

(2) 家庭雑排水の窒素、リン、 陰イオン界面活性剤の調査

水質課 岩崎俊満、徳島発一

1. はじめに

現在、閉鎖性水域での富栄養化防止対策としてその原因物質の1つである窒素、リンの規制が考えられている。特に、リンについては窒素のような空中窒素の固定といった自然負荷が少なく、且つ排水処理技術の実用化の見通しがあることからその削減施策がとられつつある。

発生源別に窒素、リンの負荷割合を見ると生活系排水が窒素30数%、リン40数%と共に発生源で一番大きな比率を占めており、生活系の負荷量削減策が必要となっている。

これらの発生負荷量の原単位は、その時々を生生活活動や生活様式によって時間的、地域的な制約を持っているものである。

リンの場合、生活系の原単位に大きく影響を及ぼすものに洗たく用合成洗剤がある。現在、業界の低リン化等によりリンの配合比率が減少しており、従前のまま原単位を利用できない状況にある。

そこで筆者らは、昭和53年度から54年度にかけて、合成洗剤の環境影響に関する調査研究の一環として、住宅団地の実態調査等により、窒素、リン等の原単位及びリンと合成洗剤の相関等について検討したので報告する。

2. 調査方法

調査内容は次のとおりである。

- ① 排水量調査
- ② 合成洗剤使用量実態調査(アンケート調査)
- ③ 雑排水の沈澱による汚濁物質の除去試験
- ④ 501人以上の合併浄化槽の水質検査

2-1 調査対象

調査対象は江北町(I団地)と唐津市(W団地)

の公営住宅団地で、その規模と調査時期を表1に示す。

I団地の場合、将来はし尿系を含めた合併処理となるが、現在は雑排水だけを活性汚泥法により処理を行なっている。

W団地は普通の合併浄化槽で、し尿と雑排水が混合した状態で排出されるため、主に排水パターンと原水濃度のリンと合成洗剤の関係について検討した。

表1 調査対象と調査期日

	実戸数	人口	平均世帯人員	調査年月日
I団地	43	130	3.02	S55.3.11~3.12
W団地	179	622	3.47	S55.3.3~3.4
県全体	229,830	861,105	3.75	(S54.12末現在)

2-2 排水量調査とサンプリング方法

排水量は三角堰式積算流量計で1時間毎にその積算流量を読みとった。I団地は原水ピット、W団地は排水口に設置した。なおW団地の原水流量は浮き子法で行なった。

サンプリングの時間は表2に示すとおりである。I団地の原水は自動採水器を使った。なお、W団地の原水は現場において濾過を行なった。

2-3 合成洗剤使用量実態調査

アンケート調査票を作成し両団地にお

表2 サンプリング時間

時刻	I団地		W団地	
	原水	排水	原水	排水
0	○		○	○
1	—		—	—
2	—		—	—
3	—		○	○
4	—		—	—
5	—		—	—
6	○	○	—	○
7	○		○	○
8	○		○	○
9	○		○	○
10	○		○	○
11	○		○	○
12	○		—	○
13	○	○	—	—
14	—		—	—
15	○		—	○
16	—		—	—
17	○		○	○
18	○		○	○
19	○		○	○
20	○		○	○
21	○	○	○	○
22	○		○	○
23	○		○	○

いて、家族構成、洗たくに関すること、洗剤の銘柄・使用量について在宅者を中心に調査を行なった。

2-4 分析方法

陰イオン界面活性剤はJISKO102によりMBAS(メチレンブルー-活性物質)、T-Pは過硫酸カリウム分解後アスコルビン酸還元法、T-NはKj-N(衛生試験法)と $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ (Cd-Cu還元法)の和として測定した。

3. 調査結果及び考察

3-1 排水量

I団地の雑排水の水量は $22\text{ m}^3/\text{日}$ 、W団地の流入原水は $112\text{ m}^3/\text{日}$ (処理水 $105\text{ m}^3/\text{日}$)であった。これを過去の平均水道使用量(I団地 $20 \pm 17\text{ m}^3/\text{日}$ 、W団地 $112\text{ m}^3/\text{日}$)と比較すると、調査は、ほぼ平常の排出量であったことを示している。

図1(I団地)、図2(W団地)に原排水量の時間変化を $\text{l}/\text{人}\cdot\text{時間}$ の単位と、両団地の1日の生活活動の始まりを6時として、経時毎の累積率とで表わした。

両団地とも似た排水パターンを示している。

I団地の場合、9時を頂点とした6時から12時までの午前中の部(全排水量の約55%)と、16時から23時にかけての夕方から夜の部(全排水

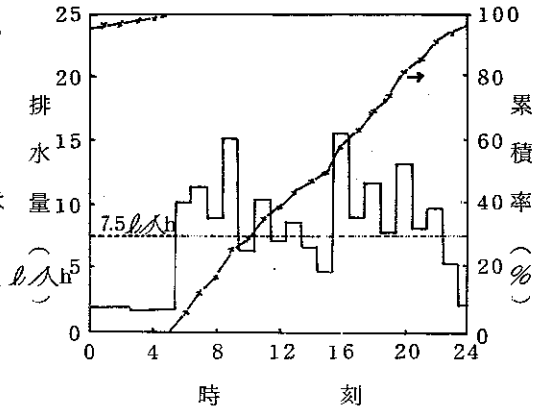


図2 排水量の時間変化(し尿系排水を含む)(W団地)

量の約35%)に分かれている。特に、8時から9時の2時間で全排水量の25%を占めているのが特徴である。

W団地の場合、し尿系排水が含まれるのと、団地の規模が大きいため、生活活動のずれによる排水量の平均化が見られるが、I団地同様午前中の部(全排水量の約40%)と夕方から夜の部(全排水量の約45%)にピークが現われている。この2つのピークで全排水量の80~90%を占めている。

3-2 I団地の各汚濁物質の排出状況

各物質の濃度の時間変化を図3に示す。又量的に $\text{mg}\cdot\text{g}/\text{人}\cdot\text{時}$ の単位で各物質の排出パターンを図4~図8に示す。

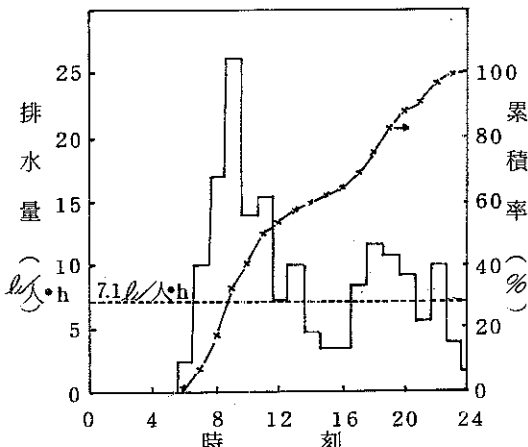


図1 排水量の時間変化(雑排水)(I団地)

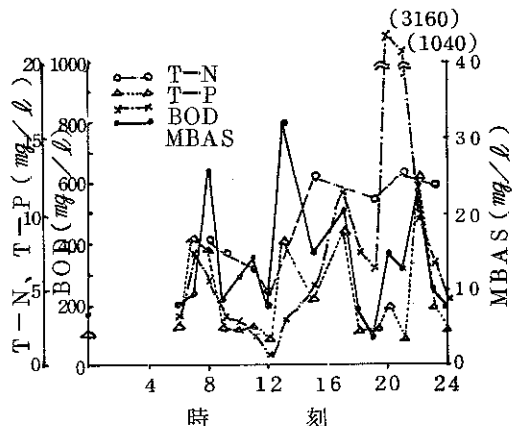


図3 I団地におけるT-N、T-P、BOD、MBAS濃度の時間変化

〔BOD物質の排出〕

図3と図4から明らかなように、20時から21時にかけて異常に高いBOD値を示している。

これは20時頃食用油の流入があり、これが21時のサンプリングにも影響を与えたためである。この2時間で1日のBOD排水量の46.2%を占めており、1家庭分の食用油の廃棄によって大きな汚濁負荷を与えることを示している。

排出パターンとしては、6時から12時まで23.2%、13時から19時で21.5%、20時から22時で53.1%の形となった。

平均BOD排出量は、31g/人・時となった。

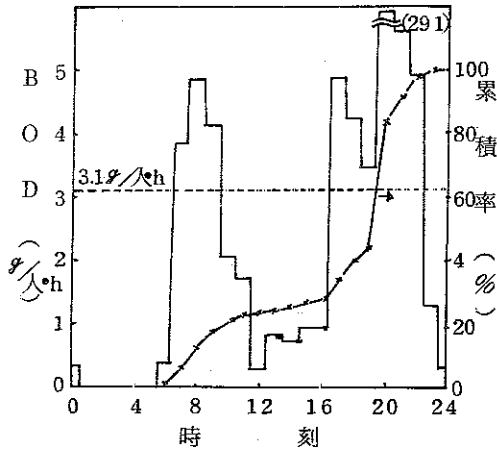


図4 BOD排出パターン（I団地）

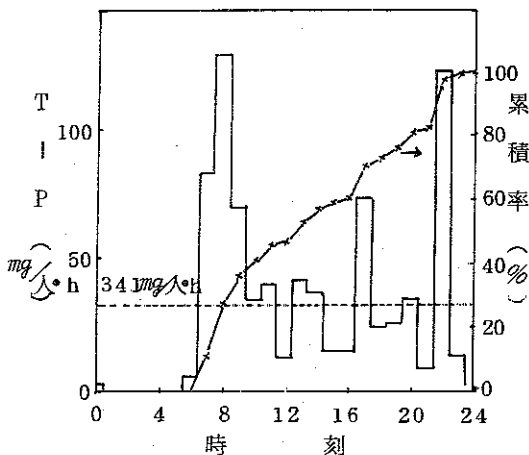


図5 I-Pの排出パターン（I団地）

〔I-Pの排出〕

I-Pの排出パターンを図5に示す。これは図

6のMBAS排出パターンと似ており、洗濯排水のリン負荷が大きいことを示している。排出パターンは、6時から10時までに1日の排出量の40%が排出されている。その他は、13時から14時で1.0%、17時9.4%、22時15.4%と断続的に排出されている。以上9時間の間で1日の排出量の75%を占めている。

平均I-P排出量は34.1 mg/人・時となった。

〔MBASの排出〕

図6、図7にMBASの排出パターンを示す。MBASの排出源として洗濯排水の他に台所用洗剤による排水、シャンプー等の風呂排水などがあり、これらの排出パターンは、6時から10時で1日の排出量の39%が排出されている。これは主に

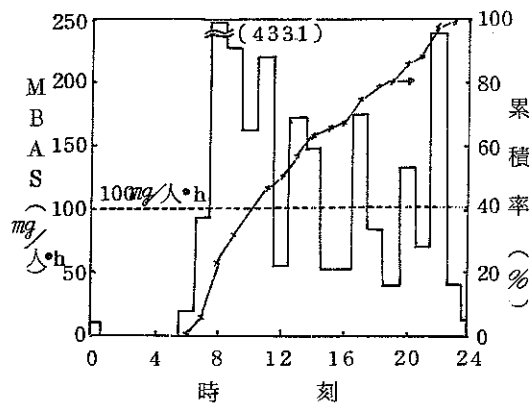


図6 MBAS排出パターン（I団地）

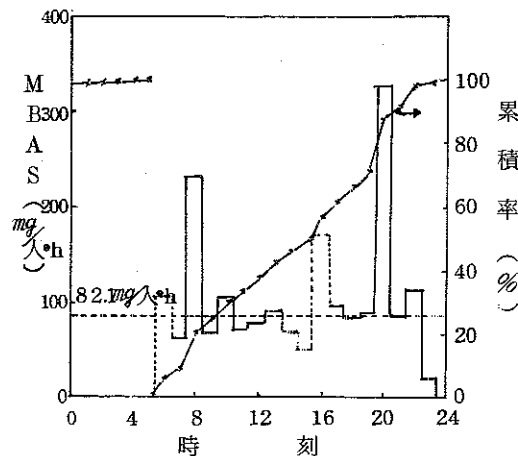


図7 MBAS排出パターン（W団地）

洗たく排水と思われる。その他は13時から14時で13.2%、17時から18時で12.5%、20時から22時で18.2%となった。以上11時間で全体の83%を占めた。

平均MBAS排出量は $100 \text{ mg}/\text{人}\cdot\text{時}$ となった。

W団地の場合、サンプリングが不完全で全排水量の70%を把握したことになった。W団地のMBASの排出パターンを図7に示すが、点線部分は流量配分により示している。7時から10時の4時間で全体の排出量の24%、19時から22時の4時間で31.2%となった。W団地の平均MBAS排出量は $82.1 \text{ mg}/\text{人}\cdot\text{時}$ となった。

〔I-Nの排出〕

図8にI-Nの排出パターンを示す。サンプリング数を8検体としたので、2~3検体毎に平均

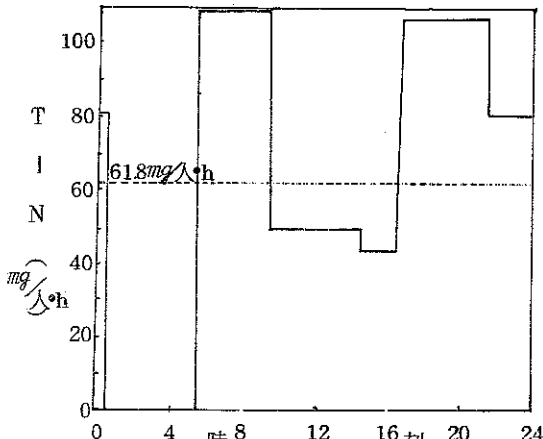


図8 I-Nの排出パターン (T団地)

値を使って計算した。

I-Nの排出パターンとしては、6時から9時の4時間で全排出量の28.2%、10時から14時の5時間で16%、17時から22時の6時間で34.6%の排出となった。

平均I-N排出量は $61.8 \text{ mg}/\text{人}\cdot\text{時}$ となった。

3-3 MBASとリンの相関

図9及び図10にMBASとリンの相関と回帰式について示した。図9は濃度相関であり、図10は量的間の $\text{g}/\text{人}\cdot\text{時}$ での相関である。

I団地の場合、雑排水のみでの相関で、W団地の場合は、し尿を含んだ濾過原水の相関である。

濃度間の相関係数は0.74であるが、量的相関になると0.85と一層有意となる。なお両者の相関係

数はともに1%の危険率で有意である。

このように、生活系排水中のMBASとリンの相関が非常に高いのは、発生源が同一であることによる。つまり、洗たく用合成洗剤が、MBAS、リンの汚濁負荷割合として高いウェートを占めているためである。

図10において回帰式のI-P軸との交点(切片)に差があるのは、W団地の場合し尿を含んでおりし尿によるリンの寄与を示している。

しかし、図3や図9に見られるように、MBASとリンの関係が、特異的に不均衡な時間がある。その変動要因としては、MBASでは、リンを含まぬ台所用洗剤の使用、リンでは、炊事排水の約

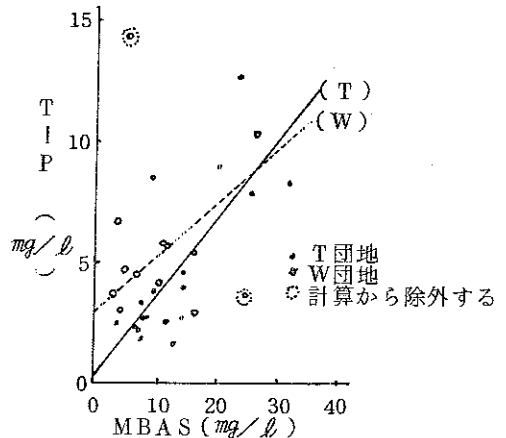


図9 MBASとT-I-Pの関係

T団地 $(I-P) = -0.315(\text{MBAS}) + 0.425$ ($n=17, r=0.742$)

W団地 $(I-P) = -0.218(\text{MBAS}) + 2.95$ ($n=12, r=0.745$)

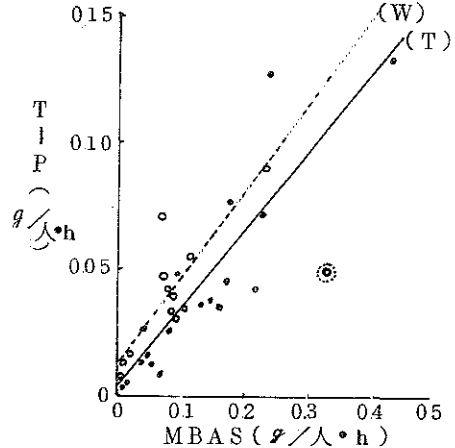


図10 MBAS($\text{g}/\text{人}\cdot\text{h}$)とI-P($\text{g}/\text{人}\cdot\text{h}$)の関係

T団地 $(T-P) = -0.313(\text{MBAS}) + 3.52 \times 10^{-3}$ ($n=17, r=0.846$)

W団地 $(T-P) = -0.341(\text{MBAS}) + 1.20 \times 10^{-2}$ ($n=12, r=0.855$)

表3 T団地雑排水の分析結果及び汚濁物質の除去率

(1) 流入原水水質

項目	PH	BOD(ppm)	COD(ppm)	SS(ppm)	T-N(ppm)	T-P(ppm)	MBAS(ppm)
範囲	5.4~6.9	4.22~3160	29.8~875	39.5~4210	4.12~12.6	1.65~12.6	3.68~31.8
平均水質注)	6.4	440	157	372	8.78	4.84	14.2

(2) 最終処理水水質

項目	PH	BOD(ppm)	COD(ppm)	SS(ppm)	T-N(ppm)	T-P(ppm)	MBAS(ppm)
範囲	6.7~6.9	3.19~33.5	3.10~33.1	3.32~38.4	8.26~8.69	3.84~3.95	0.18~0.23
平均水質	6.8	32.6	3.18	35.3	8.47	3.91	0.21

(3) 汚濁物質の除去率(%)

項目	BOD	COD	SS	T-N	T-P	MBAS
(1)-(2)/(1)×100	92.6	79.8	90.5	3.5	19.2	98.5

注) 平均水質=(濃度×流量)の総和/総流量

80%を占めると言われている米のとき汁の排出が考えられる¹⁾。このように複雑な排出が考えられ、即、MBASとリンの回帰式から互いの排出量を定量的に計算するのは難しいと思われる。

3-4 生活系雑排水の原単位

T団地の原水及び処理水の分析結果を表3に示す。1日1人当りの排水量を22³ℓ/日÷130人から169ℓ/人・日として、平均水質(注参照)×169ℓ/人・日から各汚濁物質の原単位を求めると表4のとおりである。なお、BODの原単位は食用油のために普通使用される原単位の約2倍の値となった。他の原単位は、これまでの報告例と^{(1)~(8)}同程度の数値となっている。

表4 T団地の雑排水の汚濁負荷原単位

項目	原単位 g (人・日)	雑排水の汚濁負荷原単位報告例(g/人・日)
BOD	744	佐賀県試算雑排水原単位 32 (2) 環境庁(流総指針) 445 (2)
N	148	農林省計画部 (1976) 241(1) 名古屋市 兼子ら(1977) 1.16(1) 土研柏谷(1974) 1.63(1)
P	082	環境庁指針(1971) 0.83(3) 浮田ら(1969) 0.91(3) 梅本ら(1979) 0.57(4)
MBAS	2.40 (W団地 197)	毛利ら(1977) 3.19(5) 梅本ら(1979) 2.60(4)

3-5 アンケート調査結果

アンケート調査の集計結果を表5に示す。

有効回答数は50であった。平均世帯人員数は、3.56人で表1の3.02及び3.47より高くなった。これは在宅者を主に対象としたことによって高くなったと思われる。

洗たく回数は平均0.95回/日でほぼ1回/日の割合となった。1以下になった原因は、2人家族の場合2~3日に1回の洗たく回数となっていることによる。

洗たくをする時間帯は、朝が80%と殆んどを占める結果となった。

次に家族人員別の洗たく用合成洗剤の使用量について図11に示す。全体としては、1.72±10.2g/人・日で変動係数は約60%となり、大きなばらつきを示した。

平均使用量の最大は3人家族で、その他の使用量の傾向は、田中 沖野³⁾らの報告と同じであった。

2人家族が少ないのは、洗たく回数/日が0.5以下と少ないことによる。

使用量のばらつきが大きいため参考までに、陰イオン界面活性剤(ASAA)とPの原単位を計算すると、

使用されている洗剤の銘柄からASAAの平均成分を22.6%、P₂O₅ 9%(Pとして3.92%)とすると、

ASAA=(17.2±10.2)×0.226 = 3.9±2.3 (g/人・日) となった。

P = (17.2±10.2)×0.0392 = 0.67±0.40 (g/人・日)

表5 合成洗剤使用量アンケート調査結果(回答数50)

調査項目		集計結果				
家族構成	人員	1人	2人	3人	4人	5人
	T-団地 (n=13)	0	3	5	3	2
	W-団地 (n=37)	1	5	4	23	4
	計 (n=50)	1 (2%)	8 (16%)	9 (18%)	26 (52%)	6 (12%)
洗たく回数	人員	1人	2人	3人	4人	5人
	T-団地	-	0.47	0.9	1.8	1.0
	W-団地	0.40	0.28	1.0	1.0	1.4
	平均	0.95回/日 (n=50)				
洗たくの時間帯	時間	朝	昼	夕	夜	不足
	T-団地	9	2	1	0	1
	W-団地	31	1	0	2	3
	計 (n=50)	40 (80%)	3 (6%)	1 (2%)	2 (4%)	4 (8%)

洗す回数	回数	1回	2回	3回	4回	—
	件数	18(38%)	21(44%)	8(17%)	1(1%)	
平均	1.8回 (n=48)					
洗剤の使用量	方法	計量方法	使用量			
	目分量	26(52%)	210±107g/人・日(n=23)			
	計量カップ	24(48%)	138±81.6g/人・日(n=20)			
全体	(n=50)	172±102g/人・日(n=43)				
台所用合成洗剤の使用量 (n=36)	液体で 57.5±37.4ml/人・日 合成洗剤含有率2.7% 液体比重1.03として 161±105g/人・日					
備考	(n:有効回答数)					

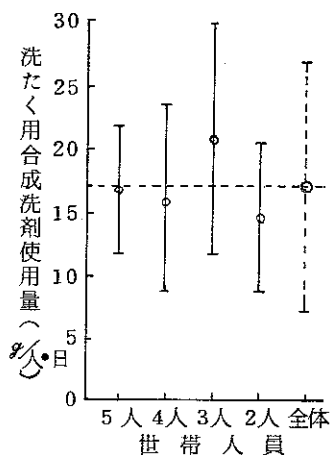


図11 世帯人員別の洗たく用合成洗剤使用量

また、洗剤の適正使用の面で計量方法についての調査を行なったところ、目分量使用と計量カップ使用が半々であった。ところが、使用量を集計してみると、目分量の場合は計量カップの1.5倍も多くの洗剤を消費している結果となり、興味あるものとなった。

台所用合成洗剤の使用量は、表5の仮定のもとにASAAを計算すると161±105g/人・日と

なった。

3-5 沈澱法による雑排水の処理

T団地の雑排水を①午前(6:00~10:00)と②午後(18:00~22:00)の各5時間で5回のサンプリングを行い、10Lのポリびんに入れ、約7時間静置させ、表層から5~10cmの部位から検体を採取した。

この実験前後の水質を表6に示す。

各汚濁物質の除去率は、BOD32%、SS72%、T-N41%、I-P16%、MBAS-7%となった。I-N41%の除去は、SSの沈澱による効果であり、食物残渣の回収の重要性を示している。

排水処理装置に流入した有機態窒素は酸化分解され、NO₃-Nと形態を変化して環境中に流出していく。このことは、表3のI団地のI-Nの除去率及びI-Nに占めるNO₃-Nの比率をみると明らかである。従って環境中への流出を防止するために、高価な脱窒等の高次処理による以前に、食物残渣の回収をよくすることも考えたい。

MBASは負の除去率となった。これはASAA

Aの性質上、表層に集まってくるため、沈澱前より高くなったものと思われる。

表6の下段にS団地の検査結果を示している。この団地は、63戸200人の規模で、雑排水について三槽式沈澱槽による処理を行なっている。

I-N、I-Pについては活性汚泥処理と同程

度の水質である。しかしI-Nの形態はI団地と違って殆んど有機態窒素かアンモニア態窒素で嫌気的狀態で排出されている。

I-Pについては、I団地と同程度であまり除去率は期待できない。嫌気狀態であれば、逆に溶出していることも考えられる。

表6 沈澱実験による雑排水の水質及びS団地の処理水水質

項目		PH	BOD(ppm)	COD(ppm)	SS(ppm)	T-N(ppm)	T-P(ppm)	MBAS(ppm)
① 午前	静置前	6.8	395	174	219	205	9.74	2.24
	静置後	6.9	250	76.7	57.5	12.8	8.63	2.55
	除去率(%)	—	36.7	55.9	73.7	37.6	11.4	-13.8
② 午後	静置前	6.2	343	136	188	159	12.8	2.86
	静置後	6.3	250	76.1	56.3	8.81	10.1	2.87
	除去率(%)	—	27.1	44.0	70.1	44.6	2.11	-0.3
S団地処理水水質(三槽式沈澱槽による雑排水の処理・処理人員200人)								
項目	PH	BOD(ppm)	COD(ppm)	SS(ppm)	T-N(ppm)	T-P(ppm)	MBAS(ppm)	
S55.3.27	6.7	80.0	59.8	36.5	8.67	4.18	1.40	

3-6 合併浄化槽(501人以上)を有する主要団地の排水水質

この検査結果を表7に示す。その平均水質をみると、BOD、SS、MBASは良好な除去が行なわれている。

I-N、I-Pについて浮田¹⁾らのし尿系の原単位 N=83~15.3 平均値 11.8g/人・日

P=0.61~1.6 平均値 1.1g/人・日

と今回調査の雑排水の原単位を合わせると、生活

系の単位として、

N=133g/人・日 P=192g/人・日

となる。用水量を180ℓ/人・日とすると、今回調査の浄化槽のN・Pの除去率は、

N 66%、P 48%となる。

逆に発生負荷量の流出率を考えるとI-N 34%、I-P 52%となる。この結果は小林⁸⁾らの報告に使用された数値と若干異なっている。

表7 住宅団地(500人以上)の排水検査結果

団地名	処理対象人員	調査年月日	PH	BOD(ppm)	COD(ppm)	SS(ppm)	T-N(ppm)	T-P(ppm)	MBAS(ppm)
A	800	S55.3.28	6.6	29.3	25.9	13.8	2.45	5.92	0.58
E	840	"	7.0	12.4	17.0	1.6	2.76	6.36	0.15
J	1600	S55.3.27	4.3	21.5	24.6	28.4	3.95	6.01	0.20
K	2200	"	6.6	20.5	19.7	14.0	2.90	5.20	0.45
N	2160	"	6.2	5.3	11.7	4.4	2.02	4.98	0.11
T(p)	1800	"	7.3	11.5	14.1	10.0	2.68	3.78	0.19
U	672	"	7.2	14.1	26.5	10.2	3.30	6.72	1.08
W	622	S55.3.4	7.1	40.1	28.4	12.8	10.6	5.92	0.34
W(p)	540	S55.3.28	7.1	35.9	17.4	8.4	10.2	4.45	0.44
Y	675	"	5.7	26.0	37.3	48.5	3.12	7.61	0.40
	(10団地)	平均水質	6.5	21.7	22.3	15.2	2.53	5.70	0.39

4. まとめ

- ① 雑排水の実態調査により、窒素 1.48 g/人・日、リン 0.82 g/人・日、MBAS 2.4 g/人・日なる雑排水の原単位を得た。
- ② アンケート調査の結果において洗剤の目分量使用が 1.5 倍も計量使用に比べ大きかったことは、計量使用の必要性を感じた。
- ③ 富栄養化防止対策としての生活系負荷量の削減施策として下水道での高次処理だけでなく、身近かな、食物残渣の回収（窒素の削減）、有リン合成洗剤の使用自粛又は、適正使用（リンの削減）などの実施の必要性があること。
- ④ 簡易沈殿槽の設置は BOD、窒素、SS の除去に効果があるが、沈殿物の回収など管理を行なわないと、窒素については効果がないと思われる。

おわりに、本調査を行うにあたり、御協力を頂いた江北町役場の江口氏、唐津保健所の職員の方々に感謝致します。

引用文献

- 1) 浮田正夫他：公害と対策 VoL. 14 (No. 8) (1978)
- 2) 佐賀県水質審議会資料 (S55-3)
- 3) 田中哲治郎他：用水と廃水
VoL. 20 (No. 6) (1978)
- 4) 梅本 論他：兵庫県公害研究所研究報告第 11 号 (1979)
- 5) 毛利吉邦他：下水道協会誌
VoL. 14 (No. 12) (1977)
- 6) 茂利 晃：用水と廃水 VoL. 20 (No. 4) (1978)
- 7) 栗原秀人：公害と対策 VoL. 14 (No. 8) (1978)
- 8) 小林節子他：公害と対策 VoL. 14 (No. 2) (1978)