

九州大学 工学部 学生員 林 健太郎

同 上 学生員 藤 久光

同 上 正員 粟谷 陽一

同 上 正員 楠田 哲也

1. はじめに 水質汚濁問題は 生活環境の面から、あるいは、水資源の有効利用という面からも、近年、注目を集めている問題であるが、水質汚濁の要因やその経路には、未だに明らかにされていない点が多い。都市の過密化、広域化が進む現在、水質汚濁のプロセスを明らかにし、水質予測を可能にすることが、必要である。本研究では、以上の観点に基づき、種々の流域における水質及び人口、工業人口、下水道整備状況等の経年的なデータを用い、回帰分析による水質の予測を試みた。さらに、負荷原単位法と比較することにより、流達率について検討を加えた。

2. 計算方法 対象地域としては、福岡市を中心とした博多湾に流入する河川の流域全体を考えた。総面積は、679 km²であり、主要河川は、12河川である。図-1に各河川の流域及び水質測定点を基準とした小水系（以下ブロックと称す）を示す。回帰式には、 $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$ (y : 水質, b_0, b_i : 回帰係数, x_i : 説明変数)を用いた。水質には、BOD、アンモニア態窒素（以下、NH₄-N）、総窒素（以下 T-N）、総磷（以下 T-P）を用いた。説明変数としては、降雨量、取水量、農地面積、森林面積、下水道処理区域外の、人口、商業人口、工業人口、合流式処理区域内の、人口、商業人口、工業人口、河川に排水する下水処理場における処理区域内の、人口、商業人口、工業人口、について流域面積で割った値、及び流域面積の14個を用いた。水質は 図-1における水質測定点での値を用い、説明変数の値は、水質測定点から上流部の流域全体の値を用いた。BOD、NH₄-Nについては、534~554年、T-N、T-Pについては、552年~554年の、経年的なデータを用いて計算を行った。本報では、那珂川、御笠川、樋井川、の3河川のデータを用いたもの、主要12河川のうち唐原川を除く11河川のデータを用いたものについて検討を加えた。計算に使用したデータ数は、主要11河川の場合、BOD、NH₄-Nがそれぞれ、241個、24個、T-N、T-Pが、共に、78個、3河川の場合、BOD、NH₄-Nがそれぞれ、109個、102個である。また、感潮部の水質データは、海水による希釈効果を考え、海水での塩素濃度及び各々の水質項目の濃度を基準に、測定点の塩素濃度により、補正した値を用いた。

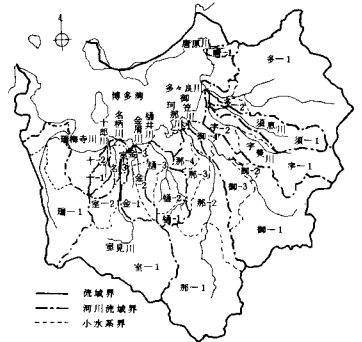


図-1

業人口、について流域面積で割った値、及び流域面積の14個を用いた。水質は 図-1における水質測定点での値を用い、説明変数の値は、水質測定点から上流部の流域全体の値を用いた。BOD、NH₄-Nについては、534~554年、T-N、T-Pについては、552年~554年の、経年的なデータを用いて計算を行った。本報では、那珂川、御笠川、樋井川、の3河川のデータを用いたもの、主要12河川のうち唐原川を除く11河川のデータを用いたものについて検討を加えた。計算に使用したデータ数は、主要11河川の場合、BOD、NH₄-Nがそれぞれ、241個、24個、T-N、T-Pが、共に、78個、3河川の場合、BOD、NH₄-Nがそれぞれ、109個、102個である。また、感潮部の水質データは、海水による希釈効果を考え、海水での塩素濃度及び各々の水質項目の濃度を基準に、測定点の塩素濃度により、補正した値を用いた。

表-1

3. 結果及び考察 表-1にNH₄-Nについて、11河川の534年~554年度のデータ（以下、全年度全河川と称す）、3河川の534年~554年度のデータ（以下、3河川全年度と称す）、及び11河川で552年~554年度のデータ（以下全河川3年度と称す）を用いて回帰分析を行ったときの回帰係数を示す。回帰分析に用いたデータ数はそれぞれ、224個、102個、78個である。図-2に3河川全年度のデータを用いて回帰分析を行ない、その回帰係数を他の河川の水質計算に適用した場合の計算値と実測水質との関係を、図-3には全河川全年度のデータを用いて回帰分析を行ったときの実測水質と計算値との関係を示す。3河川全年度のデータを用いた場合の回帰係数についてみると、全河川全年度の場合の回帰係数に比べ、森林面積、流域面積の項が大きくなり、定性的にも、予想される値に合っていないものが多い。この回帰係数を他の河川の水質計算に用いた場合にも、図-2に示すように、全体的に、ばらつきが

		NH ₄ -N の 回 帰 係 数		
対象流域数		11河川	11河川	3河川
期 間		534-554	552-554	534-554
処理区域外	人口	6.6×10 ⁻³	6.8×10 ⁻⁴	1.3×10 ⁻³
	商業人口	-1.6×10 ⁻³	-2.5×10 ⁻³	4.3×10 ⁻⁴
	工業人口	9.9×10 ⁻³	1.8×10 ⁻²	1.6×10 ⁻³
合流式処理区域	人口	9.8×10 ⁻³	1.2×10 ⁻²	5.0×10 ⁻³
	商業人口	-1.6×10 ⁻³	4.9×10 ⁻⁴	-2.6×10 ⁻³
	工業人口	2.1×10 ⁻²	-2.3×10 ⁻²	3.3×10 ⁻²
処理場	人口	2.7×10 ⁻³	4.9×10 ⁻³	-6.3×10 ⁻⁴
	商業人口	5.7×10 ⁻³	-9.3×10 ⁻³	2.2×10 ⁻²
	工業人口	-3.7×10 ⁻²	-1.0×10 ⁻¹	-1.3×10 ⁻¹
降雨量		-6.7×10 ⁻³	-8.6×10 ⁻⁴	-4.6×10 ⁻³
取水量		1.7×10 ⁻³	2.6×10 ⁻³	4.1×10 ⁻³
農地面積		2.7×10 ⁻³	-8.4×10 ⁻³	2.5×10 ⁻²
森林面積		-3.6×10 ⁻¹	-1.7×10 ⁻¹	-6.2×10 ⁻¹
流域面積		-8.0×10 ⁻¹	3.8×10 ⁻¹	3.2×10 ⁻¹

大きく、3河川全年度における回帰係数を他の流域の水質予測のために適用するのは困難である。これに対して、全河川全年度のデータを用いた場合の回帰係数は、予想される値に近い値となっており、図-3に示されるように、実測水質と計算値がよく一致している。全河川3年度のデータを使用して得られた回帰係数は、全河川全年度の場合の回帰係数とそれほど変わらない値となっている。以上の結果より、特定の流域のデータを用いて回帰分析を行った場合は、回帰分析による水質の予測は困難であるが、特性の異なった流域のデータを用いて回帰分析を行うことにより、ある程度の水質予測は可能であると思われる。しかしながら、図-3を詳細にみると、樋井川と金屑川の一部で、計算値がほぼ一定値を示しているが、実測値は高い方へばらついている。これは、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の発生源が、主に屎尿であることを考えると、浄化槽を考慮しなかった事が、比較的浄化槽の普及率が高い、樋井川、金屑川の計算値に低い評価を与えたものと考えられる。図-4〜図-6にそれぞれ、BOD、T-N、T-Pについて回帰分析を行って得られた計算値と実測水質との関係を示す。これらの図より、BOD、T-N、T-P共に実測水質と計算値の適合性はよく、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と同様に回帰係数も予想される値に近い値となっていた。個々の水質項目について見ると、まず、BODで比較的工業人口が高い御笠川で、計算値に比べ異常に大きな実測水質を与える数点がある。これらは、S46年に施行された工場からの排水規制以前のものである。T-N、T-Pでは、浄化槽を考慮していない為の影響は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ ほど現われていない様である。このことは、T-N、T-Pの総負荷量のうち浄化槽の占める割合が、 $\text{NH}_4\text{-N}$ ほど大きくない事、あるいは、S52年〜S54年と短い期間のデータを使っているためだと考えられる。以上の結果より、特性の異なった流域のデータを用いて回帰分析を行うことにより、種々の水質項目に対してもある程度の水質予測は可能であるものと思われる。次に原単位負荷法によって求めた発生負荷量と回帰式による結果を比較することにより、種々の流域における流達率について検討を行う。負荷として下水処理区域外人口、すなわち、主に雑排水について考え、BODとT-Pについて流達率を求める。回帰式による下水処理区域外人口密度に関する回帰係数を B_p 、雑排水の負荷原単位を A_p 、下水処理区域外人口を X_p 、流量を Q 、流域面積を S 、流達率を α とすると、負荷原単位法による雑排水の水質に寄与する量は、 $A_p X_p \alpha / Q$ となる。これが、 $B_p \times (\alpha_p / Q)$ の値に等しいので、流達率は、 $\alpha = B_p \cdot (X_p / S) / (A_p \cdot X_p / Q)$ となる。表-2に原単位負荷法による $(A_p \cdot X_p / Q)$ の値、回帰式による結果、流達率、流域面積及び下水処理区域外人口密度を、各河川毎に示す。この表より、原単位法による負荷が高い流域が回帰式によるものも高くなっており、回帰式の結果とかなり近いものとなっている。流達率についてみると、全体的には、下水処理区域外人口密度が高い流域ほど高くなっている。さらに下水処理区域外人口密度が同程度の流域では、流達率は、流域面積が小さい河川では高い値となっている。これらは、この算定の妥当性を示すものと思われる。

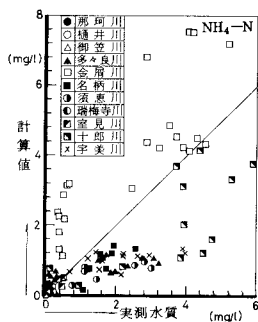


図-2

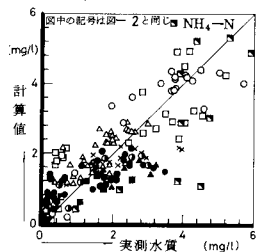


図-3

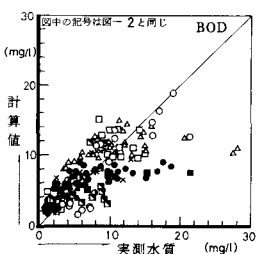


図-4

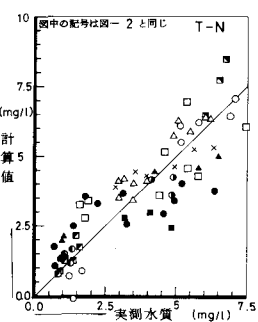


図-5

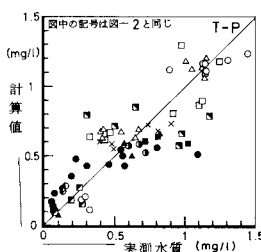


図-6

表-2

	BOD			T-P			流域面積 (km^2)	人口密度 ($\text{人}/\text{km}^2$)
	原単位負荷 $\text{mg}/\text{人}$	回帰式 $\text{mg}/\text{人}$	流達率	原単位負荷 $\text{mg}/\text{人}$	回帰式 $\text{mg}/\text{人}$	流達率		
那珂川	13.3	0.652	0.049	0.374	0.124	0.333	114.76	133.4
樋井川	19.8	1.466	0.074	0.557	0.280	0.502	19.91	299.5
御笠川	24.7	1.355	0.055	0.695	0.259	0.372	84.33	276.9
多々良川	5.4	0.208	0.038	0.151	0.040	0.262	99.24	42.5
名柄川	17.3	0.955	0.055	0.487	0.176	0.360	7.73	187.9
須恵川	14.1	0.601	0.043	0.397	0.115	0.289	25.00	122.8
雪見川	2.4	0.085	0.035	0.069	0.016	0.236	83.24	17.3
十郎川	12.4	0.667	0.054	0.349	0.127	0.365	5.26	136.3
宇美川	15.8	0.781	0.050	0.443	0.149	0.337	48.10	159.6