

太陽光発電の保守とリサイクルによる サーキュラーエコノミー実現に向けた 取り組み

野田 松平

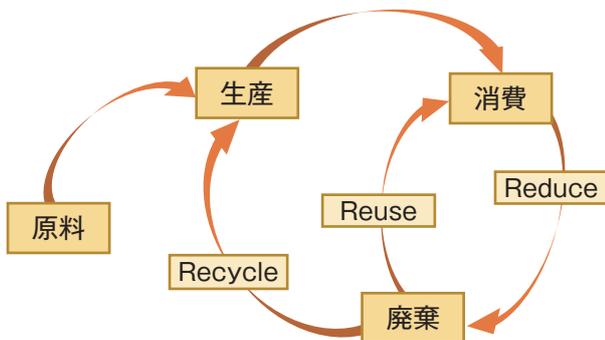
1 はじめに

太陽光発電は1973年の第一次オイルショックを契機に、サンシャイン計画の中で石油代替エネルギーの一つとして開発がスタートした。その後、1992年リオ・サミットにて持続可能な開発を目指す方針が採択され、日本ではニューサンシャイン計画として、これまで以上に「太陽光発電システム」の開発・普及促進に注力されるようになった。しかし2015年の「国連サミット」で「持続可能な開発目標（SDGs）」が採択され、世界の開発動向は変わった。

エネルギー分野では再生可能エネルギー開発中心主義から、普及した後の後処理まで考慮した持続可能な開発、最近の言葉で言えば「サーキュラーエコノミー」に重点がシフトされた。

サーキュラーエコノミーと言え、簡単には下図のような概念図で説明されることが多いが、これだと残念ながら従来からある「資源循環」の概念と変わらず、

図1 サーキュラーエコノミーの概念図



資料) 筆者作成

「エコノミー」の概念が表現されていない。それは「エコノミー」の概念を図示するのが難しいからであるが、資源循環における経済の重要性を見事に表現した例がある。

それはハリタ金属（株）の張田真氏が二宮尊徳の言葉を言い換えられた次の言葉である。

“循環なき経済は罪悪であり、
経済なき循環は寝言である”

太陽光発電の場合、開発経緯と2018年度の累積導入量（後掲）が53GWに達するほど大量普及したことを考慮すれば、太陽光パネルは当然リユース・リサイクルされなければならないと考えている。

以上の背景を踏まえ、筆者が所属す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（北九州市若松区）が取り組み始めた「太陽光発電（PV）の保守・リサイクル推進活動」について紹介する。

2 「福岡県太陽光発電（PV）保守・リサイクル推進協議会」の設立

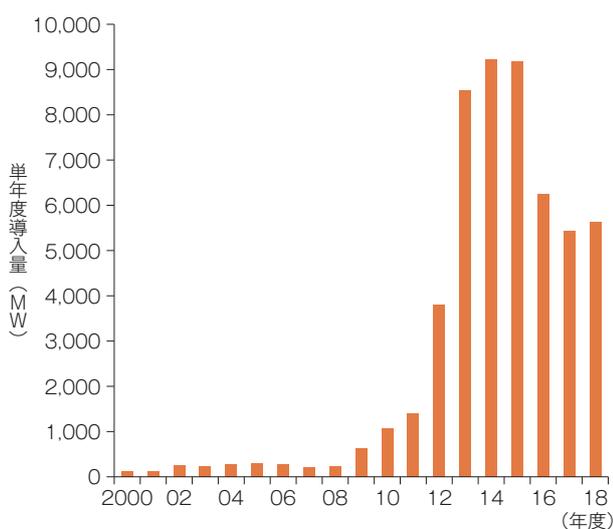
最近の日本での太陽光発電導入量（単年度）の推移を図2に示す。2012年に固定価格買取制度（FIT）が導入されて以来、太陽光発電設備の大量導入が急激に進展し、2018年度までの累積導入量は約53GW（ピーク出力換算で原子力発電所53基分）に達している。急激な大量導入は、寿命の20～30年後には急

激な廃棄パネルの大量発生を意味するため、2030年代に迎えると予測されている大量廃棄時代への準備が急務となっている。

そのため当センターでは廃棄パネルのリサイクルを実現するための課題を調査し、廃棄パネルを効率良く回収する社会システムの構築が重要であること、更にはメンテナンス事業者、収運事業者、リサイクル事業者だけでなく、全体をマネジメントする機関が不可欠であることを把握した。そこでこれらのステークホルダーによる「福岡県太陽光発電（PV）保守・リサイクル推進協議会（以降、PV協議会と呼ぶ。）」を設立した。

その活動内容はPVシステムの保守と廃棄パネルのリサイクルを含めた3Rを推進することに加え、その推進活動を支援するツールである「PVデジタルプラットフォーム（PVPF）」を開発することにある。PVPFはリサイクルツールである「スマート回収支援システム」と、保守ツールである「発電量評価支援システム」から構成されており、以下にそれぞれの支援システムについて解説する。

図2 日本の太陽光発電導入量（単年度）の推移



資料) 資源エネルギー庁「エネルギー白書」

3 スマート回収支援システム

1) スマート回収支援システム

「スマート回収の全体スキーム」を図3に示す。各メンテナンス事業者の保管場所から、少量だが定期的（予測可能）に廃棄されるパネルの効率的回収を支援するのが、「スマート回収支援システム」である。メンテナンス事業者は発電事業者と保守契約を結び、保守あるいは改修作業を行い、そこで発生する交換（廃棄）パネルを、事務所や営業所などに持ち帰り一時保管する。各メンテナンス事業者には保管したパネル情報を「スマート回収支援システム」に入力してもらう。その後、各々入力された保管パネルの合計値がある閾値に達すると、システムからアラームが発信され、収運事業者が回収日を決めてルート回収し、リサイクル事業者に引き渡す。この回収システムをスマート回収システムと呼んでいる。

2) 電子マニフェストとの連携

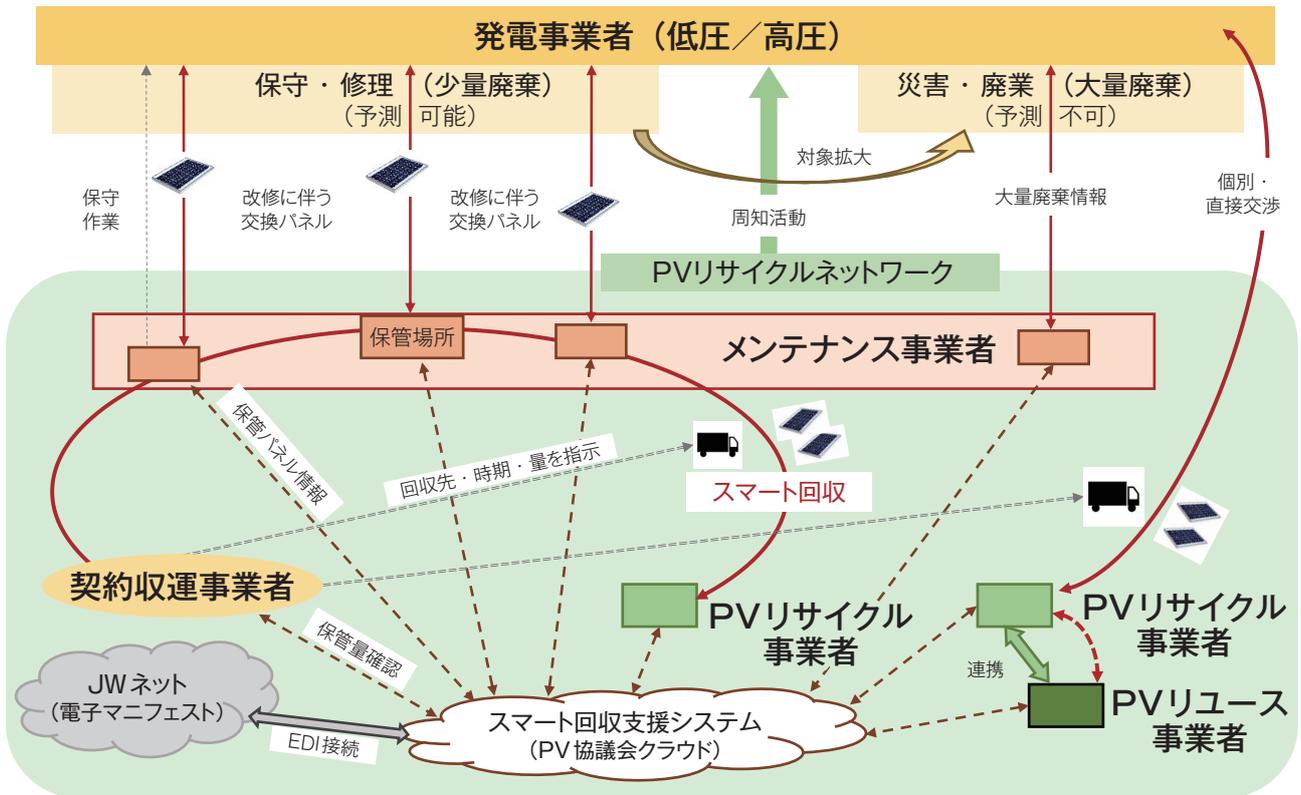
この支援システムで取り扱う廃棄関連情報（廃棄パネル重量、排出事業者、収運事業者、リサイクル事業者、ならびに各々の処理日等）は、DXに対応すべく（公財）日本産業廃棄物処理振興センター（JW）（東京都千代田区）の電子マニフェストシステムに接続されている。従って個々の利用者が直接電子マニフェストシステムに入力する必要はなく、マニフェスト作業が大幅に簡素化されている。

各排出事業者は各々の廃棄パネル保管量を本支援システムに入力する必要があるが、廃棄パネルの処理手配が一元的に行われるため業務の効率化が図れる。また収運事業者、リサイクル事業者は複数個所からの廃棄パネル処理の手続きを纏めて入力することができるため特に便利な仕組みとなっている。

3) スマート回収実証試験による検証

スマート回収支援システムを活用したスマート回収の実証試験を2020年12月に実施し、各事業者からの

図3 スマート回収の全体スキーム



資料) 筆者作成

本システムへの登録及びデータ入力後、各保管場所でのトラックへの手積み又はフォークリフト積みを実行し、電子マニフェストへの接続機能を検証した。

具体的には福岡県を東と西の2ブロックに分け、各々のブロックで4か所の保管場所をスマート回収した廃棄パネルの合計枚数(重量)は、各々53枚(約0.9トン)と84枚(約1.7トン)であった。

後日、北九州市立大学松本教授に実施頂いたLCA分析から、各々の保管場所からリサイクル事業者へ運送するのに比べ、東と西のスマート回収で、輸送コストが各々55%、67%削減、CO₂排出量が26%、61%削減されることが明らかになった。

今回の試験では回収する保管場所が少なく、輸送コスト、及びCO₂排出量の低減効果はまだ十分ではないが、今後会員を増やし、保管場所の密集度を上げることにより、スマート回収の効率を上げ、経済性を実現できると考えている。

4) 大量廃棄情報収集とリサイクル処理

本支援システムでは、スマート回収以外の予測できない災害や廃業などで一度に大量廃棄されるケースに対しても、それらの廃棄情報(排出場所、種類、排出量、排出予定時期等)をメンテナンス事業者から入力することで対応可能である。その後の具体的処理については、スマート回収で構築したネットワークを利用して、大量廃棄の個別案件毎に、排出事業者、収運事業者、リサイクル事業者による3者の直接交渉に委ねられる。

このような大量廃棄の場合にはリユース可能なパネルも含まれることから、後掲の「発電量評価支援システム」を利用したリユース可能性評価が有効になる。そして大量廃棄時代が近づくとつれ、図3の右側に示したプロセスが非常に重要になってくる。

5) スマート回収支援システムの利用メリット

本支援システムを利用する事業者は、主に廃棄パネルを排出するメンテナンス事業者、それらの廃棄パネルを運搬する収運事業者、収集運搬されてきた廃棄パネルを処理するリサイクル事業者である。各々の事業者が受けるメリットは少しずつ異なるが、概ね以下のように纏められる。

(i) 複数の産廃処理の一元的手配

各メンテナンス事業者は廃棄パネルの情報（保管場所、量等）を入力するだけで、収運事業者、リサイクル事業者への手配が一元的に可能になる。

(ii) 大量廃棄情報へのアクセス

リサイクル事業者及び収運事業者（検討中）は収集された大量廃棄情報にアクセスでき、排出事業者との個別交渉が可能になる。

(iii) 電子マニフェスト（処理）作業の大幅な簡素化

本支援システムへの入力電子マニフェスト入力を兼ねるため、スマート回収に伴う電子マニフェストシステムへの入力は必要ない。

(iv) SDGs達成への貢献（後掲）

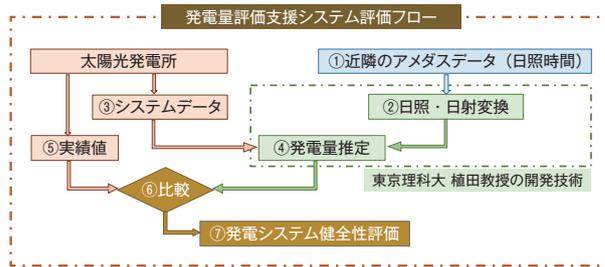
上記利用メリットを生かした活動はリサイクル推進活動であり、SDGsのターゲット12.5の廃棄物の再生利用（リサイクル）による廃棄物発生的大幅削減に貢献し、企業価値向上に繋がる。

4 発電量評価支援システム

1) 発電量評価支援システム概要

「発電量評価支援システム」は気象データを活用することにより、日射計が無いPVシステムにも適用可能で、保守上重要な発電量評価が可能になる。特長として日射計が不要ことから、利便性に優れ、低コストに

図4 発電量評価支援システムの評価フロー



資料）筆者作成

できることがあげられる。発電量評価支援システムの評価フローを図4に示す。

評価したい太陽光発電所に対して、近隣のアメダスデータから日照時間を取り込み、東京理科大学の植田教授が開発した日照・日射変換モデルを用いて日射量に変換（推定日射量と呼ぶ）する。その後は通常の日射量評価手法と基本的には同じで、推定日射量と発電所のシステムデータから発電量を推定し、実績値との比較から発電システムの健全性を評価するしくみである。

2) 気象データ活用による発電量評価例

北九州地域に設置された低圧発電所（50kW）2カ所で、発電量評価を行った例を以下に示す。気象データ以外に発電量を評価するために必要となるシステムデータの入力項目と入力例を表1に示す。表1から分かるように、必要な入力項目は発電所の所在地、シス

表1 発電所システムデータ入力項目

| | |
|---|------------------------------------|
| ① 所在地：福岡県・・・ | |
| ② システム定格容量 (DC)：49.9kW | ③ PCS 定格容量：44kW |
| ④ アレイ方位角：0（度） | ⑤ アレイ傾斜角：10（度） |
| ⑥ アレイ間隔：200（%） | アレイ間隔＝アレイ間距離／アレイ斜辺長 |
| ⑦ モジュールの経年：4 | ⑧ モジュール種類：単結晶、 多結晶 、アモルファス系 |
| ⑨ 設置方式： 裏面開放型（架台設置型） ／屋根一体型／屋根置き型／ | |

資料）筆者作成

表2 北九州地域に設置の低圧発電所（50kW）2カ所の発電量評価結果例

| | 年間発電量 (kWh) | | 推定/実績 (%) | 誤差 (%) |
|--------|-------------|--------|-----------|--------|
| | 推定値 | 実績値 | | |
| 北九州A地点 | 62,039 | 60,473 | 102.6 | + 2.6 |
| 北九州B地点 | 66,316 | 66,704 | 99.4 | - 0.6 |

資料) 筆者作成

テム定格容量など9項目である。

具体的な評価結果として、発電量評価支援システムによる発電量推定値と比較対象の実績値を表2に示す。年間発電量の誤差は3%程度であり、月間発電量の評価誤差はもう少し大きくなった。今後、発電量評価例を増やすことにより、年間及び月間発電量の推定誤差要因を明確にして、発電量評価結果の正しい利用に繋げていきたい。

3) 発電量評価支援システムの利用メリット

発電量評価支援システムの利用メリットとしては以下が考えられる。

(i) 売電収入の妥当性評価とメンテナンスの低コスト化
発電量評価により現在の売電収入の妥当性が分かる。例えばPVシステムの劣化具合が酷い場合、その改善費用と売電収入増加見込量から、投資判断を明確にできる。

また日射計が無くても発電量評価が可能となるため、新規の保守契約ではメンテナンスの低コスト化が可能となり、保守対象を拡大できる。

(ii) 資産価値向上効果とリユース性評価

PVオーナーがシステムの売却を検討する場合、システムの中古市場ではシステムの保守履歴は不可欠であり、特に発電量評価履歴は資産価値の向上において重要な指標です。

一方、改正FIT法を始め諸制度の変更により、当初よりPVシステムの維持費が高くなる傾向にあ

り、今後PVシステムの廃棄やリプレイスの検討が増えると予想される。その際、課題となるのがリサイクル費用であり、使用済みパネルのリユース性評価が可能になると、新規保守契約での重要なPRポイントになるとみられる。

(iii) SDGs達成への貢献

上記利用メリットを活かした活動は、保守・リユースの活性化に繋がり、SDGsのターゲット12.5の廃棄物の発生量削減（リデュース）、及び再利用（リユース）による廃棄物発生的大幅削減に貢献し、企業価値向上に繋がる。

5 PVデジタルプラットフォーム (PVPF) とサーキュラーエコノミー

前項にて「スマート回収支援システム」と「発電量評価支援システム」の機能について解説したが、PV協議会会員の方々にはそれらの機能を簡便に使えるようにする必要がある。そのため両支援システムと利用者とのデータ授受を簡略化できるPVデジタルプラットフォーム (PVPF) を開発し、そのプラットフォーム上で両支援システムを作動させるようにしている。

しかし、最も重要なことは、PVPFを活用した協議会活動を持続可能なものとすることである。そのためにはPV協議会を自立化させ、“保守とリサイクルを両輪とした太陽光発電のサーキュラーエコノミー”を実現する必要がある。PVPFと合わせてサーキュラーエコノミーの関係を図5に示す。

1) PVPFとサーキュラーエコノミー

PVPFが重要なのは、個々の機能が重要であるだけでなく、それらの利用メリットが下記のように連成して、サーキュラーエコノミーを実現できる可能性を有する点である。

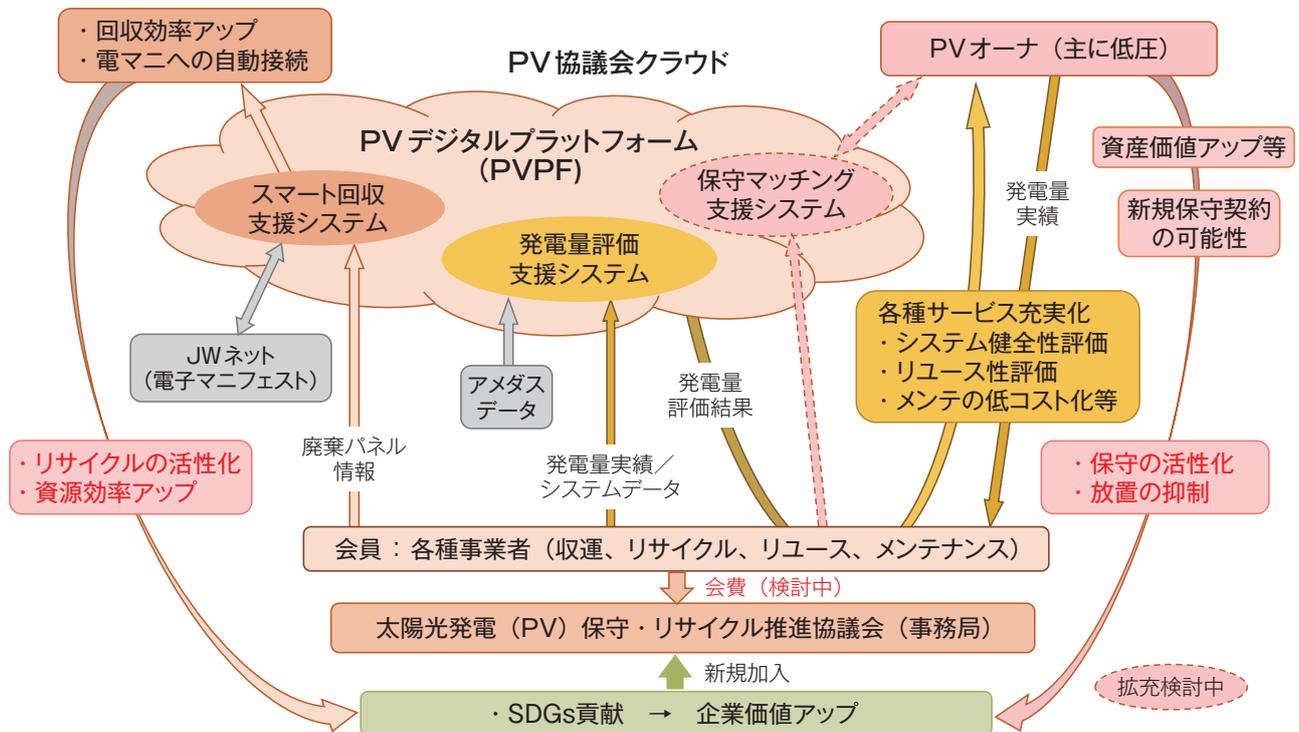
- (i) 各種サービスの充実化
メンテナンス事業者は発電量評価支援システムの利用による前述の“メリット”を生かしたサービスをPVオーナーへ提供する。
- (ii) 保守の活性化
その充実したサービス内容からPVオーナーが保守のメリットを認識すると、新たな保守契約に繋がる可能性が高くなり、保守の活性化、延いては放置の抑制に繋がり、SDGs達成にも貢献できる。
- (iii) 新規会員の増加
PVPFの利用から新規保守契約が増えるとPV協議会加入のメリットが認識され、主にメンテナンス事業者の新規会員が増えると予想される。
- (iv) リサイクルの活性化
保守が活性化するとパネル交換が頻繁に行われ、

交換されたパネルが「スマート回収支援システム」で効率よく回収され、リサイクルの活性化、資源効率アップに繋がる。

- (v) 企業価値の向上
上記活動は保守とリサイクルの両面からSDGs達成に貢献できるため、企業価値向上に繋がる。

- (vi) 好循環の形成
企業価値向上は③と同様に新規会員の増加に繋がり、再び①以下の活動を通して、スパイラル状に循環が拡大・進展し、好循環を形成することが期待できる。好循環を成立させるための必要十分条件は、PVPFの利用メリットが検討中の年会費より大きく、数多くの事業者に入会して頂けることにある。そのため引き続きPVPFを充実させると共にPV協議会のPRを行っていく予定である。

図5 PVPF機能とサーキュラーエコノミーの関係



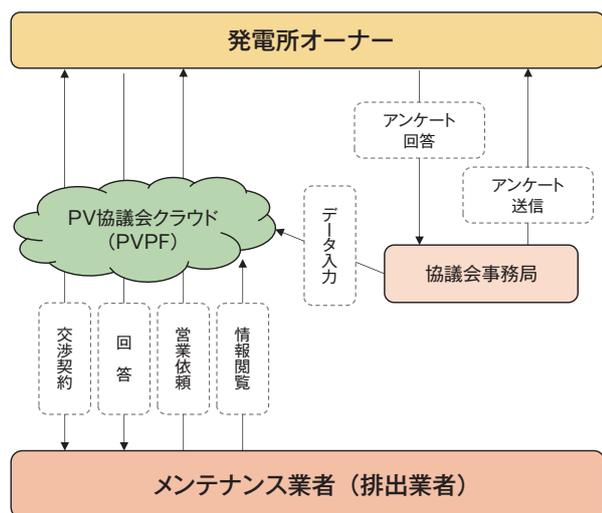
資料) 筆者作成

2) 今後の課題

PVPFのメリットを活かして新規保守契約に繋ぐ一連の好循環を回すには、メンテナンス事業者から新規PVオーナーへのアプローチが重要である。しかしメンテナンス事業者へのアンケート調査結果によると、メンテナンス事業者が発電量評価支援システムの利用メリットをPVオーナーにPRして、保守契約に繋げるアプローチを系統的に行う方法がないことが分かった。

それを解決するにはPVオーナーのニーズとメンテナンス事業者のサービス内容をマッチングさせる「保守マッチング支援システム」の構築が必要であり、PVPFの新たな機能として今後拡充することを検討して行く予定である。「保守マッチング支援システム」の概念を図6に示す。この支援システムの構築に当たっては、PVオーナー（主に低圧）へのアンケート調査によりオーナーニーズを把握し、それらの情報をPVPFのデータベースとして取り込む。メンテナンス事業者はそのデータベースにアクセスし、オーナーとのマッチングを図ることができる。

図6 「保守マッチング支援システム」の概念図



資料) 筆者作成

6 おわりに

“保守とリサイクルの両輪で太陽光発電のサーキュラーエコノミーを実現” させるためには、PV協会会員の皆様と共に協議会事務局が、それぞれの立場で努力する必要があると考えている。

例えばメンテナンス事業者は新規保守契約に繋げる努力、収運事業者及びリサイクル事業者は各立場での低コスト化・効率化努力等である。協議会事務局は多数の事業者に参加頂けるよう、PVPFのメリット、特にSDGs、ESG視点からのPV協会活動の意義を積極的にPRすることなどが重要である。

菅首相のカーボンニュートラル宣言（2020.10.26）以降、SDGs及びESGの視点は重要な意義を持つようになった。その結果、「改正地球温暖化対策推進法」の成立にも繋がり、企業の温室効果ガス排出量情報がオープンデータ化されることになり、企業のリサイクル、リユース等による排出量削減努力などが、CO₂削減効果として定量評価されるようになった。

PV協会でも保守とリサイクル、リユースによる合計のCO₂削減効果をホームページで発信し、会員皆様の企業価値向上に繋がるようにしたいと考えている。

【謝辞】

本稿は、福岡県の重点施策「廃棄太陽光発電パネルスマート回収システムの構築事業」、及び、福岡県リサイクル総合研究事業化センターの研究企画として実施した内容に著者の思いを込めて取り纏めたものです。今、最もホットな「サーキュラーエコノミー」あるいはSDGsへの貢献に係る事業に携われたことに深く感謝致します。また、PV協会会員の皆様に貴重なご意見、ご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

野田 松平

(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 コーディネーター)