

生活排水による河川水の水質汚濁について（第一報）

— 旅館排水の実態調査 —

沼田 一 飛田 修作 浅川 中
小林 規矩夫 河西 正男 沢登 春成
田 中 久

我が国における水質汚濁の状況として、BOD等生活環境項目の濃度が環境基準値を越える検体の割合をみると、48年度は河川24.5%、湖沼38.5%、海域16.2%を示し、前年度における不適合率河川23.8%、湖沼45.3%および海域15.8%と比較し、河川・海域において増加傾向がみられ、この基本的な要因として、工場排水の増大また人口の都市集中による生活排水の増大、更にこれに対応する下水道整備の立ち遅れ等により水域の浄化能力の限界を越える排水が公共用水域に流入していることを挙げている¹⁾。

本県においても河川水の50年度調査結果をみると、とくに甲府市（人口約189,000人）を中心として水質汚濁の進行が観察されており、甲府市の都市排水が集中して流れ込んでいる東南部の濁川流末では49年度BOD最高35.2ppm、平均13.6ppm、SS最高62.4ppm、平均23.6ppmに対し、50年度はBOD最高41.9ppm、平均15.9ppm、SS最高136ppm、平均28.7ppmと上昇、自然の環境保全限度をすでに越えている。

さきに、沼田は生活排水による水質汚濁の影響につい

て総説を加え²⁾、生活排水に起因する水質汚濁の進行は次第に環境に対して深刻な影響を与えつつあり、今後、この生活排水を中心とする都市排水の対策を無視して水質汚濁の問題処理はありえないであろうと述べている。

生活排水の汚濁は通常生命現象にともなう排水すなわち「し尿」と生活基盤である衣、食、住にともなう排水すなわち風呂、炊事、洗濯、洗面等の「家庭雑排水」に求めることが出来、今回これら生活排水が公共用水域に与える影響として、まず家庭排水の延長とも考え得る旅館排水を中心とし、ちゅう房、し尿、風呂の各排水の実態について調査を行ったので報告する。

調査対象および調査方法

特定施設（ちゅう房・洗濯・入浴）として水質汚濁防止法で義務づけられている本県の旅館届出数は、51年4月現在で1,268事業所、このうち排水量50m³/日以上は86事業所（6.8%）となっており、今回の調査対象は表1に示したごとく9旅館について行った。

A, B, CならびにF, G, Hの各旅館はいずれも温

表1 調査対象旅館および調査内容

旅館	取容人員 (名)	排水量 m ³ /日				計	排水排出先		測定期間		調査回数				
		ちゅう房	し尿	風呂	その他		河川	環境基準類型	開始月/日・時	終了月/日・時	ちゅう房	し尿	風呂	総合計	
A	160	7	3	35	7	52			10/4・6.30	10/5・11.30	—	4	4	4 ^{a)}	12
B	180	6.1	6.2	42	—	54.3	塩川	AA	10/5・7.50	10/6・11.15	3	4	2	—	9
C	120	9	12	38	—	59			11/6・12	—	—	2	—	—	2
D	200	—	—	—	—	82	河口湖	湖沼A	5/28・7.20	5/28・19.45	8	—	—	—	8
E	120	8	8	14	—	30			5/29・9.10	5/30・10.30	6	1	—	—	7
F	430	—	—	—	—	700			10/16・10.40	10/16・13.10	1 ^{b)}	4	—	—	5
G	85	46	45	140	310	626	平等川	B	5/22・7.50	5/22・19.10	—	2	5	3 ^{a)}	10
H	70	14.8	2.2	102	30	149			5/16・8.30	5/16・20.15	4	2	4	—	10
I	50	20	5	25	—	50	荒川	B	5/21・7.40	5/21・20.00	4	3	3	—	10

a) 入浴・ちゅう房排水

b) ちゅう房排水ピット

泉水を利用しており、とくに、後者の地域は温泉湧出量が豊富なため旅館が密集しており、この流域河川である平等川（流量106 m³/min、昭和47年）の約20%は温泉水によって占めていることが推定されている（昭和45年温泉湧出量21,935.5 l/min）。

採水は施設の使用ピーク時並びに通常時を原則として採水、分析方法はJIS K 0102の方法にもとづき測定した。総窒素はケルダール総窒素³⁾として、遊離リン酸（リン酸態リン）は、採水後すみやかにろ紙五種Cを用いてろ過した後の検液について、総リン酸は試料50 ml

に過塩素酸1 mlを加え水中1時間加熱分解⁴⁾し、放冷後、同様にろ過して得た検液を、アスコルビン酸、アンチモニル塩混合液を還元剤としたリンモリブデン酸法により測定した⁵⁾。

調査結果

ちゅう房・浄化槽・入浴および総合の各排水測定結果について、BODを中心とし、最低値（通常時）ならびに最高値（ピーク時）を、表2、3、4として示した。

表2 ちゅう房排水の水質測定成績

試料 項目	B		D		E		F	H		I	
	最低	最高	最低	最高	最低	最高	—	最低	最高	最低	最高
採水時刻	7.50	10.30	7.20	19.45	18.10	10.30	14.00	8.30	19.40	7.40	20.00
透視度 cm	8	2.5	12.5	2.7	30<	2	1.5	30	4.5	9	8
導電率 $\mu v/cm$	84.4	274.5	306	371	66	321	257	156	428	493	670
pH	7.1	4.6	7.0	6.4	7.6	6.9	7.1	8.3	6.4	7.1	6.0
BOD ppm	99.0	1,230	60.8	688	2.1	1,023	141	24.3	1,190	88.5	425
COD ppm	48.8	469	33.4	207	1.8	258	137	55.6	323	51.9	226
SS ppm	25.2	682	39.9	288	1.0	516	93	29.7	104	53.4	136
n-ヘキサン抽出物 ppm	5.3	62.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
大腸菌群数 個/ml $\times 10^3$	38	220	14	42	0.55	500	18	36	4.6	65	75
ABS ppm	0.42	32.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
総窒素 ppm	16.8	132	—	31.6	0.30	29.2	—	—	—	—	—
総リン酸 ppm	3.15	6.75	2.80	6.70	0.16	16.8	—	—	—	—	—
遊離リン酸 ppm	2.13	3.45	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表3 浄化槽排水の水質測定成績

試料 項目	A		B		C	E	F		G	H		I	
	最低	最高	最低	最高	最高	—	No. 1 最高	No. 2 最高	最高	最低	最高	最低	最高
排水時刻	12.55	7.05	19.15	7.45	12.40	9.10	10.40	13.15	14.10	8.20	20.15	14.48	19.55
透視度 cm	10	7	8	5	4	12	7	2.5	12	16	8.5	12	11
導電率 $\mu v/cm$	635.5	623.5	334.5	323	1,450	426	420	381	761	1,135	1,190	690	604
pH	7.4	7.6	7.0	7.0	7.1	7.7	7.3	6.6	7.6	7.1	8.0	7.3	7.1
BOD ppm	24.0	32.4	63.8	114	252	24.9	50.5	130	34.4	45.1	53.2	10.0	58.8
COD ppm	56.6	50.8	46.8	58.6	195	16.7	88.8	109	33.8	46.7	47.7	27.8	37.4
SS ppm	7.0	7.8	24.2	20.1	68.1	44.3	45.0	137	23.4	36	33	11.4	17.4
大腸菌群数 個/ml $\times 10^3$	41	80	22	75	460	4.7	0.29	21	61	33	56	0.36	0.60
総窒素 ppm	54.5	74.4	—	—	270	—	39.7	33.8	—	—	—	—	—
総リン酸 ppm	7.35	10.3	6.60	4.20	31.6	3.12	5.50	2.80	—	—	—	—	—
遊離リン酸 ppm	6.65	8.90	5.80	2.90	31.4	—	4.10	0.40	—	—	—	—	—

表4 総合および入浴排水の水質測定成績

排水種類 試料	総合排水				入浴排水									
	A		G		A		B		G		H		I	
	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高
採水時刻	6.30	11.30	15.00	19.30	7.00	18.30	7.20	11.15	15.10	17.10	8.30	19.35	14.56	7.40
透視度 cm	30<	4	14	12	7.0	13	18	6	30<	30<	30<	2.5	30<	18
導電率 $\mu\text{v}/\text{cm}$	1,655	1,380	603	683	12,500	5,055	4,210	13,700	311	324	523	512	605	618
pH	7.4	7.1	7.4	7.3	6.9	6.9	7.3	6.9	8.7	8.7	9.0	8.9	7.5	7.4
BOD ppm	12.9	88.4	24.8	56.4	4.8	52.4	19.1	24.9	2.3	7.5	2.1	380	2.7	30
COD ppm	22.5	39.0	27.8	34.8	7.8	50.8	19.5	34.2	4.6	2.4	2.0	69.5	3.2	10.6
SS ppm	3.8	36.2	10.1	26.8	18.8	12.2	6.2	15.2	5>	5>	0.3	181	5>	7.9
大腸菌群数 個/ml	10×10^3	52×10^3	52×10^3	36×10^3	1	0	9	2	5	3	10	10	400	650
ABS ppm	0.14	30.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
総窒素 ppm	1.20	19.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
総リン酸 ppm	2.70	1.36	—	—	4.20	10.3	6.40	7.60	—	—	—	—	—	—
遊離リン酸 ppm	0.68	0.65	—	—	2.60	4.15	4.50	1.65	—	—	—	—	—	—

ちゅう房および総合排水

調理また食器洗浄等に伴うちゅう房排水およびこれが流入している総合排水は、採水の時間帯によって測定値はいちじるしい変動を示し、一般的に図1および表5に示したごとく、午前10時および午後7時前後を中心と

して汚濁時期のピークが観察されている。

表5 BOD・SS 値の時間帯分布

成分濃度 採水時刻	BOD ppm			SS ppm		
	160 以下	161 ~320	321 以上	100 以下	101 ~200	201 以上
8時前	4	—	—	4	—	—
8—11時	5	1	5	5	3	3
11—14時	2	1	—	4	—	—
14—17時	2	1	1	2	1	1
17—20時	2	1	4	1	3	2

※水質汚濁防止法不適合値

排水中の BOD は通常値 2.1—99 ppm に対し、ピーク時は 425—1230 ppm, COD は 1.8—48.8 ppm に対し 226—469 ppm と最高 500 倍以上の増加がみられ、汚濁ピーク時には pH 値の低下、導電率・n-ヘキサン抽出物・ABS・総窒素各成分のいちじるしい増大が観察されている。

B 旅館のちゅう房排水事例では pH 値は 4.6 に低下しており、一方、n-ヘキサン抽出物は 62.5 ppm, ABS 32.8 ppm, 総窒素 132 ppm を示し、ABS は通常時の約 78 倍、その他の成分は約 10 倍に上昇、とくに洗剤に起因する ABS は A 旅館総合排水事例においても、通常時 0.14 ppm, ピーク時 30.8 ppm と、約 220 倍に近い濃度上昇が認められた。

リン酸成分とくに総リン酸は E 旅館事例で最高 16.8 ppm (午前10時30分採水), D 旅館 12.8 ppm (午前10時

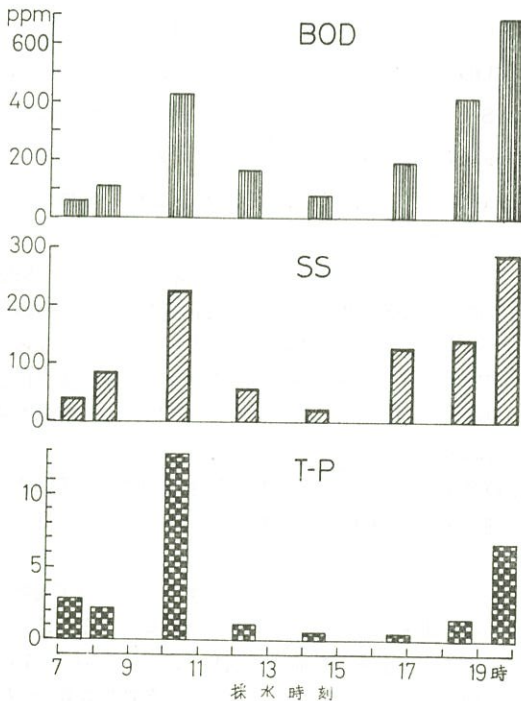


図1 ちゅう房排水水質のヒストグラム(D旅館排水)

20分), 6.70 ppm(午後7時45分), B旅館6.75 ppm(午前10時30分)と, 一般的に午前10時半前後を中心として高い濃度を示したが, これ以外の採水時刻の試料はすべて4 ppm 以内の濃度値であった。

大腸菌群数は通常時およびピーク時に関係なく, 極めて多く水質汚濁防止法で規定する大腸菌群3,000個/1ml 以内の検出回数は29件中わずか2件に過ぎなかった。

浄化槽排水

今回における調査対象旅館の浄化槽は, 一般に100—200人槽を1基または2基設置, その型式として多くは腐敗型を採用し, 一部(B, H旅館)においてはばっき型を併用, またF旅館のNo.1浄化槽は219人用, No.2浄化槽は500人用の自動合併処理槽を用いている。

浄化槽排水はちゅう房排水と異なり, 通常時ならびにピーク時における差は明瞭ではなく, 測定22件中7件(31.8%), 8旅館中3例(37.5%)が浄化槽放流水質基準のBOD90ppmを越えていた。各成分の平均成績値は表6に示したごとくであり, C旅館排水は最も汚濁がひどくBOD 230 ppm, 総窒素 236 ppm および総リン酸 28.1 ppmを示したが, 総窒素ならびにリン酸成分は一般的に必ずしもBOD値と一致せず, 前者は33.4—63.1ppm, 後者は2.98—8.45 ppmと比較の高い濃度範囲にあった。

ちゅう房排水の場合, 遊離リン酸(リン酸態リン)は総リン酸に対し25.2—67.6%平均50.9%を占めていたが浄化槽排水は合併処理例を除きその69.0—100%平均88.6%と総リン酸中大部分はリン酸態リンによって占められていた。ただ, 合併処理槽No.2(5001槽)の場合は逆にこの比率が最も低く14.4%と例外を示していた。

表6 浄化槽排水中の平均成分値

成分	旅館								
	A	B	C	E	F		G	H	I
					No.1	No.2			
BOD ppm	26.9	94.2	230	24.9	37.6	129	24.2	49.2	50.1
SS ppm	10.1	22.0	54.9	44.3	40.0	124	23.9	34.5	17.3
総窒素 ppm	62.1	157.2	236	—	36.6	33.4	—	—	—
総リン酸 ppm	8.45	5.78	28.1	—	5.25	2.98	—	—	—
遊離リン酸 ppm	7.44	4.93	28.0	—	4.00	0.43	—	—	—

入浴排水

通常時における入浴排水中のBOD値はほとんど10 ppm以内であったが, 使用ピーク時(午後6時30分—7時30分)の排水はいちじるしい汚濁の増大が観察され, H旅館例では午後7時25分の排水はBOD 80.2 ppm, COD 39.7 ppm, これより10分後ではそれぞれ380 ppm および69.5 ppmと通常時3.0 ppmの約127倍に上昇,

またA旅館の場合は通常時のBOD 6.1 ppmに対し, 午後6時30分の試料は52.4 ppmと短時間ではあるがBOD値のいちじるしい上昇を認めた(当時における両者の宿泊者数は約50名)。

大腸菌群については一般に温泉水を多量に利用している旅館等では汚濁に関係なく0—29個/ml, 平均8個/mlと極めて少なかったが, 地下水を利用しているI旅館の場合大腸菌群は70—650個/mlと高い値を与えていた。

なおGおよびH旅館の平均pH値はそれぞれ9.0および8.4, 最高9.2を示したが, これは泉質に起因するものと考えられ, また, リン酸成分についての測定結果はA, B旅館の事例で総リン酸は平均7.48 ppm遊離リン酸平均3.01 ppmであり, 総リン酸中に占める遊離リン酸(リン酸態リン)の占める割合は21.7—70.3%平均41.2%であった。

考 察

生活排水による水質汚濁の人口当量(原単位)標準値は表7に示したごとくであり, 今後生活程度の向上, 食生活の改善などによつてますます上昇する傾向にある⁶⁾。

表7 生活排水汚濁負荷原単位標準値 g/日/人

項目	1970年			1990年	
	し尿	雑排水	計	し尿	雑排水
BOD	13	31	44	13	51—71
COD	6.5	15.5	22	6.5	25.5—35.5
SS	10	30	40	10	48—66
Total-N	9	3	12	9	4
Total-P	0.57	0.83	1.4	0.57	1.63

この原単位の上昇に加え, 人口の増加, また都市集中化等に伴って公共用水に与える生活排水汚濁成分の影響は大きく, 甲府市の都市排水が流入している濁川ならびに荒川における汚濁負荷量(BOD)として生活排水は濁川3646 kg/日, 荒川5011 kg/日(1973), 全負荷量のそれぞれ83.3%および93.3%を占めており⁷⁾, また, 東京都の多摩川においても大規模な住宅団地の形成等により汚濁負荷量の約60%は生活排水に起因するものと推定されている⁸⁾²⁾。

一方, 有機性成分と共に生活排水中の重要な汚濁物質である窒素・リン成分に対する調査結果によると, 生活排水汚濁物質中窒素負荷量の約43%, リン負荷量の75%はし尿から, また, 家庭雑排水中窒素負荷量3.04 g/人/日の大部分(78.5%)は風呂と炊事排水に, リン負荷量

0.722 g/人/日の大部分(68%)は洗浄排水によるものと述べている⁹⁾。

家庭排水と同様にこれら汚濁物質の主たる排出源である旅館排水の場合、とくに集中した観光地等において湖沼等閉鎖性水域の富栄養化要因としてしばしば問題とされており、50年12月には水質汚濁防止法による特定施設の規制対象として排水処理対策の義務が課せられた。

鳥取県における代表的な汽水湖(東郷池)の主要な汚濁源としての周辺における温泉旅館の調査結果をみると、ちゅう房排水はBOD値20—840 ppm、総窒素1.6—47.3 ppm、総リン0.08—24.8 ppm、入浴排水はBOD0.2—6 ppm、総窒素0.39—0.96 ppm、総リン0.02—0.21 ppmを示し、湖水全汚濁負荷量中家庭下水、観光下水が占める汚濁量は窒素68.3 kg/日(22%)リン15.7 kg/日(21.9%)であると報告している¹⁰⁾。

今回、9旅館に対する調査結果をみると、午前10時および午後7時前後を中心とし極めて高い汚濁濃度を示しピーク時のBOD値は425—1230 ppm、COD 226—461 ppm、n-ヘキサン抽出物62.5 ppm、ABS 32.8 ppm、総窒素29.2—132 ppm、総リン6.70—16.8 ppmを示し、とくにABSの特異的に高い汚染が観察されている。入浴排水も通常のBOD値は10 ppm以内であるにもかかわらず短時間ではあるがピーク時のBOD値は高く30—380 ppmと異常な事例もみられた。

一方、浄化槽排水について網野らは県内浄化槽の浄化機能について考察し、個人住宅小型槽はばき型の普及がめざましいが不適率は47%であり、旅館の場合は住宅の場合と異なり腐敗型の方がよい成績を示したと報告している¹¹⁾。今回の調査において9旅館中、合併処理装置の一例を除き、全て腐敗型浄化槽を利用し、このうち浄化槽放流水質基準の90 ppmを越えていた事例は3例(37.5%)となっていた。

また、総リン酸中リン酸態リンが占める割合はちゅう房排水25.2—67.6%平均50.9%に対し、浄化槽排水は極めて高く69.0—100%平均88.6%となっていた。

旅館排水のちゅう房、し尿、風呂各排水中のBOD汚濁負荷量は表8のごとくちゅう房排水は最も高く54.6—87.5%を占め、次いでし尿排水5.2—31.2%、入浴排水3.4—23.6%となっており、旅館排水は一般家庭排水と異なり排水量およびこれに伴って汚濁負荷量は高く、とくに汚濁源として雑排水の占める比率は家庭排水約70%に対し旅館排水は68.8—94.8%を示していた。

なお、B旅館例において、ちゅう房排水中の窒素、リンおよびABSの各汚濁負荷量(g/日)はそれぞれ20.4、155および15.6gであった。

結 論

県内における9旅館のちゅう房、浄化槽および入浴排水

表8 BOD 汚濁負荷量推定値

旅館	種類	ちゅう房	入浴	し尿	計
		B	g/日 %	1,022 54.6	266 14.2
H	g/日 %	1,485 71.2	493 23.6	108 5.2	2,086 100
I	g/日 %	2,422 87.5	95 3.4	251 9.1	2,768 100

の汚濁の実態について調査を行い次の結果を得た。

- 1) ちゅう房排水は午前10時および午後7時前後に汚濁のピークが観察され、最高値はBOD 1230 ppm、COD 469 ppm、SS 682 ppm、窒素132 ppm、リン16.8 ppm、n-ヘキサン抽出物62.5 ppm、ABS 32.8 ppmであった。
- 2) 浄化槽排水はちゅう房排水と異なり、汚濁の時間帯は明らかでなく、平均のBOD値は24.2—230 ppmの範囲にあり、また、入浴排水の場合通常時のBOD値は10 ppm以内であったが、汚濁のピーク時は短時間であるが比較的高い汚濁濃度を示し30.0—380 ppmを示していた。
- 3) 旅館排水は一般家庭排水と異なり、汚濁源として雑排水の占める割合は高く、し尿5.2—31.2%に対し、68.8—94.8%を示していた。

おわりに今回の調査に際し、採水等に種々ご協力いただいた県民生活局公害課職員の方々に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 環境庁編：環境白書 昭和50年版
- 2) 沼田一：水 18(8) 57 (1976)
- 3) 野中徹一ほか：下水・し尿の分析 113(1974)講談社
- 4) P. W. O'Gonnor and J. K. Syers: J. Environ. Qual. 4(3) 347 (1975)
- 5) 小山忠四郎ほか：湖水・海水の分析 49 (1972) 講談社
- 6) 日本河川協会編：日本河川水質年鑑 525 (1972)
- 7) 山梨県：笛吹川水域環境基準類型指定調査報告書 昭和48年度
- 8) 半谷高久編：汚染水質機構 214 (1975) 共立出版
- 9) 杉本昭典：水質汚濁—現象と防止対策— 509(1974)
- 10) 新川博ほか：第11回全国衛生化学技術協議会総会 (1974)
- 11) 網野英夫ほか：第11回山梨県公衆衛生研究発表会 (1976)