

横浜市における 下水熱利用システムの効果検証について

横浜市旭土木事務所 川越 淳悟 高橋 克典 ○望月 昭秀
環境創造局環境科学研究所 小田切 幸次 榎原 正敬

1. はじめに

下水熱は、外気温度に比べ季節間の温度変化が小さく、多くの下水道施設が整備されている都市部において、夏期は冷熱、冬期は温熱の有効な熱源として注目されている。横浜市は、延長約 12,000 km に及ぶ大規模な下水道ネットワークが存在しているが、下水熱は未だ未利用のエネルギーであるため、本市においても有効的な下水熱の活用方法を検討している。本稿では、横浜市旭区内の駅に近く利用者の多い鶴ヶ峰まちかど広場（写真-1）の路面下に「下水熱利用システム」を試験的に設置し、夏期及び冬期における公園内の路面の温度変化を測定し、システムの効果検証を行った結果の報告を行う。



写真 - 1 鶴ヶ峰まちかど広場

2. 下水熱利用システムの概要

下水熱利用システムの概要を図-1 に示す。本システムは採熱管を既設下水道管渠の管底に敷設して、熱交換器とし、地上の放熱パネルとの間に不凍液をポンプで循環させ、夏季はヒートアイランド対策として路面の熱を下水に放出して冷却し、冬季は路面を温めて融雪効果が得られるシステムである。

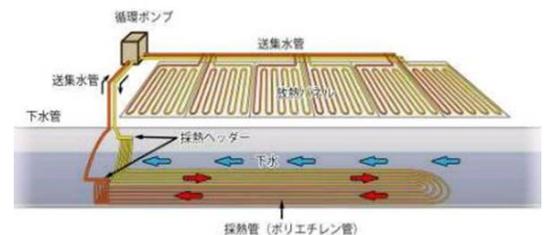


図 - 1 下水熱利用システム図

3. 下水熱利用システムの設計条件

当該現場における当システムの設計条件は表-1 のとおりである。路面消・融雪施設設計要領の必要熱量算定式により、当該現場の融雪時に必要な熱量 201.2 W/m² を算出した。ここで使用する設計時間降雪深 1.95 cm/h はアメダスによる横浜市過去 10 年におけるデータを基にした。当システムの設置面積を 24.6 m² としたところから全体融雪必要熱量は 4.95 kW となり、この熱量を基に当システムの設計を行った。

なお、まちかど広場内の当システムの配置図を図-2 に示す。

表-1 下水熱利用システムの設計条件

項目	設計値
設計条件	
設計時間降雪深	1.95cm/h
設計必要熱量	201.2W/m ²
融雪面積	24.6m ²
全体融雪必要熱量	4.95KW
放熱管ユニット数	4ユニット
融雪部	
循環流量	53.2L/min
放熱管	SUS15AP=150mm
送集水管	配水用ポリエチレン管φ50
循環ポンプ	φ32×0.75KW
循環流体	植物系不凍液40%濃度
舗装構成	自然石30mm 珪砂入りモルタル20mm コンクリート振り15mm
採熱部	
採熱管	ポリエチレン管17D
回路数	10回路
採熱延長	36m
下水道管径	1500mm
下水道深	15%
融雪部との距離	64.8m
送集水管	配水用ポリエチレン管φ50

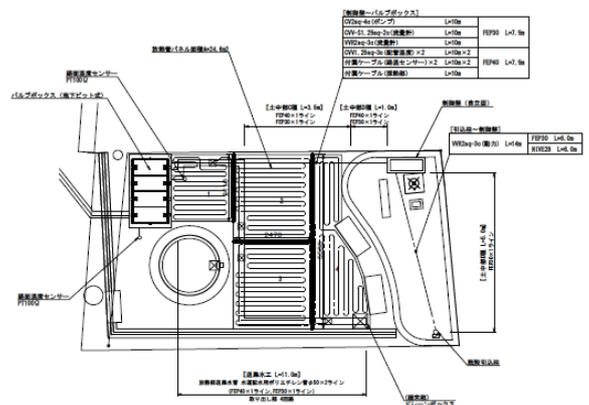


図-2 下水熱利用システム配置図

4.効果検証

4-1 冬期における下水熱利用システムの効果

まちかど広場内にサーモカメラ及び放熱パネル設置部分と未設置部分それぞれに路面温度センサーを設置することで、放熱パネル設置部分と未設置部分の比較検討を行った。平成 31 年 2 月 9 日におけるサーモカメラの画像を写真-2に温度の計測結果を図-3に示す。

結果として、舗装温度は放熱パネル設置部分で 3.6 °C、未設置部分で 1.2 °Cと約 2.4 °Cの差がみられた。なお、実測値を用いて式-1により熱交換量を算出したところ約 341 W/m²となり、設計融雪必要熱量 201.2 W/m²を超える結果となった。また、測定日に降雪がなかったため、融雪の状況を目視で確認することができなかったが、降雨後に目視で確認したところ、写真-3に示すよう未設置部分では路面が濡れているのに対し、放熱パネル設置部分では路面が乾いており、下水熱による融雪の効果が期待できる結果であった。

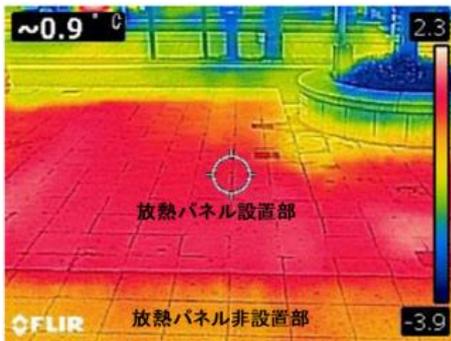


写真-2 サーモカメラ画像(冬期)

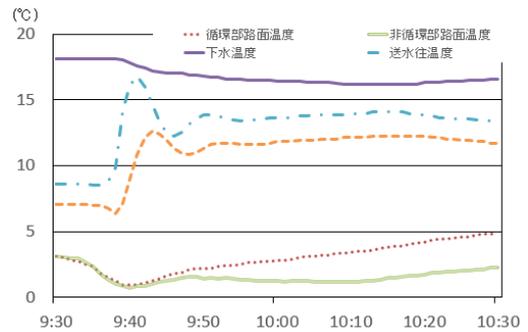


図-3 温度計測グラフ(冬期)

$$Q = c \times \frac{F}{60000} \times \frac{\rho}{1000} \times (T_b - T_a)$$

Q: 熱交換量(kW) c: 不凍液の比熱(3,727 J/g・°C) F: 循環流量(18.8L/min)
 ρ: 密度(1,045 kg/m³) T_a: 放熱管往き温度(14.1°C) T_b: 放熱管還り温度(12.2°C)※実測値

式-1 熱交換量計算式



写真-3 まちかど広場の状況(冬期)

4-2 夏期における下水熱利用システムの効果

次に平成 30 年 9 月 8 日(夏期)におけるサーモカメラの画像を写真-3に温度の測定結果を図-4に示す。舗装温度は、放熱パネルの設置部分で 35.7°C、未設置部分で 43.0°Cと 7.3°Cの温度差がみられた。また、午前 10 時から午後 2 時まで、広場内のツリーにより温度センサー設置部分が日陰となったが、この時間帯においては、設置部分が 32.8 °C、未設置部分が 44.9 °Cと 12.1 °Cの温度差がみられた。

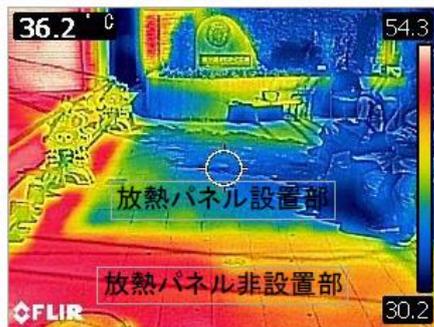


写真-3 サーモカメラ画像(夏期)

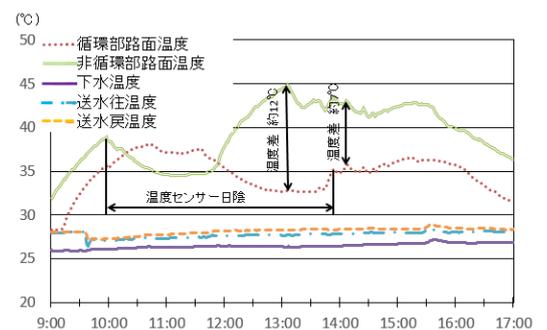


図-4 温度計測グラフ(夏期)

なお、平成 30 年 9 月 18 日においても、上記と同様の観測を行った。この日の観測は路面の放射温度に加えて、写真-4 の温度計を用いて地上高 1.5 m 位置の気温を観測した。路面の放射温度については、10 時半から 14 時半までの観測時間で平均 4.2 °C の差がみられたが、地上高 1.5 m での平均気温は図-5 に示すとおり、放熱パネルの設置部分で 30.2 °C、未設置部分で 30.1 °C とほとんど差がみられなかった。このことにより、下水熱利用システムにより路面温度が下がることを確認できたが、地上高 1.5 m での気温を下げる効果は確認できなかった。



写真-4 温度計設置状況

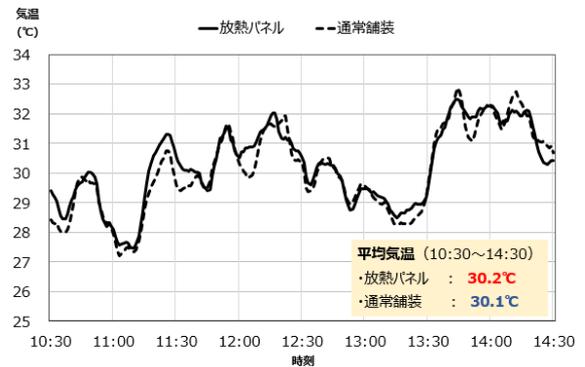


図-5 温度計測グラフ(地上高 1.5m)

5. 下水熱利用システムの有効活用についての考察

冬期において、下水熱利用システムは十分に融雪及び凍結を防止する熱量を得ることが確認できた。近年、関東圏においても降雪や早朝の路面凍結等により駅前やバスターミナルなどの歩行者通路が滑りやすくなっていることがあるため、当システムにより融雪を行うことは非常に有効であると考えられる。

また、夏期は、路面温度において温度差は生じるが地上高 1.5 m ではほとんど気温差はみられなかった。環境省のまちなかの暑さ対策ガイドラインによれば、日射の低減、地表面等の高温化抑制、壁面等の高温化抑制等、上下左右の暑さ対策を組み合わせることで、より効果が得られるとされている。目安として真夏の強い日射があるまちなかでは気温が約 30 °C の時、何も対策を講じないとき体感温度は 40 °C 近くになるが、地表面の高温化抑制を講じると 39 °C 程度となり、これに加えて日除けによる日射の低減を講じた際は 33 °C 程度まで下がるとされている。

今回の測定においても、放熱パネルの設置部分と未設置部分の舗装温度差はが日向の時は 7.3 °C に対し、日陰の時は 12.1 °C となっている。このことにより、日射の低減と地表面の高温化抑制等、複数の暑さ対策を組み合わせることにより、相乗効果が得られると考えられるため、日除けとなる樹木の設置などの対策を検討する予定である。

6. おわりに

冒頭で述べたとおり、下水熱は、夏期は冷熱、冬期は温熱の有効な熱源として注目されているが、今回の試行により、その効果について検証することができた。膨大な下水道ネットワークを保持している横浜市として下水熱のエネルギーを有効活用しないのは、もったいないことである。今回の試行の結果を基に今後、下水熱を有効活用するような施設を検討し、安心安全な市民生活の提供に寄与していきたいと考える。

問い合わせ先：横浜市旭土木事務所下水道・公園係 望月 昭秀

TEL : 045-953-8801 mail : ak02-mochizuki@city.yokohama.jp