

水都・桐生の形成史に関する研究

堀尾, 作人 / HORIO, Sakuhito

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

130

(発行年 / Year)

2018-03-24

(学位授与番号 / Degree Number)

32675甲第431号

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2018-03-24

(学位名 / Degree Name)

博士(工学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014629>

法政大学 審査学位論文

水都・桐生の形成史に関する研究

2017 年度

法政大学デザイン工学研究科
建築学専攻 博士後期課程
陣内研究室 堀尾 作人

目次

| | |
|--|----|
| 第1章 序論 問題意識と目的 | 1 |
| 1.1 地域再生の展望を拓く都市史研究 | 2 |
| 1.1.1 水利用という視点で都市の成り立ちを明らかにする意義 | 2 |
| 1.2 研究対象と概要 | 4 |
| 1.2.1 桐生の成り立ち | 8 |
| 1.2.2 産業遺産から読み取れる都市構造の限界 | 10 |
| 1.3 研究の目的および課題設定・本論文の構成 | 12 |
| 1.3.1 課題設定と本論文の構成 | 12 |
| 第2章 江戸後期～明治初期における桐生の水力利用の実態と 都市形成との関わり | 15 |
| 2.1 桐生地域の概要と既往研究 | 16 |
| 2.1.2 既往研究 | 16 |
| 2.2 課題設定と研究方法 | 19 |
| 2.2.1 課題設定 | 19 |
| 2.2.2 用水路網の地理的展開状況の確定方法 | 19 |
| 2.2.3 水利用のあった地域の特定方法 | 19 |
| 2.2.4 史料抽出データの分析方法 | 21 |
| 2.3 水路の再現結果および各織物業種の集積状況 | 23 |
| 2.3.1 旧公図から見る水路網周辺の空間 | 23 |
| 2.3.2 各村の行政区画と水路網の地理的展開図 | 30 |
| 2.3.3 各織物業種戸数の地理的分布状況 | 32 |
| 2.3.4 織物業種の分業・集積化と水利用の関係について | 33 |
| 2.4 織物産業史から考察する江戸後期から大正期にかけての水都・桐生の姿 | 36 |
| 2.4.1 江戸後期におけるお召し生産の重要性 | 36 |
| 2.4.2 毛武遊紀から読み取る桐生の水車利用 | 36 |
| 2.4.3 用水路活用の変遷過程：大堰用水から赤岩用水へ | 37 |
| 2.5 小結 | 41 |
| 第3章 近代水力工場の建設 桐生と欧米水力産業都市の比較 | 45 |
| 3.1 概要と既往研究 | 46 |
| 3.1.1 概要 | 46 |
| 3.1.2 既往研究 | 47 |
| 3.2 課題設定と研究方法 | 49 |
| 3.2.1 課題設定 | 49 |
| 3.2.2 研究方法 | 49 |

| | |
|--|-----|
| 3.3 日本織物会社水力技術と物流システムの整備 | 50 |
| 3.3.1 利水の形態 | 50 |
| 3.2.2 物流システムの近代化 | 52 |
| 3.2.3 日本織物会社のエネルギー方針 | 53 |
| 3.4 欧米の水力織物工場の事例と利水システム..... | 54 |
| 3.4.1 ボローニャの水力撚糸工場とイギリスのロムズミル(Lombe's Mill)..... | 54 |
| 3.4.2 イギリス、ダーウエント川（ダービシャー州）流域の水力工場群 | 57 |
| 3.4.3 ポータケット(Pawtucket)とウォーザム(Waltham)の水力工場..... | 62 |
| 3.4.4 アメリカ、メリマック川(Merrimack River)の水力工場..... | 64 |
| 3.5 日本織物会社の水力技術のルーツ | 70 |
| 3.6 小結..... | 74 |
| 第4章 地域の人々と進める共同研究と知見共有の実践 | 77 |
| 4.1 課題設定と研究方法 | 78 |
| 4.2 水都・桐生研究会による共同研究 | 79 |
| 4.2.1 桐生市立図書館所蔵の古文書と研究..... | 80 |
| 4.2.2 地域のNPOとの協力で実施した古写真調査..... | 82 |
| 4.2.3 まちの水辺再生における課題の明確化..... | 83 |
| 4.2.4 水都・桐生研究会の意義 | 84 |
| 4.3 「桐生れきし調査隊」（親子参加型の歴史スポット回遊イベント）の開催..... | 85 |
| 4.4 シンポジウム「『水都史』で見る桐生の都市像」の開催 | 90 |
| 4.4 小結..... | 93 |
| 第5章 新たな水力都市・桐生の検討 | 95 |
| 5.1 概要..... | 96 |
| 5.1.1 桐生市の小水力利用の現状..... | 96 |
| 5.1.2 小水力発電の導入を妨げる主要因 | 97 |
| 5.1.3 市街地用水路での小水力発電の可能性..... | 98 |
| 5.2 課題設定と研究方法 | 99 |
| 5.3 検討結果 | 101 |
| 5.3.1 発電候補地の調査結果..... | 101 |
| 5.3.2 発電方式の検討 | 102 |
| 5.3.3 事業収支の試算結果..... | 105 |
| 5.4 検討結果と地域再生への位置づけ..... | 108 |
| 5.5 小結..... | 109 |
| 第6章 総括と展望..... | 111 |
| 6.1 研究成果 | 112 |
| 6.2 総括・研究の意義..... | 115 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 付録..... | 117 |
| 付録 1 上げ下げ水車の仕組み | 118 |
| 付録 2 都市の水辺を守る小水力発電のあり方 | 119 |
| 図の出典一覧・参考文献・本研究に関連する論文および口頭発表 | 123 |
| 1. 図の出典一覧 | 124 |
| 2. 参考文献..... | 127 |
| 3. 本研究に関する論文および口頭発表..... | 129 |
| 謝辞..... | 130 |

第 1 章 序論 問題意識と目的

1.1 地域再生の展望を拓く都市史研究

高度経済成長を経て経済大国となって以降、日本は豊かになったとされているが、徐々に進行してきた地方都市の人口減少および高齢化、産業の空洞化は次第に加速化し、現在はついに自治体消滅の危機が真実味を帯びるに至っている¹⁾。これまでも地方交付税交付金等、国の行政は地方の支援を実施してはいたが、トップダウン型で資金を分配するだけの政策では、地方都市の衰退を止めることができないことは、疑いようのない事実である。

各地域の活力を再び取り戻すには、これまでの大量生産、大量消費を主軸とした近代化の発展モデルから脱却し、地域資源の活用や地域の特性を活かした戦略をとることが必要である²⁾。そのため政府も地域の強みを活かした「地方創生政策」の推進に乗り出してはいる。しかし、何が地域の資源なのか、何が地域の特性であり強みになるのか、ということを見出すことは決して容易ではなく、未だ有効な方法論の確立には至っていないのがわが国の現状といえる。例外的に成功を収めている事例はいくつか存在するものの³⁾、事情の異なる他地域では事例を容易には模倣できないため、他地域での有効な戦略の立案には有効に寄与できていない。

見出すことの難しい地域の資源を再発見する方法として、吉本の推進する地元学は、「ないものねだり」をやめて「あるもの探し」をしようという考え方を提案し⁴⁾、地域をくまなく探索する手法によって、各地で成果を上げている。一方都市形成史は、対象とする地域の自然や地形の条件、気候・風土、そこに住む人々の産業や文化等を包括的に捉え、研究対象を空間的な広がりのみならず時間軸にも目を向け、時代とともに淘汰されたものを追ひ、都市に刻まれた歴史のレイヤーを明らかにするものである。この手法も地域の「あるもの」を再評価する手法といえるだろう。

地方都市の再生が具体的な成果に結びつくには、いかに地域の人々による主体的な取り組みが持続できるかが重要である。その原動力として重要なのは、補助金等の採択を受けた事業や社会の一時的な流行に便乗するなどことよりは、地域再生の主役となるそこに住む人々が、「わがまち」に対する自信や誇りなどの思いであると考えられる。このような地域の人の思いの醸成は、前述したような地域の「あるもの」が社会に価値あるものとして認識されていることが必要である。

都市史研究が得る成果は、学術的な知見にとどまらず地域の価値の再評価という点でも重要な側面を持ちうるものであり、即ち、地域の人々がその知見を得ることは、地域再生の原動力の創出につながりうるものである。このような視座に立って当分野の研究のあり方を考えると、地域の人々とともに地域の「あるもの」を再発見し、まちの将来を考えるに当たっての研究成果の意義を捉え、共有することが重要といえ、その手法の確立が今後の都市史研究において重要な課題であるといえる。

1.1.1 水利用という視点で都市の成り立ちを明らかにする意義

本研究では、都市史研究の中でも水の利用という視点を特に強調している。これは、地域の特徴を見出す手法として、「水」という視点が重要な意味を持ち、地方都市の再生というテーマを扱う上でより重要な研究成果につながりうるためである。

「水」は生命の維持に必須であるため、人類の歴史においても必ず水場の確保が最優先に考えら

第1章 序論 問題意識と目的

れてきた。一方で「水力」は、「水」というカテゴリの中でも、生命の維持や生活とは異なり、特に産業形成に深く関わるものである。プロト工業化以前の長きにわたって、人類の発展の歴史に寄与し続けてきたのは水力であり、産業革命期以降に飛躍的に産業を発展させた化石燃料よりも、その歴史ははるかに古い。水力の利用は、地形を読み、広域的な計画を必要とするので、都市の形成と深く関わる要素である。こうしたことを背景に鑑みれば、プロト工業化社会の時代に発達した産業都市において、水力利用が都市の構造に大きな影響を与えた事例は少なくないと考えられる。

また、産業革命の初期段階においても、水力は石炭火力による蒸気機関と並び、工場動力の一角をなしていた時代があった。当時の水力利用は発電用途ではなく、水力を直接動力に使用していたが、こうした運用を通して発達した動力水車の技術は、その後の水力発電におけるタービン水車の技術の基礎となっている。故に水力利用の技術は、決して化石燃料に淘汰された過去の技術ではない。殊に地球温暖化が深刻化する現代においては、低炭素社会の実現を支える再生可能エネルギーとして、むしろ重要性を増すものである。

しかし現状において、かつての水力産業都市の多くは、他の多くの地方都市と同様に人口減少や高齢化、産業の空洞化といった課題を抱えている。それは、水力産業都市の多くが中山間地に位置していることによる。当時は、落差や傾斜のある水の流れが水力利用に有利であったが、電力がエネルギーの主力になり、輸送が陸運中心の社会となった現代においては、その立地がむしろ不利に働いているためである。いずれの都市もエネルギーの主役は水力から電力と化石燃料に置き換わり、水と関わりの深かった都市の歴史は、その記憶自体失われていることが少なくない。しかし、近代的エネルギーに淘汰されたものの、歴史的に利用されてきた水資源は、今後は再生可能エネルギー資源として新たな存在意義を得られるのであり、地域再生にむけた検討において新たな戦略の柱となりうるものである。

このような点に着目すると、水、とりわけ水力利用に注目する都市史研究手法は、地域の歴史的価値を新たな視点で再評価すると同時に、次世代の低炭素社会に向けた新たな地域の将来像を検討するにあたっての基礎的な知見も与えるものでもあり、今後の社会的な課題解決に貢献する手法としてより重要になるものと考えられる。

1.2 研究対象と概要

本研究では、水力を産業動力に利用して発展した都市として、絹織物産業で隆盛を誇った群馬県の桐生⁵⁾を対象とする。桐生では織物産業において水車を活用し、生産効率を向上させてきた。桐生の水力利用は昭和初期まで続いたが、水利用の形態としては明治後期の日本織物会社による水力利用型の織物工場の建設を以って最終形をなした。この年代は世界の産業史において、イギリスにおける水力の工業利用(綿紡績業)から始まった産業革命の黎明期からアメリカ北東部で完成した近代水力工業都市の完成に至る時期とほぼ時を同じくする⁶⁾。

桐生市は群馬県最東端に位置する(図 1-2-1)。2005年の合併により、黒保根村、新里村が編入され、みどり市を間に挟む飛び地を有する市域となった。東部の地域元々の桐生市で、渡良瀬川と桐生川の二つの河川が近接し、豊かな水資源を持つ。中世より養蚕が盛んで、国内有数の絹織物の産地として発達してきた。特に江戸後期以降は、高級織物の生産が可能になり、国内絹織物産地の最高峰である京都の西陣と対比し、「西の西陣、東の桐生」と称されるまでの発展を見せた。



図 1-2-1 群馬県と桐生市の位置

織物業の発展は、明治期を経て昭和期後半まで続き、統計データにおける繊維製品出荷額からは、1978年に最後のピークを迎えて以降も90年代半ばまでは、高い水準を維持してきたことがわかる(図 1-2-2)。このように桐生の織物業は長い歴史を持ち、江戸時代からの織物商家などの古いまちなみ(図 1-2-3 に示す重要伝統的建造物群保存地区)、ノコギリ屋根の織物工場(図 1-2-4)、明治に日本織物会社が建設した水力発電設備の遺構(図 1-2-5)など、織物業にまつわる産業遺

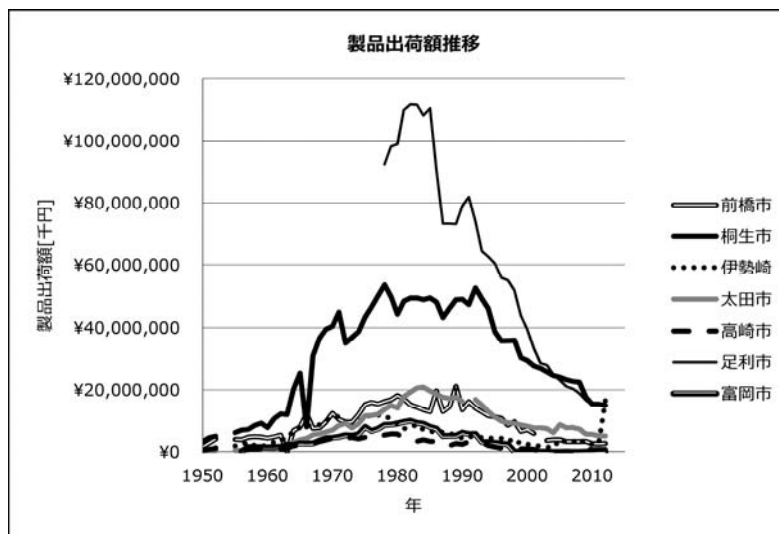


図 1-2-2 桐生と周辺都市の繊維製品出荷額推移

第1章 序論 問題意識と目的

構が数多く残る。ノギリ屋根の一部は、現在も織物工場として現役で稼働している。

しかし、桐生は織物産業都市として大いに発展した歴史を持つ都市ではあるが、近年の人口は1975年の13万4,239人をピークに減少を続け、2010年には102,885人となっている(2010年の値は2005年の旧桐生市(合併前の地域)の人口を示している)。2010年から2040年にかけての若年女性(20~39歳)の減少率の推計は、群馬県の市の中では、渋川市に次ぐ57.6%で、消滅可能性都市のひとつに含まれる状況にあり⁷⁾、地域の再建が課題である。

ここまで紹介してきたように、桐生は江戸期以来発展し続けた織物業に関わる歴史資産を多く持つ。特に建築物に関わる歴史資産は、伝統的建造物群保存地区に指定することによるまちなみ保存やノギリ屋根工場のリノベーションなど、歴史的価値が認められ、保存活用の動きが見られる。

一方で、産業を支えてきた水の恩恵に対しては、十分に歴史的な評価がされてきたとはいいがたい。桐生のまちなかには、大堰用水と赤岩用水という二つの用水路が流れていた。桐生新町(現本町一丁目~六丁目)の町割りとともに整備された大堰用水と、撚糸水車がかけられ「水車まち」と表現すべき特殊なまちなみ(図1-2-6)を形成した赤岩用水は、いずれも桐生の織物産業の発展と深く関わった歴史を持つものである。しかし、大堰用水は流域のほぼ全てが埋め立てられ、赤岩用水も主要な流路の大半が暗渠化され、地上から姿を消してしまっている。また、かつて下瀬堀(しもとろぼり)と呼ばれ、戦国大名・桐生一族の居城の外堀の役目を担った新川は、第2次大戦後の台風で大水害を引き起こした後、治水政策によって地上から姿を消すこととなった。次々と水辺を喪失した現在の桐生のまちなみからは、かつての水のまちをイメージすることは困難である。

こうした現状は、まちを流れる用水路の歴史的評価が充分になされなかった結果と考えられる。ただ、道路重視、水辺軽視の傾向は桐生だけのものでない。高速道路に空を覆われた東京・日本橋の例に代表されるように、近代化の過程で陸上運輸が重視され、一方で川や用水路といった都市の水辺が軽視される傾向にあるのは、日本全国の多くの都市に共通するものである。

第1章 序論 問題意識と目的



(a) 有鄰館(旧矢野商店)



(b) 一の湯(銭湯)



(c) 森合資会社



(d) 本町通り(メインストリート)

図 1-2-3 伝統的建造物群保存地区の建物例



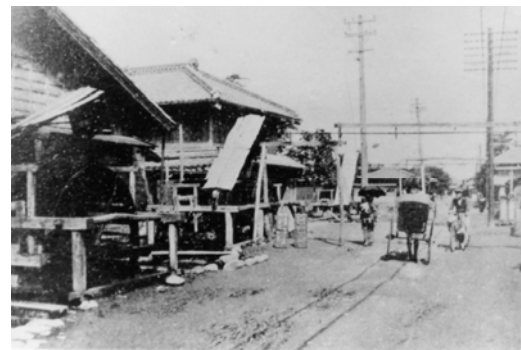
写真 1-2-4 ノギリ屋根工場



図 1-2-5 水力発電設備の遺構(著者撮影)



(a) 新宿通り



(b) 新宿通り



(c) 錦町周辺(推測)



(d) 詳細不明

図 1-2-6 明治期の桐生 水車のまちなみ

1.2.1 桐生の成り立ち

中世の桐生の成り立ちと水との関わり

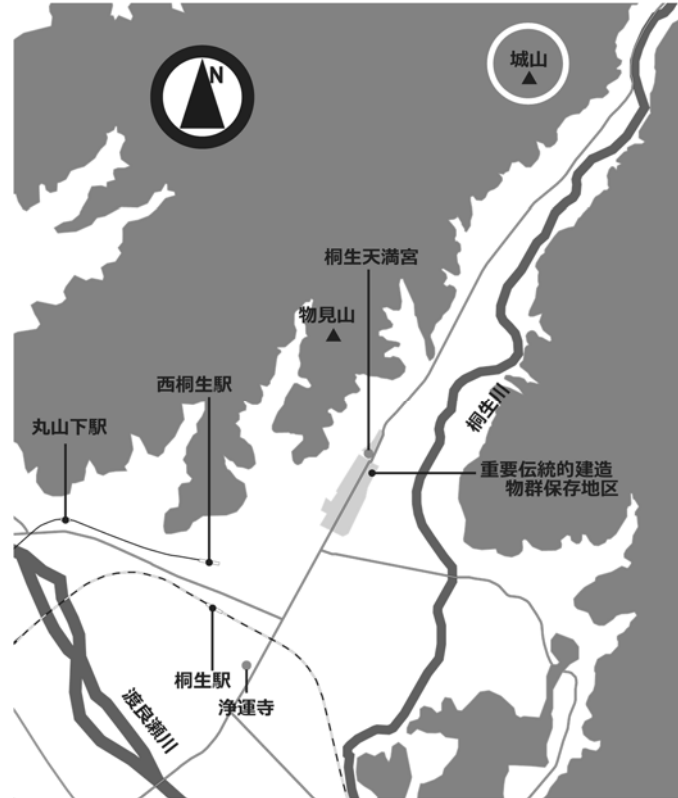


図 1-2-7 城山と市街地の位置関係

江戸時代以前の桐生地域の治世については文献が少なく、現在も明らかにできていない点が多い。桐生地域の支配者についての最古の記録は、源平盛衰記における桐生六郎の活躍で、治承 4 年 (1180 年) の以仁王の乱にて源頼政の討伐で功績を挙げたという記録であるとされている⁸⁾。しかしその後の桐生の歴史には、約 170 年の空白の時期があり、次の記録は観応元年 (1350 年) に桐生国綱が柄杓山城を構えたというものである。桐生氏の治世は、天正元年 (1573 年) に新田荘金山城主である由良成繁に攻略されるまでの 10 代にわたって続いた。その後、由良氏が桐生の地を治めたが、豊臣秀吉の小田原攻略の際に、北条方について敗れ、常陸の牛久へ国替えとなり、以降の桐生は徳川家康の勢力下となった。

桐生氏の構えた柄杓山城は、図 1-2-7 に示す城山にあった。図には先に紹介した重要伝統的建造物群保存地区を薄いグレーで示しているが、当時の支配者の拠点が桐生市街地付近を流れる桐生川の上流側に位置していたことがわかる。桐生氏は屋敷を桐生川西側の梅原(現：梅田町)に建て、ここに城下町を築いた。渡良瀬川と桐生川を結ぶ新川(戦後に埋め立てられ、現在は規模を縮小して暗渠となっている)は、前述のように当時は下瀬堀(しもとろぼり)と呼ばれ本拠地の防備の一つに位置づけられていたとされる。

元々新田荘(現在の太田周辺とされる)を拠点としていた由良氏が、桐生氏に侵攻したきっかけは、渡良瀬川から新田荘に水を引く新田用水の大口堰を桐生氏が塞ぎ止めたことにあり、水争いが衝突

の発端であったとされる。桐生氏を滅ぼした由良氏は、その後柄杓山城と梅原の屋敷を引き継ぎ、ここに城下町を再整備していることから、当時は現在の市街地よりも上流側の中山間地がこの地域の拠点であったことがうかがえる。

天正 18(1590)年に豊臣秀吉による領地替えを受けた徳川家康は関東に入ると、すぐに家臣の大久保長安に桐生の開発を命じた。大久保長安は部下の大野八衛門を手代として桐生の地に遣わし、まちづくりに着手させた。大野八衛門は現在の本町の位置に桐生新町を拓き、現在の桐生市街地の原型を作ったとされる。桐生新町が拓かれる以前、この地域に関する記述はほとんどないが、この地域が「荒戸原」と呼ばれていたことを考えると、集落がほとんどない地域であったと推測される。平野部を中心とした現在の桐生市街地の発達は、大野八衛門の町割によって本格的に始まった。

桐生新町には町開きの際、大堰用水の支流の一つを市街地にひいたとされるが、現存していない。平野部への集落の展開を可能にしたのは、大堰用水の拡張によって水源を確保したことも一つの要因と考えられる。桐生新町には、伊勢や近江からの商人が移住し、絹織物業をベースにした織物商の店が並ぶまちに発達した。17世紀の半ば頃には、桐生に沙綾市が立ち、織物生産と取引はいよいよ活発になり、近代に至るまでの「織都・桐生」の発展につながった。

桐生織物業の発展と撚糸水車の活用

関東から北関東にかけての地域には、八王子、足利、伊勢崎など、絹織物業を主産業とした都市がいくつか存在するが、その中でも桐生の絹織物業は、江戸期から群を抜いた存在であった。多くの織物産地は、平織りをベースにした銘仙、紬、絁など、比較的庶民向けの織物を生産していたのに対し、桐生は綾織りや縺子織の技術も保有し、生活衣料用の織物だけでなく、綸子・緞子・羽二重・縮緬・沙綾・海気・錦・金襴・金紗・紹金・琥珀・厚板・天鷲絨といった多岐にわたる高級織物の生産をも手掛けていた⁹⁾。これらの高級織物はかつて西陣が独占的に生産していたものであったが、桐生は西陣から職人を招聘してその技術を導入し、西陣の技術に匹敵する技術水準となった。

桐生での高級織物生産を可能にするために西陣から導入した技術は、主に空引き装置を備えた高機と先染め染色¹⁰⁾の技術によるものである。高機は、元文 3(1738)年に桐生の織物商家が、西陣の織物師である弥兵衛・七兵衛の招聘によって導入した¹¹⁾。寛政 2(1790)年には、西陣の染色職人である小阪半兵衛が桐生に入り、西陣の先染め染色技術を伝えた¹²⁾。

こうして、平安時代以来国内織物の最高峰であった西陣は、桐生織物に対し技術面の優位性を失うこととなった。寛保 4(1744)年の時点(空引きを備えた高機が桐生に伝わった元文 3年の7年後)で、西陣の高機織屋 31名が連署の上、新興機業地の織物市場への進出を制限し、西陣の独占権を保護するよう幕府に要請していることから¹³⁾、相当の苦境に立たされたことがうかがえる。

文化・文政期(1804～1830年)において、桐生ではお召し用の縮緬の生産が飛躍的に高まり、隆盛を極めた。縮緬生産量の増加に伴い、織り糸を供給する撚糸工程の生産が逼迫することになったと考えられるが、天明 3(1783)年に岩瀬吉兵衛によって、水力八丁撚糸機が發明され¹⁴⁾、準備行程(主に撚糸を行い経糸、緯糸を準備する工程)の生産力が強化された。

岩瀬の發明した撚糸水車は次第に普及し、桐生では電動モーターが主要な動力となる昭和初期まで使用され続けた。図 1-2-6 は、明治期の新宿(しんしゅく)周辺の写真であるが、隣接する家々に

撚糸水車が立ち並ぶ特徴的なまちなみを形作っている。桐生で生まれた撚糸水車は、足利、八王子、遠くは丹後地方まで普及し、使用されたといわれている。

近代織物工場の建設

明治以降は開国によって、桐生の織物業界では輸入織物との競争が激化することとなった。市場競争を生き残るための生産性と品質は、江戸期に比べてより高い水準が必要となり、西洋の技術を導入し、各所で機械化された近代工場の建設が試みられた。

明治 22(1890)年には、生糸商の佐羽家を中心に設立した日本織物会社が、一貫生産体制を敷いた近代織物工場を建設し、生産を開始した¹⁵⁾。同工場は、殖産興業政策で各地に建設された官営工場をも上回る当時国内最大級の規模を誇った。工場動力には、蒸気機関とともに水力が用いられ、2機の水車によって、水車動力による直接の動力利用、および発電が行われた。日本織物会社の水力発電は、群馬県では初の事例であり、前述に紹介したように遺構は現在もまちなみに残っている。

日本織物会社は明治 30(1897)年に倒産したが、他企業によって工場は引き継がれていった。一方、昭和に入って以降は、電動モーターが普及して機械化が加速し、桐生の各地に多くのノコギリ屋根工場が建設された。反面、水力利用は電力普及とともに衰退し、昭和以降急速にその数を減らした。大正期まで、水車のまちなみを形成してきた桐生の撚糸水車は、現在は完全に姿を消してしまっている。

1.2.2 産業遺産から読み取れる都市構造の限界

ここまで述べてきたように、桐生には織物産業で発展した歴史の痕跡が多く残っている。しかし、これら手がかりのみによって都市の成り立ちを読み取ることは難しいといえる。図 1-2-8 は、桐生の代表的な産業遺産の分布図である。ノコギリ屋根工場については、現役で稼働しているものを含む。図中には、現存しないが、撚糸水車が使われたとされる地域も示している。

これらの位置関係から、桐生の織物業がどのような過程を経て発展してきたのかを知るのは困難である。例えば、桐生織物業の中心地とされる本町(旧桐生新町)は、一・二丁目が伝統的建造物群保存地区に指定されているが、ノコギリ屋根の織物工場は、必ずしも本町に集中しているわけではない。撚糸水車が密集していたとされる新宿は、本町とはかなり離れており、本町を中心に集積した織物生産拠点の一部とはいいがたい。同様に、日本織物会社の水力発電設備の遺構についても、伝統的建造物群保存地区とも、新宿とも異なる場所に位置する。

このように、桐生の産業遺産はまちなかに様々に残ってはいるものの、桐生の発展の原動力であった織物産業と都市の発展過程の論理的な関係づけは、十分に整理できていないと言えない。しかし、産業発展に深く水力が関わっている以上、現在の桐生のまちなみの成り立ちは、都市の水利用の歴史によって説明できる側面があるはずである。桐生全体の歴史資源と水資源を俯瞰的に捉える知見が得られれば都市全体の資源を活用した観光都市、環境先進都市などのようなランドデザインを構築することも可能になるだろう。

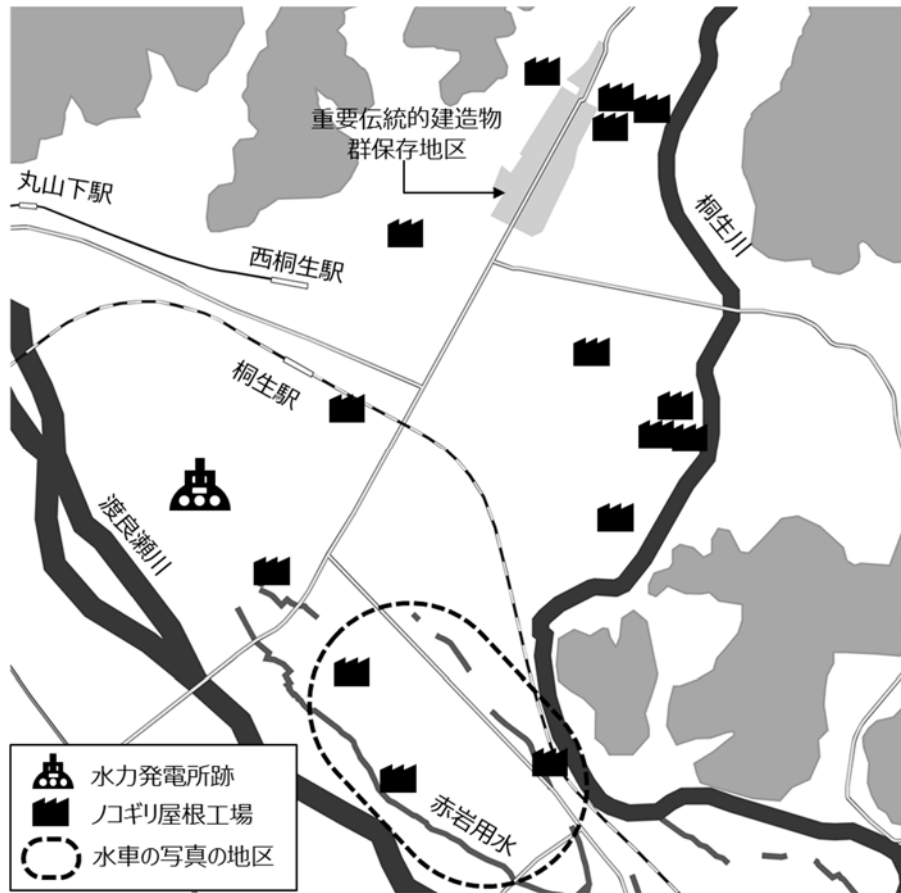


図 1-2-8 桐生の主な産業遺産の分布

1.3 研究の目的および課題設定・本論文の構成

本研究の最終的な目的は、水利用から読み直す都市や地域の再評価によって、地方都市の再生のシナリオ構築に資する地域の特徴を明らかにすることである。そのために【桐生の水利用と都市形成過程の関係性の解明】と【都市史の研究成果を活かした地域再生に資する実践手法の研究】を行うこととする。

1.3.1 課題設定と本論文の構成

一つ目の「桐生の水利用と都市形成過程の関係性の解明」についての課題設定を以下のように行う。桐生が水力を活用していた時代は、概ね江戸後期～大正末期である。本研究では桐生の水力利用を、桐生発祥の水車技術が地域に展開していった江戸後期から明治初期にかけてと、欧米の近代的な水力技術を導入し、都市の利水システムが完成した明治中期～後期の二つの時代区分に分けて行う。具体的には、以下の2点を研究課題として設定する。

- 1) 江戸後期～明治初期における桐生の水力利用の実態と都市形成との関わりの解明【2章】
- 2) 明治後期の近代型水力織物工場と欧米の水力利用型工場との利水技術の比較【3章】

1)は、江戸期～明治初頭にかけて、主に桐生発祥の水力技術によって形成した桐生の都市の発展過程を、旧公図等の資料を用いて当時の水路網の実態を明らかにした上で、織物業の産業集積状況を時代ごとに分析する。2)は、日本織物会社および同社の倒産後、工場の操業を引き継いだ東洋織布株式会社の資料から、近代技術の導入によって構築された桐生の水力システムの全貌を明らかにするとともに、欧米の水力利用型の織物工場との比較を通して、桐生に導入された近代型水力技術のルーツを明らかにする。

二つ目の「都市史の研究成果を活かした地域再生に資する実践手法の研究」についての課題設定を以下の3)4)で設定する。3)はトヨタ財団研究助成プログラムを、4)は経済産業省の補助金である「地産地消型再生可能エネルギー面的利用等推進事業費補助金」の採択¹⁶⁾を受けて行った。

- 3) 地域の人々と進める 1)2)の共同研究と知見共有の実践【4章】
- 4) 水資源を再生可能エネルギーとして生かす新たな水力都市・桐生の検討【5章】

3)は、研究成果で新たに見出した「地域の価値」を市民と共有する方法についてのアクションリサーチ¹⁷⁾を行う。ここでいう「地域の価値」は、桐生における都市の歴史的資源の再評価であり、即ち1)2)の研究成果である。まちな残る再生・活用に資する資源を地域の人と共に再発見する研究手法が、地域の人々が主役となる都市再生の原動力の創出につながりうると捉え、1)2)の成果を市民と共有する手法を実践的に行う。

4)では、桐生の歴史的資源のひとつである用水路(赤岩用水)を、活用を通して保全する具体的な方法として、用水路を活用した小水力発電事業の事業可能性を、具体的な発電方式、事業収支試算などの側面から検討する。

最終章の6章は、1～5章を総括し、桐生の都市形成過程の研究と地域再生に向けた実践にお

第1章 序論 問題意識と目的

ける成果と今後の課題を考察する。

-
- 1) 増田寛也：地方消滅，中公新書，2014.8.25
 - 2) ジェイン・ジェイコブズ(中村達也 訳)：発展する地域 衰退する地域，ちくま学芸文庫，2012.11，1986.9，TBS プリタニカ刊行の「都市の経済学——発展と衰退のダイナミクス」の改訂稿
 - 3) 地方創生の励行事例は各地にある。例えば徳島県上勝町では、人口千数百人の小さなまちであるが、豊富な森林から収穫した葉っぱをレストランや料亭で出される料理に添えられる「ツマモノ」として提供する「はっぱビジネス」が成功し、年商は2億6千万円に達した。大分県日田市大山町の大山町農業協同組合が運営する「木の花ガーデン」は地元の農産物や農作物加工品の直売、レストランの運営によって、年商15億円以上を安定的に計上し、農業の「6次産業化」発祥の地とされている。
 - 4) 吉本哲郎：地元学をはじめよう，岩波ジュニア新書，2008.11，p.38
 - 5) ここでは、2章で記載する明治2～5年当時の9ヶ村(桐生新町、下久方村、今泉村、元宿村、新宿村、境野村、上久方村、村松村、堤村)の地理的範囲を「桐生」と呼ぶこととする。
 - 6) 「産業革命の父」と呼ばれるリチャード=アークライトが、水力綿紡績を擁する工場を創業したのが1771年であり、その後アメリカ北東部で発展した水力利用型の綿織物工場群は、概ね1920年代まで操業し、電力にシフトした。一方で、桐生で水力八丁撚糸機が発明されたのは1783年であり、撚糸水車は昭和初期(1930年代)まで使用され、電力にシフトした。
 - 7) 前掲注1)，p.216
 - 8) 桐生の通史については、桐生織物史、桐生市史をもとにしている。
 - 9) 桐生新町四〇一年祭実行委員会：未来への遺産，桐生産業デザイン振興会，1994，p.22
 - 10) 先染めとは、織成の前に予め糸を染色する手法を言う。織成後に染色を行うものを後染めという。
 - 11) 前掲注8)，p.18
 - 12) 前掲注8)
 - 13) 桐生織物史編纂委員会：桐生織物史，桐生織物同業組合，上巻，1940，pp.132-137
 - 14) 前掲注13)，pp.224-225，岩瀬の八丁撚糸機の発明については、その他の郷土史や研究資料にも同様の記載があるが、最も古いものは本資料である。本資料では、天明3年の岩瀬の発明を出典なしで記載しており、その真偽を直接証明できる一次資料は不明であるが、その内容については桐生市において広く受け入れられているため、本論文もこの説に従うこととする。
 - 15) 亀田光三：輸入外圧に対する地域の対応，ぐんま史料研究，群馬県立文書館，第3号，pp.31-56，1994.9
 - 16) 本補助金は筆者が在籍するパシフィックコンサルタンツ株式会社の業務として、桐生市の承認を得た上で実施したものである。
 - 17) アクションリサーチという言葉は、本来は心理学の用語で、社会活動で生じる諸問題について小集団での基礎的研究でそのメカニズムを解明し、得られた知見を社会生活に還元して現状を改善することを目的とした実践的研究を指す。

第 2 章

江戸後期～明治初期における桐生の水力利用の実態と 都市形成との関わり

2.1 桐生地域の概要と既往研究

2.1.2 既往研究

通史

桐生の郷土史を編纂した文献としては、桐生地域の全般的な郷土史をまとめた桐生市史刊行委員会による「桐生市史」と、特に織物産業史に重点を置いた桐生織物史編纂委員会による「桐生織物史」が代表的である。桐生市史は先史から、桐生織物史は織物の最古の記録のある上代から昭和に至るまでの歴史を網羅するものである。

これらは、桐生地域の郷土史の全般的な知見を整理したもので、桐生郷土史の研究の多くが参考文献としており、本論文においても桐生史の概観においては、これらの資料を参考としている。ただしこれらの史料は、時系列に沿って歴史的事実をまとめる方法をとるものであり、本研究が試みる水と都市形成の関わりに着目する手法をとるものではない。

まちなみの研究

桐生におけるまちなみの研究では、主に桐生の古い建築物を保存することを目的に、建築的な視点に立った建造物の調査や計測がなされている。これらは都市形成や産業史の視点には踏み込むものではないが、建築物や敷地割りの調査に焦点を絞って、詳細にわたるデータを整理している。

藤井らは、桐生市本町一丁目・二丁目(かつての桐生新町一丁目・二丁目)の歴史的な建築物の調査を実施した。同地区には、桐生新町の町割り以降、多くの機屋や織物商家が集積したとされ、現在も商家の構えや蔵、明治期以来の建造物が多く存在する。藤井らによる調査の報告を受け、平成 24 (2012) 年に同地区は伝統的建造物群保存地区に指定されている¹⁾。

星らは、桐生に残るノコギリ屋根を持つ織物工場について調査を行った。調査では、建物の特徴の整理のほか計測も行い、建物のリノベーションによる活用の可能性や、リノベーションによる活用が保存面でも有効であることを示している²⁾。

これらの調査はいずれも、地域の歴史的な資源の活用を意識したものであるが、本研究が試みる水の利用という視点からのアプローチはなされていない。

燃糸水車の研究

桐生の燃糸水車の研究は、桐生の研究者によって調査や研究がなされている。これらの調査は、個別の産業技術史に関わる調査や研究であるが、実際に桐生織物業に従事した経験者からの証言を基にしたものを多く含む貴重な成果である。

群馬県立桐生工業高等学校で教壇に立つたわら、桐生の郷土史研究に携わってきた亀田は、燃糸水車の構造研究や設置数の調査³⁾のほか、日本織物会社の発電水車⁴⁾、開国当時の桐生の輸出織物製品の開発⁵⁾など、桐生織物業の産業史を幅広く研究している。燃糸水車設置数の調査を亀田と協働して行った須田は、桐生の主要な燃糸水車である「上げ下げ水車」の復元模型を制作している⁶⁾。二人の調査及び研究成果を受け、桐生老人クラブ連合会と NPO 桐生地域情報ネッ

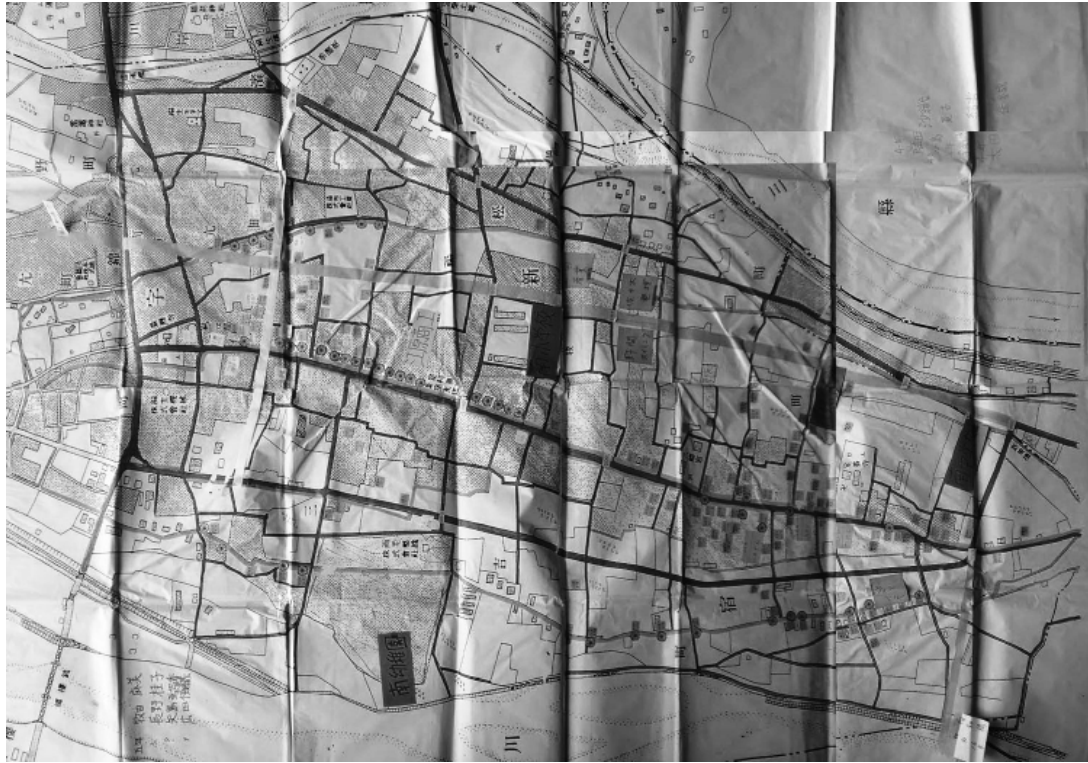


図 2-1-1 南公民館所蔵の燃糸水車分布図

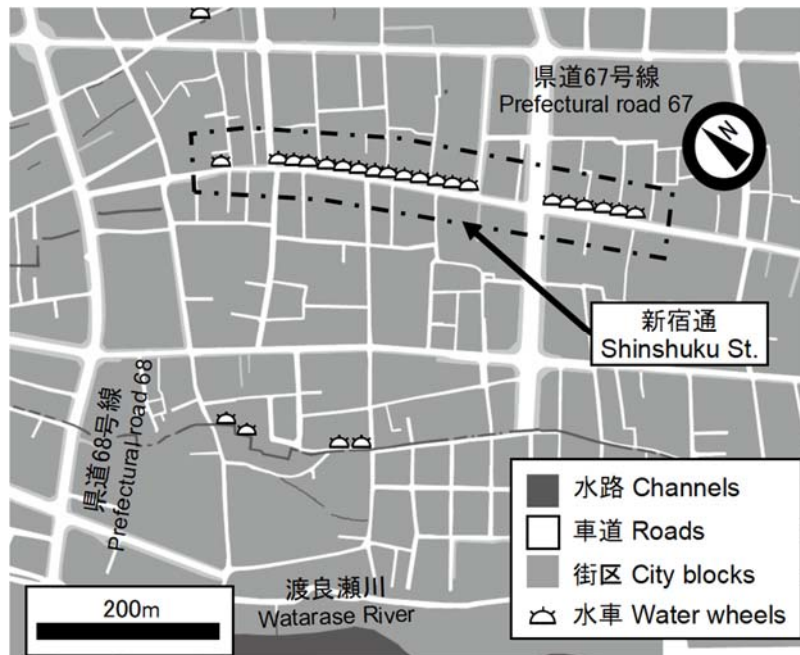


図 2-1-2 大正期の新宿の燃糸水車の分布

トワークは、桐生織物の職人や経験者へのヒアリング調査を行い、燃糸水車を実際に使用したり、見かけたりした人たちの経験談を取りまとめている⁷⁾。

桐生市南公民館と生涯学習推進委員は小学生とかつての織物水車の記憶を持つお年寄りを集めて、お年寄りたちの記憶する水車の位置を子供たちがヒアリングしながら地図にまとめるイベントを開

催した。この研究イベントでは情報を参加者の記憶に頼っており、また対象を新宿地区に限定しているため網羅的な内容とは言えないが、水車の設置位置を地図上に可視化した成果は貴重である⁸⁾。図 2-1-2 は、図 2-1-1 に示す南公民館に保存されている地図を参考に、新宿の撚糸水車分布を作図したものである。図 1-2-6 で紹介した、水車まちのあった新宿通りに撚糸水車が集積していることが分かる。

ただしこれらの研究や調査は、水車や水に関わる歴史研究の一つではあるが、産業技術史の視点によるものであり、本研究が目指す水利用と都市形成の解明を目的とするものではない。

産業構造の分析からのアプローチによる桐生織物業の研究

川村は、桐生における特徴的な織物産業構造の形成過程について、高度な分業化と、分業化した各工程が、桐生新町を中心に集積する産業構造として形成されていたこと、それが江戸期天保年間から始まり、明治初期に開国と輸出製品の開発に伴う市場の拡大とともに、より顕著に進んだことを示した⁹⁾。さらに川村は、戦後から平成期における桐生の織物産業の動向を、当該地の織物業者へのヒアリングと統計データの調査をもとに分析し、近世から現代に至るまでの桐生織物産業の形成過程を網羅的に捉えている¹⁰⁾。

川村の研究は、経営分析の視点に立ったものであり、都市形成とは異なる視点であるが、江戸後期から昭和に至る桐生織物業の実態を地域全体で俯瞰することを可能にした。しかし、織物業の産業形成と水利用の関わりに踏み込むものではなく、本研究とは視点を異にする。

2.2 課題設定と研究方法

2.2.1 課題設定

桐生の織物業は江戸期から飛躍的な発展を遂げたが、水車などの水利用に関わる網羅的な記録はなく、産業発展と都市形成の過程を解明できる手掛かりは限られる¹¹⁾。それに対し、明治維新後においては、前述のように政府主導のもののみられるある程度網羅的な史料がいくつか存在する。こうした史料の中で、明治初年の史料においては、江戸期の状況を色濃く残していると考えられる。

そのため、明治初年における桐生織物業の集積構造と水利用の関係を明らかにすることによって、江戸末期から明治初年にかけての桐生織物業と水との関わりを明らかにすることを目的に、以下の2点に焦点を絞った課題を設定する。1 つ目として、明治初年当時に桐生を流れていた用水路の形を明らかにする。2 つ目として、織物関係業種(2.2.3 で後述する)の集積状況を明らかにし、前者の結果との対応を取り、水が使われていた地域の分析を行う。

2.2.2 用水路網の地理的展開状況の確定方法

前章まで述べたとおり、桐生の用水路網の多くは、埋め立てや暗渠化によって姿を消してしまっており、水力を積極的に利用していた当時の都市の水辺の様相は、現在とは全く異なる可能性が高い。

用水路網の再現については、各地区の旧公図を閲覧し、その内容を国土地理院が公開する現在の地図に書き入れることによって、大堰用水及び赤岩用水の地理的展開状況を明らかにした。旧公図は和紙に描かれた手書きの地図のため、縮尺の精度は信頼性がない。しかし、地図中の道路網の形状は、現在に維持されている箇所が多くあるため、これらの道路形状を旧公図と国土地理院地図の間で一対一対応をとる方法を以って、水路の位置を特定する。

2.2.3 水利用のあった地域の特定方法

織物業において水利用があったのは、水車を用いた撚糸工程と染料の製造やすすぎに水を使用した染色工程が主である。そのため、撚糸と染色がどこで行われていたかを明らかにすることで、桐生の水利用の全体像をとらえることができる。

明治2年に作成された史料に「桐生新町寄場組合村人別家業改請印帳（以下、家業改請印帳）」というものがある。この史料は、桐生新町を親村として組織された24ヶ村を対象に、村々の職業構成を調査した史料で、各戸の職業について、一軒一軒記載している。

桐生の織物業は、各工程が専門化していたので、撚糸や染色の工程もそれぞれ独立の業者が行っていた。同資料を用いることで、水を利用していた事業者がどの村に何件存在したかを把握することが可能である。

ただし、この史料には親村である桐生新町(現在の本町一丁目～六丁目)の記載がない。そのため、桐生新町については明治5年の「壬申戸籍」を使用する。両資料には、3年の開きがあり、その間の変遷については把握することができないが、明治初期の傾向として桐生の織物業の状況を捉えることは可能であると考え、両資料を用いる。これらの史料調査における研究対象の範囲は、渡良瀬川以北の桐生新町周辺とする。具体的には、桐生新町、上久方村、下久方村、今泉村、村松村、堤村、

本宿村、新宿村、境野村の9ヶ村を対象とする。

一方、史料は当時の村ごとの戸数という形で記録されているので、水利用の業種の地理的な位置を把握するには、各村の行政区画を明確にすることも必要である。各村の行政区画については、前出の旧公図に詳しく書かれている。しかし、旧公図は明治6年に作成されたものと推定されるもので¹²⁾、明治6年の安楽土村の合併(今泉村、村松村、堤村、元宿村が合併)が反映されており、合併前の4ヶ村間の行政区画については、明らかにできない。当時の行政区画の多くは、現在大字境界という形で残っていることが多い¹³⁾。そのため、ZENRIN住宅地図¹⁴⁾を用いて大字を抽出し、明治初年の各村の概略図を描き出した「桐生地名考」¹⁵⁾を用いて、前述のZENRIN住宅地図から抽出した大字境界の形状と一致するものを選別し、これを当時の行政区画とする。

織物業の分業化について

分析結果の詳細に立ち入る前に、織物業の分業について理解しておくことが必要であるため、先に説明する。図2-2-1は、桐生の織物工程を模式化したものである。染色工程については、製品によって製織の前に行う「先染め」と製織の後に行う「後染め」の二種の工程を取りうる。

織物工程の分業化は、桐生を含め多くの織物産業都市でみられ、図2-2-1に示されるような各工程が専門化し、それぞれが独立した事業者となっていた¹⁶⁾。これらを「織物関係業種」と呼ぶこととする。絹買次商が製品である生地を販売し、顧客の注文に応じて、製織を担当する機屋に生産の手配をかける。機屋は、受けた依頼に応じて、生糸商から原料糸を調達し、生産の段階に応じて、準備工程(撚糸関連)、製織工程(製織関連)、仕上げ工程(整理関連)の各専門者に手配をかける。機屋の中には製織工程自体も外注し、自身は製造設備を持たない事業者も存在する。それらは機屋と区別して、織元または元機屋と呼ぶこともある。(ただし、ここでは織元・元機屋も機屋に含める。)

桐生では、江戸期後期には各工程専門業者による同業者組合(仲間)が組織されており、上述の分業体制が成立している。このような分業体制は、都度専門業者が入れ替わり、業界の新陳代謝を伴いながらその後昭和期に至るまで維持されてきた¹⁷⁾。撚糸業は、岩瀬吉兵衛の水力八丁撚糸機の発明のちである天保元(1830)年には既に同業者組合(仲間)を結成しており、先染め染色業者は安永3(1774)年には既に仲間が存在している¹⁸⁾。そのため水利用のあった場所やその集積状況は、撚糸業者および染色業者の戸数という形で明らかにできると考えられる。

ただしこの議論は、水の利用を直接記載した資料を用いてのものではないので、撚糸および染色業が集積していることのみをもって、水の利用があったとするのではなく、大堰用水、赤岩用水の水路網と当該業種の集積地の位置関係を考慮したうえで分析を行うこととする。

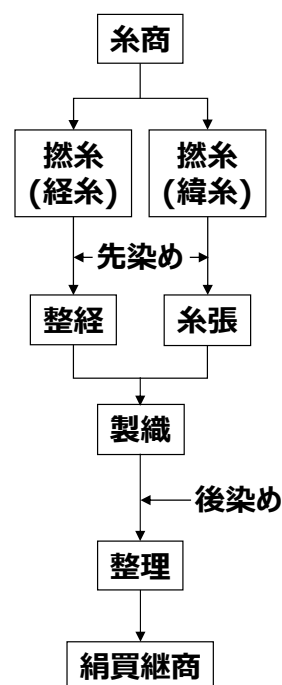


図 2-2-1 織物工程模式図

2.2.4 史料抽出データの分析方法

家業改請印帳および壬申戸籍の史料には、織物関係に限らず全ての各戸が携わる生業が全て記録されている。織物関係業種に限っても生業の種類は、表 2-2-1 に示す事例のように多岐にわたる。水の利用に関わる業種は前述のとおり、撚糸業と染色業であるが、当時の桐生の都市像を理解するうえで、織物業の全体像をある程度把握する必要があるので、以下のようにデータを抽出する。

表 2-2-1 家業改請印帳記載の織物業種(新宿村の例)
(戸数集計の対象業種とする業種を網掛けで表示)

| 業種 | 戸数 | 業種 | 戸数 | 業種 | 戸数 |
|--------|----|------|----|------|----|
| 農間糸張日雇 | 2 | 機拵 | 4 | 菓子屋 | 9 |
| 農間賃撚糸 | 19 | 賃機 | 24 | 石工 | 2 |
| 農間撚糸 | 22 | 賃撚糸 | 12 | 小間物屋 | 2 |
| 農間機 | 39 | 撚糸 | 15 | 仕立物 | 9 |
| 農間水車 | 5 | 機 | 6 | 古道具商 | 3 |
| 農業 | 17 | 筆学指南 | 2 | 九六鋤 | 4 |
| 農間青物 | 2 | 髪結 | 2 | 桶 | 2 |
| 農間小間物 | 2 | 仕事師 | 4 | 鳶 | 2 |
| 農間仕立物 | 2 | 按摩 | 4 | 農日雇 | 18 |

まず水利用に関わる業種として、撚糸業と染色業を対象とする。ただし撚糸業については、関連業種である賃撚糸業と揚撚り業が存在し、それらも対象として別々に抽出する。賃撚糸業とは、撚糸業の下請け業者で、機屋から撚糸業者が受注した撚糸の業務を孫受けする立場の業種である。揚撚り業の「揚撚り」とは、強撚糸のことを指す。強撚糸とは、通常より強力に撚糸かけることを言い、通常の撚糸が 1メートルあたり 200～300 回転の撚りであるのに対し、強撚糸では 1メートルあたり 2500～3000 回転の撚りを施す特殊な撚糸である。強撚糸を施した糸を緯糸に用いることで生地に独特の凹凸(シボという)ができる。お召しなどの製作に用いる縮緬の生地に、このような強撚糸を施した緯糸が用いられる。通常の織物は特にシボを必要としない。そのため、揚撚りはお召しもしくは他の縮緬生地の生産にのみ必要な特別の工程といえる。

一方、揚撚りに対して撚糸業や賃撚糸業で行われる通常の撚糸は、「下撚り」と呼ばれることもあるが、以後特に理由がない限り下撚りは撚糸という言葉を用いることとする。下撚りは、縮緬に限らずほぼ全ての織物で必要とする工程である。

その他、水利用とは直接かかわらないものの、織物産業の構造を理解するうえで重要であると考え、製織工程と織物商家も分析対象に加えた。製織工程は、織物生産工程の中核をなすもので、機屋と賃機業を対象とする。前述のとおり機屋は、各工程の織物関係業者に生産委託するという形で生産工程全体を監督する側面も持っている。一方賃機業は、機屋から製織を下請けする立場の業種である。

織物商家は、生糸商と絹買次商を指す。いずれも織物生産に直接かかわるものではないが、域外

との原料糸や最終製品の取引を行う桐生の対外流通の窓口の役割を果たす。また織物商家は、織物産業による富が最も集中しやすい業種であり、地域への影響力が高いと考えられるため、桐生の織物産業の構造を理解するのに重視すべき項目である。

2.3 水路の再現結果および各織物業種の集積状況

2.3.1 旧公図から見る水路網周辺の空間

桐生のまちには、現存する赤岩用水の他に大堰用水という用水路が存在した。旧公図を用いることで、これらの水路網の地理的展開状況を、支流を含めて再現できるとともに、流域の空間構成をある程度読み取ることができる。道路は赤、河川と用水路は青または水色で示されている。

大堰用水 桐生新町

図 2-3-2 に桐生新町周辺地域の旧公図を示す。

中央を縦断する直線状のメインストリートを挟む形で対照的に敷地割がなされており、大野八右衛門によってなされた計画的な町割りが見て取れる。メインストリートの左側には水路が道路に沿って引かれており、これが大堰用水である。図中の道の上端には桐生天満宮があり、まちの始まりである「宿頭」として位置づけられている。図下部の左に突き出た形状の部分は浄運寺の敷地で、まちの終端である「留まり」として位置づけられている。左上の突き出た部分は横山町という地区で、江戸期には代官の陣屋があった。

大堰用水 下久方村

図 2-3-3 に下久方村周辺地域の旧公図を示す。

下久方村は、桐生新町の北東部に位置し、桐生新町を流れる大堰用水の上流側に位置する。計画的な町割りがなされていないため、道路及び用水路は不規則なパターンとなっている。図中の右側の太い青は桐生川で、この図のさらに上部に大堰用水の取水口がある。大堰用水は不規則に枝分かれし、必ずしも道路に沿った展開にはなっていない。これは、大堰用水が農業にも使用されていたためであろう。「桐生新町寄場組合村人別家業改請印帳」によれば、記録にある業種の 9 割以上は農業及び農業兼業であり、地図中の敷地も多くが農地であったと考えられる。

大堰用水 今泉村

図 2-3-4 に今泉村周辺地域の旧公図を示す。

下久方村同様に不規則な道路と用水路のパターンを見て取れる。今泉村は下久方村を流れる大堰用水の東部支流の下流側に位置し、大堰用水はさらに支流に分かれ複雑な流路をなしている。下久方村との違いは、古来の物と思われる不規則な道路と用水路のパターンの上に、やや太い道路が格子状にめぐらされている点である。家業改請印帳に見る農業及び農業兼業者の割合は 7 割弱であり、今泉村では約 3 分の 1 は織物関係業種を専業の生業としていた。その点で今泉村の方が下久方村よりも都市開発が進んでいたと見て取ることができる。

赤岩用水 新宿村

図 2-3-5 に新宿村周辺地域の旧公図を示す。

下久方村や今泉村と異なり、計画的な開発が進められたのではないと思われる規則的な道路パターンを見て取れる。用水路は道路と平行か直交するように流路が展開する箇所が多くみられ、このパ

ターンも規則的といえる。家業改請印帳に見る農業及び農業兼業者の割合は 7 割程度で、今泉村とほぼ同水準である。

図 2-3-1 に示すように、新宿村には桐生新町のような「宿頭」「留まり」と見て取ることもできる二つの宗教的なランドマークがある(最勝寺と定善寺)。このような構造も開発の計画性を感じさせる点である。ただし新宿村では、通常宿頭には神社が設置されるのに対し、寺院(最勝寺)である¹⁹⁾ほか、定善寺の先にも集落が続いているなど、桐生新町と比べると完全には町割構成の体をなしていない。

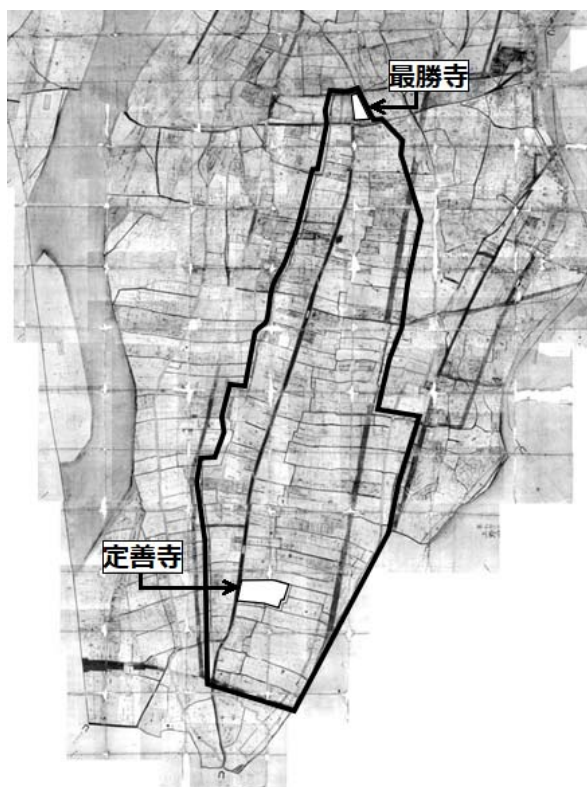


図 2-3-1 新宿村の空間構成と二寺

新宿村は、大野八右衛門が桐生新町の町割りをする以前から存在した村であり、その歴史はより古く、町割りの経緯の解明は今後の研究課題の一つといえる。

赤岩用水 境野村

図 2-3-6 に境野村周辺地域の旧公図を示す。

境野村は新宿村の下流側に隣接する村だが、新宿村のような規則的な区画は見られず、今泉村や下久方村の不規則な道路パターンに類似する。支流が必ずしも道路に沿わない点も両村と共通する。家業改請印帳に見る生業において、境野村における農業ないし農業兼業の戸数は全体の 9 割近く存在し、用水路の水が農業にも用いられていたことを示している。

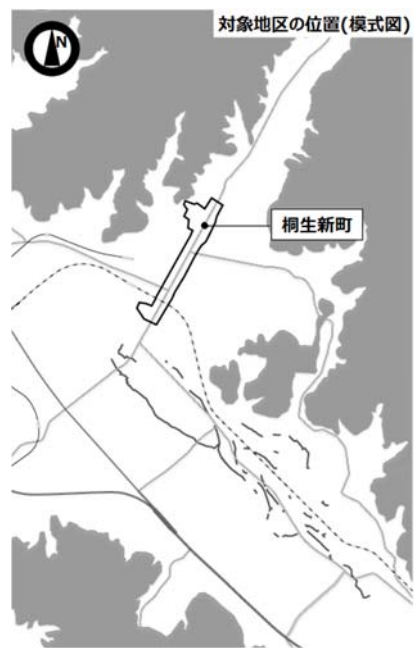


图 2-3-2 桐生新町(旧公团)



图 2-3-3 下久方村(旧公图)



图 2-3-4 今泉村(旧公图)



图 2-3-5 新宿村(旧公图)

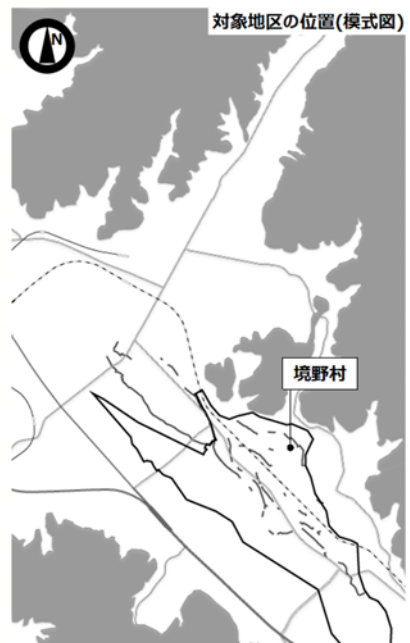
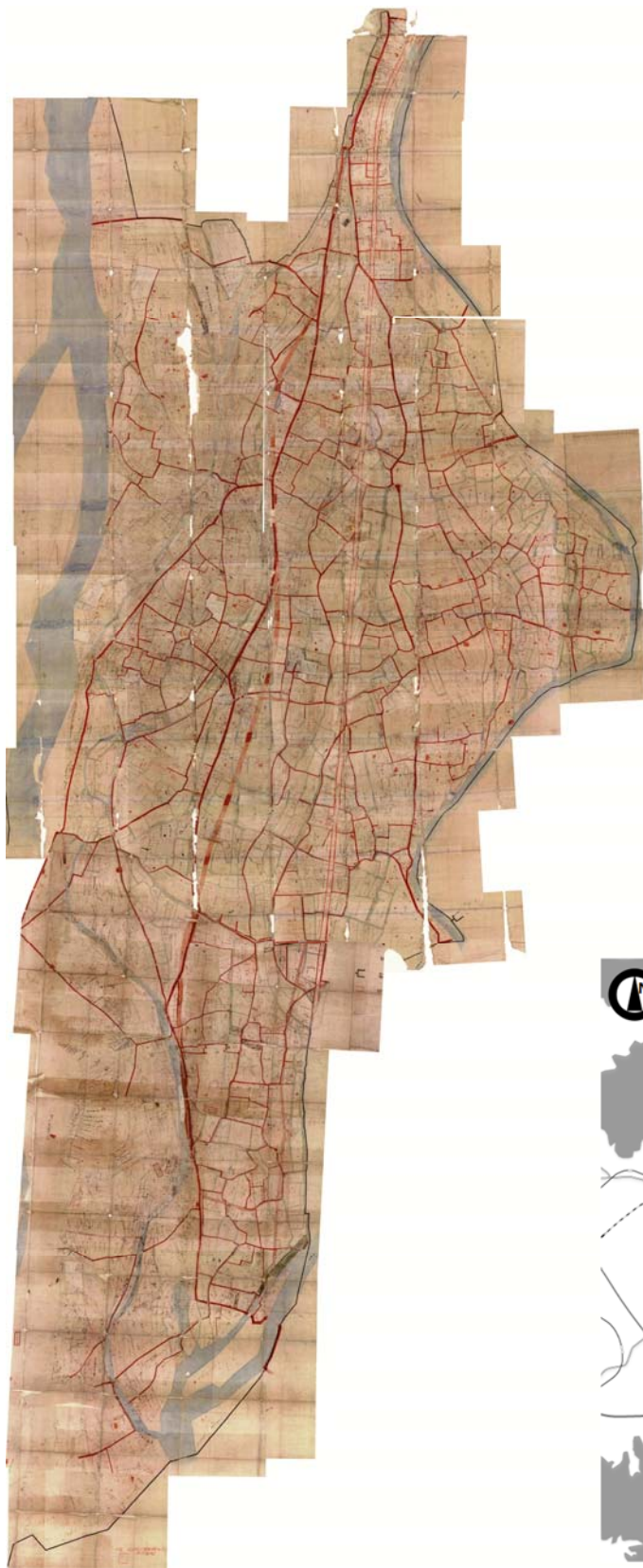


图 2-3-6 境野村(旧公図)

2.3.2 各村の行政区画と水路網の地理的展開図

図 2-3-7 に、前節の方法で確定した明治初年の行政区画と用水路網を示す。都市部全域にわたって毛細血管のような水路網が張り巡らされていたことが見て取れる。都市の水辺空間は、現在の桐生市街地とは全く様相が異なることが分かる。

上久方村南東部で、桐生川から取水する大堰用水は、複雑に分岐するが、主に 3 つの支流群に分かれる。中央の支流は、下久方村から桐生新町を流れている。その西側に村松村・堤村の各村境界付近を流れる支流があり、東側に下久方村・今泉村を流れる支流がある。いずれの支流も最終的には新川に合流していた。桐生新町を流れる中央の支流が直線的であるのを除き、不規則な網の目状の分岐を繰り返す。

渡良瀬川から取水する赤岩用水は、無数の支流に分岐しながら、新宿村・境野村を流れ、桐生川と渡良瀬川に合流していた。両用水の間を流れていたのは、渡良瀬川から取水し、桐生川に吐水する新川で、新川に隔てられているため二つの用水路が合流する箇所は存在しない。前述のとおり、新川は戦後に発生した台風による洪水被害ののち暗渠化されたため、現存しない。

織物関係業種の集積地と用水路の位置関係を分析するにあたり、用水路の流域ごとに以下のように各村をカテゴリ分けする。大堰用水のほぼ全域は、下久方村、桐生新町、今泉村を流れている。これらの三村を「大堰用水系」とする。上久方村、村松村、堤村は区画内に大堰用水が流れているはいるが僅かである。これらの村の主要部は比較的標高の高い地域で占められているため(150メートル以上、図 2-3-7 において灰色で図示するエリア)、「中山間部」とする。新宿村と境野村には赤岩用水の全域が流れているので、「赤岩用水系」とする。元宿村は、いずれの用水路も流れていないため、「その他」として扱う。

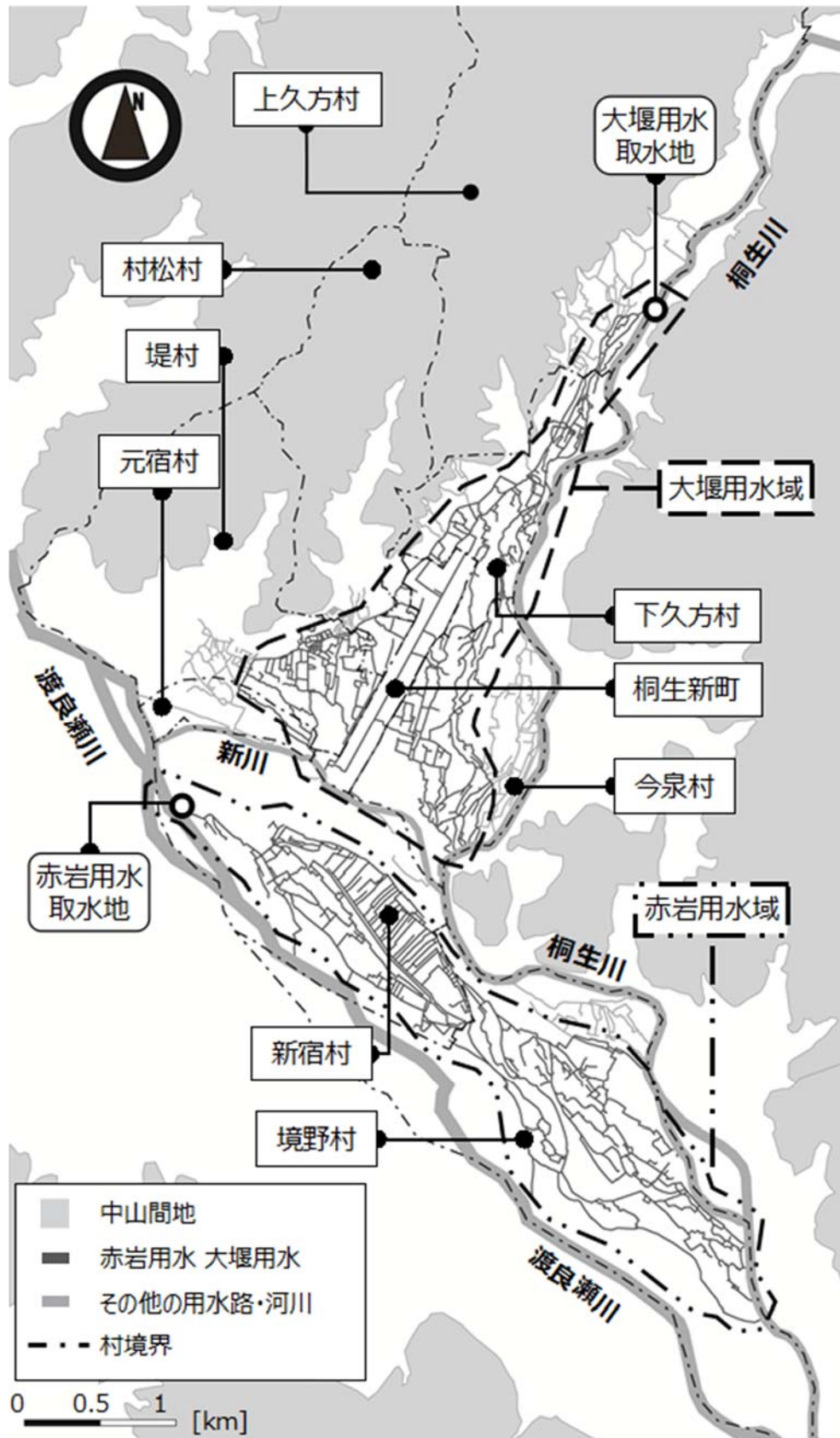


図 2-3-7 1872 年における桐生の 9 カ村と二つの用水路

2.3.3 各織物業種戸数の地理的分布状況

以下に、各村における各業種の戸数を、新宿村・境野村の赤岩用水系、桐生新町・下久方村・今泉村の大堰用水系、上久方村・村松村・堤村の中山間部およびその他の村(元宿村)という形でグループ分けし、用水路の織物産業利用との関わりを明らかにする。表 2-3-1 に結果を示す。

表 2-3-1 明治 2 年(1869)年における桐生 9 カ村の織物関係業種戸数
(桐生新町のみ明治 5(1872)年)

| 水利用の有無 | 業種 | 赤岩用水系 | | 大堰用水系 | | | 中山間部 | | | その他 |
|---------|------|-------|-----|-------|------|-----|------|-----|----|-----|
| | | 新宿村 | 境野村 | 桐生新町 | 下久方村 | 今泉村 | 上久方村 | 村松村 | 堤村 | 元宿村 |
| 水車動力を使用 | 撚糸業 | 37 | 9 | 1 | 34 | 18 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| | 賃撚糸業 | 31 | 20 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| | 揚撚り業 | 0 | 0 | 2 | 17 | 39 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 水を使用 | 染色業 | 2 | 2 | 14 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 水不使用 | 機屋 | 45 | 37 | 173 | 22 | 55 | 6 | 4 | 6 | 1 |
| | 賃機業 | 24 | 94 | 10 | 16 | 0 | 51 | 6 | 17 | 2 |
| | 織物商家 | 2 | 2 | 39 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 |

撚糸業(水力を動力として利用した業種)

大堰用水系の撚糸業の合計が 53 戸(桐生新町 1 戸、下久方村 34 戸、今泉村 18 戸)あるのに対し、赤岩用水系では 46 戸(新宿村 37 戸、境野村 9 戸)である。撚糸業は、桐生新町を除く大堰用水系の下久方村および今泉村、赤岩用水系の新宿村および境野村に多く集まっているが、特に下久方村と新宿村への集積が著しい。

賃撚糸業(水力を動力として利用した業種)

賃撚糸業は、上久方村の 6 件のほかは、すべて赤岩用水系の新宿村および境野村に集中している。反面、撚糸業の一定の集中がみられた大堰用水系には、全く存在していない。

揚撚り業(水力を動力として利用した業種)

揚撚り業は、大堰用水系の今泉村に最も集積がみられ、次いで下久方村が多い。賃撚糸業とは対照的に、赤岩用水系には全く存在していない。

下撚りの撚糸が織物全般に必要な工程であるのに対し、揚撚りは縮緬生産にのみ必要な工程である。揚撚りの集積状況は、強撚糸を必要とする縮緬生産の集積状況との関わりも考えられる。

撚糸業全体の合計では、赤岩用水系は 97 戸(新宿村 68 戸、境野村 29 戸)あるのに対し、大堰用水系は 111 戸(桐生新町 3 戸、下久方村 51 戸、今泉村 57 戸)である。この結果から、明治初年当時、撚糸業全体の集積状況は、大堰用水系がやや上であったといえる。

染色業(水を利用した業種)の地理的分布

染色は多量の水を使用するため、用水路の利用があったと考えられる。染色業は、桐生新町と下久方村を中心にした大堰用水系に集積が見られる一方、赤岩用水系にはほとんど集積が見られない。

桐生新町は、他の村と異なり、動力としての水利用よりは、水そのものを用いる染色工程への水利用が主であったと見て取れる。

機屋(織物業の中核工程、水利用との直接の関わりはない)

機屋については桐生新町への目立った集積がみられる。前述のように機屋は、自ら製織工程を担うとともに、注文の多寡、種類に応じて、周辺の各工程の専門事業者に生産を手配し、織物生産の陣頭指揮も担っていた。桐生新町への機屋の集積状況は、桐生の中心地である桐生新町が、織物生産地の拠点でもあったことを示している。

賃機業(織物業の中核工程、水利用との直接の関わりはない)

機屋の分布とは対照的に、賃機業は桐生新町と今泉村にはほとんどなく、境野村や上久方村に多く分布している。機屋が多く賃機業が少ない桐生新町や今泉村は、織物生産の司令塔として他の村に生産を手配し、機屋が少なく賃機業が多い上久方村や境野村は、その主な手配先であったと見られる。新宿村、下久方村は、それらの中間にあたり、比較的機屋と賃機業の戸数の差異が少ない。

織物商家の地理的分布(域外取引の窓口、水利用との直接の関わりはない)

桐生織物の域外取引の窓口の機能は、桐生新町にほぼ一極集中していたことがわかる。

桐生新町は、大野八右衛門によって町割りになされて以後、絹織物産業の地として幕府から格別の庇護を受けた。そのため桐生新町には、伊勢や近江の商人の移住が進み、江戸末期以降の織物産業都市形成の基礎となった²⁰⁾。表2の結果は、明治初年においても桐生新町が近世以来の織物商取引の拠点であり続けていたことを示している。

2.3.4 織物業種の分業・集積化と水利用の関係について

撚糸業と染色業の分布状況から分かる桐生の水利用

撚糸業全般(賃撚糸を含む下撚り業、揚撚り業)の結果は、水路網が張り巡らされている赤岩用水系、大堰用水系に集中している。この結果は、これらの撚糸業が水車を用いていたことを示すものと言え、また撚糸業が水車を設置できるところを選定して操業した結果と見て取ることができる。

また、揚撚りが今泉村と下久方村に集積していた点も重視すべき結果である。地理的な位置関係から、両村は隣接していることから、下久方村から今泉村にかけて連続的に揚撚り業の集積地域があった可能性が考えられる。下撚りの撚糸業が、赤岩用水系と大堰用水系(主要部)全体に分布するのに対し、縮緬を用いる高級織物製品にのみ必要な揚撚り業の集積は、今泉村と下久方村固有の産業集積の特徴といえる。

赤岩用水系、大堰用水系(主要部)の各村の中で、唯一桐生新町のみ撚糸業の戸数が著しく低く、代わりに染色業が多い。染色業は、西陣から技術者を招聘し技術レベルを上げた工程であり、先染めを用いる高級織物の生産を可能にしたコア技術の一つといえる。

桐生新町の次に多いのは下久方村であるが、両村は隣接していることを考えると、染色業者が下久方村から桐生新町にかけて集積する地区があったと考えられる。その他の村には、染色業者はほとんど存在していない。染色業の集積が桐生の中心地とその近傍に限られることは、高級織物生産にお

いて染色の技術がそれだけ重視されていたということではないかと考えられる。

以上、織物関係業種から明治初年における桐生の水利用の状況を分析した。その結果から桐生の水利用は、決して赤岩用水周辺だけでなく、大堰用水を含めた用水路の全域におよぶものであったことが分かる。もう一つ重要な点として、染色業と揚撚り業という、お召しの製作にも関わる縮緬生産の重要工程が特定のエリア(桐生新町、下久方村、今泉村)に集積していたことも挙げられる。これも既往の研究では、指摘されていない点である。

桐生の織物関係業者が、桐生伝統織物業の歴史を語る際、必ず登場するのが「お召し」である。お召しは略礼装の和服で、用いられる素材は最高級の部類である。より精度の高い調査を必要とするものの、高級織物であるお召しの生産が、桐生織物業のゾーニングと水の利用方法に影響を与えた可能性は高い。

各種織物生産量から見る明治初期の桐生織物業の生産体制

ここまでの考察で、大堰用水主要部の染色業と揚撚り業の集積は、この地域がお召しや縮緬など的高級織物生産に特化した産業集積をしていた可能性を指摘した。3～6年ほど年代の開きがあるものの、この推測を裏付ける史料がある。

表 2-3-2 は明治 8 年時点の、各村の品種別織物生産高である²¹⁾。明治 2 年の家業改請印帳と 6 年ほどの開きがあることを考慮する必要はあるが、桐生新町・下久方村・安楽土村(明治 6 年に今泉村・堤村・村松村・元宿村が合併した)に縮緬の生産が集中しており、上記推測と合致する内容といえる。安楽土村は合併した 4 ヶ村のデータとなってしまうが、表 2-3-1 で示した傾向が明治 8 年にも大きく変化していないのであれば、生産品目のほとんどは旧今泉村由来のものと推測できる。

「品目詳細」と題した列の内訳は多種にわたり、「織都」と言われた桐生の織物技術の高さがうかがえる。そのなかで、特に縮緬類と帯地類を抽出し、その他品種と区別して集計した。縮緬類は大堰用水系主要部への集積が予想される品種である。帯地類を特に抽出したのは、縮緬の生地を使用せず、お召しに関わる部位としてまず考えられる品種のためである。これは、赤岩用水系の生産拠点が必要としない品種として、帯地類を主力としたのではないかと予想するものである。

集計結果が示す通り、強撚糸が必要である縮緬は、桐生新町・下久方村・安楽土村がすべてを占め、他の地域での生産は見られなかった。上述のように、安楽土村を概ね今泉村の数値と捉えるなら、お召しを含めた縮緬の生産はほぼ大堰用水系で行われていると言える。

赤岩用水系の 2 村を見ると、その他織物を多様に生産している一方で、帯地が主力を占めていることが分かる。特に境野村ではその傾向が強く、単位の違いはあるものの全体数量の約 4 分の 3 を帯地が占めている。これらの織物は縮緬生地を使用しないため、揚撚りの工程は必要ない。この結果も上記の推測を支持するものといえる。

このように明治 8 年の各村の品目別織物生産量からは、大堰用水系と赤岩用水系の各村の織物関係業種の集積状況から推測した大堰用水系 3 ヶ村の縮緬生産への特化、という桐生織物業の生産体制とほぼ合致することが確認できた。

表 2-3-2 明治 8 年における桐生各村の品種別織物生産高

| 織物分類 | 品目詳細 | 単位 | 桐生新町 | 下久方村 | 安楽土村 | 新宿村 | 境野村 | 上久方村 |
|---------|----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 縮緬類 | 御召縮緬 | 反 | 1820 | 1475 | 5897 | | | |
| | 綿緯御召 | 反 | 7300 | 404 | 19500 | | | |
| | 南部縮緬 | 反 | 6200 | | 3966 | | | |
| | 大巾縮緬 | 反 | | | 420 | | | |
| 縮緬類合計 | | | 15320 | 1879 | 29783 | 0 | 0 | 0 |
| 帯地類 | 絹織物女帯地広巾 | 條 | 4333 | | | | | |
| | 絹織物女帯地尺巾 | 條 | 26811 | | | | | |
| | 絹織女帯地 | 條 | | | | 36148 | 12395 | |
| | 七寸巾帯地 | 條 | | | | | 7000 | |
| | 女帯地 | 條 | | 300 | | | | |
| | 男帯地 | 條 | 2657 | | | | | |
| | 女腰帯地 | 條 | 2550 | 800 | | | | |
| | 本国織帯地 | 條 | | | 51 | | | |
| | 琥珀広帯地 | 條 | | | 350 | | | |
| | 九寸琥珀帯地 | 反(ママ) | | | 1060 | | | |
| | 博多織帯地 | 條 | | | 100 | | | |
| | 紋九寸帯地 | 條 | | | 5670 | | | |
| 帯地類合計 | | | 36351 | 1100 | 7231 | 36148 | 19395 | 0 |
| その他織物 | 南部織 | 反 | | 2303 | | | | 1400 |
| | 綿緯南部 | 反 | 73500 | | 16147 | | 1120 | 13200 |
| | 南部綿 | 反 | | 8720 | | 9218 | | |
| | 節糸織 | 反 | 42000 | | | | | 2850 |
| | 節織 | 反 | | | | 14500 | | |
| | 紅梅織 | 反 | | | 165 | 2500 | | |
| | 八端織 | 反 | | | | 1500 | | |
| | 綾綸子 | 反 | | | | | 3400 | |
| | 半襟地 | 反 | | | | | 950 | |
| | 紹 | 反 | | | 150 | | | 50 |
| | 璧千代紹 | 反 | 3600 | 1555 | 4410 | 11500 | 450 | |
| | 糸織 | 反 | 1200 | 853 | 1400 | | 212 | |
| | 薄琥珀 | 反 | | | 120 | | | |
| | 染絹縮 | 反 | | | 1000 | | | |
| | 広幅薄縮 | 反 | | | 200 | | | |
| | 紹羽織地 | 反 | | | | 1400 | | |
| | 羽織地 | 反 | | 200 | | | | |
| | 薄羽織地 | 反 | | | 98 | | | 360 |
| | 琥珀袴地 | 反 | | | 200 | | | |
| 博多織袴地 | 反 | | | 49 | | | | |
| その他織物合計 | | | 120300 | 13631 | 23939 | 40618 | 6132 | 17860 |
| 打紐他 | 絹打紐 | 條 | 123688 | | | | | |
| | 打紐 | 條 | | 14500 | | | | |
| | 倭蘭溪錦 | 條 | | | 100 | | | |
| | 竜門 | 匹 | | | | | | 20 |
| | 亀綾竜門 | 匹 | | | | | | 75 |
| 打紐他合計 | | | 123688 | 14500 | 100 | 0 | 0 | 95 |

2.4 織物産業史から考察する江戸後期から大正期にかけての水都・桐生の姿

明治初年の調査で明らかになった大堰用水系の水利用には、染色業と揚撚り業の集積という、赤岩用水系には見られない特徴がある。一つ目の特徴である染色は桐生を代表する伝統的な絹織物製品である「お召し」に重要な技術である。もう一つの揚撚りで行う強撚糸は、縮緬の生産のみに必要な工程である。前述のお召しも縮緬の生地を使用する。

この点に注目し、本節では、江戸期の桐生の産業構造の形成に大きな影響を与えたであろうお召しおよび縮緬が、桐生でいかに重要であったかを改めて評価したうえで、明治以降の水の利用形態変遷の過程とその要因について、当時の織物産業を取り巻く市場環境を踏まえて考察する。

2.4.1 江戸後期におけるお召し生産の重要性

桐生の「お召し」は、現在においても桐生の伝統産業を語る上で、「帯地」と並んでよく登場する織物製品である。文化・文政期(1804～1830年)に江戸の富裕層を中心にお召しが流行し、桐生の織物問屋等は、飛躍的に売上を伸ばした。桐生有数の絹買次商であった書上家の文書によれば、安永7(1860)年における桐生織物の売上は70万両に達したとされる²²⁾。70万両という金額がどれほどの大金であったか、正確に理解することは容易ではないが、天保14(1843)年における幕府の歳入154万3千両²³⁾の半額に迫る規模であることを考えると、特定の地域の産業としては桁外れの規模であったといえる。

書上家文書における売り上げ70万両には、品目の内訳はない。しかし、前述のように桐生が西陣から職人を招聘して導入した高機と先染め染色技術や水力八丁撚糸機の発明は、いずれもお召し生産に関わるものである。また、嘉永4(1851)年には、お召し生産の機屋による仲間(同業者組合)結成されており²⁴⁾、桐生の織物業界全体が、お召し、即ちお召し用縮緬の生産にかなりの力を注いでいたことがうかがえる。

このようなお召しをはじめとした高級織物の市場が巨大であったことが、大堰用水系の三村にその生産に特化した織物業種の集積をもたらしたのではないかと考えられる。

2.4.2 毛武遊紀から読み取る桐生の水車利用

お召しがここまで述べたような巨大市場だったのであれば、なぜ赤岩用水系を含めた桐生全域で生産体制を構築しなかったのだろうか。この点については画家であり、儒学者でもあった渡辺華山の記録に一つの手がかりがある。

渡辺華山は、天保2(1831)年に妹の嫁ぎ先である桐生を訪問した際に紀行文「毛武遊記」を残している。その中では、桐生の水車についても触れており、その特殊なまちなみを、驚きをもって記している。既往の桐生の水車研究でも渡辺華山の記録は、撚糸水車の歴史を語る上でしばしば引用される。その中に以下のような注目すべき箇所がある。「渡良瀬は深山より流れ出て暴流言ばかりなし。ただ桐生川分水によろしく、支流田園街にあまねく、水車そこはかとなくかけわたし、繰糸の労をばづく²⁵⁾。」

撚糸水車で有名な赤岩用水は、渡良瀬川から水を引いた用水路である。その渡良瀬川は「暴流」

であり、華山が見た水車は桐生川に掛けられたものであったことが、この文章から読み取れる。2章3節の分析結果は、下久方村や今泉村に集中する撚糸・揚撚りの集積を示すものであったが、毛武游紀の記述は、これらの織物関係業種による水車使用を裏付けるものといえる。

2.4.3 用水路活用の変遷過程：大堰用水から赤岩用水へ

ここまで大堰用水の水車使用を明らかにしたが、既往の桐生史研究で知られている水車の使用はむしろ赤岩用水の方である。これは、明治期以降赤岩用水系の二村が水車の数を増やし、大堰用水に代わって水力利用の中心となっていったためと考えられるが、どのような織物製品の生産によって発達したのであろうか。

表2-4-1に示す通り、大正8(1919)年には、赤岩用水系の水車数が、大堰用水系に比べ2倍以上の数量となり、赤岩用水系が水力利用の中心にとつてかわっている。ただし、各年代の開きが大きく、これを以って明治以降の赤岩用水系への撚糸水車の集中の根拠とするには不十分である。

表 2-4-1 江戸期～大正期にかけての撚糸業者、水車数の推移

| | 赤岩用水系 | 大堰用水系 |
|-----------------------------------|-------|-------|
| 安永 3(1774)年(撚糸業者数) ²⁶⁾ | 92 | 80 |
| 明治 2(1869)年(撚糸業者数) ²⁷⁾ | 97 | 111 |
| 大正 8(1919)年(水車数) ²⁸⁾ | 169 | 66 |

図2-4-1は桐生の輸出織物の製造額の推移であるが²⁹⁾、短期的な浮き沈みはあるものの明治期中期から末期にかけて輸出織物の額が4倍以上に伸びている。輸出品の主力は、縺子織や羽二重などである。

幕末の開国後、日本の生糸は輸出品の主力として大量に海外に流出し、幕末から明治の初期に



図 2-4-1 明治19年以降の桐生の輸出織物生産額推移

表 2-4-2 明治 15 年七県連合共進会出品目録(単価 40 円以上の物)

| 品名 | 数量 | 代価[円] | 町村名 | 氏名 |
|---------|----|-------|------|---------|
| 大広紋縮緬 | 一疋 | 200 | 山田村 | 縮緬機業会社 |
| 練広縮緬 | 一疋 | 124.6 | 桐生新町 | 小野里喜左衛門 |
| 大広畦琥珀卓被 | 一枚 | 85 | 安楽土村 | 森山芳平 |
| 綿広窓掛 | 一卷 | 77 | 桐生新町 | 一色栄治郎 |
| 倭錦広帯 | 一筋 | 60.5 | 桐生新町 | 小島要次郎 |
| 倭錦広帯 | 一筋 | 55 | 桐生新町 | 笠原斎四郎 |
| 倭錦広帯 | 一筋 | 49.5 | 新宿村 | 横山嘉兵衛 |
| 広薄琥珀洋服地 | 一卷 | 53.9 | 新宿村 | 江泉政七 |
| 広薄琥珀洋服地 | 一卷 | 50.7 | 新宿村 | 長清七郎 |
| 薄琥珀洋服地 | 一卷 | 51.7 | 新宿村 | 江原貞助 |
| 本国織広帯 | 一筋 | 49.5 | 広沢村 | 諸井市太郎 |
| 御召縮緬卓被 | 二枚 | 49 | 安楽土村 | 河合貞吉 |
| 倭襦珍織広帯 | 一筋 | 45 | 安楽土村 | 森山芳平 |

表 2-4-3 明治 24 年輸出織物製造者と概算年間生産額

| 氏名 | 住所 | 製品名 | 年概算額 | 氏名 | 住所 | 製品名 | 年概算額 |
|---------------|------------|-----|----------------|--------------|--------|-----|----------------|
| 森良太郎 | 桐生町桐生新町一丁目 | 羽二重 | 10,428 | 木村健太郎 | 桐生町新宿 | 縮緬 | 5,800 |
| 田島道太郎 | 桐生町桐生新町二丁目 | 羽二重 | 5,027 | 高草木庄太郎 | 桐生町新宿 | 羽二重 | 5,148 |
| 江原金八 | 桐生町桐生新町三丁目 | 羽二重 | 12,070 | 木村平七 | 桐生町新宿 | 縺子 | 9,000 |
| 金子吉右衛門 | 桐生町桐生新町四丁目 | 羽二重 | 7,425 | 江原貞助 | 桐生町新宿 | 甲斐絹 | 15,000 |
| 田中半六 | 桐生町桐生新町五丁目 | 羽二重 | 6,312 | 大澤知三郎 | 桐生町新宿 | 羽二重 | 5,418 |
| 奈良キク | 桐生町桐生新町横町 | 羽二重 | 15,423 | 江原常五郎 | 桐生町新宿 | 縺子 | 11,000 |
| 桐生新町 計 | | | 56,685 | 長清七郎 | 桐生町新宿 | 羽二重 | 6,200 |
| 増田彦平 | 桐生町桐生新町 | 羽二重 | 6,974 | 江原貞助 | 桐生町新宿 | 琥珀 | 9,000 |
| 栗原又三郎 | 桐生町東安楽土 | 羽二重 | 28,441 | 朝倉茂三郎 | 桐生町新宿 | 羽二重 | 6,298 |
| 須永富三郎 | 桐生町東安楽土 | 羽二重 | 6,875 | 新宿 計 | | | 72,864 |
| 渡邊たか | 桐生町東安楽土 | 羽二重 | 10,208 | 新井機一 | 境野村 | 羽二重 | 88,200 |
| 木村階藏 | 桐生町東安楽土 | 羽二重 | 6,072 | 牧島清三郎 | 境野村 | 羽二重 | 88,200 |
| 小林栄太郎 | 桐生町東安楽土 | 羽二重 | 11,072 | 石井丈吉 | 境野村 | 羽二重 | 29,400 |
| 星野竹次郎 | 桐生町東安楽土 | 羽二重 | 7,618 | 下山覚次郎 | 境野村 | 絹布 | 15,000 |
| 後藤定吉 | 桐生町東安楽土 | 羽二重 | 12,061 | 大須賀桂太郎 | 境野村 | 練綾 | 15,020 |
| 縮緬会社 | 桐生町東安楽土 | 縮緬 | 59,430 | 飯田広吉 | 境野村 | 羽二重 | 33,600 |
| 東安楽土 計 | | | 148,751 | 高橋だい | 境野村 | 羽二重 | 84,000 |
| 石原和市郎 | 桐生町西安楽土 | 縮緬 | 5,380 | 佐藤柳作 | 境野村 | 羽二重 | 12,600 |
| 金居善太郎 | 桐生町西安楽土 | 羽二重 | 6,072 | 境野村 計 | | | 366,020 |
| 谷治平 | 桐生町西安楽土 | 羽二重 | 5,412 | 成愛社 | 梅田村上久方 | 羽二重 | 181,500 |
| 大澤源作 | 桐生町西安楽土 | 縮緬 | 6,415 | 上久方 計 | | | 181,500 |
| 下山万七 | 桐生町西安楽土 | 羽二重 | 10,318 | | | | |
| 西安楽土 計 | | | 33,597 | | | | |

かけて、織物業界では生糸不足が問題となった³⁰⁾。また同時に生糸の輸出額を上回る綿糸や綿織物が海外から流入し、桐生の織物業においても厳しい環境となった。こうした状況を受けて、明治初年以降 10(1878)年頃にかけて、桐生の織物業者は絹綿交織品の製造への転換で対応した。その後、輸出用の羽二重の生産技術を確立し、明治 19(1886)年頃から主力の輸出品として生産が本格化した³¹⁾。このように明治の桐生織物業を牽引したのは江戸期のお召し用縮緬に代わって比較的廉価な織物や輸出用の織物製品となり、明治以降の赤岩用水における水車数の増加は、これらの伸

びと関係していると考えられる。

表 2-4-2 は明治 15 年に行われた国内の織物産地 7 県が参加する織物製品の販売促進イベントに出品された桐生地域の製品目録である³²⁾。単価 40 円以上の高額織物はすべて桐生の物であったとされるが、その中で新宿村から出品された 4 点のうち 3 点は洋服地である。この史料は、桐生地域で生産された織物を網羅するものではなく、またこれらが輸出向けであることを証明するものではないが、新宿村が特に欧米の織物製品を意識した姿勢をとっていることが読み取れる。

表 2-4-3 は既に羽二重の輸出が確立された明治 24 年時点の各村の輸出織物製造者と概算年間生産額の一覧である³³⁾。東安楽土、西安楽土の具体的な区画については、正確に確認できる史料がなかったが、地理的な位置関係を考えると東安楽土は旧今泉村を、西安楽土は旧村松村、旧堤村、旧元宿村を指していると推測される。羽二重の生産が輸出品のほとんどを占めていることを確認できるが、中でも境野村の生産額が最も大きいことが分かる。新宿村についても桐生新町よりも高い生産額を示しており、明治の中頃以降は赤岩用水系の 2 村で輸出用織物生産に大きな伸びがあったことが分かる。

もう 1 点特記すべきは、東安楽土(旧今泉村と考えられる)の生産額が境野村に次いで高い点である。明治初年において、大堰用水系の中で機屋は桐生新町が最も多かったが、明治 24 年時点での輸出織物は東安楽土が桐生新町の 2 倍以上の輸出織物を生産している。表 2-4-1 のように大堰用水系の水車の数については、明治期から大正期にかけて減少していることを考えると、江戸期には撚糸業や揚撚り業が集積していた今泉村は、明治期中ごろ以降は水力利用を行う撚糸業・揚撚り業が減少する一方で、輸出用製品の製織を行う機屋が増加・集積したと考えられる。一方で水力を利用する撚糸業は赤岩用水系に集約され、写真史料に残るような「水車まち」に発展したと考えられる。

明治 20(1887)年には、日本織物会社が設立され、近代的な動力機械を備えた当時国内最大の織物工場を建設したが、これは当時高額であった欧米の先進機械を多数導入し、専用の動力用水路を開削するなど、巨額の投資事業であった。こうした大規模な投資に踏み切った背景には、明治期中期以降の桐生地域の羽二重輸出量の増加があり、そのような市況を受けて桐生の織物関係者や資産家が投資をする価値があるという判断をしたものと考えられる。

日本織物会社の工場は動力源として水力を用い、工場動力とともに照明用の発電も行った。日本織物会社の水力利用型の工場は、水都・桐生の最終形態といえ、その水源は渡良瀬川である。明治期以降の桐生の水力利用では、渡辺華山が「暴流言ばかりなし」と評した渡良瀬川の水をむしろ積極的に使用している。恐らく開国による輸入外圧への対抗は、新たな輸出品の開発だけでなく、製品の大量生産への対応も必要としたと考えられる。「暴流」は見方を変えれば、流量が多いことを意味する。明治期以降、日本織物会社や赤岩用水によって、渡良瀬川の水利用が主流となったのは、桐生の織物産業がより強力な動力源、即ち豊富な水量を必要とした結果であったと考えられる。

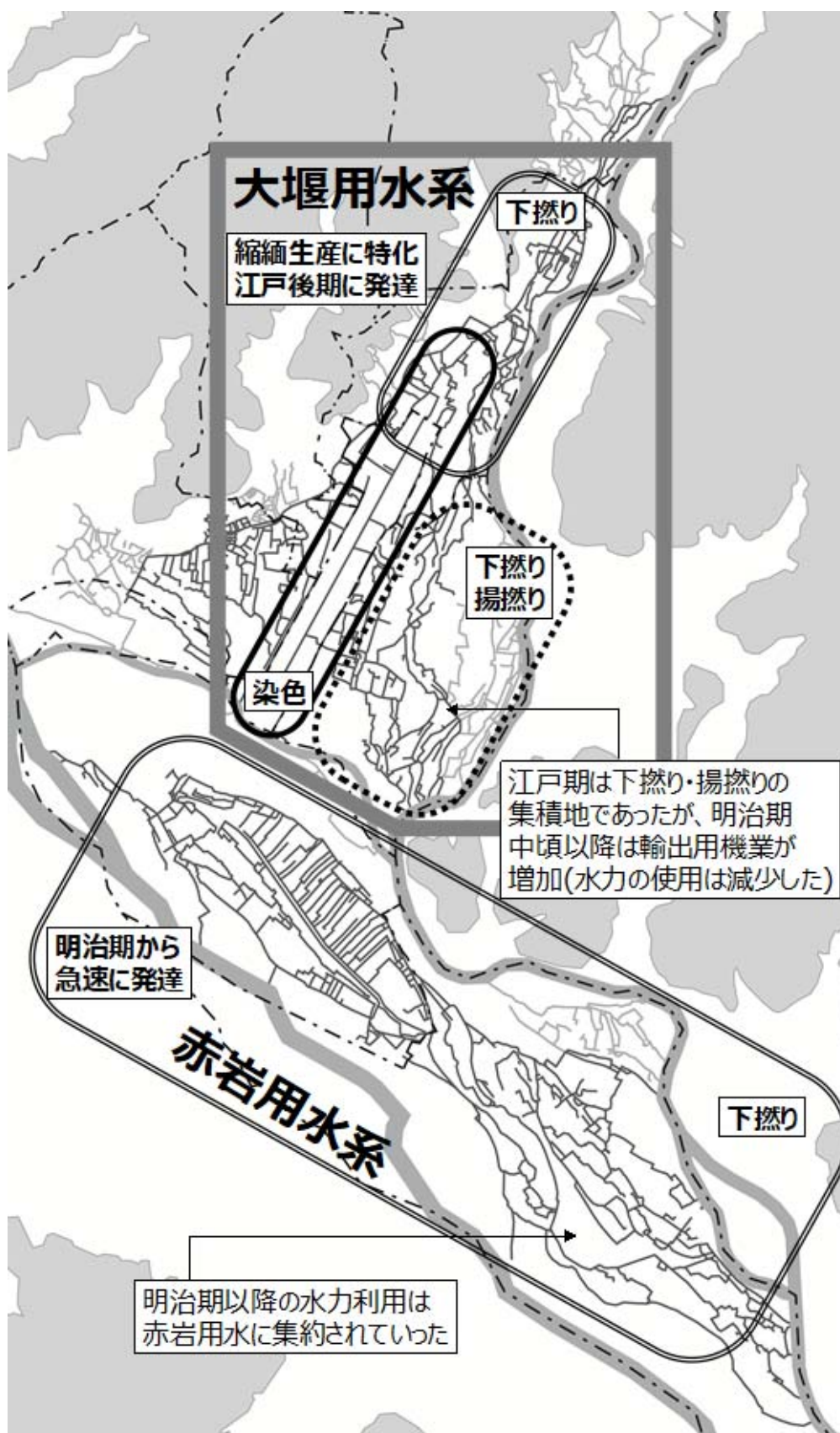


図 2-4-2 桐生の織物業と水力利用の概念図(江戸後期～明治期)

2.5 小結

本章では、桐生発祥の織物業用水車である水力八丁撚糸機の普及が進んだ江戸後期から明治初期にかけての桐生の織物業都市形成過程と水力利用の実態を以下の点について明らかにした。

1. 旧公図を用いて桐生を流れる赤岩用水と大堰用水の地理的展開状況と当時の桐生新町とその周辺 8 カ村の行政区画を再現した。
2. 明治初年当時の 9 カ村における織物関係業種の戸数を分析することで、大堰用水系、赤岩用水系いずれにおいても水車を動力に用いていた撚糸業が集積していることを示した。
3. 大堰用水には、撚糸業の中でも強撚糸を扱う揚撚り業のほか、水力ではなく水そのものを使用する染色業も集積していることを明らかにした。具体的には揚撚り業は今泉村と下久方村に、染色業は桐生新町と下久方村に集積していた。これは赤岩用水には見られない大堰用水の水利用の特徴である。
4. 桐生新町に最も多く(9 カ村全体の約半数)の機屋の集積がみられた。機屋は織物生産の司令塔の役割も担っており、桐生新町が当時の桐生織物業の中心的な位置づけであったことを示した。
5. 江戸後期の桐生の織物業では高級織物であるお召し用縮緬の生産によって桐生織物業の地位が飛躍的に向上した歴史事実と、1.~4.の結果(明治初期のため江戸期末期の状況を残していると考えられる)とを比較すると、大堰用水系の 3 村(桐生新町、今泉村、下久方村)には、お召し縮緬に重要な染色、揚撚り、機屋がいずれも集積していることが見いだせた。
6. 赤岩用水系は、高度な染色や強撚糸を必要としない縮緬以外の織物製品を中心に生産し、明治中期以降から大正期にかけて生産量を増加させたことを明らかにした。その生産量の増加は輸出入織物の伸びによるものであることを示した。
7. 以上から、江戸後期から明治初期にかけての桐生の水利用は、大堰用水系の 3 村(桐生新町、今泉村、下久方村)を中心に生産体制を発達させ、明治期以降から大正期にかけては赤岩用水を利用した生産体制が発達したことを明らかにした。即ち、桐生のまちは両用水全域を活用し、水利用に適応した専業種の集積によって都市全体が一つの織物工場のように機能していたことを示した。

-
- 1) 藤井恵介，清水重敦，酒井一光，山之内誠，金行伸輔，蓮沼麻衣子，三宅雅崇，牧田知子，窪田亜矢，山口和樹：伝統的建造物群保存対策調査報告書，桐生市教育委員会，1994
 - 2) 星和彦，吉田敬子，佐々木正純，小保方貴之，大里仁一，萩原清史，本間昇，新井功一，北川紘一郎，蓑崎昭子，前原勝良，石原雄二，前橋工科大学，桐生工業高校：ノコギリ屋根工場群の活用による都市再生モデル調査報告書，経済産業省関東経済産業局，2005
 - 3) 亀田光三：渡良瀬川沿岸の一用水と織物用水車の発達について，群馬文化，第 275 号，群馬県地域文化研究協議会，pp.37-50，2003.7
 - 4) 亀田光三：日本織物会社の技術と経営，桐生史苑，第 50 号，桐生文化史談会，pp.5-33，2011

- 5) 亀田光三：桐生輸出織物と買継商，群馬文化，第 253 号，群馬県地域文化研究協議会，pp.35-51，1998
- 6) 前掲注 3)，pp.45-46
- 7) 桐生老人クラブ編：桐生織物と撚糸水車の記憶，2003.3
- 8) 桐生市立南公民館，南地区生涯学習推進委員：新宿撚糸水車地図，桐生市立南公民館所蔵，1997
- 9) 川村晃正：明治初年桐生織物産地における産業集積と分業関係，専修商学論集，第 82 号，pp.205-270，2006.1
- 10) 川村晃正：グローバル化と織物産地，専修商学論集，第 102 号，pp.41-69，2016.1
- 11) 安永 9(1780)年桐生新町町絵図、天保 14(1843)年桐生新町敷地割図面、安政 6(1859)年上州山田群桐生東荒戸今泉村水災荒所略図など水路を含む部分的な地図資料はいくつか存在するものの、同時期に作成された地域を網羅する史料は現段階では確認されていない。
- 12) 旧公図は、明治政府による地租改正時に作成された地図である。桐生地域の旧公図では、明治 6 年の合併による安楽土村の記載があるため、明治 6 年以降であることが分かる。一方、新宿にある桐生市立南小学校の創立は明治 6 年 10 月であるが、当該の箇所にはまだ学校に対応する区画がなく、地図の作成は南小学校創立以前であることが分かる。以上から、桐生地域の旧公図は明治 6 年 1～10 月に作成されたと推定した。
- 13) 明治 5 年以前の桐生新町周辺の各村境界については、桐生の郷土史研究家である桐生市立図書館元館長の大瀬氏より助言をいただき、現在の大字を手掛かりとする調査方法をとることとした。
- 14) ZENRIN：ZENRIN 桐生市住宅地図，2014
- 15) 島田一郎：桐生地名考，桐生市立図書館，2000
- 16) 前掲注 9)，pp.234-244，本稿図 2-2-1 は簡単のため準備工程(撚糸等)、製織工程、仕上げ工程(整理等)および先染めと後染めの実施段階が最低限分かる内容に留めた。
- 17) 前掲注 10)
- 18) 桐生織物史編纂委員会：桐生織物史，桐生織物同業組合，上巻，1940，pp.360-361
- 19) 桐生仏教会のウェブサイト(<http://www.kiributsu.jp/kiryunootera/kiryunootera.html>)によれば、かつては最勝寺が桐生の雷電神社の別当として祭祀を執り行っていたとあり、神仏習合の要素を持つ寺院であった可能性は考えられる。その意味では、最勝寺が宿頭の神社の代わりをなした可能性はある。
- 20) 桐生新町四〇一年祭実行委員会：未来への遺産，桐生産業デザイン振興会，1994，p.21
- 21) 桐生織物史編纂委員会：桐生織物史，桐生織物同業組合，中巻，1940，pp.254-257
- 22) 群馬県史編さん委員会：群馬県史資料編，群馬県，第 15 巻，1977，pp.493-495
- 23) 江戸文化歴史検定協会：江戸博覧強記 江戸文化歴史検定公式テキスト上級編，小学館，2007，p.32
- 24) 前掲注 18)
- 25) 渡辺華山：華山全集，華山叢書出版会，p.423，1941，掲載されている資料の一つであり、毛武遊記を収録した資料はこれに限らない。
- 26) 亀田光三：桐生地方における水車八丁撚糸機と績屋，桐生史苑，桐生文化史談会，第 11 号，pp.14，1972.3 をもとに、大堰用水系、赤岩用水系に分類して集計した。

- 27) 本稿表 2-3-1 を大堰用水系、赤岩用水系に分類して集計
- 28) 前掲注 3), p.38 をもとに、大堰用水系、赤岩用水系に分類して集計
- 29) 前掲注 5), p.42 の表をもとにグラフを作成
- 30) 前掲注 20), p.38
- 31) 亀田光三：輸入外圧に対する地域の対応，ぐんま史料研究，群馬県立文書館，第 3 号，pp.3-4
- 32) 前掲注 21), pp.222-223, 表 2-4-2 は資料をもとに作成
- 33) 前掲注 21), pp.418-424, 表 2-4-3 は資料をもとに作成

第3章 近代水力工場の建設

桐生と欧米水力産業都市の比較

3.1 概要と既往研究

3.1.1 概要

明治20(1887)年に創業した日本織物会社は、輸出用の羽二重と縞子(織姫縞子というブランドで販売)を主力製品とし、原料糸の撚糸から、最終製品の整理まで網羅した一貫生産体制の絹織物生産工場を建設した。図3-1-1は、同工場の鳥瞰図である。撚糸、製織に動力機械を導入し、従業員597人を擁し、敷地には社員寮も設置されていた¹⁾。これは当時の近代工場として国内最大級のものであった。

工場動力には、蒸気機関とともに水力が用いられた²⁾。創業者佐羽喜六の末裔である佐羽秀夫氏は桐生のロータリークラブで、日本織物会社と当時の時代背景について講演し、講演録が残っている³⁾。それによれば、日本織物会社は大堰用水・赤岩用水のいずれにも依らない独自の動力用水路を開削し、水車を含めた欧米の先進技術を導入した。

次節の既往研究で紹介するように、日本織物会社の研究は同社の工場と産業技術そのものの研究に限られており、欧米の水力技術との関係性を明らかにする研究はなされていない。本章では、日本織物会社の利水システムを明らかにしたうえで、欧米の水力利用型織物工場の利水システムと比較し、技術導入の過程を明らかにする。



NIPPONORIMONOKAISHA LTD TOKIO & KIRIU JAPAN.

図3-1-1 日本織物会社鳥瞰図

3.1.2 既往研究

日本織物会社の研究

明治 20(1888)年に創業した日本織物会社については、桐生織物史の中で触れられているが、詳細な研究は亀田が行っている。亀田は、日本織物会社における水力発電や動力用水路の開削などの産業史的側面、輸出品の開発とその生産量の推移などの経営的な側面を研究し、当時国内最大級の近代工場と言われる日本織物会社の実像を明らかにした⁴⁾。しかし、動力用水車がアメリカ製であることは指摘しつつも、水力利用の技術がどこから伝えられたものであるかについては踏み込んではいない。

海外の水力技術の発達過程についての既往研究

人類の水車利用の歴史は古く、主たる用途は穀物加工であったが、そのほかにも様々な用途に用いられてきた。工業用途では、繊維産業(当初は織物ではなく、撚糸や紡績、羊毛の縮絨用など)で利用されるようになり、産業革命の基礎を築いた。産業革命の始まりは諸説あるものの、1760 年代のアークライトの紡績機の発明とワットの蒸気機関の改良等を指す見方が一般的である。

産業革命におけるエネルギー技術の発達は、石炭火力による蒸気機関の技術が焦点となりがちであるが、繊維産業における水車動力の利用も石炭と同じくエネルギー技術発達の一つの柱である。欧米における繊維産業における水力利用の技術は、プロト工業化の時代にイタリアで発祥し、イギリスでアークライトによって綿紡績工場の動力として確立し、アメリカで綿織物工場の動力として完成する。

こうした水力動力を基礎とした産業革命史の最終端に桐生の日本織物会社の水力利用型の絹織物工場が位置付けられると考えられるが、このような視点の研究はまだ行われていない。以下に、海外各地の水力工場についての研究を整理する。

ポローニャ(イタリア)の水力撚糸機の調査

18 世紀に使用されはじめたとされるイタリアの水力撚糸機は、繊維業における世界で最も古い水力利用の事例である。イタリアのロンバルディア州レッコの絹糸工場博物館にはこの復元模型があり、国内では第 40 回地中海学会の大会で紹介されている⁵⁾。

Calladine は、当時の記録文書に見るイタリアの水力撚糸機の発展過程を整理したうえで、イタリアの技術がイギリスのダーウェント川流域の工場に導入された経緯を調査した。また、同工場の復元を視野に入れた建物構造の調査結果をまとめている⁶⁾。

ダーウェント川流域の水力綿紡績工場群(イギリス)

18 世紀のイギリスのダーウェント川(Derwent River)周辺では、水車動力を利用した綿紡績工場が相次いで建設された。その中で、発明家であったリチャード＝アークライトが建設したクロムフォード工場は、世界初の工場制機械工業の成立とされ、この業績によってアークライトは「産業革命の父」と呼ばれている。

クロムフォード工場を中心とした周辺の工場群は、水力利用の衰退に伴って次第に操業を停止したり、建屋を別の用途で利用したりしたが、産業遺構としての評価や保全はなされていなかった。しかし 1970 年代になると、ボランティア団体アークライト協会⁷⁾をはじめとした産業遺構の保全活動が活発

に進められ、現在は一般人が立ち入ることができる歴史教育施設や商業施設として復活している。

Falconer⁸⁾⁹⁾、Menuge¹⁰⁾は、クロムフォードおよびダーwent川周辺の各水力利用型工場の建築構造を遺構の現地調査や設計当時の図面によって詳細に分析し、こうした産業遺構の復元・保全の取り組みの基礎知見を与えている。

アメリカ北東部の水力利用型綿織物工場

19世紀から20世紀初頭にかけて、ウォーザム、ローウェル、マンチェスター、コホーズを中心としたアメリカの北東部では、綿織物工場の動力に水車動力を用いた工業都市が発達した(そのほか、トロイでは水車動力による鉄鋼業が発達した)。産業革命が世界に展開し、石炭による蒸気機関が主流となる中、石炭の調達が困難であったこの地域では、パワーカナルと呼ばれる水車動力を得るための運河が開削され、水力利用を前提とした計画的な都市区画の設計がなされた。

これらの事例は、水車動力の利用が決して前近代の産物ではなく、産業革命によって蒸気機関が普及して以降も一定の発達を遂げたことを示している。しかし、化石燃料と電力が本格的に普及し、動力エネルギーの確保条件に地域差が少なくなってくると、産業の競争力においては輸送の立地条件がより重要となっていった。水力型の工業都市は、落差のある河川を必要とするため、内陸に位置することが多く、輸送拠点となる港から離れていることが不利になり、衰退していった。

水田を中心とする法政大学陣内研究室では平成27(2015)年に現地調査を行い、工場群およびその利水技術を各都市で比較し、近代水力工場の利水システムについて上記に示したような発達過程を分析し、まとめている¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。

3.2 課題設定と研究方法

3.2.1 課題設定

前節で紹介した水力利用型の工場は、世界の産業史においてイギリスのダーウエント川流域とアメリカ北東部にほぼ事例に限られる。よって、それらの諸工場に類する水力技術を擁した桐生の日本織物会社の成立は、国内産業史のみならず世界の水力利用の産業史において重要な意義がある。

本章では、欧米の先進技術を導入して建設したとされる日本織物会社の水力利用型織物工場が、いつの時代のどの都市の発展段階の水力技術を導入したものであるかを明らかにする。

3.2.2 研究方法

日本織物会社および既往研究で紹介したイギリスおよびアメリカ諸地域の水力利用型工場を、導水と排水を中心とした利水システムと、水車技術を中心とした動力機構の観点で整理を行う。また、必要に応じて、水力利用と都市空間の形成のかかわりについても考察を行う。その上で、上記イギリスおよびアメリカの諸工場の比較を通して技術的な発展過程を系統的にまとめた上で、日本織物会社の水力技術との比較を通して同工場の水力技術のルーツを明らかにする。

3.3 日本織物会社水力技術と物流システムの整備

日本織物会社が欧米から導入した技術は水力動力とその動力によって稼働させる織機をはじめとした自動機械の技術であるが、創業者の佐羽家は織物製品の輸送も重視し、桐生と横浜をつなぐ両毛鉄道(現 JR 両毛線)の敷設にも重要な役割を果たした。

本節では、水力技術とあわせ、日本織物会社の創業者が寄与した物流システムについても触れ、桐生に導入された近代技術をまとめる。

3.3.1 利水の形態

図 3-3-1 は、日本織物会社が開削した水路を地図上にプロットしたものである。図中の★印の部分に水車が設置されている。取水口付近で新川と立体交差し、工場へ向けて直線的な進路を取り、工場敷地上流で分水し、敷地内をぐるりと1周するように流れてから、再び合流する。合流後は、渡良瀬川に向けて直線的に流れる。

図3-3-2は、創業家の末裔である佐羽宏之氏から提供していただいた水車建設中を撮影したものである。水車設置部から下流は、上流部に対して約 10メートルの落差が設けられている。図 3-3-3 は、同氏から提供いただいた工場敷地内の図である。この図から、用水路を挟んで工場の対岸にある小屋に発電設備があったことがわかる。



図 3-3-1 日本織物会社用水路模式図

破線および矢印についての記号の説明はないが、恐らく電力供給網の経路を示していると考えられる。ただし、他の文献による工場動力については、蒸気機関一台 100 馬力、タービン水車二台 336 馬力という記載があるため¹⁴⁾、電力の用途は、機械動力ではなく照明用途で用いられていた可能性が高い。

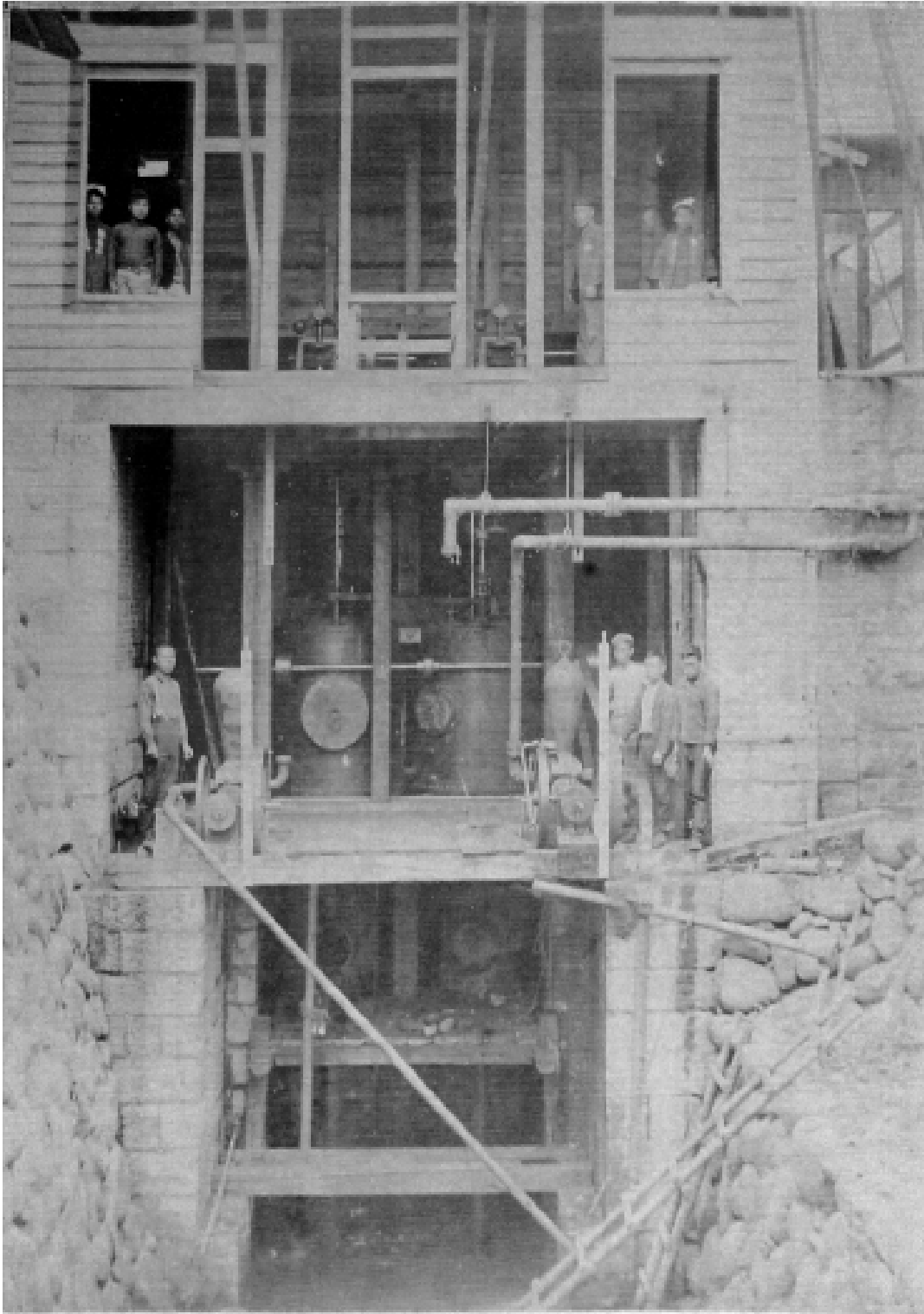


図 3-3-2 日本織物会社水車設置工事の様子

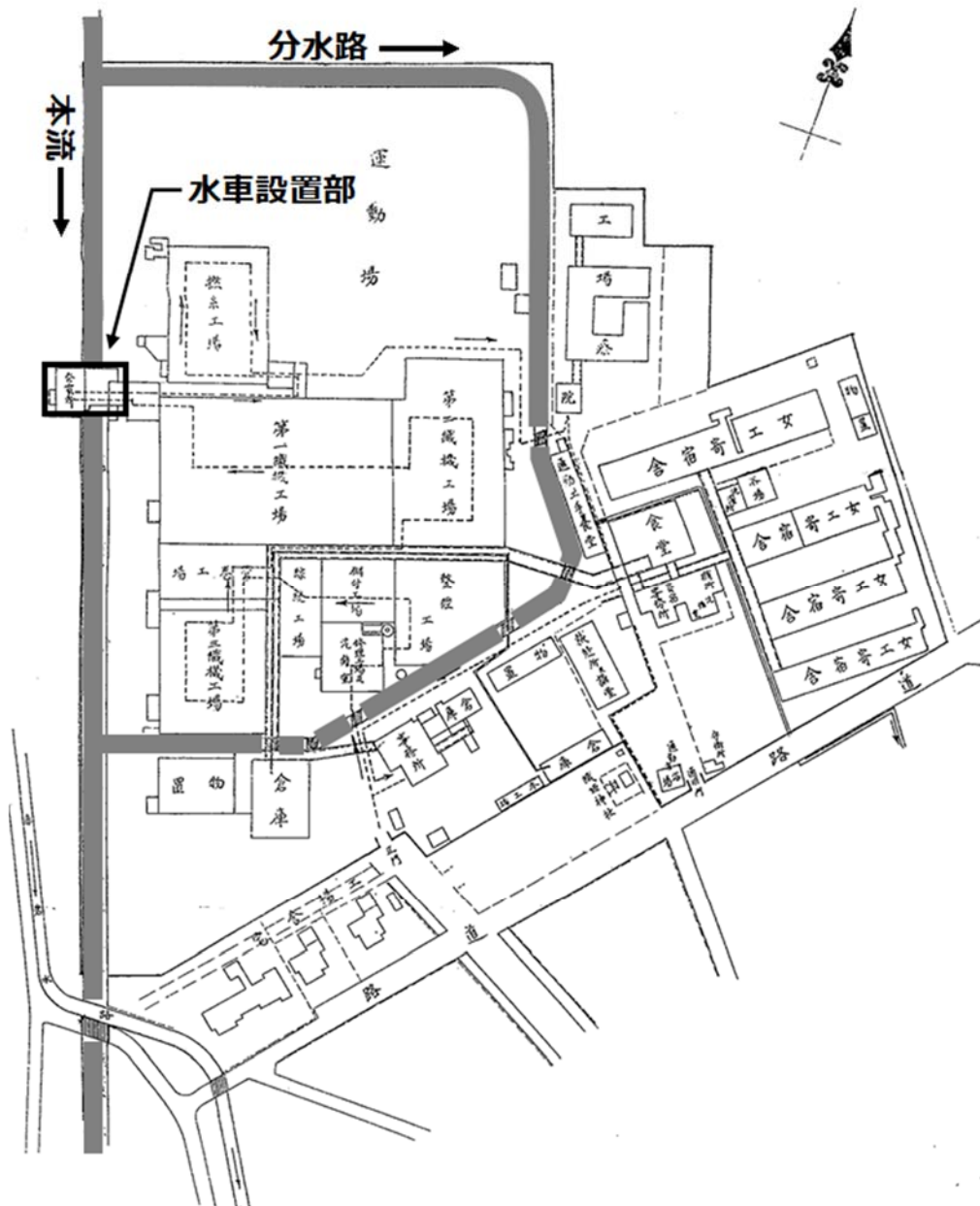


図 3-3-3 日本織物会社動力水路図

3.2.2 物流システムの近代化

桐生の近代的動力を備えた設備の導入事例は、明治 13(1880)年に設立した成愛社の蒸気機関を動力とする整理(仕上げ)機が他に先駆けて導入されたほか、桐生燃糸合資会社や大東織布株式会社、共立機業株式会社などが燃糸機や力織機を相次いで導入した。

このように近代設備を備えた工場は日本織物会社の他にもいくつかあるが、日本織物会社の創業者である佐羽家の取り組みにおいて特筆すべき点は、織物工場の他に筆頭株主として両毛鉄道の設立も主導した点にある。両毛鉄道は、前橋⇄小山間をつなぎ、赤羽線を経由して桐生⇄横浜の鉄

道輸送を可能にした¹⁵⁾。日本織物会社は工場敷地内から桐生駅へつなぐ私営線も設置し、工場から直接横浜へ輸出用織物製品を出荷できる体制をしいた。

明治期の産業革命の黎明期において、桐生織物業の近代化が佐羽家を中心とした桐生の事業家・資産家によって手がけられ、当時の最先端水準といえる工場と物流インフラを整えたことは、日本の産業史においても注目すべき点である。内陸の地方都市でこのような先進的な開発に踏み切った背景には、これらの開発の着手前に、日本織物会社の創業家・佐羽喜六の父である吉太郎による欧米の視察が大きな影響を与えていたと考えられる。

3.2.3 日本織物会社のエネルギー方針

前出の佐羽秀夫氏の講演録によれば、吉太郎は政府の使節団に同行する形でアメリカとイギリスを視察したとされる。その際イギリスにおいて、マンチェスターの近代的な工場に驚嘆するとともに、マンチェスター⇄リバプール間を結ぶ鉄道を見たことが、両毛鉄道の構想につながったと述べている。鉄道については、イギリスの視察が大きな影響を与えたことは間違いないが、織物工場の動力源については必ずしもマンチェスターの工場を参考としたとはいえない。マンチェスターの織物工場は、主に蒸気機関を動力としており、桐生の水力工場とは異なる動力システムであった。秀夫氏の講演録では鉄道についての視察の状況については語られているが、水力動力についてはほとんど触れられていない。また、アメリカの視察がいかなるものであったかについても同様にほとんど触れられていない。しかし、のちに日本織物会社が主要な動力に水車動力を採用したことを考えると、視察旅行の過程でアメリカの水力利用技術の情報を何らかの形で入手したのではないかと考えられる。

日本織物会社の創業者である佐羽喜六は、同社の工場機械の買付のため工務長の山岡次郎とともに明治21(1888)年に渡米した¹⁶⁾。当時のイギリスではマンチェスターを中心に蒸気機関を工場動力とする技術が主流となっていた。しかし、彼らはアメリカのスタウトミルアンドテンプル(Stout Mill & Temple)社から、タービン水車を購入しており、別途蒸気機関の設備も購入してはいるものの、主要動力を水力とした。このことについて亀田は、日本織物会社設立趣意書及其要綱¹⁷⁾の中で、蒸気力との比較の上で水利の優位性が書かれているという点に触れ、当時高価な石炭の使用を避ける狙いがあったと考察している¹⁸⁾。これは、アメリカ北東部の水力利用型の織物工場群が、蒸気機関を採用しなかった理由と共通する。このことから、日本織物会社が建設した水力利用型の工場は、アメリカの水力利用技術に大きなヒントを得ていたと推測できる。

次節ではその欧米水力利用型工場群の事例を紹介するとともに、日本織物会社の工場との比較を行う。

3.4 欧米の水力織物工場の事例と利水システム

イギリスの産業革命は綿紡績業から始まった。その初期段階を担った者の一人に「産業革命の父」と呼ばれるリチャード＝アークライトがいる。アークライトは、イタリアの絹撚糸に用いられていた水車動力技術を基礎に、イギリスのダーwent川流域の都市であるクロムフォードにて、世界で初めて水車動力で稼働する綿紡績機による工場制機械工業の構築に成功した¹⁹⁾。その後、ダーwent川流域には、類似の水車を動力とする綿紡績工場が、複数箇所建設された。この綿紡績工場の水力利用システムはその後アメリカに伝播し、アメリカ北東部のメリマック川流域を中心に、大規模な水車動力型の綿織物工場を成立させた。

産業革命において、動力では蒸気機関、産業では綿織物業、鉄鋼業、鉄道業の発達が良く知られるところであるが、動力機械化の初期段階に生まれた水力利用型の繊維工業も、その後約180年にわたる発達の歴史を持っている。本節では、各地の水車動力型の繊維工場を紹介し、桐生の日本織物会社の水力利用システムとの比較を行う。

3.4.1 ポローニャの水力撚糸工場とイギリスのロムズミル(Lombe's Mill)



図 3-4-1 ポローニャの水力撚糸器械

ポローニャの水力撚糸の水力撚糸工場は、15世紀後半に建設されたと考えられている。図3-4-1は、1500年当時にポローニャで用いられた絹撚糸機械で、図の上部に確認できるように中央に歯車があり、動力によって円筒状の機械が駆動していた様子がうかがえる。この図の動力については、必ずしも水力である確証はなく、馬などを動力として使っていた可能性も考えられている。



図 3-4-2 ボローニヤの水力撚糸器械(復元品)

この撚糸機は、当時の絹織物産業において最も生産性の高い方式であったとされ、その後 17 世紀後半にイギリスに伝えられ、ダービシャー州のダーwent川(Derwent River)流域でボローニヤ方式の撚糸機を擁した水力利用型の撚糸工場、ロムズミル(Lombe's Mill)が建設された。図 3-4-3 はロムズミルの外観図である。5 階建てで、1, 2 階にて撚糸を行い、3~5 階で撚糸を終えた糸を巻き取るシステムとなっている。直径 8 メートルほどの下掛け水車が工場側面に取り付けられ、シャフトを通して各階の機械に動力を伝えた。

水力システムは図 3-4-4 のような配置になっている。図の上部がダーwent川本流で左から右に流れる。図中左上に水寄せ用の堰が設けられており、3 つのコーンミル(トウモロコシ加工場)を経て、下流側でロムズミルの水車に到達する仕組みとなっていた。コーンミルの位置にもかつてはロムズミルと類似の撚糸工場があったとされるが、19 世紀に取り壊されコーンミルに変わった。

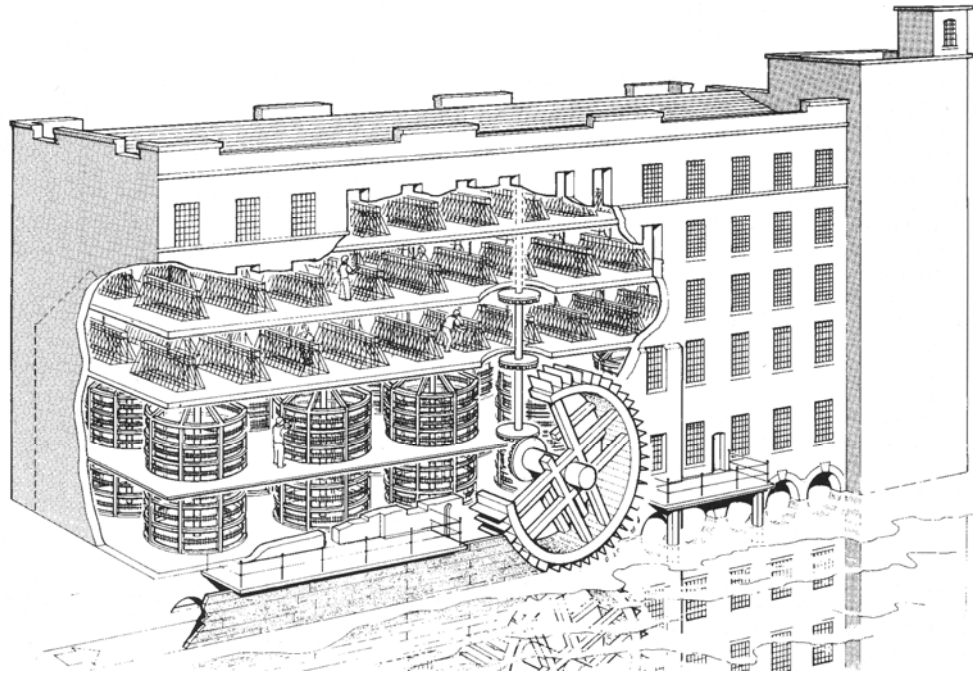


図 3-3-3 ロムズミルの外観および内部

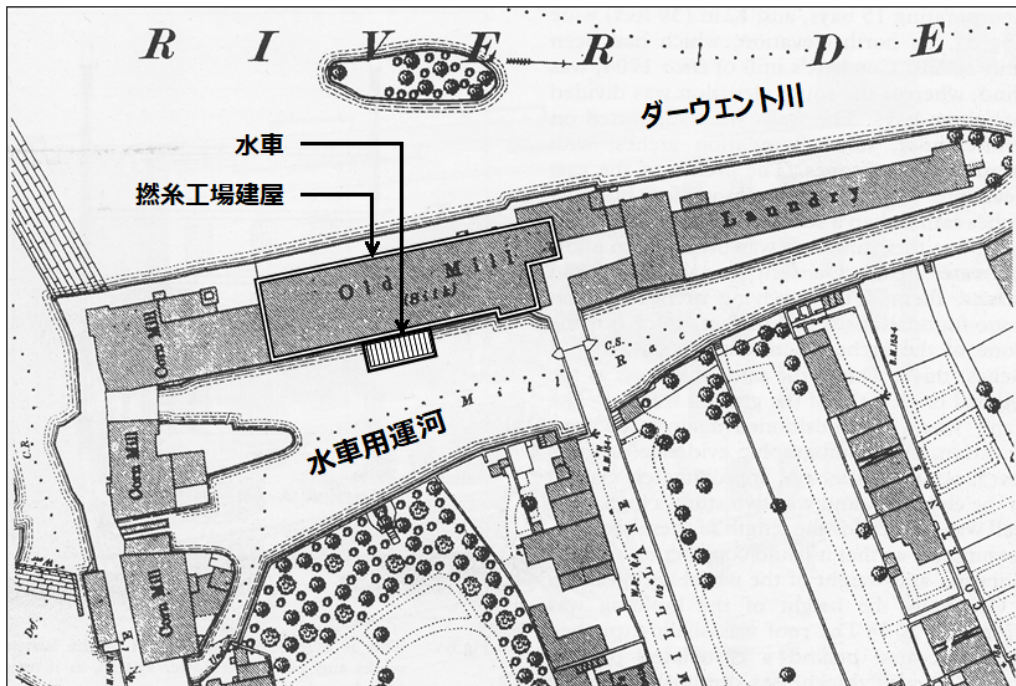


図 3-3-4 ロムズミルの利水システム概観図

3.4.2 イギリス、ダーウェント川（ダービシャー州）流域の水カ工場群



図 3-4-5 クロムフォードミル

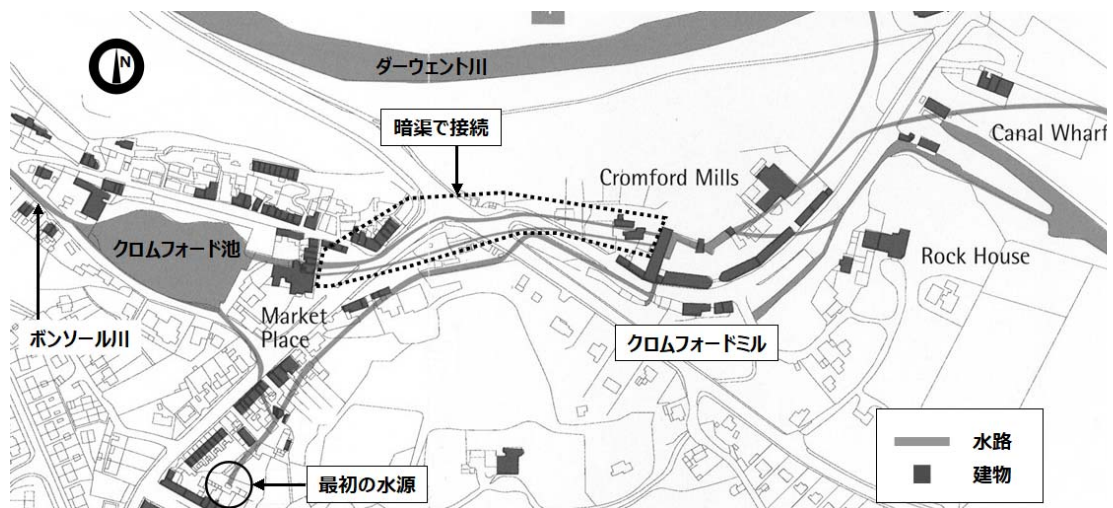


図 3-4-6 クロムフォードミルの利水システム

前述のリチャード＝アークライト(Richard＝Arkwright)は、絹撚糸で使用されていた水車動力機構を基礎に、綿紡績の機械化に成功した。図 3-4-5 は、アークライトが建設したクロムフォードミル(Cromford Mill)である。1771年から建設に着手し1791年には関連の建屋をすべて完成している。図 3-4-6 にクロムフォードミルとその周辺の利水システムを示す。山間地であるクロムフォードは、元々鉱山があり、石灰岩の採掘がなされていた。アークライトはその鉱山排水路からダーウェント川に流

第3章 近代水力工場の建設 桐生と欧米水力産業都市の比較

れる水をクロムフォードミルに導き動力として用いた。しかし、動力を得るのに充分でなかったとみられ、より多くの水量を得るために図 3-4-6 中の西側から流れるボンソール川(Bonsall Brook)を水源とするクロムフォード池(Cromford Pond)からの取水を行った。クロムフォード池からクロムフォードミルへは暗渠で接続されている。工場で使用した水は、東に向けて排水され、水運に使用されるクロムフォード運河(Cromford Canal)に接続する²⁰⁾。工場建屋は図 3-4-8 のように段階的に拡張、新築された。③の段階で追加された棟は現存していないがこの棟においても水車を使用した痕跡が残っている。

工場は 1846 年に廃業後、倉庫や染色工場などとして利用されたが、火事によって一部の建屋が消失するなどののちは、風化に任せていた時期があった。その後、アークライト協会(Arkwright Society)によって敷地と建屋の買収および復元がなされた。現在は産業資料館として建屋内部も公開しており、ダービシャー州の観光名所の一つとなっている。

ダーウエント川流域には、マッソンミル(Masson Mill)、ベルパー(Belper)の工場群などに、同様の水力を利用した綿織物工場があった(図 3-4-9)²¹⁾。図 3-4-10 は、ベルパーのストラッツミル(Strutts' Mill)の利水システムである。ストラッツミルでは工場建屋の下部に水路を通す構造とし、水車は図 3-4-11 のように、建屋の側面ではなく内部に位置する構造になっている。建屋の外で水車を回していたクロムフォードミルに比べ、水車と設備稼働部との間の伝達距離が短くなり、動力伝達効率の改善を図ったことがうかがえる²²⁾。また、屋内に水車を配置することで、水車の稼働が天候に左右されにくくなったと考えられる。

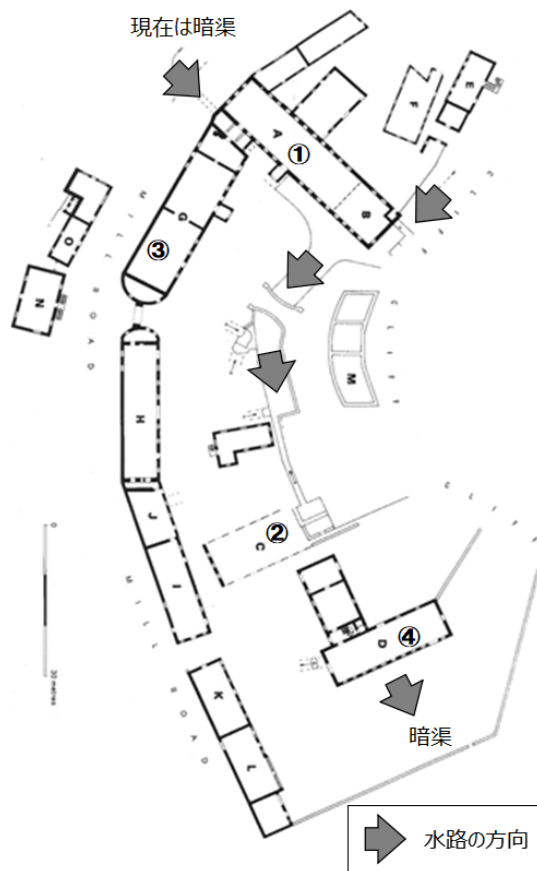


図 3-4-7 クロムフォードミルの配置図

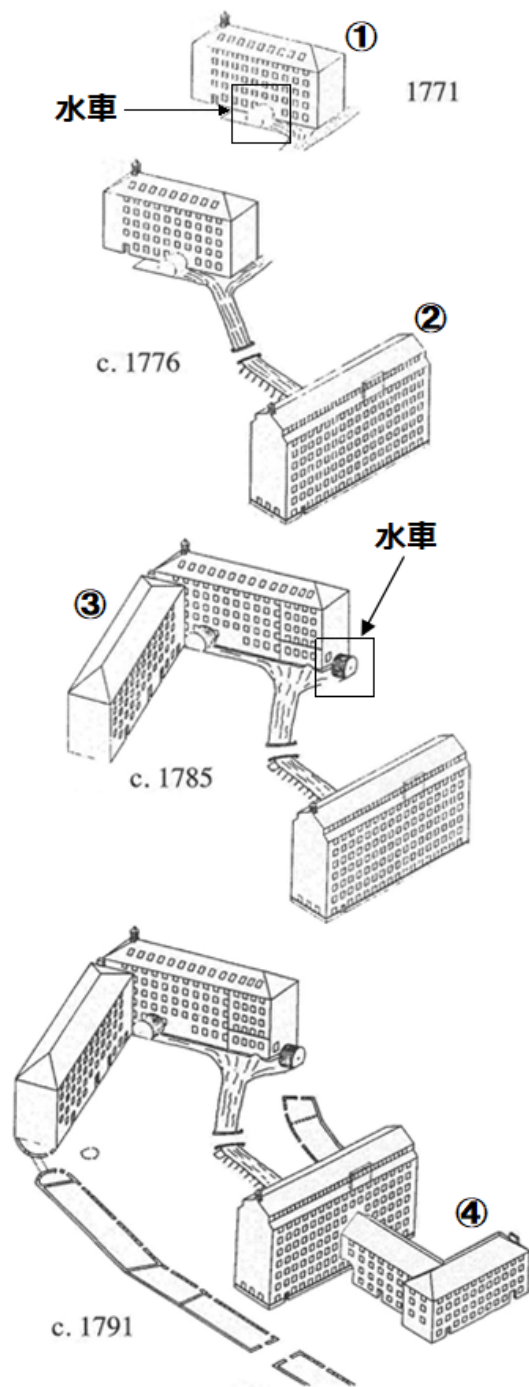


図 3-4-8 クロムフォードミルの建設過程

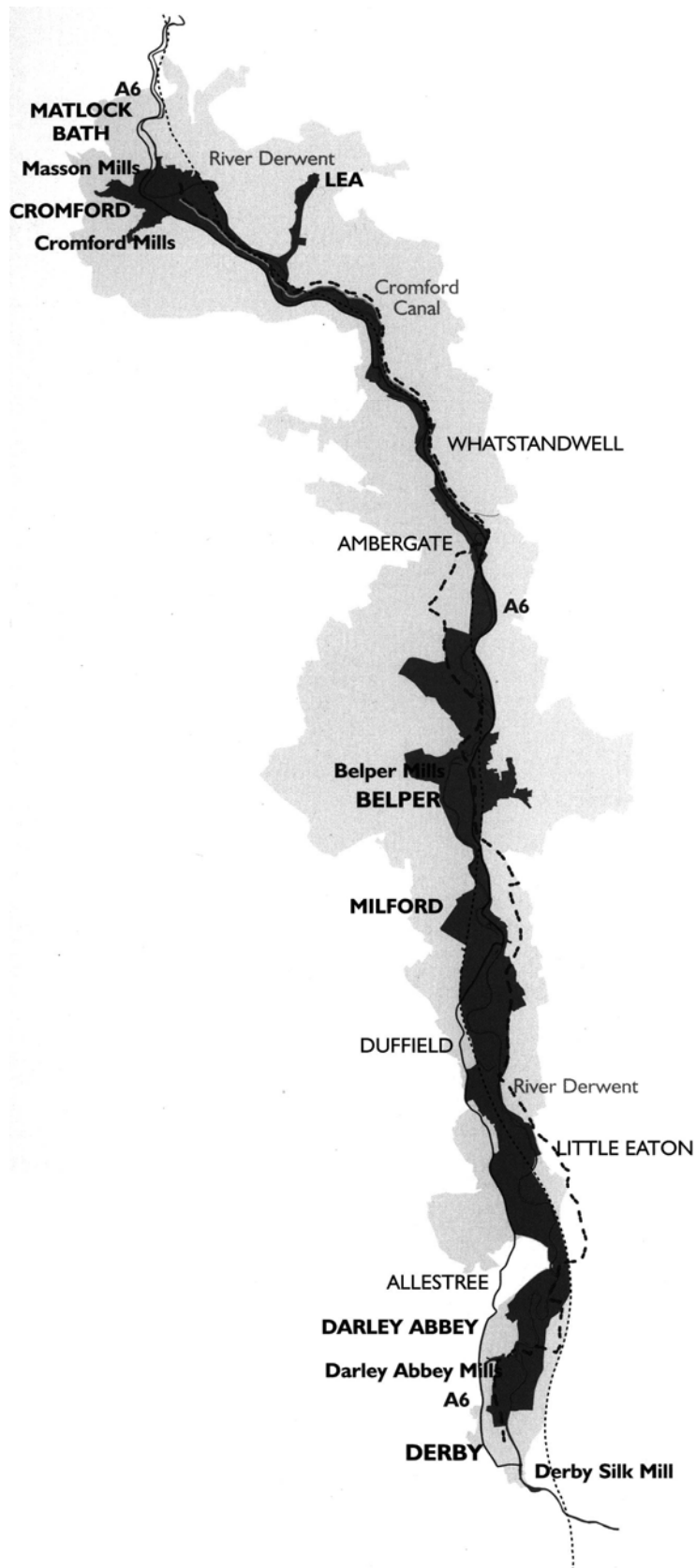


図 3-4-9 ダーウェント川周辺の工場の分布状況

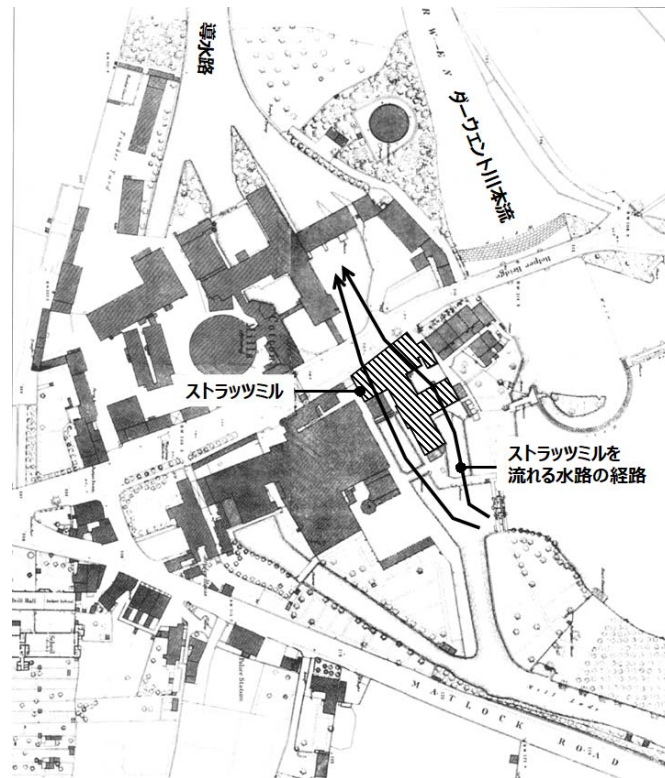


図 3-4-10 ストラツツミルの利水システム

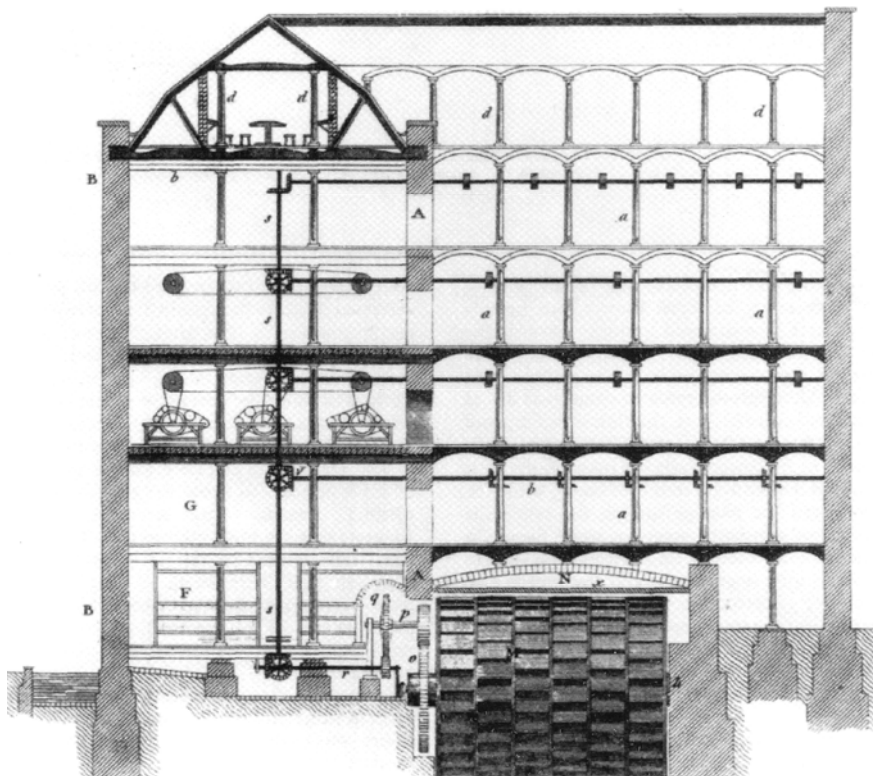


図 3-4-11 ストラツツミルの水車動力機構(計画図)

3.4.3 ポータケット(Pawtucket)とウォーザム(Waltham)の水カ工場

世界に先駆けて産業革命を展開したイギリスは、その競争優位性を維持するために機械輸出禁止令を敷き、生産設備だけでなくその図面に至るまでのあらゆる製造技術の海外流出防止に努めていた。しかし 1793 年に、アメリカにもアーカライト式の紡績機を備えた水カ工場、スレーター・ミル(Slater Mill)が、ロードアイランド州のポータケットのブラックストーン川(Black Stone River)のほとりに建設された。

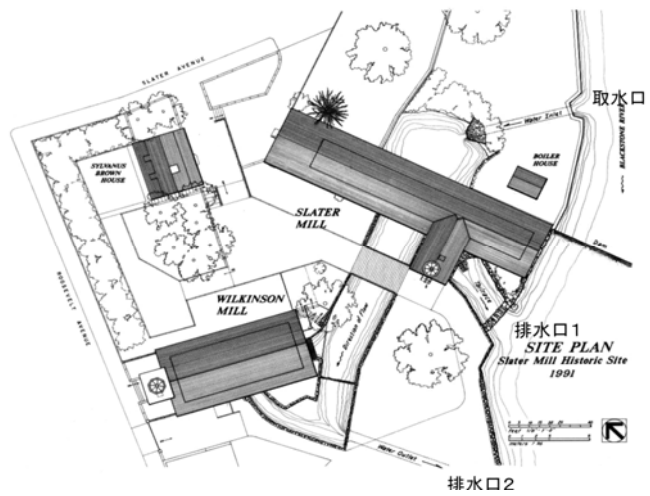


図 3-4-12 スレーター・ミルの利水システム

同工場の成立の立役者となったのが、「アメリカ産業革命の父」とも呼ばれるサミュエル=スレーター(Samuel=Slater)である。スレーターはベルパーの工場経営者、ジュディダイア=ストラット(Jedediah=Strutt)に弟子入りし、業務を通して綿紡績の製造工程と製造機械の構造に習熟し、その全てを記憶した上でアメリカにわたった。スレーター・ミルは、スレーターが資本家のモーゼス=ブラウン(Moses=Brown)の技術支援をする形で建設された。

図 3-4-12 は、スレーター・ミルの利水システムである。建屋の下部に水路を通す方式は、スレーターが従事していたベルパーのストラッツミルと類似の方式であることが分かる²³⁾。

スレーター・ミルを草分けとし、アメリカにおいても動力機械による綿紡績および綿織物産業が展開した。マサチューセッツ州のウォーザムは、スレーター・ミルをさらに発展させた水力利用型の工業都市のひとつである。1814 年には、動力水車を擁するボストンマニュファクチャリング社(以下、BMC 社)が稼

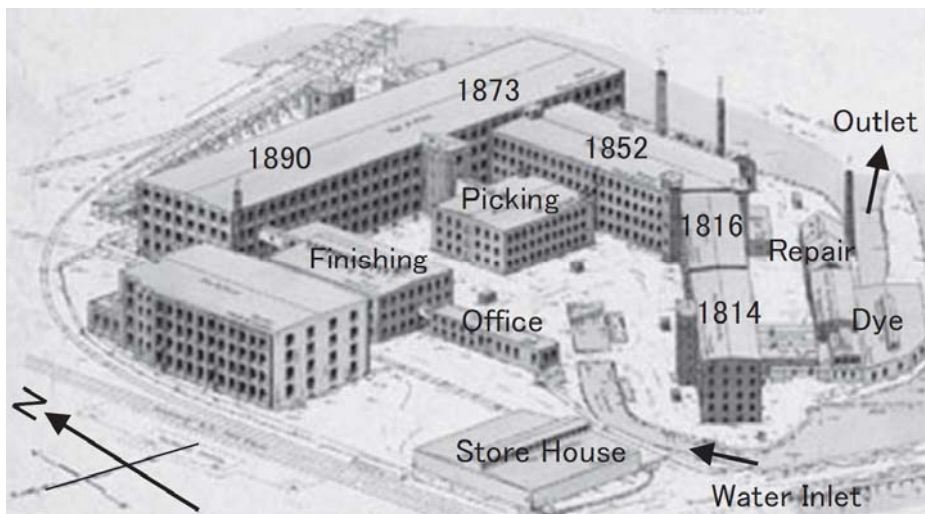


図 3-3-13 BMC 社の外観

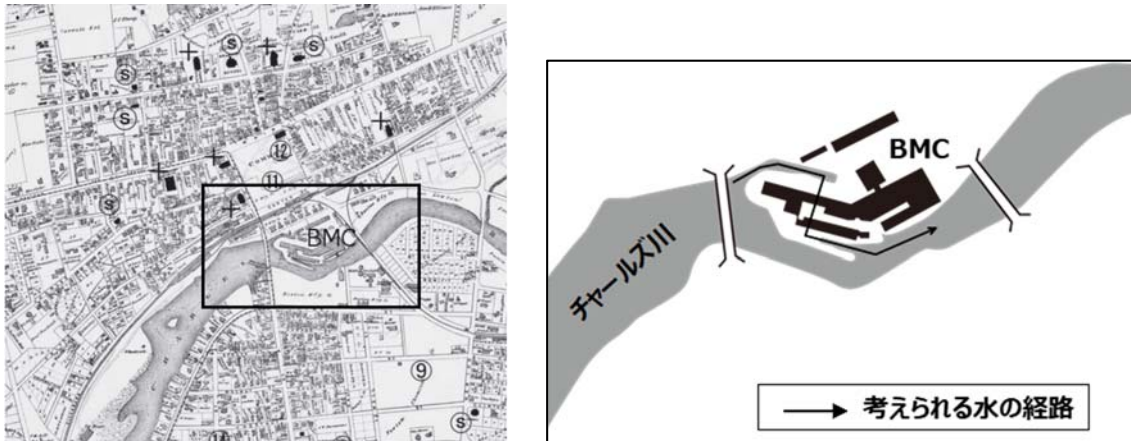


図 3-4-14 BMC 社の利水システム(1875 年当時の地図(左)をもとに黒枠部分を作図(右))

働を始めた²⁴⁾。図 3-4-13 は、BMC 社の外観である。スレーター・ミルが紡績に限る工程であったのに対し、BMC 社では自動織機を実装し、織物一貫生産体制を完成させた。

BMC 社の自動織機を中心とした生産技術もスレーターの場合と同様に、創業者や技術者によるイギリスの工場視察等を通じた知見を基礎に、独自に完成させた技術である。図 3-4-14 は、BMC 社周辺の水利の分かる地図であるが、チャールズ川(Charles River)のほとりに工場を配置し、水車用の水路を工場敷地に導いている。建屋の外観図からは水車が確認できないため、水車は建屋内に設置されたとみられる。BMC 社の引き込み水路における落差は 3 メートル程度のため、次項のローウェルで登場するポイデン水車は使用しておらず、下掛け水車を使用していたと考えられる。

以上からウォーザムの BMC 社は、織物生産技術としては紡績から製織に至る工程の動力化に成功した点で技術的な進歩があった一方で、利水方式はスレーター・ミルやストラッツミルと同等の屋内設置型の下掛け水車を動力源としていたとみられる。

3.4.4 アメリカ、メリマック川(Merrimack River)の水力工場

メリマック川は、ニューハンプシャー州のホワイト山地を水源とし、マサチューセッツ州のニューベリーポートから大西洋に流れるアメリカ北東部の川である（図 3-4-15）。メリマック川流域には、ローウェル、マンチェスターに水力利用型の綿織物工場が建設された。これらの都市は、ウォーザムまでに培われた綿織物生産技術と利水システムをさらに進化させていった。

メリマック川の工場は、新たに開発されたボイデン水車によるより強力な水力動力を導入した点が大きな特徴である。なお、スレーター・ミル以前の水力利用型の織物工場が紡績のみの自動化であったのに対し、メリマック川の工場もウォーザム同様に力織機を導入し、全工程の自動化を達成していた²⁵⁾。

メリマック川の水力利用型の工場群においては、現代の水力発電で用いるフランシス水車の前身であるボイデン水車が導入され、これまでの水力利用型工場とは異なる新たな水路設計がなされるようになった。ローウェルとマンチェスターの間にも目立った進歩が見て取れるので、順に従前の利水システムと比較していく。

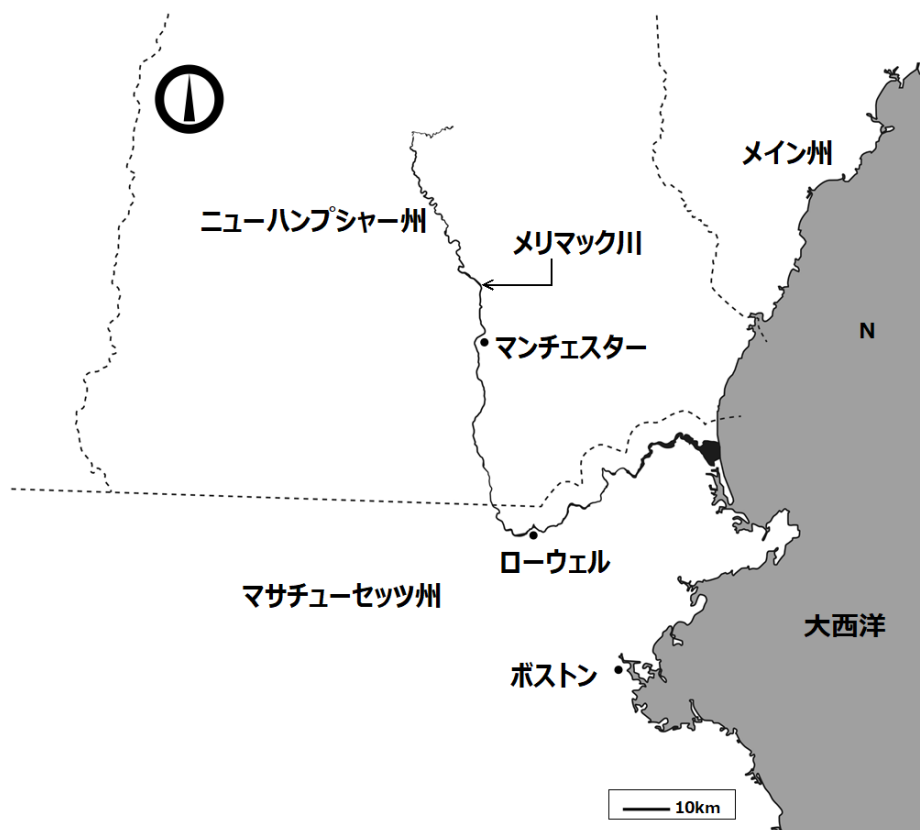


図 3-4-15 メリマック川

ローウェル(Lowell)

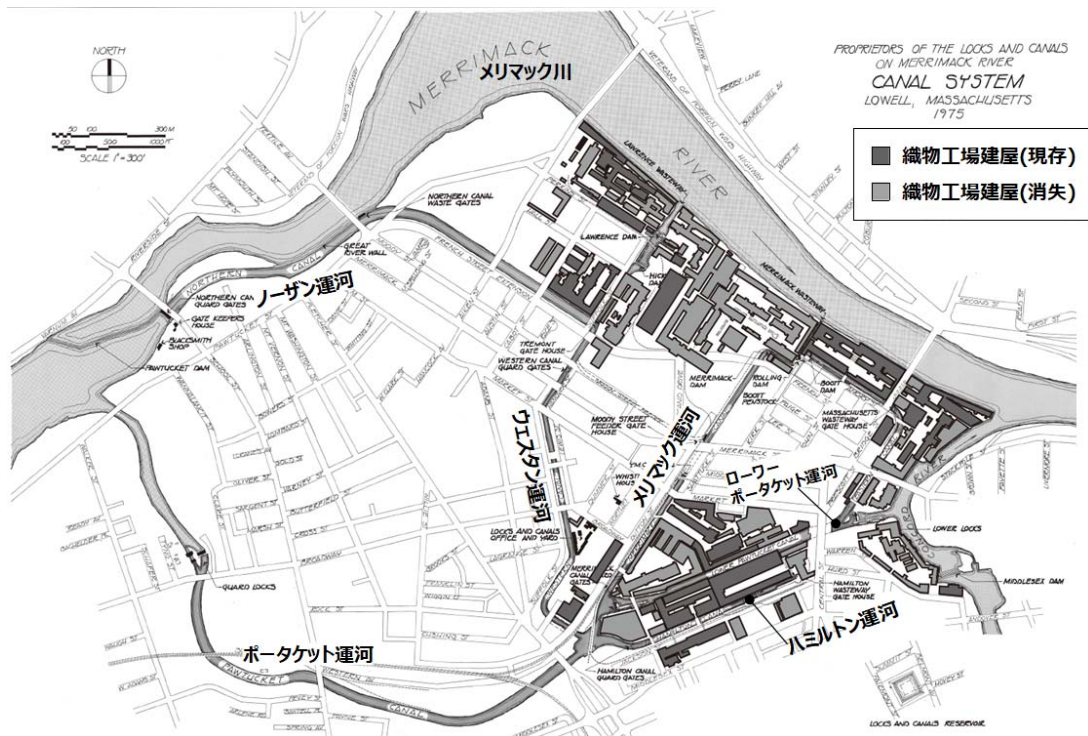


図 3-4-16 ローウェルの利水システム

ローウェルは、メリマック川にある落差約 9 メートルのポータケットの滝(Pawtucket Fall)を挟む形で設計された水力利用システムを持つ。図 3-4-16 は、ローウェルの利水システムである。メリマック川から引かれるポータケット運河(Pawtucket Canal)は、元々木材輸送用に開削された運河であった²⁶⁾。東側の本流に吐水するローワーポータケット運河(Lower Pawtucket Canal)は二つの閘門を有した船の遡航が可能な運河であり、水運機能を保持している。1823 年頃から綿織物工場群の建設が本格化し、この運河を分水する形でパワーカナルと呼ばれる工場動力用の運河²⁷⁾が開削された。

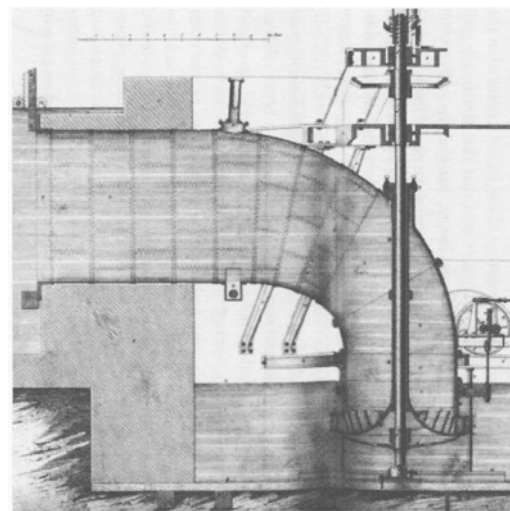


図 3-4-17 ローウェルのボイデン水車

利水システムの設計において、ポータケットのスレーター・ミルやウォーザムの BMC 社およびイギリスの水力綿紡績工場群と、ローウェルとの大きな違いは、ローウェルのパワーカナルでは落差を積極的に利用することを意識している点にある。これは、ローウェルの工場が新たに開発されたボイデン水車を導入したことによる。

ボイデン水車は、1844 年にユーライア A.ボイデン(Uriah A. Boyden)によって開発された。ローウ

第3章 近代水力工場の建設 桐生と欧米水力産業都市の比較

ェルの工場創業時期と比較すると、ポイデン水車は完成後ただちに導入されたものと考えられる。5年後の1849年には、ポイデン水車をもとにして、ジェームス B. フランシス (James B. Francis) がフランシス水車を完成させている²⁸⁾。以下、特に水車種の区別を必要としない場合、これらの近代的水車をタービン水車と総称することとする。

図3-4-17は、ローウェルの工場に導入された前述のポイデン水車である。従来型の水車と異なり、回転軸が鉛直方向に取られている点が大きな特徴である。ポイデン水車の機構では、導水管を通った水は水車の真上から注ぐ形となり、水車全面が水流によって加速される。この仕組みによってポイデン水車は、水に浸漬された部分しか回転力に寄与しない従来型の下掛け水車に対し、大幅に動力効率を改善した。ポイデン水車の後継機であるフランシス水車は、現代の最新の技術水準では、最適な流量条件下において最大98%の動力効率を実現するに至る²⁹⁾。当時、下掛けの水車動力は工場動力に用いるには不十分になりつつあり、蒸気機関との格差が拡大していた。しかし、タービン水車の開発は、水車動力を工業利用にかなう水準に再び引き上げ、一時的ではあるが蒸気機関に対抗する動力となったのである。なお、フランシス水車は、水車動力の利用が衰退して以降は水力発電の主力技術として、現在も広く活用されている。

落差の利用が、得られる馬力を大きく左右するポイデン水車の導入は、パワーカナルの設計思想を大きく変えることとなった。従前の水力利用型の工場では、基本的に取水地点⇔工場(水車)の距離が100メートル以下と短いのに対し³⁰⁾、ローウェルのパワーカナルは、約1,000メートルの長い距離を開削している。この1,000メートルという距離は、既存のポータケット運河と、メリマック運河やウェスタン運河の分水地点から各工場に到達する距離の概算であり、ポータケット運河の取水地点からの距離を含めれば、流路総延長は3,000メートルを超える。このような長大なパワーカナルを、建設コストの増大を厭わず開削した狙いは落差を得るためである。落差を確保するためには標高の高い地点から取水する必要があり、かつ吐水地点の標高は低くあるべきである。そのため流路延長はある程度長くならざるを得ない。

ウォーザム以前の諸工場の利水システムは下掛け水車を用いていたため、積極的に落差を得ることを図っていない。その条件においては、建設コストがかさむパワーカナルの開削は極力小規模にすべきであり、流路延長は短い方がよい。しかしポイデン水車の登場によって、ローウェルでは設計において落差の確保という新たな要素が加わり、水路設計の考え方は変わった。図3-4-16に見られる工場建屋は、ほとんどが吐水地点付近に集中している。吐水口はパワーカナルの流路の中で最も標高の低い地点であり、そこに工場が集中して配置されているということは、落差の確保を意識した結果であることを意味している³¹⁾。

なお、動力伝達についてはベルトを介して、5階建て建屋の各階層に伝えられ、同じ階の各機械へはシャフトによって伝達する方式をとっており、ストラツミルの方式と基本的に同じである。図3-4-18は、パワーカナルの吐水口付近に位置するブートミルにおける水車含めた建屋断面図である。図中には、力織機への動力伝達機構までは記述されていないが、建屋内に水路の落差を配置し、水車によって動力を得ていた構造を読み取ることができる。

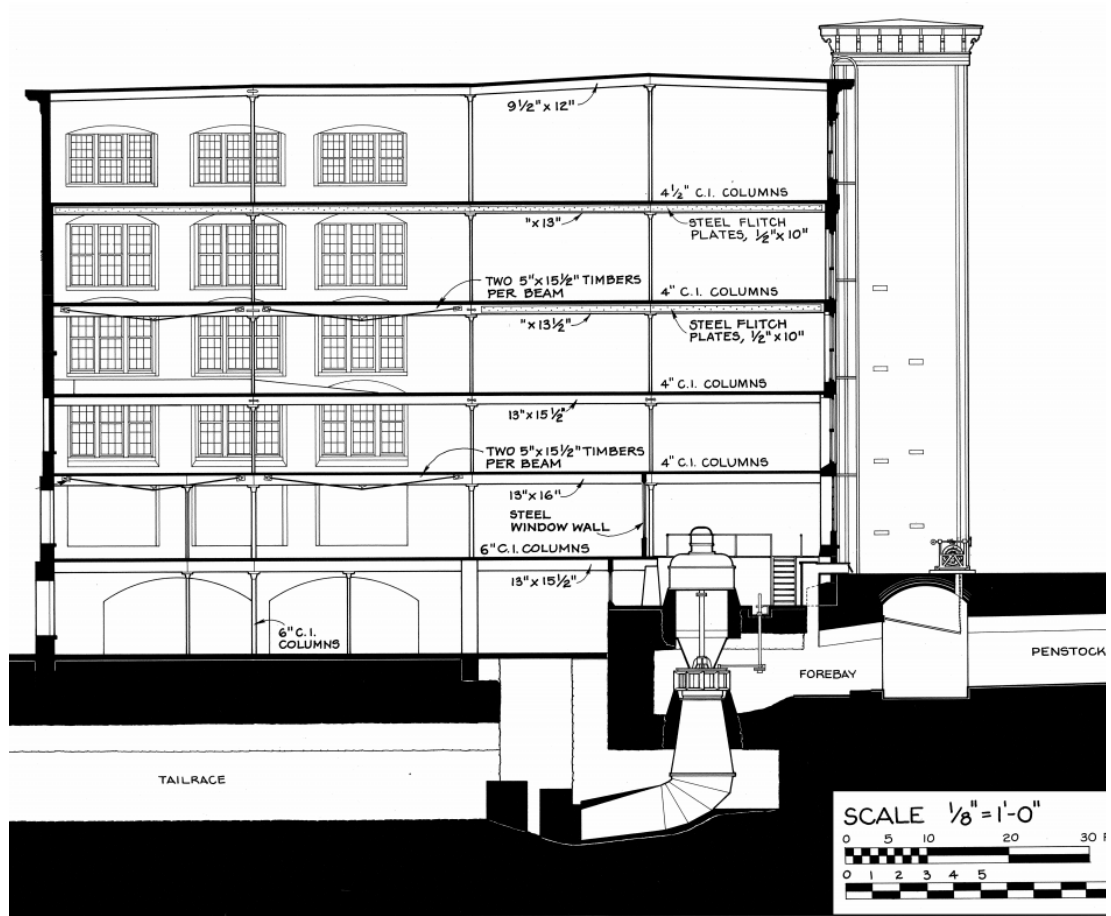


図 3-4-18 ローウェル ブートミルの断面図

マンチェスター(Manchester)

マンチェスターの工場群は、アメリカの水力利用型の綿織物工場の最終形に位置づけられる。使用する水車や動力伝達機構など、工場単位の設備構成やシステムはローウェルと基本的には同じである。図 3-4-19 に示すようにマンチェスターの特徴は、二つの動力用運河を開削している点である。二つの運河には図 3-4-19 中の断面図(アモスケイグミル(Amoskeag Mill))である図 3-4-20 に見るように標高差を設けている。標高の高い運河をアップーカナル、低い運河をローワーカナルと呼び、アップーカナル⇔ローワーカナル間、ローワーカナル⇔メリマック川間の落差を用いて動力を得ていた。水力工場群は、両運河の間およびローワーカナルとメリマック川間に建設され、それぞれ設けられた落差を利用して水車動力を得るシステムとなっている。このシステムの特徴は、流量を適正に確保できることが前提だが、パワーカナルの川上川下の位置取りの制約を受けず、二つのパワーカナル沿いのあらゆる位置で一定の落差を確保した水車動力を得ることができる点にある。

ローウェル以前の利水システムは、基本的には一つのパワーカナルから動力を得ることを意図して作られている。確かにローウェルのパワーカナルは支流に分かれているが、これは一つの取水口から引水した水を極力多くの工場で利用しようとした結果といえる。分水して広く活用する場合、標高が低くなる吐水口付近に工場が集中することになるが、工場の集積には空間的な限界がある。また、吐水口付近以外のパワーカナル沿いは、水は流れていても実質的に動力源としては使用できない。

これに対し、マンチェスターの利水システムは、最初から複数のパワーカナルを用意するという点で新たな発想に基づく水力利用の手法といえる。この利水システムでは、吐水口付近に限らず流路延長の範囲内で任意の位置で工場を配置することができ、ローウェルのような制約を受けることなく、パワーカナル沿いの空間を有効に活用できる仕組みとなっている³²⁾。

マンチェスター以後、水力利用型の工業形態は電力に淘汰されたため、水力産業都市の進化過程はここが最終到達点といえる。現在の水力発電は売電を目的とし、その場でエネルギーを消費する必要がないため、このような空間設計が行われることはない。しかし、再生可能エネルギーの固定価格買取制度が成熟期を迎え、系統連系容量の逼迫という新たな社会的課題が顕在化しつつある現代においては、今後エネルギーの地産地消がより重要になる。マンチェスター型の水都設計の考え方は、今後の水力利用を活かした都市像を検討するにあたっての一つの知見を与えうるものと考えられる。

第3章 近代水力工場の建設 桐生と欧米水力産業都市の比較

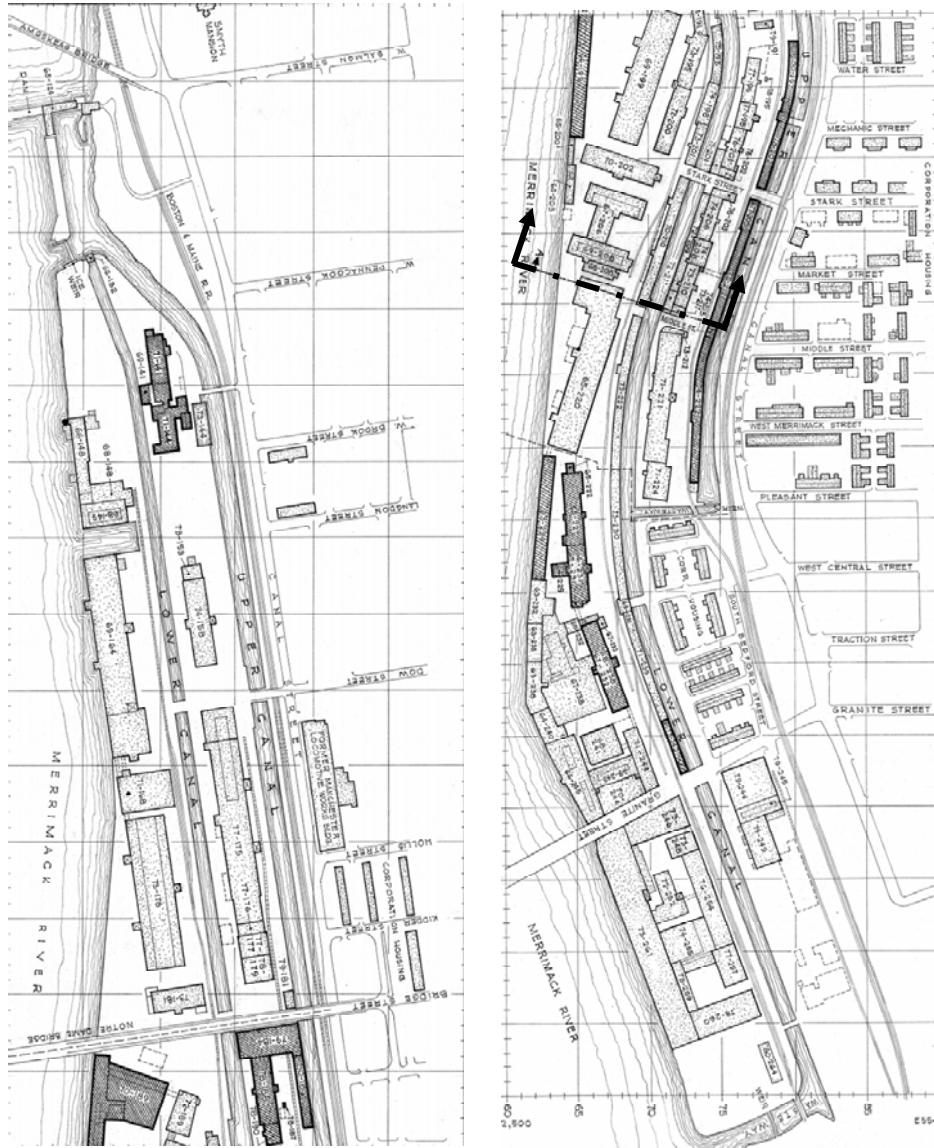


図 3-4-19 マンチェスター(アメリカ・ニューハンプシャー州)の利水システム

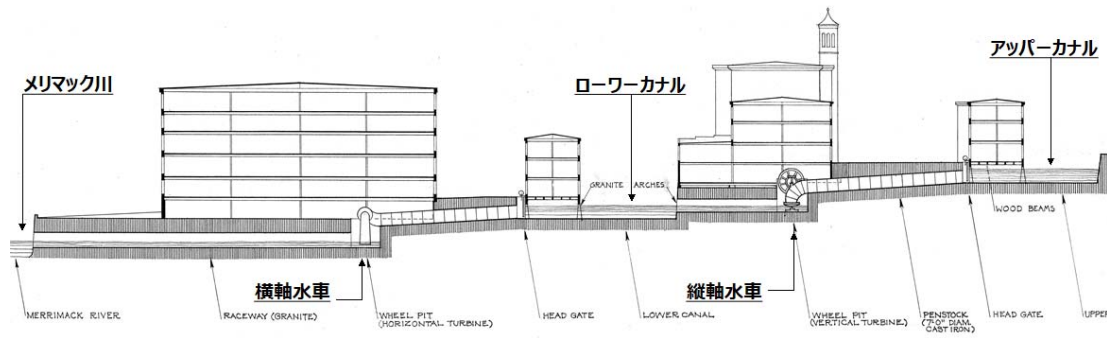


図 3-4-20 アモスケイグミル(図 3-4-19 一点鎖線の工場断面図)

3.5 日本織物会社の水力技術のルーツ

先に図 3-2-1 で示したように、日本織物会社が構築した利水システムは、ローウェルやマンチェスターと比較してシンプルである。システムのシンプルさという点では、一見スレーター・ミルやストラッツミルなどに近いといえるかもしれない。しかし水路延長についてはこれらと異なり、かなり遠方から取水している。この点はむしろローウェルの利水システムとの共通点と捉えるべきである。図 3-5-1 は、日本織物会社の動力用水路を断面図で示した計画図であるが、水車に到達するまでの傾斜を 1000 分の 1 とし、ほぼ水平に近い状態を維持して水流を水車に導くことを検討していることが分かる³³⁾。

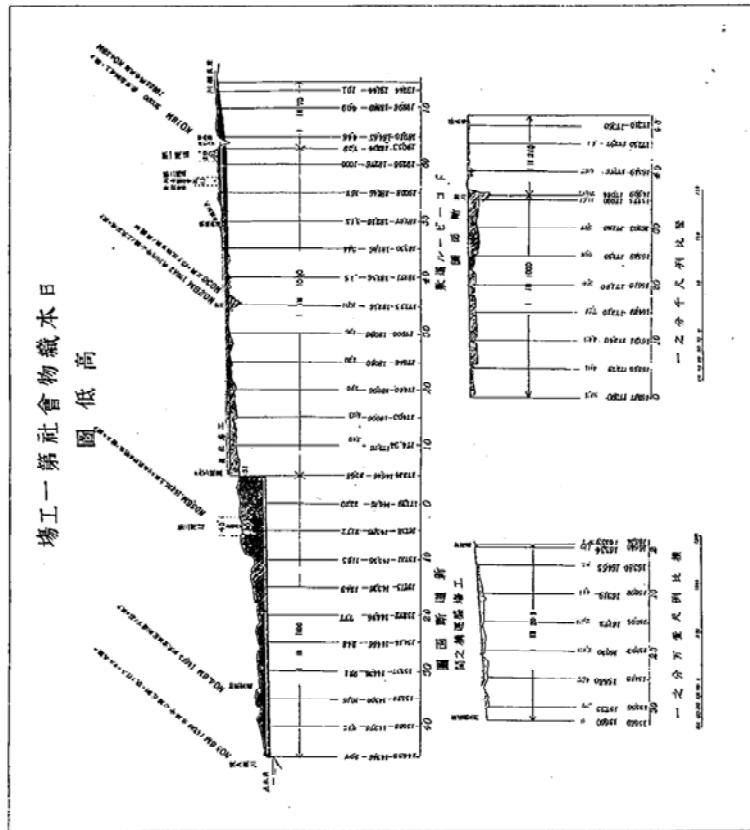


図 3-5-1 日本織物会社の動力用運河計画図(高低図)

前述のように開削のコストを考えれば動力用水路は短い方がよく、取水口から動力水車までを最短距離とするように設計するのが合理的である。このような長い水路延長をあえて開削するのは、ローウェルで紹介したように、水車が落差を利用できる近代的な水車を用いていたことによる。

日本織物会社では図 3-5-2 に示すアメリカ製の「タービン水車」を採用している³⁴⁾。この水車の機種は不明であるが、落差が 10 メートルとローウェルの落差に近く、また年代も近いことからポイデン水車かそれに類する機種ではなかったかと推測する。有効落差の利用を意識した利水システムの設計がみられるのは、ローウェルやマンチェスターなどのアメリカ北東部の一部の地域に限られるため、日本織物会社がこれらの地方の利水システムを参考にしたのは間違いないといえる。日本織物会社の動力用水路にはアップパーカナル・ローワーカナルに相当するものはなく、そのためローウェルに最も近い利水システムである。

工場建設にあたって、創業者の佐羽喜六と当時の日本織物会社の工務長であった山岡次郎は、バンクーバーから大陸横断鉄道に乗って、モントリオールを経てニューヨークに至り、その後オハイオ州デイトンに移動し、スタウトミリアンドテンプル(Stout Mill & Temple)社にて、水車の買付を行っている³⁵⁾。その経路を見る限りマンチェスターやローウェルには赴いていないようである。

しかし、日本織物会社が水力を用いる計画としたのは、前述のように佐羽喜六の父である吉右衛門がアメリカの水力利用型の工場を視察したことによると考えられる。吉右衛門がローウェルや他の水力利用型の工場群を視察したことを確認できる資料はないが、恐らくは当地を訪れるかその水力技術について情報を得ていたと考えられる。

赤岩用水と大堰用水の利用によって、桐生の大部分ですでに水力利用がなされていたことを考えると、桐生においてはローウェルの利水方式が、マンチェスター方式よりも、地域の実情に合ったものだったと推測できる。桐生にはアップパーカナル、ローワーカナルを開削して、広域で落差を利用するほどの敷地はなく、開削工事の投資に見合わないと考えられるからである。

表 3-5-1 に各水力利用型の工場の特徴をまとめる。表からは新たな工場が建設される度に何らかの技術革新があったことが見て取れる。

クromフォードミルでは、ポーロニャ由来の水力絹撚糸工場の技術を綿紡績の自動化技術に応用し、綿織物業を中心とした産業革命の勃興の基礎を築いた。ストラッツミルでは、河川本流の脇に動力用

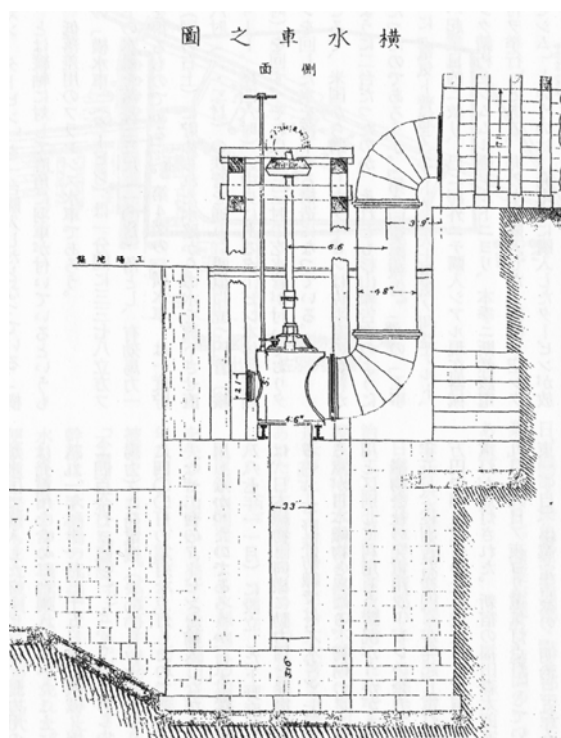


図 3-5-2 日本織物会社 タービン水車周辺図

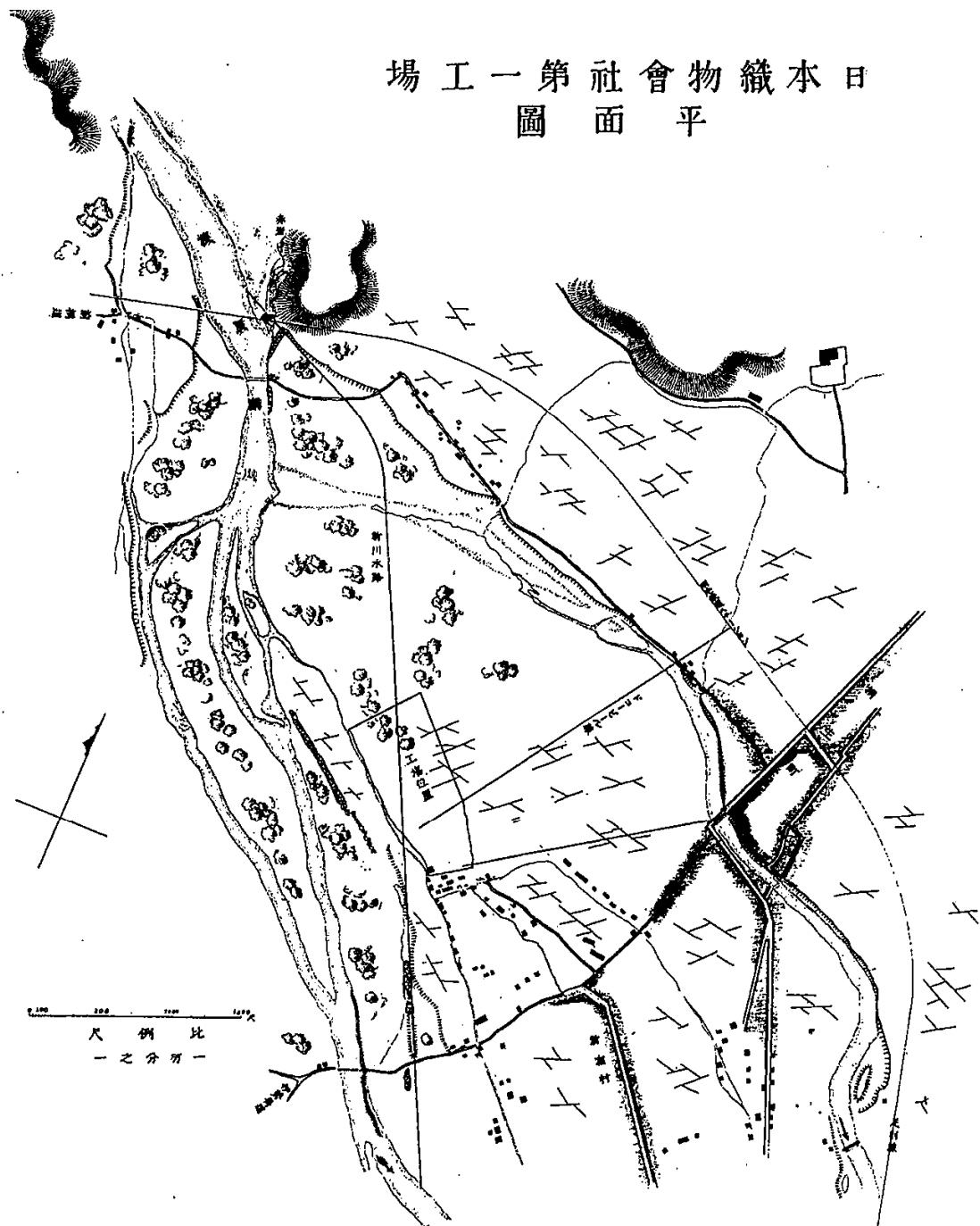


図 3-5-3 日本織物会社の動力用運河計画図

水路を通すことで、必要な開削距離を短くしたとみられる。以後、下掛け水車が使われる間は、取水地点から水車までの流路延長は非常に短く設計されていることが分かる。また、ストラツミル以降は、水車を工場建屋内に設置している。これは水車から設備までの動力伝達距離を短くし、動力伝達を円滑にするとともに、天候によって水車の稼働が左右されにくくなるなどの狙いもあったと考えられる。スレーター・ミルについては、ストラツミルとの間に明確な技術的進展は見出しにくい。機械輸出禁止令を敷いていたイギリスから、アメリカに工業用水車動力の技術を移転したこと自体に意義があり、アメリカ

表 3-4-1 各水力利用型工場の特徴比較

| 国 | 場所 | 代表的な工場 | 種類 | 水車 | 取水地点から水車までの概算距離 [m] |
|------|---------|------------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| イタリア | ボローニャ | 不明 | 絹燃糸 | 下掛け水車 (建屋側面(推測)) | 不明 |
| イギリス | ダービー | ロムズミル | 絹燃糸 | 下掛け水車 (建屋側面) | 100 |
| | クロムフォード | クロムフォードミル | 綿紡績 | 下掛け水車 (建屋側面) | 300 |
| | ヘルバー | ストラッツミル他 | 綿紡績 | 下掛け水車 (建屋内部) | 60 |
| アメリカ | ポータケット | スレーター・ミル | 綿紡績 | 下掛け水車 (建屋内部) | 20 |
| | ウォーザム | ポストン マニュファクチュアリング社 | 綿織物 一貫生産 | 下掛け水車(推測) (建屋内部) | 50 |
| | ローウェル | ポストン マニュファクチュアリング社他 | 綿織物 一貫生産 | ホイデン水車 | 1000 |
| | マンチェスター | アモスケイグミル他 | 綿織物 一貫生産 | タービン水車 | 50 |
| 日本 | 桐生 | 日本織物株式会社 | 絹織物 一貫生産 | タービン水車 | 1000 |

における水力利用型のパイロット工場と位置付けられる。ウォーザムの工場は製織工程も動力化し、アメリカで初めて綿織物の一貫生産を実現した。既にイギリスではマンチェスターを中心に、蒸気機関を動力とした綿織物の一貫生産体制が築かれていたが、この技術も機械輸出禁止令のもと秘匿されており、イギリスの技術をもとにしつつも、アメリカの事業家と技術者³⁶⁾が独自に研鑽し、稼働できる水準に技術を高めたものである。

ローウェルでは近代水車の草分けであるホイデン水車が実装された。これによって動力用水路の流路延長は大幅に伸びることとなったが、得られる工場動力は大幅に大きくなった。流路延長が長くなる一方で、工場は落差を得る必要があるため、基本的には流域で最も標高の低い吐水口付近に工場が集中する。こうした空間構造の形成は、これまでの水力利用型の工場には見られないもので、新技術であるホイデン水車の特徴が、パワーカナルと都市構造をある程度規定したといえる。

マンチェスターでは、工場の製造機械および水車の技術についてはローウェルとほぼ同等であったと考えられるが、水力利用型の工業都市としての空間構成において更なる進歩がみられた。落差のあるアップーカナルとローワーカナルという二つのパワーカナルを擁することで、ローウェルに見られる取水地点から水車までの長大な流路が不要になった。その距離は約 50メートルで、再び下掛け水車の工場群と同水準となっている。最大の特徴は流路沿いのほぼすべての敷地を使用して工場を建設し、いずれも水力動力を用いることができる点であり、約 2,000メートルある流路延長をほぼすべて有効に活用している。ローウェルでは流路総延長の下流部の約 2割程度しか使用できていないことと比較すると、水力産業都市としての進化が見て取れる。

一方桐生では、水力綿織物生産技術を再び絹織物の生産技術に転用した点が、独自の技術革新である。水車はタービン水車を使用し、流路設計はローウェルに似る。ただし、使用可能な土地の制約から、桐生では、流路全延長のほぼ半ばに人工の落差を設けその位置に工場を建設した。そのた

め、工場から下流部をすべてより深い開削を必要としており、その点では工事コストを押し上げる結果となっている。

3.6 小結

本章では、明治後期に欧米の先進技術を導入して建設された日本織物会社の水力利用型の織物工場について、その利水システムと技術導入のルーツを明らかにした。具体的には、以下のとおりである。

1. 日本織物会社の工場計画図および工場敷地図をもとに利水システムを明らかにした。同工場は専用の水車動力用の水路を開削し、工場敷地に設置した近代的な水車であるタービン水車を用いて動力を得ていた。
2. 既往研究をもとにイタリア、イギリス、アメリカ諸都市に存在する水力利用型の織物工場を整理し、各事例の比較を通して、世界の産業史における工程の機械動力化の発展過程を明らかにした。イタリアの絹織物業の撚糸工程で始まった水車動力利用が、イギリスで綿紡績業に応用され、アメリカで製織を含む織物工程全体の自動化技術が確立された。
3. 併せて水力技術の発展過程についても明らかにした。イタリア、イギリスにおいては古来の下掛け方式の水車が使用されていたが、アメリカにて近代的なタービン水車が実装された。水圧を動力に利用できるタービン水車の登場以降、動力用水路の構造は有効落差の活用を意識した設計に変わり、即ち取水口と吐水口の標高差を大きくとる設計となり、水路延長が長くなるようになった。
4. 日本織物会社と、欧米の水力利用型織物工場を持つ諸都市の利水システムと比較した結果、ボイデン水車実装した水力利用型織物工場であるローウェルと共通する利水システムを採用していたことが明らかになった。この比較分析の結果から、日本織物会社の水力技術は、ローウェルで培われた水力技術を導入した可能性が高いことを示した。

-
- 1) 亀田光三：日本織物会社の技術と経営，桐生史苑，第50号，桐生文化史談会，p.17，2011
 - 2) 蒸気機関は補助動力としての位置づけである。亀田は、日本織物会社の動力水車は水害等で稼働率が上がらず、そのため補助動力に頼る必要があったという見解である。またその水害によって発生した想定外のコストが早期の倒産につながったと指摘している。
 - 3) 桐生南ロータリークラブ「桐生の歴史を聞く会」：桐生の歴史を語る 佐羽秀夫・卓話集，桐生南ロータリークラブ，2010
 - 4) 前掲注1)，pp.5-33
 - 5) 飯田巳貴：北イタリア絹産業遺産を訪ねて，地中海学会月報，第384号，2015.11
 - 6) Calladine, A. : Lombe's Mill:An Exercise in Reconstruction, Industrial Archaeology Review, Vol.XVI, No.1, Royal Commission for Historic Monuments (England), pp.82-99, 1993.8

第3章 近代水力工場の建設 桐生と欧米水力産業都市の比較

- 7) Arkwright Society, url(<https://www.cromfordmills.org.uk/>)
- 8) Falconer, K. : Textile Mills and the RCHME, Industrial Archaeology Review, Vol.XVI, No.1, Royal Commission for Historic Monuments (England), pp.5-10, 2001.8
- 9) Falconer, K. : Fireproof Mills - The Widening Perspective, Industrial Archaeology Review, Vol.XVI, No.1, Royal Commission for Historic Monuments (England), pp.11-26, 2001.8
- 10) Menuge, A : The Cotton Mills of The Derbyshire Derwent and its Tributaries, Industrial Archaeology Review, Vol.XVI, No.1, Royal Commission for Historic Monuments (England), pp.38-61, 2001.8
- 11) 法政大学デザイン工学部建築学科陣内研究室：米国北東部の水都 調査報告書，平成 23～27 年度科学研究費補助金基盤研究(S) 水都に関する歴史と環境の視点からの比較研究，法政大学エコ地域デザイン研究所，2016.1
- 12) 水田恒樹、陣内秀信：ローウェルの都市空間に関する分析と考察 米国北東部の水力工業都市の空間構成に関する事例研究 その 1，日本建築学会計画系論文集，第 80 巻，第 715 号，pp.2157-2165，2015.9
- 13) 水田恒樹、陣内秀信：ウォーザン、マンチェスターの都市空間に関する分析と考察 米国北東部の水力工業都市の空間構成に関する事例研究 その 2，日本建築学会計画系論文集，第 81 巻，第 722 号，pp.1037-1046，2016.4
- 14) 亀田光三：日本織物会社の技術と経営，桐生史苑，第 50 号，桐生文化史談会，p.14，2011
- 15) 老川慶喜：産業革命期の地域交通と輸送，鉄道史叢書，第 6 巻，日本経済評論社，pp.262-270，1992.10
- 16) 前掲注 1)，pp.9-16
- 17) 桐生市佐羽秀夫家所蔵
- 18) 前掲注 1)，pp.9-16
- 19) 前掲注 6)，pp.96-97
- 20) The Derwent Valley Mills Partnership:the Derwent Valley Mills and their Communities, pp.40-42, the Derwent Valley Mills Partnership, 2011
- 21) 前掲注 18)，p.4
- 22) 前掲注 10)，Menuge は図 3-3-11 の絵について柱の間隔等、構造物の細部において誤りがあることを指摘しているが、水車の位置については大きな誤りはない。
- 23) 前掲注 11)，pp.223-224
- 24)
- 25) 前掲注 11)，p.237
- 26) 前掲注 11)，p.234
- 27) 前掲注 11)，p.235
- 28) タービン水車関連の詳細
https://en.wikipedia.org/wiki/Water_turbine

第3章 近代水力工場の建設 桐生と欧米水力産業都市の比較

- 29) 経済産業省資源エネルギー庁、財団法人 新エネルギー財団：ハイドロバレー計画ガイドブック，添付資料 4-17, 2005.3
- 30) クロムフォードミルの水路は取水地点から水車までの距離が約 300 メートルあり、必ずしも短いとはいえない。しかし、これは既存の水路や水源を工場に導くために追加的に必要になったもので、落差を得ることを目的としたものではない。水力利用型工場の初期段階であり、利水システムの設計が未熟であったと考えられる。
- 31) ローワーポータケット運河とハミルトン運河の周辺は、ポータケット運河との分水地点付近にもかかわらず、工場群が集中している。このエリアについては、本文で述べた落差を得るために吐水地点付近に工場が集中するという法則が当てはまらないが、次に示す別の条件が加わっているためと考えられる。ローワーポータケット運河は分水地点付近と吐水地点付近にそれぞれ閘門を有し、水運の機能を保持していた。即ちハミルトン運河とローワーポータケット運河の間には落差があり、このエリアに限って吐水口付近でなくとも落差を活用できたと考えられる。ローウェルにおけるこの落差のある二つの運河の活用は、後述するマンチェスターのアップパーカナル、ローワーカナルという設計の原型をなした可能性もある。
- 32) 前掲注 11), pp.263-271, マンチェスター以外では、ほぼ同時期にニューヨーク州のコホーズにて上下二つの運河を用いた水力利用型の工場が建設されている。両者を比較するとマンチェスターの方がより計画的に水路開削を行っており、水力利用がなされている流路延長も 2 倍以上長い。
- 33) 杉山輯吉：水車用水路ノ計画，工学会誌，第 7 輯，第 76 巻，pp.286-315, 1888
- 34) 亀田光三：日本織物会社の発電用水車，日本の産業遺産 300 選 2, pp.14-15, 同文館出版，1994, 桐生に現存する水力発電所は大正 13(1924)年に設置されたドイツのフォイト社製のフランス水車で、正確には日本織物会社から敷地と設備を受け継いだ東洋織布が設置したものである。図の 3-5-2 は、その前身の機種である。この水車がボイデン水車であるかフランス水車であるかは不明であるが、ローウェルのボイデン水車とは形状が類似している。また落差についても両者とも約 10 メートルと共通する。
- 35) 前掲注 1), pp.169-174
- 36) 前掲注 11), p.226, ボストンの事業家フランシス＝ローウェルと機械技術者ポール＝ムーディを中心に手掛けられた。ローウェルは、ウォーザムで確立した一貫生産の技術を以って、マサチューセッツ州のローウェルにさらなる事業展開を行った。

第4章 地域の人々と進める共同研究と知見共有の実践

4.1 課題設定と研究方法

地方都市の再生を実際に担う主役は、地域の人々である。しかし再生の主役となるべき地域の人々自身が、わがまちに対し誇りを持つことができない現状が、地域が衰退の構図から脱却できない要因のひとつであり、地域の抱える課題のひとつといえる。都市史研究の成果を地域再生の取り組みへのきっかけにつなぐことを図る際、重要と考えられるのは、いかに地域の人々と成果を共有できるかにあるといえる。

こうした考えのもと、本章では地域の人々との成果の共有策について実践的な研究(アクションリサーチ)を通して、地域の未来につながる都市史研究の手法とその有効性を明らかにすることを課題とする。具体的な方法としては、以下の3つの取組を実践する。

- 1) 水都・桐生研究会による共同研究
 - ・・・桐生の人々との水都・桐生像の共創を図る取組
 - 2) 「桐生れきし調査隊」(親子参加型歴史スポット回遊イベント)の開催
 - ・・・地域の若い世代との研究成果の共有を図る取組
 - 3) シンポジウム「『水都史』で見る桐生の都市像」の開催
 - ・・・幅広い世代の地域の人々と意見交換を伴う形で研究成果の共有を図る取組
- 2)3)についてはアンケート等の結果も踏まえ結果を考察する。

4.2 水都・桐生研究会による共同研究

桐生での研究を進めるにあたり、地域で織物産業史の調査を行った NPO や桐生の観光 PR を行っている事業者、図書館で郷土史の史料研究を進めている職員、市の環境課の職員および都市計画課の OB、伝統工芸師、子育て世代の就業支援と若者の企業支援を行う NPO、桐生で小水力発電賦存量調査を実施したことのある群馬大学の教授など、地域で活発に活動している団体や個人に幅広く声をかけ、研究の目的を理解していただいたうえで、「水都・桐生研究会」を立ち上げ、協働で本研究を進めた。



図 4-2-1 水都・桐生研究会の様子

いずれの方々も桐生の歴史に誇りを持ち、かつての活力あるまちを取り戻すことにひとかたならぬ情熱を注いでいる方々であるが、当初は桐生が水力を利用した産業都市、即ち「水都」であるという認識は持っていなかった。しかし、水車のあった時代、水路が埋め立てられる以前のまちの様子は参加いただいた多くの方が記憶しており、水利用の歴史についてのヒアリングや調査活動、ディスカッションを通して、その記憶はよみがえり、かつては桐生が水のまちと言える都市空間を有していたという認識を共有するに至った。

地域の人々と協働して研究を進めることは、資料館などの施設だけでは入手できない個人所蔵の資料を閲覧する機会を得られること、地元の人だけが知るローカルな情報を共有できること等、地域外の者には得がたい手掛りを得やすくなる点で、有効といえる。より重要なのは、協働して研究することによって、新たな地域の魅力を地域の人々と共に発見することであるが、先に共同研究によって得られた地域の史料や知見について以下にまとめる。

この水都・桐生研究会を通して、参画いただいた方々から貴重な史料や知見をいただく機会を得られた。これらは今後の都市史研究や、都市再生のシナリオを検討するうえで重要な資料である。

4.2.1 桐生市立図書館所蔵の古文書と研究

研究会に参画いただいた桐生市立図書館職員で古文書研究の専門家である小野里氏からは、桐生の絹買継商であった書上家文書とその解読内容を紹介していただいた(図 4-2-2)。文化6(1809)年のもので、桐生新町五丁目、六丁目の人々が連判のうえ、陣屋に提出した訴状である。弥吉というものが桐生新町を流れる大堰用水の支流に締め切りを設けたために下流の人々に水が来なくなったため、弥吉に対し現状復帰の命令を下すよう要請している。

この文書からは、大堰用水が生活に密着した存在であり、当時の都市空間における都市の水辺と人々の生活の近さが伝わってくる。

書上文書にはこのような水辺が身近にある当時の桐生の都市空間を知る手掛かりが多く含まれており、今後さらなる研究が必要である。

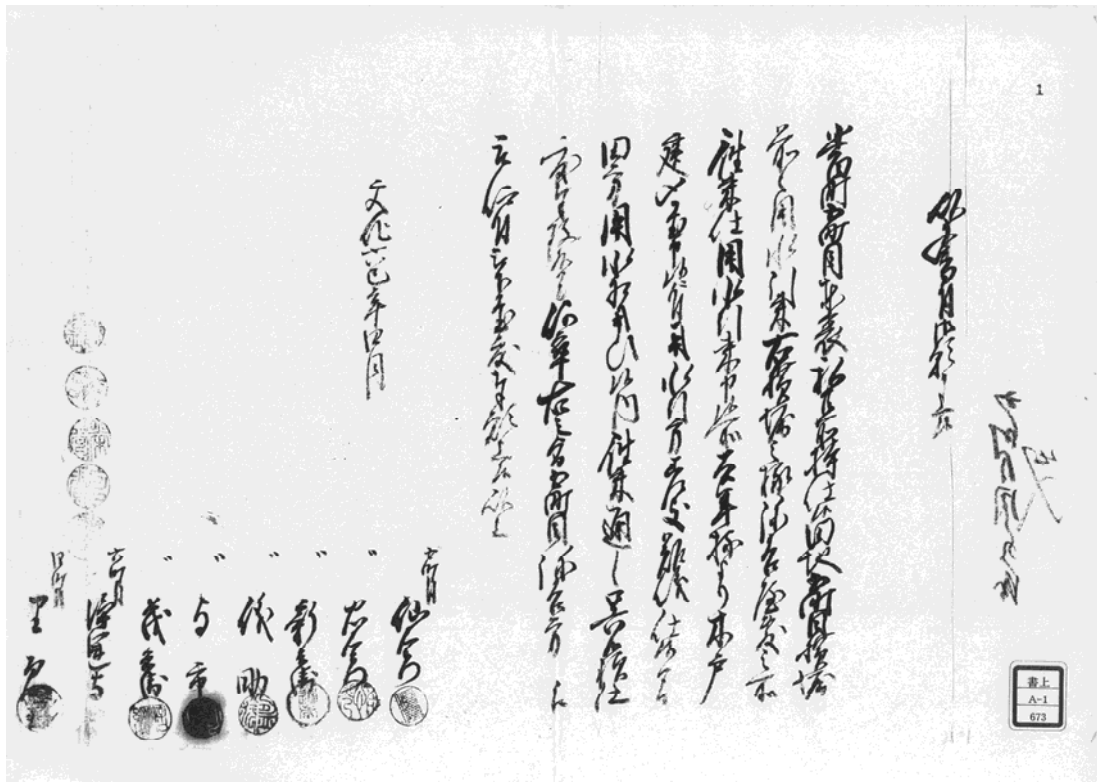


図 4-2-2 五丁目用水の義出入(書上文書の一部)

図4-2-3は天保14(1843)年の道普請に先立って作成されたとされる桐生新町の敷地割り図面のうちの桐生新町六丁目である(最下部左は浄運寺)。中心の通りが、現在の本町通りの通りで、通り沿いに大堰用水が流れていることが見て取れる。また通りの裏側にも支流が流れ、両流路を直角に結ぶ支流が存在することも確認できる。

本資料は三丁目、五丁目、六丁目保管されているものの、一丁目、二丁目、四丁目については、所在が確認できていない。今後の調査が必要であるが、敷地割まで克明に描かれており、江戸後期の桐生新町の様子を知る重要な史料である。



図4-2-3 桐生新町の敷地割図

4.2.2 地域のNPOとの協力で実施した古写真調査

NPO 地域情報ネットワーク(以下、KAIN)は、既往研究で紹介したように桐生老人クラブ連合と協働して、桐生織物業の昔を良く知る高齢者の方々に織物業の実態や撚糸水車の利用について、詳細なヒアリングを行っている。当時ヒアリングに応じてくださった方々の中には、既に亡くなられた方も少なくなく、この成果は非常に貴重である。KAINの正副の理事長および有志のメンバーの方に水都・桐生研究会に参画していただくことができた。

KAINは、約3万点にのぼる桐生のまちなみなどを撮影した古い写真群(大正から昭和にかけてと考えられる)をデジタルデータにして保管している。これらの写真群はかつて本町通にあった郷土資料館に保管されていたが、資料館の解体することとなった際、史料の管理をKAINが引き継ぐこととなったのが経緯である。これらの写真には、場所や撮影時期が明らかでないものを多く含んでいる。



図 4-2-4 古写真調査会の様子

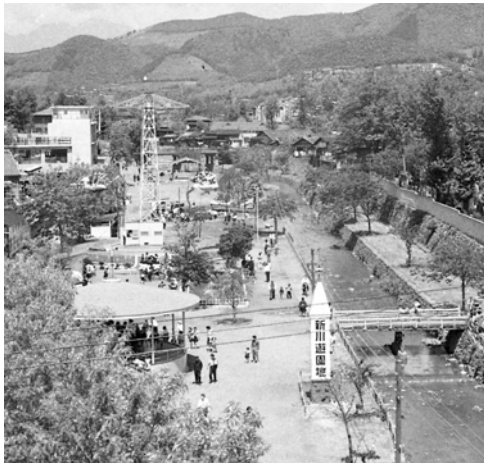
研究会の会合において、理事長の塩崎氏からこれらの写真の情報をできる限り明らかにしていきたいという提案をいただいた。提案を受けて調査方法を検討し、これらの撮影場所が明らかになっていない写真群のうちを、水辺や通り、まちなみの俯瞰や古い建築物が撮影されているものなど、より重要と判断できる写真227点を抽出し、ヒアリング調査をすることとした。ヒアリングは自治会長を通じて桐生のまちを古くから知る高齢者の方々に声をかけ、「古写真調査会」を開催して行うこととし、参加した方々と一緒に写真を一つ一つ調べる方法をとった。本調査会には、本町周辺地区の自治会である「観音まちづくりの会」、「織姫自治会」から複数名の方々がご参加くださった他、水都・桐生研究会からも有志の方に参加していただき、山の形、建物、看板など、地元の人しか分からないものを手がかりに多くの写真の撮影場所を絞り込むことができた。また、本調査会の実施にあたっては、水都・桐生研究会に参加いただいたNPO キッズバレイの北村氏に運営を支援していただいた。

古写真調査会の成果は、今後WEBサイトで発信するとともに、撮影場所の特定のできなかった写真群については、WEBサイト上で閲覧者による情報の投稿を呼びかけ、継続的に史料の充実を図る。

4.2.3 まちの水辺再生における課題の明確化

かつて赤岩用水と大堰用水の間を流れていた新川は、第二次世界大戦終戦後間もない昭和22(1947)年に、カスリーン台風による氾濫で大規模な洪水被害をもたらしたのち、治水対策の理由で暗渠化された。かつては河川敷に「新川遊園地」という遊園地があり(現在は移転している)、水辺に親しむ遊びの空間があった。当時を知る人からは親水空間として部分的な復元を要望する声がある一定数あり、研究会においても将来新川の復元を実現したいという意見が出た。桐生市も「新川緑道計画」という再整備の計画を検討した時期があったが、実現には至っていない。

研究会に参加いただいた桐生市役所都市計画部 OB の山形氏は、新川や赤岩用水の暗渠化の経緯と詳細な知見を持っており、こうしたかつての水路を都市の水辺として復元しようとした場合、どのような課題があるか、具体的かつ専門的な見地からご意見をいただいた。



(a) 昭和36年当時の様子



(b) 現在の新川跡

図4-2-5 かつての新川と暗渠化後の現在の姿

現在の新川(暗渠)の地表は水路に沿ってコロンバス通りという道路になっており、図4-2-6のように道路下部にボックスカルバートが通され、暗渠化された水路が流れている。しかしこの水路は合流式の下水道(桐生市の下水はほとんどが合流式)のため、この単純に水路の水利用して親水空間を形成することは、生活排水が混じるため困難である、など具体的な課題点を指摘していただいた。

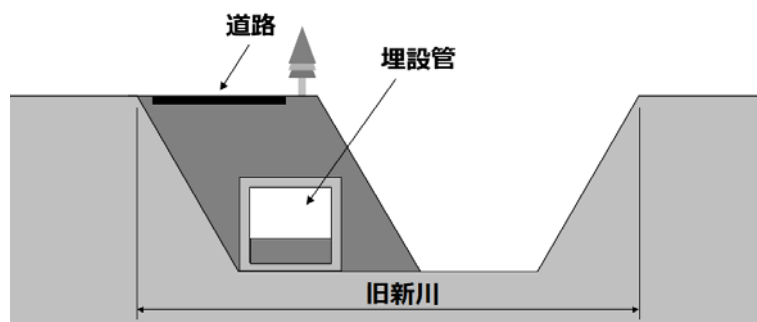


図4-2-6 新川の暗渠構造

4.2.4 水都・桐生研究会の意義

水都・桐生研究会では、ここまでで紹介したような参加者から地域の資料や知見を提供いただき、こちらも都度研究の成果の報告を行い、お互いの知見共有を進めてきた。また、研究会のメンバーの方々のネットワークを通じて、織物工場の工場見学や、郷土史研究会(桐生史談会)が主催する史跡散策イベントに参加するなどの機会を得ることもできた。

しかしより重要といえるのは、協働することによって研究会に参画いただいた方々とのつながりができることといえる。次節以降、そのほかの取組内容についてまとめているが、いずれにおいても地域の方々の協力が必要な状況が多くあり、その際研究会に参画いただいた方々からの紹介や口添え等、側面からの支援に支えられた。

よそ者である研究者が地域に入り込んで活動を行うことは決して容易ではなく、研究成果の共有といっても、対象が多数になればなるほど、耳を傾けていただくことは困難になる。まず郷土史に強い興味を持つ方や積極的な地域活動をしている方から都市史研究に対する理解と協力を得ることは、地域とのつながりを築ききっかけを作るためには重要なステップといえる。その意味でも研究会という形で、地域の人々とのつながりを作るのは有効な手法と考えられる。

4.3 「桐生れきし調査隊」(親子参加型の歴史スポット回遊イベント)の開催



図 4-3-1 低速電動バス「MAYU」

本イベントは、本研究を通して明らかになった豊かな水辺を持ち活用した都市であった桐生の都市像を若い世代の市民に伝え、「わがまち」の持つ特徴や魅力を再発見することを目的に、親子での参加を呼びかけて開催したものである。

プログラムは1グループ1時間半程度で、用水路調査の結果と古写真調査会の結果をベースに、水に関わる桐生の歴史スポットを、観光用途で近年脚光を浴びている低速電動バス「MAYU¹⁾(図4-3-1)」に載って回るものである。MAYUは図4-3-2に示すようなコースを取り、市域を回遊した。1グループあたり7組が参加し、2セットを行った。準備および当日の司会進行の支援を、NPO キッズバレイの北村氏に支援していただき、MAYUと運転手は株式会社桐生再生の清水氏の協力をいただいた。なお清水氏にも水都・桐生研究会に参加をいただいている。

回遊するスポットは、絹買継商であった書上家の旧家、新川遊園地跡地、新宿水車まちの跡地、日本織物会社水力発電跡とし、歴史解説と調査で明らかになった水との関わりについて、子どもに分かりやすい内容で説明して回った。イベントの配布資料を図4-3-3に示す。配布資料には、古写真調査会で使用した写真を活用している。地図は、写真部分を白抜きにしており、各スポットで解説を終えてから、写真を印刷したシールを配り、全て回ると地図が完成するという方式とした。子ども向けに考案したこの方式はゲーム感覚で進められ、子ども達に好評であった。

表4-3-1は、イベント終了時に行ったアンケート結果である。今回のイベントを通して、桐生のまちと水の関わりを知ったという方が多く、好評であった一方、小学生には少し難しいと感じたという意見もいただいた点は、今後の検討課題である。また、直接参加者から聞いた意見の中には、親子両方が参加する方式だとなかなか参加しづらい方が多いため、子どもだけのイベントとするより参加者が増えるのではないか、という意見もいただいた。

第4章 地域の人々と進める共同研究と知見共有の実践

本イベントは、バスの定員やイベント開催時間の制約から参加者の人数は限定的とならざるを得なかったが、ローカルラジオ放送のFM 桐生でイベント開催の情報を発信したり、NPO キッズバレイのホームページに情報を掲示したりしていただくなど、メディア等の媒体を通して多くの方へイベントを周知することができた。

参加者の募集にあたっては、NPO キッズバレイからも教育委員会を通して、市内各小学校へ案内チラシの配布をしていただいたほか、群馬大学主催の地域の自然体験学習などを中心とした小中学生の教育プログラムである「未来創生塾²⁾」の事務局に協力をいただき、塾生各位に案内を配布していただいた。未来創生塾の事務局に対しては、水都・桐生研究会に参加いただいた群馬大学工学部の天谷教授から紹介によって、協力をいただくことができた。

郷土史に関わるイベントは、多くの場合に比較的高齢の方々が興味を持つことが多い。しかし、将来の地域づくりの主役になるのは、地域の若い世代である。この取組を通して、伝え方を工夫することで普段地域の歴史にかかわることが少ない親子世代に対しても、地域の魅力を共有することができることを確認した。また、メディアを通したイベント情報の発信においては、学校や市民活動、地域の市民生活支援等を行うNPOといった地域のネットワークとの協力が、取組の周知において有効であることを示すことができた。

【回遊コース案】

| 経過時間 | 場所 | 趣旨 |
|------|-------|---|
| 0:00 | 桐生再生 | 桐生の織物はどこでやっていたかを見ていこうという趣旨で回遊開始 |
| 0:05 | 移動 | |
| 0:10 | 旧書上家 | 1. 本町周辺は織物商家がたくさんあった。昔は水路が流れていた(写真)。 |
| 0:20 | 移動 | |
| 0:30 | 新川遊園地 | 2. コロンバス通りは昔は新川があった(写真)。遊園地もあった(写真)。 |
| 0:40 | 移動 | |
| 0:50 | 新宿通 | 3. 昔は通りの両側に水路があった(写真)。燃糸水車が並んでいた(写真)。 |
| 1:00 | 移動 | |
| 1:04 | 赤岩用水 | 4. 新宿通りを流れていた赤岩用水、こんな風に今も所々流れているのを見ることができる。 |
| 1:05 | 移動 | |
| 1:10 | 発電所址 | 5. 明治時代、ここに当時日本最大の織物工場があって発電もしていた(写真)。 |
| 1:15 | 移動 | アンケート記入をしてもらう |
| 1:30 | 桐生再生 | |



図 4-3-2 おやこイベントのプログラムと回遊コース



(a) 新宿通り(燃糸水車のあつたまちなみについて解説)



(b) 日本織物の水力発電設備址

図 4-3-3 おやこイベントの様子

桐生れきし調査隊へようこそ！

桐生れきし調査隊では、桐生のまちとして栄えた桐生の歴史をコミュニティバス「MAVU」に乗って学んでいきます。調査の時間は90分です。全部で5つのポイントを探検のみんなと巡ります。

昔の桐生は市街地のほとんどの場所に、「あるもの」がたいていありました。それはなんでしょうか。なぜ桐生は「桐生のまち」と呼ばれてきたのでしょうか。理由を昔の写真とともに探り巡っていきます。

この調査シートを使って、桐生の歴史博士になろう！！

1

四辻の斎嘉 (よっしのさいか)

ふるくから桐生の人々に親しまれてきた斎嘉稲荷の斎嘉。寛平公家の斎嘉で、90年ほど前に建てられました。「株式会社桐生再生」がこの伝統的な建物を買い、桐生を代表する歴史的な建物として大切に保存されています。

2

旧書上家 (きゅうかきあげしゃ) (書上商店)

桐生産物の売場を兼ねてきた書上商店は、書上支左衛門(1864-1914)は、茶加屋として産物を買い付けただけでなく、納代の流れをきき分け、産物に伝える「産家内説」も思いました。書上商店は明治30年代に桐生最大の買取店になりました。欧米に第2巻を輸出したり、中国向けの絹織物や絹織子産物「タンタンピンズ」を開発したりしました。

3

新川遊園地 (しんかわうえんち)

1953年(昭和28年)に開設した新川遊園地は桐生市に選んでいた新川の河川敷にありました。園内には数えきれぬ遊具や遊艇、バッテリーカー、ボートなどがありました。お休みの日は子どもからお年寄りまでの人でとても賑わっていました。1971年(昭和46年)に桐生が歴史園地をつくるため閉園しました。

5

発電所址 (はつでんしょあと)

1887年(明治20年)に桐生にてできた最初の水力発電「日本製糖株式会社」は、製糖工場を動かすための水力発電機も作りました。この発電所は本宿町付近から新川の水を引く水路を作り、発電をしていました。電気の一部分は付近の町路にも使われました。群馬県で一番古い水力発電所とされています。

4

燃糸水車 (ねんすいししゃ)

1780年ころに若菜商店が八丁燃糸機を作り、産物に使う糸を製糸(糸をねじり合わせる)でたくさん作れるようになった。1897年(明治30年)には昔の桐生に150台、道野に87台も水車が作られました。新川に150台、道野に87台も水車が作られました。

シール

赤岩用水 (あかいわようすい)

道野瀬川(道野町付近)から水を取り入れ、昔の新川や道野を流り、道野瀬川や新川に流していましたが、農業に使う水としてつくられたようですが、江戸時代には④の燃糸水車がたくさん作られ、産物を動かす動力として使われました。

調査マップ

図 4-3-4「桐生れきし調査隊」イベントでの配布資料

表 4-3-1 およこイベントのアンケート結果

| | | | |
|---|---|----------------|---|
| Q1 今回のイベントをどのようにして知りましたか？ | | | |
| 1.学校配布のチラシ | 6 | 2.未来創生塾からの案内 | 3 |
| 3.キッズバレイホームページ | 1 | 4.その他 | |
| Q2 コースの長さはいかがでしたか | | | |
| 1.短い | 1 | 2.やや短い | 1 |
| 3.ちょうど良い | 4 | 4.やや長い | 2 |
| 5.長い | | | |
| Q3 コースで回った歴史スポットはご存知でしたか | | | |
| 1.知らなかった | 2 | 2.知らないものもあった | 4 |
| 3.全て知っていた | | | |
| Q4 桐生のまちは「水のまち」というイメージは持っていますか | | | |
| 1.全くそういうイメージはない | 1 | 2.少しそう思うようになった | 5 |
| 3.イメージを持っていた | 2 | | |
| Q5 今後、このようなまちなか回遊イベントに参加したいですか | | | |
| 1.参加したい | 4 | 2.気が向いたら | 4 |
| 3.あまり参加したくない | | | |
| Q6 イベントに参加してみて、良かったですか | | | |
| 1.満足した | 7 | 2.まあまあ良かった | 1 |
| 3.普通 | | 4.やや物足りない | |
| 5.つまらなかった | | | |
| 4.または 5. をご回答の方：よくなかった点をご記入願います ・息子はもう少し歩きたかったと申しております。 | | | |
| Q7 今回のイベントの良かった点を記入ください | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ・桐生は水がたくさん通っている（用水路がある）ことが分かった。 ・友だちに説明したいと思う。 ・これだけの用水路を作るのに誰が、いつ、統率力をもって計画したのか興味深いです。 ・もっと「水のまち」、「水車のまち」桐生を前に出して（シンボルにして）街のイメージを作っていた方が良かったと思います。 ・シールを貼るところ ・住んでいるからこそ、普段は何気なく通り過ぎてしまっていた場所を MAYU でゆったり巡れてよかった。 ・土地、場所の由来や桐生の織物が栄えた理由など知れてよかった。 ・知らなかった桐生の歴史が分かった。 ・桐生の歴史を知れてよかった。 ・ひとつのテーマに沿っていろいろなことを学べたこと ・桐生のいろいろな事を学べてよかった。クイズが面白かった。 ・水や織物の歴史が少し分かった。実際に見て分かりやすかった。 | | | |
| Q8 改善したほうが良い点があれば記入ください | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ・小さい子には難しい気がしました。 ・小4には少し難しかったようです（大人の方が興味深く聴いていたようです。） ・11時の回では子どもたちはお腹が空いてしまいました。 ・MAYU が走っているときに説明をすると音がうるさいので説明が聞き取りづかった。 ・時間がオーバーしていた ・車にマイクかスピーカーがあると全員がよく話を聞けると思いました。 ・これはこれでよいと思いますが、チラシにあったような私たちが子どもの頃くらいの昔についても見たかったです。ぜひお願いします。 ・子どもには少し難しかったかもしれないです。私は楽しかったです。 ・もっと時間を取ってもっとゆっくり見たかった。 ・勉強不足だった。（事前に調べておけばもっと理解できた）。 ・とても楽しかったです。ありがとうございました。 | | | |

4.4 シンポジウム『『水都史』で見る桐生の都市像』の開催

市民を対象に水都・桐生研究会の成果発表会としてシンポジウム『『水都史』で見る桐生の都市像』を開催した。シンポジウムでは、一般の市民に向けて、2章、3章で明らかにした水力利用に注目した桐生の都市の成り立ちについて発表したほか、研究会のメンバーにも桐生のまちの魅力や将来に向けての思いを語っていただいた(図 4-4-1)。参加者からも質問や意見を多く発言いただき、発表と意見交換を通して、水のまち桐生のイメージを参加者と共有することができた。

会場は、桐生商工会議所のホールを使用し、来賓に桐生市市民生活部長、商工会議所専務理事およびトヨタ財団研究助成担当者をお招きした。シンポジウムの準備および司会進行については、前出の北村氏イベントに支援していただいた。開催の告知は、商工会議所、株式会社 桐生再生、桐生老人クラブ、その他「古写真調査会」でつながりのできた「観音まちづくりの会」、「織姫自治会」の会長に協力をいただき、チラシの配布を行った。

平日の開催であったが、68名の方に参加をいただき、内25名からアンケートの回答を得た(表 4-3-1)。回答をいただいた方のほとんどの方が、桐生の歴史と水利用とを関係付けた研究成果に理解と関心を示した。また、回答者のうち20名からは赤岩用水を中心に現在まちに残る用水路を再生したい、維持したいという意見をいただいた。Q7の自由回答では様々な意見をいただいたが、これまで指摘されたことのなかった日本織物会社の水力技術と世界の工業用水力技術の歴史的な関係についてのものが多く、反響が大きかった。

シンポジウムの後半で行ったパネルディスカッションでは、人口減少を続ける桐生で都市史を研究することに対する疑問を忌憚なく指摘する発言もあった。しかし、こうした指摘をいただき、こちらもそのような考え方に対してどのような信念を持って研究に臨んでいるのかを応えていくことによって、研究内容の発表だけでなく、地域の再生を意識した都市史研究という問題意識と成果が目指すものについて、参加者と共に理解をより深めることができたといえる。

このような研究者と市民との双方向の意見交換による問題意識と研究成果の共有は、論文等の文書での発信のみで有効な実績を上げることが難しい。本取組によってシンポジウム等の方法によって市民と直接向き合うことが、知見の共有により有効であることを確認した。

第4章 地域の人々と進める共同研究と知見共有の実践



図 4-4-1 シンポジウムの様子

第4章 地域の人々と進める共同研究と知見共有の実践

表 4-3-1 シンポジウムのアンケート結果

| | | | | | |
|---|----|--------------------|--|-----------------------------|----------------------|
| 【年齢】 | | 【性別】 | | 【Q1 今回のイベントをどのようにして知りましたか？】 | |
| 30歳代以下 | 4 | 男 | 20 | 1.チラシ | 11 |
| 40歳代 | 1 | 女 | 5 | 2.未来創生塾からの案内 | 3 |
| 50歳代 | 1 | | | 3.市役所ホームページ | |
| 60歳代 | 7 | | | 4.その他 | 13 (桐生タイムス、回覧板、当日参加) |
| 70歳代以上 | 12 | | | | |
| 【Q2「水都・桐生」という言葉について】 | | | 【Q3 現在桐生の水路の多くが姿を消してしまいましたが、どのように考えていますか。】 | | |
| 1.水をもっと重視すべきと思っていた | 12 | 1.できれば再生させたい | 13 | 2.現状を維持したい | 9 |
| 2.講演を聴いてなるほどと思った | 12 | 3.暗渠化を進めたい | | | |
| 3.水と関連付けるのは無理がある | 1 | | | | |
| 【Q4 ご家庭に公開していない歴史資料(文書や地図など)はございますか。】 | | | 【Q5 (Q4で「ある」とお答えの方)もしその資料を公開する機会があったら、情報発信したいですか。】 | | |
| 1.ある | 2 | 1.発信してみんなに知ってもらいたい | 2 | 2.公開はしたくない | |
| 2.ない | 25 | 3.どちらともいえない | | | |
| 【Q6 もし赤岩用水などで水力を利用した発電(再生可能エネルギー)が可能になったら利用しますか。】 | | | | | |
| 1.是非利用したい | 10 | | | | |
| 2.今と同じ電気代なら使う | 4 | | | | |
| 3.今より電気代が安くなるなら使う | 6 | | | | |
| 【Q7 本日の講演で印象に残ったことがございましたら、ご記入願います。】 | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 県下一の人口を誇った時があったのにはびつくりした。また復活できることを祈ります。 ・ 水のエネルギー時代・水の都といってもいい桐生は自然の水を知って活用して発電してエネルギーを使うこと ・ 水から桐生の織物の歴史が語られるとは！ ・ 講演 2、報告 1、パネルディスカッション ・ 新しい視点からの研究に期待 ・ 若手研究者の存在に期待するところ大です ・ 欧州→米国→日本への水力利用の工業、特に織物が発達してきたことと桐生の歴史への関わりが良く理解できた ・ 周知不足では？パネルディスカッションが長すぎる ・ ポローニャ→イギリス(産業革命)→アメリカローウェル→桐生と水エネルギー水力発電の伝承があったとは初めて知りました。新発見とともにできることなら産業遺産を復活させて観光資源のひとつにしてもらいたい ・ 講演 1：世界の水路について話を初めて聞きました。日本の水路の原点はポローニャから来たという事に驚きました ・ 講演 2：日本織物の話と古い資料が見られて良かったです。 ・ 報告 1：赤岩用水の大正時代の水路の資料を見てたくさん水路があって水車があったことが分かりました。今は道路になってしまっているのでこういう機会でも話を聞かないと分からずもっと調べたいとなりました。織物業種から見る桐生の水利用の話はおもしろく興味を持ちました。 ・ 報告 2：「桐生れきし調査隊」に参加しましたが子ども(小4)も私もとても楽しかったです。道路を見て実際に昔はここに水が流れていて水車があったという話を聞き、昔の写真を見て娘は驚いていました。私は地元が桐生ではないので桐生の歴史を勉強しているうち知っていくことがとても楽しいです。 ・ 桐生の市街地に水路が張り巡らされていたこと ・ 堀尾氏の用水利用の詳細や利用の変化が桐生の歴史を知る上で参考となった ・ 海外の歴史(水利用) ・ 桐生における水利用の重要性 ・ 佐羽秀夫さんの資料の発展型として素晴らしい分析でした ・ 21世紀は水の時代であることを再認識しました | | | | | |

4.4 小結

本章では、地域の特徴や資源を再評価する都市史研究の知見を、地域の人々と共有する手法の確立を目的に、2章3章の研究成果を種々の方法で地域の人を巻き込む取組を行った。具体的には、以下に示す3つの取組を行った。その内容と結果は以下のとおりである。

1. 地域の人々の共同研究会、「水都・桐生研究会」の発足と運営

「水都・桐生研究会」を立ち上げ、地域の人々との共同研究という形で、水利用の側面という見地から桐生の都市史研究を進めた。研究会という手法は、成果の共有と郷土史料の収集だけでなく、以下2以降の地域での取組を可能にする人のつながりを構築できるという点で、外部の研究者が地域に入り込む方法として重要であることを示した。

2. 「桐生れきし調査隊」（親子参加型の歴史スポットめぐりイベント）の開催

親子を対象としたイベントによって、日ごろ郷土史に触れることのない若い世代や子ども達との研究成果の共有を図った。参加者に対しては当初の狙いは、概ね果たせた一方で、より多くの参加者を集めること、それを可能にするイベント方法の検討という点で課題を残した。また地元のメディアを通じたイベントの告知を通して、既存の地域のネットワークの活用が取組の周知に重要な方法であることを示した。

3. シンポジウム『『水都史』で見る桐生の都市像』の開催

多くの市民と研究成果を共有することを目的に、シンポジウムの開催を行った。水利用という視点の都市史研究はこれまで事例がなく、参加者からは好意的に受け止められた。パネルディスカッションによる市民との意見交換は、成果の内容だけでなく研究の問題意識と成果の目指すところを共有するという点で、有効な方法であることを示した。

本性の取組で行った研究成果の共有は、市民と共に「地域の特徴の理解を深めた段階」であり、今後地域が再生するには、特徴を活かしたまちづくりをする知恵を、地域の人々が主役になって出していくことが必要である。新たな知見の共有が一過性のものにならず、地域の活動につながるものとする、研究者がこれを後押しする手法の検討については、今後の課題である。

-
- 1) MAYU は国立研究開発法人 科学技術振興機構 社会技術研究開発センター(RISTEX)の「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」研究開発領域の中の桐生プロジェクト「地域力による脱温暖化と未来の街—桐生の構築」でグリーン交通システムによるコンパクトでエネルギー消費が少なく活力のある低炭素型のまちづくりを目的に開発された低速電動バスである。8輪駆動で最高時速は19kmと低速だが、近距離移動用のまちの回遊手段として人気があり、桐生のシンボルの一つとなりつつある。
 - 2) 前掲注1)で紹介した RISTEX の桐生プロジェクトで、地域の子供と保護者を対象に環境教育を行う取り組みとして発足した。現在も群馬大学の地域貢献事業として、小中学生を対象に月1~2回の頻度で桐生の施設や企業の協力を手体験型の講座を開いている。

第 5 章 新たな水力都市・桐生の検討

5.1 概要

現在赤岩用水は、制度上農業用水として位置づけられている。しかし市街化が進み、市域の農地が増え、実質的な農業用水としての機能は失われつつある。ここまで論じてきたように、赤岩用水は農業用途の他に、撚糸機械の水車動力として利用された歴史的側面を持つが、そのような視点で水路の保全や PR がなされるような状況にはない。このまま特段の施策がなければ、すでに姿を消した大堰用水と同様の結果になる可能性は高い。

しかし「不要である」という理由で、埋め立てや暗渠化によって赤岩用水を地上から消すことは、このまちの歴史的特徴と魅力を大きく毀損することとなる。近代以降の都市の経緯を振り返ってみれば、歴史的な価値をないがしろにし、近視眼的に不要と考えられるものを切り捨ててきた過程こそが、近代化の負の側面であり、それが地域の特徴を失わせ、地方都市衰退の一因となってきたのである。

とはいえ、歴史的な価値を再評価することは確かに重要ではあるが、遺構等の安易な復元事業によって、当事者となる地域の人々の負担が増えるような施策は実施すべきではない。価値あるまちの歴史資産を守り続けるためには、現在の社会において、それらが担いうる新たな役割を見出し、活用を通して保全するための知恵を出すことが必要である。

まちの水路の保全策においては様々なアイデアがあるが、水路の水力を小水力発電に活用する方法も一つの選択肢として考えられる。元々水車動力の源であった赤岩用水が、時代が変わり、利用形態は変わりつつも、地域の人々にエネルギーを供給する都市の水辺として復活させることができれば、歴史の文脈から見ても意義のあることといえる。

ただし事業の実現性については十分な注意が必要である。前述のように小水力発電への活用を実施するにしても、設備設置に多額の投資をして、投資回収のめどが立たないような計画であれば、別の戦略を再考するべきである。特に市街地の水路には小水力発電で重要になる有効落差(後述する)が得にくく、事業環境は厳しいと考えられるため、検討は慎重に行う必要がある。

そこで桐生の赤岩用水を対象に小水力発電を実施した場合の事業採算性を明らかにするために、経済産業省の補助金である「地産地消型再生可能エネルギー面的利用等推進事業費補助金」に「桐生市の水路を活用したエネルギーマネジメント事業可能性調査」というテーマで申請し、採択を受けて実施した。本事業は筆者が籍を置くパシフィックコンサルタンツ株式会社が、桐生市の承認を得て申請し、群馬大学の天谷教授を中心に各方面の協力を得ながら進めた。

5.1.1 桐生市の小水力利用の現状

桐生市では、平成 22 年度に「緑の分権改革推進事業(小水力発電)」を実施し、市域全域の小水力発電のポテンシャル調査を実施している。図 5-1-1 は、市内の小水力発電候補地を地図上示したものである。各候補地は期待発電量の概算も行っており、その合計は 1,563kW である。しかし、その後実際に設置された小水力発電設備は、黒保根浄水場に設置した 1.4kW のみであり、残念ながら小水力発電の普及につながる結果が得られたとは言い難い。

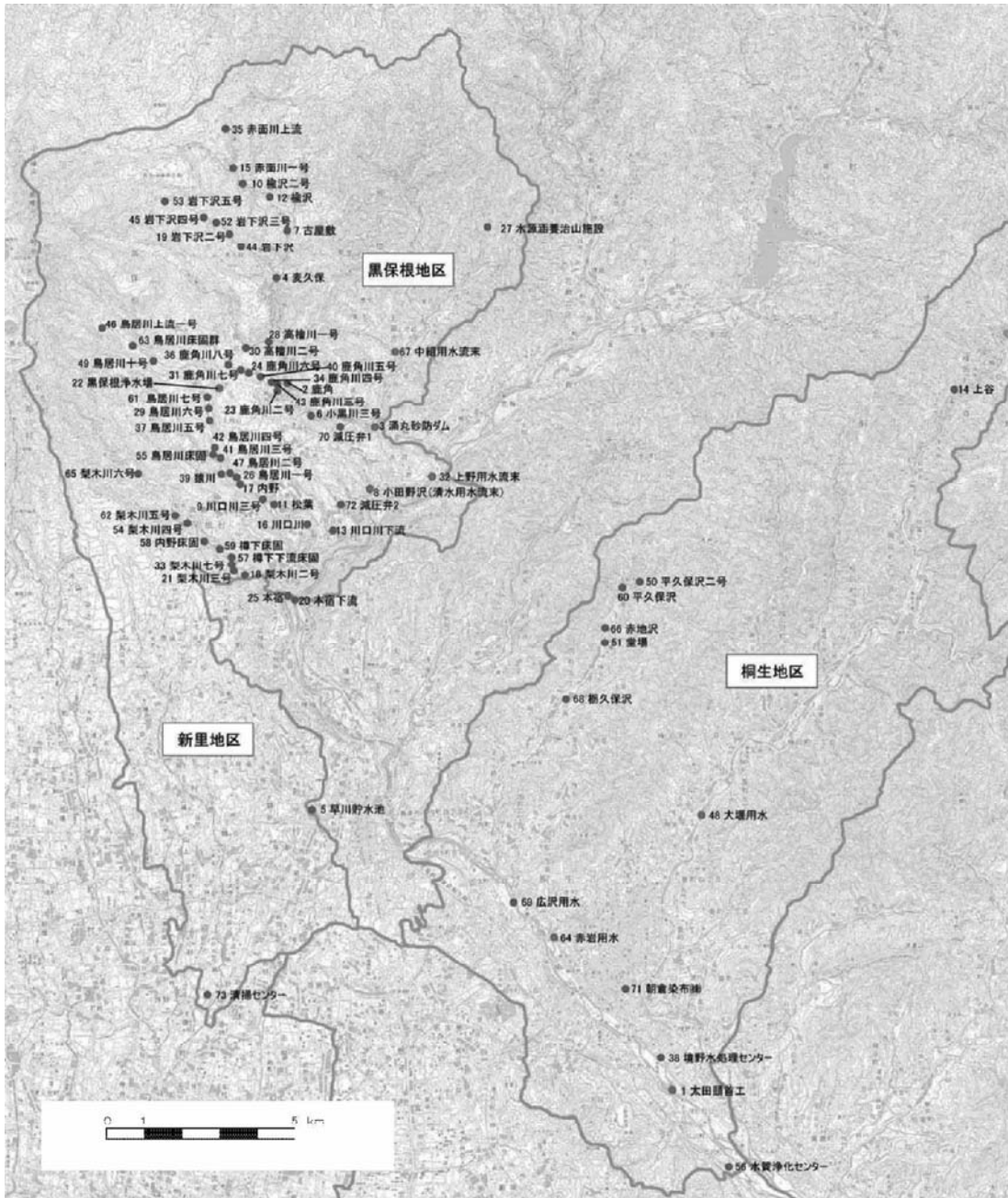


図 5-1-1 桐生市の小水力発電の賦存分布量

5.1.2 小水力発電の導入を妨げる主要因

小水力を含めた水力発電は、一般に下記式(1)の式で算出される。式から読み取れるように、発電量は流量と落差に比例する。式(1)が示すように、流量と落差という二つのパラメータが発電量に影響することになるが、流量については設備の規模によって処理できる量が限定されるので、落差の有無がより重要であり、対象とする河川に対し、落差の取れる箇所を選定するというのが一般的な検討方法である。

$$P = Q \times g \times H \times \eta \cdot \cdot \cdot (1)$$

P : 期待発電量 Q : 流量
 g : 重力加速度 H : 有効落差
 η : 効率

水力発電をする場合には、水車、発電機およびパワーコンディショナーに加え、堰や導水路の設置など、設備機器の導入と土木工事で、小額とはいえ初期投資が必要になる。小水力発電事業の成立は、発電による収益が初期投資額および維持費に見合うか否かで判断することとなる。

一方で、有効落差を取れる地形の候補を調査すると必然的に河川の上流部にあたる山間地が多く選ばれることになる。前述の緑の分権改革推進事業においても、山間地から多くの候補地が選定されている。しかし、山間地という立地は需要家から遠く離れているケースが少なくなく、送電線などのインフラが整備されていないことも多い。このような地点での発電事業は、上記の機器設備に加え、自営線や電柱などの送電設備の建設コストも必要となる。こうした事情は小水力事業の投資回収を不利にすることとなり、これが、日本が豊富な水と山間地を国土に多く持ちながらも、小水力発電の普及が停滞している大きな要因と考えられる。

5.1.3 市街地用水路での小水力発電の可能性

赤岩用水を含め、市街地を流れる用水路は平野部に存在するため、大きな落差を期待することはできない。一般にこのような用水路での小水力発電は事業性としては最も厳しい条件といえる。そのため、地域の用水路の活用策として小水力発電の実施に向けた取り組みが各地域で散見されるものの、いずれも大掛かりな設備を動員しつつも辛うじて電球をともし程度(数ワット程度)の発電量しか得られない事例がほとんどである。このような発電量では市民に対しての再生可能エネルギーの啓蒙効果はあったとしても、発電そのものについては、実質的な用途はないと言わざるを得ない。加えて赤岩用水の場合は、農地面積の減少による取水量の制限によって、流量も非常に少なくなっており、小水力発電の条件としてはより厳しいと考えられる。

一方で、市街地の用水路は需要家と近接しており、送電インフラの建設を極小に抑えられるメリットが存在する。また、小規模ゆえにダム建設等の土木工事を伴う機器の設置ではなく、小型の投げ込み式の発電水車を水路に設置する方式とすることが可能であり、設置コストの削減によって発電量が少ないとしても一概に事業性がないとは言いきれない。しかし実際のところ、赤岩用水のような低流量、低落差の市街地の用水路は、発電量が小さすぎるという理由で、小水力発電の対象としてみなされること自体ほとんどなく、これまで数字を伴った事業検討はほとんどされてきていない。

5.2 課題設定と研究方法

前節で述べたような小規模小水力発電の現状に鑑み、本章では桐生の市街地を流れる赤岩用水を活用した小水力発電事業を想定し、発電方式を具体的に想定した上で、事業実現性の評価を課題とする。

具体的な方法としては、赤岩用水の現存する開渠部の中で発電の見込みのある地点を複数箇所選定し、実地調査を行った上で、当該地点の状況に適した発電方式を、実機ベースで検討する。さらに本発電および給電を行う事業体を想定し、実機の設置費用とランニングコスト、および需要家への売電収益(再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)を適用しない地産地消の電力需給を想定する)を試算し、投資額の回収に必要な期間の試算を行う。試算にあたっては、20 年以内の投資回収の可否にて、事業性の評価を行う。これは FIT の場合の適用期間が 20 年であることを念頭に設けた基準である。

ここで検討する発電事業は、FIT に頼らない地産地消型再生可能エネルギーの事業であるが、そのような事業に対し適用される補助制度が存在する。もちろん補助制度に頼らない事業運営ができることが理想であるが、こうした補助制度を適用しても 20 年以内の投資回収ができないようであれば、FIT を活用した事業とした方が有利ということになる。

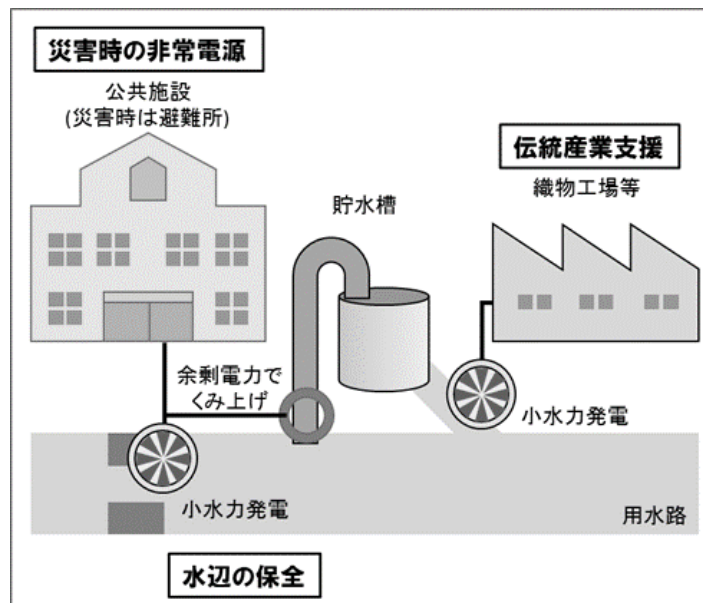


図 5-2-1 エネルギーシステムの検討モデル

図 5-2-1 は、調査する発電システムの検討モデルである。夜間等需要家の電力需要が下がると考えられる時間帯には貯水槽に揚水し、位置エネルギーの形で蓄え(以下、余剰エネルギーの一時貯蔵をエネルギーバッファと記述する)、昼間等需要が増える時間帯に放水・発電し、本流の発電と併せて用いるシステムを想定する。この方式を取るのには発電量の規模が小さいため、需要家の給電対象施設の全電力を賄うという考え方ではなく、電力使用量のピークになる時間帯に給電することで施設の最大使用電力を低減し、電力の基本料金の削減を図るものである。エネルギーバッファの設置は、

第5章 新たな水力都市・桐生の検討

限られた規模の発電電力をより効果的なタイミングで使用することを狙うものである。エネルギーバッファの媒体としては、貯水槽の他、蓄電池を用いる方法も同時に検討した。

調査対象は赤岩用水とし、地図上で設置候補地 9 ヶ所を選定の上(選定基準は、公共施設(想定需要家)の近傍、工事や貯水槽設置を可能にする空間の有無、PR 性等による)、現地の調査(流量・流路断面等)を実施したうえで、水流と地形の条件に合った発電の方式を、製品化された実機ベースで検討した。

さらに検討した設備に対し設置費用を含めた初期投資額とランニングコストに対する、売電(需要家となる施設への電力供給であるため、固定価格買取制度を活用する売電ではない)収益を試算の上、キャッシュフローを計算し、投資回収年を求めた。

検討にあたっては、小水力発電設備に対する補助金等を活用するケースも含め、層別して行った。

5.3 検討結果

本事業の検討結果については、ここでは詳細に立ち入らず要点のみ触れる。詳細は成果報告書にてまとめている¹⁾。

5.3.1 発電候補地の調査結果

赤岩用水の開渠部のうち、図 5-3-1 に示す 9 ヶ所を選定し、各地点にて、水路幅、水深、流速の計測を行った。結果を表 5-3-1 に示す。



図 5-3-1 赤岩用水現地調査対象箇所

表 5-3-1 各地点の計測結果

| No. | 地点名 | 水路幅[m] | 水深[m] | 断面積[m ²] | 流速[m/s] |
|-----|---------|--------|-------|----------------------|---------|
| 1 | 取水口付近 | — | — | — | — |
| 2 | 陸上競技場前 | 3.8 | 0.15 | 0.57 | 3.1 |
| 3 | 商工会議所横 | 2.3 | 0.16 | 0.368 | 3.4 |
| 4 | 土田産業付近 | 2.8 | 0.18 | 0.504 | 3.2 |
| 5 | 南公民館付近 | 1.7 | 0.25 | 0.425 | 2.2 |
| 6 | 境野公民館付近 | 1.4 | 0.14 | 0.196 | 1.5 |
| 7 | 境野小学校横 | 1.5 | 0.1 | 0.15 | 2.6 |
| 8 | 境野中学校付近 | 2.2 | 0.27 | 0.59 | 3.5 |
| 9 | 吐水口付近 | 2.7 | 0.15 | 0.405 | 3.8 |

No.1 については、地図上の計画段階で選定したものの、立ち入り禁止区域であったため、検討対象から外すこととした。No.2～9 について、上記計測結果と現地の周辺の状況の確認結果から、陸上競技場前(No.2)と商工会議所横(No.3)については、水量が多く比較的発電に有利であるとともに人の往来の多い地点であり、市民や観光客等への PR 性についても高いと考えられる。土田産業(No.4)は染色業で、建屋下部を用水路が抜ける特殊な地点である。水量は 9 地点の中で上位に位置し、発電条件は比較的良好であるが、民間事業者の敷地であるため、No.2・3 のような PR 性を期待するのは困難である。公民館や学校付近である No.5～8 は、再生可能エネルギーの教育面においても設備設置の意義があるといえるが、境野中学校(No.8)以外は水量が少なく、発電を行う環境としては厳しいといえる。吐水口付近(No.9)の水量は比較的多いが、人がほとんど立ち寄らない

場所であるため、発電以外のPR的な効果は望めない。

ここで検討する小水力発電事業は、基本的には設置可能であれば任意の場所に設置し、用水路の水資源の有効活用を図るものではあるが、事業着手段階の試験的な実施の際は、比較的発電に有利でかつ地域へのPR性の高い、陸上競技場前(No.2)や商工会議所横(No.3)などから開始することが、事業の意義を地域に理解してもらう意味でも重要であると考えられる。

5.3.2 発電方式の検討

5.3.1 で調査した内容を踏まえ、赤岩用水での発電方式の検討を行った。検討は、発電水車の選定、選定機器の赤岩用水への設置方法の検討、エネルギーバッファ手段について行った。

発電水車の選定

一般に水力発電の水車は、図 5-3-2 に示す水車選定表に基づいて、候補地の条件に合ったものを選定する。しかし赤岩用水は、流域のほぼ全てがなだらかな傾斜であり、落差と呼べる地点がほとんど存在しないため、この図にあるような選定方法によって発電水車を選定することはできない。

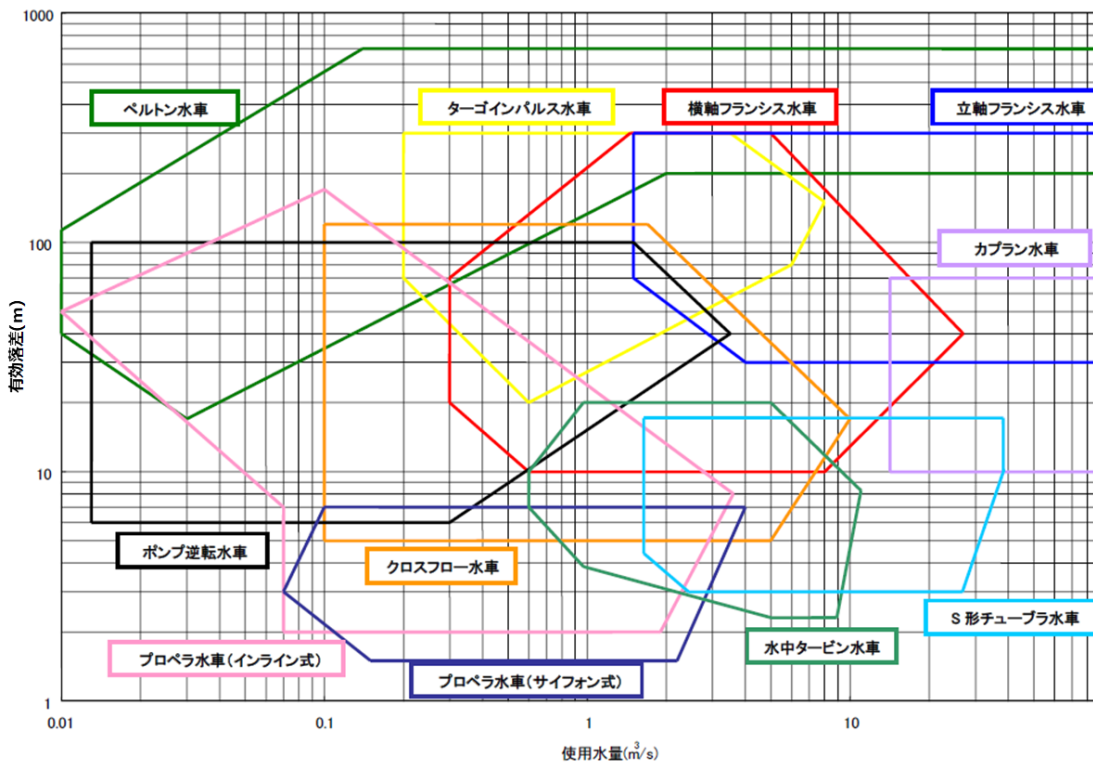


図 5-3-2 水車選定図

そのため、対象地点の地形条件に適した水車を選定するという通常取られる方法ではなく、赤岩用水の地形に適用可能な水車種を探し、設備および設置の費用、期待発電量を比較して選定する方法とした。候補となる水車種は 3 機種ほどにとどまったが、その中から最終的に茨城製作所製 Cappa+++ (図 5-3-3) を選定した。



図 5-3-3 Cappa+++

設置方法の検討

同機種は発電量 160W、設置費用を含めた設備導入価格は約 370 万円であり、図に示すように投げ込み式で設置が可能のため、工事を必要としない。ただし、発電においては、流速 1.5～

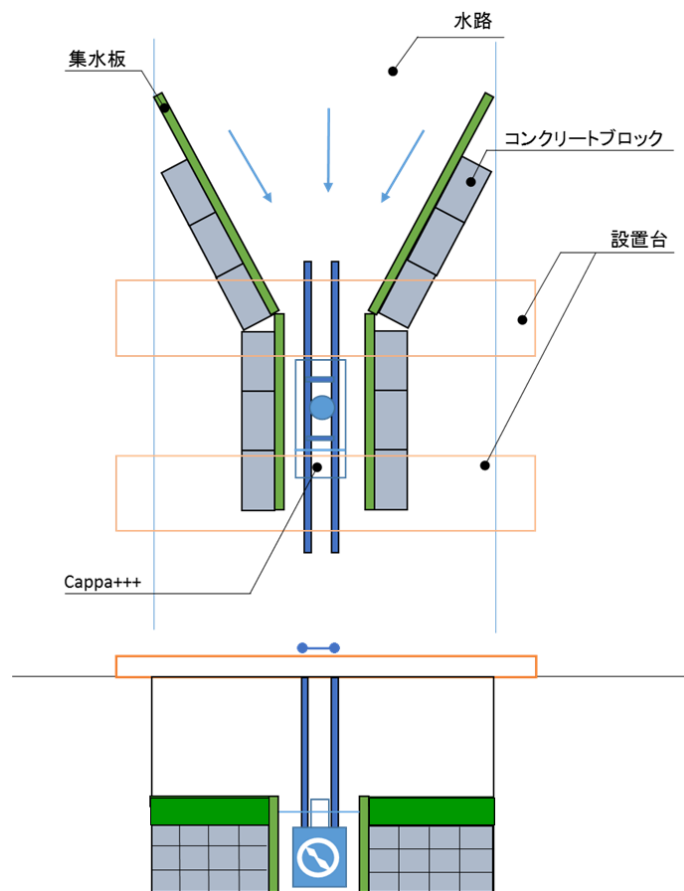


図 5-3-4 設置方法

2.0[m/s]、水深 50 cm以上が確保される必要がある。

各候補地のほとんどは、流速については条件を満たすが、水深 50 cmについてはいずれもはるかに浅い。そのため、設置にあたっては、水寄せをする必要がある。水寄せについては、土木工事を伴わない方法を検討し、コンクリートブロックと鉄板を使用する形で図 5-3-4 のような方式とした。

蓄エネルギー手段の検討

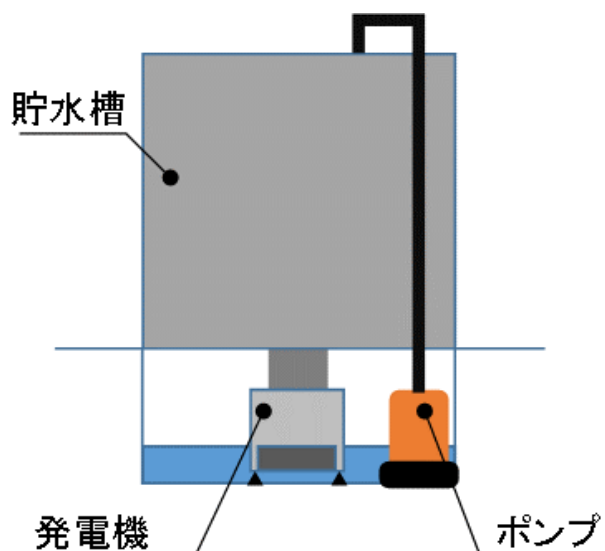


図 5-3-5 貯水槽揚水による蓄エネルギー手段

エネルギーバッファ手段について検討したモデルを図 5-3-5 に示す。用水路に揚水ポンプを設置し、夜間等の電力需要低下時間帯に貯水槽に水をくみ上げ、昼間の電力需要ピーク時に図中の発電機に水槽の水を流下させ、前出の Cappa+++ と併せて発電を行い、需要家に給電する仕組みである。貯水槽に接続する発電機としては、シンフォニアテクノロジー社製 HG10 を選定した。配管に接続しクロスフロー水車に導く構造を持つ機種で、発電量は最大 1kW である。



図 5-3-6 シンフォニアテクノロジー社製 HG10

もう一つのエネルギーバッファ手段である蓄電池については、4 章で紹介した低速 EV バス「MAYU」にも使用されるリチウムイオン電池、EPC100-14 を選定した。

両手段を比較した結果、蓄電池を用いる方が価格面でも運用の利便性の面でも有利であることが明らかになった。価格面では、水槽からの流下分を発電する HG10 のみで、蓄電池以上のコストがかかるうえ、水槽の設置には、工事が必要になる。運用面においても、十分な水量を蓄えるには、水槽の容積は 50[m³]程度を必要とし、工事以前にそれらを設置するための空間の確保が必要なほか、巨大構造物を設置することに対する周辺住民の合意を得る必要もあり、蓄電池に比べ、経済的にも社会的にも課題が多いことが明らかになった。

5.3.3 事業収支の試算結果

事業収支の試算に当たっては、事業スキームの大枠を想定した上で行った。事業スキームの検討に当たっては、以下の点に留意して行った。

1. 給電事業者の位置づけ

給電には公共的な小売電気事業者(PPS)を想定し、東京電力等の当該地域における一般送配電事業者からの買電と小水力発電によって調達した電力を契約先の需要家に対して売電する。小水力発電の発電量は限定的であるため、実質的には供給電力のほとんどが一般送配電事業者から調達した電力となる。本事業体の事業収益は地域のまちづくりに還元することとする。

2. 電力料金

当該の小水力発電ではコストにおけるスケールメリットはほとんど期待できないため、電気料金は当該地域の一般送配電事業者の重量仕様電気料金と同額に設定する。需要家にとっては、本 PPS 事業者と契約することによる経済的なメリットは僅少であるが、これまで一般送配電事業者を支払うのみであった電力料金の一部が、地域に還元される事業であることに意義を見出し、契約することとなる。

3. リースを活用した初期投資の削減

電力の売上額が限定的となるため、高額の初期投資を含めた事業計画では成立しない。リース方式を活用する等の方法によって、資産を持たない事業形態とし、初期投資額を極力抑える。

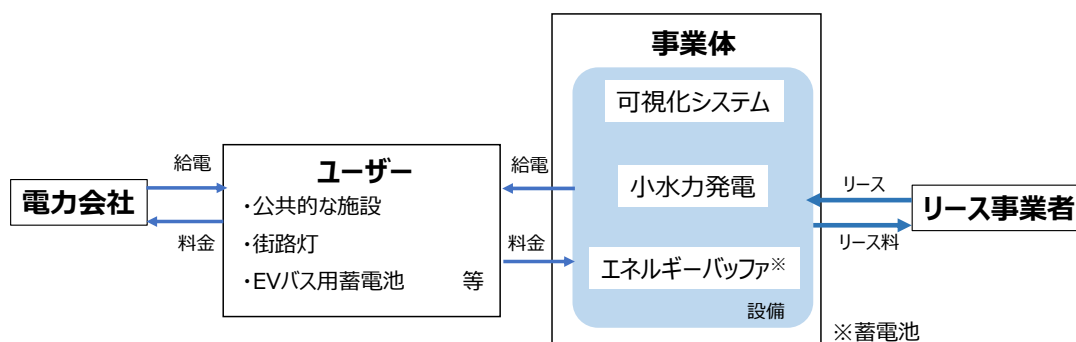


図 5-3-7 事業スキーム案

需要家は将来的には、赤岩用水流域の市民や民間事業者となることが理想であるが、着手段階では、庁舎や公民館等、商工会議所などの公共的な施設、街路灯、現在市内の公共交通の一部となっている「MAYU」の蓄電池、等への電力供給を想定した。

収支計算の詳細については、ここでの掲載を控える。結論は、赤岩用水のような小流量・低落差の用水路では、設備設置費用の回収に 141 年もの期間を要する試算結果となり、事業性は見出せなかった。しかし、3 分の 2 の補助金(地産地消型再生可能エネルギー導入拡大事業等を想定)を活用し、茨城製作所製 Cappa+++と同等のコスト(370 万円)で 1kW を発電できる発電設備の実現ができた場合は、11 年ほどの期間で投資回収が可能であることが明らかになった。

試算に用いた現状の赤岩用水の流量(0.028[m³/s])では、1kW の発電をするには流量が不足しているが、0.175m³/s 以上の流量を確保できればこれが可能となると試算した。赤岩用水の取水量は表 5-3-1 のように設定されており、田植え期の 6 月 11 日～30 日に限っては、0.189m³/s と上記流量を超える取水量の時期がある。そのため、安全面等においては、0.175m³/s という取水量には問題はない。

表 5-3-1 赤岩用水の取水量

| 期間 | 取水量[m ³ /s] |
|-----------|------------------------|
| 6/11～6/30 | 0.189 |
| 7/1～9/25 | 0.146 |
| 9/26～5/31 | 0.028 |

赤岩用水に簡易的な設置が可能で、かつ 3,700 千円の設置コストで 1kW の発電を可能にする設備は、赤岩用水で現状使用できる機種というものは具体的な想定はなく、条件を満たす機器の選定、あるいは開発が必要である。この開発目標の実現性はどの程度のものであろうか。

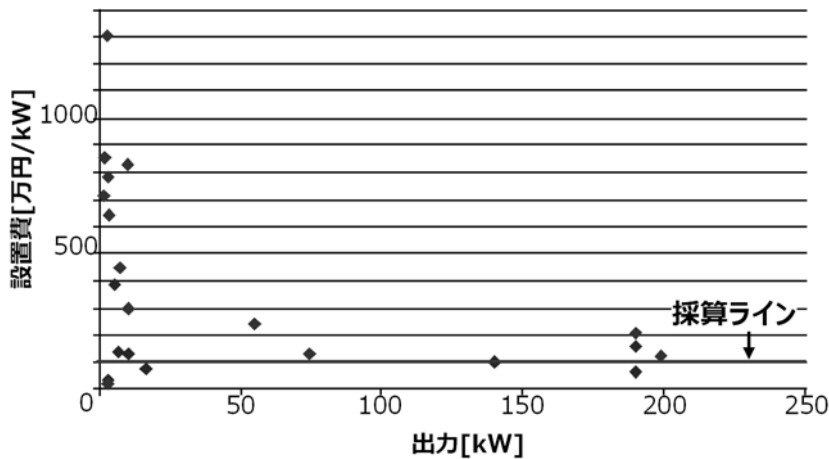


図 5-3-8 発電規模に対する設備価格の傾向

図 5-3-8 は、各水力発電事例における発電機の出力に対する工事費を含めた 1kW あたりの設置費用を、プロットしたものである。経験的に設置コストが 1kW あたり 100 万円以下となるのが、事業採算性の条件であるが、発電出力が小規模になるほど割高となる。特に 10kW 以下では、急激なコスト増となる。これは、極小規模になるにつれ、設備の躯体は最低限の機能を維持する必要があるのに対し、発電量が小さくなるためであると考えられる。しかし一方で、現状では実機の量産がなされないことも、設備価格の高止まりの大きな要因といえる。

水力発電設備の価格は、総じて量産効果による価格低減の恩恵を受けていないのが現状といえる。

第5章 新たな水力都市・桐生の検討

大規模水力発電については、新規に設置するような地域が多くはないためであり、小規模については市場がないためである。しかし、本調査事業で検討したような極小規模の小水力発電は、実現すれば全国各地に無数に存在する市街地用水路が全て発電の候補地となるものである。

水力発電が事業性を持つ要素として、大規模水力発電では設備の量産効果が得られにくいとしても、設備に対する水力資源そのものがスケールメリットを発揮している。それに対し、小規模水力発電においては水力資源によるスケールメリットは得られないので、発電事業を可能にするには設備生産で量産効果を得るしかない。そのためには、多くの水辺で幅広く適用できる事業パッケージを確立し、同一のプロセス(現地調査、機器調達、機器設置等)で全国的な展開を可能にする必要がある。現状ではそれが困難なため事業採算性が立たないのが、現在の小規模小水力発電の実態といえる。

大量生産の実現はそれに見合う市場の創出が必要で、それは日本のいたるところで、地域の人々が小水力発電によって地域の水辺を活用する機運が高まるということを意味する。そのような市場の形成は、社会の価値観を変えるものであるため、短期間で簡単に実現するようなことではない。しかし、地域の再生や低炭素社会の実現といった社会の課題は、いずれも近代化の時代に培われてきた価値観からの脱却を求めるものという点では、小水力発電の市場創出以上の社会変革を求めるものといえる。

この課題を水車や発電設備の生産に携わる民間企業の問題として片付けるのではなく、低炭素社会の実現に向けた社会の課題と捉えるならば、現状においては学術研究がその展望を開く役割を果たすべき段階であり、水都の視点に立つ都市史研究も今後新たな役割としてその一翼を担える領域といえると考ええる。

5.4 検討結果と地域再生への位置づけ

実施した小水力発電事業の事業可能性調査の最大の意義は、現在の赤岩用水でも水利権の整備や補助制度の活用など、適切な手段を講じることによって地域のエネルギー源として一定の役割を果たしうることが示せた点である。たとえ歴史的な意義が見出されたものでも、それ自体の機能が完全に失われたものに資金を投入し、保全を図るような計画は、地域の人々の負担を増加させ、いたずらに消耗させることとなり、実現・継続が困難である。

桐生の建築物において、ノコギリ屋根工場遺構の一部が、店舗やアーティストのアトリエとしてリノベーションされ、維持されている事例と同様に、用水路についても現在の社会に役立つ用途を創出して、初めて保全の計画が現実味を帯びるものである。

本調査事業では検討委員会を開き、群馬大学の天谷教授に座長が務め、同大学工学部の電気系の研究者、桐生市の職員(環境課、農業振興課、都市管理課)、民間のエネルギー事業者に出席いただいて検討を進めた。事業可能性調査の結果は、小水力発電を事業として成立させるための課題が明らかになった。しかし、それは赤岩用水が再び地域のエネルギー源としての役割を取り戻すための道筋をつけるものともいえる。課題の解決に向けた具体的な取り組みに着手することこそ、新たな水都・桐生の再生に向けた一歩となるといえるだろう。

検討結果に対して桐生市からは、ゲリラ豪雨等の集中的な降水があった際、小水力設備の設置が雨水の流下を妨げ用水路が氾濫する危険があるという指摘をいただいた。一方で、赤岩用水の現状として、農地の減少により農業水利権で認められる取水量は限界まで低下しているため、用水路として今後維持していくために、他用途の水利権を検討する意義があると認識した、というコメントもいただいた。ゲリラ豪雨の際の降水の速やかな流下機能は、地球温暖化が進行しつつある現代であるからこそ、生じた赤岩用水の新たな役割である。こうした新たな位置づけも生まれてきていることも念頭に入れ、活用を通じた保全を検討することが重要と考えられる。

5.5 小結

本章では、桐生の産業史に深く関わってきた赤岩用水に新たな役割を与え、活用を通じた保全を行う方策として、小水力発電での利用を考え、事業の実現性について調査した結果をまとめた。本調査は、経済産業省の補助金である「地産地消型再生可能エネルギー面的利用等推進事業費補助金」を活用して進めた。

調査では、赤岩用水の中で 9 か所の水力発電に効果的なスポットを選定し、現地調査をしたうえで、適した水力発電設備の構成を検討した。以上の設備構成に対し、設置及びランニングコストと売電収益によって事業収支および投資回収期間を試算したほか、事業実現が可能になるための条件についても検討した。その結果、設置に対して 3 分の 2 の補助金等を得ながら 1kW の発電設備を 370 万円以下の設置コストで設置できれば、固定価格買取制度の設定する 20 年という期間以内での投資回収を FIT による売電によらなくても可能であることを示した。

-
- 1) パシフィックコンサルタンツ株式会社、株式会社 ヴェリア・ラボラトリーズ：桐生市の水路を活用したエネルギーマネジメント事業可能性調査 成果報告書，平成 28 年度地産地消型再生可能エネルギー面的利用等推進事業，一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会，2017.3

第 6 章 総括と展望

6.1 研究成果

本研究では、水利用の視点から都市の形成過程を読み直す研究手法が、地方都市再生に資する基礎的な知見を与えようという考えのもと、織物産業に水力を活用して発展した都市である群馬県の桐生を対象に、水利用と関わる都市の形成過程の解明と、都市再生に向けた知見の活用策の検討を行った。各章の成果は以下のとおりである。

第1章

第1章では、都市史の研究成果が地方都市の再生に重要であること、特に水利用についての分析は、現代の環境問題にも通ずる課題解決の手がかりを与えるものである、という本研究の問題意識を示した。その上で、研究対象としての都市を群馬県の桐生とし、研究目的を、水力を活用し織物産業都市として発展した桐生の形成史を、未来につながる形で明らかにすることとした。

この目的に基づき、2章・3章については桐生の水利用と都市形成過程の関係性の解明、4章・5章については都市史の研究成果を活かした地域再生に資する実践手法の研究、を行うこととする本論文の構成を示し、各章の概要を整理した。

第2章

第2章では、桐生で発明された撚糸水車である水力八丁撚糸機が普及した江戸後期から明治初期にかけての水利用の実態と都市発展の過程を、当時の用水路網の地理的展開状況の再現と、各織物業種の集積状況との比較を通して明らかにした。

支流のほとんどが暗渠化または埋め立てられた赤岩用水と大堰用水の地理的展開状況を明らかにした結果、いずれの用水路も非常に細かい支流に分かれ、赤岩用水は新宿村と境野村のほぼ全域を、大堰用水は下久方村・桐生新町・今泉村のほぼ全域を網羅していたことを明らかにした。さらに赤岩用水に水車動力を用いる撚糸業の集積を確認した一方で、大堰用水には撚糸業だけでなく、揚撚り業(強撚糸を扱う特殊な撚糸業)と染色業の集積も見られ、多様な水利用があったことを明らかにした。

両用水の水利用の最盛期には時期的な差異があり、江戸後期から明治初期にかけては、流行した高級織物の生産を大堰水系の3ヶ村(上記)が中心的に担い、明治中期以降からは輸出用織物の増加を受けて、赤岩用水の水力利用が活発化していったことを明らかにした。

その背景には、桐生の織物業者が水利用を始めた当初は、比較的穏やかな河川である桐生川から取水する大堰用水の使用が好まれた一方で、明治期以降には製品の大量生産の必要性から、より強力な動力を得るために、流量の多い渡良瀬川から取水する赤岩用水を活用する必要性が増したと考えられることを示した。

第3章

3章では、明治後期に桐生に建設された桐生の近代織物工場である日本織物会社の利水システムとその技術のルーツを明らかにするとともに、桐生の技術が世界の水力利用の産業史の最終段階の

第6章 研究成果

ものであったという見解を示した。

明治 20(1887)年に設立した日本織物会社は、欧米の水力技術を導入した水車動力による織物一貫生産工場を建設した。この工場が開削した動力利用目的の用水路の図面と当時の工場敷地図および使用した水車図面から、日本織物会社の水力利用の全体像を明らかにした。

この工場の建設は、事前に創業者がアメリカ、イギリスへの視察を行い、計画に着手したものである。繊維産業における水力利用の歴史は古く、産業革命以前から始まり、ひいてはその水力利用技術が産業革命の技術的基礎を築いた。本章では、イタリアで発祥し、イギリス・アメリカで発達した水力利用型織物工場(または紡績工場)の発達過程を系統的に整理し、欧米の各水力利用型工場と日本織物会社の工場の利水システムにおける比較を通して、アメリカのマサチューセッツ州ローウェルに建設された水力利用型綿織物工場の利水システムが設計及び使用した技術において最も近いことを示した。

第4章

4 章では、研究成果を地域の人々と共有し、今後の地域再生の動きの基盤を作るための手法研究として、地域の人々との共同研究、親子世代を対象とした歴史スポット回遊イベント、研究成果を市民と共有するシンポジウムの開催、を行った。

共同研究では水都・桐生研究会を発足し、参加いただいた地域の方々から、水利用の歴史や昔のまちにかかわる様々な史料を提供いただくとともに、水利用の歴史と桐生の成り立ちを、協働を通して明らかにし、地域の魅力と特徴をこれまでの見地とは異なる視点で見出すことができた。研究会で築いた地域の人々とのつながりは、その後の成果発信の各イベントや、後述する小水力発電の検討事業などへの発展のきっかけを作ることにも可能にした。

親子参加型の回遊イベントでは、水に関わる桐生の歴史的スポットを EV バスで回遊し、研究で明らかにしたまちの歴史を、日ごろまちの歴史と関わる機会の少ない若い世代の方々とも研究成果を共有することができた。また、イベントの周知において、地域のメディアを活用した周知が有効であることが明らかになった。

シンポジウムでは多くの市民に参加をいただき、研究成果を発表した。シンポジウムの後半では、市民との意見交換を行った。研究者と地域の市民とのまちに対する感覚や問題意識の差を把握できるという点で、地域の人々と直接顔を合わせる形での成果の共有の重要性を確認した。

以上の取組を通して、地方都市再生を実現するには、地域の人々がまちの将来を創る強い動機を持つことが不可欠であるが、このような市民と共に進める都市史の研究は、有効なきっかけを作りうるものであることを、本事例をもって示した。

第5章

第 5 章では、桐生の赤岩用水を、活用を通して保全する具体的な方策として、小水力発電での利用を想定し、経済産業省の補助金である「地産地消型再生可能エネルギー面的利用等推進事業費補助金」を獲得し、実施した結果を示した。

有効落差のない市街地の用水路では、基本的に規模の大きな発電電力は見込めない一方で、

第 6 章 研究成果

需要家が用水路近傍に多く存在し、送電線は既設の物を託送で利用できるため、自営線を新たに設ける必要がない。そのため、設置方法の簡易化と既設都市インフラの最大限の活用によって設備設置コストを最小限にとどめ、需要家側の運用においては、予め水槽への水のくみ上げや蓄電池の設置等によってエネルギーを蓄えておき、電力使用のピーク時間帯にまとめて給電して、最大電力使用量の低減によるエネルギーコストの削減を図る仕組みを検討した。

検討においては、現状の条件と事業採算性が見込めるための条件をそれぞれ試算する方法をとった。その結果、設置コストに対し 3 分の 2 の補助金の適用を必要とするものの、1kW の発電システムを 3,700 千円以下のコストで設置できれば、事業採算性を確保するという結果を得た。

6.2 総括・研究の意義

本研究では、織物産業都市として知られてきた桐生の形成過程を、水利用の歴史に注目して分析した。その結果、市街地全体に張り巡らされた二つの用水路網と、その用水路網をフルに活用した織物産業集積の実態が明らかになった。また明治後期に建設された織物工場は、当時の世界における最先端の水力利用型の織物生産工場であったことも明らかになった。このような桐生の都市像は、これまで知られてきた織物産業都市・桐生をより厚みのある歴史の魅力に彩られたものとして、世の中に発信できる知見になると考えられる。

また、本研究ではこのような都市史研究で得られた知見が、地域の人々に対し地域再生の原動力を創出しうるものであると捉え、種々の手段によって市民との成果共有策を実践的に行った。その結果、研究成果は地域にわがまちの魅力ある新たな側面として、好意的に受け止められた。さらに、小水力発電を通じた現存する赤岩用水の活用と保全について事業可能性調査を行うことで、将来に向けた新たな水都の再生のあり方について、一つの可能性を示すことができた。

本研究によって、水利用の視点から地域の新たな歴史的側面を明らかにできること、地域の人々との協働を通して研究を進めることで、成果を地域の再生の原動力につなげるものとするところができることを示し、地域の課題に応える今後の都市史研究のあり方として、一つの方法を示すことができたと考ええる。

付録

付録 1 上げ下げ水車の仕組み

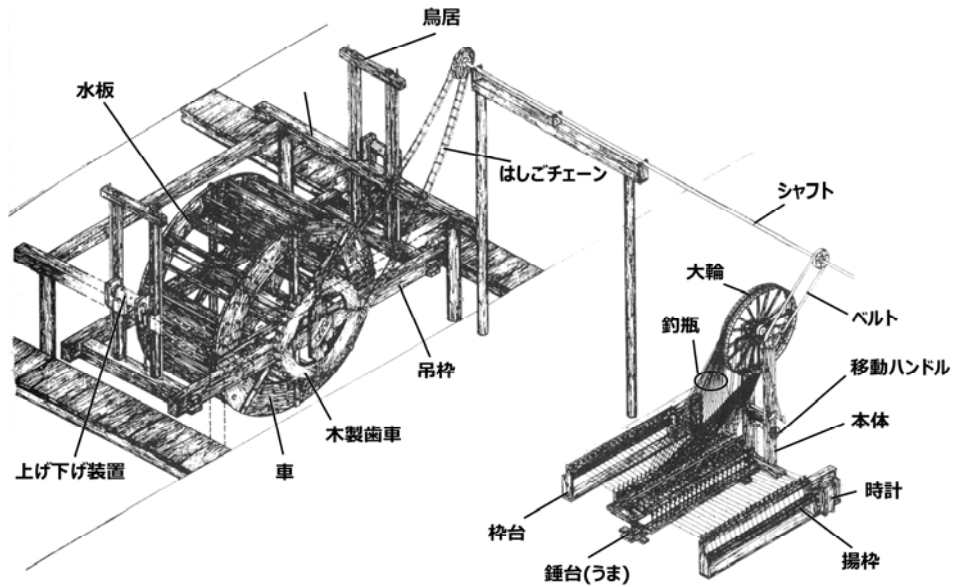


図 A-1-1 水力八丁撚糸機

岩瀬が発明した撚糸水車、「上げ下げ水車」について説明する。この水車は、不使用時は水車を持ち上げ水面から離脱できる構造を持つ。水車動力は屋内の八丁撚糸機と呼ばれる撚糸機械に伝えられる。図 A-1-1 は桐生で用いられた水力八丁撚糸機の構造図である。図の右半分が、八丁撚糸機で、左半分は屋外の水車の構造を示している。水車の回転は、はしごチェーンと呼ばれる木製の鎖状の部品でシャフトに伝えられ、シャフトの回転が屋内の八丁撚糸機を動かす。

この水車は、名前の通り水車自体を昇降する上げ下げ装置を備えており、水車不使用時には水車を持ち上げて水面から出し、稼働を止めることができた。

付録 2 都市の水辺を守る小水力発電のあり方

桐生のように市街地に用水路を持つ都市は、日本中至る所にあり枚挙にいとまがない。その多くが、かつては農業用水として使用されていた用水路である。しかし、このような市街地のほとんどはかつての農地が宅地などに転用されて都市化したものであるため、周辺の農地のほとんどは失われていることが多い。農地の減少は、農業水利権で認められる取水量の減少を意味するので、赤岩用水の事例のように、水利権の維持が困難な用水路を抱える地域は少なくないと考えられる。

しかし、5章で示したように市街地の用水路では、有効落差をほとんど得ることができないため、発電事業として成立しないというのが一般的な見解である。5章の調査では導入コストの低減という側面に焦点をあて、事業可能性の検討を行ったが、ここで検討した発電水車は水の流速を受けるプロペラ型の水車である。このようなプロペラ型の小型小水力発電機については、現状ではまだ小水力技術の主力とはなりえない位置づけであるが、近年 NTN 株式会社(以下、NTN 社)が開発に携わり、実証実験が行われた。

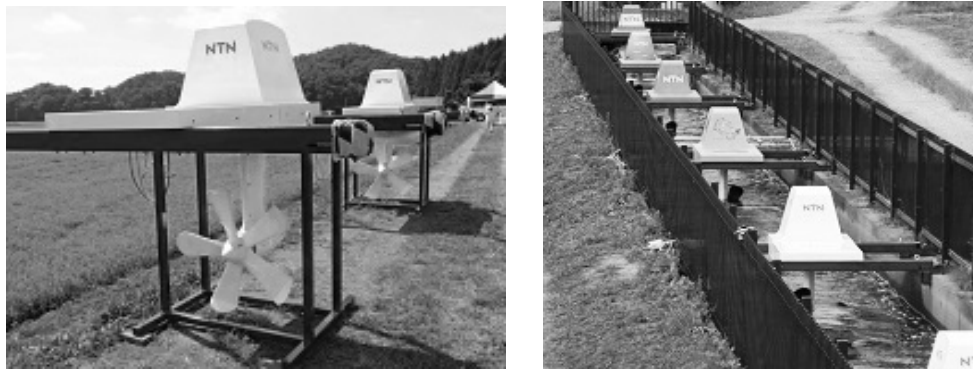


図 A-2-1 NTN 株式会社の投げ込み式小水力発電水車

NTN 社の記事によれば¹⁾、落差形成の基礎工事、導水管の設置、取水堰の作成という小水力発電に伴う高額な初期費用を避けることを念頭に置いた開発であることに言及しており、本研究で行った小水力の事業検討と基本的な考え方は一致している。しかし、汎用性という点で課題も存在する。

この発電水車が能力を発揮するためにはプロペラ部分が完全に浸漬する必要がある。NTN 社も仕様において水深 1メートル以上で使用することを条件としている。しかし、市街地の用水路において水深 1メートルを確保できるような用水路は決して多いとは言えない。本研究での小水力調査では、より小型の機器(茨木製作所製 Cappa+++)の使用を想定した。この機器の必要水深は 50 cmであるが、それでも赤岩用水で使用するためには、堰を設け、水寄せをする必要があった。

有効落差を活用しない水車は、このようなプロペラ水車以外では、人類が古くから使用してきた下掛け水車である。今後、市街地の用水路を小水力発電で活用することを検討するにあたっては、下掛け水車にも可能性があることを、敢えて主張しておきたい。3章で、織物産業の発展とともに進化した水車の技術変遷が示す通り、当初は下掛け水車を用いていたものが、有効落差を活用できるタービン水車に技術革新し、現在はフランス水車をはじめとした近代的水車が、水力発電で活躍してい

る。しかし、水車が落差を必要として以来、発電(動力取得)の現場は、より傾斜のある地形を求めて山間地に向かい、都市空間から離れた場所に移ることとなった。即ち、身近な水辺に適合する水車はやはり下掛け水車なのである。

下掛け水車を設置した際の期待発電量を見積もる方法については、一般的に認知された手法はないが、5章の式(1)は次のように変形することができる。

$$P = Q \times g \times H \times \eta \cdots (1)$$

$$= \frac{1}{t} \times \rho V \times g \times H \times \eta$$

$$= \frac{1}{t} \times (mgH) \times \eta \cdots (1)'$$

$$= \frac{1}{t} \times \left(\frac{1}{2} mv^2 \right) \times \eta \cdots (2)'$$

$$= \frac{1}{t} \times \frac{1}{2} \times \rho V \times v^2 \times \eta$$

$$= \frac{1}{t} \times \frac{1}{2} \times \rho Q t \times \left(\frac{Q}{S} \right)^2 \times \eta$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{\rho Q^3}{S^2} \times \eta \cdots (2)$$

P : 期待発電量 Q : 流量
 g : 重力加速度 H : 有効落差
 η : 効率 S : 流路断面積
 ρ : 水の密度 V : 流出水の体積
 v : 流速 t : 単位時間

式変形に伴い、
 以下の式を使用している
 $Qt = \rho V$
 $\rho V = m$
 $Q/S = v$
 $mgh = \text{位置エネルギー}$
 $(1/2)mv^2 = \text{運動エネルギー}$

上記からわかるように、式(1)は式(1)'において計測が不可能な質量 m を計測可能な変数で代替することを図った実用上の式であり、期待発電量の本質は水の位置エネルギーに効率を乗じたものである。

有効落差のない水路において下掛け水車がエネルギー源とするのは、水流の位置エネルギーではなく、運動エネルギーである。そのように考えると式(1)'は、式(2)'のように置き換えることが可能であり、これを計測可能な変数に代替すると式(2)のようになる。(厳密には下掛け水車では、水車の上流側と下流側に生じる水位差が有効落差であるので原理的には式(1)に従うが、この場合の有効落差は計測できない。)

桐生の赤岩用水は落差のない用水路だが、その水流はどの程度のエネルギーを有しているだろうか。5章の小水力事業可能性調査では、候補地とした8か所において、流速や流路断面等の基礎的な計測を実施した。計測は、各地点における流速、流路幅、水深である。流路幅と水深の積で流路断面 S を、流速と流路断面の積で流量 Q を求め、式(2)の考え方で、各計測地点の水流が持つエネルギーを計算した結果が表 A-2-1 である。エネルギーは、式(2)において η を乗じる前の数値である。

表中の η_1 は、流水の持つエネルギーから 1kW を取り出すのに必要な効率であり、 η_2 は 2.2kW を取り出すのに必要な効率を示している。必要な効率の値が 100%を超えるものは原理的に不可能の

表 A-2-1 赤岩用水の流水の持つエネルギー

| 計測地点 | 計測値 | | | エネルギー (kW 換算) | 必要効率 η_1 | 必要効率 η_2 |
|---------|---------|--------|-------|------------------|------------------|------------------|
| | 流速[m/s] | 水路幅[m] | 水深[m] | | | |
| 陸上競技場前 | 3.10 | 3.80 | 0.15 | 8.49 | 11.8% | 25.9% |
| 商工会議所横 | 3.40 | 2.30 | 0.16 | 7.23 | 13.8% | 30.4% |
| 土田産業付近 | 3.20 | 2.80 | 0.18 | 8.26 | 12.1% | 26.6% |
| 南公民館付近 | 2.20 | 1.70 | 0.25 | 2.26 | 44.2% | 97.2% |
| 境野公民館付近 | 1.50 | 1.40 | 0.14 | 0.33 | — | — |
| 境野小学校横 | 2.60 | 1.50 | 0.10 | 1.32 | 75.9% | — |
| 境野中学校付近 | 3.50 | 2.20 | 0.27 | 12.73 | 7.9% | 17.3% |
| 吐水口付近 | 3.80 | 2.70 | 0.15 | 11.11 | 9.0% | 19.8% |

ため「—」で表現している。5章の結果で述べたとおり、1kWという数値は設備導入費用を3,700千円に抑えられれば、費用の3分の2を補助金に頼る条件で、事業性のめどが立つ(固定価格買取制度適用期間20年以内に投資回収ができる)数値である。2.2kWという数値は、5章の事業後に独自に試算した結果であるが、補助金に頼らずに事業性のめどが立つぎりぎりの水準である。

表が示すように、事業成立に見合う発電を可能にする必要効率は、多くの地点で30%程度である。NTN社は小型小水力発電機のカスケード利用の可能性を示したが、水深1メートル以上という制約があった。しかし、低コスト仕様で表A-2-1の示す必要効率以上の下掛け水車発電機が実現すれば、水深の制約のない、より広範な用水路への適用が可能になる。

ただし、表A-2-1は流水の全運動エネルギーを使用することが前提の議論であるため、水車幅は川幅とほぼ同じとし、流水を逃がすことなく受ける必要がある。しかし集中豪雨などによって用水路の水量が増した場合、川幅と同幅の水車は水の流下を妨げ、洪水の原因となりかねない。そのため、水車の昇降機能をつける等の安全対策は別途検討する必要がある。

以上、NTN社を中心とした身近な用水路の活用する小水力発電事業の検討事例と、下掛け水車の可能性について考察を行った。現代の小水力発電において下掛け水車は最も効率の悪い水車として、事業検討の俎上にも上がらないのが実情である。しかし、初期投資が高額であることを理由になかなか普及しない小水力発電の実情に鑑みると、全国的に多く存在する市街地のあらゆる用水路に、安価な設備で展開できる可能性のある下掛け水車は、再評価の余地があると考える。図A-2-1のような小水力発電のカスケード利用が、昇降機能を持つ下掛け水車で実現できたとすれば、それは時代を超えた桐生の上げ下げ水車の復活ともいえる。

図1-2-6(a)は、桐生でもっとも発達した新宿の「水車まち」の上げ下げ水車であるが、これは川幅とほぼ等しい昇降機能を持つ下掛け水車である。明治期から大正期にかけて大いに発達した水車の形状と、表A-2-1で検討した都市の身近な水辺を活用した小水力発電水車のあるべき姿と奇妙に一致する事実は、先人の知恵が我々に何らかのヒントを示していると言えるのではないだろうか。

付録2 都市の水辺を守る小水力発電のあり方

-
- 1) NTN 株式会社, <http://www.ntn.co.jp/japan/news/press/news201600062.html>

1. 図の出典一覧
2. 参考文献
3. 本研究に関連する論文および口頭発表

1. 図の出典一覧

※特記なき写真は筆者撮影のものである。

- 図 1-2-1 群馬県と桐生市の位置：筆者作成
- 図 1-2-2 桐生と周辺都市の繊維製品出荷額推移：各自治体の統計資料をもとに作成
- 図 1-2-3 伝統的建造物群保存地区の建物例
- 図 1-2-4 ノコギリ屋根工場
- 図 1-2-5 水力発電設備の遺構
- 図 1-2-6 明治期の桐生 水車のまちなみ：NPO 桐生地域情報ネットワーク提供
- 図 1-2-7 城山と市街地の位置関係：筆者作成
- 図 1-2-8 桐生の主な産業遺産の分布：筆者作成
- 図 2-1-1 南公民館所蔵の撚糸水車分布図
- 図 2-1-2 大正期の新宿の撚糸水車の分布：図 2-1-1 をもとに作成
- 図 2-2-1 織物工程模式図：筆者作成
- 図 2-3-1 新宿村の空間構成と二寺：旧公図に筆者加筆
- 図 2-3-2 桐生新町(旧公図)：群馬県地方法務局桐生支局所蔵
- 図 2-3-3 下久方村(旧公図)：群馬県地方法務局桐生支局所蔵
- 図 2-3-4 今泉村(旧公図)：群馬県地方法務局桐生支局所蔵
- 図 2-3-5 新宿村(旧公図)：群馬県地方法務局桐生支局所蔵
- 図 2-3-6 境野村(旧公図)：群馬県地方法務局桐生支局所蔵
- 図 2-3-7 1872 年における桐生の 9 カ村と二つの用水路：筆者作成
- 図 2-4-1 明治 19 年以降の桐生の輸出織物生産額推移：亀田光三，参考文献 10，p.44，表 7 をもとに作成
- 図 2-4-2 桐生の織物業と水力利用の概念図(江戸後期～明治期)：筆者作成
- 図 3-1-1 日本織物会社鳥瞰図：佐羽宏之氏提供
- 図 3-3-1 日本織物会社用水路模式図：筆者作成
- 図 3-3-2 日本織物会社水車設置工事の様子：佐羽宏之氏提供
- 図 3-3-3 日本織物会社動力水路図：佐羽宏之氏提供の資料に一部加筆
- 図 3-4-1 ポローニャの水力撚糸器械：Calladine, A., 参考文献 25, p.86, Fig 3
- 図 3-4-2 ポローニャの水力撚糸器械(復元品)：LombardeiaBeniCulturali, Torcitoio circolare,
<http://www.lombardiabeniculturali.it/beni-etnoantropologici/schede/4n030-00051/>
- 図 3-4-3 ロムズミルの外観および内部：参考文献 26, p.92, Fig 7
- 図 3-4-4 ロムズミルの利水システム概観図：参考文献 26, p.90, Fig 4
- 図 3-4-5 クロムフォードミル：参考文献 36, p.74, FIGURE 46.
- 図 3-4-6 クロムフォードミルの利水システム：参考文献 35, p.52, Cromford Village C1840 の資料に一部加筆
- 図 3-4-7 クロムフォードミルの配置図：参考文献 30, p.55, Fig 8 の資料に一部加筆
- 図 3-4-8 クロムフォードミルの配置図：参考文献 35, p.83 の資料に一部加筆

- 図 3-4-9 ダーウェント川周辺の工場の分布状況：参考文献 35, p.4
- 図 3-4-10 ストラッツミルの利水システム：参考文献 30, p.51, Fig 6 の資料に一部加筆
- 図 3-4-11 ストラッツミルの水車動力機構：参考文献 30, p.45, Fig 4
- 図 3-4-12 スレーター・ミルの利水システム：Library of Congress, HAER, RI, 4-PAWT, 3(Sheet1of24)
- 図 3-4-13 BMC の外観：American Textile History Museum,
<http://chace.athm.org/singleDisplay.php?kv=40072>
- 図 3-4-14 BMC の利水システム(1875 年当時の地図)：Middlesex county Map, 1856, http://www.old-maps.com/ma/ma_CoMidd_1875reprints.htm
- 図 3-4-15 メリマック川：筆者作成
- 図 3-4-16 ローウエルの利水システム：Library of Congress:HAER MASS, 9-LOW, 9B-(sheet2 of 6),
<http://www.loc.gov/pictures/item/ma0549.sheet/00002a/resource/>
- 図 3-4-17 ローウエルのボイデン水車：Maron, Patrick M., Water Power in Lowell, Engineering and Industry in Nineteenth-Century, p.33, p.58, p.106, The John Hopkins University Press, 2009
- 図 3-4-18 ローウエル ブートミルの断面図：Library of Congress:HAER MASS, 9-LOW, 7-(sheet9 of 100),
<http://www.loc.gov/pictures/item/ma1289.sheet.00002a/>の図面の一部を整形して掲載
- 図 3-4-19 マンチェスター(アメリカ・ニューハンプシャー州)の利水システム：Library of Congress:HABS NH, 6-MANCH, 2-(sheet1,2 of 4),
<http://www.loc.gov/pictures/resource/hhh.nh0041.sheet.00001a/>,<http://www.loc.gov/pictures/resource/hhh.nh0041.sheet.00002a/>
- 図 3-4-20 アモスケイグミル：Library of Congress:HABS NH, 6-MANCH, 2-(sheet3 of 4),
<http://www.loc.gov/pictures/item/nh0041.sheet.00003a/>
- 図 3-5-1 日本織物会社の動力用運河計画図(高低図)：参考文献 38, p.290
- 図 3-5-2 日本織物会社 タービン水車周辺図：参考文献 14, p.21
- 図 3-5-3 日本織物会社の動力用運河計画図(高低図)：参考文献 38, p.290
- 図 4-2-1 水都・桐生研究会の様子：筆者が(株)桐生再生のスタッフに依頼して撮影
- 図 4-2-2 五丁目用水の義出入(書上文書の一部)：桐生市立図書館所蔵
- 図 4-2-3 桐生新町の敷地割図：桐生市立図書館所蔵
- 図 4-2-4 古写真調査会の様子：筆者が運営スタッフに依頼して撮影
- 図 4-2-5 かつての新川と暗渠化後の現在の姿：(a)は NPO 桐生地域情報ネットワークがデータを管理
- 図 4-2-6 新川の暗渠構造：ヒアリング内容をもとに作図
- 図 4-3-1 低速電動バス「MAYU」：筆者撮影
- 図 4-3-2 およこイベントのプログラムと回遊コース：筆者作成
- 図 4-3-3 およこイベントの様子：筆者がスタッフに依頼して撮影
- 図 4-3-4 「桐生れきし調査隊」イベントでの配布資料：筆者と地域のデザイナーで作成
- 図 4-4-1 シンポジウムの様子：筆者がスタッフに依頼して撮影

- 図 5-1-1 桐生市の小水力発電の賦存分布量：参考文献 40, p.13, 図 22
- 図 5-2-1 エネルギーシステムの検討モデル：参考文献 41, p.4, 図 4
- 図 5-3-1 赤岩用水現地調査対象箇所：参考文献 41, p.26, 図 20
- 図 5-3-2 水車選定図：ハイドロバレー計画ガイドブック, 経済産業省 資源エネルギー庁・財団法人 新エネルギー財団, p.5-15, 図 5.5.2, 2005.3
- 図 5-3-3 Cappa+++：株式会社茨木製作所ホームページより転載,
<http://earthmilk.jp/top>
- 図 5-3-4 設置方法：参考文献 41, p.32, 図 23
- 図 5-3-5 貯水槽揚水による蓄エネルギー手段：参考文献 41, p.33, 図 24
- 図 5-3-6 シンフォニアテクノロジー社製 HG10：株式会社シンフォニアテクノロジーホームページより転載
https://www.sinfo-t.jp/pdf/Data/eco_gene/N30-201.pdf
- 図 5-3-7 事業スキーム案：参考文献 41, p.37, 図 25
- 図 5-3-8 発電規模に対する設備価格の傾向：平成 26 年度調達価格及び調達機関に関する意見, パシフィックコンサルタンツ株式会社
- 図 A-1-1 水力八丁撚糸機：参考文献 13, p.47
- 図 A-2-1 NTN 株式会社の投げ込み式小水力発電水車：NTN 株式会社ホームページより転載,
<http://www.ntn.co.jp/japan/news/press/news201600062.html>

2. 参考文献

- 1) 増田寛也：地方消滅，中公新書，2014.8.25
- 2) ジェイン・ジェイコブズ(中村達也 訳)：発展する地域 衰退する地域，ちくま学芸文庫，2012.11
- 3) 吉本哲郎：地元学をはじめよう，岩波ジュニア新書，2008.11.20
- 4) 桐生新町四〇一年祭実行委員会：未来への遺産，桐生産業デザイン振興会，1994
- 5) 桐生織物史編纂委員会：桐生織物史，桐生織物同業組合，上巻，1940
- 6) 桐生織物史編纂委員会：桐生織物史，桐生織物同業組合，中巻，1940
- 7) 桐生織物史編纂委員会：桐生織物史，桐生織物同業組合，下巻，1974
- 8) 桐生市史刊行委員会：桐生市史，桐生市，中巻，1959
- 9) 亀田光三：桐生地方における水車八丁撚糸機と績屋，桐生史苑，桐生文化史談会，第 11 号，pp.3-17，1972.3
- 10) 亀田光三：輸入外圧に対する地域の対応，ぐんま史料研究，群馬県立文書館，第 3 号，pp.31-56，1994.9
- 11) 藤井恵介，清水重敦，酒井一光，山之内誠，金行伸輔，蓮沼麻衣子，三宅雅崇，牧田知子，窪田亜矢，山口和樹：伝統的建造物群保存対策調査報告書，桐生市教育委員会，1994
- 12) 星和彦，吉田敬子，佐々木正純，小保方貴之，大里仁一，萩原清史，本間昇，新井功一，北川紘一郎，藁崎昭子，前原勝良，石原雄二，前橋工科大学，桐生工業高校：ノギリ屋根工場群の活用による都市再生モデル調査報告書，経済産業省関東経済産業局，2005
- 13) 亀田光三：渡良瀬川沿岸の一用水と織物用水車の発達について，群馬文化，第 275 号，群馬県地域文化研究協議会，pp.37-50，2003.7
- 14) 亀田光三：日本織物会社の技術と経営，桐生史苑，第 50 号，桐生文化史談会，pp.5-33，2011
- 15) 亀田光三：桐生輸出織物と買継商，群馬文化，第 253 号，群馬県地域文化研究協議会，pp.35-51，1998
- 16) 桐生老人クラブ編：桐生織物と撚糸水車の記憶，2003.3
- 17) 桐生市立南公民館，南地区生涯学習推進委員：新宿撚糸水車地図，桐生市立南公民館所蔵，1997
- 18) 川村晃正：明治初年桐生織物産地における産業集積と分業関係，専修商学論集，第 82 号，pp.205-270，2006.1
- 19) 川村晃正：グローバル化と織物産地，専修商学論集，第 102 号，pp.41-69，2016.1
- 20) ZENRIN：ZENRIN 桐生市住宅地図，2014
- 21) 島田一郎：桐生地名考，桐生市立図書館，2000
- 22) 群馬県史編さん委員会：群馬県史資料編，群馬県，第 15 巻，1977，pp.493-495
- 23) 江戸文化歴史検定協会：江戸博覧強記 江戸文化歴史検定公式テキスト上級編，小学館，2007，p.32
- 24) 桐生南ロータリークラブ「桐生の歴史を聞く会」：桐生の歴史を語る 佐羽秀夫・卓話集，桐生南ロータリークラブ，2010
- 25) 飯田巳貴：北イタリア絹産業遺産を訪ねて，地中海学会月報，第 384 号，2015.11

- 26) Calladine, A. : Lombe's Mill:An Exercise in Reconstruction, Industrial Archaeology Review, Vol.XVI, No.1, Royal Commission for Historic Monuments (England), pp.82-99, 1993.8
- 27) Arkwright Society, url(<https://www.cromfordmills.org.uk/>)
- 28) Falconer, K. : Textile Mills and the RCHME, Industrial Archaeology Review, Vol.XVI, No.1, Royal Commission for Historic Monuments (England), pp.5-10, 2001.8
- 29) Falconer, K. : Fireproof Mills - The Widening Perspective, Industrial Archaeology Review, Vol.XVI, No.1, Royal Commission for Historic Monuments (England), pp.11-26, 2001.8
- 30) Menuge, A : The Cotton Mills of The Derbyshire Derwent and its Tributaries, Industrial Archaeology Review, Vol.XVI, No.1, Royal Commission for Historic Monuments (England), pp.38-61, 2001.8
- 31) 法政大学デザイン工学部建築学科陣内研究室：米国北東部の水都 調査報告書，平成 23～27 年度科学研究費補助金基盤研究(S) 水都に関する歴史と環境の視点からの比較研究，法政大学エコ地域デザイン研究所，2016.1
- 32) 水田恒樹、陣内秀信：ローウエルの都市空間に関する分析と考察 米国北東部の水力工業都市の空間構成に関する事例研究 その1，日本建築学会計画系論文集，第 80 巻，第 715 号，pp.2157-2165，2015.9
- 33) 水田恒樹、陣内秀信：ウォーザン、マンチェスターの都市空間に関する分析と考察 米国北東部の水力工業都市の空間構成に関する事例研究 その 2，日本建築学会計画系論文集，第 81 巻，第 722 号，pp.1037-1046，2016.4
- 34) 老川慶喜：産業革命期の地域交通と輸送，鉄道史叢書，第 6 巻，日本経済評論社，pp.262-270，1992.10
- 35) The Derwent Valley Mills Partnership:the Derwent Valley Mills and their Communities, pp.40-42, the Derwent Valley Mills Partnership, 2011
- 36) Buxton D., Charlton C. : CROMFORD REVISITED, p.74, FIGURE 46., The Derwent Valley Mills World Heritage Site Educational Trust, 2013
- 37) 経済産業省資源エネルギー庁、財団法人 新エネルギー財団：ハイドロバレー計画ガイドブック，添付資料 4-17，2005.3
- 38) 杉山輯吉：水車用水路ノ計画，工学会誌，第 7 輯，第 76 巻，pp.286-315，1888
- 39) 亀田光三：日本織物会社の発電用水車，日本の産業遺産 300 選 2，pp.14-15，同文館出版，1994，桐生に現存する水力発電址は大正 13(1924)年に設置されたドイツのフォイト社製のフランス水車で、正確には日本織物会社から敷地と設備を受け継いだ東洋織布が設置したものである。
- 40) 桐生市：平成 22 年度「緑の分権改革推進事業(小水力発電)」調査等業務報告書，桐生市，2010
- 41) パシフィックコンサルタンツ株式会社、株式会社 ヴェリア・ラボラトリーズ：桐生市の水路を活用したエネルギーマネジメント事業可能性調査 成果報告書，平成 28 年度地産地消型再生可能エネルギー面的利用等推進事業，一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会，2017.3

3. 本研究に関する論文および口頭発表

<論文(査読付き)>

- 1) 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, 『日本建築学会論文集』第 82 巻 第 737 号, pp.1839-1846, 2017.7

<学会発表>

- 1) 堀尾作人・陣内秀信, 織都桐生の水車と赤岩用水の再現による「水車まち」形成過程の研究, 2014 年度日本建築学会関東支部研究報告会 第 85 回 建築・意匠Ⅲ, pp.665-668, 2015.3
- 2) 堀尾作人・陣内秀信, 自然エネルギー時代への近代地方水都の再生, トヨタ財団 研究助成プログラム助成対象者ワークショップ「社会の新たな価値の創出をめざして」, 2016.4
- 3) 堀尾作人, 内陸産業水都 群馬県桐生市の研究事例, 法政大学エコ地域デザイン研究センター年次報告会「都市と地域の思想の転換点」, 2017.2

<報告書>

- 1) 堀尾作人・陣内秀信, 自然エネルギー時代への近代地方水都の再生, トヨタ財団 研究助成プログラム実施報告書, 2017.3
- 2) パシフィックコンサルタンツ株式会社, 桐生市の水路を活用したエネルギーマネジメント事業可能性調査, 『平成 28 年度地産地消型再生可能エネルギー面的利用等推進事業費補助金成果報告書』, 2017.3

謝辞

この論文を書くにあたり、論文指導のみならず、忙しいスケジュールの中ともに桐生に足を運んでくださり、地域の人と進める研究のあり方を、身をもって示してくださった法政大学デザイン工学部教授陣内秀信先生に深く感謝いたします。また、私が海外調査に足を運ぶ際に法政大学人間環境学部教授石神隆先生には貴重な助言をいただくことができ、調査を実りあるものとすることができましたことを感謝いたします。

桐生においては、多くの方々に言葉では語りつくせないほど、お世話になりました。

NPO 桐生地域情報ネットワーク理事長の塩崎様は、まだ桐生の方と全くつながりのなかった私が突然 FAX と電話をし、研究のためにヒアリングをさせてほしいと無理なお願いをしたにもかかわらず快く応じてくださり、その後の NPO の副理事長・長田様、小林様、野口様との縁を作ってくださいました。

群馬大学理工学部教授天谷先生には、水都・桐生研究会での確かな助言を数々いただき、また私の小水力発電の技術的な相談にも親身に相談に乗ってくださいました。補助事業「桐生市の水路を活用したエネルギーマネジメント事業可能性調査」では、大変忙しい中で検討委員会の座長を務めてくださいました。

株式会社 桐生再生の清水様には、桐生のまち案内や織物工場の見学、水都・桐生研究会では、会場を提供くださり、また研究会の運営についての私の悩みに的確な助言をいくつもしてくださいました。桐生のまちの回遊イベント「桐生れきし調査隊」やシンポジウムの開催など、私が初めて挑戦した取り組みは、清水様の支援なしには成功できなかったと考えています。

日本織物会社創業家の佐羽様、桐生市立図書館の小野里様には、貴重な史料の提供は、桐生郷土史の詳しい知見をもとに多くの助言をいただきました。

NPO キッズバレイの星野様、北村様は、これからの桐生を支える若い世代の方々ですが、水都・桐生研究会のイベント、シンポジウムの開催の実務を力強くサポートしていただきました。

水都・桐生研究会には、前出の桐生の皆様に加え、一瀬様、大澤様、故紙谷様、桐生市役所金子様、北関東産官学協議会 根津先生、山形様には、お忙しい中集まっていただき本当に実りある研究をすることができました。

またトヨタ財団研究助成プログラムのプログラムオフィサー・大庭様のご支援なくして、桐生での活動は実現できませんでした。ワークショップでは様々な分野で活動される研究者の方々とはつながりを持つこともでき、貴重な体験をさせていただきました。

本論文は、多くの方々のご指導、ご支援をいただいて結実いたしました。ここに深く御礼申し上げます。