

都留市における小水力の取り組み

Case study on Small Hydro Power Plants of Tsuru City

小俣昌寛*（代筆：根本泰行**）

1. はじめに

都留市では、市内を流れる豊富な水量の河川を利用した小水力発電を行っている。本事業は2004年度に開始されたものであり、日本における近年の小水力利用の先駆けと言えるものである。3種類の開放型水力発電機を用いて発電を行っていることも大きな特徴である。

本稿では、こうした都留市の小水力発電の取り組みについて報告する。

（本稿は、小俣昌寛氏多忙につき聞き取りの上、根本が代筆した。）

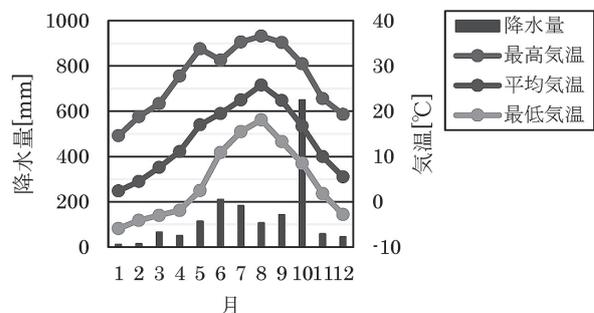
2. 都留市について

都留市は、山梨県東部に位置する人口29,860人、面積161.63 km²の小都市である。（図1）古くから近隣地域の政治・文化・経済の中心として栄え、「甲斐絹」に代表される絹織物で知られてきた。近年では、金属、一般機械、電気機械工業などの産業が発展し、リニアモーターカー実験線の拠点基地の町としても知られている。全国からの学生を受け入れる、公立大学法人都留文科大学を擁する学園都市でもある。

都留市の年平均気温は13.7℃（年平均月最高気温27.3℃、年平均月最低気温4.1℃）である。周囲を取り囲む標高1,000 m級の山々からは、市域を西から東に流れる桂川（相模川）により、豊かな水流が市中心部にもたらされている。市内には、富士山の湧水地が10か所以上あり、都留市の上水道として市民の豊かな生活を支えている。これらの湧水地は「平成の名水百選」に選定されている。

3. 都留市と水車

谷村城の城下町・都留市を流れる家中川（かちゅ



(c) 気象条件

図1 都留市の概要

* 都留市市民部地域環境課

** 足利大学

うがわ)は、谷村城主として転封となった秋元但馬守泰朝が、桂川の水を取入れ、寛永13年(1636年)から約3年をかけて完成したとされる。(図2)

家中川は、農業・生活・防火・織物産業など、様々な分野における地域の発展に寄与したが、その豊かな水量と落差を利用し、江戸時代からは織物産業に利用される水車の動力源としても用いられるようになった。(図3)

明治38(1905)年には、家中川に出力70kWの谷村電燈株式会社・谷村発電所(三の丸発電所)が完成し、灯数1,200個の電力供給が開始された。(「県内で2番目に電燈が灯る町」に。)谷村発電所はその後町営化され、さらに現在の東京電力と合併するなどした後、1953年に廃止された。(図4)

それから60年近くたった2010年、この地(および近傍)に設置されたのが「家中川小水力市民発電所」なのである。

4. 家中川小水力市民発電所

家中川小水力市民発電所は、「元気くん1号」「元気くん2号」「元気くん3号」と呼ばれる3基の小水力発電機から構成される。(図5)

都留市では、2003年に作成した地域新エネルギービジョンの中で、市が率先して公共施設などに新エネルギーを導入していくこととした。当時、新エネルギーといえば、太陽光、風力、バイオマスであったが、太陽光については早くから民間への助成制度を設けており、風力は地形的に費用対効果が低く、バイオマスはコスト面で課題が多くあることが分かっていった。

こうしたことから、2004年度に市制50周年を迎えたのを機に、これを記念するとともに、水のまち都留市のシンボルとして、さらに都留市において最も期待される再生可能エネルギーである小水力発電の普及・啓発を図ることを目的に、市民参加型の小水力発電所を建設することとした。

家中川小水力市民発電所では、まず、市役所敷地内に木製下掛け式水車の小水力発電機「元気くん1号」を建設し、2006年度から稼働を開始した。続いて2010年度には上掛け式水車の「元気くん2号」、さらに2011年度にはらせん式水車の「元気くん3号」の稼働を開始し、現在の構成となった。

市役所に設置されている「元気くん1号」から「元気くん3号」、一番遠い「元気くん2号」までの距離は約480mであり、徒歩約5分と近いため、家中川の水の流れを追いながら、異なる3種類の水力



図2 家中川

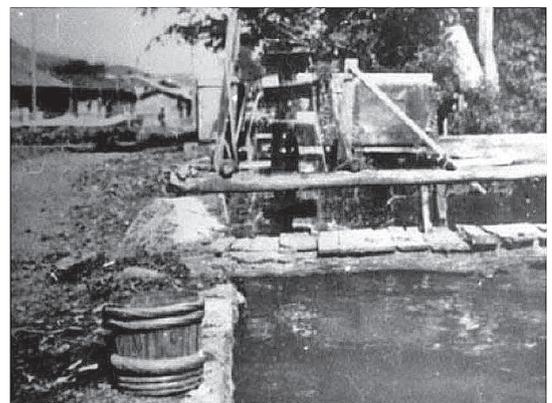


図3 昭和初期の家中川の水車



(a) 建屋



(b) 水路

図4 旧三の丸発電所

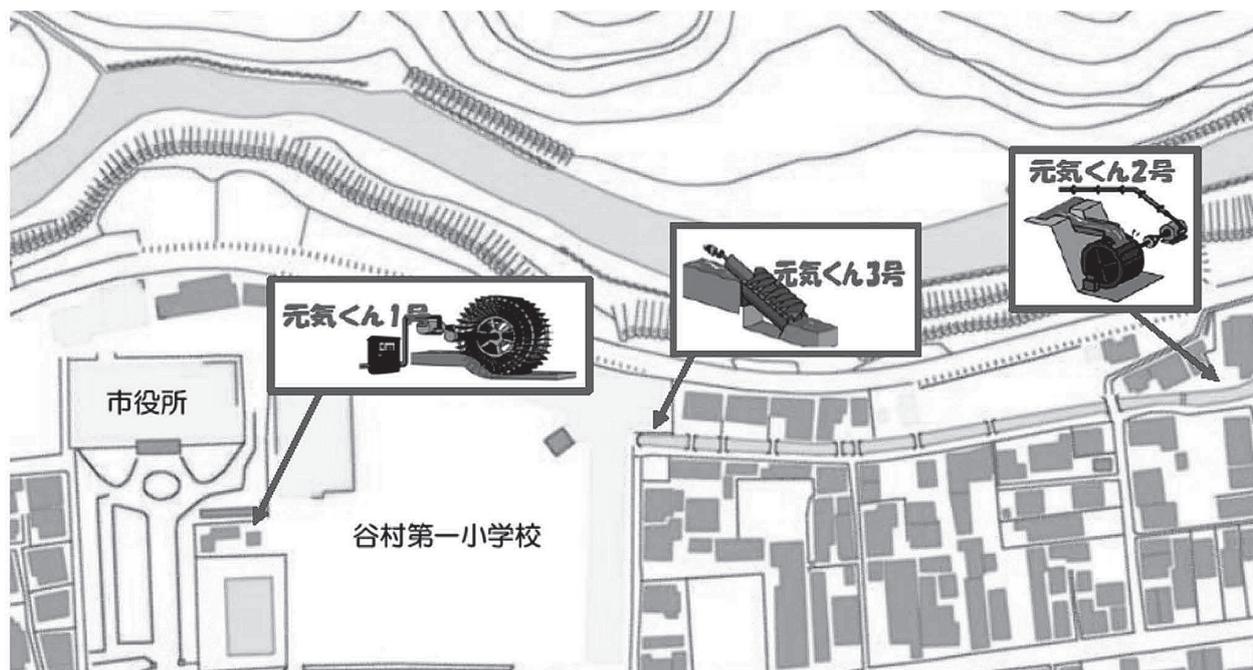


図5 家中川小水力市民発電所

発電機を一度に見ることが可能である。

3基の水力発電機の外観と仕様を各々図6～8に示す。全て開放式水車にしたのは、水の力で水車が回転し、発電する仕組みを見えるようにすることにより、環境学習効果を狙ったためである。また、3台の水車が全て違う形式なのは、設置場所の落差に各々適したものを導入したことと、多くの人に様々な形式の水車を実際に見て、考えてもらうためであった。

当時、日本には開放型水車のメーカーがほとんど無かったことから、最終的にすべての水車がドイツ製となった。水車の仕様を、設置する家中川やバイパス水路の幅、確保できる落差、流量（1年間の測定データ）等から導き出した後、ドイツのメーカーに発注したオーダーメイド品である。

なお、水力発電で得られた電気は都留市役所に供給され、日中は庁舎・都留市エコハウスの電力として活用し、夜間や土日には固定価格買取制度により電力会社に売電している。

水利権については、家中川は準用河川なので管理者は都留市長となるため、小水力発電所を設置する者として、1年間の流量調査を含む様々な調査結果をもとに、市長に対して申請書を提出し、許可を受けて使用している。

河川法では、「河川に異物を常設して川の流れを妨げてはならない」となっているため、1号機と3号機については、本流に機械（流れを妨げるも



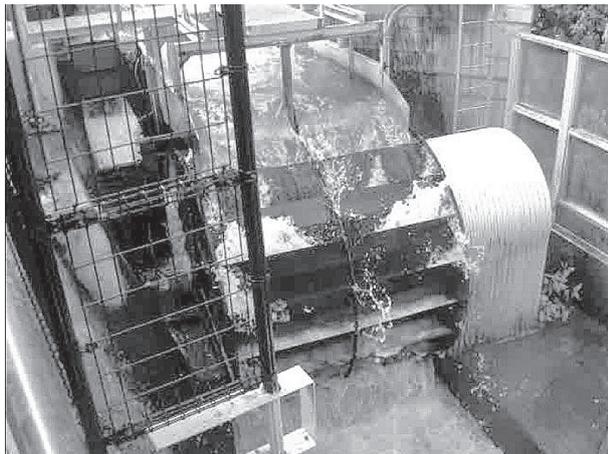
| | |
|--------|----------------------------------|
| メーカー | ドイツ・ハイドロワット社 |
| 水車方式 | 開放型下掛け水車 |
| 水車直径 | 直径6 m×幅2 m(羽根枚数36枚) |
| 使用水量 | 最大2.0 (常時0.77) m ³ /s |
| 有効落差 | 最大2.0 m |
| 水車回転数 | 4.3 rpm |
| 発電機 | 永久磁石式三相同期型 |
| 発電機回転数 | 1200 rpm |
| 発電出力 | 最大20 kW(発電機最大23 kW) |
| 発電方式 | 水路式(バイパスを設けて建設) |
| 除塵システム | 固定レキ・可動スクリーン・逆洗浄式 |
| 稼働開始 | 2006年4月 |
| 工事費 | 14,857,069円 |
| 機械設備費 | 25,474,527円 |
| 設計管理費 | 1,470,000円 |
| 補助対象外費 | 1,572,854円(舗装費など) |

図6 元気くん1号

の)を設置せず、水車はバイパス水路に設置した。なお、2号機については、河川の流れを妨げていない(水車直前にゲートがあり、水を滝のように落とせる)ため、本水路に設置することが可能であった。

水力発電は、イニシャルコストにある程度の費用がかかるが、ランニングコストはほとんどかからず、かつ、24時間発電を続けることのできる非常に高効率な発電方式である。

通常のメンテナンス経費は、発電機1基あたり年間約15万円程度である。これに加え、遠隔情報管理システム(Web上で「現在の発電量」「現在の機器の状態」を確認でき、異常感知時に予め登録したメールアドレスに自動で異常感知メールを送信してくれるもの)のサーバ使用料・通信料が発電機1基あたり年間6万円程度かかっている。他に、10年に1度程度のベアリング交換や、必要に応じて「元気くん1号」の木製(マツ材)の羽根の交換(1枚2千円程度)等の周期的コストが必要である。



| | |
|--------|-------------------------------------|
| メーカー | ドイツ・ハイドロワット社 |
| 水車方式 | 開放型上掛け水車 |
| 水車直径 | 直径 3 m × 幅 2.5 m |
| 使用水量 | 最大 0.99 (常時 0.21) m ³ /s |
| 有効落差 | 最大 3.5 m |
| 水車回転数 | 11.5 rpm |
| 発電機 | かご型三相誘導型 |
| 発電機回転数 | 1012 rpm |
| 発電出力 | 最大 19 kW (発電機最大 22 kW) |
| 発電方式 | 流れ込み式 |
| 閉塞用制水門 | 油圧式自動開ゲート(閉鎖時手動) |
| 稼働開始 | 2010年5月 |
| 工事費 | 20,989,500円 |
| 機械設備費 | 31,227,000円 |
| 設計管理費 | 4,860,450円 |
| 補助対象外費 | 5,241,600円(調査費など) |

図7 元気くん2号

5. 発電実績

家中川小水力市民発電所の14年間(2006~2019年度)の発電実績を図9に示す。このうち水力発電機が現在の3基態勢となった2012年度以降の総発電量は、年間126~179万kWhであった。この間の設備利用率は、31.1~44.3%であった。総発電量、設備利用率ともに2014年度が最も高かった。

機種別では、下掛け式の1号機、上掛け式の2号機、らせん式の3号機の総発電量は各々51,468, 78,498, 24,887 kWh/年(平均5.88, 8.96, 2.84 kW)であり、2号機の発電量が最も高かった。

総発電量が最も高かった2014年度の各水力発電機の日毎の平均発電電力、稼働率、設備利用率を、図10(a)~(c)に示す。1号機、2号機、3号機の平均発電電力は各々4~12 kW, 8~18 kW, 2~6 kW程度であった。1号機、2号機、3号機の設備利用率は各々20~60%, 40~90%, 40~90%程度であった。



| | |
|--------|-------------------------------------|
| メーカー | ドイツ・リハート社 |
| 水車方式 | 開放型らせん水車 |
| 水車直径 | スクロー直径 1.6 m × 全長 3.02 m |
| 使用水量 | 最大 0.99 (常時 0.21) m ³ /s |
| 有効落差 | 最大 3.5 m |
| 水車回転数 | 37 rpm |
| 発電機 | かご型三相誘導型 |
| 発電機回転数 | 1500 rpm |
| 発電出力 | 最大 7.3 kW (発電機最大 11 kW) |
| 発電方式 | 水路式 |
| 閉塞用制水門 | 油圧式自動ゲート |
| 除塵システム | スクリーン・逆洗浄式 |
| 稼働開始 | 2012年3月 |
| 工事費 | 14,323,480円 |
| 機械設備費 | 14,944,850円 |
| 設計管理費 | 3,164,220円 |
| その他経費 | 3,289,450円(LED灯付替工事) |

図8 元気くん3号

稼働率は1号機が最も高かった。これに比べ、2号機では停止している時間が長いことがわかる。これは、2号機で一定以上の水量で発生する騒音を抑え

るための措置によるものである、と考えられる。

6. 導入による効果

家中川小水力市民発電所の14年間（2006～2019年度）の電力自給率（＝発電所の総発電量／市役所の総電力消費量）を図11に示す。水力発電機が現在の3基体制となった2012年度以降の年間の電力自給率は、46.0～66.3%（売電分を除くと38.8～52.2%）であった。電力自給率も2014年度が最も高かった。

次に、家中川小水力市民発電所の14年間の温室効果ガス排出削減量（＝発電所の総電力量×二酸化炭素削減排出係数）を図12に示す。2012年度以降の年間の削減量は、70.0～100.0トンであり、14年間の合計削減量は749.3トンであった。（注：都留市では、2009年度から2013年度までの間、1号機と2号機の発電に伴う環境価値をグリーン電力証書として販売していたため、この間の発電による削減量については別途算定すべきである。それを除くと削減量は540.6トンとなる。）

また、小水力発電事業により、市庁舎で使用する

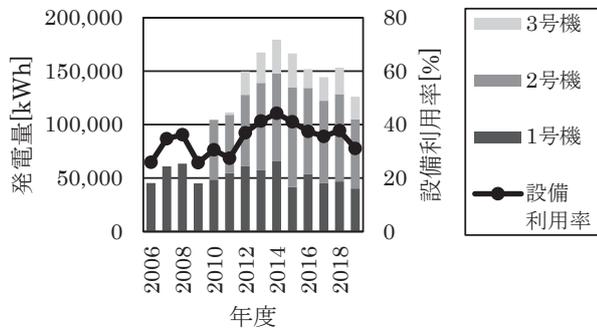
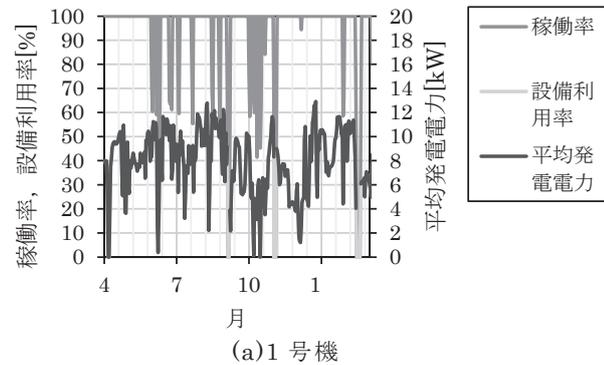
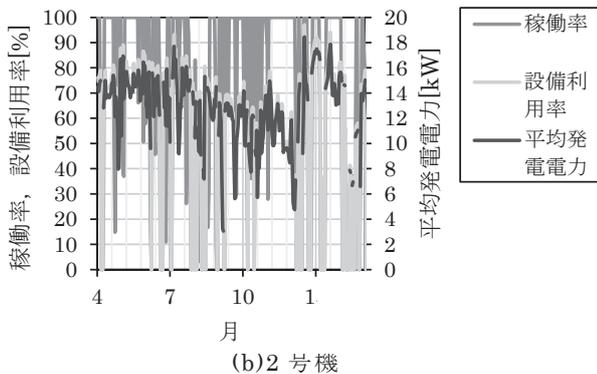


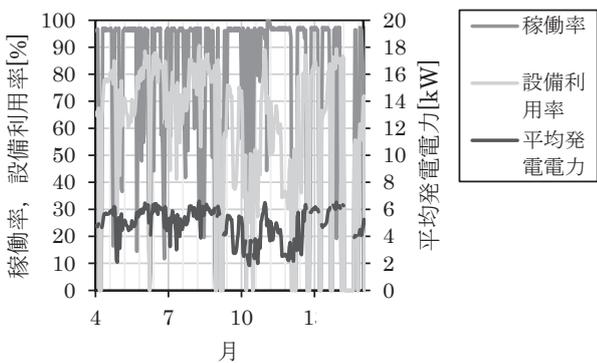
図9 総発電量と設備利用率



(a)1号機



(b)2号機



(c)3号機

図10 平均発電出力と設備利用率（2014年度）

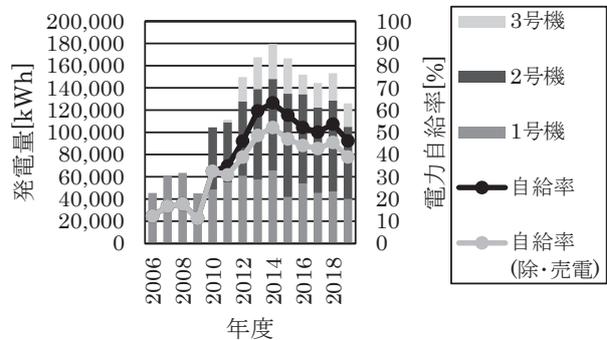


図11 総発電量と電力自給率

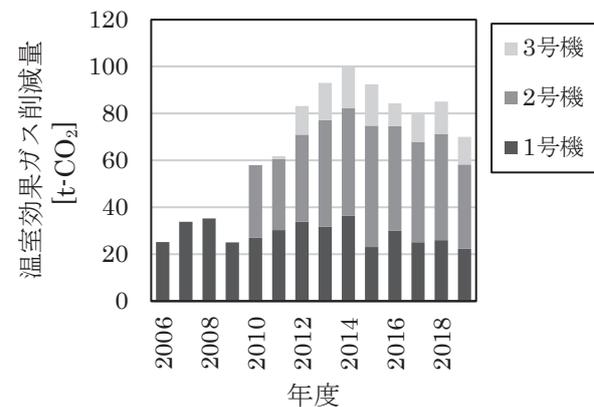


図12 温室効果ガス排出削減効果

電力について、電力会社からの購入分を削減できている。(年間300万円程度の電気料金を削減できていると推計。)2011年度からは売電も行っているため、売電収入も得られている。

さらに、2012年度より、本市民発電所に多数訪れる視察者に対する説明を有料としたことから、収入も生まれている。視察者には市内で食事をしていただくようお願いしており、こうした経済効果も生まれている。

加えて、元気くんを設置してから地域住民の環境

意識の向上効果も挙げられる。1号機ができるまでは、地域の課題の1つに「河川にゴミが多い」ことがあったが、今では川のゴミが住民に再認識され、川のゴミも減ったように感じられる。(図13)全国から視察の方が来るようになったので、外から見られているという意識も高まり、以前に比べてまちもきれいになった。

学校関係や養護学校、授業で視察にきた小学生が、後日、家族(親など)を連れて再び来てくれたこともあり、ある養護学校の先生からは、「子どもたちがこんなに興味を持って楽しめるとは思わなかった。」という声をいただいた。

7. おわりに

市民小水力発電所の導入は、市民の研究から始まり、市民の手で育てられた部分もあるため、設置に対しては歓迎する空気も大きかった。また、設置時に導入した住民参加型市場公募債「つるのおんがえし債」への申し込みも多く、大勢の市民に支えられながら完成した小水力発電所である。

今後は、これまでのノウハウを活用・伝授することにより、市民や事業者の小水力発電への取り組みを支援していきたいと考えている。

年を追うごとに、視察時の質問内容が細かく深くなってきた。小水力発電や省エネ等の取り組みに対する関心の高まりを感じるとともに、職員のスキルアップの必要性を感じている。

参考文献

山梨県都留市、エコ探検隊つる～家中川小水力市民発電所から考える「地球にやさしいエネルギー」、2020年4月



(a) 設置前 (2010年頃)



(b) 設置後 (2016年)

図13 河川環境改善効果