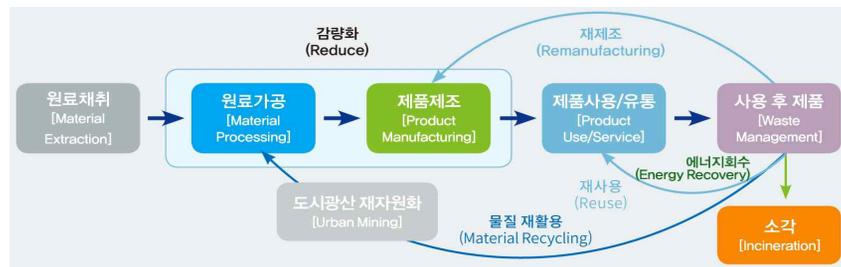


자원순환 : 태양광 폐모듈의 재활용 기술 동향

한국에너지기술연구원
기후기술전략센터

1 자원순환 기술의 필요성

- 1970년대부터 환경보호 측면에서 논의되어 온 ‘자원순환’이란 개념은 ‘공유경제’, ‘순환경제’와 유사한 개념으로, 최근 자원 고갈·환경 문제를 해결할 수 있는 대안이자 새로운 비즈니스의 기회로 다시 주목받으며 확산되기 시작¹⁾
- 폐기물을 처리하는 전 과정에 있어서 단순 소각·매립이 아닌, 발생자체를 억제(Reduce), 그대로 재사용(Reuse), 부품 등을 회수하여 제품을 재제조(Remufacturing), 폐기물 내 물질의 재활용(Recycle), 에너지 등을 회수(Recovery)하는 것 등을 의미
 - ※ 컴퓨터 제조업체 Dell은 페노트북·컴퓨터에서 추출한 금을 이용해 주얼리 사업에 진출(‘18.1)
- 중국의 재활용 쓰레기 금지 조치*에 따라 전세계는 기존의 대량생산·소비·폐기의 일방향적 물질흐름에서 자원순환사회로의 폐기물 패러다임 전환이 시급해짐²⁾
 - * 세계 재활용 쓰레기의 50%를 수입하는 중국 ‘재활용 쓰레기 수입 금지’ 시행(‘18.1)
- 우리나라에서도 수도권을 중심으로 플라스틱, 폐비닐 등 재활용 쓰레기 수거 거부 사태가 발생하였으며, 이의 조속한 해결을 위해 「자원재활용법」 개정안이 입법 예고된 상황³⁾

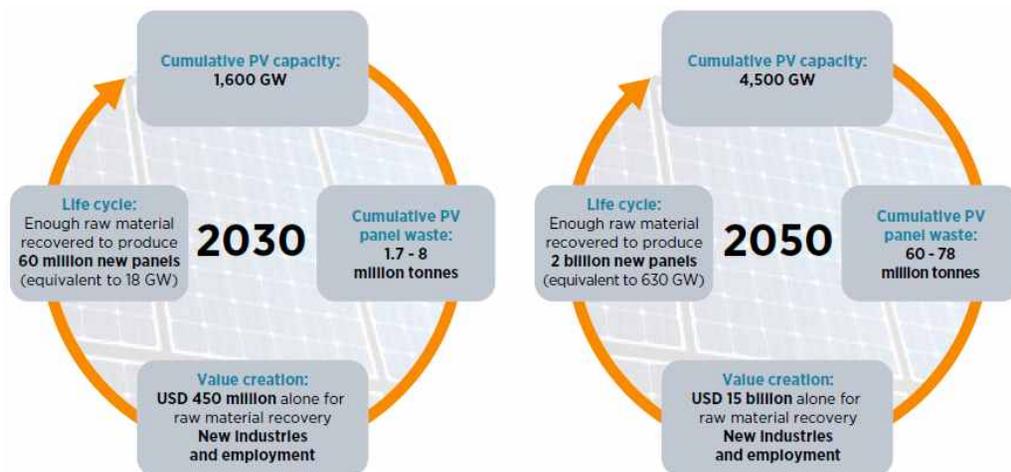


자료 : 2018 자원순환 이노베이션 로드맵, 한국생산기술연구원
[그림 1] 자원순환의 개념

- 기후변화 대응을 위해 전 세계적으로 태양광·풍력 중심으로 재생에너지 보급이 확대되고 있고, 재생에너지 폐기물도 가까운 장래에 급격히 발생할 것으로 예상되므로 재생에너지 기술개발 단계에서 자원순환 개념을 고려할 필요성 증가
- 우리나라 現 정부는 태양광·풍력 발전 중심의 에너지믹스 전환을 「재생에너지 3020」을 통해 추진하고, 태양광 보급을 위해 다양한 보급 지원 정책*을 시행하고 있어, 태양광 폐기물도 필연적으로 증가할 것으로 예상
 - * RPS 의무공급비율 확대, 한국형 FIT 제도 신설 등

1) 새로운 비즈니스 기회 ‘순환경제’, 대한상의 브리프, 2018
 2) 자원순환사회로의 전환, “미래세대를 위한 선택”, 환경정책 Briefs, 환경부
 3) 컴퓨터 회사 델(Dell)이 반지와 귀걸이를 만들어 판다, 허핑턴포스트코리아, 2018.1.15

- 태양광 보급 지원 정책에 비해 태양광 폐모듈 회수 및 관리체계는 미비하여 단순 폐기·방치되는 상황*으로, 자원순환성을 제고할 수 있는 전주기형 보급 정책이 필요
 - * 태풍으로 인한 청도의 태양광 패널 붕괴('18.1) 등의 패널 파손 및 방치 피해사례 발생⁴⁾
 - 우리나라는 반도체 등 첨단 제조업이 발달한 것에 비해 광물자원이 부족한 상황으로 태양전지의 주요 원자재인 Si, In, Ga 등은 대부분 수입에 의존하고 있는 상황
 - 폐모듈로부터 유용 자원을 회수하는 기술은 기후변화대응 뿐만 아니라 광물자원 자립도를 향상시킬 수 있는 대안으로 고려 가능
 - 태양광 시스템 제조, 유지보수, 폐모듈의 재활용 기술 등을 포함한 자원순환형 태양광 산업을 통해 가격 경쟁력을 확보하고 新시장을 창출할 필요
-
- 태양광 폐기물 재활용 기술은 태양광 모듈의 원자재 확보 차원만 고려하더라도 2030년 450백만달러(5,103억원), 2050년 150억달러(17조 100억원)의 경제적 가치 창출 가능(IRENA/IEA, 2016)
 - 2050년 태양광 누적 보급량이 4,500GW일 때 최대 7,800만톤의 폐모듈 발생 예상, 해당 폐모듈을 통해 회수된 광물 등의 원자재는 패널 20억개(630GW)를 생산할 수 있는 양으로 약 150억달러(17조 100억원) 정도의 가치 창출 가능



자료 : IRENA/IEA PVPS Task12, 2016

[그림 2] 태양광 폐기물 재활용 기술의 잠재적 가치

4) 허가 남발한 산림 태양광 사업, 제대로 관리돼야 한다, 경북매일, 2018.7.6.

2 국내·외 관련 정책 동향

- (세계) 유럽은 WEEE 지침 개정*을 통해 태양광을 전기·전자 폐기물로 규정하고 폐태양광 사후관리를 위한 특별 지침·법을 유일하게 보유하고 있고, 태양광 보급이 확대되고 있는 일본, 미국, 한국은 법제화 기반 마련 추진 중

* 전기 및 전자 장비 폐기물 처리 지침(WEEE, Waste Electrical and Electronic Equipment): 지침 개정(Directive 2012/19/EU)을 통해 태양광 모듈을 재활용하는 것을 의무화. 2018년부터 시장 보급량의 65% 또는 발생한 폐기물의 85%(중량 기준)를 수거하고, 수거된 폐모듈의 회수율 85%와 재사용/재활용률을 80%를 달성하는 것을 목표로 함

- (유럽) 유럽에 태양광 패널을 설치하는 모든 생산자에게 자체 회수 및 재활용 시스템을 운영하도록 하거나 생산자 준수 체계(Producer Compliance Scheme)에 참여하도록 의무화
 - 유럽 집행위원회는 유럽 전기기술 표준위원회(CENELEC)에 다양한 태양광 폐기물에 대한 수집 및 처리에 대한 기술사양 및 표준 등을 개발하도록 요청
- (독일) 2015년 10월부터 「Directive 2012/19/EU」 지침이 독일 전기·전자제품법 「ElektroG」으로 전환됨에 따라 폐패널의 수집 및 재활용에 대한 의무화 효력 발생
 - 독일은 EAR 재단(Stiftung EAR)을 통해 폐모듈을 포함한 전자폐기물을 발생시키는 생산자를 등록 및 관리하며, 「ElektroG」법에 따라 태양광 생산자(제조업체)에게 폐기물 재활용 및 처분에 대한 비용 등의 책임을 부과
- (영국) 2014년 1월, 「Directive 2012/19/EU」를 영국법 「UK WEEE법」으로 도입하고 PV 폐기물의 수거 및 재활용을 위한 자금 조달을 목적으로 하는 별도 규정을 신설
 - 생산자책임재활용제도(EPR)를 준수하여야 하는 PV 생산자*를 정의
 - * PV 패널을 자사제품으로 제조·판매하는 영국 제조업체, 영국 시장에 PV 패널을 수입하는 업체, 영국 시장에 PV 패널을 판매하는 업체로 정의
 - UK WEEE법은 시장점유율 기준으로 가정용 패널의 수거 비용을 부담하는 등 특별한 자금조달 조항을* 포함
 - * 특정 연도에 영국 시장에 10% 신규 패널을 보급한 생산자는 다음해에 수거된 폐패널의 10%를 수집하고 처리하는데 소요되는 비용을 부담

- (미국) 태양광 폐기물의 사후관리를 위한 연방 규정은 존재하지 않으나, 캘리포니아, 워싱턴 등 ㉔단위로 태양광 폐모듈을 관리하는 법안 발의 및 제정 추진
 - (캘리포니아) 유해물질 관리국이 독성 폐기물로 인식되는 태양광 폐모듈을 일반 폐기물로 변경할 수 있도록 권위를 부여하고, 태양광 재활용 시스템 개발을 장려하는 「Senate Bill-489」 법안 발의
 - (워싱턴) 제조업체에 태양광 폐모듈의 재활용을 위한 프로그램 및 자금조달 방안을 마련하게 하는 내용을 포함한 「Senate Bill-5939」 법안 통과
 - (미국 First Solar社) 기업의 자발적 참여에 따라 자체 재활용 처리 설비 및 프로그램을 운영하며 태양광 폐기물 재활용 책임 준수
- (중국) 현재 태양광 시장 점유율 세계 1위를 기록하고 있는 중국은 태양광 폐기물 관련 특별 규정은 없으나, 사후관리방안을 위한 특별법·제도 마련의 필요성은 인정되고 있는 상황
- (일본) 현재 태양광 폐기물을 위한 별도 규정이 없어 폐기물 관리를 위한 일반 규정에 의거하여 처리되나, 기본 가이드라인*이 일본 환경성을 통해 발표(16.4)되어 관련 규정이 곧 법제화 될 전망

* 태양광 폐기물의 해체, 수집 및 운송, 재사용, 재활용 및 처분에 대한 기본 가이드라인

- (국내) 현재 태양광 폐기물 관련 별도의 법·제도가 미비*한 상황에서, 산업부는 「재생에너지 3020 이행계획」에 근거하여 재생에너지 폐기물(태양광 폐기물, 풍력 블레이드 등) 처리기반을 구축하고 관련 법령 마련을 추진

* 태양광 폐모듈은 환경부령 「폐기물관리법 시행규칙」 [별표 4]에 의해 사업장일반폐기물로 분류되고 있으나, 구체적인 폐기 처리지침이 없고 주택용 태양광 폐기물의 경우는 해당되지 않음

- (산업부) 2016년부터 5년간 총 국비 95억원의 예산을 투입하여 태양광 폐모듈 수거체계의 수립 및 기술 개발 지원을 위해 충북 진천에 ‘폐모듈 재활용 연구센터 건설’을 추진하는 기반조성사업을 수행

- 어기구 의원의 대표발의로 산업부 소관 법령 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」⁵⁾의 일부 개정 법률안이 발의되었으나('18.02), 현재 소위 회부되어 국회에 계류 중인 상황
- 소위는 동 법률안(의안번호 11948)이 폐설비 정의규정 신설 등의 내용을 포함하여 시의 적절하다고 평가하였으나⁶⁾ 국내 폐기물 관리 소관부처인 환경부는 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」에서 폐모듈 사후관리방안을 검토하고 있어 반대 입장을 표명, 이에 따라 관련부처 및 이해관계자의 의견수렴과정이 필요한 상황

〈표 1〉 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 일부 개정 법률안

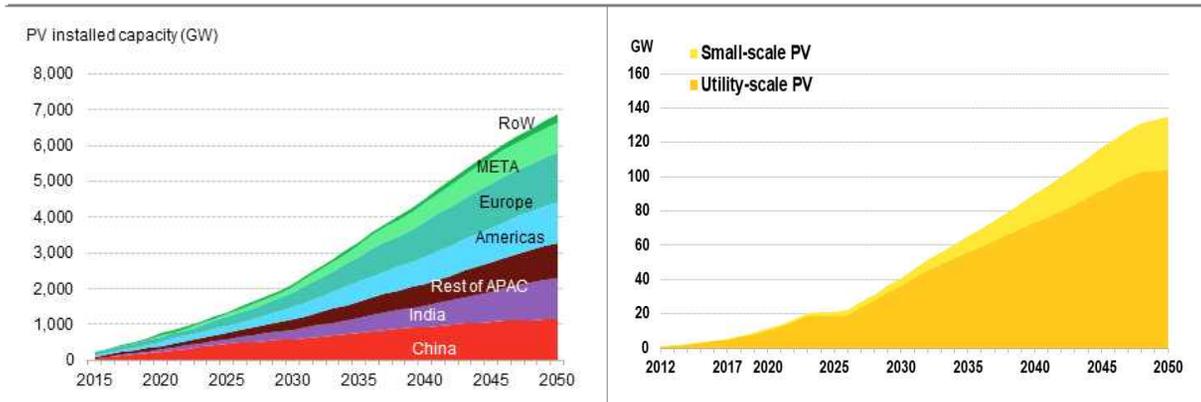
현 행	개 정 안
제2조(정의) 〈신 설〉	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 신·재생에너지 폐설비 정의규정 신설 (안 제2조 제6호) 6. “신·재생에너지 폐설비”란 신·재생에너지 설비가 「폐기물관리법」 제2조제1호에 따른 폐기물로서 산업통상자원부령으로 정하는 것을 말한다.
제5조(기본계획의 수립) 〈신 설〉	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 신·재생에너지 기본계획 수립 시 (안 제5조제8의2호) 포함 8의2. 신·재생에너지 폐설비의 친환경적 처리·이용에 관한 지원 방안
제10조(조성된 사업비의 사용) 〈신 설〉	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 조성된 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 사업비 사용 사유에 (안 제10조제15의2호) 추가 15의2. 신·재생에너지 폐설비의 재활용 기술개발 지원

3 태양광 폐모듈의 발생량 전망

- (태양광 보급 전망) 2050년까지 전 세계 태양광 누적 설비용량은 6,862GW로 전체 재생에너지 설비용량 11,454GW의 60%를 차지(BNEF, 2018)
- (세계) 인도와 중국의 주도적인 견인*으로 2018~2050년 동안 총 6,448GW가 추가될 전망
 - * 신규 PV 설비용량('18~'50년): 인도 1,128GW, 중국 1,001GW, 미국 565GW, 독일 272GW, 한국 129GW
- (한국) 태양광 발전설비는 유틸리티 규모 태양광 중심*으로 2017년 6GW에서 지속적으로 성장세를 보이다가 2023~2025년 정체기를 거친 뒤, 2030년 41GW, 2050년 135GW로 다시 급격히 성장할 전망
 - * 국내 PV 누적설비 비중('50년): 유틸리티 규모 태양광 77%, 소형 태양광 23%

5) 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 일부개정법률안, 의안번호 11948

6) 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 일부개정법률안 검토보고서, 산업통상자원중소벤처기업위원회, 2018



자료 : BNEF New Energy Outlook 2018, 2018

[그림 3] 세계 태양광 누적 발전설비 전망(左)과 국내 태양광 누적 발전설비 전망(右)

- (폐태양광 패널 발생량) 전 세계 폐태양광 패널은 2016년 43.5~250천톤에서 2050년 60~78백만톤으로 기하급수적으로 증가할 전망이다(IRENA/IEA, 2016)⁷⁾
 - (세계) 중국 > 미국 > 일본 > 인도 > 독일 순으로 폐태양광 패널을 배출할 것으로 예측하고, 한국은 2050년에 세계 배출량의 2.5~3%를 차지하는 주요 배출국 대열에 들어설 전망이다
 - (국내) 국가 에너지믹스 전환 정책에 따라 우리나라 폐태양광 패널 발생량은 2016년 0.6~3.0천톤에서 2030년 25~150천톤, 2050년 1,500~2,300천톤으로 급격히 증가할 전망이다

〈표 2〉 주요국의 폐태양광 패널 누적 발생량 전망(천톤)

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	15.0	100	1,500	7,000	19,900
	미국	6.5	13.0	170	1,700	7,500	24.0	85	1,000	4,000	10,000
	일본	7.0	15.0	200	1,800	6,500	35.0	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	70.0	200	1,000	2,600	4,300
	한국	0.6	1.5	25	300	1,500	3.0	10	150	820	2,300
세계	43.5	100.0	1,700	15,000	60,000	250.0	850	8,000	32,000	78,000	

자료: End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels, IRENA/IEA PVPS Task12, 2016

* Regular-loss 시나리오 : 조기 폐기를 고려하지 않고, 평균 패널 수명은 30년, 40년 후에는 99.99% 완전 손실되어 해체됨을 가정

** Early-loss 시나리오 : 설치/운송 단계에서 0.5%, 설치 후 2년 이내 0.5%, 10년 후 2%, 15년 후 4%가 손상 및 기술 결함으로 평균 수명 전에 조기 폐기됨을 고려

7) 세계 태양광 폐모듈 발생 및 재활용 동향, 신재생에너지BRIEF 17-5, 산업부, 2017

- 태양광 보급 전망, 제조사별 보증기간 및 평균수명에 따라 폐모듈 발생량 전망은 달라질 수 있으며, 실제로 최대 수명까지 사용되는 태양광 모듈의 비중이 작은 것을 고려하면 우리나라는 2020~2030년 사이에 태양광 폐모듈이 폭증할 것으로 예상
 - 국내 폐모듈은 2020년 233톤에서 2030년 19,077톤으로 증가할 전망으로 IRENA/IEA의 조기 폐기를 고려하지 않는 Regular-loss 시나리오 예측 값 보다 다소 소극적으로 예측되었음(산업부 재생에너지 3020 이행계획, 2017)

□ (폐모듈 종류) 단기적으로는 '14년 기준 가장 큰 시장점유율*을 차지하는 결정질 실리콘 태양전지(92%)가 폐모듈의 대부분을 차지할 것이며⁸⁾, 장기적으로는 박막 태양전지, 페로브스카이트 등의 차세대 태양전지도 폐모듈을 발생할 전망

* (2014년 PV 시장점유율): c-Si PV 92%, CIGS계 2%, CdTe계 5%, 기타 1%

(2030년 PV 시장점유율): c-Si PV 44.8%, 차세대 c-Si 25.6%, 페로브스카이트 등 차세대 PV 9.3%, 염료감응/유기계 PV 8.7%, CIGS계 6.4%, CdTe계 4.7%, 기타 0.6%

- 태양전지 모듈별 구성성분이 달라 모듈별 차별화된 자원회수 기술 필요
 - (c-Si 태양전지 모듈) 알루미늄 프레임, 유리, 밀봉재(encapsulant; EVA), c-Si 태양전지, 백시트(Backsheet), 정션 박스(Junction box) 등으로 구성
 - (화합물 박막태양전지 모듈) CIGS계와 CdTe계 태양전지 모듈은 유리기판(또는, 고분자 호일, 스틸), 후면 전극(Mo 등), 광흡수층(CIGS, CdTe), 버퍼층(CdS, InS), 투명창층(ZnO), 반사방지막(MgF₂), 전극(Al, Ni) 등으로 구성
- ※ CIGS 패널의 경우 구리(Cu), 인듐(In), 갈륨(Ga), 셀레늄(Se), 황(S) 등을 포함하며, CdTe 패널의 경우 카드뮴(Cd), 텔레늄(Te) 등의 유가 금속의 화합물로 구성

4 태양광 폐기물의 재활용 기술

□ ①태양광 폐기물의 회수단계 ⇒ ②정션박스, 프레임 등 부품별 분류·분리 단계 ⇒ ③밀봉재 제거 단계 ⇒ ④폐 소자로부터 금속 추출 단계 ⇒ ⑤회수된 원자재/부품 이용 제품의 재제조·재활용 단계와 단계간의 운송, 먼지 등 부가가치가 없는 자원을 환경부하가 적도록 매립·처리하는 기술을 포함

8) End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels, IRENA/IEA PVPS Task12, 2016

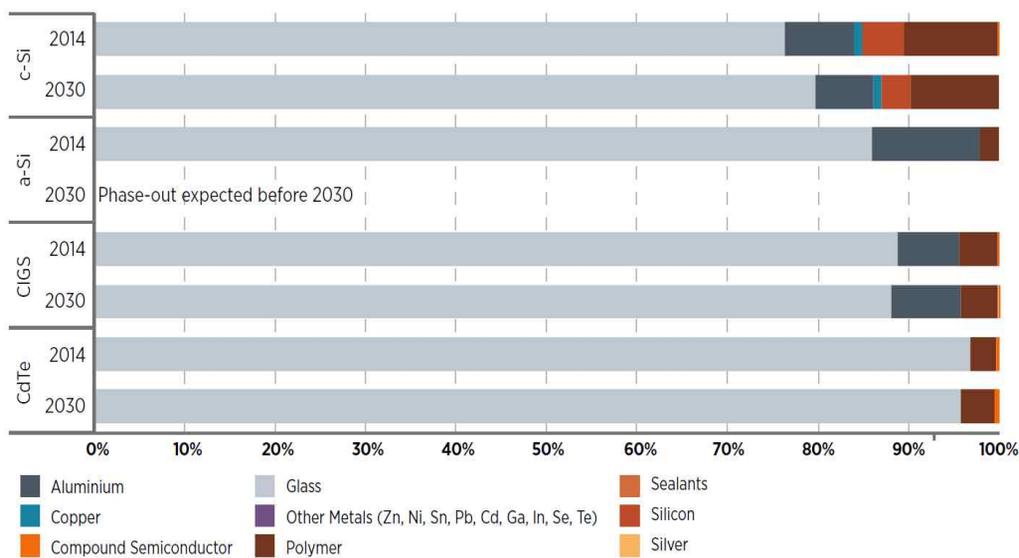
- 태양광 폐기물은 대부분 일반/산업 폐기물로 분류되어 일련의 처리과정이 필요
- 알루미늄 프레임과 정션 박스(Jungtion box) 등을 제거하는 단계를 거친 후에 적층 구조로부터 밀봉재(Encapsulant)를 제거하는 단계, Si, Ag, Cd, Te, Se, In, Ga 등의 유용 및 독성 금속을 회수하는 단계로 구성
- 밀봉재를 제거하는 과정이 전체 분리 공정 중 가장 어려운 단계로 평가



자료: PV CYCLE, FSMsolar 등 Youtube 영상 캡처

[그림 4] 태양광 폐기물의 재활용 기술 모식도

- (유리의 재활용) 태양광 모듈의 구성요소인 유리는 폐모듈의 가장 큰 무게 비중 (>75%)을 차지하며, 유리 재활용 공정을 통해 회수된 유리조각은 유리폼 또는 유리섬유와 같은 단열재료로 재활용이 가능
- 결정질 실리콘 태양전지 패널은 일반적으로 약 76%의 유리(패널 표면), 10%의 고분자(밀봉재와 백시트 호일 內), 8%의 알루미늄(프레임), 5%의 Si(PV cell 內), 1%의 구리(interconnectors), 0.1% 이내 은과 기타 주석, 납으로 구성



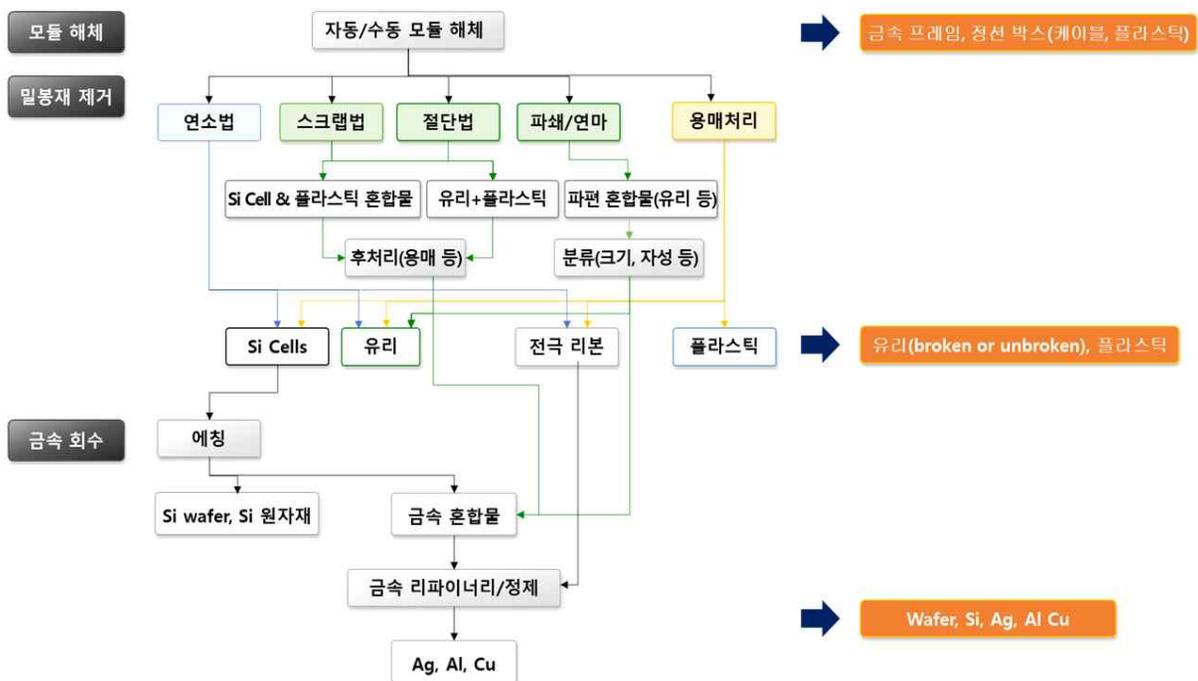
자료 : IRENA/IEA PVPS Task12, 2018

[그림 5] 패널 질량 대비 구성요소의 비중(左) 적층유리 재활용 공정(右)

- 태양전지 기술개발 연구는 패널 효율성과 非실리콘계 태양전지 시장 점유율을 확대 (14년 7% → '30년 29.6%)시킬 뿐만 아니라 전력 단위당 필요한 실리콘, 접착제 등의 고가 물질과 잠재적 유해물질의 사용량을 감소시켜 폐모듈의 유리의 비중은 더욱 확대될 전망
- 적층 유리(laminated glass)의 경우 기존 유리 재활용업체가 별도의 설비 투자 없이 일반적인 유리 재활용처리기(glass recycler)로 저비용 공정을 통해 재활용이 가능

□ (c-Si 태양전지 재활용) 적층구조 폐모듈로부터 밀봉재 제거 단계, 태양전지 소자 및 폐용액으로부터 금속 회수단계로 분류

- (모듈 밀봉재(EVA) 제거방법) 500~600°C 이상 가열을 통해 제거하는 연소 제거법, 유기용매로 녹여 제거하는 유기용제법, 절단, 분쇄, 컷팅 등을 이용하는 기계적 방법 등이 사용
- (금속 추출방법) 분쇄 및 선별과정 후 질산, 불산, 혼산 등의 용매를 이용한 용매 침지법, 식각법 등이 사용



자료 : IRENA/IEA PVPS Task12 참고하여 직접 재작성
 [그림 6] 결정질 실리콘 폐모듈의 가능한 재활용 공정의 블록흐름도

5 국내·외 연구개발 현황

- 세계 주요국은 2010년도 초반부터 주로 결정질 실리콘 태양전지를 중심으로 유리, 금속 등의 유용자원을 회수하는 연구를 수행
 - Eco recycling, Mitsubishi, YingLi Solar와 같은 태양광 및 유리가공 기업과 한국화학연구원, 한국에너지기술연구원 등 출연연에서 주로 연구
 - 가열 커터를 이용한 기계적 분리, 유기용제를 이용하여 EVA를 제거하는 화학적 분리, 고온 가열을 통해 백시트 및 EVA를 연소 제거하는 가열법 등을 개발

<표 3> 주요국의 태양광 폐기물 재활용 기술 R&D 프로젝트 현황

국가	프로젝트명	수행기관	펀딩기관/ Framework	FY기간	회수 자원
유럽	• Photolife (c-Si PV, thin-film PV로부터 유리 및 주요 자원 회수)	Eco recycling (이탈리아)	EU Life+	2014-2017	유리, 금속
	• Full Recovery End-of-Life Photovoltaic (FRELP, PV 패널 100% 재활용을 위한 혁신 기술 개발)	Sasil, SSV (이탈리아), PV CYCLE(벨기에)	EU Life	2013-2017	유리, 금속
	• PV-Mo.Re.De	La Mia Energia Scarl(이탈리아)등	EU Eco Innovation	2013-2016	유리, 금속
	• Reclaim(CIGS PV, 고체 조명, 전자 폐기물로부터 Ga, In, 희토류 금속 재생)	TNO(네덜란드) 등 6개국 11기관	EU FP7 program	2013-2016	유리, In, Ga
일본	• c-Si PV 모듈 재활용 기술 개발	Mitsubishi Materials Corp.	NEDO	2015-2018	프레임, 유리, Ag
	• 습식 공정에 의한 c-Si PV의 고차원 재활용 기술 개발	Toho Kasei Co., Ltd	NEDO	2015-2016	Full-scale 유리(절단없이), 금속
	• 가열 커터를 이용한 c-Si PV의 유리, 금속의 완벽한 재활용 기술 개발	Hamada Corp. & NPC Incorporated	NEDO	2015-2018	유리, 금속
	• 적층 CIS 모듈의 저비용 해체 기술 실증	Solar Frontier K.K.	NEDO	2015-2018	유리, CIS층, Mo
	• 범용(c-Si, thin-film Si, CIS) PV 모듈을 위한 저비용 재활용 공정 개발	Shinryo Corporation	NEDO	2015-2017	Full-scale 유리, 금속
중국	• 가열 방법에 의한 PV 모듈 재활용	중국환경과학연구원 CRAES	863计划	2012-2015	유리, 금속
	• 기계적 방법에 의한 PV 모듈 재활용	YingLi Solar	863计划	2012-2015	유리, 금속, 플라스틱
한국	• Si계 태양전지 폐모듈로부터 희유금속 회수 및 고순도화 기술 개발	한국화학연구원	산업부	2009-2012	Si
	• 화합물계 태양광모듈 환경성영향평가 기반구축	한국산업기술시험원	산업부	2010-2012	기반구축
	• 태양광발전시스템 폐자재의 철거회수 및 부품분석평가에 의한 재사용 통합공정 개발	(주)심포니에너지 등	환경부	2011-2013	Si, Ag, Cu
	• 태양전지 모듈 재자원화 기술개발	디에스엠 유한회사, 전자부품연구원 등	산업부	2013-2016	Si, Al, Ag, Cu
	• 신재생 분산발전 핵심기술개발 (폐 태양광 모듈 유용소재 회수기술 개발)	한국에너지기술연구원	과기부	2013-2015	유리, Si, Al, Ag, Cu, Sn, Pb
	• 결정질 실리콘 태양광 폐모듈의 저비용/고효율 재활용 공정시스템 및 소재화 공정기술 개발	디에스프리텍, KIER 등	산업부	2016-2019	유리, Si, Al, glass, Ag 등

자료: IRENA/IEA PVPS Task12, 2018, NTIS 등

6 시사점

- 자원순환사회를 추구하는 세계 흐름에 발맞추고 재생에너지 산업에서도 보급 확대에 수반된 재생에너지 폐기물 증가를 고려하여 자원순환성 제고 기술을 개발할 필요
 - 전 세계적으로 태양광 중심으로 재생에너지 보급이 이루어지고 있어 태양광 폐모듈은 급격히 증가할 전망으로 태양광 재활용 기술 개발 및 관리체계 마련 더욱 중요
 - 우리나라도 태양광 폐모듈 주요 배출국 대열에 합류할 전망으로 자원순환형 태양광 비즈니스 모델 개발을 통해 태양전지 산업 경쟁력 확보 필요
- 유럽은 폐기물 처리 지침 개정을 통해 태양광 폐모듈의 재활용을 의무화하여 폐모듈 재활용 기술 분야에서 앞서있는 반면, 우리나라는 정책적 지원과 관리체계가 미비한 상황
 - 우리나라도 폐모듈 관리센터 구축·법안 발의 등 태양광 폐모듈 재활용을 위해 노력하고 있으나 아직 이해관계자간의 이견 조율이 필요한 상황으로 적극적인 협의를 통해 조속한 법·제도 마련 등 정책적 기반 마련 시급
 - 유럽 등 기술선진국과 기술격차 해소를 위해 국내 태양전지 모듈 제조업체의 자발적인 참여와 국가 연구개발 예산 확대 등 지속적인 연구개발 지원 필요
 - 국내 폐모듈 재활용 연구개발은 실리콘계 모듈에 초점이 맞춰진 상황으로 태양전지 시장점유율 변화 전망에 대응한 非실리콘계 모듈 재활용 원천기술도 개발 필요

[참고 문헌]

1. 새로운 비즈니스 기회 ‘순환경제’, 대한상의 브리프, 2018
2. 중국발 ‘재활용 쓰레기 대란’...전 세계 아우성, 연합뉴스 TV
3. 컴퓨터 회사 델(Dell)이 반지와 귀걸이를 만들어 판다, 히핑턴포스트코리아, 2018.1.15
4. 자원순환사회로의 전환, “미래세대를 위한 선택”, 환경정책 Briefs, 환경부
5. 허가 남발한 산림 태양광 사업, 제대로 관리돼야 한다, 경북매일, 2018.7.6.
6. 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 일부개정법률안, 의안번호 11948
7. 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 일부개정법률안 검토보고서, 산업통상자원중소벤처기업위원회, 2018

8. 세계 태양광 폐모듈 발생 및 재활용 동향, 신재생에너지BRIEF 17-5, 산업부, 2017
9. End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels, IRENA/IEA PVPS Task12, 2016
10. End-of-Life Management of Photovoltaic Panels: Trends in PV Module Recycling Technologies, IRENA/IEA PVPS Task12, 2018
11. 태양광 패널의 재활용 현황 및 전망, 녹색기술동향보고서
12. 2018 자원순환 이노베이션 로드맵, 한국생산기술연구원, 2018
13. 도시광산 재자원화 정제기술 발표자료, 한국화학연구원, 2012