

公共用水域測定結果からみた県内河川の水質

清水源治 高橋照美 堤 充紀

Statistical Analysis of the Water Quality of Rivers
in Yamanashi Pref. 1971-1986

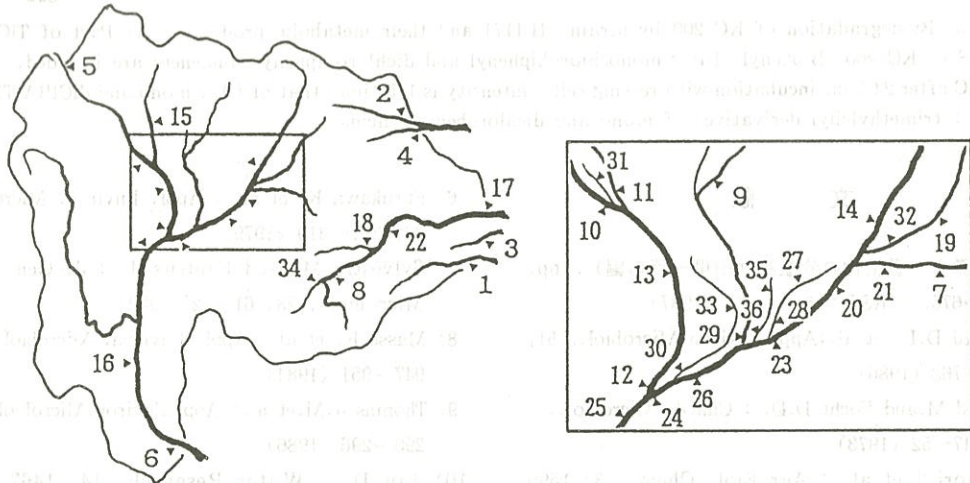
Genji SHIMIZU, Terumi TAKAHASHI and Mitsutoshi TSUTSUMI

本県では、水質汚濁防止法による水質測定計画に基づく公共用水域の水質測定を昭和46年から行っており、これまでに膨大な量の測定値が得られている。これらの測定値は平均値や環境基準の適合率として毎年整理され、各測定地点における水質の経年変化が把握しやすい形に要約されている。¹⁾ 本報では、これまでに得られた結果をさらに要約することを目的に、61年度までの測定値から県内河川の水質変動の特徴を明らかにしようとした。

た47~61年度(15年間)の測定値を用いて解析を試みた。解析には、各汚濁指標のうち欠測が少なかったDO, BOD, COD, SS, 大腸菌群(以下Eco)の5項目を選んだ。5項目の中に欠測を含む場合は解析から除外した。また水質測定は毎月一回、午前、午後に行っているが、Ecoの欠測が午前に多かったため主に午後測定値を用いた。定量下限値未満の測定値には定量下限値の2分の1の値をあてた。DOを除き測定値は対数に変換し変換後の数値を用いて主成分分析を行った。第一主成分スコアをWQIとし、WQIから各地点の水質を評価した。

方 法

公共用水域水質測定結果¹⁾の中から通年測定になっ



富士川	塩川	笛吹川	濁川	相模川	道志川
5 国界橋	15 藤井堰	14 亀甲橋	35 砂田橋	8 富士見橋	1 道志川流末
10 船山橋	11 塩川橋	20 鶴飼橋	36 濁川橋	22 大月橋	秋山川
13 信玄橋		23 中道橋	平等川	17 桂川橋	3 秋山川流末
12 三郡西橋	荒川	26 桃林橋	27 平等橋		多摩川
25 富士橋	9 桜橋	24 三郡東橋	28 平等川流末	宮川	2 下保之瀬橋
16 身延橋	29 二川橋	重川	鎌田川	34 昭和橋	小菅川
6 万栄橋	日川	19 千野橋	33 高室橋	大幡川	4 小菅川流末
黒沢川	7 葡萄橋	32 重川橋	30 鎌田川流末	18 大幡川流末	
31 黒沢川流末	21 日川橋				

図1 各水質測定地点の番号と名称

表1 県内各地点の汚濁指標の幾何平均値と標準偏差

() 内：標準偏差

	n	DO	BOD	COD	SS	Eco	WQI
1 道志川流末	60	10.4(1.3)	0.4(1.8)	0.8(1.7)	1(2.2)	0.6(5.5)	-3.37(0.88)
2 下保之瀬橋	72	10.3(1.5)	0.5(1.9)	1.2(1.6)	2(3.6)	0.6(5.2)	-2.66(1.04)
3 秋山川流末	60	10.4(1.5)	0.5(1.8)	1.1(1.7)	2(3.0)	1.9(6.1)	-2.52(0.98)
4 小菅川流末	72	10.1(1.4)	0.7(2.0)	1.4(1.4)	4(2.8)	1.4(4.2)	-1.98(0.92)
5 国界橋	154	9.6(1.4)	0.9(2.0)	1.6(1.9)	5(4.9)	0.5(8.4)	-1.84(1.31)
6 万栄橋	132	10.1(1.4)	0.8(1.8)	1.6(1.6)	11(4.0)	1.6(7.2)	-1.45(1.26)
7 葡萄橋	155	10.1(1.6)	1.0(2.0)	1.9(1.6)	8(3.5)	1.3(3.8)	-1.36(1.00)
8 富士見橋	161	9.5(0.6)	1.3(1.6)	1.6(1.6)	3(3.0)	4.1(4.1)	-1.28(0.78)
9 桜橋	156	10.2(1.5)	1.0(1.9)	2.3(1.6)	5(3.1)	2.1(3.9)	-1.28(0.94)
10 船山橋	179	10.2(1.8)	0.8(1.9)	1.5(1.6)	15(3.4)	2.3(4.6)	-1.16(1.02)
11 塩川橋	165	10.2(1.8)	0.9(1.9)	2.2(1.6)	8(2.7)	3.4(4.2)	-1.12(1.03)
12 三郡西橋	179	10.4(2.0)	1.0(2.0)	2.2(1.6)	16(3.7)	1.8(7.1)	-1.03(1.24)
13 信玄橋	179	10.3(1.8)	0.9(1.9)	2.2(1.5)	14(2.9)	2.7(4.8)	-0.97(0.99)
14 亀甲橋	179	10.2(1.5)	1.0(1.9)	2.0(1.6)	11(2.4)	4.9(4.5)	-0.94(0.88)
15 藤井堰	84	9.8(1.6)	0.8(1.9)	2.3(1.7)	7(2.6)	5.7(3.4)	-0.94(0.99)
16 身延橋	132	9.8(1.4)	1.0(1.8)	2.2(1.4)	18(3.8)	6.6(4.4)	-0.57(1.01)
17 桂川橋	171	9.8(0.9)	1.6(1.6)	2.1(1.5)	8(2.6)	11(2.8)	-0.53(0.71)
18 大幡川流末	159	9.5(1.1)	1.6(1.8)	2.4(1.7)	6(2.5)	13(3.2)	-0.40(0.84)
19 千野橋	156	9.6(1.5)	1.3(1.7)	2.7(1.6)	15(2.6)	6.6(3.4)	-0.28(0.88)
20 鶺鴒橋	179	10.1(1.7)	1.6(1.9)	2.9(1.4)	14(2.1)	11(4.1)	-0.18(0.76)
21 日川橋	171	9.6(1.7)	1.5(2.2)	2.9(1.7)	14(2.8)	9.5(3.9)	-0.14(1.06)
22 大月橋	172	9.6(0.9)	2.2(1.7)	2.7(1.6)	7(2.6)	22(3.3)	-0.04(0.88)
23 中道橋	143	9.7(1.9)	1.6(1.7)	3.4(1.4)	21(2.4)	9.1(4.7)	+0.14(0.91)
24 三郡東橋	179	8.4(1.5)	1.8(1.8)	3.4(1.4)	20(1.9)	12(3.7)	+0.48(0.82)
25 富士橋	168	8.8(1.6)	2.0(1.6)	3.7(1.4)	26(2.0)	18(2.8)	+0.74(0.72)
26 桃林橋	179	8.6(1.5)	2.0(1.8)	3.9(1.4)	27(2.1)	15(4.1)	+0.75(0.85)
27 平等橋	156	9.0(1.6)	3.3(1.7)	4.0(1.3)	12(2.3)	39(3.4)	+0.88(0.76)
28 平等川流末	172	8.8(1.8)	3.5(1.6)	4.6(1.4)	17(1.9)	34(2.7)	+1.13(0.73)
29 二川橋	155	9.0(1.3)	4.7(1.8)	5.9(1.4)	13(2.1)	36(2.9)	+1.36(0.77)
30 鎌田川流末	174	7.9(1.4)	3.6(1.6)	5.0(1.5)	17(1.8)	33(2.8)	+1.39(0.78)
31 黒沢川流末	120	9.0(1.2)	4.6(1.8)	5.6(1.5)	14(2.1)	57(4.1)	+1.44(0.71)
32 重川橋	136	9.1(1.7)	3.8(1.8)	4.9(1.5)	28(2.3)	59(3.5)	+1.47(0.87)
33 高室橋	156	7.9(1.2)	4.3(1.8)	5.8(1.4)	17(1.9)	53(2.6)	+1.70(0.77)
34 昭和橋	144	8.4(1.0)	7.6(1.7)	6.6(1.6)	13(2.6)	109(2.1)	+2.05(0.91)
35 砂田橋	144	7.2(1.9)	13.1(1.6)	10.8(1.4)	16(2.1)	120(2.0)	+2.99(0.71)
36 濁川橋	174	4.8(2.0)	13.1(1.8)	10.7(1.4)	27(1.7)	70(3.2)	+3.52(0.88)
全地点	5426	9.3(1.9)	1.8(2.7)	3.0(2.0)	12(3.2)	9.3(7.3)	0.00(1.70)

DO, WQI : 算術平均値, 単位 : mg/l (Eco 10³ MPN/100ml)

表2 代表的な地点の相関行列と第一主成分の固有ベクトル a

信玄橋 (昭和47~61年度) n = 179						大月橋 (昭和48~61年度) n = 172					
	DO	BOD	COD	SS	Eco		DO	BOD	COD	SS	Eco
DO	1.00	≠	≠	≠	≠	DO	1.00	≠	≠	≠	≠
BOD	0.46	1.00	≠	≠	≠	BOD	-0.10	1.00	≠	≠	≠
COD	-0.21	0.29	1.00	≠	≠	COD	-0.15	0.57	1.00	≠	≠
SS	-0.41	0.01	0.53	1.00	≠	SS	-0.21	0.30	0.45	1.00	≠
Eco	-0.30	-0.18	0.23	0.43	1.00	Eco	-0.27	0.05	-0.09	0.05	1.00
a	-0.49	-0.18	0.42	0.57	0.47	a	-0.30	0.53	0.59	0.50	0.19
(固有値 2.11)						(固有値 2.00)					
亀甲橋 (昭和47~61年度) n = 179						道志川流末 (昭和57~61年度) n = 60					
	DO	BOD	COD	SS	Eco		DO	BOD	COD	SS	Eco
DO	1.00	≠	≠	≠	≠	DO	1.00	≠	≠	≠	≠
BOD	0.50	1.00	≠	≠	≠	BOD	0.05	1.00	≠	≠	≠
COD	-0.04	0.17	1.00	≠	≠	COD	-0.06	0.14	1.00	≠	≠
SS	-0.16	0.18	0.50	1.00	≠	SS	-0.18	-0.08	0.20	1.00	≠
Eco	-0.15	-0.04	0.41	0.31	1.00	Eco	-0.65	-0.19	0.07	0.13	1.00
a	-0.15	0.14	0.59	0.61	0.41	a	-0.64	-0.21	0.15	0.32	0.65
(固有値 1.82)						(固有値 1.78)					

結果と考察

1. 各地点の平均値

河川の水質測定は3水系(富士川, 相模川, 多摩川)17河川, 延べ41地点で行っていた。測定数が最も多かったのは船山橋などの179回, 少なかったのは省路橋(濁川)の12回であった。解析に用いた測定値の合計は5426であった。測定値が60以上(5年以上)あった36地点の位置を図1に示した。また各汚濁指標の平均値, 標準偏差を表1に示した。

各汚濁指標のうちBODは砂田橋, 濁川橋と昭和橋でその平均値が特に高く, これら3地点ではDOが低くCODとEcoも高かった。SS, Ecoは国界橋や万栄橋などBOD, CODの低い地点でその濃度変動が大きかった。また湧水の影響が大きく水温の年間変動が小さい富士見橋ではDOの変動が小さかった。なお全地点の平均値はDO9.3 mg/l, BOD1.8mg/l, COD3.0mg/l, SS12mg/l, Eco 9.3×10^3 MPN/100mlであった。濃度分布はEcoが他に較べて特に広がった。

2. 主成分分析

表1に示した36地点について各々, 相関行列を求め主

成分分析を行った。表2に代表的な4つのタイプの相関行列と第一主成分の固有ベクトルを示した。信玄橋は, DO, COD, SS, Ecoの変動が第一主成分になっておりBODの寄与が小さかった。水質変動はDOが低くなる春~秋期にCOD, SS, Ecoが高くなり, 季節の変化に一致すると考えられた。このタイプは富士川の測定地点や秋山川流末, 葡萄橋, 塩川橋などBOD濃度の低い地点など, 15地点を含んでいた。亀甲橋は信玄橋に似ていたが, 第一主成分に対するDOの寄与が小さくDOの変動とは無関係にCOD, SS, Ecoが変動していた。このタイプは下保之瀬橋や国界橋, 桜橋など5地点を含んでいた。他方, 大月橋はBOD, COD, SSの変動が第一主成分になっていた。このタイプは, DO, Ecoの寄与が大きい地点も含め, 濁川橋, 砂田橋, 昭和橋など汚濁が進んだ地点や小菅川流末, 富士見橋など清澄な地点であるため生活排水などの影響が現れやすい地点, 16地点からなっていた。なお道志川流末は第一主成分に対する寄与がDOとEcoで大きく, 水質変動は水温に依存する傾向が強いと考えられた。

3. WQIの算出

全地点の測定値を用いて相関行列を求めた。BODと

表3 各汚濁指標の相関行列と第一主成分の固有ベクトル a

全地点 (昭和47~61年度) n = 5426					
	DO	BOD	COD	SS	Eco
DO	1.00	≠	≠	≠	≠
BOD	-0.30	1.00	≠	≠	≠
COD	-0.47	0.74	1.00	≠	≠
SS	-0.32	0.29	0.54	1.00	≠
Eco	-0.45	0.53	0.60	0.38	1.00
a	-0.38	0.46	0.53	0.38	0.46

(固有値 2.89)

表5 全地点の幾何平均値からみた各汚濁指標の周年変化

(昭和47~61年度) n = 443~468												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
DO	9.2	8.7	8.1	7.9	7.8	8.2	8.8	9.7	10.6	11.2	10.8	10.2
BOD	2.0	1.9	1.8	1.5	1.4	1.3	1.4	1.8	2.1	2.2	2.5	2.5
COD	3.4	3.2	3.4	3.5	3.1	2.8	2.6	2.7	2.7	2.9	3.1	3.3
SS	15	13	15	17	14	12	10	9	8	8	10	12
Eco	8	8	14	16	16	14	13	8	8	6	5	5
WQI	+0.20	+0.18	+0.49	+0.53	+0.38	+0.07	-0.12	-0.32	-0.43	-0.55	-0.33	-0.09

DO, WQI: 算術平均値, 単位: mg/ℓ (Eco10³ MPN/100m ℓ)

CODは正の相関が強かったが (r=0.74), 個々の地点では生活排水などの影響がみられる地点を除いて相関関係の強い地点はなかった (表2)。そこでBODとCODを含む相関行列から主成分分析を行った。第一主成分の固有ベクトルを表3に示したが, そのスコアはDOが減少しても他の4項目のいずれが増加しても大きくなることから, 第一主成分はこれら5項目の総合的な汚濁指標になっていると考えられた。なお, 寄与率は58% (固有値2.89) とやや小さかったが, これはDOが大きな固有ベクトルをもつ第二, 第三主成分の固有値が0.76, 0.70と大きいためであった。

第一主成分のスコアをWQIとし, 個々の測定値について次式からWQIを算出した。

$$WQI = \sum \{ a \times (\text{測定値} - \text{平均値}) / \text{標準偏差} \}$$

$$= -0.38(\text{DO} - 9.3) / 1.9$$

$$+ 0.46(\log \text{BOD} - \log 1.8) / \log 2.7$$

$$+ 0.53(\log \text{COD} - \log 3.0) / \log 2.0$$

$$+ 0.38(\log \text{SS} - \log 12) / \log 3.2$$

$$+ 0.46(\log \text{Eco} - \log 9300) / \log 7.3$$

a: 固有ベクトル

算出したWQIとDO, BOD, COD, SS, Ecoとの相関係

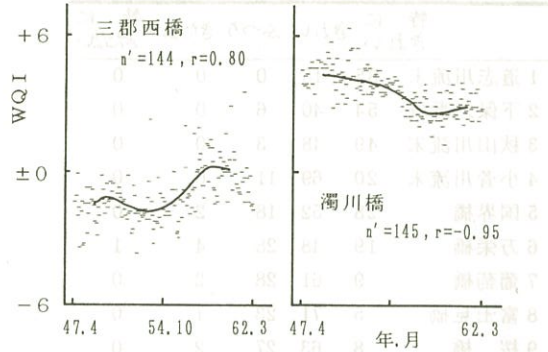


図2 WQIの分布と移動平均(36ヵ月)

数は各々-0.65, 0.78, 0.90, 0.64, 0.79 (n=5426) であった。各地点のWQIの平均値を表1にあわせて示した。平均値は-3.37 (道志川流末) から3.52 (濁川橋) の範囲にあり, 全地点の平均値に近い汚濁度を示す地点としては千野橋, 鶉飼橋, 日川橋, 大月橋, 中道橋などがあげられた。

全地点のWQIの平均値と標準偏差をもとに水質を5階級に区分した。区分には平均値±標準偏差×(0.5および1.5)の値を用いた。区分値は±0.85, ±2.55となり, WQIが-2.55以下であれば「特にきれい」, -2.55から-0.85の範囲であれば「きれい」とし, 以下「ふつう」「きたない」「特にきたない」とした。各地点のWQIの出現率を表4に示した。水質は2~3階級で変動する地点が多かったが, 船山橋, 信玄橋などの富士川の測定地点と亀甲橋, 桜橋では5階級全てにまたがっていた。なお全地点の5階級の出現率は「特にきれい」から「特にきたない」まで, 5%, 27%, 37%, 24%, 7%となった。

4. 水質の季節変動

各汚濁指標の平均値を月毎に算出して表5に示した。

表4 WQIで分類した各地点の水質出現率

	特 きれ	に きれ	ふ つう	きれ ない	特 きれ ない
1 道志川流末	85	15	0	0	0
2 下保之瀬橋	54	40	6	0	0
3 秋山川流末	49	48	3	0	0
4 小菅川流末	20	69	11	0	0
5 国界橋	28	52	18	2	0
6 万栄橋	19	48	28	4	1
7 葡萄橋	9	61	28	2	0
8 富士見橋	5	71	23	1	0
9 桜橋	8	63	27	2	0
10 船山橋	4	65	26	4	1
11 塩川橋	8	55	34	3	0
12 三郡西橋	8	55	30	6	1
13 信玄橋	1	62	32	4	1
14 亀甲橋	3	54	40	2	1
15 藤井堰	2	51	43	4	0
16 身延橋	1	39	55	4	1
17 桂川橋	0	33	64	2	1
18 大幡川流末	1	30	62	7	0
19 千野橋	0	26	63	10	1
20 鶺鴒橋	0	14	78	7	1
21 日川橋	0	23	50	16	1
22 大月橋	0	15	73	10	2
23 中道橋	0	9	59	31	1
24 三郡東橋	0	4	61	34	1
25 富士橋	0	0	63	35	2
26 桃林橋	0	6	47	45	2
27 平等橋	0	2	46	50	2
28 平等川流末	0	1	28	59	2
29 二川橋	0	1	21	72	6
30 鎌田川流末	0	0	26	63	11
31 黒沢川流末	0	1	16	77	6
32 重川橋	0	0	22	70	8
33 高室橋	0	0	13	74	13
34 昭和橋	0	0	12	60	28
35 砂田橋	0	0	0	26	74
36 濁川橋	0	0	0	18	82
全調査地点	5	27	37	24	7

単位：%

DOは夏期が低く冬期に高い一般的な傾向を示し、BODも同様な傾向がみられた。Ecoはこれとは逆の傾向があり、これらは気温（水温）と密接な関係があると考えられた。またSS、CODは春～夏期に高く秋～冬期に低くなる傾向がみられ、DOなどとはやや異なっていた。なおWQIの平均値は7月に最高値（0.53）、1月に最低値（-0.55）をとる年周期をもっており、県内河川の水質変動には季節の変化が影響を及ぼしていた。

5. 水質の経年変化

測定値が120以上（10年以上）の31地点についてWQIから移動平均（36カ月）を求めた。水質改善の傾向がみられる濁川橋と逆に悪化の傾向がみられた三郡西橋の例を図2に示した。明らかに改善傾向がみられた地点としては他に、国界橋、葡萄橋、大幡川流末、砂田橋があった。また鎌田川流末では悪化の傾向がみられた。悪化の理由として、三郡西橋ではSSの増加、鎌田川流末ではBOD、COD、Ecoの増加があげられた。なお他の地点では顕著な増減傾向はみられなかった。

ま と め

昭和47～61年度の公共用水域水質測定結果から、DOなど5項目の値を用いて県内河川の水質変動の特徴を把握しようとした。

1. 県下延べ41地点の15年間の平均値（n=5426）はDO 9.3 mg/l、BOD 1.8 mg/l、COD 3.0 mg/l、SS 12 mg/l、大腸菌群数(Eco) 9.3×10^3 MPN/100 mlであった。濃度分布はEcoが他に較べて特に広がった。

2. 5項目の測定値を用いて地点毎に主成分分析を行った。その結果、県下では第一主成分に対してDO、COD、SS、Ecoの寄与が大きい地点と、BOD、COD、SSの寄与が大きい地点の多いことがわかった。

3. 第一主成分のスコアをWQIとし、個々の測定値についてWQIを算出した。このWQIから水質を5階級に区分し、各地点のWQIの出現率を示した。

4. 5項目とWQIの平均値を月毎に算出した。その結果、県内河川の水質変動には季節の変化が影響していることがわかった。

5. 15年間のWQIの移動平均を求めた。その結果、水質が改善されている地点や悪化している地点のあることがわかった。

文 献

- 1) 山梨県：公共用水域測定結果（各年度）