



107年太陽光電模組產品登錄制度推廣說
暨電廠維運檢測與銀行融資專案說明會

歐美PV模組回收機制與標準

馬先正 博士
工研院 量測中心
2018 / 04 / 30

別讓綠能變汙染 廢棄太陽能板怎回收？



2017-11-01 23:50 聯合報 記者翁禎霞／屏東縣報導



避免綠能垃圾 太陽能業明年比照寶特瓶先繳「押金」

2018年04月10日 22:13 [中時](#) [王玉樹](#)

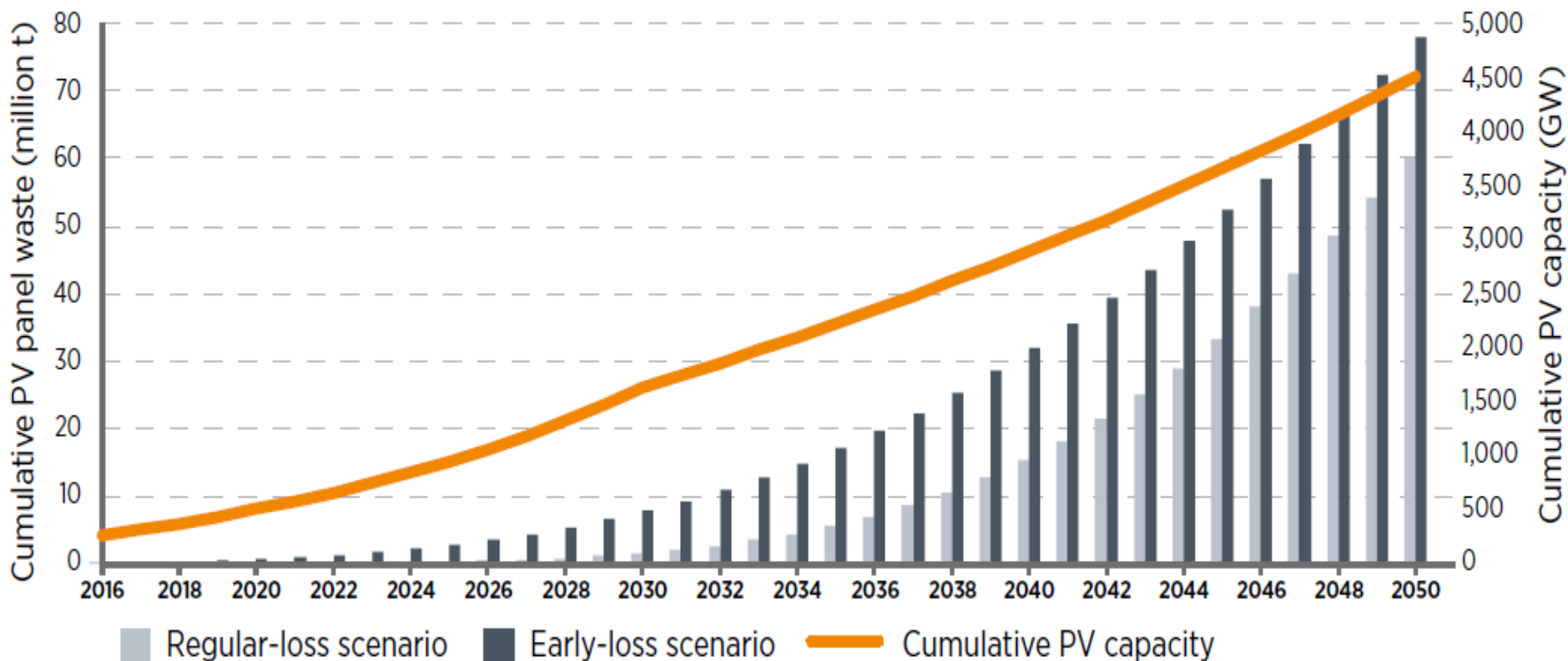




大綱

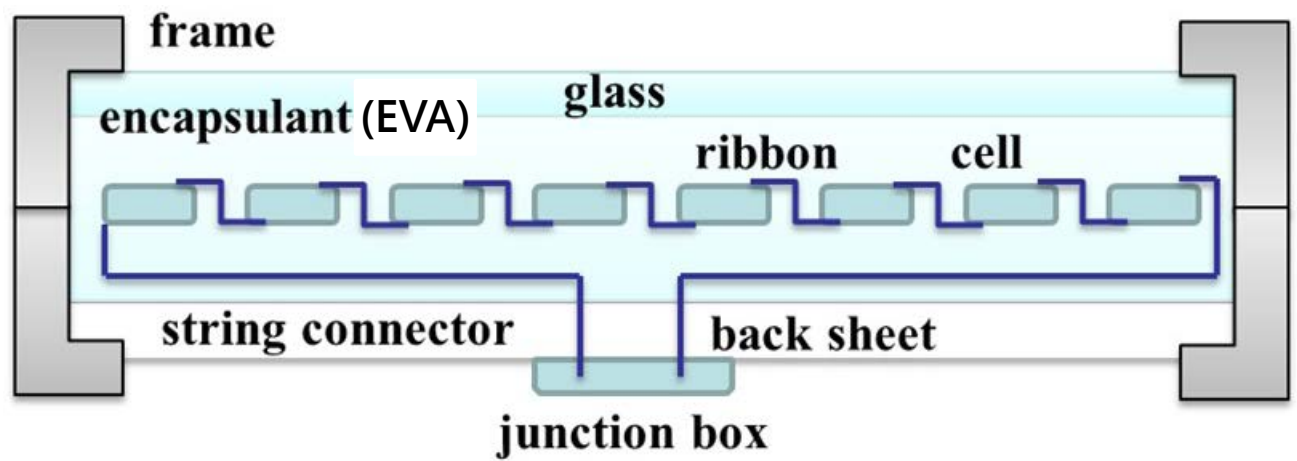
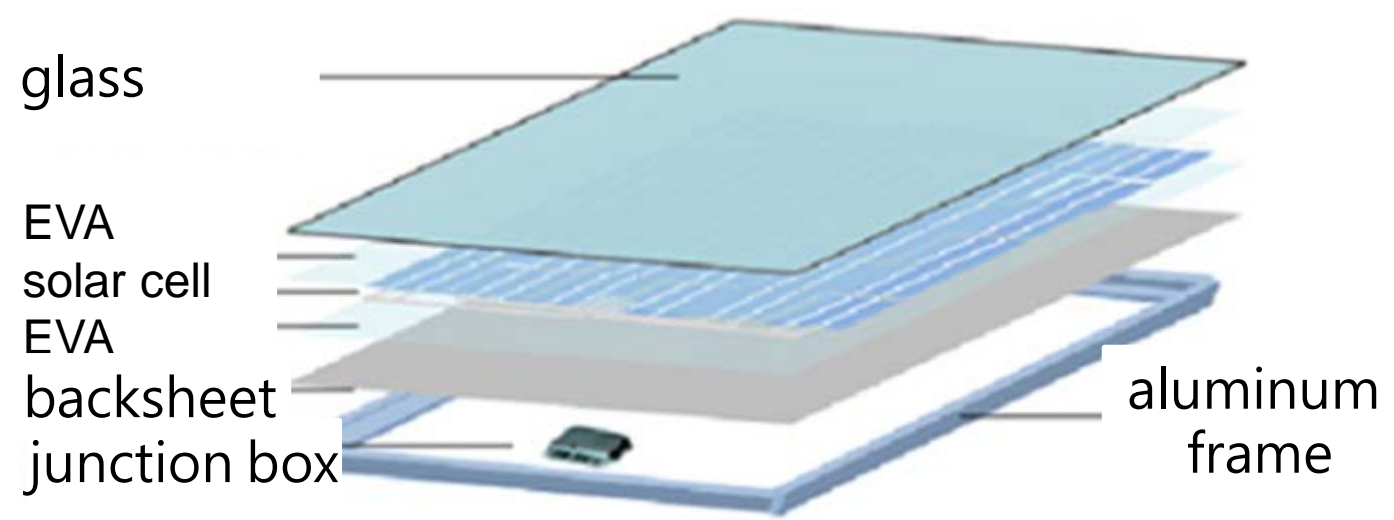
- 太陽光電模組類型與廢棄物
- 歐美太陽光電模組回收機制
- 太陽光電模組回收法規與標準
- 總結

全球太陽能模組廢棄量成長趨勢

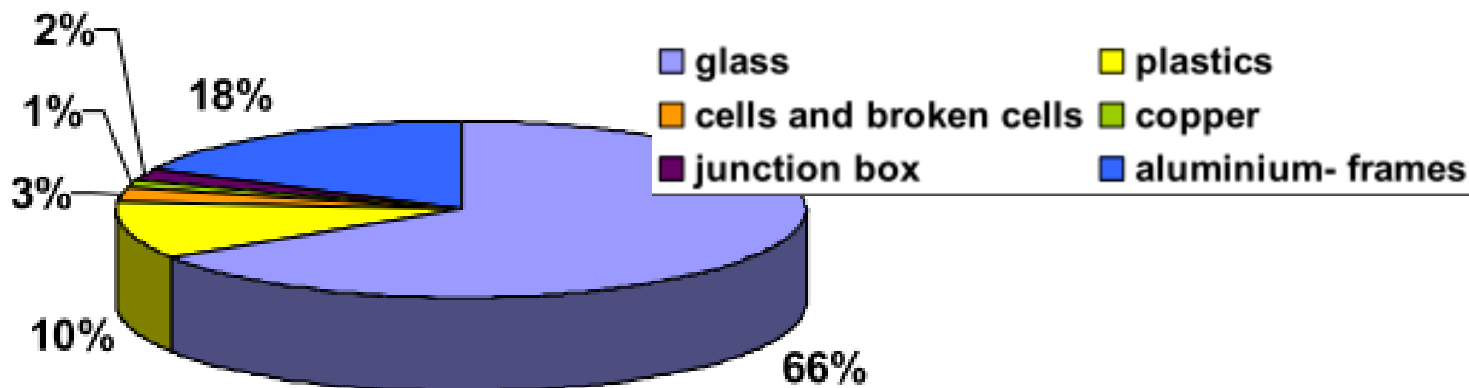


Source : IRENA 2016

矽晶類PV模組組成



矽晶類PV模組回收例



Build in 1983 in Belgium
Out of order since 2003

2.000 EoL modules
Recycled in Germany

	Input (kg)	Relative Amount (%)	Output (kg)	Yield (%)
Glass	5.93	65.82	5.75	96.96
Plastics	0.94	10.43	*	*
Cells and Broken cells	0.26	2.89	0.22	84.62
Cu	0.09	1.00	0.07	77.78
Al	1.58	17.54	1.58	100.00
Junction box	0.21	2.33	*	*
Total	9.01	100.00	7.62	84.57**

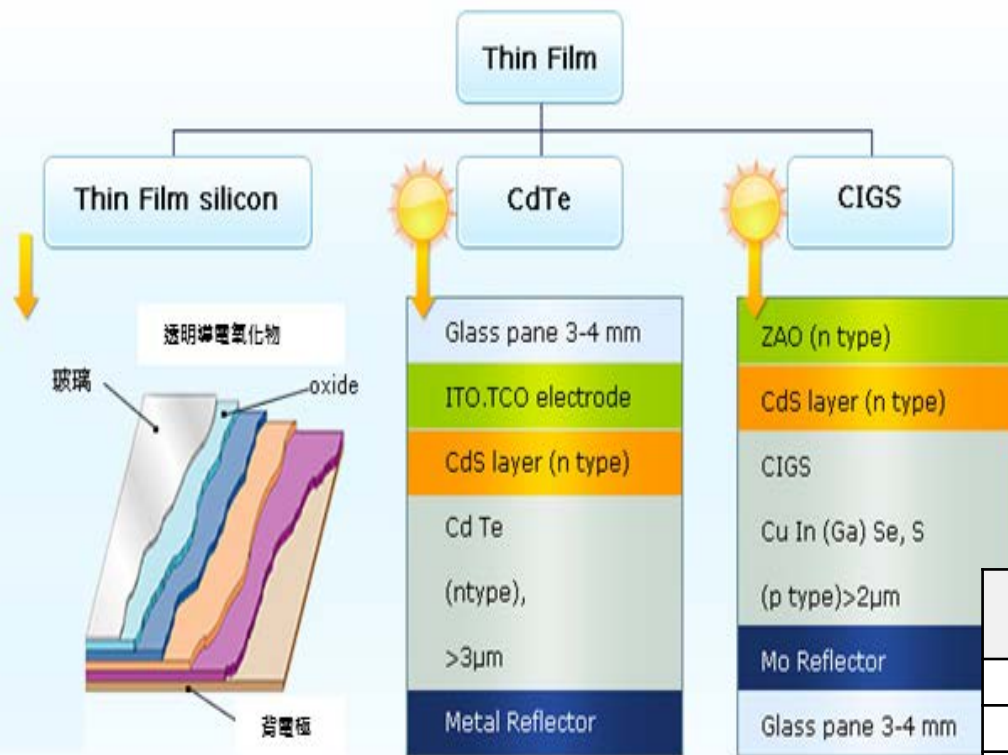


* Energy recovery

** Mixed components

Source:1st International Conference PV Module Recycling, Berlin 26.01.2010

薄膜類太陽光電模組組成例



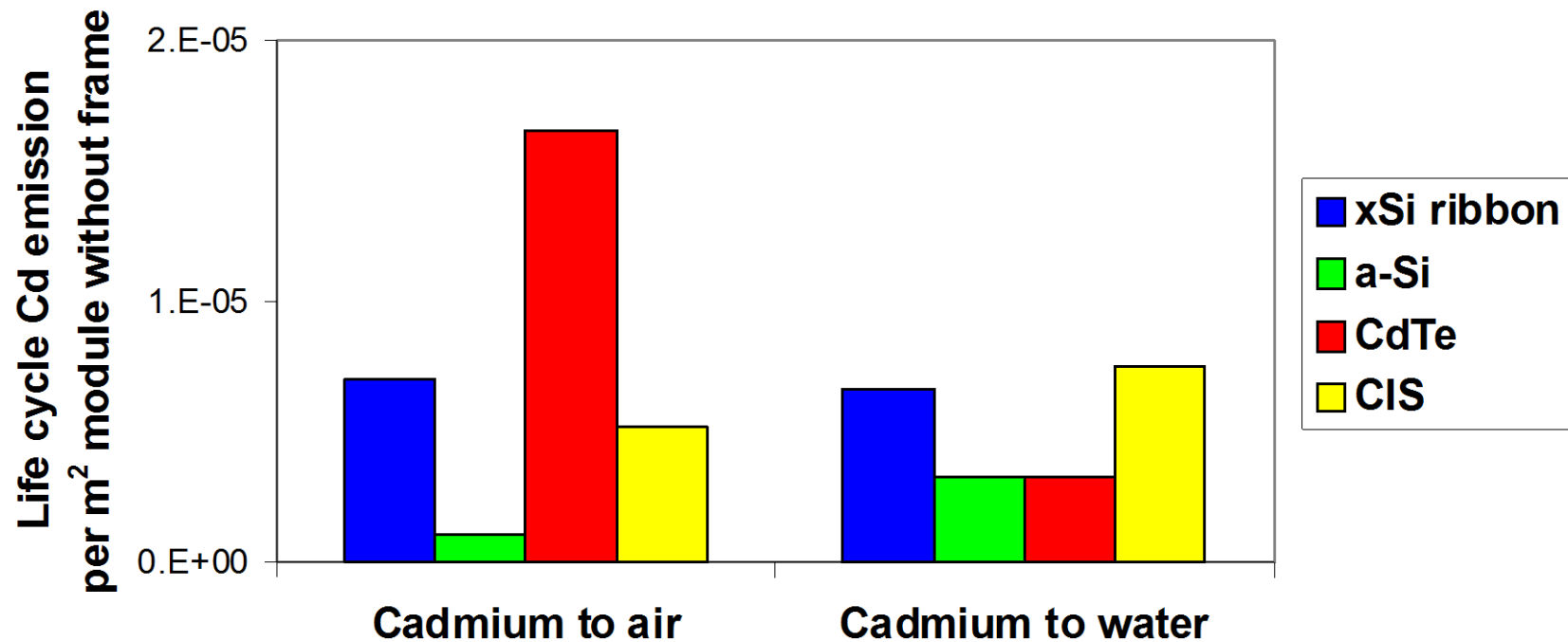
項目	CIS (%)		CdTe (%)	a-Si (%)
	A	B		
玻璃	75.27	84.6	83.5	89.78
塑膠	6.52	5.08	3.67	9.84
鋁	15.05	10.15	12.29	0.04
銦	0.02	0.02	-	-
銅	1.51	0.85	0.2	-
鎘	0.01	0.01	-	-
銻	-	-	0.13	-
鎘	0.0005	-	0.1336	-
其他	1.6195	-	0.0764	0.34
總和	100	100	100	100



各世代太陽能模組回收材料比較

技術分類			廢棄物分類			
世代	類別	材料	金屬類	非金屬類	高分子類	
第一世代	矽晶太陽能模組	單晶矽	矽太陽能電池 金屬外框 電線內金屬	玻璃	封裝材、背板 Junction Box 電線外包塑膠	
		多晶矽				
第二世代	矽薄膜與化合物 太陽能模組	矽薄膜	矽太陽能電池 金屬外框 電線內金屬	玻璃	封裝材、背板 Junction Box 電線外包塑膠	
		化合物	GIGS	重金屬 金屬外框 電線內金屬	玻璃	封裝材、背板 Junction Box 電線外包塑膠
			CdTe	重金屬 金屬外框 電線內金屬	玻璃	封裝材、背板 Junction Box 電線外包塑膠
第三世代	新世代 太陽能電池	DSSC(染料敏化)	金屬外框 電線內金屬	玻璃	封裝材、背板 Junction Box 電線外包塑膠	
		OPV(有機)				

PV模組鎘(Cd)排放議題



All PV modules have life cycle Cd emissions

Source: Mariska, 1st International Conference on PV Module Recycling, Berlin, 26 January 2010



模組重金屬危害程度

項目	矽晶	薄膜	可能危害情形
鋁	外框/電極	外框/電極	腦神經病變、貧血、骨骼疾病
錳	無	本體	肺水腫或急性肺炎 骨骼 腸胃道 胎兒畸形
銅	電極	電極	肝硬化、腹瀉、嘔吐、運動障礙和知覺神經障礙
鎳	無	本體	可能具有影響生育能力
銻	無	本體	肺臟、心臟、肝臟及腎臟的損傷並會導致死亡
鎘	無	本體	肺臟與腎臟疾病
鉛	電極焊接	電極焊接	慢性肌肉或關節疼痛、聽覺視覺功能變差、易有過敏性疾病、注意力不集中或過動、精神障礙或退化



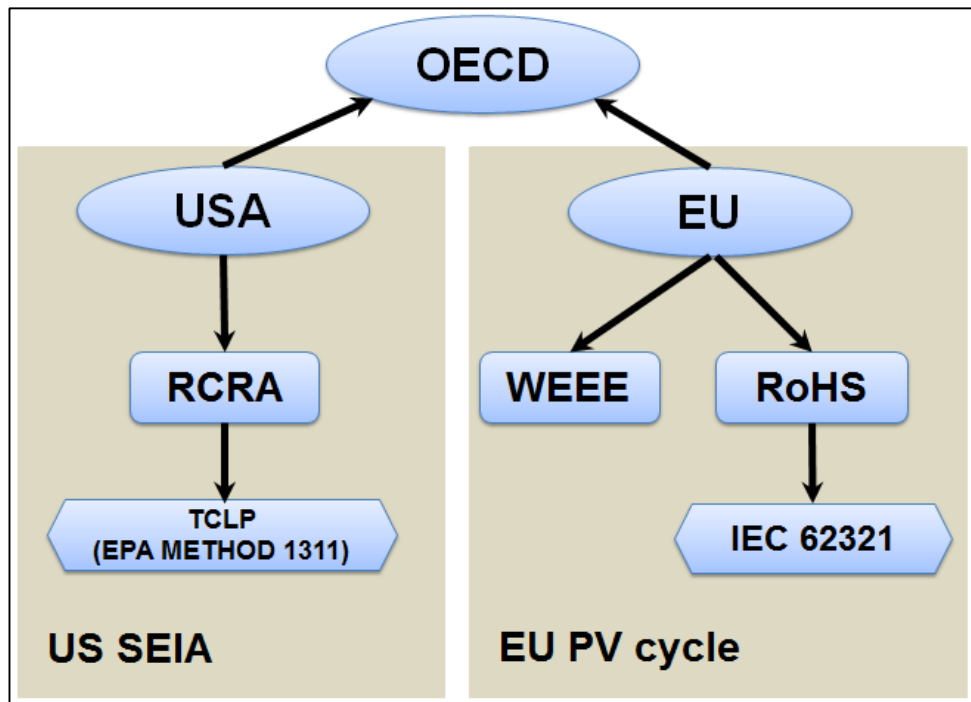
太陽光電模組回收法規與標準



廢棄物利害相關者責任

利害相關者	所需擔負之責任
製造者	提供回收體系運作所需費用 產品設計時需考量可減少回收及易拆解 運用環境友善之材質來製造產品
販賣業者	盡量在販售新品時提供回收舊品的服務(在同一分類下)
消費者	配合回收報廢物品
回收業者	協助回收執行及處理
地方政府	建立有效的回收管道
系統組織	協助政府監督及管理回收體系，掌握廢棄物資訊
政府單位	擬定回收處理規範及罰則、有效管理各系統組織

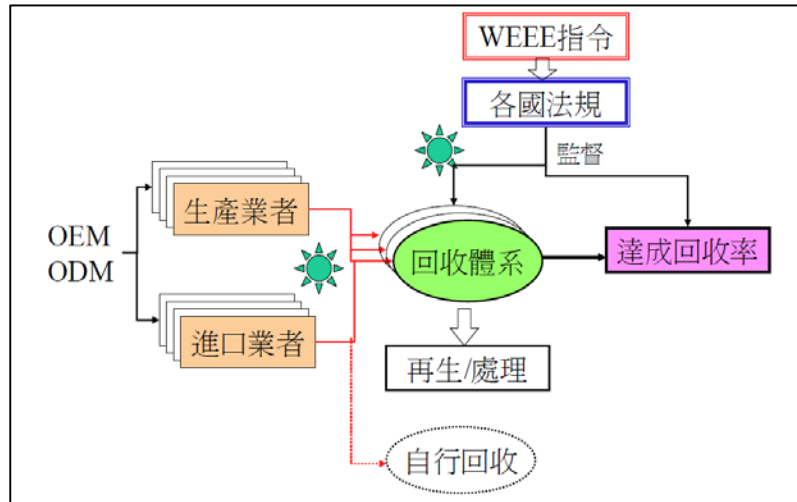
OECD回收政策及法規



- 當回收廢棄物的市場價格低於回收成本，則越多的廢棄物需要通過掩埋或焚燒的方式處理，對環境會產生不利的影響，故許多國家正面臨著廢棄物管理的壓力
- 擴大生產者責任(Extended Producer Responsibility, EPR)的環境政策，要求生產者承擔廢棄物的處理成本，可降低消費者廢棄物的排放量，已在大多數OECD國家中實施

OECD：經濟合作發展組織

歐盟 WEEE 指令發展



3R指標 (2012–2018 分三階段回收目標)

1. Reuse 重覆使用 (直接再利用)

例：二手太陽能板; 以物理方法將鋁框洗淨再利用

2. Recycle 循環使用 (重製再使用)

例：回收廢玻璃或破碎電池、經熔解變形再利用

3. Recovery 回收再用 (回收能源或性質變化)

例：回收EVA或背板，經質變再利用

時間	主題
2002年12月16日	理事會採納
2002年12月18日	歐洲議會通過
2003年02月13日	在官方公報中發布指令(2002/96/EC)
2004年08月13日	確保回收系統到位，進入歐盟市場之設備應貼有 WEEE 標籤(生產者責任展開，分開收集開始)
2005年08月13日	流通的電子電氣設備的生產商必須在法律上承擔起支付自己報廢產品回收費用的責任
2006年12月31日	歐盟會員國應確保10類廢電子電機產品建立回收體系
2006年12月31日	設定新的 WEEE 回收再用和再循環目標
2007年09月	針對到 2006 年為止歐盟成員國的執行情形提出報告
2008年03月	2008/34/EC列太陽能板為回收率之管制
2008年06月	針對2005到2006年間的執行情形提出相關資訊及報告
2008年12月31日	歐盟會員國應建立回收、循環、再利用之新強制目標
2011年02月03日	提高成員國回收產品的目標，並增加生產商(歐盟進口商及製造商)的回收成本
2012年07月24日	公布新版 WEEE 指令 (2012/19/EU)，第四類消費型設備管制產品，新增太陽能板
2014年02月15日	廢止WEEE指令2002/95/EC



歐盟 RoHS 指令發展

管制物質	濃度限值
重金屬	
鎘(Cd)	0.01% (100 ppm)
汞(Hg)	0.1% (1,000 ppm)
鉛(Pb)	0.1% (1,000 ppm)
六價鉻(Cr ⁶⁺)	0.1% (1,000 ppm)
化學物質	
多溴聯苯(PBB)	0.1% (1,000 ppm)
多溴二苯醚 (PBDE)	0.1% (1,000 ppm)

PV模組組成 -重金屬及稀有金屬	
x-Si	銀
	鉛
	銅
CdTe	鎘
	鉛
	鎳
CIS	鋅
	硒
	鎘
	鉛

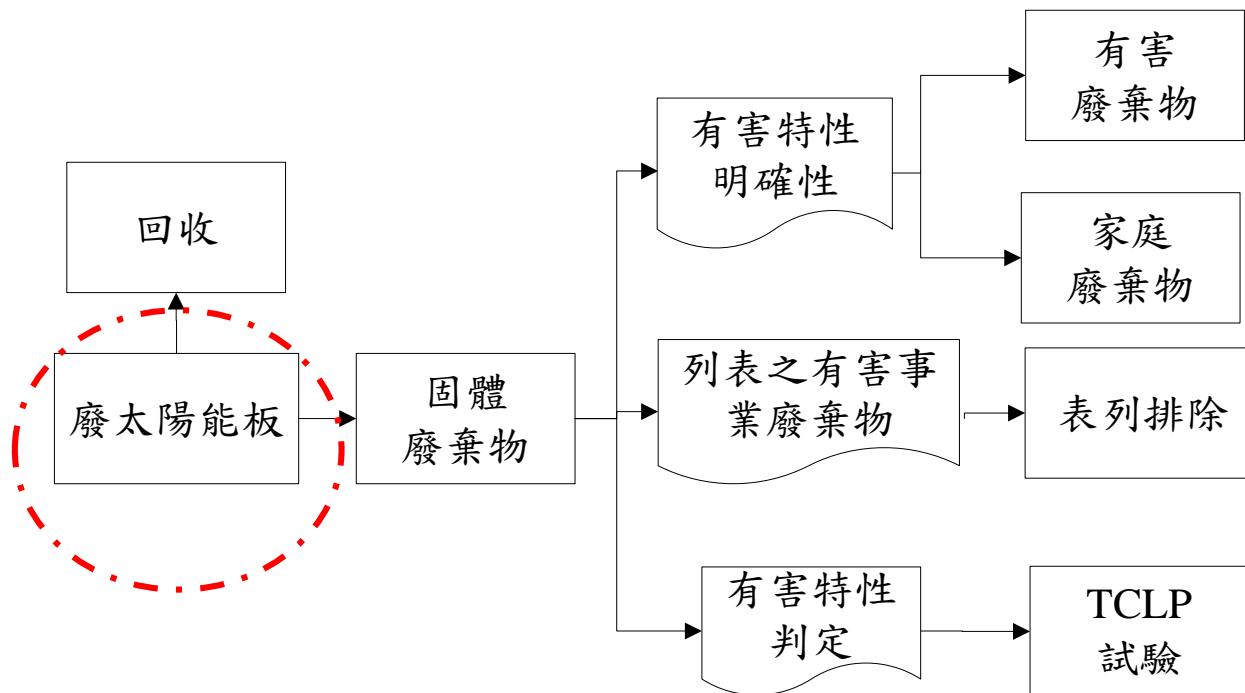
時間	主題
2006/07/01	RoHS指令(2002/95/EC)實施管制
2011/07/01	新RoHS指令(2011/65/EU)發布
2011/07/21	新RoHS指令(2011/65/EU)正式生效 (RoHS 2.0) , 管制WEEE產品
2012/11/23	新RoHS指令(2011/65/EU)調和標準資訊公告
2012/12/12	新RoHS指令(2011/65/EU)常見問答集公布
2012/12/18	豁免清單增至40項
2013/01/02	RoHS指令(2002/95/EC)廢止
2014/05/20	頒布8項危害物質限用指令(2014/69/EU-2014/76/EU)

Note : 電極焊接焊條或是Junction Box等含鉛



美國資源保護回收法(RCRA)廢棄物分類

廢棄物種類	描述
固體廢棄物	工、商、礦、農業或社區活動而產生之固體、液體、半固體或容器裝之氣體等
有害廢棄物	對人體健康或環境造成顯著或潛在性的危害，或因不當的處理、儲存、運送、處置或管理，足以使死亡率、罹病率等顯著增加稱之



RCRA: Resource Conservation and Recovery Act



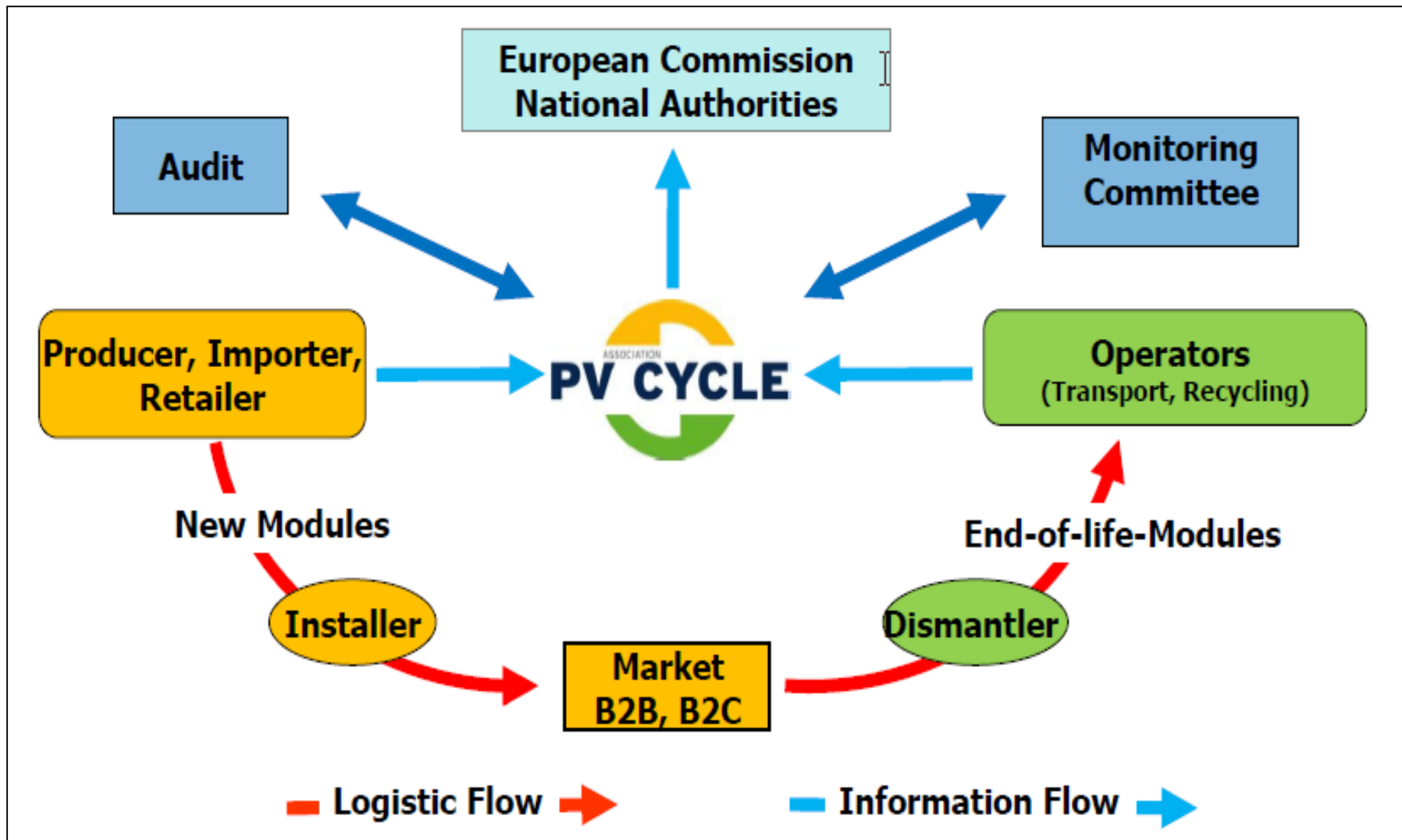
歐美太陽光電模組回收機制

歐美廢棄PV模組回收平台及運作

項目	歐盟	美國
回收機構	PV CYCLE	SEIA
法令依據	WEEE/RoHS	RCRA
責任主體	生產與進口業	生產與進口業
主管機關	各成員國地方環保單位	環保署
制度運作	繳費制 按實際生產量對應相等會費	繳費制 以生產量為基礎產生對應的費用
收費與補貼	單一收費與補貼體系	單一收費與補貼體系
配合端	消費者/回收業者	消費者/生產者/回收業者
獎勵或處罰	處罰	獎勵

SEIA(Solar Energy Industries Association)

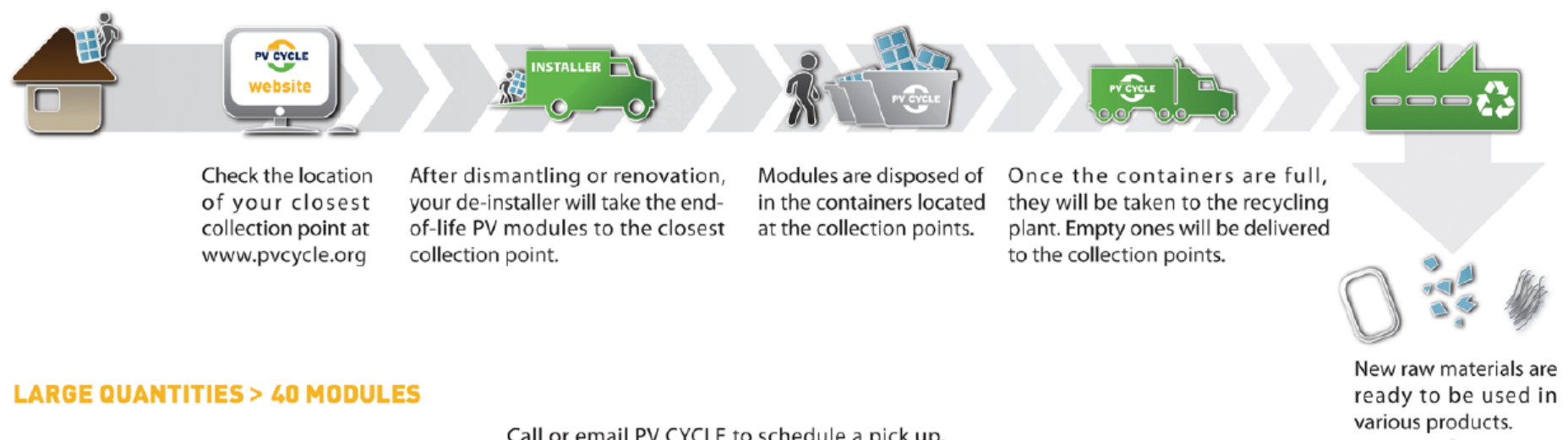
PV CYCLE運作模式



PV CYCLE廢棄模組收集方式

THE PV CYCLE SYSTEM

SMALL QUANTITIES < 40 MODULES



Check the location of your closest collection point at www.pvcycle.org

After dismantling or renovation, your de-installer will take the end-of-life PV modules to the closest collection point.

Modules are disposed of in the containers located at the collection points.

Once the containers are full, they will be taken to the recycling plant. Empty ones will be delivered to the collection points.

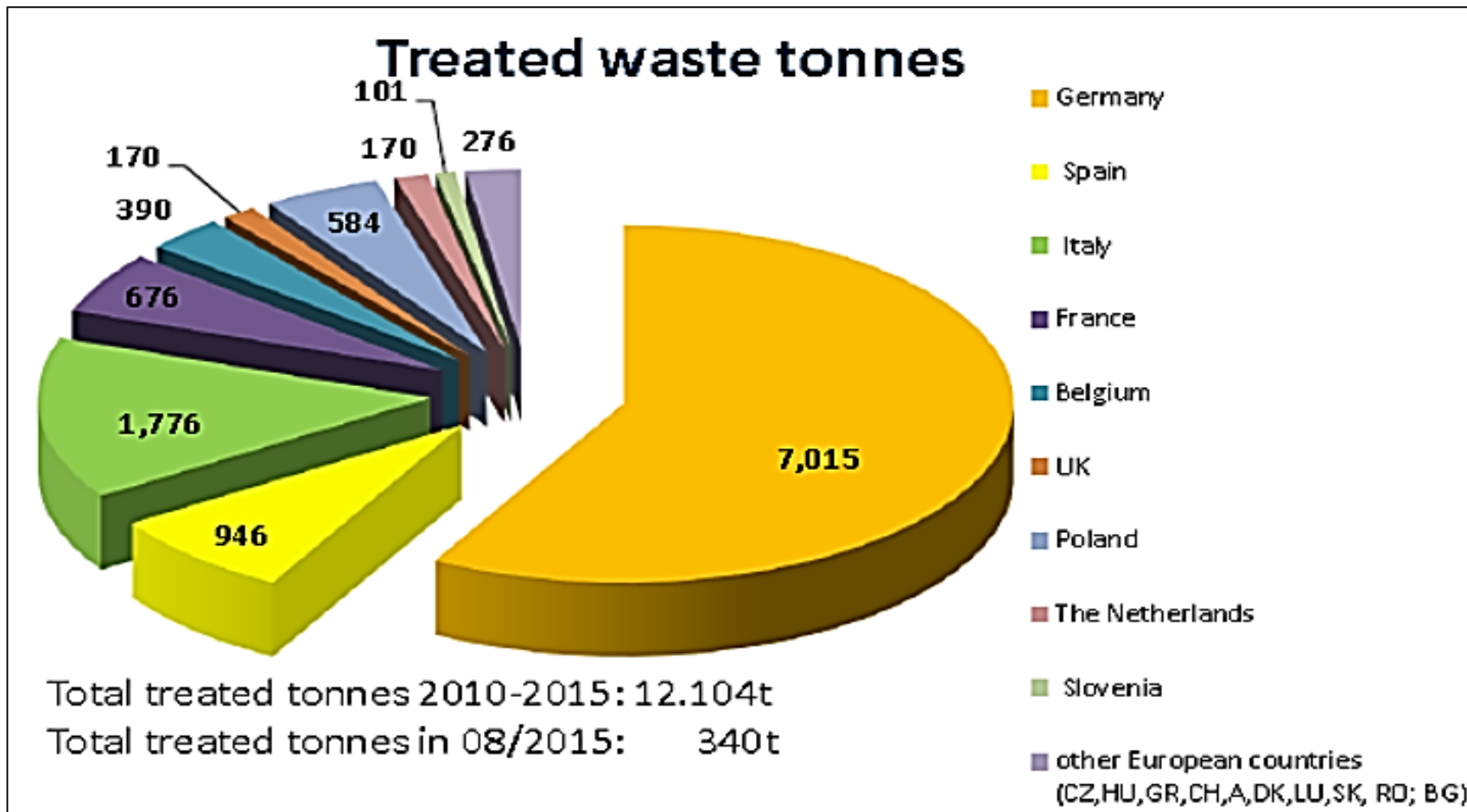
LARGE QUANTITIES > 40 MODULES



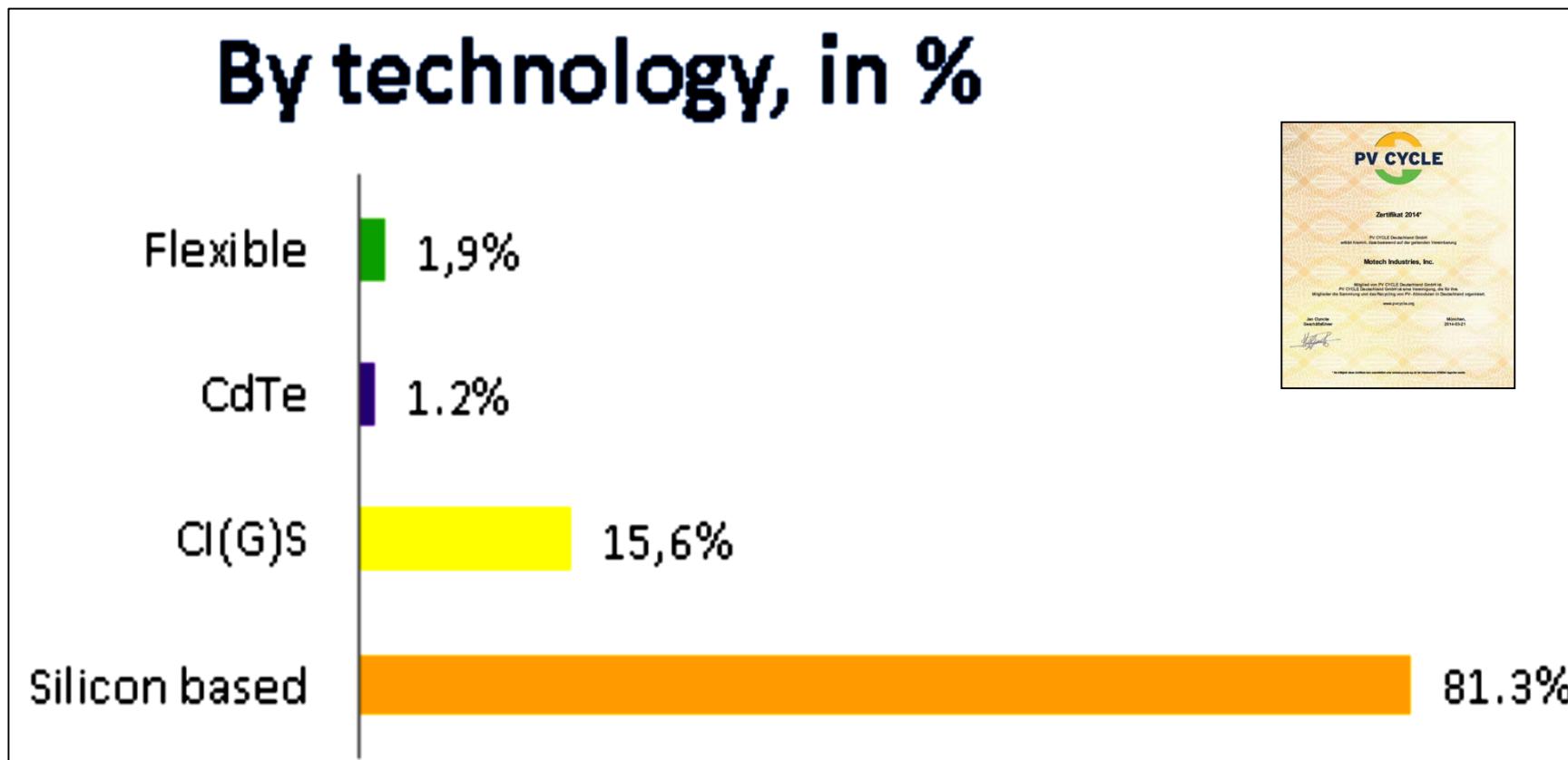
Call or email PV CYCLE to schedule a pick up. A truck will be sent to take your end-of-life PV modules to one of our partner recycling facilities.

In large PV installation and renovation sites, modules will be directly picked up on location and then taken to the recycling plant. Special conditions may apply. For more information please contact PV CYCLE.

PV CYCLE 回收現況 (2010-2015)



PV CYCLE 回收現況 (2010-2015)





美國太陽能產業協會(SEIA)

- SEIA(Solar Energy Industries Association)與會員取得共識，促成太陽能產業環境與社會責任
 - 在協議中PV回收被列為重要議題，由環境健康與安全委員會 (Environment, Health & Safety Committee)成立之回收專案小組負責
 - 已有許多會員參與
 - Dow Solar, SunPower, Suntech, Trina, Yingli Solar, SunEdison, PV Recycling, LLC 及 Gehrlicher Solar America Corp等
- SEIA認同歐洲PV回收平台經驗及效益，正研擬美國PV回收流程及推動回收專案小組之回收計畫
 - 2013年開始催生回收法案
 - 2014年回收法案被參議院退回，疑慮是否等同 RCRA 法案?





歐美廢棄物處理方針 WEEE/RoHS & RCRA

項目	歐盟	美國
法令依據	<ol style="list-style-type: none"> RoHS 電器及電子設備使用某些危害物質限制指令 (新產品管制) WEEE廢電器及電子設備指令 (廢棄物-回收再利用) 	RCRA 資源保護回收法(廢棄物-洩漏)
檢驗規範	IEC 62321 Determination of certain substances in electrotechnical products	TCLP 毒性溶出試驗程序 (EPA Method 1311)
主管機關	各成員國環保單位	環保署
地方檢驗法	各成員國之檢驗方法	加州檢驗方法 (HWCL)
將PV廢棄物併入回收法案中	完成	進行中



RoHS/TCLP 差異比較

項目	RoHS	TCLP
分析物	重金屬/含鹵素化學物質	重金屬
管制點	(源頭)產品本身	(終點)廢棄物
建議分析儀器	有	無

避免綠能垃圾 太陽能業明年比照寶特瓶先繳「押金」

2018年04月10日 22:13 中時 王玉樹



- 收取模組回收處理押金，每瓦預計收1,000多元
- 成立太陽能模組回收處理基金
- 廠商裝設文件提報主管機關時，得預繳回收處理基金
- 太陽能業者自己組成回收聯盟，成立太陽能模組回收公司
- 預計年底前敲定最後回收機制與金額，明年就可正式上路收費

總結

- PV產品將產生可觀的太陽能板廢棄量，各國都須嚴肅面對
- 歐盟廢棄電子及電力設備指令WEEE要求外銷歐盟太陽能板須受此管理
- 順應國際趨勢，應儘早建立國內廢棄太陽能板回收制度



敬請指教