

小水力発電導入マニュアル

徳島県企業局

事業推進課

自然エネルギー事業化担当

目 次

まえがき	1
第1章 基本構想と調査	2
1.1 目的を立てる	2
1.2 候補地の調査	2
1.3 候補地の選定	6
第2章 小水力発電所の設計	8
2.1 水車発電機の選定	8
2.2 発電システムの設計	11
2.3 予定発電量の把握	13
2.4 経済評価、資金計画と着手判断	13
2.5 調査・基本計画、実施設計	14
第3章 関係手続きの実施	15
3.1 河川法	15
3.2 電気事業法	17
3.3 その他法令	19
3.4 固定価格買取制度(FIT)	19
第4章 小水力発電所の建設	26
4.1 発注	26
4.2 着工前の確認	26
4.3 工事施工	26
4.4 検査・完成	30
第5章 小水力発電所の維持管理	33
5.1 維持管理	33
5.2 定期点検	33
5.3 法的義務	34
5.4 故障等の対応	34
参考文献	35

まえがき

徳島県では、自然エネルギーを取り巻く急激な社会・経済情勢の変化に対応するため、本県が実現すべき未来の姿「2050年ビジョン」や、そこに至るための「2030年度の目標」等を取りまとめた新たな戦略として、令和元年7月、「自然エネルギー立県とくしま推進戦略～脱炭素社会の実現へ！～」を策定し、2030年度の「県内の自然エネルギーによる電力自給率」の目標を50%に設定の上、その実現に向けて取り組んでいます。

当戦略においては、本県の強みである豊富な地域資源を最大限に活用し、自然エネルギーの特徴を活かしながら、災害に強い「自立・分散型エネルギー社会」の実現を目指しており、災害時における小水力発電などの自然エネルギー発電設備からの給電を推進しています。中でも、小水力発電は、24時間使用できる安定した電源であり、県内には未利用河川が多数存在するなど、今後の普及拡大が期待されているところです。

本マニュアルは、災害時における山間地域の自立電源として活用でき、低コストかつ容易に設置可能なものとして、小水力発電の内、発電能力が10kW未満の小規模なピコ水力発電所を設置する場合に参考にしていただけるよう、候補地の選定から調査・計画、発電所運用までを小水力発電を希望する地域の方々、自治体職員、コンサルタントなど関係する技術者を対象に解説しました。

なお、本マニュアルは徳島県企業局と阿南工業高等専門学校との共同研究の成果として作成しました。

第1章 基本構想と調査

身近な川を眺めていると、水力発電ができると思ったことはありませんか？
水力発電を手掛けるには、まず構想を立て調査します。
どのような川なのか、発電機の設置には何か制約があるかを調査します。
発電電力はどの程度か、設置の難易度や経済性等から可能性を考えます。

1.1 目的を立てる

(1) 発電所を作る目的を明確にする

どのような目的で発電所を作るのか、整理する。

- ・売電による収入
- ・自家消費による電気代の削減
- ・電気の無い場所への電力供給
- ・地域振興
- ・環境貢献など

(2) 誰が発電所を作るのか、推進体制を作る

参考に以下のような推進体制が考えられます。

- ・行政機関
- ・土地改良区
- ・民間企業
- ・NPO
- ・地元有志の共同体

(3) 重要点

目的で異なりますが、事業には、採算性の確保が重要課題になります。

1.2 候補地の調査

候補地を選定するために表1に示す項目を調査します。

表1 候補地の調査項目

調査項目	内容
発電電力	・落差が十分に確保できるか ・流量が十分に確保できるか ・流量が年間を通して安定しているか
水質	・ごみ、落ち葉、土砂の流入が少ないこと
施工性	・工事が支障なくできること ・売電する場合、電力会社の電力系統が近傍にあること
権利・法令関係	・水利権の使用に支障がないこと ・河川法などの認可が得られること

(1) 発電電力の調査

どの程度の発電電力が得られるか、調査し評価します。

発電電力は水量と落差がどの程度確保できるかに影響されます。また、後述する水車の形式の選択にも影響します。

1) 発電電力、年間発電量

発電電力は、流量(Q[m³])と有効落差(H[m])で決まります。

$$\text{発電所出力(kW)} = 9.8 \times \text{有効落差(m)} \times \text{使用水量(m}^3/\text{s)} \times \text{効率} \text{ --- (1)}$$

年間の発電量(kWh)は、発電出力に年稼働時間を乗じて求めます。

$$\text{年間発電量(kWh/年)} = \text{発電電力(kW)} \times 24(\text{hr}) \times \text{稼働日数(日)} \text{ --- (2)}$$

(2) 流量の調査

流量を調査するには以下の方法があります。

1) 容積法

水路及び河川を土のうなどでせき止め、塩ビ管などを通して流れてきた水をバケツなどで直接測定する方法です。直接流量を測定するため、高い精度でデータが得られますが、流量が多くなると測定ができなくなります。

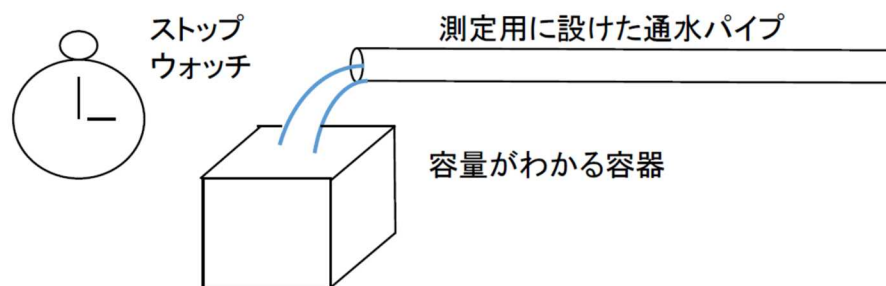


図-1 容積法

2) 浮子法・流速計法

水路や河川の幅と水深から断面積を求め、さらに流速を求めて流量を計算する方法です。

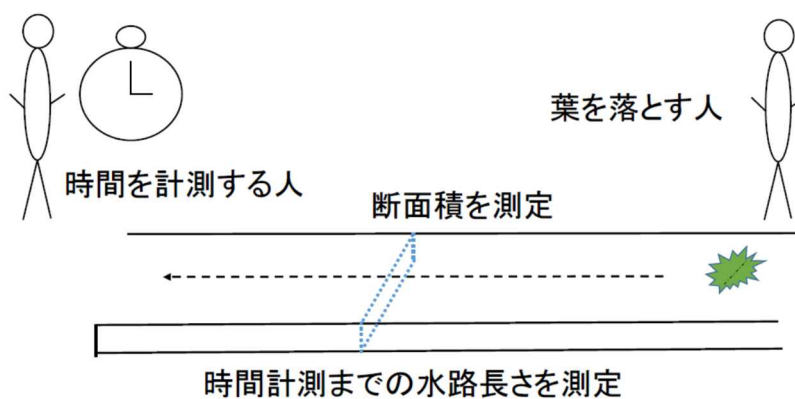


図-2 浮子法・流速計法

川幅や水深は、メジャーなどで測定します。
 流速は浮き(葉っぱ)を流して2点間を流れる時間を計測して求めます。

$$\text{流量 (m}^3/\text{s)} = \text{断面積 (m}^2\text{)} \times \text{流速 (m/s)} \quad \text{---- (3)}$$

(3) 総落差の調査

総落差とは、取水位から放水位までの高さを言います。
 総落差は、図面(等高線)や高度差計により求めることができます
 損失落差は、水圧管を流れる際の摩擦による損失です。
 有効落差は、水圧管を流れて実際に水車発電機に加わる落差を言います。

$$\text{有効落差 (m)} = \text{総落差 (m)} - \text{損失落差 (m)} \quad \text{---- (4)}$$

$$\text{損失落差 (m)} = \text{総落差 (m)} \times 0.3 \text{ ※} \quad \text{※概略値} \quad \text{---- (5)}$$

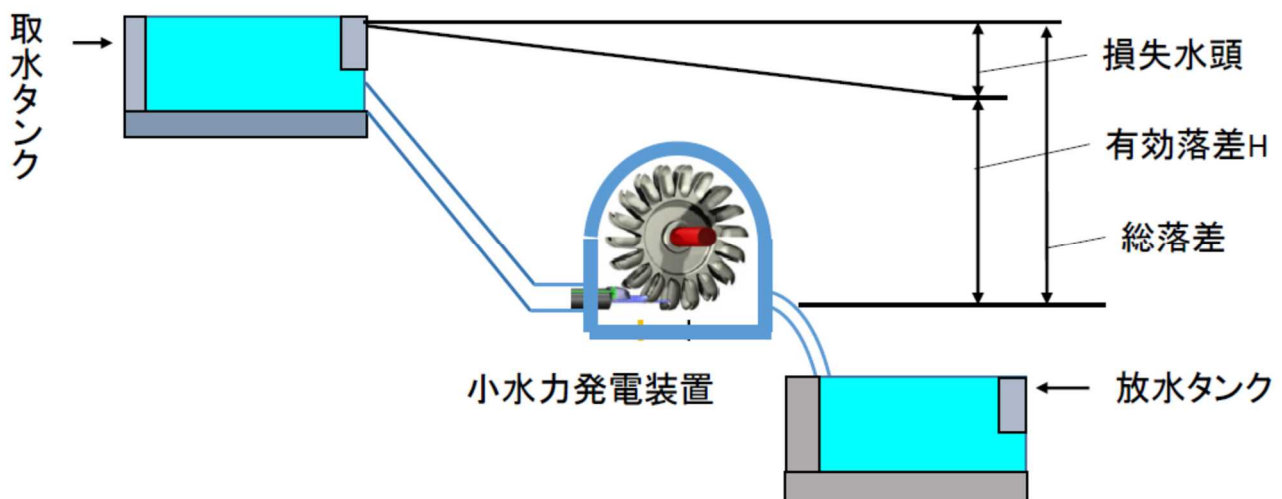


図-3 落差

(4) 予定発電量の把握

既に(1)式、(2)式で発電量について述べましたが、ここでは流量の年間変動などを考慮して詳細に検討します。

1) 発電使用水量の選定

河川では、冬の流量は春から秋に比べて少なくなります。また、農業用水路は稲作に合わせて流れ、冬は極端に少なくなります。

発電使用水量は、どの時期のものを採用するかによって年間の発電量が大きく変動します。

河川で利用できる毎日の流量を、日数を横軸にとって流量の大きいものから順に並べたグラフを流況図と言います。発電所で採用する流量に対する運転可能日数が一目でわかります。このため、年間を通して流量の測定データを収集することが重要です。

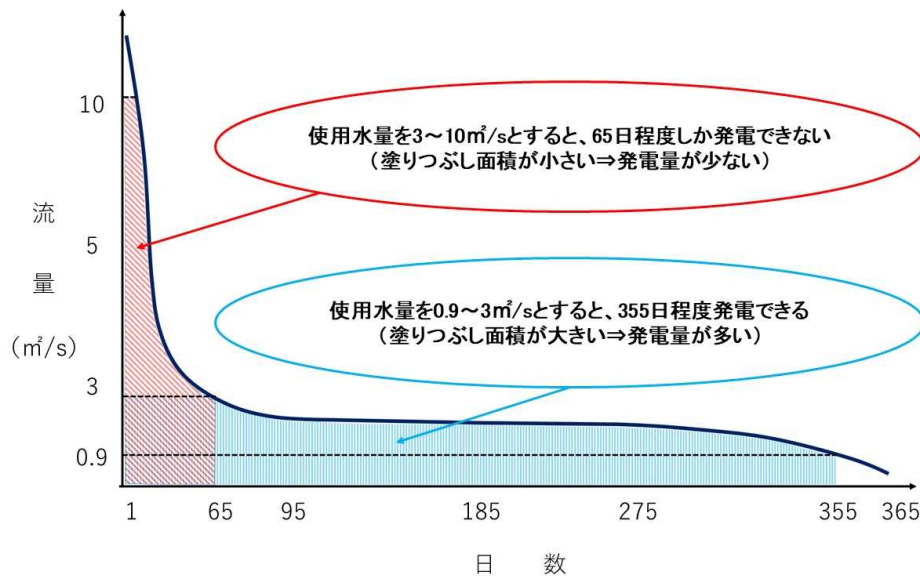


図-4 流況図

2) 予定発電量

流況図で既に求めた流量を前述の発電電力の式に用いて求めます。

$$\text{発電所出力(kW)} = 9.8 \times \text{有効落差(m)} \times \text{使用水量(m}^3/\text{s)} \times \text{効率} \text{----(1)}$$

(2)式に設備の利用率を追加し、点検等で停止することを考慮して、30%程度の停止(設備利用率は70%)を見込みます。

$$\text{年間発電電力量(kWh)} = \text{発電所出力(kW)} \times 365(\text{日}) \times 24(\text{時間}) \times 0.7 \text{ (6)}$$

(5) 施工性の調査

調査では以下の点を考慮する必要があります。

- ・山岳地では水圧管の施工に多大な労力を要するため、設置費用を考慮すること
- ・急峻な崖、岩場もあり、作業の安全が確保できること
- ・設置現場近くまで道路があること
- ・近辺に電力会社の送電線電柱があり、送配電で問題を生じないこと
- ・発電施設を配置できる十分なスペースがあること
- ・機材の運搬・搬入・仮置き・設置工事ができる場所が確保できること
- ・環境影響調査として、魚類等水生動植物への影響、工事の影響も考える

(6) 法令・規制の調査

まず、概略の調査をします。

1) 水は容易に利用できるか

川の水は勝手に利用できません。場所と利用手続き、関係者を調査します。

許可が不要な水利用、許可手続きが容易な水利用もあります。手続きが簡単な水利用を選択すれば、スムーズに進みます。

a. 許可が不要な水利用

以下の場合には許可が不要です。

- ・準用河川、普通河川から取水し、市町村が水力発電を行う場合
- ・湧水
- ・すべての目的使用が終了し、河川流入前の水
- ・浄水後の上水・工業用水
- ・ビル循環水／下水処理水

b. 許認可手続きが簡単な水利用

以下の場合には許可が必要です。

- ・普通河川の水(市町村への土地占有許可のみ)
- ・農業用水、上水、工業用水で、すでに利用されている水(従属利用)

2) 権利関係

- ・予定地点や工事範囲の権利関係の有無を調査

3) 他の法規制

- ・設置地点や工事範囲に、自然公園、自然環境保全、国有林野、砂防などに関する法規制についての確認
- ・規制がある場合は事前に関係機関に概要説明に行き、必要手続きを確認

1.3 候補地の選定

(1) 候補地選定

調査結果を評価して小水力発電所の候補地を選定します。

<評価結果>

発電出力(OkW)、必要流量($0\text{m}^3/\text{s}$)、総落差(m)が確保できる
権利、法規関係は支障がない
施工性は問題なし

<選定結果>

設置候補地を〇〇に選定

(2) 事例紹介: 候補地選定(木屋平総合支所の例)

- ・調査場所と調査の実施

事前に情報を収集し、神山町と美馬市で調査場所を選定しました。

表2 設置候補として調査をした場所

神山町	第1回 2ヶ所 野間谷川、神通谷川
美馬市木屋平	第1回 5ヶ所 谷口カケ、剣峡、閑定の滝、八幡、弓道
	第2回 4ヶ所 木屋平総合庁舎、ウッドピア、木屋平簡易水道、川上あめご釣り堀

前述の調査項目から総合的に評価して以下のように設置場所と水車方式を選定しました。

木屋平総合支所	美馬市木屋平字川井161番地	ペルトン式
木屋平釣り堀	美馬市木屋平字川上カケ74-2番地	クロスフロー式

1) 選定した理由

発電装置が設置容易な場所がある



図-5 木屋平総合支所
取水地は近傍まで容易に行ける

配管の敷設作業が通路沿いで容易



図-6 河川横の通路
取水に適切な溜りがある



図-7 河川横の通路

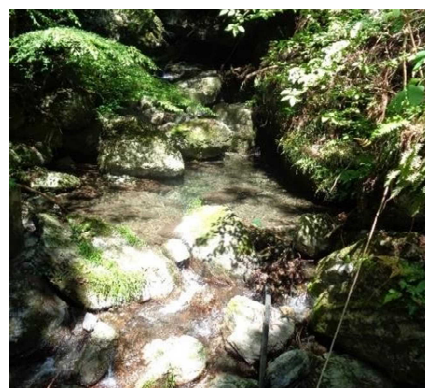


図-8 取水候補地

第2章 小水力発電所の設計

設置候補地を選定すると、次は具体的に小水力発電所の設計に進みます。

○ポイント

発電所を造るにはどのくらいの費用が必要か？
また、完成後はどのくらい発電できるか？
ここで事業を行うかどうかの判断をしましょう。

2.1 水車発電機の選定

有効落差、最大使用水量、流況、ゴミの流下などから、最も適した水車発電機を選定します。

(1) 水車の分類

水車は図-9に示すように分類されます。

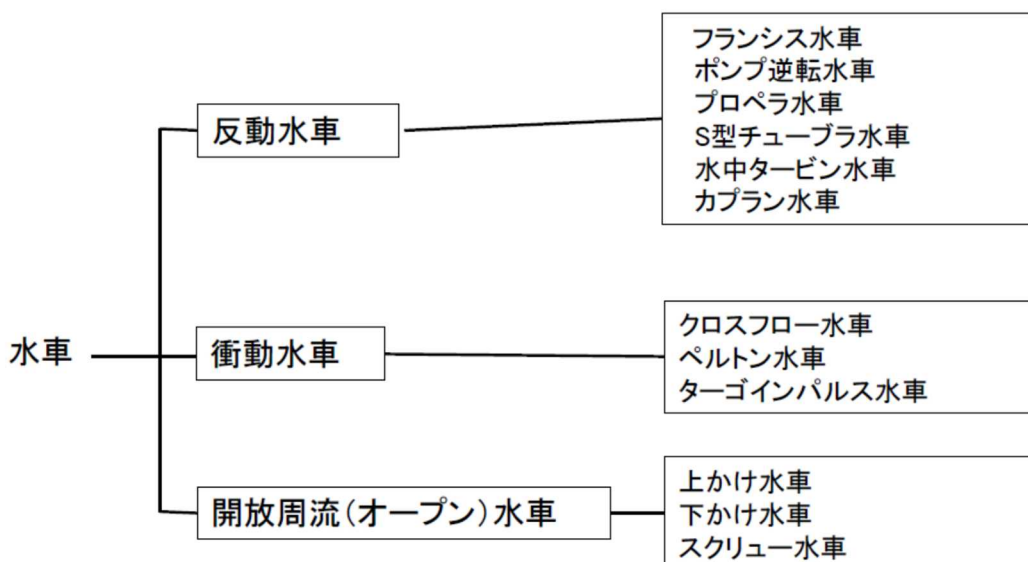


図-9 水車の分類

1) 衝動水車

圧力水頭を持つ水をノズルから噴出させて、速度水頭に変え噴出水の衝動によりランナを回転させる水車です。

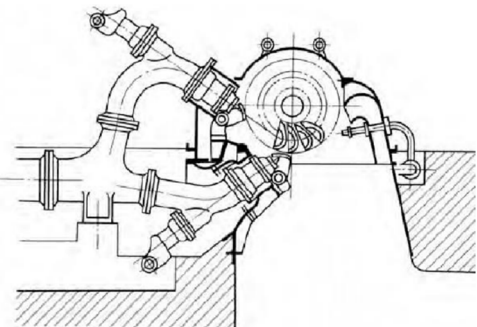
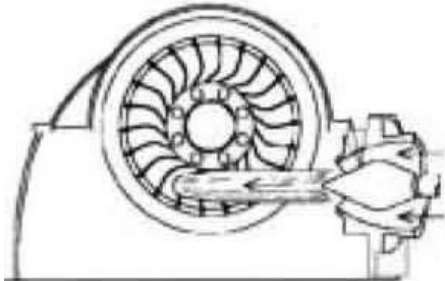
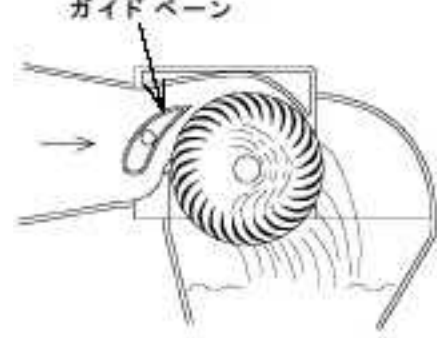
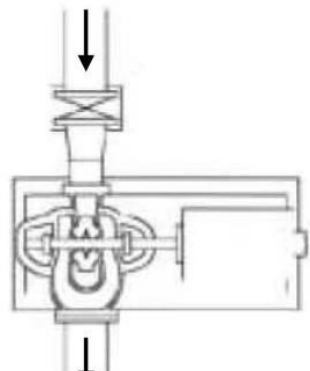
2) 反動水車

圧力水頭を持つ流水の水圧をランナに作用させる構造の水車です。

3) オープン水車

開放状態で水が上部または下部から加わり回転させる構造の水車です。低落差で活用でき、メンテナンスが容易です。

図-10に具体的な各種水車方式を示します。

<p>ペルトン水車</p> 	<p>衝動水車に分類される。 ノズルから噴出する水をバケットに衝突させ、この反力を回転トルクとして利用する。 回転速度調整は、ノズルのニードルバルブで噴出水量を加減、ディフレクタで噴出水の方向を加減して行われる。 ピコ発電では50m以上の高落差に適用される。</p>
<p>ターゴインパルス水車</p> 	<p>衝動水車に分類される。 ノズルからのジェット主流をランナの斜めから入射させる構造である。 流量調節できる機構(ニードル)を備えている。 ペルトン水車よりも低い落差に適用できる。</p>
<p>クロスフロー水車</p> <p>ガイドベーン</p> 	<p>衝動水車の一種である。水は管路からガイドベーンで流量調整され、一旦ランナ羽根に作用しランナ内側に入り、中心部を横切り再びランナ外部のランナ羽根に作用するように水車ランナを貫いて流れる。 簡単な構造で、運転、保守が容易である。 ピコ発電では15m以上の落差に適用される。</p>
<p>ポンプ逆転水車</p> 	<p>ポンプ(渦巻ポンプあるいは軸流ポンプ)に水を流し、ポンプを逆転方向に回転させることで発電する水車。 ランナの羽根形状以外はポンプと同じ部品を使えるので安価であるが、効率は他の水車より低くなる。</p>

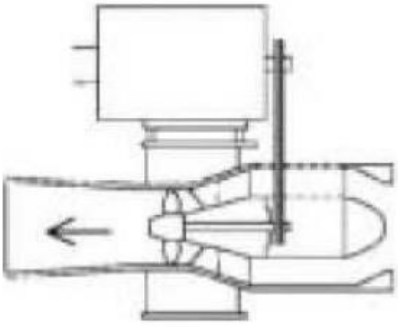
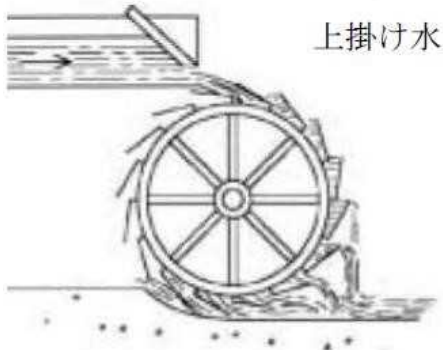
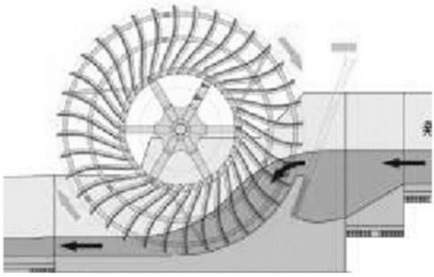
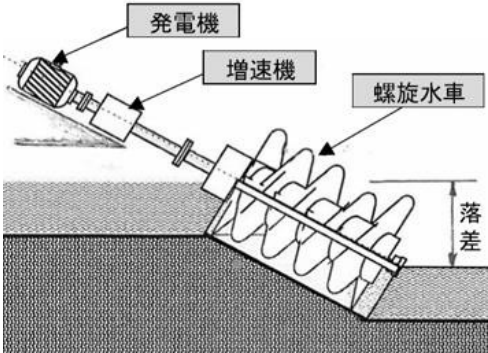
<p>プロペラ水車</p> 	<p>低落差に適した水車であり、落差、流量とも変化しない地点が最適である。 水流は流入、流出とも水車の軸方向なので、配管直線部に挿入する機器配置が可能。</p>
<p>上掛け水車</p> 	<p>利用し得る落差が低く小容量向きである。 見た目が分かり易く、構造が簡単でメンテナンスが用意である。</p>
<p>下掛け水車</p>  <p>日本水力発電株</p>	<p>落差はないが、水量のあるところに使用される。</p>
<p>スクリーウ水車</p> 	<p>上部より水を流下させ、螺旋構造を持った水車軸を回転させ動力を得る。 低落差に適用できる。</p>

図-10 水車方式¹⁾

(2) 水車の選定

水車形式は落差、使用水量を基に経済性、保守性などを総合的に検討して選定します。ピコ水力発電における落差と流量からみた選定表を参考に示します。

表3 落差と流量からみた選定表(ピコ水力発電対象)

* ピコ水力発電の場合 * 流量、落差は目安		流量		
		小 0.01m ³ /s程度	中 0.03m ³ /s程度	大 0.05m ³ /s以上
落差	高 50m以上	ペルトン	ターゴインパズル クロスフロー プロペラ	
	中 10~30m		ポンプ逆転	
	低~なし 5m以下			上掛け水車 下掛け水車 らせん水車

(3) 事例紹介: 水車の選定(木屋平総合支所設置例)

木屋平総合支所設置例では、落差と流量から決定をした。

落差が64m、流量0.01m³/s ⇒ペルトン水車

2.2 発電システムの設計

(1) レイアウト設計

設置する地形、流水状況、既存施設の有無などを考慮して、施設のレイアウトを決めます。

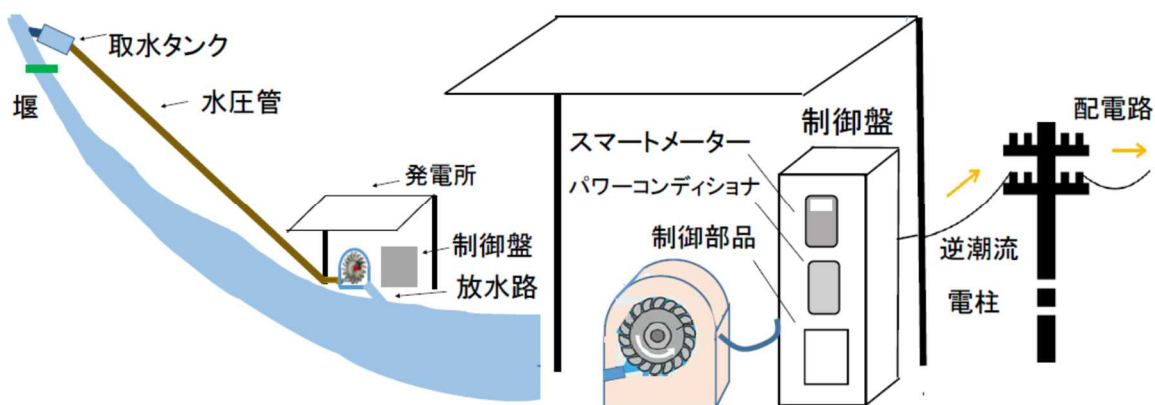


図-11 発電システム

○ポイント

- ・洪水時の浸水リスクがない場所に、なるべく発電所を河川に近接させる
- ・流れ溜りを取水に利用できるようにする
- ・できるだけ短距離で落差の取れる場所を重視する

(2) 電気システムの設計

発電する電気をどのように使用するか、方針を決めます。電力会社等に売電する場合は系統連系をするように電気システムを設計します。

図-12に示すように電力会社等との系統連系の有無、系統連系の場合でも「全量売電」か「余剰分の売電」で電気システムの構成が変わります。

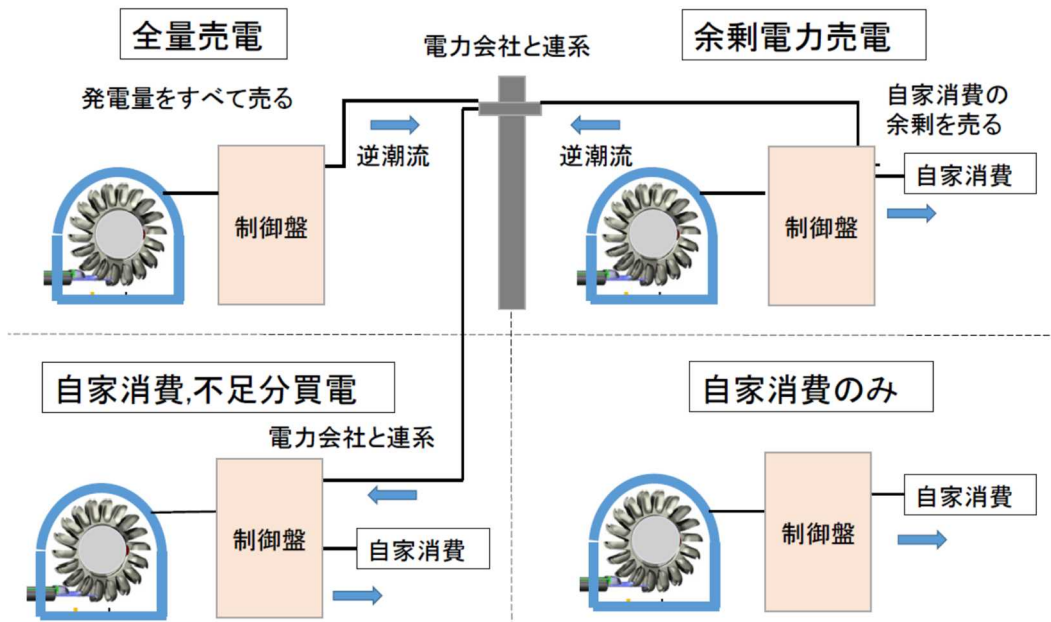


図-12 系統との接続案

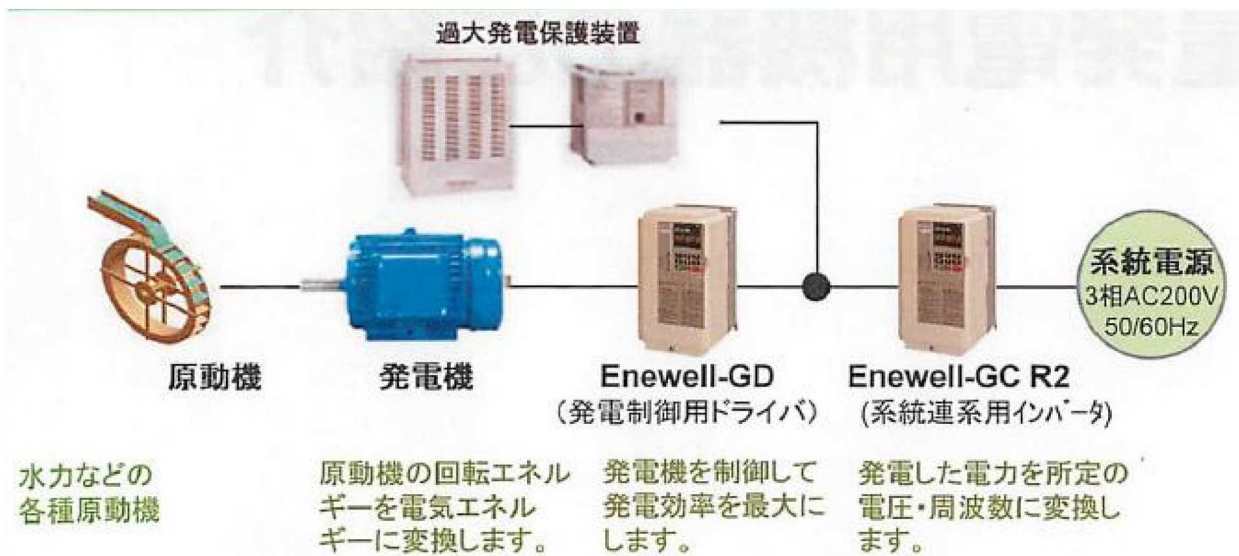


図-13 系統連系の電気システム²⁾

小水力発電で得られた電力を電力会社に系統連系するには、小容量発電システム用制御装置を採用する必要があります。これは水車の発電機特性をインバータ内に持ち、流速の変化に応じて最大の発電機出力が得られるように制御を行い、系統連系コンバータで系統連系を行う装置です。

この電気システムの設計は専門の業者に依頼してください。

2.3 予定発電量の把握

既に前述のように発電電力の算定は説明しました。

$$\text{発電所出力(kW)} = 9.8 \times \text{有効落差(m)} \times \text{使用水量(m}^3/\text{s)} \times \text{効率} \text{----- (5)}$$

年間発電電力量を以下のとおり計算します。

$$\text{年間発電電力量(kWh)} = \text{発電所出力(kW)} \times 365(\text{日}) \times 24(\text{時間}) \times 0.7 \text{---- (6)}$$

2.4 経済評価、資金計画と着手判断

(1) 概算費用の見積り

- ・レイアウト、設備構成の検討結果に基づき、概算費用を算出する
- ・設備費(回路設計も含まれます)は、メーカー等との交渉で聞き取りを実施する
- ・工事費は類似工事の単価(m 当たり、m² 当たり単価など)から概算する
- ・維持管理費(年間点検管理、数年に一度回転部品交換、10年に1回オーバーホールなど)についても概算しておく

(2) 採算性の検討

採算性検討の基本は投資コストを回収することができるかに尽きます。

1) 建設費回収年数

次の式により、発電所建設、維持管理費等により投資した金額が固定価格買取制度を利用した場合、何年で回収可能か計算します。

$$\text{建設費回収年数} = (\text{建設費} - \text{補助金額}) \div (\text{年間売電電力料金} - \text{一年経費})$$

2) 採算性指標(B/C)

再生可能エネルギー固定価格買取制度により一律20年間、同一条件下で事業が行われることを前提に、建設費、維持管理費、収益の3要素を組み合わせた評価とします。

$$\text{採算性} = \frac{(\text{年収益(売電額 or 買電との差益} + \text{余剰売電額}) - \text{一年維持管理費}) \times 20\text{年}}{\text{建設費(設備費} + \text{工事費)}}$$

評価は次のようになります。

- ・1以上 : 収益が大きい
- ・1 : 20年間の総コストと総収入が均衡
- ・1未満 : 収益が低い
- ・マイナス : 毎年の維持管理費が収益を上回る

2.5 調査・基本計画、実施設計

(1) 調査・基本計画

以下の内容を調査、検討します。

表4 調査・基本計画

地形測量	有効落差・損失落差
流量観測	流況曲線作成、維持流量・使用水量等
発電電力	年間発電量の計算、各種設備・機械の機種選定
レイアウト	土木設計、発電設備設計レイアウト
電気設備設計	単線結線図等の作成
概略実施計画	コスト計算、収支計算および経済性評価

(2) 実施設計

許認可の協議にも使用する設計図面として作成する。

表5 実施設計

土木設備	取水施設、除塵機、ヘッドタンク、水圧管、導水路・放水路など
発電所	建築構造図、縦断面図
機械設備	水車、増速・调速機、回転機器、弁、油圧設備など
電気設備	発電機、制御装置、逆変換装置、整流器、保護装置、配電盤、変圧器、電線回路、監視装置など

第3章 関係手続きの実施

水力発電所を建設するために必要な手続きについて説明します。

3.1 河川法

(1) 河川法の許可とは

表6に主な許可申請項目を示します。ピコ水力発電では、「流水の占用の許可もしくは登録(水利権)」が必要となります。通常、他の項目は対処外になります。

表6 河川法

許可名	概要
流水の占用の許可 河川法第 23 条	(河川の水を発電に利用) 既に許可を得ている流水を利用して水力発電を行う場合は登録になり、これを「流水の占用の登録」と呼びます。
従属発電における 流水の占用の登録 河川法第 23 条の2	新たに河川から取水して発電を行う場合などは許可が必要であり、これを「流水の占用の許可」と呼びます。
土地の占用の許可 河川法第 24 条	(河川区域内で発電のため、土地を利用) 河川の中に工作物を設置したりする場合には、河川管理者の許可を受けなければなりません。河川区域内の土地を利用するための許可を「土地の占用の許可」と呼びます。
工作物の新築等の 許可 河川法第 26 条	(河川区域内で発電のため、工作物を設置) 工作物を新築、改築又は除去しようとするときは、河川管理者の許可を受けなければなりません。 河川区域内に工作物の設置等を行うための許可を「工作物の新築等の許可」と呼びます。
土地の掘削等の 許可 河川法第 27 条	(河川区域内で発電のため、土地を切削) 河川区域内において取水のために土地の掘削、盛土又は樹木の伐採等を行おうとするときは、河川管理者の許可を受けなければなりません。 なお、工作物の新築等のための掘削は、当初から上地の形状を変更する行為を伴うものとして新築等の許可を受けていますので、許可を受ける必要はありません。
河川保全区域に おける行為の制限 河川法第 55 条	(河川保全区域内で発電のため、工作物を設置) 河川保全区域内に工作物の設置等を行うには河川管理者の許可を受けなければなりませんこの許可を「河川保全区域内の行為の許可」と呼びます。 河川保全区域とは河岸又は堤防などの河川管理施設を保護するための区域です。

(2) 設置場所の違いによる許可手続き

(発電所を水色の範囲に設置する場合には、河川法に基づく許可手続きは、必要ありません。)

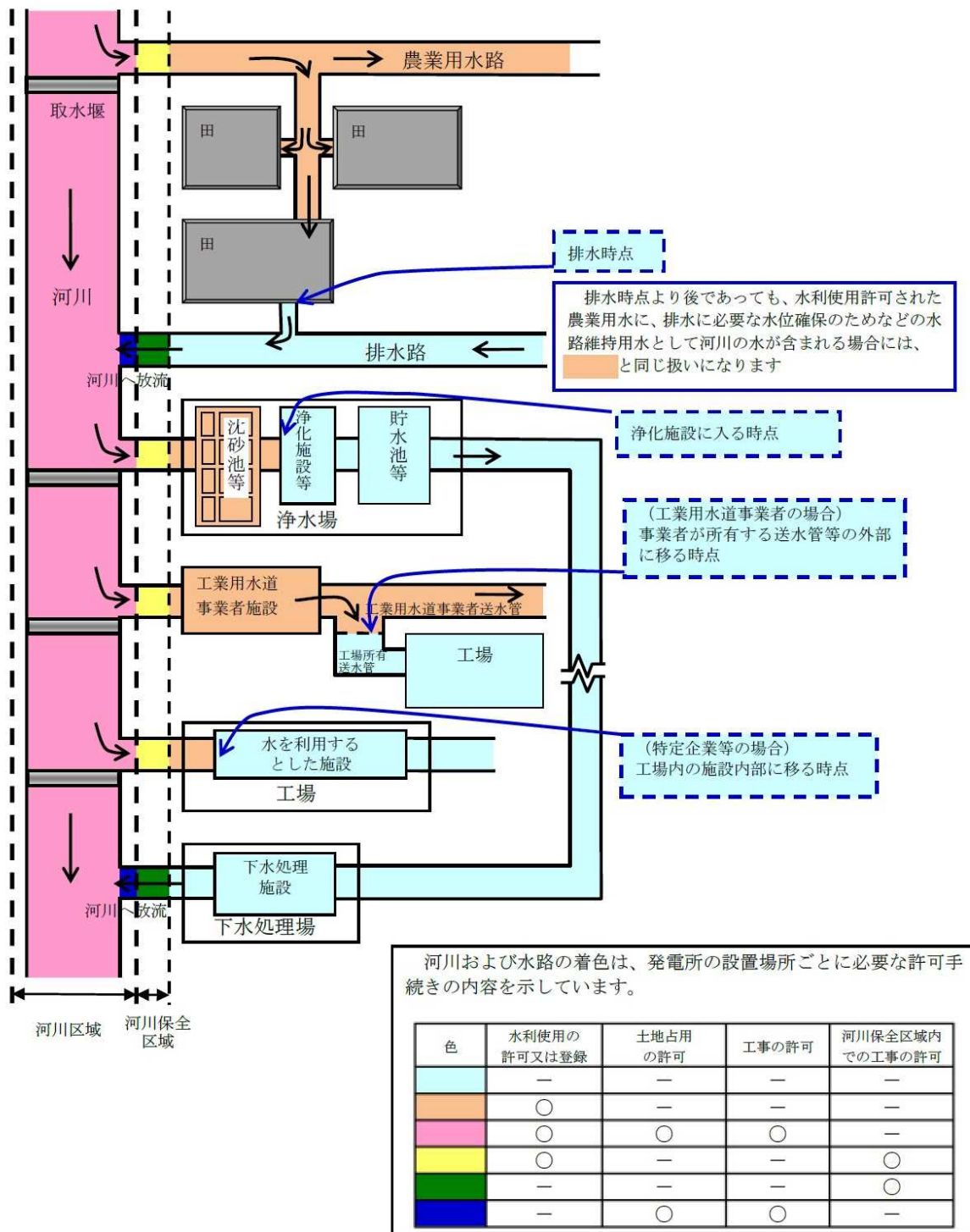


図 1_河川法に基づく諸手続き

(国土交通省：小水力発電を行うための水利使用の許可申請ガイドブックより)

図-14 河川法に基づく諸手続き³⁾

(3) 許可の申請手続

- ・事前説明 : 河川事務所へ着手宣言、計画公表の前にコンタクト
流量データの入手方法等も相談
- ・事前協議1: 設計図面、構造計算結果、工程表の説明、資料提出、協議
- ・事前協議2: 申請書式(案)の作成と説明
申請可の確答まで、指摘・修正・説明の「キャッチボール」
申請書式の承認まで

表7 河川法の許可権者

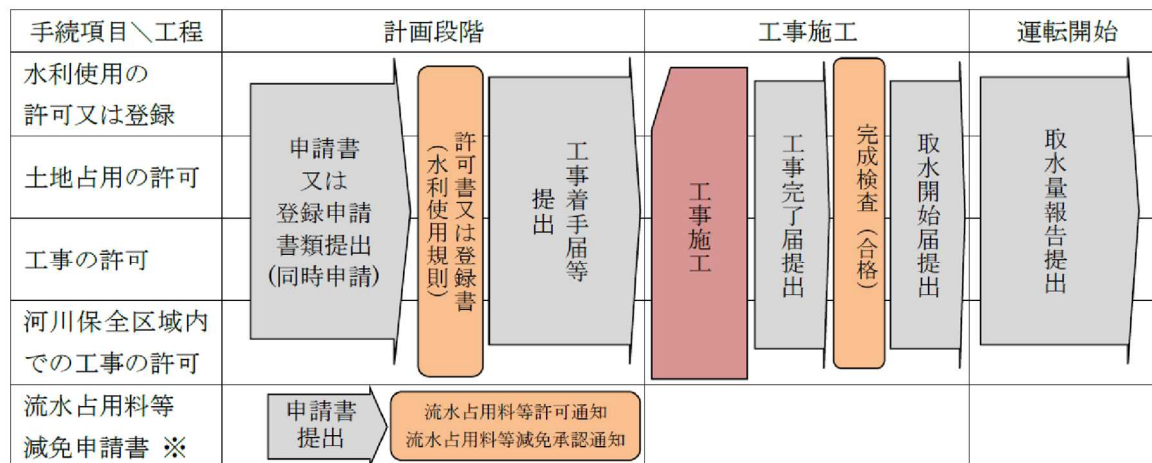
区分	特定水利使用 (最大出力1000kW以上)			準特定水利使用 (最大出力200kW以上1000kW未満)			その他 (最大出力200kW未満)
	許可権者	認可等	協議等	許可権者	認可等	意見聴取	処分権者
直轄区間	国土交通大臣	—	必要	整備局長	—	—	整備局長
指定区間	国土交通大臣	—	必要	知事	整備局長認可	—	知事
二級河川	知事	—	必要	知事	—	—	知事
準用河川	市町村長	—	—	市町村長	—	—	市町村長

※直轄区間: 一級河川の国土交通省管理区間 指定区間: 一級河川の知事管理区間

二級河川: 知事管理河川

準用河川: 河川法が準用される河川、市町村長管理区間

表8 河川法に基づく諸手続きのフロー⁴⁾



※ 減免の要件に該当する場合があります。

3.2 電気事業法

(1) 電気事業法

電力会社などが設置する発電所、変電所、送電線及び配電線並びに工場・事務所及び商店等の電気設備及び一般家庭の電気配線など、電気を発電してから使用するまでの過程で使われる設備を総称して「電気工作物」といいます。

電気工作物は、電気事業法に基づく規制を受けています。

(2) 一般用電気工作物

電気工作物の中でも、一般家庭の電気配線や比較的小規模な工場、事務所、などの電気設備は、「一般用電気工作物」と呼ばれ、その内に小出力発電設備があります。

(3) 小出力発電設備

600ボルト以下であって、次の①から⑤の発電用の電気工作物をいいます。ピコ水力発電は最大出力20kW以下ですから、これに該当します。したがって電気主任技術者などを選任する必要はありません。

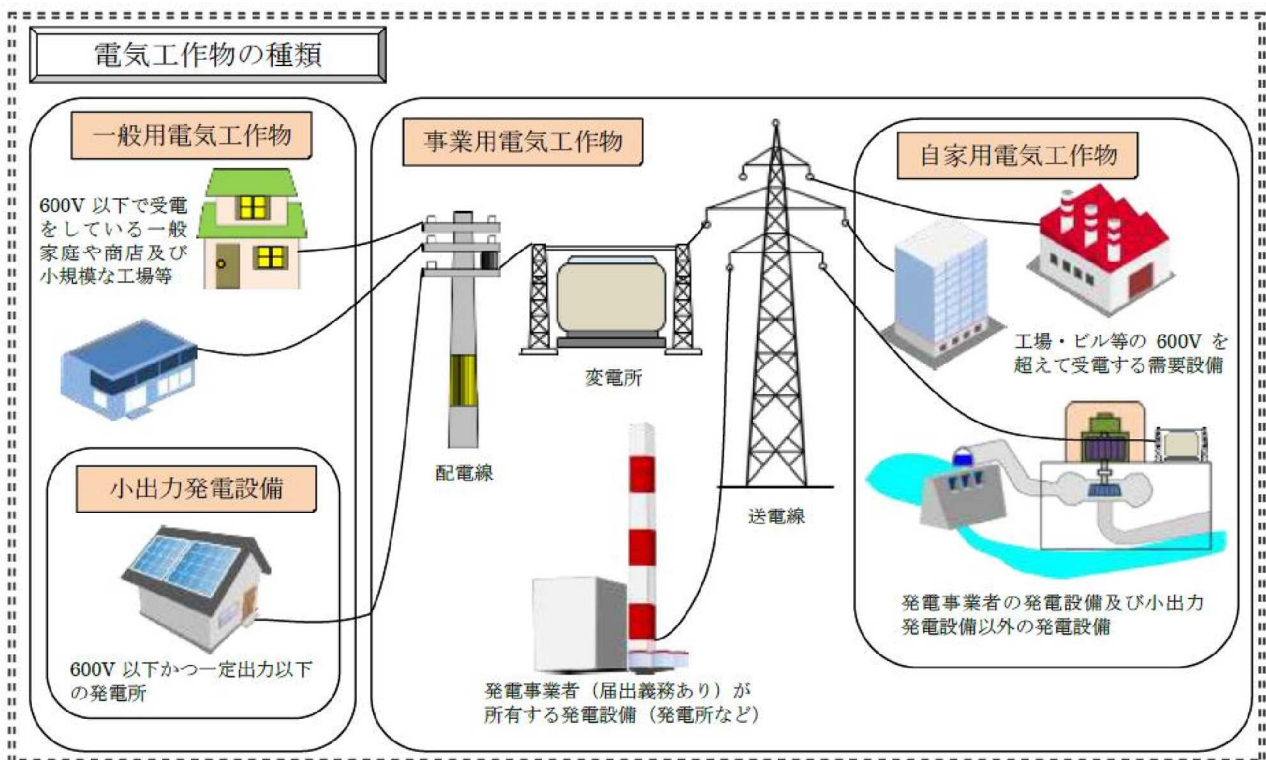


図-15 電気工作物の種類⁵⁾

表9 小出力発電設備⁶⁾

No	発電設備の種類	対象となる最大出力
①	太陽電池発電設備	50kW 未満
②	風力発電設備	20kW 未満
③	水力発電設備（最大使用水量1 m ³ /s 未満のもの。ダムを伴うものを除く。） ただし、上下水道、工業用水及び農業用水施設（ダムを除く）に導入したものは、最大使用水量の制限はありません。）	20kW 未満
④	内燃力を原動力とする火力発電設備	10kW 未満
⑤	燃料電池発電設備（固体高分子型又は固体酸化物型のものであって、燃料・改質系統設備の最高使用圧力が0.1MPa（液体燃料を通ずる部分にあつては、1.0MPa）未満のものに限ります。）	10kW 未満

3.3 その他法令

上記2法令のほかに設置場所によって、別の法令の規制が適用となる場合があります。設置予定場所がどの法令の適用区域であるか確認しておきましょう。

(1) 自然公園法、文化財保護法、農地法、森林法、砂防法等

関係者への説明・同意を得る。

地権者への説明を実施する。

水路や発電所の設置予定地の地権者及び隣接者に事業の説明を行いましょ

う。関係団体への説明を実施する。

河川に漁業権が設定されている場合は、所管の漁業協同組合に事業について説明し、協議を行いましょ

う。農業用水路などを利用する場合には、所管の土地改良区などに事業について説明し、協議を行いましょ

う。水路等の施設が市町村をまたぐ場合などは、該当の市町村へ事業の説明を行いましょ

3.4 固定価格買取制度(FIT)

再生可能エネルギーの固定価格買取制度は、再生可能エネルギー源(太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス)を用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者調達を義務づけるもので、2012年7月1日にスタートしました。

(1) 買い取り価格

小水力発電が該当する200kW未満での買い取り価格を表10に示します。

表10 小水力発電の買い取り価格⁷⁾

電源	規模	(参考)	(参考)	(参考)	
		2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
中小水力発電	200kW未満	34円+税			34円+税

(2) 系統連系

系統連系は、電力会社の電力系統に発電設備を接続することです。普段の生活で使用している電気は、電力会社から一方通行で供給される電力なので、発電した電気を送ることはできません。

そのため、系統連系工事で受電する電力と接続し、ピコ水力発電装置で発電した電気を売電できるようにする必要があります。

(3) 逆潮流

電力会社と消費者の間での電力の流れを潮の満ち引きに例えて「潮流」と呼びます。電力会社から各家庭に向けた流れを「順潮流」、その逆方向の流れを「逆潮流」といいます。売電は電力会社へ電気を送り出すため「逆潮流」に当たります。

(4) 系統連系の種類

- ・発電した電気をすべて自家消費*し、逆潮流が全く無い場合→「逆潮流なし」
 - ・余剰電力を売電する場合、自家消費なしで全量売電する場合→「逆潮流あり」
- * 自家消費: 発電した電力の一部または全量を自ら利用することを指します。

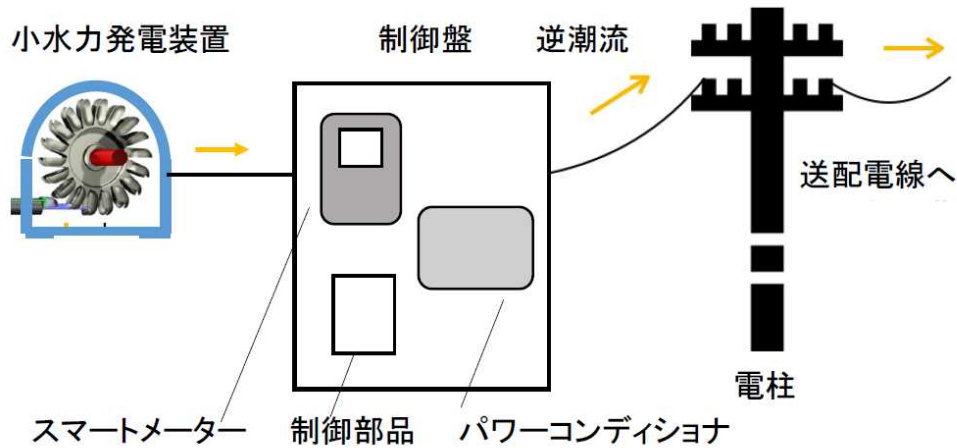


図-16 系統連携

(5) 固定価格買い取り制度の利用手続き

系統連系が行われるまでの、具体的な手続きの流れについて説明します。

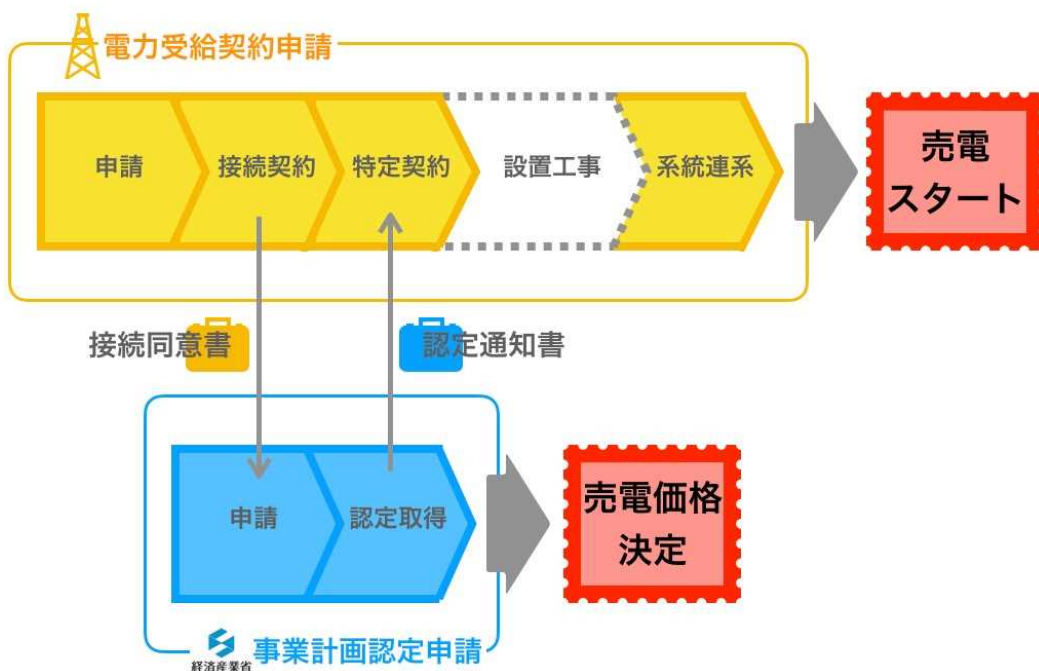


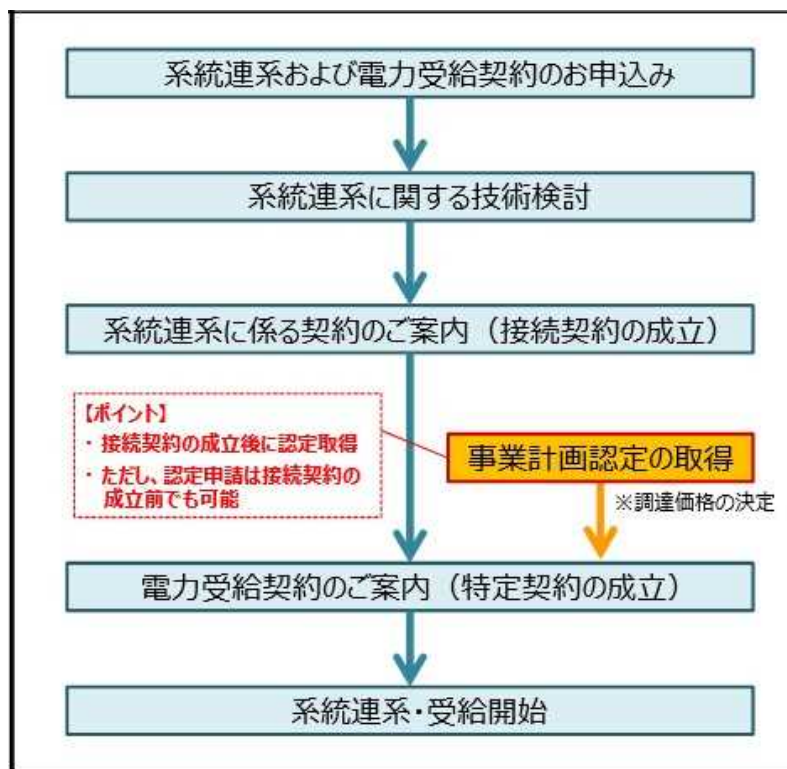
図-17 固定価格買い取り制度⁸⁾

1) 系統連系申請

系統連系申請を行い、「電力受給契約」を電力会社と結ぶ必要があります。これが水力発電所を設置するために必要な最初のステップです。

系統連系が認められなければ、国に対し、水力発電の設置許可を申請する「事業計画認定申請」も始めることができません。

電力会社の契約続きを図－18に示します。



図－18 系統連系申請⁹⁾

① 系統連系および電力受給契約の申込み

「再生可能エネルギー発電設備からの電力受給契約要綱」を承認の上、系統連系および電力受給契約の申込みをします。

② 系統連系に関する技術検討

申込内容にもとづき、系統連系のための技術的な検討を行います。

③ 接続契約の成立(系統連系に関する契約の案内)

技術検討の結果、連系可能な案件に対して、接続契約成立の証として、「系統連系に係る契約のご案内」認定取得に必要な接続の同意を証する書類が発行されます。

④ 事業計画認定の取得

電力会社から「系統連系に係る契約のご案内」を受領した後、すみやかに事業計画認定を取得して、「認定通知書」の写しを電力会社へ提出します。

⑤ 特定契約の成立(電力受給契約の案内)

「認定通知書」の写しを電力会社へ提出すると、電力会社は、特定契約(買取契約)の成立の証として、「[電力受給契約のご案内](#)」を発行します。

⑥ 系統連系・受給開始

電気工事店等が工事を完了した後、その旨を電力会社に通知します。通知を受け、現地確認を受ければ、受給開始となります。

電力受給契約の申請に必要な書類は、電力会社ごとに異なります。

表11に申請書類の例を示します。

表11 系統連系申請書類

	再生可能エネルギー発電設備の系統連系および電力受給契約申込書 発電設備等の概要 主要設備仕様(回転機) 主要設備仕様(直流発電設備等) 発電設備仕様(二次励磁巻線形誘導機) 発電設備仕様(逆変換装置) 保護継電器等 負荷設備および受電設備 主発電機系ブロック図 発電機制御系ブロック図 設備運用方法 単線結線図 設備配置関連 主要設備レイアウト図 設備配置関連 敷地平面図 発電場所周辺地図 工事工程表
	振込先口座指定

系統連系申請は事業主本人が申請することもできますが、実際には施工会社が代理申請を行うことがほとんどです。申請の流れも複雑で、申請書類も専門的な内容が多いため、施工会社にお任せすることをお勧めします。

図-19に系統連携申請書類の記載例(様式1のみ)を示します。

20200803 ○○○○年○○月○○日

再生可能エネルギー発電設備の系統連系および電力受給契約申込書
(低圧 太陽光以外)

四国電力送配電株式会社 御中 申込者 〒○○○-○○○
○○県○○市○○町○○番地○
○○発電株式会社
代表取締役 ○○○○ (印)

私は、電気事業法等の関係法令、政省令その他ガイドライン、電力広域的運営推進機関の送配電等業務指針及び関係する貴社もしくは四国電力株式会社の約款・要綱等を承認の上、貴社に対し送電系統への再生可能エネルギー発電設備の連系および電力受給契約を申し込みます。
なお、以下のいずれかに該当する場合には、本申込みは撤回するものとし、本申込みに基づく貴社との契約が既に成立している場合であっても、当該契約が貴社によって解除されることに同意します。

- ・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。）第9条第3項に基づき経済産業大臣から受けた認定の効力が失われた場合
- ・貴社が再エネ特措法施行規則第14条に定める「正当な理由」のいずれかに該当すると判断した場合
- ・接続契約の成立後、相応の期間を経過してもなお認定（再エネ特措法第10条第1項の変更認定および同第2項の変更届出を含む）を取得しない場合（ただし、特段の理由があると貴社が認めた場合を除きます。）
- ・受給開始希望日を経過してもなお電気の供給を開始しない場合（ただし、特段の理由があると貴社が認めた場合を除きます。）
- ・貴社が算定した発電設備の系統連系に必要な費用を貴社の定める支払期日までに支払わない場合
- ・貴社の「再生可能エネルギー発電設備からの電力受給契約要綱」（以下、「送配電買取要綱」という。）28（受給契約の解除）のいずれかに該当すると貴社が判断した場合。

また、本申込みに関して、以下の点についても同意します。

- ・貴社へ電力受給を行う場合は、送配電買取要綱に、四国電力株式会社へ電力受給を行う場合は、同社の定める「再生可能エネルギー発電設備からの電力受給契約要綱」に基づく契約となること
- ・送配電買取要綱に基づく契約の場合、貴社が、非再生可能エネルギー電気および受給期間以外に受電した再生可能エネルギー電気について買い取りしないこと
- ・接続検討の申込みと同時に又は接続検討の回答受領前に本申込みを行う場合（以下「同時申込み」という。）、接続検討の回答が完了した後に、貴社が定める『意思表明書』を提出することにより、本申込みに係る手続きを進める意思を表明すること、ただし、9ヶ月以内に意思表明を行わない場合は、本申込みを取下げたものとする
- ・本申込み（同時申込みの場合は上記意思表明）の行為を以て、貴社が、発電設備の連系に係る申込みの順位とすること
- ・私が本申込みを撤回した場合、本申込みの内容の検討に要した費用等を貴社に支払うこと
- ・貴社工事に際し、設計変更または準備変動等により工事費負担金に差が生じた場合は、工事竣工後、工事費負担金の精算（利息は付きません）に速やかに対応すること
- ・貴社工事に際し、貴社の責めによらない理由により貴社工事が遅延した場合は、受給開始が遅延したこと等により私が受けた損害について貴社が賠償の責めを負わないこと

記

(1) 発電設備等設置者名 (フリガナ) (仮称可)	(○○○ハツデンカフシキガイシャ) ○○○発電株式会社
(2) 発電者の名称 (フリガナ) (発電所名、仮称可)	(○○○ハツデンショ) ○○○発電所(仮称)
(3) 申込者現住所	〒○○○-○○○ ○○県○○市○○町○○番地○
(4) 郵送物送付先	〒○○○-○○○ ○○県○○市○○町○○番地○
(5) 発電設備等設置場所	○○県○○市○○町○○番地○
(6) 既設アクセス設備 ^{※1} の有無	有・ 無
(7) 発電設備等変更の有無	新規・ 増設 ・減設・更新・廃止・売電先変更・その他()・無
(8) 逆流の有無	有 ・無
(9) 認定ID (認定を取得している場合に記入)	
(10) 事業税課税区分 (いずれかにチェック)	<input checked="" type="checkbox"/> 個人 <input type="checkbox"/> 法人(以下に記載する公共法人を除きます) <input type="checkbox"/> 公共法人(例:国、都道府県、市町村、独立行政法人など)
(11) 連絡先	【連絡先】 住所 〒○○○-○○○ ○○県○○市○○町○○番地○ 事業者名 ○○○発電株式会社 所 属 ○○○部 担当者名(フリガナ) ○○○○(○○○○) 電 話 ○○○-○○○-○○○ FAX ○○○-○○○-○○○ e-mail ○○○@○○○ 【技術的事項に関する連絡先(上記と異なる場合のみ記載)】 住所 〒○○○-○○○ ○○県○○市○○町○○番地○ 事業者名 ○○○発電株式会社 所 属 ○○○部 担当者名(フリガナ) ○○○○(○○○○) 電 話 ○○○-○○○-○○○ FAX ○○○-○○○-○○○ e-mail ○○○@○○○
(12) 特記事項	

※四国電力送配電株式会社は、本申込書の情報を系統アクセス業務の実施のために使用します。

図-19 経済産業省の事業認定¹⁰⁾

2) 経済産業省の事業認定

固定価格買取制度を利用して売電を行う場合、経済産業省の事業認定が必要となります。図-20に示すように、次のステップで申請を進めます。

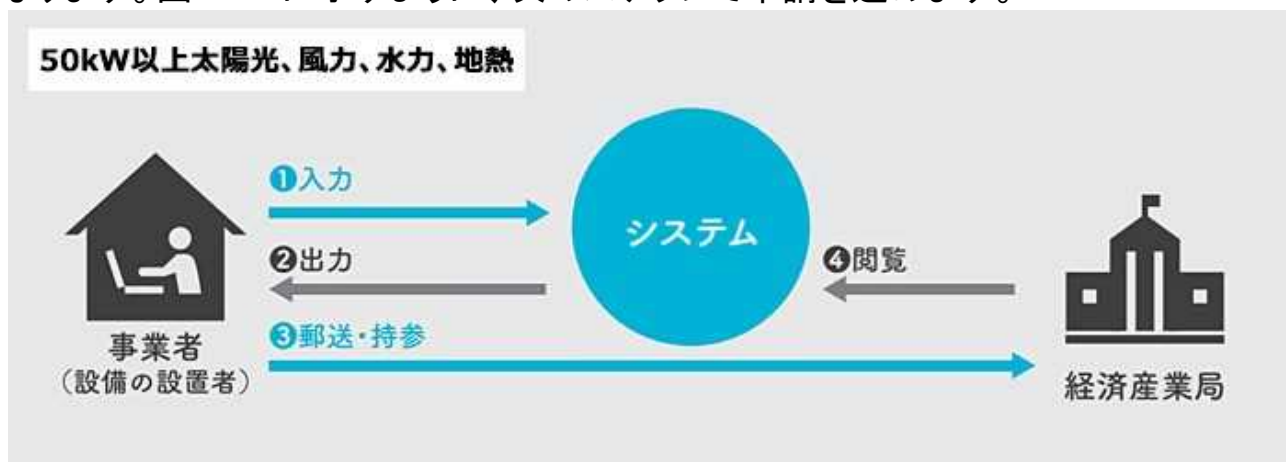


図-20 経済産業省の事業認定¹¹⁾

<ステップ1>

事業計画策定ガイドライン(水力発電)を読んで確認する。

<ステップ2>

「再生可能エネルギー電子申請[外部サイト]」にユーザ情報を登録し、ログインIDを取得する。

<ステップ3>

「再生可能エネルギー電子申請[外部サイト]」にログインし、操作マニュアルを確認のうえ申請情報を入力し、添付書類をPDF又はZIP形式でアップロードし、申請内容を登録する。

<ステップ4>

必要事項を入力した後、申請書を出力し、「申請書+添付書類+返信用封筒(切手を貼付の上、返送先の宛名・住所を記載)」を発電設備の立地場所の都道府県を管轄する経済産業局へ送付する。四国の場合、窓口は「四国経済産業局エネルギー対策課(TEL:087-811-8538)」です。

受付印を押印した申請書(写)が不要な場合



図-21 経済産業省の事業認定¹²⁾

受付印を押印した申請書(写)が必要な場合



図-22 経済産業省の事業認定¹³⁾

<ステップ5>

認定通知書が申請者に届きます。

申請書

再生可能エネルギー-発電事業計画認定申請書

添付書類には以下のような書類があります。

事業実施体制図

接続の同意を証する書類

関係法令実施状況報告

書建造物の屋根の使用に関する同意書

押印証明書

第4章 小水力発電所の建設

4.1 発注

実施するためには、機器購入や工事を発注するために、メーカー、代理店や建設・電気事業者などを決め、契約を結ぶ必要があります。主な発注としては、次のようなものが考えられます。

- 機器類 水車、発電機、水車発電機制御機器、連系制御機器
- 資材類 パイプ・水圧管、バルブ、動力伝達関連資機材
- 工事 土木工事、建築工事、電気工事（電力会社への工事負担金が発生する場合もあります。電力会社営業所に相談して、確認してください。）

4.2 着工前の確認

工事にとまなう影響（ex.断水、道路使用、騒音など）がある場合は、事前に関係者との調整や周知が必要です。

工事には、様々な工種があり、経験のある専門業者を必要とする工事も少なくありません。信用のおける業者選定を心がけてください。とくに、安全、耐久性、維持管理性に関係する、回転部・動力伝達部、流水部・高水圧部、高電圧機器・配電などの工事では、工程、業者選定、工事の責任範囲を十分に吟味し、確実な相互確認を怠りなく実施します。

4.3 工事施工

(1) 発電装置

① 木屋平総合支所ピコ水力発電所---ペルトン式

装置は株バンブーケミカル研究所が製作しました。

図23～図24に装置の外観を示します。また、表12に装置の仕様を示します。

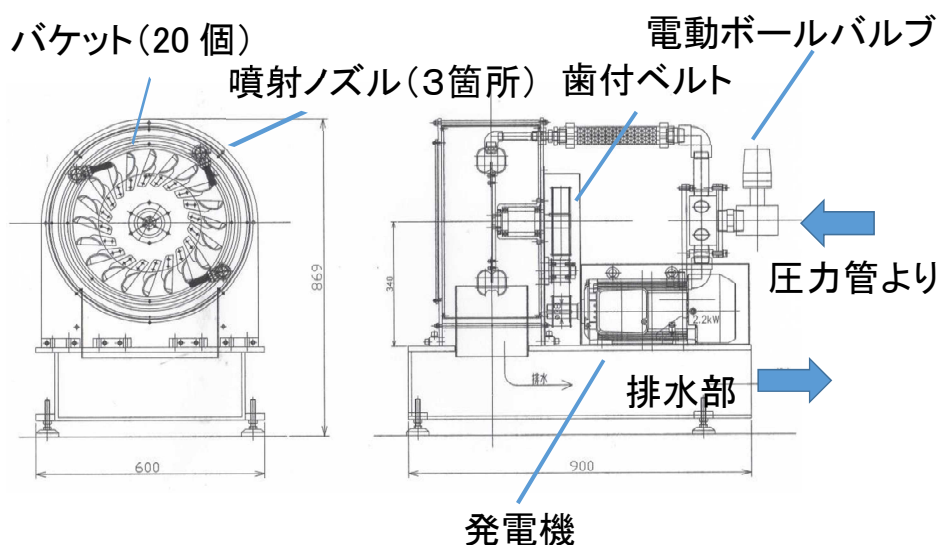


図-23 ペルトン式の外観図

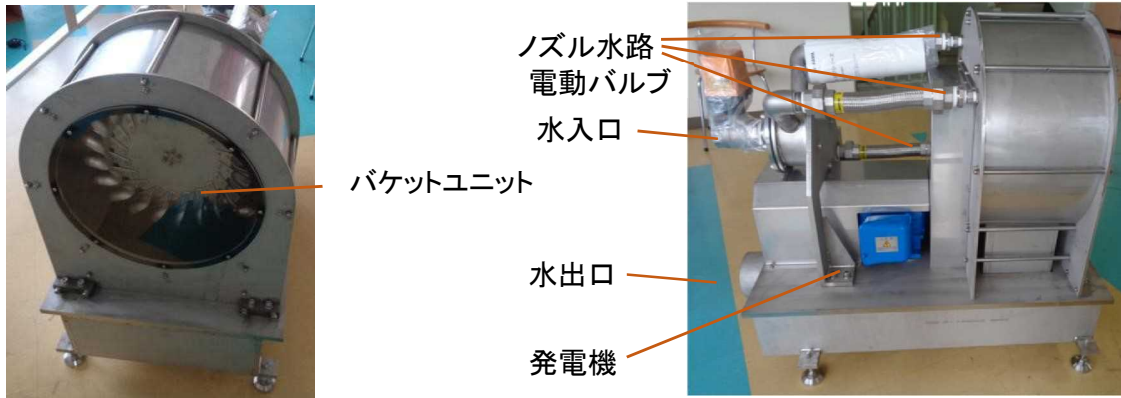


図-24 ペルトン式の外観

表12 ペルトン式の仕様

総落差	64m
有効落差	44.5m
流量	10L/秒
バケット数	20
ノズル数	3
外形寸法	巾600mmx奥行1000mm, 高870mm
重さ	約210kg
理論発電出力	800W

(2) 木屋平総合支所ピコ水力発電所の配管路

①配管路

木屋平総合支所の敷地横を流れる穴吹川支流に配管路を設けました。図-25に示すように総落差64mを確保するために配管長は約560mになります。

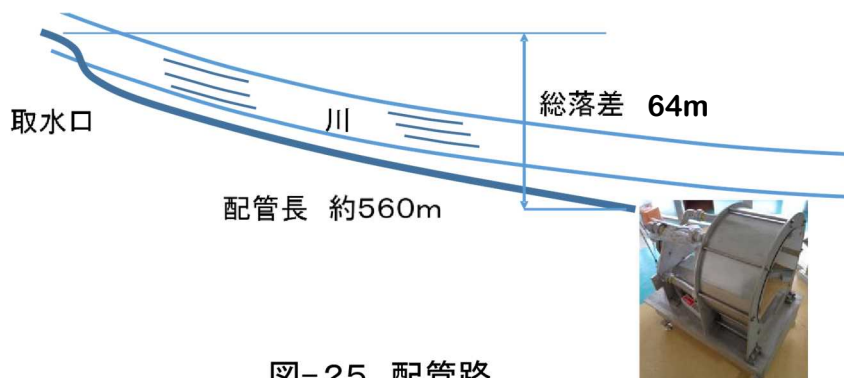


図-25 配管路

②通水配管

配管は軟質ポリエチレンパイプ(通称名:黒パイプ)を使用し、通水抵抗を考慮して、寸法は外径89.0x内径78x30mmとしました。外観を図-26に示します。

③取水口配管

取水口には、ネトロンパイプ(商品名)を用います。無数の開孔部を円周上均一に有する独特な網目構造のポリエチレン製暗渠パイプで、砂、小石、落ち葉を吸引しないようにします。外観を図-26に示します。

④配管接続

軟質ポリエチレンパイプの標準配管長は30mであり、総延長560mであれば19巻きを接続します。その接続部材がポリエチレンパイプ接続用ソケット(通称3Fジョイント)です。



図-26 軟質ポリエチレンパイプ 図-27 ネットロンパイプ EPタイプ φ50~250mm 全面開孔パイプ 図-28 接続用ソケット¹⁶⁾

⑤配管敷設状況

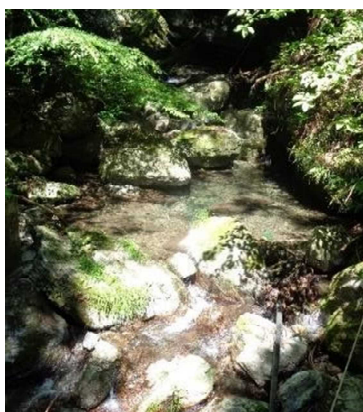


図-29 取水場所



図-30 配管路上流域

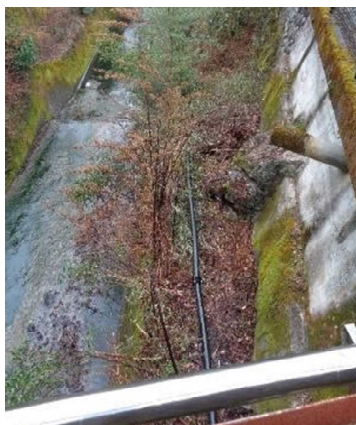


図-31 中流域

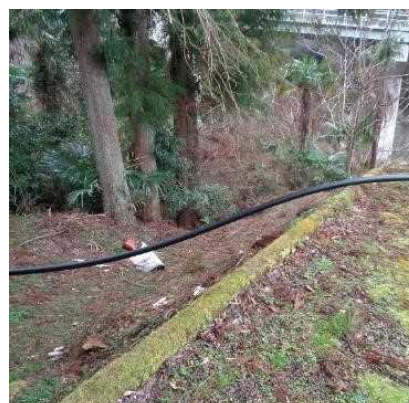


図-32 下流域

(3) ペルトン小水力発電装置の設置作業

配管路の敷設ができると発電装置に接続をします。さらに制御盤の設置と電力会社の系統との接続を行います。

重量物であり、設置場所は山間部であるため、クレーン付きの車両で運搬・設置しました。



図-33 設置状況



図-34 ペルトン式水車の設置状況



図-35 ペルトン式水車の外観



図-36 ピコ水力発電機全体

FIT 法では、再生可能エネルギー発電事業者に対して、発電設備を囲う柵や塀等の外側から見えやすい場所に標識を掲示することを求めています。

以下に標識のイメージを示します。



図-37 標識のイメージ¹⁷⁾

4.4 検査・完成

試運転を実施し、システムの点検を行います。ここではペルトン小水力発電装置の場合で説明します。

(1) 配管路の通水確認

取水口から発電装置まで配管路の長さは約560mになります。その配管路の内部は空気で満たされおり、水を流入させて空気を排出させる作業が必要です。

配管路は最も高い位置の取水口から、勾配を保ったまま最も低い位置の発電装置まで連なるのが理想ですが、途中でU字トラップができていない箇所があります。

U字トラップでは空気溜まりができるため、根気よく完全に空気を排出する必要があります。

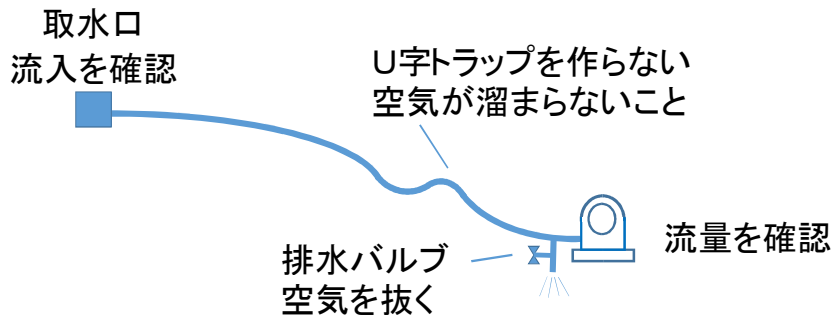


図-38 配管路の空気抜き

(2) 送電線への接続確認

発電電力をFIT(固定価格買取制度)により、電力会社などに売電する場合は、送電線への接続確認ができているか確認します。

設置する地域の電気工事店に依頼して工事の完了を確認してください。

図-40に送電線への接続用のポールを示します。



図-39 最も近い既設の電柱

図-40 系統への接続用のポール

(3) 電気機器の作動確認

配管路の通水確認、電力会社への接続が確認できると電気機器の作動確認に入ります。図-41は制御盤の内部を示します。

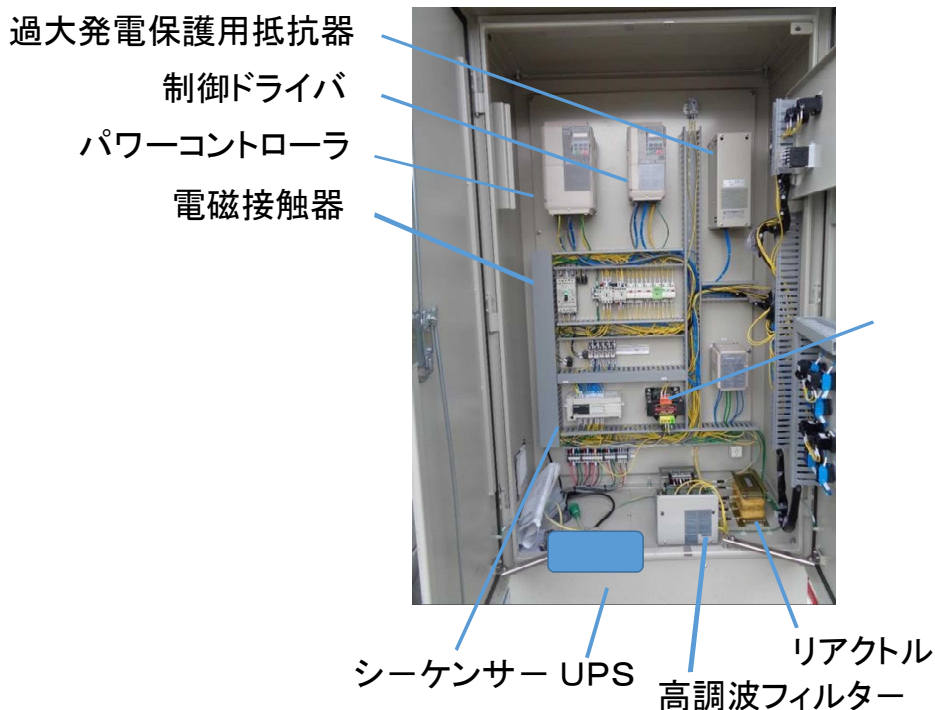


図-41 制御盤の内部

図-42は制御盤の作動確認の状態を示し、図-43は発電装置と直流分流防止変圧器の設置状況を示します。

運転スイッチをオンにすると、発電装置の電動弁が作動して通水を始めることを確認します。

直流分流防止用変圧器



図-42 制御盤の作動確認



図-43 発電装置と直流分流防止変圧器

発電装置に通水されると水車が回転をして発電機が発電をします。スマートメーターで発電電力が逆潮流になり、電力会社の系統に送電されているか、確認します。

制御盤は小水力発電装置のメーカーにより、内容は異なります。詳細な内容は納入メーカーに問い合わせしてください。

発電機はドライバーと一体になったパワコンディショナーで制御されると同時に電力会社に送電できるように変換されていますが、この状態確認は納入した専門メーカーに依頼します。



図-44 スマートメーター



図-45 パワコンディショナー

第5章 小水力発電所の維持管理

5.1 維持管理

発電所の維持管理は以下の巡視をします。

(1) 巡視点検

1回／週程度の頻度で発電所、水路、取水口および配管の巡視を行います。河川流量を有効に使用するために、取水口のスクリーンの清掃を行います。ゴミや落ち葉が取水口に詰まると、発電ができなくなります。落葉時には、頻度を増やして清掃を行う必要があります。

(2) 配電線巡視

2回／年程度の頻度で配電線の巡視点検を行います。配電線への障害になる樹木の接近状況を確認し、技術基準への抵触が予想される場合は伐採します。伐採が必要となった場合、電力会社に相談します。



図-46 落ち葉、流木¹⁸⁾

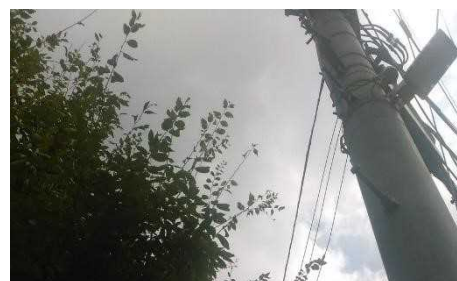


図-47 電線に近接する樹木¹⁹⁾

5.2 定期点検

(1) 通常点検

通水を停止して発電所全般の点検・手入れを行います。

各機器の構造、性能、平常状態を確認しておき、温度上昇、振動などから機器の運転状態、磨耗などを推定し、必要であれば分解点検をして、事故の未然防止と耐用年数の延長を図ります。

小水力発電では、1～5年周期で実施します。

(2) 電気機器の点検

電気機器は、発電機のように回転しながら稼動するものと変圧器のように機械的には静止状態にいる機器、開閉器のように「入」「切」する切替時のみ外見上動作して後は静止状態で稼動する機器があります。



図-48 電気機器の点検²⁰⁾

理解しておかないと感電事故を起す恐れもあります。このことを念頭に置いて巡視点検を励行し、各機器の機能維持に努めることを主眼とし、異常時には事故を最小限にとどめるよう適切な処理をとることが大切です。

発電機、パワーコントローラなどを点検します。パワーコントローラは、10年周期で実施するのが適当です

(3) 点検、設備更新での請負業者選定の考え方

小水力発電は、規模が小さいため、特定の1者に依頼するだけで、ほぼ全ての設備を点検対象にできます。依頼時にメーカーに確認してください。

5.3 法的義務

設備の大きさによって「保安規程」及び「主任技術者の選任」が必要となります。詳細設計時などに確認しておきます。

(1) 保安規程

巡視や点検の種類や頻度を定めるもの。これにより点検を行います。

(2) 主任技術者の選任

資格を有する電気主任技術者とダム水路主任技術者を選任する必要があります。設備の大きさによっては、外部に委託が可能です。

5.4 故障等の対応

故障発生時に速やかな対応を行わないと他の設備へ悪影響を与える可能性があります。小水力発電所では、地元企業で修理・点検が可能となる場合が多いと思われるため、事前に災害協定を結ぶ等、管理体制を整えてください。

参考文献

- 1) <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/kikaku/chosei/16641.html> 第3章(小水力発電機器) 沖縄県
- 2) 株式会社安川電機 インバータ事業部 事業推進部 市場開拓課 小容量発電用機器のご紹介
- 3) https://www.mlit.go.jp/river/riyou/syosuiryoku/touroku_guide1.pdf
小水力発電を行うための水利使用の登録申請ガイドブック p4 国土交通省
- 4) <https://www.pref.nagano.lg.jp/kigyo/kurashi/ondanka/shizen/documents/basicknowledge4.pdf>
中小水力発電推進基礎知識 p15表16 長野県
- 5) <https://www.pref.nagano.lg.jp/kigyo/kurashi/ondanka/shizen/documents/basicknowledge4.pdf>
中小水力発電推進基礎知識 p23図2 長野県
- 6) <https://www.pref.nagano.lg.jp/kigyo/kurashi/ondanka/shizen/documents/basicknowledge4.pdf>
長野県模水力発電技術支援チーム 小水力発電推進基礎知識 表 26
- 7) <https://www.meti.go.jp/press/2020/03/20210324004/20210324004.html>
FIT 制度における 2021 年度の買取価格・賦課金単価等を決定しました 経済産業省
- 8) <https://sma-ene.jp/column/9718/>
太陽光発電の手続き全公開！「売電スタート」と「売電継続」で 2 回必要 スマエネ
- 9) https://www.yonden.co.jp/nw/renewable_energy/procedure/under50kw.html
契約手続き・申込書類(低圧50kW 未満) 四国電力送配電
- 1 0) https://www.yonden.co.jp/nw/assets/renewable_energy/procedure/under50kw/a_05.pdf
再生可能エネルギー発電設備の系統連系および電力受給契約申込書(記入例) 四国電力送配電
- 1 1) https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/fit_nintei.html
新規認定申請 なっとく！再生可能エネルギー
- 1 2) https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/fit_nintei.html
新規認定申請 なっとく！再生可能エネルギー
- 1 3) https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/fit_nintei.html
新規認定申請 なっとく！再生可能エネルギー
- 1 4) <https://cwec.jp/catalog/dw-materials04/> SKK 軟質ポリエチレン管(リサイクル管) 鳴村化成
- 1 5) <https://www.tc-civil.co.jp/syuhai/np.html>
ネトロンパイプシリーズ タキロンシーアイシビル株式会社
- 1 6) <https://fujiiwarasangyo.jp/k05/>
3Fジョイント 藤原産業株式会社
- 1 7) https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/announce/20210401.pdf
FIT 制度に基づく標識及び柵塀等の設置義務に関するお知らせ(注意喚起) 資源エネルギー庁
なっとく再生可能エネルギー
- 1 8) <https://weathernews.jp/s/topics/201807/200225/>
海より川の方が危険？川の様子が急変する 4 つの前兆-ウェザーニュース(weathernews.jp)
- 1 9) <https://denchuu.net/densn-jyumoku/> 電線と植物 電柱 net
- 2 0) <https://denkihoan.org/gyoumu/hoan/>
電気保安協会の業務 電気保安協会全国連絡会

小水力発電導入マニュアル
～10kW未満の小規模水力発電の導入に向けて～

著者

宇野 浩

エース再生エネルギー研究所代表、元阿南工業高等専門学校特命教授

編集・発行

徳島県企業局 事業推進課 自然エネルギー事業化担当

発行年月日 2020年 3月31日（第1版）

2021年10月 7日（第2版）

2023年 3月31日（第3版）