

事業報告書

北海道における使用済み太陽光発電パネルの 適正処理に向けた研究

(Web 公開版)

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構

産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所

令和7年(2025年)1月

執筆担当者

氏名	所属*
福田 陽一郎	循環資源部 循環システム G 研究主任
山口 勝透	循環資源部 循環システム G 主査
朝倉 賢	循環資源部 循環システム G 研究主任

※2024年3月時点の所属・役職を示す

はじめに.....	3
事業の目的.....	3
用語の定義.....	3
第1章：背景.....	4
1.1. 国内における太陽光発電システムの導入状況.....	4
1.1.1. これまでの導入経緯.....	4
1.1.2. 再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）の概要.....	6
1.2. 太陽光発電の基礎知識.....	9
1.2.1. 代表的な太陽電池の種類.....	9
1.2.2. 太陽光発電パネルの素材と構造.....	10
1.2.3. 太陽光発電システム.....	12
1.2.4. 近年の研究・開発動向.....	12
1.3. 使用済み太陽光発電パネル問題の概要.....	15
1.3.1. 廃棄物処理法上の取り扱いと処理にあたっての留意点.....	15
1.3.2. FIT制度における廃棄費用の積立制度.....	16
1.3.3. 近年の問題事例.....	17
引用・参照資料.....	20
第2章：北海道における太陽光発電システムの導入状況と排出量予測.....	23
2.1. 北海道における太陽光発電システムの導入状況.....	23
2.1.1. FITおよびその他の設置助成による実績の把握.....	23
2.1.2. 過積載の状況.....	26
2.1.3. 北海道における太陽光発電システムの設置状況の推計.....	29
2.1.4. 北海道における太陽光発電パネルの設置重量の推計.....	32
2.1.5. 街区・建物単位での設置状況の把握.....	37
2.2. 道内における太陽光発電システム運用の実態把握（発電事業者へのアンケート）.....	48
2.2.1. 発電事業者に対するアンケートの実施概要.....	48
2.2.2. 発電事業者に対するアンケート結果.....	49
2.2.3. 発電事業者に対するアンケート結果に基づく分析.....	57
2.3. 使用済み太陽光発電パネルの排出量予測.....	64
2.3.1. 排出量予測に関する先行事例.....	64
2.3.2. 北海道における排出量予測.....	66
引用・参照資料.....	72
第3章：新たな適正処理システム構築に向けた調査と検討.....	73
3.1. 関連する先行調査・研究開発の事例.....	73
3.2. リユース・リサイクル事例についてのヒアリング等調査.....	74
3.2.1. 太陽光発電パネルのリサイクルに関する事例.....	74

3.2.2. 太陽光発電パネルのリユースに関する事例.....	76
3.2.3. 使用済みパネル収集運搬効率化・処理等ネットワーク形成事例.....	79
3.2.4. その他の事例.....	83
3.3. 道内におけるリユース・リサイクル事例.....	86
3.4. 道内における太陽光発電パネル処理に向けた地域特性の把握.....	90
3.4.1. 道内の最終処分場に関するデータの整理.....	91
3.4.2. 太陽光発電パネルの搬入シミュレーションによる地域特性の分析.....	92
3.5. 新たな適正処理システム構築に向けた課題の整理.....	96
引用・参照資料.....	98
謝辞ほか.....	99
謝辞.....	99
著作権.....	99
免責事項.....	99
Appendix 付録.....	100
A1. 再エネ特措法の接続状況に基づく振興局別の導入状況.....	100
A2. 発電事業者向けアンケート回答（全自由記述）.....	102
A3. 発電事業者向けアンケートの原票.....	107

はじめに

この報告書は、北海道が北海道循環利用促進税の一部を充てて行う「循環資源利用促進重点課題研究開発事業」の中で、令和2年度～4年度（2020年度～2022年度）に実施した「地域実態に基づく使用済み太陽光発電パネルの適正処理に向けた研究」の研究結果を取りまとめたものです。

来たるべき使用済み太陽光発電パネルの大量排出時代に向けて、道内のリユース・リサイクル事業者の皆様の実業展開や行政における政策展開の参考となれば幸いです。

なお、本報告書の Web 公開にあたり、一部の内容に変更・修正を加えております。

事業の目的

本事業では、北海道における使用済み太陽光発電パネルの大量廃棄に伴う最終処分の集中を緩和するとともに、最終処分量の減量化を目指すため、道内における太陽光発電パネルの詳細な分布状況やこれを踏まえた使用済み太陽光発電パネルの排出動向や処理体制など、地域実態に基づくリユースやリサイクルを含む新たな適正処理システムの構築に資する基盤情報を提供するための調査を実施した。

用語の定義

本報告書で用いる用語の定義を以下に示す。

- **太陽電池**：半導体の性質を応用して太陽光のエネルギーを直接電力に変える仕組みを指す。
- **太陽光発電**：太陽電池を用いた発電を指す。PV（Photovoltaic の略）と表記する場合もある。
- **太陽光発電パネル**：太陽電池、フロントカバー、枠材、端子箱などからなる個々のパネルを指す。単に「パネル」と表記する場合もある。また、「太陽電池モジュール」あるいは「モジュール」という呼称も一般的であり、一部にこうした表記も含む。
- **太陽光発電システム**：太陽光発電パネルおよびパワーコンディショナからなる設備全体を指し、系統接続を行う場合には系統に接続するための分電盤等も含む。単に「システム」と表記する場合もある。

第1章：背景

1.1. 国内における太陽光発電システムの導入状況

本節では、我が国における太陽光発電システムの導入状況について概観する。

各国における再生可能エネルギー電源を含む各種の発電システムの導入状況については、国際エネルギー機関（International Energy Agency; IEA）がレポートを発行しており、我が国の状況についても概観できる。とりわけ太陽光発電に関する詳細な状況については、同機関内に設置されている研究開発協力プログラムの一つである太陽光発電システム研究協力プログラム（Photovoltaic Power Systems programme; PVPS）^[1]において、各国の詳細な状況について年次レポートを取りまとめている。

2024年2月時点における国別のレポートにおいて我が国の統計の最新版は2021年版^[2]であり、これによれば、我が国での2021年までの国内の累積導入量は約78GW（7,800万kW）となっている（図1-1）。なお、系統に接続しない独立した設備（Off-grid）は現状極めて限定的であり、図1-1上でも視認できない。大半が系統接続した設備（Grid-connected）となっている。

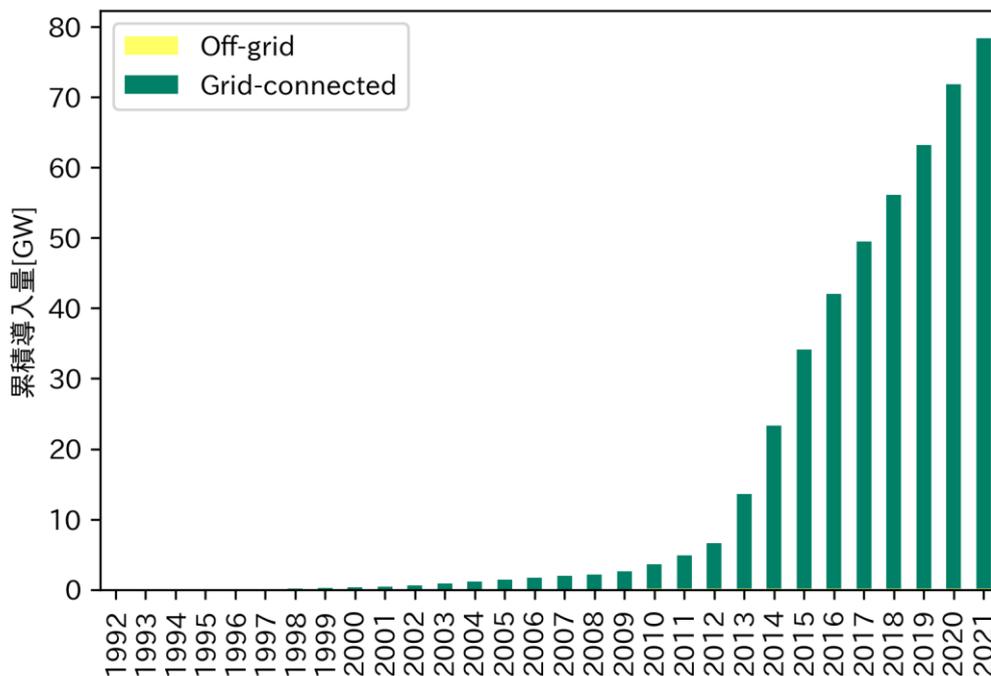


図 1-1. 我が国の太陽光発電システムの累積導入量（1992年～2021年）

1.1.1. これまでの導入経緯

太陽光発電（Photovoltaic; PV）は、国内では1970年代のオイルショックを契機として研究開発や普及が始まった。1992年には国内で初めて、住宅に設置された太陽光発電システムを送配電網に接続（系統連系）して送配電網へ発電した電力の供給（逆潮流）が行われ、自家消費されない電力の送配電網を介した売電が実現した。その後、1993年には系統連系技術ガイドラインが改訂され、逆潮流なしで系統連系していた設備が逆潮流を行うことが可能となった。また、1994年には新エネルギー大綱が策定され、

太陽光を含む再生可能エネルギー等の導入目標が定められた。

同年、新エネルギー財団（NEF）が太陽光発電に対する補助金制度（住宅用太陽光発電導入促進事業）を開始し、国内では住宅用太陽光発電システムの普及が進んだ。同制度は 2005 年に打ち切りとなったが、2009 年からは太陽光発電普及拡大センター（J-PEC）が窓口となって新たな補助金制度（住宅用太陽光発電補助金制度）が開始され、さらに普及が進んだ。（同制度は 2013 年度まで継続。）これらの補助金制度に加えて、2002 年 6 月には「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」が公布され、電気事業者は販売する電力量に応じて一定割合以上の新エネルギー等の電気の利用が義務付けられた（RPS 制度）。

その後、さらなる普及のため、2009 年に太陽光発電からの余剰電力を一定の価格で 10 年間買い取れることを電気事業者が義務付ける「余剰電力買取制度」が開始され、前述の住宅用太陽光発電補助金制度と相まって住宅用設備を中心に高い導入促進効果を発揮した。さらに同制度は、2012 年 7 月に施行された「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（以下、再エネ特措法という。）」に基づき開始された「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（Feed In Tariff; FIT）」に統合された。

FIT は、認定を受けた再生可能エネルギー電力を一定の価格で一定の期間にわたってその全量を買取れることを電気事業者が義務付けるものである。同制度によって再生可能エネルギー発電事業は事業採算性が向上したため、太陽光、風力、バイオマス発電など多くの事業が同制度に基づく事業認定を受け、発電事業を展開している。とりわけ制度開始直後からの 3 年間は再生可能エネルギー普及促進のため調達価格（電気事業者による電力の買取価格）が高く設定されたこともあり、その他の再生可能エネルギー電源と比較して発電開始までのリードタイムが短い太陽光発電は爆発的に普及が進むこととなった。2023 年 3 月 31 日現在、同制度の元で導入された太陽光発電システムの容量は 65GW（6,500 万 kW）超となっている。

なお IEA PVPS の国別報告書²⁾では、2011 年までの実績については系統接続設備について分散型設備（distributed）と集約型設備（centralized）の導入実績が記載されている。これらはおおむね、屋根などに設置される小規模な設備と事業用発電設備として主に野立てで設置される比較的大規模な設備にそれぞれ該当すると考えられ、図 1-2 に示すとおり分散型設備が大半を占めていたことがわかる。上記で述べたとおり、2012 年の FIT 施行以前は、太陽光発電システムの設置に対しては主に住宅用の設備に対する導入促進策がとられていたため、実態として大半が屋根に設置された小規模な設備であったと考えられる。

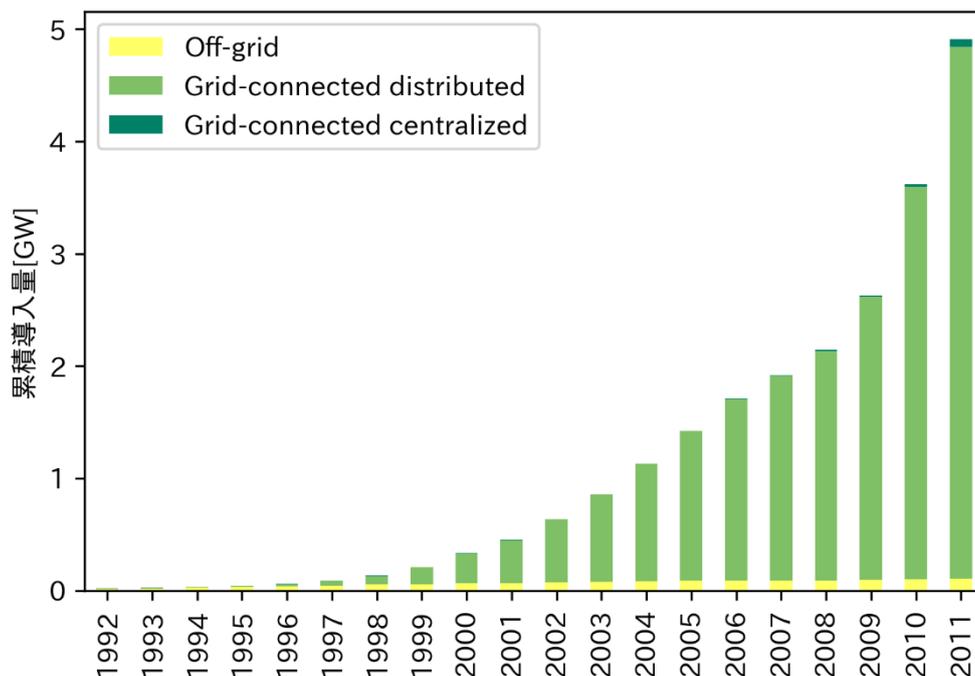


図 1-2. 2011 年までの太陽光発電システムの累積導入量
(分散型系統連系設備と集約型系統連系設備の内訳を含む)

1.1.2. 再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT) の概要

前述のとおり、FIT は制度のもとで認定を受けた発電事業者（認定事業者）が発電した再生可能エネルギー電力を一定の期間電気事業者¹に対して供給し、電気事業者がこれを一定の価格で調達（買い取り）を行うことを義務付ける制度である。太陽光発電については、原則として 10kW 未満の設備については余剰電力を 10 年間、10kW 以上の設備については発電量全量²を 20 年間、それぞれ買い取りを義務付けている。

電気事業者が電力を買い取る際の価格（調達価格）は、同制度に基づく認定を受ける際に決定される。調達価格は毎年度見直しが行われ、経済産業省資源エネルギー庁の審議会である調達価格等算定委員会が示した案を踏まえ経済産業省が決定する。制度開始年度である 2012 年度の太陽光発電の電力調達価格は 10kW 未満の設備で 42 円/kWh、10kW 以上の設備で 40 円/kWh であったが、2023 年度の買取価格は 10kW 未満の事業で 16 円/kWh、10kW 以上 50kW 未満の事業で 10 円/kWh、50kW 以上の事業で 9.5 円/kWh まで下落している。図 1-3 に示すとおり、年次の経過とともに認定設備の要件やその区分が変化してきており、調達価格の推移を単純に可視化することは容易でないが、総じて価格は低下してきていることがわかる。

¹ 電気事業法に規定する一般送配電事業者、配電事業者および特定送配電事業者のことを指す。

² 2020 年度以降、50kW 未満の設備については余剰電力買取となっている。

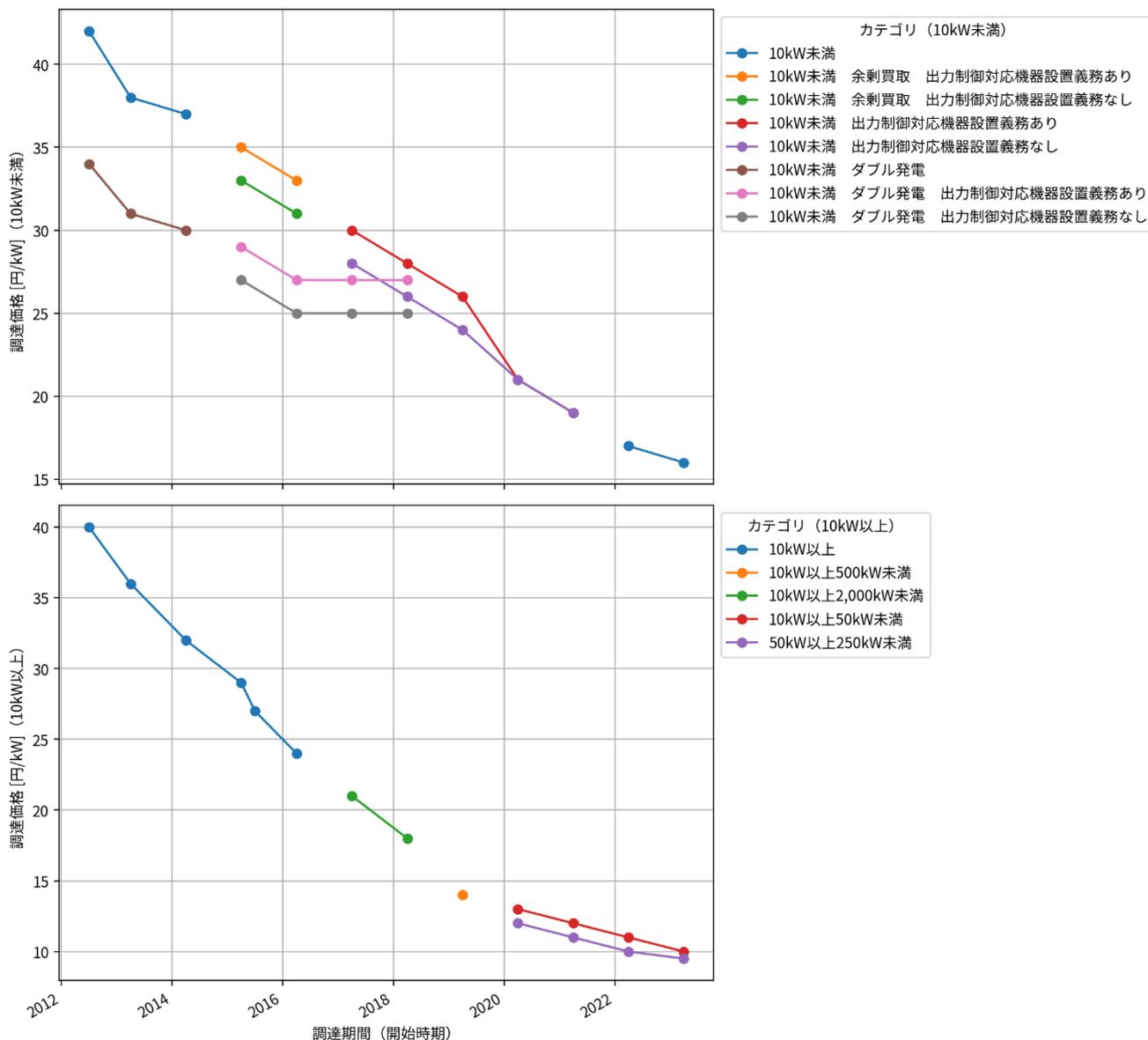


図 1-3. FIT 制度に基づく調達価格の推移^{3,4}

³ 出力制御とは、電力の需給バランスや送電容量の制約により、発電した電力の系統への供給量を抑制することであり、北海道電力管内を含む一部のエリアでは、平成 27 年（2015 年）4 月 1 日以降に接続契約申し込みが受領された太陽光発電設備に出力制御対応機器の設置が義務付けられた。これに該当する発電設備については、「出力制御対応機器設置義務あり」の調達価格が適用されている。

⁴ ダブル発電とは、住宅用太陽光発電設備に家庭用燃料電池や家庭用ガスコジェネなどの自家発電設備を併設する設備運用を指す。

前述のとおり、FIT 制度に基づく太陽光発電の累計容量は 2023 年 3 月末の時点で 65GW 超となっており、様々な規模の太陽光発電事業が営まれていることが確認できる（図 1-4）。なお、2013 年度から 2014 年度にかけて不連続な変化となっているが、これは実績の公開方法が変わったことによるものである。具体的には、2014 年度以降、それまで実績として含まれていなかった移行認定を受けた設備⁵についても別途記載されるようになったこと、それ以前の容量区分が 3 区分⁶であったものが、さらに細分化され 6 区分⁷となったことである。

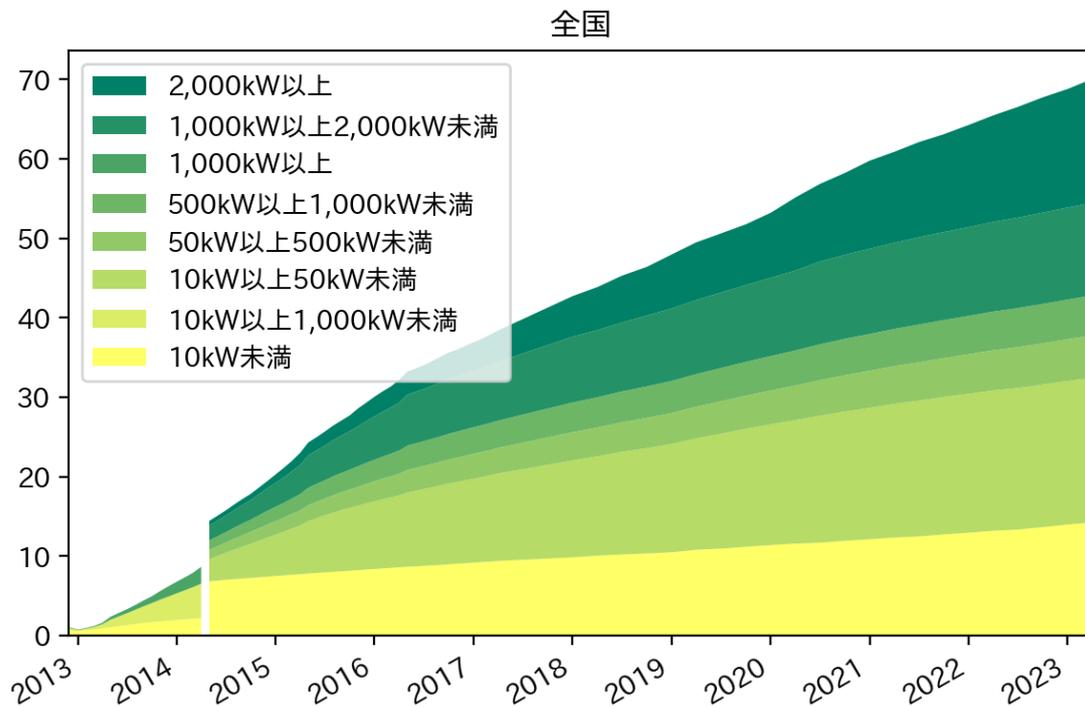


図 1-4. FIT に基づく国内における太陽光発電システムの累積導入設備容量[GW]

⁵ 移行認定を受けた設備とは、再エネ特措法施行規則第 2 条に規定されている、法の施行の日において既に発電を開始していた設備、もしくは、法附則第 6 条第 1 項に定める特例太陽光発電設備であって、本制度開始後に本制度へ移行した設備のことを指す。2014 年度以降、この移行認定分の設備についても実績として新規認定分と別に公表されている。

⁶ 10kW 未満、10kW 以上 1,000kW 未満、1,000kW 以上

⁷ 10kW 未満、10kW 以上 50kW 未満、50kW 以上 500kW 未満、500kW 以上 1,000kW 未満、1,000kW 以上 2,000kW 未満、2,000kW 以上

1.2. 太陽光発電の基礎知識

太陽の総放射エネルギーは $3.6\sim 3.8\times 10^{26}$ W で、太陽の寿命が残り約 50 億年と見積もられていることから、太陽のエネルギーは事実上無尽蔵なエネルギーであると言える。太陽の総放射エネルギーのうち地球の大気圏に到達するエネルギーは約 1.8×10^{17} W (=180,000TW (テラワット)) で、実際に人類が地上で収集可能な太陽のエネルギーは約 1,000TW と見積もられている。これは、人類が消費する全エネルギー約 18TW (2015年) のおよそ 55 倍に相当する。

こうした太陽光のエネルギーを半導体の性質を応用して直接電力に変える仕組みが太陽電池であり、太陽電池を用いた発電を太陽光発電と呼ぶ。この時、太陽光エネルギーから電力への変換（光電変換）は直接的に行われ、太陽熱を利用してタービンで発電する太陽熱発電とは異なり、途中で熱エネルギーや運動エネルギーを経由しないことが特徴として挙げられる。

太陽電池は電気特性の異なる 2 種類の半導体（n 型、p 型）が積層された太陽電池素子（セル）と、n 型、p 型半導体それぞれに金属電極を取り付けたもので構成される。太陽光が太陽電池素子に入射すると電子が励起され、p 型半導体と n 型半導体の接合部において励起された電子（伝導電子）は n 型半導体側へ、電子が励起されることで生じた正孔は p 型半導体側へそれぞれ移動することにより、太陽電池素子内に電位差が生じ電流が流れる。

1.2.1. 代表的な太陽電池の種類

太陽電池には様々な種類のもので存在し、材料で分類するとシリコン系、化合物系、有機系の大きく 3 つに分類される（図 1-5）。

シリコン系の太陽電池は国内で導入されている太陽電池の主要なものであり、単結晶シリコンや多結晶シリコン、薄膜シリコン（微結晶シリコンおよびアモルファス（非晶質）シリコン）、単結晶シリコンとアモルファスシリコンとを接合した多接合型などの種類がある。

化合物系のうち、砒化ガリウム（GaAs）や磷化インジウム（InP）などの III-V 族化合物半導体太陽電池は宇宙用太陽電池として実用化されている。CIGS 系は近年実用化が始まった太陽電池で、シリコンの代わりにカルコパイライト（黄銅鉱）系と呼ばれる銅（Cu）、インジウム（In）、ガリウム（Ga）、セレン（Se）等を用いたものである。テルル化カドミウム（CdTe）を p 型半導体に、硫化カドミウム（CdS）を n 型半導体を用いた CdTe 太陽電池は、ガラス基板上に比較的低温で良質な多結晶膜を形成できることから、結晶シリコン太陽電池に比べて製造時に必要なエネルギーが少なくて済む利点がある。しかしながら、有害物質を含む素材を多く使用するという難点がある。

有機系のうち色素増感太陽電池は、酸化チタンの表面に吸着した色素が光を吸収し、励起した電子が酸化チタンの方へ移動することで電流が流れる。近年は、色素の代わりにペロブスカイトと呼ばれる無機の結晶微粒子を光吸収材料に活用したペロブスカイト太陽電池が開発され、塗布や印刷技術で低コストかつ高効率な太陽電池の候補として注目されている。また、有機半導体太陽電池は、シリコン半導体の代わりに有機半導体を用いた太陽電池で、有機薄膜太陽電池とも呼ばれる。軽量かつフレキシブルで安価に製造できるという特徴があり、一部で商品化されているものの、光電エネルギー変換効率は最高で約 8%にとどまり、結晶シリコン太陽電池の 15~20%、アモルファスシリコン太陽電池の 10%に及んでいないのが現状である。

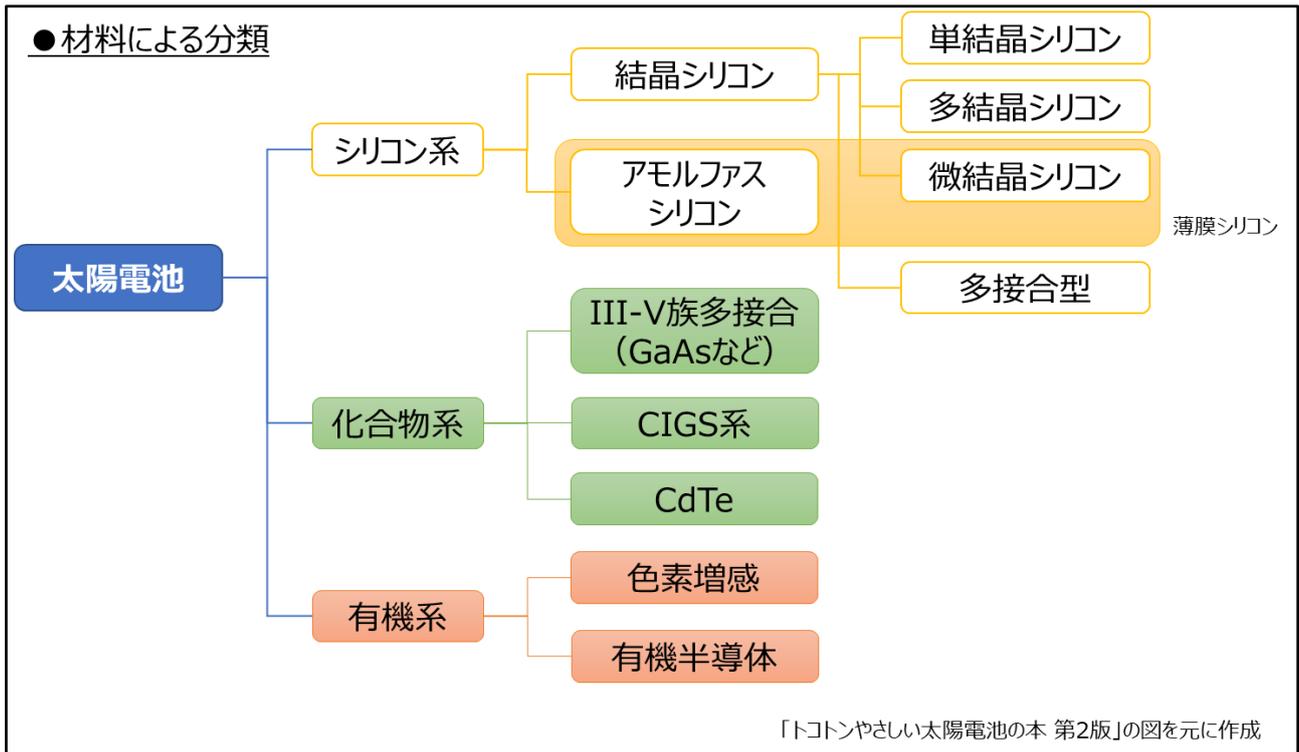


図 1-5. 代表的な太陽電池の種類 (材料による分類)

1.2.2. 太陽光発電パネルの素材と構造

図 1-6 に主要な太陽光発電パネル (太陽電池モジュール) である結晶シリコン系 (単結晶シリコン系および多結晶シリコン系) の構造 (断面) を示す。

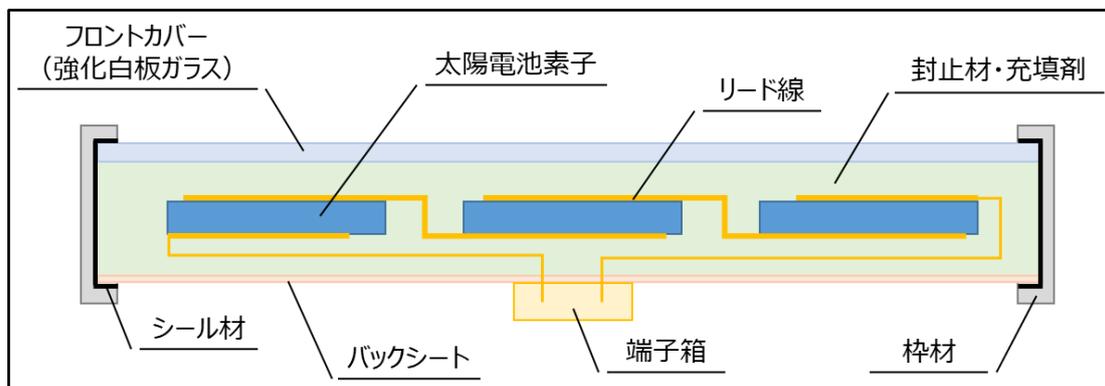


図 1-6. 太陽光発電パネル (結晶シリコン系) の構造例

結晶シリコン系の太陽光発電パネルは、図 1-6 のようにフロントカバーである強化白板ガラス、太陽電池素子、封止材・充填剤、リード線、バックシート、枠材およびシール材といった部材で構成されている。長期間屋外で日射や風雨・風雪に晒されることから、これらに耐えられるような素材が用いられていることに加え、各部材が強固に接合されている。

結晶シリコン系の太陽光発電パネルの重量構成比を図 1-7 に示す。この図の示すとおり、結晶シリコン系の太陽光発電パネルは重量比で 60%以上をフロントカバーであるガラスが占めており、リサイクル率向上のためにはガラスのリサイクルを進めることが重要となる。表 1-1 にフロントカバー（ガラス）の組成（酸化物換算）を示す。太陽光発電パネルのフロントカバーに使用されるガラスは、組成としては板ガラスに近いものであるが、重金属であるヒ素（As）やアンチモン（Sb）を含有しており、取り扱いには注意が必要である。

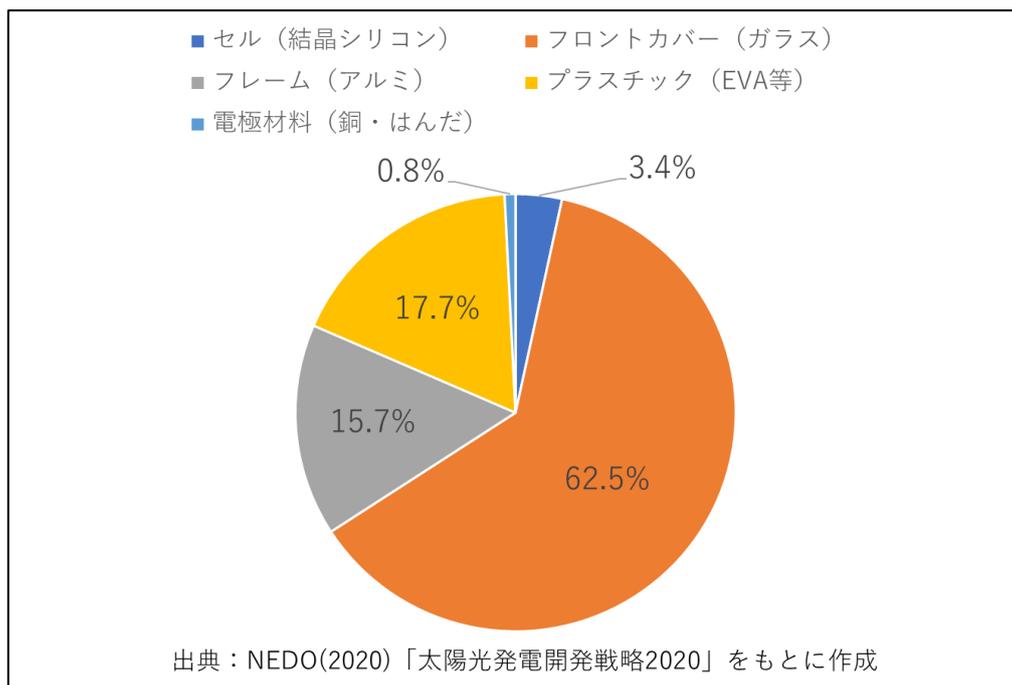


図 1-7. 太陽光発電パネル（太陽電池モジュール）の重量構成比

表 1-1. フロントカバー（ガラス）の組成（酸化物換算）^[5]

成分	濃度	成分	濃度
SiO ₂	72 mass%	K ₂ O	0.02 mass%
Al ₂ O ₃	1.3 mass%	TiO ₂	—
B ₂ O ₃	—	Fe ₂ O ₃	0.01 mass%
MgO	3 mass%	SO ₃	0.25 mass%
CaO	8.8 mass%	As ₂ O ₃	30 mg/kg
SrO	0.004 mass%	Sb ₂ O ₃	2,100 mg/kg
BaO	—	PbO	80 mg/kg
Na ₂ O	14.4 mass%		

1.2.3. 太陽光発電システム

太陽光発電システムは、結晶シリコン太陽光発電パネルの場合、複数のパネル（モジュール）を直列に繋げたストリング、ストリングを並列に接続した太陽電池アレイ、およびそれらの配線をまとめたパワーコンディショナで主に構成される。太陽光発電パネルで発電され、パワーコンディショナに入力された直流電力は内部のインバータで交流に変換され、周波数や電圧が調整される。主な太陽光発電システムの構成を以下の図 1-8 に示す。

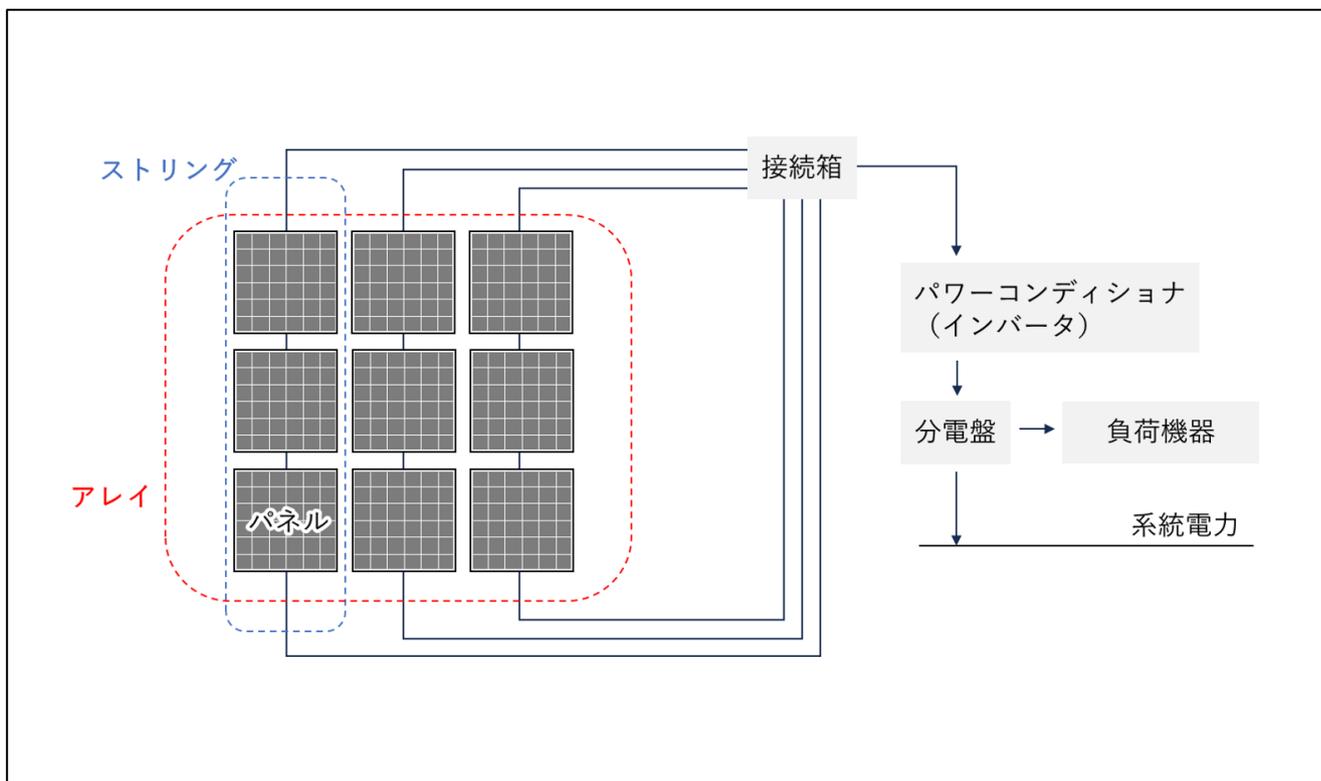


図 1-8. 太陽光発電システムの基本的な構成

1.2.4. 近年の研究・開発動向

前項までに述べてきた通り、現状国内に設置されている太陽電池は多くが結晶シリコン太陽電池であるが、ここではそれ以外の比較的新規な太陽電池に関する動向について触れる。

1.2.4.1 薄膜シリコン太陽電池

薄膜シリコン太陽電池は、厚みが数 μm 以下の非常に薄いシリコン膜を用いる太陽電池で、アモルファスシリコンと微結晶シリコンがある。結晶シリコン太陽電池に比べると発電効率は 12%程度（2007 年カネカ）と劣るが、結晶シリコンに比べて厚みが 100 分の 1 程度であり、省資源である。元々、電卓や時計などに用いられている太陽電池であるが、薄くて軽いという特徴から屋外用への開発が進められた。アモルファスシリコンは青や緑などの比較的波長の短い光だけを利用するといった特徴があり、厚みを $1\mu\text{m}$ 以下にできるなどの利点がある。微結晶シリコンは、多結晶シリコンの結晶を $50\sim 100\text{nm}$ 程度に小さくしたもので、膜の厚みはアモルファスシリコンよりも少し厚く $2\sim 3\mu\text{m}$ 程度である。アモルファスシリコンとは異なり、オレンジ～赤など波長の比較的長い光の吸収係数が高いという特徴がある。アモルフ

アスシリコン単独だと経年劣化で発電効率が低下する（光劣化現象：Staebler-Wronski 効果）ため、微結晶シリコンと組み合わせて利用されることが一般的である。製造が容易で大量生産に向いているほか、フレキシブルソーラーパネルへの活用などが可能である。2013年には、カネカが鹿島工場西地区において薄膜シリコン太陽電池を使用した国内最大級のメガソーラー（太陽電池モジュール容量：12.7MW、パワコン容量10MW）を建設し、運転を開始している。

1.2.4.2 CIGS系太陽電池

CIGS系太陽電池は化合物型の一種で、シリコンの代わりにカルコパイライト（黄銅鉱）系と呼ばれる材料を使用して作られるものの代表的な太陽電池である。銅（Cu）・インジウム（In）・ガリウム（Ga）・セレン（Se）の化合物（ Cu(In, Ga)Se_2 ）を用いている。結晶シリコン太陽電池に比べて光の吸収率が高く、僅か1~2 μm の厚さで受けた光をほぼ吸収し発電することが特徴で、数 μm と薄くすることができるため省資源であり、フレキシブルソーラーパネルへの活用が可能である。また、軽量で放射線に強い特徴から、人工衛星など宇宙開発に向いている太陽電池である。インジウムやガリウムといった希少金属を使用することから、亜鉛（Zn）やスズ（Sn）に置き換えたCZTS系（ $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ ）などの開発も進められている。また、変換効率が結晶シリコン太陽電池に比べて低いこと、バッファ層に有害物質であるカドミウムを含む硫化カドミウム（CdS）が使われていて環境面での負荷が大きいことが短所として挙げられる。なお、類似の化合物系太陽電池であるCIS系（ CuInS_2 ）は、国内の太陽電池メーカーであるソーラーフロンティアなどで量産化され、同社製品の累計出荷量は2020年5月には6GWに達したものの、2021年に生産から撤退している。

1.2.4.3 有機薄膜太陽電池（OPV：Organic Photovoltaics）

有機薄膜太陽電池は、シリコンなどの代わりに有機化合物を半導体に用いた太陽電池で、他の太陽電池と大きく異なるのはp型半導体とn型半導体材料が二層に分かれておらず、混合されている点である。製造工程が印刷工程と同様に低温で塗布による製造が可能で、安価に製造することが可能である。また、軽量でフレキシブルといった特徴を持っているが、発電効率が結晶シリコン系に比べて低い（10%程度）こと、樹脂の封止材を透過してくる酸素や水分などで劣化が進行してしまうこと、紫外線に対する耐久性が低いことなどが課題として挙げられている。

1.2.4.4 ペロブスカイト型太陽電池

ペロブスカイト型太陽電池は、2009年に日本の桐蔭横浜大学宮坂力特任教授らが開発した次世代の太陽電池である。ペロブスカイトと呼ばれる結晶構造をもつ $\text{NH}_3\text{CH}_3\text{PbI}_3$ という化学式の化合物を用いて、塗布や印刷技術での量産が可能であり、従来の結晶シリコン太陽電池よりも低コストで製造できると期待されている。厚さ1 μm 程のフィルム型の太陽電池で、折り曲げや歪みに強く、軽量化が可能で、レアメタルを必要としないなどの特徴がある。こうした特徴から、従来の太陽電池では設置が困難だったビルの壁面などへの設置が可能になると考えられており、積水化学工業（株）では、2023年4月からフィルム型ペロブスカイト太陽電池を建物外壁に設置した実証試験を行っている。エネルギー変換効率は当初3%程度であったが、同社では発電効率15%の製造に成功している。有害物質である鉛（Pb）を含有

していることが大きな課題であるが、無鉛化に関する研究開発が進められている。なお、2023年4月4日に開催された第3回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議では『「GX実現に向けた基本方針」を踏まえた再生可能エネルギーの導入拡大に向けた関係府省庁連携アクションプラン』が決定され、岸田総理（当時）は「量産技術の確立、需要の創出、生産体制の整備を三位一体で進め、2030年を待たずに早期に社会実装を目指す」と述べている。原材料の国内調達が可能なた陽電池であり、経済安全保障の強化にもつながると期待されている。

1.3. 使用済み太陽光発電パネル問題の概要

1.3.1. 廃棄物処理法上の取り扱いと処理にあたっての留意点

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下、「廃棄物処理法」という）」において、使用済みとなり、解体され、廃棄物となった太陽光発電パネルは基本的に産業廃棄物に該当する。この時、太陽光発電パネルの解体・撤去を行った業者が排出事業者となる。排出事業者は、太陽光発電パネルの処理が可能な許可を取得している産業廃棄物処理業者と委託契約を締結し、産業廃棄物管理票（マニフェスト）を発行して処理委託し、処理が完了するまでの必要な措置を講ずるなど、関係法令に則って適正に処理しなくてはならない。太陽光発電パネルが廃棄物となった時、産業廃棄物の種類としては「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「金属くず」、「廃プラスチック類」に該当し、これらの混合物となる。委託契約の締結およびマニフェストの発行にあたっては、太陽光発電パネルであることを委託契約書およびマニフェストの廃棄物の名称または備考欄に明記し、事業者が適切に処理できるようにする必要がある。なお、排出事業者自らが処理を行う場合であっても産業廃棄物に該当し、廃棄物処理法で定める産業廃棄物処理基準に従わなくてはならない。

平成 29（2017 年）年 2 月の中央環境審議会循環型社会部会廃棄物処理制度専門委員会による「廃棄物処理制度専門委員会報告書」では、「太陽電池モジュールについては鉛等の有害物質を含有する可能性があることから、安定型 5 品目から除外し、原則として管理型最終処分場で埋立処分すべきである。」と指摘されている。「安定型 5 品目」とは、安定型最終処分場に埋立処分することができる「廃プラスチック類」、「ゴムくず」、「金属くず」、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「がれき類」の 5 品目を指すが、自動車破砕物、廃プリント配線板・鉛蓄電池の電極・鉛製の管・廃ブラウン管等の鉛を含むもの、廃容器包装（有害物質および有機性の物質が混入、付着するもの）、石膏ボード、水銀使用製品産業廃棄物は「安定型 5 品目」から除外される。太陽光発電パネルには 1.2.2 で述べた鉛（Pb）、ヒ素（As）の他に、セレン（Se）、カドミウム（Cd）等の有害物質が含まれる可能性があることから、不適切な処理が行われないう、有害物質に関する情報をメーカーや販売業者から利用者に、また利用者から解体業者に提供することが有効となる。この時、環境省がガイドラインを定めている廃棄物データシート（WDS）を用いて情報提供を行うことが推奨される。なお、一般社団法人太陽光発電協会では「使用済み太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン」を策定・公表しており、メーカーや販売業者に対して、処理業者が適正処理するために必要な含有有害物質の情報をあらかじめ処理業者に提供することを求めている。^[7]

一方で、個人住宅などに設置されている太陽光発電パネルを住宅の所有者自らが解体した場合にはその個人が排出者となることから一般廃棄物となり、市町村が処理の責務を負うこととなる。管理型構造の一般廃棄物最終処分場での埋立処分は可能であるが、太陽光発電パネルの取り扱いには感電や水濡れの防止など知識や設備が必要であり、こうした知見を有する事業者との連携が不可欠である。収集運搬や埋立処分にあたっては、太陽光発電パネルの受光部を遮光性シートで覆うなど光が当たって発電しないように処置し、作業者は絶縁手袋やゴム長靴を着用するなど絶縁対策を行うことが感電防止に有効である。市町村は、このような場合を想定した制度構築や設備整備などの準備を進めておく必要がある。また、排出者は市町村の指示に従って適正に処理することが求められる。

地震や落雷、暴風雨などの災害により、個人住宅等に設置されている太陽光発電パネルが被災・破損

し、これに伴って排出された場合には一般廃棄物となり、市町村が処理を行うこととなる。ただし、災害に起因する場合であっても事業者が処理する場合には産業廃棄物として取り扱わなければならない。災害時であっても平常時と同様の流れに沿って処理を行うことが必要であるが、災害のために円滑な実施が困難な場合も想定される。このような場合には市町村や都道府県等の指示に従い、収集運搬・処理が行われるまでは受光部に光が当たらないように裏返したり遮光性シートで覆ったりするなどの処置を施しておくことが必要である。

以上のように、太陽光発電パネルは廃棄物となった場合であっても、受光部に光が当たり続ける限り発電し続けるという特徴を持つ廃棄物である。収集運搬や処理にあたっては、感電防止や漏電防止など取り扱いには十分に留意する必要がある。

また、1.2.2 でも述べたように、太陽光発電パネルは様々な種類の素材で構成される部材が強固に接合されていることから素材毎に容易に分別することができず、分別した場合でも大半を占めるガラス部分のリサイクル先の確保が困難であるなど、技術的にはリサイクルが可能であるものの、現状では経済的にリサイクルが困難なものとなっている。また、太陽光発電パネル中に含有の可能性がある有害物質に関する情報が製造業者から所有者等に対し十分に提供されていない場合が多く、情報不足が適正処理の妨げとなっていると指摘されている。

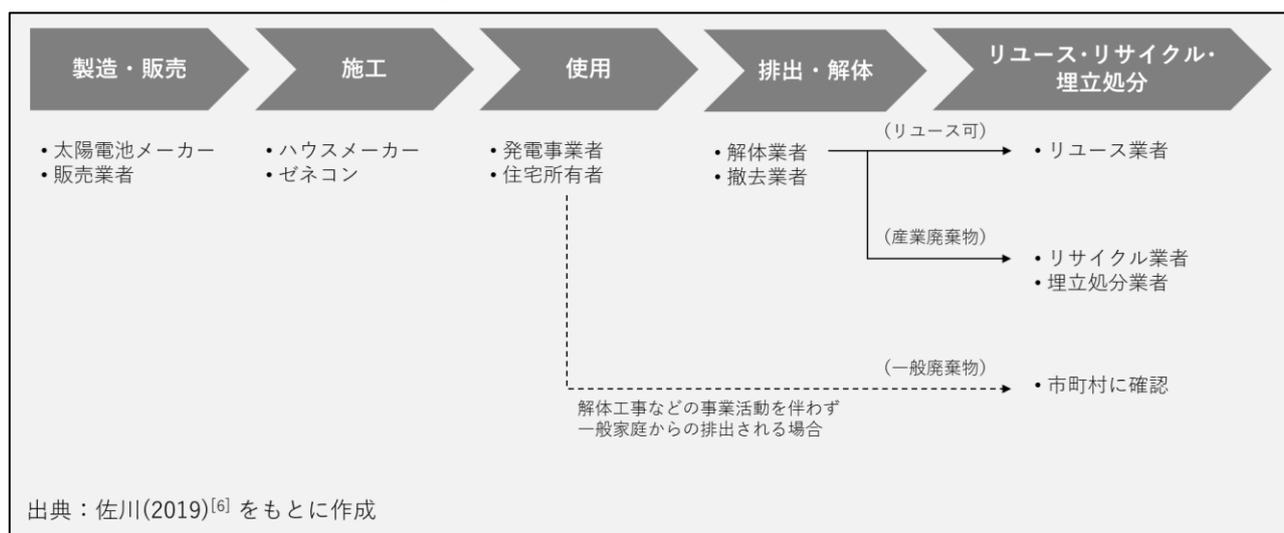


図 1-9. 太陽光発電パネルのライフサイクルフローの例^[6]

1.3.2. FIT 制度における廃棄費用の積立制度

FIT の施行後、急速に太陽光発電システムの導入が進んだことを受け、固定価格での買取期間満了後やその後の設備劣化などに伴って、使用済みとなった太陽光発電パネルの大量廃棄が懸念されるようになった。

FIT 制度では、10kW 以上の事業用太陽光発電システムについては当初からその廃棄等の費用については発電事業者が自主的に積立を行うことが期待されており、費用の積立が努力義務とされていた。しかし、その実効性の観点から、資源エネルギー庁は 2018 年度以降、定期報告において廃棄費用の積立計画および進捗状況を報告することを義務化した。しかし、具体的な積立額の水準や積立時期については発電事業者に委ねられていたため、報告の義務化だけでは確実な積立を担保できない可能性があることを踏まえ、2020年6月に再エネ特措法を改正し、廃棄等費用の積立制度として制度化し、原則として外部機関による源泉徴収的な徴収による強制的な積立を行うこととなった。

同制度では、制度開始以前（2019年度）の調達価格で認定を受けている設備については、調達価格等算定委員会において調達価格の検討を行う際に想定してきた廃棄等費用の水準に基づき定め、2020年度以降に認定する設備については同委員会で別途廃棄等費用を定めることとしている。積立の時期は調達期間終了の10年前から10年間かけて行われ、売電された電気の量に応じて kWh ベースで積み立てることとなっている。新規認定分の設備に関しては、FIT が開始された2012年7月以降の認定を受けているため、最も早い設備では2022年7月以降に積立が開始されているものと考えられる。

調達価格等算定委員会においては、廃棄等費用として資本費の5%が必要になると想定されていることから、基本的にはこの価格水準での廃棄費用が積み立てられることになるものと考えられる。

1.3.3. 近年の問題事例

近年増加する自然災害に伴って、太陽光発電システムの被害も多数報告されている。2018年は西日本豪雨、台風21号、北海道胆振東部地震など自然災害が多発した年で、資源エネルギー庁のホームページによると50kW以上の設備では西日本豪雨で19件、台風21号で21件、北海道胆振東部地震で1件、計41件の被災・事故の報告があった。被災内容で多かったものは、豪雨のために土砂崩れや水没が起こり太陽光発電パネルやパワーコンディショナが損傷したというものであった。また、台風による強風で、太陽光発電パネルが破損した例も多く見られたと報告されている（表1-2）。

この他、例えば2015年8月の台風15号による太陽光発電パネルの飛散や架台の倒壊など、地域の安全にも影響を与える重大な損傷被害が発生していたことから、2018年10月に「電気設備の技術基準の解釈」の改正が行われ、太陽電池発電設備を設計する場合により強度の高い設備を設置することが求められるようになった。

また、自然災害によって被災し破損した太陽光発電パネルは、破損した状態であっても光を受け続けると発電して感電や漏電の危険性が高まり、電流スパークによる火災発生の恐れがある。更に、雨等に当たると含有する有害物質が流出して土壌汚染に繋がる恐れがあることが指摘されている。一般社団法人太陽光発電協会では、2016年に「震災によって被害を受けた場合の太陽光発電システム取り扱い上の留意点」および「太陽光発電システム被災時の点検・復旧・撤去に関する手順・留意点【震災編】」を公表し、2019年には「太陽光発電システムの水害時の感電の危険性について」のパンフレットを作成して注意喚起を行っているほか、太陽光発電システムが水害被害を受け水没した時の感電リスクの把握を行って水害時における水中での救助や太陽光発電システム・設備の復旧や撤去時の安全確保に向けた対策の検討を実施している。

表 1-2. 2018 年自然災害による太陽光発電システム(50kW 以上)の被災・事故（資源エネルギー庁 HP より）

		西日本豪雨	台風 21 号	北海道地震
	合計	19	21	1
被害概要	水没	8	-	-
	土砂崩れ	11	-	-
損傷部位	パネル	10	19	-
	パワコン	9	3	1
	キュービクル	4	1	-
	その他	9	5	-

※台風 21 号においては、強風によるパネルの飛散被害が多い

一方で、太陽光発電システムが立地することによる景観や環境に与える影響等についての問題がある。資源エネルギー庁では、不適切な発電事案についての情報を知らせるフォーム（情報提供フォーム）を web サイト上に設けており、自治体等から法令違反や条例違反、地元との調整に関する問題などの案件について情報が寄せられている。表 1-3 に、資源エネルギー庁のホームページに掲載されている不適切案件を示す。

2020 年の資源エネルギー庁による「地域に根ざした再エネ導入の促進」では、2016 年 10 月から 2020 年 9 月までに情報提供フォームに 547 件の相談が寄せられ、相談内容を大きく分類すると、①地元の理解を得ないまま事業が進んでいくことへの懸念、②適正な発電事業が一貫して行われるかへの懸念、③事業実施の大前提となる安全に関する懸念となっており、加えて、無断での太陽光発電パネル増設や太陽光未稼働措置の手続き違反といった国民負担の増大につながる事案への懸念が示されている。これらの案件を踏まえ、資源エネルギー庁では(1)地元理解に向けた取組、(2)開始から終了まで一貫した適正な事業実施の確保、(3)安全の確保、(4)国民負担抑制への取組などが、2020 年 10 月 26 日に開催された合同会議の中で対応方針として示されている³⁰⁾。(1)地元理解に向けた取組としては、①認定前時点での自治体への情報提供（自治体との連携強化）、②国民への更なる情報提供（公表情報の拡充）、③再エネ導入に関する条例のデータベース構築が、(2)開始から終了まで一貫した適正な事業実施の確保では、①柵塀・標識設置に関する取組、②廃棄等費用の確実な積立を担保する制度の検討が、(3)安全の確保では、小出力発電設備に対する適切な規律の確保および事故報告の対象範囲の拡大に関する制度周知が、(4)国民負担抑制への取組としては、①未稼働措置フォローアップ（着工申込の前提条件の確認）、②太陽光発電パネルの無断増設等への対応といった方針が示されている。

太陽光発電事業者は、以上のような国や自治体、地元住民との連携を取りつつ、関係法令に則った施設の整備や運用が必要である。

北海道内の自治体における再生可能エネルギー（再エネ）設備の設置基準等に関する条例またはガイドラインの制定状況については、経済産業省北海道経済産業局が 2023 年 1 月 27 日付けで「北海道における再エネ条例等の制定状況（詳細版）～再エネの地域共生に向けた取り組みを支援～」で取りまとめている。2022 年 9 月時点での情報であるが、再エネ条例を制定している道内自治体は 17 自治体で 18 条例あ

り、このうち太陽光発電システムに関連するものは 13 条例ある。内容としては、設置にあたって自治体への届出を必要としていたり、自治会や近隣住民等への説明会の開催または同意を求めたりしている場合がある。ガイドラインを制定している道内自治体は 35 自治体で 37 のガイドラインがある。このうち、太陽光発電システムを対象としているものは 9 つである。また、景観条例が 34 自治体で、環境条例が 4 自治体で制定されている。太陽光発電システムの設置にあたっては、各自治体の条例やガイドラインを遵守し、自治体や地域住民と共生していくことが求められる。

表 1-3. 自治体から情報提供のあった不適切案件の例（資源エネルギー庁 HP より）

A 市	条例違反	<ul style="list-style-type: none"> ● 市内において、太陽光発電設備の設置により景観が悪化することを理由に、反対運動が発生 ● 一定規模以上の太陽光発電設備を設置するに当たり、市への届出と市長の同意を求める条例に違反しているため、事業者に対して、工事を中止し、市への届け出及び市長の同意手続を行うよう指導
B 市	法令違反	<ul style="list-style-type: none"> ● 電事法に基づく技術基準適合義務が遵守されていないおそれがある ● 架台は単管パイプを用いた自立式であり、基礎は地中に単管パイプを打ち込み、クランプで固定したのみであるため、飛散のおそれがある ● 設備の周囲は杭にロープを回したのみであり、容易に人が立ち入ることができる
C 町	地元との調整	<ul style="list-style-type: none"> ● 小型風力発電の建設に関して、民家との距離が近すぎるため、別の候補地を探すように繰り返し指導したものの、事業者は投資家側の事情を理由に強行建設 ● 住民は騒音問題について、直接事業者に申し入れを行っている状況
D 市	地元との調整	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光発電設備の敷地内からつるが生い茂っており、道路まではみ出している状況 ● 景観が損なわれるほか、道路の通行に支障が出るため、草刈りをするよう指導してほしい

引用・参照資料

- [1] IEA Photovoltaic Power Systems Programme, <https://iea-pvps.org>
- [2] IEA-PVPS. National Survey Report of PV Power Applications in JAPAN 2021. (2021).
- [3] 再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法 情報公表用ウェブサイト, <https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfoSummary> (最終閲覧 2023-09-03)
- [4] 飯田, 配電系統と太陽光発電, オーム社, p.43 (2015)
- [5] 株式会社新菱, 令和 2 年度脱炭素型金属リサイクルシステムの早期社会実装化に向けた実証事業 (太陽光パネルの高度選別技術開発とリサイクル・システム構築による早期事業化) 委託業務成果報告書, 2021
- [6] 佐川龍郎. 太陽光発電モジュールのリユース・リサイクルと環境省のガイドライン. 廃棄物資源循環学会誌 30, 365-370 (2019).
- [7] 一般社団法人太陽光発電協会, 使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン (第 1 版) , p.6
- [8] 国立研究開発法人産業技術総合研究所, 太陽光発電の資源量, https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/ja/about_pv/e_source/esource_2.html
- [9] 国立研究開発法人産業技術総合研究所, “ペロブスカイト太陽電池” とは?, 2022/11/24, https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20221124.html
- [10] 松尾豊, 有機薄膜太陽電池の基礎, 材料科学の基礎, 第 4 号(2011) <https://www.sigmaaldrich.com/JP/ja/technical-documents/technical-article/materials-science-and-engineering/photovoltaics-and-solar-cells/zknk-opv>
- [11] 株式会社 MORESCO, フレキシブル有機薄膜太陽電池 (OPV) , https://www.moresco.co.jp/products/organic_thin_film_solar_battery.php
- [12] 産業技術総合研究所太陽光発電工学研究センター編著, 今日からモノ知りシリーズ「トコトンやさしい太陽電池の本」第 2 版. (2013)
- [13] 環境省, 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. (2016)
- [14] 山口真史ほか, 「太陽電池の基礎と応用」シリコンから有機・量子ナノまで. (2010)
- [15] 資源エネルギー庁, 2040 年、太陽光パネルのゴミが大量に出てくる? 再エネの廃棄物問題. (2018), <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/taiyoukouhaiki.html>
- [16] 廃棄物の処理及び清掃に関する法律, 昭和 45 年 12 月 25 日法律第 137 号 (1970)
- [17] 廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令, 昭和 46 年 9 月 23 日政令第 300 号 (1971)

- [18] 廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則, 昭和 46 年 9 月 23 日厚生省令第 305 号 (1971)
- [19] 北海道環境生活部, 廃棄物処理法の概要 2019～豊かな自然とよりよい環境～. (2019)
- [20] 中央環境審議会循環型社会部会廃棄物処理制度専門委員会, 廃棄物処理制度専門委員会報告書. (2017)
- [21] 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 (第二版) . (2018)
- [22] 環境省, 廃棄物情報の提供に関するガイドラインー WDS ガイドラインー. (2013)
- [23] 一般社団法人太陽光発電協会, 使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン (第 1 版) . (2017)
- [24] 資源エネルギー庁, 大雨でも太陽光パネルは大丈夫? 再エネの安全性を高め長期安定的な電源にするためには①. (2018)
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/tyokisaiene_01.html
- [25] 経済産業省, 電気設備の技術基準の解釈 (平成 30 年 10 月 1 日付け改正 20180824 保局第 2 号) . (2018)
- [26] 一般社団法人太陽光発電協会, 震災によって被害を受けた場合の太陽光発電システム取り扱い上の留意点. (2016)
- [27] 一般社団法人太陽光発電協会, 太陽光発電システム被災時の点検・復旧・撤去に関する手順・留意点【震災編】. (2016)
- [28] 一般社団法人太陽光発電協会, 太陽光発電システムの水害時の感電の危険性について. (2019)
- [29] 一般社団法人太陽光発電協会, 太陽光発電システムの水没実験報告書. (2019)
- [30] 「地域に根ざした再エネ導入の促進」、資源エネルギー庁、総合エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 (第 21 回) 基本政策分科会 再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会 (第 9 回) 合同会議 資料 1、2020
- [31] 国立研究開発法人産業技術総合研究所, “薄膜シリコン太陽電池”, 2008/11/7
https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/ja/about_pv/types/TF-Si.html
- [32] 国立研究開発法人産業技術総合研究所, “CIGS 太陽電池”, 2008/10/30
https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/ja/about_pv/types/CIGS.html
- [33] 再生可能エネルギーの専門メディア PV eye WEB, “カネカ、鹿島工場西地区にメガソーラー建設モジュール出力 12.7MW” 2013/10/10, <https://www.pveye.jp/news/view/654>
- [34] ソーラーフロンティア株式会社, <https://www.solar-frontier.com/jpn/>

- [35] 国立研究開発法人産業技術総合研究所, “ペロブスカイト太陽電池”, 産総研マガジン, 2022/11/24
https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20221124.html
- [36] 国立研究開発法人科学技術振興機構, 研究開発の成果 “ペロブスカイト型太陽電池の開発”, 2017
<https://www.jst.go.jp/seika/bt107-108.html>
- [37] 積水化学工業株式会社, “国内初、ペロブスカイト太陽電池を建物外壁に設置した実証実験開始”, 2023/2/13, https://www.sekisui.co.jp/news/2023/1384297_40075.html
- [38] NHK NEWS WEB, ビジネス特集 “日本初の太陽電池「ペロブスカイト」どこがすごい?”, 2023/5/25, <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20230525/k10014076631000.html>
- [39] 首相官邸, 総理の一日 “再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議”, 2023/4/4
https://www.kantei.go.jp/jp/101_kishida/actions/202304/04energy.html
- [40] 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議, “「GX 実現に向けた基本方針」を踏まえた再生可能エネルギーの導入拡大に向けた関係府省庁連携アクションプラン”, 令和5年4月4日 (2023/4/4), https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/action_plan.pdf
- [41] 経済産業省北海道経済産業局, “北海道における再エネ条例等の制定状況（詳細版）～再エネの地域共生に向けた取り組みを支援～”, 2023/1/27, https://www.hkd.meti.go.jp/hokne/20230127_2/detail.pdf

第2章：北海道における太陽光発電システムの導入状況と排出量予測

2.1. 北海道における太陽光発電システムの導入状況

2.1.1. FIT およびその他の設置助成による実績の把握

北海道内での太陽光発電システムの導入状況については、FIT に基づく導入状況やそれ以前に実施されていた補助金制度の実績データなど、公開されている統計資料を用いて把握が可能である。

導入されている設備容量を把握する上で、以下の資料を用いた。

表 2-1. 導入状況の把握に用いた資料①

資料名称	固定価格買取制度 導入状況	
公表主体	資源エネルギー庁	
データ年次	2012/07～2014/03	2014/04～継続中
データ間隔	一ヶ月毎	四半期毎
データ粒度	都道府県別	都道府県別 (A表) 市町村別 (B表)
データ項目	電源別 (太陽光発電システムは設備容量別3区分) ● 認定容量・件数 (2012/07～) ● 導入容量・件数 (2012/11～)	電源別 (太陽光発電システムは設備容量別6区分) ● 認定容量・件数 ● 導入容量・件数

表 2-2. 導入状況の把握に用いた資料②

資料名称	住宅用太陽光発電補助金交付情報		国別導入量
公表主体	NEF (新エネルギー財団)	J-PEC (太陽光発電普及拡大センター)	IEA (世界エネルギー機関)
データ年次	1994～2005	2009/04～2015/02	1992～継続中
データ間隔	年度毎	四半期毎	年毎
データ粒度	市町村別	都道府県別	国別
データ項目	● 導入件数 ● 設備容量	● 申込件数 (新築・既築別) ● 年間設置容量 (新築・既築別)	● 導入容量 ● 連系なし ● 連系あり (分散・集中型別)

1994年度～2004年度についてはNEFの補助金交付実績、2009年～2015年まではJ-PECが公表していた補助金交付実績 (現在はJPEA (太陽光発電協会) が公表)、2012年以降は資源エネルギー庁から公表されているFITに基づく導入容量のデータを整理した。それぞれの実績を以下の図に示す。

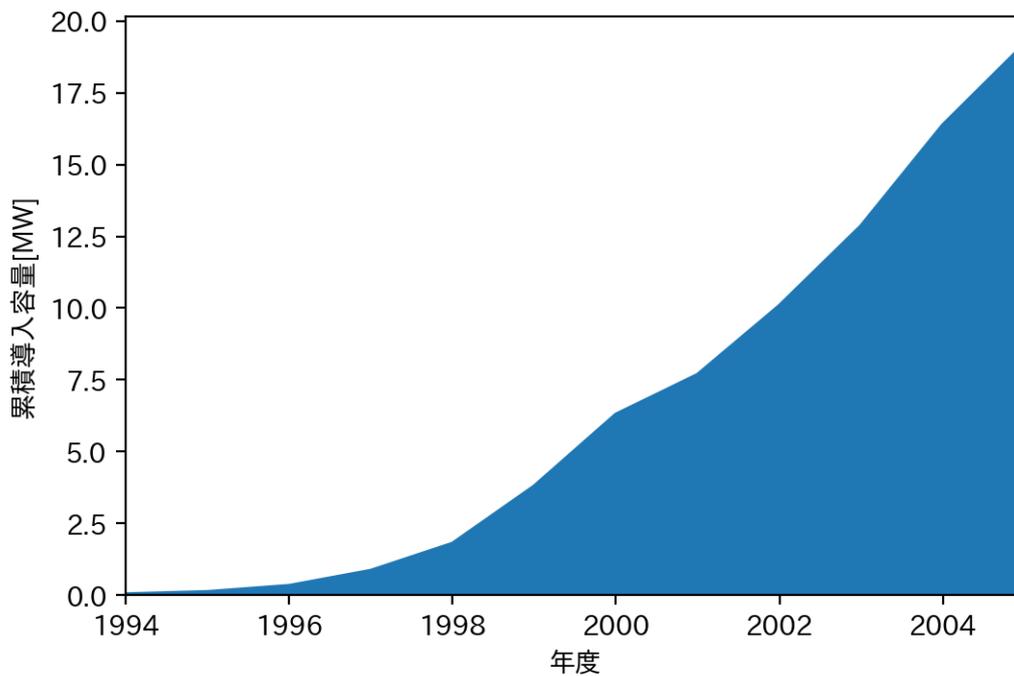


図 2-1. 住宅用太陽光発電導入促進事業の累積助成実績（北海道分）

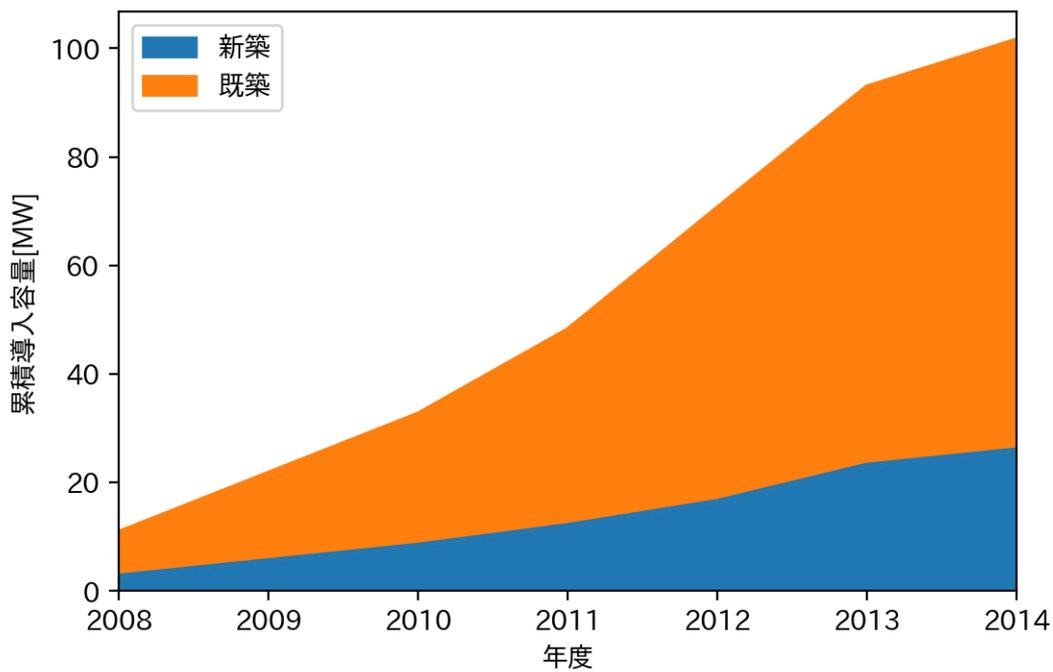


図 2-2. 住宅用太陽光発電補助金制度の累積助成実績（北海道分）

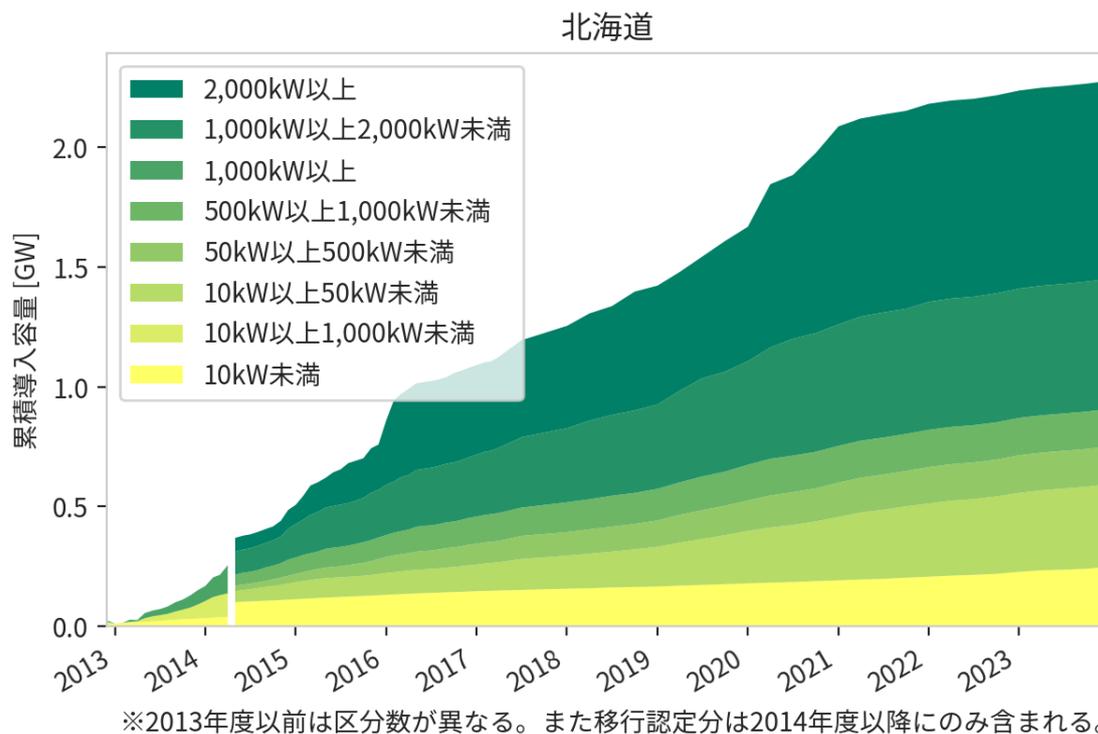


図 2-3. 北海道における FIT に基づく太陽光発電システムの累積導入容量[GW]

これらの各種補助金制度に基づく導入量の累積を以下に示す。なお、住宅用太陽光発電導入促進事業および住宅用太陽光発電補助金制度の交付実績は年単位ではなく年度で集計されているため、年単位に再配分して集計し、各年の累積実績として推計した。

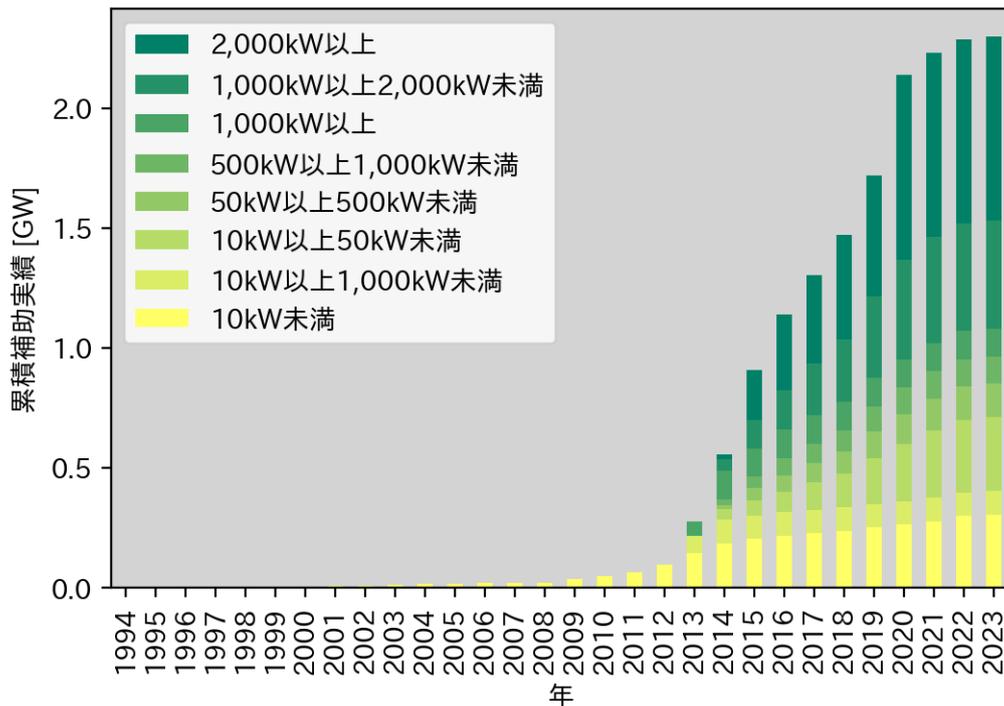


図 2-4. 各種補助金制度による累積導入量[GW] (北海道)

なお、住宅用太陽光発電システムへの補助金制度によって導入された設備は 10kW 未満のカテゴリに算入している。

2.1.2. 過積載の状況

これまでに述べてきた容量の実績値、とりわけ FIT による設備容量は、基本的に送配電網に接続し電気事業者に対して電力を供給する際の出力を表しているものであり、図 1-8 で示したうちのパワーコンディショナの出力に対応している。一方で、太陽電池アレイ (1.2.3 項を参照) 全体の設備容量は必ずしもパワーコンディショナの出力と同等である必要はなく、実態としてはそれ以上の設備容量のアレイとなっていることが少なくない。これを過積載といい、実際に設置されている太陽光発電パネルの数量を推計する上で重要である。

過積載が行われる理由としては、非ピーク時の日照条件であってもパワーコンディショナから送配電網へ供給できる電力量が上がることや、太陽光発電パネルの局所的な不良などにより特定の太陽電池ストリング (1.2.3 項を参照) の出力が低下あるいは欠損した場合でも太陽光発電システム全体としての出力への影響を抑えることができるといった理由があるものと考えられる。

FIT において電力供給を行っている発電事業については、再エネ特措法に基づき個別の発電事業について事業計画認定情報が公表^[42]されている。太陽光発電システムの場合、この認定情報には「発電出力」および「太陽電池の合計出力」が含まれている。「発電出力」は、電気事業者に対して認定事業者が電力供給を行う際の設備容量であり、太陽光発電システムの場合はパワーコンディショナの出力に相当すると考えられる。一方で「太陽電池の合計出力」は実際の太陽電池アレイの合計出力であり、設置されている太陽光発電パネルの総出力に対応すると考えられる。

このデータを用いて、以下の式によって各発電事業の過積載率を算出できる。

$$\text{過積載率} = \frac{\text{太陽電池の合計出力 [kW]}}{\text{発電出力 [kW]}} \quad (2-1)$$

これにもとづき、道内の発電設備について発電出力と太陽電池の合計出力の累積出力の推移を図 2-5 に、年ごとの全体の過積載率の推移を可視化した結果を図 2-6 にそれぞれ示す。

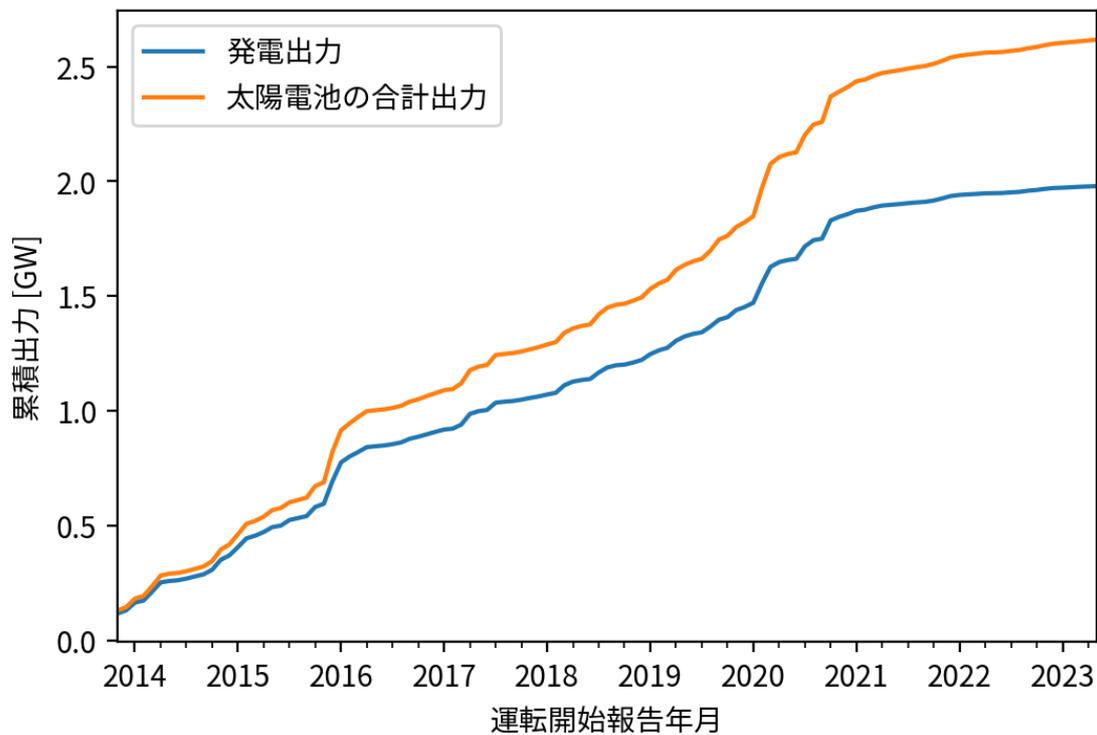


図 2-5. 発電出力および太陽電池の合計出力の累積出力推移（北海道内の設備）

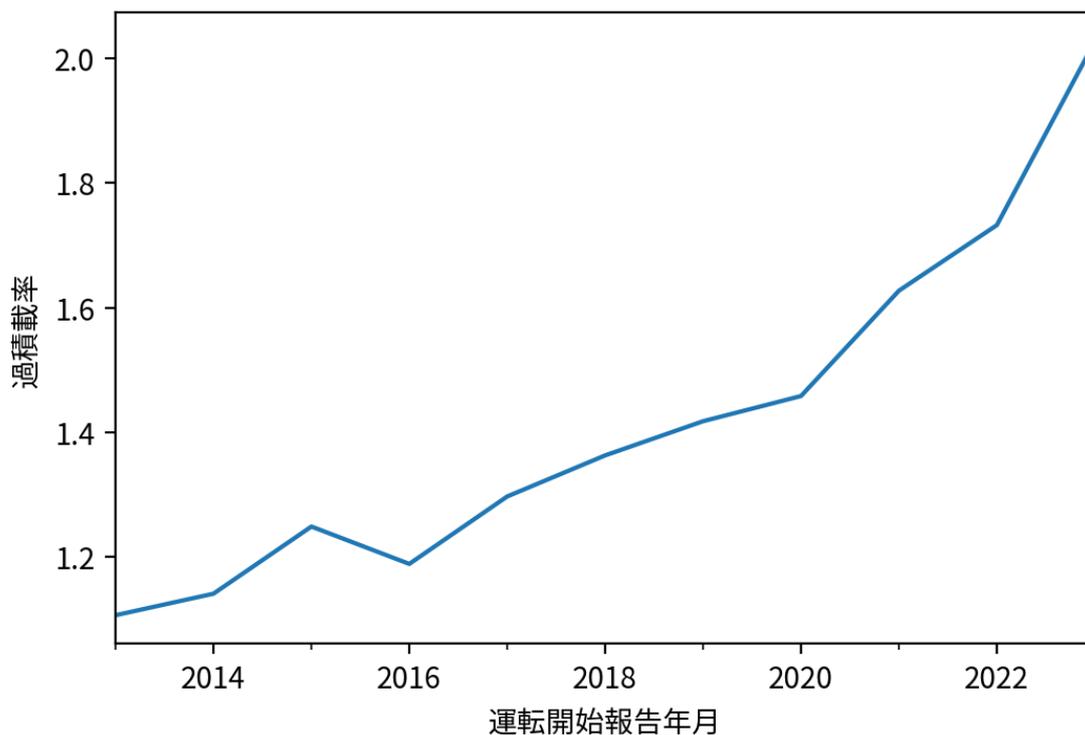


図 2-6. 各年毎の過積載率の推移（北海道内の設備）

これらの結果から把握できるように、北海道内における太陽光発電事業に関する過積載率は上がり続けている状況にある。さらに詳細な状況として、四半期ごとに集計した設備規模別の過積載率の推移を図 2-7 に示す。なお、各四半期において当該規模の発電事業が運転開始しなかった場合にはデータ欠損となるため、折れ線が途切れている部分が含まれる。

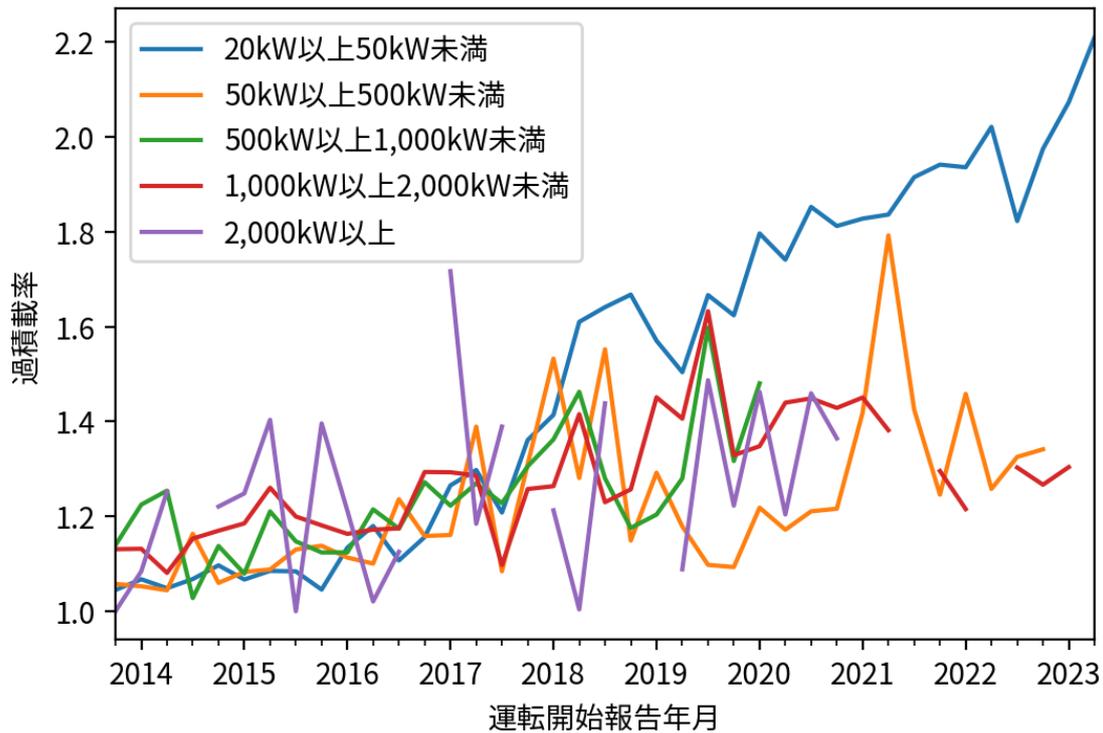


図 2-7. 発電出力の区分ごとの過積載率の推移（北海道内の設備、四半期単位）

区分ごとの過積載率の変化を見ると、50kW未満の低圧電源において過積載率が継続的に増加しており、これが全体の過積載率を押し上げている主な要因となっていることがうかがえる。

なお、再エネ特措法に基づく事業計画認定情報は、太陽光発電システムについては20kW以上の設備のみが対象であるため、これらの分析には20kW未満の設備は含まれないことに留意が必要である。

2.1.3. 北海道における太陽光発電システムの設置状況の推計

系統連系を行っている設備であっても、FITやその他の補助金制度を利用せずに設置した設備も含まれると考えられる。こうした設備については、IEA PVPSが公開している全国の導入実績と、2.1.1と同様の方法で把握した全国の補助金制度実績との差分を取り、各種補助金制度での都道府県別の各時期の導入量の割合を用いて都道府県へ割付を行うことにより算出した。

系統連系を行っていない独立型（オフグリッド）の設備については、全国の導入実績がIEAのデータに記載されているため、この導入量を系統連系分の都道府県別実績導入量に応じて配分した。

市町村単位での導入量については、市町村単位での実績が把握可能な一部の統計資料についてそのまま実績として用い、それ以外の部分については割付を行うことによって推計を行った。

これらの推計方法の詳細について、以下の図および表でまとめて示す。

統計データ	IEA		家庭用補助実績 (新エネルギー財団)	家庭用補助実績 (J-PEC)	FIT接続情報		FIT設備認定情報	本研究での推計方法		
時間粒度	年		年度	件数: 四半期 容量: 年度	月		月	年		
空間粒度	国		市町村	都道府県	都道府県	市町村	設備所在地	市町村		
容量区分	オフグリッド 連係・分散型 連係・集約型	オフグリッド 連係	(10kW未満)	(10kW未満)	10kW未満 10kW以上1MW未満 1MW以上	10kW未満 10kW以上50kW未満 50kW以上500kW未満 500kW以上1MW未満 1MW以上2MW未満 2MW以上	20kW以上	10kW未満	10kW以上20kW未満	20kW以上50kW未満 50kW以上500kW未満 500kW以上1MW未満 1MW以上2MW未満 2MW以上
データ番号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)			
1992	1992~		FY1994~					⑩		
1993								⑧		
1994										
1995										
1996										
1997										
1998										
1999										
2000										
2001										
2002	⑨									
2003										
2004	⑦									
2005										
2006	⑥									
2007										
2008	④									
2009										
2010	③									
2011										
2012	2012~		FY2009~		FY2012~	FY2012~	④	③	⑥	①
2013			FY2009~		~FY2013					
2014			~FY2014		~FY2014					
2015										
2016										
2017										
2018										
2019										
2020										
2021										
2022										

図 2-8. 導入量の推計に使用した統計データと本研究における推計方法との対応（推計方法については表 2-3 の番号に対応する）

表 2-3. 図 2-8 における各項目の詳細な推計方法

番号	項目ごとの詳細な推計方法
①	FIT 設備認定情報 (7) から設備容量を運転開始年月および市町村別に集計し、四半期毎に集計 (ただし運転開始報告年月の最小値は 2013-11 で、これ以前の実績はない)
②	FIT 接続情報 (6) の新規認定接続容量 (月別、市町村別) を四半期毎に集計
③	FIT 接続情報 (5) の新規認定接続容量 (10kW 未満、月別、都道府県別) の値に、(6) における 2014 年 4 月時点での新規認定接続容量 (10kW 未満) の都道府県毎の市町村別比率を乗じて割付し、得られた月別推計結果を四半期毎に集計
④	(4) における四半期別の導入件数を年度別容量に割付することで都道府県毎の四半期別導入容量を推計し、さらに (6) の移行認定接続容量 (10kW 未満、市町村別) の計算時点での最新累積接続容量から都道府県毎の市町村別容量比率を算出し、これに乗じることで四半期別の市町村別導入容量を算出
⑤	(6) の 10kW 以上 50kW 未満のカテゴリ接続容量実績 (月別、市町村別) から (7) における市町村集計した 20kW 以上 50kW 未満の運転開始容量 (月別) の差し引きで算出し、得られた月別推計結果を四半期毎に集計し、各四半期の各年内における全国合計容量に対する市町村別比率を求める。 10kW 未満の設置事例は大半が面積制約の大きい屋根置きであると仮定し、過積載は基本的にないものと想定する。同期間における①で求めた設置容量および②、④で得られた 10kW 未満の設置容量の合計を (2) から差し引き、10kW 以上 20kW 未満の国内設置量の総量を求め、これに先に求めた市町村比率を乗じて市町村別導入量とする。
⑥	(5) の 10kW 以上 1MW 未満のカテゴリにおける新規認定接続容量実績 (月別、都道府県別) から (7) における都道府県別集計した 20kW 以上 1MW 未満の運転開始容量 (月別) を差し引きし、さらに各月における 20kW 以上 1MW 未満の各都道府県毎の運転開始容量の市町村比率を (7) から算出し、これに乗じて割付して得られた月別推計結果を四半期毎に集計し、さらに各四半期の各年内における全国合計容量に対する市町村別比率を求める。これに、⑤と同様の考えに基づき、①および③、④と (2) との差分から得られた 10kW 以上 20kW 未満の国内設置量の総量を求め、これに先に求めた市町村比率を乗じて市町村別導入量とする。
⑦	(4) の実績が (1) と乖離する部分があるため、④と同様に求めた四半期毎の市町村別導入容量から、全国の導入容量に対する各年の市町村別比率を求め、これに (1) の実績を乗じることで市町村別導入量とする。
⑧	(3) の市町村別容量実績 (年度別) を年度内各四半期に均等に割り付けし、年毎に集計したもののから、国内導入容量に対する市町村別容量の比率を求め、これに (1) を乗じて算出する。
⑨	市町村別の導入量については直接の推計に参照可能なデータが無いため、⑦および⑧から内挿した市町村別容量比率を (1) に乗じて算出する。
⑩	直接参照可能なデータが無いため、⑧で整理した 1994 年度当初時点での市町村別比率をそのまま使用し、(1) に乗じて算出する。

2.1.4. 北海道における太陽光発電パネルの設置重量の推計

2.1.3 で述べた方法によって市町村別の導入容量を算出した結果をもとに、太陽光発電パネル重量の推計を行った。

太陽光発電パネルは、製品の改良などによって、出力あたりの重量が低減しており、設置時期に応じてこれを考慮する必要がある。本研究では、英 ENF 社が調査・提供している太陽光発電パネルの製品データベース（2021年9月9日時点）を入手し、このデータを用いて出力あたり重量の低減を把握した。同製品データベースには、結晶および非結晶シリコン系の製品に関するデータと薄膜系の製品に関するデータがあるが、薄膜系については十分なデータが含まれないため、ここではシリコン系のパネルのデータを用いることとした。

製品には様々な形態のものが含まれるため、少ないながらも特異値とみなせるような極端な製品に関しては除外することとした。具体的には、製品 kW あたり 1t を超えるものについては除外した。製品ごとに発売時期が把握されているため、発売時期ごとに製品の出力あたり重量[kg/kW]をプロットし、指数近似を行った。結果を図 2-9 に示す。

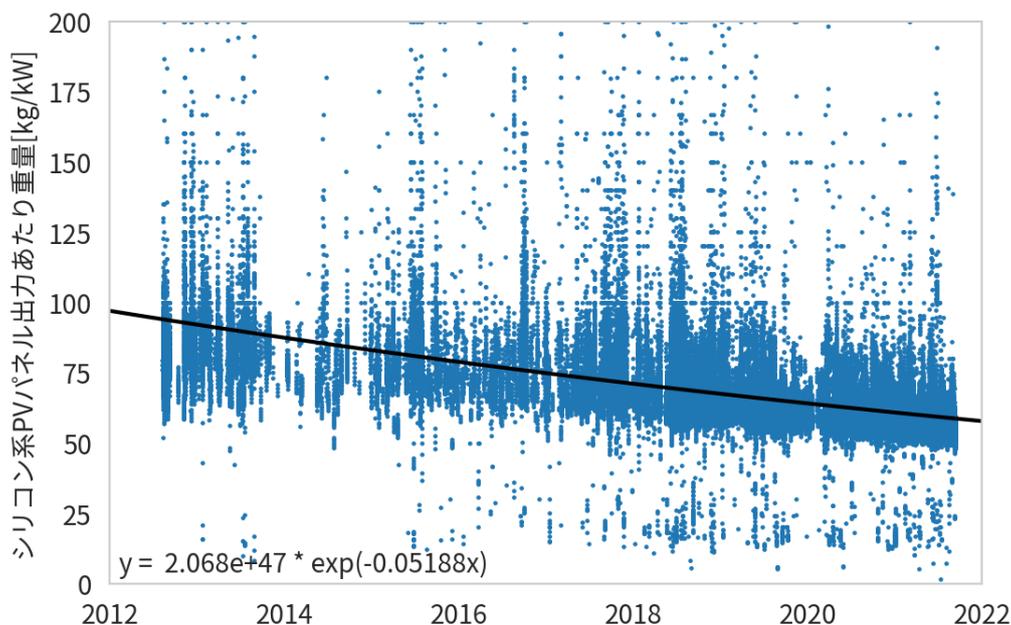


図 2-9. 出力あたりの太陽光発電パネル重量の変化

なお、指数近似結果の数式における x は西暦年の実数値[年]、 y が出力あたり重量[kg/kW]である。これをもとに、道内における累積設置重量を算出した結果を図 2-10 に示す。

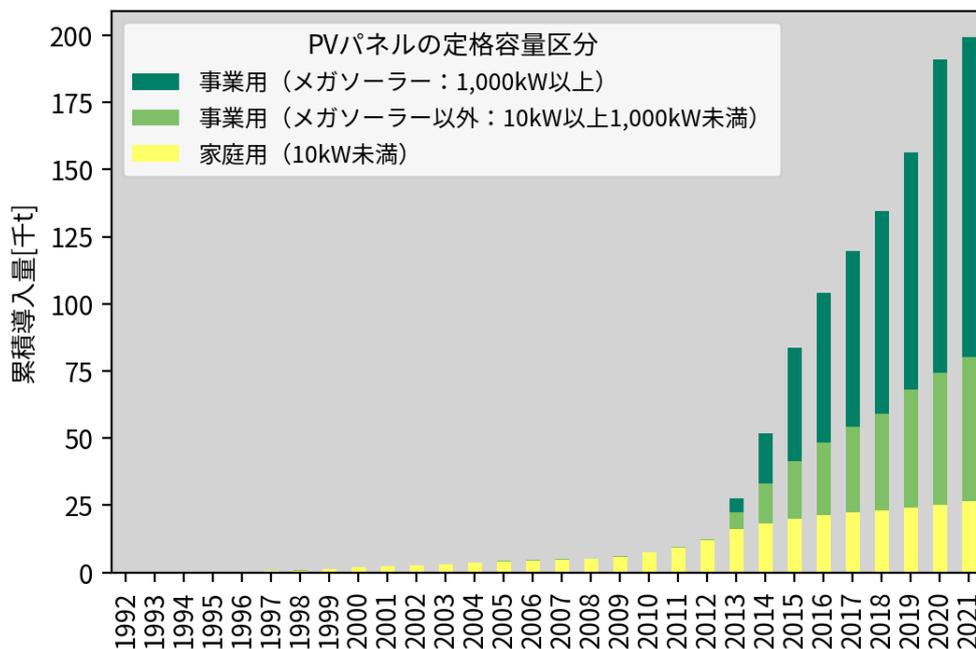


図 2-10. 道内における太陽光発電パネルの累積設置重量の推計結果

算出に用いた統計資料の制約から 2021 年までの実績が直近の推計結果となるものの、結果として約 20 万 t の太陽光発電パネルが道内に設置されたと推計された。北海道における特徴として、1,000kW 以上のメガソーラーの比率が大きく、全体の約 6 割を占めていることがわかる。

さらに、道内市町村別の累積導入量について、図 2-11 に示す。

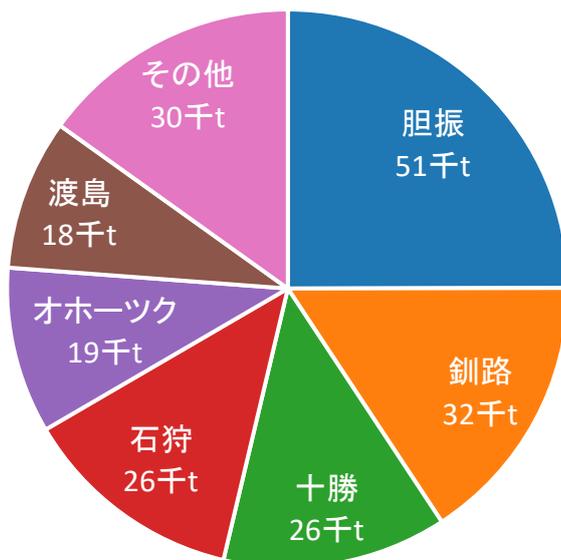


図 2-12. 振興局別の太陽光発電パネル重量の比率 (2021 年)

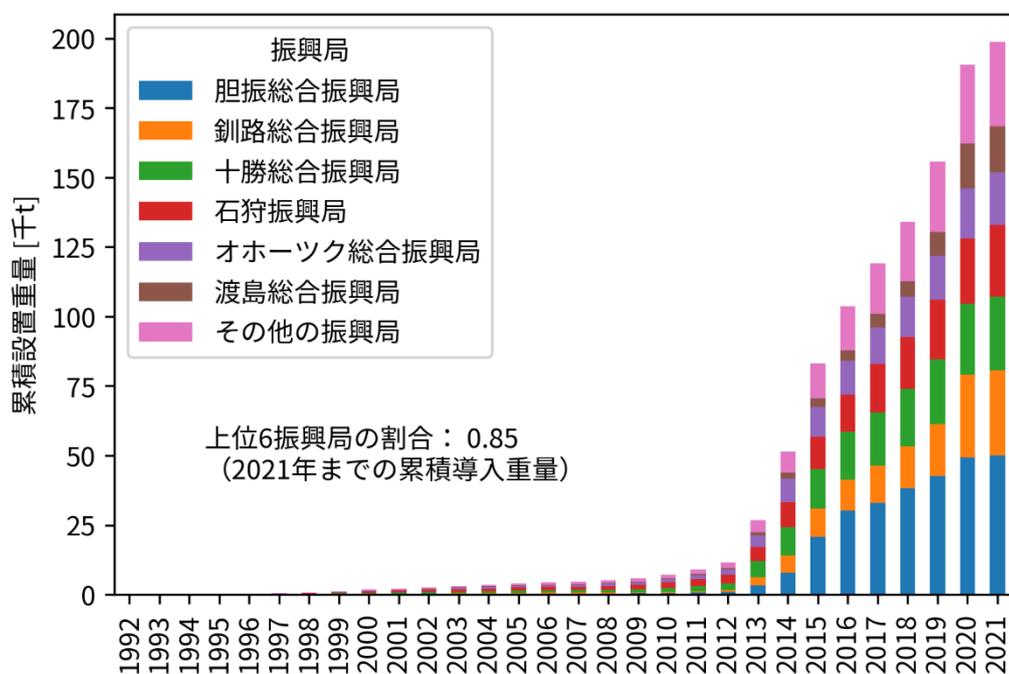


図 2-13. 振興局別の累積太陽光発電パネル重量の推移

さらに、振興局別の設備比率を図示したものを次の図 2-14 に示す。

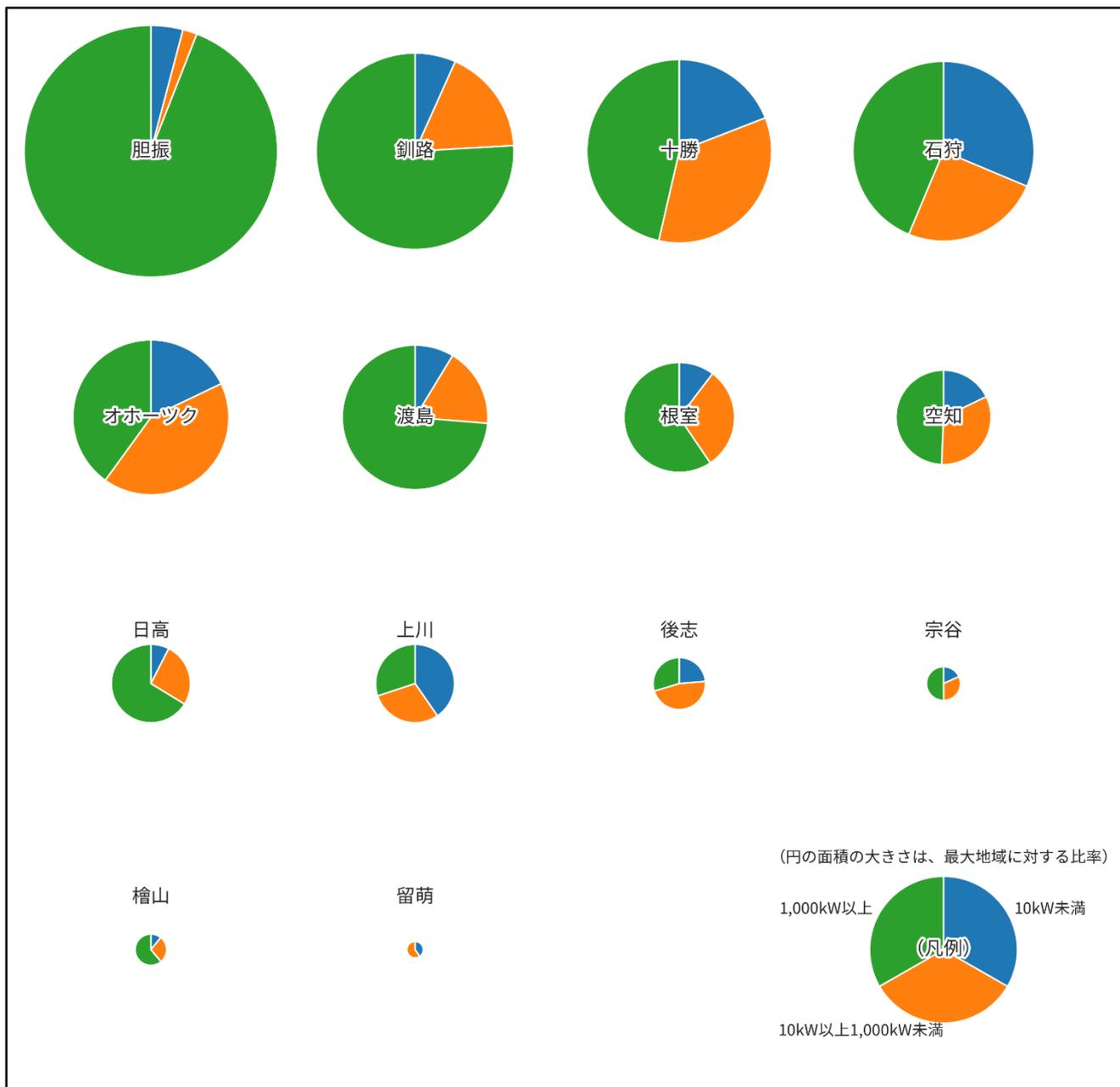


図 2-14. 振興局別の設備規模毎の太陽光発電パネル重量の比率 (2021 年)

設置重量が最大の胆振総合振興局管内では大半が1,000kW以上のいわゆるメガソーラーが占めているのに対し、設置重量で第4位である石狩振興局管内では10kW未満の設備の比率も比較的高く (A1 : p.100 参照)、住宅用の設備の比率が高い都市部特有の特徴を有していることがわかる。

2.1.5. 街区・建物単位での設置状況の把握

前項までの太陽光発電パネル導入状況および分布状況の推計は、原則的に種々の統計資料を利用して行っている。原典として用いる資料の空間解像度の限界から、このような方法では市町村レベルでの推計が実質的な限界であると考えられる。

他方で、効率的な収集運搬の実現など、より具体的な事業の検討にあたってはさらに詳細な街区や建物単位での導入状況や分布状況に関するデータがあることが望ましい。本項では、こうした詳細な設備設置箇所の推定・把握について検討を行った。

2.1.5.1 住所が公開されている設備（20kW以上の設備）

これまでに述べたとおり、再エネ特措法に基づき設置されている太陽光発電システムのうち、20kW以上の発電設備については事業計画認定情報に個別の発電事業に関する詳細情報が掲載されている。これには具体的な設備の住所も含まれているため、このデータを用いて住所から座標への変換（ジオコーディング）を行い、道内の太陽光発電システムの設置箇所について可視化を行った。

ジオコーディングは、東京大学が公開している CSV アドレスマッチングサービス^[43]を用いて行い、個別の座標付与結果について、事業計画認定情報に含まれる太陽電池の合計出力などの情報を踏まえて Web マップサービス（地理院地図および Google Map）の航空写真・衛星画像の画像情報と目視で照合を行い、可能な限り位置補正を行った。

この結果を図 2-15 に、目視補正の際のイメージとして、地理院地図（航空写真）で設備を確認した事例を図 2-16 にそれぞれ示す。

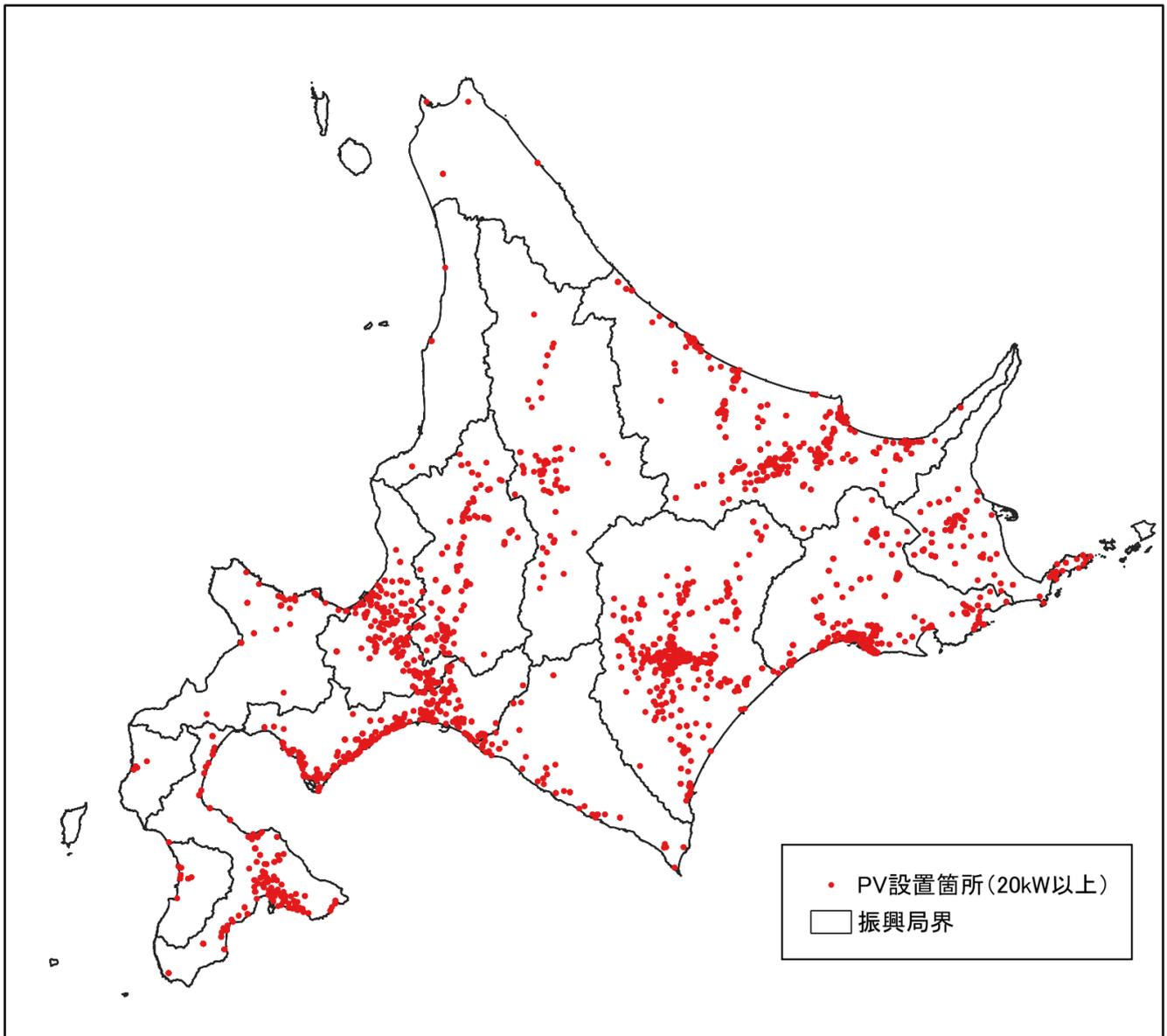


図 2-15. 事業計画認定情報に記載された太陽光発電システムの所在地可視化結果



図 2-16. 地理院地図（航空写真）で設備所在地を補正した事例

なお、図 2-16 では国土地理院が撮影・提供している航空写真を用いた例を示したが、実際の照合では Google マップの航空写真や衛星画像による照合も行っている。Google マップについては、そのキャプチャ画像を静止画として使用することが許可されないため図例として図示しないが、一般に高解像度であり、多くの設備の照合について活用した。

このように、事業計画認定情報で公表されている情報を用いることで、同情報で公開されている太陽光発電システムについてはその位置情報を把握することができる。しかし前述のとおり、事業計画認定情報には 20kW 以上の設備しか含まれないこと、FIT による電力供給契約を結んでいない設備については把握できないことなどの課題があり、すべての設備の分布を網羅的に把握することはできないことに留意が必要である。

2.1.5.2 リモートセンシング技術を活用した詳細な分布把握

リモートセンシング技術とは、離れた場所から対象物の状態などを観測する技術の総称であり、人工衛星や航空写真、無人航空機（ドローン）などを用いた様々な観測が行われている。とりわけ人工衛星に搭載された種々のセンサを用いて得られる情報を活用する衛星リモートセンシングは、地表面などに関する広範囲の情報を把握できることや、同じ場所を一定の周期で繰り返し観測できること、可視光以外のセンサによって目視では把握できない情報を把握できるメリットなどがあり、気象観測や土地利用の解析など、様々な分野で活用されている技術である。

太陽光発電パネルは日照を受けて発電するという原理上、一般的には上空が開けた場所に設置されるため、宇宙空間から観測する衛星リモートセンシングによっても観測することが可能であると期待される。このため、本研究では、この技術を活用した太陽光発電パネルの抽出を試みた。

本研究では3種類の衛星観測データを入手し、スペクトル分類による太陽光発電パネルの抽出を行った。表2-4に、入手したデータの観測衛星の主な特徴を記載する。

表 2-4. 本研究で使用した観測データの衛星と主な特徴

衛星	SPOT-6	Sentinel-2	WorldView-3
価格	比較的低額	無料	高額
センサ数	4	13	8
解像度	約 1.5m～6m/pixel	約 10m/pixel	約 30cm～1.2m/pixel
特徴	センサ数は限定的 安価・中解像度	センサ数が多く波長分類に有効	センサ数・解像度 ともに高いが高額

表 2-5. 本研究で使用した衛星画像製品

衛星	SPOT-6	Sentinel-2	WorldView-3
対象地域	苫小牧市周辺		札幌市中心部
製品	4バンドバンドル パンシャープン 1.5m +マルチスペクトル 6.0m	マルチスペクトル画像	オルソレディ 16bit 標準画像 8バンドバンドル
撮影年月日	2020/10/21	2021/04/27	2020/03/22

実際のデータを以下の図 2-17～図 2-19 に示す。いずれも晴天条件で、雲による遮蔽のほぼ無いものを選定した。有償の衛星製品については、観測や分析を行いたい領域（関心領域（ROI; Region of Interest））の面積に応じた費用が必要となるため、SPOT-6 に比べて面積あたりの単価が高額な WorldView-3 の画像は小面積のデータを入手してデータ処理を試行した。

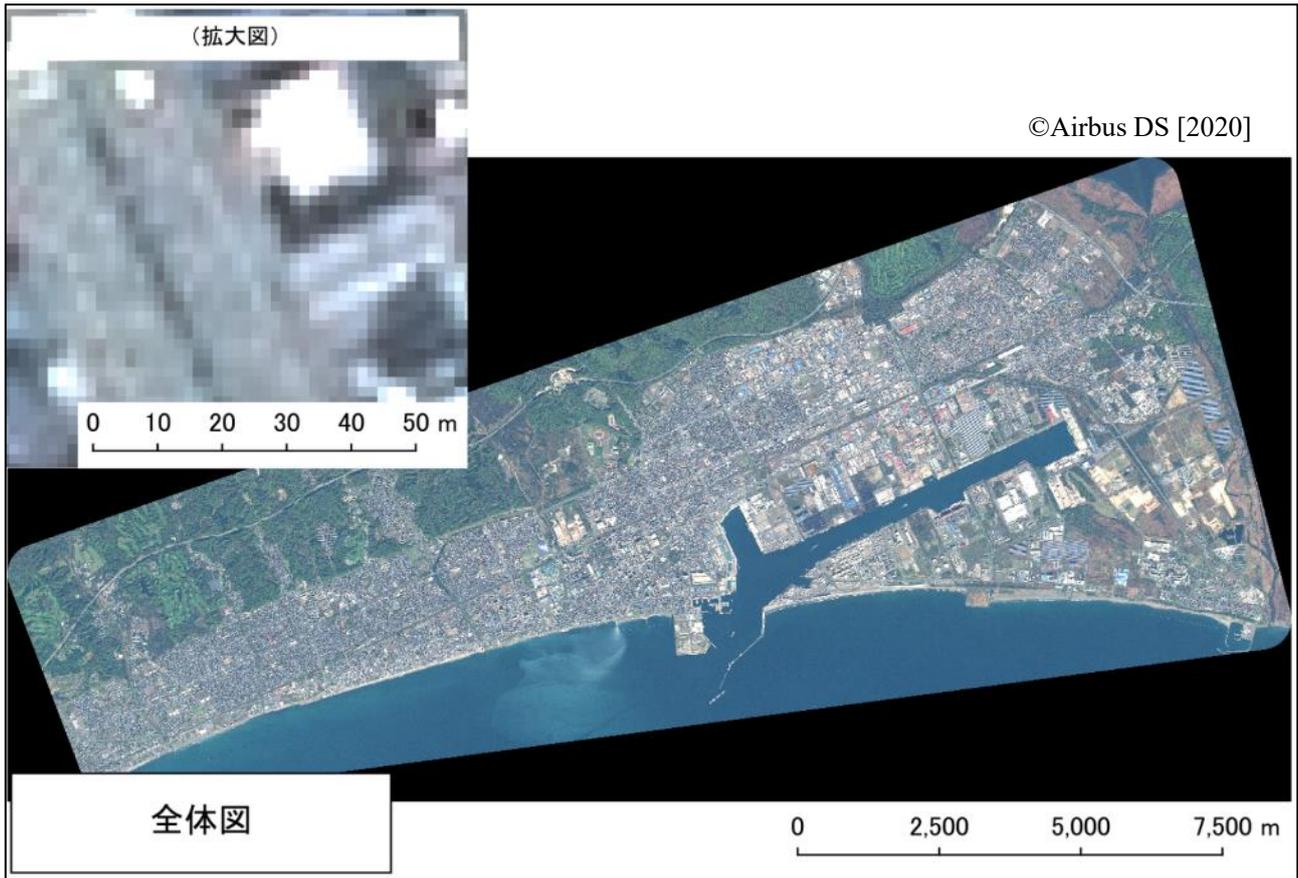


図 2-17. SPOT-6 画像 (パンシャープン画像)

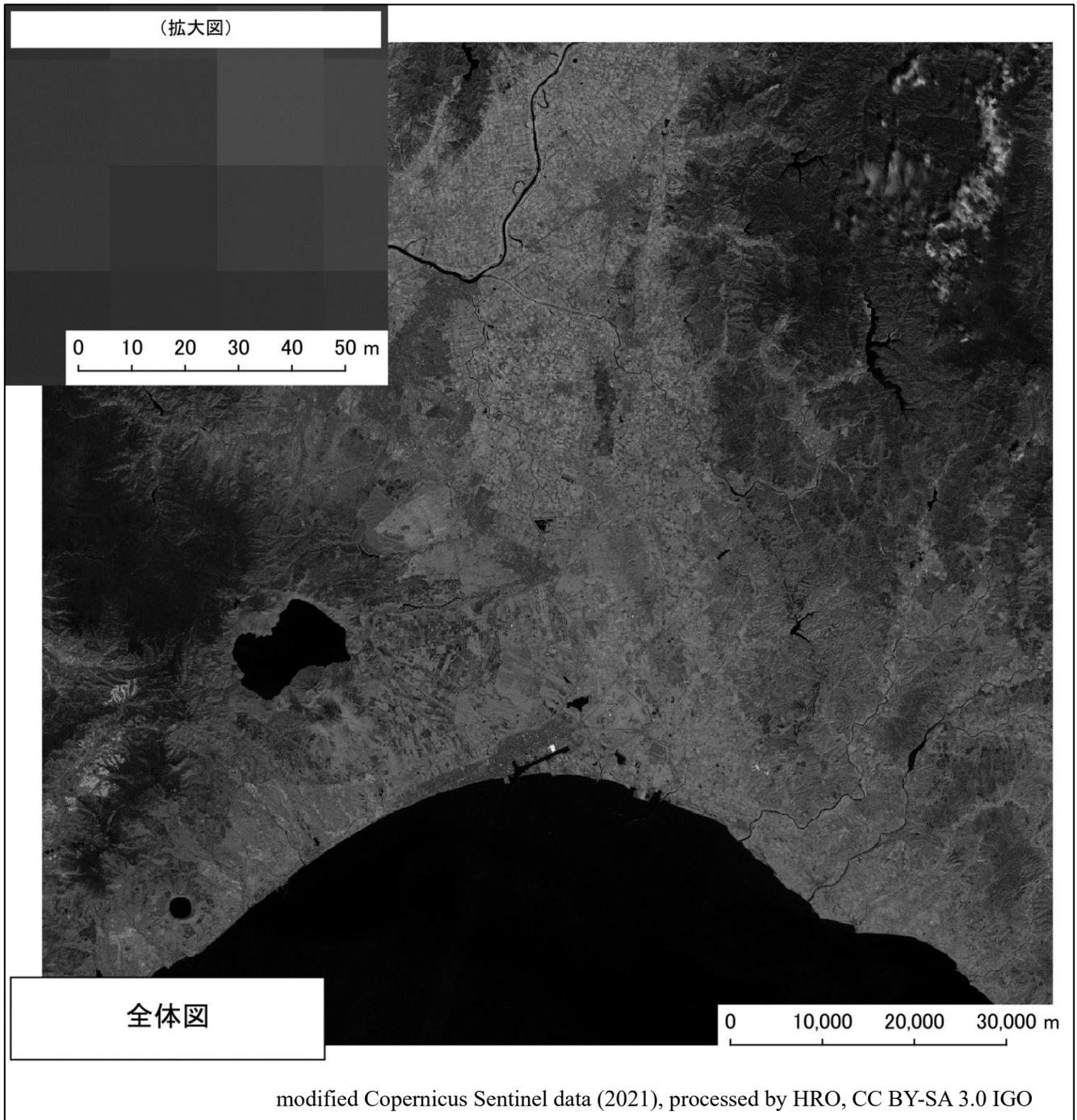


図 2-18. Sentinel-2 画像

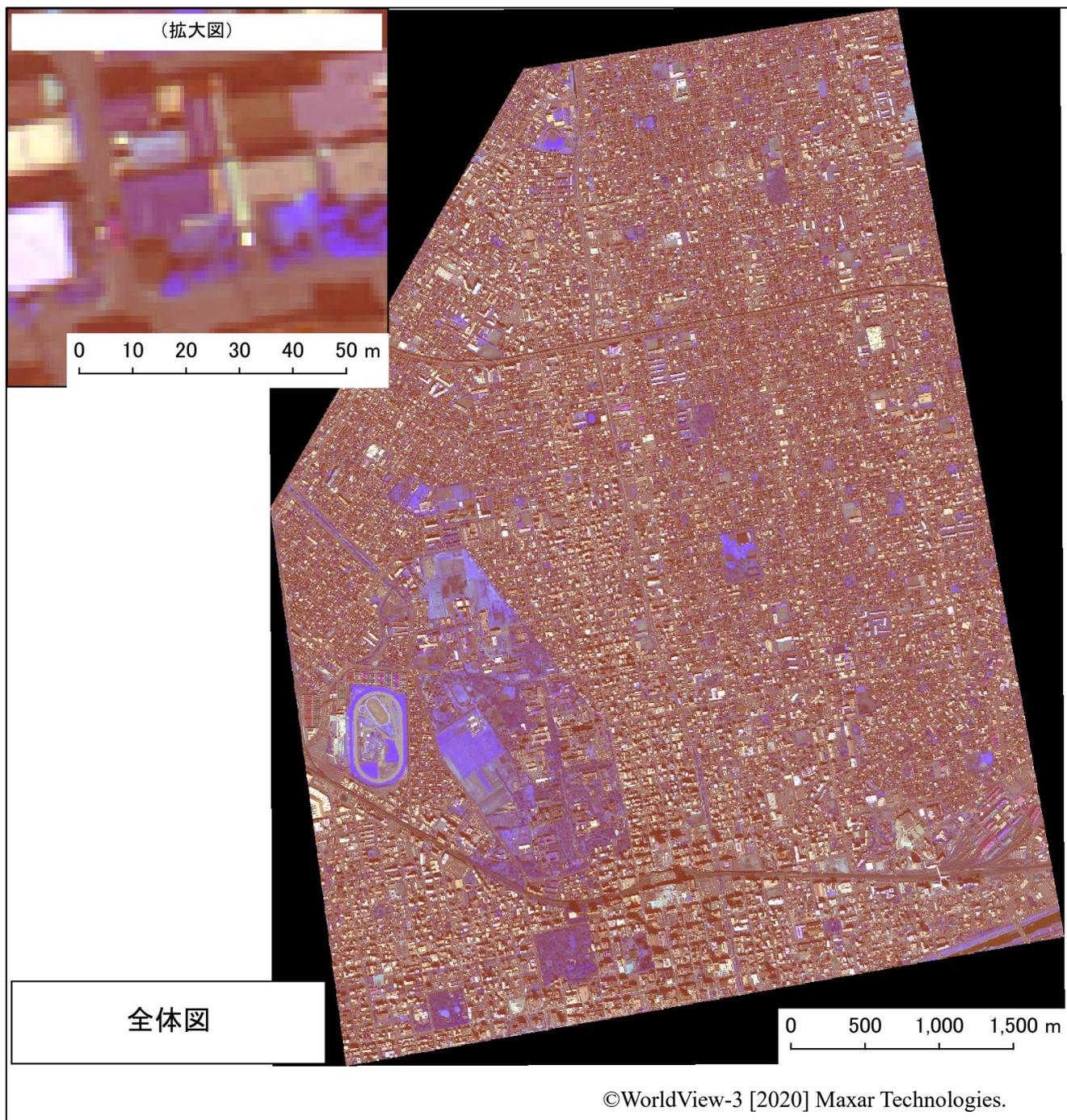


図 2-19. WorldView-3 画像

今回選択した衛星製品は、いずれも可視光領域を含む観測を行っている。選定に当たっては、一般的な太陽光発電パネルのスペクトル応答を踏まえ、観測波長域にこれらの特徴を観測できる可能性が高いと考えられるものを選定した。

太陽光発電パネルの抽出には、いずれも教師付き分類手法を選択し、オープンソース GIS である GRASS GIS 8 を用いた処理を行った。教師領域はいずれも同一画像領域内から採取・作成し、これをもとにその他の領域から太陽光発電パネルと考えられるものを抽出した。

この抽出結果をそれぞれ図 2-20～図 2-22 に示す。

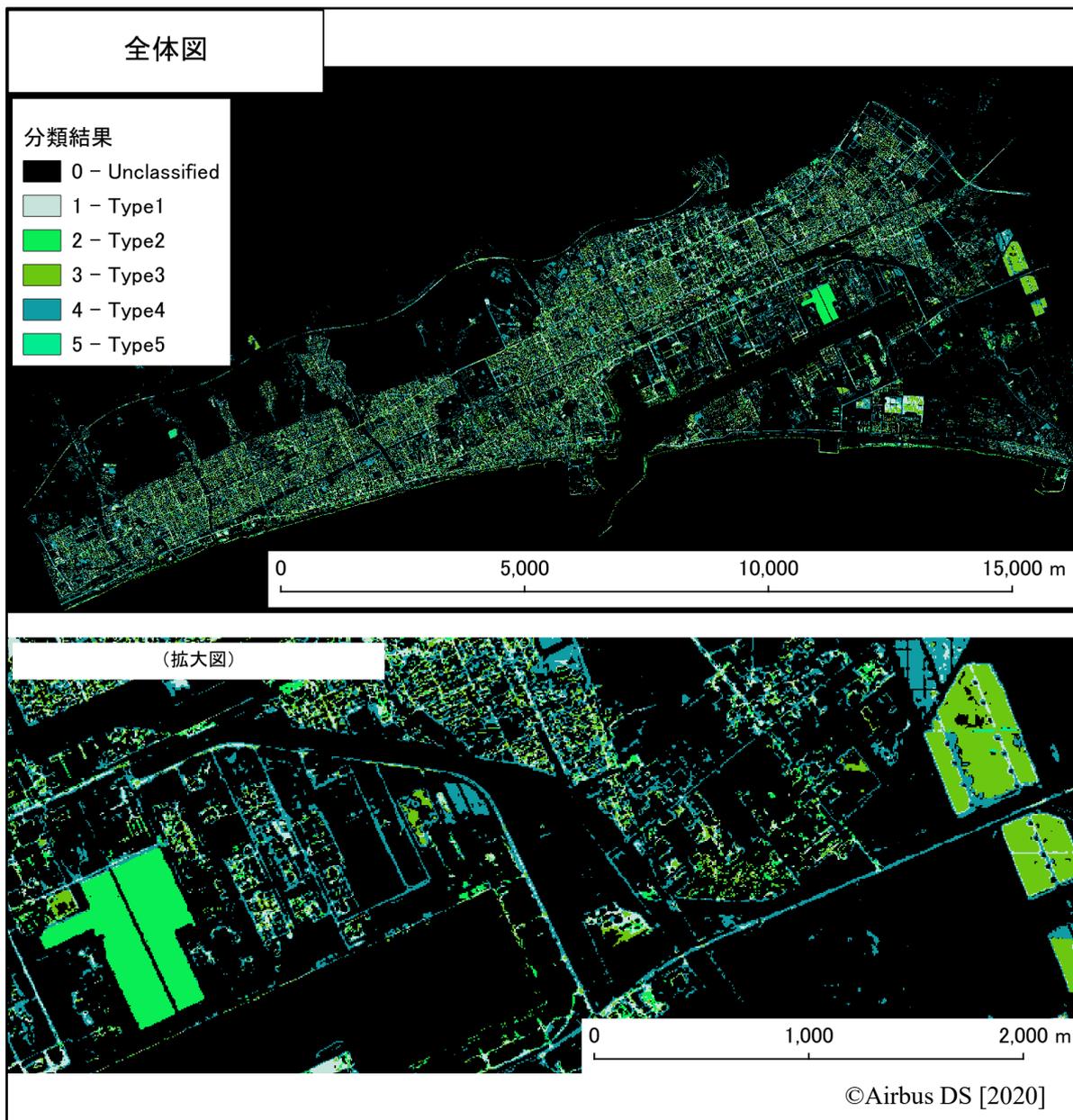


図 2-20. SPOT-6 画像による抽出結果

SPOT-6 による分類結果については、苫小牧港周辺の特徴的な大規模メガソーラーを面的に抽出できているが、一方で近隣のメガソーラーについては十分抽出できていない。また、建物の屋根や屋上、地面など、太陽光発電パネルではない部分についても多くが抽出されており、誤分類が多く含まれる結果となった。SPOT-6 のセンサ解像度は後述の Sentinel-2 に比べて高いものの、センサ数が 4 と少ないことや、マルチスペクトルセンサの解像度が約 6m であることから、ある程度の枚数のパネルが集まったストリングやアレイ（1.2.3 項を参照）を観測できる可能性があるが、畳一枚程度の面積である個別の太陽光発電パネルを観測することは難しいことは事前に想定されていたが、結果としてはアレイも識別するには必ずしも十分な解像度とは言えず、抽出に失敗する場合があったものと考えられる。

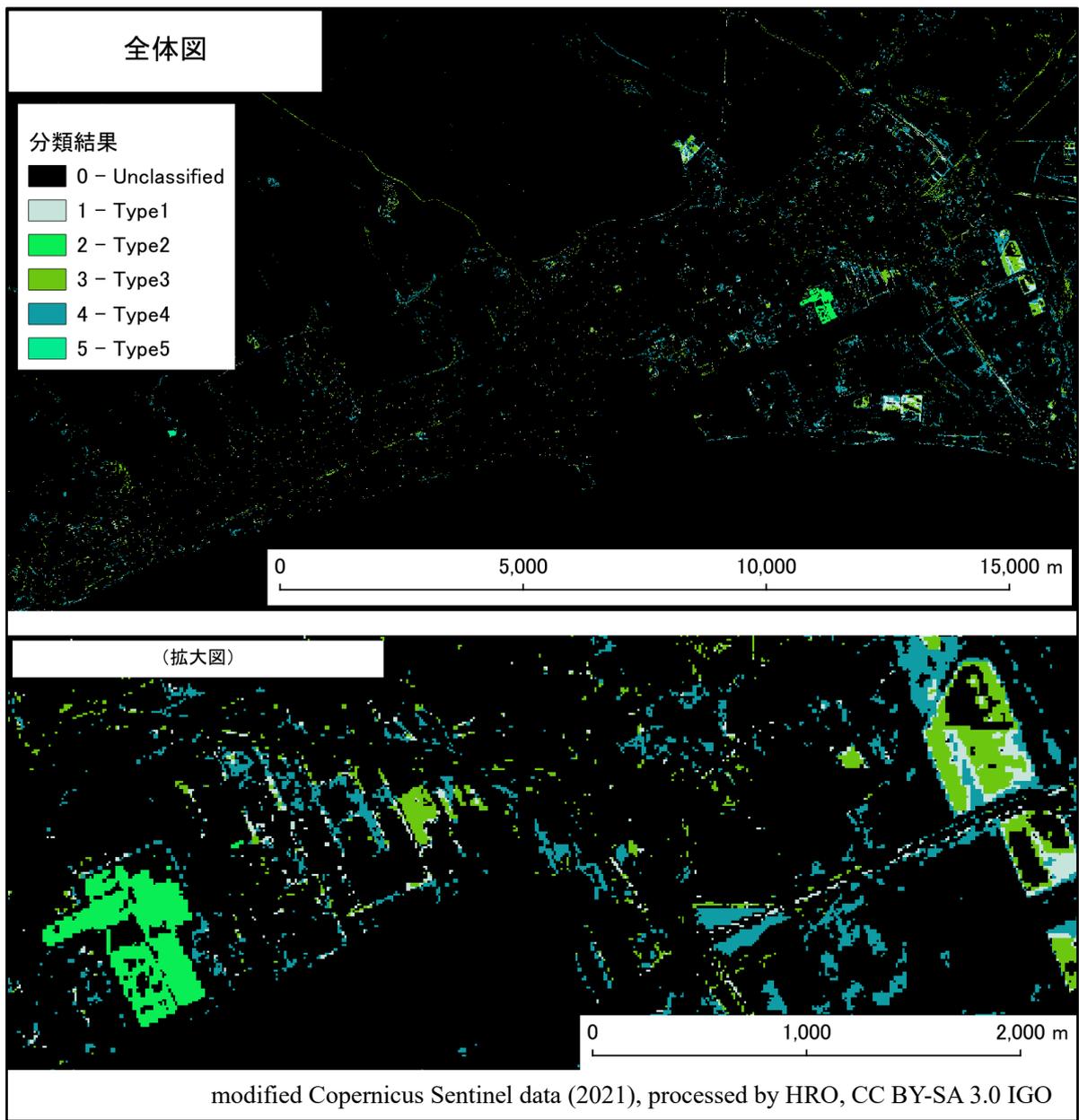


図 2-21. Sentinel-2 画像による抽出結果

Sentinel-2 による分類結果では、SPOT-6 と同じく苫小牧市周辺の範囲を関心領域として分析を行った。こちらの製品はセンサ解像度が SPOT-6 よりも低いですが、センサ数は 13 と多く、特に近赤外領域や短波長赤外領域における観測が可能であるため、太陽光発電パネルの特徴的な反射特性を利用した抽出が期待できる。実際分類結果においても、SPOT-6 に比べて誤分類は少なく、また、苫小牧港周辺のメガソーラーに加え、近隣のメガソーラーもある程度抽出できている。しかしながら、センサの空間解像度が 10m であることから、個別のパネルを抽出することは難しく、より面的な特徴として抽出される結果となった。このことから、Sentinel-2 は広範囲での太陽光発電パネル設置領域の概況把握には利用可能であるが、詳細な配置や個別のパネル識別には限界があると考えられる。

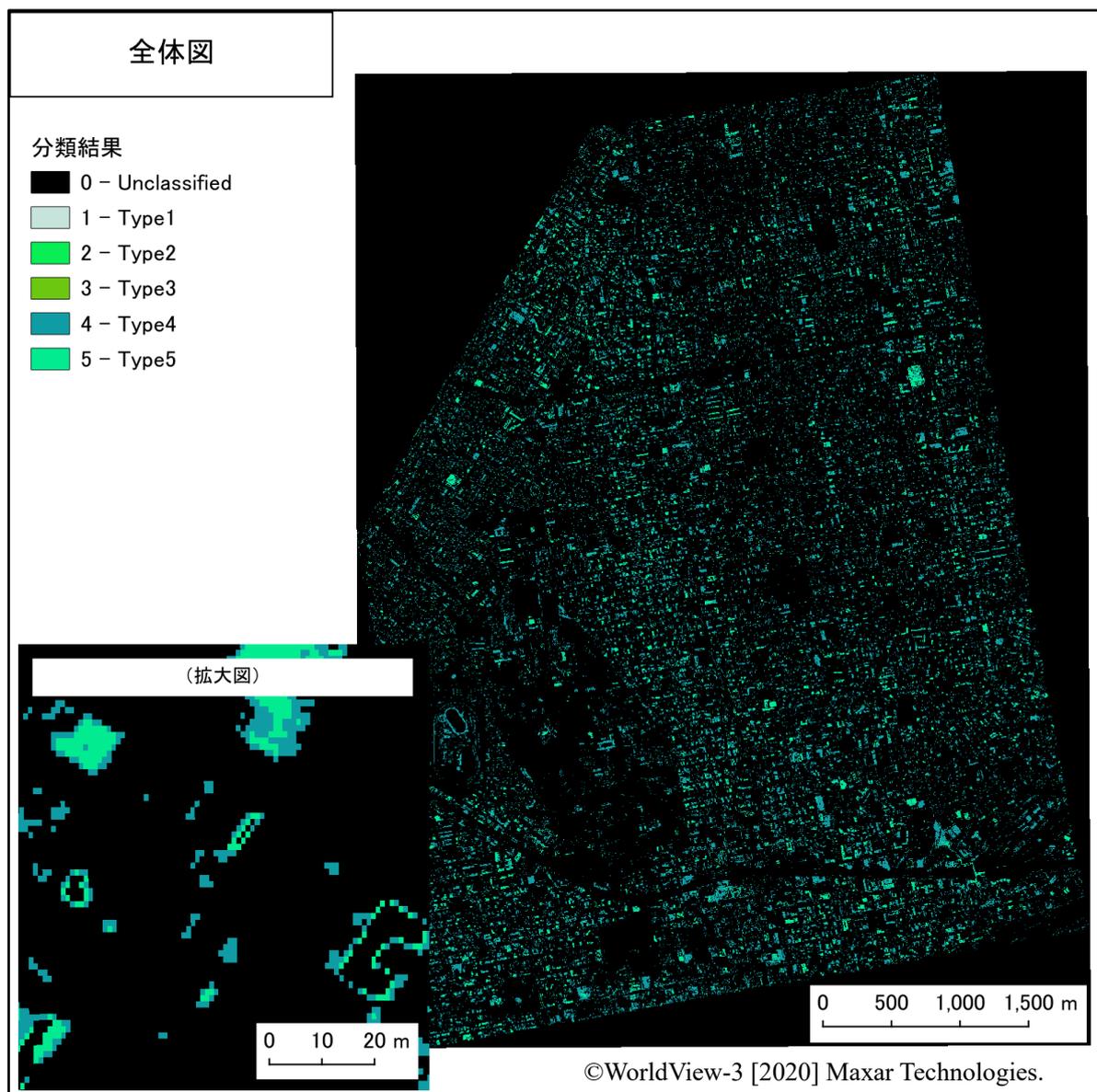


図 2-22. WorldView-3 画像による抽出結果

一方で、WorldView-3 は非常に高い空間解像度を持つため、個別の太陽光発電パネルの抽出も可能であると考えられた。事実、分類結果からも個別の太陽光発電パネルを抽出できている箇所もあるが、それでもまだ非常に多くの誤分類や抽出漏れが見受けられ、期待したほどの精度は得られなかった。これは、太陽光発電パネルの材質や形状のバリエーション、背景（地表や屋根）とのコントラストの問題、影の存在など、多くの要因に起因すると考えられる。

以上の結果を踏まえると、衛星画像からのスペクトル分類による太陽光発電パネルの抽出については、現状ではいくつかの課題が存在することが明らかとなった。とりわけ、個別のパネルの抽出には高い空間解像度が必要であると考えられたが、現状利用可能な高解像度衛星画像を用いた分類・抽出結果においても十分な結果は得られなかった。

これらの課題を克服するためには、例えば深層学習を用いた画像認識技術を適用するアプローチなどを検討する必要があると考えられる。

なお、衛星画像や航空写真を用いた導入実績の推定については、令和3年度（2021年度）に環境省の実証事業が実施されている。この事業では、今回試行したスペクトル分類だけでなく、AI技術の一種である機械学習を用いて高精度に設置箇所を把握する手法について検討されており、多くの教師データを用いることにより良好な結果（再現率9割以上）を得られたことが報告されている。^[44]

同事業の検討結果を踏まえ、今後同様の技術を活用した詳細な導入状況・分布状況の結果を再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS）で公開する方針で検討が進められているとの記述があり、将来的にはこうした詳細な分布データが全国的に利用できるようになるものと期待される。

現状では、これまで設置された太陽光発電パネルは大半がFITや何らかの補助金制度を活用して設置されたものであると考えられるため、2.1.4項までで推計を行った導入実績としてはおおむね正確に把握されていると期待されるが、FIT調達価格の下落や、自己託送、PPA、第三者契約モデルなどの新たなビジネスモデルの登場、独立電源としての利用など、太陽光発電システムの運用方法の多様化により、統計資料などでは把握できない設備が増加する可能性がある。このため、リモートセンシング技術や機械学習技術を活用した設置箇所の観測・検出技術は重要な役割を担うものと期待される。

2.2. 道内における太陽光発電システム運用の実態把握（発電事業者へのアンケート）

2.2.1. 発電事業者に対するアンケートの実施概要

本研究では、再エネ特措法に基づく発電事業者（認定事業者）を対象としてアンケートを実施した。前述の通り、再エネ特措法に基づき電気事業者に対して電力供給契約を締結している太陽光発電事業者のうち、20kW以上の太陽光発電の事業計画認定を受けている事業者については、事業計画認定情報が資源エネルギー庁によって公開されている。この事業認定を受けている事業者は、多くの場合、太陽光発電システムの所有者であると考えられ、道内における発電設備運用や発電事業の実態を把握する上で、対象として適切であると考えられる。

アンケートの送付先の選定は、2020年9月30日時点の情報を基に以下の手順で行った。まず、発電設備の設置場所が北海道内にある9,160件の中から、運転開始済みの5,689件を抽出した。次に、事業者の住所が記載されている（アンケートが発送可能な）3,757件を抽出した。その後、事業者の住所の表記揺れを修正し、代表者名や事業者名によるWeb検索を行って同一であると認められる事業者を整理・統合した。これにより、極力同一事業者に対して複数のアンケートが送られないよう配慮した。

アンケート調査票は郵送で行い、回答方法としては調査票の返送またはWebでの回答を選択してもらう形をとった。調査票には、不連続かつ一意の5桁の調査票番号を記載し、Web回答時にこの番号も一緒に回答してもらうことで、郵送とWebの重複回答を回避し、回答者の特定を行った。

表 2-6. アンケート発送先の把握に用いた資料

項目名	固定価格買取制度 事業計画認定情報
公表主体	資源エネルギー庁
データ年次	2020/09/30 時点
データ粒度	設備認定単位・認定を受けた各設備単位
データ項目	<p>設備認定に関する情報： 設備 ID・発電事業者名・代表者名・事業者の住所・事業者の電話番号・発電設備区分・発電出力（kW）・発電設備の所在地・太陽電池の合計出力（kW）・新規認定日・廃棄費用の積立状況</p> <p>設備所在に関する情報： 設備 ID・発電事業者名・連番・代表者名・発電設備区分・発電出力（kW）・発電設備の所在地・太陽電池の合計出力（kW）</p>

上記の通り整理した結果、最終的な発送数は1,079件となった。うち認定を受けているのが1件のみの事業者は615件、複数の事業について認定を受けている事業者は464件である。アンケートは2021年2月8日から同年3月15日までを回答期間として実施し、回答総数は353件、回答率は32.7%であった。うち認定を受けているのが1件のみの事業者からの回答は203件（回答率33.0%）、複数の事業について認定を受けている事業者からの回答は150件（回答率32.3%）であった。

アンケート内容は、以下に示す項目について質問し、全体の設問数は33（分岐や自由記述を含む）である。実際のアンケート原票については、巻末 A3 に掲載している。

表 2-7. アンケートの主な項目

設問項目	<ul style="list-style-type: none"> ● 設置場所・定格出力・素子タイプ・メーカー ● パネル・用地の形態（所有、設置状況、契約期間） ● 運用状況・運転期間・FIT 買取期間等 ● FIT 買取期間終了後の運用計画 ● FIT 買取期間終了後の計画 ● 運用終了の判断基準・パネル取り扱い ● 想定廃棄費用・廃棄時の優先項目・対応時期 ● 点検の実施・損害保険加入の有無 ● 問題発生の有無・要因・交換補修実績 ● システム運用終了後の取り扱い、パネルの処理について（自由記述）
------	--

2.2.2. 発電事業者に対するアンケート結果

回収した回答は、明らかな誤り（回答している設備が 20kW 未満である、道外の設備について回答している、など）については無効票とした。また、回答方法の誤り（回答のルールに従っていないなど）については、調査票番号を元に設備との紐づけを行い、確実に対応が取れたものについては可能な項目について回答内容の修正を行い、部分的に有効回答とした。具体的には、複数の設備についてまとめて回答した回答が複数含まれていたため、可能な場合に分離を行った。回答内容が不正確だったものについては、事業計画認定情報と照合し、修正可能なものは修正を施した。さらに、市町村やメーカー名などの表記揺れに対しても、可能な限り修正を加えた。

択一回答の結果について、単純集計の結果を以下に示す。ただし、有効回答がなかった設問については除外している。

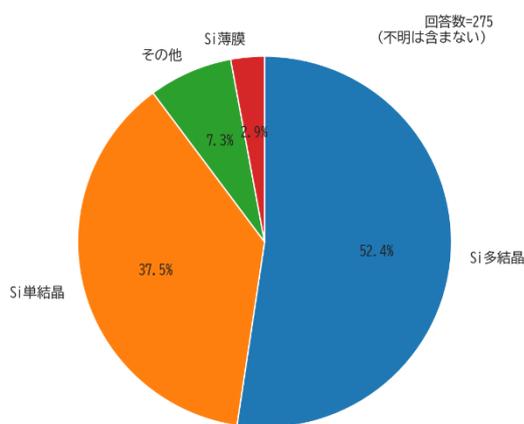


図 2-23. 素子タイプ

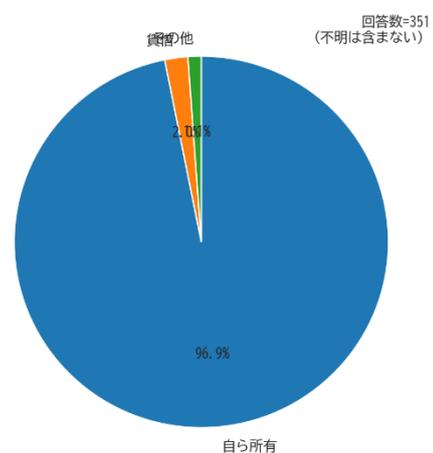


図 2-24. パネルの所有形態

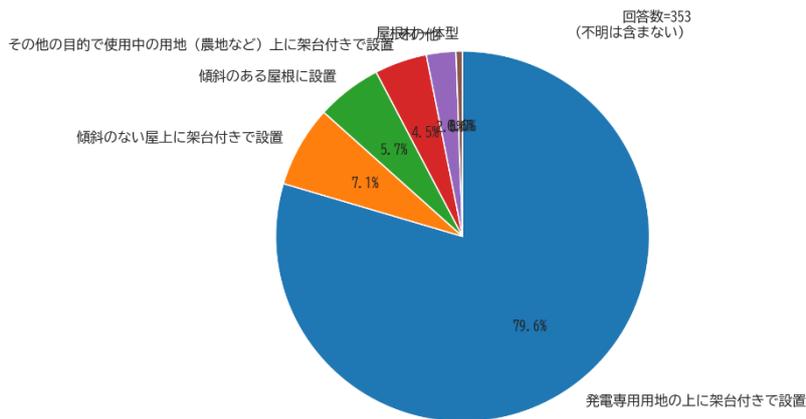


図 2-25. パネルの設置形態

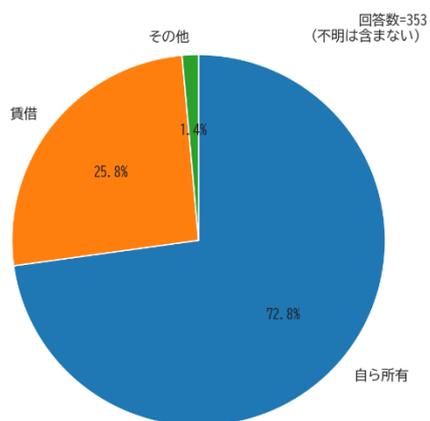


図 2-26. 用地の所有形態

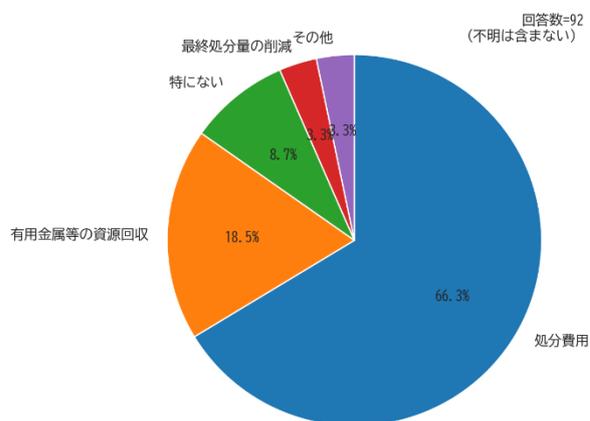


図 2-27. 廃棄の際の優先項目

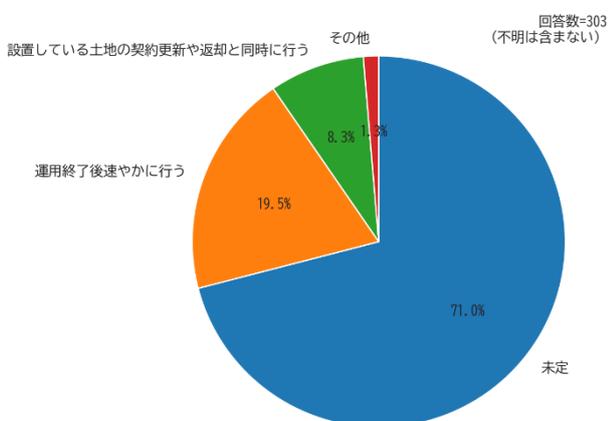


図 2-28. 運用終了後対応の時期

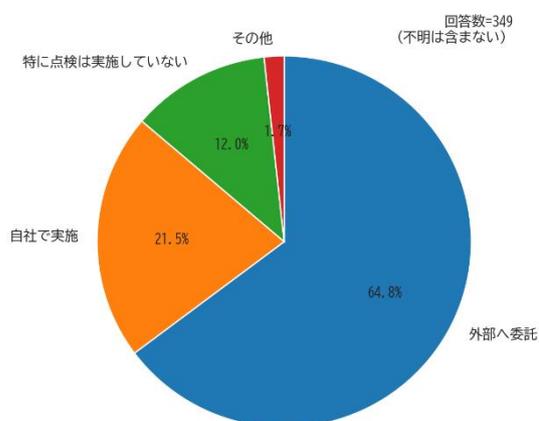


図 2-29. システム点検の実施方法

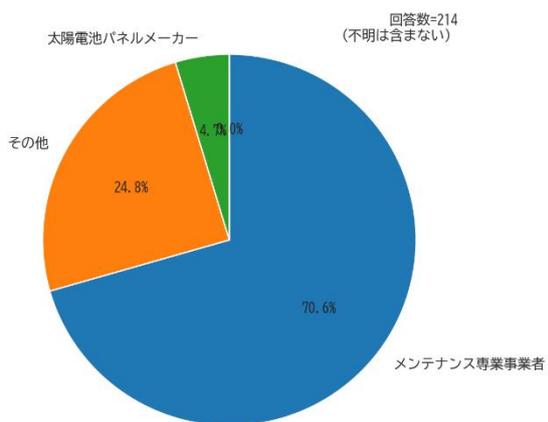


図 2-30. 点検の委託先事業者種別

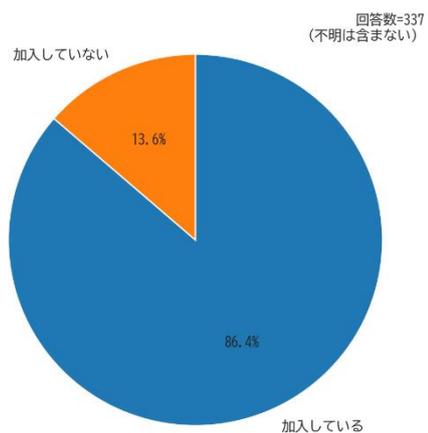


図 2-31. 損害保険への加入

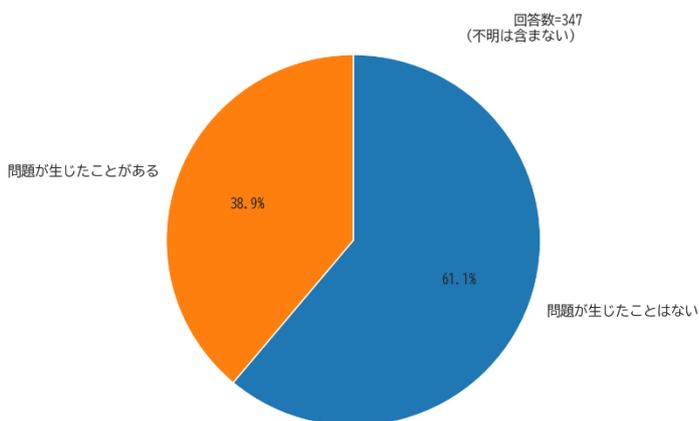


図 2-32. 問題発生の有無

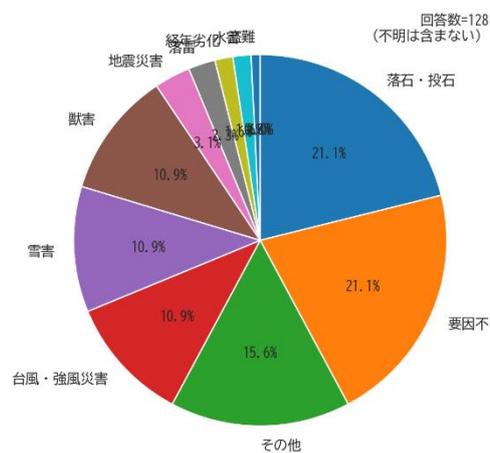


図 2-33. 問題の要因

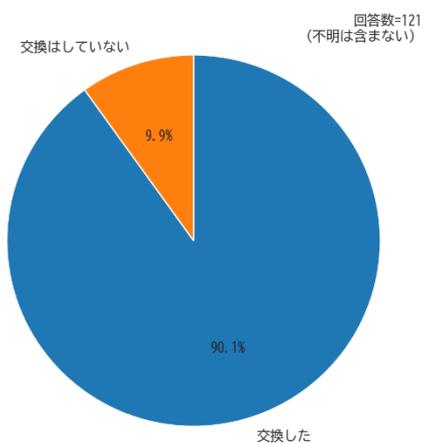


図 2-34. パネル交換の有無

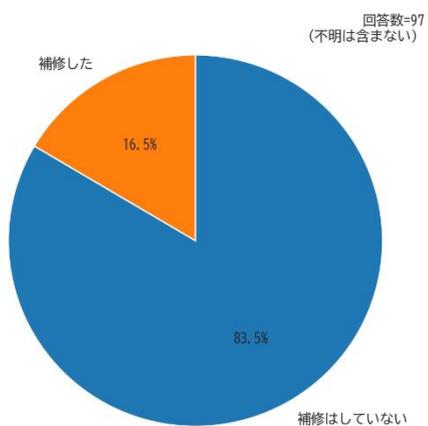


図 2-35. パネル補修の有無

複数回答の結果について図 2-36 に単純集計の結果を示す。ただし、有効回答がなかった設問については除外している。

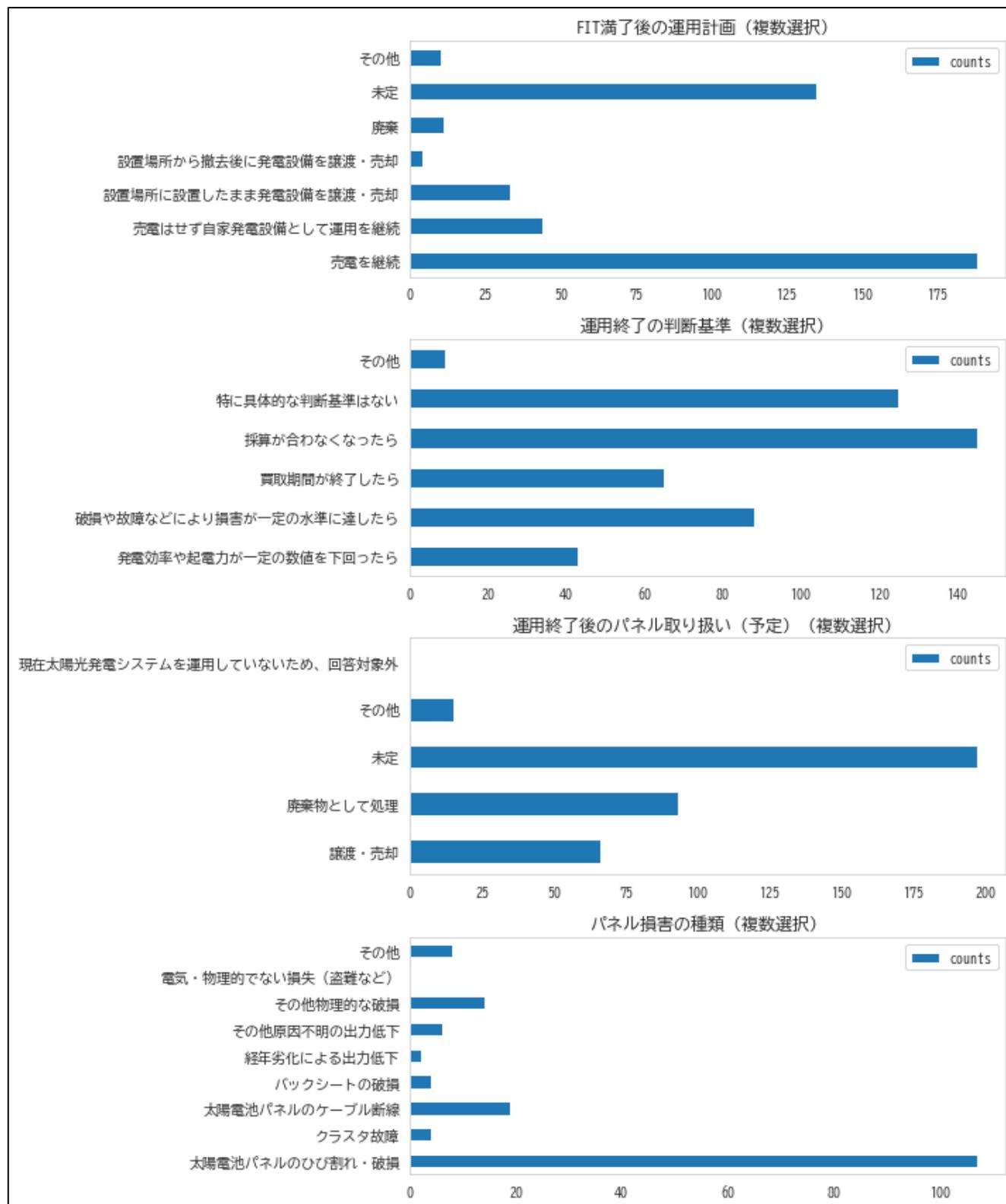


図 2-36. アンケートの回答 (複数回答設問)

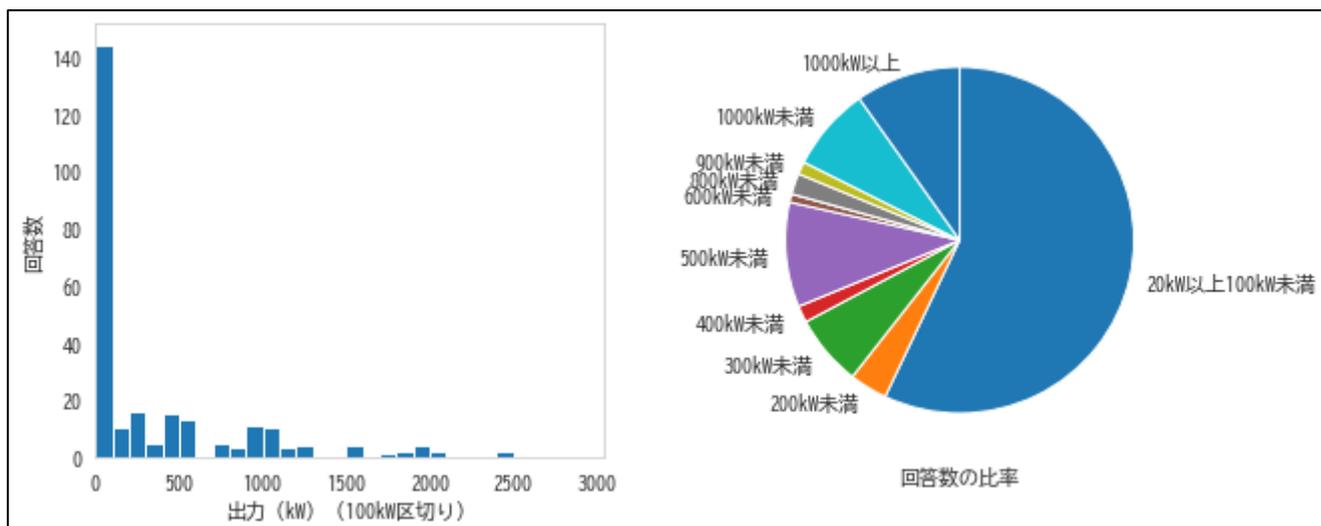


図 2-37. 回答のあった設備規模 (有効な数値回答のみ)

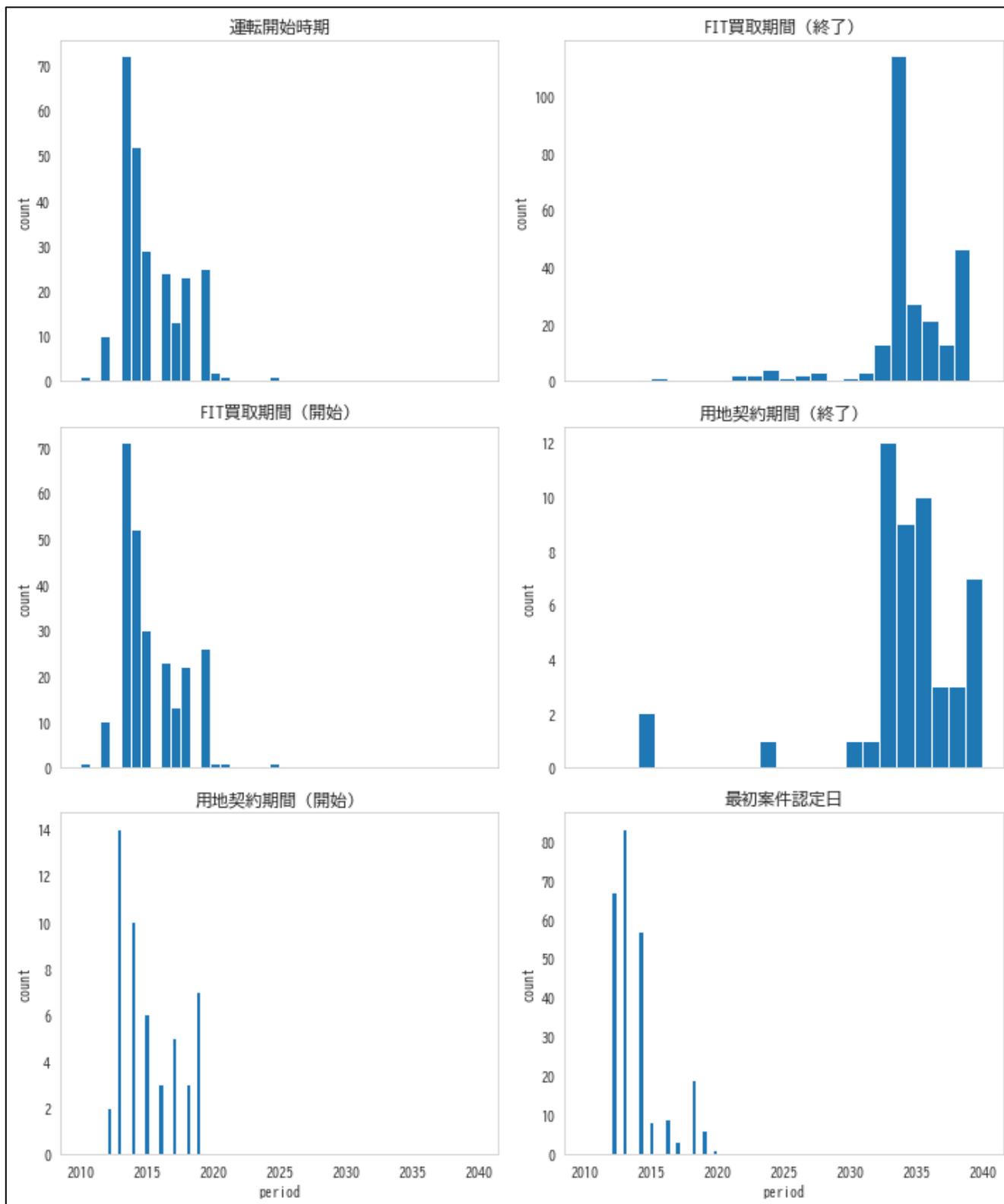


図 2-38. 回答の各種時期の分布

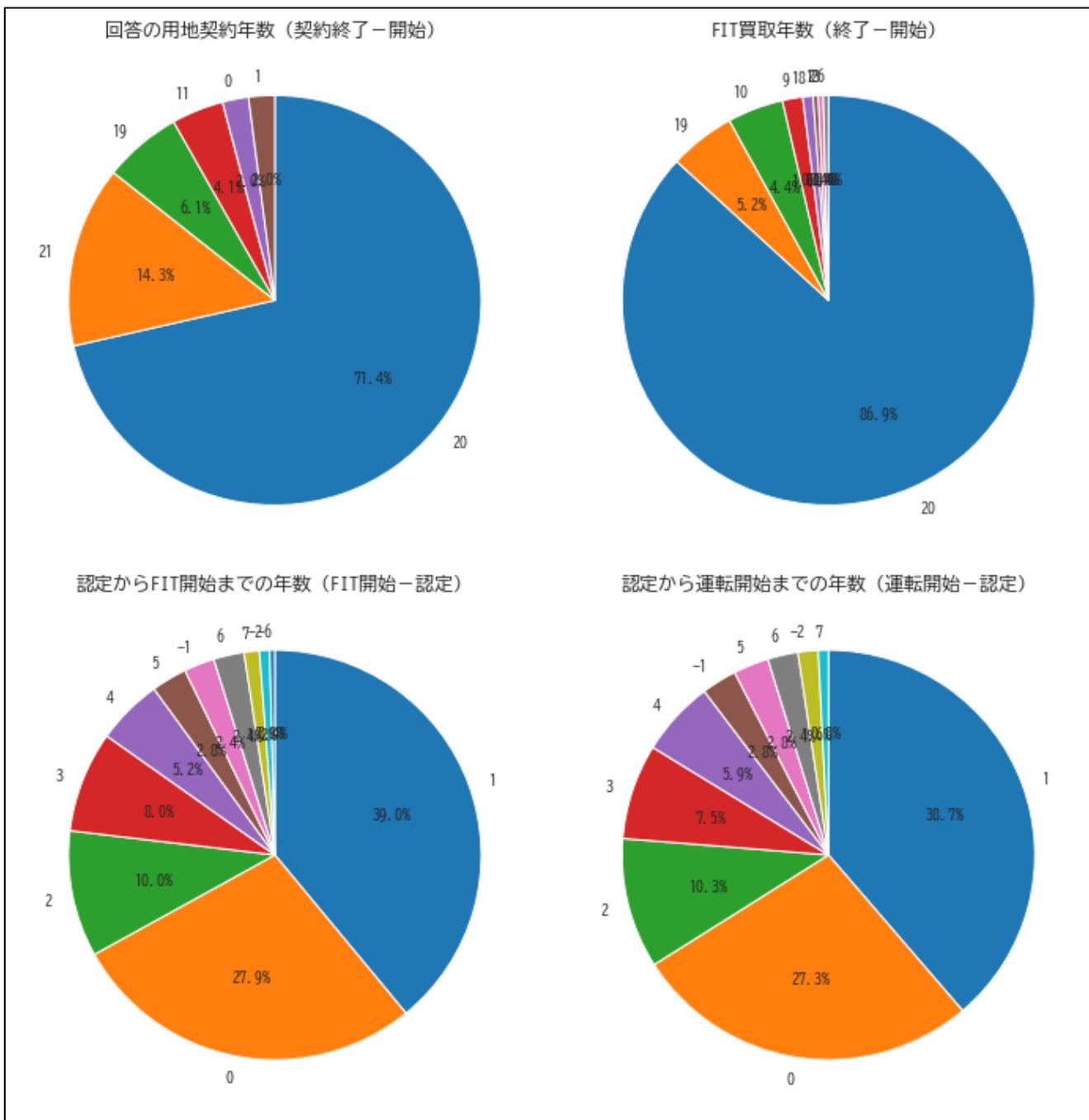


図 2-39. 回答から把握された各種契約等年数

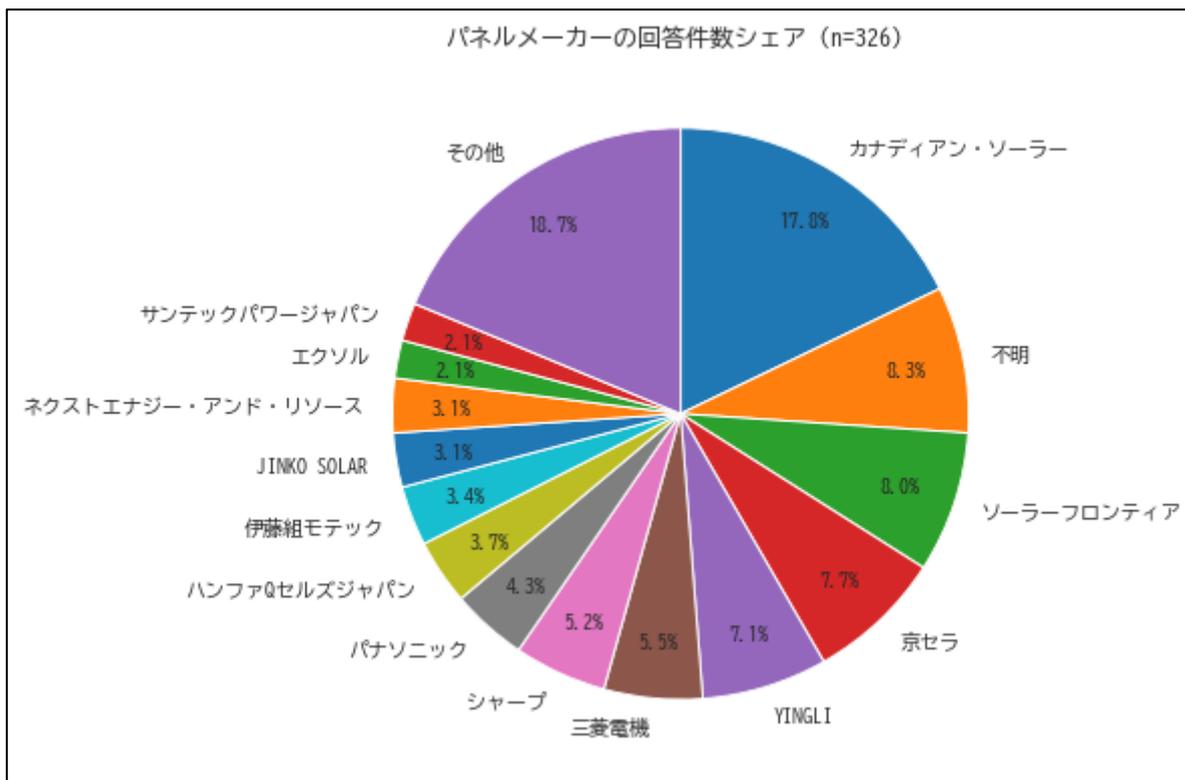


図 2-40. パネルメーカーのシェア (回答件数によるシェア)

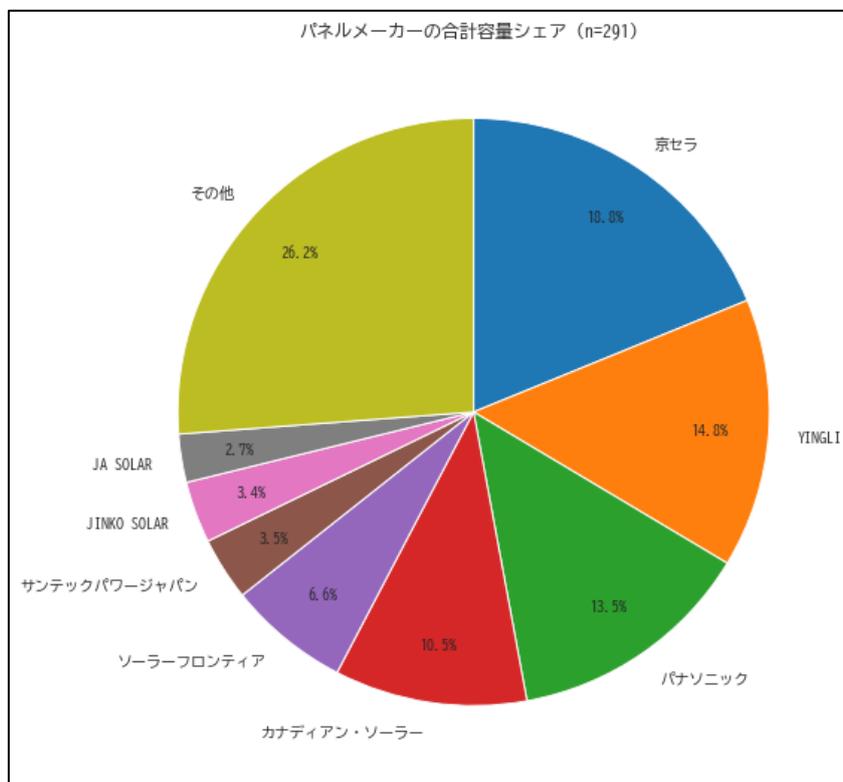


図 2-41. パネルメーカーのシェア (合計容量によるシェア)

2.2.3. 発電事業者に対するアンケート結果に基づく分析

2.2.3.1 パネルメーカーと素子タイプに関する分析

図 2-42 に、回答のあった太陽光発電パネルのメーカーと、対応する素子タイプを整理した結果を示す。素子タイプとしては、前述のとおり単結晶および多結晶シリコン系のものが多くを占めている状況であるが、単結晶および多結晶シリコン系については、いずれも上位に京セラ、YINGLI（インリーソーラー）、カナディアン・ソーラーなどが採用されている。

また、シリコン薄膜とその他の素子タイプには、出力の回答があったものについてはいずれも全てソーラーフロンティア製であった。同社はかつて CIS 系太陽光発電パネルを製造しており、これらの回答は CIS 系太陽光発電パネルであると考えられる。

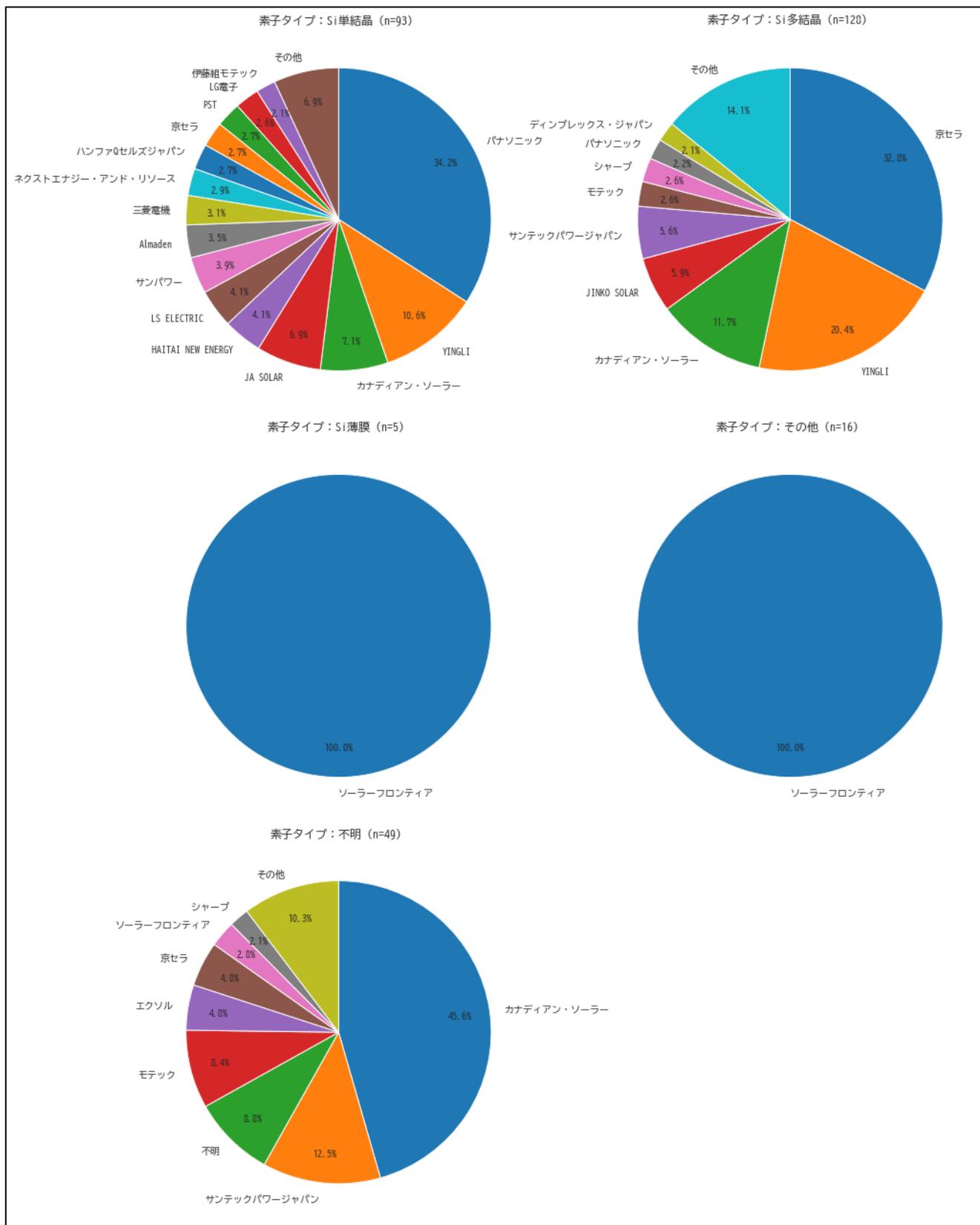


図 2-42. 素子タイプ別のパネルメーカーのシェア（合計容量によるシェア）

2.2.3.2 発電事業者の廃棄費用の想定

設問中には、想定する廃棄費用についても質問しており、その結果を整理した結果を図 2-43 に示す。

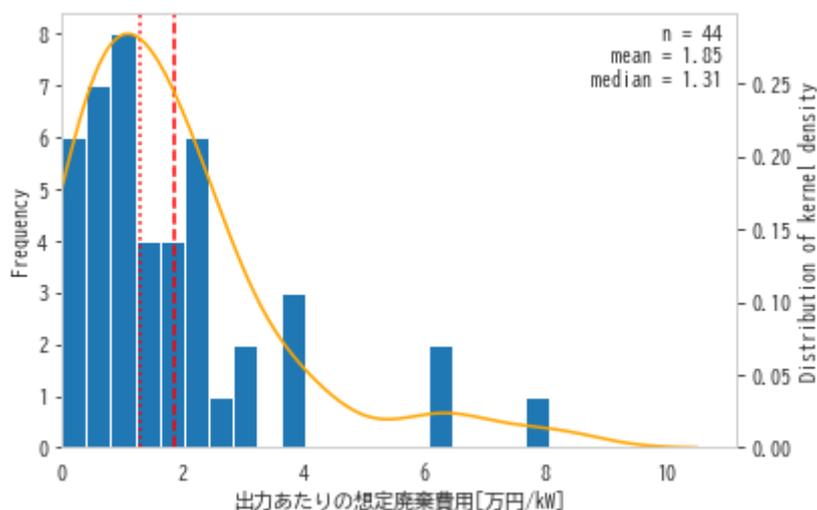


図 2-43. 廃棄費用として想定している出力あたりの費用の分布

図 2-43 では、実際の回答の頻度分布、およびその平均値（赤破線：1.85 万円）、中央値（赤点線：1.31 万円）、および頻度分布を元に算出したカーネル密度を表す曲線（黄線）を示している。廃棄に要する費用として、具体的な費用を想定している事業者は回答数で 44 と多くはなかったが、回答の分布では、廃棄費用として kW あたり 1～2.5 万円程度を見込んでいる事業者が比較的多い結果となった。実際の分布にばらつきはあるものの、分布のピークは 1～1.3 万円程度の範囲にある。

FIT における調達価格は認定を受けた時期に影響を受けているため、FIT 調達価格の下落との関係性について考慮が必要であると考えられたため、電力供給契約の開始時期や買取・運転開始時期、再エネ特措法に基づく事業認定日との関係との相関性を分析した。結果を図 2-44 に示す。

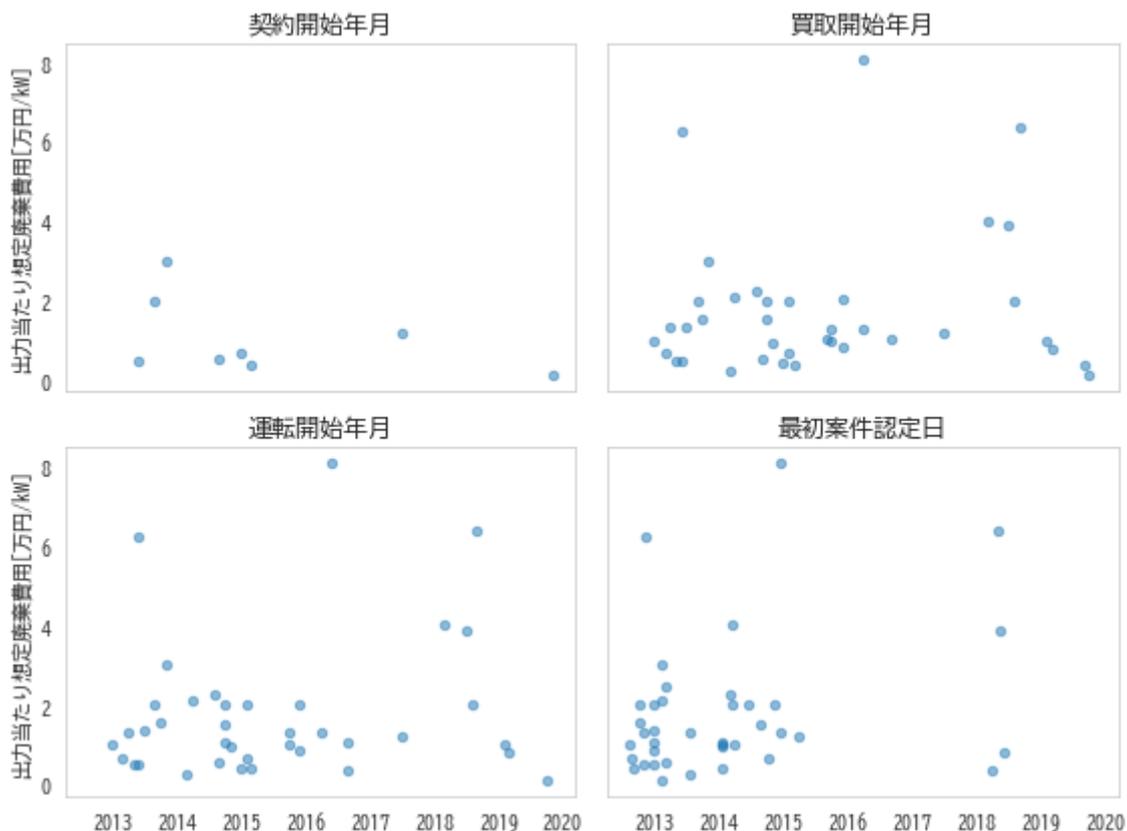


図 2-44. 各種事業時期と想定する廃棄費用の関係

結果として、いずれも相関をうかがわせる結果は得られなかった。

なお、本アンケートは 1.3.2 で述べた廃棄等費用の積立制度が開始する前に実施したものであり、その点については留意が必要である。

2.2.3.3 調達期間および設備運用終了後に関する意向の分析

FIT 調達期間の満了後や最終的な設備運用終了後の取り扱いについての回答は、図 2-36 に示したとおり、調達期間満了後の取り扱いとしてはできるだけ売電を継続したい意向が強く、設備運用終了後の取り扱いについては未定とする回答が多かった。さらに何らかの傾向があるかどうかを分析するため、設備の規模（低圧かそれ以上か）によって回答を分け、傾向の違いがないかを分析した。図 2-45 に、この結果を示す。（なお、特別高圧は回答数が少ないため、傾向を見る上では高圧と同じグループに区分した。）

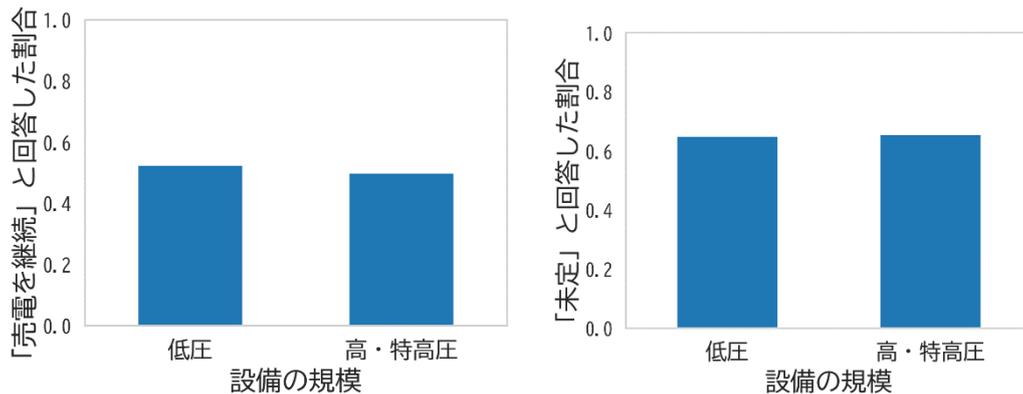


図 2-45. FIT 調達期間満了後の取り扱い（左）と設備運用終了後の取り扱い（右）

結果として、設備規模による回答には違いがないことが確認された。

2.2.3.4 問題発生状況

太陽光発電システムにおける問題発生状況について分析を行った。以下の図 2-46 は、設備運転の開始後経過年数と、問題が発生したかどうかについての回答数を示したグラフである。図中の黄線は、「問題が生じたことがある」と回答した割合を示す。

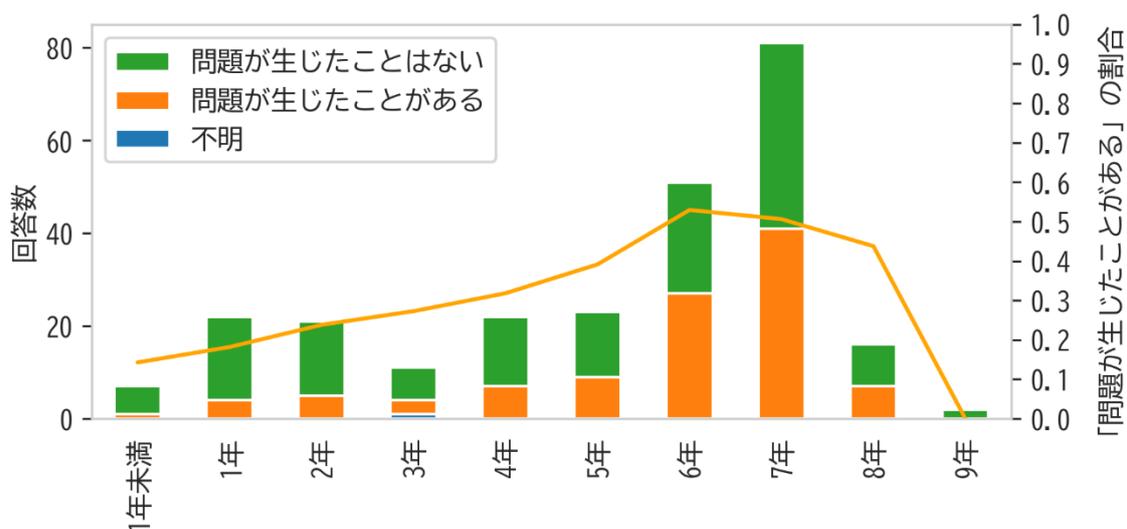


図 2-46. 運転開始後経過年数と問題発生状況（黄線が「問題が生じたことがある」と回答した割合）

図から把握されるとおり、運転開始以降、経過時間とともに問題発生の比率は増加傾向にあり、6年目以降の設備については半数程度が何らかの問題を経験していることが明らかとなった。なお、図 2-33 で示したとおり、問題の具体的な内容として最も多かったのは落石・投石である。また問題の具体的な中身としては、図 2-36 に示したとおり、パネルのひび割れや破損が最も多い結果となっている。

2.2.3.5 メンテナンスの実施状況と損害保険への加入状況

図 2-46 で示したとおり、太陽光発電システムはメンテナンスフリーではないと言えるが、所有する設備が適切に管理されているか、何らかの問題が生じた場合に対応できるかどうかは、使用済みとなったパネルが適切に取り扱われるかどうかにも影響するものと考えられる。

これを踏まえ、システム点検の実施状況および損害保険への加入状況について、2.2.3.3 と同様に、設備の規模によって回答を分け、傾向の違いがないかについて分析を行った。結果を図 2-47 に示す。

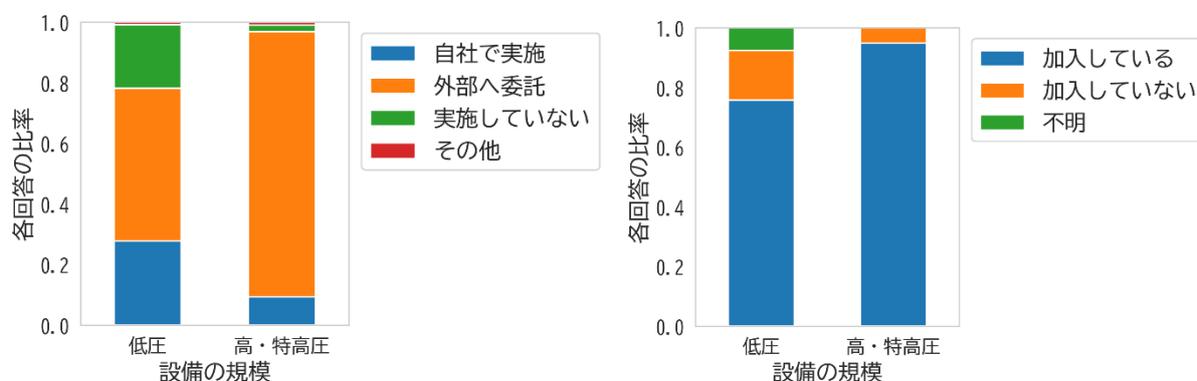


図 2-47. 設備規模別のシステム点検の実施状況（左）と損害保険への加入状況（右）

分析の結果、回答の傾向には有意な傾向の差が見られた。（有意水準は 0.001 に設定して検定を行った。）すなわち、低圧の事業者は、「システム点検を実施していない」と回答した割合、ならびに「損害保険に加入していない」と回答した割合が高圧・特別高圧の事業者よりも有意に高い結果となった。さらに、この結果を踏まえ、損害保険への加入状況によって回答を分け、システム点検の実施状況についての回答傾向の違いについても分析を行った。結果を図 2-48 に示す。

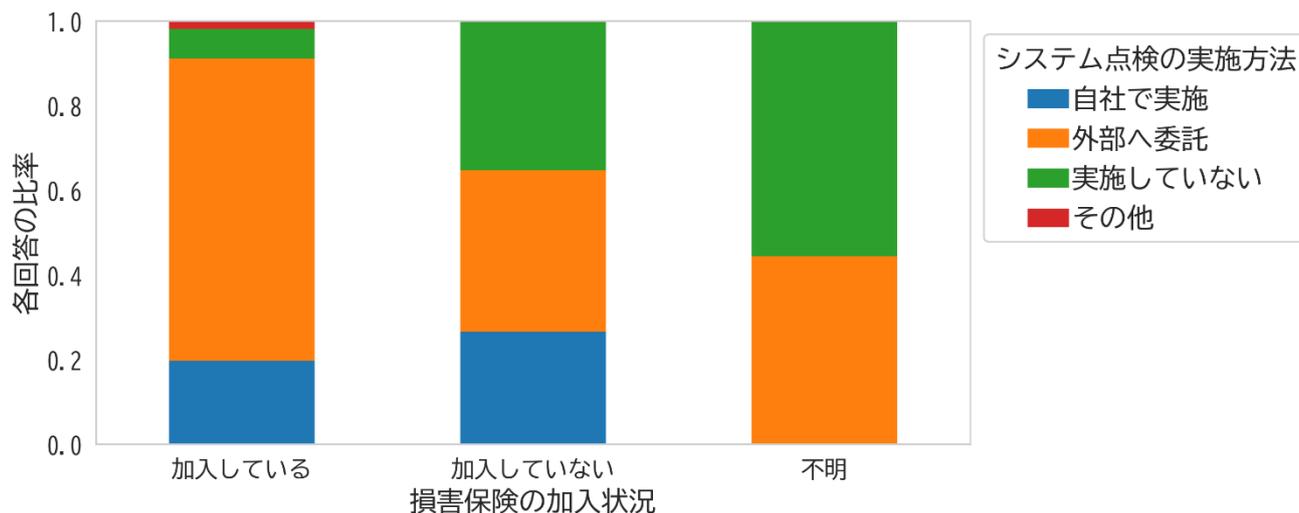


図 2-48. 損害保険への加入状況とシステム点検の実施方法の回答結果の関係性

この結果、損害保険に加入していないと回答した事業者は、システム点検についても実施していないと回答した比率が有意に高いことが把握された。

システム点検を行っていない事業者は、保有する設備についての状況を十分把握していない可能性がある。また、損害保険加入に加入していない事業者は何らかの問題が発生した際の費用を適切に負担できるかどうかについて懸念がある。傾向としては、こうした事業者は低圧事業であることが多いことが示唆された。

2.3. 使用済み太陽光発電パネルの排出量予測

2.3.1. 排出量予測に関する先行事例

全国を対象とした排出量予測については、まずFIT施行後に環境省が試算した事例^[45]が挙げられる。この試算は、ピーク期に全国で年間約80万tの太陽光発電パネルが排出されると試算したものであるが、これは製品寿命による排出（それぞれ20、25、30年として試算）と、修理を含む交換に伴う排出（毎年の国内出荷量の0.3%が交換されると仮定して試算）を考慮して算出したものである。

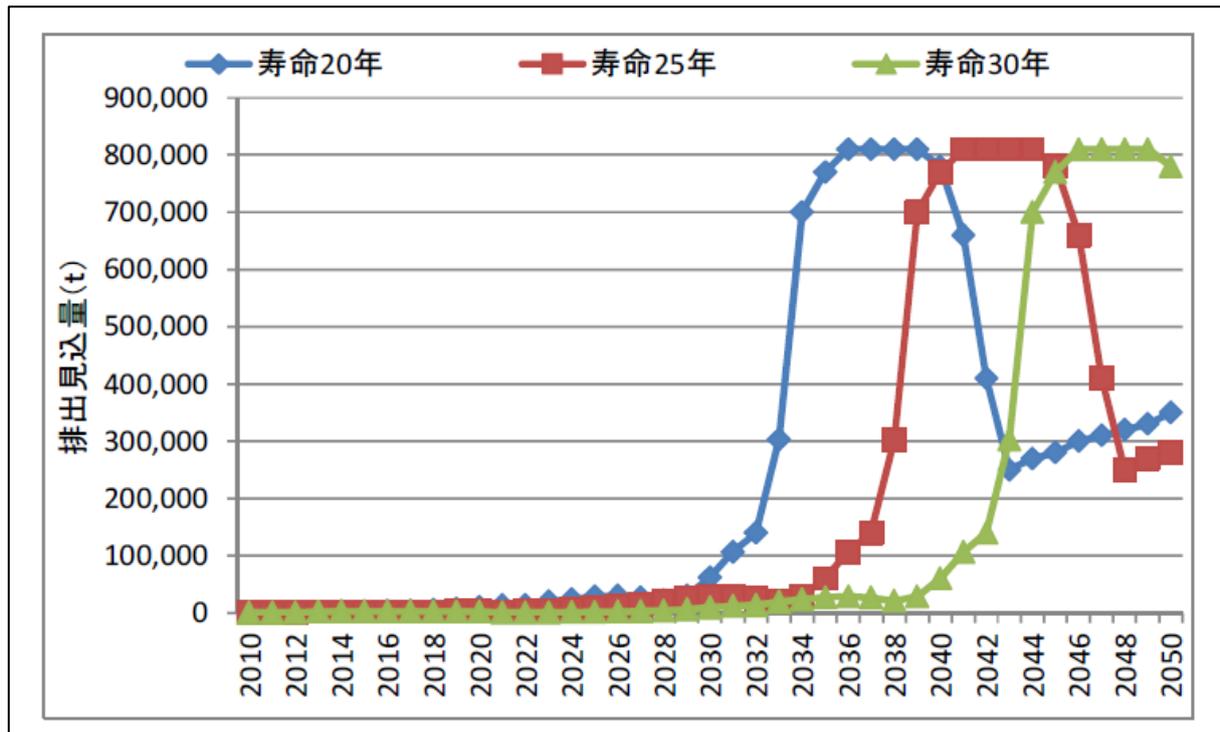


図 2-49. 全国における使用済み太陽光パネルの排出見込み^[45]

一方、三菱総研は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託事業^[46]において、複数シナリオ（シナリオの詳細は2.3.2.1で後述）による排出量推計を行っている。（図 2-50）

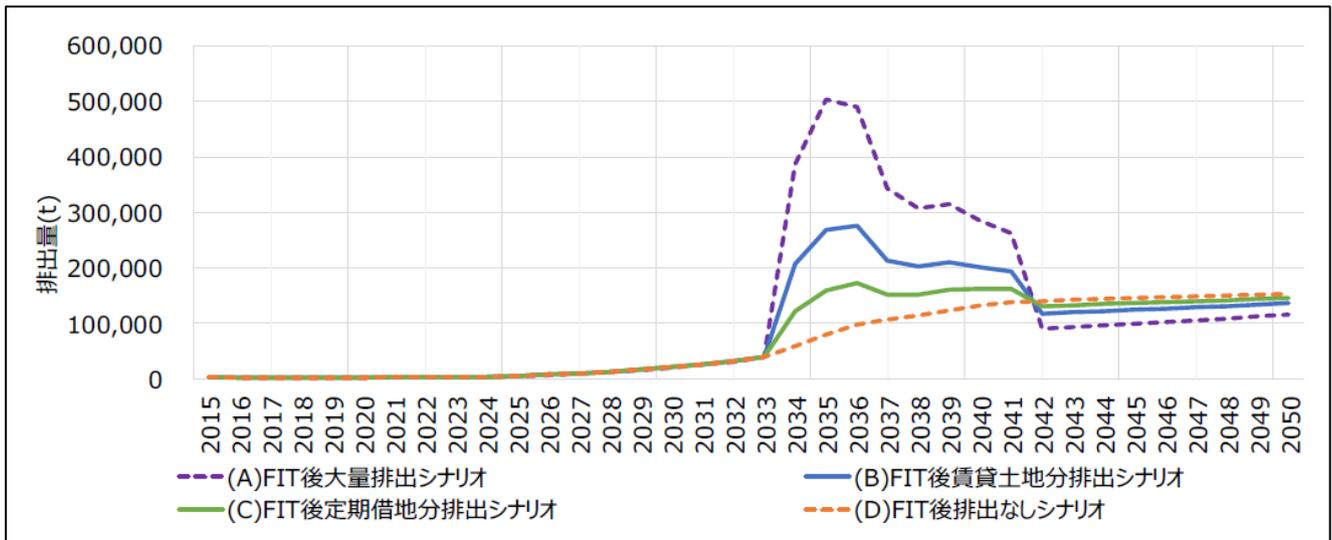


図 2-50. 全国におけるシナリオ別の使用済み太陽光パネルの排出見込み^[46]

同事業では、社会システムの動向等によって排出量が大きく左右されることが考えられること、排出状況等の情報が不足していること等から、排出量予測の変動要素が非常に多く、現時点で正確な排出量推計を行うことは困難である、との認識に基づき、①大量排出時代のピーク（時期、量）を予測すること、および②現状の再資源化能力を上回る排出がなされるようになる時期を予測すること、に主眼をおいた試算を行っており、その結果が上記の図 2-50 である。この試算では、極端なシナリオ（A、B）を含む排出シナリオを含む 4 種のシナリオを設定し、それぞれについて排出ピークと排出動向を検討し、結果としてピーク時期として 2036 年頃、排出量として年間 20～30 万 t 弱の排出量を推計結果として示している。

また、使用済み太陽光パネルの排出要因については、近年の国による調査事業^[47]においてもある程度整理されている（図 2-51）。ここでは、経済的要因、制度的要因、物理的要因に分けて排出要因を整理しているが、採算性の低下に伴う運用終了のほか電力の買取期間の満了やリース等設置場所の利用期間の満了、その他不具合や災害等による破損、屋根設置の場合は解体や建て替えといった、製品寿命や経年劣化によらない不連続的な排出要因が数多く挙げられており、精度の高い排出量推計の困難さが指摘されている。

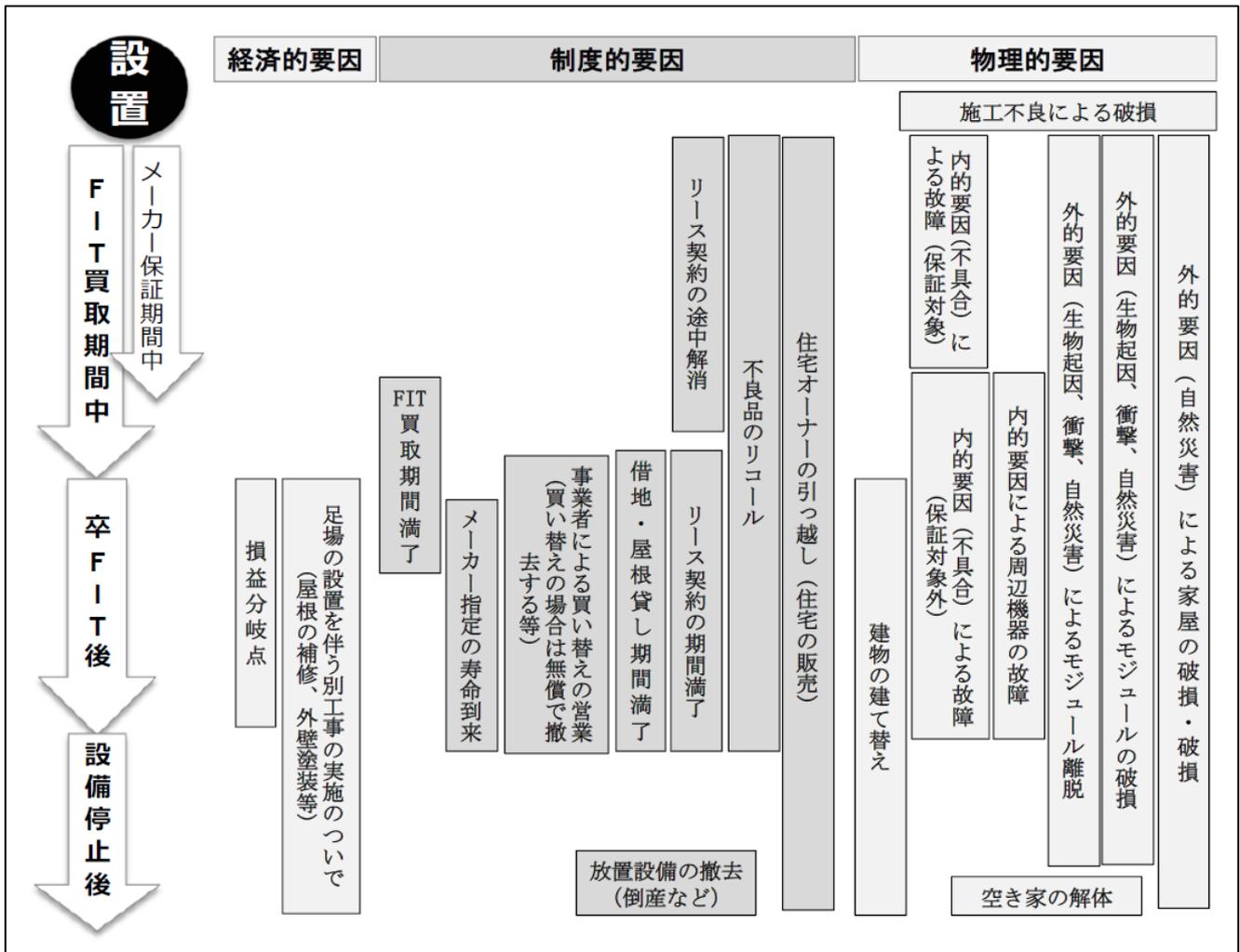


図 2-51. 使用済み太陽光発電パネルの排出要因^[47]

2.3.2. 北海道における排出量予測

2.3.2.1 シナリオの設定

本研究では、北海道における使用済み太陽光発電パネルの排出量の推計方法として、前述の三菱総研が実施した推計手法^[46]を踏襲した手法で推計を行うこととした。これは、ある程度詳細な推計方法が開示されていることや、導入量の推計プロセスに共通した点が多いためである。

前述の手法においては、太陽光発電パネルの排出要因として、内的要因と外的要因をそれぞれ想定している。内的要因は、出力低下に伴って排出されると想定するもので、一定の出力を下回ると一定のシナリオで排出されると仮定する。一方で外的要因は、住宅用については建て替え時に伴って排出されるもの、非住宅用については FIT 制度において買取期間満了に伴って排出されるものを考慮している。

内的要因で想定しているのは、年あたりの出力低下で、年 0.8%の出力低下を想定している。なお、出力低下の分布は、Jordan, D. C. & Kurtz, S. R. (2013)^[48]の Figure. 2-(a)に報告されている。

また、排出判断を行う水準として、住宅用および事業用（非住宅）のシステムに分け、それぞれについて廃棄を判断する出力低下比率を設定している。(図 2-52)

		FIT買取期間中	FIT買取期間終了後
住宅用		(a) 0.5	
非住宅	50kW未満	(b) 0.5	(c) 0.8
	50kW以上		

図 2-52. 内的要因における排出シナリオ（排出判断の出力低下比率）^[46]

さらに、外的要因に伴う排出シナリオとして、FIT 買取期間満了に伴う排出を賃借している土地の取り扱いに着目して考慮している。具体的なシナリオは図 2-53 に示すとおりである。

シナリオ	FIT買取期間終了後即排出割合※			シナリオの詳細
	定期借地	賃貸の土地 (定期借地以外)	自社保有地	
(A)FIT後大量排出	100%	100%	50%	賃貸の土地の全てと、自社保有地のうち半分はFIT買取期間後に即排出される。
(B)FIT後賃貸土地分排出	100%	100%	0%	賃貸の土地は全てFIT買取期間後に即排出されるが、自社保有地であれば、排出されない。
(C)FIT後定期借地分排出	100%	0%	0%	定期借地で借りている土地に設置されている場合は、FIT買取期間終了後に即排出される。その他は排出されない。
(D)FIT後排出なし	0%	0%	0%	土地の所有形態にかかわらず、FIT買取期間終了をきっかけにした排出はされない。

※ 「平成 29 年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査（太陽光発電に係る保守点検の普及動向等に関する調査）（2018 年 2 月）」により設定

図 2-53. 外的要因における排出シナリオ^[46]

2.3.2.2 排出量の推計結果

以下の図 2-54 に道内における排出量の推計結果を示す。

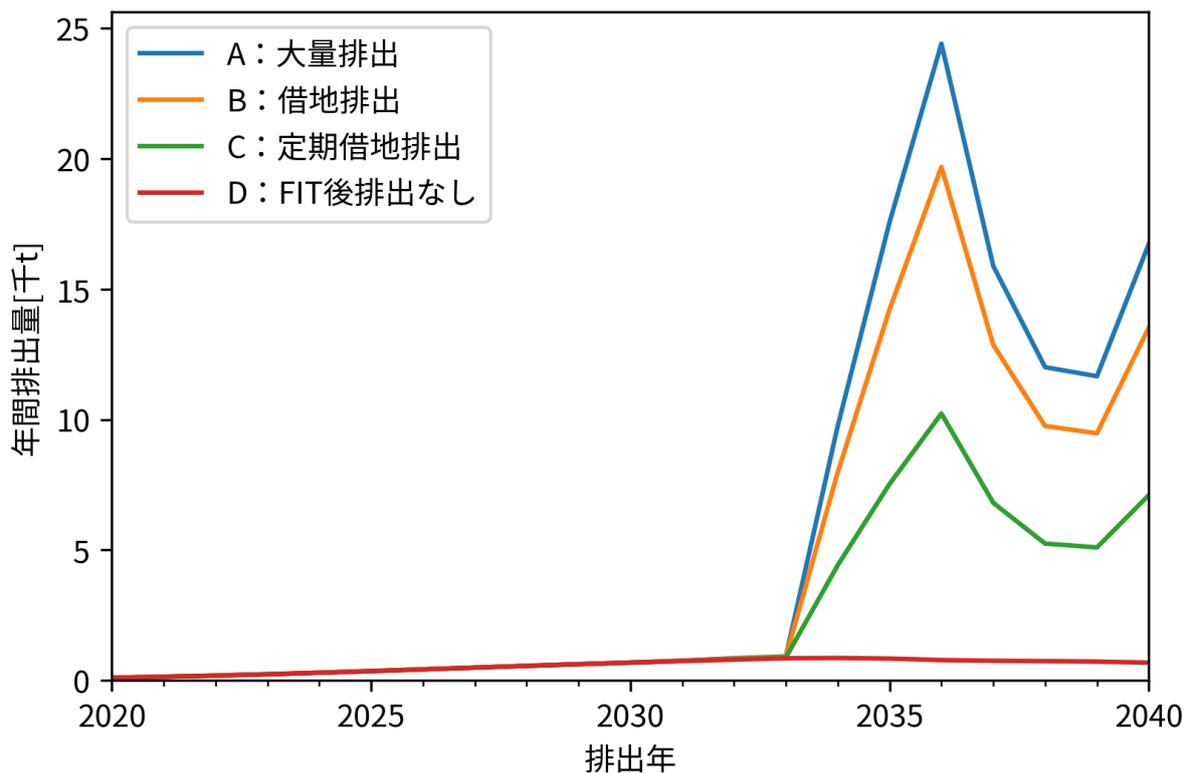


図 2-54. 北海道における排出量推計結果

上記の手法によって排出量を推計した結果、ピーク時期は 2036 年に突出する結果となり、極端なシナリオを除外すると年間 1~2 万 t 程度の排出の可能性があると試算された。シナリオ毎の設備容量規模別の試算結果を、次の図 2-55~図 2-58 に示す。

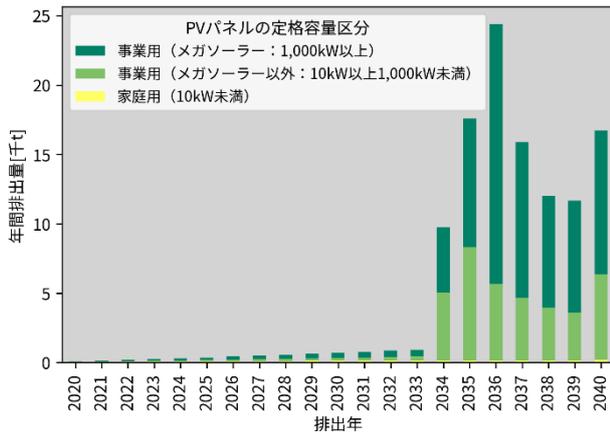


図 2-55. シナリオ別推計結果 (シナリオ A)

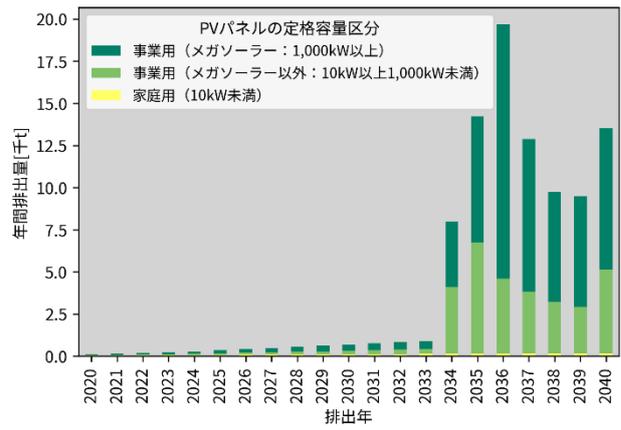


図 2-56. シナリオ別推計結果 (シナリオ B)

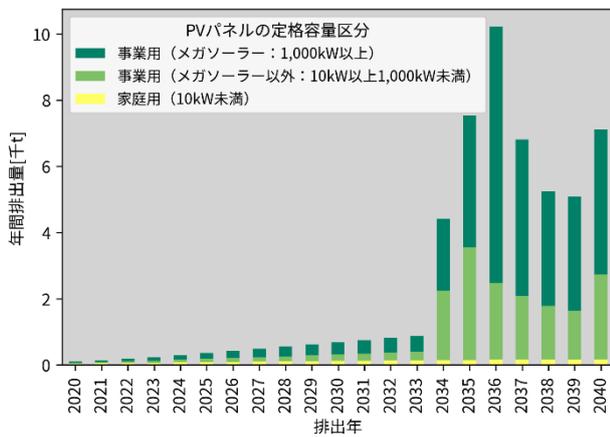


図 2-57. シナリオ別推計結果 (シナリオ C)

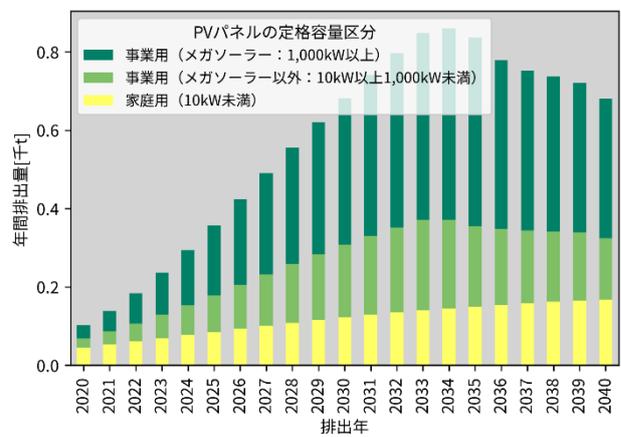


図 2-58. シナリオ別推計結果 (シナリオ D)

なお、この試算結果は各シナリオにおける用地形態の比率が不明であったため、均等に配分（すなわち定期借地：その他の借地：自社用地=1:1:1）して試算した結果である。仮に、実施したアンケート結果を踏まえて借地：自社用地を 25:75 と想定し、定期借地とその他の借用地が均等比率であったと仮定して試算を行った場合は、次の図 2-59 に示す結果となる。

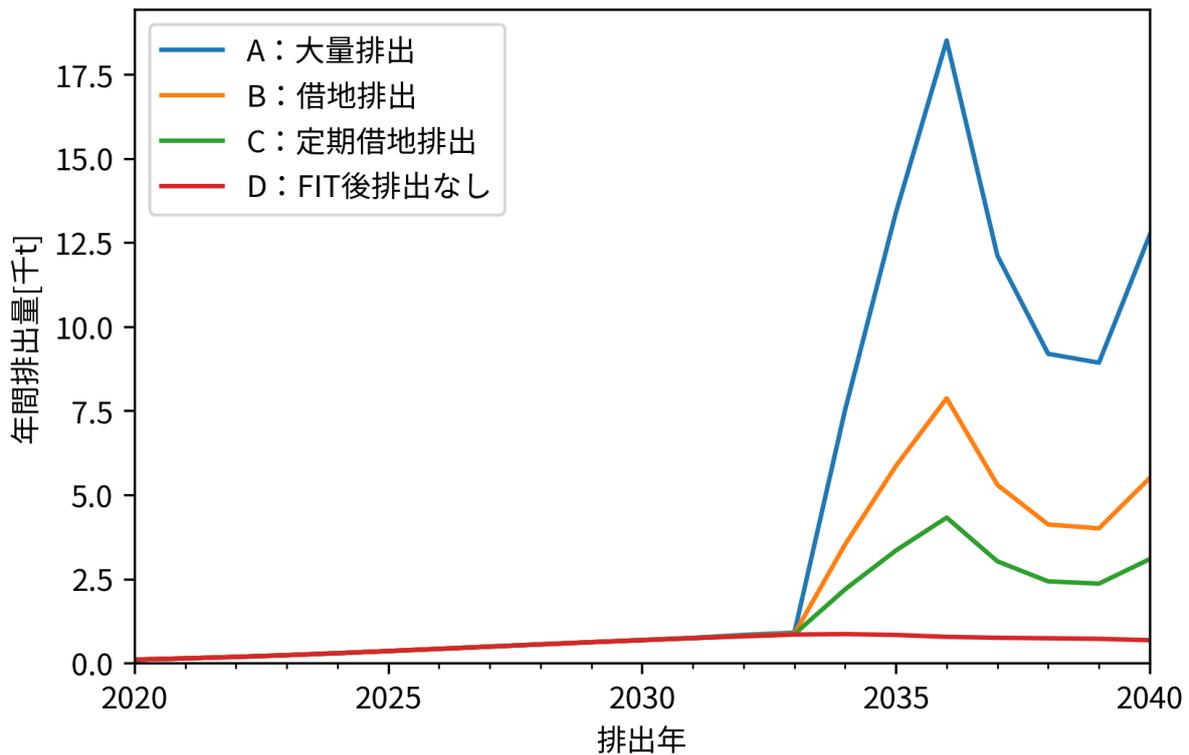


図 2-59. 北海道における排出量推計結果（借地比率をアンケート結果を踏まえて変更）

この場合は、自社所有地の比率が高いことから、シナリオの想定上排出量は図 2-54 に示した結果よりもかなり少ない見積りとなる。

2.3.2.3 結果の考察

2.3.2.2 で示した結果では、全国を対象とした試算結果（図 2-50）と比較してより突出した結果となっている。これは、北海道内では特定の期間（とりわけ FIT が開始した後の 2013～2015 年にかけて）に急速に事業用システムの導入が進んだことに起因している。

この試算では出力低下に伴う排出を内的要因として考慮しているが、FIT 買取期間満了時に排出が起こらないと想定したシナリオ D の結果ではごく限られた排出量となっており、通常の製品使用にともなう発電効率の低下に起因する排出は限定的であることが示唆されている。実際に、Jordan, D. C. & Kurtz, S. R. (2013)^[48]の Figure. 2-(a)に示されている年あたり出力低下の分布を元に、頻度分布が対数正規分布に従うと仮定して原典のパラメータを踏まえて確率分布を再現し、これを経過年数で線形に拡張して指定の出力低下レベル（ここでは 50%または 80%）に達する設備比率を設備設置後の経過年数毎に示した結果が図 2-60 である。累積比率（指定の出力低下レベルに達した設備が設備全体に占める割合）の推移によれば、出力低下の水準が 50%に達する設備は設置後 20 年の段階でも全体の 5%程度であり、80%に達する設備はさらに少ない。したがって、このシナリオで想定された内的要因に起因する排出量は他の排出要因に比べ限定的であると想定される。

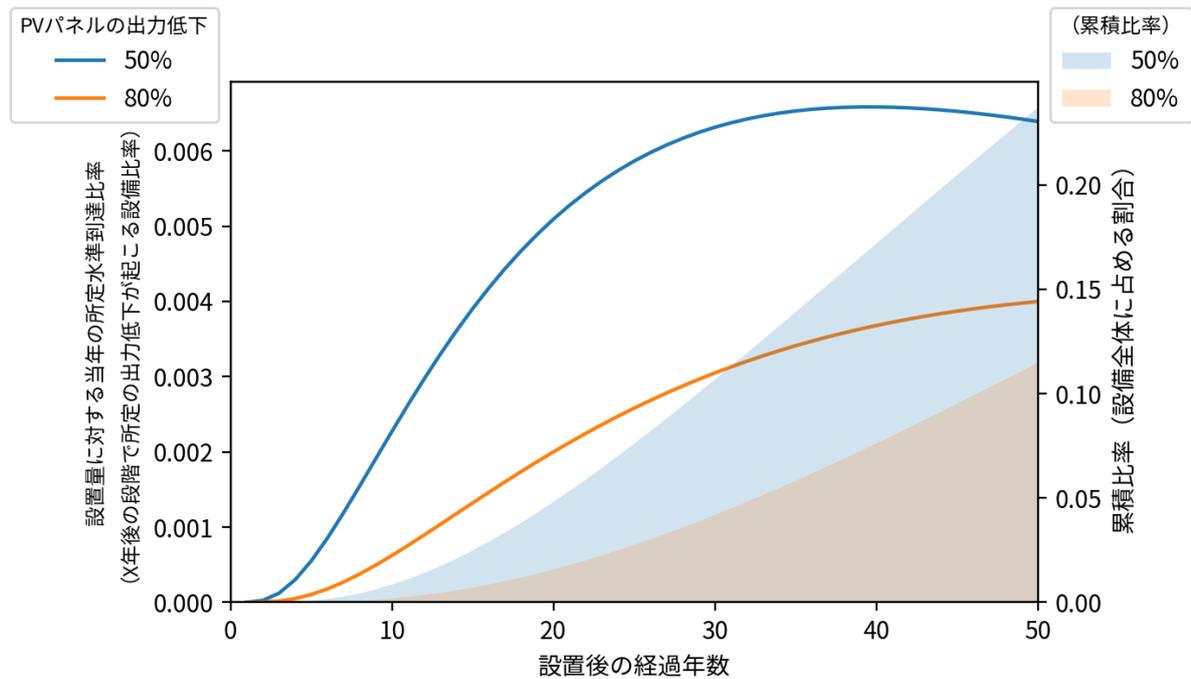


図 2-60. 排出を判断する出力低下レベルに達する設備比率の推移

前述のとおり、このシナリオで想定した前提に基づけば、使用済み太陽光発電パネルの排出要因は製品の劣化に起因するものよりも、外的要因に起因するものが支配的となる可能性が示唆されている。ここでは FIT 制度における買取終了を主な排出要因として想定しているが、実際にはそれ以外の要因も考えられる。例えば、実施したアンケートの結果からは FIT 制度に基づく調達期間満了後もできるだけ売電を継続したい意向が強い傾向がうかがわれるため、売電が継続できるのであれば極端な排出は起こりにくいと考えられる。一方で、太陽光発電パネルにも一定の損害が生じていることが示唆されており、こうしたパネルがリプレースによって使用済みとなって一定程度排出される可能性もある。また、新規のパネルの価格低下と性能向上に伴い、大規模なリプレース（リパワリング）も一部では行われていることが把握（3.2 節で後述）されている。さらに、災害などの突発的な理由によって排出される場合も考えられる。これらの外的要因は多くは不連続的な変化であり、製品寿命の予測などで一般に用いられるワイブル分布等を用いた試算では十分に考慮・反映することが困難である。

また、現時点では故障等に伴う排出は限定的であると考えられ、さらに過積載（2.1.2 を参照）の場合の一部のパネルやストリングが故障などで機能しなくなっても、パワーコンディショナの容量は満たせることが多いため、実際には排出されないといった事例も報告されており、これらの状況についても本研究では十分に実態を把握できていない。

関連した学会発表事例などにおいても品質管理工学の知見や統計的手法を用いた試算を行った例が見られるものの、不連続性の高い排出要因を十分に考慮できているとは言い難く、現時点では不確実性の低い排出量予測を行うことは未だ困難である。これらの要因を考慮したより高度なモデルによる排出量の推計については、具体的な排出要因の把握を含め今後の課題である。

引用・参照資料

- [42] 再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法 事業計画認定情報 公表用ウェブサイト, <https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfo> (最終閲覧 2023-09-03)
- [43] 東京大学空間情報科学研究センター, CSV アドレスマッチングサービス, <https://geocode.csis.u-tokyo.ac.jp/home/csv-admatch/>
- [44] 株式会社エックス都市研究所, 株式会社オービタルネット, 日本スペースイメージング株式会社, アジア航測株式会社. 令和3年度 AI 解析等による太陽光発電設備導入状況把握等に関する調査検証委託業務報告書. (2022).
- [45] 環境省. 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. (2016).
- [46] 株式会社三菱総合研究所. 太陽光発電リサイクルに関する国内動向調査、分布調査および排出量予測. (2020).
- [47] 株式会社エックス都市研究所. 令和3年度使用済太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に係る調査業務報告書. (2022).
- [48] Jordan, D. C. & Kurtz, S. R., Photovoltaic Degradation Rates—an Analytical Review. *Prog Photovoltaics Res Appl* 21, 12–29 (2013).

第3章：新たな適正処理システム構築に向けた調査と検討

3.1. 関連する先行調査・研究開発の事例

使用済み太陽光発電パネルの大量廃棄に関しては、とりわけ FIT 施行後に急速に導入が進んだ後、2016年に環境省が前述の試算を公表して以降社会的な関心が高まり、主に環境省が中心となって様々な調査等が実施されてきた。また、使用済み太陽光発電パネルに特化したリサイクル技術の開発に関しては、NEDO 事業で大規模な技術開発が行われたほか、自主的な技術開発などで独自のリサイクル技術を確立した事例もある。

こうしたリサイクル技術の開発や導入の状況についても近年、環境省委託事業として複数の網羅的な調査が実施されており、結果が公開されている。^{[47][49]} 使用済み太陽光発電パネルのリサイクル事業として、太陽光発電パネルのリサイクルを実施している事業者の採用している技術は、多くがこれらの調査で把握されていると考えられ、基本的な技術開発や技術導入の状況については、この結果を参照するのが適当であると考えられる。

使用済み太陽光発電パネルのリサイクルに特化したリサイクル設備は、基本的に「ガラス」と「セルおよびセルとガラスを接着している樹脂（EVA 樹脂）」を分離回収する技術である。それぞれの処理の方法によって、とりわけガラスがどのような形状や品質で回収されるかに違いがある。また、この分離工程の前段階でアルミフレームを分離する工程が含まれる場合が多い。以下に、ガラスリサイクルに着目したこれらのリサイクル技術で、回収されるガラス形状を整理した図を示す。

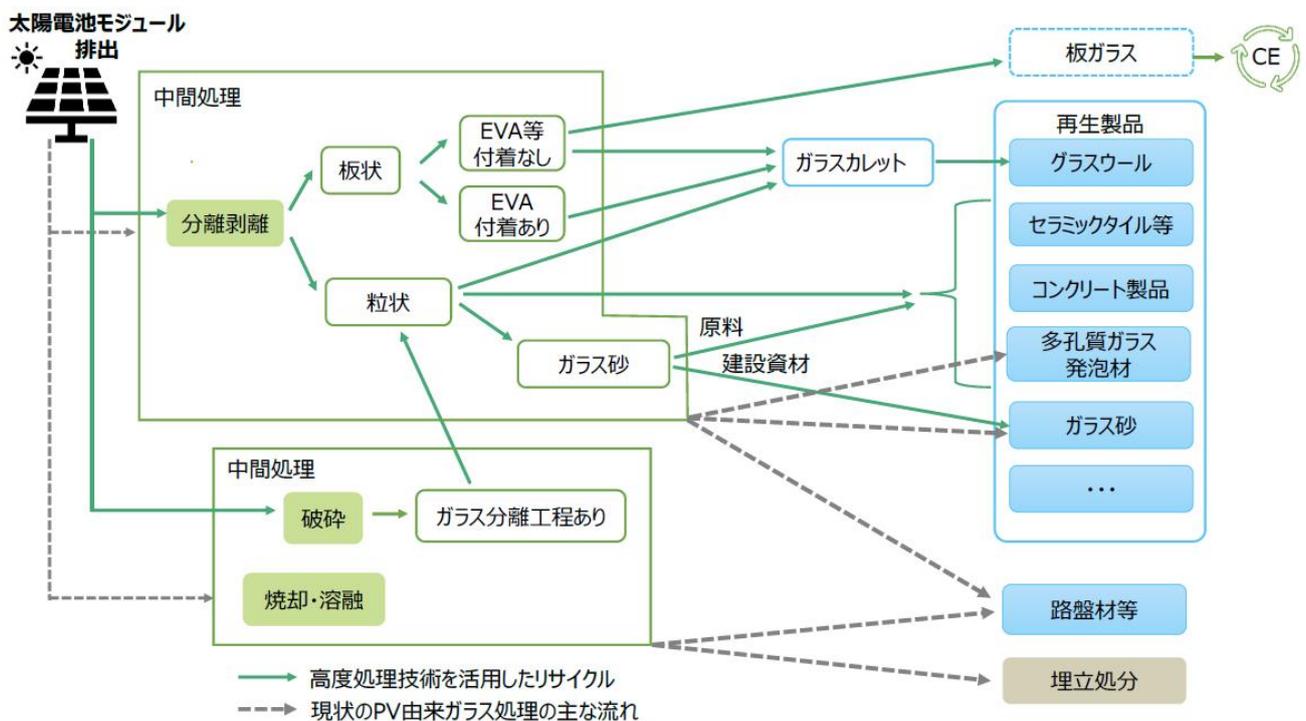


図 3-1.太陽光発電パネルからのガラス回収とガラスリサイクルの流れ^[47]

上図では、ガラスの分離技術によって、ガラスがどのような形状で回収され、どのような再生製品に

利用されうるかを端的に示しており、報告書^[47]では、現行の各種処理技術や製品がどこに位置づけられるかについても整理されている。(詳細は同報告書を参照のこと。)

また調査^[47]では、回収されたガラスについての主な利用先として、グラスウール、多孔質ガラス発泡材、セラミックタイル・セラミックブロック、コンクリート骨材、ガラス砂の各製品について、その特徴や技術的課題、ニーズや市場動向についての調査も行われている。この調査によれば、現状で処理されている太陽光発電パネルから回収されたガラスの量は再生製品の再生ガラス最大利用量に対し限定的であると推計されている。一方で、今後排出量が増大する段階においては、供給に合わせた需要創出が必要であると同時に、組成が不明な海外製の製品の排出の増加が懸念されることなどが指摘されている。

3.2. リユース・リサイクル事例についてのヒアリング等調査

本事業では、先行事例で述べた各種調査事業で整理されている情報を補完する形で、各種展示会や訪問ヒアリングを行い、リユース・リサイクル事例やその他関連する事例に関する情報収集を実施した。以下にその結果を取りまとめる。

3.2.1. 太陽光発電パネルのリサイクルに関する事例

本項では、実際に使用済み太陽光発電パネルの中間処理や、太陽光発電パネルに特化した設備を導入してリサイクル事業を展開している事業者に対してヒアリングを行った結果を取りまとめる。

3.1 節に示したとおり、太陽光発電パネルに特化したリサイクル技術の開発動向に関しては国などにより多くの調査が行われており、それらの結果についても広く整理されている。本事業においても、実際に個別のリサイクル技術や設備の開発に関しても一部ヒアリングを行ったものの、各社の特色が異なり、かつ技術開発を行っている事業者に限られるため、それらに関する詳細情報については掲載しない。

表 3-1. 太陽光発電パネルの中間処理、リサイクル事業の実施事業者へのヒアリング (その 1)

事業者	実態や留意点
A	<ul style="list-style-type: none"> ● びんガラスのリサイクルを行っており、現状の廃ガラスの取扱量は数トン/日 ● 県内での土木事業に路盤材などで需要があり、現状は捌けている ● 廃ガラスリサイクル事業者の組合を組織しており、その中で販路を確保している ● 今後の大量廃棄への対応は今のところ未定 ● きれいなガラスといってもシリコンセルが付着したものはどうしても出てくるため、色識別機で分けて、金属分離もしている
B	<ul style="list-style-type: none"> ● アルミフレームを外した後圧縮破碎を行ってガラスを分離し、選別を行ってリサイクルを行っている ● パネルの処理費は輸送費無しで一枚あたり約 3,000 円 ● これまでに中古買取で 10 万枚以上買い取った ● 中古買取と処分の量は同じくらいのオーダー (中古買取のほうが多い) ● 当初太陽光発電パネルのガラスを水平リサイクルしようとしていたが断念。 ● ガラスリサイクル先としてはグラスウールがある。それがだめなら付加価値の高い用途は今のところないという認識。 ● 自社ネットワークでグラスウール原料として出せるが、引き合いは弱いので大量には捌けない。

表 3-2. 太陽光発電パネルの中間処理、リサイクル事業の実施事業者へのヒアリング（その2）

事業者	実態や留意点
C	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光発電パネルに特化した処理ラインを新設したが、処理能力は 6t/d で現状の規模はとても小さい ● リサイクルを謳っているものの、ガラス等の再利用用途については具体的な回答は得られなかった
D	<ul style="list-style-type: none"> ● 小型家電や機械類の処理の既存のラインで破砕 ● 破砕物は鉄および非鉄製錬、その他（ガラスと樹脂の混合物）はサーマルリサイクルとしていずれも他社に引き渡しを行っている。他社へ引き渡した後の取り扱いは把握しない ● 現状でも太陽光発電パネル処理の問い合わせは結構あり、直近では雪害で出たパネルを 60 トンくらい受け入れた実績がある ● パネルの処理費は答えられないが、あったらあっただけ受け入れたいというのが実態
E	<ul style="list-style-type: none"> ● 処理能力は一日 240 枚で、中間処理業の許可に加えて複数の地域で廃棄物収集運搬業の許可を取得している ● 県内の中間処理業者 300 社くらいに問い合わせを行ったが、太陽光発電パネルを受けられるところは 10 社程度しかなかった。受け入れ可能な業者でも 15kg 程度までで制限を設けていたため、十分な需要があると判断した。 ● ガラスも引取先があり、現状すべて有価で捌けている。一日あたり 10 トン単位でコップなどに加工される。 ● 太陽光発電パネルのうち、製品として含有成分が不明なものは最終処分するしかないのが実態。
F	<ul style="list-style-type: none"> ● リユースとリサイクルのビジネスを展開 ● 関東などであれば 200 枚くらいでもペイするが、北海道や九州だと最低限 500 枚ないとペイしない ● 現場近くの倉庫を借り上げて指定し、顧客に搬入までをやってもらい、その後パッキングなどを実施 ● 一日の作業量は 150 枚（3 人 1 チームで派遣、対応） ● 自社では廃棄物処理はやっていないため、リサイクルは付き合いのある処理業者に処理委託 ● リパワリングの事例はメガソーラーを中心にこれから増えてくる

【太陽光発電パネルの処理に特化した設備による処理状況】

- 太陽光発電パネルの中間処理に特化した設備を導入した中間処理事業者については、それぞれ異なる設備を導入した事業者にヒアリングを行った。
- 前述の調査事業でも整理されているとおり、これらの設備はガラス分離技術に応じて回収物の形質や品質に差があることが確認された。
- 最も高付加価値での利用先として水平リサイクル（太陽光発電パネルへのリサイクル）を挙げる事業者もあったが、技術的には目処がついたものの、コスト面で断念したとの意見であった。

【ガラスの再利用用途】

- ガラスの再利用用途としてはグラスウールやコップ、発泡ガラス資材、路盤材などが挙げられており、従前の自社ネットワークを活用している場合が多かった。
- ただし、路盤材以外の用途での再利用については量的に限定的であるとの意向を有する事業者が多く、大量のガラスを捌くことは難しい状況であるとみられる。

【引き受けの形態（処分か買い取りか）】

- 太陽光発電パネルの引き受け形態は、事業者によって異なり、中古の太陽光発電パネルとして買い取りを行っているケースや、廃棄物処理として引き受けを行うケースがある。
- 事業者によっては、製品の品質によって取り扱いを分けているとした事業者もあった。

【その他】

- 太陽光発電パネルに特化したラインを設けず、既存の小型家電や機械類の処理ラインで太陽光発電パネルを破碎処理するケースもあった。この場合、破碎物はまとめて鉄および非鉄製錬やサーマルリサイクルに回されている。
- リサイクルを行っているとしているものの、実際には他社の処理業者に委託しているケースもあり、処理の詳細の内容については把握していないケースもあるようである。

3.2.2. 太陽光発電パネルのリユースに関する事例

以下に、実際に使用済み太陽光発電パネルのリユース事業を展開している事業者に対してヒアリングを行った結果を取りまとめる。

表 3-3. 太陽光発電パネルのリユース事業者へのヒアリング（その1）

事業者	実態や留意点
G	<ul style="list-style-type: none"> ● 使えるパネルをリユース品として、従来から取引があったアフリカの一地域に輸出。 ● 処分でき引き受けたパネルからリユース品を抽出するが、歩留まりはケースバイケース)
H	<ul style="list-style-type: none"> ● リユース事業は主に水害で出た廃棄パネルから利用可能なものを回収 ● 事業としては、自発的にはやっていない。発電事業者側から依頼があった場合に回収して利用可能なものを捌いている。 ● 利用可能なものは W 単位で価格設定をして販売している。ケースバイケースではあるが、水害であっても、8~9割程度はリユース可能という実感。 ● 社内の基準として、リユース可能なラインは発電量が 90%以上あるもの（メンテナンス事業のノウハウで検品できる） ● 最新の安価なパネルよりもかなり安く出せるので、引き合いはある。

表 3-4. 太陽光発電パネルのリユース事業者へのヒアリング（その 2）

事業者	実態や留意点
I	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用済みパネルをリユース目的で海外（中東、アフリカなど）へ輸出 ● 買取価格の実勢は 5-6~15-16 円/W（ロジスティックコスト次第） ● 現状、取引はメガソーラーが多く、数百枚から 1 万枚以上のこともある。FIT 制度開始後に参入したが、昨今取扱量は増えてきている。 ● 回収後は近隣の港から海外へ発送。輸出後現地での扱いは基本的に関知していない。 ● 製品としては 5~10 年程度のもが多い。20 年程度経過しているものは家庭で使用されていたものに限定され、コストがかかるので受け付けられないことが多い。
J	<ul style="list-style-type: none"> ● まとまった量のパネルがリユースに回るのは、現状では災害がメイン。大規模な水害で大量に排出されたものを数万枚捌いたことがある。検査したところ、ほとんどリユース可能なものだった。 ● 災害の場合は保険がきくので、パネルが使える状態でも全部を取り替える場合が多い。 ● 買い取り単価は市場相場によって変動するが、20 円/W 程度（新品の半分以下）が相場 ● 価値のつかなかったものについては排出事業者側で処理してもらうが、必要であればリサイクル事業者を紹介する。 ● パネルを水に浸けて抵抗を確認し、バックシート破断や結線部浸水を把握する（浸水検査）ことも可能。ただしリユースパネルについてはほとんど行っていない。 ● 現地では、簡易的なモバイルチェッカーを用いた検査を行う。内部の断線の有無や出力低下の度合い、乾燥状態での絶縁抵抗値などをチェックできる。 ● パネルを全数検査するかどうかはケースバイケース。設置者が契約している保険のカバー範囲も関係する。 ● パネルの出力低下の実態としては、年 0.5% よりも更に低い。 ● リユースパネルは国内に限定して販売している。ただし販売先のその先の取り扱いについては関知していない。 ● リユース品はパネル自体は安いですが、保証を付与するには検査をする必要がある。 ● 設置の工事費は新品設置時と同じだけ掛かる。そのため、新品を買うユーザーが多いのが実態。 ● リユース品を自治体に積極的に購入してもらえらる仕組みがあるとよい。
K	<ul style="list-style-type: none"> ● リユースパネルはアフリカ・中東に全量輸出する。 ● 国内だと売電だが、海外では地下水汲み上げのポンプ動力などで使うので、品質要求水準が低い（動けばいい） ● あるだけ買いたい

【リユースパネルの調達・引き受け】

- メンテナンス業と併せて事業を行っている場合などで、発電事業者サイドからの依頼があった場合のみ引き受けを行い、自発的なリユース事業を展開していない事例もある。
- 水害などの災害で発生した廃棄パネルから選別・再利用されるケースもある。

- リユースパネルとしての引き受けができるかどうかは輸送費次第によるとの意見が多く見られた。

【パネルの検査・選別】

- パネルの検査・選別プロセスは、事業者によって異なり、歩留まりはケースバイケースとなる。
- リユース可能なパネルの選定基準を設けているが、発電量が90%以上であるものをリユース対象としている事例が見られた。
- 水害が原因であっても8~9割程度がリユース可能との実感も報告されている。

【リユースパネルの市場】

- アフリカや中東などの海外へ輸出するケースが多く、全体としては国内でのリユース事例は限定的である。
- 輸出先では、ポンプ動力としての利用など系統を介さない利用が多く、動作するものであれば品質要求水準は比較的低い。
- リユースパネルは、新しい安価なパネルよりもかなり安く提供できるため、特に海外向けには一定の需要がある。
- 他方、国内では保証を付与するために検査を行う必要があり、最初から保証の付いている新品を購入するユーザーが多い。
- 取引単位としては、数百枚から1万枚以上の取引が行われていることもある。

【リユースパネルの管理】

- パネルが輸出された後の利用状況や管理については、多くの事業者が具体的な情報を把握していない。
- パネルはまとめられて各港から海外に発送され、輸出後には追跡されていないケースも多いようである。

3.2.3. 使用済みパネル収集運搬効率化・処理等ネットワーク形成事例

使用済みとなった太陽光発電パネルの効率的な収集運搬の環境構築や、情報管理等のプラットフォーム構築に取り組んでいる事例も見られる。地域的な特色も見られることから、本事業では以下の二事例についてそれぞれ詳細なヒアリングを行った。

3.2.3.1 公益財団法人福岡県リサイクル総合研究事業化センター

福岡県では、太陽光発電（PV）保守・リサイクル推進協議会^[50]（2022年3月10日に福岡県太陽光発電（PV）保守・リサイクル推進協議会から名称変更）がPVデジタルプラットフォームを提供しており、同プラットフォーム内でスマート回収支援システムを提供している。以下、このシステムを中心とした取り組みに関して、協議会事務局である公益財団法人福岡県リサイクル総合研究事業化センター（以下、リ総研）にてヒアリングを行った結果を取りまとめる。（ヒアリング実施：2021年11月）

【福岡県太陽光発電保守・リサイクル推進協議会について】

- ①設置・メンテナンス事業者、②産廃収集運搬事業者、③リサイクル事業者が中心となり、その他産学官も参画する協議会を構成している。協議会事務局は中立の立場であるリ総研が担っている。
- 将来的には会員からの会費によって運用していきたいと考えている。

【同県で運用されているスマート回収支援システムについて】

- スマート回収システムにおいて主な対象となるパネルはメンテナンスで出てくるもので、今後寿命によって排出されるものについても対象を広げていきたいと考えている。
- メンテナンス事業者が保管しているパネルが一定量になったら、収集運搬事業者に対してアラートが発信される。「一定量」は事前に取り決めた積み合わせ運賃に基づき、採算が合うと考えられる運搬量のシミュレーションに基づき設定される。
- 排出事業者と処理事業者は廃掃法に基づく処理委託契約を締結する。
- 回収にあたって太陽光発電パネルの個体識別が必要となるため、タブレットで写真撮影して共有し、電子マニフェストと連携する。
- メンテナンスで発生したパネルは、回収したメンテナンス事業者の所有となる。回収まで排出者によって保管されることになるため、積替え保管などの問題は発生しない。
- 処分費用は処分業者が設定している単価となる。現状では埋立処分費より高いが、今後多量に排出されれば料金を下げられるのではと考えている。
- 今後、県外にもサービスを拡大していきたいと考えているが、県単位で拡大していくようなことは考えていない。遠方であっても飛び地であっても参加は歓迎の姿勢。ただし、都道府県をまたぐ越境についてはそれぞれの自治体でルールがあるため、事前に確認する必要がある。
- 参画を希望する処理事業者については、太陽光発電パネルのリサイクル設備を導入していることを要件としている。協議会としては、アルミフレームを取外すだけの設備があるだけでは太陽光発電パネルのリサイクル事業者として認めていない。

【使用済み太陽光発電パネルを取り巻く状況について】

- リ総研、協議会では回収システムの利用の有無に関わらず、排出された使用済み太陽光発電パネルがどのように処理されているかの実態は把握していない。ただ、10枚程度の規模の回収ではリサイクルはされていないと認識している。
- 以前は銀の含有量が多かったが、近年のパネルは銀の含有量が減っており、破碎したパネルは太陽光発電設備の処分の際に合わせて出てくる電線から回収した銅線と合わせて非鉄製錬に販売するのが一般的。
- 今後の使用済みパネルの排出を予測することは難しいが、多量排出時代に備えて、まずはメンテナンスで排出される少量の使用済みパネルを処理できる体制構築を進め、今後多量に排出された場合にも対応できるようにしていきたいと考えている。
- 特にメンテナンス事業者に積極的に参加してもらうことが重要と考えている。
- リサイクルを推進するためにはまず保守を推進しなければならない。特に低圧（50kW未満）の発電事業にもメンテナンスを実施してもらえよう浸透させていくことが重要と考えている。
- 他方、大規模事業者へは直接リサイクルを働きかけていくことが必要。

3.2.3.2 PV CYCLE JAPAN

PV CYCLE JAPAN^[51]は、使用済み太陽光発電パネルの処理に関してルート施設（廃棄物処理事業者）を認定し、使用済みパネルを最終処分ではなくリサイクルへ誘導する取り組みを行っている NPO である。以下、同 NPO の取り組みに関してヒアリングを行った結果を取りまとめる。（ヒアリング実施：2022 年 12 月）

【PV CYCLE JAPAN について】

- 欧州で展開されている使用済み太陽光発電パネルの回収・処理の枠組みである PV CYCLE（本部：ベルギー）の日本版。
- 秋田県資源技術開発機構が事務局となって運営している。
- ヨーロッパと同様の技術基準を PV CYCLE JAPAN として作っており、この技術基準に照らして加盟を希望するリサイクラーに対して認定を出している。
- 認定されたリサイクラーに対しては、2年ごとに監査を実施する。
- 現在は東北近辺から展開しているが、将来的には全国的に展開していきたいと考えている。

【PV CYCLE JAPAN の取り組みの意義】

- 最も重要な点は有害物管理
- セル/EVA シート（アルミフレームとガラスを除去した後のシート）を原料化施設（金属回収拠点）に搬入してもらう。
- 破碎などを行わずシート状態で搬入してもらうことで、有害物質を含む廃棄物を適切なルートで処理することができる。
- 現状リサイクラーは、セル/EVA シートを処理できる適切なルートを持っていない場合も多く、商社などに依頼して引受先を探すか、最終処分に回っている場合が多いという認識。
- 加盟リサイクラーは、PV CYCLE JAPAN のネットワークでこれらの引き渡しを行うことができる。
- 引取価格が決まっていることもメリットになっている。

【使用済みパネルを取り巻く状況、その他の取り組みについて】

- 使用済み太陽光発電パネルの回収では、リユース可能なパネルが含まれている場合でもいったん廃棄物として処理費をうけて受け取ってしまうのがよいのではないか。
- リユース品として買い取りして捌けなかった場合は在庫を抱えることになるが、廃棄物として引き受けた場合は売れなければ処理することも可能になる。
- 廃棄物として引き受けたものからリユース品を回収することは可能との環境省の見解があると聞いており、自治体でも同様に可能という見解を出している地域もある。受けた処理費からリユース品の検査費用を捻出できれば理想的。
- 地域でのパネル収集に関して、宮城県、仙台市と包括連携協定を締結し実証事業を実施している。本実証事業では県内で不要となったパネルを集約拠点に集積し、PV CYCLE JAPAN 認定のリサイクル施設でこれを処理する。
- 同実証事業では、試験研究を目的とした産業廃棄物処理委託契約および収集運搬委託契約を締結す

ることにより、排出事業者は集約拠点への搬入までを実施し、その後は PV CYCLE JAPAN が処理責任を負って処理を行う。集約拠点へパネルが持ち込まれれば、適切なルートでのパネルの処理が担保される。

- 東北電力も PV CYCLE JAPAN の特別会員として参画しており、同社 HP において PV CYCLE JAPAN の取り組みや宮城県内における上記実証事業について紹介されている。^[52]
- 欧州では、FIT 認定を受ける際に太陽光発電パネルの型番まで申告する場合があります、交換する場合も厳密には同じ型番でないと FIT 認定を継続できない。そのため、欧州では一部のリユースパネルにプレミアとなっているものがあり、市場が形成されている。

3.2.4. その他の事例

その他、太陽光発電パネルから回収したガラスの再資源化を行っている事例として発泡ガラス資材を開発・販売している事業者、ならびに太陽光発電システムのメンテナンス事業や設備運用を行っている事業者にもそれぞれヒアリングを行うことができた。次の表 3-5、表 3-6 にそれぞれ示す。

表 3-5. ガラス再資源化事業者へのヒアリング

事業者	実態や留意点
L	<ul style="list-style-type: none"> ● 多孔質ガラス発泡材製品の製造販売を行っている ● ガラス原料中の重金属が発泡加工後にも溶出しない（特許あり） ● 土壌改良材、疎水材などで使用可能、土壌基準をクリアしている ● 実際の用途としては、脱臭が主体 ● びんガラスからの製造がこれまでの主体だが、取扱量は少なく、まとまった量の廃ガラスが発生した際はほとんどが埋立に回っているのが実態
M	<ul style="list-style-type: none"> ● 発泡ガラスを製品として、農業や水処理へ展開（農業用途に数トンの実績） ● 現状ではガラスびんを原料に製品を製造 ● 太陽光発電パネルのガラスも問い合わせがある。組成的には問題なく製造可能。 ● 重金属の溶出試験も行っており、問題ないことを確認している

表 3-6. 太陽光発電システムメンテナンス・設備運用事業者へのヒアリング

事業者	実態や留意点
N	<ul style="list-style-type: none"> ● 道内で複数の太陽光発電事業を実施（自社運用） ● FIT 制度以前（2007 年）から太陽光発電事業を展開 ● メンテナンスなどに伴って太陽光パネルがリプレースされる事例については、ほとんど心当たりがない ● 10 年以上運用している設備もあるが、実際の発電効率の低下は数%程度なので、設備としては継続運用している
O	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光発電システムのメンテナンス事業を 10 年ほど前から展開（2022 年時点） ● メンテナンス事業のノウハウで交換するパネルからリユース品を抜き出している
P	<ul style="list-style-type: none"> ● 10 年以上前から太陽光発電システムの設置工事およびメンテナンスを実施（2023 年時点） ● 各発電サイトでメンテナンス時に不良とされ取り外される太陽光発電パネルも実際にあるが、排出されずに現地に置いてあるままになっていることが多い ● リパワリングの事例もある。これからもあるのではないかと。
Q	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光発電システムを含む発電設備のメンテナンスサービスを幅広く展開している。 ● サービスの対象としているのは主に高圧（50kW 以上）の発電設備。 ● 太陽光発電パネルの交換については、各担当が都度対応しているが、その実績については集約していない。 ● 発電サイトにおけるパネルの破損などの状況についても、広く把握・集約しているわけではないので全体像はわからない。 ● 実感としては、破損したパネルがあっても事業用の設備の場合過積載分があるのでほとんど交換しないで放置となっているのが実態。 ● 破損したパネルがストリングに含まれると起電力が下がるが、発電設備全体の出力としてパワコンの容量が満たされているなら、パネルの交換について発電事業者の反応は鈍い。 ● メンテナンス事業者の立場として、発電設備の運用終了後などの事業者の意向について把握する必要を現時点で感じないため、長期的なパネルの取り扱いについての見通しも持っていない。 ● メンテナンス情報やパネルの交換・処分等に関して、同業他社と情報交換する機会はない。 ● 使用済みパネルの問題について関心はあるが、今のところ（2022 年時点）、国などでのメンテ情報の集約提供などに関する制度化の動きがあるわけではないので、メンテナンス事業者側で対応するメリットがない。

【ガラスの再資源化と利用】

- 太陽光発電パネルのガラスのリサイクル先として、複数の発泡ガラス製品の展示がみられた。
- 用途は農業や水処理、脱臭や土壌改良材としての利用を想定しており、一部は既に実績がある。
- いずれも重金属の溶出試験を行っており、安全性をアピールしている。
- 現状では市場は限定的である。

【メンテナンスとリプレース】

- 道内で複数の太陽光発電事業を実施している事業者もいるが、システム運用に関する実態はメンテナンス事業者側では一般に共有・集約されていない。
- 発電サイトでのパネルの破損や発電効率の低下についても、広く把握・集約されていない。
- メンテナンス時に取り外される太陽光発電パネルもあるが、多くは現地に置いてあるままとっている。
- メンテナンス事業のノウハウを活かし、交換したパネルからリユース品を選別している事業者もいる。

【太陽光発電システム運用の実態】

- 発電効率の低下は数%程度であるため、設備は継続して運用されている。
- 太陽光発電システムのメンテナンス事業を長期間にわたり展開している事業者でも、リプレースについてはほとんど実施していないとの回答もあった。
- 破損したパネルがあっても事業用の設備では過積載分があり発電事業への影響は限定的であるため、多くは交換されず放置されている可能性がある。

同調査において太陽光発電パネルリサイクル事業者の地域別処理方法および処理能力を整理した結果においても、北海道は把握できるデータがない状況となっている。(図 3-3)

地域	分離・剥離・選別	破碎	焼却・溶融	合計
北海道	—	—	—	—
東北	1,557	—	120,720	122,277
関東	8,561	44,780	210,000	263,341
甲信越	—	—	—	—
北陸	—	40,000	—	40,000
東海	—	237,648	—	237,648
近畿	960	—	—	960
中国	2,000	—	97,450	99,450
四国	—	45,600	—	45,600
九州	—	927	3,000	3,927
合計	13,078	368,955	431,170	813,203
処理単価	3,171 円/枚 (7社)	2,900 円/枚 (5社)	2,000 円/枚 (1社)	

※日処理能力のみの結果の場合、年間 250 日稼働として算定した。
 ※破碎及び焼却・溶融について、施設全体の処理能力のうち、太陽電池モジュールの処理能力分がわからない事業者があった。

図 3-3. リサイクル事業者の地域別処理方法および処理能力^[47]

また、太陽光発電パネルのリサイクル等に関連した情報発信を Web で展開している PV リサイクル.com^[53]では、独自に使用済み太陽光発電パネルを受け入れ可能な中間処理事業者を調査し、許可を得た事業所についてはその所在地を公開している。このデータに基づき地図上で可視化を行ったのが図 3-4 である。

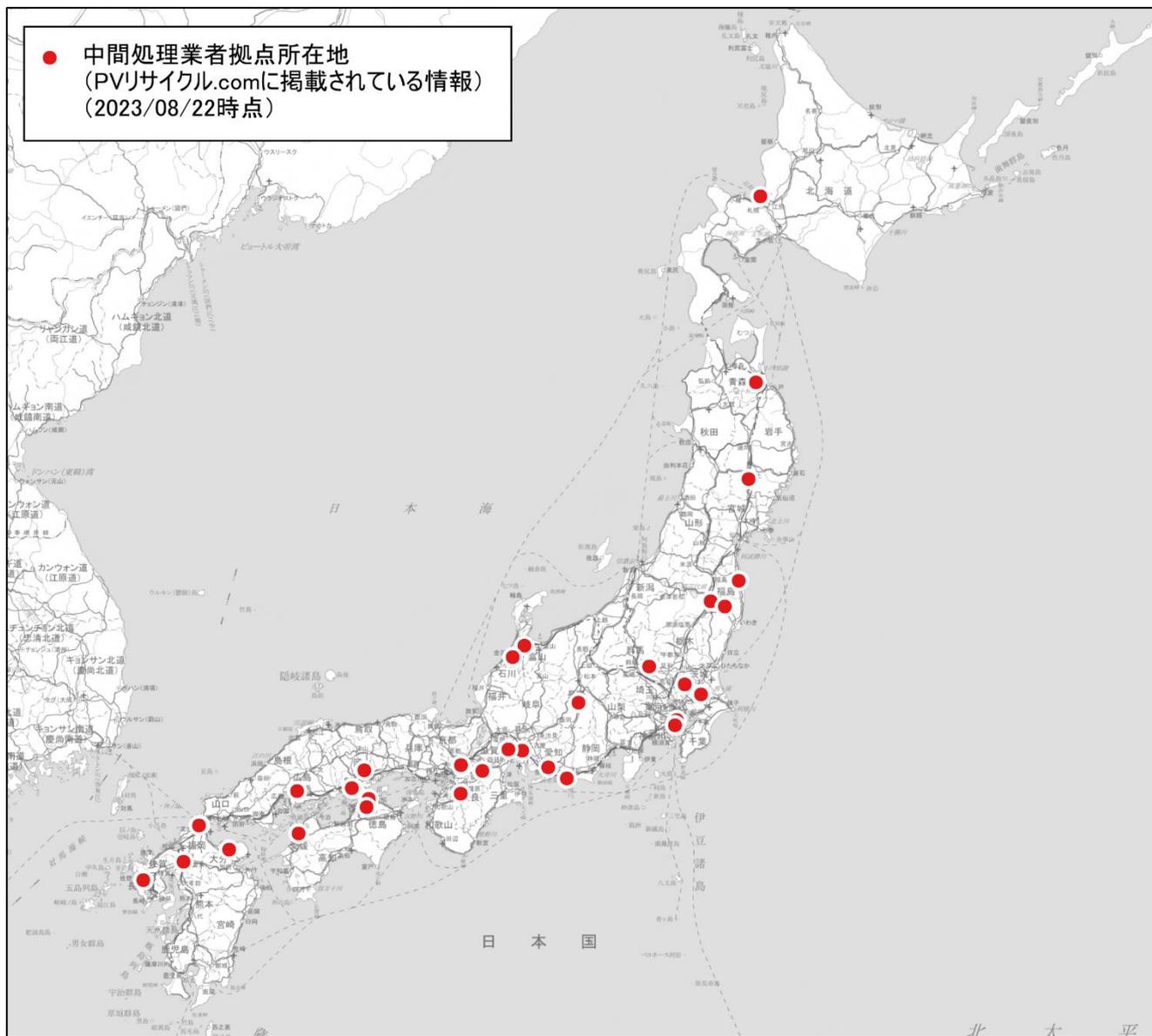


図 3-4. 太陽光発電パネルを受け入れ可能な中間処理事業者^[53]

このデータでは、道内では株式会社マテックのみが記載されている状況である。

また、株式会社トクヤマは、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）との研究事業として、2019年に南幌工業団地内に研究施設を設置し、太陽光発電パネルのリサイクル技術開発を行っている^{〔54〕}。同社の技術は、低温熱分解によってガラスとセルを強固に接着している樹脂を分解し、パネルから板状のガラスを剥離・回収できる点が特徴である。処理後、ほぼ全ての部品がリサイクル可能としており、熱分解された樹脂を熱分解炉の熱源に利用することによりエネルギー効率を高めている。

ただし現時点では、大規模に使用済み太陽光発電パネルの引き受けを行っているわけではない。

北海道において太陽光発電パネルのリサイクル設備の導入が進んでいない理由は必ずしも明らかではないが、ヒアリング調査において、地域的な最終処分費用の安さが要因である可能性を指摘する意見があった。この事業者によれば、道内における最終処分費は80円/kgであり、それに対してリサイクル処理費は輸送費を含めると150～200円/kg程度になるため、ペイしないのではないか、との意見である。

本事業では、道内の最終処分費用の実態に照らした分析は行っていないため、今後の検討が待たれる。

3.4. 道内における太陽光発電パネル処理に向けた地域特性の把握

今後（とりわけ2030年代以降）、買取期間の終了やその後の設備の発電効率低下などにより使用済みとなった太陽光発電パネルの排出量増加に対応すべく、前節までに述べてきたように、国内では既に太陽光発電パネルに特化したリサイクル設備を導入している事例が一定数ある状況である一方で、現時点では北海道内における事例は限定的である。

他方、前述のとおり、使用済み太陽光発電パネルの最終処分については環境省がガイドライン^[21]を発出し、最終処分に当たっての取り扱いについて注意喚起を行っている。具体的には、「太陽電池モジュールは電気機械器具に該当することから、埋立処分する場合には（中略）管理型最終処分場に埋め立てることが必要」としている。

太陽光発電パネルを埋め立てる場合、その規模によっては管理型最終処分場の残余容量に対して一定の影響が懸念される。実際に、北海道を含む国内8地域について同処分場への残余容量を試算した例^[45]では、北海道の試算結果は残余容量の0.49%と、影響は必ずしも大きくない結果が報告されている。（図3-5）

	2020	2025	2030	2035	2039
北海道	0.0024	0.0069	0.016	0.044	0.49
東北	0.0006	0.0017	0.006	0.015	0.17
関東	0.0055	0.0193	0.056	0.148	1.42
中部	0.0024	0.0082	0.026	0.051	0.59
近畿	0.0026	0.0098	0.028	0.051	0.65
中国	0.0018	0.0070	0.020	0.041	0.58
四国	0.0020	0.0103	0.020	0.045	0.65
九州	0.0029	0.0079	0.029	0.051	0.97
合計	0.0024	0.0082	0.025	0.052	0.66

図3-5. 全国各地域における産業廃棄物管理型最終処分場の残余容量への影響の試算例^[45]

しかし前述の検討では、実際の処分場における受入品目などの条件が考慮されていないため、実際に太陽光発電パネルが搬入できるかどうかは不明である。また北海道は国土の2割以上を占め広大であり、特に圏域間をまたぐ移動は非効率的となること、最終処分場の設置箇所は特定の地域に比較的集中しており地域的な偏りが大きいため、地域的には必ずしも楽観できるような受入容量がないことも懸念される。このことを踏まえれば、太陽光発電パネルおよび管理型最終処分場双方の空間分布を踏まえた検討を行い、地域的な特性について把握することが重要であると考えられる。

そこで本研究では、北海道内に設置された太陽光発電パネルを、輸送経路を考慮して近接の最終処分場へ搬入した場合の最終処分場残余容量への影響を試算し、この結果を踏まえて地域的な特性を考察する。

3.4.1. 道内の最終処分場に関するデータの整理

北海道ならびに廃棄物の処理及び清掃に関する法律第二十四条の二で定められる産業廃棄物処理業の許可権限を有する政令市（札幌市、旭川市、函館市）から道内の最終処分場に関するデータ提供を受け、これらのデータおよび Web 等での公開情報をもとに各最終処分場の諸情報（処分場の種別や運用状況、受け入れ品目、残余容量等）を含む 2019 年度末時点のデータを作成した。さらに所在地や図面および航空写真等を参照し、各最終処分場の座標を把握し、詳細な位置情報を付与することにより、道内の最終処分場に関する地理空間情報データベースを構築した。

最終処分場が実際に使用済み太陽光発電パネルを受け入れられるかどうかは最終処分事業者が判断することになるが、ここでは環境省のガイドラインに沿って、各処分場における受入品目を判断基準として用いることとした。具体的には、太陽光発電パネルが「金属くず」「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」「廃プラスチック類」の混合物であるという定義を踏まえ、受け入れ品目にこれら全てを含む管理型最終処分場を候補とした。さらに、専ら特定の事業に関わる廃棄物の最終処分を行っている最終処分場は受け入れ先とはなりにくいと考えられることから、一般的な産業廃棄物の受入を行っている処分業、および公設の施設のみを対象とした。これらの条件に合致する管理型最終処分場を、その残余容量の多寡によってプロットした結果を図 3-6 に示す。

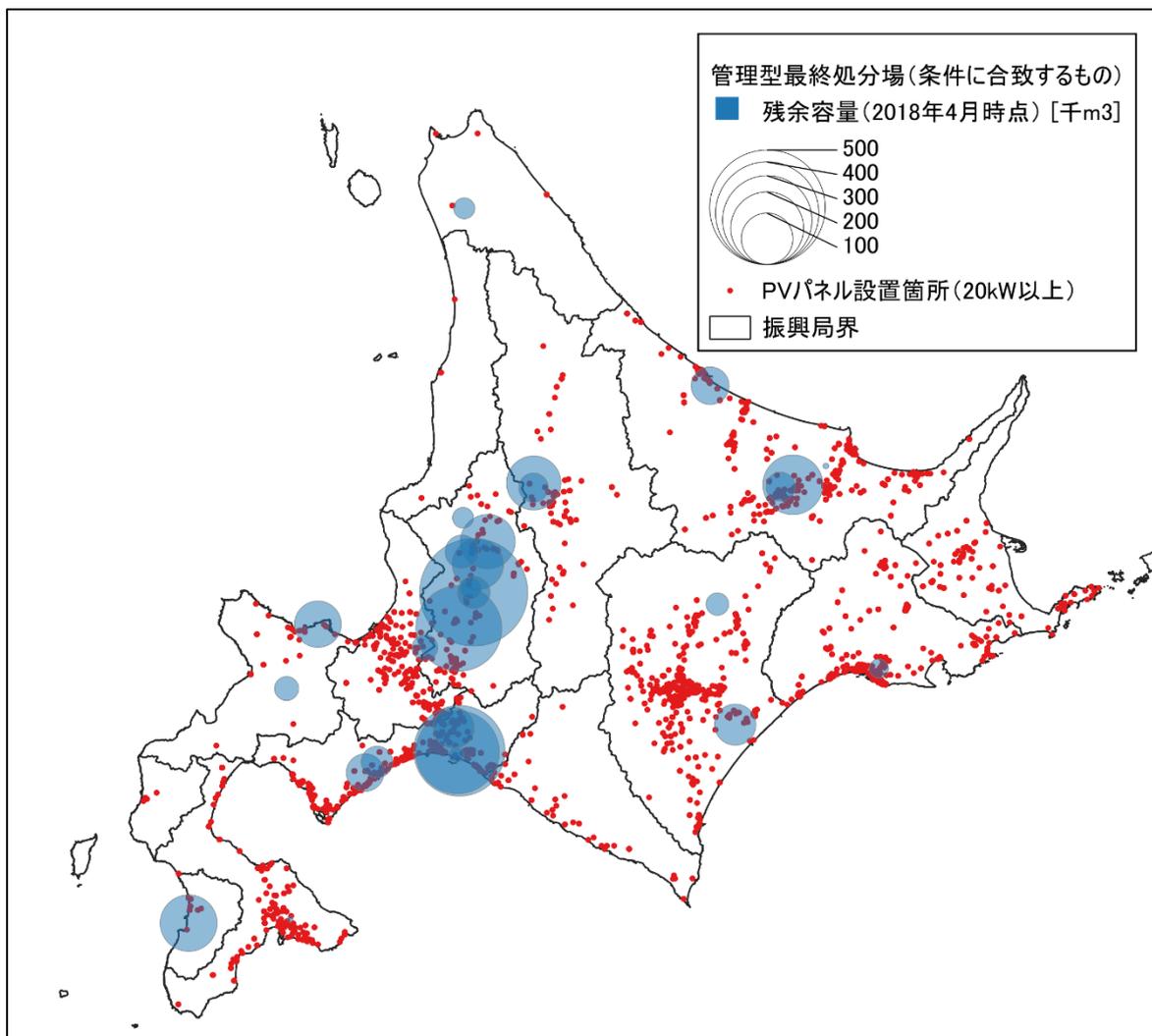


図 3-6. 太陽光発電パネルの受け入れ先となり得る管理型最終処分場の残余容量分布

3.4.2. 太陽光発電パネルの搬入シミュレーションによる地域特性の分析

3.4.1 で構築した最終処分場に関する地理空間情報データベース、ならびに 2.1.5.1 で作成した道内における 20kW 以上の再エネ特措法に基づく事業計画認定を受けた設備データを統合し、これらのパネルが全量最終処分された場合の影響をシミュレーションによって検討した。

輸送のプロセスは、実際の道路網データを用いた最短経路探索による評価を行った。道内の道路データについては、日本デジタル道路地図協会が提供している DRM データ（令和 3 年（2021 年）6 月時点）を用いた。

搬送するモデル的な太陽光発電パネルについては、英 ENF 社が販売している太陽光発電パネル製品情報データベース（2.1.4 で述べたものと同じ）を用いて想定し、製品データの分析結果から平均的と考えられる太陽光発電パネルの条件を抽出して設定した。具体的には、パネルあたり出力として 300W、パネルサイズは 1.6×1.0m、最終処分するセル、バックシートおよびガラス各層の合計厚みは 3.5mm とし、体積は面積×厚みで算出した。なお、実際には化合物型の太陽光発電パネルも含まれると考えられるが、ここでは全て同じ条件のシリコンパネルと仮定した。

シミュレーションの実施にあたって想定した処理フローを以下の図 3-7 に示す。

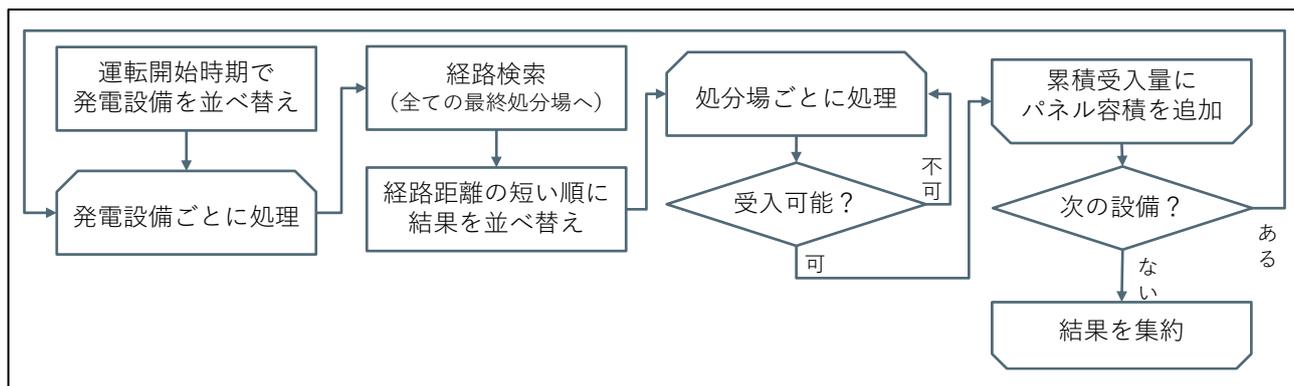


図 3-7. 試算モデルにおいて想定した処理フロー

太陽光発電パネルは運転開始時期の早いものから順に使用済みとなり処理されるものとし、各太陽光発電パネルの設置箇所からの経路で最短となる管理型最終処分場へ搬入することを優先した。累積の受入量が残余容量を超過した場合は順次、次に近い管理型最終処分場へ搬入することとした。

この処理を全ての太陽光発電システムについて行い、各地域における最終処分場残余容量への影響を確認した。本モデルは Python3 を用いて構築し、地理データの取り扱いや経路検索等の地理空間処理のためのデータベースとして SpatiaLite5.0 を使用した。

全ての太陽光発電パネルを管理型最終処分場へ搬入した際の残余容量への影響について、各振興局管内で集約した結果を表 3-7 に示す。なお、日高、留萌、根室の各振興局管内には条件に該当する管理型最終処分場がないため示していない。

表 3-7. 対象となる最終処分場残余容量に占める太陽光発電パネルの埋立量の割合

振興局名 (対象となる処分場がある地域のみ)	残余容量に占める割合[%]
空知総合振興局	0.08
石狩振興局	6.74
後志総合振興局	0.86
胆振総合振興局	2.02
渡島総合振興局	100.00
檜山振興局	1.06
上川総合振興局	0.34
宗谷総合振興局	0.29
オホーツク総合振興局	1.33
十勝総合振興局	5.60
釧路総合振興局	63.84

さらに、それぞれの太陽光発電システムと、搬出先となった最終処分場を直線で結び、搬出先を可視化した結果を図 3-8 に示す。

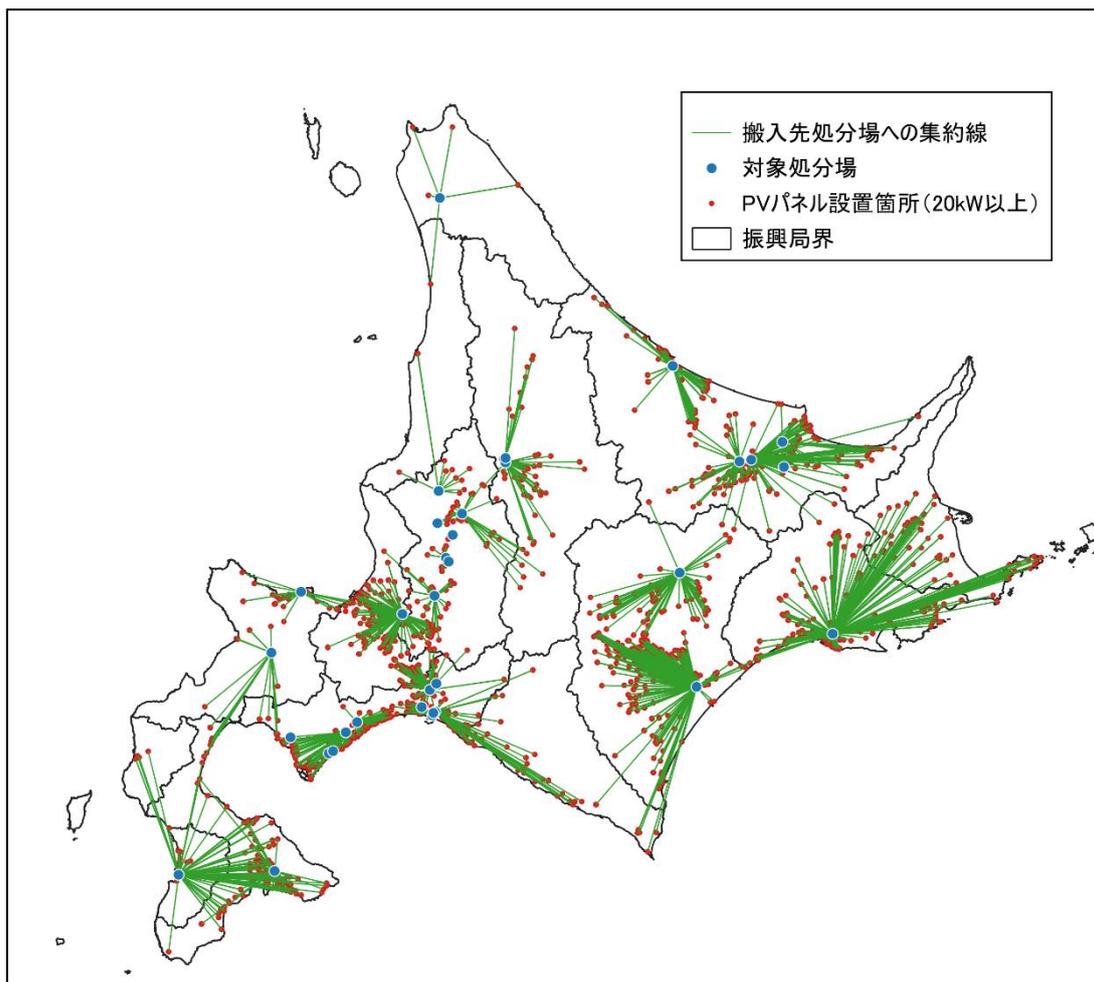


図 3-8. 各太陽光発電パネルの搬入先

太陽光発電パネルと最終処分場の設置箇所の空間分布にはそれぞれ偏りがあり、処分場への影響は地域差が大きいことが確認された。多くの振興局では残余容量への影響は数%程度であったが、渡島総合振興局管内には条件に合致する最終処分場が1箇所しかなく、規模が比較的小さいことから近隣のすべての太陽光発電パネルを受け入れることができず、受け入れができなくなってからは隣接する檜山振興局管内の最終処分場へ搬出される結果となった。また、釧路総合振興局管内でも60%以上と、大きな影響が確認された。これは、同管内には比較的多くの太陽光発電パネルが設置されているのに対し、渡島総合振興局管内と同様に、搬入可能な管理型最終処分場が1箇所しかないためである。また、隣接する根室振興局管内には搬入可能な最終処分場がないため、同管内の設備も釧路方面へ搬出される結果となった。

3.5. 新たな適正処理システム構築に向けた課題の整理

ここまでに整理・検討を行ってきた結果を踏まえ、北海道内における使用済み太陽光発電パネルのリユースやリサイクルおよび適正な処理システムの構築に向けた課題を整理する。課題としては、大きな分類として制度、技術、地理、社会システム、コストおよび経済的な課題について取りまとめる。

【制度的な課題】

太陽光発電パネルの廃棄物処理法における取り扱い、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「金属くず」、「廃プラスチック類」の混合物である。これらはいわゆる安定型5品目に属するため、安定型最終処分場での最終処分が可能と考えられる。一方、環境省が発出しているガイドラインでは鉛、セレン、ヒ素、カドミウム等の有害物質が含まれる可能性があることから、管理型最終処分場での最終処分が望ましいとしている。しかし、ガイドラインには法的拘束力はないため、現状の最終処分における取り扱いについては努力義務であるのが実態である。一方、最終処分事業者にはガイドラインの存在を認識していない事業者もいることが把握されている。また、使用済み太陽光発電パネルの受け入れについては、受け入れを拒否する事例もあることが本事業で実施したリサイクル事業者へのヒアリング結果や先行調査事業結果でも把握されている。これらのことを踏まえると、パネルの適正処理における望ましい取り扱いについて周知の徹底が重要であると考えられる。

また、産業廃棄物として引き受けをする場合は、マニフェストの返送期限や積替え保管上限などの制約から、引き受けたパネルを一定量、長期間にわたって処理事業者が保持することは困難である。一方、現状の使用済み太陽光発電パネルはメンテナンスなどで取り外されたものや家庭用のパネルなど小規模なロットで排出される場合が多いと考えられる。こうした事例に個別に対応する場合、輸送や処理の効率が悪いため、処理コスト増に繋がる可能性がある。

また使用済みとなったパネルのうち、まだ使用できるものについては可能な限りリユースを行うことが望ましい。リユース品については、廃棄物処理として引き受けたパネルからリユース可能なものを回収することについての取り扱いについて地域的な見解の差があるといった意見もあることから、取り扱いについて明確化されることが望ましいのではないかと考えられる。

現在、使用済み太陽光発電パネルに関しては、有害物質管理、廃棄物処理法上の扱いなど、広範な論点について国の検討会で検討が進められており、とりわけ制度的な課題に関しては、同検討会における提言を踏まえた法整備を含む対応が待たれる。

【技術的な課題】

太陽光発電パネルに特化したリサイクル技術に関しては、特にガラスの分離に関する技術開発に集中している。これらはとりわけ地域的な特色があるものではないが、各社特色のある技術開発および製品開発を行っている。現状、これらの太陽光発電パネルに特化したリサイクル技術を導入し、使用済み太陽光発電パネルの受け入れを行っている拠点は道内では限定的であるが、今後はこうした技術を導入する処理事業者も出てくると考えられる。また、取り扱う素材の構成に共通点があるという点で自動車リサイクル拠点など、既存の静脈インフラを活用した体制整備にも検討の余地があるものと考えられる。

【地理的な課題】

広大な国土面積を有し、かつ島である北海道において、道内での処理体制の構築においては地域分布を踏まえた検討がとりわけ重要となる。本研究では、実際の道内における管理型産業廃棄物最終処分場での使用済み太陽光発電パネルの受け入れ可能性を検討したが、これはすべての最終処分事業者が受け入れを行うことを想定したものであり、実際に使用済み太陽光発電パネルの受け入れに応じられる事業者がどの程度あるかは現時点では明らかではない。

搬入可能な処分場に限られる場合など、地域的には最終処分が難しい可能性もあり、その場合は輸送コストの負担増が懸念される。逆に、最終処分が困難であれば、リサイクルへの誘導もし易いという可能性もあり、体制構築の検討において重要な背景情報となる。一方で、多くの最終処分場があり、受け入れに余力のある地域では安易に最終処分に回らないような情報周知や仕組みづくりが重要になると考えられる。

また、太陽光発電パネルの分布状況に関しては、現状は統計資料ベースである程度網羅的に把握できているとみられるが、今後はFIT制度を使用しない電源が増加することが考えられる。パネルの分布状況の継続的な把握のため、今後は国による詳細なパネル分布に関するデータ公開が期待される。

【社会システムの課題】

社会システムの側面では、安易に最終処分に回らないよう、使用済み太陽光発電パネルの取り扱いやリサイクルを含む適正な処理ルートについて、排出者となりうる主体（メンテナンス事業者、電気工事事業者、発電事業者、パネル所有者）に対して周知を徹底していく必要があると考えられる。

また、今回実施したヒアリングでは、不良となったパネルなどは現地で保管されている事例があるという指摘も複数得ており、これらの実態把握を含む情報の集約は重要である。福岡県における事例のように、現地における使用済みパネル発生、保管に関する情報を集約し、効率的な収集運搬につなぐシステムなども考えられる。

また、使用済み太陽光発電パネルの放置の懸念もあるものと考えられる。本事業で実施したアンケート結果では、パネルや用地は多くが発電事業者所有であることが把握されており、発電事業終了後や交換後のパネルが現地に放置される可能性については配慮が必要となる。また、所有する設備の状況について把握していない可能性のある所有者が一定数存在する可能性も示唆されたため、発電終了後の適切な取り扱いに関する注意喚起が課題となる。

リユースやリサイクルを含む使用済み太陽光発電パネルの適正な処理システムの構築には、信頼性の高い排出量の見積りが極めて重要であり、詳細な地理的分布や設置状況に即した分析を行うことが望ましい。しかしながら、2.3でも述べたように、発電事業者の使用済みパネルの取り扱いに関する意向が現時点で必ずしも明確でないことや、外部的な要因による不連続的な排出の予測が困難であることなどにより、パネルが使用済みとなり排出されるプロセスを正確に見積もることは難しいのが実態である。FIT制度が開始され10年以上が経過し、今後、固定価格による調達期間の満了が近づくことや、FIT制度に基づく廃棄費用の積立制度も開始されていることから、使用済みパネルの排出者となる主体の意識も変化してくるものと考えられる。行政やリサイクラー、廃棄物処理事業者および調査研究機関の協力により、排出者となる主体に対して随時必要な調査や情報収集を行いながら、排出実態の把握やそれに基づく排出量予測の改善を進めていくことが重要である。

【コスト・経済的な課題】

現状多くを占める FIT に基づく電力供給契約を行っている発電事業のうち、10kW 以上の設備は廃棄費用の積立を行っている。このため、この費用によってリサイクルを含め適正なルートでの処理が確実に行われることが重要となる。また、非 FIT 電源や家庭用のパネルなど、現状制度的に廃棄費用の確保が担保されていないパネルについては、処理に関する義務についての周知だけでなく、必要な費用に関する具体的な試算などを行って情報提供していく必要がある。

現状では使用済み太陽光発電パネルの排出は限定的であるため、本研究でも情報が少なく実態を把握できなかった面があり、コストに関する議論は十分に展開できていない。FIT 制度に基づく廃棄費用の積立には地域特性は考慮されていないため、輸送や処理プロセスに係るコストに対して積立額が適正であるかどうかは疑問があり、仮に適正処理を行うために必要なコストを賄うことができない場合、排出事業者の負担感から放置などの問題に繋がりがかねない。リユースやリサイクルビジネスについても、最終処分費用やそれに伴う環境負荷などとの比較が事業検討においては本質的に重要であることから、リサイクルプロセスや最終処分、輸送に掛かるコストを踏まえた詳細な試算・分析は今後の重要な課題であり、リサイクラーや廃棄物処理事業者、行政および調査研究機関などの関係主体の協力による体制構築、フィージビリティスタディあるいは実証試験などの取り組みが期待される。

引用・参照資料

- [49] 株式会社野村総合研究所. 令和 4 年度使用済太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に係る調査業務報告書. (2023).
- [50] 太陽光発電 (PV) 保守・リサイクル推進協議会
<https://pv-marps.jp/> (最終閲覧 2024-10-11)
- [51] PV CYCLE JAPAN
<https://pvcj.jp/> (最終閲覧 2024-10-11)
- [52] 東北電力株式会社. 太陽光パネルの有効活用へ.
<https://www.tohoku-epco.co.jp/oshirase/newene/solar.html> (最終閲覧 2023-09-03)
- [53] PV リサイクル.com. リサイクル事業者一覧.
<https://www.pv-recycle.com/recycle-company-list/> (最終閲覧 2023-08-22)
- [54] 株式会社トクヤマ. 太陽光パネル低温熱分解リサイクル技術.
https://www.tokuyama.co.jp/research/recent_study/pvr.html (最終閲覧 2024-10-11)

謝辞ほか

謝辞

本調査の実施にあたり多くの方や機関のご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

(五十音順)

- 旭川市
- 国立環境研究所
- 札幌市
- 函館市
- ヒアリング調査に対応くださった道内外の関連事業者様
- PV CYCLE JAPAN
- 福岡県リサイクル総合研究事業化センター
- 北海道循環資源利用促進協議会 廃 PV-WG

本調査は、北海道が北海道循環利用促進税の一部を充てて行う「循環資源利用促進重点課題研究開発事業」の助成を受けて実施したものです。

著作権

特に明記されていない限り、本報告書に含まれるすべてのテキスト、図表、データは地方独立行政法人北海道立総合研究機構に帰属します。

免責事項

本報告書に記載された情報は、調査実施時点において執筆者が信頼に足ると判断した情報源から得たものを用いていますが、地方独立行政法人北海道立総合研究機構はその正確性や完全性を保証するものではありません。本報告書に基づいて行われるいかなる判断や行動についても、地方独立行政法人北海道立総合研究機構はその責任を負いません。本報告書の内容は 2024 年 3 月時点のものであり、それ以降に生じた情勢の変化等によっては記述内容が不正確になる可能性があります。

Appendix 付録

A1. 再エネ特措法の接続状況に基づく振興局別の導入状況

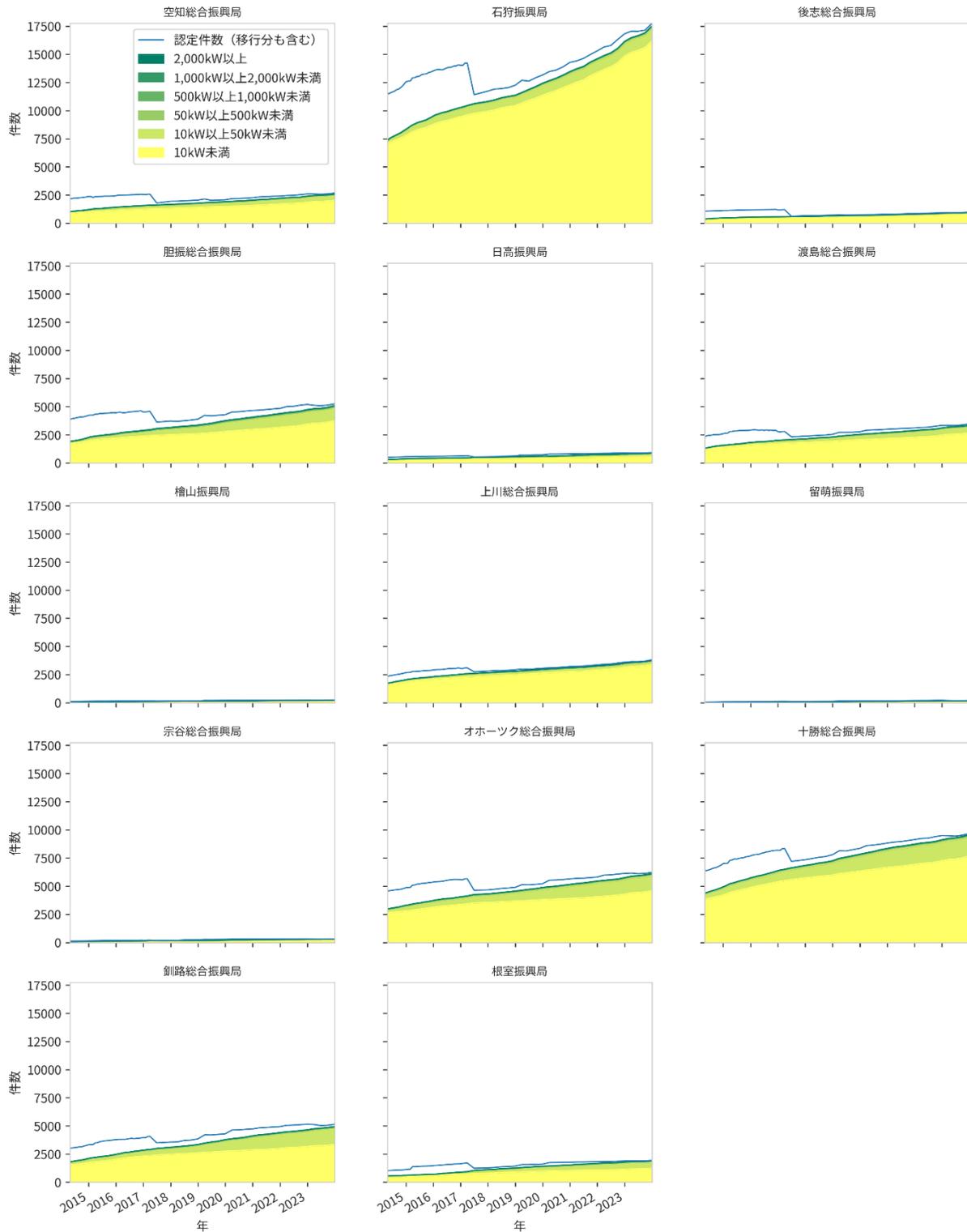


図 0-1. 再エネ特措法に基づく接続件数および認定件数 (2023 年 12 月末まで)

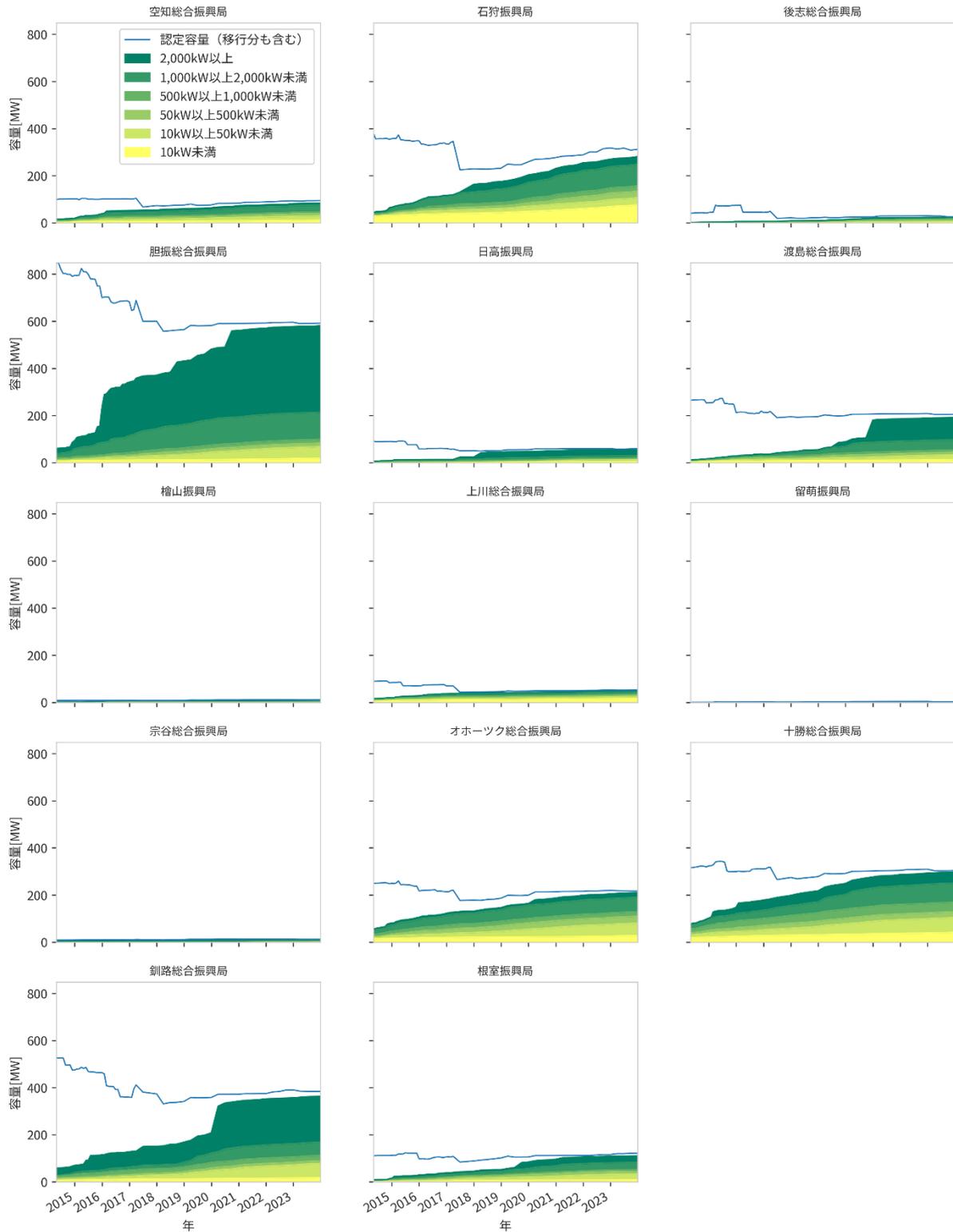


図 0-2. 再エネ特措法に基づく接続容量および認定容量 (2023 年 12 月末まで)

A2. 発電事業者向けアンケート回答（全自由記述）

パネルの所有形態	農林水産省所管国有財産部局長北海道開発局長（1件）、子会社で所有（1件）、不明（1件）、北海道開発局より管理を受託している。（1件）
パネルの設置形態	傾斜のある屋根に設置とその他の目的で使用中の用地（1件）、建物側面に設置（1件）、斜面のある屋根に架台付きで設置（1件）、店舗の空き地（1件）、不明（1件）、傾斜のある屋根、電柱およびフェンス（1件）、宅地使用（1件）、秘（1件）
用地の所有形態	自ら所有と賃借（1件）、不明（1件）、使用貸借契約中の土地に建つ自ら所有する建物に設置（1件）、自社所有および関連会社所有地を賃借（1件）、1自ら所有、2賃借両方（1件）
現在の運用状況	太陽光発電システムを売却後、リースバックを行い、売電事業を継続中（1件）
FIT満了後の運用計画	土地の返却に合わせて販売会社に譲渡する契約になっています。（1件）、水素に応用したい（1件）、前所有者に返却（1件）、カーボンニュートラルの推進等でFIT終了後に採算が合わなくなったとしても会社としてCO2フリー電源が必要になるなど、今後の政策動向などを注視しながら検討することとなる。（1件）、水素等の電源にしたい。（1件）、立地的に自家発電運用が難しいため廃棄せざるを得ない。（1件）、FIT買取満了となる前に設置業者に相談（1件）、3の譲渡（1件）、関連会社で電力事業を行っているため、その電源とするかどうかをFIT買取期間満了までに判断する。電源としない場合、廃棄。（1件）、賃借地が帯広市の為、1年間は延長可能だがそれ以降はわからない（1件）
運用終了の判断基準	20年以降も基本的に売電を継続(新電力に!!)（1件）、用地使用契約期間がすぎたら（1件）、事業用賃借契約の定め（1件）、土地賃貸人の判断により、廃棄か無償譲渡が決まる(借地期間満了時に決定)（1件）、FIT終了近くになった時点で社会のエネルギー状況を見て判断（1件）、設置後20年を目安としている（1件）、メーカーおよび設置事業者等の事情（1件）、パネル25年保証、パワコン15年寿命×2回=30年25~30年（1件）、発電(売電)する限り運転させたい(よって十分なメンテナンスを行っている)（1件）
廃棄の優先項目	廃棄費用は国の基準通り全体として建設費の5%として積み立てているためこの金額内で適法処理することを第一に考えます。（1件）、1.処分費用2.最終処分量の削減（1件）
自社運用の終了理由	会社合併の為相手関連企業に売却した。（1件）
運用終了後のパネル取り扱い（予定）	土地賃貸人の判断による（1件）、所有権者に戻す（1件）、継続して売電先があれば、売電予定ですが、そういったものがなければ「1」になります。（1件）、再生および再利用を検討したい。（1件）、管理上廃止と記述あるが当方希望としては発電システムの配置転換として廃却は避けたいと考える（1件）、発電しなくなったら→2.廃棄物として処理へ（1件）、運用終了時の社会的・科学的状況により判断する。（1件）、ミャンマーの自社発電所にて使用予定（1件）、投資採算合う限り継続（1件）、テーブルとしてリサイクル（1件）、リサイクルできないか模索中（1件）、運用を続ける（1件）、北海道開発局との協議によります。（1件）
運用終了後対応の時期	土地の契約期間が終わると同時に（1件）、その時点の社会的・科学的状況により。（1件）、リサイクル可能であればリサイクルへ（1件）、土地は自社保有のため運用停止しても急いで処理する必要はないと考えている。（1件）
システム点検の実施方法	自社で実施と外部へ委託（1件）、太陽光施工業者によるメンテナンスがおこなわれない（1件）、発電状況のみモニタリング（1件）、取扱業者がメンテナンスをしている（1件）、設置会社に任せている。（1件）、自社と外部委託の併用（1件）、秘（1件）
委託先事業者種別	電気保安協会（8件）、設置業者（6件）、設備をした電気会社にメンテも委託している。（2件）、発電所の販売会社（1件）、電気関連の施工会社（1件）、太陽光発電設備販売会社（1件）、施工業者（1件）、電気工事会社（1件）、メーカーおよび設置事業者並びに電気保管協会（1件）、太陽光発電システム設置工事事業者（1件）、北海道電気管理技術者協会（1件）、地元電建業者（1件）、㈱エコスタイル（1件）、フロンティアジャパン（1件）、北海道電気保安協会（1件）、メガソーラー建設事業者の付帯サービスを利用している（1件）、維持補修関連事業（1件）、不明（1件）、電気管理事務所（1件）、電気設備工業業者（1件）、前所有者(株)ノースエナジー（1件）、設置した電気工事店（1件）、北海道電気保安協会 岩見沢事業所（1件）、株式会社電建（1件）、電気主任者又は施工業者、機器メーカー（1件）、2か月に1回の月次点検パネル点検含む、年に1回の年次点検受電設備を電気保安協会により実施、年1回パワコン年次点検をメーカーにて実施（1件）、発電設備設置業者でメンテナンスも行っている会社（1件）、施工会社（EPC含む）（1件）、北海道電気保安協会 北見支部（1件）、工事施工業者（1件）、点検・管理委託業者（1件）、設備販売施工業者（1件）、電気保安協会・組合（1件）、パネル購入販売店（1件）、電気管理技術者（1件）
問題の要因	初期不良（1件）、自損（1件）、草刈りの時の飛び石等（1件）、鳥害(落石)（1件）、鳥類による落石（1件）、草刈でパネルをわった（1件）、停電（1件）、原因は不明だが、おそらくカラス等の鳥類による落石と判断（1件）、自動車、ダンプカーからの石の飛び石が多い（1件）、投石（1件）、パワコンの交換、原因不明（1件）、基礎杭補修工事時の重機がパネルに接触による破損（1件）、車等による飛び石（1件）、カラスによるいたずら投石とパネル故障によるクレームが約半々（1件）、除雪作業の重機による破損（1件）、カラスによる投石（1件）、除雪時に重機がパネル台に衝突し壊れた（1件）、製品不良・飛来物衝突（1件）、配線接触不良によりパネル一部交換（1件）
パネル損害の種類	電動ファン（1件）、パワコン内にネズミが侵入しケーブルを切断した。（1件）、架台の変形(苫東地震による)（1件）、上記と同じ（1件）、架台と共に雪害にて損害（1件）、セル焼損、バイパスダイオード不良、セルはんだ不良。（1件）、停電（1件）、カラスによる石の投石でのモジュールガラス表面の割れ（1件）、インバータ故障（1件）
システム運用終了後の取り扱いについて	特になし（6件）、なし（3件）、特にありません（2件）、特に無し（2件）、特になし（2件）、FIT終了後については、現在どのような選択肢があるかわかりませんが、①売電して、メンテナンス料、償却資産税、土地の賃借料、損害保険料等が賄える状況であれば、継続したい。②蓄電池にて電力をためて、それごと売れるような仕組みが整ったら、社会貢献的に意義のあることなので、電力の売電は継続したい。③電気

自動車の普及にともない、ステーション化が進んだと仮定して、補助金等で設置できるようでしたらステーション事業として継続していきたい。これらのような運用方法がはっきりとわからない状況では、その後、どのような選択肢をとるかが明確に判断できないことが課題だと思います。(1件)、先に発電を開始している事業者様の対応を見えています。(1件)、自分が稼働運用している期間内に死んだ場合にそのシステムを誰が引き継ぎ、誰が後処理をするのが課題(1件)、今は特にない(1件)、パネルの廃棄処理(1件)、再生、再利用の研究がもっと進んでほしい。(1件)、最低でも設置から20年を計画しているので運用終了後はまだ考えていない。(1件)、期間満了後の買取の有無および買取価格(1件)、継続運転のためにはパワコンの更新コストが相当額かかるため、その際のコストを考慮した判断が必要となる。(1件)、破棄する時(1件)、廃棄物処理の方法が法律上決定していない点。処理金額の見積もりが不確定。(1件)、2033年にCO2削減がどこに進むのか?不安です。極力システムを修理してでもCO2削減に寄与する必要があるので、更に規模を拡大する事もあると思います。(1件)、FITでの買取終了後、民間電気業者への売電でパネルをそのまま運用することはできないのか。もしくは廃棄するにあたり、コストを抑えることはできないか。(1件)、FIT終了後の電力の買取をしてくれるか?(1件)、撤去する事によって電力のバランスが壊れないか(1件)、今はわからない(1件)、発電所の運営は継続していきたいと考えているものの、今現在、売電先や売電単価などが不明なため、具体的な見通しを立てられない点(1件)、全部が一度に壊れることはないのでは、(特に50kw以下)運用終了とならないように持続可能になるように行政のバックアップ(単価・補助金など)が必要だと思う。(1件)、買取制度20年終了後の電力託送会社の単価が課題になる。(1件)、運用終了時点の買い取り価格が不明。パネルとパワーコンディショナーの出力を上げて事業継続をすることは可能でしょうか。(1件)、CO2対策の国策により自社設置で平成24年度~28年度にかけて野立設置

【配置状況】●10kwシステム1箇所●50kwシステム13箇所を●自社所有地●3箇所●借地11箇所【国・メーカーに対する要望】●廃棄処分に伴うリサイクルシステムの確立と、その費用を明確に●売電期間満了後の既存設置について種々の有効利用方法を明確にパネルの発電量は低下するが、20年後も80%程度の発電能力はあるので、パワコンを交換することによりクリーンエネルギーの有効利用ができるたとえば1.継続して売電するためのシステム構築と売電単価2.設置場所から離れた建物の自家消費用としての活用3.その他(1件)、終了後でもパネルが利用できるのであれば定額の蓄電池にて「充電し売電事業を24時間出来るようにしたい。低額の蓄電池の開発を望んでいる。(1件)、パネルの処理方法(1件)、とくになし(1件)、20年買取の契約で売電しているが、終了後の買取があるのか、@がどうなるのか見えない。(1件)、発電所としての運用が継続できない場合にまだ使用可能なパネルのリユース・リサイクルの方法が確立できていないこと。(1件)、20年でも発電量はそれほど下がらないと聞いたことがありますので20年後も使えるようであれば蓄電池、その他で使用していきたいと思っています。技術はどんどん進歩しているので20年後の予想は難しいですね。(1件)、運用終了後は販売・メンテナンス会社へ譲渡の為特にありません。しかし、法人・個人共に出口戦略というか考えてない方も多く感じます。そこは自然環境含め危惧しています。(1件)、FIT期間満了時のシステムの取扱い。(1件)、政府が再エネ比率を上げていく方針を打ち出していますが、現在の制度では2050年の目標達成するには厳しいと思われる。更に卒FIT後でも安定的に電力会社が電力を買う制度(JEPXに先導する価格とか…)を作らないと20年終了してその発電所を停止すると再生可能エネルギー比率が下がる傾向になると懸念しています。FIT再設計が必要だと思います。(システム運用の終了→パネル処理の議論の前に)(1件)、高性能蓄電池による自家用利用(1件)、秘(1件)、販売会社に土地と共に返還することになってるので課題はありません。その後、販売会社は、低価格でも良いので売電する予定だと聞いています。(1件)、FIT終了後においても民営事業者が引継ぎできるような仕組みの構築※原発停止時代に突入するなか、国土面積に占める太陽光発電を更に有効に活用すべきと思料する(1件)、自己利用のアウトソーシング電力チャージサービスできれば太陽電池パネルが稼働しつづける限り利用できるが…。(アウトソーシングサーバーの感覚かもしくは電力融通による自己発電分利用サービス)(1件)、電気買取継続と買取単価はどうなるか(1件)、FIT終了後の買取価格(1件)、運用終了時に、国のエネルギー対策がどうなっているのか、原発を継続しているのか、再生可能エネルギーを今以上に推進しているかによって、買取期間満了後の考え方が変わってくるので、運用終了後、再生可能な設備をどうすべきか現時点では決められるものではありません。(1件)、FIT制度終了時の明確な対応を決めていないので、どうするかを考えておかなければならない。また廃棄する場合、金額の目安も欲しい。(1件)、特にありません。(1件)、まだ先の話ですがその時の国がどのようなルールにしているかが不安ではありません。(1件)、PVのリサイクル(1件)、使い続けて良いのか、処分すべきかの判断基準がわからない。(1件)、運用終了後と言うよりFITの20年経過後買取をしていただけるのか?(1件)、現状特になし。(1件)、廃棄物処理の費用(1件)、運用後は地主へそのまま全て譲渡する契約となっているため廃棄等の心配はしていません。(1件)、FIT固定価格買い取り制度の終了時に買い取り価格が安くなり採算ベースが合わなくなると、廃止を検討せざるを得ないと思いますが、その時点での廃棄処分費用との見合いにより、継続も視野に入れて検討すると思います。(1件)、ナン(1件)、周辺機器の交換の時期並びに費用(1件)、特にないです。(1件)、1.ベース電源として、再生可能エネルギーが持つ役割は今後どうなるか不明。2.FITによる太陽光発電所が(FIT開始時の高単価)一斉に廃止になった場合、パネルの処理処分もあるが電力不足になるのではないかと心配。(1件)、廃棄の処理?設置したパネルメーカーがすでに廃棄しているので、パネルの不具合で交換が必要になった時、同じ規格・寸法のもが入手できるか、が課題と感じている。(1件)、固定買取期間終了後の買取の有無若しくは価格について(1件)、電力会社の買取方法が急が変わったりする為、その時になってみないとどのような取り扱いをするべきか難しい。(1件)、積雪対策。雪がたまって能力劣化のときはどうしたらいいのか。(1件)、日本が脱炭素社会を目指している中で海上風力発電を推奨している様に思いますが、私は低圧事業者に分類されていてチャンスが有ればまだまだ太陽光発電所を増やしたい思いがありますが、今の条件だと今後は個人で参入するのは難しいと思っています。又、20年後の出口戦略を立てたくてもどうなるのか分かりません。パネルを廃棄目的とした積立が強制的に始まるとの情報もあります。パネルは50年位大丈夫とも聞きます。出来れば可能な限り運用収益を出したいと思うのは発電事業者皆の声だと思います。(1件)、FITが終了してもモジュールの発電は期待できるため、有用に活用できるように電力会社等に柔軟に受け入れ体制を構築して欲しい。(1

	<p>件)、全量売電していた発電電力を自社で運用する場合の適切な管理方法や対費用面で期待出来るか等(1件)、時期的に多くの業者が同時期に自然再生エネルギー事業を実施しているため、20年の契約終了後に多くの業者が再契約をするのでは無いかと思われる。その際の手続き等が気になるようです。(1件)、FIT終了後に放置される施設が多数出るのではないかと所有者が死亡した場合の相続不明放棄等への対処はどうするのか?(1件)、無(1件)、太陽光の利活用についての課題、環境問題や国際的な面でも日本はどうしていくのか、道筋を国が示し、国民が一体となって進めないと日本は益々遅れをとる。(1件)、低売電価格での継続運用があると良い。運用終了後の遊休土地の活用方法(1件)、継続できるのであれば継続して売電をしたいところですが、今後どの様に電気事業者と契約・合意ができるのか?更新も可能なのか?(1件)、解体費用を毎年積立金として経費に認めて欲しい(1件)、太陽光発電システムの底地をFITの買い取り制度期間の20年間で賃貸借しており、運用が終了した時点でシステムを底地権者へ譲渡する契約を公正証書で取り交わしております。その後のシステムの運用および処分方法はその会社へ委ねるため不明である。(1件)、20年後、30年後の電力会社との関係(1件)、特に考えていない。(1件)、パネルの売却先、安い処分先が見つからない(1件)、出来れば継続して売電したい。(1件)、どのように廃棄処分したらよいかわからない。(1件)、20年がすぎモジュール等が産廃になったとしたらぜひ費用がかからなきよう配慮願います。(1件)、固定買入の20年以降も価格は下がっても10年位は売却を継続したい。(1件)、プレーカーが何らかの理由で落ちたが原因がはっきりしない、雷が原因と思うが明確な原因は不明。</p> <p>(1件)、行政庁の省庁組織の統一性が欠けており、太陽光発電に対する取組が矛盾感があります。現内閣が脱炭素社会として再生エネルギー利活用をと明快に太陽光を含む制度設計を完了しているべきですが、未完な感じがします。この理由から、太陽光エネルギーに関するシステムは未完で、非常に課題もリスクも包含している感じがします。電機設備業者は処理責任を負いたくない理由から廃棄処分を受益者負担として所有者へ負担とする傾向があります。大量廃棄時代が来るという予想からアンケートの根本になるのは、この理由に基づくと考えています。当方はカフェテリア思考で事業者側に建前の廃却負担自己提供方式に加え、別の方法を考えたいと提案したいと考えています。(1件)、今後契約単価が残期間保証できるのか、終了後地権者と譲渡人との契約、損害保険の保険契約が保証リスクが高いから継続可能か?、万が一処分した時の更地返却分の費用負担の預金の有無?(1件)、FIT制度での買取期間は20年のため太陽光発電事業も20年として計画しています。現在は20年経過後全て廃棄して事業を終了し、土地も更地にして返す予定ですが、まだ使用できる設備であるならば発電を継続するのが環境面、費用面で最良と考えております。しかし、土地を借りている以上貸主の意向も無視できず事業者だけで決められるものではないため、その時期の状況が廃棄ではなく継続することにメリットある制度に整備されていることを望みます。(1件)、パネルの中古リサイクル事業を国がやってほしい!小さなパネル1枚で昼間の電機がつかえるので。(1件)、FIT終了後に有効活用する為買取価格が下がっても売電出来るしくみを作ってほしい。(国で)その為に設備が安全であることが大前提蓄電池を設置し、今後のEVステーション、防災拠点などの活用。20年後の大量破棄されない為の仕組みを考えほしい。(1件)、買い取り制度の問題(1件)、FITが終わり買取価格が低くなっても、クリーンなエネルギーであることは変わらないため、将来のことを考えると補修コストや運用コストが賄えるのであれば、発電所としての運営は続けていきたいと思っています。(1件)、地球環境問題が発生しないか不安である(1件)、系統接続(売電、給電)が継続できるか不明な点(1件)、FIT制度完了後、まだ十分に発電するものと考えますし、パネルが交換され、架台の有効利用され、新たな発電の必要を求められていると思います。(1件)、現時点では無し(1件)、FIT終了後も買取をしてもらえれば廃棄を最小限に抑えることができると思います。(1件)、未来には、運用終了後も、再度、太陽光発電の事業をしてみたいと思えるような政策を行ってほしい。(1件)、蓄電池システムが安価に導入できれば自家消費、災害時の避難所等の電源に備えたいが、太陽光発電システム自体の耐久性がハッキリしていないので、設備投資へ思い切れない。買取保証期間終了時期が人生の終焉に近いことも懸念材料である。(1件)、パネルはフレーム、結晶系、ビニル系と分別処理の予定(1件)、一定の発電効率があるなら買取を継続してほしい。(1件)、FIT終了後の売電価格が不透明であること。運用期間が長期にわたるため、実際運用後の処分費用などが見通せない。(1件)、撤退後の処分方法および費用(1件)、20年経過時には効率50%程度を想定している。あとはパワコンの費用を考慮し、電気自動車に給電を想定している。(1件)、廃棄可能な業者の確保の問題と処分費用の確保が各事業の方針によって一番の課題となってくると考えております。(1件)、冬期間のロス(1件)、運用終了後のパネル破棄処分費用を少しずつでも積立経費として税制的にも認められるものか?今後その費用について真剣に考えねばならない。(1件)、地域性のため、冬期の稼働率の減少が問題(1件)、廃棄費用の積み立て義務化による積立期間と運用期間が明確ではないこと。特にFIT終了後、売電価格によっては採算を割れるため、現時点で将来の見通しが立てづらく不確実性が高い。電力卸売市場での電力料金の安定化は必須であり、そのうえでFITの制度設計が肝要であると考えている。</p> <p>(1件)、FIT終了後のリプレイス補助又は税制優遇について、国から指針を示してほしい。(1件)、充電器(機)の進歩(容量・小型化等)と費用、再生エネルギーの利用には付属設備の充実が不可決(1件)、処分の問題(1件)、FITで20年は保証されているが、その後はどうなるのかわから無いので不安はある。20年後相談する販売店が残ってるか不安。(1件)、今は特に考えていない。(1件)、FIT買取期間20年を終了した時に廃棄処分したら概算でどの位費用がかかるか知りたかった。(当設備46.02kW)(1件)、パネルモジュールの接続部(※)のプラスチック部分を交換出来れば発電量が仮に半分になっても使用しつづけることが出来るので開発が必要。(※)パネルとパネルの接続コネクタの劣化がなければ継続使用出来る。(1件)、20-30年後は又法律が変わるだろうから今、特に意見はない(1件)、設置してあった土地の有効利用法(1件)、ありません(1件)</p>
使用済みパネルの処理について	<p>特になし(7件)、同上(5件)、なし(3件)、費用(2件)、特にない(2件)、パネルの有効利用の指導が必要ではないか。(1件)、廃棄となった時どこで処理してくれるか?費用はどのくらいか?考えておかなければならないと思う。ローンを組んでの設置だがもが取れるまでは発電してほしい。冬季晴天が多い十勝だが雪のあとしばばでパネルの上の雪溶けがすすまず、冬場の発電量は期待していたほどにはならない。5月が一番発電してくれる。(1件)、今は特にない(1件)、最終廃棄のときに費用はどのくらいかかるのか?(1件)、廃棄処理の基準はあるものの、メーカー含めて明確な指針が示されていないこと(1</p>

件)、・FIT 終了後に発電設備を撤去する事業者が多数出てくると思うが、産業廃棄物に成るパネル等を処理する業者の能力を超える量と成り、撤去が滞る事。・鉛、カドミウム、ヒ素、ヒレン等の有害物質の処理基準がより厳格に成り、処理可能の業者が限られてくる事。(1件)、次世代エネルギーの主流を決めて行動してほしい。(1件)、安い処分先が見つからない。(1件)、太陽光パネルのリサイクル設備の導入を検討しているが、設備費が高額なことと、ガラス等リサイクルするのが難しいものが含まれているため、受入費用を徴収しないと運営が難しい。また受入費用は、最終処分場で廃棄するより高額となってしまうことから、リサイクル施設に持ち込む人が少ないと想定されるため、リサイクル設備導入のハードルは高いと感じている。リサイクル設備の導入補助や、太陽光パネルはリサイクルするべきという明確な指標ができれば、リサイクル設備の導入を前に進められる可能性があると思っています。(1件)、処理価格が現段階で全くわからない点(1件)、現時点において太陽光パネルのリサイクルを行う業者が少なく、産業廃棄物として破棄せざるを得ないこと。少数の場合でもリサイクルを容易に出来るような安価なコストで行う業者が増えてほしい。(1件)、商流上、解体業者見積に基づいた検討をされる事例が多いと予想しますが、これ以外の新思考を探らないと太陽光問題はネガティブに取扱われなければならない産業が悪者の様に捉えられかねない課題を孕んでいると思います。(1件)、環境に配慮した処分ができるか(1件)、モジュールのシリコンの再利用を技術的に検討して欲しい、シリコン自体は有益な材料です。(1件)、一般的な管理型最終処分場で対応出来るのか、それとも特殊(限定される)処分場でなければならないのか課題を考える。(1件)、現時点では無し(1件)、・電池パネルの寿命は製作事後、年数は(耐用年数)・場所(取付)等により変わりますが廃棄後の処分方法(1件)、再利用出来る方策に期待(1件)、とくになし(1件)、国の政策や技術の進歩によって変わるので、今から考えてもあまり意味がないと思います。(1件)、産業廃棄物になるのは、聞いているが、現実処理料がどの位になるのかわからない。(1件)、使用済みとなった際に、正規の手法で処分がおこなわれるかどうか課題として感じる。使用済パネルの廃棄可能業者が増え、競争により価格が下がると嬉しい限りだが、不当不正な手段で廃棄する業者が乱立しないか不安である。(1件)、再利用のコストダウン(1件)、【10年後にはFITによる売電期間が満了する】国の推進策により、普及させてきた経緯の中で、種々課題が発生し事後対応が求められた。たとえば50kwシステムでは、侵入防止柵の設置義務はなかったが、法律が改正されたので期限内に設置することになったが設置確認がされているのか。今後、全量売電終了後の処分にあたり、有害物質の処理も含めて全国的な対応マニュアルが作成されると思うが、不法投棄を無くするため全国的な費用負担を検討するべき。費用の明確化により、各設置者も処分費の積立を行う。(1件)、まだ1年も経過していないので、今後技術開発が進み、使用済み後の再活用が可能になることを望みます(1件)、処理費用がまだ未定なのでわかりません。(1件)、上記と同じ。(1件)、特にありません。(1件)、よくモジュール買取のDMが来るので、それを利用できたらしたい。(1件)、多額の撤去費用がかかるのかなと思って心配です。リサイクル出来ないのかなと思ってます。研究が進む事を願っているところです。(1件)、処理については、10年経過してから、廃棄料の積立が始まるので特に問題は無いと考えております。(1件)、上記のことすべてです。(1件)、秘(1件)、ほぼ同時期に大量にパネルの老朽化を迎えるので、廃棄物問題が生じることは懸念しております。発電効率が低下しても、(ある程度段階的に安くなる等)買い取り制度を継続することにより、廃棄問題も一挙には発生しない様な対策が必要かと思えます。(1件)、同じ(1件)、金銭的負担(1件)、パネル処理業者がわからない。再利用することが出来ないか?長期放置され危険な設備にならないか心配。(1件)、リサイクルが可能なのか?(1件)、パネルリサイクル分別のサステナブルかつ環境負荷のきわめて少ない手法の確立を産業界に期待したい。(1件)、処分撤去工事の際に費用が今より大きくかかることにならないかが不安(1件)、・処理方法と処理費用がはっきりしていない現時点で、運用終了にかかる費用が見積れない事。・廃棄費用の積立金について、損金経理できるなど税制面での整備はどうなっているのか情報が無い。(1件)、最終的には処分する事になるが、処分業者がいて安価に処分できること。(1件)、今後の科学技術革新、発展に期待するしかない。(1件)、架台や基礎の処分、モジュールの処分をどのようにするか不安(1件)、処理方法、費用について(1件)、大量に廃棄されるだろうが、有効利用、再生利用の技術の確立が間に合うだろうか(1件)、処分料金は覚悟している。(1件)、リサイクル可能にならないか。(1件)、特にないです。(1件)、廃棄物となった場合の処分方法と費用(1件)、廃棄処分費用による経営圧迫(1件)、家電(車)みたく購入時に登録・支払いみたいな一本化が必要かと思えます。(1件)、・廃パネルの処理をする廃棄物処理会社が少なく聞きましたが、今後増えていくのか?・廃棄に必要な費用を積立していますが(現状の廃棄費用を聞いて)、今後廃棄費用がどの位増減するのか?適正な費用はいくら位かかるのか情報が知りたい。・リユース・リサイクルも現状の実態はどうなっているのか?(1件)、ソーラーパネルをゴミ扱いせず、15年ほどの間までに、廃棄するパネルをもう一度、新たなパネルに再生する技術、循環システムを作り上げてほしい。日本も大量なソーラーパネルを保有したことは、原料も保持していることと同じだと思います。質量保存の法則のように、単純ゆえに、分解し整理し精製し原料に戻し新たなパネルを作る。そして、太陽光エネルギーの利用を皆が活用できるように。そのような未来の構築を期待します。(1件)、特にありません(1件)、再利用等なるべく無駄とならない処理方法が確立できればと思っています。現時点で当方としては規模は小さいのですがこういう所が集まればそれなりの量となり得るので将来に見据えて対策が必要である事は感じる所です。(1件)、産業廃棄物(パネル等)の廃棄費用が高すぎる。(1件)、受入業者が不明(1件)、特にありません。このアンケートの質問は内容があいまいで回答しづらいものが多かったように感じます。もう少し実態の状況の分かる方にヒアリングしてから内容を作成された方がよるしいのではないのでしょうか?(1件)、どのくらいの処理料金が発生するのかわからない。(1件)、処分費の問題(1件)、20年後の相手方(土地賃貸人とメンテナンス業者)が存続しているか?(1件)、太陽光電池パネルは屋上に設置しているが、本体の撤去だけでなく防水機能の回復や、ボトルの穴埋め等の総合的な費用(1件)、正確な費用や処理工程が、まだ定かでない?。例えばガラス付着物とフィルム等の処理工程(1件)、適切に処理可能な中間処理業者があっても、収集運搬許可が壁になり排出が困難な場合が多い。広域認可のような広域的なリサイクル制度が整備されれば、結果的にリサイクル率は上昇するのではないか。(1件)、契約の20年がすぎても単価は上がりますが買取をしてもらえることと思えます。期待しております。(1件)、前述の通りですので、弊社では課題になっていないです。(1件)、一応満了後

譲渡の方針であるが万が一の時パネルの処理後、他商品に再利用されるのか?それにより廃棄単価の上り下り? (1件)、まだ考えていません。(1件)、処理業者が近くに存在するが、少し不安がある。(1件)、使用済パネルを再利用できるようになれば廃棄を大幅に減らすことができると思います。(1件)、メンテナンスをしっかりとすれば(劣化による交換含む)50年以上発電できると考えている。FITが終了して20年後にモジュールの破棄をすると極めて重大な環境問題が起きると思います。京セラの佐倉市の試験施設の太陽光発電所は30年以上経過しても10%以下の劣化率です。次世代の画期的なモジュール技術が誕生したら、そのメーカーに現在稼働しているモジュールを再利用する事を義務付けてリサイクルを行い資源の有効活用をするべきです。(1件)、再利用できることを確認したい。鉛を含有しているパネルの安全な処理ができるように技術革新を希望します。(1件)、現在、パネル廃棄は産廃として取り扱っているものの、リサイクルできる形での廃棄について技術開発が必要(1件)、廃棄方法(1件)、モジュールの廃棄が、低予算で安全に、且つ可能な限りリサイクルが出来る体制が必要。(1件)、無(1件)、パネルをガラス、アルミ、銅線などの有価物として回収するシステムの構築が急務と考える。(1件)、使える間は再利用を繰り返す予定です。(1件)、どの様にパネルを処理するのか?その方法について(1件)、1.発電途上国への寄付 2.動物園や植物園等の照明や温度管理への活用(1件)、太陽電池パネルの処分において環境に配慮した仕組みが出来ていたら良いと思う。(1件)、産業廃棄物として処理するにしても、ゴミは増えてしまうわけで、世界的にクリーンエネルギーを推進する動きの中で、その部分において、非常に矛盾しているところを課題に感じます。例えば、修理費を補助金等で国や自治体が負担してくれたり、廃棄しないで継続できる方法を検討し何らかの答えを出すことが、不要な処理を減らすことにつながると考えています。基本的に事業者も、ただの投資や金儲けのためにしているというよりは、社会的に意義があり、貢献意識が高い人たちがこういう投資をしていると感じているので(他の株式投資、不動産投資と比べて)継続したい意向はあるのですが、その方法が明示されていないので、それなら継続して持っていて採算が合わないのであれば、仕方がないので壊して捨てるしかないと考えます。(1件)、特に考えていない。(1件)、廃棄物として処分することになるのか、将来的に技術が確立されてリサイクルが可能となるのかといずれになるとしても費用がどれくらい必要となるのか。(1件)、販売先と協議することになると思います。これだけ一斉に建設されたパネルや架台、パイルなどの処理方法と責任の所在が心配です。可能であればパネルの再利用などの研究開発に期待しています。(1件)、出来る事なら産業廃棄物は出たくありません。(環境問題・処分料)リサイクルの技術開発に期待している(1件)、現状特になし。(1件)、リサイクルを行う為のシステムが無い(知っている限りでは)(1件)、撤退後の処分方法および費用(1件)、撤去が必要な場合の金額概算がわからないため、判断ができない。(1件)、20年前のPCBの処理と同じく20年・30年後のパネルの処理技術に期待したい。(1件)、廃棄処理の価格(1件)、北海道に焦点を当てた場合、全国第二位と大規模な設置容量ですが、処分ができる業者が少ないことが課題であると考えています。他の地域であれば、地域で連携ができますが北海道は他地域との連絡が難しいと考えられるため、上記の懸念があります。(1件)、廃棄費用(1件)、コストは一定額計上済みだが、再利用等、環境負荷の小さい処理方法を選択したい。(1件)、土地賃貸借期間満了時にシステムを譲渡した後のパネルの処理については底地の所有の会社に委ねるため、発電事業を継続するか処分するかは不明です。(1件)、今は考えられません(1件)、パネルの処分受け入れ先(分解・リサイクル技術)(1件)、処分に係る事務手続きや費用面での負担に懸念がある。(1件)、1. パネルの種類・構造により、有害物質の種類と含有量の詳細が確認できない。(JPEAガイドラインはクリア) 2. 家電リサイクル法のような制度化も必要ではないか。(1件)、特に無し(1件)、今は特に考えていない。(1件)、産廃処理費(1件)、極力、廃棄処分に費用がかからないようにしたい。(1件)、環境問題(1件)、パネル処理専門業者の一覧があれば助かる(1件)、発電終了後、適正な廃棄物処理業者に依頼予定であるが、産業廃棄物処理の工程が不明であり、また専門業者も現時点では少数である事が課題。(1件)、資源のリユース・リサイクルが必要だと思います。(1件)、ありません(1件)

※自由記述のうち、明らかな誤字等は修正した

(調査票番号：「調査票番号」)

Q.1-5 太陽光発電システムの所有形態についてお答えください。(○はひとつだけ)

- | | |
|---|-------|
| 1. 自ら所有 | 2. 賃借 |
| 3. その他 (以下に具体的にご記入ください。不明の場合は不明とご記入ください。) | |

Q.1-6 太陽電池パネルの設置形態についてお答えください。(○はひとつだけ)

- | |
|---|
| 1. 発電専用用地の上に架台付きで設置 |
| 2. その他の目的で使用中の用地 (農地など) 上に架台付きで設置 |
| 3. 傾斜のない屋上に架台付きで設置 |
| 4. 傾斜のある屋根に設置 |
| 5. 屋根材一体型 |
| 6. 水上 |
| 7. その他 (以下に具体的にご記入ください。不明の場合は不明とご記入ください。) |

Q.1-7 太陽光発電システムを設置している用地の所有形態についてお答えください。

(○はひとつだけ)

- | | |
|---|-------|
| 1. 自ら所有 | 2. 賃借 |
| 3. その他 (以下に具体的にご記入ください。不明の場合は不明とご記入ください。) | |

- Q.1-7 で「2.賃借」と回答された方
⇒Q.1-7-1 についてもご回答の上、Q.2 へお進みください
- それ以外の方
⇒Q.2 へお進みください

Q.1-7-1 Q.1-7 で「2.賃借」を選択した方にお伺いします。

用地の使用について、差し支えなければ契約期間をご記入ください。

- | | |
|------------------------------------|-------|
| 1. _____年 _____月から _____年 _____月まで | 2. 不明 |
|------------------------------------|-------|

(調査票番号：「調査票番号」)

Q.2-5 発電設備の運用を終了する際の具体的な判断基準は設けていますか？ (〇はいくつでも)

(ここで「運用を終了する」とは、送電網への接続の有無に関わらず発電を終了することを指します)

1. 発電効率や起電力が一定の数値を下回ったら
2. 破損や故障などにより損害が一定の水準に達したら
3. 買取期間が終了したら
4. 採算が合わなくなったら
5. 特に具体的な判断基準はない
6. その他 (以下に具体的にご記入ください。)

Q.3 太陽光発電システムの運用終了後に関することについてお伺いします

- Q.2-1 で「2.稼働終了」または「3.譲渡・売却済み」と回答された方
⇒Q.3-1 と Q.3-2 についてご回答の上、Q.4 へお進みください
- Q.2-1 で「1.稼働中」または「4.その他」で現在も設備運用中と回答された方
⇒Q.3-3 と Q.3-4 についてご回答の上、Q.4 へお進みください
- それ以外の方
⇒Q.4 へお進みください

Q.3-1 Q.2-1 で「2.稼働終了」または「3.譲渡・売却済み」と回答された方にお伺いします。

運用終了後の太陽電池パネルの取り扱いについてお答えください (〇はいくつでも)

1. 売却した
2. 無償譲渡した
3. 廃棄した
4. 保留
5. その他 (以下に具体的にご記入ください。不明の場合は不明とご記入ください。)

- Q.3-1 で「3.廃棄した」と回答された方
⇒Q.3-1-1～Q.3-1-3 についてもご回答の上、Q.4 へお進みください
- それ以外の方
⇒Q.3-2 へお進みください

(調査票番号：「調査票番号」)

Q.3-1-1 Q.3-1で太陽電池パネルを「3.廃棄した」と回答された方にお伺いします。
 廃棄の費用として、どの程度費用がかかりましたか？

1. _____ 万円（およその金額で構いません） 2. 不明

(上記費用に含まれる工程について全てに○をつけてください)

1.撤去 2.収集運搬 3.リサイクル 4.最終処分 5.不明

(上記費用に含まれる対象物について全てに○をつけてください)

1.パネル 2.パネル以外の電気機器 3.架台 4.基礎 5.その他 6.不明

Q.3-1-2 Q.3-1で太陽電池パネルを「3.廃棄した」と回答された方にお伺いします。
 パネルの廃棄にあたって優先して考慮した項目はありますか？（○はひとつだけ）

1.処分費用 2.最終処分量の削減 3.有用金属等の資源回収 4.特にな
 5.その他（以下に具体的にご記入ください。不明の場合は不明とご記入ください。）

Q.3-1-3 Q.3-1で太陽電池パネルを「3.廃棄した」と回答された方にお伺いします。
 処理の委託先について、差し支えなければ事業者名をご回答ください。

事業者名：

Q.3-2 Q.2-1で「2.稼働終了」または「3.譲渡・売却済み」と回答された方にお伺いします。
 自社での運用を終了した理由をお答えください（○はひとつだけ）

1.予定していた運用期間を満了した 2.設備不具合・破損のため継続を断念した
 3.採算性悪化のため継続を断念した 4.送電網への接続の関係で継続を断念した
 5.用地契約の関係で継続を断念した 6.設備買取や事業継承の話があり譲渡・売却した
 7.その他（以下に具体的にご記入ください。不明の場合は不明とご記入ください。）

Q.3-3 Q.2-1で「1.稼働中」または「4.その他」で現在も設備運用中と回答された方にお伺いします。
 運用終了後の太陽電池パネルの取り扱い（予定）についてお答えください（○はいくつでも）

1.譲渡・売却 2.廃棄物として処理 3.未定
 4.その他（以下にご記入ください）

(調査票番号：「調査票番号」)

- Q.3-3で「2.廃棄物として処理」と回答された方
⇒Q.3-3-1とQ.3-3-2についてもご回答の上、Q.3-4へお進みください
- それ以外の方
⇒Q.3-4へお進みください

Q.3-3-1 Q.3-3でパネルを「2.廃棄物として処理」と回答された方にお伺いします。
廃棄にかかる費用として、どの程度を想定されていますか？

1. _____万円（およその金額で構いません） 2. 不明

Q.3-3-2 Q.3-3でパネルを「2.廃棄物として処理」と回答された方にお伺いします。
廃棄にあたって優先して考慮する項目はありますか？（○はひとつだけ）

1. 処分費用 2. 最終処分量の削減 3. 有用金属等の資源回収 4. 特にな
5. その他（以下に具体的にご記入ください。不明の場合は不明とご記入ください。）

Q.3-4 Q.2-1で「1.稼働中」または「4.その他」で現在も運用中と回答された方にお伺いします。
Q.3-3でお答えいただいた取り扱いの実施時期についてお答えください（○はひとつだけ）

1. 運用終了後速やかに行う
2. 設置している土地の契約更新や返却と同時に行う
3. 未定
4. その他（以下にご記入ください）

(調査票番号：「調査票番号」)

Q.4 太陽光発電システムの点検の実施に関することについてお伺いします

Q.4-1 普段のシステムの点検はどのように実施されていますか？ (○はひとつだけ)

- | | | |
|---|----------|-----------------|
| 1. 自社で実施 | 2. 外部へ委託 | 3. 特に点検は実施していない |
| 4. その他 (以下に具体的にご記入ください。不明の場合は不明とご記入ください。) | | |

- Q.4-1 で「2.外部へ委託」と回答された方
⇒Q.4-1-1 についてもご回答の上、Q.5 へお進みください
- それ以外の方
⇒Q.5 へお進みください

Q.4-1-1 Q.4-1 で「2.外部へ委託」と回答された方にお伺いします。

点検の委託先事業者は以下のうちどれに該当するでしょうか？ (○はひとつだけ)

- | | |
|---|----------------|
| 1. 太陽電池パネルメーカー | 2. メンテナンス専門事業者 |
| 3. その他 (以下に具体的にご記入ください。不明の場合は不明とご記入ください。) | |

Q.5 太陽光発電システムに関する交換や修理のことについてお伺いします

Q.5-1 現在、太陽光発電システムを対象とする損害保険には加入されていますか？ (○はひとつだけ)

- | | | |
|-----------|------------|-------|
| 1. 加入している | 2. 加入していない | 3. 不明 |
|-----------|------------|-------|

Q.5-2 これまでに、太陽電池パネルの交換や修理を伴う問題が生じたことはありますか？
(○はひとつだけ)

- | | | |
|----------------|----------------|-------|
| 1. 問題が生じたことがある | 2. 問題が生じたことはない | 3. 不明 |
|----------------|----------------|-------|

- Q.5-2 で「1.問題が生じたことがある」と回答された方
⇒Q.5-2-1 以降についてもご回答の上、Q.6 へお進みください
- それ以外の方
⇒Q.6 へお進みください

(調査票番号：「調査票番号」)

Q.5-2-1 Q.5-2で「1.問題が生じたことがある」と回答された方にお伺いします。
 パネルの設置からこれまでに、パネルの交換や修理をどの程度実施しましたか？
 ※一度に複数のパネルを交換・修理した場合でも1件としてご回答ください

1. _____ 件（はっきりしない場合は、およその件数で構いません） 2. 不明

Q.5-2-2 以降は

これまで損害が最も大きかったパネルの交換・修理事例
 についてご回答ください。

Q.5-2-2 Q.5-2で、「1.問題が生じたことがある」と回答された方にお伺いします。
 それは、どのような要因によって生じた問題でしたか？（○はひとつだけ）
 ※損害が最も大きかった事例についてご回答ください

- | | | | |
|--------------------------|------------|----------|---------|
| 1. 経年劣化 | 2. 台風・強風災害 | 3. 水害 | 4. 土砂災害 |
| 5. 地震災害 | 6. 落雷 | 7. 落石・投石 | 8. 雪害 |
| 9. 獣害 | 10. 盗難 | 11. 要因不明 | |
| 12. その他（以下に具体的にご記入ください。） | | | |

Q.5-2-3 Q.5-2で、「1.問題が生じたことがある」と回答された方にお伺いします。
 その問題によって、パネルに生じた損害の種類についてお答えください。
 （○はいくつでも）
 ※損害が最も大きかった事例についてご回答ください

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. 太陽電池パネルのひび割れ・破損 | 2. クラスタ故障 ^{※1} |
| 3. 太陽電池パネルのケーブル断線 | 4. バックシートの破損 ^{※2} |
| 5. 経年劣化による出力低下 | 6. その他原因不明の出力低下 |
| 7. その他物理的な破損 | 8. 電気・物理的でない損失（盗難など） |
| 9. その他（以下に問題の内容を具体的にご記入ください） | |

※1 パネル内で発電素子が直列に接続されたユニット（クラスタ）が故障して出力が低下するもの

※2 パネルの裏側に貼られている浸水を防止する樹脂製のシート（バックシート）の破損

(調査票番号：「調査票番号」)

Q.5-2-4 Q.5-2 で、「1.問題が生じたことがある」と回答された方にお伺いします。

その問題によって、太陽電池パネルを**交換**されましたか？

交換された場合、可能であれば枚数または規模についてもご記入ください

※**損害が最も大きかった事例についてご回答ください**

1. 交換した	2. 交換はしていない	3. 不明
(枚数や規模がわかる場合は以下にもご記入ください)		
_____ 枚 または _____ kW 相当		

Q.5-2-5 Q.5-2 で、「1.問題が生じたことがある」と回答された方にお伺いします。

その問題によって、太陽電池パネルを**補修（交換は含みません）**されましたか？

補修された場合、可能であれば枚数または規模についてもご記入ください

※**損害が最も大きかった事例についてご回答ください**

1. 補修した	2. 補修はしていない	3. 不明
(枚数や規模がわかる場合は以下にもご記入ください)		
_____ 枚 または _____ kW 相当		

(調査票番号：「調査票番号」)

Q.6 太陽光発電システムに関する課題についてお伺いします

Q.6-1 太陽光発電システムの運用終了後の取り扱いについて、課題に感じていることがあれば自由にご記入ください。

Q.6-2 使用済みとなった太陽電池パネルの処理について、課題に感じていることがあれば自由にご記入ください。

アンケートは以上です。ご協力いただき誠にありがとうございました。

北海道における使用済み太陽光パネルの適正処理に向けた研究
事業報告書（Web 公開版）

令和 7 年（2025 年）1 月 28 日発行

編集・発行 地方独立行政法人北海道立総合研究機構
産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所
〒060-0819 札幌市北区北 19 条西 12 丁目
電話：011-747-3521（代表）