태양광 폐모듈
자원화기술 개발 및 Biz모델 실증

2019. 02. 11

원광전력 주식회사

이 재 경

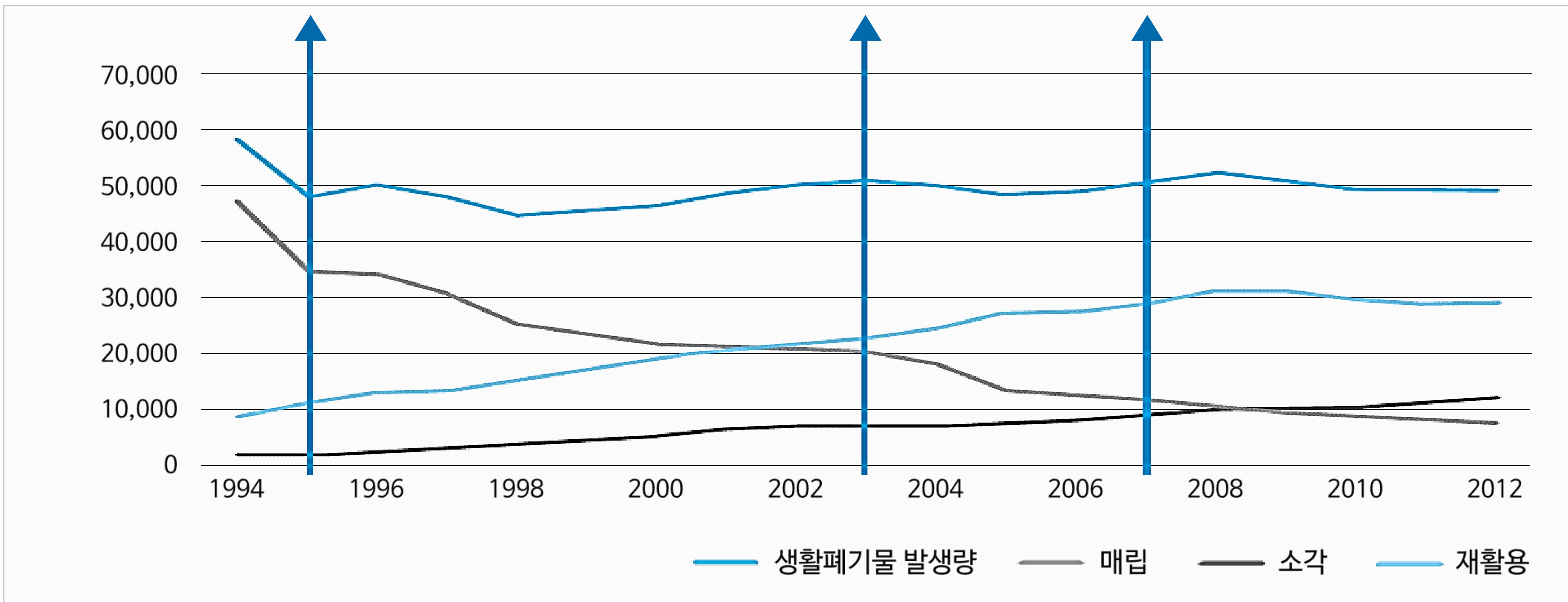
목차

폐기물 관련 정책 패러다임

I. 한국의 폐기물 관리

안전처리 → 재활용 → 자원순환

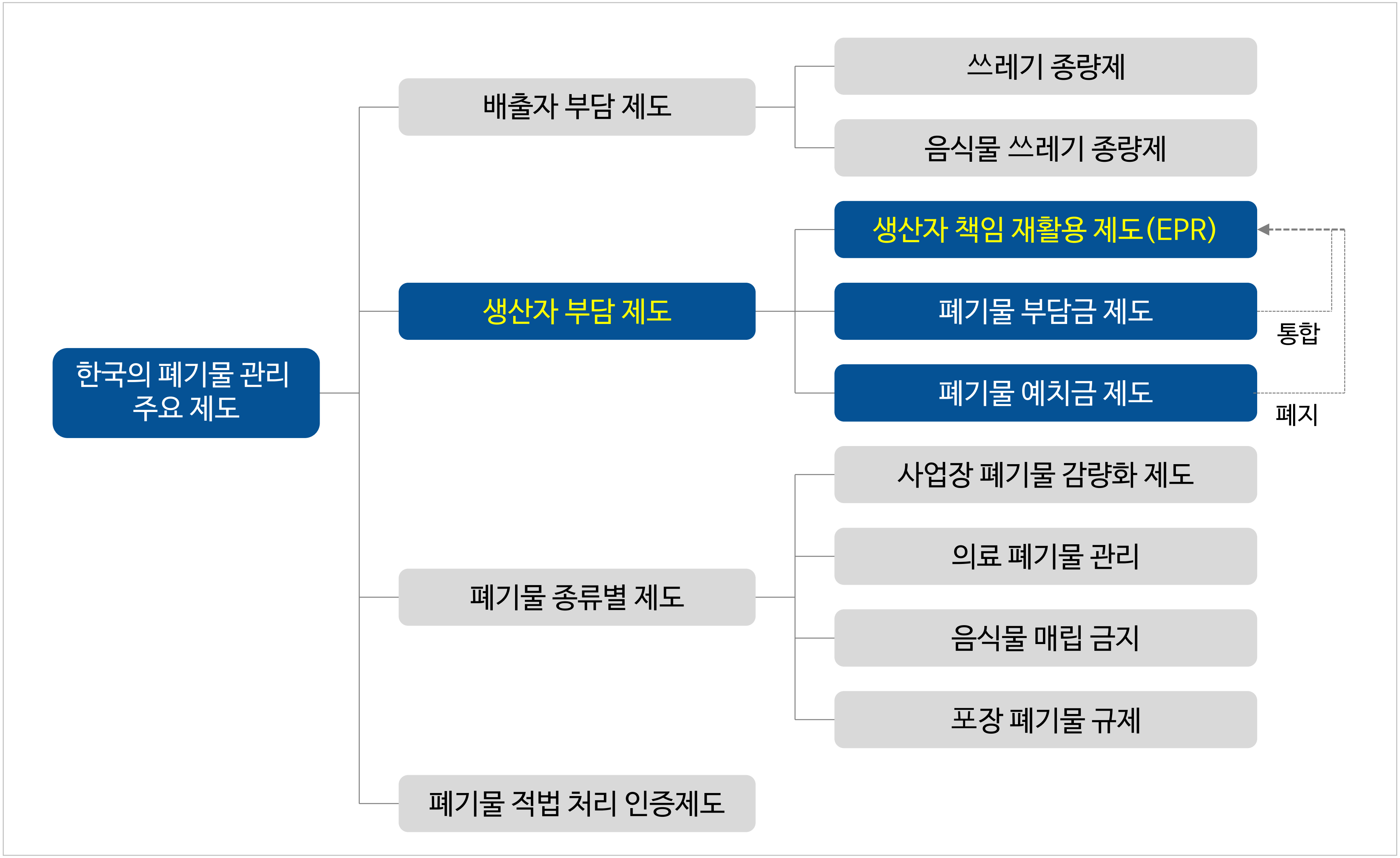
1995년	2003년	2007년
쓰레기 종량제 재활용촉진법 폐기물처리시설 설치 촉진법	생산자 책임 재활용 제도 건설 폐기물 재활용 촉진법	전기전자 제품 등 자원 순환법



Ref. 환경부 2016 환경백서

정책 패러다임

I. 한국의 폐기물 관리



Ref. 2016 경제발전경험모듈사업: 한국의 폐기물 자원관리 및 활용정책

- 재활용 여건을 고려 출고량의 일정 부분에 대해 재활용 의무를 부여
- 직접적 재활용 의무(적극적 생산자 책임)
- 최소부담으로 재활용 재고 가능
- 재활용산업 육성 효과 극대

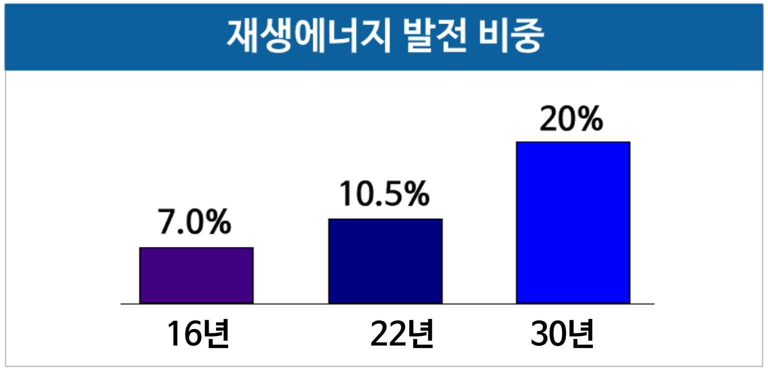
구분	대상품목
제품	타이어, 윤활유, 형광등, 자동판매기, 전기 정수기, 전기오븐, 전자레인지, 음식물처리기, 식기 건조기, 전기 비데, 공기청정기, 전기히터, 전기밥솥, 연수기, 가습기, 전기다리미, 선풍기, 믹서, 청소기, 비디오플레이어), 양식용 부자, 김발장, 곤포사일리지용 필름 전자제품(TV, 컴퓨터, 냉장고, 에어컨, 세탁기, 휴대폰, 오디오, 프린터, 복사기, 팩시밀리), 전지(수은전지, 산화은전지, 니켈카드뮴전지, 리튬1차전지, 망간·알칼리망간전지, 니켈수소전지)
포장재	음식료품, 농·수·축산물, 세제류, 의약품, 화장품류 등의 포장에 사용된 금속캔·유리병·종이팩·합성 수지포장재

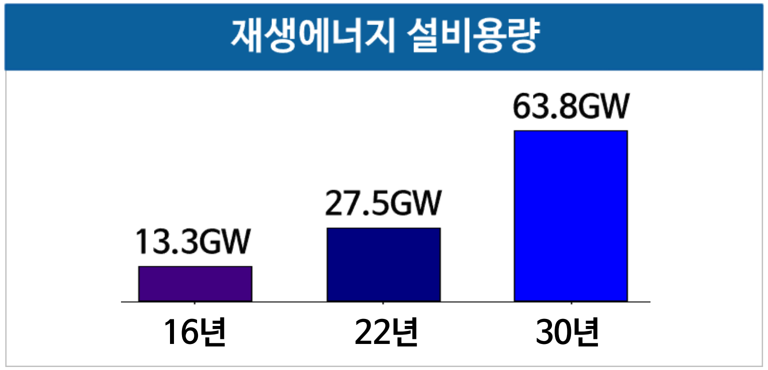
Ref. 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 / 환경부 2016 환경백서

2030에너지 신산업 확산 전략

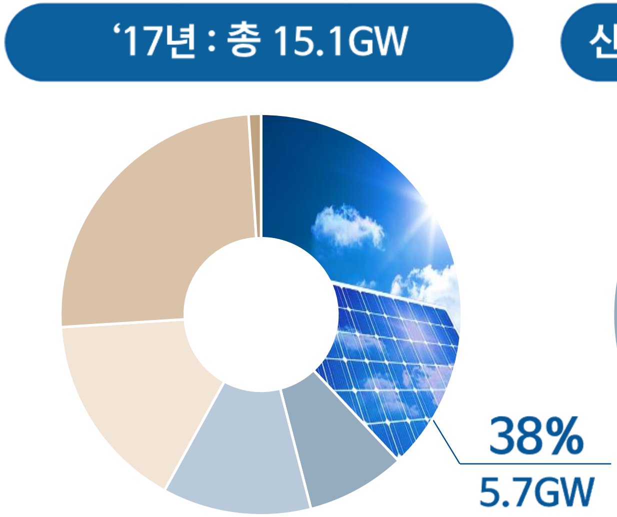
II. 태양광 발전 동향

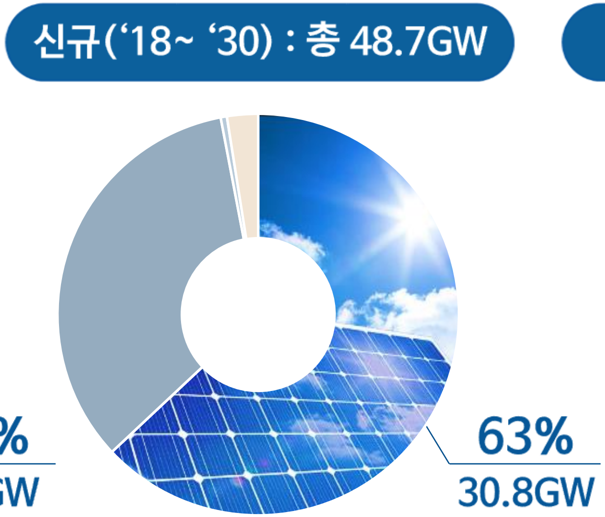
2030년 재생에너지 발전량 비중 20%

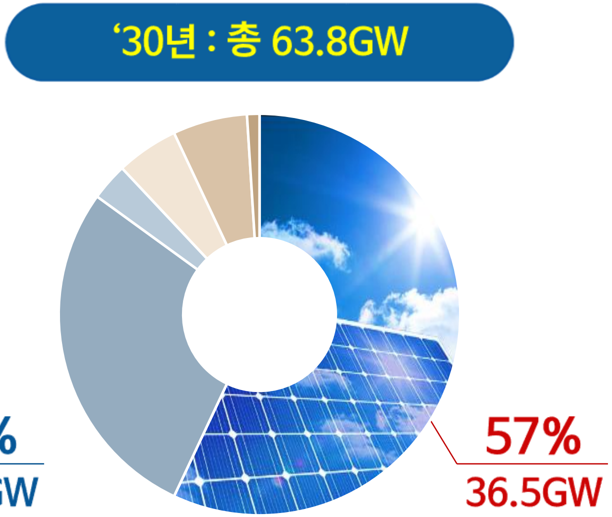




신규설비 95% 이상을 태양광, 풍력 등 청정에너지로 공급







Ref. 2017 산업통상자원부 재생에너지 3020 이행계획 (안)

주요국의 폐 태양광 패널 발생량 전망

(단위 : 천 톤)

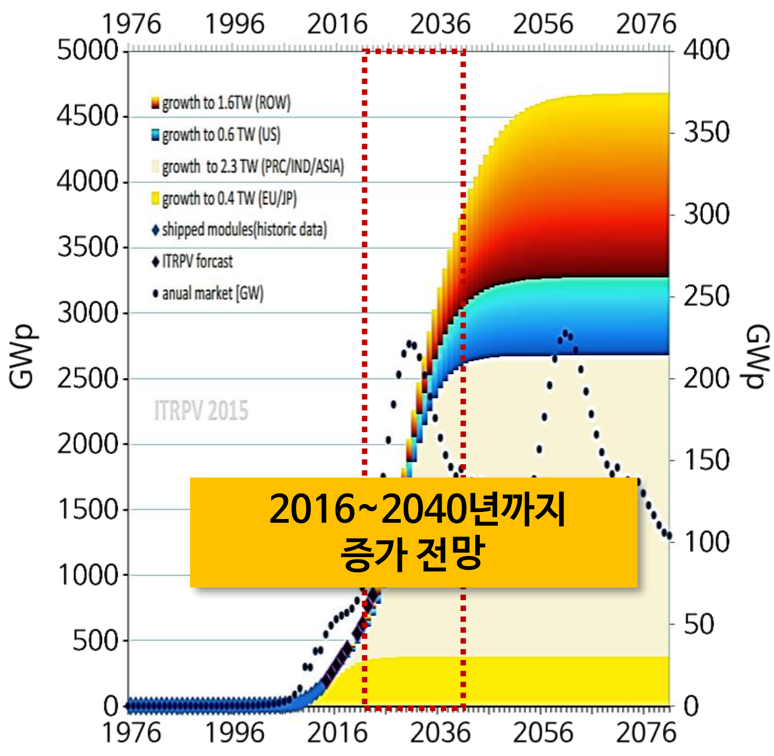
시나리오		Regular-loss					Early-loss				
연도		2016	2020	2030	2040	2050	2016	2020	2030	2040	2050
주요국	중국	5.0	8.0	200	2,800	13,500	15	100	1,500	7,000	19,900
	미국	6.5	13.0	170	1,700	7,500	24	85	1,000	4,000	10,000
	일본	7.0	15.0	200	1,800	6,500	35	100	1,000	3,500	7,600
	인도	1.0	2.0	50	620	4,400	2.5	15	325	2,300	7,500
	독일	3.5	20.0	400	2,200	4,300	70	200	1,000	2,600	4,300
	한국	0.6	1.5	25	300	1,500	3	10	150	820	2,300
세계		43.5	100	1,700	15,000	60,000	250	850	8,000	32,000	78,000

- Regular-loss) 조기 폐기 미 고려. 평균 태양광 패널 수명 30~40년 후 폐기 가정
- Early-loss) 손상 및 기술 결함에 따른 조기 폐기 고려

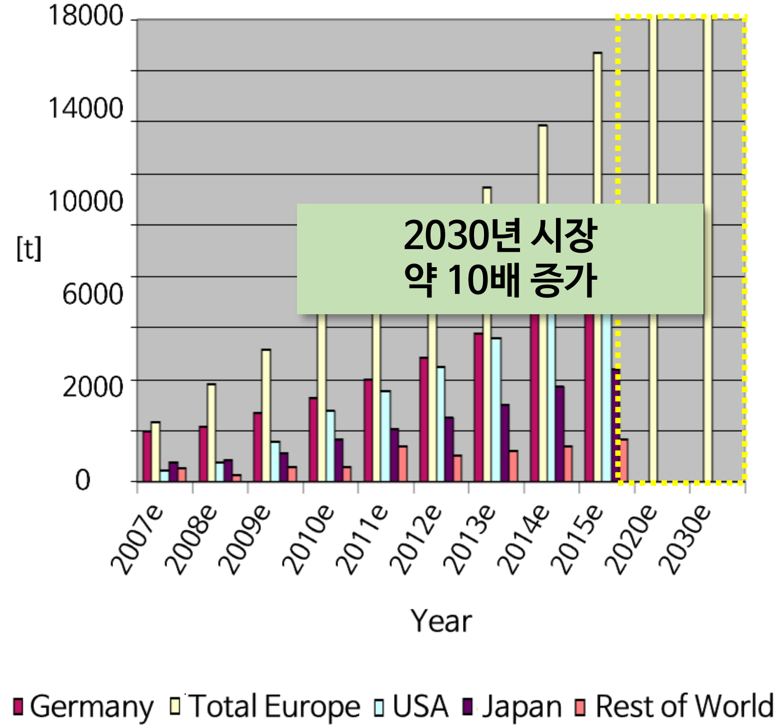
폐 태양광 패널 재활용 시장 동향

약 15억 달러 → 약 33.4억 달러(2020년) 추정

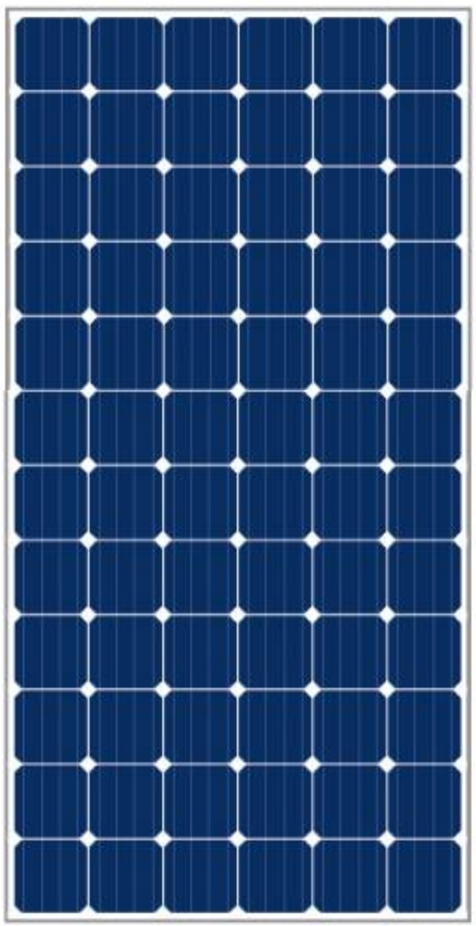
주요 국가 PV 설치 발생량

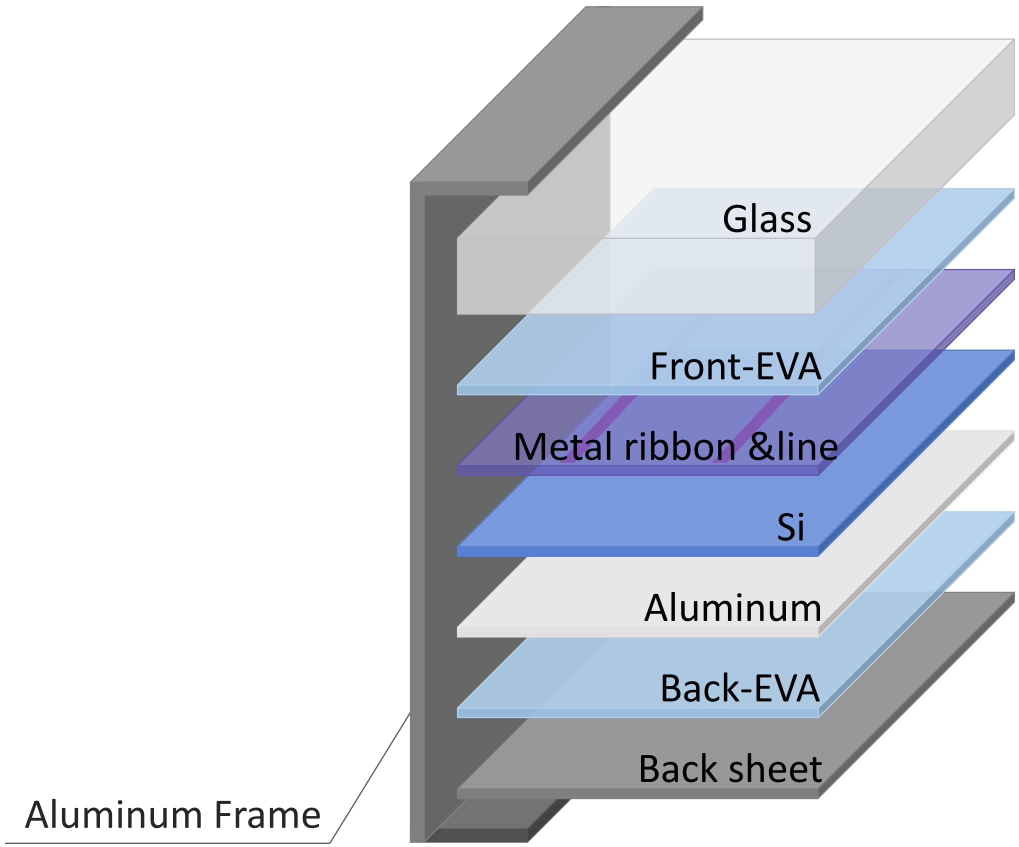


전 세계 PV 폐기물 발생 전망



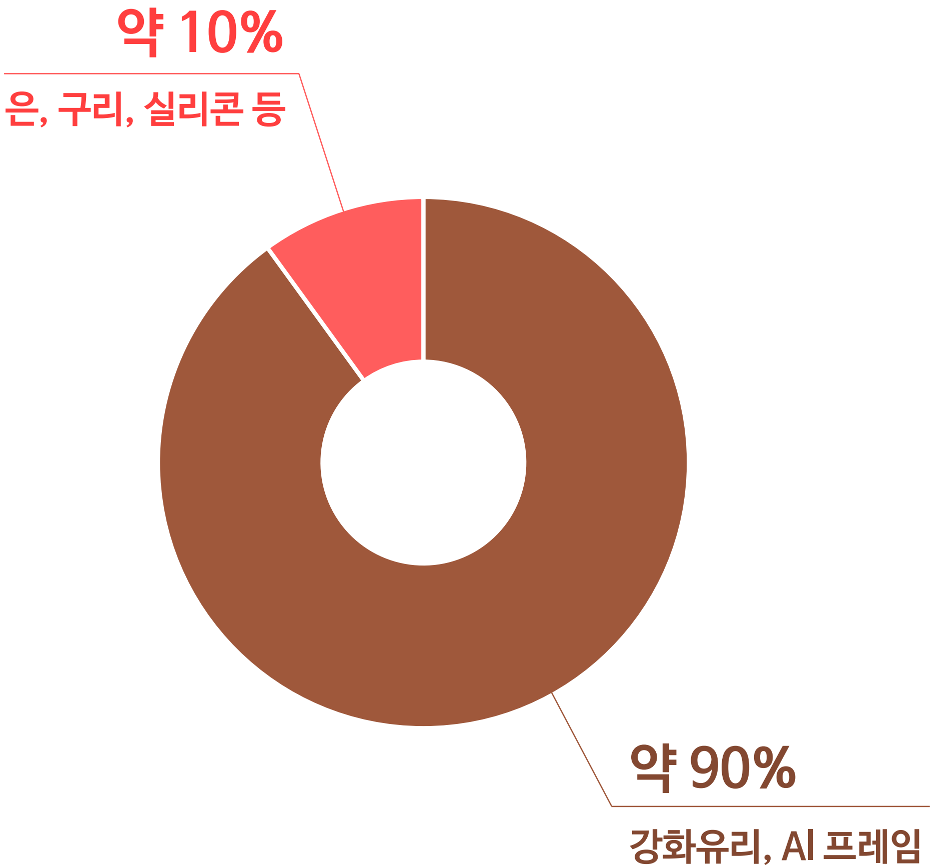
태양광 패널의 구조



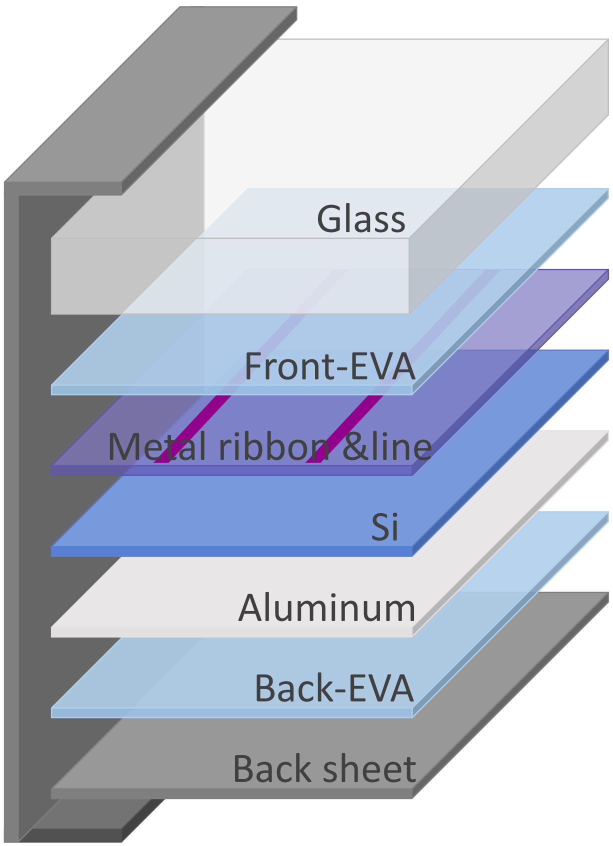


Glass
Front-EVA
Metal ribbon &line
Si
Aluminum
Back-EVA
Back sheet
Aluminum Frame

태양광 패널의 구조



약 10%
은, 구리, 실리콘 등
약 90%
강화유리, Al 프레임



Glass
Front-EVA
Metal ribbon &line
Si
Aluminum
Back-EVA
Back sheet

폐 태양광 패널의 발생

태양광 패널 수명은 20년?

태양광 발전 보급 확산 시점(2003년) : 약 10년

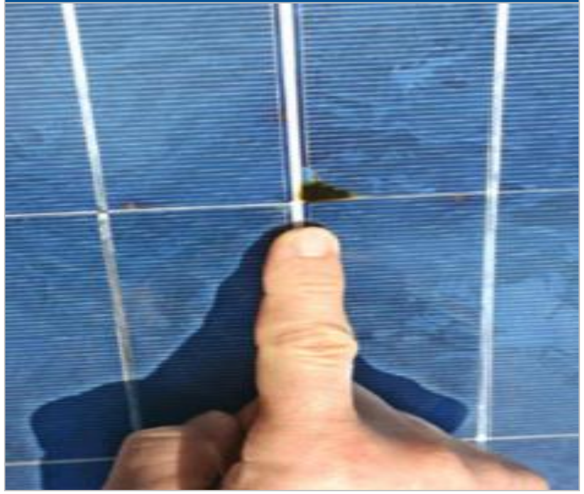
기술개발에 따른 현 수준 : 약 20년~40년

손상 및 결함에 의해 평균 수명 전 조기 폐기율 7.5%

설치·운송 단계 0.5% → 설치 후 2년 이내 0.5% →설치 후 10년 이내 0.5% → 설치 후 15년 이내 4.0%

설치 및 운송 중 파손

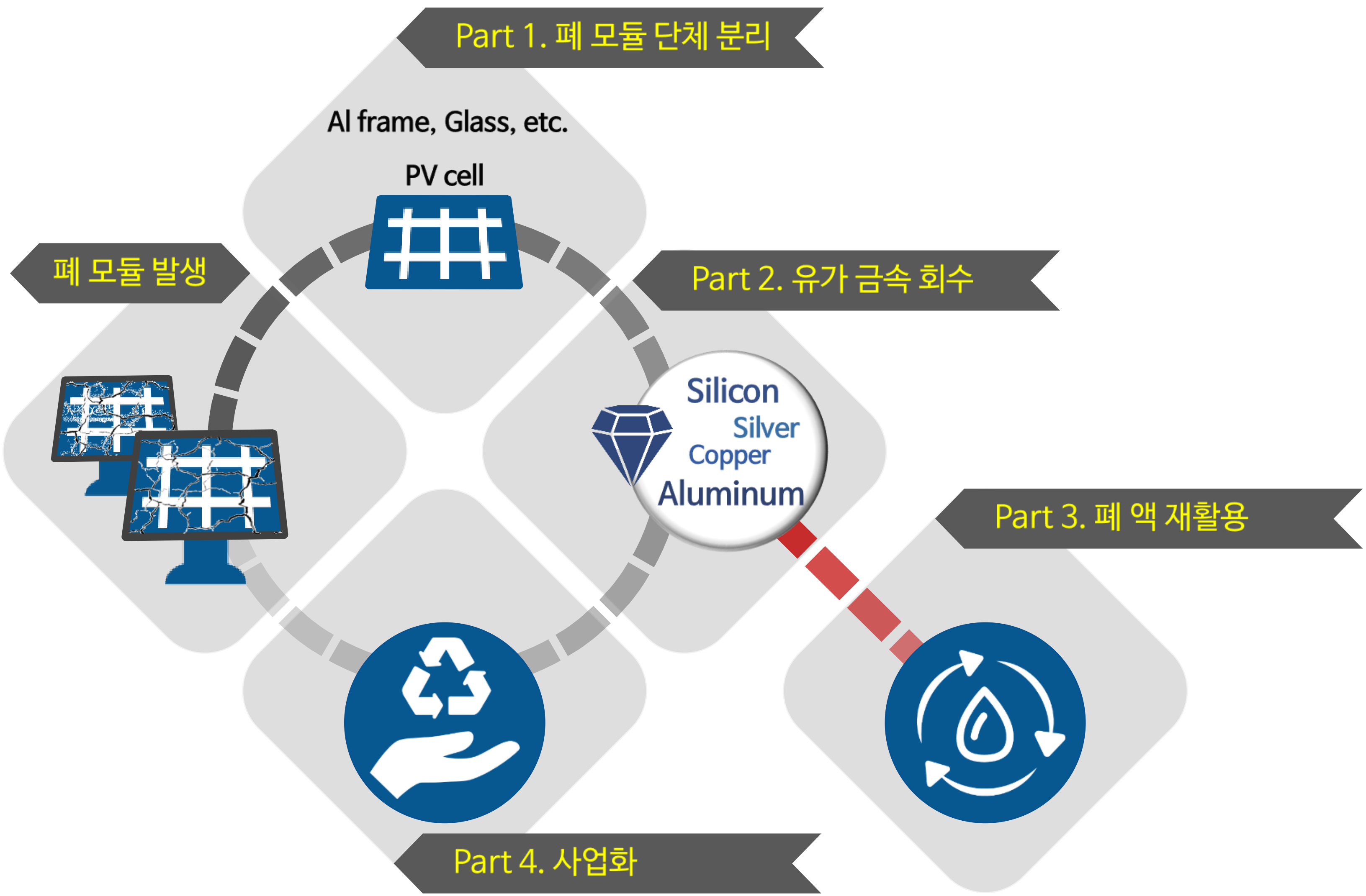
유지 보수 미흡에 의한 파손



자연재해에 의한 파손

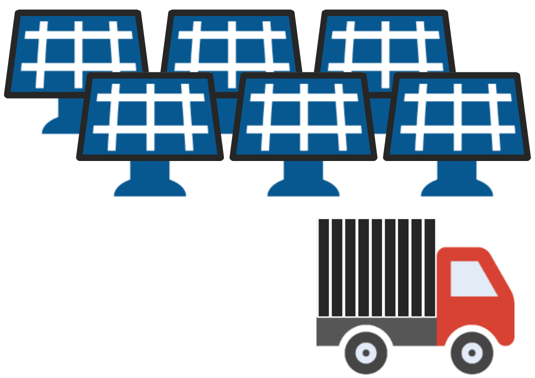
연구개발 내용

IV. 폐 태양광 패널 자원화 기술 개발

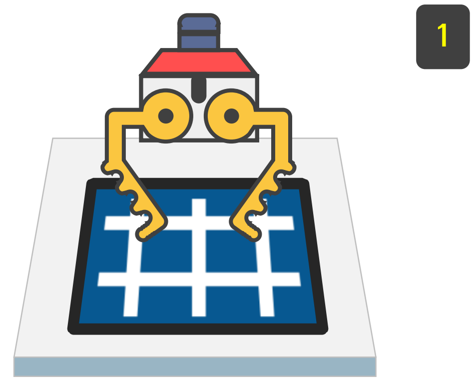


폐 태양광 패널 자원화 시스템

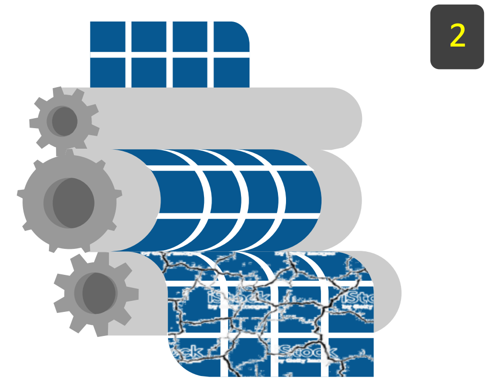
폐모듈 발생



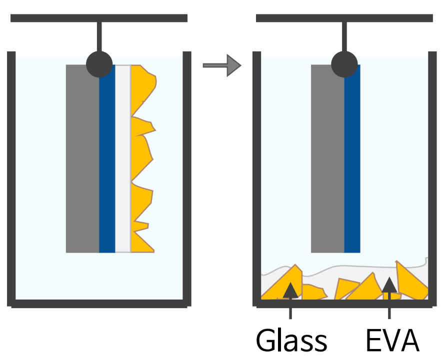
Al 프레임 분리



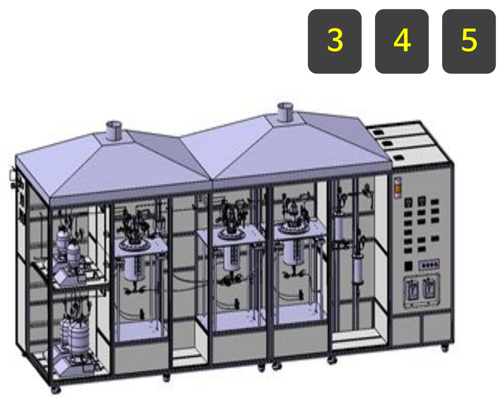
강화유리 분리



EVA / Cell / Back sheet 분리



유가금속 회수



산출물

Al frame

강화유리

실리콘

알루미늄

은

폐 태양광 패널 자원화 시스템

폐모듈 발생

Al 프레임 분리

2017년 개발 완료

강화유리 분리

2017년 개발 완료

EVA / Cell / Back sheet 분리

2018년 개발 완료

유가금속 회수

2018년 개발 완료

일체형 파일럿 설비

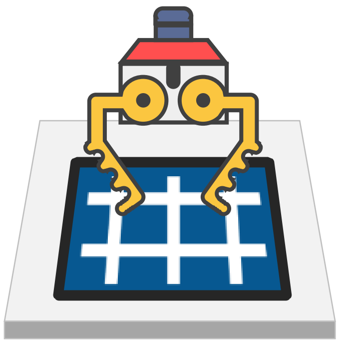
2019. 12.
개발 완료[예정]

연구개발 내용

IV. 폐 태양광 패널 자원화 기술 개발

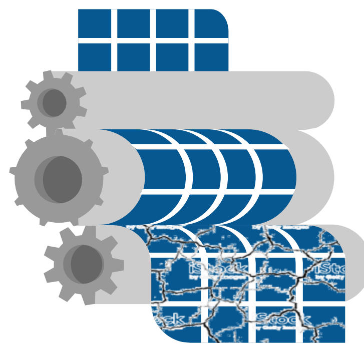
Part 1. 단체 분리 기술

알루미늄 프레임 분리 장치



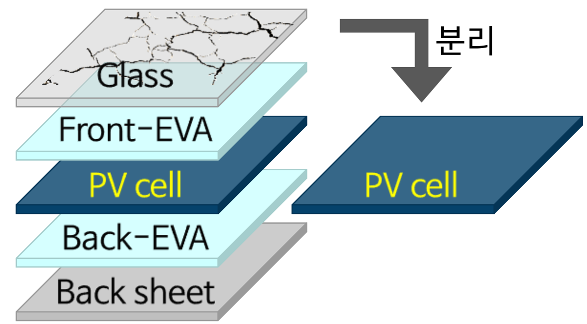
산출물:
- 전극 및 도선
- 알루미늄 프레임
- 해체 모듈

강화유리 분리 장치



산출물:
- 강화유리
- 강화유리 파쇄 모듈

EVA/Cell/back sheet 분리 장치



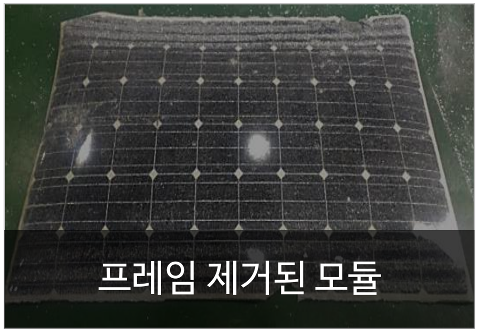
산출물:
- 강화유리(일부)
- EVA
- Back sheet
- PV cell

Part 2. 유가금속 회수 출발 물질

알루미늄 프레임 분리 기술

알루미늄 프레임 분리 설비 (반자동)

설비 투입 결과 - 산출물



작업성 평가 (투입 인원 : 2人)

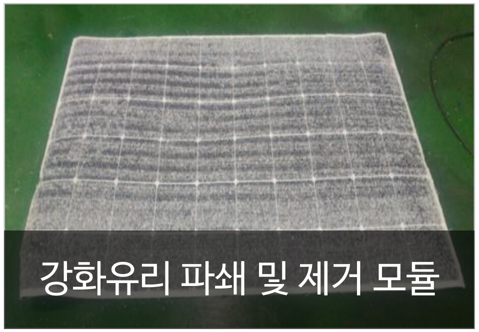
No	평가 항목	소요 시간
1	전처리 준비시간	60초
2	공정작업시간	60초
3	후처리 시간	60초
4	모듈 1장 처리시간	3분
일일 처리 가능 용량(5h/day)		100매/day(1.8ton)

- Module weight : 18kg/sheet 기준

강화유리 분리 기술 - 강화유리 파쇄

강화유리 분리 장치

설비 투입 결과 - 산출물



작업성 평가 (투입 인원 : 2人)

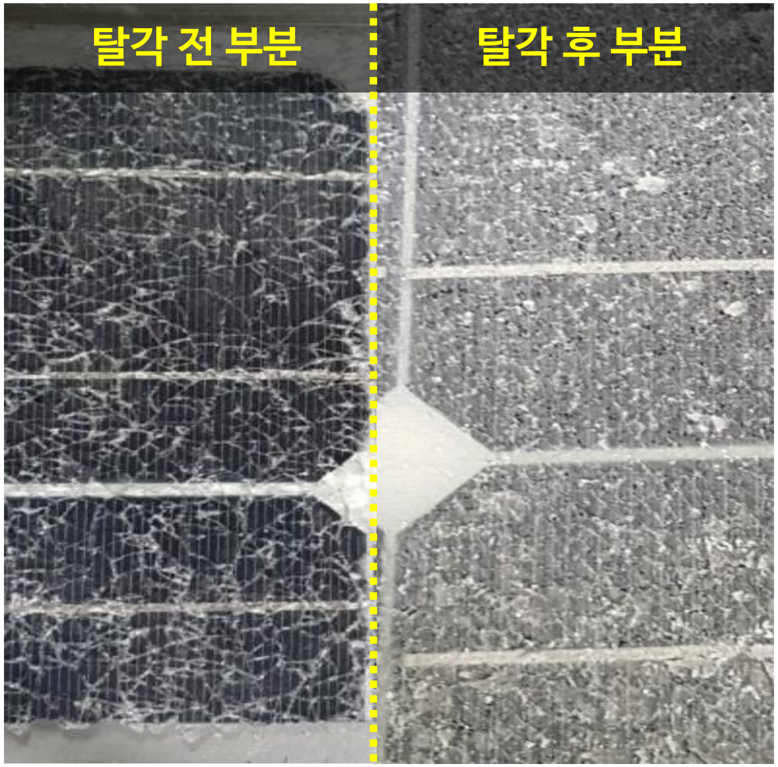
No	평가 항목	소요 시간
1	전처리 준비시간	120초
2	공정작업시간	60초
3	후처리 시간	120초
4	모듈 1장 처리시간	5분
	일일 처리 가능 용량(5h/day)	60매/day(1.08ton)

- Module weight : 18kg/sheet 기준

강화유리 분리 기술 - 강화유리 탈리

EVA(접착제) 가열 시 접착력 저하 특성 활용

폐 태양광 페널 가열(70℃~100℃) → 탈각 로라를 활용한 강화유리 분리



강화유리 약 99% 이상 탈리

강화유리 분리 기술 - 강화유리 탈리

EVA(접착제) 가열 시 접착력 저하 특성 활용

폐 태양광 페널 가열(70℃~100℃) → 탈각 로라를 활용한 강화유리 분리

시제품 제작

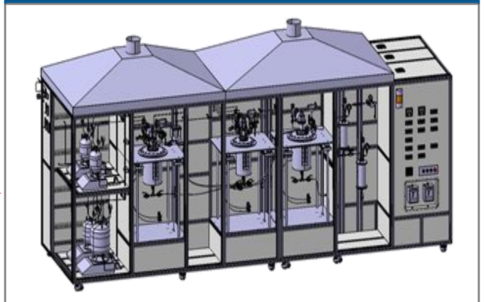
강화유리 약 99% 이상 탈리

Part 2. 유가금속 회수 기술

	유가금속 회수 및 고 순도화 기술 개발				
	산습식법		마이크로웨이브 가압 습식법		초임계유체법
적용 목적	유가금속 회수 기술		유가금속 회수 기술		Silicon 고 순도화
개발 현황	1차연도 시작 ~ 진행 中		2차연도 하반기 시작 예정		1차연도 시작 ~ 진행 中
출발 물질	PV cell		PV cell		추출 Silicon
산 출 물	Silver	Capper	Silver	Capper	고순도 Silicon
	Aluminum	Silicon	Aluminum	Silicon	

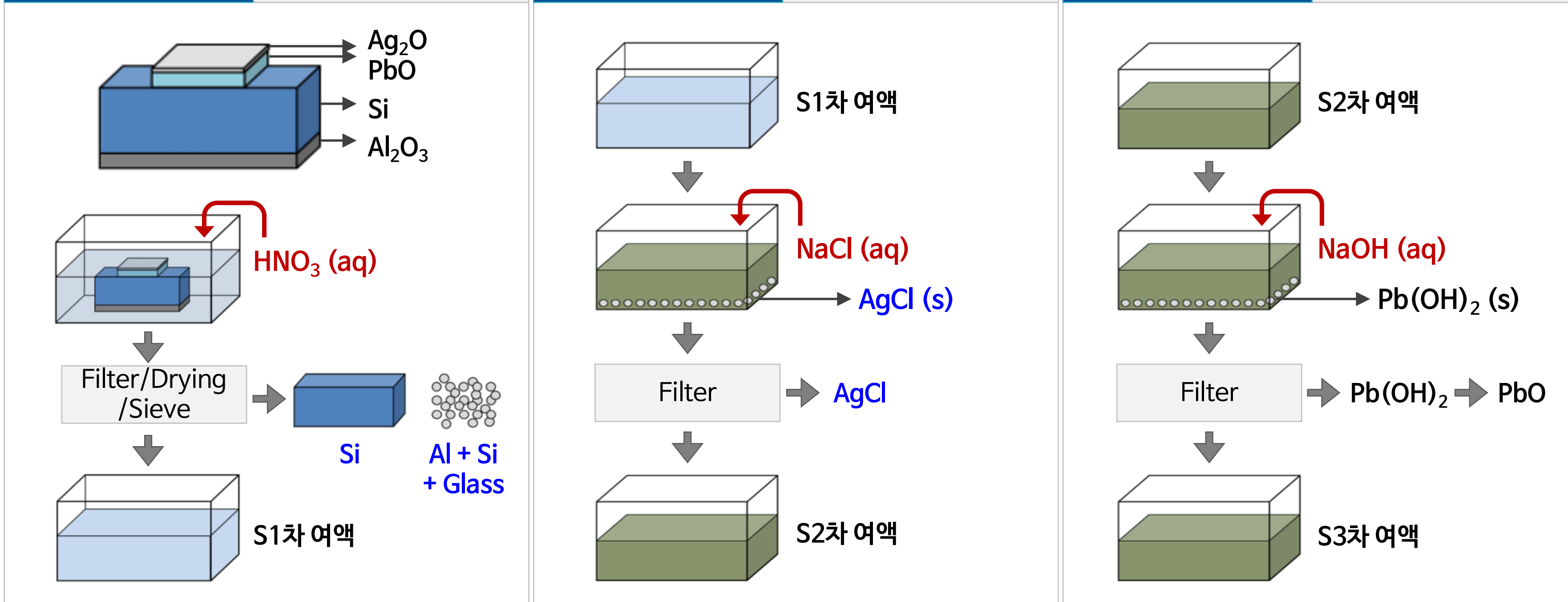
	전산해석	
	반응 공정 설계	반응기 설계
목 적	공정 최적화 기술개발	최적 공정 적용 반응기 설계
출발 물질	기초 실험 데이터	반응 공정 설계 결과
산 출 물	최적 공정	반응기 설계 도면

유가금속 회수 장치



유가금속 회수 기술 - 공정도 확립

1차 분리 회수 공정	Si, Al 회수	2차 분리 회수 공정	Ag 회수	3차 분리 회수 공정	Pb 추출



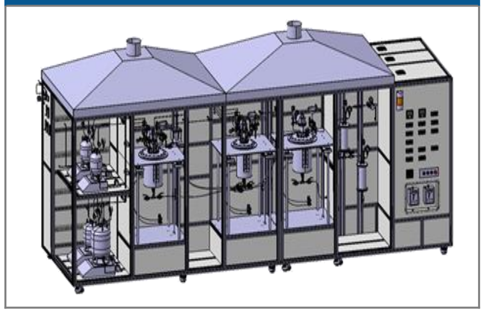
Si　Al + Si + glass　AgCl　$Pb(OH)_2$　Cu

* 1차 여액 : $HNO_3(aq)+AgNO_3+Pb(NO_3)_2$
* 2차 여액 : $Pb(NO_3)_2(aq)++HNO_3+NaCl$
* 3차 여액 : $HNO_3+NaOH+HCl(aq)$

유가금속 회수 기술 - 플랜트 제작

Part 3. 폐 액 재활용

유가금속 회수 장치

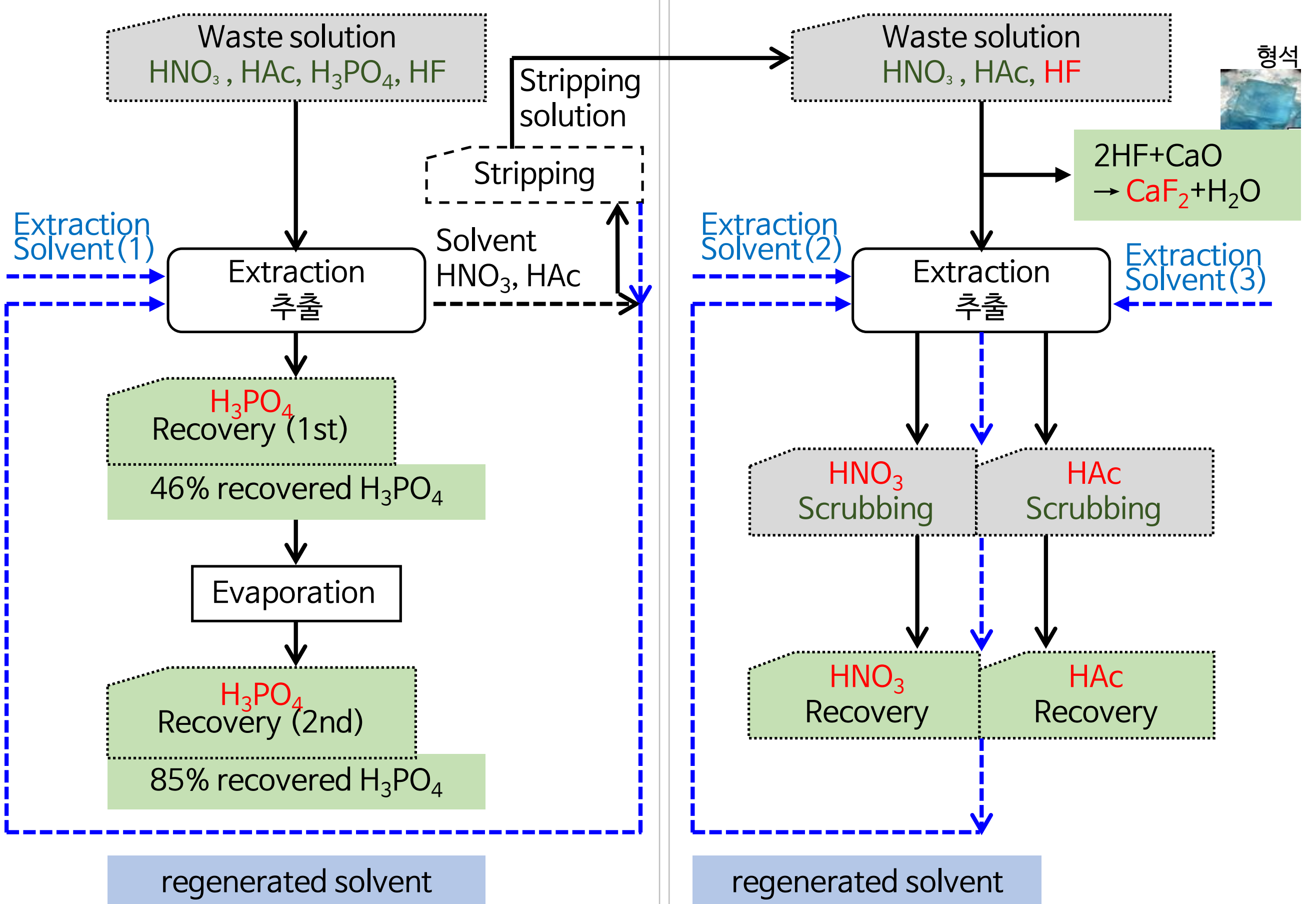


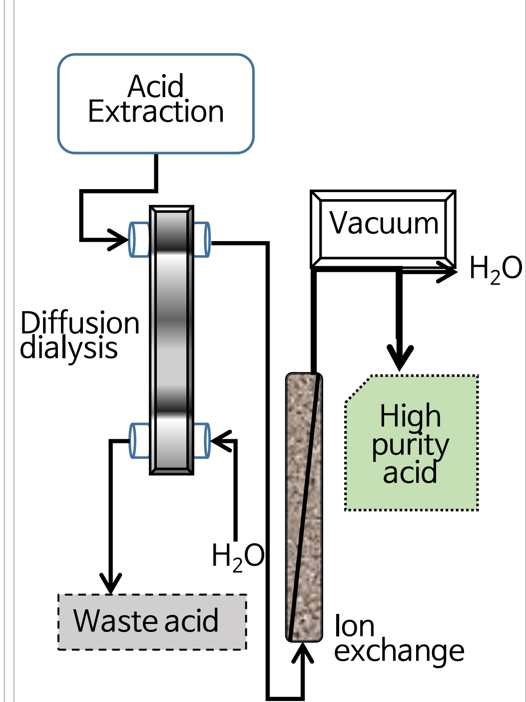
유가금속 → Commercialization

폐 산 액 → Recycles of Waste Acid

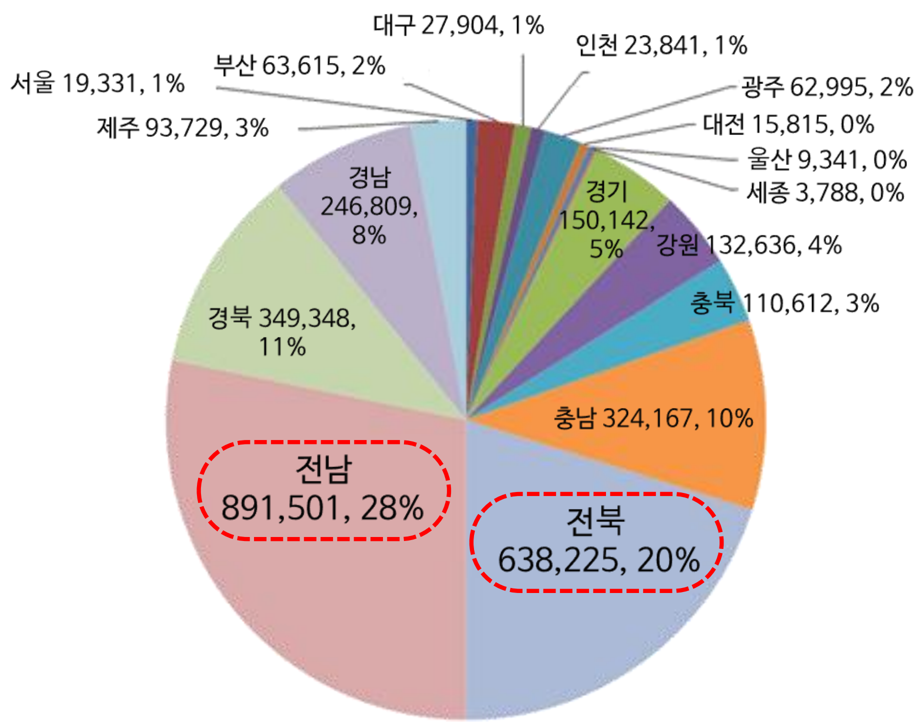
폐 액 재활용		
회수 대상	유가금속 회수 시 사용되는 폐 액	
	인산(H_3PO_4)	2017년 회수 완료
	질산(HNO_3)	2018년 회수 완료
	아세트산(Hac)	2018년 회수 완료
	불산(HF)	2019년 회수 예정

2017년	2018년	2019년
용매추출 인산 회수 공정 개발	질산,아세트산분리공정및불산자원화공정개발	고순도 산성액 회수 공정 개발

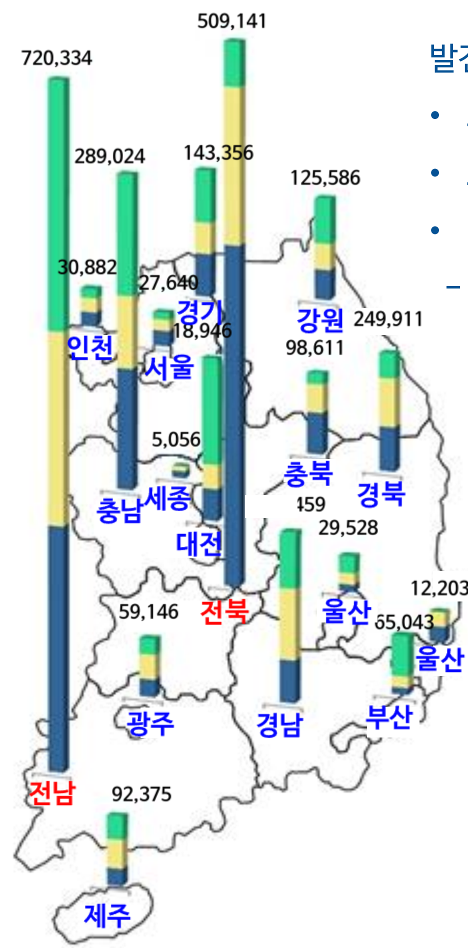




국내 태양광 발전 설비 설치 현황



- 누적용량 약 3.16GW
- 전남(28%)>전북(20%)>경북(11%)>충남(10%)

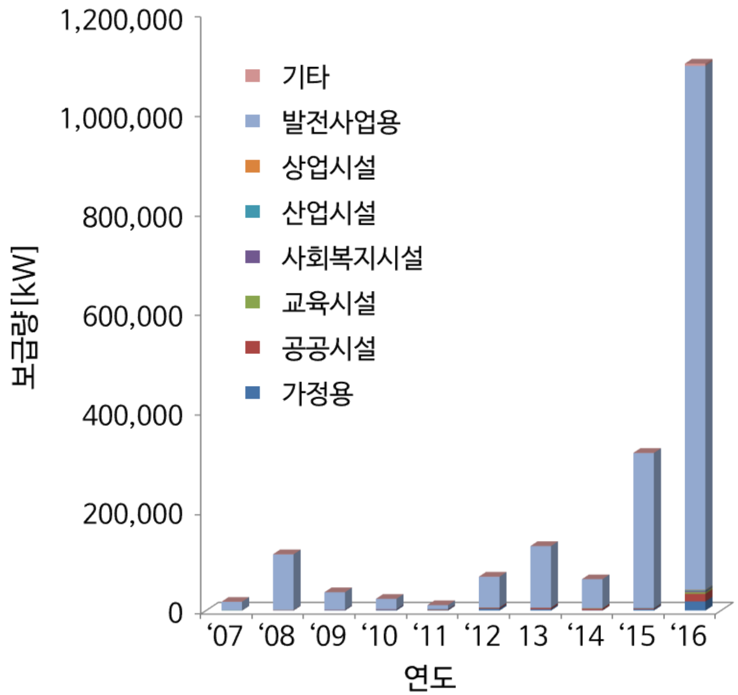


발전사업용 용량 별 설비비율
- 50~200kW급 : 40.2%
- 200~1,000kW급 : 30.7%
- 1,000kW급 : 29.0%
  - 50~200kW급 발전설비의 보급량이 가장 많음

〈발전사업용 누적보급용량 (2010~2015)〉 〈발전사업용 용량 별 보급용량 (2010~2015)〉

원광전력(주)

전남 태양광 발전 시설 보급 현황

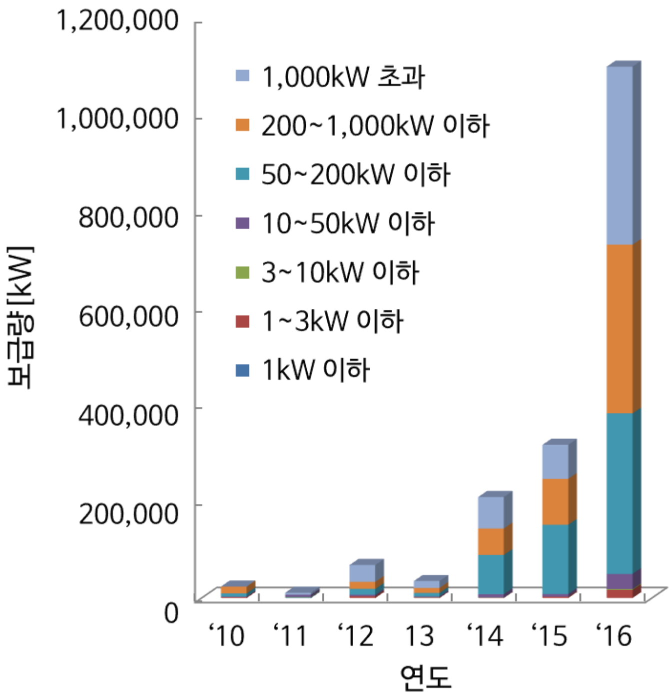


전남지역의 용도별 발전설비 설치는

"**발전사업용**"이 전체 발전설비의 **96% 이상** 차지

[전남 연도별 용도별

태양광 발전설비 설치현황 (2007~2016)]



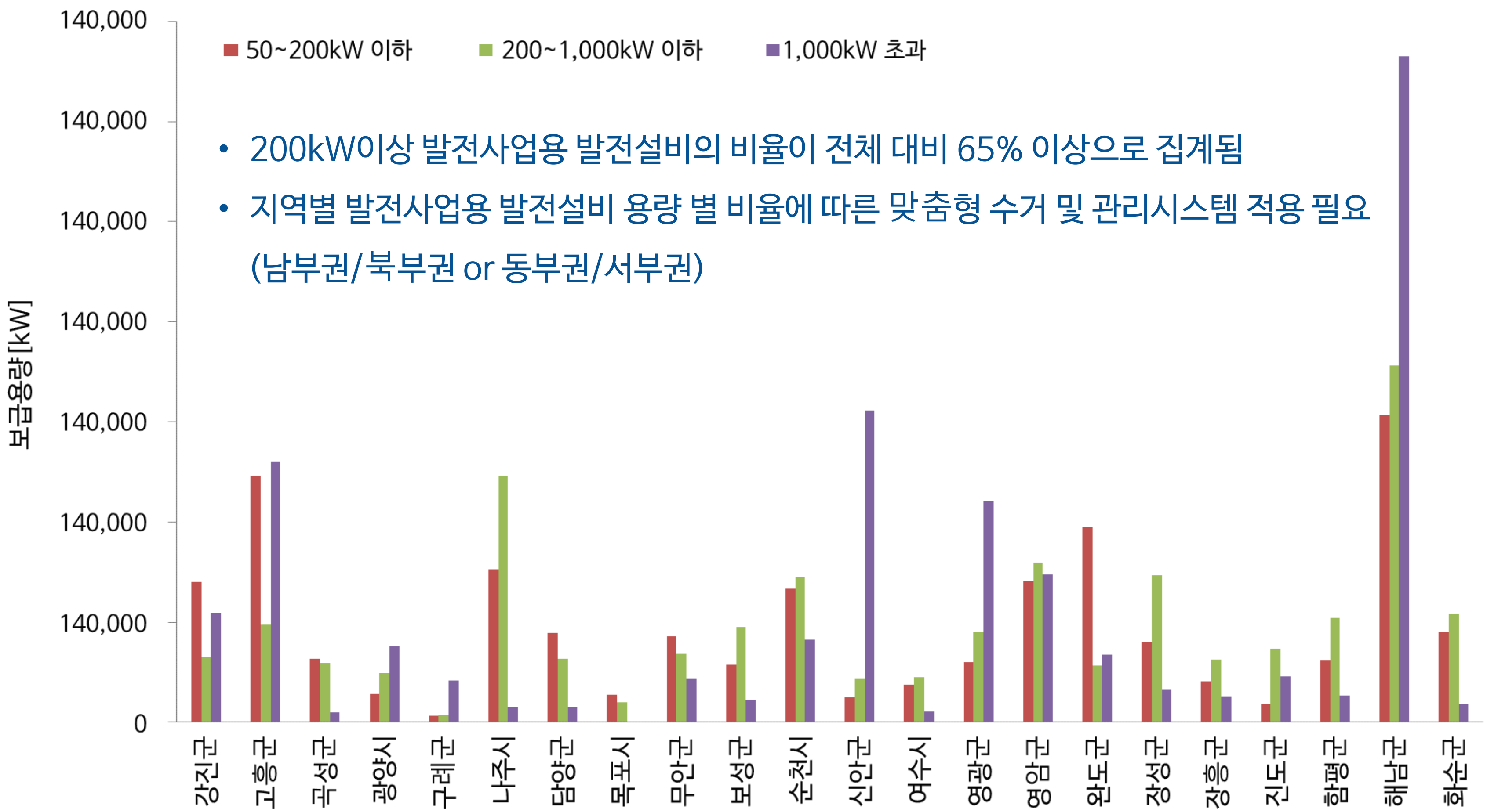
50 kW 이상 高 용량 발전설비가

전체 발전설비의 **90% 이상** 차지

[전남 설치 용량별

태양광 발전설비 설치현황(2010~2016)]

전남 태양광 발전 시설 보급 현황



- 200kW이상 발전사업용 발전설비의 비율이 전체 대비 65% 이상으로 집계됨
- 지역별 발전사업용 발전설비 용량 별 비율에 따른 맞춤형 수거 및 관리시스템 적용 필요 (남부권/북부권 or 동부권/서부권)

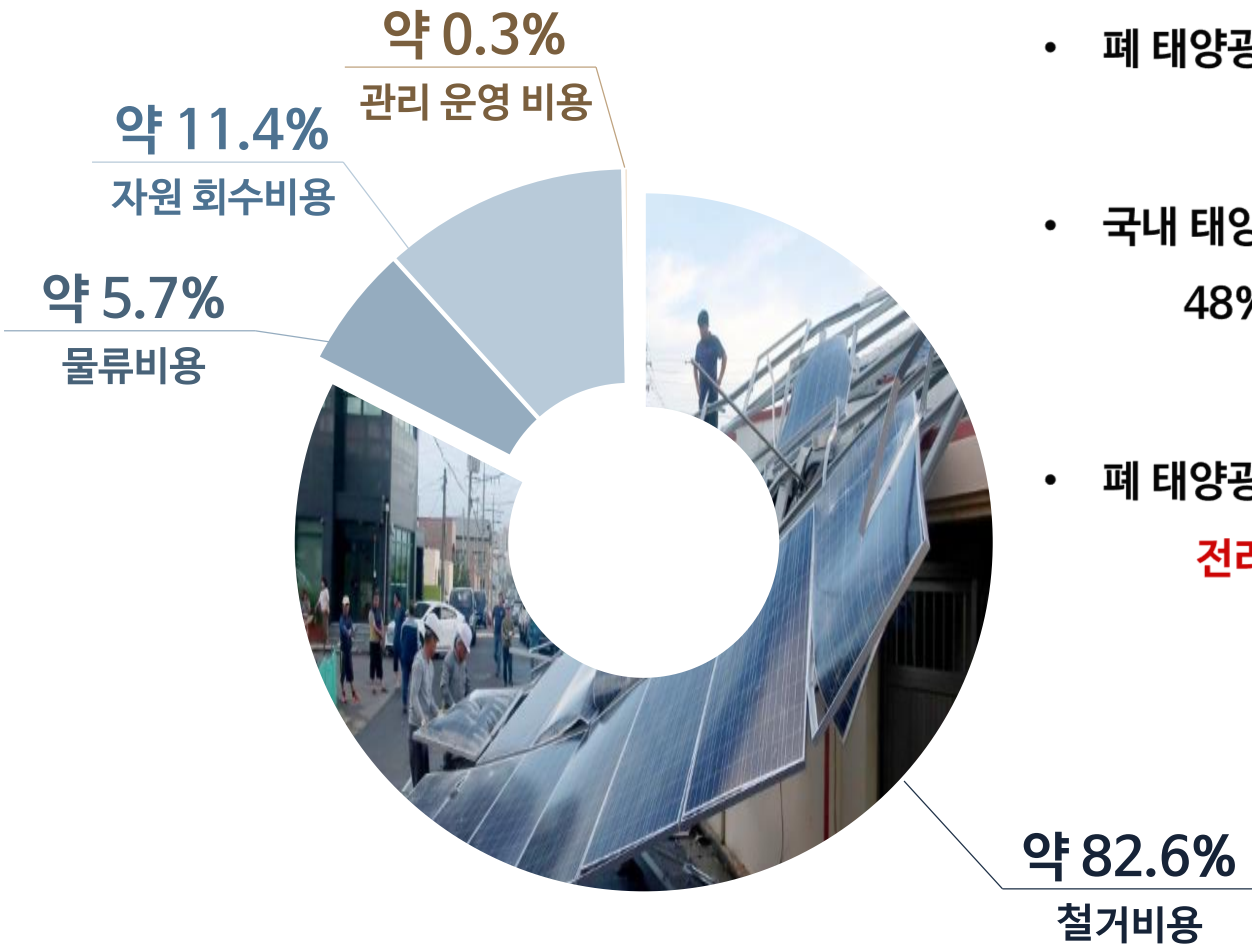
[전남 행정구역별 발전사업용 태양광 발전설비 설치현황 (2018년 8월 기준)]

시장분석

- 총 190억 원 (국비 95억 원, 지방비 95억 원)으로 `16년 11월부터 `21년 6월까지 충북 진천군 문백면의 15,847m2 부지에 태양광 폐 패널 전용 재활용 센터 구축 예정
- 충청북도와 진천군은 물론 충북 테크노파크, 한국에너지기술연구원, 한국법제연구원 등이 참여하여 태양광 재활용 시스템 구축에 필수적인 제도화, 설비구축, 수거체계 구축 등을 추진 중

[충북 진천군에 구축 중인 태양광 재활용 센터 조감도]

전라남도 폐 태양광 패널 자원화 센터 구축 필요



- 폐 태양광 패널 자원화를 위한 철거 및 물류 비용 88.3%
- 국내 태양광 발전 설비의 48%가 전라도에 설치 [2015년 기준] (전남 28%, 전북 20%)
- 폐 태양광 패널 자원화 **경제성 확보**를 위해 **전라남도 소재 자원화 센터 구축 필요**

Ref. 일본 폐 재생 가능 에너지설비의 재사용, 재활용, 적정처분에 관한 검토회(2015)

감사합니다