

「玉川上水留」にみる幕末期の 江戸における玉川上水の水工構造認識と設計法*

A Study on the Recognition of the Hydraulic Characteristics and the Hydraulic design
of Tamagawa Waterworks at Edo in later Edo Era using “Tamagawa Jyousui Tome”

神 吉 和 夫**

Kazuo KANKI

Abstract: In this paper, the hydraulic design of Tamagawa Waterworks at Edo in the later Edo Era is discussed by use of historical literatures “Tamagawa Jyousui Tome”. The engineers recognized the hydraulic phenomena encountered at the combined flow of open channel and pipe. The inclination of the pipe networks of Tamagawa waterworks is similar to that of modern sewer system. The pipe network is designed on the sectional area and the depth of flow at the mouth of individual inlet.

1. はじめに

わが国の近世都市には江戸、赤穂、福山、近江八幡、彦根など、都市域で暗渠構造をもつ給水システムが発達していたことはよく知られている。暗渠での水の流れは、自由水面をもたない管水路流れ、自由水面をもつ開水路流れ、およびその混在した流れに分類できる。管水路流れであれば、暗渠の流れは暗渠の勾配に無関係、一方、開水路流れであれば勾配が意味をもつことは基礎的な水理学の教えるところであり、流れの違いによりその設計法も異なる。横浜の近代水道建設以前に設けられた木樋給水系では、木樋の更新により、上部が開いている井戸(溜桝)から水が噴き出したとの記録がある¹⁾。これは木樋の更新により粗度が小さくなった結果水位が上昇し、井戸から水が溢れ出たためと思われる。このような開放系の暗渠給水システムの設計は容易ではない。

福山水道は当初開渠であった水路に蓋をして暗渠化しているのど開水路流れ、近江八幡・彦根の施設は地下水を水源とするため管水路流れとなる。江戸では『上水記』(石野広通編、1791(寛政3)刊、東京都水道局蔵)巻十で、水見桝について、「樋上何寸冠何寸明き、平日は隔日に見廻りの者相廻り書出さ、格別減候時八日相廻ル」と、水見桝を定期的に巡回監視していることを記しており、「樋明き」とは樋管の天端と水面との間に隙間ができることを示しているので、混合流れが存在したと考えられる。

玉川上水がどのように設計されたかは史料が残されていないので不明であるが、『上水記』巻十に羽村から江戸に至る区間に存在する分水の取水断面積が寸坪(1寸平方)として列記され、取水断面積が計画ファクターであるであったことが明らかである²⁾。構造は単純な樹枝構造から次第に複雑なそれへ拡張されていったと思われ、その過程で個々の樋管、桝等の位置、構造諸元、材料も変化している可能性が大きい。しかし、それらがどのように決められたかは不明である。修復工事によって樋管・桝などの位置、

材料、断面を変えれば流れが変わり、流量とか水位が元の状態とは異なることが予想される。

本稿では、幕末から明治初期の江戸における玉川上水の工事記録である「玉川上水留」³⁾(全119冊、国立国会図書館蔵)を基礎史料に、工事に関わった普請方が玉川上水の水工構造をどのように認識していたか、さらにはその改修に当たっての設計法を明らかにすることを目的とする。

「玉川上水留」は旧幕引継書のひとつで、御普請方⁴⁾が作成した玉川上水工事関係文書53件が全119冊に分冊されている。表-1にその概要を示す。53件の内44件が江戸における玉川上水の普請・修復などの工事記録である。工事の場所と工事回数を図-1に示す。工事回数が複数となっている場所は、工事が繰り返されていることを示す。史料の年代は天保4(1833)年から明治3(1870)年である。これは玉川上水が創設されてから約180年後から始まる、江戸時代末期から明治初期に至る38年間である。「玉川上水留」から、工事内容の詳細が明らかになる。文書は施設の漏水、損壊などが発見されて、御普請方の技術担当と思われる地割棟梁が仕様注文帳を作成、入札を行い業者落札が直轄直営により施工され、工事が完成すると出来形帳を作成し、見分を受けて完工となる一連の過程を示している。そこから断片的に、御普請方が江戸における玉川上水の水理構造をどのように認識していたか、水工設計法がどのようなものであったかを読みとることができる。なお、以下、「玉川上水留」を史料番号で《史料〇〇》と示すことにする。

2. 水理構造の認識

ここでは、史料を列記しながら、初めに水理構造の全体をどのように認識していたかを示す。次いで、水理構造の重要な要素である勾配に触れ、最後に種々の個別水理事象の認識と技術対応を明らかにする。

*keyword: 玉川上水, 水工設計法, 「玉川上水留」

**正会員 工修 神戸大学工学部建設学科(〒657-8501 灘区六甲台町1-1)

(1) 全体構造

①《史料2 3》は、1856(安政3)年の地震後のものであるが、被害箇所を「兼て朽腐強樋筋故悉継手震放シ、御地内沼地に相成、暫時も難差置儀に御座候、四谷通石垣元樋急破、其外木樋の方継手短地くつろき等は先達て申上置、急速仮養手当方出来候」と応急補修をしたが、「当節四谷大木戸水門にて、平水より四五寸程も懸増仕候ても、溜池水番屋裏にて五六寸の減水に有之、都合壱尺程水丈ケ相違仕、築地八町堀芝辺の流末に至候ては樋口干上り、更に水掛り無之、難決の旨向々より申出候」となっている。

以上の記述から、

- ・四谷大木戸水門での水位が水管理の基本
- ・溜池水番屋裏の水位により、途中での漏水を認識
- ・途中の漏水により、流末で樋口が干上る

ことがわかる。

②《史料2 0》は、「半蔵御門内より代官町通土手上迄御本丸掛樋場所替御普請」であるが、「御本丸二丸井御鷹部屋御春屋其外、場広に相掛り候元樋に付、水乗分量肝要の御場所」と認識し、「水ひし(拉)ぎ強候に付、諸色撰方并仕口等別て入念、且又樋筋場所替に相成候間、水盛等再三取調」と記している。「水ひし(拉)ぎ強」は水圧が押しつぶす程に強いという意味である。「水乗分量」が重要な要素であり、そのために「水盛等再三取調」ていることがわかる。水盛りとは水準測量のことである。

③《史料2 7》では、麹町大通樋筋の榊、大名屋敷等への引取樋口での水位測定が行われている。「八月十一日調 麹町大通組合樋筋の内、同所三丁目紀州様御一手御請持榊より、松平安芸守様引取樋口大サ内法五寸四方へ水丈ケ式寸懸り、大通樋口水上の方樋内法へ式寸六分懸り、水下の方同式寸八分懸り、同所次の榊井伊掃部頭様引取樋口大サ内法四寸四方へ水丈ケ壱寸八分懸り、水下の方同壱寸五分懸り」となっている。

図-2に『上水記』での当該榊(①~④の分水をもつ)付近の樋筋を示す。図-3(1)、(2)に《史料2 7》の榊を示す。図-3(1)は榊側面に正方形断面のオリフィスが4つ並んでいる形態であるが、それをみると、松平出羽守様引取樋口(5寸四方)、永田町枝上水組合(6寸四方)、紀州様御引取樋口(8寸四方)および松平美濃守様引取樋口(6寸四方)が、榎(たるき)柱をはさんで、9寸、1尺、1尺2寸および1尺2寸の明きをもって並んでおり、各樋口の上端が同一高さになっている。各樋口には指板(差板であろう。指樋は誤記と思われる)がつけられており、藍色の線(図では鎖線で示す)で指板高サ位置を示し、その値は1尺2寸、また、朱引き線(図では細実線で示す)で水面位置を示し「朱引四口共水面打越水丈ケ壱寸五分」となっている。「打越」は樋口内法上端から水面迄の高さである。図-3(2)は同じ榊の下流面であるが、榎柱2本の間に1尺9寸に指板があり、差板高さは1尺2寸と同じであるが、水下樋口の「水面打越水丈ケ壱寸六分」となっており、水下樋口内法上端が松平出羽守様引取樋口等と較べて1分だけ低い位置にあることがわかる。減水して榊内水位が低下する場合は、この榊では最初に松平出羽守樋口に水が流れなくなり、次いで永田町枝上水組合・松平美濃守、紀州様、水下樋口となる。以上から、分水断面だけではなく、分水の高下配置も考えていたことがわかる。

④《史料3》には、「定寸」という用語がある。これはあらかじめ

め定めた寸法の意味であろう。「仮樋へ水移替」した結果、「仮樋其外共別条無御座候、御本丸掛代官町土手上榊々定寸の通相懸り、吹上掛りの方も定寸に相懸り」となる。「定寸」は工事完了後の文書にしばしば現れる用語で、「水乗分量」が定寸となることで工事が無事終了したことの確認になるようである。

⑤《史料1 9》には、上水井戸の「樋榊榊井戸根ケ輪共惣朽腐強」い事例であるが、「減水の砌は差水いたし、呑水難相用趣申聞候」と、上水井戸の水位が下がってきたときに汚水が滲入することを示している。これは上水井戸の内外水圧の差により腐朽か所からの漏水と滲入が起きており、内外の水圧により、内側が高ければ滲出し、逆であれば地下水が滲入することが理解されていたことがわかる。

(2) 勾配

《史料2, 3》には「勾配」⁵⁾がみられる。列記すると、

- ①「右は玉川上水赤坂柳堤通田町三丁目より五丁目迄、樋榊御普請中、書面の人数伺の上、場所附切申渡、諸色仕口其外共巨細に相改、樋伏方水懸り勾配等保方宜様手配仕、右樋筋の儀は江戸懸一円の元樋にて、内法四尺五寸に三尺の大樋に有之」《史料2》
- ②「次第に地低相成、樋筋地形と溜池水面勾配同様」《史料2》
- ③「樋伏方水盛勾配等」《史料3》、
- ④「凡三丈余の水ひし(拉)ぎ、水仕掛肝要の御場所に付木品証合相撰、仕口は勿論伏方勾配等不容易儀」《史料3》
- ⑤「敷石に模様替仕、敷下タ割栗石小砂利にて突堅メ、水盛勾配に習ひ敷並へ、石樋築方為仕、成丈御組合入用相減」《史料3》である。

①、③および④は工事完成後の御褒美拝領を願う文書中である。勾配の文言をよくみると、①「水懸り勾配」、②「水面勾配」、③「水盛勾配」、④「伏方勾配」および⑤「水盛勾配」となっている。

「勾配」は《史料2, 3》以降の史料中にはない。しかし、前述のような具体的な勾配表記が《史料2 0, 4 1, 4 3》の絵図史料中にみられる。

さらに、水盛りが行われた文書を列記すると、《史料3, 1 3, 1 5, 2 0, 2 1, 2 3, 2 5, 2 7, 2 8, 2 9, 3 1, 3 3, 4 1, 4 2, 4 3》となる。場所別にみると、水準測量が行われていないのは、《史料8》(呉服橋御門大番所掛樋榊)、《史料1 2》(代官町通御鷹部屋掛其外樋榊)などの、狭い領域の勾配を考慮する必要のない所であるといえる。したがって、勾配も重要な木工設計の要素であったことがわかる。

(3) 個別水理事象の認識と技術対応

a) 樋断面の決定

修復工事にあたり樋断面の変更事例がある。

①《史料9》は樋断面の縮小を行っている。御本丸掛では箆笥町分レ榊から伊賀町角地形一面榊迄の区間が内法1.6尺×2.0尺、同様に吹上掛も分レ榊から中箆笥町中程埋榊迄の区間が内法1.5尺四方であるのに対し、その下流側が1.25尺×1.45尺と細くなっており、「水下も同様に相成候ても、水懸りに障候筋も無之」と判断している。その方が安価との判断もあるが、費用だけで縮小したわけではない。

②《史料1 3》では虎御門外通樋筋が内法5尺四方と大きく、修復費用も格別の御金高となるので、木厚3寸の入子樋に変更する

ことを検討している。検討は他の場所での事例を抽出し、

- 「一 四谷御門外石垣樋、内法五尺四方の内へ、木厚三寸の入子樋仕付、内法四尺七寸に四尺四寸有之候
- 一 喰違外紀伊国坂石垣樋、内法四尺に三尺の内へ、木厚三寸の入子樋仕付、内法三尺四寸に三尺七寸有之候
- 一 柳堤通樋、内法四尺五寸に三尺有之候」

比較しており、「内法4.7尺×4.4尺」に決定している。

③《史料22》では、石垣樋を仮樋にしたが、樋断面が小さかったため、「仮樋幅狭く、水湛樋外廻り洗流シ候に付、自然樋内水勢も不宜、追々流末不掛」となっていた。

④《史料38》は、木樋を竹樋に変更したが断面が細いことにより水掛が悪くなっている。これは清水屋敷内泉水掛の木樋が「朽腐水掛無之」であったものを和宮様降嫁の関係で急速竹樋により改修したものである。しかし、「長間細樋にて水掛方悪敷差支候」との情報から、取調したところ、「樋筋ひし(拉)ぎ強、水力ハ有候得共、細樋の義に付泉水迄水行渡不申」ということが判明する。そこで、「古樋駒の頭并樹共柱合宜分相撰、引入継手合口切縮増釘打、樋長延七拾五間式尺五寸伏渡、樹式ヶ所仕付、樋継手樹差口共粕へ土塗埋立」と、古樋を用いて修復することになった。

以上のことは、樋断面が経験技術的観点から決められており、明確な設計基準がないこと、したがって場合によっては樋断面不足も起こることを示している。

b) 延長と曲がり目の影響

①《史料12》では、御春屋掛などが神田上水から給水されており、神田橋御門から距離が遠いことより、「水勢弱く」となっている。この場合は、「御本丸掛吐水相懸ケ」ることになり、結果として、「上ハ水吐候程に」なった。

②《史料35》では、和田倉御門内松平肥後守居屋敷への引取樋について、従前の樋筋が石埋樹から距離が長く、曲がり目も多いため「平常水懸不宜、時々竹笹通し等仕、手数相懸」という状態であったのを、石埋樹から「曲尺に引取」を考えたがこれも樋管が建物下になる難点があった。そこで「去々午年十一月中旬の上、石樹より引取口差塞(塞)、大樋筋へ口樋仕付引取」したところ、曲り目もなく以前と違い水掛が良くなったのであるが、「樋側板掘明、口樋仕付」ということで、「手重」かつ「惣て不都合」という状態であった。往還樋筋を敷設替えするとの情報を得て、改修の節に「先前樋口掘明ヶ御座候石埋樹へ口樋仕付、懸り方宜相成、非常等の節安心仕、永久弁利宜」と願い出ることになる。ここでは延長が長く、曲がり目が多いと流れが阻害されること、その対策が何か明らかであることである。

c) 開渠での管渠勾配の影響

《史料16》では、開渠の区間について、「右場所の儀は紀伊国坂上より四丈余り地下りにならひ樋伏渡有之、急流にて水勢強」と管渠が急勾配の地形に沿っているため、水勢が強いと認めている。この結果、「聊洩水有之」としても、下流の配水区域が広いので水配分に支障が出るとしている。

d) 管渠勾配と泥溜

水盛りで、樹間の勾配が測定されている。図4に《史料43》の一部を示す。勾配の値を1間当たりについてみると、《史料20》では0.0204~0.1500尺、《史料43》では0.0113~0.185尺と

なり、ばらつきが大きい。いずれも工事完成後の取調であることから考えて、樹間勾配を一定にすることは考えていなかったといえる。勾配を計算すると、《史料20》では1/294~1/40、《史料43》では1/530~1/32.4となり、急勾配であることがわかる。

また、各樹での樹内上・下流樋口の高低差をみると、《史料20》では12樹の内、正の値をとるものが7、零が5、負の値が0となり、同様に《史料43》(本丸掛1)ではそれぞれ、4、1(0.02尺を零とみなす)、1(-0.05尺)、《史料43》(吹上掛1)では、1、0、1、《史料43》(本丸掛2)では4、1(0.02尺を零とみなす)、1(-0.05尺)、《史料43》(吹上掛2)では、4、0、1となる。正の値が多く、負の値は特殊で、本丸掛では零も少なくないことがわかる。また、吹上掛は部分的なデータしか無いので不明であるが、本丸掛では最上流の樹から最下流の樹までを考えると、樹内上・下流樋口の高低差の合計は正の値をとる。

《史料43》では、泥溜の高さが各樹での上下流樋口で示されている。泥溜は文字通り、流水中の泥土等を溜めるという意味であろう。泥が樹底に溜まる状況を想定すると、堆積泥が流れを阻害しないのは各樹での小さい方の泥溜値である。それをみると、本丸掛では0.5~3.28尺、吹上掛では0.65~1.2尺となっており、泥溜高さを一定にすることは考えていなかったといえる。

従来、樹の機能として、泥土の沈殿がいわれており、また、樹での上下流の樋口は下流側を高くして、下流に上澄みを流すと考えられていた。後者については、上述のように上下流樋口の差が零とか、下流側が低い場合も存在するため、必ずしも妥当とはいえない。

①樹の存在、②樹での上下流樋口切上、および③樹間での管渠勾配が急という上述3点の特徴は、現在の下水道と共通のものである⁶⁾。本丸掛の場合、上述の区間は通常管水路流れであり、管渠勾配を考える必要はないが、何らかの原因で減水して開水路流れになることを想定すると、水の流れと泥土の排除のためにも管渠勾配がそれに相応しいものであった方がよい。

また、②、③を組み合わせることで、全体としての勾配を緩やかにすることは、樋管を埋設する掘削量の減少になり、施工上も経済上も有利である。

e) 異常の発見とその方法

減水とか水質の悪化が異常の発見の端緒である。《史料33》では、潜樋について「右は玉川上水吹上掛半蔵口御門前段堀内潜樋洩水有之候哉、減水いたし御差支の旨吹上方より度々申聞候間、支配向遣見分爲仕候処、潜樋・出樹共惣骸朽腐洩水強、地震損後仮養仕置候のみにて難差置旨、申聞候の間、御普請仕候積」としている。

異常の発見について、検査を実施した事例もある。《史料23》では、樋管の一部を止水し、検査を実施して異常を発見している。「依之台所向広敷筋へ相掛候樋筋皆水留に仕、玄関前通の方計水仕掛有之候処、数ヶ所吹水仕、通路の障に相成候程の儀にて実に難差置候間、惣体樋筋の内表立候場所計御修復の積、精々省略仕様注文取極、地割棟梁へ御組合入元積申付、猶又入札取之候処」

f) 対策と失敗

実地調査結果と記録があればその記録によりいつ頃、どの様に造られたかで、損傷の程度を推定できるが、暗渠のため損傷の全

容を把握できず、工事中あるいは工事後に変更が行われる場合もある。多くの事例が差引勘定帳にみられるが、小規模設計変更例が多い。

《史料27》では、工事後、水を懸けても一部で水が流れないことがわかり、再工事となっている。「玉川上水麴町大通組合仮樋仕付、昨日水仕掛候処、同所四谷新道拾壱丁目・拾貳丁目とも水掛り無之候に付、依之別紙絵図面朱引の場所仮樋仕付仕度奉存候間、此段奉伺候以上」

3. 水工設計法

(1) 水留

水留とは、工事が完成した樋管を配水網に組み込むために、一旦、配水網の必要部分の水を止めることである。

a) 水留手順

《史料29》には水留の手順が示されている。修復工事は御本丸掛矢来掛式之榭樋筋である。この修復区間に再導水するには大がかり、かつ細心の注意を要する。図-5に水留位置を示す。

「水留方手続

- 一 麴町拾三丁目元榭にて差略
- 一 箆笥町分榭にて同断
- 一 半蔵御門外 御本丸掛石出榭にて差蓋打堅
- 一 吹上掛の方計掛置
- 一 同所内段堀吐榭水差略
- 一 西番所脇榭吐栓抜
- 一 矢来御門外鱗橋下同断

右の通

水仕掛の節は見計鱗橋下吐栓打堅、土手上仕事出来見届、西番所脇吐栓打堅、夫より本文の通順に少々ツ、差略を以懸ケ方出来申候」

止水は上流側から行う。差略とは掛板を上下させて樋口の開口断面積を調節し、水量をコントロールすることである。まず一番上流の麴町拾三丁目元榭(a)で差略し、水の流入を止める。次に箆笥町分榭(b)を同様に止水、その後、半蔵御門外御本丸掛石出榭(c)で差蓋を打堅(差蓋を降ろし、止水する)。こうすることにより、当該区間に残っている水は吹上掛の方だけに放流されることになる。

次いで、半蔵御門内段堀吐榭(d)の吐水口を水止めし、西番所脇榭(e)吐栓、矢来御門外鱗橋下(f)で吐栓を抜くと、修復樋筋の上流に残存していた水が全て無くなるようになる。こうして、修復樋筋に水を懸けることが可能になるが、水を懸ける場合も順序があり、止水の作業を逆の順序で行い、しかも各作業の終了を確認しながら「少々ツ、」行っていくところが重要である。

b) 水留の影響

水留により、止水箇所の下流は断水することになる。しかし、すぐに水が無くなるわけではなく、また、止水場所によっては他に影響が及ぶ場合もある。《史料20》では、「吹上御庭掛の方は元榭にて差略いたし候得共増減も可有之哉、可成丈減水無之用差略為致候得共、此段為御心得申達候」と、水留時の減水の注意を通知している。また、《史料15》返栓を打つことで戻水を防いでいる。

(2) 工事完了後の水理調査と定寸

a) 工事完了後の水理調査

工事完了の検査として、導水後に関係の主要榭での水位と水乗りが調査されている。史料を列記すると、《史料3、20、25、29、33、42、43》である。御本丸掛・吹上掛関係では、全ての工事で御本丸掛矢来榭、式之榭での調査を行っている。最も詳しいのは、《史料29》のものである。

「代官町土手上

一 御本丸掛 矢来榭掛板上端より差付四寸

式之榭右同断差付四寸

但矢来榭の方榭上端より水面迄差付貳寸貳分

式之榭の方右同断差付三寸

吐榭打越壺寸五分

同所御鷹部屋掛

一 請榭打越壺寸六分

吐打越三分

一 半蔵御門外 御本丸掛石出榭樋上壺尺四寸

一 同所吹上石出榭樋上壺尺八寸

御鷹部屋前

一 石出榭打越 式ヶ所

御鷹部屋掛

打越五分

竹橋御門掛の方

同壺寸三分

同所吹上御長屋前

一 石出榭打越 式ヶ所

吹上御役所の方

打越五分

竹橋御門掛の方

同壺寸壺分

竹橋御門大番所前

一 石出榭打越 式ヶ所

竹橋御門掛の方

打越五分

御春屋掛の方

打越八分

御春屋前

一 木出榭打越 式ヶ所

御春屋掛の方

打越壺寸貳分

一 橋御門掛の方

打越六分

右の御普請出来之上定寸相成候」

ここでは、9か所の榭で差付、打越等が測定され、「定寸相成」と確認されている。この区間は打越が正の値をもち、樋口に明きがないことから、管水路流れとなっている。したがって、開水路流れの場合よりは技術的に容易であるが、工事前後での各榭での差付、打越等を分単位で合わせていることは、優れた技術といえる。

表-2(1)に《史料42》、表-2(2)に《史料43》の工事完了後の水理調査結果を示す。いずれも、四谷大木戸から代官町土手上的の榭までを各工事の終了時点で調査したものである。表-2(1)をみ

ると、羽村で出水があった7月24日に、四谷大木戸水門前歩板に1尺9寸の明きがある以外は、吐き水門の堰板を2、3枚ははずしても、四谷大木戸水門で歩板いっぱいの水位となっている。各枡をみると四谷御門外と半蔵御門外の枡では水位の変動が大きい。これは《史料42》が麴町式丁目より半蔵御門外石出枡迄の工事であり、枡・樋管そのものも同一ではないため、工事区間の水位変動があるのは当然である。しかし、末端の代官町土手上枡での水位をみると殆ど変化しておらず、(1)水留で触れたように、半蔵御門外から代官町土手上に至る樋筋の途中の枡(出枡、地形一面枡)に吐樋があり、御本丸への送水量を調節している可能性がある。

表-2(2)をみると、工事が半蔵御門内外樋枡と限定されているためか、表-2(1)に較べると半蔵御門外枡までの水位変動は小さい。代官町土手上枡では、6月26日以降では、矢来枡・式之枡共定寸となっている。

(3) 定寸

玉川上水の武蔵野台地での各分水が、取水口断面を寸坪(1寸平方)単位で規定されていたこと、江戸市中でも大名等が屋敷へ新規に上水を引く場合、同様に取水口断面を決められていたことは既に明らかにされていた。しかし、水理学的に考えれば、取水口がどの様に水源に接続するかで取水量が大きく変わってくる。「玉川上水留」にみられる定寸および関連の文書は、取水口の水位を規定していることを示しており、水理学的に、より正確な水位・水量管理が行われていたことがわかる。

《史料3》では、「矢来枡・式之枡共、此間中三分懸増有之候処、御水掛り宜候間、掛増の分三分は断返」とあり、分水量を三分増加させていたのを工事後に元に戻している。多分、掛板の操作により分水量の増加を図ったものと思われるが、定寸をどの様に決めたかを含め不明である。

『上水記』によれば、江戸の玉川上水には水見枡が合計8カ所あり、『上水記』巻一には、「水見枡のふたをあけて水勢を常に考ふ」、『上水記』巻十には、「右樋上何寸冠何寸明キ、平日は隔日に見廻りの者相廻り書出ズ、格別減候時は日々相廻ル」と記され、見回りの者が各水見枡の水位を、平常時は1日おきに漏水の時は毎日見回り役所に報告(書出し)していた。

おそらく、このような日常的な維持管理と観察の結果、および過去の工事記録を勘案した上で、科学的とは言えないまでも、実践的な水理技術が確立されていたことは疑いがない。

4. おわりに

得られた結果を列記すれば、次の通りである。

- 1) 玉川上水では水準測量を用い、樋管の設置が行われていた。
- 2) 水理技術は、経験技術的要素が多分にあるが、水理構造の認識は的確であり、優れた実践的技術である。とくに、水留作業を巧みに行っていた。
- 3) 枡は下部に泥溜があり土砂を滞留させている。樋は枡出口側の樋口を枡入口側の樋口より上に設ける傾向があり、枡間の樋勾配を急にしている。この設定方法は現代の下水道に似ている。
- 4) 工事は枡での水理検査により終了する。検査は枡での水位が「定寸」になるかどうかで判断している。これは、玉川上水の管理が各屋敷等への引取樋口断面積と樋口での流入水深(水乗り)により行われていることを示す。

謝 辞

本研究において、国立国会図書館には史料の閲覧、複写で大変お世話になった。また、史料の整理には神戸大学工学部建設学科の学生数名に助力を頂いた。とくに梶村壮君(当時学部4年生、現在大阪市勤務)には卒業研究として一部文書の解説と分析もして頂いた。最後になったが、本研究はとうきゅう環境浄化財団による助成研究「玉川上水の維持管理技術と美観形成に関する研究」(榮森康治郎(代表)、肥留間博、神吉和夫)の神吉が分担した一部である。なお、3者による共同研究は、膨大な史料「玉川上水留」を分担して解説した後、解説文書を持ち寄り、各自が分担課題を掘り下げ共同討議を行う手法をとった。榮森康治郎氏、肥留間博氏との共同討議では有益な批判・助言をいただいた。記して、謝辞とする。

参考文献および註

本稿では、史料の解説文、読み下しでは、読みやすくするため、適宜〔 〕〔・〕を挿入し、また、而→て、ニ→に、之→の、者→は、江→へ、等の変換を行った。さらに、該当する漢字を添えた〔例：ひしき→ひし(拉)ぎ〕。

- 1) 『横浜近代水道百年の歩み』、横浜市水道局、p.44、昭和62年。
- 2) 「玉川上水留」が世に知られるようになったのは、肥留間博氏の『玉川上水』(たましん地域文化財団、1991年)が出版されて以降と思われるが、「玉川上水留」を利用した研究は神吉和夫：玉川上水の江戸市中における構造と機能に関する基礎的研究、土木史研究、第13号、pp.177-191、1991、坂詰智美：幕末維新期の上水—管理機関の移管を中心に—、専修法研論集、第16号、pp.35-76、1995、神吉和夫・梶村壮：「玉川上水留」にみる上水工事—代官町土手上〜北桔橋—、土木学会年次学術講演会概要集、1997など、ごくわずかであり、しかも一部が利用されているに過ぎない。
- 3) 神吉和夫：玉川上水の江戸市中における構造と機能に関する基礎的研究、土木史研究、第13号、pp.177-191、1991。
- 4) 坂詰智美：幕末維新期の上水—管理機関の移管を中心に—、専修法研論集、第16号、pp.35-76、1995によれば、文久2年までは普請奉行の配下、文久2年からは普請奉行が廃止されたこととともない、作事奉行配下となる。
- 5) 松崎利雄『江戸時代の測量術』、総合科学出版、pp.106-108、1979によれば勾配とは、「書物によって勾配・勾倍・高配・高倍とも書かれるが、もとは水平な辺(股)に対する垂線(鉤)あるいは高さの割合という意味である。(中略)用水を引くときなどは傾斜がゆるやかで、逆にあまりに小さい数値になってしまうので、水平距離一間とか10間について何寸という言い方もされた」とある。
- 6) 下水道では管内流速について、本郷文男・丸山速夫編『下水道講座1 下水道計画の策定』、鹿島出版、p.181、1976では、「汚水管渠では0.6~3.0m/s、雨水管渠・合流式管渠では0.8~3.0m/sとするのが標準であるが、一般には1.0~1.8m/s程度が理想的」としている。

表－１ 「玉川上水留」(国会図書館所蔵、旧幕引継書)の概要（作成：神吉）

背 番	史料番号	年 月		内 容
		年 号	西 暦	
1	1	文化5～慶応1	1808-65	箱根ヶ崎村狭山池助水堀通見廻役紀立代替申渡
2-5	2	天保4～天保5	1833-34	赤坂柳堤田町三丁目より五丁目・溜池端通樋御普請
6-9	3	天保6～天保7	1835-36	本丸掛吹上掛四谷門掛樋高樹其外御普請
10	4	天保7	1836	赤坂紀伊国坂下人除矢来其外御普請
11-14	5	天保9	1838	代官町土手上本丸掛矢来掛式之樋樋御普請
15-16	6	天保9～天保10	1838-39	赤坂紀伊国坂石垣樋御修復
17	7	天保10～天保11	1839-40	四谷門外町方引取樋新規伏渡
18	8	天保11	1840	呉服橋門大番所掛樋御普請
19-22	9	天保12	1841	本丸掛吹上掛四谷門内外樋御普請・四谷中筆町通樋御修復
23	10	天保14～天保15	1843-44	紀伊国坂下石垣樋崩所人除矢来其外御修復
24-25	11	天保14～天保15	1843-44	虎門内御用屋敷掛樋井戸御修復
26-27	12	弘化2	1845	代官町御鷹部屋掛樋其外御普請
28-30	13	弘化3	1846	虎門外通入子樋御普請
31-32	14	弘化4	1847	吹上掛半蔵口門前段堀内潜樋出樋御普請
33-36	15	嘉永1	1848	本丸掛代官町土手より北桔橋外迄矢来掛式之樋樋御普請
37-39	16	嘉永2	1849	赤坂紀伊国坂石垣堀内入子樋御修復
40-41	17	嘉永2	1849	四谷門外石垣堀内入子樋御修復
42-45	18	嘉永3	1850	西丸下厩掛・伝奏屋敷掛樋其外御普請
46	19	嘉永5	1852	山下門掛樋御修復
47-51	20	嘉永6	1853	代官町土手上迄本丸掛樋場所替御普請
52-53	21	安政3	1856	鉄砲洲築地露武所
54-55	22	安政3	1856	四谷門外南の方堀端通石垣樋御修復
56-59	23	安政3	1856	赤坂柳堤通飯樋御修復
60	24	安政3	1856	八代洲河岸火消役屋敷掛樋井戸御修復
61-62	25	安政3	1856	代官町土手上清水附元掛其外御修復
63-64	26	安政4	1857	清水附屋形溝内樋井戸御修復
65-69	27	安政4～5	1857-58	四谷大通万歳石垣樋御修復
70-74	28	安政4～5	1857-58	虎門内外樋其外御修復
75-77	29	安政4～5	1857-58	代官町土手上より本丸掛矢来掛式之樋樋筋・御鷹部屋掛其外御普請
78	30	安政4	1857	増上寺山内樋井戸取繕
79-80	31	安政4～5	1857-58	葵坂通石樋・虎門外通樋御普請
81	32	安政6	1859	虎門内外山口丹波守役屋敷掛樋井戸御修復
82	33	安政6	1859	吹上掛半蔵口門前段堀内潜樋出樋御普請
83	34	安政6	1859	赤坂紀伊国坂入子樋其外御修復
84-86	35	文久1～文久1	1860-61	外桜田門外より西丸下厩掛伝奏屋敷其外樋御普請
87	36	文久1	1861	代田村下北沢村下高井戸村分水 起立書拔, その他
88-90	37	文久1～2	1861-62	増上寺掛・役寮掛樋御普請
91	38	文久1～2	1861-62	清水屋敷内樋御修復
92-93	39	文久2～3	1862-63	本丸掛吹上掛越町十二丁目通其外樋筋御普請
94-95	40	文久3～元治1	1863-64	西丸下歩兵屯所掛樋御普請
96-97	41	文久3～元治1	1863-64	代官町土手上通清水屋敷掛樋御普請・清水屋敷内北の方奥向泉水掛樋伏下ヶ
98-100	42	元治1～慶応1	1864-65	本丸掛吹上掛越町式丁目より半蔵門外石出樋樋御普請
101-103	43	慶応1	1865	本丸掛吹上掛半蔵門内外樋御修復
104	44	慶応1	1865	町方水銀帳
105	"	"	"	武家方水銀帳
106	45	慶応1～2	1865-66	赤坂弁慶堀際下水掛樋模様替・町屋後除地附板柵其外御普請
107	46	慶応2	1866	武家方水銀帳
108	"	"	"	町方水銀帳
109-110	47	慶応2～3	1866-67	本丸掛半蔵門内より西番所前迄樋場所替御普請
111	48	慶応3	1867	組合御普請金 町方出銀取集帳
112	"	"	"	組合御普請金 武家方出銀取集帳
113	49	慶応3	1867	春屋掛・竹橋門大番所掛樋御修復
114	50	慶応3	1867	武家方水銀帳
115	"	"	"	町方水銀帳
116-117	51	慶応3	1867	堀通分水助合流湯助水場所・福生村名主十兵衛井小川村引取外 三箇所村々組合引取分水口場所替伏下ヶ
118	52	明治2	1869	玉川上水源出水急破御修復
119	53	明治3	1870	玉川上水源羽村出水老式之水門堤水防并仮水門取建ヶ切堰入方

註：背番は国会図書館での番号。

史料番号は1件史料として番号付け。ただし、水銀帳は武家方・町方を合せた。

● 迎樹
 ■ 地形一面石縁樹
 △ 地形一面樹
 □ 地形一面石蓋樹
 ○ 出樹
 ⊠ 高樹

四谷御門
 御堀
 半蔵御門
 本丸へ
 吐樋
 堀

① 松平筑前守
 ② 永田町武家組合
 ③ 紀伊殿
 ④ 松平出守守
 ⑤ 松平安芸守
 ⑥ 井伊掃部頭
 ⑦ 松平左兵衛佐
 ⑧ 外校田助武家組

(1) 側面

図-3 (1), (2) 《史料20》麴町大通樋筋の榑(作成:神吉)

[illegible]

- 95 -

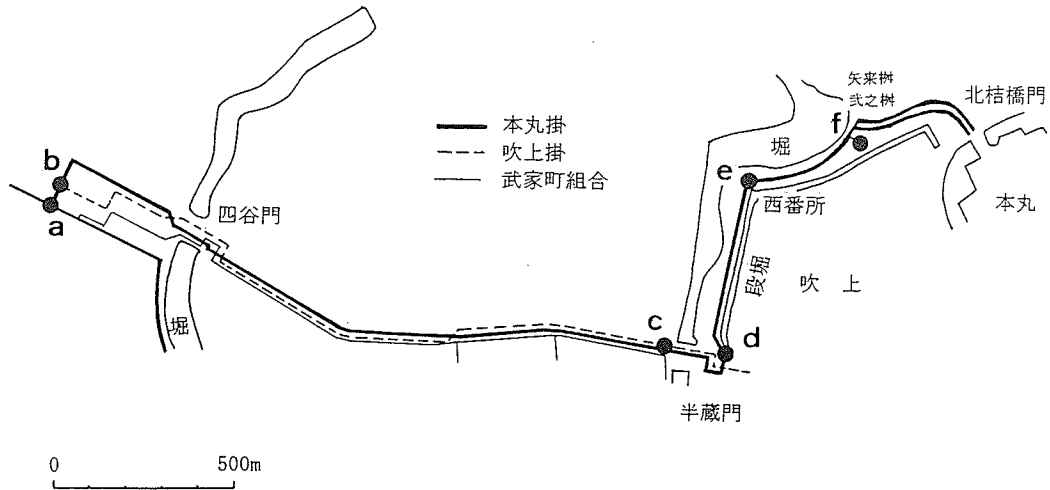


図-5 《史料29》の水留位置 (作成：神吉・肥留間)

表-2 (1) 《史料42》の水理調査 単位：尺 (作成：神吉)

			7月24日 吹上掛樋筋より 仮樋江水移	9月17日 吹上掛樋筋 仮樋→本樋	9月18日 御本丸掛樋筋より 仮樋江移替	10月12日 御本丸掛樋筋 仮樋→本樋	11月7日 仮樋江水移	12月12日 吹上掛樋筋 仮樋→新樋
四谷大木戸水門前歩下 (吐 枚)			1.9 明 (――)	壺盃 (3枚)	壺盃 (3枚)	壺盃 (3枚)	壺盃 (2枚)	壺盃 (2枚)
四谷御門外		御本丸掛高樹樋上	2.0	3.4	2.9	3.4	3.0	2.8
		吹上掛高樹樋上	1.9	3.5	3.2	3.2	3.0	4.6
半蔵御門外		御本丸掛石出樹樋上	1.1	2.35	2.3	2.3	2.7	1.05
		吹上掛石出樹樋上	1.5	2.75	2.7	2.7	1.8	2.35
代官町 土手上	御本丸掛	矢来樹水面迄差付	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
		式之樹水面迄差付	0.29	0.25	0.29	0.29	0.29	0.29
		吐樹打越	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	御鷹部屋掛	請樹打越	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
吐打越		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	
注 記			水元羽村出水に付、 定寸には相掛申間鋪 候事			越町拾三丁目元樹 明五寸、算笥町分 レ樹御本丸掛の方 明三寸、吹上掛の 方明六寸		

表-2 (2) 《史料43》の水理調査 単位：尺 (作成：神吉)

			5月24日 吹上掛樋筋より 仮樋江水移	6月26日 吹上掛樋筋 仮樋→本樋	6月27日 御本丸掛樋筋 より 仮樋江移替	8月8日 御本丸掛樋筋 仮樋→本樋
四谷大木戸水門前歩下 (吐 枚)			2.5 明 (—)	壺盃 (2枚)	壺盃 (3枚)	壺盃 (1枚)
四谷御門外		御本丸掛高掛樋上	2.6	2.8	2.9	3.0
		吹上掛高掛樋上	2.5	2.7	2.8	3.2
半蔵御門外		御本丸掛石出掛樋上	1.0	2.2	2.5(*)	2.5
		吹上掛石出掛樋上	0.6	2.6	2.8	2.45
代官町 土手上	御本丸掛	矢来掛水面迄差付	0.21	定寸	定寸	定寸
		式之掛水面迄差付	0.29	定寸	定寸	定寸
		吐掛打越	0.12	0.15	0.15	0.15
	御鷹部屋掛	諸掛打越	0.16	0.16	0.16	0.16
			吐打越	無之	0.05	0.05
注 記			水元羽村出水に付、 定寸には相掛申間鋪 候事		(*) 仮出掛の値	越町拾三丁目元掛 明五寸、算笥町分 レ掛御本丸掛の方 明三寸、吹上掛の 方明六寸