

116170
-03

과
제
명

한국형
태양광
이모작
(농업&태
양광발전
병행)
스마트
영농
시스템
개발

최
종
보
고
서

2019

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

보안 과제(), 일반 과제(O)/공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
첨단생산기술개발사업 2019년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003123-01

한국형 태양광 이모작 (농업&태양광발전 병행) 스마트 영농 시스템 개발

최종보고서

2020. 07. 10.

주관연구기관 / (재)녹색에너지연구원

협동연구기관 / 솔라팜(주)

에스엠소프트(주)

농림축산식품부

농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “한국형 태양광 이모작 (농업&태양광발전 병행) 스마트 영농 시스템 개발” (개발기간 : 2016.12.23. ~ 2019.12.22.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 02.

주관연구기관명 : (재) 녹색에너지연구원



참여기관명 : 에스엠소프트웨어(주)



참여기관명 : 농업회사법인 솔라팜(주)



주관연구책임자 : 김창현

참여기관책임자 : 이온찬

참여기관책임자 : 남재우

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라
보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	116170-03	해 당 단 계 연 구 기 간	2016.12.23. ~ 2019.12.22.	단 계 구 분	3/3
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	한국형 태양광 이모작 (농업&태양광발전 병행) 스마트 영농 시스템 개발			
	세 부 과 제 명	(해당 없음)			
연구책임자	김창현	해당단계 참여연구원 수	총: 10명 내부: 10명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 230,000천원 민간: 77,000천원 정부외: 50,000천원 계: 357,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 12명 내부: 12명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 690,000천원 민간: 231,000천원 정부외: 150,000천원 계: 1,071,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(재)녹색에너지연구원/태양에너지연구실			참여기업명	에스엠소프트웨어(주)
				참여기업명	
본 연구는 특허출원 3건, SW등록 6건, 사업화 2건, 비SCI급 논문 1건, 국내 및 국제 학술대회 발표 12건, 고용창출 9건, 정책활용 3건 교육 23건, 홍보 27건의 연구개발 성과를 달성함.					보고서 면수

〈 국 문 요 약 문 〉

연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농지에 농업과 태양광 발전을 동시에 영위하는 스마트 복합 영농 시스템 개발 ○ 농업 생산성 확보와 태양광 발전량 최적화를 위한 농업 및 태양광 발전 병행 전용 구조물 개발 ○ 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 하부 양지식물을 재배하는 복합영농 기술 개발 및 실증 ○ 대상 작물 감수율 15% 이하, 발전량 5% 이상 증대 				
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구개발을 위해 10kW급 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 실증단지 3개소 구축 및 실증연구를 수행하였음. 기존 15kW급 2개소와 총 5개소 실증단지에서 다양한 작물 (벼, 감자, 배추, 양파 및 배 등)을 대상으로 최적 구조물 개발 및 표준재배기술 개발 등을 수행하였으며, 위와 관련하여 사업화 2건을 달성하였음. ○ 본 연구개발을 통해 “농업병행 태양광 발전 장치 (10-2018-0095735)”, “복수 개의 타이머를 갖는 태양광 추적 시스템 (10-2018-0110762)” 그리고 “작물 생육을 위해 음영 조절이 가능한 영농형 태양광 시스템 (10-2019-0150382)”의 특허 출원 3건을 완료하였음. ○ 또한 “인버터 통신 적정성 검증 SW (C-2017-028011)”, “인버터 통신 프로토콜 자동변환 미들웨어 (C-2017-028010)”, “환경데이터 수집모듈 (C-2018-021348)”, “장치데이터 수집모듈 (C-2018-021347)”, 농업일지 작성용 어플리케이션 소프트웨어 (C-2019-040809)” 그리고 “CCTV를 활용한 생육환경 뷰 소프트웨어 (C-2019-040808)”와 같이 소프트웨어 등록 6건을 완료하였음. ○ 과제수행기간 중 국내 및 국제 학술발표대회 12건, 비SCI급 논문 1건 등의 학술적 성과를 달성하였음. ○ 이 외에도, 고용창출 9건, 정책활용 3건, 교육 23건 및 홍보 27건 등의 성과를 달성하였음. ○ 본 연구개발 수행에 따라 작물별 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 및 작물 표준재배기술개발을 완료하였으며, 추후 국내 농업 & 태양광 발전 병행 시스템의 표준화 및 확산·보급을 위한 기술을 확보하였음. 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구에서 개발한 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 개발 성과 중 국내 첫 일반 농민에게 사업화에 (국내1호 농민 대상 사업화 사례) 성공하였으며, 추후 규제완화 및 계통확보에 따른 국내 확산·보급 활성화 기대가 가능함. ○ 또한 작물별 표준재배기술은 기존 농민과 귀농 귀촌인을 대상으로 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 기반 재배법 교육 및 기술지도 자료로서 활용될 가치가 매우 높음. ○ 한국형 태양광 이모작 스마트 영농 시스템에 대한 국내 확산 및 보급을 위한 지속적인 정책제안으로 규제완화 및 인프라 개선을 통한 보급화 기여 가능함. 				
국문 핵심어 (5개 이내)	태양광 이모작	농업 & 태양광 발전 병행	영농형 태양광	스마트 영농	감수율

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

〈 목 차 〉

제 1장 연구개발과제의 개요	6
제 1절 연구개발 목적 및 필요성	6
제 2절 연구개발 범위	10
제 2장 국내·외 현황	22
제 1절 국내 현황	22
제 2절 국외 현황	25
제 3장 연구수행 내용 및 결과	28
제 1절 추진체계 및 일정	28
제 2절 연구내용 및 결과	35
제 3절 연구개발 성과	92
제 4절 연구결과	98
제 4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	101
제 5장 연구결과의 활용 계획	106
제 1절 연구 성과 활용 방안	106
제 2절 사후관리 방안	106
붙임. 참고문헌	107
별첨 1. 연구개발보고서 초록	
별첨 2. 자체평가의견서	
별첨 3. 연구성과 활용계획서	
별첨 4. 밭 전용 영농형 태양광 구조물 구조안전성 검토 결과 보고서	
별첨 5. 배 전용 영농형 태양광 구조물 구조안전성 검토 결과 보고서	
별첨 6. 영농형 태양광 벼 대상 표준재배기술서	
별첨 7. 영농형 태양광 감자 대상 표준재배기술서	
별첨 8. 영농형 태양광 배추 대상 표준재배기술서	
별첨 9. 영농형 태양광 배 과수 대상 표준재배기술서	

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발 목적 및 필요성

1. 연구개발 목적

- 농업과 태양광 발전을 동시에 병행하는 시스템 개발을 목적으로 농작물에 적합한 전용 태양광 발전 시스템과 스마트 영농 시스템 개발 및 도입을 통한 농업 & 태양광 발전 병행 스마트 영농 시스템 개발을 목표로 함.

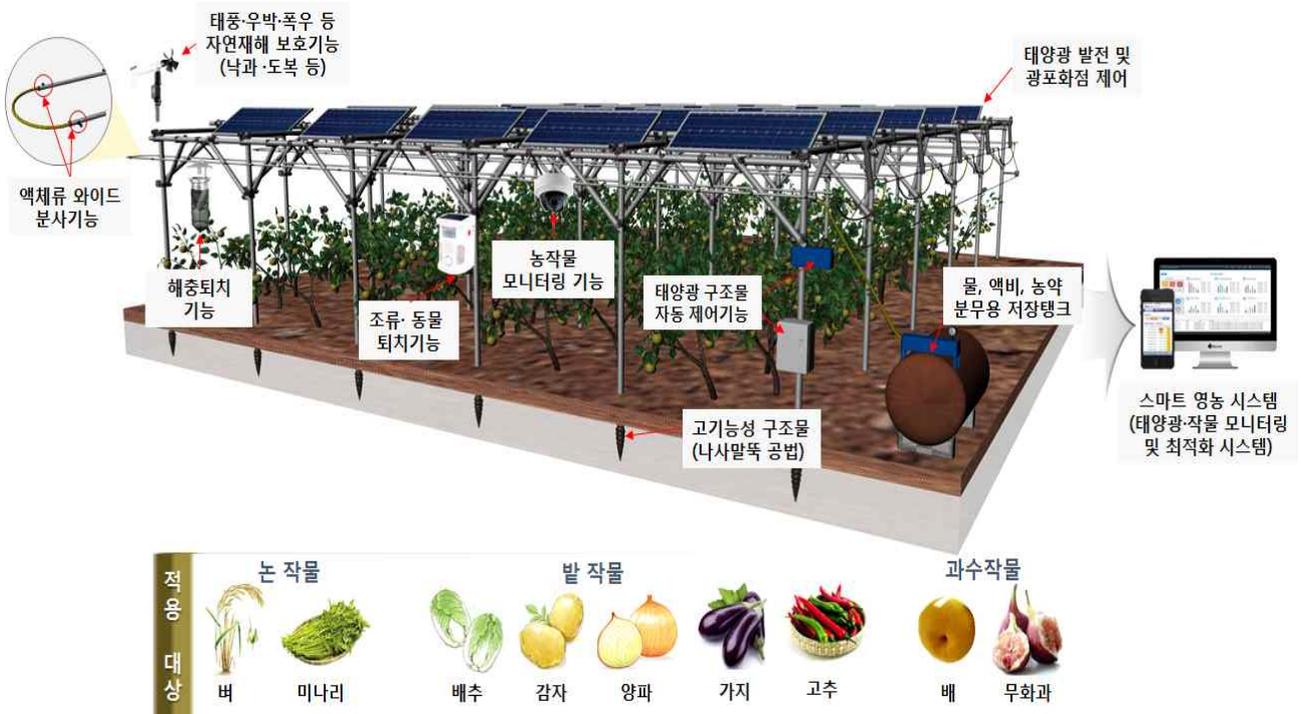


그림 1. 한국형 태양광 이모작 (농업 & 태양광 발전 병행) 스마트 영농 시스템 개발 개념도.

2. 연구개발 목표 및 핵심기술

○ 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 개발

- 국내 농업 환경 및 농업 활동성 보장된 저비용 고강도 구조물 설계 및 개발
- 작물 별 최소 감수율 (~15%) 기반으로 한 태양광 발전 (>3.5시간/일) 시스템 개발
- 농지 및 작물 친화 시공법 및 구조물 개발

○ 농작물 성장 및 태양광 발전 효율 향상을 위한 스마트 영농 시스템 개발

- 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 구조물 활용한 스마트 영농 시스템 개발
- 실시간 모니터링 및 통합운영관리시스템 개발 및 구축
- 기상환경 및 작물 생육 특성에 따른 태양광 발전용 모듈 가변 제어 시스템 개발

○ 표준재배기술 개발

- 영농 부지에 태양광 발전 시스템을 도입하여 논·밭·과수 등 작물 감수율 15% 이하 달성이 가능한 작물 별 성장 영향 평가 기술 및 재배 표준 기술 제시

3. 연구개발의 필요성

가. 연구개발의 중요성

(1) 기술적 중요성

- 정부에서 발표한 “재생에너지 3020 이행계획”에 따르면 2030년까지 재생에너지 발전량 비중을 20%까지 달성하고자 2018년부터 2030년까지 48.7GW의 신규 재생에너지 발전 설비를 보급하고자 함.
- 특히 신규 재생에너지 발전설비의 약 95%를 태양광 중심으로 보급할 계획이며, 농업 & 태양광 발전 병행 시스템이 유력한 대안임.

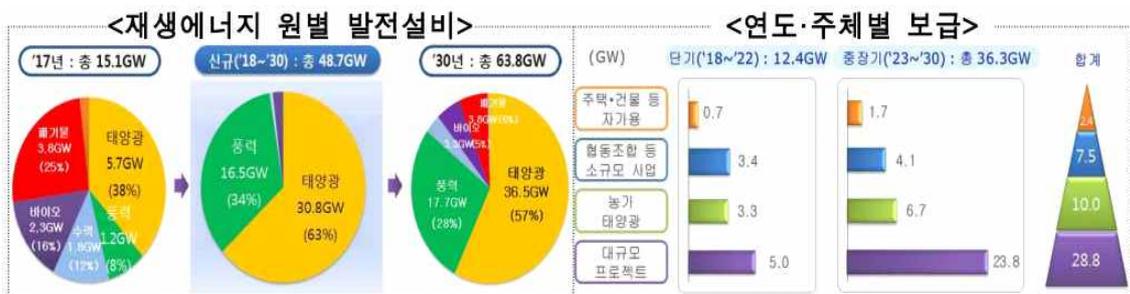


그림 2. 재생에너지 3020 이행계획.

- 현 태양광 보급용량 (4.1GW) 중 63%가 농촌에 설치되었으나, 대부분 발전수익이 외지로 유출되는 등 농가의 태양광 등 재생에너지 수용성이 악화되고, 농업의 지속적 악화(FTA 비준, 쌀 소비량 감소, 고령화 등)로 지속적인 농민들의 소득감소가 예상됨.
- 따라서, 농민이 주체가 되는 농업과 태양광 발전이 병행 가능한 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 개발 및 보급을 통한 농가의 소득 증진 및 태양광 보급 활성화가 기대됨.

- 2030년 태양광 보급 목표 50% (~18GW)를 본 시스템을 도입 하여 작물 생산 시 18만 농가 혜택 가능할 것으로 예상됨.
- 농가당 100kW 설치 시, 농업진흥구역 81만ha 중 약 5% 소요될 것으로 예상되며, 농업 & 태양광 발전 병행 시스템은 별도의 국토훼손 없이 재생에너지 보급이 가능함.
- 일본의 후쿠시마 원전사고 이후 일본뿐만 아니라 전 세계적으로 탈-원전을 선언하는 추세에 따라 지속가능하며 친환경적인 신재생에너지를 활용한 전력 생산은 당연한 선택임.
- 국내 역시 2016년 9월경 경주 일대 지진으로 국내 역시 더 이상 지진 안전지대가 아님을 인식하고 원자력발전에서 신재생에너지로의 에너지 패러다임 변화는 가속화되고 있음.
- 최근 농업에 ICT (Information and Communications Technologies, 정보통신기술) 기술 접목한 스마트 영농 시스템은 농업 기술의 현대화, 노동력 감소, 품질 향상 등이 가능하며, 대부분 시설하우스용으로 개발 및 보급되고 있음.

(2) 경제 및 산업적 중요성

- 현재 국내 농가에선 농업만으로 생계유지가 어려운 실정으로 농업인 감소 및 고령화로 인한 농지 및 식량자급률은 지속적으로 감소하고 있음.
- 하지만, 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 보급을 통해 농업용 에너지원 확보가 가능하며 여분의 전력은 타 지역으로 공급이 가능하고 신재생에너지 보급률 증가에 기여가 가능함.
- 본 시스템에서 생산되는 전력의 매전을 통해 농가의 농외수익을 창출을 통한 농가 및 농업의 안정 및 지속성 강화 등 국가 신량안보 확보 가능함.
- 또한, 스마트 영농 시스템 개발을 통해 신규 일자리 창출 및 농업의 자동화 등 농업 및 지역경제 활성화에도 기여가 가능함.



자료: 통계청 통계로 본 2018년 쌀 산업구조 변화 (2018)

그림 3. 농촌인구 및 고령화율 변화 추이 (1965년~2018년).



자료: 통계청 경지면적 조사 결과 (2017)

그림 4. 국내 경지면적 추이 (2008년~2017년).

(3) 사회문화적 중요성

- 신재생에너지 보급에 가장 큰 걸림들은 지역민의 수용성 재고를 위해 본 과제는 태양광 발전에 따른 발전수익의 주체가 농민이 되어 참여 농민의 수익창출을 통한 수용성 재고가 가능함.
- 또한, 태양광 발전 시스템 보급을 위해 대부분 산지 및 농지 등 국토훼손 및 전용이 대부분으로 본 시스템 개발 및 도입을 통해 농지 전용과 국토훼손 등 방지가 가능하고 휴경 및 폐경지 활용을 통해 농경지 감소율 개선이 가능함.
- 그림 5와 같이, 2018년 기준 농지 전용을 통한 태양광 발전소 보급 면적은 3천675.4ha로 2016년 대비 약 7배가량 증가하였으며, 2016년부터 3년 동안 여의도 면적 20배에 달하는 농지가 전용되었음.
- 하지만, 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 개발을 통해 농지 보전 및 농가 수익 증대를 통한 농촌 및 농업의 지속성 가능성 확보가 예상됨.

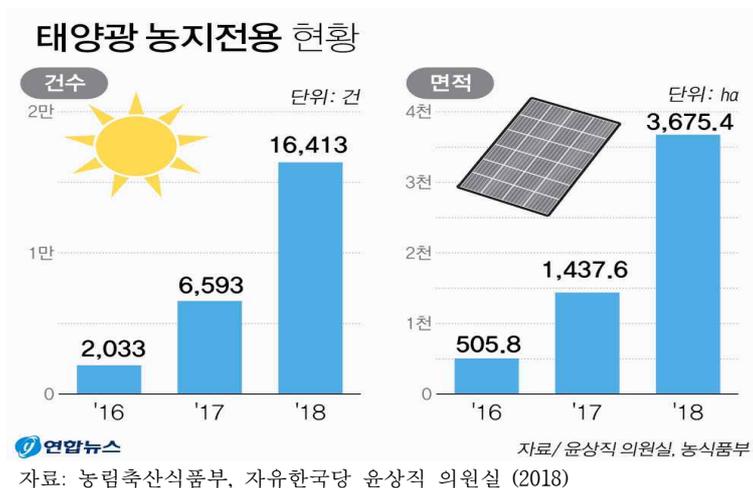


그림 5. 농지 전용을 통한 태양광 보급 현황 (2008년~2017년).

제 2절 연구개발 범위

- 농업과 태양광 발전 최적화를 위한 농업 & 태양광 발전 병행 구조물 개발 및 실증
 - 10kW급 3개소 (벼, 밭 및 과수) 실증단지 개발 및 구축
 - 기존 15kW급 2개소 (벼 및 밭) 및 신규 10kW급 3개소 운용 및 실증
 - 표준 시공 및 구조물 개발

- 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 하부 작물 대상 표준재배기술 개발
 - 실증단지 활용 대상작물 생육특성 (감수율) 분석 및 표준재배기술 개발
 - 농업기반 개발 구조물 개선안 도출

- 스마트 영농 시스템 개발
 - 실시간 모니터링 및 통합운영관리시스템 개발 및 구축
 - 농업 및 발전 운용 최적 알고리즘 개발
 - 노지형 스마트 영농 시스템 개발

1. 선행연구 내용 및 결과

가. 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 선행 연구 및 결과

(1) 연구내용

(가) 논 작물 : 벼 (국내 최초)

- 연구담당 : 농업회사법인 솔라팜(주), SK D&D
- 실증부지 : 충청북도 청주시 청원구 오창읍 탑리 787번지 (답 4,088㎡)
- 구조물 : 15kW (350㎡)
 - 재배면적 : 전체 부지 4,088㎡ (구조물 하부 350㎡ 포함)
- 품종 : 고시히카리 (조생종)
 - 고시히카리 품종은 벼 품종 중 비교적 재배하기 가장 까다로운 조생종 품종으로서, 농업 & 태양광 병행 시스템의 영향에 가장 민감하게 반응할 것으로 예상되어 선정하였음.



그림 6. 국내 최초 벼 작물 대상 농업 & 태양광 발전 병행 시스템.

(나) 밭 작물 : 배추 (국내최초)

- 연구담당 : 농업회사법인 솔라팜(주), SK D&D
- 실증단지 : 충청북도 청주시 청원구 오창읍 탑리 773번지 (전 700㎡)
- 구조물 : 15kW (350㎡)
 - 재배면적 : 전체 농경지 700㎡ (구조물 하부 350㎡ 포함)
- 품종 : 배추
 - 배추는 대표적인 엽채식물로서 다른 작물과 이모작이 가능한 품종임.



그림 7. 국내 최초 밭 작물 대상 농업 & 태양광 발전 병행 시스템.

(3) 연구결과

(가) 논 작물 : 벼

- 재배방법 : 상부 시스템을 고려하지 않고 기존 농법 그대로 적용 (비교재배지와 동일하게 재배)
- 모내기 : 2016년 5월 8일
- 한국 최초 수확 : 2016년 9월 3일
- 예정보다 2일 앞당겨 수확 (추석 햅쌀 공급 계약)
- 감수량 : 약 15%

- 비교재배지 대비 약 5일 정도 생육 지연 관찰되었으나 생육에는 이상 없음
- 도복 : 수확 2주일 전 비교재배지 2개소에서 발생, 수확 4일 전 돌풍 발생 시 대상지 하부에서 다수, 비교재배지에서 추가 발생
- 농기계 작업성 : 트랙터, 이앙기, 콤팩트 등 운영 가능
- 구조물의 안정성 : 태풍 등의 자연재해 없어 측정 불가, 향후 센서 등 부착 필요
- 발전량 증대 : 전기공사 미비로 측정 불가
- 영농형 태양광발전 방식으로 벼 재배 시, 감수율을 조생종 10% 이하, 중생종과 만생종은 5% 이하로 관리 가능한 복합 영농 기술 다수 도출
- 영농형 태양광발전소 구조물의 개선방안 다수 도출
- 스마트 제어 기술을 활용하여 감수량 저감과 발전량 증대 방안 다수 도출

(나) 밭 작물 : 김장배추

- 재배방법 : 상부 구조물을 고려하지 않고 기존 농법 그대로 적용 (비교재배지와 동일하게 재배)
- 모종 심기 : 2016년 9월 7일, 수확 2016년 11월 예정
- 농기계 작업성 : 트랙터 운영 가능
- 구조물의 안정성 : 태풍 등의 자연재해 없어 측정 불가, 향후 센서 등 부착 필요
- 발전량 증대 : 전기공사 미비로 측정 불가

나. 태양광 트래킹 제어 및 모듈 보호 기술

- 연구담당 : 에스엠소프트웨어(주)
- 테스트베드 : 무안군 현경면 동산리 소재 태양광 발전소

(1) 연구내용

(가) 현장 기상 관측 및 실시간 모니터링 시스템 구축

- 기상 관측 및 데이터 수집 : 현장에 설치된 기상계측장치를 기반으로 태양광 발전 시스템 보호를 위한 기상 환경을 실시간으로 모니터링하고 수집함.



그림 8. 태양광 발전 보호를 위한 기상 관측 및 실시간 모니터링 기상 계측장치.

(나) 기상환경 및 트랙커 운용에 따른 고장 사례 등 분석

- 기존 기상환경 및 트랙커 운용 등에 따른 고장 사례 등을 조사 및 분석하고 이에 따른 태양광 발전용 모듈 및 트랙커 자동화 제어 시스템 개발

(다) 트랙커 제어 소프트웨어 및 어플리케이션 개발

- 기존 분석된 기상 데이터 및 고장 사례를 바탕으로 태양광 모듈용 트랙커 자동화 및 제어 소프트웨어 (어플리케이션) 개발 수행
- 또한 고장에 따른 대처 방안 및 제어 방법을 소프트웨어로 구현하고 동시에 사용자가 모바일 앱 등을 통해 태양광 트랙커를 제어하고 운용 및 고장 등의 상태를 실시간으로 감지가 가능한 시스템 구축함.
- 하나의 모바일로 다수의 트랙커 운용 및 제어가 가능함.

표 1. 기상환경 및 트랙커 이상에 의한 태양광 발전용 모듈 고장 사례 및 현상

고장 유형	단기적 발전영향	장기적 발전영향
태풍에 의한 바람저항 과부하	트랙커 구조물 파손 및 손상	특정 시간 외 발전효율 저하 및 발전 정지
폭설에 의한 하중증가 과부하	트랙커 구조물 파손 및 손상	특정 시간 외 발전효율 저하 및 발전 정지
트랙커 간 이격거리 불충분에 의한 충돌 실외 환경에서 모터 노출에 의한 모터 부식	트랙커 구조물 파손	특정 시간 외 발전효율 저하 및 발전 정지
태양위치 변화에 의한 그림자 생성	발전효율 저하, 발전량 강화	태양광모듈의 부담 가중으로 모듈 고장
지반 침하 발생으로 인한 기계적 변형으로 모터 과부하	트랙커 동작 불능	구조물 손상 및 모듈 파손

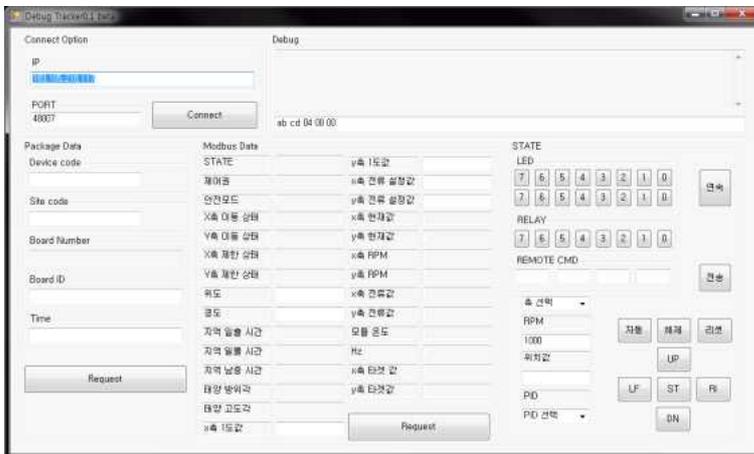


그림 9. 태양광 발전용 모듈 트래킹 제어 소프트웨어 및 개발 어플리케이션.

2. 연구 범위 및 방법

- 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 구조물 개발
- 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 테스트베드 구축 및 실증
 - 테스트베드 구축 : 10kW급 논·밭·과수 테스트베드 3개소
 - 실증단지 운용 : 15kW급 논·밭 테스트베드 2개소 x 10kW급 논·밭·과수 테스트베드 3개소
- 스마트 영농 시스템 개발
- 재배기술 실증
 - 대상 작물 별 감수율 및 생육 특성 분석
 - 표준 재배기술 제시

가. 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 구조물 개발

- (1) 농업 활동성 및 구조적 안전성 확보 구조물 개발
 - 풍압하중 및 장기적 안정성 확보 가능 (방청 및 구조강도) 구조재 검토 (포맥스 등)
 - 내풍압 강도 > 45m/s 고정, 적설, 지진하중을 고려한 구조물 설계
 - (수도권 25 ~30, 강원권, 충청권 25 ~40, 호남권 25 ~35, 경상권 25 ~45, 제주 ~40m/s)
 - 전산모사 (midas gen) 등을 이용한 장기적 안전성 확보 및 고내식강 적용
 - easy-turn 수동/자동 각도 가변 구조물 개발 (0 ~ 90°)
- (2) 차광 및 농업 작업성 고려한 모듈-구조물 개발
 - 태양광 발전용 모듈 규격 및 배치에 따른 차광률 최적화
 - 예) 150Wp 모듈 : 4x9= 36cell → 3x12=36 cell 모듈 사이즈, 배치, 모듈 높이

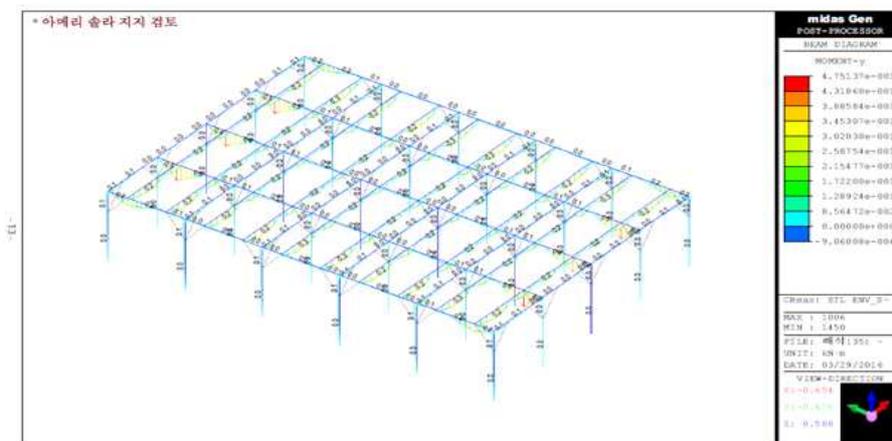


그림 10. 구조보강 전산모사를 통한 농업 & 태양광 발전 시스템 구조물 개발 예시.

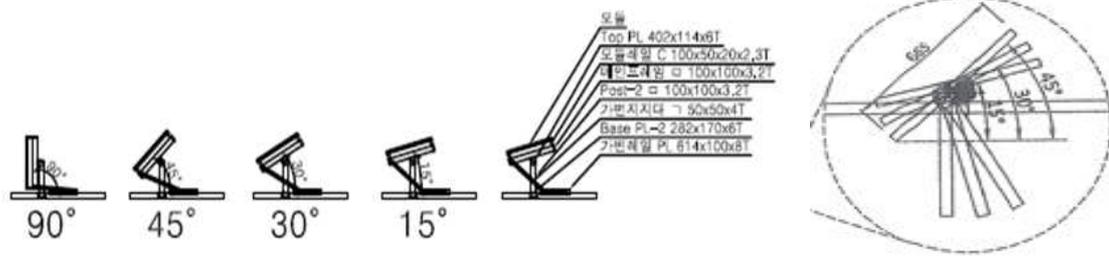


그림 11. 농업 & 태양광 발전 병행 시스템용 모듈 가변 시스템 구조물 설계 및 개발 예시.

- 차광률, 농기계 작업성, 농경부지 로스, 설치 원가, 구조적 안정성 고려한 배치 최적화
 - 차년도 실증 결과에 따라 작물별 최적 수평투영면적 (>30% 차광율) 적용 구조물 개선
 - 예) 차광률은: ~ 30% 내외로 사료되나 다양한 차광률(25~50%) 검토를 통해 태양광 설비 요건 확립
 - 범용 농기계에 따른 작업성 고려한 최적 구조물 설계 및 개발
 - 예) 배치간격 : 4m x 3.5m, 3.5m x 3.5m 등) 차등 적용 실증 사이트 운영 후 감수율 조사

(3) 농지 및 작물 친화 시공법 및 구조물 개발

- 콘크리트 등을 제외한 농지 및 작물 친화적 재료 및 시공법 개발
 - 농지 특성에 따라 최적 시공법 (예, 나사말뚝 등) 개발
 - 농지의 부분 침하 등 기초시공 보강 설계 및 유지·관리법 개발
 - 시공에 따른 농지 되메우기 등 기존 작물 영향 최소화 시공법 개발
 - 태양광 발전 구조물의 낙수물로 인한 작물 및 기초지반 약화에 대한 개선방안 도출

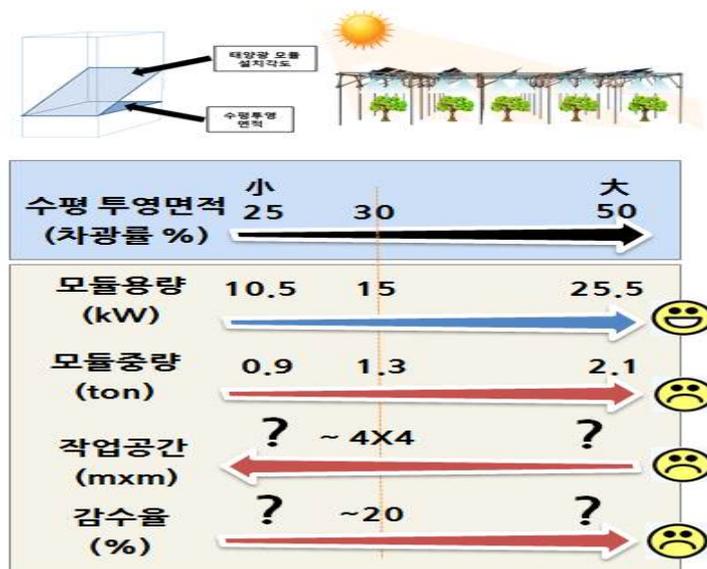
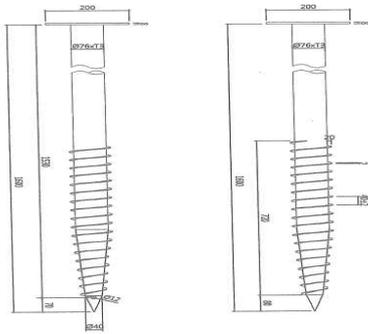


그림 12. 태양광 발전용 모듈의 차광에 따른 모듈 용량, 작업성 및 감수율 상관관계.

(a)



(b)



그림 13. 한국형 태양광 이모작용 개발 기초 시공법 및 보강재 예시
; (a) 나사말뚝 및 (b) 기초 보강재.

나. 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 테스트베드 구축 및 실증

- 각 실증 사이트별 재배 작물 생육 특성 및 감수율 분석 추진
- 실시간 모니터링을 통한 구조물 및 작물 분석 및 평가
- 차년도별 실증 결과를 바탕으로 작물별 최적 구조물 및 표준 재배기술 도출

(1) 10kW급 테스트베드 구축

- 10kW급 논·밭·과수 테스트베드 3개소 구축 및 실증 운용 (전남 나주)
 - 대상작물 : 벼, 밭 작물 (양파, 마늘 등), 과수 (배 등)
 - 구축방법 : 현재 경작중인 농경지 및 농작물 일부를 임차하여 실증단지 구축
 - 영농방법 : 기존 소유주가 해왔던 영농법으로 지속 추진
 - 평가방법 : 임차 농작물 중 일부 샘플링 후 공인인증 기관을 통한 분석·평가 진행
 - 전기활용 : 발전량 모니터링, 임차인에 수요 여부에 따라 사이트 내 자가 소진

(2) 15kW급 테스트베드 실증

- 15kW급 논·밭 테스트베드 2개소 실증 운용 (충북 오창)
 - 대상작물 : 벼 (고시히카리 등), 밭 작물 (감자, 배추 등)
 - 구축방법 : 기 구축 테스트베드 이용
 - 영농방법 : 참여기관인 솔라팜(주)에서 직접 수행
 - 평가방법 : 해당 작물 일부 샘플링 후 공인인증 기관을 통한 분석·평가 진행

다. 스마트 영농 시스템 개발

- 수집된 기상환경 정보를 기반으로 일사량이 부족할 경우 태양광 발전 패널을 농작물 생

육모드로 변경할 수 있는 알고리즘 개발

- 농업 휴기 시 계절별 남중고도 데이터와 태양광 패널 각도를 비교하여 태양광 발전 최적 환경을 지원하는 태양광 발전 모드 기능 개발
- 농작물 생육을 저해하는 요소들 (해충, 동물, 질병 등)에 대비하여 농장에 설치된 장치들을 수동/자동 운용할 수 있는 농작물 생육 최적화 기능 개발
- 농작물 생육을 우선으로 하며 더불어 태양광 발전을 진행할 수 있는 스마트 영농 시스템 개발



그림 14. 한국형 태양광 이모작 시스템을 스마트영농 시스템 개발 예시.

(1) 실증사이트 별 모니터링 및 스마트영농 시스템 구축

(가) 원격 모니터링 시스템 구축 및 상시 모니터링 수행

- 실증사이트 태양광 발전시설에 태양광 발전 모니터링 시스템을 구축하여 실시간 발전량 확인 및 데이터 수집
- 사용자의 모바일 APP을 통해 실시간 모니터링 기능 지원



그림 15. 한국형 태양광 이모작용 실시간 모니터링 시스템 개발 예시.

(나) 작물 모니터링 시스템 및 농업 일지 작성 기능 개발

- 태양광 발전을 통해 생산된 전력을 이용하여 실시간 작물 생육 및 상태를 모니터링 하고 일일 단위로 작물의 현황을 기록 및 DB 구축 시스템 개발
- 향후 축적된 데이터를 이용한 작물 및 시스템 최적 운용 방안 도출에 활용
- 또한, 일일 단위로 축적된 데이터는 전산 농업 일지를 작성하고 동시에 모듈 가변, 액상 살포 등 자동 제어 가능 기술 개발



그림 16. 한국형 태양광 이모작 시스템을 이용한 농작물 실시간 모니터링 및 DB 구축 예시.

(다) 알림 및 O&M 기술 개발

① 기상 및 환경 재해 알림 및 모듈 가변 시스템 개발

- 기상 및 환경 재해 알림 시스템 개발

- 갑작스런 기상이변 혹은 기상 환경변화에 따른 실시간 모니터링 및 태양광 발전 시스템 운용 기능 개발
- 기상 및 환경에 따른 태양광 발전용 모듈의 가변이 가능한 시스템을 구축하여 시스템 구조물 및 하부 작물 관리 및 보호 기능 개발



그림 17. 기상 및 환경 모니터링을 통한 알림 기능 및 태양광 발전용 모듈 가변 시스템 개발 예시.

- 농작물 피해 방지 기능 개발

- 동물 및 외부 침입에 의한 농작물과 시스템 피해를 방지하기 위해 초음파/적외선을 이용한 시스템 구축
- 침입 방지 외 초음파 센서를 이용하여 해충 센싱을 통한 해충 제어 시스템 개발

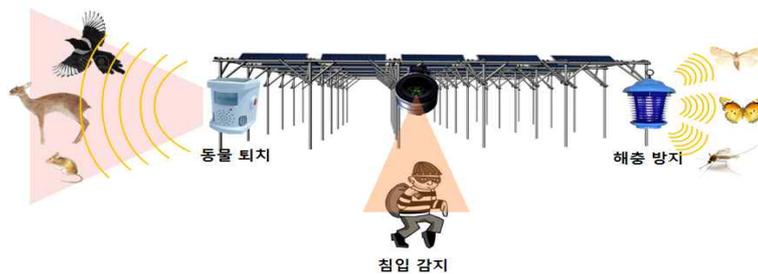


그림 18. 시스템 및 작물 보호를 위한 침입 방지 제어 시스템 개발 예시.

- 모듈 가변 자동화 시스템 개발
 - 기상 및 환경 변화, 계절별 남중고도 및 작물 생육 변화에 따른 태양광 발전용 모듈 가변을 위한 트래킹 자동화 기술 개발
 - DC 제어 모터를 이용 각 환경 및 상황에 따른 모듈 가변 자동화 원격 제어 시스템 개발 및 구축

(2) 농업용 액상 살포 시스템 개발 및 구축

(가) 와이드타입 고압 분무 장치 개발

- 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 구조물을 이용한 농업용 액상 살포 (분무) 시스템 개발 및 구축
 - 작물에 균일한 분사 및 효과를 위한 노즐 개발 (각 노즐의 분사 압력이 일정하도록 조절할 수 있도록 함)
 - 쉬운 운용 및 O&M 가능한 장치 개발

표 2. 상황별 태양광 발전용 모듈 가변 시스템 운용 예시

운용모드	기상 상황	패널 각도
농작물 보호 모드	폭우, 강풍, 우박	수평
패널 보호 모드	폭설	수직
발전 모드	기본 날씨	10 ~ 30 °
농작물 생육 모드	기본 날씨	태양 위치별 채광 고려

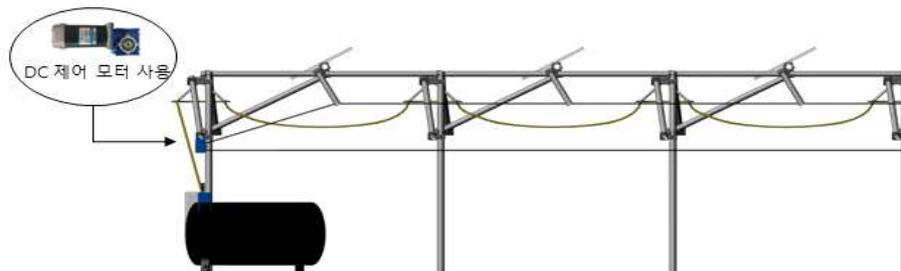


그림 19. 태양광 발전용 모듈 트래킹 기술 적용 예시.

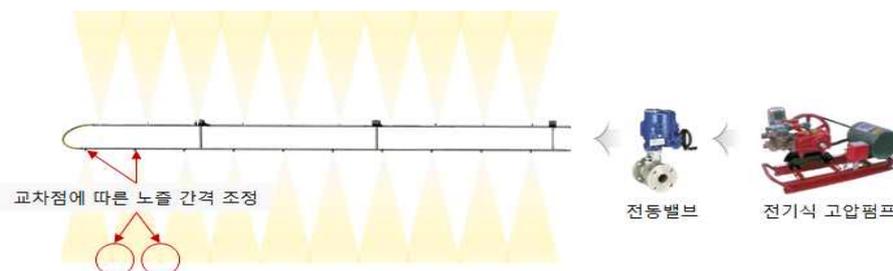


그림 20. 한국형 태양광 이모작용 농업 액상 살포 와이드타입 고압 분무 시스템 개발 예시.

(나) 농업용 액상 저장탱크 수위 알림 기능 개발

- 농업용 액상 저장탱크는 총 2대를 운용하며 각각 농약 전용, 물 및 액상 퇴비 전용으로 분리하여 구성(농약의 위해요소를 줄이기 위함)
- 저장탱크 안에는 최저 수위와 최고 수위를 감지할 수 있는 2개의 센서를 각각 구성하고 3차년도 사용자 모바일의 알림 기능을 위한 통신용 보드를 개발하여 부착
 - o 육안으로 인식할 수 있는 알람을 위한 버저 (Buzzer)를 추가함

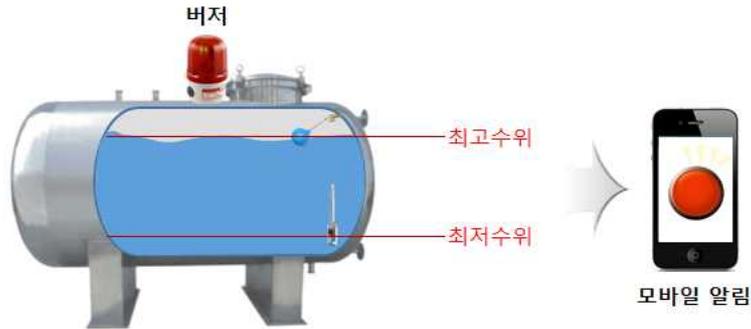


그림 21. 농업용 액상 살포 시스템용 저장탱크 수위 알림 기능 개발 예시.

(다) 농업용 액상 살포 스케줄링 기술 개발

- 액상 살포는 액상 살포 알고리즘을 토대로 진행하며 적정 수위가 되었을 경우 진행하도록 함
- 전기식 고압펌프는 모든 밸브가 닫힌 상태일 경우 자동으로 off되는 기능을 포함
- 현장에서 바로 제어가 가능할 수 있도록 자동/수동 모드 운영이 가능한 제어장치 개발

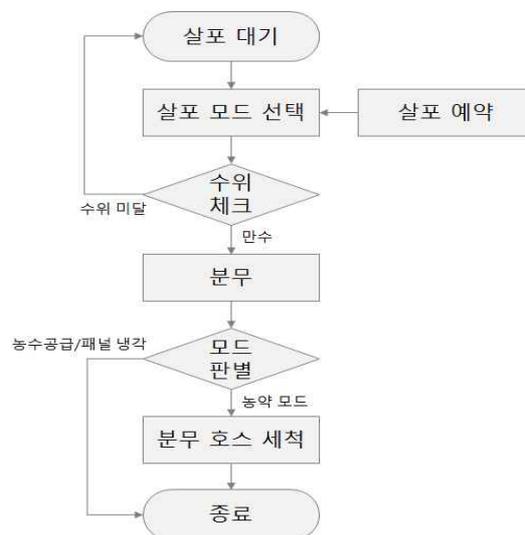


그림 22. 액상용 살포 시스템 자동/수동 제어 알고리즘 개발 예시.

라. 재배기술 실증

(1) 대상 작물 선정 및 실증

- 각 실증단지 별 작물은 벼, 밭 및 과수별로 각각 선정하여 실증 및 표준재배 기술 개발 연구를 추진함.
 - 벼 : 충북 오창 1개소 (15kW/구축 완료) 및 전남 나주 1개소 (10kW/구축) 각각 운용
 - 밭 작물: 충북 오창 1개소 (15kW/구축 완료) 및 전남 나주 1개소 (10kW/구축) 각각 운용예정이며, 밭 작물의 경우 1개소에 이모작이 가능한 작물 선별하여 각각 실증연구 품종으로 선정함.
 - 과수: 전남 나주 1개소 (혹은 2개소)에 구축 및 운용 예정이며, 배를 대상으로 수행하였음.
- 각 실증 사이트는 스마트영농시스템을 적용하여 원격 모니터링을 통한 상시 모니터링, 월 1회 이상 실증 사이트 방문을 통한 현장 모니터링을 통해 작물 및 시스템을 점검하고, 표준 재배법 개발을 위한 재배 지침 및 재배 기술 등 확인 수행

(2) 작물 생육 분석

- 각 실증단지 별 시험재배지와 비교재배지를 각각 선정하여 시료를 채취하고 이에 대한 작물별 감수율 등을 분석함.
 - 분석은 공인인증기관에 의뢰하여 분석 및 평가함.
- 해마다 분석된 결과를 바탕으로 농업 & 태양광 발전 병행 시스템의 개선 방안을 도출하고 개선 모델을 개발함.

(3) 표준 재배기술 도출

- 작물별 표준 재배 기술 및 비즈니스 모델 도출을 위해 전 실증 사이트 별 재배 결과 등을 분석하여 최적 작물 선정 및 이에 대한 표준 재배기술을 도출
 - 최적 작물 선정 방법 : 지역 일조조건, 작물별 광포화점, 구조물의 수평투영면적 최적 비율 등 감안

제 2장 국내·외 현황

제 1절 국내 현황

- 본 연구과제 이전에서는 국내의 경우 농업 (혹은 축산업 등)과 태양광 발전을 병행 시스템과 같은 형태는 대부분 기존의 시설의 지붕 및 구조물에 단순히 태양광 발전 시설을 설치한 passive¹⁾형 시스템 위주로 도입됨.



그림 23. 농업 시설물을 활용한 국내 병행형 태양광 발전 시스템 (Passive형) 적용 사례.

- 또한, 영농과 발전을 동시에 영위하기 위한 특화된 태양광 발전 시스템에 대한 기술 개발 및 농작물 생육에 연구 및 개발 사례 미진함.
- 2016년 국내 최초로 농업 & 태양광 병행 발전 시스템을 눈에 적용하여 수확을 시작한 본 과제 참여기업인 농업회사법인 솔라팜(주)는 논과 밭에 각각 15kW 규모로 농업 & 태양광 병행 시스템을 도입하였으며, 조생종 벼, 배추, 감자 등 다양한 작물을 대상으로 재배를 성공하였으며 감수율 15% 이하를 달성하였음.
- 농림축산식품부 지원 첨단생산기술개발사업을 통해 재단법인 녹색에너지연구원, 농업회사법인 솔라팜(주) 그리고 에스엠소프트웨어(주)는 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 개발 및 실증을 위한 국책과제를 첫 수주하여 3년 동안 다양한 작물을 대상으로 표준 구조물 및 재배기술 실증연구를 수행하였음.
- 이후 아래 표와 같이 농업과 태양광 발전 병행 시스템 개발 및 보급 사업이 활발하게 수행중이며, 한국남동발전은 국내 최초로 100kW급 규모로 경남 고성군 논 약 2,000평 규모로 실증단지를 구축하였음.
- 또한 산업통산자원부 지원 에너지기술개발사업을 통해 원광전력(주), 한국남동발전, 재단법인 녹색에너지연구원 및 솔라팜(주) 등은 100kW급 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 실증연구 3년째 추진 중이며, 전남 나주 (밭), 충북 오창 (밭) 그리고 인천 영흥 (포도)에

1) Passive형 시스템 : 농업과 태양광 발전을 적극적으로 추진하기 보다는 기존 구조물을 단순 활용하는 소극적인 형태

각각 100kW급으로 실증단지를 구축하여 실증연구 중임.



그림 24. 국내 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 개발 및 실증 개표 사례; (a) 15kW급 벼 실증단지/충북 오창 (솔라팜), (b) 15kW급 밭 실증단지/충북오창 (솔라팜), (c) 100kW급 밭 실증단지/충북 오창 (솔라팜), (d) 100kW급 포도 실증단지/인천 영흥 (남동발전), (e) 100kW급 밭 실증단지/전남 나주 (전남농업기술원), (f) 10kW급 녹차 실증단지/전남 보성 (전남농업기술원), (g) 70kW급 밭 실증단지/경기 성남 (해여름), (h) 10kW급 배 실증단지/전남 나주 (녹색에너지연구원) (i) 10kW급 배 실증단지/전남 나주 (녹색에너지연구원) (j) 100kW급 벼 실증단지/전남 순천 (과루), (k) 73kW급 벼 실증단지/경기 가평 (한국수력원자력).

- 이외에도 (주)과루와 한국수력원자력은 기존 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 (분산형 구조물)과 다른 형태의 구조물 개발 및 실증연구가 각각 추진 중임.

표 3. 국내 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 보급 및 실증 현황 (2018년 기준)

설치연도	지역 (업체)	대상 작물	규모 (kW)	구조물 타입	차광률 (%)
2016	충북 오창 (솔라팜)	벼 (고시히카리)	15	분산형	29
		배추, 감자	15	분산형	29
2017	경남 고성 (남동발전)	벼 (운광, 새누리)	100	분산형	28, 32
	경기도 가평 (한수원)	벼	73	지주형	-
	전남 나주 (녹색에너지연구원)	배추, 마늘	10	분산형	30
2018	충북 오창 (솔라팜)	참깨, 배추, 무루	99	분산형	31.5
	인천 영흥 (남동발전)	포도	99	분산형	30
	전남 나주 (녹색에너지연구원)	배추, 마늘, 양파	99	분산형	28, 30
	전남 나주 (녹색에너지연구원)	배	10	분산형	30
		배	10	분산형	30
	전남 순천 (파루)	벼, 보리	100	지주형	-
	충북 청주 (HS솔라)	벼 (찰벼)	98	분산형	25, 30
	경북 군위 (GS건설)	벼	50	분산형	31.5
		콩	50	분산형	31.5
경기 성남 (해여름)	마늘, 양파 (쌈채)	70	분산형	31.5	
2019	전남 영광 (한수원)	옥수수	100	지주형	-
	전남 보성 (개인)	벼	100	분산형	30

- 최근, 전남 보성에는 벼 작물 대상 100kW급 농업 & 태양광 발전 병행 시스템이 국내 최초로 개인 농민에 의해 계통연계형 모델로서 구축되어 운용 중이며, 본 보급사례는 본 연구과제 사업화 사례임.



그림 25. 국내 개인 농민 첫 계통연계형 한국형 태양광 이모작 (농업 & 태양광 발전 병행) 시스템 사업화 및 보급 사례.

제 2절 국외 현황

1. 일본

- 일본에서는 나가시마 아키라가 (Akira Nagashima) 2009년 처음 제안하여 시작된 솔라-쉐어링 (Solar sharing)은 농업과 태양광 발전의 공동 영위를 위해 태양광 발전 시스템 및 농작물을 최적화한 Active형²⁾ 시스템 위주로 도입 됨.
 - 태양광 발전 배치, 구조물, 적용 작물에 대한 폭넓은 연구를 기업과 대학연구소 등이 공동으로 추진 중임.
 - 2013년 4월1일 일본 농수성에서 솔라쉐어링을 위한 농지전용에 대한 가이드 발표하였으며 농업과 태양광 발전 병행 시스템의 보급 및 적절한 시공법을 전국에 보급할 목적으로 재단법인 발족하여 활발히 활동 중임.
- 일본의 솔라-쉐어링 발전소는 2013년 6개소 설치를 시작으로 2015년에는 600개소가 설치 됨. 솔라-쉐어링 설치 업체수는 10여개가 넘으며, 다양한 형태의 구조물이 개발 및 상품화되고 있음.
- 또한, 솔라-쉐어링 발전소는 대규모 사업자가 아닌 소규모 농업인이 직접 참여하는 방식으로 확산 및 보급이 진행되고 있음.



그림 26. 일본의 솔라-쉐어링 (active형) 적용 사례.

2. 유럽

- 독일의 Fraunhofer ISE 연구소는 Agrophotovoltaic (APV)라 명명하고 APV-RESOLA (Agrophotovoltaics Resource-Efficient Land Use) 프로젝트 진행 중이며, Fraunhofer ISE 연구소는 트러스 구조를 개발하여 비교적 넓은 스펠 간격과 5 m 수준의 높이의 구조물을 개발하여 다양한 밭 작물을 대상으로 실증연구를 진행 중임.
 - Fraunhofer ISE에서는 농업 & 태양광 발전 병행 시스템에서 재배한 작물을 수확량 기준

2) Active형 시스템: 농업과 태양광 발전을 병행하기 위한 전용 태양광 발전 시스템을 농지에 적극적으로 도입하는 형태

3개군 (+, 0, -)으로 각각 분류하고 있으며, 이 분류는 +는 해당 시스템 하부에서 수확량이 증가하는 작물, 0은 일반 농지와 수확량이 비슷한 작물, 그리고 -의 경우 일반 농지 대비 수확량이 감소하는 작물로 각각 구분하고 있음.



Classification of Germany's economically most relevant (food) plants:

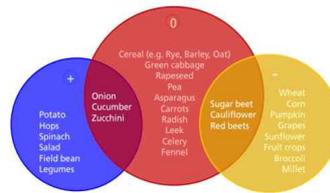


그림 27. 독일 fraunhofer ISE 연구소의 agrophotovoltaic (APV) 실증 단지 및 수확량 분류.

- 프랑스 및 스페인 등에서는 Solar double cropping이라는 명칭으로 태양광 발전과 작물의 공동재배를 위한 대단위 시범 사업 실시 중임. 특히 프랑스의 경우 아래 표와 같이 인산, 레몬밤, 꽃 등 다양한 작물을 대상으로 실증 중임.
- 유럽의 경우, 국내 보다 농지 면적이 넓고 농기계 크기가 커 국내 개발 구조물 보다 규격이 크게 개발되어 비교적 차광률이 낮은 것이 일반적이나, 최근 프랑스 등에서의 이상기후에 따른 폭염에 따라 최근 차광률을 높이거나 트래킹 기술을 이용한 차광률 조정에 따른 음영지역 발생에 대한 실증이 진행 중임.

2. 기타 국가

- 미국의 NREL은 2013년 태양광과 식생 재배의 공존 가능성을 고찰한 바, 농업 유휴지를 활용하는 방안, 목초지를 대상으로 공존 가능성을 검토하였음.
- 또한 중국의 경우, 정부가 중국내 낙후지역의 소득창출의 목적으로 태양광 발전소 지원정책을 2013년부터 시작하여 2016년에는 중국 전역으로 확대하고 있음.



그림 28. 중국 안휘성 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 구축 사례.

표 4. 프랑스 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 실증 사례

지역	재배면적	용량	모듈형식	재배작물	사진
Saysses	3.3 ha	4.3 MW	다결정 실리콘 태양광 발전용 모듈	인삼	
Saint-Pierre, La Réunion	3.88 ha	2.1MW		레몬밤	
	3.88 ha	2.1MW		제라늄 버번	
Saint Louis - Reunion Island	2.77 ha	1.86MW		패션프루트	
Antilles	4.0 ha	2.0MW		양봉용 꽃	

제 3장 연구수행 내용 및 결과

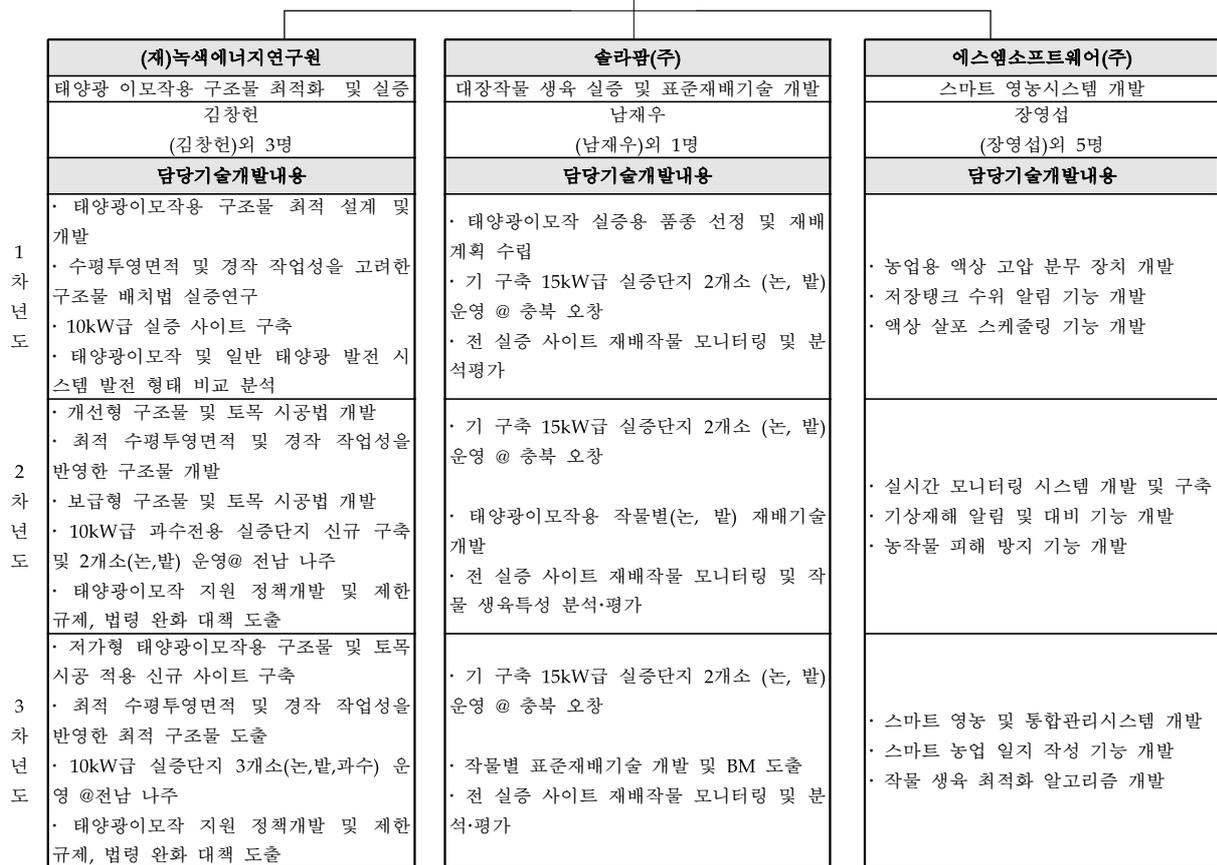
제 1절 추진체계 및 일정

1. 추진체계 및 전략

가. 추진체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	한국형 태양광이모작 (농업&태양광발전 병행) 스마트 영농 시스템 개발	주관연구책임자 (김창현) 외 총 12명

기관별 참여 현황		
구 분	연구기관수	참여연구원수
대 기업		
중견기업		
중소기업	2	4
대 학		
국공립(연)		
출 연 (연)	1	8
기 타		



나. 추진전략

(1) 전략 1. 작물 재배 표준 기술 개발

(가) 논 작물

항목	구분		2016 (선행)	2017	2018	2019
재배작물	논 작물		벼			
지역 및 품종	오창 (논)	조생종	고시히카리	동진벼 등 전남의 대표품종		
	전남 (논)	중생/ 만생종	-	재배시점은 2017년 (시설물 완공 시점 따라 조절)		
재배기술	씨래질		기존 농법	기존 농법 (오창 1년 선행)	1차년 결과 반영 (오창 1년 선행)	2차년 결과 반영 (오창 1년 선행)
	모내기					
	비료(퇴비)					
	방제					
	유기농 방법					
	수확					
	물관리					
기타						
농기계 필요 여부	트랙터		농기계 작업은 동일하게 진행			
	이앙기					
	콤바인					
	기타					
필요면적	실증재배지 : 100평 이상, 비교재배지 : 100평 이상					
대상지 선정	대상 품종으로 기존에 농경을 영위하고 있는 농경지					

(나) 밭 작물

항목	구분		2016 (선행)	2017	2018	2019
재배작물	밭 작물		2모작 가능 작물 적용	광포화점을 감안하여 후보 작물 선정		
지역, 품종, 시기	오창 (밭)	봄	감자 (구근작물의 대표 작물)			
		여름	배추 (엽채작물의 대표 작물)			
	전남 (밭)	봄	-	전남의 대표 밭작물 (구근, 엽채, 열매 등)		
		여름	-	전남의 대표 밭작물 (구근, 엽채, 열매 등)		
재배기술	경작지 관리		기존 농법	기존 농법 (오창 1년 선행)	1차년 결과 반영 (오창 1년 선행)	2차년 결과 반영 (오창 1년 선행)
	파종					
	비료(퇴비)					
	방제					
	유기농 방법					
	수확					
	관수					
기타						
농기계 필요 여부	트랙터		농기계 작업은 동일하게 진행			
	기타					
필요면적	실증재배지 : 100평 이상, 비교재배지 : 100평 이상					
대상지 선정	대상 품종으로 기존에 농경을 영위하고 있는 농경지					

- 배추는 엽채류 중 광포화점이 높음 (배추 40klux, 상추 25klux)
- 감자는 구근류 중 광포화점이 높음 (감자 30klux, 고구마 12klux)

- 따라서 위의 작물들이 재배가 가능하면, 소속 작물군의 다른 작물도 재배 가능할 것으로 예상
- 벼 (40~50) 보다 광포화점이 높은 작물은 향후 연구과제로 하는 것이 바람직함 (예 : 수박 80, 토마토 70, 오이 55 등)

(다) 과수

항목	구분	2016 (선행)	2017	2018	2019
재배작물	과수	-	배		
지역 및 재배기술	경작지 관리	-	기존 농법	1차년 결과 반영	2차년 결과 반영
	식재				
	비료(퇴비)				
	방제				
	유기농 방법				
	수확				
	관수				
기타					
농기계 필요 여부	트랙터	농기계 작업은 동일하게 진행			
	기타				
필요면적	실증재배지 : 100평 이상, 비교재배지 : 100평 이상				
대상지 선정	기존 과수원에 기존 과수 위에 설치				

- 배의 광포화점은 40으로 벼와 유사, 그러나 일년생 작물이 아닌 다년생 과수로 주의 관찰 필요
- 기존 과수 위에 설치하므로 구조물 설계 시 감안
- 방조망 설치 등을 감안하여 구조물 설계

(2) 전략 2. ICT 기술 개발

(가) 작물재배 시 태양광모듈 경사각 조절

- 일조량 조절 : 일정 일조량 이하면 태양광모듈을 일조량이 많이 들어오는 각도로 조절
- 강풍 대비 : 일정 풍속 이상이면 태양광모듈을 수평으로 배치
- 폭우 대비 : 폭우 시 태양광모듈을 수평으로 배치
- 폭설 대비 : 폭설이나 일정 적설 시 태양광모듈을 수직 또는 67도 이상으로 배치
- 방제 시 : 항공방제 시 태양광모듈을 수직으로 하여 약제 살포 효과 최대화
- 기타 : 작물에 따라 생육 시기에 따라 적절한 조치
- 평상 시 : 발전량 증대를 위한 경사각 자동 조절 장치 (추적식) 가동

(나) 발전량 증대를 위한 경사각 조절

- 수동 가변장치 : 기본 장착
- 1축 추적식 : 남북 방향, 매일 일출부터 일몰까지 추적, 매일 남중고도 보정
- 2축 추적식 : 동서/남북 방향, 매일 일출부터 일몰까지 추적, 매일 남중고도 보정)

(다) 센서 및 데이터 저장

- 기상측정장비 : 온/습도, 일사량, 강우량, 풍향/풍속
- 광센서 : 노지이므로 일사량 정도면 충분할 것 (PPF(광합성광량) 배제)
- 베이스노드 : 무선데이터전송장치 (최대 1km)
- 토양환경센서
- 작물 상황 원격 모니터링 : 휴대폰 모니터링

다. 위탁연구 및 외부용역 현황

(1) 외부용역 현황

구분	과제명	발주기관	수행자 (수행기관)	위탁 또는 용역 필요성	위탁 또는 용역 목표 및 내용	연구기간	소요금액 (천원)
외부용역	작물 재배 (구조물 설치 공간 임대)	솔라팜	지역 농업인	실제 작물별 농업 환경을 그대로 유지하기 위함 (발전량 분석)	재배 농지 당 1인 = 5인 (오창 논1, 밭1, 전남 논1, 밭1, 과수원1)	작물재배 기간 (3년 지속)	논, 밭 인당 연간 200만원, 과수 400만원

* 외부용역비 산정 근거 : 재배지 + 비교재배지의 감수량, 샘플링에 따른 로스, 농법 변경에 따른 수용
도 증대, 재배 내용 수시 파악 등

* 과수의 경우 기존 과수에 혹시 있을 데미지를 감안하여 증액함.

2. 추진일정

(1) (재)녹색에너지연구원

일련 번호	연구내용	1차년도												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		월별 추진 일정													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	태양광이모작용 구조물 최적 설계 및 개발													4,000	임철현 (녹예연)
2	농지에 따른 최적 토목 시공법 개발													10,000	김현기 (녹예연)
3	태양광 모듈 사이즈 및 규격에 따른 수평 투영면적 최적화													6,000	김현기 (녹예연)
4	농기계 작업성, 농경부지 로스, 설치 원가, 구조적 안정성 고려한 배치 최적화													6,000	임철현 (녹예연)
5	10kW급 실증 사이트 2개소(논, 밭) 구축													40,000	임철현 (녹예연)
6	비교 발전 시스템 구축·운영													5,000	임철현 (녹예연)

2차년도															
1	부분 침하 등 기초토목 보강 설계 및 보수법 개발													6,000	김근호 (녹예연)
2	낙수물로 인한 농작물 및 기초지반 약화 개선책 개발													6,000	김근호 (녹예연)
3	최적 수평투영면적(>30%) 적용 구조물 재시공													10,000	임철현 (녹예연)
4	나주배 과수원 대상 10kW급 실증 사이트 1개소 신규 구축													30,000	임철현 (녹예연)
5	비교 발전 시스템 구축·운영 규제 및 법령 완화안 도출													5,000	임철현 (녹예연)
3차년도															
1	최적 구조물 도출													20,000	김근호 (녹예연)
2	구조물 최적 배치 조정 시공													15,000	임철현 (녹예연)
3	농민 지원 정책개발													1,200	임철현 (녹예연)
4	시범사업 기획													1,800	임철현 (녹예연)
5	가중치 조정 협의													1,500	김창현 (녹예연)
6	규제 및 법령 완화안 도출													1,000	김창현 (녹예연)

(2) 솔라팜(주)

1차년도															
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	작물 선정 농가 계약													12,000	김창한 남재우
2	작물 재배 /모니터링													4,200	김창한
3	작물 수확 분석/평가													25,000	남재우 (외부)
4	모듈 각도 조절장치 설치 (오창) 운영/보완													12,114	남재우
5	발전량 모니터링 /분석													10,200	남재우
2차년도															
1	작물 선정													12,000	김창한

2	작물 재배 /모니터링														4,200	김창한
3	작물 수확 분석/평가														4,000	남재우 (외부)
4	모들 각도 조절장치 운영/보완														850	남재우
5	발전량 모니터링 /분석														500	남재우
3차년도																
1	작물 선정														12,000	김창한
2	작물 재배 /모니터링														4,200	김창한
3	작물 수확 분석/평가														4,000	남재우 (외부)
4	모들 각도 조절장치 운영/보완														850	남재우
5	발전량 모니터링 /분석														500	남재우
6	작물재배 표준기술 개발														4,000	남재우
7	비즈니스 모델 개발														8,400	남재우

(3) 에스엠소프트웨어(주)

1차년도																
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	개발 계획 수립														4,610	이온찬
2	농업용 액상 살포 시스템 설계														12,540	이온찬
3	와이드형 고압 분무 장치 개발														12,190	이온찬
4	저장탱크 수위 알림 기능 개발														5,190	이온찬
5	액상 살포 스케줄링 기능 개발														16,000	이온찬
6	실증 사이트 태양광 모니터링 시스템 구축														17,220	이온찬
7	성능 검증														6,736	이온찬
2차년도																

1	패널 자동제어 기능																	22,200	이온찬
2	기상재해 알림 및 대비 기능 개발																	8,250	이온찬
3	농작물 피해 방지 기능 개발																	16,940	손민용
4	성능 검증																	5,246	이온찬
3차년도																			
1	스마트영농시스템 세부 설계																	6,610	이온찬
2	태양광 작물 모니터링 기능 개발																	15,330	이온찬
3	농업 일지 작성 기능 개발																	9,870	손민용
4	작물 생육 최적화 기능 개발																	16,200	이온찬
5	스마트 영농시스템 최적화																	15,520	이온찬
6	성능 검증																	5,031	이온찬

제 2절 연구내용 및 결과

1. 연구내용

가. 선행연구를 통한 개선안 도출

- 기초 시공법 개선 : 농지 및 작물 맞춤형 기초시공법 개발
- 농작업 및 작물 최적화 된 구조물 개발 : 농기계 등 농업 작업에 용이한 구조물 규격 및 모듈에 의한 차광률 최적인 적용 구조물 개발
- 태양광 이모작용 모듈 개발 : 태양광 발전용 모듈에 의한 음영, 낙숫물 등을 고려한 전용 모듈 개발
- 경제성 등 확보 가능한 요소기술 등 개발

(1) 농기계 작업성 검토

- 작물별 대상 농기계의 작업 높이와 범위 조사를 통해 태양광 이모작용 구조물 개발
 - 논 : 6조이앙기, 중형 트랙터(중형 씨래 포함), 중형 콤팩트
 - 밭 : 중형 트랙터
 - 현재 국내에서 이용되는 농기계의 종류 및 규격이 다양하고 대형 농기계의 경우 적용이 어려워 대표적인 농기계를 대상으로 본 연구에 적용함.
- 따라서, 태양광 이모작용 구조물의 최저 높이는 2.7 m, 기둥의 간격은 충북 오창 실증단지 4 m 그리고 전남 나주 실증단지는 6 m로 각각 적용하였음
 - 개발 구조물의 기둥 간격의 경우, 논 6조 이앙기가 왕복으로 운용이 가능하도록 적용되었음.



그림 34. 솔라팜(주)의 논 실증단지의 농기계 운용 모습.

(2) 기초시공법 검토

- 충북 오창에 기 설치된 15kW급 논 실증단지의 경우 아래 그림과 같이 아연도강판 하부에 콘크리트 기초를 적용하였으며, 해당 콘크리트 기초구조는 구덩이를 파고 기초 시

공 후 되메우기를 하였음.

- 하지만, 아연도강관의 경우 심미성이 떨어지고 현장 작업 시 제단 및 용접 작업 등의 작업성이 떨어지고, 논 지반 특성상 썩래질 등 농작업을 수행하는 트랙터 등의 전복 및 부지 침하 문제 발생함.
- 또한, 기초 구조물 부분 부분 침하 발생 등의 다양한 문제점이 도출됨.



그림 35. 기 구축 중복 오창 논 실증단지 내 기초시공에 따른 문제점 도출.

(3) 작물 기반 구조물 및 시공법 개선

- 기 구축 중복 오창 실증단지의 경우, 구조물 표준 구조물 개발이 미비함에 따라 구조물과 모듈 간 규격의 불일치 발생하였으며 또한 모듈 각도 고정 및 조정이 어려움.
- 모듈의 차광효과에 따른 벼의 도복 현상 발생 및 낙수효과에 따른 작물 고사 발생 등 표준 모듈 규격, 차광율 그리고 배치 등 최적화가 요구됨.



그림 36. 슬라팜(주)의 기 구축 태양광 이모작 구조물 시공 사례.

표 5. 슬라팜(주) 기 구축 태양광 이모작 구조물 및 시공법에 따른 문제점 도출

차광율 (%)	풍압강도 (m/s)	구조물		기초 시공법	문제점 도출
		규격 (m, 가로 x 세로 x 높이)	재료		
30	35	3.5 x 4.0 x 3.3	아연도강관	말뚝기초	구조물 하부 부분침하 및 침수 발생
28~32	35	3.5 x 4.0 x 3.5	아연도강관	나사말뚝	기초 구조물 현장 작업성 낮음

나. 기초시공법 및 요소기술 개발

(1) 기초시공법 개선 및 개발

(가) 나사말뚝 기초 시공법 개선 및 개발

① 높이 조절용 전나사 타입 기초파일 개발

- 기존 전나사 타입의 기초파일에서 태양광 이모작 구조물의 작업성 개선을 위한 높이 조절용 전나사 타입 기초 파일을 개발하였음.
- 나사말뚝 기초파일은 전나사 타입으로 개발되었으며, 파일의 약 4/5부분까지 나사선이 적용되었음.
- 기존 전나사 타입의 기초파일을 이용한 기초시공을 추진하였으나, 아래 그림과 같이 지반 특성에 따른 불규칙적 시공 문제 발생함.

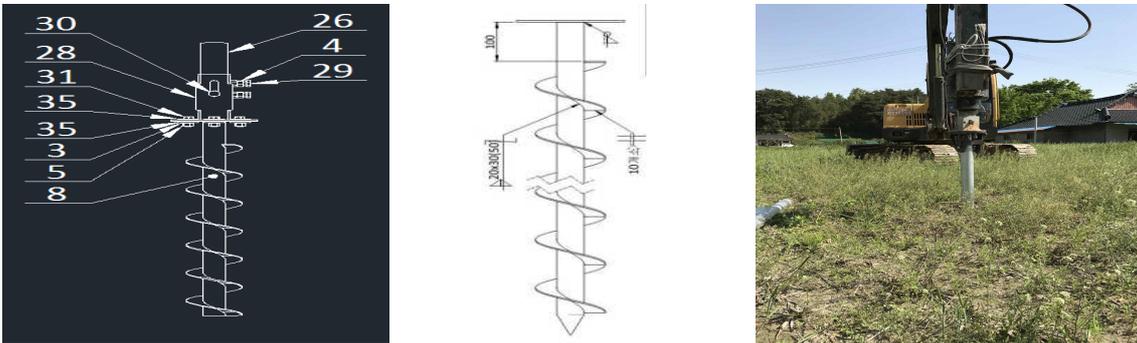


그림 37. 태양광 이모작용 전나사 타입 나사말뚝 설계도면 및 시공 모습.



그림 38. 지반 특성에 따른 전나사 타입 나사말뚝 불규칙적 시공 모습.

② 부분나사 타입 기초파일 개발

- 위와 같이, 기존 전나사 타입에서 부분나사 타입의 기초파일로 최종 개선형 기초시공 구조물을 개발하였음.

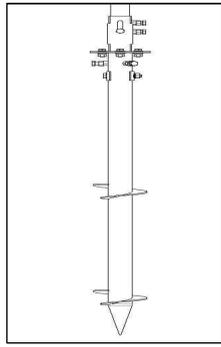


그림 39. 태양광 이모작용 부분나사 타입 나사말뚝 기초파일 설계도면 및 시공 모습.

(나) 독립기초시공법 개선 및 개발

- 농지 지반 및 주변 환경에 따라 기초 파일 등 시공이 어렵거나 장비 진입이 어렵고, 동시에 농지 및 작물 생육 등에 영향이 최소화가 가능한 독립기초 시공법을 개발함.
- 아래 그림과 같이, FRP 재질의 독립기초용 케이스를 제작하였음.
- 독립기초용 FRP 케이스에 기초 구조물을 설치하고 케이스 덮개를 씌운 후 마지막으로 콘크리트를 케이스안에 충분히 충전시키는 방식으로 농지 밭으로 콘크리트나 기초 구조물이 노출되지 않도록 하였음.
- 해당 구조물은 전남 나주 배 과수용 접이식 구조물 기초시공에 이용됨.

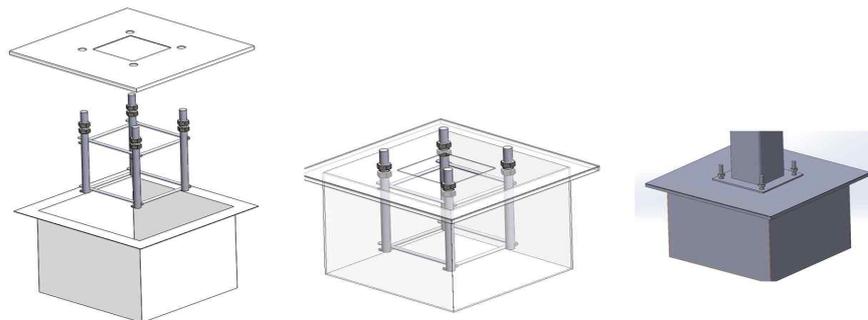


그림 40. 한국형 태양광 이모작 구조물용 FRP 재질의 독립기초시공법 개발 도면.



그림 41. 한국형 태양광 이모작 구조물용 FRP-독립기초시공 모습.

(2) 태양광 이모작 구조물용 부품 개발 및 제작

- 개발 구조물의 설치 용이성 및 조립성 향상을 위한 필수 부품 개발 및 제작을 각각 수행함.
- 아래 그림 및 표와 같이 레버이격브라켓, 파이프 고정브라켓, 태양광모듈 고정브라켓, 레버 고정브라켓 1, 레버 고정브라켓 2, 연동바 고정브라켓, 레버 고정브라켓 3, 파이프 연결브라켓, 베어링 고정브라켓, 기둥파이프 고정브라켓 등 부품 10종을 각각 개발함.

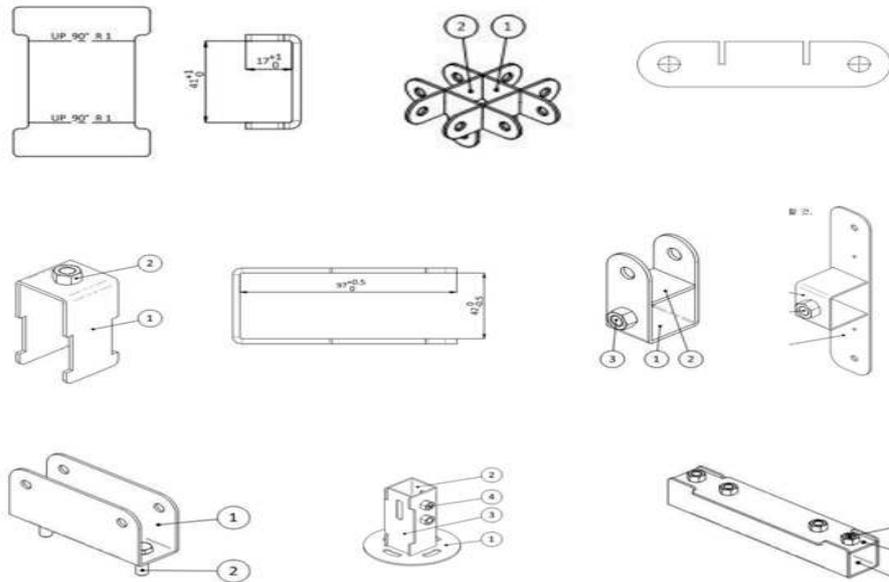


그림 42. 한국형 태양광 이모작 구조물용 개발 부품 도면.

표 6. 한국형 태양광 이모작용 구조물 개발 부품 규격 .

품 명	규 격	수 량
레버이격브라켓	- EEP0040/3.2T/SS400	1
	- EEP0049/3.2T/SS400	2
파이프 고정브라켓	- EEP0020,21/4.5T/SS400	80
태양광모듈 고정브라켓	- EEP0027,28/2T/SS400	162
레버 고정브라켓1	- EEP0029/3.2T/SS400	9
레버 고정브라켓2	- EEP0030/3.2T/SS400	9
연동바 고정브라켓	- EEP0031,32/3.2T/SS400	9
레버 고정브라켓3	- EEP0033/3.2T/SS400	1
파이프 연결브라켓	- EEP0034,35/3.2T/SS400	27
베어링 고정브라켓	- EEP0036/4.5T/SS400	36
기둥파이프 고정브라켓	- EEP0037,38,39/4.5T/SS400	16

다. 태양광 이모작용 모듈 개발 및 제작

(1) Half 사이즈 모듈 개발

- 태양광 이모작 시스템은 농업과 태양광 발전 병행을 위해 모듈에 의한 농작물의 차광율과 낙수피해 최소화가 필수적이며, 본 태양광 이모작용 모듈 개발을 위해 일반 태양광 모듈 대비 half 사이즈의 모듈 개발을 수행하였음.
- 개발 모듈은 다결정질 실리콘 모듈로서 정격출력 (Wp) 150W 모듈 (3x12 cell)로 1956 x 508 x 33.8 mm의 사이즈로 개발하였으며 기타 세부 사항은 아래 표와 같다.

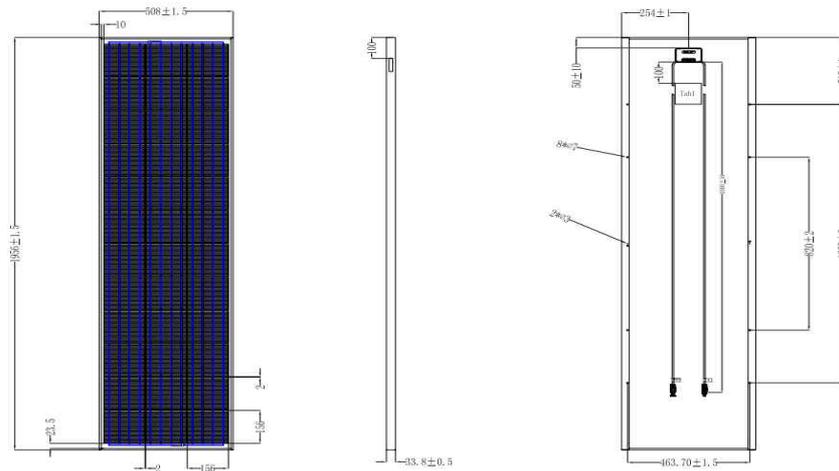


그림 43. 한국형 태양광 이모작용 태양광 발전 모듈 개발 도면.

표 7. 태양광 이모작용 태양광 발전용 개발 모듈 세부사항

구분	수치	비고
정격출력 Pm (Wp)	150W	
최대출력 전압 Vmp (V)	19.81V	
최대출력 전류 Imp (A)	8.08A	
개방전압 Voc (V)	22.09V	±10%
단락전류 Isc (A)	8.53A	90% up
모듈효율 (%)	15.1%	
크기 (mm)	1956 x 508 x 33.8	
중량 (kg)	10Kg	

라. 태양광 이모작 구조물 개발 및 구축

(1) 구축 부지 선정

(가) 논 전용 부지 선정

- ① 전남 나주 왕곡면 양산리 513

- 설치규모 : 100kW급 (약 100평)
- 부지특성 : 답
- 구축내용
 - 임대계약 ('17. 4.11)을 체결한 상기 농지에서 태양광 구조물 구축 중 이웃 주민으로부터 민원발생 ('17. 5.26) 후 수 차례 중재에 나섰으나 주민 간 갈등으로 심화되어 임대자가 사업포기를 요청함 ('17. 6.19)에 따라 구축이 중단 됨.
 - 벼 대상 실증단지 구축을 위한 부지는 재선정을 추진함.

솔라팜

출장결과 보고서

일 시 : 2017년 4월 11일
 장 소 : 임정근 사장 자택 (전라남도 나주시 왕곡면 양산길 37-11) 및 대상 부지
 출 장 자 : 솔라팜 김창한 대표, 남계우 부사장 (연구과제 참여 연구원)
 출장목적 : 연구용역 (위촉) 계약 및 병행농업 교육
 출장내용 :

농림축산식품부의 첨단생산기술개발사업 연구과제인 "한국형 태양광 이모작 (농업&태양광발전 병행) 스마트 영상 시스템 개발"에서 태양광발전 병행 농업을 실제 수행할 농업인과 부지와 용역을 제공하는 계약을 체결하고, 태양광발전 병행 농업 방법을 교육함.

1. 부지 실사



- 위 용역을 수행하기 위한 발전소를 건설하고 하부에서 농업을 실시할 부지를 실사함.
 - 주소 : 왕곡면 양산리 513번지
 - 면적 : 900 평
 - 지목은 전이나 현재 답으로 활용, 벼 재배 중
 - 입지 : 설치 면적 약 100평을 대상부지 서쪽 논두렁에 붙여서 설치, 남쪽 도로 부터도 상당부분 이격시켜 대조곤 확보
 - 인허가를 최대한 빨리 하여 논 물대기 전(6월초)에 공사 완료
2. 연구용역 (위촉) 계약 체결
- 연구용역 (위촉) 계약 체결 완료. 첨부 계약서를 충분히 설명하고 계약을 체결함
 - 계약 당사자는 본 솔라팜으로 하고, 설비 관리에 관한 의무를 추가하는 형태로 함. (녹색에너지연구원과 사전 합의한 사항임)
3. 병행 농업 교육



그림 44. 벼 전용 부지 선정을 위한 전남 나주 왕곡면 임대채결 내용.



그림 45. 민원발생에 따른 벼 전용 태양광 이모작 구조물 구축 및 철거 사진.

- ② 전남 나주 노안면 금안리 324 (216 m²)
- 설치규모 : 100kW급 (약 100평)
 - 부지특성 : 답
 - 구축내용

- 전남 나주 왕곡면 양산리 실증단지 구축은 민원발생으로 인해 전남 나주 노안면 금안리로 재선정 후 인허가 등 추진하였으나, 해당 부지는 인허가 추진 시 테스트베드 구축 대상지와 시도유형문화재 제-34호 (나주 쌍계정)의 이격거리가 약 40 m로 2018년 8월 13일에 문화재 및 문화재 역사문화환경 보존과 관리 영향에 따른 문화재 현상변경 심의 신청이 부결됨.

표 8. 태양광 이모작 벼 실증단지 (전남 나주 왕곡면 양산리) 구축 및 민원발생 대응 일지.

일 자	내 용	비 고
'17. 3. 7	나주시 문평면 주민설명회 (문평면 마을 회관)	녹예연 임철현 솔라팜 김창한, 남재우 농어업회의소 김영욱 국장 협조
'17. 3.14	나주시 농지과 담당자 인허가 논의	절대 농지 인허가 불가 방침
'17. 3.15~ 3.30	일반농지 재 협의	나주시 왕곡면 일대 대상
'17. 4.11	논 대상 후보지 계약체결	나주시 왕곡면 양산리 513번지
'17. 4.20	밭 대상 후보지 계약체결	나주시 왕곡면 양산리 534번지
~ '17. 5.24	태양광 이모작 타용도 일시전용 나주시 검토 및 인허가 완료	농림부 농지과 협의 통해 승인 나주시 에너지과가 인허가 주체
'17. 5.26~27	논 대상지 구조물 설치 개시	민원 발생으로 기초 구조물 설치 단계에서 중단
'17. 5.27	논 대상지 민원 발생	전자과, 미관상 이유로
'17. 5.27	민원인 1차 면담	녹예연, 민원인, 임대인, 마을 주민 - 임대인이 민원인에게 사전 협조 없이 진행함
'17. 5.30	민원인 2차 면담	- 본인은 허가 하는데 가족들의 합의 필요
'17. 6. 2	민원인 3차 면담	- 민원 제기 안할 것으로 합의
'17. 6. 8	민원인 4차 면담	- 생산 전기를 민원인에게 제공해 줄 것으로 대여인 요청하였으나 민원인 사용거부
'17. 6. 18	민원인 5차 면담	나주시 에너지과에서 임대인, 민원인 중재
'17. 6. 19	임대인 사업 중단	



그림 46. 전남 나주 노안면 구축 부지 및 도문화재 위치도와 문화재 현상변경 불허가 통지 공문.

(나) 밭 전용 부지 선정

- ① 전남 나주 왕곡면 양산리 534
- 설치규모 : 100kW급 (약 100평)

- 대상작물 : 마늘, 양파 등
- 구축내용
 - 밭 작물 대상으로 선정된 해당 부지는 10kW급의 발전용 태양광 이모작 구조물을 구축하였음.
 - 해당 부지에 구축 된 태양광 이모작 시스템으로부터 생산되는 전기는 농민이 자가 소비 (매전 불가)하며, 기존 농업 방법은 참여기관인 솔라팜(주)에서 제공하는 유기 농법을 기반으로 대상 작물을 적용함.
 - 연차별 대상 작물에 대한 작물 별 감수율 등 분석은 단국대학교 윤성탁 교수 연구실에 의뢰하여 분석하였음.

(다) 배 전용 부지 선정

① 전남 나주 금천면 석전리 544

- 설치규모 : 100kW급 (약 100평)
- 대상작물 : 배
- 구축내용
 - 전남 나주시의 특화작물인 배 과수를 대상으로 전남 나주시 금천면 배밭을 선정하여 아래 그림과 같이 연구용역 계약서를 작성하였으며, 접이식 구조물과 보급형 구조물 각 10kW 규모의 실증단지를 구축 및 실증하였음.
 - 배에 대한 생육특성 및 감수율 등 분석은 단국대학교 윤성탁 교수 연구실에 의뢰하여 분석하였음.

- 임대목적 : 농림부 연구개발 과제 수행용
 - 농지에 태양광 발전 구조물을 최적으로 배치하여 농작물 수확량을 최소화 하고 태양광 발전을 동시에 할 수 있는 관련 기술 개발
- 임대내용
 - 임대기간 : 2017. 3 ~ 2020. 2 (3년간)
 - 대상지 : 논, 밭, 배과수원 각 1개소, 200평 내외 (기존 농법과 동일하게 영농은 지속하고 태양광 구조물 설치를 위한 상부 공간만 임대)
 - 대상작물 : 논(쌀), 밭(감자, 토마토, 배추 등 제한 없음), 과수원(배)
 - 임대료 : 논 50만원, 밭, 과수원 100만원 내외
 - ※ 계약을 통해 임대료는 최종 결정 되며 변경 될 수 있음
 - 임대조건 : 유기농, 무농약 등 친환경 작물 임대, 밭작물은 이모작 이상 임대
- 참고사항
 - 재배된 농작물 중 작물 평가용으로 사용하고 남은 작물은 임대인에게 제공
 - 기존 농기계 사용에 지장 없음, 생산되는 전기 무상제공(※전기 판매는 불가)



그림 47. 과제 수행을 위한 부지 선정 및 대상 농민과의 논의 사진.

(2) 태양광 이모작 작물 별 구조물 개발 및 실증

(가) 10kW급 논 & 밭 전용 태양광 이모작 구조물 개발

- 10kW급 논 & 밭 전용 태양광 이모작 구조물 개발 및 구축 수행하였음.
- 본 구조물은 전남 나주 논과 밭에 각각 구축 및 실증연구를 추진하였으나, 논·경우 민원 및 허가 등의 문제로 인해 논을 대상으로 실증 연구를 수행하지 못하였음.

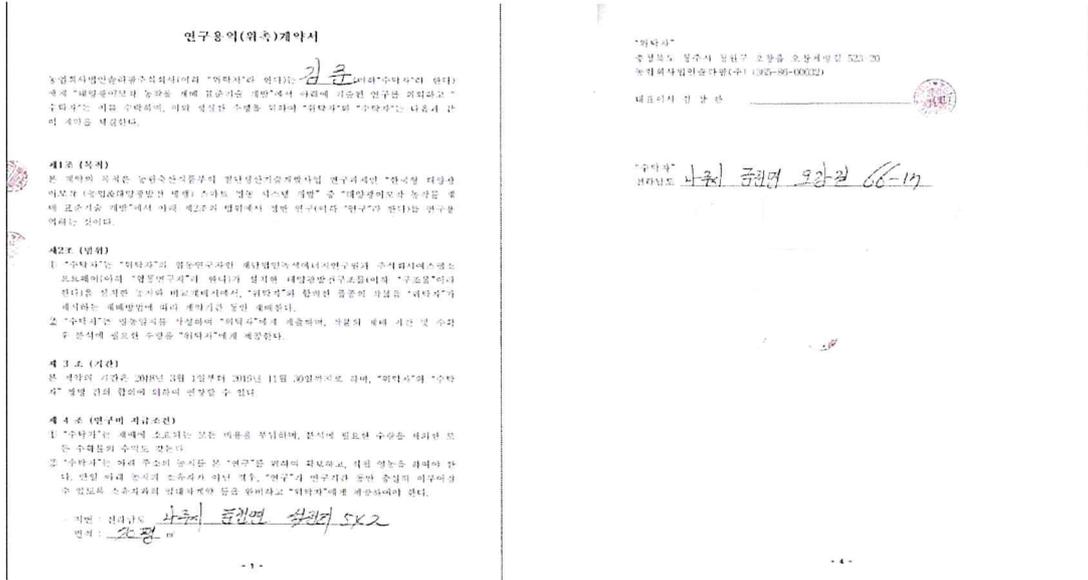


그림 48. 태양광 이모작용 배 전용 실증단지 구축을 위한 배밭 연구용역계약서.

① 밭 실증단지 구축

a. 개발내용

- 대상작물 : 마늘, 양파 및 파 등
- 10kW급 규모로 전남 나주시 왕곡면 양산리 534에 구축하였음 (2017년 8월 중).
 - 1 스펠 규격 : 6 x 6m x 4.5m : 국내 최대 사이즈
 - 1 스펠 당 150Wp 태양광 모듈 (3x12 cell) 9장 배치 : 차광률 ~ 25%
 - 내풍압 강도 > 32m/s 고정, 적설, 지진하중을 고려한 구조물을 설계하였으며, 구조 해석을 수행한 바, 건축구조 기준에 따라 태양광 발전 설비를 풍하중의 고려 우무로 나누어 구조검토를 하였으며 풍하중 고려 시 보강안과 같이 사용자재를 증대하여야 함. 또한 기초파일용 나사말뚝은 인발 및 압축력을 10 kN이상 확보 하여야 함 (검토 결과서는 별첨에 첨부하였음).
 - 수동/자동 각도 가변 구조물의 편이성 고려
- 아래 그림과 같이, 기초파일-주 기둥-가로/세로 보-주 기둥 버팀대-모듈 가변장치 등의 순서로 각각 구축을 추진하였음.
- 또한 본 구조물을 활용하여 농업용 액상 살포시스템 및 스마트팜 기술 개발을 위한

연구가 수반되었음.

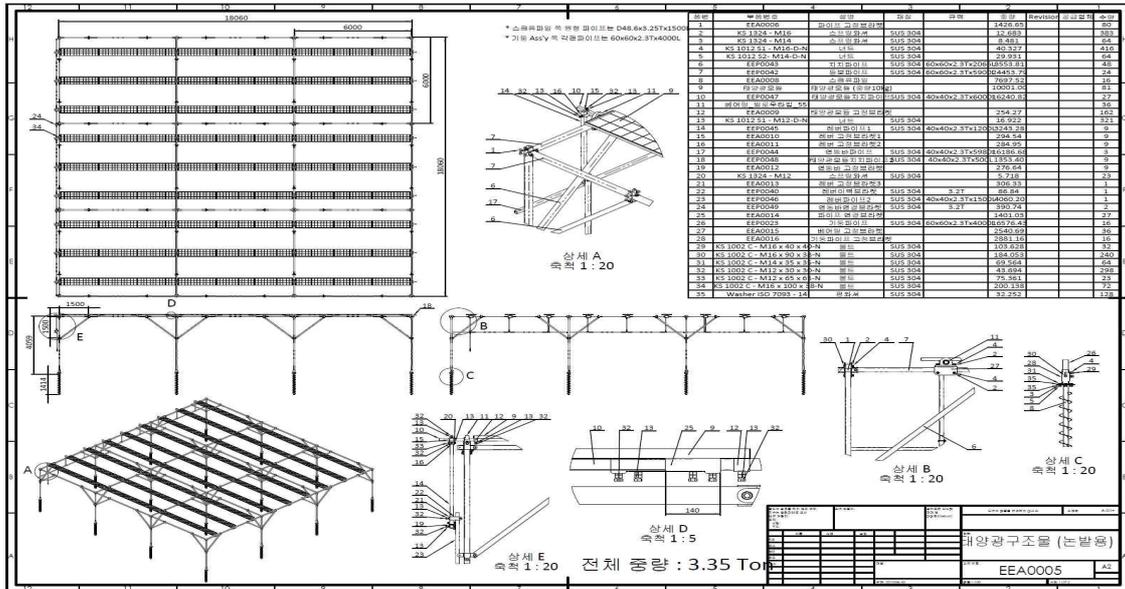


그림 49. 한국형 태양광 이모작 10kW급 구조물 개발 도면.

1. 개요

태양광 발전설비(모듈)가 설치될 경우 건축구조기준에 의거 고정 및 활하중, 풍하중을 산정하고 구조해석을 통하여 태양광지대의 안전성 여부를 판단하여 그 결과에 따라 적절한 보강대책을 제시하기 위함이다.

2. 구조검토 방법

의뢰처에서 제공한 태양광 설계도면을 근거로 태양광발전설비의 설치 예상되는 부위의 하중을 고려하여 3차원 구조해석프로그램을 사용하여 구조해석 하였다.

3. 하중적용 (건축구조기준)

태양광 발전설비(모듈) 고정하중	0.15 kN/ea
설계기본풍속(Vo)	32 m/sec(영암군)

4. 사용재료의 강도(현 상태)

구조 부재	SPSR400, Fy = 235 MPa	
태양광 모듈 지지부재	□-40X40X2.3t	□-100X100X2.3t
기타 모든 부재	□-60X60X2.3t	□-100X100X6.0t
		□-125X125X9.0t
		□-100X100X2.3t
		□-100X100X4.5t
	□-60X60X2.3t	

귀 원에서 의뢰한 "논어촌 이모작 태양광 구조물 구조검토" 용역을 건축구조기준에 따른 구조해석 및 구조검토 결과 구조적으로 문제가 없음을 확인합니다.

- 붙임 : 요약 검토서. 끝.

2017. 05.

건축구조기술사 정 호



그림 50. 한국형 태양광 이모작 10kW급 구조물 구조분석 결과서.

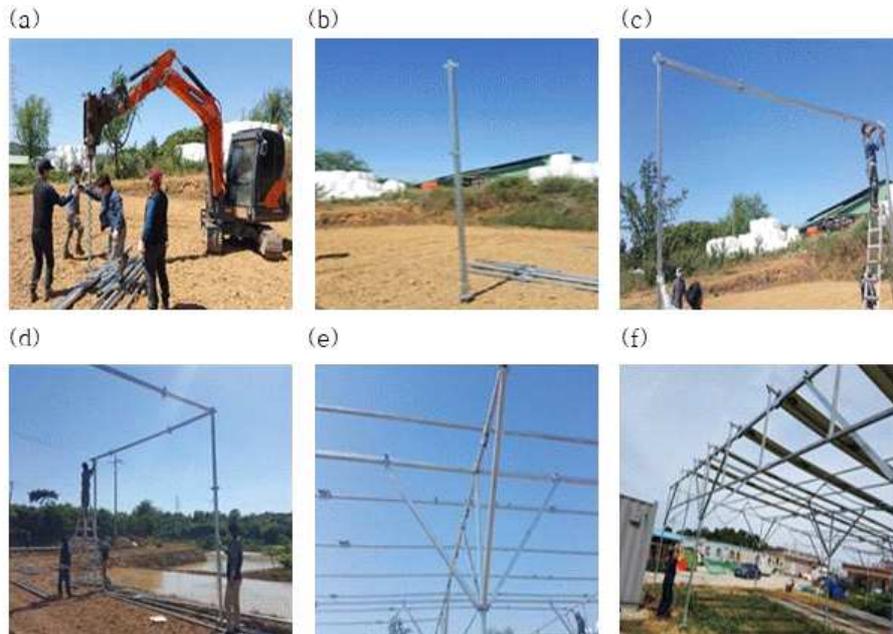


그림 51. 태양광 이모작 10kW급 받 실증단지 구조물 구축 과정; (a) 기초시공, (b) 주 기둥 시공, (c-d) 보 (가로 & 세로) 시공, (e) 기둥 버팀대 시공 그리고 (f) 모듈 가변 장치 시공.



그림 52. 태양광 이모작 10kW급 받 실증단지 구조물 구축 완료 모습.

c. 시공성 및 발전량 검증

- 일일 총발전량, 35.9kwh로 시스템 이용시간 3.59h/day (2017.09)로 조사됨.
- 2018년 6~7월 총발전량 2,196kWh로 일일 시스템 이용시간 ~3.6 h/day으로 일반 태양광 발전 시스템의 일일 시스템 이용시간과 동등 수준의 발전량을 보였음.
- 본 구조물에 적용된 태양광 발전용 모듈 가변 장치 등을 이용하여 발전량 향상이 가능함.
- 조립형 및 나사말뚝 기초 구조물 성능 및 시공성 등 검증을 수행한 바, 일반 태양광 구조물 대비 시공기간 50% 단축이 가능하였음.

(나) 10kW급 배 전용 태양광 이모작 구조물 개발

- 전남 나주의 특화작물인 배 작물을 대상으로 10kW급 규모의 태양광 이모작 구조물을 개발하고 각각 구축하였음.
- 과수의 경우, 일사량에 따라 당도 등 과수 품질에 미치는 영향이 적지 않아 배 작물 전용 모듈의 접이식 구조물과 기존 배 전용 구조물을 활용한 Y형 지주타입 구조물을 각각 개발하였음.

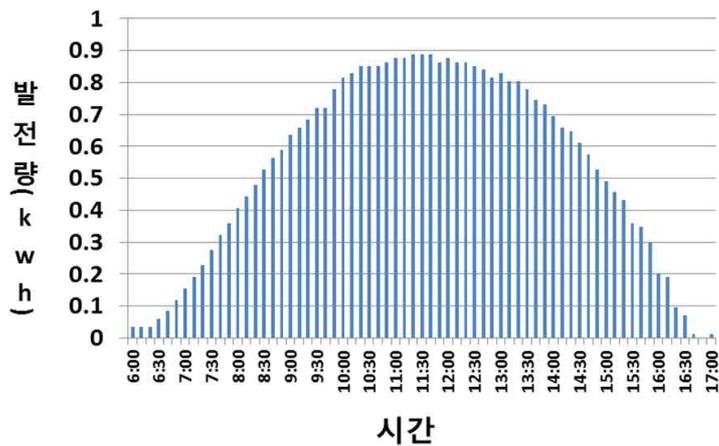


그림 53. 전남 나주 10kW급 발전단지 2018년 6월중 일일 평균발전량 결과.

① 배 전용 접이식 구조물 개발

a. 개발내용 및 구축

- 대상작물 : 배
- 10kW급 규모로 전남 나주시 금천면 석전리 544에 구축하였음 (2018년). 과수의 경우, 일사량에 따른 과수의 품질 및 당도에 미치는 영향이 크고 동시에 계절 및 기후에 따른 과수의 피해가 민감하여 배 과수전용 접이식 구조물을 개발하여 다양한 외부환경에 대응이 가능하고 배 과수와 태양광 발전 병행이 가능한 시스템을 개발하였음.

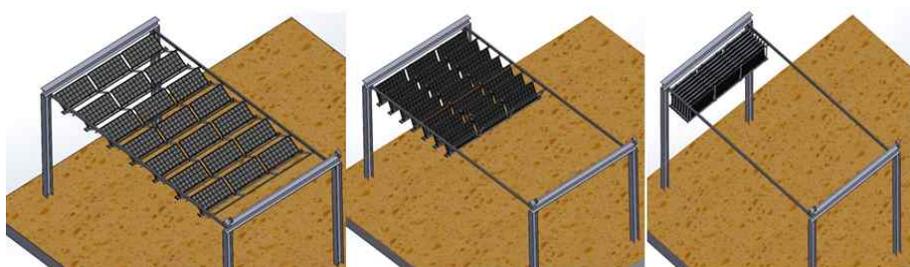


그림 54. 배 전용 접이식 구조물 개발 및 구동 예상 이미지.

- 구조물 규격 : 14 x 14m x 4m (총 6.5톤)
- 적용 모듈 : 150Wp 태양광 모듈 (4x9 cell) 56장 배치 : 차광률 ~ 30% (가변 가능)

- 기초시공법은 FRP재질의 독립기초를 이용하여 시공하였으며, 시공 시 이미 식재된 배 과수의 뿌리 등에 피해를 최소화 하여 시공하였음.
- 내풍압 강도 > 30m/s 고정, 적설, 지진하중을 고려한 구조물을 설계하였으며, 구조 해석을 수행한 바, 3차원 구조해석프로그램을 이용하여 구조해석을 하였음. 건축구조기준에 따라 주요부재가 구조적으로 안전하며, 허용지내력을 $F_e=50kN/m^2$ 로 가정하여 허용지내력 확인이 필요함 (검토 결과서는 별첨에 첨부하였음).

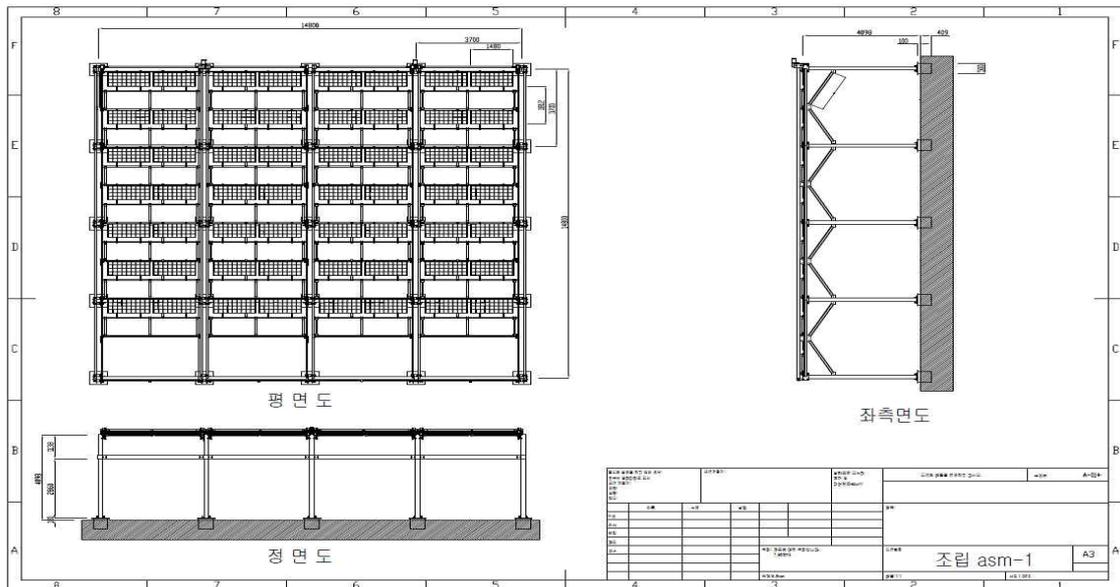


그림 55. 전남 나주 10kW급 배 전용 접이식 모듈 구조물 개발 도면.

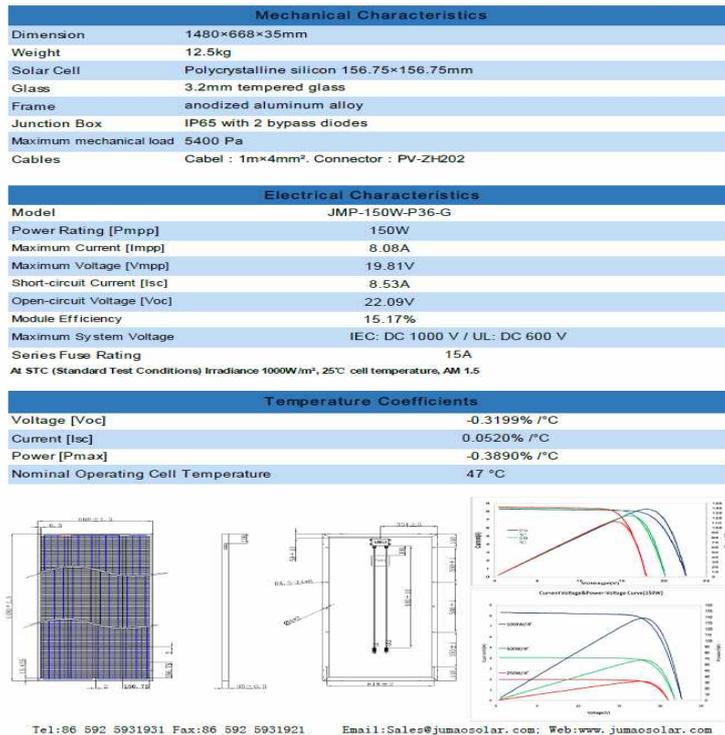


그림 56. 10kW급 배 전용 접이식 구조물 적용 모듈 상세내용.

구조안전확인서

녹색에너지연구원 귀중

용역명 : 한국형 태양광 이모작 배밭 테스트베드 구조검토

귀 원에서 의뢰한 “한국형 태양광 이모작 배밭 테스트베드 구조검토” 용역을 건축구조기준에 따른 구조해석 및 구조검토 결과 구조적으로 문제가 없음을 확인합니다.

- 붙임 : 요약 검토서, 끝.

2018. 10.

건축구조기술사 정 호



그림 57. 10kW급 배전용 접이식 구조물 구조해석 결과서.



그림 58. 10kW급 배전용 접이식 구조물 구축 과정; (a) 기초시공, (b) 독립기초시공, (c) 주 기둥 시공 그리고 (e) 상부 구조물 및 모듈 시공.



그림 59. 10kW급 배전용 접이식 구조물 구축 완료 모습.

b. 접이식 구동부 및 와이어텐션 장치 개발

- 개발내용

- 배밭용 태양광 발전 모듈 접이식 시스템 개발을 위해 구동을 위한 전동기, 견인 및 이동 장치 등을 각각 구성하여 개발을 수행하였음.
- 모듈-접이식 시스템의 이송 및 견인의 길이는 약 14.8 m로 설정하고, 300kg 이상 이송 및 견인이 가능한 시스템을 개발하였음.
- 접이식 구조물은 개발 구조물을 각각 총 4열로 구성하고 2열마다 구동부 및 와이어텐션 장치를 각각 설치하여 모듈 구동시스템을 구현하였음.

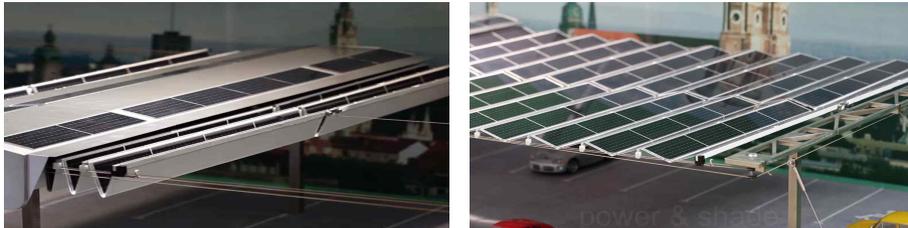


그림 60. 배 전용 접이식 구조물 적용 실시 예.

- 개선형 접이식 구동부 및 와이어텐션 조절장치 개발

- 해당 구조물을 구축 후 대상 구조물 하부 배의 개화부터 수확까지 실증연구를 수행한 바, 와이어 견인장치로 와이어를 견인 할 경우 드럼에서 견인 및 이송 시 와이어의 Ø값이 서로 상이하고 이로 인한 와이어의 파손 및 와이어 견인 파이프의 변형 현상이 발생됨.



그림 61. 배 과수 전용 접이식 구조물 구동부 견인 파이프 변형 모습.

- 따라서, 배 수확 종료 후 와이어텐션 조절장치 개선 및 개발을 추진하였음.
- 와이어텐션 조절장치는 각각 아래 규격에 준수하여 제작하였음.
 - ㉠ 파이프 : 외경 42.7Ø, 내경 35Ø로 제작 함. 특히, 32Ø 파이프를 이용하여 호닝 작업시 오차율 ±0.5 mm를 준수하였음.
 - ㉡ 리니어 부쉬 : 외경 35Ø, 내경 25Ø로 함.
 - ㉢ 스프링 : 총 길이는 1 m 내외로, 50 cm의 스프링 2개를 각각 연결함. 그리고 스프링의 내경은 25Ø, 외경은 28.5Ø±1 m를 이용하며, 해당 스프링의 수축률은

최소 30~40% 유지 가능하도록 하였음.

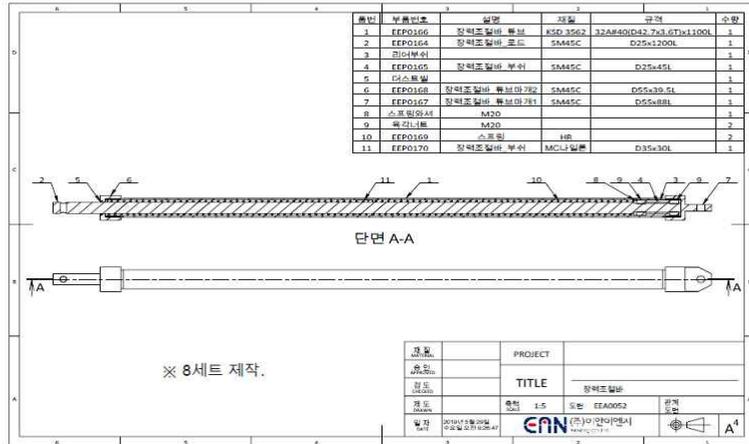


그림 62. 배 전용 접이식 구조물의 와이어텐션 조절장치 개발 도면.



그림 63. 배 전용 접이식 구조물의 와이어텐션 조절장치 개발 및 적용 모습.

(a)

(b)



그림 64. 배 과수 전용 접이식 구조물 구동부 개선 모습;

(a) 접이식 구동부 최초 모델 및 (b) 와이어 및 와이어텐션 조절장치 개선 모습.

- 현재 와이어텐션 조절장치 적용 완료 후, 접이식 모듈의 견인은 이상 없이 구동이 가능하며, 수동 제어와 원격제어 시스템을 도입하여 대상 배 과수 농민이 기후 및 배 생육특성에 맞춰 운용이 가능함.

(a)



(b)



그림 65. 개선형 와이어텐션 장치 적용 후 접이식 모듈 구동 모습;
(a) 모듈 접힘 상태 및 (b) 모듈 펼침 상태.

② 배 전용 Y지주형 구조물 개발

a. 개발내용 및 구축

- 대상작물 : 배
- 10kW급 규모로 기존 접이식 구조물 옆에 구축하였음 (2019년). Y 지주형 구조물은 농작업이 간편하며 시설물의 도입 비용이 저렴하여 배 등 다양한 과수를 대상으로 이용되는 농업 시설물임.
- 본 연구에서는 보다 경제성이 확보된 보급형의 Y 지주 구조물에 농업 & 태양광 병행 시스템을 도입한 구조물을 개발하고 실증연구를 수행하였음.



그림 66. Y 지주형 구조물을 이용한 배 과수 생육 모습 예시.

- 구조물 규격 : 12 x 12m x 2.5m (총 4.3톤)
- 1 스패ن 규격 : 6 x 6m x 2.5m : 2 스패น x 2 스패น
- 적용 모듈 : 150Wp 태양광 모듈 (3x12 cell) 48장 배치 : 차광률 ~ 30%
- 기초시공법은 독립기초를 이용하여 시공하였으며, 시공 시 이미 식재된 배 과수의 뿌리 등에 피해를 최소화 하여 시공하였음.
- 아래 그림과 같이 부지정리-독립기초시공-Y 지주 및 구조물 시공-모듈 구축의 순서로 구조물 구축을 완료하였음. 현재 식재된 배 과수는 초년생으로 과제 종료 후 지속적으로 발전량과 배 작물 생육 특성 등에 대한 연구가 진행될 예정임.

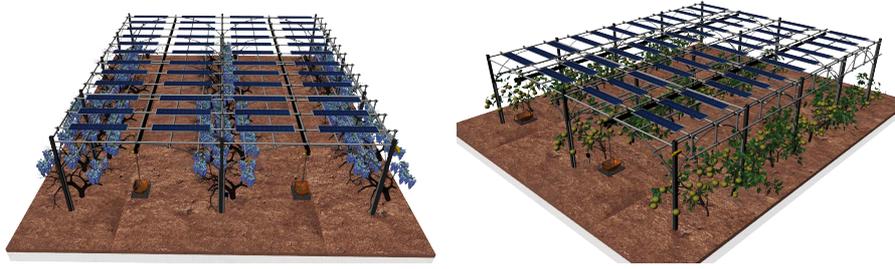


그림 67. Y 지주형 배 전용 태양광 이모작 구조물 개발 예상 3D 이미지.

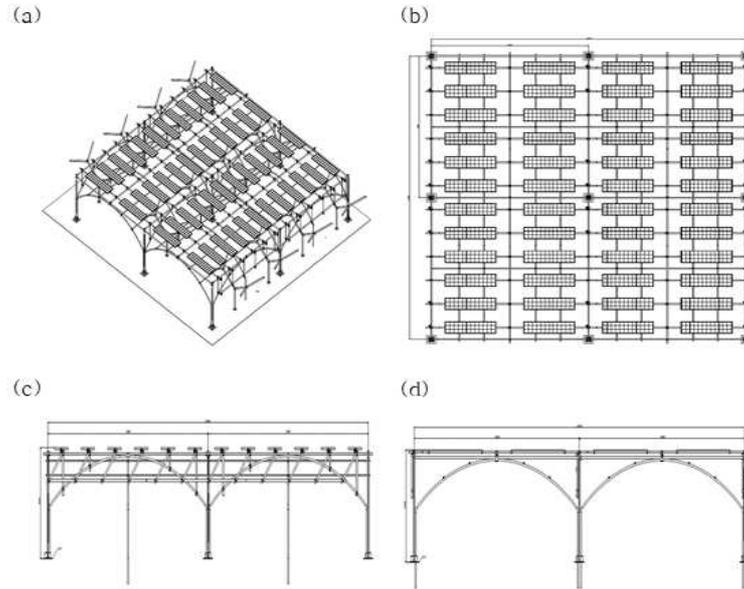


그림 68. Y 지주형 배 전용 태양광 이모작 구조물 개발 도면; (a) 등각도, (b) 평면도, (c) 우측면도 및 (d) 정면도.

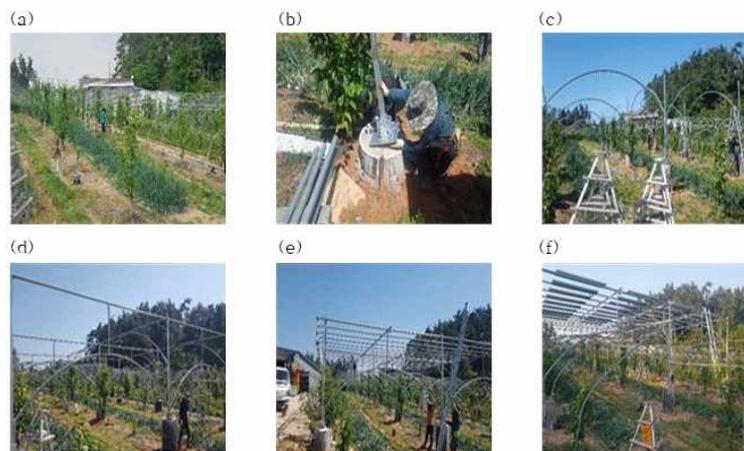


그림 69. Y 지주형 배 전용 태양광 이모작 구조물 구축; (a) 부지정리, (b) 독립기초시공, (c) Y 지주 시공, (d) 상부구조물 시공, (e) 모듈 지지대 시공 및 (f) 모듈 시공.



그림 70. Y 지주형 배 전용 태양광 이모작 구조물 구축 완료 모습.

마. 하부 작물 생육특성 분석 및 표준재배기술 개발

- 각 실증단지별 작물을 대상으로 2017~2019년 까지 하부 작물 별 생육특성 및 감수율을 각각 조사 및 분석하였음.
- 분석은 단국대학교 생명자원과학대학 식량생명공학과 윤성탁 연구실에 의뢰하여 분석하였음.
- 또한, 3년간의 작물 생육특성 분석 및 실증 결과를 바탕으로 대상 작물별 태양광 이모작 (영농형 태양광) 표준재배기술을 개발하였음.

(1) 실증단지 작물 생육특성 분석

가) 논 작물 생육특성 분석

① 충북 오창

- 실증단지 규모 : 15kW급 (350 m², 가로 17.5 m x 세로 20 m, 대조구는 별도)



그림 71. 충북 오창 15kW급 벼 실증단지 위치도.

- 차광율 : 28.2%
- 모듈 : 일반형 모듈 36 cell (4x9 cell)
- 실증 작물 : 고시히까리 및 추청
 - 고시히까리 : 2017년

◦ 추청 : 2018~2019년

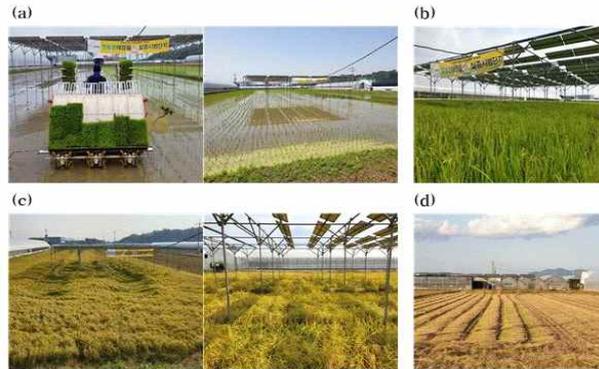


그림 72. 충북 오창 실증단지 벼 재배 및 실증 과정; (a) 모내기 (매년 5월), (b) 생육 (매년 5~9월), (c) 생육특성 분석 (도복 발생 사례), (d) 수확 (매년 10월 중).

a. 고시히까리

- 고시히카리를 첫 벼 대상 작물로 선정된 이유는 농업 & 태양광 병행 시스템이 작물에 미치는 영향을 보다 정확하게 파악하기 위해 가장 민감한 품종을 선택하였으며, 이에 도출된 결과를 바탕으로 국내에서 벼 농사에 일반적으로 재배하는 품종인 추청을 선정하여 2018년부터 연구를 수행하였음.

㉠ 생육특성 분석

- 2016년부터 2년간 충북 오창의 15kW에서 실증연구를 수행한바, 태양광 발전용 모듈에 의한 음영발생 지역에서는 도복 (쓰러짐) 현상이 지속적으로 발행되며, 또한 음영지역의 벼는 바람 등 자연재해에 취약지역으로 작물 감수율 증가에 영향을 미침.
- 또한 음영지역에서는 도복 외에 웃자람 현상이 발견되었으며, 이는 모듈 사이로 불어 들어오는 바람과 모듈로부터 떨어지는 낙수에 의한 도복 현상이 발생되었음.



그림 73. 태양광 이모작 하부 벼 작물의 음영에 따른 도복 현상 발생 모습.

㉡ 감수율 분석

- 해당 감수율 분석은 단국대학교에 의뢰하여 수행한 바, 분석 결과는 다음과 같음.
- 고시히까리의 경우, 태양광 모듈 설치 시 대조구에 비해 처리구가 80% 수량을 나

타내어 약 20% 감소되었으며, 태양광 모듈로 인한 일사량 감소에 의한 수량감소가 불가피 할 것으로 예상됨. 이에 본 대상 종인 고시히까리 외 일사량에 대한 수량 감소에 덜 민감한 품종으로 교체한다면 수량 감소폭을 줄일 수 있을 것으로 판단됨.

- 또한, 도복 된 고시히까리의 감수율은 도복 이외 지역 (약 15~18%) 대비 2~5%가량 증가하였음.
 - 간장 및 수장은 처리구, 대조구간 차이가 없었음.
 - 포기당 이삭수는 처리구가 대조구에 비해 6.9개가 감소하였음.
 - 1m²당 이삭수도 처리구가 대조구에 비해 137개가 적었음.
 - 수당립수도 처리구가 대조구에 비해 11.7립이 적었음.
 - 등숙률도 대조구가 처리구에 비해 약 5% 높았음.
 - 10a당 수량은 대조구에 비해 처리구가 80%의 수량을 나타내었음.

표 9. 2017년 충북 오창 사이트 벼 (고시히까리) 생육 특성 및 수량 분석.

구분	간장 (cm)	수장 (cm)	포기당 이삭수	이삭수/m ²	수량립수	등숙률 (%)	천립중 (g)	수량 (kg/10a)
대조구	80.1 a ²	17.3 a	24.0 a	479.0 a	85.8 a	95.0 a	22.2 a	644.9 a
처리구	84.0 a	15.8 a	17.1 b	342.0 b	74.1 b	90.3 b	22.2 a	514.1 b
significance	NS	NS	**	**	*	*	NS	**

²Mean separation within columns by Duncan' s multiple range test at P = 0.05.

^{NS}Non-significant.

b. 추청

- 2018년부터는 고시히까리 대신 추청이라는 품종으로 변경하여 태양광 이모작 시스템 하부에서의 생육특성 및 감수율 등을 분석하였음. 기존 재배방법 (유기농)을 동일하게 하여 재배하였으며, 고시히까리와 마찬가지로 추청을 식재하기 전에 호밀을 재배하여 지력을 증진시켰음.
 - 호밀의 경우, 대조구 보다 처리구에서 호밀의 성장 정도가 높게 관찰되었음.

㉠ 생육특성 분석

- 기존 고시히까리와 동일한 생육조건 및 재배방법에서 생육특성을 비교분석한 바, 추청 역시 고시히까리처럼 태양광용 모듈 음영에 의한 웃자람 현상이 관찰되었으나 고시히까리 보다 웃자람 정도가 적게 조사되었음. 또한 이에 대한 도복 현상 역시 비교적 발생적도가 낮았음.
 - 추청의 경우, 2018년의 경우 도복 현상을 발견되지 않았으나 2019년의 경우 일부 도복 현상 발생됨 (남북방향의 실증단지 중앙부).



그림 74. 충북 오창 테스트베드 추청 벼 품종 대상 2019년도 도복 현상 발생 모습.

㉞ 감수율 분석

- 해당 감수율 분석은 단국대학교에 의뢰하여 수행한 바, 분석 결과는 아래와 같음.
- 2018년부터 2019년까지 15kW급 실증단지를 이용하여, 추청 품종을 식재하여 2년 동안 총 2회 실증 및 감수율 등 분석을 수행하였음.

[2018년 감수율 분석]

- 2018년3월 호밀을 재배 후, 2018년 5월 모내기를 시작으로 2018년 10월에 수확하였으며, 태양광 이모작 시스템 하부와 대조군과의 생육특성 및 감수율을 각각 분석하였음.
- 추청의 경우, 간장 및 수장, 포기당 이삭수/m², 등숙율 및 1,000립중은 처리구, 대조구간 차이가 없었음.
- 수당립수는 대조구 88.4립에 비해 처리구가 80.0립으로 8.4립 (9.5%)이 적음.
- 10a당 수량은 대조구의 수량 770.3kg/10a의 13.7% 수량이 감소 (감수율)하였음.
- 추청의 경우, 고시히까리 대비 감수율이 약 5~7%가량 낮은 것으로 조사되었음. 이는 추청은 고시히까리 보다 내음성이 비교적 강한 품종으로 판단됨.
- 이후, 15kW급 벼 실증단지를 대상으로 국내에서 경작 중인 다양한 벼 품종을 대상으로 실증연구 및 내음성이 우수한 품종 선별이 필요함.

[2019년 감수율 분석]

- 2019년 5월 모내기를 시작으로 2019년 10월에 수확하였으며, 태양광 이모작 시스템 하부와 대조군과의 생육특성 및 감수율을 각각 분석하였음.
- 간장, 수장 및 포기당 이삭수는 처리구 및 대조구간 차이가 없었음.
- m²당 이삭수는 처리구 367.5이삭, 대조구가 412.8이삭으로 처리구가 45.3이삭 (9.3%)이 적었음.
- 수당립수, 등숙률 및 1,000중립도 처리구 및 대조구간 차이가 인정되지 않음.
- 수량은 처리구가 498.1kg/10a으로 대조구가 수량 573.5kg/10a에 비해 75.4kg(15.1%) 감소하였으며 유의성이 인정됨.

표 10. 2018년 충북 오창 사이트 벼 (추청) 생육 특성 및 수량 분석.

구분	간장 (cm)	수장 (cm)	포기당 이삭수	이삭수/㎡	수량립수	등숙률 (%)	천립중 (g)	수량 (kg/10a)
대조구	75.35 a	19.39 a	21.00 a	476.50 a	88.40 a	96.25 a	22.55 a	770.25 a
처리구	79.16 a	18.62 a	19.25 a	456.25 a	80.00 b	96.00 a	22.18 a	677.50 b
Pr>F	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	*
LSD	-	-	-	-	8.02	-	-	91.6

^aMean separation within columns by Duncan' s multiple range test at $P = 0.05$.

^{NS}Non-significant.

표 11. 2019년 충북 오창 사이트 벼 (추청) 생육 특성 및 수량 분석.

구분	간장 (cm)	수장 (cm)	포기당 이삭수	이삭수/㎡	수량립수	등숙률 (%)	천립중 (g)	수량 (kg/10a)
대조구	92.66 a ²	16.72 a	28.36 a	412.75 a	72.16 a	97.75 a	23.65 a	573.5 a
처리구	98.40 a	17.00 a	26.50 a	367.50 a	70.31 a	95.75 a	23.04 a	498.1 b
Pr>F	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	**
LSD	10.78	1.86	3.25	23.25	12.45	1.83	0.51	25.24

^aMean separation within columns by Duncan' s multiple range test at $P = 0.05$.

^{NS}Non-significant.

[벼 품종별 비교 및 분석]

- 수량 : 대조구 대비 수확량은 2019년 86.9%로 2018년 88.0% 대비 소폭 감소하였으나 2017년 79.7% 대비 증가하였음.
- 등숙률 : 2017년, 2018년, 2019년 모두 대조구 대비 처리구가 더 낮았음.
- 이삭수 및 수당립수 : 대조구 대비 이삭수와 수당립수 모두 처리구가 대조구에 비해 낮았음. 이삭수 및 수당립수 감소가 수확량 감소에 영향을 주었음.
- 도복
 - 고시히카리는 2016년, 2017년 2년 연속 발생, 추청은 2018년 발생하지 않았으나 2019년에는 발생하였음.
 - 고시히카리는 태양광구조물 하부에서 모두 도복이 발생하였으나, 추청은 남북방향의 중앙 부위에서 도복이 발생함.

㉔ 벼 품종별 영향 분석

- 품종 차이 : 2017년 고시히카리에서 2018~2019년 추청으로 변경하여 재배하였으며, 두 품종이 같은 계열이라고 하나, 고시히카리가 일반적으로 수량이 낮은 편(일품벼의 81%)이고, 추청이 보다 생육이 양호한 특성이 있음. 2017년과 2018년의 수량차이가 내음성 차이에 의한 결과라고 입증할 수는 없으며, 고시히카리는 ㉓ 도복에 취약하고, ㉔ 단위면적 당 수량이 적은 점, 그리고 2017년에 비해 2018년의 ㉔ 일조시간이 길었던 점 등 품종 고유 생육특성과 재배년도 별 주변 환경 영향 (일조량 등)에 따른 요인으로 2018년 추청이 수량이 비교적 높은 것으로 판단됨.

표 12. 국내 일반적 벼 품종별 생육특성분석 결과³⁾

품종명	출수기 (월.일)	간장 (cm)	수량 (kg/10a)		도복	비 고
			수량	지수		
고시히카리	8.6	90	430	81	-	
일 품 벼	8.16	77	529	100	-	

- 기후 영향

- 2017년에 비해, 2018년은 7~8월에 가뭄으로 일조시간이 2017년보다 많아 등숙이 양호해 비교적 감수율이 낮았던 것으로 판단됨. 그리고 2018년은 강수량이 적어 일조시간이 2017년에 비해 6개월간 3.1% 높았음.
- 그러나 2019년은 2018년에 비해 전체적으로 일조량이 부족하였으며, 특히 벼의 경우 6월부터 10월까지 모두 일조량이 부족하였음. 더욱 9월에는 전년대비 일사량이 현저히 낮고, 잦은 태풍의 영향으로 9월중 도복 발생의 주원인으로 판단됨. 즉, 일조량이 부족한 상태에서 태양광 모듈에 의한 추가 차광은 추청의 도복과 수확량 감소의 원인이 된 것으로 판단됨.

표 13. 충북 청주 지역 실증기간 중 일조시간 비교⁴⁾

	2017년	2018년	2019년
3월	251.2	195.5	210.6
4월	265.9	236.7	206.1
5월	312.1	238.5	299.9
6월	273.7	245	223.2
7월	139.9	272.2	162.8
8월	198.4	228.6	215.2
9월	234.1	210.8	148.9
10월	206.5	231.8	202.4
11월	208.1	184.6	195.1
합계	2089.9	2043.7	1864.2

(나) 밭 작물 생육특성 분석

① 감자 (충북 오창)

- 실증단지 규모 : 15kW급 (350 m², 가로 17.5 m x 세로 20 m, 대조구는 별도



3)작물과학원, 2004년

4)기상청, 충북 청주

그림 75. 충북 오창 15kW급 밭 (감자 및 배추) 실증단지 위치도.

- 실증단지 규모 : 15kW급 (350 m², 가로 17.5 m x 세로 20 m, 대조구는 별도
- 차광율 : 28.2%
- 모듈 : 일반형 모듈 36 cell (4x9 cell)
- 실증 작물 : 감자 (남작)
- 실증 기간 : 2017~2019년 (총 3년)
 - 감자의 품종은 남작으로 매년 3월~4월중 식재를 시작하여 동년 6~7월에 수확하였음.

㉠ 생육특성 분석

- 감자의 초장, 출기수, 경직성, 포기당 총감자중량, 지상부생체중 및 수량은 처리구와 재조구간 유의적 차이를 보이지 않았음.

㉡ 감수율 분석

- 총 3년 동안의 10a당 감자의 상품성수량과 총수량 등 대조군간 유의적 차이를 보이지 않았으며, 대조군 대비 상품성 수량 비율은 2018년 80%로 2017년 83.9% 대비 3.9% 더 감소하였으나 통계적으로 차이가 없었으며, 절대 수확량은 다소 감소하였음. 2019년은 처리구와 대조구간 통계적 유의적인 차이가 없음에도, 표면상 나타난 결과는 태양광모듈 설치한 처리구의 상품성수량 (1928.2kg/10a)과 총수량 (2482.6kg/10a)은 대조군 모두 약 91%를 차지하여 처리구 상품성수량 및 총수량 모두 약 9% 감소하였음. 2019년이 2017년, 2018년 대비 감수율이 감소하는 경향을 보였음.

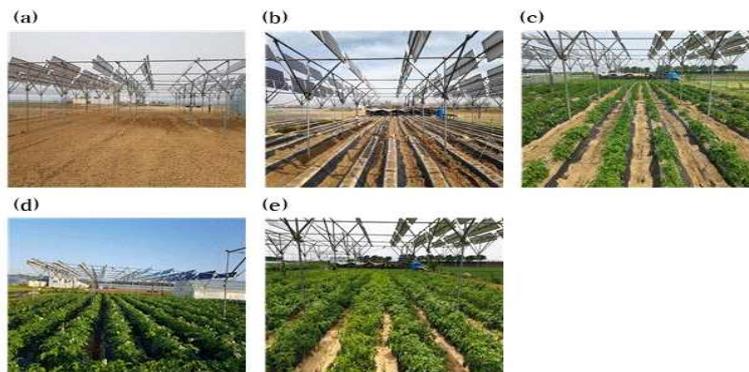


그림 76. 충북 오창 실증단지 감자 재배 및 실증 과정; (a) 식재 (매년 3~4월), (b~c) 생육 (처리구), (d) 생육 (대조구), (e) 수확 (매년 6~7월 중).

㉢ 영향요인 분석

- 2017년 (16% 감수) 대비 2018년 (20% 감수)에 감수율이 더 높았으나, 이는 2018년

고온 및 가뭄 등 기상조건 불량 및 연작장애 등으로 발생한 것으로 판단됨.

- 2019년은 감자의 상품성수량 및 총수량은 처리구 및 대조구간 통계적 유의적인 차이가 없었다. 그러나 처리구가 대조구에 비해 표면적으로는 약 9% 감소하여 태양광모듈 설치에 따른 일사량 차단이 영향을 준 것으로 판단됨.
- 작물의 생리적 특성으로 봐서 일사량 감소는 생육에 어떤 경로로든지 부정적인 영향을 줄 수밖에 없다. 그럼에도 불구하고, 감자의 경우는 내음성 품종 육성, 선발 등을 전제하면 태양광발전 병행농업에 적합한 작물로 판단됨.

표 14. 2019년 충북 오창 사이트 감자 생육 특성 및 수량 분석.

구분	초장 (cm)	줄기수	경직경 (mm)	포기당 괴경수		포기당 괴경중		포기당 총 감자중량 (g)	지상부 생체중 (g)	수량 (kg/10a)		
				상품성	비상품성	상품성 (g)	비상품성 (g)					
2017년												
대조구	60.7a ^z	2.4a	11.5a	4.4a	1.5a	0.3947a	0.0257a	0.0767a	0.1a	2400.0a		
처리구	57.0a	2.4a	10.7a	4.7a	1.0a	0.4703a	0.0187a	0.0927b	0.1a	2793.7a		
Significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
2018년												
구분	초장 (cm)	줄기수	경직경 (mm)	포기당 괴경수		포기당 괴경중		괴경수	생체중 (g/plant)		상품성 수량 (kg/10a)	수량 (kg/10a)
				상품성	비상품성	상품성 (g)	비상품성 (g)		지상부	괴경		
대조구	57.4a	2.6a	10.4a	4.8a	1.4a	484.0a	31.3a	5.8a	181.1a	475.3a	10.6a	1935.9a
처리구	58.9a ^z	3.0a	9.4a	3.5a	2.7a	404.1a	49.4a	5.8a	176.9a	363.5a	15.8a	1616.3a
Pr>F	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LSD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019년												
대조구	53.87a ^y	14.54a	11.48a	3.00a	2.56a	391.13a	99.48a	5.56a	333.80a	530.37a	2117.39	2,725.2a
처리구	54.97a	16.61a	11.39a	3.54a	1.54a	347.10a	100.21a	5.08a	339.62a	519.30b	2067.22	2,482.6a
Pr>F	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LSD	6.75	3.13	2.31	0.43	4.47	120.87	72.21/	4.53	57.06	50.69	252.8	302.46

^z Significant at p = 0.05, 0.01 respectively.

^y Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

^{NS} Non-significant.

② 배추 (충북 오창)

- 실증단지 규모 : 15kW급 (350 m², 가로 17.5 m x 세로 20 m, 대조구는 별도



그림 77. 충북 오창 15kW급 밭 (감자 및 배추) 실증단지 위치도.

- 실증단지 규모 : 15kW급 (350 m², 가로 17.5 m x 세로 20 m, 대조구는 별도

- 차광율 : 28.2%
- 모듈 : 일반형 모듈 36 cell (4x9 cell)
- 실증 작물 : 배추 (배타후레쉬 및 항암배추)
- 실증 기간 : 2017~2019년 (총 3년)
 - 배추는 감자와 동일한 농지에 이모작의 형태로 매년 8~9월중 식재를 시작하여 동년 11월에 수확하였음.



그림 78. 충북 오창 실증단지 배추 재배 및 실증 과정;
 (a) 식재 (매년 8~9월), (b) 생육, (d) 수확 (매년 11월 중).

㉠ 생육특성 분석

[2017년]

- 지하부중은 대조구 대비 처리구가 개채당 8.8g 낮았으며, 초장도 대조구 대비 처리구가 1.4cm 작았음.
- 직경, 엽수 및 지상부중 등은 처리구와 대조구간 유의한 차이는 보이지 않았음.

[2018년]

- 지하부중은 대조구가 54.3g 으로 처리구의 46.3g 보다 약 8g이나 차이를 보였으며, 초장의 경우 처리구 대비 대조구가 약 1.4 cm 가량 적었음.
- 직경, 엽수, 지상부중 및 수량 등은 처리구와 대조구간 유의한 차이는 보이지 않았음.

[2019년]

- 이전 2년간 실증결과와는 달리 2019년의 경우 처리 및 대조구간 배추의 생육특성에는 유의적 차이를 보이지 않았음.

㉡ 감수율 분석

- 대조구 대비 처리구의 2018년 수량은 77.1%로 2017년 92.7% 대비 감소하였으나, 절대 수확량은 처리구 24% 및 대조구 49%로 각각 증가하는 경향을 보였음.
- 2019년의 경우, 배추시험의 경우 태풍 및 잦은 강우로 인한 습해로 예년에 비해 60% 정도의 생육 및 수량을 나타내어 태양광 모듈설치에 따른 영향을 정확히 측정 판단이 어려움.

표 15. 2019년 충북 오창 사이트 배추 생육 특성 및 수량 분석.

구분	지하부중 (g)	초장 (cm)	직경 (cm)	엽수	지상부중 (g)	배추수 (10a)	수량 (kg/10a)
2017년							
대조구	29.2b ^z	29.7a	17.1a	59.0a	1.3a	4081.0a	5359.7a
처리구	38.0a	31.1b	17.0a	62.2a	1.4a	4081.0a	5781.4a
Significance	*	*	NS	NS	NS	NS	NS
2018년							
대조구	54.26a	28.44a	15.26a	64.18a	2,325.2a	3,704a	8,611.7a
처리구	46.29a	27.00b	14.62a	59.03a	1,878.0b	3,704a	6,638.3b
Pr>F	NS	*	NS	NS	*	NS	*
LSD	-	0.96	-	-	401.1	-	1,701.8
2019년							
대조구	44.22a ^y	40.55a	18.33a	47.33a	1930.2a	6433.4a	99.48a
처리구	42.08a	39.57a	16.11a	46.44a	1801.3a	6003.7a	100.21a
Pr>F	NS ^y	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LSD	4.96	5.09	21.68	10.39	547.63	1825.2	72.21/

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

^{NS} Non-significant.

^yNS, *, **, nonsignificant and significant at p=0.05 respectively.

㉔ 영향요인 분석

- 토양질의 불균일 : 밭은 논과 달리 같은 포장이라도 장소에 따라 토양의 비옥도가 차이가 큼. 따라서 비편기 되도록 샘플링에 신중을 기하고 있음에도 불구하고 반복 간 차이 발생가능성이 큼.
- 토질의 개선 : 실증재배지는 2015년 말에 논을 밭으로 변경하면서 객토한 농지로서 지속적인 토질개량을 추진 중이며, 이에 해가 거듭됨에 따른 대상 작물의 생산량의 증대가 지속되고 있음. 따라서, 지속적인 실증연구 시 생산량 증가가 기대됨.
- 품종의 차이 : 이는 2017년 베타후레쉬가 내음성이 있어 차광에 따른 수량감소가 적었던 것으로 판단됨. 이는 2018년 파종 품종 향암배추가 태양광모듈 설치로 인한 차광조건에 베타후레쉬 (2017년 식재)에 비해 내음성이 약하여 처리구 수량이 대조구에 비해 약 21~23% 수량 감소가 많았던 것으로 판단됨. 또한 2017년 평균 수확량에 비해 2018년 배추 수량이 37% 증가한 요인은 품종 (2017 베타후레쉬, 2018 향암배추) 고유의 생육특성 차이에 의하여 발생한 것으로 판단됨.
- 시료 채취의 오차 : 밭 작물은 벼와 달리, 같은 포장이라고 하더라도 장소에 따라 비옥도 차이가 발생하여 개체별 생육의 차이가 큼. 따라서 시료 채취 시 선택하는 작물에 따라 편차가 발생한 것으로 판단되며, 2019년 이후 실증 시 반복수 증가 등 대응 필요할 것으로 판단됨.

③ 마늘 (전남 나주)

- 실증단지 규모 : 10kW급
- 차광율 : 30.0%
- 모듈 : 일반형 모듈 36 cell (3x12 cell)

- 실증 작물 : 마늘
- 실증 기간 : 2018년 (총 1년)
 - 본 실증단지는 해당 연구과제 수행을 통해 개발한 태양광 이모작용 구조물을 적용한 실증단지에서 수행되었으며, 2017년 9월 식재 후 2018년 5월에 수확하였음.



그림 79. 전남 나주 테스트베드 마늘 재배 과정; (a) 식재, (b) 생육 및 (c) 수확.

㉠ 생육특성 분석

- 대상 작물인 마늘의 초장, 엽수, 구장, 구중 등 모든 생육 및 수량 특성은 처리구 및 대조구간 유의적 차이를 보이지 않았음.

㉡ 감수율 분석

- 표면상 나타난 처리구의 수량은 1127.4kg/10a로 대조구 대비 약 18.3%가량 감소한 것으로 조사됨.

㉢ 영양요인 분석

- 마늘의 경우 대조구 대비 처리구의 감수율은 약 18%로 상부 태양광 이모작용 모듈의 차광에 의한 일사량 감소의 영향으로 판단되며, 이후 지속적인 실증연구를 통한 품종 선별 및 표준 재배법 개발이 필요할 것으로 판단됨.

표 16. 2018년 전남 나주 사이트 마늘 생육 특성 및 수량 분석.

구분	초장 (cm)	엽수	구장 (mm)	구경 (mm)	구중 (mm)	인편수	인편직경 (mm)	인편중 (g)	수량 (kg/10a ₁)
대조구	69.6a	7.07a	29.5a	44.7a	30.0a	7.8a	18.1a	3.9a	1333.3a
처리구	69.9a ^z	6.97a	30.2a	42.3a	25.4a	7.8a	17.4a	3.27a	1127.4a
Pr>F	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LSD	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

^{NS} Non-significant.

④ 양파 (전남 나주)

- 실증단지 규모 : 10kW급

- 차광율 : 30.0%
- 모듈 : 일반형 모듈 36 cell (3x12 cell)
- 실증 작물 : 양파
- 실증 기간 : 2019년 (총 1년)
 - 본 실증단지는 해당 연구과제 수행을 통해 개발한 태양광 이모작용 구조물을 적용한 실증단지에서 수행되었음.

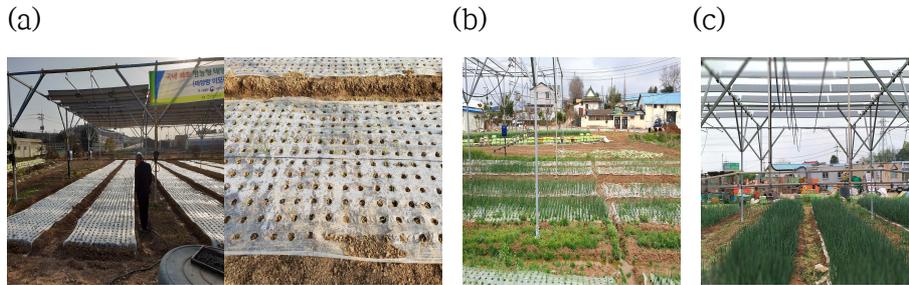


그림 80. 전남 나주 실증단지 양파 재배 및 실증 과정;
(a) 식재, (b) 생육 (처리구 및 대조구) 및 (c) 수확.

㉠ 생육특성 분석

- 대상 작물인 양파의 초장, 엽수 및 지상부중은 처리구과 대조구간 통계적 유의성이 보이지 않았으나 구근직경, 구근중, 상품성수량 및 총 수량에서는 유의적 차이가 확인되었음.
- 양파의 구근직경 (mm)의 경우 처리구 (79.2 mm)에 비해 대조구가 75.5 mm로 3.7 mm 가량 감소하였으며, 구근중 (g)은 대조구는 267.9 g 으로 조사된바 처리구는 약 31.9 g 감소 된 236.6 g 으로 조사되었음.

㉡ 감수율 분석

- 10a당 양파의 대조구 대비 처리구의 감수율은 11.7% 가량 감소한 5913.8 kg/10a로 조사되었음.

표 17. 2019년 전남 나주 사이트 양파 생육 특성 및 수량 분석.

구분	초장 (cm)	엽수	지상부중 (g)	구근직경 (mm)	구근중 (g)	상품성 구근수 (bulb/10a)	비상품성 구근수 (bulb/10a)	상품성 구근수량 (kg/10a)	수량 (kg/10a_)
대조구	46.29a	6.42a ^y	289.91a	79.21a	267.88a	19,800.0b	5,200.0a	5811.55	6,697.2a
처리구	42.18a	6.46a	241.60a	75.50b	236.55b	20,168.6a	4,831.3b	5383.93	5,913.8b
Pr>F	NS	NS	NS	* ^z	**	*	*	*	**
LSD	15.14	1.05	67.15	1.65	12.94	217.05	217.05	288.0	323.65

^z Significant at p = 0.05, 0.01 respectively

^y: Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

^{NS} Non-significant.

㉔ 영향요인 분석

- 태양광 이모작 하부에서 자란 양파의 경우 대조구의 약 88.3%의 수량을 보였으며, 이는 상부 태양광 발전용 모듈의 차광에 의한 일사량 감소의 영향으로 판단됨.
- 이는 동일한 실증단지에서의 마늘과 마찬가지로 지속적인 실증 및 재배법 개발을 통한 추후 연구가 필요한 것으로 판단됨.

⑤ 배 (전남 나주)

- 실증단지 규모 : 10kW급 x 2개소
- 차광율 : 30.0%
- 모듈
 - 접이식 구조물 : 36 cell (4x9 cell)
 - Y 지주형 구조물 : 36 cell (3x12 cell)
- 실증 작물 : 배
- 실증 기간 : 2019년 (총 1년)
 - 본 실증단지는 해당 연구과제 수행을 통해 개발한 배 작물 전용 태양광 이모작용 구조물을 적용한 실증단지에서 수행되었음. 배 작물의 경우 앞서 언급한 내용과 같이 배의 생육특성에 따라 차광율 조정이 가능한 접이식 구조물과 보급을 목적으로 개발한 Y 지주형 구조물을 각각 구축하여 실증을 하였음.
 - 하지만, Y 지주형 구조물의 경우, 식재된 배나무는 아직 초년생으로 추후 상부 구조물 및 모듈에 따른 배 작물의 생육 특성과 감수율 등을 조사하고자 함.

㉕ 생육특성 분석

- 과실풍을 보면 과중은 처리구 541.0 g, 대조구 587.7 g으로 차이가 없었으며, 과폭, 과장도 처리구와 대조구간 통계적 유의적인 차이가 없었음.
- 과피색 L값은 처리구가 56.7로서 대조구의 54.9보다 높았다. 그러나 a, b는 처리구 및 대조구간 차이가 없었음.
- 과실의 당도는 대조구가 11.0° Bx, 처리구 9.67° Bx으로 유의성이 인정되지 않았으며, 산도도 처리구 및 대조구간 통계적 유의성이 인정되지 않았음.
- 과실조직감 중 경도, 점착성, 탄력성, 검성, 씹힘성 및 응집성 모두 처리구 및 대조구간 차이가 인정되지 않았음
- 또한, 아래 그림과 같이 상부 구조물 및 모듈에 의한 서리 등에 의한 냉해피해가 적어 정상적인 배꽃의 수량이 높은 것으로 현장 조사되었음.

㉖ 감수율 분석

- 10a당 배 과수의 수량은 처리구가 4106.7kg, 대조구가 4403.0kg으로 처리구와 대조구

의 수량 유의성이 인정되지 않았음.

표 18. 2019년 전남 나주 사이트 배 생육 특성 및 수량 분석.

구분	과중 (g)	과폭 (cm)	과피색			당도 (°Bx)	산도 (%)	경도 (kg/8mm ²)	점착성 (mJ)	탄력성	겉성 (N)	섬힘성 (N)	용집성	수량 (kg/10a)
			L	a	b									
대조구	587.7a ^z	9.96a	9.04a	56.7a	6.23a	26.37a	11.03a	0.13a	4.00a	13.67a	1.04a	4.46a	4.71a	0.11a
처리구	561.0	9.79a	8.80a	54.9b	6.46a	26.03a	9.67a	0.10a	4.18a	15.91a	0.80a	5.23a	4.43a	0.12a
Pr>F	NS ^y	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LSD	271.43	1.52	0.64	0.77	0.87	0.43	1.67	0.02	1.40	17.14	0.31	3.81	5.48	0.065

^z Means with the same letter are not significantly different at 0.05 probability level according to LSD.

^y NS, * Nonsignificant and significant at p=0.05 respectively.

㉔ 영향요인 분석

- 태양광 모듈 설치 시 과피색 L값을 제외하면 처리구와 대조구간 양적, 질적 모든 특성이 유의성이 인정되지 않았음.
- 대조구 대비 처리구에서 배꽃이 더 많이 열린 것으로 현장 조사되었으며, 이는 상부 태양광 모듈이 서리 등을 막아줌에 따른 처리구의 배 과수의 냉해피해를 감소 시킨 것으로 추정됨.
- 그러나 본 시험의 경우 과중이 감소하였고, 당도가 낮아진 점, 그리고 수량이 6.7% 감소한 점 등 상부 태양광 모듈에 의한 차광의 영향이 있으므로 향후 좀 더 반복적인 검토가 필요한 것으로 판단됨.

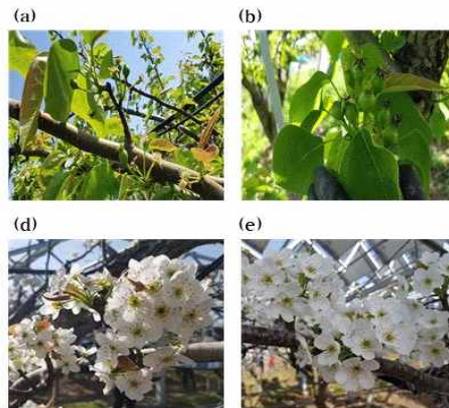


그림 81. 전남 나주 사이트 접이식 구조물 하부 배 과수 생육 특성;

(a) 대조구 배 꽃, (b) 처리구 배 꽃, (c) 처리구 배 꽃 개화 및 (d) 처리구 배 꽃 개화.

(2) 표준재배기술 개발

- 본 연구를 통해 충북 오창과 전남 나주에 구축한 실증단지에서 다양한 작물 (벼, 감자 배추 등)을 대상으로 실증연구를 추진하였으며, 또한 이에 대한 태양광 이모작전용 작물별 표준재배기술을 제시하였음.

- 또한, 대상 작물별 표준재배기술서는 농촌진흥청 농사로를 비롯한 농진청 발간자료를 중심으로 편집 및 작성하였으며, 벼, 감자, 배추 그리고 배 작물에 대한 “영농형 태양 광용 작물 재배 기술서” 를 별도 제출하였음.

(가) 작물의 선정방법

① 벼

- 조생종 보다는 중생, 만생종이 적합함.

② 밭작물

- 광포화점이 낮은 작물을 비교하기는 어려움.
- 봄 작물이 가을 작물보다는 유리함.

③ 과수

- 냉해피해에 민감한 품종이 적합함.
- 배 한 품종에 대해서 1년 밖에 되지 않아 결과 도출 어려움.

(나) 작물 재배 방법

- 퇴비 : 일반 작물 재배보다 적은양의 퇴비를 시비해야함.
- 멀칭 : 밭 작물을 대상으로 멀칭 실시함.
- 수확 : 일반 노지 대비 태양광 발전용 모듈의 차광에 의한 일사량 부족 등으로 인한 일반 작물 대비 늦게 수확시기를 길게 예상해야 함.
- 습해 방지 : 습에 민감한 작물(배추)의 경우, 지중 습도가 높아질 때는 각도조절장치를 활용하여 일사량 등을 조절하여 토지의 습도를 조절해야 함.
- 폭우 및 폭설 : 계절에 따른 폭우 및 폭설에 따라 태양광 발전용 모듈의 각도조절장치를 활용하여 모듈을 수직으로 세워 과다한 낙숫물로부터 작물을 보호해야함. 특히 작물 생육 초기에 필수적임.
- 작물별 일조량 조정 : 작물별 생육특성에 따라 각도조절장치를 활용한 일사량을 조절해 줄 필요가 있음.

(다) 생육부진 시의 대책 도출

① 일사량 과잉/부족 현상

- 태양광 이모작용 모듈의 각도조절장치를 활용하여 일사량변화에 따른 작물에 도달하는 일사량의 확보가 필요하며, 이에 작물별 필요 일사량을 기후환경 및 생육특성에 맞춘 조절이 필요함.
- 특히, 2019년과 같이 가을 일사량이 부족한 경우, 벼의 도복과 및 수확량 감소 그리고 배추의 습해의 원인이 됨. 이에 본 연구에서 제시한 작물별 표준재배기술서 등을 기초로 하여 각 작물별 생육특성 및 기후 등에 맞춰 모듈의 각도를 가변 하였음.

② 태풍, 강풍, 폭우

- 태풍이나 강풍 시에는 구조물 보호와 작물에 대한 골바람을 최소화를 위해 모듈의 각도조절장치를 이용하여 태양광 발전용 모듈을 수평으로 조정하였음.

- 2018년 및 2019년에 국내 태풍 접근 시 충북 오창 및 전남 나주의 각 사이트의 모듈을 수평으로 조절하여 태풍에 대한 구조물 그리고 농작물의 피해를 방지하였음 (피해 없음).
- 반면, 여름 등의 폭우 시에는 작물에 대한 낙숫물 피해를 최소화할 위해 각도조절장치를 이용하여 태양광 발전용 모듈을 수직으로 가변 하였음.

③ 폭염

- 2018년과 같은 폭염 시에는 태양광 발전용 모듈 각도조절장치를 이용하여 태양광 발전용 모듈을 수평으로 조절하여 강제적 음영 발생을 통한 대상 작물의 열에 대한 피해를 방지하였음.

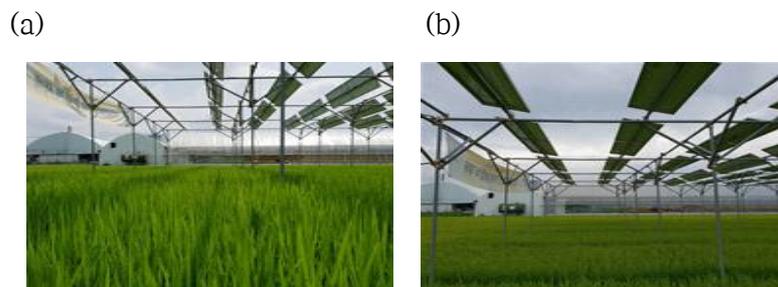


그림 82. 19호 태풍 솔릭 대응을 위한 실증단지 모듈 각도 조정 사례 (충북 오창);
(a) 정상각도 및 (b) 수평각도.

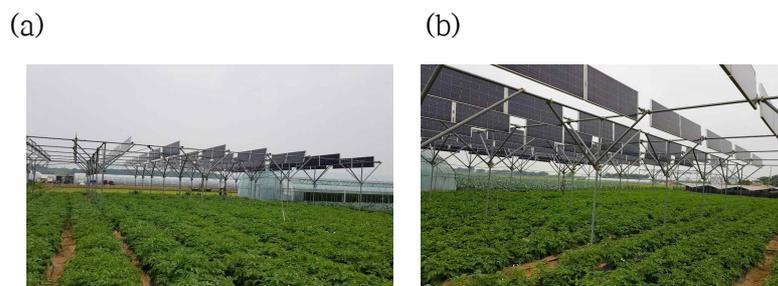


그림 83. 폭우에 따른 실증단지 모듈 각도 조정 (수직) 사례 (충북 오창).

바. 스마트 영농 시스템 개발

(1) 노지형 스마트 영농 기술 개발

(가) 농업용 액상 살포 시스템 개발

- 전남 나주시에 구축한 10kW급 밭 실증단지 구조물을 이용하여 농업용 액상 살포 시스템 개발 및 구축을 수행함.
- 농업용 액상 살포 시스템 개발을 위해 와이드 분사 노즐, 레일형 구동부 및 보조 시스템과 제어시스템 개발을 각각 수행함.



그림 84. 10kW급 태양광 이모작 밭 실증단지에 적용된 농업용 액상 살포시스템 모습.

① 고압 분무 장치 개발

- 와이드 분사 노즐 개발

- 본 시스템 하부에 식재된 작물에 효과적인 농업용 액상 살포를 위해 좌우 120도 회전이 가능한 노즐 연결부를 사용하여 좌우 분사 범위를 확장 축소할 수 있는 형태로 제작함.
- 와이드 분사 노즐의 재질은 스테인리스와 세라믹 재질을 활용하여 장기간의 외부환경 노출에도 운용될 수 있도록 제작하였음.
- 또한, 농업용 액상은 좌우 폭 약 6미터에 살포할 수 있도록 구성되어 있으며 분무압 및 노즐 각도 조절을 통해 최장 10미터까지 액상 살포가 가능하도록 제작하였음.



그림 85. 농업용 액상 살포시스템용 와이드 분사 노즐 개발 모습.

② 레일형 구동장치 개발

- 농기계의 작업성을 위해 구조물 선미나 후미 방향으로 이동/거치가 가능한 형태의 레일형 방제장치 개발을 수행함.
- 액상 살포 시스템의 액상스케줄링 등 회귀기능을 포함하여 액상 살포 구동에 따른 자유로운 구동이 가능하도록 개발하였음.
- 액상살포설정 시 반복 횟수에 따라 태양광 이모작 구조물의 전후를 이동하면서 액상을 살포하며 속도 조절이 가능하도록 제작하였음.



그림 86. 농업용 액상 살포시스템용 와이드 분사 노즐 구동장치 모습

③ 액상살포 보조 장치 (노즐 유지보수)

- 동절기의 호스 동파 사고나 방제 호스 내부의 약제 잔류 현상을 예방하기 위해 공기 압축장치를 활용하여 노즐 내부를 깨끗이 청소하는 기능을 포함하였음.
- 액상살포가 끝나면 호스 내부에 강한 압력의 공기를 분사시켜 잔류 액상 물체를 제거하는 동작을 액상살포 스케줄링에 포함하여 구동 및 유지보수에 용이하도록 하였음.



그림 87. 농업용 액상 살포시스템용 유지보수를 위한 액상살포 보조 장치 모습.

④ 저장탱크 수위 알림 기능

- 농업용 액상 등의 저장탱크의 수위 유지 및 관리를 위한 부저 알림 및 알림 전송 장치를 가발하였으며, 수위센서를 사용하여 최저 수위를 계측하고 사용자에게 물탱크 사용 가능 시점 알림이 가능한 기능을 개발하였음.
- 또한, 어플리케이션과 연동이 가능하도록 무선 통신 기능을 포함하고 펌웨어 추가를 통한 원격 제어 기능을 구성할 수 있는 통합 보드를 제작 및 적용하였음.



그림 88. 농업용 액상 살포시스템 저장탱크 수위 알림 기능 센서.

⑤ 액상 살포 스케줄링 장치 개발

- a. 수동 제어 장치 개발

- 농지나 장치의 고장유무에 따라 각 라인별 개별적인 운용이 가능한 수동 제어 컨트롤러 제작하여 편의성을 제공하도록 하였음.
- 상단에 LED를 통해 사용자에게 현재의 동작 상태를 알릴 수 있도록 함.
- 수동 제어를 통해 농업용 액상 살포 장치의 구동이 가동하도록 하였음.



그림 89. 농업용 액상 살포시스템의 수동 스케줄링 장치.

b. 자동제어 컨트롤러

- 시간 설정에 따라 자동살포가 가능한 액상살포 제어 장치를 개발함.
- 시스템 전체를 제어할 수 있는 메인 전력 스위치를 배치하여 중앙 통제가 가능할 수 있도록 하였음.
- 메인컨트롤러에서 타이머 설정이 가능하도록 되어 있으며 모바일 어플리케이션 연동을 통한 원격 스케줄링 기능 포함이 가능함.



그림 90. 농업용 액상 살포시스템의 자동 스케줄링 장치.

(나) 모듈 트래킹 시스템 개발

① 태양광 이모작용 발전 모듈 트래킹 기술 개발

- 기상청 예보와 현장에 설치된 기상환경 계측장치의 정보를 기준으로 태양광 발전용 모듈의 트래킹이 가능하도록 시스템을 개발하였음.

② 모듈 각도 제어 컨트롤러 개발

- 한국형 태양광 이모작 시스템의 작물과 발전량 최적화를 위한 모듈 가변 트래킹 제어 기술 개발을 수행하였으며, 본 제어 기술은 전남 나주 왕곡 사이트의 밭 실증단지에 적용하였음.

- 모듈 각도를 한 번에 제어하는 액츄에이터형 장치를 제어할 수 있는 메인 컨트롤러를 개발함.
- 메인 컨트롤러는 모듈 트래킹 SW와 농작물 피해 방지 제어 SW와 탑재되어 있으며 기본적으로는 자동으로 제어가 수행되나 서버로부터 기상정보나 사용자의 제어 명령에 따라서 운용됨.

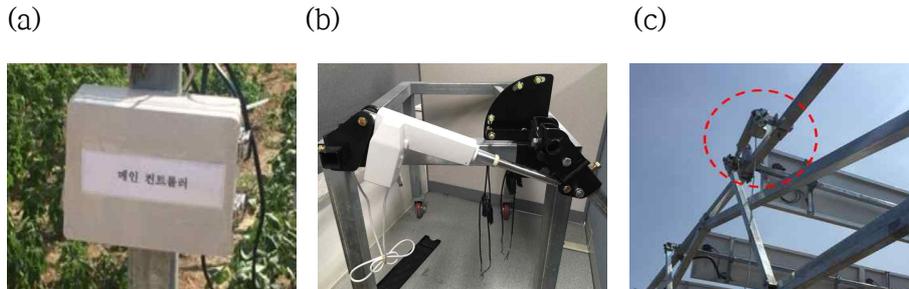


그림 91. 한국형 태양광 이모작용 태양광 발전용 모듈 트래킹 제어 기술 개발;
 (A) 메인 컨트롤러, (B) 각도 가변형 액츄에이터 및 (C) 각도 제어 장치 결합 모습.

㉠ 태양광 발전용 모듈 가변 (트래킹) 소프트웨어 개발

- 태양광 발전용 모듈 가변 (트래킹)은 1개월마다 남중고도를 수정하는 방식으로 알고리즘을 개발하였음.
- 아래 표와 같이 한국천문연구원에서 수집한 남중고도 데이터를 이용하여 매월 중순 (15일)에 해당하는 날짜의 12시의 각도에 맞춰 변경되도록 하였음.
- 태양광 발전용 모듈 트래킹 소프트웨어는 메인 컨트롤러에 FW 형태로 탑재되며 아래 개발 알고리즘을 통해 제어가 되도록 하였음.

㉡ 과수용 접이식 모듈 제어 기술 개발

- 배 과수용 접이식 구조물의 모듈 트래킹 제어를 위해 3상 교류 전동기 제어 시스템 개발을 수행하였음.
- 접점 제어 방식을 사용하여 접점 마모에 의한 기기 고장을 최소화 하였으며, 전기적 접점방식의 Solid state relay를 적용하였음.
- 개폐 장치의 궤도 한계점 이탈을 방지하기 위한 리미트 스위치를 각 레일에 적용하여 접이식 모듈 구동장치 한계 지점 도달 시 자동 전원 차단을 수행함으로써 사용농민이 사용에 용이하고 구조물 및 시스템 과손을 예방할 수 있도록 시스템을 구축하였음.

표 19. 한국천문연구원 수집 하지의 태양 고도 및 방위각 데이터

시간(시)	방위각(도 분 초)	고도(도 분 초)	적경(시 분 초)	적위(도 분 초)
0	350 23 36.56	-31 08 19.3	88 53 18.79	23 25 45.0
1	006 30 05.20	-31 28 25.3	88 55 56.87	23 25 46.1
2	021 59 51.20	-28 25 44.5	88 58 34.89	23 25 47.2
3	035 44 25.72	-22 27 57.8	89 01 12.72	23 25 48.5
4	047 24 16.95	-14 16 57.2	89 03 50.24	23 25 49.8
5	057 15 01.34	-4 31 51.7	89 06 27.35	23 25 51.1
6	065 45 19.17	06 17 22.8	89 09 03.97	23 25 52.5
7	073 25 51.61	17 49 30.4	89 11 40.08	23 25 53.8
8	080 48 40.23	29 49 13.6	89 14 15.66	23 25 55.1
9	088 34 43.83	42 04 13.5	89 16 50.74	23 25 56.3
10	097 57 46.16	54 21 10.2	89 19 25.39	23 25 57.4
11	112 11 34.65	66 14 55.5	89 21 59.72	23 25 58.3
12	143 06 53.46	76 11 23.0	89 24 33.82	23 25 59.0
13	206 18 22.82	77 28 15.5	89 27 07.85	23 25 59.6
14	243 42 44.81	68 28 20.2	89 29 41.93	23 26 00.0
15	259 46 52.71	56 45 36.8	89 32 16.20	23 26 00.3
16	269 45 02.04	44 30 30.1	89 34 50.78	23 26 00.3
17	277 42 37.23	32 13 56.1	89 37 25.77	23 26 00.3
18	285 06 15.23	20 10 15.8	89 40 01.24	23 26 00.2
19	292 40 37.87	08 31 36.9	89 42 37.23	23 25 60.0
20	300 58 38.85	-2 27 33.1	89 45 13.75	23 25 59.7
21	310 31 02.74	-12 27 23.2	89 47 50.76	23 25 59.5
22	321 47 22.68	-20 59 50.2	89 50 28.19	23 25 59.3
23	335 07 19.32	-27 27 22.5	89 53 05.96	232559.2

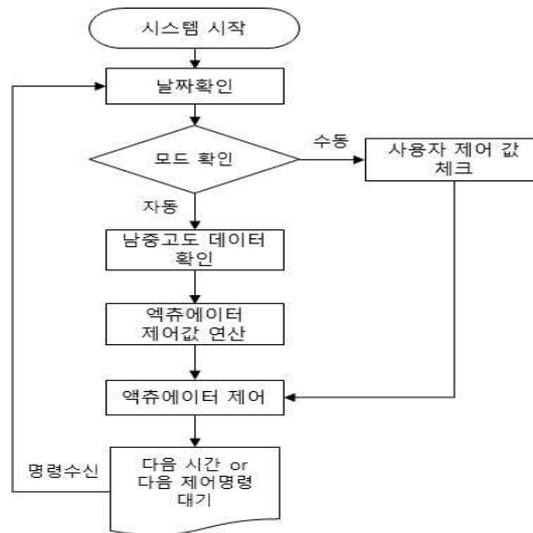


그림 92. 한국형 태양광 이모작용 태양광 트래킹 제어 기술 개발을 위한 알고리즘.

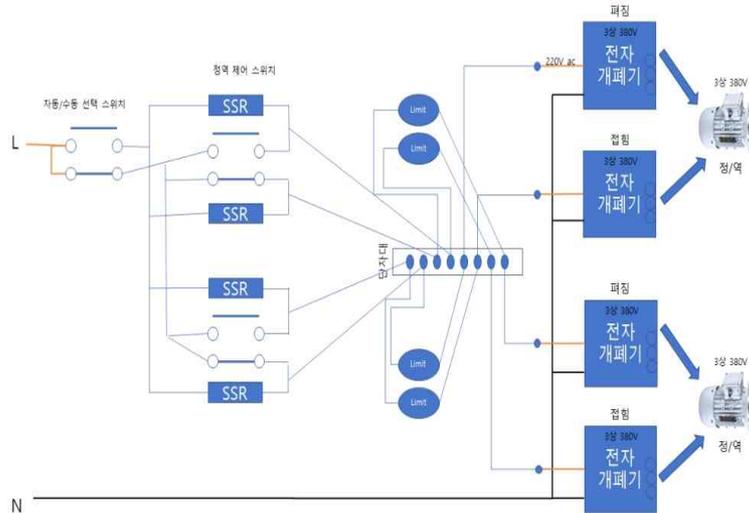


그림 93. 배 과수용 접이식 구조물 구동을 위한 개발 시스템 구성도.



그림 94. 배 과수용 접이식 구조물 구동장치 및 제어기.

(다) 농작물 피해 방지 기술 개발

- 설치류, 파충류 등 농장으로 유입되어 농작물을 훼손시키는 동물을 방제하기 위해 태양광 구조물 하단에 유해동물 초음파 퇴치기를 설치함.
- 조류나 포유류를 퇴치하기 위해 초음파와 섬광을 발사하는 기능을 하는 해충 방제장치를 태양광 구조물 하부 중심부에 설치함.
- 농장 입구에는 적외선 센서로 움직임을 감지하여 소리와 경고등으로 외부로 알리는 장치를 설치하였음.
- 농장 입구에 설치된 장치들은 유선으로 연결되어 있고 중심부는 무선 통신으로 메인 컨트롤러에서 장치들을 제어하고 있음.
- 메인컨트롤러에서는 농작물 피해가 가장 많이 발생하는 시기에는 주기적으로 센서 동작 신호를 전송하여 동작할 수 있음.

(라) 기상재해 알림 기능

- 기상재해 알림 및 대비는 아래 표와 같이 각 기상상황에 따른 운용모드별로 수행되며

조건으로는 크게 기상청 정보에 따른 기상 상황과 기상환경계측장치의 풍속, 강우량 등을 기준으로 운용됨.

- 사용자 모바일 메인 화면에 기상재해 대비를 위한 알림 메시지를 팝업기능을 구현하고 태양광 이모작 모니터링 어플리케이션 내의 정보 창에도 기상대비 문구와 함께 경고 메시지를 표출함.

표 20. 한국형 태양광 이모작 기상재해 제어 시스템 개발을 위한 기상청 기상 운용모드 기준

운용모드	기상 상황	풍속	강우량(1시간)	패널 각도
정상시	맑음, 구름 조금, 구름 많음	25m/s 미만	강우량 20mm 이하 또는 강설량 2mm 이하	남중고도 기준
수직 보호 모드	대설, 호우	25m/s 미만	강우량 20mm 이상 또는 강설량 2mm 이상	수직
	대설, 호우	25m/s 이상	-	수평
수평 보호 모드	강풍, 태풍	25m/s 이상	-	수평

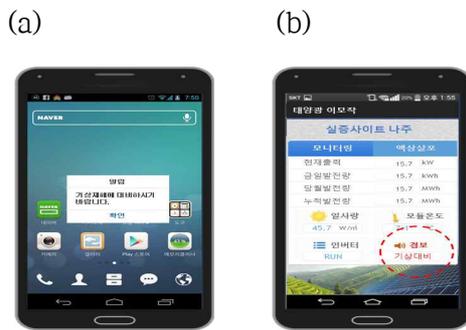


그림 95. 한국형 태양광 이모작 기상재해 제어 시스템 개발을 통한 기상재해 알림 및 관리 어플 개발; (A) 기상경보 메시지 팝업 및 (B) 개발 어플리케이션.

(2) 태양광 이모작 실시간 모니터링 시스템 개발

- 한국형 태양광 이모작 스마트영농 시스템 개발을 위해 본 과제에서 구축한 실증단지에서 작물 생육, 기상 및 발전량 센서 등을 각각 구축하고 이에 대한 실시간 모니터링 및 제어를 위한 시스템 개발을 아래와 같이 수행하였음.
 - 실시간 모니터링 및 제어를 위한 모니터링 시스템 웹 그리고 어플리케이션 개발
 - 모니터링 어플리케이션을 통한 기상 및 재해 알림 시스템 개발
 - 일일영농일지 작성 시스템 개발
 - 작물생육 및 발전량 최적화 운용 알고리즘 개발
 - 한국형 태양광 이모작 스마트영농 시스템 구축

(가) 모니터링 시스템 개발

① 실시간 모니터링 웹 개발

- 본 과제의 실증사이트별로 발전량 및 생육환경 모니터링이 가능한 실시간 모니터링 시스템 및 웹 페이지 개발을 수행함.
- 본 시스템 개발을 통해 대상 작물의 생육관리 및 태양광 발전용 모듈 등 관련 정보를 실시간으로 확인하고 동시에 어플리케이션 개발을 병행 가능하도록 개발하였음.
- 개발 웹은 실시간 및 누적 발전량과 기상환경 등을 실시간 확인이 가능하고 이에 대한 실시간 유지관리에 용이하도록 이용이 가능함.

② 실시간 DB화 기술 개발

- 일일 단위로 작물의 생육, 기상 (환경) 및 발전량 DB 시스템 구축을 통해 일간, 월간, 연간 또는 조회하고자 하는 기간을 직접 설정하여 확인 가능하도록 구성하였음.
- 또한, 확보된 DB는 태양광 발전량과 작물의 생장의 관계를 파악하고 최적 태양광 이모작 스마트영농 시스템 운용 알고리즘 개발에 활용하였음.
- 동시에 해당 실증단지의 실시간 관리를 위해 CCTV 관리 정보 테이블을 참조해 각 사이트의 CCTV에서 생성한 스냅샷을 uuid코드로 변환하고 생성된 정보를 DB에 저장하도록 구축하였음.
- 해당 데이터들은 신규 작물 재배 계획 수립이 가능하고 지속적인 DB활용을 통한 영농기술 개선에 활용이 가능함.



그림 96. 태양광 이모작용 실시간 모니터링 웹 개발.

엔티티 타입명	카메라 관리 정보	작성일	20xx xx xx				
테이블명	camera	작성자	홍길동				
테이블 설명							
번호	컬럼명	속성명	도메인	데이터타입	NULL여부	기본값	KEY
1	camera_seq	카메라 시퀀스	시퀀스	INT	Not Null		PK FK
2	main_seq	MAIN 시퀀스	시퀀스	INT			
3	camera_name	카메라 명	이름	VARCHAR(50)			
4	uri_rtsp_domain	RTSP 도메인 명	경로	VARCHAR(255)			
5	uri_rtsp_port	RTSP 포트	웹포트	SMALLINT UNSIGNED			
6	uri_rtsp_path	RTSP 경로	경로	VARCHAR(255)			
7	uri_snapshot_domain	스냅샷 도메인	경로	VARCHAR(255)			
8	uri_snapshot_port	스냅샷 포트	웹포트	SMALLINT UNSIGNED			
9	uri_snapshot_path	스냅샷 경로	경로	VARCHAR(255)			
10	is_deleted	삭제여부	삭제여부	TINYINT			

엔티티 타입명	카메라 스냅샷 데이터	작성일	20xx xx xx				
테이블명	camera_snapshot_data	작성자	홍길동				
테이블 설명							
번호	컬럼명	속성명	도메인	데이터타입	NULL여부	기본값	KEY
1	camera_snapshot_data_seq	스냅샷 시퀀스	시퀀스	INT	Not Null		PK FK
2	camera_seq	카메라 시퀀스	시퀀스	INT			
3	snapshot_uuid	스냅샷 파일 명	파일이름	VARCHAR(50)			
4	writedate	작성일	생성일	DATETIME		CURRENT_TIMESTAMP	

그림 97. 실시간 모니터링 및 DB화를 위한 CCTV 관리 정보.

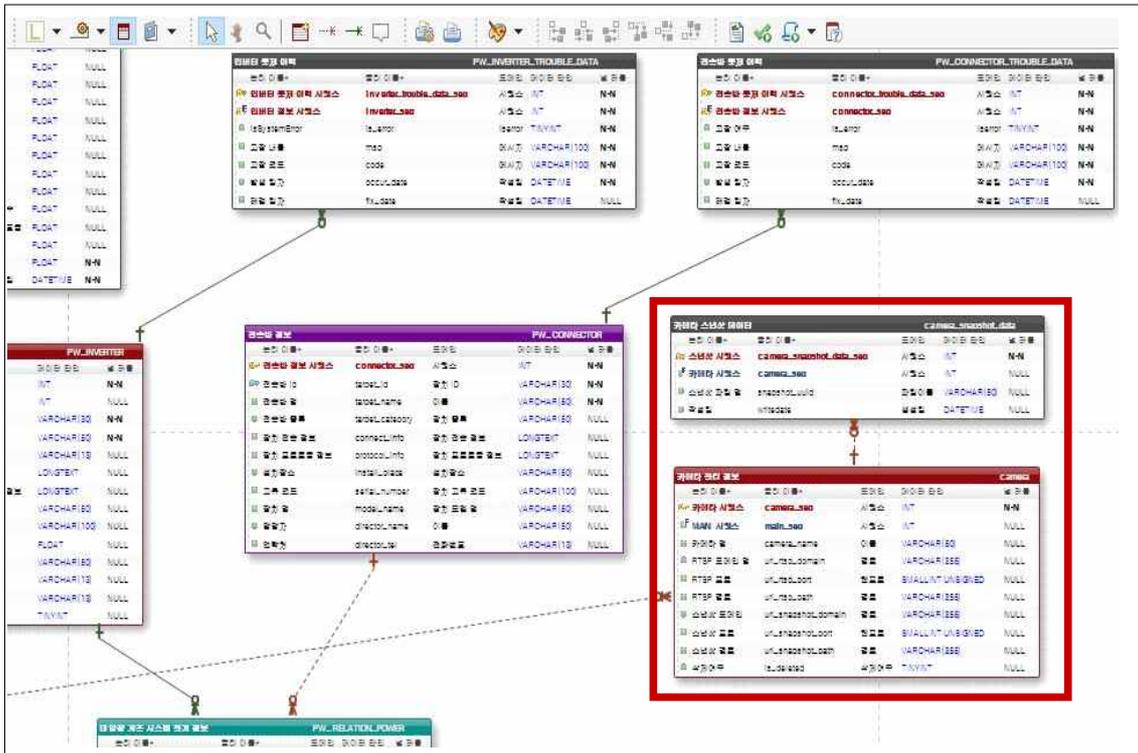


그림 98. CCTV ER diagram.

㉠ 실시간 발전량 DB화 기술 개발

- 실증단지의 실시간 발전량 모니터링 및 DB 구축을 위해 인버터 정보 테이블을 참조

하여 각각의 인버터에 접속된 태양광 모듈의 전압, 전류, 발전량 등의 데이터를 수집하고 이를 활용할 수 있는 DB 구축함.

- 수집된 자료를 바탕으로 일간, 월간, 연간 발전량 확인 가능하도록 구현하였으며, 이에 대한 이상 징후 감지 시 실시간 대응이 가능하도록 적용하였음.

② 실시간 모니터링 어플리케이션 개발

- 위 실시간 모니터링 웹을 기반으로 스마트폰 및 태블릿 등을 이용하여 발전량 및 작물 생육 환경 등 실시간 모니터링이 가능한 어플리케이션을 개발하였음.
- 또한, 농업용 액상 살포 시스템 및 모듈 가변 (트래킹) 장치 등 원격으로 제어가 가능한 기능을 첨가하여, 실시간으로 제어가 가능하도록 개발하였음.
- 그리고 기상재해 등 알림 (팝업) 기능을 구현하였음.
- 개발 어플리케이션은 약 OS별 구동시험 및 대상 실증단지와의 연동 테스트를 각각 수행하였으며, 또한 개발 실시간 모니터링 웹 간 연동을 구현하였음.

엔티티 타입명	인버터 데이터	작성일	20xx xx xx				
테이블명	PW_INVERTER_DATA	작성자	홍길동				
테이블 설명	인버터에서 측정된 데이터						
번호	컬럼명	속성명	도메인	데이터타입	NULL여부	기본값	KEY
1	inverter_data_seq	인버터 데이터 시퀀스	시퀀스	INT	Not Null		PK
2	inverter_seq	인버터 정보 시퀀스	시퀀스	INT			FK
3	pv_v	PV 전압	전압	FLOAT			
4	pv_a	PV 전류	전류	FLOAT			
5	pv_kw	PV 출력	전력	FLOAT			
6	grid_rs_v	GRID RS선간 전압	전압	FLOAT			
7	grid_st_v	GRID ST 선간 전압	전압	FLOAT			
8	grid_tr_v	GRID TR 선간 전압	전압	FLOAT			
9	grid_r_a	GRID R 상 전류	전류	FLOAT			
10	grid_s_a	GRID S 상 전류	전류	FLOAT			
11	grid_t_a	GRID T 상 전류	전류	FLOAT			
12	line_f	라인 주파수	주파수	FLOAT			
13	power_f	변환 효율	변환효율	FLOAT			
14	power_kw	발전 출력	전력	FLOAT			
15	power_c_kwh	누적 발전량	전력	FLOAT	Not Null		
16	writedate	등록일	작성일	DATETIME	Not Null		

그림 99. 실시간 발전량 모니터링 및 DB화를 위한 DB 테이블 구성.

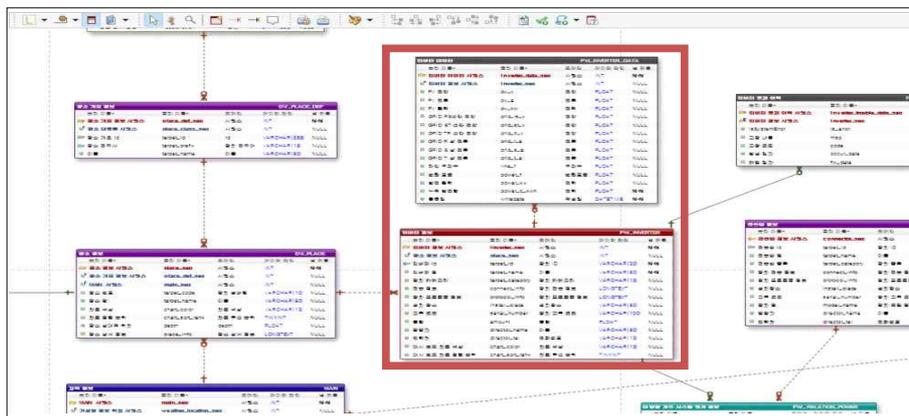


그림 100. 발전량 정보 ER-diagram.



그림 101. 태양광 이모작용 실시간 모니터링 어플리케이션 개발 (초기 개발 예시).

(a)



(b)



(c)

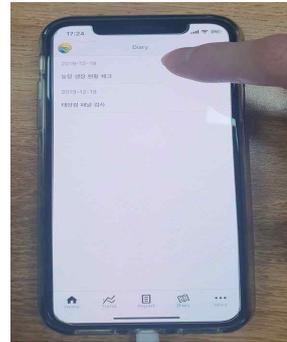


그림 102. 개발 어플리케이션 구현 모습; (a) 실시간 발전량 모니터링, (b) 실시간 환경 모니터링, (c) 스마트 영농일지 작성.

㉠ 스마트 영농일지 작성 기능 개발

- 스마트 영농일지 작성(입력)을 위한 안드로이드 및 iOS용 어플리케이션을 개발하였음.
- React native 오픈소스를 활용하였으며, 안드로이드 및 iOS 간 동일 소스코드로 관리 가능한 프로그램을 개발하여 유지보수에 적합하고, 향후 관리측면에서 유리하도록 개발을 수행하였음.
- 개발 어플리케이션은 각 OS 어플리케이션 마켓 등록 전, 실제 디바이스와 비슷한 환경을 제공하는 개발용 시뮬레이터를 활용한 개발 결과물 기능 검증 및 디버깅 수행하였으며, 최종 어플리케이션 개발 후 단말기에 쉽게 포팅 가능하고, PC 환경에서 손쉬운 개발 진행 가능하도록 하였음.
- 또한, 해당 작성된 영농일지는 개발 실시간 모니터링 웹에서 영농일지를 일일 및 월별로 확인 및 연동이 가능하도록 하였음.

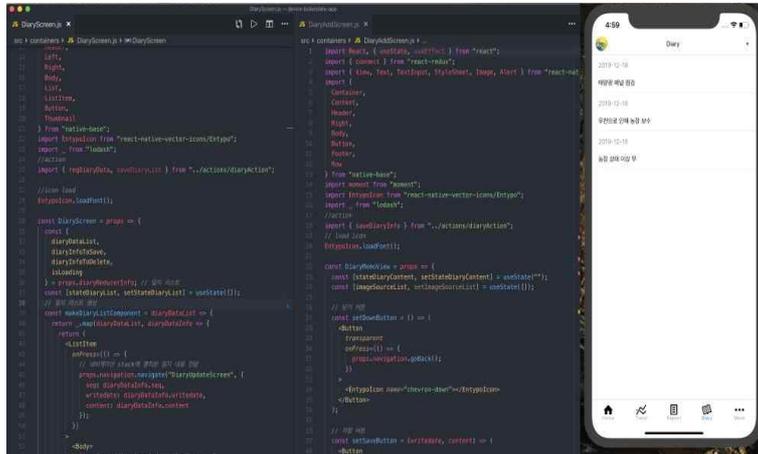


그림 103. 태양광 이모작용 스마트 영농일지 어플리케이션 개발 화면.

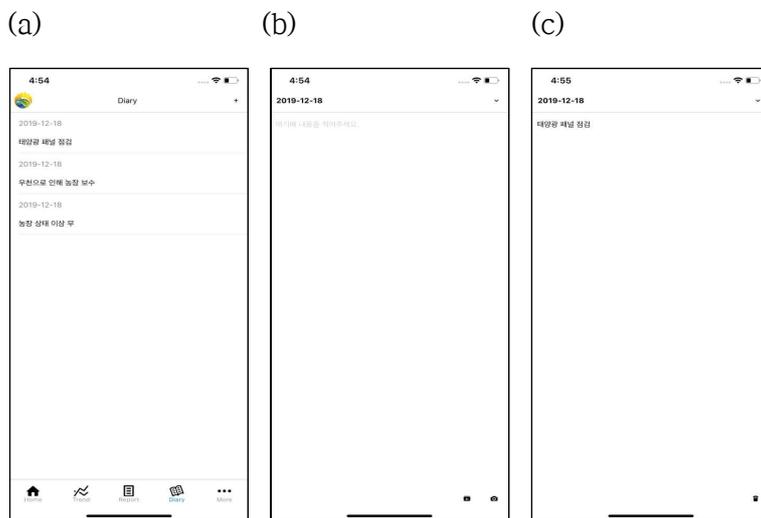


그림 104. 개발 어플리케이션을 활용한 스마트 영농일지 작성 예시; (a) 초기화면, (b) 영농일지 추가 화면, (c) 영농일지 수정 화면.



그림 105. 개발 어플리케이션 스마트 영농일지의 웹간 연동 모습.

③ 실시간 모니터링을 위한 기반 구축

㉠ 모니터링 시스템 구축

- 실증단지의 실시간 모니터링을 통한 작물 및 태양광 이모작 시스템의 관리를 위한 CCTV를 구축하였음.
- 해당 CCTV 시스템은 확장 및 설치 편의성을 확보하고, 향후 유지보수 비용 절감을 위해 POE (Power On Lan) 기능을 탑재한 NVR 시스템 적용하였으며, 실시간 모니터링 용 2채널 CCTV를 구성 (최대 4채널 확장 가능)하였음.
- 실시간 모니터링 웹 페이지 내에 CCTV를 연동하여 실시간 모니터링 수행이 가능하고, 농업 사용자 편의성을 위해 CCTV 화면용 안드로이드 및 ios 용 어플리케이션을 각각 개발하였음.



그림 106. 태양광 이모작용 실시간 모니터링을 위한 CCTV 구축 모습 (전남 나주 배 실증단지).

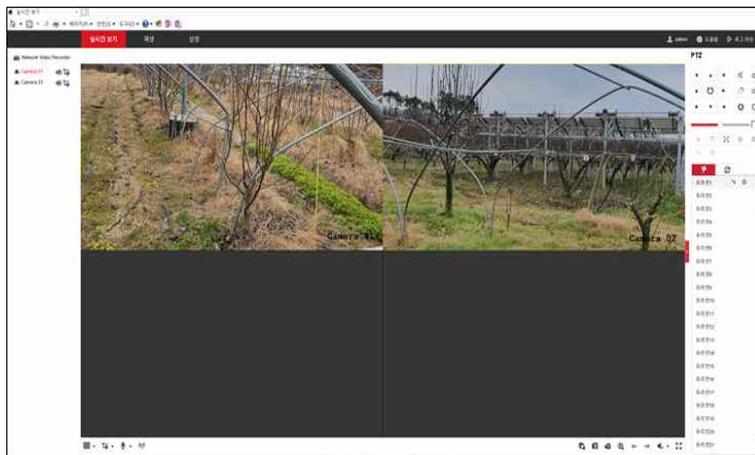


그림 107. 모니터링 웹을 통한 Y 지주형 배 과수용 실증단지 적용 2채널 CCTV 구현 모습.

㉡ 센서 구축

- 실증단지 내 기상 및 생육환경 등 실시간 모니터링을 위한 계측 센서를 전남 나주 실증단지에 구축하였음.
- 구축 센서는 태양광 이모작 시스템이 적용된 부지 (처리구)와 일반 농지 (대조구)에 동일한 센서를 각각 구축하여 태양광 이모작 시스템이 하부 작물에 미치는 영향 (일사량, 온도 및 토양 온·습도 등)을 조사하였음.
- 또한, 각 센서에서 계측된 데이터들은 본 과제에서 개발할 스마트팜 최적 시스템의 알고리즘 개발에 활용하였으며, DB화하였음.



그림 108. 한국형 태양광 이모작용 계측 센서 구축 모습;

(A) 처리구 센서 구축, (B) 구축된 센서 모습 (일사량계 등) 및 (C) 통합 제어 시스템.

(3) 태양광 이모작 스마트영농 시스템 알고리즘 개발

(가) 작물 생육 및 태양광발전 최적화 기능 개발

① 시간별 수평면 전일사량 예측 알고리즘 구현

- 일사량 부족에 따른 작물 생육에 미치는 일사량을 확보를 위한 태양광 발전용 모듈 각도 가변 자동화를 위한 알고리즘 개발을 수행한 바, 대상 지역의 작물에 미치는 일사량을 판단하기 위해 법선면 전일사량과 수평면 전일사량의 차이를 구하고 그 값을 판단의 근거로 삼아야 함.
- 이에 시간별 일사량을 구하는 수식은 KCI에 등재되어 있는 ‘국내의 시간에 따른 수평면 전일사량 상관식 제안 및 정확성 평가’에서 제시하고 운량 변수를 제외한 수정 모델을 사용하였음.

$$I = I_0 \sin(h) \left\{ \beta_0 + \beta_1 (T_{db,n} - T_{db,n-3}) + \beta_2 RH + \beta_3 V_w + \beta_4 t_{ds} \right\}$$

$$\beta_0 = 0.44645, \beta_1 = -0.0147, \beta_2 = -0.327, \\ \beta_3 = 0.00362, \beta_4 = 0.391$$

- 여기서, I 는 수평면 전일사량(W/m^2), I_0 는 태양상수($1355 W/m^2$), h 는 고도각, CC 는 0~1로 측정된 운량, $T_{db,n}$ 은 n 시간의 건구온도, RH 는 상대습도(%), V_w 는 풍속(m/s), d 와 k 그리고 $\beta_0 \sim \beta_4$ 는 상수 계수들이며 아래와 같음.

I : 법선면 전일사량(W/m^2)

I_0 : 태양 상수($1355 W/m^2$)

h : 고도각

RH : 상대습도(%)

② 최적 생육모드 알고리즘 개발

- 실시간 지역 일사량 데이터를 바탕으로 법선면 전일사량 계산식을 이용하여 도출된 법선면 전일사량과의 차를 계산하여 저하 수치 계산하여 최적 생육모드 알고리즘을 도출하였음.
- 일사량 저하 수치가 일정기간 지속된다면 실시간 태양고도 산출 계산식을 사용하여 태양 고도를 구하고 생육환경에 영향이 없도록 태양광 발전용 모듈의 각도를 제어하였음.

③ 최적 태양광 발전용 모드 알고리즘 개발

- 농업 휴지기에 남중고도 데이터와 태양광 모듈의 각도를 비교하여 태양광 발전 최적 환경을 지원하는 태양광 발전 모드 알고리즘을 개발하였음.
- 날짜에 따른 태양 남중고도 데이터 확보하고 남중고도에 따른 태양광 발전용 모듈의 각도 조절 알고리즘 개발하였음.
- 또한 비교적 태양광 발전을 통한 전력생산이 낮은 휴지기의 전력사용 최적화 모드 개발하였음.

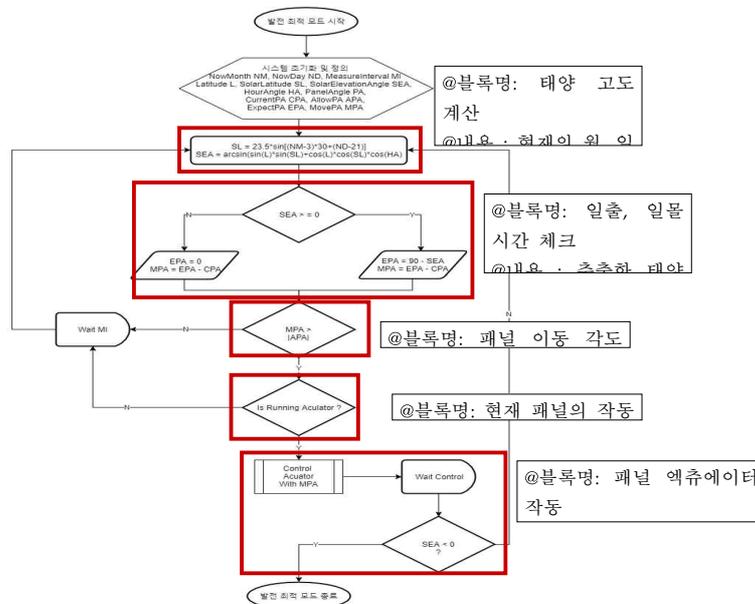


그림 110. 태양광 이모작 시스템 발전 최적화 모드 개발 알고리즘.

④ 농작물 생육 최적화 기능 개발

- 태양광 이모작 시스템 하부 농작물의 생육 최적 알고리즘 개발을 위해 설치된 계측 센서의 DB를 활용하였음.
- 최적 생육 알고리즘 개발을 위해 일사량, 토양 온도·습도에 따른 DB를 각각 생성하였으며, 이에 대한 알고리즘을 아래와 같이 도출하였음.
- 도출된 최적 알고리즘은 생육환경 변화에 따라 농업용 액상살포 기능을 통해 관수 혹은 비료 등의 제어명령이 가능하거나 혹은 태양광 발전용 모듈의 트래킹 제어가 가능하도록 구현하였음.

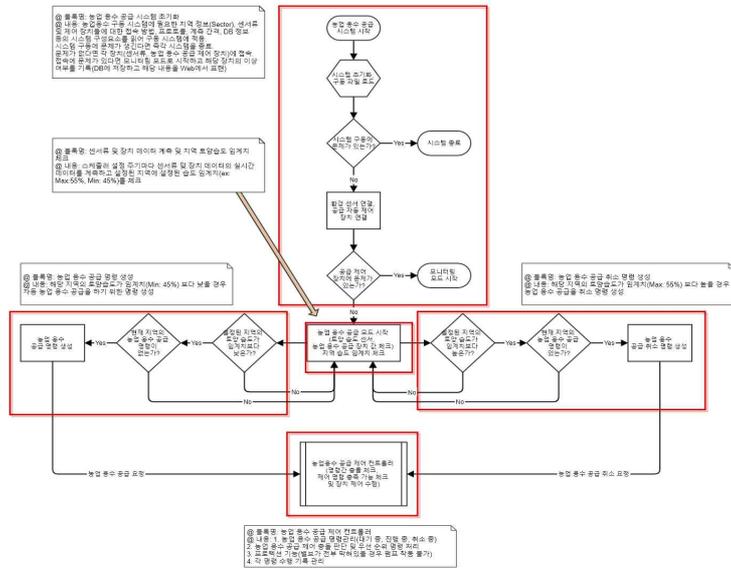


그림 111. 태양광 이모작 시스템용 농작물 생육 최적화 알고리즘.

⑤ 스마트영농 시스템 개발

- 본 과제에서 개발한 한국형 태양광 이모작 시스템과 노지형 스마트영농 시스템의 통합운영 및 관리 시스템을 개발하였음.
- 태양광 발전과 작물 생육 및 환경 실시간 모니터링과 DB를 통한 최적 알고리즘을 도출하였으며, 이를 통한 통합운영시스템을 개발하였음.



그림 112. 태양광 이모작 시스템용 개발 통합운영시스템 웹 화면.

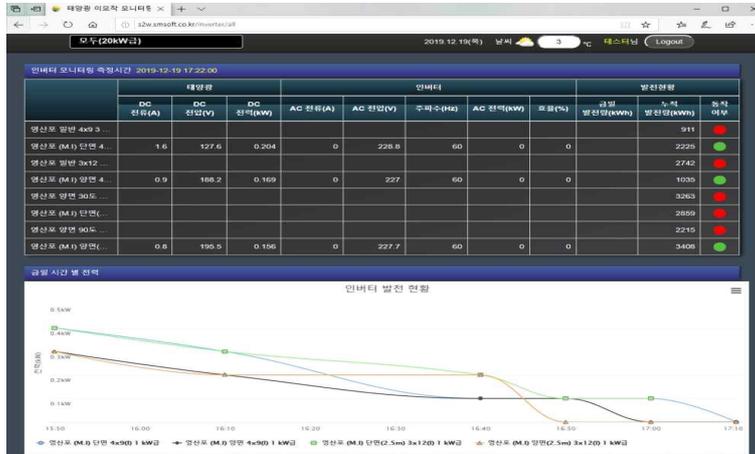


그림 113. 태양광 이모작 시스템용 개발 DB 구축.

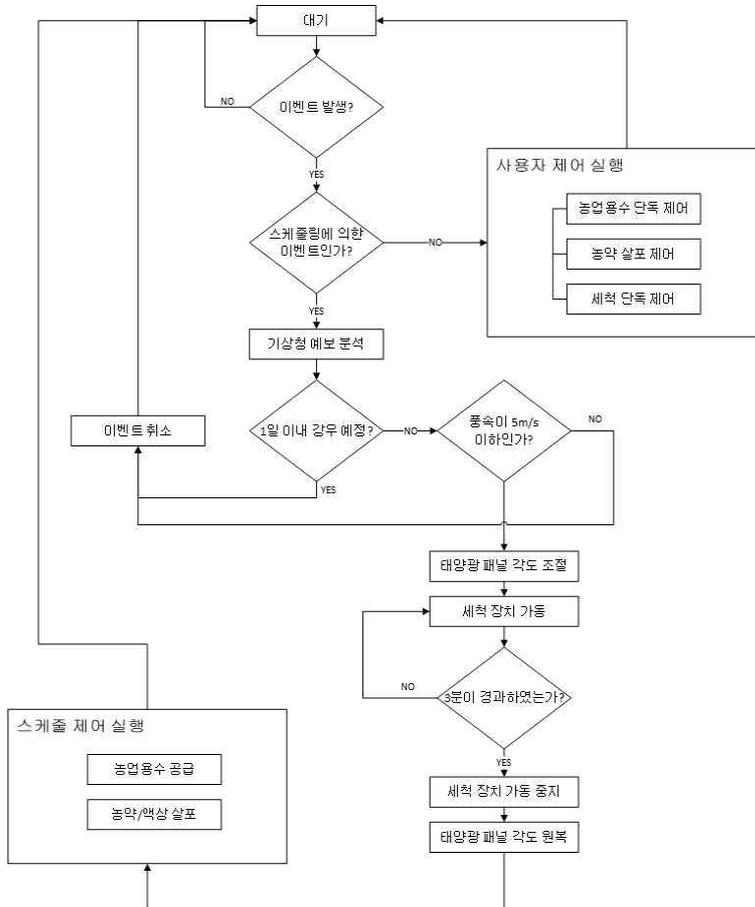


그림 114. 한국형 태양광 이모작 스마트영농 통합 운영 시스템 알고리즘.

사. 정책제안 및 경제성 분석

- 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광발전 병행 시스템의 확산을 위해서는 아래와 같은 제도 개선이 시급하며, 이에 대한 개선을 위해 다양한 정책제안을 수행하였음.

- ① 농지 타용도일시사용 허가 (~20년 이상)
- ② 마을 및 도로 등 이격거리제한 예외 적용
- ③ 인허가 등 간소화
- ④ REC 가중치 조정 및 금융지원 (자부담 최소화 및 장기 저리 상품 지원)
- ⑤ 계통연계
- ⑥ 농민 직접참여로 제안 등

표 21. 한국형 태양광 이모작 보급 및 확산을 위한 제도 개선안

문 제 점	개 선 안
·태양광설치로 농지 축소 ·농지보전부담금 부과	·농지의 타용도일시사용 허가 (20년 이상)
·지자체 조례 제한 (마을, 도로 이격거리 설정)	·지역거주 농업인은 예외 적용
·복잡한 인허가	·의제처리 법안 통과 지원
·일반태양광 대비 저수익성 ·농업인의 투자 자금 부족	·REC가중치 상향 (1.4 이상) ·금융지원 (자부담 최소화, 장기 저리 대출)
·선로용량 부족	·농업인에게 일정규모 배정
·외지인, 대기업 참여로 민원 발생 ·태양광에 대한 부정적 인식 ·영농형태양광 악용 가능성	·농업인에 한해서 영농 지속을 조건으로 소규모 설치 허가 ·지속적인 관리 (농업진흥구역 조건부 허가)

(1) 정책제안

(가) 산업통상자원부 주관 신산업 규제혁신 토론회 참석

- 2018.07.24. 산업통상자원부 주관 “신산업 규제혁신 토론회” 에 (재)녹색에너지연구원이 참석하여 한국형 태양광 이모작 과제 관련 “영농형 태양광 관련 규제 완화” 에 대한 정책제안을 수행함.

- 정책제안 내용

- 농지 타용도일시전용을 20년까지, 일반농지에서 농업진흥구역 (절대농지)로 단계적 확대 제안.
- 영농형 태양광의 경우 진입로 확보가 불가한 맹지에도 설치 가능하도록 제안.
- 태양광 발전에 대한 이격거리 제한을 영농형 태양광의 경우 이격거리 제한 폐지 제안.
- 계통연계 확대 제안 및 요청
- 영농형 태양광 발전 시스템에 대한 REC 가중치 1.5 제안 및 건의
- 빅데이터화 필요성 제안과 표준화기술 필요성 제안

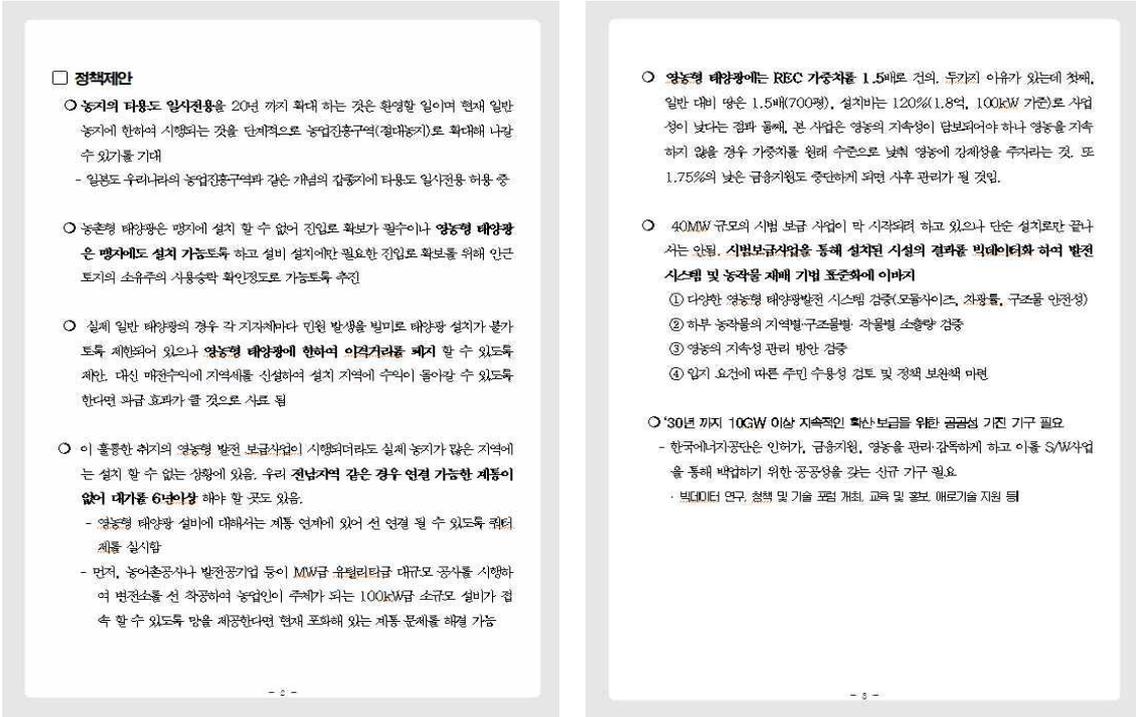


그림 115. 신산업 규제혁신 토론회 ('18.07.24.) 정책제안 내용.

- (나) 한국에너지공단 주관 영농형 태양광 시범사업 시공 가이드라인 제안 및 마련
 - 2018.09.01. 한국에너지공단 주관 “영농형 태양광 시범사업 시공 가이드라인” 제안 및 마련을 통해 영농형 태양광 표준화 및 용어정리 등 가이드라인 마련
 - 정책제안 내용
 - 영농형 태양광 및 시공에 대한 용어 정의 수행
- (다) 농림축산식품부 주관 영농형 태양광 및 신재생에너지 확대 방안 대통령 업무보고
 - 2018.12.18. 농림축산식품부 주관 “영농형 태양광 및 신재생에너지 확대 방안”에 대한 대통령 업무보고 제안
 - 정책제안 내용
 - 영농형 태양광에 대해 컨설팅, 표준재배기술 등 병행 지원 필요성 제안
 - 영농형 태양광 시범사업 및 실증 연구를 토대로 보급사업 확대
 - 실증 연구를 통한 사후관리, 설비 안전성 등 농업인 지원체계 구축 제안
 - 농업진흥구역 밖 농지에 대한 일시사용기간 연장 추진 제안 (8→20년)

(2) 경제성 분석

(가) 영농형 태양광 시공 및 경제성 분석

- 참여기관인 농업회사법인 솔라팜(주) 실증단지 기준 일반형 (농촌 태양광) 및 지붕형 태양광 간 경제성 및 수익성 비교를 수행함.
- 100kW급 기준 영농형 태양광의 경우 600평의 부지에 약 188,500천원 소요된 반면, 일반 및 지붕형은 각각 150,000천원/350평 및 150천원/200평으로 각각 조사됨. 동일한 발전규모 대비 영농형 태양광이 비교적 높은 초기 설치비용이 산정되었음.
- 아래 표와 같이, 판매단가 산출내역을 적용하여 20년 평균 매출액을 비교한 결과, 영농형 태양광의 경우 약 25,120천원, 일반형과 지붕형은 24,510천원과 28,417천원으로 각각 산출 됨.

표 22. 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 경제성 비교 분석

항목		단위	솔라팜(영농형)	일반형	지붕형
시설규모		kW	99		
일평균 발전시간		시간/일	3.6	3.5	
설치비		천원	188,500 (600평)	150,000 (350평)	150,000 (200평)
판매단가		원/kW	SMP 75 REC 110 × 1.2		SMP 75 REC 110 × 1.5
매출액 (20년 평균)			25,120	24,510	28,417
자부담과 연평균 수익	전액 자부담	천원	자부담 188,500 연평균수익 14,785	자부담 150,000 연평균수익 16,010	자부담 150,000 연평균수익 19,917
	공단 대출	천원	자부담 18,850 연평균수익 13,208 (90%, 1.75%)	자부담 45,000 연평균수익 15,034 (70%, 1.75%)	-
	농협 대출	천원	자부담 37,700 연평균수익 11,395 (80%, 4%)	자부담 30,000 연평균수익 13,284 (80%, 4%)	자부담 30,000 연평균수익 17,191 (80%, 4%)
	농업수익	천원	1,500	-	-
농지보전부담금 (평당 10만원, 15%)		천원	(향후 없음)	6,000 (400평)	-
개발부담금			(향후 없음)	부담	-

• 20년간 운영, 계통연계비 850만원 포함, 효율 감소 연 0.7%, 유지보수비 100만원/년, 토지대 제외

* 작물 수확량 예시 - 쌀 : 14가마/700평 (80kg/가마) × 17만원/가마 = 238만원/년

(나) 영농형 태양광 시공에 따른 수확량 영향 및 농가 수익 분석

- 100kW급 영농형 태양광 발전 시스템 구축 시 농지 약 600평이 소요되며, 영농형 태양광 시스템 도입에 따른 일반 농지 대비 경작가능 면적이 약 5% (하부 기초 및 구조물 등) 감소됨.
- 농지 600평에서의 연간 쌀 매출액 약 2,000천원 (농업 비용 800천원 소요)으로 총 수익은 1,200천원 수준임. 반면 100kW급 영농형 태양광 시스템 도입 시, 본 연구에서 조사된 벼 작물의 평균 감수율 약 15% 및 경작면적 약 5% 감소를 각각 적용 한 바, 영농형 시스템에 대한 농업 수입 감소는 총 400천원이 예상됨. 이에 영농형 태양광 시스

템 하부 벼 작물 대상 농업 수익은 총 800천원으로 예상됨.

- 반면, 영농형 태양광 발전에 대한 연간 발전 순수익은 총 9,290천원으로 분석되며 영농형 시스템 하부 농업 수익 감소 비용을 제외하면 총 순수익은 889천원/연으로 분석됨.

표 23. 100kW급 영농형 태양광 기준 벼 작물 대상 농업 및 영농형 태양광 경제성 분석

항 목	비 용	단 위	산 출 근 거	
농 업 (벼)				
재배면적	600	평		
농업 수익 (1년)	1,200	천원		
쌀 매출액	2,000			
농업 소요비용	800			
영농형 태양광 (벼)				
시스템 소요면적	600	평	기초 구조물 (독립기초 및 기초 파일) 등 재배면적 약 5% 감소	
재배면적	570			
작물 감수율	15	%		
재배면적 감소에 따른 농업수익	-100	천원	<ul style="list-style-type: none"> • 발전시간 3.5시간/일 • FIT 판매단가 SMP + 1 REC = 173,987원, 가중치 1.2 감안 시 189원/kW • SMP, REC는 '20년 소형태양광 고정가격계약 매입가격 적용(산자부공고제2019-25호) • 20년 산술평균, 효율감소 0.7%/년, 안전관리비+보험료, 수선적립금 220만원/년 • 시설비 1.8억원 : 발전/개발인허가 포함 (토지대, 농지보전부담금, 개발부담금 제외), 계통연계비 850만원 • 시설비의 90%는 에너지공단의 1.75% 장기저리 대출 (5년거치 10년 상환) 	
작물 감수율에 따른 농업 수익	-300			
총 수익 감소 비용	-400			
영농형 태양광 발전 매출액 (연간)	22,400			
영농형 태양광 발전 순수익 (연간)	9,290			20년 산술평균
연간 영농형 태양광 발전 최종 순수익	8,890			영농형 태양광 발전 순수익-농업 총 수익 감소

* 영농형 및 농지 면적 : 600평 기준

제 3절 연구개발 성과

1. 국내·외 논문 게재

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
1	영농형 태양광 발전 시스템 구성에 따른 하부 농지 일사량의 전산모사 연구	한국신·재생에너지 학회	김덕성		대한민국	한국신·재생에너지학회	비SCI	2020.03 (예정)	J1-201900052

2. 국내 및 국제학술회의 발표

No	발표제목	회의명칭	발표자	발표일시	장소
1	10kW급 한국형 농업 병행 태양광 발전(태양광 이모작)용 구조물 실증	한국태양광발전학회 2017 추계학술대회	김현기, 남재우, 장영섭, 김창한, 이석호, 임철현	2017.10.30.	대전컨벤션센터
2	농업 병행 태양광 발전 시스템 하부 발작물 실증연구	한국태양광발전학회 2017 추계학술대회	남재우, 김현기, 장영섭, 김창한, 이석호, 임철현	2017.10.30.	대전컨벤션센터
3	Agriphotovoltaic technology and structure design	International Green Energy Conference 2018 PV Market Insight	남재우	2018.04.05.	대구 엑스코
4	A field study of growing potatoes under the agro-photovoltaic systems	International conference & exhibition on clean energy 2018	임철현	2018.08.06.	퀘백주, 캐나다
5	15kW급 영농형 태양광 발전 하부 감자의 생육 환경 변화 조사	한국태양광발전학회 추계학술대회	조건영, 김근호, 남재우, 김창한, 장영섭, 임철현	2018.10.04	제주 오리엔탈호텔
6	영농형 태양광 발전 배 과수 전용 Y분주 일체형 구조물 개발	한국신재생에너지학회 2019 춘계학술대회	김근호, 김태영, 김우람, 남재우, 김창한, 임철현	2019.05.23.	해운대 그랜드호텔
7	영농형 태양광 발전의 배 과수발 전용 접이식 구조물 개발	2018 한국태양에너지학회 추계학술발표대회	김근호, 조건영, 남재우, 김창한, 장영섭, 임철현	2018.11.15.	한국과학기술회관
8	영농형 태양광 발전의 배 과수발 전용 접이식 구조물 개발	2018 한국태양에너지학회 추계학술발표대회	조건영, 김근호, 임철현, 남재우, 김창한, 장영섭	2018.11.15.	한국과학기술회관
9	Agrioltaic agriculture case study in korea	International Green Energy Conference 2019 PV Market Insight	남재우	2019.04.04.	대구 엑스코
10	영농형 태양광 시스템 하부 농작물 증기(3년) 생육연구	2019 한국태양에너지학회 춘계학술대회	김창한, 임철현, 장영섭, 남재우	2019.04.05.	대구 엑스코
11	과수용 Y 지주 일체형 영농형 태양광 구조물 개발	2019 한국태양에너지학회 춘계학술대회	김근호, 김우람, 김덕성, 김창한, 남재우, 임철현	2019.10.16.	제천 청풍리조트
12	배 과수 전용 Y 지주 영농형 태양광 발전 구조물 개발	한국태양광발전학회 2019 추계 학술대회	김근호, 김우람, 김덕성, 김창한, 남재우, 임철현	2019.11.22.	여수 엠블호텔

3. 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품증, 프로그램)

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등 록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	농업병행 태양광 발전장치	대한 민국	에스엠 소프트웨어(주)	2018.08.16.	10-2018-0095735				100
2	복수 개의 타이머를 갖는 태양광 추적 시스템	대한 민국	농업회사법인 솔라팜(주)	2018.09.17.	10-2018-0110762				100
3	작물 생육을 위해 음영 조절이 가능한 영농형 태양광 시스템	대한 민국	농업회사법인 솔라팜(주)	2019.11.21.	10-2019-0150382				100

4. 저작권(소프트웨어, 서적 등)

No	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	인버터 통신 적정성 검증 SW	2017.11.01.	에스엠 소프트웨어(주)	2017.11.10.	C-2017-028011	에스엠소프트웨어(주)	100
2	인버터 통신 프로토콜 자동 변환 미들웨어	2017.11.01.	에스엠 소프트웨어(주)	2017.11.10.	C-2017-028010	에스엠소프트웨어(주)	100
3	환경데이터 수집 모듈	2018.03.01	에스엠 소프트웨어(주)	2018.08.20	C-2018-021348	에스엠소프트웨어(주)	100
4	장치데이터 수집 모듈	2018.04.01	에스엠 소프트웨어(주)	2018.08.20	C-2018-021347	에스엠소프트웨어(주)	100
5	농업일지 작성용 어플리케이션 소프트웨어	2019.12.03	에스엠 소프트웨어(주)	2019.12.16.	C-2019-040809	에스엠소프트웨어(주)	100
6	CCTV(폐쇄회로 텔레비전)을 활용한 생육환경 뷰 소프트웨어	2019.12.02.	에스엠 소프트웨어(주)	2019.12.16.	C-2019-040808	에스엠소프트웨어(주)	100

5. 고용창출

No	고용인력	고용기관명	고용창출일	고용형태	비고
1	이상득	에스엠소프트웨어(주)	2017.07.01	정규직	
2	최영	에스엠소프트웨어(주)	2017.02.01.	정규직	
3	김근호	(재)녹색에너지연구원	2018.03.15.	정규직	
4	김경준	에스엠소프트웨어(주)	2019.02.07	계약직	
5	김재영	에스엠소프트웨어(주)	2019.02.07	계약직	
6	김우람	(재)녹색에너지연구원	2019.02.15.	계약직	
7	김지현	(재)녹색에너지연구원	2019.03.01.	계약직	
8	최홍완	(재)녹색에너지연구원	2019.04.22.	계약직	
9	김택성	(재)녹색에너지연구원	2019.05.01.	계약직	

6. 기술실시

No	기술명	실시기관	기술실시일	기술실시권 유형	비고
1	영농형 태양광시스템 실증단지 설비공사 및 기술자문 용역	농업회사법인 솔라팜(주)	2018.06.04.	직접실시	유상
2	솔라팜 전남 1호 태양광 발전소	농업회사법인 솔라팜(주)	2019.07.25.	직접실시	유상

8. 사업화

(금액 : 백만원)

No	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생년도	기술 수명
							국내	국외		
1	기술이전	공정개선	서울	영농형 태양광시스템 실증단지 설비공급 및 기술자문 용역	한국형 태양광 이모작 실증단지 설계 및 자문 용역 수행	지에스건설	151	-	2018	-
2	기술이전	상품화	전남 보성	99kW 영농형 태양광 발전소 구축	국내 최초 개인 농민 벼작물 대상 태양광 이모작 (영농형 태양광) 발전소 구축	문병완 (농민 개인)	198	-	2019	-

10. 정책활용

No	상태	시책명	주관부처	일자	기대효과
1	정책 건의	영농형 태양광 관련 규제 완화 제안	산업통상자원부	2018.07.24.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 영농형 태양광에 대한 타용도 일시사용전용 허가 가능 ○ 이격거리 규제 및 맹지에 대한 설치 규제 완화 조치 기대 ○ 계통 연계 방안 모색
2	정책 건의	영농형 태양광 시범사업 시공 가이드라인	한국에너지공단	2018.09.01.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 영농형 태양광에 대한 용어 정리를 통해 일반인들이 쉽게 이해가 가능함 ○ 농업과 태양광 발전이 공존 가능하도록 주요기기 및 구조물 등에 대한 일반적인 규격 및 제질 등에 대한 가이드 제시에 따라 추후 시공에 따른 혼선 및 비용 감소 가능 등
3	정책 건의	대통령 업무 보고	농림축산식품부	2018.12.18.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농업인과 수익 공유가 가능한 주민 참여형 성공 모델 방안 마련 ○ 유희농지 및 염해 간척지 등의 비우량 농지 활용한 방안 마련 ○ 실증 연구 결과 반영한 사후관리, 설비 안전성 등 사업 지침 보완하여 농업인 지원체계 구축

11. 교육 및 컨설팅

No	교육 및 컨설팅명	교육 및 컨설팅 교재명	주요내용	일시	장소
1	태양광 이모작 농민 설명회	태양광 이모작 농민 설명회	○ 태양광 이모작 타당성 교육	2017.03.07.	나주시 농어업 회의소
2	태양광 이모작 사업 홍보 교육	태양광 이모작 사업 홍보 교육	○ 태양광 이모작 사업 홍보 교육	2017.04.11.	나주시 왕곡면
3	테스트베드 농지 임대 농가 교육	테스트베드 농지 임대 농가 교육	○ 농지에 태양광 발전 구조물을 최적으로 배치하여 농작물 수확량을 최소화 하고 태양 광 발전을 동시에 할 수 있는 관련 기술 소 개	2017.05.12.	나주시 왕곡면
4	영농형 태양광발전소 R&D사례 소개	영농형 태양광발전소 R&D사례 소개	○ 식물의 광포화점을 초과하는 태양광을 태 양광 발전에 사용하여 농작물 재배와 태양광 을 공유 등 영농형 태양광 기본 교육	2017.08.31.	남원 스위트 호텔
5	영농형 태양광발전소 R&D사례 소개	영농형 태양광발전소 R&D사례 소개	○ 태양광 이모작 전용 발전 시스템 개발 및 실증(녹여연) 사례 소개	2017.09.21.	수원 라마다 호텔
6	농가소득 5천만원 달성을 위한 태양광 농업 설명회	농가소득 5천만원 달성을 위한 태양광 농업 설명회	○ 나라별 사례 설명, 국내의 현황 설명 이 후 농업병행태양광 발전 타당성소개	2018.03.23.	보성농업협동조 합
7	경상북도 태양광발전 사업설명회	경상북도 태양광발전 사업설명회	○ 한국형 태양광이모작 사업설명 발표	2018.04.03.	영천시 교충동 336-1
8	광주전남 신재생에너지협의회 발족식 및 활성화 워크숍	광주전남 신재생에너지협의회 발족식 및 활성화 워크숍	○ 신재생에너지 보급 확대 및 협조체계 구 축과 보급활성화 방안 모색을 위한 광주 전 남 신재생에너지협의회 발족식과 더불어 활 성화 워크숍을 진행.	2018.04.26.	KFA 광주전남지역본 부 대강당
9	'18년 하반기 농가태양광 정책금융지원 설명회	'18년 하반기 농가태양광 정책금융지원 설명회	○ 2018년도 하반기 농가태양광 정책금융지 원 설명회에 한국형 태양광 이모작 시스템과 농가 태양광 보급 활성화를 위한 정책금융지 원제도에 대한 발표 진행.	2018.06.12.	온양 그랜드호텔
10	2018 경기도 에너지센터 운영사업 농촌 태양광 활성화 교육	2018 경기도 에너지센터	○ 농촌 태양광 및 영농형 태양광발전 사업 에 대한 내용을 발표함.	2018.07.27.	이천시 마장면 이치리 320-5
11	2018 농촌태양광발전사업 설명회 및 컨설팅-사업모델 발굴 워크숍	2018 농촌태양광발전사업 설명회 및 컨설팅-사업모델 발굴 워크숍	○ 영농형 태양광 사업모델에 대한 교육을 진행함. 또한 농촌 태양광 보급 및 발전의 활성화를 위한 다양한 사업모델 발굴 회의들 진행함.	2018.08.09. ~09.10.	남일대리조트 및 사천, 고성군 등
12	충주시조합운영협의 회	충주시조합운영협의회	○ 충주시 영농조합원들을 대상으로 영농형 태양광 실증 실적 등 발표 진행.	2018.08.10.	남청주 농업협동조합
13	태양광 수용성 확대를 위한 전문위원회 워크숍	태양광 수용성 확대 방안 토론 및 자문	○ 영농 및 농촌형 태양광 발전 설비에 대한 수용성 확대 방안에 대한 토론 및 자문	2018.12.18.	대구 DCC
14	농어촌 대상 신재생에너지 융복합시스템 개발 및 실증	제생에너지 융합포럼	○ 농어촌 재생에너지 융합에너지의 방안 중 한국형 태양광 이모작 시스템에 대한 내용을 발표함.	2019.01.08.	부산
15	영농형 태양광발전을 위한 핵심 요소 및 사업방향	2019년 달라지는 태양광발전-ESS 제도변화에 따른 대응 및 사업전략 세미나	○ 영농형 태양광 발전을 위한 핵심 요소 및 사업방향에 대한 발표	2019.01.24.	서울 중소기업중앙회
16	영농형 태양광 실무전문가 간담회	영농형 태양광 실무전문가 간담회	○ 2019년도 정부합동 영농형 태양광 시범사 업 추진방향 논의 추진	2019.02.12.	서울, 한국에너지공단

17	한일 영농형태양광 기술 교류회	한일 영농형태양광 교류회	○ 한일 영농형 태양광 기술 교류회	2019.03.07.	대전, 한국전력연구원
18	영농형 태양광발전시설 설치 및 하부 작물 생육조사 표준화 자문회의	영농형 태양광발전시설 설치 및 하부 작물 생육조사 표준화 자문회의	○ 국립식량과학원에서 주최한 영농형 태양광발전시설 설치 및 하부 작물 생육조사 표준화 자문회의 수행	2019.03.21.	전주, 국립식량과학원
19	2019년 상반기 충남 지역민을 위한 농촌 태양광 창업 교육훈련	2019년 상반기 충남 지역민을 위한 농촌 태양광 창업 교육훈련	○ 영농형 태양광 설비 및 구축 관련 교육 및 현장 실습 수행	2019.06.12. ~06.14.	충남창조경제혁신센터
20	영농형태양광 현황 및 전망	영농형태양광 현황 및 전망	○ 영농형 태양광 발전 시스템 개발 및 실증 현황과 이후 영농형 태양광 발전 시스템 보급을 위한 정부, 지자체 및 각 기관 별 전망 및 추진 계획 등 발표	2019.06.18.	에너지기술평가원
21	신재생에너지 활용 농업 에너지 자립 및 전환을 위한 국제심포지엄	신재생에너지 활용 농업 에너지 자립 및 전환을 위한 국제심포지엄	○ 국내 및 국외의 대표 영농형 태양광 실증 사례 발표 및 기술 교류	2019.07.24.	전남 농업기술원
22	디지털농업 공동워크숍	디지털농업 공동워크숍 - Agrivoltaic system case study	○ 본 과제 수행 성과 발표 및 영농형 태양광 발전의 필요성 등 발표	2019.08.28.	서울, 한국개발연구원
23	'19년 하반기 충남 지역민을 위한 농촌 태양광 창업 교육훈련 추진	'19년 하반기 충남 지역민을 위한 농촌 태양광 창업 교육훈련	○ 영농형 태양광 발전 시스템 개요 등 교육 및 현장실습 수행	2019.09.02.	충남창조경제혁신센터

12. 홍보실적(신문, 방송, 저널 등)

No	홍보유형	매체명	제목	일시
1	주간잡지	한국에너지	농지 위 태양광, '솔라 셰어링' 기술로 현실화	2017.07.05
2	지방TV방송	대전MBC뉴스	농사 지으며 태양광 발전	2017.07.11
3	주간잡지	대한전문건설신문	벼농사 대신 태양광 농사 수익 17배 이상 된다	2017.07.24
4	중앙일간지	투데이에너지	태양광 이모작으로 경작·발전수입 '동시에'	2017.07.27
5	중앙일간지	에너지경제신문	녹예연, 태양광발전-농업 융복합사업 관심 집중	2017.07.27
6	중앙일간지	나눔일보	농촌 태양광발전으로 영농시스템 개발 추진	2017.07.27
7	중앙일간지	이투뉴스	녹색에너지研, 농사·태양광 병행 기술 개발 착수	2017.07.27
8	중앙일간지	에너지타임즈	녹색에너지연구원, 태양광영농시스템 개발 착수	2017.07.27
9	중앙일간지	에너지신문	태양광발전 스마트복합 영농시스템 개발한다	2017.07.27
10	중앙전문지	한국에너지	녹색에너지연구원, 태양광 이모작으로 스마트복합 영농시스템 개발 추진	2017.07.27
11	중앙일간지	에너지데일리	녹색에너지연구원, 태양광 발전·농업 융복합 시도	2017.07.27
12	중앙전문지	전력산업신문	녹색에너지研, '태양광이모작 영농시스템' 개발 추진	2017.08.07
13	지방전문지	충청타임즈	"강력한 생산이력제 시행 서둘러야"	2017.08.23
14	기타	2017 에너지대전 전시회	2017 에너지대전 홍보관 운영	2017.09.20
15	중앙전문지	전력산업신문	'신재생에너지' 및 '에너지복지' 지향 국내 에너지 패러다임 전환	2017.10.09

16	지방일간지	광남일보	농업분야 새로운 먹거리 산업 창출 기대	2017.10.25
17	기타	BIXPO	BIXPO 전시회 홍보부스운영	2017.10.30
18	중앙일간지	이투뉴스	영농형 태양광, 재생에너지 확산모델로 부상	2017.10.30
19	인터뷰	한국에너지기술평가원	그린에너지기술저널 취재	2018.04.13
20	TV방송	머니투데이	동영상 첨부	2018.5.18
21	TV방송	채널에이	동영상 첨부	2017.12.28
22	워크샵	한국태양광발전병행농업협회 창립총회	정부의 신재생에너지 정책과 태양광 발전병행 농업 연구 사례	2018.03.27.
23	컨퍼런스	국제 그린에너지 컨퍼런스	(2018 태양광 마켓 인사이트) R&D Status of PV system applying for Agrophotovoltaic(Agro-PV)	2018.04.05.
24	중앙전문지	그린에너지기술 저널	영농형 태양광발전 사업, 농지에서 농사짓고 태양광발전까지	2018.04.13.
25	중앙TV방송	시사뉴스저널	솔라팜(주) 태양광 발전으로 벼 재배 성공, 4개월 만에 수확	2018.12.05.
26	월간잡지	농경과 원예	영농형 태양광발전	2019.02.01.
27	인터넷기사	전기신문	영농형 태양광, 농촌경제 개선/태양광입지 위한 '일석이조'해법	2019.02.21.

13. 기타활용(단행본발간, CD제작등)

연도	활용명칭	활용내역	비고
2019.06.01.	사단법인 한국진공학회 진공이야기 투고	에 한국형 태양광 이모작에 대한 개요 및 연구 성과 등 내용 투고	학술 월간지 투고

제 4절 연구결과

1. 기술적 성과

가. 한국형 태양광 이모작용 시공 및 구조물 개발

- 본 연구개발을 통해 벼, 밭 작물 (감자, 배추, 양파 등)과 과수 작물은 배를 대상으로 농업 및 생육환경에 친화적인 시공법과 구조물을 개발하였음.
- 표준 시공법 : 작물의 뿌리 생육 특성과 지반 특성을 고려한 시공법 개발을 통해 ① 부분나사 말뚝 기초파일과 ② FRP 재질 케이스를 이용한 독립기초 시공법을 각각 개발하였음. 부분나사 말뚝 기초파일 시공법은 논 및 밭 전용 실증단지 그리고 독립기초 시공법은 배 전용 실증단에 각각 적용하였음.
- 구조물 개발 : 본 연구에서는 10kW규모로 벼 및 밭 작물 전용 구조물과 배 과수 대상 2가지 (접이식 및 Y 지주형 구조물)의 구조물을 각각 개발하였음. 모든 구조물은 기존 농법을 기반으로 농민 혹은 농기계 작업 반경을 고려하여 해당 구조물을 설계 및 개발하였으며, 작물 감수율 20% 이하를 감안한 차광율을 각각 적용하였음.
- 본 연구에서 개발한 시공법 및 구조물은 다양한 작물을 대상으로 실증연구 되었으며, 위 연구내용과 같이 대부분의 작물별 감수율은 20% 이하로 조사되었음.

나. 한국형 태양광 이모작용 표준 재배기술 개발 (별첨 첨부)

- 충북 오창의 15kW급 논 및 밭 실증단지와 전남 나주의 10kW급 밭과 배 과수용 실증단지를 활용하여 벼 (고시히까리 및 추청), 밭 작물 (배추, 감자, 양파 등) 그리고 배 작물을 대상으로 생육 및 감수율 분석을 수행하였음. 이에 대상 작물에 따른 표준재배기술을 개발하였음.
- 벼, 감자, 배추 및 배에 대한 영농형 태양광용 표준재배기술을 확보하였으며, 이에 작물 재배기술서를 제작하였음.
- 표준재배기술서는 기존 농법을 바탕으로 본 연구과제 수행을 통한 태양광 이모작용 대상 작물 표준재배기술서를 작성하였으며, 또한 “농촌진흥청 농사로” 를 비롯한 기타 농진청 발간자료를 활용하여 편집하였음.
- 본 표준재배기술서는 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 시스템 보급에 따른 농민을 대상으로 한 기술교육 자료로 사용될 예정임.

영농형태양광용 작물 재배 기술서 (벼)



2019. 11

농업회사법인 슬라팜 주식회사

영농형태양광용 작물 재배 기술서 (감자)



2019. 11

농업회사법인 슬라팜 주식회사

영농형태양광용 작물 재배 기술서 (배추)



2019. 11

농업회사법인 슬라팜 주식회사

영농형태양광용 작물 재배 기술서 (배)



2019. 11

농업회사법인 슬라팜 주식회사

그림 119. 한국형 태양광 이모작 (영농형 태양광용) 작물 재배 기술서.

다. 한국형 태양광 이모작용 노지형 스마트영농 시스템 개발

(1) 실시간 모니터링 시스템 개발

- 본 연구에서는 태양광 이모작 시스템의 작물 생육, 재배 및 기후환경 그리고 발전량의 실시간 모니터링을 위해 각종 계측센서 및 모니터링 기반 시설을 구축하였으며 이에 대한 실시간 모니터링 웹과 어플리케이션을 각각 개발하였음.
- 개발 실시간 모니터링 시스템을 통해 작물의 생육정보와 주변 환경 및 기상을 실시간으로 관찰하고 기상재해 등에 대한 해당 구조물과 작물의 실시간 대응이 가능한 시스템을 구축하였음.

(2) 스마트영농 시스템 개발

- 본 연구에서 개발한 스마트영농 시스템은 노지에 적용가능한 기술로서, 앞서 언급한 실시간 모니터링 시스템을 이용하여 실시간으로 작물과 발전량 모니터링을 통해 모듈 가변, 농업용 액상 살포 등을 실시간으로 원격제어가 가능하고 동시에 일간 스마트영농일지 작성 기능을 구현하였음.

2. 경제적 성과

- 본 연구에서 개발한 “한국형 태양광 이모작 (농업 & 태양광 발전 병행) 스마트 영농 시스템”은 추후 확산 보급을 통해 농가의 수익창출을 통한 농업의 지속성 강화 그리고 재생에너지 보급에 국가적 에너지안보 강화 등의 경제적 성과 및 효과가 있음.
- 다양한 작물 대상으로 개발된 태양광 이모작용 구조물은 작물에 일사량 차광율을 ~30%로 하여 감수율 20% 이하를 달성한 바, 최소의 작물 수확량 감소를 통한 발전수익 창출 효과가 기대됨.
- 또한, 노지형 스마트 영농 기술을 통해 보다 표준화된 농업이 가능하며 고령화된 농가에 노동력의 효율성 향상 및 귀농 귀촌 농민들의 안정적인 정착에 따른 지역경제 활성화가 가능함.

제 3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 정량적 목표 및 달성 여부

(단위 : 백만원, 건수, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화						기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록 (SW)	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치	논문		논문평균 IF	학술발표	정책활용	홍보전시					
											SCI								비SCI		
단위	건	건	건	건	백원	건	백원	백원	명	백원	건	건	건	건	명	건	건				
가중치	5	10	5	5	10	5			15		5			10	10		5	15			
최종목표	3	2	6	1	50	2	0	0	6	0	1	1	2	2	6	9	0	3	3	0	
1차년도	목표	1	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	3	0	0	1	0	
	실적	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	5	0	0	19	0	
2차년도	목표	2	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	3	0	0	1	0	
	실적	2	0	2	1	151	0	0	1	0	0	0	0	0	5	6	0	3	6		
3차년도	목표	0	1	2	1	50	2	0	2	0	1	1	1	2	2	3	0	3	1	0	
	실적	1	3	2	2	198	2	0	6	0	1	(1)	1	0	5	12	0	0	2	0	
합계	3	(3) ¹⁾	6	2	349	2	0	0	9	0	1	(1) ²⁾	1	0	12	23	0	3	27	0	

1) 특허등록 대기 (2020년 등록 예정)

2) SCI급 논문 투고 중 (2020년 게재승인 예정)

2. 연차별 연구목표 달성 여부

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	수행내용 및 결과
1차년도 (2017)	태양광 이모작용 구조물 최적 설계 및 개발	태양광이모작용 구조물 최적 설계 및 개발 (최종목표 : 풍압강도 >45m/s)	100	- 각관 파이프를 활용한 대형 스펠 (6x6x4.5m)을 갖는 한국형 태양광 이모작 전용 구조물 설계 및 개발 · 시공성 용이 전용구조물 및 부품설계 · 기초 시공법 개발 : 나사말뚝 기초 파일 및 독립기초 시공법 개발설계 및 제작 · 태양광 발전용 모듈 가변장치 설계
		10kW급 실증 사이트 2개소 (논, 밭) 구축 (최종목표 : 신규설치 30kW)	75	- 전라남도 나주시 왕곡면 534번지 밭 실증 사이트 구축 · 농지 인허가, 계통연계 완료 · 실증면적 : 330m ² · 비교면적 : 330m ² - 나사말뚝 기초 구조물 성능 및 시공성 검증 - 태양광 구조물 안전성, 시공성, 발전량 검증

				<ul style="list-style-type: none"> - 논 실증 사이트 구축 미완료 - 민원발생 등 논 실증단지 구축 미완료
	태양광 이모작 농작물 재배 표준기술 개발	태양광 이모작 작물 재배 및 분석·평가 (최종목표: 감수율 <20%)	100	<ul style="list-style-type: none"> - 기 구축 논 및 밭 실증단지 활용한 작물 재배 및 분석 수행 - 실증단지 : 충북 청주시 청원구 오창읍 탑리 787, 773번지 - 실증면적 : 350+350m² - 비교면적 : 350+3,000m² - 벼(고시히까리), 감자, 배추 재배, 분석 평가 - 벼 감수율 : ~20% - 감자 감수율 : ~15% - 전남 나주 밭 실증단지 : 배추 및 마늘 파종
	농업&태양광발전 병행을 위한 ICT 기술 개발	농업용 액상살포 시스템 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 고압 분무 장치 개발 및 구축 완료 - 레일형 구동장치 개발 - 액상살포 보조 장치(노즐 유지보수) 개발 - 저장탱크 수위 알람 기능 개발
		실증사이트 태양광 모니터링 시스템 구축 (최종목표 : ISO25010 품질확보)	100	<ul style="list-style-type: none"> - 태양광이모작용 태양광 모니터링 웹 개발 - 태양광이모작용 모니터링 어플리케이션 개발
2차 년도 (2018)	태양광 이모작용 개선형 구조물 개발 및 실증	1차년도 실증 결과를 바탕으로 한 구조물 및 토목 개선 시공법 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 개선형 기초 시공법 개발 - 전나사 기초파일 →부분나사 기초파일 - FRP 독립기초시공법 개선 및 적용 - 전남 나주 배 과수 전용 접이식 구조물에 적용
		최적 수평투영면적 및 경작 작업성을 반영한 구조물 제시공	100	<ul style="list-style-type: none"> - 강도 보강을 위한 1 스패ن 규격 : 6 m x 6m x 4.5m 에서 4.5m x 4.7m x 4m로 조정 - 1차년도 농작물 감수율 (~15% 내외)결과를 고려하여 차광률 완화 (25 → 30%)
		10kW급 실증단지 2개소(과수 & 논) 구축	75	<ul style="list-style-type: none"> - 10kW급 실증 사이트 1개소 (과수) 신규 구축 - 전남 나주 금천면에 10kW급 배 실증단지 구축 - 1차년 미 구축 실증단지 재구축 추진 - 재구축 부지 인근 문화재 인접에 따른 재구축 불가 - 배 과수 실증단지 보급형 모델 개발 추진 (3차년도)
		태양광이모작 및 일반 태양광 발전 시스템 발전 형태 비교 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> - 태양광이모작 및 일반 태양광 발전 시스템 발전 형태 비교 분석 - 6~7월 총발전량 2,196kWh로 일일 시스템 이용시간 ~ 3.6h/day으로 일반 태양광 발전 시스템의 일일 시스템 이용시간과 동등 수준으로 분석됨.
		태양광이모작 지원 정책개발 및 제한 규제 및 법령 완화 대책 도출	100	<ul style="list-style-type: none"> - '18.7.24 산자부 장관 주체 신산업 규제혁신 토론회 참석 - '18.9 한국에너지공단 영농형 태양광 시범 보급사업 가이드 라인 작성 수행
	작물 생육 및 감수율 분석	태양광이모작용 작물별(논, 밭) 재배기술 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 벼 (충북 오창) : 2018년 재배 3년차에는 2년차 재배 결과를 분석하여 기존 영농법을 변경 재배함. - 벼 : 2016~2017년 2년간 재배한 결과, 감수율이 18~20% - 감자 (충북 오창) : 2018년 재배 2년차로서 1년차 재배 결과를 분석하여 기존 영농법을 변경 재배함. - 2017년 감수율 15% - 2018년 약 16.5% - 마늘 (전남 나주) : 첫 재배로, 본 연구에서 개발한 구조물의 첫 수확물임. - 2018년 약 15.4% - 배 (전남) : 전남의 대표적인 품종으로서 광포화점 40klx, 기존 과수원에 기존 배나무 위에 설치하는 형태, 1차년도에는 기존 영농법대로 재배, 생육특성 파악함. - 2017부터 배추 감수율은 2019년 수확 후 감수율 분석을 수행하였음.
		15kW급 기 구축 실증 사이트 2개소(논, 밭) 운영	100	<ul style="list-style-type: none"> - 본 과제에서 운영중인 실증단지 별 농업인과의 지속적인 영농지도 및 검토 수행 - 실증단지 구조물의 유지&보수 수행 - 실증단지 구조물에 ICT기술 적용을 위한 구조물 개선
		모든 실증단지 재배작물 모니터링 및 분석·평가	100	<ul style="list-style-type: none"> - 원격 모니터링을 통한 상시 모니터링 수행 - 실증단지에 월 1회 이상 방문을 통한 현장 모니터링, 재배 지침에 따른 작물 재배 확인, 생육 분석 수행 - 시험재배지와 비교재배지에서 샘플링하여 공인인증기관에서 분석 및 평가 추진 - 전년도 재배한 작물의 차년도 재배 지속 여부 판단
	스마트	태양광 농장제어시스템 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 개발 어플리케이션을 활용한 실시간 알람 기능 개발

	영농시스템 개발			<ul style="list-style-type: none"> · 기상재해 등 실시간 알림 기능 개발 - 태양광 발전용 모듈 트래킹 (가변) 기술 개발 · 1차년도 구축 발 실증단지 (전남 나주)의 모듈 크래킹 기술 개발 수행 - 농작물 피해 방지 기능 개발 - 농장제어 운영 SW 1식 - 메인컨트롤러 1식
3차 년도 (2019)	보급형 태양광 이모작 구조물 개발	· 배 과수 전용 보급형 구조물 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 기 연구 계획 중 논 실증단지 구축 미완료에 따른 10kW급 배 과수 전용 Y지주형 태양광 이모작 구조물 개발 및 구축 수행 · 차광율 : ~25%
	기 구축 태양광 이모작 구조물 유지&보수	· 배 과수 전용 접이식 구동부 개선 및 원격제어 시스템 구축	100	<ul style="list-style-type: none"> - 10kW급 배 과수 전용 접이식 구조물의 구동부 개선 및 자동화 시스템 구축 · 접이식 구조물의 구동 시스템 개선을 위한 와이어텐션 조절 장치 개발 및 구축 수행 - 태양광 발전용 모듈의 접이식 구동 원격제어 시스템 개발 수행 · 기 개발 어플리케이션 기술을 활용한 접이식 구동부의 원격제어 시스템 개발
	태양광 이모작 농작물 재배 및 표준재배기술 개발	· 작물별 생육 및 감수율 분석 및 평가	100	<ul style="list-style-type: none"> - 벼 (충북 오창) : 2018년도와 동일한 재배법 적용함. · 벼 : 2018~2019년은 추정 품종으로 재배하였으며, 해당 품종의 감수율은 액 13%로 전년 대비 다소 감소하였음. · 첫 대상 품종인 고시히까리 중 대비 추청은 비교적 도복에 강하고 단위면적당 수량이 많았음. - 감자 (충북 오창) : 기존과 동일한 남작으로 재배함. · 전년 대비 단위면적당 감수율은 약 9%로 감소하는 경향을 보임. - 양파 (전남 나주) : 차광율을 30%로하여 재배하였음. · 대조구 대비 감수율은 약 11% 수준으로 조사됨. - 배추 (충북 오창) : 베타후레쉬 품종을 대상으로 생육 및 감수율 분석을 수행함. · 2017년부터 2019년까지 수확량의 차이는 보였으나, 기후 및 객토에 따라 정확한 측정이 불가하였음. 베타후레쉬 경우 대조구 대비 약 12~23%수준으로 조사됨. - 배 (전남) : 배 과수 대상 첫 감수율 분석 사례임.. · 과실의 품질 (과폭, 과장도 등)은 대조구와 유의적 차이 없음. · 감수율의 경우, 대조구 대비 약 6% 수준으로 조사되었음.
		· 실증 작물 별 표준재배기술 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 본 연구를 통해 한국형 태양광 이모작 시스템 하부 대상 작물 중 벼, 감자, 배추 및 배 작물을 대상으로 “영농형 태양광 작물 재배 기술서”를 각각 발간하였음.
	노지형 스마트 영농 시스템 개발	· 노지형 스마트 영농을 위한 모듈 가변 원격제어 시스템 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 모듈 가변 원격제어 시스템 및 어플리케이션 개발 · 일사량, 기상 등 상황에 따른 태양광 이모작용 모듈 가변 시스템의 원격제어 시스템 개발
		· 스마트 영농 최적 알고리즘 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 태양광 이모작 하부 작물 생육 및 발전 최적화 알고리즘 개발 · 일사량의 변화 및 부족 등 각 상황에 따른 최적화 운용 알고리즘 개발
	· 스마트 영농 통합운영시스템 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 태양광 이모작용 실시간 모니터링 기능 및 시스템 개발 · 일일 단위 작물 생육 및 발전량 DB 구축 · 실시간 모니터링 소프트웨어 개선 - 태양광 이모작용 스마트 영농 일지 작성 개발 · 1차년도 개발 어플리케이션을 활용한 스마트 영농 일지 작성 기능 개발 - 통합운영시스템 개발 · 구축 환경 센서 등을 통한 생육환경 및 발전량 정보의 실시간 모니터링 및 DB 확보 기능 개발 · DB를 활용한 스마트 영농 최적 알고리즘에 의한 스마트영농 구현 	

3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책 (후속연구의 필요성 등)

가. 정량적 목표 미달성 사유 및 차후대책

- 특허 출원 (100% 달성)의 경우, “농업병행 태양광 발전 장치 (10-2018-00957535)”, “작물 생육을 위해 음영 조절이 가능한 영농형 태양광 시스템 (10-2019-0150382)” 그리고 “복수 개의 타이머를 갖는 태양광 추적 시스템 (10-2018-0110762)” 이상 3건이 출원 완료되었음. 이 중 “농업병행 태양광 발전 장치 (10-2018-00957535)” 는 2020년 2월 심사관지정 되었으며, 나머지 2건의 특허 출원 역시 2020년 내 등록 예정임.
- SCI급 논문의 경우, 한국형 태양광 이모작 시스템이 하부 작물에 미치는 영향에 대한 논문으로 “Assessment of Ground Solar Radiation Changes according to Module Arrangement in the Agrophotovoltaic System” 의 주제로 Energies 저널에 게재될 예정이다.
- 비 SCI급 논문 (100% 달성)은 “영농형 태양광 발전 시스템 구성에 따른 하부 농지 일사량의 전산모사 연구” 의 주제로 한국신재생에너지학회 저널에 게재승인 (2019.12.11.) 되었으며 2020년 내 게재 예정임.
 - 게재승인은 되었으나, 게재에 따른 논문 세부정보가 확정되지 않아 Fris에 업로드 미완료됨.

Title page

Computer Simulation of Lower Farmland by the Composition of an Agrophotovoltaic System

DeokSung Kim¹⁾, ChangHeon Kim²⁾, JongSung Park³⁾, ChangHan Kim⁴⁾, JaeWoo Nam⁵⁾, JaiYoung Cho⁶⁾, CheolHyun Lim⁷⁾

- 1) Researcher, Solar Energy R&D Dept, Green Energy Institute
- 2) Ph.D, Solar Energy R&D Dept, Green Energy Institute
- 3) Ph.D, Solar Energy R&D Dept, Green Energy Institute
- 4) CEO, Solar-Farm Corporation
- 5) Vice President, Solar-Farm Corporation
- 6) Research Director, Institute Technology, Won-Kwang Electric Power Corporation
- 7) Ph.D, Solar Energy R&D Dept, Green Energy Institute

*Corresponding author
Cheolhyun Lim

Affiliation of corresponding author

E-mail : chlim@gei.re.kr

Tel : +82-61-288-1010 Fax : +82-61-287-8006

Key words : Agrophotovoltaic, Solar Radiation, Simulation, Shading Ratio, Transparent

논문정보

논문번호	IT_201900052
학술지명	신재생에너지
제목	영농형 태양광 발전 시스템 구성에 따른 하부 농지 일사량의 전산모사 연구

심사기록

차수	제출일	접수일	편집위원선정일	심사위원선정일	심사일	심사결과	총평일	총평결과
1	20191101	20191103	20191103	20191104	20191107	심사완료	20191120	수정후 재심
				20191104	20191111	심사완료		
2	20191125	20191126	20191126	20191126	20191126	심사완료	20191203	수정후 게재
				20191126	20191203	심사완료		
3	20191204	20191204	20191204	20191211	20191211	심사완료	20191211	개재가능

닫기

그림 120. 비 SCI급 논문 게재승인 완료.

나. 연차별 연구목표 미달성 사유 및 차후대책

- 본 연구과제 1차년도 수행 중 전라남도 나주시에 구축 예정인 10kW급 실증단지는 민원발생 및 인허가 등의 사유로 구축을 완료하지 못하였음.
- 벼 작물에 대한 생육 특성 및 감수율 분석은 참여기관인 솔라팜의 충북 오창 실증단지를 활용하여 과제수행 3년간 고시히까리 및 추청 품정에 대한 생육특성 분석 및 감수율 분석을 완료하였으며 이에 대한 벼 작물 대상 영농형 태양광 작물 재배 기술서를 제작 완료 하였음.
- 미 구축 벼 작물 대상 10kW급 실증단지 대신 10kW급 배 과수용 (Y지주형) 태양광 이모작 보급모델 개발 및 구축을 수행하였으며, 과제종료 후 개발 구조물에 대한 안전성 검증, 발전효율 분석과 하부 배 과수의 생육분석 및 감수율 분석 예정임.

다. 후속연구의 필요성

- 본 연구는 국내 최초로 농업과 태양광 발전 시스템 병행 시스템 개발을 시작한 연구과제로서, 해당 연구는 발전 수익 창출을 통한 농업의 지속성 확보 및 농촌경제 활성화 그리고 농지를 활용한 재생에너지 확산을 통한 국토 활용도 향상 등의 높은 잠재력을 갖고 있음.
- 해당 연구과제를 통해 벼, 밭 작물 (감자, 배추, 양파 및 마늘 등) 및 과수 (배) 등의 작물을 대상으로 시공법 및 구조물 개발과 작물 별 생육특성 및 감수율 분석 및 표준재배기술 도출 등 다양한 연구를 수행하였음. 하지만 모든 작물은 1년을 주기로 생육이 반복되며 이상기후 (혹은 지구온난화)에 따른 불규칙적 기후환경으로 추후 지속적인 대상 작물의 생육 모니터링이 필요함.
- 또한 본 연구과제에서 구축 및 실증 연구에 활용한 실증단지는 논 1개소, 밭 2개소 그리고 과수 2개소임. 해당 실증단지를 활용한 다양한 작물을 적용하여 연구를 수행하였으나, 지역별 혹은 재배기법별 다양한 대표작물을 대상으로 실증연구가 필요함.

제 4장 연구결과의 활용 계획

제 1절 연구 성과 활용 방안

- 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광발전 병행 시스템 표준 모델 활용
- 발전수익 창출에 따른 농업 지속성 강화 및 농지 보존 방안 제시
- 국토 활용도 제고 및 재생에너지 보급 방안 제시
- 작물별 표준재배기술 확보에 따른 농업의 고부가가치화 기술 활용 기대
- 노지형 스마트영농 기술 개발을 통한 농업 효율성 제고 및 농업 생산성 향상 기술 확보

제 2절 사후관리 방안

- 농업 지속성 관리
 - 본 연구개발 실증단지 정기적 방문 점검
 - 연1회 영농현황 정기 점검 : 해당농업인에게 방문 사전 통보하여 일정 조정
 - 농업 현황을 판단할 수 있는 실제 농업 전문가(향후 영농형태양광관리사)가 방문
 - 해당 농업인 면담, 농업 정보 제공 및 지도 수행
 - 향후 현장 방문 조사의 실효성을 검증하기 위한 방안 모색(GPS기능을 활용한 검증 앱 개발, 영농형태양광 발전소 DB와 연계)
 - 현장 방문 요청을 접수하여 권역별 순회 현장방문 지도
 - 농업인 불만, 문의사항 처리
 - 설치부터 준공, 농업지도까지 전 과정에 대한 상담
 - 상담 채널 : 전화(콜센터 운영), 홈페이지 게시판, 이메일, SNS, 협회사무실 방문 등
- 발전 및 구조물의 지속성 관리
 - 업체의 유지보수 상황 모니터링
 - 농업인의 민원 등 접수 파악
 - 추가 조치 방안은 향후 검토

붙임. 참고문헌

1. 농촌진흥청. 2019. 농사로. 농촌진흥청.
2. 박광호. 2014. 벼 재배공학. 향문사.
3. 전남농업기술원. 2010. 친환경벼 재배 매뉴얼. 전남농업기술원.
4. 채제천. 2005. 쌀생산과학. 향문사.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 한국형 태양광 이모작 (농업&태양광발전 병행) 스마트 영농 시스템 개발				
	(영문) Development of smart environmental control systems for solar double cropping				
주관연구기관	(재)녹색에너지연구원		주 관 연 구	(소속) (재)녹색에너지연구원	
참 여 기 업	농업회사법인 솔라팜(주) 에스엠소프트웨어(주)		책 임 자	(성명) 김 창 현	
총연구개발비 (1,071,000천원)	계	1,071,000	총 연구 기간	'16.12.23. ~ 19.12.22.(3년월)	
	정부출연 연구개발비	690,000	총 참 여 원 수	총 인 원	총 12 명
	기업부담금	231,000		내부인원	총 12 명
	정부외출연금	150,000		외부인원	
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 연구에서는 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 스마트 영농 시스템 개발을 수행함에 따라, 다양한 작물 대상 10kW급 3개소의 신규 실증단지과 기 구축 15kW급 벼 및 밭 전용 실증단지를 활용한 표준 시공법 및 구조물 개발과 작물별 생육특성과 표준재배기술을 각각 개발하였음. 해당 연구수행을 통해 우수한 학술적/기술적 성과를 달성함에 따라 2건의 사업화를 성공하였으며 정책제안 및 다수의 홍보 및 교육지도를 통한 추후 국내 보급·확산에 높은 파급효과가 기대됨. <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 신규 10kW급 3개소 & 기존 15kW급 2개소 실증단지 개발 및 운용 <ul style="list-style-type: none"> ○ 각 실증단지 별 대상 작물의 생육 특성 및 표준재배기술 개발. ○ 또한 농업 및 작물에 친화적인 시공법 및 작업 및 안전성 확보가 가능한 구조물 개발 - 노지형 스마트 영농시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 작물 생육 및 발전량의 실시간 모니터링 시스템 (웹 및 어플리케이션) 개발 ○ 태양광 발전용 모듈 가변 (트래킹) 제어 및 스마트 영농일지 작성 등의 스마트 영농 기술 개발 ○ 농업 및 발전량 최적 운용을 위한 통합운영관리시스템 구축 및 개발 - 작물별 생육특성 및 표준재배기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 5개소 실증단지 활용하여 대상 작물별 생육특성 및 감수율 분석 및 평가 : 최대 차광률 ~30%에서 대상 작물 감수율 ~20% 이하 달성 ○ 상부 시스템의 차광 및 낙수효과 등에 대한 개선안 도출 및 반영을 통한 최적 구조물 개발 및 재배법 적용 ○ 작물 별 (벼, 감자, 배추 및 배) 표준재배기술 개발 <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 개발을 통한 사업화 2건 달성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 특히, 국내 첫 일반 농민 대상 사업화 1건 달성 (100kW급 벼 작물 대상 영농형 태양광 발전소) 					

- 한국형 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 기술력 확보
- 개발 구조물 및 시스템 활용 작물 고부가가치화 기술 개발 추진
- 다양한 작물 대상 표준재배기술 개발 및 농민 대상 (귀농 귀촌인 포함) 기술교육 적용

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	116170-03		
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	친단기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	한국형 태양광 이모작 (농업&태양광발전 병행) 스마트 영농 시스템 개발			과제유형	(개발)
연구기관	재단법인 녹색에너지연구원			연구책임자	김창현
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	'16.12.23.~ '17.12.22.	290,000	97,000	387,000
	2차연도	'17.12.23.~ '18.10.22.	170,000	57,000	227,000
	3차연도	'18.10.23.~ '19.12.22.	230,000	77,000	307,000
	계	'16.12.23.~ '19.12.22.	690,000	231,000	921,000
참여기업	농업회사법인 솔라팜(주), 에스엠소프트웨어(주)				
상대국	상대국연구기관				

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2019.02.05.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
재단법인 녹색에너지연구원	선임연구원	김창현

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	김창현	
----	-----	---

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수)

- 국내 첫 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 개발을 통해 논 및 밭 작물과 과수 (배) 전용 시공법 및 구조물 개발을 완료하였음. 작물별 차광율은 최대 ~30%로 하여 대상 작물 모두 감수율 20%이하를 달성하였음. 본 연구개발결과를 바탕으로 국내 농업 활성화 및 재생에너지 보급에 우수한 대안으로 평가됨.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수)

- 본 연구에서 개발한 한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 스마트 영농 시스템 개발을 통해 특허 출원 3건, SCI 급 1건 (개제 예정), 비 SCI급 1건, 소프트웨어등록 6건 국내 및 국외 학술발표 12건 등의 우수한 학문적 파급효과를 지니고 있으며, 이를 바탕으로 2건의 사업화를 달성하였음.
- 또한 본 연구결과는 27회의 다양한 매체를 통한 홍보실적을 달성한 바, 한국형 태양광 이모작 시스템에 대한 국내 파급효과 및 성과는 매우 우수하다고 판단됨.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수)

- 본 연구를 통해 도출된 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 개발 기술, 스마트영농 기술 그리고 작물별 표준재배기술 등의 보유 기술의 국내 보급·확산을 위해 3회의 정책제안을 수행하였으며 동시에 정부 관계자부터 농민까지 23회의 교육 및 컨설팅을 수행하여 활용가능성을 높이었다고 평가됨.
- 또한, 시공법 및 구조물 등 개발 기술의 표준화 그리고 작물별 표준재배기술 개발을 통해 국내 보급 시 활용가능성이 매우 높다고 판단됨.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수)

- 본 연구진은 연구과제를 매우 성실히 수행함에 따라 국내 첫 한국형 태양광 이모작 시스템 개발을 완료하였으며 이에 논, 밭 및 과수 전용 농업 & 태양광 병행 시스템 개발, 스마트 영농 시스템 및 표준재배기술 등을 각각 개발하여 학문적/기술적 성과를 달성하였음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지식소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수)

○ 본 연구과제 수행에 따라 SCI급 1편 (개제 예정), 비 SCI급 2편, 특허 출원 3건, SW등록 6건, 국내 및 국제 학술대회발표 12건 및 사업화 2건을 각각 완료하였음. 또한, 해당 개발 기술의 보급을 위한 정책활용 3건, 홍보 27건 및 교육 23건 등을 각각 수행하였으며, 또한 해당 과제 수행을 통해 총 9건의 고용창출을 달성하였음.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
작물별 태양광 이모작 구조물 개발 및 실증	25	25	· 10kW급 3개소 (밭 & 과수) 시스템 개발 및 실증 · 작물별 표준 시공법 및 구조물 개발 · 기 구축 15kW급 2개소 (벼 & 밭)실증단지 운영
작물별 생육특성 (감수율) 분석 및 평가	25	25	· 5개소 실증단지 활용 작물별 생육특성 및 감수율 분석 · 작물별 태양광 이모작 시스템 적용 타당성 평가
작물별 표준재배기술 개발	25	25	· '17~'19 작물 별 생육 및 재배법 표준화 수행 · 작물별 표준재배기술 개발
스마트 영농 시스템 개발	25	25	· 작물 생육 및 발전량 실시간 모니터링 시스템 구축 · 노지형 스마트 영농 통합관리시스템 개발
합계	100점	100점	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

○ 본 연구진은 과제수행기간 동안 국내 첫 태양광 이모작 스마트 영농 시스템 개발을 통해 논, 밭 및 과수 전용 시공법 및 구조물 개발 및 실증, 표준재배기술 및 스마트 영농 시스템 개발을 완료하였으며, 이에 대한 기술적/학문적 매우 우수한 성과를 달성하였음. 또한 해당 연구결과를 바탕으로 정책제안, 교육 및 홍보 등을 통한 국내 보급화에 기여도가 높음. 따라서 본 연구과제는 매우 성공적이라 평가할 수 있음.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 본 연구과제는 농업 기반 태양광 발전 병행 시스템 개발을 목적으로 수행된 과제로서 농업 특성상 외부 환경에 민감하고 1회당 1년을 주기로 함. 이에 일부 연구결과 및 성과에서 미비한 부분이 있음. 대부분 정량적 혹은 연차별 수행 목표를 달성하였으나, 특허등록 및 논문 등 심사가 진행 중임.
- 본 연구는 국내 첫 농업과 태양광 발전 병행 시스템 개발사례로서, 다양한 작물을 대상으로 차광률 ~30%로 하여 대상 작물 최대 ~20%이하의 기술을 확보하였으며 동시에 작물별 구조물 개발, 노지형 스마트 영농 시스템 및 작물별 표준재배기술을 각각 확보함에 따라 국내 농업 활성화 및 재생에너지 보급화에 기여하는 바가 크다고 볼 수 있음.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 본 연구과제를 수행함에 따라 확보된 기술은 추후 ① 다양한 작물에 대한 생육특성 및 표준재배기술을 확보하고, ② 보급 및 사업화에 용이한 보급형 구조물 개발, ③구조물 및 시스템의 장기적 안전성 확보를 위한 O&M 기술 확보 ④ 태양광 이모작 시스템 기반 작물 고부가가치화 기술 개발 및 ⑤ 해당 기술의 통합관리운용을 위한 빅데이터 기술 개발 등을 진행할 예정임.
- 또한, 한국형 태양광 이모작 스마트 영농 시스템의 국내 보급 및 확산을 위한 지속적인 정책제안을 통해 국내 농업과 재생에너지 보급 활성화에 기여하고자 함.

IV. 보안성 검토

○ 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

○ 해당사항 없음

2. 연구기관 자체의 검토결과

○ 해당사항 없음

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	첨단생산기술개발사업
연구과제명	한국형 태양광 이모작 (농업&태양광발전 병행) 스마트 영농 시스템 개발			
주관연구기관	재단법인 녹색에너지연구원		주관연구책임자	김 창 현
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	정부외출연금	총연구개발비
	690,000,000	231,000,000	150,000,000	1,071,000,000
연구개발기간	2016.12.13.~2019.12.22. (36개월)			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과	달성도 (%)
① 한국형 태양광 이모작용 표준 구조물 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 10kW급 3개소 실증단지 개발 및 실증 · 전남 나주에 밭 1개소와 배 과수용 접이식 구조물 1개소 및 보급형 Y지주형 구조물 1개소 구축 및 실증 - 신규 10kW급 3개소 및 기존 15kW급 2개소 실증단지 운용 및 표준 구조물 개발 · 각 실증단지 별 논 (벼), 밭 (감자, 양파, 배추 등) 그리고 과수 (배) 작물을 대상으로 최적 구조물 개발 완료 · 구조적 안정성 및 작업성 고려한 구조물 개발 완료 - 개발 구조물 최적 시공법 개발 · 지반 특성 및 작물 생육특성 맞춤 시공법 개발 완료 	100
② 노지형 스마트 영농 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 실시간 모니터링 시스템 개발 · 작물 생육 및 발전량의 실시간 모니터링을 위한 웹 사이트 및 어플리케이션 개발 - 스마트 영농 시스템 개발 · 개발 어플리케이션을 활용한 자연재해 등 알림 기능 개발 · 스마트 영농일지 기술 개발 	100

	· 태양광 발전용 모듈 가변 (트래킹) 원격제어 기술 개발	
	- 최적 운용 알고리즘 개발	
	· 일사량 등 작물 생육 환경 및 발전량 최적운용을 위한 알고리즘 개발	
③ 태양광 이모작용 표준재배기술 개발	- 작물별 생육특성 분석	100
	· 개발 시스템 하부 작물 대상 생육특성 및 감수율 분석	
	· 품종 및 작물별 적정성 평가	
	- 작물 표준재배기술 개발	
	· 실증결과를 바탕으로 작물별 표준재배기술 개발 및 제시	

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문 SCI	논문 비SCI	논문 평균 IF	학술 발표			정책 활용	홍보 전시	
											논문					학술	정책			홍보
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	-	건	-	명	건	건	-
가중치	5	10	5	5	10	5	-	-	15	-	5			-	10	10	-	5	15	-
최종목표	3	2	6	1	50	2	0	0	6	0	1	1	2	2	6	9	0	3	3	0
연구기간내 달성실적	3	0	6	2	34.9	2	0	0	9	0	1	0	1	0	12	23	0	3	27	0
달성율(%)	100	0	100	초과	69.8	100	-	-	초과	0	100	0	50	-	초과	초과	0	100	초과	0

4. 핵심기술

구분	핵심 기술 명
①	한국형 태양광 이모작 농업 & 태양광 발전 병행 시스템
②	노지형 스마트 영농 시스템
③	농업 & 태양광 발전 병행용 작물 표준재배기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술복제	외국기술소화.흡수	외국기술개선.개량	특허출원	산업체이전(상품화)	현장으로결	정책자료	기타
①의 기술					V	V	V	V		
②의 기술					V	V				
③의 기술		V								

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	국내 농민 주체 농업 & 태양광 발전 병행 시스템 보급 모델
②의 기술	농업 & 태양광 발전 병행 시스템 기반 스마트 영농 기술 적용을 통한 농업 효율성 확보
③의 기술	기존 농민 및 귀농 귀촌인을 위한 교육 및 기술지도 자료 활용

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권		기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용 정보		기타(타 연구활용등)		
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문				학술발표	정책활용		홍보전시	
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명					
가중치	5	10	5	5	10	5	-	-	15	-	5	-	10	10	-	5	15	-		
최종목표	3	2	6	1	50	2	0	0	6	0	1	1	2	6	9	0	3	3	0	
연구기간 내 달성실적	3	0	6	2	34.9	2	0	0	9	0	1	0	1	0	12	23	0	3	27	0
연구종료 후 성과창출 계획	-	3	-	1	20	1	-	-	-	-	-	1	1	4.7	-	-	-	-	-	-

농어촌 이모작 태양광 구조물 구조검토

2017. 05.

(주)대한구조안전기술단

구조 안전 확인서

녹색에너지연구원 귀중

용역명 : 농어촌 이모작 태양광 구조물 구조검토

귀 원에서 의뢰한 “농어촌 이모작 태양광 구조물 구조검토” 용역을 건축구조기준에 따른 구조해석 및 구조검토 결과 구조적으로 문제가 없음을 확인합니다.

- 붙 임 : 요약 검토서. 끝.

2 0 1 7 . 05.

건축구조기술사 정 호



요약 검토서

1. 개요

태양광 발전설비(모듈)가 설치될 경우 건축구조기준에 의거 고정 및 활하중, 풍하중을 산정하고 구조해석을 통하여 태양광지지대의 안전성 여부를 판단하여 그 결과에 따라 적절한 보강대책을 제시하기 위함이다.

2. 구조검토 방법

의뢰처에서 제공한 태양광 설계도면을 근거로 태양광발전설비의 설치가 예상되는 부위의 하중을 고려하여 3차원 구조해석프로그램을 사용하여 구조해석 하였다.

3. 하중적용 (건축구조기준)

태양광 발전설비(모듈) 고정하중	0.15 kN/ea
설계기본풍속(Vo)	32 m/sec(영암군)

4. 사용재료의 강도(현 상태)

구조 부재	SPSR400, Fy = 235 MPa	
태양광 모듈 지지부재	□-40X40X2.3t	□-100X100X2.3t
기타 모든 부재	□-60X60X2.3t	□-100X100X6.0t □-125X125X9.0t □-100X100X2.3t □-100X100X4.5t □-60X60X2.3t

5. 주요 구조부재 검토 결과

1) 풍하중 고려시(현 상태)

구 분	축 내력비	휨 내력비	전단 내력비	조합내력비	안전성 판단
SC1 □-60x60x2.3	0.109	4.705	0.228	4.822	불안전
SC2 □-60x60x2.3	0.174	7.312	0.361	7.422	불안전
SC3 □-60x60x2.3	0.107	9.532	0.516	9.624	불안전
SG1 □-60x60x2.3	0.361	0.999	0.055	1.293	불안전
SG2 □-60x60x2.3	0.116	5.828	0.297	5.980	불안전
SG3 □-60x60x2.3	0.058	3.786	0.194	4.556	불안전
SB1 □-40x40x2.3	1.520	32.907	0.168	33.546	불안전
BR1 □-60x60x2.3	0.367	1.865	0.057	2.025	불안전

2) 풍하중 고려하지 않는 경우 (현 상태)

구 분	축 내력비	휨 내력비	전단 내력비	조합내력비	안전성 판단
SC1 □-60x60x2.3	0.020	0.125	0.008	0.220	안전
SC2 □-60x60x2.3	0.037	0.222	0.015	0.269	안전
SC3 □-60x60x2.3	0.071	0.064	0.004	0.145	안전
SG1 □-60x60x2.3	0.001	0.031	0.003	0.032	안전
SG2 □-60x60x2.3	0.010	0.215	0.028	0.222	안전
SG3 □-60x60x2.3	0.003	0.113	0.013	0.135	안전
SB1 □-40x40x2.3	0.059	0.432	0.023	0.462	안전
BR1 □-60x60x2.3	0.009	0.122	0.006	0.175	안전

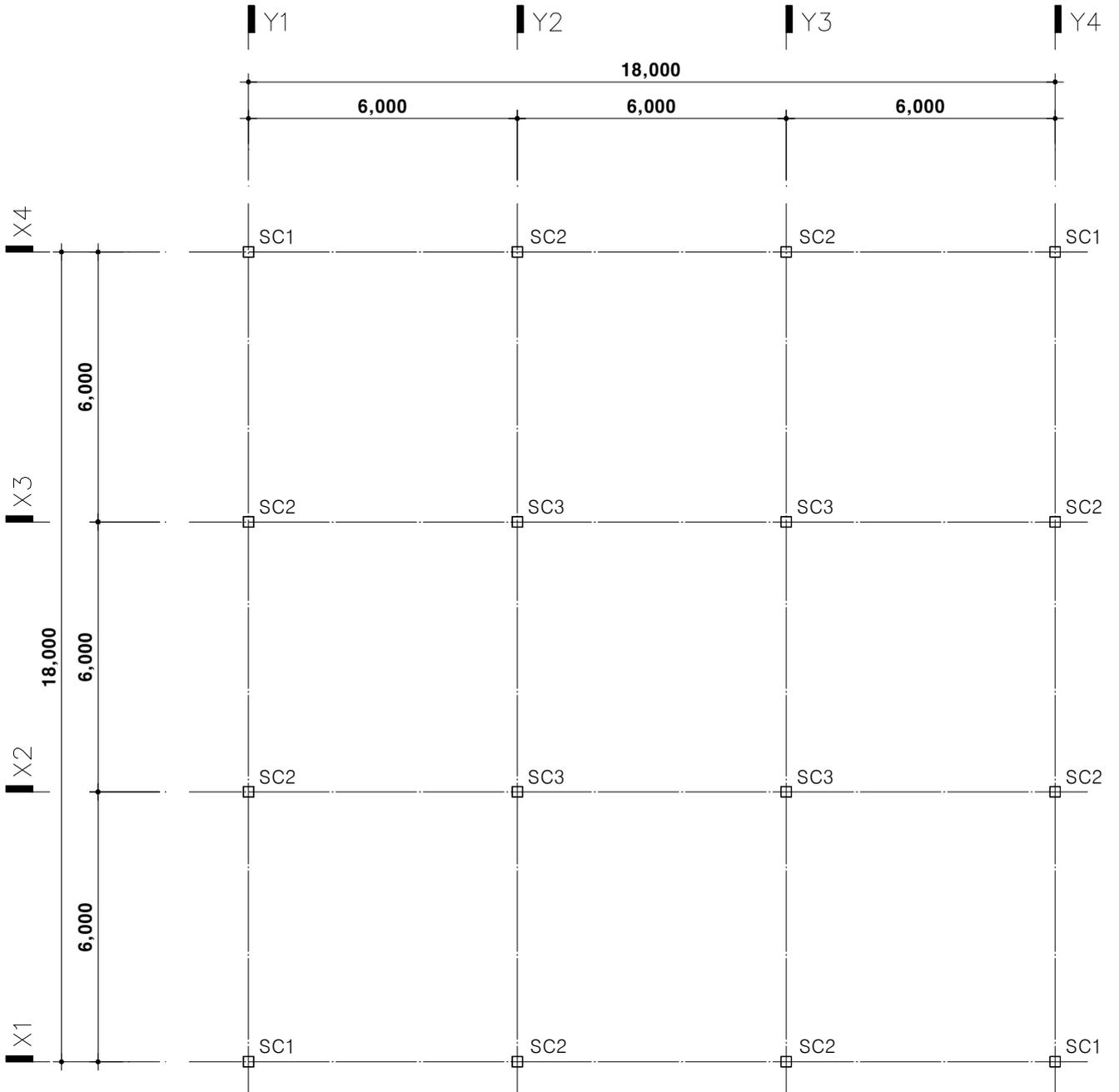
3) 풍하중 고려시(보강안)

구 분	축 내력비	횡 내력비	전단 내력비	조합내력비	안전성 판단
SC1 □-100x100x6	0.019	0.669	0.053	0.696	안전
SC2 □-100x100x6	0.029	0.913	0.075	0.930	안전
SC3 □-125x125x9	0.009	0.919	0.089	0.927	안전
SG1 □-100x100x2.3	0.000	0.118	0.008	0.148	안전
SG2 □-100x100x4.5	0.014	0.932	0.116	0.950	안전
SG3 □-100x100x4.5	0.012	0.608	0.071	0.747	안전
SB1 □-100x100x2.3	0.002	0.577	0.061	0.650	안전
BR1 □-60x60x2.3	0.393	0.334	0.015	0.706	안전

- 내력이 1.0 이하는 안전함.

6. 결론

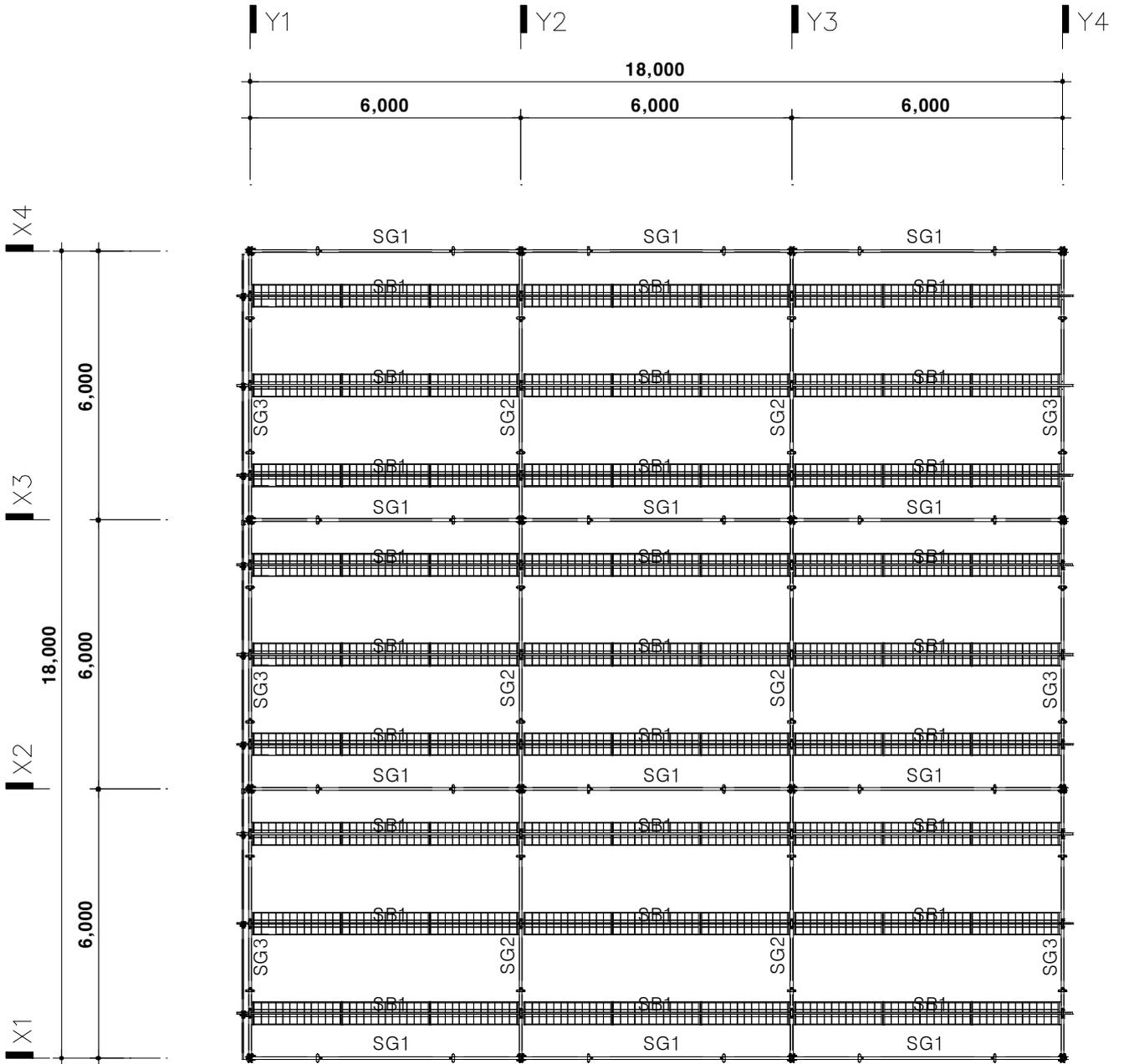
건축구조기준에 따라 태양광 발전설비를 풍하중의 고려 유무의 경우로 나누어서 구조검토를 하였으며, 풍하중 고려시 보강안과 같이 사용자재의 단면치수를 증대하여야 한다. 그리고 스크류파일은 본당 인발 및 압축력은 10kN이상 확보하여야 하며, 부등침하등이 발생되지 않아야 구조적으로 안전하다고 할 수 있다.



* NOTE
 1. 스크류파일 Ra=10kN/ea(인장또는 압축)
 2. 스크류파일은 부등침하 발생하지 않을 것.

기둥 위치도
(보강)

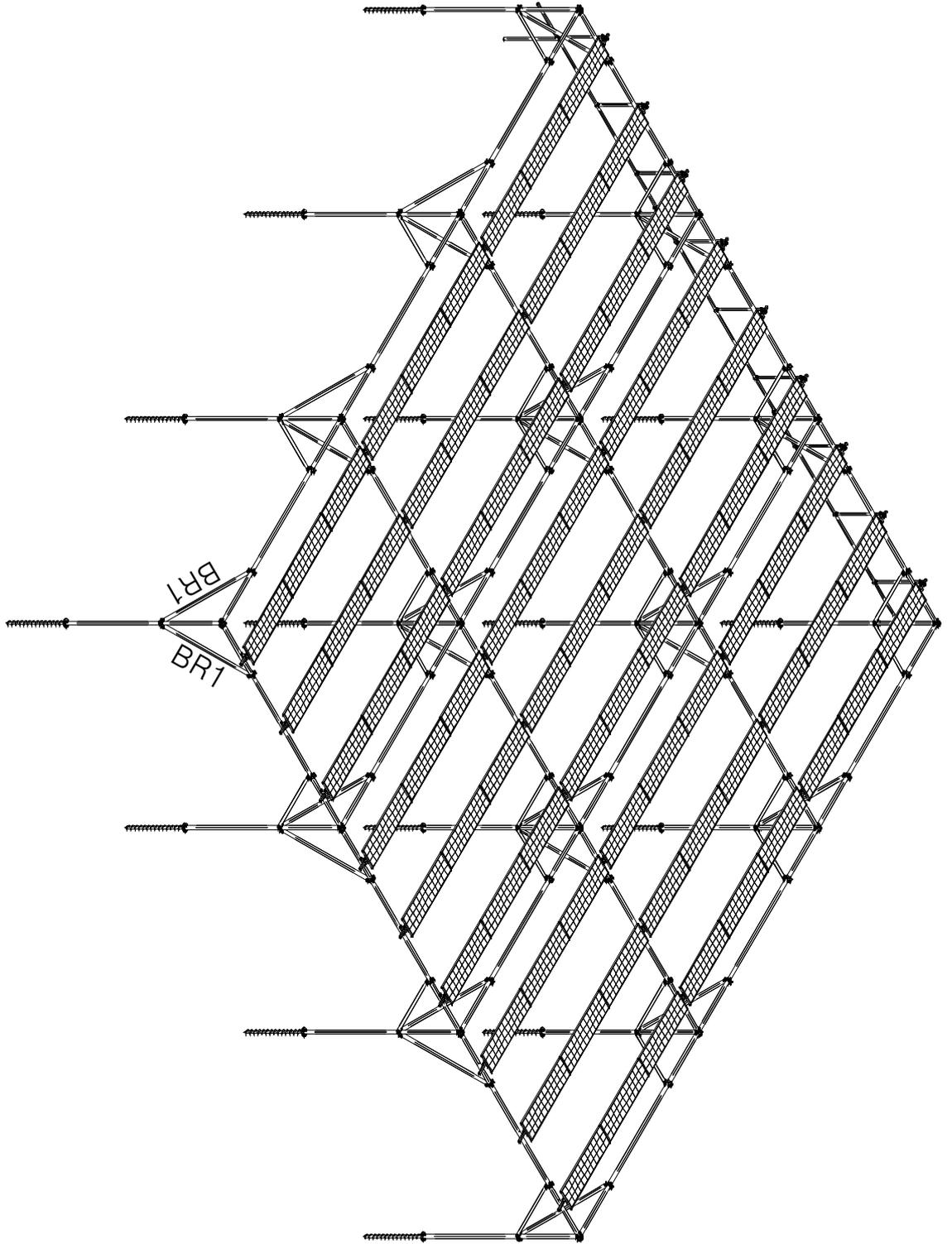
LIST	SIZE	REMARK
SC1	□-100X100X6.0t	SPSR275 (SPSR400)
SC2	□-100X100X6.0t	
SC3	□-125X125X9.0t	

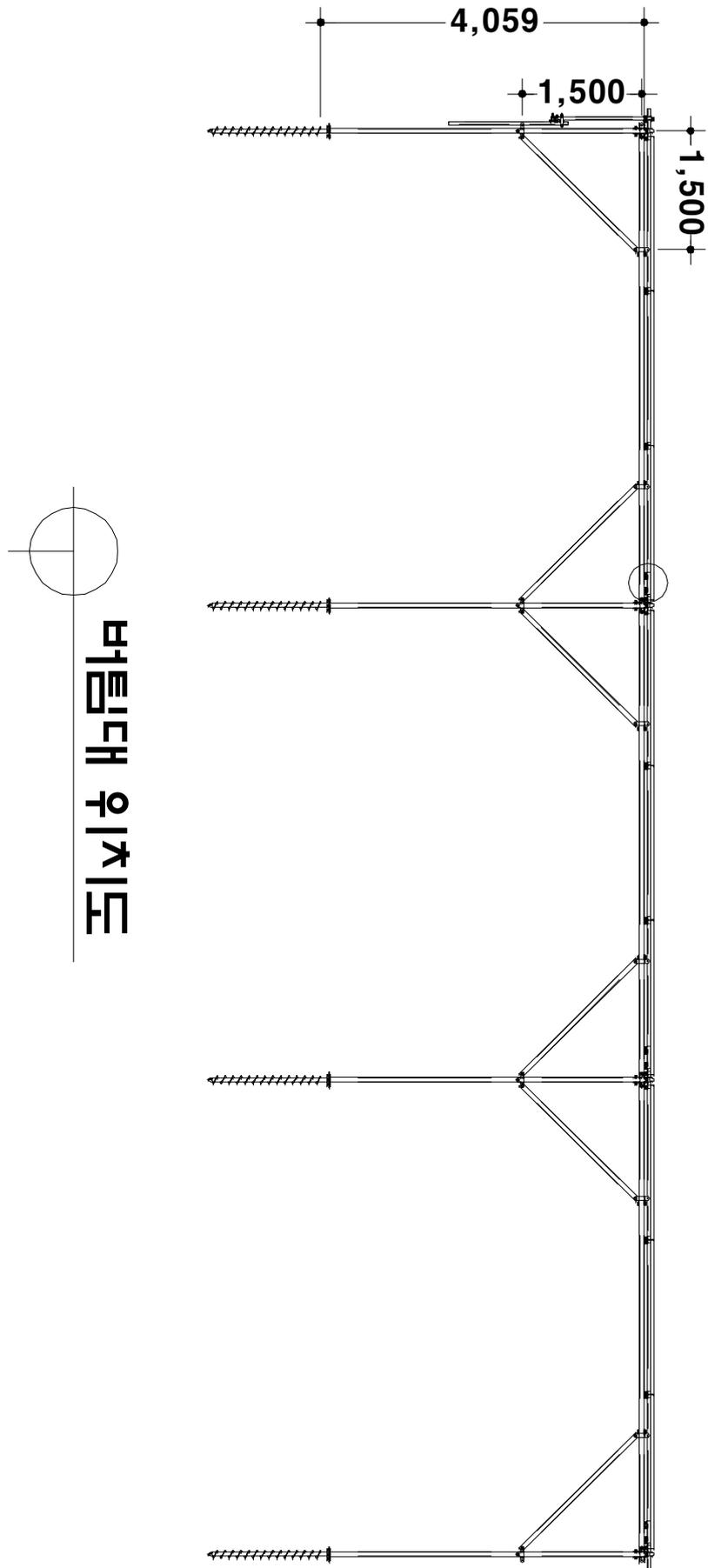


부재 배치도
(보강)

LIST	SIZE	REMARK
SG1	□-100X100X2.3t	SPSR275 (SPSR400)
SG2	□-100X100X4.5t	
SG3	□-100X100X4.5t	
SB1	□-100X100X2.3t	
BR1	□-60X60X2.3t	

버림대 위치도





버팀대 위치도

1. 구조검토 개요

1.1 건물 개요
1.2 사용재료의 종류 및 설계기준강도
1.3 구조검토 방법 및 적용기준
1.4 구조형식
1.5 지내력 및 지하수위
1.6 풍하중

2. 적용하중

2.1 고정하중 및 활하중
2.2 풍하중

3. 안정성 검토

3.1 3D 모델링 및 사용성 검토

4. 구조검토 및 계산근거

4.1 구조도면
4.2 부재검토 계산 근거

1. 구조검토 개요

1.1 건물 개요

1.2 사용재료의 종류 및 설계기준강도

1.3 구조검토 방법 및 적용기준

1.4 구조형식

1.5 지내력 및 지하수위

1.6 풍하중

1. 구조검토 개요

1.1 건물개요

- 위치 : 전라남도 영암군 일대

용 도	지지대 골조 형식	비 고
태양광발전	철골구조	-지지대에 설치

1.2 사용재료의 종류 및 설계기준강도

사 용 재 료	규 격	설계기준강도	비고
철 골	KS D 3503 SS400 KS D 3566 SPSR400	Fy = 235MPa Fy = 235MPa	지지대
볼 트	KS B 1002 SS400의 중볼트	Fu = 400MPa Fy = 235MPa	용접 : 모재강도 이상

1.3 구조검토 방법 및 적용기준

구 분	설계방법 및 적용기준	비고
적 용 법 규	<ul style="list-style-type: none"> 건축법 및 건축법 시행령 건축물의 구조 기준 등에 관한 규칙(2016) 	국토교통부 국토교통부
적 용 기 준	<ul style="list-style-type: none"> 건축구조기준 및 해설 강구조 설계 기준(2016) 	대한건축학회 한국강구조학회
설 계 방 법	<ul style="list-style-type: none"> 철골구조 : 한계상태 설계법 	
참 고 기 준	<ul style="list-style-type: none"> 냉간성형강구조설계기준 및 해설 ACI 318-08 	대한건축학회 미국콘크리트학회
해석프로그램	<ul style="list-style-type: none"> MIDAS GEN : 기동, 보 MIDAS SET, BEST PRO : 부재설계 	마이더스아이티, BEST

1.4 구조형식

구 분	연직하중에 대한 구조형식	수평하중에 대한 구조형식
골 조	모멘트골조	모멘트골조

1.5 지내력 및 지하수위

구 분	기 초	비 고
지 지 력	$R_a = 10\text{kN/ea}$	
지 하 수 위	G.L - m	

특기사항 : 상기 가정치인 지반의 제정수에 대하여는 기초시공 전 재하시험을 하여야 하며 만일, 시험결과치가 설계시에 가정한 지반의 제정수와 상이할 경우에는 설계자 또는 감리자와 협의하여 시험결과치에 대응하는 적절한 기초 구조로 변경하여야 한다.

1.6 풍하중

구 분	Wf	설계기본풍속	노풍도	가스트계수	중요도계수	비고
내 용	$W_f = p_f \cdot A$	32 m/sec	D 급	$G_f = 1.8$	0.9	
		영암군			(3)	

2. 적 용 하 중

2.1 고정하중 및 활하중

2.2 풍하중

2.1 고정하중 및 활하중

2.1 고정하중 및 활하중

- * 태양광 모듈 고정하중 : 0.15kN/ea
- * 부재 자중 : 프로그램내에서 자동 고려
- * 활 하 중 : 작업하중 및 활하중 고려 하지 않음

2.2 풍 하 중

2.2 풍하중

1) 기본 데이터

$$V_0 = 32\text{m/sec}$$

노풍도 : D

중요도 계수 : 0.90

$$G_f = 1.8$$

$$K_{zt} = 1.0$$

$$K_{zr} = 1.13$$

2) 풍하중 산정

< 구조골조용 >

$$q_H = 1/2 \cdot \rho \cdot V_H^2$$

$$V_H = V_0 \cdot K_{zr} \cdot K_{zt} \cdot I_w$$

기본풍속 $V_0 = 32\text{m/sec}$ (영암)

노풍도 = D $G_{pe} = 1.8$, $K_{zr} = 1.13$

$K_{zt} = 1.0$, $I_w = 0.90$ (중요도 3)

$$V_H = 32 \times 1.13 \times 1.0 \times 0.90 = 32.5 \text{ m/s}$$

$$q_H = 1/2 \times \{1.25 \times 32.5^2\} = 0.66 \text{ kN/m}^2$$

< 밀폐형 간판-하부개방 >

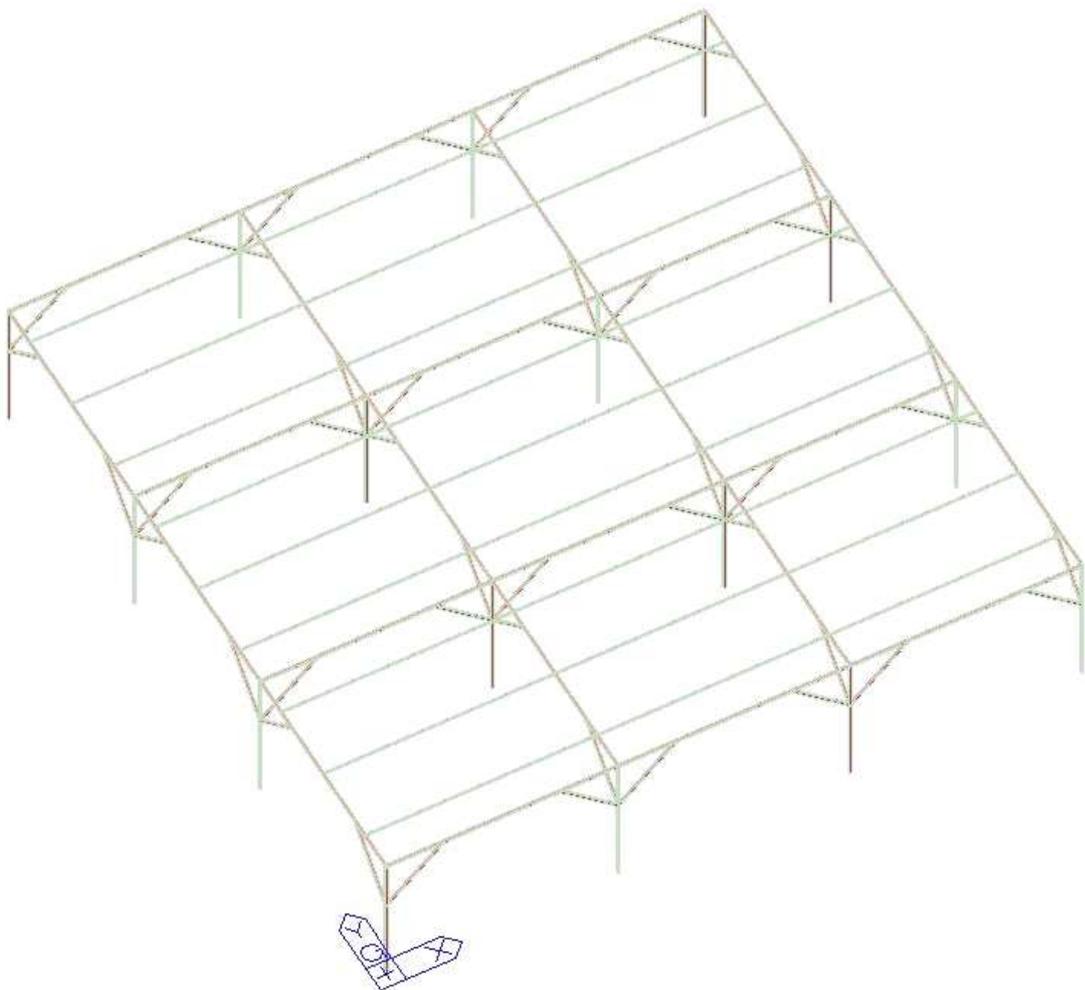
$$P_R = q_H \times G_{pe} \times C_f \quad (m/n = 6.0 / 0.5 = 12)$$

$$P_R = 0.66 \times 1.8 \times 1.4 = 1.66 \text{ kN/m}^2$$

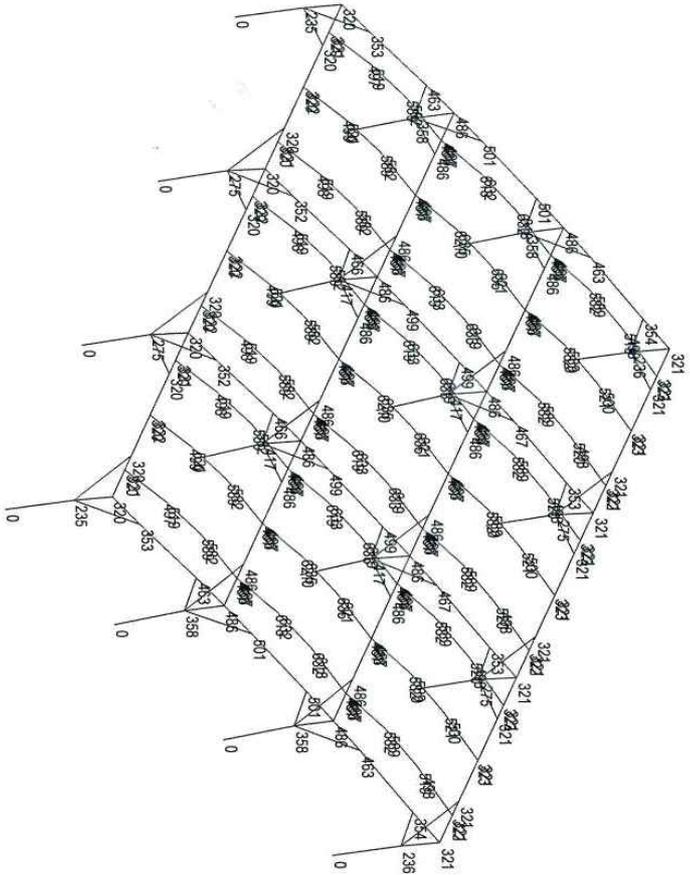
3. 안정성 검토

3.1 3D 모델링 및 사용성 검토

3.1 3D 모델링 및 사용성 검토



봉어중 변위



midas Gen

POST-PROCESSOR

DEFORMED SHAPE

Y-DIRECTION

X-DIR= 0.000E+000

NODE= 1

Y-DIR= 6.348E+002

NODE= 168

Z-DIR= 0.000E+000

NODE= 1

COMB.= 6.395E+002

NODE= 150

SCALEFACTOR= 1.418E+000

ST: WL

MAX: 168

MIN: 1

FILE: 봉어판 이모작

UNIT: mm

DATE: 04/28/2017

VIEW-DIRECTION

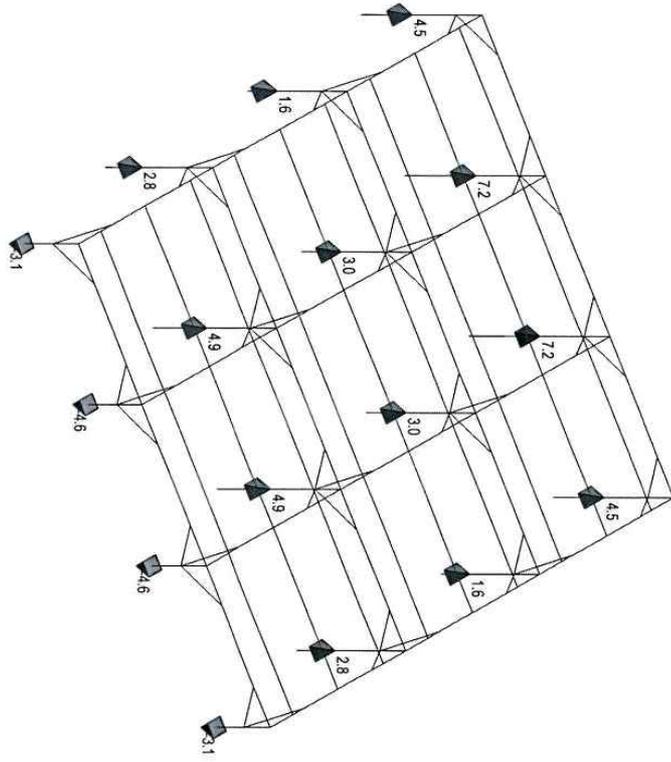
X: -0.609

Y: -0.426

Z: 0.669



지점반력



midas Gen

POST-PROCESSOR

REACTION FORCE

FORCE-Z

MIN. REACTION

NODE= 3

FZ: -4.6302E+000

MAX. REACTION

NODE= 15

FZ: 7.1911E+000

CBALL: STL ENV_SER

MAX : 15

MIN : 3

FILE: 농어촌 이모작 태양

UNIT: KN

DATE: 04/28/2017

VIEW-DIRECTION

각: -0.241

시: 0.000

Z: 0.824

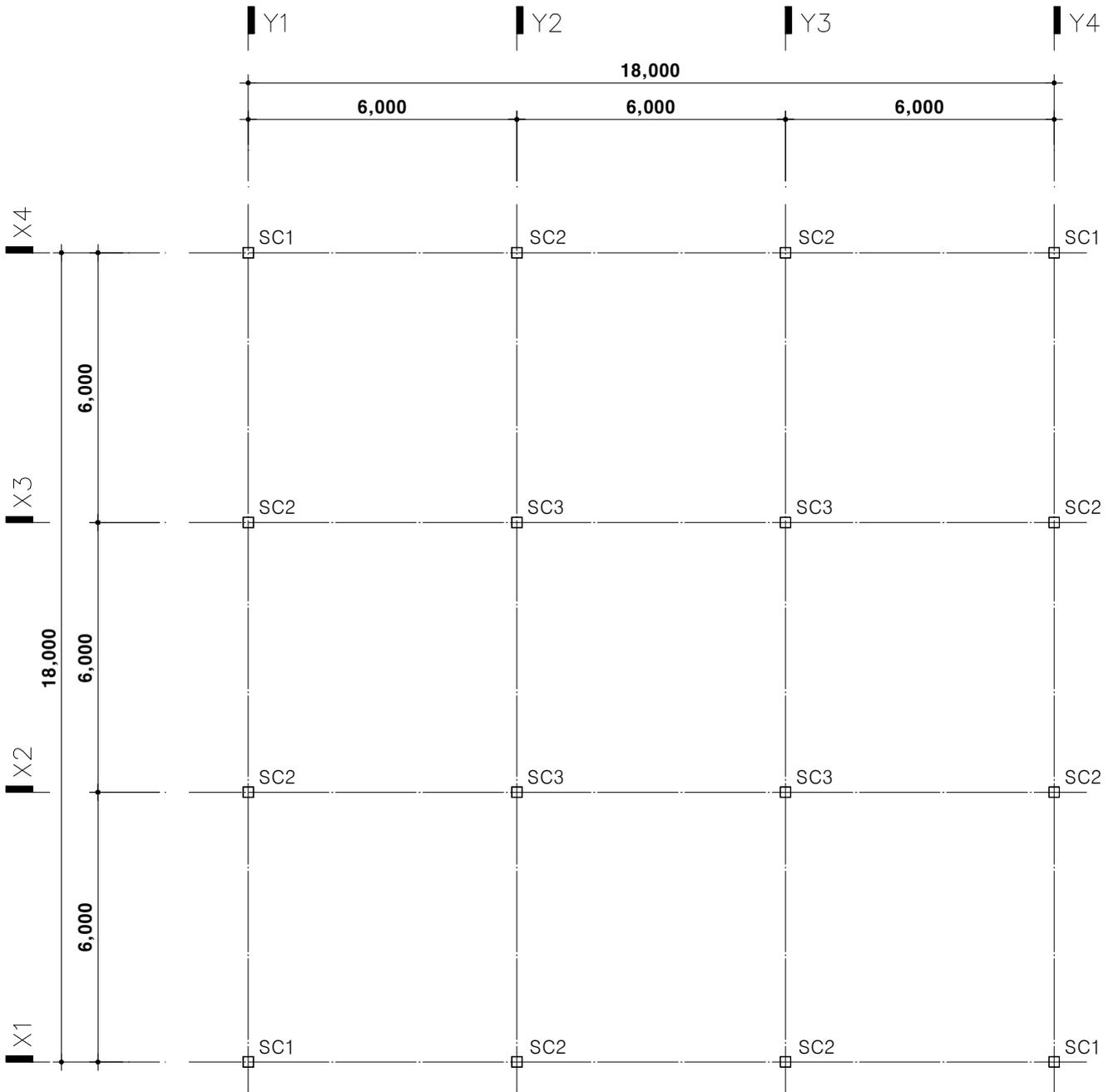


4. 구조검토 및 계산 근거

4.1 구조도면

4.2 부재검토 계산 근거

4.1 구조도면



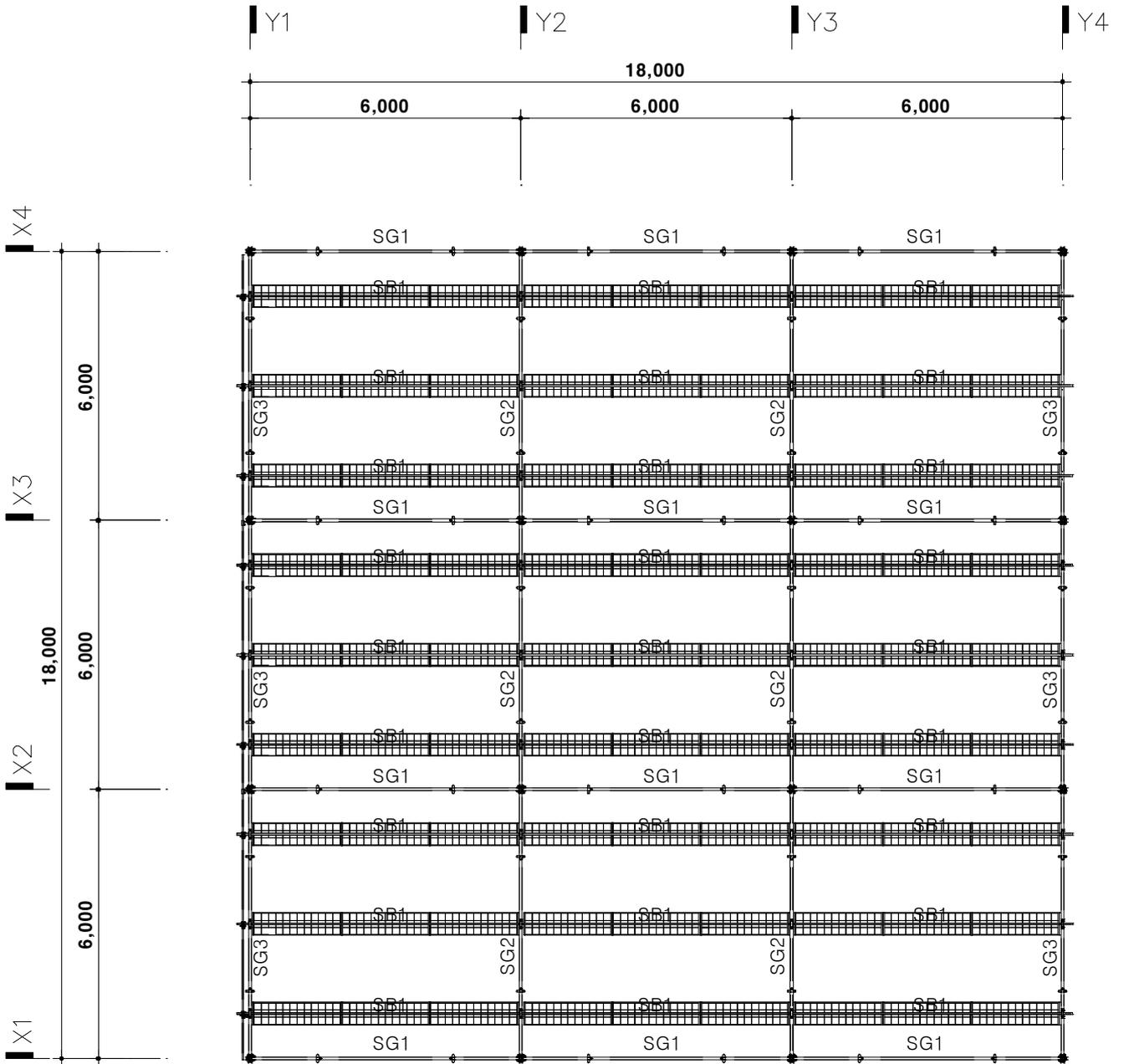
* NOTE

1. 스크류파일 Ra=10kN/ea(인장또는 압축)
2. 스크류파일은 부등침하 발생하지 않을 것.



기둥 위치도
(보강)

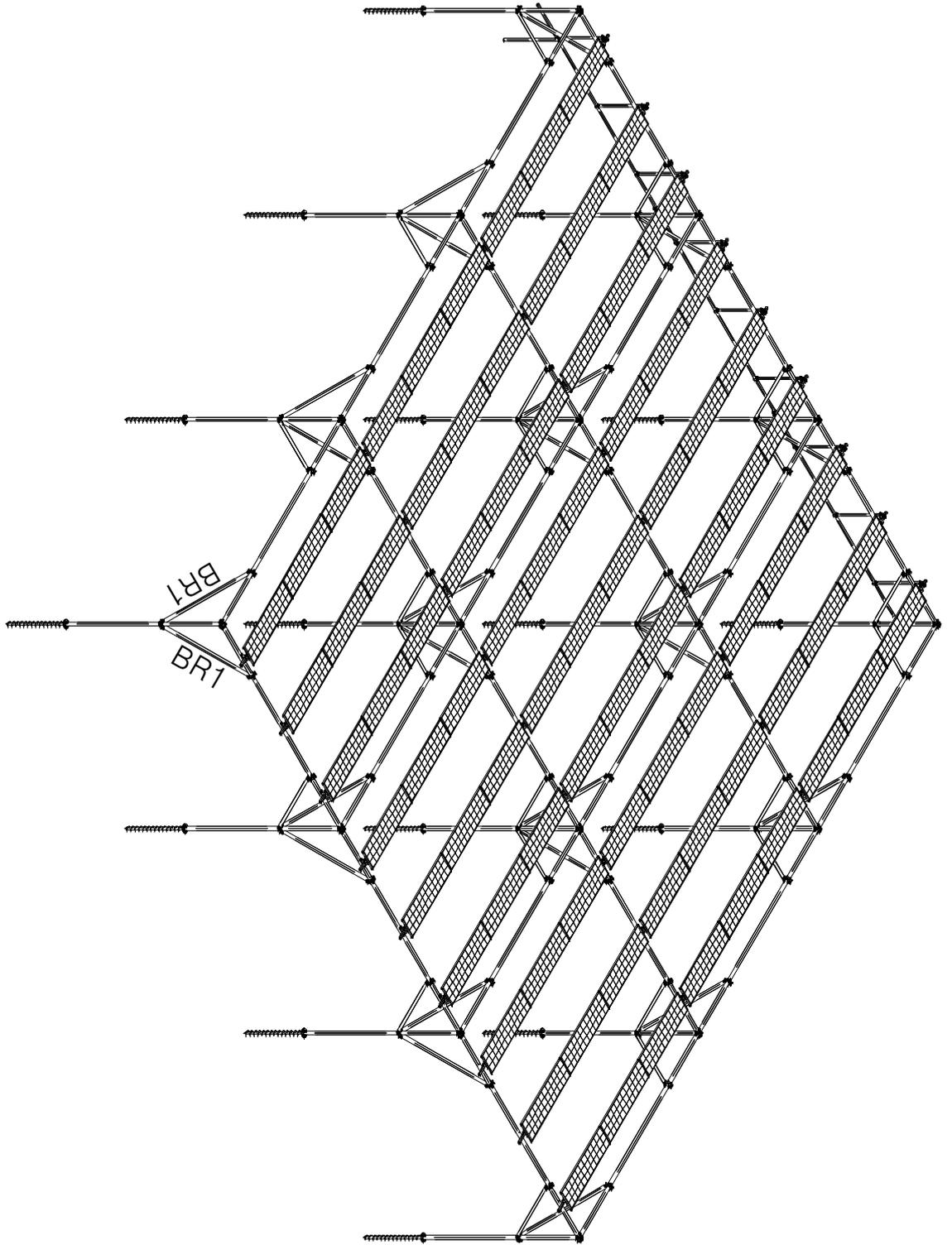
LIST	SIZE	REMARK
SC1	□-100X100X6.0t	SPSR275 (SPSR400)
SC2	□-100X100X6.0t	
SC3	□-125X125X9.0t	

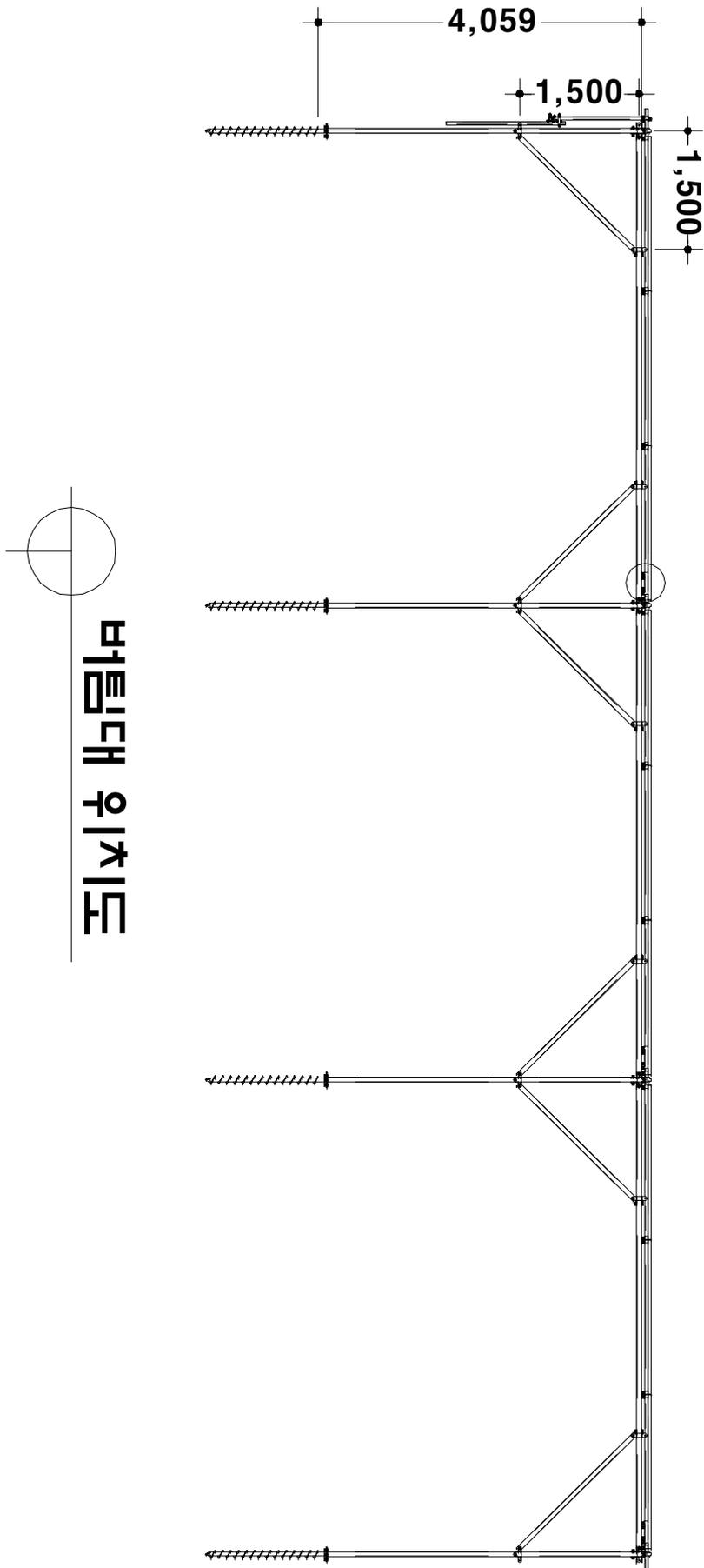


부재 배치도
(보강)

LIST	SIZE	REMARK
SG1	□-100X100X2.3t	SPSR275 (SPSR400)
SG2	□-100X100X4.5t	
SG3	□-100X100X4.5t	
SB1	□-100X100X2.3t	
BR1	□-60X60X2.3t	

버림대 위치도





4.2 부재검토 계산 근거

(1) 풍하중 고려시(현 상태))

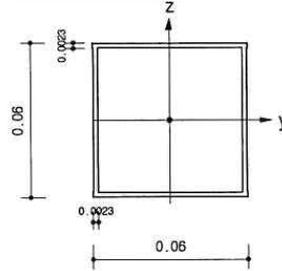
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...이모작 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 7
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SC1 (No:101)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 4.10000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -6.5583 (LCB: 3, POS:1)
 Bending Moments My = 11.4369, Mz = 0.15013
 End Moments Myi = 11.4369, Myj = -6.9256 (for Lb)
 Myi = 11.4369, Myj = -6.9256 (for Ly)
 Mzi = 0.15013, Mzj = -0.1812 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.17644 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = 7.06250 (LCB: 3, POS:1/2)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot. F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.60000, Lz = 2.60000, Lb = 2.60000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 111.1 < 200.0 (Memb:7, LCB: 3)..... O.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 6.5583/60.0229 = 0.109 < 1.000 O.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 11.43689/2.43059 = 4.705 > 1.000 N.G
 Muz/phiMnz = 0.15013/2.43059 = 0.062 < 1.000 O.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.11 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 4.822 > 1.000 N.G
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.006 < 1.000 O.K
 Vuz/phiVnz = 0.228 < 1.000 O.K

midas Gen

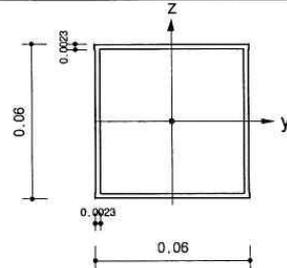
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...?이모작 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 23
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SC2 (No:102)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 4.10000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -10.471 (LCB: 3, POS:1)
 Bending Moments My = 17.7716, Mz = -0.0556
 End Moments Myi = 17.7716, Myj = -11.299 (for Lb)
 Myi = 17.7716, Myj = -11.299 (for Ly)
 Mzi = -0.0556, Mzj = 0.09404 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -0.1147 (LCB: 4, POS:J)
 Fzz = 11.1811 (LCB: 3, POS:1/2)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.60000, Lz = 2.60000, Lb = 2.60000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 111.1 < 200.0 (Memb:23, LCB: 3)..... 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 10.4709/60.0229 = 0.174 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 17.77159/2.43059 = 7.312 > 1.000 N.G
 Muz/phiMnz = 0.05562/2.43059 = 0.023 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.17 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 7.422 > 1.000 N.G
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.004 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.361 < 1.000 0.K

midas Gen

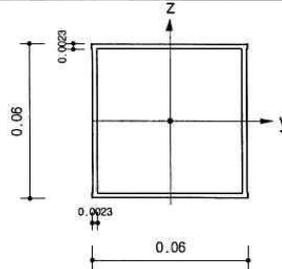
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...?이모작 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 31
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SC3 (No:103)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 4.10000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -6.4421 (LCB: 3, POS:1)
 Bending Moments My = 23.1681, Mz = -0.0925
 End Moments Myi = 23.1681, Myj = -18.392 (for Lb)
 Myi = 23.1681, Myj = -18.392 (for Ly)
 Mzi = -0.0925, Mzj = 0.11836 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -0.0971 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = 15.9845 (LCB: 3, POS:1/2)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Oyb	0.00125	Ozb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.60000, Lz = 2.60000, Lb = 2.60000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 111.1 < 200.0 (Memb:31, LCB: 3) 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 6.4421/60.0229 = 0.107 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 23.16806/2.43059 = 9.532 > 1.000 N.G
 Muz/phiMnz = 0.09254/2.43059 = 0.038 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.11 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 9.624 > 1.000 N.G
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.003 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.516 < 1.000 0.K

midas Gen

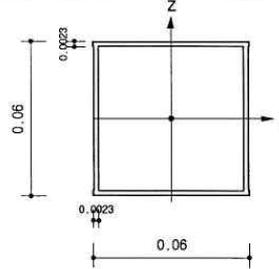
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...?이모작 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 198
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SG1 (No:121)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -4.5393 (LCB: 3, POS:1)
 Bending Moments My = 0.11952, Mz = 2.42714
 End Moments Myi = 0.11783, Myj = 0.03107 (for Lb)
 Myi = 0.11783, Myj = 0.00208 (for Ly)
 Mzi = 2.42846, Mzj = -0.6746 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 1.69247 (LCB: 4, POS:1)
 Fzz = -0.1123 (LCB: 3, POS:3/4)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Oyb	0.00125	Ozb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1.50000, Lz = 6.00000, Lb = 6.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 256.4 > 200.0 (Memb:198, LCB: 3) N.G
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 4.5393/12.5627 = 0.361 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 0.11952/2.43059 = 0.049 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 2.42714/2.43059 = 0.999 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.36 > 0.20
 Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 1.293 > 1.000 N.G
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.055 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.004 < 1.000 0.K

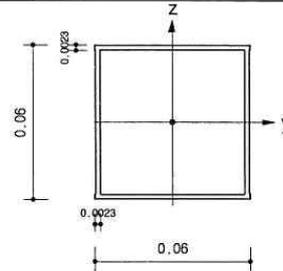
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...?이모작 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 138
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SG2 (No:122)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -5.6989 (LCB: 3, POS:1/2)
 Bending Moments My = -14.166, Mz = 0.22921
 End Moments Myi = 4.42489, Myj = -0.5417 (for Lb)
 Myi = 11.3865, Myj = -13.623 (for Ly)
 Mzi = 0.06333, Mzj = -0.2473 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 2.25883 (LCB: 3, POS:J)
 Fzz = -9.2096 (LCB: 3, POS:3/4)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3.00000, Lz = 2.00000, Lb = 2.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 128.2 < 200.0$ (Memb:138, LCB: 3)..... O.K
 Axial Strength
 $Pu/\phi Pn = 5.6989/49.1979 = 0.116 < 1.000$ O.K
 Bending Strength
 $Muy/\phi Mny = 14.16608/2.43059 = 5.828 > 1.000$ N.G
 $Muz/\phi Mnz = 0.22921/2.43059 = 0.094 < 1.000$ O.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 $Pu/\phi Pn = 0.12 < 0.20$
 $Rmax = Pu/(2*\phi Pn) + [Muy/\phi Mny + Muz/\phi Mnz] = 5.980 > 1.000$ N.G
 Shear Strength
 $Vuy/\phi Vny = 0.073 < 1.000$ O.K
 $Vuz/\phi Vnz = 0.297 < 1.000$ O.K

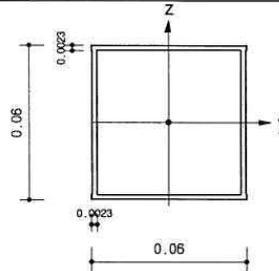
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...1모작 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 156
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SG3 (No:123)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -2.8336 (LCB: 3, POS:1/2)
 Bending Moments My = -9.2026, Mz = 1.80108
 End Moments Myi = 2.99262, Myj = -0.3652 (for Lb)
 Myi = 7.50691, Myj = -8.9061 (for Ly)
 Mzi = 1.64633, Mzj = -1.8715 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 4.50680 (LCB: 4, POS:J)
 Fzz = -6.0014 (LCB: 3, POS:3/4)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3.00000, Lz = 2.00000, Lb = 2.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cnz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 128.2 < 200.0 (Memb:156, LCB: 3)..... O.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 2.8336/49.1979 = 0.058 < 1.000 O.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 9.20260/2.43059 = 3.786 > 1.000 N.G
 Muz/phiMnz = 1.80108/2.43059 = 0.741 < 1.000 O.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.06 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 4.556 > 1.000 N.G
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.145 < 1.000 O.K
 Vuz/phiVnz = 0.194 < 1.000 O.K

midas Gen

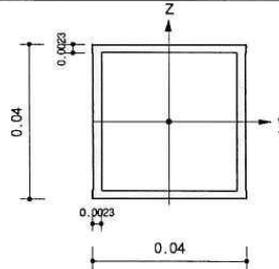
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...?이모작 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 106
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SB1 (No:141)
 (Rolled : B 40x40x2.3).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -5.1915 (LCB: 3, POS: I)
 Bending Moments My = -34.170, Mz = 3.24168
 End Moments Myi = -0.3553, Myj = -0.3553 (for Lb)
 Myi = -0.3553, Myj = -0.3553 (for Ly)
 Mzi = 3.24168, Mzj = 3.24135 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 3.23706 (LCB: 4, POS: I)
 Fzz = 0.41664 (LCB: 2, POS: J)

Depth	0.04000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.04000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.03770	Bot. F Thick	0.00230
Area	0.00033	Asz	0.00018
Qyb	0.00053	Qzb	0.00053
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.02000	Zbar	0.02000
Syy	0.00000	Szz	0.00000
ry	0.01520	rz	0.01520

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.00000, Lz = 6.00000, Lb = 6.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 394.7 > 200.0$ (Memb:106, LCB: 3) N.G
 Axial Strength
 $Pu/\phi Pn = 5.19153/3.41496 = 1.520 > 1.000$ N.G
 Bending Strength
 $Muy/\phi Mn = 34.16976/1.03837 = 32.907 > 1.000$ N.G
 $Muz/\phi Mnz = 3.24168/1.03837 = 3.122 > 1.000$ N.G
 Combined Strength (Compression+Bending)
 $Pu/\phi Pn = 1.52 > 0.20$
 $Rmax = Pu/\phi Pn + 8/9 * [Muy/\phi Mn + Muz/\phi Mnz] = 33.546 > 1.000$ N.G
 Shear Strength
 $Vuy/\phi Vn = 0.168 < 1.000$ O.K
 $Vuz/\phi Vnz = 0.022 < 1.000$ O.K

midas Gen

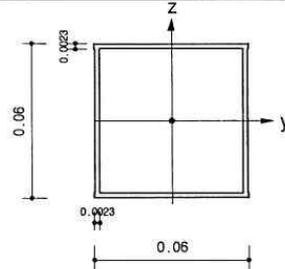
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...?이모작 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 53
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1BR1 (No:161)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 2.12132



2. Member Forces

Axial Force $F_{xx} = -26.941$ (LCB: 4, POS:J)
 Bending Moments $M_y = -4.5321$, $M_z = -0.0020$
 End Moments $M_{yi} = -0.8819$, $M_{yj} = -4.5649$ (for Lb)
 $M_{yi} = -0.8819$, $M_{yj} = -4.5649$ (for Ly)
 $M_{zi} = 0.50443$, $M_{zj} = -0.0060$ (for Lz)
 Shear Forces $F_{yy} = 0.24064$ (LCB: 4, POS:1/2)
 $F_{zz} = 1.76308$ (LCB: 4, POS:J)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths $L_y = 2.12132$, $L_z = 2.12132$, $L_b = 2.12132$
 Effective Length Factors $K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
 Moment Factor / Bending Coefficient $C_{my} = 1.00$, $C_{mz} = 1.00$, $C_b = 1.00$

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 90.7 < 200.0$ (Memb:53, LCB: 4)..... 0.K
 Axial Strength
 $P_u/\phi P_n = 26.9415/73.3598 = 0.367 < 1.000$ 0.K
 Bending Strength
 $M_{uy}/\phi M_{ny} = 4.53210/2.43059 = 1.865 > 1.000$ N.G
 $M_{uz}/\phi M_{nz} = 0.00199/2.43059 = 0.001 < 1.000$ 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 $P_u/\phi P_n = 0.37 > 0.20$
 $R_{max} = P_u/\phi P_n + 8/9 * [M_{uy}/\phi M_{ny} + M_{uz}/\phi M_{nz}] = 2.025 > 1.000$ N.G
 Shear Strength
 $V_{uy}/\phi V_{ny} = 0.008 < 1.000$ 0.K
 $V_{uz}/\phi V_{nz} = 0.057 < 1.000$ 0.K

(2) 풍하중 고려시(보강안)

midas Gen

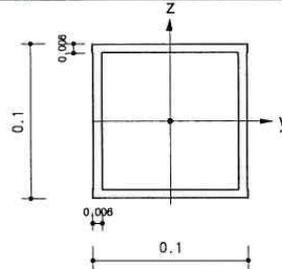
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...작 태양광 구조물(보강안).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 7
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SC1 (No:101)
 (Rolled : B 100x100x6).
 Member Length : 4.10000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -6.9167 (LCB: 3, POS:1)
 Bending Moments My = 11.2646, Mz = 0.29547
 End Moments Myi = 11.2646, Myj = -5.8525 (for Lb)
 Myi = 11.2646, Myj = -5.8525 (for Ly)
 Mzi = 0.29547, Mzj = -0.3010 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.25050 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = 6.58351 (LCB: 3, POS:1/2)

Depth	0.10000	Web Thick	0.00600
Flg Width	0.10000	Top F Thick	0.00600
Web Center	0.09400	Bot.F Thick	0.00600
Area	0.00216	Asz	0.00120
Qyb	0.00332	Qzb	0.00332
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.05000	Zbar	0.05000
Syy	0.00006	Szz	0.00006
ry	0.03790	rz	0.03790

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.60000, Lz = 2.60000, Lb = 2.60000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 68.6 < 200.0$ (Memb:7, LCB: 3)..... O.K
 Axial Strength
 $Pu/\phi Pn = 6.917/363.920 = 0.019 < 1.000$ O.K
 Bending Strength
 $Muy/\phi Mn = 11.2646/16.8422 = 0.669 < 1.000$ O.K
 $Muz/\phi Mn = 0.2955/16.8422 = 0.018 < 1.000$ O.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 $Pu/\phi Pn = 0.02 < 0.20$
 $Rmax = Pu/(2*\phi Pn) + [Muy/\phi Mn + Muz/\phi Mn] = 0.696 < 1.000$ O.K
 Shear Strength
 $Vuy/\phi Vny = 0.002 < 1.000$ O.K
 $Vuz/\phi Vnz = 0.053 < 1.000$ O.K

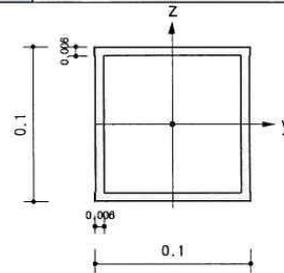
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...작 태양광 구조물(보강안).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 23
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SC2 (No:102)
 (Rolled : B 100x100x6).
 Member Length : 4.10000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -10.592 (LCB: 3, POS:1)
 Bending Moments My = 15.3721, Mz = -0.0500
 End Moments Myi = 15.3721, Myj = -9.0220 (for Lb)
 Myi = 15.3721, Myj = -9.0220 (for Ly)
 Mzi = -0.0500, Mzj = 0.06339 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -0.0646 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = 9.38236 (LCB: 3, POS:1/2)

Depth	0.10000	Web Thick	0.00600
Flg Width	0.10000	Top F Thick	0.00600
Web Center	0.09400	Bot.F Thick	0.00600
Area	0.00216	Asz	0.00120
Qyb	0.00332	Qzb	0.00332
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.05000	Zbar	0.05000
Syy	0.00006	Szz	0.00006
ry	0.03790	rz	0.03790

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.60000, Lz = 2.60000, Lb = 2.60000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 0.85, Cnz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 68.6 < 200.0 (Memb:23, LCB: 3) 0.K

Axial Strength
 Pu/phiPn = 10.592/363.920 = 0.029 < 1.000 0.K

Bending Strength
 Muy/phiMny = 15.3721/16.8422 = 0.913 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 0.0500/16.8422 = 0.003 < 1.000 0.K

Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.03 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.930 < 1.000 0.K

Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.001 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.075 < 1.000 0.K

midas Gen

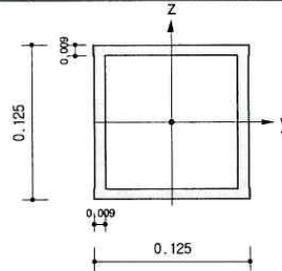
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...작 태양광 구조물(보강안).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 31
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SC3 (No:103)
 (Rolled : B 125x125x9).
 Member Length : 4.10000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -6.1901 (LCB: 3, POS:1)
 Bending Moments My = 35.3892, Mz = -0.1483
 End Moments Myi = 35.3892, Myj = -16.436 (for Lb)
 Myi = 35.3892, Myj = -16.436 (for Ly)
 Mzi = -0.1483, Mzj = 0.15819 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -0.1317 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = 19.9326 (LCB: 3, POS:1/2)

Depth	0.12500	Web Thick	0.00900
Flg Width	0.12500	Top F Thick	0.00900
Web Center	0.11600	Bot.F Thick	0.00900
Area	0.00397	Asz	0.00225
Qyb	0.00506	Qzb	0.00506
Iyy	0.00001	Izz	0.00001
Ybar	0.06250	Zbar	0.06250
Syy	0.00014	Szz	0.00014
ry	0.04670	rz	0.04670

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.60000, Lz = 2.60000, Lb = 2.60000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 55.7 < 200.0 (Memb:31, LCB: 3)..... 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 6.190/721.656 = 0.009 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 35.3892/38.4973 = 0.919 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 0.1483/38.4973 = 0.004 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.01 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.927 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.001 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.089 < 1.000 0.K

midas Gen

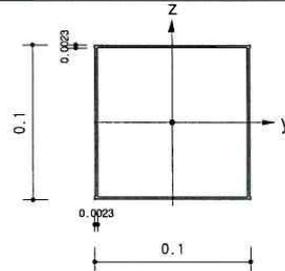
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...작 태양광 구조물(보강안).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 189
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SG1 (No:121)
 (Rolled : B 100x100x2.3).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -0.0099 (LCB: 3, POS:1)
 Bending Moments My = 0.17582, Mz = 0.71227
 End Moments Myi = 0.17582, Myj = 0.04015 (for Lb)
 Myi = 0.17582, Myj = 0.03503 (for Ly)
 Mzi = 0.71227, Mzj = -0.3603 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.45101 (LCB: 4, POS:1)
 Fzz = -0.1842 (LCB: 2, POS:3/4)

Depth	0.10000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.10000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.09770	Bot .F Thick	0.00230
Area	0.00089	Asz	0.00046
Qyb	0.00358	Qzb	0.00358
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.05000	Zbar	0.05000
Syy	0.00003	Szz	0.00003
ry	0.03970	rz	0.03970

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1.50000, Lz = 6.00000, Lb = 6.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 151.1 < 200.0 (Memb:189, LCB: 3)..... 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 0.0099/61.8893 = 0.000 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 0.17582/6.01519 = 0.029 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 0.71227/6.01519 = 0.118 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.00 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.148 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.008 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.003 < 1.000 0.K

midas Gen

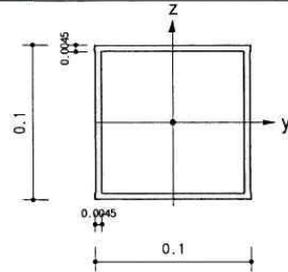
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...작 태양광 구조물(보강안).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 114
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SG2 (No:122)
 (Rolled : B 100x100x4.5).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -3.6620 (LCB: 3, POS:1/2)
 Bending Moments My = -12.138, Mz = -0.1562
 End Moments Myi = 5.73597, Myj = 0.38908 (for Lb)
 Myi = 11.1683, Myj = -12.135 (for Ly)
 Mzi = -0.1290, Mzj = 0.15093 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -0.4305 (LCB: 3, POS:1)
 Fzz = -11.463 (LCB: 3, POS:3/4)

Depth	0.10000	Web Thick	0.00450
Flg Width	0.10000	Top F Thick	0.00450
Web Center	0.09550	Bot.F Thick	0.00450
Area	0.00167	Asz	0.00090
Qyb	0.00342	Qzb	0.00342
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.05000	Zbar	0.05000
Syy	0.00005	Szz	0.00005
ry	0.03870	rz	0.03870

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3.00000, Lz = 2.00000, Lb = 2.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 77.5 < 200.0 (Memb:114, LCB: 3)..... 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 3.662/263.253 = 0.014 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 12.1378/13.0299 = 0.932 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 0.1562/13.0299 = 0.012 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.01 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.950 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.004 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.116 < 1.000 0.K

midas Gen

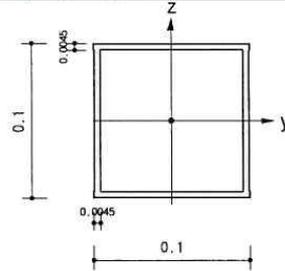
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...작 태양광 구조물(보강안).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 156
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SG3 (No:123)
 (Rolled : B 100x100x4.5).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -3.0988 (LCB: 3, POS:1/2)
 Bending Moments My = -7.9240, Mz = 1.73224
 End Moments Myi = 3.40938, Myj = -0.0538 (for Lb)
 Myi = 6.22012, Myj = -7.5195 (for Ly)
 Mzi = 1.69332, Mzj = -1.7210 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 2.23374 (LCB: 4, POS:J)
 Fzz = -7.0354 (LCB: 3, POS:3/4)

Depth	0.10000	Web Thick	0.00450
Flg Width	0.10000	Top F Thick	0.00450
Web Center	0.09550	Bot.F Thick	0.00450
Area	0.00167	Asz	0.00090
Qyb	0.00342	Qzb	0.00342
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.05000	Zbar	0.05000
Syy	0.00005	Szz	0.00005
ry	0.03870	rz	0.03870

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3.00000, Lz = 2.00000, Lb = 2.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 77.5 < 200.0 (Memb:156, LCB: 3)..... 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 3.099/263.253 = 0.012 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 7.9240/13.0299 = 0.608 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 1.7322/13.0299 = 0.133 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.01 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.747 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.023 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.071 < 1.000 0.K

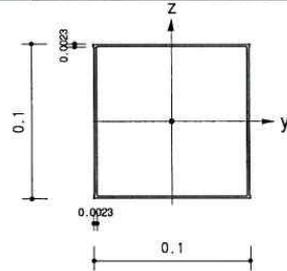
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...작 태양광 구조물(보강안).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 90
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SB1 (No:141)
 (Rolled : B 100x100x2.3).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 0.28633 (LCB: 3, POS:1)
 Bending Moments My = -0.4331, Mz = 3.46974
 End Moments Myi = -0.4331, Myj = -0.3664 (for Lb)
 Myi = -0.4331, Myj = -0.3664 (for Ly)
 Mzi = 3.46974, Mzj = 2.90599 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 3.33096 (LCB: 3, POS:1)
 Fzz = 0.66357 (LCB: 2, POS:J)

Depth	0.10000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.10000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.09770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00089	Asz	0.00046
Qyb	0.00358	Qzb	0.00358
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.05000	Zbar	0.05000
Syy	0.00003	Szz	0.00003
ry	0.03970	rz	0.03970

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.00000, Lz = 6.00000, Lb = 6.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 151.1 < 200.0$ (Memb:81, LCB: 2)..... 0.K
 Axial Strength
 $Pu/\phi Pn = 0.286/187.220 = 0.002 < 1.000$ 0.K
 Bending Strength
 $Muy/\phi Mny = 0.43313/6.01519 = 0.072 < 1.000$ 0.K
 $Muz/\phi Mnz = 3.46974/6.01519 = 0.577 < 1.000$ 0.K
 Combined Strength (Tension+Bending)
 $Pu/\phi Pn = 0.00 < 0.20$
 $Rmax = Pu/(2*\phi Pn) + [Muy/\phi Mny + Muz/\phi Mnz] = 0.650 < 1.000$ 0.K
 Shear Strength
 $Vuy/\phi Vny = 0.061 < 1.000$ 0.K
 $Vuz/\phi Vnz = 0.012 < 1.000$ 0.K

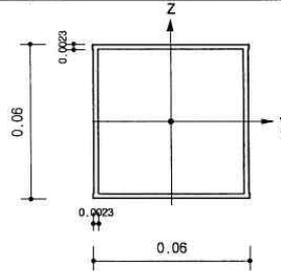
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\..작 태양광 구조물(보강안).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 71
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1BR1 (No:161)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 2.12132



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -28.865 (LCB: 3, POS:J)
 Bending Moments My = -0.8121, Mz = 0.04260
 End Moments Myi = 0.08471, Myj = -0.8016 (for Lb)
 Myi = 0.08471, Myj = -0.8016 (for Ly)
 Mzi = -0.0115, Mzj = 0.03723 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -0.0230 (LCB: 3, POS:1/2)
 Fzz = 0.45366 (LCB: 3, POS:J)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot. F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.12132, Lz = 2.12132, Lb = 2.12132
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 90.7 < 200.0 (Memb:71, LCB: 3)..... 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 28.8654/73.3598 = 0.393 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 0.81209/2.43059 = 0.334 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 0.04260/2.43059 = 0.018 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.39 > 0.20
 Rmax = Pu/phiPn + 8/9*[Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.706 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.001 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.015 < 1.000 0.K

(3) 풍하중 고려하지 않는 경우(현 상태)

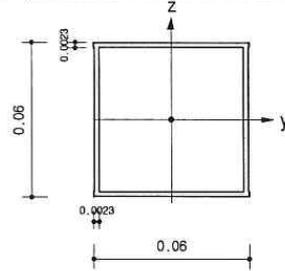
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...광 구조물(풍하중 무고려).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 3
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SC1 (No:101)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 4.10000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -1.2133 (LCB: 2, POS:1)
 Bending Moments My = -0.3042, Mz = 0.20548
 End Moments Myi = -0.3042, Myj = 0.37787 (for Lb)
 Myi = -0.3042, Myj = 0.37787 (for Ly)
 Mzi = 0.20548, Mzj = -0.2533 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.17644 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = -0.2623 (LCB: 2, POS:1/2)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot. F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.60000, Lz = 2.60000, Lb = 2.60000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 111.1 < 200.0 (Memb:3, LCB: 2)..... 0.K

Axial Strength
 Pu/phiPn = 1.2133/60.0229 = 0.020 < 1.000 0.K

Bending Strength
 Muy/phiMny = 0.30419/2.43059 = 0.125 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 0.20548/2.43059 = 0.085 < 1.000 0.K

Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.02 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.220 < 1.000 0.K

Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.006 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.008 < 1.000 0.K

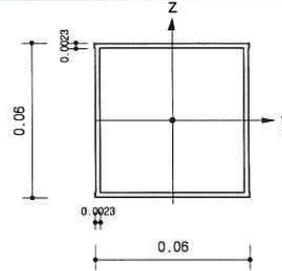
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...광 구조물(풍하중 무고려).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 17
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SC2 (No:102)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 4.10000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -2.2408 (LCB: 2, POS:1)
 Bending Moments My = -0.5400, Mz = 0.06947
 End Moments Myi = -0.5400, Myj = 0.68460 (for Lb)
 Myi = -0.5400, Myj = 0.68460 (for Ly)
 Mzi = 0.06947, Mzj = -0.0882 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.06064 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = -0.4710 (LCB: 2, POS:1/2)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot. F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.60000, Lz = 2.60000, Lb = 2.60000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 111.1 < 200.0$ (Memb:17, LCB: 2)..... 0.K
 Axial Strength
 $Pu/\phi Pn = 2.2408/60.0229 = 0.037 < 1.000$ 0.K
 Bending Strength
 $Muy/\phi Mny = 0.54001/2.43059 = 0.222 < 1.000$ 0.K
 $Muz/\phi Mnz = 0.06947/2.43059 = 0.029 < 1.000$ 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 $Pu/\phi Pn = 0.04 < 0.20$
 $Rmax = Pu/(2*\phi Pn) + [Muy/\phi Mny + Muz/\phi Mnz] = 0.269 < 1.000$ 0.K
 Shear Strength
 $Vuy/\phi Vny = 0.002 < 1.000$ 0.K
 $Vuz/\phi Vnz = 0.015 < 1.000$ 0.K

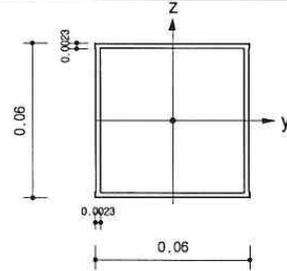
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...광 구조물(풍하중 무고려).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 29
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SC3 (No:103)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 4.10000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -4.2407 (LCB: 2, POS:1)
 Bending Moments My = 0.15578, Mz = 0.11097
 End Moments Myi = 0.15578, Myj = -0.1994 (for Lb)
 Myi = 0.15578, Myj = -0.1994 (for Ly)
 Mzi = 0.11097, Mzj = -0.1415 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.09712 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = 0.13659 (LCB: 2, POS:1/2)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.60000, Lz = 2.60000, Lb = 2.60000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 0.85, Cnz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 111.1 < 200.0 (Memb:29, LCB: 2)..... 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 4.2407/60.0229 = 0.071 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 0.15578/2.43059 = 0.064 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 0.11097/2.43059 = 0.046 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.07 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.145 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.003 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.004 < 1.000 0.K

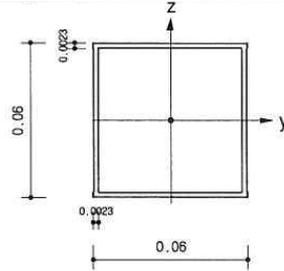
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...광 구조물(풍하중 무고려).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 183
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SG1 (No:121)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 0.11733 (LCB: 2, POS:1/2)
 Bending Moments My = -0.0765, Mz = -0.0011
 End Moments Myi = -0.0138, Myj = -0.0138 (for Lb)
 Myi = -0.0765, Myj = -0.0765 (for Ly)
 Mzi = 0.01456, Mzj = 0.01456 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.01782 (LCB: 2, POS:1)
 Fzz = -0.0836 (LCB: 2, POS:1/4)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot. F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3.00000, Lz = 6.00000, Lb = 6.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cnz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 L/r = 256.4 < 300.0 (LCB: 3) 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 0.117/109.388 = 0.001 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 0.07654/2.43059 = 0.031 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 0.00106/2.43059 = 0.000 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Tension+Bending)
 Pu/phiPn = 0.00 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.032 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.001 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.003 < 1.000 0.K

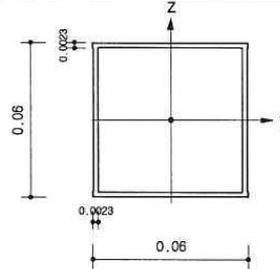
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...광 구조물(풍하중 무고려).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 108
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SG2 (No:122)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force $F_{xx} = -0.4773$ (LCB: 2, POS:1/2)
 Bending Moments $M_y = -0.5233$, $M_z = -0.0036$
 End Moments $M_{yi} = 0.20107$, $M_{yj} = 0.47851$ (for Lb)
 $M_{zi} = -0.0002$, $M_{zj} = -0.0034$ (for Lz)
 Shear Forces $F_{yy} = -0.0091$ (LCB: 2, POS:3/4)
 $F_{zz} = -0.8578$ (LCB: 2, POS:3/4)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths $L_y = 3.00000$, $L_z = 2.00000$, $L_b = 2.00000$
 Effective Length Factors $K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
 Moment Factor / Bending Coefficient
 $C_{my} = 1.00$, $C_{mz} = 1.00$, $C_b = 1.00$

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 128.2 < 200.0$ (Mem:108, LCB: 2) 0.K
 Axial Strength
 $P_u/\phi P_n = 0.4773/49.1979 = 0.010 < 1.000$ 0.K
 Bending Strength
 $M_{uy}/\phi M_{ny} = 0.52326/2.43059 = 0.215 < 1.000$ 0.K
 $M_{uz}/\phi M_{nz} = 0.00356/2.43059 = 0.001 < 1.000$ 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 $P_u/\phi P_n = 0.01 < 0.20$
 $R_{max} = P_u/(2\phi P_n) + [M_{uy}/\phi M_{ny} + M_{uz}/\phi M_{nz}] = 0.222 < 1.000$ 0.K
 Shear Strength
 $V_{uy}/\phi V_{ny} = 0.000 < 1.000$ 0.K
 $V_{uz}/\phi V_{nz} = 0.028 < 1.000$ 0.K

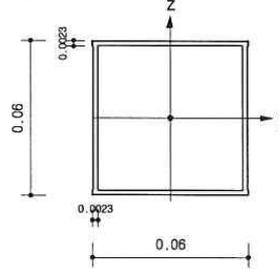
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...광 구조물(풍하중 무고려).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 156
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SG3 (No:123)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -0.2561 (LCB: 2, POS:1/4)
 Bending Moments My = -0.2758, Mz = 0.04868
 End Moments Myi = 0.00870, Myj = 0.24517 (for Lb)
 Myi = -0.0066, Myj = -0.2026 (for Ly)
 Mzi = 0.00543, Mzj = -0.0256 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -0.2047 (LCB: 2, POS:3/4)
 Fzz = -0.3889 (LCB: 2, POS:1/4)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1.50000, Lz = 2.00000, Lb = 2.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 128.2 < 200.0$ (Memb:156, LCB: 2) 0.K
 Axial Strength
 $Pu/\phi Pn = 0.2561/76.6897 = 0.003 < 1.000$ 0.K
 Bending Strength
 $Muy/\phi Mn_y = 0.27580/2.43059 = 0.113 < 1.000$ 0.K
 $Muz/\phi Mn_z = 0.04868/2.43059 = 0.020 < 1.000$ 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 $Pu/\phi Pn = 0.00 < 0.20$
 $Rmax = Pu/(2*\phi Pn) + [Muy/\phi Mn_y + Muz/\phi Mn_z] = 0.135 < 1.000$ 0.K
 Shear Strength
 $Vuy/\phi Vny = 0.007 < 1.000$ 0.K
 $Vuz/\phi Vnz = 0.013 < 1.000$ 0.K

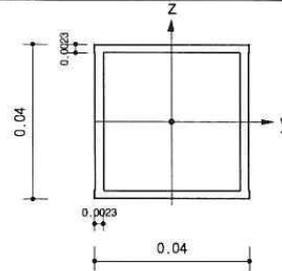
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...광 구조물(풍하중 무고려).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 96
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1SB1 (No:141)
 (Rolled : B 40x40x2.3).
 Member Length : 6.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -0.2018 (LCB: 2, POS:J)
 Bending Moments My = -0.4482, Mz = 0.00054
 End Moments Myi = -0.2963, Myj = -0.4273 (for Lb)
 Myi = -0.2963, Myj = -0.4273 (for Ly)
 Mzi = -0.0009, Mzj = 0.00051 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -0.0002 (LCB: 2, POS:J)
 Fzz = 0.43848 (LCB: 2, POS:J)

Depth	0.04000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.04000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.03770	Bot.F Thick	0.00230
Area	0.00033	Asz	0.00018
Qyb	0.00053	Qzb	0.00053
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.02000	Zbar	0.02000
Syy	0.00000	Szz	0.00000
ry	0.01520	rz	0.01520

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.00000, Lz = 6.00000, Lb = 6.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 394.7 > 200.0 (Mem:96, LCB: 2)..... N.G

Axial Strength
 Pu/phiPn = 0.20182/3.41496 = 0.059 < 1.000 0.K

Bending Strength
 Muy/phiMny = 0.44824/1.03837 = 0.432 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 0.00054/1.03837 = 0.001 < 1.000 0.K

Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.06 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.462 < 1.000 0.K

Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.000 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.023 < 1.000 0.K

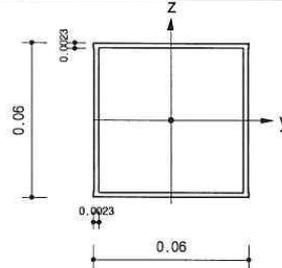
midas Gen Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	D:\...광 구조물(풍하중 무고려).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, m
 Member No : 56
 Material : SPSR400 (No:1)
 (Fy = 235000, Es = 205000000)
 Section Name : 1BR1 (No:161)
 (Rolled : B 60x60x2.3).
 Member Length : 2.12132



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -0.6266 (LCB: 2, POS:J)
 Bending Moments My = 0.11875, Mz = 0.29568
 End Moments Myi = -0.1919, Myj = 0.11816 (for Lb)
 Myi = -0.1919, Myj = 0.11816 (for Ly)
 Mzi = -0.0210, Mzj = 0.29423 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -0.1486 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = -0.1880 (LCB: 2, POS:1)

Depth	0.06000	Web Thick	0.00230
Flg Width	0.06000	Top F Thick	0.00230
Web Center	0.05770	Bot. F Thick	0.00230
Area	0.00052	Asz	0.00028
Qyb	0.00125	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.03000	Zbar	0.03000
Syy	0.00001	Szz	0.00001
ry	0.02340	rz	0.02340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.12132, Lz = 2.12132, Lb = 2.12132
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 90.7 < 200.0$ (Memb:56, LCB: 2)..... 0.K
 Axial Strength
 $Pu/\phi Pn = 0.6266/73.3598 = 0.009 < 1.000$ 0.K
 Bending Strength
 $Muy/\phi Mn = 0.11875/2.43059 = 0.049 < 1.000$ 0.K
 $Muz/\phi Mn = 0.29568/2.43059 = 0.122 < 1.000$ 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 $Pu/\phi Pn = 0.01 < 0.20$
 $Rmax = Pu/(2*\phi Pn) + [Muy/\phi Mn + Muz/\phi Mn] = 0.175 < 1.000$ 0.K
 Shear Strength
 $Vuy/\phi Vn = 0.005 < 1.000$ 0.K
 $Vuz/\phi Vn = 0.006 < 1.000$ 0.K

한국형 태양광 이모작 배발 테스트베드 구조검토

2018. 10.

(주)대한구조안전기술단

구조안전확인서

녹색에너지연구원 귀중

용역명 : 한국형 태양광 이모작 배발 테스트베드 구조검토

귀 원에서 의뢰한 “한국형 태양광 이모작 배발 테스트베드 구조검토” 용역을 건축구조기준에 따른 구조해석 및 구조검토 결과 구조적으로 문제가 없음을 확인합니다.

- 붙임 : 요약 검토서. 끝.

2018. 10.

건축구조기술사 정 호



요약 검토서

1. 개요

태양광 발전설비(모듈)가 설치될 경우 건축구조기준에 의거 고정 및 활하중, 풍하중을 산정하고 구조해석을 통하여 태양광지지대의 안전성 여부를 판단하여 그 결과에 따라 적절한 보강대책을 제시하기 위함이다.

2. 구조검토 방법

- ① 의뢰처에서 제공한 태양광 설계도면을 근거로 태양광발전설비의 설치가 예상되는 부위의 하중을 고려하여 3차원 구조해석프로그램을 사용하여 구조해석 하였다.
- ② 태풍 시 태양광 모듈을 한 곳으로 밀착하지 않는 것이 구조적으로 유리하다.

3. 하중적용 (건축구조기준)

태양광 발전설비(모듈) 고정하중	0.15 kN/ea
설계기본풍속(Vo)	30 m/sec(나주시)

4. 사용재료의 강도

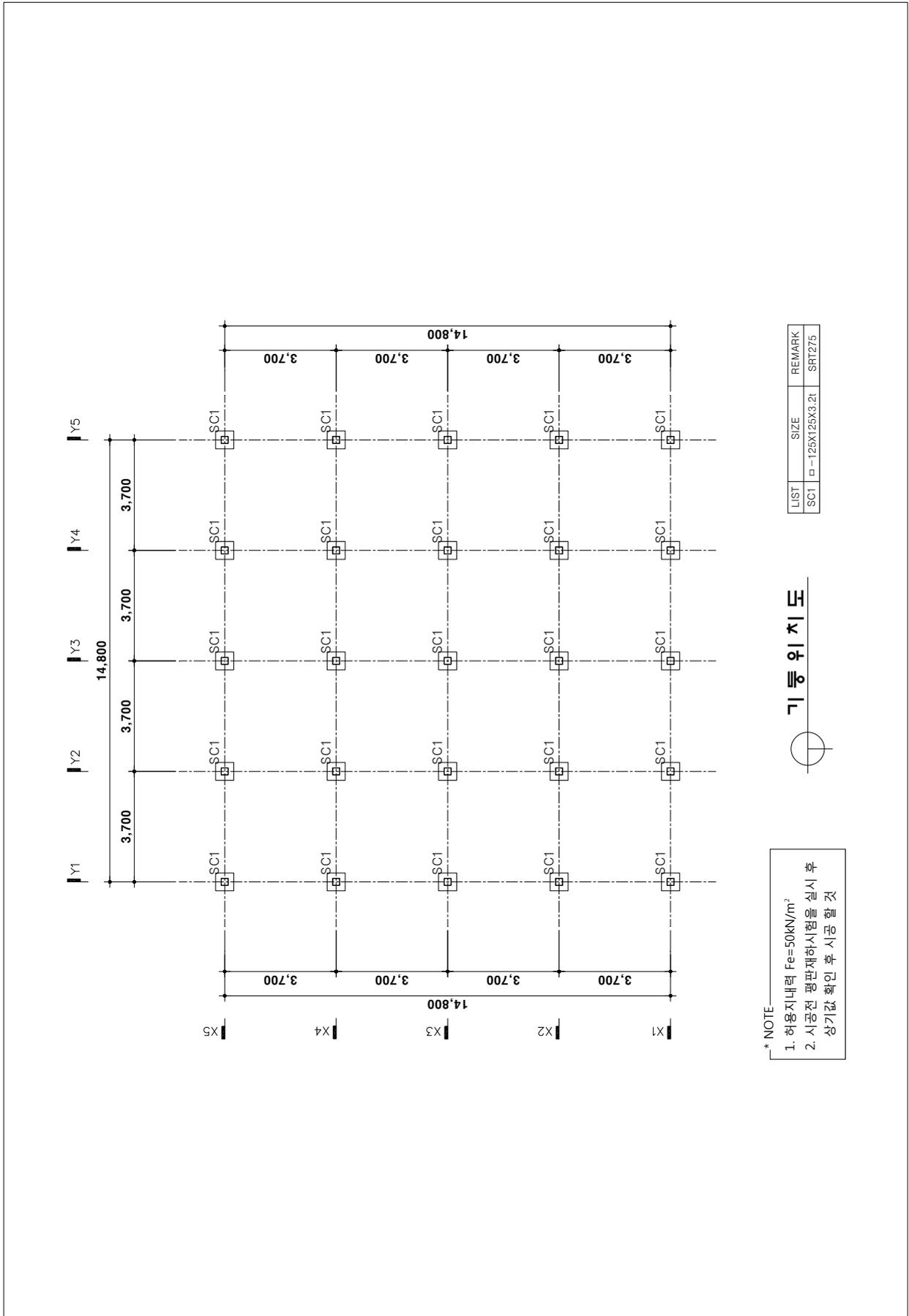
구조 부재		SRT275,SSC275, Fy = 275 MPa
기둥 부재	SC1	□-125X125X3.2t
보 부재	SG1	□-125X125X3.2t
	SG2	C -100X50X20X3.2t
	브레이스	C -100X50X20X3.2t
기초 (허용지내력)		Fe = 50kN/m ²

5. 주요 구조부재 검토 결과

구 분	축 내력비	휨 내력비	전단 내력비	조합내력비	안전성 판단
SC1 □-125X125X3.2	0.034	0.166	0.017	0.183	안전
SG1 □-125X125X3.2	0.002	0.011	0.003	0.016	안전
SG2 C -100X50X20X3.2t	0.037	0.148	0.066	0.190	안전
브레이스 C -100X50X20X3.2t	0.092	0.091	0.008	0.184	안전

6. 결론

- ① 건축구조기준에 따라 풍하중을 고려하여 태양광 발전설비를 검토한 결과, 주요부재 (SC1, SG1, SG2, 브레이싱)가 구조적으로 안전한 것으로 검토 되었다.
- ② 태풍 시 태양광 발전설비를 한 곳에 밀착하지 않는 것이 구조적으로 유리하다.
- ③ 구조검토는 허용지내력을 $F_e = 50\text{kN/m}^2$ 으로 가정하여 산정하였으므로 시공 시 평판 재하시험 등을 실시하여 허용지내력을 확인 후 시공 할 것.
- ④ 주각부는 구조적으로 안전한 것으로 가정하여 검토시 제외 하였다.



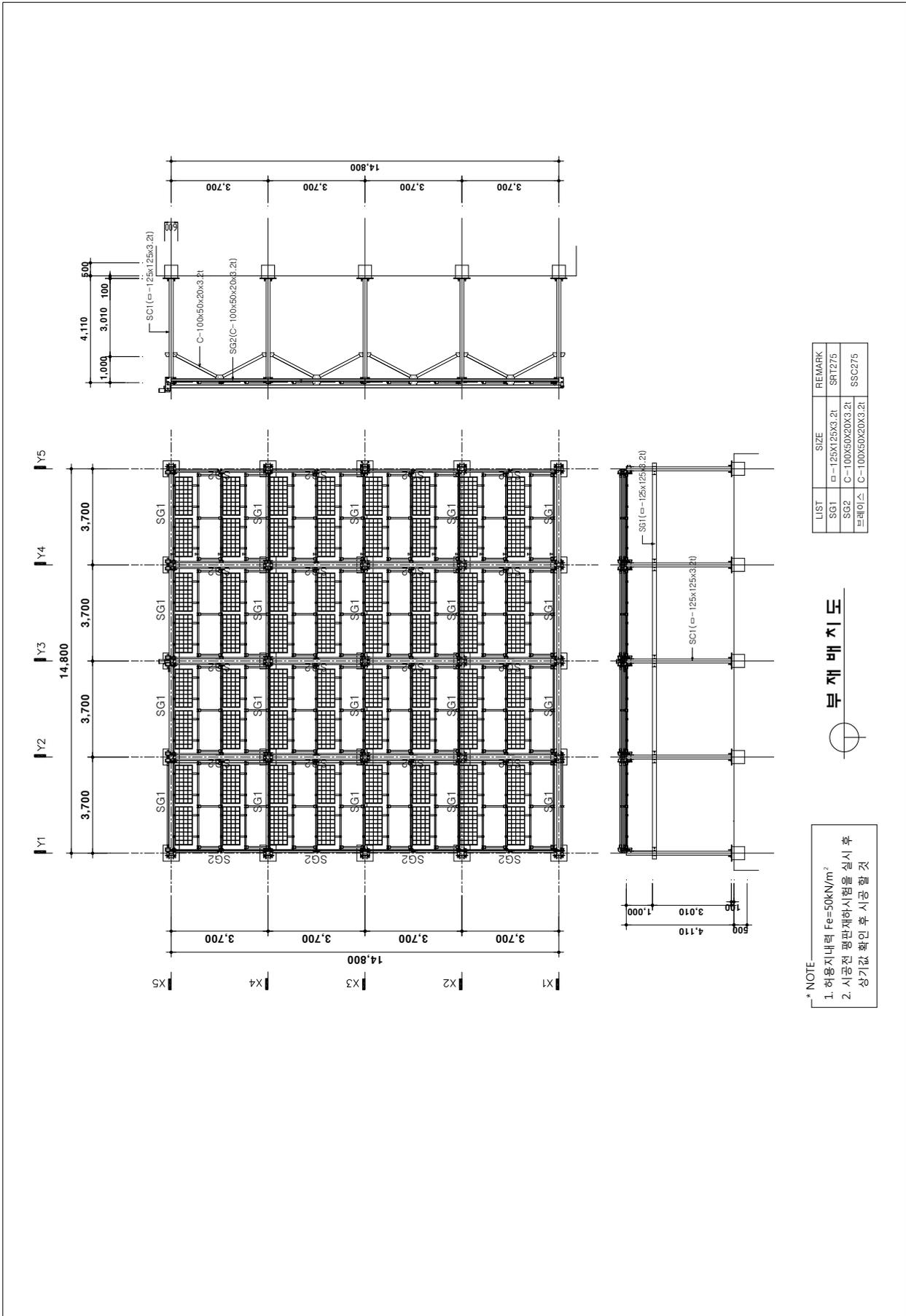
* NOTE

1. 허용지내력 $F_e=50kN/m^2$
2. 시공전 평판재하시험을 실시 후 상기값 확인 후 시공 할 것



기 동 위 치 도

LIST	SIZE	REMARK
SC1	□-125X125X3.2t	SRT1275



1. 구조검토 개요

1.1 건물 개요
1.2 사용재료의 종류 및 설계기준강도
1.3 구조검토 방법 및 적용기준
1.4 구조형식
1.5 지내력 및 지하수위
1.6 풍하중

2. 적용하중

2.1 고정하중 및 활하중
2.2 풍하중
2.3 적설하중

3. 안정성 검토

3.1 3D 모델링 및 사용성 검토

4. 구조검토 및 계산근거

4.1 구조도면
4.2 부재검토 계산 근거

1. 구조검토 개요

- 1.1 건물 개요
- 1.2 사용재료의 종류 및 설계기준강도
- 1.3 구조검토 방법 및 적용기준
- 1.4 구조형식
- 1.5 지내력 및 지하수위
- 1.6 풍하중

1. 구조검토 개요

1.1 건물개요

- 위치 : 전라남도 나주시 금천면 석전리 544

용 도	지지대 골조 형식	비 고
태양광발전	철골구조	-지지대에 설치

1.2 사용재료의 종류 및 설계기준강도

사 용 재 료	규 격	설계기준강도	비고
철 골	KS D 3503 SRT275 KS D 3566 SSC275	Fy = 275MPa Fy = 275MPa	지지대
볼 트	KS B 1002 SS400의 중볼트	Fu = 400MPa Fy = 235MPa	용접 : 모재강도 이상

1.3 구조검토 방법 및 적용기준

구 분	설계방법 및 적용기준	비고
적 용 법 규	<ul style="list-style-type: none"> 건축법 및 건축법 시행령 건축물의 구조 기준 등에 관한 규칙(2016) 	국토교통부 국토교통부
적 용 기 준	<ul style="list-style-type: none"> 건축구조기준 및 해설 강구조 설계 기준(2016) 	대한건축학회 한국강구조학회
설 계 방 법	<ul style="list-style-type: none"> 철골구조 : 한계상태 설계법 	
참 고 기 준	<ul style="list-style-type: none"> 냉간성형강구조설계기준 및 해설 ACI 318-08 	대한건축학회 미국콘크리트학회
해석프로그램	<ul style="list-style-type: none"> MIDAS GEN : 기동, 보 MIDAS SET, BEST PRO : 부재설계 	마이다스아이티, BEST

1.4 구조형식

구 분	연직하중에 대한 구조형식	수평하중에 대한 구조형식
골 조	모멘트골조	모멘트골조

1.5 지내력 및 지하수위

구 분	기 초	비 고
허 용 지 내 력	$F_e = 50\text{kN/m}^2$	
지 하 수 위	G.L - m	

특기사항 : 상기 가정치인 지반의 제정수에 대하여는 기초시공 전 재하시험을 하여야 하며 만일, 시험결과치가 설계시에 가정한 지반의 제정수와 상이할 경우에는 설계자 또는 감리자와 협의하여 시험결과치에 대응하는 적절한 기초 구조로 변경하여야 한다.

1.6 풍하중

구 분	Wf	설계기본풍속	노풍도	가스트계수	중요도계수	비고
내 용	$W_f = p_f \cdot A$	30 m/sec	D 급	$G_f = 1.95$	0.9	
		나주시			(3)	

2. 적 용 하 중

2.1 고정하중 및 활하중

2.2 풍하중

2.3 적설하중

2.1 고정하중 및 활하중

2.1 고정하중 및 활하중

- * 태양광 모듈 고정하중 : 0.15kN/ea
- * 부재 자중 : 프로그램내에서 자동 고려
- * 활 하 중 : 작업하중 및 활하중 고려하지 않음 (적설하중을 활하중으로 고려)

2.2 품 하 중

2.2 풍하중

1) 기본 데이터

$$V_0 = 30\text{m/sec}$$

노풍도 : D

중요도 계수 : 0.90

$$G_f = 1.95$$

$$K_{zt} = 1.0$$

$$K_{zr} = 1.13$$

2) 풍하중 산정

< 구조골조용 >

$$q_H = 1/2 \cdot \rho \cdot V_H^2$$

$$V_H = V_0 \cdot K_{zr} \cdot K_{zt} \cdot I_w$$

기본풍속 $V_0 = 30\text{m/sec}$ (나주)

노풍도 = D $G_{pe} = 1.95$, $K_{zr} = 1.13$

$K_{zt} = 1.0$, $I_w = 0.90$ (중요도 3)

$$V_H = 30 \times 1.13 \times 1.0 \times 0.90 = 30.5 \text{ m/s}$$

$$q_H = 1/2 \times \{1.25 \times 30.5^2\} = 0.58 \text{ kN/m}^2$$

< 밀폐형 간판-하부개방 >

$$P_R = q_H \times G_{pe} \times C_N$$

$$P_R = 0.58 \times 1.95 \times 1.2 = 1.36 \text{ kN/m}^2$$

2.3 적 설 하 중

2.3 적설하중

기본 지붕 적설하중계수 (C_b)	노출계수(C_e)	온도계수(C_t)	중용도 계수(I_s)	기본 지상 적설하중 (S_g)
0.7	1.0	1.2	0.8	0.7

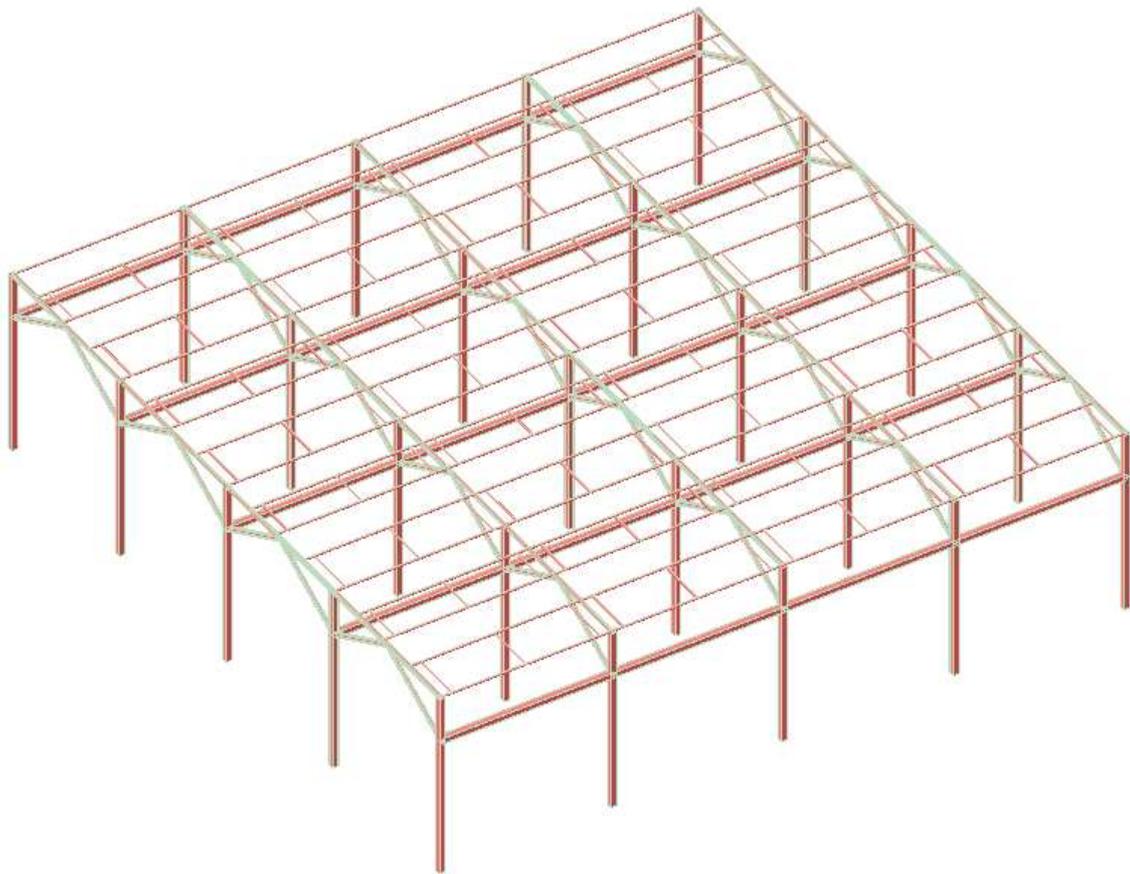
- 평지붕적설하중 : $S_f = C_b \times C_e \times C_t \times I_s \times S_g = 0.47kN/m^2$

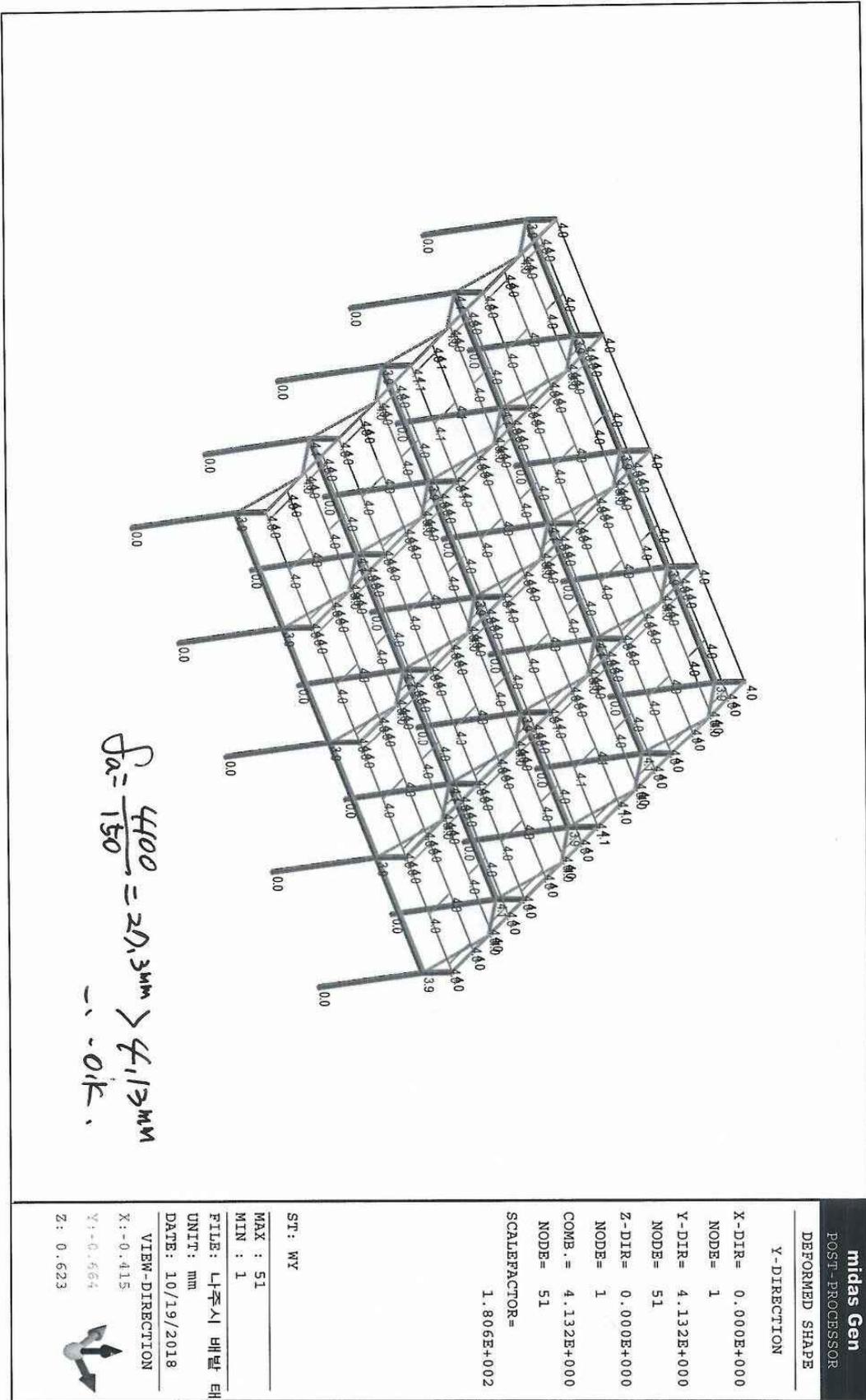
$\therefore 0.50kN/m^2$ 적용

3. 안정성 검토

3.1 3D 모델링 및 사용성 검토

3.1 3D 모델링 및 사용성 검토





$$f_a = \frac{4400}{150} = 29.33\text{mm} > 4.13\text{mm}$$

∴ OK.

midas Gen

POST-PROCESSOR

DEFORMED SHAPE

Y-DIRECTION

X-DIR= 0.000E+000

NODE= 1

Y-DIR= 4.132E+000

NODE= 51

Z-DIR= 0.000E+000

NODE= 1

COMB.= 4.132E+000

NODE= 51

SCALEFACTOR=

1.806E+002

ST: WY

MAX : 51

MIN : 1

FILE: 나주시 배발 태양광 구

UNIT: mm

DATE: 10/19/2018

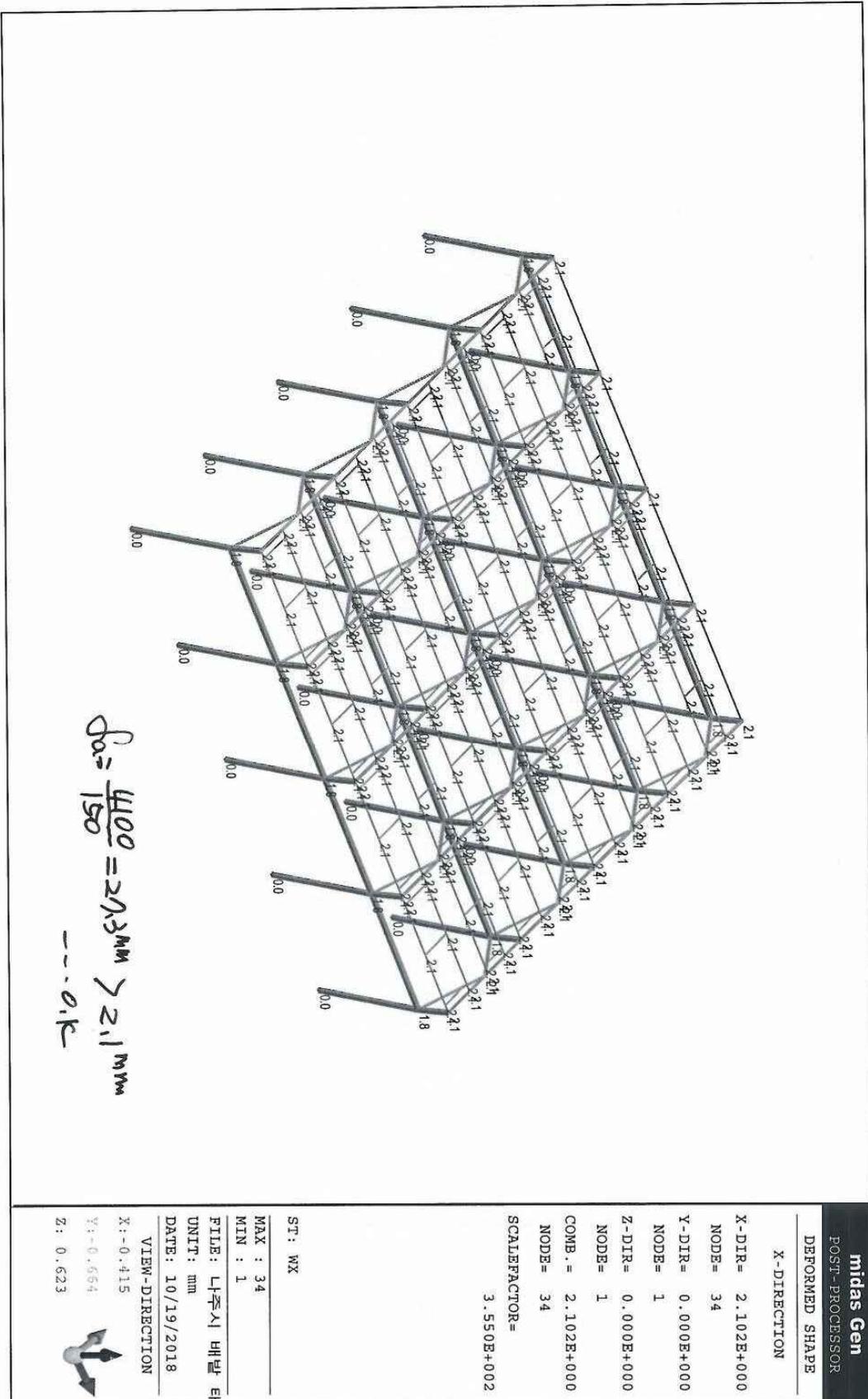
VIEW-DIRECTION

X: -0.415

Y: -0.564

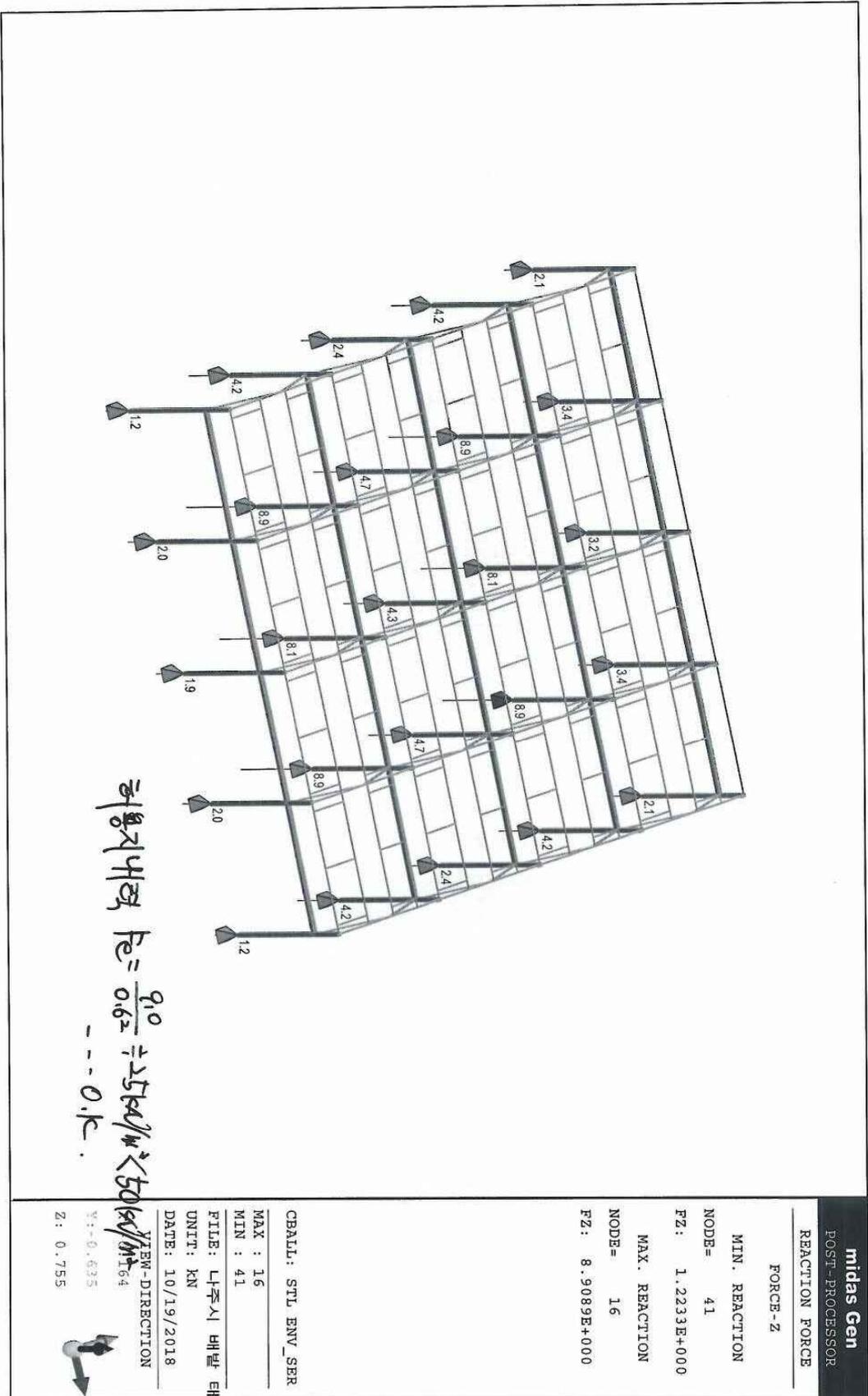
Z: 0.623





$$\sigma_a = \frac{4400}{150} = 29.33 \text{ mm} > 2.1 \text{ mm}$$

---o.k



허용치 내역 $\sigma = \frac{9.0}{0.62} = 14.5 \text{ kN/m} < 50 \text{ kN/m}$
 --- O.K.

midas Gen
 POST-PROCESSOR

REACTION FORCE
 FORCE - Z

MIN. REACTION
 NODE = 41
 FZ: 1.2233E+000
 MAX. REACTION
 NODE = 16
 FZ: 8.9089E+000

CALL: STL ENV_SER
 MAX : 16
 MIN : 41
 FILE: 나주시 배발 태양광 구
 UNIT: KN
 DATE: 10/19/2018
 VIEW-DIRECTION
 Y: -0.635
 Z: 0.755

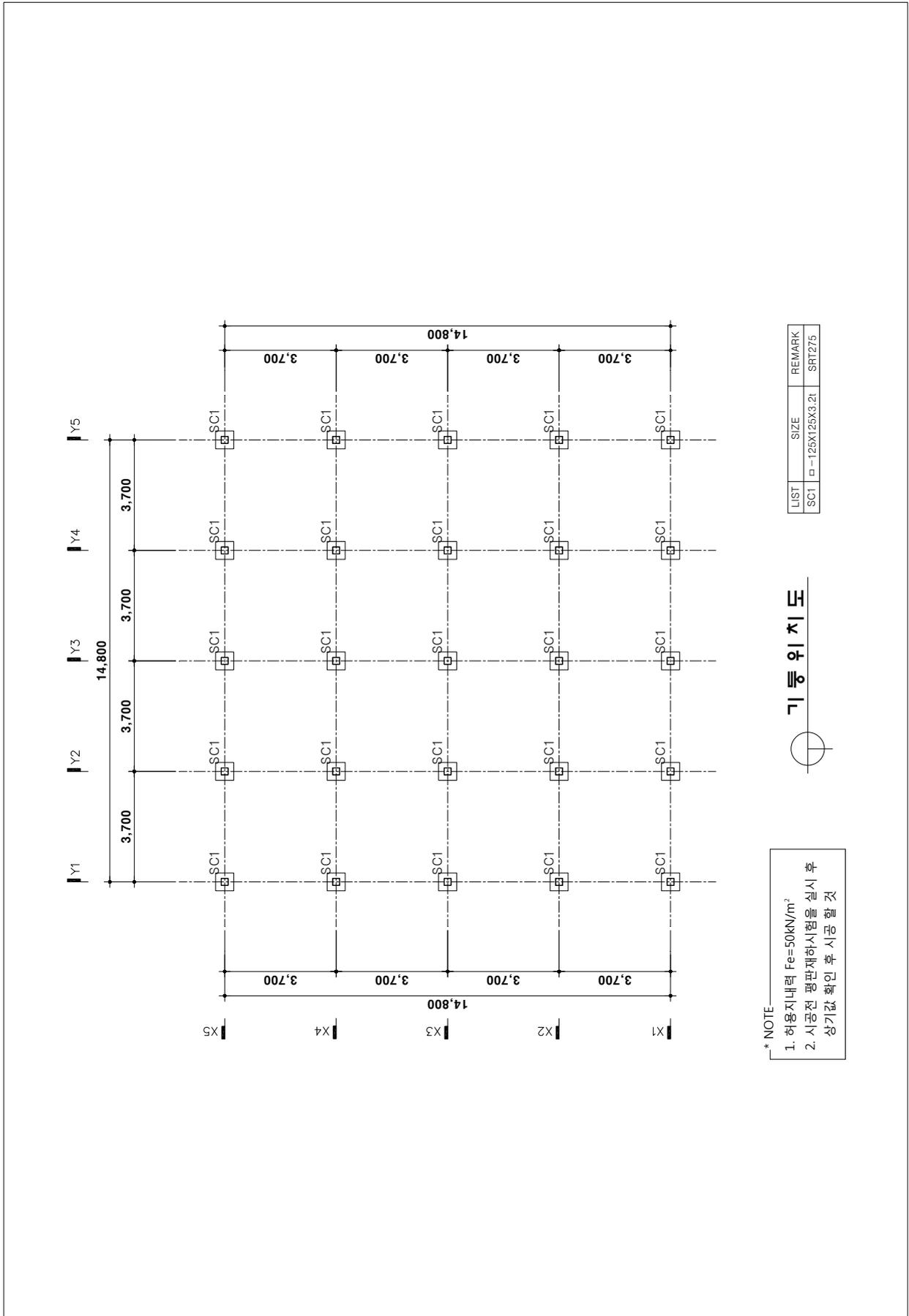


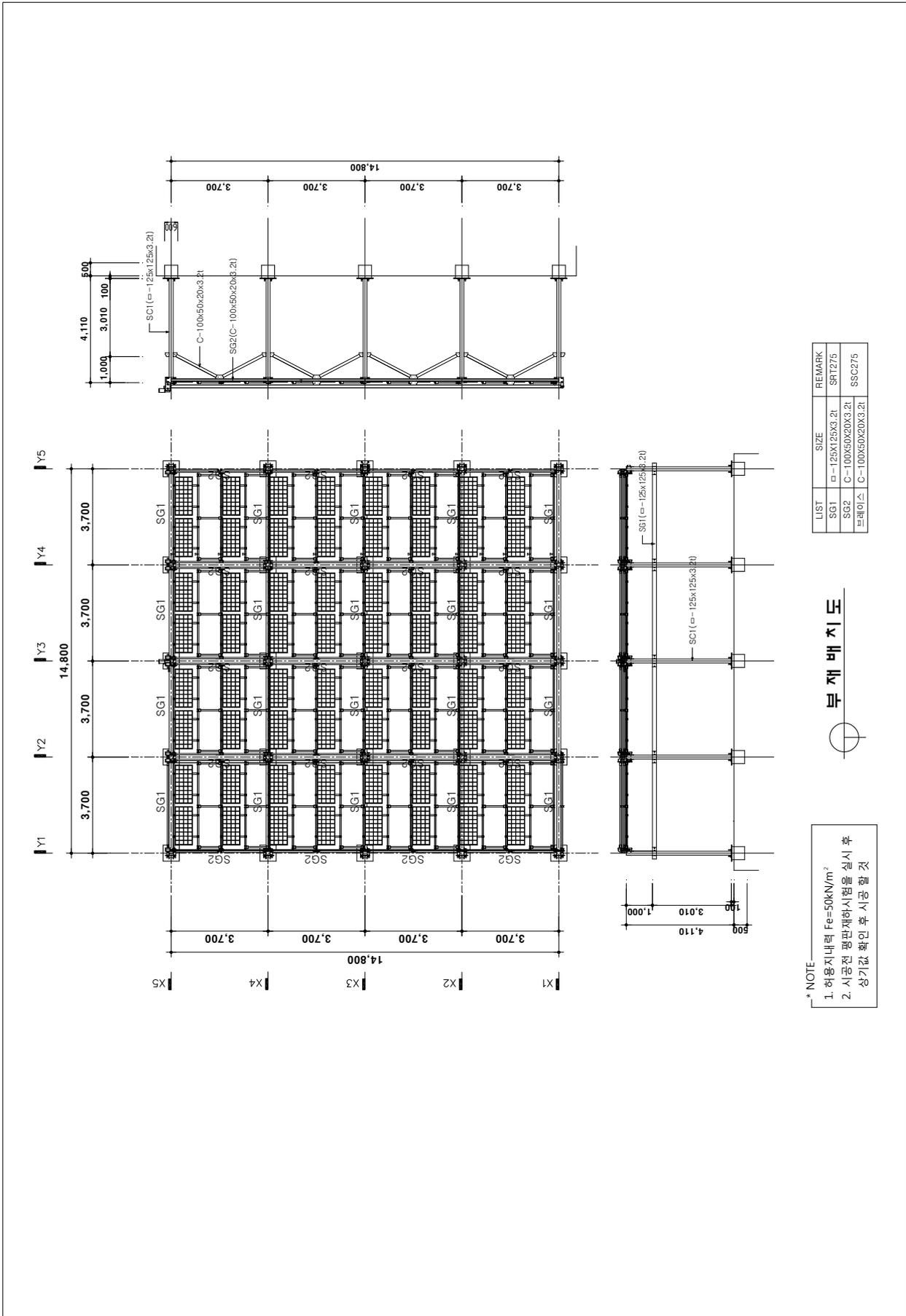
4. 구조검토 및 계산 근거

4.1 구조도면

4.2 부재검토 계산 근거

4.1 구조도면





LIST	SIZE	REMARK
SG1	□-125x125x3.2t	SRT275
SG2	C-100x50x20x3.2t	SSC275
브래킷	C-100x50x20x3.2t	SSC275

부재 배치도

* NOTE
 1. 허용지내력 Fe=50kN/m²
 2. 시공전 평판재하시험을 실시 후
 상기값 확인 후 시공 할 것

4.2 부재검토 계산 근거

midas Gen

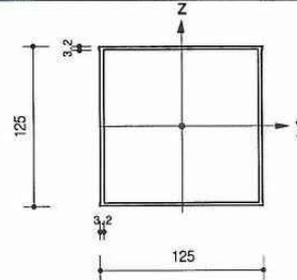
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	F:\... ち 答?배발 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, mm
 Member No : 29
 Material : SRT275 (No:1)
 (Fy = 0.27500, Es = 210.000)
 Section Name : SC1 (No:101)
 (Rolled : B 125x125x3.2).
 Member Length : 4100.00



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -10.232 (LCB: 4, POS:I)
 Bending Moments My = 2621.60, Mz = -12.880
 End Moments Myi = 2621.60, Myj = -2063.5 (for Lb)
 Myi = 2621.60, Myj = -2063.5 (for Ly)
 Mzi = -12.880, Mzj = 22.9122 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.16042 (LCB: 3, POS:J)
 Fzz = 1.85387 (LCB: 4, POS:I)

Depth	125.000	Web Thick	3.20000
Flg Width	125.000	Top F Thick	3.20000
Web Center	121.800	Bot.F Thick	3.20000
Area	1533.00	Asz	800.000
Oyb	5564.49	Ozb	5564.49
Iyy	3760000	Izz	3760000
Ybar	62.5000	Zbar	62.5000
Syy	60100.0	Szz	60100.0
ry	49.5000	rz	49.5000

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3100.00, Lz = 3100.00, Lb = 3100.00
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 62.6 < 200.0 (Memb:29, LCB: 4)..... 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 10.232/305.158 = 0.034 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 2621.6/15814.1 = 0.166 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 12.9/15814.1 = 0.001 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/phiPn = 0.03 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.183 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.002 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.017 < 1.000 0.K

5. Deflection Checking Results

L/ 500.0 = 8.2000 > 3.4849 (Memb:216, LCB: 8, Dir-Y)..... 0.K

midas Gen

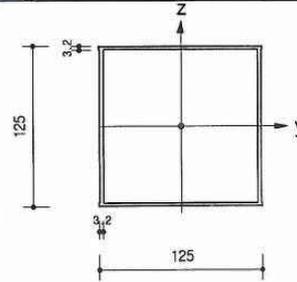
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	F:\... ち 答?배발 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-LSD16
 Unit System : kN, mm
 Member No : 222
 Material : SRT275 (No:1)
 (Fy = 0.27500, Es = 210.000)
 Section Name : SG1 (No:121)
 (Rolled : B 125x125x3.2).
 Member Length : 3700.00



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 0.64428 (LCB: 3, POS:J)
 Bending Moments My = -170.32, Mz = -65.651
 End Moments Myi = -152.87, Myj = -170.32 (for Lb)
 Myi = -152.87, Myj = -170.32 (for Ly)
 Mzi = 49.8652, Mzj = -65.651 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.03122 (LCB: 3, POS:1/2)
 Fzz = 0.31867 (LCB: 2, POS:J)

Depth	125.000	Web Thick	3.20000
Flg Width	125.000	Top F Thick	3.20000
Web Center	121.800	Bot.F Thick	3.20000
Area	1533.00	Asz	800.000
Oyb	5564.49	Ozb	5564.49
Iyy	3760000	Izz	3760000
Ybar	62.5000	Zbar	62.5000
Syy	60100.0	Szz	60100.0
ry	49.5000	rz	49.5000

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3700.00, Lz = 3700.00, Lb = 3700.00
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 L/r = 74.7 < 300.0 (Mem:222, LCB: 3)..... 0.K
 Axial Strength
 Pu/phiPn = 0.644/379.418 = 0.002 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/phiMny = 170.3/15814.1 = 0.011 < 1.000 0.K
 Muz/phiMnz = 65.7/15814.1 = 0.004 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Tension+Bending)
 Pu/phiPn = 0.00 < 0.20
 Rmax = Pu/(2*phiPn) + [Muy/phiMny + Muz/phiMnz] = 0.016 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/phiVny = 0.000 < 1.000 0.K
 Vuz/phiVnz = 0.003 < 1.000 0.K

5. Deflection Checking Results

L/ 300.0 = 12.3333 > 0.0889 (Mem:222, LCB: 8, POS:1850.0mm, Dir-Z)..... 0.K

midas Gen

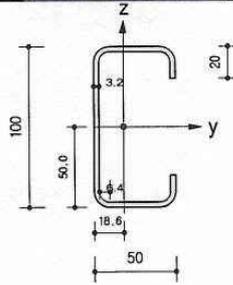
Steel Checking Result

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	F:\... ち 筈?배발 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : AIK-CFSD98
 Unit System : kN, mm
 Member No : 144
 Material : SRT275 (No:1)
 (Fy = 0.27500, Es = 210.000)
 Section Name : SG2 (No:122)
 (Rolled : LC-100x50x20x3.2).
 Member Length : 3700.00



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 4.28250 (LCB: 1, POS:J)
 Bending Moments My = -480.27, Mz = -5.7395
 End Moments Myi = 331.847, Myj = -480.27 (for Lb)
 Myi = -212.71, Myj = -480.27 (for Ly)
 Mzi = 4.25637, Mzj = -5.7395 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.01219 (LCB: 1, POS:J)
 Fzz = -1.8650 (LCB: 1, POS:1/2)

Depth	100.000	Thickness	3.20000
Width	50.0000	Rounding	6.40000
Lip Depth	20.0000		
Area	700.700	Asz	394.451
Qyb	3816.32	Qzb	863.936
Iyy	1070000	Izz	245000
Ybar	18.6000	Zbar	50.0000
Syy	21300.0	Szz	7810.00
ry	39.0000	rz	18.7000

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3700.00, Lz = 820.000, Lb = 820.000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Axial Strength
 Tu/Ta = 4.282/115.385 = 0.037 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/May = 480.27/3237.46 = 0.148 < 1.000 0.K
 Muz/Maz = 5.74/1212.99 = 0.005 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Tension+Bending)
 Tu/Ta = 0.04 < 0.15
 Rmax = Tu/Ta + My/May + Mz/Maz = 0.190 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/Vay = 0.000 < 1.000 0.K
 Vuz/Vaz = 0.066 < 1.000 0.K

midas Gen

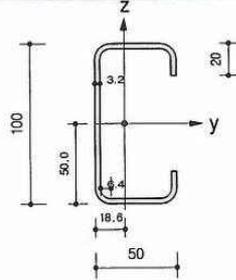
Steel Checking Result

Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Registered User	File Name	F:\... ㅎ ㅎ?배발 태양광 구조물.mgb

1. Design Information

Design Code : AIK-CFSD98
 Unit System : kN, mm
 Member No : 269
 Material : SRT275 (No:1)
 (Fy = 0.27500, Es = 210.000)
 Section Name : 브레이스 (No:123)
 (Rolled : LC-100x50x20x3.2).
 Member Length : 2102.97



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -5.1137 (LCB: 2, POS:J)
 Bending Moments My = -247.55, Mz = -1.6217
 End Moments Myi = 207.128, Myj = -245.30 (for Lb)
 Myi = 207.128, Myj = -245.30 (for Ly)
 Mzi = 4.02313, Mzj = -1.4756 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.00350 (LCB: 1, POS:1/2)
 Fzz = 0.24147 (LCB: 2, POS:1)

Depth	100.000	Thickness	3.20000
Width	50.0000	Rounding	6.40000
Lip Depth	20.0000		
Area	700.700	Asz	394.451
Oyb	3816.32	Ozb	863.936
Iyy	1070000	Izz	245000
Ybar	18.6000	Zbar	50.0000
Syy	21300.0	Szz	7810.00
ry	39.0000	rz	18.7000

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2102.97, Lz = 2102.97, Lb = 2102.97
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 KL/r = 114.0 < 200.0 (Memb:269, LCB: 2)..... 0.K
 Axial Strength
 Pu/Pa = 5.1137/55.4412 = 0.092 < 1.000 0.K
 Bending Strength
 Muy/May = 247.55/2711.54 = 0.091 < 1.000 0.K
 Muz/Maz = 1.62/1212.99 = 0.001 < 1.000 0.K
 Combined Strength (Compression+Bending)
 Pu/Pa = 0.09 < 0.15
 Rmax = Pu/Pa + My/May + Mz/Maz = 0.184 < 1.000 0.K
 Shear Strength
 Vuy/Vay = 0.000 < 1.000 0.K
 Vuz/Vaz = 0.008 < 1.000 0.K

영농형태양광용 작물 재배 기술서 (벼)



2019. 11



목 차

1. 종자소독 및 파종	1
2. 모내기(이앙)	2
3. 재식밀도	4
4. 시비방법	5
5. 물 관리	7
6. 잡초 관리	9
7. 병충해 관리	10
8. 수확시기 및 방법	14
9. 수확 후 건조	15
10. 수확 후 저장	17

※ 본 재배 기술서는 농촌진흥청 농사료를 비롯한 농진청 발간자료를 중심으로 편집되었음.



1. 종자소독 및 파종

가. 종자 준비 및 선종

- 우선 유전적으로 순수하고 혼교가 없는 충실하고 병충해를 입지 않고, 동할미 및 협잡물이 없는 우량종자를 선택한다. 종자 발아율은 96% 이상이어야 한다.
- 좋은 종자를 고르기 위해서 보통 염수선을 하는데, 메벼는 비중 1.13(물18ℓ + 소금 4.5kg), 찰벼는 비중 1.08(물 18ℓ+소금 2.25kg) 그리고 통일형벼는 비중 1.06(물18ℓ+소금 1.8kg)으로 한다.

나. 종자소독 및 싹 틔우기

- 종자 전염병(도열병, 키다리병, 깨씨무늬병, 벼이삭선충 등) 예방을 위하여 종자소독을 하는데, 방법은 프로크로라즈 유제(스포탁)를 물 20리터에 10ml로 희석하여 종자를 30°C 발아기에 넣고 48시간 동안 침지(종자 10kg/20리터)한다.
- 종자에 플루디옥소닐 종자처리 액상수화제(사파이어, 스위퍼) 처리(종자 10kg/25ml)한다. 약액온도는 10~30°C 정도 유지 (키다리병은 약액온도를 30°C 정도로 하는 것이 효과적임) 한다.
- 싹 틔우기는 30~32°C에서 1~2일정도(싹길이 1~2mm) 실시한다. 싹틔우기 전에 볍씨를 충분히 담가주어 싹이 균일하게 트도록 한다. 적산온도 100°C 기준으로 침종할 수온의 온도를 감안하여 침종일수를 결정 (10°C의 물에 담글 경우 10일)한다. 온도가 높을수록 자주 물을 갈아줘야 산소공급이 되어 종자의 활력이 유지될 수 있다. 싹이 튼 종자는 맑은 물로 두 번 세척한다.

다. 파종

- 싹틔운 종자는 묘판에 파종하는데, 육묘방법별 파종량 준수하며, 규격화 된 상자 이용한다. 우선 건묘육성을 위해서는 적정 파종량의 준수가 필수적이다. 지나치게 파종량이 많으면 육묘 상자 내에서 식물체간 경합이 과도하여 불량한 묘가 되기 쉽다. 또한 이앙 후 포기당 본수가 많아지므로 주내 경합이 심해지고, 포기 내에서 늦게 출수한 약세이삭의 미질이 저하되어 전체적으로 품질이 떨어지게 된다. 파종양식별 적정 파종량은 표 1과 같다.

표 1. 파종양식별 적정 파종량

파 종 양 식	종자 크기별 적정 파종량 (g/상자)		
	소 립 종	중 립 종	대 립 종
산 파	110 ~ 120	120 ~ 130	140 ~ 150
조 파	70 ~ 80	80 ~ 90	90 ~ 100

- 볍씨의 발아온도는 최저 8~13°C, 최적 온도 30~34°C, 최고 온도는 40~44°C이며 발아 적온 이상에서는 발아의 지속에 큰 차이가 없지만 발아 적온 이하의 낮은 온도에서는 품종간의 차이가 뚜렷하다.
- 볍씨가 발아하는데 필요한 산소의 양은 다른 작물보다 적기 때문에 물 속에서도 발아가 가능하다. 파종하여 10여일이 지나면 2~5cm 자라나게 되면 이때부터는 비닐 한 쪽을 열어 환기를 시키고, 생육이 진전됨에 따라 자연상태의 기온에 순화(경화)시킨다. 모 종류별 주요 특성은 표 2와 같다.

표 2. 모 종류별 주요특성

구분	육묘기간 (일)	파종량 (g/상자)	초장 (cm)	본엽수 (매)	배유잔존량 (%)	소요상자 (개/10a)
어린모	8-10	210-230	8-10	15.-2.0	40-50	14-16
치묘	15-20	180	10-15	2.0-2.5	6-8	20-22
충묘	30-35	130	15-18	3.5-4.5	0	28-30

2. 모내기 (이앙)

가. 본답준비 및 이앙

- 경운기, 트랙터를 이용 흙을 뒤엎은 다음 썬레질을 하는데, 어린모는 키가 작으므로 논바닥을 특히 균평하게 한다. 이는 논에 물의 유실을 방지하고 비료를 고르게 분산시키는 역할을 한다.
- 묘판에 씨앗을 뿌린 뒤 보통 40일이 지나면 묘를 이앙하게 된다. 모가 2~3cm 깊이로 심어지도록 이앙기계를 조절하여 이앙하며, 적기에 모내기를 실시하여 수량증대 및 완전미비율을 향상시킨다. 이앙 시 기후여건, 토양특성, 재배시기 등을 감안하여 알맞은 포기 수를 선택 이앙한다. 활착기간은 모에 따라 5~10일이 소요된다.

- 지역별 적정 이앙기는 출수 후 40일간의 안전등숙적온(21.5°C)을 적용하여 산출(등숙한계기온 19°C, 등숙정지온도 15°C) 하는데, 어린모는 중묘보다 5일 빨리 이앙한다. 우리나라의 모내기 지대구분과 지대별 최적 이앙적기는 표 3과 같다.

표 3. 지역 및 지대별 고품질 쌀 생산을 위한 이앙적기

지역	지대	이앙적기(월, 일)			최적 이앙기(월, 일)		
		조생종	중생	중만생	조생종	중생	중만생
중부	중북부내륙 평야지 (춘천, 연천)	6. 4~6.10	5.18~5.24	5.15~5.21	6. 7	5.21	5.18
	중부평야지 (수원, 청원)	6. 9~6.14	5.27~6. 2	5.15~5.21	6.12	5.30	5.18
	중간지 (철원)	5.21~5.27	5. 8~5.14	-	5.24	5.11	-
	중산간지 (제천)	5.19~5.25	5. 8~5.14	-	5.24	5.11	-
	해안지	6. 2~6. 8	5.20~5.26	5.10~5.17	6. 5	5.23	5.13
호남	평야지(익산, 대전, 예산, 김제, 나주)	6.13~6.19	5.27~6.15	5.23~6.13	6.16	6. 7	6. 1
	중산지 (임실)	6. 5~6.11	5.28~6. 3	5.25~6. 1	6. 8	5.31	5.28
	해안지 (계화, 해남)	6.15~6.21	6. 8~6.17	6. 1~6. 7	6.18	6.12	6. 4
영남	평야지 (밀양, 대구, 진주)	6.13~6.19	6.11~6.17	6. 5~6.11	6.16	6.14	6. 8
	중간지 (안동)	5.28~6. 4	5.21~5.27	5.19~5.25	6. 1	5.24	5.22
	중산간지	5.25~6. 1	5.14~5.20	5.10~5.17	5.28	5.17	5.13
	냉조풍지	5.11~5.17	5. 9~5.15	5. 7~5.13	5.14	5.12	5.10

※ 이앙적기 추정 : 완전미 수량을 위한 최적 출수기와 각 지역 지대별 대표
숙기별 품종의 출수생태특성으로 산출. 자료: 농촌진흥청(2002~04)

나. 이앙시기와 벼 생육

1) 너무 일찍 모내기할 경우

- 지나치게 일찍 모내기를 하면 육묘와 이앙기에 저온에 경과되어 냉해나 초기 생육 지연의 우려가 있고, 영양생장기간이 짧아지므로 양분 및 물 소모량이



많아지며, 후기 잡초 발생이 증가한다. 또한 무효분얼이 많아져 통풍이 잘 안 되므로 병해충의 발생 증가하고, 이삭이 일찍 패기 때문에 고온기 등숙에 따른 호흡 증가로 벼알의 양분소모가 많아져 동할미가 증가하여 미질이 떨어질 수 있다.

2) 너무 늦게 모내기할 경우

- 너무 늦게 모내기를 하면 벼의 생육기간이 짧아져 수량이 떨어지고, 심복백미의 발생이 급격하게 많아진다. 특히, 등숙기간 중에 가을추위가 빨리 오면 등숙비율이 낮아지고 심복백미의 발생율이 높아져 쌀 품질이 급격하게 불량해진다

3. 재식밀도

- 재식밀도는 품종, 재배법, 환경조건 등을 고려하여 결정한다. 평야지 1모작의 경우 재식거리 30×14cm에 포기당 3~4본이 알맞다. 평당 포기수가 많아지면 주간경합이, 포기당 본수가 많아지면 주내경합이 심하여 벼가 균일하게 생육하지 못하게 되고, 병해 발생 우려도 높아진다.
- 평당 포기수나 포기당 본수가 적어지면 포기 내에서 발생하는 분얼수가 많아지고 주내 변이가 커져 또한 생육이 고르지 못하므로 쌀 품질에 좋지 않은 영향을 미친다. 지대 및 작형별 적정 재식밀도는 표 4와 같다.

표 4. 지대별, 모작별 알맞은 포기수(중요기준)

구 분	m ² 당 포기수	포기당 모수
산간고랭지, 늦가꾸기	33~39	6~7본
중산간지, 염해지, 영동지방	27~33	5~6
중간지, 보리뒷그루	24~27	4~5
평야지 1모작	23~26	3~4
채소 뒷그루	26~29	5~6
검은줄무늬오갈병 상습지	24~27	7

자료: 농촌진흥청(2001)

- 영농형태양광 농업에서는 태양광 모듈에 의하여 30% 내외의 차광이 불가피하므로 분얼수가 작아질 수 있으므로 관행재배에 비해 재식밀도를 10% 정도 늘려 단위면적당 이삭수 확보를 하는 중요하다.

4. 시비 방법

- 비료는 벼가 전 생육기간을 통하여 잘 생육할 수 있도록 생육단계에 맞추어 사용하고, 기비는 전충시비를 원칙으로 하며 분시비율은 지역이나 지대 또는 토성에 따라 다르게 적용하지만, 새끼칠 거름은 모낸 후 12~14일, 이삭거름은 이삭 패기 전 25일경(어린이삭 길이 1~1.5mm정도)에 사용하는 것을 기준으로 한다.
- 알거름은 시용하게 되면 쌀의 완전미율이 낮아지고 단백질 함량이 높아지며, 또한 심복백미가 증가하고 쌀의 투명도가 낮아지게 되므로 품질향상을 위해 주지 않는 편이 좋다. 최고급 쌀을 생산하고자 할 경우 질소질 비료는 총량 7kg 이상 주지 말아야 한다.
- 벼의 지대별, 논 유형별 거름 주는 기준은 표 5, 6과 같다.

표 5. 지역 및 지대별 고품질 쌀 생산을 위한 최적 질소비시량

지역	지 대	적정 질소비시량 (kg/10a)			최적 질소비시량 (kg/10a)		
		조생종	중생종	중만생종	조생종	중생종	중만생종
중부	중북부평야지	9-10	9-10	10-11	9.5	9.5	10.5
	중부평야지	7.7-11	7.7-10	8.3-10	9.5	8.9	9.1
	중가지	8-9	10	-	8.5	10	-
	중산간지	9	9	-	9	9	-
	해안지	6-11	7-13	9-13	8.5	10	11
호남	평야지	6-9	8-10	8-9	7.1	9	8.6
	중간지	8	9	8	8	9	8
	해안지	10-15	9-13	9-13	12.5	11	11
영남	평야지	8	8-9	9	8	8.3	9
	중간지	8	8	8-9	8	8	8.5
	중산간지	8	9	10	8	9	10
	냉조풍지	9	8	9	9	8	9

자료: 국립작물과학원(2003~04)

표 6. 고품질 쌀 생산을 위한 질소분시비율

구 분		밑거름	웃거름		
			새끼칠거름	이삭거름	
평야지논 중간지논	보통논	제때모내기	5 kg	2 kg	2 kg
	미숙논	늦모내기	6 kg	-	2 kg
	모래논, 고논		5	2	2
중산간 및 냉조풍지논			5	2	2
산 간 고 냉 지 논			7	2	-
염 해 논			3	2, 2	2, 2

자료: 국립식량과학원(2003~04)

- 영농형태양광 농업에서의 시비관리는 태양광 모듈에 의하여 30% 내외의 차광이 불가피하므로 도장 발생가능성이 있으며, 또한 도체가 차광에 의하여 연약해질 우려도 있다. 따라서 관행재배에 비해 질소비료를 적게하고 대신 인산 및 규산질 비료를 늘려 시비하는 곳이 좋다.
- 유기농의 경우, 300평당 펠릿 형상의 퇴비를 1,500kg 전층 시비를 하는 것이 좋다.

5. 물 관리

- 벼 재배에서 관개효과는 양분공급, 온도조절, 잡초발생억제, 염류농도조절 등 농약살포 효과증대 등이 있으며, 간단관개 및 중간낙수 등 배수효과는 토양중 각종 유기산의 배제, 벼 뿌리에 산소공급으로 뿌리의 활력유지에 의한 양수분 흡수증대, 뿌리의 심층분포와 지상부 조직의 강건으로 도복에 대한 저항성 증대 등이 있다.
- 알맞은 물관리는 무효분얼을 억제하고 도복을 경감시켜 품질을 향상시킨다. 그러나 물을 일찍 떼면 수량이 감소하고 청미와 미숙립 등 불완전립이 증가하고 아밀로스과 단백질함량이 증가되고 Mg/K 당량비도 감소되어 식미가 떨어지게 된다.
- 벼는 생육단계별로 용수량이 다르다. 벼 생육단계별 일반적인 물관리 방법과 효과는 표 7과 같다.

표 7. 벼 생육단계별 물 관리 방법

생육시기	물대는 요령	물깊이 (cm)	효 과
이앙기	얕게 댈 것	2~3	모를 얕게 심어 모 도복 경감
활착기	깊게 댈 것	5~7	식상경감, 증산억제 활착촉진
분얼성기	얕게 댈 것	2~3	분얼촉진
무효분얼기	중간 물떼기 (출수전 40-30일) → 5~10일간	0	무효분얼 억제, 유해물질 제거, 도복방지
수잉기	물 걸러대기 (출수전 30~출수기) →3일 관수, 2일 배수	2~4	뿌리기능 촉진, 유해물질 제거 촉진
출수기	보통으로 댈 것	3~4	꽃가루받이 촉진
등숙기	물 걸러대기 → 3일 관수, 2일배수	2~3	등숙 양호, 뿌리기능유지, 유해물질 제거
낙수기	완전 물떼기 (출수 30~35일 전후)	0	품질 양호, 농작업 관리

자료: 국립식량과학원(2006)

- **중간물떼기** : 중간물떼기는 새끼치기, 토양조건, 잡초발생 억제 등 벼 생육과 관련된 여러 조건을 종합적으로 고려하여 보통은 이삭패기 전 40~30일 전에 실시한다. 중간물떼기 효과는 재배양식, 중간물떼기 시기 및 횟수 등에 따라 다르나 일반적으로 너무 일찍 중간물떼기를 하면 헛가지 치기 억제효과는 크나 질소이용효율이 떨어지고 잡초발생이 많아지며 중간물떼기 시기가 늦어지면 헛가지 치기 억제효과가 크게 떨어진다.
- **이삭패 후 물관리** : 등숙기간에는 동화작용은 물론이고 앞에서 생성한 동화전분을 이삭으로 전류·축적하는 중요한 시기로서 수분의 역할은 매우 중요하다. 그러나 이 시기에는 엽면증산량이나 수면증발량도 적어져서 많은 물은 필요로 하지 않으며, 뿌리의 기능도 급격히 저하하기 쉬우므로 산소의 공급이 잘 이루어지도록 2~3cm로 얕게 또는 물걸러대기를 하는 것이 좋다.
- **완전물떼기** : 쌀 품질과 가장 크게 관련되는 것은 완전물떼기 시기이다. 논물을 완전히 떼는 적기는 기상, 토성, 병해발생 등에 따라서 다르나, 벼이삭을 충분히 등숙시키기 위한 물떼기는 이삭패 후 30일경이다. 이보다 일찍 물

을 떼면 수량감소는 물론 청미 등의 증가로 쌀의 품위가 떨어지고 밥맛과 관련된 아밀로스와 단백질 함량을 증가시키며 Mg, K, Mg/K의 당량비, Mg/K·N의 당량비도 감소된다. 따라서 조기물떼기는 쌀 품질을 저해하는 원인이 된다. 그리고 출수 후 40일에 완전물떼기는 수량 및 미질에는 큰 영향이 없으나, 콤바인 등 수확작업이 어려워 수확시기가 출수 50일 이후로 지연이 되면 동할미가 많이 발생하는 등 미질 저하의 주요 원인이 된다. 따라서 일반적으로 완전물떼기는 출수 후 30~35일 사이에 하는 것이 바람직하다(표 8).

표 8. 중간물떼기 방법에 따른 뿌리분포율

중간물떼기 (파종후, 일)	토양깊이별 뿌리 분포율(cm, %)					도복 지수
	0~5	5~10	10~15	15~20	20~25	
20	85.3	6.9	3.8	2.4	1.6	140
30	86.0	7.8	3.3	1.6	1.3	146
20, 40	83.2	8.9	4.0	2.0	1.9	132
20, 40, 60	82.4	10.2	3.7	2.0	1.7	122
상시담수	88.1	6.8	3.2	1.2	0.9	143
근 활력 ($\mu\text{g/gFW/hr}$)	44.8	48.7	50.5	55.5	57.0	-

※ 품종 : 일품벼, 파종기: 5월 6일(담수표면산파), 파종량: 4kg/10a
 시비량(N-P2O5-K2O)= 11-7-8kg/10a, 중간물떼기: 논바닥 실금정도
 자료 : 국립식량과학원(1994)

- 영농형태양광 농업에서는 식물체를 강건하게 성장시켜 도복이 되지 않도록 하는 것이 중요하다. 따라서 관행재배에 비해 1회 정도 중간 낙수를 더 실시하여 토양통기를 조장하여 뿌리의 활력을 증진시키는 것이 중요하다.

6. 잡초 관리

- 최근 국내 대부분의 논에서 피, 물달개비, 올챙이고랭이 같은 제초제 저항성 잡초들과 다년생 잡초 올방개가 높은 밀도로 발생하고 있어 잡초별로 맞춤형 제초제를 선택해 뿌리는 것이 중요하다. 벼 기계이앙 논에서는 모내기 전과 후 2회에 걸쳐 체계적으로 방제하는 것이 가장 효과적이다. 정지작업 후 파종 전 5~7일 처리와 파종후 12~15일 벼 생육초기 처리한다.



- 파종전 토양처리(1차) : 피, 물달개비, 올챙이고랭이 등 일년생 잡초 방제는 본 논 정지작업 후 논물 약 5cm 깊이의 담수 상태에서 당일 또는 다음 날 제초제(옥사디아길유제, 옥사디아존유제, 벤조비사이클론액상수화제, 펜톡사존액상수화제, 프레틸라클로르유제 등)를 살포하고, 반드시 5~7일간 담수상태를 유지한 다음 파종 1일 전에 논물을 뺀 후 파종한다. 동일제초제 연용시 잡초방제 효과가 떨어질 수 있으므로 1~2년 주기로 특성이 다른 제초제를 바꾸어 처리한다.
- 벼 생육초기 토양처리(2차) : 이어 모내기 10일~12일 또는 15일 후에 저항성 잡초들을 방제하는 벤조비사이클론 및 메소트리온 등과 메페나셋과 펜트라자마이드 등의 성분이 혼합된 제초제들을 2차 살포하면 된다. 벼 담수표면과 무논직파 재배 논에서도 파종 전과 후 2회에 걸쳐 지속적으로 처리해 주어야 한다. 무엇보다도 직파를 2년 이상 재배한 논에서는 제초제 저항성 '피' 등이 발생할 가능성이 매우 높기 때문에 기계이앙재배로 바꾼 후 제초제를 선택하는 것이 중요하다. 제초제 처리 후 논이 마르면 토양 표면에 처리된 제초제는 광분해가 되어 제초 효과가 떨어지므로 제초제를 처리한 논은 반드시 5일 이상 담수상태를 유지해야 한다.

7. 병해충 관리

- 우리나라에 발생하는 벼의 병충해는 170여종이나 벼농사에 문제가 되는 주요 병충해는 10여종이며 최근에 키다리병, 바이러스병, 깨씨무늬병 등이 늘고 있는 실정이다. 벼농사 후기에 발생하는 주요 병충해는 이삭도열병, 잎집무늬마름병, 흰잎마름병, 멸구류, 흑명나방 등으로 쌀 품질을 저하시키는 요인으로 작용하고 있다. 주요 병충해에 대한 방제요령은 다음과 같다.

가. 병해

1) 이삭도열병

- 발병요인 : 이삭도열병이 많이 발생하는 조건은 이삭이 패는 시기에 비가 자주 올 때, 안개 낀 날이 많거나 밤낮의 기온차가 커서 이슬이 맺혀 있는 시간이 길 때, 잎도열병 발생이 많고 병반이 늦게까지 번져 상위 잎에 병 무늬가 번져 있을 때 많이 발생한다. 이삭도열병균 침입은 이삭이 패기 시작해서부터 10일경까지 가장 많고, 가지나 벼알도열병균은 이삭패기 시작할 때부터 20일



경까지 침입이 많다. 이삭도열병은 한 번 병에 걸리면 피해가 매우 크기 때문에 방제할 때는 농약을 여러 차례 뿌리는 것보다 한 번을 뿌리더라도 예방위주로 적기에 알맞은 양을 뿌려주어야 한다.

- 방제요령 : 잎도열병 발생이 많았던 논, 병 발생이 많았던 품종을 재배했거나 질소비료를 많이 준 논은 가급적 약효가 길고 예방효과가 좋은 침투이행성 입제나 수화제로 적기에 한 번 방제하도록 한다. 도열병 방제 약제에는 여러 가지 침투이행성 약제가 있는데, 약제별로 뿌리는 시기가 다르므로 농약 포장지에 쓰여 있는 사용요령에 따라 뿌리도록 한다. 침투이행성 약제가 아닌 일반 수화제는 약효가 5~7일 정도이므로, 일반 약제로 방제할 때는 2회에 걸쳐 방제해야 방제효과를 높일 수 있다.

2) 잎집무늬마름병

- 발병요인 : 잎집무늬마름병은 우리나라 벼농사 병충해 중에서 발생면적이 많고 감수율도 많은 병으로 병균은 30~32°C의 고온에서 활발히 활동하기 때문에 장마가 끝나고 기온이 급상승하면 병의 진전이 활발해진다. 특히, 생육이 왕성해지고 통풍이 불량하여 포기사이의 습도가 높을 경우 병 진전에 더 좋은 조건이 되어 병반은 위로 진전되고, 7월 하순~8월 상순에는 지엽까지 병반과 균핵이 많아져 피해가 크다. 따라서 이 시기에 이삭이 패는 조생종은 벼알 여무는 데 양분이 대부분 소모되고 조직 자체는 노쇠하여 병원균의 침입이 쉬워 피해를 더 많이 받게 된다.
- 방제요령 : 잎집무늬마름병에 걸리면 벼알 여무는 정도가 불량하여 수량이 감소하고 품질이 떨어지게 된다, 이 병은 약제방제를 할 경우 효과가 뚜렷하게 나타나므로 제 때에 농약을 뿌려 주면 피해를 줄일 수 있다. 7월 중순 이후 한 포장에서 병이 발생한 포기가 20% 정도 되었을 때가 농약살포 적기이며, 포장의 발생빈도에 따라 적기에 방제한다. 효과가 좋은 적용약제를 선택하여 양액이 벼줄기 아랫부분까지 문도록 충분한 양을 뿌려 방제효과를 높이도록 하되 도열병등과 동시 방제한다.

3) 흰잎마름병

- 발병요인 : 발병 시기는 7월초~수확기이나 주로 7월 상순~8월 중순에 발생되며, 병원균(세균)이 물을 따라 전염되고, 벼 잎의 물구멍, 공기구멍 부위와 절단된 뿌리로 침입하여 발병되며, 발생상습지에 병에 잘 걸리는 품종을 재배하



거나 질소비료 과용, 관개수로에 겨플·줄풀이 많은 지역, 태풍이 내습하거나 침수된 경우에 발생이 된다. 최근 발생시기가 빨라지는 양상을 보이며 변이균주 및 새로운 균주의 분포지역이 확대되면서 저항성품종의 이병화로 발생이 증가하는 추세에 있다(그림 1).

- 방제요령 : 세균성 병의 특성상 약제 방제효과가 매우 낮으므로 태풍이나 집중호우 통과 전후 발생상습지 위주로 방제를 한다. 방제약제는 적용약제를 선택하여 살포시거나 약액농도 등 사용요령을 반드시 지키고, 농약을 희석할 때는 2차 감염방지를 위해 오염되지 않은 깨끗한 물을 사용하고, 아침 이슬이나 비온 뒤 물기가 마른 다음에 농약을 뿌린다.



△ 이삭도열병

△ 잎집무늬마름병

△ 흰잎마름병

그림. 1 벼의 주요 충해

나 충 해

1) 벼멸구

- 생활사 : 벼멸구는 해마다 6~7월 저기압 통과 시 중국대륙으로부터 남서풍을 타고 날아와 2~3세대를 경과하며 피해를 준다. 날아온 성충은 교미 후 알을 200~300개 정도 낳고, 알에서 부화한 약충은 이동하지 않고 부화된 주위에서 1세대를 경과한다. 벼멸구의 발육적온은 25~28℃로 1세대 경과일수는 25℃에서 27일 정도이고, 성충의 수면은 23일 정도이며, 고온이 경과될 경우에 발육기간이 빨라지고 부화율이 높아져 증식량이 많아진다. 7월 상순에 날아올 경우 25~30일 후인 7월 하순~8월 상순경에 1세대 단시형(짧은 날개꼴) 성충이 되어 집중적으로 알을 낳고, 2세대 성충은 8월중·하순에 발생하여 9월 상순경 발생 최성기를 이루는데, 이때는 장시형(긴 날개꼴) 성충이 많이 나타나 주로 벼 포기 아랫부분의 수면 약 10cm 부근에서 피해를 준다. 벼멸구는 제때 방제하지 않으면 밀도가 급격히 증가하여 아래 잎부터 서서히 황색으로



변하다가 포장의 일정한 부분을 집중적으로 고사시키게 된다. 흰등멸구는 벼멸구보다 날아오는 시기가 빠르고 날아오는 양도 많으나 피해는 적은 경향이 며 일반적으로 8월상·중순에 밀도가 가장 높다.

- 방제요령 : 일반적으로 벼멸구 1차 방제 적기는 7월 하순~8월 상순이며 1차 방제시기에 방제하지 않을 경우 다음 세대에는 50배 이상 증가하고, 그 기간 중에 다시 날아오는 것을 합치면 밀도는 기하급수적으로 늘어나게 된다. 벼멸구의 효과적인 방제를 위하여 중요한 것은 예방위주의 방제보다는 포장의 밀도를 확인하여 방제시기를 결정하여 제 때 적용약제를 뿌리는 것이다.
- 벼멸구 방제 밀도는 중만생종의 경우 7월 하순 15마리, 8월 중순 50마리, 8월 하순 100마리이다.

2) 흑명나방

- 생활사 : 흑명나방은 벼멸구나 흰등멸구와 같이 주로 6월 중순~7월 상순경 저기압이 통과 할 때 날아와 3화기를 경과하면서 피해를 준다. 성충 한 마리가 80~90개 정도의 알을 낳으며 알 기간은 5~7일, 유충 기간은 20일, 번데기 기간은 8~15일이며, 성충의 수명은 9~20일이다. 1화기 최성기는 7월 하순~8월 상순, 2화기는 9월 상·중순, 3화기는 10월 상·중순경으로 1, 2화기 때 피해가 많다.
- 방제요령 : 유충이 벼 잎을 한 개씩 세로로 말고 그 속에서 갹아먹는 것이 보통이지만 간혹 2~3잎을 말아서 갹아먹는 경우도 있다. 이삭 팬 후에 발생되면 피해가 심하여 등숙에 지장이 많아 쌀 품질에 영향을 미치기 때문에 제 때 방제해야 한다(그림 2). 일반적으로 예년의 발생빈도는 7월 하순부터 8월 상순까지가 방제적기이나 예방위주보다는 논을 잘 살펴보아 포장 내에 피해 잎이 1~2개 나타나는 발생초기에 적용약제로 방제하여 피해를 최소화하도록 한다.



△ 멸구 피해



△ 흑명나방 피해

그림. 2 벼의 주요 충해

- 영농형태양광 농업에서의 병충해 관리는 관행재배와 큰 차이는 없으나, 대개의 경우 태양광모듈의 형태에 따라 다르나, 30% 정도의 차광이 불가피함에 따라 해충발생도가 일반재배에 비해 많을 가능성이 있다. 따라서 늘 세심한 관찰이 필요하며, 예방적 방제는 물론 발생시에는 초기에 약제살포를 통해 방제를 해야한다.

8. 수확시기 및 방법

가. 수확시기

- 수확시기는 모든 이삭이 한꺼번에 성숙해지지는 않으므로 전체 이삭의 90% 이상이 누렇게 황금색을 띠면 수확한다. 벼 수확 적기는 종실의 저장양분의 이행이 끝나는 시기로 대부분의 종실이 성숙한 때이다. 수확을 너무 일찍 하면 청미(미숙립), 또는 사미가 많아져 완전미 수량의 감수를 야기하고, 이와는 달리 수확시기가 너무 늦게 되면 미강층이 두꺼워지고 선택이 나빠져 미질이 나빠지고 동할미의 비율이 증가하게 된다. 또한 수확시기가 늦어짐으로 인해 탈립이 많고 새, 쥐 등의 피해를 받기 쉽고 도복 등의 발생으로 기형립 및 피해립이 증가하여 수량이 떨어질 뿐만 아니라 벼 베기에도 상당한 노력이 소요된다.
- 벼의 수확 적기는 대체적으로 조생종은 이삭이 나온 후 40일, 만생종은 45일이다. 완전미 수량이 가장 높은 수확시기를 기준으로 보면, 조생종, 중생종 및 중만생종이 각각 중부지역 평야지는 출수 후 50일, 53일 및 57일, 호남 평야지는 출수 후 52일, 55일 및 60일이며, 영남 평야지는 출수 후 50일, 54일 및 58일이었는데, 출수 지역이 각각 1,088~1,133°C, 1,204~1,227°C 및 1,120~1,211°C였다(표 9).

표 9. 지역별 고품질 쌀 생산을 위한 최적 수확기

지역 및 지대	출수 후 일수(일)		
	조생종	중생종	중만생종
중부 평야지(수원)	50(1,133) ²	53(1,102)	57(1,088)
호남 평야지(익산)	52(1,213)	55(1,204)	60(1,227)
영남 평야지(밀양)	50(1,120)	54(1,171)	59(1,211)

주) 최적 수확기는 지역별 2년 평균, 완전미 최고수량을 기준으로 산출함

²출수 후 수확기까지의 평균기온 적산온도. 자료: 국립식량과학원(2002~04)



- 영농형태양광 농업에서의 벼 재배의 경우, 일반재배에 비해 3~7일 정도 늦게 수확한다.

나. 수확방법

- 콤바인 수확작업은 인력수확에 비해 최소 50배의 효과가 있고, 현재 99.7% 이상이 콤바인에 의해 수확되고 있다. 콤바인 속도가 과도하게 빠르면 통에 투입되는 벼의 양이 많아져, 이를 탈곡하는 과정에서 회전수가 높아져 벼 알에 가하는 충격량이 커지기 때문에 벼가 깨지는 등 손상률 비율이 높아져 미질이 떨어진다.
- 적당한 탈곡통의 회전수는 1분에 500회전 정도이며, 특히 채종용은 300~350회전 정도로 탈곡해야 상처가 없고 발아율이 높아진다.

9. 수확 후 건조

- 수확 시 벼의 수분함량은 대개 22~25% 정도이고 수분함량과 외기온도가 높을수록 호흡대사가 촉진되므로 호흡량을 최소한으로 억제할 수 있는 안정수분함량(14~15%)까지 건조시켜야만 한다. 벼 건조 영향인자는 건조공기와의 양이 많을수록, 건조온도가 높을수록, 습도가 낮을수록 건조시간을 단축시킬 수 있으나 이들 요인이 너무 많거나, 높거나 낮을 때는 벼의 품질이 떨어지게 된다.
- 수확한 벼는 높은 온도에서 말리면 품질이 나빠지므로 일반용(도정용 및 수매용)은 45~50°C정도, 종자용은 40°C 이하의 낮은 온도에서 서서히 말리도록 한다.
- 미곡의 건조과정 중 쌀의 품질 저하 원인은 다음의 4가지에 의해 주로 일어난다. ①급격한 건조에 의한 동할미 발생 ②건조지연으로 인한 고 수분벼의 변질 ③과도한 가열에 의한 열 손상률 발생 ④과도한 건조에 의한 식미악화와 도정곤란이다.

가. 천일건조

- 건조시설이 없는 경우 천일 건조를 실시하는데, 건조 기간 중 품질이 떨어질 수 있는 상황에 처할 수 있다. 최근 실시한 여러 가지 건조방법별 시험결과를 요약해 보면 콘크리트 바닥, 아스팔트 바닥, 합성수지, 명석 등 천일건조시험



에서 수분함량 24% 정도의 벼를 15%까지 건조시키는데 소요되는 일수는 건조벼의 두께가 두꺼울수록 많이 걸리나 동할립 발생율이 적어 도정율과 백미의 완전미율은 높았다. 건조할 벼의 두께가 8cm 이상일 때는 일수가 6일이나 걸려 도정율 및 백미의 완전립율로 보아 건조벼의 두께는 5cm 정도가 적당하다(표 10).

표 10. 벼 천일건조 두께별 벼의 특성

건조벼의 두께	건조소요일수 (일)	동할립 (%)	현백율 (%)	백미완전립율 (%)
1cm	1	22	89.7	78.8
3cm	2	16	90.7	82.5
5cm	3	12	90.6	85.3
8cm	6	9	90.6	85.5

자료: 국립농업과학원(1990)

2) 건조기 건조

- 건조기에서 벼를 말릴 때 쌀 품질을 높이기 위해서는 외기온도가 높은 시기에는 변질되기 쉬우므로 벼 수분이 20% 이상일 때는 8시간 이내에, 26% 이상일 경우에는 4~5시간 이내에 건조를 시작하는 것이 좋다.
- 순환식 건조기로 벼를 건조할 때 열풍건조 온도가 높아질수록 건조소요 시간은 단축되나 동할립 발생율이 증가하여 도정율이 떨어지고 백미중에 쇠립율이 높아 양적 및 질적 손실이 증가되며 발아율도 떨어졌다. 그러므로 순환식 건조기로 벼를 건조할 때 열풍 건조 온도는 종자용의 경우 40°C이하, 일반 소비용의 경우 45~50°C 이하로 건조함이 적당하다(표 11).

표 11. 순환식 건조기의 열풍 온도별 건조 소요일수 및 건조벼의 특성

열풍온도 (°C)	건조소요시간 (시간)	동할립 (%)	도정율 (%)	쇄립율 (%)	발아율 (%)
40	10.0	3	75.9	8.6	98
45	6.0	5	75.8	8.7	97
50	5.0	8	75.6	9.9	86
55	4.5	13	75.4	14.8	82
60	4.0	19	74.1	28.1	75
65	3.3	28	73.2	24.7	60
70	3.0	38	68.1	33.6	30

자료: 농진청(2003)

10. 수확 후 저장

- 수확된 미곡은 건조 과정을 거쳐 저장되면서 다른 작물과 마찬가지로 생활생리 작용은 계속하면서 비교적 안정한 휴면 상태에 있게 되는데 이 상태에서의 생명력을 잘 보존시키고 그 고유의 품질 그대로 변질 없이 저장한다는 것은 생산에 못지않게 중요하다. 따라서 미곡의 저장조건 및 시설 등을 적절하게 하면 저장 중에 성분변화는 물론 그 손실을 최대한도로 줄일 수 있어서 저장 당초의 품질을 비교적 잘 보존 유지할 수 있게 하는 것이다. 벼 저장 중 품질에 영향을 주는 인자로서는 표 12와 같이 여러 가지 요인이 작용하고 있다.

표 12. 벼 저장 중 품질관련 영향 인자

요 인	인 자
물리적	온도, 습도, 곡물
화학적	수분, 산소, 산화, 훈증제의 영향
생리적	호흡, 발열, 효소작용
생물적	해충, 미생물, 쥐, 새
공학적	수확, 건조, 운반, 도정, 저장

자료: 농진청(2003)



- 미곡은 저장 중에 곡립자체에서 일어나는 내적 변화와 생물에 의한 외적 피해를 받아 품질의 변화가 일어난다. 저장 곡물은 곡물의 상태와 저장조건에 따라서 진행 속도의 지속은 다르지만 호흡작용, 효소작용 및 산화가 일어나며 이에 따라 품질의 변화가 수반된다. 저장 중에 일어나는 변화를 요약하면 ① 생명력이 약화되는 생리적 변화가 일어나며, ②곡물성분 중에서 지방이 분해되어 유리지방산이 증가한다. ③비타민 B1이 감소하고 환원당량이 증가한다.
- 미곡의 저장적정조건은 미곡 저장 중 온도 및 습도가 높으면 저곡해충 발생 및 미곡의 양적 및 질적 손실이 심할 뿐만 아니라 화학적 변화도 많이 일어나 품질이 떨어진다. 그러므로 저장성을 높이기 위하여 곡물의 수분함량을 15% 이하로 유지하고 저장고내의 온도는 15°C이하, 습도는 70%이하 되게 하고, 그리고 공기조성은 산소 5~7%, 탄산가스 3~5%로 유지시켜주면 가장 안전하다.

참고 문헌

1. 농촌진흥청. 2019. 농사로. 농촌진흥청.
2. 박광호. 2014. 벼 재배공학. 향문사.
3. 전남농업기술원. 2010. 친환경벼 재배 매뉴얼. 전남농업기술원.
4. 채제천. 2005. 쌀생산과학. 향문사.



영농형태양광용 작물 재배 기술서 (감자)



2019. 11



목 차

1. 감자의 학명과 전파	1
2. 감자의 식품적 가치와 이용	1
3. 재배환경	1
4. 품 종	3
5. 생장 및 발육단계	5
6. 작형별 주요 재배기술	6
7. 수확 및 저장	11
8. 병해충과 방제	12

※ 본 재배 기술서는 농촌진흥청 농사로를 비롯한 농진청 발간자료를 중심으로 편집되었음.



1. 감자의 학명과 전파

가. 감자 학명

- 감자는 가지과에 속하며 영명은 Potato, 학명은 *Solanum Tuberosum* 이다. 감자 재배에 적합한 온도는 18~24°C이며, 생육기간에 따라 조생종 중생종 만생종으로 구별된다.

가. 감자의 전파

- 감자의 원산지는 남미 안데스 지역 (페루, 북부 볼리비아) 해발 4,000m로 야생감자 자생지이며, 기원전 1,500년 전부터 심기 시작하였다. 스페인 사람들에 의해 유럽으로 도입되었다가 동양으로는 필리핀 → 중국·일본을 거쳐 → 한국(1824년)으로 전파되었다는 설이 있고, 중국의 북방을 거쳐 바로 한국으로 전파되었다는 설이 있다.

2. 감자의 식품적 가치와 이용

가. 감자는 알칼리성 저 칼로리의 전분질 식품

- 감자는 약 80%정도의 수분 외에 18% 정도의 당질을 함유하고 있고, 칼륨, 인산이 많이 함유되어 있다. 다른 식량작물과 달리 비타민 C가 풍부하여 4대 식량작물 중 하나이다.
- 단위 중량당 열량이 낮아 다이어트 식품이라고 말 할 수 있다. 다른 식품과 비교하면 쇠고기·햄버거의 50%, 빵의 30%, 마가린의 10% 정도로 열량이 낮다.

나. 감자의 용도

- 세계적으로는 후렌치프라이, 칩, 크로켓, 팬케이크, 샐러드 등에 이용하며, 우리나라에서는 감자전, 감자떡, 감자국수, 감자탕, 칩 등의 원료가 된다.

3. 재배환경

감자의 생육에 관여하는 요인은 여러 가지가 있으며, 그중 대표적인 요소로는 온도, 일조량, 강수량 및 토양 등이 있다.



가. 온 도

- 감자의 생육은 싹의 출현부터 살펴보면, 싹은 5°C부터 자랄 수 있고 생육에 적당한 온도가 비교적 낮은(호냉성) 작물이다.
- 보통 감자가 자라기에 적당한 온도는 14~23°C이며, 온도가 높으면 잎이 작아지고 주름이 생기며, 27~30°C 이상에서는 땅속줄기의 형성과 덩이줄기 비대가 정지되고 호흡작용이 왕성하여 동화물질이 감자 덩이줄기에 쌓이기보다 호흡을 통하여 소모되는 양이 많아진다.
- 덩이줄기가 굽어지는 데는 낮 온도가 23~24°C, 밤 온도가 10~14°C일 때가 가장 좋다.
 - 이러한 조건으로 볼 때, 우리나라에서 감자가 자라기에 적당한 시기는 4~5월과 9~10월이라 할 수 있다. 특히 가을에는 밤낮 온도차가 크므로 덩이줄기 비대에 매우 유리하다.

나. 일조량

- 감자는 햇빛을 많이 받는 것이 좋다. 햇빛을 많이 받으면 탄소동화작용이 왕성하게 되고, 잎과 줄기의 조직이 견고해지며, 엽록소가 많아져 잎이 진한 녹색이 된다. 또한 육질이 두꺼워지고 전분함량도 높아져 성숙을 촉진시킨다.
- 우리나라 평년지의 봄과 가을재배에 일조부족에 따른 피해는 크게 문제가 되지 않으나 고랭지 여름재배에서는 6~7월 장마기간이 길어질 때 일조부족에 의한 수량감소가 종종 나타난다.
- 감자는 햇빛을 많이 받는 것이 좋은데, 봄과 가을재배는 일조량 부족으로 문제가 안되나 고랭지 여름재배 시 6~7월 장마로 인해 수량감소가 나타난다.

다. 강수량

- 감자는 비교적 건조한 것이 생육에 유리하다. 전 생육기간을 통하여 필요한 강수량은 300~450mm 정도가 알맞다. 특히 감자의 생육기간 중 물을 가장 많이 필요로 하는 시기는 덩이줄기 비대기이고, 그 다음은 싹이 나오는 출현기이다. 반대로 덩이줄기 성숙기, 즉 잎과 줄기가 누렇게 변하는 황변기부터 수확기까지는 다소 건조한 것이 좋다.
- 우리나라의 기상조건을 볼 때 봄 감자가 싹이 나올 때부터 덩이줄기 비대기까지와 가을재배의 덩이줄기 비대기에는 강수량이 비교적 적어 가뭄 피해가 많이 발생한다.



- 감자는 침수에 매우 약한 작물이다. 침수피해에 대한정도는 생육시기, 물의 온도, 물의 혼탁도, 침수시간 및 토양조건 등에 따라 다르다. 일반적으로 침수피해는 장마철 6~7월에 많이 발생하는데 이때에는 물의 온도가 높고, 호흡작용이 왕성한 시기이므로 침수 시에는 덩이줄기가 심하게 썩는 경우가 있다.
 - 이와 같이 감자는 침수에 대한 저항력이 매우 약한 작물이므로 감자를 심은 후에는 감자밭 주위에 배수로 설치로 포장이 과습되지 않도록 관리하여야 한다. 특히 수확기에는 건조하게 관리하여 덩이줄기의 성숙을 촉진시켜야 한다.

라. 토양조건

- 토양은 작토층이 깊고 유기물이 풍부하며, 배수와 통기가 양호한 사양토 또는 양토가 좋다. 감자는 흙속에서 굼어지므로 다른 작물에 비해 토성뿐 아니라 토양의 3상(기상, 액상, 고상) 조건에 큰 영향을 받는다. 그러므로 감자를 심기 전 깊이갈이를 하고 흙 부수기를 고르게 하며, 잘 썩은 유기물을 많이 넣어주어 토양을 비옥하게 함은 물론 부드럽게 하는 것이 수확량을 늘리는 데 매우 중요하다.
- 토양 산도는 pH 5~6이 좋으며 알칼리성 토양에서는 더덩이병 발생이 증가하고 과도한 산성토양에서는 검은무늬썩음병 발생이 증가하는 경향을 보인다.

4. 품 종

가. 수 미

- 우리나라 봄, 여름 1기작 재배의 대표적 품종으로 식용, 가공용으로 생육기간이 90~100일로 숙기가 빠르다. 가공 원료용(감자칩)을 목적으로 싹틔움 비닐 멀칭 재배를 할 경우에는 아주 심은 후 80~90일에 수확해야 품질이 좋다.
- 수확 후 80~90일이 지나야 휴면이 타파되므로 겨울재배를 할 경우 고랭지 여름재배에서 채종된 씨감자를 사용하는 것이 바람직하다.
- 병저항성은 바이러스, 흑지병, 더덩이병은 중 정도나 역병에는 약하다.

나. 남 작

- 우리나라 장려품종 중 재배역사가 가장 오래된 품종으로 식미가 우수한 식용 전용 품종이다.
- 휴면기간은 90~100일 정도로서 저장성은 높으나 재배적지는 봄재배, 고랭지 여름 1기작 재배에 적합하고, 가을재배는 부적합하다.



- 병저항성은 바이러스, 역병, 더덩이병은 약한 편, 흑지병은 중 정도이며, 재배조건이 불량하면 2차 생장이 되어 기형감자의 발생이 많다. 유기물은 퇴비 2,000kg/10a을 시용해야 증수효과가 크다.

다. 조 품

- 생육기간이 수미보다 다소 빠른 극조생종의 식용·가공용 품종이며, 꽃피기 전 초기생육이 빨라 괴경 비대가 빠르다. 휴면기간은 90일 정도로 봄, 여름 1기작에 적합한 품종이다.
- 토양은 양토 또는 사양토에 재배할 때 괴경 모양이 좋고 수량도 많다.
- 병저항성은 바이러스, 역병은 강한 편이며, 흑지병, 더덩이병은 중간정도이다. 특히, 채종 재배 시 진딧물, 해충, 역병 등 병해 예방을 철저히 해야 한다.

라. 대 지

- 우리나라 대표적 식용 품종으로 봄과 가을 2기작 재배에 적합한 품종이다. 휴면기간이 50~55일로 짧아 봄 채종 씨감자로 가을재배가 가능하다.
- 봄 재배 시에는 일찍 파종하고 과다한 질소질 시용을 피한다. 가을재배 시에는 질소량을 봄 재배보다 많이 주는 것이 덩이줄기의 수량이 높아진다. 가을 재배 파종기는 고온 다습으로 씨감자 부패가 많으므로 싹을 틔워 아주심기를 해야 하며, 중부 이북지방은 가급적 가을재배 지양하는 것이 좋다.
- 병저항성은 바이러스, 흑지병, 역병에는 강하나 더덩이병에는 다소 약하다.

5. 생장 및 발육단계

가. 싹(맹아)의 출현기

- 감자 덩이줄기는 일정 기간 적당한 환경조건이 주어져도 싹이 나지 않는다. 이를 식물학적으로 휴면(休眠, Dormancy)이라 한다. 일정한 시간이 지나 자연적으로 휴면이 깨거나 또는 인공적으로 휴면이 깨도록 특별한 처리를 하여야만 눈에서 싹이 나오게 된다(그림 1). 휴면기간은 유전적인 요인, 즉 품종의 특성에 가장 크게 영향을 받는다. 싹이 나오는 눈(芽)의 수는 품종이나 덩이줄기의 크기에 따라 다르지만 대체로 12~15개 정도이다.



그림 1. 감자 싹
자료: 농촌진흥청 농사로

나. 개엽기

- 싹이 지상부로 출현하면 곧바로 잎이 전개되는데 잎의 전개와 동시에 땅속줄기가 자라게 된다. 싹이 그동안 씨감자로부터 양분을 공급받아 생육하다가 이때부터 능동적으로 토양으로부터 양분을 흡수하는 시기이다.

다. 덩이줄기 형성기

- 덩이줄기 형성기는 싹이 출현하여 줄기의 길이(경장, 莖長)가 20-25cm 자랐을 때로서 성장점에서 꽃봉오리가 생길 때부터 꽃이 피기 전까지이다. 덩이줄기 형성기는 대략 10~15일간 지속된다.

라. 덩이줄기 비대기

- 덩이줄기 비대기는 꽃이 피는 시기부터 잎과 줄기가 누렇게 변하는 시기까지이다. 지상부의 잎과 줄기가 꽃이 필 때를 지나게 되면 지상부의 신장생장에서 양분의 축적생장으로 전환되며, 덩이줄기의 비대는 이때부터 시작하여 꽃 피는 시기가 끝날 때까지 계속되고 잎과 줄기가 누렇게 변하는 황변기 직전까지 이루어진다(표 1).

마. 덩이줄기 성숙기

- 덩이줄기의 비대가 정지되고 잎과 줄기가 말라죽게 되면 덩이줄기는 완숙단계에 도달한다. 표피가 충분히 굳어져야 기계적인 상처가 줄어들고 저장력이 향상된다. 또한 덩이줄기가 완숙되면 땅속줄기에서 잘 떨어져 수확작업도 쉬워진다(그림 2).

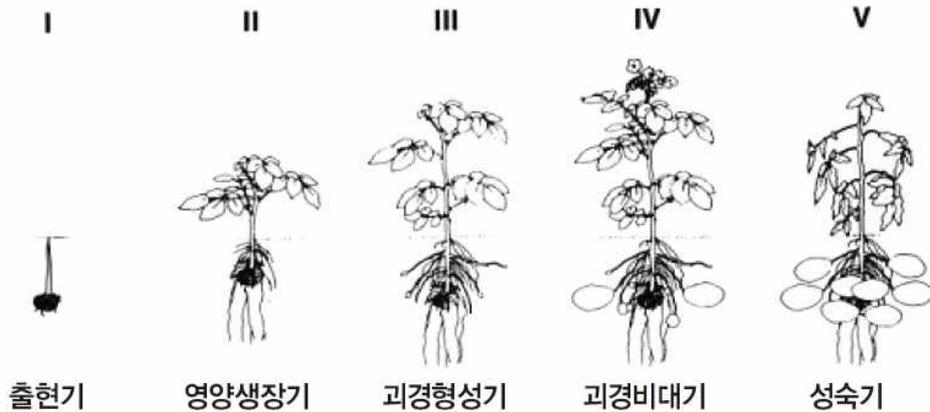


그림 2. 감자의 생육단계 구분

자료: 농촌진흥청 농사로

표 1. 지상부 생육과 덩이줄기의 발달관계

구분	덩이줄기 형성기	덩이줄기 비대기	덩이줄기 성숙기
꽃의 발달	꽃봉오리 발달	꽃이 펴	꽃이 떨어짐
잎의 형태	직립성	얇아지고 개장	윤기가 없고 아래쪽 낙엽
잎의 색깔	농록색	연록색으로 변하며 아랫잎이 황화됨	연록색으로 퇴색되고 황화됨
줄기	직립이고 결눈 발생이 없음	직립상태에서 누우며 원줄기 생장이 멈추고 곁가지가 발생함	색깔이 퇴색되고 잎수가 적어짐

6. 작형별 주요 재배기술

가. 봄 재배

1) 재배적 특징

- 봄감자 재배면적은 해마다 약간 차이가 있으나 총 재배면적의 약 60% 차지한다. 씨감자를 심는 시기는 2월 중하순(남부지방)~4월 상순(중부 중산간지방)까지로 감자를 심는 기간이 길고, 수확기간도 5월 하순부터 7월 중순까지 분포한다.
- 중부지방의 경우 6월 하순부터 시작되는 장마에 수확을 하려면 싹틔워 아주 심은 후 PE필름 피복 재배를 하는 것이 안전하고, 남부해안 및 도서지방에서



는 심는 시기가 빠르고 생육초기(4월 상순 출현 후)에 늦서리 피해가 우려되므로 직파 후 PE필름 멀칭재배를 하는 것이 좋다.

- 남부지방의 봄감자 재배는 주로 논앞그루 재배로 많이 이루어지기 때문에 토지 이용 면에서 유리하며 재배가 쉬워 농촌의 인력이 부족한 최근에는 봄감자 재배에 대한 관심이 높아지고 있다.

2) 포장 준비 · 정식

(1) 경운 및 땅고르기

- 경운 및 땅고르기를 잘해야 흙이 부드럽고 배수 및 통기성이 좋아지며, 보습성이 좋아 출아 및 초기생육이 균일하다(표 2). 또한 토양 물리·화학적 성질을 개선시키고 잡초 발생을 억제시킨다.

표 2. 경운 깊이와 감자수량 관계

경운 깊이	9cm	15cm	20cm	30cm
감자수량 (kg/10a)	1,631	1,684	1,875	1,838

(2) 거름주기

- 퇴비는 경운전, 비료는 이랑을 만든 후 골에 살포하는 것이 경제적이며, 골뿌림 할 경우 씨감자에 비료가 닿지 않도록 주의한다.
- 비료 살포시 토양살충제와 혼합 살포하면 토양해충 방제에 효과적이고, 질소비료 과용 시 병해 발생 등이 조장되므로 적당량을 사용한다.
- 퇴비 살포 추천량은 농협흙사랑 퇴비 기준으로 200평당 20kg짜리 퇴비를 50포 살포한다.

표 3. 작형별 추천 시비량

(단위: kg/10a)

구 분	완숙 퇴비	질 소	인 산	가 리	요소-용과린-염화加里
봄 재배	1,500~2,000	10	10	12	20 - 50 - 20
여름재배	1,500~2,000	15	18	12	33 - 90 - 20



(3) 이랑 만들기

- 이랑사이는 봄재배 90cm, 여름재배는 70cm 내외가 적당하다. 이랑이 좁으면 배토시 복지가 손상되거나 토양통기가 불량해지므로, 가공용은 다소 넓게 한다.

(4) 씨감자 선정

- 씨감자는 농협, 민간 씨감자 생산업체를 통해 구입하며, 구입한 씨감자는 환기가 잘되는 저온창고에 보관한다. 본밭에서 문제가 되는 병해충을 감안하여 병해충 저항성 품종을 선정하는 것이 유리하며, 상처가 나거나 썩은 감자는 제거한다.

(5) 씨감자 선택 및 처리

- 씨감자 크기는 1쪽의 무게가 30~40g이 적당하고, 휴면이 타파되어 있어야 한다. 또한 바이러스, 곰팡이, 세균병 등이 없는 무균 우량 씨감자를 선택한다.
- 씨감자는 흑지병, 더덩이병 등 병원균 발생방지 위해 분의 소독하는 것이 좋으며, 소독약제는 메로닐분제, 토로스수화제·분제가 있으며, 소독방법은 절단하기 전 통감자를 펼쳐 놓고 분의 처리한다.

(6) 씨감자 절단

- 오염된 칼을 이용하여 씨감자를 자르면 절단면을 통해 병원균(바이러스, 무름병 등)이 전염될 수 있어 씨감자를 하나하나 자를 때마다 클로락스나 끓는 물에 30초 이상 담가 소독한 후 맑은 물에 세척해야 한다.
- 절단방법은 괴경 60~80g의 크기는 2등분, 120~160g은 2~4절로 정아에서 꼭지(기부)방향으로 절단한다. 절편당 눈이 2~3개가 적당하다.
- 절단면 치유과정을 거치면 씨감자의 부패를 방지할 수 있다. 파종 10일전 공기가 잘 통하는 상자에 넣어 절단온도 17~18℃, 습도 70~80%로 바람이 잘 통하는 서늘한 장소에 보관한다.

(7) 산광(육광)싹틔우기

- 과거에는 감자싹을 틔워 재배하는 경우가 많았으나 최근에는 노동력 문제로 산광싹틔우기를 한 씨감자를 직접 본밭에 심고 멀칭하여 재배하는 경우가 대부분이다. 산광(육광)싹틔우기는 바람이 잘 통하고 직사광선이 들지 않는 그늘에서 싹 틔우기를 한다.
- 산광싹틔우기 목적은 웃자람 방지하고, 감자 싹을 짧고 강하게 하여 감자 싹의 조직이 치밀해져 흑지병 등의 발생이 감소한다.
- 산광싹틔우기 방법은 통풍이 잘되는 상자에 담고, 산광 조건하에서 실시한다. 온도는 15~20°C, 습도는 80~85% 정도로 유지한다. 28~30°C 이상 고온 시는 흑색 심부병이 발생한다. 기간은 약 2~3주정도(싹크기 0.5~1cm)가 적당하다. 장소는 보통 비닐하우스를 이용하는 것이 효과적이며, 과습을 막기 위해 바닥에 비닐을 깔고 괴경 3개 정도의 두께로 하면 m²당 약 160kg 처리 가능하다.

(8) 파 종

- 재식거리 및 밀도는 봄재배는 90×20cm=5,555주, 여름재배는 70×25cm=5,700주 정도가 되게 파종한다.
- 파종요령은 절단면은 아래로, 눈은 위로가게 심는다. 토양수분을 고려하여 경운 및 이랑을 만든 직후 파종한다. 파종 깊이는 토양습기가 적을 때는 깊게, 젖은 상태는 얇게 파종하며, 복토깊이는 5~10cm 정도가 좋으며, 복토가 균일해야 출아가 고르며 배토 작업이 용이하다.
- 아주 심는 경우에는 정식 하루 전이나 심는 날 땅을 고르고 이랑을 만들어 심는 것이 좋다. 우리나라의 봄철은 건조하기 때문에 아주심기 오래전에 이랑을 만들면 토양이 건조되어 아주심은 후 토양수분 부족으로 뿌리내림(활착)이 좋지 않아 저온에 견디는 힘이 약하여 늦서리 피해를 받기 쉽고 초기 생육이 늦어진다. 감자 싹길이는 3~5cm 정도가 뿌리 발달에 좋으며, 재배지역에 따라 늦서리 피해가 적은 곳은 일찍 심는 것이 좋다. 싹틔움 상에서 모채취시 물을 주어 뿌리가 끊어지지 않도록 해야 하며, 재식방법은 2열 재식이 1열 재식보다 생육과 수량면에서 유리하고 이랑 폭은 60~70cm로 하고, 2골 놓는 폭은 40~50cm로 하며, 주간거리 20~30cm로 심는다.

(9) 정식 후 관리

- 정식 1주일부터 비닐에 구멍을 뚫어 싹의 끝이 고온피해를 받지 않도록 유의하며, 감자 싹이 거의 나오면 뚫었던 비닐을 덮어주어 잡초방지, 온도유지 및 토양수분이 보존되도록 한다.
- 제초작업에 많은 노동력이 투입되기 때문에 비닐 멀칭 재배를 하는 것이 좋다. 감자 밭에 잡초가 많으면 감자 생육이 저하되고 양분을 잡초에게 빼앗겨 수량이 떨어지며 병 발생이 빨리된다.
- 중경제초작업은 복주기를 하면서 병행하는데 감자의 키가 20cm 정도 자랐을 때 1차 복주기 작업을 10cm 정도 한다. 복주기가 너무 낮으면 녹화서(greening potato)가 발생하여 규격감자의 수량성을 떨어뜨린다. 2차 복주기 작업은 1차 복주기 작업 후 15일 정도 지난 후에 실시하는데 약 5cm 정도 높이로 해서 총 복주기 높이가 15cm 이상이 되어야 한다.
- 관수는 토양이 가물지 않도록 약 2주 간격으로 실시하는데 토양의 수분 정도 및 강우에 따라 조절해야 한다. 너무 가물었다 갑자기 관수를 하는 경우 갈라진 감자 (Cracking potato)가 많이 발생하며 특히 대서와 수미 품종은 갈라짐에 약하여 상품성 있는 감자수량을 떨어뜨린다. 또한 가뭄 조건하에서는 더듬이 병이 쉽게 발생한다.

(10) 영농형태양광 농업 정식 후 관리

- 영농형태양광 농업에서는 대개의 경우 태양광모듈의 형태에 따라 다르나, 30% 정도의 차광이 불가피함에 따라 내음성이 상대적으로 강한 품종 선택을 물론 광합성 속도가 빠른 품종을 선택하는 것이 중요하다. 또한 일반재배에 비해 질소성분보다는 인산, 칼리를 많이 시용한다.
- 일반재배 보다는 유기농 재배가 영농형태양광 농업에서는 수확량 감소 면에서 더 유리하다. 이때 차광률을 감안하여 이랑 사이를 90cm 정도로 넓혀서 골을 만든다.

나. 가을재배

- 가을감자 재배면적은 약 3,000~5,300ha로서 전체의 15~19% 정도 차지한다. 가을감자 재배에 있어서 싹의 출현율만 충분히 확보한다면 다른 어느 작형보다도 농가소득 증대면에서 유리하다. 가을감자는 싹틔움재배와 직파재배의 심는 시기가 거의 같다(표 4).

표 4. 우리나라 주요 감자 재배작형

재배형태	재배지역	재배기간	
		씨뿌리는(파종)시기	수확시기
봄재배	전국 평안지대	2월중하순~4월상순	5월하순~7월중순
가을재배	제주도 남부해안지대	8월중순~8월하순	11월상하순~11월하순

7. 수확 및 저장

가. 수확

- 수확시기는 잎이 누렇게 변하고 마르기 직전으로 이 시기는 감자의 전분 축적이 최고 상태이다. 4~5일간 날씨가 맑고 습하지 않을 때 수확을 하며, 너무 일찍 수확하면 수량이 적고 품질이 저하할 수 있으며, 수확이 지연되면 장마에 의한 침수 등 부패서가 증가한다.
- 영농형태양광 농업으로 재배하는 경우, 일반 재배보다 수확시기를 5~10일 정도 늦춰 수확하도록 하며, 감자의 상태를 파악하여 수확시기를 정한다.
- 줄기제거작업(Haulm Pulling)은 선진국에서는 경운기나 트랙터를 이용해 제거를 하는데, 대단위 면적에서는 경엽고사제를 처리하여 서서히 줄기를 고사시키는데 이렇게 하면 줄기가 마르면서 서서히 양분이 감자로 이동하여 충분히 성숙한 감자를 얻을 수 있다.
- 감자를 수확하는데 주의해야 할 사항은 괴경에 손상을 최소화해야 하며, 수확된 감자는 별에 1~2시간동안 말리고, 햇빛에 너무 오래 방치하여 녹화서가 나오지 않게 하고, 여름에는 고온이나 저온피해에 의해 감자가 손상되지 않게 해야 한다. 너무 토양수분이 많으면 흙이 감자에 많이 달라붙어 토사가 많이 유입되는데 땅이 적당히 말랐을 때 수확해야 한다.

나. 선별 작업

- 수확된 감자는 기준에 의해 선별해야 하는데 감자를 선별할 경우 직경 5cm(80g) 이상 규격감자와 그 이하인 하서감자를 구별 선별해야 하며, 시장에 판매할 때는 보통 특품, 상품, 중품, 하품으로 나누어 포장하여 포장지에 명시하여 출하를 해야 제 가격을 받을 수 있다. 그리고 이차 생산한 흑이 달



린 감자나 부패감자, 갈라진 감자, 녹아서, 더덩이병 감자 등 병해 감자를 선별해야 한다.

다. 저 장

1) 예비저장

- 예비저장을 가저장이라고도 한다. 감자는 수확직후 호흡열이 발생되어 바로 포장하여 쌓지 않게 한다. 따라서 수확한 감자를 저온저장고에 저장하기 전에 예비저장을 하는 것이 좋다. 예비저장을 할 때는 상대습도 85%, 온도 20℃ 정도에서 10일~15일 동안 보관한다(표 5).

표 5. 감자의 저장전 처리조건

온 도 (°C)	습 도 (%)	기 간 (일)
21 ~ 15	90 ~ 95	15 ~ 20

2) 본 저장

- 본 저장은 시원한 장소로 온도와 습도조절 및 환기가 잘 이루어져야 한다. 감자는 온도 3~4℃, 습도 80~85%의 조건에 저장하는데, 저장고 내부 온도를 갑자기 내리지 말고 1~2개월에 걸쳐 단계적으로 낮추어야 한다. 아린맛을 내고 두통, 현기증을 유발하는 솔라닌 이라는 성분이 생성되지 않도록 반드시 빛을 차단하여야 하며, 싹이 나지 않도록 관리해야 한다.
- 가공용 감자의 경우 10℃ 이하가 되면 환원당이 발생 가공제품의(칩, 후레이크, 후렌치후라이 등) 색깔이 나빠진다.

8. 병해충과 방제

가. 병 해

1) 곰팡이에 의한 병

(1) 역병

- 병 징 : 작고 연갈색의 부정형 병반이 생긴다. 호조건에서는 반점이 흑자색의 괴사반점으로 되어 조직을 죽이고, 이때 건조하면 잎 뒷면에 서리모양의



흰가루가 생긴다. 호조건에서 2주내 모든 잎이 갈변하여 낙엽진다.

- 발병원인 및 전염 : 온도 15°C 이상, 습도 85% 이상에서 7일간 적산 강수량이 30mm 이상인 기후가 7일간 계속될 때 1주일 후 병이 발생한다. 군사 상태로 씨감자에 부착된 후 월동해 이듬해 발병하며, 비와 바람에 의해 분생 포자가 비산하여 전염된다. 생육후기 포자가 빗물에 의해 땅속으로 이동하여 덩이줄기에 전염된다.
- 방제법 : 초기 전염원이 되는 페서더미, 돌감자 등을 제거한다. 예방약제는 7일 간격으로, 침투성 살균제는 7~10일 간격으로 살포한다. 약제 살포는 식물체 내부까지 미치도록 살포하고, 수확 직전 지상부 줄기와 잎에 건조제를 처리하여 지상부 병원균이 덩이줄기에 침투하지 못하도록 한다. 저장전 병에 걸린 감자는 제거한다.

(2) 절편 부패병

- 병 징 : 상처 치유가 안되면 갈색, 회색 또는 흑색 반점이 생긴다. 반점으로 생긴 곳에 곰팡이가 자라 공동(空洞)이 생기기도 한다. 습한 곳에서는 완전 부패하기도 한다.
- 발병유인 : 환경불량(고온, 저온, 배수불량, 광선노출 등), 상처 치유를 앓고 파종했을 때, 절단된 절편의 오랜 방치 또는 건조시켰을 때, 건조한 토양, 냉랭한 토양, 고온의 토양에 파종했을 때 발생하기 쉽다.
- 방제법 : 상처치유를 통해 감자 절단면이 코르크화 시켜 병균의 침입이 억제된다. 절단 후 습도가 85% 이상, 온도는 15~20°C가 되는 통풍이 양호한 곳에서 2~3일간 보관하면 치유가 빠르다. 육아상은 주간 20°C 이상, 야간 10°C 이하가 안되게 한다. 캡탄, 만코지, 치아벤다졸 등으로 분의 처리한다.

(3) 검은무늬썩음병(흑지병)

- 병 징 : 어린 싹이 흑갈색으로 부패하고, 지상부로 출현하기 전 말라 죽는 잘록병 증상으로 지제부분의 줄기에 큰 홍갈색의 반점이 둘러싸고 이 부분이 잘록해진다. 잎의 가장자리는 두터워지고 적자색을 띠며, 줄기는 굵어지고 기형 덩이줄기가 생긴다. 덩이줄기 표면에 흑갈색의 균핵 덩어리가 덩이줄기 표피의 피목을 중심으로 불규칙하게 생긴다.
- 발병원인 및 전염 : 토양이 지나치게 습하거나 저온일 때 어린 싹과 줄기에 발생한다. 씨감자에 묻어있는 포자나 토양중의 균에 의해 발생하기도 하며,

포자나 균핵이 어린 싹을 침해 또는 줄기를 가해 시 전염된다.

- 방제법 : 씨감자를 철저히 소독 또는 위생적으로 다루며 조기파종 및 육광 최아감자를 파종한다. 석회 시용으로 토양산도를 교정하는 것도 효과가 있다.

(4) 건부병

- 병 징 : 덩이줄기 부분에 움푹한 곳이 생기며 갈색 또는 흑색으로 변한다. 움푹한 부분이 절반 이상 되면 회백색 또는 회갈색으로 변해 미라 상태가 된다. 병반은 덩이줄기 표면 및 상처를 중심으로 백색 또는 담홍색의 곰팡이가 발생한다.
- 발생원인 및 전염 : 감자의 기계적 상처 및 타박상이 주된 발병원인이고, 동해 입은 씨감자 및 역병에 걸린 감자에 2차 발생할 수 있다. 수확 및 수송 중 상처로 전염되며, 저장 온도가 높으면 병반의 진행 및 전파가 빠르다.
- 방제법 : 수확은 맑은 날 상처가 나지 않게 작업한다. 저장 시 서리 피해 및 병에 걸린 감자는 제거하며, 수송 및 저장할 때 상처가 나지 않게 하고 수송 시 저온건조 상태를 유지한다.

2) 세균에 의한 병

(1) 윤부병(둘레썩음병)

- 병 징 : 생육중기 이후 잎과 줄기가 시들면서 나타난다. 잎살이 퇴색되어 황변하며, 잎의 가장자리가 위로 말리면서 흑갈색으로 변하여 말라 죽는다. 유관속 부분은 황갈색으로 변하며 물렁해지며, 껍질는 부분이 붉거나 표피에 균열이 생긴다.
- 발병원인 및 전염 : 병에 걸린 씨감자가 다음해 전염원이 될 수 있으며, 소독되지 않은 절단 칼에 의해 감염될 수 있으며, 생육 중 곤충이 감아먹은 부위로 병원균이 침입할 수 있다.
- 방제법 : 무병 종서를 사용한다. 저장고, 각종용기, 농기구 및 절단 칼 소독을 철저히 한다. 병이 발병된 포장에서 생산된 감자는 씨감자로 사용하지 말 것 등이다.

(2) 무름병(연부병)

- 병 징 : 줄기에 암록색 줄무늬가 생기고, 줄기 전부 혹은 내부가 물러 썩으며 세로 방향으로 균열되어 쓰러진다. 병에 걸린 부위와 건전 부위의 경계

가 명확히 구분된다.

- 발병유인 및 전염 : 비가 많이 오고, 토양이 과습상태일 때, 동해·충해의 상처나 역병·윤부병 등의 침해 시에 발병할 수 있다. 병에 걸린 감자로 월동하면 이듬해 이로부터 감염 된다. 병균은 토양 중에 4~5년 정도 생존한다.
- 방제법 : 수확한 감자를 선별하고 저장할 때 세균은 병에 걸린 괴경에서 건전한 괴경으로 상처를 통해 쉽게 전파되므로 기계적인 상처 발생을 최소화해야 한다. 수확 후 통기를 양호하게 하여 덩이줄기의 습기를 제거한다.

3) 바이러스에 의한 병

(1) 엽권바이러스(PLRY)

- 병 징 : 이에는 ① 1차감염(당대감염)과 ② 2차감염이 있다. 1차감염(당대감염)의 경우 식물체 정단부터 어린잎이 약간 퇴색되고 기부가 안쪽으로 말린다. 어린잎의 가장자리가 자홍색을 띠기도 한다. 2차감염(차대감염)은 1차 감염된 이병주로 파종했을 때 나타난다. 하엽부터 잎이 위쪽으로 말려 스푼 모양이 된다. 상위엽은 담록색 또는 황화하며, 잎은 두껍고 뻗뻗하며 만지면 부서진다.
- 발병유인 및 전염 : 진딧물에 의해서만 전염되며, 영속성 바이러스로서 매개곤충은 복숭아혹 진딧물이다.
- 방제법 : 무병 종서를 조기 파종한다. 생육초기에 이병주 및 기주식물을 제거하고, 진딧물 방제를 철저히 한다.

(2) 감자바이러스Y

- 병 징 : 매개충인 진딧물에 의해서 전염되고 품종에 따라 증상이 다르며 10~30% 정도 수량이 감소한다. 이에는 ① 연엽형이 있는데, 주로 남작 품종에서 출현하며, 감염된 감자는 엽맥이 투명해 지며, 엽맥을 따라 모자익 병상이 된다. 감자 X바이러스와 중복 감염되면 증상은 더욱 뚜렷해지고 수량 감소도 훨씬 심하다. ② 괴저형은 대지 품종에서 흔히 발생한다. 엽맥에 흑갈색 반점이나 괴저가 나타나고, 증상이 심하면 하엽부터 갈변하며 고사 낙엽 된다.
- 발병유인 및 전염 : 인위적 전염도 되나 주로 진딧물이 이병주의 즙액을 흡즙하며 전염시킨다. 경엽이 이병되면 1주일 후에 괴경까지 전염된다.
- 방제법 : 저항성이 강한 무병 종서를 사용한다. 이병주 제거는 물론 진딧물



방제를 철저히 하며, 조기에 경엽고조(枯凋)제 처리로 후기 감염을 억제한다.

(3) X바이러스

- 병 징 : 이에는 ① 반문형과 ② 윤점형이 있다. 반문형은 16~20°C에서는 엽면에 농담이 생기나, 28°C 이상에서는 자라면서 병징이 은폐된다. 날씨가 서늘해지면 다시 반문형이 나타난다. 건전주와 병징이 뚜렷하지 않다. 윤점형은 출아하여 전개된 잎에 흑갈색의 불규칙한 괴저 반점이 생긴다. 심하면 반점주변이 퇴색되어 하엽과 중간엽에 많이 나타나지만 포기 전체에 나타나지 않는 수가 많다.
- 발병유인 및 전염 : 이병주와 접촉된 건전주, 종서 절단 칼 등으로 전염될 수 있다.
- 방제법 : 무병 종서의 선택, 조기에 이병주 제거, 절단 칼 및 농기구를 소석회 포화 액으로 소독하여 사용한다.

나. 총 해

1) 방아벌레(Wireworm)

- 흔히 철사충 벌레라고 하며 땅속에서 감자 속으로 파고들어가 구멍을 뚫으며 피해를 준다. 철사충 성충 모양은 청동색 광택을 내는 검은색이며 크기는 1~2cm 등 다양하다. 유충은 황갈색을 띠며 등이 반질반질하다. 방제법으로는 토양살충제를 뿌려 괴경에 피해를 막는다.

2) 감자뽕나방(Potato tuber moth)

- 감자뽕나방 유충은 감자의 잎, 줄기, 괴경을 가해한다. 감자가 어릴 때 굴나방처럼 생장점에 잠입해 들어가거나, 잎의 표피를 파고 들어가 표피만 남기고 유엽을 먹어 잎맥만 남아 망사같이 된다.
- 저장중인 감자에 파고들어가 순식간에 감자속에 구멍을 내 피해를 준다. 유충의 크기는 1~1.4cm이며, 성충은 1.6~2cm로 날개가 있고 배추 좀나방과 비슷하다. 온대, 아열대, 열대지방에서 생활한다.
- 방제법으로는 저장 중에 발생하면 살충제를 훈연처리하고, 포장에서는 나방류에 효과가 있는 약제로 방제한다.

참고 문헌

1. 농촌진흥청 고령지농업연구소. 봄감자 재배기술
2. 농촌진흥청. 2011. 작지만 강한 농업(강소농) 육성을 위한 품목별 농업소득향상 운영 매뉴얼(감자). 농촌진흥청.
3. 농촌진흥청. 2016. 농업경영길라잡이 감자 경영관리. 농촌진흥청.
4. 농촌진흥청. 2019. 농사로. 농촌진흥청.
5. 인천광역시 농업기술센터. 2016. 봄감자 재배기술. 인천광역시 농업기술센터.
6. 조재영 등 1997. 삼정 전작. 향문사.

영농형태양광용 작물 재배 기술서 (배추)



2019. 11



목 차

1. 일반적 특성	1
2. 품종선택 및 육묘관리	1
3. 포장준비 및 정식	3
4. 시비관리	4
5. 재배관리	5
6. 물 관리	6
7. 병충해 관리	7
8. 생리장애 관리	8
9. 수확 및 수확후 관리	9

※ 본 재배 기술서는 농촌진흥청 농사로를 비롯한 농진청 발간자료를 중심으로 편집되었음.



1. 일반적 특성

- 1) 학명 및 적온 : 배추는 배추과에 속하며, 학명은 Brassica pekinensis RUPR. 이다. 생육 온도를 보면 발아적온은 25~25°C, 육묘적온은 20~22°C, 개화적온은 12°C, 생육적온은 15~20°C, 결구적온은 15~16°C 그리고 저장적온은 0~3°C 이다.
- 2) 재배적지 : 토양산도는 pH 5.5~6.8 정도가 알맞고, 산성토양에서는 병해 발생 증가한다.
- 3) 생리적 특성 : 서늘한 기후를 좋아하며, 저온성채소로 생육초기에는 고온에 비교적 잘 견디나 결구기에는 내고온성이 약하다. 종자춘화형의 식물로 12°C 이하에서 7일 이상 지나면 꽃눈이 분화되고, 고온에 의하여 추대가 촉진된다. 자가 불화합성이 있어 계속 자식시키면 세력 약화된다.

2. 품종선택 및 육묘관리

가. 품종

- 우리나라 시판 품종은 종묘회사에서 육성하여 보급하고 있으며 대부분이 1대 잡종 품종으로 1년에 작형별로 1~2품종씩 새로운 품종이 육성되고 있다.
- 최근 속잎이 노란 품종을 선호함에 따라 노랑, 황, 금 등의 단어가 붙은 품종은 속잎이 노란 품종을 말하고, CR이라는 단어가 붙으면 현재 문제가 되고 있는 무사마귀병에 저항성을 가지는 품종을 말한다. 또한 노지월동 재배 품종은 풍, 동 등 겨울을 상징하는 단어가 들어 있는 경우가 많다.
- 영농형태양광 농업에서는 태양광 모듈에 의하여 30% 내외의 차광이 불가피하므로 품종 선택시 차광에 대한 내성을 가진 품종을 선택하는 것이 중요한데, 우리나라에서는 영농형태양광 농업이 초기단계 이므로 향후 이에 대한 연구가 충분히 이루어져 내음성이 강한 품종 선발 및 육성이 필요하다.

나. 상토준비

- 1) 품질 좋은 배추를 기르기 위해서는 튼튼한 모를 기르는 것이 가장 중요한데 모 기르기를 위한 기본이 되는 것이 상토이다.
- 2) 상토의 조건
 - (1) 유기질이 풍부하여 비옥한 것이 좋으며, 병원균에 오염되지 않은 것이어야



하므로 밭 흙이나 논흙보다 오염되었을 가능성이 적은 산 흙을 이용한다.

- (2) 미숙퇴비를 사용하면 모 기르는 중에 가스장해나 생리장해가 발생할 수 있으므로 반드시 완숙된 퇴비를 사용하고 질소질 비료의 과다사용을 자제한다.
- (3) 뿌리의 발육이 좋은 상토로 지나치게 점질일 경우 뿌리의 발육이 나쁘고 사질일 경우 상토가 부서질 가능성이 높아 활착이 늦어지므로 사질양토를 이용하는 것이 좋다. 상토를 만든 후에는 상토의 이상 유무를 확인하기 위해 미리 조금 파종해 본 후 이상이 없을 때 사용하는 것이 안전하다.

3) 상토 소독

- 상토를 만든 후 소독하는 방법은 열을 이용하는 소토법, 화학약품을 이용하는 약물 소독, 뜨거운 수증기를 이용하는 증기소독 등이 있다. 소토법은 70°C에서 10분간 소독하며, 약물소독은 싸이론을 이용하여 파종 30일 전 소독한다.

다. 파종

1) 직파재배

- 직파재배는 깊이 6~8mm 정도로 하여 씨를 뿌리며 재식거리는 조생종은 60×35cm, 만생은 65×40cm가 적당하다. 솟음은 본엽이 5~6매가 될 때까지 2~3회 정도 실시한다.

2) 플러그 육묘재배

- 배추의 플러그 육묘에서는 보통 128구에서 288구의 육묘상자를 이용한다. 육묘상자는 반드시 밑에 배수구가 있는 것을 사용하여야 한다. 또한 상토의 과습 상태가 오래 유지되면 뿌리의 발육이 불량해지며 상대적으로 지상부의 발육도 나빠진다.
- 육묘상자의 크기도 생육에 많은 영향을 미치는데 구가 크면 모 기르는 일수나 시비량 등이 같은 조건에서도 커진다. 상토는 반드시 비토양 경량 상토를 이용하여야 한다. 경량 상토는 공극량이 커서 뿌리의 발육이 우수하므로 양수분의 흡수가 좋아진다.
- 복토는 너무 깊거나 얇지 않게 하는데 종자 두께의 2~3배가 적당하다. 만약 너무 깊으면 썩거나 발아가 늦어지고, 얇으면 뿌리가 상토 속으로 뻗지 못하



여 말라 죽는다. 파종은 파종구당 2~3립 정도하고, 본엽이 2~3매 될 때까지 2회 정도 쓌는다. 파종 후 2~3일이면 발아가 완료되는데 발아율은 보통 95%가 넘으므로 따로 보식할 필요는 없다(그림 1).



그림 1. 배추 모 기르기

자료: 농촌진흥청 농사로

라. 육묘

1) 봄 및 촉성재배

- 씨 뿌리기 및 모 기르는 기간이 저온기이므로 저온에 감응하지 않도록 온상 육묘를 하는데 온상의 온도는 15~20°C로 유지하고 햇빛이 잘 들게 하며 환기를 철저히 하여 모의 웃자람을 막는다. 또한 정식 2~3일 전에는 온도를 낮추어 순화시킨 후 정식해야 활착이 빠르다.

2) 여름 및 가을재배

- 씨 뿌리고 모 기르는 기간이 다소 고온이므로 온도상승에 주의를 기울여야 하며 진딧물, 좀나방, 파방나방, 벼룩잎벌레 등 충에 의한 피해를 막는 것이 가장 중요하다. 또한 충에 의한 바이러스병과 노균병 등의 전염을 막기 위해 한랭사나 망으로 피복하고 4~5일 간격으로 살충제를 살포한다. 정식 2~3일 전에 포트의 자리를 옮겨주면 뿌리가 절단되어 정식 시 잔뿌리의 발달을 도와 활착이 좋아진다. 모 기르는 기간은 시기에 따라 차이가 있으나 일반적으로 20~25일 정도이다.

3. 포장준비 및 정식

가. 포장 준비

- 정식할 밭은 정식 10~15일 전에 포장 고르는 작업을 완료한다. 밭거름 시용 시 퇴비, 석회, 붕사는 아주심기 2~3주 전에 밭 전면에 뿌린 후 트랙터 등으로 갈아 흙과 잘 배합되도록 한다. 그리고 요소, 용과린, 염화가리는 아주심을 이랑을 만들 때 준다. 웃거름 주는 시기는 생육에 따른 차이는 있지만 아주 심은 후 15일 간격으로 2~3회 정도 분시 한다.
- 고랭지배추는 파종시기에 따라 생육기간에 차이를 보이는데, 보통 수확까지 정식 후 55일 내외밖에 되지 않으며, 기상환경의 변화가 심하고 토양조건도 차이가 많이 난다. 따라서 재배시기 및 토양조건을 고려하여 적정 시비체계를 세워야 한다. 특히 웃거름으로 주는 질소와 가리는 배추의 생육상태와 기상환경 및 토양조건에 따라 적절하게 조절해 주어야 한다.

나. 정식

- 정식할 모의 크기는 재배시기에 따라서 크게 차이가 있어 하우스·터널 등 시설재배에서는 본엽이 6~7매 정도, 봄재배, 고랭지재배에서는 본엽이 5~6매, 가을재배 시는 본엽이 3~4매 정도 전개하였을 때가 적당하다.
- 심는 거리는 숙기에 따라 차이가 있어 조생종 60×35cm, 중생종 60×45cm, 만생종은 65×45cm 정도이다. 하우스 및 터널재배 시는 정식기가 비교적 저온기이므로 정식은 가능한 한 맑은 날 오전에 하며, 여름 및 가을 재배에서는 고온기에 정식을 하므로 흐린 날 오후에 정식하는 것이 모의 활착에 좋다.
- 정식 후에는 물을 충분히 주어야 활착이 빠르고, 하우스나 터널재배 등 저온기에 정식을 할 경우 미리 3~4일 전에 비닐을 씌워 지온을 높여준 후 정식한다. 특히 터널재배의 경우 터널 내의 관수가 어려우므로 터널 내에 점적관수나 분수 호스를 설치하면 효과적이다.
- 영농형태양광 농업에서는 태양광 모듈에 의하여 30% 내외의 차광이 불가피하므로 재식밀도를 관행재배에 비해 좁혀 10a 당 10% 정도 재식주수를 늘리 것이 좋다.

다. 정식 후 포장관리

- 정식 후 15일 정도에 배추의 생육상태에 따라 웃거름을 한다. 외엽의 크기가 구의 크기를 결정하므로 본엽 7~8매 때부터 잎이 충분히 커지도록 관리한다. 웃거름은 포기 주변에 하기 쉬운데 골에 하는 것이 좋다. 배추의 잎과 뿌리에 비료가 직접 닿지 않게 호미 등으로 파서 주고 비료가 보이지 않게 흙으로 덮는다. 기타 김매기 및 바이러스병, 노균병 등의 방제를 철저히 한다. 특히 어렸을 때 바이러스병에 감염되면 회복되기 어려우므로 주기적인 약제 살포로 진딧물 방제에 힘써야 한다.
- 정식 후 25일 내외가 되면 최대의 생육을 하며 결구가 시작되는 단계가 된다. 결구가 시작되면 병충해 발생이 심해지고 각종 생리장애의 발생도 증가한다. 특히 결구기에는 급속한 생육을 하므로 물을 다량 요구한다. 토양이 건조하면 석회결핍증 등 생리적 장애의 발생이 심해지고 구가 작아진다. 또한 너무 습하면 석회결핍, 연부병, 뿌리마름병의 발생이 심해지고 배추의 중추가 두꺼워져 상품성이 저하된다. 그러므로 토양, 기상환경, 배추상태에 따라 합리적인 재배관리가 필요하다.

4. 시비관리

- 배추는 초기 생육이 왕성해야 결구가 좋으므로 밑거름에 중점을 두어 퇴비, 닭똥 등의 유기질 비료를 충분히 시용해야 한다. 밑거름의 양은 작형, 토성, 토양의 비옥도, 품종의 비료요구도, 생육시기, 배추의 영양 상태에 따라 차이가 있으나 보통 10a당 퇴비 3,000kg, 질소 20~26kg, 인산 12~20kg, 칼리 20~30kg 정도이다. 또한 결구가 시작되는 시기에는 비료 요구도가 가장 높으므로 이 시기에 덧거름을 15일 간격으로 3~4회 시용하는데, 중경과 제초를 겸하여 밭 표면을 긁어주면 비료가 땅속에 묻히게 되어 효과적이다. 3요소 이외에 석회나 붕소 결핍증이 흔히 나타나므로 10a당 석회 80~120kg, 붕사 1~1.5kg을 밑거름으로 시용한다.
- 작형별 시비량의 봄배추 시비는 표 1에서와 같이, 가을배추 시비는 표 2에서 보는 바와 같이 하는 것이 좋으며, 토성이 모래땅일 경우 진땅에 비해 비료분의 유실이 많으므로 덧거름에 유의하여야 하며 토양이 비옥하면 비료량을 줄이고, 척박하면 덧거름 양을 늘리거나 엽면시비를 한다. 특히 여름철에 장마나 태풍 등에 의하여 비료 유실이 많을 경우에는 비 온 후 반드시 덧거름을 준다. 또한 비료 요구도가 많은 품종은 생육 후기까지

비료분이 부족하지 않도록 덧거름을 준다.

표 1. 하우스 및 터널 봄배추 시비 예 (kg/10a)

비료명	총량	밑거름양	덧거름량		
			1회	2회	3회
유안	144	51	27	33	33
염화加里	45	18	6	15	6
용성인비	100	100	-	-	-
소석회	90	90	-	-	-
붕사	1.5	1.5	-	-	-
추비 시기	-	-	정식 후 15일	정식 후 30일	정식 후 45일

표 2. 가을배추 시비 예 (kg/10a)

비료명	총량	밑거름양	덧거름량			
			1회	2회	3회	4회
요소	65	30	7	8	12	8
염화加里	45	23	-	7	8	7
용성인비	100	100	-	-	-	-
소석회	100	100	-	-	-	-
붕사	1.5	1.5	-	-	-	-
추비시기	-	-	정식 후 15일	정식 후 30일	정식 후 45일	정식 후 60일

- 영농형태양광 농업에서는 태양광 모듈에 의하여 30% 내외의 차광이 불가피하므로 시비관리는 질소비료는 분시하고, 기비로 규산, 칼리 및 칼슘질 비료를 증시한다.

5. 재배관리

가. 가을재배

- 파종적기보다 일찍 파종하면 바이러스병 및 뿌리마름병이 발생할 수 있으므로 되도록 적기에 파종하고, 수확기에 석회 결핍증이 발생할 수 있으므로 석회 결핍에 강한 품종을 선택한다. 또한 갑작스러운 한파로 인해 동해를 입을 수 있으므로 재배 시 주의하며 바이러스병, 무름병, 뿌리마름병, 세균성흑반병 등의 병충해를 방제한다.



나. 봄노지재배

- 파종기가 적기보다 이를 경우에는 정식시기도 앞당겨질 수밖에 없어 정식 후 저온에 의해 꽃눈이 형성되어 추대하고, 파종기가 늦어지면 결구기에 고온이 되어 무름병, 바이러스병, 노균병의 발생이 심해지므로 만추대성이면서 내병성 및 석회, 붕소 결핍증에 강한 품종을 선택하고 되도록 적기에 파종한다.

6. 물 관리

- 식물체의 수분흡수는 토양에 있는 물을 뿌리를 통하여 흡수하는 것이 보통이나 대기 중의 습도가 아주 높은 때는 잎을 통해서 물을 흡수하기도 한다. 뿌리에서 흡수된 물은 줄기를 통하여 잎으로 상승하여 수분을 공급하게 되는데 흡수된 물은 식물체내에 흡수된 양분의 대사 작용에 관여하기도 하고, 광합성에 직접 관여하여 작물이 정상적으로 생육하게 하므로 농작물 재배 시 매우 중요한 요인이 된다.
- 배추는 성분의 90~95%가 수분으로 구성되어 있으며 다량의 수분을 요구하는 작물로 특히 결구가 시작되는 때는 일생 중 가장 많은 수분을 필요로 하여 하루에 10a당 200kg 이상의 물을 흡수하므로 밭이 건조하지 않게 관수에 유의한다. 토양이 건조하면 석회 결핍증 등 생리장해 발생이 심해지고 구가 작아지며, 너무 습하면 무름병 및 뿌리마름병의 발생이 심해지고 배추의 중량이 두꺼워져 상품성이 저하되며 특히 수확기 때 과습하면 밑동썩음병 발생이 심해진다.
- 품종에 따라 수분요구도가 다르므로 품종의 특성을 잘 파악하고 재배한다. 어지간한 가뭄기에도 25cm 깊이의 토양 중 수분함량은 20% 내외를 유지하지만 경운하여 만든 두둑은 물의 이동통로인 미세공극이 교란되어 있어서 지중으로부터 수분이 올라오더라도 대기 중으로 쉽게 증발해 버리기 때문에 5~10cm 부위의 표층의 수분함량은 5% 내외로 매우 낮다. 따라서 가뭄 시에 배추를 정식해야 할 때에는 묘를 심을 구덩이에 물을 충분히 주어 지중의 수분통로와 잘 연결되도록 하고 흙이 안정화되었을 때 정식한 다음 꼼꼼하게 흙으로 표면을 잘 덮어주는 것이 좋다.
- 결구기 이후의 고온기에 가뭄이 지속되어 토양수분이 부족한 경우에는 스프링클러로 물을 어설피게 주면 칼슘결핍증이나 무름병이 더 발생할 수 있으므로 유의해야 한다. 따라서 가물더라도 되도록이면 점적호스나 고랑관수 등으로 지면에 관수하고, 또한 수확기에 접어들면 토양수분을 점점 줄여가는

것이 좋다. 특히 부득이하게 스프링클러로 물을 줄 경우에는 증발량이 적은 야간에 토양을 충분히 적시도록 주는 것이 좋다. 가뭄 시 관수방법별 수량 및 병, 생리장해 발생은 그림 2와 같다.

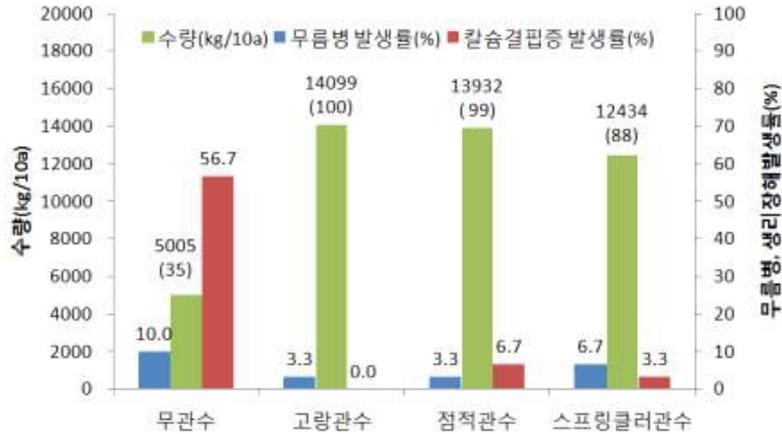


그림 2. 가뭄 시 관수방법별 수량 및 병·생리장해 발생

자료: 농촌진흥청(2016)

7. 병충해 관리

가. 병 해

1) 노균병

(1) 전염 및 발병 : 공기 전염을 주로 하고 잎 뒷면에 병원균이 밀생한다. 이병잔 재물의 난포자 상태로 월동 1차전염원이 되고, 저온 다습환경에서 발생이 심하므로 봄, 가을에 발생이 많다. 육묘상에서 발생하는 사례가 있어서 조기 관찰 및 방제가 필요한 경우도 있다.

(2) 병 징 : 대체로 배추의 겉잎이나 지면에 가까운 아랫잎에서 많이 발생하는데, 병든 잎에는 짙은 황갈색의 반점이 생기고 그 뒷면에 회색의 곰팡이가 서릿발처럼 생긴다. 병무늬는 차츰 확대되면서 잎맥에 둘러싸인 다각형의 담갈색 병무늬로 변한다. 후기로 가면 잎에 많은 병무늬가 생기면서 아래쪽부터 말라간다.

(3) 방 제 : 방제법은 병든 조직은 소각하고, 전년도 병 발생지에서의 재배는 되도록 피하고, 다른 작물로 돌려짓기를 한다. 배수불량지, 저습지, 중점토는 피해야 한다. 내병성 품종을 선택하고 밀식을 피하여 생육후기에 채광, 통풍



이 잘 되도록 한다. 고시된 약제 미리카트, 오차드 등을 발병 진행 정도를 보아 고루 살포한다.

2) 바이러스병

- (1) 전염 및 발병 : 이 병은 병든 식물의 즙액을 빨아먹는 복숭아흑진딧물이나 무테두리진딧물 등이 바이러스를 건전식물에 옮김으로써 생기며 토양전염이나 종자전염은 일어나지 않는다. 따라서 이 병은 진딧물의 발생 및 비산과 관계가 깊어 가을철에 비가 잦으면 피해가 적고 가뭄이 들면 피해가 많게 된다. 또 파종기가 늦을수록 피해가 적다.
- (2) 증 상 : 우리나라에서 발견되는 것은 주로 TuMV에 의해 일어난다. 그 증세를 보면 크게 두 가지로 나타나는데, 위축모자이크바이러스로 잎변에 요철이 생기면서 생육이 위축되는데, 심한 경우에는 왜화 현상이 일어나 위축되어 결구되지 않는다. 윤점모자이크바이러스로 처음에는 잎맥에 점들이 나타나고 심하면 잎 전체가 종이처럼 말라 속이 썩는 증상이 나타난다. 증상이 가벼운 때는 결구의 외부에서 별 이상이 없으나, 내부에 흑갈색 점무늬가 나타나기 때문에 상품가치가 떨어진다.
- (3) 방 제 : 저항성품종을 선택하고 병든 것은 뽑아 불태우며 파종기를 늦추고 속효성 비료로 급히 생육시킨다. 본엽 4~5매 때 감염되면 피해가 크므로 포기를 솎을 때 주의해야 한다. 주로 진딧물이 매개하여 발병하므로 진딧물 구제를 잘하여야 하고 묘상에 한랭사를 씌워 진딧물이 접근하지 못하도록 한다.

3) 무름병

- (1) 전염 및 발병 : 이 병은 연중 발생하나 여름철 고온다습할 때 더욱 심하고 가을배추 조기재배 시 많이 발생되어 피해를 준다. 주로 토양 및 수매전염을 하며, 월동은 토양에서 이루어져 1차 전염원이 된다. 고온(32~35°C) 다습한 환경에서 발생이 심하며 최초 발생은 뿌리 및 지제부에서 시작된다. 작업이나 토양중의 선충 등에 의한 상처를 통해서 침입을 한다.
- (2) 증 상 : 일단 감염된 배추는 수송 저장 중에도 계속해서 병이 진행하고 전염되어 큰 피해를 준다. 대표적인 병징은 잎자루, 뿌리 머리부가 침해되는데, 뿌리머리가 침입될 경우에는 바깥의 잎부터 점차 시들기 시작하며 나중에는 포기 전체가 시들게 된다. 잎에는 처음 수침상의 작은 병무늬가 생기나 점차

커지면서 잎이 반투명 기름종이 모양으로 변하고 나중에는 물러 썩어서 악취가 난다.

- (3) 방 제 : 전년도 병 발생포장에서의 재배는 가급적 피해야 하며 내병성 품종을 선택하거나 조생종 품종을 늦게 심어서 초가을의 고온기를 피하는 것이 좋으며, 기비로 퇴비를 많이 넣고 석회질 비료를 추비로 10a당 100~150kg을 시용한다. 벼과나 콩과를 윤작을 실시하며, 발생초기에 석회보르도액이나 농용항생제를 근수부를 중심으로 집중적으로 뿌려주면 효과적이다.

4) 무사마귀병

- (1) 전염 및 발병 : 무사마귀병이 발병한 재배포장에서는 포기의 증상을 육안으로 확인할 수 있기 때문에 병든 포기를 뽑아서 뿌리를 살펴본 다음에 뿌리부위에 흑이 생겼을 경우 무사마귀병으로 판단한다. 무사마귀병이 발생한 포장에서 병원균은 상당히 오랫동안 생존할 수 있어, 땅속 40cm 속에서도 병원균이 검출되는 것으로 봐서 완전히 제거하기 어려운 병이다.
- (2) 증 상 : 무사마귀병에 감염된 배추는 초기에는 시들음 증세를 보이다가 외엽이 벗겨지는 증상이 나타난다. 병에 걸리면 지상부 생육이 나빠지고 황색으로 변하는데 그 뿌리를 조사해 보면 현저하게 비대해 있으며 크고 작은 흑이 여러 개 생긴 것을 볼 수 있다. 심할 경우 전전한 뿌리의 10~20배 정도로 비대해 있다 .
- (3) 방 제 : 방제는 토양 pH를 교정하는 것이 좋고, 생육 중에는 방제할 수 있는 약제가 없기 때문에 병든 포기를 제거한 후 토양에 후론사이드나 흑안나분제를 토양과 같이 혼합 처리한다(그림 3).



노균병

무름병

무사마귀병

그림 3. 배추 주요 병해

자료: 농촌진흥청

나 해충관리

1) 배추좀나방

(1) 특 징 : 배추좀나방은 나비목 집나방과에 속하는 아주 작은 해충으로 배추, 무, 양배추 등 주로 십자화과 작물을 가해하며 일부 농가에서는 낙하산벌레로 부르기도 한다. 애벌레의 몸은 중간부분으로 갈수록 굽어지며 건드리면 심하게 요동을 치며 보통 아래로 떨어진다. 성충인 나방은 크기가 작고 회색인데 앉아 있을 때에는 등에 다이아몬드 모양의 무늬가 보인다.

(2) 피해 증상 : 피해양상을 보면 알에서 갓 깨어난 어린 벌레가 초기에는 엽육속으로 파고 들어가 표피만 남기고 갇아 먹는다. 해충이 자라면서 잎 뒷면에서 엽육을 갇아먹어 군데군데 허옇게 된 표피를 남기거나 심하면 구멍을 뚫고 점차 엽맥만 남기고 잎 전체에 피해를 주기도 한다.

(3) 방 제

- 방제에 있어 가장 심각하게 대두되는 문제가 약제에 대한 저항성이 빠르게 발생되어 방제효과가 떨어지는데 있다. 이와 같이 약제에 대한 저항성이 높은 해충의 방제를 위하여 성충활동이 활발한 시기인 해질 무렵에 스프링클러로 물을 뿌려주는 방법, 망사 등 피복재료를 이용하여 해충을 구제하는 방법 등 물리적 방제법과 기생봉 등 천적을 이용하여 밀도를 줄이는 생물적 방제법, 성페로몬을 이용하여 교미교란을 시켜 발생밀도를 줄이는 방법 등 여러 가지 방법이 있다.
- 약제 살포시 한 가지 약제만 살포하지 말고 주로 침투성이 있는 약제를 선택, 교호적으로 번갈아 일주일 간격으로 피해 주변에 골고루 살포한다.

2) 배추순나방

(1) 특 징 : 씹어 먹는 입 구조를 가지고 있다. 애벌레는 예쁘게 생겼으며 황색 바탕에 몸체를 따라 자색의 넓은 줄무늬가 있다. 성충 나방은 별 특징이 없는데 회색 바탕에 갈색의 작은 점이 있다.

(2) 피해 증상 : 속잎이나 꽃대에 그물 모양의 거미줄이 있다. 그 주위에 식해한 구멍이 있으며, 그물 밑에는 똥과 애벌레의 탈피 흔적이 있다. 유묘의 생장점이 심하게 피해를 입는 수가 있는데, 이 경우에 식물체가 살아나더라도 여러 개의 작은 구가 생겨 상품가치가 없다. 어린 생장점과 속잎 또는 꽃대 부위에 식흔이 있는지 살펴본다. 해충의 정확한 동정에는 애벌레를 확인하는 것



이 중요하다. 밑에 똥이 찬 그물이 발견되면 배추순나방의 피해가 거의 확실하다.

- (3) 방 제 : 온도가 높거나 비가 많이 올 때 많이 발생하므로 본 잎이 나올 때 많이 발생하는 지역에서는 1주 간격으로 고시된 약제를 2~3회 뿌려준다. 고온 시에는 약해를 입을 수도 있으므로 주의한다.

3) 배추흰나비

- (1) 특 징 : 씹어먹는 입 구조를 가지고 있다. 애벌레는 부드러운 초록색이며 털이 많고 등 뒤 아래쪽에 가는 오렌지색 줄무늬가 있어 배추 잎 색깔과 아주 유사하다. 성충나비는 쉽게 식별할 수 있는데, 흰색, 황색 또는 오렌지색으로 날개에 검은 무늬가 있으며 낮에 날아다닌다.
- (2) 피해 증상 : 어린 벌레는 표피를 남기고 잎살만 가해하나 차차 커짐에 따라 구멍을 내고 노숙유충이 되면 잎줄기만 남기고 모두 먹어 버린다. 어른벌레는 겨울을 제외하고 언제나 볼 수 있으며, 특히 가을과 봄에 피해가 심하고, 피해를 받은 배추와 양배추는 결구가 되지 않는다.
- (3) 방 제 : 애벌레는 일반 살충제에 대하여 비교적 약하다. 유효한 살충제로는 그로메 유제, 포스트 분제, 포르싱 유제, 나크·포샤론 수화제, 메타포 액제, 프로펜 유제 등이 있으며 1,000배액으로 희석하여 뿌린다. 좁은 면적에 발생하였을 때에는 손으로 잡아낸다.

4) 파밤나방

- (1) 특 징 : 어른벌레의 몸길이는 8~10mm, 날개를 편 길이는 11~12mm이다. 앞날개는 가늘며 황갈색이고, 무늬는 평범하며 특징이 적지만 날개 중앙에 청백색 점이 있고, 바로 뒤에 콩팥 무늬가 있다. 다 자란 애벌레는 35mm 정도 되며, 몸색은 변이가 크며, 녹색과 흑갈색 개체가 생기기도 하나 보통 열은 녹색의 몸에 세로로 등선과 옆 등선이 희며 숨구멍선의 배쪽 부분이 분홍색을 띤다. 번데기는 적갈색이며, 흠에 고치를 짓고 번데기가 된다(그림 4).



그림 4. 파밤나방 성충(왼쪽)과 유충(오른쪽)
자료: 농촌진흥청 농사로

- (2) 피해 증상 : 갓 깨어난 애벌레가 초기에 식물표피를 갉아 먹거나 구멍을 뚫으며 가해하지만 이후 불규칙하게 폭식하면서 가해한다. 파에서는 구멍을 뚫고 속으로 들어가 가해하기도 한다.
- (3) 방 제 : 일본에서는 갓 깨어난 애벌레의 감수성은 높으나 중령과 다 자란 애벌레는 감수성이 크게 떨어진다고 하여 갓 깨어난 애벌레에 살충률이 높은 약제를 이용한다. 현재 고시된 약제는 그로포 수화제, 루페누론 유제, 비펜수린 수화제, 에토펜프록스 유제, 칼탑 수용제, 테부페노자이드 수화제, 테프루벤주론 액상 등이 있다.

5) 복숭아흑진딧물

- (1) 특 징 : 찢어서 빨아먹는 구조를 가지고 있다. 작은 연약한 몸체는 서양 배모양이다. 황색, 녹색 또는 검은색으로 색깔은 다양하다. 어떤 것들은 투명한 날개와 두드러진 눈이 있고 몸체 뒷부분 등에 작은 돌기가 한쌍 나 있다.
- (2) 피해 증상 : 침해된 잎은 말리며 쭈그러지거나 컵 모양이 된다. 식물의 생육기 전반에 걸쳐 피해가 나타날 수 있다. 피해가 심할 경우 잎이 마르며 전체가 고사하기도 한다.
- (3) 방 제 : 농약에 의한 방제법에는 기주식물에 날개 달린 진딧물에 날아와 새끼를 낳아 마리수가 증가하기 시작할 때 델타린·프로펜유제, 프로펜유제, 메소밀수화제, 마시트수화제, 알파스린유제, 트랄로메스린유제, 피리모수화제, 푸루시유제 등을 농약병에 표시된 희석배수로 하여 작물의 잎 뒷면에 충분히 약이 묻을 수 있도록 골고루 뿌려주어야 하는데, 한 가지 약제를 계속 사용하지 말고 주성분이 다른 약제와 교대로 사용하는 것이 좋다.

6) 도둑나방

- (1) 특 징 : 앞날개는 백색, 흑색 등의 복잡한 무늬가 있고, 뒷날개는 회갈색이며, 어른벌레의 크기는 18~21mm이다. 알은 처음에는 백색이지만 곧 황색이 되며, 시일이 경과하면 중앙부가 보라색이 되고, 5일 정도 되면 더욱 짙어져서 알 전제가 회황색이 된다(그림 5).
- (2) 피 해 : 잡식성으로 기주식물의 잎을 갉아먹는다. 봄철과 가을철에 피해가 심하며, 심하게 피해를 받은 배추와 양배추는 결구가 되지 못하며, 결구 된 배추가 누렇게 변색된 것을 잘라보면 다 자란 애벌레가 발견되기도 한다.
- (3) 방 제 : 애벌레가 커지면 살충제에 대한 내성이 강해지고 배추나 양배추의 경우는 포기 속으로 들어가기 때문에 발생 초기에 살충제를 뿌리는 것이 좋다. 미생물 살충제를 뿌려 방제하기도 한다.



도둑나방

복숭아혹진딧물

배추좀나방

그림 5. 배추 주요해충

자료: 농촌진흥청

7) 배추벼룩잎벌레

- (1) 특 징 : 어른벌레는 피해 작물의 잎에 1mm 이하의 원형으로 피해 흔적을 남기며, 피해 흔적은 작물이 성장함에 따라 불규칙한 모양으로 찢어져 상품 가치를 떨어뜨린다.
- (2) 피해 증상 : 주로 작물의 어린 모 시절에 피해가 심하다. 애벌레는 무나 순무 등의 뿌리 표면에 불규칙한 흠을 만들어 식해 하는데 이것은 흑부병을 유발시킨다. 피해는 늦은 봄부터 여름까지 특히 심하다.
- (3) 방 제 : 이 해충은 어린 작물에서 생육초기의 피해가 치명적이므로 이 시기의 방제에 주력하여야 한다. 먼저 씨뿌리기 전에 다이아톤입제를 토양 처리



하여 땅속의 애벌레를 제거하고 썩이 난 후에는 다이아톤유제를 1,000배로 물에 타서 10a당 100~120L를 1~2회 정도 뿌린다.

8) 거세미나방(야도충)류

- (1) 특 징 : 갓깁 유충은 지상부에서, 3령 이후에는 땅속에 숨어 있다가 야간에 만 식물을 가해하는데 늦봄과 초여름에 걸쳐 피해가 심하다.
- (2) 피해 증상 : 유충은 잎의 뒷면에서 엽맥만 남기고 갓아먹거나 발아하는 어린 묘의 배축, 즉 지표면 가까운 부분을 잘라 그 일부를 땅속으로 끌어들이 갓아 먹는데 줄기와 표피를 약간 남기는 것이 특징이다.
- (3) 방 제 : 애벌레가 커지면 살충제에 대한 내성이 강해지고 배추나 양배추의 경우는 포기 속으로 들어가기 때문에 발생초기에 살충제를 뿌리는 것이 좋다. 방제약제로는 그로포수화제, 에토펜프록스 유제, 헥사프루무론·그로폰수화제, 에토펜프록스, 다순진 입제, 폭심 입제 등을 1,000배로 희석해서 뿌려 준다.

9) 영농형 태양광 농업

- 영농형태양광 농업에서는 대개의 경우 태양광모듈의 형태에 따라 다르나, 30% 정도의 차광이 불가피함에 따라 그늘진 곳에 해충발생도가 일반재배에 비해 많을 가능성이 있다. 따라서 늘 세심한 관찰이 필요하며, 예방적 방제는 물론 발생시에는 초기에 약제 살포를 통해 방제를 해야 한다.

8. 생리장해 관리

가. 추 대

- 1) 증 상 : 배추가 유묘기에 저온에 처하면 화아가 분화하여 본포 정식 후 고온, 장일, 강광 조건이 되면 결구가 되기 전에 꽃대가 올라와 꽃이 피게 되는데 이러한 현상을 추대라 한다. 고랭지배추의 경우 초여름 재배 시에 많이 발생할 수 있는데 적정 파종기보다 조기에 파종할 때 주로 발생된다.
- 2) 원 인 : 평균기온 12°C이하의 저온에서 7~10일 정도 경과하면 생장점에 꽃눈이 분화하여 고온, 장일조건에서 추대현상이 나타난다. 배추는 생리특성상 가을에 재배하는 작물인데 추대에 둔감한 품종을 개발함으로써 여름재배가 가능해졌다고 볼 수 있다. 따라서 추대는 품종에 따라 큰 차이가 있으며 20°C에서



도 꽃눈분화가 일어나서 고온장일 조건에서 추대가 되는 품종도 있다.

- 3) 대책 : 저온에 꽃눈분화가 둔감한 품종을 재배한다. 육묘 시 온상의 최저온도는 13°C 이상이 되게 관리하고 묘는 본엽 8~10매(30~35일)까지 육묘 후 정식한다. 배추는 눈으로 본엽 4매를 헤아릴 수 있을 정도면 성장점에 이미 50~60매의 잎이 분화되어 있다. 따라서 본엽 8매 정도까지만 잘 관리하면 절구에 필요한 엽수가 확보되므로 그 후에 저온을 받아 꽃눈분화가 되더라도 수확에는 지장이 없다. 육묘기간 중에 만일 10°C이하의 저온을 받을 경우가 생기면 이튿날 햇빛이 나는 낮에 하우스의 환기를 하지 말고 고온조건을 만들어 준다.

나. 석회결핍증

- 1) 증상 : 석회는 식물체에서 이동이 잘되지 않는 성분으로 배추의 경우 주로 안쪽 잎과 성장점 부근에서 많이 발생한다. 보통 결핍초기에는 새잎의 가장자리가 갈변되고 검은 점들이 잎 끝부분에 많이 생기면서 시간이 지남에 따라 수침상으로 마르고 후기에는 무름병과 같은 병원균의 감염으로 안쪽으로 썩어들어가 물러진다. 특히 절구이후에는 외관상으로는 증상이 잘 보이지 않고 속만 썩어 공동현상을 보이기 때문에 꿀통증상이라고도 한다.
- 2) 원인 : 발병원인은 여러 가지가 있지만 크게 보면 첫째, 토양 중에 석회가 모자라거나 질소와 칼리 성분을 과다하게 시비한 경우 둘째, 토양이 너무 건조하거나 과습한 경우 셋째, 지나친 고온으로 증산작용이 너무 심한 경우 등이다.
- 3) 대책 : 충분한 양의 석회와 붕소를 밑거름으로 시비한다. 관수, 배수를 철저히 한다. 절구초기에 염화칼슘 0.3%액을 5일 간격으로 3회 정도 엽면 살포한다. 야간에 지나친 증산작용을 억제한다.

다. 붕소결핍증

- 1) 증상 : 잎의 내부 중륵부분에서 발생하는데 중륵이 깊이로 또는 가로로 트고 다갈색의 줄무늬가 생기면서 잎은 위축되고 거칠며 약해진다. 속잎에 심한 결핍증이 발생하면 절구된 모양이 바르지 못하고 찌그러지는 경우도 있으며 중륵 안쪽에 세로로 균열이 생기고 그 상처가 갈색으로 변한다(그림 6).
- 2) 원인 : 유기물 함량이 적은 사질토 및 개간지에서 많이 발생하고 석회 및 알칼리성 비료가 다량사용 되었을 때 붕소흡수를 저해하여 발생한다. 또한 지나치게 건조하거나 과습상태에 있을 때도 발생한다.

- 3) 대 책 : 정식 전 10a당 1~2kg 붕사를 시용한다. 고온기에는 토양이 너무 건조하거나 과습하지 않게 한다. 균형 있는 시비관리를 한다. 붕산 0.35%액을 결구초기에 2~3회 살포한다.



추대

석회결핍증

붕소 결핍증

그림 6. 배추 생리장애

자료: 농촌진흥청

라. 깨시무늬 현상

- 1) 증 상 : 배추의 중륵(흰줄기부분)에 작은 흑색의 무늬들이 나타나는데 바이러스병에 걸려 생기는 무늬와 비슷하고 증상이 심할 경우 상품가치를 매우 떨어뜨린다. 보통 내엽에 많이 생겨 외관상으로는 표시가 잘나지 않으나 김치공장에서는 가장 문제가 되는 생리장애이며 근래에는 일반 소비자들도 이러한 증상이 있는 배추구매는 회피하는 경우가 많다.
- 2) 원 인 : 질소질 비료가 일시에 과다공급되거나 부족할 시에 많이 발생한다. 일반적으로 초산태질소가 과다하게 공급되면 결구내엽의 어린잎들이 이를 전부 소화해 내지 못하는데, 이와 같은 경우에는 내엽에 많이 생기고, 질소질 성분이 부족할 경우에는 바깥 잎의 영양분이 중심부로 이동되는데 이 때는 외엽에 많이 나타난다. 그리고 고랭지에서 장기간 일조부족 현상이 계속 될 경우 탄소동화작용 미흡으로 질소대사에 이상이 생기는 경우에도 내엽에 많이 나타나고, 시비후 폭우 등에 의해 비료가 유실되었을 때 추비를 하지 않을 경우 질소가 부족하여 바깥 잎에 많이 발생한다.
- 3) 대 책 : 질소질 비료가 일시에 과다가 되지 않도록 하고 결구 후반기에는 질소질 비료가 부족되지 않게 추비에 유의한다. 잎의 내부 중륵부분에서 발생하는데 중륵이 깊이로 또는 가로로 트고 다갈색의 줄무늬가 생기면서 잎은 위축되고 거칠며 약해진다.

9. 수확 및 수확 후 관리

가. 수확

- 배추의 수확기는 품종, 환경, 영양상태 등에 따라 달라질 수 있으나 일반적으로 수확기가 극도로 늦어지면 배추의 중추가 두꺼워지며 겉잎이 누렇게 황화되는 등 품질이 떨어져 상품성이 저하된다. 배추는 수확기가 늦어지면 장다리 발생, 석회결핍, 깨씨무늬현상 등의 발생이 심해지며 중추가 두꺼워져 상품성이 저하된다. 따라서 적정수확시기에 수확해야 한다. 특히 고랭지에서의 7~8월 수확은 생육기간이 짧으며, 수확 후 고온 및 과습에 의해 구의 부패가 많이 생길 수 있으므로 수확직후 품질 및 선도유지에 힘쓴다.
- 영농형태양광 농업으로 재배하는 경우, 일반 재배보다 수확시기를 5~10일 정도 늦춰 수확하도록 한다.

1) 봄배추

- 작형별로 수확 시 유의할 사항을 보면 하우스나 터널재배에서 수확기가 늦으면 저온기에 생긴 꽃눈이 온도가 올라감에 따라 추대 할 수 있는 가능성이 높아진다. 봄 노지 및 고랭지재배에서는 무름병과 노균병의 발생이 심해지고 가을배추는 추위에 의한 동해를 받을 우려가 있다. 노지 월동재배에서는 추대, 석회 결핍증 및 무름병이 발생할 가능성이 높아지므로 가능한 한 적기에 수확하도록 한다.

2) 가을배추

- 가을배추나 노지 월동배추의 경우 기온이 -3°C 정도로 내려가면 겉잎이 얼기 시작하는데 한 번 얼었던 잎은 그 끝이 말라죽고 줄기세포가 파괴되어 김치를 담근 후 껍질이 벗겨지는 등 품질을 크게 손상시킨다. 따라서 될 수 있으면 한 번 얼었던 것은 곧 수확하지 말고 그대로 밭에 두어 기온상승을 기다려 회복된 다음에 수확한다. 최근에 많이 재배되고 있는 속잎이 노란 품종의 경우 수확기가 늦어지면 중추가 두꺼워져 잎의 노란색이 연해지거나 흰색으로 변하여 상품성이 낮아질 수 있으므로 속이 노란 품종은 특히 적기에 수확한다.

나. 수확 후 관리

1) 예냉

- 고랭지배추의 경우는 가격의 변동이 매우 심하다. 따라서 경영비를 고려하여 저장할 필요가 있는데 생산시기가 고온기에 접해 품질 및 신선도를 유지하기가 매우 어렵다. 품질유지 방법으로는 수확직후 3~12°C에서 6시간 예냉처리(강제냉풍순환) 하였을 때 생체중 감소, 시들음, 황화증상 등을 줄일 수 있다. 예냉처리에 의한 생체중 감소 변화율은 표 3에서와 같다.

표 3. 예냉처리에 의한 생체중 감소 변화율

예냉온도(°C)	저장기간(일)			
	6	12	18	24
무예냉	4.2	7.8	9.0	15.3
3~4	2.2	5.4	7.0	8.7
7~8	2.1	4.4	6.8	9.5
11~12	2.6	4.2	7.2	8.4

자료: 고령지시험장(1996)

2) 저장조건

- 또한 출하조절을 위해 P.E. 필름에 포장하여 0~4°C에 저장할 경우 저장 후 12일까지 상품성이 고품질로 유지되며 수확 후 24일까지도 저장이 가능하였다. 포장방법 및 저장온도가 여름배추 저장 시 미치는 영향은 표 4에서와 같다.

표 4. 포장방법 및 저장온도가 여름배추 저장시 미치는 영향

처리		저장가능 일수 (일)	저장후 12일째			
포장방법	저장온도		생채중 감소 (%)	감모율 (%)	외관(1~9)	상품성
무포장	0~1°C	6	7.8	17.8	5.4	△
신문지	0~1°C	12	5.5	17.5	6.5	○
	3~4°C		6.7	18.8	5.3	△
	7~8°C		7.2	23.0	5.0	△
PE필름	0~1°C	24	0.3	11.5	8.5	◎
	3~4°C	24	0.4	13.0	8.2	◎
	7~8°C	12	0.4	13.3	6.9	○
대조구	상온		10.8	50.0	3.8	×

*품종:고랭지여름배추(5월10일 파종,7월31일 수확), *저장기간:97. 8월1~25일

*외관:1매우나쁨 ,9매우 좋음, *상품성:×없음 △하 ○ 중 ◎ 상

자료: 고령지시험장(1996~97)

참고 문헌

1. 농촌진흥청 농업과학기술원. 2007. 배추 유기재배 매뉴얼. 농촌진흥청 농업과학기술원.
2. 농촌진흥청. 2019. 농사로. 농촌진흥청.
3. 아시아 종묘 영농자료. 2017. 아시아 종묘.
4. 이정명 등 2014. 채소학 총론. 향문사.
5. 이정명 등 2015. 채소학 각론. 향문사.
6. 인천광역시 농업기술센터. 2016. 소비자가 요구하는 맛있는 김장(가을)배추 재배 기술. 인천광역시 농업기술센터.
7. 전남농업기술원. 2010. 배추 유기재배 매뉴얼. 전남농업기술원.

영농형태양광용 작물 재배 기술서 (배)



2019. 11

목 차

1. 1~2월 배 과원 관리	1
2. 3~4월 배 과원 관리	6
3. 5~6월 배 과원 관리	13
4. 7~8월 배 과원 관리	22
5. 9~10월 배 과원 관리	26
6. 11~12월 배 과원 관리	30

※ 본 재배 기술서는 농촌진흥청 농사로를 비롯한 농진청 배연구소
발간자료를 중심으로 편집되었음.

1. 1~2월 배 과일 관리

가. 정지전정

- 정지전정을 하는 이유는 작업이 편리하고 나무 안쪽으로 통광(通光), 통풍, 약제 살포가 잘되어 고품질 배 다수확을 위한 것이다. 수형(배상형, Y자형 등)에 알맞은 골격지(주지) 구성 후, 묵은 측지를 갱신하고 젊은 측지(결과지)를 양성하여 수관 전체에 골고루 배치하기 위해 가지를 솎아내거나 잘라주어 나무의 생장과 결실을 조절한다. 겨울철 전정 시 가지를 다소 강하게 절단해 주면 단과지 착생은 잘되나 유지성이 나쁘고 액화아가 보통 수준으로 형성된다. 반대로 가지를 약하게 절단하면 가느다란 신초가 발생되며, 액화아에서 신초가 발아하기도 한다. 측지 윗부분의 단과지에 착과시키면 정형과 생산에 유리하며, 측지가 오래되면 단과지가 없어지므로 갱신전정을 실시하는 것이 좋다.
- 정지전정 원칙
 - 햇빛을 잘 받는 나무가 되도록 함
 - 작업이 편리한 나무가 되게 함
 - 주간의 높이는 재배수형, 토양조건, 수세, 재식거리 등에 따라 조절
 - 주지 및 부주지는 곧고 반듯하게 키움
 - 주지 및 부주지는 항상 세력을 강하게 유지시킴
 - 엽/재비(葉/材比)를 조절하여 나무를 항상 젊게 유지시킴

나. 골격지 배치 및 전지전정 방법

- 배상형에 있어서 골격지는 주지, 부주지를 말하는데, 주지 및 부주지 등의 선단 연장지 세력이 강하게 유지되도록 절단하고 다른 부위보다 30cm 정도 높게 선단부를 세워서 유인해 주는 것이 정지전정의 큰 원칙이다. 주지 및 부주지와 세력이 경합되는 가지와 등에서 발생된 도장지는 제거한다.
- Y자형 재배의 골격지는 보통은 2본의 주지가 여기에 해당되므로 선단부 세력이 강하게 유지되도록 절단하여 키우며, 등에 발생된 도장지는 제거하도록 한다. 그리고 Y자형 재배에서는 밀식장해가 나타나기 1~2년 전부터 축간벌을 실시해 주어야 갑작스런 수량감소를 막을 수 있고, 지하부의 근권 뿐만 아니라 지상부 광 환경의 개선으로 과실품질을 향상시킬 수 있다(그림 1).

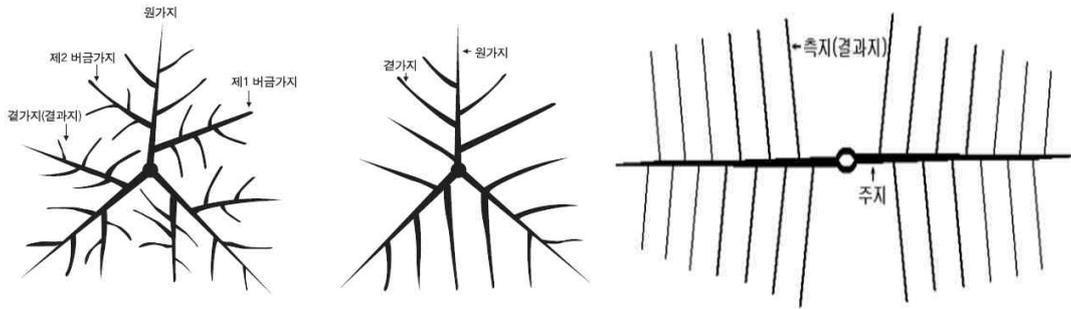


그림 1. 배상형의 골격지 및 결가지(왼쪽)와 Y자형 주지 및 측지 배치방식

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

- 배나무의 결과습성은 지난해 자란 2년생 가지에서 꽃눈이 형성되어 다음해 3년생 가지에 개화·결실(정화아, 단·중과지)되는 것이 일반적임을 참고하여 유목일 때는 강 전정을 피하고, 도장지 제거 등 약 전정으로 수세를 안정시키고 엽면적 확보와 수관 확대에 힘쓰며, 성목은 수체생육과 관련된 영양생장과 생식생장이 동시에 이루어져야 하며, 노목은 노화가 진행됨으로 측지갱신, 결과지 양성 등으로 수세가 강화되도록 해야 하는데, 측지(결과지)로 키울 가지는 발생위치를 보고 선택하는 것이 좋다(그림 2).

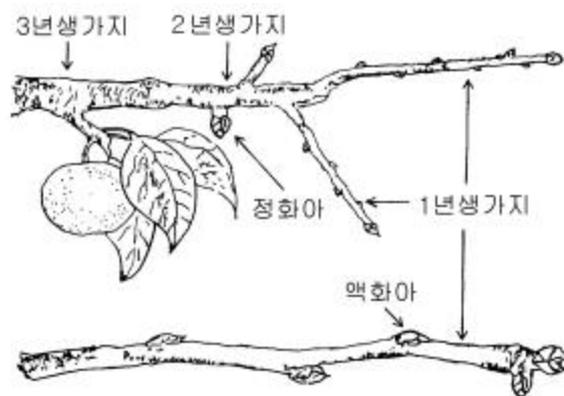


그림 2. 배나무 결과습성

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

- 겨울전정 시 도장지를 약하게 잘라 길게 남기면 이듬해 단과지 착생이 잘되며, 약한 가지는 짧게 남겨두고 강하게 절단해주어 이듬해 선단에서 자라난 발육지에 액화아가 잘 생긴다(그림 3).

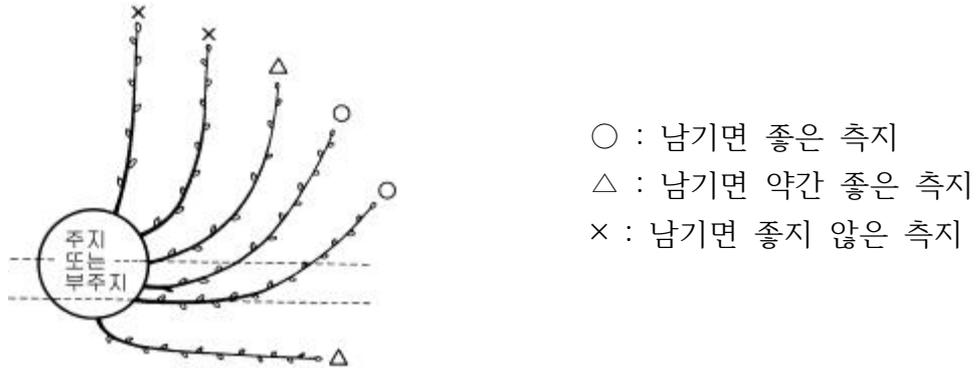


그림 3. 발생위치에 따른 좋은 측지(결과지)의 선택 요령

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

다. 측지양성 및 유인

- 측지를 양성하기 위한 예비지의 절단 정도는 품종, 토양, 기상, 가지의 굵기 등에 따라 차이가 있으나 일반적으로 가지의 강약에 따른 절단 요령은 강한 가지는 길게 남기고 약한 절단해야 다음해 단과지 착생 양호하고, 약한 가지는 짧게 남기고 강한 절단해야 선단부 헛가지 생육 양호하다. 가지의 굵기에 따라 예비지 아랫부분의 직경이 10~12mm 정도이고 긴 가지는 다소 약하게 잘라주며(그림 4의 ①), 아랫부분의 직경이 8.0mm 이하의 약한 가지는 다소 강하게 절단해 준다(그림 4의 ②).

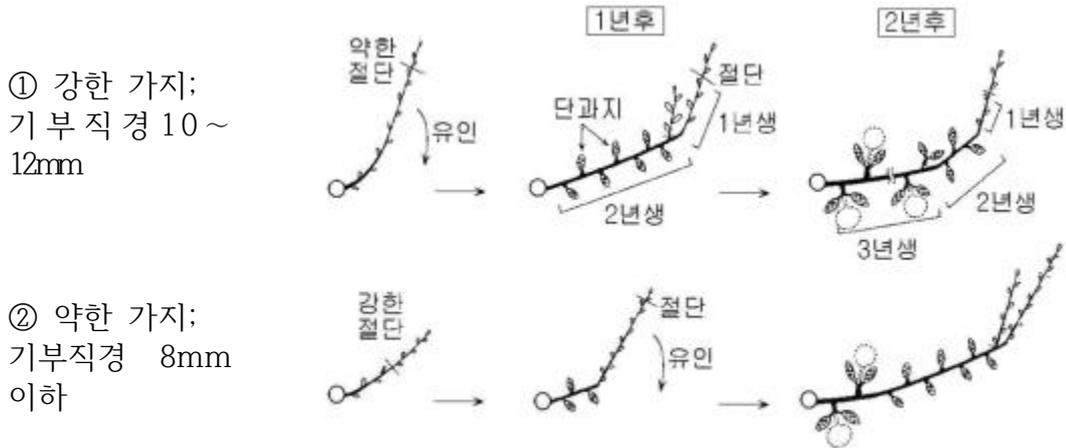


그림 4. 배나무 예비지 양성과 전정법

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

- 측지 유인 시 기부와 선단부에 굴곡이 없이 반듯하게 유인하고 선단부만 다소 높게 유지해주면 단과지가 잘생기며, 측지 기부나 중간부위에 도장지 발생이 적어지며, 선단부 발육지의 생육도 좋아져 과실품질도 좋아진다(그림 5).

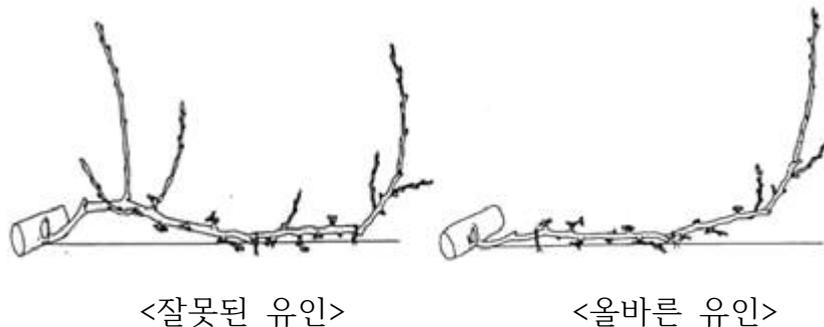


그림 5. 측지의 유인방법

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

라. 꽃눈 정리

- 꽃눈 정리 방법은 가급적 결과지 부위에 가까운 충실한 꽃눈을 1~2개 남기고 솎아주며 과대크기, 과형, 꽃눈 방향에 따라 과실크기, 과형 등 품질이 달라지므로 남기는 꽃눈은 과대가 짧고 굵으며 사립으로 형성된 충실한 꽃눈, 제거할 꽃눈은 과대가 가늘고 길게 자란 꽃눈, 가지 등에 발생된 꽃눈, 꽃눈의 방향이 땅을 향한 꽃눈, 빈약한 꽃눈 등이다.

마. 병해충 관리

1) 기계유유제 살포

- 기계유유제 살포 적기는 월동해충의 호흡이 왕성해지는 2월 하순~3월 상순경으로 꼬마배나무이(그림 6)의 방제 목적으로 살포할 때는 지역별로 기상 자료를 기준하여 2월 1일부터 최고온도가 6°C 이상 되는 날짜수가 16~21일 되는 시기에 살포한다(표 1).



그림 6. 꼬마배나무이의 월동성충
 자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

표 1. 꼬마배나무이 월동성충의 방제적기

최고온도 6°C 이상 출현 누적일수 (2월 1일부터)																
<10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26<
		월동성충이				월동약제 살포적기 (기계유유제)									성충산란시작	

- 기계유유제의 살포 시기는 석회유황합제의 살포여부에 따라 달라져야 하는데, 석회유황합제를 살포할 경우에는 기계유유제와 석회유황합제의 살포시기가 20일 이상 간격을 두고 살포해야 한다.
- 기계유유제의 살포농도는 월동기에는 30~40(약 12.5~17리터/500리터)로 고농도 살포보다 꼬마배나무와 충분히 접촉하도록 살포가 바람직하다.

2) 월동해충 방제를 위한 고압살수기를 이용한 조피제거 작업

- 진딧물류, 응애류, 깍지벌레류, 배나무이와 같은 해충은 잡초, 가지를 잘라낸 전정부위, 거친 껍질 밑 등에서 알, 유충, 성충 형태로 월동하므로 이들 월동 잠복처를 제거하여 밀도를 줄이는 작업이 중요하다.

- 1~2월에 배나무의 거친 껍질을 제거해 주면 수확기에 각지벌레류 피해 과실을 1/2이상 줄일 수 있으며, 동시에 꼬마배나무이와 같은 해충도 방제할 수 있는 장점이 있다. 또한 수작업과 비교하여 50% 이상의 작업 노력을 절감할 수 있고 고압살수기로 물을 살포함으로써 껍질 속에 숨어 있는 월동해충을 직접 죽일 수 있으며, 방제기의 압력과 살포량을 조절하여 거친 껍질을 제거한다(그림 7).



그림 7. 고압살수기를 이용한 조피제거 작업

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

3) 시비관리

- 영농형태양광 농업에서의 시비관리는 일반재배에 비해 태양광 모듈에 의하여 30% 내외의 차광이 불가피하므로 도장 발생가능성이 있으며, 또한 도체가 차광에 의하여 연약해질 우려도 있다. 따라서 관행재배에 비해 질소비료를 적게 하고 대신 칼리, 인산 및 규산질 비료를 늘려 시비하는 곳이 좋다.

2. 3~4월 배 과일 관리

가. 가지 유인

- 우량한 측지로 양성하기 위해서는 전년도에 자란 가지를 동계 전정할 때, 선단부를 20~30cm 정도 다소 강하게 절단한 후 가지 끝이 하늘을 향하도록 한다.
- 가지의 유인각도가 덕 면에 대하여 30~40° 정도가 되도록 유인하여 덕의 철선보다 높게 유지시켜 주어야 한다.
- 기부에서 발생한 세력이 강한 도장지는 유인용 짜개가위를 이용하여 3~4월 가지 유인 전에 도장지 기부에서 5cm 정도 위를 짜개가위를 이용 세로로 1/2을 짜갠 후, 짜갠 부위의 도장지를 한손으로 잡고 약간 비틀면서 유인할 방향

으로 40° 각도로 눕혀 고정하며 이듬해 단과지 형성율을 높일 수 있으며, 도장지 절손율이 낮아 우량측지 양성에 편리하고 효율적인 방법이다.

나. 높이접에 의한 결과지 확보

- 배 재배에 있어서 높이접은 신품종 갱신, 수분수 확보뿐만 아니라 재배수형과 관계없이 오래된 노목원에서는 결과지가 부족하여 수량이 떨어지는 경우를 흔히 볼 수 있다. 따라서 결과지 확보로 수량을 높이고 젊은 가지로 바꾸어 고품질 배 생산을 위한 높이접이 필요하다(그림 8).
- 과수의 높이접 방법에는 깎기접, 박피접, 쪼개접 등으로 실시할 수 있으며, 기타 눈접, 복접 등을 이용하고 있으나 배 성목의 과수원에서는 복접을 실시하거나 복접을 응용한 접목을 실시한다.

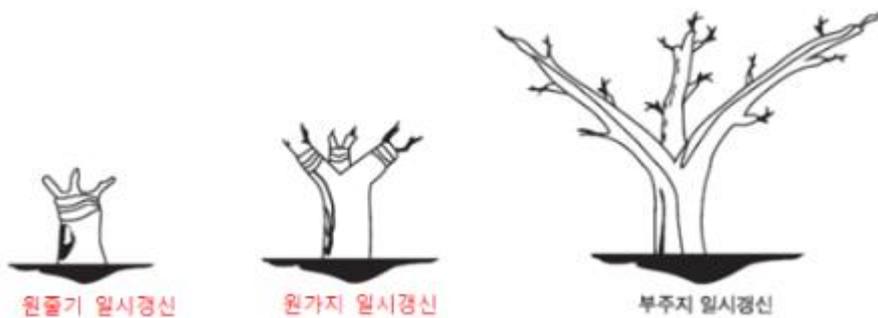


그림 8. 일시경신 높이접 방법
자료: 농진청 농사로

1) 접목시기 및 접수 채취·보관

- 접목하는 시기는 3월 중순~4월 상순으로 중북부 지방보다 남부 지방에서 접목시기가 빨라진다. 배나무 접수의 채취는 12월~1월에 건전하게 자란 1년생 가지를 채취하여 습기가 있는 모래와 섞어 과실 저장고에 보관하거나 그늘진 곳에 바람이 통하게 하여 접수의 2/3정도를 묻어 준다.
- 접수의 양이 적을 때는 가정용 냉장고에 비닐로 싸서 보관하기도 한다. 접수의 보관량이 많을 경우에는 일정량의 접수를 다발로 묶고 통으로 된 비닐에 넣어 저온저장고에 보관하여 두었다가 사용하면 편리하다(그림 9).



그림 9. 일시갱신 높이접 방법
 자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연연구소

2) 대목 및 접수 다듬기

- 접목하는 시기는 3월 중순~4월 상순으로 중북부 지방보다 남부 지방에서 접목시기가 빨라진다. 배나무 접수의 채취는 12월~1월에 건전하게 자란 1년생 대목의 접목하고자 하는 편평한 부위를 골라서 절삭면을 만드는데, 위에서 아래로 접도를 내리면서 목질부가 약간 깎이고 절삭면이 반듯하며, 그 길이가 2.5~6.0cm 가량 되도록 칼자국을 낸다.
- 접수는 눈 1~2개를 붙여 5~6cm 내외로 절단하고 위쪽 눈에서 0.5~1cm 위를 자른다. 그리고 접수 아래쪽의 뒷면은 1cm 높이에서 30~40° 각도로 경사지게 썬기모양으로 깎아내며, 접수의 하단 측면을 접도로 면이 반듯하게 2~3cm 정도 깎아낸다.

3) 접목 실시 및 접목 후 관리

- 이상과 같이 대목과 접수 다듬기가 끝나면 신속하게 접수 깎은 면의 형성층(껍질과 목질부 사이의 분열조직)과 대목 수직절단면의 형성층(최소한 한 면이라도 일치)이 일치되게 끼워 넣은 다음 움직이지 않도록 접목비닐로 단단하게 감아 준다. 접수의 위쪽 절단면이 건조하지 않도록 접납 등을 발라 준다.
- 높이접을 실시한 후에 자라 나오는 새가지는 접목 부위와의 결합력이 약하여 비바람에 의하여 그 부분이 떨어지기 쉽다. 따라서 접목 후 새순이 30cm 정도 자라고 접목부위가 완전히 아문 다음 접목비닐을 풀었다가 다시 묶어 준다(그림 10).



그림 10. 복접법을 응용한 높이접

자료: 농진청 국립원예특작과학원

다. 인공수분

- 인공수분 작업 순서는 ①꽃 채취 ⇒ ②약(수술)채취 ⇒ ③약정선 ⇒ ④개약 ⇒ ⑤화분정선 ⇒ ⑥발아율 조사 ⇒ ⑦화분저장 ⇒ ⑧증량제 증량 ⇒ ⑨인공수분으로 진행한다.
- 꽃채취 품종은 동일한 자가불화합 유전자를 가지고 있으면 중복된 유전 인자는 암술머리에서 신장을 멈추어 수정에 이르지 못하므로 완전 화합성인 품종 선택한다(표 2).

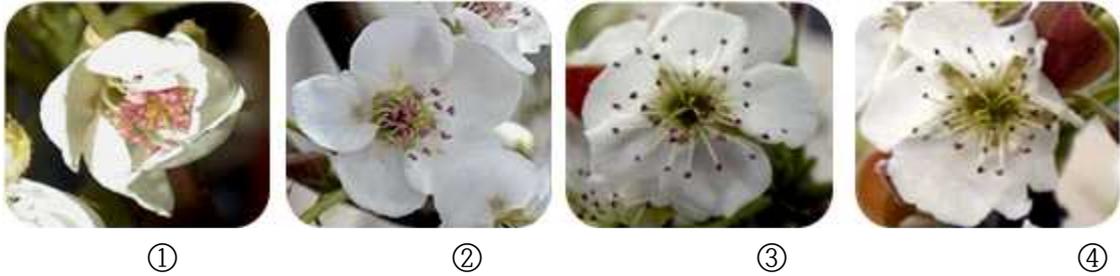
표 2. 배 주요 품종의 자가불화합성 유전자

유전자형	품종명	유전자형	품종명
S ₁ S ₆	금촌추	S ₃ S ₆	조이스킨
S ₂ S ₃	장십랑	S ₃ S ₉	신고, 설원
S ₂ S ₄	이십세기	S ₄ S ₃	신수, 행수, 조생적
S ₃ S ₄	신일, 조생황금, 한아름, 황금배, 녹수, 진황, 슈퍼골드	S ₄ S ₆	추황배
		S ₄ S ₇	신흥, 수황배
S ₃ S ₅	풍수, 선황	S ₃ S ₆	만황
S ₇ S ₅	감천배, 화산, 만수, 미황	S ₃ S ₇	만삼길

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

- 인공수분 적기는 배꽃이 40~80% 피었을 때 1화층에서 3~5번화가 좋다. 장과지의 등에 있는 화층보다 측면에 착생된 화층에 결실시키는 것이 좋다. 하루

중에서는 인공수분은 이슬이 건힌 오전 10시 이후부터 오후 3시 사이에 실시하며, 꽃의 인공수분 적기는 ②번(개약시작), ③번(개약진행)이다.



- 순수한 꽃가루만으로 인공수분을 실시하면 꽃가루가 많이 소요되므로 증량제를 섞어 쓰는데 발아율을 참고하여 증량비율을 달리한다(표 3). 또한 꽃가루 자가불화합성 유전자가 일부 중복되면 증량제 증량수준을 완전화합성의 1/2 수준으로 낮추어 사용해야 한다. 그러나 꽃가루 발아율이 40% 이하이면 증량제를 섞어 쓰지 않고 꽃가루만으로 인공수분을 실시하는 것이 좋다. 인공수분 후 3시간 이내 강우 시에는 다시 인공수분 실시한다.

표 3. 유전자의 중복 여부에 따른 꽃가루 발아율별 증량제 증량 수준

꽃가루 발아율(%)	증량제 증량 수준	
	완전화합성인 경우	하나의 유전자가 중복
70 이상	5배량 이내	3배량 이내
60~70	4배량 이내	2배량 이내
50~60	3배량 이내	증량 없이 사용
40~50	2배량 이내	증량 없이 사용
40 이하	증량 없이 사용	증량 없이 사용

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소(2006)

라. 병해충 관리

1) 주요 병해 전염원 관리

- 검은별무늬병의 전염원을 관리하기 위해 과원 주변의 도랑과 울타리 등지에 흩어져 있는 낙엽을 모아 3월 중순 이전까지 소각하거나 매몰 처리하도록 한다. 특히 전년도에 가지에 감염된 부분은 도려내거나 추가 정지를 통해 병원균의 밀도가 높아지지 않도록 하는 것이 필요하다.



- 방제관리를 효과적으로 하기 위하여 고속분무기의 노즐을 점검하고 방제기기가 정상적으로 작동하는지 3월 중순까지 확인을 마쳐야 한다. 또한 살균효과가 좋은 약제를 미리 준비하여 본격적인 방제를 대비해야 한다.
- 붉은별무늬병의 전염원을 관리하려면 가이즈카향나무, 연필향나무, 눈향나무, 똑향나무 등 중간기주의 전정 작업을 3월 하순까지 완료해야 한다. 과수원으로부터 1.5km 떨어진 장소에 대해 폭넓게 확인하되 3~5월에 기류 흐름이 과수원으로 유입되는 부분을 중점적으로 관리해야 한다. 3월 하순부터 향나무의 비늘잎에서 강우에 의해 소생자가 발아하고 비산되는데 전정만으로도 전염원이 95.1%이상 제거될 수 있다. 향나무 전정을 끝낸 후 강우직후에 적용 합성농약을 충분히 살포하되 과수원으로 유입이 안 되도록 신경을 쓴다.

2) 석회유황합제 살포

- 석회유황합제는 만개 20일 전인 3월 하순~4월 상순에 살포하는 것이 일반적인데, 발아기를 감안하여 기계유유제 살포 20일 후 사용한다.
- 살포배액은 염도계로 측정하여 5도 수준으로 희석하여 살포한다. 석회유황합제는 병원균과 해충의 밀도를 줄이기 위하여 살포하는 약제로서 너무 개화기에 임박하여 살포할 경우 약해가 발생되므로 적기에 살포하도록 한다(그림 11, 표 4).
- 황성분은 금속을 부식시키므로 살포를 끝낸 후 방제기는 즉시 물로 잘 씻도록 한다.

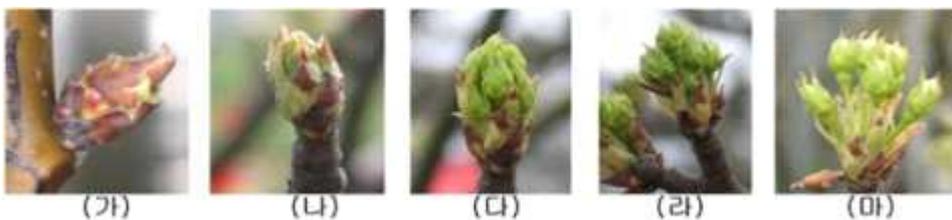


그림 11. 석회유황합제 살포시기

단과지 발달과정 중 (나), (다)가 적합

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

표 4. 동계약제 종류별 사용 방법

종류	살포시기	살포농도
기계유유제	2월 하순~3월 상순 (밭아 전)	30~40배 (물 500L에 기계유유제 12.5~17L)
석회유황합제	3월 하순 (기계유유제 살포 20일 후)	5도액

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

3) 검은별무늬병 방제

- 4월 개화기를 전후로 검은별무늬병과 붉은별무늬병 방제는 특별히 신경을 써야 한다. 검은별무늬병 방제를 위해 강우를 중심으로 약제를 살포하되 장기간 강우가 예견될 경우 비 오기 전에 방제를 하고, 물방울 지속기간과 평균온도를 고려하여 강우 중이더라도 추가살포를 하도록 한다. 이 때 희석농도는 600배 수준이 되도록 하고 살포량은 300L/10a으로 충분히 부착시키도록 한다.
- 비가 올 경우 ‘평균온도×지속기간’ 값이 125이 되기 전 1회, 600이 넘으면 1회 더 추가 살포를 하되 결정석회유황합제의 희석농도는 500배로 한다.
- 만일 비 오기 전에 살포를 하지 않았을 경우 ‘평균온도×지속기간’ 값이 300을 초과하지 않은 경우에는 석회유황합제를 활용할 수 있으나, 구리와 황 함유 살균자재는 치료효과가 없으므로 살포하지 않는다.

4) 붉은별무늬병 방제

- 기본 방제는 검은별무늬병과 동시에 하되 석회황합제를 포함하여 일반 살균자재는 붉은별무늬병에 대한 방제효과가 뛰어나지 않으므로 주변의 향나무에 대해 집중적으로 전염원을 줄이는 관리가 병행되어야 한다.
- 기류가 과원으로 향하는 500m 반경에 대해 집중적으로 방제를 실시하되 향나무특성상 비늘잎이 밀집되어 있으므로 약제침투가 어려운 점이 있다. 따라서 강우 이후에 비가 마르기 전에 합성살균제를 포함한 적용 약제를 4월 상순부터 보름 간격으로 2~3회 향나무 수관 내부로 충분히 묻도록 살포하되 겨울포자퇴가 연황색 젤리모양으로 확장되어 있는지를 확인하도록 한다.



5) 기타 문제병해 관리

- 줄기마름병(동고병) 피해 가지는 4월부터 현저하게 확인되며, 그 원인은 동해에 의한 것이 대부분이며 일부 이식 장애와 습해로 인해 발생할 수 있다. 병든 수준에 따라 병든 가지의 수세회복을 위해 단과지를 추가적으로 정리하거나 적화작업을 상대적으로 강하게 하도록 한다.
- 세균성 가지마름병의 경우 효과적 방제를 위해서는 정밀진단과 예찰이 중요하므로 농업기술센터 등 관계기관과 지도기관에 긴밀하게 협조관계를 유지하도록 한다.

6) 해충 방제

- 깍지벌레류 방제는 가루깍지벌레가 월동 알이 부화하는 시기이므로 4월 하순에 살충성 약제를 살포하는 것이 좋다.
- 꼬마배나무이는 만개기 3~7일 전에 월동한 암컷이 낳은 알들이 50~80% 부화하는데 이 시기의 방제는 벌 등 방화 곤충의 활동을 저해하지 않는다면 유기농업자재로 방제하고, 자연수분에 의존하는 경우는 과수원에서 배꽃이 늦게 피는 곳에서 꽃잎이 떨어진다면 수정이 되었다고 가정하고 방제하여 부화한 애벌레를 방제한다. 또한 4월 하순이면 배나무면충의 월동알이 부화하는 시기이므로 살충성 유기농업자재로 추가 방제한다.
- 영농형태양광 농업에서는 대개의 경우 태양광모듈의 형태에 따라 다르나, 30% 정도의 차광이 불가피함에 따라 해충발생도가 일반재배에 비해 많을 가능성이 있다. 따라서 늘 세심한 관찰이 필요하며, 예방적 방제는 물론 발생 시에는 초기에 약제살포를 통해 방제를 해야한다.

3. 5~6월 배 과원관리

가. 열매숙기(적과)

- 1과총에 1과를 기준으로 3~5번과 가운데 열매자루가 굵고 길면서도 과형이 좋은 과실을 남기는 것이 좋다.
- 시기는 낙화 후 10~15일경부터 수정여부가 판단되면 예비적과와 본적과로 나누어 2~3회 실시하는 것이 좋다.
 - 1차 적과는 만개 후 15~25일경까지 과총 당 1과 기준으로 남기되 최종 착과량의 2~2.5배 정도의 과실을 남긴다.

- 2차 적과는 1차 열매숙기 후 7~10일 사이, 마지막 최종적과는 봉지 씌우기 전인 만개 후 40일경까지 수세, 엽과비, 착과간격 등을 감안하여 수확할 착과수까지 감안하여 조절하도록 한다.
- 열매숙기 대상 과실은 봉지 씌우기 어려운 것, 소과, 변형과, 상처과, 오염과 및 병해충 피해과 과총엽수가 없거나 엽수가 적은 과실 등을 적과하고 착과된 3~5번과 중에서 모양이 좋고 크며 열매자루가 굵고 긴 것을 남긴다(그림 12).

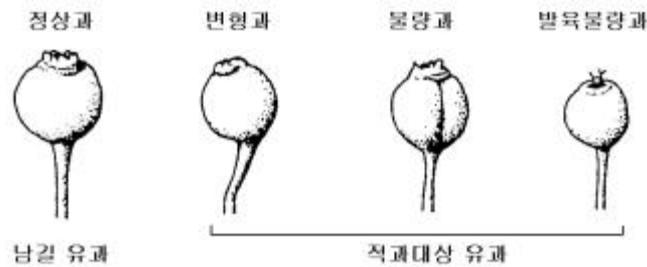


그림 12. 적과 시 유과선택 요령

(1과총의 3~5번과 중에서 열매자루가 굵고 길며 과형이 좋은 것 남김)

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

- 적과 정도는 1개의 과실을 결실시키는데 25~30잎이 필요하므로 대과의 고당도 과실을 생산하려면 1과당 30~40잎 이상이 필요하다.
 - 화산의 중소과 기준은 400~500g/1과이며, 이 크기의 중소과 생산을 위한 엽수는 20~30엽/1과이다. 엽수가 이보다 많아지면 대과 생산율이 높아지며, 적어지면 소과생산율이 높아진다.
- 적과시기를 만개 후 20일경에 조기적과와 만개후 45일경에 적과처리의 과실 특성과 지령별 꽃눈 유지성을 조사한 결과 과중에 있어서 3년생, 4년생, 5년생에 있어서는 조기적과 처리에서 과중이 큰 경향이었고, 2년생 액화아와 6년생에 있어서는 차이가 없는 경향이었음(표 5).

표 5. 적과시기에 따른 지령별 과실 특성 및 꽃눈의 저장양분

결과지 지령	적과시기 (월.일)	과중 (g)	경도 (kg/8mm)	당도 (° Bx)	산도 (%)	꽃눈 유지성
2년	5.2	347	3.12	11.5	1.07	67.0
	5.27	349	3.27	10.9	1.14	147.0
3년	4.29	446	3.23	11.7	1.10	47.5
	5.31	378	3.54	11.3	1.11	57.9
4년	4.29	479	3.27	11.2	1.09	41.5
	5.31	452	3.31	11.8	1.16	74.6
5년	4.29	503	3.13	11.6	1.10	49.1
	5.31	420	3.13	11.9	1.07	104.6
6년	4.29	478	2.97	11.6	1.11	145.8
	5.31	480	3.22	12.1	1.06	97.4

자료: 농진청 국립원예특작과학원

나. 웃거름 주기

- 시기는 5월 중하순경으로 꽃눈분화 촉진과 과실비대를 목적으로 질소와 칼리 성분을 준다.
- 시비량은 성목의 경우 질소는 연간시비량의 10~20%(유안 11~22kg 또는 요소 5~10kg/10a), 칼리는 40~50%(염화칼리 13~16kg/10a) 정도가 기준이며, 전용복비를 사용해도 좋다(표 6).

표 6. 배나무 생육시기별 화학비료 시비량 (비옥토, 단위 : kg/10a)

수령	밑거름 (낙엽 후 ~ 12월)			웃거름 (5~6월 상순)		가을거름 (수확후~10월 하순)
	요소	용성인비	염화가리	요소	염화가리	요소
1-4	2	6	1	1	1	1
5-9	4	18	3	1	2	2
10-14	13	30	8	4	5	5
15-19	22	47	15	6	10	7
20년 이상	25	76	18	9	12	9

토양시비처방서 사용량 : 웃거름 요소 6.5kg/10a (유기물함량 기준 : 2.5~4.2)

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소



다. 봉지 씌우기

- 봉지 씌우는 시기는 6월 상순(만개 후 40~50일)에 씌우도록 하며, 시기가 너무 빠르면 과실크기가 작아지고 바람에 의한 낙과 피해도 발생되므로 너무 일찍 씌우지 않도록 한다.
- 청배 계통은 과피 보호 측면에서 봉지 씌우는 적기가 과점 코르크가 발달하기 직전인 만개 후 30일 이내로 빠를수록 좋지만 빨리 봉지를 씌울 경우 봉지 무게에 의해 낙과되기 쉬우므로 주의해야 하고, 갈색배는 6월 상순(만개 40일후) 경부터 씌운다.
- 봉지를 씌울 때는 잎이 봉지 속으로 들어가지 않도록 하고 봉지가 너무 느슨하면 빗물과 함께 병원균이나 가루깍지벌레 등의 해충이 봉지 속에서 피해를 주므로 주의한다.
- 봉지 선택 시 무엇보다 가장 중요한 것은 착색봉지 사용으로 투과되는 광량을 줄여 외관을 좋게 만드려고 애쓰기 보다는 품종의 고유 특성을 잘 이해하는 것이라는 것을 잊어서는 안된다.
 - 봉지 안이 어두운 착색봉지는 일반봉지에 비하여 깍지벌레 발생이 많으므로 투광량이 좋은 일반봉지를 씌우는 것이 더 효과적이며, 백색봉지는 과피색이 붉어지는 단점이 있으므로 주의한다.
 - 봉지의 광 투과율이 낮고 봉지내 온도가 비교적 높은 봉지가 엽록소 소실이 빠르고 숙기가 단축된다. 그러나 지나치게 온도가 높고 건조하면 과실이 작아지고 딱딱한 과실이 생산될 가능성이 높다.
 - 저장용은 봉지 내 광 투과량이 좋고 온도가 낮아야 숙기가 늦고 저장성이 좋은 과실을 생산할 수 있다.
- 화산 배는 봉지종류에 따라서 과피색과 당도에도 큰 차이가 있으므로 봉지 선택시 각별히 주의해야 한다. 시험 결과 투광도와 높은면서 투기도가 낮은 인쇄지를 사용한 봉지가 착색봉지나 일반봉지에 비하여 과피색이 밝고 적색 계통이 적었으며 당도가 높았다(표 7).

표 7. 배 봉지의 물성

봉지 종류	투기도 (sec/100ml)	흡광도 (530-550nm)	투습도 (mg/cm ² /hr)
인쇄지 A	29.9	138	3.8
착색지 B	35.7	120	3.9
일반봉지 E	36.8	121	2.9

* 분석값 : 겉지+속지

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

라. 눈따기 및 여름전정

- 눈따기는 주지, 부주지 및 측지 등에서 발생하는 불필요한 신초 등을 제거하는 작업으로 생육 초기인 5월 상순에 시작하여 2~3회 정도 실시하는데, 신초 중에서 측지로 양성할 만한 곳에서 발생한 것은 남겨둔다.
- 방법은 한 과총에 2~3개씩 총생한 새순 중 충실한 1개를 남기고 제거해주며 과총간의 거리가 너무 가까운 것은 간격을 20cm 정도를 기준으로 전체를 제거해 주면 광환경 개선과 약제 살포 효과를 향상시킬 수 있다(표 8).
- 여름전정은 눈따기를 실시한 이후, 즉 신초의 재 신장이 되는 앓는 시기 또는 발육지의 액화아 형성이 촉진되는 6월 중순경까지 눈따기의 보완 수준에서 주지 및 부주지의 등에 발생한 도장지를 제거한다. 시기를 7월 이후 너무 늦게 하거나 지나치게 많이 실시해도 엽수 부족으로 과실크기가 작아질 수 있으므로 과다하지 않도록 주의한다.
- 숨은 눈에서 대나무 죽순처럼 굵고 힘차게 나오는 가지를 제거하며, 도장지의 1/3이하를 제거하여 과총엽과 도장지의 신초엽의 비율을 6:4 정도로 유지한다.
- 수관하부의 광 투과율이 15~20% 정도 되도록 도장지 밀도를 조절하는 것이 과실품질을 유지하면서 수량을 확보할 수 있다.

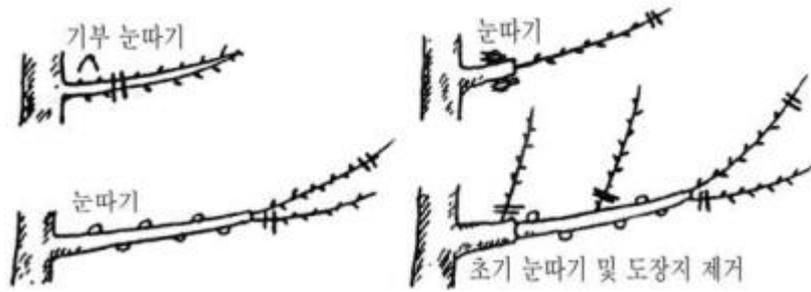


그림 13. 눈따기 전후 모습

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소,

표 8. 여름전정에 의한 수관 내 광 환경 개선효과 및 꽃눈 충실도

구분	광환경 개선 효과		꽃눈 크기	
	수관하부 조도량 (Lux)	지표면 광투과량 (%)	종경 (cm)	횡경 (cm)
여름 전정	3.1	27.5	1.06	0.56
무처리	1.8	18.3	1.01	0.54

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소,

- 햇가지 유인은 6월 하순~7월 상순에 발생위치에 따라 20~40° 각도로 유인하는데, 유인자재로는 끈, 철선 등 여러 가지를 쓰고 있으나 코팅철선(직경 2.5~3.0mm, 길이 60cm 정도)을 준비하여 두었다가 측지양성 시 유인에 이용하면 덕 상하의 햇가지 유인에 편리하다.
- 여름철에 유인하여 둔 가지는 액화아 형성이 잘 되는 편이므로 이듬해 결실에 이용이 가능하며, 그렇지 않을 경우 겨울전정 시 가지의 선단부를 약간만 절단하여 유인하여 두면 단과지 착생도 비교적 잘 이루어진다.

마. 병해충 관리

1) 검은별무늬병 방제

- 배 검은별무늬병은 4월 하순부터 6월까지 잎과 가지, 열매가 피해를 입기 때문에 해마다 기상예에 따라 10회~18회 약제 방제를 하고 있다. 또한, 과피얼룩병은 9월 이후부터 열매에 발생해 저장 후에는 병반이 급속히 진전돼 유통과정에서 배 모양을 크게 해치는 병해다.

- 이들 병원균은 3월경에 낙엽을 비롯해 나무 전체에 퍼져 있으므로 초기 전염원을 줄이는 것이 안정적 병해 관리를 위해 매우 중요하다.
- 검은별무늬병은 5월 상순경에 병반(분생포자)이 눈에 확인되는데 순 따기와 신초숙기를 할 무렵 병반부위를 확인 즉시 따서 땅 속에 묻어 주는 것이 좋다(그림 14). 이들 병원균의 밀도를 효과적으로 줄이기 위해 석회유황합제를 이용한 결과, 낙엽에 존재하는 두 병원균의 밀도가 48.9% 이상 주는 것으로 나타났다.



그림 14. 검은별 무늬병피해 과실과 잎의 병반
 자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소,
 전남농업기술원

2) 붉은별무늬병 방제

- 향나무에서 겨울포자가 발생하는 양상을 관찰하면서 발생량이 많은 경우 필요에 따라서 향나무에도 적용약제를 살포하도록 한다.
- 일반적으로 5월 중순경에 대부분의 포자비산이 끝나지만 중북부 지역에서나 전정되지 않은 향나무는 5월 하순까지도 소생자를 방출하기 때문에 배나무 과실과 잎에 붉은별무늬병을 유발시킬 수 있다(그림 15).



그림 15. 붉은별무늬병 피해 과실과 잎의 병반
 자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소, 함평군농업기술센터

3) 기타 문제 병해 관리

- 줄기마름병은 5월 이후 일반적으로 병 진전을 멈추게 되지만 더 확산되지 않도록 병든 조직을 제거하고 환부에 석회황합제 원제를 도포하도록 한다.
- 흰날개무늬병 진단을 위해 주간부 10cm 반경에 뽕나무 가지를 깊이 20cm 이상 삽입시켜 20일 정도 유지한다. 뽕나무의 가지에서 흰 균사체 발생유무를 확인하려고 할 때는 가지를 좌우로 흔들어 균사체가 손상되지 않도록 조심히 뽑아 확인하도록 한다. 만일 감염이 확인되면 사방으로 확대하여 최종적으로 감염된 지역을 확인해야 한다.

4) 가루깍지벌레 방제

- 배를 가해하는 가루깍지벌레류는 버들가루깍지벌레, 온실가루깍지벌레, 가루깍지벌레 등이 있으나 가루깍지벌레가 주로 발생한다. 다른 깍지벌레와는 달리 깍지가 없고 부화약충기 이후에도 자유로이 운동할 수 있는 특징이 있다. 성충은 길이가 3~4.5mm이고, 타원형이며 황갈색으로서 백색 가루로 덮여 있다(그림 16).
- 방제적기는 월동 알이 부화하는 4월 하순~5월 상순이 1차 방제적기, 2차 방제적기는 6월 중순이 가루깍지벌레 수컷의 발생최성기이며, 2세대 약충이 발생하는 6월하순~7월 상순이다. 이 때 방제를 소홀히 한 농가는 7월 중하순부터 과실에 피해가 나타난다.



그림 16. 배나무 가루가루깍지 벌레

자료: 농진청 농사로, 한국농업신문

- 봉지를 씌운 상태에서는 피해를 확인하기 어려우므로 봉지를 씌우기 전에 충분히 방제하여야 한다.

5) 꼬마배나무이 방제

- 꼬마배나무이의 발생은 해마다 다른 발생 양상을 보이거나 대체로 년 5회 발생하며, 7~8월 고온기에는 밀도가 감소하는 경향이 있다. 1세대는 5월 중하순, 2세대는 6월중하순, 3세대는 7월 하순, 4세대는 8월 하순에서 9월 상순, 그리고 마지막 5세대는 월동형 성충이 9월 하순 이후에 출현한다(그림 17).
- 꼬마배나무이의 방제는 발생하는 생태에 기초하여 적기에 방제하는 것이 중요하다. 즉 발생이 심한 늦봄에서 초가을까지는 꼬마배나무이가 과충, 엽충 틈 또는 엽맥의 주맥 기부에서 기생하는데, 보호물질의 역할을 하는 왁스질, 점질의 배설물을 배출하여 약제 방제가 어려워진다.
- 이러한 이유 때문에 꼬마배나무이는 월동기에 성충의 대부분이 나무 위로 이동한 시기인 3월 상순에 기계유 유제를 살포하면 효과적으로 방제할 수 있다. 이른 봄에 기계유유제를 살포하면 월동형 성충을 죽일 수 있을 뿐만 아니라 살아남은 성충이 배나무 가지에 산란을 기피하도록 하는 효과가 있다.



그림 17. 배나무 꼬마배나무이(약충, 성충)
 자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소,
 농기자재 신문

6) 잎말이나방류 방제

- 배 과수원에는 3종류의 잎말이나방류가 발생하고 있는데, 지역에 따라 발생하는 종이 다르고 방제 적기가 다르므로 각 지역에 발생하는 종의 방제시기에 맞춰 방제하는 것이 효과적이다.
- 애모무늬잎말이나방은 연 3~4회 발생하는데, 천안, 평택, 아산, 안성 등의 중서부지역에만 분포하며 방제적기는 각 세대의 알이 부화하는 6월 상순, 7월 하순 및 9월 상순이다. 방제는 성페로몬트랩으로 예찰하여 2화기 성충의 발생 최성기 8~9일 후방제하는 것이 좋다.



- 사과애모무늬잎말이나방은 전국 모든 과수 재배지역에서 발생하며, 방제적기는 6월 상순, 7월 하순 및 9월 상순이다.
- 차애모무늬잎말이나방은 남부지역에만 분포하며 연 4회 발생하는데, 방제적기는 5월 하순, 7월 상순, 8월 중순 및 9월 중순이다.
- 영농형태양광 농업에서는 대개의 경우 태양광모듈의 형태에 따라 다르나, 20~30% 정도의 차광이 불가피함에 따라 해충발생도가 일반재배에 비해 많을 가능성이 있다. 따라서 늘 세심한 관찰이 필요하며, 예방적 방제는 물론 발생시에는 초기에 적정 약제 살포를 통해 방제를 해야 한다.

4. 7~8월 배 과원관리

가. 토양관리

- 여름철 장마로 많은 양의 비가 내리면 경사지 과원에서는 토양침식과 비료성분의 용탈이 일어나기 쉽다. 이러한 피해를 예방하기 위해서는 초생재배를 하거나 장마기 이전에 유기물이나 여러 가지 피복 재료를 이용하여 과원표면을 덮어주는 멀칭 재배가 알맞다.
- 초생재배는 배나무와 초생간의 양수분의 경합이 일어나기 쉬우므로 예초하여 표토를 덮어주어 양분 환원과 더불어 토양 수분을 조절하거나 건조 시에 관수를 해주도록 한다.
- 평탄지 과원의 표토관리는 멀칭을 실시하거나 열간은 초생, 나무 밑은 청경재배를 실시하는 부분초생 재배가 유리하다(그림 18).



그림 18. 초생재배
자료: 도시농부

나. 배수

- 장마철 대비 과수원내 경사를 이용한 명거배수는 배수량이 많고 배수면적이 넓으며, 지표면에 물이 고일 때 쓰일 수 있는 방법으로 배수로 설치 작업이 용이하고 비용이 적게 드는 장점이 있다.
- 뿌리 주변의 물빠짐을 좋게 하기 위해서는 50~60cm 깊이에 배수관을 설치하는 것이 효과적이다. 실제 현장에서 암거관을 묻는 깊이는 지하수위가 문제가 되는 경우는 120~140cm 깊이가 적당하겠으나, 뿌리부근에 배수가 불량하여 물을 빼내기 위해서는 50~60cm 깊이에 설치하는 것이 효과적이며 암거관은 반드시 경사가 있어야 배수 효과를 높일 수 있다(그림 19).

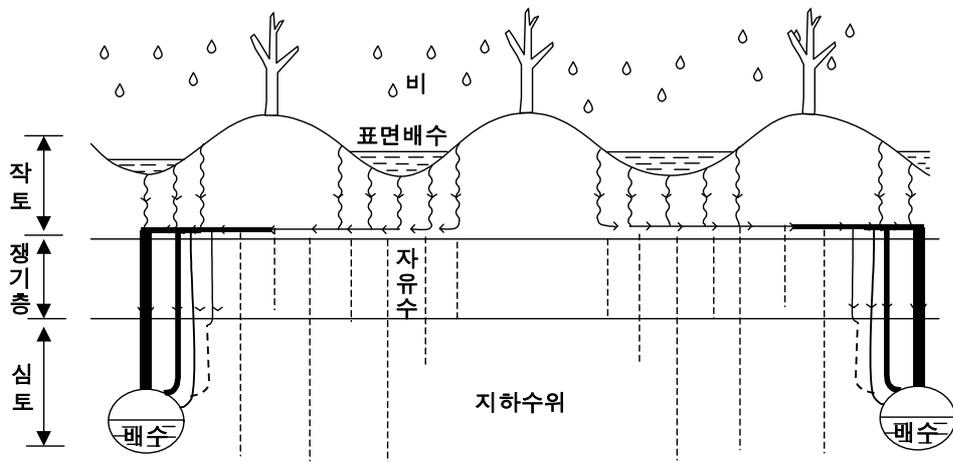


그림 19. 암거배수관 설치포장의 빗물의 흐름
 자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

다. 관수

- 장마가 끝나는 7월 중하순~8월 이후는 고온으로 인한 잎의 증산량이 증가하고 토양표면에서의 증발량도 증가하므로 토양이 건조해지기 쉽고 과실비대가 계속되는 시기이므로 관수가 필수적이다. 관수량과 관수간격은 토양 종류에 따라 다소 다르나 10일 이상 비가 내리지 않을 경우에 20~30mm의 관수를 실시한다.



- 장마 후는 7월 20일경이고 8월은 고온건조가 지속되기 때문에 7~8일 마다 관수를 실시한다. 수확 2주전(14~15일)에는 당도가 저하될 수 있으므로 관수를 중단하도록 한다.
- 관수량은 1주당 180~200L 정도의 물량을 주간으로부터 2~3m 범위에 집중적으로 관수한다. 관수는 대과를 생산하는 기본이 되지만 늦게까지 관수를 하면 당도가 떨어진다.
- 뿌리의 발달이 좋지 못한 배수불량지에서는 장마가 끝나는 7월 중하순경에 고온으로 인한 잎의 증산량 증가와 토양 과습으로 인한 뿌리 습해로 양수분의 흡수가 원활하지 못하여 잎이 까맣게 타 들어가는 엽소증상이 발생되며, 생리장해도 나타난다.

라. 병해충 방제

1) 흰날개무늬병(백문우병) 방제

- 이 병원균은 목질부까지 부패시키므로 이 병에 걸린 나무는 빠르면 1년 내에 고사되기도 하며, 늦으면 2~3년 후에 고사한다(그림 20).



그림 20. 배나무 흰날개무늬병

자료: 농진청 농사로

- 방제를 위해서는 과수원을 새로이 조성할 때에는 식물체의 뿌리나 잔재를 제거한 다음 토양소독을 실시한다.
- 병든 나무를 발견할 때에는 뿌리 분포지역에 충분한 약액을 관주한다.
- 온수 점적처리기를 이용하여 55°C 온수를 지하 30cm 깊이의 온도가 35°C에 이르기까지 처리하고 치료 후 켄터키블루그래스 등 초생재배로 유지해 준다.



2) 응애류 방제

- 배나무 잎을 가해하는 응애 종류는 점박이응애, 사과응애, 차응애, 굴응애, 벗나무응애 등이 있는데, 이 중에서 점박이응애의 발생이 가장 많다. 어린벌레와 어른벌레는 배나무 잎에 주둥이를 삽입해 세포 속의 내용물을 빨아 먹는데 잎이 엽록소를 잃으므로 표면에 하얀 점이 생긴다.
- 피해가 진행됨에 따라 잎은 짙은 갈색으로 변하고 심할 때에는 낙엽이 된다. 점박이응애의 피해를 받은 배나무 잎은 광합성 능력이 떨어지므로 과실의 생장과 착색이 불량해지며, 이듬해 착과량에도 영향을 미친다.
- 응애류의 방제는 우선 이른 봄에 배나무의 거친 껍질을 긁어주고 기계유유제를 살포하여 월동 밀도를 우선 낮추어 준다. 약제방제는 응애가 잎당 2~3마리씩 보이기 시작하면 바로 초기방제를 실시한다.
- 장마직후 여름철 응애류의 발생은 세대기간도 짧아져 적은 수의 응애가 갑자기 밀도가 높아지는 경우가 있으므로 이에 적합한 약제로 방제한다. 경종적 방제로는 고온 건조기에 토양수분이 부족하거나 질소 공급량이 많은 유기퇴비시비는 질소질 과다로 나무가 너무 무성하게 자라면 피해가 많다.
- 점박이응애의 연중 다발생 시기는 7~8월이고 발생최성기는 8월 상순이다. 지나친 응애의 섭식으로 인하여 잎의 질이 떨어지거나 심하면 낙엽되며, 온도가 낮아지고 낮의 길이가 짧아지는 가을철이 되면 오렌지색의 월동 성충이 나타나기 시작한다(그림 21).



그림 21. 점박이응애 성충과 알
자료: 농진청 농사로

- 영농형태양광 농업에서는 대개의 경우 태양광모듈의 형태에 따라 다르나, 30% 정도의 차광이 불가피함에 따라 그늘진 곳에 해충발생도가 일반재배에 비해 많을 가능성이 있다. 따라서 늘 세심한 관찰이 필요하며, 예방적 방제는 물론 발생시에는 초기에 약제 살포를 통해 방제를 해야 한다.



5. 9~10월 배 과원관리

가. 수확

- 수확시기는 유통기간에 따라서 시기를 달리한다. 덜 익은 과실을 수확하면 상품 가치가 낮아지며 품질이 매우 떨어진다. 아침 이슬이 마른 후부터 수확을 시작하여 오전 11시 정도까지 또는 온도가 낮은 오후 늦게 수확하는 것이 좋다. 비가 온 직후에는 과실이나 봉지에 수분이 많이 흡수되므로 비가 오고 나서 2~3일 지난 후에 수확하여 과실 봉지가 잘 마르도록 한다.
- 영농형태양광 농업으로 재배하는 경우, 일반 재배보다 수확시기를 10~14일 정도 늦춰 수확하도록 하며, 아래 수확기 판정 기준에 따라 수확하도록 한다.

나. 수확요령

- 수확기 판정은 주로 과실의 빛깔에 의하여 결정되는데, 한 나무에서도 수확은 큰 과실부터 시작하여 한 나무에서 3~5일 간격으로 2~3회로 나누어 수확한다. 열매 자루의 분리 정도, 만개 후 일수 및 적산온도, 전분함량 등도 적숙기 결정요인이다.
- 여름에 수확하는 품종은 오후가 되면 품온(品溫)이 급격히 상승하여 수확 후 품질변화가 빠르게 진행되므로 오전에 수확하여 선별장으로 이송시킨다.
- 이슬이 내리거나 서리가 내린 날에는 오히려 물기가 마른 늦은 오전시간에 수확하는 것이 작업효율 면에서 유리하고 병원균의 전이를 최소화할 수 있다.
- 화산은 과육 선숙형 품종으로 과실이 성숙되어도 과피에 녹색이 남아 있는 특성이 있으나 만개 후 150일경이면 과피에 녹색이 남아 있어도 수확 가능하다 (그림 22).
 - 한 나무에서도 수관 외부에 달린 과실이 당도가 높고 착색이 양호하여 숙기가 빠른 반면, 수관내부에 달린 과실은 이와 반대 경향으로 나타난다.



그림 22. 화산의 수확 시기별 과피색
 자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

다. 수확 후 관리

- 수확한 과실은 선과과정에서 발생하는 미세한 상처로 인해 과피가 검게 변색될 수 있으므로 상처로 봉지째 선과를 진행하고 포장 직전에 봉지를 제거한다.
- 예건실시 : 수확 후에 그늘지고 통풍이 양호한 곳에서 과실표면의 작은 상처 등이 아물도록 과실 표면을 건조시키는 방법으로 과피열룩과, 부패방지 및 과피흑변 발생을 줄일 수 있다. 조생종은 수확기가 고온기이므로 야적 기간을 최대한 짧게 해야 과심갈변 방지에 효과적이다. 추황배는 수확 후 과피흑변에 의한 문제가 발생하므로 수확 후에는 반드시 예건을 하도록 한다. 야적을 위한 적당한 비가림 시설이 없다면, 햇빛을 가릴 수 있는 차광막을 이용하여 직사광선에 의한 온도상승을 최대한 줄이도록 한다. 또한 통풍이 양호하도록 적절한 상자 띄움이 바람직하다.
- 예냉실시 : 고온기에 수확하는 조생종인 원황배, 황금배 등이 예냉이 필요하며 수확 후 갑자기 품온을 떨어뜨리지 않고 10℃에서 24시간 정도 지난 후 저온저장고의 온도를 1℃로 낮춘다.

라. 가을전정

- 가을전정은 과실수확 직후에 수세가 강한 나무의 수세안정을 목적으로 잎이 달려있는 상태에서 강한 측지 솎아주기 및 혼잡한 곳의 가지를 솎아주는 것을 말하는데, 가을전정은 잎이 있는 나무에서 가지를 잘라내기 때문에 지나치면 수세의 약화를 가져오기 쉬우므로 지나치지 않을 정도가 좋다.
- 측지의 사용연한 과다로 오래된 묵은 측지에 결실 시 과실품질이 떨어지며, 젊은 측지로 갱신하고자 묵은 측지를 절단제거해도 신초가 잘 발생되지 않는 경우가 많다. 그리고 새로운 측지를 양성할 때 주지 또는 부주지의 등에서 발

생된 가지를 측지로 양성하여 이용하면 측지의 사용연한이 짧아진다.

- 젊은 측지를 양성하기 위하여 가을철 10월 상순경, 톱으로 묵은 측지 아래쪽에서 위쪽을 향하여 측지 굵기의 1/2~2/3 정도를 췌기형태(∠)로 잘라두면 측지의 아래쪽에서 이듬해 새로운 가지가 발생되어 측지갱신이 가능해진다(그림 23).



(1) 췌기형(∠)

(2) 관행(제거) I

(3) 관행(제거) II

※ 처리방법 및 시기 : (1)은 측지 굵기의 1/2~2/3 절단(10월 상순), (2)는 측지 절단제거(10월 상순), (3)은 측지 절단제거, 2월 상순

그림 23. 측지갱신을 위한 절단방법 및 시기에 따른 신초발생 양상

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소

- 이듬해 묵은 측지 아래쪽에 발생한 신초는 기존의 측지가 뺏어있는 쪽으로 유인을 실시하며, 이 예비측지는 겨울철 전정을 실시하여 새로운 측지로 양성해 간다. 그래서 기존 측지에는 2년간은 과실을 착과시켜 수확하고, 예비측지에 단과지가 형성되고 착과가 시작되는 3년차에 묵은 측지를 절단하여 제거해 주도록 한다. 이와 같이 가을전정을 실시하는 장점 중의 하나도 가을철에 솎아낸 가지의 기부에 부정아가 움트거나 활동하기 시작하여 이듬해 신초의 발아가 빨라지고 신초의 생장이 양호해지기 때문이다.
- 이러한 목적의 가을전정 시기는 빠르면 빠를수록 유리하므로 화산 품종은 수확 직후인 9월 하순경이 알맞을 것으로 보인다.

마. 추비시용

- 과실 수확 직후 10월 중 시용하며, 살포시기가 너무 늦어지면 꽃눈이 발아하거나 동해의 위험이 있으므로 주의하여야 한다.



- 요소, 유안 등 질소질 비료를 연간 사용량의 20% 정도 토양 살포한다.
 - 성목기준 10a당 유안 21.4kg 또는 요소 9.3kg 사용한다.
 - 수세가 지나치게 강할 경우 가을거름 사용을 하지 않는다.
- 뿌리가 손상되지 않도록 지표면에 살포하고 가볍게 긁어주며, 관수를 한다.
- 가을거름 사용 대신 요소 0.3% 액을 4~5일 간격으로 1~2회 엽면살포할 수도 있다.

바 병해충 관리

- 9월이 되면 기온이 내려가거나 비가 자주내리는 해에 신초 선단부 등의 신장이 멈추지 않는 연약한 부위의 신초나 잎에 검은별무늬병이 발생되어 이듬해 1차 감염원이 된다. 따라서 가을에 강우량이 많을 때는 검은별무늬병 방제를 실시한다.
- 가을형 검은별무늬병 병반이 많을 경우 수확하고서 낙엽되기 전까지 비가 오면 ‘평균온도×지속기간’ 값이 320 이전에 결정 석회황합제(500배) 등을 살포한다.
- 꼬마배나무이, 나방류, 가루깍지벌레, 노린재류 등의 피해가 발생하는 시기가므로 해충 방제에 유의하여야 한다.

6. 11~12월 배 과원관리

가. 밑거름 사용

- 밑거름은 낙엽기부터 휴면기인 11~2월에 사용하며, 질소는 연간 시비량의 50~70%를 사용하고, 인산은 100%, 칼리는 50~60%를 사용한다.
- 퇴비 및 고토석회를 기비로 주며 시비시기와 퇴비의 종류에 따라서 화학비료량을 가감하여야 한다.
- 엽분석 및 토양분석에 의한 시비처방과 재배조건을 결부시켜 합리적 시비기준을 세워 수세와 수량을 조절해야 한다.
- 질소의 경우 적량의 상한선에 시비기준을 두는 경우가 많으나, 과실의 품질을 고려할 때 부족하지 않은 범위에서 시비량과 시비시기를 결정해야 한다.
 - 최근에는 부족한 과원보다 과다에 의한 과잉장해가 문제가 되기도 한다.
- 점토질함량과 유기물 함량이 많은 식질토양이 비옥도가 높고 완충효과가 커



다비재배가 가능하며 유기물이 적고 모래가 많은 토양은 양분 보유능력이 적어 비료의 과다, 결핍이 반복될 수 있다. 따라서 모래땅은 비료를 가급적 여러 번 나누어서 주는 것이 효과적이다.

- 토양산도, 유기물함량, 유효인산, 양이온 함량 등을 사전에 분석하여 시비기준으로 삼아야 한다.
- 강 전정 및 착과가 적게 되었을 경우 질소질 비료를 줄여 수세의 안정과 꽃눈 확보에 신경을 써야 한다.
- 영농형태양광 농업에서는 대개의 경우 태양광모듈의 형태에 따라 다르나, 30% 정도의 차광이 불가피함에 따라 내음성이 상대적으로 강한 품종 선택을 물론 일반재배에 비해 질소성분보다는 인산, 칼리 및 규산질 비료를 많이 사용한다.

나. 토양물리성 개선

- 암거배수는 소형 굴삭기를 이용하여 유공관을 매설할 곳을 깊이 60cm~1m 폭 50cm 가량을 굴착한다. 자갈을 2~3cm 높이로 평단하게 깔 후 배수가 원활히 될 수 있도록 배수로 쪽으로 경사를 두어 망사를 두른 유공관을 연결한다. 그 위에 자갈 또는 굵은 모래를 5~10cm가량 덮고, 그 위에 흙을 덮어 평탄작업을 한다.
- 심토파쇄는 늦가을에서 이른 봄 사이에 트랙터에 부착된 심토파쇄기의 공기압력이 10kg/cm²이며, 파쇄기 끝을 40~50cm 깊이까지 들어가게 한 후 일시에 80ℓ의 압축공기를 보낸다. 처리간격은 배나무 열간을 1.5~2m 간격으로 처리하면 토성에 따라 파쇄반경 200~250cm 정도의 균열을 얻을 수 있다(그림 24).



암거배수시설



심토파쇄

그림 24. 토양물리성 개선 방법

자료: 농진청 국립원예특작과학원 배연구소



다. 병해충 관리

- 월동 병해충이 다음해 생육초기에 고밀도가 되지 않도록 포장위생관리를 하는 것을 기본으로 한다. 우선 낙엽을 수거하여 매몰하거나 소각처리 하도록 한다.
- 검은별무늬병과 겹무늬병에 감염된 신초는 본격적인 전정이 이뤄지기 전에 미리 제거하도록 한다.
- 흰날개무늬병에 감염된 나무는 굴취하여 소각하고 발병지역은 비닐이나 피복 자재로 덮어 두어 인근 과원으로 토양이 혼입되지 않도록 격리 처리하도록 한다. 줄기마름병은 감염수준에 따라 수세 진단하고 수세를 강하게 할 수 있도록 병든 나무는 미리 전정을 마치도록 한다.

참고 문헌

1. 농기자재신문. 2019. 농기자재신문.
2. 농촌진흥청 국립원예특작과학원 배연구소 - POINT 정책정보포털. 농촌진흥청 국립원예특작과학원.
3. 농촌진흥청 국립원예특작과학원 배연구소. 2010. 농촌진흥청 국립원예특작과학원 배연구소.
4. 농촌진흥청 국립원예특작과학원. 2013. 배 유기재배 적품종 선발 및 주요 병해충관리 기술개발. 농촌진흥청 국립원예특작과학원.
5. 농촌진흥청 농사로. 2019. 농촌진흥청
6. 농촌진흥청. 2018. 배 재배 정보. 농촌진흥청.
7. 상주시 농업기술센터 홈페이지. 2019. 상주시 농업기술센터.
8. 소초농협. 2019. 배 재배방법. 소초농협.
9. 임열재. 2015. 과수학 총론. 향문사.

10. 임열재. 2016. 과수학 각론. 향문사.
11. 전국친환경농업인연합회. 2017. 친환경농업자료실. 전국친환경농업인연합회.