

辰巳用水の建設目的に関する逆サイフォン送水量から見た検討*

Purpose of the Tatsumi aqueduct examined through capacity of reverse-siphon

玉井 信行** 山田 朋彦***

By Nobuyuki TAMAI Tomohiko YAMADA

概要

辰巳用水は法船寺大火の翌年に建設され、その主目的は金沢城の防火にあるとされている。本研究では逆サイフォンの管路系を再現し、現在の水理学の知見から見た送水量を算定した。寛永期の木樋では毎秒4リットル、天保の改修後の石管では毎秒15リットルとなった。この水量では防火には不十分であり、手押しポンプの竜吐水が使われ出したのは1800年代であることから考えても、1632年の建設時には防火に使われたとは考えにくい。また、金沢城内への送水量は、辰巳用水取水量の1%（木樋時代）、2.5%（石管時代）であり、大部分の水は堀へ流入しているの、辰巳用水建設の主目的は防衛の強化であったと推測される。

1. はじめに

辰巳用水は金沢城から見て辰巳（南東）の方角にあるため辰巳用水と名づけられた。犀川の上流の雉を取水口とし、約10kmの距離を経て金沢城に導水されている。取水口付近は鉾山技術を応用して隧道を掘り、水を通し、金沢城においては逆サイフォン工法を利用した導水法により二の丸まで揚水されている。

この用水は藩主前田利常がたびたび起こる城内の火災に対し水利の不便さを痛感して、小松の住人板屋兵四郎を招いて1632（寛永9）年犀川上流の上辰巳村より水を取り入れ、金沢城内に導いた。

このように辰巳用水築造の名目は防火用水とされている。しかし、辰巳用水に関しての建設当時の文献は無く、用水に関連する文献として最も古く、よく引用されている『三壺聞書』でも用水完成から約70年経っており、不明な部分が多い。

そこで、辰巳用水から金沢城への導水量が防火用水としての機能を果たしていたかどうかについて検討し、辰巳用水を引いた本来の目的を考える。

辰巳用水からの城内への導水は、1632（寛永9）年に三の丸まで木樋で導水し、1634（寛永11）年には二の丸まで木樋で導水している。また、天保期以降の二の丸への導水には石管が用いられた。そこで、場所や標高、管の種類が時代により異なっているの、それぞれについて

ての導水量を算出することにより、辰巳用水が金沢城防火に果たした役割について検討した。

2. 1632（寛永9）年三の丸への導水量

金沢城内へは1632（寛永9）年に三の丸に揚水して、その2年後に二の丸に揚水されている。当初は土手の中に埋設せずに地上で実験し、確実に揚水ができることと漏水しないことを確かめてから埋設したと思われる。

管路は厚板4枚を舟釘で緊結した外形が24cmの寄せ木方式であり、通水断面は8cmの方形であった。長さは最も長い木樋で約1.8mあり、継手木は横置きされていた。

まず、三の丸へ揚水した当時の流路図は図-1に示す通りである。寛永期には兼六園は未だなく、取入口は奥村屋敷の北に当たり、石川門土手を経て、三の丸へ通じていた¹⁾。奥村屋敷北の方を基点として、石川門土手と三の丸の水平距離（x座標）、標高（y座標）をまとめたも

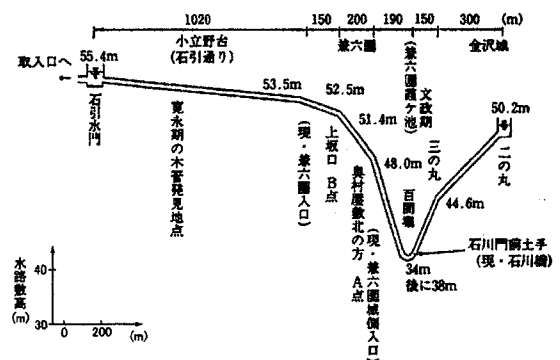


図-1 1632（寛永9）年辰巳用水完成当時の流路図¹⁾

*keywords: 辰巳用水, 逆サイフォン, 防火用水

**フェロー 工博 金沢大学大学院自然科学研究科教授
(〒920-1192 石川県金沢市角間町)

*** 金沢大学大学院自然科学研究科前期過程

のが表-1であり、表-1を用いて図化したものが図-2である。図-2に示されるように、管路は僅かに傾斜しているの、管の実際の長さは水平距離よりも僅かに長くなる。奥村屋敷と石川門土手の間は水平距離190mに対して管路長は190.5m、石川門土手から三の丸の間は水平距離150mに対して管路長は150.4mである。

木樋を流れる水量は、管路の流れに用いられる水理学の解析法を用いて、次のように算定される。

水頭差をHとすると

$$H = \left\{ f_o + f_e + f_{b_o} + f \left(\frac{l}{d} \right) \right\} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

最低部での圧力

$$\left(\frac{p}{\rho g} \right)_e = (z_f - z_e) + f \left(\frac{l_{ef}}{d} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right) \quad (2)$$

ここで、 v ：管内の平均流速、 f ：ダルシー・ワイズバッハの摩擦抵抗係数、 f_o ：入口の損失係数、 f_{b_o} ：管の屈折による損失係数、 f_e ：出口の損失係数である。 l ：点Dから点Fに至る管の全長であり、 l_{ef} ：点Eと点Fの間の管長である。今回の場合、 $f = 0.04$ 、 $f_o = 0.5$ 、 $f_e = \alpha = 1.1$ 、 $f_{b_o} = 0.012$ である。

直線ABが直線BCへ向きを変える角度は 8.3° （表-2参照）である。屈折による管の損失係数は屈折角が15度のとき0.022である。屈折角と損失係数の関係を図化してみると、屈折角度が 15° 以下の時は、損失係数と屈折角度は線形の関係で近似できると考えられる。このように考えて損失係数を選定した²⁾。

摩擦抵抗係数の選定は以下の考察による。従来の解析による平均流速により推定値を定める。 $v = 0.70 \text{ m/s}$ である。レイノルズ数を計算すると、

$$R_e = 5.6 \times 10^4 \quad (3)$$

一辺**b**の正方形断面では、動水半径**R**は $R = b/4$ である。直径**d**の円管での関係は $R = d/4$ である。したがって、動水半径を通してみると、円管直径と正方形の辺長とは等価な関係にある。等価粗度 k_s と管径**d**（正方形辺長）との比は

$$\frac{k_s}{d} = 0.012 \quad (4)$$

となる。

この木管の代表的等価粗度は $k_s = 0.018 \sim 0.092 \text{ (cm)}$ である²⁾。このレイノルズ数と相当粗度の値に対する摩擦抵抗係数を、ムーディ図によって読み取ると、0.041となる。この推定値により計算を行い、速度が算出された後に確認を行う。

$$v = 0.6147 = 0.61 \text{ m/s} \quad (5)$$

得られた新しい平均流速に対してレイノルズ数を計算すると $R_e = 4.9 \times 10^4$ ある。ムーディ図表によれば、新しいレイノルズ数と相当粗度に対する摩擦抵抗係数の値は0.041としてよく、さらに計算を繰り返す必要はない。

よって、奥村屋敷地点から三の丸への送水量は

$$Q = Av = 3.90 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3.90 \text{ l/s} \quad (6)$$

である。

また、石川門土手（点E）において掛かる水圧の強さ

表-1 1632（寛永9）年完成直後の辰巳用水から城中への給水経路のまとめ¹⁾

場所	距離（x座標、m）	標高（y座標、m）
奥村屋敷北の方	0	48
石川門土手	190	34
三の丸	340	44.6

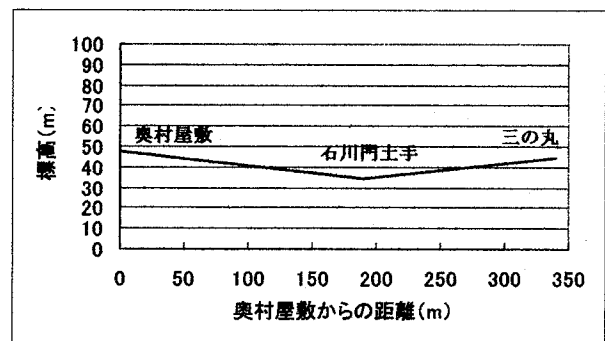


図-2 奥村屋敷（現兼六園城側入口）から三の丸に至る配管路の概要

表-2 石引水門から二の丸に至る主要地点の位置と管路の屈折角度

場所（本論文での記号）	距離（x座標、m）	標高（y座標、m）	区間距離（m）	x軸との交角（ラジアン）	屈折角度（度）
石引水門(A)	0	55.4			
現兼六園小立野口(B)	1020	53.5	1020	-0.00186	0.3
上坂口(C)	1170	52.5	150	-0.00667	0.9
奥村屋敷北の方(D)	1370	48	200	-0.02250	2.9
石川門土手(E)	1560	34	190	-0.07355	8.3
三の丸(F)	1710	44.6	150	0.07055	3.0
二の丸(G)	2010	50.2	300	0.01866	

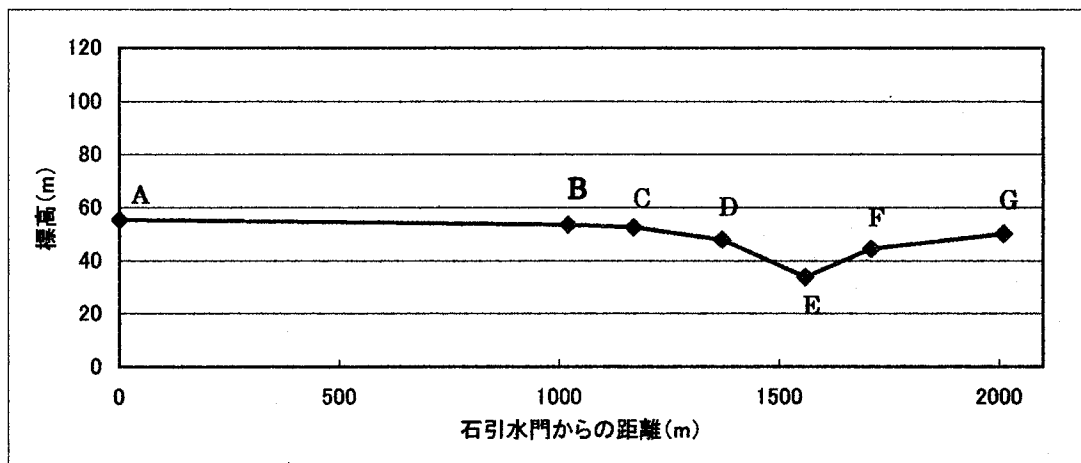


図-3 石引水門から現兼六園を経て二の丸に至る配管路の概要

は、式(2)を適用し、

$$\left(\frac{p}{\rho g} \right)_e = 12.09 \text{ m} \quad (7)$$

と計算される。

3. 1634 (寛永 11) 年二の丸への導水量

次に、2年後の1634 (寛永 11) 年に二の丸まで導水した時については、木樋の形状は変わらないが、標高の高い二の丸まで揚水するため上流側も標高の高い石引水門まで管路を延長した¹⁾。石引水門をx座標の基点とした各場所の水平位置と標高を表-2に示す。主要地点を結ぶ管路と水平軸がなす角度は、管路の勾配から正接の値が計算できるので、逆正接を求めることにより計算することができる。隣接する区間における管路の角度変化から屈折角度を知ることができ、その結果も表-2に示す。奥村屋敷地点における約3°、石川門地点における約8°、三の丸地点における約3°の屈折が損失を発生させると考え、その他の地点は近似的に直線と考える。表-2を図化したものが図-3である。

城内へ送水された流量は式(1)を用いて計算を行うが、条件や係数値は以下の通りである。取入口は石引水門で標高は55.4m、終点は二の丸で水平距離2010m、標高50.2mである。全エネルギー水頭差は5.2mである。管路は緩やかな勾配を持っているが、勾配が一番大きな点Dと点Fの区間340mにおいても水平距離と管路に沿って測った長さとの差は1m以下であった。その他の部分の勾配は非常に小さいので、水平距離と管路長には差がないとみなしてよい。今回は全長が2010mと長いので、1m程度の差は無視できると考えられるので、式(1)において $l=2010$ とする。

管路の屈折角度は表-2に示されている。この屈折による損失係数は、点Dにおいて0.0043、点Eにおいて0.012、点Fにおいて0.0044である。点Bと点Cにおいては屈折角が1°以下であり、直線とみなした。これら

3箇所における管の屈折による損失係数の和は0.0207となる²⁾。その他の条件は第2章と同様である。

$$v = 0.314 \text{ m/s} \quad (8)$$

この流速に対するレイノルズ数は $R_e = 2.51 \times 10^4$ となる。該当する R_e と相当粗度に対する摩擦抵抗係数をムーディ図で選ぶと、0.042が適当であると思われる。流れの状態に適した新しい係数値を用いて、計算をやり直す。

$$v = 0.311 \text{ m/s} \quad (9)$$

式(9)で得られた流速に対してレイノルズ数を計算すると $R_e = 249 \times 10^4$ である。したがって、実際に出現する流れに対する摩擦抵抗係数の値は、仮定したものと極めて近くなり、計算をこれ以上繰り返す必要はない。

よって、石引水門から二の丸に至る管路系によって城内に送水される水量は

$$Q = Av = 1.99 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 1.99 \text{ l/s} \quad (10)$$

また、石川門土手(点E)において掛かる水圧の強さは、式(2)の関係を新しい出口である二の丸との間に適用すると、

$$\left(\frac{p}{\rho g} \right)_e = 17.37 \text{ m} \quad (11)$$

を得る。

また、石川門土手の標高が後に38mに変更されたとの記述もある¹⁾。式(11)によると、石川門土手の標高が34mであると、この点においては水頭で17mという高い圧力が掛かることになる。こうした高い圧力に耐えて水が漏れないような継手構造を木材で作ることは大変難しかったのではないかと想像できる。そこで、1634 (寛永 11) 年時点では、石川門土手の標高が38mに変更されていたという前提での計算を試みる。

この時、水平方向位置は表-2における結果と変化しないが、点Eの標高が変化するので、関連する管路の勾配が変化し、屈折損失係数の値は変化する。

屈折損失係数は点Dで0.00278、点Eで0.00807、点Fで0.00205であり、点Bと点Cでは直線と近似した。その他の条件は同じであるので、式(9)を基準として計算を

し直すと次のようになる。

$$v = 0.311 \text{ m/s} \quad (12)$$

得られた流速は式(9)と変わらないので、摩擦抵抗係数に関する考察も同一の結果となる。

したがって、二の丸への導水量も式(10)の結果と同じで、 $Q=1.99 \text{ l/s}$ である。この結果を第2章の三の丸への導水の結果と比較してみると、導水量は減少していることがわかる。取入口を石引水門として、水頭差を増加させてはいるが、管路が長くなり、摩擦損失水頭が大きくなって、城内へ導水する水量を増やす事は出来なかったことになる。

また、石川門土手(点E)において掛かる水圧の強さは、式(11)と同様に考えて、

$$\left(\frac{p}{\rho g}\right)_E = 13.37 \text{ m} \quad (13)$$

を得る。

4. 天保の改修後の流量

加賀藩第13代藩主前田斎泰(ナリヤス)は、参勤交代の途中に富山にある竜の口用水の石管を用いた逆サイフォンを視察している。竜の口用水は、十二貫野用水の第一分水路であり、黒部市南方の前沢方面の高地を灌漑しており、1841(天保12)年4月に完成している。前田斎泰は1842(天保13)年江戸からの帰途にこれを巡覧し、辰巳用水の逆サイフォンも木樋を石管に替えようと考えたといわれている³⁾。このようにして辰巳用水の管路は、1843(天保14)年以降順次石管に取替えられていった。

石管には富山県庄川上流の金屋町の石、金屋石が使用された。運搬ルートは、主に千保川、庄川、小矢部の長舟持ちによって川舟で戸出まで下し、そこから伏木へ運び、外海船によって能登半島を回り、宮腰浦(金石港)に運ぶというルートであった。石管の大きさは竜の口用水の石管より一回り小さく、内径は18cm、外径は40cm角に統一されている。この石管の敷設に伴って兼六園の整備も行われており、霞ヶ池をはじめとする曲水が流れるようになり、取入口も石引水門から霞ヶ池畔に移設された。兼六園全史に記載されている石管の取替えられた後の位置関係を図-4に示す。兼六園霞ヶ池の取入口は、兼六園整備前の奥村屋敷北の方と同一の地点と考えられている。

この資料をもとに、取入口から終点の二の丸に至る主要地点の水平距離、標高、管路方向の角度変化を取りまとめたものが表-3である。

石管が導入されてからの流量の計算は以下のように行う。管の屈折による屈折損失係数は点Eにおいて0.00733であり、三の丸から二の丸に至る屈折角度は一度以下なので、損失は無視する。

摩擦抵抗係数を選定するには、まず、石管の等価粗度 k_s を知る必要がある。参考になる資料としては、コンクリート管の k_s は0.030~0.30cm、リベット継の鋼の k_s は0.091~0.91cmという値がある²⁾。また、金沢大学工学部秀峯会館脇の掘り出された石管の視認によれば、突起の広がり約2cm、突起の高さは0.5cm程度である。したがって、石管の等価粗度 k_s を0.5cmとする。したがって、石管の相当粗度は

$$k_s/d = 0.0278 \quad (14)$$

となる。木樋に比べて断面が大きく、流速は大きくなりレイノルズ数は 10^5 に達すると予測される。この相当粗度、レイノルズ数の値に対して、ムーディ図から摩擦抵抗係数を読み取り、 $f=0.054$ を選定した。

霞が池水面と二の丸吐出し口との水頭差は3.4mであり、流速は次のように計算される。

$$v = 0.587 \text{ m/s} \quad (15)$$

得られた流速に対して、摩擦抵抗係数の選択が適切であったか否かを確認する。得られた流速に対するレイノルズ数は $R_e = 1.05 \times 10^5$ である。レイノルズ数が 10^5 を超える領域では、 k_s/d が0.028と大きいと、摩擦抵抗係数はほぼ

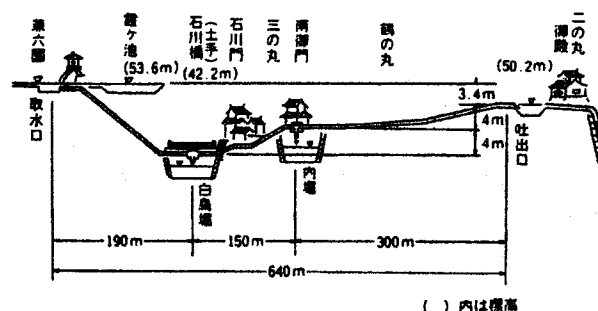


図-4 石管に取替えられた後の送水管配置標高図³⁾

表-3 石管に取替えられた天保期以降の兼六園から二の丸に至る主要地点の位置と管路の屈折角度

場所(本論文での記号)	距離 (x座標, m)	標高 (y座標, m)	区間 距離 (m)	x軸との交角 (ラジアン)	屈折角度 (度)
兼六園霞ヶ池(D)	0	53.6			
石川門土手(E)	190	42.2	190	-0.059928	5
三の丸(F)	340	46.2	150	0.0266603	0.8
二の丸(G)	640	50.2	300	0.0133325	

一定となる。したがって、摩擦抵抗係数の値は最初の予測と変化しないことが確認できた。

したがって、二の丸への送水量は

$$Q = Av = 0.0149 \text{ m}^3/\text{s} = 14.9 \text{ l/sec} \quad (16)$$

となる。

最低点石川門土手地点における圧力水頭は、

$$\left(\frac{p}{\rho g} \right) = 10.37 \text{ m} \quad (17)$$

となる。

5. 考察

(1) 防火用水としての検討

逆サイフォンを通して金沢城内への程度の水量が送られていたかを算定してきた。第2章から第4章までの結果を取りまとめて示すと、表-4となる。これを見ると、寛永期の木樋を用いた時代の送水量は小さなものであったことが分かる。辰巳用水完成当初の送水量は3.90 l/secであり、この量であると通常のバケツを満たすのに2.5秒程度の時間を要する。辰巳用水は法船寺大火を機に城の防火用水として整備されたと言われている⁴⁾が、水量から判断すると防火用水としては役に立たなかったと考えられる。特に標高が高い二の丸への送水は大変であったと考えられ、1.99 l/secという水量しか送ることができなかった。寛永期の管路の配置から考えると、どの配置を取っても最低地点の石川門土手では圧力水頭が12m以上に達している。木樋は板を組み合わせて製作するので、こうした一気圧以上の水圧に耐える構造と水漏れを防ぐ算段が難しかったと考えられる。

石管に取替えられた天保以降は、二の丸への送水量はそれまでの約7倍となり14.9 l/secとなった。防火用水としての役割はどの程度であったのかを検討するため、手押しポンプ（竜吐水）が使えるとして簡単な算定を試みる。直径3cmの円管の先から噴出させると考える。消火のためには少なくとも二方向から水脈を掛ける必要があると思われるので、二本のホースからの噴出を考える。ホース出口の円管断面積は石管の1/36である。これが2本あるから、ホース出口の断面積は石管の1/18であり、噴出速度は石管内の流速の18倍で $v_0 = 10.56 \text{ m/s}$ となる。

この噴出速度を持つ水脈の速度水頭は $v_0^2/2g = 5.7 \text{ m}$ とな

り、2階の屋根程度までは届く水脈となる。したがって、手押しポンプ2台相当の水量とはなるが、大規模な火災

に対しては不十分である。また、竜吐水について『江戸三火消図鑑』⁶⁾では、放水能力は貧弱で、なおかつ連続して放水することが出来ず、消火能力はゼロに近い。主な使用法は、火事現場の最前線の屋根に消し口を取った纏持ちに向かったの援護注水であったとある。

ここまでは木樋や石管一本による送水量を考えてきた。こうした管路が何本もあれば送水量はそれだけ増加する。この点はどういう状態であったのか、という疑問も当然である。石管については『加賀辰巳用水』⁴⁾に記述がある。写真-1と写真-2は現在の兼六園で筆者が撮影した写真である。写真-2の二条の石管が霞ヶ池の取入口から城内へ繋がる最上流の部分である。「その一条は城中への逆サイフォン管であり、他の一条は白鳥堀・百間堀および園北境の水路に落とし、瓢池からの水をあわせて、



写真-1 兼六園虹橋付近の説明版
(撮影：玉井信行，2005. 4. 9)

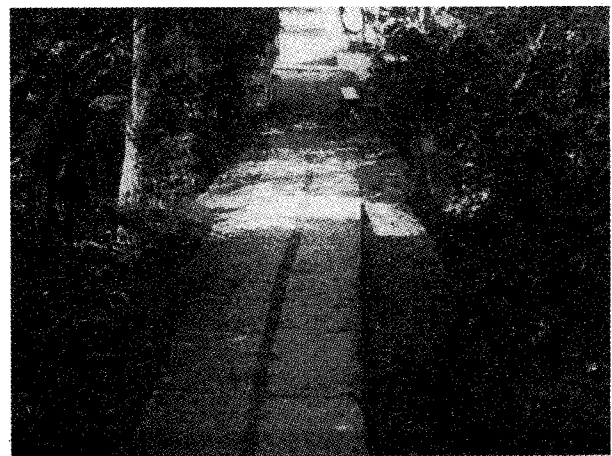


写真-2 兼六園内虹橋付近の二条の石管
(撮影：玉井信行，2005. 4. 9)

表-4 逆サイフォンによる金沢城三の丸、二の丸への送水

年次	区間	石川門土手標高	送水量	石川門土手圧力水頭
1632(寛永9)年	奥村屋敷，三の丸	34m	3.90 l/m	12.1m
1634(寛永11)年(1)	石引水門，二の丸	34m	1.99 l/m	17.4m
1634(寛永11)年(2)	石引水門，二の丸	38m	1.99 l/m	13.4m
天保改修後(1843)	霞ヶ池，二の丸	42.2m	14.9 l/m	10.4m

表-5 城内での生活用水としての評価（100l/日/人の使用量とする）

	リットル/秒	立方メートル/日	使用できる人数
寛永期三の丸	3.9	337.0	3,370
寛永期二の丸	1.99	171.9	1,720
天保期二の丸	14.9	1287.4	12,870

いもり堀と町中の水路へ流す、水圧を必要としないものに使われたのであろう」⁴⁾とある。

木樋の場合も表-4に示すように幾つかの経路が報告されているが、これは高い水圧に耐えることが難しく、段々と標高が異なる経路を選んだもので、同時期の複数の木樋が設置されていた記述はないので、本論文で取り扱った量が城中への送水量と考えてよいであろう。

前段では、防火用水としての評価を考えた。次に、生活用水としての評価を考えてみよう。現代の日本では一人一日当たり水使用量は300~350l/日/人である。明治や江戸期での記録はないが、100l/日/人として算定を試みる。送水量を一日単位の量に直したものが表-5である。

城内の建物は公的な行事や藩の運営のための会議、事務が執り行われる場所であり、住居として用いられた場所ではない。いわば、昼間の官庁街である。常時何人の侍が城内に詰めて事務をとっていたかは記録にも見られず、不詳である（金沢市立玉川図書館近世資料館長 宇佐美孝氏との会話による）。しかしながら、生活用水としてみると表-5の値はかなりの量であり、生活用水を井戸のみで賄う体系と比較すると、辰巳用水による城内への給水は革新的な技術であったと考えられる。

(2) 辰巳用水取水量について

前節では城中への送水量を考えた。ここでは辰巳用水の取水量を考え、城中への送水の比率を考えることにする。辰巳用水の取り入れ口は創建当時、雉に設けられた。河床の低下などで取水が難しくなると、1837（天保8）年に約130m上流の古川口に移された。1855（安政2）年にはさらに約500m上流まで延長し、取水の容易な東岩に移された。

佐藤⁶⁾は新しく安政年間に工事が行なわれた区間と創建時の古いトンネル区間を対象として、辰巳用水を流れた代表的な流量を求めた。安政2年に工事が行なわれ上流へ延伸された約500mの区間では、トンネル内の平均流速は0.596m/s、平均通水断面積は1.056m²であり、平均勾配1/222、平均断面高2.6m、平均水深0.64m、平均断面幅1.65mというトンネルの概形が求められた。代表流量は0.629m³/sとなる。

寛永期当時のトンネルは雉の取水口付近から吉坂下の天保改修地点までの区間で、なおかつ明治での水深が確認できる区間で流量の変動について調べてみる。平均流速0.3315m/s、平均通水断面積は2.006m²となり、平均断面高2.045m、平均断面幅1.7m、平均勾配1/2900というトンネル内の概形が求められた。これにより、代表流量

0.665m³/sとなる。これらの時期の平均流量は0.65m³/sである。

現代の辰巳用水、辰巳用水の年間計画取水量をみると、代掻き期の最大で0.69m³/s、灌漑期0.51m³/s、冬期は0.30~0.40m³/sである⁴⁾。

辰巳用水への流入量は犀川の水位が高いと増大するが、過大な流量が下流へ流れないように工事の横穴が機能すること、排水門が設けられていることなどを考えると、上述のように0.5m³/sから0.7m³/s程度が城に向かって流れていたと推測される。代表値として0.6m³/sを考えると、これは600l/secである。この数値を表-5に示されている逆サイフォンによる城中への送水量と比べてみると、城中への送水量は寛永の時代には取水量の1%にも満たない。石管に取替えられた後においても、城中への水は取水量の2.5%に過ぎない。このような数字を並べてみると、辰巳用水建設の主目的が金沢城内への導水とは思えないのである。すなわち、大部分の水は堀へ流れ込んでいたのであり、城の防衛の強化という目的がかなり大きかったと推測できる。

辰巳用水の完成を機に、堀に水が満たされた記述は幾つか見られる。例えば、『兼六園全史』³⁾の辰巳用水年表には、「利常の命により板屋兵四郎、雉より取水し、金沢城まで辰巳用水を引水、内外の空壕、水堀となる（『金城深秘録』）」とある。また、『加賀辰巳用水』⁴⁾には、『三州志』の記述「其の比は蓮池は空壕也と云う。有沢武貞言う。辰巳用水出来してより水かゝるなりと。」が挙げられている。

(3) 城内への管路に関する資料について

辰巳用水に関しては建設当時の文書がなく、不明な部分が多い。地元の文献としてよく引用される三書の中で『三壺聞書』が一番古いが、それでも用水完成から約70年後の宝永年間（1704~1710）の書物である。

今回、主として分析を進めた逆サイフォンの送水量に関しても、管路が敷設された土地の標高が異なると結果が異なる。土地の標高のまとめが喜内⁷⁾によって行われており、それを引用すると表-6となる。表-6における(A)は『兼六園全史』、(B)は『金沢城中地面高低附』、(C)は昭和43年の実測値の一部である⁷⁾。今回の考察は(A)の『兼六園全史』を中心に行った。(B)、(C)の資料においては水頭差が『兼六園全史』より小さくなっており、こうした条件で計算すると今回のものより送水量が小さくなる。したがって、防火用水には不十分であったという結論、及び、大半の水は堀に流入したという結論が変わることはない。

表一6 兼六園、石川橋、三の丸、二の丸の高低関係（喜内敏「辰巳用水考」（1978）の原表に修正・加筆）

区分	兼六園 (霞ヶ池)		石川橋 (土手)		三の丸 (南御門)		二の丸 (御殿)	霞ヶ池と二の 丸との水頭差	備考
距離		190m		150m		300m			
標高	53.6m		42.2m		46.2m		50.2m	3.4m	(A)
	〔竹沢屋敷堀〕 脇辺地面		〔蓮池門前堀上〕 番所辺地面		〔三の丸〕 番所地面		〔馬出二枚〕 開地面	2.7m	(B)
	53.6m		38.7m		45.5m		50.9m		
	〔霞ヶ池水路〕 出口表面		〔兼六園側〕 石川橋地表		〔教育学部前〕 地表		〔法文学部側〕 〔極楽橋付近地表〕	1.3m	(C)
	53.6m		41.2m		46.5m		52.3m		

6. まとめ

辰巳用水完成後にも金沢城大火により焼失（宝暦 9, 1759）、二の丸全焼（文化 5, 1804）のように大火が起こって城の一部を焼失している。つまり辰巳用水の防火用水としての機能はあまり良いとは言えないのである。

また、1632（寛永 9）年完成時に内外惣構堀と百間堀に水を満たすとなると、取水口からの流量は文献より約 $0.6\text{m}^3/\text{s}$ とされており、建設当初、灌漑用水としてはほとんど利用されてないことから、ほとんどが堀に水を蓄え、常に堀が水で満たされるためだけに辰巳用水を引いたと予想され、城内の生活用水と合わせて、殿様用水と言うにふさわしい用水という結論に辿りつく。

参考文献

- 1) 青木治夫：『辰巳用水に見る近世初期の先端技術』，金沢大学平成12年度博士論文，p. 130, 2001
- 2) 玉井信行・有田正光編：『水理学』，オーム社，pp. 102-109, 1997
- 3) 兼六園全史編纂委員会：『兼六園全史』，pp. 151-162, 1976. 12
- 4) 高堀勝喜編：『加賀辰巳用水－辰巳ダム関係文化財等調査報告書－』，辰巳ダム関係文化財等調査団，p. 539, 1983. 3. 31
- 5) 東京連合防火協会編：『江戸三火消図鑑』，岩崎美術社，pp. 199-200, 1988
- 6) 佐藤健：江戸時代における流量の認識水準に関する研究～辰巳用水を通して～，平成14年度金沢大学土木建設工学科卒業論文，p. 35, 2003. 3
- 7) 喜内敏：辰巳用水考，土木学会誌，pp. 53-59, 1978 年 2 月号。