



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.19

# 日量3万トンの湧水を小水力発電に生かす —群馬県・東吾妻町が民間委託で事業リスク回避—



● 概要

群馬県の山間部に広がる東吾妻町に、大量の水が湧き出る名所がある。古くから知られる「箱島湧水」で、1日あたりの水量は3万トンに達する。年間を通して水量が安定していて、1956年まではロックフィルダムに水を溜めて水力発電に利用していた。その後は養鱒施設で湧水の一部を使うだけだった。固定価格買取制度の開始を機に、東吾妻町役場が民間企業に委託して小水力発電所を建設し、2017年6月に運転を開始した。PFI（プライベート・ファイナンス・イニシアチブ）と呼ぶ手法を採用して、資金調達から設計・建設・運営・維持管理までを民間の事業者にも全面的に委託することにより、東吾妻町は事業リスクを回避しながら年間に1200万円の納付金を得られるようになった。群馬県内でPFIを活用した初めての発電プロジェクトである。年間の発電量は一般家庭の約400世帯分に相当する。

● 基本データ

①運営体制	事業者名	箱島湧水発電 PFI	事業者の所在地	群馬県吾妻郡東吾妻町
	発電所名	東吾妻町箱島湧水発電所	発電所の所在地	群馬県吾妻郡東吾妻町大字箱島字宿 791-3
	運転開始日	2017年6月22日	運営人員数	常駐0人
	建設担当	ヤマト	運転・保守担当	ヤマト
②発電設備	機器構成	水車発電機ほか	メーカー名/製品名/台数	田中水力/ターゴ水車/1台
	最大出力	170kW	送電能力	170kW
	年間発電量	146万kWh	設備利用率	97%（20年間平均）
	電力供給先	東京電力	FIT 認定取得日	2015年9月14日
③収支計画	事業費	4億3000万円	事業期間	20年間
	売上高	4900万円/年	運転維持費	493万5000円/年
	年間売電量	144万kWh	売電単価	34円/kWh
	資金調達先	群馬銀行(融資):4億1000万円	投資回収年数	—
			補助金	群馬県「鳴沢川小水力発電導入基本設計調査事業」ほか



## 1. 発電事業の経緯

群馬県の中西部に位置する東吾妻町（ひがしあがつままち）は、周囲を 1000 メートル級の山が連なる自然豊かな地域である（図 1）。町内を横断する県道から山側に上った場所に、日本名水百選に選ばれた「箱島湧水（はこしまゆうすい）」がある（写真 1）。



図 1◇東吾妻町の位置。出典：東吾妻町役場



写真 1◇箱島湧水の湧水口



山の斜面から湧き出る水量は 1 日あたり 3 万トン（毎秒 0.3 立方メートル）にのぼる（写真 2）。この湧水口から南西に 10 キロメートルほど離れた榛名山（はるなさん）の山頂に榛名湖があり、湖の水が地中を通して山麓で箱島湧水として流れ出る、という説が有力だ。

湧水口の直下には、1910 年（明治 43 年）に造られた小規模なロックフィル・ダムが残っている（写真 3）。このダムから 800 メートルにわたって導水路を敷設して、1956 年（昭和 31 年）まで水力発電所が運転を続けていた。廃止してから 50 年以上が経過した。

新たに東吾妻町役場が地域の活性化に向けて、町内を流れる大量の湧水を使って再び電力を供給できるように、以前と同じ場所に小水力発電所を復活させるプロジェクトに挑んだ。



写真 2◇湧水口から落ちる水流



写真 3◇湧水口の直下に造られたロックフィル・ダム。階段の真下にある設備が新設の取水口



東吾妻町役場は 2011 年度に群馬県から補助金を受けて、箱島湧水を利用した小水力発電の事前調査を実施することを決めた。「ただし町役場には小水力発電の経験やノウハウがない」（東吾妻町役場東支所の 大塚徹也係長）。そこで群馬県内で自然エネルギー開発の技術支援を手がける NPO 法人の環境技術研究所に調査を依頼することにした。湧水の水量などをもとに発電事業の可能性を調べた結果、有望であるとの結論を得ることができた。

続いて 2013 年度に再び群馬県から補助金を受けて、小水力発電の導入に向けた基本設計を実施する。この基本設計も同じ NPO 法人に委託して、発電に利用可能な水量や水流の有効落差をもとに、発電機の出力や必要な機器類の仕様、発電所内の配管・配線、取水口や放水口を含む土木・建築工事の基本計画を策定した。

水源になる箱島湧水から水力発電所があった場所まで古い導水管が通っていたが、新たに小水力発電に利用するためには耐震性・耐久性のある導水管を敷設する必要があった。距離は約 800 メートルある（図 2）。さらに発電所の先には、古い導水管から送られてくる湧水を利用中の養鱒センターがあるが、新設する発電所から養鱒センターまでの区間は従来の導水管をそのまま利用することにした。

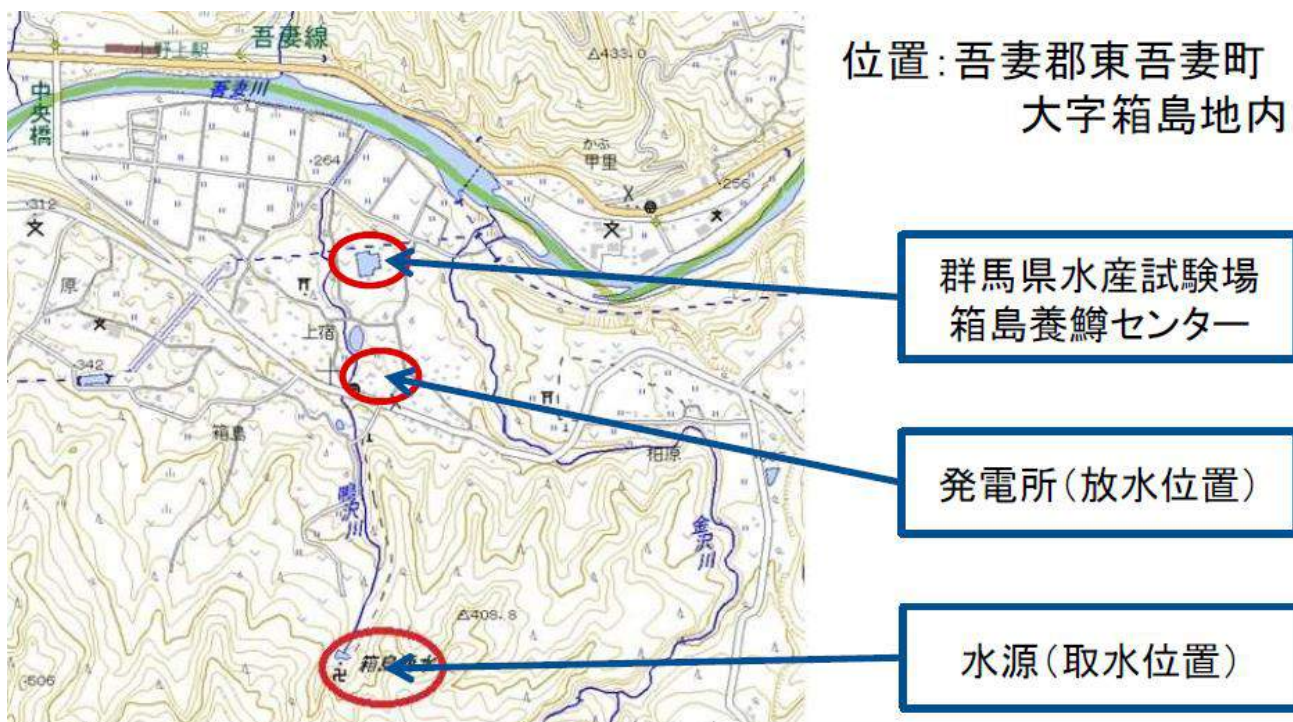


図 2◇水源・発電所・養鱒センターの位置。出典：東吾妻町役場

東吾妻町役場は 2014 年 10 月に、発電事業者の募集を開始した。地方自治体が公共施設などの建設や運営に民間の資金と能力を活用できる PFI（プライベート・ファイナンス・イニシアチブ）を採用した点が大きな特徴である。PFI を採用すると、地方自治体は事業に必要な資金を調達する必要がなく、施設の建設・運営に伴うリスクも回避できる（図 3）。

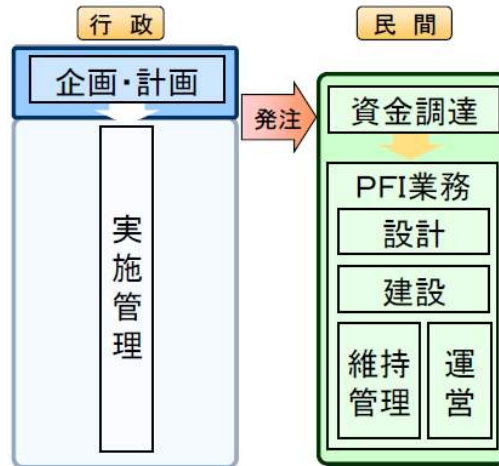


図 3◇PFI の業務分担。出典：内閣府

町の公募に提案した 2 社のうち、技術・価格の両面で評価点が高かったヤマトを事業者に選定した。ヤマトは群馬県の前橋市に本社がある建設会社で、オフィスビルや商業施設のほかに水道施設の工事も県内で数多く手がけている。

PFI による事業を運営する場合には、その事業だけに限定した SPC（特別目的会社）を設立して経理の独立性を確保することにより、資金を調達しやすい事業スキームをとる方法が一般的だ。ヤマトは SPC の「箱島湧水発電 PFI」を 2015 年 2 月に設立して、翌 3 月に東吾妻町と事業契約を結んだ（図 4）。

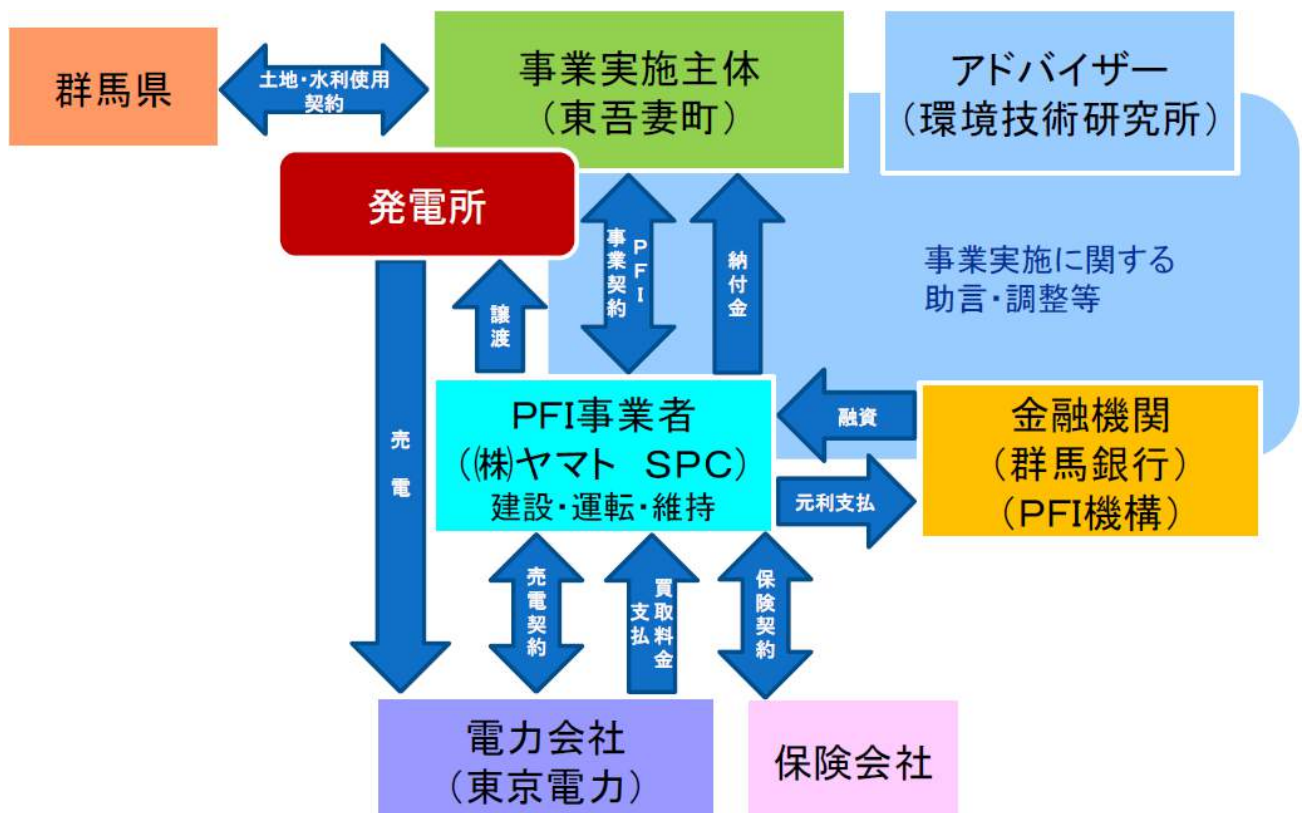


図 4◇箱島湧水発電事業の実施スキーム。出典：東吾妻町役場

このPFIによる事業スキームを通じて、SPCは金融機関から4億1000万円の融資を受けて小水力発電所を建設する。完成した設備は無償で東吾妻町に譲渡する一方、SPCは発電所を運転して売電収入を得ることができる。東吾妻町の設備を利用する代わりに、売電収入の中から年間に1200万円を納付する契約になっている。

一方で東吾妻町は湧水の水利使用料（年間45万円）と発電所の土地賃借料（同16万円）を群馬県に支払うだけで小水力発電所の所有者になり、固定価格買取制度の買取期間である20年間にわたってSPCから納付金を得ることができる。「町役場としては資金も人手もほとんどかけずに収入を増やせるわけで、大変ありがたい事業になっている」（大塚氏）。

小水力発電所を建設するにあたって、通常は河川法で定められた水利使用許可を国や県から受けなくてはならないが、この許可は簡単に取得できるものではない。河川の水を利用して実施する事業が公益や環境に支障がないことを確認できた場合に限り、水利使用の許可を受けることができる。

ただし例外がある。2013年12月に河川法が改正されて、「従属発電」の場合には国が県に登録するだけで手続きが済むようになった。すでに水利使用許可を得ている流水を利用して、発電による減水区間が生じないことを条件に従属発電が認められる（図5）。従来の許可を必要とする場合に比べて、水利使用权を取得するまでの期間が大幅に短くなる（国土交通省によると5カ月から1カ月に短縮）。

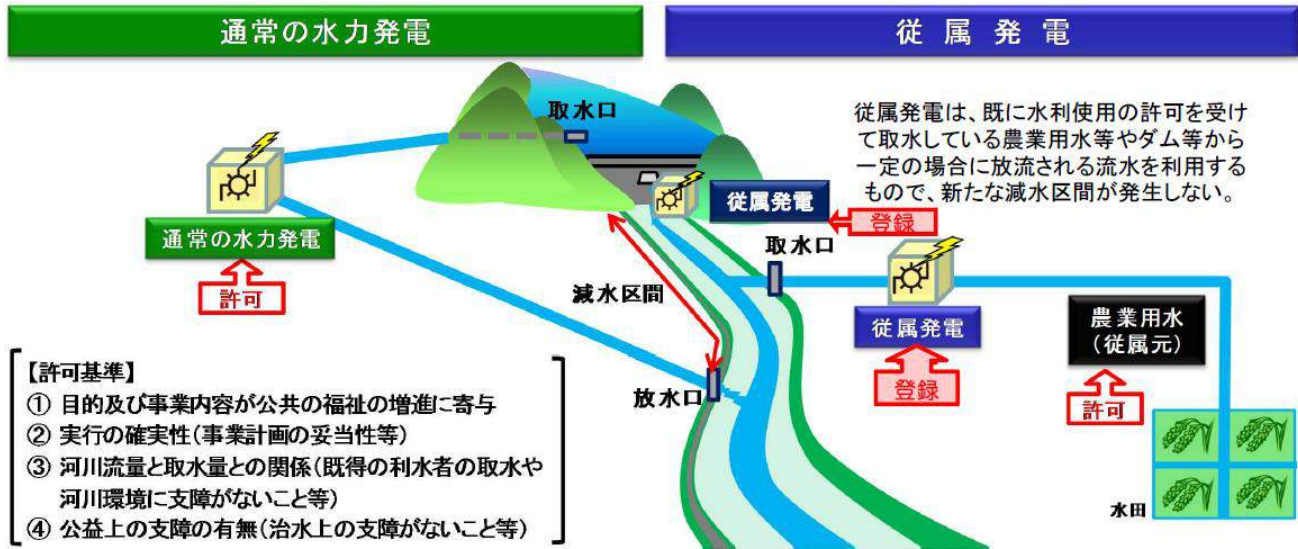


図5◇従属発電の条件。出典：国土交通省

箱島湧水では発電所の先にある養鱒センターまでの流水に対して、水利使用許可が得られている。新設する小水力発電所は養鱒センターの手前に建設する。発電後の水をすべて養鱒センターに送れば、減水区間が生じない。周囲の環境に影響を及ぼすことはなく、従属発電の条件に合致する。通常は難航することが多い水利使用权の取得手続きはスムーズに完了した。



最大の問題は、電力会社の送配電ネットワークに接続する許可を得ることだった。群馬県内では2012年7月の固定価格買取制度の開始以降、県の北部エリアを中心に太陽光発電設備が急増した。東京電力は発電事業者からの接続申込量が基幹送電線の容量の上限に達したことを理由に、2014年4月以降の接続申込を保留することを決めた。代わりに送電容量を増強する工事を入札で募集し、工事負担金の単価を高く入札した発電事業者から順番に、一定の容量まで接続を許可する方法をとった。

東吾妻町も入札の対象エリアに含まれていた。小水力発電所の基本設計に着手していた東吾妻町役場は2014年8月の入札に応募して、接続許可を取得することができた。東京電力が設定した入札の条件は、発電所から送電する電力1kW（キロワット）あたり1万5000円以上である。東吾妻町役場は入札額を公表していないが、発電所の最大出力を170kWで設計したことから、最低でも255万円になる。

発電所の建設にかかった事業費が総額で4億3000万円だったことから、送電線の工事負担金の割合は低いものの、入札額によっては接続許可を得られなかった可能性がある。自然エネルギーの導入が活発に進む地域において、送電線の接続問題は事業者にとって悩ましい限りだ。政府が2018年度から導入を推進している新たな送配電ネットワークの運用ルール（日本版コネクト&マネージ）によって、各地域の接続問題を早急に解消することが求められる。

東吾妻町役場が小水力発電の事業者を公募してから1年3カ月が経過した2016年1月に、発電所の建設工事を開始することができた。取水口から発電所までは、町道の下に導水管を埋設する必要がある（写真4）。導水管は途中で県道の下も横断するため、県と町から道路の占用許可を取得した。



写真4◇導水管の埋設工事。出典：東吾妻町役場



全体の工期は1年4カ月で、2017年5月下旬に竣工。公募時の予定から約2カ月の遅れで、箱島湧水発電所の運転を開始した（図6）。



図6◇箱島湧水発電所の所在地と設備。出典：NPO 法人環境技術研究所

## 2. 発電事業の詳細

箱島湧水発電所は以前の水力発電所と同じ場所で運転中だ（写真 5）。幹線道路の県道から少し下ったところにあり、周囲を民家が囲んでいる。「できるだけ景観になじむように、建屋の外壁をベージュ色に塗った」（東吾妻町役場の大塚氏）。その効果もあって、一般的な倉庫のように見える。案内板がなければ、この建物が水力発電所であることは想像しにくい。



写真 5◇旧発電所の跡地に建設した箱島湧水発電所の建屋（上）、案内板（右）





建屋の中に入ると、水車と発電機が大きな音を響かせている（写真 6）。箱島湧水発電所では、ターゴ水車を採用した。ターゴ水車は内部にあるノズルから水を噴出して水車を回転させる方式で、小水力発電の中でも水量と有効落差が中程度の場合に適している（図 7）。



写真 6◇水車発電機（青い装置全体）。右側の黄色いバルブの付いたボックスの中にターゴ水車を格納

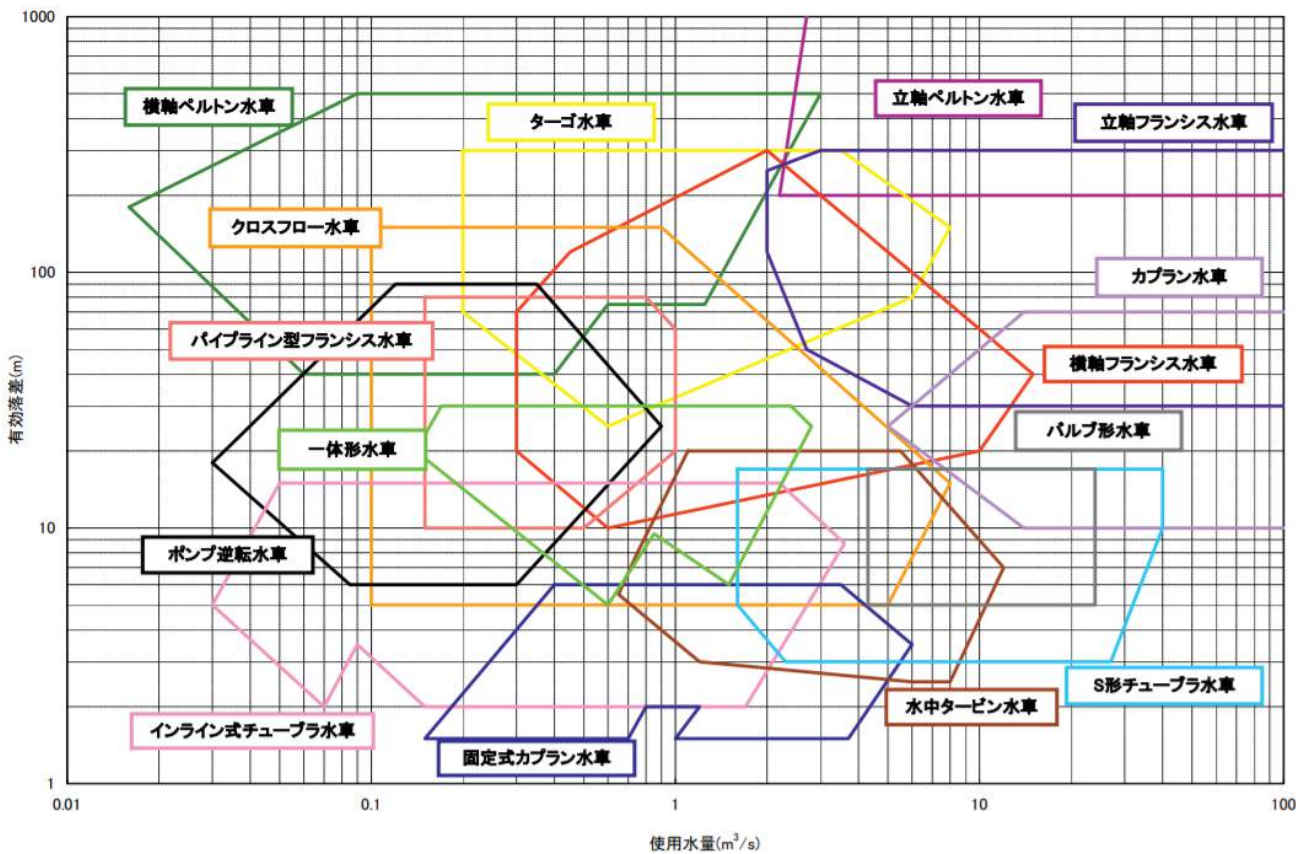


図 7◇使用水量と有効落差による水車の適用範囲。出典：資源エネルギー庁

箱島湧水発電所では使用する水量が年間の平均で毎秒 0.28 立方メートル、水流の有効落差は 82 メートルある。この水量と有効落差を生かして、最大で 170kW の電力を生み出すことができる。箱島湧水は年間を通して水量が安定しているため、設備利用率（出力に対する発電量の割合）は 97% を想定している。年間の発電量は 146 万 kWh（キロワット時）を見込み、一般家庭の使用量（年間 3600kWh）で換算して約 400 世帯分に相当する。

発電量のうち 144 万 kWh を送電して売電収入を得る計画である。固定価格買取制度による小水力発電（出力 200kW 未満）の買取価格は 1kWh あたり 34 円（税抜き）に設定されている。売電収入は年間で 4900 万円になり、買取期間の 20 年間の合計で 9 億 8000 万円を見込める。

一方で事業費は 4 億 3000 万円かかり、そのうち発電設備の建設に 3 億 7000 万円を費やした。水車発電機など機器の購入と工事に 1 億 6000 万円、取水口と導水路の工事に 1 億 1000 万円、そのほか発電所の建屋の建設工事費や現場管理費・一般管理費などである。

加えて運転維持費に年間で 500 万円弱を予定している。発電設備の保守・点検のほか、山の中にある取水口の清掃が欠かせない。取水口に落ち葉などが溜まってしまうと、発電できなくなる可能性がある。箱島湧水は夏にホタルを見ることができるとして観光の名所でもあり、地元の住民が「ホタル保護の会」を結成して湧水口の周辺や川の清掃を実施している。発電所の取水口の清掃作業もホタル保護の会に依頼した。

当初の事業費と毎年の運転維持費、さらに東吾妻町の納付金（年間 1200 万円）を合わせると、20 年間の総費用は 7 億 7000 万円になる。20 年間にわたって順調に発電を続けることができれば、発電事業を運営する SPC は金利を除いて約 5000 万円（年平均 250 万円程度）の利益を上げられる見通しだ。

ただし運転を開始した当初は計画どおりの出力を発揮できず、出力は 140kW 程度にとどまっていた。「水を受ける水車の形状を調整する必要があることが判明したため、運転を停止して水車を削り直したところ、160kW を少し超えるレベルまで引き上げることができた」（大塚氏）。それでも計画値の 170kW に達していないことから、発電所に引き込む水量の調査も実施しながら改善策を検討中である。

発電設備の稼働状況は、前橋市にあるヤマトの本社から遠隔監視システムでリアルタイムに確認する。取水口の水位や発電所に送り込む水の圧力、水車の回転数や発電機の出力、さらには各種の装置が正常に作動しているかを含めて、全体の状況が遠隔監視システムの画面上に表示されている（図 8、次ページ）。この情報を見ながら管理者が必要な操作を実行する。

発電所のほかに取水口の様子も、取水口の上部に設置したカメラの映像を遠隔監視システムに送って確認できる（写真 7、次ページ）。水が問題なく流れているか、内部に落ち葉などが溜まっていないか、を遠隔監視システムの画面上でチェックすることが可能だ。



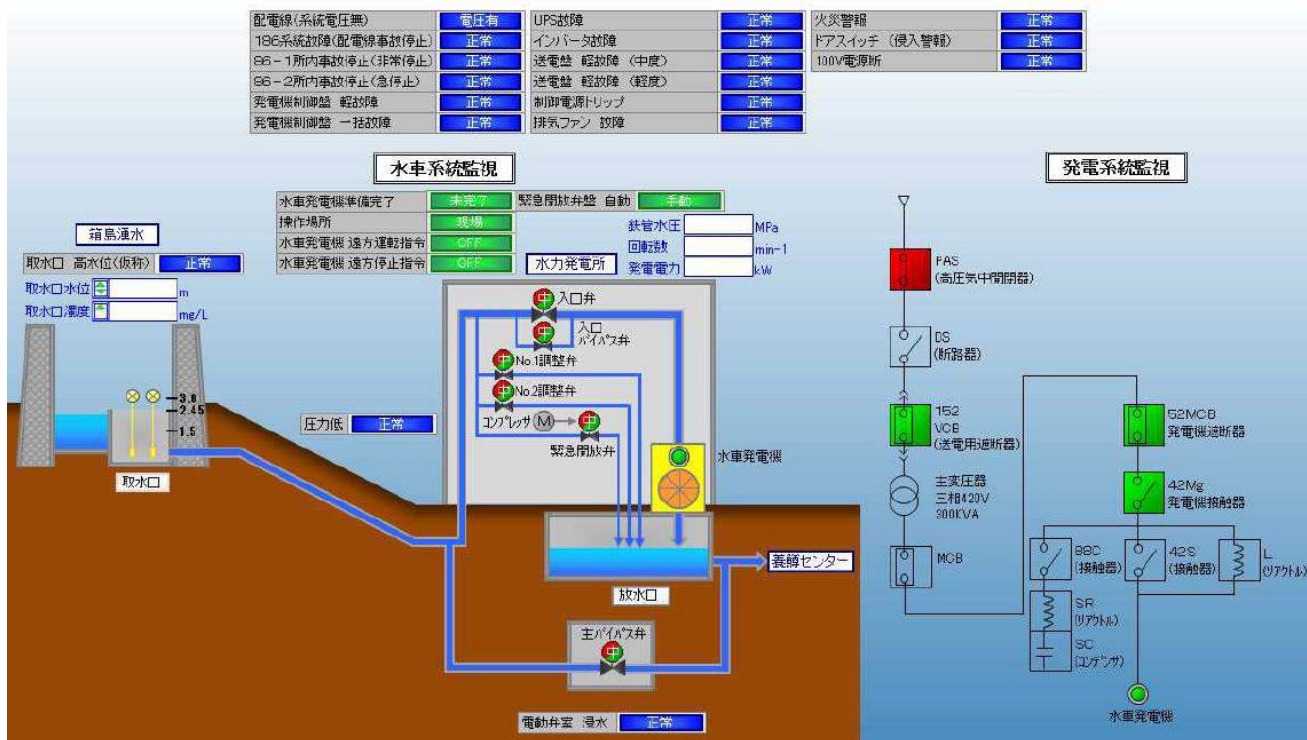


図 8◇管理者用の遠隔監視システムの画面イメージ。出典：東吾妻町役場



写真 7◇取水口の映像も遠隔監視システムの画面に表示。出典：東吾妻町役場



水力発電では規模の大小にかかわらず、発電所に送り込む水流にゴミが混入しないように対策をとることが重要である。箱島湧水の直下に新設した取水口は3つの水槽を組み合わせて、できるだけゴミが溜まらない構造になっている（写真8）。水槽の上部に金属製のネットを付けて、3つの水槽のあいだを下から上へ水を送る構造でゴミの混入を防ぐ。



写真8◇湧水口から取水口までの水の流れ（上）、3つの水槽で構成する取水口（下）



環境面の対策としては、発電所の騒音防止が重要だ。建屋の中で1日24時間にわたって稼働する水車と発電機が発する音は大きい。周囲には数多くの民家があるため、建屋の内壁を防音材で覆って音の漏れを防いでいる（写真9）。

「発電所の運転を開始してから1年以上が経過したが、これまでに近隣の住民から苦情は出ていない。もともと水力発電所があった場所でもあり、建設時にも反対意見はほとんど聞かれなかった」（大塚氏）。発電事業によって東吾妻町が得る収入を地元の整備に生かすことも伝えて、住民の理解につなげた。



写真9◇建屋の内部にある発電設備（上）、壁と天井を防音材でカバー（右）。水車発電機（青い装置）の左からグレーの太い管を通して水車に水を送り込む。発電後の水は手前に見えている下向きの管を通して放水路へ（四角のマスは旧発電所の設備を再利用）



### 3. 今後の計画

箱島湧水発電事業の契約は 20 年間の買取期間をもって終了する。東吾妻町と SPC の契約が終了した後も、町が発電設備を所有し続ける。「契約の規定により、SPC は最大出力 170kW の 80%を保証した状態で発電設備を返還することになっている」（東吾妻町役場の塚氏）。

運転開始から 20 年後の 2037 年の時点でも、出力 136kW 以上で電力を供給できる状態にあるわけだ。「契約が終了した後も発電事業を続けることを想定している」（同）。その場合も現在と同様に、民間企業に業務を委託する可能性が大きい。

固定価格買取制度の対象からはずれて以降も、発電設備の運転維持費を上回る売電収入を得ることができれば事業は成り立つ。年間の運転維持費が現状（500 万円弱）と変わらず、現在の売電量の 80%（115 万 kWh）を確保できると、1kWh あたり 5 円以上で売電できれば採算はとれる。事業者の利益を加えても十分に価格競争力を維持できる水準だ。

周囲に高い山が連なり、大小さまざまな川が流れる東吾妻町では、箱島湧水発電事業の成果を生かして他の場所でも小水力発電を実施したい意向がある。しかし箱島湧水のように水量が豊富で安定している適地は見つかっていない。町内を流れる農業用水は季節によって発電に利用できる水量が変動するため、設備利用率が低くなり、発電量が減って採算性が悪くなってしまう。

箱島湧水発電事業を支援した群馬県庁によると、2012 年度から 2016 年度の 5 年間で県内 17 カ所に対して事前調査の補助金を交付し、これまでに箱島湧水を含めて 6 カ所で発電を開始した（図 9）。残る 11 カ所では発電所を建設するまでに至っていない。

番号	事業主体	発電所	発電出力 (kW)	電力用途	使用流水		発電所所在市町村	運転開始
					名称	種類		
1	東吾妻町	箱島湧水発電所	170	売電	鳴沢川（箱島湧水）	一級河川	東吾妻町	平成 29 年 6 月
2	中之条町	美野原小水力発電所	135	売電	美野原用水	農業用水	中之条町	平成 29 年 7 月
3	大間々用水土地改良区	大間々用水神梅発電所	47	売電	大間々用水	農業用水	みどり市	平成 29 年 11 月
4	赤城大沼用水土地改良区	赤城大沼用水発電所	65	売電	赤城大沼用水	農業用水	前橋市	平成 30 年 3 月
5	待矢場両堰土地改良区	待矢場三栗谷発電所	117	売電	待矢場用水・三栗谷用水	農業用水	太田市	平成 30 年 4 月
6	前橋市	まえばし赤城山小水力発電所	236	売電	赤城大沼用水	農業用水	前橋市	平成 30 年 8 月

図 9◇群馬県が事前調査費を補助した小水力発電所。出典：群馬県庁



さらに2016年度に県内の有望地点13カ所を対象に、水量と有効落差のデータをもとに事業性を評価したところ、5カ所で採算性があると認められた。しかし開発に着手した事例は出ていない。

「事業者は採算性だけではなく、水利使用权の取得、送配電ネットワークへの接続など、さまざまな点から検討して事業化を判断しているようだ。箱島湧水のように好条件がそろっていないと、小水力発電の導入事例を増やすのは簡単ではない」（群馬県環境森林部環境エネルギー課の高橋剛生氏）。

群馬県では2030年度に県内の自然エネルギー（再生可能エネルギー）の導入量を62億kWhまで拡大して、電力消費量に対する比率を42%まで高める目標を掲げている（図10）。このうち半分を既設の大規模水力発電（出力1000kW超）で確保する一方、残る半分を太陽光・小水力・バイオマス・風力で供給することを想定している。

エネルギー種別	平成26年度	平成42年度
大規模水力発電 (出力1,000kW超) (※1)	31 億kWh/年	31 億kWh/年
大規模水力発電以外の 再生可能エネルギー発電 (※2)	9 億kWh/年	31 億kWh/年
合計	40 億kWh/年	62 億kWh/年
電力消費量 (※3)	153 億kWh/年	146 億kWh/年
再生可能エネルギー電力自給率	26 %	42 %

※1 平成26年度の数値は平成24～26年度の平均値  
 ※2 太陽光、小水力（1,000kW以下）、バイオマス、風力の各発電  
 平成26年度の数値は環境エネルギー課による推計値  
 ※3 電力消費量は、電気販売量+自家消費量とし、平成42年度は省エネルギーによる削減分を考慮した  
 ※ 水力発電は揚水発電を含まない

図10◇群馬県の自然エネルギー導入目標。出典：群馬県庁

kW：キロワット、kWh：キロワット時

大規模水力を除く自然エネルギーの発電設備のうち、出力の合計では9割以上を太陽光が占めている。群馬県内には風況の良い地域が少ないため、風力発電の導入量はさほど期待できない。今後も住宅用を中心に太陽光発電は伸びていく見通しだが、資源が豊富にある小水力発電とバイオマス発電の開発が引き続き重要な課題になる。

群馬県庁は古くから公営の発電事業に積極的に取り組んできた実績がある。自治体の中では神奈川県に次いで全国で2番目の発電規模（出力ベース）になっている。特に水力発電は大規模から小規模まで合計32カ所で運転中だ（図11）。今後も民間の事業者を支援する一方で、みずからも小水力発電の開発に取り組んで導入量を拡大することが求められる。

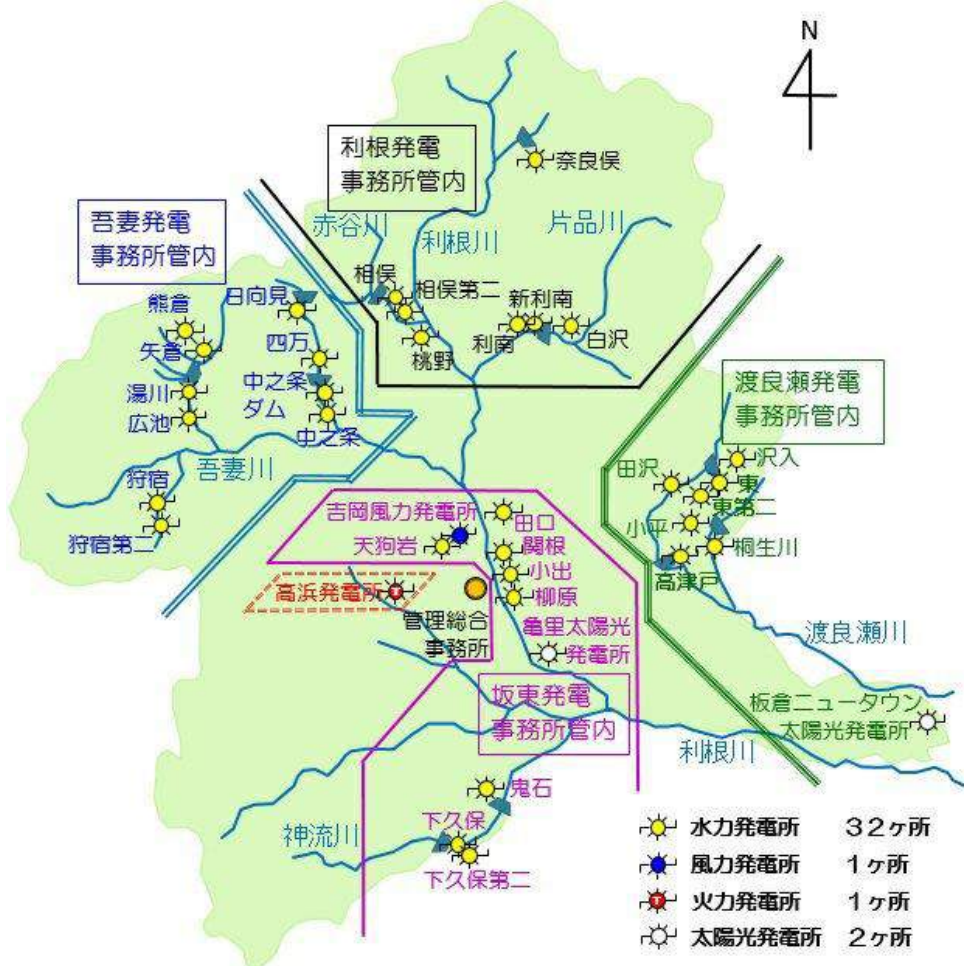


図 11◇群馬県営の発電所。出典：群馬県庁

\*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：2018年10月3日  
 ヒアリング/レポート作成協力：東吾妻町役場東支所、群馬県環境森林部環境エネルギー課  
 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）