

## 株式会社エリスの小水力事業の紹介

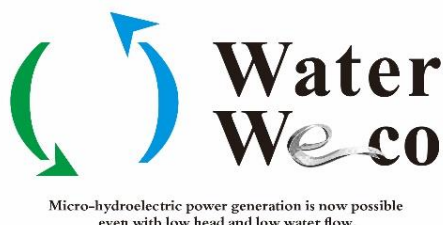
### Mini Hydraulic Power Enterprise of Elis Inc.

#### はじめに

弊社株式会社エリスは、岡山市の LPG サプライヤーとして創業 68 年の実績のあるガス会社をグループ会社とするクリーン・エコ発電に特化して事業展開を行う会社である。ガスとして熱エネルギーを供給する本業に対して、新規開発発電技術に基づく太陽光発電システムを土台としてその他の新技術の事業の一としての小水力発電事業の位置付けである。小水力発電システムは Waterwheel+Ecology+Economy の造語で「WaterWeco」として商標登録している。

#### Introduction

We, Elis Inc., specialize in clean and ecological generation of electricity as one of group businesses led by a gas corporation, which have sixty-eight-year history as LPG supplier in Okayama city. While the main business of the group is to provide thermal energy in the form of gas, our goal is to develop new technology, mini hydroelectric power generation, based on solar panel electricity systems using recently developed power-generating technology. Our mini hydroelectric power generation system is trademarked as “WaterWeco” coined to denote Waterwheel + Ecology + Economy.



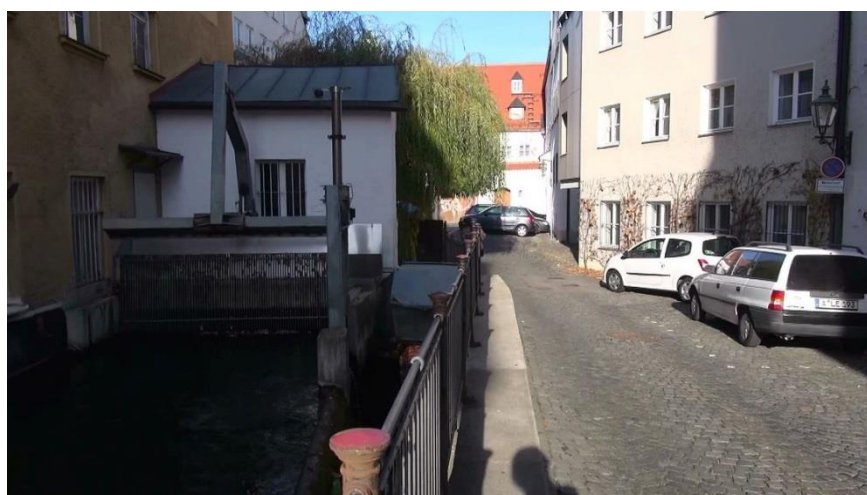
#### 「WaterWeco」の事業領域

弊社の小水力発電事業は、東日本大震災による FIT 制度発足前の 2009 年初に始まる。発足当時は、単純に 1997 年の京都議定書温室効果ガス削減の目標への対応としての水力発電且つ自然破壊を伴う大規模ダム貯水無しの自然地勢流水力に着目し、社長自らその方面の先進水力発電地帯のヨーロッパアルプス地方、ドナウ河流域の中小規模水力発電所と発電機材メーカーの視察を行った。

#### Business Domain of “WaterWeco”

Our mini hydroelectric power generation enterprise started in 2009, before the inauguration of Feed in Tariff (FIT) due to the Great East Japan Earthquake. At first, the enterprise aimed at reducing greenhouse gases as corresponding to the Kyoto Protocol regulated in 1997 and just

focused on hydroelectricity and the creation of hydraulic power from water streams using natural geographical features without a large-scale dam that requires destructions of nature. Therefore, the president of Elis Inc, went to the Alpine region in Europe, which is an area advanced in hydroelectric power generation, and inspected the medium or small scale hydroelectric power plants and manufacturers of generators in the Danube basin.



▲ドイツ Augsburg の中心部にある小水力発電施設

(撮影時期 2011 年 12 月)

▲Small hydropower station in the center of Augsburg city of Germany

(Shooting time: December 2011)

上写真は、視察時にドイツ Augsburg の市街地中心部にある小水力発電所である。ドイツでは、日本より降水量が少なく、高低差も少ない地理的条件にも関わらず、電気料金の固定価格買取制度（FIT）が始まって以来急速に普及した。文献によると、数10kWクラスが15,000～20,000基あると言われている。このサイトに於いて、30kWの発電が行われているが近くに寄っても、発電所の回転音が聞こえず、環境にやさしい循環型自然エネルギーが閑静な市街地に馴染んで存在する姿に衝撃を覚えたとのことである。

そこで、多少の知見を得て社長自ら以下の事業設定を行った。当時小水力発電は1000kW以下とされていた。調べて見ると、岡山県では30kW以上は既に明治以来、中国電力や岡山県がダム利用も含めて水力発電所を開発済みであり、その専門機器メーカー、設備プラントメーカーも存在するということであった。しかし逆にそれ以下の領域は手付かずの分野と見た。この領域を、弊社の小水力発電の事業領域と認識し、以下これをマイクロ水力発電と記載することとする。

日本の長閑な原風景に木製水車が必ずと言ってよいほど存在した。文献によれば、石油産業革命前の昭和初期には約80,000基もの木製水車が紙漉き、製粉などに使われていた

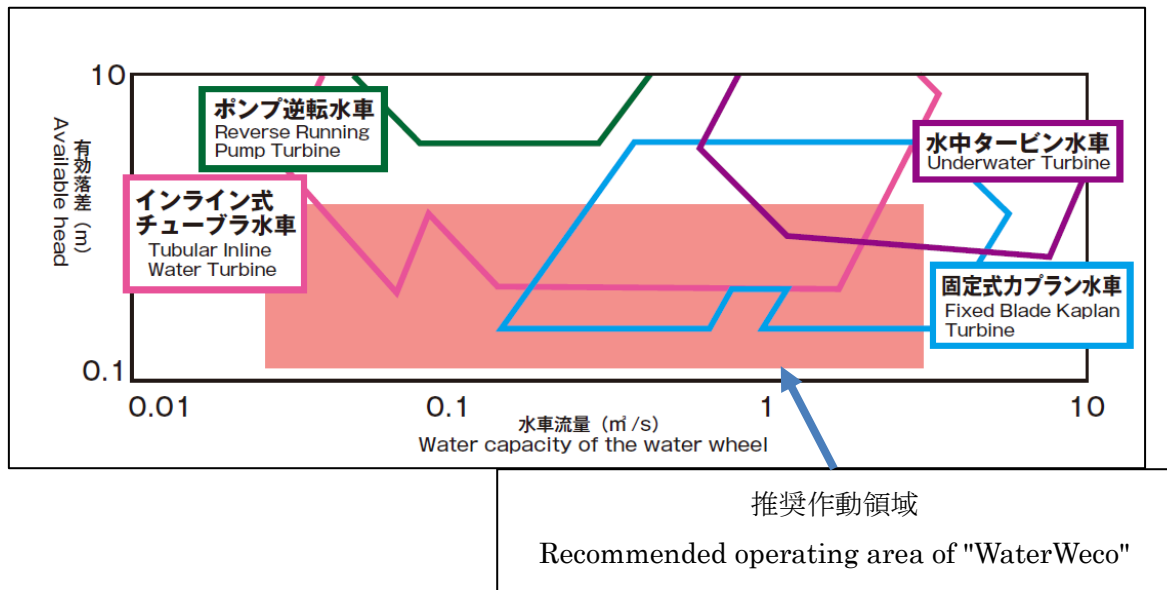
ようである。弊社が岡山県新見市高尾の農業用水路に約2年前から設置している定格7.5 kWの開放型周流水車も、過去に紙漉き水車が実際に存在した場所であった。

The photo above is of a small hydroelectric power plant located in the central part of the Augsburg city area in Germany. Since the inauguration of FIT, small hydroelectric power plants have spread rapidly in Germany despite its geographic and climatic conditions such as less perspiration compared to Japan and little difference in elevations. According to documents, there are fifteen- to twenty- thousand plants which generate tens of kW. The document noted that a generator producing 30 kW caused so little rotating noise that a person did not hear the sound even when in closer proximity. The author was impressed by the aspect of an ecological recycling of energy harmoniously existing in a quiet urban area. With the knowledge he gained there, the president himself formulated the business plans below. At the time of stating our business plan, small hydroelectric generation was defined as 1000kW or less. Our research revealed that hydroelectric power plants in Okayama, which include ones using dams, generating 30kW or more have already been developed by the Chugoku electric power company and Okayama prefecture after the Meiji era in the late 1860s. That means manufacturers of special apparatus and plant facilities do exist. However, it seemed generators smaller than that do not exist. Therefore, we recognized our mini hydroelectric generator as a business field and defined our products as micro hydroelectric generator from that point.

There have always been wooden water mills in the peaceful landscapes of Japanese heart. According to one document, approximately eighty thousand wooden water mills were used for paper making or flour milling during the early Showa Era (circa 1930) before the oil industry revolution. Our company set up a traditional water wheel that generates 7.5 kW in an agricultural water channel, where a water mill previously existed to make paper, at Takao, Niimi-city in Okayama two years ago.

\*In the figure below, a fixed blade Kaplan turbine is the same as fixed propeller turbine.

<Figure>



### マイクロ水力発電のポテンシャル

水力発電は年間を通して降水量が安定して河川が枯れない地域に向いている。しかし太陽光のようにどこでも設置できるわけではない。又太陽光のように夜間や雨天時に発電しないようなことはない。一定の落差があり24時間安定して水が流れるような場所が適地である。発電エネルギーの変動も少ないベースロード電源である。

農業用水特有の渇水期に於いても、豊水期と比較すると発電量が少なくなるものの、太陽光と比較しても十分な発電量が期待できる。また、日本に於いては発電用水利権取得も容易になった。2009年3月に発表された我が国の財団法人新エネルギー財団（経済産業省資源エネルギー庁委託調査）資料によると工業用水、下水道も未開拓領域として有望である。

### The potential of micro hydroelectric generator

A hydroelectric power generator is suitable for regions where rivers do not dry up, due to regular rainfall throughout the year. Although it cannot be installed everywhere, like solar panels can, it can generate electricity at night or on rainy days unlike those panels. A suitable place for a hydroelectric power generator has some level and constant water flow throughout the day. It is a base load power with little change of energy generation.

During the dry season which is typical of agricultural water usage, the amount of electricity generation by a micro hydroelectric generator will be less than during the ample rain season. Nevertheless, it promises to provide sufficient quantities of electricity in comparison with solar panels. Moreover, it has become easier to acquire water rights for electricity generation in Japan. The New Energy Foundation in Japan conducted an investigation commissioned by the Agency of Natural Resources and Energy of Ministry of Economy, Trade and Industry, and their report in March 2009 suggested the usage of industrial water and sewerage as a promising new

area.

### **マイクロ水力発電のニーズ把握**

世界的にはパリ協定発効以降、急速に ESG 投資などの環境エネルギー投資は増加している。日本に於いては、自治体を中心となって適地調査が全国的に展開された。

近年環境省も環境アセスメントなども盛り込んだより詳しいポテンシャルマップを公開予定である。しかし、マイクロクラスの適地になると、農業用水管理組合管理の農業用水路利用、公園等の公水路、工業用水路が相応しい。売電に限らず、小型 EV、最近出回り始めた電動芝刈り機や農業用ハウスの電源にも利用できる。

### **Understanding the needs for micro hydraulic generation**

Since the enforcement of Paris Climate Accord, investment in environmental energy such as ESG investment has rapidly increased globally. In Japan, nationwide surveys to find appropriate places are conducted mainly by local governments.

Currently, Ministry of the Environment is also planning to release the potential map including results of environmental assessments. However, agricultural water managed by an agricultural water management association, public waterways in parks or industrial water are more appropriate for micro-level hydraulic generators. The electricity is suitable not only for retailing purposes but also as a possible power source for small electric vehicles, electrical lawn mower, and agricultural greenhouses.

### **マイクロ水力発電に必要な機材の選定**

実際にマイクロ水力発電設備販売を事業として始めて見ると、水車、発電機等の基本機材も小なるが故に市販品が無く自社商品開発を行う必要があった。太陽光発電が多くメーカーで競って技術開発され、単にディーリングすれば成り立つと言うビジネス展開では無いと言うことである。マイクロ水力発電関連で使用出来る市販品としては、カー用品、キャンプレジャー用品としての市販の単相 100V 入力 12Vdc 鉛蓄電池対応出力の充電器、12Vdc 規格の鉛蓄電池、12Vdc 入力単相 100V 50/60Hz 出力のインバータ、自動車用直流発電機であるオルタネーターはガソリン・ディーゼル等高速エンジン駆動対応であり、水車特に用水路で用いる開水路用無ケーシングのオープン水車と言う名の低速エンジン駆動対応では無い、即ちその無負荷開放速度は直径の大小、水の掛け位置上中下掛けに依るが通常 10rpm~60rpm でその半速迄負荷を掛けるとしても 5rpm~30rpm の負荷速度に対応する低速エンジン対応発電機の商品開発が必要である。又充電器に付いても市販の範囲は 12Vdc 8A 程度迄と見て 10A 以上の商品開発を行った。

### **Selecting necessary equipment for micro hydraulic generators**

As we actually started the business as a retailer of micro hydraulic generators, basic equipment such as water wheel or generator was not available on the market because everything needs to be small. Therefore, we needed to develop them as our own products. In other words, the business does not develop only by dealing equipment like solar power generators, for which a lot of manufacturers compete on technological development. The only available commercial products for micro hydraulic generator are the followings: battery chargers corresponding to output of 100 V / 12 V dc single-phase lead-acid battery sold for car or camping suppliers and 12 V dc standardized lead-acid batteries, inverters of 12 V dc input and 100 V, 50/60 Hz single-phase output. Alternators as DC generators for automobiles work with high-speed engine drive such as gasoline or diesel; thus they are not compatible to low-speed engine like open waterwheel without casing for open channel such as agricultural water channel. That means the necessity of developing generators corresponding to low-speed engine, whose open speed without loading is generally 10 rpm – 60 rpm depending on the size of diameter and striking place (over, breast, or under) and 5 rpm – 30 rpm with loading up to half speed. Furthermore, we also developed battery charger with 10 A because the range of commercial products seemed to be up to 12 Vdc, 8 A.

## 製品の概要と特徴

### ア)低速対応エリス式発電機の商品開発

発電機はエリス式として500W機から開発を始めた。機能・構造としては、単純に回せば、直ぐに発電機のみで市販家電に給電出来る物として、出力単相100V、50/60Hzとした。水車の負荷速度を5rpm~30rpm として30倍~60倍の増速比として300rpm~900rpmが発電機の負荷速度と見て同期速度をそれに合わせ12極、18極、20極のファラデー電磁誘導則原理の回転式多極同期発電機の設計製作とした。その場合の同期速度は、12極では50/60Hzに対して500/600rpm、18極では50/60Hzに対して333/400rpm、20極では50/60Hzに対して300/360rpmになる。磁極は界磁制御を伴わない固定磁界とし近年商品開発され市販されているネオジム永久磁石を採用とした。旧来のフェライト永久磁石に対して画期的な10倍以上の磁力を持ちネオジム永久磁石電動機として実用化されていた故である。構造は自社工場で作出来る意味で起電コイル円盤、永久磁石円盤を交互に回転軸に積層串刺し構造とした。先ず500W機を完成させ、次に500W機を並列に束ね一体化する方向で1kW機、3kW機、5kW機と発展させた。3kWと5kWの意味は家庭用太陽光発電の基本単位が3kWと5kWと見てそれに合わせた。5kWは重量が100kg 近く、それ以上の容量アップはコスト面からも無理と判断した。回転仕様の他メーカーとの大きな違いを端的に述べると、シンプル構造である為、無保守・無点検を実現出来ると考えており、メンテナンスコストが削減できる。また、界磁制御機能に関する部材が削減出来る上、増速倍率も低くて済み増速機のコストも削減できる。その上、コアレスコイル故のコギングトルクレスで、且つ塩ビの駆体故に鉄損無し銅損のみ故の高効率機電エネルギー変換で、更に他社多極低速コアレス発電機

が外側に磁石円盤を配しそれ自体にベルトを掛けて回す所謂アウトロータ式に対し、エリスは内側に磁石円盤を配し車軸を小径のギア又はプーリーで回すインナーロータ式で低回転水車との結合でアウトロータ式に比し増速度を高く取れることはエリス式の他社コアレス発電機との差異であり利点である。

## **Description and Characteristics of Our Product**

### **A) Development of slow-speed compatible Elis-style generator**

We began to develop generators, named Elis-style, starting from 500 W capacity generators. The function and structure are single-phase output of 100 V, 50/60 Hz so that a generator can directly supply electricity to commercial electrical appliances just by rotating it. The loading speed of the water wheel is set to 5 rpm~30 rpm with 30 – 60 times speed increasing rate. Therefore, we expected the loading speed of generator to reach between 300 rpm~900 rpm and set the synchronous speed. Consequently, the generator is designed as a rotary multi-pole synchronous generator based on the rules of electromagnetic induction of Faraday with 12-, 18-, and 20-poles. In that case, 50/60 Hz would rotate a 12-pole motor at synchronous speed of 500/600 rpm, 333/400 rpm for a 18-pole motor, and 300/360 rpm for a 20-pole motor. For a magnetic pole, a neodymium permanent magnet, which has recently been developed and on a market, is adopted to create a fixed field system without field control. It is because a neodymium permanent magnet generator has become practicable with an incredible ten times the magnetic force of a conventional ferrite permanent magnet. The structure is laminate stake holding structure of electromotive coil disk and permanent magnet disk in an alternate sequence on a rotating shaft which our factory is capable of manufacturing. First, we completed a generator producing 500 W. Then, generators producing 1 kW, 3 kW and 5 kW were developed in a way that unified several 500 W generators in parallel. 3 kW and 5 kW were chosen to match the base unit of solar power generation for households. A 5 kW generator weighs approximately 100 kg, thus, we concluded it impossible to increase capacity also in respect of cost. The big difference of our product from other manufacturers', our rotational mechanism is simple structure which would not require constant checks and maintenance. Therefore, the maintenance cost can be reduced. Moreover, the component parts for field control can be reduced, speed increasing rate may be kept low, resulting in the reduction of cost for an increaser. The last difference is the structure. 1) The less cogging torque because of the coreless coil and no iron loss but only with copper loss because of the vinyl chloride body makes high efficient energy conversion. 2) While a multi-pole low-speed coreless generator of other manufacturers is, namely, the outer rotor style with outside magnet disk for which a belt is installed over and rotate the motor, Elis-style generator placed magnet disks inside and rotate the motor through a gear of small diameter or a pulley, called inner rotor style. Since

the inner rotor style can be combined with low-speed water wheel, an Elis-type generator can get higher speed increase rate, which is the difference and merit of Elis-type generator compared to other coreless generators.



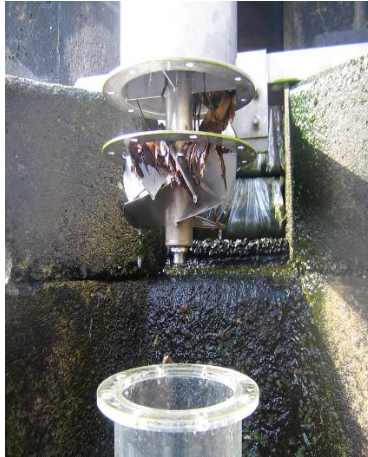
▲永久磁石式多極単相同期インナーローター発電機  
(elis-GENERATOR)

▲Permanent magnet multipole single phase synchronous inner rotor generator  
(elis-GENERATOR)

#### イ)エリス式水車の商品開発

農業用水路中心の事業展開としてのマイクロ水力発電用水車としては、ケーシング(覆いカバー・囲い)無しのライナー(車輪)直径が小は $\phi$  1m 前後から大は5m 前後、幅は0.5m 前後から2m 前後のオープン水車(開放型周流水車)で、羽根枚数8枚~32枚、注水位置に依って上掛け・中掛け・下掛けと有る。特徴として、閉水路のプロペラ水車など閉水路水車に比べ、塵芥対策が容易である。(下 固定式プロペラ水車塵芥の状況(弊社実証):塵芥用スクリーンを設置しているにもかかわらず定期的にオーバーホールが必要であった) この規模のマイクロ水力発電に於いて、塵芥対策を自動化すれば導入コストが大幅に上昇し、更には塵芥対策に専門人件費が必要で、この様な素人では処理できない外注の塵芥費用はキャッシュフローに致命的な影響を与えかねない。





▲塵芥の堆積の様子

▲Status of dust

そのようなメンテナンスコストの問題や、土木工事を極力減らことができるため、イニシャルコストが削減できるオープン水車（開放型周流水車）の研究開発に特化することに決定し、実証実験（後紹介）の経験から羽根形状・羽根枚数・羽根角度により発電効率が大きく異なることから最適化を図った。

オープン水車は、水路にも堰を設けたり、護岸の嵩上げなども不要である。そもそも水車とは、水力学のベルヌーイの定理に基づく水力エネルギーの機械的回転エネルギーへの変換装置と換言出来るが、基本は水車設置水路の、はたまた注水側と放水側の高低差(落差) $m$ に基づく位置エネルギー  $kW$  の効率的な機械回転エネルギー  $kW$  への変換が議論され通常効率は弊社の経験値からも上掛けで 60%、下掛けで 30%程度とされる。

そこで、このオープン水車の更なる高効率化を目的として、小型風力発電の研究開発でも実績のある国立大学法人長崎大学・回流水槽での研究開発の知見を多く所有し、最新の研究設備も所有する株式会社西日本流体技研とともに共同研究を行った。

開発した 2 種類の「WaterWeco」のうち、1 種類は先行して 2017 年度日本機械学会年次大会にて長崎大学が発表した、コンペティターと比べて効率が 17.4%向上した下掛け水車、そしてもう 1 種類は今までに無かった高効率中掛け（胸掛け）水車で、新開発下掛け水車同様、数値解析・流体解析・模型実験を経て最も良い効率のものを採用して商品化を行った。

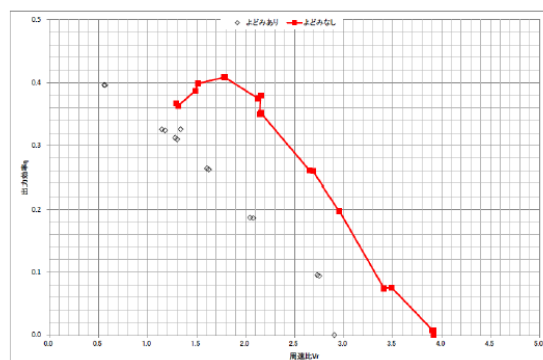
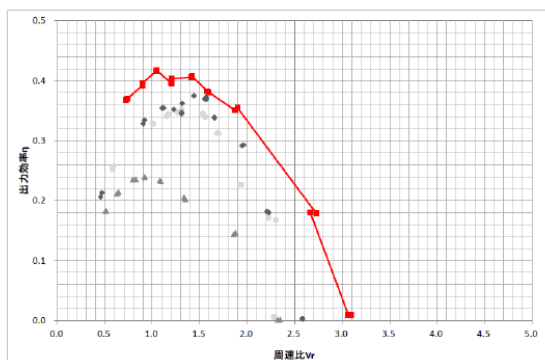
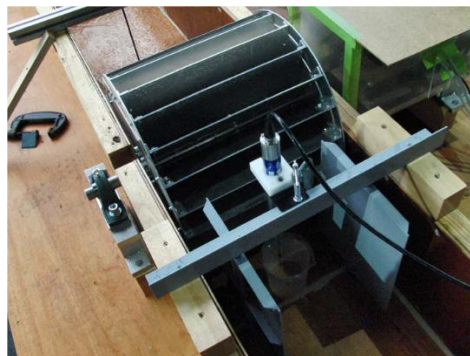
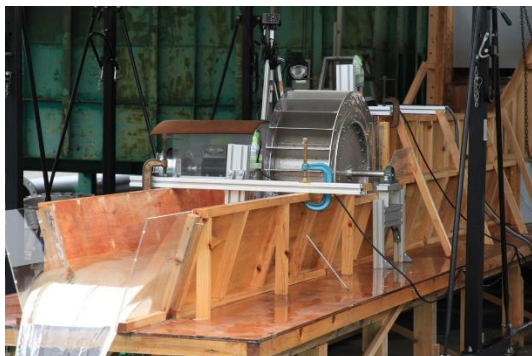
効率は実際に弊社が約 2.5 年前より岡山県新見市高尾にある農業用水路で稼働している中掛け水車と流量・落差など流況条件が等しい縮尺模型を作成して行った。（下写真）

更に、第三者機関の認証に於いても効率を確認した。即ち環境省環境技術実証（ETV）事業に於いて約 25%～30%程度で、模型実験の効率と一致した。更にコストダウンにも取り組んだ。

新見モデルは約 2.5 年前から稼働しているが、環境省 ETV 事業評価時点よりも数値解析による水車レイアウト変更により約 1.0kW 程度の発電量向上に成功した。現在の最大発電量は 5.0kW になっている。新開発のピッチフラップ羽根を採用すれば、理論上、よ

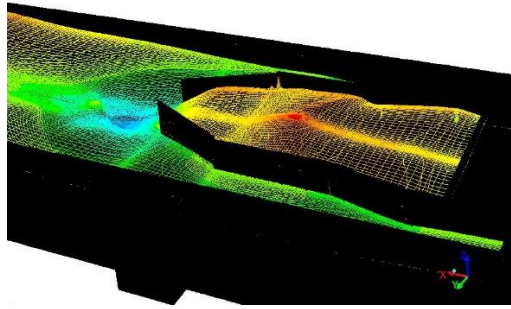
どみありの場合より、更に発電量が上がることがわかった。

発電電力の通貨価値換算をする場合は、売電を行えば現在の FIT だと 34 円/kWh、農事用電力代替だと 14 円/kWh となる。後者の場合は、災害用の通信用電力・小型 EV に利用を行えば、各種助成金の対象になるため、初期投資が最大で約 3 分の 1 となる。



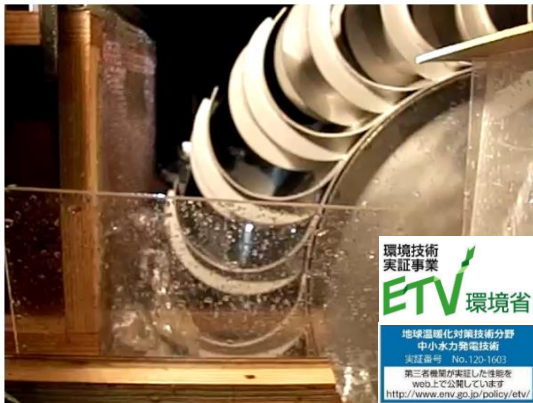
※よどみありの場合とは、水車が水に浸かっている状態を指す。新見市高尾農業用水に設置している水車は、水に浸かっている状態にあるため、よどみが水車効率に及ぼす影響を模型実験で検証した。

\*The situation of stagnation means a water wheel is immersed in water. The water wheel in the agricultural water way of Takao, Niimi-city is being immersed in water, and we verified the influence of stagnation to the efficiency of a water wheel using a scale model.

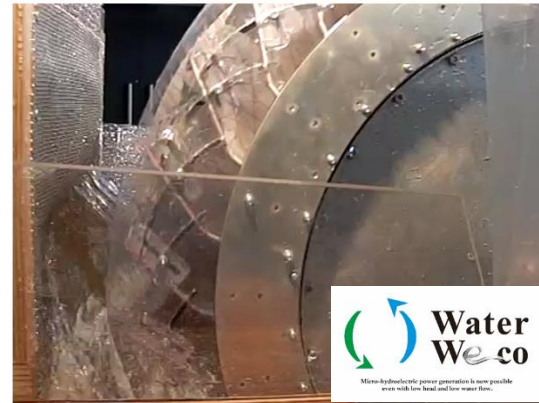


▲水車ブレードへの注水口の流体解析画像

▲Fluid analysis · Scene of model experiment



発電効率 30%



発電効率 40%

▲環境省の ETV 事業の認証を受けたブレード (左) と「Water We co」のブレード (右)

▲Efficiency comparison of Ministry of Environment ETV water turbines (left) and newly developed water wheels (right) (in case of stagnation)

## B) Development of Elis-style water wheel

As a micro hydraulic generator for business development based on agricultural water channel, there are open water wheels without casing. The wheel diameter ranges from approximately 1 m to 5 m or so, and the width ranges from about 0.5 m to 2 m or so. There are 8 to 32 turbine impellers and three shot types (over, breast, under) depending on the water pouring position. As a characteristic of an open water wheel in a open water channel, it is easier to take measures with dust than wheels for closed water channel such as a propeller water wheel in a closed water road. According to our empirical experiment, a bottom fixed propeller turbine needed overhaul on a regular basis although a dust screen was attached. For a micro hydraulic generator of this size, it extremely increases the cost to automate dust countermeasure. The dust countermeasure also requires additional labor costs for specialists, which may cause fatal

influence on the money flow.

To solve the problem of maintenance cost and reduce construction works, we decided to focus on researching and developing an open water wheel that can reduce initial cost. From our experience of the empirical experiment, we learned that the shape, number, and angle of propellers make a huge difference to electricity generation efficiency. Thus, we tried to optimize them.

Building an open water wheel requires neither to construct a dam nor to elevate the bank. A water wheel is originally a piece of equipment to convert hydraulic energy into kinetic rotational energy based on the Bernoulli's hydraulic principle. Thus, it has fundamentally been discussed how to efficiently convert the potential energy of the water channel holding the water wheel or the difference of height between inlet and outlet into kinetic rotational energy. From our experiments, the general efficiency seems to be 60 % for overshot and 30 % for undershot.

Then, to further increase the efficiency of open water wheel, we conducted research in cooperation with West Japan Fluid Engineering Laboratory Co., Ltd. This company holds a lot of knowledge of research and development about passing water tank conducted by Nagasaki University, which has achievements in researching and developing small-scale wind power generators. The company is also equipped with the latest research facilities.

One of two types of "WaterWeco" is an undershot water wheel with 17.4 % higher efficiency than competitors. It was presented at the annual conference of The Japan Society of Mechanical Engineers in 2017 by Nagasaki University. The other type is a breast shot water wheel with the highest efficiency ever. As the new undershot one, it was commercialized by applying the best results of numerical analysis, fluid analysis and model experiments.

Efficiency was tested using a scale model with the same flow conditions such as the water flow and fall as our breast shot water wheel which has been working at an agricultural waterway in Takao, Niimi-city, OKAYAMA for 2.5 years. Moreover, the third party organization certified the efficiency, which means that efficiency result of the environmental technological verification (ETV) program by Ministry of the Environment marked approximately 25 % to 30 % and proved to be the same as our scale model experiment result. In addition, efforts have been made to reduce costs.

Our Niimi-model has been working for 2.5 years. We have changed the layout of water wheel after the ETV program as applying the numerical analysis result, and succeeded in approximately 1.0 kW improvement of electricity generation. Current maximum electricity generation is 5.0 kW. If we installed the newly developed pitch flap propeller, it was theoretically proved that the electricity generation would become larger than the situation of stagnation\*.

To calculate the conversion rate of currency when selling the generated electricity, it would be 34 yen / kW in case of current FIT and 14 yen / kW in case of substitute electric power for agriculture. The latter case would be taking into account the various subsidies if it was used

for a communication apparatus or small EV at the time of emergency; then, the initial cost would be reduced at most the third.

### ウ)増速機

マイクロ水力発電の場合、水車回転軸と発電機回転軸の結合に於いて水車定格回転数が発電機定格回転数に対して遅い為、30～60倍の増速が要求される。これに対しては、これまで一般に多く普及していた減速機の逆利用や、その前に太陽光に追随し技術開発の進んでいる風力発電用増速機の転用を考えたが、ギアギア構成の専門メーカーで製品を市販していることが分りそれを使うとして水車車軸と見かけ直結になり価格も其れなりに高価故、発電機を水車架台上に離して置き、第一段増速をスプロケット（軸ギア）とドライブチェーンで行い第二段を専門メーカー製増速機とするか、第二段以降もスプロケット・ドライブチェーン増速で行くかの選択になる。

専門メーカー品の増速機はエリス式の範囲300W～500Wでは40倍まで、1kW～5kWは30倍まで、又エリス式の範囲外5kW超～20kWは30倍まで、22kWは6倍までがカバーされているが、耐久性と保全修理に不確定性あり最高3段増速として $3 \times 3 \times 3 = 27$ 倍、 $4 \times 4 \times 4 = 64$ 倍でスプロケット・ドライブチェーンを組み合わせる方が安価且つ故障時の修理も簡単である。

### **C) Speed increaser**

In case of a micro hydraulic generator, rotational speed of a water wheel at the combination of rotational shafts of water wheel and generator becomes slower than the standardized rotational speed of generator, 30 ~ 60 times increase of speed is required. For this problem, we considered to inversely apply a speed reducer, which has become common usage, or use a speed increaser for wind power generators, for which the research has been progressed following the solar power generators. However, we found that a specialized manufacturer of gear structures sell a commercial product, and decided to use it. However, it would become deemed direct connection with water wheel shaft and costs comparatively expensive; thus, we have to choose from the following: 1) placing a generator apart on the water wheel frame and conducting the first speed increase with the combination of sprocket and driving chain and the second increase with an increaser of a specialized manufacturer, 2) conducting both the first and second speed increase with the combination of sprocket and driving chain.

The increaser from the manufacturer is capable of up to 40 times for 300~500 W and 30 times for 1~5 kW of Elis type. For out of range of Elis type, it is capable to increase 30 times for over 5 ~20kW and 6 times for 22 kW. However, we concluded that it would be more reasonable and easier to maintain if we use a combination of sprocket and driving chain with the condition of maximum three steps of increase ( $3 \times 3 \times 3 = 27$ ,  $4 \times 4 \times 4 = 64$  times), because we were

uncertain about durability and maintenance.

#### **その後の事業環境の変化への商品開発対応**

2011年3月11日に発生した東日本大震災以降は、事業環境が激変した。それまで低炭素化の旗手とされて来た原子力発電が失速しエコ発電に FIT 強制買取制度が成立したことである。即ち売電の発生である。

小水力発電電力の売電単価は約 34 円/kWh として FIT 以前の 5 円/kWh に比して大幅にアップしそこで発生した新しい必要技術分野は電力会社線との結合技術と結合ユニットの商品開発であるが、電源ユニット専門メーカーからの OEM 対応とする。

#### **Further product development corresponding to the change of business environment**

Our business environment drastically changed since the Great Eastern Japan earthquake in March, 2011. Nuclear power generation, which has been considered as the leader of low carbonization, lost power, and the forced FIT was executed to include ecological electrical power generation. That means the occurrence of selling electricity.

The selling price of electricity by a small-scale hydraulic generator dramatically increased to about 34 yen / kWh from 5 yen / kWh of before FIT. A new technological field occurring as a result of this change is to develop technologies and products for unification with wires of electric power companies. It would be a correspondence for OEM from manufacturers of power unit.

#### **コンバーター・インバーター方式のシステム**

通常後発の大手電気メーカー（以後他社と称す）の小水力用発電機は 6 極、4 極の少極永久磁石式三相同期発電機で定格同期速度は 1000 rpm ~ 1800 rpm 定格出力電圧は 200/220V、50/60 Hz になる。

即ちエリス式に対し高速発電機で 100V では 500 rpm ~ 900 rpm、50V では 250 rpm ~ 450 rpm である。

従って他社製発電機でエリス水車で発電となると 50V 程度の三相交流を得て直流にコンバート（変換）し、然る後に三相 200V 又は単相 100V 50/60Hz にインバート（逆変換・パワコンと通称）して電力会社と系統連系・売電とする。

これをコンバーター・インバーター方式と名付ける。弊社はこちらに関しても他社電機製品で対応できる体制を整えている。

#### **System of converter-inverter style**

In general, small-scale hydraulic generators from major electric appliance makers (other manufacturers) are few-pole permanent magnetic three-phase synchronous generators with

standard synchronous speed of 1000 rpm ~ 1800 rpm and standard outlet voltage of 200 / 220 V, 50 / 60 Hz.

Thus, a high-speed generator for Elis-style would produce 100V with 500 rpm ~ 900 rpm and 50V with 250 rpm ~ 450 rpm.

Therefore, to generate electricity using generators from other manufacturers with Elis water wheels, we have to convert three-phase AC of approximately 50V to DC, then invert to three-phase 200V or single-phase 100V, 50/60 Hz so that it can interconnect with systems of electric power companies and sell electricity.

We described this system as the converter-inverter style. Our company is ready to adjust our system to correspond to this style using electrical appliances from other manufacturers.

### 導入事例の紹介

ア) 工場排水利用

; 開放型上掛け水車 水車寸法 直径 1.5 m 幅 0.45 m 有効落差 0.7 m 流量 10 L/s 最大実出力 30.0 W

### Introduction of case studies

A) Use of industrial wastewater

Open type overhang water turbine Dimensions Diameter 1.5 m Width 0.45 m Effective heading 0.7 m Flow rate 10 L / s Maximum actual output 30.0 W



イ) カヌー公園

開放型上掛け水車 水車寸法 直径 0.9 m 幅 2.2 m 有効落差 0.9 m 流量 50 L/s 最大実出力 352.8 W

B) Canoe park

Open type overhang water turbine Dimensions Diameter 0.9 m Width 2.2 m Effective head 0.9 m Flow rate 50 L / s Maximum actual output 352.8 W





ウ)養魚場； 固定式プロペラ水車 水車寸法 直径0.38m 有効落差1.4m 流量100L/s 最大実出力809.3W

C) Fish farm; Fixed type propeller water turbine Water turbine size Diameter 0.38 m Effective drop 1.4 m Flow rate 100 L / s Maximum actual output 809.3 W



エ)緑道公園； 開放型上掛け水車 水車寸法 直径0.7m 幅2.188m 有効落差0.4m 流量32L/s 最大実出力63.0W

D) Green road park; Open type overhang water turbine Dimensions Diameter 0.7 m Width 2.188 m Effective heading 0.4 m Flow rate 32 L / s Maximum actual output 63.0 W



オ)道の駅； 開放型上掛け水車 水車寸法 直径0.7m 幅2.188m 有効落差0.



6 m 流量 15 L/s 最大実出力 40.0 W

E) Road Station; Open Type Overhanded Water Wheel Dimension Diameter 0.7 m  
Width 2.188 m Effective Heading 0.6 m Flow Rate 15 L / s Maximum Actual Output  
40.0 W



カ)飲食店庭園； 開放型上掛け水車 水車寸法 直径 1.5 m 幅 0.3 m 有効落差 1.5 m 流量 10 L/s 最大実出力 60.0 W

F) Eating and drinking garden; Open type overhang water turbine Dimensions  
Diameter 1.5 m Width 0.3 m Effective heading 1.5 m Flow rate 10 L / s Maximum  
actual output 60.0 W



キ)農業用水路； 開放型中掛け水車 水車寸法 直径 3 m 幅 1.3 m 有効落差 1.75 m 平均流量 750 L/s 発電機容量 7.5 kW 最大実出力 5000 W

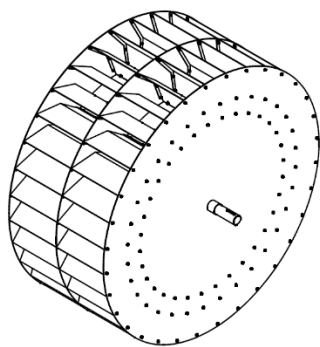
※ETV 事業の出力より、数値解析により水車のレイアウトを軽微変更したため、1 kW程度出力が向上した

G) Agricultural waterway; Open type intercooler Water turbine Dimensions

Diameter 3 m Width 1.3 m Effective heading 1.75 m

Average flow rate 750 L / s Generator capacity 7.5 kW Maximum actual output 5000 W

※ The output of the ETV project improved minutely by changing the layout of the water wheel by numerical analysis, so the output was improved by about 1 kW



▲上左 新開発水車の斜視図（知的財産国際出願中） 上右 新見市高尾農業用水に自社にて設置

Upper Left perspective of the newly developed water wheel (International patent application for intellectual property) Upper Right Niimi City Takao installed in own company water for agriculture

ク) 建設中案件

H) Construction under construction



▲上左：津山桑谷発電所放流水に設置されたマイクロ水車 上右：津山市とのマイクロ水力発電連携事業調印式の様子（左から弊社代表桑原、宮地前津山市長、最上 J A つやま組合長

Upper left: Micromotor installed in Tsuyama Kuwatani Power Station External right:  
Right: Micromachine power generation collaboration project with Tsuyama signing  
ceremony (from left: Kuwahara, Miyachi Former Tsuyama Mayor, Mr. JA Tsuyama  
Association Manager

※岡山県津山市との連携事業として、JAつやまの発電所放流水を活用、商用電源は利用せずキャンプ場の電源を供給する。防災上の観点からはもちろん、ガソリンスタンドの空白地帯の代替EV充電設備としての可能性を実証する。

\*As a cooperative business with Tsuyama-city, Okayama, we used effluent from a power plant of JA Tsuyama. This provides electrical power for EVs on a campsite that does not use commercial power supply. This would empirically study the possibility as an substitute of GS electricity charging facility for EV in places where there are few gas stations.

### 今後の展望

現在、①エリス式オープン水路水車、エリス式標準発電機の単体販売、②エリス式標準水車・発電機による各種開水路への0.3kW～5.0kW発電容量マイクロ水力発電設備一式販売、③2.2kW～22.0kWの範囲でのマイクロ水力発電設備一式販売または、エリス費用での設置と売電収入からの水路使用賃料支払いなどを事業範囲としている。特に地産地消モデルについては、近年、国の優遇税制や補助制度も拡充されている。電源の使用用途としては、電気自動車だけでなく、芝刈り機、農業用ハウス、更には災害復旧において欠かせないバックアップ電源としての普及を目指す。また、課金システムに関しても、EV充電の電子マネー決済システムを開発しており、太陽光発電と併用することも可能である。今後中山間地域など、人口減少によるガソリンスタンド空白地帯の汎用的な代替EV充電設備として、更なる効率向上、コストダウンなどのブラッシュアップを行っていく予定である。

### Future prospect

Currently, business field of Elis Inc. are as follows: 1) sales of Elis-type open current water wheels and Elis-style standard generators, 2) sales of micro hydraulic generator units which consist of Elis-style standard water wheel and generator and generates 0.3 kW ~ 5.0 kW in various open water ways, and 3) sales of micro hydraulic generator units generating 2.2 kW ~ 22.0 kW. We also build micro hydraulic generator at our own cost and earn incomes to pay for user fees of water ways by selling the electricity. Recently, the government of Japan has increased the range of special tax measures and subsidy system for local production for local consumption models. We aim to popularize the usage of electric power not only for electric vehicles but also for electrical mowers, agricultural greenhouses, and as a back-up power source for restoration after

disasters. Moreover, we are developing an electronic payment system for charging EV, so it is possible to it together with solar power generation. In future, we plan to improve efficiency and reduce cost so that we can build a substitute EV charging facility for secluded places in the mountains, in which there are few gas stations because of depopulation.



三宅 頼人

経歴

2016 年 (株)エリス入社 小水力統括責任者

Career

2016 Elis Corporation Co., Ltd. Headquarters for Small Hydraulics



小嶋 剛毅

経歴

2017 年 (株)エリス技術顧問

電気学会会員 第二種電気主任技術者

Career

Affiliation society present electric society・electricity・energy department

2017 - Elis Technical Advisor, Inc.

問い合わせ先:

Web site: [www.elis.tv](http://www.elis.tv) [www.waterweco.com](http://www.waterweco.com)

Phone number: 086-264-8080 Fax number: 086-264-8086

E-mail address: [info@elis.tv](mailto:info@elis.tv)

Address: 岡山市南区福田 1 7 4 番地

Contact address

Phone number: 086-264-8080

Fax number: 086-264-8086

E-mail address: [info@elis.tv](mailto:info@elis.tv)