

江戸期初期に築造された長坂用水の 土木技術評価と土木史教育

池本敏和*1・北浦 勝*2・安達 實*3・玉井信行*4
小林史彦*5・宮島昌克*2・村田 晶*1

Evaluation and Instruction of Traditional Civil Engineering Technique in Nagasaka Irrigation Canals in the early Edo Era

Toshikazu IKEMOTO・Masaru KITAURA・Makoto ADACHI・Nobuyuki TAMAI
Fumihiko KOBAYASHI・Masakatsu MIYAJIMA・Akira MURATA

Keyword : 長坂用水、法師の隧道、歴史的土木技術、土木史教育

I. はじめに

金沢の街中を流れる歴史的用水は、金沢の古い武家屋敷や新しい 21 世紀美術館のすぐ横を流れており、古くからそこに住んでいる人だけでなく観光客にも潤いを与えている。主な用水を表 1¹⁾に示す。なかでも兼六園や金沢城に水を供する辰巳用水、城を巡る惣構堀などは全国的に知られ、日本の原風景になっている。また 2006 年 2 月、辰巳用水、大野庄用水などが「疎水百選」に選ばれている。そんな金沢の用水をこれからも維持管理しながら大切に守っていきたいと考えている人々も多い。

長坂用水は築造されてから約 340 年経った現在でも農業用水として、人々の暮らしにはなくてはならない歴史的用水の一つである。しかしながら、辰巳用水を除いて、これらの歴史的用水はようやく学術的な詳細な調査が行われ、文化財指定を目指した歴史遺産としての価値の評価が始

表 1 金沢の主な用水

用水名	取水河川	流れ	延長	完成年	用途	
辰巳用水	犀川	兼六園へ入水	16.5km	寛永9年(1632)	防災、防衛	
鞍月用水	犀川	大野庄用水と合流	14.6km	正保年間(1644~48)	灌漑	
大野庄用水	犀川	鞍月用水と合流	10.2km	天正年間(1573~92)	灌漑、物資運搬、防火	
寺津用水	犀川	末～館町の山すそを巻くように流れる	10.7km	寛文5年(1665)	灌漑	
長坂用水	犀川	野田山墓地周辺を流れ幾筋にも分岐	7.4km	寛文11年(1671)	灌漑	
小橋用水	浅野川	浅野川支流・大宮川に注ぐ	3.9km	元禄年間(1688~1704)	防衛、都市用水	
金浦用水	浅野川	浅野川最上流部に位置	4.4km	不明	生活用水	
惣構堀	内	犀川	浅野川へ入水	2.9km	慶長4年(1599)	防衛
	外	犀川	浅野川へ入水	4.2km	慶長15年(1610)	防衛

延長は金沢市パンフレットより引用

筆者：*1 自然科学研究科助教

受理：平成 19 年 9 月 28 日

*2 自然科学研究科教授

*3 工学部非常勤講師

*4 東京大学名誉教授・金沢学院大学教授（元自然科学研究科教授）

*5 自然科学研究科講師

まっている。したがって、これらの用水は未だにその価値が十分に示されていない。そこで金沢の用水の中で技術的価値の高いと考えられる長坂用水について調査を行った。

土木史には、どちらかと言えば古くさい感じがし、開発に対して後ろ向きのイメージが強い。また、建築史と違って、土木史の歴史は比較的新しい。その分、土木史の専門家と自他共に認める人は少ない。土木史の研究ではその成果が現代にどのように直接的に役立つかを必ずしも要求しない地域もあるが、金沢のように全国の藩政期を代表する街にとっては、今後の施策にも大きく関わってくる。

土木史をまちづくりに活かす場合、改変されている遺構を、あるいは昔は存在したが今はなくなっているものを復元するときに、土木史の力を借りて、昔の状態に戻すのである。このとき、いつの時代に戻すのかを考えなければならない。完成した直後なのか、その後増築ないし改修したときなのか。何故にその時代なのか、などを説明できなければならない。

また、調査、評価するだけでは開かれた情報とならず、資料として埋もれてしまうことから、それらを広めるために、市民や学生に対して広報活動を広げてきた。ここでは、市民へは公開講座、市と連携したフォーラムを通じて歴史土木遺産を紹介している。また、本学科は学習・教育目標のひとつとして「歴史・伝統・環境を生かす実践能力」の育成を掲げ、教育を行っているため、研究成果の意義は予想以上に大きく、教育に生かされている。本論文では、その活動の一例を示す。

Ⅱ. 長坂用水の沿革と測量技術

1. 長坂用水と長坂新町の開発

長坂用水は1667(寛文7)年、泉野台地一帯の灌漑を目的として、藩命の下で着工した。水源を犀川支流内川左岸の大淵割岩付近とし、4年後の1671(寛文11)年に完成した。これにより、長坂新村(現:長坂や長坂台)の開村や泉野村の米作が可能となった^{2), 3)}。取水口から途中の大部分をトンネル6kmで導水して、野田町、長坂、泉野出町、富樫町、泉野町などの地域を灌漑しており、現在も泉野扇状地の用水として大きく役立っている。当時平地であれば簡単に工事を行うことができたが、山肌を縫いながら進める水路工事は、難工事であったと考えられる。

長坂用水の誕生した背景には、既に開削を終え、1632年に通水を始めた辰巳用水と、1665年の寺津用水の成功があった。当時の新田開発による農業生産の増強が引き金となって、長坂用水の建設が計画され、犀川支流内川の上流域から導水するに至ったと考えられる。

長坂新村の開発について藩政文書『三壺聞書』⁴⁾では、

「寛永11年に、内川より大桑村の山の腰を掘り廻し、野田山の麓泉野、長坂の下六斗林悉く田地に開発せられつつ、在々所々の倒れ者を新百姓に取り立てられ、農具、家財、作食などを渡し、野田の麓に在所を立て入れさせ給ふ」

とあり、用水の開削と、長坂新村の村建てが記されている。

また藩政文書『加州郡方旧記』⁵⁾はこの用水工事と村建てに関して、藩の御普請、すなわち直営事業として行われ、完成したとある。

「同郡泉野上七坂与申所、松原等並野毛新開被仰付、村御建可被遊旨被為仰出、御改作御奉行様御試行して御支配に而用水御普請之節、御奉行戸田伊右衛門様・吉田次右衛門様・青木次右衛門様御付被成、山川村之下より用水取上、寛文10年より御普請被仰付、同11年出来仕申候。御入用銀三百貫目計之曲承傳申候。同年御公儀より百四軒、二間梁に三間之

家被仰、御作事より御建被成、同年より新開仕候。其後長坂新村と唱申候。」などと書かれている。

この文書のなかには「藩は藩米を給し、家屋、農具を与えて開墾に当たらせたとあり、この開田にかけた意気込みが窺われる。長坂用水の開削は、単に長坂新村の新田 945 石余の開発を図ったのみでなく、泉野台全体の開発および生産力増強に寄与し、藩当局の意図が達せられたのである。

2. 紅毛流測量術⁶⁾

紅毛流測量術は 1620 年頃（寛永期）にオランダ人カスパルが樋口権右衛門に伝えたといわれている。しかし樋口は禁教令を犯してキリスト教を奉じていたという疑いがかかり、紅毛流測量術（規矩元法）そのものも「異術の疑いあり」ということで禁止され、中絶した。しかし金沢清左衛門・勘右衛門兄弟には密かに教えが伝えられていた。明暦 3（1653）年の明暦大火で江戸が焼けた時、幕命により兄の清左衛門が初めて江戸の地図を数日で作り上げたことで規矩術の効用が認められ、約 30 年ぶりに禁令が解け、再び世間に広まっていった。このことから辰巳用水（1632 年完成）では紅毛流測量術が使われていなかったものと推測できる。また禁令が解けてから長坂用水が着工（1670 年）されるまでに 17 年の年月があったため、江戸から金沢に紅毛流測量術が伝わるのに十分な時間があったと考えられる。すなわち長坂用水は最先端の測量技術が駆使されて造られた可能性が高い。

紅毛流測量術では、量盤を用いる縮図法（量盤術）と規矩元器を用いて方位を測る方法（盤針術）の 2 つが中心を成している。単に距離と高さを測るだけでなく縮図・地図がでることが従来の測量術との違いである。量盤術・盤針術の他に渾発術・算勘術・機転術の 3 つがある。量盤術とは平板（図 1）のような「量盤」の上に定規を置き、各地点から見通して線を引き板上に縮図を作る方法である。これは現在の平板測量のもととなった技術である。盤針術とは磁石の針を通すために十字の木の枠に糸を張った「規矩元器」（図 2）で方位を測り、方位と距離の数値をもとに縮図を別に書く方法である。これは現在のコンパス測量のもととなった技術である。三角測量の普及以前はこのような単純な方法を根気よく繰り返し、測量精度を向上させるしかなかった



図 1 量盤測量の図

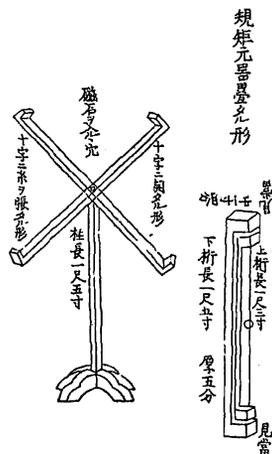


図 2 規矩元器

た。しかし、辰巳用水の寛永期隧道と比べると曲がり具合も少ないので技術の進歩をそこに見ることができる。

Ⅲ. 現地調査

1. 長坂用水の河川工学的調査

本節では、長坂用水と周辺地形の概要を調査し、用水の取水口位置の選定および水路の断面寸法の条件について河川工学的、水理学的観点から検討した。

長坂用水周辺地形の平面図を図3に示す。現在廃止されている旧の取水口は現在の小原町の内川左岸にあり、嘗ての用水路は内川に沿って北流した。犀川との合流点上流約0.5km付近で、段丘面の縁に沿って西北西へと向きを変え、現在の取水門がある山川分水槽に達する。分水槽から下流においては、犀川の河岸段丘の縁に沿って流下するため、水路の法線は地形を反映した複雑な形状を示す。水路はほぼ等高線に沿って開削されたのが分かる。つつじが丘団地付近から水路は北西に向かい、野田南東部にある野田1号杭付近で水路は分岐する。一方は野田町を貫流し平和町、十一屋町方向へ、他方は野田山墓地の北側を西流し、長坂、長坂台および泉野出町方向へ流下する。その水は犀川と伏見川の間広がる寺町台地（泉野）一帯の灌漑に大きな役割を果たす。用水の長さは、旧取水口から分水槽まで約3.6km、分水槽から野田まで約5.5kmである。

図4は用水路の縦断面図である。標高は地形図^{7), 8)}より判読した値であり、等高線間隔および水路深さの違いにより図示した範囲の誤差を含む。縦断距離は野田1号杭を基準点とし、上流側を正とした。野田1号杭より上流区間の水路勾配は比較的緩いが、直下流の勾配は急である。山川分水槽と野田の区間の平均勾配は約1/300~1/400である。この勾配は、辰巳用水の水路勾配（例えば、東岩取入口~金沢大学工学部前：1/390⁹⁾に近い。2つの用水は、犀川を挟む同種の河岸

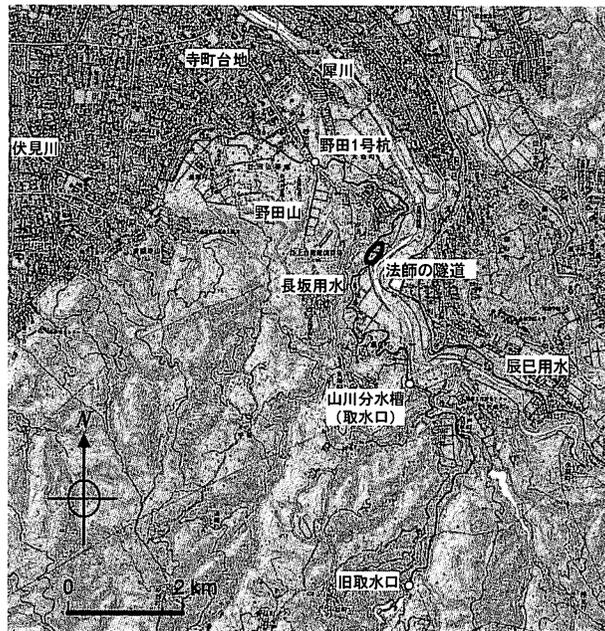


図3 長坂用水周辺の地形図⁶⁾

(3) 下流部

1) 線形及び横穴

調査した用水の線形及び状況を図6に示す。①点と⑮点を線で結ぶと、その線上に横穴があることが分かる。横穴とは、隧道を掘る際に、工事の区間の短縮、明かり取り、道内で油を炊くため、排煙機能のために隧道沿いに掘られた穴のことである。①点と横穴、横穴と⑮点の間は貫通点で「くの字」になっている。このように「くの字」に曲がっているのは、わざとこのように掘ることで平行に掘ってしまうといったミス無くし、確実に工事を進めるための工夫であったと考えられる。この方法は金沢市内にある辰巳用水(1631-1632)においても確認された。それぞれの工事区間の長さを調べてみると、入口(上流)から貫通点までが約39m、貫通点から横穴までが約35m、横穴から次の貫通点までが27m、貫通点から出口(下流)までが28mであった。当時としては、かなり高い測量技術であると評価される。

2) 断面

下流部の縦断面を図7に、現存する掘削跡を写真1、2に示す。同図は、縦断面の変化が強調されるように縦横のスケールを変えてある。測量点を隧道横断面における中央に設ける。

下流部の延長は129.66m、落差は20cm、河床の平均勾配は1/648であった。貫通点に関しては掘削跡からも検証した。当時はつるはしを振るって掘削をしていたので左右両側で進行方向に向かって斜め下に掘削跡が残っていることが分かる(写真1)。天井に関しては進行方向に向かって山型になっている(写真2)。写真は上流側から撮影されているので下流側から向かって掘削されている所は天井ではVの字型になっていることになる。

3) タンコロ穴

タンコロとは坑内で明かりを取る際に用いた火を灯すための道具で、その火が空気の流れで揺らぐのを防ぐために掘られたのがタンコロ穴である。水準測量から得られた縦断面にタンコロ穴の設置箇所も図7に示してある。隧道築造後、数百年が経過しているため、壁面の剥離や落盤補修のための近代工法への改築等のためタンコロ穴が損失した箇所があるものの、タンコロ穴の現況を全てデジタル記録として収めた。このとき、左岸側を(L)、右岸側を(R)とした。現存のタ

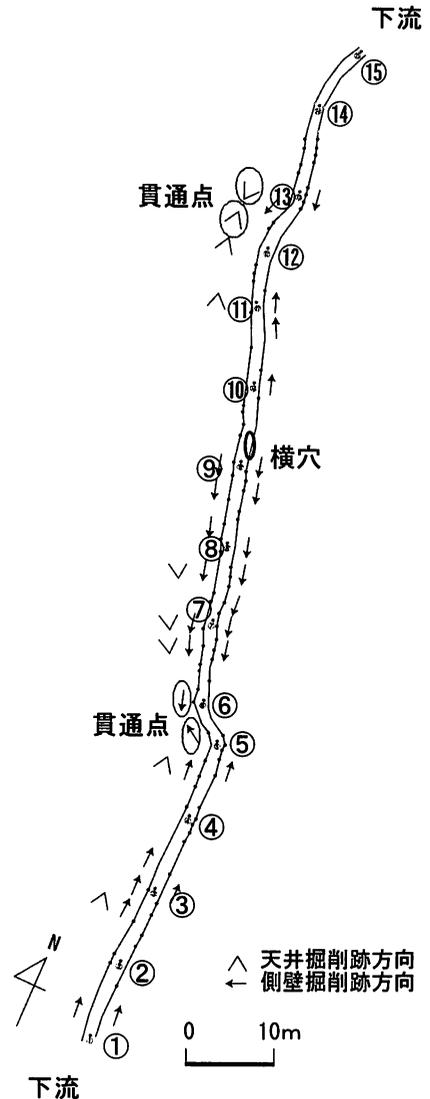


図6 法師の隧道の平板測量

ンコロ穴は右岸側に 43 個、左岸側には 31 個、合計 74 個を確認することができた。タンコロ穴の平均値は高さ 14.5cm、幅 16.6cm、奥行き 10.8cm であった。

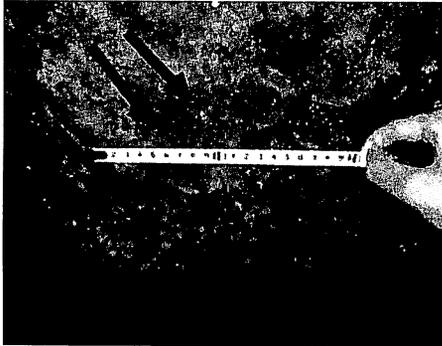


写真 1 側壁掘削跡 (⑤点付近)

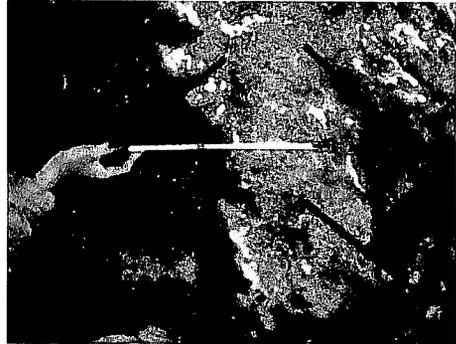


写真 2 天井掘削跡 (⑫点付近)

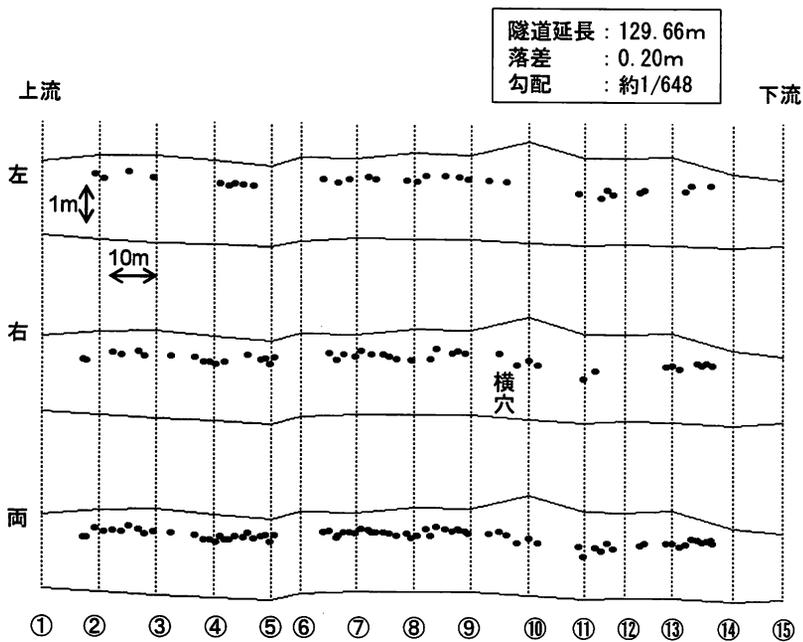


図 7 下流部の縦断面とタンコロ穴設置箇所 (右岸・左岸・両岸)

4) 先端技術による測量調査

下流部の測量調査では 3 次元レーザー測量も実施した。調査結果を図 8～図 10 に示す。この結果から隧道延長は 129.66m ということや数センチごとの断面形状など、より詳細なことが明らかとなった。

(4) 上流部

1) 線形及び横穴

上流部の線形の変化を図 11 に示す。下流部と比べると複雑に見えるが、ある程度地形に沿って存在している。同様に、平面の交わりは「くの字」で、両側から掘り進んできたトンネルが出会わないということ回避し、確実に工事を進めていくための工夫であったと考えられる。

横穴はすべて右岸側に配置されており、高さは約 120～175 cm、幅は 110～160cm であった。隧道断面より、ひとまわり小さいと言える。また、横穴と隧道本線との貫通点では、河床より 60cm ほど高いもの（例えば、横穴③）や河床とほぼ同レベルにあるもの（例えば、横穴⑥）など様々であった。

ツルハシ刃先跡から貫通点を決定した。貫通点を図 11 に示す。上流部における貫通点は全部で 10 箇所であり、その状況をデジタル記録として保存した。また、すべての貫通点において断面寸法を計測した。

2) 断面

法師の隧道の上流部において水準測量を行った。調査に当たっては、隧道内部に 27 の測量点を設けた。測量の結果を図 12 に示す。隧道延長は 228.17m であり、この区間での落差は 46cm であったため、河床の平均勾配は 1/496 となる。下流部の河床の平均勾配は 1/648 であった。これらのことから、測量技術が高く、両者の平均勾配には大きな差のないことがわかる。ちなみに土木系学生が現在の水準測量で水平なところを測定したとき、その精度は 5 万分の 1 (ただし、日中での測量の場合に限る) である。また、平板測量実習の精度は 1/500 とほぼ同じ程度であった。また河床には何箇所かに逆勾配が見られる。これは数百年の間に河床表面に凸凹が生じたからであると考えられる。

損傷箇所の実況を調査した結果を図 13 に示す。すべての測量点における断面状況を掲載することは困難である。例えば⑤-⑥点間では、水流による隧道壁面の磨耗が認められる。また⑩-⑪間では、相当にひどい割れ目があり、水が漏れ出している。

断面形状はほぼ全面においてアーチ状であった。壁面も滑らかに仕上げられており、当時の作業の丁寧さが見て取れる。

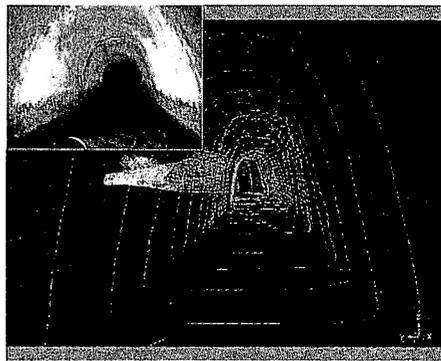


図 8 3D による隧道断面と写真
(上流から下流を見る)

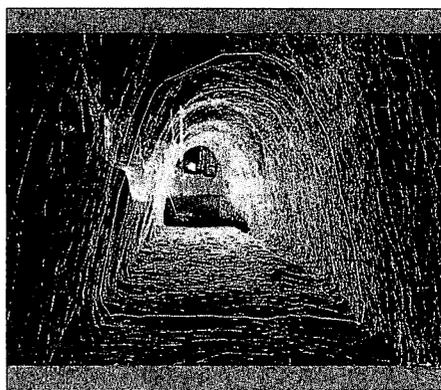


図 9 3D による隧道断面の作成
(上流付近において下流から上流を見る)

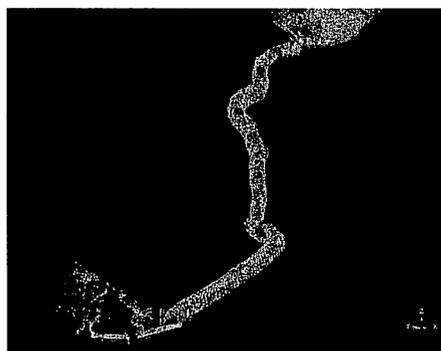


図 10 法師の隧道の全体

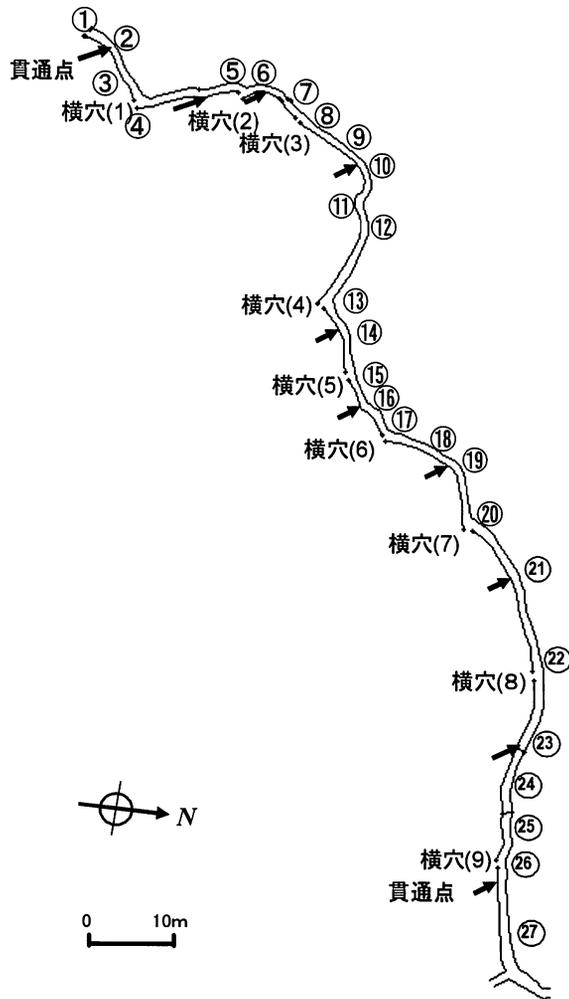


図 11 法師の隧道の上流部の線形

(4) タンコロ穴設置位置と形状

法師の隧道上流部におけるタンコロの設置高さは平均 1.3mほどであった。39 年前に完成した辰巳用水ではタンコロ穴設置高さは 1m前後が一番多いことから、年を経て設置高さが高くなっていることが分かる。これは煙害による労働の負担を少しでも軽くするための手段だったのでと考えられる。

次に、設置箇所について図 12 を用いて考察する。図 12 に示すように出入り口付近である①-②、⑭-⑮間はタンコロ穴が少ないことが分かる。これは外から明かりが取れるからである。②-④間は左右ともにタンコロ穴は少ないが、一方④-⑤間にタンコロ穴が集中している。⑤-⑥間にはタンコロ穴はほとんどない。曲がり角では外周側にタンコロ穴が集中している。これはより効率よく明かりを取るためであろう。しかしながら、⑤-⑥間では左側の壁が崩落しており、

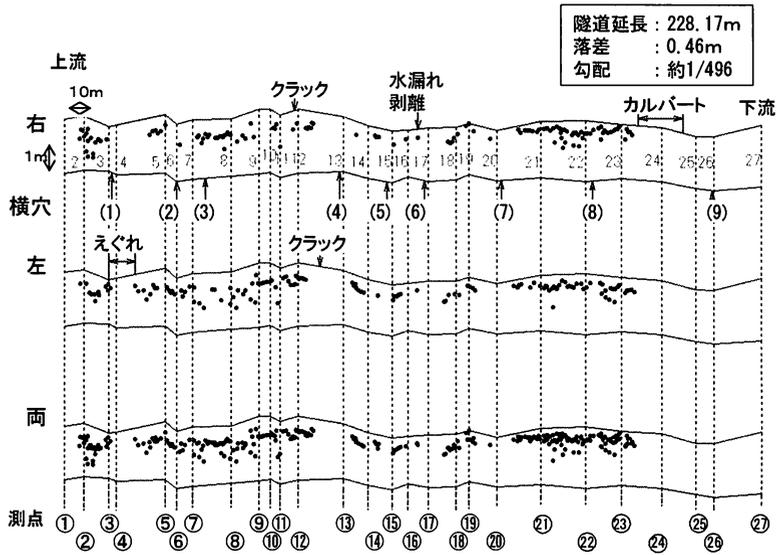


図 12 上流部の断面とタンコロ穴設置箇所 (右岸・左岸・両岸)

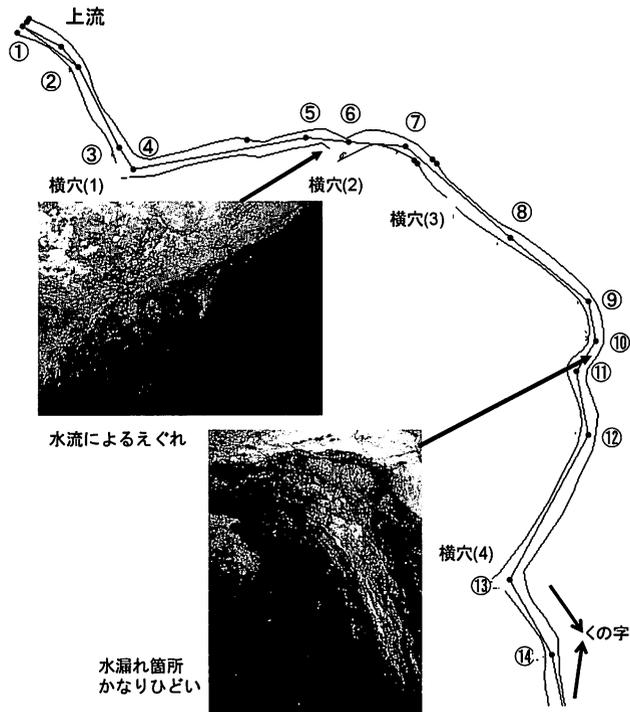


図 13 断面形状及び現況

タンコロ穴を発見できなかった。⑨-⑫間は⑩付近に崩落があるせいか、タンコロ穴の数が少ない。⑩-⑪間にはタンコロ穴がほとんど見られないが、この崩落箇所にはタンコロ穴がいくつか

設置されていたと推測できる。⑫付近のカーブではやはり外周側（ここでは左岸側）にタンコロ穴が多くなっている。以上より、現存するタンコロ穴は右岸側に 126 個、左岸側には 138 個、合計 264 個を確認することができた。全てのタンコロ穴の形状の平均値は高さ 11.4cm、幅 14.3cm、奥行き 9.3cm となった。

IV. 土木史教育

本研究で得られた成果を含めた土木技術史を幅広く伝えることが重要である。そこで本学科では、市民講座「金沢学の薦め—金沢の土木遺産を知る—」を通じて、平成 17、18 年に公開講座を金沢大学大学教育開放センターの教職員の方々のお世話のもとに開催することができた。そのときの様子を写真 3 に示す。また平成 18 年には、金沢市と連携し、かなざわ歴史文化遺産フォーラムを、平成 16 年から 18 年には、ふるさと歴史研究の土木分野のアドバイザーを行った。毎年秋には、用土地改良区組合の協力のもと長坂用水探訪や辰巳用水探訪を実施し、普段は決して入ることのできない隧道見学なども行っている。その際、もっこによる土砂運搬、河床の土砂の跳ね飛ばしなど、用水管理に用いられてきた伝統的技術を参加者に体験してもらい、用水管理の重要性や難しさ、約 4 百年間続けられている伝統の重みや文化などを考えてもらう機会としている。さらには市民への講演から、地域住民と縁の深い寺での講演まで、様々な活動を行い、参加者とともに学び合い、昔の話などをヒントに調査へ出かける日もある。

本学科学生の公務員になる率は全国 1 位である。どこの地域に就職しても、その地域の歴史を知り、残すべき重要な歴史土木建造物のことを理解し、それを有効にまちづくりに生かさねばならない。そこで土木史学習の事始めとして、旧工学部に展示されていた辰巳用水の石管見学(写真 4)や用水探訪を実施することによって、その分野の素養の向上に努めた。

本論文では、活動例の一部を紹介したに過ぎない。これらの活動を通じ、市民や地域住民と触れ合うことによって得たものは大きいと言える。

V. まとめ

金沢の用水の中で技術的価値の高いと考えられる長坂用水について調査を行った。江戸時代に藩主の命令で土木技術者が造りあげた用水を土木技術の視点から調査した結果、これは現在も市民生活に溶け込んでいる土木遺産であることを再発見した。また、長坂用水の水路勾配、法師の



写真 3 公開講座「金沢学の薦め—金沢の土木遺産を知る—」の受講風景

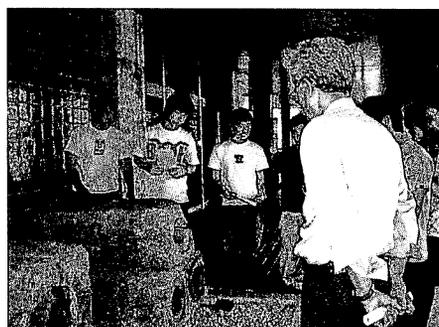


写真 4 辰巳用水の石管を用いた学生への土木史教育の様子

隧道における当時の土木技術や遺構について明らかにした。このように現存する土木遺産の保全とまちづくりを考えることで、遺産とともに生きる生活空間を創造、利用することを学ぶことができた。

さらに、大学は公開講座として、また、市と連携したフォーラムを通じて市民へ歴史土木遺産を紹介した。本学の学生へは「歴史・伝統・環境を生かす実践能力」の育成を掲げ、用水探訪を行った。成果は予想以上に大きく、教育に生かされている。

今後は地形や長坂用水と辰巳用水を比較検討し、当時の土木技術に関して考察を深める予定である。

謝辞

本文をまとめるに当たって、金沢市の調査委員会の皆様からご教示いただき、資料を使わせていただいた。ここに記して感謝申し上げる次第である。新谷洋二東大名誉教授、金沢市文化財保護課の関係各位、そして卒業・修士論文として本研究に取り組みられた各位に感謝の意を表します。

また、市民への公開講座などには土木技術史の講師として、本学科の川上光彦教授、鳥居和之教授、池本良子教授にもご協力賜りました。心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 金沢市ホームページ：<http://www.city.kanazawa.ishikawa.jp/>
- 2) 長坂第一土地区画整理組合編：「長坂町の年輪」、pp. 178-181、1997.
- 3) 石川県：石川県土地改良史 加賀藩農政と土地改良、pp. 77-89、金沢地域の開発、 pp. 121-139、長坂用水、pp. 237-240、1986.
- 4) 石川県図書館協会：三壺聞書、pp. 214-215、1931.
- 5) 加賀藩：加州郡方旧記、加賀藩史料、1964.
- 6) 松崎利雄：江戸時代の測量術、総合科学出版、pp. 10-15、1979.
- 7) 国土地理院：数値地図 25000 地図画像、日本地図センター、2002.
- 8) 国土地理院：数値地図 25000 標高、日本地図センター、2001.
- 9) 青木治夫：辰巳用水にみられる近世初期の先端技術、金沢大学大学院博士論文、p. 130、2001.
- 10) 堀 雄貴：金沢大学学士學位論文(土木建設工学科)、1998.