

1. 通潤用水システム

(1) 概要

①概要

通潤用水は、幕末期、白糸台地とその上流にある村々の新田開発を目的として開削された農業用水である。白糸台地は、阿蘇火山の火砕流噴火により降り積もった堆積物が、緑川、千滝川、五老滝川、笹原川の河川により浸食され形成された。河川から台地の縁までの高さは20m～100mもあり、周囲を流れる河川からの取水ができないことから、台地へ通水可能となる標高が確保できる笹原川の取水地点から五老滝川を越えて台地へ送水する必要があり、このための水利システム（堰、用水路、水田等で構成される水利用のためのシステム）が通潤用水である。その特徴的な施設として、五老滝川を越えるためにサイホンと水路橋を一体化した通潤橋を設けている。

通潤用水は、笹原頭首工（白糸台地から約3km上流）から取水し、白糸台地の入口に設けた通潤橋までに配水しつつ通潤橋を経て、台地の高位部を走る上井手（上段幹線水路）と、五老滝川より取水する下井手（下段幹線水路）の上下二段に配置された2本の幹線水路で構成されている【図5-3-1】。上井手と下井手は、それぞれが独立した取水口を持つものの、白糸台地内では両幹線水路は一体的に利用されている。上井手の用水は一度水田で利用された後、水田もしくは支線水路を經由して下井手に流入し、下井手の水田で反復利用される。このように、幹線水路を上下二段に配置し下段水路で反復利用することで、水利用の効率化が図られている。灌漑期の取水量は0.18m³/s、非灌漑期の取水量は0.09m³/sで、平時は十分な用水が確保されている。

現在、頭首工のゲート操作、降雨時の放水工のゲート操作等の作業は土地改良区より依頼を受けた水管理者によって行われている。また、幹線水路および支線水路の清掃は年3回程度、農家だけでなくボランティアの地域住民も参加し、土砂さらい、雑草の刈り払い等の作業を共同で行っている。

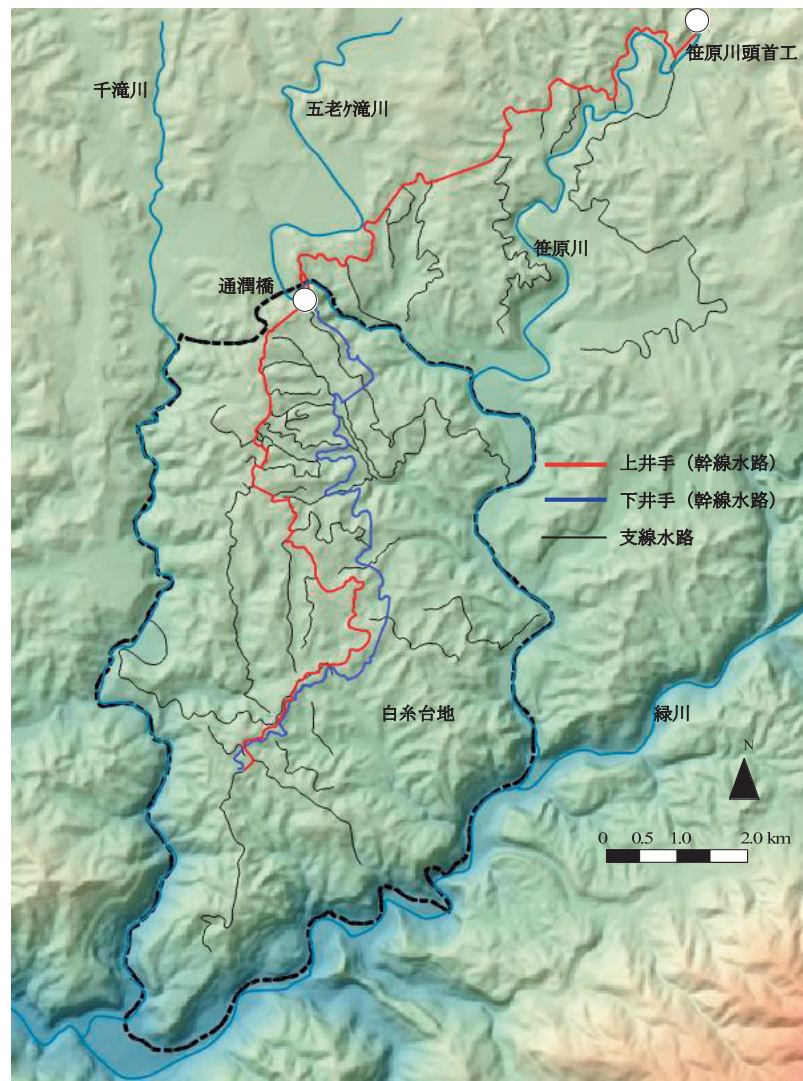


図5-3-1 通潤用水の概要図

②水利システムの構成

現在の通潤用水は、以下のような諸施設で構成されている【表5-3-1】。

表5-3-1 通潤用水の構成

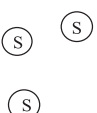
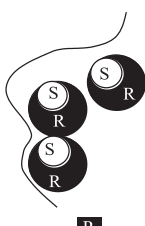
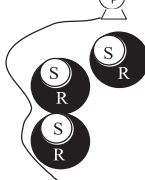
	幹線水路	支線水路	付帯施設			
			チェックゲート	泥ぜん抜き	水落シ砂蓋(放水工)	
上井手	笹原頭首工～通潤橋区間	4.7km	6路線 6,317m	1ヶ所	7ヶ所	9ヶ所
	通潤橋	サイホン式水管橋 78m	—	—	橋中央に放水口 1ヶ所	—
	通潤橋～末端区間	5.0km	16路線 13,931m	—	2ヶ所	4ヶ所
下井手	5.7km	7路線 7,288m	1ヶ所	3ヶ所	11ヶ所	

※水路延長は図5-3-1に示す通潤用水路線をGISソフトで計測したものである。

③通潤用水と白糸台地の水利用

白糸台地の水利用は、時系列で大きく三つの時期（ステージ）の変遷を経ている（島武男ら2016）。通潤用水開削以前の、湧水を利用した小規模な水田群が分散した水利用の時期を第1ステージとすると、通潤用水を開削し通潤橋により河川水を利用することになり、それまでの小規模な水田群が集約されることとなったのが第2ステージであり、さらに、通潤用水をベースに近代・現代の技術を加えて現在の水利用が実現したことをもって第3ステージと見ることができる【表5-3-2】。

表5-3-2 白糸台地における水利用の発達過程

タイプ	受益水田拡大の模式化	規模・型式	水源	水路材質	水利施設	多面的機能
第1 ステージ		小規模分散型	湧水	土水路、石積水路	特になし	利水機能のみ
第2 ステージ		大規模集約型	河川 + 湧水	土水路、石積水路	通潤橋（サイホン）を建設し、白糸台地へ河川水を通水可能とする。さらに、放水工やチェック工としてのゲートを設置。	利水機能のみ
第3 ステージ		大規模集約型	河川 + 湧水	幹線水路の多くをコンクリート化し、維持管理の負担を軽減する。	通潤橋の通水管、頭首工の材質を強度化する。ゲートの操作負担低減を図る。	魚類生態保全機能、親水機能に配慮した区間を創出

※受益水田拡大の模式化において、**(S)** は湧水型の受益、**(R)** は通潤用水建設（河川取水型）、**(P)** はポンプの設置に対応して拡大した水田を示す。実線（曲線）は水路線を示す。

【第1ステージ：通潤用水開削以前】

通潤用水の受益地域は、白糸台地の北側にある入佐、小笹、畑、城原（桐原）の集落のほか、白糸台地内の小原、田吉（田吉・米内蔵）、長野、犬飼、田吉、小ヶ蔵、新藤、白藤（白石・相藤寺）の集落で構成される【図5-3-2】。通潤用水開削以前、これらの地域においては「井川さん」と呼ばれる多くの湧水があり、これを水源とし、谷津地形を利用して谷筋に水田が分布していた【図5-3-3】。湧水は小水路および田越しで各圃場へ配水されており、この水利用で連結された水田は小規模なまとまりを形成し、数多くのまとまりごとに分散して存在していた。これを《湧水を水源とした小規模分散型の水利システム》ということができる。

土地改良区では、通潤用水開削以前からある水田を「古田」、それ以降に開墾された水田を「新田」と呼び区別している。古田は湧水を水源とし、通潤用水を利用していないことを前提にしているため、現在でも古田からは賦課金が徴収されていない。

【第2ステージ：通潤用水開削後（基本形の形成）】

通潤用水開削後の水利システムを【図5-3-4】に示す。白糸台地の新田開発のための通潤用水は、笹原川から取水した用水を白糸台地およびその上流集落に配水し、上井手、下井手の二段の幹線水路および支線水路が整備された。通潤用水開削以前の水源であった湧水も水田を経由して下井手に入り、反復利用されている【図5-3-5】。通潤用水開削以前の小規模分散型の水利システムが組み込まれた型式で、新しく大規模な河川取水型の水利システムが構築された。このことにより、用水の供給量が増加するとともに安定化し、水田面積は当初計画を超えて飛躍的に増大した。第2ステージに構築されたこの《河川取水による大規模集約型の水利システム》は、本地域の水利用の基本形として、現在にまで踏襲されている。

ここで、前期からの大転換をもたらした通潤用水、とりわけ白糸台地へ外部から水をもたらした通潤橋の意義はどれだけ強調してもし過ぎることはない。よって、そのことについては項を改めて検討することとする。また、基本形を形成するに当たっては、水利用の合理化に向けて、幹線水路の一部（下井手）と支線水路に対して当初計画からかなりの変更が加えられた。さらに、この期の水利用に伴って、地域念願の白糸台地の水田化が飛躍的に進展した。そうした施設改変の状況と地域の農地の推移についても後述することとしたい。

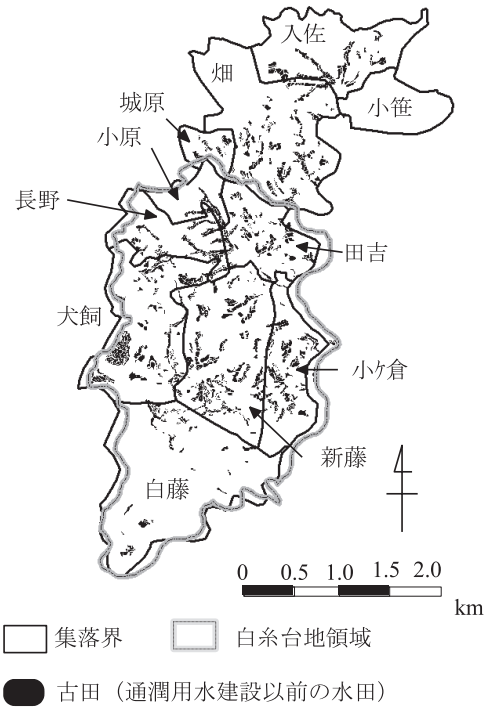


図5-3-2 白糸台地の集落界と通潤用水建設以前の水田の分布



図5-3-3 古田と湧水

【第3ステージ：通潤用水定着後（近・現代化による機能強化）】

第3ステージの水利用は、第2ステージの水利用を原形として、近代的土木技術によりカスタマイズしたものであり、現在の白糸台地の水利用形態である。その変化には大きく二つの契機があり、一つは受益面積拡大のためのポンプの設置、もう一つは効率的な水利用を行うための施設の維持管理に伴う負担を軽減するための施設改変であった。加えて、この期の水利用においては、本来機能である水利機能に加えて多面的機能に配慮する整備が行われたとことも大きな特徴といえる。ただし、このうち二番目の施設改変は継続的に行われてきたことから、第2ステージと第3ステージを区別する截然とした画期は示しがたい。

ともあれ、こうした第3ステージの水利用は、原形となっている第2ステージの水利用の進展に伴い発揮されてきた機能を継続的に強化してきたものととらえることができ、いわば《河川取水による大規模集約型かつ機能強化型の水利システム》とでも呼べるものである。

④水利用合理化のための施設改変および受益面積の推移

上述のとおり、第2ステージにおいて通潤用水の水利システムがひとまず完成して現在に至る水利用の基本形が形成され、その後に施設の運用、維持管理が継続されてきた。それに伴い生じたさまざまな課題に対して継続的に施設の改変により対応した姿が現在の第3ステージの水利用であった。ここでは、そうした施設改変の状況と、水利用に相即不離の関係にある地域の農地の変遷について、第2ステージと第3ステージを通して一連の経緯として概観する。

【水利用を支える水路網の形成】

第2ステージの初期において、水利用の基本形を形成した水路網が完成するまでの主要工事の履歴を【表5-3-3】に示す。嘉永5年（1852）の当初計画と幹線、主要支線水路の完成した安政2年（1855）を比較すると、幹線水路である下井手の幹線延長が短くなっている。これは、水路トンネル等を建設することによって山際の迂回区間を減少させたことが理由として考えられる。

一方、安政2年の支線水路長は当初の2倍以上に長くなっている。支線水路の工事は安政3年（1856）まで行われ、最終的に支線水路の総延長は計画時の4倍以上に長くなっている。支線水路については、嘉永5年の当初計画時におおまかな計画を策定していたものを、延伸に伴い現地の状況に応じて計画を

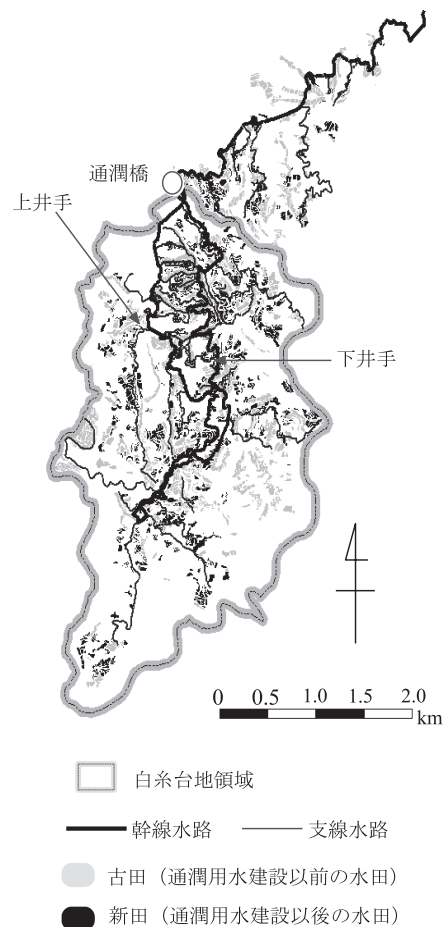


図5-3-4 通潤用水建設後の水田の分布

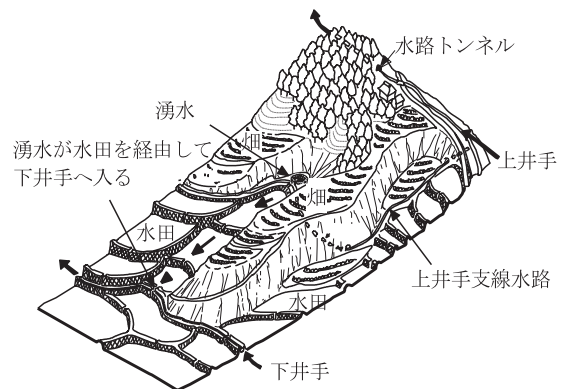


図5-3-5 湧水を反復利用する水利用形態

随時変更し、その結果、路線数が増え、水路長も伸長したと推察される。多くの水田に効率的に配水を行うために現地の状況を確認しながら、支線水路の詳細を決定し工事を進めているようである。

現代の事業では、当初計画を精密に作成し、その計画に対し基本的に忠実な工事を行うことがまず求められる。そのため、通潤用水のように実情に応じて計画変更を柔軟に行うことはしない。しかし、おおよその計画を策定したうえで詳細な工事を実情に応じて随時変更することは「見直し」と呼ばれ、当時では一般的な工法であったといわれている（『水土を拓く』編集委員会他2009）。

表5-3-3 歴史史料による通潤用水の工事履歴

	当初計画	幹線・主要支線完成	支線工事	全水路網完成
	1852年（嘉永5年）閏2月	1855年（安政2年）6月頃	1856年（安政3年）4月	年月日未詳
幹線水路+支線水路 総延長	16,868間 5合 約30.5km	22,782間 約41.2km		33,172間8合 約60.0km
幹線水路	上井手 総延長	6,074間5合 約10.9km	6,140間6合 約11.1km	
	笹原堰～通潤橋まで （水路幅：9尺 約2.7m）	3,225間 約5.8km	3,127間3合 約5.6km	
	通潤橋～末端まで （水路幅：4～9尺 約1.2～2.7m）	3,013間3合 約5.4km	3,013間3合 約5.4km	
	下井手 総延長 （水路幅：6尺 約1.8m）	5,157間 約9.3km	3,896間3合 約7.0km	
支線水路	分水井手 総延長	9筋 5,637間 約10.2km	24筋 12,745間1合 約23.0km	42筋 18,255間1合 約33.0km
	上井手分水 延長		18筋 8,763間5合 約15.8km	30筋 12,022間5合 約21.7km
	下井手分水 延長		6筋 3,981間6合 約7.2km	12筋 6,232間6合 約11.2km

※【史料出典】白石・渡邊家文書「南手新井手記録」をもとに作成した。

※間や尺の数値については、1間=1.81m、1尺=0.303mとして算出し、小数点第2位以下切り捨てとした。

【水利用の基本形の形成に伴う受益面積の推移】

白糸台地における通潤用水の受益に関わる田畑面積の変化を、文政9年（1826）に作成された『矢部手永手鑑』と明治15年（1882）に作成された『上益城郡村誌』をもとに比較した【表5-3-4】。通潤用水開削以前の文政9年には、白糸台地の各村落における水田（古田）と畑面積は、極端に畑面積が大きい犬飼を除けばほぼ同等であった①（丸数字は表頭に対応、以下同じ）。通潤用水による開墾予定面積は、全体で40町余（別の願書では42町余）とされている④。

通潤用水完成後約30年を経過した明治15年（1882）の水田は約138町、畑が約57町である②。このうち用水完成後に開墾された水田（新田）面積は約91町である③。特に、新小、犬飼・白藤の地域で大幅に水田が増加している。通潤用水受益地では畑に比べ圧倒的に水田面積が多くなった。集落別に当初の

表5-3-4 白糸台地村落における江戸時代後期から明治初期における田畑面積の推移

江戸期村落	明治以降行政区	① 1826年(文政9年) 田畑面積 (用水建設前)	② 1882年(明治15年) 田畑面積 (用水建設後)	③ 開田された面積 (②-①)	④ 当初の開田 予定面積	⑤ 開田予定と実際 面積との比較 (③/④)
長野	長原	田 5町 9反 8畝 24歩 畑 3町 9反 9畝	田 25町 2反 3畝 8歩 畑 15町 4反 5畝 22歩	田 15町 4反 25歩 畑 6町 9反 7畝 1歩	田 1町 8反 1畝 3歩 畑 2町 7反 7畝 12歩	約3.3倍
小原		田 3町 8反 3畝 19歩 畑 4町 4反 9畝 21歩	田 20町 5反 2畝 5歩 畑 6町 8畝 20歩	田 11町 8反 9畝 20歩 畑 -7反 20歩	田 3町 2反 1畝 6歩 畑 9町 8反 7畝 24歩	
田吉	田吉	田 8町 6反 2畝 15歩 畑 6町 7反 8畝	田 20町 5反 2畝 5歩 畑 6町 8畝 20歩	田 11町 8反 9畝 20歩 畑 -7反 20歩	田 3町 2反 1畝 6歩 畑 9町 8反 7畝 24歩	約3.7倍
新藤	新小	田 15町 6反 5畝 15歩 畑 15町 3反 3畝 9歩	田 53町 9反 5畝 15歩 畑 20町 1反 2畝 4歩	田 35町 3反 6畝 25歩 畑 1町 3反 3畝 22歩	田 9町 8反 7畝 24歩 畑 2町 1反 5畝 27歩	
小ヶ蔵		田 2町 9反 3畝 5歩 畑 3町 4反 5畝 3歩	田 14町 7反 6畝 27歩 畑 5町 8反 9畝 23歩	田 28町 6反 7畝 7歩 畑 -12町 5反 4畝 15歩	田 14町 3反 3畝 15歩 畑 6町 2畝 27歩	
犬飼 (相藤寺含む)	犬飼	田 6町 6反 6畝 6歩 畑 22町 1反 7畝 4歩	田 23町 6反 1畝 15歩 畑 10町 5畝 19歩	田 28町 6反 7畝 7歩 畑 -12町 5反 4畝 15歩	田 14町 3反 3畝 15歩 畑 6町 2畝 27歩	約1.4倍
白石	白石・相藤寺	田 3町 4畝 29歩 畑 6町 3反 1畝 23歩	田 138町 9畝 10歩 畑 57町 6反 1畝 28歩	田 91町 3反 4畝 17歩 畑 -4町 9反 3畝 28歩	田 40町 1反 9畝 24歩 畑 40町 1反 9畝 24歩	
合計		田 46町 7反 4畝 23歩 畑 62町 5反 4畝	田 138町 9畝 10歩 畑 57町 6反 1畝 28歩	田 91町 3反 4畝 17歩 畑 -4町 9反 3畝 28歩	田 40町 1反 9畝 24歩 畑 40町 1反 9畝 24歩	約2.2倍

※【史料出典】「矢部手永略手鑑」文政9年、熊本県公文類纂「上益城郡誌」明治15年をもとに作成した。

開田予定と実際の面積と比較すると、長原、田吉、新小では約3倍のペースで開墾が進み、当初計画より大幅に水田面積が増えたことがわかる⑤。

【さまざまな課題に対応する施設の改変】

通潤用水の通水、運用開始後も補修、改修が繰り返され、現在に至っている。大正以降の大規模改修の工事履歴を【表5-3-5】に示す。

最も早い工事は大正3年（1914）の笹原頭首工の改修で、木製の板堰からコンクリート堰に改修された。頭首工は、洪水時に最も被害を受け破壊されやすい構造物であるため、最初に改修されたものと思われる。

戦後になって、第3ステージの本格的な到来を告げる新たな改修がなされた。ポンプの設置と水路のコンクリート化である。ポンプは昭和20～30年代頃に上井手に設置され、これによって上井手より標高の高い農地への配水が可能となり、水田が造成された【図5-3-6】。現在、ポンプは渇水時の補助水源として利用されている場合が多い。

水路の土水路からのコンクリート化は、上井手では昭和29年（1954）から平成5年（1993）、下井手では昭和44年（1969）から平成21年（2009）年にかけて段階的に行われ、維持管理が軽減された。なお、昭和29～36年（1954～61）の改修の際には円形分水が建設された【図5-3-6】。これは、亀堰（笹原川左岸の亀堰水利システムの頭首工）と笹原頭首工の合口が行われた際に、笹原川左岸の農地へ配水する定比分水施設として設置されたものである。

近年では水利システムに利水機能だけでなく、生態保全機能、親水機能といった多面的機能も求められるようになった。上井手でも平成11年（1999）と同14年（2002）に親水機能に配慮した事業が行われ、水路護岸や遊歩道の設置などの環境整備が行われた。下井手は上井手よりコンクリート化の進展が遅く、土水路区間も比較的多く残されていた。最初にコンクリート化された1号水路付近は昭和44年（1969）に、小原下区間は昭和53～56年（1978～81）に、その他の区間は平成19～21年（2007～09）に改修された。土水路が残存していたこと、上井手にある円形分水のように水路を遮断する水利施設がないこと、魚類生息数が多い五老滝川から取水していることにより、下井手にはアブラボテ（学名：*Tanakia limbata*）といった貴重魚種も生息しており（山都町教育委員会2008）、その保全のために、生態環境に配慮した整備も部分的に行われている。

表5-3-5 通潤用水の大規模改修の工事履歴

	年号	改修箇所	改修内容	備考
上井手	大正3年（1914）	笹原頭首工	板堰からコンクリート堰へ	
	昭和29～36年（1954～1961）	笹原取水口～長野 円形分水	土水路をコンクリート化 板堰を除去、円形分水設置	円形分水は昭和31年（1956）に完成
	昭和38年（1963）	長野～新小南	土水路をコンクリート化	
	昭和56年（1981）	新小南付近（709m）	〃	
	平成5年（1993）	新小～相藤寺終点迄	〃	町道新藤白石線改修時
	平成11～12年（1999～2000）	笹原取水口～円形分水	水路護岸、遊歩道等の環境整備	水環境整備事業
	平成14年（2002）	桐原（桐原地区～取入口迄）	〃	水環境整備事業
	昭和44年（1969）	1号水路付近	土水路をコンクリート化	
	昭和53～56年（1978～1981）	5～10号水路付近	〃	かんがい排水事業（下井手改良工事）
	平成19～21年（2007～2009）	下井手2～4、16～19、22号水路	〃	県営ため池等整備事業（下井手地区）
通潤橋	平成20～24年（2010～2012）	下井手11～14、20、24～25号水路	近自然工法により改修	文化的景観保護推進事業
	大正～昭和初年頃	橋上	橋上通水管の間に鉄管を埋設	
	昭和29～36年（1954～1961）	橋下の川底	ヒューム管理設工事	昭和35年国指定重要文化財
	昭和46年（1971）	通水管	通水管、取入・吹上池等の補修	橋上の鉄管を除去
	昭和57～58年（1982～1983）	〃	〃	
	平成12～14年（2000～2002）	〃	〃	通潤橋地区地域用水環境整備事業
	平成12～14年（2000～2002）	〃	〃	〃

※【史料出典】『第31回通常総会議案』（通潤地区土地改良区、昭和57年）、『第37回通常総会議案』（同前、昭和63年）、『通潤橋架橋150周年記念誌』（通潤地区土地改良区、2004年）、土地改良区職員の前田悦稔氏の聞き取り調査等をもとに作成した。

※グレーの網掛けは多面的機能に関する整備を示す。下井手の1～25号の番号は上流から下流区間へ向かってつけられたものである。

上井手、下井手には、原初の時期は不明ながら、ゲートを有する放水工（水落シ砂蓋）および水位管理用施設（チェック工）が設置された。これらのゲート操作も維持管理にとって課題となった。これらの施設のゲート数の推移を【表5-3-6】に示す。昭和7年（1932）と現在を比較して、放水工のゲート数はさほど減少していないが、幹線水路に設置したチェック工のゲート数は顕著に減少している。この理由として、以前ほどゲートによる水位操作の労力を土地改良区が負担できないためゲートを撤去したことが考えられる。また、放水工ゲートの多くが自動転倒ゲートとなっている。これにより、降雨時のゲート操作が不要となり、管理負担は軽減している。

通潤橋でも改修が行われている。建設当時の石管による通水に対して、流量を増やすために大正～昭和初期には石管に並行する鉄管が埋設されたが、昭和46年（1971）に撤去されている。昭和29～36年（1954～61）の改修の際には、五老滝川河床の橋と並行するヒューム管のサイホンが埋設され、白糸台地へ通水している。現在、観光客が集まる有名な放水口からの放水時を除き、石管へは常時通水されていない。いうまでもなく石管の機能は維持されてはいるが、橋本体を適切に保存するための措置である。

【地域の農地面積の推移と棚田景観】

水田面積は先述の時期以降も増加傾向にあった。【表5-3-7】は、旧白糸村の大正以降の農地面積の変化を示したものである。旧白糸村は通潤用水の受益地でない白糸台地以外の3集落も含んでいるが、白糸台地の農地面積の傾向を示す統計情報として利用した。

水田は大正以降も増加し続け、昭和10年代に最も多い316町に達する。その後戦争により一時減少するが、昭和40年代まで再度、微増傾向にある。特に戦後における水田面積が増加した要因として、米価の上昇や昭和20～30年代頃に設置されたポンプを利用する水田造成が挙げられる。面積の増加とともに区画形状の改変もなされ、複数の水田の畦を切り一枚の区画にする「畦倒し」により、通潤用水開削時の区画は随時拡大してきている。近年では、減反政策の影響により水田面積が大きく減少しているが、通潤用水による開田とその後のポンプ利用によって広がった水田が、現在の白糸台地の棚田景観を形成している。

白糸台地の棚田景観は、平成20年（2008）に「通潤用水と白糸台地の棚田景観」として重要文化的景

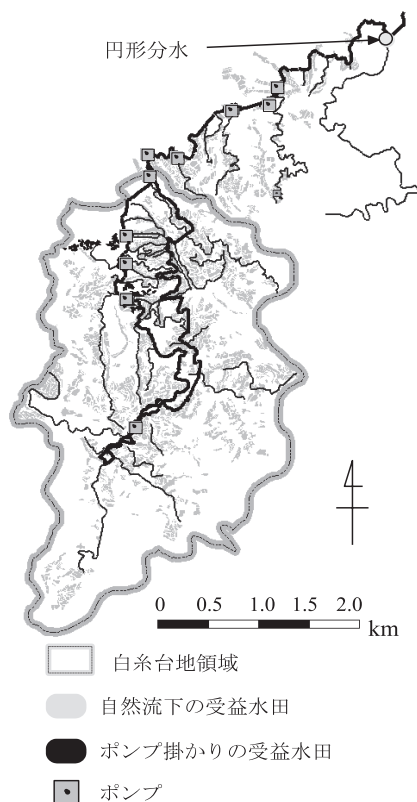


図5-3-6 ポンプの設置位置とポンプ掛かりの水田分布

表5-3-6 昭和初期から現在までのゲート数の推移

	昭和7年のゲート個数		現在のゲート個数	
	放水工	幹線水路	放水工	幹線水路
上井手	21	16	12	1
下井手	12	7	11	1
合計	33	23	23	2

観の選定を受けた。棚田景観のような農村景観は、地形・河川等の自然的要素、農地、水辺、道路等の人為的要素からなり、農村の営みにより特徴づけられる（農林水産省農村振興局2007）。この概念をもとに、景観形成のプロセスを【図5-3-7】のように整理した。通潤用水の受益地である白糸台地の景観を自然資源、施設資源、制度資源の視点で整理する。地形的に河川取水が不可能であった立地条件で、湧水を水源として点在する棚田景観が通潤用水建設以前の景観であった。通潤用水建設により受益面積が拡大し、広域の棚田景観が形成された。用水が安定的に供給されるため白糸台地内の耕作放棄率は2%と低い（島武男ら2004）。さらに、現在も土地改良区を中心としながら、農家、地域住民を含めた保全組織により水利システムの適正な維持管理が行われている。このように、白糸台地の棚田景観は、水利用形態の変遷に大きな影響を受けてきたことがわかる。特に、景観形成に影響を与えた施設資源が通潤用水であり、それを実現させた灌漑施設が通潤橋である。

（2）通潤用水の水利計画と通潤橋

①通潤用水開削の必要性

通潤用水は、白糸台地での新田開発を目的として開削された。幕末期は、全国的に農村荒廃が進み社会問題となった時期である。熊本藩でも同様に、人口・家数が減少し耕作放棄が増大した「零落所（村）」と呼ばれた村が藩内全域で出現していたことから、その立て直しは行政課題となり、熊本藩政独特の中間的な地域行政機構である手永（百姓出身の役人、惣庄屋が数ヶ村の区域を統括する）が落ち込んだ経済の再生を担うこととなっていた。白糸台地の村々が属する矢部手永は、住民一人当たりの余分（農業収支での余剰）は領内平均よりやや下のレベルにあり、文化11年（1814）の藩による調査では3ヶ村の零落村が挙げられていた（吉村豊雄2013、今村直樹2020）。

地域再生の鍵は生産の増強にあり、新田開発はその最重要手段であった。だが、白糸台地では古くから開発が進んで開発されるべき土地は近世初頭には確定しており、その後の開発は、数歩～十数歩程度の極小の畑（野開畑）がわずかずつ拓かれるだけで、全体としてほとんど停滞した状態、すなわち開発限界に達していた（吉村豊雄2014）。

こうした状況を打開するには農地の開発、しかも従来行われてきた畑ではなく、郡代に宛てた願書にあるような「上畝物御仕立」（＝水田開発、畑の水田化）が必須と認識された。そのためには安定した水源を確保しなければならないが、台地内の《湧水を水源とした小規模分散型の水利システム》では限られた水源で充足、完結していることから、台地外部からの導水が必要となる。これを実現するのが、

表5-3-7 大正以降の旧白糸村の田畑面積の推移

年号	田	畑	樹園	耕作放棄
大正元年	268.5町	354.1町	—	—
大正5年	271.9町	353.9町	—	—
大正10年	292.5町	345.3町	—	—
昭和元年	293.2町	341.0町	—	—
昭和4年	293.7町	339.0町	—	—
昭和10年	316.1町	315.5町	—	—
昭和15年	316.0町	310.8町	—	—
昭和20年				
昭和25年	307.5町	87.2町	1.2町	—
昭和30年	291.2町	98.9町	—	—
昭和40年	295町	66町	8町	—
昭和45年	305町	59町	14町	—
昭和55年	252町	32町	36町	4町
昭和60年	260町	30町	35町	3町
平成2年	236町	22町	32町	7町

※【史料出典】

大正元年から昭和30年までは『熊本県統計書』（熊本県編・発刊）を使用。昭和40年代以降は、『世界農林業センサス熊本県統計書』（農林水産省編、農林統計協会発行）をもとに作成した。

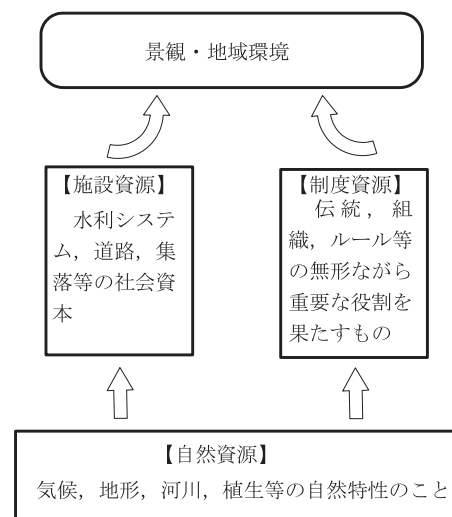


図5-3-7 景観を創出する資源

惣庄屋布田保之助の率いる手永営事業としての通潤用水であった。

以下に、通潤用水の水利計画策定に係る事項を要点のみ述べる。経緯や背景事情の詳細は、第4章を参照されたい。

②通潤用水の水利計画

【用水源】

白糸台地の開田計画の用水源としては、布田も築造経験のあるため池の築造という手段も想定されるが、台地内および近辺には、複数の池での相互運用を考慮しても、台地の相当部分を開発できるほどの集水・貯留規模を持つことのできる池の適地は見当たらない。

そこで、水源と考えられるのは周辺の河川、とりわけ台地の西側を流れる千滝川と東側の五老滝川および笹原川であった。しかし、河川を水源とするにしても、台地の周囲では河川からの高さは20m～100mあり、そこから取水したとしても台地全域を潤すことはできない。ちなみに、現在の通潤用水の下井手は、五老滝川に設けた取水口から台地に向けて導水しており、仮に水源を五老滝川に求めて用水を開削したとすればそれに近い形となると思われる。上井手からの落水などの流入があって定かではないが、下井手単独の受益面積は数haにすぎないということである。

ということで、河川を水源とするには、台地より標高の高い地点から取水し、できるだけ水位を落とさずに延々と導水してくる必要がある。近世の山がちの地域での新田開発には手慣れた手法であり、矢部手永でも通潤用水着工直前の嘉永3年(1850)、御船川から取水し23町の水田を拓いた延長9,090間(約16,453m)の中嶋福良井手(現山都町)を、他ならぬ布田保之助が完成させていた(矢部町史編さん委員会1983)。

【水路計画と受益面積】

こうして水源を河川に求めたときに一つの契機となったのは、砥用手永の手になる未完の井手筋の存在であったと思われる。笹原川から砥用まで導水するために砥用手永により文政年間から天保2年(1820前後～31)まで開削していた水路が、事業が途絶して残置されていた。この井手筋が、通潤用水の上井手(笹原川の取水地点から台地の入口までの区間)の一部に利用された(山都町教育委員会2013)。

他方、白糸台地内において、できるだけ多くの水田に水を供給するためには、標高の高い位置に用水路を建設することが必要である。上井手も、可能な限り高い位置に建設することが求められた。標高図と現在の井手筋の路線を重ね合わせると、台地の尾根に沿って上井手が建設されていることがわかる【図5-3-8】。

開発予定面積(受益面積)の算定は、それに必要な施設を決定していく事業計画の出発点である。事業計画は開発申請に不可欠であったから、官・民間問わず開発行為に係る者は計画策定(ないし評価)能力を具えていたといえる。布田保之助は、手永の業務として道路開削、架橋、河川改修などとともに水利事業にも経験を豊かに積んでいた。通潤用水では当初の受益面積は42町余と目され、白糸台地の受益面積は用水路とそこへ導水する施設の標高に左右されることから、その面積を開発するためには導水施設の河床からの高さが15間(27.2m)必要、という関係は明確に意識されていた。布田の著作かどうかは不明ながら『通潤橋仕法書』(以下、『仕法書』という)や、その他の文書ほとんどに「15間」の記載がある¹。また、『仕法書』には、高さ8間(14.5m)の水路橋では開田面積は少なく、人家に届かず人馬の飲用にもならない村々が出来ると述べている。

台地内では、上井手と下井手の二段の幹線水路による用水の反復利用がなされている。その着想がどこに由来したものかは、『仕法書』に例を挙げた「吹上樋」(サイホン)のように明らかではない。ただ、こうした反復利用方式は、たとえば後述の富山・十二貫野用水など山間地域を中心に全国各地に例

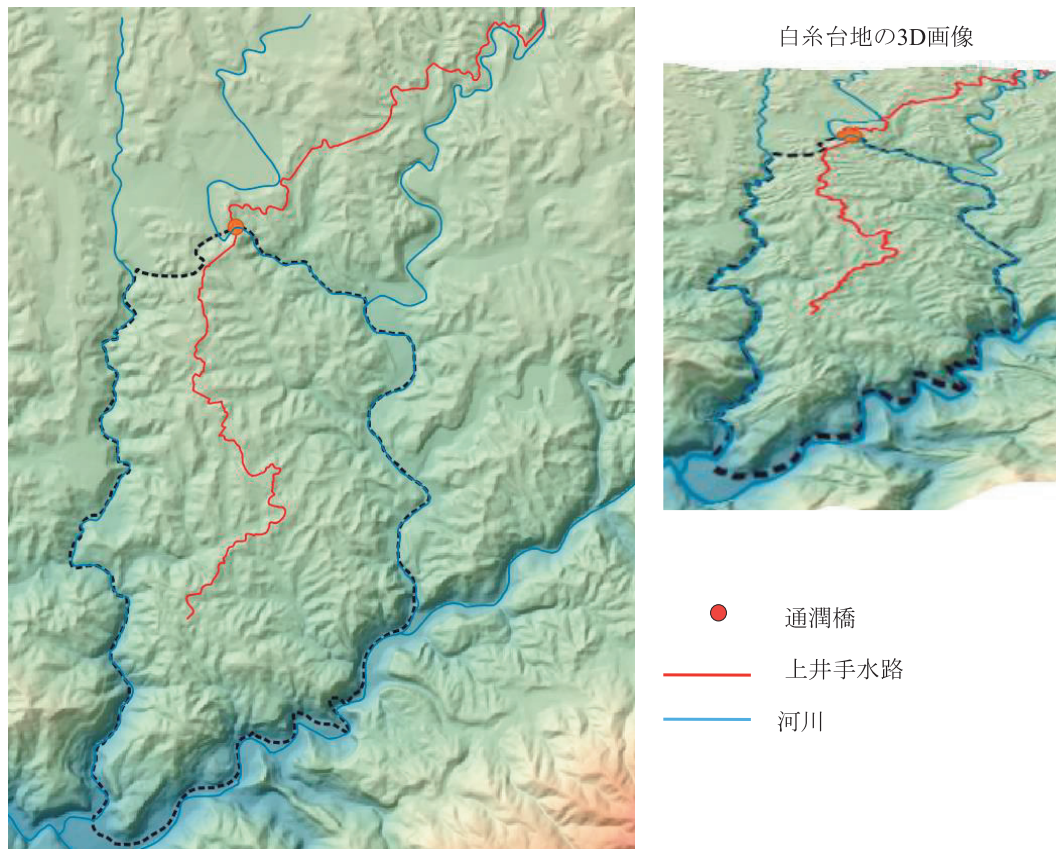


図5-3-8 標高図と重ね合わせた上井手の水路線

が見られる。ちなみに熊本藩内では、白川から取水する瀬田上井手・下井手（現大津町）が既に加藤氏の治世下から構築され始め、寛永14年（1637）に完成している。また、加藤清正が手がけた緑川の鶴ノ瀬堰（1607、現甲佐町）の水路網でも、二段水路による反復利用があるといわれる²。

③通潤橋

通潤橋は、笹原川から取水した用水を五老滝川を越えて白糸台地へ通水するためのサイホン橋である【図5-3-9】。サイホンとする場合、通水管（管水路）に水圧がかかる。圧力がかからない開水路（水路橋）で台地に通水することも検討されたと思われる。先述のとおり『仕法書』では、高さ5間（9.1m）のアーチに基礎と輪石・壁石3間（5.4m）を加えた8間（14.5m）の水路橋では不十分と一蹴されていた。それゆえ8間の橋に7間（12.7m）のサイホンを載せて15間にするというのであった。

当時の建設技術では、橋脚高は最高でも近傍の霊台橋（現美里町、1847）の20m程度（実橋高+輪石・壁石分）でしか建設できなかった。橋脚高20mで開水路により流下させると、台地の入口まで導かれた水位が水路橋で大きく低下してしまうため、サイホンで通水し水位を高く維持することが求められた。その場合、管水路にかかる圧力の問題を解決する必要がある。この難問を、『仕法書』にあるように水理実験を繰り返し解決できたことで、サイホンによる送水方式とすることが可能となった。

通潤橋のサイホンで白糸台地に通水した場合、水位の減少は-2.1mである。しかし、開水路で通水する場合は水位の減少は-6.8mとなる。つまり、サイホンでなければ、台地において現在より4.7m低い位置に上井手が配置されることになる。標高データをもとに4.7m低い場合（サイホンがない場合）の上井手の位置をトレースして、現状（通潤橋がある場合）と比較すると、上井手の受益面積は約4分の1となった【図5-3-10】。あらためて通潤橋が受益面積の増大に必要不可欠であったことが認識される。

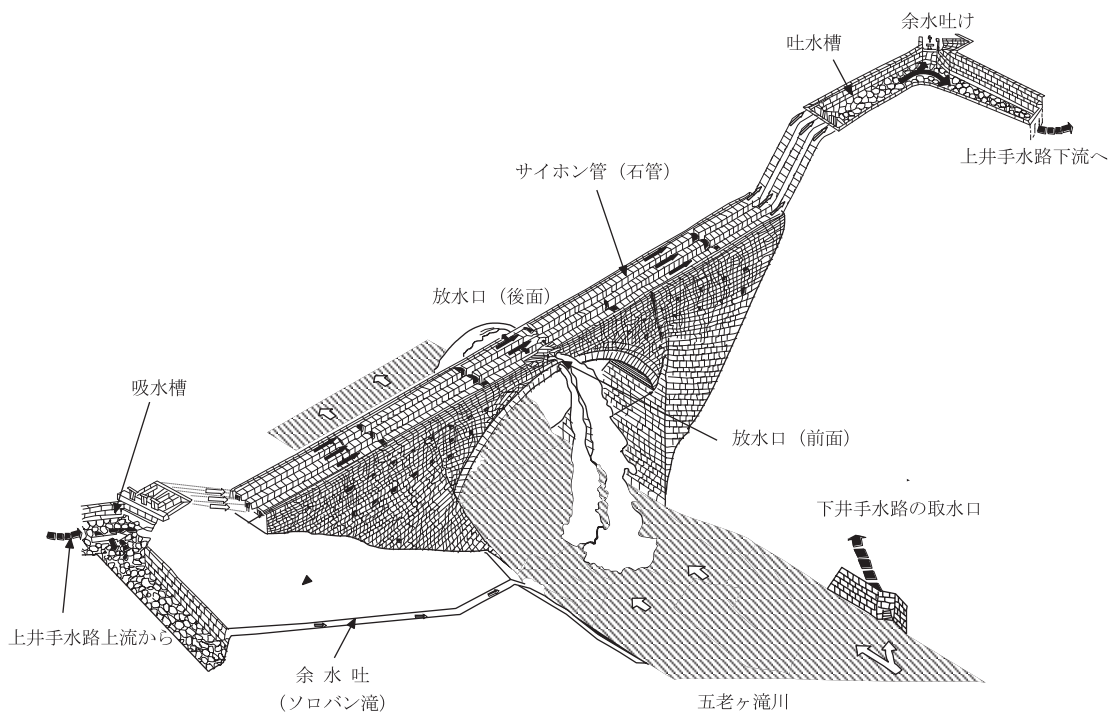


図5-3-9 通潤橋の概要図

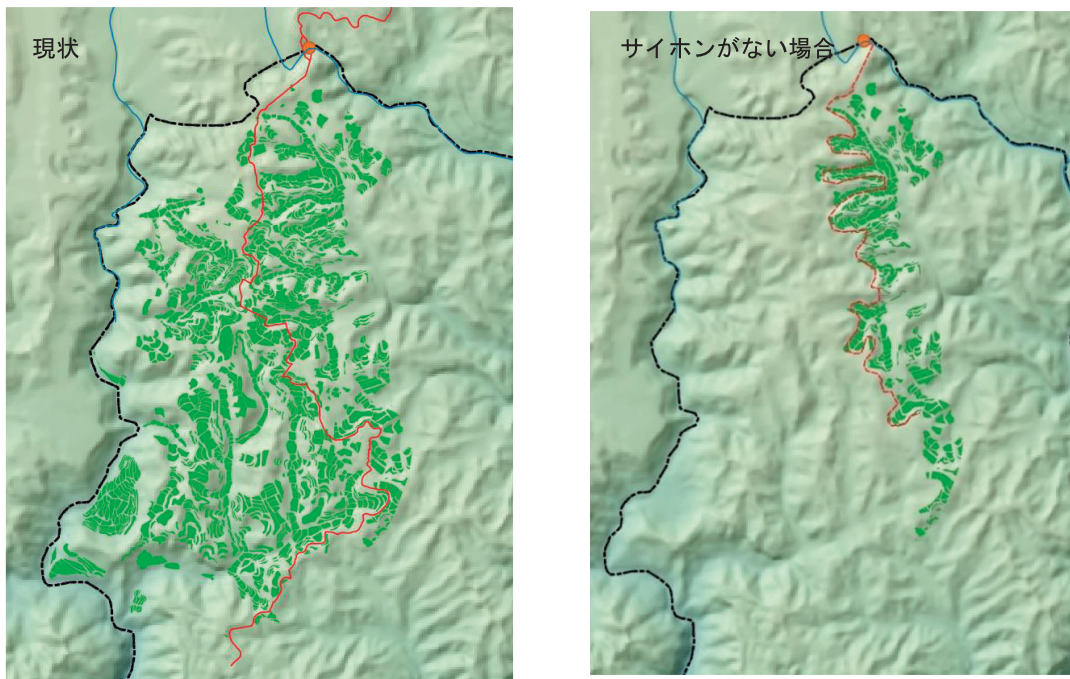


図5-3-10 通潤橋がある場合（現状）とサイホンがない場合の上井手の路線と受益面積の比較

2. 近世以前の農業水利施設と通潤橋

(1) 新田開発と農業水利施設

①近世の新田開発

近世は、新田開発を基盤とした高度経済成長の時代であった。

分裂割拠の戦国期から天下統一を成し遂げた豊臣秀吉が検地や刀狩などの政策を通じて新たな土地・身分制度を整え、その集大成として慶長8年(1603)に徳川家康により江戸開府がなされた。ここに、大名による土地支配と強固な身分制度によって社会を秩序立てた幕藩体制が確立した。米の生産量を基準とした耕地の石高が大名・武士の収入・諸役負担の基準となり、村々の農民から年貢米を徴収することが経済的、財政的な基盤をなすことから、政策の基本となる米の確保のため、耕地の拡大すなわち新田開発が重要手段となった。

徳川期約3百年間に新田開発は営々に行われ、とりわけ体制の確立や強化が必要とされた時期には特に旺盛になった。最大の山は幕藩体制の制度的整備が確立する明暦～寛文期(1660年頃)であり、その後も、幕府財政の再建を図り改革の行われた享保期(1720年頃)にやや低い山をなし、深刻化する幕藩体制の危機に直面し改革の行われた幕末に近い天保～安政期(1840年頃)には高まるというように、3つのピークをなして開発が進展した(菊地利夫1958)。

開発は、大局的には、戦国期までに開かれた山麓の平坦地や中小河川中流域の扇状地・河岸段丘から、下流部の三角州やさらにその前面の干潟へ進展していった。技術力の進歩により、〈水〉を制御しやすい所から、耕地化のより困難な所へと対象を拡大していったのであるが、自然的・歴史的条件の違いによって、開発の様相、すなわち時期や開発対象に地域差が見られた。相対的に早く開けた西日本では開発のピークを比較的初期に迎え、江戸中期には適当な未墾地の限界に近づいていたため、必然的に陸地に続く浅海域を主対象としたのに対し、東日本では、比較的長大な河川とその流域の広い平野が近世に至るまで未墾地として残され、原野の開墾や河川流域に分布する湖沼・低湿地の干拓など内陸部の開発を主として、幕末期に最隆盛期を迎えるという特徴が見られた(高木勇夫1985)。

新田の開発・運営にはさまざまな主体が携わった。幕領での代官や藩政府、藩士など士分が主導することもあったが、個々の百姓や村(ムラ=共同体)、あるいは新田請負人や商人といった民間主体が主導することもあり、開発対象地や各藩の開発政策・土地政策、民間主体の成熟度合などの違いによって地域差が大きい。新田完成後、用水施設などの運用操作や維持管理は、特別な事例を除けば村に委ねられた。

こうして、各種推計によれば、江戸初期から幕末期にかけて耕地が200万町歩強から320万町歩に拡大し、1千数百万人から3千数百万人まで成長した人口を擁する「徳川の平和」を支えたのである。

熊本藩では、元文2年(1737)の新田開発禁止令から財政建て直しに取りかかる享和元年(1801)頃までの停滞期を挟んで、それ以前は家臣団の知行地における開発や藩営新田が、後期においては手永による開発が多く進められた(菊地利夫1986)。この後期の開発では、文化2年(1805)～文政4年(1821)に八代海干潟でなされた百町新地・四百町新地・七百町新地の大規模干拓に成果が目ざましいが、内陸の台地などに展開された開発も相当なものであり、通潤用水の開削はその顕著な例といえよう。

②新田開発を支えた農業水利施設

近世の旺盛な新田開発において全国各地で耕地が拡大し、無数の施設が建造された。わが国の水田稲作農耕の基礎には、季節的偏りのある降雨と大陸に比べて比較的制御しやすい小規模の地形単位という特性を有する自然条件がある。生存基盤としての耕地は、地域ごとのさまざまな様相を呈するこの自然条件の上に、その恵みを享受しやすいように工夫された人工物が組み込まれて、地域色豊かに形成されている。

山林・原野や湖沼・浅海から耕地そのものを生み出す開墾・干拓技術はおくとして、水利に係る技術だけに着目しても、〈水源〉—〈導水〉—〈圃場〉の各局面で、設置場所に応じた工夫が凝らされた構造物が建造された。〈水源系〉ではため池や取水のための堰や樋門（坎樋・石井樋などと呼ばれる）がある。〈圃場系〉では、地形・地質や水温・水質などに応じ、また、各農家への配分や作物の要件に応じて分水工、温水路、暗渠など種々の構造物を伴う。

〈導水系〉では、動力のない時代では専ら自然流下によることから、エネルギーの損失を避けて勾配を保つよう、路線を等高線沿いにするのが常であった。水路は通常素掘り（部分的には盛土上に設置）である。それでも尾根と谷、台地と低地という大小の起伏が避けられない地域では、尾根を横断する隧道（トンネル）のほか、谷を横断する掛樋・伏越（本項では施設名一般として「伏越³」を用い、「サイホン」は固有名称などに限って使用する）といった特別な資材を要する水利構造物により地形の制約を克服している。

熊本藩での状況を一例として見る。本田（1970）によれば、同藩で水利施設が整備された、すなわち新規の農業用水が開削されたのは、天正16年（1588）～寛永9年（1632）までの加藤氏治下で29地区、以後宝暦2年（1752）までの細川氏支配前期に11地区、以後慶応4年（1868）までの同後期に24地区、合計64地区で、そのうち地区内に掛樋、伏越、隧道など特別な水利構造物を擁する地区は【表5-3-8】のとおり55地区にあり、各期間で21地区、7地区、27地区ずつとなっている。本表では、通潤用水のように同一地区内に隧道と水路橋を持つような、複数種の構造物を擁する地区は構造物それぞれでカ

表5-3-8 熊本藩内の農業用水における特別な水利構造物

時代区分	水系	掛樋	水路橋	伏越	隧道	坎樋・石井樋	その他	計	地区数
加藤期 1588～ 1631	緑川			2		3	3		11
	白川			1		2	4		6
	菊池川					2	1		8
	球磨川			1			2		4
	計			4		7	10	21	29
細川前期 1632～ 1751	緑川								3
	白川	1				2	1		5
	菊池川				2		1		3
	球磨川								
	計	1			2	2	2	7	11
細川後期 1752～ 1868	緑川		5		5		1		13
	白川								
	菊池川	2		1	5	1	2		10
	球磨川	1	1	1			2		1
	計	3	6	2	10	1	5	27	24
合計		4	6	6	12	10	17	55	64

出典：本田彰男『肥後藩農業水利史』

注1：「地区数」の「地区」とは、各時期に各水系で建設された〇〇堰、〇〇井手のような個々の農業用水を指す。

注2：数値は各種構造物の建造された地区数で、同一地区内に同種の構造物が複数あっても（通潤用水の隧道など）「1」とする。また、別種の構造物があればそれぞれで「1」としている。

注3：「その他」は沈砂施設、暗渠、穴井樋、水揚車、合口、箱井樋、底樋である。

ウントされることから、この数字の合計を全体の64地区と単純に並べても意味はない。

しかしながら、大多数の地区で何らかの特別な水利構造物が必要であったといえ、とりわけ細川後期に開発された24地区においては、のべ27地区で水利構造物が見られる。このことは、同一地区内に複数種の構造物を持たねばならなくなり、その背景として開発前線が地形条件のより複雑な地域へ進出したこと、あるいは人為的、技術的にそうした条件を克服する（できる）ようになったことをうかがわせる。

水利構造物の中で全時期を通じて最も多く作られたのは、全64地区中12地区で見られる隧道である。通潤用水との比較検討のために掛樋・水路橋と伏越に着目すると、掛樋・水路橋は64地区中10地区で、伏越は同じく6地区で造られた。同書では掛樋と水路橋は主として規模（径間長）により区別されるようであるが、何かを跨ぎ越して水を引く施設として同種と考える。熊本藩内の水路橋は、石造のアーチ形式のものがほとんどである。

通潤用水が開削されたのは、ここでいう細川治世後期、前述の全国的な新田開発でいえば第3の隆盛期に当たる。惣庄屋布田保之助の主導になる農業用水であり、表に掲げる「水路橋」のある地区で、緑川水系に属する5地区のうちの一つである。

③近世の農業水利施設の概観

近世の農業水利施設の特徴は、人力での施工・運用（動力なし）を基本とすることである。このため、水路系（水利システム）としては自然流下で、構造は素掘りの開水路（水面の見える＝「自由水面を持つ」水路）に代表される。加えて、幕府や藩など公的主体は莫大な費用・労力を要する規模の大きな施設の建設は別として、中小規模の開発や日常的な運営（維持管理とその費用負担、紛争処理など）への関わりが薄く、村に委ねられていたことも挙げられる。

何らかの資材を用いた工作物を伴う水利構造物には手近に得やすい資材が用いられ、ほとんどが木造であった。木材は最も手近にある素材で、建築分野を中心に加工の経験も蓄積されていて、これら資材と職人の調達容易であること、したがって日常的な維持管理や異変発生時などの補修もたやすいことが最大のポイントであった。〈導水系〉の施設では板材を組み合わせた、蓋のない開水路が一般的であった。伏越のように地中に埋設するものは、四辺を板材とするか、角材に溝を穿って板材で蓋をかけるかという「木樋」形式か、角材や丸太の内部をくり抜く「木管」形式か、いずれにせよ管状に加工して継いでいく。素材の合わせ目や管の継ぎ目には檜皮や松脂、タール類を詰めたり、管の周囲に難透水の粘土層を形成したりして漏水防止に努めた。

全国的に見れば、通潤橋のように全体が石造の構造物は、木造のものに比べて圧倒的にレアケースでしかない。この場合は、加工しやすい材質の岩石が豊富で、加工技術に巧みな職人を多数抱えているという近傍の地域事情による。たとえば、火山岩が広く分布する九州一円や花崗岩に富んだ中国地方であり、もっと局所的には「〇〇石」と名が付くようないわゆる石の産地の近傍などに限られる。

施設は、築造後、日常的な維持管理と簡易（もしくは部分的）な補修をしながら供用され、一定期間を経ると大規模な改修ないし更新がなされる⁴。大規模な改修ないし更新は、施設が甚大な災害を受けた場合にもある。木造の構造物は、水に触れて腐朽しやすいうえ、流水を集める谷地形のために洪水の被害を比較的受けやすく、しばしば破壊される。腐朽・破壊されれば復旧・更新することになるが、たいていは材料の入手事情も技術水準も建造当時とほぼ同様なことから、原形復旧されることが原則となる。

その際、従前の状態に復する基本線を超えて、運営上の理由、すなわち営農・用水需要の変化や分配水の不具合などへの対応といった利用面で、水利系統や構造の改変がなされることがある。また、省力化や耐久性の増強という維持管理の観点からの構造面での理由から改変されることもある。破壊と復旧を頻繁に繰り返すことに苦慮した結果として、復旧に際して木製のものが耐久性の高い石造に改変され

ることがあった。木管・木樋から石管に導水管が改築された事例は、加賀（金沢）の辰巳用水や肥後（宇土）の轟泉水道における導水管に見られる。

費用負担を農家が担う農業水利施設にあっては、運営上の利便性・経済性の向上が何においても優先される傾向が顕著であり、歴史的あるいは審美的価値などというような外部からの価値判断が考慮されることはまずないといってよい。ゆえに、近代以降、鉄やコンクリートが安価に普及するようになって以降は専らそれらが用いられ、従前の構造が踏襲されないことが一般的になった。木造や石造構造物が原形をとどめるのは、特別な事情を持つ希少な事例に限られる。

④構造物ごとの特徴

通潤橋は伏越を一体化させた水路橋（水管橋）であり、そうした構造物を中心に、関連して〈水源系〉および〈導水系〉に係る施設を見ていくことにする（〈圃場系〉の施設は省略）。

まず、〈水源系〉の施設では構造物がほぼ必須となる。貯水のためには用水の賦存量の増強や流量の調整が必要であるし、取水は流路を分岐させ変更することであるから、必然的に人為の介入によって原自然の状況を改変することになる。そこで、土砂（稀に岩石も）による築堤（ため池）がなされ、河川内に土砂・木材により水位を高める堰を構築したり、流量調節のために開閉可能な扉を設けた木造・石造の樋門を設置したりする。

次に〈導水系〉では、自然の流路をそのまま利用する場合もあるが、先述のとおり自然流下を基本とし、より遠距離・広範囲に用水を届かせるよう、より標高の高い位置から取水し、その後は水路勾配を緩く保って位置エネルギーの損失をできるだけ避けることが有利であることから、等高線沿いに延々と人工的な水路を引くことになる。

通常、水路の断面（法面）には工作物（覆工、ライニング）を伴わず、土砂であれ岩盤であれ現地形を掘削するだけの、いわゆる素掘り水路が大部分である。しかしながら、勾配を保って流すためには、部分的に水路路線高と原地形の標高との差によって配慮が必要となる場合がある。

水路より高い地形に遭遇すれば迂回するか、比較検討で有利な場合は対峙する尾根を貫通して隧道を掘る。隧道は、全国的に大小問わず数多く造られ、通潤用水でも数ヶ所に設けられている。地質や水脈、鉱脈など山の見極めから測量、掘削などに至る鉱山技術がふんだんに活用され、ノミ・タガネを使って人力で掘削し、壁面には支保工・覆工を設置しない、いわゆる素掘りトンネルである。それが可能となるのは、地下水の噴出や断層などに伴う落盤が生じない堅硬で安定した岩盤でなければならず、掘られた壁面は何の補助もなく自立している。それゆえ、現在でも使用され続けているものも少なくない。

なお、隧道は特異なものとして、あるいは建設の苦労を偲ばせるものとして地名や人名を冠した「○○隧道」と命名されてその名を遺すものが多いが、名とともに原形をとどめる「特別な事情」として、まずもって「今もそのまま使える」ことがある。これに対し、掛樋（延長の長い水路橋を除く）や伏越では、あまりに一般的で数も多いせいか、よほどの規模のものを除けば注目を浴びるような名を遺すものは少ない。多くが木製で腐朽しやすく短命なことも、残存しない大きな理由である。

水路がより低い地形に遭遇した場合、盛土してその上面に溝を穿つ。盛土できない谷あるいは河川を横断（立体交差）するには、跨ぎ越すか底を潜ることが必要となり、前者が掛樋ないし水路橋、後者が伏越（伏樋）となる。上を越すか下を潜るかは、当該場所の広さ（横断長さ）や深さ（高低差）、施工性などを勘案して決定される。水路改修の際には、河川状況の変容に応じて、また、腐朽・破壊しやすさを克服すべく、掛樋を伏越に架け替えることも珍しくなかった。

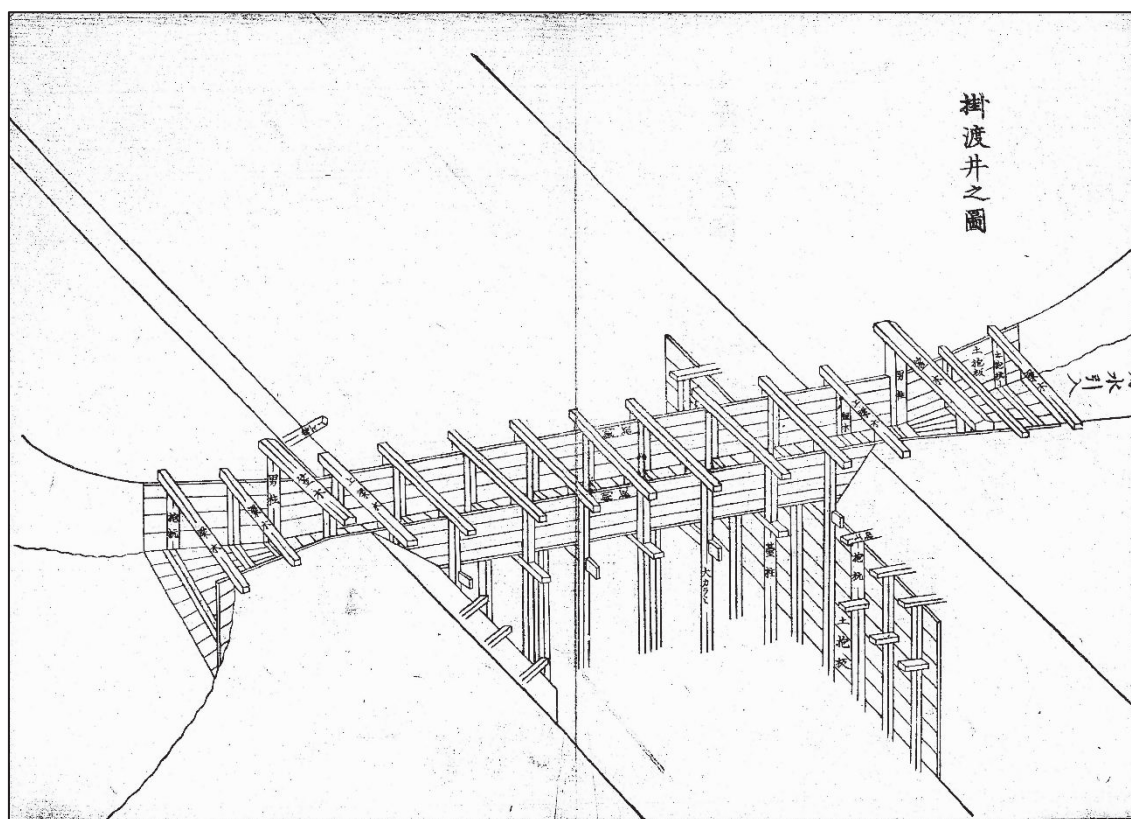
掛樋は、古くは古墳時代（5世紀後半）の群馬県・三ツ寺I遺跡から、豪族居館に巡らせた幅30～40m、深さ3mほどの周濠を渡して屋敷内の祭祀場へと導水する木製の樋管が、それを載せるべき2本1対の橋脚とともに出土している。同時代の農業用水での遺構はないが、こうしたおそらく渡来系の技

術を擁した首長が、祭祀とともに榛名山東南麓に水利の刷新と新田開発を進めて地域経営を確立していったとされる（群馬県埋蔵文化財調査事業団1988、若狭徹2007）。

掛樋の規模が大きくなれば、人馬を渡す道路橋の応用で、河床に中間の橋脚を立てた多径間の構造として橋長を長くして、主として木製で築造され続けてきた。掛樋で名高いのは、農業用水ではなく上水道の施設で、江戸初期に設置された神田上水がお茶の水の谷（神田川）を横断するために架設されたものである。往時の姿は『江戸名所図会』や歌川広重の錦絵など多くの絵師によって描かれ、「水道橋」の地名を残している。

農業用水では、掛樋は江戸期の民政指南書（地方書）などに堤防や橋梁、その他の水に関わりのある施設とともに採り上げられるほどに一般的な施設であった。代表的な地方書である大石久敬『地方凡例録』（1794）には「掛渡井 笕とも云」として一項目が立てられ、「是は用水井路筋、川の上を横に掛越にして用水を通す」から始まり、川中に橋脚の柱を立て、桁を渡してその上に笕（木樋）を載せることなどの説明がある。佐藤信淵『隄防溝洫志』（1780？）や明治になって前代の技術を解説した内務省土木局編（高津儀一著）『土木工要録』（1881）には、「掛渡井之図」として完成図全景のほか、材木の寸法・数量や構造各部の図を載せる【図5-3-11】。江戸中期の対馬藩儒者、陶山訥庵が著した『水利問答』（1722～23）などにも見られ、掛樋が全国各地に分布・普及していた構造物であることを表している。

石造の掛樋・水路橋も数少ないながら存在する。備中（岡山）の田原用水の掛樋（1697頃）は花崗岩の石材を四角柱に切り出し、それを橋脚、桁、水路の底・壁面に縦横に組み上げて防水には漆喰を用いたもので、規模は小さいが通潤橋などのようなアーチ形式でない桁橋形式のものとしてユニークである（赤磐市教育委員会2010）。石桁水路橋は、馬場俊介（2012）によると群馬、長野、三重、兵庫、愛媛、鹿児島にも残存している。アーチ形式の石造水路橋は熊本を中心に福岡、大分、宮崎、鹿児島に分布す



出典：国立国会図書館デジタルコレクション：高津儀一『土木工要録 附録』

図5-3-11 『土木工要録』に描かれた掛樋

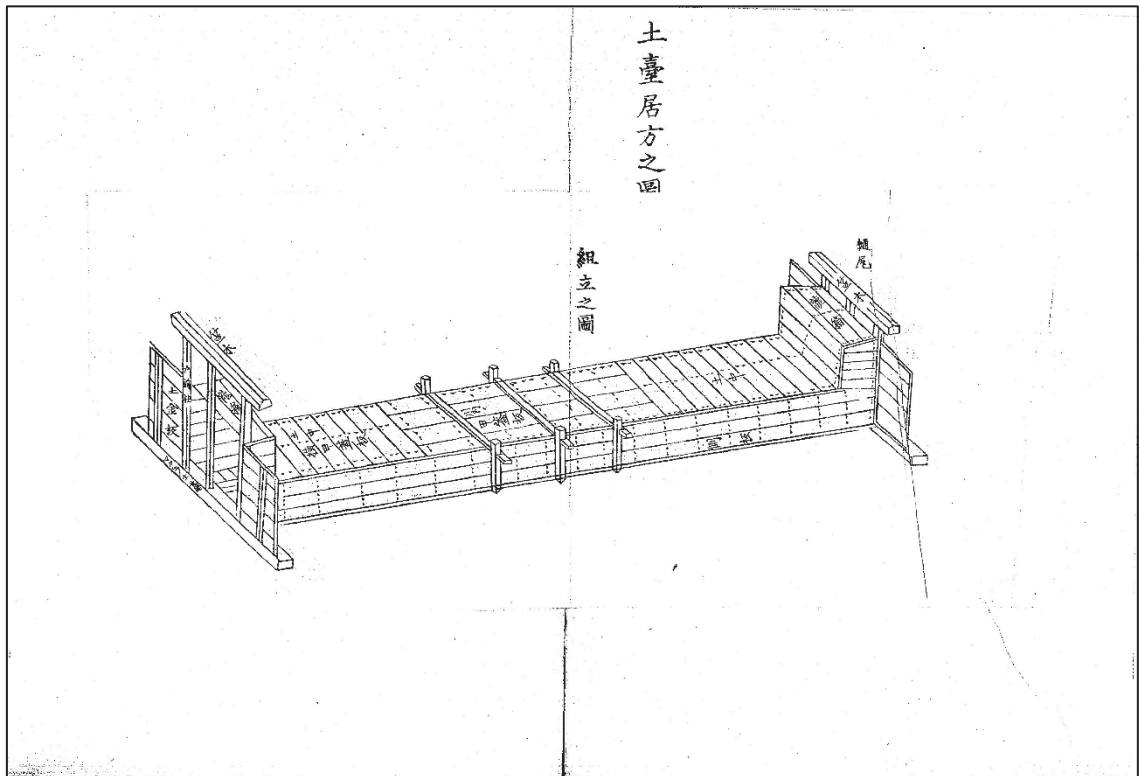
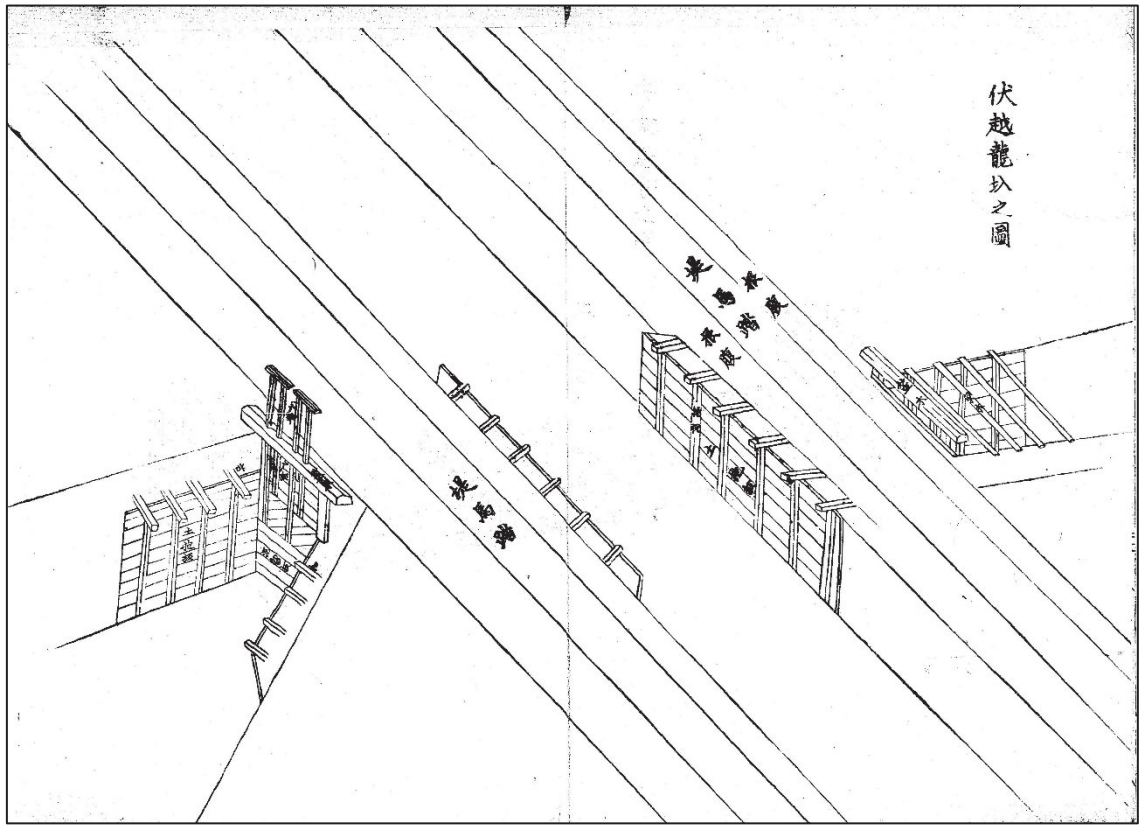
る。これらの水路橋には、現在、別の構造物に代替されて用途廃止されているものも多い。

水路橋のなかでも、水路部分が密閉された管形式であるものは特に「水管橋」と呼ばれる。通潤橋は水圧がかかる伏越としたために水路を管路にする必要があったが、通常、近世の水利構造物では、水路橋はもとより、地中に埋設するもの以外は管形式にする必要はなかった。

伏越については、その起源や系譜を遡ることは困難である。伏越では、水路をいったん下方に曲げるため、水路内に自由水面がなくなり用水は水路（管）内を満流する。これに対し、河川の下を潜る場合でも、天井川のように上方の河床が十分高ければ、水路を下方に曲げずに元の水位のまま（自由水面を持ったまま）で通過させることができる。この場合、埋設された水路を「暗渠」という。上方に水路のない単なる盛土内を通過する場合も同様である。場所によっては、人工の開水路（たとえば木樋）同士が立体交差する形態をとることもある。なお、これらについて、文書に「埋樋」と記されていても、厳密な意味での伏越か暗渠か不明な場合がある。また、遺跡から埋設されていた木樋などが出土しても、それが暗渠か伏越かの判別は遺物からでは困難で、文書や伝承など傍証を必要とする。伏越では管内に水圧がかかるが、浅ければ水圧も小さく、また、水密性を保って埋設すれば管自体は木製（木樋）で十分である。

わが国最古の伏越は、江戸初期に肥前国で設置された「馬頭^{うまのかしら}サイホン」であるとされる（この施設については項を改めて後述する）。ただし、規模は小さいながらも、絵師高階隆兼による『春日権現験記絵』第9軸（1309）に、山から木樋もしくは竹樋で引いてきた水を鉛直の竹管らしき管で受け、木製のジョイントを用いて建物の床下を通らせた後に庭で再び鉛直に立ち上げて水桶に吐出する施設が描かれており、伏越と同じサイホンの原理を用いた施設と見られる。元禄年間の黒澤元重『鉾山至宝要録』（1691）には、江戸で水道を大名屋敷に引き入れて庭園の築山から落とす滝を例示して、「水の本高ければ、一度ひくみへ落ても、其本の水の高さ程は上る物なり」と、サイホンの原理（まさに文中で「理」と言っている）を説明する一節がある。伏越は、隧道掘削と並んで、鉾山由来の技術として戦国期に普及していった可能性がうかがえる。さらに、『春日権現験記絵』と同様の構造を持つ施設は、福島県三春町で町内の随所にある湧水を各戸に引水するための施設（「引き水」と呼ばれる）として戦後に上水道が敷設されるまで使われていた（松本登1986）。こうした事例から見て、伏越は遅くとも近世初頭以降までには広く使われるものとなっていたと想定される。

農業用水では、長野県の安曇野地域の水路を横断する水路「横堰」や、同県諏訪地域の「竜^{たつ}」と呼ばれる施設がある（諏訪市史編纂委員会1988）。これらに典型的に見られる、小規模で簡易なものが、掛樋と同様、各地で造られた。「竜」では、宝永6年（1709）の資材調達の際の文書が残っている。「横堰」も「竜」も木造であった。さきの『土木工要録』には、掛樋と同様に、「伏越龍塚樋」として材木の寸法・数量や「伏越龍塚之図」を記載しており【図5-3-12】、地方書類には見られないものの、やはり各地に分布・普及していた構造物と見られる。なお、伏越では、諏訪地域と『土木工要録』、そして後に見る富山・十二貫野用水で「竜（龍）」の文字が使われている。吹き上げる水流の勢いからの連想かと思われるが詳細はわからない。



出典：前図に同じ

図5-3-12 『土木工要録』に描かれた伏越（全景と躯体）

(2) 新田開発に伴う掛樋・伏越

①概観

新田開発は全国津々浦々で展開したから、その地区を通覧することはきわめて困難である。たとえば土木学会編『明治以前 日本土木史』（1936）の「第二編 開墾・干拓・埋立・溜池・灌漑・排水」は、「第二章 地方概説」として各県の開発事跡を列挙しているが、ここでは規模の相当大きいものおよび著名と認められるものだけで、それらに該当しないものや施工年代の不明なものを除外している。地区名と簡単な事跡だけでもこのとおりであるから、それぞれの地区内に建造された大小無数の水路構造物となれば、網羅することは不可能といってよい。よって、地域や年代による特徴を見ることは困難である。

「新田開発に伴う掛樋・伏越」を検討するに当たっては、同書同編の「第三章 各説」に開発内容の詳細が記述された地区を各地方の代表的な事例と見て、掛樋・伏越の記述のあるものをピックアップした。全86地区のうち19地区に施設名が挙がっている【表5-3-9】。ただし、同書の記述は地区により根拠史料や着目点が異なり、叙述に精粗の差が大きいし、そのせいもあって、何らかの記述がなされた掛樋・伏越は、比較的規模が大きく特徴的なものに限られる（そうした事情は後出の見沼代用水の例で明らかである）。さらに、これらの地区はもとより、掛樋・伏越の記述のない地区であっても、小規模なものは数えきれないほど存在する可能性がある。

ちなみに、熊本藩内の新田開発においては、前述の本田（1970）が水路構造物をつぶさに挙げていることは前表のとおりである。それによれば、加藤、細川治下（前・後）の3期の区分で見て、掛樋もしくは水路橋は細川前期に1地区、細川後期に9地区（通潤用水を含む）で建造された。伏越は加藤期に4地区、細川後期に2地区で建造された。

そのうち伏越の詳細は不明である。掛樋については、早くも細川前期に畑井手（現菊陽町）に架けられたものは木樋とされており、現存しない。細川後期には石造アーチ水路橋が展開するが、石造水路橋で現存するものはいくつもあるものの、資料が混乱気味であり、年代も不明なものがある⁵。岩原の通水橋（現山鹿市）はアーチ形式でなく、方杖橋という他に例のない形式の石造水路橋である。17世紀すなわち1600年代の建造とされるも定かではない。アーチ形式のものでは、八勢水路橋（現御船町、1814）や雄亀滝橋（現美里町、1818）は比較的早く建造されたものである。これらの水路橋は規模こそ小さいが、熊本藩内でこの頃から確立したと思われる石造アーチ道路橋の技術を応用して建造され、40年後の通潤橋で頂点をなして幕末へと至る石造アーチ形式による水路橋技術の系譜を明確に示している。これらは一部改造されながらも、往時の姿で現存し現在も水路施設として現役である。

なお、農業用水と類似の水を配る施設として上水道がある【表5-3-10】。近世以前、江戸はじめ主要な都市において、農業用水と同様・同等の技術により建造されたことから、参照しておきたい。なお、表に見るように、一応「上水道」とは呼ぶものの、用途は灌漑をも含む多目的であった。これは用途別の水利権が確立されていない近世的水利用の特徴といってよいが、最も主要な目的に即して、農業用水と区別して上水道としておく。

上水道を農業用水と比べると、①主要な配水区域が都市域であり、②相対的に流量が小さく（水路の径が小さい）、③施設の相当部分が地下に埋設される、という特徴を持つ。このため、掛樋は、都市域外から導水する径路の中途か、都市域内でも既に触れた江戸・神田上水の水道橋のように地形上横断を余儀なくされる河川部に限られ、例は少ない。埋設水路には小規模な伏越も相当あったと思われるが、暗渠であっても満流していたのか自由水面を持っていたのかという点も含めて、詳細は不明である。管の材質は木樋が多く、部分的に石材を組み合わせた石樋もあった。少人口区域への配水など細い径でよければ竹管、焼き物産地が近ければ土管や陶管も使用された。通潤橋と同種の石材をくり抜いた石管は金沢の辰巳用水、宇土の轟泉水道、鹿児島の水道に見られ、いずれも石材と石工の豊かな地域である。なお、前二者は当初木製だったものからの改築による。

以下に、通潤橋との比較に関連するような特徴的な地区について、概況を記しておきたい。

表5-3-9 近世の主要な農業用水における掛樋・伏越

県名	施設名称	施工年	掛樋・水路橋	伏越
山形	黒井堰	寛政 7(1795)	掛樋	
茨城	吉田用水(飯沼干拓)	享保 10(1725)	笕 14ヶ所	
埼玉	見沼溜井新田・見沼代用水	享保 13(1728)	瓦葺掛樋(長 28 間)	柴山伏越(長 26 間)
埼玉	葛西用水	享保 4(1719)		伏越多数
山梨	徳島堰	寛文 11(1671)	掛越樋 19ヶ所	
長野	御影新田(御影用水)	慶安 3(1650)	掛樋 2ヶ所(各長 3 間)	
長野	塩沢堰	正保 3(1646)	掛樋	
富山	十二貫野開・附同用水	天保 10(1839)		サイホン(管長 35 間)
富山	雲雀野開・附愛本・舟見用水	享和 2(1802)	掛樋 8ヶ所	
岐阜	曾代用水	延宝 3(1675)	掛樋	
三重	立梅用水	文政 6(1823)	笕梁	
兵庫	母坪排水	寛政 7(1795)		伏樋
和歌山	小田堰	宝永 4(1707)	笕	吹樋(2 か所 33 間・12 間)
鳥取	安藤井手	文政 6(1823)	石笕 3ヶ所 6 間	埋笕 3ヶ所 8 間
島根	七條原開墾(溝渠)	天保 4(1833)	掛樋 3ヶ所	釣り溝
岡山	八ヶ郷用水	天正 13(1585)		底樋
山口	仁保津墾田	安政 元(1854)		噴水樋
佐賀	馬頭井堰	寛文年間(1661~73)		松浦川伏越(長 17 間)
鹿児島	阿田(多)新田	弘化 2(1845)	箱樋(破損)	
【参考】				
茨城	水戸水道(上水)	寛文 3(1663)	伊奈堀水道橋(銅樋・木橋、10 間)	逆川伏越

出典:土木学会編『明治以前 日本土木史』

注 1:各欄の記載は同書に記載のとおりで、他の文献にも拠る本文の記述と異なる場合がある。それぞれの地区に独特の名称のものは記述内容から推察した。

注 2:【参考】の水戸水道は、同書「第七編 水道」による。

表5-3-10 近世の主要な都市の上水道

都市名	施設名称	施工年	用途	構造	材質
小田原	早川上水	天文 14(1545)	生・灌	暗渠化	開渠にフタ・木管
江戸	神田上水	天正 18(1590)	生・灌・泉?・車	○	石樋・木樋
	玉川上水	承応 3(1654)	生・灌・泉・濠・車	○	石樋・木樋
甲府	甲府用水	文禄 2(1594)	生・灌・濠	暗渠化	開渠にフタ・木樋
福井	芝原用水	慶長 12(1607)	生・灌・泉	開	—
近江八幡	近江八幡水道	慶長 12(1607)	生	○	竹管・土管
静岡	駿府用水	慶長 14(1609)	雑・灌	開	—
米沢	米沢御入水	慶長 19(1614)	雑・排	開	—
赤穂	赤穂水道	元和 2(1616)	生・灌・泉	暗渠化 or ○	石樋・陶管
鳥取	鳥取水道	元和 3(1617)	生	○	石樋～土管・竹管
中津	中津水道	元和 6(1620)	生・泉	暗渠化	石樋～土管・竹管
仙台	四ツ谷堰用水	元和 6(1620)	雑・灌・排	開	—
福山	福山水道	元和 8(1622)	生・灌・濠	暗渠化	開渠にフタ・土管
佐賀	佐賀水道	元和 9(1623)	生・濠・排	開	—
桑名	桑名御用水	寛永 3(1626)	生・火	暗渠化 or ○	土管
金沢	辰巳用水	寛永 9(1632)	濠・灌・泉・生?	開・一部○	木樋 ⇒ 石管
高松	高松水道	正保 元(1644)	生	○	木樋
水戸	笠原水道	寛文 3(1663)	生	○	石樋・木樋、銅橋
名古屋	巾下水道	寛文 4(1664)	濠・泉・生	○	木樋～土管
長崎	倉田水樋	延宝 元(1673)	生・火	○	木樋
	狭田水樋	寛政 8(1796)	生	○	土管
宇土	轟泉水道	元禄 3(1690)	生・灌	○	陶管 ⇒ 石管
鹿児島	鹿児島水道	享保 8(1723)	生	○	石管
半田	半田水道	文政 4(1821)	醸造・生	○	木樋
久留里	久留里水道	嘉永 4(1851)	生	○	竹管
函館	五稜郭上水	文久 元(1861)	生・濠	○	木樋

出典：神吉和夫「近世の井戸を水源とする都市給水システムを考える」(ミツカン水の文化センターオンラインセミナー(2021.11.20開催)資料集)掲載の原表に、土木学会編『明治以前 日本土木史』および日本水道史編纂委員会編『日本水道史』により「材質」のデータを加筆した。

注1:「用途」欄の「生」は飲料水を含む生活用水と防火用水、「灌」は灌漑、「泉」は泉水、「車」は水車、「濠」は城の堀(余水の排出先も含む)、「雑」は飲料水以外の雑用水と防火用水、「排」は水路を排水に利用、「防」は文書等で防火目的が明確なもの、「?」は可能性を示す。

注2:「構造」欄の「開」は開渠、「○」は地下に埋設されていること(暗渠)、「暗渠化」は当初開渠だったものを暗渠に改築したことを示す。

注3:「材質」欄の「—」は不明、「～」は併存すること、「⇒」は材質変更を伴い改築されたことを示す。

②見沼代用水⁶

荒川下流域の用水源として造られていた見沼溜井を干拓するとともに、溜井の代替水源として利根川から取水する見沼代用水が幕府（井沢弥惣兵衛為永）により開削され、現在の埼玉県から東京都に及ぶ一帯の区域を潤している。総延長46,957.5間(85.0km)、うち狭義の見沼代用水路開削29,577.5間(53.5km)、芝川新川開削改修17,380間(31.5km)とされ、この長大な水路において杵樋361ヶ所はじめ438ヶ所の水利構造物が設けられ、そのうち掛樋は3ヶ所、伏越は60ヶ所であった（昭和17年（1942）時点の調査に基づく）。これらの構造物では、前【表5-3-9】にも掲げられた^{かわらぶき}瓦葺掛樋と柴山伏越が有名である。『明治以前 日本土木史』では、河川工作物の解説で、掛樋と伏越の「有名にして」、「最も大なる」例としてこの二者の名を挙げている。ついでながら、通潤橋も同じ個所で石造掛樋として「著名なる」ものとされている。

瓦葺掛樋は、享保13年（1728）、水路が綾瀬川と交差する地点で、付近が低湿地であることから勾配を保つために盛土して堤を築き、そこに木樋を架けたものである。幅8間（14.5m）×高さ6尺（1.8m）の内径で、延長は28間（50.7m）であった。腐朽が著しく、架設後、適宜の補修を除けば架替え改修を同15年（1730）（この時内法幅を4間（7.2m）に改めた）、寛延3年（1750）、宝暦6年（1756）、天明7年（1787）、寛政4年（1792）、同11年（1799）などとはほぼ10年以内に重ねたうえ（以下は不明であるが同様であろう）、明治40年（1907）に鉄製の水管橋に改築された。江戸期の地誌である『新編武蔵風土記稿』（1830）巻之百四十五「足立郡 上瓦葺村」の条にはこの掛樋の図を掲げるとともに、「春冬の間はこの樋の内舟を通じて運漕に便する類、かゝる樋関東の国々には稀なることなり」と記す。

柴山伏越は水路が元荒川と交差する地点で、享保13年（1728）の新設時、1丈8尺（5.5m）の地中に幅1丈4尺（4.2m）×高さ6尺（1.8m）の大きさで延長26間（47.0m）の木樋を埋設し、同時に幅1丈3尺（3.9m）×高さ6尺（1.8m）で延長26間（47.0m）の掛樋も設置した。これらの伏越と掛樋の位置関係は上下流とも直上下ともいわれるが、掛樋の耐久性が低く、横断する元荒川の水の流れの妨げになることも多かったことから宝暦10年（1760）に廃止し、代わりに幅1丈2尺（3.6m）×高さ3尺（0.9m）の大きさで延長26間（47.0m）の伏越（小樋）を設け、上部には車馬の用に供する道路橋を設置した。当初の伏越（大樋）は宝暦5年（1755）に伏替え改修がなされ、小樋の設置後、伏替え改修を明和4年（1767）（大樋のみか）、安永5年（1776）（同）、寛政6年（1794）（同）、文化3年（1806）（両樋とも）、文政4年（1821）（同）と経て、天保15年（1844）に両樋伏替えと小樋・橋梁の改造を行った後、明治20年（1887）にはレンガ造り円形管に、昭和3年（1928）にはコンクリート造に改築された。

③徳島堰⁷

徳島堰^{せき}は、山梨県の釜無川右岸地域の新田開発と舟運を目的に、江戸・深川の商人、徳島兵左衛門俊正が7里余の計画をもって開始し、後に甲府城代が引き継いで完成させた、完成当時10,014間（4里22町54間、18.1km）の農業用水（当初舟運を計画したが断念）である。

徳島堰の水路は、巨摩山地から流出する釜無川～御勅使川の扇状地を横断的に走る。このため、右岸側から左岸側に下る傾斜に対して、右岸側を掘削し左岸側に築堤して構築した水路が大部分である。この水路では、扇状地の浸透性の高い砂礫層のため漏水に苦慮したほか、扇状地形成の原因となった山地からの流出小河川（沢水）に対する特段の配慮を必要とした。

一つは沢水の流入を受け止めることであり、流入水・土砂を排出するために樋門（吐水門）を持つことになる。また、小河川を横断するため、掛樋もしくは伏越で立体交差しなければならない。完成から30余年を経た宝永3年（1706）の取調べでは、水路延長153町40間余（16.7km）に対して、水門が9ヶ所（3ヶ所は取水口で、残る6ヶ所が水路からの土砂吐）、掛樋が4ヶ所で長さ46間（83.3m）、「埋樋」（＝伏越）が22ヶ所で長さ604間（1,093.2m）、とされている。

扇状地を流れる河川はいわゆる暴れ川で、河床が安定せず、土砂を堆積して高くなる傾向が強い。このため、掛樋はこの後に大部分が伏越へと変更された。一方、伏越は、外径幅2間(3.6m)×高さ5尺(1.5m)として定型化した箱樋を、横断する谷沢に必要な長さにつないで埋設したが、年代により河床の変動に応じてその延長を変化させている。たとえばこの宝永の時点で最長の甘利沢では、南北2ヶ所に25間(45.3m)ずつあったものを統合して70間(126.7m)とした。こうした箱樋を用いた伏越の多くは、寛政年間(1789~1800)に「甲蓋」に改築された。「甲蓋」とは、水路幅2間(3.6m)の側面(両岸)に高さ4尺(1.2m)の石垣を築き、上部に丸太を並べて土砂で覆うという構造である。その後さらに、明治末期以降にはコンクリート暗渠工への改築がなされていった。

なお、宝永の取調べ時点では伏越22ヶ所のうち6ヶ所(総延長357間(646.2m))が御勅使川に係るものであったが、ここは当初の寛文11年(1671)には「板関」という工法による平面交差であった。御勅使川に係る延長330間(597.3m)の区間を水路幅2間(3.6m)で地均しし、下流(水路の左岸)側に牛柵を並べ、そこへ厚さ1寸(3cm)で幅1.5尺(45cm)、長さ6尺(1.8m)の板5枚を縁木に固定して6尺(1.8m)四方のパネルとしたものを立て並べたのである。壁面を木綿・古綿で詰め、底に菰を敷いて水密性を保った。平面交差になるのは、扇状地の主傾斜方向に流れる御勅使川の河床高と、その傾斜の直交方向に走る徳島堰の水路底が同一レベルであったことを意味する。30余年を経て水路が高さ5尺(1.5m)の箱樋を埋設した伏越に改変されたのは、御勅使川の河床高がその分上昇したことをうかがわせる。

④十二貫野用水⁸

十二貫野は、富山県の黒部川と布施川に挟まれた標高約100m~250mの洪積層の扇状地で、沢水に頼る田畑が点在するだけで大部分が入会草刈場であった。十二貫野用水は、天保10(1841)~12年(1843)にかけて開削された13,318間(24.1km=幹線のみ、分水を合わせて7里24町36間(30.0km)という)の用水で、越中・下新川郡の十村(大庄屋)出身の椎名道三に命じて加賀藩の直轄工事による。

峡谷の断崖地形により黒部川本流に取水口を設けられなかったため、左岸の尾ノ沼谷川に水源を求め、黒部川に並行するように山腹に水路を設置し、宇奈月谷、分銅谷を主とする支谷の溪流からも取水して水量を補充する。谷の雪解け水を利用し、4月~9月上旬までの灌漑期間を中間の田植え期・7月中旬を節目として3期に区分して、取水地点を下流側の谷の取水口から上流の谷へと順次移動するという特有の取水を行っている。水路には長さ40~80間(72~145m)の隧道が16ヶ所、延長は計684間(1,238m)に及ぶ。

幹線水路から氷解谷地点^{ひょうげだに}で分水し、大谷川を挟んで対岸の栗寺地区に導水する支線水路があり、「竜(龍)ノ口用水」と呼ばれる。ここに谷を横断するための伏越が設けられ、形態と全長は不明ながら、下げ管が18間(32.6m)で上げ管が17間(30.8m)といわれる。椎名道三が金沢城に出入りするうち、城に通じている200年前の建造になる辰巳用水の伏越から着想を得たのではないかとされている。当初木樋であったが、嘉永元年(1848)に石管に改築され、さらに昭和46年(1971)にはコンクリート管に改築された。

なお、十二貫野用水では、台地高位部に灌漑された用水の余水・浸透水、湧水および谷水などを下位部で承ける「巻江」と呼ばれる水路網が発達していた。通潤用水の下井手のように、高位部の幹線水路(通潤用水では上井手)とセットで当初から並行して設置されたものではないが、反復利用のために谷筋ごとに設置された水路であることには変わりはない。弘化2年(1845)から設置され、現在は統合されたものの、最盛期の明治後期には58条、80kmに達したという。

⑤小田堰（小田井用水）⁹

小田堰（小田井）は、和歌山県北部、紀の川北岸地域の河岸段丘を潤す用水で、紀州藩主であった徳川吉宗の命を受けた学文路村の大畑才蔵により開削された。大畑は、小田堰と同じく紀の川から取水する用水として、元禄期に藤崎井（1700）や六箇井（1701）を開削していたが、段丘に水を引くためには、紀の川と並行して等高線をなぞるように山腹を走らせなければならないことから、小田堰では既に完成していた藤崎井よりさらに上流の標高の高い地点（現橋本市高野口町小田）に取水口を求めたうえ、一部は藤崎井と並行するようにその山手を走らせた。工事は3期にわたり、宝永4年（1707）の工事での5里1町（19.7km）に同6年（1709）の第2期工事分を加えて、現在の水路延長32km余のうち3分の2程度が大畑の手がけたものとされている（第2期工事の延長や第3期の工事が大畑の手になるか没後に掘り継がれたかは文献により見解が分かれる）。

いずれにせよ、この段丘は複数の短小河川が形成した複合扇状地であり、水路は段丘を傾斜方向に切り込んで流れる河川を横断することになるから、掛樋と伏越が不可欠となる。現在、構造や形式の変更を伴う幾多の改修を経て、水路橋8ヶ所、伏越9ヶ所がある。

大畑の手がけた最大の難所が、第1期工事での「龍之渡井」と呼ばれる掛樋であった。当時18m余りあったとされる穴伏川（四十八瀬川）の谷を横断するもので、河川内に支柱（橋脚）を立てなかったと伝えられる。幕末近くの絵図や大正7年（1918）の日付で「旧形」と記した写真では木製の方杖橋が見られ、当初の架設以来継承されてきた可能性が高いと思われる。現在は、翌年の改修により橋長20.5m、橋幅5.3m（水路幅3.7m）のレンガ・石張りのアーチ橋となり、これが登録有形文化財に指定されている。

⑥馬頭井堰¹⁰

佐賀県伊万里市の馬頭井堰、通称「馬頭サイホン」（土木学会選奨土木遺産では『馬の頭』水利施設）は、慶長16年（1611）、鍋島藩家臣で水利・水防に長けた成富兵庫茂安らによって設置されたもので、台地に切れ込んで流れる松浦川から取水した水を桃川台地に引き上げるための施設である。

この地の松浦川は大きく蛇行している。北東から南西方向へ向かう流路が台地にぶつかり、U字形を描くように反転して台地の東端に沿って北流していく。このため、反転前の標高の十分に高い位置に堰（石井手）を設置し、その右岸の台地側から取水して、そこからの水路を、台地の手前を流れる松浦川の川底を潜らせて台地上へ導く。U字の一方の直線から分水してもう一方の直線を潜らせるために、この伏越は必要となったのである。

伏越部分の導水管は「桶樋」と呼ばれたように、昭和3年（1928）にコンクリート管に改修されるまで、底を抜いた木桶を重ねてつなぎ合わせた構造であった。延長は15間（27.2m）程度であったとされている。

⑦辰巳用水¹¹

石川県金沢市を流れる辰巳用水は、寛永9年（1632）、前年の金沢大火を契機として、金沢城の水利の改善を図るために、小松の住人、板屋平四郎の主導で建設された多目的用水である。

金沢市街は犀川と浅野川に挟まれた小立野台地上に展開し、城は台地の下流先端部に立地する。台地は直近の河道との比高が数十mに達する段丘崖を持つ河岸段丘であるために近傍からの取水ができず、城へはかなり上流の地点から取水して崖線の傾斜をなぞるように導水することが必要であった。

取水口は、当初、犀川上流の上辰巳村（現在金沢市）雉に設けられ、金沢城まで2里26町43間（10.7km）、そのうち隧道区間1,833間（3.3km）の水路を引いた。その後、取水口の二度にわたる上流への移動や開渠の隧道への変更を伴う数次の改修を経て、同村東岩で取水し金沢城内へと至る全長12km、うち隧道4kmの現況となっている。

本用水での最も特徴的な施設として、兼六園から百間堀を隔てて城へ導水するための伏越がある。この伏越は当初は「笥」だったのが後年（年代は不明）「埋樋」になり、さらに明和年間（1764～72）には長さ2間（3.6m）余りの松丸太をくり抜いた木管が使われるようになった、という文書がある。この「笥」は水路橋としての掛樋ではなく、最低位部となる百間堀を渡す石川門前土橋（「土手」とも、通称石川橋）の地表に木樋が載せられていたものと考えられている。廃城以後に用途廃止されるまでの約240年間に、土橋付近では露出から埋設になったものの標高はさほど変わらないのに対し、城内での用水の使用先（吐口の位置）の変更に伴いその標高に応じて呑口を変える必要があったことから、管路のルートや延長が四度の変遷を経ている。サイホン部の管路延長は最長時の木管2,010m、比高差（最高位の呑口と最低位の伏越部の高低差）19.8mから、最晩年の石管640m、比高差11.4mまで変化した。また、構造も木樋・木管から石管へと改変されている。

なお、厳密に言えば、本用水の伏越は上記のとおり金沢城への導水管であって、通潤橋と比較すべき農業用水に使用されたものではない。農業用水としては、城下へ至るまでに分水され、100町歩弱の新田が開発されている。

（3）通潤橋の評価

通潤橋は、近世の新田開発史上、傑出した存在ということが出来る。その優れた特質を列挙する。

①現役であること

近世の水利構造物である通潤橋が原形のまま現在も使用されているということは、通潤橋ないし通潤用水の水利システムとしての機能が開削時以来損なわれず保たれていることにほかならない。

橋としての立地環境を見ると、洪水被害で流失したり、河床や河岸の浸食、洗掘によって下部の橋梁から破壊したりすることはなかった。こうした危険を免れたということは、渡河地点および基礎設置の位置選定に当たり、適確な位置を選定したことを示す。なお、取水口も同様に、災害に見舞われることはなかった。

他方、水利システムの機能としては、水理性能、水利用性能および構造性能の三つの性能（中達雄・樽屋啓之2008）を評価することとする。まず、水理性能は必要な水量を送水できることであるが、通潤用水においては、水源増強や水路再編などの水理上の抜本的な改変が行われることなく、維持管理の負担軽減のために素掘り水路をコンクリート化した水路改修のみによって建造時の性能は維持されているといえる。性能は当初計画以上に発揮されており、自然流下でも受益面積が明治期以降に拡大しただけでなく、上井手にポンプを設置して揚水することにより、自然流下では乗らない区域にも受益が拡大している。なお、水量の増強のために通潤橋上に鉄管が敷設されたが、一時的な措置であり、通潤橋の性能には変化はない。

次に、受益地の末端にまで必要な水量を配分できるか否かが課題となる水利用性能については、上井手と下井手の上下二段水路による水の反復利用および支線レベルでの過剰取水を抑制する分水箱などの工夫により保全されてきた。その結果、湧水に依存した古田をも包摂するような形で、現在の棚田景観が維持されているのである。

構造性能は施設の耐久性や安全性であるが、上記のように水路は素掘り水路のコンクリート化のみで通潤橋にはほとんど手が付けられず、近代以降代替施設に置き換わることもなかった。昭和29～36（1954～61）年の工事により、通潤橋の上流側に並行してヒューム管のサイホンが埋設され、現在の主幹線となっているものの、橋には従来どおりの通水が可能であり、いわば非常事態に臨んでのリダンダンシーが確保されているといえよう。『仕法書』に記された試験施工の結果、数々の石垣構築上の工夫を凝らしたうえで全体が耐久性に優れた石材で建造されたことは、構造性能を担保するものであった。平成28

年（2016）の熊本地震によっても壊滅的な打撃を被ることなく原形をほぼ保ったことはその強靱さを物語る。

②石造の水利構造物であること

近世の農業用水における構造物は木製で建造されることが通例であり、十数年ごとに大規模な改修ないし更新を加えることによって、そのままの構造が維持されてきた。近代以降は、頻度の高い改修・更新を免れるため、木製構造物はほとんどの場合、安価で加工が手軽でありしかも耐久性に優れた鉄・コンクリートに駆逐された。

石造橋では、長大な石材の採取が困難なため、桁橋はせいぜい数メートルと規模が小さくなる。河床に橋脚を立てられない地形に大きな橋を架けるには石造アーチ橋になるが、九州・沖縄地域以外には少数で規模も小さい。道路橋では最古といわれる琉球王朝時代の末吉宮^{とうとく}磴道橋（現沖縄・那覇市、1456）以下多数が現存しているのに対し、水路橋として架橋されたものは、わが国最古の早鐘眼鏡橋（現福岡・大牟田市、1674）以下20橋（馬場俊介HPによる）を数えるのみで、全国に膨大に存在した掛樋・水路橋の総数からすれば微々たるものにすぎない。

伏越ないし埋設（管）水路でも木造が一般的であったことは掛樋と同様である。石造のものは掛樋以上に例が少なく、十二貫野用水や辰巳用水、そして数件の上水道の例が挙げられるのみである。しかもそれらの事例では、当初木樋が用いられたのが、事故や維持管理上の理由からやむをえず石管に取り換えられたというのが実情である。上水道でも、当初から石管で計画されたのは鹿児島水道が唯一の例であった。なお、石造水路橋でも伏越でも近代以降に鉄・コンクリート製に置き換わるのは、木造の掛樋の場合と同様である。

通潤橋において、当初は木造の伏越が考案されたことは『仕法書』の試験施工に見られるとおりである。しかるに、結果的に石造アーチ水管橋という独特の形式・構造が選択されたのは、開発計画の出発点である、河川で隔絶された白糸台地を潤すには標高の高い位置に外部から導水しなければならないという事情に起因する。渡河のための施設としては掛樋もしくは伏越が必要となるが、木樋の伏越によって試験施工を行ったものの高水圧に耐えられず失敗した。このため、必要な高さに導水するには水路橋をも併用しなければならないところ、橋梁の当時の限界高さ（霊台橋、1847）に近い規模のものが必要となり、そこへなお数間分の水圧に耐えられる石管を載せることとしたのである。なお、矢部手永が阿蘇の溶結凝灰岩に恵まれた石造文化圏内に属し木造橋より石造橋が一般的であって、工事指導者の布田保之助も、通潤橋以前に短いものではあったが十数件の石造アーチ橋を手がけていたことも、このオール石材による水管橋の実現を後押ししたと思われる。

こうした選択の結果、通潤橋は石造アーチ水管橋となったのであり、耐久性に優れた石材のみを用いていることに加えて、石垣としての構造の強靱さ、水管理および維持管理のための諸工夫も相まって、原形で使用可能で現在に至っている。

③伏越を一体化させた水管橋という他に例のない独特の形式を持つこと

通潤橋は、伏越であり、それを一体化させた水管橋である。

密閉した管形式の水路で渡河させる場合は、水路橋のなかでも特に「水管橋」と呼ばれるが、通常、近世の水利構造物では管形式にする必要はなかった。掛樋では開水路を通しており、見沼代用水の瓦葺掛樋のように、舟運にさえも利用されていた。ただし、屋根をかける事例が、お茶の水水道橋（江戸、上水）や八坂用水（前橋）、笠原水道（水戸、上水）などの限られた場合にだけ見られた。密閉して管形式にする必要があるのは、都市で市街を巡らせる上水道のほか、盛土や河床を潜らせる暗渠や伏越といった、土中に埋設される場合のみである。

通潤橋で管形式になった理由は、前述のとおり、伏越の採用に伴い必然的であった。しかも木製でなく石管の採用は、必要高さまでに橋梁高さで不足する部分に「吹上樋」を採用するなら、管の内部からかかる水圧（内水圧）に耐えられるのは石管しかなかったからであった。

埋設しない露出方式の伏越という点では、近世には例がない。『仕法書』の試験施工で見られたように、木製のものは水圧に耐えられない。材料の厚さによっては相当な比高差の圧力に耐えられるかもしれないが、初回の試験施工で9尺9寸(3.0m)の比高差に1寸5歩(4.5cm)厚さの松の板樋が耐えられなかったことからすれば、継手も含めて大きな水圧に耐えられる可能性は小さいと想像される。

ただし、辰巳用水においては一時期、「笕」と称するものが架設されていたとする文書があり、これはサイホン（木樋）を最低位部に当たる土橋の上に露出させたまま載せたものであったと解されている。だが、実際にそのような施設であったかどうか、なぜその後埋設したのか、など根拠が薄弱で疑問が残る¹²。ちなみに、土橋の地中からは、厚さ8cmほどの板4枚で外径25cmの管状にした組合せ式の木樋が発掘されている（石川県立埋蔵文化財センター1997）。

蛇足ながら補足すれば、通潤橋と同様のサイホンを一体化させた水管橋は、圧力管として優れた鋼管もしくはコンクリート管が近代以降に用いられるようになって続々と出現し（寺村淳2016）、御坂サイホンのように、呑口～最低位部の比高差が50m以上に及ぶものも可能となった。

○御坂サイホン（兵庫・^{おうご}淡河川疏水）:

明治24年（1891） 石造アーチ（2連）橋＋鉄管（「+」は橋に上載したことを示す、以下同じ）
後にコンクリートで被覆 現在は用途廃止

○笹無田サイホン（大分・若宮井路）

明治34年（1901） 石造アーチ橋＋鉄管 後に開水路化

○明正井路一号幹線第二拱石橋（大分・明正井路）

大正11年（1922） 石造アーチ（3連）橋＋鉄管

○岩戸サイホン（大分・荻柏原井路）

大正15年（1926） 石造アーチ橋＋鉄筋コンクリート管 現在は廃止→独立した鋼製水管橋

○三重井路橋（大分・大分中部水路）

昭和22年（1946） 石造アーチ（2連）橋＋鉄筋コンクリート管 現在は廃止→独立した鋼製水管橋

○昭和井路伏越橋（大分・昭和井路）

竣工年不明（昭和20年代か） 石造アーチ橋＋管（管種不明）

ともあれ、伏越と水路橋を一体化させるという発想は、近世の水利構造物として他に例を見ない独創的なものであった。

④規模が長大であること

何をもって「規模が長大」というのか。構造物単体としての規模に入る前に、水利システムの規模を検討する。農業用水の規模は、水路の延長が長くても必ずしも広大な面積を灌漑しているとは限らない。山がちの地域では、平野部のように水路からすぐに水を引いて受益地とすることができず、谷筋の限られた面積を水田化するにも、標高の高位地点から山腹の等高線沿いに水路を延々と引いてこななければならない（そこに受益がわずかしか発生しない）からである。ゆえに用水の規模は、水路延長と灌漑面積の両面から見ていく必要がある。

通潤用水の水路延長は、幹線・主要支線水路が完成した安政2年（1855）時点で、幹線部分が上井手6,140.6間（11.1km）、下井手3,896.3間（7.1km）の合計10,036.9間（18.2km）であった。通常の比較、すなわち水源から末端まで幹線1路線として、上井手のみで見ても、下井手を加えても、先述の見沼代用

水（53.5km）、徳島堰（16.7km）、十二貫野用水（24.1km）、小田堰（32km）、辰巳用水（10.7km）などと比べて特別に長大なものとはいえない。それは、先述の用水が幕府や藩の直営事業で開削されたことによるだろう。通潤用水は、熊本藩からの借入金はあるものの、手永という中間的な地域行政機構ではあれ民間主体の事業（民営事業）であり、資金面をはじめそれゆえの制約を持っている。

そこで藩内の手永による事業と比べてみると、【表5-3-11】のとおりである。灌漑面積と水路延長の両方のデータが入手できないために変則的な比較にならざるをえないが、ある程度の傾向が把握できる。通潤用水を手がけた布田保之助は、通潤用水以前により小規模な用水の開削や堰（石積）の建造にも十数件の実績を持っていた（矢部町史編さん委員会1983）。通潤用水の直前といえる嘉永3年（1850）には、中嶋福良井手という同規模の用水の開削に携わっている。ただ、他の手永による開発と比べると、どちらも水路延長の割には灌漑面積が小さく思えるところに、矢部手永という山がちの地域の、山腹水路が長くなる事情が反映されているようである。

次に、通潤橋という構造物の単体に目を転ずる。通潤橋は、伏越を一体化させた水管橋という独特の形式を持つ近世で唯一の施設であるから、同一形式で他に比較できるものはなく、通潤橋を構成する要素、すなわち掛樋や伏越、橋梁といった個々の要素ごとに比較することになる。

掛樋にせよ伏越にせよ、地形の複雑なわが国では、通潤橋以前に造られたものも多い。しかしほとんどの地区でそれらの規模は小さく、特別に名づけられるような長大な施設は稀にしかなかった。そのな

表5-3-11 手永（惣庄屋）による開発

施工年	施設名称	場所	灌漑面積／水路延長		惣庄屋名	備考
文化 5(1808)	津留井手	山鹿市	77 町		金栗瀬助	
文政 2(1819)	柏川井手	下益城郡美里町	65 町	4,656 間	三隅丈八	雄亀瀧橋を含む
文政 3(1820)	白石堰改修	玉名市	116 町		小森田七右衛門	
文政 4(1821)	田所井手	上益城郡山都町	45 町		布田太郎右衛門	
文政 7(1824)	下豊新井手	上益城郡甲佐町		4,000 間	木原寿八郎	
文政 8(1825)	羚羊井手	上益城郡山都町	54 町	1,970 間	布田太郎右衛門	
〃	立岡堤掘添	宇土市	205 町		三隅丈八	
文政 12(1829)	寺田樋門改修	玉名市	2,100 町		三村章太郎	
嘉永 3(1850)	福良井手	上益城郡山都町	60 町	9,090 間	布田保之助	
嘉永 4(1851)	秋丸井樋改修	玉名市	160 町		関忠之丞	
嘉永 5(1852)	浮田溜池	〃	137 町		〃	
〃	京の女郎井手	上益城郡山都町	20 町		布田保之助	
安政元(1854)	通潤井手	〃	108 町※	10,037 間	〃	
安政 2(1855)	花園溜池	宇土市	308 町		久保桂助	
安政 3(1856)	宮ノ谷溜池	山鹿市	63 町		遠山弥二兵衛	
安政 4(1857)	湯ノ口溜池	〃	79 町		〃	
安政 6(1859)	嘉永井手	上益城郡御船町	220 町		光永平蔵	元禄年間に木倉太郎右衛門・藤右衛門父子が開削した元禄井手を改修
〃	大切畑溜池	阿蘇郡西原村	110 町		矢野甚兵衛	

出典：松本寿三郎他『熊本県の歴史』所載原表に本田彰男『肥後藩農業水利史』の水路長データなどを補足。

※：通潤井手は、当初計画では40町歩であった。

かで通潤橋は、「長大」といえる規模を誇る施設といえる。

要素ごとに比べた場合、通潤橋の比較対象になるべきほどの規模のものには、以下のような施設が挙げられる。

【通潤橋】

橋長78.0m 橋高21.4m サイホン部全長 119.0m アーチ径15間 3尺（約28.1m、第2章第2節参照）

石管：外径90cm角 内径30cm角 長さ50~80cm／本

【比較事例】

○伏越：辰巳用水サイホン（石川・辰巳用水）

伏越の規模の比較は、《全長》と《最高位（呑口）と最低位の伏越部までの比高差》の二要素によって行う。いずれの要素においても辰巳用水サイホンが近世における最大の施設となる。ただしこの施設は、同じ伏越ではあるものの、通潤橋とはかなり性格の異なる施設であるといわざるをえない。

まず、辰巳用水では、当初建造時から210年もの間、木樋・木管が用いられてきた点が挙げられる。対等に比較できる石管に布設替えされたのは天保14年（1843）、通潤橋の建造を遡ること10年であり、石造伏越として両者はほぼ同時代の産物といえる。

最大の違いは用途とそれに伴う流量である。辰巳用水サイホンは金沢城への導水のための施設であり、水利システムのほぼ最末端に位置する。犀川から取水した用水は、兼六園周辺に設けたサイホンの呑口までに、大部分が農業用水その他の用途のために分水されていた。城下に到達しても相当な量が城の堀に注水され、サイホンを経た流水は城内園地の泉水や生活雑用水だけに使われたと考えられている。

さきに述べたとおり、辰巳用水のサイホンは、建造から廃止に至るまで四度の変遷を経た。各期の諸元は、やや単純化した数値ながら、【表5-3-12】のように算定されている（池本敏和ら2016）。推定されたサイホン流量は、幕末に石管に改修されるまでは、水田開発のために建造された通潤橋はじめ他の農業用水とは桁違いに小さい。ちなみに、牧（1958）は、十二貫野用水・竜ノ口用水では7町歩を灌漑するのに0.8立方尺/sec（22.3l/sec）、通潤橋では40町歩に対して17立方尺/sec（473.1l/sec）と、それぞれのサイホン流量を算定し、開発面積に対して十分な流量であったことを確認している。

辰巳用水サイホンが全国最大の施設になった事実には、城内へ比較的少量を導水するという建造目的が深く関わっている。表の「区間」欄にあるように、当初吐口は金沢城の三の丸に設けられたものの、直後により標高の高い二の丸まで延伸された。吐口が高くなったことに伴い呑口もより高くすることが必要となり、上流へ移動させたために延長も増大した。この2kmにも及ぶ長い管路の維持管理が困難であったためか、次に呑口は兼六園内（上坂口）に移され、城内でも径路をずらして路長を短縮した。さらに次の段階では、兼六園内での御殿の造営に伴いそれを避ける径路にして呑口を移動させるとともに、やはり維持管理上の理由からか、木製水路が石管に布設替えされ、園内径路もより短縮された。以上のように、このサイホンの長さは兼六園を含む城内事情によって決定された。

一方、水量の少なさは木樋・木管の径の小ささに直結している。最低位の伏越部である石川門前土手では、そこで使用されていたであろう、厚さ8cmほどの板を底面、両側面と蓋に4枚組み合わせ内径を8cm角、外径25cm角とした木樋が出土している（石川県立埋蔵文化財センター1997）。最大時のほぼ20mという大きな比高差は通潤橋をはるかに上回るが、このような通水断面の小ささが、高水圧にもかかわらず木製水路で耐えることができた事実に関わるのではないかと考

えられる。というのは、現代のパイプラインの設計に当たっては、必要管厚は口径に比例する、つまり同じ水圧に対して小口径管の方が薄くてすむ、裏返していえば、同じ管厚なら小口径管の耐力の方が大口径管より相対的に大きいとされるからである。通潤橋の試験施工では1寸5歩～2寸(4.5～6cm)厚の板材が破損したのに対し、辰巳用水の8cmではより大きな水圧(比高差)に耐えられた。この事態には、大容量・大断面水路にならざるをえない農業用水と小容量・小断面水路ですむ城内雑用水という用途の違いが映し出されていたと思われる。

表5-3-12 辰巳用水サイホンの変遷

期間	区間	延長	高低差	構造	流量
寛永9(1632)～ 同11(1634)	奥村屋敷北の方～ 三の丸	340m	10.0m (3.4m)	木樋 (正方形断面8×8)	4.0 l/sec
寛永11 ～18世紀後半	石引水門～ 二の丸	2,010m	19.8m (7.6m)	木樋 (正方形断面8×8)	2.4 l/se
18世紀後半～ 天保14(1843)	上坂口～ 二の丸	840m	14.7m (2.5m)	木管 (円形断面φ8)	1.7 l/se
天保14～幕末	霞ヶ池入口～ 二の丸	640m	11.4m (3.4m)	石管 (円形断面φ18)	15.0 l/se

出典:池本敏和他「近世辰巳用水の敷設状況に関する土木学的研究」『土木史研究 講演集』36(2016)所載のデータにより作成。

注1:「延長」は各地点間の水平距離である。

注2:「高低差」欄の上段は最高位である呑口と最低位の石川門前土手(現石川橋)地点の高低差を、下段カッコ書きは呑口と吐口の水位差を表す。

注3:「構造」欄の数字は通水部の口径(単位:cm)を表す。第1期・第2期は外径24cm角の寄木式箱樋、第3期は丸太をくり抜いたものと想定(径などは不明)、第4期は40cm角の石柱をくり抜いた管が用いられた。

○掛樋:伊呂波樋(埼玉・野火止用水) 228m

野火止用水は、武蔵国野火止新田の生活用水として引かれた、玉川上水からの分水(約25km)である。当初は新河岸川へ流下していた流末を、寛文2年(1662)、新河岸川の対岸の宗岡村へ導水するために掛樋が架設された。全長126間余、幅2尺余(60cm)で、2間4尺(4.8m)長の木樋を48本つないだことにちなんで「いろは」と命名されたという(三田村鳶魚1942)。

しかしながら、『江戸名所図会』(1834～36)巻之四の「宗岡里 内川」に描かれたこの樋は2本1対の橋脚を、また、『新編武蔵風土記稿』巻之百三十二の「新座郡 館村」の条では3本足の橋脚を、いずれも相当数伴っている。写実的な絵画ではないにせよ、当時の長大な掛樋のすべてがそうであるように、この掛樋も橋脚を川中に立て並べて渡す木樋であったようである。それゆえ、通潤橋の比較対象とは厳密にはいえず、比較するならば次の要素になる。

○石造アーチ橋:霊台橋(熊本・砥用手永) 橋長89.9m

通潤橋と同一形式で橋高は16mであるが、橋長に加え、アーチ径28.4mと通潤橋をわずかに上回る。弘化4年(1847)、惣庄屋三隅丈八の指揮の下、通潤橋を手がけた種山石工一族の卯助・卯一兄弟により建造された。道路橋・水路橋を問わず明治以前の石造アーチ橋のなかで、本橋は全国一、通潤橋が第2位の規模になる。

それで、水路橋に絞れば通潤橋がトップになり、続く山鹿手永の大坪橋(現山鹿市、1865、橋長31.0m、径間8.9m)や矢部手永の立野橋(現山都町、1850、橋長30.3m、径間3.1m)などを大きく引き離している。しかも通潤橋は水管橋である点で、開水路である他橋とは一線を画している。

○石管：

比較できるのは竜ノ口用水と辰巳用水のサイホンに用いられたものであり、それぞれの諸元は次のとおりである。

- ・竜ノ口用水；外径45cm角、内径φ21cm円形、長さ80～135cm／本
- ・辰巳用水；外径40cm角、内径φ18cm円形、長さ90～120cm／本

外径にせよ内径にせよ、通潤橋の石管は格段に大きい。1部材（管）の長さは逆に短い。部材の接合の仕方は、この両者では部材の通水部の両端を雌雄のソケット状に加工してはめ込む方式であるのに対し、通潤橋では部材の両端を平滑にし、彫り込んだ半円状の溝を接合した際に両側で合わせて円形断面にして接着剤の注入径路（漆喰穴）を形成する方式としている。管単体の長さも相まって、補修を容易にする工夫である。

通潤橋の部材の形状を規定した要因は何だろうか。もちろん必要な通水量と、試験施工で確認できた、比高差に伴う高水圧に耐えられる部材厚が第一の要因である。その他にも、形状決定に勘案された要因には以下のものが考えられる。ただし、詳細なデータがないので想像の域を超えない仮説ではあるが。

一つは石材の岩質である。通潤橋の石管には阿蘇山由来の溶結凝灰岩が使用された。その採取地は付近一帯、特に架橋する五老ヶ滝川の河床に分布した岩盤から切り出したという。溶結凝灰岩では岩の生成（冷却）に伴う節理は免れない。『仕法書』によれば、橋本体の石積みでは2尺（60cm）程度の立方体、長いものでせいぜい輪石・隅石の5尺（1.5m）と比較的小さな石材を用いるようにしており、近年の災害で崩落した石材も30～60cm程度のものが多かった。また同書では岩の目の意識が高い。平成30年（2018）の大雨災害の復旧工事後の討論会で、石工を含む施工業者から、石管に使う縦目で強度のある石材の採取は困難という旨の発言もあった（文化財建造物保存技術協会編2020）。そのようなところから、岩の性質は部材の大きさを制約する一つの要因になると思われる。

これに対し、竜ノ口用水も辰巳用水も、素材は富山県砺波市の庄川沿岸に産する通称「金屋石」と呼ばれる緑色凝灰岩であった。凝灰岩は均質で、金屋石は厚い地層をなす石切場から採掘されたところから、比較的長い管も十分取れたのであろう。ただし、通水部を形成する中ぐりに技術を要し、そのための制約はあったようである。

もう一つの要因として、部材の重量が考えられる。岩石の単位体積重量を一律に2.6 t/m³として上記の寸法の1部材当たりの重量を算出すると、竜ノ口用水では350～590kg、辰巳用水では315～420kgとなるのに対し、通潤橋では長さは短いにもかかわらず960～1,540kgと、両用水の3倍ほどにも達することになる。この重さは斜面の運搬や持ち上げという作業に関わるから、部材の寸法を決める要因として考慮に値するだろう。『仕法書』の「大石運送之事」にある石材の運搬法は、城郭石垣のような「大石」ではなく、せいぜい通潤橋に用いられた寸法（『仕法書』には1～1.8尺（30～55cm）角、長さ1.5～5尺（45～152cm）とある）の石材の運搬法であり、中心的な方法は「肩持」つまりは担ぎ棒で肩に担ぐ方法であった。通潤橋の場合、通水管はアーチ橋に載せられていて、石切・加工は河床部と考えられるから、石管は管の通る約30mの高さまで部材を全部いったん運び上げ、そこから部材を継ぎ足して伏越を形成するという手順になると考えられる。竜ノ口用水や辰巳用水では、河床部から呑口・吐口の両端に向かって地上に置いてつなぎ（かつ埋め）ながら斜面を上っていくような手順であろうから、通潤橋の労苦はこれらに比べて格段に大きいと思われる。

もう一点、部材の接合部への配慮がある。接合部は漏水に対して弱点となりうるから、接合部の箇所数は少ない方がいい。箇所数を減少させるには1部材の長さを長くしなければならない。だが、そうすれば部材がより重くなってしまう。

このように、一定の規格で採取できる岩の賦存量という制約下で、接合部の箇所数をできるだけ少なくしようとする部材長拡大の要請に対して、部材の重量を持ち上げ・運搬などの作業性の観点から縮小しようとする（部材長の縮小）要請が相反して存在する。石管の部材の長さは、これらの点を勘案した結果、各要請の収斂点をもって決定された、といえないだろうか。

以上、個々の要素においては、数値だけ見れば一見通潤橋を凌駕する規模に見えるかもしれない。しかしながら、構造・形式や用途・性格、あるいは着眼点が異なるため、単純には比較できない。とはいえ、通潤橋は、以上の要素をすべて具備する稀有な施設であること、しかも個々の要素でもほぼ最大級の規模を持つことから、最高級の技術水準を有する施設であると評価できる。

⑤技術文書を伴っていること

本報告書の別章で検討される『仕法書』は、通潤橋という一つの構造物についての、現代にいうところの「工事誌」に相当する技術文書といえる。

技術文書は、たとえば紀州の小田堰を手がけた大畑才蔵が多くを残している（大畑才蔵全集編さん委員会1993）。彼の文書には、勤務日誌や他藩出張時の見聞録、農書と地方書の性格を併せ持つ『地方の聞書』（1715頃）のほか、土木に関する覚書も多数ある。土木に関しては、測量や設計に当たったの基礎知識、実地検分に基づく事業構想、用地・資材・工事費・労力の見積り、彼の工事の特徴である工区割などマネジメントに係る書類が多い。また、『地方の聞書』は「心得」、すなわち「××ならば〇〇すべし」と経験から得られた知識を整理して計画・設計の基準（規範）として示すものもある。この種の規範的な記述は、他の地方書でも同様に見られる。他方、「仕様帳」・「出来形帳」などと呼ばれる文書類も各地に残されている（たとえば安達満ら1997）。これは、事業全体にわたって構造物の寸法と材料・数量・費用などを書き上げた竣工報告書である。

このように、近世にあっては、長大であっても個々の構造物に関する文書はまずなく、それを含む水利計画全体について、建設に至る経緯や各種の情報の記録はあるが、それをもって個々の構造物の細部の構造や実際の施工法などを知ることはできない。これに対し『仕法書』は、アーチ橋の台枠をはじめ、アーチ輪石・石垣・樋管という構造物の各部の作り方や漆喰の材料配合、石材の運送法と、通潤橋に係る施工について、どのように行ったかをディテールに及ぶ図解とともに詳細に述べており、記事の性格がまったく異なっている。こうした内容に匹敵するものは、近世以前の構造物にはないといってよいだろう。

また、『仕法書』でとりわけ注目されるのは、伏越に係る試験施工についての記述である。近世も後期になれば、地方書や農書から、地域性を踏まえた実践的な試みがなされ、観察や実験に基づく検証といった科学的な思考が育っていた（古島敏雄ら1972）。ただ、それでも記述内容の大勢は、経験を整理して規範を述べるものであった。試行錯誤の経過を明らかにしたものは、土性・肥料・気候を詳細に観察し年々耕作帳に記帳し、そのデータをもとに穀作での疎植の度合や畑作物の輪作体系などを実践して定式化した、下野の田村仁左衛門吉茂による『農業自得』（1841）のほか、作物の栽培に関するごく一部を除けば見当たらない。工事の場合も、用水では渴水、治水では洪水といった事故や災害の経験を重ねて機能を充実させ、完成形に接近していったと思われるが、その過程を追えるような文書は見当たらない。

以上のように、『仕法書』は、施工の具体的な方法、図解、試験施工の経過を記述する点で類例のないものとなっており、そうした文書を伴う点で、通潤橋は稀有な存在といえる。

3. 灌漑施設として利用するための水管理・施設管理の工夫

通潤橋により実現した通潤用水は、建設より150年以上経過した現在でも利用され続けている。この理由の一つとして、管理技術に十分に配慮されていることが挙げられる。通潤用水のような歴史的水利システムの建設当時は、日頃から水利システムを使っている者（たとえば農家、手永）が日常的に発生する問題点を踏まえ、より使いやすいように施設を造ってきたといえる。つまり、使うこと（管理）に対し、現代より留意したうえで造ってきたと考えられる。そのため、通潤用水には、現在より細やかな「使うための工夫」が数多く管理技術に施されている。このことが、通潤橋の建設により実現した通潤用水による水利用形態がその基本形を維持しつつ、現在まで形を変えながら使用されることにつながっている。

昭和初期まで行われてきた使う人が自ら造る「セルフビルド」により、地域特性に応じた合理的なインフラストラクチャーおよびそれに関わるソーシャルキャピタルが形成されてきた。一方で高度に施工技術が進化した現在、セルフビルドをそのまま現在に導入することは現実的ではない。しかし、そこで培われた管理技術は、現代の技術にも重要な示唆を与える。

通潤用水の管理技術にも、非常に示唆深い工夫がある。管理技術は大きく水管理と施設管理に分けられる。まず、水管理に着目すると、効率的な水利用を行うための基本として、不必要な時にその用水を貯めて必要になった際に利用すること、可能な限り公平に用水を水利システム全体に配水することが挙げられる。それらの工夫が通潤用水に認められる（島武男ら2011）。また、通潤用水の施設管理に関する技術的工夫は、「管理すべき部分、保全すべき部分を明確にし、その部分を選択的に管理する」という、共通の設計思想に基づいている。河川工学の分野でも遊水池の設置など、決して壊れない堤防に頼るのではなく、管理すべき所（あえて弱く造る所）を設定し、流域の中で特に守る部分の安全性を高めることの重要性、合理性が指摘されている（大熊孝2004）。このような設計思想により、施設管理作業の負担が軽減され、現在も通潤用水は現役として活用されている（島武男ら2020）。通潤用水の水管理と施設管理の管理技術に関する工夫を以下に示す。

（1）水管理の工夫

①上井手と下井手の上下二段幹線水路による反復利用

上井手（上段の幹線用水路）と下井手（下段の幹線水路）が上下二段に配置されており【図5-3-5、図5-3-13】、上井手から支線水路、水田を経由した排水を下井手で受けて反復利用することが可能となっている。また、「天水吐」が下井手に設置されている。天水吐とは水路が立体交差する場合、上部に位置する水路底にスリット（隙間）を開けて、そこより下部の水路に水を供給する仕組みであり、用水を無駄にしないための工夫である。特に、雨水や湧水が通水している水路からの水を下段の水路が受けている。直接、水路に流れ込む方式をとっていないため、洪水時の過剰な水は、そのまま放水河川へ流下することができるため安全で合理的な方式といえる。

上井手と下井手の流量観測結果を【図5-3-14】に示す。st1～st3が上井手の調査地点で、st4～st9が下井手の調査地点である。上井手では、通常の幹線用水路の場合と同様に下流側のst2、st3の調査地点では、上流区間で分水されて流量が減少する。しかし、下井手では下流側のst5、st6の調査地点でむしろ流量が増加しており、上井手と下井手の反復利用により下流区間でも用水が確保されていることがわかる。

②過剰分水を防ぐための通水断面の規定

効率的な水利用を行うための基本として、不必要な時にその用水を貯めて必要になった際に利用すること、可能な限り公平に用水を水利システム全体に配水することが挙げられる。前者の工夫としては、

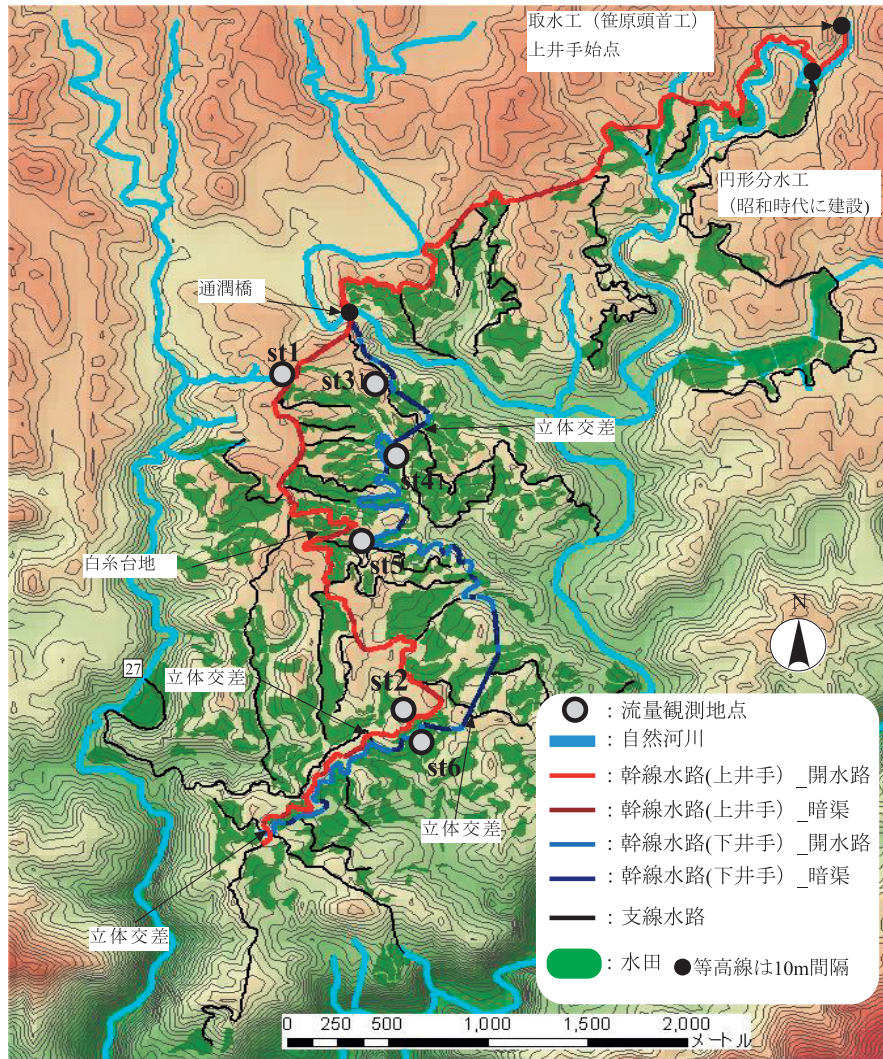


図5-3-13 上井手と下井手の上下二段の幹線水路の配置

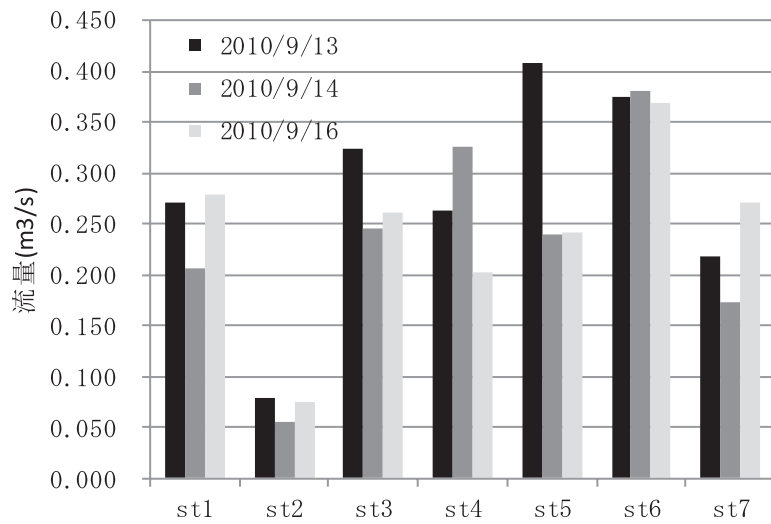


図5-3-14 上井手と下井手の流量

ため池の設置や水路内貯留、反復利用がある。前述したように、通潤用水では幹線水路である上井手、下井手を上下二段に配置することにより反復利用の促進を図っている。後者の工夫として、分水路に配水される用水を上流側で過剰に取水しないような工夫がなされている。その最大の工夫が分水箱である【図5-3-15、図5-3-16】。分水箱とは幹線水路と支線水路の接点に設置するもので、受益面積に応じて箱の断面積が決められているため【表5-3-13】、支線水路への過剰取水を防止できる。分水箱の断面積は建設時から現在も基本的に踏襲されている。



図5-3-15 実際に使用されていた分水箱

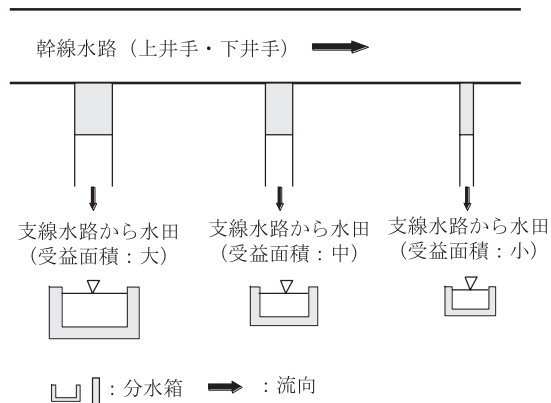


図5-3-16 分水箱の設置の模式図

表5-3-13 通潤用水の支線水路と延長分水箱

幹線水路名	支線水路番号	支線水路名	支線水路に掛かる受益地名	支線水路延長(m)
上井手	1	沓番貫分水	小笹	66.79
	2	式番貫分水	小笹	504.72
	3	蟹屋分水	畑	2628.77
	4	唐墨分水	畑	1508.72
	5	岩立分水	畑	1032.01
	6	桐原分水	城原	576.00
	7	田吉分水	田吉	2857.92
	8	小倉迫分水	長原	480.16
	9	漆迫分水	長原	338.16
	10	山中谷分水	長原	316.85
	11	山宮谷分水	長原	525.34
	12	田迎北谷分水	長原	430.76
	13	長野西手分水	長原	94.99
	14	犬飼分水	犬飼	703.82
	15	田迎南谷分水	長原	163.40
	16	藤星田分水	新小	957.33
	17	中野(尾)分水	新小	1075.29
	18	後谷分水	新小	1516.69
	19	於村前分水	新小	952.37
	20	小ヶ蔵分水	新小	742.38
	21	白石分水	白藤	1053.30
	22	相藤寺上井手分水	白藤	1722.36
		小計		20248.13
下井手	1	田吉下井手分水	田吉	1000.00
	2	小ヶ蔵梅の木分水	新小	378.57
	3	中オバネ分水	新小	1123.34
	4	牧野分水	牧野	2642.40
	5	大平田分水	白藤	676.69
	6	白石下井手分水	白藤	1063.20
	7	相藤寺下井手分水	白藤	404.25
		小計		7288.45
		合計		27536.58

(2) 施設管理の工夫

①土砂管理の工夫

【泥ぜん抜き設置による沈砂促進】

「泥ぜん抜き」とは幹線水路に設置された沈砂池のことである。沈砂池は基本的に頭首工の取入口直下流に、頭首工の付帯施設として設置するものとされている。通潤用水では、この泥ぜん抜きが頭首工の付帯施設としてだけでなく、上井手に10ヶ所、下井手に2ヶ所設置されている【図5-3-17】。泥ぜん抜きは、特に右岸が山間部である上井手の笹原頭首工～通潤橋区間に7ヶ所と多い。降雨時に山腹斜面を流下し水路内に流入する土砂に対して、慎重に配慮されていることが推察される。熊本地域においては、阿蘇からの火山噴出物および堆積物の影響のため水路内への土砂流入が問題となりやすい。通潤用水と同じく熊本地域の白川から取水している馬場楠堰用水に建設された「鼻ぐり井手」も、土砂堆砂の対策を意図したことが検証されている（高木強治ら2003）。通潤用水では、水路内に流入した土砂の多くを泥ぜん抜きに堆砂させる工夫がなされている。このことにより、水利システムの管理者（土地改良区、農家）は、堆積した土砂の除去作業を水路全区間ではなく泥ぜん抜きで重点的に行えばよく、作業負担の軽減が図られている。なお、通潤用水では灌漑期の前後、4月と11月の2回、小型のバックホーを用いた機械やスコップ等を用いた人力により、泥ぜん抜き区間の泥上げ作業（堆砂土の除去作業）が行われている。

泥ぜん抜きは水路の湾曲部に配置され、泥ぜん抜き区間は水路幅が拡幅されている【図5-3-18】。水路断面の拡幅により、泥ぜん抜き区間では流速が遅くなり土砂の沈降が促進される。泥ぜん抜きが多く設置されている上井手の最上部の泥ぜん抜きを対象として、その形状と各測点における流速を調査した。泥ぜん抜きの平面図と流速計測点を【図5-3-19】に、断面図と流速計測点を【図5-3-20】に示す。泥ぜん抜き区間より上流の通常の開水路区間（断面A-A'）では水路幅が2.2mであった。泥ぜん抜きの区間（断面B-B'、C-C'、D-D'）では水路幅は、3m以上であった。泥ぜん抜き区間は、右岸の露頭（岩部）を利用して水路幅を広げることにより流速を低下させていた【表5-3-14】。掃流力は流速の2乗に比例し、掃流力により沈砂する粒径が決定される。つまり、泥ぜん抜きの流速が遅いほど粒径の小さい土砂も沈降（堆積）し、水路下流へ土砂が流下しない。【表5-3-14】から、特に右岸側で流速が遅く土砂の堆積が促進されることがわかる。沈砂池に沈積させる土砂の最小粒径は、用水路の形態や灌漑方法などによって考え方は異なるが、一般的な水田灌漑の場合は、0.3mm程度とする例が多い（農林水産省構造改善局1995）。岩垣の数式（荒木正夫ら1995）から粒径1.0mmと0.3mmの土砂が沈降する流速を推定したものが【図5-3-21】である。泥ぜん抜きでは右岸の露頭部に流速が20cm/s以下の分布域がみられることから、それらの分布域において0.3mm以下の粒径でも沈砂するといえる。

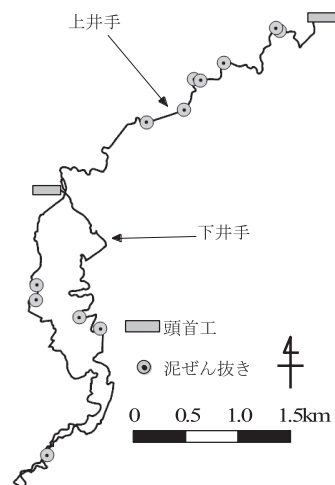


図5-3-17 泥ぜん抜きの位置



図5-3-18 泥ぜん抜き（沈砂池）

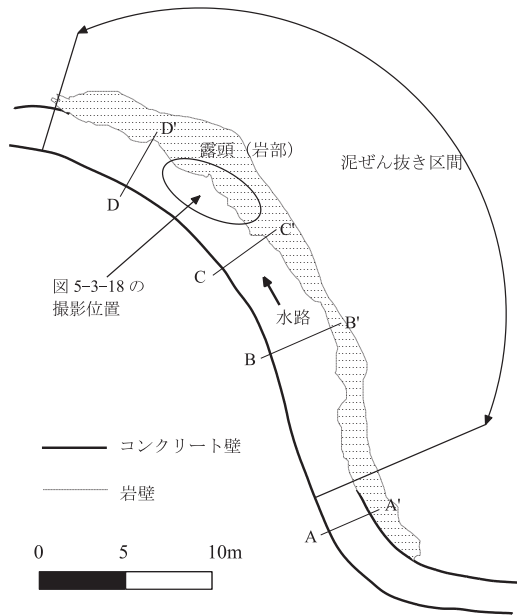


図5-3-19 泥ぜん抜きの平面図と流速計測線

表5-3-14 泥ぜん抜きの計測点の流速

断面	流速(m/s)				
	A	→			A'
0.2h	0.681	0.643	0.797	0.554	0.37
0.8h	0.611	0.634	0.644	0.609	0.375
断面	B	→			B'
0.2h	0.593	0.462	0.268	0.194	0.156
0.8h	0.427	0.44	0.345	0.104	0.037
断面	C	→			C'
0.2h	0.361	0.464	0.334	0.216	0.168
0.8h	0.415	0.483	0.278	0.151	-
断面	D	→			D'
0.2h	0.39	0.402	0.387	0.311	0.118
0.8h	0.42	0.377	0.230	0.196	0.084

：泥ぜん抜き区間

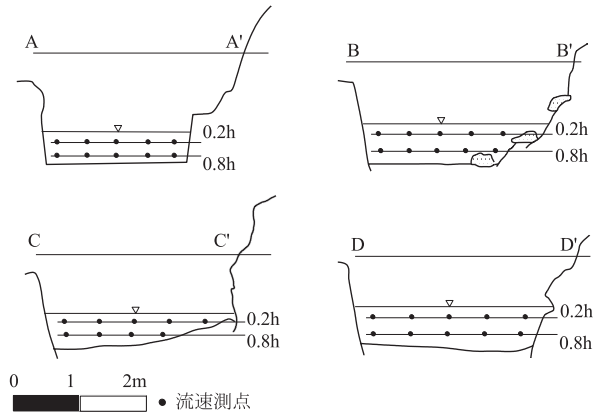


図5-3-20 泥ぜん抜きの断面図と流速計測点

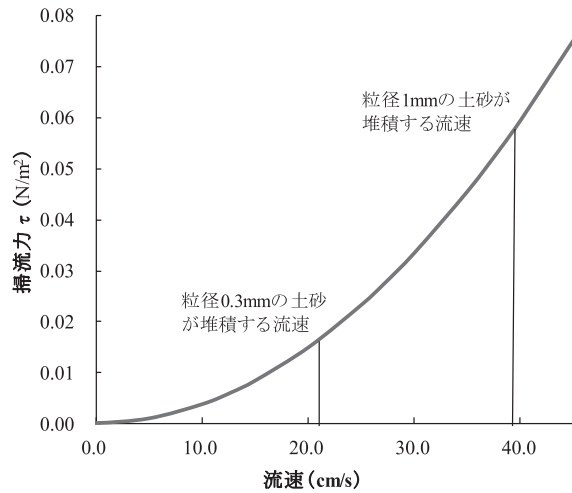


図5-3-21 流速と掃流力の関係

【水路トンネル形状の工夫による堆砂の軽減】

通潤用水では、幹線水路（上井手、下井手）の水位を可能な限り高く保ち受益面積を増やすため、また、水路勾配を一定とするために水路トンネル区間が全体の4割を占めている。そのため、水路トンネルにおける土砂堆砂の対策を適切に行い、通水機能を維持させることが重要となる。トンネル内での除去作業は、開水路区間の除去作業より困難である。この問題を解決するために、通潤用水では水路トンネル区間の形状に工夫があった。

水路トンネルの割合が多い下井手を対象に、上流区間（2号開水路から4号開水路区間）と下流区間（11号開水路から14号開水路区間）の現地調査を行った【図5-3-22】。水路トンネル区間と開水路区間では水路諸元と水理量が異なっていることがわかる【表5-3-15】。水路トンネル区間では開水路区間より水路幅を狭くし、通水断面を小さくしていた【図5-3-23】。流速計測の結果から、水路トンネル区間では開水路区間より流速が速く、流速を高めることにより堆砂を軽減する工夫となっていた。上流区間の2号開水路は河川からの取水口の直下であるため土砂の流入が多く、特に堆砂への配慮が必要な区間である。そのため、水路幅を2.8mと通水断面を広くし、また逆勾配として流速を減じさせている。この

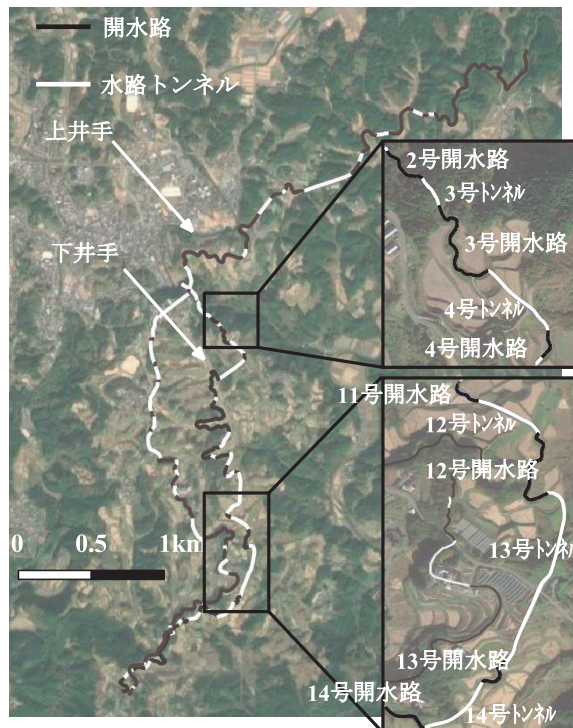


図5-3-22 水路トンネルの位置

表5-3-15 下井手の上流・下流区間の水路諸元と水理量

	区間長(m)	勾配	水路幅(m)	流速(m)	
下井手 上流区間	2号開水路	81.7	-0.005	2.80	-
	3号トンネル	51.7	0.002	2.13	0.94
	3号開水路	185.8	0.002	1.60	0.60
	4号トンネル	136.3	0.002	0.76	0.90
下井手 下流区間	4号開水路	50.2	0.002	1.70	0.63
	11号開水路	76.1	0.001	1.70	0.22
	12号トンネル	133.3	0.001	0.85	0.45
	12号開水路	214.5	0.000	1.75	-
	13号トンネル	413.9	0.002	0.76	0.94
	13号開水路	87.0	0.001	1.80	0.35
	14号トンネル	153.1	0.002	1.05	0.89
14号開水路	99.5	0.002	1.50	0.63	

※水路幅, 流速は各開水路および水路トンネルの入口, 出口から区間内 5m 地点で計測し平均したもの

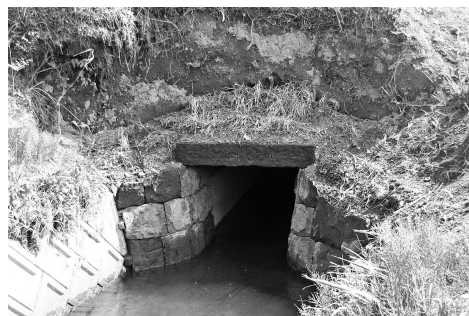


図5-3-23 水路幅が縮小する水路トンネル