

江戸時代中期に登場した人力揚水機「踏車」に関する研究

—その揚水能力と近世土木技術に与えた影響—

A Study on “Fumiguruma”, a Man-Powered Waterwheel in the Edo Era

: Its Capacity to Pump Water and Its Influence upon Civil Engineering in the Edo Era

竹内智志ⁱ⁾ 大熊孝ⁱⁱ⁾ 小野桂ⁱⁱⁱ⁾ 知野泰明^{iv)}

By TAKEUCHI Satoshi, OKUMA Takashi, ONO Kei and CHINO Yasuaki

Abstract

Fumiguruma is a man-powered waterwheel which was invented in the late seventeenth century and which came into nation-wide use in the middle of the Edo era. For a long time, its main function was to irrigate rice fields until steam pumps and electric pumps were finally introduced.

And, appropriately placed, *Fumiguruma* proved its great power for helping drain underground water at engineering works in those days. Therefore, *Fumiguruma* should be credited for technical advances in agricultural and civil engineering in the middle of the Edo era. However, there has not been much attention paid to *Fumiguruma* in historical studies on civil engineering so far.

In this paper, we describe the *Fumiguruma*'s ability to pump water and suggest its influence on Kisiryu, a school of civil engineering in the Edo era.

1. はじめに

江戸時代の土木技術について論じるとき、いままで必ずといっていいほど「関東流」と「紀州流」が比較論議されてきた。

「関東流」は、江戸時代当初に代官頭であった伊奈忠次から関東郡代として12代続いた伊奈一族の用いた治水技術の総称であり、一方「紀州流」は、1722(享保7)年に8代將軍徳川吉宗に招聘され勘定吟味役になった井沢弥惣兵衛為永とその息子桶之丞正房の用いた治水技術の総称である¹⁾。この紀州流は、それまで主流であった関東流に代わって幕末までの中心的流派になったといわれてきた。

だが、この2大流派を区別する必要があるのかどうか、最近の研究ではいろいろ疑問がもたれるようになってきた²⁾。それは、その流派の技術的变化を実質的に支え得る技術的革新が、江戸時代にあったのかどうかという点

に集約される。

その点に関して最近、「踏車」は河川処理に関連して江戸時代に登場した地下水排除に関する革新的技術であり、紀州流を支えた中心的技術でないかと考えるようになった。以下、踏車の起源や能力を明らかにしつつ、紀州流における踏車の位置付けを論じることにはしたい。

2. 河川処理技術における江戸時代の革新的揚水技術 —踏車—

踏車は図-1にみられる人力揚水機で、羽根の付いた車の上に人が乗り、ペダルを踏む要領で羽根を踏んで車を回転させ、低所の水を高所に汲み揚げる機械である。これまで調べた限りでは、大阪・千葉・新潟などで一般に水車とも呼ばれている。踏車は、近代の蒸気ポンプ・電動ポンプに比較すればその揚水量は高が知れており、これが革新的技術として評価されることはいままでなかった。しかし、江戸時代の前期まで主流であった竜骨車などと比較すれば、その揚水量の多さと扱いの簡便さにおいて、踏車は河川処理技術に画期的な進歩をもたらしたといつて過言でない。

ちなみに、竜骨車とは図-2にみられる揚水機で、竜骨と呼ばれる多数の木板がチェーンのように取り付けられた細長い箱型の樋を斜めに置き、下端を水中に浸して、

Keywords: 踏車、揚水能力、革新的技術、関東流、紀州流

i) 学生会員 新潟大学工学部建設学科

(〒950-2181 新潟市五十嵐2の町8050番地)

ii) フェロー会員 工博 新潟大学工学部建設学科教授

iii) 若築建設(株)

iv) 正会員 博士(学術) 日本大学工学部土木工学科助手

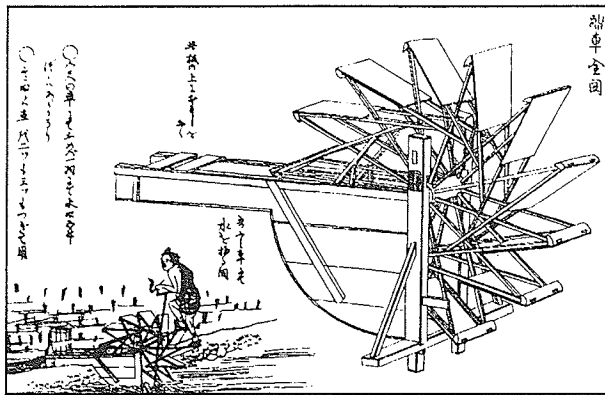


図-1 踏車全図 (出典:『農具便利論』³⁾)

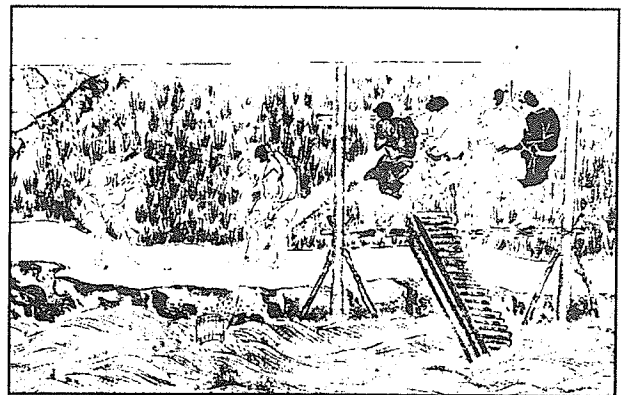


図-2 竜骨車(右) (出典:『たはらかさね耕作絵巻』⁴⁾)

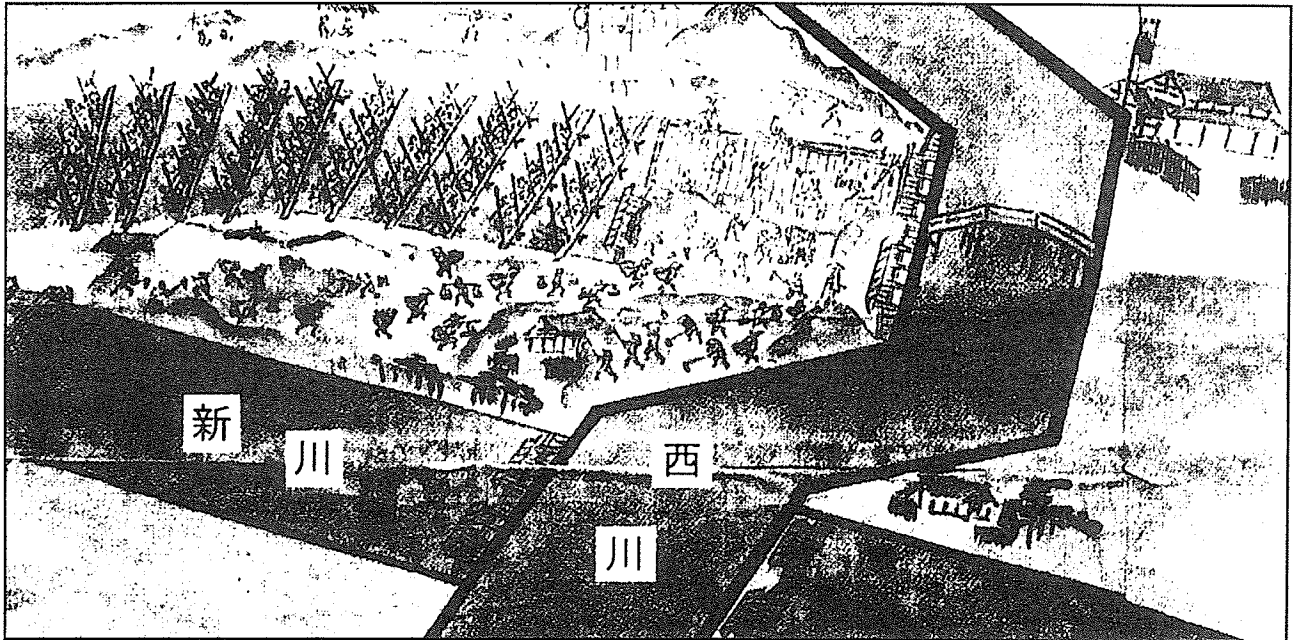


図-3 新川底樋増設工事絵図 (笛木守之氏蔵、写真提供:新潟市史編纂課)

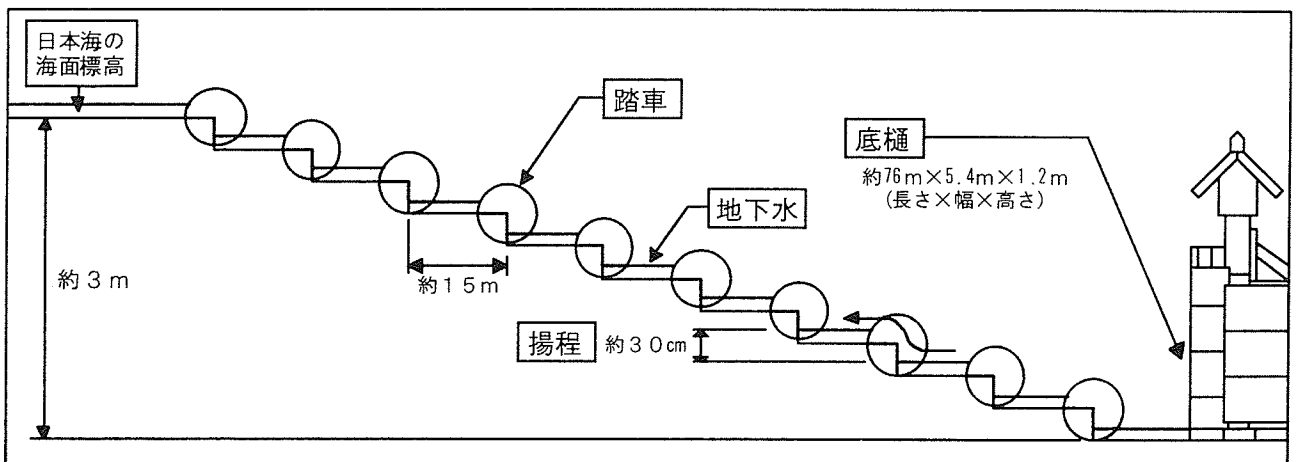


図-4 新川底樋増設工事における地下水排除イメージ断面図 (作成:竹内)

その木板を動かして水をすくい揚げる機械である⁵⁾。しかし、構造が複雑で機械的な摩擦部分が多く破損しやすいため維持管理も困難であることから、後に現れた踏車にとってかわられた。

ところで、踏車が河川処理技術に画期的な進歩をもたらしたと考える切っ掛けは、図-3にみられる新川と西川の立体交差化の工事絵図にある。新川は新潟平野の低湿

地の排水を受け持つ放水路であり、西川の下を潜り、砂丘を掘り割って、1820(文政3)年に完成され、現在も機能している人工河川である。この立体交差は、西川が新潟港に通じる重要な舟運路であり、その流路や水位を変更することができないため工夫されたもので、サイフォンの応用ともいべき底樋(伏越ともいう)が伏せ込まれたものであった。底樋を西川の下に伏せ込むため、

表-1 文献にみる踏車の記述の有無 (作成：小野・竹内)

年代	1660年	1680年	1700年	1720年	1740年	1760年	1780年	1800年	1820年	1840年	1860年
文献名		百姓伝記書	会津農書	農業全書	耕稼春秋	農術鑑正記		地方凡例録	成形図説	農具便利論	水災農稼追録
記述の有無		×	×	×	×			○	○	○	○
踏車について (農具便利論)											

表-2 保管されている踏車の形態 (作成：小野・竹内)

保管場所	羽根の枚数(枚)	車の直径(cm)	台数(台)
仙台市民俗資料館(宮城県)	12	112	1
	14	151	2
豊栄市博物館(新潟県)	14	135	7
亀田町資料館(新潟県)	14	135	6
県立自然科学館(新潟県)	14	137	1
	14	135	2
白根大風と歴史の館(新潟県)	15	146	1
巻町郷土資料館(新潟県)	14	135	1
大利根博物館(千葉県)	13	126	1
	15	138	6
	17	145	2
上総博物館(千葉県)	16	150	1

瀬達川(迂回路)を掘削していったん西川の流路を変え、そのあいだに川底を掘り下げ、木製の樋管を設置し、その後埋め戻して再び底樋の上に西川を流し、新川の水は底樋を通して海に流した。この底樋は、約7.6m×5.4m×1.2m(長さ×幅×高さ)⁶⁾の大きさを有し、井沢為永が監督指揮した見沼代用水の芝山伏越(約4.7m×4.2m×1.2m⁷⁾) (図-5, 7参照)より規模が大きく、江戸時代最大のものと考えられる。

図-3の工事絵図は、その底樋を増設しているところであるが、低湿地で地下水位が高いため、その地下水を排除しない限り工事を行うことはできない。絵図をよくみると、踏車を5台ずつ10段に配置して、効率よく地下水を排除しているのが分かる(図-4参照)。仮に竜骨車であるならば、揚水能力は踏車の4分の1程度(後述)であり、かつ、この絵図のように機能的に配置することはできず、大量の地下水湧水に対処できなかったに違いない。このような工事は、踏車の登場があつてはじめて可能になったといつてよい。

3. 踏車の起源

踏車はいつ頃発明され、普及するようになったのだろうか。江戸時代の地方書類で最初に踏車の記述が認められるのは大石久敬の『地方凡例録』⁸⁾であり、最も詳しく踏車が論じられているのは大蔵永常の『農具便利論』⁹⁾である(表-1参照)。

『農具便利論』には、「昔年より井路の水を高燥の田地

へ揚るにハ、龍骨車を用る事、諸国一般なりしに、寛文年中より、大坂農人橋の住、京屋七兵衛、同清兵衛といへる人、此踏車を製作し宝暦、安永の頃までに諸国に弘り、今ハ龍骨車を用ゆる国すくなし。」とある。つまり、諸国一般に昔から、用水路の水を水面より高い田畑へ揚げるには竜骨車を使っていたが、寛文年間(1661~1673年)に大坂の農人橋に住む京屋七兵衛・清兵衛という人がこの「踏車」という揚水機を製作し、宝暦・安永(1751~1781年)の頃までに各地に普及して、現在では竜骨車を使うところは少なくなった、というのである。

事実、踏車は沖積平野などにおける低湿地の水田開発が進むとともに、全国各地(筆者の把握している限りでも、北は秋田¹⁰⁾から南は熊本まで¹¹⁾)に広く普及した。そして、明治時代後期に蒸気ポンプ・電動ポンプが導入され、次第にその姿を消していくが、1960年代まで各地の農村で実際に使われていた^{10) 12) 13)}。

踏車の形態に関しては、『農具便利論』には「車の直径が4尺5寸(約136cm)で羽根13枚、5尺(約152cm)で14枚、5尺5寸(約167cm)で15枚」とあり、水路から水田までの高さによって踏車の形態が異なるのである。そこで、残存する踏車について実際に博物館等をまわって調査したところ、表-2のようであった。『農具便利論』に書かれているものと比較して、残存しているものは、車の直径が小さい割に羽根の枚数が多いことが分かる。

この踏車が日本独自の発明かどうかは、今のところ定かでない。日本常民文化大系『技術と民俗』¹⁴⁾には、日本での発明説が記されているが、十分な証拠が挙げられていない。一方、中国由来の可能性を唱える説もあるが、これについては文献的に把握できなかった。

4. 土木工事における踏車の活用

踏車は、元来土木工事に用いるために製作されたものではない。踏車製作の主な動機は、まだ蒸気ポンプ・電動ポンプなどの動力がなかった時代の農作業において重労働であった、田への揚水灌漑作業にかかる負担を軽減することにあつた。しかし、踏車が江戸時代の土木工事において実際に使われたことは、図-3の「新川底樋増設工事絵図」に示したとおりである。当時の土木技術者が、踏車の「水を低所から高所に汲み揚げる」という特性に目をつけ、土木工事における地下水排除に応用したものと



図-5 柴山伏越工事絵図 (埼玉県立博物館蔵)

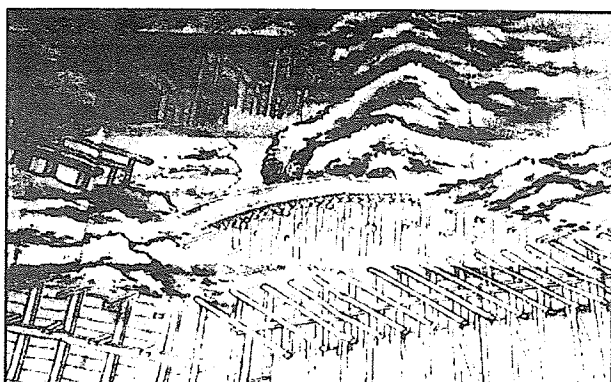


図-6 上瓦葺掛樋工事絵図 (埼玉県立博物館蔵)

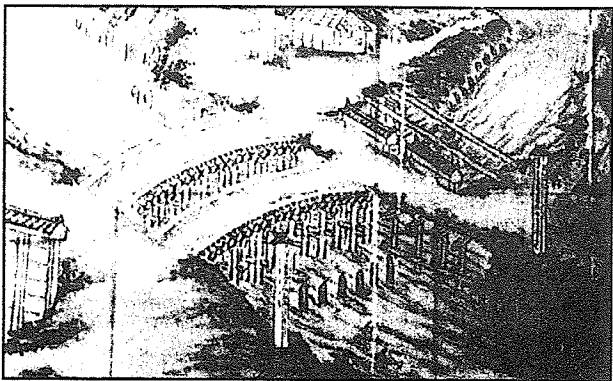


図-7 柴山伏越完成絵図 (伏越を設けて河川と水路とを立体交差させている) (埼玉県立博物館蔵)

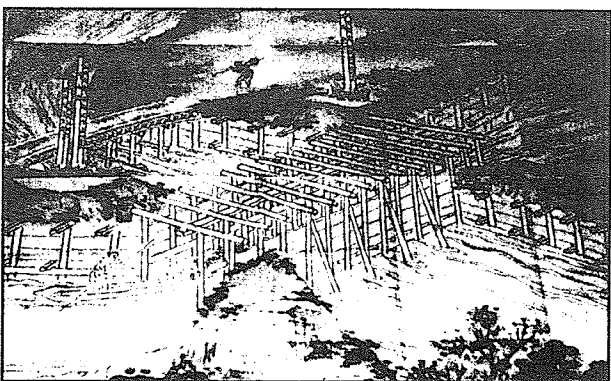


図-8 上瓦葺掛樋完成絵図 (掛樋を掛けて水路と河川とを立体交差させている) (埼玉県立博物館蔵)

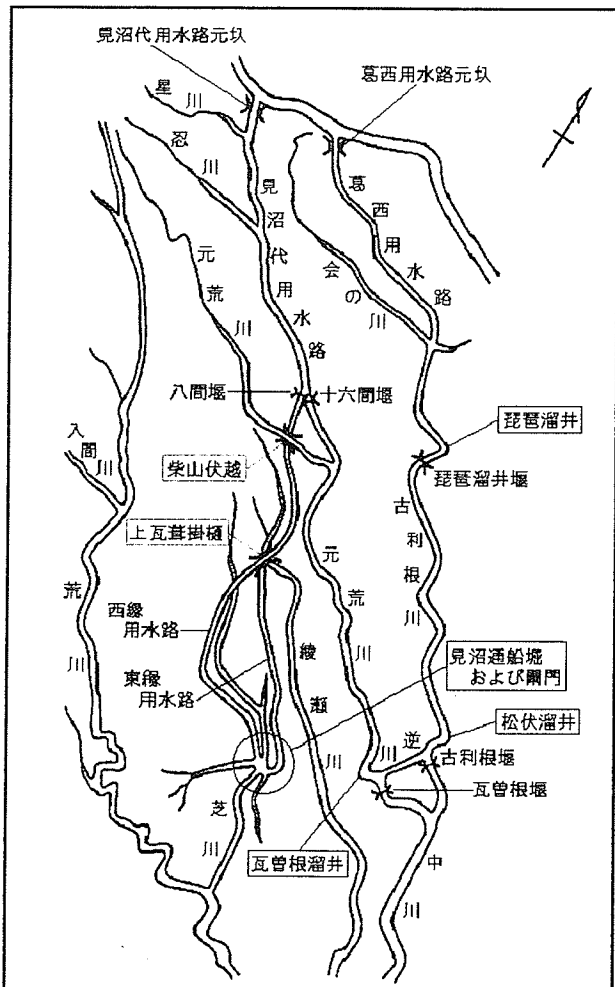


図-9 見沼代用水路略図 (『川を制した近代技術』¹⁶⁾の図に修正・加筆)

考えられる。

ちなみに、当時の鉱山で排水用に使われていた揚水機は、ピストン状の手押し式揚水機や、筒状の手回し式揚水機などであり、これまで調べた限りでは、踏車の使用例はない。

紀州流の開祖である井沢弥惣兵衛為永は、踏車が普及しはじめた頃紀州に住んでおり、これを土木工事に応用したことは十分想像し得ることである。それを実証するものとして、見沼代用水路開削工事が挙げられる。見沼代用水は、1728(享保13)年に、見沼溜井の干拓に伴って新たに用水源を利根川に求めたもので、江戸時代における最大級の土木工事であり、その工事は井沢為永によって監督指揮された¹⁵⁾。

前述したように、踏車の製作が寛文年間(1661～1673年)であり、各地への普及が宝暦・安永の頃(1751～1781年)ということであれば、紀州にいた井沢はこの踏車を熟知していたに違いないと想像される。この工事状況を表しているものに、「見沼代用水重要構造図」がある。これには「柴山伏越」と「上瓦葺掛樋」の両工事略図があり、それぞれ2台の踏車が描かれているのである(図-5, 6参照)。柴山伏越、上瓦葺掛樋は、見沼代用水路がそれぞれ元荒川、綾瀬川と交差する地点に設けられたもので、いずれの地点においても用水路と河川とが立体交差している(図-7～9参照)。この両工事絵図は、年代不明であるが幕末に描かれたものとのことであり、踏車の台数が少なく水位の高低が分かりにくいところがあり、享保時代の工事状況を正確に表しているかどうか疑問が残るけれど、井沢が踏車を活用していたこと



写真-1 踏車による揚水実験風景 (撮影：大熊)

の重要な証拠のひとつといえよう。

5. 踏車の能力

(1) 古文書にみる踏車の揚水能力

この踏車という人力揚水機は、どれだけの揚水能力を有しているのでしょうか。それを実証しないことには、江戸時代において革新的技術であったのかどうか明らかにならない。

『農具便利論』には、踏車の揚水能力について、「五尺の車にて踏め一羽にて水四五升づゝハあがるなり¹⁷⁾」と記されている。つまり、車の直径が5尺(約152cm)の踏車で揚水すれば、羽根1枚踏むと水は4～5升(7～9リットル)ずつ揚がるというのである。この記述に基づき、踏車の羽根を踏むペースを仮に毎秒2回の割合(その根拠は次節で述べる)と想定した場合、1時間当り52～65m³の揚水能力を踏車は有していることになる。

一方、東京大学史料編纂所に所蔵されている『踏車水揚表』¹⁸⁾には、踏車の揚水能力について、「踏車一脚強壯夫一人踏之半時ニシテ三百坪一段ノ田二寸ノ高ナル水ヲ揚六尺一坪ニ縮ムレ八十坪三百三十三石三斗三升ノ水也」と記されている。つまり、踏車1台を、身体が丈夫で元気な男性1人が半時踏めば、面積300坪の田に、高さ2寸まで水を汲み揚げることができ、この容量を1坪当り6尺立方で考えれば、10坪すなわち333石3斗3升の水に相当する、というのである。ここで書かれている半時は今の約1時間であり、高さ2寸(約6cm)、底面積300坪(約992m²)の容積は約60m³、10坪(すなわち333石3斗3升)も同じく約60m³である。よってこの文章から、踏車の揚水能力は1時間当り約60m³であることが分かる。

また、平凡社『世界大百科事典』¹⁹⁾に「1時間の揚水量は50～60m³」という記述がある。この記述は、これまでに述べた揚水能力とほぼ一致しており、『農具便利論』あるいは『踏車水揚表』などの古文書から算出されたものとうかがえる。

(2) 実験による踏車の揚水能力

上述のとおり、古文書にみられる踏車の揚水能力は1時間当り52～65m³と分かった。しかし、これは1秒当り14～18リットルの計算となり、人力による機

表-3 踏車による揚水実験結果 (作成：竹内)

揚水能力(m ³ /時)	人数(人)	内 訳	
45～50	4	男	20代1人, 40代1人
		女	30代1人, 70代1人
50～55	4	男	20代2人, 70代1人
		女	60代1人
55～60	2	男	60代2人
		女	—

械でこれだけの水を汲み揚げることができるのか疑問に感じていた。そこで、揚水能力を知るには、実際に踏車を踏んでみるのが最短の道であると考え、1998(平成10)年10月10日、新潟県豊栄市に位置する福島潟にて、踏車による揚水実験を行った(写真-1参照)。実験で使用した踏車は、市の博物館に保管されていた踏車(羽根14枚、車の直径135cm)であり、以前踏車を踏んだことのある経験者4人を含めた、計10人(20代～70代の男女)に踏んでもらった。特に、経験者の人達には前日の準備の際に、昔の勘をとりもどすため十分な練習をしてもらった。

実験方法は、容量70リットルの容器に入る水の重量とその際にかかった時間を計測し、それを1人につき5回繰り返す要領で行った。実際に踏車を踏んでみると、4～5秒で容器が満杯になるほどの勢いであり、測定時間は3～4秒と短かったが、容器の動作には慎重を期した。踏車を踏むペースに関しては、実際の作業では比較的長時間踏み続けたであろうことが想像されるため、「なるべく力まずに、そのまま数時間踏み続けるつもりで踏む」という条件の下に実験を行い、極端に大きな数値が出ないように心掛けた。実験での揚程は約25cmであったが、踏車の羽根を踏むペースは、老若男女問わず1秒間におよそ2回の割合であり、これが前節で想定した踏車を踏むペースの根拠となっている。

その実験結果は、表-3のごとくであり、揚水能力45～60(m³/時)の範囲に10人とも入っていたのである。しかもこの結果は「数時間踏み続けるつもりで」という条件下で行った実験の結果であり、短時間であればもっと多量の水を汲み揚げる事が可能であることも分かった。

(3) 踏車の揚水能力に関する考察

これまで述べてきたように、古文書にみられる踏車の揚水能力は1時間当り52～65m³であり、実験による揚水能力は45～60m³であった。

竜骨車の揚水能力は、『技術と民俗』の、「10アールの(田における)揚水時間は、湛水深3cmで2時間を要した²⁰⁾」という記述から、1時間当り約15m³と算出できる。これは踏車の4分の1程度の能力でしかない。しかも、竜骨車は前述したように欠点が多く、また2人以

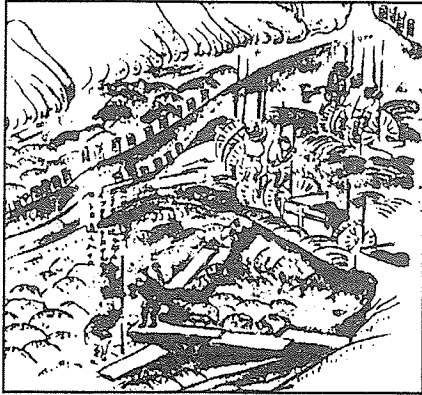


図-10 印旛沼干拓工事絵図（出典：『図録 農民生活史事典』²³⁾）

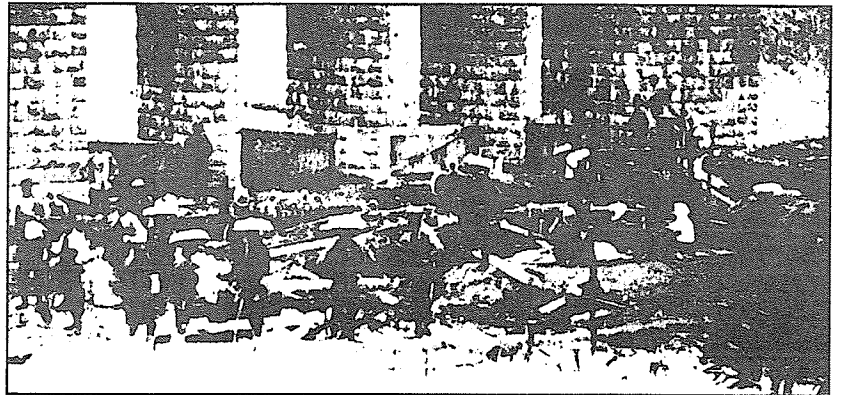


写真-2 加治川分水工事(大正初期)（出典：『写真集ふるさとの百年』²⁷⁾）

上で並んでこがなければならないことから、何台も組み合わせるのが容易でない(図-2参照)。

さらに、マンパワーの面から踏車と竜骨車を比較してみると、竜骨車が2人でこぐのに対し踏車は1人、竜骨車の揚水能力が踏車の4分の1ということから、踏車1台分の仕事を竜骨車1台で行うには、8倍の労力が必要となる。また、竜骨車を図-2のように4人でこげば、16倍の労力が必要になってしまうのである。

踏車は、竜骨車ほど大きくないために扱いが簡便であり、頑丈で揚水量も多く、そして1人で踏むことができることから、何台も組み合わせることで機能的に配置することが可能である。そのため、伏越・掛樋・取水口などの工事における地下水排除という多大な労力を必要とする作業で、踏車はその能力を遺憾なく発揮し、ポンプとしての役割を十分果たしていたに違いない。それは、図-3の「新川底樋増設工事絵図」の中で踏車が描かれていることから明らかである。しかもこの絵図の場合には、踏車を5台ずつ機能的に配置しており、上述した揚水能力からすれば、1時間当たり225～325m³(毎秒0.06～0.09m³)の水を排出していたことになる。

むろん、地下水排除手段として、竜骨車が用いられた可能性は否定できない。しかし、その能力では沖積地の掘削工事の湧水量に対応できなかったものと考えられる。

6. 踏車が用いられた土木工事の事例

踏車は、その扱いの簡便さと毎時60m³近い揚水能力ゆえに、低平地における田への揚水灌漑のみならず、数々の土木工事においても重要な役割を担っていた。そこで、実際に踏車を用いて行われた土木工事の事例を、先に述べた2つの事例(新川底樋増設工事、見沼代用水路開削工事)以外にいくつか挙げてみよう。

(1) 印旛沼干拓工事でも使われた踏車

印旛沼の干拓は、1724(享保9)年の第1回工事、1783(天明3)年の第2回工事、そして1843(天保14)年の第3回工事と、3度にも及んで行われたが、江戸時代では成功するに至らなかった²¹⁾。

その3度目の工事である天保の工事は、別名水野工事とも呼ばれ、時の老中水野忠邦の執念ともいべきもの

によって着工された。この工事は、利根川治水の一環として行われ、年に何回かの利根川の洪水による印旛沼への逆流と、それによる水害を防ぐことを主な目的として、放水路を開削するというものであった。工事は、平戸橋から検見川の海口までの約5里(約20km)の区間を5つに分け、その5工区を5つの藩がそれぞれ受け持つというものであった²²⁾。その5工区のうち、第2工区を受け持った酒井家、第3工区を受け持った松平家の工事の様態を表しているのが、図-10の「印旛沼干拓工事絵図」である。この絵図をみると、踏車が8台(使われているのはそのうち5台)描かれており、工事における排水手段として踏車が使われている。

(2) 近代においてもなお使われた踏車

日本で最初に排水用ポンプが設置されたのは、1892(明治25)年、新潟県西蒲原郡巻町であったとされている²⁴⁾。このポンプは蒸気エンジンの水車式で、毎秒0.2m³の排水能力があり、踏車1台の11～16倍に相当する。その後排水ポンプは、西蒲原地域のみならず、越後平野全域、さらには日本全国に次々と設置されていった。大正末から昭和にかけては、ポンプの原動機がそれまでの蒸気機関や石油機関から電動化され、能力は格段に向上した²⁵⁾。

このように、近代になると蒸気ポンプ・電動ポンプが導入され普及し、また耕地整理による用水路の狭小化によって、踏車を設置する場所的な余裕がなくなってしまったために、踏車は次第にその姿を消していった。しかし近代の土木工事においても、踏車はその扱いの簡便さからか、地下水排除手段として、まだなお使われていたのである。その事例を2つほど紹介しよう。

a) 加治川分水工事における事例

新潟県の蒲原平野を流れる加治川の流域は、昔からの水害常襲地帯であり、明治以降においても31回の破堤を記録している。その治水事業として行われたのが、1908(明治41)年に着工された加治川改良工事であり、この工事中最大の規模であったのが、加治川の下流を直接日本海へ切り落とす分水工事であった²⁶⁾。

写真-2は、その分水工事において運河水門を建設して

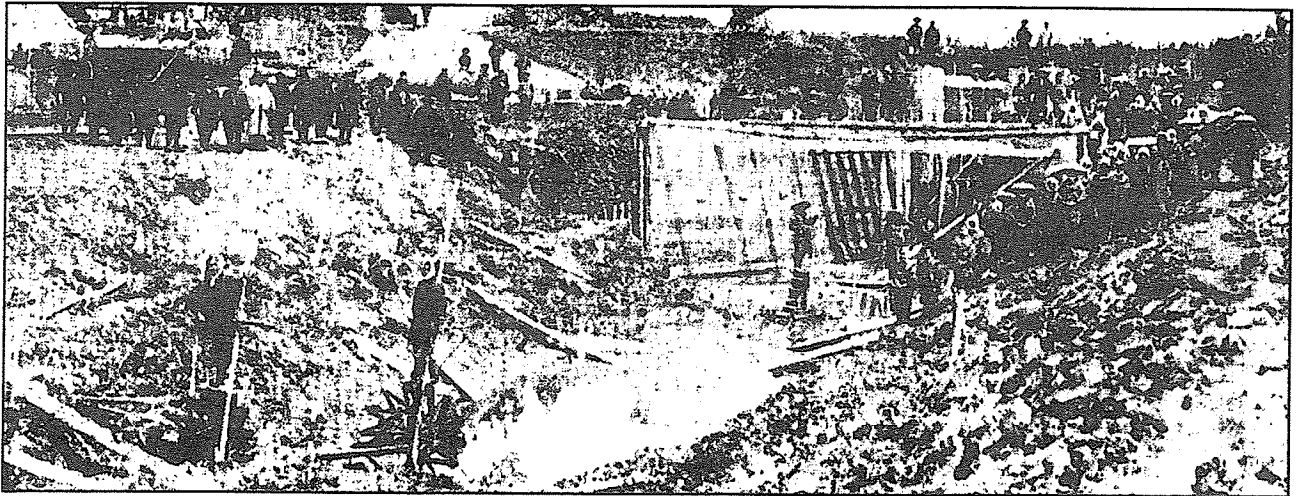


写真-3 排水機据付工事(昭和4年) (出典：『写真集ふるさとの百年』²⁹⁾)

いるところであるが、写真右側をよくみると、数台の踏車を設置して地下水を排除しており、さらに右手前には3台の踏車がみられる。このように、蒸気ポンプが導入された時代においても、なお踏車によって地下水が排除されたのは、やはりその扱いの簡便さからであろう。

b) 白根郷排水改良事業における事例

信濃川と中ノロ川に囲まれた白根市は、古くは白根島と呼ばれた低湿地帯で、信濃川の氾濫による水害が絶え間なかった。1922(大正11)年に通水をみた大河津分水は、その治水事業として著名である²⁸⁾。

写真-3は、それとほぼ同時期に着工された白根郷排水改良事業第1期工事における、排水機据付工事の様式である。写真を見ると、左手前、右奥にそれぞれ2台の踏車を設置し、さらにその奥にも踏車を設置して地下水を排除している。このように、昭和初期の土木工事においても、地下水排除手段として確かに踏車が使われていた。特にこの工事では、写真から想像すると、2台ずつ3段に踏車を配置して地下水を排除しているものと思われる。これは、前述した「新川底樋増設工事」における地下水排除の手法と、踏車の台数こそ違うものの、数段に及んで地下水を排除しているという点で共通しており、新川の工事でみられた地下水排除技術が、100年以上経った昭和初期においても受け継がれていたといえる。

7. 関東流・紀州流の違いと踏車

ここで、関東流・紀州流それぞれの特徴と両派の違い、そして紀州流における踏車の位置付けを考察したい。

前述したように、紀州流の開祖は、紀伊国那賀郡溝口村に生を受けた井沢弥惣兵衛為永であり、江戸時代中期の名治水家といわれている。ただ、井沢の没年は1738(元文3)年であるが、生年には1654(承応3)年説や1663(寛文3)年説など諸説ある³⁰⁾。生年によってかなり年齢が異なることになり、今後の研究が必要と考えられるが、ここでは『寛政重脩諸家譜』³¹⁾による1654年説で論をすすめることとする。

紀州で生まれ育った井沢は、紀州藩の下で約30年間

水利・新田開発事業に従事したのち、吉宗に幕政の推進者として江戸に招かれた。そもそも吉宗は井沢と同じ紀州の出身で、1705(宝永2)年から1716(享保元)年までの約11年間、紀州藩第5代藩主の座にあり、父光貞(紀州藩第2代藩主)の代から藩の下で活躍していた井沢の才能を十分認めたとえでの登用であった³²⁾。吉宗の命で幕府勘定所に出仕した井沢は、後に勘定吟味役、美濃郡代などを歴任している。この間井沢は、下総国飯沼の開拓、見沼代用水路の開削、中川の大改修、越後国紫雲寺鴻の開拓、木曾三川分流計画の立案など、後世に残る数々の水利・新田開発・治水事業を成し遂げた³³⁾。そして井沢によって行われたこれらの土木事業を支えた技術が、いわゆる紀州流と呼ばれている土木工法である。

通説では、関東流と紀州流に関して次のように捉えられている。「江戸時代初期から関東流の土木工法が主流であったが、吉宗が江戸幕府の将軍となり井沢を幕臣として招聘して以来、彼の活躍によって紀州流が成果をあげ、関東流に代わって幕末までの中心的流派となった。関東流の特徴は、川の本流を蛇行させて洪水を滞留させ、中流に乗越堤を築いて流作地をつくり、湖沼を遊水池とした点にある。それに対して紀州流の特徴は、関東流の蛇行した川を直線にし、堤防を強化して遊水池を干拓、流作地を本田とし、これまで平素遊ばせていたところを新田開発した点にある。」³⁴⁾

しかし、冒頭でも触れたように、最近の研究では関東流・紀州流の区別が必要であるのかどうか疑問視されている。

例えば、土砂の掘削・運搬・盛土の技術は、江戸時代を通じて人力に頼る以外になく、大きな変革はなかったといえる。その裏付けの1つとして、江戸時代を通じて古文書に記されている堤防の大きさは、享保時代を境に急に大堤防が築かれるようになったわけではないことが明らかになっている(図-11参照)³⁵⁾。

また、江戸時代から明治時代の初めまで、河川は舟運路や農業用水の確保のため、通常時の水深・水量確保が最優先されていた。そのため、わざと河道を蛇行させたり、水制などの突出施設を設けたりして、洪水のスー

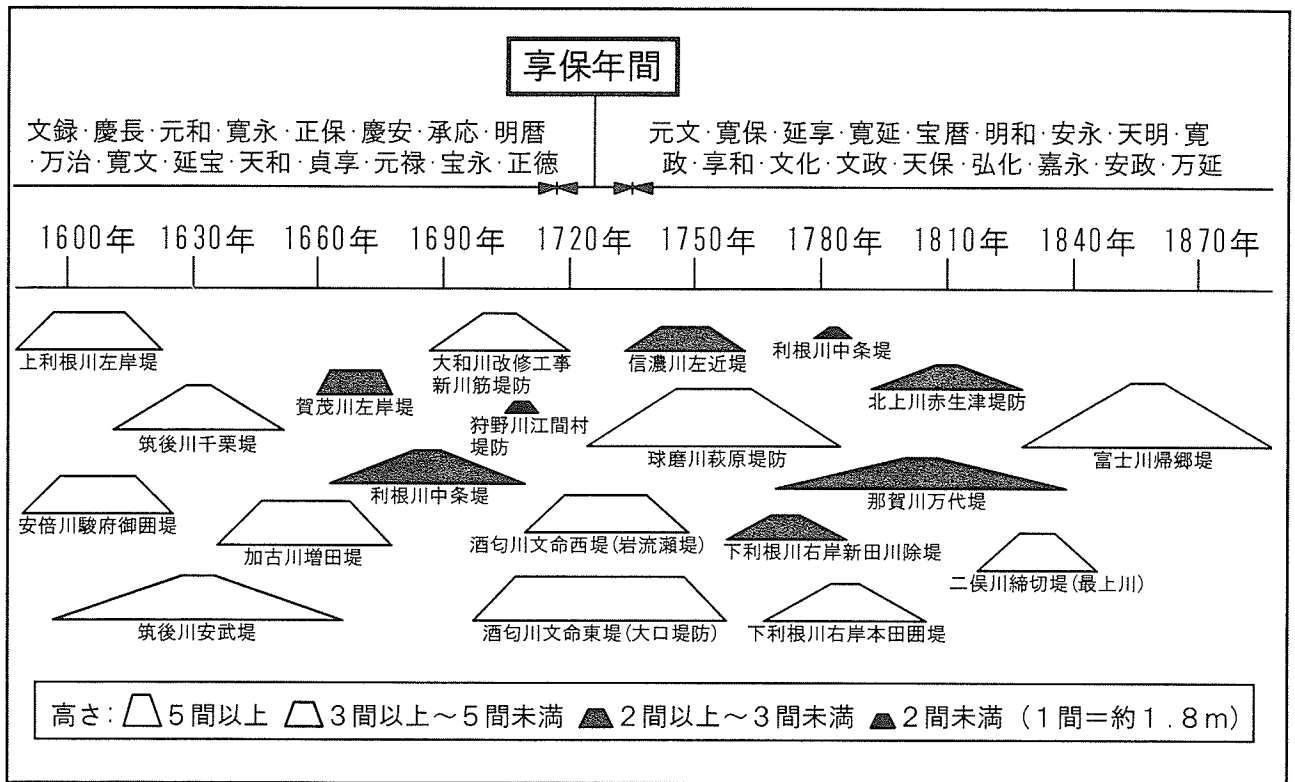


図-11 近世日本の河川堤防の断面 (作成：知野・竹内)

ズな流下とは矛盾する方策がとられていたのであった。例えば、九十九里河川の中で最大の河川である栗山川の中流部から下流部にかけては、用水不足が深刻であったため、明治時代においても、流水の水位を下げないように流路の蛇行をそのままにし、川幅を広げることも極力避けていた³⁶⁾。また、当時大堤防を造る技術は確かにあったが、それは部分的には可能としても、例えば利根川全川を大堤防化するようなことは無理であった。したがって、大洪水は必然的にどこかに溢れさす以外に、関東流でとられた遊水地方式は紀州流といえども踏襲せざるを得なかったのである³⁷⁾。

さらに、構造物を造るにあたって、江戸時代を通じて基本的に石や木材の自然素材に頼るほかに、それらの結合に弱点があり、一体的に強固な構造物を造るには限界があった。

このように、江戸時代を通じて技術的革新がない状況では、関東流から紀州流への発展を裏付けるものがなく、特に「河川処理技術」に着目した場合、両派に相違が認められないのではないかと考えらるようになった³⁸⁾。しかし、関東流には存在せず紀州流には存在していた技術として、「踏車による地下水排除」は注目に値する。

そこで、両派の相違を用排水路の開削技術という観点から論じてみたい。それには、わが国最大の流域面積を誇る利根川水系の例をとると分かりやすい。利根川水系では、中世後期以降大規模な農業用水が数多く開削され、特に主要な農業用水は近世中期の享保年間頃までに開発が進められた。中でもこの時代に開削された葛西用水と見沼代用水は、ともに利根川中流右岸から取水して埼玉平野を潤す農業用水であり、わが国を代表する大用水で

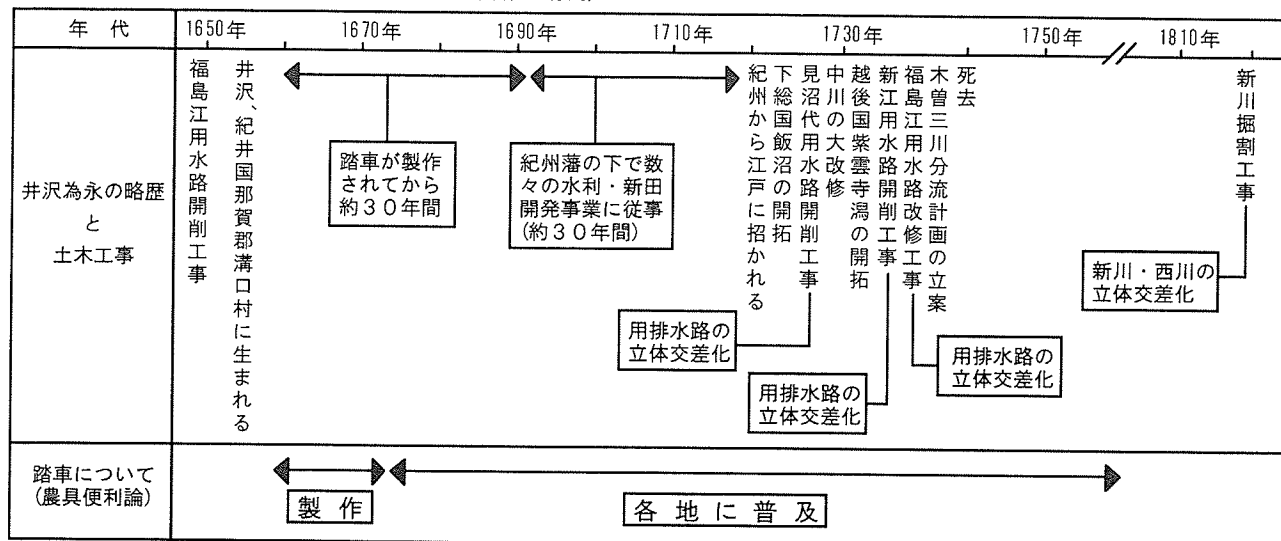
ある(図-9参照)。しかし、この隣接する両用水は、その用水構造の面で極めて大きな相違がみられるのである³⁹⁾。

葛西用水は、寛永年間(1624～1643年)に一応の完成をみているが、それまで数多く開削された用水路と同じく旧流路を利用している。主として、利根川の旧流路である古利根川を利用して幹線水路を形成しているので、低位部を流れる幹線水路から灌漑地へ分水するためには水位を上昇させる必要があり、各支線用水路への分岐点には琵琶、松伏、瓦曾根など、堰上げと貯水を兼ねた溜井が設けられた。このような取水方式は「溜井形式」と呼ばれるもので、関東三大堰として知られる小貝川の福岡堰、岡堰、豊田堰でも採用されており、近世前期において、関東の緩流河川に共通してみられる取水形態である。

一方、1727(享保12)年に着工され翌年完成した見沼代用水は、前述したように井沢の監督指揮の下に開削された用水路であるが、一部星川の流路を利用しているものの、長大な用水路を人工的に開削しており、それまでの旧流路を利用するものとは全く異なる手法をとっている。そしてさらに、用水路と河川との交差点に伏越や掛樋を設けることで、用排水路の立体交差といった、それまでにはみられなかった形態を実現させている。

この形態は、阿賀野川下流部右岸沿いに開削された新江用水においてもみることができる。新江用水は、1731(享保16)年の松ヶ崎放水路の阿賀野川本流化により生じた、沿川の水位低下による用水不足を契機に開削が計画され、1734(享保19)年に完成した用水路である⁴⁰⁾。この用水路も見沼代用水と同様に、河川との交

表-4 踏車と井沢為永および土木工事の関係 (作成：竹内)



差地点に掛樋あるいは伏越を設けて用排水路を立体交差させている。また、新江用水の開削工事に関して、『加治川治水沿革史』⁴¹⁾に「水車(踏車)樋堰下新井へ吐出」といった記述がいくつかみられることから、この工事においても踏車が使われていたことが分かる。このように、新江用水の構造や施工法が見沼代用水のそれと類似している。これは、この開削工事に際して、幕府から数人の普請役が派遣されていることから容易に察しがつく。例えば、そのうちの1人である保田太左衛門は、井沢と同じ紀州の出身で、紀州時代から土木事業に携わっており、見沼代用水においても井沢とともに事業に従事している。新江用水は、見沼代用水の7年後に行われた工事でもあり、そこでみられた「踏車による地下水排除」、伏越や掛樋を用いた「用排水路の立体交差化」等の施工技術が、新江用水においても駆使されていたのである。

なお、信濃川が小千谷で新潟平野に流出した直後に、右岸に沿って開削された福島江用水においても、立体交差という水路形態がみられる。福島江は、1647(正保4)年に庄屋桑原久右衛門によって開削が計画され、1651(慶安4)年に完成した全長約20kmの用水路である⁴²⁾。この用水路も前例のごとく、その途中で河川と交差しているが、開削当初は用水路を河川と合流させるのみであった⁴³⁾。福島江用水がはじめて立体交差化されたのは、享保年間(1716～1735年)に行われた用水路改修工事のときであり、福島江用水に伏越を設置して河川の下を潜らせた⁴⁴⁾。ちなみにこの改修工事は、見沼代用水や新江用水の工事と同時期に行われた工事でもある。

これまで述べてきたように、井沢が登場する前の用排水路は旧流路を利用したものが多いため、その立体交差はみられず、小規模な樋を埋め込む程度のものであった。しかし井沢が登場してからは、見沼代用水における柴山、上瓦葺での立体交差(図-5～9参照)、新江用水や福島江用水における立体交差、新川と西川の立体交差(図-3参照)など、伏越や掛樋を用いた用排水路の立体交差が数多くみられる(表-4参照)。井沢が得意としたところの湖沼

を干拓しての新田開発は、用排水路の開削を必要とし、開削途中でぶつかる河川をいかに横断させるかが問題であった。それを井沢は、立体交差化という手法で対処したわけである。用排水路を河川と立体交差させるには、河川の上を掛樋で横断させたり、河川の下の中に伏越を埋めて横断させなければならず、その工事において湧出する大量の地下水を排除しなければならない。その地下水排除を可能にしたのが踏車といえる。

つまり、用排水路の立体交差化といった高度な工事は、踏車の登場があってはじめて可能になったといえる。そして、この踏車による「地下水排除技術」を備えていた点に、紀州流土木工法の特徴があるのではないかと考える。

8. まとめ

以上述べてきたように、踏車は1時間当たり45～65 m³の揚水能力を有しており、揚程が約30cmと低いけれど、低平地の水田に対する用排水には都合がよい。また、数台を組み合わせればかなり高い揚程も可能であり、伏越・掛樋・取水口などの土木工事における地下水排除に多大なる威力を発揮した。また、見沼代用水の工事絵図に踏車が描かれていたことから分かるように(図5, 6参照)、紀州流土木工法において、踏車は地下水排除手段として実際に使われていた。そして、踏車による地下水排除技術を駆使することで、用排水路の立体交差化といった高度な工事が可能となった。

紀州流の真髄とは、「踏車による地下水排除」と、それによる「用排水路の立体交差化」にあったのではないかと考える。

謝辞：

見沼代用水路開削工事における芝山伏越・上瓦葺掛樋
兩工事絵図の写眞は、新潟県社会文化施設建設室の市村
清貴氏からご提供いただき、ご教示いただいた。

また踏車による揚水実験では、水の駅「ビュー福島潟」
(豊栄市)の清水重蔵氏ならびに職員・地元の方々にご協
力いただいた。

ここに厚く感謝申し上げます。

参考文献：

- 1) 土木学会編『土木と200人(人物小伝誌)』、土木学会、p. 8, 17, 1984年。
- 2) 斎藤洋一著「越後国紫雲寺潟新田開発と「紀州流」」、『学習院大学史料館紀要』第4号抜刷、pp. 127~128, 1987年。
- 3) 大蔵永常著『農具便利論(下巻)(日本農書全集第15巻)』、農山漁村文化協会、pp. 262~263, 1977年。
- 4) 東京大学資料編纂所蔵、成立年代・作者は不明。
- 5) 『日本大百科全書 24』、小学館、p. 111, 1988年。
- 6) 西蒲原土地改良区新川工区編『新川沿革史』、新潟県西蒲原郡巻町西蒲原土地改良区、p. 29, 1956年。
- 7) 栗原良輔著『利根川治水史』、官界公論社、p. 116, 1943年。
- 8) 大石久敬著『地方凡例録(下巻)』、近藤出版社、p. 228, 1969年。
- 9) 前掲3)、『日本農書全集(第15巻)』、pp. 262~267。
- 10) 須藤功編『たがやす』(縮刷版)写真でみる日本生活図引①、弘文堂、p. 42, 1994年。
- 11) 『技術と民俗(下巻)』(日本常民文化大系第14巻)、小学館、p. 166, 1986年。
- 12) 新潟日報事業社出版部編『写真集ふるさとの百年(豊栄・北蒲原①)』、新潟日報事業社、p. 34, 1982年。
- 13) 新潟日報事業社出版部編『写真集ふるさとの百年(五泉・中蒲原・東蒲原)』、新潟日報事業社、p. 125, 1981年。
- 14) 前掲11)、『技術と民俗(下巻)』、p. 164。
- 15) 大熊孝著『利根川治水の変遷と水害』、東京大学出版会、pp. 74~76, 1981年。
- 16) 大熊孝編『川を制した近代技術』、平凡社、p. 81, 1994年。
- 17) 前掲3)、『日本農書全集(第15巻)』、p. 263。
- 18) 江木鱈水著「踏車水揚表(全12頁)」、東京大学史料編纂所蔵。
- 19) 『世界大百科事典』、平凡社、1973年版。
- 20) 前掲11)、『技術と民俗(下巻)』、p. 161。
- 21) 土木学会編『明治以前日本土木史』、岩波書店、pp. 548~550, 1936年。
- 22) 栗原東洋著『印旛沼開発史』、印旛沼開発史刊行会、pp. 554~555, 1972年。
- 23) 秋山・北見・前村・若尾共編『図録農民生活史事典』、柏書房、p. 50, 1979年。
- 24) 大熊孝著『洪水と治水の河川史』、平凡社、p. 201, 1988年。
- 25) 前掲24)、『洪水と治水の河川史』、p. 202。
- 26) 『新潟県百年のあゆみ』、新潟県、pp. 230~231, 1971年。
- 27) 新潟日報事業社出版部編『写真集ふるさとの百年(新発田・北蒲原②)』、新潟日報事業社、p. 126, 1982年。
- 28) 前掲24)、『洪水と治水の河川史』、pp. 142~153。
- 29) 新潟日報事業社出版部編『写真集ふるさとの百年(新津・白根)』、新潟日報事業社、p. 163, 1981年。
- 30) 井沢の生年について、『寛政重脩諸家譜』に記されている没年1738(元文3)年と享年85歳から逆算すると1654(承応3)年となるが、『土木と200人』には1663(寛文3)年と記されている。また他に、1670(寛文10)年説や1672(寛文12)年説もある。
- 31) 『寛政重脩諸家譜第7輯(復刻版)』、榮進舎出版部、p. 774, 1918年。
- 32) 『江戸時代人づくり風土記 30(ふるさとの人と知恵、和歌山)』、農山漁村文化協会、pp. 31~36, 1995年。
- 33) 前掲1)、『土木と200人』、p. 17。
- 34) 佐藤俊朗著「利根川の治水史について(I)」、『水利科学』No. 21, pp. 90~110, 1961年。同著「利根川の治水史について(II)」、『水利科学』No. 22, pp. 115~133, 1961年。
- 35) 大熊孝著「自然との調和をみざす」、朝日新聞社、週刊朝日百科『世界の歴史』85号、E-521, 1990年。
- 36) 『昭和46年9月6日~7日 秋雨前線ならびに台風25号による千葉県災害報告書』、千葉県、p. 76, 1972年。
- 37) 前掲15)、『利根川治水の変遷と水害』、pp. 60~61。
- 38) 斎藤洋一著「近世用水技術史(III)」、『歴史と地理(第367号)』、山川出版社、pp. 43~46, 1986年。
- 39) 前掲16)、『川を制した近代技術』、p. 80。
- 40) 青木不二夫著『新江用水開削(鑿)の諸問題』(安田町誌第4輯附録)、安田町郷土史研究会、pp. 41~42, 1964年。
- 41) 『加治川治水沿革史上』、加治川水害豫防組合、pp. 164~172, 1926年。
- 42) 『長岡市史通史編(上巻)』、長岡市、pp. 506~510, 1996年。
- 43) 建設省北陸地方建設局編『信濃川百年史』、北陸建設弘済会、p. 1045, 1979年。
- 44) 斎藤常作編『桑原久右衛門と福島江』、長岡市立新組第三小学校、pp. 1~5, 1959年。