

下水道を介した都市からの熱流出過程に関する観測研究

東京工業大学大学院理工学研究科国際開発工学専攻	学生会員	○中山 有
東京工業大学大学院理工学研究科国際開発工学専攻	正会員	神田 学
土木研究所水工研究グループ水理水文チーム	正会員	木内 豪
東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻	正会員	森脇 亮

1. はじめに

ヒートアイランド現象をはじめとして都市の大気熱環境に関する研究は数多く行われている一方、水圏への影響に着目した研究は少ない。下水処理場から放流される水の温度はこの36年間で2～7℃も上昇しており（木内，2003），この結果を受けて、都市で発生した熱がどのように水圏へ輸送されるのかを定量的に明らかにするために、住宅地における観測を開始している（木内ら，2004）。本研究では我々が構築したスケールの異なる2つの観測システムを紹介する。一つは都市内の住宅地に着目したマイクロスケールの観測、もう一つは都市全体から流出する熱を下水処理場で測るマクロスケールの観測である。この2つの観測より、熱の流出過程に関する基礎的データを得たので報告する。

2. 久が原マイクロスケール観測

観測地として東京都大田区久が原の低層住宅地域を定め、下水水温・流量を測定した。この地域は2階建ての住宅が密集しており、すでに大気への水・熱フラックスが測られている（森脇・神田，2003）。集水域の面積は約12ha、推定人口は約1760人である。

2-1. 晴天時流量・水温の傾向

2003年4月5日から8月31日における晴天時のみの流量・水温のデータを図1にまとめた。流量は一日に10(liter/sec)の変動幅を持ち、9時、22時にピークが現れる。これは長谷川ら（1997）の給水に関する報告と同じような傾向を示しており、午前・午後のピークはそれぞれ洗濯、風呂によるものと推測される。水温は一日に3℃の変動幅を持ち、6時ごろに最小、24時ごろに最大となる。流量と同様、10時ごろに見られる小ピークは炊事によるもの、深夜のピークは風呂によるものと見られる。深夜には流量のピークに対して水温のピークが2時間遅れて現れているが、これは熱い湯が流下する際に下水管が熱を吸収するためと考えられる。後述するが、住宅地の多い中野処理場においてはより大きな時間遅れが見出された。

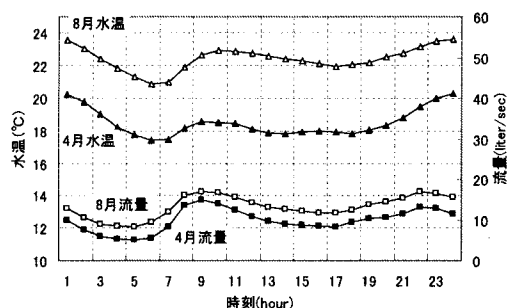
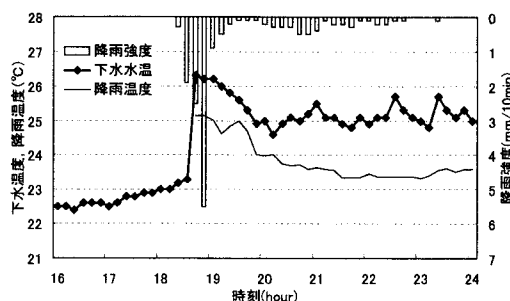


図1: 久が原の流量・水温 (2003年4～8月平均)

図2: 降雨時の久が原下水水温
(2003年8月5日)

2-2. 降雨時の熱輸送

8月5日夕方に降雨があり、降雨開始前後に下水水温が3℃不連続的に上昇した（図2）。下水温度は雨の温度より高いので、流出の際に熱が付加されたと考えられる。熱せられた屋根面・アスファルトなどの都市表面から降雨が熱を奪い、下水へ流出したと推測される。

キーワード 都市，熱輸送，水温，下水道，下水処理場

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学国際開発工学専攻神田研究室 tel.03-5734-2768

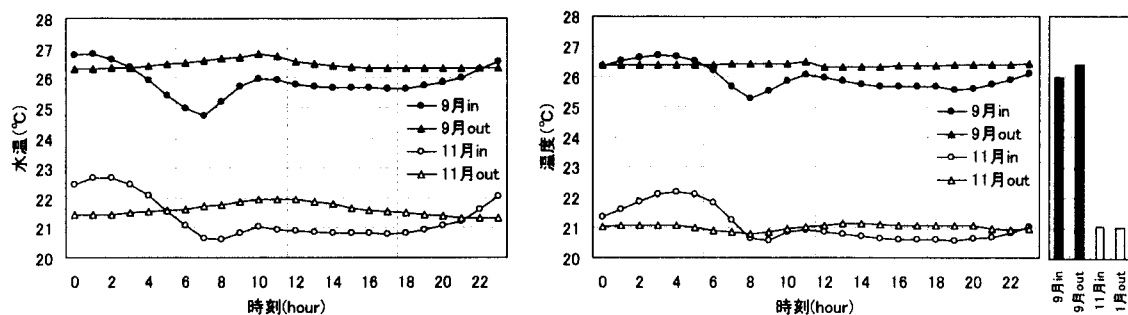


図3: 下水処理場水温変化パターン

(左) 落合処理場, (右) 中野処理場, 棒グラフは中野処理場の日平均値

3. 下水処理場マクロスケール観測

2003年8月に東京都23区を処理区とする13ヶ所の下水処理場すべてに水温計を設置し、都市から流出する熱をマクロスケールで観測した。紙面の都合上、久が原と同様な典型的低層住宅エリアとみなせる落合処理場と中野処理場の9月、11月の晴天時の一日水温変化を図3に示す。久が原と同様に深夜の最大値、朝の最低値が見られた。最大値をとる時刻は久が原よりも2時間から5時間ほど遅れていた。流量ピークからの遅れは中野処理場で約4時間であり、前述の久が原の2時間に比べて拡大している。これは流下距離の分だけ下水管が吸収する熱が多いためと考えられる。一方で、流出側では流入側と比べて水温変化が小さく、多くの処理場で1℃以下に収まっていた。下水処理にかかる時間は10時間から35時間ほどであり、その間に水が混ざり合うため、水温が平滑化されると考えられる。流入側の水温は一日に1~2℃変化しているの、下水処理場は洪水時・濁水時のダムのような役割を果たしていることを示している。

また、9月は流入側より流出側の方が水温が高くなっており、中野処理場では日平均で0.4℃上昇している。これには微生物の分解による熱、ばっ気による熱が付加されていると考えられる。処理流量と合わせて計算すると、都区部の処理場全体で付加される熱量は、一日あたり5.4TJになった。これは東京都環境局(2001)の推計による都区部のエネルギー消費量880TJ/dayの0.6%に相当する。しかし、11月になると温度変化は小さくなる。これは下水処理の間に大気へ失われる顕熱が大きくなるためと考えられる。

4. まとめ

- ・住宅地では、下水水温は10時と24時にピークを持ち、夜のピークでは流量ピークよりも遅れる。
- ・夏の夕立は温まった都市表面から熱を奪って下水道に流れていく。
- ・下水処理場から流出する水の温度変化は流入側より小さい。これは下水処理場が下水のもつ熱を平滑化して排出していることを示す。
- ・下水処理場では微生物の分解やばっ気により熱が付加される。冬は顕熱による熱損失と相殺し、水温変化は小さくなる。

参考文献

- [1] 木内豪. 都市の水利用が公共用水域に及ぼす熱的影響の長期的変化—東京都区部下水道と東京湾を事例として. 水工学論文集, Vol. 47, pp. 25-30, 2003.
- [2] 木内豪, 中山有, 森脇亮, 神田学. 都市集水域における水・熱輸送の実体解明とモデリング—久が原水文気象観測データに基づいて. 水工学論文集, Vol. 48, pp. 175-180, 2004.
- [3] 森脇亮, 神田学. 都市接地層における放射・熱・水・CO₂フラックスの長期連続観測. 水文・水資源学会誌, Vol. 16, No. 5, pp. 477-490, 2003.
- [4] 長谷川巖, 市川憲良, 紀谷文樹. 給水・給湯負荷の計測と時系列解析を用いた時間負荷変動の予測. 日本建築学会計画系論文集, Vol. 494, pp. 53-59, 1997.
- [5] 東京都環境局. 都におけるエネルギー需給構造調査報告書, 2001.