

人工的水循環が支配的な都市の水収支と河川に与える汚濁負荷に関する研究

名古屋工業大学大学院
名古屋工業大学大学院

学生会員
正会員

○中西祐貴・岩切辰郎
富永晃宏

1. はじめに 堀川と新堀川は名古屋市を南北に流れる流域面積が51.9km²の河川である。自己水源を持たず、下水処理水と他河川からの導水が主な流入源で、川の大部分が潮汐の影響を受ける感潮域のため流れが滞留しやすい。この流域では合流式下水道が整備されており、雨天時には雨水と汚水が混合した下水が堀川・新堀川に無処理放流され、水質悪化の原因となっている。

効果的な流入源対策を得るためには流域での水収支を把握し、流入する汚濁負荷量を求める必要がある。そのため本研究では流域水収支から河川流入水量を推定した。さらに流入汚濁負荷量を推定するモデルを構築した。

2. 対象エリア・期間 堀川・新堀川に流入する下水処理場は5か所ある。図-1のように処理区単位でエリア分割する。この5処理区では降雨時に10か所の雨水ポンプ所から排水がなされ、そのうち5か所のポンプ排水は堀川・新堀川に流入し、残りが他河川に流入する。また他処理区への送水ポンプは2か所、合流式下水道の雨水吐口は69か所、雨水のみの吐口は11か所存在する。また上流端から庄内川導水が、松重では中川運河導水がなされている。

水収支計算対象期間は平成8年4月から平成19年3月までとし、流入から流出までの時間遅れの誤差を小さくするため各月ごとの値とし、月末に降水があるなどの理由から水収支が異常となる月は計算から排除した。

3. 水収支算定方法 合流式下水道エリアでの水収支は図-2のように表される。流域への流入要素として、上水、工業用水、降水がある。流出要素として、下水処理水、ポンプ排水、雨水吐越流水、蒸発散水、涵養地下水がある。それ以外の水収支要素を混入水と定義する。この内訳は、管路に浸入する上水道漏水や地下水、し尿のうち清涼飲料水などからの摂取、散水、消火水、地下浸透水などである。蒸発散水と涵養地下水は降水のうち一定の割合でもたらされるものとする。これらのうち実績データは各月のポンプ所と下水処理場の排水量と、上水道の月別全市上水道給水量、月別工業用水道給水量、学区別給水量と、各月の降水量である。

各月の処理区ごとの上水給水量は、学区別給水量から処理区全体の給水量を求め、それを各月の全市の給水量に掛けた。降水量は名古屋地方気象台のもので各処理区に均一に降るものとした。工業用水道は市全体の年別・月別給水量のうち、ある一定の割合で各処理区に配水されるものとした。また下水処理場併設ポンプでの排水はポンプ排水量に含める。

降水量が0のときに、未知量である蒸発散、涵養地下水、雨水吐越流水が0となるため、混入水量を求めることができる。また、低地であるC処理区の合流式雨水吐口は1か所のみであり、その流出量を降水量によらずに0とするとC処理区における降水の最終流出率が推定でき、その残りが蒸発散と地下水涵養になる。これらは浸透面積率に比例するとされているため、浸透面積率を緑被面積率で代用し、各処理区の緑被面積率から他の処理区の蒸発散と地下水涵養の割合を推定する。

これより各月の雨水吐越流量量は推定でき、月降水量のうち雨水吐越流水で流出する割合を求めることができる。しかし実際には降雨パターンによって流出量や流出濃度は異なる。そのため時間降水量がある一定の値を上回るとそれ以上の降雨が雨水吐越流水になるものとする(図-3)。この降水量を雨水吐越流水限界降水量と定義し、降水量のうち雨水吐越流水となる量と、水収支から求めた雨水吐越流量量が一致するように、処理区ごとの雨水吐越流水限界降水量を設定した。

4. 水質算定方法 水質はBOD、COD、SSの3指標で表-1のように定めた。二次処理水質については実績の値を、雨水吐越流水とポンプ排水水質は名古屋市がこの流域において行なった雨天時の合流式雨水吐越流水とポンプ排水での水質調査の平均流出濃度に基づき設定したものである。



図-1 堀川・新堀川とエリア分割

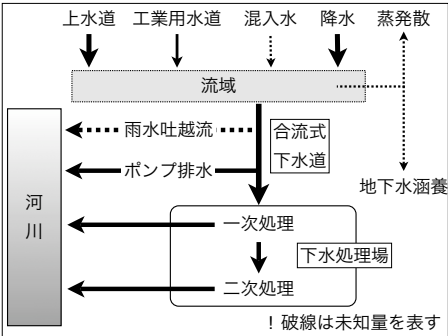


図-2 合流式下水道エリアでの水収支

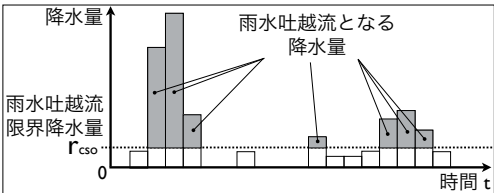


図-3 雨水吐越流有効降水量

表-1 流入水質 (mg/L)

	BOD値	COD値	SS値
一次処理水質	36.24	19.04	54.75
二次処理水質 (平均値)	4.37	11.19	4.44
ポンプ排水水質	51.77	27.19	78.21
雨水吐越流水水質	51.77	27.19	78.21
雨水直接排水水質	0.00	0.00	0.00

キーワード：水収支 流入汚濁負荷 雨水吐越流 都市河川

連絡先： ☎466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052 (732) 2111

晴天時に管路内に蓄積した汚濁負荷は、雨天時の雨水吐越流水やポンプ排水で流出し、この流出水質は時間によって一定ではない。家庭汚水の汚濁負荷量原単位と基礎家庭汚水量から1日1人あたり下水流入負荷量を、分流式下水道の下水処理施設流入平均水質を合流式下水道の晴天時下水処理施設流入水質とし、その濃度の差引きが雨水吐越流の発生しない時間に比例して管路内に蓄積するモデルを設定した。その濃度を表-2に示す。管路内に蓄積した汚濁負荷の流出については、すべての汚濁負荷が流出するまでは無処理排水（雨水吐越流水およびポンプ排水）の量に比例して表-1の一定の濃度で、それ以降は雨水吐越流水とポンプ排水の汚濁負荷濃度をゼロとする汚濁負荷流出モデルを用いた。そのため流出する汚濁負荷は、降水量、その降水までの晴天継続時間、前回の降水終了時に管路内に残存している汚濁負荷量に依存し、降水が多くても必ずしも汚濁負荷が多いとは限らない。一次処理水質は、雨水吐越流水やポンプ排水水質の汚濁負荷を30%カットした値をとった。堀川への導水水質は名古屋環境局観測結果の年平均の値を用いた。

5. 結果と考察 図-4は横軸は月降水量、縦軸は1か月の下水処理量とポンプ排水量から、給水量と降水量を引いたものを、1日・1haあたりにし、月降水量200mmまでを取り出したものである。ただし降雨の下水流入率を1と仮定し、凹地貯留などはないものとしている。グラフが右下がりとなる理由は雨水吐越流水が捕捉できていないためである。合流式下水道において降水がない場合にはすべての給水量が下水処理され、また混入水量が降水量に関係なく一定であるとする、この図-3の切片が混入水量となる。混入水量は処理区によって大きな変化がみられない。

この混入水がそれぞれの処理区に流入しているとするC処理区における降水の流出率を求められる。この流出率から他の処理区の流出率も求めるとそれぞれの処理区の平均流出率は92.9%となった。これより地下水涵養量と蒸発散量が求められる。各月の雨水吐越流水量が求められる。

時間降水量データを用いて雨水吐越流限界降水量を求め、それぞれの処理区での雨水吐越流水量を求めた。そのうち堀川・新堀川に流入する量をのみ取り出し、月別平均をとった。他の流入要素についても月別平均をとり、それらを図-5に示す。全体の45.3%が二次処理水、29.8%が雨水吐越流水、7.0%がポンプ排水となった。

これらの水量にそれぞれの水質を掛けたものが図-6～図-8である。BOD負荷については夏期の雨水吐越流水が突出し、年間でも56.7%となった。COD負荷は水量の多い二次処理水が42.7%、雨水吐越流水が33.3%となった。SS負荷は雨水吐越流水が32.6%と最も多く、二次処理水が26.8%、一次処理水が18.7%となり処理場から排出される負荷の割合も高くなった。結果から、流入汚濁負荷は無処理排水による影響が大きく、夏期に顕著であることが分かった。ただしこの結果は水質の設定値に大きく依存すると考えられる。

6. おわりに 本研究では水収支から都市河川である堀川・新堀川に流入する水量と汚濁負荷量を求めた。結果より夏期の無処理排水による汚濁流入負荷の影響が大きいことを明らかにした。これより合流式改善、下水処理あるいは貯留などによって、極力、無処理で河川に放流させないことが堀川・新堀川の水質改善に大きな効果があることが示唆された。

表-2 管路内での蓄積汚濁負荷濃度 (mg/L)

	BOD値	COD値	SS値
下水流入水質	276	129	214
下水処理施設流入水質	220	110	200
管路残留濃度	56	19	14

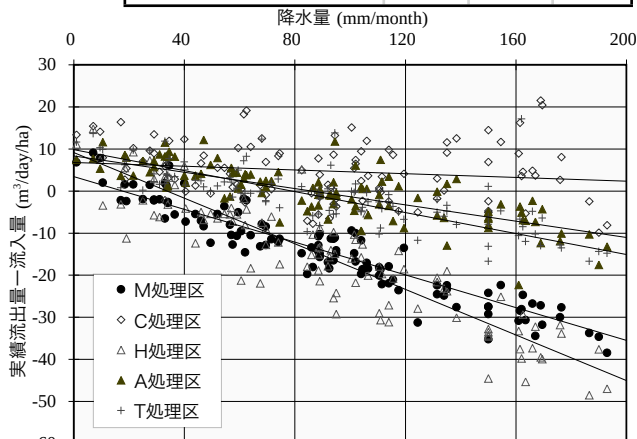


図-4 月降水量に対する流出と流入の差

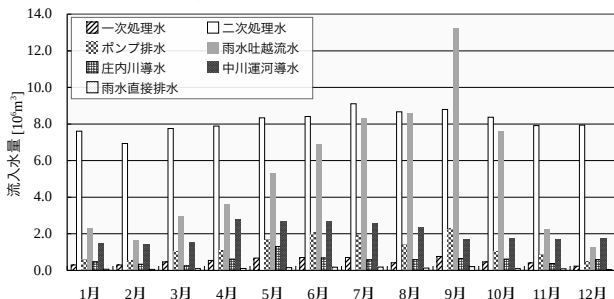


図-5 堀川・新堀川に流入する水量

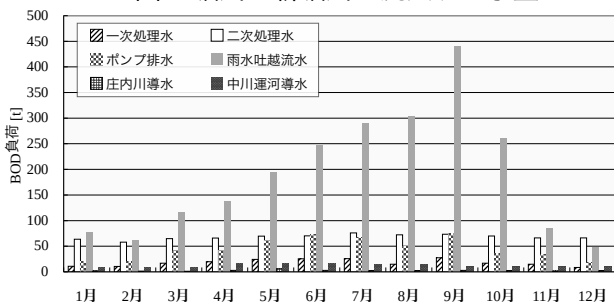


図-6 堀川・新堀川に流入するBOD負荷量

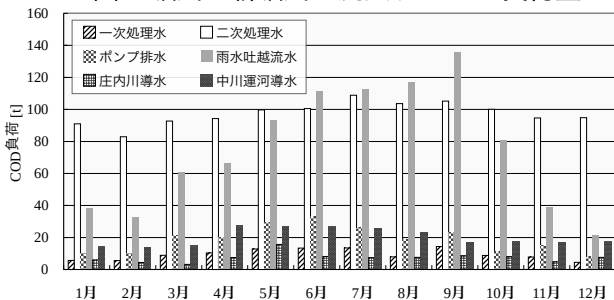


図-7 堀川・新堀川に流入するCOD負荷量

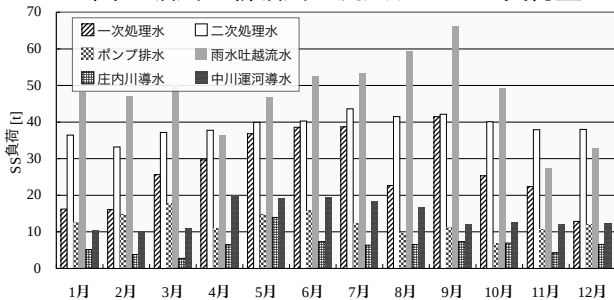


図-8 堀川・新堀川に流入するSS負荷量