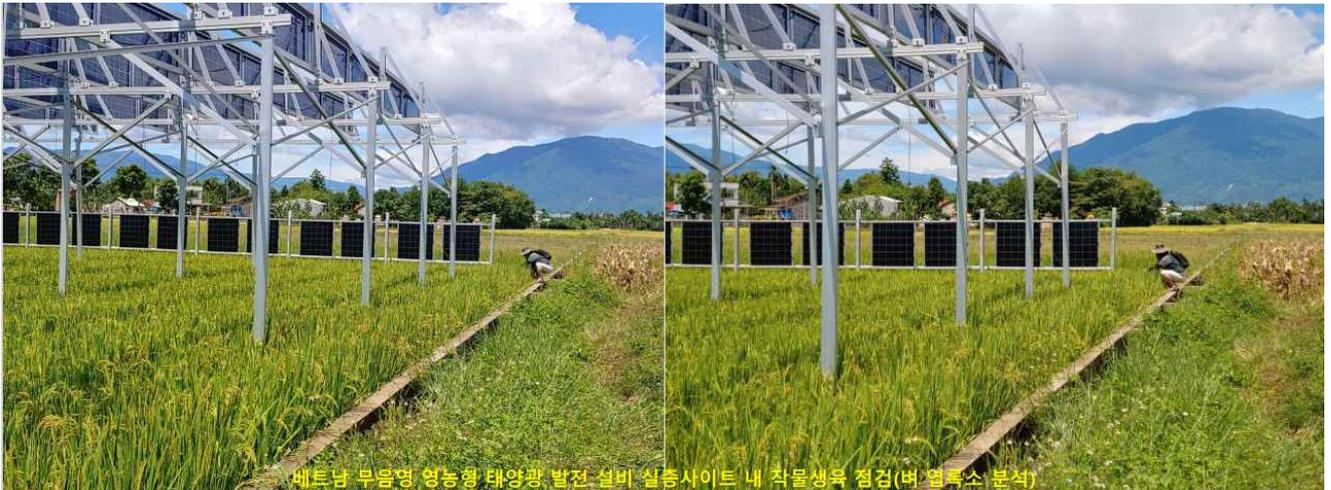


베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 내 작물생육 점검(일사량 측정 : 오전~정오)



베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 내 작물생육 점검(일사량 측정 : 오후)

• 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트내 작물 생육 엽록소 측정



• 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트내 작물 생육 정상 확인



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



펜스형 무음영 태양광 발전 설비의 구조물 주변 작물 생육 점검



펜스형 무음영 태양광 발전 설비의 음영 지역 작물 생육 확인



펜스형 무음영 태양광 발전 설비의 음영 지역 작물 생육 확인

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 무음영 영농형 태양광 발전 설비 ROI 분석

• 영농형 태양광 원가 분석

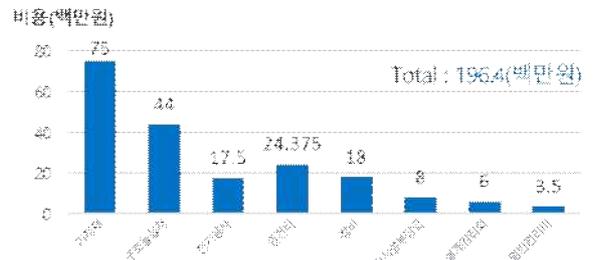
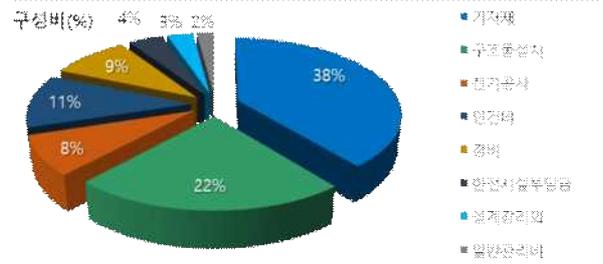
- ✓ 베트남 실증사이트의 일사량 및 발전량 분석 데이터, 구조물 설계 및 제작 고려
- ✓ 양면형/투광형 태양광 모듈은 주문 제작으로 일반 태양광 모듈 적용

일반 영농형 태양광 원가구조

✓ 기존 영농형 태양광의 경제성 분석

구분	영농형	일반(대지형)	비고	
시설 규모		100kW		
소요면적	2124㎡	1320㎡	면적 1.5배 소요	
설치비	196.4백만원	151.3백만원	일반모듈 적용 (340W)	
발전효율	16%	15%		
수역	벼수확+태양광 26.6백만원(1.5+25)	태양광 2.4백만원		
지목	농업진흥구역	전답(과수원, 영야)		
태양광 특징	높이	4.0m	4~4.5m	농기계진입 공간 확보
	모듈	340W(2mX1m)	370W(2mX1m)	차광율 25~30%
	간격	설치간격 1.5배	-	

일반 영농형 태양광 투자비 구성(100kW 규모)



※ 부지비용을 제외한 투자비로 설계조건 및 설비규격/사업구조에 따라 달라질 수 있음

< 일반 영농형 태양광 발전 설비 원가 구조 분석 >

100kW 태양광 발전소		구분		2020년 하반기 낙찰단가 (원)		태양광		
열화율 PV 0.6%	<<연간효율감소분	설치용량	100	kW		발전시간	100	hr 호치민시 기준
		전기단가	0.59	USD/kWh		효율감소분	1.00	지붕 입사각 반영
		환율	1145.9	원/달러		하루발전량	520	kWh
		환산 전기단가	106.8	원/kWh	<<21년 베트남 FIT	연간발전량	189,800	kWh
		총 시공비	103,751,007	원/kWh		월평균 수익	1,536,314	원/month
						20년 총 수익	368,715,365	원/total
					투자비 회수년	6.5	년	
기간	PV수익금액	매출 소계	전기안전관리자	CMI보험	유지관리지출액	순수익	누계순익	투자비회수
1년차	20,270,640	20,270,640	200,000	520,000	720,000	19,550,640	19,550,640	- 154,200,367
2년차	20,149,016	20,149,016	200,000	520,000	720,000	19,429,016	38,979,656	- 134,771,351
3년차	20,028,122	20,028,122	200,000	520,000	720,000	19,308,122	58,287,778	- 115,463,229
4년차	19,907,953	19,907,953	200,000	520,000	720,000	19,187,953	77,475,732	- 96,275,275
5년차	19,788,506	19,788,506	200,000	520,000	720,000	19,068,506	96,544,237	- 77,206,770
6년차	19,669,775	19,669,775	200,000	520,000	720,000	18,949,775	115,494,012	- 58,256,995
7년차	19,551,756	19,551,756	200,000	520,000	720,000	18,831,756	134,325,768	- 39,425,239
8년차	19,434,445	19,434,445	200,000	520,000	720,000	18,714,445	153,040,213	- 20,710,794
9년차	19,317,839	19,317,839	200,000	520,000	720,000	18,597,839	171,638,052	- 2,112,955
10년차	19,201,932	19,201,932	200,000	520,000	720,000	18,481,932	190,119,983	16,368,977
11년차	19,086,720	19,086,720	200,000	520,000	720,000	18,366,720	208,486,704	34,735,697
12년차	18,972,200	18,972,200	200,000	520,000	720,000	18,252,200	226,738,903	52,987,897
13년차	18,858,367	18,858,367	200,000	520,000	720,000	18,138,367	244,877,270	71,126,263
14년차	18,745,216	18,745,216	200,000	520,000	720,000	18,025,216	262,902,486	89,151,479
15년차	18,632,745	18,632,745	200,000	520,000	720,000	17,912,745	280,815,231	107,064,225
16년차	18,520,949	18,520,949	200,000	520,000	720,000	17,800,949	298,616,180	124,865,173
17년차	18,409,823	18,409,823	200,000	520,000	720,000	17,689,823	316,306,003	142,554,996
18년차	18,299,364	18,299,364	200,000	520,000	720,000	17,579,364	333,885,367	160,134,360
19년차	18,189,568	18,189,568	200,000	520,000	720,000	17,469,568	351,354,935	177,603,928
20년차	18,080,430	18,080,430	200,000	520,000	720,000	17,360,430	368,715,365	194,964,358

< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 ROI 분석 >

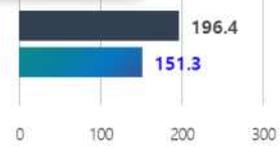
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

무음영 영농형 태양광 발전 설비 원가 분석 (100kW)

무음영 태양광 최종 목표 가격



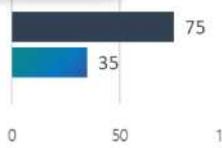
총 설치비



약 45백만원
약 23% 절감 가능

※ 부지비용을 제외한 투자비로 설계조건 및 설비규격/시공구조에 따라 달라질 수 있음

기자재



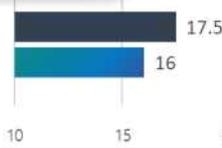
약 40백만원
약 50% 절감 가능

구조물 설치



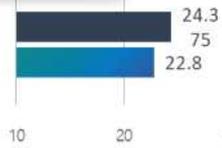
약 2백만원
약 4% 절감 가능

전기공사



약 1.5만원
약 8% 절감 가능

인건비



약 1.5백만원
약 6% 절감 가능

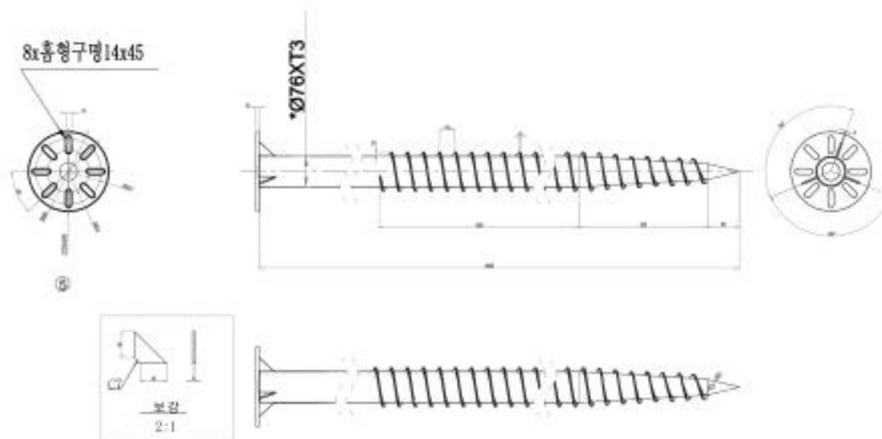
< 무음영 영농형 태양광 발전 설비 원가 구조 분석 >

(2) 공동연구개발기관(썬웨이)

- 무음영 수직형 영농형 태양광 구조물 설계
 - 연약지반용 스파이럴 기초 설계

- 베트남의 수많은 강 유역(River basin)을 따라 발전한 농업은 강 유역을 흐르는 지표 수량이 지역적으로 균등하게 분포되어 있지 않으며 계절에 따라 차이가 큰 편임. 베트남은 지역 간 다양한 기후 특성을 나타내며 토질은 대부분 층적토로 벼를 포함한 각종 채소 재배에 적합한 특성을 가짐. 따라서 다양한 베트남 기후 및 토양 환경에 적용 가능한 태양광 구조물 개발이 필요함.
- 암반지대용 태양광 스파이럴 구조체는 일반적으로 구조물 말단을 나선형 형상으로 구성하여 1,500mm의 길이로 제작되지만, 베트남의 벼 재배지는 대부분 3모작의 벼 생산으로 국내와 달리 일년내내 논에 물을 공급하므로 스파이럴 구조체는 연약지반을 대상으로 한 설계가 요구됨.
- 스파이럴 말단(Edge part)은 시공 시 암반 출현에 대한 파쇄가 가능하도록 나사못 구조를 적용하였으며, 상부형 태양광 실증사이트의 물이 다수 포함된 논 토양의 특성을 고려하여 Blade part를 점차 증가시켜 320mm, 950mm 2단으로 설계함. Blade pitch 간격을 동일하게 분포시켜 설비 자중으로 인한 지반 침하를 방지하며 시공 시 지압력을 유지할 수 있음.

<스파이럴 구조체>



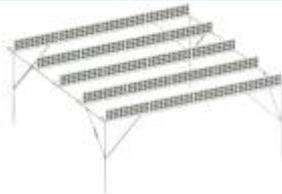
Type	Flange	Material	steel(SS235)
Shaft	2,500mm	Weight	16.3 kg
Edge part	80mm	Blade Pitch	40mm
Blade Part(1)	320mm	Blade Part(2)	950mm

- 전체적으로 나선형 구조로 설계하여 구조물의 구조 안정성 확보를 도모하였고 다양한 토양 환경에 대응하여 시공 범용성과 시공 시 구조체의 손상을 최소화할 수 있음. 상부형 구조물의 스파이럴 구조체는 기성 제품(1,500mm) 대비 약 67% 길이가 증가한 2,500mm로 지반 시공 깊이 또한 2,100mm로 실증 현지의 마사토 혹은 모래톱 같은 연약지반에서도 태양광 구조물의 구조 안정성을 가짐.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

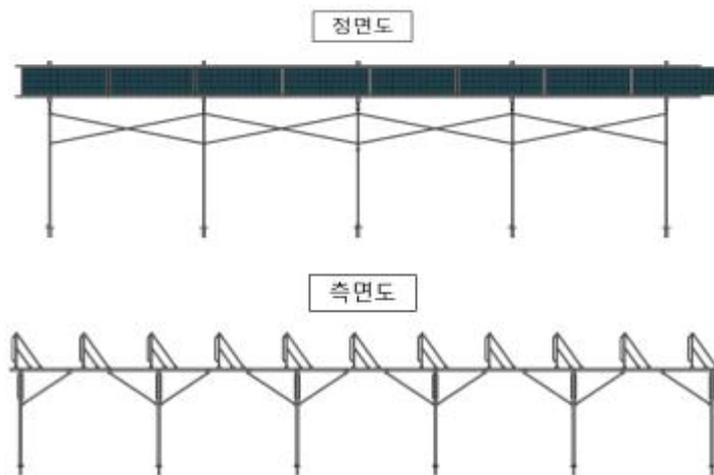
- 상부형 무음영 태양광 구조물

- 영농형 무음영 상부형 태양광 구조물은 지반과 수직(90°)으로 설치되어 양면수광형 태양광 모듈이 적용됨. 스파이럴 구조체와 결합되어 상부 모듈 부분을 지지하는 포스트 공간을 충분히 확보하여 구조물에 의한 농작물 음영 발생을 최소화하며 구조물 하부로 농기계 등의 이동이 가능할 수 있는 구조로 설계함.
- 양면수광형 태양광 모듈 적용으로 후면 발전 및 난반사에 의한 추가 발전전력 생산이 가능함. 또한 투광형 태양광 모듈은 설비에 의한 음영을 감소시키고 모듈과 지면과의 여유 공간을 충분히 확보하여 설비 구조상 태양광이 투과되어 작물에 미치는 음영 영향을 최소화함.

구분	CASE - 4
구조 형상	
구조물 크기	(W)16,278 x (H)6,423 mm
모듈 투과도	8% / 15% / 20%
설비 용량	40kW 이상

<무음영 상부형 태양광 구성도>

- 2차년도에 설계 및 실증한 상부형 설비는 모듈의 각도 조절이 가능한 타입으로 투과율이 각기 다른 3가지 종류의 모듈이 적용됨. 모듈의 투과율(8%, 15%, 20%)별 크기가 변경되어 가로 길이는 약 2,000mm로 동일하나 세로는 투과율이 증가함에 따라 699mm, 758mm, 823mm로 점차 증가함.



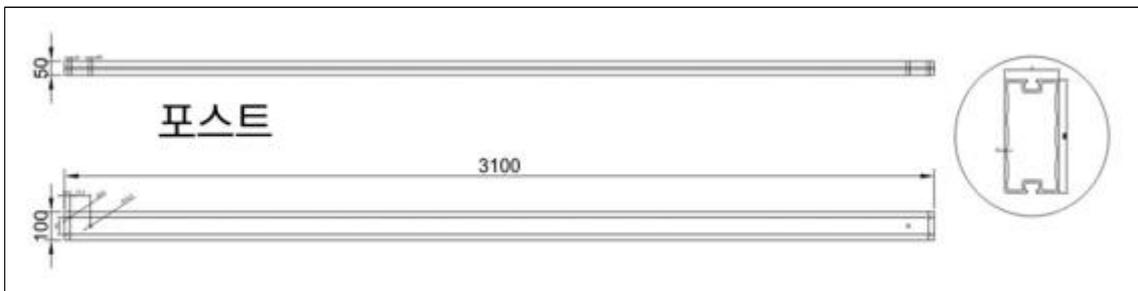
<무음영 상부형 태양광 구조물 구성도>

- 무음영 상부형 태양광 발전 설비는 포스트, 세로지지대, 수직지지대, 대각지지대, 가로지지대, 브레이싱, 스파이럴 구조체 및 양면수광형 태양광 모듈로 8개의 부재로 구성됨.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

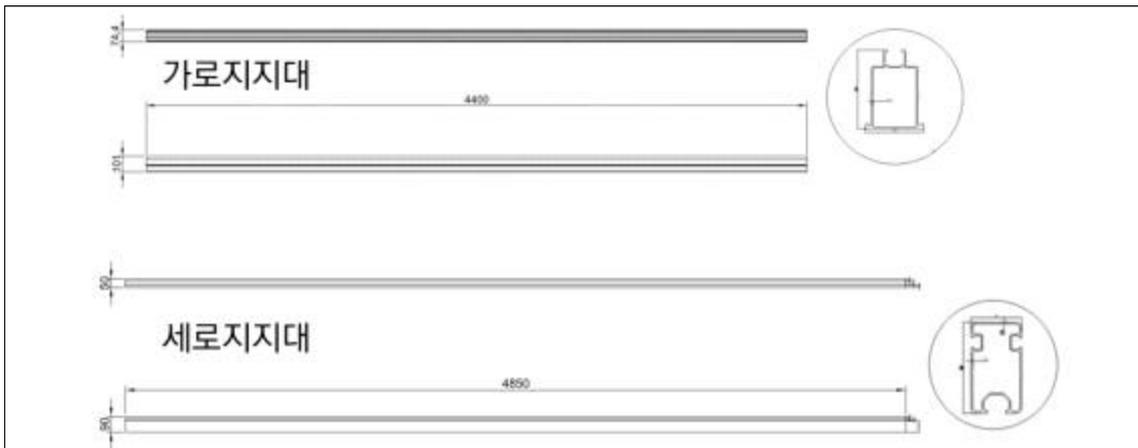
- 상부형 태양광 구조물 중 스파이럴 구조체를 제외한 모든 설비는 알루미늄 재질의 레일 스플라이스 형태로 타 레일과 높은 호환성을 가지며 간편하고 쉬운 조립을 통해 공기 단축과 인건비 절약이 가능함.
- 범용성 설계로 제작된 레일 스플라이스는 다양한 접합 구조와 타 상용화된 프레임 모듈을 사용할 수 있으며 압출 알루미늄을 사용해 부식성이 뛰어나고 환경성이 우수함. 이러한 레일 스플라이스 구조물의 특징으로 가볍고 내구성이 뛰어나 경량화된 형상으로 경제적 생산이 가능하며 레일 설치 및 설계의 변경에도 유연한 대처가 가능함.

1) 포스트



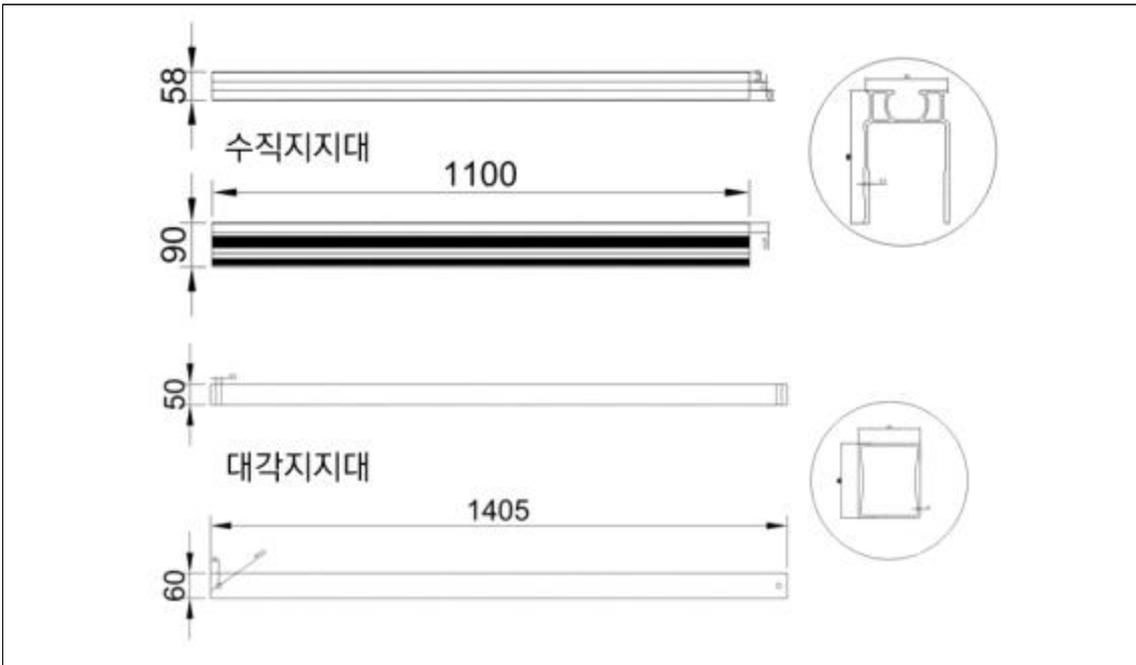
Model	포스트	Material	AL6005-T5
Size	100 x 50 x 3,100 mm	Weight	6.5 kg

2) 가로지지대, 세로지지대



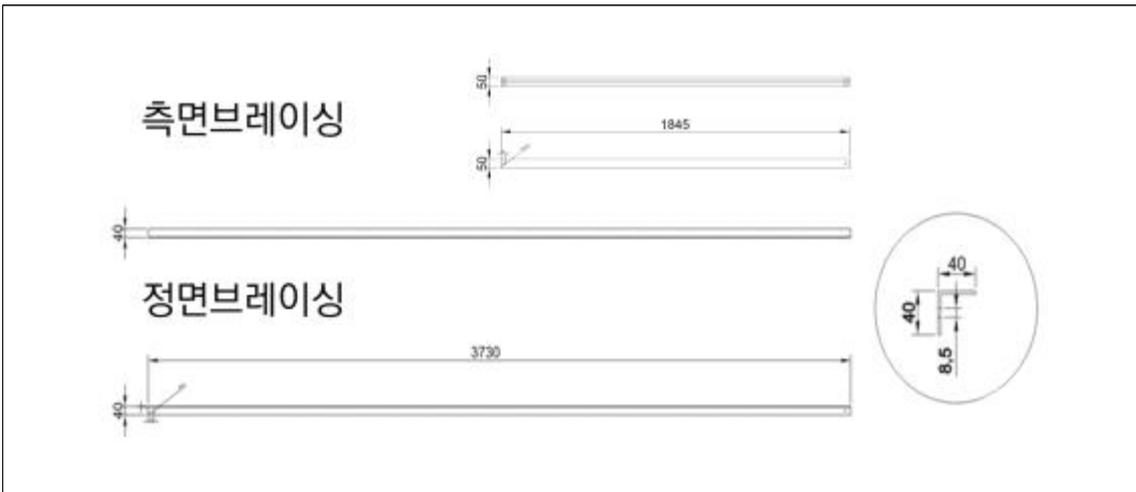
Model	가로지지대	Material	AL6005-T5
Size	101 x 74.4 x 4,400 mm	Weight	7.1 kg
Model	세로지지대	Material	AL6005-T5
Size	95 x 50 x 4,850 mm	Weight	9.0 kg

3) 수직지지대, 대각지지대



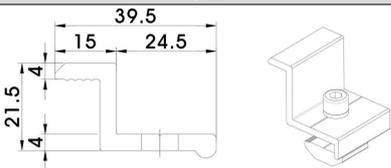
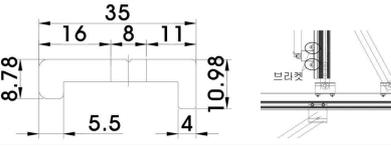
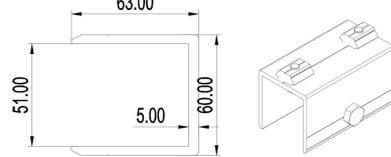
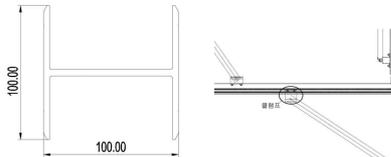
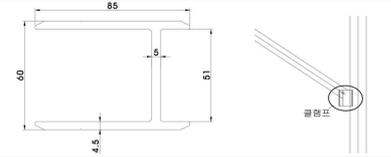
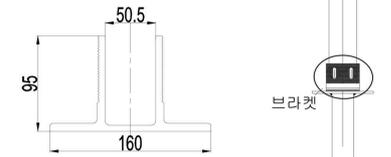
Model	수직지지대	Material	AL6005-T5
Size	90 x 56 x 1,100 mm	Weight	1.9 kg
Model	대각지지대	Material	AL6005-T5
Size	60 x 50 x 1,405 mm	Weight	2.0 kg

4) 측면, 정면 브레이싱



Model	측면브레이싱	Material	AL6005-T5
Size	50 x 50 x 1,845 mm	Weight	2.6 kg
Model	정면브레이싱	Material	AL6005-T5
Size	40 x 40 x 3,730 mm	Weight	2.3 kg

5) 부속품

제품명	사진	재질	규격
모듈 브라켓		AL6005-T5	39.5x21.5x4mm
모듈레일 브라켓		AL6005-T5	35x11x5.5mm
U자 브라켓		AL6005-T5	63x60x5mm
100H 클램프		AL6005-T5	100x100x5mm
85H 클램프		AL6005-T5	85x60x5mm
베이스 브라켓		AL6005-T5	160x95x8mm

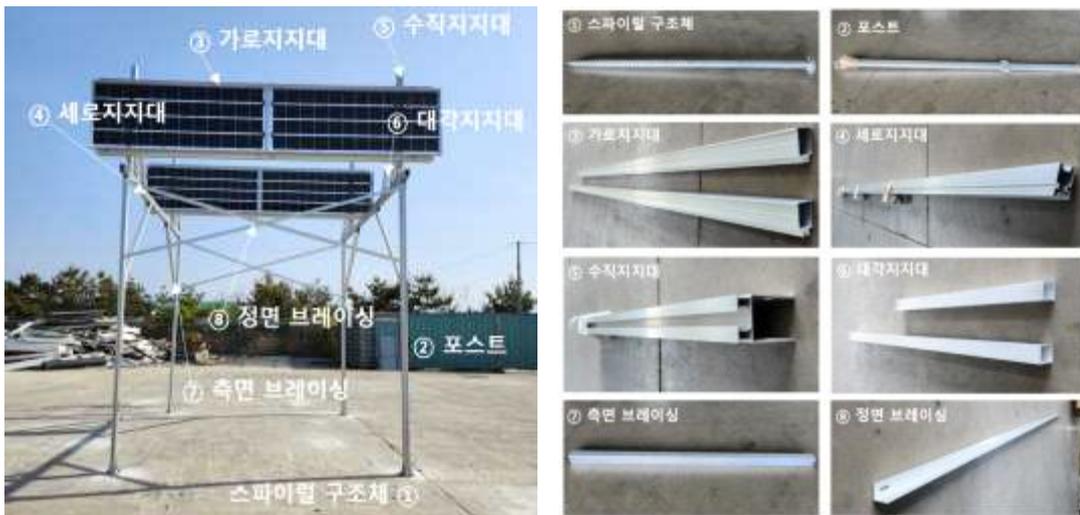
- 브라켓 및 클램프는 각 지지대 및 브레이싱을 체결하여 주는 부속품으로 스플라이스 형식의 자재에 별도의 조작없이 끼워넣어 체결하는 간편한 작업방식을 가짐. 해당 방식은 레일 길이의 연장 및 단축에 대응이 쉬우며 전기시공 등의 추가적인 작업에서 상부형 구조물의 모듈 위치를 쉽게 변경할 수 있는 이점이 있음.
- 체결 부속품들은 알루미늄 압출 제품으로 제작하였으며, 체결 볼트는 A2-70(고강도 스테인리스)를 사용하여 실증사이트의 장기간 노출되는 환경의 운영에도 녹발생을 최소화할 수 있음. 상부형 태양광의 각 부재별 사양은 아래와 같음

구분	재질	크기	무게
스파이럴 구조체	steel(SS235)	Ø76 x 2,500 mm	16.33 kg
포스트	AL 6005-T5	100 x 50 x 3,100 mm	6.54 kg
가로지지대	AL 6005-T5	101 x 74.4 x 3,600(4,400) mm	5.83(7.13) kg
세로지지대	AL 6005-T5	95 x 50 x 4,500(4,850) mm	8.0(9.0) kg
수직지지대	AL 6005-T5	90 x 56 x 1,100 mm	1.92 kg
대각지지대	AL 6005-T5	60 x 50 x 805(1,405) mm	1.14(2.0) kg
측면브레이싱	AL 6005-T5	50 x 50 x 1,845 mm	2.62 kg
정면브레이싱	AL 6005-T5	40 x 40 x 3,730 mm	2.35 kg

<상부형 태양광 구조물 부자재 사양>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 무음영 상부형 태양광 구조물은 양면수광형 태양광 모듈의 투과율(8, 15, 20%)에 공통으로 적용이 가능하며, 스파이럴 구조체와 포스트는 장홀(Slot hole) 형태로 상대적으로 긴 구조를 가지는 상부형 구조물의 시공에 편리하도록 설계 제작함.
- 모듈의 세로 길이는 투과율에 따라 상이하나 스플라이스 형식의 레일(수직지지대)로 인하여 모듈의 고효율화, 스펙 및 사이즈 변경에도 적용이 가능함.



구분	상부형 구조물(최소 단위)		
설계 도면			
구성 모듈 및 부자재 수량			
스파이럴 / 포스트 가로지지대 / 수직지지대 정면·측면 브레이싱	각 4EA	모듈	4EA (동일 투과율 구성)
세로 지지대	2 EA	크기	(W)3,600 x (D)4,500 x (H)6,423mm
대각지지대	8 EA	무게	약 250.9 kg
단위 출력	약 0.97kW (242W*4EA)		

<상부형 태양광 설비 개요 및 실물>

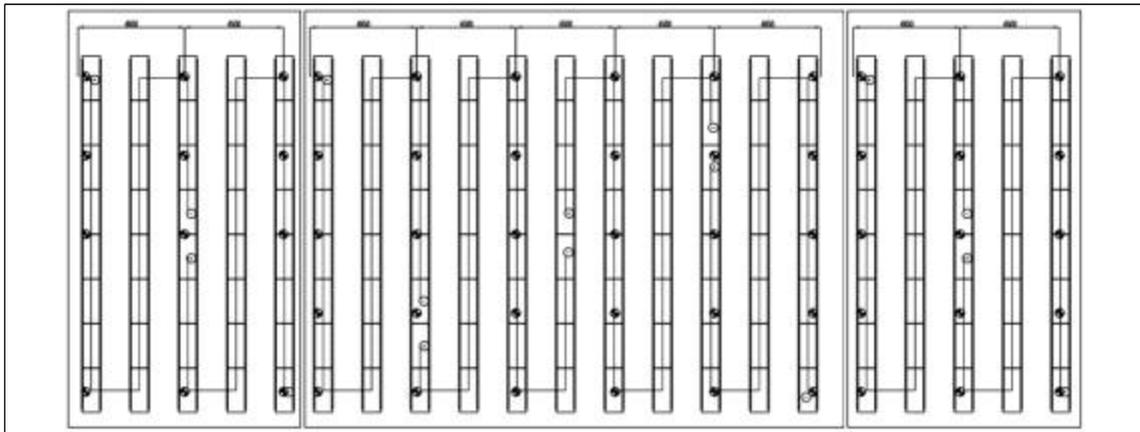
- 상부형 태양광 구조물은 총 8개의 주요 부자재로 이루어져 1차년도 수직형 구조물과 비교하여 수량이 증가하였으나 모듈의 투과율 및 구조물 설치 용량 변화에도 부자재의 설계 변경 없이 유연한 설비 구성 대응이 가능함. 수직형 구조물은 동일 투과율 모듈 4장을 사용하여 약 0.97kW, 250kg으로 최소 단위를 구성함.
- 무음영 영농형 태양광 시스템 설계 및 음영 분석
 - 상부형 발전설비의 어레이 설계
 - 베트남 다낭시 타이라이마을에 위치한 실증사이트는 논 경작지역으로 주변에 마을이 형성되어 있으며 상부형 태양광 발전설비는 40kW를 실증하여 각 설비 유형별 용량을 아래와 같이 구성함.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

설비 유형	설비 용량	스트링 길이	포스트 수량	모듈 수량
Roof top - 8%	9.68 kW	약 40m	105 EA	40 EA
Roof top - 15%	21.3 kW			88 EA
Roof top - 20%	9.68 kW			40 EA

<상부형 태양광 설비 투과율별 용량>

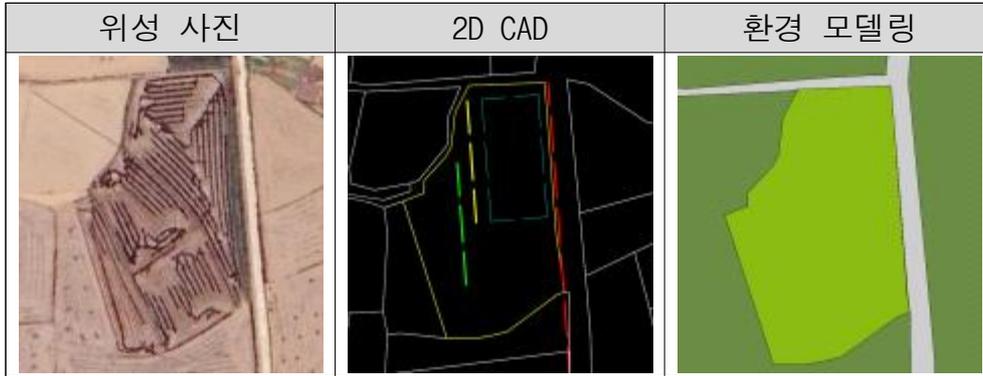
- 투과율별 발전 특성을 판단하기 위하여 개별 인버터를 구성하였으며, 투과율 8% 및 20% 타입은 각 스트링별 모듈 수량 20개씩 2병렬 구성으로 각각 10kW 인버터를 사용함. 투과율 15% 타입은 22직렬x4병렬로 구성되어 20kW 인버터를 사용함.



모델	Roof top	설비 용량	40.656 kW
모듈 수량	168 EA	인버터	10 / 20 / 10 kW
어레이	20 직렬 x 2 병렬	케이블	F-CV 6 sq / 1C x 2
	22 직렬 x 4 병렬		
	20 직렬 x 2 병렬		

<상부형 태양광 어레이 설계>

- 최종적으로 실증사이트 무음영 태양광 시스템은 상부형 구조물로 총 설치 용량 40.656kW를 확보함. 세부적으로는 투과도에 따른 모듈 형태 3종으로 구성되어 있으며 태양광 설비의 음영 영향을 최소화함으로써 작물 재배와 재생에너지 생산을 통한 농가 소득 증가가 가능할 것으로 예상됨.
- 실증사이트 구성 및 음영 분석
 - 실증사이트 구조물 음영분석을 위한 3D 모델링은 Autodesk Revit을 이용함. 실증사이트 인근 논과 땅콩밭을 대상으로 하여 환경모델링은 실제 지형 데이터 기반으로 작성되었고 실증부지 내의 색상은 연두색, 그 외 지역은 초록색, 도로는 회색으로 작성함.



<실증사이트 주변 환경 모델링>

- 모듈 및 구조물 설계 수치를 적용하여 실제 환경과 동일한 3D 모델링 및 배치를 수행함. 실증사이트의 이전으로 인해 수직형 및 상부형 태양광의 실증은 동일 부지에 이뤄졌으며, 상부형 태양광 구조물은 8열x21행의 어레이 구성에 따라 배치하였고 수직형 태양광은 1차년도에 설계된 도면과 같이 A, B, C 타입으로 각 타입별 33, 14, 11세트로 실증사이트 모델링을 수행함.



<실증사이트 실 사진 및 타입별 구조물 모델링>

- A, B, C 타입 모두 모듈 기준 동-서 방향으로 설치되어 하지의 음영 길이는 약 2.5m, 2.0m, 2.0m 내외로 형성되고 일출과 일몰의 시간대가 상대적으로 짧은 점을 고려하면 태양광 구조물의 작물 재배지에 대한 영향은 제한적으로 판단됨.

TYPE	오전(09:02)	정오(12:02)	오후(15:02)
A			
B			
C			

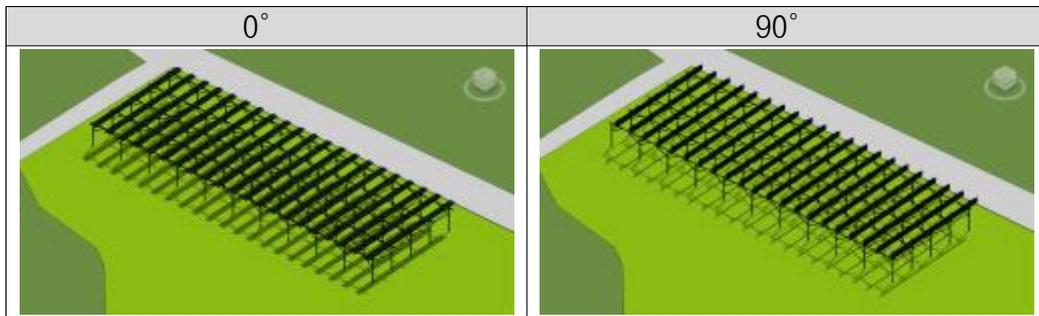
<시간별 수직형 구조물 음영 이미지>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

설비 유형		A	B	C
오전(09:02)	기둥	1.6 m	1.6 m	2.0 m
	모듈	1.3 m	1.3 m	1.7 m
정오(12:02)	기둥	0.2 m	0.2 m	2.0 m
	모듈	0.1 m	0.1 m	1.7 m
오후(15:02)	기둥	2.5 m	2.0 m	2.0 m
	모듈	2.3 m	1.7 m	1.7 m

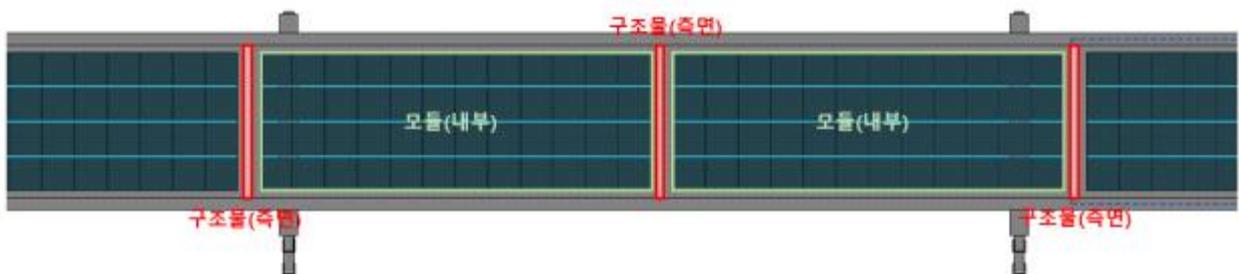
<시간별 기둥 및 모듈 음영 길이(수직형)>

- 상부형 태양광 모듈 설치 각도는 0° 와 90° 로 나누어지므로 각도에 따라 음영의 모양이 변하기 때문에 두 가지 각도를 적용한 음영 시뮬레이션을 개별로 진행하였음.



<상부형 구조물 모듈 각도 별 모델링>

- 상부형 태양광 발전설비는 작물 위를 덮는 형태로 설치되며, 8열 21행의 모듈과 5열 11행의 기둥 구조물로 구성됨. 발생하는 음영의 가장 큰 요인은 모듈이며 그다음으로는 포스트, 세로지지대, 가로지지대의 부자재가 영향을 미침.



<상부형 태양광 설비의 구조물 및 모듈 개구율>

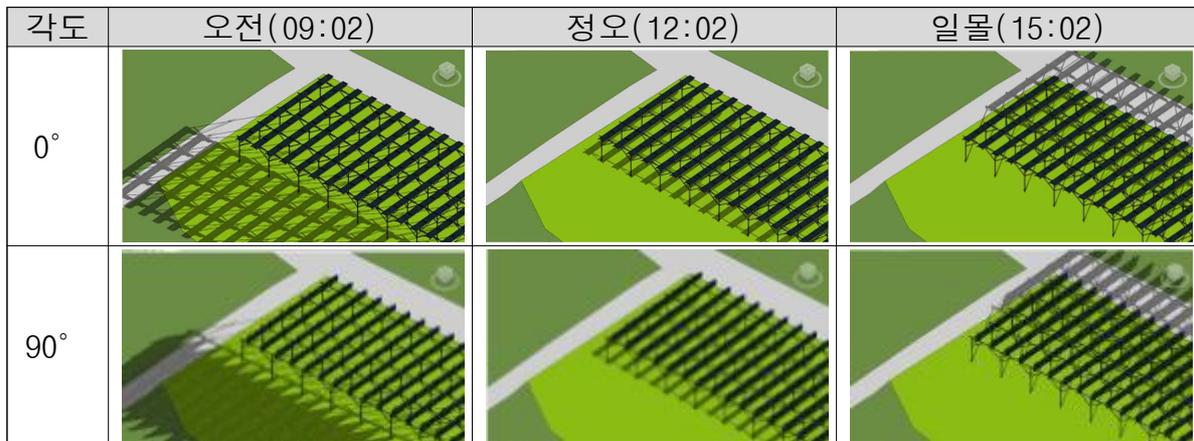
- 현지 실증지의 하지(06월 21일) 기준, 일출 시 발생한 음영은 상부형 태양광 설비 아래의 작물에 영향을 미치지 않으나 약 06시경 서쪽에 있는 작물부터 영향을 받아 정오 이후 동쪽 작물까지 음영 영향권 안에 들어가며 이후 약 17시 30분 전후로 하부 작물들은 구조물 발생 음영에서 벗어남.
- 상부형 태양광 모듈에서 태양광이 투과할 수 있는 부분은 셀-셀 간격, 셀-프레임 간격, 모듈-모듈 간격으로 실증지에 적용된 3가지 모듈은(8%, 15%, 20%) 투과율별 약 0.12㎡씩 면적이 증가함. 모듈 이격은 20mm로 수직형 태양광과 비교하였을 때 구조물 측면 개구면적이 작아 개구율은 7%~19%를 이룸.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

모듈 유형	전체 면적 (모듈부)	구조물_측 면 개구면적	모듈 면적	모듈 투과도	개구율 (모듈부)
1	1.543m ²	0.012m ²	1.388m ²	8.00 %	7.97%
2	1.663m ²	0.014m ²	1.506m ²	15.00 %	14.42%
3	1.796m ²	0.015m ²	1.637m ²	20.00 %	19.06%

<상부형 태양광 설비 개구율 계산>

- 작물의 생육 및 재배를 위해 농업용 기구 및 장비의 이용 공간확보가 필요하므로 포스트 간격은 남-북으로 약 4.5m, 동-서로는 약 3.6m로 설계되었으며, 3m 이상 높이의 포스트를 사용하여 농작물 재배 및 생산활동을 할 수 있는 환경으로 구성하여 구조물 전체 남-북 길이는 약 46m, 동-서 방향은 약 16m임.
- 농지에서 식생의 광합성에 필요한 빛의 세기가 광포화점을 초과하는 경우 빛을 막을 수 있는 구조는 식물성장에 유리할 수 있음. 광포화점 이상의 직사광선은 모듈 설치 각도를 0°로 설치함으로써 차단하며, 음영 제공 및 모듈 투과로 약해진 간접광은 엽록체 파괴와 시듦을 방지할 수 있음. 모듈 각도의 90°설치로 음영 발생 범위를 최소화할 경우 작물생육에 대한 영향은 감소시키며 동시에 전력발전이 가능함.



<시간별 상부형 구조물 음영 이미지>

- 상부형 태양광 모듈의 경우 남-북 방향으로 설치되어, 하지 오전 기준으로 기둥에서 발생 되는 음영의 길이는 약 3m 내외로 형성되고 모듈에서 발생 되는 음영의 길이는 각각 약 3m, 2m임. 정오 기준 음영 길이는 0.5m 내외로 두 가지 타입 모두 비슷한 음영의 길이로 형성됨.

설비 유형		0°	90°
오전(09:02)	기둥	2.9 m	2.9 m
	모듈	3.1 m	2.4 m
정오(12:11)	기둥	0.4 m	0.4 m
	모듈	0.5 m	0.5 m
오후(15:02)	기둥	3.6 m	3.6 m
	모듈	3.8 m	4.3 m

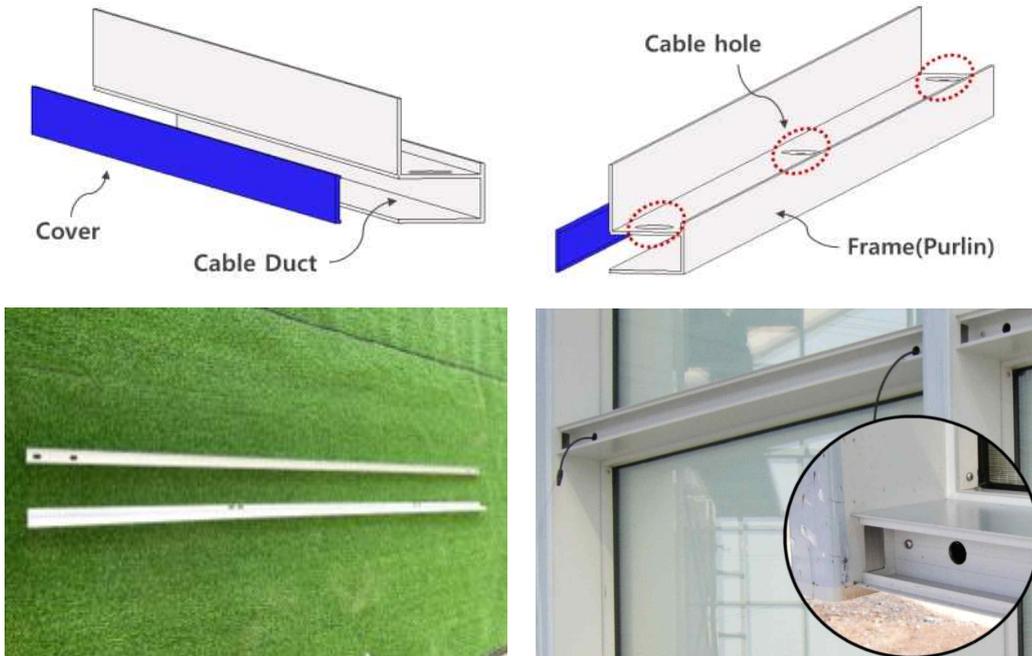
<시간별 기둥 및 모듈 음영 길이(상부형)>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 음영 시뮬레이션을 통하여 그림자 형상 및 시간대별 음영 길이를 확인할 수 있으며 작물 재배지에서 음영은 농작물에 직접적인 영향을 미치기 때문에 사업 개시 전 필수적으로 확인되어야 함. 위와 같은 시뮬레이션으로 작물 재배와 사업의 적합성을 알 수 있고 시설계된 구조물에 대한 보완 및 최적화에 활용함.

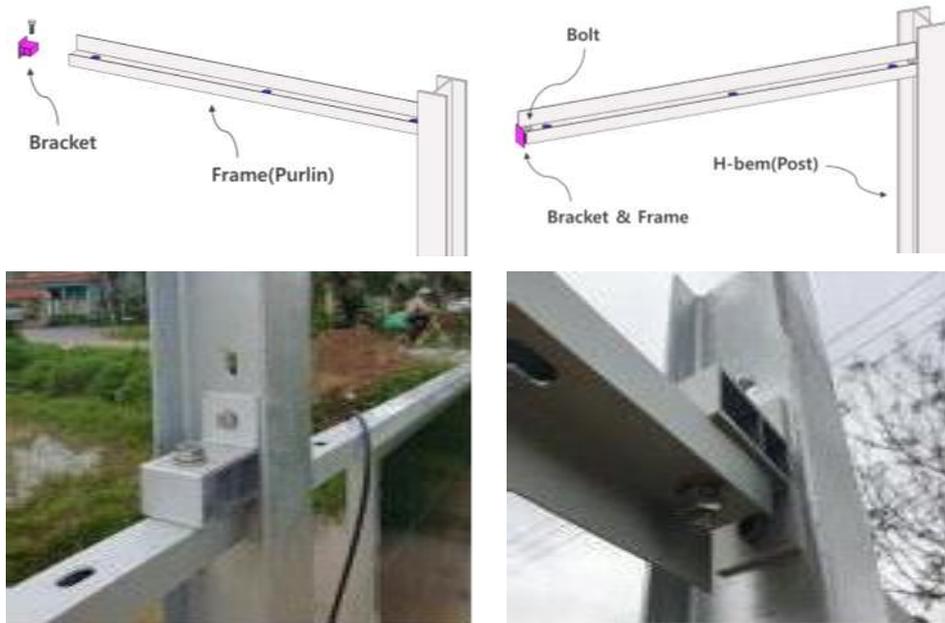
○ 무음영 태양광 설비의 신뢰성 확보를 위한 시험 평가 및 안정성 입증

- 베트남 현지 1차 실증 설비(수직형) 구축을 통한 문제점 분석
 - 수직형 태양광 구조물의 자재 중 수평 지지대는 어레이 구성 시 태양광 패널의 케이블 정리 및 고정을 위한 방안이 미반영 되어있고, 케이블타이를 이용한 외부 케이블 정리 시 수직형 설비의 미관이 저하되는 문제점이 발생함. 따라서 해당 문제점을 보완할 수 있는 케이블 덕트가 포함된 일체형 수평 지지대(퍼린) 설계를 통해 수직형 태양광 구조물 구조 개선을 고안함.



<수평 지지대 프레임 구조 개선 및 케이블 덕트 일체형 예시>

- 케이블 덕트 일체형의 개선 구조를 통해 외부 케이블 노출을 최소화하여 수직형 태양광 설비의 미관 개선이 가능하며 별도의 케이블 선 정리 작업이 불필요하여 어레이 연결 시간이 단축됨. 또한 외부환경에 의한 케이블 손상 방지 및 전기시설 안정성 강화의 효과를 볼 수 있음.
- 수직형 태양광 구조물의 체결 구조 중 브라켓-수평지지대의 구조는 설비의 장기간 운영 시 고정 볼트의 풀림이 발생 시 구조 안정성 저하 및 체결 각도 변경이 될 수 있는 문제점이 발생함. 따라서 브라켓-수평지지대의 체결 구조 개선을 통해 해당 문제점을 보완할 수 있는 방안을 제시함.

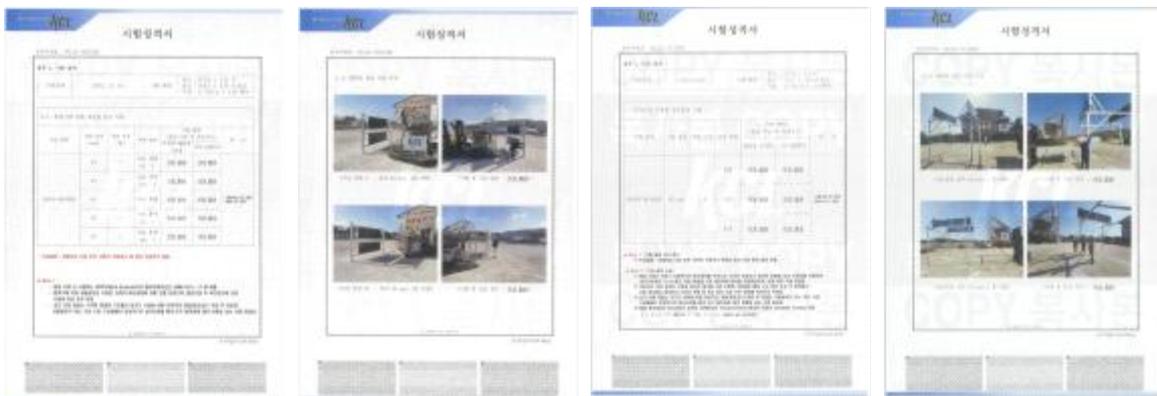


<브라켓 체결 구조 개선 및 기존 브라켓 체결구조>

- 프레임에 브라켓을 삽입하여 고정 및 체결하는 구조 개선을 통해 볼트 풀림에 대한 구조 안정성 향상과 구조물 설치 후 브라켓의 비노출로 수직형 태양광 설비의 미관 개선이 가능함. 또한 해당 개선 구조를 통해 수직형 구조물의 직선 설치가 용이함에 따라 이후 틀어짐 방지를 통해 발전량 저하를 방지할 수 있음. 하지만 브라켓 삽입 후 수평 지지대와 기둥 체결이 필요하며 기존 설계된 브라켓의 사용이 불가하여 재설계가 요구됨.
- 내풍압 안정성 확보를 위한 옥외 시험 평가 및 성능 확보
 - 수직형 및 상부형 태양광 구조물의 KCL 기후환경실증센터에서 실시한 내풍압성 시험을 통해 구조물 안정성을 확보함. 각 구조물의 안전성 검증을 위해 풍력기를 이용한 내풍압성 시험을 진행하였으며 구조물 정면, 측면 및 후면에서 풍압가압(45m/s, 1분) 후 태양광 구조물 및 연결부위의 육안검수를 통해 이상유무를 확인함.
 - 수직형 구조물의 내풍압 시험은 2022년 11월 16일 온도 $15.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$, 습도 $49.9 \pm 5.0\% \text{ R.H.}$, 기압 $1023.2 \pm 1.0\text{hPa}$ 의 시험환경에서 진행하였음. 시험 결과 수직형 구조물은 이상없음이 판정되어 안정성이 입증됨. 이상없음 판정은 시험 후 구조물의 처짐이나 휘어짐 등의 이상현상 발생 유무로 결정됨.



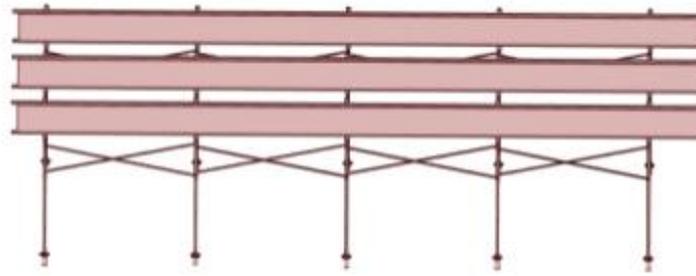
<KCL 수직형, 상부형 구조물 내풍압성시험>



<KCL 내풍압성시험 시험성적서(수직형, 상부형)>

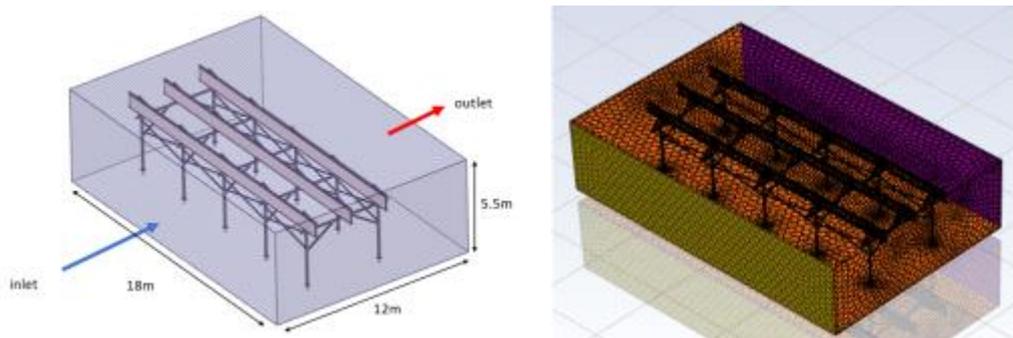
- 상부형 태양광 구조물의 내풍압 시험은 2023년 04월 27일 온도 $17.6 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$, 습도 $55.1 \pm 3.0\% \text{ R.H.}$, 기압 : $1023.6 \pm 3.0\text{hPa}$ 의 시험환경에서 실시되었으며 시험 결과 이상없음 판정으로 상부형 구조물의 안정성을 검증함.
- 영농형 태양광 구조물의 실시험 데이터와 시뮬레이션 해석값 비교 분석
 - 상부형 구조물 자재는 SS235, Al6005-T5로 이루어져 있고 구조물의 모델링을 통해 유동해석(Computational Fluid Dynamics, CFD)을 진행함. 유동해석(CFD)은 유체의 동적인 움직임을 수치해석적 방법으로 계산해 내는 것으로 상시 개방적 환경에 설치되는 구조물의 특성상 바람에 의한 압력이 가장 주된 외력으로 작용함.
 - 구조물 주위의 외풍 영향 발생에 대한 해석을 위해 유한요소 모델링은 유동장을 설정하여 생성하였고 시뮬레이션 소프트웨어는 Ansys Fluent를 사용하여 일정한 초기속도를 가진 바람에 의해 구조물에 가해지는 압력과 구조물 주위에서의 유체 흐름을 파악함.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

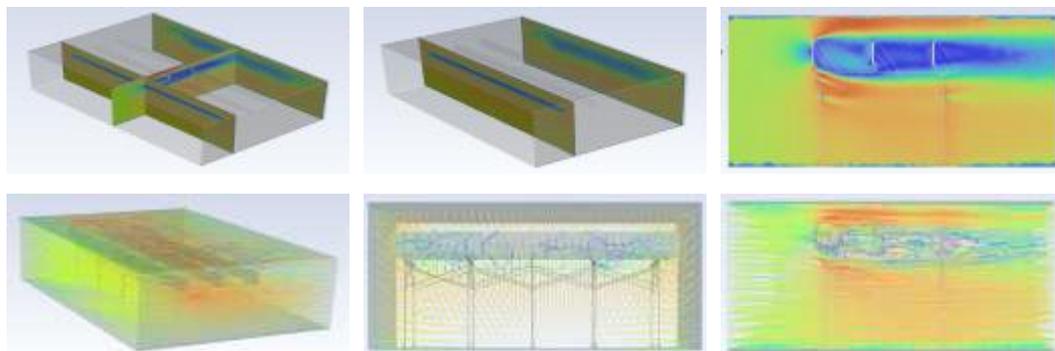


<상부형 무음영 태양광 구조물 모델링>

- 구조 안정성 시뮬레이션(CFD)은 상부형 태양광 설비가 풍압에 의한 부하가 크게 발생하는 90° 모듈 상태를 대상으로 실시함. 바람에 의한 압력이 가장 주된 외력으로 작용되는 실증사이트의 개방적 환경 특성으로 인해 구조물에 가해지는 압력과 구조물 주위 유체흐름을 파악하기 위해 시뮬레이션을 수행함.
- 시뮬레이션을 진행하기 위해 생성한 유동장의 총 요소 개수는 916,259개로 가장 큰 요소의 크기는 450mm이며 가장 작은 요소의 크기는 17mm임. 구조물의 틈새 및 하위 레이어 흐름을 예측하기 위해 Far Field 영역에서 사용되는 K- ω SST 난류 모델을 사용하였으며 정면의 45m/s의 바람이 불어오는 조건으로 진행함. 유동장의 측면은 Symmetry 조건을, 바닥 면은 Slip이 일어나지 않는 Wall 조건을 각각 적용함.



<상부형 구조물 유동장 유한요소 모델 및 경계조건>

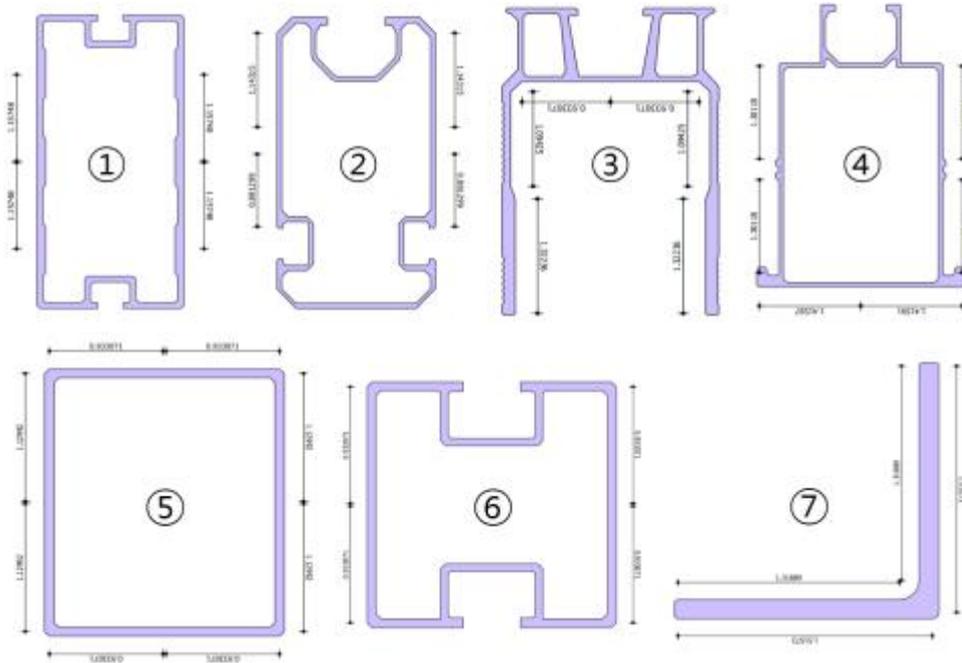


<유동해석 결과 - 속도분포(ISO, 정면, 측면 뷰)>

- 무음영 상부형 태양광의 유동해석 결과, 첫 번째 어레이의 모듈 표면에서 가장 높은 압력(2.36kPa)이 발생 했으며 최대 순간 속도는 모듈 및 상부 하부에서 약87m/s
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)

의 속도가 확인됨. 초기에 발생한 45m/s의 바람은 상부형 구조물과 충돌 후 모듈의 상단, 하단으로 주로 빠져나가 모듈 후면 및 2, 3번째 어레이 사이 부분에서 일부가 재순환 되는 것을 확인함.

- 상부형 구조물의 안정성을 추가 검증하기 위해 시뮬레이션과 동일한 가혹조건으로 설정하여 구조검토를 실시함. 한계상태설계법 및 극한강도설계법에 따라 구조를 설계하고 MIDAS GEN 프로그램을 활용함.



<상부형 태양광 구조물 자재 모델링 - 구조검토>

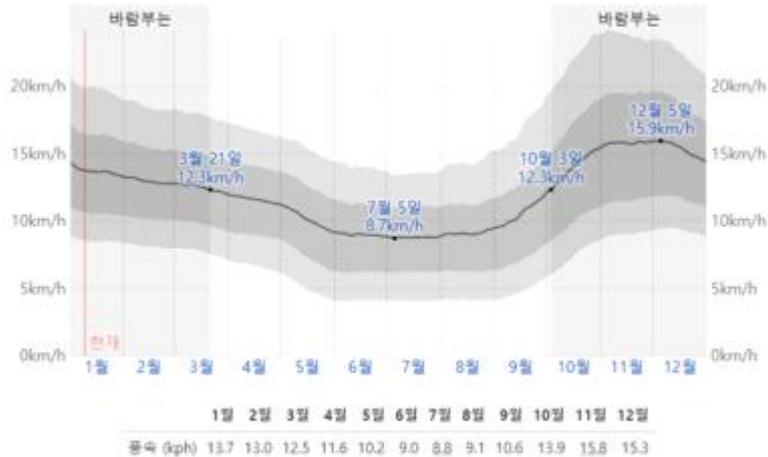
제품명	응력비(Combined Ratio)		
	축력, 휨모멘트	축력, 휨모멘트, 전단력	
		R	R _{MAJOR}
① 포스트	0.882	0.437	0.277
② 세로지지대	0.472	0.244	0.00088
③ 수직지지대	0.947	0.774	0.298
④ 가로지지대	0.934	0.175	0.753
⑤ 대각지지대	0.0346	0.0	-
⑥ 측면브레이싱	0.240	0.240	-
⑦ 정면브레이싱	0.0822	0.0	-

<구조물 구조검토 결과 (부재별 응력비)>

- 상부형 태양광 구조물을 대상으로 구조검토를 수행하여 각 부재별 및 적용 응력 (Stress)에 따라 응력비를 산출하였으며 그 결과 응력비가 1보다 낮아 풍력 45m/s 환경조건에서 구조 안전성을 만족하는 것으로 나타남. 유동해석(CFD) 시뮬레이션 및 구조검토 결과를 바탕으로 상부형 구조물의 안정성을 확인하였으며 내풍압성 테스트의 실시함을 통한 안정성을 추가 검증함.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 시뮬레이션 결과에 대한 무음영 구조물의 현지 환경에 대한 설계 보완 최적화
 - 수직형 및 상부형 태양광 구조물은 현지 실증을 위해 베트남의 논 환경에 맞춰 설계되었으며 MIDAS-GEN 소프트웨어를 활용하여 풍속 45m/s에서의 구조물 안정성 시뮬레이션을 진행함. 베트남 실증 현지 환경과 비교하여 높은 풍속으로 시뮬레이션 및 내풍압성 시험을 진행하여 그 결과 구조물 안정성을 확보함.



<실증사이트(베트남 다낭) 월간 평균 풍속>

- 베트남 다낭의 연간 풍속은 약 3.42m/s(12.3km/h)로 국내 1.9m/s와 비교하여 상대적으로 높음. 하지만 동남아시아에서 발생한 태풍은 대부분 필리핀 근방에서 발생하여 베트남 상륙 시 강한 윈드시어 현상으로 위력이 감소하고 이내 소멸하는 형태를 취함. 최근 10년 동안 베트남에 상륙한 태풍 중 가장 강한 최대풍속(약 37.5m/s)을 기록한 독수리를 제외하면 베트남에 도달하는 태풍들은 20m/s 전후의 최대풍속을 기록함.
- 해외 실증사업을 위해 태양광 구조물의 경제성보다는 안정성을 중요시하여 구조물 사양을 기본 요구사항 이상으로 설계하였으나 실증사이트 현지 환경조건을 고려하여 맞춤형 설계 시 구조물의 안정성을 유지하며 구조물 단가 절감이 가능한 최적화 설계가 가능함.
- 스파이럴 구조체(2,500mm)는 영농환경 특성을 고려하여 기존 시제품 대비 길이는 약 67%, 시공 깊이는 약 90% 증가함. 특히 수직형 스파이럴 구조체의 경우 총 3단으로 구성된 헬리컬 베어링 플레이트(Ø200, Ø250, Ø400)가 추가로 존재하며 해당 부분 및 전체 길이의 축소 수정을 고려할 수 있음.
- 수직형의 경우 각 유닛(Unit)당 2개의 수직지지대로 구성되어 풍압 구조 안정성 요구에 따라 H-beam 형상을 설계에 적용함. 상부형의 경우 한 세트(최소 단위)당 4개의 포스트를 가지며 각 기둥당 두 개의 정면 브레이싱과 한 개의 측면 브레이싱, 세로지지대가 체결되어 내풍압에 대한 구조물 안정성을 만족함.
- 설계 기준으로 채택한 45m/s의 풍속보다 낮은 현지 환경을 고려하여 수직형 및 상부형 태양광 구조물의 설계 최적화를 위해 수직형 구조물의 수직지지대를 사각형 강재로 변경하고, 상부형 구조물의 세로지지대 길이를 증가시켜 필요한 구조체 수량을 줄이고, 스파이럴 사양을 축소하는 설계 변경을 통해 제작단가를 절감할 수 있음. 제작단가 저감뿐만 아니라 무게와 부피 감소로 인한 운송 및 보관 비용의 절감도 가능함.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 영농형 발전 설비의 작물 재배 환경을 고려한 재질 다변화 방안 개발
 - 작물 재배지 토양 오염방지를 위한 금속부(지지대, 부품 등) 범위 및 환경성 분석
 - 태양광발전 설비의 설치 용량 증가에 따라 제품별 특성과 지지구조물 유형의 이해가 중요시됨. 태양광 모듈은 25년 이상 수명을 보장하므로 구조물 또한 모듈을 지지할 수 있도록 환경성 및 장기 신뢰성 확보가 필요함. 모듈을 지지하는 태양광 구조물은 주로 용융아연도금 철, 알루미늄, 연철 등으로 제작됨.

구분	후도금 (KSD3503 + KSD9306)	Aluminum	PosMAC (KSD3030)
적용소재 (원소재)	SS275, SS315	6006-T5	SGMH-295Y, SGMH-305Y
기계적 성질	소재 인장강도(MPa)	410-550, 490-630	260 이상, 400 이상, 490 이상
	소재 항복강도(MPa)	275 이상, 315 이상	240 이상, 295 이상, 365 이상
	파단연신율(%)	21 이상, 19 이상	8, 18 이상, 16 이상
	탄성계수, E(GPa)	205	69, 205
방식처리 및 내구성	비중	7.85	2.7, 7.85
	방식처리	Post-galvanizing	N/A, Pre-galvanizing
	도금성분	Zn 도금	N/A, Zn-Al-Mg 합금도금
	도금량	양면 1000-1200 g/m ²	N/A, 양면 300-400 g/m ²
	내구성 (내식성)	보통	우수, 우수
태양광 지지구조물 적용성	표면품질	균일성 및 흐름무늬 발생	매우 우수, 우수
	장점	<ul style="list-style-type: none"> 수급용이 (일반재) 절단부 내식성 우수 	<ul style="list-style-type: none"> 표면품질 및 내구성 우수 제작 정밀도 우수 표면품질 /내식성 우수 고강도화 설계 용이
	단점	<ul style="list-style-type: none"> 열리한 표면품질 환경이슈 (후도금 공정) 	<ul style="list-style-type: none"> 가격경쟁력 열위 큰 용하중 저항 어려움 재질부 특성파단 우려 절단부 초기 취형 현장용접 조립 취약

<소재별 기계적 성질, 방식처리, 적용성 비교 분석>

- 영농형 태양광 발전은 기존 농지에 설치하여 농지보존과 농작물의 수확량 유지를 전제로 함. 따라서 지반 여건 및 영농환경에 적합한 환경친화적 공법이 요구되며 적합한 구조물 및 스크류파일을 선정하여 지반 오염 및 농지 훼손의 최소화가 요구됨.
- 일반 용융아연도금 강판 대비 5~10배 이상의 내식성을 가진 포스맥(PosMAC)을 소재로 활용하면 상대적으로 높은 친환경적 설계가 가능함. 영농형 태양광 구조물의 대표적 금속부는 각관, C형강, 고정&연결용 브라켓 및 연결용 힌지 등으로 토양 오염의 방지를 위해 해당 부자재를 포스맥(PosMAC)으로 제작 시 토양 오염이 감소할 것으로 예상됨.

구분	단면	소재	특징점
기존 알루미늄 프로파일		알루미늄	<ul style="list-style-type: none"> - 소재 가격이 높음 - 부식성이 낮음 - 재활용 가능, 친환경적 - 조립형 구조로 시공성 좋음
고내식강 포스맥 프로파일		PosMAC (KS D 3030)	<ul style="list-style-type: none"> - 소재가격이 경제적임 - 단면형상으로 단면 성능이 좋음 - 재활용 가능, 친환경적 - 출가공 후 도금 불필요 - 조립형 구조로 시공성 좋음

<알루미늄, PosMAC 소재 비교 분석>

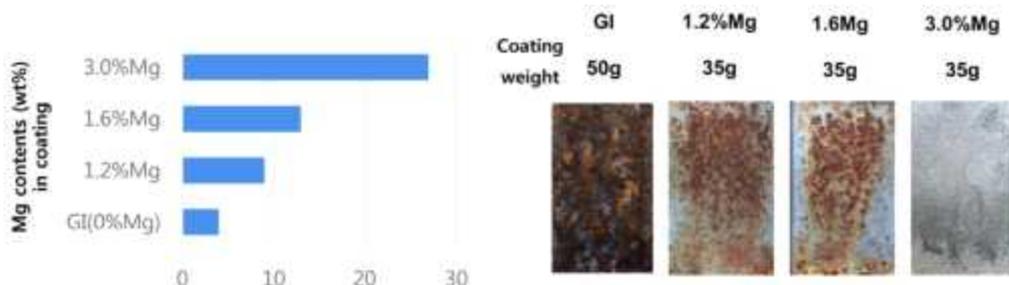
- 구조물 구조(용접, 가공 등) 방식에 따른 장기 내구성 확보 분석
 - 작물 재배환경을 고려한 친환경성 구조물로 PosMAC 재질 선정 시 각관 제작 과정에서 연결부 용접작업이 요구될 수 있음. PosMAC 용접은 가스메탈아크(GMA), 원주 필렛아크, 고주파 조관, 레이저 및 Spot 용접 등이 있음.

- 용접작업 진행 시 PosMAC 재질 고유의 도금이 훼손되어 구조물 내구성을 저하시킬 수 있으므로 구조물 부자재의 두께, 도금량 및 용접조건 등에 따른 적절한 용접 방법 적용이 필요함.
- 구조물 시공 실증사이트 특성에 따라 구조물 가공으로 인한 절단면이 발생하여도 PosMAC 재질은 절단 부위에서 부식생성물 피막이 형성되어 아연도금강판과 달리 재도금이 요구되지 않음. 절단면 발생 시 상부 도금층 용해로 단면이 피복되고 부식생성물 성장 축진을 통해 단면부 부식을 방지함.

	GI				PosMAC®		
	Z120	Z200	Z300	Z600	ZM140	ZM200	ZM275
Coating weight (One side, g/m ²)	77.6	149.9	164.4	297.7	85.9	117.9	170.9
10 cycle							
70 cycle							
120 cycle							

<CCT cycle을 통한 평판부 내식성 비교>

- 복합부식시험(Cyclic Corrosion Test, CCT)를 통한 PosMAC과 용융아연도금 강판의 평판부 내식성 비교 시 PosMAC 재질이 용융아연도금 강판보다 5~10배 이상 우수한 평판부 내식성을 가짐.(복합부식시험(CCT) : 염수분무 2Hr(5%NaCl, 35℃) → 건조 4Hr(25%RH, 60℃) → 습윤 2Hr(95%RH, 50℃)를 1Cycle로 진행)
- 구조물 재질 다변화로 고내식성 확보를 통한 토양 오염 방지 방안 제시
 - 도금 강판 표면에 전착도장(Electro deposit) 및 컬러도장(PCM) 처리를 통해 부식의 방지가 가능하나 부자재의 절단, 심가공(Deep drawing) 및 스크래치로 인한 부위는 상대적으로 부식에 취약함.
 - 취약부위의 내부식성 확보를 위해 PCM 처리와 함께 강판 표면에 Mg-Al alloy 도금 처리를 통해 내부식성을 증가시킬 수 있으며 마그네슘(Mg) 함량에 따른 고내식성 효과를 확인하기 위해 염수분무 복합시험(CCT)을 통한 적녹 발생 시기를 비교함. 기존 아연도금강판 대비 마그네슘 함량 3% 추가 시 적녹 발생 시기가 약 5배 이상 늦춰짐을 확인함.



<마그네슘 함량에 따른 CCT cycle 시료 외관 비교>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 재질 특성을 고려한 무음영 태양광 구조물 조립 및 시공 방안 최적화
 - PosMAC 재질의 태양광 구조물의 조립에서 동종 금속의 MacBOLT 사용 시 전해부식 현상을 방지할 수 있으며 용융 볼트와 비교하여 체결성이 우수하여 공기를 단축 할 수 있는 장점이 있음.

구분	용융 볼트	포스맥 볼트	지오맷 볼트
도금	용융아연(H,D,G)	포스맥 R	지오맷
피막두께	50 ~ 70 μm	10 ~ 15 μm	7 ~ 12 μm
염수분무시험	500시간	1,500시간	1,000시간
체결성	다소 떨어짐	체결성 우수	체결성 우수

<PosMAC, 용융, 지오맷 볼트 특성 비교>

- PosMAC 재질 부자재는 습기와 물이 스며들 수 있는 곳 또는 기온차가 심한 환경의 보관을 삼가고, 고습도, 아황산가스 및 매연 등이 심하지 않은 곳에서의 가공 작업이 요구됨. 또한 저항 용접 시 도금층 증발로 인한 아연의 전극부착 방지를 위해 주기적인 청소 및 관리가 필요하며, 용접은 통풍이 원활한 환경에서 작업하여 Spatter 및 Fume 발생량 증가를 방지할 수 있음.

o 현지 기업의 베트남 실증 설비 구축을 위한 시공 지원 및 기술 전수

- 베트남 현지 실증을 위한 발전 설비 및 자재 운송 방안 마련 및 이송
 - 실증지 구축을 위해 무음영 영농형 태양광 구조물은 해상운송을, 상부형 태양광 구조물의 보완용 부자재는 항공을 통해 운송함. 관세 지급 인도조건(DDP, Delivered Duty Paid)을 통해 운송 물품의 현지 통관과 내륙 운송을 일괄 포함하여 진행함.



<구조물 보완용 부자재 항공운송>

- 해상 운송은 대규모 화물부터 소규모 제품까지 넓은 범위의 화물 운반이 가능하며 항공 운송 대비 상대적으로 운송료가 저렴함. 단점으로 운송 기간이 오래 소요되어 긴급한 운송에 적합하지 않으며 기상 악화 및 선박의 상태 등에 따른 운송 물품 손상 리스크가 존재함.
- 반면 항공 운송은 운송 기간이 짧으며 파손 및 분실의 위험이 적은 운송 수단으로 높은 안전도와 신속성을 가짐. 긴급을 필요로 하는 물품 운송에 적합하나 대량 운송이 불가능하며 해상운송 대비 운송료가 제한적인 단점이 있음.

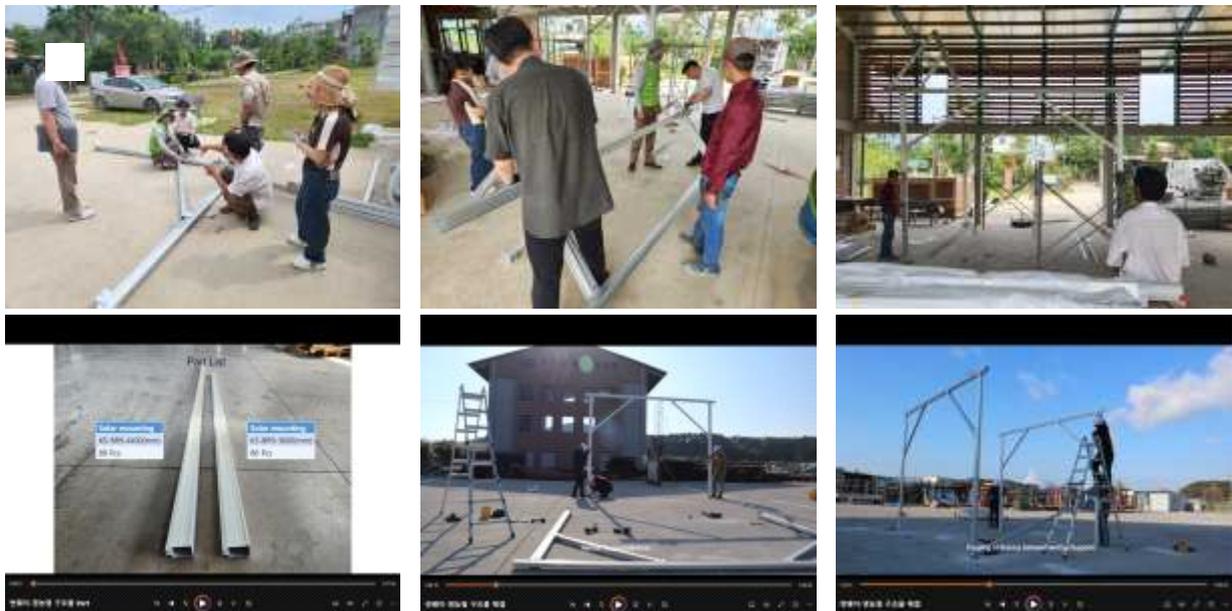
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 운송 자재의 수량, 특성, 운송 기간 및 비용 등을 고려하여 더욱 알맞은 형태의 운송방안 채택이 필요하며 운송 자재의 보호를 위해 물품 형태에 따른 패키징 확보가 요구됨. 모듈과 시공 자재의 형태 및 수량을 고려한 우드 패키징을 통해 외부의 습기, 먼지, 충격 및 도난으로부터 보호하고 내륙 운송 시 신속성과 안전성을 확보함.



<무음영 영농형 태양광 모듈 및 구조물 운송>

- 무음영(상부형) 태양광 발전 설비의 구축을 통한 시공 노하우 현지 기업 전수
 - 영농형 태양광 구조물의 자재별 사전조립 및 체결을 진행하여 자재별 상이/특이점과 체결 시 주의사항을 사전에 공유함. 또한 상부형 태양광 구조물의 국내 사전 체결을 통해 구조물 시공 동영상 및 자재 파트별 체결 방법을 파악할 수 있는 자료(동영상)를 제작하여 현지 작업자의 구조물에 대한 이해도를 향상시켜 시공 효율성을 증대시킴.



<사전 구축 시연 및 구조물 체결 가이드 공유>

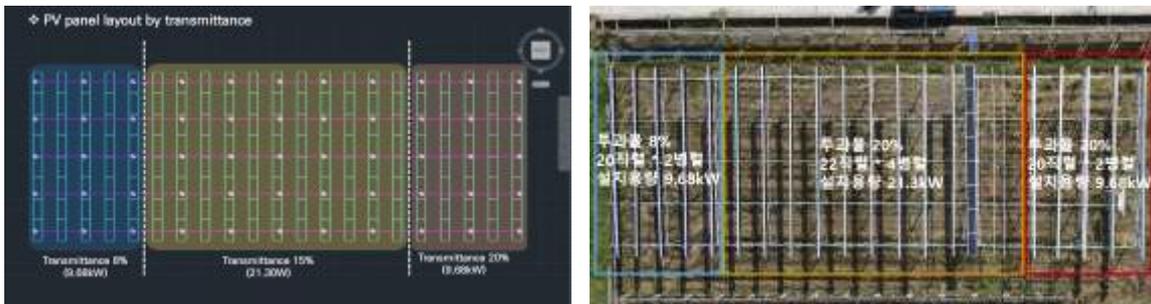
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 실증사이트 현장 답사를 통해 구조물 배치도면과 비교 검토를 진행하였고 구조물 타입별 시공계획을 수립함. 무음영 태양광 구조물의 수평&일직선 시공을 지원하기 위해 실증사이트 시공 시 레벨기 및 수평계 등의 장비를 활용하고 열화상 드론 촬영을 통한 시공 과정 및 진행 상황을 기록함.



<실증사이트 시공 지원 및 노하우 전수>

- 베트남 무음영 태양광 발전 설비 운영을 위한 시스템 구축 및 기술 지원
 - 발전량 모니터링은 태양광 설비의 전력생산 효율 파악 및 설계의 적정성 판단이 가능한 중요시스템으로 설비 이상 유무 확인을 통해 유지보수가 필요한 부분을 점검하게 해주는 기능을 함.
 - 데이터의 정확한 구분 및 수집을 위하여 모듈의 투과율을 기준으로 분류해야 하며 구조물 간 효율적인 이격거리를 확보하여 데이터의 신뢰성을 높여야 함. 상부형 태양광 설비는 음영 영향 및 모듈 설치 각도에 따른 데이터 분석을 위해 투과율에 따라 모듈 구역을 구분하는 것이 중요함.
 - 따라서 전체 168장의 모듈로 구성된 상부형 발전설비를 투과율별로 나누어 3개의 구역으로 설정하고 투과율 8% 및 20%는 20장당 하나의 어레이를 구성하여 2병렬로, 투과율 15%는 22장당 하나의 어레이를 구성하여 4병렬로 구성함. 투과율 8%, 20%는 9.68kW가 설치하였으며 20% 모듈은 약 21.3kW로 설치함.



<상부형 태양광 투과율별 어레이 구성>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 태양광 발전설비 시공 시 전력발전 및 안정적 운영을 위해서는 구조물 상호 음영에 대한 영향을 최소화할 수 있는 효율적인 이격거리가 필요함. 또한 태양광 구조물의 설치 각도(90°)와 일직선 시공을 위해 계측 장비를 활용하여 실증 현장의 시공 지원 및 검수를 진행함.
- 발전설비의 타입별 레이아웃과 실증사이트 부지도면 및 현지 실측을 통해 실증부지 내 일직선 시공 가능 여부 및 구조물 간 이격(약 5m)을 고려한 전체 구조물 배치 설계를 진행함.
- 모듈의 타입별/투과율별 어레이 구성, 구조물 수직/일직선 시공 및 이격거리 확보를 통해 양질의 데이터를 수집하고, 이후 이를 기반으로 발전시스템의 개선사항 도출 및 최적화가 가능함.



<영농형 태양광 배치 설계 및 기술 지원>

- 무음영 영농형 태양광 시스템의 시공·운영관리 가이드 제작 및 현지 교육 지도
 - 작물 재배 및 현지 기후 조건에 대한 영농형 태양광 시스템 운영 방안 제시
 - 국내를 기준으로 일반적인 태양광 모듈 각도는 정남향 30° ~ 35° 일 때 가장 높은 발전량이 나오는 것으로 알려져 있으나 각도가 높아질수록 필요한 토지면적이 증가하여 발전량 및 효율성을 고려하여 시공하는 추세임.
 - 무음영 영농형 상부형 태양광의 경우 필요면적 증가 및 타 모듈에 끼치는 영향 없이 모듈의 각도 변경이 가능하므로 베트남의 3모작 벼 재배 특성 및 실증사이트 태양 고도 변화에 맞춰 모듈 각도 변경 시 발전시스템의 효율증가가 예상됨. 작물 재배 과정에서 벼의 생식 성장 중에는 상부형 태양광 모듈을 수직 형태로 고정하여 충분한 일사량을 부여하고 수확 시작 시기부터 그다음 생식 성장 시기 동안에 모듈의 경사 각도를 조절하는 탄력적 운영이 가능함.

모듈 각도 조절 방법 지도를 통해 실증지 특성 및 시기에 따라 능동적인 모듈 각도 조절이 가능하며 그로 인한 발전설비의 효율 증가 예상됨.



<현지 인력 대상 무음영 태양광 설비 자립화 교육지도>

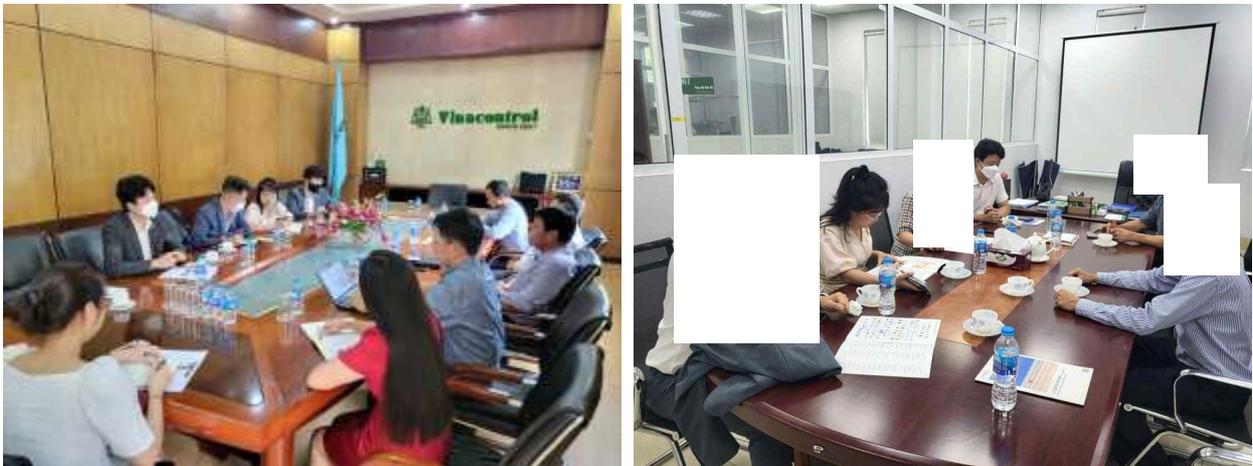
· 수직형 태양광의 경우 높은 잡초로 인해 모듈에 음영을 발생시켜 어레이의 미스매칭에 의해 모듈손상과 발전량 저하를 초래할 수 있으므로 현지 제초작업 수행 및 지속적 관리를 제안함. 또한 모듈 후면 및 구조물 틈새 공간에 개미 등 곤충으로 인해 등지가 지어지면 구조물 및 체결 볼트에 부식을 촉진 시키고 하중의 증가로 인해 구조물 처짐이 발생할 수 있음. 따라서 주변 환경 및 구조물 부자재별 수준의 파악을 통한 지속적인 유지관리의 중요성을 고지함.



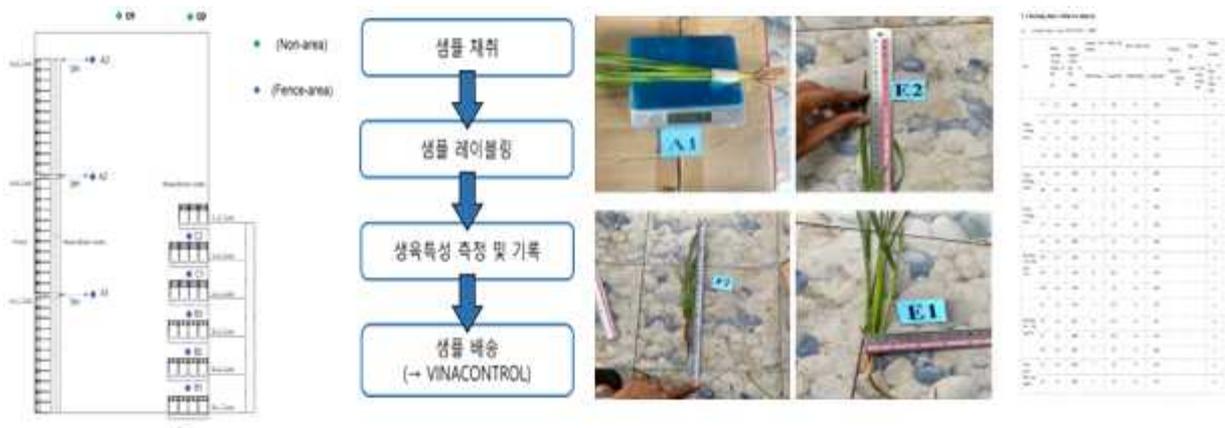
<실증사이트 현지 인력 교육 증서>

(3) 공동연구개발기관(한국건설생활환경시험연구원)

- 실증사이트 작물생육특성 시험평가방법 및 베트남 국가표준(TCVN) 공동개발 (VINACONTROL 협업)
 - 베트남 비나컨트롤 미팅 추진/현지 방문 및 과업 내용 설명
 - (회의내용) KCL-비나컨트롤 실증사이트 작물생육특성 화학분석 연구용역 계약체결 추진/화학분석 시험실 방문 및 TCVN 초안 문서 작성 컨설팅 진행
 - (업무협약) 베트남 현지 시험인증기관을 통한 벼 수확량·작물생육특성 화학분석기법 검증 및 베트남 국가표준(TCVN) 초안 개발
 - (1차 실증사이트 검증) 농작물 샘플링, 농작물 외형변화 측정
 - : ('23.2~23.4) 샘플 채취 및 외형변화(잎/뿌리 길이 등) 측정(베트남 새마을재단)
 - (2차 실증사이트 검증) 샘플링 일정, 위치, 분석절차도 등 재설정
 - : ('23.7~23.9) 샘플 채취 및 외형변화(키, 분얼수 등) 측정(베트남 새마을재단)
 - (베트남 국가표준 공동개발) 화학분석 Technical Report 및 TCVN 초안 문서 작성

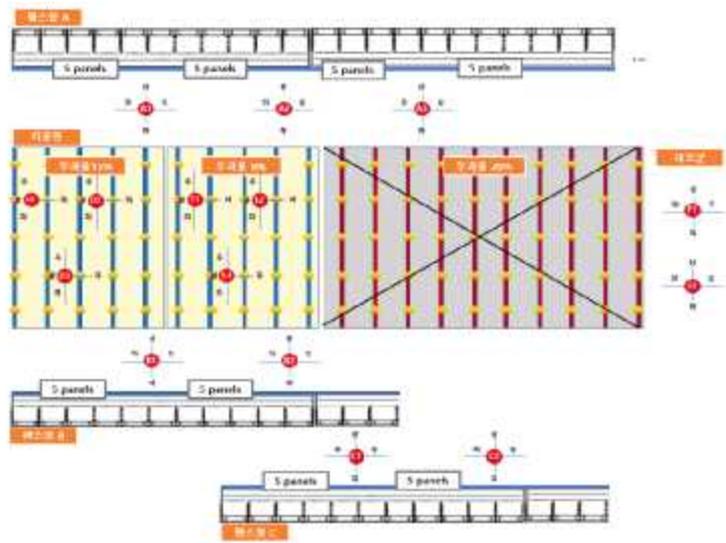


<'23.5.9. KCL-베트남 비나컨트롤 현지 미팅>



<1차 실증사이트 농작물 샘플링 방법 및 외형변화 측정 기록>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<2차 실증사이트 농작물 샘플링 방법 및 외형변화 측정 기록>



한국간접시험평가연구원
Korea Conformity Laboratories



SAEMAUL GLOBALIZATION FOUNDATION

베트남 영농형태양광 실증사이트

농작물 생육특성 검사기록지

(무농약·유무 영농형 태양광발전 실비 개발 및 베트남 현지 실증을 통한 해외 수출 모델 개발)

BETWEEN

KOREA CONFORMITY LABORATORIES (KCL)

AND

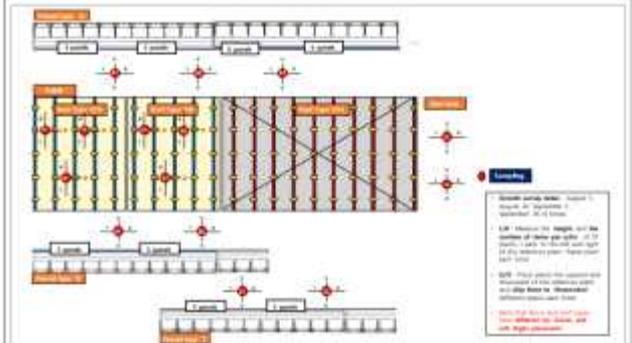
HANCHANG ENERGY /

SAEMAUL GLOBALIZATION FOUNDATION (SGF) VIETNAM

1. 검사 방법 소개

● 농작물 생육형 방법

- 일정 : 8월 10일, 8월 25일, 9월 10일, 9월 25일 (총 4회)
- 시간 : 11am (23.6.27 화상회의 결과로 9am → 11am 변경)
- 아래 그림에서 표시된 채와 같이 총 15군데 지점을 기준점으로 지정
- 기준은 상하로 각각 보양 3kg 및 비 500g 샘플 채취
- 기준은 좌우로 비 생육조사 실시 (23.7.31 화상회의 결과로 외형변화 측정 항목 변경)



● 농작물 생육특성(외형변화) 측정 항목

- ① 키 (여석이 나오기 전, 심은 상태로 측정)
- ② 포기당 줄기 수 (여석이 나오기 전, 심은 상태로 측정)
- ③ 여석이 나온 날짜 기록
- ④ 개재당 낱물 수 (수확 1~2일 전, 썬어서 측정)

● 농작물 생육조사 방법

- 1) 기준: 위 표시된 13지점의 식물 1개체를 기준 식물로 정하고 깃발이나 끈으로 표식을 남긴다.
기준이 되는 식물은 줄거나 죽짐에 사용하지 않는다.
- 2) 최우: 기준 식물의 좌우으로 5개, 우측으로 5개 총 10개의 식물을 선정하여 왼쪽에서부터 순서대로 1번부터 10번까지 이름 붙인다. (이름 명식: 날짜 - 생물위차 - 번호)
(ex. 20230810-A1-L.20230701-A1-2. etc.)
- 3) 태회 죽짐 날짜에 최우에서 선정된 식물의 키와 포기말 줄기수를 측정하고 기록지에 기록한다. (태회 같은 식물을 측정한다. 겹치 않고 심은 재로 측정한다.)
- 4) 삼하: 기준 식물의 삼하 주변 위치에서 각각 식물 500g 이상, 토양 1kg 이상을 태회 죽짐 날짜에 채취하여 이름 붙인다. (이름 명식: 날짜 - 생물위차 - 종류)
(ex. 20230810-A1-soil, 20230810-A1-crop-etc.)
- 5) 비 샘플 15개와 토양 샘플 15개, 총 30개 샘플을 각각 밀봉 포장하여 **핵외 VINACONTROL로 배송**한다. (샘플 용량 및 포장 방법은 별도로 제공한 매뉴얼을 참고 바람.)
 - Vinacontrol Address: Vinacontrol Group Head Office / Analysis and Testing Center 1, No. 54 Tran Nhan Tong, Ha Noi, Viet Nam.
 - Vinacontrol Địa chỉ: Văn phòng Tập đoàn Vinacontrol / Trung tâm Phân tích và Thử nghiệm 1, Số 54 Trần Nhân Tông, Hà Nội, Việt Nam.
 - Contact person: Ms Hằng - Tel: 0955536668 - Email: hung.trantha2816@gmail.com
- 6) 최우로 선정된 식물에 이상이 나오면, 그 날짜를 기록한다.
- 7) 수확하기 1-2달 전에 최우로 선정했던 식물들 모두 뽑아서 식물 1개체의 날짜의 총 개수를 측정한다. (9월 말 예정)

● 농작물 생육조사 방법

- 1) 기준: 위 표시된 13지점의 식물 1개체를 기준 식물로 정하고 깃발이나 끈으로 표식을 남긴다.
기준이 되는 식물은 줄거나 죽짐에 사용하지 않는다.
- 2) 최우: 기준 식물의 좌우으로 5개, 우측으로 5개 총 10개의 식물을 선정하여 왼쪽에서부터 순서대로 1번부터 10번까지 이름 붙인다. (이름 명식: 날짜 - 생물위차 - 번호)
(ex. 20230810-A1-L.20230701-A1-2. etc.)
- 3) 태회 죽짐 날짜에 최우에서 선정된 식물의 키와 포기말 줄기수를 측정하고 기록지에 기록한다. (태회 같은 식물을 측정한다. 겹치 않고 심은 재로 측정한다.)
- 4) 삼하: 기준 식물의 삼하 주변 위치에서 각각 식물 500g 이상, 토양 1kg 이상을 태회 죽짐 날짜에 채취하여 이름 붙인다. (이름 명식: 날짜 - 생물위차 - 종류)
(ex. 20230810-A1-soil, 20230810-A1-crop-etc.)
- 5) 비 샘플 15개와 토양 샘플 15개, 총 30개 샘플을 각각 밀봉 포장하여 **핵외 VINACONTROL로 배송**한다. (샘플 용량 및 포장 방법은 별도로 제공한 매뉴얼을 참고 바람.)
 - Vinacontrol Address: Vinacontrol Group Head Office / Analysis and Testing Center 1, No. 54 Tran Nhan Tong, Ha Noi, Viet Nam.
 - Vinacontrol Địa chỉ: Văn phòng Tập đoàn Vinacontrol / Trung tâm Phân tích và Thử nghiệm 1, Số 54 Trần Nhân Tông, Hà Nội, Việt Nam.
 - Contact person: Ms Hằng - Tel: 0955536668 - Email: hung.trantha2816@gmail.com
- 6) 최우로 선정된 식물에 이상이 나오면, 그 날짜를 기록한다.
- 7) 수확하기 1-2달 전에 최우로 선정했던 식물들 모두 뽑아서 식물 1개체의 날짜의 총 개수를 측정한다. (9월 말 예정)

< 실증사이트 농작물 샘플링 방법 및 외형변화 측정 레퍼런스 Low-data >



TEST REPORT

No: 23102THD54951
Date: August 22nd 2023

Client: KCI, (KOREA CONFORMITY LABORATORIES)
Sample type: Soil & Rice plant
Date samples received: August 08th 2023
Date report: August 22nd 2023

I. Test method
Apply and refer to the following Vietnamese standards
Soil sample:
- Total Nitrogen content (N total): TCVN 5499:1999
- Total Phosphorus content (P2O5 total): TCVN 5490:1999
- Available Calcium and Magnesium content: TCVN 8269:2010
- Total K2O content: TCVN 5202-9:2016
Rice plant sample:
- Total Nitrogen content (N total): TCVN 5224:2012
- Total Phosphorus content (P2O5 total): TCVN 8261:2010
- Total K2O, Calcium and Magnesium content: TCVN 10918:2010

II. Sample description
- Soil sample: 1kg per sample, in sealed plastic bag
- Rice plant sample: 100g per sample, in sealed plastic bag

III. Test Results

3.1. Soil Samples					
No	Sample	N total %	P ₂ O ₅ available %	K ₂ O total %	Available Calcium/Mg ₂ 100g
1.	20230805-A1-Soil	0.28	0.087	0.17	2.88
2.	20230805-A2-Soil	0.27	0.086	0.16	2.31
3.	20230805-A3-Soil	0.30	0.093	0.11	2.84
4.	20230805-B1-Soil	0.20	0.085	0.11	1.84
5.	20230805-B2-Soil	0.24	0.086	0.13	1.82
6.	20230805-C1-Soil	1.63	0.284	0.14	3.38
7.	20230805-C2-Soil	1.63	0.283	0.14	1.51
8.	20230805-D1-Soil	1.94	0.383	0.15	1.78



TEST REPORT

No: 23102THD54951
Date: August 22nd 2023

Client: KCI, (KOREA CONFORMITY LABORATORIES)
Sample type: Soil & Rice plant
Date samples received: August 08th 2023
Date report: August 22nd 2023

I. Test method
Apply and refer to the following Vietnamese standards
Soil sample:
- Total Nitrogen content (N total): TCVN 5499:1999
- Total Phosphorus content (P2O5 total): TCVN 5490:1999
- Available Calcium and Magnesium content: TCVN 8269:2010
- Total K2O content: TCVN 5202-9:2016
Rice plant sample:
- Total Nitrogen content (N total): TCVN 5224:2012
- Total Phosphorus content (P2O5 total): TCVN 8261:2010
- Total K2O, Calcium and Magnesium content: TCVN 10918:2010

II. Sample description
- Soil sample: 1kg per sample, in sealed plastic bag
- Rice plant sample: 100g per sample, in sealed plastic bag

III. Test Results

3.1. Soil Samples					
No	Sample	N total %	P ₂ O ₅ available %	K ₂ O total %	Available Calcium/Mg ₂ 100g
9.	20230805-D2-Soil	3.04	0.389	0.10	1.82
10.	20230805-D3-Soil	1.81	0.281	0.18	1.57
11.	20230805-E1-Soil	1.81	0.280	0.18	3.11
12.	20230805-E2-Soil	1.83	0.280	0.15	1.84
13.	20230805-E3-Soil	1.88	0.288	0.15	1.81
14.	20230805-F1-Soil	0.38	0.280	0.11	1.90
15.	20230805-F2-Soil	0.44	0.279	0.14	1.84

3.2. Rice plant Samples					
No	Sample	N total %	P2O5 total %	K2O total %	Ca total mg/g
1.	20230805-A1-Crop	1.82	0.538	1.84	2715
2.	20230805-A2-Crop	1.82	0.531	2.33	2438
3.	20230805-A3-Crop	1.83	0.524	1.38	1930
4.	20230805-B1-Crop	2.18	0.523	1.47	1755
5.	20230805-B2-Crop	2.12	0.506	1.40	2398
6.	20230805-C1-Crop	2.97	0.521	1.81	3111
7.	20230805-C2-Crop	2.95	0.507	1.38	2998
8.	20230805-D1-Crop	2.30	0.481	2.04	1884
9.	20230805-D2-Crop	2.54	0.482	1.43	3536
10.	20230805-D3-Crop	2.78	0.481	1.21	4357
11.	20230805-E1-Crop	2.43	0.480	1.54	2880
12.	20230805-E2-Crop	2.97	0.481	1.50	3819
13.	20230805-E3-Crop	2.49	0.552	1.89	2790

<작물 생육특성 화학분석 Technical Report (VINACONTROL)>

210mm×297mm(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²))

2. 검사지 양식

㉠ 05 August (Thursday), 11am

구분		1		2		3		4		5	
		Height	number of stems								
Fence A	A1	800	6	720	5	760	4	760	4	740	6
	A2	850	7	840	5	820	6	800	8	840	10
	A3	800	7	790	5	750	6	700	3	800	6
Fence B	B1	740	4	730	6	680	4	670	3	700	3
	B2	750	4	770	4	800	4	760	3	770	4
Fence C	C1	940	4	860	4	900	1	820	3	890	3
	C2	790	3	800	5	780	11	770	6	840	5
Roofing 15%	D1	740	5	840	7	830	7	790	8	810	8
	D2	710	4	720	6	690	5	760	6	740	4
	D3	700	3	710	2	750	4	760	4	820	6
Roofing 8%	E1	700	7	720	5	760	4	800	5	810	8
	E2	775	5	720	5	710	3	770	5	650	4
	E3	710	4	820	3	870	9	700	6	690	5
Non-area	F1	780	7	790	8	800	6	700	4	740	7
	F2	900	4	970	6	900	3	950	8	730	4

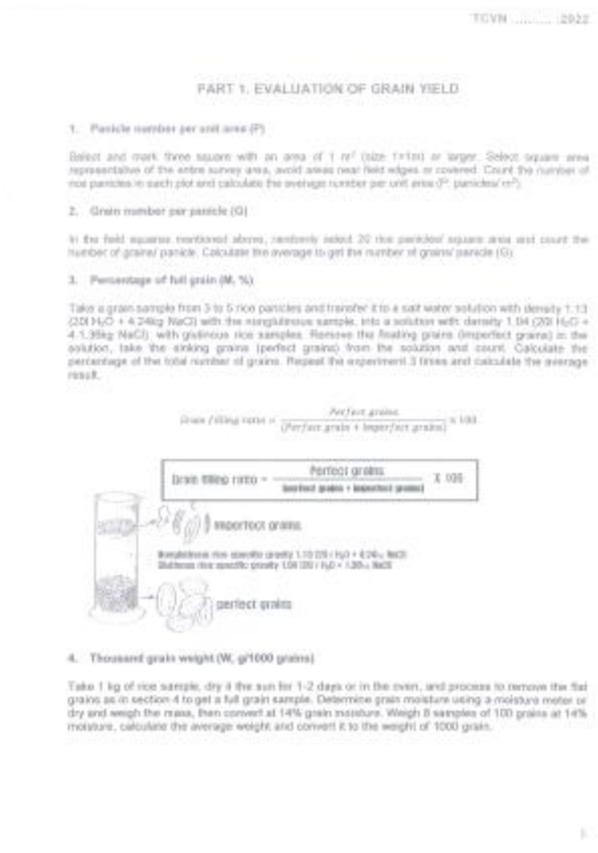
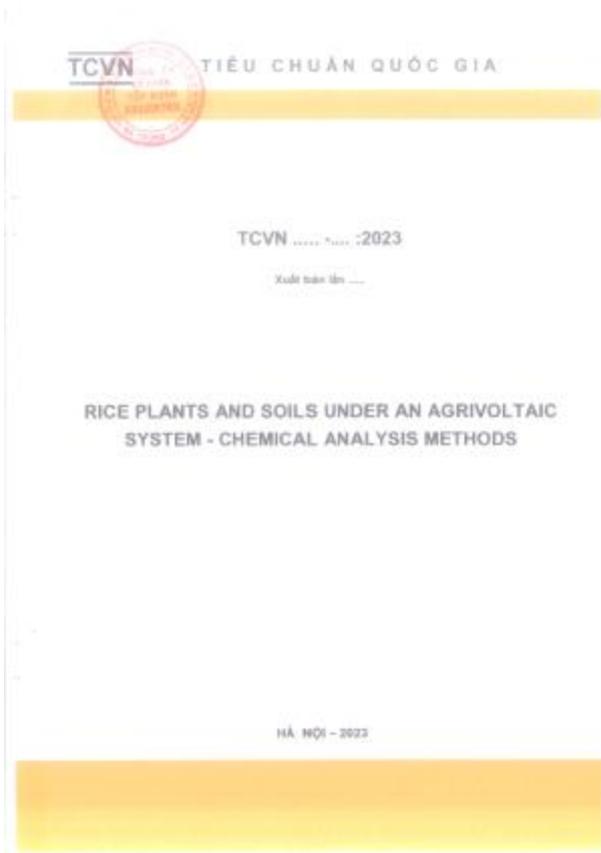
구분		6		7		8		9		10	
		Height	number of stems								
Fence A	A1	790	7	800	8	810	9	740	7	700	6
	A2	730	4	780	7	740	9	860	10	720	9
	A3	780	5	700	3	860	5	700	6	780	9
Fence B	B1	720	3	740	4	780	4	710	3	760	3
	B2	840	4	760	6	700	3	780	2	860	4
Fence C	C1	870	3	840	3	860	4	920	4	810	5
	C2	820	7	870	3	840	5	870	4	880	9
Roofing 15%	D1	760	3	800	6	710	3	730	4	780	4
	D2	750	6	740	5	780	8	830	5	750	4
	D3	770	6	690	5	750	3	700	4	720	3
Roofing 8%	E1	730	8	760	11	750	7	750	6	790	9
	E2	630	2	750	6	690	4	670	3	700	4
	E3	730	4	780	6	750	2	760	3	750	7
Non-area	F1	680	9	730	6	680	6	730	5	790	10
	F2	830	5	940	8	870	5	860	4	900	5

㉡ 20 August (Sunday), 11am

구분		1		2		3		4		5	
		Height	number of stems								
Fence A	A1	1020	6	1020	5	950	4	1000	4	940	6
	A2	980	7	1000	5	1000	6	1040	8	990	10
	A3	1040	7	1020	5	980	6	1040	3	1060	6
Fence B	B1	930	4	910	8	860	4	900	3	950	3
	B2	930	4	910	4	970	4	890	3	950	4
Fence C	C1	1040	4	970	4	1000	1	1060	3	1090	3
	C2	1090	3	1060	5	1020	11	1050	6	1160	5
Roofing 15%	D1	930	5	1040	7	930	7	900	8	940	8
	D2	1000	4	940	6	930	5	910	6	950	4
	D3	930	3	950	2	890	4	880	4	900	6
Roofing 8%	E1	960	7	910	5	950	4	930	5	900	8
	E2	890	5	900	5	970	3	910	5	890	4
	E3	980	4	910	3	920	9	950	6	930	5
Non-area	F1	940	7	920	8	980	6	960	4	930	7
	F2	1050	4	1000	6	1070	3	970	8	990	4

구분		6		7		8		9		10	
		Height	number of stems								
Fence A	A1	960	7	890	8	990	9	980	7	1000	6
	A2	1020	4	1060	7	1090	9	1070	10	1030	9
	A3	1040	5	1050	3	1070	5	970	6	960	9
Fence B	B1	940	3	990	4	1020	4	960	3	900	3
	B2	940	4	990	6	920	3	950	2	1000	4
Fence C	C1	1050	3	1040	3	1000	4	960	4	910	5
	C2	1080	7	1040	3	1090	5	1080	4	1030	9
Roofing 15%	D1	1030	3	1000	6	950	3	900	4	950	4
	D2	900	6	940	5	910	8	990	5	950	4
	D3	960	6	990	5	860	3	970	4	910	3
Roofing 8%	E1	940	8	980	11	1000	7	940	6	890	9
	E2	870	2	950	6	970	4	960	3	1020	4
	E3	910	4	870	6	930	2	980	3	960	7
Non-area	F1	930	9	910	6	960	6	950	5	990	10
	F2	980	5	1020	8	1030	5	1060	4	1040	5

<작물 생육특성 화학분석 Technical Report (VINACONTROL)>



<작물특성 화학분석 베트남 국가표준(TCVN) 초안 (VINACONTROL)>

- 무음영 태양광모듈 신뢰성 검증 성능평가
 - KCL 기후환경실증센터 시험 진행
 - (내풍압성시험) ASTM E 1592-05 준용
 - : 풍력기를 이용한 내풍압성 시험(시료 정면(0도, 45도), 측면, 후면(0도, 45도), 최대 풍속 45m/s, 1분 가압 후 이상 유무 확인)
 - (고온고습시험) KS C 8561:2020 6.13항에 따라 실시
 - : 결정질 실리콘 태양광발전 모듈(성능) 고온고습시험(온도 (85±2)℃, 상대습도 (85±5)%로 3000hr 시험, 500hr마다 측정)

- K-영농형태양광 표준보급모델 개발 및 베트남 농업농촌개발부 정책제언(VSQI 협업)
 - VSQI 미팅 추진/현지 방문 및 과업 내용 설명
 - (회의내용) KCL-VSQI K-영농형 표준보급모델 기반 베트남 국가표준 개발 연구용역 계약체결 추진/영농형 태양광설비 설치/시공 가이드라인 전수
 - (업무협약) 영농형 태양광 설비 표준보급모델 개발 문서 작성 후 STAMEQ 검토 및 베트남 농업농촌개발부(MARD) 정책제언



<23.5.8. KCL-VSQI 현지 미팅>

Guidelines for Construction and Maintenance of Unshaded Photovoltaic System

2023

KCL - VSQI

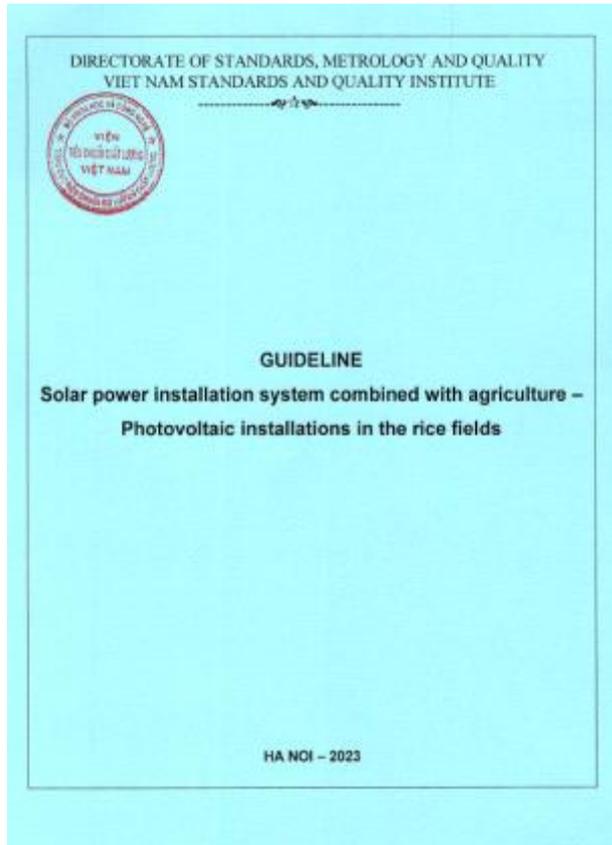
2 Technical Specifications of Equipment

2-1. Main Technical Specifications of Equipment

1) Technical Specifications of Equipment

Equipment	Item	Technical Specification			Remark	
PV Module	Manufacturer	SD Energy				
	Model Name					
	Module Capacity	300W	310W	340W	Standard module	
	Quantity (pcs)	38	38	22		
	Installed Capacity	11,340	5,968	3,324		
	Module Layout	Series no. voltage	11	16	11	10% power output
		Parallel no. current	1 x MPPT	2	2	10% power output
Efficiency		17.77% 16.42% 15.38%	17.03%	17.16%		
Grid-Connected Inverter	Manufacturer	SUNGROW				
	Model Name	S04E-D	S05E-D	S06E-D		
	Capacity (kW)	4	5	6		
	Quantity (unit)	3	1	1		
	Voltage	MPPT	210-480	250-480	315-480	
		AC Output	220V, 50/60Hz			
	Efficiency	Maximum	98.4 %			
Max. Evaporator		98.0 %				
Compliance	IEC61215-1, IEC61215-2, IEC61215, IEC61717, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, ABNT NBR 15480, ABNT NBR 16160					
Structure	Mounting System	Type	Solar			
		Material	Q235B			
	Beam	Type	H-section			
		Material	Q235B			
	Pillar	Type	C-channel			
Material		AL6005-T6				
Design Wind Speed	45 m/sec					
Other Accessories	Quantity	1			At construction, material must meet required performance	

<K-무음영 영농형 태양광설비설치 및 유지 가이드라인>



GUIDELINE

**Solar power installation system combined with agriculture –
Photovoltaic installations in the rice fields**

1 Scope

This guideline applies to the electrical installation of solar photovoltaic systems in the rice fields (hereinafter referred to as APV systems).

This guideline applies to APV systems used independently and not connected to the grid.

The APV system starts from a PV module or a set of PV modules connected in series by their cables to an inverter connected to the application circuit (user's AC power system.)

This guideline provides requirements for APV installation, testing, operation and maintenance of APV systems.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

TCVN 5025-8 (IEC 60269-8), Low-voltage fuses – Part 8: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems

TCVN 6592-1 (IEC 60947-1), Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules

TCVN 6592-2 (IEC 60947-2), Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit breakers

TCVN 6592-3 (IEC 60947-3), Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units

<K-무음영 영농형 태양광설비 표준보급모델 국가표준 개발 문서>

**TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN
ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG
VIỆN TIÊU CHUẨN
CHẤT LƯỢNG VIỆT NAM**

**CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập – Tự do – Hạnh phúc**

Hà Nội, ngày 14 tháng 11 năm 2023

Số: 143/TCCL-TC2
V/v góp ý đối với dự thảo Hướng dẫn
lắp đặt điện mặt trời nông nghiệp

Kính gửi: Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn

Viện Tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam phối hợp cùng Viện nghiên cứu lập chuẩn Hàn Quốc (KCL) thực hiện nghiên cứu, lắp đặt thử nghiệm và xây dựng dự thảo Hướng dẫn lắp đặt hệ thống quang điện mặt trời trong nông nghiệp, cụ thể là trên cánh đồng trồng lúa gạo của Việt Nam.

Viện Tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam trân trọng đề nghị Quý Đơn vị có ý kiến góp ý đối với Dự thảo:

*Hướng dẫn lắp đặt
Hệ thống lắp đặt điện mặt trời kết hợp nông nghiệp –
Hệ thống lắp đặt điện mặt trời trên cánh đồng*

Văn bản góp ý của Quý đơn vị xin gửi về địa chỉ dưới đây, trước ngày **20/11/2023**.

Phòng Tiêu chuẩn 2 - Viện Tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam
Địa chỉ: Số 8 Đường Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Mọi chi tiết xin liên hệ theo địa chỉ: chị Lương Hoàng Anh, Số điện thoại: 0913011982, email: hoanganh264.tcvn@gmail.com.

Trân trọng cảm ơn!

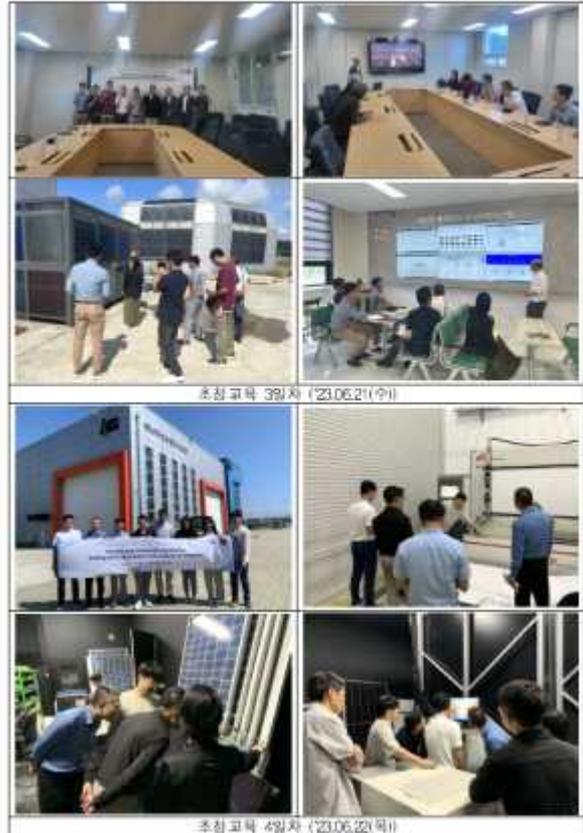
Nơi nhận:
- Báo cáo;
- Lưu VT, TC2.

**KT. VIỆN TRƯỞNG
PHÓ VIỆN TRƯỞNG**
Lương Anh Hoàng

<베트남 농업농촌개발부 정책제언 Official letter>

- 태양광 시험검사 전문가 양성 교육훈련(베트남 ODA사업 연계)
 - 베트남 에너지기계광산연구원 (IEMM) 본부장 외 4명 방문('23.6.18~24)
 - (이론교육) 한국 태양광에너지 산업 현황 소개/시험인증제도 및 표준체계 전수
 - (기술교육) KCL 태양광센터 서산/당진/진천 방문, 시험 현장 견학 및 장비 시연

일시	활동내용	비고
06/18(일)	입국 및 체크인 18:00- [인천공항 도착 및 숙소이동]	-
06/19(월)	KCL 서초동 방문 및 경영진 미팅 10:00-12:00 [KCL 서초 행정관리동] - KCL 경영진 미팅	서초
13:00-17:00	[KCL 서초 행정관리동] - 표준체계전수협약사업(ODA) 및 교육훈련과정 설명(해외사업1팀)	서초 (해외사업1팀)
06/20(화)	태양광 표준인증제도 이론 교육 10:00-12:00 [강의 1. 한국 태양광에너지산업 소개] - (외부강사) 태양광신기술 및 산업현황 소개 1	서초 (해외사업1팀)
13:00-14:30	[강의 2. 한국 태양광제품 시험인증제도 및 표준체계] - K-제품 표준인증제도 설명 등.	서초 (해외사업1팀)
15:00-17:00	[강의 3. 한국 태양광에너지산업 소개] - (외부강사) 태양광신기술 및 산업현황 소개 2	서초 (해외사업1팀)
06/21(수)	KCL 태양광센터 이동 및 교육훈련 10:00-12:00 [KCL 태양광센터] - (이동) 서울호텔 → KCL 태양광센터(서산)	-
14:00-18:00	[현실투어, KCL 태양광센터] - 서산 및 당진 시험소 투어	서산/당진 (태양광센터)
06/22(목)	교육훈련(실습) 09:00-18:00 [실습, 태양광제품 시험평가(시연)] - 내구성, 안전성, 환경요인 시험 실습	서산/당진 (태양광센터)
06/23(금)	기술투어 09:00-12:00 [현실투어, KCL 태양광센터] - 진천 시험소 투어(BPV 실증단지 등)	진천 (태양광센터)
14:00-18:00	[수료증 발급 및 해산]	서초 (해외사업1팀)
06/24(토)	출국 14:00- [인천공항 이동 및 출국]	-



<초청교육 프로그램 일정 및 사진>

- 한-베 태양광 관련 기업 국제기술교류회
 - (일시/장소) '23.11.09(목) 11:00~16:00/경남 인터컨티넨탈 하노이
 - (참석자) 주베트남 대한민국대사관, KOTRA하노이무역관, KCL, 한국전자기술연구원, 한국 및 베트남 관련 기관/기업 등
 - (내용) 영농형 태양광 관련 기업·기관 관계자를 초청하여 K-표준화 기술 및 표준화 개발성과를 교류, 수출기업 지원모델 확보 논의

< 참석자 명단(안) >

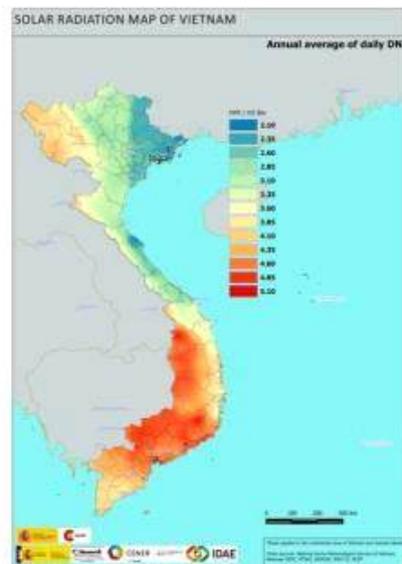
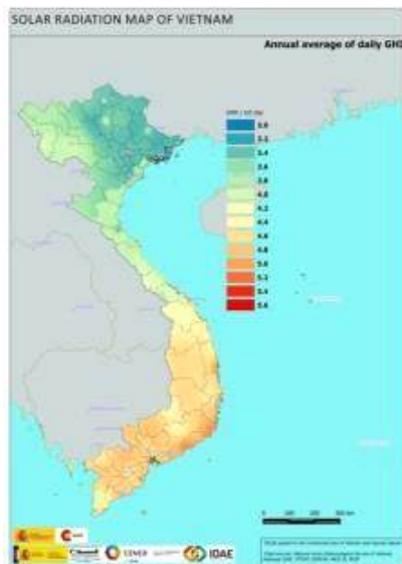
No.	참석자	직책	소속	비고
1	전국영	본부장	한국건설생활환경시험연구원	주최측
2	이문수	소장	한국건설생활환경시험연구원 베트남사무소	주최측(대표)
3	이진영	박원	한국건설생활환경시험연구원	주최측(대표)
4	홍정아	원장	한국건설생활환경시험연구원	주최측
5	장혁준	원장	한국건설생활환경시험연구원	주최측
6	안옥	교수	국립 제주대학교	주최측
7	조영기	사무장	주베트남 대한민국 대사관	외부참석자
8	이희성	기술지원부장	KOTRA(주)대우역점	외부참석자
9	이문수	대표	이원TIC	외부전문기관(대표)
10	이재영	책임연구원	한국에너지기술연구원	외부전문기관(대표)
11	홍성형	차장	한국에너지기술연구원 KEGRI	외부전문기관(대표)
12	이희현	소장	한국건설기술연구원	외부참석자
13	남재환	소장	홍성원과학기술연구원 베트남사무소	외부참석자
14	전국영	소장	한국에너지기술연구원 베트남사무소	외부참석자
15	장혁준	소장	한국건설생활환경시험연구원 베트남사무소	외부참석자
16	정영석	차장	한국건설생활환경시험연구원 베트남사무소	외부참석자
17	이희성	부차장	한국건설생활환경시험연구원 베트남사무소	외부참석자
18	유필우	소장	홍성원과학기술연구원 베트남사무소	외부참석자
19	홍우근	소장	한국건설기술연구원 베트남사무소	외부참석자
20	장영호	부소장	한국건설기술연구원 베트남사무소	외부참석자
21	유재영	소장	한국건설기술연구원 베트남사무소	외부참석자
22	고재근	부차장	한국건설기술연구원 베트남사무소	외부참석자
23	이재영	차장	한국에너지기술연구원 베트남사무소	외부참석자
24	이희현	부차장	한국건설기술연구원 베트남사무소	외부참석자
25	이희성	차장	이원TIC	외부참석자
26	장혁준	책임	이원TIC	외부참석자
27	전국영	부차장	한국건설생활환경시험연구원	외부참석자
28	이희성	차장	이원TIC	외부참석자
29	김석동	부장	이원TIC	외부참석자
30	Mr. Phung Manh Truong	원장	베트남 최종개발연구소(VINAFS)	외부전문기관(대표)
31	Mr. Ngoc Thuy Nguyen	원장	베트남 최종개발연구소(VINAFS)	외부참석자
32	Mr. Phan Van Hung	부차장	VINACONEX	외부참석자
33	Mr. To Manh Sinh	본부장	VINACONEX	외부전문기관(대표)
34	Mr. Do Phuoc Tuyen	원장	VINACONEX	외부참석자
35	Mr. Nguyen Tuan Quang	전무	TIC GROUP	외부전문기관(대표)
36	Mr. Tran Anh Tuan	원장	TIC GROUP	외부참석자
37	Mr. Duong Vu	원장	VINAFS	외부전문기관(대표)

* 참가하지는 않는 상황에 따라 변동될 수 있음

<국제기술교류회 참석자 명단 및 사진>

(4) 공동연구개발기관(제주대학교 산학협력단)

- 베트남 환경을 고려한 수확량 예측 및 작물생육특성 모니터링
 - 베트남 광환경 연변화 및 음영률을 고려한 작물 생육 및 수량 예측
 - 베트남(호치민 지역) 광 환경 통계자료 수집 및 분석
 - 신남방 국가별 광 환경 통계자료 수집 및 베트남 환경과의 비교 분석



<베트남의 태양광 지도: 연평균 daily GHI(좌) 및 DNI(우)>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 태양광 패널 (현지 설치) 음영률에 따른 생태환경 분석
 - 문헌조사 및 사례 분석
 - 환경 요소(온도, 습도, 광량, 수온, 지온 등)에 따른 작물 생육·성분 및 중금속 등 모니터링 요소 도출
- 모니터링 및 조사 분석을 위한 작물 주요 특성 요소 도출
 - 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청) 활용

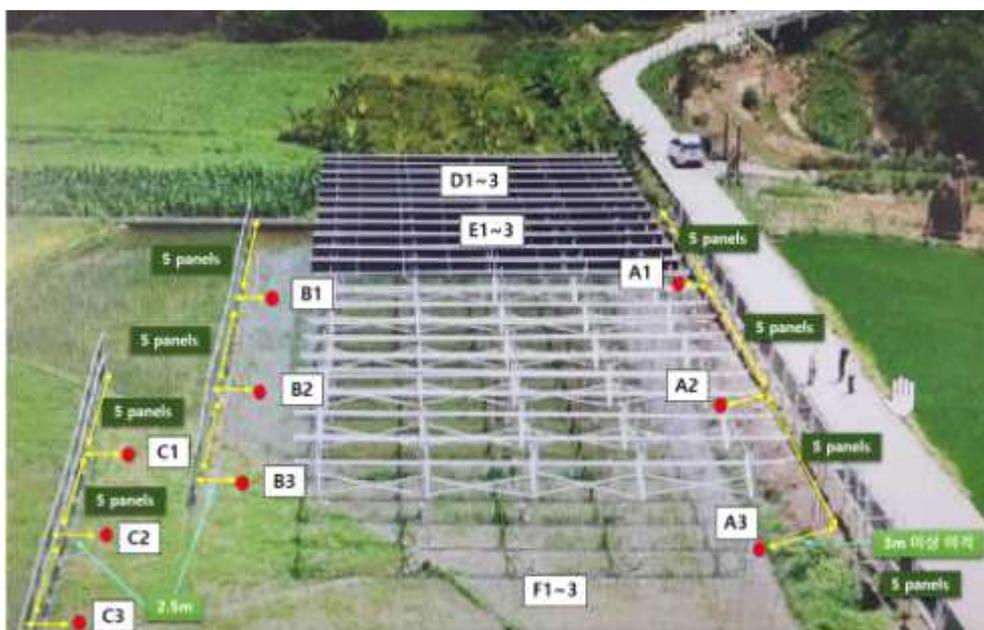
구분	항목
출아특성	발아정도(양, 중, 불량; ; 1~9점 척도), 출아정도(양, 중, 불량; 1~9점 척도), 출아일수, 입모율
생장·형태적 특성	초장, 줄기수(분얼수, 2엽 이상 전개한 것), 엽수, 잎 길이 및 너비, 잎색 및 노화정도, 엽록소함량, 간장, 절간장, 마디수, 유효경비율, 줄기 굵기 및 강도, 엽면적지수, 비엽면적, 도복지수
개화결실특성	출수시, 출수기, 출수전, 수전일수, 출수일수, 성숙기, 성숙일수, 생육일수, 이삭길이, 이삭수
병충해, 생리장해	주요 병충해 및 생리장해 발생정도
수량 특성	전중, 고중, 정조중, 현미중, 용적중 이삭수, 1수영화수, 등숙비율, 천립중, 수확지수

- 베트남 현지 작물생육특성 모니터링 및 수량 분석
 - 태양광 패널 유형(유형율)에 따른 작물 성장 모니터링 및 수량 분석
 - 파종(직파) 또는 정식(이앙) 이후 주기적 (주 1회) 작물 생육 비파괴 측정 (농업과학기술 연구조사분석기준, 농촌진흥청)
 - 주요 특성의 대조구 대비 상대적 비율 계산 및 환경 요인 변화와의 연관성 분석
 - CCTV 영상을 활용한 작물 성장 모니터링 방법 연구
 - 태양광 패널 유형(유형율)에 따른 작물 수량 분석
 - 수확 후 수량 및 품질 비교 분석(농업과학기술 연구조사분석기준)
 - 대조구 대비 각 처리구 수량 증감 비교 분석
 - 환경요인(음영률, 그에 따른 환경 변화)과 수량과의 상관관계 분석
 - 계절(건기/우기)에 따른 광량 변화가 미세기상 및 수량에 미치는 영향 분석
: 건기 11~4월, 우기 5~10월/일장(낮의 길이)는 연중 12시간 전후/일사량은 우기에 감소.

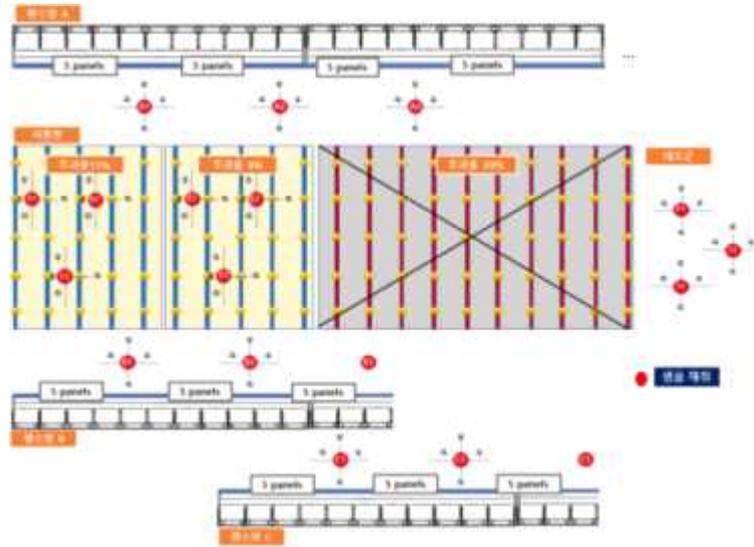
- 환경 요소 및 작물 생육 특성 모니터링
 - 태양광 패널 (현지 설치) 음영률에 따른 생태환경 분석
 - 태양광 패널 유형(음영율)에 따른 작물 성장 모니터링 및 수량 분석
 - 환경 요소(온도, 습도, 광량, 수온, 지온 등)에 따른 작물 생육·성분 및 중금속 등 모니터링 요소 도출을 통한 작물 생육 주기 실증
 - 파종(직파) 또는 정식(이앙) 이후 주기적(주 1회) 작물 생육 비파괴 측정
: 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청) 및 문헌/사례 분석을 통해 1년차에 도출된 작물 특성 조사
 - 주요 특성의 대조구 대비 상대적 비율 계산 및 환경 요인 변화와의 연관성 분석
 - 태양광 패널 유형(음영율)에 따른 작물 수량 분석
 - 수확 후 수량 및 품질 비교 분석(농업과학기술 연구조사분석기준 및 문헌/사례 분석을

통해 1년차에 도출된 특성 조사 및 분석)

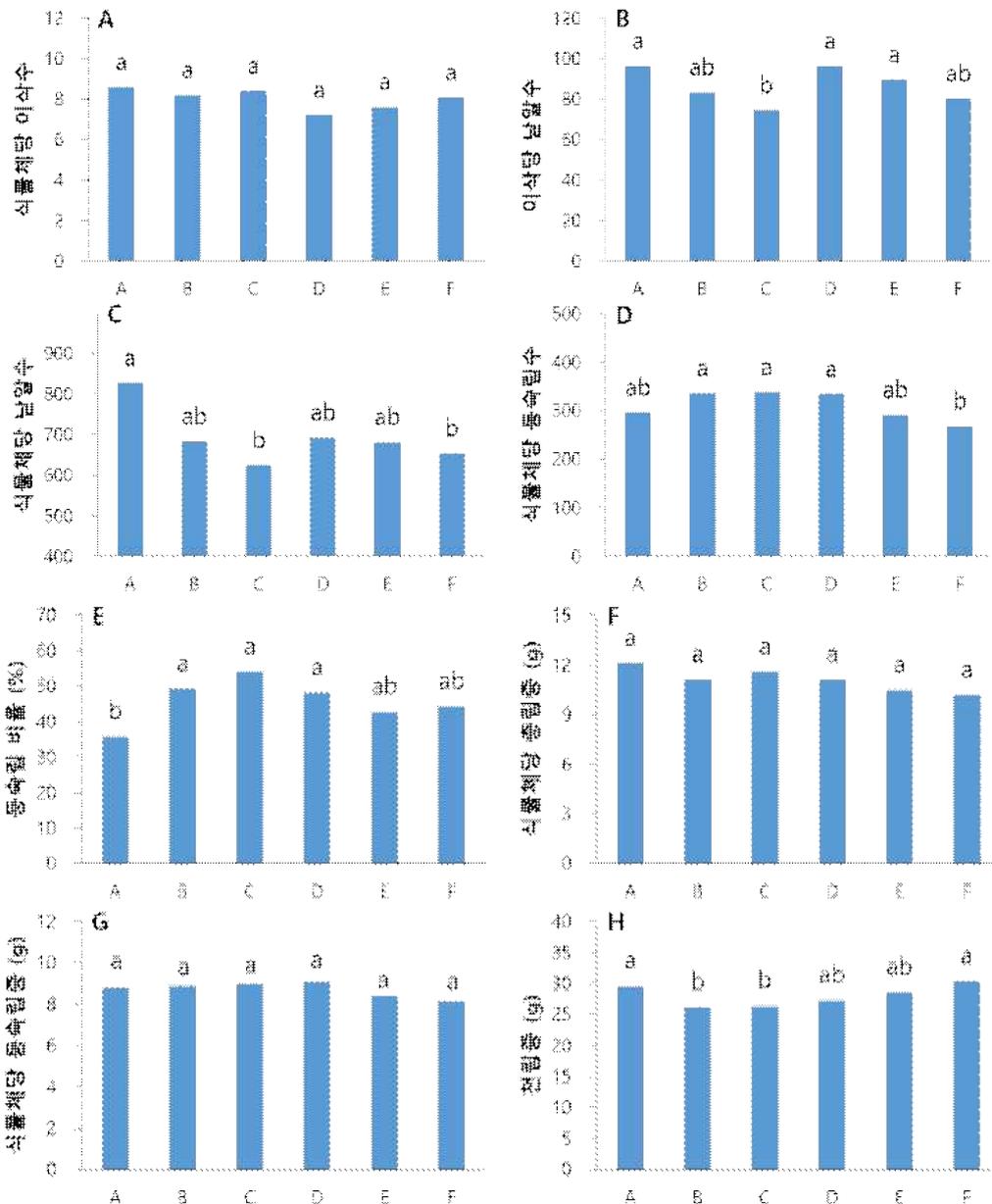
- 대조구 대비 각 처리구 수량 증감 비교 분석
- 환경요인(음영률, 그에 따른 환경 변화)과 수량과의 상관관계 분석
- CCTV 영상을 활용한 작물 성장 모니터링 방법 고도화
 - 영상으로 비교분석 가능한 작물 특성 추출 및 실측지와의 비교
 - 오차 감소 방안 도출 및 기술 개발
- 음영률, 발전량, 수확량 등 예측 및 작물 생육 특성에 따른 적합성 검증
 - 발전량과 수확량을 등치할 수 있는 환산식 도출
 - 발전량과 수확량의 합이 최대치가 되는 음영률(패널 설치 유형) 도출
 - 베트남 북부 및 타 신남방 국가로의 적용을 위한 음영률(패널 설치 유형) 제안
- 베트남 현지에 적합한 영농형 태양광 설비 내 영농기술 개발
 - 실증결과 바탕, 감수율을 최소화할 수 있는 영농기술 요소 도출 및 영농기술 개발
 - 적정 태양광 발전을 유지하면서 작물 수량 및 품질 감소를 최소화할 수 있는 방안 도출
 - 도복 방지, 병충해 내성, 스트레스 내성 증대 등 문제 해결을 위한 제안
 - 적정 시비방법, 품종 등
- 현지 환경을 고려한 수량 예측과 환경 및 작물 생육 모니터링
 - 현지 광환경 연변화 및 음영률을 고려한 작물 생육 및 수량 예측
 - 베트남 현지 작물생육특성 모니터링 및 수량 분석
 - 태양광 패널 유형(음영율)에 따른 작물 성장 모니터링 및 수량 분석
 - 파종(직파) 또는 정식(이앙) 이후 주기적(주 1회) 작물 생육 비파괴 측정
 - 주요 특성의 대조구 대비 상대적 비율 계산 및 환경 요인 변화와의 연관성 분석



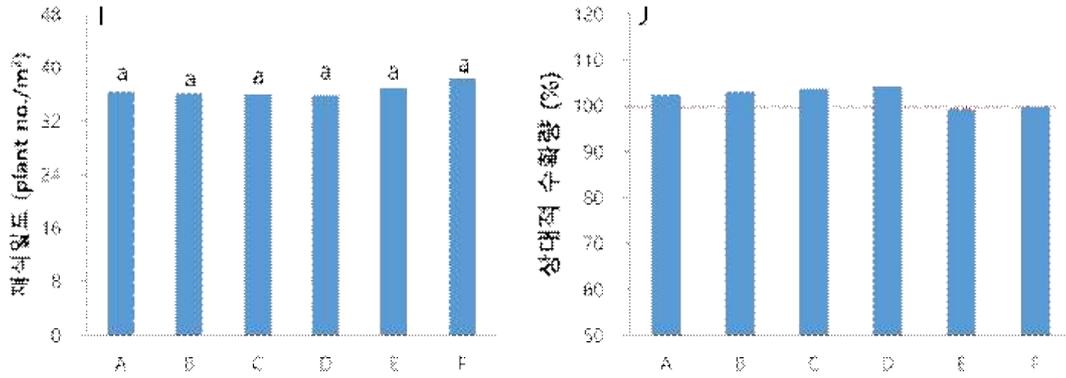
<실증지 배치도. (A) 펜스형 A, (B) 펜스형 B, (C) 펜스형 C, (D) 지붕형(투과율 15%), (E) 지붕형(투과율 8%), F: 대조군.>



<실증지 처리별 샘플링 위치. (A) 펜스형 A, (B) 펜스형 B, (C) 펜스형 C, (D) 지붕형(투과율 15%), (E) 지붕형(투과율 8%), F: 대조군>



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<실증지 영농형 태양광 패널 유형에 따른 수량 및 품질 특성. (A) 펜스형 A, (B) 펜스형 B, (C) 펜스형 C, (D) 지붕형(투과율 15%), (E) 지붕형(투과율 8%), F: 대조군.>

국가별	2019		2020		2021	
	총 쌀 생산량 (M/T)	경작면적당 생산량 (kg/ha)	총 쌀 생산량 (M/T)	경작면적당 생산량 (kg/ha)	총 쌀 생산량 (M/T)	경작면적당 생산량 (kg/ha)
베트남	43,495,488	5,837	42,765,000	5,921	43,852,729	6,074
싱가포르	-	-	-	-	-	-
필리핀	18,814,827	4,045	19,294,856	4,089	19,960,170	4,154
말레이시아	2,352,870	3,501	2,356,392	3,654	2,418,148	3,745
인도네시아	54,604,033	5,114	54,649,202	5,128	54,415,294	5,226
태국	28,617,948	2,916	30,231,025	2,906	33,582,000	2,987
캄보디아	10,885,700	3,335	11,248,000	3,385	11,410,000	3,508
미얀마	26,269,814	3,796	25,982,696	3,804	24,910,000	3,811
라오스	3,534,500	4,155	3,519,100	3,818	3,870,000	4,103
브루나이	1,500	1,941	2,511	2,944	2,675	2,885
인도	178,305,480	4,084	186,500,000	4,138	195,425,000	4,214
파키스탄	11,120,483	3,665	12,629,514	3,787	13,984,009	3,953
방글라데시	54,586,344	4,740	54,905,891	4,809	56,944,554	4,867
대만	1,791,211	6,633	1,750,729	6,688	1,560,870	6,968
대한민국	5,016,083	6,873	4,713,162	6,488	5,211,037	7,114
중국	211,405,211	7,056	213,610,729	7,040	214,403,870	7,112
일본	10,540,100	7,170	10,469,000	7,161	10,525,400	7,497
세계	753,286,401	4,693	769,227,953	4,717	787,293,867	4,764

<신남방 및 주요 아시아 국가의 쌀 총 생산량 및 경작면적당 생산량 비교(KOSIS)>

- 태양광 패널 유형(음영율)에 따른 수량 분석
 - 수확 후 수량 및 품질 비교 분석(농업과학기술 연구조사분석기준)
 - 대조구 대비 각 처리구 수량 증감 비교 분석
 - 환경요인(음영률, 그에 따른 환경 변화)과 수량과의 상관관계 분석
 - 계절(건기/우기)에 따른 광량 변화가 미세기상 및 수량에 미치는 영향 분석

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

- 환경 요소 및 작물 생육 특성 모니터링
 - 태양광 패널(현지 설치) 음영률에 따른 생태환경 분석
 - 태양광 패널 유형(음영율)에 따른 작물 성장 모니터링 및 수량 분석
 - 환경 요소(온도, 습도, 광량, 수온, 지온 등)에 따른 작물 생육·성분 및 중금속 등 모니터링 요소 도출을 통한 작물 생육 주기 실증
 - 파종(직파) 또는 정식(이앙) 이후 주기적(주 1회) 작물 생육 비파괴 측정 : 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청) 및 문헌/사례 분석을 통해 1년차에 도출된 작물 특성 조사
 - 주요 특성의 대조구 대비 상대적 비율 계산 및 환경 요인 변화와의 연관성 분석
 - 태양광 패널 유형(음영율)에 따른 작물 수량 분석
 - 수확 후 수량 및 품질 비교 분석(농업과학기술 연구조사분석기준 및 문헌/사례 분석을 통해 1년차에 도출된 특성 조사 및 분석)
 - 대조구 대비 각 처리구 수량 증감 비교 분석
 - 환경요인(음영률, 그에 따른 환경 변화)과 수량과의 상관관계 분석
 - CCTV 영상을 활용한 작물 성장 모니터링 방법 고도화
 - 영상으로 비교분석 가능한 작물 특성 추출 및 실측지와의 비교
 - 오차 감소 방안 도출 및 기술 개발
- 음영률, 발전량, 수확량 등 예측 및 작물 생육 특성에 따른 적합성 검증
 - 발전량과 수확량을 등치할 수 있는 환산식 도출
 - 발전량과 수확량의 합이 최대치가 되는 음영률(패널 설치 유형) 도출
 - 베트남 북부 및 타 신남방 국가로의 적용을 위한 음영률(패널 설치 유형) 제안
- 베트남 현지에 적합한 영농형 태양광 설비 내 영농기술 개발
 - 실증 결과 바탕, 감수율을 최소화할 수 있는 영농기술 요소 도출 및 영농기술 개발
 - 적정 태양광 발전을 유지하면서 작물 수량 및 품질 감소를 최소화할 수 있는 방안 도출
 - 도복 방지, 병충해 내성 증대 등 문제 해결을 위한 제안 : 적정 시비방법, 품종 등

○ 영농형 태양광 하 버 재배 매뉴얼(베트남)

- 영농형 태양광

• 영농형 태양광 발전 시스템

- 태양광 발전소 하부에 작물을 재배하여 자원 효율성 향상과 더불어 농업의 지속 가능성과 재생에너지 확산을 동시에 충족하는 기술로 광포화점을 지닌 식물은 일조량이 많아도 광포화점을 넘은 여분의 광원 광합성 증대에 공헌하지 못하는 특성에 따라 식물에는 최적화된 생육환경을 제공하고 남는 일사량을 태양광발전이 활용하는 형태임.

- 영농형 태양광은 일반적인 육상 태양광과 달리 동일 부지에서 농사와 전기 생산이 동시에 가능하여 토지 이용률 증대 및 효율적 토지이용을 통해 단순 농작물 재배보다 수익성을 최소 5배 이상 높일 수 있으며, 향후 지붕형 태양광 대비 경제성을 확보할 것으로 예상됨.

<시설규모 100kW 기준 영농형 태양광과 일반 태양광 현황 비교>

구분	영농형 태양광 ¹⁾	일반 태양광	비고
소요면적(m ²)	2,480 (750평)	1,320 (400평)	면적 1.5배 이상 소요
사업비(백만원)	227	180	태양광 모듈 주문 제작 단가↑(11~26%)
발전효율(%)	17	15	수면 냉각 효과로 발전효율↑(10~15%)
연간 수익(백만원)	29.5 (벼경작 2.5 +태양광 27)	24	벼 재배면적↓(14%) 수익↑(23%)
지목	농업보호구역	전, 답, 과수원, 임야 등	농업진흥구역 불가
태양광 설치 특징	높이(m)	4.0	농기계 진입 공간 확보
	모듈(W)	130(1.3m×0.66m)	광합성을 위한 너비↓(34%)
	간격	설치간격 1.5배	일조량 확보

자료: 신재생에너지 브리핑 제39호, 한국에너지공단

¹⁾영농형 태양광 현황은 한국남동발전에서 시범사업으로 시행 중인 고성지역 사례임.

- 또한 농업인이 직접 태양광 발전에 참여하고, 농지가 보전됨에 따라 주민 수용성 제고에도 유리하여 다른 재생에너지 사업 대비 주민 수용성이 높은 새로운 재생에너지 보급모델임.

• 국내 영농형 태양광 시험 사례

- 영농형 태양광 하부는 음영으로 인해 작물의 성장이 저해되어 수확량이 감소할 수 있음. '17 경기도 가평 수리답 상부에 고정형 태양광 발전시설을 설치하여 벼 수확량 감소율을 실증하였으며, 약 15%의 생산량 감소가 나타나는 것으로 보고됨.

<수리답 벼 수확량 비교표(한국수력원자력)>

구분	m ² 당 포기수(개)	포기당 평균 이삭수(개)	이삭당 완전 벼알수(개)	삼광벼 현미 천립중(g)	현미 수량 (kg/10a)	관행 대비 (%)
시범양지	19.4	13.3	72.4	22	411.0	86.6
시범음지	18.3	14.3	69.8	22	402.0	84.7
평균	18.9	13.8	71.1	22	406.4	85.6
인근관행	19.2	13.3	84.5	22	475.0	100

- 식량과학원에서는 식량작물(벼, 보리)에 대해 태양광 하부에서 작물 생산 환경 분석 및 재배법 개발을 위해 고정식 및 추적식 태양광 발전 설비를 설치하여 연구를 수행하고 있음.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

상부구조	<ol style="list-style-type: none"> 모듈 <ul style="list-style-type: none"> 협소형 : 2x10, 2x12, 3x9, 3x10, 4x10 등 양산형 : 6x9, 6x12 등 스프링클러, 빗물 집수 시스템, LED 보광 시스템, 모듈 냉각 분무 시스템, 세정 시스템 등
중부구조	<ol style="list-style-type: none"> 프레임 구조(가대형, 트러스) 독립자주 구조(고정형, 추적식) 하이브리드 구조(프레임, 독립자주의 장범 활용, 지상조립, 회전직립)
하부구조	<ol style="list-style-type: none"> 스파이럴 구조(판형, 원통형, 스프링형) 스크류 구조 H빔, U빔 항타 구조 콘크리트 구조(환경오염 측면 부적합)
기타	<ol style="list-style-type: none"> 설치조건 <ul style="list-style-type: none"> 높이 : 3 ~ 4 m 기둥간격 : 4 m 이상 차광률 : 30 % 이상일 경우, 작물에 따른 차광률 제시 연구 진행 중 구조강도 : 지역별 최대 풍속, 적설량, 지진 한계치 재료 <ul style="list-style-type: none"> 내식성(염분, 암모니아, 침수 등) 중금속 토지경사(15° 이내) - Ref. 산지관리법

<국내외적으로 실증된 여러 가지 영농형 태양광 시설 구조 조사>

- 해외(베트남) 영농형 태양광 시험 사례
 - 베트남은 일광시간이 길고 복사량이 많아 태양광의 발전 잠재력이 매우 큼. 베트남에서 전통적인 에너지원은 점점 고갈되고 있으며, 재생 에너지 및 태양광 발전의 개발은 에너지 안보를 보장하는 데 기여할 수 있음. 2020년 말까지 베트남의 총 태양광 발전 용량은 약 16,500MWp에 도달했는데 이 용량의 규모는 국가 전력 계획에서 예상되는 태양광 발전 개발 규모인 850MW를 초과하며, 태양광 발전 시스템의 긍정적인 기여 외에도 베트남의 여러 농촌 지역에서 태양광 발전 프로젝트는 농경지 개발과 지역 주민들의 일상 생활에 대한 주요 관심사가 되었음.
 - 베트남 농업·농촌개발부의 발표에 따르면 2019년 10월까지 베트남 전국 벼 재배면적은 747만 ha이며 전년 동기 대비 92,300ha 감소했다고 밝혔음. 또한 차년도 벼 재배면적은 올해 대비 50만 ha가 감소할 것으로 예상하고 있음에도 불구하고, 일조량이 좋은 벼 재배면적은 우리나라의 대략 10배 정도이며 지역에 따라 차이는 있지만 일조량이 매우 풍부하여 이는 영농형 태양광 발전부지로서 활용가치가 매우 크다고 할 수 있음.
 - 베트남은 3기작이 가능할 정도로 기후가 벼농사에 알맞고, 특히 남부지역에서는 풍부한 수자원을 바탕으로 벼 생산량이 많은 만큼 태양광 발전소가 많이 승인이 되었음. 남쪽지역의 평균 조사량이 많고 벼 생산량이 높아 북쪽보다는 남쪽지역에서의 영농형 태양광 발전이 유리할 것으로 보이며, 이는 벼 재배지역 지역민들의 소득 창출에 기여할 수 있을 것으로 생각됨.
 - 이에 따라 ' 23 베트남 다낭의 태양광 실증지 상부와 측면에 고정형 태양광 발전시설을 설치하여 벼 수확량 감소율을 실증하였음.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

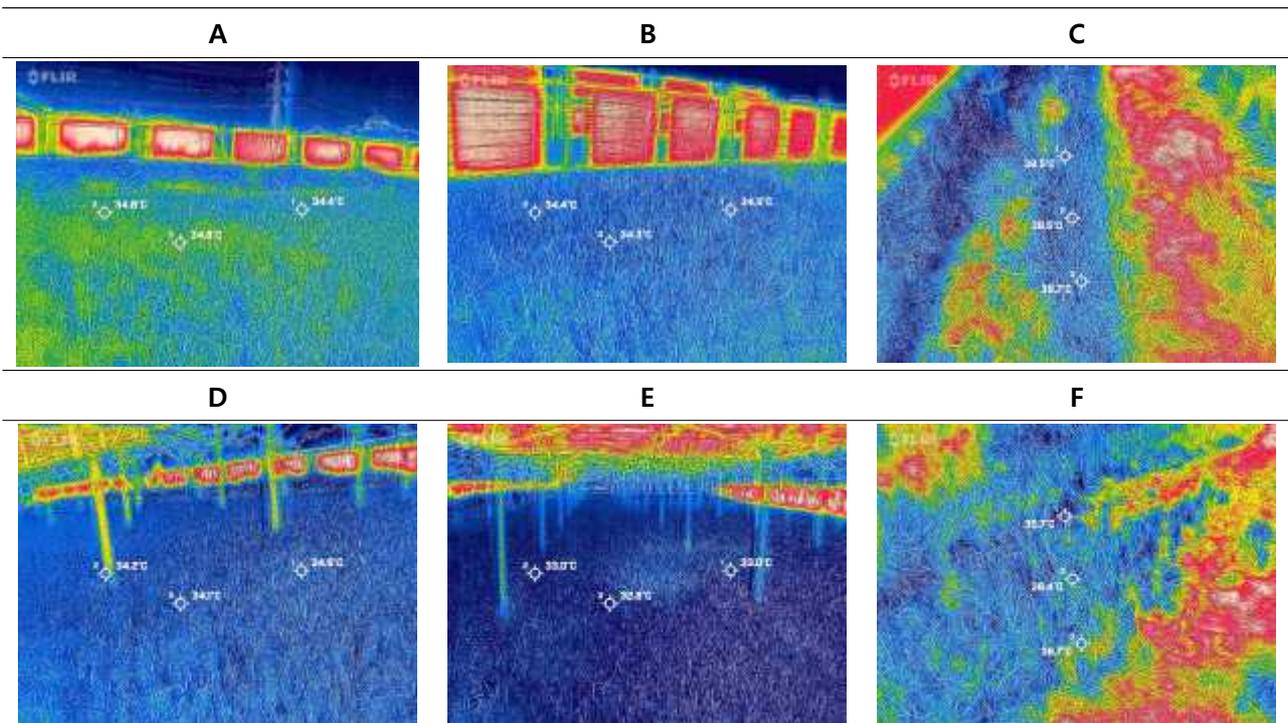
- 베트남은 3기작이 가능할 정도로 기후가 벼농사에 알맞고, 특히 남부지역에서는 풍부한 수자원을 바탕으로 벼 생산량이 많은 만큼 태양광 발전소가 많이 승인이 되었음. 남쪽지역의 평균 조사량이 많고 벼 생산량이 높아 북쪽보다는 남쪽지역에서의 영농형 태양광 발전이 유리할 것으로 보이며, 이는 벼 재배지역 지역민들의 소득 창출에 기여할 수 있을 것으로 생각됨.
- 이에 따라 ' 23 베트남 다낭의 태양광 실증지 상부와 측면에 고정형 태양광 발전시설을 설치하여 벼 수확량 감소율을 실증하였음.

<베트남 영농형 태양광 실증지 벼 수확량 비교표>

구분*	개체당 이삭수 (개)	개체당 낱알수 (개)	이삭당 낱알수 (개)	등숙립수 (개)	등숙비 (%)	총 무게 (g)	등숙립 무게 (g)	등숙립 무게 비율(%)	천립중 (g)	엽록소함량 (SPAD)
A	8.6	828.0	96.3	296.4	35.8	12.1	8.8	72.7	29.6	29.6
B	8.2	683.2	83.3	335.8	49.2	11.1	8.9	80.2	26.2	25.9
C	8.4	625.6	74.5	338.4	54.1	11.6	9.0	77.6	26.4	20.8
D	7.2	693.6	96.3	334.4	48.2	11.1	9.1	82.0	27.3	18.4
E	7.6	681.5	89.8	291.2	42.7	10.5	8.4	80.2	28.6	24.5
F	8.1	653.2	80.2	267.9	44.3	10.2	8.1	80.0	30.4	21.9

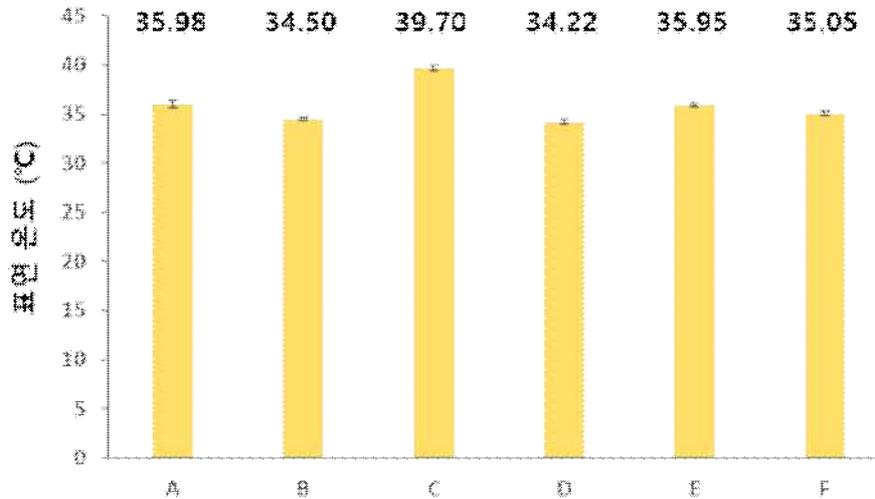
* A: 펜스형 A, B: 펜스형 B, C: 펜스형 C, D: 지붕형(투과율 15%), E: 지붕형(투과율 8%), F: 대조군

<베트남 영농형 태양광 실증지 표면 온도 이미지(FLIR)>



* A: 펜스형 A, B: 펜스형 B, C: 펜스형 C, D: 지붕형(투과율 15%), E: 지붕형(투과율 8%), F: 대조군

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<그림 . 베트남 영농형 태양광 실증지 표면 온도 측정표.>

* A: 펜스형 A, B: 펜스형 B, C: 펜스형 C, D: 지붕형(투과율 15%), E: 지붕형(투과율8%), F: 대조군

- 기계이양재배

생육과정 및 주요 농작업

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상온	하상온										
모내기재배 모내기재배 이삭물떼, 익음떼, 수확물떼 건조, 퇴비주기, 토양 개량 작주기, 논갈이, 밀거름, 이삭거름, 벼질갈기, 논갈이 새끼일거름 계속재 살포 논물가두기, 물갈이대기, 중간 물떼기, 물갈려대기, 완전물떼기											

병해충방제

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상온	하상온										
중자소독 일도물병, 벼멸벼구미, 매멸구, 팔동매미, 숲, 이화명나방 이삭도물병, 입집무늬마름병, 이화명나방, 병, 멸구류(흑명나방)											

기상재배 및 예상되는 문제점

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상온	하상온										
○가뭄 → 모내기 지연, 이삭수감소, 이삭물가지연, 여름병충 ○침관수, 태풍 → 이삭수감소, 흰이삭, 쓰러짐, 여름병충 ○저온 → 모병목부진, 이삭수감소, 이삭물가지연, 벼일수감소, 여름병충											

· 재배 적지 표고

- 종모 : 중북부 300, 남부 350m 이하
- 어린모 : 중북부 200, 남부 250m 이하

· 자재 준비(10a)

	종자(kg)	상자(개)	상토(L)	못자리(m ²)	파종량(g/상자)
중모	4~5	30	150	6.6	120
어린모	3~4	15	45	3.3	200

· 파종 및 모내기 시기(한국)

- 3.3m² 포기수 : 1모작 70~80포기, 2모작 80~90포기

구분	파종기		이앙기(모내기 때)	
	중북부	남부	중북부	남부
중모	4.10~5.10	4.10~5.20	5.10~6.10	5.10~6.20
어린모	5.1~5.25	4.20~6.5	5.10~6.5	5.1~6.15

· 시비량 및 방법

- 비료 주는 양

구분	항목	질소	인산	칼리
시비량(kg/10a)	평야지	9	4.5	8.7
	중산간지	9	6~7	7~8
	간척지	11	5.1	5.7
시비 비율(%)	밑거름(기비)	50	100	70
	새끼칠(분얼)거름	25	-	-
	이삭(출수)거름	25	-	30

· 벼베기 적기 및 건조 온도

- 벼베기 적기

: 조생, 중생종 - 이삭 팬 후 50~54일

: 중만생종 - 이삭 팬 후 57~60일

- 건조기 온도

: 도정, 수매용 - 45~50℃

: 종자용 : 40℃

· 물관리

- 중간 물떼기 : 이삭 패기 전 35~45일

- 완전 물떼기 : 이삭 팬 후 30~35일

· 병해충 방제

볍씨 소독 약제명	물 타는 배수	소독 시간	소독요령
스포탁유제	2000	24	○소독한 볍씨를 물로 2~3회 씻은 후 씨앗 담그기
호마이, 금나락, 벤레이트티, 큰나락, 삼공베노람, 씨소독	200	24	○<분의 처리 시>약물 소독한 볍씨를 그늘에서 말린 후 씨앗 담그기 ○약과 볍씨(마른 볍씨 1kg당 약제 5g)를 고루 잘 섞은 다음 그늘에 말려서 씨앗 담그기
사파이어 스위퍼 액상수화제	2000	24	○약물 20L에 볍씨 10kg(20L) 담가 소독함
굳타임, 모도우리수화제	200	24	○약물 20L에 볍씨 10kg(20L) 담가 소독한 후 그대로 씨앗 담그기
자바라 종자처리수화제	-	-	○씨앗 담그기 한 종자를 건져 물기를 제거한 후 파종 전(마른 볍씨 kg당 약제 10g 기준) 습분의 처리(잎도열병, 벼물바구미, 에멸구 동시 방제)

· 종합고나리형 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

· 기계이양논 잡초방제

처리시기 처리방법	초기방제		중기방제	중 후기방제	후기방제
	이앙전	이앙후 10일까지	1회(10~15일까지, 회 1.0~2.5%)	25~40일 (도양)	20~40일 (경엽)
1회방제		1차	1차		
·				1차	
·					
체계방제①	1차		2차		
· ①	1차			2차	
· ②		1차		2차	
· ③			1차	2차	
· ④		1차			2차
· ⑤			1차		2차
					2차
					2차
	벤스다	다세트, 메그라, 마귀세, 솔네트, 솔네트엠프, 사안, 스푸트, 제초탄, 푸마시, 톨라안, 톨하나, 볼롱년, 한순, 온드레, 안수레, 논두렁, 만석군, 영장, 알꼬미, 푸로미, 한합, 골드논, 황금물, 한물, 권물, 갈꼬미, 보논논, 옥도, 명수선, 풀단속, 재로소, 마귀제, 단합, 만드레, 두물논, 직피제, 풀제로, 산초탕, 내가제, 통시제	노난제, 단도리, 만남, 뉴순노리, 수검유니니, 톨그안, 톨방피, 한수위, 크닐순, 마디물, 그만제, 톨박사, 톨만자, 논종, 마두리, 포도대장, 부자논, 마그마, 논부알, 마귀, 논지거, 논부자, 주래왕, 선봉장, 순여네, 계선문, 내노내, 휘모리, 공짜약, 신명나, 알함대사, 수문장, 알해, 허가본, 한대양, 대물보, 톨왕반, 논단속, 톨사리, 살소탕, 헤라클레스, 푸란제, 톨스다, 노내다, 용지거, 논다해골드, 용가, 손시문, 논부순, 다선왕, 논덕터, 톨도사, 사단엑스, 논커제, 지소탕, 마피로헤엑스, 슈퍼크닐순, 헤아리, 마디물, 부자들	벤티그린, 곤달군	벤티그린, 곤달군
	마리제(물), 도솔문, 손시네, 만가네, 마세토			칼질용, 단공, 뽕안겨, 크린저(회), 메드서(회)	벤티그린, 칼질용, 이시디아만업, 수문대사디, 벤티그린MSO, 살소대탕

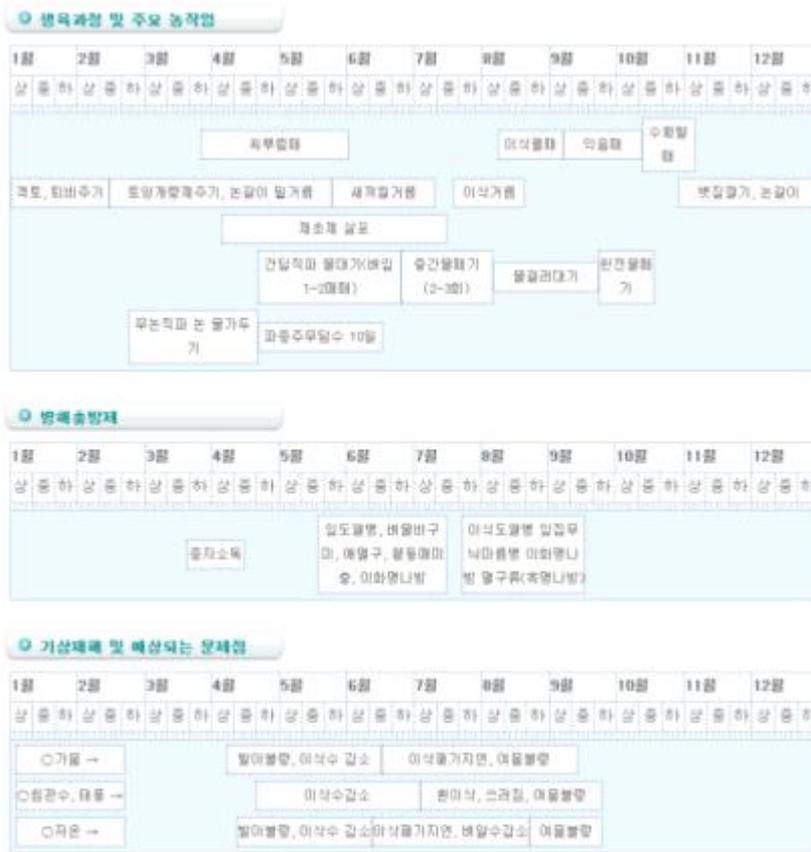
· 기계이양재배형 방제방식

1회 방제	잡초 발생 보통인 논(기본방제)
2회 방제	지난해 피 등 잡초가 많이 발생했던 논 후기 광엽잡초가 많이 발생하는 논

· 기상재해 유형별 대책

항목	내용
가뭄	*논물 가두기 실천 *예비 못자리 설치, 모 노화 방지 *건답 직파 재배(조,중생종) : 적기 내 파종 *늦모내기 포기수 확보(평당 110~130포기)
침관수	*조,중, 중만생종 고루 재배 *질소비료 20~30% 덜 주기 *침관수논 서둘러서 물 빼주기 *흙양금 씻기, 물 걸러 대리로 생육 촉진 *도열병 등 병해충 방제
태풍	*중간낙수, 이삭거름 칼리 시용 등 쓰러짐 대책 실천 *출수기 때 흰 이삭 방지(10a당 물 160L 살포) *쓰러진 벼 묶어 세우기
저온	*규산질 비료, 퇴비 주기 *인산, 칼리 비료 20~30% 더 주기 *새끼칠거름 유안으로 주기 *이삭거름에 질소비료 안주고 칼리만 전필지 주기 *물 온도 높여대기(비닐 호스, 돌림 도랑) : 감수분열기

- 직파 재배



- 재배적지 표고
 - 중북부 100m, 남부 200m 이하
- 지역별 법씨 뿌림(파종) 적기

	건 답	무 논
중북부	4.20~5.15	5.1~5.25
남 부	4.1~5.20	5.1~6.5

- 파종 및 모내기(개/m²)에 따른 관리요령

건답	무논	관리요령
60 이하	60 이하	재이앙
60~90	60~80	질소 더 주기
90~150	80~120	표준 재배
150 이상	120 이상	질소 덜 주기

- 물관리
 - 물대는 시기
 - : 건답 - 벼 잎 1~2매일 때
 - : 법씨 안 묻힌 무논 - 파종 후 1~2일
 - : 법씨 묻힌 무논 - 2~3회 강하게 실시
 - 중간 물떼기 : 2~3회 강하게 실시

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 쓰러짐(도복) 방지 대책
 - 반드시 기계로 알맞은 파종
 - 질소 비료 알맞은 양 주기
 - 중간 물떼기 반드시 실천
 - 옷자란 논 도복 경감제 살포 : 세리타드, 기타진 등
- 질소비료 주기
 - 건답(11~13kg/10a) : 밀거름- 3잎 5~7잎-이삭거름 등으로 나누어 줌
 - 무논(9~11kg/10a) : 밀거름- 3~5잎-이삭거름 등으로 나누어 줌
인산, — 칼리는 기계이양과 같음
 - 직파 전용 완효성 비료 전량 기비 처리
- 문제 잡초 방제요령
 - 피 : 4엽기까지 방제
크린처, 정일품, 나마니, 풀뚝, 매드시, 피강타, 크린샷 살포
 - 피와 가막사리, 사마귀풀, 자귀풀, 여뀌 등 동시 방제
나마니, 피강타, 크린샷 살포
 - 올방개 : 파종후 30~50일 살초대첩, 벤타조액제 살포
 - 제초제 저항성잡초(물달개비, 미국외풀, 물옥잠, 미디꽃, 올미)
초기 : 나지마(파종전), 중기(파종후 13~15일), 카펜트라존에칠 혼합제 등
후기 : 초강세, 밧사그란엠60 살포
 - 제초제 저항성잡초(알방동사니, 올챙이고랭이, 새섬매자기)
초기 : 나지마(파종전), 중기(파종후 13~15일) : 카펜트라존에칠 혼합제 등
후기 : 벤타존액제 살포
 - 잡초병 (장립형)
초기 : 나지마(파종전 ~ 2엽기), 살포(다수계 벼는 안됨)
- 씨뿌림량 및 방법
 - 건답 : 4~6kg/10a (휴림 또는 평면)
 - 무논 : 3~5kg/10a (씨레질하고 4~6일 논 굳히기)
- 병해충방제

법씨소독 약제명	물타는 배수	소독 시간	소독요령
스포탁유제	2,000	24	○소독한 법씨를 물로 2~3회 씻은 후 씨앗 담그기
호마이, 금나락, 벤레 이트티, 큰나락, 삼공 베노람, 씨소독	200	24	○<분의 처리 시>약물 소독한 법씨를 그늘에서 말린 후 씨앗 담그기 ○약과 법씨(마른 법씨 1kg당 약제 5g)을 고루 잘 섞은 다음 그늘에 말려서 씨앗 담그기
사파이어 스위퍼 액상 수화제	2,000	24	○약물 20L에 법씨 10kg(20L) 담그어 소독함
굳타임, 모도우리수화제	200	24	○약물 20L에 법씨 10kg(20L) 담그어 소독한 후 그대로 씨앗 담그기
자바라 종자처리수화제	-	-	○씨앗 담그기 한 종자를 건져 물기를 제거한 후 파종 전 (마른 법씨 kg당 약제 10g 기준) 습분의 처리(잎도열병, 벼물바구미, 에멸구 동시 방제)

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

· 종합관리형 병해충 방제체계 모형

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

· 건답 직파재배형 방제방식

- 2회 방제 (기본 방제) : 잡초 발생 보통인 논
- 3회 방제 : 피/광엽 잡초 발생 많은 논

· 벼 건답직파 재배 잡초방제 체계

처리방법 처리시기	파종 전	건답기간			담수기간			
		파종 후 3일 이내	피 2-3엽기	피 4엽기 이내	담수 후 초기처리	담수 후 중기처리	중·후기처리 (유수성형 전)	
1회 방제								
2회 체계방제 ①		1차			2차			
" ②			1차					
" ③				1차				
" ④					1차	2차 1차후 20일		
3회 체계방제 ①		1차			2차	3차 2차후 20일		
" ②			1차					
" ③				1차				
" ④					2차		3차	
" ⑤								
" ⑥								
대상 제초제	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	

- 대상 제초제

번호	제초제(방법)
①	그라목손, 근사미, 라운드업, 한사리, 바스타
②	3일 이내: 마세트, 마끼세, 논마트, 미성부타, 삼공부타 5일 이내: 풀다운, 미성풀만매, 노나내
③	길자비, 셋별, 모만나, 새손, 강초네, 캡틴
④	정일품, 하이킬, 풀뚝, 피안커, 큰일군, 난마니, 길자비골드, 테트리스(피), 매드시(피)
⑤	어린모 및 담수 직파 토양처리제
⑥	어린모 및 담수 직파 토양처리제
⑦	1. 밧사그란, 2. 정일품, 3. 크린처(피), 4. 밧사그린M60

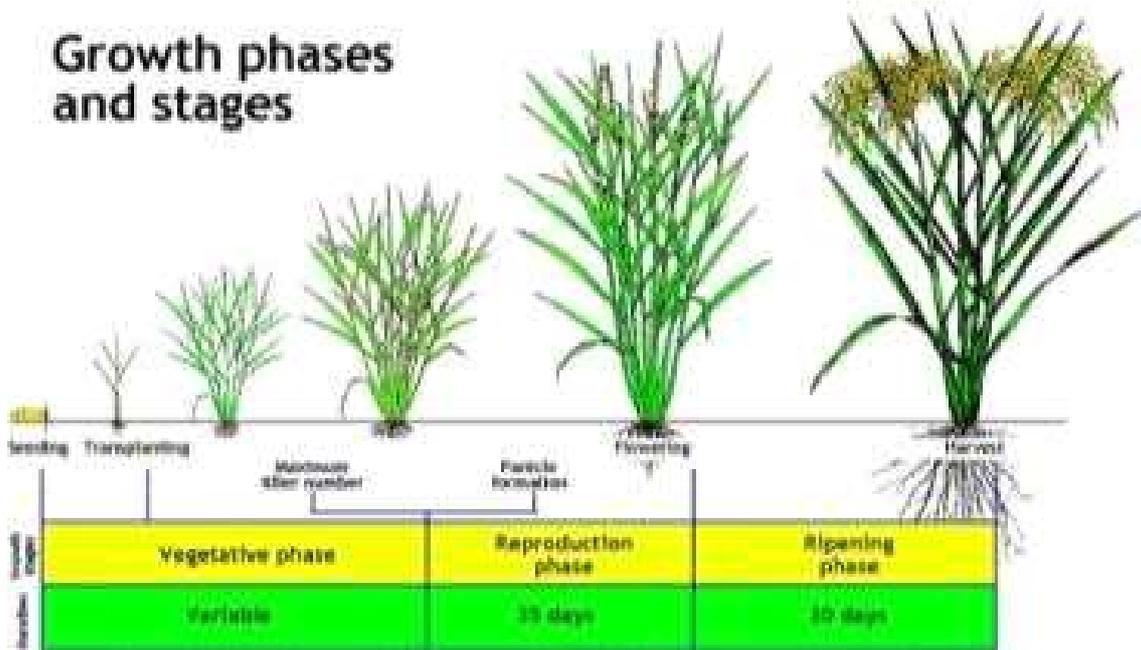
○ 재배 작물 수확량 및 작물생육 특성 병가 기법 개발

- 벼의 생육 단계

- 벼의 생육단계는 다음과 같이 3단계로 나눌 수 있음

- 1) 영양생장기(vegetative phase) : 종자 발아~화수 유도기(germination to panicle initiation)
- 2) 생식생장기(reproductive stage) : 화수 유도~개화(panicle initiation to flowering)
- 3) 등숙기(ripening phase) : 개화~종자 성숙(flowering to maturity)

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]



<벼의 생육 단계(국제미작연구소, IRRl)>

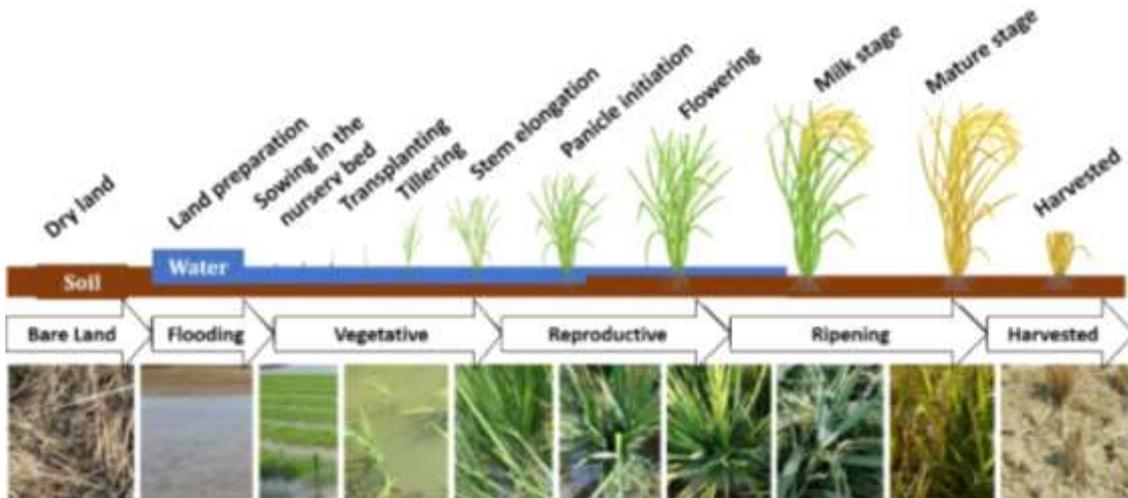
· 벼의 재배관리와 생육 단계는 아래 표와 같이 맞춰볼 수 있음

생육 과정	영양생장기						생식생장기						
	싹 들 때	못 자 리 때	모 내 기 때	새끼칠때			마디사이 자랄때		출 수 기	여름때			
				뿌리 내릴 때	참새끼 칠때	헛새끼 칠때	배동 받이 때	이삭 벌때		젖 익 을 때	풀 익 을 때	누 렁 게 익 을 때	다 익 을 때
물대기	상자육묘	모낸 직후 깊게	알게 대기	중간 물때기	보통	걸러 대기	보통	알게 걸러대기	완전 물때기				
거름 주기		밑 거름	새끼칠 거름	이삭 거름					알 거름				
월	4	5	6	7			8	10					
일	10	10	25	10	1	15	30	15	25	5			

<벼의 생육단계와 재배관리(<https://pals.tistory.com/1499>)>

재배 과정	건답	경지 정리	직파		분얼	줄기 신장	화수 유도	개화	유숙 기	완숙 기	수확
			모판 파장	이랑							
생육 단계	나지	물대기		영양생장기		생식생장기		등숙기 (물빠기)		수확	

<벼의 생육 및 재배 단계>



<논벼의 재배(생육) 단계(Sheng 등, 2022)>

Agriculture 2022, 12(12), 2137;https://doi.org/10.3390/agriculture12122137

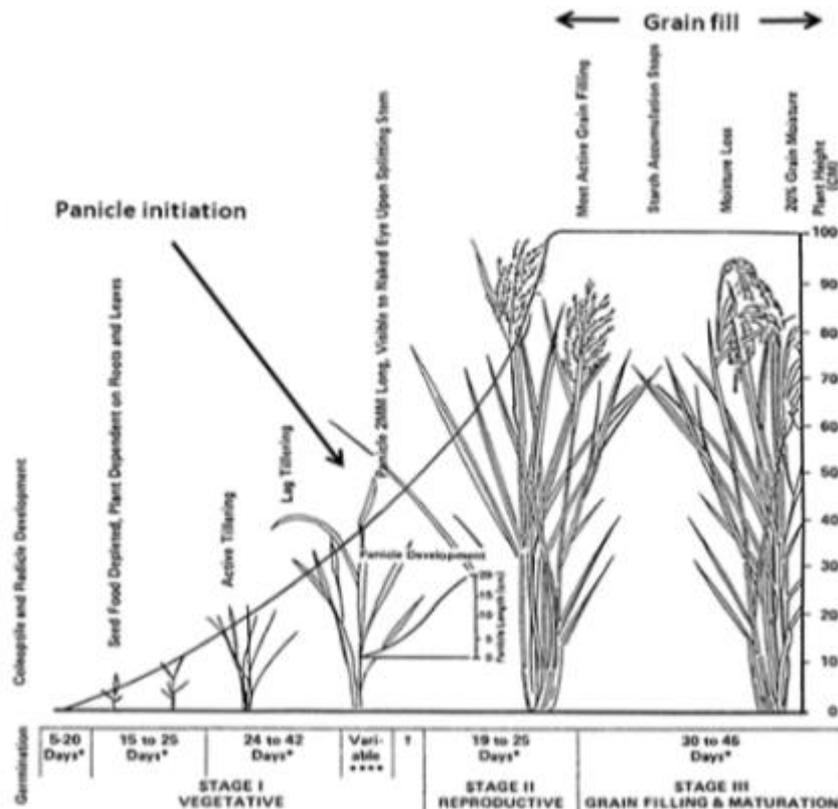
- 따라서 작물의 영양생장기와 생장생장기에는 경시적 및 비파괴적으로 포장에서 생육 특성을 측정하고, 성숙 후 수확기에는 파괴적으로 분석하는 것이 효율적임
- 작물 생육 특성의 경시적, 비파괴적 측정
 - 초기 생장 특성 조사(Investigation of early growth characteristics of rice)
 - 초장(식물체 키, plant height): 동영상 파일 참조(Please refer to video file)
 - 분얼 수(number of tillers) : 동영상 파일 참조(Please refer to video file)
 - 잎수(엽수, number of leaves) : 식물체당 잎수(분얼 모두 포함)
 - 상대적 엽록소 함량(relative chlorophyll contents of physiologically active center) : Chlorophyll Meter가 있을 경우 측정, 없으면 생략
 - 영양생장기 줄기 끝에서 아래로 3~4번째 잎 대상(during the vegetative growth period, the 3rd and 4th leaves from the top)
 - 생식생장기 최상위 잎 또는 그 아래 잎(during reproductive growth, the flag leaf and the second leaf)
 - 비파괴적 엽록소 함량 측정 : Using a non-destructive portable measuring instrument (SPAD value)
 - *조사일(주기, investigation day) : 이앙 또는 발아 후 2주 또는 1개월 간격(after transplanting, every 2 weeks or once a month)
- 수확량 분석 방법(Analysis of yield and yield components)
 - 재식밀도(planting density)
 - 수확량 요소(yield components) : 3~5개체 평균(average of three or five plants)
 - 식물체당 이삭 수(number of panicles per plant)
 - 이삭 당 알곡 수(number of grains per panicle)
 - 등숙 비율(grain filling ratio)
 - 천립중(thousand grain weight) : 등숙립의 1,000립 무게

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 수확량(yield) : 식물체 100개 샘플링 → 3~4일 햇빛에 말림 → 불완전립 제거 → 무게 측정(100 plants were sampled, dried in the sun for 3-4 days, then threshed to separate and throw away the empty grain, and rice seed weight was measured.)

· 품질 특성 : 선택적 항목

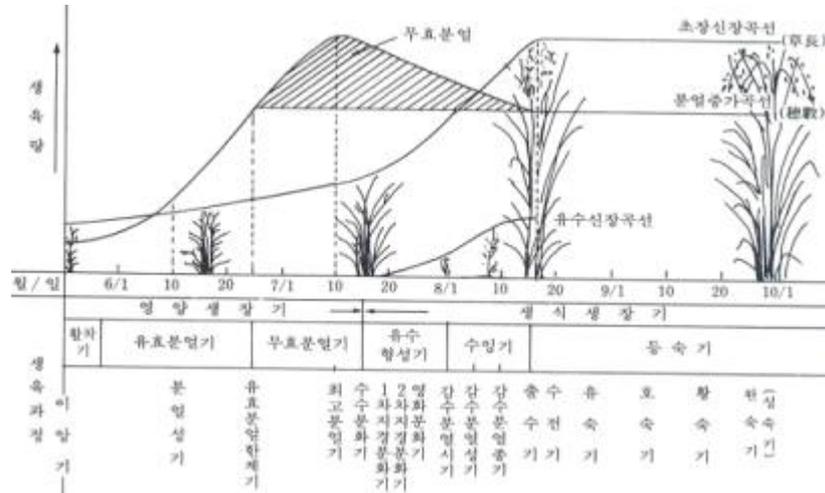
- 벼 품질(rice quality) : Head rice, Opaque rice, Damaged rice, Crack rice, Broken rice (Instrument of FOSS Cervitec-1625)
- Rice physicochemical properties : Whiteness, Protein, Amylose, Toyo taste value (Instrument of FOSS Infratec-1241, TOYO JP, MA-90)



<벼의 생육단계와 초장 변화>

· 실증지 샘플링 방법

- 20개체 이상 채취할 수 있을 경우 : 각 영농형태양광 패널 설치 유형(처리)별로 각 3~4개 지점(반복)을 표시하고 거기에서 동서남북 4개 방향으로 5개씩 총 20개체를 선정하여 비파괴적 또는 파괴적으로 조사함.
- 생육기에 파괴적으로 조사할 경우 : 처리별 3~4개 구역(반복)을 정하고 반복별로 무작위적으로 3개를 채취함
- 수확기에는 각 처리구별로 3개 구역을 선정하여 5개체씩 채취하여 수량 및 품질 특성을 조사하였음.



<벼의 일생(식량과학원 호남농업연구소)>

- 수확 시 측정 방법

- 식물 개체당 이삭수(number of panicles per plant)
 - 20개체 이상을 대상으로 측정하여 평균을 내면 더 정확함.
[20 or more plants are measured and averaged (more accurate)]
 - 다만, 현장 상황상 어렵다면 균일한 3개를 대상으로 측정하는 것으로 함.



- **Measuring for 3 (20) plants**
(왼쪽처럼 3개체를 지정하여 측정)
- 이삭수 : 평균적인 3주(개체)의 전체 이삭수
식물체당 이삭수 = 전체 이삭수 ÷ 3
- 20개체 측정 시,
이삭수 : 20주(개체)의 전체 이삭수
식물체당 이삭수 = 전체 이삭수 ÷ 20

<식물체당 이삭수 측정 방법>

- 이삭당 낱알수(number of grains per panicle)
 - 식물체당 이삭수가 평균 값에 가까운 3개체를 선정하여 탈곡함
 - 이때 각 식물체별 이삭수를 기록함, 각 식물체의 모든 이삭의 낱알을 계수하고 이삭수로 나눔

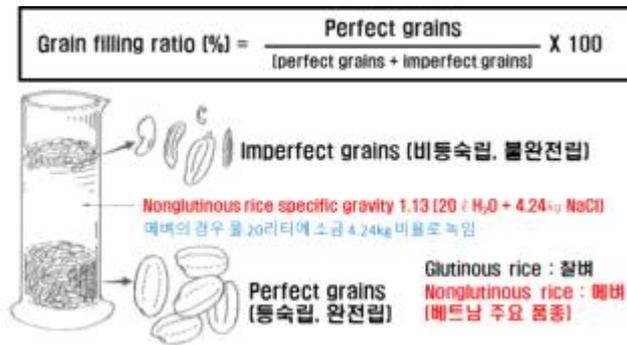


- (For example, 150 grains/panicle)
- 측정방법 예 : 우측 이삭에는 총 150개 낱알이 달려 있음

<이삭당 낱알 수 측정법>

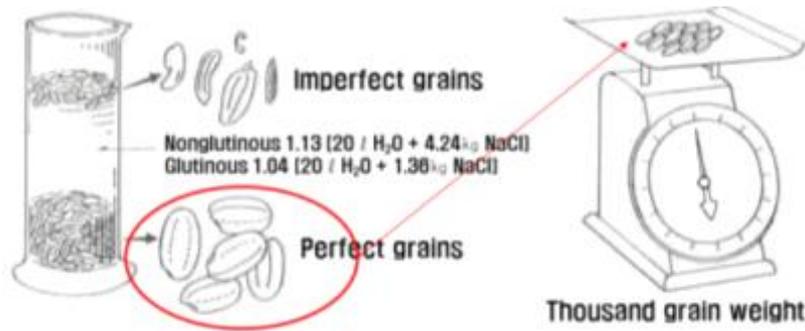
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 등숙률, 등숙비율, 등숙립 비율(grain filling ratio)
 - 3~5개체의 모든 낱알을 탈곡함(이삭당 낱알수를 조사한 것을 사용할 수 있음(Thresh all rice grains of 3 or 5 plants))
 - 모든 낱알을 비중 1.06의 소금물에 넣어 등숙립(가라앉음)과 불완전립(뜸)을 선별하여 계수함(All rice grains are put in salt water with an appropriate specific gravity to separate whole grains from incomplete grains.)
 - 소금물 조제 : 메벼의 경우 물 20리터에 소금 4.24kg 비율로 녹여 만듦
 - 등숙비율(%) = (등숙립수 ÷ 총립수) X 100



<등숙률 측정 및 계산법>

- Thousand grain weight (천립중)
 - 등숙비율 측정 시 등숙립으로 분리된 쌀알을 재빠르게 꺼내 수분을 제거하고 햇볕에 1~2일 말린 후 쌀 1,000알의 무게를 측정함



<천립중 측정 방법>

<베트남 영농형 태양광 실증지 벼 수확량 비교표>

구분*	개체당 이삭수 (개)	개체당 낱알수 (개)	이삭당 낱알수 (개)	등숙립수 (개)	등숙비 (%)	총 무게 (g)	등숙립 무게 (g)	등숙립 무게 비율(%)	천립중 (g)	엽록소함량 (SPAD)
A	8.6	828.0	96.3	296.4	35.8	12.1	8.8	72.7	29.6	29.6
B	8.2	683.2	83.3	335.8	49.2	11.1	8.9	80.2	26.2	25.9
C	8.4	625.6	74.5	338.4	54.1	11.6	9.0	77.6	26.4	20.8
D	7.2	693.6	96.3	334.4	48.2	11.1	9.1	82.0	27.3	18.4
E	7.6	681.5	89.8	291.2	42.7	10.5	8.4	80.2	28.6	24.5
F	8.1	653.2	80.2	267.9	44.3	10.2	8.1	80.0	30.4	21.9

* A: 펜스형 A, B: 펜스형 B, C: 펜스형 C, D: 지봉형(투과율 15%), E: 지봉형(투과율 8%), F: 대조군

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

[공동연구개발기관 4 (한국농어촌공사)]

○ 국내외 영농형 태양광 정책 동향

- 국외 정책 동향

• 유럽의회

· 유럽의회는 아래 3가지 전략을 활용하여 태양광 보급함

: 2023년까지 450 안 도출 GW 신규 태양광 발전 시설 확보 노력

· European Solar Rooftops Initiative : 지붕을 활용한 태양광 보급을 활성화 정책의 일환으로, 신축 공공건물, 상업용 빌딩, 개인 주택이 대상

· EU large-scale skills partnership : 태양광 분야의 숙련된 인력과 EU 내 신규 인력의 기술차를 줄이기 위한 지원정책으로, 신규직업 창출에 집중

· EU Solar PV Industry Alliance : EU 내 태양광 관련 제품의 공급의 안전성 확보를 위한 정책으로, 공급망 확보를 위한 정책

※ 유럽에 설치되는 태양광의 대부분은 중국산 부품을 사용하여, 공급상 가격상승, 설비 구축 시간 지연 등 많은 문제를 야기함

· 2022년 우크라이나-러시아 전쟁에 따른 화석연료 기반의 높은 에너지 생산 비용의 해결책으로, 영농형 태양광, 빌딩 일체형 태양광, 수상 태양광 등 최근 개발된 태양광 설비가 보급에 중요한 역할 예상

· 신규태양광은 기존 육상 태양광 대비 토지 이용률 낮아, 기술 개발 및 정책 지원 필요성 있음

※ 육상 태양광 : 0.87 MW/ha, 영농형 태양광 : 0.60 MW/ha

· 영농형 태양광의 유럽 농지의 1%에 설치하면, 설치 용량밀도에 따라서, 315~1415 GW의 잠재량을 갖음

· 기술적 설치 제한 면적 고려한 영농형 태양광 잠재량은 설치 면적에 따라서, 프랑스 (20~203 GW), 스페인 (10~97 GW), 이탈리아 (6~53 GW), 독일 (2~29 GW), 네델란드(1~12 GW) 순으로 높음

· 수확량에 대한 강제조항 없음

설치면적(%)	프랑스(GW)	스페인(GW)	이탈리아(GW)	독일(GW)	네델란드(GW)	EU(GW)
10	203	97	53	29	12	87
5	101	48	27	14	6	44
1	20	10	6	2	1	9

<기술적 제한 고려한 유럽 나라별 영농형 태양광 잠재량, 0.6MW/ha 기준>

• 독일

· 독일은 2022년 7.2 GW 설치, 누적 66.5 GW 태양광 설치를 구축 운영이지만, 전쟁 영향으로 균등발전단가는 최근 상당히 상승함

※ 균등발전 단가 (육상) 3 ~ 11 EUE cent/kW, (지붕형) 6.9 EUE cent/kW

· 다양한 태양광 설치 공간 확보를 위한 건물 일체형 태양광과 영농형 태양광에 대한 기술 개발 및 보급 정책 추진

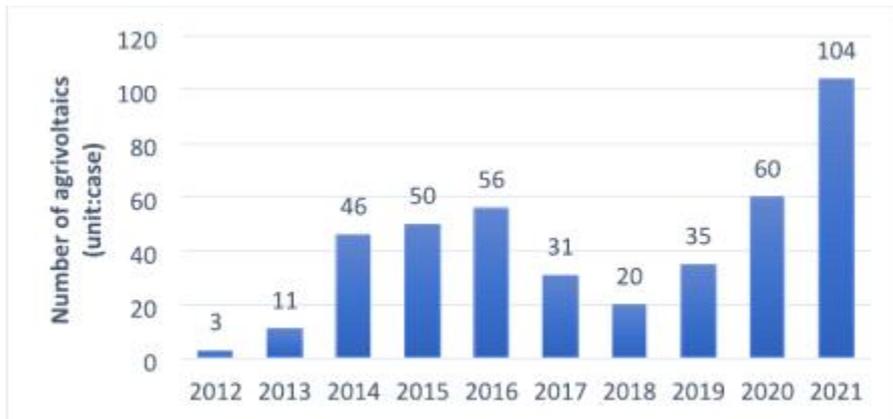
- 2021년 `DIN-SPEC 91434 : 2021-05 Agri-photovoltaic system : Requirements for primary agricultural use` 공표하여 표준설비기준 기반으로 영농형 태양광을 확산시킴
 - 루프탑의 경우 설치된 태양광 모듈의 높이가 2.1 미터 이상일 것
 - 사이공간을 활용한 태양광의 경우, 태양광 시스템이 2.1 미터 이하일 것
 - `Fraunhofer institute for Solar Energy`에서는 22년에 영농형 태양광 가이드라인을 발표함
 - ※ 작물의 선정기준, 사업모델, 영농형 태양광 설계, 설치, 운용 기준 포함
 - 영농형 태양광의 인허가, 송전선 연계는 기존 육상 태양광 사업 관련 법률을 준용함
- 프랑스
 - 프랑스는 매년 3~5 GW의 신규 태양광 발전 설비를 구축하여, 2023년 20 GW, 2028년 35~44 GW를 달성하는 `Current 10-year Energy programme decree PPE`를 발표하고 추진중임
 - 우크라이나-러시아 전쟁 이후 전력의 생산단가가 낮은 원자력으로 생산전력의 50%를 충당함
 - 2023년, 빌딩 일체형 태양광 및 영농형 태양광의 구조에 관한 건축법이 발효됨
 - Agency for the Ecological Transition은 2021년 `Characterizing solar PV projects on agricultural land and agrivoltaism`를 발표함
 - ※ 영농형 태양광의 여러 타입 분류, 좋은 실증 예시, 관리 및 운용 요소
 - 2021년 Ademe에 의해 영농형 태양광 가이드라인 제시됨
 - ※ 영농형 태양광 설치에 기후변화, 독성 물질에서 보호, 동물 복지 등 포함
 - 영농형 태양광의 연구 또는 대규모 시설 구축은 휴경지에서만 실시되며, 아래와 요소를 중점적으로 고려되어 추천됨
 - 농업생산에 방해되지 않는 태양광 설비 구축
 - 농산물의 수확량 감소 비율 (수치 미정)
 - 태양광 수익 설비의 유지비나 농민의 수익으로 귀속
 - 이탈리아
 - 이탈리아는 `PNRR` 정책을 통하여, 2030년까지 태양광 설비를 52GW 설치 운용하여, 전체 소비 에너지의 30%를 재생에너지로 충당하고자 함
 - 재생에너지 보급 목표를 달성하고자 1) 재정지원, 2) 시장 침투 확산을 위한 구조 개혁 정책 추진
 - 재정지원 : 태양광 설치비용 50% 세금 감면, 자기 소모 설비 금융 지원 등
 - 구조개혁 : 제품 생산규제 완화, 200 kW이하의 지붕태양광 승인 폐지 등
 - 이탈리아는 공식적인 영농형 태양광 설비 기준이나 관련 법규는 없으나, 여러 기관에서 영농형 태양광 가이드라인 발표함
 - 농지면적의 70% 이하로 태양광 설비 설치, 태양광 모듈의 전체 농지 40% 이내 설치
 - 지속적인 농업 가능성 확보를 위한 기준 설비 대비 60% 전력 생산량 제한
 - 영농형 태양광 구조에 따른 작물, 태양광 모듈 분류
 - 물질약, 농업지속성, 토양 오염 등의 모니터링

- 일본

- 일본은 전력수요 증가에 대응하기 위한 방안중 하나로 Solar Sharing 6이라는 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(Ai타임스, 2021.2).
- (농지전용) 농지에 영농형 태양광을 설치하기 위해서는 일본 농림수산성에 농지전용허가를 얻어야 하는데, 도입 초기 매 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).
 - 영농형 태양광 설치가 하부 농지의 영농에 미치는 영향 전망
 - 근거가 되는 관련자료 또는 전문가 의견서: 영농계획서 및 영농에 미치는 영향 전망서/개축보고/폐지보고/농작물의 상황 보고/영농형발전 설비의 설치에 관한 정보
 - 영농형 태양광을 설치하는 자와 하부의 농지에서 영농하는 자가 다른 경우에는 설치비용 및 해체비용 부담에 대한 합의 증명서 제출
 - 농업위원회라는 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)
- (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.

• 중국

- 중국정부는 `14th-five-year plan for solar energy development action plan`에서, 전력 소비에서 재생에너지 비중을 2025년까지 33% (`20 : 28.8%), 재생에너지 의무비중 18%(`20 : 11.4%) 목표로 태양광 보급
 - ※ 목표 발성을 위해, 풍력과 태양광 발전량 2배 확대 계획
- 중국의 영농형 태양광 연간 설치 잠재량은 3.26 GW예상되며, 18년 기준 누적 설치량은 12 GW임
- 영농형 태양광 초기 보급 시기에는 태양광 및 농업지원 정책을 동시에 시행함
 - ※ 이후 정책 실효성이 떨어져, 태양광 보급 정책으로 통합됨
- 초기에는 주정부가 아닌 발전사업자에 의해 기술개발 및 보급이 시작되었으며, 이후 정부 주도의 투자가 이루어지며, 영농형 태양광에 특화된 설비가 급격히 개발됨
- 중국 에너지 생산 및 소비 공간적 재배열 정책 추진을 통한 중국 동부 내 지방 태양광, 농촌지역 내 태양광 설비 구축을 통한 보급
 - ※ 중국의 태양광 설비는 대부분 서쪽에 구축되어 있으나 주요소모처 동쪽 존재
- 2015년 `Solar PV front-runner programme` 국가 태양광 보급 정책 추진 후 영농형 태양광 이 급격히 확산됨 (그림 참조)
 - ※ 2022년 기준 총 400여개 이상 영농형 태양광 설비 구축 및 운용중



<년도별 중국 내 영농형 태양광 설치 현황>

• 인도

- 인도 중앙정부는 태양광 보급 정책으로 농업용 땅에 다양한 규모 (수kW~수MW) 영농형 태양광 설비 구축을 허가함
 - ※ 농지면적에 80%까지 태양광 설비 구축 가능함
- 농업 유지를 위한작물 재배 계획, 농지정비 및 정기보고서의 의무화
- 2030년까지 GW급 영농형 태양광 설비 구축을 위해 매년 수MW 설비 구축
- 주정부의 영농형 태양광 사업 참여를 통한 영농형 태양광 설비의 소유권 보장
- 영농형 태양광 확산을 위한 ‘Innovation Tenders’ 입찰제도 도입
 - ※ 중앙정부 입찰 가이드라인 지원을 통한 지역 정부 상황에 특화된 입찰제도 도입
 - ※ 입찰 제도 내 다양한 영농형 태양광 구조물별 단가, 10MW 이상 대규모 설비, 설비구축자금 확보를 위한 은행 연계 등

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 국내 정책 동향

• 농촌태양광 현황 및 한계

- 지난정부 태양광 확산 정책에 따라서, 규제완화 및 용자 지원 등을 통해 농촌태양광 확산
 - 농지제조 정비, 시설 용자 지원 사업 (산업통상자원부) 등을 통해 농촌태양광 확대
 - 국내 보급된 태양광 20.2GW ('22년) 중 농촌 태양광 역 7.7GW (28.3%)
 - 농지법 개정 및 주요 지원 내용
 - 1) 염해농지 일시사용 허가기간 연장 (8→23년)
 - 2) 농지전용 면적 제한 완화 (1→3 ha)
 - 3) 태양광 농지 보전부담금 50% 감면('18.2~'19.12)
 - 4) 최근 3년간 용자 64% 집중 지원

국토의 구분	비중('21)	~'18	'19	'20	'21	'22	합계
산지(임야)	63.2%	1,549	927	1,248	849	366	4,939
농지 (전·답·과수원)	19.1%	1,854	1,130	1,407	1,835	1,275	7,501
도시 등(기타)	17.7%	2,871	906	1,312	1,310	1,338	7,737
합계	100%	6,274	2,963	3,967	3,994	2,979	20,177

* 2021년 도시계획 현황(국토부), RPS설비확인 실적(한국에너지공단)

<국토의 구분의 따른 태양광 보급 현황 (MW)>

- 한국형 FIT 신설로 안정적 수익보장, 신재생에너지 공급 의무화제도 (RPS) 의무비율 상향 등 재생에너지 수요 확대 기반 조성
 - 100kW 미만 농축산어업인 등에게 입찰 경쟁 없이 고정가격으로 공급의무자와 계약
 - 500MW 이상 발전사의 신재생에너지 공급 의무비율 상향 ('18년 총발전량의 5% → '22 : 12.5% 상향)
- 무질서한 보급으로 난개발과 주민수용성 저하 등 부작용 발생
- (난개발) 소규모 발전사업 우대 정책, 계획입지 등 제도 정비 없이 확대되어 난개발 및 경관훼손 부작용, 재생에너지 규모화 및 집적화 미흡
 - (한국형 FIT) 소규모 태양광 사업자의 수익안정성과 편의성 제공 (농업인 100kW 미만)
 - (REC) 일반부지 100kW 미만 1.2, 100kW ~ 3MW 1.0, 3MW 초과 0.8
- (수용성 저하) 외지인 주도 협동조합, SPC 등으로 농가 및 농촌소득 증대와 연결되지 않고, 농촌주민의 역량 부족 및 임차농과 갈등 야기
 - 농촌 주민은 투자에 소극적, 재생에너지사업에 대한 경험 및 전문성 부족 등으로 태양광 설치과정에 소외, 발전수익은 외지인이 독점
 - (임실군) '14~'19 전기사업허가 2,124건 중 임실군 외 거주 외주인 비중 64%
 - 대규모 염해간척농지에 태양광 설치로 임차농 경작권 상실 및 주변 농지 임대료 상승 등 지주-임차농간 갈등 발생
 - (충남) 1평에 1,200원하던 농지가 염해판정 이후 발전사업자들이 6,000원을 제시

- (제도) 짧은 일시허용기간 (8년), 낮은 경제성 등 제도적 한계로 농지전용을 통한 농촌태양광 확산으로 식량안보 우려
 - 수익 손익분기점 (10년 내외), 태양광발전시설 내구 연한 (20년 내외) 감안

(단위 : ha, %)						
구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022
전체 농지	16,296	16,303	16,467	17,429	19,435	
농촌태양광	1,438	3,675	2,555	1,287	859	1,367
비중	8.8	22.5	15.5	7.4	4.4	

<농촌태양광 설치 관련 농지전용 추이>

- (간척지) 염해간척지 규제 완화로 대규모 태양광부지 활용에 관심 증대, 농업목적으로 조성된 간척지의 기본원칙 훼손 우려
 - RE100 전용 산업단지 구축과 연계하여 국가간척지 허용을 지속 건의
- 정부의 영농형 태양광 확산 정책
 - 기본 방향
 - 탄소 중립, 농가소득 증대 기여 및 식량안보 역행 방지
 - 국가적 어젠다인 탄소중립 목표 실현을 지원하면서 국정과제인 농가경영 안정화에 기여하고 식량안보에 문제가 없도록 설계
 - 부수적으로 농촌경제 활성화, 태양광 연계 산업 육성 등 기여
 - 정책 목적에 맞춰 농업 생산 활동을 하는 농업인 주도
 - 영농 활동이 전제될 수 있도록 농업인이 주도할 수 있도록 하고, 농지소유자로부터 농업인 보호
 - 농업법인은 제외하고 사업추진실태에 대한 평가를 거쳐 포함 여부 검토
 - 농업진흥구역 외 농지 대상으로 규모화
 - 농지잠식 방지를 위해 농지의 일시사용허가제 규정 (농지법 개정 필요)
 - 식량안보를 고려, 진흥구역 외 농지를 대상으로 하되, 탄소중립, 농가소득 증대 등 효과를 검토 후 태상 농지 확대 검토
 - 부실영농 방지 등을 위한 철저한 사후 관리
 - 농산물의 수급안정 및 식량안보 등을 고려, 특정품목에 집중되지 않도록 하고 불성실한 영농활동 방지

비전

지속가능한 탄소중립 및 식량안보 역행 방지

**달성
목표**

◇ 국가관리 간척농지 영농형 태양광 사업지 발굴(~'24, 2개소)

전략 및 과제	5대 전략	세부 추진 과제
	1. 영농형태양광의 수혜자로서 농업인을 설정	<ul style="list-style-type: none"> • (사업주체) 자경농에 한해 발전사업자 인정 * 승계·매도 등 부득이한 사항에 대해 임차농 등 허용 • (농업법인) 사업추진 실태 평가 후 검토
	2. 비우량농지 중심으로 규모화	<ul style="list-style-type: none"> • (농지) 농업진흥구역 외 농지 일시사용기간 연장 * 농업보호구역, 진흥지역 외 : 기존 8년 → 23년 • (규모화) 지자체 주도로 입지 발굴, 재생지구 연계 • (간척지) 국가관리간척지도 영농형태양광 도입
	3. 합리적인 인센티브 제공	<ul style="list-style-type: none"> • (소득) 직불금, RCE 가중치 부여, 융자지원 등 • (경영안정) 영농형태양광 보험상품 개발
	4. 관리체계 구축으로 부실영농 방지	<ul style="list-style-type: none"> • (인허가 등) 영농활동 여부 등 관리시스템 마련 • (컨설팅 등) 농업인 역량 강화를 위한 교육 등 지원 • (제재 사항) 허위 등록, 준수사항 미행 시 패널티
	5. 제도적 기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> • (품목) 생산량이 70% 이상되도록 영농활동 • (시설) 영농형태양광 시설 가이드라인 마련 * 차광률 30% 미만, 지주높이 2.5m 이상
추진 체계	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 관계부처와 협력 거버넌스 구축 ◇ 영농형태양광 도입을 위한 법안 제정 (~ '24년) 	

<영농형 태양광 확산을 위한 비전 및 전략 (출처 농식품부)>

- 국내 영농형 태양광 시설/시공/토양오염 등 정보 수집 및 분석
 - 국내 태양광 설비 시공 기준
 - 영농형 태양광 설비에 대한 구체적인 시공 기준은 없음

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 설치 유형에 대한 정의에 농지형 : ‘농지전용허가(신고) 또는 농지의 타용도 일시 사용허가 등 농지법에 따른 인·허가 등을 받아 설치하는 태양광설비의 유형’
- 영농형 태양광 설비 시공 기준은 공통 준수사항에 의거하고 있으며, 시공 시 유속 완화 및 토사유출 방지/지반과 사면의 안정성 확보/기타(농지법 등)에 대해서만 제시하고 있음

2. 태양광설비 시공기준

가. 설치유형에 대한 정의

1) 자상형 : 지표면에 태양광설비를 설치하는 형태

가) 일반자상형 : 지표면에 고정하여 설치하는 것으로서 산지관리법 및 농지법의 적용을 받지 않는 태양광설비의 유형

나) 산지형 : 산지전용허가(신고) 또는 산지일시사용허가 등 산지관리법에 따른 인·허가 등을 받아 설치하는 태양광 설비의 유형

다) 농지형 : 농지전용허가(신고) 또는 농지의 타용도 일시사용허가 등 농지법에 따른 인·허가 등을 받아 설치하는 태양광설비의 유형

2) 건물형 : 건축물에 태양광설비를 설치하는 형태

가) 건물설치형 : 건축물 옥상 등에 설치하는 태양광설비의 유형

나) 건물부착형(이하 "BAPV형 : Building Attached PhotoVoltaic") : 건축물 경사 지붕 또는 외벽 등에 밀착하여 설치하는 태양광설비의 유형

다) 건물일체형(이하 "BIPV형 : Building Integrated PhotoVoltaic") : 태양광모듈을 건축물에 설치하여 건축 부자재의 역할 및 기능과 전력생산을 동시에 할 수 있는 태양광설비로 창호, 스크린, 커튼월, 이중과사드, 외벽, 지붕재 등 건축물을 일부 또는 완전히 대체하는 벽, 창, 지붕 형태로 모듈이 제거될 경우 건물 외피의 핵심기능이 상실 또는 훼손될 수 있어 다른 건축자재로 대체되어야 하는 구조

3) 수상형 : 뚝진설 및 주변지역지원 등에 관한 법률 제2조에 따른 뚝, 전원개발촉진법 제5조에 따른 전원개발사업구역으로 지정된 지역의 발전용 뚝, 농어촌정비법 제2조의 농업생산기반 정비사업에 따른 이수지 및 담수호와 농업생산기반시설로서의 방조제 내측, 인입입지 및 개발에 관한 법률 제6조 내지 제8조에 따른 산업단지 내의 이수지, 공유수면 관리 및 매립에 관한 법률 제2조에 따른 공유수면 중 방조제 내측 뒤에 부유식으로 설치하는 태양광설비 유형

나. 공통 준수사항

1) 태양광 설비를 설치할 경우 전기사업법, 전기공사업법, 전기설비기술기준, 전기설비기술기준의 판단기준 및 건축구조기준 등 관련규정을 따라야 한다.

2) 태양광발전 모듈

가) 제품

① 태양광발전 모듈(이하 "모듈")은 한국산업표준(이하 "KS")에 따른 인증제품(수상형 태양광 모듈의 경우에는 고내구성·환경경 제품을 설치하여야 한다. 다만, 선제

유, 볼트캡 등 자재는 부식을 방지하기 위하여 지표면 이상 높이에 위치하여야 한다. 다만, 주차장 등 입지 여건에 따라 지표면에 노출이 곤란할 경우에는 예외할 수 있으며, 이 경우 예외를 확인할 수 있는 사진을 첨부(설치)확인 신청서 첨부에 제출하여야 한다.

② 콘크리트 기초로 시공이 곤란한 경우에는 스텝이형, 스크류, 레이밍 파일, 보링그라우팅 공법 등으로 할 수 있으며 기초의 깊이는 설계 굴착심도 이상으로 계획하고 시공하여야 한다. 이 경우 안전성 및 적정성이 확보되었음을 관계전문기술자로부터 확인을 받아야 하며 확인받은 바에 따라 시공하여야 한다.

다) 배수로 공사
배수관로를 포함한 배수시설은 유량, 유속, 도달 시간 등을 고려하여 규모를 선정하고 배수에 문제가 없도록 계획하고 설치하여야 한다.

마) 기타
기타 설계 및 시공 시 각호의 법령 및 기준을 준수하여야 한다.

① 행정안전부 "자연재해대책법"
② 환경부 "환경영향평가법"
③ 국토교통부 "국토의 계획 및 이용에 관한 법률"
④ 산림청 "산지관리법"
⑤ 농림축산식품부 "농지법"
⑥ 국토교통부 "건축법(건축구조기준 포함)"
⑦ 국토교통부 "보육공사표준시방서" 등

2) 산지 및 농지형 준수사항

가) 유속 완화 및 토사유출 방지

① 급경사지에 배수로를 설치하는 경우에는 유속 완화 시설과 낙차에 의한 세굴 및 침식 방지 시설을 설치하여야 한다.

② 우선시 우수의 유출과 토사유출에 의한 태양광 발전설비 주변 수로 및 하류에 위치한 소화전 등의 범람, 퇴적 등을 방지하기 위해 입시 또는 영구 우수 커류조 등 저습시설을 설치하여야 한다. 이 경우 설치 및 유지관리는 자연재해대책법 및 우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준 등을 따른다.

나) 지반과 사면의 안정성 확보

① 절토와 성토를 통해 부지를 조성할 경우에는 단계별로 충분한 다짐하여 지지력과 안전성을 확보하여야 한다.

② 절토 및 성토 비탈면의 경우 안전하게 시공하여야 하며 침식방지 및 비탈면 보호를

< 에너지 공단의 태양광 발전 설비 시공 기준 문서 >

- 영농형 태양광 관련 시설/시공/토양오염 등 정보 수집 및 문제점 분석
- 영농형 태양광 설비 현황
 - 영농형 태양광은 초기 일본 설비를 모방하여서 설치된 형태로, 일반적인 태양광 대비, 기술 개발이 되지 않은 초기 단계로, 실증 및 초기 연구단계에서 구조적 및 안정적 관련하여, 많은 문제점을 표출하고 있음
 - 국내 영농형 태양광 설비에 대한 실증설비 조사 통한 문제점을 도출함
 - 영농형 태양광 관련 실증설비에 대한 자료를 수집 및 분석함
 - 다양한 형태 및 농산물이 생산되는 영농형 태양광 시설물 현장조사 실시함
 - ※ 고정식, 추적식, 벼, 갯잎, 배추, 콩, 인삼 등
 - 영농형 태양광의 경우, 연구 및 설치 운영하는 기관이 크게, 솔라팜, 녹색에너지연구원, 남동발전, 파루 등이며, 남동발전이 설치한 영농형 태양광을 제외하고는 연구용으로 매전을 하고 있지 않음

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)

- 영농형 태양광은 2016년을 설치되기 시작하였으며, 초기에는 솔라팜이 정부의 지원을 받아 연구를 진행하였으나, 태양광이나 구조체에 대한 전문적인 지식이 없는 농업회사법인이다 보니, 구조적 안전성, 고가 제작 단가 등 많은 문제가 발생함
- 솔라팜은 이러한 문제점을 해결하고자 다양한 연구기관과 공동연구를 통하여, 구조물의 안전성, 작물의 생육 향상 등의 문제는 해결하였으나, 현재도 높은 설치비는 해결하지 못함
- 남동발전, 녹색에너지 연구원 역시, 솔라팜이 개발한 초기 영농형 태양광 시스템 모델을 보완/변경하여 설치 및 운영중이어서, 태풍이나 지진 등과 같은 자연재해에 취약한 것으로 판단됨
- 현재 영농형 태양광은 설치단가가 일반 태양광에 비하여 상대적으로 비싸고, 설치 장소의 제한, 시설물이 환경에 미치는 영향 미증명, 낮은 경제성, 낮은 농업용 전기 가격 등의 복합이유로 연구 이외에 확산이 제한되고 있음
- 또한, 국내 영농형 태양광 관련 인증/환경영향 평가 기준이 정립되지 않아, 과학적인 자료에 근거한 관련 법 및 조례 제정이 필요함



<파루, 순천>



<파루,강진>



<솔라팜, 청주>



<솔라팜, 청주>



<식량과학원, 전주>

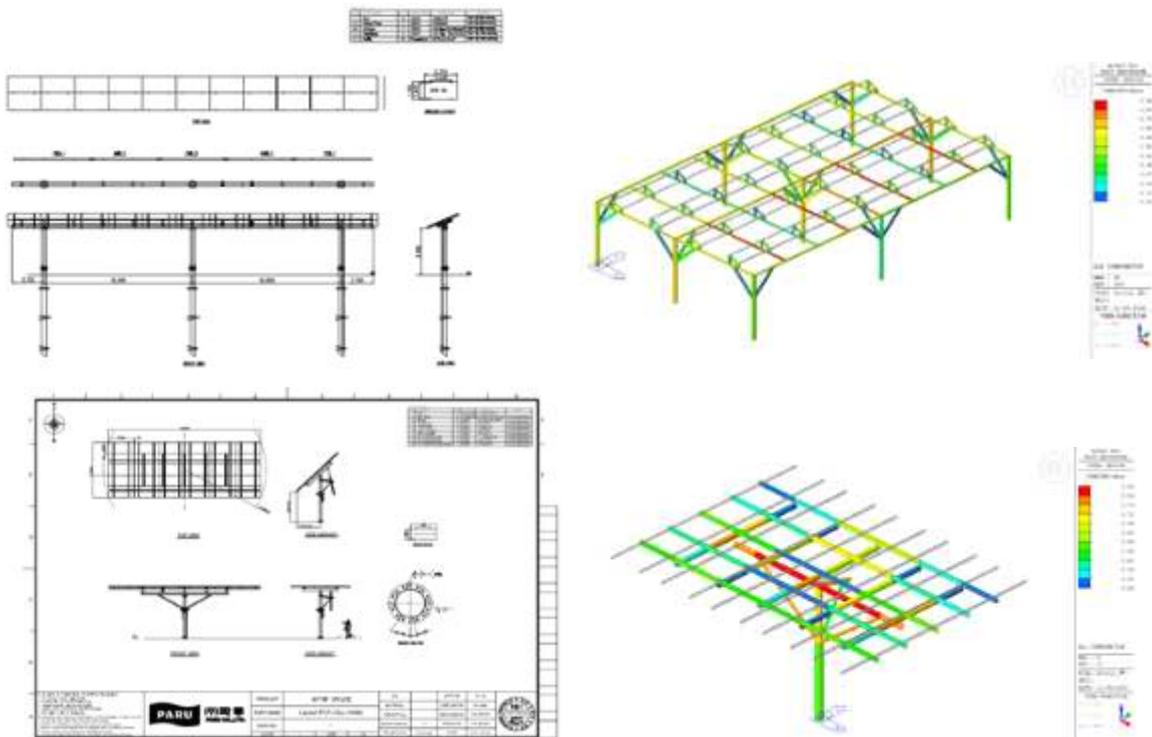


<개인, 보성>

<영농형 태양광 설비 현장 사진들>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 일본의 경우, 수확량이 80% 이하면 영농형태양광 시설물을 제거하는 강제조항이 있으나, 국내에는 에너지관리공단에서 제시한 `2018년 영농형 태양광시범사업 시공 가이드라인` 형태의 권고안만 있어, 과학적인 자료에 근거한 관련 법 및 조례 제정이 필요함
- 국립식량과학원 내 시험포에 100kW규모의 추적식 (50kW), 고정식 영농형 (50kW) 태양광 설치 운영중 (그림 5 참조)
- 고정형의 경우 솔라팜의 양산 모델을, 추적식의 경우 파루의 양산 모델을 대상으로 설치 및 실증 연구중임
- 추적식의 경우, 현장조사 당일 집중 호우 예보로, 태양광 패널이 수평 형태로 고정시켜 놓음 (강풍에 의한 풍하중 최소화를 위해서)
- 고정형의 경우, 패널의 방향이나 특별한 조정은 없었음
- 작년에 설치했으며, 아직 인버터에 연결시키지 않음 (연구의 주요 내용이 발전이 아니고, 생육임)
- 식량과학원에서 영농형 태양광 시설 아래에서 벼에 미치는 생육 및 환경적 영향 평가중임
- 문제점 분석을 위한 설계 도면 수집 및 분석



<수집된 설계 도면, 구조분석 및 설비 사진 예시>

• 영농형 태양광 사례 기반 문제점 분석

- 국내법 기반 영농형 태양광 운용상 문제점 도출

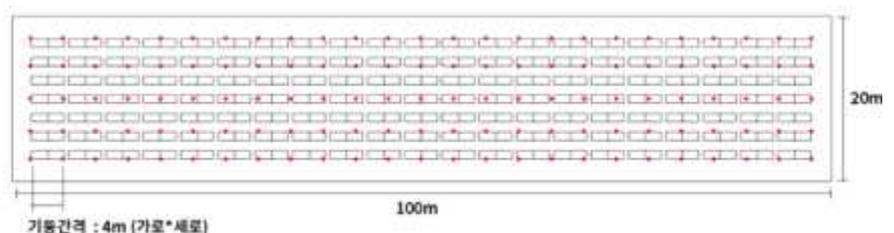
- 정부는 `재생에너지 3020` 계획에 따라 농촌지역에 10GW 이상 태양광이 설치되기를 원 하지만, 다양한 민원, 지자체 조례에 의해서 태양광 설치가 힘든 실정이고, 영농형 태양광 역시 농촌지역에 보급이 활성화 될것으로 예상되었지만, 아래 언급한 다양한 법에 210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 제한되어 현재 확산이 어려운 실정임
- 현행법상, 영농형 태양광에 대한 정의 및 관련 규정이 없어, 일반 농촌 태양광과 동일한 입지 및 허가 조건에서 사업추진중임
- 특히, 농식품부는 농업진흥구역에 대한 영농형 태양광 설치에 반대하는 입장이며 대규모 확산은 힘든 실정임
- 정책자금 지원, 송배전 설비 확충 등 정책적 수간이 산업부 소관이며, 농지관리는 농식품부로 이원화되어 있어, 정부 기관 간 이해관계의 상충되어 확산이 어려움
- 영농형 태양광 확산을 위한 제도적, 기술적 기반 정비가 필요함 (관련법, 조례등)
- 영농형 태양광 표준규격 및 농작물 품목별 재배모델 마련, 영농여부 점검 등 사후관리, 기술 개발 및 연구 지원 등 근거 마련
- 농업진흥구역 내 영농형 태양광 설치 허가 필요
 - ※ 전면적인 허용보다는 계획입지 등을 통한 체계적인 시설 설치를 통한 난립 예방 필요
- 영농형 태양광 재배모델 개발을 통한 시스템의 안정화 필요함
- 정책자금 지원확대, 계통연계 우선지원, REC 우대 등 인센티브 부여 필요
- 실증설비 및 문헌조사를 통한 기존 영농형 태양광 시설물의 운용상 문제점 분석 및 도출



<남동 발전에서 경남고성군에 설치된 영농형 태양광 구조물 전경>

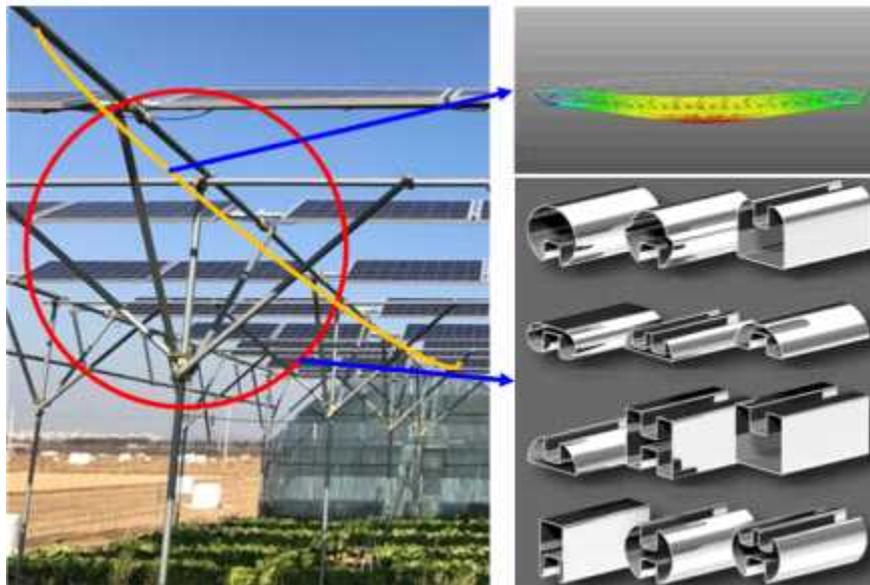
- 앞서 언급한 것과 같이, 영농형 태양광의 경우, 일본의 설비를 그대로 도입함에 따라, 태양광 구조물이 기존의 육상 태양광 구조물과 달리, 비닐하우스 시설에 사용된 구조물 자재를 그대로 사용하여, 풍하중에 매우 취약했고, 체계적인 구조 해석이 진행되지 않아, 자연재해에 많이 취약했음
- 또한, 초기 모델의 경우, 상부 모듈의 지탱을 위한 다수의 구조물 설치에 따른 기둥 사이의 좁은 경관 구성에 따른 농기계 활용이 제한됨



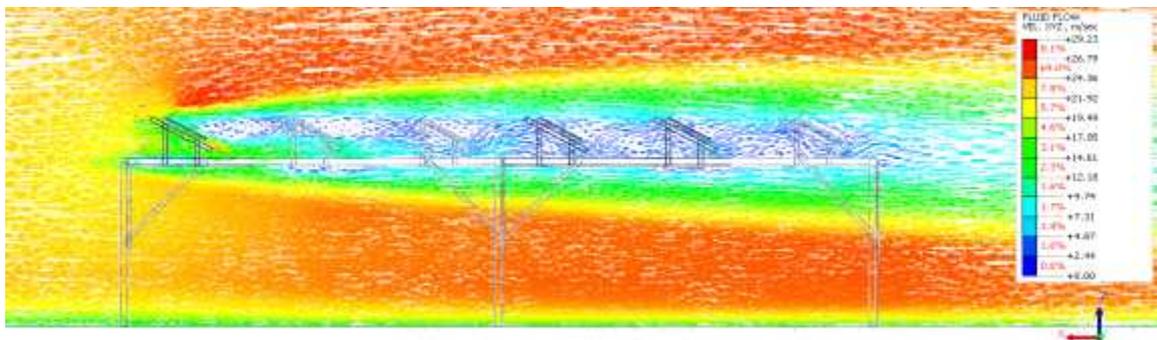
<좁은 경관에 인한 농기계 활용 제약의 예시>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 다수의 구조물 및 부자재 구성의 의한 높은 설치비용의 문제점 발생함
- 기존 영농형 태양광 구조물의 경우 kW당 50~100만원선의 고가 구조물 단가를 보였으며, 단가 저감을 위한 노력이 필요함
 - ※ 시뮬레이션과 관련 형상에 대한 연구를 통하여, 앞서 언급한 영농형 태양광 구조물의 내재해 안전성과 단가 저감을 위해, 부재의 수를 줄여야함
- 자연재해 취약한 구조물에 대한 구조적 안전성 미확보
 - ※ 태풍, 호우, 강풍에 대한 구조물의 안전성 확보를 위한 풍하중 상향 반영 및 설비 기준 미비
- 농기계 이동에 자유로운 구조물 경간 확보 필요 (최소 6미터 이상 설계 반영 필요)
 - ※ 농민 고령화에 따른 농기계를 활용한 대농이 일반화되어, 필수적으로 반영 필요함
- 육상 태양광 대비 구조물 단가 비싸서, 경제성 확보 어려움
- 낙수, 음영에 대한 농작물 생육에 대한 연구 필요
- 영농형 태양광 설비의 표준 기준 또는 인증 기준 부재



<영농형 태양광 구조물의 단가 저감을 위한 시뮬레이션 및 형상 예시>



<유동해석을 통한 부재 및 접합부 안전성 검토 예시>

- 국내토양오염 시공 사례 수집 및 분석
 - 국내 영농형 태양광 토양오염 결과 4건 수집 및 분석 완료

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 영농형 태양광이 다수 설치된 곳에 비하여, 상대적으로 자료 수집이 어려웠음
- 대부분 장기 연구를 이유로 자료 공개를 거부하였음
 - ※ 향후 정책적인 개선사항이 필요할 것으로 판단이됨
- 수집된 자료는 솔라팜이 운영하는 영농형 태양광 설비 2건, 솔라팜 1건, 국립식량과학원 운영하는 설비 1건임
- 모든 검사 결과에서 상수도 오염도 검사 기준 6대 중금속 및 기타 유기용매 검출 결과 없었음
- 다만, 일부 결과에서 영농형 태양광 철골 구조물에 가장 근접한 샘플에서 다량의 KMnO4 성분 검출됨 (기준치 15배)
- 과망간산칼륨(KMnO4)은 주로, 철강의 부식을 막기 위해 표면 도포하는 Zn 도포하는 방식인 용융Zn 도금법에 사용되는 촉매로, Zn 도포후 새척 과정을 거쳐 제거함
- 이 과정에서 세척 과정에서 완전히 제거가 되지 않아, 다수 검출된 것으로 파악됨
- 과망간산칼륨은 시설물 구축이나 운용상의 문제가 아닌, 철강 구조체 제조 과정에서 발생하는 문제로, 차후 영농형 태양광 구조체의 설비 기준에 반영해야 할것으로 판단됨
- 과망간산칼륨이 농작물에 미치는 영향은 향후 시료 채취 지점에서 생성된 농산물의 성분 분석을 통한 규명이 필요할 것으로 판단됨

<수집된 토양 오염 분석 결과 예시>

- 현지 영농형 태양광 운영 및 유지보수/교육 매뉴얼 마련 지원
 - 국내 영농형 태양광 운영 사례 수집 및 분석을 통한 현지에 적합한 유지 보수/교육 매뉴얼 마련 지원
 - 현재 영농법인 및 영농형 태양광 설비 운영업체에서 운영하고 있는 유지보수 및 교육 매뉴얼은 없음
 - 다만, 기존의 일반태양광 운용 및 교육 매뉴얼을 준용하여서 활용하고 있으니, 전문성이나 체계적인 부분이 많이 부족한 실정임
 - 일반태양광과 달리 영농형 태양광의 특성을 반영한 유지보수 및 교육 매뉴얼에 대한 반영 필요함
 - 아래 내용은 쉐웨이 및 KCL에서 작성한 유지보수 및 교육 매뉴얼에 반영 할 내용 요소 도출한 결과임

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

1) 일반 태양광에서 도출된 요소

■ 전기사업법, 전기안전관리법, 신재생에너지 설비 지원 등에 관한 지침, 한국전기설비규정, 태양광 발전설비 점검 지침 준용

- 베트남 태양광 및 전력 관련 법 준용을 통한 반영 필요
- 태양광 설비의 특성 및 운용상 문제점에 대한 교육자료 반영 필요
- 민원에 대비한 태양광 설비의 장점 및 활용처에 대한 방안 제시 필요

2) 영농환경 (다습, 고온 등)에 대응하기 위한 요소 도출

- 환경정책기본법, 토양환경보전법, 하수도법/지하수법/ 환경분야 시험·검사 등에 관한 법률 준용
- 베트남 내 관련 법령 확인 및 반영 필요
- 다습한 환경에 대한 절연 및 감전 사고에 대한 철저한 교육 필요
- 다습 및 고온 환경에 따른 주요 전기 기자재의 IP 등급의 상향 적용 필요
- 구조물에 대한 부식에 대한 정보 제공 및 내부식 방안에 대한 방안 제시 필요

○ 정책 지원(안) 마련을 통한 영농형 태양광 수출 모델 고도화 지원

· 국내 사례 기반 영농형 태양광 확산 정책(안) 마련

· 국내 영농형 태양광 정책 분석을 통한 정책 지원(안) 요소도출

· 국내 정책 수집 및 분석을 통한 정책지원 요소 도출

1) 주무부서인 농식부내 부서간 의견 충돌 (재생에너지과 : 영농형 태양광 확산 요구, 농지과 : 절대 농지 내 발전허가 불가)로 확산에 제한됨

※ 주요 동남아시아 내 국가별 태양광 보급 및 농지법 관련 세밀한 검토가 필요함

2) 최근 염해 간척지를 대상으로 영농형 태양광을 확산시키고자하는 정책 추진중

※ 염해 간척지의 경우 국내에 한정된 사항이며, 동남아시아 농업환경에 특화된 요소 발굴 필요

※ 2~3모작 특성을 반영한 체계적인 지원 정책 제안 필요

※ 전기판매금액 외 추가적인 인센티브 제공방안 정책화 필요

3) 농민을 대상으로 영농형 태양광 확산을 위한 설치 단가의 저감 및 금융 지원 대책 필요 (현재 육상 태양광 대비 1.3~1.5배 비쌈)

※ 특히, 동남아시아의 경우, 중국에서 제조된 싼 태양광 시설에 대한 경쟁력 확보가 필요함

4) 농지의 감소 우려에 따른 절대 농지의 일시 전용이 법적으로 막혀 있어, 확산이 어려우며, 한계 농지의 경우 농민에 한정하여, 영농형 태양광 설치가 제한된 실정임, 체계적인 정책 수립을 통한 단계적인 민간 사업자 대상 영농형 태양광 시장 개발 필요함

※ 태양광 단독 재생에너지 설비의 개발 보다는 타 재생에너지 연계 또는 계획입지에 대한 정책 지원 필요

· 무음영 영농형 태양광 확산을 위한 정책(안) 마련

· 계획 입지를 통한 보급 활성화

· 개발도상국 또는 농업이 주력인 국가의 경우, 영농형태양광 확산을 위해 우리나라가 추진하려고 하는 신재생에너지 계획입지 적용하여, 체계적이고 대규모 보급을 하는

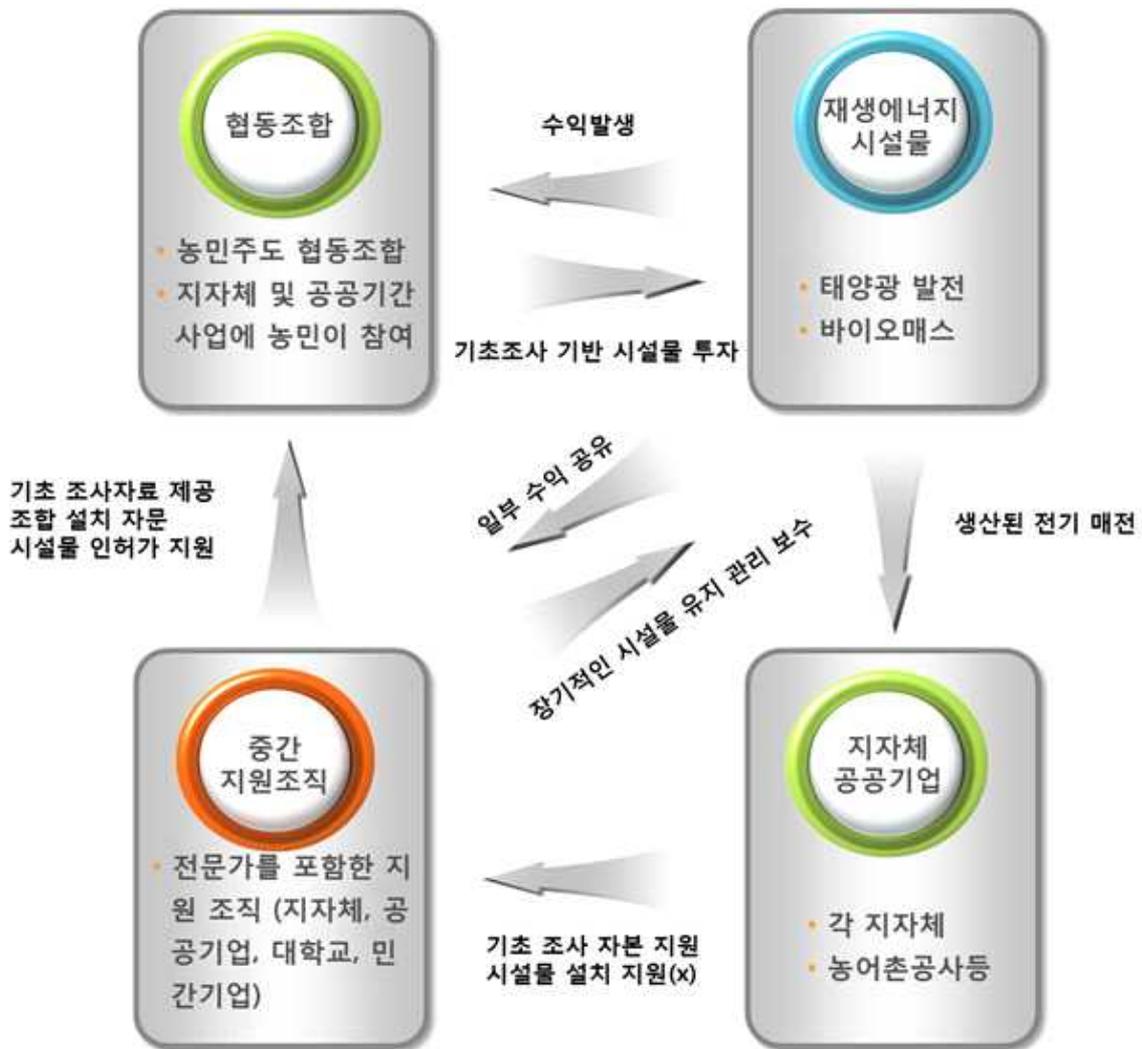
것이 좋을 것으로 판단됨

- 우리나라의 경우, 농촌지역의 태양광시설의 개별입지에 의한 난개발이 심각한 상황이고, 향후에도 태양광시설의 증가가 예상되는 상황이므로 신·재생에너지 시설의 계획적 정비방안 마련이 필요함
- 농촌 태양광시설의 난개발 방지와 계획적 개발을 추진하기 위해서는 지자체 조례에 의한 입지규제 위주의 정책에서 규제와 유도를 병행하는 방식으로의 정책전환이 필요함
- 농촌 태양광시설의 계획입지 유도를 위해서는 농촌형 지구성격의 신·재생에너지 지구로 관련 시설의 집단화를 유도할 수 있도록 제도 도입 필요
- 재생에너지 지구 도입 방향
 - ※ 재생에너지지구는 태양광, 풍력, 수력, 바이오매스 등 친환경적인 에너지생산이 가능한 지역에 지정하여야 함
 - ※ 재생에너지(태양광, 풍력, 지열, 바이오매스 등)가 융복합 될 수 있도록 하여함
 - ※ 불법·편법으로 설치된 태양광시설의 이전을 촉진할 수 있도록 하여야 함
 - ※ 무분별한 재생에너지 설비의 난립을 방지하고, 수요처에 의거 재생에너지 설비를 특정 지역에 설치하여, 설비의 설치후 유지보수 관리에 유리하기 위함
 - ※ 재생에너지지구는 재생에너지 에너지 수요가 높은 지역(인구 및 산업 밀집도가 높은 지역)
 - ※ 대체에너지 개발 및 관련 산업과 연계성이 높은 지역
 - ※ 자연 및 환경훼손 우려가 적은 지역
 - ※ 농촌공간기본계획에서 개발가능지에 해당되는 지역
 - ※ 주거지, 취락지구, 마을정비지구 등 주거밀집지역에서 500m 이상 이격된 지역
 - ※ 지구의 최소면적은 5만㎡이상
 - ※ 평균경사도가 5도 미만인 지역
 - ※ 20m이상의 간선도로에 인접하고, 6m이상의 진입도로 확보가 가능한 지역
- 재생에너지 지구 관리 방안 (아래 내용은 국내 기준이며, 대상국가에 따라 변경가능)
 - ※ 지자체와 마을 주민 협의로 허용/제한 시설 자율 결정
 - ※ 필요시 도 조례를 통해 용도지구를 설정하여 법적 실효성 확보
 - ※ 지구지정 취지에 맞는 사업을 우선 지원
 - ※ 국토계획법에 근거하여 용도지구의 행위제한을 규정하는 지자체 사례는 일반적임
 - ※ 자연경관지구, 시가지 경관지구, 특화경관지구, 특정용도제한지구 등에서 각 지자체별로 입지가 가능 건축시설의 종류를 규제하고 있음
 - ※ 역사문화환경지구의 경우 보호지구 중 역사문화환경보호지구에서는 「문화재보호법」의 적용을 받는 문화재를 직접 관리, 보호하기 위한 건축물 또는 시설물외에는 설치할 수 없음
 - ※ 생태보호지구의 경우 지자체 조례로 생태계보호지구에서는 생태적으로 보존가치가 큰 지역의 보호, 보존을 저해하는 건축물은 건축할 수 없도록 규정하고 있음

- ※ 산업·유통개발진흥지구에서는 계획관리지역 또는 자연녹지지역, 생산관리지역, 보전관리지역 등에서 각 용도지역별 건축이 허용되지 아니하는 공장 등의 세부적인 요건을 규정하여 지구내에서의 건축행위 제한을 명시하여 관리하고 있음
- 에너지 협동조합 및 유지보수 중간 조직 활용한 보급 활성화
 - 농촌 지역에 설치되는 영농형태양광 특성상, 농민들의 태양광 설비의 설계/설치 및 유지보수에 접근성이 상당히 어려움
 - 에너지협동조합과 중간조직을 활용한 태양광 설비의 유지보수를 통해 농촌지역 내 영농형태양광의 보급 활성화 제안하고자 함
 - 국내 에너지협동 조합은 다음과 같은 문제점들을 야기하고 있음
 - ※ 재생에너지에 대한 지식 부족으로 인한 농민이 주도적으로 참석하는 영농협동조합 설립에 높은 진입장벽
 - ※ 재생에너지 시설물의 지속적인 관리 부재
 - ※ 이익 분배의 문제 제기 (외부 기업의 이익독점)
 - 농촌마을 재생에너지 시설 설치의 주체는 농민주도형 협동조합, 공공기업주도 사업, 지자체 주도 사업, 공공기업 및 지자체 사업에 일부 농민이 투자하는 사업등이 있으며, 농민의 지속적인 수익성을 보장과 앞서 언급한 것과 같이 농민이 주도하는 영농조합의 설립에 대한 범정부 (지자체 및 공공기관)의 재정적 도입이 필요 할 것으로 판단됨
 - 또한, 설치된 재생에너지 시설물의 장기적인 유지 관리 및 농민에게 공정한 수익배분을 위하여, 재생에너지 시설물에 대한 전문가 (공공기관, 지자체, 국립대학, 민간기업)으로 이루어진 운영관리 조직이 필요할 것으로 판단됨
 - 앞서 언급한 태양광 설비의 유지보수 관련하여 다음과 같은 역할을 갖는 중간기관 조직이 필요
 - ※ 지자체 및 공공기관에서 농민주도 에너지 협동조합을 설치, 재생에너지 설치 규모, 위치선정, 에너지원 선정등과 같은 중간 지원 조직에 기초 경제성 조사에 대한 초기 조사비용 지원
 - ※ 중간조직은 전문가가 반듯이 포함된 공공기업, 지자체, 대학교, 민간기업 포함
 - ※ 중간조직은 지자체 및 공공기업으로, 지원받은 자본을 바탕으로, 에너지 협동조합 설립, 시설물 인허가, 시설물 설치 후 유지 관리 및 이익 배분에 역할함
 - ※ 중간조직의 기초 조사를 바탕으로, 농민은 에너지 협동조합 결성 및 투자 역할함
 - ※ 중간조직이 재생에너지 설치, 시설물 관리, 이익배분에 일정 역할을 수행하고, 수익의 일부분을 공유함
 - ※ 지자체는 에너지 협동조합이 생산한 전기를 매전함
- 영농형 태양광 확산 정책 기반 수출 모델 고도화 지원
 - 농어촌공사는 해외사업처 부서를 통해, 정부 및 코트라 등과 협력하여 현재 동남아시아 국가를 대상으로 다양한 해외 사업을 수주/진행중임
 - ※ 주로 수자원 확보 (저수지/댐 건설) 및 공급로 (용수로) 건설 및 유지보수 사업
 - 다양한 재생에너지 설비 건설 사업도 추진 중임 (농어촌공사 해외 사업처)

※ 수력 및 태양광 설비 단지 건설 및 운영

- 사업 기간 내 해외사업처에 연구결과 공유 (개발 내용, 신남방 국가에 적합한 영농형 태양광 설비, 관련 정책제안 및 수출 모델 등) 통한 사업화 노력
- 사업 종료 후 (25년 이후), 해외사업처와 공동으로 베트남 전력청을 대상으로 계획입지를 통한 M급 규모의 영농형 태양광 단지 사업 제안서 제출 프로젝트 추진계획임



<농촌마을 재생에너지 사업을 위한 정책제안 모식도>

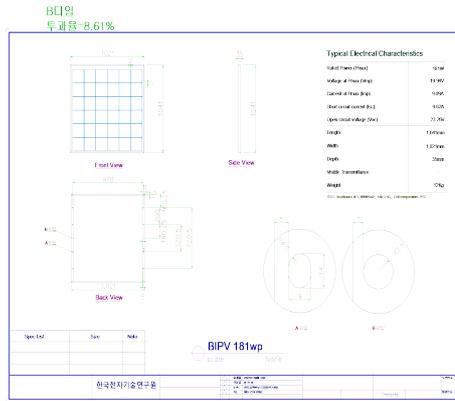
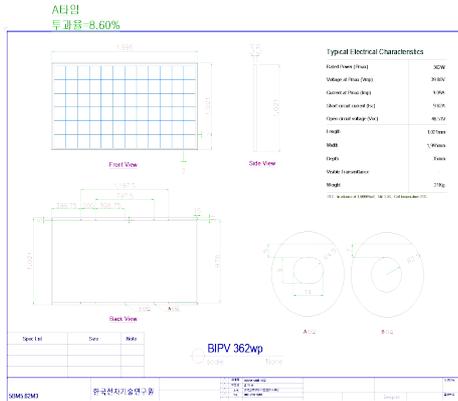
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과 (연차별)

[1차년도]

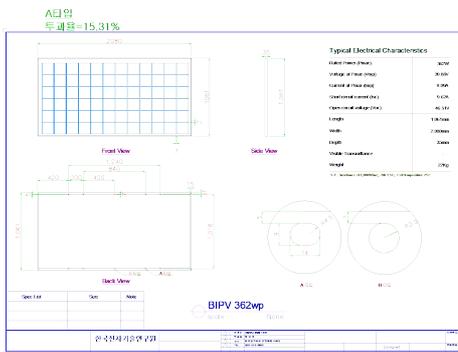
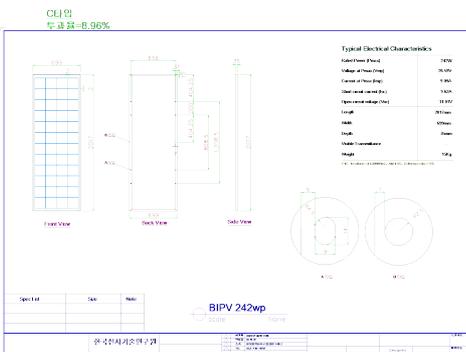
- 신남방(베트남) 적합 무음영 영농형 태양광발전 설비의 기술 개발
- 차광률이 최적화 또는 무음영(최소화) 된 영농형 투광·양면형 태양광 모듈 개발



Rated Power(Pmax)	362 W
Voltage at Pmax	39.88 V
Current at Pmax	9.09 A
Short circuit current	9.62 A
Open circuit voltage	46.51 V
Length	1,021 mm
Width	1,995 mm
Depth	35 mm
Visible transmittance	8.60 %
Weight	21 kg

Rated Power(Pmax)	181 W
Voltage at Pmax	19.94 V
Current at Pmax	9.09 A
Short circuit current	9.62 A
Open circuit voltage	23.26 V
Length	1,041 mm
Width	1,021 mm
Depth	35 mm
Visible transmittance	8.61 %
Weight	12 kg

< 투과율 8.60%, 모듈출력 362Wp > < 투과율 8.61%, 모듈출력 181Wp >

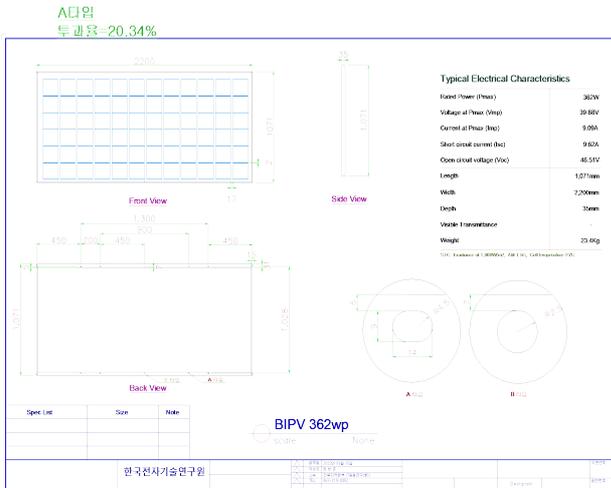


Rated Power(Pmax)	242 W
Voltage at Pmax	26.59 V
Current at Pmax	9.09 A
Short circuit current	9.62 A
Open circuit voltage	31.02 V
Length	2,017 mm
Width	699 mm
Depth	35 mm
Visible transmittance	8.96 %
Weight	15 kg

Rated Power(Pmax)	362 W
Voltage at Pmax	39.88 V
Current at Pmax	9.09 A
Short circuit current	9.62 A
Open circuit voltage	46.51 V
Length	1,061 mm
Width	2,080 mm
Depth	35 mm
Visible transmittance	15.31 %
Weight	22 kg

< 투과율 8.96%, 모듈출력 242Wp > < 투과율 15.31%, 모듈출력 362Wp >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 증질지(80g/m²)]



Rated Power(Pmax)	362 W
Voltage at Pmax	39.88 V
Current at Pmax	9.09 A
Short circuit current	9.62 A
Open circuit voltage	46.51 V
Length	1,071 mm
Width	2,200 mm
Depth	35 mm
Visible transmittance	20.34 %
Weight	23.4 kg

< 투광율 20.34%, 모듈출력 362Wp >

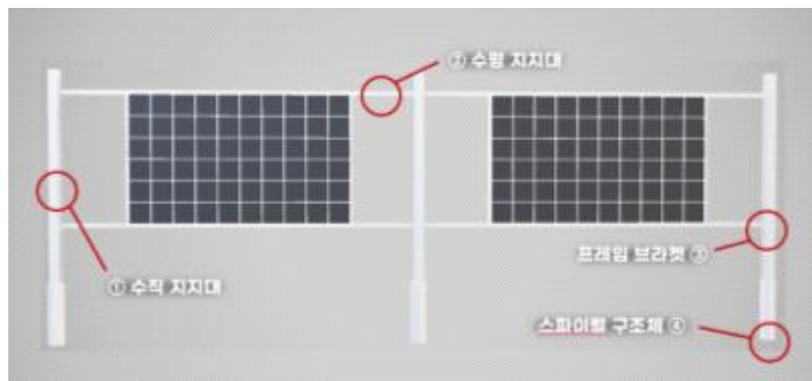


< 차광률 개선 영농형 양면형 태양광 모듈 제작 >

○ 현지 작물 재배 환경을 고려한 무음영 영농형 태양광 구조물 개발

구분	Case -1		
	A	B	C
구조물 형상			
구조물 크기	(W)2,758 x (H)2,000 mm	(W)2,858 x (H)2,000 mm	(W)2,758 x (H)2,500 mm
모듈 투과도	8.6% / 15.3% / 20.3%	8.61%	8.96%
설비 용량	20kW 이상		

<1차년도 실증사이트에 적용되는 무음영 수직형 태양광 구성도>



<무음영 수직형 태양광 구조물의 구성도>



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

- 베트남 실증 사이트 내 영농형 태양광 발전시스템 설치 및 실증
- 베트남 실증사이트 : Hòa Nhơn, 호아방 현 다낭 베트남 다낭시 화방현 화년면 타이라이 마을



(구글위치 : 16.008015213564214, 108.12144201887236)

< 변경 실증사이트 위성 사진 >

- Wee Viet Energy의 다낭시 타이라이 마을회관 지붕 20kW 태양광 설치



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 베트남 실증 사이트 내 영농형 태양광 발전시스템 설치 및 실증
- 베트남 실증사이트 : Hòa Nhơn, 호아방 현 다낭 베트남 다낭시 화방현 화년면 타이라이 마을

Contract for R&D Test Bed on Agricultural Solar Energy

THAI LAI SAEMAUL COOPERATIVE and WEEVIET ENERGY confirm the friendly relationship between each other and sign the following agreements based on mutual trust for joint development of solar power agricultural and contribution to the supply of renewable energy in Vietnam.

Article 1 [Purpose of Project]

This project aims to actively respond to the Vietnamese government's response to climate change and the supply of new and renewable energy through joint development of new and renewable energy generation projects, as well as to create social and economic shared values by promoting the local economy and related projects in Vietnam through cooperation between the parties of this agreement.

through this agreement for the purposes other than the promotion of this project without prior written consent even after the agreement ends. However, this is not the case of breach in the case of public notice or when disclosure is required by law.

Article 5 [Legal binding force]

This agreement lists the matters of cooperation between the parties and is not legally binding except for Article 5.

Article 2 [Condition]

1. Address : Thai Lai Saemaul cooperative,
2. Land Size : 1) Rice Farm 900m 2) Fence Line 120m
3. Lease Period : 1) Development : 2022.8.1 - 2023.12.31, 2) Monitoring Period: 2024.1.1-2028.12.31
4. Solar Power Capacity : 10KW/20KW / Fence Type, 40KW / Agricultural type)
5. Solar Power Management
 - Mandatory research and monitoring by 2028.12.31
 - Free transfer to a Thai Lai Saemaul cooperative after 2028.12.31
 - Thai Lai Saemaul cooperative and village can use solar power as soon as it is generated.

Article 6 [Other matters]

Other matters not specified in this agreement and details related to the promotion of this project are handled under separate consultation.

To prove the conclusion of this agreement and its contents, prepare two copies of the agreement for 2 parties to sign and keep one copy each.

Article 3 [Role sharing, etc.]

1. THAI LAI Saemaul cooperative : Support and supply of Rice farm for R&D Test Bed with the area of approximately 1)Rice Farm 900m 2)Fence Line 120m

THAI LAI SAEMAUL COOPERATIVE

WEEVIET ENERGY co., Ltd

CEO/Representative

CEO/Representative



2. WEEVIET ENERGY :

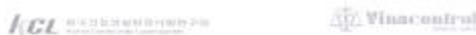
- 1) Development and demonstration of a standard model for agricultural-based solar power generation in Vietnam

Article 4 [Confidentiality]

The parties to the agreement shall not use, leak or reveal any information or documents acquired

< 베트남 다낭 실증사이트의 사용 계약서 (Wee Viet Energy ↔ 타이라이 마을협동조합)>

- 베트남 실증을 통한 신남방향 무음영 영농형 태양광 발전 설비 표준화 모델



CONTRACT OF Monitoring demonstration site and Development on crop growth measurement in Viet Nam

BETWEEN KOREA CONFORMITY LABORATORIES (KCL) AND VINACONTROL GROUP CORPORATION

ARTICLE 8 MISCELLANEOUS

- 8.1. The PARTIES shall not be entitled to assign or transfer all or any of its rights, benefits, and obligations under this Contract.
- 8.2. This Contract shall become effective on the date of signing (no later than December 2023) and shall remain effective until the PARTIES fulfil their obligations and responsibilities as stipulated in the Contract.
- 8.3. Any term of this Contract may be amended or revised only with the consent of all PARTIES, and any such amendment or revision will be binding on all PARTIES.
- 8.4. This Contract may be terminated in case any PARTY fails to respect or implement its rights and obligations specified in the Contract.
- 8.5. This Contract is made in English language, in two (02) Original copies with equal effect, each PARTY shall retain one (01) copy.
- 8.6. For matters not covered in this Contract, the Parties may consult separately with each other within provisions and confirmation documents.

On behalf of KOREA CONFORMITY LABORATORIES

On behalf of VINACONTROL GROUP CORPORATION

Signature

Name: Joo Koo Hong

Title: Executive Director



Name: Tran Minh Tam

Title: CEO

<KCL-비나컨트롤 계약체결('22.10.1) 실증사이트 작물생육특성 모니터링>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

○ 베트남 실증을 통한 신남방향 무음영 영농형 태양광 발전 설비 표준화 모델

SOCIALIST REPUBLIC OF VIETNAM
Independence - Freedom - Happiness

SCIENTIFIC SERVICE CONTRACT
No 02/2022/RDS-VSQI

Today, October 20th, 2021 at the address: 8 Hoang Quoc Viet Street, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam, We include:

PARTY A: KOREA CONFORMITY LABORATORIES (KCL)
Represented by: Mr. Jo Yung Tae Position: President
Address: 7, Namhansanwan-ro, 319-gil, Secho-gu, Seoul, 06711, Korea
Telephone: (82) 2 3415 8862

PARTY B: VIETNAM STANDARD AND QUALITY INSTITUTE (VSQI)
Represented by: Mr. Phung Manh Truong Position: Acting Director
Address: No 8 Hoang Quoc Viet street, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam
Telephone: (84) 24 3756 4273
VAT Code: 0100111835
Account number: 11100002900
BIC/SWIFT code: ICBVNVX140
Bank: Vietnam Joint Stock Commercial Bank for Industry and Trade - Thang Long South Branch.

The two parties agree to sign this contract for Technical service with the following terms:

ARTICLE 1: CONTENT OF CONTRACT
Party A agrees to rent Party B to conduct a Feasibility study on development of agricultural solar power system standard in Viet Nam. The result of this study includes 101 receipts.
Report on feasibility study for developing Viet Nam standard of the

- Be responsible for liquidating agreement with Party A following current regulations
- Ensure that the content of two reports in Article 1 do not infringe the intellectual property rights and copyrights of any other third party; responsible for resolving complaints and disputes about intellectual property rights, copyright related to the report content

ARTICLE 6: TERMINATION OF CONTRACT

This contract is terminated in the following cases:

- The contract has been terminated and accepted.
- There are grounds to confirm that the continued performance of the Contract is unnecessary and the two parties agree to terminate the contract ahead of schedule.
- Party A does not provide sufficient funds according to the contract implementation schedule without a valid reason;
- Party A terminates the contract if Party B does not handover the reports on time
- Party B is suspended from conducting the contract under a decision of a competent authority.

Done in Hanoi, Viet Nam in duplicate in the English language with each of the copies being equally authenticated by their duly authorized representatives. Each party shall keep two copies for fulfillment.

REPRESENTED BY PARTY A

REPRESENTED BY PARTY B



Jo Yung Tae

Handwritten signature of Phung Manh Truong

Phung Manh Truong

<KCL-VSQI 계약체결('22.11.1)_K-무음영 영농형 태양광설비 표준보급모델 국가표준 개발>

○ 지식재산권

권장행각

출원번호통지서

출원 일자 2022.11.29
특허사명 시사특허(주) 공개번호(원) 원조번호A0222338
출원 번호 10-2022-016254 (출원번호 1-1-2022-127940-38)
출원인 명칭 썬웨이 주식회사(원) 2017-080290-0
대리인 명칭 특허법인부강(09-2009-100002-0)
발명자 명칭 손용우 김승진 김도영 김동우 유승택
발명의 명칭 무음영 태양광 발전 시스템

특 허 청 장

-- 안내 --

본 발명의 명칭은 특허 출원번호를 표시하였는데, 특허의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허 출원번호(www.patent.go.kr)에서 확인할 수 있습니다.
출원인(특수 경우 제외)은 출원번호가 등록된 내정보수령에 대해, 내부자번호 등을 기재하여 가려진 정보 또는 무효하게 내부자번호를 표시합니다.
* 내부자번호 (원) 2017(080290) - 080290
* 특허의 주소, 명칭과 출원 번호가 변경될 경우, 즉시 특허고려번호 정보변경(출원) 신청신고를 제출하여 출원 자료의 변경 통지를 신청하여야 할 수 있습니다.
* 기타 심사 절차에 대해 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고려상담센터(1544-8000)에 문의하여 주시기 바랍니다.
* 문의전화 번호: 1544-8000(주말/휴일 제외)

권장행각

출원번호통지서

출원 일자 2022.11.29
특허사명 시사특허(주) 공개번호(원) 원조번호A0222338
출원 번호 10-2022-016253 (출원번호 1-1-2022-127939-13)
출원인 명칭 썬웨이 주식회사(원) 2017-080290-0
대리인 명칭 특허법인부강(09-2009-100002-0)
발명자 명칭 손용우 김승진 유진우 신기안 차서원
발명의 명칭 수직형 태양광 발전 시스템

특 허 청 장

-- 안내 --

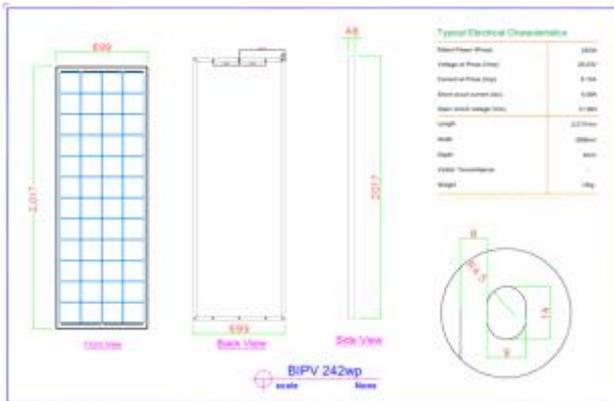
본 발명의 명칭은 특허 출원번호를 표시하였는데, 특허의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허 출원번호(www.patent.go.kr)에서 확인할 수 있습니다.
출원인(특수 경우 제외)은 출원번호가 등록된 내정보수령에 대해, 내부자번호 등을 기재하여 가려진 정보 또는 무효하게 내부자번호를 표시합니다.
* 내부자번호 (원) 2017(080290) - 080290
* 특허의 주소, 명칭과 출원 번호가 변경될 경우, 즉시 특허고려번호 정보변경(출원) 신청신고를 제출하여 출원 자료의 변경 통지를 신청하여야 할 수 있습니다.
* 기타 심사 절차에 대해 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고려상담센터(1544-8000)에 문의하여 주시기 바랍니다.
* 문의전화 번호: 1544-8000(주말/휴일 제외)

- <①특허출원 - 무음영 태양광 발전 시스템(썬웨이 주식회사, 10-2022-016254)>
- <②특허출원 - 수직형 태양광 발전 시스템(썬웨이 주식회사, 10-2022-016253)>

[2차년도]

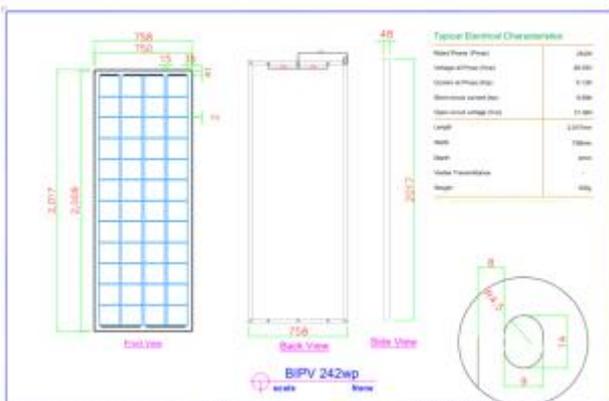
- 신남방(베트남) 적합 무음영 영농형 태양광발전 설비의 기술 개발
 - 차광률이 최적화 또는 무음영(최소화) 된 영농형 투광·양면형 태양광 모듈 개발

C type : 투과율 8%



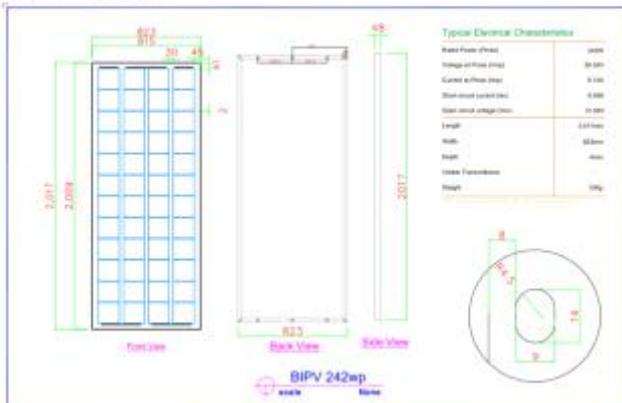
Rated Power(Pmax)	242 W
Voltage at Pmax	26.78 V
Current at Pmax	9.35 A
Short circuit current	9.89 A
Open circuit voltage	32.91 V
Length	2,017 mm
Width	699 mm
Depth	4 mm
Visible transmittance	8.96 %
Weight	12 kg
Module Efficiency	17.77%
Module Power	250.47W

C type : 투과율 15%



Rated Power(Pmax)	242 W
Voltage at Pmax	26.09 V
Current at Pmax	9.45 A
Short circuit current	9.98 A
Open circuit voltage	32.87 V
Length	2,017 mm
Width	758 mm
Depth	4 mm
Visible transmittance	15.31 %
Weight	12 kg
Module Efficiency	16.12%
Module Power	246.40W

C type : 투과율 20%



Rated Power(Pmax)	242 W
Voltage at Pmax	26.11 V
Current at Pmax	9.49 A
Short circuit current	10.05 A
Open circuit voltage	32.90 V
Length	2,017 mm
Width	823 mm
Depth	4 mm
Visible transmittance	20.34 %
Weight	12 kg
Module Efficiency	14.93%
Module Power	247.83W



□ 신남방(베트남) 적합 무음영 영농형 태양광발전 설비의 기술 개발

- 무음영 영농형 태양광 발전 설비의 음영 분석
 - 음영 측정 결과 연간 98%, 5~9월 99%, 11~4월 97%로 무음영에 가까움



< 베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 지역 음영 분석 18개 포인트 >



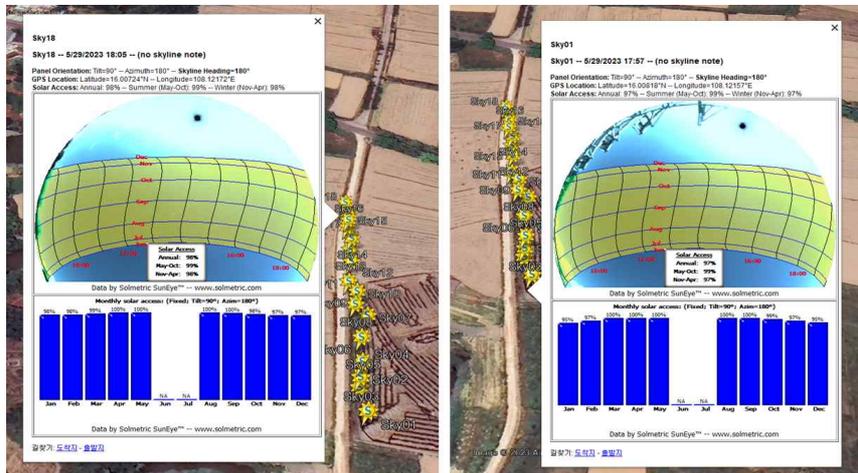
Name	Thi Lai
Creation Date	5/29/2023 17:33
Note	(none)
Location	16.0°N, 108.2°E Mag Dec: 1.4°W Time Zone: GMT+09:00

Solar access averages of 18 skylines in this session

Skylines Averaged: Sky01, Sky02, Sky03, Sky04, Sky05, Sky06, Sky07, Sky08, Sky09, Sky10, Sky11, Sky12, Sky13, Sky14, Sky15, Sky16, Sky17, Sky18



< GPS 음영 분석-18개 포인트의 연간 음영지수 결과 >

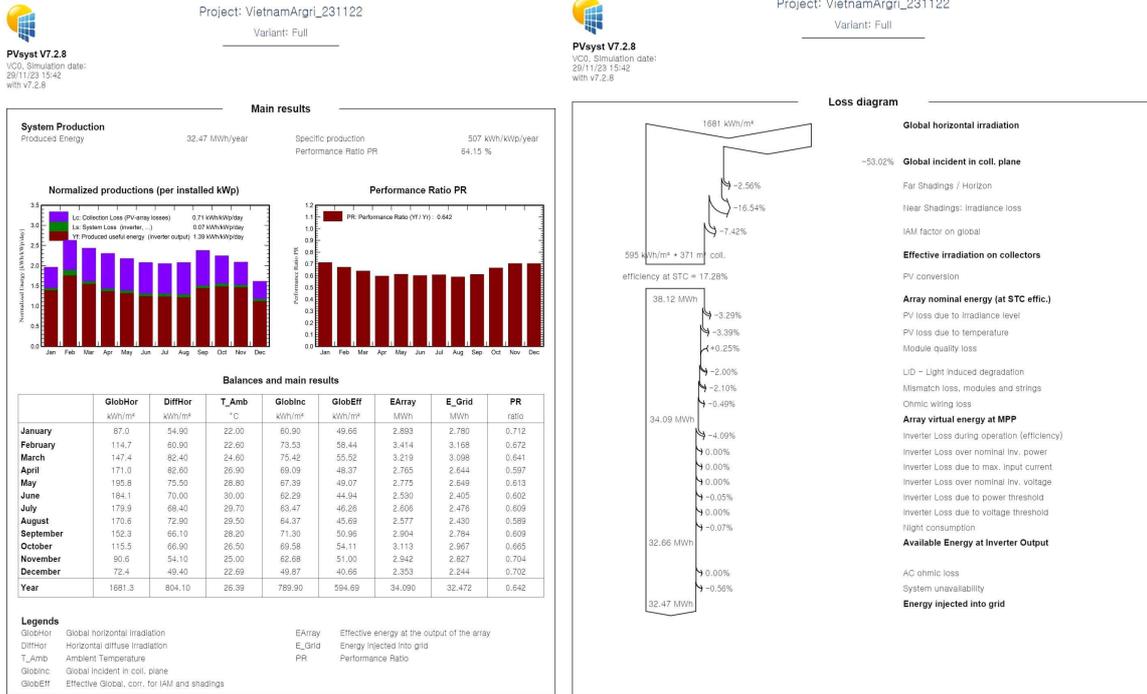


< GPS 음영 분석-1번 18번 포인트의 연간 음영 지수 측정 결과 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

□ 신남방(베트남) 적합 무음영 영농형 태양광발전 설비의 기술 개발

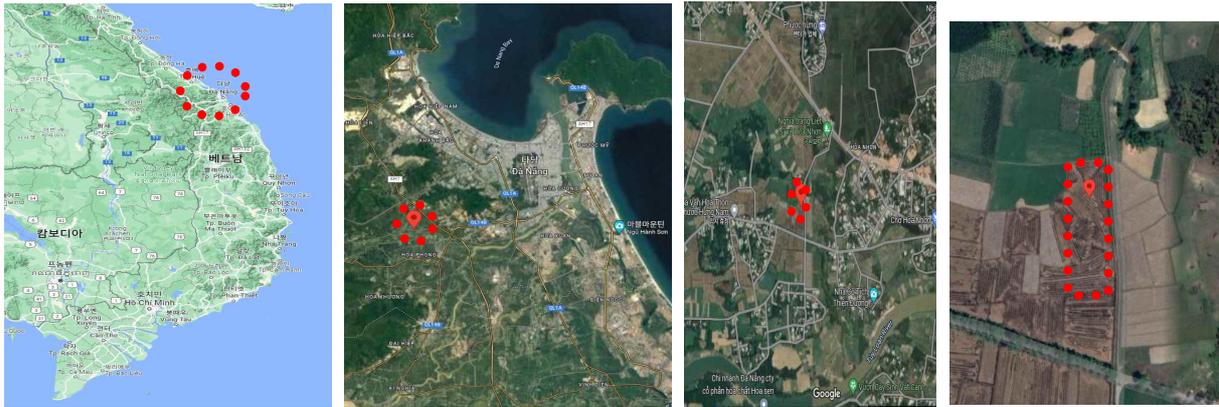
- 무음영 영농형 태양광 발전 설비 발전량 예측 (PVsyst, 후면 발전 고려하지 않음)
 - 예상연간 태양광 발전량은: 약 32.47MWh / 예상 연평균 일사량은 1.681kWh/m²



< 무음영 영농형 태양광 발전 설비의 발전량 및 손실 시뮬레이션 >

□ 신남방(베트남) 적합 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 구축

- 실증사이트 : 244G+Q9M, HoàNhơn, HoàVàng, ĐàNẵng, Thai Lai Village Vietnam (호아방 현 다낭 베트남 다낭시 화방현 화년면 타이라이 마을)



< 실증사이트 위성 사진 >

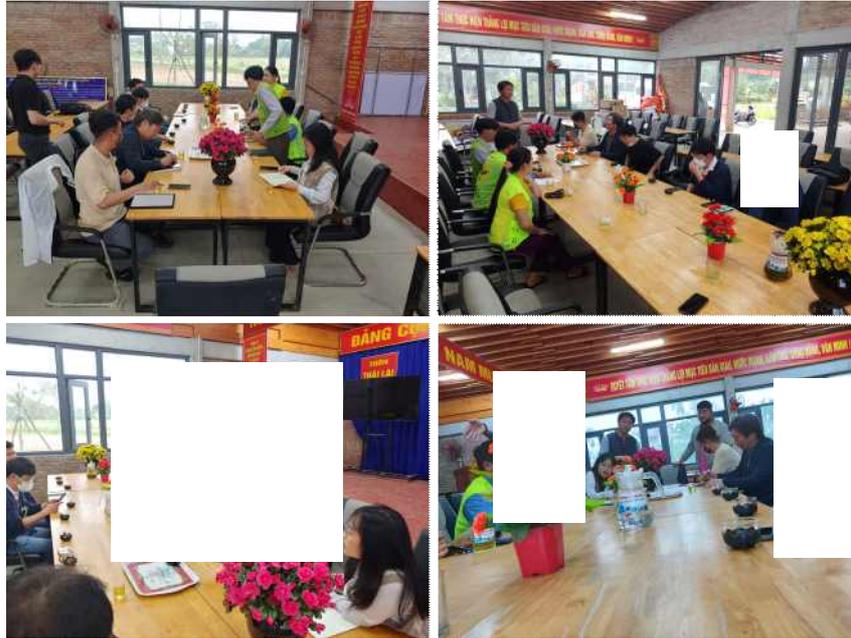


< 펜스형 및 루프탑 무음영 영농형 태양광 발전 실증 설비 설치 지역 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

○ 주민설명회

- 예상 연간 태양광 발전량은: 약 32.47MWh / 예상 연평균 일사량은 1.681kWh/m²



<1차 타이라이 마을 주민설명회 : 22.11. >



<2차 타이라이 마을 주민설명회 : 23.05. >

○ 무음영 영농형 태양광 발전 설비 시공 기술 교육 및 전수

- 루프탑형 태양광 발전 설비 조립 및 설치, 유지보수



210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 증질지(80g/m²)]

- 무음영 영농형 태양광 발전 설비 설치
 - 1차) 20kW 루프탑 태양광 발전 설비(23.07.)



<1차 20kW 루프탑 태양광 발전 설비 >

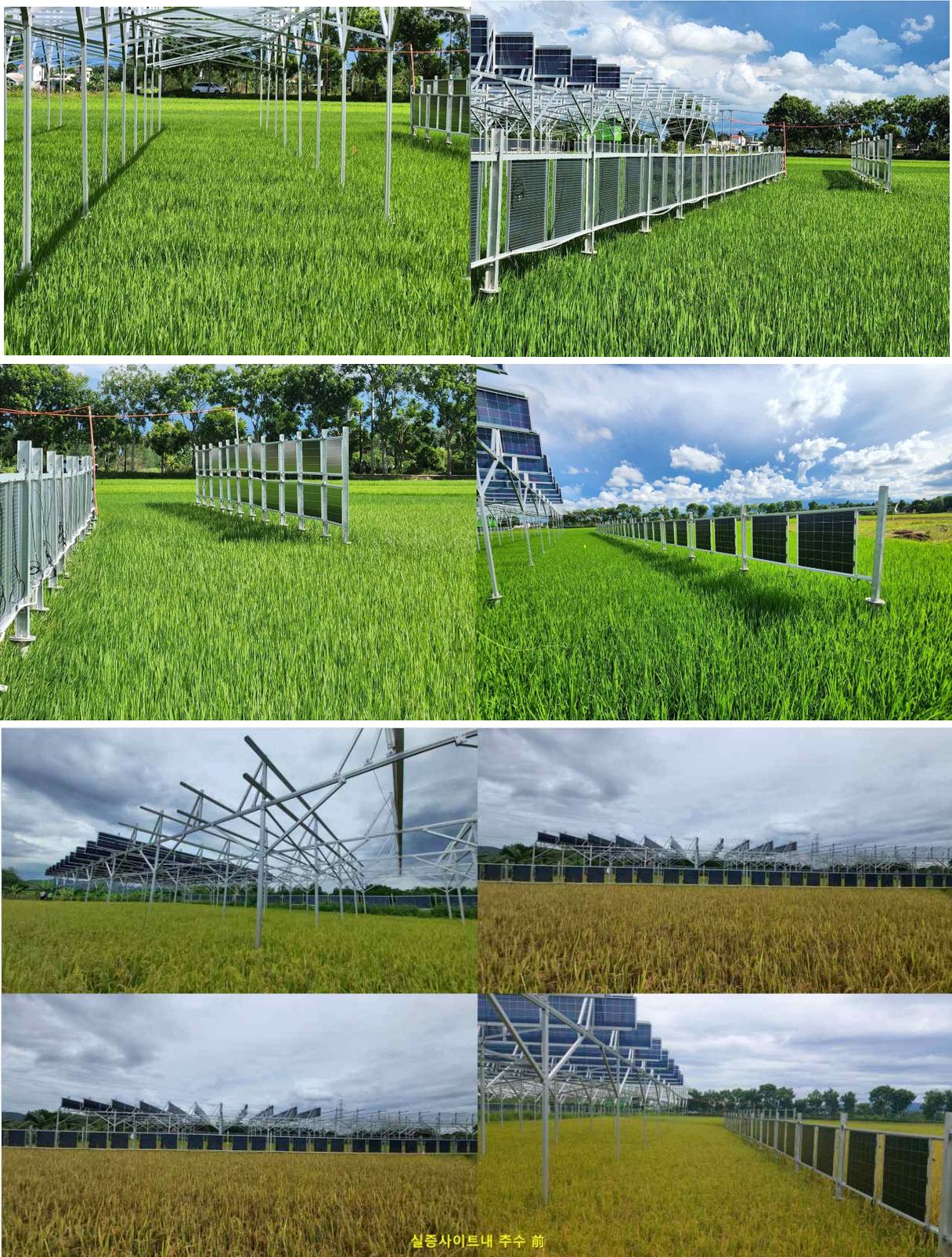
- 20kW 펜스형 태양광 발전 설비(23.07.)



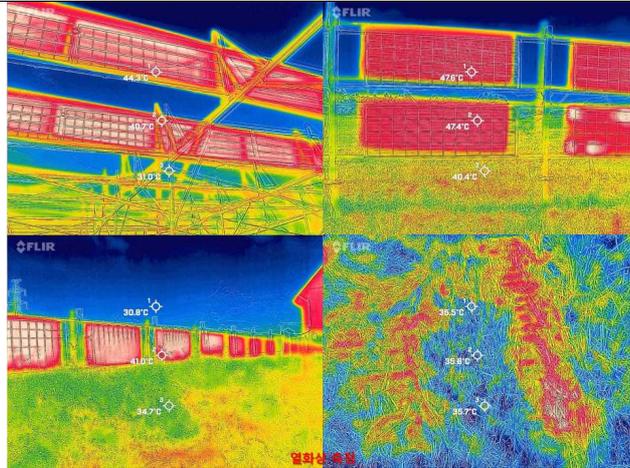
<20kW 펜스형 태양광 발전 설비>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

○ 무음영 영농형 태양광 발전 설비 설치
- 농번기 실증사이트



<농번기(추수 전) 실증사이트 >



< 농번기(추수 전) 실증사이트 열화상 측정



< 농번기(추수 후) 실증사이트 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

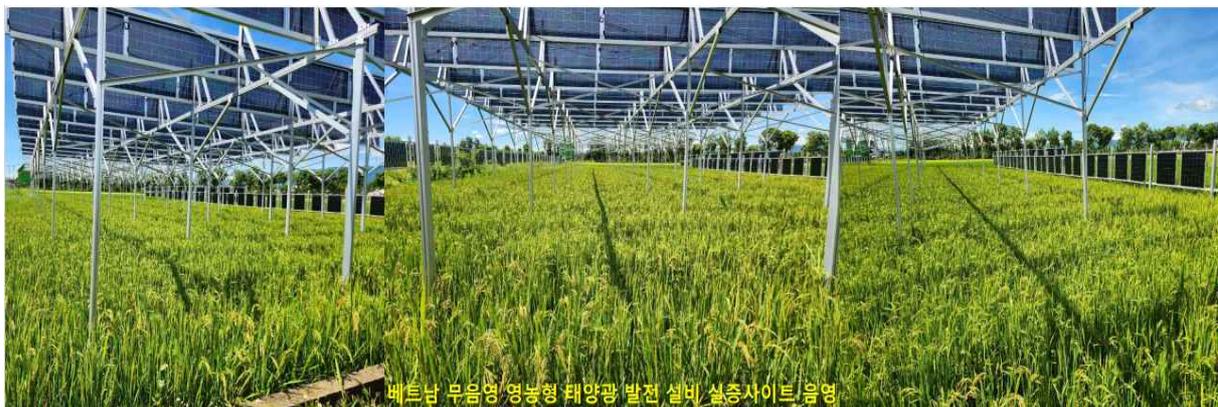
- 60kW 무음영 영농형 태양광 발전 설비 구축 완료(23.11.)



<60kW 무음영 영농형 태양광 발전 설비 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 60kW 무음영 영농형 태양광 발전 설비 음영



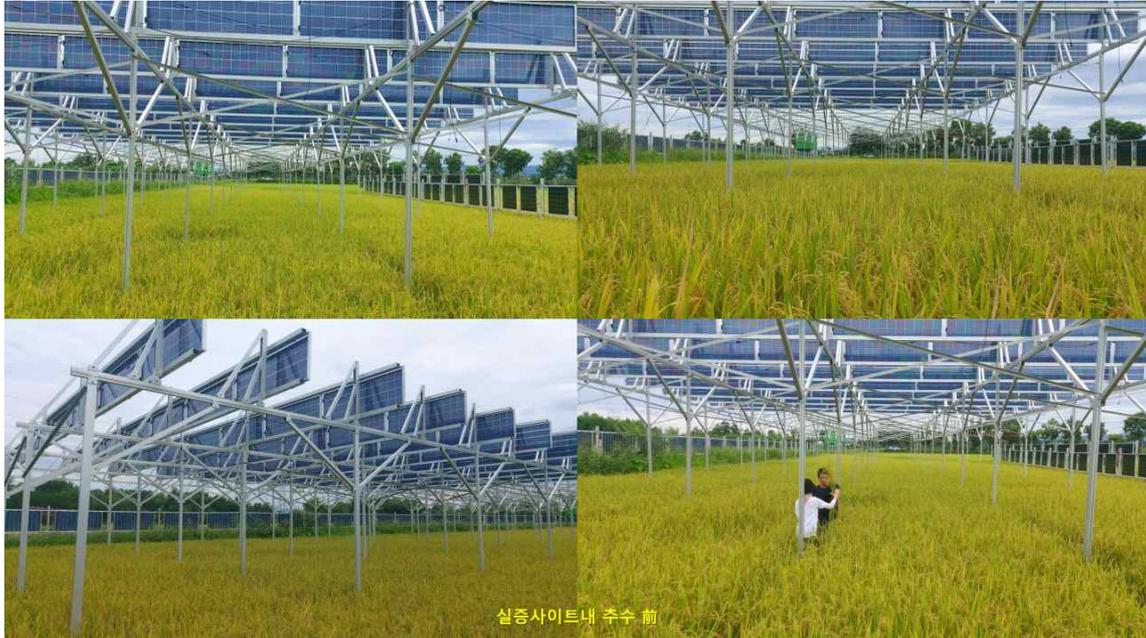
<60kW 무음영 영농형 태양광 발전 설비 음영(오전~정오) >



<60kW 무음영 영농형 태양광 발전 설비 음영(오후~해질녘) >

□ 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 작물 생육

○ 작물 : 벼(인디카종), 3모작



실증사이트내 추수 前

< 작물(벼) 채취 >



베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 내 작물생육 점검(일사량 측정 : 오전~정오)

베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 내 작물생육 점검(일사량 측정 : 오후)

< 작물(벼) 생육 일사량 확인 >

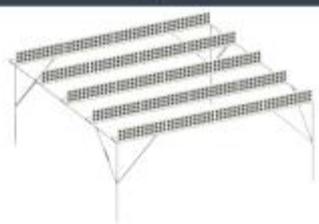


베트남 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트 내 작물생육 점검(벼-엽록소 분석)

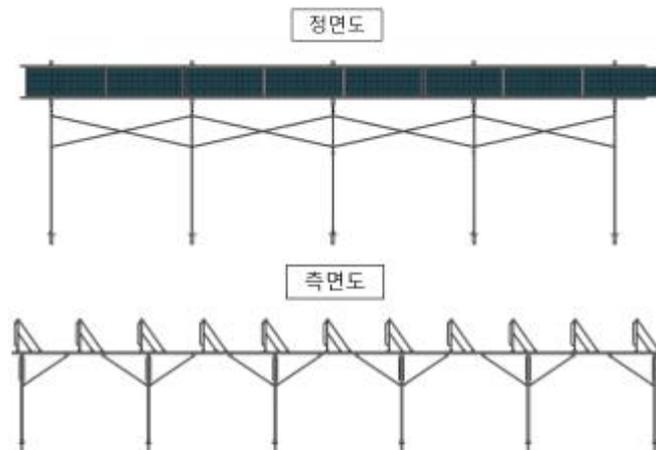
< 작물(벼) 생육 엽록소 확인 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

- 현지 작물 재배 환경을 고려한 무음영 영농형 태양광 구조물 개발
 - 양면수광형 모듈의 각도 조절 가능하며 투과율이 다른 3가지 종류의 모듈 적용

구분	CASE - 4
구조 형상	
구조물 크기	(W)16,276 x (H)6,423 mm
모듈 투과도	8% / 15% / 20%
설비 용량	40kW 이상

<무음영 상부형 태양광 구성도>



<무음영 상부형 태양광 구조물 구성도>



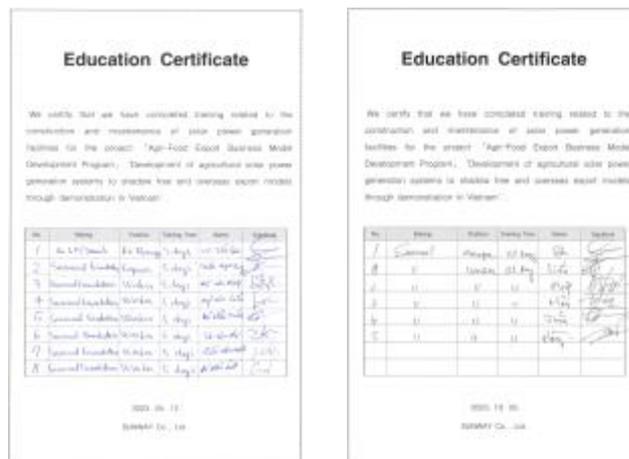
<상부형 태양광 설비 구조물 및 체결 실물>

○ 영농형 무음영 구조물 제품 리플렛 및 포스터 제작



<무음영 영농형 태양광 구조물 리플렛 및 포스터>

○ 실증 설비 자립화를 위한 현지 인력 대상 교육지도 실시



<실증사이트 현지 인력 교육 증서>

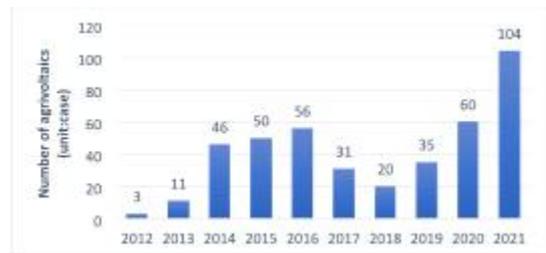
○ 사업 및 과제 홍보(전시회 홍보부스 운영, 기사 게재)



<전시회 참가보고서 및 전자신문 기사>

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

- 베트남 국가표준(TCVN) 초안 공동개발 2건
 - 영농형태양광 농작물 생육특성 시험표준 1건
 - K-영농형태양광 표준보급모델 표준화 1건
- 영농형태양광 표준보급모델 정책제언 1건
 - 베트남 농림부(MARD) 제안 1건
- 태양광 시험검사 전문가 양성 교육훈련 2건
 - 1차년도 VSQI 부원장 외 2명(총 3명)
 - 2차년도 IEMM 본부장 외 4명(총 5명)
- 국내외 영농형 태양광 현황 조사 및 분석
 - 국내외 50여개 영농형 태양광 현황 자료 수집 및 분석



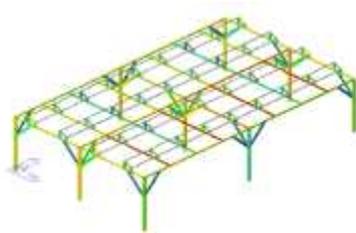
<영농형 태양광 현황 예시 및 중국 년도별 영농형 태양광설치 현황>

- 무음영 영농형 태양광 설계 지원
 - 운용상 문제점 도출을 통한 영농형 태양광 설계 지원요소 도출



<운용상 문제점 도출 요소 예시>

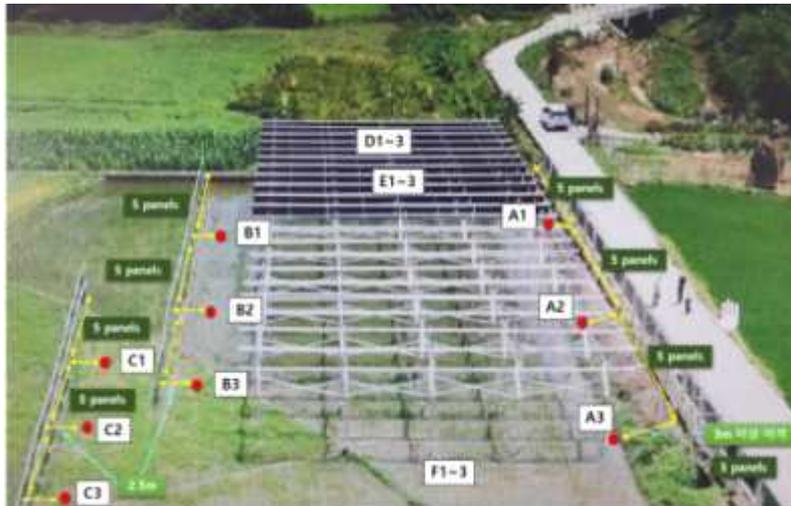
- 국내 영농형 태양광 시설/시공/토양오염 등 정보 수집 및 분석
 - 국내 영농형 태양광 시설, 시공, 토양오염 정보 등 13건 수집 및 분석을 통한 영농형 태양광 시설 가이드라인 요소 도출



<시설 설계 및 토양오염 정보 수집 자료 예시>

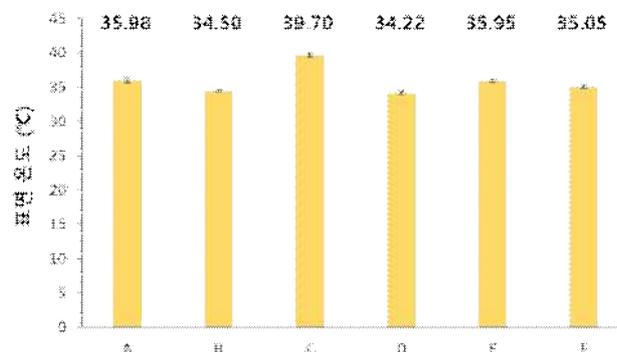
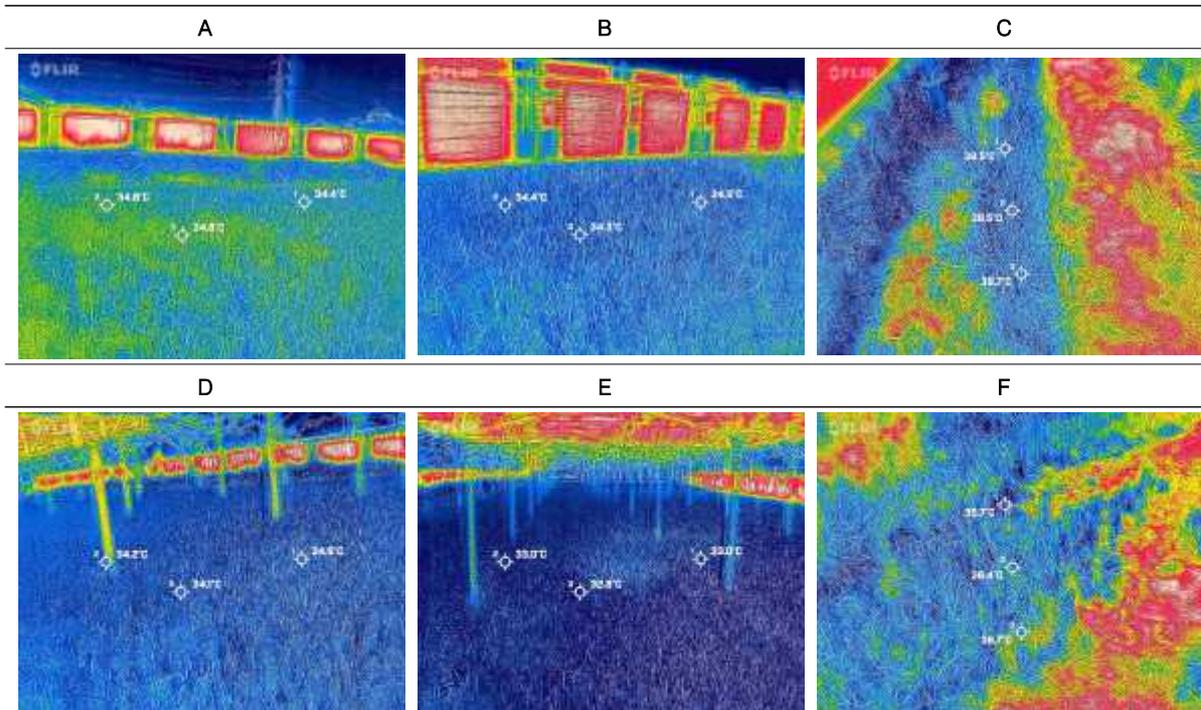
210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

○ 베트남 현지 작물생육특성 모니터링 및 수량 분석



<실증지 배치도. (A) 펜스형 A, (B) 펜스형 B, (C) 펜스형 C, (D) 지붕형(투과율 15%), (E) 지붕형(투과율 8%), F: 대조군.>

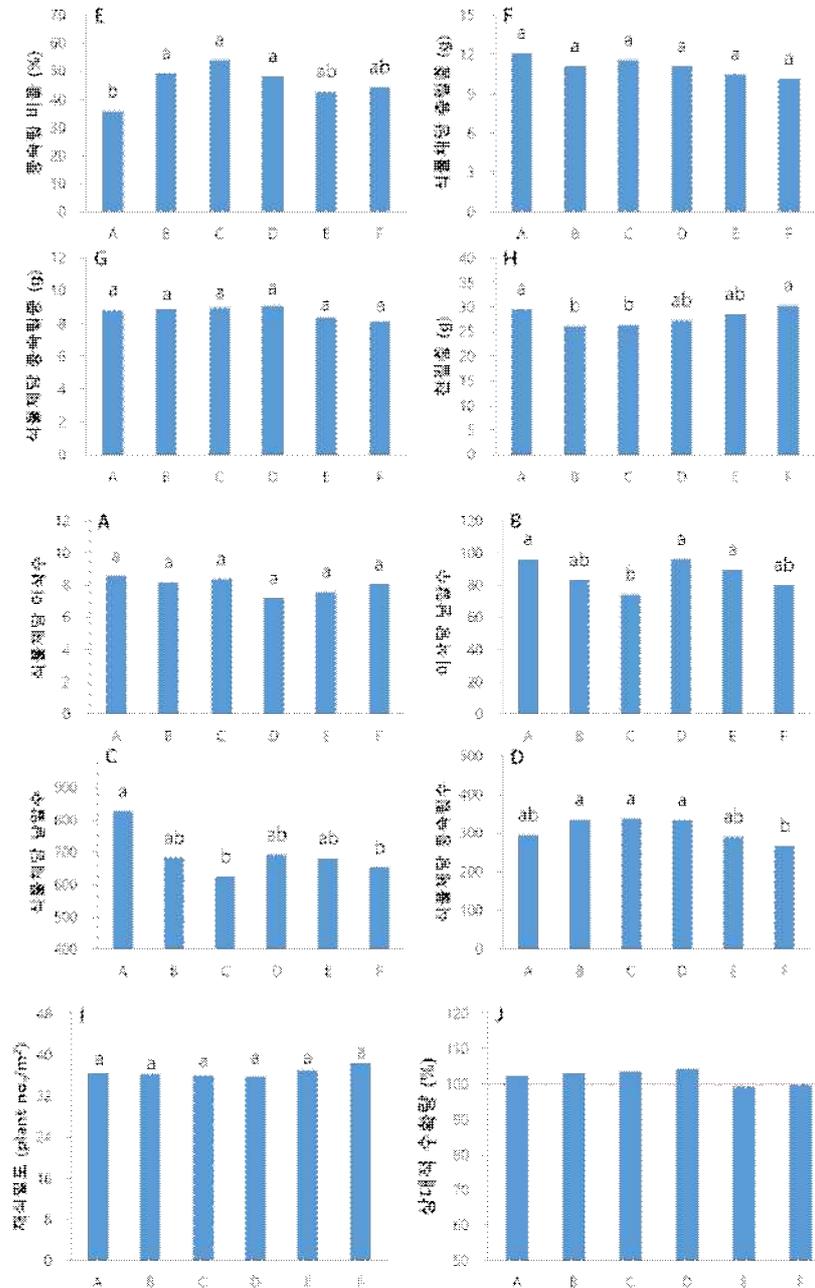
<베트남 영농형 태양광 실증지 표면 온도 이미지(FLIR)>



<그림 . 베트남 영농형 태양광 실증지 표면 온도 측정표.>

* A: 펜스형 A, B: 펜스형 B, C: 펜스형 C, D: 지붕형(투과율 15%), E: 지붕형(투과율 8%), F: 대조군

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]



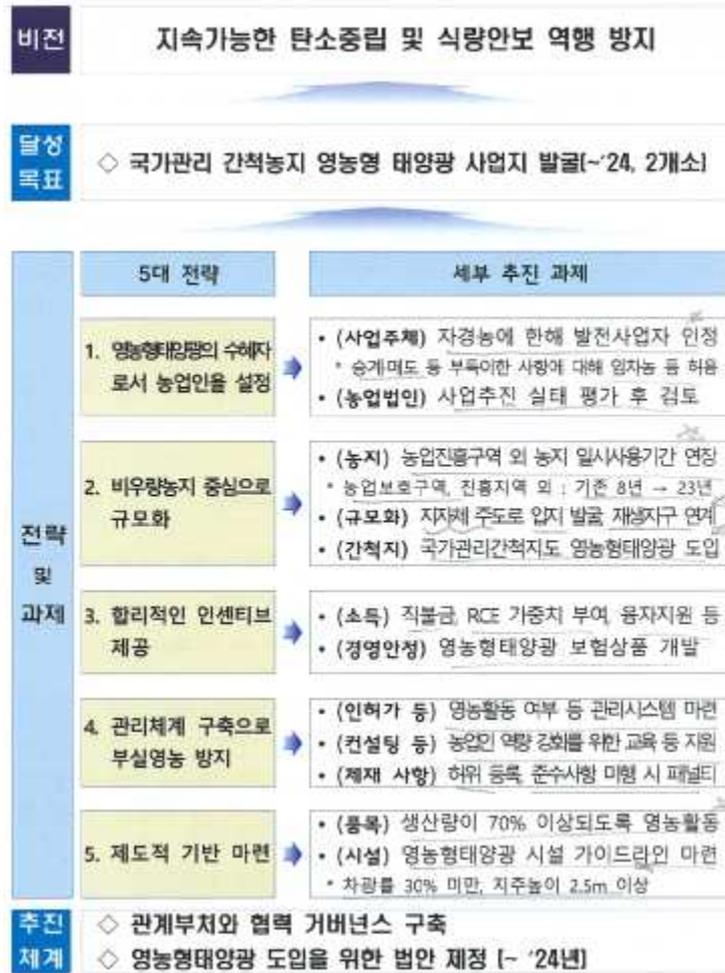
<실증지 영농형 태양광 패널 유형에 따른 수량 및 품질 특성. (A) 펜스형 A, (B) 펜스형 B, (C) 펜스형 C, (D) 지붕형(투과율 15%), (E) 지붕형(투과율 8%), F: 대조군.>

<베트남 영농형 태양광 실증지 벼 수확량 비교표>

구분*	개체당 이삭수 (개)	개체당 낱알수 (개)	이삭당 낱알수 (개)	등숙립 수 (개)	등숙비 (%)	총 무게 (g)	등숙립 무게 (g)	등숙립 무게 비율(%)	천립중 (g)	엽록소함량 (SPAD)
A	8.6	828.0	96.3	296.4	35.8	12.1	8.8	72.7	29.6	29.6
B	8.2	683.2	83.3	335.8	49.2	11.1	8.9	80.2	26.2	25.9
C	8.4	625.6	74.5	338.4	54.1	11.6	9.0	77.6	26.4	20.8
D	7.2	693.6	96.3	334.4	48.2	11.1	9.1	82.0	27.3	18.4
E	7.6	681.5	89.8	291.2	42.7	10.5	8.4	80.2	28.6	24.5
F	8.1	653.2	80.2	267.9	44.3	10.2	8.1	80.0	30.4	21.9

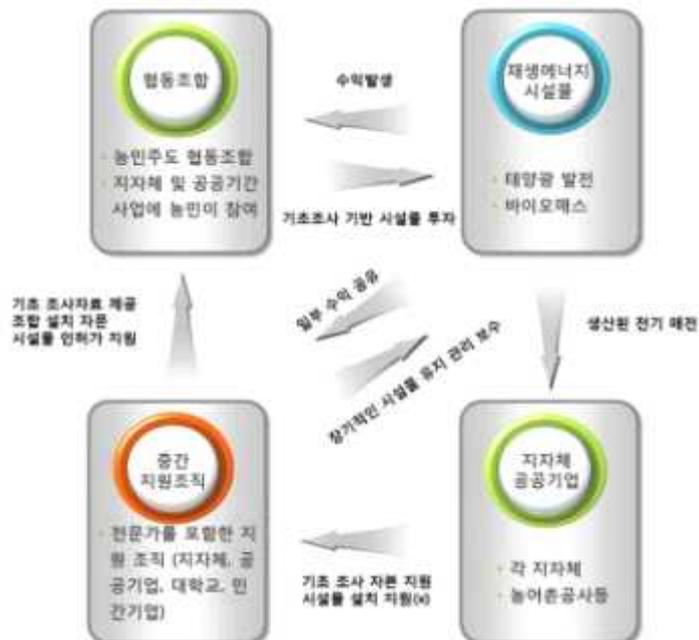
* A: 펜스형 A, B: 펜스형 B, C: 펜스형 C, D: 지붕형(투과율 15%), E: 지붕형(투과율 8%), F: 대조군

- 국내외 영농형 태양광 정책 동향
 - 국내외 정책 동향 분석을 통한 정책 지원안 마련 요소 도출



<농식품부 영농형 태양광 정책 동향>

- 정책 지원(안) 마련을 통한 영농형 태양광 수출 모델 고도화 지원
 - 한국농어촌공사 해외사업처 대상 동남아 재생에너지 수출 모델 제안



<한국농어촌공사 해외사업처에 제시한 영농형 태양광 연계 재생에너지 보급 방안 예시 >

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 명, 천원)

성과지표명	연도	연도		계	가중치 (%)	
		1차년도 (2022.04.01.~ 12.31)	2차년도 (2023.01.01.~ 12.31)			
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	특허출원	목표(단계별)	2	2	4	5
		실적(누적)	2	1	3	
	특허등록	목표(단계별)		1	1	10
		실적(누적)		2	2	
	기술이전	목표(단계별)		1	1	10
		실적(누적)		1	1	
	기술료	목표(단계별)				
		실적(누적)				
	고용	목표(단계별)	4	1	5	10
		실적(누적)	6	2	8	
	매출	목표(단계별)		200,000	200,000	10
		실적(누적)		202,000	202,000	
	제품화	목표(단계별)		1	1	10
		실적(누적)		1	1	
SCI	목표(단계별)		1	1	-	
	실적(누적)		1	1		
비SCI	목표(단계별)				-	
	실적(누적)		1	1		
논문 평균 IF	목표(단계별)		3	3	-	
	실적(누적)		3.1	3.1		
학술발표	목표(단계별)	1	1	2	5	
	실적(누적)	2	6	8		
교육지도	목표(단계별)	1	1	2	5	
	실적(누적)	1	1	2		
인력양성	목표(단계별)		3	3	-	
	실적(누적)	3	8	11		
정책활용	목표(단계별)		2	2	10	
	실적(누적)		2	2		
홍보전시	목표(단계별)	1	1	2	5	
	실적(누적)	2	3	5		
MOU	목표(단계별)	1	1	2	10	
	실적(누적)	1	1	2		
시제품 표준화 모델	목표(단계별)		2	2	10	
	실적(누적)		2	2		
시제품 제작	목표(단계별)	3	3	6	10	
	실적(누적)	7	4	11		
표준화 활동	목표(단계별)					
	실적(누적)		2	2		
산업지원 (기술지도)	목표(단계별)					
	실적(누적)		3	3		
계	목표(단계별)				100	
	실적(누적)					

* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구 시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신종 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자 유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고 보유국/ 보유기관	연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치				목표설정근거	
			성능수준	성능수준	1차년도 (2022.04.01.~ 12.31)		2차년도 (2023.01.01.~ 12.31)			
					목표	실적	목표	실적		
1	작물 수확 감수율	%	15	25 일본/-	20 솔라팜	20	-	≤10	0	국내 영농형 태양광 기준대비 개선 효과
2	태양광 모듈 투광율	%	5	-	-	5~10	8.60 8.61 8.96 15.31, 20.34	≥15	8.96 15.31 20.34	작물 수확 감수율 개선을 위한 태양광 모듈 투과도
3	태양광 시스템 평균 차광율	%	5	-	-	30~2 0	-	≤10	2	작물 수확 감수율 개선을 위한 태양광 시스템 차광율
4	태양광 시스템 차광율 (정오기준)	%	5	-	-	≤10	-	≤5	1	
5	구조검토	건수	5	-	-	2	3	2	1	실증 현지 환경에 적합한 무음영 영농형 태양광 구조물 성능지표
6	구조물 재질	종	5	-	-	1	1	1	1	
7	구조물 풍압강도	m/s	5	50 (일본)	45	45	45	45	45	
8	구조물 시제품	종	10	-	-	2	3	2	1	
9	실증 사이트	개	15	-	-	1	1	1 (1차년도 동일 실증사이트)	1	베트남 현지 실증 지리 및 환경 고려
10	실증용량	kW	10	1000 (일본/ 메가솔라)	300	20	20	40	44.08	
11	실증 시뮬레이션	건	5	-	-	1	-	1	3	
12	무음영 영농형 태양광 설비 표준화	건	5	-	-	-	-	1	1	무음영 영농 태양광 발전시스템의 신남방 수출
13	사업화 표준모델	건	10	-	-	-	-	1	1	

* 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.

* 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Growth and leaf color of coleus under light conditions modified by translucent agrivoltaic panels and light-emitting diodes in a greenhouse	Horticulture	Wook Oh	10(2)	Switzerland	MDPI	SCIE	2024.1.24	2311-7524	100
2	농업기반 시설을 활용한 태양광 설비 소개	수자원학회지	신승욱	26	대한민국	수자원학회	비SCIE	2023.3.24	2799-8746	30

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2022 한국농공학회 학술대회 발표회	신승욱	2022.10.13	인터불고호텔	대한민국
2	인간식물환경학회 2022 추계학술대회	오욱	2022.10.28	국립세종수목원	대한민국
3	The World Conference AgriVolatcs 2023	S.Y. Min, Wook Oh	2023. 4. 14	EXCO, Daegu	대한민국
4	2023 한국생물환경조절학회 춘계학술발표회	민상윤, 오욱	2023. 4. 21	롯데리조트 부어	대한민국
5	2023 한국생물환경조절학회 추계학술발표회	민상윤, 박정민, 오욱	2023. 9. 21	서울대 시흥캠퍼스	대한민국
6	GreenSys 2023	Wook Oh	2023.10.23	Cancun	멕시코
7	GPVC	신승욱	2023.09.06.~08	광주 김대중 컨벤션센터	대한민국
8	AFORE 2023	신승욱	2023.11.07.~11	제주 라마다 프라자	대한민국

□ 기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

□ 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	특허	무음영 태양광 발전 시스템	썬웨이 주식회사	2022. 11. 29	10-2022-0162524	썬웨이 주식회사	2023.03. 24	제10-2511858호	100%	제품화 (직접 실시)
2	특허	수직형 태양광 발전 시스템	썬웨이 주식회사	2022. 11. 29	10-2022-0162532	썬웨이 주식회사	2023.03. 24	제10-2511859호	100%	
3	특허	영농형 태양광 발전 시스템을 위한 가변형 태양광 모듈 배치 구조물	썬웨이 주식회사	2023. 11. 29	10-2023-0169392				100%	
4	특허	수직/수평 조절이 가능한 태양광 모듈 구조물이 적용된 영농형 태양광 발전 시스템	한국 전자기술 연구원	2024.02 .01	10-2024-0015671				100%	기술 이전 (통상실 시원)

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1				1						

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

□ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

□ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자

* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.

* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.

* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 베트남국가표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자
1	TCVN	제안	영농형태양광 농작물 생육특성 시험표준 1건	STAMEQ	VINACONTROL	신규	20/11/2023
2	TCVN	제안	K-영농형태양광 표준 보급모델 표준화 1건	STAMEQ	VSQI	신규	20/11/2023

○ 국제 표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	제안자	표준화 번호	제안일자

* 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

* 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

* 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	수직형 태양광 구조물(A Type)	2022.09	썬웨이 주식회사	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		
2	수직형 태양광 구조물(B Type)	2022.09	썬웨이 주식회사	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		
3	수직형 태양광 구조물(C Type)	2022.09	썬웨이 주식회사	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		
4	상부형 태양광 구조물	2023. 04	썬웨이 주식회사	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		
5	펜스형 투광형(8.60%) 태양광 모듈	2022.11	한국전자기술 연구원	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		
6	펜스형 투광형(8.96%) 태양광 모듈	2022.11	한국전자기술 연구원	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		
7	펜스형 투광형(15.31%) 태양광 모듈	2022.11	한국전자기술 연구원	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		
8	펜스형 투광형(20.34%) 태양광 모듈	2022.11	한국전자기술 연구원	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		
9	루프탑 투광형(8.96%) 태양광 모듈	2023.05	한국전자기술 연구원	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		
10	루프탑 투광형(15.31%) 태양광 모듈	2023.05	한국전자기술 연구원	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		
11	루프탑 투광형(20.34%) 태양광 모듈	2023.07	한국전자기술 연구원	베트남 다낭	영농형 태양광	1년		

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	직접실시	무음영 태양광 구조물	썬웨이 주식회사	2023.09 2023.10	-	
2	통상실시권	수직/수평 조절이 가능한 태양광 모듈 구조물이 적용된 영농형 태양광 발전 시스템	(주)위에너지	24.03	30,000,000원	

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

* 1) 기술이전 또는 자기실시

* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등

* 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
무음영 태양광 구조물	2023. 09	90,000	0	90,000	간접매출
무음영 태양광 구조물	2023. 10	112,000	0	112,000	간접매출
합계		202,000	0	202,000	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과						
사업화 계획	사업화 소요기간(년)					
	소요예산(천원)					
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후		
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후	
		국내				
	국외					
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후		
	수출					

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2022년	2023년	
1	농식품 수출 비즈니스전략모델 구축사업	썬웨이 주식회사	4		4
2	농식품 수출 비즈니스전략모델 구축사업	한국전자기술연구원	2	1	3
3	농식품 수출 비즈니스전략모델 구축사업	한국건설생활환경 시험연구원		1	1
합계			6	2	8

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
			2022년	2023년
고용 효과	개발 전	연구인력	8	8
		생산인력		
	개발 후	연구인력	8	8
		생산인력		

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	구조물 시공 노하우 전수	2023. 05	현지 시공기업	다낭 실증사이트	8
2	시스템 운영방안 제시 및 자립화 교육지도	2023. 10	현지 시공기업	다낭 실증사이트	5
3	한-베 태양광 관련 기업 기술교류회	2023.11.09	한국 및 베트남 태양광 산업 관련 기관/기업 등	인터컨티넨탈 하노이 랜드마크72	약 40여 명

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	K-영농형태양광 표준보급모델 표준화 정책	베트남 농업농촌개발부 (MARD)	향후 활용 예정	진행 중
2	제안	영농형 태양광 연계 동남아시아 재생에너지 보급 방안	한국농어촌공사 해외사업처	2025	동남아시아 재생에너지 보급 사업 모델 내 일부 내용 반영

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용
1	안내서	신규	무음영 태양광 발전 설비의 시공 및 유지관리 가이드라인	2023.11	기자재 기술 규격, 공사시방서 및 유지관리

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
	학위취득	2023			3		2	1			2	1	

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
1	태양광 시험검사 전문가양성 교육훈련(22년)	KS 인증제도 및 표준체계 전수/ KCL 태양광센터 방문	한국건설생활환경 시험연구원	1	7일	3명
2	태양광 시험검사 전문가양성 교육훈련(23년)	KS 인증제도 및 표준체계 전수/ KCL 태양광센터 방문	한국건설생활환경 시험연구원	1	7일	5명

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비
1	농촌진흥청	24년도 농업과학기술 연구개발사업 (신규사업지원)	농업시설용 소형 태양광 발전 및 저장 기술 개발	정학준	13.5억원/4년
2	산업통상자원부	24년도 에너지기술개발사업 (공고예정)	유휴부지 적용 영농형 태양광 표준모델에 대한 실증연구 및 시공기준 개발	정학준	60억원/3년
3	산업통상자원부 국가기술표준원	개도국표준보급체계 지원사업(ISCP)	베트남 태양광신기술 표준 선진화 지원	하지원	700백만원

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	학술대회 홍보부스 운영	한국전기전자재료학회지	사업 및 과제 홍보	2022.06.22.~24.
2	신재생에너지박람회 홍보부스	전북신재생에너지박람회	사업 및 과제 홍보	2022.09.28.~30
3	학술대회 홍보부스 운영	한국전기전자재료학회지	사업 및 과제 홍보	2023.06.20.~22.
4	언론홍보(기사 게재)	전자신문	[2023 대한민국 기후환경 에너지 대전]썬웨이, 무음영 영농형 태양광 발전시스템 등 전시	2023. 09. 06
5	전시회 홍보부스 운영	2023 대한민국 기후환경 에너지대전	무음영 태양광 시스템 홍보 전시	2023. 09.06.~08
6	전시회 홍보부스 운영	AFTER 2023! 농림축산식품 과학기술대전	사업 및 과제 홍보	2023. 11. 27. ~29.

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항 (해당 시 작성합니다)

[계획하지 않은 성과]

- 무음영 영농형 태양광 발전 설비의 시공 및 유지보수 기술지도
 - 베트남 다낭 현지에 설치된 무음영 영농형 태양광 발전 설비 시공 인력을 대상으로 설치 지역 분석 및 설계 ~ 시공 및 유지보수에 대한 시범 및 기술 지도 실시

- 베트남 국가 표준(TCVN) 활동
 - 영농형태양광 농작물 생육특성 시험표준 1건 제안
 - K-영농형태양광 표준보급모델 표준화 1건 제안
 - 영농형태양광 표준 및 시험검사 기술 관련 베트남 전문가 인력양성

[기여사항]

- 국내 영농형 태양광 시스템 기술의 베트남을 중심으로 아세안(ASEAN) 국가로의 보급 확대 기대
 - 측량부터 설계, 시공, 유지보수까지 One-stop 기술 보급 기여
 - 베트남의 태양광 발전 설비에 대한 전문 지식 보급
 - K-영농형태양광 표준보급모델의 베트남 정책제언을 통한 우리 기술 전파 체계 확립
 - 표준화 기술 전수를 통하여 베트남 현지 기업 활용가능성 증대
-

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
<p>[1차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 투광형 태양광 모듈 개발 ○ 실증사이트 ○ 실증용량 ○ 시제품 제작 ○ 구조검토(2건) ○ 구조물 재질 ○ 구조물 풍압강도 ○ 구조물 시제품 ○ 실증 시뮬레이션 ○ 특허출원 ○ 고용창출 ○ 교육지도 ○ 홍보전시 ○ 벼수확량·작물생육특성 시험평가 기법개발 ○ 태양광 설비 베트남 국가표준(TCVN) 개발 	<p>[1차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 펜스형 투광형 태양광 모듈 개발 ○ 베트남 다낭시 타이라이마을 실증사이트 확보 ○ 20kW 펜스형 무음영 영농형 태양광 발전 설비 구축 ○ 4종의 투광형 태양광 모듈 제작 ○ 현지 환경을 고려한 수직형 구조물 안정성 확보(3건) ○ 영농형 태양광 설치 사례 분석 및 친환경/고내식성 기술 분석 ○ 수직형 구조물 풍압 가압(45m/s) 시험실시 및 안정성 확보 ○ 수직형 구조물 시제품 보고서 생성(A/B/C Type) ○ 유동해석(CFD) 시뮬레이션을 통한 구조물 주위 유체 흐름 파악 ○ 출원 2건 ○ 한국전자기술연구원 2명, 씬웨이 4명 ○ 교육지도 ○ 학술대회 및 전시회 홍보부스 운영 ○ 실증사이트 생태환경(온도변화, 광량 등) 조사 및 분석 ○ KS 표준 전수 및 초안 작성 컨설팅 (VSQI, VINACONTROL 계약체결 각 1건) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 ○ 100 ○ 100 ○ 100 ○ 150 ○ 100 ○ 100 ○ 150 ○ 100
<p>[2차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 작물수확 감수율 20%이내 ○ 투광형 태양광 모듈 개발 ○ 실증사이트 ○ 실증용량 ○ 시제품 제작 ○ 구조검토(2건) ○ 구조물 재질 ○ 구조물 풍압강도 ○ 구조물 시제품 ○ 실증 시뮬레이션 ○ 특허출원 ○ 특허등록 ○ 매출(국내) ○ 제품화 ○ 고용창출 ○ 교육지도 ○ 홍보전시 ○ 무음영 영농형 태양광모듈 성능평가 ○ 베트남 태양광 모듈 국가표준 개발 ○ 실증사이트 농작물(벼) 생육특성 모니터링 ○ 베트남 국가표준 개발 ○ K-영농형 태양광설비 표준보급모델 개발 ○ 베트남 정책제언 (1건) 	<p>[2차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 작물수확 감수율 거의 없음 ○ 투광형 태양광 모듈 개발 ○ 베트남 다낭시 타이라이마을 실증사이트 확보 ○ 40kW 루프탑 무음영 영농형 태양광 발전 설비 구축 ○ 3종의 투광형 태양광 모듈 제작 ○ 현지 환경을 고려한 상부형 구조물 안정성 확보(1건) ○ 고내식성 소재 시제품 제작 및 장기 내구성 확보 방안 제시 ○ 상부형 구조물 풍압 가압(45m/s) 시험실시 및 안정성 확보 ○ 상부형 구조물 시제품 보고서 생성 ○ 유동해석(CFD) 시뮬레이션 및 실증지 구조물 타입별 음영 분석 ○ 출원 2건 ○ 등록 2건(무음영 태양광 발전 시스템, 수직형 태양광 발전 시스템) ○ 202백만원(태양광 구조물 설계 및 시공) ○ 영농형 구조물 제품 리플렛, 포스터 제작 ○ 한국전자기술연구원 1명, 한국건설환경시험연구원 1명 ○ 구조물 시공 노하우 전수, 자립화 교육지도 ○ 기사 게재, 전시회 홍보부스 운영 ○ 내풍압시험, 고온다습 시험 완료 ○ KS C 8561 기반 베트남 TCVN 개정 추진 ○ 실증사이트 농작물(벼) 생육특성 조사분석 및 생육특성 ○ 시험분석 표준(TCVN) 개발 완료(1건) ○ 베트남 영농형태양광 표준보급모델 TCVN 초안 작성 완료 ○ 정책 제언 공문서 발신 완료(1건) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 ○ 100 ○ 100 ○ 100 ○ 100 ○ 50 ○ 100 ○ 100 ○ 50 ○ 100

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

해당없음

2) 자체 보완활동

베트남 실증사이트 변경

○ 협약 당시 실증사이트 : Hau Giang province, Long My districe, Luong Tam commune, Ap.9, Vietnam (베트남 하우장성)

○ 변경 실증사이트 : Hòa Nhơn, 호아방 현 다낭 베트남 다낭시 화방현 화년면 타이라이 마을

○ 변경 사유

- 최종 실증사이트 사용 계약 당시에는 없었던, 과도한 금전적 보상 요구

(마을발전기금, 임대료, 인건비 및 유지보수비 등)

- 지방공안국의 과도한 간섭

○ 베트남 현지 기업(WeeViet Energy) 및 협력기관(베트남 TASK 센터, KOICA) 등과 함께, 신규 실증사이트 확보를 위하여 유기적으로 연락을 하고, 동시에 시공 및 점검, 연구개발을 위해 접근성(항공 및 교통)이 좋은 지역임과 동시에 한국에 대한 지방정부에 우호적인 지역을 찾음

3) 연구개발 과정의 성실성

베트남 실증사이트 변경을 위한 베트남 현지 기업 및 협력기관(베트남 TASK센터, KOICA)과의 연계활동

베트남의 기후적 특성으로 2~5월, 7월~9월은 농번기간으로 태양광 발전 설비 시공을 하지 못하였지만, 작물 채취 및 수확을 확인, 주민들과의 소통 및 한국에 대한 이미지 제고를 위하여, 매월 1회 실증사이트를 방문하여, 농사활동을 도와주었으며, 총 2회의 주민설명회를 개최함

태양광 발전 설비 설치 공사 중, 안전사고 및 다양한 공사 변경 상황에 신속히 대응하기 위하여 현지에 상주를 하거나, 비대면으로 공사 현장을 확인함

- 태양광 발전 설비 설치 공사가 가능한 시기가 매우 더운 건기, 비가 많이 오는 우기 계절

무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증 인허가를 받기 위하여, 마을주민 대표와 함께 지방정부(다낭시) 및 베트남 전력공사(EVN)을 방문하고, 공사에 필요한 건설기계 임대를 지원함

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 베트남 현지 실증을 통한 해외 수출 모델 개발	무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 베트남 현지 실증을 통한 해외 수출 모델 개발	썬웨이 주식회사	중소기업 (영리)	2,393.05	2,268	0.948	매출액 발생	협약서 기준	30
계				2,393.05	2,268	-	-	-	-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2024	2025	2026	2027	2028
국외논문	SCIE	1	1	1		
	비SCIE					
국내논문	SCIE					
	비SCIE					
특허출원	국내					
	국외					
특허등록	국내		1	1	1	
	국외					
인력양성	학사					
	석사					
	박사					
사업화	시제품개발					
	상품출시					
	기술이전					
	공정개발					
	매출액 (단위 : 천원)	국내	300	300	500	500
	수출	100	300	500	1,000	1,500
	기술료(단위 : 천원)					
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보						
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용(표준화, 기술지도, 국제 협력 등)			1 (표준화 관리 지원)	1 (시험 표준 기술지도)	1 (시험 표준 기술지도)	

< 별첨 자료 >

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

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농림축산식품연구개발사업 농식품 수출 비즈니스 전략모델구축사업연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 농림축산식품연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		322005-02	
사업구분	농림축산식품연구개발사업				
연구분야			과제구분	단위	
사업명	농식품 수출 비즈니스전략모델구축사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 베트남 현지 실증을 통한 해외 수출 모델 개발		과제유형	(개발)	
연구개발기관	한국전자기술연구원		연구책임자	정학준	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	22.04.~12.	972,000	63,300	1,035,300
	2차년도	23.01.~12.	1,296,000	61,750	1,357,750
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계	22.04.~23.12.	2,268,000	125,050	2,393,050
참여기업	션웨이(주), 한국건설생활환경시험연구원(전문기관), 제주대학교(대학), 한국농어촌공사(공공기관)				
상대국			상대국연구개발기관		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2023.08.21.~22.(외부전문가) / 12.21

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
한국전자기술연구원	팀장	정학준

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확약	정학준
----	-----

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : **우수**, 보통, 미흡, 극히불량

- 신남방 지역의 기후와 농업 조건에 맞춰 무음영 영농형 태양광 기술을 개발하여 태양광 발전과 농업을 결합한 새로운 접근방식으로, 무음영 설계를 통해 농작물 재배와 전력생산을 동시에 가능하게 함
- 베트남 표준(안) 개발 완료(2건) : 영농형태양광 농작물(벼) 생육특성 시험표준 1건 및 K-영농형태양광 표준보급모델 1건 (베트남 농업농촌개발부 정책제언 1건 포함)
- 작물 생육 및 수확을 감소에 영향을 주는 태양광 발전 설비 음영을 최소화 하기 위하여, 기존 국내의 영농형 태양광 발전 설비 형태를 벗어나, 수직 루프탑 형태로 영농형 태양광 발전 설비를 설치함
- 설치용량은 목표 60kW 대비 약 4% 증가한 64KW이며, 음영이 거의 없으며, 농사 휴식기에는 수식평 구조를 수평으로 조절이 가능하게 시공함
- 작물 수확 감수율 목표 20% 이내 대비 감수율 0% 달성
- 국내외 영농형태양광에 대한 정책, 설치현황, 운용상 문제점 수집 분석을 통한 영농형태양광 설비의 설계 및 유지 보수 반영 요소 도출을 통한 체계적인 기존 시설의 문제점 개선 내용 도출 및 정책 개발함
- 본 과제 개발과 관련하여 총 5건의 특허출원과 그 중 2건을 특허 등록함

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : **우수**, 보통, 미흡, 극히불량

- 농업과 에너지 생산의 이중 이익을 실현하는 새로운 모델을 제시함과 동시에 농업생산량이 높은 국가에 대한 수출모델로서의 발전가능성을 입증함. 경제적 가치와 환경적 지속가능성을 동시에 추구하는 기술로 평가되며, 신남방 지역의 에너지 및 농업 부문에 중요한 변화가 기대됨
- K-영농형태양광 표준보급모델의 베트남 정책제언을 통한 우리 기술 전파 체계 확립
- 베트남 등 신남방 국가에 영농형 태양광 발전 실증을 통해 현지 보급을 위한 과학기술적 토대 마련
- 농식품부 및 유관기관 기관의 국내 및 수출 영농형 태양광 정책에 영향이 미칠것으로 판단됨
- 국내의 무음영 영농형 태양광 발전 설비를 표준화 모델하여 베트남 국가 표준으로 제안하였으며, 실증 사이트내의 작물 생육 분석 기술에 대해서도 베트남 국가 표준으로 제안함

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : **우수**, 보통, 미흡, 극히불량

- 이 기술은 농업과 에너지 생산을 통합하여 경제적 이익과 환경 보호를 동시에 달성할 수 있는 수단을 제공함. 특히, 태양광 발전과 농업이 중요한 역할을 하는 지역에서 이 기술의 적용은 에너지 자립 및 지속 가능한 농업 개발에 크게 기여할 것으로 예상됨.
- 표준화 기술 전수를 통하여 베트남 현지 기업 활용가능성 증대
- 연구 결과의 학술지 투고를 통한 연구결과 전파
- 베트남 등 신남방 국가에 영농형 태양광 발전 시스템 및 영농기술 보급
- 올해 (`24) 개정이 예정된 농지법 개정에 대한 정책 기초 자료 활용

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : **우수**, 보통, 미흡, 극히불량

- 짧은 기간 동안 해외에서 실증사업을 진행하면서 실증지의 변경에 대처하며, 참여기관들과 현지협력 업체 간의 긴밀한 협력을 통해 연구목표를 달성하여 실증을 완료하는 데 주력하였음.
- 추가 실적 달성 : 영농형태양광 표준 및 시험검사 기술 관련 베트남 전문가 인력양성
- ※ ('22) VSQI 3명, ('23) IEMM 5명 한국 초청 이론 교육 및 기술 투어 프로그램 진행 : KS 표준체계전수 및 KCL 태양광센터 방문을 통해 현지 전문가 인력 양성에 기여
- 짧은 기간 동안 국내외 영농형 태양광 정책, 시설 운영 현황 및 운영상 문제점 요수 발굴을 통한 설계 지원 및 정책 마련함

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : **우수**, 보통, 미흡, 극히불량

- 지적소유권에 대한 목표 건수는 달성하였으나 목표했던 특허BB 등급 1건대신 B등급으로 2건의 특허를 등록함으로 등급면에서는 목표에 미치지 못했지만 프로젝트의 성실한 수행과 지속적인 노력으로 성과활용기간에 추가 등록을 목표로 함.
- ('23.11.09) 한-베 태양광 관련 기업 국제기술교류회 개최 - 베트남 하노이에서 국제기술교류회를 개최함으로써 양국의 태양광 관련 기술 및 표준화 개발 성과를 교류(베트남 태양광기업/기관 5개 참석, 국내기업 3개 참석)
- SCIE 논문 1건 게재 완료(IF 3.1), 1건 수정후 게재 판정
- 국제 학술대회 발표 2건, 국내 학술대회 발표 3건
- 비SCI 1건, 국제학회 포스터 발표 2건 연구성과 달성함

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
1. 작물 수확 감수율	15	100	감수율 ≒ 0%
2. 태양광 모듈 투광율	5	100	투과도 8.60%, 8.61%, 8.96%, 15.31%, 20.34% 6종의 태양광 모듈 시제품 개발
3. 태양광 시스템 평균차광율	5	100	무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트내 음영분석 결과 2%
4. 태양광 시스템 차광율 (정오기준)	5	100	무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증사이트내 음영분석 결과 1%
5. 구조검토	5	100	실증지 적용 타입별 구조물 안정성 확보
6. 구조물 재질	5	100	친환경/고내식성 기술 분석 및 확보 방안 제시, 고내식성 시제품 제작
7. 구조물 풍압강도	5	100	타입별 풍압 가압(45m/s) 시험실시 후 이상없음 판정
8. 구조물 시제품	10	100	타입별 구조물 시제품 보고서 생성(A/B/C/상부형 Type)
9. 실증사이트	15	100	베트남 다낭시 타이라이마을
10. 실증 용량	10	100	총 설치용량 64.08kW 무음영 영농형 태양광 발전 설비 실증
11. 실증 시뮬레이션	5	100	구조물 유동해석(CFD)을 통한 유체흐름 파악 및 실증지 음영 분석 실증사이트의 음영분석 및 발전량 시뮬레이션
12. 무음영 영농형 태양광 설비 표준화	5	100	영농형태양광 농작물 생육 특성에 대한 베트남 시험표준 개발 완료 K-영농형 태양광 발전 설비에 대한 베트남국가표준 제안
13. 사업화 표준모델	10	100	베트남 K-영농형태양광모델 표준화 개발 및 정책제언 완료
합 계	100	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 신남방 지역의 기후와 토양 조건에 적합한 무음영 수직형 영농형 태양광 구조물을 개발함으로써 지역 특성에 최적화된 에너지 솔루션 및 비즈니스 모델을 제시하였음. 연약지반용 스파이럴 기초 설계를 포함한 방식은 설비의 안정성을 강화하고 환경적 영향을 최소화하는 데 중점을 두었음. 이러한 노력은 농업 생산성 향상과 지속 가능한 에너지 사용을 촉진함으로써 경제적 가치를 창출에 기여 가능함.
- 본 과제에서 개발된 표준 2건이 사업 종료 후 승인 추진되어 국내수출기업 지원이 최종 마련되고자 함 (KCL 베트남 하노이사무소에서 지속적인 모니터링 진행하고자 함)
- 기존 영농형 태양광 국가 연구과 달리, 체계적인 국내외 영농형 태양광 현황, 정책, 운용상 문제점 도출을 통한 수출모델의 고도화 등을 통해 국내 영농형 태양광 모델의 첫 해외 실증 연구로 차별성 및 우수성이 매우 높은 것으로 판단되나, 영농형 태양광 시설이 환경에 미치는 영향, 발전현황, 현지 유지 보수 등에 대한 후속 과제가 없어, 체계적인 후속 연구가 제한됨. 향후 후속 연구의 기획 및 평가 필요함

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 해외 실증사업의 위험을 줄이기 위해 태양광 구조물의 안정성을 중요시하여 구조물 기초 사양을 일반적인 기본 요구사항 이상으로 설계함. 이후 실증 구축 및 현지 환경을 고려한 구조물 단가 절감 및 설계의 최적화 방안을 제시함.
- 국내 토양오염 사례 공개 사례가 상대적으로 적어, 체계적인 연구 자료 수집 및 분석이 어려웠으며, 향후 법 개정을 통한 공개 의무 필요할것으로 판단됨

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 무음영 영농형 태양광 시스템을 다양한 지역의 환경에 맞춤형으로 확장하여 광범위하게 적용할 수 있으며, 실증에 기반한 표준모델 및 설치 가이드를 제공함으로써 보급 활성화를 촉진할 수 있음. 또한, 교육지도와 기술지원을 통해 현지 인력의 기술적 역량을 강화하고, 지속적인 유지관리를 통해 실증데이터 확보하여 보다 개선된 솔루션 개발과 사업화가 필요함.
- 올해 ('24) 개정이 예정된 농지법 개정에 대한 정책 기초 자료 활용
- 농어촌공사 해외사업처 동남아 재생에너지 사업 내 모델 제안을 통한 수출 사업 활성화

IV. 보안성 검토

○ 해당없음

※ 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	신재생에너지-태양광	
연구과제명	무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 베트남 현지 실증을 통한 해외 수출 모델 개발			
주관연구개발기관	한국전자기술연구원		주관연구책임자	정학준
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	2,268,000,000원	125,050,000원		2,393,050,000원
연구개발기간	2022.04.01.~2023.12.31.(21개월)			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타(개발) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유: _____)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표		당초연구목표 대비 연구결과	
①	작물 수확 감수율 ≤10%	작물 수확 감수율	0
②	태양광 모듈 투광율 ≥15%	태양광 모듈 투광율	8.60% 8.61% 8.96%, 15.31%, 20.34%
③	태양광 시스템 평균 차광율 ≤10%	태양광 시스템 평균 차광율	2%
④	태양광 시스템 차광율 (정오기준) ≤5%	태양광 시스템 차광율 (정오기준)	1%
⑤	구조검토 4건	구조검토	4건
⑥	구조물 재질 2종	구조물 재질	2건
⑦	구조물 풍압강도 45m/s	구조물 풍압강도	45m/s
⑧	구조물 시제품 4종	구조물 시제품	4종
⑨	실증사이트 1개	실증사이트	1개
⑩	실증용량 60kW	실증용량	64.08kW
⑪	실증시물레이션 2건	실증시물레이션	3건
⑫	무음영 영농형 태양광 설비 표준화 1건	무음영 영농형 태양광 설비 표준화	1건
⑬	사업화 표준모델 1건	사업화 표준모델	1건

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

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		SCI	비 SCI	논 문 평 균 I F			학 술 발 표	정 책 활 용	
												건				건	건			건
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건		건		명	건	건	
가중치	5	10	0	0	10	10	10	10	0	10	0			0	5	5	0	10	5	10
최종 목표	4	1		BB	1	30	2	2,300	3,400	10		4		3	2	1	3	2	1	2
당해 년도	목표	2	1		BB	1	30	1	200		1		3	1	1	3	2	1	2	
	실적	1	2		B	1		1	202		2		1	1	3.1	6	1	3	2	3
달성률 (%)	50	200		100	100	0	100	100		200		100			200	100	100	100	300	100

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	무음영 영농형 태양광 모듈 및 수직/수평 조절이 가능한 구조물 설계 기술
②	태양광 모듈 설계 및 공정 기술
③	무음영 영농형 태양광 모듈 및 수직형 펜스형 및 루프탑형 구조물 설계 기술
④	무음영 영농형 태양광 모듈 및 수직형 펜스형 및 루프탑형 구조물 설계 기술
⑤	펜스형 및 루프탑 태양광 발전 구조물 설계 기술
⑥	펜스형 및 루프탑 태양광 발전 구조물 설계 및 제조 기술
⑦	펜스형 및 루프탑 태양광 발전 구조물 설계 및 제조 기술
⑧	펜스형 및 루프탑 태양광 발전 구조물 제조 기술
⑨	-
⑩	펜스형 및 루프탑형 혼합 무음영 영농형 태양광 발전 설비 설계
⑪	실증지 모델링을 통한 구조물 타입별 음영 분석, 무음영 영농형 태양광 발전 설비 모델링을 통한 음영 분석
⑫	K-영농형 태양광 설비 설치 및 유지 가이드라인 개발
⑬	K-영농형 태양광 설비 설치 및 유지 가이드라인 개발

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										
④의 기술										
⑤의 기술						√				
⑥의 기술										
⑦의 기술										
⑧의 기술						√				
⑨의 기술										
⑩의 기술						√				
⑪의 기술										
⑫의 기술									√	√
⑬의 기술									√	√

* 각 해당란에 √ 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	
②의 기술	국내의 유후부지 농지 및 농수로 등의 영농형 태양광 발전 시스템에 활용 가능 또한, 유리 온실의 유리 대체 가능
③의 기술	
④의 기술	프레임 양측면에서 패널이 끼움 삽입되는 일면으로 갈수록 수평단면적이 점차 감소하는 형상으로 형성되어, 태양 고도에 따른 패널 가장자리의 음영 발생이 최소화할 수 있음
⑤의 기술	
⑥의 기술	
⑦의 기술	태양광 모듈 상측에 구비된 조류 착지 방해 착지판이 조류 착지 시 일측에 결합된 탄성부에 의해 흔들리면서 조류가 앉아있는 시간을 단축시켜 패널에 조류 배설물이 쌓이는 것을 방지할 수 있음
⑧의 기술	프레임 양측면에서 패널이 끼움 삽입되는 일면으로 갈수록 수평단면적이 점차 감소하는 형상으로 형성되어, 태양 고도에 따른 패널 가장자리의 음영 발생이 최소화할 수 있음
⑨의 기술	
⑩의 기술	운영상 문제점 도출을 통한 국내 영농형 태양광 설비 설계 가이드라인 마련 국내 및 아세안 국가를 대상으로 한 무음영 영농형 태양광 발전 설비 보급 모델 표준화
⑪의 기술	각 구조물은 슬라이딩 이동이 가능하여 설치와 장착이 보다 용이하게 이루어지며 작업자는 태양광 발전 모듈의 파손 위험 없이 보다 다양한 작업을 안정적으로 수행할 수 있음
⑫의 기술	영농형태양광모듈 설비 베트남 국가 표준 정책 제언 및 국내 수출 기업 K-표준화 보급모델 확산
⑬의 기술	영농형 태양광 설비 현황 파악 및 확대에 기초자료 활용

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표										
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교 육 지 도	인 력 양 성	정책 활용·홍보		기 타 (타연구활용비)		
	특 허 출 원	특 허 등록	품 종 등 록	S M A R T	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시			
													SCI	비 SCI							논 문 평 가 I F	
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건					
가중치	5	10	0	0	10	10	10	10	0	10	0			0	5	5	0	10	5	10		
최종목표	4	5		BB	1	30	2	2,300	3,400	10				4		3	2	1	3	2	2	2
연구기간내 달성실적	4	2		B	1	0	1	202		8				1	1	3.1	8	2	11	2	5	2
연구종료후 성과창출 계획	-	3		BB	1	30	1	2,100	3,400	2				3		3						

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	수직/수평 조절이 가능한 태양광 모듈 구조물이 적용된 영농형 태양광 발전 시스템		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	30,000천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	3개월 이내	실용화예상시기 ³⁾	
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	특허 출원서 문서 전달, 기술지도		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농식품수출비즈니스전략모델구축사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농식품수출비즈니스전략모델구축사업 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.