公益財団法人
自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

■ 自然エネルギー活用レポート No.3

水上に太陽電池パネル 3700 枚が浮かぶ池

―岡山県・笠岡市でフロート式の太陽光発電所―

● 概要

瀬戸内海に面した岡山県の笠岡市には、農業用に整備した干拓地が沿岸部に広がっている。干拓地にある池の真ん中に、3700 枚を超える太陽電池パネルが整然と並ぶ。2016 年 6 月に稼働した水上の太陽光発電所で、年間に 300 世帯分の電力を供給できる。市有地を活用して太陽光発電を推進する笠岡市役所が事業者を公募して実現した。池の水上に太陽電池パネルを浮かべるフロートにコストがかかる半面、土地を造成する必要がない。さらに太陽電池は温度が上昇すると発電効率が低下するが、水上では温度の上昇が抑えられて陸上よりも発電量が増えるメリットもある。

● 基本データ

①運営体制	事業者名	エナジーバンクジャパン株式会社	所在地	大阪市淀川区宮原 3 丁目 3 番 31 号
	発電所の名称	かさおか十一番町遊水池水上ソーラー発電所	発電所の所在地	岡山県笠岡市十一番町
	運転開始年月日	2016 年 6 月 2 日	運営人員数(職種別)	1名
	建設担当会社	JFE プラントエンジ株式会社	運転・保守担当会社	JFE プラントエンジ株式会社
②発電設備	機器構成	太陽電池＋パワーコンディショナー(PCS)	メーカー/製品名/台数	太陽電池:ライトウエイ LW260×3744 枚 PCS:三社電機 250kW×1＋500kW×1
	最大出力	750 kW	送電能力	750kW
	年間発電量	約 108 万 kWh/年(20 年間の平均計画値)	想定設備利用率	16.5%
	電力供給先	中国電力	(バイオマス)燃料	-
	FIT 認定取得年月	2014 年 12 月		
③収支計画	事業費(初期投資)	非公表	事業期間	20 年間
	売上高(年平均)	約 3,450 万円	運転維持費(年平均)	非公表
	年間売電量	約 108 万 kWh/年(20 年間の平均計画値)	売電単価(円/kWh)	32 円/kWh(税抜)
	資金調達先	非公表	投資回収年数	15 年(計画値)
			補助金	-

1.　発電事業の経緯

笠岡市は岡山県の南西部に位置する人口５万人の都市である（図 1）。瀬戸内式気候が特徴で、年間を通して日射量が多く、降水量は極めて少ない。しかも平野部が限られることから、水不足の解消と農地の確保を目的に、長年かけて海を埋め立てながら干拓地の整備を進めてきた。

図 1◇岡山県の市町村と笠岡市の位置　　出典：笠岡市役所

市の中心部から南へ 2 キロメートルほどの湾岸部にある干拓地の一角に、長方形の「十一番町遊水池」がある（写真 1）。縦が 200 メートル、横が 350 メートルの大きな池で、そのうち半分以上を埋め立てて下水処理場に利用している。残る約 2 万 6000 平方メートルの池の水上を対象に、笠岡市役所が 2014 年 10 月に太陽光発電事業者を公募した。

写真 1◇「笠岡湾干拓事業」で整備した湾岸地区。黄色の楕円で囲んだところが「十一番町遊水池」
出典：笠岡市役所

遊水池は周辺の洪水を防ぐために水量を調整することが役割で、他の用途には使われていなかった。平野が少ない笠岡市にあって、池の水上は太陽光発電を実施する場所として適している。しかも遊水池は市が所有しているため、発電事業を市の判断で推進できる。東日本大震災を受けて全国各地の自治体が自然エネルギーの導入に動き出す中で、笠岡市役所も 2013 年に「ソーラーのまち推進検討チーム」を発足して候補地の検討に乗り出した。候補地の 1 つに残ったのが十一番町遊水池である。

遊水池は野鳥の生息地になっていることから、公募では太陽光発電設備の設置面積を半分以下（1 万 3000 平方メートル以内）に制限して、野鳥が生息するのに必要な環境を維持できるように配慮した。さらに遊水池が果たす水量の調整機能を損なわないために、太陽電池パネルを水上に浮かべるフロート式の工法を建設条件に加えた。

公募の結果、大阪ガスの 100%子会社で自然エネルギーの開発を手がけるエナジーバンクジャパンを事業者に選定した。「合計で 5 社から応募があり、各社の実績や提案内容を評価したところ、エナジーバンクジャパンが最高点を獲得した」（笠岡市役所 市民生活部 環境課 環境保全係長の前原成紀氏）。エナジーバンクジャパンは兵庫県の小野市にある農業用ため池に水上フロート式の太陽光発電所を建設した実績がある。

エナジーバンクジャパンは遊水池の 1 万 500 平方メートルの水上に、フロート式で約 3700 枚の太陽電池パネルを設置する事業計画を市役所に提案した。加えて災害などで停電が発生した場合に備えて、地域に電力を供給できる 14 台の小型ポータブル蓄電池を併設することも提案に盛り込んだ。

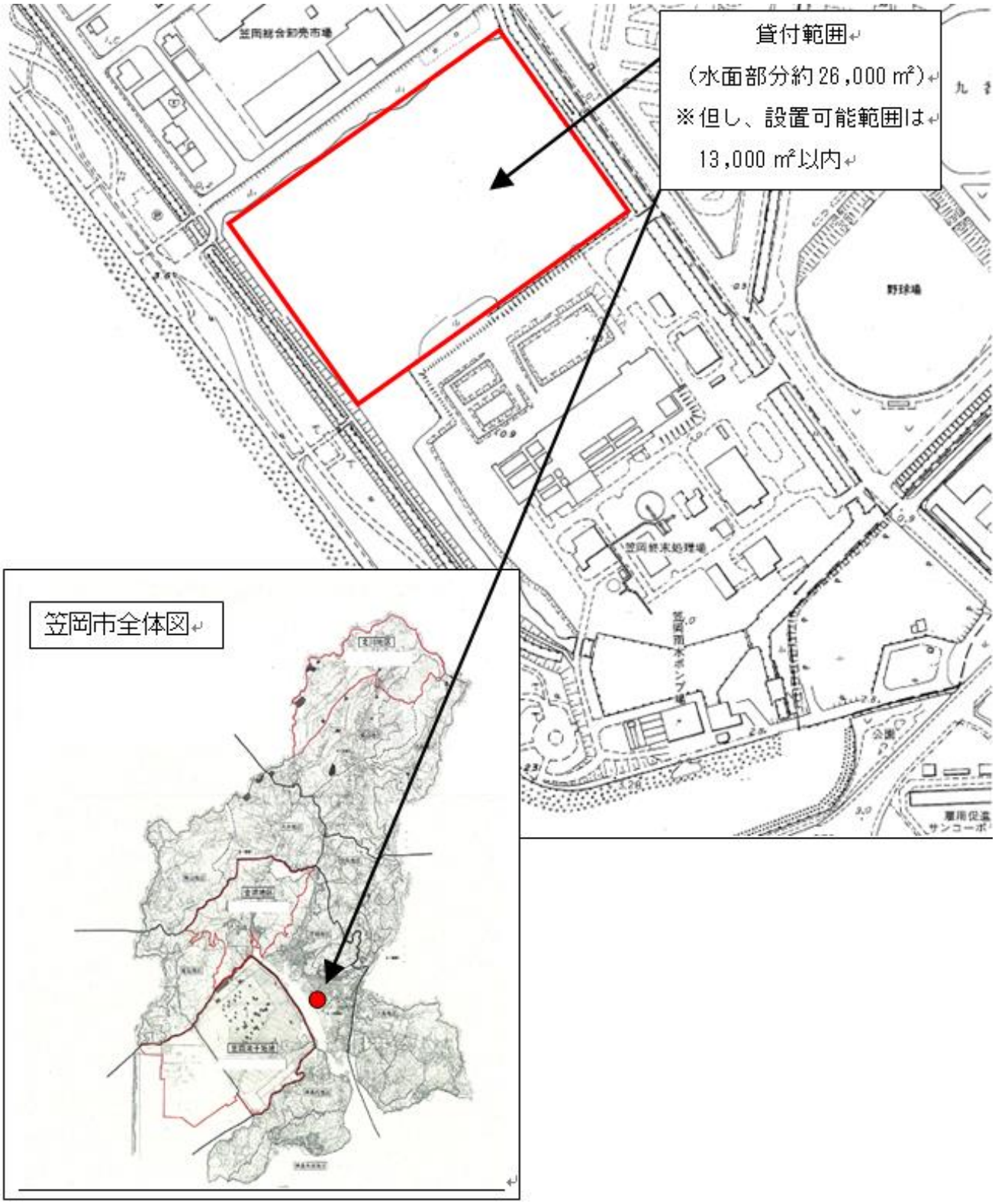

図 2◇太陽光発電事業に貸し付ける範囲（上）、十一番町遊水池の所在地（下）　　出典：笠岡市役所

陸上に発電設備を建設する場合と比べて、水上では追加のコストが必要になる。特にコストがかかるのは、太陽電池パネルを設置するためのフロートである。エナジーバンクジャパンは兵庫県のため池に採用したものと同じフロートを選んだ。フランスのシエル・テール社の製品で、日本国内で稼働している水上式の太陽光発電所では数多く使われている。

このフロートは腐食しにくい軽量の高密度ポリエチレンで作られている。中空構造のメインフロートの上に太陽電池パネルを設置して、隣接するメインフロートのあいだを細長い第 2 フロートで連結して固定する仕組みである（写真 2）。運転後に点検を実施する時には、第 2 フロートの上を歩いてパネルの状態を見て回ることができる。

写真 2◇太陽電池パネルを設置するフロート。中空構造のメインフロートを細長い第 2 フロートで連結
出典：シエル・テール・ジャパン（黄色の枠と文字は自然エネルギー財団が追加）

プロジェクトを担当するエナジーバンクジャパンの木谷威彦インフラ事業部技術戦略室部長によれば、「フロートのコストは陸上で使うアルミ製の架台に比べると、太陽電池パネルの出力 1 キロワットあたりで 3 倍くらい割高になる」。加えてフロートや太陽電池パネルを水上に設置する作業も陸上より工数がかかる。

その代わりに陸上のように土地を造成する必要がない。さらに池の水上は用途がないことから、貸付料が安いというメリットもある。「水上の太陽光発電所はフロートの設置にコストが余計にかかる分、造成費が不要で貸付料も割安なため、全体のコストは陸上と比べてさほど変わらない」（木谷氏）。笠岡市役所は公募にあたって遊水池の水上の貸付料を 1 平方メートルあたり年間 100 円と決めて、公募対象面積の 1 万 3000 平方メートルを基準に 130 万円を年間の貸付料に設定した。

2.　発電事業の詳細

エナジーバンクジャパンは事業者に決まってから 1 年 2 カ月後の 2016 年 2 月に「かさおか十一番町遊水池 水上ソーラー発電所」の建設工事に着手した。遊水池の水上に設置する太陽電池パネルの枚数は合計で 3744 枚にのぼる（写真 3）。大量の太陽電池パネルを 1 枚ずつフロートの上に設置する作業のほかに、フロート全体が風で流されないようにワイヤーで池の底に固定する必要がある。

写真 3◇「かさおか十一番町遊水池 水上ソーラー発電所」の上空から見た全景
出典：エナジーバンクジャパン

ステンレス製のワイヤーの先端にアンカーを付けて池の底に埋め込む施工方法である。遊水池の深さは 0.5 メートル程度で、フロートの周辺からアンカーを付けたワイヤーを水中に垂らして底に固定させる。ところが工事を開始した直後に水中のアンカー支持力を調査した時点で、予期せぬ問題が発生した。池の底の一部が柔らかくて、埋め込んだアンカーが抜けてしまうことが判明した。

そこで急きょ面積の大きなアンカーを作って、土壌の柔らかい場所でも埋め込んだ後に抜けない対策をとった。スコップの先のような形状のアンカーを打ち込み、その後に引き抜き方向に対して直角に開くことで抜けなくなる仕組みである。アンカーを付けたワイヤーの本数も当初の 48 本から 65 本に増やして負荷を分散させるとともに、アンカーを打ち込む位置を係留点から離して支持力を高めた（図 3）。

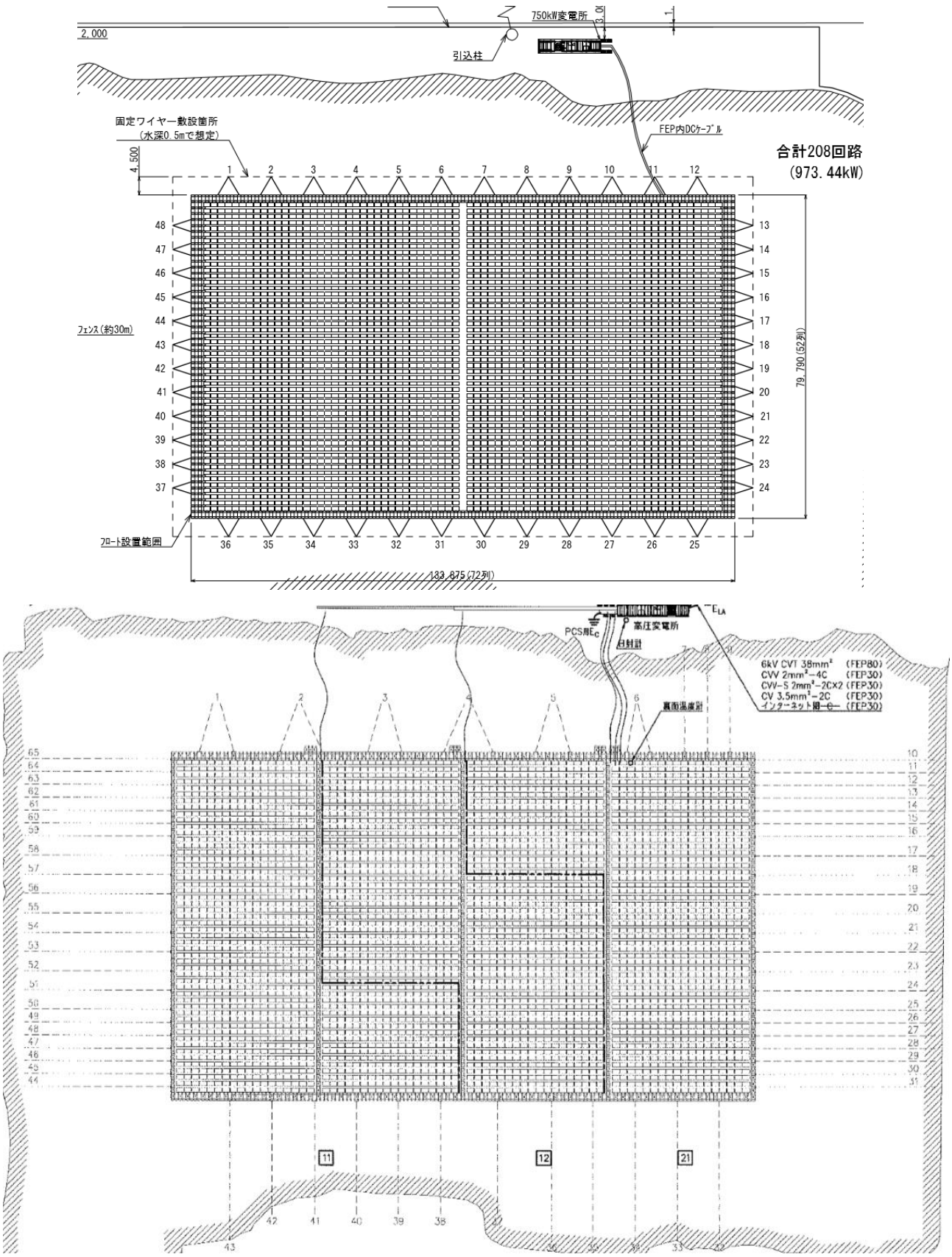

図 3◇太陽光発電設備の配置。計画時（上）と修正後（下）。番号はアンカーの設置場所

出典：エナジーバンクジャパン

新しい形状のアンカーに変更して以降は問題が発生しなくなり、工事開始から 1 年 4 カ月後の 2016 年 6 月に水上ソーラー発電所の運転を開始することができた。フロートの上に設置した太陽電池パネルは 1 枚あたりの発電能力が 260 ワットで、全体では 3744 枚を合わせて 973kW（キロワット）に達する。

太陽電池パネルで発電した電力は池の水上からケーブルを通って、陸上に設置した 2 台のパワーコンディショナーに送られる（写真 4）。パワーコンディショナーで直流から交流に変換したうえで送電するが、出力は 2 台の合計で 750kW に抑えた。「1 年のうちで太陽光発電の出力が最大まで到達することはほとんどない。750kW を超えることも春と秋のわずかな日に限られる」（木谷氏）。出力の小さいパワーコンディショナーを使うことで導入コストを引き下げることができる。

写真 4◇太陽電池パネルで発電した電力を陸上に送るケーブル（上）
陸上に設置した受変電設備やパワーコンディショナーなどの格納庫（下）

太陽電池パネルの発電量が最大まで到達しない理由の 1 つは、フロートにある。シエル・テール製のフロートはパネルの設置角度が 12 度に決められている。「年間を通して日射量を最大に受けるためには 30 度くらいの角度が最適だが、パネルの影が大きくなるため、フロートの間隔を広くとらなくてはならない」（木谷氏）。それだけ全体の設置面積が拡大してしまう。パネルの設置角度を 12 度に低く抑えることによって、フロートの間隔を狭くして水上のスペースを有効に利用する考え方である（写真 5）。

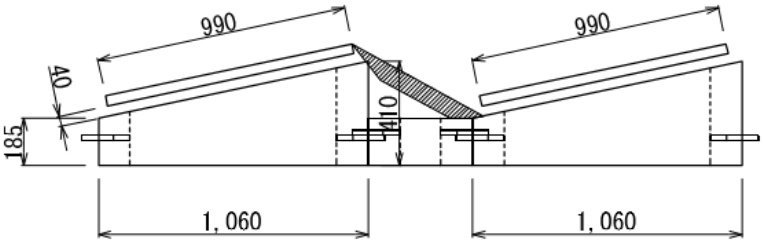

写真 5◇フロートと太陽電池パネルの設置状態。図の黒い部分が影の到達範囲（エナジーバンクジャパン）

十一番町遊水池の水上ソーラー発電所では年間に 108 万 kWh（キロワット時）の電力を供給できる。一般的な家庭が使用する電力量を年間 3600kWh で換算すると、300 世帯分の電力に相当する。発電所の効率を示す設備利用率（発電能力に対する年間発電量の割合）は 16.5%で、日本国内の太陽光発電の標準値 12%を大きく上回る。

設備利用率を高めることができた理由の 1 つは、太陽電池パネルの発電能力に対してパワーコンディショナーの出力を低めに抑えたことである。もう 1 つは水上に設置したことにより、太陽電池の弱点である温度の上昇を抑制できる点が挙げられる。太陽電池は夏の昼間などにパネルの温度が上昇すると、出力が低下する特性がある。水上に設置した場合には、水温によってパネルの温度上昇が抑えられて、出力の低下を防ぐことができる。「まだ初年度の実績値はまとまっていないが、兵庫県の先行事例から想定すると、年間に数%程度の発電量を増やす効果があるとみている」（木谷氏）。

十一番町遊水池の太陽光発電所は 2014 年度に固定価格買取制度の認定を受けた。発電した電力の買取価格は 1kWh あたり 32 円（税抜き）である。計画どおりの発電量を得られた場合の売電収入は年間に約 3450 万円を見込める。エナジーバンクジャパンは建設時の事業費や毎年の運転維持費を公表していないが、15 年程度で初期投資を回収できる見通しだ。

水上の発電設備を効率的に運転できるように遠隔監視システムも導入した。太陽電池パネルを縦 1 列ごとに監視するシステムで、パネルのうち 1 枚でも異常があれば検知できる仕組みである。このシステムを使って大阪市にあるエナジーバンクジャパンの本社から遠隔で監視できるほか、発電設備の保守を担当する JFE プラントエンジの岡山県内にある事業所でも監視する。さらに異常を検知した列の中から故障の可能性があるパネルを特定できる機器を現地に備えている。故障した場所を可能な限り陸上から特定することによって、水上の作業を減らす工夫である。

それでも法令で定められた定期点検は欠かせない。年に 1 回は保守担当者がフロートの上を歩いて、太陽電池パネルやケーブルの状態を目視で確認する。「池に生息する野鳥の糞がフロートの上に堆積している場所もあり、点検と合わせて清掃も必要になる」（木谷氏）。それに加えて笠岡市と結んだ協定により、池の周囲の草刈りを年に 4 回実施することになっている。

写真 6◇池の水上に並ぶフロート。太陽電池パネルのあいだのフロートの上を保守担当者が歩いて点検

遊水池の太陽光発電事業を通じて、笠岡市役所も収入を得ることができる。池の水面と陸上の一部を貸し付けて年間に約 130 万円の賃貸料が入る。発電事業は設備の建設と撤去の期間を含めて最長 21 年間を予定していることから、累計で約 2730 万円の貸付料になる。このほかに発電設備の固定資産税も加わって市の財政に貢献する。

ただし市民にとって気になるのは、太陽光発電が池にもたらす環境面の影響である。野鳥の生息や池の水質に与える影響のほか、大量の太陽電池パネルを設置することによる景観の問題もある。笠岡市役所がエナジーバンクジャパンと結んだ協定では、年に 1 回の水質検査を実施するほか、環境面で問題が発生した場合には事業者の負担で必要な対策を講じることが定められている。

エナジーバンクジャパンは工事を開始する直前に第 1 回目の水質検査を実施して、市役所に報告書を提出した。その後も毎年同じ時期に検査を実施して報告を続けているが、「これまでの水質検査で問題は生じていない」（笠岡市役所の前原氏）。むしろ水質を改善する効果が期待できる。「太陽光発電所を建設する以前には、池から悪臭がするというクレームが市民から寄せられていた。発電所を建設して以降は、そうしたクレームが来なくなった」（同）。

悪臭の原因は、池の底にたまっているヘドロや水中の微生物が太陽光の作用で化学反応を起こすためと考えられている。池の水上を太陽電池パネルで覆ったことにより、池の中まで太陽光が届きにくくなって、ヘドロや微生物の化学反応を抑制している可能性が大きい。「池の状況を正確に分析したわけではないが、悪臭を抑える効果はあると思う」（前原氏）。

一方で景観の問題は主観的な面もあり、見る人によって受け止め方に差がありそうだ。池の水上に角度を低く抑えて並べた太陽電池パネルは、陸上の太陽光発電所に比べると、周囲から見てさほど目立たない印象を受ける（写真 7）。とは言っても「以前から遊水池を見てきた人間には、少なからず違和感がある」と前原氏は明かす。こうした景観に対する評価の違いは、太陽光発電に限らず自然な環境の中に発電設備を建設した場合には生じやすい。

写真 7◇発電所の全景（渡り鳥が生息する初冬の様子）　　出典：エナジーバンクジャパン

3.　今後の計画

エナジーバンクジャパンは笠岡市役所と締結した協定に従って、発電開始から 20 年が経過した時点で設備を撤去する方針だ。協定では市が無償で発電設備の譲渡を受けられる条件も入っているが、「現時点で具体的な計画はない」（前原氏）。

笠岡市が遊水池の太陽光発電所を継続させるメリットはいくつか考えられる。1 つは池の悪臭を抑制する効果があり、もう 1 つは太陽光発電所に設置した非常用の蓄電池を利用できることである。エナジーバンクジャパンが市の防災対策として、陸上の格納庫の中に出力 300 ボルトアンペアの小型ポータブル蓄電池 14 台を設置している（写真 8）。蓄電池は太陽光発電の電力を使って常に充電状態を維持できる。災害が発生して長時間の停電が起こった時に、市役所の担当者が蓄電池を持ち出して、避難所などで携帯電話や家電製品の電源に利用する。

写真 8◇陸上の格納庫の中にある小型ポータブル蓄電池

温暖化対策の面では、二酸化炭素を排出しない 300 世帯分の電力を遊水池の太陽光発電で作り続けることができる。笠岡市役所は遊水池のほかに、干拓地の別の場所にある 1 万 3000 平方メートルの市有地を太陽光発電事業者に貸し付けている（写真 9）。この太陽光発電所もほぼ同時期の 2016 年 3 月に運転を開始して、年間に 370 世帯分の電力を供給できる。非常用の設備として電気自動車の急速充電器を併設している。

写真 9◇「いちご笠岡拓海町 ECO 発電所」の全景　　出典：いちごグループホールディングス

2 つの太陽光発電所ともに 2036 年に固定価格買取制度の買取期間が終了する。その時の状況を今から予測することはむずかしいが、笠岡市のエネルギー源として有効に活用できる可能性は大いにある。既設の太陽光発電所を市役所が譲り受けて、他の発電事業者に運転を委託することも選択肢の 1 つになる。

＊本レポートの内容はヒアリング実施日（下記）の時点の情報です。
ヒアリング実施日：2017 年 6 月 6 日
ヒアリング/レポート作成協力：エナジーバンクジャパン、大阪ガス、笠岡市役所 市民生活部 環境課
レポート作成者：石田雅也（自然エネルギー財団 自然エネルギービジネスグループマネージャー）

©自然エネルギー財団　Renewable Energy Institute 2017