

石けんへの切り替えが多摩川の水質 および底質におよぼす影響の評価

1984年

須藤隆一

社団法人 日本水質汚濁研究協会理事

目 次

はじめに	1
1. 調査対象および調査地点	2
2. 水質調査期間	2
3. 水質調査方法	3
(1) 流量測定	3
(2) 水質分布	3
4. 分解速度調査	4
(1) 河川水	4
(2) 河床蓄積物	4
(3) 有機物減少量への換算	4
5. 河床蓄積物量調査	5
6. 水量、水質調査結果	5
7. 洗剤由来の汚濁負荷の実態および石けん切替え時の発生活濁負荷量の推定	6
8. 金属石けん生成能	6
9. 河川水の溶存酸素消費速度	7
10. 底泥の溶存酸素消費速度	8
11. 有機物の分解速度	9
12. 人工水路モデルを用いた石けん切替え実験	11
(1) 人工水路モデル	11
(2) 水路内の水質測定	13
13. 底泥蓄積量とその酸素消費速度	13
14. 水路内の有機物の分解におよぼす石けん、LASの影響	13
15. 水路内における底泥蓄積量とSS濃度	15
16. 底泥の酸素消費速度	16
17. 石けんへの切替えの影響評価	16
(1) 野川の場合	16
(2) 多摩川の場合	17
18. 今後予想される効果	17
19. 本研究に関連する研究発表	18
参考文献	18

はじめに

富栄養化を防止するために、有リン合成洗剤の使用を制限する動きが全国各地で活発である。このため合成洗剤の低リン化にとどまらず地域によっては条例により無リン化が義務づけられている。しかし、一方では合成洗剤を使わずに粉石けんを使うべきであるという運動が消費者団体を中心に盛んである。石けんは合成洗剤と比較して有機物含有量が多い。したがって、生活排水の流入がその汚濁原因の大きな割合を占める都市河川では、石けんの使用量が増大した場合、むしろ有機汚濁が進行するという見方もある。しかし、河川水中、底質中での石けんならびに金属石けんのような石けん由来の物質の挙動については、まだ十分に明らかにされていない。本研究は、生活排水による汚濁が著しい都市河川において、石けん使用量の増加が河川水質ならびに底質に与える影響を評価することを目的としている。

本研究では、多摩川水系のうちでもとくに汚濁の著しい中小の支流における洗剤由来の汚濁負荷の実態を明らかにするため、野川を対象として水量、水質調査を行うとともに、洗たくに使用していた合成洗剤を石けんに切り替えた時の河床への有機物蓄積、その剝離、河川水中ならびに河床でのその分解などに関する知見を得るために、実験室内に設置した人工水路を用いた実験を行った。これらの結果より、石けん使用量が増加した場合の河川水質ならびに底質の変化を予測した。本研究の概要を図-1に示す。

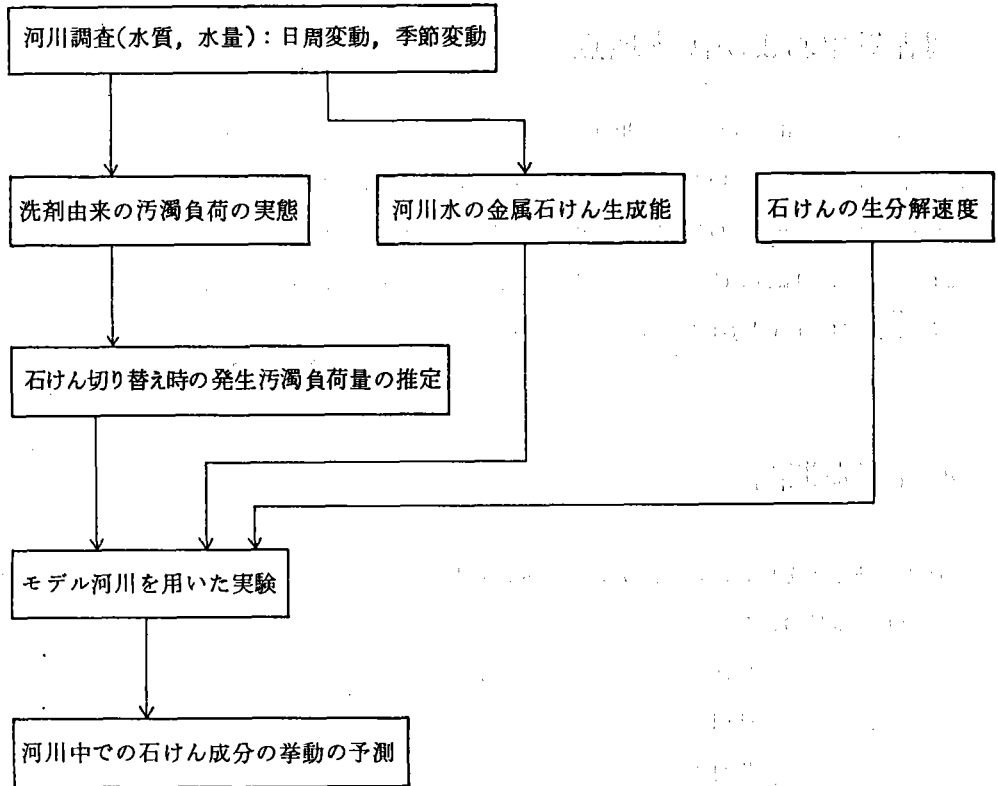


図-1 調査の概要

57年度は野川の2地点（流下距離約4～5km（図-2））を選び、両地点における水量、水質の1昼夜連続調査を夏期（11月）および冬期（2月）に実施した。（5月に行った予備調査とあわせて57年度は4回の調査を行った。）

58年度は同一地点において水量、水質調査を春期（5月）に実施した。また、水量・水質調査とは別に、河床の蓄積物量ならびにその分解速度調査を実施した。さらに室内の人工水路モデルに人工下水を流下し、下水中に含まれる石けんおよび合成洗剤（LAS）が河川水質および底質に及ぼす影響に検討を加えた。

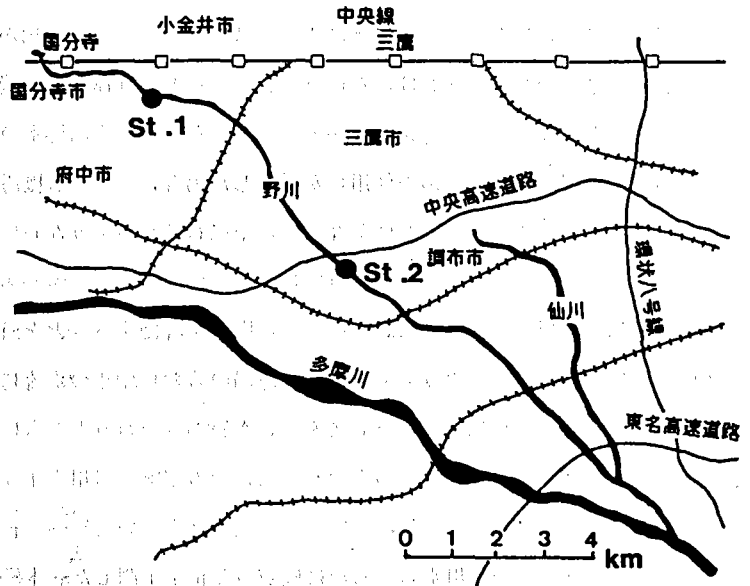


図-2. 野川流域と観測地点

1. <調査対象および調査地点>

対象河川として野川を選んだ。野川は上流の国分寺市からの生活排水を主な汚濁源とし、中流域からは汚濁源の流入がほとんどないという特徴をもつ多摩川の一支流である。本調査の調査地点を図-2に示す。St.1（丸山橋付近）からSt.2（大沢橋付近）およびSt.2'（東京都野川測定室付近）までの流下距離は、それぞれ約4.5kmおよび約5kmである。後述する調査のうち、57年秋期、58年冬期、ならびに58年春期調査はSt.1とSt.2'において実施した。

2. <水質調査期間>

調査地点の選定等を目的として、57年5月15日に予備調査を行った。また昼夜連続観測を以下の日程で実施し、水量および水質を測定した。

第1回	（夏期）	57年 8月24日～25日
第2回	（秋期）	57年11月 1日～ 2日
第3回	（冬期）	58年 2月21日～22日
第4回	（春期）	58年 5月30日～31日

3. <水質調査方法>

野川における1日当りの汚濁負荷量を求めるために、水量ならびに水質の調査を1時間毎に行った。ただし流量が少なく、また水質も安定している深夜から早朝にかけては、1.5～3時間毎に行った。

(1) 流量測定

川幅方向に0.5 m間隔で水深を測定し、同時に1 m間隔で流速を測定(東邦電探電気流速計CM-10S型)して流量を求めた。

(2) 水質分析

流量の測定と同時に採取した河川水は、現場で直ちにろ過ならびに分析項目ごとの前処理を施したのち、研究室に持ち帰り分析に供した。また、採取した河川水を流量に比例して混合し、1日分のコンポジットサンプルとした。これもろ過等の前処理を施したのち研究室に持ち帰り、分析に供した。サンプルの前処理方法ならびに保存方法を表-1に示す。

表-1 サンプルの前処理と保存方法

前処理および保存方法	
SS	採水後直ちにろ過する。
MBAS	試水200 mlに対し約1 mlのクロロホルムを添加する。
TOC	試水100 mlに対し濃硫を1滴添加し、氷冷する。
DOC	採水後直ちにろ過し、TOCと同様の処理を行なう。
T-P	正確に2.5 mlをとり、ふた付き試験官に入れ密栓する。
T-N	TOCと同様の処理を行なう。
NH ₄ -N	採水後直ちにろ過する。氷冷する。
NO ₂ +NO ₃ -N	採水後直ちにろ過する。氷冷する。
PO ₄ -P	採水後直ちにろ過する。氷冷する。
BOD	氷冷する。
硬度	採水後直ちにろ過する。

採取した各サンプルについては、MBAS濃度(分析法はJIS K3363)、TOCおよびDOC濃度(島津全有機態炭素計10-B型)、T-P濃度(EPAの混合試薬法に従いオートクレーブで分解したのち、アスコルビン酸-モリブデン青法でPO₄-Pとして定量)、およびSS濃度(下水試験方法)を定量した。

また、1日分のコンポジットサンプルについて、全窒素濃度(T-N:三菱化成 全窒素自動分析計T-N-02型)、アンモニア性窒素濃度(NH₄-N:インドフェノール法)、硝酸+亜硝酸性窒素濃度(NO₃+NO₂-N:カドミウム還元カラムを用い、N-ナフチルエチレンジアミン-スルファニルアミド発色法で比色定量)、正リン酸濃度(PO₄-P:アスコルビン酸-モリブデン青法)

およびBOD濃度(下水試験方法)を定量した。

また、夏期ならびに秋期調査においては金属石けんの生成能を知るため、河川水の硬度(カルシウム硬度ならびに総硬度:上水試験方法)を測定した。

4. <分解速度調査>

河川水中および河床における自浄作用、すなわち流入有機物の生分解速度、ならびに生分解速度におよぼす石けん、もしくは合成洗剤(LAS)の影響を知るために、河川水中ならびに底泥中の有機物の分解速度を測定した。

(1) 河川水

河川水を容積約100 mlのBODふらんびんに満たし、河川水水温(河川中に沈める)、暗条件下で数時間放置した。このときの溶存酸素濃度(DO)の経時変化より、河川水の酸素消費速度を求めた。また、河川水にグルコースもしくは石けんを添加(TOC換算で10 mgC/l)し、同様な測定を行った。同時に水中のSS濃度も測定し、単位容積当たり、ならびに単位懸濁物質(SS)当たりの呼吸速度を求めた。呼吸速度は、後述の方法で有機物の分解速度に換算した。なおDO測定はウィンクラーアジ化ナトリウム変法(下水試験方法)によった。

(2) 河床蓄積物

図-3に示す酸素消費測定用チャンパーに河床蓄積物および河川水を満たし、暗条件下におけるDO変化をDOメーター(オービスフェア2603型)にて測定した。河床蓄積物は、チャンパー下部の皿状の容器を予じめ河床に沈め、10~30日程度放置して沈澱物が蓄積した後、静かに河床より取り出した状態のまま測定に供した。測定終了後、容器内の蓄積物を洗い出し、その乾燥重量を測定した。これらの結果より、河床蓄積物単位面積当たり、および単位SS当たりの酸素消費速度を計算した。

河床蓄積物を河川水に懸濁させた状態における酸素消費速度については、河川水の場合と同様に測定した。

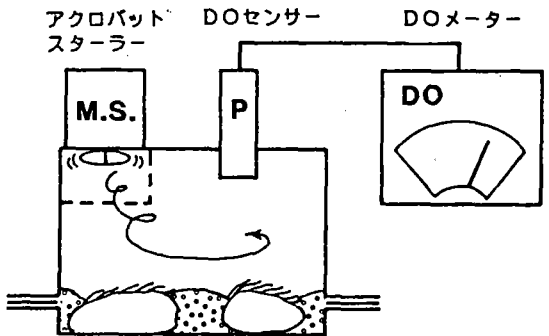


図-3 酸素消費速度測定用チャンパー

(3) 有機物減少量への換算

酸素消費量に対応して減少する有機物量を求めるため、クローメータ(大倉電気 BOD自動測定記録装置OM2001)を用いた河川蓄積物の分解実験を行った。クローメータ用の反応容器(約300 ml)に河床蓄積物を懸濁させた河川水を入れ、20℃における好気分解を行った。分解に伴う酸素消費量はクロー

ロメータの記録から求めた。またその時の有機物減少量は分解前後のTOCの変化から計算した。

5. <河床蓄積物量調査>

河床蓄積物量は、直径4cmもしくは30cmの円筒を河床に差し込み、円筒内の水を十分にかく拌した後、水中に浮遊してくる懸濁物量から推定した。また予じめ河床に設置した素焼板、もしくは河床に存在したれきを静かに持ち上げ、その上に付着している蓄積物量からの推定も行った。いずれの場合も採取した面積を求めた後、単位面積当たりの蓄積物量に換算した。付着物質量はSSおよび炭素量で表わした。

6. <水量・水質調査結果>

野川(St.1およびSt.2)における水量・水質の経時変化および汚濁負荷量の変化を付表1に示す。これらをまとめて、1日の汚濁負荷量にまとめた結果を表-2に示す。

表-2 野川における汚濁物質負荷量

DATE	St. No.	FLOW 10 ⁴ m ³ /d	T-P	PO ₄ -P	MBAS	TOC kg/d	DOC	BOD	SS	T-N	NO ₂ -N	NH ₄ -N
1982.8.24-8.25	1	3.68	32	20	63	250	—	—	420	330	180	130
	2	5.57	36	28	37	320	—	—	450	450	230	190
1982.11.1-11.2	1	6.30	41	20	47	360	250	760	750	790	550	170
	2	8.68	35	22	16	260	270	350	440	900	680	200
1983.2.21-2.22	1	1.03	11	8	25	170	130	330	160	100	20	60
	2	1.13	8	6	6	120	60	120	90	80	30	40
1983.5.30-5.31	1	0.77	10	7	20	110	80	180	90	60	2	50
	2	1.37	9	6	2	100	80	70	60	70	30	30

湧水の量が季節によって異なる他、57年末に上流の国分寺市において、下水道への大規模な接続が行われた。そのため、流量は、各調査毎に大幅に異なった。とくに、58年2月に行った冬期調査以降、これまでに報告されている野川の流量と比較して著しく減少した。

1日当りの汚濁負荷量も流量と同様に大幅に減少し、St.1においてMBASは、63、47kg/日(57年夏・秋)から25、20kg/日(58年冬、春)に減少した。有機汚濁に対応するTOCについても250、360kg/日(57年夏、秋)より、170、110kg/日(58年冬、春)に減少した。このように57年末の下水道接続を境にMBAS、TOCでは約2分の1に、またリンは約3分の1に減少した。その他のBOD、SS、T-Nについてはさらに大幅な減少が認められた。

7. <洗剤由来の汚濁負荷の実態および石けん切替え時の発生汚濁負荷量の推定>

57年の夏、秋の場合のMBASの負荷量（両者の平均をとって55kgと仮定した）を洗たく用洗剤に換算すると約6,000回分に相当する。また下水道接続後はMBAS負荷量を22.5kgとすると約2,500回分と推定される。洗剤中の界面活性剤のうちMBASとして測定される割合は約80%といわれている。このすべてが合成洗剤を用いた洗たくに由来すると考えると、1日の洗たく回数は下水道接続前後でそれぞれ約7,600回分、および約3,000回分となる。

この分がすべて洗たく用石けんにおきかえられるとすると1日当たりの使用量は300kg、120kgに相当する。石けんは有機物を多量に含むため、これをTOCの増加量に換算すると93kg、および37kgに相当する。これは調査時のTOC負荷量の約30%、および25%に相当することにより、石けんに切り替えた場合のTOC負荷量は1.25~1.3倍に増加すると推定された。これらの推定値および計算根拠を表-3に示した。

表-3 洗剤由来の汚濁負荷の実態および石けん切り替え時の発生汚濁負荷の推定

	57年		58年		計算の根拠, 仮定
	8月	11月	2月	5月	
1日当たりMBAS流入負荷量 (kg/d)		55		25	・河川調査結果 (St.1)
洗濯回数に換算 (回分)		7,600		3,000	・合成洗剤 (有リン粉末6洗剤, 無リン粉末7洗剤, 無リン液体3洗剤) のMBAS分析結果 ・57年洗剤出荷量 ・洗剤の界面活性剤含有量 (表示) および標準使用量
石けんに換算 (kg)		300		120	・標準使用量, 40g/30lを1回分と数えた
TOC増加量 (kg)		93		37	・合成洗剤および石けんのTOC分析結果 ・57年洗剤出荷量 1回分当たり12.3gCの増加
TOC増加率 (%)		30		25	・調査時のTOC負荷量を基準とした

洗濯用洗剤にすべて換算した。

8. <金属石けん生成能>

野川の河川水の硬度は、総硬度で77~89 mg CaCO₃/lであった。これはモル濃度に換算するとCaCO₃ 0.77~0.89 mmol/lに相当する。洗たく時の石けん濃度は、その標準的な使用量が30l当たり40gであることより、1,330 mg/lと考えてよい。そのうち純石けん分は界面活性剤含有量を70%とす

れば930 mg/lである。これは純石けんの平均分子量を290とすると3.2 mmol/lに相当する。1日1人当たりの洗たく回数を0.4回、雑排水量を150lとすると、雑排水中の石けん濃度は、0.256 mmol/lとなる。Ca²⁺1分子に対し、石けん2分子が結合して金属石けんを生成するとすれば、野川のCa濃度は雑排水中の石けん濃度に対して過剰に存在する。したがって野川の場合、石けんはそのほとんどが金属石けんとして存在するものと推定された。これらの推定値および計算根拠を表-4に示す。

表-4 金属石けん生成能

	濃度 (mmol / l)	計算根拠
野川河川水中の Ca ²⁺ Mg ²⁺	0.77 - 0.89	調査結果 総硬度 77 - 89 (CaCO ₃) mg / l CaCO ₃ 分子量 = 100
石けん濃度	(洗濯時 3.2) 雑排水中 0.26	標準使用量 40g / 30l, 界面活性剤含有量 70% 石けん平均分子量 290 1人1日当たり洗濯回数 0.4回 (アンケート調査より) 1人1日当たり雑排水量 150l
(備考)	金属石けん M ²⁺ + 2RCOO ⁻ → (RCOO) ₂ M ただし M: Ca もしくは Mg R: アルキル鎖 C ₉ -C ₂₂	

9. <河川水の溶存酸素消費速度>

河川水中のDO消費速度をBODびんを用いて測定した結果の1例を図-4に示す。この場合、0, 1, 2, 4, 6.5, 9.5, 時間目にDO測定を行った。河川水の場合や初期のDO消費速度が大きかったが、それ以外は時間に対しほぼ直線的にDOが低下した。この直線の傾きより体積当たりのDO消費速度を求めた。表-5はSS当りに換算したDO消費速度、ならびに測定時の水温をまとめた結果である。

単位体積当たりのDO消費速度は汚濁の進んだSt.1の方が高い値を示した。しかし、SS当りに換算すると大差ないと言えよう。また、グルコースもしくは石けんの添加に対し、DO消費速度が顕著に増加す

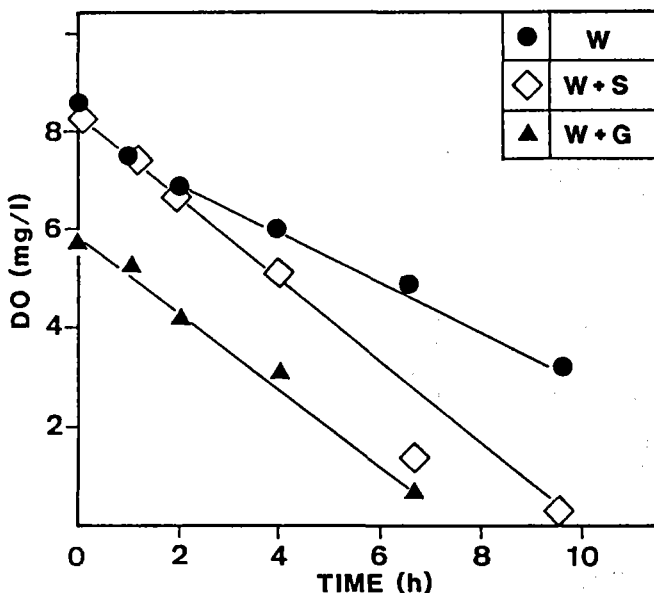


図-4 河川水の酸素消費速度

る傾向は認められなかった。したがってDO消費に関して有機物濃度はその律速になっていないと推定された。

表-5 河川水の酸素消費速度

測定日	地点 (サンプル)	酸素消費速度		水 温 (°C)
		$\frac{kg-O_2}{m \cdot 日}$	$\frac{kg-O_2}{kgSS \cdot 日}$	
2/21-22	1. (W)	5.4×10^{-3}	0.34	6-9
	(+G)	3.6	0.22	
	(+S)	3.0	0.19	
	2. (W)	1.3	0.14	1-12
	(+G)	—	—	
	(+S)	1.9	0.22	
5/30-31	1. (W)	13×10^{-3}	0.65	19-24
	(+G)	18	0.80	
	(+S)	21	0.7	
	2. (W)	4	0.51	20-29
	(+G)	3	0.29	
	(+S)	5	0.78	

10. <底泥の溶存酸素消費速度>

底泥によるDO消費速度測定結果を表-6に示す。表中範囲で示す数値は4~5回のくり返し実験で得られた測定値の範囲を示す。単位面積当たりのDO消費速度で比較する限り、St.1の方がSt.2'より大であった。当然のことながら、これはSt.1の河床にはSt.2'と比較して大量の有機物が蓄積していたためと考えられる。しかし、SS当りに換算するとSt.1とSt.2との間に有意差があるとは言えない。

表-6 底泥の酸素消費速度(野川)

測定日	地点	酸素消費速度 ($\times 10^2$)		水 温 (°C)	
		面積当り $\frac{kg-O_2}{m^2 \cdot 日}$	SS当り $\frac{kg-O_2}{kg-SS \cdot 日}$		
2/21-22	1	—	1.9	6-9	底泥, 付着物の懸濁液 (暗瓶法)
	2	—	1.4	1-12	
5/30-31	1	0.5-1.3	3-9	19-24	付着板もしくは石の付着
	2	0.4-0.5	6-13	20-29	
7/7	1	0.4-1.4	1-5	22	(チャンパー法)
	2	0.1-0.2	3-19	22	

なお、58年2月の実験はBODびんに底泥を懸濁させた河川水を密封して実施した。このため面積当たりのDO消費速度は得られなかったが、SS当りに換算すると他の結果と大差なかった。

上記の実験に際し、石けんもしくはグルコースを添加した状態でのDO消費速度の測定も行った。しかしながら、河川水のみの場合と同様に、有意な差が認められなかった。このため、表-6の値には石けん、グルコース添加系での結果も含まれている。なお、底泥の酸素消費速度は、SS当りに換算すると河川水中の約1/10程度であった。

11. <有機物の分解速度>

上述の河川水、底泥のDO消費速度を有機物分解速度に換算するため、ターロメータによる分解実験を行った。その結果を表-7に示す。分解前後のTOC濃度の差、およびその間に消費された酸素量より求めた呼吸商($\Delta C/\Delta O_2$: mol/mol)は0.056~1.11の範囲であった。

表-7 酸素消費量と有機態炭素減少量の関係

SAMPLE	INITIAL			FINAL			CHANGE		$\frac{\Delta TOC}{\Delta OXYGEN}$ (wt/wt)	$\frac{\Delta CARBON}{\Delta OXYGEN}$ (mol/mol)
	POC	DOC (mg/l)	TOC	POC	DOC (mg/l)	TOC	TOC	OXYGEN (mg/l)		
St. 1(7/7)	223	15	238	201	4	205	33	540	0.061	0.16
	196	15	211	177	5	182	29	490	0.059	0.16
St. 1(7/7)	112	7	119	92	4	86	23	—	0.021	0.056
	89	5	94	84	5	89	5	240		
St. 1(8/20)	26	5	31	13	3	16	15	36	0.42	1.11
			13	3	15	15	65	0.24	0.63	
St. 2(8/20)	33	3	36	25	3	28	8	—	0.22	0.59
			26	3	29	7	34			

また、表-8には本調査で対象としたSt. 1およびSt. 2の間の区間における河川水および底泥の1日当たりの酸素消費量を示す。河川水の場合、表-9に示すように、St. 1とSt. 2の間の河川断面積は流下距離に比例して単調増加するものと仮定してSt. 1~St. 2'の間の水量を求めた。同様にSS濃度も流下距離に比例して減少すると仮定した。これらの仮定から求めた対象区間内の河川水中の総SS量と、表-5に示す単位SS量当たりの

呼吸速度からの計算結果が表-9の河川水中の酸素消費量である。底泥については平均川幅と流下距離より全河床面積を求め、

表-6に示した単位面積当たりのDO消費量測定値より当該区間における1日当たりの消費量を推定した。

表-8に示すように、底泥で消費される

表-8 1日当たりの酸素消費量(野川)

測定月	水温 (°C)	河川水中 (kg-O ₂ /日)	底泥中 (kg-O ₂ /日)
2月	1-12	10	
5月	19-29	17	110-360
7月	22		33-390
平均川幅 5.5 m		流下距離	5,000 m

酸素量は河川水中よりはるかに大きいことが明らかとなった。この値を表-7で求めた呼吸商を用いて有機炭素減少量に換算した結果が表-10である。なお、表-7で求めた呼吸商にはかなりのばらつき

表-9 河川水中のSS存在量

	2月 St. 1	月 St. 2	5月 St. 1	月 St. 2
川幅 (m)	6	7	5	6
断面積 (m ²)	0.48	1.2	0.45	1.5
距離 (St. 1~2)	5,000m		5,000m	
日平均SS濃度 (mg/L)	16	8.1	11.7	4.5
St. 1-St. 2の SS存在量 (kg)	48		30	

表-10 1日当りの有機態炭素減少量(野川)

測定月	水温 (°C)	河川水中 (kg-C/日)	底泥中 (kg-C/日)
2月	1-12	0.4 2.4	(上段:呼吸商=0.1) (下段:呼吸商=0.6)
5月	19-29	0.8 4.0	5-16 26-86
7月	22		2-17 8-94

平均川幅 5.5 m 流下距離 5,000 m
0.8 - 4.0

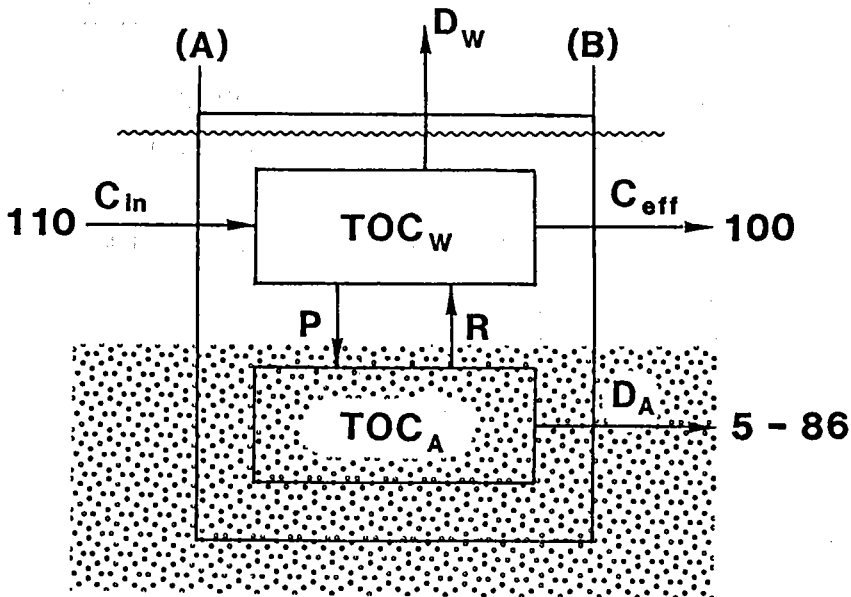


図-5 河川の有機態炭素収支
(野川 1983年5月)

があったため、ここでは呼吸商を0.1および0.6の2通りと仮定して計算を行った。表に示すように、この区間で1日当たりに系外に失われる有機物(炭素)量は、水中では0.4~4kgであるのに対し、底泥中からは2~9.6kgと推定された。

このような河川水、底泥中における有機物の分解が、対象区間の炭素収支に占める割合を知るため、流入、流出炭素量(TOC)とともに有機炭素収支を模式的に示した結果が図-5である。図中 C_{in} 、 C_{eff} はそれぞれ1日当たりの流入、流出TOC量、 D_w 、 D_A はそれぞれ河川水中および底泥から分解によって失われるTOC量を示す。また図中のPは河川水中の有機物の河床への沈澱速度、Rは沈澱物の巻き上がり速度である。しかし、底泥も含めた河川全体、すなわち図-5における区間(A)~(B)での有機物の分解に伴う系外への消失を考える場合、P、Rの量の評価は不要である。さらに、これらの量は降雨などに伴う流量の変化に大きく依存し、その量の推定はきわめて困難であるため、ここではその評価は行わなかった。

図中の値は春期調査(1983年5月)結果にもとづいている。流入TOCおよび流出TOC量はそれぞれ110、100kg/日で、その差は10kg程度であった。これに対し、水中で分解される有機物量は0.4~4.0kg/日と小さかった。しかし、底泥中では5~8.6kg/日ときわめて大きく、対象とした河川区間における自浄作用を考える上で底泥は大きな役割を担っていることがわかった。

12. <人工水路モデルを用いた石けん切替え実験>

野川における調査結果を見る限り、河川での有機物の分解には底質が大きくかかわっていた。しかし石けん濃度が増加しても有機物の分解速度には顕著な影響を与えなかった。また、石けんに100%切替えたとしても、流入TOCの増加は25~30%程度であった。その分解が従来通りの速度で進行するならば河川底質に大きな変化はないと考えられる。

しかし、以上述べた野川での現場観測、ならびに野川の底泥を用いた石けんの添加実験のみでは、長期間の変化は推定できない。すなわち、使用したせっけんのほとんどが金属石けんの形態で流下した場合、河床に徐々に蓄積する可能性がある。そのような底泥が従来と同様な有機物、ならびに石けんの分解能を持つか不明である。さらに、金属石けんが蓄積していった場合、河床蓄積物がどのように変化するか、また河川水自身がどのように変化するのかも不明である。このため、実際に石けんを長時間流下させる目的で室内に設置した人工水路での実験を行った。この水路モデルにより、石けんへの切替えに伴う河川水質および底質の変化を推定するとともに、合成洗剤使用時との比較を行った。

(1) 人工水路モデル

本研究で使用した実験装置の模式図を図-6に示す。本装置は塩ビ製で幅7.5cm、深さ8cmで長さ6mの水路9系列から成る。各水路毎に流量調節バルブ付の循環用ポンプが取り付けられている。ポンプから送り出された水は上流端より水路に吐出される。なお吐出口付近には流速を落とし、流れを均一

にするための板を設けた。水路の底部には微生物の付着を良好にし、かつ底泥の定量的な採取を容易にするために、 $74 \times 74 \text{ mm}$ 、厚さ 7 mm の素焼板を敷きつめ、必要に応じてそのうちの任意の1枚が取り出せるようにした(全素焼板数は1水路当たり約80枚)。下流端には受水槽および貯水タンク(500 ml~3 l)を設け、その水を循環ポンプで再び上流に戻すようにした。

表-11は9系列の各水路の運転条件を示す。9系列を3系列づつ低流量、中流量、および高流量にわけた。野川の場合、晴天時の最大流速は 4.0 cm/sec 程度であった。装置規模上、高流量でもこの最大値には及ばなかったが、かなり野川に近い条件を再現したと言えよう。運転開始時は各水路に表-12に示すような人工下水を満たし、所定の流速で循環を開始した。この条件下において、水中の有機物の一部は底泥となるが、大部分は CO_2 として系外に失われる。このため、以降1~2日に1度表-12に示す有機物(A)のみを所定の濃度分だけ添加した。また実験中水分の蒸発によって失われた水量は、2~3日に1回蒸留水によって補給した。

このような状態で1か月以上運転を継続し、人工水路の河床に蓄積した底泥の量がほぼ安定してから、石けんもしくは合成洗剤(LAS)の添加を開始した。すなわち各流量に対して1水路はコントロールとして従来

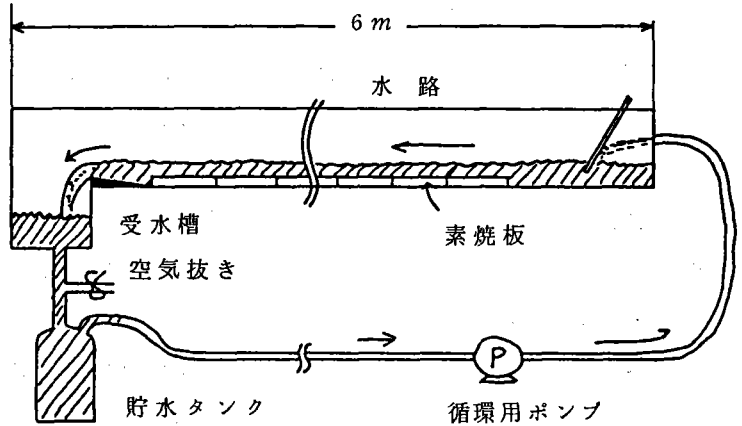


図-6 人工水路実験装置の模式図

表-11 人工水路の運転条件

No	容積 (ℓ)	流速 (cm/S)	水深 (cm)	流入水
L-1(C)	9.3	7.0	3.5	人工下水
L-2(S)	9.3	7.0	3.5	人工下水+石けん
L-3(L)	9.3	7.0	3.5	人工下水+LAS
M-1(C)	14.6	10.0	1.5	人工下水
M-2(S)	14.6	10.0	1.5	人工下水+石けん
M-3(L)	14.6	10.0	1.5	人工下水+LAS
H-1(C)	29.1	24.0	1.0	人工下水
H-2(S)	29.4	24.0	1.0	人工下水+石けん
H-3(L)	30.5	24.0	1.0	人工下水+LAS

表-12 人工下水の組成

(A)	グルコース	30
	グルタミン酸	30
(B)	$\text{NH}_4 \text{Cl}$	27
	CaCl_2	1.4
	MgSO_4	1.0
	KCl	1.4
	$\text{KH}_2 \text{PO}_4$	2.2
	$\text{NaH}_2 \text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2 \text{O}$	5.8
	$\text{FeCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2 \text{O}$	0.2

(mg/ℓ)

の運転を継続し(1(C)), 残りの2水路は、石けん添加系(2(S)), LAS添加系(3(L))とした。石けん, LASの添加量は雑排水中のそれらの濃度に対応するそれぞれ35mg/l, 10mg/lとした。添加は有機物と同時に行った。

(2) 水路内の水質測定

水路内の水質は1~2日に1回, TOC, DO, SSについて行った。分析方法は野川における現場調査と同様である。水路に対する有機物および石けん, LASの負荷は1~2日に1回と断続的であるため, TOC, DOは添加直後より経時的変化を示す。このため, TOCについては1~2時間に1回の採水を行ってその減少速度を求めた。またDOについては溶有酸素計を用いてその変化を連続測定した。

13. <底泥蓄積量とその酸素消費速度>

水路内の底泥蓄積量は、循環ポンプを停止して流速を0にした後、素焼板を底泥が付着した状態で水路より取り出して測定した。すなわち、その付着物をブラシですべてはがし、水に懸濁させた後そのSS濃度を測定した。なお、素焼板を取り出した場所には新たな素焼板を設置した。既に述べたように1水路当たりの素焼板数は約80枚であるため、上記のサンプリングによる水路系全体への影響は無視してよい。

底泥によるDO消費速度は、野川と同一のチャンパー(図-3参照)に素焼板に付着した状態のまま底泥を入れて測定した。また測定結果は単位面積当たり、および単位SS当りに換算した。

14. <水路内の有機物の分解におよぼす石けん, LASの影響>

実験水路には断続的に有機物を添加する。この添加時刻を $t=0$ とし、その後の有機物(可溶性)濃度(TOC)の変化の一例を図-7に示す。添加した有機物が水路内の水に均一に混合される $t=20$ (分)後より測定を開始した。図に示すようにTOCは経時的に減少し、約3時間以降は一定値となった。この値は次に有機物を添加する(24~48時間後)まで著しい変化を示さなかった。他の水路も同様な傾向を示し、少なくとも12時間経過後には一定値となった。

ここでは、上記の分解不可能なTOC濃度を C^∞ (mgC/l)とし、水路内におけるTOCの分解速度は、時刻 t におけるTOC濃度 C (mgC/l)と C^∞ との差に比例すると仮定した。したがって、

$$\frac{dC}{dt} = -a(C - C^\infty) \dots \dots \dots (1)$$

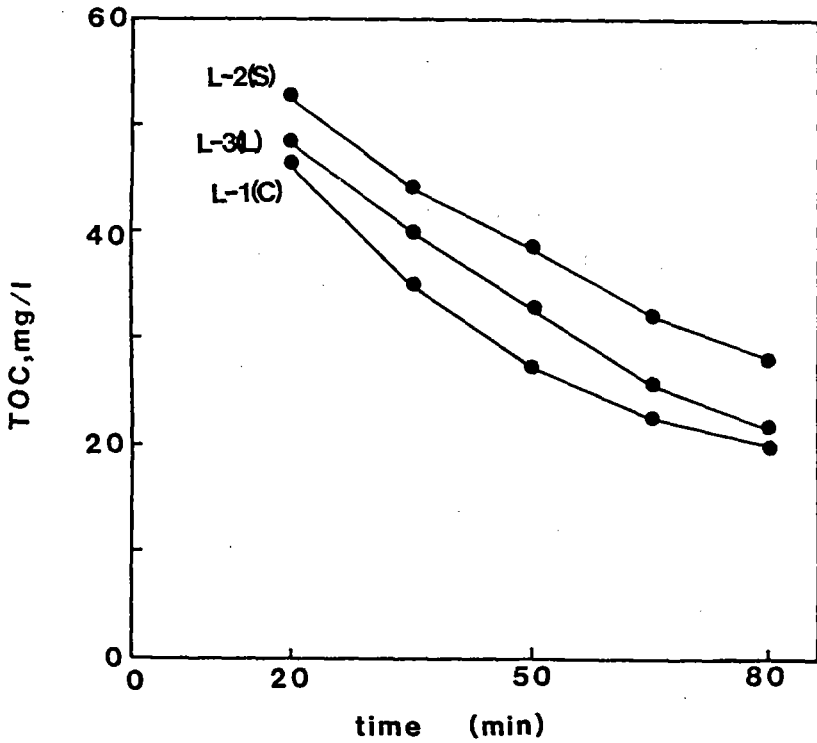


図-7 水路に於けるTOC濃度の経時的变化

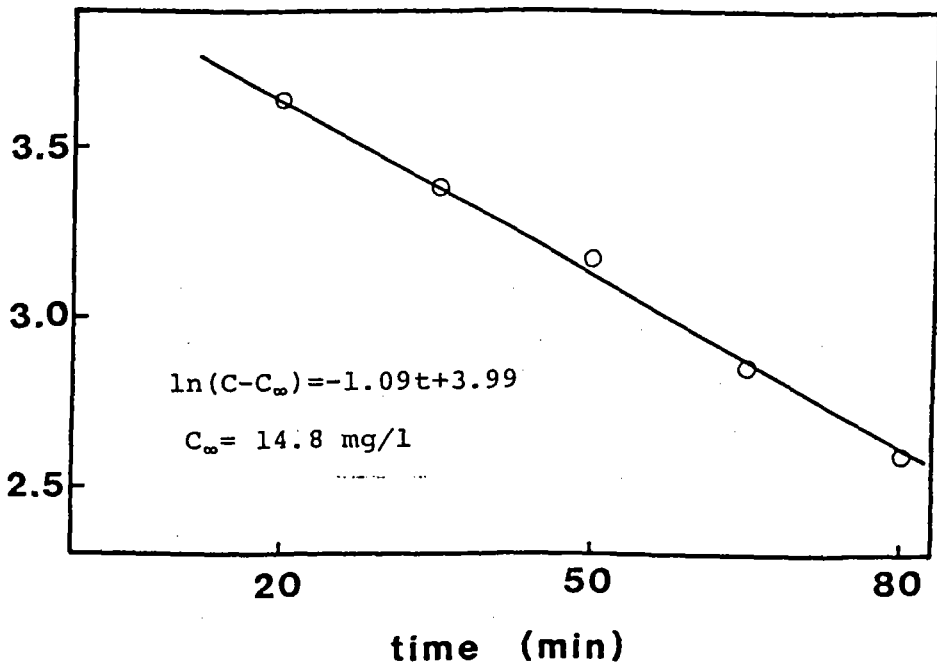


図-8 (2)式によるプロット

ここに

a : TOCの分解速度定数 (h^{-1})

(1)式の解は次式で与えられる。

$$\ln(C - C^\infty) = -at + (\text{定数}) \dots\dots\dots(2)$$

実測した C , C^∞ の値より, $\ln(C - C^\infty)$ を t に対してプロットした結果を図-8に示す。図-8に示すように, $\ln(C - C^\infty)$ と t とはほぼ(2)式に従うことがわかった。図中の直線の値きより a の値を求めた。表-13は, このようにして求めた a 値および C^∞ 値を石けんもしくはLAS添加前後のそれぞれで平均した値を示す。石けんもしくはLAS添加前に同一条件で運転した水路間でも分解速度定数に若干のばらつきが認められたが, 石けん, LAS添加後には添加しない水路と比較してやや分解速度定数が低下する傾向が認められた。同時に水路中に分解せずに残存する有機物濃度が増加した。

表-13 水路に於ける有機物の分解速度定数(a)と水路内の有機物濃度 (C^∞)

水路名	$(a) (h^{-1})$		$(C^\infty) (mg/l)$	
	添加前	添加後	添加前	添加後
L-1 (C)	(1.15)	(0.29)	(11.0)	(14.5)
L-2 (S)	0.94	0.64	14.8	36.3
L-3 (L)	1.22	0.66	18.4	69.1
M-1 (C)	1.61	1.42	13.2	18.0
M-2 (S)	1.22	0.73	17.8	43.5
M-3 (L)	1.84	0.83	21.7	59.3
H-1 (C)	0.36	0.85	10.7	24.2
H-2 (S)	0.95	0.58	4.1	38.2
H-3 (L)	(0.49)	(0.58)	(6.9)	(25.4)

() 内のデータは底泥がはく離したため, 底泥の量が他の水路と異なる。

LASを添加した水路L-3(L), M-3(L)の C^∞ 値は, いずれも同流量であるL-2(S), M-2(S)と比較して大きかった。石けん添加の場合, 石けん自身に有機物が含まれるため, $t=0$ における C 濃度は大きい。したがって, 本実験による限り, 石けんを使用した場合の方が有機物分解速度は大きいと推定された。しかし, 水路毎のばらつきが大きいため, より詳細な検討が必要であろう。

15. <水路内における底泥蓄積量とSS濃度>

表-14は, 水路の河床に蓄積した底泥量, ならびに水路内のSS濃度を示す。石けん, LAS添加前, 低流量の水路は $1 \sim 3 mg/cm^2$ と少なく, 茶かっ色を呈した底泥であった。また中~高流量の水路は $4 \sim 7 mg/cm^2$ とやや多く, 黒色の底泥であった。石けん添加が開始されると, 中~高流量の水路は黒色より灰色の底泥に変化した。低流量については顕著な差が認められなかったが, 石けん添加に伴って金属せっけんの底泥への沈着が起こったためと考えられる。また石けん添加系では明らかに水路内のS

S濃度が他の系と比較して高かった。しかし、外観と異なり、底泥蓄積量で見ると、石けん、LAS添加ともに顕著な変化は認められなかった。

表一 14 水路における底泥蓄積量とSS

水路名	蓄積量 (mg/cm^2)		SS (mg/l)		外観
	添加前	添加後	添加前	添加後	
L-1 (C)	0.71	1.0	2.2		茶褐色
L-2 (S)	2.2	3.1	2.5		茶褐色
L-3 (L)	2.9	2.2	2.5		茶褐色
M-1 (C)	6.9	6.2	3.4		黒色
M-2 (S)	5.7	5.5	18		灰色
M-3 (L)	4.2	4.3	2.3		黒色
H-1 (C)	5.8	8.4	7.1		黒色
H-2 (S)	6.4	8.5	14		灰色
H-3 (L)	—	—	4.2		黒色

16. <底泥の酸素消費速度>

表一 15はDO消費速度測定用チャンバーによって求めた底泥のDO消費速度を示す。単位面積当たりのDO消費速度は野川の値と比較して1/10程度であったが、単位SS当たりに換算するとほぼ同程度であった。しかし測定値にかなりばらつきがあり、石けんもしくはLAS添加に伴う顕著な差は認められなかった。

表一 15 底泥の酸素消費速度

水路名	面積 ($\times 10^2 kg-O_2/m^2/d$)		SS ($\times 10^2 kg-O_2/kg-SS/d$)	
	添加前	添加後	添加前	添加後
L-1 (C)	0.05	0.05	(11.3)	(6.0)
L-2 (S)	0.07	0.12	3.4	3.8
L-3 (L)	0.07	0.05	2.6	2.2
M-1 (C)	0.26	0.17	3.8	2.9
M-2 (S)	0.10	0.07	1.7	1.2
M-3 (L)	0.05	0.05	1.2	1.2
H-1 (C)	0.10	0.10	1.7	1.2
H-2 (S)	0.12	0.34	1.9	(4.1)
H-3 (L)	0.02	0.05	(4.8)	2.4

17. <石けんへの切替えの影響評価>

(1) 野川の場合

野川流域は昭和57年末に下水道の使用が開始されたため、野川に対する有機物(以降TOCで議

論する)負荷量は1/2に減少した。しかしながら、現在でも下水道に接続されていない地域があるため、約100kgC/dの負荷量がある。この汚濁発生源となっている家庭で合成洗剤の使用を中止し、すべて石けんに切替えたとすると、流入負荷は25~30%増加すると推定された。また、使用した石けんは河川中ではそのほとんどが金属石けんの形で流下するものと考えられる。

しかしながら石けんに伴って増加した有機物は合成洗剤よりもむしろ分解しやすく、河川水中、および河床蓄積物(底泥)中の有機物を増加させることはほとんどないと推定された。ただし、金属石けんは河床に蓄積しやすいため、見かけ上河床が現在の茶かっ色もしくは黒色より、やや灰色がかった状態になる可能性があることがわかった。また実験水路で観察されたように、河川水中のSSは増加し、河川水の濁度が上昇する可能性があると言えよう。ただし、実験水路では石けん濃度を比較的高く設定している。したがって野川のように湧水が大量に存在する場合、希釈効果によってSS分増加の影響はそれほど大きくないと推定される。いずれにしても、本研究結果による限り、石けん使用への切替えは野川に対し大きな影響を持たないと思われる。

(2) 多摩川の場合

野川の水が流入する多摩川への影響は、

- 1) 晴天時における野川河川水質の影響、
- 2) 雨天時における野川底泥のはく離、流出

の2通りが考えられる。1)については野川の水質に大きな影響がないことから、きわめて少ないと言えよう。2)についても、野川底泥中での有機物の分解速度に顕著な影響が見られないことから、ほとんど問題ないと考えられる。

18. <今後予想される効果>

従来、家庭における合成洗剤の使用を全面的に石けんに切替えた場合

- 1) 汚濁負荷量がどの程度増加するか?
- 2) 下水処理に如何なる影響をおよぼすか?

については多くの研究報告が発表されてきた。しかし、野川のような都市河川におよぼす影響について論じた報告は少ない。本研究では、顕著な影響は認められないとの結論に至ったが、SSが増加し、濁度上昇につながる可能性も指摘された。野川は近年著しくその水質が浄化されたが、他の多摩川流域支川をはじめとして我国の多くの中小都市河川、小水路には生活雑排水が依然として未処理のまま大量に流入している。したがって本研究では必ずしも明らかにならなかった金属石けんの挙動については今後更に詳細な検討が必要であろう。

また本研究では有機物分解に関して好氣的条件のみを対象とした。しかし、調査の過程で底泥の一部は嫌氣条件下にあることが判明した。これらの点も含めて今後更に検討を重ねる必要があり、本研究は

その糸口になると思われる。

19. <本研究に関連する研究発表>

1. 山根敦子, 岡田光正, 須藤隆一: 浅い汚濁都市河川の自浄作用, 日本陸水学会第48回大会, 松本(58年9月)。
2. 山根敦子, 岡田光正, 須藤隆一: 汚濁都市河川の底泥における有機物の分解, 第18回水質汚濁学会, 東京(59年3月)。

参 考 文 献

- 1) 西川丑郎: 琵琶湖の富栄養化と洗剤規制, 用水と廃水, 22, 438-444(1980)。
- 2) 茨城県環境局: 茨城県霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条例(1982年9月1日施行)
- 3) 関根覚他: 汚水処理施設に及ぼす合成洗剤の影響調査, 公害と対策, 16, 849-859(1980)
- 4) 山根敦子, 岡田光正, 須藤隆一: 生活排水に占める洗たく用洗剤に由来する汚濁負荷, 下水道協会誌 18(210), 11-19(1981)
- 5) 丹羽健蔵: 「水理学解説」, 理工図書出版社(1971)
- 6) (社)日本下水道協会: 「下水試験方法」(1974)
- 7) (社)日本水道協会: 「上水試験方法」(1978)
- 8) 日本石鹼洗剤工業会: 家庭用製品一覧表(1980)
- 9) 山根敦子, 岡田光正, 須藤隆一: 有リン洗剤の使用禁止に伴う生活排水の汚濁負荷原単位の変化, 下水道協会誌, 20(232), 1-6(1983)
- 10) 日本油化学協会: 「油脂化学便覧」, 丸善(1971)
- 11) 土屋重和, 岡田光正, 須藤隆一: 下水の生物処理機能に及ぼす合成洗剤および石けんの影響, 下水道協会誌, 20(231), 1-7(1983)

調査地点		St. 1														
年月日		1982. 8. 24 ~ 8. 25														
天候		はれ														
	単位	L/s	℃		mg/L											
	時刻	時間当り流量	気温	水温	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N NO ₂	総硬度	Ca硬度	BOD
水 質 測 定 結 果	7:15	439	27.4	22.8	1.4		9.5	0.40	0.59					79.5	49.0	
	8:00	352	28.0	—	2.6		9.5	0.58	0.56					81.0	48.0	
	9:03	380	29.6	21.4	1.9		10.6	0.71	0.63					81.0	48.2	
	10:00	503	31.2	23.0	4.9		14.2	1.06	0.70					80.0	49.0	
	11:00	8484	31.6	23.7	5.7		17.7	1.42	0.84					80.8	48.0	
	11:55	516	—	—	8.7		17.7	2.13	1.16					82.0	55.0	
	13:05	540	32.9	23.8	10.4		16.7	2.62	1.31					85.1	57.5	
	14:04	511	32.7	24.9	10.6		14.4	3.21	1.19					84.0	55.3	
	15:00	480	32.0	23.5	9.3		17.1	3.03	1.02					82.1	56.0	
	16:04	453	—	24.0	8.1		10.0	2.95	0.89					83.5	56.6	
	17:02	441	30.0	22.2	8.6		11.5	1.76	0.83					81.0	51.3	
	18:00	466	28.3	—	7.7		10.8	2.05	1.06					84.2	56.1	
	18:55	495	27.1	21.7	6.9		8.2	1.75	0.93					85.4	57.0	
	20:32	407	26.3	21.6	6.8		7.1	1.53	0.71					83.4	55	
	22:02	462	25.7	21.5	7.4		10.5	1.50	0.77					82.5	54.0	
	23:00	423	25.5	21.1	7.7		8.4	1.68	0.85					82.0	54.0	
24:00	383	24.9	21.2	7.2		10.3	1.84	0.84					79.0	51.0		
1:00	395	25.1	21.0	7.3		9.7	1.78	0.81					77.1	50.0		
2:05	365	24.9	20.8	6.4		6.8	1.64	0.98					76.7	49		
4:04	337	24.0	21.0	5.6		10.4	1.29	0.67					78.1	49		
6:05	308	25.4	20.6	3.6		6.9	0.84	0.63					79.0	49.0		
コンポジットサンプル*(日平均濃度)**					(6.7)	—	(11.4)	(1.71)	(0.86)	0.55	9.0	3.45	4.76	(81.4)	(52.5)	—

** ()内の数値は日平均濃度を示す、*流量比例コンポジットサンプル

調査地点	St. 1														
年月日	1982. 8. 24 ~ 8. 25														
天候	はれ														
	単位	$\times 10^3 \text{ m}^3/\text{h}$		kg/h											
	時刻	1) 係数	時間当り流量	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N NO ₂	総硬度	Ca硬度	BOD
時 間 当 り 負 荷 量 等 測 定 結 果	7:15	1	1.58	2.2		15	0.36	0.93					126	77	
	8:00		1.27	3.3		12	0.74	0.71					103	61	
	9:03		1.37	2.6		15	0.97	0.86					111	66	
	10:00		1.81	8.9		26	1.92	1.27					145	89	
	11:00		1.74	9.9		31	2.47	1.46					141	84	
	11:55		1.86	16.2		33	3.96	2.16					153	102	
	13:05		1.94	20.2		32	5.08	2.54					165	112	
	14:04		1.84	19.5		27	5.91	2.19					155	102	
	15:00		1.73	16.1		30	5.24	1.76					142	97	
	16:04		1.63	13.2		16	4.81	1.45					136	92	
	17:02		1.59	13.7		18	2.80	1.32					129	82	
	18:00		1.68	12.9		18	3.44	1.78					141	94	
	18:55	1	1.78	12.3		15	3.12	1.66					152	102	
	20:32	1.5	1.47	10.0		10	2.25	1.04					122	81	
	22:02	1.5	1.66	12.0		17	2.49	1.28					137	90	
	23:00	1	1.52	11.7		13	2.55	1.29					125	82	
	24:00		1.38	9.9		14	2.54	1.16					109	70	
	1:00		1.42	10.4		14	2.53	1.15					109	71	
	2:05	1	1.31	8.4		9	2.15	1.28					100	64	
4:04	2	1.22	6.8		13	1.57	0.82					95	60		
6:05	2	1.11	4.0		8	0.93	0.70					88	54		
1日当り負荷量			36.8	246.3	-	419	63.0	31.5	20.2	33.1	12.7	17.5	2,995	1,931	

1) 1日当り負荷量を求める場合、時間当り負荷量にこの係数を乗じたものを用いた。
この係数は測定間隔に対応している。

調査地点	St. 2															
年月日	1982. 8. 24 ~ 8. 25															
天 候	はれ時々くもり															
	単位	m ³ /s	°C		mg/L											
	時刻	時間当り流量	気温	水温	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -	NO ₂ -N NO ₃ -	総硬度	Ca硬度	BOD
水 質 等 測 定 結 果	7:10	0.51	-	-	4.0		7.8	0.46	0.60					78.0	49.0	
	8:00	0.44	27.1	21.6	4.1		7.2	0.48	0.59					78.0	47.0	
	9:00	0.48	28	23	5.5		7.3	0.39	0.58					77.1	48.0	
	10:00	0.57	32	25	3.5		8.8	0.32	0.56					77.8	47.7	
	11:00	0.68	32.2	25.2	4.1		10.5	0.28	0.48					82.0	50.5	
	12:00	0.77	-	27	6.5		16.5	0.31	0.51					81.5	50.5	
	13:00	0.72	33	27	4.9		9.6	0.37	0.56					82.4	51.2	
	14:00	0.73	-	27.2	5.1		10.0	0.42	0.63					82.0	50.2	
	15:00	0.80	32	27.4	6.8		9.4	0.68	0.68					83.6	53.1	
	16:00	0.71	-	26.5	7.5		9.0	0.92	0.83					86.0	55.1	
	17:00	0.68	30.0	25	7.2		8.2	1.00	0.84					85.2	56.0	
	18:00	0.67	30	24	5.7		7.6	0.83	0.84					85.0	55.0	
	18:50	0.66	29.1	23	11.0		8.2	1.03	0.78					85.7	56.4	
	21:00	0.65	28.3	28	5.0		7.0		0.73					88.0	56.2	
	22:00	0.69	21.3	-	4.6		7.4	0.75	0.71					88.0	56.4	
	23:00	0.67	-	21	4.6		6.7	0.81	0.67					88.5	55.8	
	0:00	0.66	25	20.5	5.6		5.5	0.73	0.63					84.1	54.8	
	1:00	0.71	-	20.5	4.9		5.4	0.80	0.63					83.1	53.0	
2:00	0.66	25	20	4.5		5.8	0.76	0.59					82.0	53.4		
4:00	0.58	24	20	5.0		5.4	0.73	0.60					81.1	52.2		
6:00	0.53	-	20	3.9		5.8	0.62	0.57					79.2	51.5		
コンポジットサンプル(日平均濃度)					(5.7)	-	(8.0)	(0.67)	(0.65)	0.54	8.0	3.45	420	(83.1)	(52.9)	

調査地点	St. 2														
年月日	1982. 8. 24 ~ 8. 25														
天候	はれ時々曇り														
時刻	単位	$\times 10^3 \text{ m}^3/\text{h}$		kg / h											
	時刻	1) 係数	時間当り流量	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N NO ₃ -N	総硬度	Ca硬度	BOD
7:10	1	1.84	7			14	0.85	1.10					144	90	
8:00		1.58	6			11	0.76	0.93					123	74	
9:00		1.73	10			13	0.68	1.00					133	83	
10:00		2.05	7			18	0.65	1.15					159	98	
11:00		2.45	10			26	0.69	1.18					201	124	
12:00		2.77	18			46	0.86	1.41					226	140	
13:00		2.59	13			24	0.26	1.45					213	133	
14:00		2.63	14			26	1.10	1.66					216	132	
15:00		2.88	20			27	1.96	1.96					241	153	
16:00		2.56	19			23	2.36	2.12					220	141	
17:00		2.45	18			20	2.45	2.06					209	137	
18:00	1	2.41	14			18	2.00	2.02					205	133	
18:50	2	2.38	26			20	2.28	1.86					204	134	
21:00	1	2.34	12			16	1.87	1.71					206	132	
22:00		2.48	11			18	1.86	1.76					218	140	
23:00		2.41	11			16	1.95	1.61					213	134	
0:00		2.38	13			13	1.74	1.50					200	130	
1:00	1	2.56	13			14	2.05	1.61					213	136	
2:00	2	2.38	11			14	1.81	1.40					195	127	
4:00	2	2.09	11			11	1.53	1.26					170	109	
6:00	1	1.91	7			11	1.18	1.09					151	98	
1日当り負荷量		55.7	37.2	—		445	37.2	36.3	28.4	446	192	234	4,627	2,947	

1) 1日当り負荷量を求める場合、時間当り負荷量にこの係数を乗じたものを用いた。
この係数は測定間隔に対応している。

調査地点		St. 1														
年月日		1982. 11. 1 ~ 11. 2														
天候		くもり→はれ														
	単位	$\times 10^3 m^3/h$	°C		mg/l											
	時刻	時間当り流量	気温	水温	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -NO ₂	総硬度		BOD
水質測定	13:15	2.54	—	—	8.3	6.0	8.9	1.28	0.97							
	14:00	2.53	24.2	17.5	10.5	6.9	16.7	1.55	1.02							
	15:00	2.82	21.8	17	5.6	3.8	12.7	1.09	0.60							
	16:00	2.69	20.2	17	5.7	3.8	6.6	1.05	0.65							
	17:00	2.31	19	16.3	5.0	4.1	10.9	0.81	0.60							
	18:00	2.66	18.5	16.2	5.5	4.5	9.0	0.78	0.76							
	19:00	2.82	18.0	16.5	6.0	4.2	9.4	0.61	0.63							
	20:00	2.77	—	16.0	5.5	4.2	10.1	0.89	0.65							
	21:00	2.67	18.5	16.1	7.7	5.0	12.4	0.85	0.64							
	22:00	2.83	17.8	16.1	7.6	4.6	17.9	0.76	0.59							
	23:00	3.04	17.6	16.2	7.6	5.3	11.7	0.82	0.74							
	24:00	2.93	—	16.2	7.8	5.5	11.5	0.92	0.68							
結果	1:00	2.69	17	16.2	6.8	5.2	12.2	0.68	0.66							
	3:00	2.68	15.5	16	4.7	3.6	11.9	0.67	0.61							
	6:00	2.30	14.2	15.2	2.9	1.8	13.4	0.30	0.44							
	8:00	2.19	14	15.2	3.4	2.0	9.7	0.29	0.47							
	9:00	2.48	14.9	15.2	3.8	2.6	9.8	0.39	0.57							
	10:00	2.75	15	15.4	4.8	3.3	9.8	0.54	0.65							
	11:00	2.75	16.2	15.9	4.6	3.3	17.1	0.58	0.71							
	12:00	2.49	16.3	16	7.7	5.0	10.6	1.04	0.83							
コンポジットサンプル(日平均濃度)					(5.7)	(4.0)	(12.0)	(0.74)	(0.65)	0.32	1.26	2.7	8.8	85	52	12

調査地点	St. 1															
年月日	1982. 11. 1 ~ 11. 2															
天候	うすぐもり はれ															
時刻	単位	$\times 10^3$ m ³ /h		kg/h												
	時刻	1) 係数	時間当り流量	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N NO ₃ -N	総硬度	Ca硬度	BOD	
時間 当 り 負 荷 量 等 測 定 結 果	13:15	1	2.54	19	14	21	2.98	2.26								
	14:00		2.33	26	17	41	3.83	2.52								
	15:00		2.82	19	13	42	3.64	2.00								
	16:00		2.69	15	10	18	2.82	1.75								
	17:00		2.31	12	10	25	1.87	1.39								
	18:00		2.66	15	12	24	2.07	2.02								
	19:00		2.82	17	12	26	1.72	1.78								
	20:00		2.77	15	12	28	2.47	1.80								
	21:00		2.67	21	13	33	2.27	1.71								
	22:00		2.83	21	13	51	2.15	1.67								
	23:00		3.04	23	16	36	2.49	2.35								
	24:00		2.93	26	18	38	3.01	2.22								
	1:00	1	2.69	18	14	32	1.82	1.77								
	3:00	2	2.68	13	10	32	1.80	1.64								
	6:00	3	3.45	10	6	46	1.04	1.52								
	8:00	2	2.19	8	4	29	0.64	1.03								
	9:00	1	2.48	9	6	24	0.97	1.41								
	10:00		2.75	13	9	27	1.49	1.79								
	11:00		2.75	13	9	47	1.60	1.95								
	12:00	1	2.49	19	13	26	2.59	2.07								
	:			$\times 10^3$												
	1日当り負荷量			63.0	47.0	361.0	41.0	7.55	2.51	2.02	7.94	1.70	5.54	53.30	32.80	7.60

1) 1日当り負荷量を求める場合、時間当り負荷量にこの係数を乗じたものを用いた。
この係数は測定間隔に対応している。

調査地点	St. 2																
年月日	1982. 11. 1 ~ 11. 2																
天候	くもり→はれ																
	単位	$\times 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$	°C		mg/L												
	時刻	時間当り流量	気温	水温	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N NO ₂ -N	総硬度	Ca硬度	BOD	
水	13:09	3.88	23.3	20.5	2.8	3.8	8.2	0.10	0.34								
	14:03	3.79	22.1	19	3.3	3.1	6.4	0.12	0.39								
	15:00	3.86	23.0	18.9	3.8	3.7	9.0	0.19	0.45								
	16:00	4.19	21.0	18.3	4.2	4.1	8.2	0.23	0.50								
	17:00	4.18	20.2	17.2	4.6	4.2	7.3	0.28	0.53								
	質	18:00	4.46	19.8	17.0	4.5	3.7	4.3	0.30	0.52							
		19:00	3.90	19.4	16.1	3.0	3.5	4.8	0.17	0.42							
	等	20:00	3.44	19	16	2.9	2.6	3.4	0.12	0.39							
		21:00	3.89	18.8	16.0	2.4	4.5	8.3	0.18	0.41							
	測	22:00	3.63	18.7	15.3	3.2	3.2	6.4	0.06	0.41							
		23:00	3.67	18.5	15.5	2.7	2.9	3.7	0.28	0.36							
	定	24:00	3.69	18.0	15.5	2.9	3.1	2.5	0.27	0.38							
1:00		3.84	17.5	15.5	3.0	2.9	3.1	0.30	0.40								
結	2:00	3.10	17.2	15.0	3.3	3.2	3.1	0.30	0.45								
	3:00	3.43	17.0	15.0	3.5	3.0	3.9	0.27	0.38								
果	4:00	3.42	17.1	14.9	3.5	3.5	3.1	0.10	0.47								
	5:00	3.25	16.4	14.6	3.2	2.9	3.0	0.25	0.37								
	8:00	3.34	15.6	13.5	2.1	2.3	3.5	0.17	0.37								
	11:00	3.12	17.2	15.0	2.2	2.6	4.3	0.11	0.30								
	12:00	3.75	17.5	16.0	2.1	1.9	7.9	0.12	0.36								
:																	
コンポジットサンプル(日平均濃度)					(3.0)	(3.1)	(5.1)	(0.19)	(0.40)	0.25	10.4	23	7.8	84.3	500		

調査地点	St. 2													
年月日	1982. 11. 1 ~ 11. 2													
天候	くもり はれ													
時刻	単位	($\times 10^3$ m ³ /h)	kg/h											
	1) 係数	時間当り流量	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N NO ₂	総硬度	Ca硬度	BOD
時 間 当 り 負 荷 量 等 測 定 結 果	13:09	1	3.88	11	15	32	0.39	1.32						
	14:03		3.79	13	12	24	0.46	1.48						
	15:00		3.86	14	14	35	0.73	1.74						
	16:00		4.19	18	17	35	0.96	2.10						
	17:00		4.18	19	18	31	1.17	2.22						
	18:00		4.46	20	17	19	1.34	2.32						
	19:00		3.90	12	14	20	0.66	1.64						
	20:00		3.44	10	9	12	0.41	1.34						
	21:00		3.89	9	18	32	0.80	1.59						
	22:00		3.63	12	12	23	0.22	1.49						
	23:00		3.67	10	11	14	1.03	1.32						
	24:00		3.69	11	11	9	1.00	1.40						
	1:00		3.84	12	11	12	1.15	1.54						
	2:00		3.10	10	10	10	0.93	1.40						
	3:00		3.43	12	10	13	0.93	1.30						
	4:00		3.42	12	12	11	0.34	1.61						
5:00	1	3.25	10	9	10	0.81	1.20							
8:00	3	3.34	7	8	12	0.57	1.24							
11:00	3	3.12	7	8	14	0.34	0.94							
12:00	1	3.75	8	7	29	0.45	1.35							
:														
1日当り負荷量		86.8	16.0	269.0	35.0	441.0	273.1	21.7	90.2	200	67.7	731.1	433.8	34.7

1) 1日当り負荷量を求める場合、時間当り負荷量にこの係数を乗じたものを用いた。
この係数は測定間隔に対応している。

調査地点	St. 1														
年月日	1983. 2. 21 ~ 22														
天候	はれ														
	単位	m ³ /h	°C		mg/l										
	時刻	時間当り流量	気温	水温	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N NO ₂ -N	総硬度	BOD
水質測定結果	14:30	482			24.1	16.9	21.7	4.1	1.35						
	15:30	439			19.1	13.8	15.7	4.0	1.08						
	16:30	438	7	8.3	16.7	11.9	15.2	3.2	1.02						
	17:30	434	5.3	8.0	16.5	15.0	20.2	2.2	1.08						
	18:30	426	4		15.5	11.9	16.1	2.4	00						
	20:00	489	2.5	7.0	15.7	11.1	25.8	1.9	1.04						
	21:00	556	2.0	6.5	15.4	12.4	21.9	2.1	0.95						
	22:00	464	1.3	6.9	18.8	14.4	19.8	2.2	1.95						
	23:00	520	1.0	6.9	19.6	16.7	14.5	2.7	1.14						
	0:00	442	0	7.0	19.7	17.1	13.5	2.7	1.09						
	1:30	379	-0.7	6.5	20.0	15.0	14.2	2.6	1.13						
	3:15	303	-2	6.1	16.3	14.2	10.2	2.7	1.19						
	6:20	281	-3.2	6.0	11.3	8.8	6.6	1.8	0.87						
	9:00	329	10.8	5.9	9.4	7.5	6.5	2.0	0.64						
	10:00	507	7.0	6.2	7.8	5.9	6.3	1.3	0.66						
	11:00	562	7.5	7.5	10.4	7.8	10.9	1.8	0.90						
12:00	560	7.8	8.3	24.5	19.6	28.1	1.4	1.44							
13:00	637	8.5	8.9	20.0	13.8	21.4	3.6	1.39							
13:30	571	8.8	9.0	18.6	12.8	22.8	3.2	1.24							
:															
:															
コンジットサンプル(日平均濃度)					(16.2)	(12.6)	(15.8)	(24.3)	(1.05)	0.810	9.82	6.1	1.9		

調査地点	St. 1														
年月日	1983. 2. 21 ~ 22														
天候	はれ														
単位	m ³ /h			kg/h											
	時刻	1) 係数	時間当り流量	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N NO ₂ -N	総硬度	Ca硬度	BOD
時 間 当 り 負 荷 量 等 測 定 結 果	14:30	1	482	11.6	8.1	10.4	1.98	0.65							
	15:30	1	439	8.4	6.1	6.9	1.76	0.47							
	16:30	1	438	7.3	5.2	6.7	1.40	0.45							
	17:30	1	434	7.2	6.5	8.6	0.95	0.47							
	18:30	1	426	6.6	5.1	6.9	1.02	0.43							
	20:00	1.5	489	7.7	5.4	12.6	0.93	0.51							
	21:00	1	556	8.6	6.9	12.2	1.17	0.53							
	22:00	1	464	8.7	6.7	9.2	1.02	0.55							
	23:00	1	520	10.2	8.7	7.5	1.40	0.59							
	0:00	1	442	8.7	7.6	5.9	1.19	0.48							
	1:30	1.5	379	7.6	5.7	5.4	0.99	0.43							
	3:15	1.5	303	4.9	4.3	3.1	0.82	0.36							
	6:20	3	281	3.2	2.5	1.9	0.51	0.24							
	9:00	3	329	3.1	2.5	2.2	0.66	0.21							
	10:00	1	507	4.0	3.0	3.2	0.66	0.33							
	11:00	1	562	5.8	4.4	6.1	1.01	0.51							
12:00	1	560	13.7	11.7	15.7	0.78	0.90								
13:00	1	637	12.7	8.8	13.6	2.29	0.89								
13:30	0.5	571	10.6	7.4	13.0	1.84	0.71								
:															
:															
1日当り負荷量			10,341	168	130	163	25.2	10.8	8.38	10.15	63.08	19.65			330

1) 1日当り負荷量を求める場合、時間当り負荷量にこの係数を乗じたものを用いた。
この係数は測定間隔に対応している。

調査地点	St. 2													
年月日	1983. 2. 21 ~ 2. 22													
天候	はれ													
単位	m ³ /h	°C		mg/l										
時刻	時間当り流量	気温	水温	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N			
14:05	579	-	-	6.3	5.1	8.7	0.58	0.54						
15:03	582	-	-	5.6	4.4	8.2	0.51	0.56						
16:17	761	9.8	12.2	5.9	4.4	7.1	0.43	0.52						
17:12	556	4.8	11.1	5.4	5.3	6.5	0.45	0.55						
18:08	593	3.9	9.0	5.7	-	9.4	0.50	0.59						
19:00	508	2.9	8.9	5.8	4.6	7.1	0.27	0.57						
20:00	474	2.0	8.0	5.4	4.4	6.1	0.40	0.67						
21:30	422	1.0	1.0	5.6	4.4	5.9	0.26	0.69						
23:00	407	0.5	5.5	10.0	8.1	8.9	0.23	0.75						
0:30	511	0.2	4.2	8.8	6.6	10.8	0.44	0.76						
2:00	535	-0.5	3.8	6.6	5.5	7.3	0.55	0.73						
4:00	524	-1.2	3.5	6.5	5.1	4.2	0.63	0.62						
6:00	358	-2.8	2.2	6.3	5.0	6.7	0.54	0.65						
9:00	377	5.0	-	-	5.2	7.9	0.61	0.59						
12:00	538	8.2	9.0	7.3	6.0	8.9	0.64	0.76						
13:00	527	8.6	10.8	7.9	6.6	8.6	0.20	0.64						
:														
:														
:														
:														
:														
コンポジットサンプル(日平均濃度)				(6.6)	(5.4)	(7.6)	(0.45)	(0.64)	0.485	7.36	3.9	2.8		10.5

調査地点	St. 2														
年月日	1983. 2. 21 ~ 2. 22														
天候	はれ														
時間 当 り 負 荷 量 等 測 定 結 果	単位	m ³ /h			kg/h										
	時刻	1) 係数	時間当り流量	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N NO ₂ -N	総硬度	Ca硬度	BOD
	14:05	1	579	3.7	3.0	5.0	0.34	0.31							
	15:03	1	582	3.3	2.6	4.8	0.30	0.33							
	16:17	1	761	4.5	3.4	5.4	0.33	0.40							
	17:12	1	556	3.0	3.0	3.6	0.25	0.31							
	18:08	1	593	3.4	2.9	5.6	0.30	0.35							
	19:00	1	508	3.0	2.3	3.6	0.14	0.29							
	20:00	1	474	2.6	2.1	2.9	0.19	0.32							
	21:30	1.5	422	2.4	1.9	2.5	0.11	0.29							
	23:00	1.5	407	4.1	3.0	3.6	0.09	0.23							
	0:30	1.5	511	4.5	3.4	5.5	0.22	0.39							
	2:00	1.5	535	3.5	3.0	3.9	0.29	0.39							
	4:00	2	524	3.4	2.7	2.2	0.33	0.32							
	6:00	2	358	2.3	1.8	2.4	0.19	0.23							
	9:00	3	377	2.6	2.0	3.1	0.23	0.22							
12:00	3	538	4.0	3.2	5.0	0.34	0.41								
13:00	1	527	4.2	3.5	4.5	0.11	0.34								
:															
:															
:															
:															
:															
1日当り負荷量		11.291	117.4	64.3	91.09	5.79	7.71	5.48	8.31	4.40	31.6			1.20	

1) 1日当り負荷量を求める場合、時間当り負荷量にこの係数を乗じたものを用いた。
この係数は測定間隔に対応している。

調査地点	St. 1																
年月日	1983. 5. 30 ~ 31																
天候	はれ																
	単位	m ³ /h	°C		mg/L												
	時刻	時間当り流量	気温	水温	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N NO ₂ -N	総硬度	Ca硬度	BOD	
水	10:05	360	25	22.0	10.7	7.6	15.1	1.9	0.75								
	11:00	367	26	23.0	14.1	10.6	18.0	2.3	1.05								
	12:00	363	27	24	17.6	11.5	16.0	3.0	1.15								
	13:00	380	28	24	18.3	12.3	17.1	3.2	1.15								
	14:00	389	27	23.5	17.1	10.8	15.0	3.6	1.38								
	質	15:00	390	24	23.5	15.1	11.0	13.1	2.5	1.03							
		16:00	327	25	23	14.8	12.0	11.1	2.2	0.99							
	等	17:00	264	24	22.2	13.3	10.7	10.6	2.5	1.00							
		18:10	228	22.7	21	12.9	10.5	7.9	2.3	1.04							
	測	19:30	274	20.6	20	10.4	9.1	10.6	1.8	1.03							
21:00		320	20.9	19.5	12.0	9.1	7.4	2.1	1.05								
定	22:00	393	20	19.0	13.3	10.0	9.1	2.4	1.14								
	23:00	385	19.7	19.0	16.9	13.1	9.9	3.0	1.37								
結	24:00	395	19.8	19.0	17.3	10.8	13.4	2.9	1.46								
	2:00	371	19.5	19.0	17.4	10.7	10.8	2.6	1.37								
果	4:00	253	18.8	19.0	13.0	9.2	8.3	2.7	1.22								
	6:00	243	19.8	18.6	9.9	7.8	7.1	2.2	1.08								
	8:00	250	21.0	18.8	9.0	7.0	9.4	1.9	0.75								
	9:00	331	21.0	18.9	9.8	6.3	11.1	1.7	0.69								
	:																
	:																
コンポジットサンプル(日平均濃度)					(13.8)	(10.0)	(11.6)	(2.5)	(1.09)	0.85	8.3	6.1	0.24			2.4	

調査地点	St. 2														
年月日	1983. 5. 30 ~ 5. 31														
天候															
	単位	m ³ /h		kg/h											
	時刻	1) 係数	時間当り流量	TOC	DOC	SS	MBAS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N NO ₂	総硬度	Ca硬度	BOD
時 間 当 り 負 荷 量 等 測 定 結 果	10:00	3	564	3.2	2.9	2.9	0.073	0.36							
	11:00	1	564	2.8	2.8	2.0	0.084	0.47							
	12:00		482	3.3	2.8	2.8	0.077	0.35							
	13:00		479	3.2	2.7	2.6	0.028	0.40							
	14:00		711	5.3	3.8	4.1	0.14	0.58							
	15:00		578	4.4	4.4	3.0	0.075	0.44							
	16:00		706	4.0	4.0	3.0	0.092	0.51							
	17:00		322	2.1	2.1	1.1	0.045	0.28							
	18:00		793	4.9	4.9	2.6	0.079	0.69							
	19:00	1	757	6.1	5.2	2.6	0.083	0.70							
	20:30	1.5	621	4.3	3.4	2.0	0.068	0.38							
	21:30	1	565	4.1	3.5	1.3	0.045	0.42							
	22:30	1	477	4.5	3.3	2.1	0.048	0.28							
	24:00	1.5	476	4.1	3.5	2.7	0.047	0.32							
	2:00	2	549	3.5	2.6	2.1	0.038	0.35							
	4:00	2	548	2.9	2.9	2.5	0.049	0.36							
7:00	3	483	2.3	1.7	1.9	0.039	0.29								
:															
:															
:															
:															
1日当り負荷量	13,700	101	80	58	1.48	9.06	6.4	66	32	31				70	

1) 1日当り負荷量を求める場合、時間当り負荷量にこの係数を乗じたものを用いた。
この係数は測定間隔に対応している。