

都市域水循環に係わる物質・熱現象について
— 大阪市とその周辺を対象として —

大阪大学大学院 学生員○瀬岡正彦
大阪大学工学部 正 員 村岡浩爾

1. はじめに 本研究では都市の水循環システムをOuter System（自然経路）とInner System（人工経路）に分割している。まず大阪市下水処理区域における年間水収支（平成元年度）を算定する。Outer Systemは、雨水浸透促進工法の設置による雨水配分機構の変化量を計算するための条件となり、Inner Systemは都市における下水処理排熱利用の可能性を検討するための計算条件として用いられる。前者は都市域に自然的水循環を回復させるための手法である。そして後者は環境保全型都市に見合った省エネを実践し、都市の過熱化を少しでも軽減する目的を有している。

2. 都市域の年間水収支の算定 図1に大阪市下水処理区域の年間水収支を示す。浸透面からの蒸発散量は裸地・草地・かん木地の各自然地表面に熱収支法を適用して計算した各値の平均値540mm/yrを用いている。また不浸透面における最大保水能を日降水量に対して2mmとし、不浸透面からの蒸発量と表面流出量を計算する。表面流出量は総流出量の87%を占める。Inner Systemにおいて、下水管渠への地下水・河川水の浸入量（図中A+B）とOuter Systemからの降水量中の下水管渠流入成分（C）以外は実測値である。（A+B）は各実測値・計算値（C）間の残差として定義する。終末処理場からは年間降水量の2.7倍に相当する大量の処理水が排出される。

3. 雨水浸透工法設置の最大効果 ここでは雨水浸透促進工法による効果はすべて地中浸透成分の増加に現れるものとする（浸透トレンチ、浸透井等）¹⁾。実際の地覆状態である浸透域20%、不浸透域80%に対し、浸透域が30%、40%、50%となるように雨水浸透促進工法を設置した場合のOuter Systemにおける雨水配分機構の変化を図2に示す。浸透域を増加させることにより表面流出量をそれぞれ7%、15%、22%削減することが可能となり、浸透量は1.5倍、2倍、2.5倍に増加することが期待される。一方、下水道施設への負荷（D1+D2）は最大でも5%の軽減しか期待できず、高い淡水フラックスの需要が大量の汚水を発生させ、下水道に大きな負荷を与えていることがわかる。

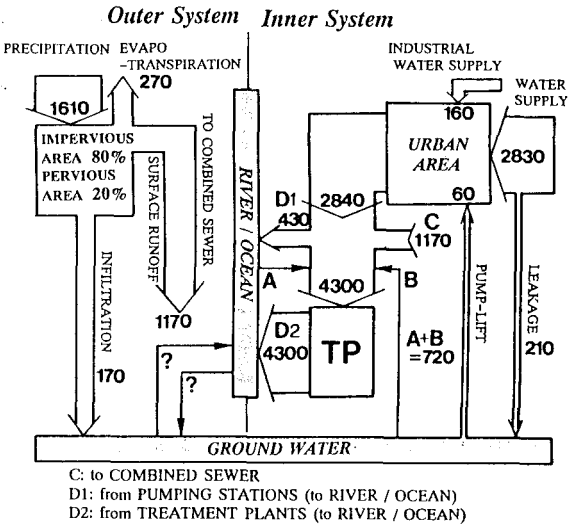


図1 大阪市下水処理区域の年間水収支（単位mm）

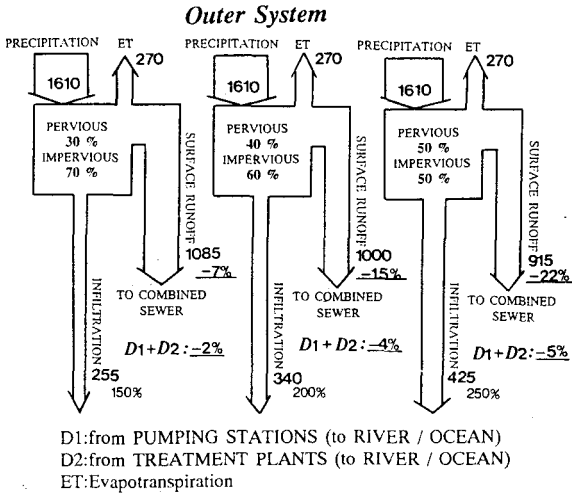


図2 雨水浸透工法による雨水配分機構の変化（単位mm）

4. 下水排熱利用の可能性 下水処理水（流入水）は熱的条件だけでなく、量的条件からもヒートポンプ用熱源水として十分利用可能であると考えられる。本研究では大阪市12下水処理区域を対象として検討を行う。

（1）大阪市における年間消費エネルギー量 都市で使用されるエネルギーとして電力、都市ガス、石油系燃料、非石油系燃料等が考えられる。本研究では大阪市の年間（平成元年度）全消費エネルギー量の推定と、熱エネルギーとして利用される可能性の高い深夜電力、家庭用都市ガス、灯油の消費量の推定を行った。それぞれ熱量換算して63,000（Tcal）、5,000（Tcal）と計算される。

（2）下水道への流入熱量（低温排熱量） 都市における下水道を中心とした熱収支式（晴天時）は次式で示される²⁾。

$$(Q_{SW}T_{SW} + Q_{IW}T_{IW}) + Q_g W_g + E_q/C_w = Q_T T_T \quad (1)$$

ここに、 $Q_{SW} \cdot T_{SW}$ ：上水道の有効水量と水温、 $Q_{IW} \cdot T_{IW}$ ：工業用水道の使用水量と水温、 $Q_g \cdot T_g$ ：下水道に流入する地下水の水量と水温、 $Q_T \cdot T_T$ ：処理場流入水量と水温（晴天日午前10時）、 $E_q \cdot C_w$ ：低温排熱量と汚水の熱容量。各処理区域ごとに水量条件（Inner System水収支）と水温条件を算定し、（1）式に代入する。計算結果として大阪市全体での低温排熱量の月変化を図3に示す。

（3）処理場での回収可能量 一般にヒートアップを行う場合、ヒートポンプの設計温度は総合的な経済性を考慮して5℃差に設定されている。環境温度を気温 A_T にとり、流入下水流量全量を使うものとして（2）式により回収可能量 H を算定した²⁾。

$$H = \{T_T - (A_T \pm 5^\circ C)\} \times Q_T \times C_w \quad (2)$$

（4）エネルギー諸量に関する都市比較 4大都市におけるエネルギー諸量の比較（代表値）を表1に示す。人間1人が1日に摂取する栄養量と同程度の熱量が低温排熱量として下水道に捨てられることになる。またいずれの都市においても低温排熱量の約25%の熱量が回収可能であることがわかる。

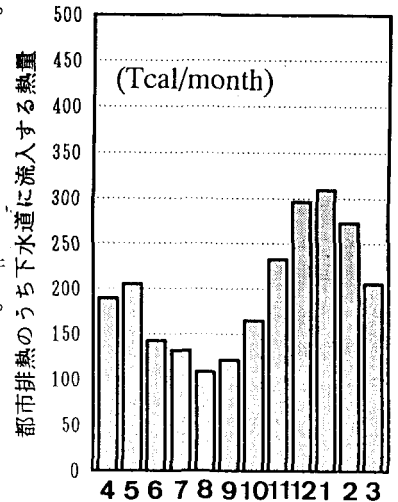


図3 大阪市の低温排熱量月変化

表1 各都市におけるエネルギー諸量の比較

	東京(23区)	大阪市	福岡市 ²⁾	北九州市 ²⁾
下水処理人口 ① (人)	7,387,200	2,557,210	850,900	896,100
全エネルギー消費量 (Tcal)	134,000	63,000	18,400	53,700
家庭用暖房・給湯のための消費エネルギー (Tcal)	22,000 ²⁾	5,000	2,110	1,620
下水道流入エネルギー量 ②(Tcal)	7,700 ²⁾	2,400	788	1,025
回収可能エネルギー量 ③(Tcal)	-	580	200	260
②/① (Kcal/day・person)	2,856	2,571	2,537	3,134
③/① (Kcal/day・person)	-	621	644	795
③/② (%)	-	24.2	25.4	25.4

5. 結論と課題 本研究では、雨水浸透促進工法を設置することによる最大効果（流出率が0.0）を示した。下水排熱利用の検討に関しては、今後日平均流入下水水温を推定し、雨天日を考慮したモデルを用いて回収可能熱量を算定する必要がある。さらに処理場を中心とした地域冷暖房（DHC）の可能性を、冷暖房負荷量とエネルギー需給の関係から検討するべきであると思われる。

謝辞 必要な資料を提供して頂いた大阪市・大阪府関係者の皆様に感謝致します。

【参考文献】1)虫明功臣：都市の水循環システムー都市水文学のフレームワークー、水・水学会誌第2巻1号、1989、pp.23-32。2)楠田ら：都市における下水排熱の利用の可能性に関する研究、環境システム研究、Vol.19、1991、pp.76-82。3)岩崎ら：下水処理排熱利用、下水道協会誌、Vol.24、No.274、1987、pp.57-68。