

<報文>

福岡県内河川におけるLAS負荷量解析*

志水 信弘**・柏原 学**・古閑 豊和**・石橋 融子**・米原 淳史***・定石 佳子***

キーワード ①LAS ②原単位 ③排出負荷量 ④流出負荷量 ⑤流出率

要 旨

LASの福岡県内河川における排出負荷量と流出特性を把握するため、負荷量解析を試みた。環境基準点が設定されている99河川のうち、86河川を対象とし原単位法により推計したLAS排出負荷量の合計は315t/年であり、その98.7%が未処理生活雑排水由来であった。LAS流出負荷量については、その相関関係を検討した結果、流域面積、LAS排出負荷量及び未処理生活雑排水人口が影響を与えていた。また、44河川について流出率を検討した結果、その度数分布には0.05以下の階級及び0.1より大きく0.15以下の階級の2つにピークがあり、0.3より大きい地点も一部見られた。また、流出率と人口密度の間には強い負の相関関係があったが、他項目との間で明瞭な関係が見られず、その原因は不明であった。

1. はじめに

直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(LAS)は、2012年度に水生生物の保全に係る水質環境基準に追加され、福岡県は環境基準の類型指定とともに環境基準達成に対する施策及びその必要性を検討している。そのためには、現在の河川流域におけるLAS排出負荷量や流出特性など、将来予測に必要な基礎情報の充実が求められる。一方、2000年代後半からPRTR制度の排出量情報を用いて、シミュレーションによる化学物質の環境中動態について研究¹⁾が進展した。しかし、これらの研究は、化学物質の一部河川における環境中濃度が主な検討対象であり、県域全体を対象としたLASの負荷量解析事例は少ない。

ところで、LAS排出負荷量のうち下水道については、放流量やそのLAS濃度を用いて把握可能である。また、LAS用途の8割が家庭洗濯剤である²⁾ことや、PRTR集計結果ではLAS排出量推計値の約7割が家庭由来である³⁾ことから、排出量の多くが家庭の生活雑排水由来と考えられる。そのため、未処理生活雑排水や合併処理浄化槽等のLAS排出原単位を解明できれば、これに汚水処理別人口データを乗じて下水道以外の排出負荷量を把握できる。福岡県では、汚水処理別人口データを過去の水質環境基準類型指定見直し調査^{4)~10)}により、ほぼ全県で流域別に整備している。一方、福岡県における普及率が9.4%¹¹⁾である合併処理浄化槽は、そのLAS排出実態の知見が少ない。そこで、福岡県におけるLASの排出負荷量と流出特性の把握を目的とし、合併処理浄化槽のLAS排出原単位の解明と原単位法を用いたLASの負荷量解析を試みた。

2. 調査方法

2.1 合併処理浄化槽放流水のLAS濃度

合併処理浄化槽放流水のLAS濃度調査は、福岡県内の戸建住宅用の処理能力が5~7人槽(以降、小型と表記する。)、4基、集合住宅用の140~430人槽(以降、大型と表記する。)、3基を対象とし、平成28年8月に実施した。

試料水は、各浄化槽の沈殿槽又は膜分離後の槽からポリプロピレン製容器に採取し、実験室に持ち帰った。LASの測定は、固相抽出-LCMS法により行い、試薬、分析方法及び分析機器は既報¹²⁾に従った。LASの抽出操作は即日行い、検液は測定まで-30℃で保存した。

2.2 排出負荷量の解析方法

2.2.1 LAS排出負荷量の定義

本研究においてLAS排出負荷量(以降、排出負荷量と略す。)は、家庭からの生活雑排水を排出源とし、これらが直接又は水処理施設を通じて河川へ排出される負荷量と定義する。また、排出負荷量は、排出源データ(汚水処理別人口及び下水処理場放流量)に原単位を乗じて計算した。なお、し尿処理が主である単独処理浄化槽は、排出源の対象としなかった。

2.2.2 対象河川及び流域

排出負荷量解析の対象河川及び流域を図1(河川：黒色実線又は青色実線、流域：灰色)に示す。対象河川は、水質環境基準類型指定見直し調査^{4)~10)}が行われた河川とした。福岡県で環境基準点が設定されている99河川のうち、

*Analysis of LAS loads from Rivers in Fukuoka Prefecture

**Nobuhiro Shimizu, Manabu Kashiwabara, Toyokazu Koga, Yuko Ishibashi (福岡県保健環境研究所)

***Atsushi Yonehara, Yoshiko Sadaishi (福岡県環境部環境保全課)

対象河川数を福岡県の地域区分別に示すと、豊前海流入河川（17河川）、北九州市内河川（19河川）、遠賀川水系河川（9河川）、博多湾流入河川（15河川）、筑後川水系河川（13河川）、矢部川水系河川（8河川）及び大牟田市内河川（5河川）の計7地域、86河川である。また、対象河川の最下流の環境基準点にLAS負荷量が流出する流域を対象とした。

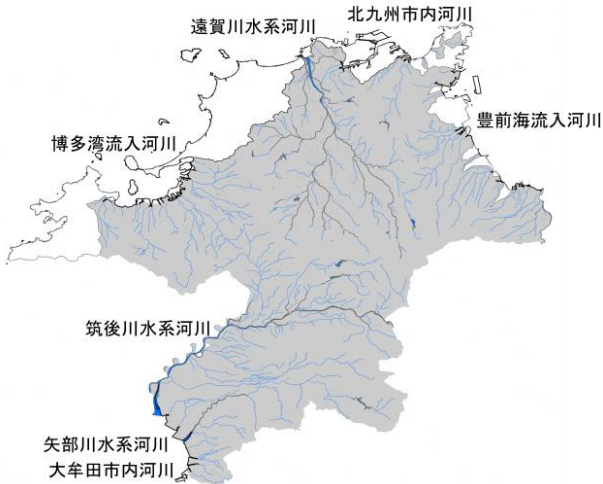


図1 調査対象河川及び流域

2.2.3 排出負荷量推計の方法

各河川流域の排出負荷量は、式（1）により計算した。

$$L_{Ei} = \left(P_{TLi} U_{TL} + P_{TSi} U_{TS} + P_{GWi} U_{GW} + E_{Si} C_s \times \frac{1000}{1000} \right) \times \frac{365}{1000} \quad (1)$$

ここで、 L_{Ei} ：各河川流域の排出負荷量 [kg/年]、 P_{TLi} ：各河川流域の合併処理浄化槽人口（大型）[人]、 U_{TL} ：合併処理浄化槽（大型）のLAS排出原単位 [g/人/日]、 P_{TSi} ：各河川流域の合併処理浄化槽人口（小型）[人]、 U_{TS} ：合併処理浄化槽（小型）のLAS排出原単位 [g/人/日]、 P_{GWi} ：各河川流域の未処理生活雑排水人口 [人]、 U_{GW} ：未処理生活雑排水のLAS排出原単位 [g/人/日]、 E_{Si} ：各河川流域の下水処理場放流量 [m³/日]、 C_s ：下水処理場放流水LAS濃度 [mg/L] とする。さらに式（2）によりLAS排出負荷量 (L_E) [t/年] を計算した。

$$L_E = \sum_i L_{Ei} \times \frac{1}{1000} \quad (2)$$

使用したデータは、次のとおりである。汚水処理別人口は、福岡県資料^{4)~10)}の現況年度値（2000年前後）を使用した。ただし、博多湾流入河川の流域市町村では、下水道普及率の市町村平均値が32.7%（現況年度：1992年度）から91.5%（2017年度）¹¹⁾と急速に上昇しているため、下水道普及を見込んだ将来人口予測値（2005年度）

を使用した。また、汚水処理別人口として行政人口（博多湾流入河川のみ市町村別の行政人口）、し尿くみ取り人口、単独処理浄化槽人口及び合併処理浄化槽人口（501人槽未満及び501人槽以上に区分）を使用し、環境基準点に負荷量が流出する流域ごとに集計した。未処理生活雑排水人口は、これらのし尿くみ取り人口と単独処理浄化槽人口の和とした。

下水処理場は資料¹¹⁾に基づき、環境基準点より上流に放流先がある施設を対象とし、放流先河川の排出負荷量として取り扱った。下水処理場の放流量は、各施設の計画汚水量 [m³/日] の日平均値¹¹⁾を用いた。

合併処理浄化槽（501人槽未満）の原単位は、本調査の合併処理浄化槽（小型）のLAS排出原単位の平均値を使用した。また、合併処理浄化槽（501人槽以上）は、本調査の合併処理浄化槽（大型）のLAS排出原単位の平均値を使用した。未処理生活雑排水の原単位は、既報値（0.73 g/人/日）¹³⁾を用い、下水処理場放流水LAS濃度は、北九州市下水道局の公表値¹⁴⁾の平均値（0.0042 mg/L）を使用した。

2.3 LAS流出負荷量及び流出率の解析方法

2.3.1 LAS流出負荷量及び流出率の定義

本研究においてLAS流出負荷量（以降、流出負荷量と略す。）は、2.2.1で定義した排出負荷量が河川に排出後、流下過程で生分解等により減少し、最終的に環境基準点に流出する負荷量と定義する。また流出負荷量は、河川流量に河川水LAS濃度を乗じて計算した。流出率は、排出負荷量に対する流出負荷量の比とした。

2.3.2 対象河川及び流域

流出負荷量解析はモデルの単純化のため、上流に支川が無く、河川流量及び河川水LAS濃度のデータが利用できる河川を対象とした。具体的には、豊前海流入河川（15河川）、北九州市内河川（16河川）、遠賀川水系河川（6河川）及び矢部川水系河川（7河川）の計4地域、44河川である。

2.3.2 流出負荷量及び流出率の計算方法

各河川流域の流出負荷量は、式（3）により計算した。

$$L_{Ri} = \left(C_{Ri} \times \frac{1000}{1000 \times 1000} \right) \times (F_i \times 60 \times 60 \times 24 \times 365) \quad (3)$$

ここで、 L_{Ri} ：各河川流域の流出負荷量 [kg/年]、 C_{Ri} ：各河川の環境基準点における平均LAS濃度 [mg/L]、 F_i ：各河川の平均流量 [m³/秒] とする。さらに式（4）により各河川の流出率 (R) を計算した。

$$R = \frac{L_{Ri}}{L_{Ei}} \quad (4)$$

使用したデータは、環境基準点における平均LAS濃度として、2014～2016年度の環境基準監視調査結果¹⁵⁾のLAS濃度(44河川, 44地点, 354個)を用い(ただし, LAS濃度が報告下限値以下の場合には検出下限値として取り扱った。), 対象環境基準点毎に計算した平均値[mg/L]を使用した。各河川の平均流量は, 福岡県資料^{4)~10)}から環境基準点近傍の平均流量のシミュレーション結果[m³/秒]を使用した。

3. 結果及び考察

3.1 合併処理浄化槽からのLAS排出実態

合併処理浄化槽からのLAS排出原単位は, 近年の資料が少ない。そこで, LAS排出原単位を明らかにするため, 合併処理浄化槽の放流水中のLAS濃度の実態調査を行った。調査した合併処理浄化槽は, 処理能力[人]及び使用人数[人]を設置自治体から情報収集した。また, 使用人数を処理能力で除して人員比率[%]を計算した。LAS排出原単位[g/人/日]は, 放流水LAS濃度[mg/L]に給水人口別家庭排水量原単位の平均値227 L/人/日¹⁶⁾を乗じて計算した。また, 平均値を小型と大型に分けて計算した。これらの結果を表1に示す。

放流水LAS濃度の範囲は, 小型が0.012~0.37 mg/L, 大型が0.0057~0.012 mg/Lであった。平均値は, 小型が0.14 mg/L, 大型が0.0086 mg/Lと大型の方が低かった。人員比率の平均値は, 小型が74.8%であり, 大型が51.7%と大型が低かった。このように人員比率が低い場合, 合併処理浄化槽の最大汚水処理量に対する実際の流入汚水量の減少が予想され, 合併処理浄化槽における汚水の平均滞留時間が小型より大型の方が長くなると考えられる。このため, 小型に対し大型の合併処理浄化槽の水学的滞留時間が長くなり, LASの生分解が進むため, 大型の放流水LAS濃度の平均値が小型より低かったと考えられる。

LAS排出原単位の範囲及び平均値は, 小型が0.0027~0.084 g/人/日及び0.032 g/人/日であり, 大型が0.0013

~0.0027 g/人/日及び0.0019 g/人/日と大型の方が大幅に小さかった。環境省による調査結果¹⁷⁾では, 本調査の区分における小型の合併処理浄化槽が対象であり, その放流水LAS濃度の範囲及び平均値は, それぞれ0.1未満~0.36 mg/L, 0.14 mg/Lと本調査とほぼ同じ値であった。このことから, 本調査結果は小型の合併処理浄化槽の一般的水質を反映するものと考えられた。

3.2 福岡県におけるLAS排出負荷量

福岡県におけるLAS排出状況を全県的に把握するため, 原単位法による排出負荷量の推計を行った。汚水処理別人口, 下水処理場放流量及び排出負荷量の集計値を表2上, 中段に示す。対象流域における汚水処理別人口割合は, し尿くみ取りが22.9%, 合併処理浄化槽人口(501人槽以上)が1.6%, 合併処理浄化槽人口(501人槽未満)6.0%, 単独処理浄化槽が4.6%であった。下水道人口割合は, 他項目との差し引きから64.9%と考えられる。

現況年度における排出負荷量の集計結果を表2下段に示す。対象流域の排出負荷量の合計は, 315 t/年であった。この値を用いて, 対象外流域も含めた福岡県全域の総排出負荷量を検討した。LAS排出は人為活動由来であることから, 排出負荷量は人口に比例すると仮定した。そこで, 対象河川流域人口を福岡県人口で除した人口カバー率を算出し, 排出負荷量を人口カバー率で割り戻すことにより総排出負荷量を計算した。対象河川流域人口の総計(約423万人)を, 使用データ年次に直近の福岡県人口(502万人:2000年国勢調査)と比較すると, 人口カバー率は84.3%であった。この値を用いて福岡県の総排出負荷量を求めると373 t/年であり, 2016年度PRTR集計結果の福岡県におけるLAS排出量(368 t/年)³⁾と比較すると, 差は+5 t/年であり, 同等であった。PRTR集計結果は, LAS出荷量の人口配分を元に導出しているが, 今回の結果は排出源の実態情報に基づき導出しており, 両者の計算条件は全く異なっている。しかし, 両者の値が同等であることから, 各値の妥当性が示唆された。

次に, 表2下段に排出負荷量を示す。内訳は, 下水処理場が1.04 t/年, 合併処理浄化槽人口(501人槽以上)が0.0472 t/年, 合併処理浄化槽人口(501人槽未満)が2.97 t/年及び未処理生活雑排水が311 t/年であった。未処理生活雑排水のLAS排出負荷量への寄与率は, 98.7%と著しく高かった。また, 未処理生活雑排水のLAS排出負荷量に対する寄与率が98%以上の河川は, 86河川中76河川であり, 多くの河川で未処理生活雑排水が主たる排出源であった。

表1 合併処理浄化槽放流水のLAS調査結果

No.	処理能力 (人)	人員比率 (%)	放流水 LAS濃度 (mg/L)	LAS 排出原単位 (g/人/日)
1	5	80.0	0.012	0.0027
2	6	66.7	0.14	0.032
3	6	66.7	0.37	0.084
4	7	85.7	0.038	0.0086
5	140	52.1	0.012	0.0027
6	180	58.9	0.0080	0.0018
7	430	44.0	0.0057	0.0013
小型 (No. 1~4) の平均値	6.0	74.8	0.14	0.032
大型 (No. 5~7) の平均値	250	51.7	0.0086	0.0019

表2 汚水処理別人口、下水場放流量及び排出負荷量の集計結果

項目	想定条件	下水処理場	し尿 くみ取り	合併処理浄化槽		単独処理 浄化槽	未処理 生活雑排水	総計
				501人槽以上	501人槽未満			
対象河川流域人口(人)	現況年度値	—	969,340	68,091	254,058	197,111	1,166,451	4,229,827*
放流量(m ³ /日)	現況年度値	675,477	—	—	—	—	—	—
排出負荷量(t/年)	現況年度値	1.04	—	0.0472	2.97	—	311	315

*:博多湾流入河川流域においては、総計値として平成17年度行政人口予測値を使用

表3 未処理生活雑排水削減後のLAS排出負荷量の集計結果

項目	想定条件	下水処理場	し尿 くみ取り	合併処理浄化槽		単独処理 浄化槽	未処理 生活雑排水	総計
				501人槽以上	501人槽未満			
排出負荷量(t/年)	予想1*	1.04	—	0.0472	14.3	—	52.5	67.9
排出負荷量(t/年)	予想2**	1.04	—	0.0472	16.6	—	0	17.7

*:全てのし尿くみ取り人口が合併処理浄化槽人口(501人槽未満)に転換した場合の試算値

** :全ての未処理生活雑排水人口人口が合併処理浄化槽人口(501人槽未満)に転換した場合の試算値

3.3 未処理生活雑排水の削減後排出負荷量

未処理生活雑排水の削減による排出負荷量への影響を検討するため、し尿くみ取り人口が合併処理浄化槽(501人槽未満)に全て転換した場合を予想1として、し尿くみ取り人口と単独処理浄化槽人口が全て転換した場合を予想2として、排出負荷量を計算した。その結果を表3に示す。排出負荷量は、予想1では67.9 t/年、予想2では17.7 t/年とそれぞれ現況の約5分の1または18分の1に大幅に削減された。これらの値を3.2と同様に人口カバー率で割り戻すと予想1では80.5 t/年、予想2では20.9 t/年となった。ところで、し尿くみ取り槽また単独処理浄化槽は戸建て住宅に設置されており、今後は住宅の建て替え時に合併処理浄化槽へほぼ転換されると考えられる。また、1997年調査の福岡県の住宅平均寿命は41.03年であり¹⁸⁾、今後40年前後で住宅建て替えが進むと考えられ、それに伴い福岡県の総排出負荷量も20~80 t/年程度へ大幅に削減されるものと考えられた。

3.4 LAS流出負荷量とその要因

LASの流出特性やその要因を検討するため、44河川について流出負荷量を計算した。表4に流出負荷量の範囲及び平均値を示す。流出負荷量の範囲は、0.359 ~ 1017 kg/年であり、平均で133 kg/年であった。流出負荷量と流域面積¹⁹⁾、排出負荷量、行政人口、合併処理浄化槽(501人槽以上又は500人槽以下)人口、未処理生活雑排水人口、人口密度及び汚水処理人口比の間でスピアマンの順位相関係数(ρ)を計算し、有意に強い相関関係(ρ ≥ 0.7)を有したものを表5に示す。流出負荷量は、流域面積(ρ = 0.768, p < 0.01)、排出負荷量(ρ = 0.737, p < 0.01)、未処理生活雑排水人口(ρ = 0.753, p < 0.01)及び合併処理浄化槽人口(500人槽未満)(ρ = 0.743, p < 0.01)と

表4 流出負荷量の範囲と平均値

項目	最小値	最大値	平均値
流出負荷量(kg/年)	0.359	1017	133

表5 流出負荷量の順位相関関係

項目	順位相関係数(ρ)
流域面積(km ²)	0.768 **
排出負荷量(kg/年)	0.737 **
未処理生活雑排水人口(人)	0.753 **
合併処理浄化槽(500人槽以上)人口(人)	0.743 **

** : p < 0.01

強い正の順位相関を有していた。

次に、流出負荷量と排出負荷量、未処理生活雑排水人口及び合併処理浄化槽(500人槽以下)との散布図を、それぞれ図2、図3及び図4に両対数スケールで示す。なお、以降の散布図は両対数スケールとし、対数変換したデータを直線近似した近似式とそのピアソンの積率相関係数(r)を図中に示す。流出負荷量と排出負荷量の間には、強い正の積率相関(近似式: 流出負荷量 [kg/年] = 0.0599 × 排出負荷量 [kg/年]^{0.966}, r = 0.739)があった。流出負荷量と未処理生活雑排水人口の間には、強い正の積率相関(近似式: 流出負荷量 [kg/年] = 0.0174 × 未処理生活雑排水人口 [人]^{0.966}, r = 0.763)があった。流出負荷量と合併処理浄化槽人口(500人槽未満)の間には、やや弱い正の積率相関(近似式: 流出負荷量 [kg/年] = 1.32 × 合併処理浄化槽人口(500人槽未満) [人]^{0.597}, r = 0.383)があった。

合併処理浄化槽人口(500人槽未満)は、流出負荷量と高い正の順位相関を持つものの、積率相関は明瞭な関係が見られず、流出負荷量への影響は弱いと考えられた。

一方、未処理生活雑排水人口は、3. 2で述べたとおり排出負荷量へ強く影響する項目であり、未処理生活雑排水人口は流域面積に依存すると考えられる。これらの項目間（流域面積、排出負荷量、未処理生活雑排水人口）には、前述のような関係の存在が予想され、このため流出負荷量に対して強い影響を与えたと考えられた。

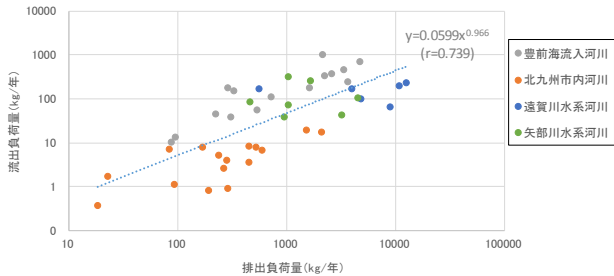


図2 流出負荷量と排出負荷量の関係

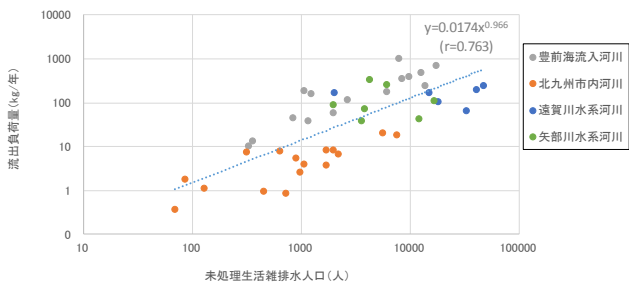


図3 流出負荷量と未処理生活雑排水人口の関係

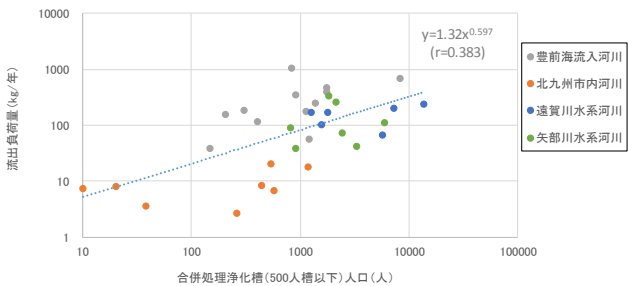


図4 流出負荷量と合併処理浄化槽人口（500人槽未満）の関係

3.5 LASの流出率

LASの流出特性を表す指標として流出率に着目し、3.4と同じ河川について流出率を算出し、その結果を地域毎にヒストグラムとして図5に示す。また、地域の平均値を図中に▼印で示す。

流出率全体の範囲は、0.007～0.624であり、約90倍の差があった。1992年に井上らは、8河川のLAS流出率について0.067～1.45と報告しており²⁰⁾、その差は約20倍であった。算出条件の違いがあり単純比較はできないが、今回得られた流出率と比較すると最大値は約半分、最小値は30分の1と全体的に低下していた。また、最大値と最小値の差は、今回の値が過去と比較し約5倍大きく、過去の報告より広範囲な流出特性を示した。

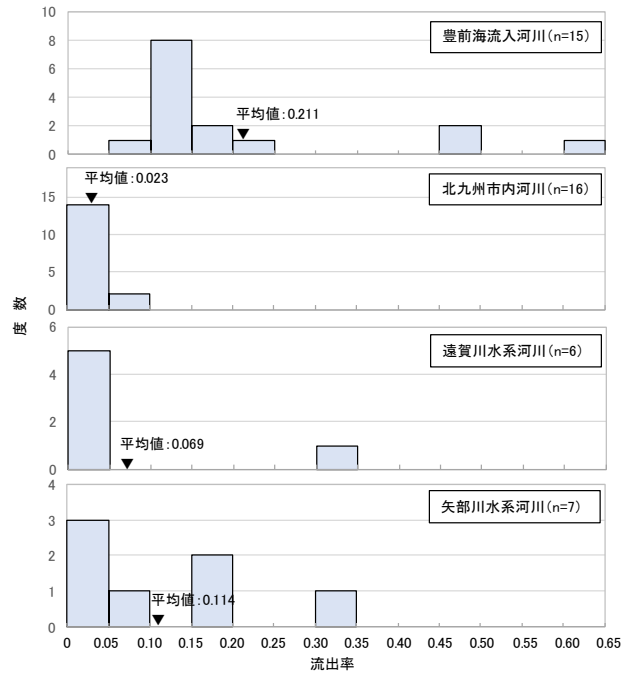


図5 各地域の流出率のヒストグラムと平均値

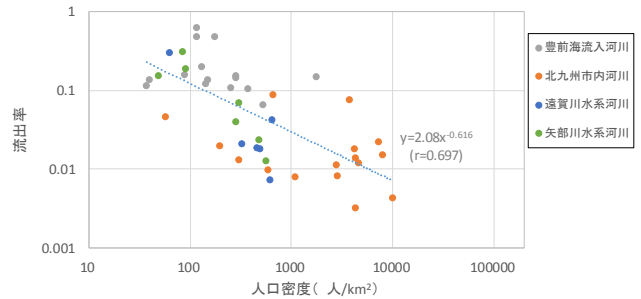


図6 流出率と人口密度の関係

次に各地域の流出率を見ると、豊前海流入河川では、平均値が0.211であり、ヒストグラムは0.1より大きく0.15以下の階級にピークを持ち、0.45より高い階級に属する地点もあった。北九州市内河川では、平均値は0.023であり、0.05以下の階級にピークがあった。遠賀川水系河川では、平均値は0.069であり、0.05以下の階級にピークを持ち、0.3より高い階級に属する地点もあった。矢部川水系河川では、平均値が0.114であり、0.05以下の階級にピークを持ち、0.3より高い階級に属する地点もあった。また、各地域の流出率の平均値に有意差はなかったが、ヒストグラムの特徴は、流出率が0.05以下の階級、又は0.1より大きく0.15以下の階級のいずれかにピークがあった。また、北九州市内河川では、流出率が0.3を超える地点は見られなかった。北九州市では、下水道普及率が99.811%¹¹⁾と非常に高く、未処理生活雑排水の流入は極めて少ないと予想されるため、流出率の高い地点が見られなかったものと考えられた。

次に、流出率に影響を与える要因を検討するため、3.4

と同様に流出率と各項目との間でスピアマンの順位相関係数 (ρ) を計算した。その結果、人口密度との間に強い負の相関 ($\rho = -0.742$, $p < 0.01$) があり、他の項目との間には強い相関関係は見られなかった。また、図6に示す流出率と人口密度の散布図では、両者の間に負の相関(近似式: 流出率 = $2.08 \times$ 人口密度 $[\text{人}/\text{km}^2]^{-0.615}$, $r = 0.697$) があり、人口密度の増加とともに流出率は減少していた。過去の報告によると、流出率と人口密度との間に明瞭な関係が見られず²⁰⁾、今回の結果は異なっていた。また、順位相関、積率相関とも流出率と他項目と間で明瞭な関係が見られず、人口密度との関係がどのような現象に起因するか不明であった。ところで流出率は、LAS負荷量が測定点まで流出する過程で受ける物理化学的、又は生物化学的な浄化を包括的に表す指標である。そのため、人口密度の増加に伴う流出率の変化は、LASの流出過程における浄化作用に何らかの差があることを示唆しており、その要因解明にはこれらの詳細な検討が必要であった。

4. まとめ

福岡県内河川におけるLASの排出負荷量を把握するため、86河川を対象としLAS排出負荷量の推計を行った。その結果、LAS排出負荷量の合計は315t/年であり、その98.7%が未処理生活雑排水由来であった。次に、44河川についてLASの流出負荷量を計算し、その相関関係を検討した結果、流域面積、LAS排出負荷量及び未処理生活雑排水人口と正の相関関係があった。さらに流出率を検討した結果、その度数分布には0.05以下の階級及び0.1より大きく0.15以下の階級の2つにピークがあり、0.3より大きい地点も一部見られた。また、流出率と人口密度の間には強い負の相関関係があったが、他項目との間で明瞭な関係が見られず、その原因は不明であった。

謝辞

本研究を行うにあたり、福岡県環境部環境保全課及び大牟田市環境保全課の皆様から多大なご尽力をいただきました。ここに記し、深く感謝いたします。

5. 引用文献

- 1) 鈴木規之, 村澤香織, 松橋啓介, 南齋規介, 桜井健郎, 森口祐一, 田邊潔, 中杉修身, 森田昌敏: 全国河川の河道データに基づく化学物質のGIS河川動態モデル(G-CIEMS)の開発と空間分布評価の試み. 環境化学, **15**, 385-395, 2005
- 2) 環境省. リスクコミュニケーションのための化学物質ファクトシート, <http://www.env.go.jp/chemi/communication/>

- factsheet.html(2018年12月時点)
- 3) 経済産業省: 集計結果の公表, http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/6.html (2018年12月時点)
- 4) 福岡県保健環境部: 博多湾の窒素及び磷の環境基準の類型指定並びに博多湾及び博多湾流入河川の水質環境基準の類型見直しに係る調査業務報告書, 1995
- 5) 福岡県保健環境研究所: 水質環境基準類型指定見直し調査業務報告書北九州市内河川編, 1997
- 6) 福岡県保健環境研究所: 水質環境基準類型指定見直し調査業務報告書豊前海流入河川編, 1999
- 7) 福岡県保健環境研究所: 遠賀川水系河川の水質環境基準の類型指定見直し調査業務報告書, 2001
- 8) 福岡県保健環境研究所: 水質環境基準類型指定見直し調査業務報告書豊前海流入河川(南部)編, 2003
- 9) 福岡県保健環境研究所: 矢部川水系河川の水質環境基準の類型指定見直し調査業務報告書, 2005
- 10) 福岡県保健環境研究所水質課: 有明海流域における汚濁負荷対策調査業務報告書, 2005
- 11) 福岡県建築都市部下水道課: 福岡県の下水道, 2017
- 12) 志水信弘, 柏原学, 古閑豊和, 森山紗好, 土田大輔, 藤川和浩, 熊谷博史, 石橋融子, 松本源生, 田中義人: 福岡県内河川における直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(LAS)の濃度. 福岡県保健環境研究所年報, **43**, 99-103, 2016
- 13) 志水信弘, 古閑豊和, 森山紗好, 土田大輔, 藤川和浩, 田中義人: 家庭用洗剤の直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(LAS)含有量と排出原単位に関する検討. 福岡県保健環境研究所年報, **42**, 80-85, 2015
- 14) 北九州市上下水道局: 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(LAS)の調査結果, <http://www.city.kitakyushu.lg.jp/suidou/s01400003.html> (2018年10月時点)
- 15) 環境省: 水質関連システム (2018年10月時点)
- 16) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部: 流域別下水道整備計画調査指針と解説, pp. 37, 2016
- 17) 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課浄化槽推進室, 一般社団法人埼玉県環境検査研究会: 平成29年度単独浄化槽環境影響実態調査業務報告書, pp. 14, 2018
- 18) 小松幸男: 1997年と2005年における家屋の寿命推計. 日本建築学会計画系論文集, **73**, 2197-2205, 2008
- 19) 福岡県県土整備部河川管理課: 河川調書, 2017
- 20) 井上隆信, 海老瀬潜一: 河川における直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)の流出特性. 水環境学会誌, **15**, 739-747, 1992