

# 「事業用小水力発電」 その歴史と今後の展望

イームル工業株式会社  
沖 武宏

## ◆小水力発電の歴史

65年前小水力発電の必要性を訴え、  
普及に生涯を捧げた男がいた。

中国配電(現:中国電力)役員を退任した「織田史郎」は、農村の活性化を目的として、小河川を使った地域経営の全量売電式小水力発電所を考案し、国会に働きかけ認めさせた。



昭和25年に補助金1億円で、全国で16箇所の小水力発電の建設が始まる(13箇所は、織田が計画した中国地方)。

自家用小水力発電が地域団体で開発可能とする運動の結果、昭和27年「農山漁村電気導入促進法」が議員立法で制定。

認定団体による小水力発電の建設が法的に認められ、建設資金の借入も可能となり、中国地方では小水力発電ブームとなった。  
しかし、配電線に連系した全量売電方式は中国電力だけでしか認められなかった。

# 織田 史郎



明治29年 広島県海田町に生まれる

大正3年 (現)広島県立工業高校中退

(現)中国電力 入社

大正13年 第一種電気事業主任技術者

水力発電所建設責任者

昭和12年 取締役建設部長

昭和21年 筆頭理事で退任(50才)

昭和25年 小水力発電を推進するためのコンサルタント業務と、水車発電機設備を製造するイーメル工業(EAML)を設立

昭和30年 黄綬褒章受賞(電源開発功労者)

※昭和3年 ロッテルダムオリンピックにて日本初の金メダルリスト(三段跳び)織田幹雄は実弟

Electric ●電気  
Agriculture ●農業  
Machine ●機械  
Life ●生活

## ◆イームル工業の設立

電力会社の役員でもあった織田史郎は、50歳の時に終戦を迎える。このとき国家戦略の中で負わされた軍需産業責任者として、マッカーサー追放指令の対象者となる可能性があった。

これを機に電力会社役員を辞任し、残りの人生を社会貢献に役立てたいと、当時の電力不足と農山村の開発に小河川を利用した小水力発電を建設すべきと考えた。

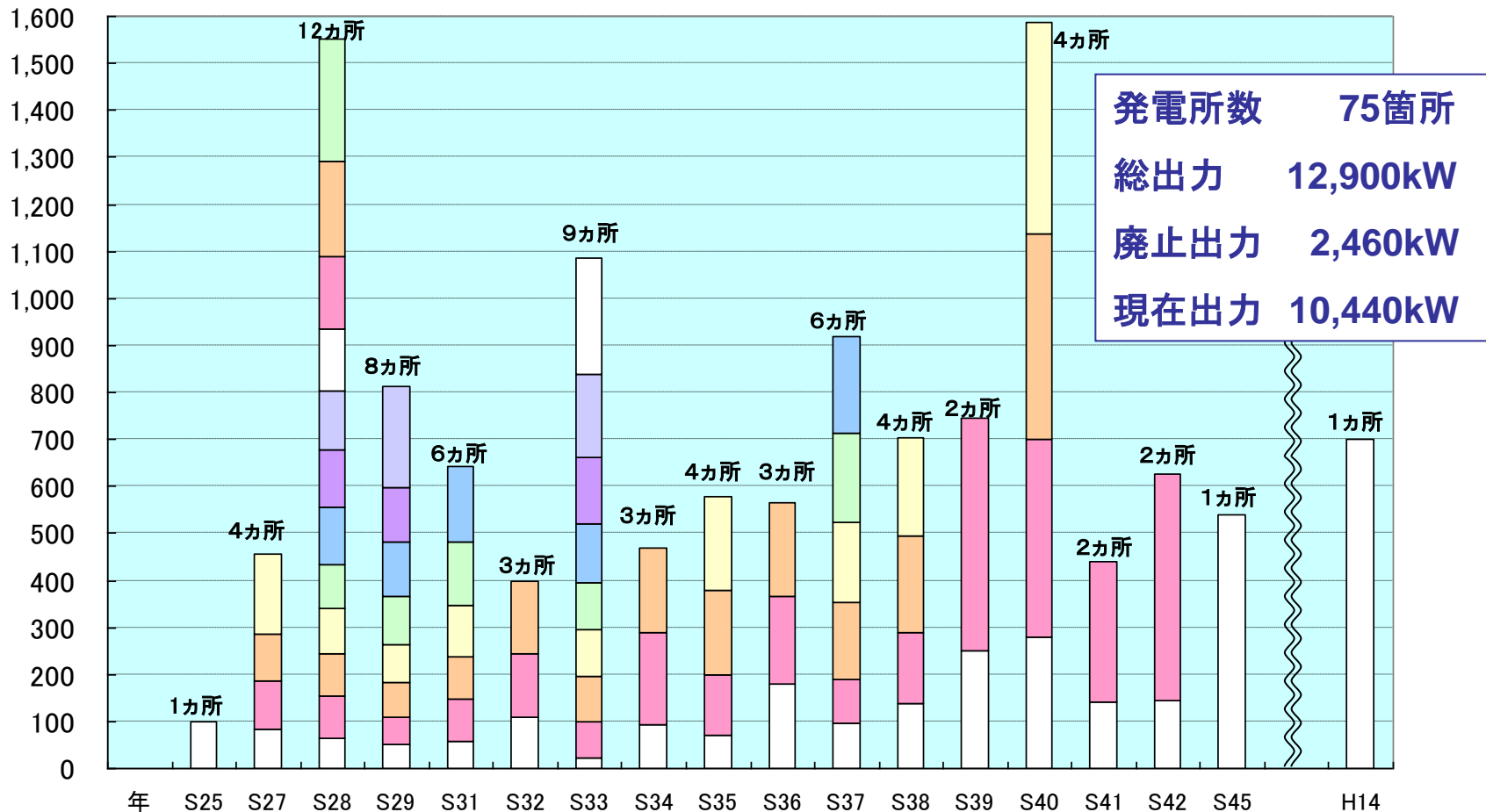
電力会社時代の人脈を使い、中央官庁や経済界に小水力発電構想を説いて回り、「農山漁村電気導入促進法」を成立させ、水力発電機器メーカー重電5社との協力も取り付けた。

昭和25年、開発に必要な専門の設計技術(コンサル業務)と現地工事ができる組織が必要とイームル工業を設立。その後メーカーの機器価格が高騰して開発が出来ない状況に至り、自社で小水力発電機器専門メーカーへと展開していった。

その後コンサル部門は別会社(現在の中電技術コンサル)とし、機器専門メーカーとして自家用小水力発電所だけでも中国地方で75箇所、全国では百数十箇所へ納入している。

# ◆イームル工業が建設した中国地方の自家用小水力発電所 (昭和25年～)

kW 各年の値(高さ)は発電所の合計出力



# 小水力開発地点現地調査 昭和36年

織田史郎 全国を飛び回る①



岩手県内

EAML ENGINEERING CO., LTD.

# 小水力開発地点現地調査 昭和36年

織田史郎 全国を飛び回る②



福島県内

EAML ENGINEERING CO., LTD.

# 小水力開発地点現地調査 昭和36年

織田史郎 全国を飛び回る③



高知県内

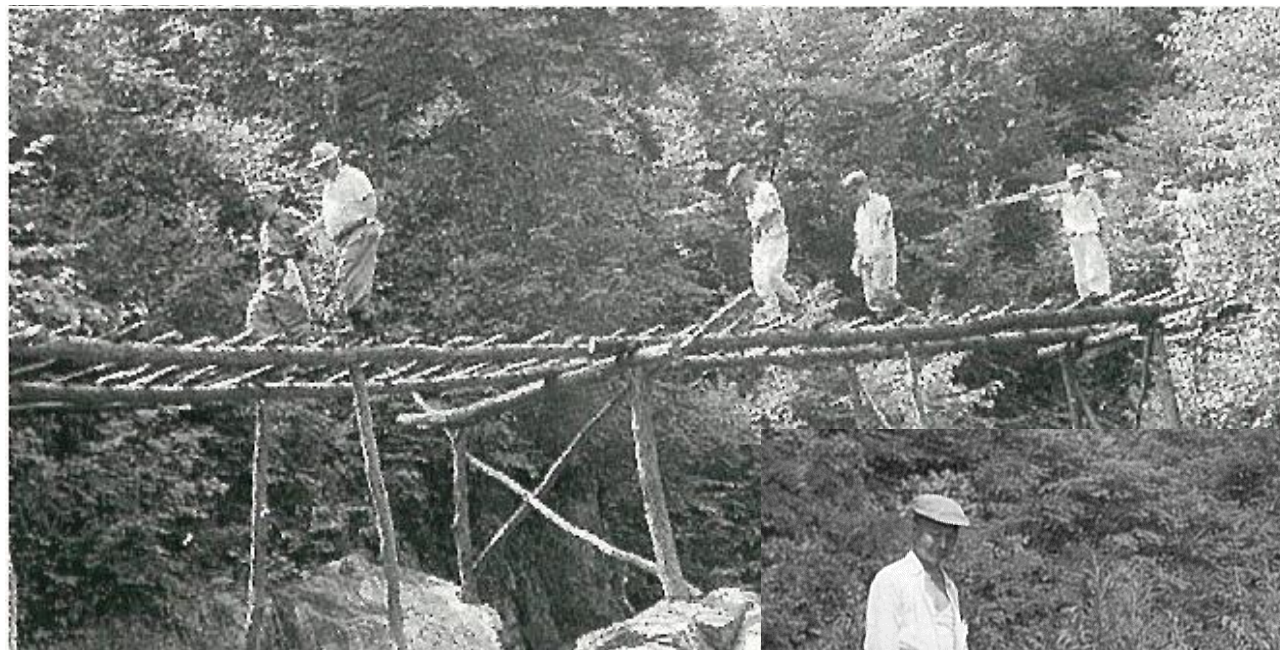
EAML ENGINEERING CO., LTD.



# 小水力開発地点現地調査

昭和36年

織田史郎 全国を飛び回る④



群馬県内

# 小水力開発地点現地調査

昭和36年

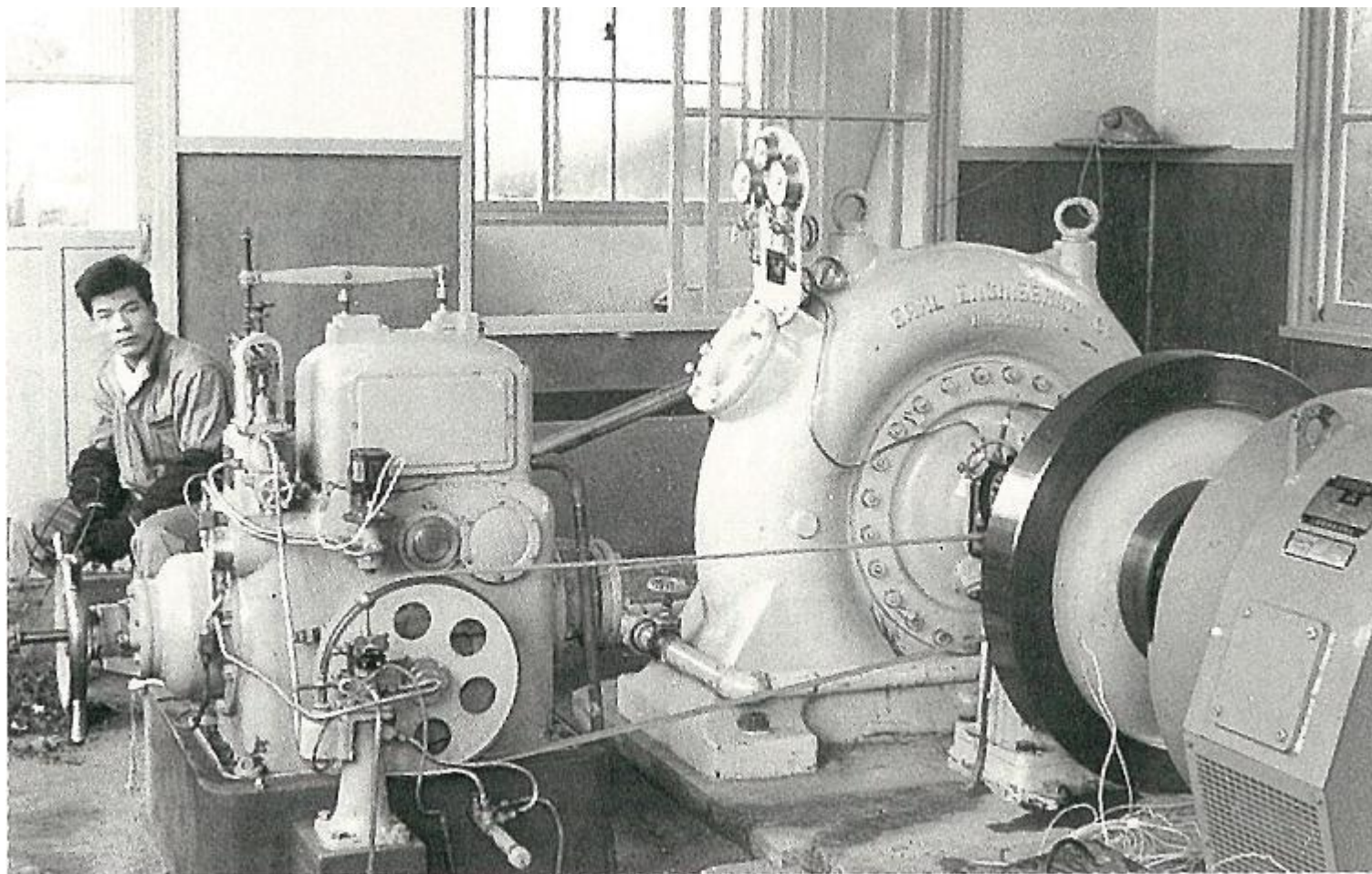
織田史郎 全国を飛び回る⑤



熊本県内

EAML ENGINEERING CO., LTD.

# 昭和36年（現場据付工事）



※当時の私

EAML ENGINEERING CO., LTD.

- 昭和30年中期から大型石油火力の建設で発電原価が下がり、小水力発電の原価が対応しきれなくなった。
- 昭和40年代で中国地方でも建設は止まる。
- 昭和48年の石油ショック  
水力発電が見直され通産省補助金(15~30%)が認められた。電気卸事業者の公営企業(県、市営発電所)が補助金で新規に建設を進めた。  
自家用小水力は法的に余剰売電のため売電価格が低く、農水省の補助金(50~70%)の適用を受ける土地改良区だけが建設を行うことが出来た。
- ダム等の再開発による廃止及び、売電料金が数百万円/年にしかならない小規模発電所(100kW以下)では、設備の老朽化に伴う維持経費の負担大で経営が成り立たず、廃止や休止に追い込まれた結果、運転継続中は55箇所。

## ◆今後の展開

再生可能エネルギー法成立により、小水力発電が有効エネルギーとして認められ、全量売電固定価格制度で開発は大きく促進される。

- 開発可能発電容量 900万kW(2万地点)
- 売電価格の設定 24～34円/kWH
- 固定の期間 20年(償却期間の設定)

〔 仮に、200kWの発電所を1年間に200箇所建設したとしても100年かかる。  
1箇所建設費3億円として毎年600億円規模の市場が発生する。 〕

- 地域団体に運営すれば、雇用や売電料金により地元の人が直接恩恵を得ることができる。
- 砂防堰堤や農水路を活用して、初期投資が少ない地点は非常に有利。
- 新規建設が増加することで、発電機器の標準化が出来、製品価格が下がる。
- 中国地方の場合  
廃止された小水力発電地点でも見直しが始まっている。  
新料金制度により、建設後50～60年経過している設備を更新することで長期的に運営できる。

## ◆課題

### ■ 法的規制

水利権の許可や電気事業法、環境調査等が厳しい(規制緩和)

### ■ 場所が限定される

落差が得られる急流は山岳地方となり、送電線路が近くになると線路建設に大きな費用が必要(電力会社が線路布設)

### ■ 設備投資費が大きい

- ・砂防堰堤、農水路等の設備がない場合、土木設備に大きな費用を伴う
- ・発電機器装置は、設置場所での条件を合致させるため、現在は完全オーダーメイドで高価(標準化の促進が必要)
- ・配電線連系設備の簡素化(一般需用家保護の原則条件)

### ■ 事業主

地元の団体による運営が望まれるが初期投資の調達をどうするか

## 参考：小水力発電設備保有者（1,000kW以下）

●電気事業者	電力会社（沖縄電力は除く）	991箇所
●電気卸売事業者	公営電気事業者	298箇所
	J-POWER（電源開発）	
●自家用発電事業者	全量売電事業者	105箇所（中国5県で55箇所）
	全量自家消費事業者	
	余剰売電事業者	

※一般的に小水力発電と言われているのは自家用発電事業者

# 参考:小水力発電に関する法律

## 1.農山漁村電気導入促進法(昭和27年)

目的 「電気の供給が十分でない地域に電気の導入を図り生産力の増大と生活の向上を図る」こととして発電事業者を認定する。(全量売電含む)

概要 建設資金に日本政策金融公庫の低利な資金を活用する

適用法人は農業協同組合、土地改良区、森林組合、水産業組合

電気の売買については電気事業者(電力会社)に協議を求め、電気事業者  
に不当な負担を課さない

## 2. 電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法:RPS法 (平成14年)

目的 地球温暖化等に伴う環境対策として、電気事業者に新エネルギーの利用を義務付ける

概要 水力発電所については1,000kW以下とする

売電料金は電気事業者との協議(従来料金+RPS貢献分)

電気事業者の販売電力量の1%(目標)を新エネルギーとする



### 3. 再生エネルギー特別措置法(平成23年)

目的 再生可能な自然エネルギーを固定価格で電気事業者に全量買い取らすことで開発の促進を図る(電気事業者は差額料金を売電価格に上乗せできる)。

概要 水力発電所は30,000kW以下を対象とする。  
買い取り固定価格や期間は24年7月に施行。

出力	買い取り価格	期間
200kW未満	34円	20年間
1,000kW未満	29円	20年間
30,000kW未満	24円	20年間

※新設発電所が対象で既存の発電所は改修の範囲によって対象とする。

## 参考：建設計画資料

### 1. 建設に伴う費用の算定基準

新設発電所の減価償却 20年程度として

$$\text{建設単価} = \frac{\text{建設費円}}{\text{発電電力kW}} = 100 \sim 200 \text{万円}$$

$$\text{発電原価} = \frac{\text{年間経費}}{\text{年間総発電量kWh}} = 20 \sim 30 \text{円以下}$$

発電原価の内、減価償却費50%・修繕積立金10%程度が標準

既存の設備共用によるコスト低減

砂防ダム 農業用水路 水道設備(水源池) 工業用水設備

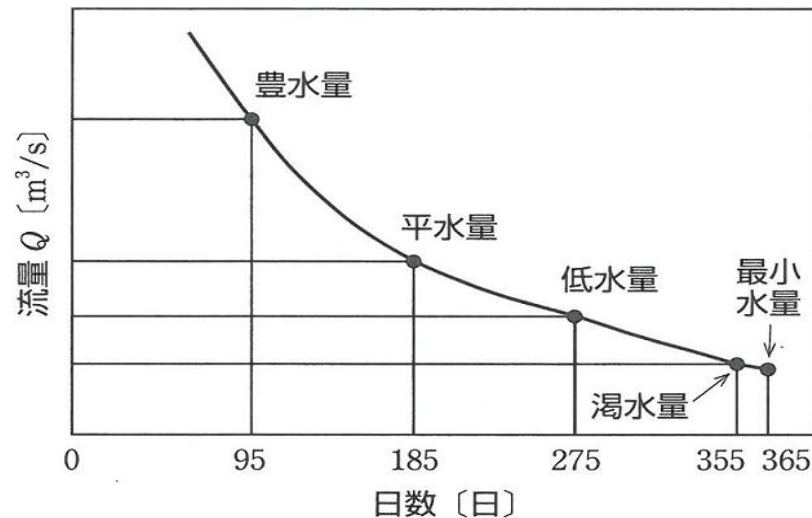
## 2. 発電出力の選定

使用流量の決め方 計画地点の河川流況曲線を作成する。

### ■ 流況曲線(使用水量選定基準)

流量資料は、河川の流量を多い順に日数で並べた流況曲線を作成し、最大使用水量の選定など、発電規模の検討に用いる。流況曲線とは、流況表により縦軸に流量、横軸に日数を取り、整理したものである。

渴水量でも稼動する設計をすれば、1年間のうち355日は常に取水し、年間355日間は電気を生み出すことになるが、初期投資効率を考慮して豊水量、低水量で最大出力とするケースが多い。



発電最大使用水量=豊水量または平水量－維持流量

発電常時使用水量=渴水量－維持流量

\* 維持流量 国土交通省では100km<sup>2</sup>当たり1.0m<sup>3</sup>/sが基準とされているが実体としては平均0.6m<sup>3</sup>/s程度となっている。

有効落差の決め方(1/25,000地図使用)

取水位置と発電所位置の等高線差で総落差を設定

有効落差m=総落差－導水路(管路)損失

流量と落差の関係から見た経済性は高落差ほど有利。

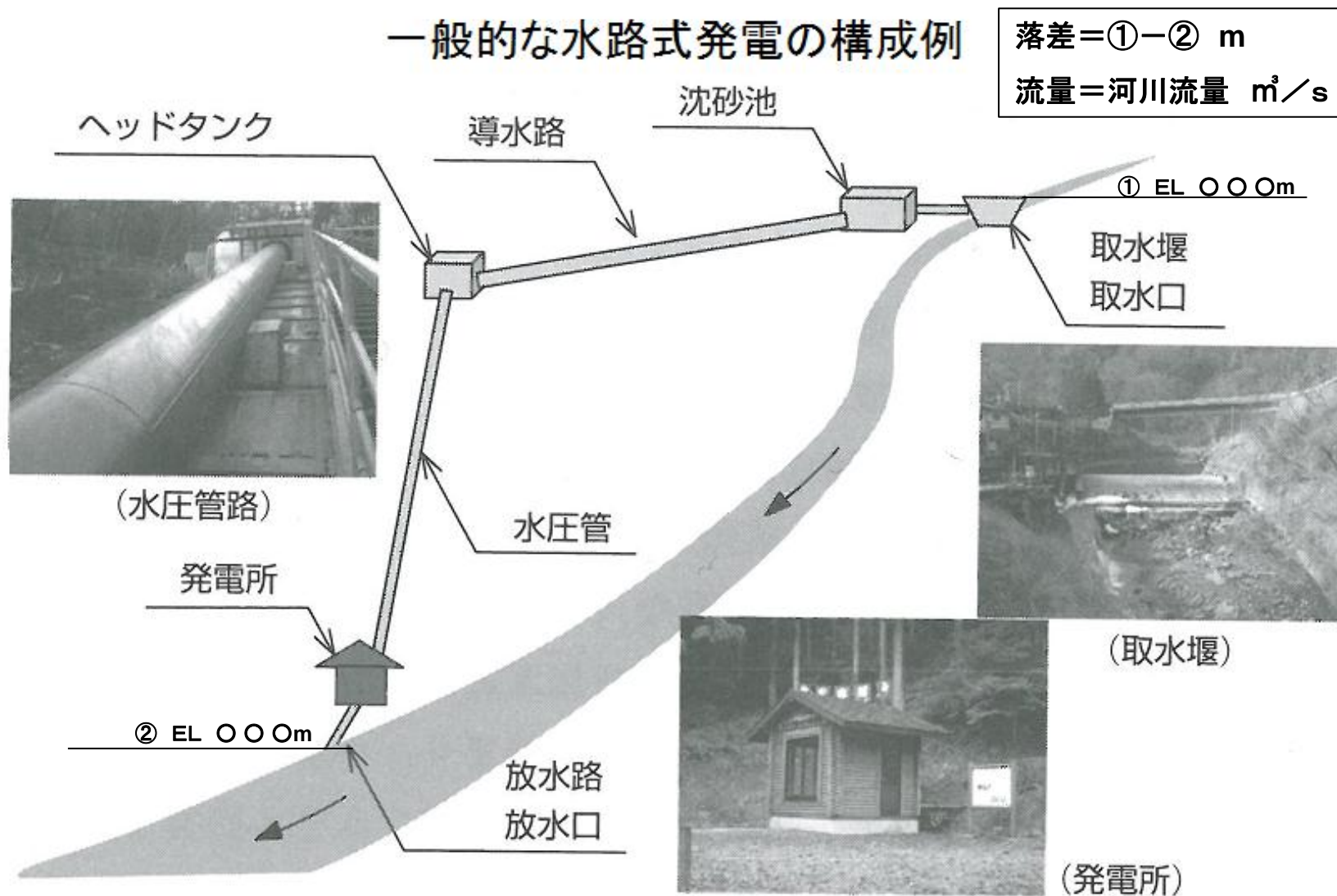
過去20m以下は経済性上開発対象外とされていたが、水車の技術開発で1.0m<sup>3</sup>/s以上の水量があれば十分採算が見込める。

### 3. 建設に伴う法的手続き

- 河川法、電気事業法、その他13の関連法令(環境文化、土地森林、農地)が関係する。
- 既設農業用水路や砂防ダム等を利用しても専用の水利権が必要
- 有資格者      電気主任技術者(20kW未満は不要)  
                    ダム水路主任技術者

# 参考: 建設計画資料

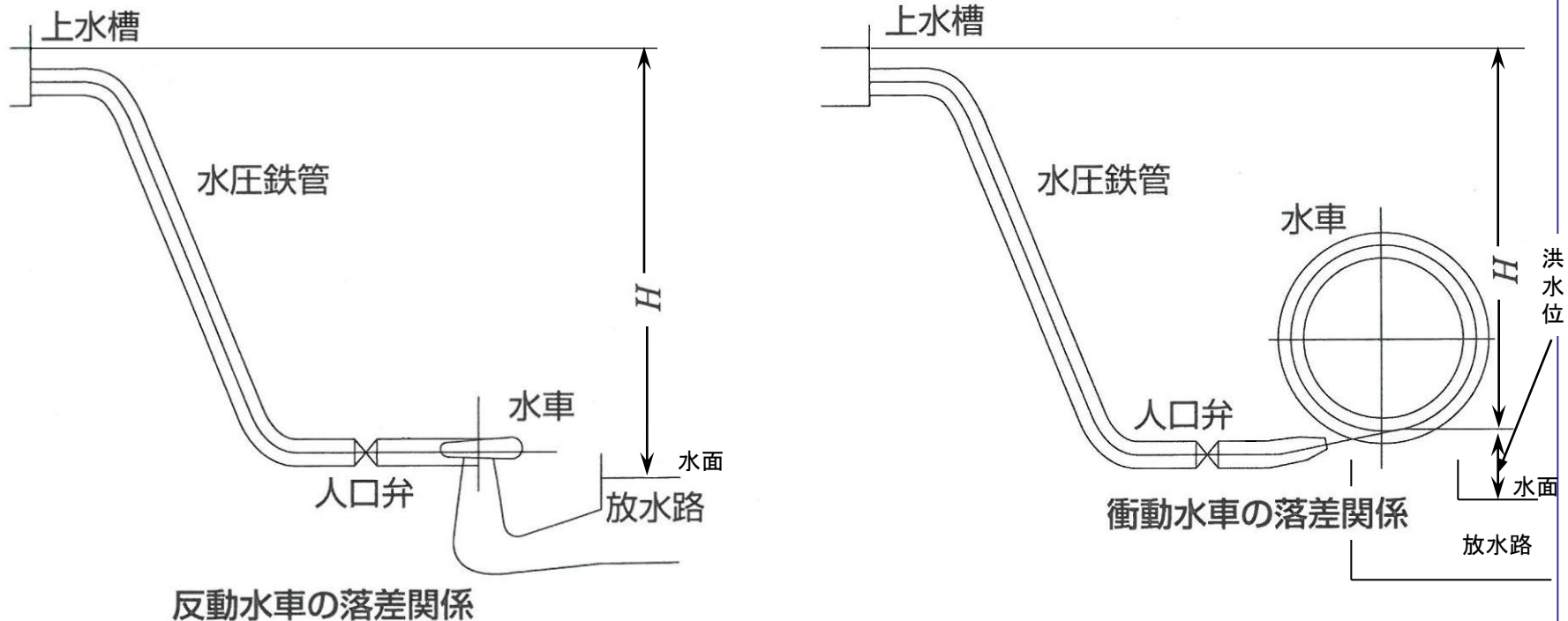
## 一般的な水路式発電の構成例



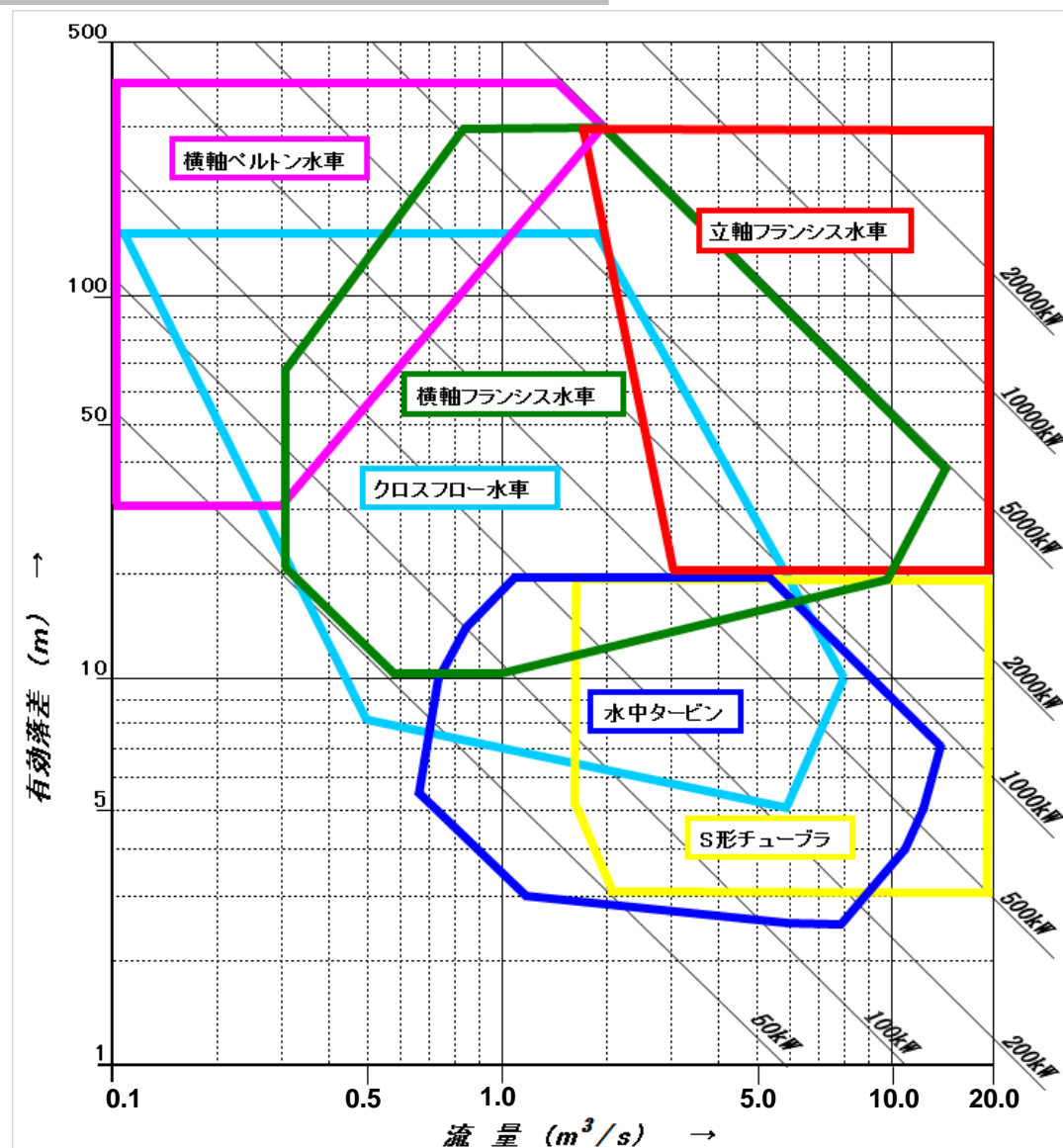
発生電力(kW) = 9.8(重力) × 水量(m<sup>3</sup>/秒) × 落差(m) × 機械効率(%)

発電量(kWH) = 発生電力(kW) × 発電時間(H)

水車は水量と落差の組み合わせで、機械効率を高めるため数種のタイプあり  
発電機は同期発電機(単独発電)と、誘導発電機(受電で発電)の2種類。

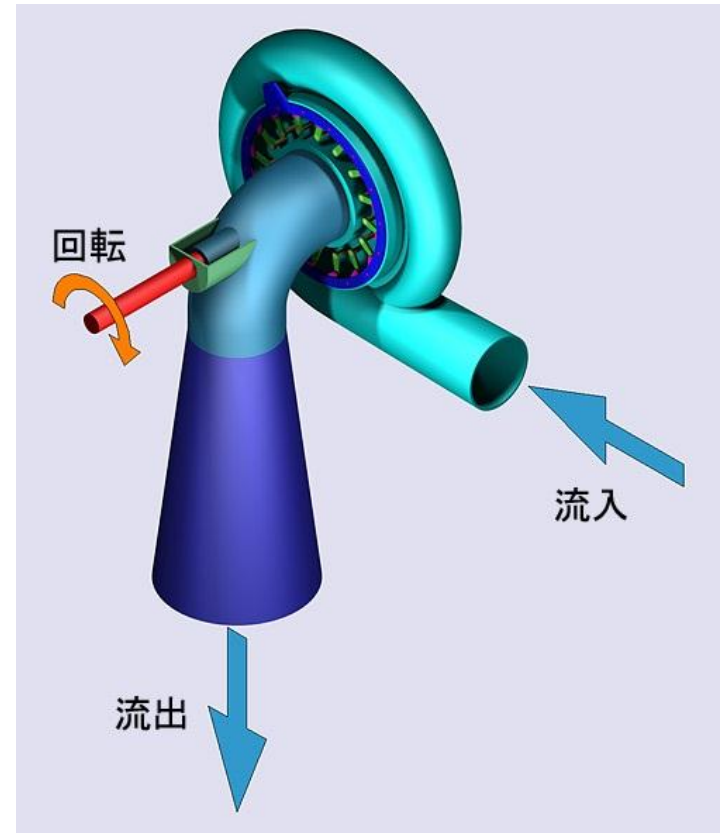
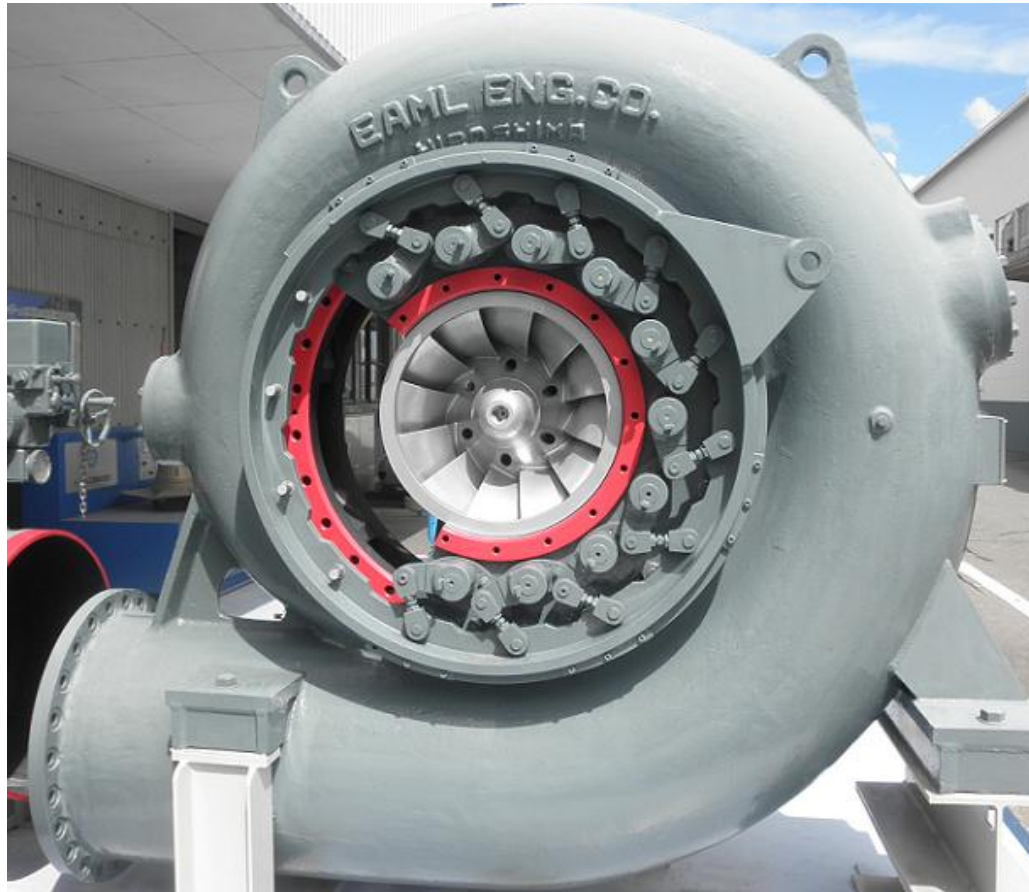


# EAML水車型式選定図

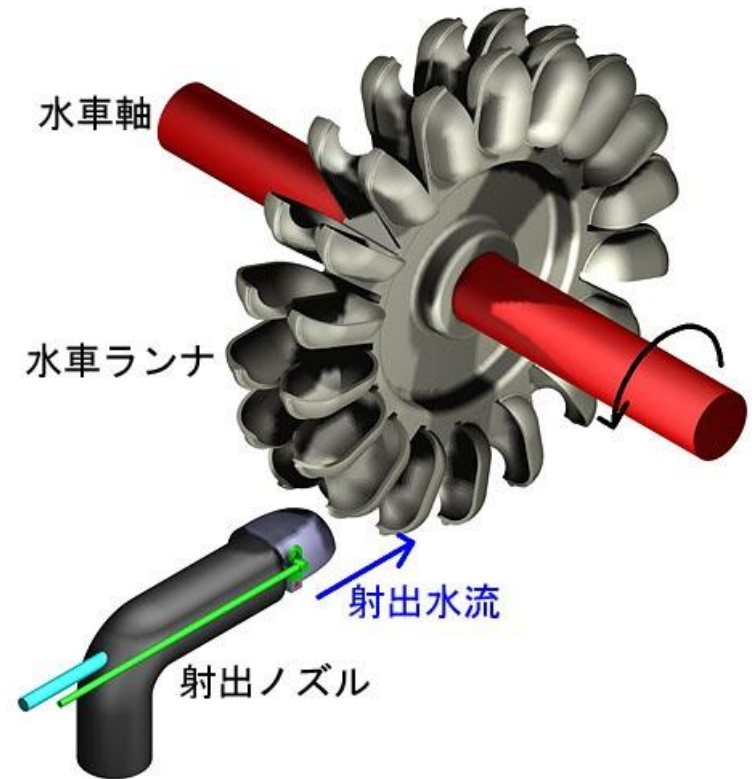
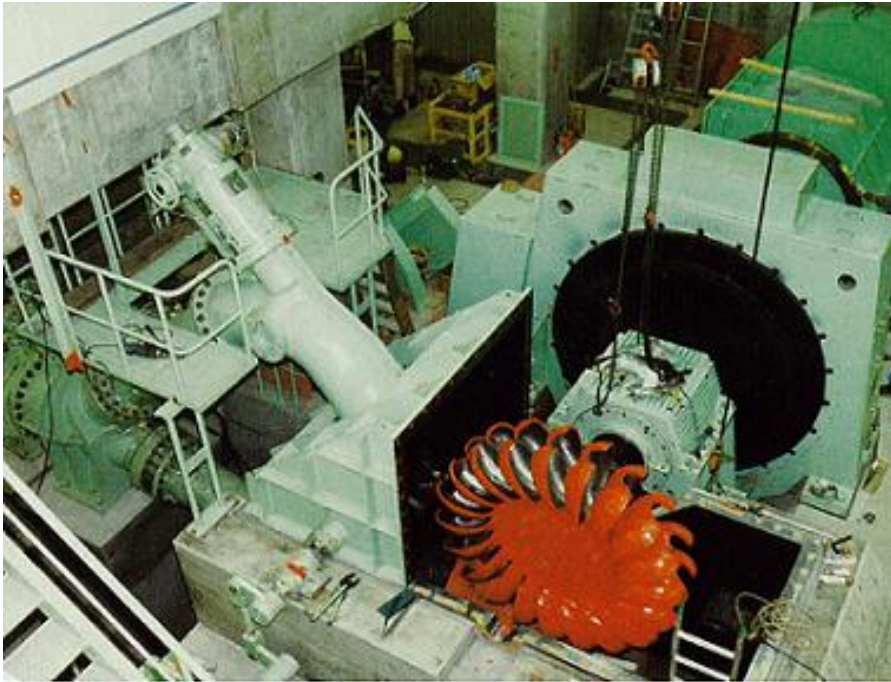




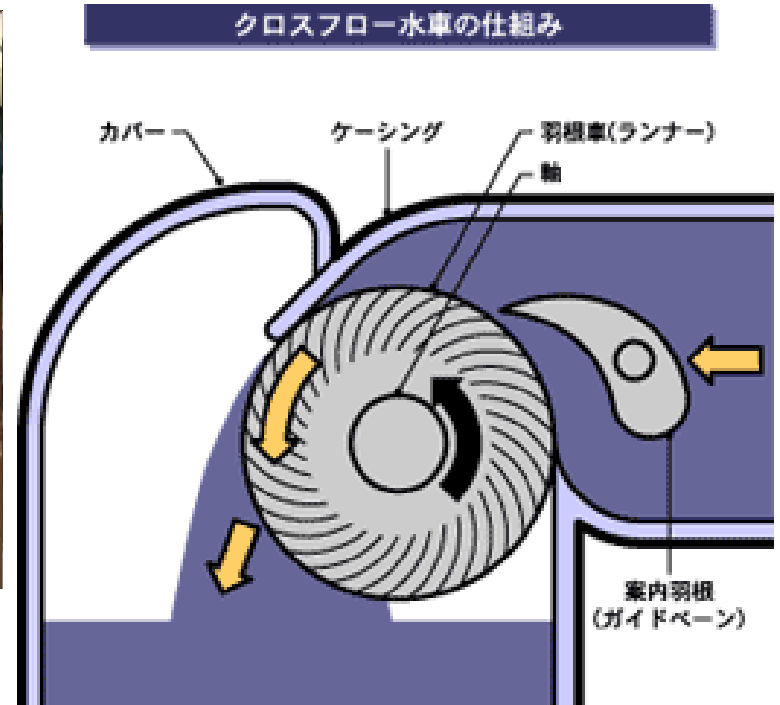
# フランス水車(中落差) ※日本で最も使用されているタイプ



# ペルトン水車(高落差)



# クロスフロー水車(中・低落差)



# 水中タービン(低落差)



## 水中タービン発電機構造

(右図はEL7650です。)

ベアリング  
温度センサーを装備

発電機部

回転子

固定子

F種絶縁誘導  
発電機を形成

フロート式浸水検知器

増速機部  
(直結型には  
ありません)

遊星歯車

固定型ガイドベーン  
シュラウドと一体型铸造。  
使用条件に適した角度を選定

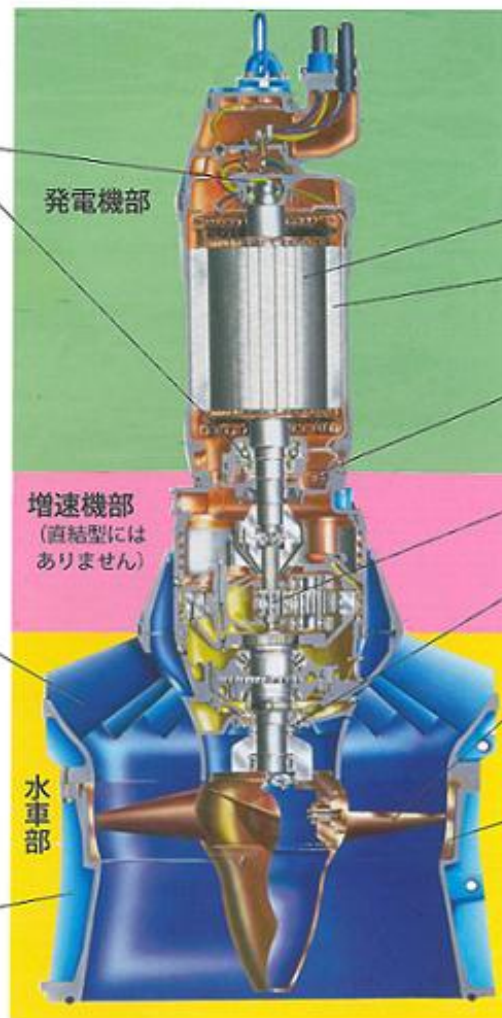
メカニカルシール  
高耐久性の二重メカニカル  
シールを採用

ランナブレード  
4枚又は5枚のブレードを使用。  
ブレード角度は使用条件に  
適したものを選定。

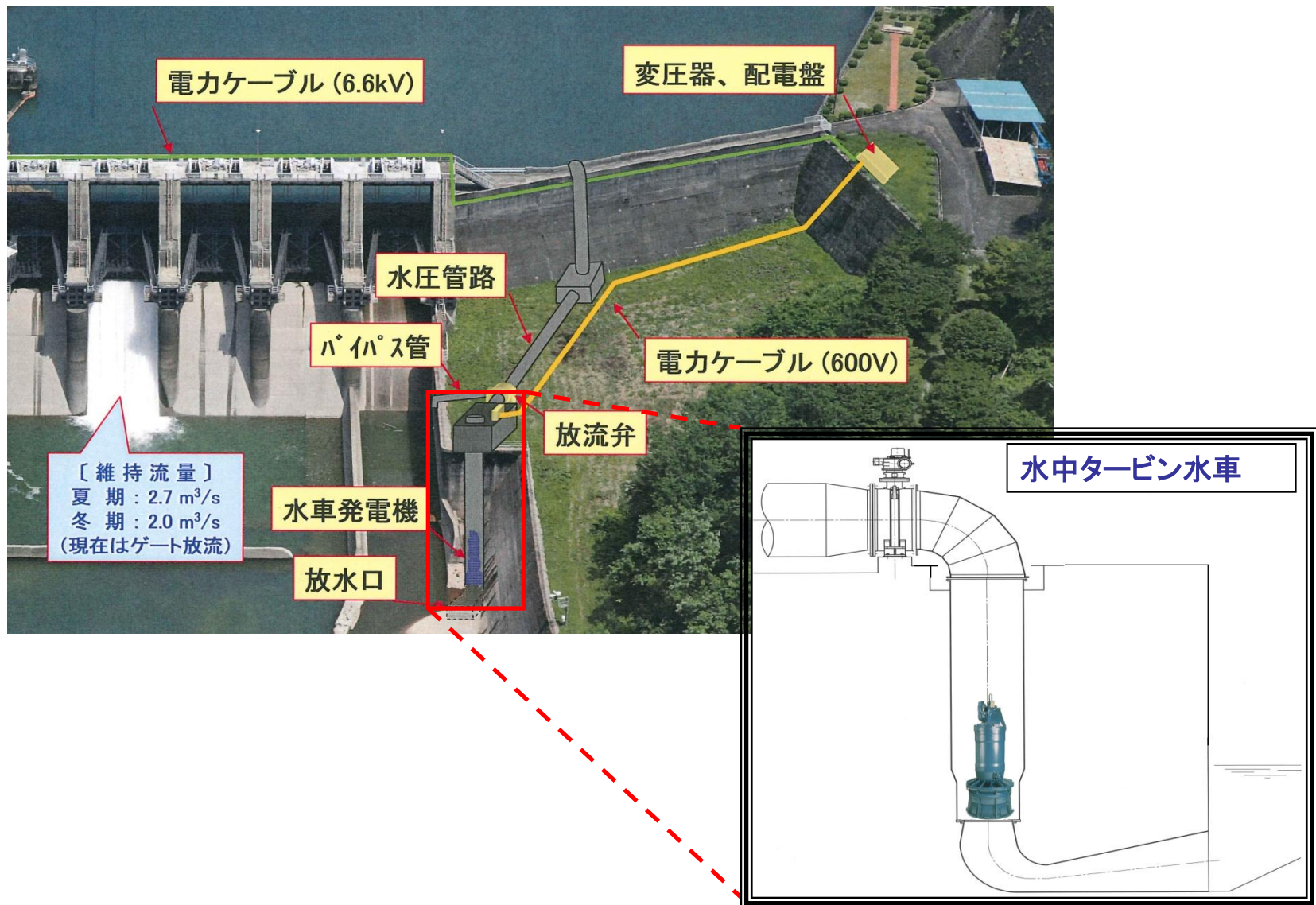
水車部

ウェアリング  
ランナーブレードとの最適  
クリアランスを確保。

アウトレットコーン  
ブレード角度調整時に簡単に  
はずすことができます。



# 水中タービン発電機使用例 (既存ダムサイフォン式発電設備)



# 発電機

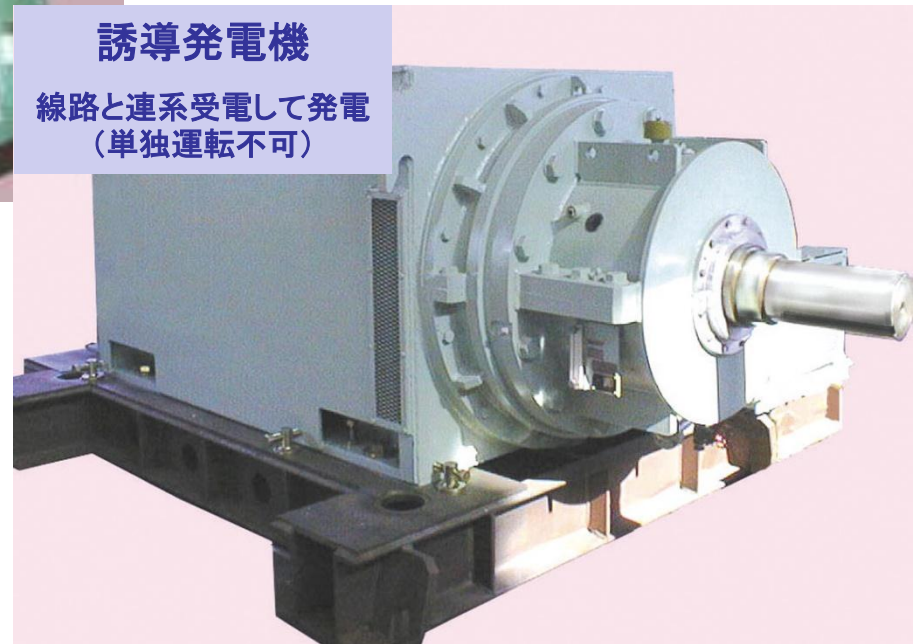
## 同期発電機

励磁装置により自立発電  
(単独運転可能)



## 誘導発電機

線路と連系受電して発電  
(単独運転不可)

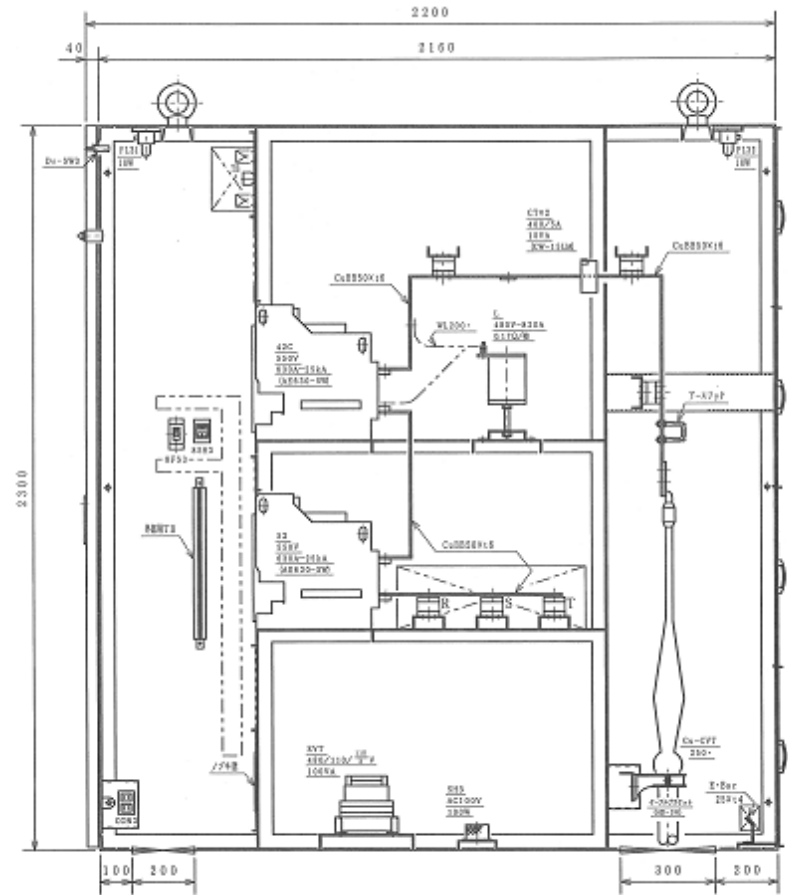


# 配電盤

所内変圧器盤

主要変圧器盤

発電機遮断器盤



## ※マイクロ発電実施例

発電事業としての経済性は厳しいケースが多く、補助金制度等を利用した特別の目的を持った設備。

数10kW以下はマイクロ発電と呼ばれ自家消費用(山小屋、公園、街灯、キャンプ地)

身近にある小河川の滝や水路他の既存設備を利用したマイクロ水力発電を太陽光発電のように家庭の電気に使い、余剰を売電とすることが出来れば、大きなエネルギーとなる。

(機器を量産化し、家電並みのサービス網作りが必要)



# 山小屋の電源

目的：山岳環境の浄化

設置年：平成14年11月

場所：長野県茅野市

八ヶ岳山小屋「赤岳鉱泉」

用途：合併浄化槽及び山小屋照明用電源

$H = 26.41 \text{ m}$

$Q = 0.065 \text{ m}^3 / \text{s}$

$P = 9.4 \text{ kW}$

山小屋の生活排水、し尿による山岳環境の汚染防止のため環境省の補助金を活用して合併浄化水槽を設置し、主としてその電源を賄うためマイクロ水力発電装置を設置した。



# 公園の外灯電源

目的：レクリエーション施設への電力供給

設置年：平成13年3月

場所：鹿児島県薩摩郡薩摩町観音滝公園

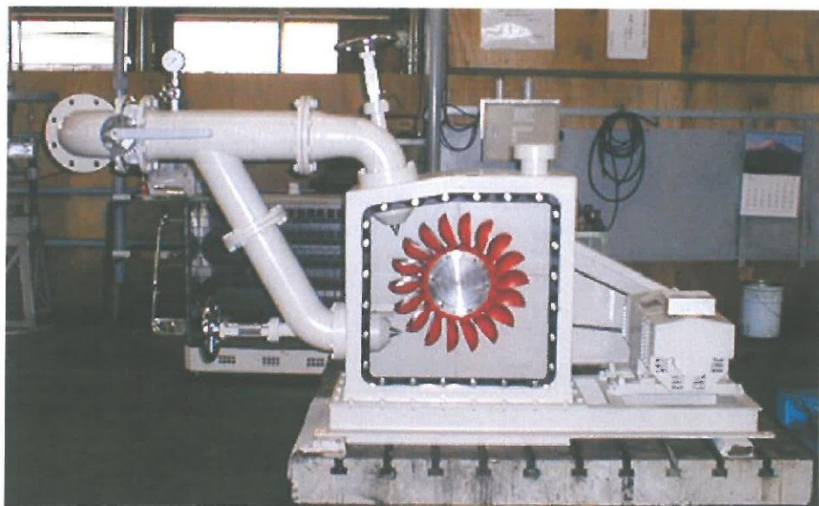
用途：照明等電気の一部を賄う

$H = 2.0 \text{ m}$

$Q = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$

$P = 6.2 \text{ kW}$

教育用として外から回転している水車が見られるよう1面を透明アクリル板としています。



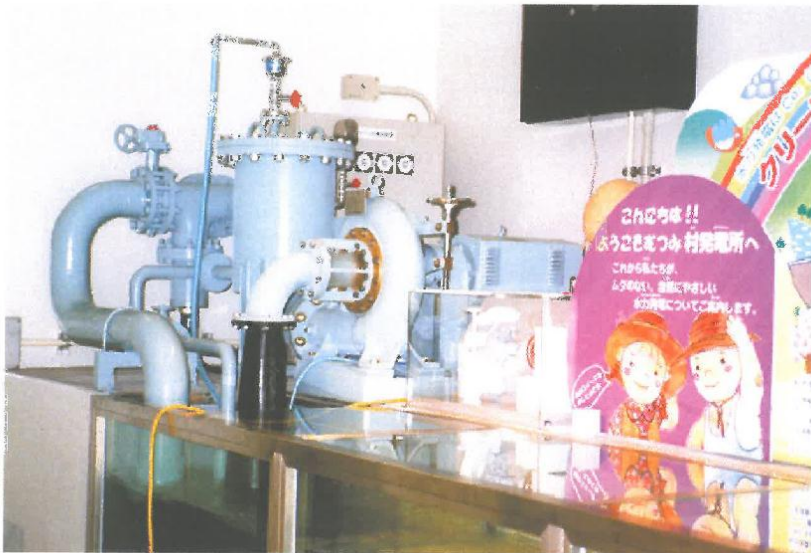
# キャンプ場の外灯電源

目的：飛石砂防ダムの  
キャンプ場への電力供給  
設置年：平成13年7月  
場所：山口県阿東町むつみ村  
用途：キャンプ場の外灯

$H = 11.8 \text{ m}$

$Q = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$

$P = 1.4 \text{ kW}$



# 浄水場施設の電源

目的：電力会社の電気が通じていない唐古浄水場に  
自前の水力発電により電源を確保する。

設置年：平成15年6月

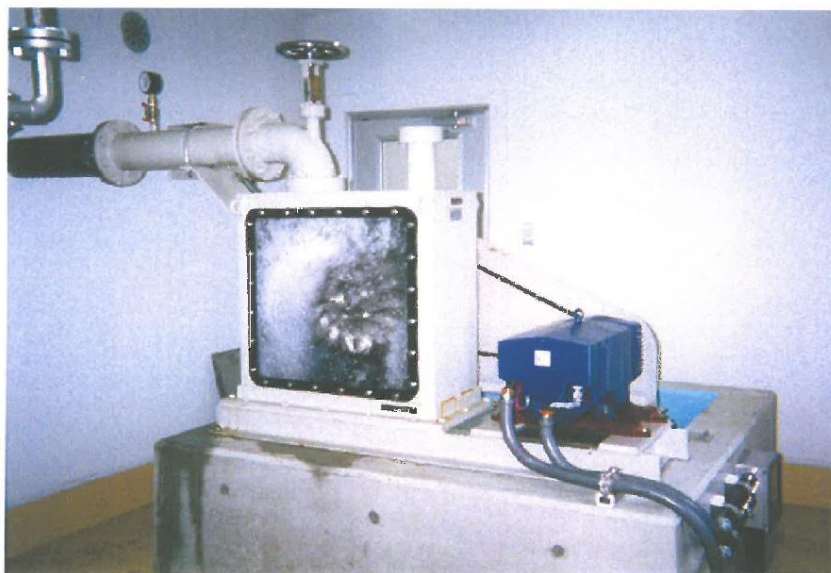
場所：三重県度会郡大内山村

用途：浄水場の監視システム電源

$H = 2.5 \text{ m}$

$Q = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$

$P = 2.5 \text{ kW}$



# 小水力発電のPR

目的：事業所内河川の水力エネルギー有効活用及び水力発電への  
取組みと小水力発電設備のPR

設置年：平成15年2月

場所：鹿児島県熊毛郡上屋久町

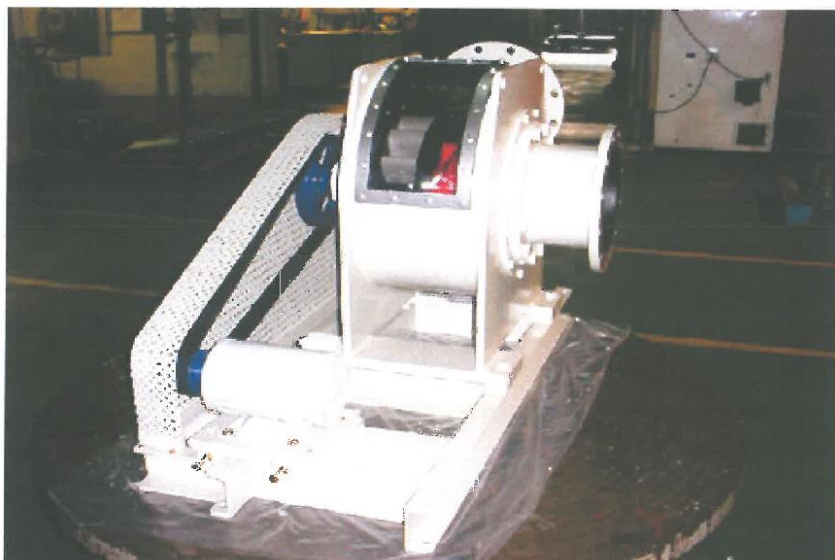
屋久島電気株式会社 屋久島事業所殿

用途：屋外照明

$H = 3.1 \text{ m}$

$Q = 0.124 \text{ m}^3/\text{s}$

$P = 1.8 \text{ kW}$



## まとめ

純粋な国産エネルギーとして小水力発電が認められ、全国で熱心な人が立ち上がっています。組織的にも「全国小水力利用推進協議会」が行政も認める業界団体となりました。

その結果、再生可能エネルギー法では、小水力発電の対象を30,000kWまでとし、非常に有利な全量固定価格買い取り制度により、飛躍的に開発が進む状況となりました。

65年前、

「**地域経済の活性化と国内資源の有効活用に小水力発電**」と

訴え、生涯をこれにささげた織田史郎の理念がやっと陽の目を見ようとしています。