

太陽光発電 設計施工・運用管理  
優良事例集

第 5.0 版  
2018 年 2 月 22 日

三菱UFJリサーチ&コンサルティング

## 目次

はじめに	1
検討会委員	2
検討会開催記録	2
I. 設計・施工に関する優良事例	3
1. 設計・施工プロセスの概要	3
2. 工事費用（ソフトコスト）削減に向けた課題	4
3. 費用削減の取り組み	7
3.1 労務単価削減の取り組み	7
3.1.1 概要	7
3.1.2 解説と具体例	7
3.1.3 他の効果、留意点等	8
3.1.4 詳細事例紹介	10
3.2 その他労務費削減の取り組み	11
3.2.1 概要	11
3.2.2 解説と具体例	11
3.2.3 他の効果、留意点等	11
3.3 現場管理費削減の取り組み	12
3.3.1 概要	12
3.3.2 解説	12
3.3.3 他の効果、留意点等	12
3.3.4 詳細事例紹介	13
3.4 人工削減／工期適正化の取り組み	14
3.4.1 現場作業の人工削減	14
3.4.2 標準化	15
3.4.3 手待ちの解消	18
3.4.4 近隣での工事量確保の取り組み	20
3.4.5 必要な技術情報の収集・文書化・共有	22
3.4.6 その他、工期を圧縮する取り組み	26
II. 運用・管理に関する優良事例	28
1. 運用・管理プロセスの概要	28
2. 運用・管理費用削減に向けた課題	29
3. 費用削減・事業化に向けた取り組み	32
3.1 植生管理（除草等）	32
3.2 遠隔監視及び ICT の活用	33
3.3 適切な料金設定／サービス内容の設定	34
3.4 ボルトの増し締めマーケティング	35
3.5 不具合発見から対応開始までの時間の適正化	36

3.6	近隣での案件確保の取り組み .....	36
3.7	地域拠点（サービスセンター等）の設置（高圧／特高を中心とした取り組み） .....	37
3.8	定期点検の現地作業の効率化／最適化（高圧／特高を中心とした取り組み） .....	37
3.9	詳細事例紹介 .....	38

## はじめに

再生可能エネルギーについては、導入拡大を図りつつ、コスト低減を進めることで、将来的には FIT 制度から卒業し、自立的な導入を図っていくことが重要である。そのためには、再生可能エネルギーを、長期間にわたり、低コストで安定的に発電し、社会・経済を支える電源として育てていく必要がある。このため改正 FIT 法には：コスト効率的な導入；リードタイムの長い電源の予見可能性向上を図る価格決定方式；長期安定発電を促す新たな認定制度；が盛り込まれた。ポスト FIT に向けた再生可能エネルギーの長期安定的な発電・自立化に向けて、研究開発、規制改革、地域・産業の基盤整備といった、各種の施策を総合的に実施していく必要がある。

太陽光発電に関する総合的施策は：①低コスト化施策；②長期安定発電の体制構築；③ポスト FIT に向けた太陽光発電の導入（ZEH・VPP）から構成される。この中でも低コスト化対策では、従来からの NEDO 等によるハードウェア低コスト化の研究開発と並び、工事費等のソフトコスト<sup>1</sup>低減に向けた施策が実施されることとなり、その一環として工事費等のソフトコストの低減に資する優良事例を、設計・施工事業者及び保守点検事業者に横展開する「優良事例のナレッジマネジメント」が位置付けられた。

本資料は、ソフトコスト低減に資する、設計・施工事業者及び保守点検事業者の取り組み事例を取り上げ、整理したものである。本内容については、設計・施工及び保守点検に係る事業者はもちろん、発注者である発電事業者や、金融機関などのステークホルダーが参考とすることを想定している。

安全性を確保しつつ作業効率の向上等を実現することで、費用効率性の向上を図る事例を選定するに辺り、「太陽光発電の保守点検、設計・施工等の事例整理のための検討会」を設置し、有識者・事業者から意見を求めた。また保守点検については、別途開催された「太陽光発電設備の保守・点検に関する連絡会議」において検討内容を発表し、出席者の意見を求めた。

---

<sup>1</sup> ソフトコストは、ハードウェア以外の費用を指す。太陽光発電設備の施工に係る主なソフトコストとしては、労務費、現場管理費が挙げられる。

## 検討会委員

### 座長

植田 謙 東京理科大学 工学部電気工学科 准教授

### 委員

池田 真樹 株式会社横浜環境デザイン 代表取締役社長

大関 崇 産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域太陽光発電研究センターシステムチーム チーム長

嵯峨 喜志雄 JFEプラントエンジニアリング株式会社 営業本部太陽光営業部長

西川 省吾 日本大学 理工学部電気工学科 教授

明円 匠 株式会社Loop EPC 事業本部O&M部 部長

森田 知典 株式会社新生銀行 プロジェクトファイナンス部 統轄次長

(敬称略、五十音順)

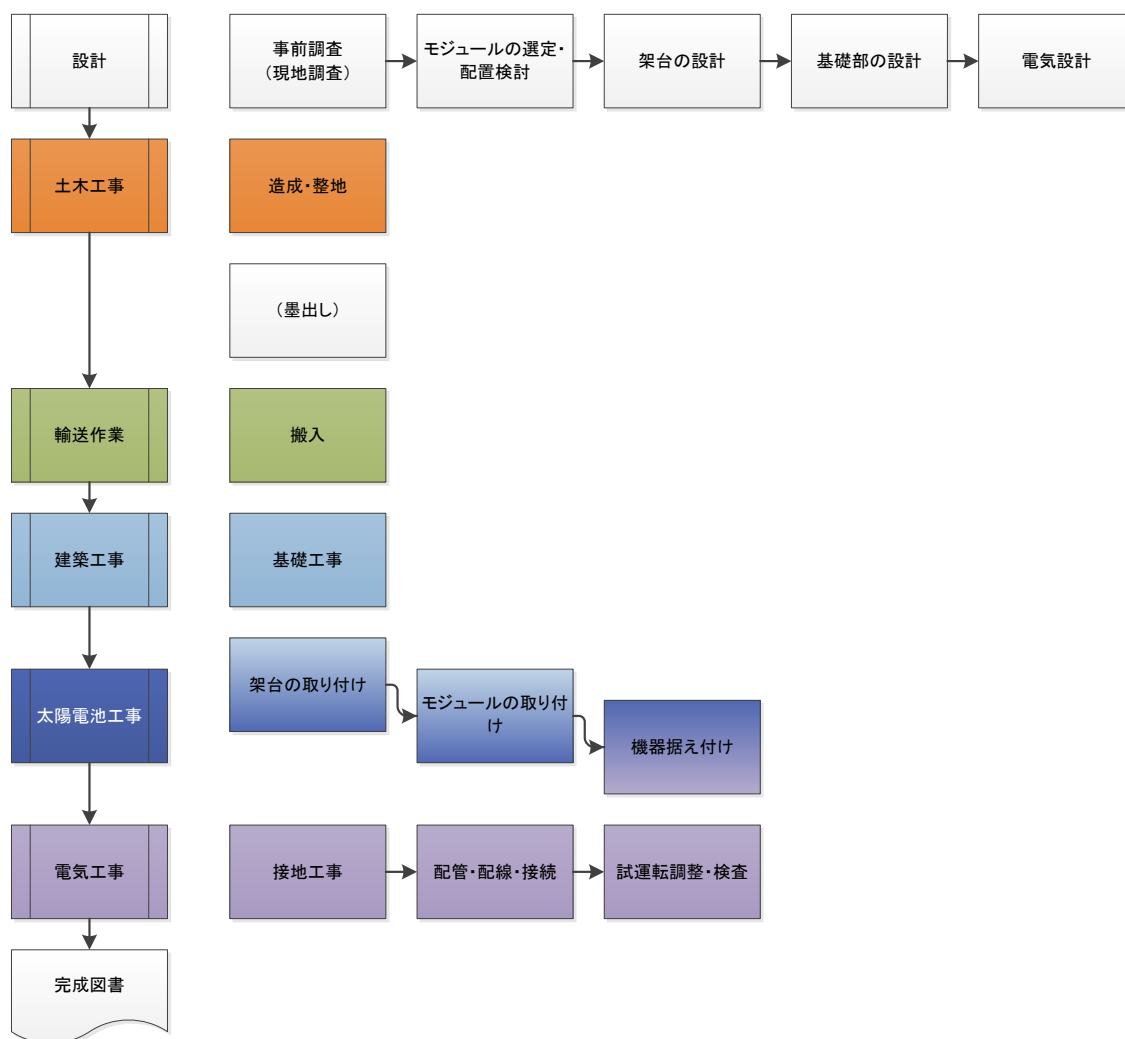
## 検討会開催記録

回	開催日	議事
第1回	平成29年11月7日	<ul style="list-style-type: none"><li>● 検討会の目的と事例調査の進め方について</li><li>● これまで収集された個別事例に関するご意見</li><li>● 事例全体の整理方針に関するご意見</li></ul>
第2回	平成30年1月30日	<ul style="list-style-type: none"><li>● 事例集について（設計・施工）</li><li>● 事例集について（運用・管理）</li><li>● 今後の方針について</li></ul>

# I. 設計・施工に関する優良事例

## 1. 設計・施工プロセスの概要

太陽光発電設備の設計・施工プロセスは、概ね設計（事前調査、モジュール選定・配置検討、架台の設計、基礎部の設計、電気設計）、土木工事（造成・整地）、輸送作業（搬入）、建築工事（基礎工事）、太陽電池工事（架台取り付け、モジュール取り付け、機器据え付け）<sup>2</sup>、電気工事（配管・配線・接続、接地工事、試運転調整・検査）で構成される。完成図書の文書化・提出も、設計・施工プロセスの重要要素である（図 1）。



(資料) 各種資料より MURC 作成

図 1 太陽光発電システムの設計・施工手順の例

<sup>2</sup> ただし架台及びモジュールの取り付けは、建築工事の一部として実施される場合がある。同様に一部の機器の据え付け工事は、電気工事の一部として実施される。

## 2. 工事費用（ソフトコスト）削減に向けた課題

工事費におけるソフトコストの削減に向け、施工業者等（検討会委員を含む）から挙げられた課題は、主に以下のようになった。

### ① 全国的に作業員が不足し、単価が上昇傾向にあること

東京オリンピック関連工事や公共工事の増加により、建設作業員の需要は高まっており、建設工事に係る労務単価は各地で上昇／高どまりしている。多くの施工業者は、建設現場近くでの作業員の確保を目指す、十分な数の作業員の確保が困難なケースが増えている。

- 最大の課題は地元で十分な人数の作業員を確保することにある。（東光電気工事（EPC、施工、O&M））
- 作業員不足は全国的な課題である。（JFE プラントエンジニアリング（EPC、施工、O&M））

さらに、太陽光発電設備の建設件数が低下すると見通した施工事業者が、市場から撤退し始めているという、固有の事情も加わる。経験豊富な技能労働者が市場を去ることで、十分な品質を期待できる人員の確保は、さらに困難となっている。

- 熟練の職人不足が大きな課題と考えている。太陽光施工会社の淘汰で、経験 5 年の職人が消えようとしている。さらに職人が新たな施工技術などを勉強する機会がない。（千葉エコ・エネルギー（EPC、自社保有））

### ② 複数の工種を、異なる技能労働者が分担していること

比較的単純な建築物ではあるが、太陽光発電設備の建設工事もまた、様々な工事で構成され、工程が進むたびに技能の異なる作業員が現場入りし、後工程を引き継いでいく。このため、1 現場で十分な作業量が確保できず割高となるケース、引き継ぎで問題が発生するケース、前工程に遡っての作業のやり直し（手戻り）が必要となるケースが発生する。

- 普及前は、最低 5 つの工種毎に、作業員を確保する必要があった。そして工種毎にまとまった作業量がないこと、工種毎の入出が多いことが、高コストの原因となっていた。（グリーンリバー（EPC））
- 一般的に地上設置型の基礎工事においては、杭の打設工程において微調整にかかる時間的ロスが生じやすい。加えて、打設の不備に伴う手戻りが生じることが多い。かつては、基礎工事用のバフファを 1 週間確保してもなお、後工程に食い込むことがあった。（エネテック（施工、O&M））

なかでも、影の影響や地盤状況に関する調査の不足は、基礎工事の大きな変更につながることもあり、施工費の増加リスクとなっている。

- 元請けによる事前調査（地盤状況、基準出し等）が不十分な場合がある。地盤調査が不十分で、工事に入ってから杭の試し打ち・引き抜き試験が必要になるケースや、地盤が固く杭が打ち込めずコンクリート基礎に変更したケースもある。また木陰の影響を避けるために基礎の位置を変更するなど、現場の状況に応じた対策が必要となり、工数増の一因となっている。（ジャスパー（施工））
- 杭打ち試験が実施されていなかった現場で施工を担当したが、地盤が固く杭が打ち込めなかったために、コンクリート基礎に変更した経験がある。（アルシス（EPC、施工、O&M））

この他、完成図書等の不備により、施工に必須な技術情報を十分に伝達できていないために、現場で追加的な時間を要することがある、という課題も指摘されている。

- 発電事業者が完成図書を管理していない、EPC 事業者が完成図書をそもそも作成していない場合がある。（エナジービジョン（O&M））
- 完成図書のないケースが多い。発電事業者も施工業者も認識が不十分である。（千葉エコ・エネルギー（EPC、自社保有））

### ③ 工程単独での工期の管理・調整が難しいこと

施工業者は安全・品質確保を前提とし、採算速度<sup>3</sup>の実現に向け工程計画を策定・管理している。しかし、前工程のトラブルや工事全体の都合により、工期圧縮が求められるなど、スケジュール通りに進行しなかった際の調整（作業員の追加投入や、作業を進められないまま作業員を待機させる「手待ち」の発生）が必要となるケースがあり、それがソフトコストの増加要因となっている。

- 土地造成工事の遅れにより基礎工事期間が圧縮し、追加作業員の投入が必要になるケースや、反対に手待ちが発生するケースなど、後工程に対する情報不足により無駄が発生することも多い。（ジャスパー（施工））
- 工事費で一番コストがかかるのは工期の超過による人件費の増加である。（ユニバーサルエコロジー（EPC））

---

<sup>3</sup> 最適な工程速度を超えて工期を圧縮すると、割増費用が必要となる（突貫工事）。また工期が長すぎると、固定費が増大する。このため施工費を最小化する速度である採算速度が存在する。



また太陽光発電設備固有の問題として、系統連系協議や、FIT 制度における運転開始期限の設定など、関連手続きに起因する工期の不確実性を問題視する声があがっている。

- 特高の連系協議にかかる期間が 1-2 年以上と長く、EPC の工事開始がずっと先になるケースで EPC 事業者が価格を定めようとする、高めの数値を出すことになる。【検討会委員】
- （運転開始期限の設定による）工期短縮圧力は、労務費増加要因となっている。（東光電気工事（EPC、施工、O&M））

### 3. 費用削減の取り組み

各社のインタビューから得られた、施工に係るソフトコスト削減効果の見込める取り組みを取り上げる。

#### 3.1 労務単価削減の取り組み

##### 3.1.1 概要

必要な技能に応じて工事を区分し、電気工事士等の高単価な技能労働者／専門工事業者への発注量を必要最低限に絞り込む。

**【要件】** 正確な歩掛。低技能労働者への指導力。各地の業者との協力関係。多数の専門工事業者に発注する場合、選定評価能力及び工程管理能力。

**【他の効果】** 電気工事士等、供給の不足する職種の作業員確保にも有効。発注単位の小型化により、地域の中小企業も応札が可能となる。

**【留意点】** 低圧／高圧／特高に共通。ただし小規模な現場ほど、効果は小さくなる。

##### 3.1.2 解説と具体例

労務単価増大の対策としては、電気工事士を中心とする高単価な技能労働者の工数を必要最低限に絞り込むことが挙げられる。従来は電気工事士に依頼していた作業内容から、パネルの据え付け等の単純作業は切り出し、低単価の作業者の工事に組み入れるようにする。

- 電気工事に入るタイミングが重要。協力会社のパネル設置の進捗状況を見ながら電工が入るようにしている。協力会社に直流配線の渡しまで依頼し、接続から電工が行うことにより、電工の作業時間を削減している。(松原電機(施工、O&M))
- 当初は全ての作業を電工が行っていたが、架台の据え付けやパネルの設置作業は、単価の低い普通作業員に割り当てることにより、労務費を抑制している。(日立エンジニアリング(EPC))
- 職種ごとに作業内容を整理し、経験を要する作業と単純作業に分けることにより、労務コストを削減している。以前は単価の高い電工に据付を行わせていたが、現在では土木、据付、電気工事に分けて外注している。(住環境ジャパン(EPC))
- 10年前は、パネル据付も含む多くの工程で電工が作業していた。現在は有資格者のみでの施工箇所(受変電設備、PCS等)とその他(集電箱以降の発電事業者側設備)の仕分けをすることで、施工原価を削減している。(国光施設工業(EPC))

EPC事業者は、分離発注の際に各専門工事の職種編成を見直し、電気工事士等の工事を抽出・統合することで、人工を削減できる。分離発注にはこの他にも、専門工事が小

規模化して中小企業にも応札が可能になる、競争入札を通じて単価削減以上の費用削減が期待できる、といった効果がある。

- 基礎工事、架台+パネル取付、電気工事を分離発注することにより、相見積りしてコストを下げることができる。一括発注より5~10%程度コスト削減できる。
- コンクリートブロックの基礎（500mm角 558個使用）を使用する案件（627kW）において、施工一括で見積もりを取ったところ、コンクリート基礎の価格（部材費）が3,180千円であった。その後、相見積りを取ったところ、トラック便を何回往復させるかなど運搬費によって差が出るのが判明した。この為、現場に近いコンクリート会社を選定し、20回に分けてこまめに搬入する当初の工程を10回程度に減らし、現場に保管する期間を長めにする方策を取った結果、480千円を削減できた。（ソーラーアシスト（EPC、施工））

実践に当たっては、正確な歩掛を把握し、職種構成を適切に見直す工程設計能力が求められる。

- 当初は全工事を有資格者で行っていたが、作業内容を整理し有資格者作業と普通作業に切り分けた。地上設置型50kWでは、総施工工数35人工に対し、有資格作業25人工、普通作業10人工に分け、10人工分の費用を圧縮した。（シバクサ電器（EPC））
- 各工程に必要な人工を職種ごとに把握しているため、単価の高い電気工の人工を減らし、単価の安い作業員の人工を増やすよう実施設計及び工程管理している。（住友電設（EPC））

非技能労働者への指導能力が高い程、単価を下げるができる。

- 工事の依頼の仕方が重要。電線の埋設は労務単価の高い電気工事士ではなく、労務単価の安い作業員に作業をさせるなど、作業指示・発注の方法を工夫し労務費を低減するようにしている。（恒電社（企画開発、EPC、施工、O&M、自社保有））

### 3.1.3 他の効果、留意点等

多数の専門工事業者に発注する場合は、事業者の実施能力を適切に評価し、それに応じて工程を設計し、管理する能力が求められる。特に遠隔地で現地事業者に発注するためには、各地の事業者と協力関係を構築しておく必要がある。

本対策では、受給がひっ迫している電気工事士の人工を減らすことができるため、作業員の確保を容易にする効果を併せ持つ。

ただし分離発注については、管理費用増大や手待ちの発生といったリスクが生じる。このため低圧工事など工事規模が小さい場合、費用削減効果が得られないこともある。

- 以前は基礎・組立・電気と職種ごとに専門業者へ分離発注していたが、現在は九州の専門業者へ一括発注している。その業者は基礎、架台、電気等専門チームを組むことで作業を効率化している。太陽光の経験も豊富で、色々な架台メーカーの施工に対応できる。九州の労務単価が、当県（静岡県）と比べ安いことも奏功している。（スマートブルー（企画開発、EPC、施工、O&M））。
- 従来、基礎工事、架台パネル設置工事をそれぞれ専門業者に発注していたが、手待ちが発生し無駄な費用が発生していた。現在、基礎から据え付けまでを同一業者による一体工事化している。（日本エコシステム（EPC））

### 3.1.4 詳細事例紹介

設計・施工 <b>事例 1</b>	経済最適を目指した職種編成（住友電設株式会社）  工事の編成人員を見直し、低単価の作業員の比率を上げることで、労務費を抑制する。
----------------------	--

#### 背景・経緯

同社は 1990 年代前半に産業用太陽光発電設備の EPC 市場に参入した。発電所の建設作業ということで、当初は多くの作業を電工の担当として工事を編成していた。現在では経験を基に歩掛の精緻化を進め、バリューエンジニアリングに取り組んでいる。

#### 取り組み内容

##### 作業を担当可能な、低単価な職種を探る

同社は労務費抑制のため、主要工種の構成作業ごとに、担当職種を見直している。

例えば電線の接続作業には、電工でも比較的熟練度の高い作業員が必要となる。しかしコネクタの接続作業であれば、経験の浅い電工でも可能である。更に架台の組立や太陽光モジュールの据付は、技術指導があれば、軽/普通作業員でも可能となる。

同社もかつては、技能を要する作業と単純作業の混在する工種を、まとめて電工に担当させていた。現在ではこのような混在を整理し、単価の低い職種へ割り当て可能な作業を切り出すことで、労務費を抑制している。

##### 施工現場を支える職長層の育成と確保

上述のバリューエンジニアリングは、協力会社の職長層によって支えられている。

施工現場では、同社が職長層を技術指導し、職長が作業員を指導する。限られた協力会社に発注を継続することで、同社は職

長層の技術水準の維持・向上を図っている。太陽光発電では、同社の協力会社全体で 100 名近くの職長が在籍している。現場の作業員については、現地採用し交通費・宿泊費を抑制するのが基本だが、同社の技術を熟知する職長は代替のきかない技術基盤であり、出張を含めて手配・確保されている。

#### 原価管理以外の効果

時期・職種ごとの人工を正確に把握することで、建設需要が高い地域での作業員確保の負担が軽減される。

#### 【適用効果の試算】

※以下は事例をヒントに三菱 UFJ リサーチ&コンサルティングが試算したものです。各社の実際の取り組みを表すものではありません。

電工から軽/普通作業員へ切り替えることで、原価は表 1 のように削減できる。

表 1 所定労働時間内 8 時間当たりの単価及び原価削減効果

都道府県名	電工	軽作業員	普通作業員	電工→軽作業員 による原価削減	電工→普通作業 員による原価削減
北海道	19,200	12,800	15,400	6,400 ▼33%	3,800 ▼25%
宮城	19,900	13,900	17,600	6,000 ▼30%	2,300 ▼13%
長野	20,000	14,300	18,000	5,700 ▼29%	2,000 ▼11%
新潟	19,700	15,000	17,100	4,700 ▼24%	2,600 ▼15%
愛知	20,500	14,500	18,900	6,000 ▼29%	1,600 ▼8%
滋賀	19,900	13,200	17,300	6,700 ▼34%	2,600 ▼15%
岡山	18,000	12,400	16,100	5,600 ▼31%	1,900 ▼12%
高知	18,400	13,500	16,000	4,900 ▼27%	2,400 ▼15%
鹿児島	17,200	13,600	15,900	3,600 ▼21%	1,300 ▼8%
沖縄	15,400	13,300	17,200	2,100 ▼14%	-1,800 ▲10%

（資料）国交省「平成 29 年 3 月から適用する公共工事設計労務単価について」（平成 29 年 2 月 10 日）

## 3.2 その他労務費削減の取り組み

### 3.2.1 概要

資材の搬送や簡易な外注工事を内製化する。

【要件】 特になし

【他の効果】 特になし

【留意点】 主に低圧工事を中心とした、小規模な現場に適している。作業内容によっては高い専門性が求められるため、安全性などを慎重に考慮する必要がある。

### 3.2.2 解説と具体例

従来外注していた、資材の搬送や簡易な工事について、自社で実施することにより費用を削減できる場合がある。

- 専門業者に依頼する作業を自社で行うことにより、施工費を削減している。一例として、太陽光発電の付帯工事で蓄電池の設置工事を行ったケースでは、重量物の搬送作業を重量物搬送業者（重量鳶）に依頼すると 28 万円掛ったが、自社で作業した場合 6 万円程度になった。自社の経験とスキルの洗い出しを行うことにより、専門作業の内製化を図っている。（日立エンジニアリング（EPC））
- パネル配置等をメーカーに依頼すると、手間とフィードバックのやり取りに時間がかかる。この為、当社では設計を社内で行っている。社内で設計することにより、現地の調査結果を直接伝えることができ、意思疎通が早くなると共に、問題点の解決を早くし効率向上を図っている。（太陽住建（EPC、施工、O&M））
- 防草・フェンス・杭打ち作業を内製化している。防草シート敷設作業は外注を使うと労務費として 4～5 百円/m<sup>2</sup>かかる。内製化することにより、外注先の利益分を削減できる。（トランスオーシャンプランニング（企画開発、EPC、O&M））
- 購入品は商社の支店止めにし、自社から取りに行く。これにより時間の融通が利くと共に、輸送費も下がる。（太陽住建（EPC、施工、O&M））

### 3.2.3 他の効果、留意点等

内製化が費用削減効果をあげるのは、低圧発電所を中心とした小規模な工事・作業と考えられる。

なお現場で直流ケーブルの端末を処理するケースや、交流集電箱を自社製作するケースも確認された。これらに関しては圧着不良、要求される耐熱性を満たしていない部品の溶解、といった不具合も報告されており、慎重に取り組む必要がある。

### 3.3 現場管理費削減の取り組み

#### 3.3.1 概要

現場近くの事業者へ発注し、現場管理費等を削減。

【要件】 各地事業者との協力関係の構築。

【他の効果】 特になし

【留意点】 低圧／高圧／特高に共通。都度積算して削減効果の確認が必要。

#### 3.3.2 解説

工事現場近隣の施工業者に発注することで、自社社員を出張させた場合にかかる現場管理費（食費等の労務管理費、通信交通費等）を削減できる。移動時間に対しても労務費を支払う必要がある場合は、削減効果はさらに高くなる。

実践に当たっては、信頼できる請負先を確保できるよう、工事組合<sup>4</sup>等を通じて各地の事業者と協力関係を構築することが重要である。

#### 3.3.3 他の効果、留意点等

短工期・小人工の工事では、削減費用の比率が相対的に大きくなるが、現地においても結局交通費が発生するケースや、現地の人手が不足し、人件費単価が高騰しているケースもある。本当に費用が削減できるかどうかは、都度計算する必要がある。

---

<sup>4</sup> 中小企業団体法の下で設置される商工組合の一つ。組合員は出資金や加入金等を負担し、各種事業サポートや共済等のサービスを受けることができる。

### 3.3.4 詳細事例紹介

設計・施工 <b>事例 2</b>	工事組合のネットワークを活用した、現地企業との協力（株式会社イーエスピー）
	工事組合への加入で全国の同業者と連携。工事の特性に応じ、自社施工と現地採用を柔軟に使い分けて費用を削減。

#### 背景・経緯

同社は東京・埼玉・千葉・神奈川エリアを中心に、一般住宅、工場、公共施設等の電気設備工事とその周辺のリフォーム工事や外装工事を営業範囲としている。1997年に住宅向け太陽光発電システムの施工を開始し、現在は50kW未満のシステムを中心に、全国で電気工事を中心とした設計・施工に取り組んでいる。

#### 取り組み内容

##### 現地企業の協力で費用削減

現場が遠隔地の場合、同社は現地企業の協力による費用削減を検討している。

現地の作業者の割合を増やすことは、主に移動交通費と宿泊費の削減効果として現れる。また移動時間に係る工数の削減効果も期待できる。短工期で人工の少ない工事（調査等）では、労務費に対し交通費・宿泊費の比率が大きいため、高い費用削減効果が得られる。他方、労務費の割合が大きい場合、現地採用費用と同社の人件費単価の差が、費用削減に対し支配的になる。市況によっては、大きな削減効果が期待できないこともある（表 2）。

##### 工事組合を通じた人脈構築

各地で他社の協力を得る際に、同社が活用しているのが、工業組合でのつながりである。同社は全日本電気工事業工業組合連合会等、電気工事関連の複数の組合に所属

し、組合役員を務めている。これを契機として、同業他社と人脈を構築し、全国での工事の協力を得ている。

#### 【適用効果の試算】

※以下は事例をヒントに三菱 UFJ リサーチ&コンサルティングが試算したものです。各社の実際の取り組みを表すものではありません。

現地企業の協力を得ることが、必ず費用削減に結びつくとは限らない。表 2 は短工期・近県工事と、長工期・離島工事の 2 ケースにおける、自社施工と協力会社施工の計算例である。離島では現地採用者についても移動費がかかること、現地採用に追加費用が必要なことから、大きな削減効果が得られていない。

表 2 協力会社施工効果のケーススタディ

ケース	費目	削減効果		削減率
		自社施工	協力会社施工	
近県 0.5人日	交通費	高速代、ガソリン代 15,000	実質移動なし 0	<b>87%</b>
	人件費	移動0.5日+実働0.5日分 30,000	実働0.5日分 15,000	
	合計	<b>45,000</b>	<b>15,000</b>	
	宿泊費	4人×20日 400,000	1人×20日(職長のみ自社) 100,000	
離島 84人日	交通費	東京往復4人 360,000	東京往復1人+近県往復3人 240,000	<b>0.6%</b>
	人件費	自社4人×21日 2,500,000	(自社職長+他社3人)×21日 2,900,000	
	合計	<b>3,260,000</b>	<b>3,240,000</b>	

(資料) 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成



### 3.4 人工削減／工期適正化の取り組み

#### 3.4.1 現場作業の人工削減

##### (1) 概要

現場作業の一部を事務所で済ませておくことや、作業そのものの省略等で人工を削減する。

【要件】 機能・安全・環境上の問題がないことの確認と、発電事業者の同意。前後工程の工事業者との調整。メーカーの協力。

【他の効果】 特になし

【留意点】 運用・管理を含む長期的な費用削減につながるかどうか、十分に検証する必要がある。

##### (2) 解説と具体例

屋外ではなく屋内の方が効率的な作業については、現場搬入の前に済ませておくことで、作業を効率化できる。その他、手戻りの防止を意識したレイアウトの工夫、といった取り組みも見られる。

- パネル取付金具は、事前に自社事業所で穴あけ加工等を済ませておく。電線は図面で配線長を算出し、事前に加工しておく。現場では図面の指示に従って、コネクタを差すだけの作業とする。事前作業の内容は工場でも現場でも変わらないが、環境が整っている工場で作業する方が、効率が良い。(ミナト電気 (EPC、施工、O&M))
- 架台は現場で組み立てていたが、倉庫で仮組をしてから出荷することにより、現場での準備作業が1~2時間程度削減できた。(匿名2)
- 直流ケーブルの母線が短くなるように設計している。またパネルのプラスマイナスが回路ごとに揃うようレイアウトする。ケーブルの母線長の短縮による部材費削減効果と、ケーブル接続ミスの防止効果がある。(松原電機 (施工、O&M))

大型設備が関係する場合は、メーカー等との作業分担や、専用設備の開発も進められている。

- 施工者の確保が困難となっていることを受け、現場での工数削減を目的として、PCS と昇圧設備をキュービクル等に予め設置した上で搬入している。これにより現場での施工は、外線を接続するのみとなる。なお、搬入前の作業はメーカーの協力を得て、メーカーの作業員が工場で行っている。(きんでん (EPC))
- インバータメーカーと協力し、コンテナ型、キュービクル型の2種類のインバー

タ収納設備を開発した。大型のコンテナ型カバーを用いることで、必要な周辺設備を繋いだ状態での搬入・据付が可能となり、人工削減を実現できた。(JFE プラントエンジニア (EPC、施工、O&M))

### (3) 他の効果、留意点等

これらの取り組みが、後工程や運用・管理以降の段階に悪影響を及ぼさないかどうかについては、十分に検証する必要がある。例えば、地上設置型の工事において、ケーブルを地上に這わせる「ころがし配線」とすることにより、人工を削減するという取り組みが見られるが、この工法については運用・管理段階での費用を増大させる懸念が指摘されている。

- 標準工事改善例の一つには、ケーブルの地下埋設化が挙げられる。以前は地上に這わせていたが、除草時の誤断線、被覆の紫外線劣化、温度上昇に伴う電気抵抗増といった悪影響が明らかになってきたことから、これを回避できるようにした。(Loop (企画開発、設計、施工、キット販売、O&M、自社保有))

## 3.4.2 標準化

### (1) 概要

資材・作業内容等を標準化することで、技能が早く習熟し、人工を削減できる。

**【要件】** 関連資材の長期・安定供給。機能・安全・環境上の問題がないことの確認。マニュアル等標準に係る文書整備。発電事業者の特別注文への対応力。

**【他の効果】** 要求技能の単純化が、事業拡大や技術継承を容易にする。

**【留意点】** 運用・管理を含む長期的な費用削減につながるかどうか、十分に検証する必要がある。

### (2) 解説と具体例

全てオーダーメイドにするのではなく、使用する資材や基本設計を絞り込むことで、設計・調達・施工等を単純化できる。設計から施工までの人工や資材費を削減できることはもちろん、作業員が習得すべき知識や技能を絞り込むことで、教育・習熟の効率化も期待できる。

- 設計を標準化している。アレイ構成は 4 段を基本とし、積雪・風荷重を加味し修正を施している。また類似物件については、CAD データを活用し流用率を高めている。(アルシス (EPC、施工、O&M))

- パネル構成と架台を標準化する。これにより取付金具や副資材、施工方法を統一できる。(ミナト電気 (EPC、施工、O&M))

特に作業員の習得すべき知識や技能を絞り込むことは、複数の工事を跨ぐ専門性を身に着けることを容易にすることで、太陽光発電事業所建設に関する多能工化を可能にし、手待ちの解消に結びつくと期待される。

- 土地造成、基礎工事、架台設置、パネル据付について、単能工から多能工へシフトした。多能工と言っても熟練作業員の養成を志向している訳ではない。主に基礎工法の単純化及び標準化により、多能工化を実現した。(グリーンリバー (EPC))

標準化にあたっては、関連資材の長期・安定供給が確保されること、機能・安全・環境上の問題がないことが要求される。また徹底のためには、マニュアル等の標準文書を整備することが有効と考えられる。標準化された設計・施工で対応できない現場・発電事業者の希望は、特別注文として対応することが期待される。

### (3) 他の効果、留意点等

施工費用の削減効果だけでなく、拡販や技術継承が容易になるという効果も期待できる。

標準技術として選ばれた技術が、運用・管理を含む長期的な費用削減につながるかどうかは、事前に十分に検証する必要がある。

#### (4) 詳細事例紹介

設計・施工 <b>事例 3</b>	資材を中心とした標準化の徹底 (匿名 2) 架台を中心に使用する資材を限定し、社としての標準工法を確立。施工技術の習熟・改善を加速。
----------------------	---

##### 背景・経緯

同社は 1994 年に家庭用の、2004 年に産業用の太陽光発電設備の市場に参入した。現在では 300kW 程度の規模の設備を中心に、企画立案、設計・施工、運用・管理を業務としている。また同社は参入初期に屋根用架台の自社開発に成功し、以降改良を重ね、架台メーカーとしても活動している。

当初は全ての案件に個別対応していた同社だが、近年は標準化を志向して業務内容を体系化している。

##### 取り組み内容

###### 架台を中心とする標準工法の確立

同社は標準的に使用する架台、パーツ、金具等を絞り込むことで、業務内容を定型化し、効率化を図っている。

現地調査では、必要な項目と手法を明確にし、正確な情報を過不足なく設計・施工に引き継ぐようにした。設計は CAD 上でパターン化し、作図工数を削減している。施工でも工法を標準化した結果、作業員の習熟が加速し、工数が削減されている。

標準化に取り組むまで、同社は現場毎に与えられた環境での最適解を探る、というやり方で臨んでいた。企画提案までの時間も長引いていたうえ、資材の特注・改造等が度々発生し、工期全体が長びく傾向にあ

った。現在では標準メニューで対応できる内容が短期間で判明する。顧客がそれ以上の内容を求める場合は、別途対応している。

###### 架台の設計・開発力が標準化の基盤

同社の体系的な標準化は、特に競争力の高い技術である架台を中心に進められた。

同社の屋根用架台の開発は、風洞実験や耐風シミュレーションを含む高度な内容であった。同社の架台を初めて使用する協力会社には、同社が技術指導している。標準化の取り組みを、自社業務の中核となっている架台を中心に進めることで、同社は高い費用削減効果を得ている。

##### 原価管理以外の効果

標準化以前は、企画・見積もり段階から同社の技術者が担当する必要があった。しかしマニュアル化されてからは、これら初期の工程は、代理店だけでも対応が可能となっている。

それまで暗黙知として習得されてきた技術が形式知となったことで、技術継承・習得にも好影響が現れている。

### 3.4.3 手待ちの解消

#### (1) 概要

工程管理の徹底、一体工事化・多能工化、自社施工、隙間時間の活用等により、手待ちを解消する。

**【要件】** 正確な歩掛。工程設計・管理能力。協力会社との連携。一体工事を発注できる協力会社との関係構築。

**【他の効果】** 電気工事士等、供給の不足する職種の作業員確保にも有効。

**【留意点】** 一体工事化・多能工化、自社施工、隙間時間の活用は、低圧工事を中心とした小規模な現場で特に有効。

#### (2) 解説と具体例

前工程の遅延等により発生する手待ちは、基本的にはEPCを中心とした工程設計・管理による解消が求められている。

- 工程管理を精密化する、例えば部材の納入のタイミングを現場の進捗に合わせることで、工事班の手待ちをなくすことにより、工事を連続させる。(恒電社(企画開発、EPC、施工、O&M、自社保有))
- 土地造成作業と杭打ち作業が重ならないよう工程を調整し、作業員が現地入りし次第作業に取り掛かれるようにしている。(相和電気工業(EPC、O&M))
- 資材の配送時間を細かく指定し、協力会社が荷受けで作業を中断する時間を削減する。現場へ直送することで、運送員2人×半日=1人工の削減になる。(シバクサ電器(EPC))

他方、前後の工程を一体化して発注することで、手待ちを無くす取り組みも、低圧工事を中心に進められている。

- 以前は基礎・組立・電気と職種ごとに専門業者へ分離発注していたが、現在は九州の専門業者へ一括発注している。(スマートブルー(企画開発、EPC、施工、O&M))。
- 従来、基礎工事、架台パネル設置工事をそれぞれ専門業者に発注していたが、手待ちにより無駄な費用が発生していた。現在、基礎から据え付けまでを同一業者により一体工事化している。(日本エコシステム(EPC))
- 業者によっては工種を跨り作業を発注でき、作業を連続化することによりコストを低減できる。足場業者が杭打ちや架台組み立てに対応できるケースもある。工期を早めに押さえておくことで、そのような業者を選定できる。(住環境ジャパン(EPC))

- 土地造成の段階でケーブル用配管の埋設を協力会社に依頼することで、当社は地上設置型のケーブルラックにかかる調達費及び施工にかかる労務費を削減している。これにより、メガソーラーの場合の削減額は、数百万円に上ることもある。(エネテク (施工、O&M))

外注ではなく、自社技能労働者の多能工化により、手待ちを解消する取り組みも、低圧工事を中心に進められている。

- 工事は主に電気工事と屋根工事に分かれる。別々の協力会社に依頼すると、2人工×2=4人工かかるが、自社施工で1人がどちらの工事も兼ねる形にすると1.5人工+1.5人工=3人工(-1人工)で済む。(デンカシンキ (施工))
- 作業員の多能化を図っている。一人に対応できる範囲を広げることにより、人工の削減を目指している。(イーエスピー (施工、O&M))
- 社員の多能化を進めている。低圧50kW(過積載140%-70kW)の規模で80本の杭打ち作業を外注すると労務費として約200千円(2.5千円×80本)かかるが、当社作業員と外注作業員(重機操作)で施工すると100千円となり、大幅なコスト削減を実現できる。(シーエフ (施工、O&M))
- 土地造成、基礎工事、架台設置、パネル据付について、単能工から多能工へシフトした。多能工と言っても熟練作業員の養成を志向している訳ではない。主に基礎工法の単純化及び標準化により、多能工化を実現した。(グリーンリバー(EPC))

自社施工作業員の隙間時間を手待ちとせず、簡易作業に利用する取り組みも見られる。

- パネル取付金具は、事前に自社事業所で穴あけ加工等を済ませておく。電線は図面で配線長を算出し、事前に加工しておく。現場では図面の指示に従って、コネクタを差すだけの作業とする。現場を15時に終わって会社に戻り作業をするなど、空いた勤務時間を有効活用している。(ミナト電気(EPC、施工、O&M))
- パネル据え付けの工程では、手が空いた作業員は並行して防草シートとフェンス貼りを行うように工程を組んで、手待ちをなるべく減らすようにしている。別々にやった時に比べて約10%、人工を削減できた。(松原電機(施工、O&M))
- フェンス工事を外注すると10千円/m(部材費+労務費)程度であるが、フェンスの部材費は4~5千円/mであり、自社施工することにより外注会社の利益分を削減でき、さらに資金の外部流出が減る。また、勤務の空き時間に施工が可能であり、生産性向上が図れる。防草シート工事についてもフェンス工事と同じく、勤務の空き時間に施工が可能であり、外注時1.5千円/m<sup>2</sup>(部材費+労務費)に対し、部

材費は半分程度の為、自社施工によりコスト削減と資金の外部流出が減る。(シーエフ (施工、O&M))

### (3) 他の効果、留意点等

人工を削減するこれらの取り組みは、電気工事士等、供給の不足する職種の作業員確保にも有効と考えられる。

#### (4) 詳細事例紹介

<p>設計・施工 事例 4</p>	<p>手戻りや手待ちを最小限に抑える現地調査・設計の徹底（株式会社アルシス）</p> <p>入念な事前調査を基礎設計に反映。基礎工事に必要な試験・調査を徹底することで手戻りを回避し、計画通りに工事を進める。</p>
-----------------------	---

##### 背景・経緯

同社は住宅設計・施工業を起点として、2004年に住宅用太陽光発電設備の設計・施工市場に参入、2012年から産業用市場に参入した。現在ではメガソーラーやソーラーシェアリングを含む、広範な太陽光発電設備全般を対象に、企画立案から保守点検までの全段階を事業範囲としている他、発電事業にも参入している。

同社は元請としての受注を目指す等、稼働率向上を目指す取り組みを進めている。

##### 取り組み内容

###### 調査不足・設計ミスによる施工費増を回避

同社は手待ち・手戻り削減のため、詳細に事前調査し、設計に反映している。

例えば建物の影の位置に関する調査が不十分な場合、現場でモジュール配置を再検討する必要が生じる。また配線経路の検討が不十分な場合も、現場で追加的な工数を要する原因となる。同社ではこれらを回避するため、モジュール配置はもちろん、影の影響や配線経路も、基礎設計の段階で全てCADで図面化している。

また同社は、他社の調査結果に基づいて杭打ちの計画を立てたものの、実際には地盤が強固で杭が打てず、コンクリート基礎に変更した経験がある。このような手戻りを回避するために、杭打ち試験、引き抜き

試験、地盤調査も入念に実施している。

##### 現場トラブル情報を設計に反映・蓄積

同社はトラブルの経験を極力設計改善に反映するよう取り組んでいる。

同社では、設計には施工の現場経験の豊富な人員が配置されている。これにより、通常時に現場のノウハウを極力、設計に反映させることで工数を削減している他、現場で発生したトラブルについても、可能な対策を設計に取り入れている。

##### 原価管理以外の効果

設計上のノウハウは、CADデータとして目に見える形で同社に蓄積される。この成果は次以降の設計のベースとして必要に応じ流用され、同社の技術水準の基盤を形成する。また設計の標準化のベースとしても利用される。



### 3.4.4 近隣での工事量確保の取り組み

#### (1) 概要

車移動1時間の範囲内で、同時期にまとまった工事量を確保し、現場管理費等を削減。

【要件】 発注側では案件開発能力及び工程設計・管理能力。施工業者側では営業・受注能力。

【他の効果】 短期間での技術の習熟が見込めるため、新人のOJTにも効果的である。

【留意点】 低圧／高圧／特高に共通。ディベロッパーを中心とした取り組み

#### (2) 解説と具体例

同時期に近隣で多数の工事現場を用意し、それを限られた施工業者が担当することになれば、現場管理費（食費等の労務管理費、通信交通費等）を削減できる。移動時間に対しても労務費を支払う必要がある場合は、削減効果はさらに高くなる。

ディベロッパー側では、案件開発を短期・局所に集中させることで、施工費用削減を図る例が多く見られる。移動時間1時間以内、というのが目安と考えられる。

- 事業展開地域を淡路島に限定することにより、現場への移動時間が1時間以内になる。これにより施工自社が可能となり、また複数の太陽光発電設備の施工現場を効率よく回すことができるため、施工コストを抑制できる。（スマイルあわじ（EPC、施工、O&M））
- 事業展開エリアを車で1時間圏内に集中させている。（エコリードイノベーション（企画開発、施工、O&M））
- 車で1時間以内（半径40km程度）の地域に限定して事業を展開している。地域を限定することにより、元請けとして事業を展開できる。（シーエフ（施工、O&M））
- 複数工事をグロスで外注することで費用を削減できるケースがある。896kW、5物件（高圧、低圧混在）のパネル設置工事では、工事期間が3か月間に集中したことと、現場が近かったことにより、当初見積22,820千円に対し最終見積もりは19,500千円となった。（ソーラーアシスト（EPC、施工））
- 所定のエリアを選定し、不動産業者などと連系し、雑種地や山林などを買収または借り受けることで、工事案件をまとめ発注できるようになる。以前は分譲したが、現在は高圧物件や低圧物件を混在させた状態で、その地形や大きさに合わせ設計し販売している。工程設計としては、1件毎完成させていく場合と工程ごとのチームが現場を渡り歩き工程間の手待ちが生じないよう其々の仕事を流れ作業で行っていく場合があり、下請け業者と自社施工チームの協力体制を話し合い決めている。費用を30～40%削減できる。（スマートブルー（企画開発、EPC、施工、

O&M))

発注側は、案件開発能力に加え、工程設計・管理能力が求められる。

- 墨出し、スクリー杭と架台搬入、スクリー杭打設、配管埋設、防草シート敷設、フェンス設置、架台組立て、パネル搬入、パネル取付け、直流配線、交流側電気工事ごとに、作業者の配置と時間配分を工夫することにより実現している。(スマイルあわじ (EPC、施工、O&M))
- エリア毎に施工業者を絞り込むことで 1 社当たりの発注規模を増やし、コストメリットを出している。各社に明確な発注量を割り当てるわけではなく、年度初めに容量帯別に業者より見積もりを取っている。見積もりを取る際、発注量の見通しは立てていない。その年度の FIT 単価を基に価格をシミュレーションし、その結果と対比させながら業者より参考見積を取っている。(鈴与商事 (EPC))

受注する施工業者側でも、工期と地域をまとめることによる費用削減効果は強く意識されている。まとめて受注したうえでリソースを一か所に集中し、現場を逐一終わらせていく、という方法も提案されている。

- 施工を引き受けるのは、車で当社から 1 時間以内に到着できる範囲に限定。距離が遠いと経費が掛かるので不可能。費用削減には、施工地域を絞りこむことが有効である。(アズマ (施工))
- 複数の現場で工事を行う場合、以前は作業者を複数の現場に振り分け、例えば架台工事やパネル据え付けを 2~3 人で作業していた。現在は作業現場を一か所に集中させている。架台工事やパネル据付作業に 6~7 人投入し、作業効率の向上と工事期間の短縮、及びそれに伴う交通費及び宿泊費を削減している。(ミナト電気 (EPC、施工、O&M))

### (3) 他の効果、留意点等

この取り組みは、案件開発能力を持つディベロッパーを中心とした取り組みと言える。費用削減の他に、短期での技術習熟効果を発揮すると期待されている。

- 近接地域でまとめて案件開発する。エリアと工期をまとめることで施工費を抑制できる。新人が入ってきても OJT で経験を早く積めるので、結果的に教育コストも抑制できる。(アクト (企画開発、EPC、施工、O&M))

### 3.4.5 必要な技術情報の収集・文書化・共有

#### (1) 概要

EPC 及び各工程の施工業者の間で、重要な技術情報が適切に収集・文書化され、共有されるようにし、手待ち・手戻りの発生を予防。

**【要件】** EPC 側の設計図書・仕様の文書化能力。共有のためのコミュニケーション能力。事前調査の徹底。社内共有のための情報管理手順の整備。

**【他の効果】** 工事品質の向上。設計の高度化、施工・O&M の改善。標準化の促進。設計図書の完備は O&M において重要である。

**【留意点】** 設計図書は低圧工事で軽視されがちである。情報共有の重要性は、工事規模が大きい程高まる。発注先の固定化や細かすぎる指定は、費用増大リスクにもなる。

#### (2) 解説と具体例

必要な連絡・情報共有の失敗による手待ち・手戻りの発生は、工期管理上は最も回避すべき事態の一つである。主な共有媒体は設計図書と仕様書であるが、必要に応じ、写真を使う例も見られる。

- 全体のアレイ配置、配線経路、荷下ろしの位置等、完成図をできるだけ明確に、現場の電工が把握できるように、伝え方に配慮している。工事規模が大きいほど、一人一人の作業範囲が限られるようになるため、特に注意が必要となる。(松原電機 (施工、O&M))
- 図面での指示が重要と認識している。当社の事前測定の結果に基づき、杭打ち箇所のみ示、配線図の作成等を行うことで、現場での作業時間を短縮している。(相和電気工業 (EPC、O&M))
- 外注する際は、工事仕様書を協力会社へ提示している。事前に当社の要求仕様を明示することにより、相互の誤解を防止している。ケースをパターン化して B 材の材料指定まで細かく行っており、これにより協力会社の手戻りはある程度抑制できた。(松原電機 (施工、O&M))
- 安全基準と基本仕様を記載した施工仕様書を作成し、協力業者へ当社の要求基準を提示している。これにより、手戻りを回避できるようになった。(鈴与商事 (EPC))
- 電気設備基準・内線規程・メーカーの施工仕様を基に、施工基準を策定し協力会社へ提示することにより、施工品質の担保を図ると共に、現場での手戻りや予定外作業の削減を図っている。(日立エンジニアリング (EPC))
- 工期短縮、手戻りの防止のため、2015 年からは協力会社向けの施工仕様書を作成し、周知徹底している。施工仕様書は PCS の取り付け位置、ケーブル径、B 材の

選定基準などを決めた全 47 ページのもので、工期管理と品質管理の両面で効果を発揮している。仕様書運用後は、ほぼ工期延長がなくなった。協力会社からも歓迎されている。(ユニバーサルエコロジー (EPC))

- 仕様書に当てはまらないことは事例写真を手元に準備することでイメージの齟齬がないように工夫している。(松原電機 (施工、O&M))

各社は施工に係る仕様の他、現地事前調査を重視している。

- 初期の現地調査・測量から施工管理まで、同一の社員が一貫してかかることで、工程間の打合せ削減、連絡ミスによる手戻りなどを防止している。(シバクサ電器 (EPC))
- 現場調査では梁、母屋、垂木の位置、高さ、長さ等を正確に計測し、それを架台設計に反映させる。これにより現場の設置作業で一番時間のかかる調整作業をほぼゼロにできる。(アズマ (施工))
- 現地の事前調査を自社で実施している。その際、杭打ち・引き抜き試験を行い、地盤の状況も必ず確認を行い、施工の手戻り・工法変更などの後戻り作業の削減を図っている。そしてモジュールの配置・影の影響・配線経路等すべて CAD で図面化し、現場で考える時間を極力少なくしている。例えば、影の影響を避けるためのモジュール配置の修正、ケーブルの配線ルートを考える時間を削減できる。(アルシス (EPC、施工、O&M))
- スクリュー杭の打設の位置決めを自社で行い、さらに自社の重機で作業することで、効率化 (手戻りを防止) している。(エネテク (施工、O&M))

コミュニケーション上の工夫としては、協力会社の固定と、EPC 側の担当社員の固定が挙げられる。

- 協力会社を固定し、意思疎通を密にすることにより、打ち合せ時間の短縮、手直し作業の削減、作業時間の短縮を実現している。固定する前に比べ、総工数で 2 人工程度削減している。(シバクサ電器 (EPC))
- 設計は現場で施工の経験を積んだ人間が担当し、現場のノウハウを織り込む。また現場で発生した問題は設計にフィードバックし、ナレッジの蓄積を図っている。(アルシス (EPC、施工、O&M))
- 設計に関しては新商品や技術を検証する担当を一人配置して精査し、その結果を他の設計工事の社員に適宜フィードバックして工事全体に反映されるようにしている。(ユニバーサルエコロジー (EPC))

### (3) 他の効果、留意点等

費用削減以外の効果としては、事業者間での情報共有は、工事品質の向上効果がある。社内の設計・施工管理・O&M 部門間での情報共有は、中期的な設計の高度化、施工・O&M の改善、各種標準化の基盤となる。設計図書の完備は O&M において重要である。

設計図書は特に、低圧工事で軽視されがちである（高圧以上の案件では、完成図書提出が融資条件となっているため問題にならない。）。

整備情報共有の重要性は、工事規模が大きい程高まる。発注先の固定化や細かすぎる指定は、費用増大リスクにもなる。

#### (4) 詳細事例紹介

設計・施工 事例 5	現場のコミュニケーション及び工程の日常管理の徹底（株式会社太陽住建）
	スタート時に分担や手順を共有。毎朝の段取り・配置確認に加え、毎昼には現状に基づき作業方法や作業員・資機材配置を見直し、出来高を確保。

##### 背景・経緯

同社は 2011 年に住宅用・産業用太陽光発電設備の設計・施工市場に参入した。主に 500kW 以下の設備容量を対象としている。同社が外注するのは、土地造成と基礎工事のみであり、設置前の現場調査、工事、設置後 10 年間の年一回の設備点検を全て同社の社員が実施することで、社員の施工管理能力を高めている。

##### 取り組み内容

###### 綿密な作業計画を、状況に応じさらに調整

同社では工期順守のために、施工現場での作業計画の共有と、状況に合わせた調整を徹底している。

まず着工時にスタートミーティングを実施し、作業員全員の役割分担と手順を共有する。工期中は毎朝、当日の段取りと人員配置を確認して作業を進め、昼の段階でさらに現状を確認し、必要に応じ作業方法の改善や作業員・資機材の配置変更に取り組む。例えば陸屋根の架台設置時、前日に降った雨の影響で水溜りが出来てしまった場合、2名で水切り道具を使用して水溜り除去を担当させ、残りの作業員は水溜りの除去が完了した所から地墨を出し、架台設置を手順に組み替えて対応している。

施工現場では想定外の事態に直面することが多々あり、通常は人員配置と工期に余裕を持たせることでこれに対応している。同社は日常管理の徹底により、当初は 5～6

人を配置していた工事を、現在では 3～4 人で対応できるようになっている。

###### 自社社員への技術・ノウハウ蓄積で対応力強化

現場の状況に同社が柔軟に対応できるのは、十分な技術・ノウハウが同社社員に蓄積した結果である。

市場参入当初、同社では中核となる社員が協力会社に出向き、技術を習得していた。習得された技術は主に OJT で他の社員にも継承され、現在の同社は、自社社員による施工が可能となり、業務経験を通じた技術・ノウハウの蓄積が可能となっている。

同社では、施工を担当する社員が、設置前の現場調査や設置後の点検も一貫して担当する。施工段階を中心とする設備のライフサイクル全般について一貫した経験を蓄積することで、柔軟な対応力を裏付ける総合的な技術力が培われている。

### 3.4.6 その他、工期を圧縮する取り組み

#### (1) 概要

独自の工区設定により、経済速度を実現

【要件】 EPC の工程設計・管理能力。

【他の効果】 電気工事士等、供給の不足する職種の作業員確保にも有効。

【留意点】 特殊な工法をとる場合、施工業者が限定されるリスクが生じる。

#### (2) 解説と具体例

経済速度を実現するために、独自のコンセプトの下で工区割や工程設計・施工管理を行う EPC 事業者の例が見られた。

- 一般的には各工程を完了してから次工程を開始するところを、当社は杭打ちの終わった箇所から架台の設置を進めていくといった具合に、施工可能な工事を連続して進めている。出面は増加するが、工程間の引き継ぎの手間や時間を省くことが可能なため、全体の工期は短縮される。実践に当たっては設計と施工管理の連携が重要であり、当社では設計者と施工管理者が同一部署に在籍し、綿密に調整することでこれを可能にしている。(エクソル (EPC、施工、O&M))

#### (3) 他の効果、留意点等

人工を削減するこれらの取り組みは、電気工事士等、供給の不足する職種の作業員確保にも有効と考えられる。

発注者が特殊な工法を指定する場合、受注可能な施工業者が限定され、費用が増大するリスクが生じる。

#### (4) 詳細事例紹介

設計・施工 <b>事例 6</b>	作業の均等化、工程速度の最適化、工区の最適化（東光電気工事株式会社） 山積み・山崩しで人員を平均化し、最適な工程速度を実現。小型重機で対応可能な工区分割し、経費削減。
----------------------	--

##### 背景・経緯

同社は長年の送電線建設事業で培った技術力を活かし、主に産業用の太陽光発電設備の EPC 事業を展開している。施工単価が上昇するなかで、バリューエンジニアリングにより取り組み費用を削減している。

##### 取り組み内容

##### 作業の均等化と経済工程速度の実現

同社は全人工を全工期に渡り極力平準化させ、経済速度に近い工程を実現している。

同社では各工種の施工量から、必要な人員を工程ごとに積み上げた後、作業の余裕日を利用して人員を平均化するように工程計画を立てている。この際全工程を通じて、極力同じ作業員に担当させることができれば、習熟効果による人工削減も期待できる。またこの際、品質とコストの両面から、工程速度を最適化している。

山積み・山崩しによる作業均等化では、作業の集中を避けて施工速度を均一にできるため、労務費を抑制できる他、作業員を安定させることで、協力会社で発生する費用も削減できる。そして工程速度については、出来高当りの原価を極小化することにより、経済速度を実現できる。

##### 工区設計の最適化

この他同社では、現場を適正な規模の工区に分けることで、費用削減している。

架台組立工事及びパネル据付工事におい

て、以前同社は①架台資材搬入、②架台組み立て、③パネル搬入（1か所に集積）、④アームの長い大型クレーンで、資材置場から据付作業員にパネルを搬送、という手順をとっていた。現在では、①架台資材とパネルを同時に搬入、②パネルを複数の資材置場に集積、③小型クレーンで据付作業員にパネルを搬送、という手順をとっている。

このように実質的に細かい工区に分けて段取りすることにより、搬入工数の半減と、クレーンのレンタル費用の削減を実現した。

##### 原価管理以外の効果

同社においても、建設現場における作業員の確保は大きな課題となっている。

上述した均等化等の工程計画は、必要最低限に近い作業員での工事を可能とするものでもあり、作業員確保の観点からも重要な取り組みとなっている。

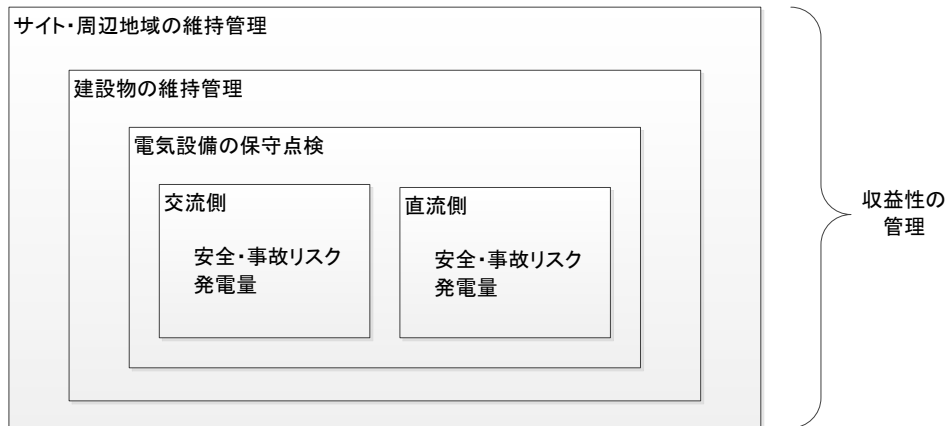


## II. 運用・管理に関する優良事例

### 1. 運用・管理プロセスの概要

運用・管理には、電気設備を中心に、建築物、サイト・周辺地域、そして収益性の管理が含まれる。保守点検事業者には、これら多面的な技能が求められている（図 2）。

太陽光発電設備の運用・管理の要求事項として、事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）では安全確保、発電性能維持、出力抑制そして非常事態への対処が既定されている。これらと JEMA/JPEA による太陽光発電システム保守点検ガイドラインの主要項目との関係は、例えば表 3 のように整理できる。運用・管理の要求事項は、点検（未然防止）とトラブル対応（事後対応）によりカバーされ、その要求水準を満たす構造になっている。



（資料）各種資料より MURC 作成

図 2 太陽光発電設備の運用・管理の種類

表 3 要求事項（事業計画策定ガイドライン）と保守点検ガイドラインの主要項目の関係

		太陽光発電システム保守点検ガイドラインの主要項目		
		11点検作業	12トラブルシューティングと修理	13追加手順
事業計画策定ガイドラインの関連項目	(1)安全の確保に関する取組	11.1一般的なサイト目視検査	12.1危険事象による設備停止	13.1安全手順
		11.2機器類検査及び安全に係わる保守		
	(2)発電性能の維持に関する取組	11.1一般的なサイト目視検査	12.2非危険事象に対するトラブルシューティング	13.3製造業者指定検査
		11.3発電性能に係わる保守	12.3トラブルシューティング事故又は事象誘起の問題	13.4電気試験手順
	(3)出力抑制		12.4発電性能に関する問題の診断	13.5診断手順
		2.3.3非常時に求められる対処	11.1一般的なサイト目視検査	12.1危険事象による設備停止
2.3.4周辺環境への配慮	11.1一般的なサイト目視検査			

（資料）各種資料より MURC 作成

## 2. 運用・管理費用削減に向けた課題

2017年現在、太陽光発電設備の運用・管理は、適正な管理水準や費用回収の在り方について検討中の段階にある。これらに関して保守点検事業者等（検討会委員を含む）から挙げられた課題は、主に以下のようになった。

### ① 多くの発電事業者が、保守点検の重要性を認識していないと懸念されること

かつて太陽光発電設備には保守点検が不要と主張されていたことがあり、現在も必要性が浸透しているとは言い難い。保守点検料金を請求できない事業者も多数見られる。

- 発電事業者側に、当初はメンテナンスフリーという認識があった。FIT開始から6年経ち、自然災害の被害や資本力の弱い太陽光業者の倒産を経験し、確かにメンテナンスの必要性が認知されてきている。それでも、まだ無償提供している地場の電気工事会社、事業化できていないO&M会社も多い。【検討会委員】
- メンテナンスフリーというパネルメーカーの主張には、強い違和感を覚えた。メーカーは40年前製造のパネルが問題なく稼働していると主張していたが、屋外で何十年も風雨に曝される設備であること、屋根置き型では屋根に穴をあけていること等を考慮すると、建築の専門家としては、維持管理が不要とは到底考えられなかった。（植松商事（企画開発、EPC、O&M、自社保有））

保守点検の必要性は本来、安定供給という電気事業上の目的に基づいて導き出されるものである。しかし保守点検事業者からは、発電事業者の多くが、事業収支の観点から、故障してからの対応や保険・補償で十分と認識しているのではないか、という懸念が挙げられている。（なお検討会委員からは、保険の金融商品としての特性を考慮すると、事業収支計画においても、保険がO&Mを代替するものではない、と指摘されている。）

- メンテナンスの重要性を訴えメニューも用意しているが、「保険で直す」意識が強く、「駆けつけ対応」を選択する客先が多い。（アルシス（EPC、施工、O&M））
- 発電事業者が社会インフラとしての供給責任を認識しておらず、保守点検への関心の薄さにつながっている。（千葉エコ・エネルギー（EPC、自社保有））
- 保険は一度使えば値上がりする。そうかんがえると基本的にはO&Mで予防し、不可抗力に保険で対応するという考え方を示したほうが良いのではないか。【検討会委員】

### ② 設計・施工段階の不備も関係していること

運開後に発生する問題には、設計・施工段階の不備にその原因がある、と考えられるものも見られる。

- FIT 価格 36 円以前に作られた設備を中心に、水はけが悪い、架台に障害が生じている等、土木工事に問題を抱え結果発電できなくなるケースが見られる。(スマートエネルギー (O&M))

完成図書の不備 (特に低圧) や竣工検査の不足等、設計・施工段階からの連携が不足している、という問題も指摘されている。

- 発電事業者が完成図書を管理していない (EPC 事業者が完成図書をそもそも作成していない) 場合がある。完成図書の有無は保守点検の作業性にとって決定的であり、不十分な場合は保守点検そのものが実施できない可能性がある。(エネルギービジョン (O&M))
- 完成図書がないケースが多い。発電事業者も施工業者も認識が薄い。(千葉エコ・エネルギー (EPC、自社保有))
- 年次点検において、トルクレンチを用いて全てのネジの締め付けを確認している。これは施工時にネジにマーキングされていないために追加的に発生している作業であり、マーキングがあれば目視点検で済む。(エネルギービジョン (O&M))
- ネジの緩みは経験あり。定期点検で実施する必要がある。電動レンチを使っても、過信により締め付け不良は発生する。最終的には人間系のチェックが必要。住宅などコストをかけられない設備について懸念している。(千葉エコ・エネルギー (EPC、自社保有))
- 完成検査でパフォーマンス測定していないケースが多い。このため各発電所の保守点検の基準とすべきベストパフォーマンスが把握できず、結果的に発電損失が発生しても評価ができない。(千葉エコ・エネルギー (EPC、自社保有))

### ③ 運用・管理に係るビジネス環境が未成熟であること

保守点検事業者は、様々な検査機器、メーカーのサービス、各種資格制度等を組み合わせて、保守点検サービスを成立させている。これらのビジネス環境が未成熟であり、費用削減には、保守点検周辺サービスの底上げや標準化が必要と指摘されている。

- パネルの経年出力低下は、パネルを外してチェックする必要があり、費用対効果を考えると単体のメーカー保証請求などは現実的ではない。(千葉エコ・エネルギー (EPC、自社保有))
- 遠隔監視は重要だが、現状 PCS メーカー毎にエラーコードが異なり、通信プロトコルもバラバラである。業界として統一化を働き掛けていく必要がある。(千葉エコ・エネルギー (EPC、自社保有))

- 電氣的な点検は直流側しか測定しないケースが多く、交流側（PCS）の評価ができていない。逆に主任技術者がいるケースでも、主任技術者は保安面を重視し交流側には関心を寄せるが、発電性能や直流側のモジュールの状況には無関心である。（千葉エコ・エネルギー（EPC、自社保有））

#### ④ 自然現象への対応が求められていること

太陽光発電設備は自然環境下で操業しており、雑草の繁茂、小動物による損壊、鳥糞汚染等、防止はできなくても、被害を食い止めるための日常管理が求められる。この他、未然防止の困難な災害（雷、台風、土砂崩れ等）への危機管理も求められる。いずれも地域差が大きく、予測や定型メニュー化が難しいと指摘されている。

- 落雷は頻繁に発生。落雷時の電氣的な損傷のデータを集めている。パネルに直撃する例は少ないが、電柱やアースに落ちたものが RS485 の通信ケーブルを伝って被害が拡大している節がある。（タケイ電器（施工、O&M））
- その他電気故障で多いのは、誘導雷による基板損傷。大容量の PCS はサージアブソーバの容量も大きく、雷の影響は受けにくい、小容量の PCS は影響を受けやすい。直撃雷も数は少ないが、一度に数十枚の基板が焼損した事例もある。（スマートエネルギー（O&M））

特に雑草問題については、対策の必要性が十分に認識されておらず、十分な予算のないケースが多い、と指摘されている。

- 除草作業にも、想定を超える費用を要する。ここ 3-4 年、50kW の案件については、発電月報+除草だけでも、事業として旨味のない状況が続いている。（植松商事（企画開発、EPC、O&M））
- 「メンテナンスフリー」を信じてスタートした太陽光発電所では、メンテナンス予算がない。また太陽光発電所建設のために転売された土地では、所有者がサイトの土地利用履歴や特性を理解しておらず、除草の必要性を認識していないことがある。（再生電源開発（O&M））
- 除草費用はほぼ人件費であり、実際はかなり高い。当社もヤギの放牧を含む色々な手段を検討したが、結局は人が草刈り機で行うしかないと考えている。（リコージャパン（O&M））

### 3. 費用削減・事業化に向けた取り組み

各社のインタビューから得られた、運用・管理に係る費用削減の取り組みと、事業化（有償化）に向けた取り組みを取り上げる。設計・施工と比べ、運用・管理については知見の一般化が十分とは言えず、実施要件、副次効果、留意点等の分析は難しい。

以下では保守点検事業者による、費用削減及び事業化の事例を示す。

#### 3.1 植生管理（除草等）

防草シートの利用方法、除草の程度（刈り高や頻度）や方法について、様々な検討が見られる。なお、除草剤を利用する事例も報告されたものの、検討会からは合意形成の観点から、慎重な対応を求める意見が出されている。

- 防草シートは、環境によっては効果が薄くなる。山を削った場所や北側に山があり種が落ちてくるような場所では、防草シートを破って草が生えてくるケースもある。防草シートの効果が少ないと判断される場合、顧客には防草シートを省くよう提案している。50kW の設備の場合、防草シートを省くことで 400 千円程度のコスト削減になる。（スマートブルー（企画開発、EPC、施工、O&M））
- 除草作業は、設備オーナーがシルバー人材センターを利用するケースが多い。（タケモトデンキ（施工））
- アレイ下部空間を大きくとることにより、雑草の影響は少なくなり、除草作業を年数回の作業を 1 回程度に抑制できる。（ミナト電気（EPC、施工、O&M））
- 除草対策では防草シートを使用しているが、最低 10 年はもつ耐久性の高い製品を選定している。除草費用は顧客負担だが、防草シートの隙間から生える軽微な雑草については、巡回点検時に除草している。（匿名 1（EPC、O&M））
- 雑草の影響を受けないよう、設置高さを決めている。土地の状況により判断するが、500mm～1,000mm が一般的。（トランスオーシャンプランニング（企画開発、EPC、O&M））
- 防草シート敷設作業は外注を使うと 4～5 百円/m<sup>2</sup>（労務費）かかる。内製化することにより、外注先の利益分を削減できる。また資金の外部流出を削減できる。（トランスオーシャンプランニング（企画開発、EPC、O&M））
- 除草に自走式草刈り機を使用し、人件費を削減している。ただし配管が転がっていると使えないなど、適用できる設備は限られてしまう。（スマートエナジー（O&M））
- 施工時に比較的安価な防草シートを張り顧客に引き渡すことで、完工後の除草及び防草にかかる費用を削減している。但しこの取り組みは、計画地の周辺住民の同意が得られる場合のみ可能である。なお、防草シートを定期的に全面張り替え

することはなく、部分的な破れ等に補修で対応することで、コストを削減している。(エネテク (施工、O&M))

- 除草の面積を半減 (全面からパネル前面のみへ変更) し、除草費用を半減した。かつては、2MW 級の除草に 80 万円/回を要していたものの、現在では 40 万円/回となっている。(除草業務は現時点では当社の発電所のみで行っており、頻度は 4 回/年である。) (クリハラント (EPC、O&M、自社所有))
- 除草では、サイトの近隣企業及びシルバー人材派遣所から人材を確保することで、コスト削減に取り組んでいる。この取り組みは、単なるコスト削減にとどまらず、地域貢献につながる効果もあると考える。かつては草刈機を用いることが多かったが、可能なサイトでは、除草剤を使用して労務費を削減している。(三井物産フオーサイト (O&M))
- 高圧・特高では必ず住民説明会がある。有害性の極めて低い除草剤でも、住民説明会で同意を得られる可能性は低いと考えている。【検討会委員】

### 3.2 遠隔監視及び ICT の活用

多くの保守点検事業者が、ICT の活用により人件費を削減している。特に遠隔監視システムの導入は、多くの事業者が契約上の必須事項としている。

全国展開している保守点検事業者の間では、一括監視やより高度な ICT 化の取り組みも見られる。

- 遠隔監視は必ず導入してもらうようにしており、トラブル時の原因究明時間の削減、故障の早期発見によるダウンタイムの減少を図っている。(アルシス (EPC、施工、O&M))
- 遠方監視が不可欠である。一例として、企業 A は PCS のデータをサーバ側でモニタリングし、発電量低下等のアラームを自動発報する。更にメーカー側で異常を検知することでユーザーに機器交換などの働きかけをすることもある。遠隔監視の利用により、ユーザーは機器故障の原因立証責任も軽減される。このようなモニタリング情報やメーカーのデータ解析サービスを活用し、人間系の介在を少なくすることが重要と認識している。また、PCS の遠隔操作機能やエラーコードの自動解析を組み合わせることで、現地作業を大幅に削減できる。(千葉エコ・エネルギー (EPC、自社保有))
- 駆付サービスを提供するために、当社は遠隔監視装置の設置を必須としている。(エネテク (施工、O&M))
- 従来は各拠点で監視を行っていたが、全国の発電所を一括で監視することにより効率化を図っている。現状遠隔監視と、各地のサービス拠点に配置している現地

管理人との連携で O&M を行っている。トラブル時は、現地管理人が現場に行き対応するが、解決できない場合は本社から人を派遣する。将来的には IT や AI を活用し、マンパワーに頼らない O&M を指向している。(スマートエナジー (O&M))

- 定期点検では、現場に携帯できる電子端末を用いて、点検と報告を効率化している。また臨時点検では、遠隔監視装置の監視結果から必要性を判断している他、場合によっては PCS の電源を遠隔操作して当面の安全を確保することで、対応の緊急性を緩和し、費用を削減している。ICT 化を進めた結果、必要ならば電気主任技術者の自宅を事業所として扱うことも可能となっている。(三井物産フォーサイト (O&M))

### 3.3 適切な料金設定／サービス内容の設定

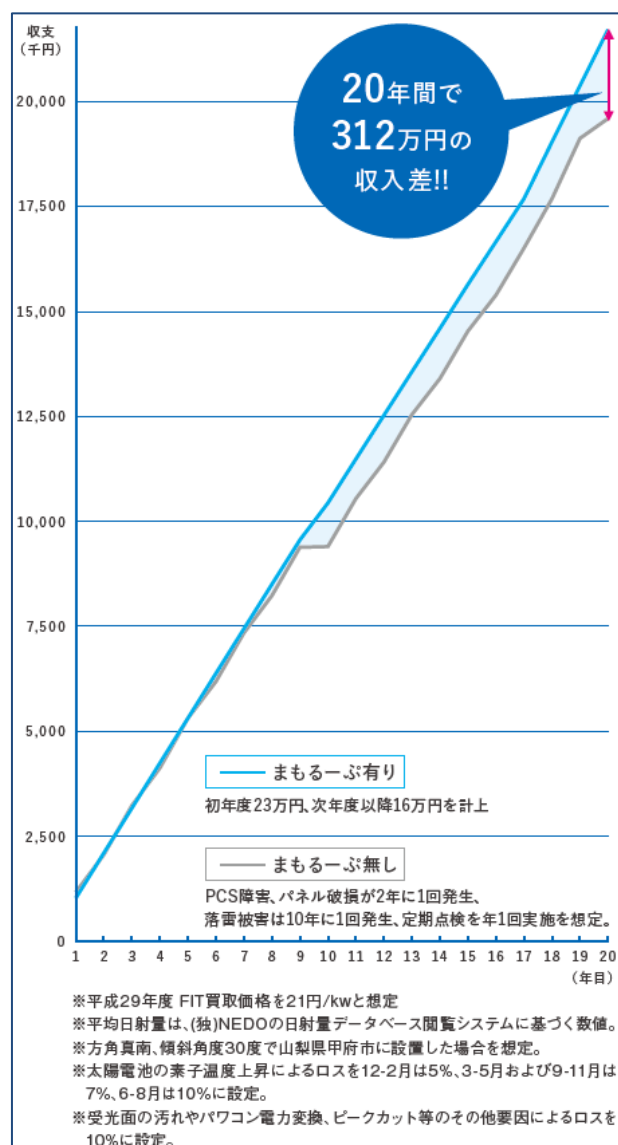
最大の課題の一つは、保守点検事業者側のサービス原価の積算結果が、発電事業者側の支払意思額を上回るケースが多いことにある。保守点検事業者は事業性確保のために、サービス原価の削減、薄利化、複合サービス化等の手段を講じている。

保守点検による収益改善効果が明らかになれば、事業性の立場から保守点検料金の妥当性を評価できる。多くの保守点検事業者は、計算は困難としているが、パンフレットで試算結果を公表している例 (図 9) も見られた。

- O&M は当社施工設備を対象としている。家庭用は、年 1 回の定期点検及び遠隔監視 (アラーム発報対応) を 10 年間無料で実施している。家庭用の商材を扱っているため、エアコン取替え等の家庭向けサービスの提案を同時に行える。さらに熊本市内に集中して事業展開を行っているため、移動時間が 1 時間以内となり効率的な巡回ができることから、家庭用の O&M の無料化を実現している。産業用は O&M とセットで提供できるサービスがないため、有料としている。年 1 回の定期点検、遠隔監視 (アラーム発報対応) を行っている。(タケモトデンキ (施工))
- 予防保全に必要なコストを算出し、発電事業者の事業計画に織り込むことを提案している。これにより、経年により必要となる部品交換費用等を事業者が予め見込むことが可能となる。(京セラコミュニケーションシステム (EPC、O&M))
- 保守点検にかかる契約を極力低価格化して契約数を増やしている。これにより、一度の出向で複数の発電所を点検するなどの効率化を実現している。(エネテック (施工、O&M))
- 発電量維持を保守の主眼に置いており、PCS には 20 年保証を付けている。初期費用は増加するが、毎年の設備交換積立金 (損金参入不可) が不要になるので、総合的に見れば費用削減につながる。(千葉エコ・エネルギー (EPC、自社保有))
- 値付けに当たっては、不動産管理の経験である「賃料の 5%」を軸に検討を開始し

た。しかし当社の主力である、50kW のサイトで、FIT 価格 42 円でも保守・管理業務の年間収入が 12 万円程度にしかならず、全く採算が合わなかった。しかし 8% (20 万円程度) を超えると、顧客側に支払い余力がなく、当社として発電事業を提供すること自体の意義が問われてしまう。現在はこの 8%を保守・管理サービス料金の基準としている。これでも採算ラインぎりぎりである。(植松商事 (企画開発、設計、施工、O&M))

- トラブルを経験した事業者は O&M に関心を持つようになる。そして当社の認識では、その経験を持つ事業者が増えている。当社の計算では、O&M をした方が、やはり収益は良くなる (図 9) (Loop (企画開発、設計、施工、キット販売、O&M、自社保有))。



(資料) (株) Loop 提供

図 3 発電事業収益への O&M 効果試算

### 3.4 ボルトの増し締めへのマーキング

現場での作業時間削減の取り組みとして、多くの事業者がボルトの緩み点検の改善 (マーキング) に取り組んでいる。



- 施工時にボルトの増し締めマークを施す。ボルトの緩みを目視で発見できるため、点検時間を短縮できる。(匿名 1)
- ボルトの締め忘れを防止するために、二人以上で確認し、増し締めのマーキングを施している。O&M時、マーキングをチェックすることによりボルトの緩みを発見できるため、点検作業時間を削減できる。(エコリードイノベーション(企画開発、施工、O&M))
- ボルトの緩み点検は、増し締めマークの目視確認を基本としている。元請けより要求があるとき、あるいは増し締めマークが施されていない場合は、トルクレンチを使って点検を行っている。(日立エンジニアリング (EPC))

### 3.5 不具合発見から対応開始までの時間の適正化

経験に照らして不具合の緊急性を評価し、発見から対応までの時間を適正化する事業者が現れている。対応時間に余裕を持たせることで保守要員の待機時間を削減し、出向回数を減らすことで出向費用を削減できる。

- 駆けつけサービスの費用削減に、障害に関する知見の集積を活用している。障害の緊急性を再評価した結果、低圧では当初の想定ほど急いで現場に到着する必要はないことがわかった。異常検知から現場到着まで、当初よりも余裕のある時間を設定し、顧客に提案している。(Loop (企画開発、設計、施工、キット販売、O&M、自社保有))
- 太陽電池モジュールの交換について、かつては、亀裂やはく離等の不具合が 1~2 枚確認されれば都度交換していた。現在では、ある程度まとまった枚数の不具合が生じた後に一括して交換することで、出向費及び労務費を削減している。(三井物産フォーサイト (O&M))

### 3.6 近隣での案件確保の取り組み

低圧発電所の保守点検では、一日に巡回できるサイト数を増やせるよう、近隣の案件の確保に取り組む例が見られる。

- O&Mは当社施工設備を対象としている。家庭用は、年1回の定期点検及び遠隔監視(アラーム発報対応)を10年間無料で実施している。家庭用の商材を扱っているため、エアコン取替え等の家庭向けサービスの提案を同時に行える。さらに熊本市内に集中して事業展開を行っているため、移動時間が1時間以内となり効率的な巡回ができることから、家庭用のO&Mの無料化を実現している。(タケモトデン

キ（施工、O&M）

- 近接した地域に発電所が集中している（直径 1km の範囲に 20 か所程度）ため、1 日につき 4～5 か所巡回可能である。（エコリードイノベーション（企画開発、施工、O&M））
- 車で 1 時間以内（半径 40km 程度）の地域に限定して事業を展開している。トラブル発生時、当日または翌日に現地へ駆けつけることができ、顧客に対するきめ細かなサービスを提供できる。（シーエフ（施工、O&M））

### 3.7 地域拠点（サービスセンター等）の設置（高圧／特高を中心とした取り組み）

高圧／特高発電所の保守点検では、地域拠点の適正配置によって、駆けつけの費用の削減に取り組んでいる。

- みなし設置者として、発電所に 2 時間以内に駆け付けられるよう、発電所近くにサービスセンターを設置し、電気主任技術者を選任している。（スマートエナジー（O&M））
- 拠点をどこに置くかと、人員のスキルが重要。マネジメントを兼務できる電気主任技術者をできるだけ配置するようにしている。（スマートエナジー（O&M））
- 電気主任技術者は週 1 回・月 1 回の定期点検と、異常時・震度 4 以上の地震時の臨時点検（年間上限 24 回）を担当するよう業務負荷を設計している。年配の電気主任技術者でも対応できるよう配慮している。（三井物産フォーサイト（O&M））

### 3.8 定期点検の現地作業の効率化／最適化（高圧／特高を中心とした取り組み）

高圧／特高発電所の保守点検では、巡回ルートと点検順序の見直しにより、現地での作業人工を削減できる可能性がある。

- 点検区画での移動について、区画内での移動時間が極力短くなるように、巡回計画を作成している。特に高圧設備の場合は、図面を基に、全対象設備についてある点検項目を済ませた後に次の点検項目にとりかかるのか、それとも一定の範囲について全点検項目を終えてから次の設備にとりかかるのか、等の基本計画を作成した後、現地確認をして巡回計画及びルートを策定する。1 回あたり 3-4 日程度の人工の場合、この準備により半日分程度の人工を削減できる可能性がある。（Loop（企画開発、設計、施工、キット販売、O&M、自社保有））

### 3.9 詳細事例紹介

<b>運用・管理</b>  <b>事例 1</b>	<b>設計図書の完備と施工時のネジ締めへのマーキング（株式会社エナジービジョン）</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">                 発電事業者は、完成図書を管理していること、ねじにマーキングをしていることで、保守点検費用の抑制が可能になる。             </div>
---------------------------------	--

#### 背景・経緯

同社は産業用太陽光発電設備の営業・施工セミナーの運営会社として 2014 年に設立された。現在ではセミナーの他、再生可能エネルギー発電設備の保守管理事業、O&M システム・機器開発に取り組んでいる。

保守管理専門企業としての立場から、同社は設計・施工段階での配慮によって、運転・管理費用を削減できると指摘している。

#### 取り組み内容

##### 設計段階で有効な配慮：完成図書の活用

同社は完成図書の有無が、保守点検の作業性にとって決定的であり、不十分な場合は保守点検そのものが実施できない可能性があるため、設計図書を完備することの重要性を指摘している。そして同社は経験上、発電事業者が完成図書を管理していない（EPC 事業者が完成図書をそもそも作成していない）場合がある、と指摘している。

##### 施工段階で有効な配慮：ネジ締めへのマーキング

同社は年次点検において、トルクレンチを用いて全てのネジの締め付けを確認している。これは施工時にネジにマーキングされていないために追加的に発生している作業であり、マーキングがあれば目視点検で済む、と指摘している。

#### 原価管理以外の効果

マーキングは竣工点検にも有効である。完成図書は本来、設計監理に必要である上、運用管理において発生しうる不具合への対応に欠かせない資料である。責任の所在を明確にする際にも、完成図書は重要な資料となる。

#### 【参考情報】

※以下は事例をヒントに三菱 UFJ リサーチ&コンサルティングがとりあげた情報です。

資源エネルギー庁「事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）」では、完成図書について以下のように示されている：

第 2 章第 2 節 3.施工⑥ 発電設備の設計図書や竣工試験データを含む完成図書を作成するように努めること。また、完成図書を事業終了時まで、適切な方法で管理及び保存するように努めること。

【解説】⑥について、太陽光発電設備の完工後、適切な設計・施工が行われたことを証するためには、完成図書として、設計図や施工記録、完成した設備の竣工試験データ等の書類一式が必要である。これらの完成図書が作成されていない場合、事業の開始後に事故などが生じても、その原因を明らかにすることが困難となるおそれがある。このため、完成図書を作成して、事業終了まで適切に管理・保管し、必要に応じて参照できるようにしておくことが重要である。なお、自ら設計・施工を行わない場合は、設計・施工事業者に対して、完成図書の作成を依頼することが適切である。

<p>運用・管理 <b>事例 2</b></p>	<p>移動・現地作業効率化と、遠隔監視データの活用（株式会社 Loop）</p> <p>点検区画の巡回効率化、作業員の習熟、そして遠隔監視データの徹底活用と解析効率化により、定期点検を中心に費用削減に取り組む。</p>
------------------------------	---

**背景・経緯**

同社は 2011 年に太陽光発電設備の製造・EPC 業務を開始、2014 年に O&M 市場に参入した。低圧 1 区画あたりの O&M サービス価格は、参入当初の 31 万円に対し、現在のサービス「まもる一ぷ」では、初年度 23 万円、2 年目以降 16 万円（2016 年 9 月～2017 年 10 月末時点）と大幅に値下げしている。

**取り組み内容**

**定期点検を中心に費用削減に取り組む**

同社は最も費用のかかる定期点検を中心に、費用削減に取り組んでいる。

点検区画での移動について、同社では区画内での移動時間が極力短くなるように、巡回計画を作成している。特に高圧設備の場合は、図面を基に、全対象設備についてある点検項目を済ませた後に次の点検項目にとりかかるのか、それとも一定の範囲について全点検項目を終えてから次の設備にとりかかるのか、等の基本計画を作成した後、現地確認をして巡回計画及びルートを決める。1 回あたり 3-4 日程度の人工の場合、この準備により半日分程度の人工を削減できる可能性がある。

現地作業については、担当者を作業に習熟させることで、1 区画当たりの作業時間を参入当初から半減させている。また同社は、定期点検に PCS の遠隔常時監視データの解析結果を活用しているが、この障害解析の工数についても削減に取り組んでいる。これらの取り組みで、同社はそれまで 10 万

円／年以上かかっていた定期点検費用を、半分程度まで削減した。

この他、駆けつけサービスの費用削減にも、障害に関する知見の集積は活用されている。障害の緊急性を再評価した結果、低圧では当初の想定ほど急いで現場に到着する必要はないことがわかったため、同社は提供内容を見直している。

**設計から保守点検まで、全プロセスで情報共有**

同社は、障害の知見を中心に、部材製造、設計、施工の全部門で情報共有し、業務改善に活用している。特に PCS の遠隔常時監視については、データ収集及び解析のノウハウに基づき、効率的なシステムを自社で開発・改良し、障害解析工数を削減した。

**原価管理以外の効果**

これらの取り組みは、原価削減だけでなく、サービス内容の向上・充実とも一体的に進められている。特に顧客ニーズを確かめつつ、サービス内容と価格のバランスを検討することは、契約更新を目指す保守点検というビジネスにおいて重要である。

<p>運用・管理</p> <p><b>事例 3</b></p>	<p>ICT 導入による保守点検費用削減（京セラコミュニケーションシステム株式会社）</p> <p>ウェアラブルカメラや写真送信端末を用いて、オフィスの技術担当者と現場作業員が遠隔連携。出向費及び労務費を削減。</p>
---------------------------------	---

#### 背景・経緯

同社は公共・産業、住宅用の太陽光発電設備や無線基地局建設の経験を強みとし、2012 年に本格的にメガソーラー発電所の EPC 及び O&M 事業に参入した。現在は、企画立案から保守点検に至るまでの全ての業務をワンストップサービスで提供している。O&M については、同社が施工した発電所のみを対象に、サービスを提供している。

#### ドローンによる発電所の状況確認

この他同社は、ドローンを用いた発電所の状況確認にも取り組んでいる。今後は、ドローンの活用範囲の拡大を検討する見通しである。

#### 取り組み内容

##### 遠隔作業を支援する ICT の導入

保守点検の出向費及び労務費の削減を目的として、同社は情報伝達技術（以下 ICT）を積極的に導入している。

同社が導入した主な ICT は、写真送信電子端末及びウェアラブルカメラである。写真送信電子端末を現場で用いることで、バックオフィスでも発電所の状況を迅速に把握することが可能となる。また、ウェアラブルカメラを用いることで、発電所で点検や補修作業にあたる担当者と、バックオフィスの技術担当者とが、即時に連携可能となる。

これら遠隔作業支援のための ICT を導入することで、技術担当者はバックオフィスから、必要な点検を現地の作業員に指示できる。これにより現地出向回数を削減できた。また技術担当者の要員数の最小化にも寄与している。

遠隔連携にはノウハウを要するが、絞り込んだ人員で経験を重ねることでノウハウを集積し、業務品質の向上につなげている。

運用・管理

## 事例 4

PCS の配置上の工夫による保守点検の省力化（JFE プラントエンジニア株式会社）

小容量 PCS を変電設備付近に配置することで、保守点検の人工を削減。

### 背景・経緯

同社は 1990 年代に産業用太陽光発電設備の EPC 市場に参入し、主に高圧及び特別高圧で接続する太陽光発電所の設計及び施工を受注してきた。現在では、10MW 以上の太陽光発電所を中心としながら、バリューエンジニアリングに取り組んでいる。

近年は単機の大容量 PCS ではなく、複数機の小容量 PCS を採用する案件が増加している。この方法は資本費の削減効果を持つものの、保守点検費が増加するという課題を抱えている。

### 取り組み内容

#### 小容量 PCS を変電設備付近に集中配置

小容量 PCS を、個別の太陽光発電アレイの近傍に配置する方法を採用すると、保守点検すべきサイトが分散されることになり、移動工数が増加する。大規模な発電所、特に急峻な地形に建設された場合、この費用増は大きな負担となる。

同社は、PCS を斜面のアレイ近傍ではなく、麓近くに建設される変電所付近に集中

配置する方法を採用している。これにより、保守点検作業者の発電所内での移動距離を削減している。

#### 難地形での工事経験が培った技術力

土地造成や施工の容易な開発が好まれるなかでも、同社は、急斜面等の施工困難な地形での設計・工事を多数経験し、高い技術力を培ってきた。

加えて、同社の技術部は、年度毎に EPC コスト削減目標を設定し、システム変更や施工方法の改善を検討している。PCS に係る改善も、この技術改善の一貫として進められた。搬入・据付負担を軽減できる収納設備を、メーカーとともに開発することで、人工削減と設計自由度の向上を実現した。

#### 原価管理以外の効果

今後の実績を基に分析する必要があるが、PCS を分散配置することにより、不具合発生時の売電停止リスクを分散する効果があると期待されている。

運用・管理 <b>事例 5</b>	電気主任技術者の勤務環境整備（三井物産フォーサイト株式会社） 太陽光発電所の近隣に、ICT で効率化した事業場を確保・整備し、電気主任技術者を確保。
----------------------	---

#### 背景・経緯

同社は 2012 年に太陽光発電システムの O&M 事業に参入し、ワンストップサービスを提供している。同社はみなし設置者として O&M 業務を受託し、電気主任技術者を選任している。

#### 取り組み内容

##### ICT による電気主任技術者の作業効率化

同社は保守点検業務の原価抑制を目的として、電気主任技術者の要望に沿った業務量の設定及び ICT 導入を進めている。

同社の O&M 業務では、電気主任技術者は週 1 回・月 1 回の定期点検と、異常時・震度 4 以上の地震時の臨時点検（年間上限 24 回）を担当する。この業務負荷の設計にあたり、同社は、年配の電気主任技術者でも対応できるよう配慮している。

これらの業務は各種 ICT により効率化されている。定期点検では、現場に携帯できる電子端末を用いて、点検と報告を効率化している。また臨時点検では、遠隔監視装置の監視結果から必要性を判断している他、場合によっては PCS の電源を遠隔操作して当面の安全を確保することで、対応の緊急性を緩和し、費用を削減している。

##### 電気主任技術者の不足問題に対応

太陽光発電所まで 2 時間以内で出向可能な地域に居住している電気主任技術者が限られていること、労務単価が上昇している

ことから、電気主任技術者に関する原価削減はかなり困難となっている。

同社は、必要ならば電気主任技術者の自宅を事業所として扱うことを可能とする水準まで作業の ICT 化を進めたことで、人工削減を実現した。

#### 原価管理以外の効果

これらの取り組みは、電気主任技術者の定着率向上効果、事業所立地の柔軟性を高める効果も生んでいる。

#### 【参考情報】

※以下は事例をヒントに三菱 UFJ リサーチ&コンサルティングがとりあげた情報です。

経済産業省商務流通保安グループ電力安全課は、資源エネルギー庁の 2030 年のエネルギーミックスの想定する床面積推移と IEA の World Energy Outlook 2016 の発電容量の推移を踏まえて 2045 年までの電気工作物の件数の推移を予想し、電気主任技術者の需給見通しを作成した。この結果概要は以下の通りである（下線は引用者）：

「1 種は不足しない見込み。2 種は有資格者数は十分に多いが、ヒアリングによれば、地域によっては増加する再エネ設備向けに不足する可能性がある。3 種は有資格者数は十分に多いが、保安法人向け 3 種は、業務ビルの増加と人材の供給減により、2020 年頃より不足する見通し。」

（資料）経済産業省「電気保安人材の将来的な確保に向けた検討について」（平成 29 年 3 月 21 日）

<b>運用・管理 事例 6</b>	<b>保守管理契約を条件とした発電所転貸しスキーム（植松商事株式会社）</b> <b>顧客側に十分な支払い余力が生じるよう設計したスキームの下で、一律の保守管理料金を設定。リスク負担を含む高付加価値化で、料金の妥当性を確保。</b>
-----------------------	---

### 背景・経緯

同社は 1884 年（明治 17 年）に宮崎県で創業。ガソリンスタンドを中心に、住宅事業、ガス事業、通信事業、オートリース事業、自動車整備事業、保険事業、車検、レンタカー等を手掛ける地域密着企業である。

FIT 制度以前から、同社は住宅用太陽光発電設備の販売・設置に取り組んでいた。FIT 制度開始以降の主たる太陽光関連事業は、土地賃貸型発電事業「SOLAR VILLA」である。この事業は①土地所有者から同社が土地を借り上げ、造成等の後、発電事業者が 20 年間、区画毎に転貸しする；②同社は発電事業者から、設備設置工事、FIT 認定取得手続き代行、一般送配電事業者への接続手続き代金を請け負う；③同社は発電事業者から、20 年間にわたる保守管理業務を請け負う；④運転終了後、発電事業者の負担で原状回復し、土地所有者に土地を返還する；というスキームで構成されている。

### 取り組み内容

#### 有償の保守管理契約で事業リスクも分担

同社の SOLAR VILLA は、保守管理契約の締結を条件とする。顧客は保守管理料金（売電収入の 8%を目安に設定）を支払い、発電量実績の月次報告、異常・事故の遠隔監視、定期点検、修理・部品交換、パネル洗浄、除草等の保守管理サービスを受ける。

同社の顧客は太陽光発電所の運転開始から終了までの間、前述の保守管理料金以外には支払わずに済むようになっている。ト

ラブルで、保守管理料金の範囲を結果的に超える費用が発生しても、基本的には同社が負担する（この事態に備え、同社は保険に加入している。FIT 開始以降、同社には約 200 件の転貸し実績があるが、これまで顧客に追加費用を請求したことはない。）。保守点検内容はもちろん、このように同社も事業リスクを分担することで、保守管理契約の顧客にとっての価値を高め、料金の妥当性を確保している。

#### 料金の支払い力を担保する商品設計

住宅用太陽光発電設備を扱い始めた頃、同社はパネルメーカーからメンテナンスフリーと説明された。しかし建築・不動産管理の経験から、太陽光発電事業には保守管理が不可欠と判断し、それを前提とする事業スキームの開発に取り組んだ。この際参考としたのは、不動産取引における建築条件付土地売買である。このスキームでは、設備工事契約や保守管理契約の締結を前提とすることで、同社にとっての事業リスクを調整できるように設計されている。

そして「発電所を売るのではなく、発電事業を売る。」という認識の下、スキームに係る費用の配分や標準的な投資回収年数を調整して、案件による顧客の事業収益力のばらつきを小さくし、保守点検料金の一律化の土台を作った。積算からは、顧客の売電収入の 5%では十分に管理できないことがわかっていた。そして 8%を大きく超えるようでは同社の新商材としての意味がない、と考え、料金水準を 8%程度と設定した。



運用・管理 事例 7	障がい者支援事業所と提携した地域貢献型除草サービス（再生電源開発株式会社） 障がい者が無理なく安全に作業できる除草業務を設計し、比較的安価な除草サービスを実現。地域貢献という付加価値が、発電事業者側の支払意欲を増進。
---------------	---

### 背景・経緯

同社は2016年10月、再エネコンサルティング会社として設立した。創業者である社長は、2012年から欧州の太陽光パネルメーカーの日本法人設立に携わり、2015年から太陽光発電所用機器の専門商社の取締役を務めた後、当社を設立した。現在は太陽光を中心とした再エネ関連事業の一環として、除草サービスを事業としている。

### 取り組み内容

#### 就労継続支援事業所提供の除草作業に注目

同社は、太陽光発電所の除草作業について業務設計をした上で、障がい者就労継続支援事業所<sup>5</sup>（以下「事業所」）へ作業委託することで、市場よりも安価な除草サービスを実現している。

障害者優先調達推進法の下、地公体等は、事業所に定型業務として敷地の除草作業を発注しているため、事業所のなかには除草の装備を所有しているものがある。同社はそのような事業所を探し出し、肉体的に対応可能な障がい者を指定して、除草業務を委託する。事業所の標準的な工賃は、一般的な引き受け手である造園業者やシルバーサービスセンターより低いことから、発電事業者にとって費用抑制の余地が生じる。また一般的なメンテナンス事業者が年間契約を希望するのに対し、事業所は時間ペー

<sup>5</sup> 厚労省が障害者総合支援法における就労系障害福祉サービスとして実施している、就労継続支援事業の対象事業所を、本稿ではこう呼ぶ。

スでの受注を主としており、スポット発注を好む発電事業者のニーズと整合する。

同社は現地調査に基づき、除草業務を設計し、発電事業者の同意を得る。初回の作業では、発電事業者と同社の立会いの下、事業所が作業する。そして2回目以降は立会いなしで作業するというのが、同社の標準的な進め方である。障がい者の健康・衛生・安全管理のため、作業従事者1名に対し、必ず事業所の指導員1名が随行する。

#### 太陽光での除草と障がい者支援の知見が必要

除草業務設計では、ケーブル・接地線切断対策、砂利跳ね上げ対策、植生制御、廃草の処理方法、作業頻度等を検討する。発電事業者が土地利用履歴を知らないこともあり、同社には太陽光発電所での植生管理について、高い知見が求められている。

また同社社長は、20年以上に渡り障がい者支援ボランティアとして活動してきた。障がい者が無理なく安全に作業できる環境づくりは、この知見に基づいている。

### 原価管理以外の効果

#### 発電事業者による地域貢献の機会を提供

発電事業者による事業所への発注は、通常の地場への発注以上に、地域貢献としての付加価値を持つ。同社は更に、双方にメリットが生じるよう、一般的な除草サービス価格と、事業所の標準的な工賃の間となる価格の実現を通じた、追加的な地域貢献を目指している。