

天降川における水質の経年変化特性

第一工業大学 正員 樋渡 重徳
同 正員の吉原 正見

1. はじめに

河川の水質は、流域の自然的社会的な環境変化や河川の流況及び水質の観測条件などによって絶えず変化するものである。鹿児島湾に注ぐ天降川の水質汚濁の特性については筆者等が平成1年より調査を進めており、すでにその成果を報告しているところである。本論文では、過去4ケ年にわたり調査して蓄積したデータ特にBODについて時系列に整理し、統計的手法を用いて解析し、水質汚濁の経年変化の分析と将来予測の可能性の検討を試みたものである。解析の主たる方法としては、移動平均法的方法による3ケ年レンジのデータの区分とその度数分布の分析及び流下負荷量とその要因に関する重回帰分析を行った。その結果、度数分布では、河川水質の特徴としてほとんどは、対数正規分布でありいくつかの類型を上げることができた。特に天降川の近傍の鹿児島湾奥の一部の河川についても分布図を調べることができ今後水質汚濁の進行状況の把握のための一つの指針となるものと考えた。

また、流下負荷量に関する重回帰分析では将来予測に必要な要因として流域人口、工業出荷額、畜産頭数及び浄化槽人口（反面し尿汲み取り人口）等の要因が組み合わされている場合の相関関係を明らかにした。

2. 水質標本の指定

分析に使用する水質の標本は、表1、表2のようにその母集団を6月から10月までの5ヶ月間のものに絞り灌漑期の季節の特徴を鮮明にする必要があった。

表-1
天降川水質実測値一覧表

天降川水質実測値一覧表 (BOD)						
基準点	年度	6月	7月	8月	9月	10月
安来橋	H1	1.85	1.85	-	1.85	1.85
	H2	0.60	1.20	-	2.00	2.00
	H3	1.35	1.31	-	0.88	0.86
	H4	0.71	1.18	0.32	0.68	0.51
浦田橋	H1	2.40	2.40	-	2.40	2.40
	H2	0.60	1.20	-	1.05	1.05
	H3	3.06	3.06	-	0.86	1.33
	H4	1.42	1.28	1.26	0.43	1.02
日当山橋	H1	3.90	3.90	-	3.90	3.90
	H2	4.32	2.80	-	1.95	1.95
	H3	1.71	1.71	-	1.75	0.87
	H4	1.62	1.09	2.13	1.68	1.33
泉音橋	H1	3.90	3.90	-	3.90	3.90
	H2	4.32	2.80	-	2.05	2.05
	H3	2.79	2.79	-	2.50	1.40
	H4	1.64	2.19	1.44	0.92	3.12
鉄橋下	H1	3.90	3.90	-	3.90	3.90
	H2	1.30	2.80	-	4.25	4.25
	H3	2.94	2.94	-	1.05	1.65
	H4	1.74	1.71	2.43	1.22	3.08
野口橋	H1	1.60	1.60	-	1.60	1.60
	H2	1.80	4.50	-	2.25	2.25
	H3	1.76	1.76	-	1.22	1.95
	H4	1.62	0.96	1.34	1.66	2.25

表-2
近傍河川水質一覧表

近傍河川水質一覧表 (BOD)						
河川名	年度	6月	7月	8月	9月	10月
新川橋 (天降川河口)	S62	0.7	1.4	1.0	1.2	0.5
	S63	0.6	1.1	0.7	0.8	0.5
	H1	1.0	0.7	0.8	0.7	0.5
	H2	1.6	0.8	1.0	0.5	0.6
狭谷川	S62	0.5	0.8	0.8	0.8	0.5
	S63	0.6	0.9	0.6	0.5	0.7
	H1	0.7	0.5	0.9	0.5	0.7
	H2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5
甲突川	S62	1.4	1.4	1.0	1.1	2.6
	S63	0.9	1.5	2.0	1.9	1.6
	H1	2.4	1.5	3.0	1.2	1.6
	H2	2.4	1.0	2.4	2.5	1.6
別府川	S62	0.5	0.9	1.1	0.8	0.6
	S63	0.9	1.1	0.6	0.7	0.5
	H1	0.7	0.7	0.8	0.6	1.8
	H2	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5
横田川	S62	1.0	1.1	1.2	1.0	0.7
	S63	0.9	1.1	0.6	0.7	0.5
	H1	1.6	0.9	1.1	0.6	1.2
	H2	1.4	1.0	1.3	0.5	0.7
思川	S62	1.5	1.4	2.6	1.0	0.7
	S63	1.1	2.4	1.9	1.3	0.6
	H1	1.5	2.0	1.1	1.8	1.2
	H2	3.7	1.6	2.6	1.4	0.8

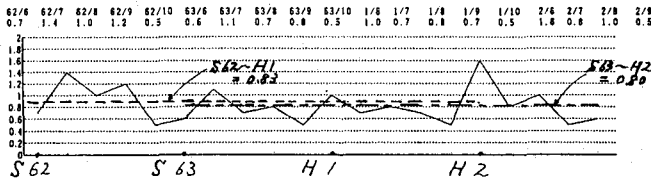
3. 度数分布解析

表1、表2のデータを移動平均の方法で2ケ年重複3ケ年単位のデータをつくつた。このデータはそれぞれ15ヶ月のデータでまとめられている。次にこれら区分されたデータの度数分布図を作製し、度数分布図の特徴を分類した。その結果、分布図は基本的に対数正規分布をなしており、図1のような時系列図の特徴のある度数分布の「顔」として表現した。これを次の表3に示す。

図-1

天降川新川橋のBODの経年変化統計図

その1
時系列分布図



その2
度数分布図

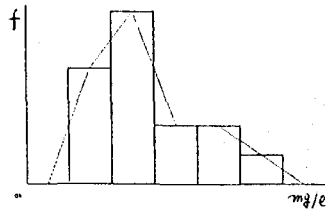


表-3
度数分布図分類・分析表

分類	代表河川等	度数分布の特徴		BOD _{75%} 推定 (推定値に満足)	天降川の類似 水質基準点
		度数分布図のモデル	対数正規分布適合性		
0-1	① 利野川 ② 横校川 ③ 川内川		対数正規分布 分数: 利野川 0.083-0.076 横校川 0.013-0.017 川内川 0.050-0.017	利野川 0.95 mg/l 横校川 0.71-0.74 川内川 0.92-0.74	野口橋: 分数 1.082 BOD _{75%} 2.69 横田橋: 分数 0.89 BOD _{75%} 1.84
0-2	① 新川橋		対数正規分布 分数: 新川橋 0.077-0.102 適合度: 新川橋 ($\chi^2/4 > \chi^2_{0.05} = 1.064$ 適合)	新川橋 1.05-1.1 新川橋 0.96	安楽橋: 分数 0.51 BOD _{75%} 1.58
0-3	① 思川 ② 平賀川		対数正規分布 分数: 思川 0.367-0.266 平賀川 0.301-0.270 対数正規分布型の变形と見られる。	思川 2.0-2.1 平賀川 2.05-2.1	日吉山橋: 分数 1.25 BOD _{75%} 3.33 東宮橋: 分数 1.01 BOD _{75%} 3.35 鉄橋下(平賀橋): 分数 1.26 BOD _{75%} 3.48
0-4	① 市丸川		正規分布 分数: 0.240-0.189	2.27-1.95	該当無し
要約	1. 0-1型について 利野川、横校川のように比較的低いBODの度数分布を示す。 分布図のモデルは左端が極端に高く低BODの発生頻度が高い。分布は対数正規分布の变形と見られる。 2. 0-2型について 新川橋のように適度な対数正規分布曲線に直線に近づく。 対数正規分布モデルにもっとも近い。 3. 0-3型について 思川、平賀川のように水質汚濁の程度は0.27-0.36と大きい。BOD_{75%}値も2.0 mg/lと増加する。対数正規分布の变形の形を示す。				1. 分布図はそれぞれのモデルに適合している。 (適合判定) 2. 分数の差異は認められない。 3. BOD_{75%}値は日吉山橋、東宮橋、平賀橋で増加している。 4. 0-4型分布モデルは該当しない。

4. 重回帰分析

重回帰の目的変数を天降川野口橋におけるBOD流下負荷量とし、その説明変数を表4のように選んだ。なるべく単純にするため、説明変数を各2組の組み合わせにしそれぞれの相関係数等を求めた。その結果

表-4

経過年度	H 1	H 2	H 3	H 4
流下負荷(BOD, ton/日)	4.47	3.44	6.17	2.53
流域人口(万人)	9.9	10.1	10.2	10.3
工業出荷額(億円)	1820	2010	2081	2112
畜産頭数(頭)	31130	32760	30340	32760
汲み取り人口(人)	69233	64625	64116	61131

5. 結び

天降川における水質特にBODを中心とした水質の経年変化を限られたデータをもって解析したのであるが、複雑な時系列の統計図も移動平均の手法によるデータ区分によって対数正規分布による度数分布図に表現できた。また、河川の水質汚濁の進行状況把握の指針を提供し得るものと考えられる。流下負荷量の推定については今後さらにデータの蓄積が必要と考える。

参考文献: (1) 水質データの統計的解析: 岩井重久著 (2) 統計解析: 杉山高一著

(3) 鹿児島県環境白書 (4) 鹿児島県公共用水域水質測定結果 (5) 日本河川水質年鑑

いずれの要因の組み合わせも高い相関を示した。4ヶ年のデータでの分析ではややデータ数として貧弱であるが、回帰式から推定する流下負荷量は減少傾向にあるものと見られた。

回帰式の一例 ($R^2 = 0.932$)

$$Y = -203.642 + 0.002X_1 + 0.039X_2$$

(Y:流下負荷量 X₁:汲み取り人口 X₂:工業出荷額)