

近代水車を用いた工場の普及とその動カシステムに関する考察：福岡県うきは市の工場遺構の調査から

赤田，心太
有限会社シンプレックス一級建築士事務所

菊地，成朋
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

橋田，竜兵
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

<https://doi.org/10.15017/4769747>

出版情報：都市・建築学研究. 39, pp.1-6, 2021-01-15. 九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

バージョン：

権利関係：

近代水車を用いた工場の普及とその動力システムに関する考察 - 福岡県うきは市の工場遺構の調査から -

Consideration on Diffusion and Powering System of Factory Using Modern Waterwheel - Case Study of Investigation of Factory Ruins at Ukiha, Fukuoka -

赤田心太*, 菊地成朋**, 橋田竜兵**

Shinta AKADA, Shigetomo KIKUCHI, Ryohei HASHIDA

In Early Meiji period, the modern waterwheel was imported to Japan. In order to generate the power from the stream of water efficiently, they had a highly artificial structure. It is suggested that introducing such machines are the process of technical transition from foreign technology to Japanese technology. This study traced the process of introducing and spreading of modern waterwheel in Japan. Moreover, two case studies in Ukiha, Kyushu pointed out that modern waterwheel adapted to geographic conditions.

Keywords : Factory, Modern Waterwheel, Ukiha,
工場, 近代水車, うきは

1. はじめに

近代における日本の技術開発は、明治維新後の鉱山や鉄道に代表される工部省の技術開発と、製糸業や織物業に代表される手工業産地の発明家による技術開発によって同時に進行した^{注1)}。こうした技術開発のプロセスでは、日本の在来技術から西洋技術へ移行する際に両者の橋渡しの役割を担った「混血技術」が存在した^{注2)}。この西洋技術の受容過程に存在した混血技術の一例が、地場の水車大工が開発に携わったタービン等の水車技術である。

近代的な水車技術については、水車の羽に流入する水の経路を限定することで効率よく動力に変換できる反動水車と衝動水車に大別できる^{注3)}。このうち、前者の反動水車については、19世紀初頭からフランスで開発が始まり、1849年に米国で成立したフランシス水車として今日でも広く利用されている。一方、後者の衝動水車には、1880年に米国で発明されたペルトン水車がある(図1)。

この近代水車が日本に導入されたのは明治期以降とさ

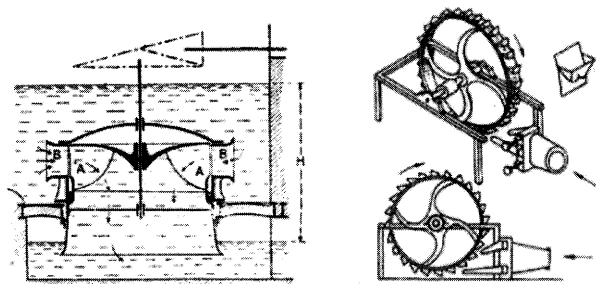


図1 近代水車の例(左:フランシス水車, 右:ペルトン水車)^{注4)}

れ^{注5)}、殊に明治初期には官営工場などの大規模工場の工業動力として大きな役割を担った。その後の水車動力は蒸気力や電力に置き換わることによって急速に衰えていったが、そうした変化の中でもなお小規模工場の動力として根強く存続し続けたことが指摘されている^{注6)}。例えば群馬県の桐生では、明治初期までに多数の水車動力が集積し地域の産業基盤になることで、国内産業を牽引する織物産業都市が形成された^{注7)}。

これまでの建築学において近代の工場建築を取り上げた研究には、明治期における薩摩藩集成館事業に関連す

* 有限会社シンプレックス一級建築士事務所

** 都市・建築学部

る工場建築技術に関する水田の研究^{注8)}や、製糸工場に関する山田の研究^{注9)}、紡績工場に関する磯田の研究^{注10)}があるが、いずれも工場の動力システムに着目するものではない。しかしながら、動力システムの詳細は工場内の設備配置、ひいては工場空間のあり方に影響を及ぼすものである。とくに近代日本において、西洋から導入された新しい動力システムである近代水車が工場建築に与えた影響は少なくないはずである。

本研究は、こうした近代水車を用いた工場の日本における普及過程を文献調査により把握し、水車動力を導入した具体的な工場の動力システムについて考察するものである。対象とする工場は福岡県うきは市の楠森製茶場と平川製材所であり、これらの工場の遺構調査に基づき近代水車による水動力システムの詳細を検討する。なお、両工場の工場空間や生産システムについては既報で報告している^{注11)}。

2. 日本における近代水車の普及過程

2.1 近代水車の導入と普及

日本に導入された近代水車の最初期の例としては、1880年に30馬力水カタービンを採用した愛知紡績所があげられる^{注12)}。官営模範工場として設立された愛知紡績所は、当時最新の紡績技術と労務管理方式を導入し、多くの技術伝習生受け入れたことから、その後の日本の綿糸紡績業の発展に寄与するとともに、動力設備に関して民間工場の模範になったと考えられる。

また、日本の製造業における水動力の利用と普及については、「工場統計表」より動力源の馬力数を抽出・整理した南の研究より読み取れる^{注13)}。原動機の動力源であ

る水車、蒸気機関、電動機の馬力数の推移を表した図2からは、水車の馬力数が1887年において1300馬力にしか満たなかったのに対し、1895年には9000馬力に達し、1918年には10万馬力を超えており、約30年間で6倍に増加したことがわかる。もっとも、明治年間の主力動力源は蒸気機関であったが、電動機の普及以前においては水車動力が一定の役割を果たしていたと言える。その後、明治後期に電動機が導入され、急速に馬力数を伸ばしていくことで、日本の製造業における原動機の動力源の構成が大きく転換していく。

ところで、明治年間の水車動力の意義を検討する末尾の研究によれば、1885年時点で水力の工場数は蒸気力の7倍、機関数では3.7倍に及んでいる^{注15)}。また、馬力数において電動機が水車を上回っていた1909年においても、機関数では両者は同程度であった。同年の機関数を工場規模別に示すと、規模が縮小するにつれて水車の機関数は増大する傾向にあり、最も小規模な5人以上10人未満の工場では蒸気機関と電動機を上回った。こうした状況より、水車動力は小規模工場を支える原動力として利用された点に特徴があると指摘されている。そのため、図2において明治後期から大正初期にかけて水車動力の馬力数が増加するのは、依然として小規模工場の動力として水車の需要があったからだと考えられる。

2.2 明治期における水車の地理的分布

明治期の水車の地理的分布が把握できる資料として、1878年に陸軍省参謀本部により作成された「共武政表」がある^{注16)}。共武政表は、人口100人以上の集落（輻輳地）を対象にした統計資料であり、戸数、人口、物産、寺院数、学校数などとともに水車の台数を記したことから、明治初期において一部の大規模工場のみならず全国的に水車利用の動向を把握するための手掛かりになる資料である。

末尾の分析によると、同資料における水車は計2,091の集落によって保有されており、1集落あたりの平均台数が4.4台となる^{注17)}。さらに、1集落に1台あるいは2台を有する集落の数が最も多く、水車を持つ集落の6割を占めている。一方、水車が集積した集落には、354台を保有した桐生などがあげられる。そうした水車30台以上を有する集落をプロットすると、その分布は中部地方の山間部において集積する傾向が顕著であり、具体的には北信の須坂・中部地方、南信の飯田地方、須坂・葦崎間、郡内地方に集中した（図3）。

3. 九州における近代水車の導入と分布

本研究の分析対象である楠森製茶場と平川製材所が立地する九州地方では、島津忠義による1902年の就成所事業が近代水車を導入した初期の例として記録に残っている^{注19)}。就成所事業とは、島津忠義が始めた発電・工業

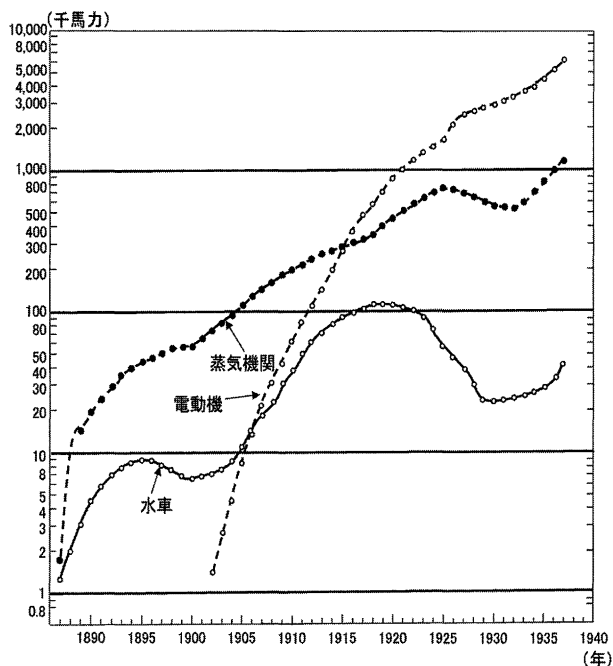


図2 水動力利用の推移^{注14)}

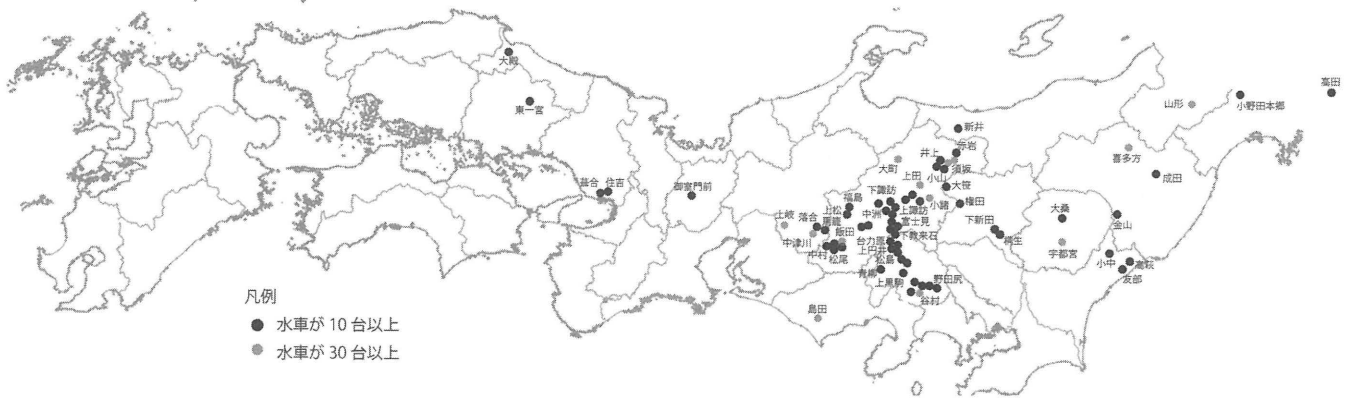


図3 1878年「共武政表」に基づく日本水車分布^{注18)}

用機械の開発事業である。この時、忠義は40馬力のペルトン水車を整備したとの報告がある^{注20)}。

また、明治期の九州地方における水車の分布を図3より把握すると、30台以上の水車を保有する集落は一つもなく、中部地方に見られるような水車の集積地を確認することはできない。ただし、九州地方に水車を有する集落が存在しなかったわけではなく、1878年の共武政表においても台数に制限を設けなければ水車集落^{注21)}をプロットすることができる(図4)。

1878年の共武政表では九州地方に合計168台の水車があり、そのうち5台以上保有する集落は27ヶ所であった。その多くは米、粟、麦を生産している記録が残っており、一部で素麺や製材・薪なども見られた。図4より、北部九州に多くの水車集落が分布することがわかる。5台以上の水車を保有する27の集落のうち26ヶ所が北部九州に集中しており、具体的には周防灘海岸線、筑紫平野、大分平野付近、阿蘇山周辺、橘湾・雲仙岳付近に分布する。これらの分布からは、地形の特徴と水車の立地に相関関係が認められない。

4. 近代水車の動力システム

4.1 福岡県うきは市における近代水車の導入

福岡県うきは市(旧浮羽郡)に近代水車が導入された例として確認できたものに1914年に建設された小塩発電所がある^{注22)}。小塩発電所に整備されたフランシス型の水車は475馬力の能力を持つものであった。なお、この小塩発電所の建設時期は、図2の水車の馬力数のピークに近いことから日本における水車動力の最盛期であったと考えられる。

また、図4より旧浮羽郡の前身にあたる生葉郡は、吉井町9台、千々石町1台の計10台の水車を保有していたことが分かる。九州地方において水車を保有する集落の平均保有数が3台であったことから、旧浮羽郡は九州地方では比較的水車が集中していた地域と言える。

4.2 楠森製茶場

楠森製茶場とは、1923年に旧浮羽郡山北に建設された

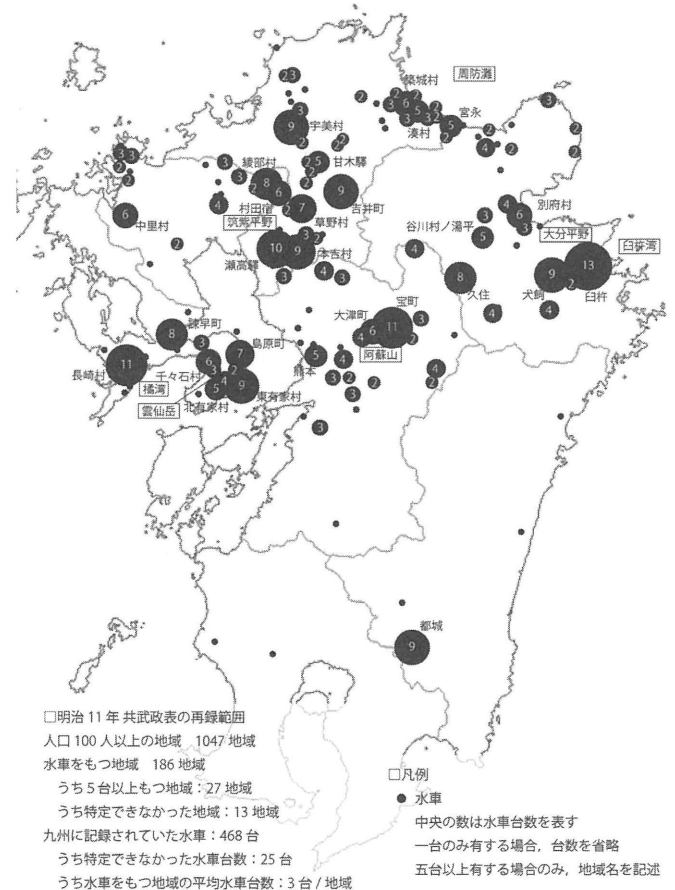


図4 1878年「共武政表」に基づく九州の水車分布^{注23)}

製茶場で、水動力を利用した製茶機械12台を設置した工場であった。動力源には、工場の東西を通る2河川をつないだ生活・農業用水路から工場に引き込んだ水が用いられた。以下に、実測調査により得られた楠森製茶場の動力機器遺構を解説する(図5)。

動力機遺構は、水路部と鉄製の動力軸部で構成される。水路部は幅1.75mで、動力室下部を通り、1.65m壁面から突き出したところで水路壁面が立ち上がっている。水路の壁面には、450mm×400mmの窪みがある。水路壁面の先にも水路は続いているが、壁面を介して水路底の高さに1mの差があった。動力部は、水路立ち上がりの

天端に厚さ 150mm の角材をのせ、水路先端から 1.4m と 1m 伸びた 2 本の軸が残っていた。

以上の遺構調査から、楠森製茶場の動力システムを考察する。楠森製茶場の動力機械は、立軸で水車自体が水面下に設置されている。水路内に水を充満させ、水の流れを作ることによって動力を得ていたことが考えられ、反動水車であると推定できる。また水路底の差が 1m と低いため、据付け形式は、水車自体が露出していた状態であったと考えられる (図 6)。露出している水車下に水路を作り、水の流れる経路を狭く限定することで、水の流れを効率よく動力に変えていたと考えられる。この形式の水車は大掛かりの設備が地上に出ないため、その他スペースを有効に活用できる利点がある。

4.3 平川製材所

平川製材所とは、1939 年に旧浮羽郡田籠地区に建設された製材所である。平川製材所では、建材・造船用の木材を生産するために水を動力源とする製材機械 3 台を動かしていたことがわかっている。3 台の製材機械を動かすための水は、隣接する集落域から水路で引き込んでいた。以下、に平川製材所の動力機器遺構を解説する (図 7, 8)。

水カタービンは直径 800mm の大型管と直径 400mm の小型管の鉄製部品によって構成され、小型管から動力を伝える伝達軸と水の排水を行う吸出管が接続している。伝達軸は横軸であり、水車は外側からは確認できなかった。

図 9 は当時の技術書^{注 24)}をもとに円胴内部の水車の構造を推定したものである。仕組みとしては、貯水槽から大型管に水が流れることで水車が回転し、軸に動力が伝わるというものであった。利用し終わった水はそのまま垂直に排水路へ流れ込み、河川へ排出されていった。

以上の遺構調査から、平川製材所の動力システムを考察する。平川製材所の動力機械は、横軸かつ水車自体が円胴の中に納まっていることから、配管内に水が充満させることができる反動水車であると考えられる。円胴や導水管によって水の経路をつくった反動水車は、露出水車の場合には実質の有効落差は水路水面から水車までの 3m であるのに対し、貯水槽から川底までをつなぐ管内に水を充満させることで有効落差を 5.6m とすることができるという特徴をもっていた。

5. まとめ

近代水車は、19 世紀初頭にフランスと米国で開発され、日本に持ち込まれた。本研究では、近代水車を用いた工場について、日本および九州の範囲で、その導入事例と普及過程を追った。

日本での初期の近代水車の導入事例は、1880 年の官営の紡績工場であった。明治期での分布からは、水車は全国に普及しており、特に中部地方の山間に多く分布して

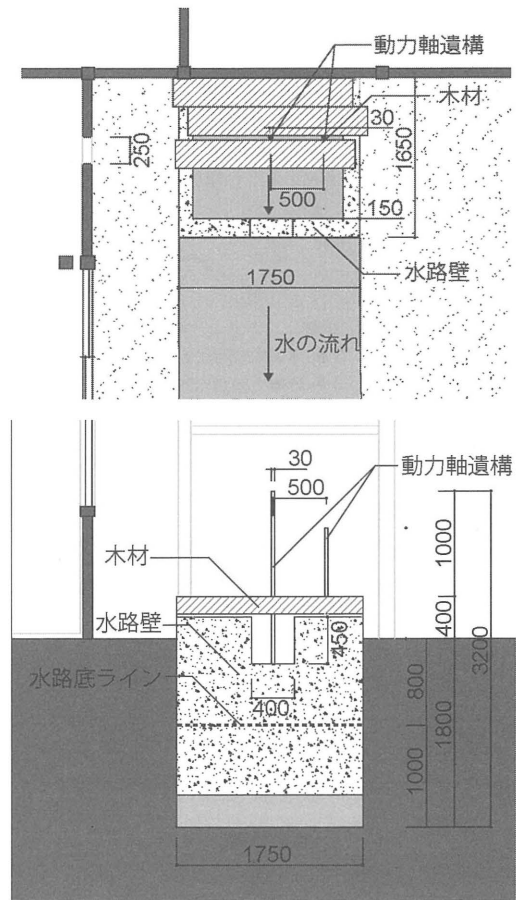


図 5 楠森製茶場の水動力機械遺構

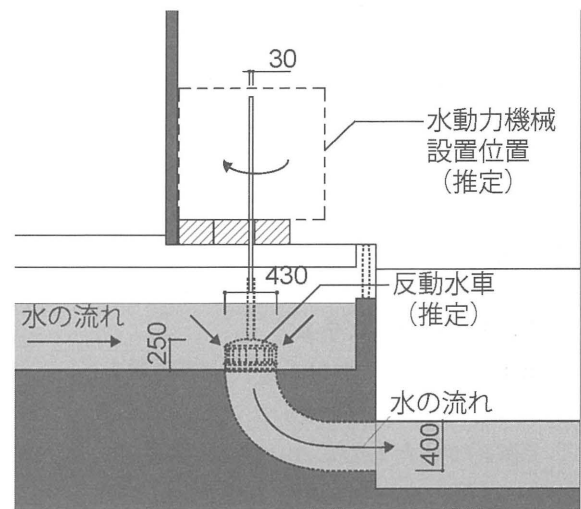


図 6 楠森製茶場の水動力システムの推定

いたことが指摘されていた。この時期の水車の普及を馬力数の側面から見ると、水車利用は伸び始め、1910 年代ピークを迎えている。

九州での初期の導入事例は、就成所事業の一部として 1902 年に取り入れられていた。明治期での水車分布を見ると、北部九州全域に広がっていた。ただ際立って集中している地理的な特徴は見られない。これは、明治期の水車の普及において、必ずしも山や海、川などの地理的条件に強く制限を受けていたわけではないことが考えら

れる。

そこで、本研究では福岡県うきは市の楠森製茶場と平川製材所の遺構事例をもとに、近代水車による水動力システムを考察した。その結果、楠森製茶場では、有効落差の小さく水車設置スペースの少ない条件下で効率的に動力を生み出すように水路底に近代水車の一つである反動水車を導入していた。平川製材所では、有効落差を余すところなく力に変えるために、横軸かつ給排水管を整備した形で反動水車が導入されていた。

楠森製茶場と平川製材所に昭和初期に導入された2つの近代水車による水動力システムが異なることから、この時期には多様な水動力システムが存在し、各地の地理的な条件に対応できる技術が存在したと言える。さらに、明治期における広汎な水車分布から、明治の時点で既に水動力システムが多様化し、地理的な制限を受けることなく、各地に水車を導入できる技術があったことが示唆される。日本に近代水車が導入された19世紀末から、平川製材所や楠森製茶場のような地方の工場に導入された昭和初期までの間に、どのように近代水車の技術が変容していったのかについて明らかにすることを今後の課題としたい。

注

注1) 参考文献1) pp. 22-24。

注2) 参考文献2) pp. 11。

注3) 参考文献3) pp. 120。具体的には反動水車とは「中空の主軸部から落とし込んだ水を下部に取り付けた回転する円盤状の容器(ランナ)の外周に設けた後ろ向きノズルから噴出させ、其の水の反動でトルクを得るようにした」ものを指し、衝動水車とは「圧力水をノズルから噴出させ、それを回転円盤の外周に配置したバケットに当ててトルクを発生するようにした」ものを指す。その一例として、パーカー水車、フルネイロン水車、ジョンバル水車が挙げられている。

注4) 参考文献3)。

注5) 参考文献5) pp. 67によれば、「維新後、工部省工作局において洋式水車の効能を説き、其の利用を勧誘せしかば、東海道岡崎付近、甲府市外、市川大門紡績工場、上洲桐生織物工場、京都梅津製紙工場等にて採用するものあり。其の後明治二十三年下野麻紡績會社にて九十五馬力及び四百馬力の水車を据え付け、自家発電用に供せり。」とある。しかし、この最初期の例としてあげられている工場がいつ、どのような形式であったかは明らかにされていない。

注6) 参考文献6)。

注7) 参考文献7)。

注8) 参考文献8) 9) 10)。

注9) 参考文献11)。

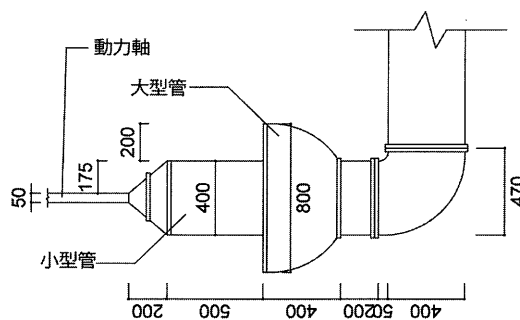


図7 水力タービン部断面図

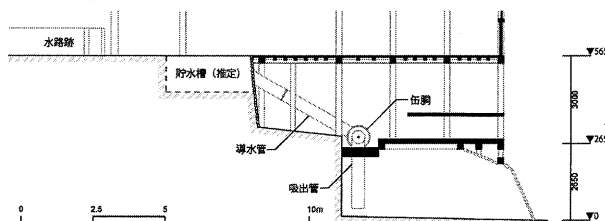


図8 平川製材所水動力機械遺構

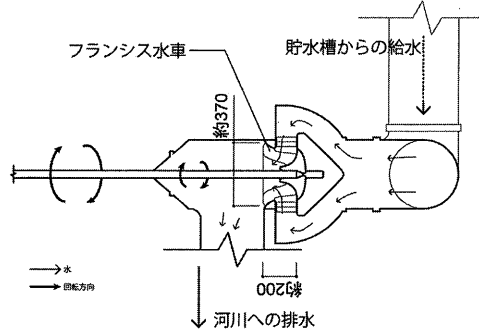


図9 平川製材所の水動力システムの推定

注10) 参考文献12)。

注11) 参考文献13) 14)。

注12) 参考文献15) pp. 271

注13) 参考文献16) pp. 82。

注14) 図2は、参考文献16)に掲載された日本の原動機種類別の馬力数に関する図を筆者が加筆修正したもの。

注15) 参考文献6)。

注16) 参考文献17)。

注17) 参考文献18) pp. 96。

注18) 図3は、参考文献18)に掲載された1878年における水車10台以上もつ地域分布に関する図を筆者が加筆修正したもの。

注19) 参考文献19)。

注20) 参考文献20)。

注21) 「共武政表」に記載された水車は必ずしも工場の動力を意味しない。しかしながら、「共武政表」は明治初期の水車の地理的分布を全国規模で把握できる数少ない資料であるため、本稿ではこれを用いて当時の水車分布の把握を行った。

注22) 参考文献21) pp. 933。

注 23) 一部村, 町であっても細かく分割されている地域は, 同地域として集計している。

注 24) 参考文献 4)。

参考文献

- 1) 中岡哲郎, 鈴木淳ほか: 新大系日本史 11 産業技術史, 山川出版社, 2001. 8
- 2) 中岡哲郎, 石井正, 内田星美: 近代日本の技術と技術政策, 国際連合大学, 1986. 10
- 3) 田中宏: 発電用水車の技術発展の系統化調査, 科博産業技術史資料情報センター, 2007. 3
- 4) 内丸最一郎: 水力タービン, 技報堂, 1954. 10
- 5) 日本工学会: 明治工業史 機械編・地学編, 日本工学会, 1930. 12
- 6) 末尾至行: 明治時代, 特に明治末期における水車動力の意義について, 人文地理, 第 9 巻, 第 4 号, pp. 243-266, 1957. 10
- 7) 堀尾作人, 陣内秀信: 産業革命前における水力産業都市・桐生の形成, 日本建築学会計画系論文集, 第 182 巻, 第 737 号, pp. 1839-1846, 2017. 7
- 8) 水田丞: 奄美大島製糖史における慶応年間白糖製造工場の建築と技術 イギリス資本から見た集成館事業の研究(3), 日本建築学会計画系論文集, Vol. 610, pp. 177-184, 2006. 12
- 9) 水田丞: 設立経緯及び建築類型に見る薩摩藩宮鹿兒島紡績所 イギリス資本から見た集成館事業の研究(2), 日本建築学会計画系論文集, Vol. 593, pp. 195-202, 2005. 7
- 10) 水田丞: 旧薩摩藩奄美大島白糖製造工場の建設経緯とその復元的考察 イギリス資本から見た集成館事業の研究(1), 日本建築学会計画系論文集, Vol. 585, pp. 177-184, 2004. 11
- 11) 山田智子・大場修: 郡是製絲株式會社本社・本工場の建築構成と発展過程, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 75, No. 649, pp. 717-726, 2010. 3
- 12) 磯田桂史: 熊本紡績工場建物の平面の計画について, 日本建築学会計画系論文集, No. 615, pp. 199-206, 2007. 5
- 13) 赤田心太, 菊地成朋: 大正期に建設された水力製茶場の空間構成と生産システム—福岡県浮羽町の旧楠森製茶場報告一, 都市・建築学研究 九州大学大学院人間環境学研究院紀要, 第 32 号, 2017. 7
- 14) 赤田心太, 菊地成朋, 野口雄太: 水動力を使った製材システムの復元的考察—福岡県うきは市の平川製材所を対象として—, 日本建築学会技術報告集, 第 25 巻, 第 61 号, pp. 1323-1326, 2019. 10

15) 岡本幸雄, 今津建治編: 明治前期官営工場沿革—千住製絨所, 新町紡績所, 愛知紡績所—, 東洋文化社, 1983. 11

16) 南亮進: 動力革命と技術進歩 戦前期製造業の分析, 東洋経済新報社, 1976. 9

17) 陸軍参謀局編: 共武政表巻, 陸軍文庫, 1936. 12

18) 末尾至行: 『共武政表』の水車統計とその吟味, 人文地理, 14 巻 5 号, pp. 426-435, 1962. 10

19) 島津忠重: 炉辺南国記, 鹿兒島史談会, 1957. 12

20) 長谷川雅康: 薩摩のものづくり研究 薩摩藩集成館事業における反射炉・建築・水車動力・工作機械・紡績技術の総合的研究, 平成 14 年度—平成 15 年度科学研究費補助金研究成果報告書, 鹿兒島大学, 2004. 3

21) 浮羽町史編集委員会: 浮羽町史 上, 浮羽町, 1988. 3

(受理: 令和 2 年 10 月 26 日)