

## 太陽光発電設備の導入、廃棄等の現状（修正後）

### 1 太陽光発電の位置付け

- 都は、「セーフ シティ」「ダイバーシティ」「スマート シティ」の3つのシティを実現し、「新しい東京」をつくるため、「都民ファーストでつくる『新しい東京』～2020年に向けた実行プラン～」(2016年12月策定。以下「実行プラン」という。)に基づき様々な施策を展開している。
- また、環境分野については、「世界一の環境先進都市・東京」の実現を目指した「東京都環境基本計画」(2016年3月策定。以下「基本計画」という。)においても、より詳細な政策目標を掲げ、その目標達成に向けて、環境施策に取り組んでいる。
- 実行プラン、基本計画とも施策の柱として再生可能エネルギーの導入拡大を掲げ、その中で太陽光発電の導入拡大を明らかにしている。都は、補助制度を創設するとともに、「東京ソーラー屋根台帳」の活用による情報発信などの事業を展開することにより、太陽光発電の導入の拡大を図っているところである。

#### 【あるべき姿】 基本計画が描く姿 (p39)

■再生可能エネルギーの導入が拡大し、都市活動を支える主要なエネルギーの一つとして活用されている。

- ・都民や事業者が再生可能エネルギーを積極的に選択し、活用が進むとともに、供給側の再生可能エネルギーの導入拡大にもつながっている。
- ・地中熱や都市型バイオマス利用、建物の上部空間の活用など、東京の特性を生かした再生可能エネルギーの導入が進んでいる。
- ・太陽熱や地中熱などの再生可能エネルギー熱の導入が進み、熱利用における電力や化石燃料の消費が削減されている。
- ・多摩・島しょ地域では、木質バイオマスや風力、水力、地熱など、地域特性に応じた再生可能エネルギーが普及している。
- ・都の投資等を通じて都外でも再生可能エネルギーの導入が進み、東京の電力需要に寄与するとともに、各地の地域経済の活性化にもつながっている。

表1 基本計画における太陽光発電導入量の目標

項目	目標値
○都内の太陽光発電設備導入量	2024年までに100万kW
	2030年までに130万kW
○都有施設への太陽光発電の導入量	2020年までに2万2千kW

## 2 都内の再生可能エネルギー普及状況

- 都内における再生可能エネルギーの内、太陽光発電、風力発電、地熱発電及び水力発電の累積導入量の推移は図1のとおりである。
- 立地上の制約がある風力発電、地熱発電又は水力発電と比較して、近年の太陽光発電の伸びが顕著である。これらの2016年度現在の都内への導入量は561MWであり、そのうち太陽光発電は90%を占める。

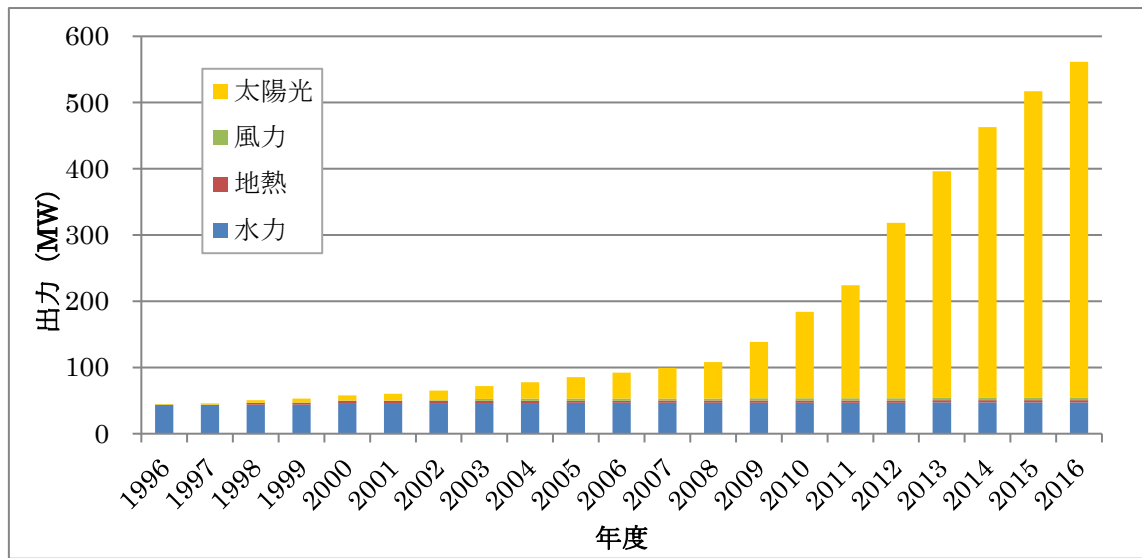


図1 太陽光、風力、地熱及び水力の都内における累積導入量の推移

- 都内における太陽光発電設備の年度毎の導入量の推移は図2のとおりである。
- 余剰電力買取制度が開始された2009年度及び固定価格買取制度 (Feed In Tariff) が開始された2012年度に導入量が急伸しているのが分かる。

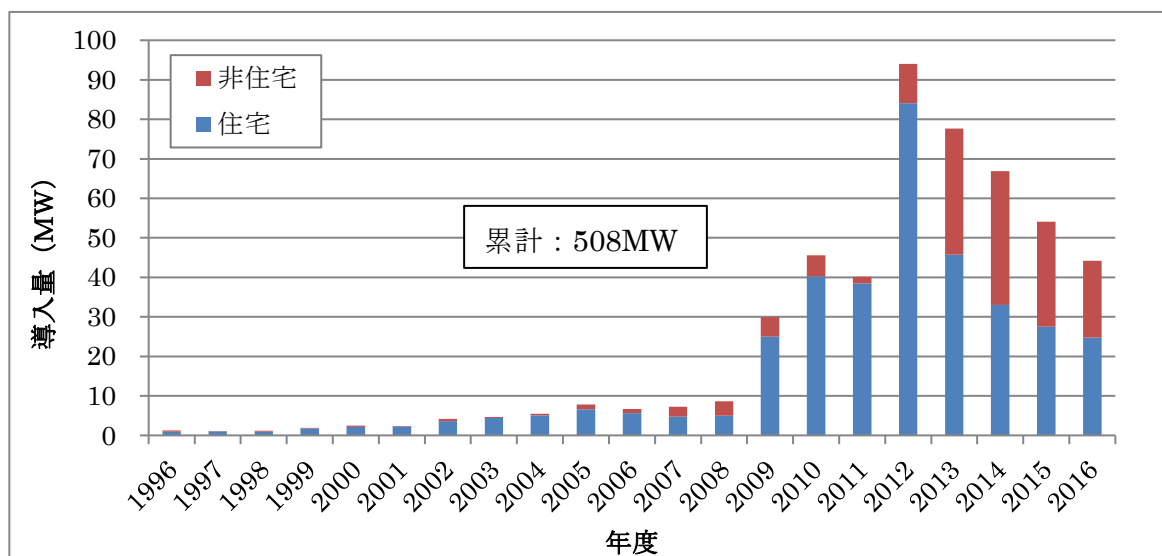


図2 都内における太陽光発電設備導入量の推移

- 一般社団法人太陽光発電協会の資料によると、2016年度時点において、太陽光発電設備の国内出荷量の累計は39,840MWであり、一方、都内導入量の累計は508MWである。

### 3 将来排出量

- 太陽光発電設備の各部位の耐用年数にバラツキがあるが（表2参照）、適切なメンテナンスの下では、設備としての一般的な寿命は20年から30年と言われている。

表2 部位ごとの耐用年数

部位	耐用年数
ソーラーパネル	20～30年
パワーコンディショナ	10～15年

- 太陽光発電設備の将来排出量は、2030年度以降の導入目標の設定及び普及促進のための施策にもよるが、環境省の「太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン」によれば、使用済太陽光発電設備の廃棄量※は、2030年代の半ばから急激に増加する見込みである（図3参照）。

※廃棄量は、寿命到来による排出（20年、25年、30年）と、修理を含む交換に伴う排出（毎年の国内出荷量の0.3%）とし、10W当たり1kgで換算している。

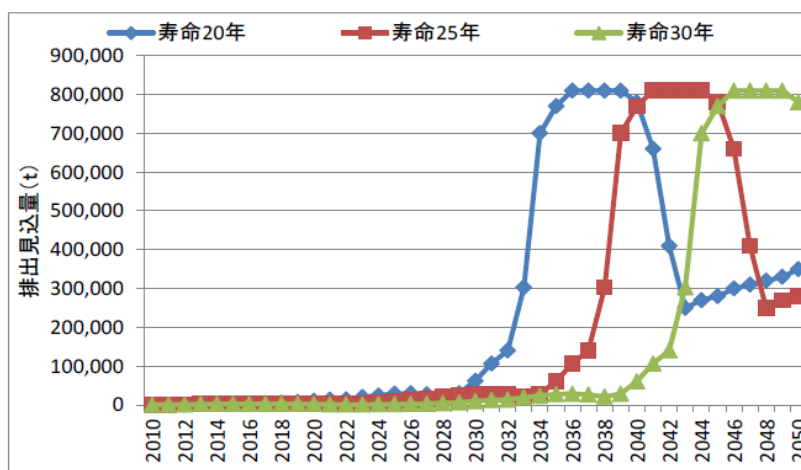


図3 太陽電池モジュール排出見込量

(出典) 環境省「太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン」

#### 4 廃棄物処理の状況

##### 【構成・性状】

- 太陽光発電設備の標準的な素材構成を表3に示す。

表3 多結晶シリコンモジュール（出力4kW）の素材構成例

		重量 (kg)	比率 (%)	
システム全体		578.94	100	
モジュール	総重量	335.74	58	
	セル	結晶シリコン	11.29	2
	フロントカバー	ガラス	210.00	36
	フレーム	アルミ	52.61	9
	プラスチック	EVA等	59.32	10
	電極材料	銅・はんだ	2.52	0
BOS	パワコン・接続箱	総重量	16.41	3
		鉄	8.42	1
		銅	1.43	0
		アルミ	3.34	1
		その他	3.22	1
	アレイ架台	総重量	210.52	36
		鉄	210.52	36
		コンクリート	—	—
	配線材料	総重量	16.28	3
		銅	8.53	1
プラスチック		7.74	1	

(出典) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「太陽光発電システム  
共通基盤技術研究開発 太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する  
調査研究」(2009年3月)

○ 有用物質は、電極材料に銀、銅、錫が数万 ppm オーダーで含有されているが、一方で鉛、アンチモン、ヒ素など有害性を有する物質も存在している。

表4 太陽電池モジュールの含有量試験結果

上：最大値、下：最小値 単位：mg/kg

種類	製造年	部位	Pb 鉛	As ひ素	Sb アンチモン	Cu 銅	Zn 亜鉛	Sn すず	Mo モリブデン	Ag 銀	N	
単結晶	国内	~1999	フロントカバーガラス	20	<1	5	—	—	11	—	3	
				5	<1	3	—	—	9			
		電極	110,000	—	—	740,000	—	69,000	—	30,000	6	
			85,000	—	—	550,000	—	490	—	18,000		
		EVA・結晶・バックシート	1,900	<1	69	4,500	220	1,900	4	6,200	3	
			1,800	<1	20	320	51	1,700	3	4,300		
		2000~2009	フロントカバーガラス	310	1	2,100	—	—	2	—	6	
				<1	<1	1,600	—	—	<1	—		
			電極	1,100	—	—	730,000	—	150,000	—	25,000	6
				44	—	—	670,000	—	950	—	4,900	
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	110	<1	12	13	13	180	8	3,200	3
				32	<1	8	11	13	58	7	3,200	
	EVA・結晶・バックシート	270	<1	10	460	40	1,100	3	5,300	3		
		220	<1	6	71	11	270	2	3,100			
	2010~	フロントカバーガラス	120	4	2,200	—	—	<1	—	9		
			16	<1	1,200	—	—	<1	—			
		電極	170	—	—	950,000	—	18,000	—	23,000	9	
			5	—	—	780,000	—	3	—	280		
		EVA・結晶・バックシート	290	25	96	160,000	170	3,700	7	9,400	9	
			1	<1	9	49	12	26	2	150		
	海外	2008~2013	フロントカバーガラス	10	<1	780	—	—	<1	—	3	
				5	<1	510	—	—	<1	—		
			電極	58,000	—	—	880,000	—	97,000	—	22,000	9
				9	—	—	760,000	—	9,800	—	84	
ガラス・EVA・結晶・バックシート			66	3	2,200	140	100	87	3	470	6	
			27	<1	1,200	21	16	28	1	280		
EVA・結晶・バックシート	10	1	52	110,000	26	19,000	2	120	3			
	7	<1	36	94,000	13	16,000	2	59				
多結晶	国内	2001~2005	フロントカバーガラス	360	<1	2,000	—	—	17	—	12	
				<1	<1	2	—	—	<1	—		
			電極	140,000	—	—	830,000	—	250,000	—	32,000	12
		390		—	—	410,000	—	460	—	4,700		
		EVA・結晶・バックシート	7,600	14	57	5,600	940	14,000	5	12,000	12	
			100	<1	5	40	14	41	2	290		
	国内	2012~	フロントカバーガラス	8	3	2,000	—	—	<1	—	6	
				<1	2	1,700	—	—	<1	—		
			電極	64,000	—	—	83,000	—	89,000	—	12,000	6
				5,500	—	—	70,000	—	2,900	—	1,800	
			EVA・結晶・バックシート	990	14	35	890	940	290	5	2,600	6
				100	<1	5	40	97	41	2	290	
	海外	2012~	フロントカバーガラス	30	6	1,700	—	—	<1	—	6	
				1	<1	450	—	—	<1	—		
			電極	59,000	—	—	850,000	—	85,000	—	19,000	6
				1,400	—	—	750,000	—	3,700	—	3,900	
			EVA・結晶・バックシート	1,400	19	100	2,900	210	1,500	5	2,100	6
				100	<1	15	160	58	280	2	160	
ガラス・EVA・結晶・バックシート	630	10	570	200	51	1,100	3	3,300	6			
	41	<1	81	13	20	10	2	250				
Si薄膜	国内	2008~2013	電極	70	—	—	690,000	—	320,000	—	10,000	6
				52	—	—	620,000	—	1,000	—	8,500	
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	15	<1	2	4,200	680	680	6	180	9
				1	<1	<1	12	21	240	3	47	
化合物	国内・海外	2007~2013	電極	4,100	—	—	840,000	—	160,000	—	5,800	9
				8	—	—	570,000	—	26	—	12	
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	26	2	1,600	4,500	500	450	180	11	9
				2	1	<1	18	10	15	8	<1	

(出典)：太陽光発電設備等のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討会報告書に基づき環境局作成

【処理方法】

- 国の「太陽光発電設備等のリユース・リサイクル・適正処分に関する報告書」によれば、使用済太陽光発電設備の廃棄のパターンは、以下のものが考えられるという。排出パターンの主なものは以下のとおり。
  - i) 太陽光発電設備メーカーが不良品等を排出
  - ii) 建物解体時等に建設業者が排出
  - iii) 施工不良、製品不良等の発覚により施工業者が排出
  - iv) リユースできなくなったものをリユース業者が排出
- また、処理は図4のとおり行われていると考えられている。

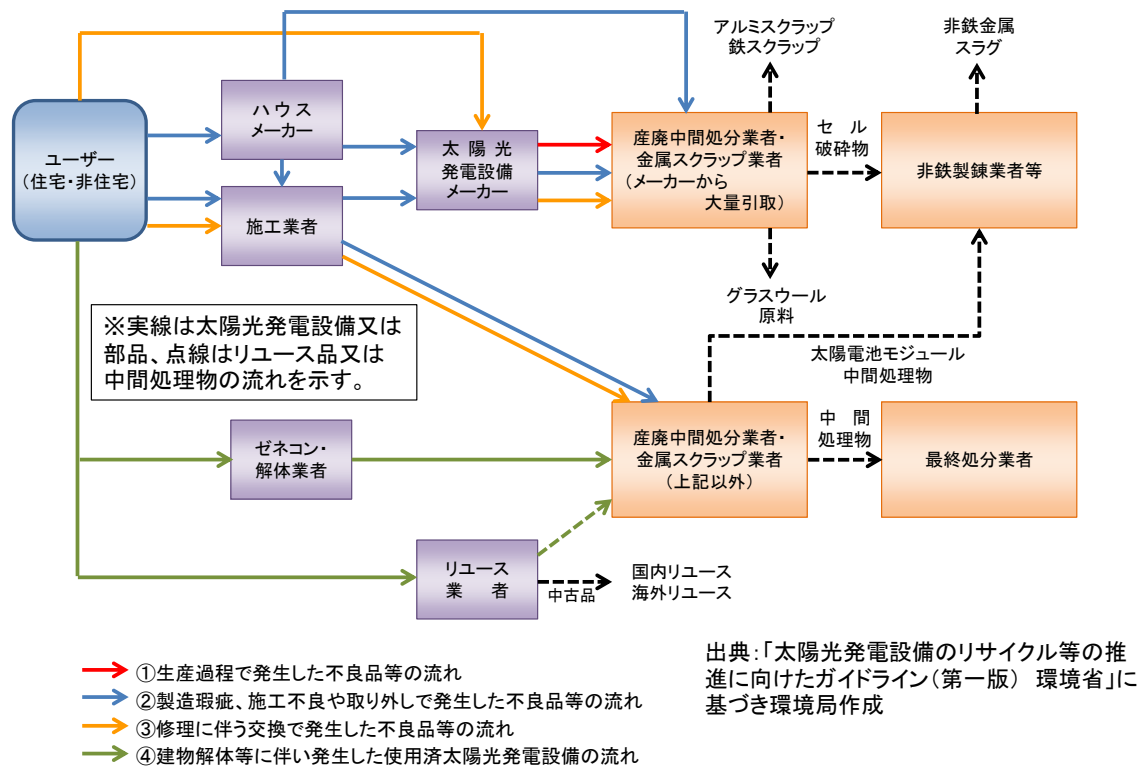


図4 処理フロー

- 都内の太陽光発電設備の設置状況を見ると、以下の理由から、太陽光発電設備が使用終了又は故障したからといって直ちに廃棄されるわけではなく、家屋解体に伴って廃棄されるケースが多いものと思料される。
  - ・ 都内では住宅用家屋の屋根に設置されていることが多く高所作業が伴うこと
  - ・ 家屋内の電気設備と接続されており、取付又は取外しに専門的な知見及び技術が必要なこと
- したがって、今後、ゼネコン・解体業者から産業廃棄物として排出される量が多くなるものと見込まれる。

## 用語及び定義

日本工業規格（JIS C 8960）では、関連用語を下表のとおり定義している。

No.	用語	定義	対応英語
108	太陽光発電	太陽光のエネルギーを直接電気エネルギーに変換する発電方式。光起電力効果を利用した太陽電池を用いるのが一般的である。	photovoltaic power generation
109	太陽電池	太陽光などの光の照射を受けてそのエネルギーを直接電気エネルギーに変える半導体装置。光起電力効果を利用した光電変換素子の一種。太陽電池セル、太陽電池モジュール、太陽電池パネル、太陽電池アレイなどの総称として用いる場合もある。	photovoltaic cell
115	光起電力効果	光電効果の一種で、光の照射によって起電力が発生する現象。主に半導体の接合で生じる。	photovoltaic effect
201	太陽電池サブモジュール	分割できない一つの基盤に複数個同時に形成した太陽電池セル群の最小単位。	photovoltaic submodule
202	太陽電池セル	太陽光発電に用いる太陽電池の構成要素の最小単位。	photovoltaic cell
203	太陽電池モジュール	太陽電池セル又は太陽電池サブモジュールを、耐環境性のため外囲器に封入し、かつ、規定の出力をもたせた最小単位の発電ユニット。	photovoltaic module
213	基板	太陽電池を作製するときの基本的材料。結晶系太陽電池の場合には、一般に半導体ウェハを指し、この上に接合及び電極を形成して太陽電池となる。薄膜太陽電池の場合には、薄膜を成長させる支持体のことであり、ガラス、ステンレスなどを用いる。太陽電池モジュールにおいては、モジュールの機械的強度を保持するための板材を指す。	
232	カバーガラス	太陽電池表面を保護するために用いるガラス。	cover glass
238	反射防止膜	太陽電池セルの表面における光の反射損失を減少させるために形成する膜。	anti-reflective coating
306	最大出力	太陽電池セル・モジュールの電流電圧特性曲線上で電流と電圧との積が最大になる点での出力。 量記号： $P_{\max}$ （又は $P_m$ ） 単 位：W	maximum power
332	散乱日射	太陽光線が大気を通過する間に、空気分子、雲、エアロゾル粒子などによって散乱される結果生じる日射。	diffuse solar radiation
335	全天日射	直達日射と散乱日射とを合わせた日射。	global solar radiation
337	直達日射	太陽から地表に直接到達する日射。	direct solar radiation

354	基準状態	太陽電池セル・モジュールの特性を測定するときの基準として用いる。次の全てを満足する状態。 a) セル温度 25℃ b) 分光分布 基準太陽光 c) 放射照度 (日照強度) $1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	standard test conditions (STC)
369	太陽電池セル面積	太陽電池セルの面積。太陽電池セルの変換効率を算出するときに重要な数値である。	cell area
406	主幹制御監視装置	システム及びインバータの起動及び停止制御、蓄電池充放電制御、系統及び負荷の電力制御、自動・手動切換、太陽電池アレイ追尾及びデータ収集、データ通信、表示などの一部又は全てによって構成し、太陽光発電システム全体の制御及び監視機能を備えた装置。	master control and monitoring (MCM) system controller
410	パワーコンディショナ	主幹制御監視装置、直流コンディショナ、インバータ、直流-直流インタフェース、交流-交流インタフェース、交流系統インタフェースなどの一部又は全てで構成し、太陽電池アレイ出力を所定の電力に変換する機能を備えた装置。	power conditioner (PC)
450	実行効率	一定期間における、直流入力電力量に対する交流出力電力量 (有効電力量) の比。 量記号: $\eta^{PCO}$ 単位: %	effective energy efficiency
452	出力力率	交流出力における、皮相電力に対する有効電力の比。	AC output power factor
543	中継端子箱	複数のストリング出力側と負荷側とを、又は複数のアレイ出力側と負荷側とを端子で中継し、必要に応じて逆流防止素子、直流開閉器などを収納した密閉箱。	junction box
604	系統連系形太陽光発電システム	商用電力系統に接続し、電力の送取及び受取を行う太陽光発電システム	grid-connected photovoltaic system
609	太陽光発電システム	光起電力効果によって太陽エネルギーを電気エネルギーに変換し、負荷に適した電力を供給するために構成した装置、及びこれらに附属する装置の総体。	photovoltaic power system
635	太陽電池アレイ	太陽電池架台及び/又は基礎、その他の工作物をもち、太陽電池モジュール又は太陽電池パネルを機械的に一体化し、結線した集合体。太陽光発電システムの一部を形成する。	photovoltaic array
646	BOS	太陽光発電システムの構成機器のうち、太陽電池モジュールを除いた、架台、開閉器、蓄電池、パワーコンディショナ、計測器などの周辺機器の総称。	balance of system
740	標準試験条件	日射強度 $1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 、エアマス 1.5 及び太陽電池アレイ代表温度 $25\pm 2^\circ\text{C}$ の試験条件。	standard test condition (STC)



### 世界の普及動向

- 国際エネルギー機関による速報によると、世界における太陽光発電設備の 2016 年末時点累積導入量は 303GW である。
- そのうち日本における導入量は 42.8GW であり、割合は 14.1%となっている。

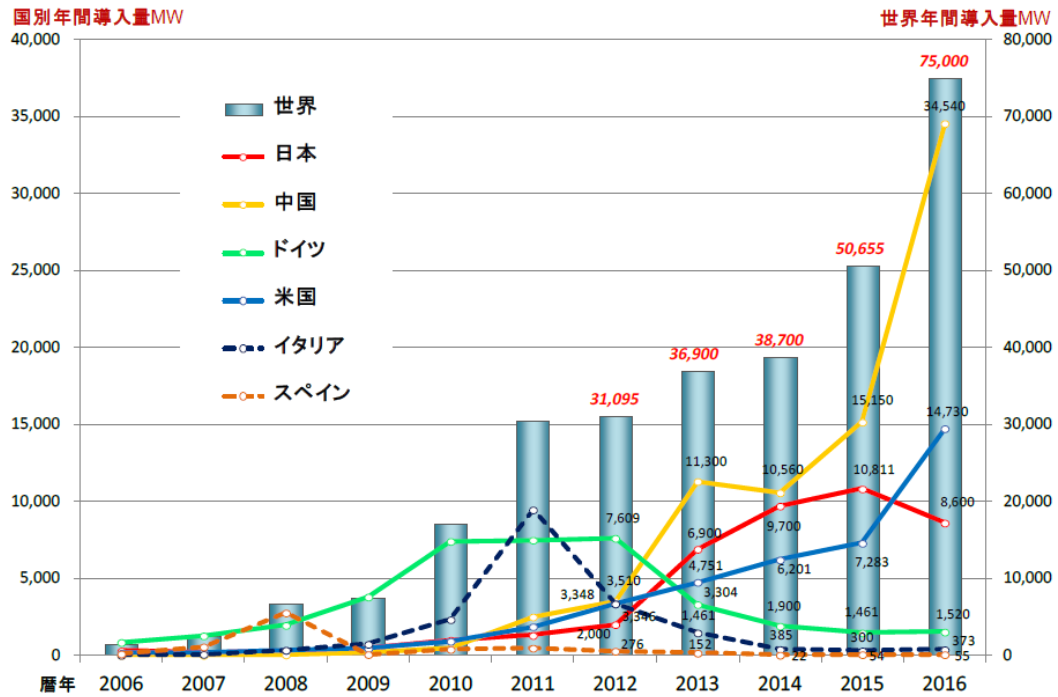


図1 国別設置量の推移 (出典) 太陽光発電協会「JPEA PV OUTLOOK 2050」

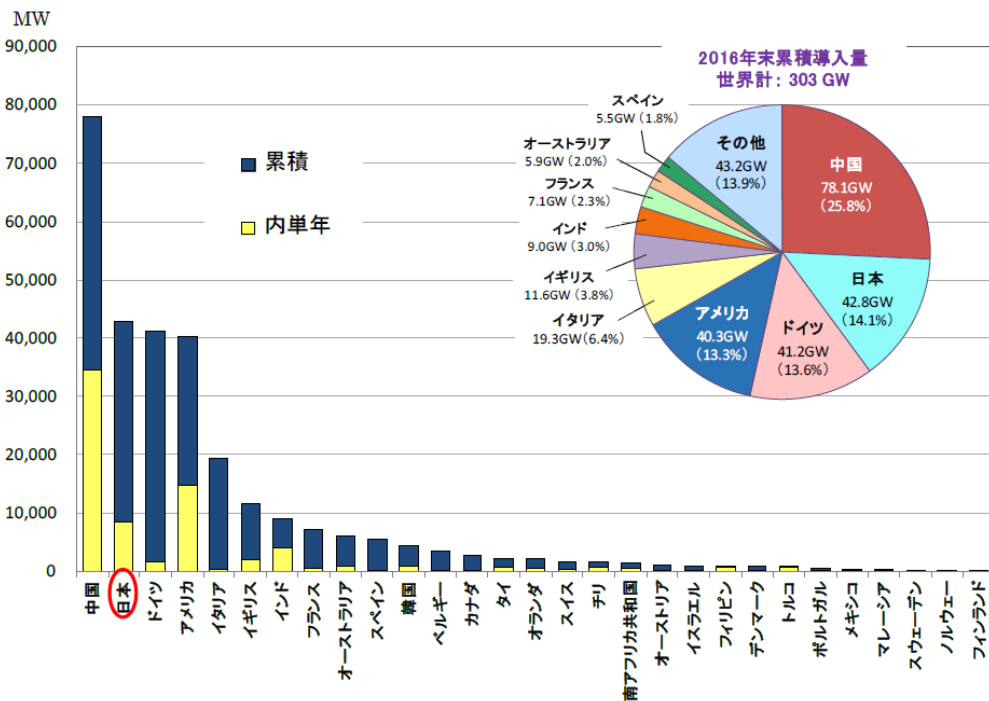


図2 国別累積設置量の推移 (出典) 太陽光発電協会「JPEA PV OUTLOOK 2050」

## 国の主な動向

- 平成 24 年度から、環境省が経済産業省と連携して使用済再生可能エネルギー設備（特に、太陽光発電設備、太陽熱利用設備及び風力発電設備）の撤去、運搬、リユース・リサイクル及び適正処分までの一連の工程に関する試験や調査検討を実施
  - 平成 25～26 年度、有識者等で構成する検討会（座長：慶応大学 細田教授）において、再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分の推進に向けて検討
  - 平成 27 年度、環境省は、太陽光発電設備のリサイクルや処理の現状を整理し、将来の排出見込み量を推計するとともに、将来、大量に廃棄された場合に混乱することがないように、既存の法制度やリサイクルを行う上での留意事項などを解説したガイドラインを作成
  - 現時点では、使用済み太陽光発電設備のリサイクル技術が十分に確立したとは言えないため、国や国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）を中心にリサイクル技術の確立に向けた研究開発及び調査を実施するとともに、先進技術の導入を図るべく、設備導入に対する補助を実施
- ※都内への導入事例は参考 4 を参照

### 【調査】

- i) 使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル調査（環境省）
  - ・ 目的：使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・処分に関する調査を行い、将来の社会システムの構築に向けて必要な知見を収集
  - ・ 事業期間：平成 24 年度～26 年度
  - ・ 内容：処理フロー・コスト、素材構成調査、含有量試験、溶出試験、リサイクル技術導入可能性、環境配慮設計に関する情報整理、モデル事業、費用対効果分析、制度検討

### 【技術開発】

- i) 太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト（NEDO）
  - ・ 目的：太陽光発電システムの経済性・安全性・信頼性を確保するため、システム効率向上、維持管理技術の開発、安全性確保のための実証に係る技術開発、検証を実施
  - ・ 事業期間：平成 26 年度～30 年度
  - ・ 実施形態：委託研究事業、共同研究事業（NEDO 負担率 1/2）
  - ・ 予算：30 年度 6.9 億円

ii) 太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト (NEDO)

- ・ 目的：太陽光発電設備のリサイクル社会の構築に向け、分解処理が困難である太陽電池モジュールの低コスト分解処理技術の確立、撤去・回収・分別・リユース関連技術などの課題と対策を検討
- ・ 事業期間：平成 26 年度～30 年度
- ・ 実施形態：委託事業、共同研究事業 (NEDO 負担率 2/3)
- ・ 予算：30 年度 1.1 億円

【補助】

i) 低炭素型廃棄物処理・リサイクル設備導入の支援 (環境省)

- ・ 目的：低炭素製品等のユース、リサイクルについて、「省 CO2 型リサイクル等設備技術実証事業等」により実証された技術・システムの導入を推進
- ・ 内容：省 CO2 型設備導入費用について 1/2 を上限に補助
- ・ 期間：平成 30 年度～32 年度

## 先進技術を用いた処理技術導入事例

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）が実施した実証実験を契機に、都内に処理施設を設置した事例を以下に示す。

### 1 設置者

東京都大田区京浜島二丁目7番5号  
株式会社浜田内PVテクノサイクル株式会社

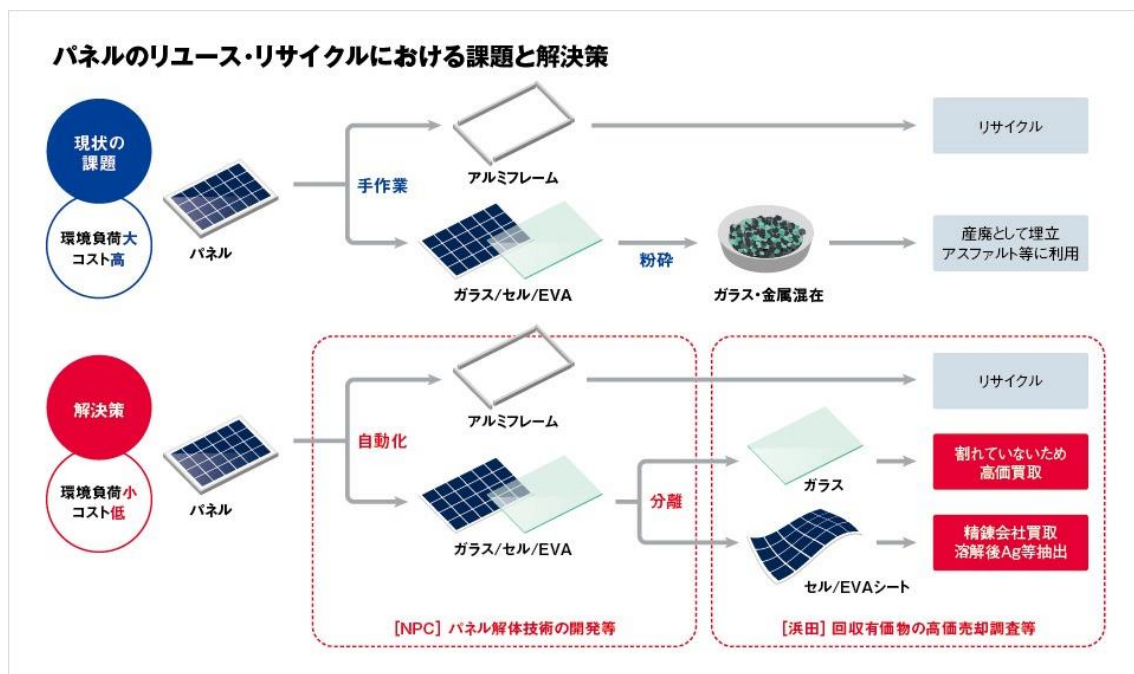
※太陽光パネル製造装置開発のエヌ・ピー・シーと産業廃棄物処理業者の株式会社浜田の合弁会社として、2016年8月に設立



(出典) PVテクノサイクル株式会社  
(撮影) PVeye

### 2 処理技術の概要

- 太陽電池モジュールのアルミフレームを外した後、300℃に加熱した刃（ホットナイフ）を用いた分離技術により、ガラスと金属をリサイクルするもの。
- 従来、太陽電池モジュールのカバーガラスと太陽電池セルの分離が難しく、まとめて粉砕することが多く、鉛などの有害物質が混入するため、リサイクルが困難であった。
- しかし、このホットナイフ技術により、カバーガラスと太陽電池セルをきれいに分離できるため、カバーガラスの売却、銀などの有用金属の回収などが可能となった。



(制作) PVeye