

琵琶湖疏水を歩く（京都市内）

岩 本 太 郎
Taro IWAMOTO

理工学部機械システム工学科 教授
Professor, Department of Mechanical and Systems Engineering



1. はじめに

琵琶湖疏水に対する興味は尽きることが無く、京都市内の終端まで確認したくなった。疎水の水は蹴上の船溜まりを通った後、二つに分かれて京都市内を流れていく。その流れを追った。一つは南禅寺の水路閣を通った水がトンネルを抜けて哲学の道に沿って流れ、銀閣寺への道路から高野川へ向かう疏水分線、もう一つはインクライン下の南禅寺船溜まりから岡崎公園の脇を抜け、夷川発電所を経て高野川と鴨川に沿って南下し、墨染発電所を経て伏見堀詰

の濠川に至る鴨川運河である。

2. 疏水をたどる道

2.1 疏水分線ルート

哲学の道に沿った疏水分流のルートを図1に示す。

南禅寺水路閣を通った疏水分線（分流）はトンネルを通り、図2の若王子取水池に出る。そのあと図3の若王子橋の下をくぐって哲学の道に沿って流れていく。ここに図4に示す哲学の道の石碑がある。

ちなみに、若王子神社の脇から山を登ると20分で図5に示す同志社大学の創立者である新島謙・八重の墓を見ることができる。

哲学の道に沿って疎水は流れていく。図6のよう

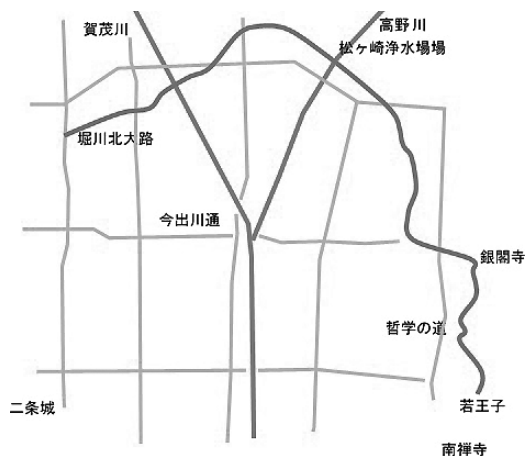


図1 疏水分線ルート



図2 疏水分線トンネル出口



図3 若王子橋



図6 哲学の道



図4 哲学の道の石碑



図7 銀閣寺への橋



図5 新島義・八重の墓



図8 白川

に疎水は良く整備されており、気持ちよく散策ができる。図7に示す銀閣寺への橋に至り、哲学の道は終わりになる。

このあと、白川疎水通となり、疏水分流は西に曲がった後北上し、高野川に向かう。途中、白川と交差するが、図8に示すように白川の水位の方が低く疏水分流が遮断されているように見えるのに疎水が流れているのでとても不思議に思った。

これは図9に示すように白川の下をくぐるU字型の水路があり、(逆)サイホンの原理で水流がながっているものと思われる。単純な原理であるが、当時の技術でこれを計画したのはすごいと思った。図10はこのサイホンへの入り口である。

この後、高野川にぶつかるが、これを地下水路で超えて、さらに賀茂川も越えて疏水分流は続き、堀川に合流していると思われる。これもサイホンと同

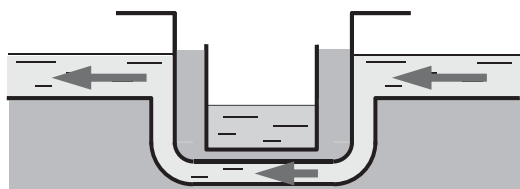


図 9 サイホン水路



図 10 サイホン水路入口



図 11 高野川手前のトンネル入口



図 12 交差点における高野川

じ原理を用いていると考えられる。

図 11 は高野川手前のトンネル入り口である。図



図 13 地下水路出口



図 14 地下水路入口



図 15 地下水路出口

12 は疏水分流が渡っている高野川の様子であるが、水路は地下を通っていて地上には景観を害する地上設備の水路がないことがわかる。

図 13 は高野川を越えて再び疎水分流が現れるトンネル出口である。松ヶ崎桜木町から下鴨西梅ノ木町までは開渠（かいきょ：覆いのない水路）として進み、水は再び図 14 に示すトンネルに吸い込まれる。賀茂川を超えて地下水路の出口は図 15 に示す



図 16 サイホン入口



図 19 堀川



図 17 堀川今出川交差点付近の最終地点



図 20 二条城の石垣



図 18 堀川への流出点



図 21 京都電気鉄道堀川線の橋脚跡

ように高い位置に出て、滝のように水路に落ちる。その後、紫明通の中央を開渠と暗渠（あんきょ：トンネル）でつなぎ、堀川今出川交差点まで続く。この間は横切る道路をすべてサイホンでクリアしている。

図 16 はサイホン入り口で、道路を挟んで同じような構造のサイホン出口がある。図 17 は堀川通り中央分離帯にある疎水終端部の吸い込み口である。

この後、疎水分流の水は堀川に合流していると思われる。図 18 は堀川今出川交差点の近くであり、堀川通り脇の堀川への流出点である。堀川は堀川通に沿って二条城まで開渠で続いている。この堀川は道路から一段下がっていて、図 19 に示すように非常に良く整備されており、市民の憩いの場となっている。図 20 は二条城の石垣であり、図 21 では京都電気鉄道堀川線の煉瓦造りの橋脚跡が石垣に埋め込

まれているのも見る事ができる。

2.2 メインルート

蹴上発電所から夷川発電所を経て南下する本流のルートを図 22 に示す。

2.2.1 夷川発電所

蹴上発電所を通った疎水は南禅寺船溜から国立近代美術館の角を曲がり、平安神宮の脇から西に曲がり冷泉通に沿って流れる。ここに夷川船溜りがあり、その昔水位を調整して船を上流側に移動できるようにする閘門（こうもん：船運のための水門）があったところが図 23 に示す夷川発電所になっている。貯水池の対岸には琵琶湖疏水計画を推進した第 3 代京都府知事の北垣國道の銅像がある。図 24 はその説明板であり、その背景に銅像が見える。夷川



図 22 琵琶湖疏水主ルート



図 23 夷川発電所



図 24 北垣国道の銘板と像

発電所は第 2 疎水の建設に伴い作られ、現在は関西電力の発電所として 300 kW の電力を送電している。

2.2.2 鴨川運河

夷川発電所を過ぎると、冷泉通に沿って高野川の水門に至る。ここから高野川に放水もできるが、ほとんどの水は高野川に沿って鴨川運河を南下する。図 25 は鴨川運河の始点である。このあと、三条通で運河は地下に潜る。図 26 に地下水路への入り口を示す。

水流の速度を測ってみた。水面の木の葉を追ったところ、速歩きより若干早かったので、時速 6 km 程度と思われる。この速さだと、船が上流側に上るのは困難である。第二疎水ができたころはもう舟運は行われていなかったかもしれない。

元の鴨川運河は現在のところではなく開渠になっていて 8 つの閘門を備えていた。鴨川や高野川には数百 m ごとに堰があり、この辺りは南に向かって



図 25 鴨川運河始点



図 28 三栖閘門



図 26 鴨川地下運河入口



図 29 伏見港跡



図 27 墨染発電所

傾斜している地形なので、船が下流から上流に上っていくために多くの閘門を設け、それに対処したと考えられる。

鴨川に沿って流れる疏水は三条通りから七条通りまで地下にもぐり、塩小路橋から開渠になって南下し、JR 奈良線の稲荷駅のそばを通り、図 27 の墨染発電所に至る。このあと、疏水は堀詰町で濠川になり、さらに南下し最終的には宇治川に流出する。こ

こには図 28 に示す巨大な三栖閘門がある。この少し上流には昔、図 29 に示す伏見港（現在は公園）があって当時は船運が盛んで、濠川と宇治川の水位差を調整するために三栖閘門がつくられた。しかし、その後物流の主流は陸送に移り、伏見港は廃止されてしまったので、三栖閘門もその役割を終えた。

3. 水力発電所

3.1 水車技術の歴史

水力発電は古典的な水車から近代的なタービンへの変化とともに発達してきた。1568 年ベッソンは水流を斜めの羽根に当てることで回転力を得る桶形水車を作った。また、ブルダン（仏）は車輪に取り付けた羽根に水流を当てることで回転力を得る水車を作り、これをタービンと呼んだ。

(1) フールネイロンの反動型タービン

1832 年にフールネイロン（仏）は反動型タービ

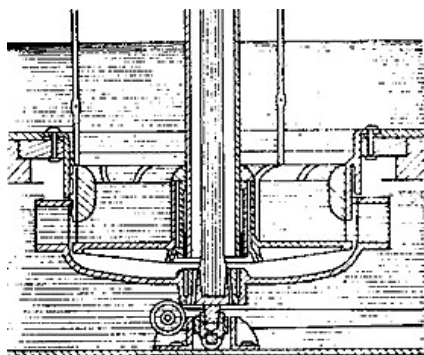


図 30 フールネイロンの反動型タービン水車

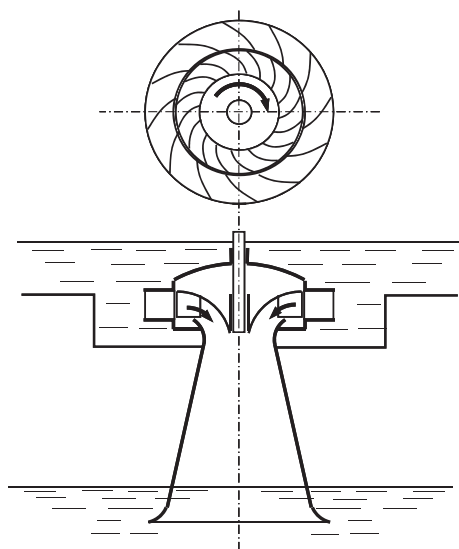


図 31 フランシス・タービン水車

ンを作った。図 30 に示すように、縦軸周りに設置された二重羽根車のうち内部の羽根は固定して水流を回転方向に導く。この水流を外側の羽根が受け軸が回転する。この水車は 1.5 m 程度の落差で効率よく動いた。

(2) フランシス・タービン

1849 年フランシス（米）は図 31 に示すように固定羽根を外に、回転羽根を内側において、外から中

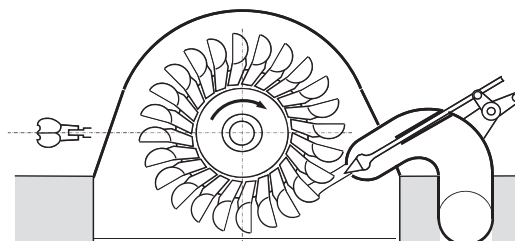


図 32 ペルトン・タービン水車

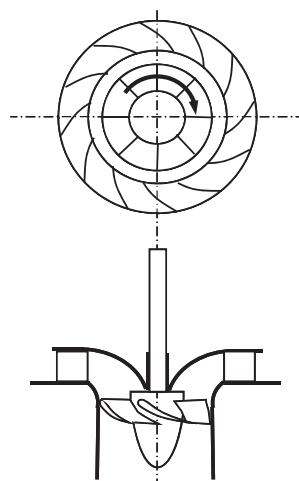


図 33 カプラン・タービン水車

心に向けて水を流す反動型タービンを開発した。このフランシス・タービンは大変性能がよく、立地条件に合わせて設計しやすく、日本の水力発電所の大部分はこの形式となった。

(3) ペルトン・タービン

1870 年ペルトン（米）は図 32 に示す衝動型タービンを作った。高速水流を羽根に半径方向に当て、水の衝動で水車を回すもので、高落差で小水量の水源に適している。

(4) カプラン・タービン

1920 年カプラン（豪）は図 33 に示すプロペラ型のタービンを作った。プロペラ翼は角度を変えることができ、いつも最高の効率になるよう制御できることが特徴である。

3.2 日本の水車導入の歴史

1873年にタービン水車が輸入され京都の梅津製糸所に設置された。西洋でも各種のタービン水車が開発されている最中であり、当時の最新技術である。

当時日本は西洋に追いつくため多くの技術導入を行っており、紡績・織布はその中心となる産業であった。愛知紡績所を模範として、1885年までに全国で13の紡績工場が建設された。このとき紡績機械はすべて輸入品であったが、タービン水車はすべて国産だった。農商務省技師の石川正龍は水車動力を推進し、外国人技師を排し、自らフルネイロン水車の設計を行った。1880年、愛知紡績所のフルネイロン水車を横須賀造船所でたった半年で作らせ、これが全国初のタービン水車になった。石川はこのタービン水車を西洋の技術の単なるコピーでなく、水流を下から上に逆に流すという大きな改革を行った。これは水車の自重による軸受けの負担を軽減するねらいがあったのである。その後、同様の吹上式タービン水車が各紡績所に設置された。

3.3 琵琶湖疏水の発電所

前述したように、琵琶湖疏水には蹴上げ発電所、夷川発電所、墨染発電所がある。これらは現在も現役で発電を行っている。蹴上発電所は第一疎水に伴い建設され、夷川発電所と墨染発電所は第二疎水に伴い建設された。山奥でなく都市の中に複数の発電所があるのは珍しいのではないだろうか。

琵琶湖疏水の工事を監督していた田辺朔郎はアメリカで水力発電所を視察し、電力供給の重要性を認識し、蹴上発電所を建設して1891年運転を開始した。その後、電力需要の高まりを受け、流量を増やすため第二疎水が計画され、1912年に完成した。第二疎水の水は蹴上船溜で合流し、取水量は毎秒23.65 m³になった。その後、この水を利用する夷川発電所と伏見（墨染）発電所がつくられた。

(1) 蹴上発電所 (4,500 kW)

第1疎水完成の翌年、1891年11月送電開始した

日本最初の水力発電所である。高水位差に適したペルトン水車2台を備え、80 kWのエジソン式直流発電機2基を備えていた。その後1897年5月に竣工した第1期工事でペルトン水車20台、直流発電機7台、交流発電機12台に増強され、1912年2月竣工の第2期工事で横軸フランシス水車5台、交流発電機5台、1936年竣工の第3期工事で縦軸フランシス水車2台（国産）、交流発電機2台（国産）を備えることになった。

(2) 夷川発電所 (300 kW)

1912年着工し、1914年竣工した。水車には低水位差大流量に適した横軸フランシス型四重タービン（英国ボービング社）、三相交流回転磁界型発電機（米国ウェスティング電気会社）を備えた。その後1992～1993年に取替工事を行い、現在はS形チューブラ水車（国産）と同期発電機（国産）を備える。

(3) 墨染発電所 (2,200 kW)

1912年5月に着工し、1914年5月に運用を開始、1954年8月出力増強工事を行った。最大使用水量20.00 m³/s、有効落差14.31 mである。立軸カプラン水車を備え、立軸三相交流誘導発電機（明電舎）を備え、世界初の磁気軸受を使用したとの記録がある。

4. 閘門

閘門は二つの水門で区切られた水路に船を入れ、水位を調整することにより水位差のある水路に船を通す設備である。

イタリア、ミラノ市は1167年に町を再建したとき、安全のため堀で周囲を囲った。数十年後にはチシノ川から市のすぐ外側まで灌漑水路を作った。これは後に河幅を60 mに広げ大運河になったが、全長48.3 kmで33.5 mの水位差があり、数多くの流し堰を備えなければならなかった。

ミラノ大聖堂の工事が始まったとき大運河は堀に接続され、建築資材を積んだ台船が建築場所に横付けできるようになったが、堀の水位が運河の水位よ

り1mあまり高かったため、水が運河に流れ込み、堀の水が浅くなって台船が進めない。このため、運河と堀の境にある水門を閉めて、水位が上がるのを長時間待たなければならなかった。1438年に先ほどの水門の隣に第二の水門を作ることでこの問題を解決した。これがヨーロッパで最初の二重閘門である。技術担当者はモデナのフィリッポとボログナのフィオラバンテである。閘門はこの後、パナマ運河や多くの運河に適用されている。

閘門の原理を図34に示す。水位の異なる水路に二重水門を設ける。船は中間領域の水位が入口側の水位と等しくなったら水門を開けて水門の中間領域に入り水門を閉じる。この後、出口側の水門の窓を開けしばらくすると、中間領域の水位は出口側の水位に一致するので、水門を開けて船は出ていく。この方法では船は水位の異なる領域をどちらからも行

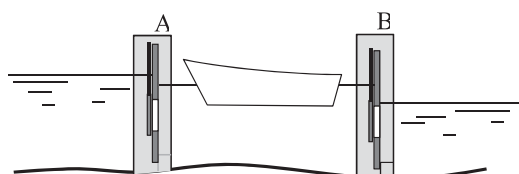


図34 閘門の原理

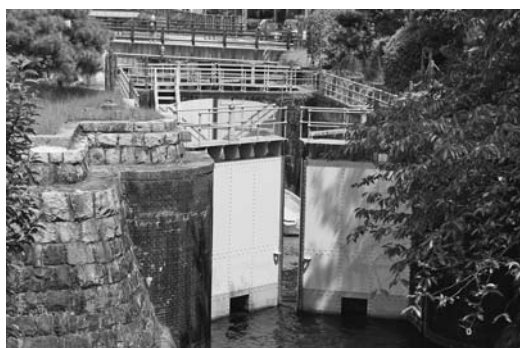


図35 大津閘門

き来することができる。

琵琶湖疎水には多くの閘門がある。大津の第1トンネルの前に図35に示す大津閘門がある。二重の扉があり、扉に小窓があるのがわかる。閘門を閉めたときの水流を逃すため、この部分の水路は二重になっている。

蹴上げ発電所を過ぎて、夷川発電所のところには夷川閘門があった。その後、仁王門閘門から七条閘門まで8つの閘門が作られたが、現在は廃止されている。墨染発電所を経て宇治川に放水する直前には前述の三栖閘門が保存されており、そのあたりは公園になっている。今でも使用できそうな巨大な建造物である。

5. まとめ

JR 奈良線の稲荷駅から深草キャンパスに行く道で琵琶湖疎水にかかる橋を通る。この水はどこから来てどこに行くのか以前から興味を持っていた。今回の調査で、この水が京都市内で発電を行い京都の産業に寄与していたことや、京都市民に多くの憩いの場を提供していたこと、サイホンの原理で交差する川や道路を難なくクリアしていたことを知り、琵琶湖疎水に対する認識を新たにした。この遠大な計画を実現した人々を尊敬してやまない。

参考文献

- 滋賀県中学校教育研究会社会科部会編，12歳から学ぶ滋賀県の歴史，サンライズ出版，2009
- 田邊朔郎，琵琶湖疏水工事図譜，村上書店，1891
- 天野武弘，歴史を飾った機械技術，オーム社，1996
- インターネット資料
- Wikipedia－琵琶湖疎水
- 京都市上下水道局：琵琶湖疎水のご紹介