

NEWS STREAM

TETSUO

遠鉄工所代表社員てつお君の
ニュース番組へようこそ

vol. 9

2021

5

発行元：株式会社遠山鐵工所
Tel.0480-85-2111(代表)

世界の水道研究 No.1

古代ローマの水道

参考
ベルシャ式カナート

「SDGs」の6番目の目標は水に関するもの！そこで水道管メーカーの遠山鐵工所としては、NewsStreamの「世界の水道研究」というシリーズを始めて、日本では当たり前のように使える上下水道の世界の事情を調べて報告するよ。日本の水道の歴史や、水道先進国のフランスやイギリス、あるいは水道がまだまだ普及していない地域なんかも調べる予定だけど、第一回目は、歴史をグッと遡って古代ローマの水道を調べてみたよ。遠回りのようだけど、近現代まで古代ローマの水道よりも優れた技術は無かったと言われているんだ。何がそんなにすごかったのだろうね。さあ、古代に思いを馳せて、All roads lead to Roma!

持続可能な開発目標「SDGs」とは

「Sustainable Development Goals」の略で、生活水準や権利、環境問題などに関する「持続可能でよりよい社会の実現を目指す」国際的な目標のことなんだ。全部で17の目標があり、その6つ目に「<水・衛生>すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する」という目標があるよ。2015年のスタート時点では、「世界人口の91%が改良された飲料水源を利用」できるようになったけど、「水不足は世界人口の40%に影響を及ぼし」「3人に1人(24億人)が未だ改善されていない衛生施設を使用している」※とされ、まだまだ世界的には、水に関する問題は未解決なんだ。

※参考文献②より

古代ローマの水道事情

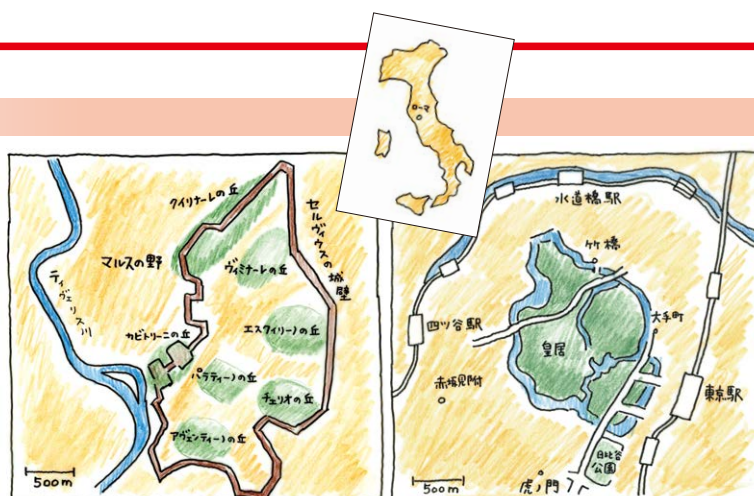
ティベリス川(現テヴェレ川)と7つの丘の街

紀元前753年に建国されたローマは、ティベリス川の河口付近の7つの丘を囲むように城壁を作ったよ。ティベリス川は、氾濫も多かったので、低地には住めなくて、人々は丘の上に住んでいたんだ。人口は数千人から始まって、最終的には100万人都市になっていったそうだよ。275年頃に建設されたアウレリアヌスの市壁が13.7km(約25万人居住の墨田区と同じくらい!)と、超人口過密だったのに、何とローマの水道事情はとても素晴らしいものだったらいい!ローマ全体(人口約100万人)では毎日113万m³の水が送られていたんだけど、現代の東京(人口約1400万人)は1日約450万m³※1で、1人当たり東京の4倍もの水をローマ人は享受できた計算になるよ。「テルマエ・ロマエ」でも有名な温泉が愛され、大浴場が11箇所、その他に浴場が約950も作られ、長大な水道管の終点には、有名な「トレヴィの泉」のような噴水を建設していたよ※2。

※1 東京都水道局HPより ※2 今の「トレヴィの泉」自体は後世に建造されたもの

高低差を利用した水道

紀元前の時代なので、当然、電気や蒸気機関のような動力はなく、上下水ともに重力に頼る自然流下。丘の上に街があったローマでは、下水は丘の下へ流し、そのままティベリス川に流せばよかったのだけど、上水は、簡単にはいかない。より良い水源と考えると、自分たちの住んでいる丘よりも高く、何キロも離れた山岳地帯の水源から11本もの長大な水道管で直接引き入れることを考えたんだ。大部分の水道管は敵からの攻撃や汚染を防ぐために地下に埋設されたけど、水源から重力だけを使って水を引くので、谷を越える時は水道橋や逆サイフォン(右下の図参照)を建設したんだ。測量技術や建築技術の高さがうかがえるね。何kmも離れた湖の奥底の深層水や、地中の泉などを探して水源には拘ったんだ。今言うミネラルウォーターがそのまま蛇口から出てくるような感覚かもしれないね。ちなみに、下水は、「パラティーノの丘」北側の低湿地帯に大排水路を作ってティベリス川に流していたんだけど、歴史的には下水が先に作られたよ。(紀元前520年頃)



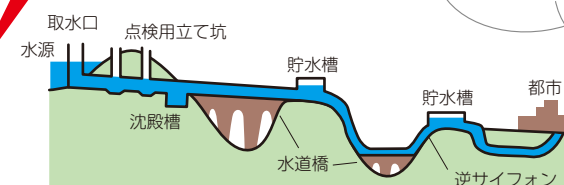
城壁に囲まれた古代ローマ。右のイラストは、同じくらいの縮尺の東京。かなり狭いことがわかるね。



現水道橋公園(Parco degli Acquedotti)にある水道橋の遺跡。高さ約30mの位置を水道が走る。立派な橋脚の上に新アニオ水道とクラウドシア水道の2本の水道が通っている。

ヴィルゴ水道は、最初の水源地と最終的な貯水池まで20kmの長さに対して4mしか高低差がなかった。測量技術がいかに優れていたかが分かる。

これが2000年前にあったんだね。すごいなあ……



逆サイフォンは、パイプの中に水を満たして両方の口の低い方へ流す原理。パイプには鉛の管が使われた。水道橋とサイフォンを効率よく組み合わせて水を運んだ。

水道名	完成時期	水路距離(km)	水路断面	高さ(m)	
		()内橋梁部	幅×深さ(m)	水源	配水池
アッピア	BC312	16.6(0.1)	0.69×1.68	30	20
旧アニオ	BC269	63.6(0)	0.91×2.29	280	48
マルキア	BC140	91.3(10.2)	1.52×2.59	318	59
テブラ	BC126	18.4(9.2)	0.76×1.07	151	61
ユリア	BC33	22.8(9.6)	0.61×1.52	350	64
ヴィルゴ	BC19	20.8(1.0)	0.61×1.75	24	20
アルシェティーナ	BC2	32.8(0.5)	1.75×2.59	209	17
クラウドシア	AD52	68.7(14.2)	0.91×1.98	320	67
新アニオ	AD52	86.9(11.5)	1.22×2.74	400	70
トライヤーナ	AD117	59.2(0)	1.30×2.29	?	?
アントニアナ	AD226	22.4(2.4)	-	?	?

水道のできた年代、距離とサイズ、水源と配水先貯水池の高さ。総延長594kmになる。

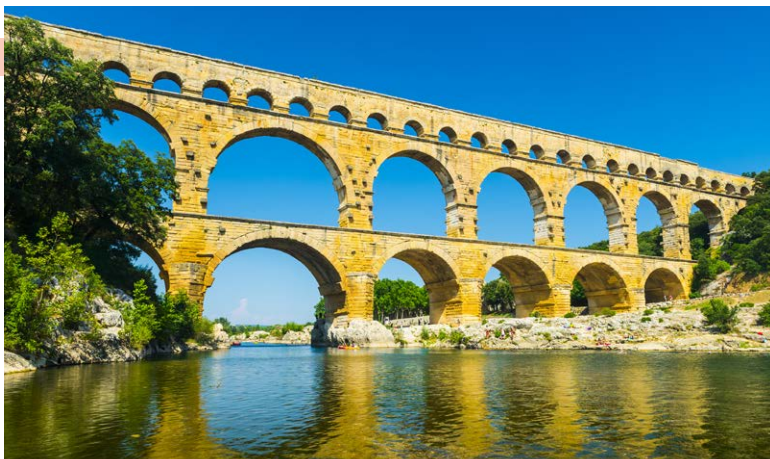
ローマ帝国の盛衰と水道

領土拡大と水道建築

ローマは、当初は王政だったけど、王の追放、共和制を経て他民族との戦いを通して拡大して、紀元前272年にはイタリア半島を統一し、紀元前27年アウグストゥスが初代ローマ皇帝となるよ。ローマ帝国の誕生だね。その後3世紀ごろまでは拡大と繁栄を謳歌していた(パックス・ローマナ)。ローマ帝国の拡大期、征服した属州では、首都ローマと同じように水道を造っていった。「敗者同化政策」と言って、属州の人々はローマ人と同じような豊かさをえられるので反乱も少なく、「武力による支配ではなく、インフラによる支配」※3が成立して行ったよ。インフラは、ローマ帝国にとって権力の象徴だったのかもしれないね。※3 参考文献①より

帝国崩壊後の水道

その後、ローマ帝国は、分裂したり他国に攻められたりして混乱していき、5世紀後半に崩壊する。その過程で、多くの水道施設も破壊されていった。その後、中世ヨーロッパでは、ローマ以前の水道に戻ってしまうんだ。人口増加に伴い、都市の衛生状態は悪化していき、ペストやチフス、コレラが流行するようになる。近代になるとようやく下水道が整備されていき、ナポレオン3世の時代、パリ万博(1867年)ではパリの下水道施設が世界にアピールされる。やがてイギリスで蒸気機関が発明され、動力を伴った水道が整備されるようになるよ。



南フランスにあるポン・デュ・ガール(Pont du Gard)。高さ49m。観光スポットとして有名。



都市ローマ以外の、ローマ帝国内各地の水道遺跡

- ①アウグストゥス水道(イタリア/ナポリ)
 - ②ポン・デュ・ガール(フランス/ガール県)
 - ③アイフェル水道(ドイツ/ケルン)
 - ④ラス・ファレーラス水道橋(スペイン/タラゴナ)
 - ⑤ミラグロス水道橋(スペイン/メリダ)
 - ⑥海辺のカイサリア(イスラエル/パレスチナ)
 - ⑦バルブガル水道(フランス/アルル)
 - ⑧セゴビア水道橋(スペイン/セゴビア)
 - ⑨ハドリアヌス水道(チュニジア/ザグアーン)
 - ⑩ヴァレンス水道橋(トルコ/イスタンブール)
- など多数！

ローマ時代の水道管

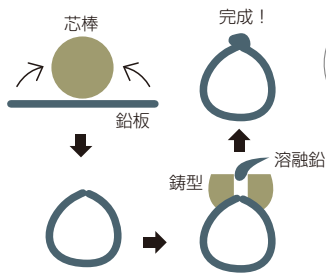
鉛管、石管、陶管が使われていた

遺跡として残っている水道橋は石とコンクリートで建設されている。ローマの時代にコンクリートが発明されていたことは驚きだね。ローマ時代の水道管は、多くは石の管だったり、陶器の管だったのだけど、鉛の管も使われていたんだ。市内の給水管、サイフォンや沈殿槽などで使われていたようで、「この時代、鉄は存在したが、太径パイプの加工技術はまだ確立されておらず、加工しやすい鉛管を使用した」※4ようだ。ちなみにいわゆる鑄鉄管が使われるようになるのは、「大砲に使用された十四世紀以降」※5らしい。イギリスの蒸気機関発明の頃でもまだ木製の管が多く使われていたそうだ。鉛管は重量があり運搬や設置に労力を要したけど、耐久性が高く、水圧もかけられるので重宝されていたようだ。また、鉛は毒性が高いので現代ではあまり使われてないけど、ローマではワインの製造器具や甘味料としても鉛が使われていたようで鉛中毒が起こっていたという説もあるよ。※4 参考文献①p148 ※5 参考文献①p90

鉛管の製造

イタリアには鉛の鉱山はなく、イギリスやフランス、スペインで採掘・精錬したものを運搬したらしい。「薄い鉛板の上に円柱棒を置き、板を叩いて円筒状に曲げ、接合部に粘土等で鑄型を造り、溶融鉛を流し込んで溶着する」。「管と管の接合も溶着」していたそうで、大変な作業だったみたい。

※参考文献①p90



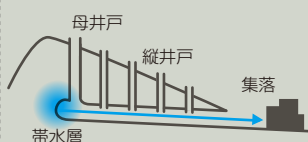
ジェー水道(フランス/リヨン)のサイフォンに使われていた鉛管は、外径25.4cmと推定される。



上)陶でできた水道管 下)鉛管。溶接の跡が分かる。

ローマ以外の地域でも太古から自然硫化による水道を利用していた地域はあるよ。ローマ帝国のお隣、ペルシャ帝国では、「カナート」という設備があったよ。現在でも使われているもので、世界遺産になっているものもある。また、ローマほど本格的ではないけれど、「紀元前の28世紀ごろからエジプト王朝で給用水として銅管が使用され」「紀元前の18世紀ごろの古代バビロニア王朝で、王の墓の地下排水に土を焼いた土管が使用され、古代中国では山中の泉の水を竹の管を使って村里に送って」※6いたそうだ。ちなみに、日本の最初的水道は16世紀の北条氏康が上水路を造ったのが最初だそうだ。※6 参考文献③より

ペルシャのカナート



「イランの歴史を支えてきたカナートの構造は、山脈の近くに大きな母井戸(母井戸)を帯水層まで掘り、そこから数十～100m置きに縦井戸を掘り、傾斜に合わせて横水路を繋ぎ、都市部まで重力にて配水する地下トンネルである。水路が地下なので太陽熱による蒸発を防ぎ、また新鮮で冷たい水を送ることができる。さらにメンテナンスのために人が作業できる空間も備えている。しかしそのカナートは今、水不足とメンテナンスの不備により崩壊の危機に瀕している。下水道では居住人口の2割くらいしか、下水道パイプに繋がっていない。また集められた下水の2～3割しか下水処理場で処理されていない。ほとんどが処理されずに地下浸透している。従って生下水は、カナートの水源を汚染しその対策が急がれている。」※参考文献②より