

◆ 報 文 ◆

都市排熱の下水道への受け入れによるヒートアイランド対策について

森 博昭* 斎野秀幸** 森田弘昭*** 藤生和也****

1. はじめに

人間活動の拡大と多様化、緑地の減少等により、人工排熱や二酸化炭素等の排出が増加している。ここ100年で地球全体年平均気温は 0.6°C 上昇しており、地球規模での温暖化が環境問題として指摘されている。

一方、大都市においては、コンクリートやアスファルトによる地表面被覆の増加、緑地や水面の減少、空調機器や自動車からの排熱の増加等が進行することにより、都市部の気温が郊外よりも上昇する現象（ヒートアイランド現象）が、クローズアップされている。このヒートアイランド現象により、夏季には熱帯夜の増加、昼間気温の上昇、またそれらに伴う熱中症等の健康影響が報告されており、快適な都市生活の大きな障害になりつつある（図-1、図-2、図-3）。

今後、ヒートアイランド対策を立案するためには、そのメカニズムの解明や対策効果について調査研究を進めるとともに、予防的見地に立ち、人工排熱の低減、人工化された地表面被覆の改善、都市形態の改善等の対策を、総合的かつ計画的に実施することが必要である。

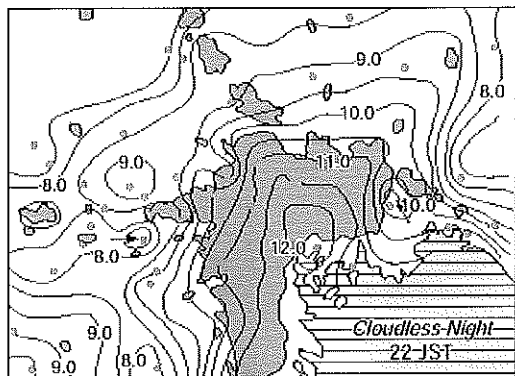


図-1 東京都における地上気温分布図

(1980～1989年の夜間晴天時の平均値、22時の例、
環境省ホームページ、<http://www.env.go.jp/>)

下水道によるヒートアイランド対策としては、処理場施設等の緑化、下水処理水の路面散水等が、これまでに研究、実施されている。また、新しい対策として、熱源が集中している高密度市街地における冷房等の排熱を、大気に排熱するのではなく、ヒートポンプ等の利用により下水道へ排熱し、処理する『下水道都市排熱処理システム』が考えられている¹⁾。つまり、下水道を、未利用エネルギーの活用（下水熱利用地域冷暖房等）からの観点だけではなく、都市熱の下水への排除の観点から利用しようという訳である。

都市の熱を下水道へ排出、処理するシステムは、従来下水道が担ってきた、汚水の排除、浸水の防止、トイレの水洗化といった役割を超えた、地球環境全体を視野に入れた新しい役割と言える。しかし、この魅力的なプランは、実現可能であろうか？

2. 課題の抽出

都市排熱の下水への排除には、いくつかの制約・悪影響が考えられる。まず考えられることは、下水温度の上昇である。下水道は、管路や処理場といった土木構造物の建設が大きな割合を占める

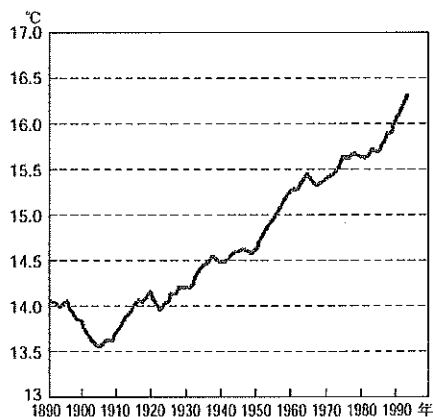


図-2 東京年平均気温の推移

(東京都環境基本計画、2002年1月21日より)

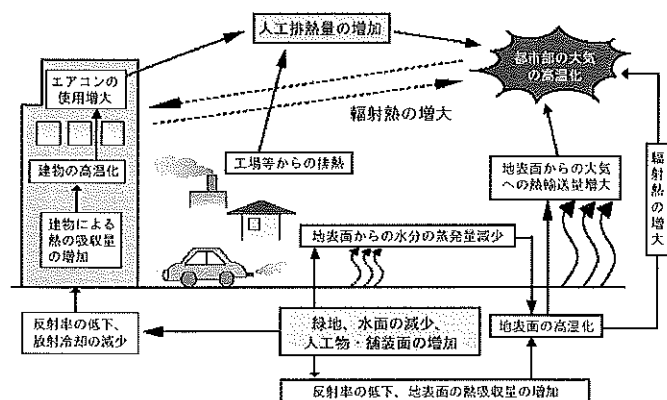


図-3 ヒートアイランド現象のメカニズム
(環境省ホームページ、<http://www.env.go.jp/>)

公共施設であるが、その心臓部はバイオテクノロジーの領域で、温度は主要な影響要因のひとつである。

さて、下水道都市排熱処理システムには、どんな制約・悪影響があり、それは解決可能なものであろうか？

2.1 法令上の制約について

下水道サービスも、関係法令によって様々な規制があるが、本件に関しては、下水道法に下水排除の基準として『45℃未満』がある²⁾。都市熱の下水道への排熱は、45℃未満の排熱であれば、管渠或いは水処理に対して法令上問題ないと考えられる。ちなみに、夏期における首都圏の処理場の流入水温は25℃程度である³⁾。

2.2 管渠への影響について

圧送管路等、下水が嫌気化する恐れのある管路においては、下水温度の上昇により硫化物生成速度の上昇を招き、コンクリート腐食の可能性が高くなる。水温がT℃上昇した場合、硫化物生成速度は 1.03^T 倍となり⁴⁾、例えば下水温度が10℃上昇した場合、硫化物生成速度は1.34倍に上昇する。よって、硫化水素の発生の可能性が高い、伏越しや圧送管等においては、従前よりも注意が必要である。

2.3 水処理への影響について

生物処理においては、水温の影響、特に水温低下の影響を受け、SRT、HRT等の適切な設定が必要となる²⁾。しかしながら、処理水温の月別変動は9～13℃である現状³⁾を踏まえると、適切な運転管理により、ある程度の下水の温度上昇に対

応できるものと考えられる。

ただし、活性汚泥中の微生物が増殖し得る限界温度は0～70℃、最適温度は25～37℃である⁵⁾ことから、処理場へ流入する下水温度の上限値は37℃程度とすることが妥当であると考えられる。

2.4 放流先への影響について

温排水の環境への影響に関しては、臨海部に建設される発電所が建設前に環境影響評価法等に基づき、環境影響評価を実施している^{6) 7)}。これらの事例では、発電所からの温排水が放流先海域水温よりも7度高いレベルで環境影響評価を行い、環境上の問題はないと報告している。

下水道からの放流水についても、

これらの事例を参考にして、放流先水域水温+7度を一応の放流水温とすると、例えば、8月の東京湾の水温は27℃程度⁸⁾であることから、東京湾へ放流する場合、放流水温の上限は34℃程度とすることが妥当であると考えられる。ただし、放流先が水量の少ない河川等の場合は、放流水温の上昇による影響が大きいと考えられるため、詳細な検討が必要となる⁹⁾。

なお、下水道に排出する場合の温度規定として、下水道法の45℃未満があるものの、海域や河川へ放流する場合の排出温度については、法令上の制約はない³⁾。

2.5 下水道管内での温度変化

下水が管渠内を流下する際、放熱により水温が変化するものと考えられる。下水道管渠内での温度変化は以下の式で表される¹⁰⁾。なお、模式図を図-4に示す。

$$T_{out} = (T_{in} - T_s) \exp(-h't') + T_s$$

ただし、

T_{out} : 下水処理場への流入下水温 (℃)

T_{in} : 下水管渠への流入水温 (℃)

T_s : 地温 (℃)

h' : 熱伝導に関する係数

t' : 下水道管渠における流下時間 (hr)

ここで、

$$T_{in} = 36^\circ\text{C}$$

(一般に、水に廃熱を入れる際は36℃まで)¹³⁾

$$T_s = 25.8^\circ\text{C}$$

(東京都の8月の平均地温(地下50cm))¹¹⁾

$$h'=0.048 \quad 10)$$

$$t'=1 \text{ (hr)} \quad \text{とすると、}$$

$$T_{out}=35.5^{\circ}\text{C} \text{ となる。}$$

すなわち、管渠内での温度変化は極めて小さく、無視できる範囲であると想定される。

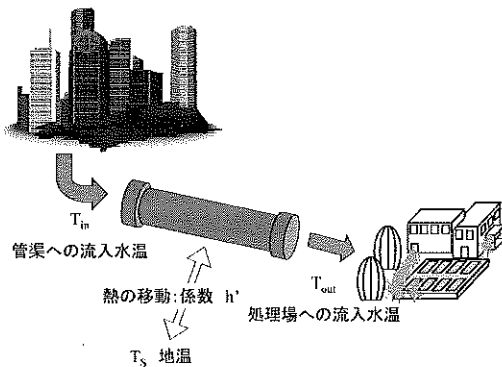


図-4 下水管渠における熱収支図

3. フィージビリティ・スタディー

丸の内熱供給(株)では、東京都内の丸の内地区(大手町、内幸町、丸の内一丁目、二丁目、有楽町)に蒸気の供給を行っている(図-5)。本章では、当該地区における冷房の冷熱源として下水を利用した場合、どの程度の熱量を下水が負担できるかについて検討を行った。

実際に地域冷暖房を行っている地域では、冷房の場合、オフィス延べ床面積 1m^2 あたり、ピーク時で 100kcal/h の熱量が発生すると言われている¹²⁾。当該地区の総延べ床面積は 462万 m^2 であり¹³⁾、発生熱量は $46,200\text{万 kcal/h}$ と算定される。

一方、当該地区の汚水を排水している銭瓶町ポンプ場の日平均推定汚水量は、 $119,365\text{m}^3/\text{d}$ ($4,974\text{m}^3/\text{h}$)¹⁴⁾、また、冷熱源として取水された水は、一般的に 36°C 程度¹³⁾ で排出されるため、冷熱源として利用する夏の下水温度を 26°C とすれば、約 10°C 分、すなわち $4,974\text{万 kcal/h}$ の熱量を取り込むことが可能であると算定される。

したがって、当該地区に下水を利用したヒートポンプを導入した場合、 $4,974\text{万 kcal/h} \div 46,200\text{万 kcal/h}$ により、総熱量の約 10% を負担できると算定される(図-6)。

この「 10% 」という値は小さな値に感じられるが、実際には極めて大きな値であると考えられる。その理由は、本章でモデルとした丸の内地区で行



図-5 熱供給地区(丸の内熱供給(株)ホームページより)

われている地域冷暖房は、全国で行われている地域冷暖房の 1 割にも相当しており¹³⁾、「 10% 」とは言え、全国的に見れば極めて大きな値だと言えるためである。

また本検討では、廃熱の発生量がオフィスの延べ床面積あたり 100kcal/h として計算しているが、これはピーク時の値であり、実際には朝 $8:00 \sim$ 夕方 $6:00$ の平均で $60 \sim 70\text{kcal/h}$ 程度、夜間では $30 \sim 40\text{kcal/h}$ である¹³⁾。したがって、実際には廃熱のうち 2 割程度を下水道で受け入れることが可能であると考えられる。

なお、銭瓶町ポンプ場で排水される下水 ($119,365\text{m}^3/\text{d}$) は、芝浦処理場(晴天時日平均下水量 $618,910\text{m}^3/\text{d}$) へ送水されるため、 $5 \sim 6$ 倍に希釈されることになる。したがって、最終的に芝浦処理場へ流入する際の下水温は、 28°C 程度となると考えられる。

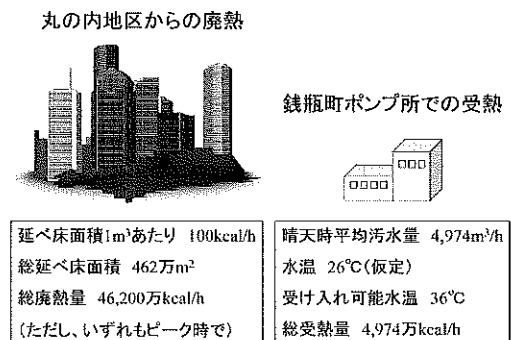


図-6 熱量の比較

4. おわりに

法令上の制約や、管渠・水処理・放流先への影響について検討した結果、都市の熱を下水道へ排出、処理するシステムの実現性は十分にあり、また、丸の内地区をケーススタディとした検討結果から、下水道は都市排熱の受け入れ先として大き

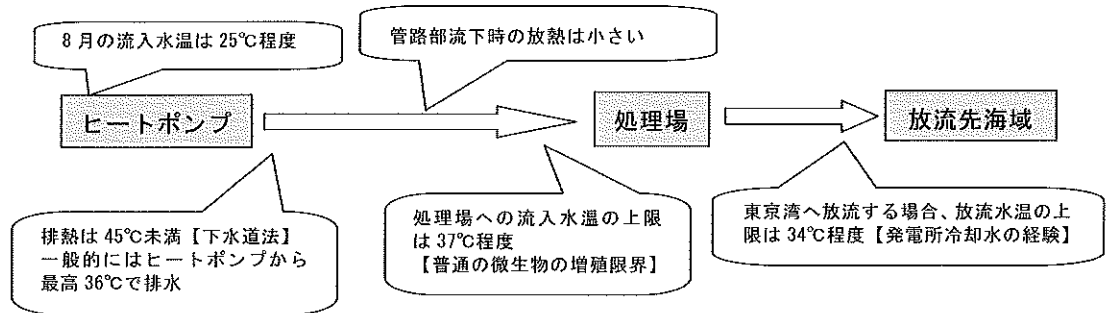


図-7 下水温度の上限のイメージ

なキャパシティーを有していることが明らかとなった。本システムの実現に向けた、今後の研究や行政の取り組みが期待される。

参考文献

- 1) 総合規制改革会議：規制改革の推進に関する第2次答申，平成14年12月12日
- 2) (社)日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説，2001年版
- 3) 建設省下水道部、(社)日本下水道施設業協会：下水熱利用検討調査報告書，平成4年3月
- 4) 能勢正樹ら：空気注入圧送管路における下水中有機物の変質ならびに硫化物生成，土木技術資料第44巻，2002年5月
- 5) 日本下水道事業団：下水処理場の地域特性設計指針（案），昭和61年3月
- 6) 原子力安全・保安院：原子炉の定格熱出力一定運転に伴う温排水に係わる影響の評価について，平成13年10月16日
- 7) 日本原子力発電（株）：敦賀発電所34号機増設計画環境影響評価書要約書，平成14年1月
- 8) 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，第47巻，2003年2月

- 9) 渡辺浩文、尾島俊雄：河川水熱利用地域冷暖房の大気への熱的影響に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第460号，61-69，1994年6月
- 10) 三好ほか「都市における下水廃熱の利用性に関する研究」環境システム研究，vol. 18, p. 118, 1990
- 11) 洪田ほか「地中温度および地表面温度の算定に関する研究」日本建築学会，日本建築学会大会学術講演梗概集，1999
- 12) (社)日本熱供給事業協会へのヒアリング
- 13) 丸の内熱供給（株）へのヒアリング，またはホームページ <http://www.marunetu.co.jp/>
- 14) 東京都へのヒアリング

森 博昭*



国土交通省国土技術政策
総合研究所下水道研究部
下水道研究室交流研究員
Hiroaki MORI

斎野秀幸**



国土交通省国土技術政策
総合研究所下水道研究部
下水処理研究室研究員
Hideyuki SAINO

森田弘昭***



国土交通省都市・地域整
備局下水道部下水道事業
課町村下水道対策官、工博
Dr. Hiroaki MORITA

藤生利也****



国土交通省国土技術政策
総合研究所下水道研究部
下水道研究室長
Kazuya FUJII