

東京大学工学部都市工学科 ○山本郷史、一ノ瀬俊明、松尾友矩、花木啓祐

1. はじめに

都市内で一度使われた水すなわち下水を再利用することは水の消費地に一番近い地点に一定程度の水量を確保することになるので水資源としての価値は非常に高い。¹⁾ しかし一方で下水道の集めてくる下水は上水道が供給した水であるから、上水道側での取水制限や給水制限により下水量が低下してくることが予想される。このように考えるとき、過去の渇水時に下水量がどのように取水制限や給水制限の影響を受けていたのかを調べることは下水処理水を水資源と考える時の重要な前提条件を明らかにしていく上できわめて重要な情報を提供するものである。ここでは1987年の首都圏における渇水が具体的に下水処理場への流入下水量にどのような影響を与えていたのかを検討する中で下水処理水の水源としての安定性の問題を考えていく。

2. 1987年の渇水の状況

利根川では6月16日から取水制限がおこなわれ、最大30%の取水制限がなされた。これにともない東京都では6月22日～7月3日に10%、7月4日、7月9日～7月15日に15%の給水制限がなされた。給水制限の方法としては夜間におけるバルブ操作、減圧操作といった方法と、大口消費者への節水協力の呼びかけが取られた。

3. 下水処理場に流入する下水量への渇水影響

ここでは1987年6月～7月の利根川流域における渇水の結果とられた取水制限、給水制限の影響が、具体的に下水量へどのように反映していたかを調べる。対象とする下水処理場は東京都内の落合下水処理場、芝浦下水処理場、三河島下水処理場の3処理場である。

今回の解析に用いたデータは次のものである。前記3下水処理場の日報に記録されている日間値としての受水量、推定雨水量、推定汚水量と、時間値の受水量である。以後の解析においては、各下水量は、日間受水量、日間推定雨水量、日間推定汚水量、時間受水量、と呼ぶことにする。時間単位で記録されているのは時間受水量だけであるので、時間変化を調べる際には、雨水量も含むこの時間受水量を使う。ただし、日間推定雨水量が特に大きい日を削除したデータは「時間受水量(雨水削除)」と呼び、都市域に降る雨水の影響を最小限にした下水処理場流入水量の時間値として扱うことにする。

下水処理場流入下水量に対して1987年6月～7月における渇水時の状況を明らかにするために次のような解析を行った。①日間推定汚水量の月平均値を求め、年間での変化のようすを1986、1987、1988、1989年度について比較する。この場合には雨水を含めない下水量を対象とするものである。②1987年6月23日～7月3日、7月9日～7月15日の給水制限期間の「時間受水量(雨水削除)」の時間別平均値(降雨日として削除した日数は1986年で5日、1987年で2日、1988年で7日、1989年で3日である)の日間変化の経年比較、③②と同様の期間についての雨水量も含めた流入下水量である時間受水量を扱っての比較(1987年は渇水の年であるので、やはり降雨が少なくなっており、渇水の影響がより大きくなっていることが考えられる。)を行っている。結果は図1～図3に示される。またその主要な結論はそれぞれの解析に対して次のように示される。

3. 1. 日平均推定汚水量の月平均値の年間変化

結果は図1(a)～(c)に示される。1987年渇水の影響についてみれば次のような点が指摘できる。

(1) 共通してみられる変化

8月をピークとして夏期に推定汚水量が多く、1、2月の冬期に推定汚水量が少なくなっている。推定汚水量の年間変動はほとんど同じパターンである。1987年度にはその前後の年に比べて7月から8月にかけて推定汚水量が減っている。三河島処理場では11%程度、芝浦処理場では9%程度の減少である。落合処理場では若干

少なくなっているが、これは年による変動幅の範囲内であるといえる。この相違は処理場が受け持つ処理区
の特性に原因があると考えられる。

(2) 地域特性による相違

三河島処理場処理区は住工混合地域、芝浦処理場処理区はオフィス地域、落合処理場処理区は住宅地域である。この相違が制限給水の影響を受けた推定汚水量の減少の度合に大きく影響していると考えられる。つまり三河島処理区では工場等の大口需用先での節水協力が効果的に働き、通常よりも水の使用を少なくしたことが下水量にも影響を及ぼし、その結果流入汚水量が減少したといえる。それに対して落合処理区では家庭における節水はあまり効果がなく、流入水量に影響を及ぼさなかった。芝浦処理区ではこの中間に位置しており、オフィス街などではある程度の節水協力が得られやすく、より水の使用が減少した結果流入水量が少なくなったといえる。ただしその影響は工場を含む三河島処理区ほどではない。

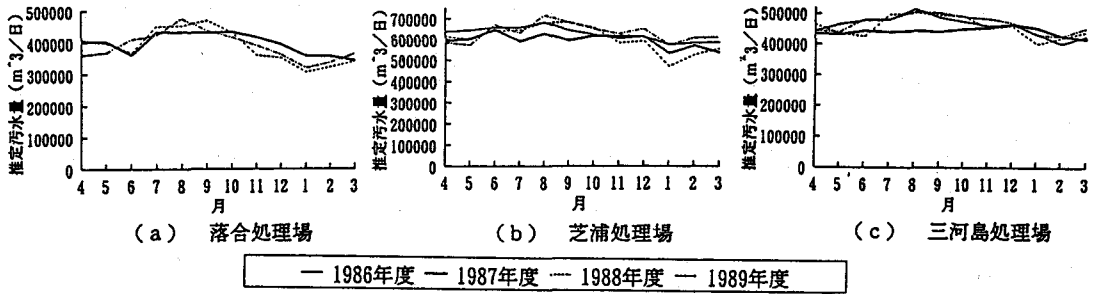


図1 日間推定汚水量の経年変化

3. 2. 給水制限期間中の時間受水量（雨水削除）の日間変化の年度別比較

対象とする給水制限期間は1987年6月23日～7月3日の11日間と7月9日～7月15日の7日間の合計18日間としている。この給水制限期間にあっても若干の降雨はある訳であり、特に大都市での給水事情は河川上流部での降雨に影響されることが多くなるが、下流域である都市域での降雨は上流域とは関係が少ないことも予想される。ここでは、都市下水が河川上流側の渇水の影響を直接反映している条件を想定するために、都市域での降雨の影響をなるべく小さくした下水処理場流入下水量の時間変化を調べた。平均的な時間受水量は同一時刻の時間受水量を所定日数で平均して求めている。結果は図2(a)～(c)に示される。

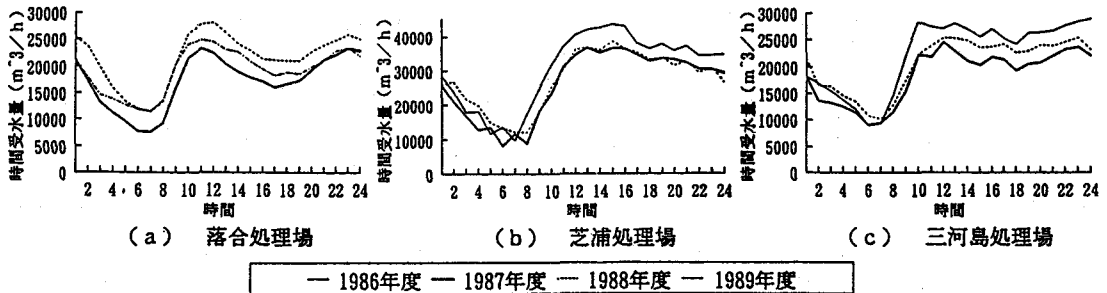


図2 給水制限期における時間受水量（雨水削除）の経年変化

(1) 渇水年の影響

処理場によってその影響の現れ方が違うが全体的に言えば、給水制限によって下水量にもその影響が現れている。定量的な比較を行うには十分なデータ数ではないが、落合処理場での早朝の時間帯で約35%の低下、三河島処理場での午後の時間帯での10数%の低下は有り得る範囲の数字といえる。1986年と1987年を比べれば、午後の時間帯で約15%程度の低下となっていて三河島処理場での低下とほぼ同様の傾向を示している。

(2) 地域特性による相違

3処理場の流入下水量の日間変化パターンはそれぞれに特徴を持っている。落合処理場では住宅地域のた

め、午前中と夜間おそくにピークがあり早朝に谷がある住宅での代表的な水利用のパターンが現れている。それに比べて、芝浦と三河島では、夕方での落込みが少ないが、深夜には落込みが早く現れるパターンを示す。特に芝浦処理場ではピークが遅い午後～夕方に現れ、夜半にかけて減速していく様子が特徴的である。芝浦処理場の処理区には事務所など業務用の用途が多いこととの関連が推測される。三河島については住宅と中小の工場による用途が混在している様子が認められる。下水量の時間変化は想像していた以上に地域の水利利用の特性を忠実に反映したものとなっていることがわかる。いずれの地区においてもその流入下水量の日間最小値は午前6時～7時に現れている。

3. 3. 渇水期における雨水を含めた下水量の日間変化

時間受水量につき6月23日～7月3日、7月9日～7月15日の期間において各時刻毎での平均値をプロットしたものが図3(a)～(c)である。図2との違いは、図2の場合は大きな雨水の分を削除して求めていたのに対して、図3は対象期間内の全てのデータを用いて求めたものである点である。図3を比較するとき、落合処理場では1987年は1989年とほぼ同程度となり、図2(a)に示された給水制限の影響がそれほど大きくなっていないことが注目される。また、三河島処理場では、給水制限のあった1987年が1986年、1988年に比べて落込みが約22%と、汚水だけの場合より大きくなっている。このことは落合処理区では1987年の渇水期でも降雨は一定程度あったのに対して三河島処理区では1987年は前後の年に比べてより降雨が少なかったことを推定させる。降雨の地域特性を示しているようで興味ある点である。

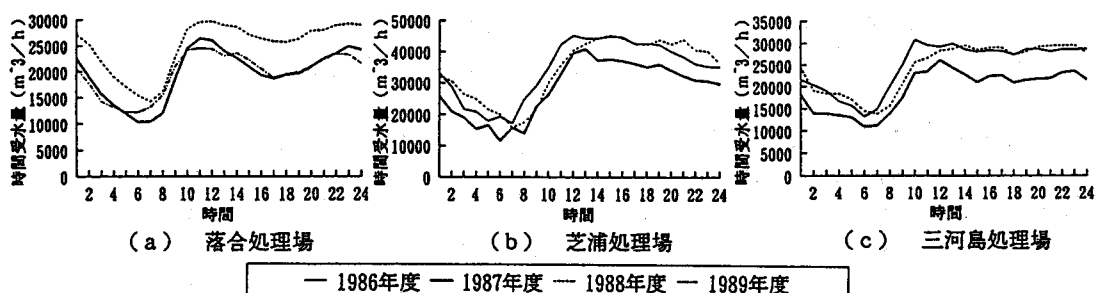


図3 給水制限期における時間受水量の経年変化

4. 下水が集める水量の安定性とベース流量の検討

下水道は都市内で使った水を集めてくるという機能を持つ施設であるが、この下水道がどれだけの確に水を集めてくるのかは必ずしも明かにされていなかった。しかし今回の調査結果は、下水道はかなり忠実に都市内の水を集めてきていることを明らかにしている。取水制限といった河川上流部での渇水の影響は、現在の上水道施設の備えるバッファー容量の効果もあって、給水制限という末端への影響は減少してくる。そして、さらに下水として集めて来る水は都市域に降る雨も含むことになるので、河川上流部での渇水の影響を相対的に受けにくい特性を持っているといえる。このように、下水処理場流入水は安定的な水資源量と考えることができるが、一方で貯留施設を持たないというハンデキャップを持っており、流入下水を対象として水利利用計画を立てるとすれば、最も確実なベース流量としては日間の最小値となる時間帯で、しかも降雨のない条件の下での汚水量を取ることが適切であるといえる。都市内に降る雨水の効果をどの様に利用すべきかについては都市内における貯留装置をどう考えるべきかということとも関係し今後の検討課題であろう。

謝辞：本研究の実施の上で各種基本的データの提供を受けた東京都下水道局関係者の協力を感謝致します。

<参考文献>

- 1) 「都市圏における水の再利用システム」、「人間環境系」研究報告集、G044-N32-02
(代表 松尾友矩)、1990年3月