

令和元年度 太陽光発電設備3R推進に係る基礎調査の概要

東京都環境局

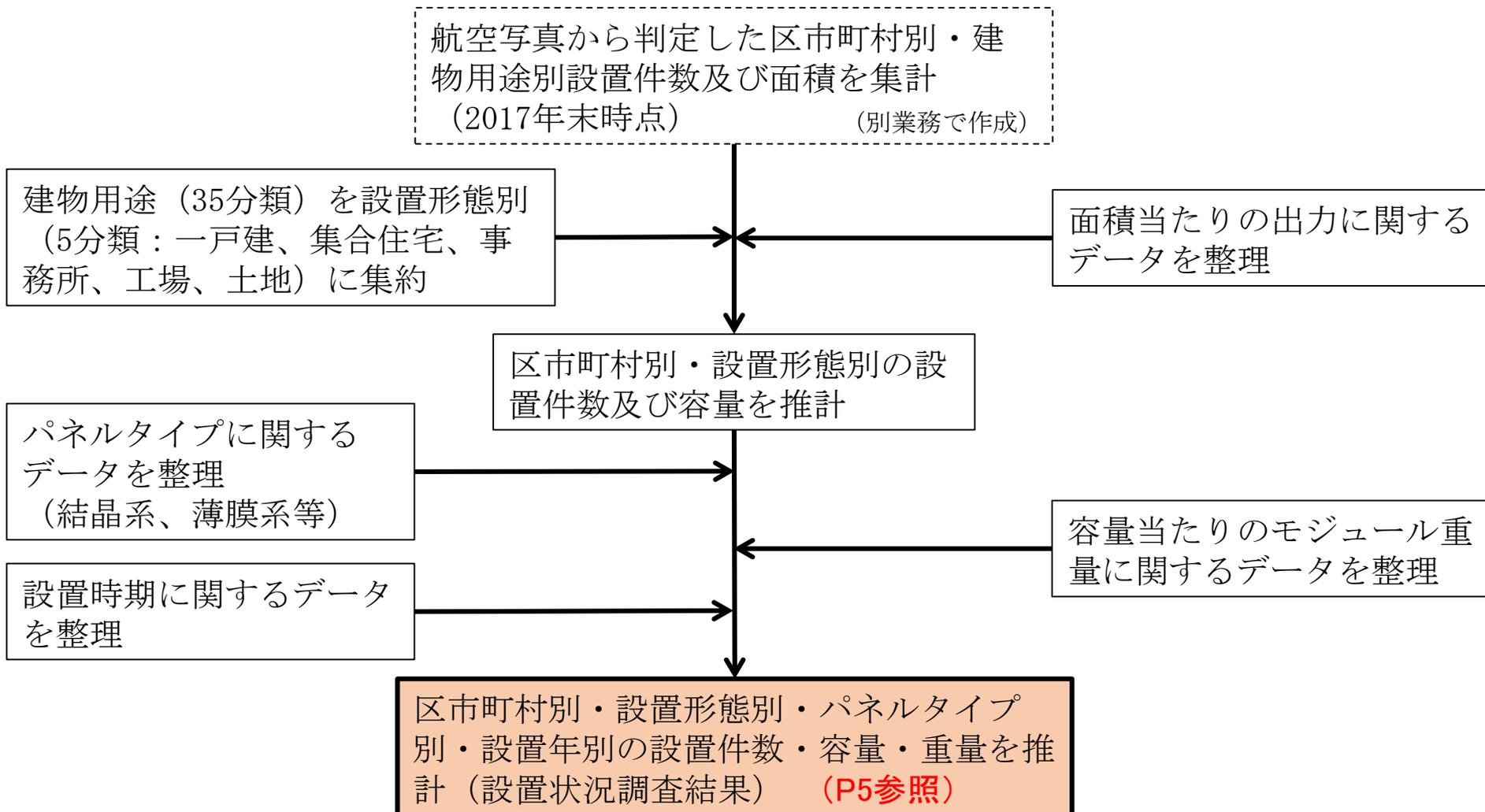
- (1) 将来排出量の推計
 - ア. 設置状況調査
 - イ. 将来排出量の推計
- (2) 実態調査
 - ア. 処理の実態
 - イ. 処理技術の動向
 - ウ. リユースの取組
 - エ. 環境対策への取組
- (3) 有害物質対策調査
 - ア. 有害物質の含有状況等
 - イ. 撤去作業等のリスク評価
- (4) 資源性の検討
- (5) 海外の取組の整理
- (6) 課題解決に向けた検討

(1) 将来排出量の推計 ～ア. 設置状況調査～

ポイント

- ・航空写真や統計データ等から今までの設置量を推計
- ・また、将来設置目標を勘案し、将来の設置量を推計

・太陽光発電設備の設置量推計の実施フロー

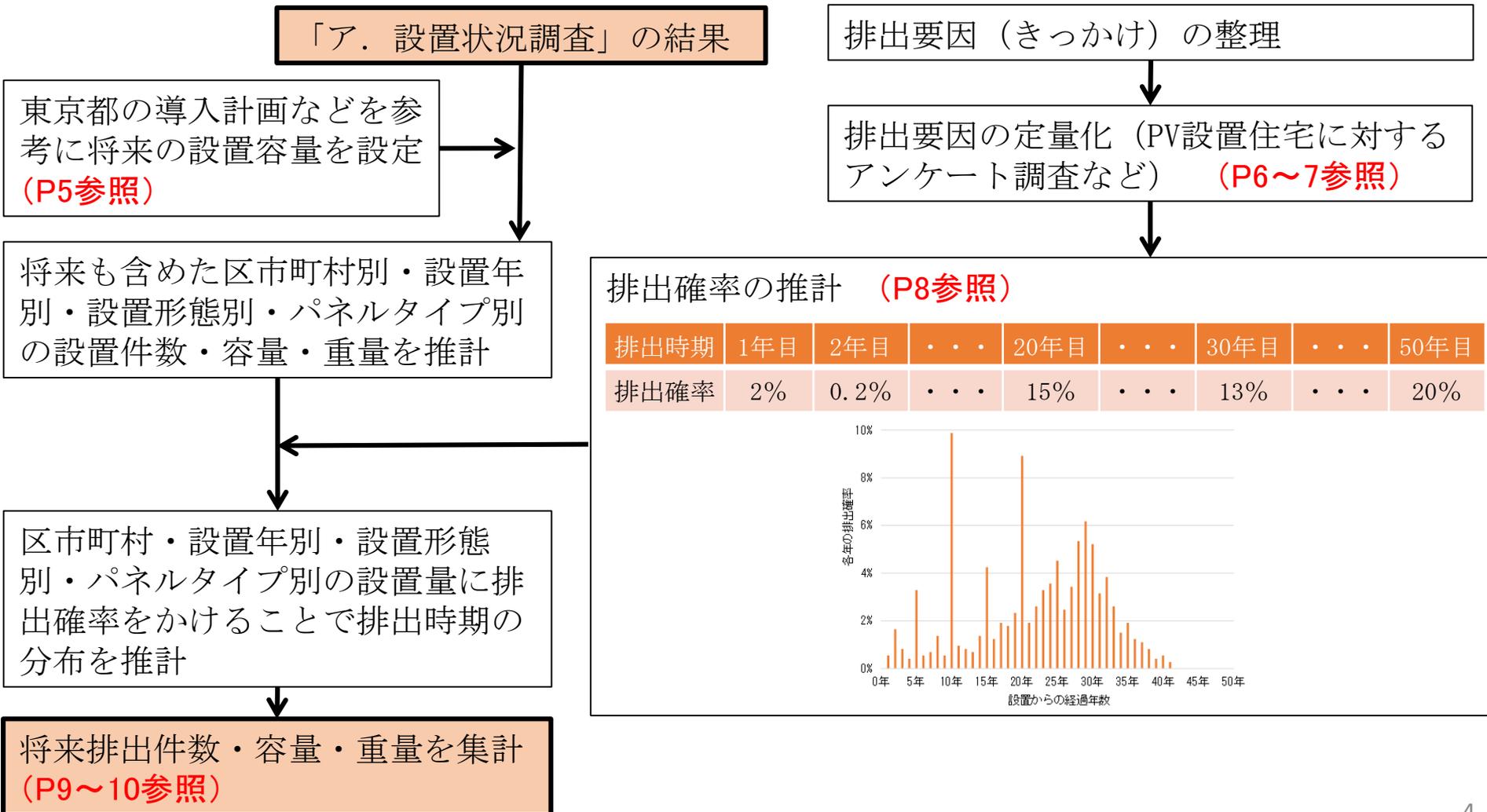


(1) 将来排出量の推計 ～イ. 将来排出量の推計～

ポイント

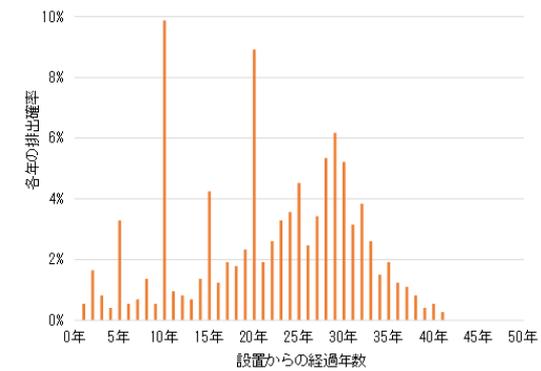
- ・将来設置目標を勘案し、将来の設置量を推計。
- ・アンケート調査結果に基づき年別の排出確率を定量化し、将来排出量を推計（東京大学 村上准教授と協力）

・太陽光発電設備の将来排出量推計の実施フロー



排出確率の推計 (P8参照)

排出時期	1年目	2年目	...	20年目	...	30年目	...	50年目
排出確率	2%	0.2%	...	15%	...	13%	...	20%



(1) 将来排出量の推計 ～イ. 将来排出量の推計～

ポイント

- ・現在は年間約3万kWが設置されている。
- ・累計約57万kWが設置されている。
- ・都の導入目標では2030年に130万kWが設置される見込み。

・将来の設置容量の設定について

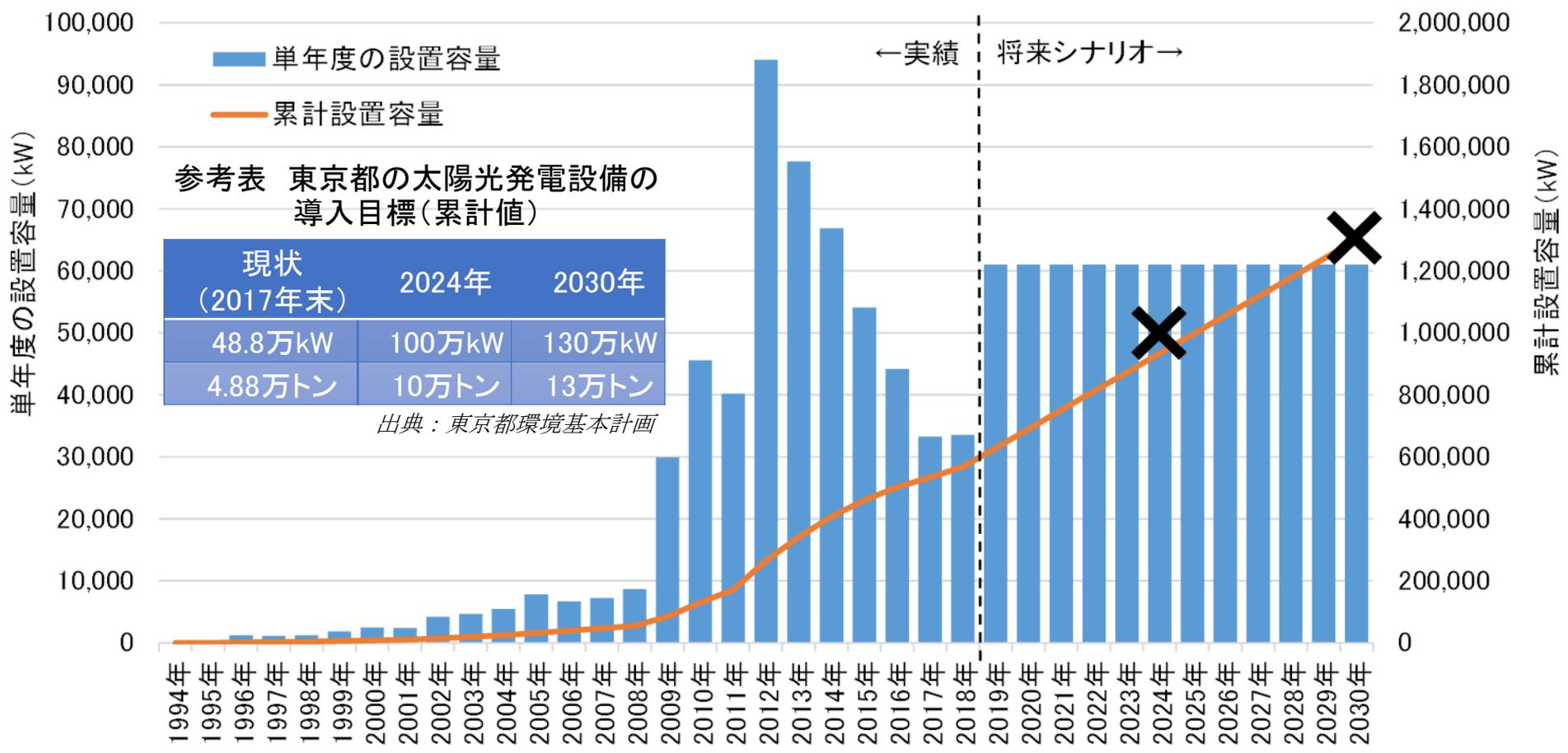


図 東京都における太陽光発電設備設置量の推計結果

(1) 将来排出量の推計 ～イ. 将来排出量の推計～

ポイント

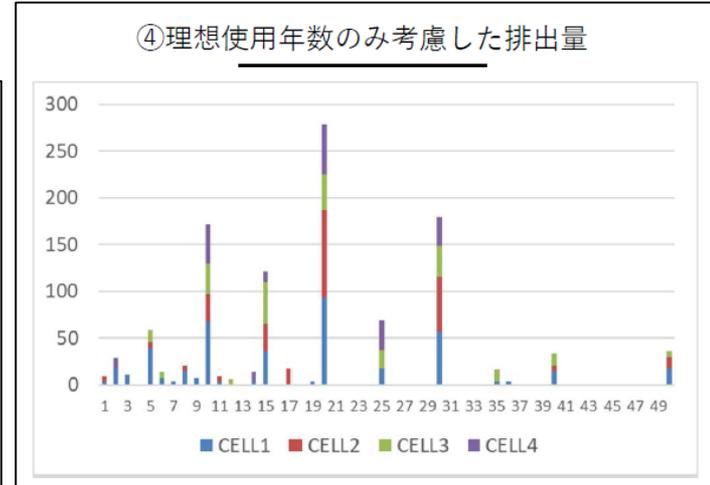
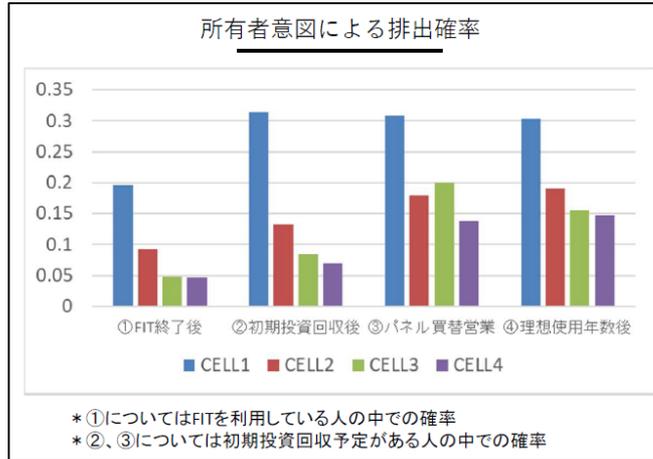
- ・住宅用太陽光発電設備を設置している都民1,032人に対するアンケート調査を実施（東京大学村上准教授実施）
- ・築年数、所有者の発電設備に対する今後の排出予定・意図などを調査

・アンケート調査の結果について:

- ①. FIT買取期間終了後
- ②. 初期投資回収後
- ③. ②にさらに安い費用でのパネル買い替えの営業を受けた場合
- ④. パネルを理想使用年数まで使用したのち

用いた年齢区分

	CELL1	CELL2	CELL3	CELL4
年齢層	39歳以下	40～49歳	50～59歳	60歳以上



パネル買替営業を頻繁に受けているか

CELL	1. そう思う・ややそう思う	2. どちらともいえない	3. あまりそう思わない・そう思わない	1. の割合
1	124	121	49	0.422
2	24	123	32	0.134
3	11	126	24	0.068
4	10	73	12	0.105

新築住宅に導入された割合・平均築年数

CELL	1	2	3	4
新築住宅への導入割合	0.47	0.28	0.31	0.28
平均築年数	5.47	8.02	10.3	15.8

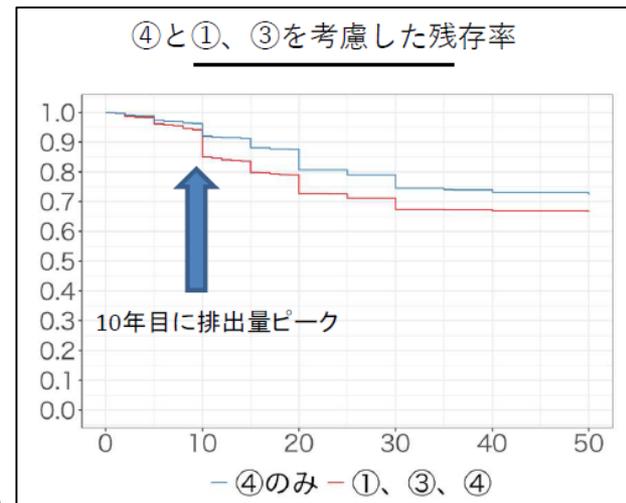


図 アンケート調査結果(抜粋)

出典：「令和元年度 太陽光パネル高度循環利用に向けた東京モデルの構築事業」報告書

(1) 将来排出量の推計 ～イ. 将来排出量の推計～

ポイント

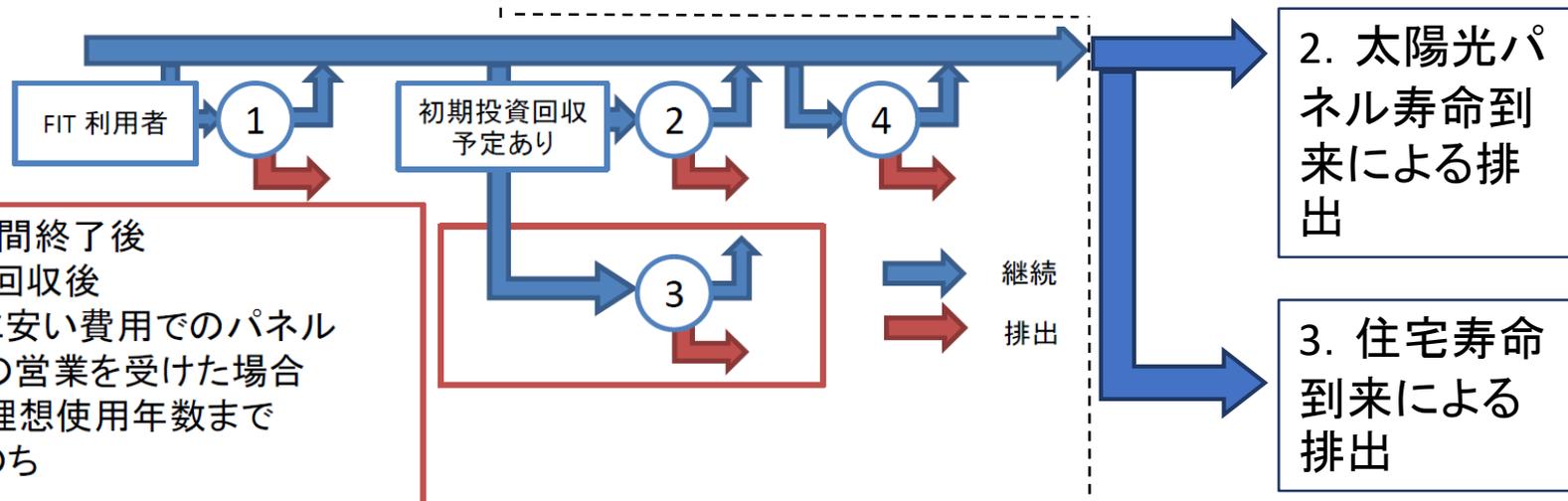
・アンケートや文献調査を実施し、以下1. ～3. の排出要因を定量化

・排出要因の定量化について:

1. 所有者意図による排出
計算方法: アンケート結果より推測(カイ2乗検定、フィッシャーの正確確率検定、Welchのt検定)

2. 太陽光パネル寿命(機械寿命)による排出
計算手法: ワイブル分布
短寿命: 30年(IRENAより)、長寿命: 57年(ヒアリング結果より)

3. 住宅寿命(建物の解体)による排出
計算手法: ワイブル分布(アンケートでパネル所有者の築年数を確認)
平均寿命65.03年(木造専用住宅)



(1) 将来排出量の推計 ～イ. 将来排出量の推計～

ポイント

一戸建、共同住宅、事務所、工場、土地の各年の排出確率を推計した。

・排出確率の推計結果について:

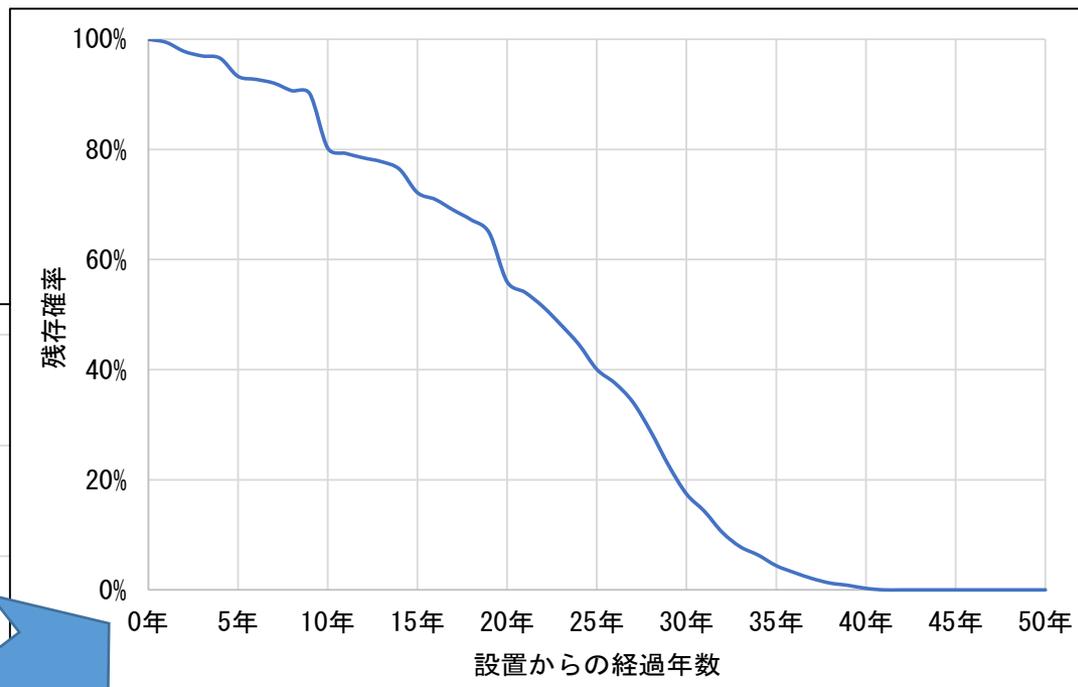
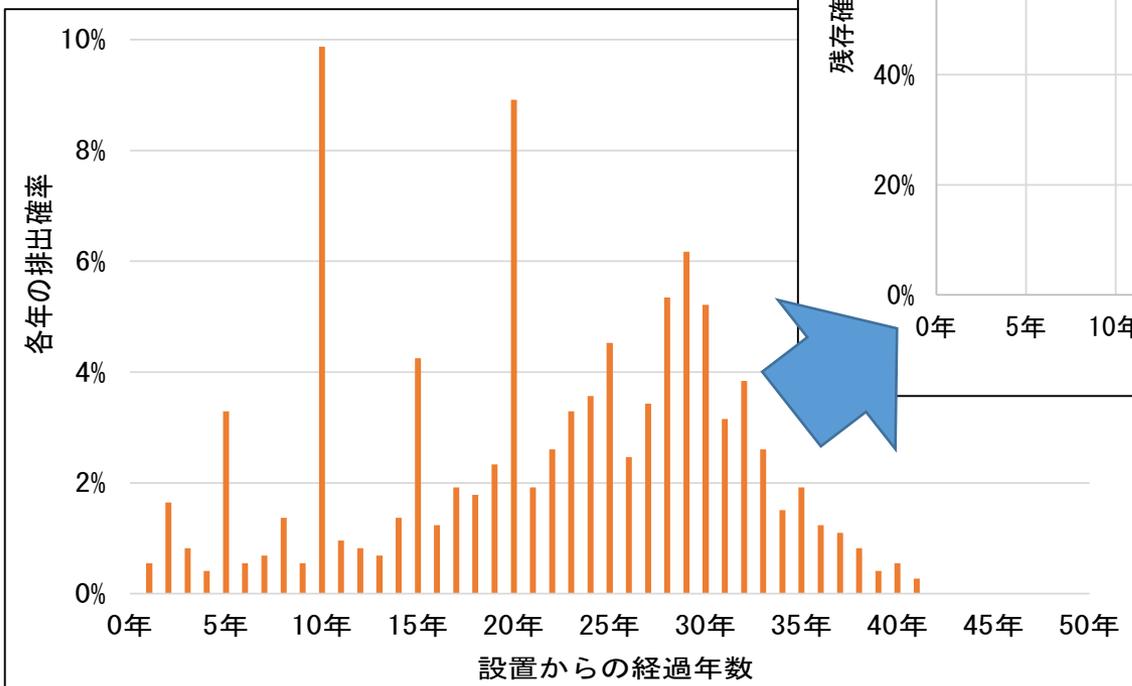


図 一戸建に設置されているモジュールの残存確率(イメージ)

図 一戸建に設置されているモジュールの各年の排出確率(イメージ)

(1) 将来排出量の推計 ～イ. 将来排出量の推計～

ポイント

- ・結果、2030年の排出見込みは4,000件弱、2050年の排出見込みは9,000件超となった。
- ・件数で見ると、排出のピークは特に見込まれない。

・将来排出量の推計結果について(件数単位):

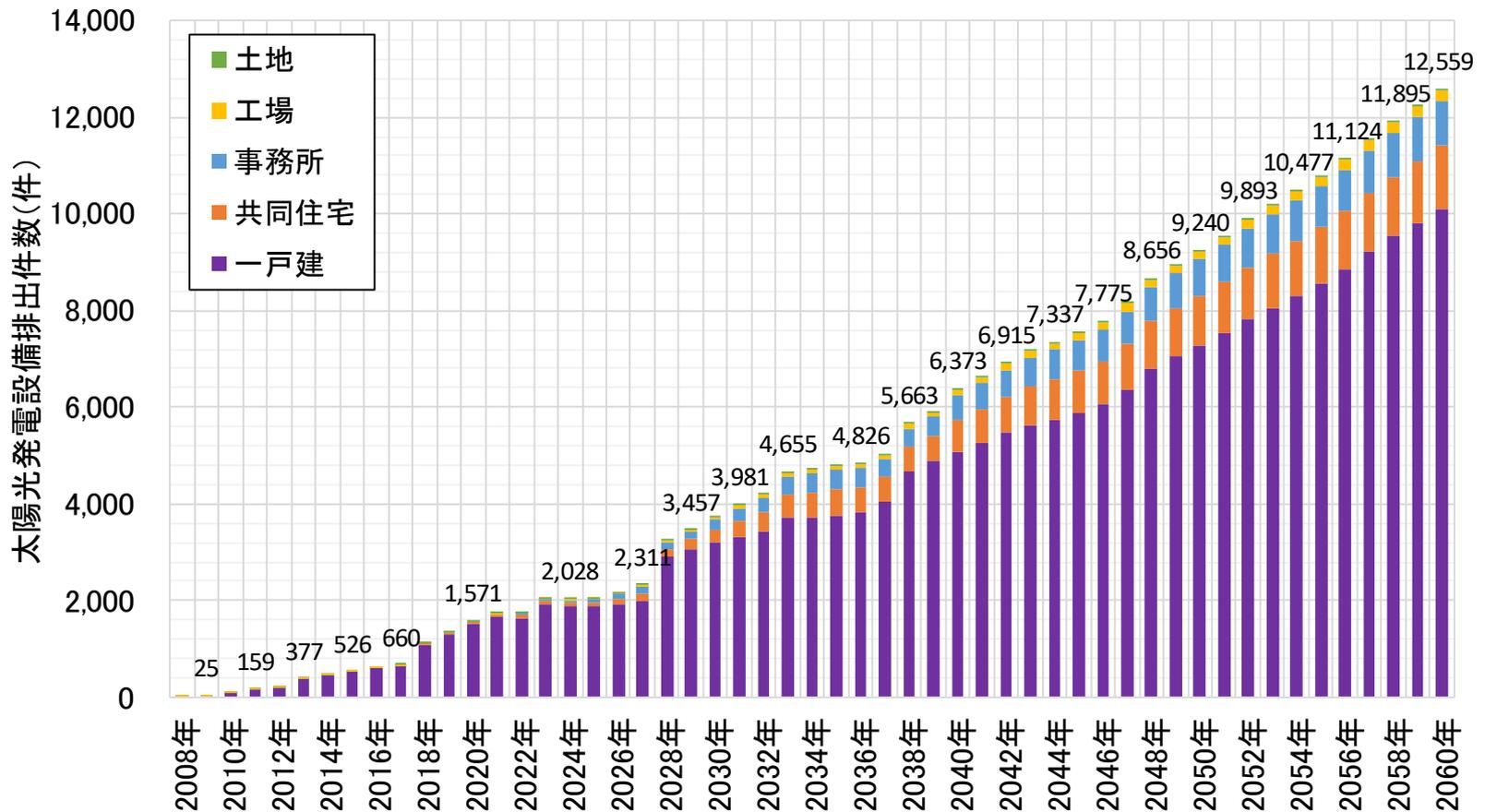


図 都内の太陽光発電設備の将来排出件数

(1) 将来排出量の推計 ～イ. 将来排出量の推計～

ポイント

結果、2030年の排出見込みは1,500トン超、
2050年の排出見込みは2,700トン超となった。

・将来排出量の推計結果について(重量単位):

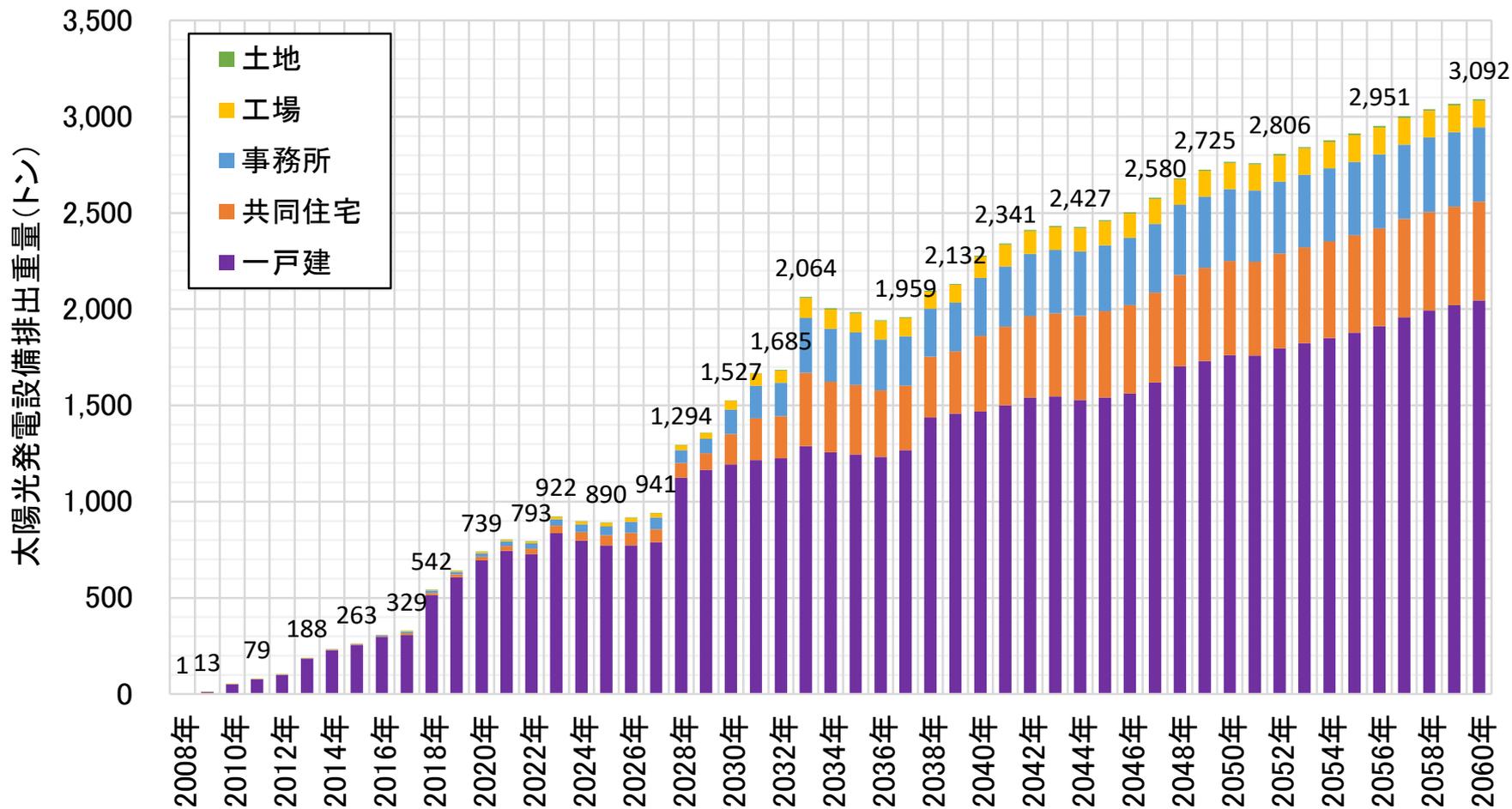


図 都内の太陽光発電設備の将来排出重量

(2)実態調査 ～ア. 処理の実態に係る調査～

ポイント

施工～最終処分、その他関連機関に対してヒアリング調査を実施し（合計16件）、処理の実態に係る調査を行った。

表 ヒアリング調査対象

事業者 ・団体	区分									
	施工	解体	運搬	中間 処理	最終 処分	再生 利用	メーカー	ハウス メーカー	住宅 団体	その他
A										○
B		○								
C			○	○						
D										○
E			○			○	○			
F				○		○				
G						○				
H	○		○							
I								○	○	
J							○			
K						○				
L								○		
M						○				
N							○			
O			○	○		○				
P						○				○
合計:16件										

(2) 実態調査 ～ア. 処理の実態～

ポイント

- 施工業者**・撤去費用が20万円/4kW程度と高いため、解体業者は施工業者に対して撤去依頼をすることに及び腰。
- 解体業者**・電気関連の資格がなく、かつ業務形態の違いから取外し業務は不向き。
- 運搬業者**・各メーカーでパネル形態が異なるため、運搬時の固定が難しく破損リスクあり。1件あたり、3～4kWの排出のため収集コストが高くなる。

表 調査によって得られた各業態の太陽光発電設備の処理の実態 (1/3)

業態	上記ポイント以外の実態
施工業者	住宅用太陽光発電設備は、モジュールからパワーコンディショナーまでの間を直流電気450V以下に設計されているため電気工事業法及び電気工事士法の対象外。取外しに許可・資格は不要。 解体業者から問い合わせが来ることはあるが、撤去の見積費用が高いため、施工業者に依頼せず、解体業者が太陽光発電設備を自前で取り外す場合が多い。
解体業者	現場での破砕又は中間処理施設での破砕が必要。 感電リスクは大きな不安材料。海外で死亡事例あり。 解体現場でPV設備を破砕するとき有害物質がどのくらい漏れるか、把握できていない。
運搬業者	保証期間内の場合、パネルメーカーやハウスメーカーに一時保管され、ある程度集積された段階で運搬される。保証期間外の場合、放置されるか、個別に施工業者等に依頼していると推測される。 パネルを裏返す、ブルーシートで被うことにより遮光し感電リスクを軽減している。

(2)実態調査 ～ア. 処理の実態～

ポイント

- 中間処理**・・・分離・分解技術は概ね成熟しつつある。
- 再生利用**・・・現在は処理量が少なく採算性が悪い。CSR活動／将来への投資として廃パネルのリサイクルを実施している。
- 製造メーカー**・・・発電効率の向上、長寿命化、電極材料の削減につながる製品開発を中心に行っている。

表 調査によって得られた各業態の太陽光発電設備の処理の実態 (2/3)

業態	上記ポイント以外の実態
中間処理	<p>技術によって処理能力が大幅に変わるため、技術の選択によって受け入れ能力が変わってくる。</p> <p>保証対象の廃パネルはハウスメーカー及びパネルメーカーから、補償対象外の廃パネルは工務店から排出されることが多い。</p>
再生利用	<p>化合物系PVについては埋立がメインとなる。</p> <p>受け入れ価格1枚3,000円(運搬費別)で引き受けている。これは管理型最終処分場の受け入れ価格30,000円/m³を参考に設定している(パネル10枚=1m³)。</p>
製造メーカー	<p>現状では寿命や事業終了による撤去は出ていない。メーカーリコールや不具合の場合は、自社で回収している。受付後、収集運搬・中間処理を手配している。</p> <p>コスト低下のためアルミフレームレス、銀含有量の削減の方向である。※リサイクル価値低下</p>

(2) 実態調査 ～ア. 処理の実態～

ポイント

最終処分業者・・・（回答得られず）

精錬業者・・・技術的な受入れ課題は少ない。銀濃度を高めることが重要。

ハウスメーカー・・・現在のところ排出量は少なく、破碎等処理後に非鉄精錬業者等に渡している。将来の大量排出時代に向けて対応の検討を進めている。

表 調査によって得られた各業態の太陽光発電設備の処理の実態（3/3）

業態	上記ポイント以外の実態
精錬業者	<p>主な有価物は銀と銅。銀濃度は有価物の販売収益を大きく左右する。濃度が1,250～2,500 g/t(ppm)を下回ると、有価物ではなく廃棄物として受け入れることとなり、廃掃法の対象になってしまう。その場合は通常の精錬プロセスでは処理できない。</p> <p>バックシートにアルミナが含まれていることがある。アルミやアルミナの含有量が5%を超えると、処理物の融点と粘性が上昇し歩留り率が低下する。また、生産工程に影響を及ぼすことがある。</p> <p>リサイクルを可能とするためには有価物が多い架台とパワコンもパネルと一緒に回収することが重要。</p>
ハウスメーカー	<p>中間処理事業者へ依頼し、破碎処理後非鉄精錬事業者へ引き渡し。ただし、ハンダに使用されていたニッケルや鉛の関係で、受入れを断られたことがある。</p> <p>今後の具体的な処理ルートづくりのため、リサイクル処理事業者を探して交渉しているが、全国的に処理先を確保するのは難しいと感じている。大量に排出された場合、埋め立てや熔融処理となってしまう可能性が高い。他のハウスメーカーと意見交換しているが、同じような状況である。</p> <p>現在、中間処理事業者の確保が困難なため、センターにストックされている状況である。関東は特に処理先の確保が課題である。</p>

(2)実態調査 ～イ. 処理技術の動向～

ポイント

- ・処理目的や効率等に差はあるが、処理技術は概ね確立済み
- ・今後は汎用性やコスト低減が課題
- ・処理技術を活かすサプライチェーンの確立も課題

表 調査によって得られた処理技術の実態

処理技術	方式		特徴		
	概要	区分	概要	ガラス状態	セル状態
ホットナイフ分離法	EVA断面に加熱した刃物で切断する。	乾式	非破壊でガラスの回収が可能。最近では割れたパネルの処理ができるホットナイフ処理ラインを開発している。	板状	板状
湿式比重選別機	廃PVを破碎し、湿式比重選別機で物質相互の比重差を利用して素材ごとに選別する。	湿式	汚れが付いているものやアルミフレームが曲がっているPVを処理できる。他の電気製品と一緒に処理することができる。	板状粒状	板状粒状



出所)(株)エヌ・ピー・シーのHP



出所)ハリタ金属(株)のHP

(2) 実態調査 ～ウ. リユースの取組～

ポイント

- ・事業終了や災害等に伴い発生したパネルを1～13円/Wで引き取り、検査後販売している。
- ・最近では、新品パネル価格が下落しており、リユース事業の採算性に影響を与えている。

表 調査によって得られた太陽光発電設備のリユースの実態

項目	実態
パネルの調達	・結晶シリコン系モジュールが中心。破損したモジュールはリユースに利用しない。
リユース方法	・検品の結果によって、再販売／修理／スペックダウンの再販売を判断。
リユース先	・業界的に海外が多い。再販売先は東南アジア、中東などが主である。 ・国内のみに再販売している。海外への販売は検討中である。主な売り先は施工会社（低圧・小規模発電所）や個人（自家消費）である
保管	・排出の量・タイミング・場所、そして再販売先の量・タイミング・場所がマッチしないため、必ず一時保管する必要がある。
検査・修理	・今までは全数検査を前提としていたが、コスト削減のためサンプル検査に移行し始めている。 ・検査は撤去前に目視検査、可能な場合に集電箱からの簡易検査（絶縁検査等）を実施した後、検査工場に運搬してから精密検査を実施している。
コスト	・発電事業者からの排出や災害で発生したパネルを数円/Wで買い取っている。 ・リユースとリサイクル事業を一体で実施する場合の処理価格は、1,000～3,000円/枚が適正と考えている。

(2)実態調査 ～工. 環境対策への取組～

ポイント

- ・メーカーは軽量化、発電効率の上昇、製品の長寿命化、解体・分解しやすい設計を行っている。
- ・今後、適正処理まで行うことを考慮した設計が求められる。

表 調査によって得られた各業態の環境対策への取組

業態	実態
メーカー	<ul style="list-style-type: none">・軽量化、発電効率の上昇、製品の長寿命化、解体・分解しやすい設計を行っている。・サプライヤーに対しては厳しい基準を設けている。製品はすべて日本規準に適合している。・有害物質が含まれる可能性があるプロセスは判明しており、今後はピンポイントで取り除いていく。
ハウスメーカー	<ul style="list-style-type: none">・木材調達においてトレーサビリティを確保しているが、太陽光パネルについても同様の取り組みを考えていきたい。・これまでは美観や施工性が重視されてきて、特に環境に配慮した設計を要求していないが、今後の開発にあたっては基準を設ける必要もでてくる。・海外製の太陽光発電設備のガラスは有害物質が含まれている可能性がある。効率を1%上げるために有害物質を使用するよりも、処理やリサイクルを容易にすることを考慮して、有害物質の使用を規制する必要があるかもしれない。
団体	<ul style="list-style-type: none">・メーカーによる環境配慮設計(リサイクルしやすい製品等)も推奨している。

(3) 有害物質対策調査 ～イ. 撤去作業等のリスク評価～

ポイント

破砕作業の際に、機器内で粉じんが発生する箇所を閉鎖系にし、作業員はマスクを着用することで、粉じんの吸入を防止。

表 調査によって得られた撤去作業等の課題と対策

課題	対策
粉じんを吸入する。	保護メガネ・防じんマスクを着用する。
破損した太陽電池モジュールが雨水等の水濡れによって有害物質が流出し土壌が汚染される。	太陽光発電設備の下に遮水用のシートを敷く。
運搬中に細破砕された太陽電池モジュールが飛散する。	シート掛けを行う。
埋立中に有害物質が溶け出して、土壌や地下水が汚染される。	管理型最終処分場で埋立を行う。

(4) 資源性の検討

ポイント

- ・主な有価物は銀、銅となっている。化合物系、薄膜系は、銀の含有量が少ないため、廃棄物となる。
- ・最近のパネルは銀含有量が減少しているため、将来排出されるパネルの資源価値の減少が懸念されている。

表 調査によって得られた太陽光発電設備の資源性の実態

業態	実態
非鉄精錬業者	一連の精錬プロセスにおいてほとんどの金属類を回収できる。主な有価物は銀、銅となっている。
	シリコンは乾式精錬では回収できず、スラグとして排出される。湿式精錬ならシリコンも回収できる。
	バックシートは主に樹脂で構成されており、単体で分離できればリサイクル可能。不純物が多少含まれていても、セメント会社の燃料としての活用が可能。
	ガラス、バックシート、EVA樹脂等の選別を徹底するほど、精錬処理物の銀濃度が高まる。
団体	ガラスカレットメーカーの廃ガラスの受け入れ条件が厳しく、購入価格も低い傾向がある(1~2円/kg)。
	PVガラスは基本的に透明度を高めるため高純度のガラスが用いられる。綺麗に分離・分別できれば板ガラスへのリサイクルが可能。

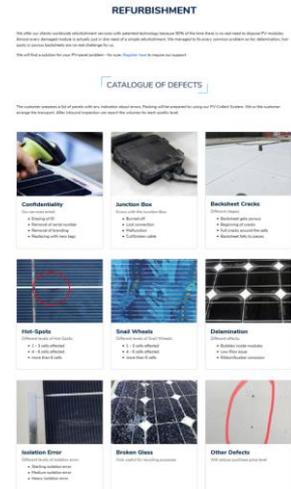
(5) 海外の取組の整理 ～都に適する海外の取組み～

ポイント

- ・海外におけるリデュース・リユースに関する取組を調査。
- ・継続使用を促しリデュースにつなげる仕組みや中古パネルの取引プラットフォームによりリユースを促進する事例などがある。

表 リデュースに関する海外の事例

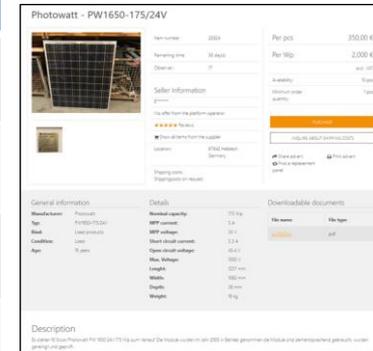
事例、企業・団体名	場所	概要
Rinvasol社	ドイツ等5か国	メーカーや保険会社から持ち込まれる、初期不良や故障したモジュールを修理している。
Octopus Energy社	英国	卒FIT後の太陽光発電設備の余剰電力を購入。購入価格は卸電力市場価格と連動している。
卒FIT後の分散型再エネの余剰電力の買取義務化	英国	英国政府は小売電気事業者に対して、自社需要家のFIT買取期間終了後の分散型再エネ発電設備の余剰電力を買い取る義務を課している。



Rinvasol の修理項目

表 リユースに関する海外の事例

事例、企業・団体名	場所	概要
EnergyBin、SecondSol	米国ミネソタ州、ドイツ	中古パネルなどの取引プラットフォーム運営
NPO「working for the Sun solar, inc」	米国カリフォルニア州	リユースパネルを活用した独立型PVシステムの寄付
NPO「Good Sun」	米国カリフォルニア州	リユースパネルを無償又は低コストで貧困層に提供
RecyclePV社	米国	リサイクル事業と並行したリユースビジネス



SecondSol の中古パネル取引サイト

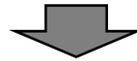
太陽光発電設備処理に係る課題と議論の方向性

ポイント

・これまでに挙げた課題のうち、適正処理及びリサイクルを促進する観点から議論が必要な課題を絞り、論点を整理する。

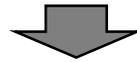
○これまでに指摘された課題

- ・処理やリサイクルに関わっている業界団体や事業者等に調査を行い、廃棄費用負担に係る事項から処理技術に係る事項まで様々な課題が挙げた。



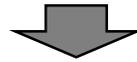
○今後の議論の方向性

- ・都において、適正処理及びリサイクルを促進する観点から議論が必要な課題を絞る。



○住宅用の太陽光発電設備を対象として、以下の事項を考慮し論点を整理

- ①適正処理を行うに当たり必須となる事項
- ②リサイクルを実現するに当たり必須となる事項
- ③リサイクルを促進させるに当たり実現が望ましい事項
- ④その他これらに類する事項



○議論の成果

- ・都の実情を踏まえた太陽光発電設備の具体的な3R方策を提案。
- ・課題の一部について、来年度に予定している太陽光パネルの高度循環に向けた社会実証調査において検証。
- ・国全体で議論すべき事項については、国や業界団体に要望。

ポイント

・適正処理・リサイクルに係る課題を「撤去」「収集運搬」「中間処理」「3R」「最終処分」に分けて整理

表 都が主体的に取り組むべき課題

撤去	収集運搬	中間処理	3R	最終処分
誰が取り外すのが 適当であるか	パネル破損による 3R阻害	処理基準以外の 受け入れ条件の 明確化	メーカー、型式等 により、資源価値 が異なることへの 対応	処理基準以外の 受け入れ条件の 明確化
	少量排出の場合 は、運搬が非効率	処理技術によって 得られる資源量、 質が変わることへ の対応		処理費用について の周知
	設備設置状況の 把握	破砕する条件、環 境整備等の明確 化		パネルは管理型で 埋め立てるべきで あることの周知
撤去・収集運搬・処理費用についての周知				

太陽光発電設備3Rに係る論点整理

①取り外しの際の役割分担

ポイント

・施工業者が撤去を行うと20万円/4kW程度の費用がかかる。一方で、解体業者が行う場合、電気関連の資格がないため、適切な処置が行われない懸念がある。施工業者への補助や解体業者用のマニュアル、制度が必要。

課題	実態/将来予測
解体事業者による取外しは現実的ではない。他方解体業者が請け負わなければならないケースがある。	<ul style="list-style-type: none">・施工業者に依頼した場合、撤去費用が高額なため、解体事業者自らが撤去もしくは解体をすることがある。・解体事業者が請負った場合、建物と一緒に破砕処理してしまうケースがある。
取外し時にパネル破損、断線のリスクがある。	<ul style="list-style-type: none">・こういったタイミングでどの程度の破損が発生するのか不明。・破損や短断線の場合、資源としての価値が低下する。
空き家の場合の設備処理の費用負担者が不在である。	太陽光電池モジュールが設置された空き家が多く発生する可能性が高い。

太陽光発電設備3Rに係る論点整理

②効率的な収集運搬

ポイント

- ・一般家屋から3~4kWと少量ずつ排出される太陽光発電設備を効率よく回収する必要がある。特定の地域で効率よく回収するための実証事業を行ってみてはどうかという意見がある。
- ・規則的に、安全に積載することが難しい。

課題	実態/将来予測
住宅系太陽光の場合、排出量少量のため運搬が非効率である。	<ul style="list-style-type: none">・保証期間内の場合、パネルメーカーやハウスメーカーに一時保管され、ある程度集積された段階で運搬される。・保証期間外の場合、放置されるか、個別に施工業者等に依頼していると推測される。
運搬時にパネル破損のリスクがある。	<ul style="list-style-type: none">・メーカーによってパネル形状が異なるため、保管ケース・包装方法が異なる。・現状決まった運搬方法は存在しない。・不規則な積載状態になると、周囲物品との衝突により比較的容易にカバーガラスが破損してしまう。

太陽光発電設備3Rに係る論点整理

③処理技術の特徴を活かしたリサイクルのルート構築

ポイント

・太陽光発電設備の適正処理を推進するために、法整備が望ましいとする声が多い。

課題	実態/将来予測
法制度等が整備されていないため、事業者インセンティブが働かない。	国の関係省庁と定期的に意見交換を実施し、必要な措置を促す。
リサイクルしたカバーガラスの出口先が確立していない。	業界団体の検討が進められている。
メーカー、型式等によって、資源価値が異なる。	各メーカー・各型式のパネルの有価物と有害物の含有量について分析し、データベース化の整備を行うことで、リサイクル関連事業者が取り扱い方法を検討しやすい。
建材一体型パネルのリサイクル技術が確立されていない。	ハウスメーカーがリサイクル方法を検討している。

太陽光発電設備3Rに係る論点整理

④処理・リサイクルの方法・コストの周知

ポイント

・排出された太陽光パネルのリサイクル、リユースの方法・コストが周知されていないと最終処分されることが多くなる可能性がある。

課題	実態/将来予測
リユースの認知度が低い。	中間処理業界でも、リユースができることについて認識していないことがある。リユースの可能性に関する周知が必要。
排出されたパネルをどの業者へ運搬するのが適切か決まっていない。	様々な処理技術が存在し、処理技術ごとに発生する資源量・質・コストが異なる。
処理費用負担に関する認知度が低い	非住宅系は撤去・処理費用の積み立てが始まり一定の認知は広がるが住宅系の認知度は低いままと予想される。

太陽光発電設備3Rに係る論点整理

⑤処理基準以外のルール明確化

ポイント

・施工業者・解体業者・産廃業者・再生利用業者・メーカー・ハウスメーカー等を一度に集めて3R推進に向けた仕組みづくりを話し合う場の提供が求められる

課題	実態/将来予測
関係者はお互いの市場の様子見状態にあり取り組みが進みにくい状態にある。	施工業者、中間処理業者、リサイクル業者等の取り組みにバラつきがあり、効率的なリサイクルシステム構築が容易でない。
リサイクル・リユースの検査・保証するタイミングが決まっていない。	3Rシステムにより、どのタイミングで誰が検査・保証をするかが変わってくる。
太陽電池の処理・埋立が管理型最終処分場であることの認知度が低い。	環境省ガイドラインでは管理型最終処分場への埋立の方針を示している。