

下水処理施設設計の合理化に関する調査報告書(4)

—第2回全国下水処理場現況調査報告—

土木研究所資料第 819 号

昭和 47 年 12 月

建設省土木研究所
下水道研究室

目 次

第1章	緒 言	1頁
第2章	前回の調査結果	3
2.1	既設の下水処理場の概要	3
2.2	下水処理場の建設工事費	3
2.3	下水処理場の維持管理費	3
2.4	下水処理場流入負荷量について	4
2.5	現況施設の処理機能について	4
	参考文献	4
第3章	わが国における下水処理の現況	6
3.1	処理方法別、規模別分類	6
3.2	年間流入下水水量および推定下水汚泥発生量	8
	参考文献	10
第4章	下水処理場規模の経済的評価	11
4.1	これまでの調査研究の概要	11
4.2	調査方法	19
4.2.1	調査対象処理場および施設	19
4.2.2	建設費の補正	21
4.3	調査の結果	22
4.3.1	各ユニットの建設費と下水処理場建設費との関係	22
4.3.2	下水処理場建設費と処理能力規模との関係	24
4.3.3	下水処理場維持管理費の現状	35
	4.3.3.1 総維持管理費	35
	4.3.3.2 維持管理費主要項目に見られる傾向	38
4.4	まとめおよび考察	49
	参考文献	49
第5章	下水処理場における栄養塩類の挙動	51
5.1	調査の目的および方法	51
5.2	これまでの調査研究の概要	52
5.3	調査の結果	56
5.3.1	下水処理場への流入水質の現状	56
5.3.2	流入負荷量の時間的变化	58
5.3.3	流入負荷量の原単位	65
5.3.4	二次処理における栄養塩類の除去	72

5.3.5	合成洗剤とリンとの関係	85
5.3.6	下水中の硬度について.....	87
5.4	まとめおよび考察	91
	参考文献	93
第6章	活性汚泥生物相に関する調査	94
6.1	調査の目的	94
6.2	調査の方法	95
6.2.1	試料の採取	95
6.2.2	検鏡試験	95
6.3	調査の結果	95
6.3.1	原生動物の出現頻度 (1)特に季節との関係	95
6.3.2	原生動物の出現頻度 (2)地域的分布	97
6.3.3	原生動物の総数	98
6.3.4	流入下水濃度と原生動物 特に緑毛目原生動物との関係	99
6.4	まとめおよび考察	105
	参考文献	105
第7章	総括および今後に残された問題.....	107
謝 辞		108
参考図表	付図 4.1 ~ 4.3	111
	付図 5.1	114
	付図 5.2	115
	付図 6.1 ~ 6.2	137
	付図 6.3 ~ 6.4	151

第 1 章 緒

言



建設省は昭和 42 年度に発足した第 2 次下水道整備 5 ケ年計画の一環として、下水道事業調査費により全国の都市に共通する下水道事業遂行上の技術的な問題を取りあげ調査研究を実施してきた。

このうち土木研究所においては「雨天時下水排除の合理的設計に関する調査」を昭和 42～43 年度の 2 ケ年間にわたって行ない、下水管渠の計画設計に必要な流出係数、流達時間、雨天時下水水質等の調査を行ない、また雨天時下水の排除に関し学問的な体系づけを試みた。また昭和 43 年からは「下水処理施設設計の合理化に関する調査」に着手し、43 年度には全国 160 余の既設下水処理場の現況をアンケート調査により把握し、44 年度以降は既設処理場の処理機能を調査するため、11 の処理場において延 25 回の現地調査を実施し下水処理施設の設計、管理を合理的に進めらうえでの必要資料の収集とその解析・検討を行ない、46 年度には第 2 回目の全国処理場現況調査を実施した。

さらに 46 年度からは上記課題に加えて「テーバードエアレーションの実用化に関する調査」および「三次処理に関する調査」にも着手し、新しい下水処理技術の開発を進めるとともに、今後の水質保全をはかるうえにおいて不可欠とされている下水の高度処理に関し調査研究を開始した。

本報告書はこのうち昭和 46 年度の「下水処理施設設計の合理化に関する調査」の一部として実施した第 2 回目の全国既設処理場現況調査の報告である。

今回の調査においては全国下水処理場の大略の実態を把むと同時に、前回実施した下水処理場の建設費、維持管理費の調査結果をさらにミクロな形で解析し確認するとともに、その内容について検討したこと、下水処理場への流入負荷量の変動を前回の BOD^{*}、SS^{**}に加えて窒素、リンなどの栄養塩や硬度、ABS^{***}など特殊な水質項目についても明らかにしたこと、新たな試みとして全国の活性汚泥生物相を鏡分類し、その特性、地域的な分布を定量的に把握するとともに、下水処理場への流入水質との相関を求めることを試みたことなどが主な内容である。

調査を行なうにあたっては、調書を建設省が実施している「下水道に関する実態調査」の調査用紙と同時に発送するとともに、北海道・東北、関東、中部、関西、中国・四国・九州の各ブロックごとに調査内容と記入要領についての説明会を行ない、同時に活性汚泥固定液の配布を行なった。

この結果 136 都市より調書の解答があり、また水質調査結果については、

^{*}BOD, 生物化学的酸素要求量 (Biochemical Oxygen Demand) の略、以下本報告では BOD とする。

^{**}SS, 浮遊物質 (Suspended Solid) の略、以下本報告では SS とする。

^{***}ABS, アルキルベンゼンスルホン酸塩 (Alkylbenzenesulfonate) の略、以下本報告では ABS とする。

夏 173 処理場，冬 174 処理場より，また活性汚泥試料は夏期採取分 131 試料，冬期採取分は 112 試料の送付をうけた。

この種の調査はその性格上個々の資料については不完全なもの，不十分なものがあり，また資料の膨大さ，あるいはその多様さのため短期間で整理することはかなり困難であり，本報告書の内容も必ずしも十分とは云い難いが，とりあえず現在までにまとまった部分を報告する次第である。

第2章 前回の調査結果

昭和43年に実施した第1回の全国下水処理場現況調査の結果は、土木研究所資料第524号¹⁾²⁾としてその詳細を報告しており、またその概要と結果に対する考察は他の機会において明らかにしてきた^{3),4),5),6)}。

したがって、ここでは前回の調査結果を略述するに留める。

2.1 既設の下水処理場の概要

調査は昭和43年4月現在で公共下水道の認可を受けている全処理場を対象としたが、使用開始直後であるなどの理由により除外したものを除き162ヶ所の下水処理場が該当した。

この下水処理場の処理方式の規模別分類によれば、活性汚泥法およびその変法を採用している下水処理場が多く107(66%)であり、高速散水戸床法が38(23%)、簡易処理18(11%)となっていた。またこれを処理開始年次別に整理した結果その70%は昭和38年以後に処理を開始したものであり、しかも活性汚泥法を採用する処理場の数が増加していることが示された。

また、工場排水が何らかの形で流入している下水処理場は52ヶ所(33%)であるが、下水処理場計画の際に工場排水が流入することを考慮した処理場は22ヶ所のみであり、残り60%近くは設計時に工場排水の流入を予測していなかったことになる。

わが国の下水処理場の特異な状況としてし尿の直接投入があるが、この調査では31処理場(18%)において何らかの形でし尿投入がなされていることがわかった。

このほかここでは下水処理場の計画時における汚水量、各施設での除去能、放流先の状況について検討を加えた。

2.2 下水処理場の建設工事費

この調査では活性汚泥法、高速散水戸床法について最初沈殿池、エアレーションタンク、散水戸床、最終沈殿池についての単位処理水量当り、および単位処理人口当りの建設工事費を求めた結果、いずれも処理場規模の増大とともにその値が低減していることが明らかとなり大規模処理場の経済的優位性が示された。ただし活性汚泥法の場合計画日平均処理水量10万 m^3 /日、計画人口で30万人を越える場合は建設工事費の差はほとんど見られなかった。

またその低減率は活性汚泥法よりも高速散水戸床法の場合の方が大きいことが示された。

2.3 下水処理場の維持管理費

下水処理場の維持管理に要する費用を年間総流入水量当りの割合に直して整理した結果、建設工事費と同じく規模による経済性がみられた。また処理方式別にみると活性汚泥法が最も割高であり、高速散水戸床法、簡易処理法の順になっていた。

さらに維持管理費を構成する項目のうち人件費、電力費について検討したが、これによれば下水処理に占める人件費の割合は非常に大きく、活性汚泥法の場合は35～50%、高速散水戸床法の場合50～60%、簡易処理法の場合で36～42%を占めていた。また電力費は活性汚泥法の場合にその占める割合が大きく、活性汚泥法とその他の処理法との処理費用の差はこの電力費に起因しているものと考えられた。

2.4 下水処理場流入負荷量について

こゝでは流入負荷量の変動比を時間最大値/日平均値と定義し、各下水処理場における実測値を整理した結果水量負荷は下水処理場規模の増加と共に変動比は小さくなり、全体として2.5以下になっていた。また変動比が1に近い例が多かったことから、下水処理場の多くはポンプの定量運転を行なっていることが推定された。

BOD、SS負荷の変動比は流量に比べかなり大きくその最大値は4.3倍にも達していた。このため設計の際は流入負荷量をダイナミックなパターンで考慮すべきことを指摘した。

さらに水質調査の結果から工場排水の流入していない分流式下水道の下水処理場59を選定し、BOD、SSの人口当量を求めた結果、処理場流入BOD負荷量 $39.5 \text{ g}/\text{人}/\text{日}$ 、SS負荷量 $41.8 \text{ g}/\text{人}/\text{日}$ を得た。この時の流入下水量は $263 \text{ l}/\text{人}/\text{日}$ であり、家庭下水の平均流入水質はBOD $150 \text{ mg}/\text{l}$ 、SS $160 \text{ mg}/\text{l}$ となった。

2.5 現況施設の処理機能について

最初沈殿池のBOD、SS除去率を水面積負荷率、および滞留時間との関係から整理した結果、標準とされる $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ の水面積負荷においてはSS除去率は30～45%の範囲にあり、とくに流入下水のSS濃度が $200 \text{ mg}/\text{l}$ を越える場合には40～80%までの除去率が想定された。またこれを滞留時間との関係でみると1.5～3.0時間の間では25～45%の除去が期待できることがわかった。

BODの場合はSSの場合ほど流入水の濃度による除去率の変化は大きくないが、水面積負荷率が $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ の間では25～40%程度の除去率が期待できることが示された。

一方二次処理施設についてみると高速散水戸床法では標準とされている $15 \sim 25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ を越えた負荷により運転を行なっている処理場が約30%も存在し、除去率もまちまちであった。また活性汚泥法においても40%は標準を越えた高い負荷で運転が行なわれていた。

参 考 文 献

- (1) 「下水処理施設設計の合理化に関する調査報告書(1)」 本論編 土木研究所資料第524号 昭和44年3月、建設省土木研究所下水道研究室
- (2) 同上 資料編
- (3) 「下水道事業調査費による調査報告の概要(2)の1、— 下水処理場流入負荷と第1次、第2次処理の実態 —」, 建設省土木研究所下水道研究室, 下水道協会誌Vo 1.7, No.68 (昭和45年1月号)

- (4) 「下水道事業調査費による調査報告の概要(2)の2， — 下水処理場の建設費，維持管理費の実態 — 」
下水道協会誌 Vol.17，No.69（昭和45年2月号）
- (5) 柏谷，安中，及川「下水処理場設計上の2,3の問題点」土木技術資料 Vol.11，No.11，（昭和44年11月号）
- (6) 安中，及川「下水処理場に流入する負荷量について」第24回土木学会年次学術講演会概要集，（昭和44年9月）

第3章 わが国における下水処理の現況

3.1 処理方式別・規模別分類

わが国における下水処理は大正11年の東京都三河島処理場（当時は汚水処分場と称した）に始まり、次いで名古屋市熱田、堀留両処理場が運転を開始した。しかしながら戦前は諸般の事情により下水道事業は低調であり、そのまゝ第二次大戦に入り、事業は中断された。

戦後の下水道事業が本格化したのはそれまでの下水道法を廃止し、新たな下水道法を制定した昭和31年からともいえるが、当時下水道事業を何らかの形で実施している137市町村のうち、本格的な下水処理を行っていたのは東京、大阪、京都、名古屋、豊橋、岐阜、鹿児島等の7都市のみであり、しかもその処理対象区域は市街地の中心部に限られていた。

しかし第1回目の処理場現況調査を実施した昭和42年度当時は下水道事業を実施している都市は242都市、運転を開始している処理場は160ヶ所に増加している。また第1次下水道整備5ヶ年計画が発足した昭和38年以降に建設、供用開始された下水処理場数と処理方法の傾向を前回の調査結果で見るとこれに該当する処理場は110ヶ所、全体の70%にも及び、この期間に下水処理場の建設が急速に行なわれていたことを示している。

表3.1は今回の調査結果であり、公共下水道297都市、流域下水道12ヶ所が実施されているうち232の処理場が処理を行なっているが、処理方法の傾向はほぼ前回と変わらず、活性汚泥法およびその変法が処理方式の主体をなし全体の70%を占めている。

表3.1 下水処理場の処理方式ならびに規模別の分類（昭和45年度）

現在処理能力 処理方式 千m ³ /日		～1	1～5	5～10	10～30	30～ 100	100～ 200	200 以上	合 計	全体に占る割合(%)
活性汚泥法	標準活性汚泥法	10	16	7	12	11	6	3	65	28.0
	ステップエアレーション法	2	7	4	10	16	4	5	48	20.7
	コンタクト・スタビリゼーション法	2	4	1	1				8	3.4
	長時間エアレーション法	8	2						10	4.3
	モディファイド・エアレーション法		1		1		1		3	1.3
	高速エアレーション沈殿法	2	9	4	7	6			28	12.1
	165 オキシデーションディッチ	1	2						3	1.3
										活性汚泥法として 71.1%
高速散水戸床法		4	13	5	16	4			42	18.1
二 階 槽		1							1	0.4
沈 殿 法			1	5	6	7	3	2	24	10.3
合 計		30	55	26	53	44	14	10	232	

注) 同一の処理場で複数の処理方法を採用している場合は主たる処理方式で集計した。

活性汚泥変法のうちステップエアレーション法は一次処理までは標準活性汚泥法と同じであるが、エアレーションタンクが通常4つの水路に分れ、返送汚泥は最初の水路の入口で、流入下水は各水路の定位置ごとに分注される。この方式をとるとエアレーションタンク内でのSS量が多くなり、したがって標準活性汚泥法と同じBOD-SS負荷($20 \sim 40 \text{ KgBOD} / 100 \text{ KgSS} / \text{日}$)をとるとエアレーションタンクの容量をかなり減ずることができるとされている。このため処理場用地の取得に悩むわが国では、多くの都市がこの方法を採用し、また現在は流入下水量が少ないので標準活性汚泥法により処理を行なっているが、将来はステップエアレーション法に切り替えられる施設としている下水処理場も多い。

コンタクトスタビリゼーション法は活性汚泥が適当なBOD-SS比を保つと凝集、吸着とフロック形成作用が向上することを利用した方法である。この方法では活性汚泥はエアレーションタンク(接触コンタクトタンク)において下水と30~60分間混合され、その間有機物を吸着する。これを最終沈殿池で沈降分離し、活性汚泥は再びエアレーションタンクへ戻されるが、その間に再エアレーションタンク(安定化コンタクトスタビリゼーションタンク)において有機物を吸着した活性汚泥を5時間程度エアレーションすることにより安定化し、吸着力の大きいものにしておく。これによって再びエアレーションタンクへ戻された活性汚泥の浄化機能は促進されることになる。

この方法もBOD-SS負荷を標準活性汚泥法と同じくすると、エアレーションタンクの容量を大巾に減ずることができるとされ、ステップエアレーション法の場合と同じ理由でわが国では比較的实施例が多い。本法はコロイド性、非溶解性のBODが多い場合に有効とされているが、反面sludge ageが長くなるのでSSのcarry overの問題が生じ易い欠点を有する。

長時間エアレーション法は活性汚泥が内生呼吸期に入るまでエアレーションを続けることにより、活性汚泥法で生産される余剰活性汚泥量を著しく減少させることができるので、汚泥処理工程を省略するか、または縮少することができる利点を有するとされ、このため下水処理場の操作員を常駐できないような住宅団地など小規模な下水処理場で採用されている。しかしながら本法ではエアレーションタンク容量が著しく大きくなり、また余剰汚泥の引き抜き処分もある程度行なわなければ汚泥が処理水とともに少しずつ流出し、処理水水质を下げるため、実際には汚泥の処理・処分工程を必要とする、など必ずしも小規模下水処理場用として適しているとは云い難い。

高速エアレーション沈殿池はエアレーションタンクと最終沈殿池が一体となっており活性汚泥はタンク全量にわたってすぐに返送されるようになっている。本法は小規模の場合完全混合形のエアレーションタンクに近似し、このためタンク内の分散混合が急速に行なわれるからエアレーションタンク容量の効率がきわめてよく、また活性汚泥が新鮮であること流入下水の変動にもよく耐えられるとされている。また本法も標準活性汚泥法に比べエアレーションタンクならびに最終沈殿池の容量を減ずることができるといわれており、わが国では戦後広く採用された。

このほかわが国ではモディファイドエアレーション法、オキシデーションディップ法などの活性汚泥変法を採用している事例がある。

これら活性汚泥変法の多くは標準活性汚泥法の下水処理場が過負荷となったため、その改良策として開発されたものであるが、わが国では前述の通り、主として下水処理場用地の取得難のため同じ負荷で容量が小

さくてすむことを理由に採用されている例が多い。しかもこれらは処理水量 $5,000\text{m}^3/\text{日}$ 以下の小規模な下水処理場に比較的多いが、小規模下水処理場では負荷変動が大きいことがしばしば指摘されており活性汚泥変法が標準法に比べ高度な管理を必要とする点を考え合せると維持管理の面で問題があるといえよう。

高速散水汚床法は1936年頃標準散水汚床法の改良法として開発されたものであり、標準法より散水量を多くして中級処理程度の処理水を得るものである。本法は広い用地を必要とする標準法の欠点を或る程度改良し、しかも維持管理が容易でかつ費用が比較的安価であるという利点を失なわぬ方法であるため、中小規模の下水処理場や地方の放流先水域にめぐまれた下水処理場に多く採用されている。

次にわが国では24ヶ所(10.3%)において沈殿処理が行なわれているが、これはいずれも二次処理施設が完備するまでの漸定的な処置として行なわれているものであり、その多くは近い将来活性汚泥法に代えられていくものと考えられる。

3.2 年間流入下水水量および推定下水汚泥発生量

表3.2は昭和45年度にわが国の下水処理場へ流入した下水の処理状況であり、図3.1はこの全国値を图示したものである。これによれば流入下水量の $3/4$ 以上は二次処理された後公共用水域へ放流されている。

表3.2 わが国における下水処理状況 (昭和45年度)

単位 $\text{万}\text{m}^3/\text{年}$

地域名	処理場数	流入下水水量		二次処理水量		簡易処理水量		無処理水量 ¹⁾	
		A	%	B	B/A	C	C/A	D	D/A
北海道	15	7,545	2.1	5,491	72.8	1,830	24.3	224	3.0
東北	12	10,451	2.9	3,342	32.0	6,963	66.6	146	1.40
関東	65	150,749	42.2	141,964	94.2	8,410	5.6	375	0.3
東海	40	47,219	13.2	34,186	72.4	12,919	27.4	114	0.2
北陸	4	6,066	1.7	3,575	58.9	2,491	41.1	0	0
近畿	59	103,532	29.0	61,975	60.0	40,382	39.0	1,175	1.1
中国	15	13,456	3.8	8,372	62.2	4,774	35.5	310	2.3
四国	4	5,522	1.6	3,648	66.1	1,742	31.6	132	2.4
九州	18	12,187	3.4	10,487	86.1	1,663	13.7	37	0.3
合計	232	356,727	100	273,040	76.5	81,174	22.8	2,513	0.7

建設省下水道事業課調べ。

注1) 下水処理施設を通さず、バイパス管等により、直接放流するもの。

2) 特定公共下水道分は含まれていない。

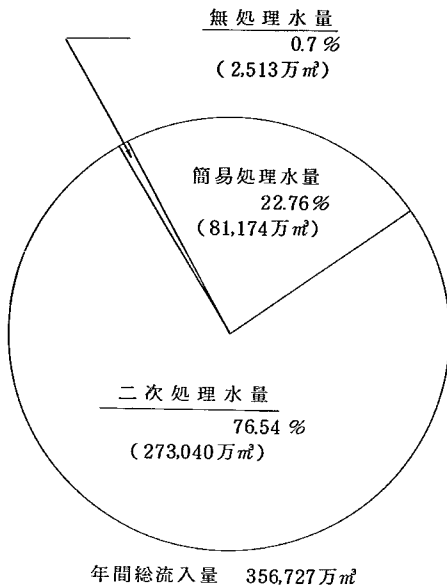


図 3.1 わが国における下水処理状況
(昭和45年度)

表 3.3 米国における1968年現在下水処理施設¹⁾

	数	%
下水道設置都市数	12,911	100.0
生下水放流	1,416	11.0
処理水放流	11,422	88.5
生下水・処理水共放流	73	0.5
排除方式別都市数		
分流式	10,317	85.2
合流式	1,173	9.7
分流・合流併用式	621	0.5
回答なし	800	
下水排水区域内国勢調査人口(1960)	123,843,107	
推定人口		
下水道利用人口	14,022,604	100.0*
無処理人口	9,541,278	6.8
処理人口	13,068,477	93.2
処理区域数	14,123	100.0
無処理放流	1,558	11.0
処理放流	12,565	89.0
全処理場数(処理程度不明98を含む)	12,565	100.0
無処理	47	0.4
簡易処理	2,384	19.1

表 3.3 は 1968 年の米国における処理実績¹⁾であるが、この年の推定処理人口を見ると中・高級処理の人口比は全体に対して 70.3% になっており、処理の程度はほぼわが国の現状と同じである。

ただし米国の下水道普及率は全米人口に対して 70% であり¹⁾、わが国の 21% (1970) と比較して高いことは衆知の事実であり、全体的に見ればわが国の下水処理の程度ははるかに低いことになる。

わが国においては二次処理の割合が高いのは関東、九州などの地域であり、北海道、東海がこれに次いでいる。北海道の場合は札幌市、九州の場合は福岡市、北九州市のウエイトが比較的高くこのような値になっているものと考えられる。また東北は 32%、近畿地方も 60% と二次処理の程度が低いのが目立っている。

これらの処理過程により発生する下水汚泥量は含水率により大きく変動するため画一的に集計することは

困難である。土木学会に設置された下水汚泥の処分方法に関する研究小委員

会が昭和 43 年に行なった調査結果では(発生汚泥量)/(流入下水水量)の値は簡易処理法ではほぼ 0.2~0.5、平均 0.4 であり規模による違いは特に認められない。散水汚床法ではこの値はほぼ 0.3~2% の範囲にあり、0.3~0.5% が多い。また、規模による違いをみると、大規模なものがいくぶん値が大きい。活性汚泥法ではこの値は 0.5~2.5% の間にあり、平均 1.1 で、この場合には規模による違いがはっきりとみられ大規模なものほどこの値は大きくなっていると報告している²⁾。

いまこの値を参考にして簡易処理の場合流入下水水量に対して 0.4%、二次処理の場合流入下水水量の 1.1% として昭和 45 年度におけるわが国の汚泥発

表 3.3 のつづき

	数	%
全 処 理 場 数		
中 級 処 理	75	0.6
高 級 処 理	9,951	79.8
三 次 処 理	10	0.1
推 定 処 理 人 口		
無 処 理 **	1,360,879	1.0
簡 易 処 理	3,694,739	28.4
中 級 処 理	5,587,690	4.5
高 級 処 理	8,564,076	65.8
三 次 処 理	325,530	0.3
合 計	13,013,251	

* 処理程度不明 98 および回答なしを含む都市数に対する割合

** スクリーン、沈砂池のみ

表 3.5 年間発生汚泥量の推定値 (昭和 45 年度)

単位 万 m^3 /年

地 域 名	処理場数	指定発生汚泥量	%	備 考
北 海 道	15	68	2.0	
東 北	12	65	2.0	
関 東	65	1,595	47.9	
東 海	40	428	12.9	
北 陸	4	49	1.5	
近 畿	59	843	25.3	
中 国	15	111	3.3	
四 国	4	47	1.4	
九 州	18	122	3.7	
合 計	232	3,328	100	

生量を推定してみると表 3.4 の通りとなる。

これを見ると発生汚泥量のおよそ $\frac{1}{2}$ は関東地方に集中して発生し、残りについても $\frac{1}{2}$ (全体に対して $\frac{1}{4}$)は近畿地方で占めている。また太平洋側に集中していることも目立った特徴としてあげられる。現在汚泥処分の主体は埋立てであるが、これらの地域では処分先の確保が次第に困難になりつつあり、今後各都市の処分先が競争すること考えられる。そのため合理的な下水汚泥の処理処分体制を広域的な視野に立って検討すべき時期に来ているといえよう。

参 考 文 献

- 1) F. M. ミドルトン他「米国における水質汚濁防止技術」日米下水処理技術委員会セミナー資料、日本下水道協会
- 2) 「下水汚泥の処理処分および利用に関する研究報告書」(昭和 43 年度)土木学会

第4章 下水処理場の経済的評価

4.1 これまでの調査研究の概要

下水処理場の計画にあたっての評価因子の一つとして、施設の経済性の問題がある。一般に下水処理場は

- 1) 各単位地域(ユニット)ごとの要処理負荷量
- 2) 放流河川の水質現況と目標値、たとえば水質環境基準など
- 3) 処理区域の地形——下流の低地、空地があるか?
- 4) 社会的環境、土地利用状況

等の事項を考慮したうえで、いくつかの候補地とユニットの組合せを行ない、そのうちから最も経済的なものを選び出すことになる。

このような経済的観点からの評価を行なうにあたっては、通常比較設計の手法が用いられてきた。従来は比較的処理区域の規模が小さく、かつ組合せ数も少なかったために、いわゆる積み上げにより費用を求めてきた。しかし流域下水道の進展やシールド工法など施工技術の進歩、分流式下水道の採用に伴う管渠ルート選定概念の変化等により下水道システムは次第に拡大する方向にあり、そのため候補地点数またはルートが増加するにしたがって組合せの数は急増することになるが、これを従来の手法により正確に行なうことは時間的、経済的に見てかなり困難であった。

しかし、近年の急速な高速度大容量電子計算機の開発は精度の高い、かつ短時間内の複雑なネットワークの費用算出を可能にした。

今この作業の概念的なフローを示せば図4・1の通りであり、おのおのの平面レイアウト例について下水処理場建設費、維持管理費、管渠・ポンプ場建設費、維持管理費をあらかじめ作成された費用函数と地域特性の基礎資料とにより算出し、その総計の大小を比較検討することになる。

この手法を用いて下水道計画の費用比較を行なったのは、わが国においては琵琶湖周辺下水道基本計画²⁾が最初であり、その後矢作川・境川流域下水道基本計画³⁾等をへて昭和46年度より下水道法に基づき実施されることになった流域別下水道整備総合計画にもとり入れられた。

前述の通り、この手法を用いて経済的な評価を行なうにあたっては、あらかじめ下水道施設の建設費、維持管理費に関する費用函数を求めておかなければならない。この場合管渠については流量、地形等により大きく左右され、またポンプ場の有無が関係してくるので、縦断面の検討を含めた、比較的详细な検討が必要であるのに対し、下水処理場については若干の地域的差異を除いては一般的に流量と相関関係にあり比較的容易に式化することができるが、いくつかの研究の結果から明らかになっている。

米国におけるこの種の調査研究はSchroepferなどによって始まった。彼はBOD、SS除去率と処理場の建設費、維持管理費の関係を求めたが効率、費用ともにばらつきが多かった。1948年Velzは下水処理場の検討を行なう場合に、その費用を概算するための比較図として全米中16州の185処理場の建設費を単位水量当りで図示化したものを示し(付図4.1)事業の規模が大きくなる程原単位は低くなるが両者は対数の関係にあるので規模の増加とともに減少率は少なくなっていくことを明らかにした⁵⁾。9年後Engineering

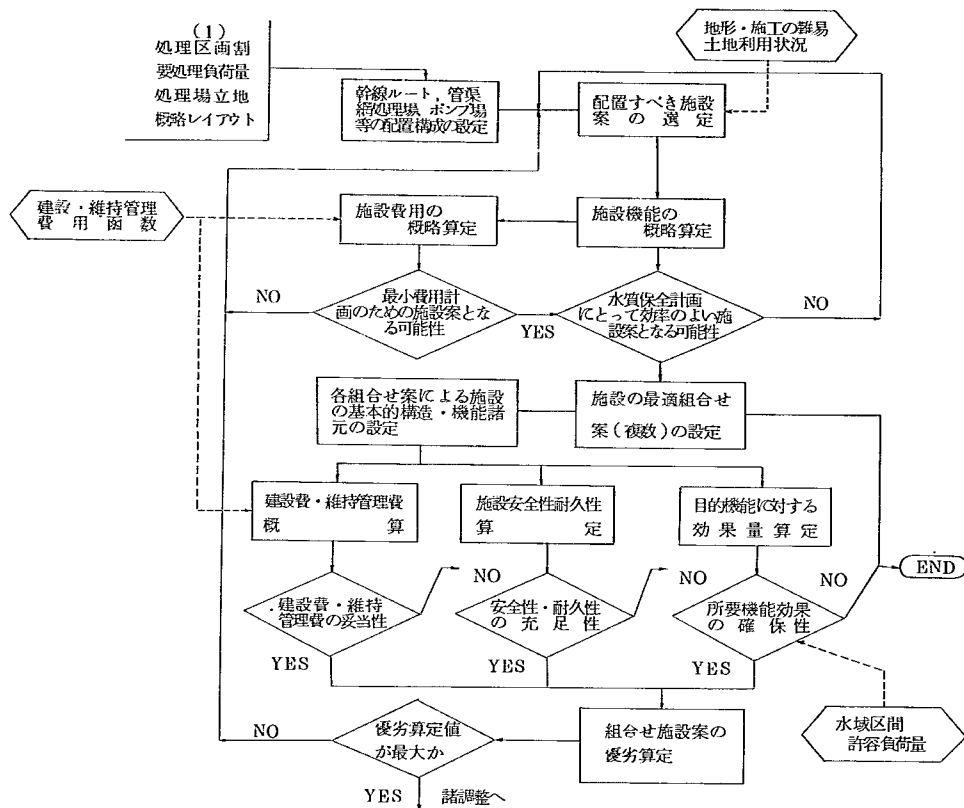


図4・1 経済的施設計画の作業プロセス¹⁾

News-Record 誌が集積した資料を分析した結果、下水処理場の建設費がおよそ 30% 低下していることが明らかとなり、Velz の図表が使えなくなったため Diachishin が Velz と同じ手法により簡易処理法、二次処理法の建設費を整理しその結果を図示した(付図 4.2, 4.3)⁶⁾

また Rowan 等は 1955 年から 1958 年までの 4 年間の下水処理場維持管理費を 321 処理場実績について単位水量当り、処理人口当りに整理してプロットした結果、右側に傾斜を持つ曲線となり、建設費と同じような関係があることを見出し、一般に

$$\log y = \frac{1}{a + b \log x}$$

ただし、 $y = \text{mgd} \times 10^{-3}$ 当りの年間費用

または処理人口 $\times 10$ 当りの年間費用

$x = \text{日平均下水量 (mgd} \times 100 \text{)}$

または処理人口 $\times 0.01$

という、両対数グラフ上で双曲線を示す関係にあると述べている。そして彼らは 321 の資料を最小二乗法で解

析し、処理方法別の係数 a, b と、その標準偏差を求めている⁷⁾。

他方、Logan らは下水処理場規模と建設費、維持管理費の関係を両対数グラフ上で直線的に変化するものとみなし、一般に

$$y = ax^b$$

ただし、 y ＝建設費または維持管理費（\$ / mgd）

x ＝施設能力（mgd）

で示されるとして、22州の61処理場の実例から最小二乗法を用いて係数を求めている（付表4・1）。また彼らは各地の実績がばらついており、正確な比較ができないことから、規模別・処理方式別に34の処理場を想定し、そのおののについて建設費、維持管理費を求めて比較検討した⁸⁾。

Smith は Logan⁸⁾, Velz⁵⁾, Diachishin⁶⁾, Swanson⁹⁾ や公衆衛生局（Public Health Service, PHS）の資料¹⁰⁾等を1967年6月現在に単価を補正し、また起債の発行条件等を統一したうえで同じグラフに図示して比較検討した¹¹⁾。建設費の補正にはPHSの下水処理場費指数を、また維持管理費の補正は全米平均労働者賃金のうち、上下水道一般労働者の項を用いて補正した。

図4・2は簡易処理法、活性汚泥法の下水処理場建設費、図4・3は同じく維持管理費、図4・4は散水濾床法の下水処理場建設費、図4・5はその維持管理費を示したものであるが、これをもとにしてLoganやVelzの値がやゝ高く、PHS NO.1229やDiachishinの値が低目に出ており両者の比は活性汚泥法の場合約1.6である。沈殿処理法の場合はLoganの値が低くて、両者の比は約1.7となっておりDiachishinと

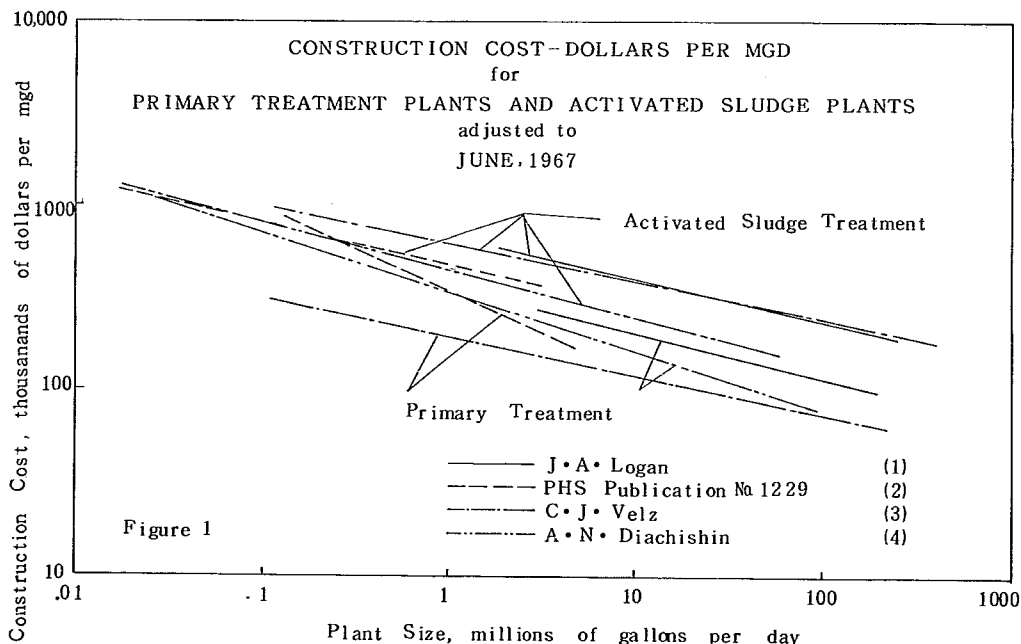


図4・2 簡易処理法、活性汚泥法の下水処理場建設費（Smithによる）

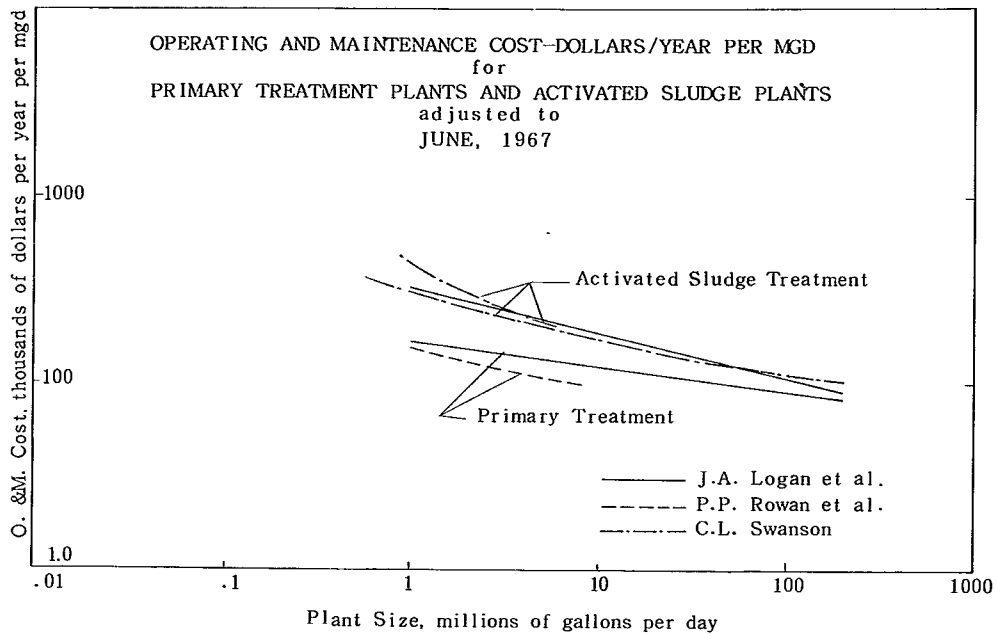


図 4・3 簡易処理法、活性汚泥法の下処理場維持管理費 (Smith による)

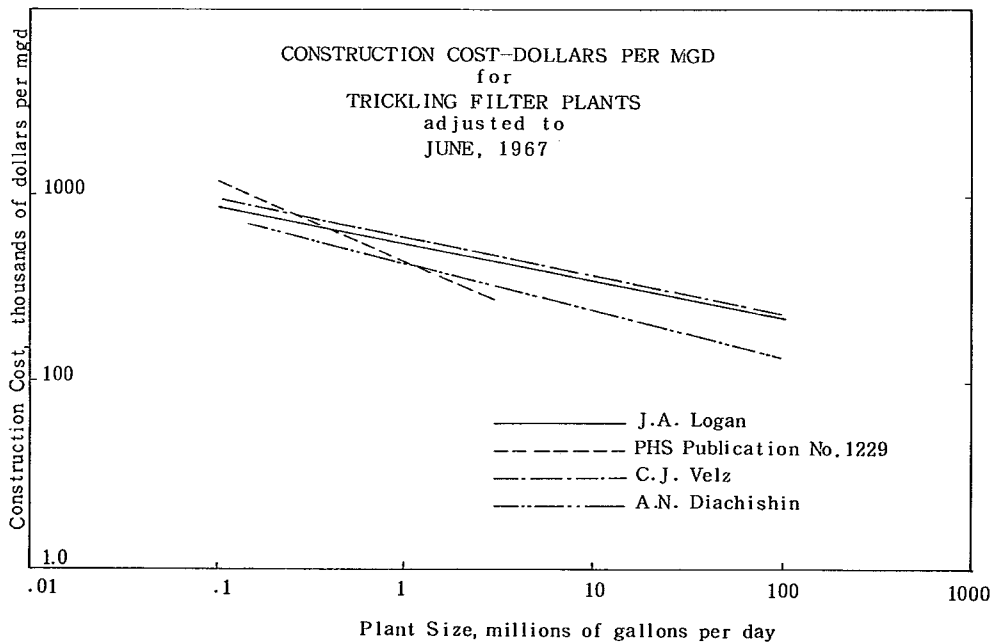


図 4・4 散水濾床法の下処理場建設費 (Smith による)

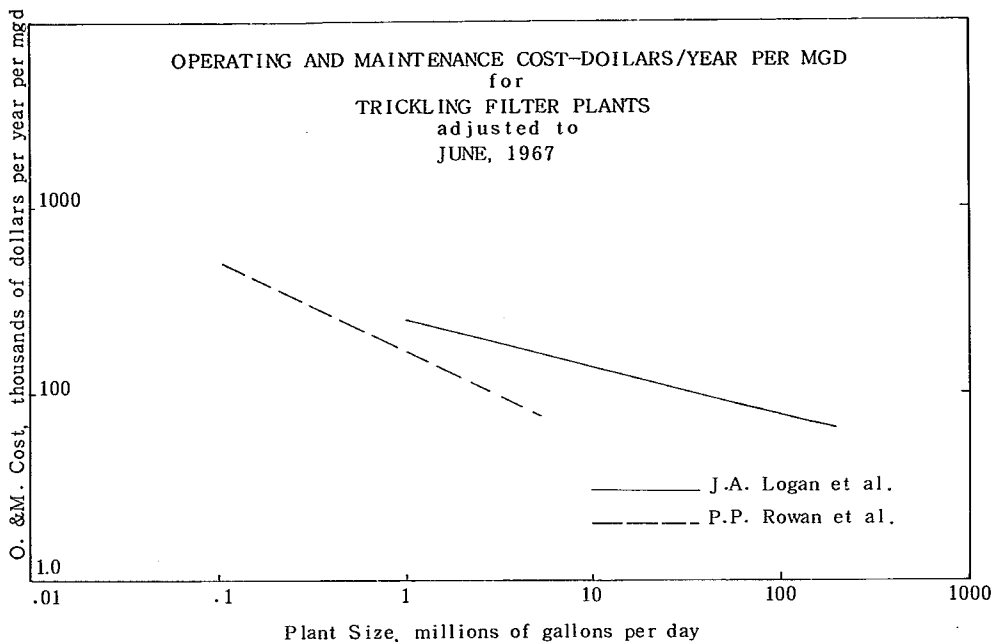


図4・5 散水濾床法の下水処理場維持管理費 (Smith による)

PHS NO.1229の値がその中間にあることを明らかにした。また維持管理費については Logan, Rowan, Swanson の値は比較的良く一致し、その差は10-20 %であった。

Smith はこれらの値の平均を全米の平均とみなして1967年時点での各処理法の費用を示した。Middlton らはこの値をさらに1970年1月の単価に補正し、ドルを(1 U.S.ドル=3125 円で)円に換算したものを示している¹²⁾。これによれば処理下水量100 万 m^3 /日の下水処理施設の建設費は36億円であり、活性汚泥法の処理施設の維持管理費は10円/ m^3 であるとしている(図4・6、図4・7)。

またSmith は Logan らの結果⁸⁾を用い、個々の処理施設の単位当り建設費を時価(1968年6月)に換算して示している。

1969年にはPalange らが1962年7月1日から1964年12月31日までの維持管理費の実績を全米の1500の処理場の資料にもとづき整理した結果を報告している。整理の方法はRowan の場合と同じであり処理水量当り、処理人口当りの年間処理費用は処理場規模の増加とともに、 $\log y = 1/a + b \log x$ の形で変動するとして簡易処理法、活性汚泥法、標準散水濾床法等の場合について示している¹³⁾。

また1965年以降の値については同様な方法でMichel が明らかにしている。これは連邦政府の資金援助を受けた1600の処理場における1965年から1968年に至るまでの年間維持管理費、ならびにそれを構成する主要項目のうち人件費、電力費、薬品費等に関する決算額を処理方式別および処理能力規模別に整理解析した結果を示したものである¹⁴⁾。彼は同時に連邦政府の資金で建設された下水処理施設について計画人口と建設費の関係を $Y = ax^b$ の形にまとめたものにして次のように示した¹⁵⁾。

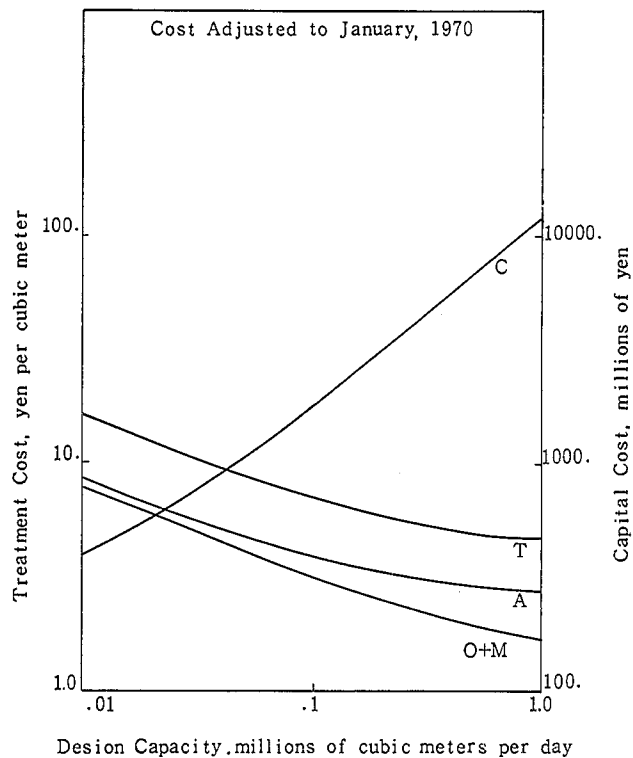


図 4・6 活性汚泥処理の費用 (I) (Middlton らによる)

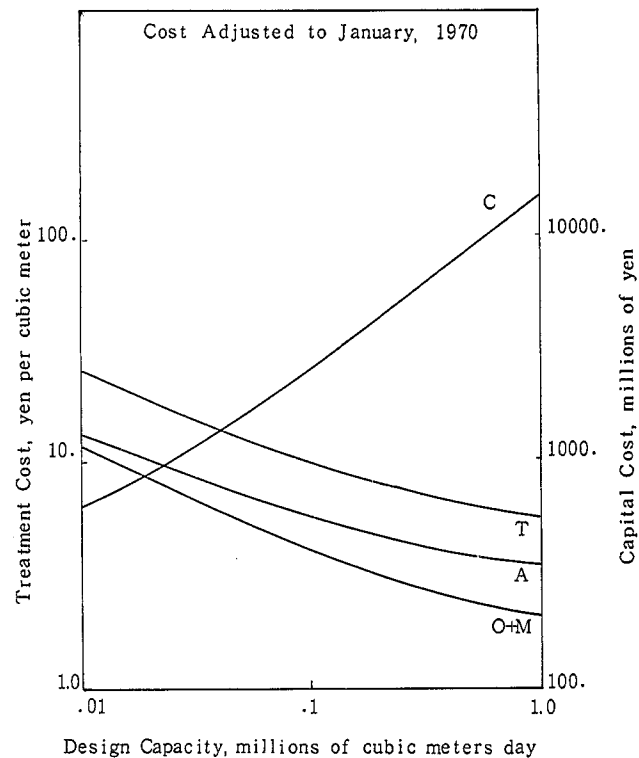


図 4・7 活性汚泥処理の費用 (II) (Middlton らによる)

処 理 方 式	a の値	b の値
1.安定化池	2863.14	- 0.6050
2.簡易処理	675.68	- 0.3274
3.活性汚泥法	912.73	- 0.3088
4.散水濾床法	945.02	- 0.3105
5.簡易処理法の活性汚泥法への改良	1484.03	- 0.4073
6.その他（遮集管，放流管，ポンプ場など）	86.26	- 0.0896

英国における最近の実績については1969年にIssac らが報告している¹⁶⁾。

米国におけるこれらの調査や研究は、はじめ大学関係者（Logan , Velz ）やコンサルティングエンジニア（Diachishin ら）の手によって行なわれたが、水質汚濁防止法（Water Pollution Controll Act）にもとづき連邦政府が積極的に建設資金の援助を行なうようになり、財政計画の立案とその資金がはたして適正な効果をあげているかを把握する資料として、連邦政府（PHS, 後にFWPCA）が組織的に行なうようになった。Rowon らやSwanson, Michel らの報告はその例である。

また下水処理施設の最適化計画などシステムの解析を行なうための研究はシンシナティー市のNational Environmental Research Center（NERC, 以前のRobert A. Taft Center）を中心として行なわれているが、Smith の報告は解析に必要な費用函数を求めた結果である。

一方わが国においては下水道事業が低調で、そのため下水処理場の実績も乏しかったため、この分野での調査・研究は少ない。

昭和37年（1962年）西堀は中小都市における下水道事業築造事業の経済性を検討した結果のなかで、一般的な傾向として処理人口が増加するにつれて処理人口当りの下水処理事業費が低くなり、中級処理と簡易処理の場合は特にこの傾向があると述べ、また広域的な下水道は経済的な面からも優利であるとしている¹⁷⁾。

久保は昭和39年（1964年）流域下水道の経済性について、150,000m³/日の処理場を100とした場合の下水処理場建設費、維持管理費を比較し、50,000m³/日以下の小規模な下水処理場では活性汚泥法を使用した場合きわめて不経済である。逆に150,000m³/日以上規模になると単位処理量当りの建設費の変化は少なく、同じく単位水量当りの維持管理費は僅かに経済的となる状態にあると述べている¹⁸⁾。

これらはいずれも一定の条件を与えてそれぞれの費用を推定したものである。わが国における実績にもとづいて検討を行なったのは、土木研究所が昭和43年（1968年）に行なった第1回全国下水処理場現況調査がはじめてである。この調査結果ではわが国における下水処理場（ただし水処理施設のみ）の建設費、維持管理費について図4・8，図4・9のような関係があることが示された。結果の概要については、第2章を参照されたい。

昭和44年、建設省の手でわが国でもシステム工学的な手法を用いた下水道システムの最適化計算が琵琶湖周辺下水道をモデルとして行なわれたが、この場合の費用函数にはこの土木研究所の資料を検討し、活性汚泥法の下水処理場建設費（ただし用地費を含まず、汚泥処理を含む）については

$$CT = 59 Q^{0.742}$$

ただし CT：下水処理場建設費（百万円）

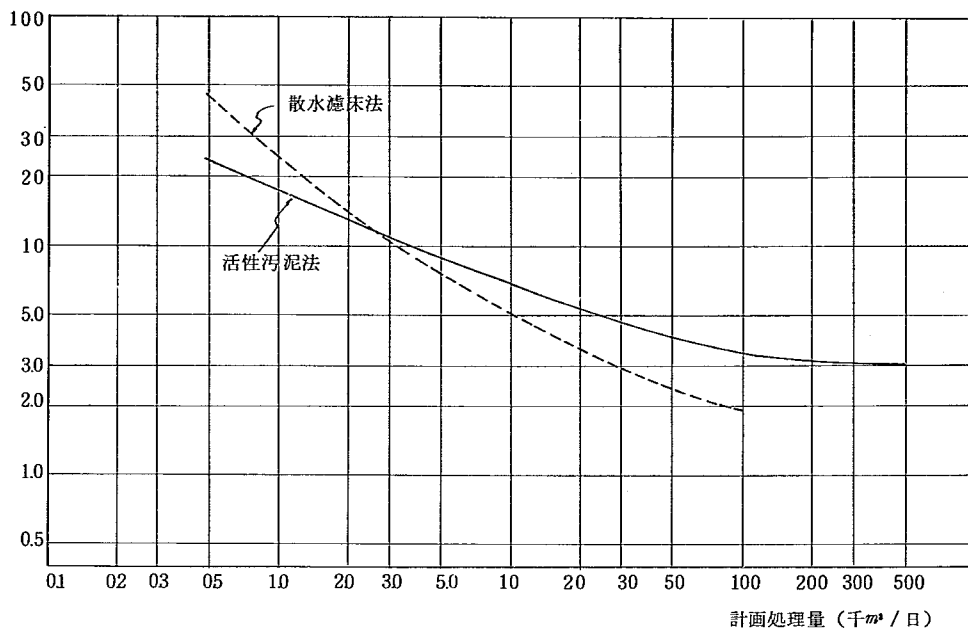


図 4・8 計画処理量 1 m³ 当りに要する建設工事費（建設省土木研究所）

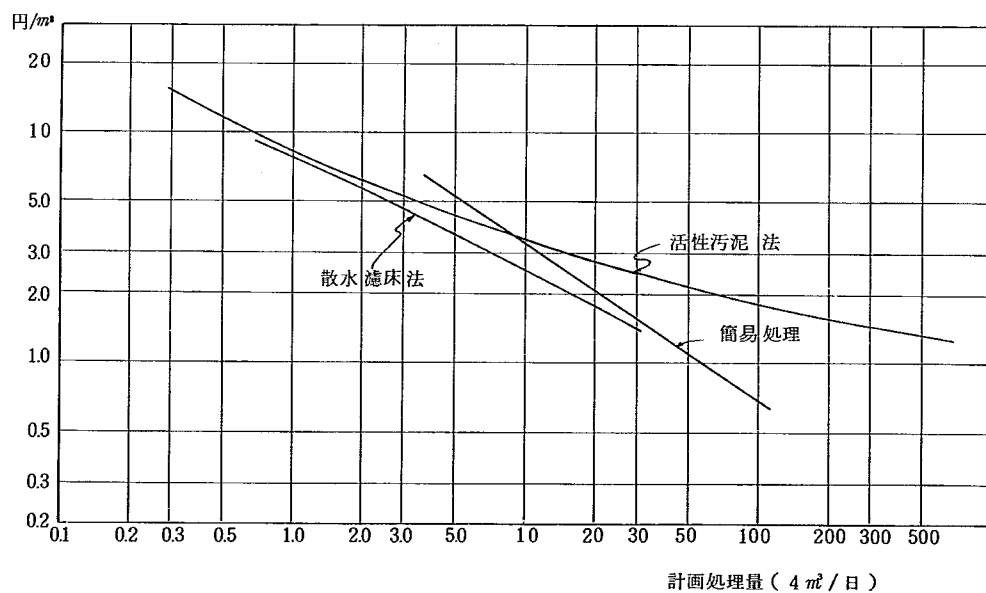


図 4・9 下水 1 m³ 処理に要する総維持管理費（建設省土木研究所）

Q : 日平均処理水量 (1,000 m^3 /日)

維持管理費 (ただし汚泥処理を含まず) については

$$CMT = 2.382 Q^{0.755}$$

ただし CMT : 年間総維持管理費 (百万円)

Q : 処理下水量 (1,000 m^3 /日)

であるとして用いている²⁾。

さらに引続き昭和45年に行なわれた矢作川・境川流域下水道計画においては、当時計画が策定された6ヶ所の流域下水道の下水処理場および2都市の下水処理場の推定建設費を用い、主として大規模下水処理場における傾向を検討した結果

$$GT = 0.49 Q^{0.79}$$

ただし GT : 下水処理場建設費 (百万円)

Q : 日平均処理水量 (m^3 /日)

の関係にあるとして計算を行なっている³⁾。

以上のような既応の調査結果を参考とし、今回の調査においては、前回行なわなかった汚泥処理施設や管理施設、電気設備、附帯施設の建設費を検討するとともに、前回はマクロな形で求めた施設全体の建設費、維持管理費の内容を、構成する各項目についてそれぞれ考察し、それが全体の費用にどのような影響を及ぼしているかについて下水処理場規模との関係から考察することを試みた。

4.2 調査方法

4.2.1 調査対象処理場および施設

第3章に述べた通り、昭和45年度末現在わが国においては232 処理場が運転を行なっているが、前回の調査により、その70%以上は昭和38年以降に新設されたものである(表4・2)。そのため今回の下水処理場建設費の調査においては基準年次への価格補正のひずみが生じることを避けることも考慮し、昭和35年以降に工事に着手した下水処理場を対象を限定した。

表4-2 下水処理場運転開始年度別表

年度(年)		38	39	40	41	42	43	計	全体に占む比率
処 理 方 法	標 準 活 性 汚 泥 法	—	5	6	11	12	1	35	31.8 (%)
	ステップエアレーション変法	2	5	3	2	3	1	16	14.5
	モデファイドエアレーション変法	—	—	1	—	—	—	1	0.8
	その他(長時間エアレーション等)	—	1	1	1	1	—	4	3.6
	高速エアレーション沈殿法	—	—	9	6	6	—	21	19.2
高 速 散 水 濾 床 法		4	3	3	6	2	1	19	17.3
簡 易 処 理 法		1	2	2	5	2	2	14	12.8
合 計		7	16	25	31	26	5	110	

また下水処理場建設費は大別して水処理施設、汚泥処理施設、管理施設等の建設に要する費用と用地および補償関係の経費の和より成り立っているが、今回の調査では各施設別の建設費の変動を検討するため、これをさらに細分し、表4・3に示す各ユニットに区分し、それぞれのユニットごとの建設費を求めた。なお用地および補償に要する費用は一般にその下水処理場の位置する地域特性に大きく支配されるため、一般に比較対象費用から除外しており、今回の調査でも同様とした。

表4-3 下水処理施設区分

施設名	ユニット名	主 な 内 容
水 処 理 施 設	沈砂地およびポンプ場	沈砂池本体、ポンプ井、ポンプ室、ゲート類、スクリーン、ポンプ、揚砂設備、計量設備、送風設備（エアレーション沈砂池のみ）等。
	最 初 沈 殿 池	沈殿池本体、汚泥かき寄せ機、ゲート類、スクラム・スキマー、排泥設備、排泥ポンプ等。
	予備エアレーションタンク	エアレーションタンク本体、等。
	エアレーションタンク	エアレーションタンク本体、返送汚泥ポンプ室、ブロワ室、ブロワ、送気配管、散気装置、ゲート類、計量設備、返送汚泥用ゲート類消泡装置、消泡水ポンプ、返送汚泥ポンプ、余剰汚泥ポンプ等。
	最 終 沈 殿 池	沈殿池本体、汚泥かきよせ機等。
	塩 素 混 和 池	塩素混和池本体、塩素注入設備、中和装置等。
	高速エアレーション沈殿池	
汚 泥 処 理 施 設	汚 泥 濃 縮 タ ン ク	
	汚 泥 消 化 タ ン ク	汚泥消化タンク、操作室、ガスタンク、脱硫設備等
	汚 泥 脱 水 設 備	洗浄タンク、薬品注入設備、脱水機、脱水機室等。
	汚 泥 焼 却 設 備	
管 理 施 設	管 理 本 館	
	場 内 整 備	流入管、放流管、バイパス管、芝張り、植樹、場内舗装、門扉、倉庫、さく井等。
	電 気 設 備	特高引込み工事、受変電設備、制御設備、計装設備、照明設備、自家発電設備等。

次に維持管理費については、昭和45年度において実質的な運転を行なっている下水処理場の単年度の費用について検討した。下水処理場維持管理費の構成要素は一般に表4・4の通りである。

表 4 - 4 下水処理場維持管理費の構成

下水処理場 維持管理費	処 理 費	人 件 費 電 力 費 薬 品 費 燃 料 費 そ の 他
	処 分 費	汚 泥 処 分 費 沈 砂 処 分 費
	設備補修費	
	共通管理費	管理部門人件費 管理部門電力費 水 質 分 析 経 費 通 信 費 そ の 他
	(委託費)	

このうち、処理費、設備補修費等はさらに水処理に要するものと、汚泥処理に要するものと細分されるが、下水処理場規模や経理の状況によっては細分することが困難な場合がある。また委託費は上記の費用を要する作業の一部または全部を外部に委任するための費用であり、当然その内容については同じ仕分けが可能であるはずであるが、通常は総額のみを定めて委託契約を結んでいるため、実質的な経費を把握することが困難な場合が多い。今回の調査においては、大半の業務を外部に委託している下水処理場については調査対象より除外した。

4.2.2 建設費の補正

わが国においては一般に下水処理場の築造については、水処理から汚泥処理までの一系列につい

て3～5年を要していた。このため全施設能力を持つ施設とするまでには、少なくとも数年以上の年月が経過するが、この間資材価格や賃金の上昇にともない、事業着手時点と終了時点との間で、同一施設であっても建設費に差が生じることになる。したがって長期間にわたる下水処理場建設費を比較するにあたっては名目的な建設費を基準年次に修正するか、あるいは全く新しく積算し直してみる必要があるとってくる。

後者の積み上げ方式は、その都度内容を修正し、またその時点でのその地域に適当な資材価格等を使用し得る点で現実的な方法であるが、資材数が多く多地域に分布する下水処理場の建設費をこの方法で修正することは事実上不可能に近い。

このため一般には標準的な下水処理場の建設費を想定し、物価以外の条件を等しいと仮定して求めた建設費指標を用いて修正する方法がとられている。建設費指標は、経済分析の分野で広く用いられているラスパイレ式やバアンシェ式などにより求められるが、ラスパイレ式の場合を示せば次の通りである。

$$\text{建設費指標} = \frac{P_1 a Q_{1a} + \dots \dots \dots P_{na} Q_{na}}{P_1 b Q_{1a} + \dots \dots \dots P_{nb} Q_{na}} \times 100 = \frac{\sum P_{na} Q_{na}}{\sum P_{nb} Q_{na}} \times 100$$

ただし

P_{na} : 建設費を構成する諸因子の与えられた期間における価格

Q_{na} : 建設費を構成する諸因子の与えられた期間における数量

P_{nb} : 建設費を構成する諸因子の基準年次における価格

米国においては従来より Engineering News-Record が作成している ENR 指標が建設業関係の価格補正に使用されてきたが、下水処理場の建設に適当な指標を求めするため 1961 年に FWPCHA が専門家の協力を得て WPC-S 指標と称される下水処理場建設費指標を作成し今日まで最新の値を発表している¹⁹⁾。

わが国では建設省計画局が下水道建設工事指数(基準年次昭和40年)を発表しているが管渠建設費、下

水処理場建設費の内訳は示されていないこと、今回の調査では土木建築工事費、機械工事費等のウェイトを異にする種々のユニットごとに比較を行なうことを目的としたことなどの理由により、各ユニットの建設費をそれぞれの費用に分け、表4.5、表4.6の指標を用いて基準年次（昭和45年度）に修正するものとした。

表4-5 土木建築工事費・換算係数

建設省計画局調査統計課資料

年 度	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
換算係数	1.672	1.499	1.444	1.414	1.373	1.333	1.253	1.188	1.151	1.073	1.000

表4-6 機械工事費・換算係数

年 度	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
換算係数	1.202	1.193	1.185	1.176	1.165	1.153	1.140	1.126	1.107	1.068	1.000

注) 45~42 建設省計画局調査統計課資料

41~35 上記資料よりトレンドで求めた数値

4.3 調査の結果

4.3.1 各ユニットの建設費と下水処理場建設費との関係

全国から収集した下水処理場建設費資料を表4・3の各ユニット区分にしたがって、各ユニットごとに整理した結果を図4・10から図4・24までに示した。この結果各ユニットはいずれも下水処理場の規模が大きくなるにしたがって、その単位当りの建設費は低減し、下水処理場の規模が大きくなることが経済性の面から優利であるといういわゆるScale meritの傾向を示しているが、そのなかでも比較的この相関関係が明確に見られる施設と、値が分散している施設があった。

前者の例としては最初沈殿池、エアーションタンク、最終沈殿池、散水濾床や汚泥消化槽、後者の例としては沈砂池ポンプ場、塩素混和池、電気設備、管理本館などがあげられる。

また、

$$y = aQ^b \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし Q: 下水処理能力 (1000^m/日)

y: 下水処理ユニット建設費 (10⁶ 円)

の形をとった場合の建設費の費用関数を対数座標に変換した後最小自乗法で求めた。表4・7は(1)式における定数a、bをまとめたものである。

これによれば各ユニットの処理規模の増大に伴う建設費の低減は必ずしも各ユニットが一樣ではなく、沈砂池・ポンプ場、最初沈殿池、エアレーションタンク、最終沈殿池など水処理施設はおよそ0.80~0.85乗の割合で低減しているのに対して汚泥濃縮槽、沈泥消化槽、汚泥脱水設備などの汚泥処理施設は0.70~0.75乗で水処理施設に比べ低減率はやや大きい傾向を示し、塩素混和池、電気設備、管理本館などではさらにこの傾向が大きくなっている。

表 4・7 建設費費用関数を $y=aQ^b$ とした場合の各ユニットにおける定数値

ユ ニ ッ ト	a	b	Sample 数	備 考
沈 砂 池 ポ ン プ 場				
分 流 式	6.63	0.792	49	
分 流 式	3.54	0.844	42	
最 初 沈 殿 池	4.53	0.842	100	
エアレーションタンク	10.19	0.796	78	
最 終 沈 殿 池	5.23	0.844	92	
塩 素 混 和 池	1.46	0.578	122	
高 速 散 水 濾 床 法	7.42	0.637	24	
高速エアレーション沈殿池	12.06	0.757	22	
予備エアレーションタンク*	10.30	0.376	8	
汚 泥 濃 縮 タ ン ク	1.35	0.693	74	
汚 泥 消 化 槽	6.74	0.765	68	
汚 泥 脱 水 設 備	7.89	0.688	80	
汚 泥 焼 却 設 備	3.82	0.876	16	
電 気 設 備	3.69	0.729	108	
管 理 本 館	5.83	0.636	96	
場 内 整 備	4.53	0.580	75	

* 各都市において必ずしも標準的な設計条件により計画されたものではない。

また汚泥焼却設備は資料数が少ないが処理施設規模にほぼ比例している。

図 4・10～4・24、および表 4・7 を見る場合考慮しなければならない事項は次の通りである。

(1) 沈砂池・ポンプ場 わが国においては合流式下水道を採用している都市が多く下水処理場の沈砂池ポンプ場も雨水排除を兼ねる場合も多くその他の場合でも一般に雨天時は晴天時下水量の2～3倍の下水が流入してくる計画になっている。このため分流式下水道の場合とは異なり必ずしも計画対象汚水量のみでは施設能力・容量は決定されていない。

また分流式下水道は図 4・10 で見る限りやや曲線的に変化する傾向が見られるので、およそ3,000m³/日以下の小規模な下水処理場の場合は式(2)で求めた値より高目の建設費とみた方がよい。

(2) 最初沈殿池、最終沈殿池 最初沈殿池は一般に沈殿時間を1つの目安として設計が行なわれ、わが国では2～3時間として計画されている場合が多い。また最終沈殿池の場合は沈殿時間のほか水面積負荷が設計因子としてとりあげられており、わが国では20～30m³/m²/日が適当であるとされている。図 4・11、図 4・13はこの点を区別してプロットしたものであるが、両者共明確な関係は見出れなかった。

たとえば最終沈殿池において水面積負荷を25～30m³/m²/日とした場合と30/40m³/m²/日とした場合とでは水深が同じであるとすれば池の容量は後者が13～14倍となることになるが、実際の下水処理場における建設費にそれ程影響を及ぼしていないことは、沈殿池の建設費がこのような設計因子以外の因子に支配されていることが考えられる。

(3) エアレーションタンク、予備エアレーションタンク わが国においては表 3・1に示した通りステップエアレーション法を採用している下水処理場が多く、また現在標準活性汚泥法で処理を行なっている下水処理場でも、将来負荷量が計画処理水量に達した場合には、ステップエアレーション法に切り替える設計としている場合が多いので、図 4・12に示した値はステップエアレーション法の場合と想定して良いであろう。

また、予備エアレーションタンクは下水処理場によってその目的が異なり、単に下水をエアレーションし、溶存酸素濃度を増加させたり、攪拌することにより最初沈殿池におけるフロック形成を助け、SSの除去率を向上させるためのものや、余剰活性汚泥を投入し、活性汚泥の吸着性を利用してSSの除去率を増大し、伴せて多少のBOD除去をはかるためのものまで種々であり、またエアレーション時間もまちまちであるなど、必ずしも全国的に設計法が標準化されていない。図4・17は全国の8処理場における予備エアレーションタンクの単位水量当りの建設費であるが、これらは、したがって統一された条件にもとづいて設計されたものの値ではない。

(4) 高速エアレーション沈殿池 高速エアレーション沈殿池は、その機構上エアレーション部と沈殿部が一体となっており、分離が困難であるので、最初沈殿池を含めた水処理施設全体の単位水量当り建設費として図4・16に示した。

(5) 汚泥脱水設備、汚泥焼却炉 現在わが国で用いられている脱水機は真空濾過機、遠心分離機、加圧濾過機(フィルタープレス)であるが、このうちでもほとんどが真空濾過機を採用している。したがって図4・20に示したものは真空濾過機を用いた場合とみなして良い。同様に汚泥焼却炉については立形多段炉、ロータリーキルン、流動燃焼炉などの実例があるが、図4・21に示したものは立形多段炉に関するものである。

4.3.2 下水処理場建設費と処理能力規模との関係

前節において求められた各ユニットごとの建設費の費用関数を用いて、活性汚泥法、高速散水濾床法、沈

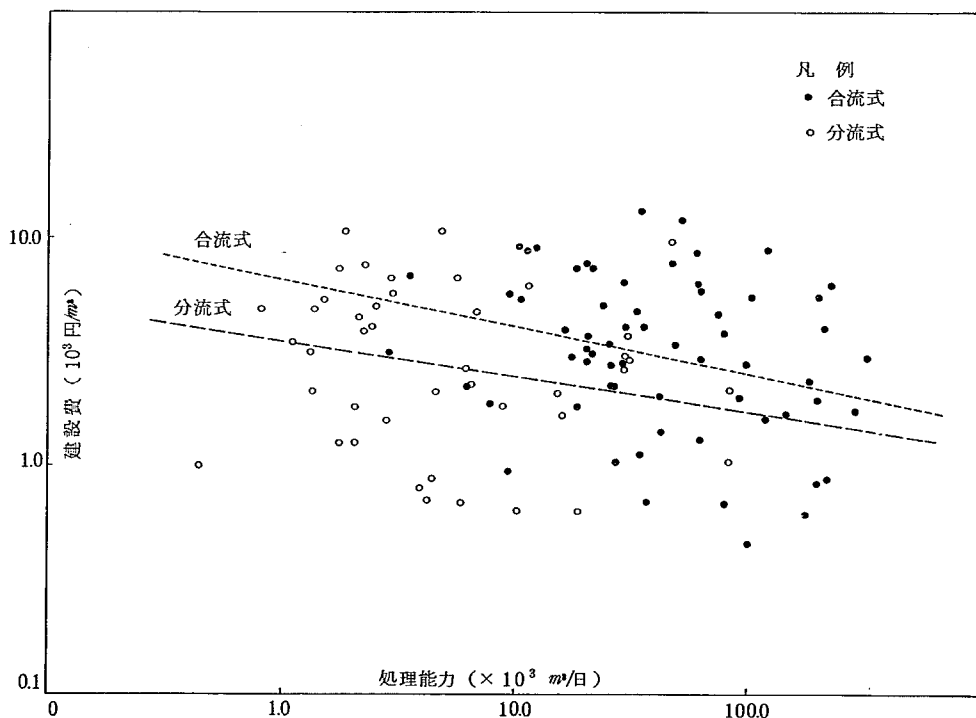


図4・10 沈砂池・ポンプ場の処理水量当り建設費

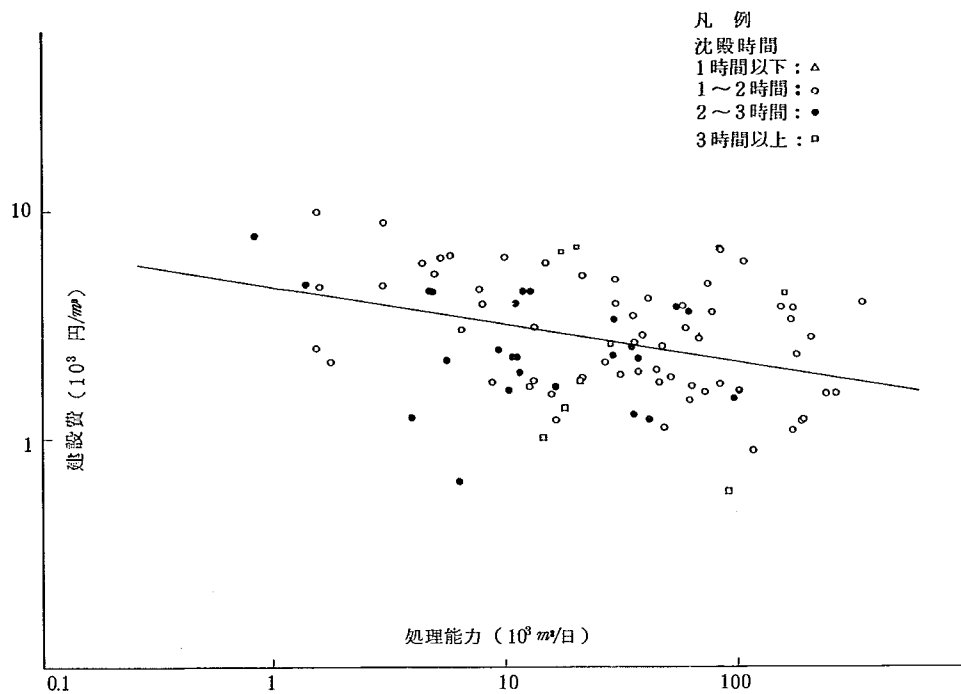


図4・11 最初沈殿池の処理水量当り建設費

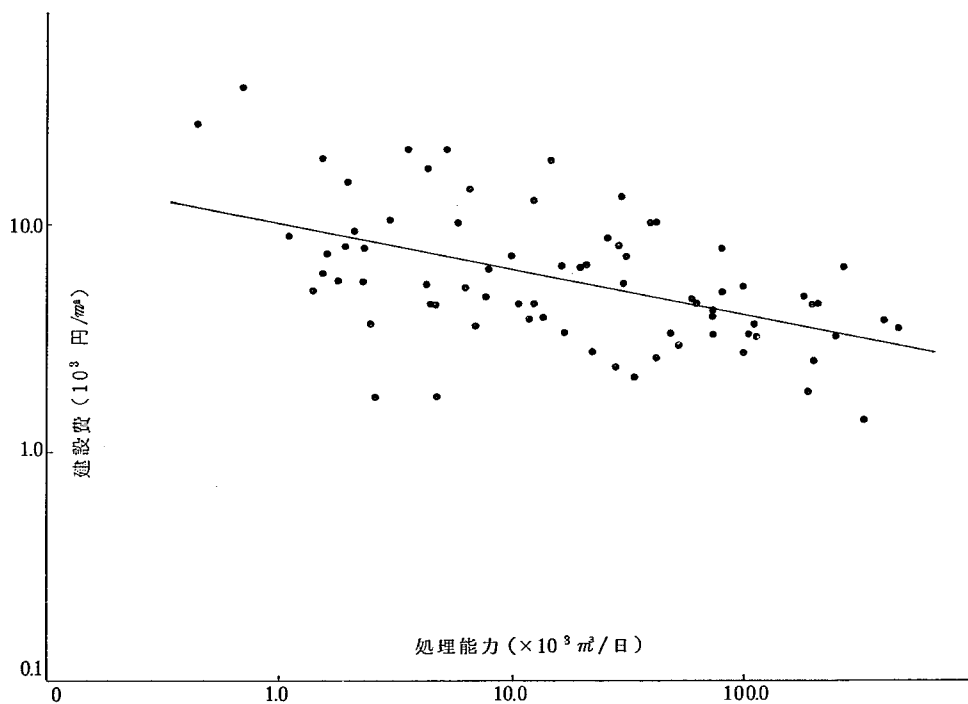


図4・12 エアレーションタンクの処理水量当り建設費

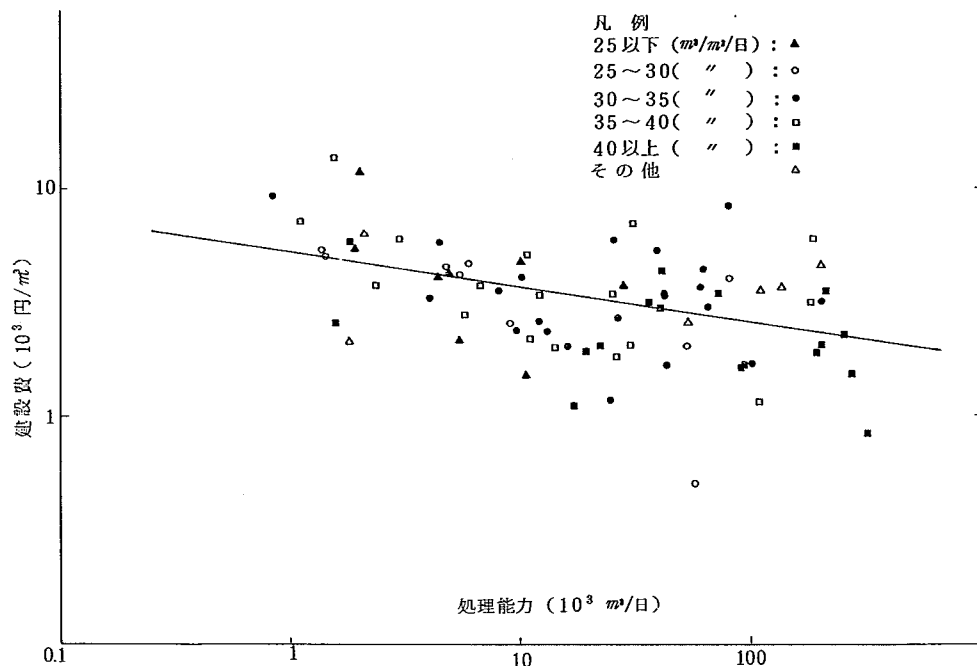


図 4・13 最終沈澱池の処理水量当り建設費

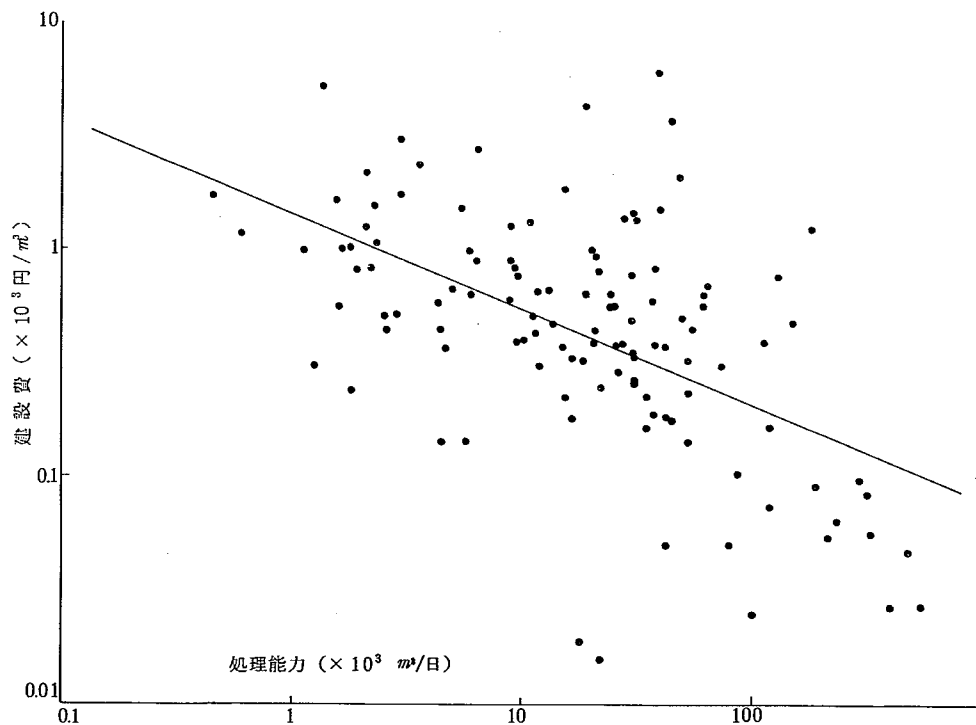


図 4・14 塩素混和池の処理水量当り建設費

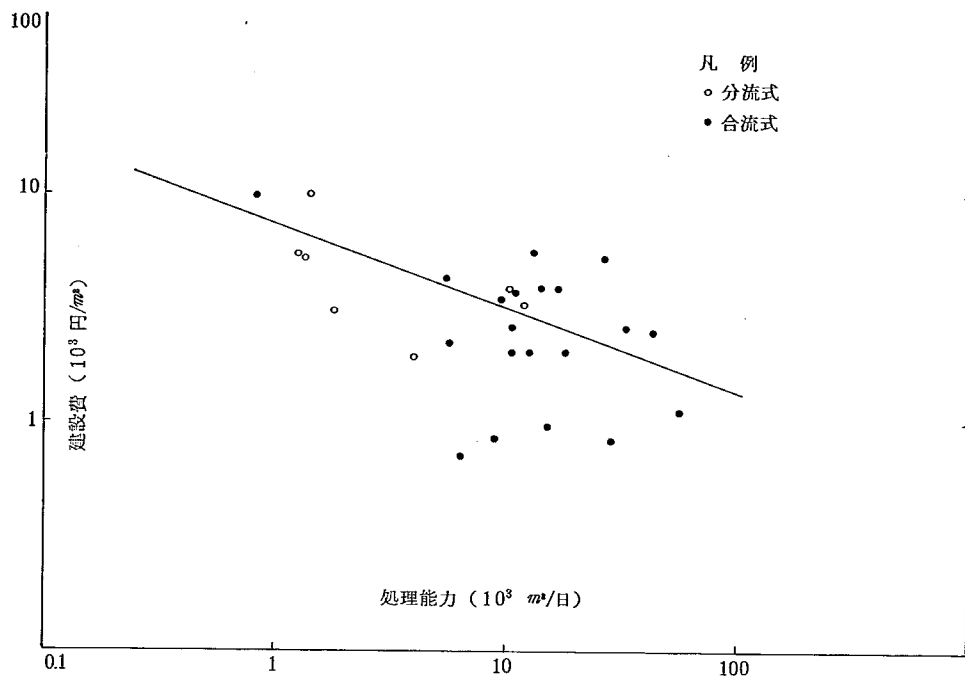


図 4・15 高速散水濾床の処理水量当り建設費

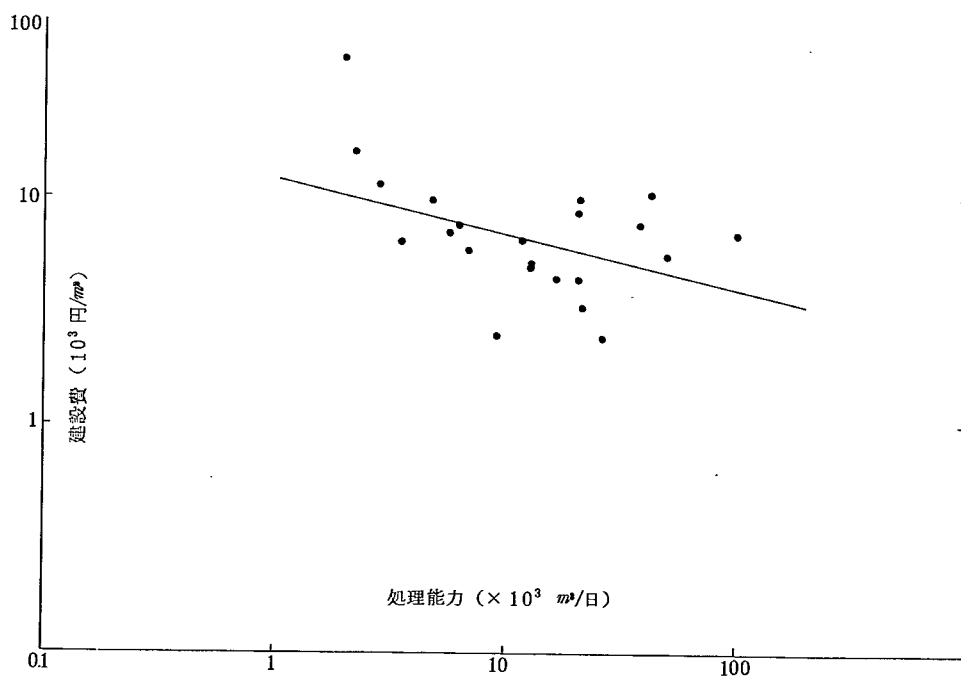


図 4・16 高速エアレーション沈殿池の処理水量当り建設費

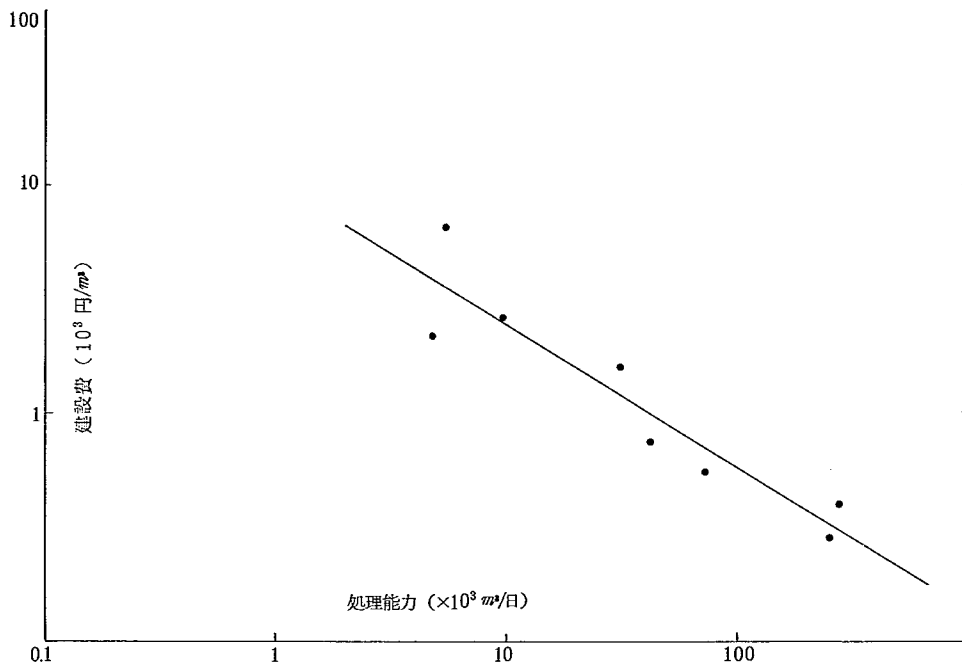


図 4・17 予備エアレーションタンクの処理水量当り建設費

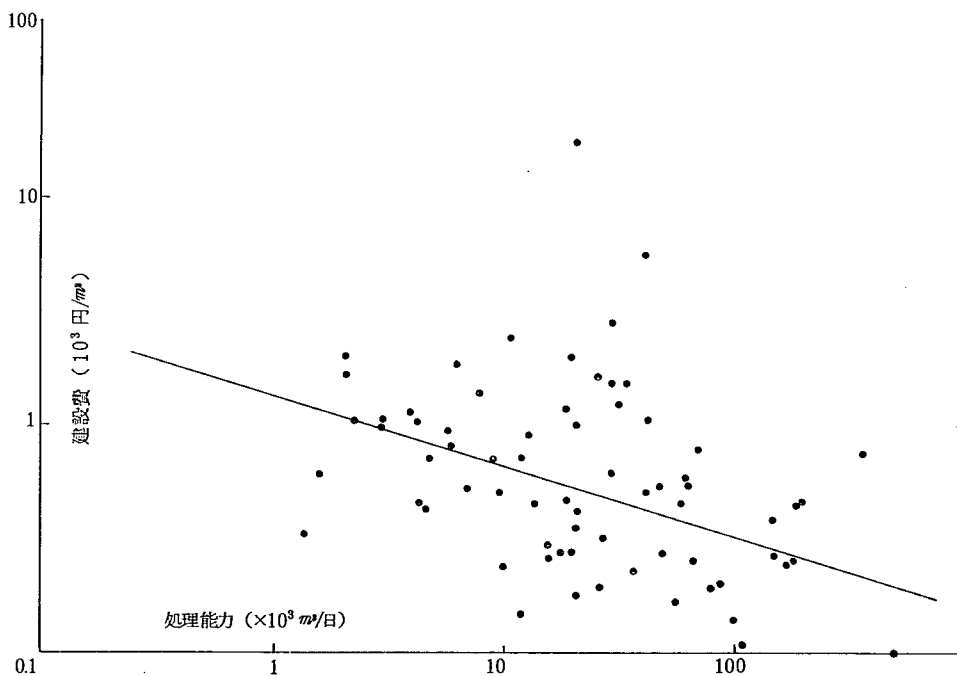


図 4・18 汚泥濃縮槽の処理水量当り建設費

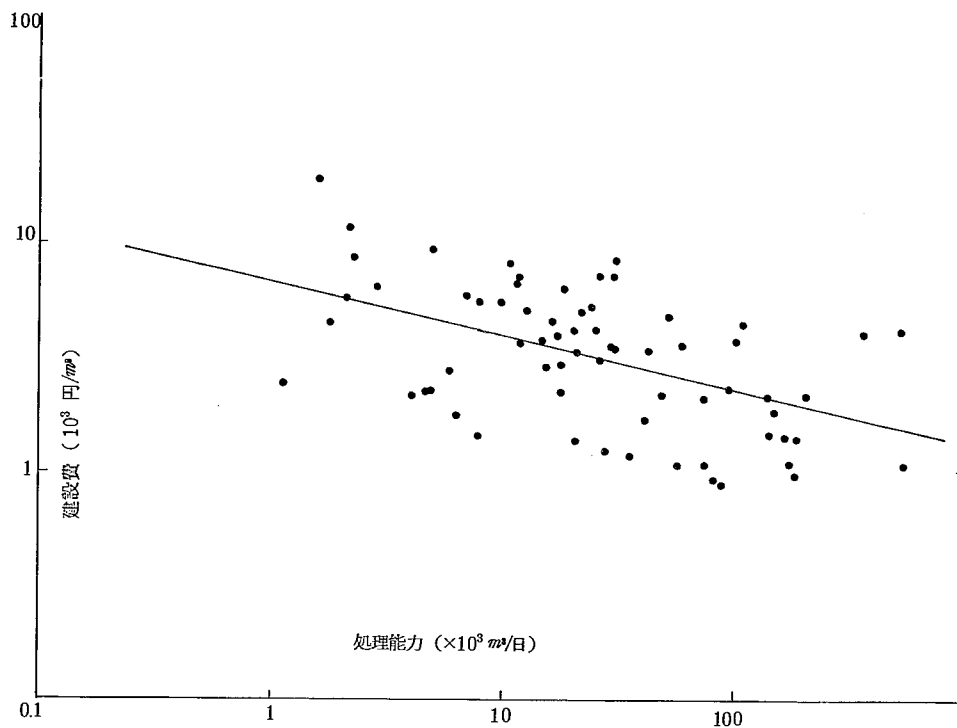


図 4・19 汚泥消化槽の処理水量当り建設費

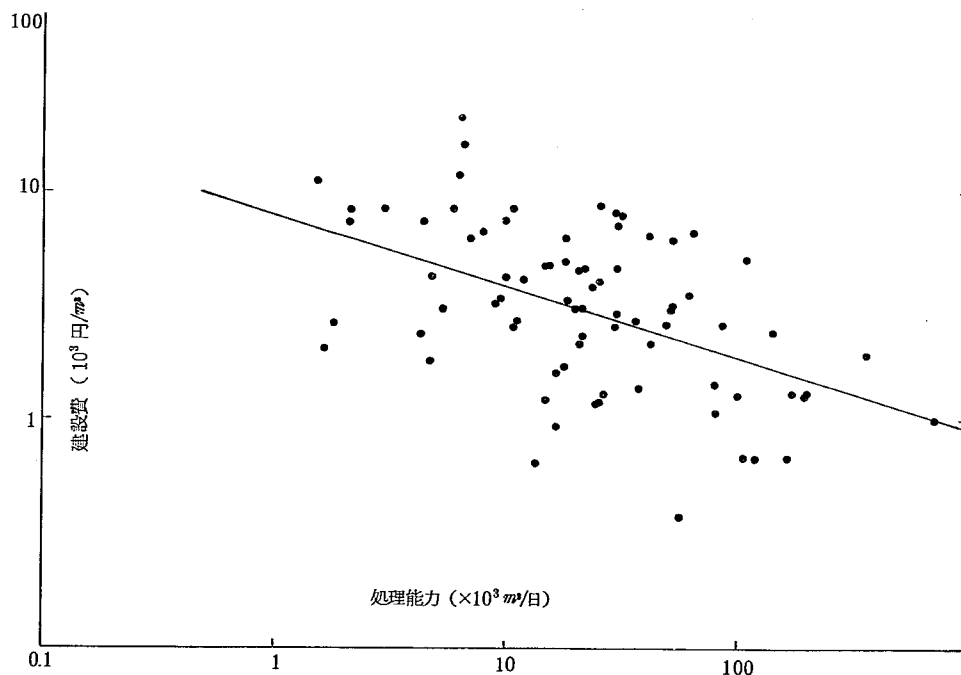


図 4・20 汚泥脱水設備の処理水量当り建設費

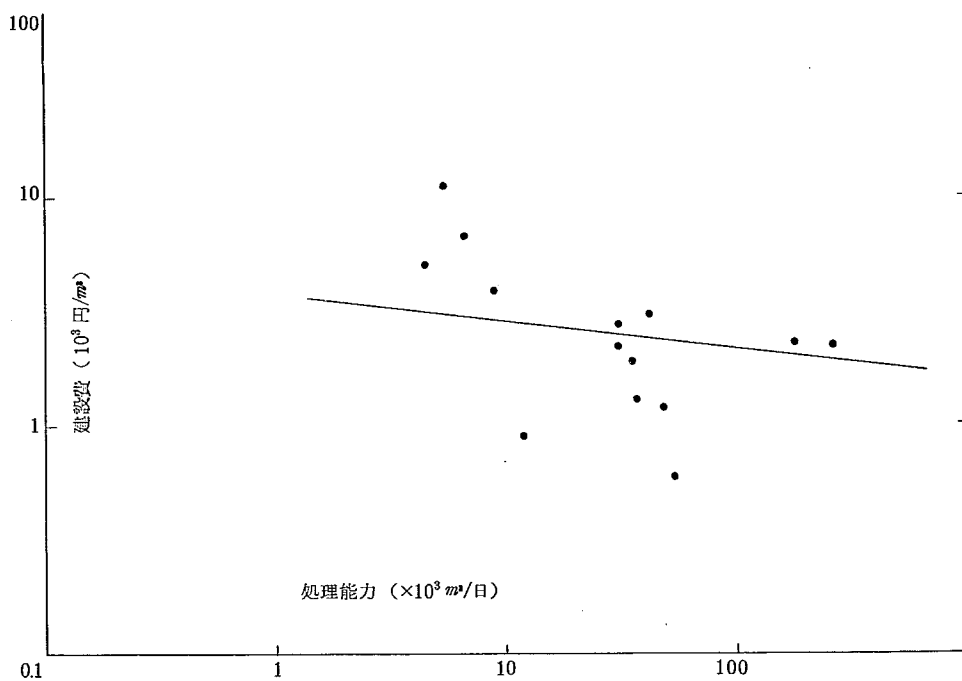


図 4・21 汚泥焼却炉の処理水量当り建設費

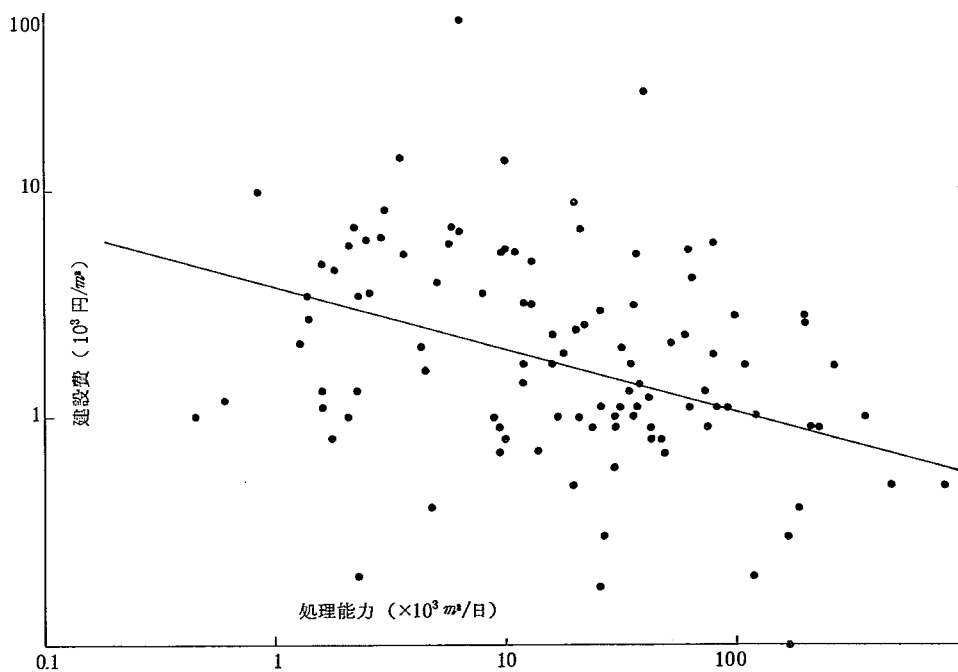


図 4・22 電気設備の処理水量当り建設費

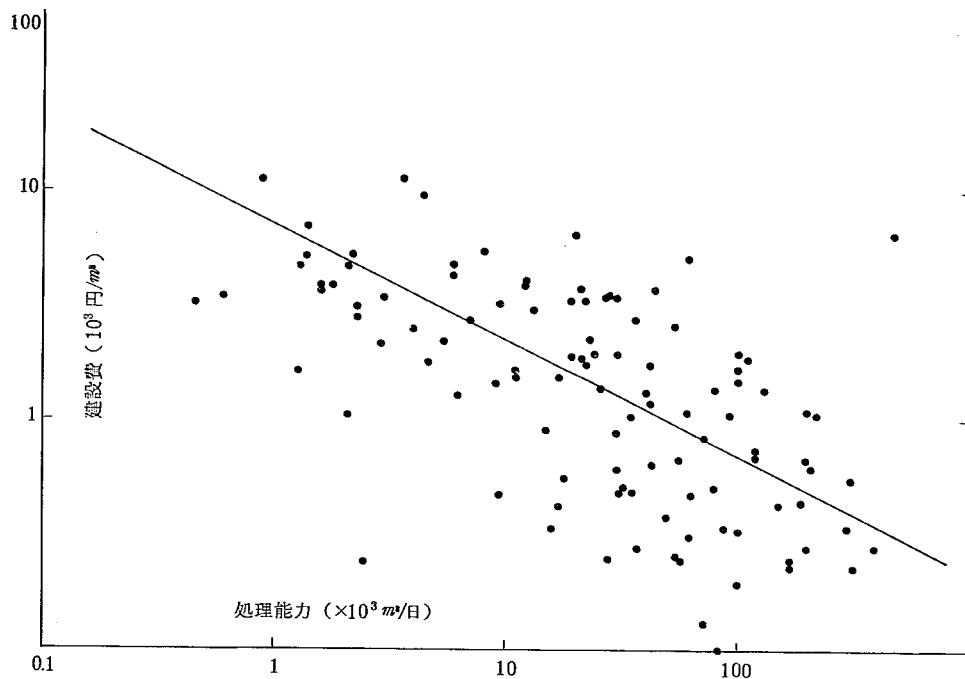


図 4・23 処理水量当りの場内整備費

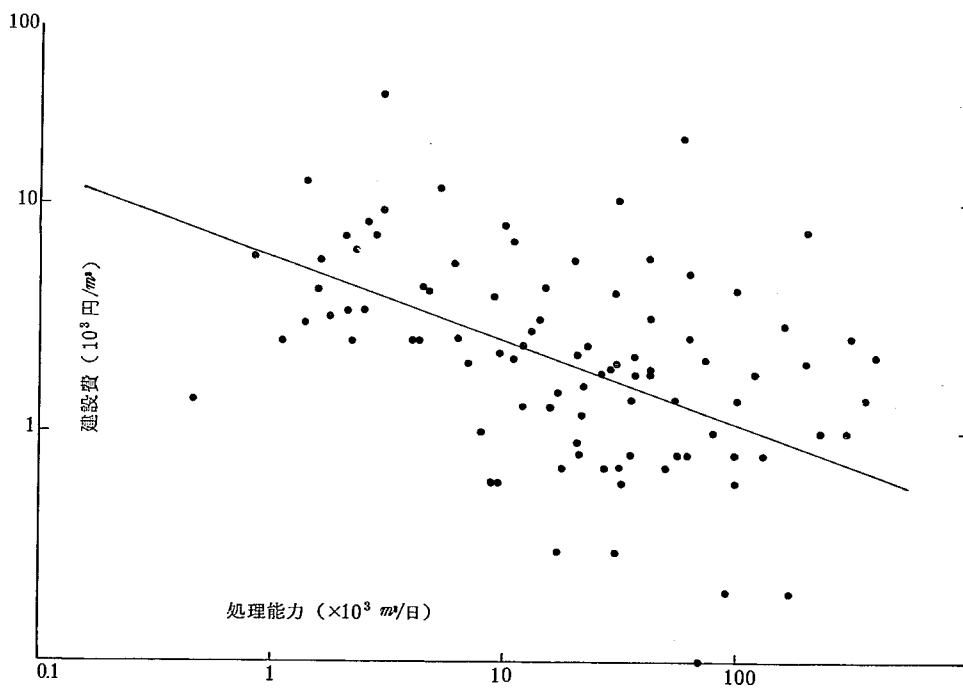


図 4・24 管理本館の処理水量当り建設費

殿処理法の場合の建設費を求める関数を試算した。先ず活性汚泥法については図4・25に示すフローシートにより処理を行なうものとし、各ユニットごとに建設費を求めたものに電気設備、管理本館、場内整備の費用（以下「共通施設」と略す）を加え、その総計を求めたものについてまとめてみると

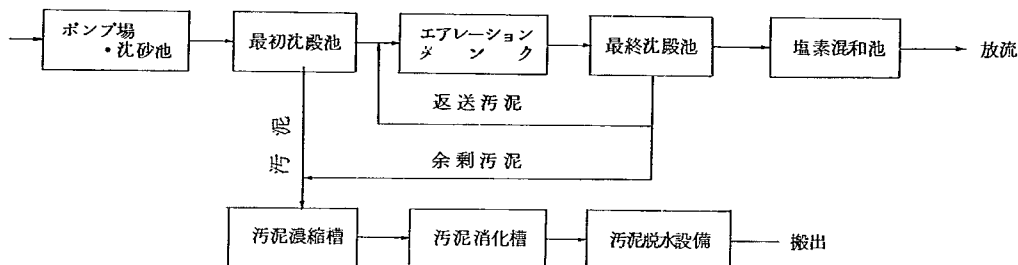


図4・25 活性汚泥法の標準的なフローシート

共通施設を含めぬ場合

$$y_a = 40.9 Q^{0.784} \dots\dots\dots (2)$$

共通施設を含めた場合

$$y_a' = 55.2 Q^{0.757} \dots\dots\dots (3)$$

の形で示された。またこれに汚泥焼却炉を加えた場合は

$$y_a'' = 57.7 Q^{0.772} \dots\dots\dots (3)'$$

となった。

また高速散水濾床法の場合は図4・26に示したフローシートを想定し、同様にして、その費用関数を求めた結果

共通施設を含めぬ場合

$$y_t = 38.1 Q^{0.759} \dots\dots\dots (4)$$

共通施設を含めた場合

$$y_t' = 52.4 Q^{0.735} \dots\dots\dots (5)$$

の形で示された。

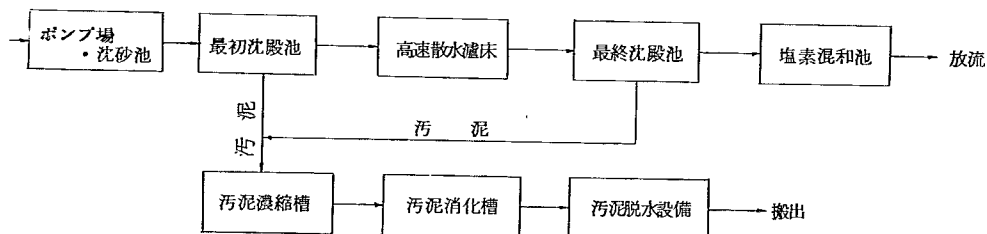


図4・26 高速散水濾床法の標準的なフローシート

さらに沈殿処理法については、図4・27に示したフローシートを想定し、その費用関数を求めた結果

共通施設を含めぬ場合

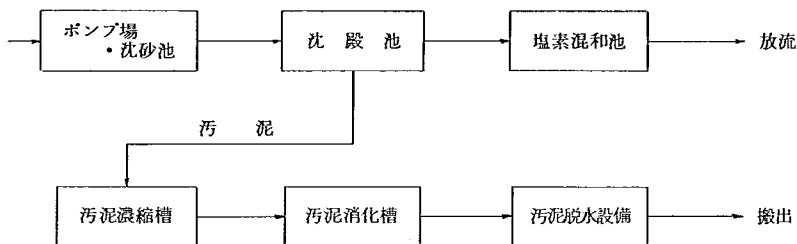


図4・27 沈殿処理法の標準的なフローシート

$$y_s = 255 Q^{0.764} \dots\dots\dots (6)$$

共通施設を含めた場合

$$y_s' = 398 Q^{0.730} \dots\dots\dots (7)$$

の形で示された。

式(3),(5),(7)の関係を図示したものが図4・28, 4・29である。また(3)の式を用いて活性汚泥法における $5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$, $10 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$, $100 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$ の場合の建設費を求めたものが表4・8である。

これによれば、活性汚泥法に比べ高速散水濾床法、沈殿処理法はやゝ低減の程度は大きい、三者はほぼ同じ傾向を示しており、したがって処理能力規模と建設費との関係は三者とも同じであると見られる。

また活性汚泥法について見ると、前回の調査の結果をもとに求めた琵琶湖周辺下水道計画のために求めた費用関数にほぼ近似している。

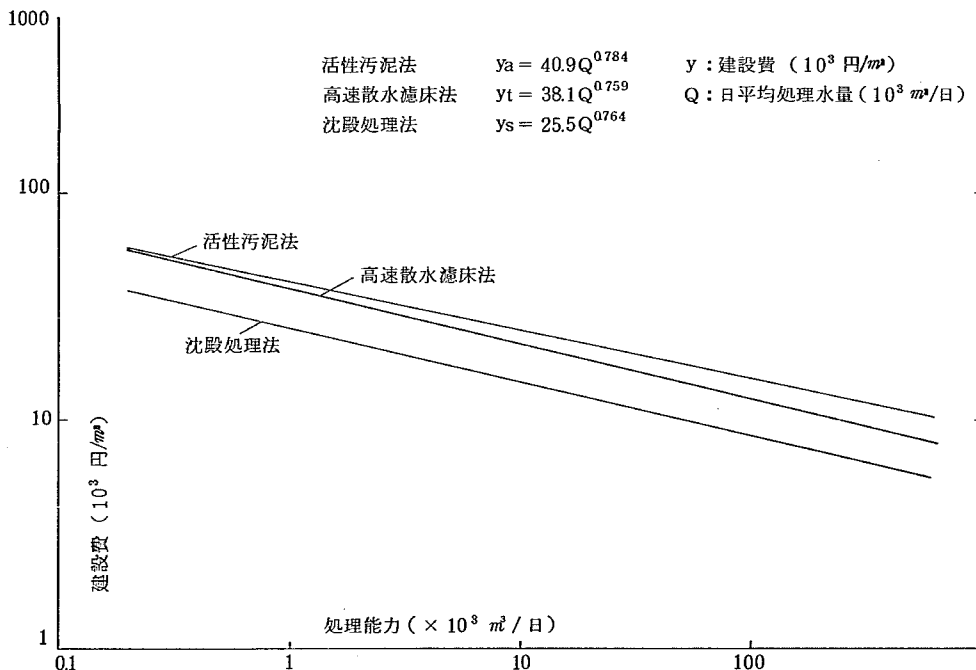


図4・28 各処理方式の処理水量当り建設費(共通施設を含めぬ場合)

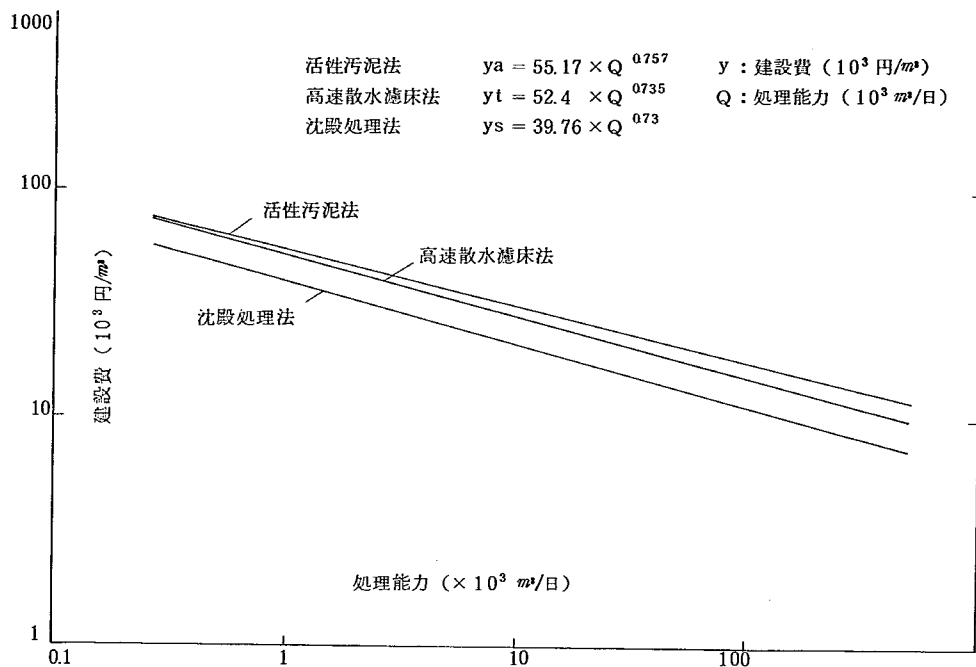


図 4・29 各処理方式の処理水量当り建設費（共通施設を含む場合）

表 4・8 活性汚泥法の下水処理場建設費試算値

単位千円

ユニット名	処理能力 (m^3 /日)					
	5000	%	10000	%	100000	%
沈砂池ポンプ場	14000	7.6	25000	7.9	172000	10.7
最初沈殿池	18000	9.8	31000	9.8	219000	13.6
エアレーションタンク	37000	20.1	64000	20.3	398000	24.8
最終沈殿池	20000	10.9	36000	11.4	255000	15.9
塩素混和池	4000	2.2	6000	1.9	21000	1.3
小計	93000	50.5	162000	51.4	1065000	66.3
汚泥濃縮槽	4000	2.2	7000	2.2	33000	2.0
汚泥消化槽	23000	12.5	46000	14.6	229000	14.2
汚泥脱水設備	24000	13.0	38000	12.1	188000	11.7
小計	51000	27.7	91000	28.9	262000	16.3
計	144000	78.3	253000	80.3	1327000	82.6
電気設備	12000	6.5	20000	6.4	106000	6.6
管理本館	16000	8.7	25000	7.9	109000	6.8
場内整備	12000	6.5	17000	5.4	65000	4.0
計	40000	21.7	62000	19.7	280000	17.4
合計	184000	100.0	315000	100.0	1607000	100.0

備考 活性汚泥法の下水処理場建設費の各ユニットを合計したものの算出式は

$$\text{建設費} = 55.174 \times Q^{0.757}$$

となるが汚泥焼却炉を含めると $57.715 \times Q^{0.772}$ となる。

注) 本表の数値は費用関数を求める際に対数座標に変換しているため、真の全国平均値を示すものとはなっていない。

4.3.3 下水処理場維持管理費の現状

下水処理場の維持管理に要する費用の調査は、昭和45年度において実質的な稼動を行なっているものを対象としたが、その結果活性汚泥法による下水処理場137ヶ所、高速散水濾床法による下水処理場42ヶ所、沈殿処理法による下水処理場19ヶ所について回答があった。

4.3.3.1 総維持管理費

下水処理場維持管理費は下水処理場の年間経費の積算等に必要であるほか、これをまかなう下水道使用料の算定基礎や下水処理場施設計画の検討資料としても用いられるものであるが、これらの場合多くは処理下水量1 m^3 当りの費用として表わされており、こゝでも得られた資料はおゝむねこの形で整理をした。

まず最も基本となる日平均処理下水量1 m^3 当りの費用については

下水処理1 m^3 に要する費用(円/ m^3)

$$= \text{年間総維持管理費} / \text{日平均処理下水量} \times \text{処理日数}$$

と定義し値を求めた。

その結果、活性汚泥法の場合図4・30、高速散水濾床法の場合図4・31、沈殿処理法の場合図4・32に示した通り、下水処理場の規模により、その値は大巾に変動し、活性汚泥法の場合およそ2円~80円、高速散水濾床法の場合2円~15円、沈殿処理法の場合2円~8円を要している。これらの資料を対数座標に変換した後最小自乗法により費用関数を求めてみると年間総維持管理費と日平均処理下水量との間には、それぞれおよそ次の関係が見られた。

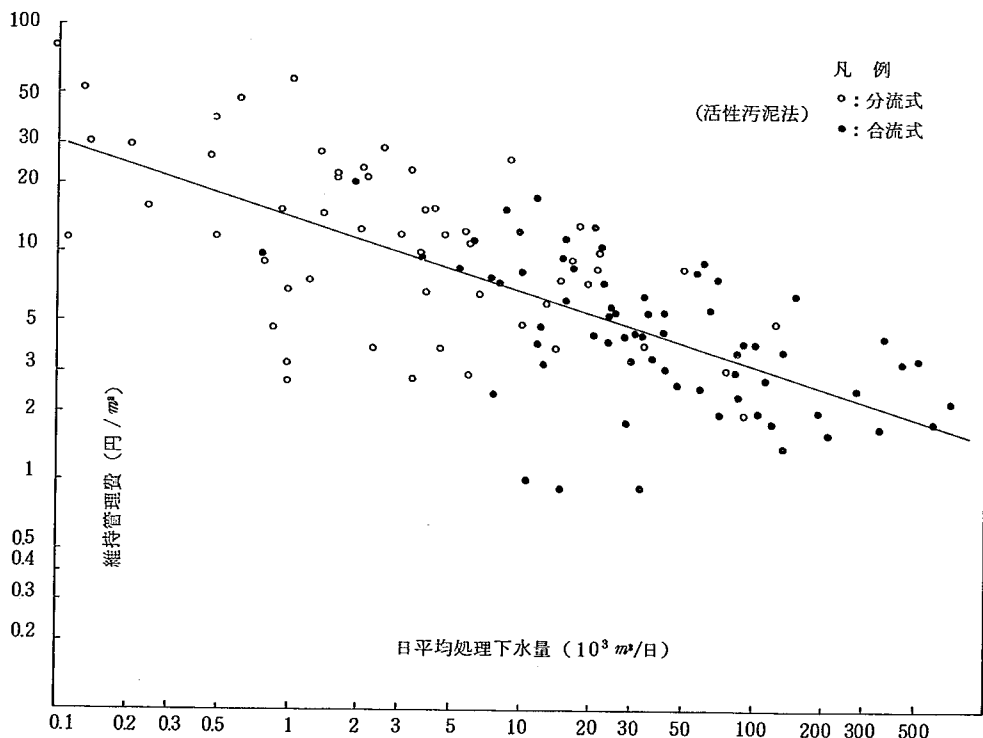


図4・30 下水1 m^3 処理に要する経費

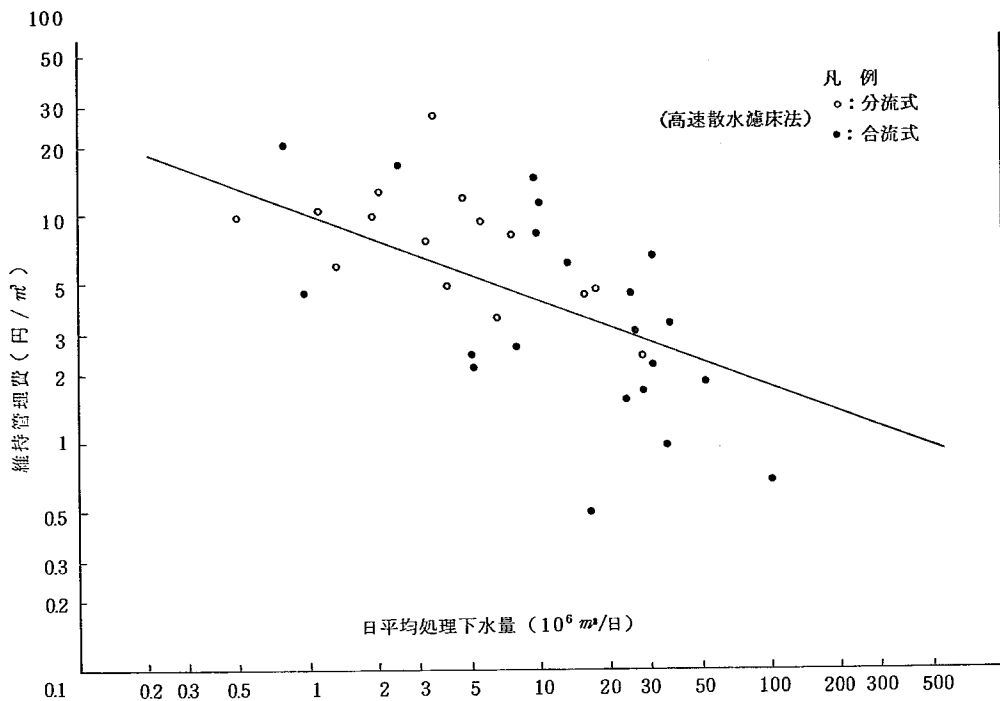


図 4・31 下水 1 m^3 処理に要する経費

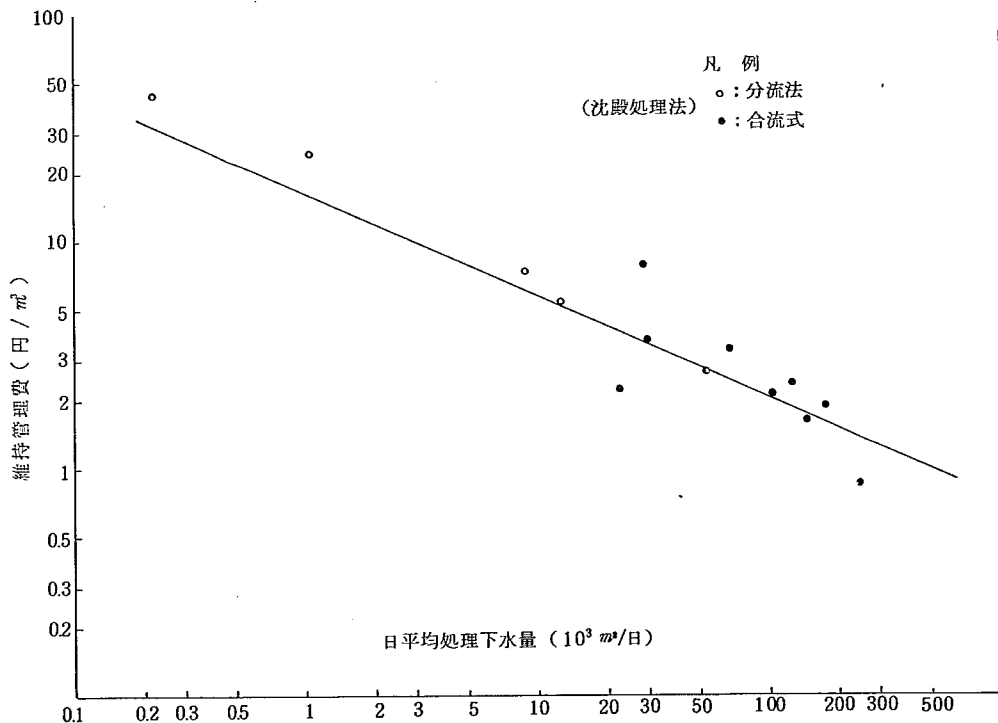


図 4・32 下水 1 m^3 処理に要する経費

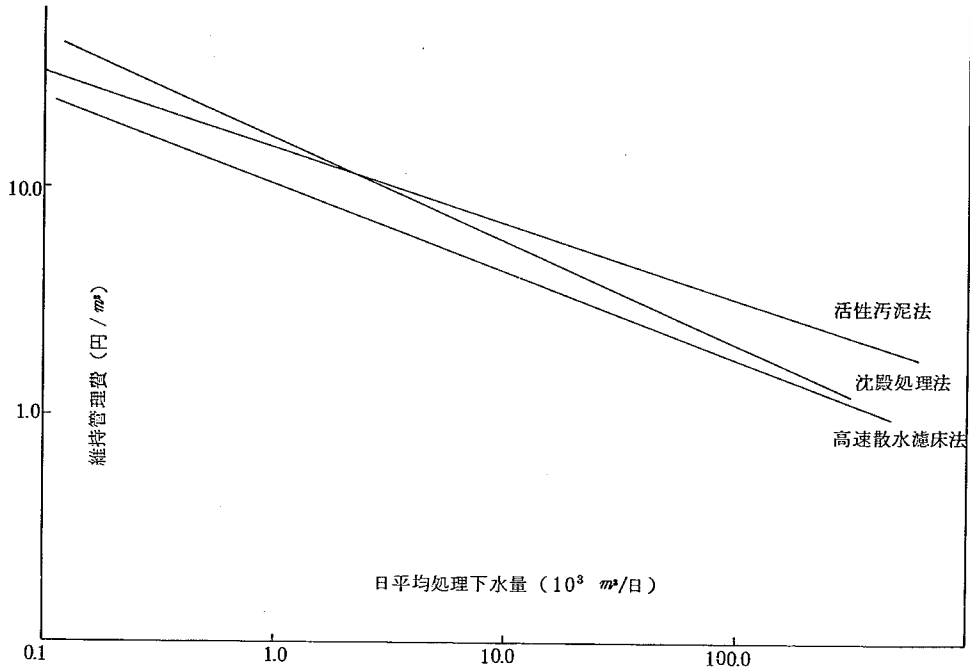


図 4-33 下水 1 m³処理に要する経費

(1) 活性汚泥法の場合

$$M_a = 521 Q^{0.673} \quad \dots\dots\dots (8)$$

(2) 高速散水濾床法の場合

$$M_t = 370 Q^{0.619} \quad \dots\dots\dots (9)$$

(3) 沈殿処理法の場合

$$M_s = 5.92 Q^{0.549} \quad \dots\dots\dots (10)$$

ただし,

M:年間総維持管理費 (10⁶円)

Q:日平均処理下水量 (10³ m³/日)

またこれら3式を単位水量当りに換算して同一図上に示したものが図4・23であるが、活性汚泥法は他の2処理法に比べ低減の程度は少ないという傾向が見られる。また、沈殿処理法は、規模の増大に伴う低減の程度は大きい、他の処理法よりも、必ずしも維持管理費が安くついてはいないことが示されている。

これは、後述する通り維持管理費中に占める人件費の割合が比較的大きく、かつ沈殿処理を行なっている下水処理場が大都市に多いこと、将来の高級処理化のための人員を確保していることなどのために割高になっていることなどによるものと考えられる。

表4・9は式(8)~(10)より求めた維持管理費の規模別試算値であり、参考として米国における運転費 (Operation Cost) と維持補修費 (Maintenance Cost) との和を文献(12)より求め、比較して示した。

表 4・9 わが国における下水処理場維持管理費試算値

処理水量 $m^3/日$	処理方式	沈殿放流法	高速散水濾床法	活性汚泥法		備 考
				日 本	(参考)米国 ¹²⁾	
5,000		7.3	5.5	8.4	—	
10,000		5.7	4.2	6.7	11.1	
100,000		2.0	1.8	3.2	4.0	
1,000,000		0.7	0.7	1.5	2.0	

注) 本表の数値は費用関数を求める際に、対数座標に変換しているため、真の平均値にはなっていない。

4.3.3.2 維持管理費主要項目に見られる傾向

(1) 人 件 費

下水処理場において通常行なわれている業務はおよそ次のように分類される。

- (i) 各種処理施設の運転操作および監視、点検、順視
- (ii) 処理施設の維持補修 — 修繕、改修まで含む場合もある。
- (iii) 発生物(汚泥、し渣など)の処分
- (iv) 水質管理、工場・事業場排水調査
- (v) 作業記録の整理・保管、分析
- (vi) 庶務一般

今回の調査では、これら6項目のうち(i)～(iii)および(v)に従事する職員と、(iv)(vi)ならびに管理職を区別し、主として前者に関係する費用を対象とした。

したがって以下に述べる人件費中には管理部門に従事する職員に関する経費は含まれていない。

下水処理場維持管理費に占める人件費の割合は下水処理場規模、処理方式のほか、汚泥処理施設の実稼動状況等多くの要因に支配されているが、表4・10は活性汚泥法の下水処理場において維持管理費全体に占める人件費の割合を求めたものであり、回答のあった153処理場のうち人件費が20～40%を占める処理場が53ヶ所(34.6%)、40～60%を占める下水処理場が64ヶ所(41.8%)であり、ほぼ全国の半数の下水処理場では人件費が維持管理費の1/2を占めているものと考えられる。

一方下水処理1 m^3 に要する人件費は図4・34に示した通り、下水処理場規模の増大に伴ない職員数が増大

表 4-10 維持管理費に占める人件費の割合

処理水量 $m^3/日$ 人件費%	3,000以下		3,000～ 50,000		50,000以上		合 計	
		%		%		%		%
20以下	5	16.1	6	7.5	3	7.1	14	9.3
20～40	6	19.4	29	36.5	18	42.8	53	34.6
40～60	10	32.3	34	42.5	20	47.6	64	41.8
60～80	10	32.3	10	12.5	1	2.4	21	13.7
80以上	0	0	1	1.2	0	0	1	0.6
計	31		80		42		153	

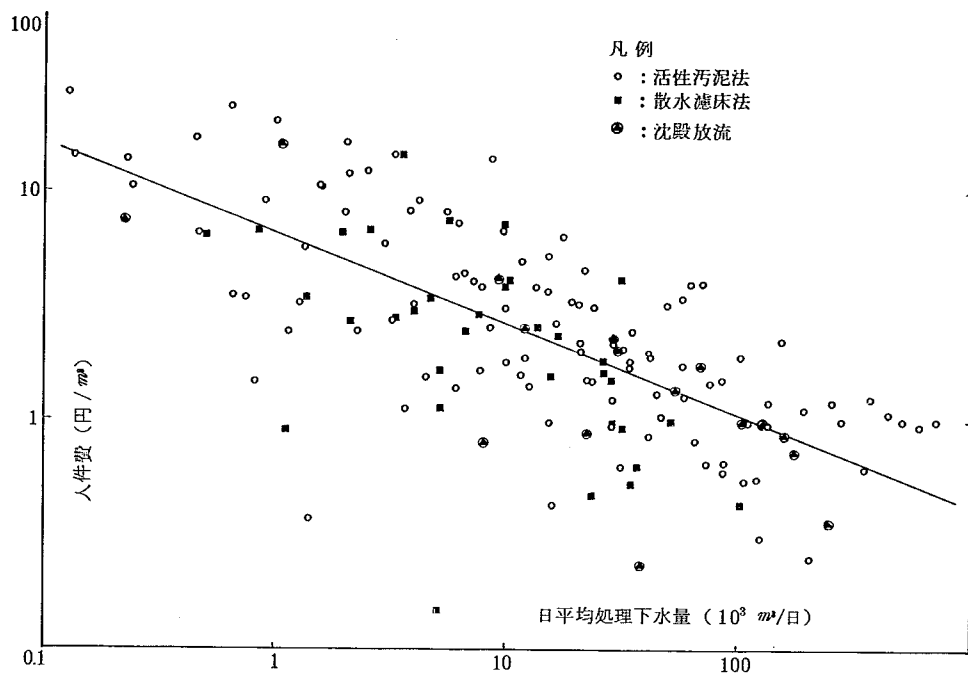


図4・34 下水1 m³処理に要する人件費（全体）

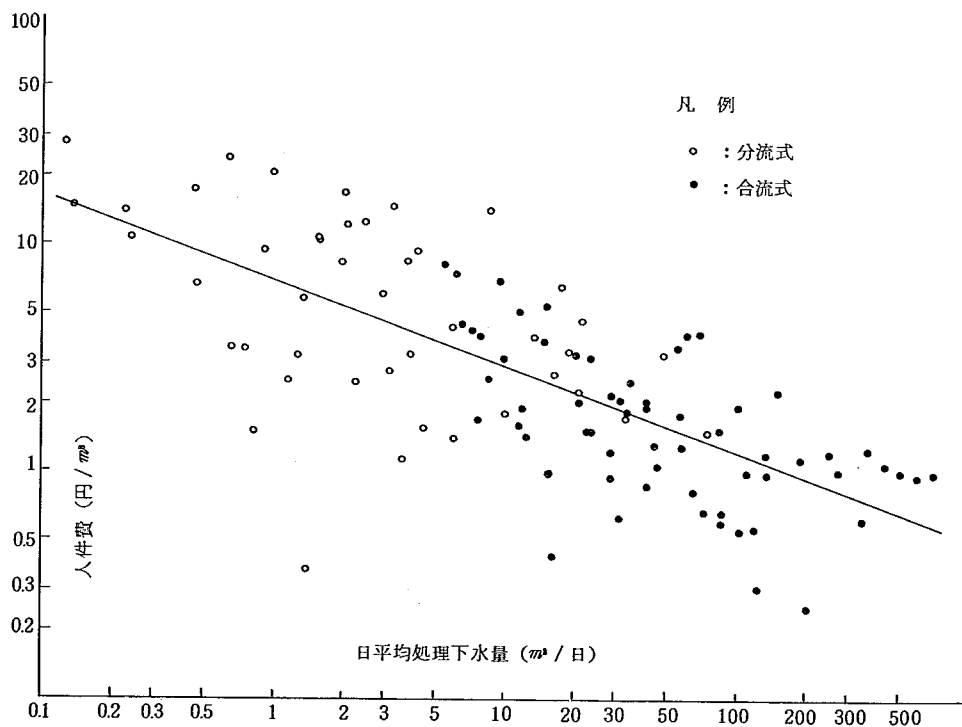


図4・35 下水1 m³処理に要する人件費（活性汚泥法）

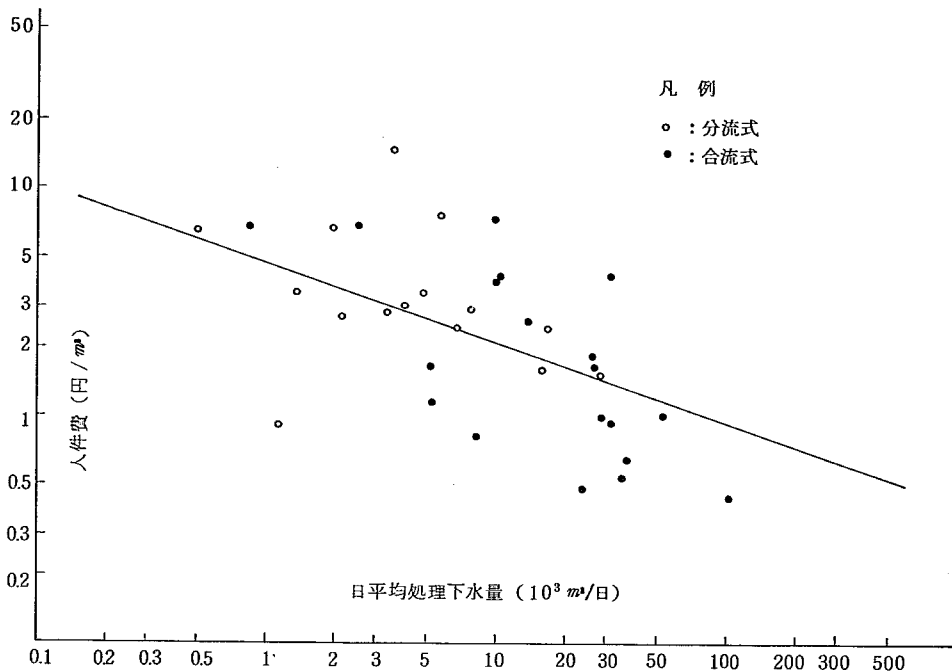


図 4・36 下水 $1 m^3$ 処理に要する人件費 (高速散水沈床法)

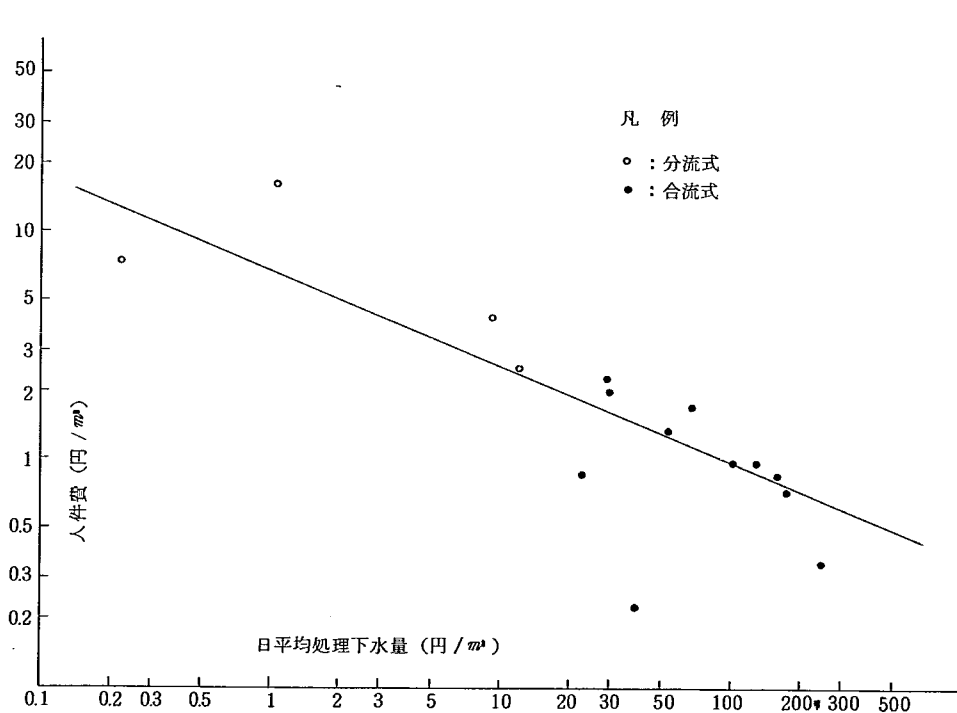


図 4・37 下水 $1 m^3$ 処理に要する人件費 (沈殿処理法)

するにもかかわらず大巾に低減しており、その関係は各処理方式について

活性汚泥法の場合（図 4・35）

$$M\ell_a = 253 \ Q^{0.621} \dots\dots\dots (11)$$

高速散水濾床法の場合（図 4・36）

$$M\ell_t = 168 \ Q^{0.641} \dots\dots\dots (12)$$

沈殿処理法の場合（図 4・37）

$$M\ell_s = 245 \ Q^{0.582} \dots\dots\dots (13)$$

ただし

$M\ell$: 年間総人件費（ 10^6 円）

Q : 日平均処理下水量（ m^3 /日）

で示された。

また各処理方式について比較した場合、活性汚泥法と沈殿処理法はほぼ同じ値を示しており、高速散水濾床法は他の 2 方式に比べてやや低い。これは前述の通りわが国における沈殿処理法の下水処理場は、ほとんどが将来活性汚泥法とする過渡的なものであり、職員の配置も将来を見越したものとなっているためと考えられる²⁰⁾。

なお活性汚泥法の場合、およそ処理下水量 $100,000m^3$ /日近くを境に低減率がやや横ばいとなる傾向が見られるが、大規模処理場の資料が乏しいので、今後流域下水道における下水処理場の資料等を加味して、さらに検討する必要がある。

（2）電 力 費

下水処理場において使用される電力は主として汚水揚水用ポンプ、返送汚泥ポンプ、汚泥引抜きポンプ等のポンプ類およびその補機類、ブロウ本体およびその補機類、汚泥かき寄せ機、汚泥脱水設備等の駆動動力や

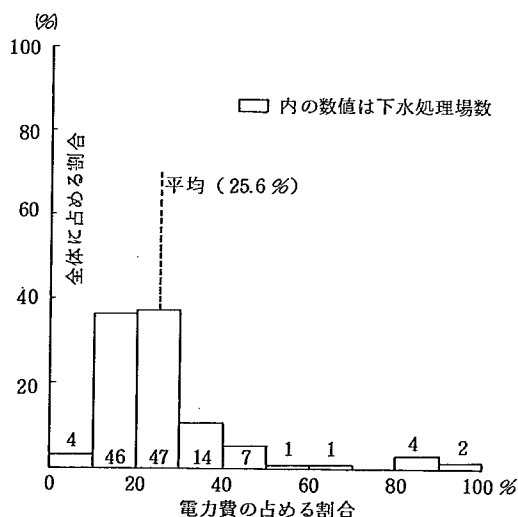


図 4・38 総維持管理費に占める電力費（活性汚泥法）

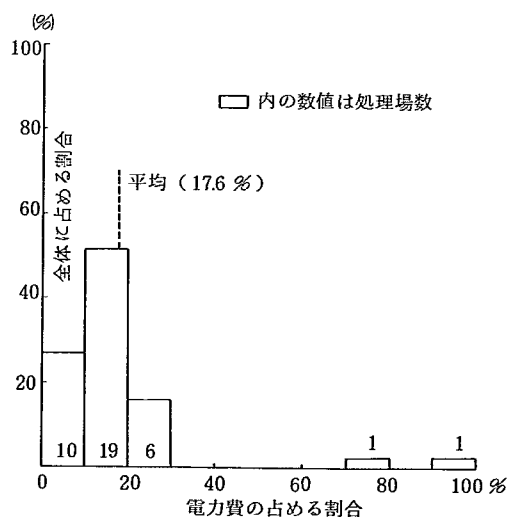


図 4・39 総維持管理費に占める電力費（高速散水濾床法）

場内照明用等として用いられているが、そのうちでも污水ポンプやブロワ等の負荷が高い。

したがって活性汚泥法の場合には一般に他の方法に比較して電力費の占める割合が大きくなっている。図4・38、図4・39、図4・40は活性汚泥法、高速散水濾床法、沈殿処理法における総維持管理費に占める電力費の割合を示したものであるが、沈殿処理法の場合10~20%（平均140%）、高速散水濾床法の場合10~20%（平均17.6%）であるのに対し活性汚泥法の場合は10~30%（平均25.6%）と維持管理中に占める割合は他の2方式に比べおよそ2倍になっている。

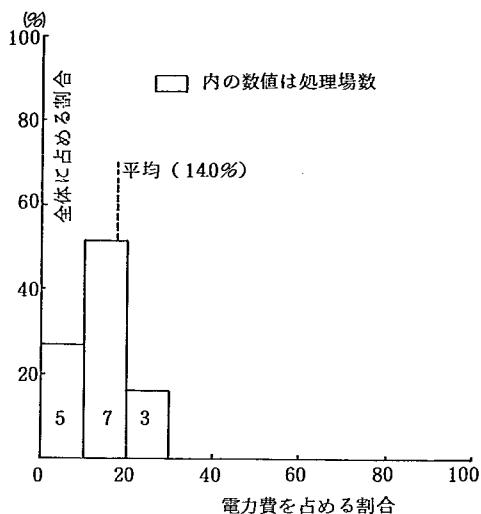


図4・40 総維持管理費に占める電力費（沈殿処理法）

また図4・41は単位水量当りの電力費と日平均処理下水量との関係を処理方式別に示したものであり、上

述のことはこの図からも明らかで、活性汚泥法の場合と高速散水濾床法の場合の差は特に下水処理場規模の小さい場合に大きくなっている。

図4・42、図4・43、図4・44は各処理方式別の内訳を示したものである。これらの関係はおよそ次の

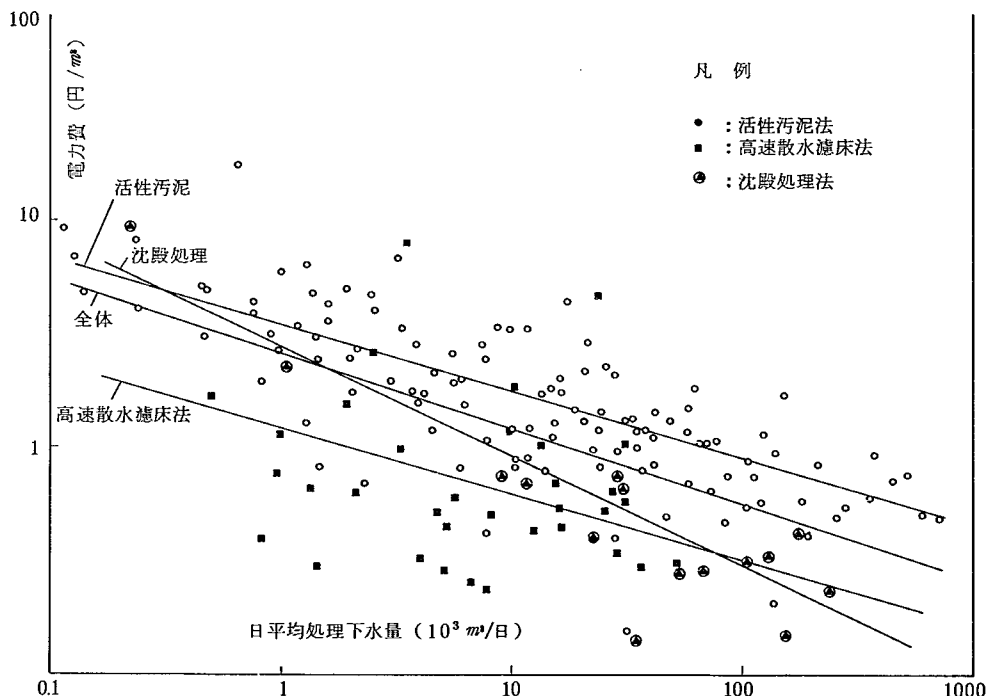


図4・41 下水処理1 m³に要する電力費

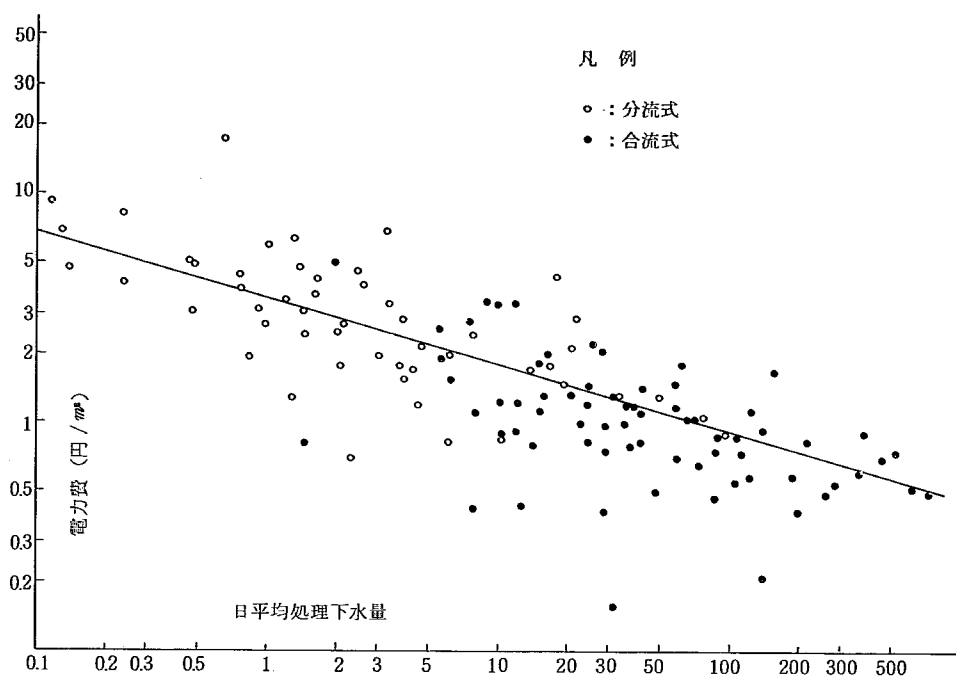


図4・42 下水1 m^3 処理に要する電力費（活性汚泥法）

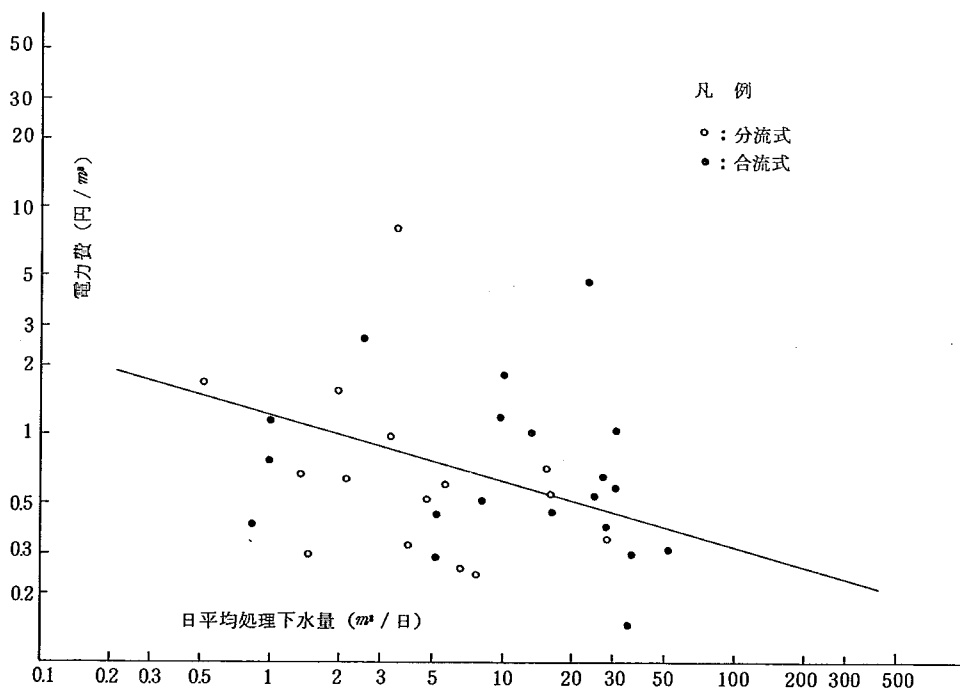


図4・43 下水処理1 m^3 に要する電力費（高速散水滝床法）

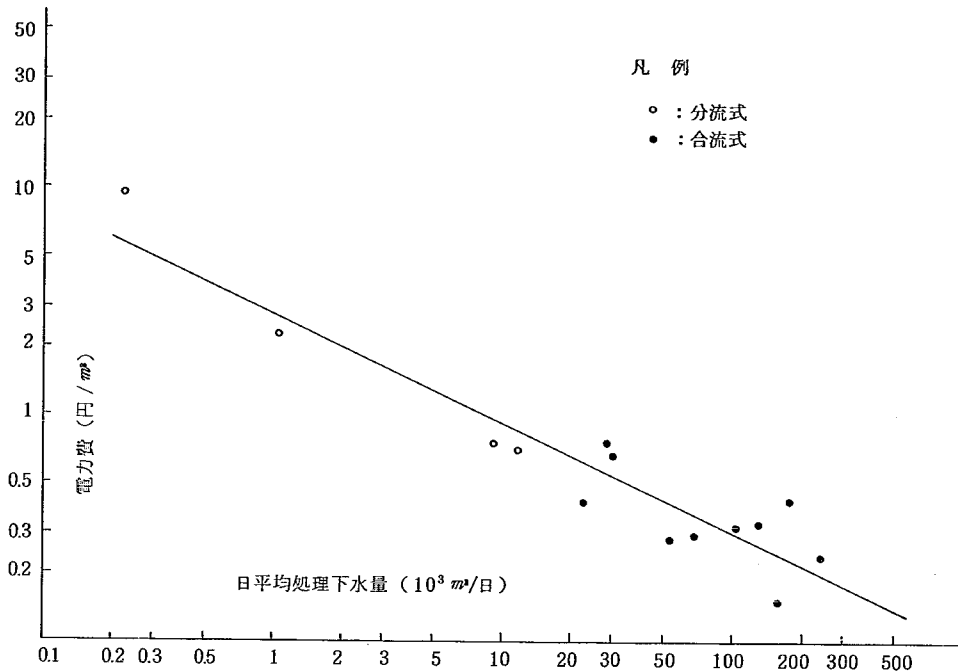


図 4・44 下水処理 1 m³ に要する電力費 (沈殿処理法)

式によって表される。

活性汚泥法の場合

$$Me_a = 126 Q^{0.678} \quad \dots\dots\dots (14)$$

高速散水濾床法の場合

$$Me_t = 0.44 Q^{0.710} \quad \dots\dots\dots (15)$$

沈殿処理法の場合

$$Me_s = 101 Q^{0.520} \quad \dots\dots\dots (16)$$

ただし

Me : 年間総電力費 (10⁸ 円)

Q : 日平均処理水量 (10³ m³/日)

(3) 薬 品 費

下水処理場において使用される薬品は塩素消毒のための塩素ガス (通常は液体塩素) や汚泥脱水用の凝集剤が主なものであるが、このうちでも汚泥処理に要する費用が大半を占めているものと考えられる。

薬品費は表 4・11 に示す通り維持管理費の平均 5.6% 程度のものであり、全体に占める割合は比較的少ないが汚泥処理に限った場合は 20~30% 程度となり比率はかなり高い (表 4・12) *注)。

*注) 下水処理場においては一般に水処理関係、汚泥処理関係を一括して経理しているため、両者を区別することはかなり困難である。特に下水処理場の規模が小さい場合にこのことがいえる。表 4・12、図 4・45 は回答のあった下水処理場についての資料をとりまとめたものであり、必ずしも全国的な数値を示すものではない。

表4-11 維持管理に占める薬品費の割合
(真空濾過機の場合)

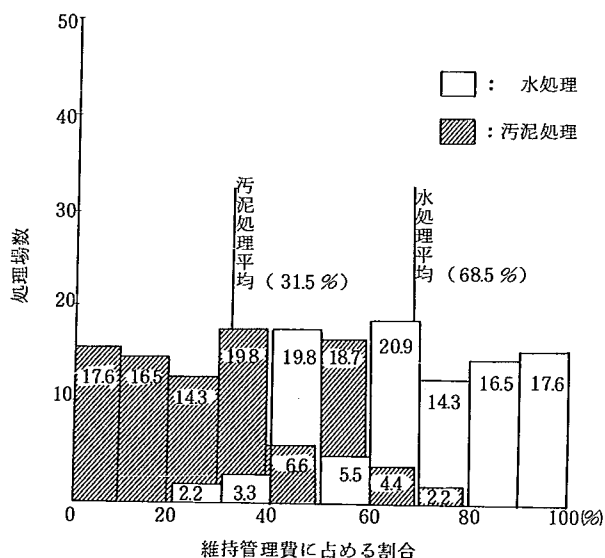
昭和45年度実績

処理水量 千 m^3 /日	都市数	最 小	平 均	最 大
～1	3	0.72%	6.84%	15.32%
1～5	12	0.37	5.79	13.45
5～10	11	0.17	6.58	12.67
10～30	27	0.35	5.95	14.45
30～100	23	0.10	8.39	62.44
100～200	10	2.97	6.27	16.18
200 以上	9	4.07	10.44	17.52

表4-12 汚泥処理費に占める薬品費の割合
(真空濾過機を使用している57都市の例)

昭和45年度実績

処理水量 千 m^3 /日	都市数	最 小	平 均	最 大
～1	1	—%	5.47%	—%
1～5	4	7.50	34.62	6.50
5～10	3	23.60	45.27	59.50
10～30	15	6.10	22.31	47.30
30～100	17	0.20	17.29	49.60
100～200	9	2.50	10.90	19.80
200 以上	8	5.30	24.65	49.10



注1) 汚泥処理費の割合が50%以上占める下水処理場では委託費、補修費、薬品費、燃料費等に関する経費が多い。

2) 水処理費が90%以上の下水処理場は電力費、人件費の分離が不明確であったので、汚泥処理分のものもすべて水処理へ含めた。したがって実際にはこの割合よりも低くなっている。

図4-45 維持管理費に占める水処理費の割合及び汚泥処理費の割合

現在わが国の下水処理場の多くは計画下水水量に達していないため、汚泥の発生量も計画を下廻っている場合が多いと考えられるが、図4・45に示した通り現在でも維持管理費のおよそ3割は汚泥処理のために費やされており、今後汚泥の発生量が増加するにしたがってこの割合は次第に増大するであろう。

現在わが国においては下水処理場の用地難や作業効率の向上の面から、およそ60%以上の下水処理場では機械脱水方式を採用している。機械脱水作業の際に使用される凝集剤は塩化第2鉄と石灰の併用が主であり、わずかであるが硫酸第1鉄と石灰を併用している下水処理場がある。高分子凝集剤はほとんど用いられていない。

これら薬品の使用率は汚泥の性状や最終的に要求される含水率等によっても異なるが表4・13の通り生汚泥の場合塩化第2鉄10~20%、石灰20~30%、消化汚泥の場合塩化第2鉄5~10%、石灰20~30%の例が最も多く、通常いわれている標準的な注入率を上廻っている。

表4-13 汚泥固形物当りの薬品使用量

種 別 注入率 %	個 所 数						
	生 汚 泥		嫌気性消化汚泥			好気性消化汚泥	
	塩化第2鉄	消石灰	塩化第2鉄	硫酸第1鉄	消石灰	塩化第2鉄	消石灰
~5	5	1	6	3	1	0	0
5~10	5	2	17	5	3	0	0
10~20	8	2	13	4	16	2	0
20~30	2	10	4	2	19	2	1
30以上	2	6	3	0	13	0	3

図4・45は下水処理場規模と単位水量当りの薬品費の関係を示したものであり、全体的に

$$Mc = 0.150 Q^{0.747} \quad \dots\dots\dots (17)$$

ただし

Mc : 薬品費 (10⁶円)

Q : 日平均処理下水水量 (10³ m³/日)

に示される関係にある。これを各処理方式別に示したものが図4・46、図4・47、図4・48であり、活性汚泥法、沈殿処理法の場合は他の項目の場合とは異なり処理下水水量に比較的比例する傾向を示している。

これらの関係は

活性汚泥法の場合

$$Mc_a = 0.140 Q^{0.803} \quad \dots\dots\dots (18)$$

高速散水濾床法の場合

$$Mc_t = 0.144 Q^{0.563} \quad \dots\dots\dots (19)$$

沈殿処理法の場合

$$Mc_s = 0.02 Q^{1.141} \quad \dots\dots\dots (20)$$

で示される。

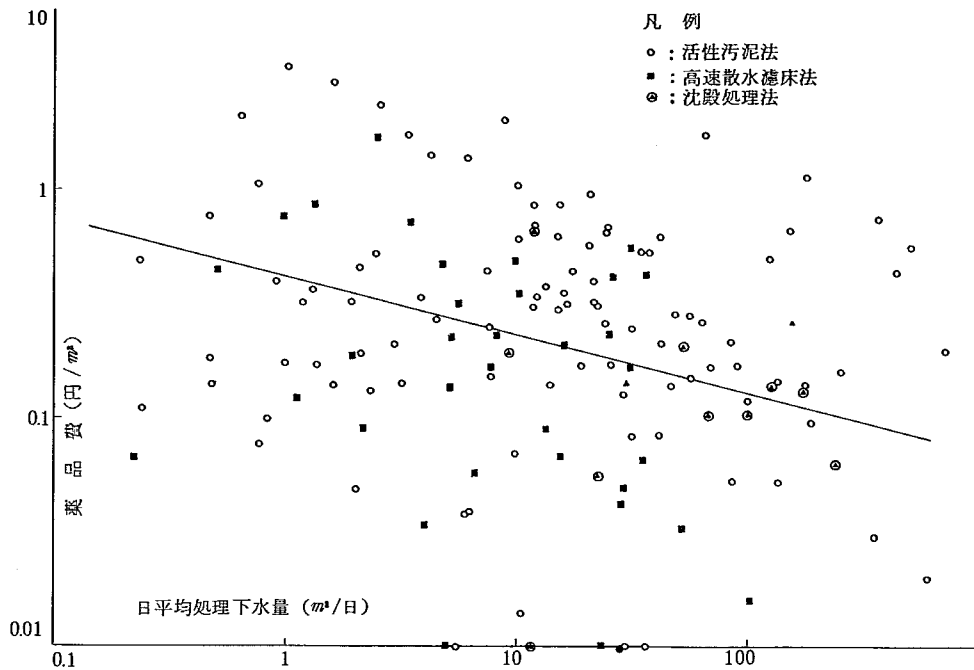


図 4・45 下水処理 1 m^3 に要する薬品費

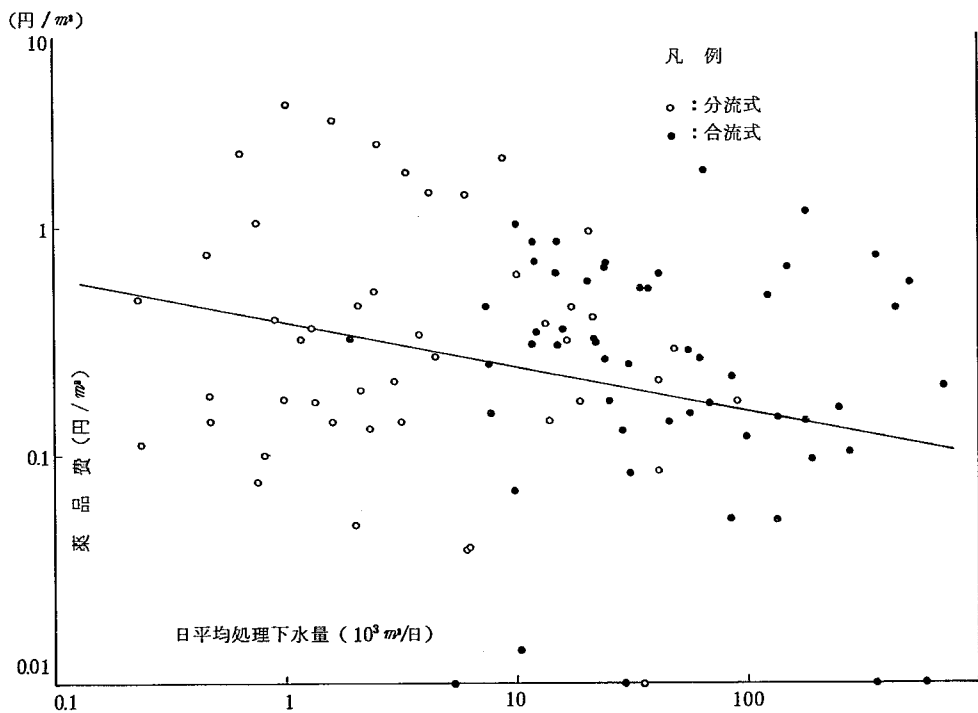


図 4・46 下水処理 1 m^3 に要する薬品費 (活性汚泥法)

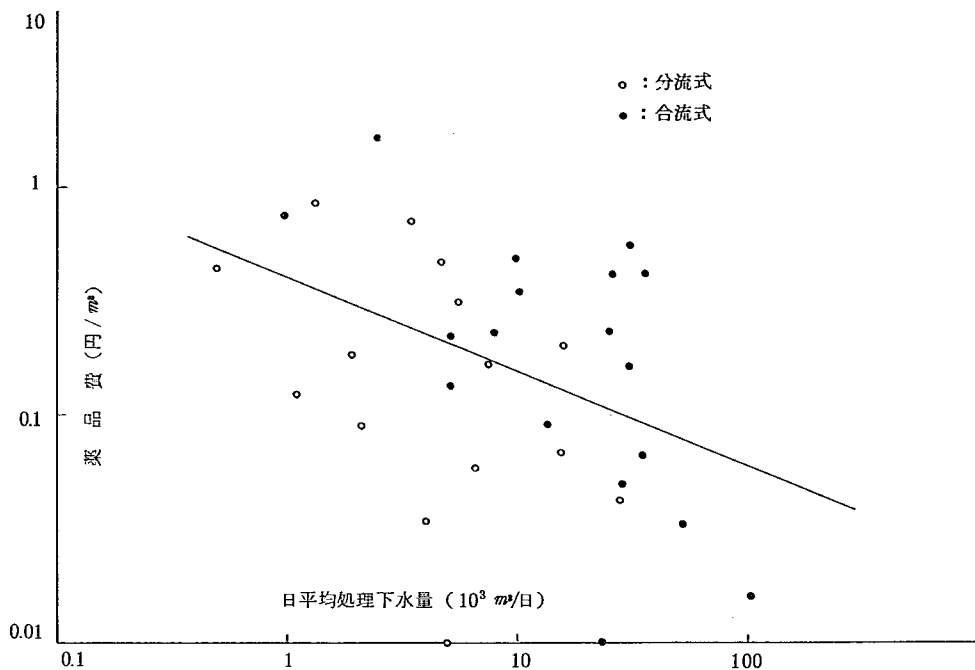


図 4・47 下水処理 $1 m^3$ に要する薬品費 (高速散水濾床法)

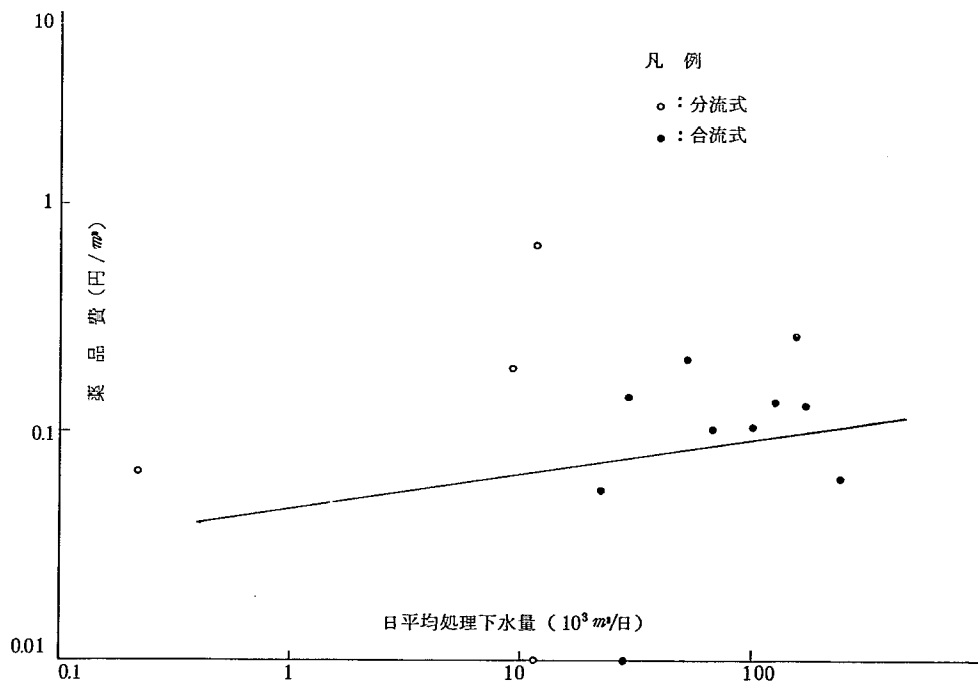


図 4・48 下水処理 $1 m^3$ に要する薬品費 (沈殿処理法)

4.4 まとめおよび考察

(1) 昭和35年以降に建設された下水処理場の各ユニットごとの建設費を調査し、これを総合する形で求めた下水処理場建設費、ならびに昭和45年度実績から求めた維持管理費と下水処理場規模との関係を求めた結果、いずれの費用についても下水処理場規模の拡大に伴う単位水量当りの費用が低減するという、いわゆる scale merit が見られ前回の調査結果が確認された。

(2) 活性汚泥法の場合、この関係はおよそ

$$\begin{aligned} \text{建設費} \quad C &= 55.2 Q^{0.757} && (\text{汚泥焼却炉なし}) \\ C &= 57.7 Q^{0.772} && (\text{汚泥焼却炉を含む}) \\ \text{維持管理費} \quad M &= 52.1 Q^{0.673} \end{aligned}$$

であり、建設費に比べ維持管理費の面での scale merit が大きいことが示された。

この傾向は高速散水濾床法、沈殿処理法の場合についても同様である。

(3) 下水処理場を構成する各ユニットのうちでも沈殿池、エアレーションタンク、散水濾床、汚泥消化槽などの施設において比較的明確な相関が見られた。

(4) 各ユニットの低減率は一般に水処理施設、汚泥処理施設、共通施設の順に大きくなっており、施設の集約化、単一化が下水処理場における scale merit の要因になっており、汚泥処理施設や共通施設の scale merit が下水処理場全体の建設費低下に大きく影響を及ぼしていることが考えられる。

このことは単一の下水処理場においても各ユニットを集約化、単一化することによって、建設費の低下が得られる可能性のあることを示唆するものである。

(5) 既設処理場群の汚泥処理を広域的に行なうことは経済的に優利であると考えられる。

(6) 維持管理費のうち人件費は全体的に占る割合が大きく、かつ scale merit も大きい。したがって維持管理費全体の scale merit に寄与する面が大きいと考えられる。管理部門に従事する職員を考慮した場合は、さらにこの傾向は大きくなるであろう。

(7) 電力費は活性汚泥法の場合は主要項目の一つとなっており、電力の使用を合理化することにより維持管理費全体の軽減をはかれる可能性がある。

参 考 文 献

- 1) 「水質保全からみた下水道施設計画 —— 流域別下水道整備総合計画を中心として ——」第6回土木計画学シンポジウム、土木学会土木計画学研究委員会
- 2) 琵琶湖周辺下水道基本計画策定のための調査報告書、昭和45年3月、建設省
- 3) 矢作川・境川流域下水道基本計画調査報告書、昭和46年3月、建設省
- 4) Schroepfer, G.J., " Economics of Sewage Treatment " Proc. ASCE., 65, 8, 1210, 1939
- 5) C.J. Velz "How Much Should Sewage Treatment Cost ? " Eng. News-Record, Oct., 14, 1948.

- 6) A.N.Diachishin "New Guide to Sewage Plant Costs". Eng.News-Record, Oct., 17, 1957.
- 7) P.P.Rowan, K.L.Jenkins, D.H.Howells "Estimating Sewage Treatment Operation and Maintenance Costs". Jour.WPCF, Fed., 1961.
- 8) J.A.Logan, W.D.Hatfield, G.S.Russell, W.R.Lynn "An Analysis of the Economics of Wastewater Treatment" Jour.WPCF., Sept., 1962.
- 9) C.L.Swanson "Unit Process Operating and Maintenance Costs for Conventional Sewage Treatment Process." Internal FWQA Memorandum, Aug.1.1966.
- 10) "MODERN SEWAGE TREATMENT PLANTS How Much Do They Cost?", Public Health Service Publication No 1229, U.S.Govt.Printing Office(1964).
- 11) R.Smith "Cost of Conventional and Advanced Treatment of Wastewaters", FWQA Publication, July, 1968, および Jour.WPCF Vol.40, No9(1968).
- 12) F.M. ミドルトン, J.J. コンバリー「米国における水質汚濁防止技術」日米下水処理技術委員会セミナー資料, 日本下水道協会
- 13) Michel R.L., Pelmoter, A.L., & Palange R.C., "Operation and Maintenance of Municipal Waste Treatment Plants". WPCF, Vol.41, (1969)
- 14) R.L.Michel "Costs and Manpower for Municipal Wastewater Treatment Plant Operation and Maintenance, 1965-1968". WPCF, Vol42, No11(1970)
- 15) R.Smith, R.G.Eilers "Cost to the Consumer of Collecting and Treating Wastewater in the United States" July, 1970 より引用.
- 16) R.M.Bradley, P.C.G.Issac "The Cost of Sewage Treatment", Water Poll. Control.1969.
- 17) 西堀「中小都市下水道築造事業の経済性の検討(I)(II)」水道協会誌, 昭37, 12 昭和38, 3月号.
- 18) 久保「流域下水道の構想(II)」下水道協会誌 Vol.1, No4(1964)
- 19) "Sewer and Sewage Treatment Plant Construction Cost Index". FWPCA Publication.
- 20) 斎藤「終末処理場職員数の実態と2.3の考察」第9回下水道研究発表会講演集

第5章 下水処理場における栄養塩類の挙動

5.1 調査の目的および方法

最近公共用水域の水質汚濁に伴う現象の一つとして、湖沼における富栄養化や海域での赤潮発生が問題視されるようになった。富栄養化現象は湖沼が老化する一つの過程を示すものであるが、近年の人口集中や大規模な産業の発展に伴う汚水の無秩序な排出により人為的にその進行が早められるようになった結果、今日ではむしろ湖沼が汚濁し、やがて死んだ湖と化す前兆としてとらえられるようになっていいる。

富栄養化は湖沼等に排出された窒素、リンなどの栄養塩類が次第に蓄積し、植物性プランクトンや藻類をはじめ水生植物の繁殖を促進し、やがて水質を悪化していくものであり、わが国でも諏訪湖、琵琶湖の南湖、霞ヶ浦等はすでにこの現象を示している。

このほかにも自然湖のいくつかに富栄養化の徴候が見られているが、今後水資源の開発により人工湖や河口湖が多く築造されるにしたがって富栄養化現象はさらに深刻なものとなろう。

富栄養化現象やその原因となる栄養塩類の発生源については欧米諸国において広く調査研究されてきたが、その報告の多くが下水道を主要な栄養塩類の発生源の一つとして指摘している¹⁾。

一方下水道においては汚濁物質の量はもっぱらBOD、COD、SSなどによって示されており、その一成分としての窒素、リン等の濃度や下水処理場における除去の程度については十分研究がなされていない。

このため土木研究所は全国主要下水処理場における現地調査を中心にこの問題を追求するとともに、下水の二次処理水中に残留している栄養塩類の除去法、いわゆる三次処理に関する調査研究を現地におけるパイロットプラント調査と室内実験により実施してきており、これまでに得られた成果はそれぞれ報告してきた²⁾³⁾⁴⁾。

今回の調査は全国各地の下水処理場における栄養塩類の流入負荷量とその時間的な変動、各処理施設における除去率、BOD・SSの除去率との関係、リンの濃度と密接な関係にあるABSの挙動等について、これら特定の下水処理場における値と対比させることにより明らかにし、わが国の下水処理場における栄養塩類の挙動の実態を把握することを目的として実施したものである。

調査は昭和46年度において実質的な運転を行なっている下水処理場を対象とし夏、冬1回合計2回行なうことを原則とした。その結果夏期調査分173資料、冬期調査分174資料の回答が得られた。なお調査にあたっては次の注意事項をあらかじめ示した。

- i) 量水、採水などの作業は午前9時より開始し、翌朝の午前8時の作業をもって終了させるものとする。
- ii) 水量、汚泥量などの測定は量水装置を用いて行なうことを原則とするが、量水装置が無い場合には、考えられる最も精度の高い方法を用いて計量する。
- iii) 水質の分析に使用する試料の採取は1〜3時間の定間隔（ただし最初の採水時刻は午前9時とする）で行なう。試料の採水深さは全水深の1/2とし、適当な採水器を使用して行なうことを原則とする。採水器を有しない場合には試料びんに適当な「重り」と綱をつけて、全水深の1/2での採水が行なえるよう工夫すること。

Ⅳ) 処理系列が複数ある場合には、各系列の採水試料を混合するなどして、処理場全体の平均的な水質が得られるように配慮すること。

Ⅴ) エアレーション内および返送汚泥の浮遊物質濃度、有機性浮遊物質濃度の測定は、1~4時間の定間隔で行なう。エアレーションタンクでの採水は疏入口より全長の約2/3のところで行なう。

Ⅵ) 各水質項目の分析方法は「下水試験方法」に準拠した方法を採用すること。ただし、第1次処理流入水質、第1次処理水質および第2次処理水質の項の浮遊物の分析は「濾紙法」で行なうこと。また返送汚泥中の30分間沈殿物は活性汚泥の膨加の程度を知るため実施するものであり、方法はエアレーションタンク内浮遊物の場合と同様1ℓのメスリンダーを用いて行なうものとする。

Ⅶ) 流入下水、および処理水については、総窒素^{*}（ケルダール法）、総リン酸（ PO_4^{3-} ）^{*}、ABS、総硬度の分析を行なう。

分析能力の都合で全検体を分析できない場合は、試料を混合して分析を行なってよい。この場合は各採水時の試料を順次流量に比例させて混合し、分析可能な検体数を作成するものとする。

参考として調査票を付表5.1~5.3に示した。

5.2 これまでの調査研究の概要

下水中の窒素、リンの濃度は地域的にも、また時間的にも変化のあるものである。OECDの研究協力委員会の依頼によりR. A. Vollenweidenが作成した報告書¹⁾には欧米各地における下水道からの栄養塩が示されている。たとえば下水から計算された1人当りの原単位数は表5・1であり、リンについては0.65~4.8、平均2.18g/人/日、窒素については5.1~15.3、平均10.8g/人/日であるとしている。

このうち窒素負荷は、リンの値に比較すると生理学的な面から理論的に求めた値とよい相関を示しており、平均的には理論値よりやや少な目である。

このことは家庭下水が排他物以外の発生源からの窒素をほとんど含んでいないことを示している。

一方リンについては合成洗剤の普及とともに、これらに添加されたビルダー^{*}中に含まれているリンに基因するものの量が増大し、人間の排泄物に起因する負荷よりも一般に高く、場合によっては2~3倍にも達している。したがって表5・1中における値についても調査年度の古いものの値は今日では採用することはできない。と同時にリンの濃度は窒素の場合とは異なり今後生活様式の向上に伴ない次第に増加していくことも十分考えられ、経年的な変化に対する調査が必要である。

わが国では土木研究所が前回の全国下水処理場実態調査の結果より求めたBOD、SSの原単位数と名古屋市西山処理場における3月、8月2回の実測値におけるBOD、SSと窒素、リンの成分比を用いて求めた窒素、リンの原単位数はそれぞれ7.0g/人/日、1.1g/人/日であり、平均的な濃度は窒素27mg/ℓであった²⁾。

* 窒素はケルダール法により分析測定したので、硝酸および亜硝酸性の窒素は含まれていない。

** リンは「下水試験方法」リン酸イオン備考3による前処理を行なうものとし、前処理を行わずに正リン酸イオンのみを測定したものは資料から除外した。表示はすべてリン酸イオン（ PO_4^{3-} ）で示してある。

*** ビルダー：無機性あるいは金属性の汚水に対する強力な金属イオン封鎖作用により表面活性剤の働きを助るものである。一般にポリリン酸塩やカルボキシメチルセルロースナトリウム塩（CMC）が用いられている。

表5・1 処理および未処理下水の1人当り窒素およびリン自荷量¹⁾

P g/人・日	N g/人・日	種 別	研 究 者 名
0.65-1.5	—	アメリカの未処理下水	Rudolfs. 1947
1.5	7.4	Madison, Wisc 生物処理	Sawyer. 1947
1.5 -3.7 (2.3)	—	Minesota 未処理下水	Owen. 1953
1.8 -4.8	—	Illinois 散布法, 活性汚泥法	Engelbrecht & Morgan, 1959
4.4	10.3	Wisconsin, Madison 散水法	Mackenthun, Ingram & Porges, 1964
1.4	5.1	Wisconsin, 安定池	Mackenthun & McNabb, 1961
0.9	8		Husmann, 1950
2.0	12		Johansson & Cronholm, 1953
2.4 -2.9	10		Skulte, 1953
1.5	12		Jansa, 1955
2.3	13	Th. Ahl. 1963による	Imhoff, 1958
—	13.9		Painter & Viney, 1959
1.65	—		Klotter & Neussel, 1959
—	8-15.3		Popp, 1961
3.0	12	スイスの Lindth の研究	Marki, 1961

平均値および範囲

P: 2.18 (0.65-4.8); N: 10.8 (5.1-15.3); N/P=4.95

表5・2 家庭下水の汚濁負荷量⁵⁾

府県名	項 目	し 尿	雑 用 水	合 計	
				平 均	範 囲
神 奈 川 県	BOD (g/人・日)	7.28	32.28	39.56	31.26~59.38
	%	(18.4)	(81.6)		
	SS (g/人・日)	—	26.32	24.77	17.07~31.99
	%				
大 阪 府	総 窒 素 (g/人・日)	9.04	2.71	11.75	8.65~20.36
	%	(7.69)	(2.31)		
	リン酸イオン (g/人・日)	0.554	0.883	1.427	0.855~2.062
	%	(3.81)	(6.19)		
平 均	BOD (g/人・日)	18.81	28.72	47.53	38.36~57.61
	%	(39.6)	(60.4)		
	SS (g/人・日)	4.52	25.54	30.06	24.12~46.47
	%	(15.0)	(85.0)		
大 阪 府	総 窒 素 (g/人・日)	8.75	2.21	10.96	9.05~13.04
	%	(7.98)	(2.02)		
	リン酸イオン (g/人・日)	2.072	1.072	3.144	2.074~4.043
	%	(6.59)	(3.41)		
平 均	BOD (g/人・日)	13.04	30.51	43.55	—
	%	(29.9)	(70.1)		
	SS (g/人・日)	1.49	25.93	27.42	—
	%	(5.44)	(94.6)		
大 阪 府	総 窒 素 (g/人・日)	8.90	2.46	11.36	—
	%	(7.83)	(21.7)		
	リン酸イオン (g/人・日)	1.308	0.978	2.286	—
	%	(5.72)	(4.28)		

また建設省下水道部が神奈川県下、大阪府下にある団地において調査した結果は表5・2の通りであり、窒素11.4g/人/日、リン酸イオン2.3g/人/日であった⁵⁾。リン酸イオンをリンに換算するとほぼ0.77g/人/日となる。

浮田らし尿消化槽からの脱離液が流入する下水処理場において、この点を考慮して求めた値は窒素13.9g/人/日、リン1.74g/人/日であった⁶⁾。

合成洗剤とリンとの関係については杉木らが分析結果から合成洗剤中のリンの割合は6%であり、年間消費量からみて0.9g/人/日が洗剤によるリンの寄与であるとしている⁷⁾。またこの場合ABSとリンの比は3:1であった。

稲場らはわが国における合成洗剤の使用量から洗剤によるリンの負荷量を求め、昭和43年には0.57g/人/日としており、昭和45年にはこれが0.62g/人/日となるとしている⁸⁾。

小堀らは団地の下水処理場の水質を分析した結果平均的に窒素186mg/ℓ、リン86mg/ℓであり、杉木らの比率を用いて合成洗剤によるリンの寄与を求め45mg/ℓ(52%)であるとしている^{3), 9)}。

欧米諸国の実態についてはOECDの報告¹⁾に詳しく報告されている。

またわが国特有の条件として尿の下水道への直接投入、または尿消化槽からの脱離液の下水処理場への注入ということがある。これらは見かけ上窒素、リンの原単位量を大きくすることになるが、し尿処理の実態が正確に把握することが困難であり、また各下水処理場において処理の状況がまちまちであったため現在までのところ両者の関係は明らかにされていない。

窒素やリンが下水処理場において除去される機構は他の汚濁物質の場合とほぼ同様であり、最初沈殿池において浮遊性のものがSSの除去に伴って、またエアレーションタンクにおいては活性汚泥生物体への同化と活性汚泥への吸着という二つの作用によって行なわれるものと考えられている。

わが国の下水処理場における窒素、リンの除去の実態に関する調査結果については報告書(Ⅱ)²⁾、報告書(Ⅲ)³⁾に詳細に報告した。表5・3はその結果を総括したものであるがそのうち最初沈殿池における除去率は窒素については岩塚、野田の処理場において30~56%の除去率が得られているが、他の下水処理場ではほとんど除去されていない。リンについては8~75%の範囲で得られているが、一般には最初沈殿池におけるBOD除去率10~30%より幾分低目の値を示すのではないかと推定した。

エアレーションタンクにおける窒素、リンの除去率については活性汚泥生物に生化学的にとり込まれる窒素、リンの量をBODの除去率との関係から求め理論的な除去率を求めると窒素15%、リン12%程度であるが表5・3の値はこれらよりもかなり高い値を示している。このことはエアレーションタンクにおける窒素、リンの除去が生物の活動によるものよりも吸着といった物理的な現象に支配されていることを意味する。したがって一たん活性汚泥に吸着され処理水と分離された栄養塩類は返送汚泥として再びエアレーションタンクへ戻ることになるから、これら「除去」された栄養塩類の多くは実際上はエアレーションタンクと最終沈殿池を循環していることになる³⁾。

同様のことは最初沈殿池において汚泥として除去された部分についてもいえることであり、かなりの部分は脱離液に含まれて、ふたたび水処理過程へ戻ってくることが考えられる。

このような栄養塩類の下水処理場内での収支についてはわが国ではほとんど調査されておらず、定性的な

表 5・3 各処理場における流入流出水質と除去率³⁾

処理場名 (処理方式)		調 査 日	水質 項目	1 次 処 理					2 次 処 理				全除去率 %
				流 入 水		流 出 水		除去率 %	流 出 水		除去率 %		
				範 囲	平均	範 囲	平均		範 囲	平均			
名 城 標準活性 汚 泥 法	46年 3.2~3	BOD	8~ 126	75	10~103	66	12	6.8~ 13.0	9.98	85	87		
		SS	60~ 208	147	20~106	61	58	4~ 32	14	77	91		
		T-N	5.5~ 28.7	17.2	4.2~24.7	16.2	6	11.8~ 17.9	14.5	10	16		
		T-P	0.20~ 32.1	1.30	0.34~24.7	14.5	—	0.34~ 1.94	1.19	18	8		
岩 塚	46年 3.9~10	BOD	170~ 740	437	73~146	107	75	4.3~ 8.3	6.0	94	99		
		SS	336~2088	1047	70~262	137	87	4~ 34	16	88	98		
		T-N	40.4~ 96.2	68.4	17.2~38.1	29.9	56	11.2~ 19.4	15.4	48	77		
		T-P	2.67~ 6.01	3.87	2.35~5.98	4.37	—	0.1~ 2.34	1.42	68	73		
伝馬町	標準	45年	BOD	38~ 80	62	35~100	59	5	2.40~ 16.0	9.2	84	85	
			SS	88~ 326	162	58~118	85	48	1.4~ 28.0	19.0	60	88	
			T-N	—		14.1~29.9	19.3	—	1.15~ 2.22	16.0	17	17	
			T-P	—		2.71~5.80	3.98	—	1.18~ 4.29	2.20	45	45	
	ステップ	8.11~ 12	BOD	同 上					5.10~ 22.0	12.3	79	80	
			SS						6~ 30	15	69	91	
			T-N						12.3~ 22.5	16.6	14	14	
			T-P						1.46~ 1.99	1.76	56	56	
下之一色	45年 7.28~29	BOD	33~ 132	71				3.2~ 7.5	6.2	91	91		
		SS	48~ 276	115				6~ 28	15	87	87		
		T-N	13.0~ 19.2	15.2				4.6~ 7.7	6.1	60	60		
		T-P	3.2~ 8.4	5.8				5.7~ 8.6	6.8	—	—		
多聞第1	45年 8.5~6	BOD	—	—				4.8~17.80	31.7	—	—		
		SS	56~ 468	158.5				3.0~35.00	46.6	70.6	70.6		
		T-N	25.7~ 55.1	33.1				2.14~ 3.12	27.2	188	188		
		T-P	0.98~ 1.30	1.13				0.80~ 2.20	1.39	—	—		
"	45年 12.1~2	BOD	79~ 363	205				2.4~ 40.4	7.89	62	62		
		SS	53~ 408	146				2.8~13.90	22.6	—	—		
		T-N	34.8~ 92.2	52.4				1.42~ 44.1	21.5	59	59		
		T-P	1.90~ 1.18	4.28				1.70~ 2.90	2.44	43	43		
多聞第2	45年 7.28~29	BOD	—	—				13.6~ 26.3	17.2	—	—		
		SS	38~ 334	116.9				18.0~ 33.5	25.4	78.3	78.3		
		T-N	18.0~ 53.7	31.9				19.7~ 23.7	21.7	32.0	32.0		
		T-P	0.92~ 2.42	1.42				1.58~ 1.72	1.64	—	—		
"	46年 12.8~9	BOD	76~ 334	184				11.3~ 35.0	47.3	74	74		
		SS	48~ 404	128				17.6~ 72.0	20.4	7	7		
		T-N	36.7~104.0	53.0				12.9~ 20.2	17.4	67	67		
		T-P	8.00~ 20.0	12.1				9.0~ 15.0	10.9	10	10		
野 田	45年 2.24~25	BOD	46~ 372	232	55.5~38.6	17.9	23	5.9~ 11.5	8.7	95	96		
		SS	113~ 320	175	52~17.7	9.7	55	5~ 19	11.9	88	93		
		T-N	17.9~ 45.6	33.3	16.3~18.7	23.0	32	12.6~ 17.9	14.7	35	56		
		T-P	3.8~ 13.8	8.7	0.6~ 5.5	2.1	76	0.11~ 0.18	0.16	91	98		
"	45年 8.4~5	BOD	16.3~ 29.9	22.9	11.1~19.6	16.0	30	12.9~ 24.9	19.9	88	91		
		SS	6.4~ 19.9	11.0	28~ 8.7	5.6	49	11.6~ 24.8	18.9	66	83		
		T-N	13.0~ 28.7	18.7	9.5~15.5	12.2	35	11.5~ 17.5	14.8	—	21		
		T-P	3.9~ 11.7	6.9	1.4~ 7.3	3.2	54	0.43~ 4.45	2.34	27	66		

傾向が知られているにすぎない。いずれにしても下水処理場においてはこれら栄養塩類の除去率はかなり大巾に変動しており、二次処理の過程で「確実」にこれらのすべてを取除くことが困難であることを示している。

5.3 調 査 の 結 果

5.3.1 下水処理場への流入水質の現状

各地下水処理場から報告された夏期、冬期の資料に基づき、わが国の下水処理場へ流入する下水の水質とその変動の状況を付表5・1に示した。また1日当り流入負荷量を流入下水量で除した形で求めた日間平均値を同時に示した。

これによれば夏期は概して冬期に比べ水使用量が増加し、このため夏期の各水質項目の濃度は冬期よりも低い値を示している。また多くの下水処理場では日間の濃度変化は大きい、平均値は濃度の高い方へ偏っており、夜間などに短時間濃度の低い下水が流入するものの、日間平均値には大きく影響を及ぼしていないことがわかる。

表5-4 流入下水の平均BOD濃度

濃度 mg/ℓ 処理場数	夏		冬		備 考
		%		%	
50以下	9	7	1	1	
50— 80	27	21	11	8	
80—100	18	14	15	11	
100—120	16	12	15	11	
120—150	23	18	21	15	
150—180	18	14	27	20	
180—200	3	2	16	12	
200—220	4	3	5	4	
220—250	1	1	11	8	
250—300	7	5	6	4	
300以上	5	4	8	6	
計	131	100	136	100	

表5-5 流入下水の平均SS濃度

濃度 mg/ℓ 処理場数	夏		冬		備 考
		%		%	
50以下	5	4	3	2	
50— 80	26	19	13	9	
80—100	17	12	14	10	
100—120	13	9	13	9	
120—150	20	15	25	18	
150—180	16	12	12	9	
180—200	6	4	10	7	
200—220	5	4	8	6	
220—250	8	6	12	9	
250—300	7	5	12	9	
300以上	14	10	19	13	
計	137	100	141	100	

表 5-6 流入下水の平均窒素濃度

濃度 mg/ℓ	処理場数	夏		冬		備 考
			%		%	
5以下		6	5	5	4	
5-10		9	8	6	5	
10-15		16	14	16	13	
15-20		25	22	16	13	
20-25		18	16	22	18	
25-30		17	15	17	14	
30-35		11	9	10	8	
35-40		6	5	8	6	
40-50		4	3	14	11	
50以上		4	3	11	9	
計		116	100	125	100	

表 5-7 流入下水の平均リン酸イオン濃度

濃度 mg/ℓ	処理場数	夏		冬		備 考
			%		%	
0.1-0.5		3	3	0	0	
0.5-1.0		8	8	4	4	
1.0-5.0		38	38	30	30	
5.0-10		34	34	33	33	
10-15		10	10	16	16	
15-20		2	2	7	7	
20-25		3	3	5	5	
25-30		0	0	5	5	
30以上		2	2	9	9	
計		100	100	100	100	

各水質項目の平均値を水質濃度別に分けてみると表 5.4 表 5.5 表 5.6 表 5.7 の通りとなった。各濃度区分に属する下水処理場数と下水処理場の特性を検討した結果、わが国の下水処理場への流入下水水質は大別して三つのグループに区別された。

1) 第 1 のグループは下水処理場の運転を開始して間もないか、または地方都市で工場、事業場等が少なく、かつ水洗便所等の普及も低いと考えられる下水処理場であり、その大部分が合流式であることから上流側で在来の水路等から河川水が流入していることも考えられる。これらの下水処理場では BOD100mg/ℓ 以下（平均的にみて 50-80mg/ℓ）、SS100mg/ℓ 以下（平均的にみて 50-80mg/ℓ）、窒素 15mg/ℓ 以下、リン酸イオン 10mg/ℓ 以下である。

2) 第 2 のグループはわが国の下水処理場の多くが示している値であり、BOD100-200mg/ℓ の範囲にあり、そのうちでも夏期 120-150mg/ℓ、冬期 150-180mg/ℓ を示すものが多い。また SS については 120-180mg/ℓ の範囲である。窒素やリン酸塩については前者程明確な範囲は見出せないが、およそ 15-30 mg/ℓ および 1.0-10.0mg/ℓ であり、平均的にみて窒素 20-25mg/ℓ、リン酸イオン 5.0mg/ℓ 前後である。

3) 平均流入水濃度が高い下水処理場には、二種類の異なったものが含まれている。その一つは処理を開始して間もない住宅団地用の下水処理場であり、当然分流水になっている。他のものは比較的規模の大きい

下水処理場であるが、この場合は工場排水の流入のほか汚泥系統からの負荷が加わっていることが考えられる。

これらのことから、わが国における流入下水水質の標準的な値としては

BOD	150mg/ℓ
SS	150mg/ℓ
窒素	25mg/ℓ
リン酸イオン	8mg/ℓ（リンとしておよそ2.7mg/ℓ）

程度と考えられる。この値は前回の調査結果¹⁰⁾である全国平均値150mg/ℓ、SS160mg/ℓとほぼ一致している。多くの下水処理場では設計にあたってBOD、SSを200mg/ℓと想定しているが、これは余裕を持った値となりうる。

今後流入下水の水質は変化していくことが考えられる。まず排水区域内の定住人口の増加や流入人口の増加に伴ない住民の生活様式が多様化するにしたがって流入負荷量は増大する。また食生活の向上等によっても変化してくるであろう。反面汚濁物質の増大を余り伴なわぬ水需要、たとえば冷房用水、洗車・洗滌用水等の増加も考えられるので、上記のことが必ずしも流入水質の濃度を高める因子となっているとはいえない。大都市の下水処理場の多くがBOD150～180mg/ℓ程度の値を示し、必ずしも高い値となっていないことはその一つの現れであろう。

工場排水やし尿処理系統からの流入水、し尿のマンホール投入等は濃度を高める因子として作用するが、前者は今後の除害施設制度や水質使用料制度の徹底により、また後者は下水道の普及により、共に下水水質の濃度へ及ぼす影響は少なくなると考えてよい。しかしながら発生汚泥量の増加に伴ない汚泥処理系統からの戻水の増加を考慮しなければならない。

また今後想定されるものとしてデイスポージャーなどの廚芥処理に起因する負荷量の増大に伴ない水質の変化がある。東京都は主として米国における実例やわが国における室内実験の結果からデイスポージャーによる負荷量の増加はBOD、SSともに現在の100%と結論している¹⁾。デイスポージャーはその機能上、使用中は一定量の水を流し続けなければならないので、このことが直ちに流入水質の倍増をもたらすとはいえないが、下水、汚泥の性格にかなりの影響を及ぼすことは否定できない。

5.3.2 流入負荷量の時間的変化

流入負荷量が時間的に変動することは、よく知られた事実である。この状況を比較的採水頻度の多かった下水処理場について示したものが図5.1～図5.6である。

このうち図5.1～図5.3は小規模処理場（住宅団地）の例であり、図5.4～図5.6は一般の下水処理場の例である。流入負荷量は1日2回ピークが現われ、小規模な下水処理場ほどこの傾向は顕著である。処理場規模が大きな場合は夕方のピークは余り大きくなく、むしろ朝に1回ピークが生ずると見なした方がよい。

流入負荷量がピークとなる時間は下水処理場により異なるが、小規模な下水処理場では8～10時と18～20時附近であり、一般の下水処理場ではこの時間より遅れて出現する。これは明らかに排水区域の規模の増大にしたがって、家庭における排出負荷の最大量発生時間と、下水処理場到達までの時間が最くな

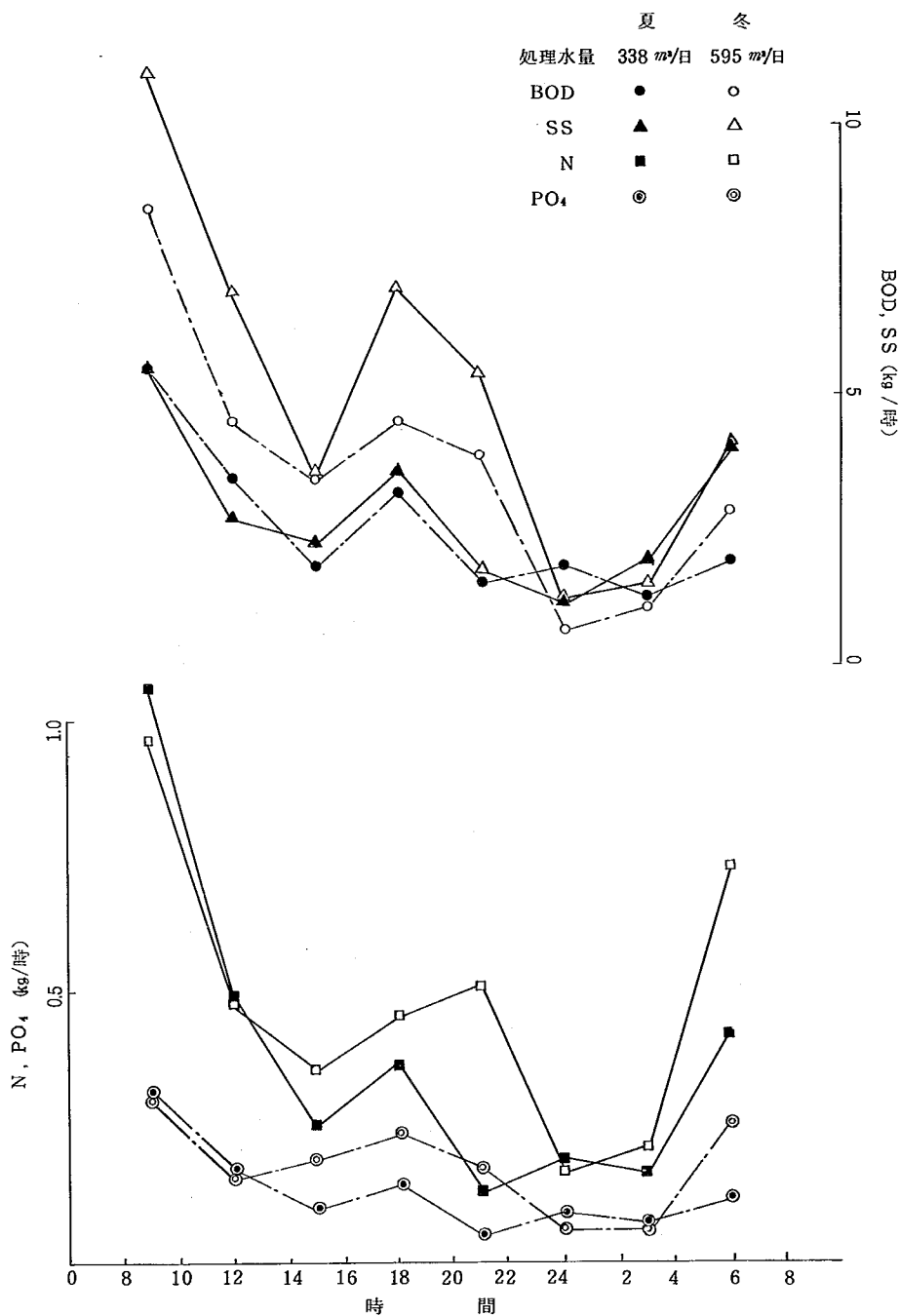


図 5.1 千葉市小倉処理場

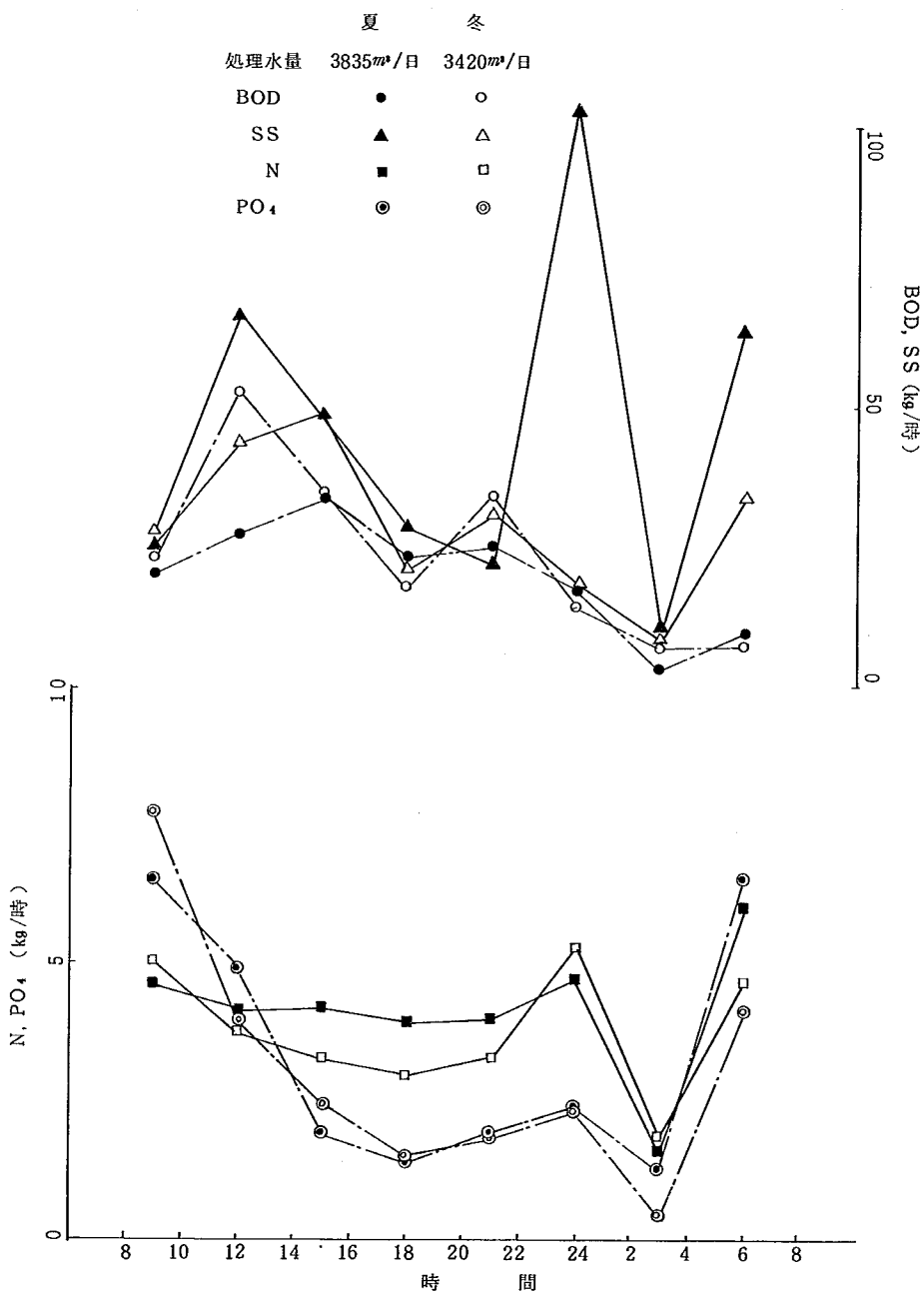


图 5.2 我孫子市湖北台处理場

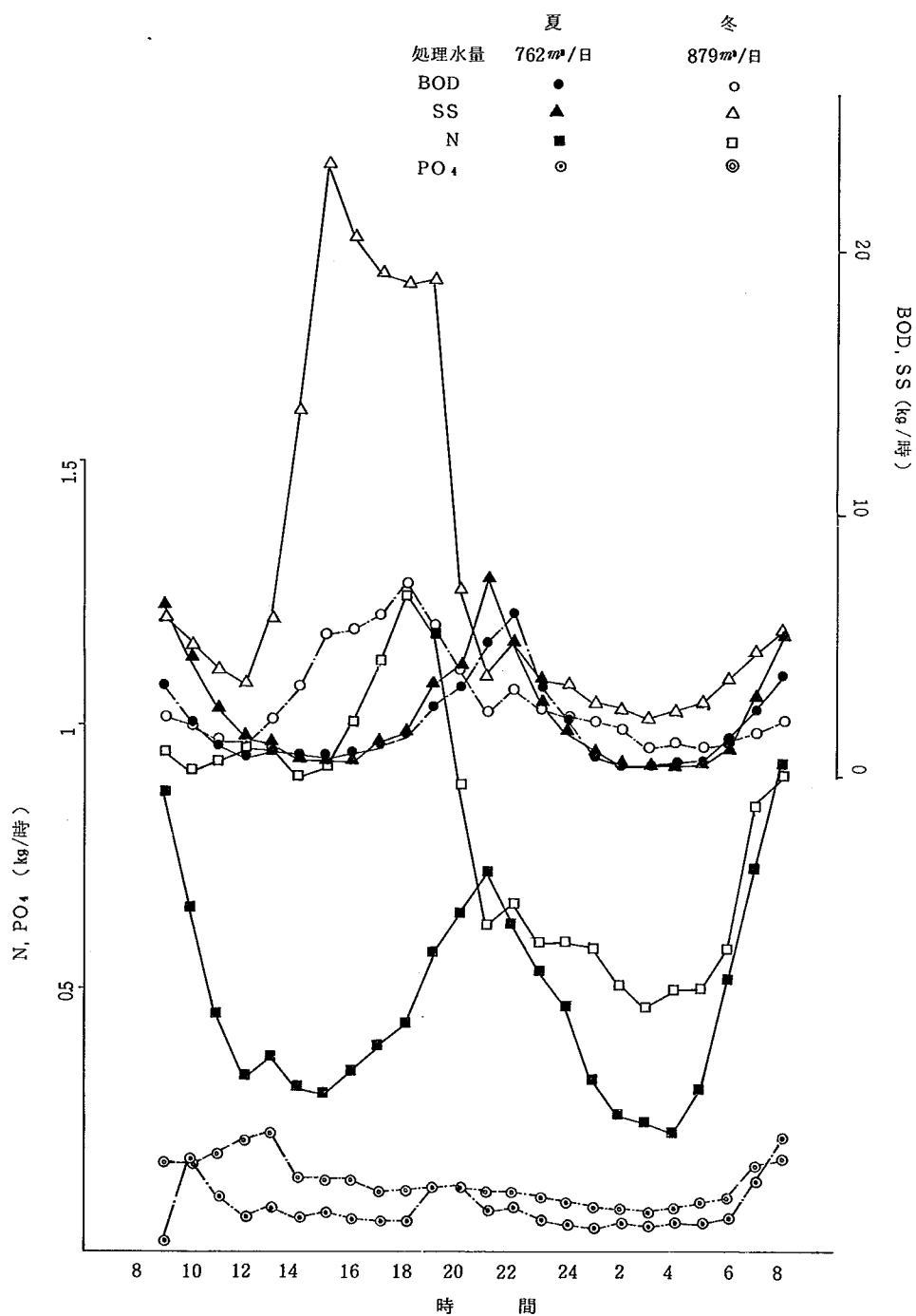


図 5.3 宗像町自由ヶ丘第 1 処理場

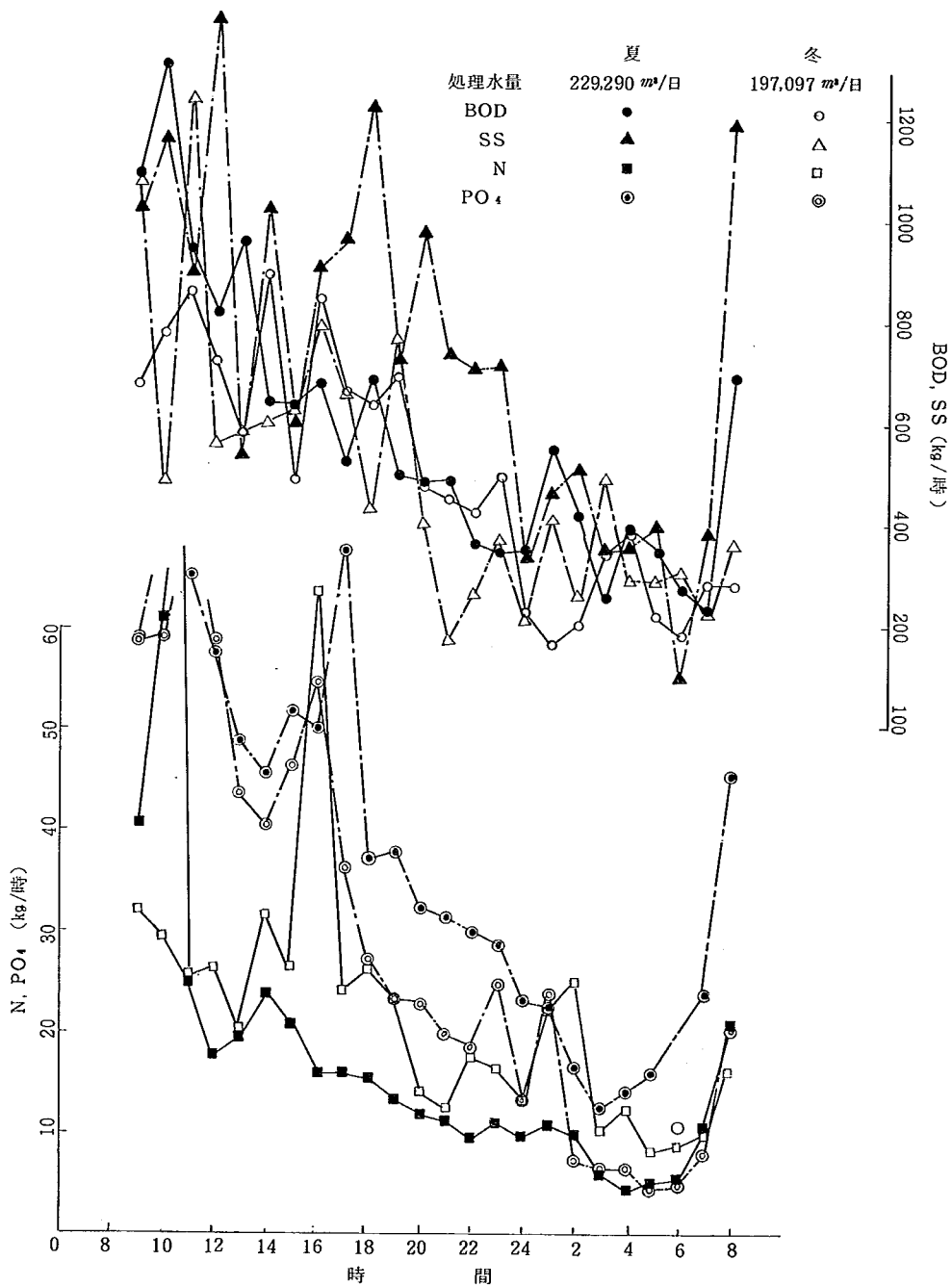


図 5.4 静岡市，高松処理場

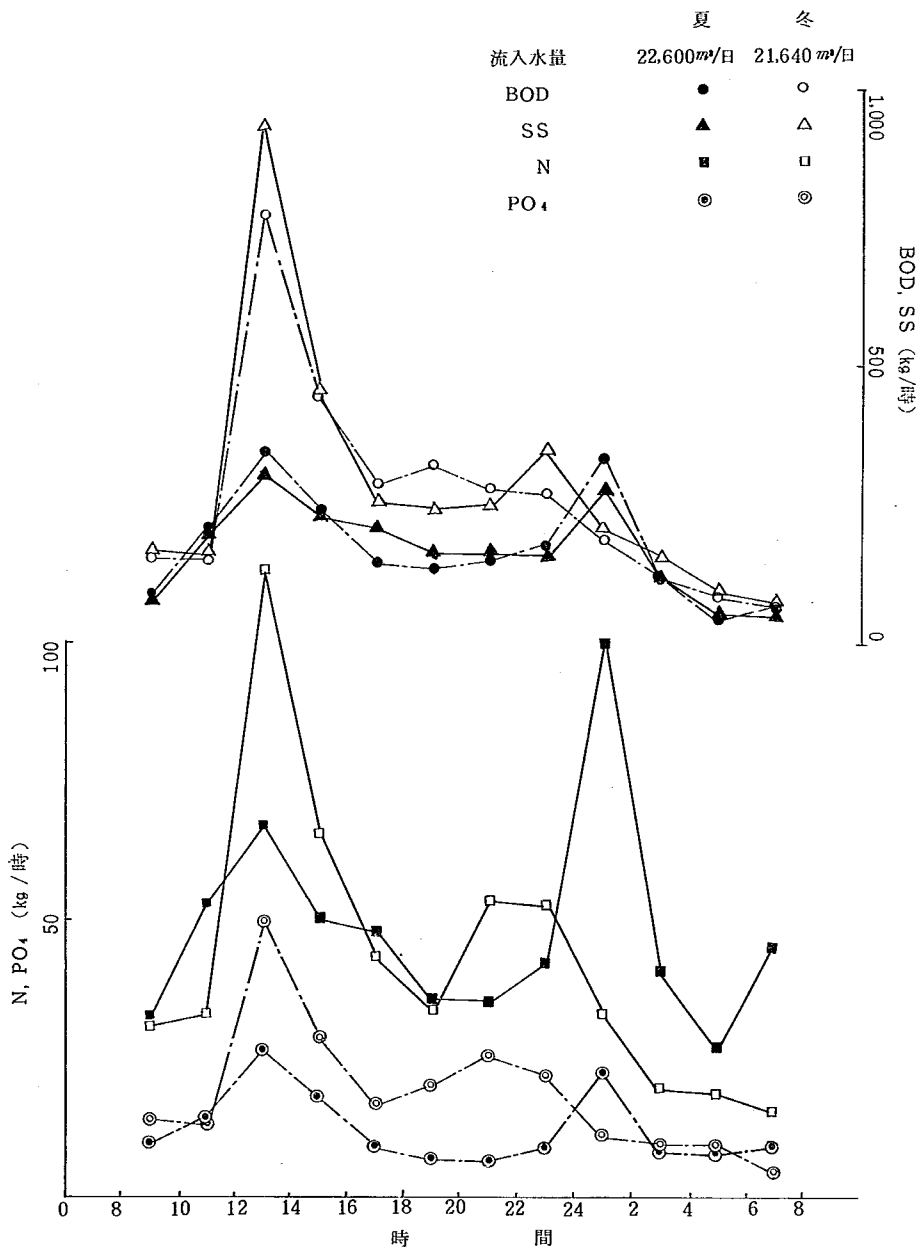


図 5.5 岐阜市北部処理場

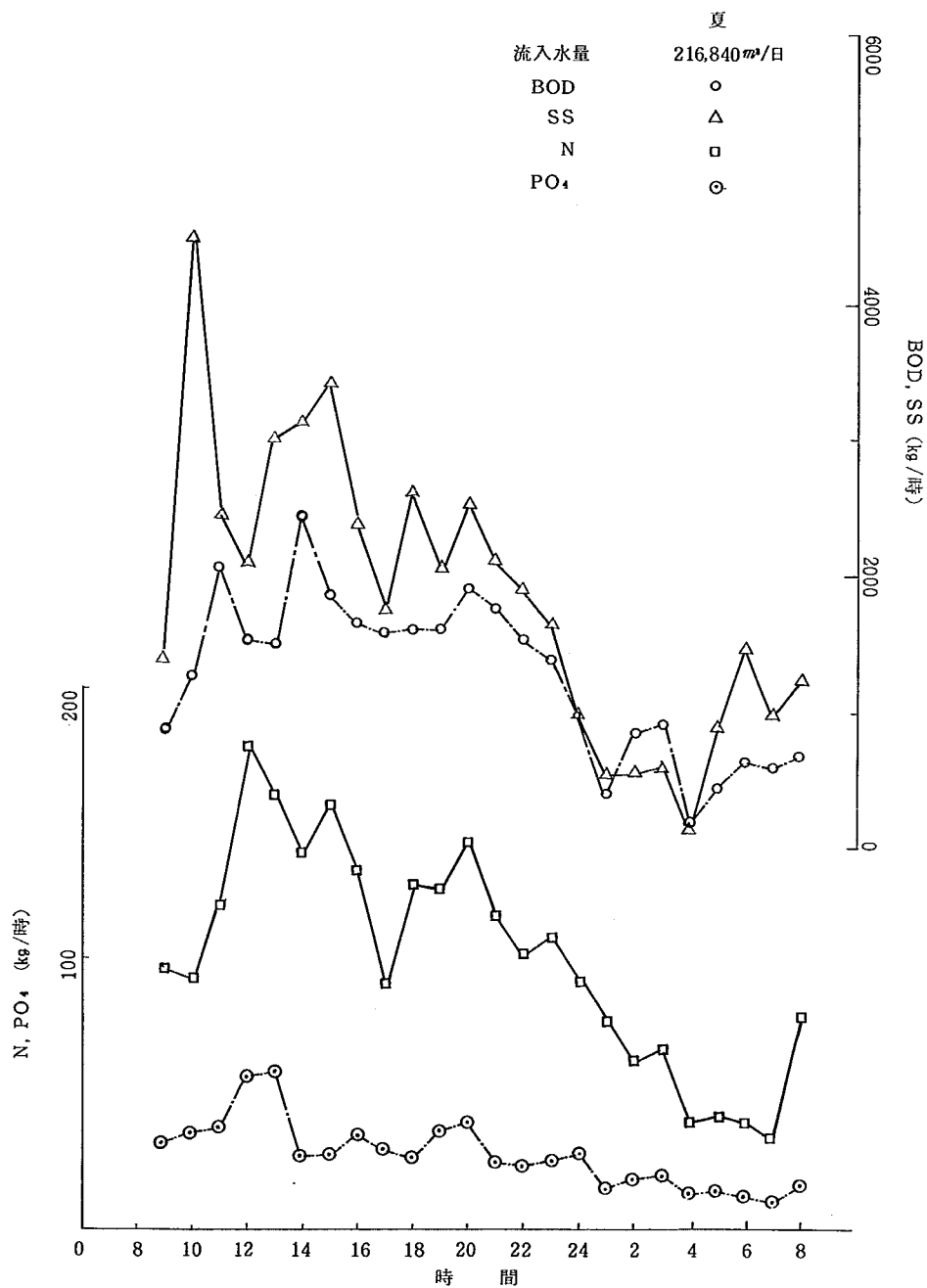


図 5.7 福岡市中部処理場

ることによるものであり、このことが、大規模下水処理場において流入負荷量が平均化する理由の一つともなっている。この状況を図 5.7 に示す。

窒素やリンの場合も BOD や SS と全く同じ傾向を示している。

5.3.3 流入汚濁負荷の原単位

1 日当りの下水処理場流入負荷量を処理人口で割った形で各流入汚濁負荷の原単位（人口当量）を求めた。夏期、冬期の資料により計算した結果を表 5.8 に示した。これをグラフに図示すると図 5.8 ～図 5.11 のようになる。

これによれば、わが国の下水処理場の汚濁負荷量は

BOD 40 ～ 50 g/人/日

SS 50 ～ 60

窒素 5 ～ 10

リン酸イオン 2 ～ 3 （リンとしておよそ 0.7 ～ 1.0 g/人/日）

の範囲にあるものが最も多く BOD、SS についてはおよそ 50 g/人/日 程度である。

また栄養塩類のうち窒素については 10 g/人/日、リン酸イオンについては 2 g/人/日 程度と見てよ

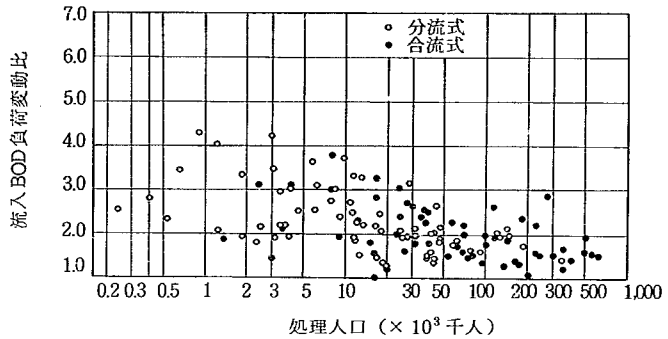


図 5.7 流入 BOD 変動化と処理人口との関係¹⁰⁾

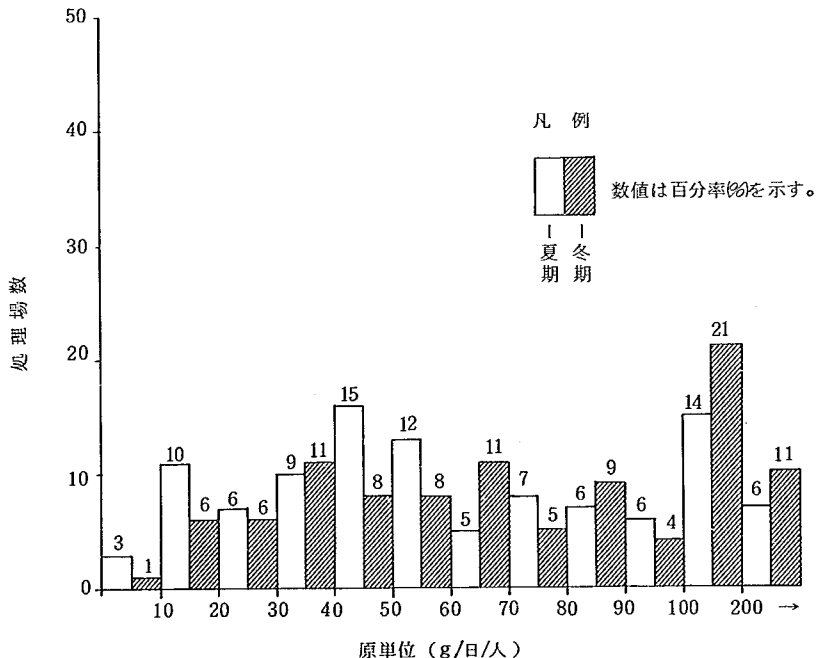


図 5.8 BOD の原単位と処理場数

表 5.9 各水質項目の原単位と処理場数

原単位 (g/人/日)	BOD				S S				原単位 (g/人/日)	T-P				A B S				原単位 (g/人/日)	T-N			
	夏		冬		夏		冬			夏		冬		夏		冬			夏		冬	
	数	%	数	%	数	%	数	%		数	%	数	%	数	%	数	%		数	%	数	%
10 以下	3	28	1	10	5	43	2	19	1 以下	15	181	11	136	13	155	11	128	5 以下	18	186	13	141
10 ~ 20	11	102	6	60	6	51	7	68	1 ~ 2	24	289	10	124	14	167	13	151	5 ~ 10	28	289	20	217
20 ~ 30	7	65	6	60	13	111	4	39	2 ~ 3	13	157	15	185	26	310	14	163	10 ~ 15	22	227	20	217
30 ~ 40	10	93	11	110	7	60	11	107	3 ~ 4	9	108	7	86	14	167	19	221	15 ~ 20	16	165	15	163
40 ~ 50	16	148	8	80	8	68	11	106	4 ~ 5	4	48	7	86	4	48	6	70	20 ~ 25	1	10	6	65
50 ~ 60	13	120	8	80	13	111	10	97	5 ~ 6	4	48	4	49	4	48	9	105	25 ~ 30	4	43	5	54
60 ~ 70	5	46	11	110	12	103	5	48	6 ~ 7	4	48	3	37	3	36	4	46	30 ~ 40	4	43	6	65
70 ~ 80	8	74	5	50	7	60	10	97	7 ~ 8	1	12	4	49	3	36	2	23	40 ~ 50	1	10	4	44
80 ~ 90	7	65	9	90	5	43	3	29	8 ~ 9	3	36	1	12	1	12	2	23	50 以上	3	31	3	33
90 ~ 100	6	56	4	40	3	26	3	29	9 ~ 10	1	12	5	62	1	12	0	0					
100 ~ 200	15	139	21	210	22	188	22	214	10 以上	5	60	14	173	1	12	6	70					
200 以上	7	65	10	110	16	137	15	146														
合 計	108		100		117		103		合 計	83		81		84		86		合 計	97		92	

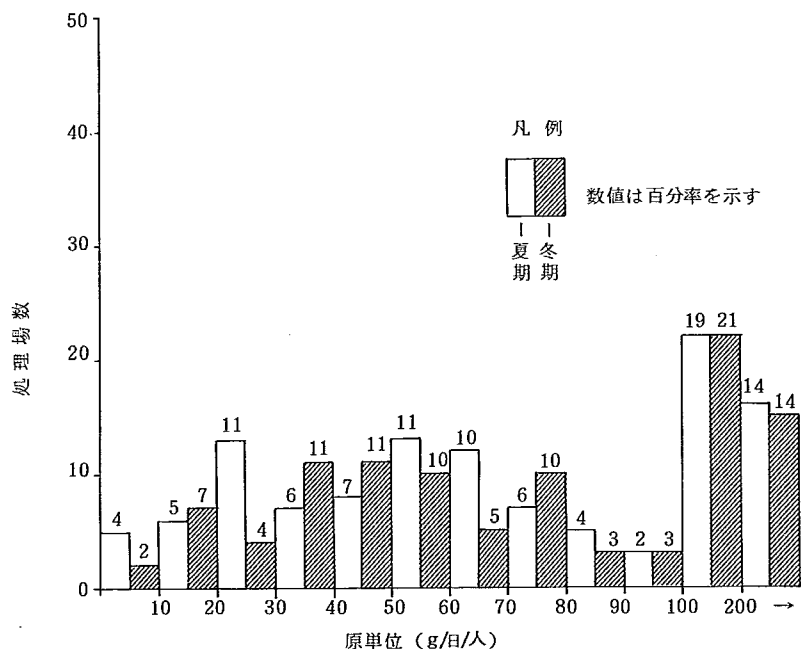


図 5.9 SSの原単位と処理場数

い。一方BOD, SS については100g/人/日以上、また栄養塩については窒素50g/人/日リン酸イオン10g/人/日以上値を示す下水処理場もかなり存在している。

また資料のうちから家庭下水のみが流入してくると思われる住宅団地のための下水処理場で比較的規模の小さいものを28ヶ所選出、各汚濁負荷原単位の最大値および最小値を除いたものの平均値を求めた。これらの下水処理場のうち20箇所については前回の調査結果も明らかであり、表5.9にまとめて示した。この結果を夏期、冬期について単純に平均すると

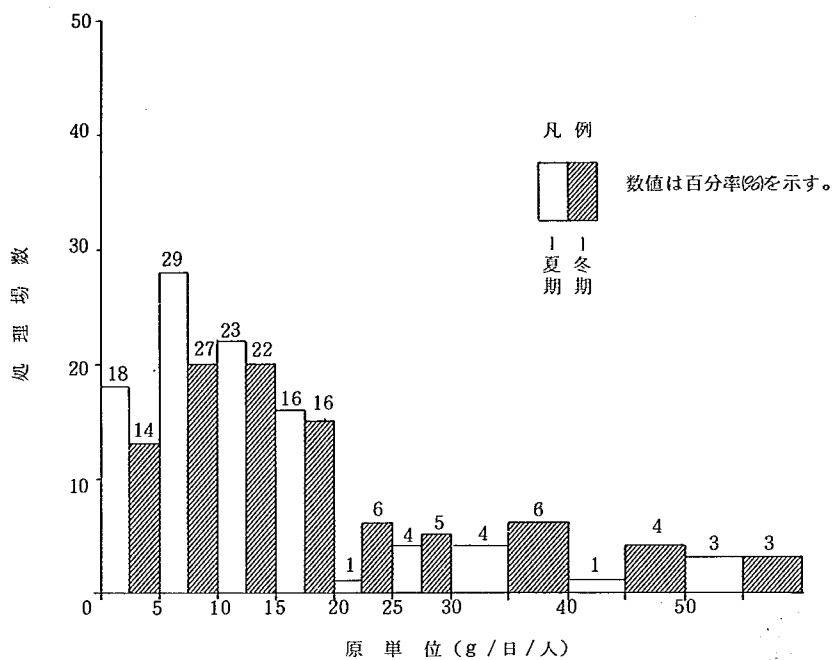


図 5.10 窒素の原単位と処理場数

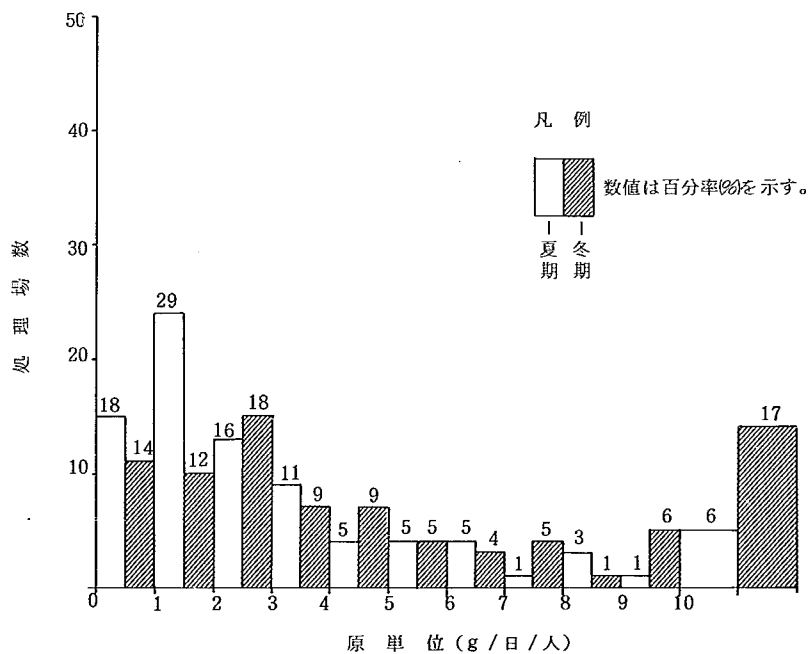


図 5.11 リンの原単位と処理場数

表 5.9 住宅団地の下水処理場における流入負荷量

単位 g/人/日

都市名	処理場名	処理人口 (人)	BOD負荷量			SS負荷量			窒素負荷量		リン酸負荷量		備 考
			前回	夏	冬	前回	夏	冬	夏	冬	夏	冬	
札幌市	野津幌川	15,000	20.2	14.5	30.3	30.8	23.2	37.9	6.1	9.1	0.2	4.2	前回の調査は 8月～12月に かけて行なわれ た。
帯広市	南帯広	10,000	11.2	-	12.0	24.5	-	9.2	-	1.8	-	0.7	
川越市	霞ヶ関第1	7,500	28.7	51.0	55.7	21.1	72.4	77.2	-	-	-	-	
千葉市	小倉	6,000	12.1	10.2	14.9	13.2	11.7	20.9	1.5	2.0	0.5	0.7	
〃	坂月	5,000	-	14.2	15.1	-	27.7	36.4	2.8	2.0	1.0	0.8	
〃	大宮	6,000	14.6	-	15.7	27.3	-	15.7	-	3.2	-	1.0	
	大宮北部	500	-	19.6	45.0	-	39.1	56.8	3.9	5.9	2.0	2.0	
八千代市	勝田台	8,600	-	48.4	60.3	-	41.7	27.0	6.5	3.9	2.4	1.5	
東久留米市	東久留米	19,000	-	55.7	-	-	74.1	-	-	-	-	-	
船橋市	習志野台	35,000	-	41.8	36.3	-	44.9	27.8	-	-	-	-	
〃	高根台	10,000	25.3	10.4	65.3	13.0	93.7	58.1	-	-	-	-	
町田市	鶴川	14,000	29.1	74.6	66.7	27.4	70.8	63.2	5.3	5.4	0.1	0.1	
川崎市	生田	11,000	30.7	25.5	26.5	37.5	26.5	22.6	5.7	4.8	1.5	1.5	
浜松市	遠州浜	7,100	4.20	3.54	30.8	51.0	15.5	11.0	4.6	2.7	3.5	3.4	
〃	弥生	1,800	53.2	51.7	115.6	52.2	27.2	81.1	5.6	6.7	6.1	7.8	
四日市市	朝明	3,200	59.8	58.5	34.0	38.7	69.8	39.0	12.7	13.6	-	-	
〃	高花	4,500	45.2	72.6	53.3	48.2	69.6	67.6	13.4	10.7	-	-	
富田林市	金剛	26,000	8.60	6.97	60.7	21.4	59.9	50.9	6.8	12.7	3.2	4.7	
堺市	津久野	12,800	19.3	22.5	24.6	57.8	17.2	18.9	-	-	1.6	2.8	
名古屋市	西山	13,000	38.7	43.0	78.8	41.8	164.2	67.3	11.3	16.8	6.5	6.6	
〃	鳴子	10,000	34.6	41.0	42.0	28.3	26.3	46.2	7.6	10.7	4.9	4.2	
神戸市	多聞第1	1,450	15.3	51.9	88.5	12.4	33.2	79.2	7.6	19.4	1.4	2.8	
〃	〃第2	3,200	36.5	38.0	68.4	-	31.0	51.5	7.7	13.8	1.5	2.1	
〃	北須磨第1	2,400	42.0	43.3	51.4	39.6	27.6	42.0	6.8	9.3	1.3	5.1	
〃	〃第2	640	-	39.1	56.3	-	25.0	59.4	6.3	10.9	1.6	9.4	
〃	鈴蘭台	7,300	-	81.4	15.2	-	103.9	171.4	21.1	46.1	1.9	25.1	
岡山市	高島	4,200	13.8	33.1	51.2	12.5	43.3	41.2	6.9	13.8	3.1	5.1	
福岡市	弥永	6,200	-	38.5	-	-	46.9	-	6.5	-	0.7	-	
平均			35.2	44.8	48.8	31.1	46.3	45.8	7.1	8.9	2.1	3.5	

BOD 46.6 g/人/日

SS 46.1 "

窒素 8.0 "

リン酸 2.8 " (リンとして約0.93 g/人/日)

となる。これらの値はいずれも前述の全国の平均的な値とほぼ近以しており、わが国汚濁負荷原単位の代表値を示していると見てよい。

また、これらの値は前回求めた値よりも高くなっている。これは後述する処理区域内住民の生活の多様化や移動人口の増加に伴うことのほか、経年的変化とも考えられる。これまでに調査された結果と今回

表 5. 10 家庭下水の汚濁負荷原単位

	報 告 者	水質分析年度	調査対象地域	g / 人 / 日				処 理 場	出典
				BOD	SS	(カダール)窒素	PO ₄		
日本	洞 沢	昭 25 - 28	東京都三河島処理場	30.5	65.2	-		1	13)
	〃		東京都芝浦処理場	61.4	117.3	-		1	〃
	〃	昭 39	住 宅 団 地	35.4	36.9	-		3 (平均値)	〃
	土 木 研 究 所	昭 43	〃	39.5	41.8	(7.0)*	Pとして (1.1)*	59 (平均値)	10), 2)
	建設省下水道部	昭 45	〃	43.55	274.2	11.36	2.3	2 (平均値)	5)
	今回の調査(1)	昭 46	全国下水処理場(夏期終期)	50.	50	10	2	(最多処理場数値)	
	〃	昭 46	住 宅 団 地	46.6	46.1	8.0	2.8	28 (平均値)	
米国	WPCFマニュアル	1950年代		77.1	90.7	-	-		14)
	Metcalf 他	1926-1930	大都市の合流式下水道	100.6	116.6	15.7	-	5 (平均値)	15)
	〃	1921-1930	〃 (工場排水含)	133.0	172.8	20.2	-	5 (平均値)	〃
	〃	1924-1931	〃 (工場排水含まず)	62.9	101.6	8.5	-	5 (平均値)	〃
	〃	1926-1930	分流式下水道(工場排水含)	166.9	131.5	15.7	-	5 (平均値)	〃
	〃	1923-1930	〃 (工場排水含まず)	52.1	50.4	9.7	-	5 (平均値)	〃

* BOD, SS との成分比から求めた推定値

の結果を対比させるため表 5. 10 にまとめた。

これによれば、これまでに行なわれた住宅団地における調査結果よりもいずれも値が上廻っている。また参考としてあげた米国の例では、日本における主な調査対象である住宅団地の場合にはほぼ類似すると思われる工場排水を含まない分流式の場合は、今回の調査結果に近似している。ただし米国の値はかなり以前に行なわれた調査の結果であり、わが国の経年的変化の状況から見ても、欧米諸国においては、わが国の場合に比べ高い値を示しているものと考えるべきである。

次に、処理区域が拡大し、その中での住民生活が多様化すると共に昼間の流入人口が増加し、見掛上の発生負荷量が增大することが考えられる。これに近似した現象は上水の給水量についてはかなり以前より明らかにされている事実であり、特に営業用など第三次産業との相関が大きいことが指摘されている⁽²⁾。

いま汚濁負荷量の原単位を処理人口との関係で図示すると図 5. 12 ~ 図 5. 15 の通りとなり、ばらつきは大きい。原単位についても処理人口の増大に伴って値が大きくなる傾向を有することが示されている。この関係を最小自剰法により $Y = a X^b$ の形で整理してみると、それぞれ次のようになる。

$$\text{BOD} \quad Y = 4723 X^{0.085} \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

$$\text{SS} \quad Y = 5398 X^{0.104} \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

$$\text{窒 素} \quad Y = 651 X^{0.116} \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

$$\text{リン酸} \quad Y = 224 X^{0.049} \quad \dots\dots\dots (5.4)$$

ただし、いずれ場合も

Y: 汚濁負荷原単位 (g/人/日)

X: 処理人口 (1000人/日)

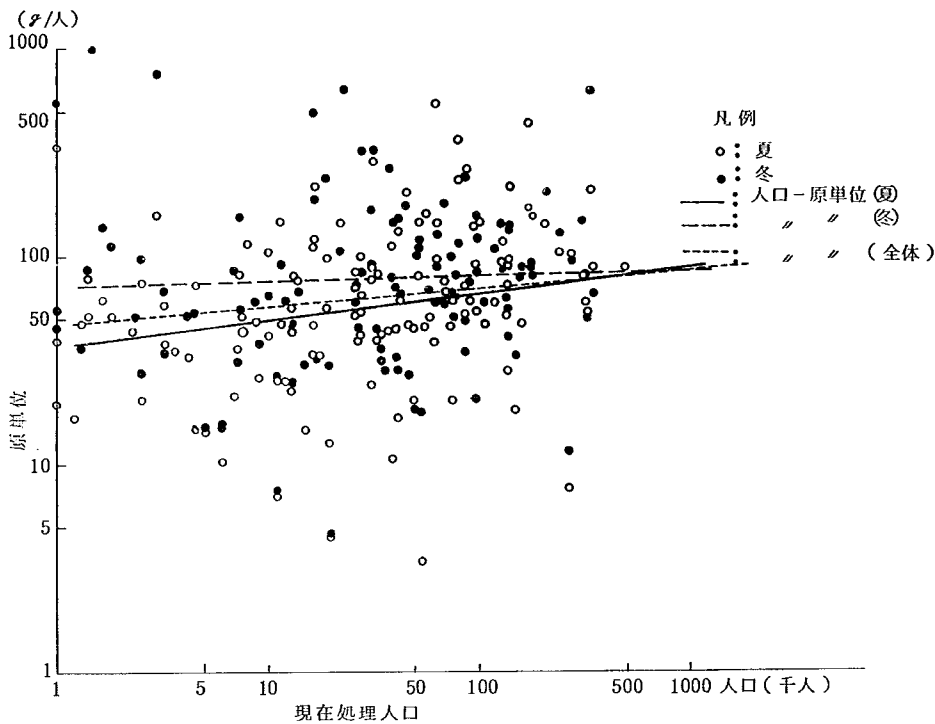


図 5.12 処理人口—BOD 原単位の相関

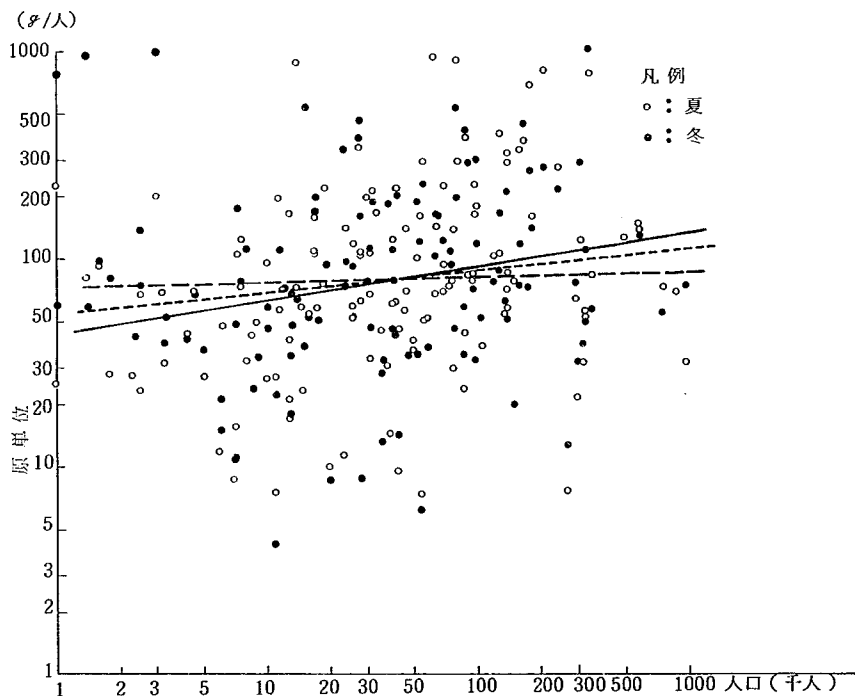


図 5.13 処理人口 — SS 原単位の相関

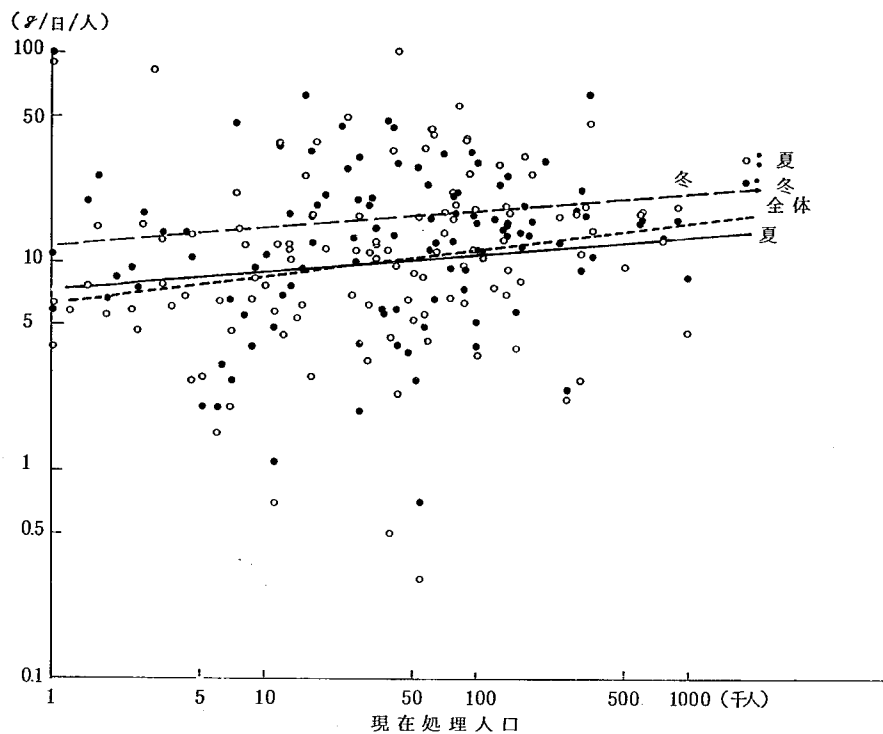


図 5.14 処理人口一室素原単位の相関

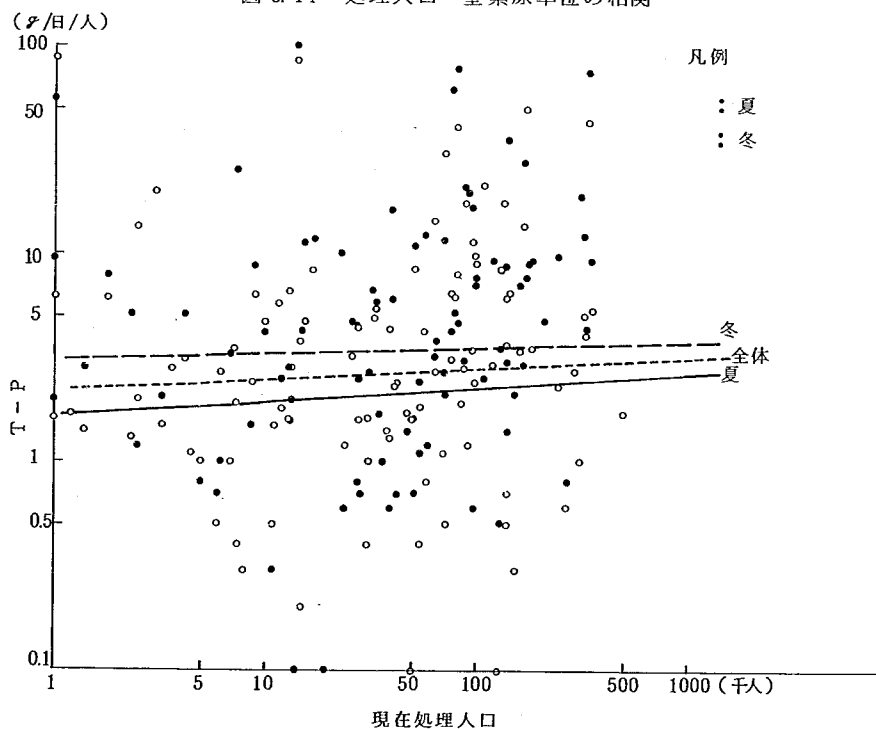


図 5.15 処理人口一 PO_4 原単位の相関

である。これらはいずれもわずかながら処理規模の増加に伴って増大する傾向があることを示している。たとえば処理人口 1,000 人程度の下水处理場が 47 g/人/日とすると、処理人口 10 万人 程度の下水处理場では 70 g/人/日、50 万人の下水处理場では 84 g/人/日となり、およそ 1.8 倍になることになる。

これは給水量の場合と同じく原単位の基準を夜間人口に置いているため、昼間の流動人口が十分勘案されていないための現象とも考えられるが、両者の関係はばらつきが多く明確には断定できない。しかしながら流域下水道など大規模な下水処理場や流域別下水道整備総合計画の策定にあたっては、純粋な家庭下水のみの値をそのまま用いず、区域内の人口動態等を十分考慮した原単位を用いるべきことを示唆しているといえよう。

5.3.4 二次処理における栄養塩類の除去

下水処理場へ流入する栄養塩類は BOD、SS とは異なり、一般に二次処理過程においてはほとんど除去されず、そのまま放流されるとされている。一方、土木研究所の既設処理場調査の結果からは、第 2 章に述べたようにある程度の除去が期待できることが示された。

いま、わが国の下水処理場における実態を見るため、それぞれの平均値で比較した場合の、下水処理場流入水に対する一次処理、二次処理における SS、BOD、窒素、リン酸イオンの除去率と下水処理場数との関係を整理した結果表 5.11 のようになった。

またこれをグラフに図示したものが図 5.15、図 5.16、図 5.17、図 5.18 である。

これによれば、窒素は一次処理（沈殿処理）において 20 % 程度の除去が行なわれているのに対し、二次処理（活性汚泥法による生物処理）では 40 % 前後の除去率を示している下水処理場が最も多いが、有意差は余り見られず、特に夏の値にばらつきが見られる。

リンについてもほぼ同様の傾向が見られ、一次処理においては 10 ~ 20 % 程度の除去率が得られているのに対し、二次処理過程では 40 % 前後の除去率を示す処理場が多が、他と比較して有意差は見られない。

このことは BOD、SS が二次処理全体で 80 % 以上が確実に除去出来るのに対し、栄養塩類については、最初沈殿池における物理的な除去は 20 % と、値は低いが安定した除去率が得られるが、生物処理過程においては活性汚泥の状態など多くの因子に影響を受け除去率が大きく変り得ることを示すものである。

この状況は BOD、SS の除去率との相関からも示されている。図 5.19、図 5.20 は BOD との関係、図 5.21、図 5.22 は SS との関係を図示したものであるが、一次処理においては BOD、SS の除去と、窒素、リンの除去との間に比較的相関が見られるのに対し、二次処理では明らかな相関は示されておらず生物処理過程では、窒素、リンは BOD や SS と除去のメカニズムが異なることが示されている。

とくに除去率の変動が著しいリンの場合について、夏期、冬期共に除去率の良い下水処理場、悪い下水処理場に関する状況を整理したものが表 5.12、表 5.13 である。これによれば、除去率の良い下水処理場にはし尿を直接投入したり、下水汚泥を多量に処理しているものが多く、このため流入水のリン濃度が高

* 窒素はケルダール法を用いて測定しているので、二次処理過程で形成された硝酸、亜硝酸を検出しないため除去率が若干大き目に出る可能性がある。

表 5.11 各水質項目の除去率と処理場数

<夏 期>

一次処理	水質項目	S S		B O D		T - N		T - P		A B S	
	除去率の区分	数	%	数	%	数	%	数	%	数	%
	除去なし	16	12.0	22	16.7	47	41.6	57	57	32	33.0
次 処 理	0 ~ 10	12	9.0	14	10.6	25	22.1	12	12	25	25.8
	10 ~ 20	15	11.3	28	21.2	20	17.7	15	15	18	18.6
	20 ~ 30	17	12.8	21	15.9	4	3.5	2	2	11	11.3
	30 ~ 40	18	13.5	15	11.4	6	5.3	3	3	6	6.2
	40 ~ 50	15	11.3	11	8.3	5	4.4	3	3	1	1.0
	50 ~ 60	16	12.0	10	7.6	-	5.3	2	2	2	2.1
	60 ~ 70	9	6.8	5	3.8	-	-	1	1	2	2.1
	70 ~ 80	3	2.3	2	1.5	-	-	3	3	-	-
	80 ~ 90	9	6.8	3	2.3	-	-	2	2	-	-
	90 ~ 100	3	2.3	1	0.8	-	-	-	-	-	-
	合 計		100.1	132	100.1	113	99.9	100	100	97	100.1
一次処理後の生物処理(活性汚泥法)	除去なし	-								-	
	0 ~ 10	-				5	7.1	7	13.5	-	
	10 ~ 20	2	2.2			8	11.4	5	9.6	4	6.7
	20 ~ 30	2	2.2	3	3.6	7	10.0	3	5.8	1	1.7
	30 ~ 40	2	2.2	1	1.2	8	11.4	6	11.5	4	6.7
	40 ~ 50	4	4.5	-	-	12	17.1	9	17.3	5	8.3
	50 ~ 60	7	7.9	2	2.4	6	8.6	3	5.8	4	6.7
	60 ~ 70		16.8	6	7.1	3	4.3	6	11.5	8	13.3
	70 ~ 80	21	23.6	18	21.4	6	8.6	6	11.5	7	11.7
	80 ~ 90	18	20.2	28	33.3	9	12.9	2	3.8	12	20.0
	90 ~ 100	18	20.2	26	31.0	6	8.6	5	9.6	15	25.0
	合 計	89	99.8	84	100.0	70	100.0	52	99.9	60	100.1

<冬 期>

一次処理	水質項目	S S		B O D		T - N		T - P		A B S	
	除去率の区分	数	%	数	%	数	%	数	%	数	%
	除去なし	18	14.5	18	14.1	41	40.2	36	39.1	21	23.3
次 処 理	0 ~ 10	7	5.6	23	18.0	24	23.5	13	14.1	19	21.1
	10 ~ 20	15	12.1	19	14.8	15	14.7	13	14.1	19	21.1
	20 ~ 30	15	12.1	20	15.6	11	10.8	4	4.4	13	14.4
	30 ~ 40	15	12.1	20	15.6	5	4.9	5	5.4	7	7.8
	40 ~ 50	16	12.9	12	9.4	4	3.9	4	4.4	6	6.7
	50 ~ 60	10	8.1	6	4.7	1	1.0	5	5.4	1	1.1
	60 ~ 70	13	10.5	6	4.7	1	1.0	6	6.5	3	3.3
	70 ~ 80	6	4.8	2	1.6	-	-	4	4.4	-	-
	80 ~ 90	6	4.8	-	-	-	-	2	2.2	1	1.1
	90 ~ 100	3	2.4	2	1.6	-	-	-	-	-	-
	合 計	124	99.9	128	100.1	102	100	92	100	90	99.9
一次処理後の生物処理(活性汚泥法)	除去なし	1	1.2	1	1.2	3	4.2	4	6.4	3	4.7
	0 ~ 10	-	-	-	-	6	8.3	8	12.9	3	4.7
	10 ~ 20	-	-	-	-	9	12.5	9	14.5	2	3.1
	20 ~ 30	-	-	-	-	10	13.9	3	4.8	8	12.5
	30 ~ 40	4	4.8	-	-	19	26.4	10	16.1	3	4.7
	40 ~ 50	4	4.8	1	1.2	11	15.3	4	6.4	5	7.8
	50 ~ 60	4	4.8	3	3.5	8	11.1	8	12.9	1	1.6
	60 ~ 70	12	14.3	3	3.5	2	2.8	6	9.7	12	18.8
	70 ~ 80	20	23.8	9	10.6	2	2.8	5	8.1	8	12.5
	80 ~ 90	22	26.2	35	41.2	1	1.4	3	4.8	13	20.3
	90 ~ 100	17	20.2	33	38.8	1	1.4	2	3.2	6	9.4
	合 計	84	100.1	85	100.0	72	100.1	62	99.8	64	100.1

<夏 期>

	水質項目	S S		B O D		T - N		T - P		A B S	
	除去率の区分	数	%	数	%	数	%	数	%	数	%
二次処理 (活性汚泥法) 全体	除去なし	2	1.8	1	0.9	18	17.1	26	28.9	3	3.1
	0～10	1	0.9	0	0	2	1.9	4	4.4	2	2.1
	10～20	0	0.0	1	0.9	11	10.5	8	8.9	1	1.0
	20～30	1	0.9	0	0	10	9.5	6	6.7	3	3.1
	30～40	2	1.8	0	0	8	7.6	6	6.7	5	5.2
	40～50	1	0.9	2	1.8	8	7.5	11	12.2	10	10.2
	50～60	8	7.2	3	2.7	13	12.4	8	8.9	7	7.3
	60～70	10	9.0	4	3.6	6	5.7	4	4.4	14	14.6
	70～80	19	17.1	9	8.0	10	9.5	4	4.4	12	12.5
	80～90	36	32.4	41	36.6	13	12.4	6	6.7	16	16.7
	90～100	31	27.9	51	45.5	6	5.7	7	7.8	23	24.0
		111	99.9	112	100	105	99.9	90	100	96	100

<冬 期>

	水質項目	S S		B O D		T - N		T - P		A B S	
	除去率の区分	数	%	数	%	数	%	数	%	数	%
二次処理 (活性汚泥法) 全体	除去なし	2	1.8	0	0	14	14.0	14	16.3	2	2.0
	0～10	1	0.9	0	0	7	7.0	5	5.8	1	1.0
	10～20	0	0	0	0	7	7.0	11	12.8	6	6.1
	20～30	0	0	0	0	3	3.0	5	5.8	6	6.1
	30～40	2	1.8	0	0	12	12.0	9	10.5	3	3.1
	40～50	2	1.8	1	0.9	23	23.0	6	7.0	4	4.1
	50～60	1	0.9	1	0.9	11	11.0	3	3.5	11	11.2
	60～70	9	8.3	4	3.7	8	8.0	12	14.0	9	9.2
	70～80	21	19.3	8	7.5	9	9.0	4	4.6	18	18.4
	80～90	33	30.3	33	30.8	4	4.0	10	11.6	23	23.5
	90～100	38	34.9	60	56.1	2	2.0	7	8.9	15	15.34
	合 計	109	100	107	99.9	100	100	86	100	98	100

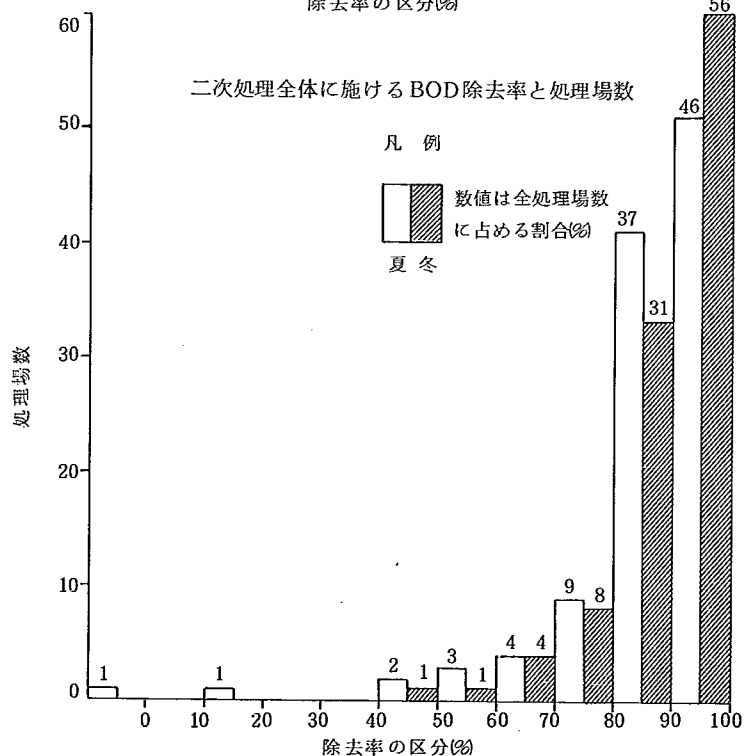
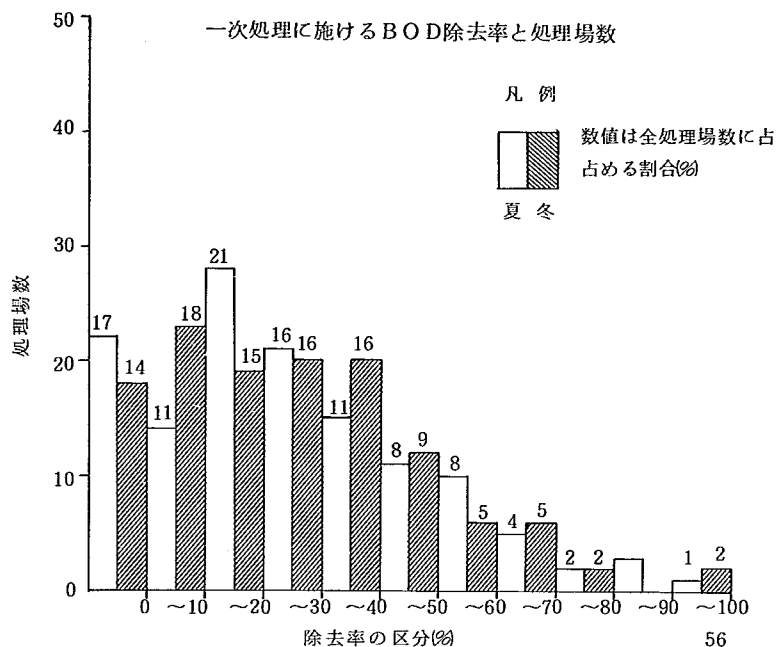


図 5. 15

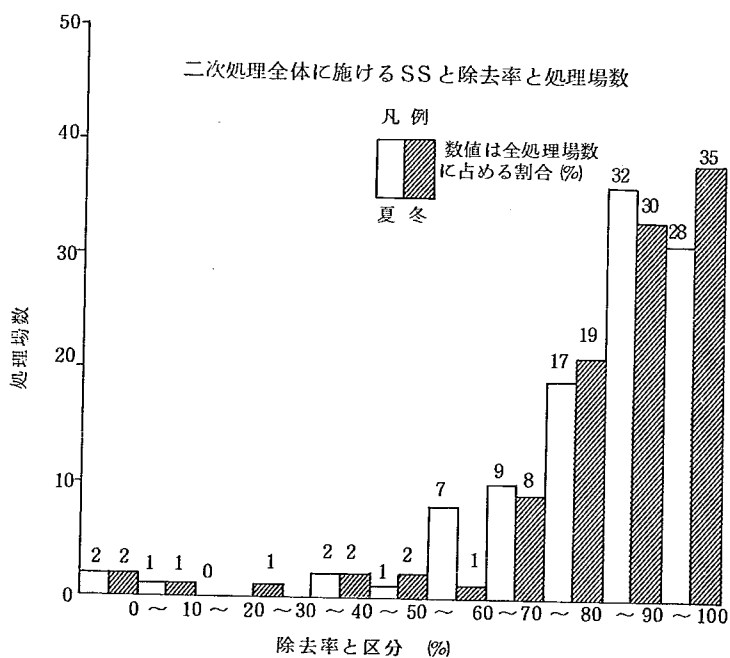
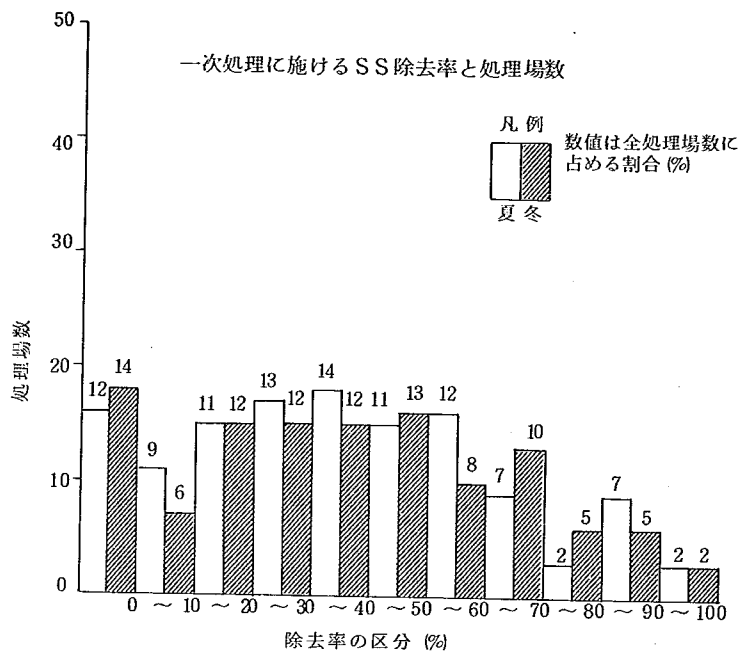


図 5. 16

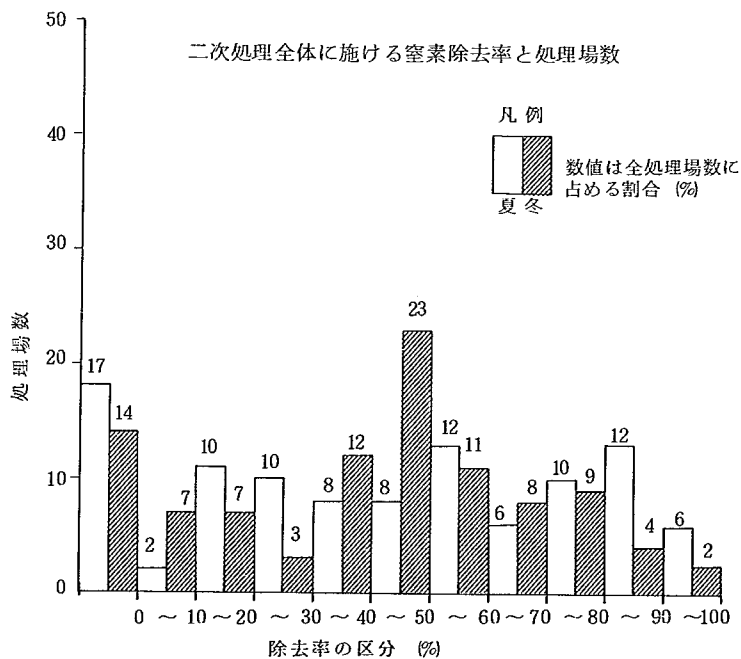
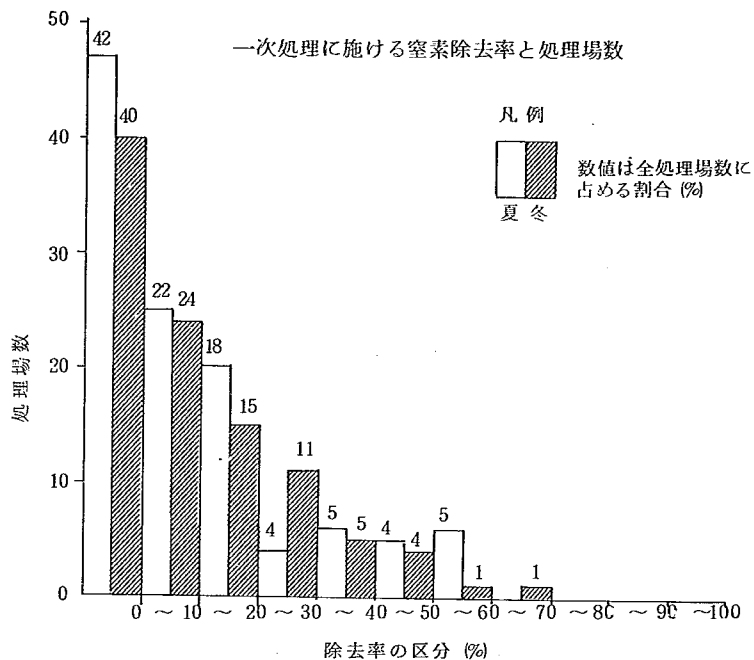


図 5. 17

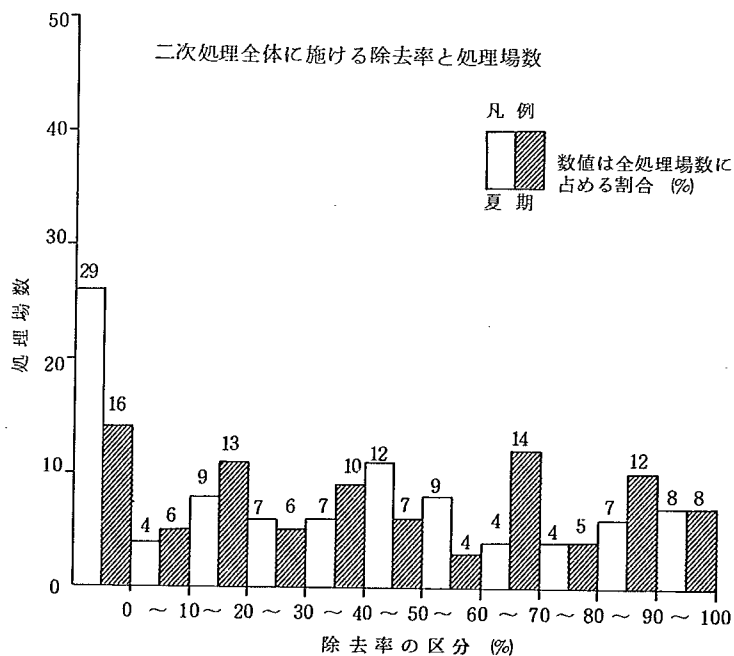
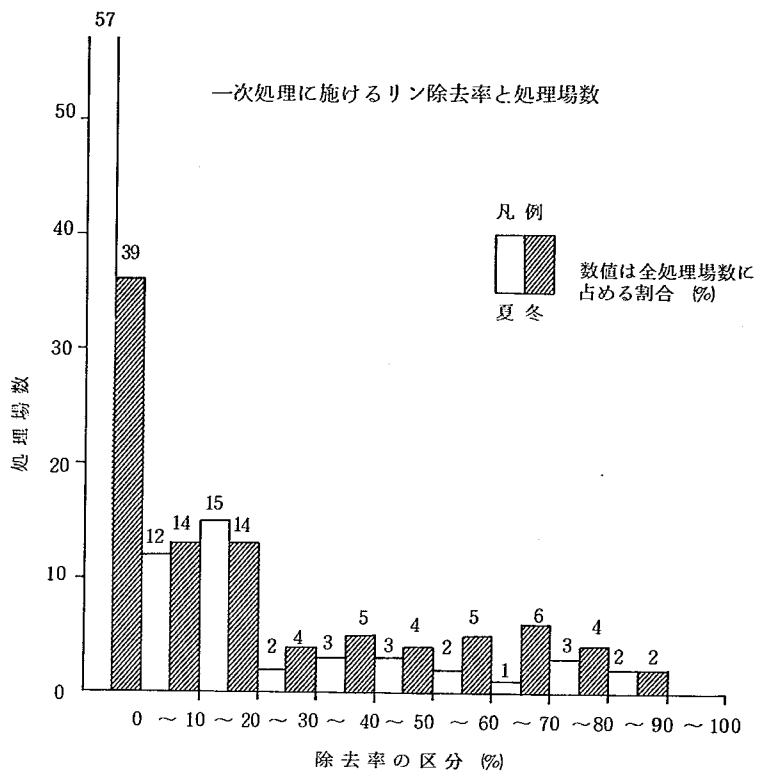


図 5. 18

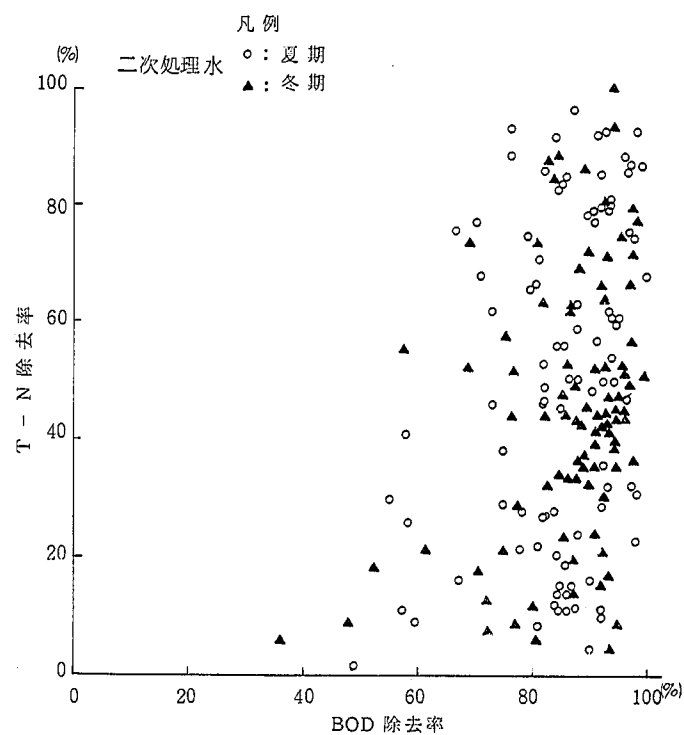
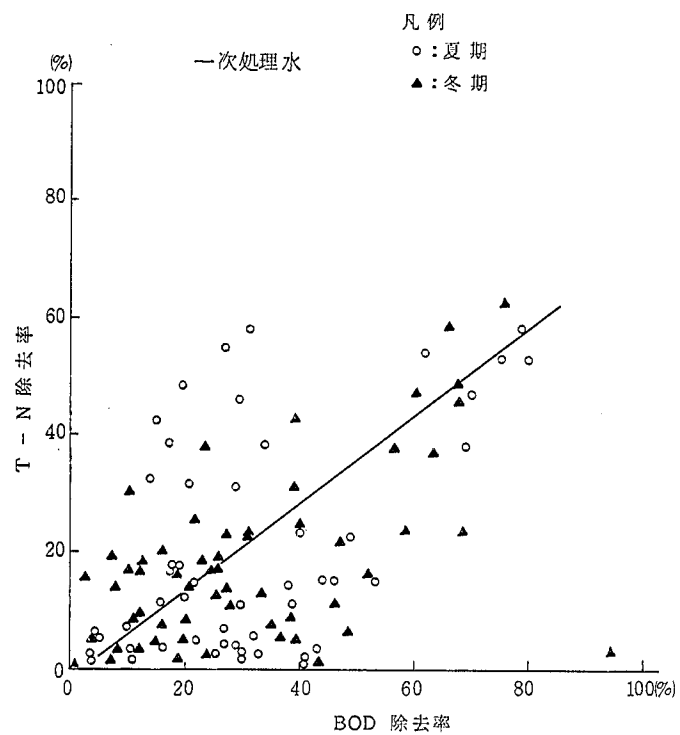


図 5.19 BOD-TN の除去率の相関

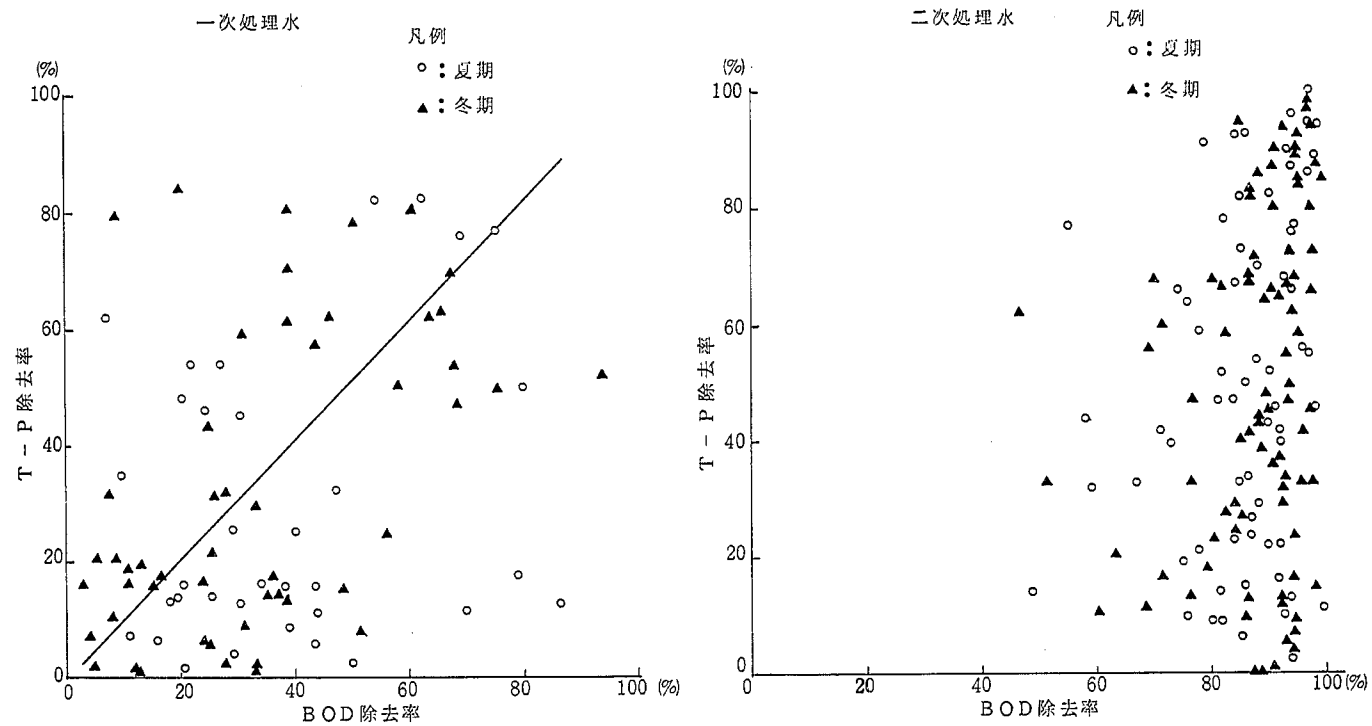


図 5.20 BODと PO_4 の除去率の相関

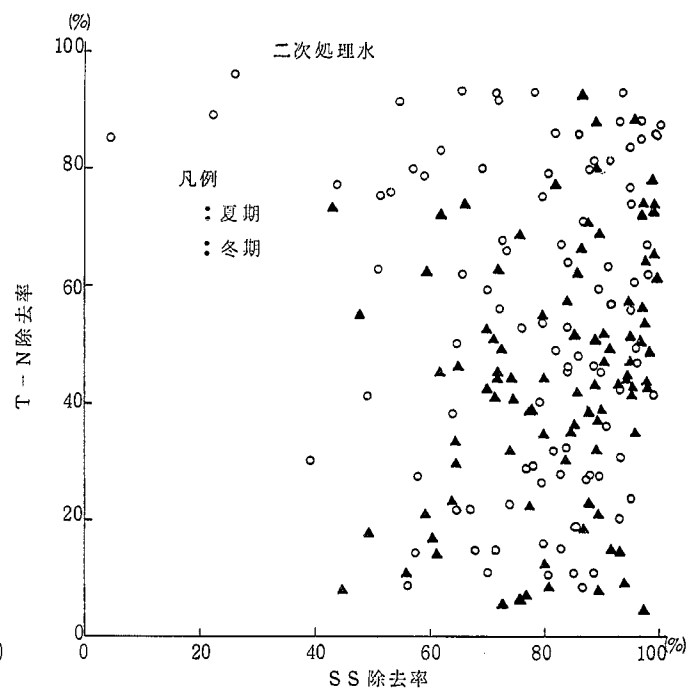
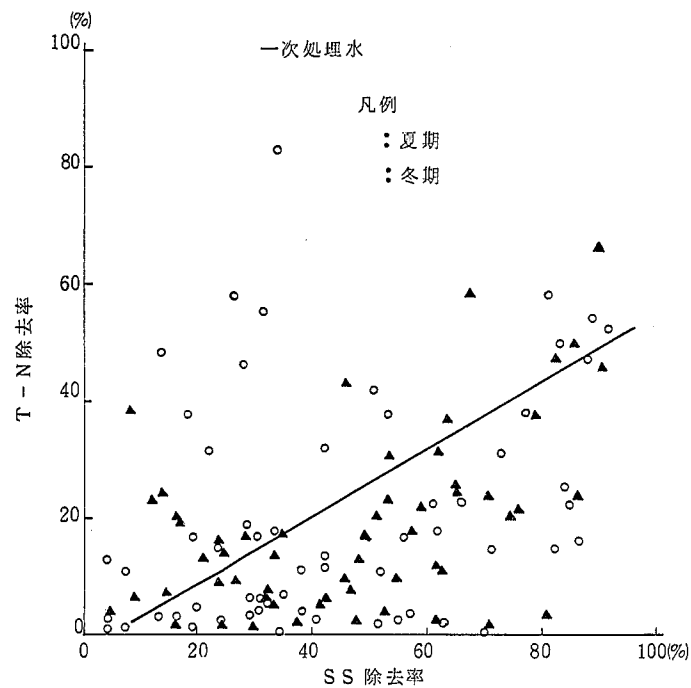


図 5.21 SS と T-N の 除去率の相関

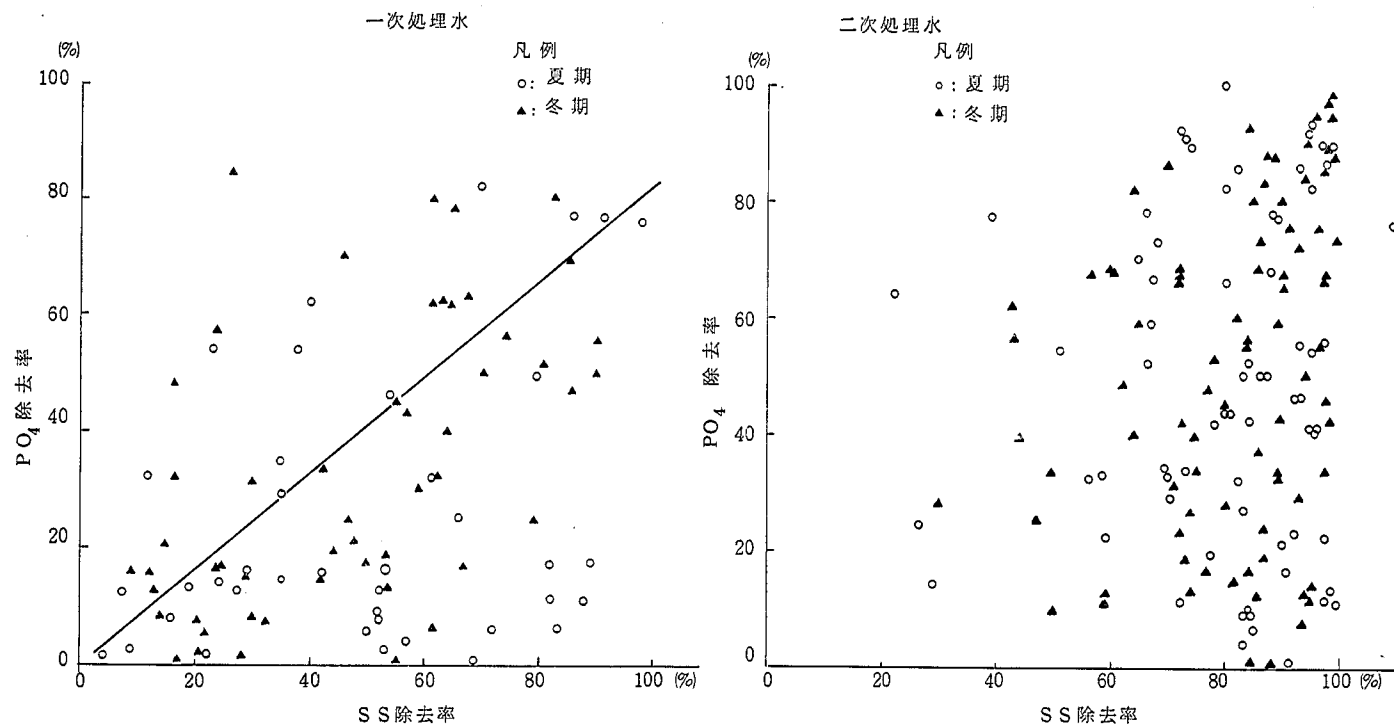


図 5.22 SS と PO₄ の除去率の相関

表 5.12 リンの除去率が高い下水処理場の特性

処理場名	排除方式	処理能力との関係			し尿処理との関係		BOD 除去率との関係			リン 除去率			備 考
		処理能力 A (m^3 /日)	流入水量 B (m^3 /日)	B/A	方 法	量 (m^3 /日)	平 均 流入水質 (mg/l)	平 均 流出水質 (mg/l)	除去率 (%)	平 均 流入水質 (mg/l)	平 均 流出水質 (mg/l)	除去率 (%)	
伏古川	合	30500	35019 48440	1.15 1.59	-		2350 1570	7.3 8.1	97 95	225 440	0.00 140	100 68	
創成川	合	42000	84630 118452	2.02 2.82	し尿直接	220 1968	1430 1610	17.0 18.6	88 88	0.76 1.67	0.23 0.23	70 86	
亀吉分	分	28000	35590 27480	1.27 0.98	-		988 863	44.2 46.3	55 45	0.57 0.50	0.13 0.19	77 62	
湖北台分	分		3835 3420	-	-		1240 1880	4.0 17.1	97 91	19.70 2341	2.67 2.94	86 87	住宅団地
寿町分	分	19000	32586 20857	1.72 1.10	化学処理 脱り液	36526	1335 1435	20.1 13.3	85 91	1.45 1.13	0.39 0.39	73 65	
弥生分	分	594	812 960	1.37 1.62	-		1130 2162	2.0 3.2	98 99	12.50 14.50	0.80 1.80	94 88	住宅団地
入江崎合	合	173000	230700 232060	1.33 1.34	-		1250 1930	7.0 14.0	94 93	0.06 4.40	0.02 1.80	97 75	
一宮東部合	合	30600	35208 43344	1.15 1.42	-		722 1133	18.6 22.1	74 80	1.28 1.86	0.43 0.60	66 68	
熱田合	合	60000	45360 29880	0.76 0.50	-		800 2200	8.3 9.7	90 96	9.70 19.00	1.70 1.39	88 93	
山崎合	合	100000	93700 92400	0.94 0.92	-		3290 1750	11.0 16.0	97 91	94.00 14.60	4.40 2.90	95 80	
千年合	合	100000	91200 97400	0.91 0.97	-		1000 1980	5.8 5.7	94 97	5.25 49.70	1.20 0.80	77 98	
山崎東部合	合	65000	86400 86900	1.33 1.34	-		1020 930	7.0 12.0	93 87	14.60 7.40	4.70 2.40	68 68	
住吉合	合	11000	268200 225000	2.44 2.05	し尿直接	817	2764 10541	18.5 22.2	93 98	5440 11200	5.40 6.40	90 94	
川面合	合	18000	20670 38090	1.15 2.12	-		80.5 191.8	16.2 24.6	80 87	3.47 4.57	0.31 0.78	91 83	
尼崎東部合	合	106700	116180 176690	1.09 1.66	し尿直接	250 250	432.1 401.0	59.7 59.0	86 85	13.40 25.70	1.10 1.40	92 95	
高松福岡合	合	34400	54200 64640	1.58 1.88	-		2710 4225	15.0 23.8	94 94	23.10 19.56	3.01 2.07	87 89	
錦江分	分	32400	42800 35588	1.32 1.10	-		1670 271.0	16.0 15.0	90 94	5.23 10.20	1.75 2.80	67 73	

注) 上段：夏期，上段：冬期

表 5.13 リンの除去率が低い下水処理場の特性

処理場名	排除方式	流入水量 B (m^3 /日)	し尿処理との関係		BOD除去率との関係			リン除去率			処理能力 (A)	B/A	
			方 法	量 (m^3 /日)	平 均 流入水質 (mg/l)	平 均 流出水質 (mg/l)	除 去 率 (%)	平 均 流入水質 (mg/l)	平 均 流出水質 (mg/l)	除 去 率 (%)			
前 橋	合	30,778	し尿・汚泥合併 消化脱り液	205	251.0	16.4	93	3.2	3.1	18	20,800	1.47	
		32,027		238	184.0	18.8	90	4.1	4.7	-		1.54	
城 南	合	27,840			97.2	14.9	85	0.96	0.90	6	27,400	1.02	
	一分	28,000			84.8	33.8	60	2.4	4.7	-		1.02	
大 宮 北 部	分	85			112.0	22.0	80	7.7	7.8	-	117	0.73	住宅団地
		121			194.0	9.98	95	7.56	7.81	-		1.03	
小 倉	分	388			158.0	30.0	91	9.40	8.45	1	456	0.85	住宅団地
		595			142.0	12.5	91	7.13	7.07	1		1.30	
錦 町	合	39,689			149.7	10.6	93	3.98	6.10	-	21,400	1.85	
		36,500			108.8	5.26	95	4.02	4.57	-		1.71	
長 野	分	18,084		160	98.0	19.2	80	4.70	7.90	-	13,380	1.35	
		12,639			199.6	28.7	86	7.01	11.47	-		1.94	
関 市	分	10,570			27.7	4.98	82	2.08	2.14	-	2,303	4.60	
		4,188			163.0	12.4	92	6.90	7.04	-		1.82	
瑞 浪	分	3,391	し尿直接	15	1,357.0	9.19	99	0.5	1.5	-	4,500	0.75	
		1,805		20	236.0	37.0	84	1.0	8.0	-		0.40	
福 知 山	合	13,680	し尿直接 汚泥・し 尿消化	し尿 61.2 脱り液130	50.0	26.6	47	3.6	9.9	-	12,500	1.09	
		12,720		し尿 54 脱り液138	53.7	16.5	69	2.2	4.6	-		1.02	
泉 北	分	3,900			140.1	8.85	94	12.9	13.1	-	21,400	0.18	住宅団地
		4,690			192.0	32.9	83	12.1	12.1	-		0.22	
原 田	合	90,860	し尿・汚泥合併 消化脱り液	532	168.0	9.5	94	11.5	13.2	-	62,300	1.46	
		68,760		548	281.0	9.5	97	6.3	8.4	-		1.10	
筋 ケ 浜	分	6,389	し尿脱り液	45	107.2	40.8	62	14.6	25.9	-	3,500	1.83	
		6,373		45	193.9	39.9	79	4.7	8.8	-		1.82	

く、流出水の水質が必ずしも良好ではないにもかかわらず、見掛上高い除去率を示している場合が多い。また除去率の低い下水処理場には分流式の場合が多いほか共通した特性が見られないが、強いて云えば、分流式で処理能力に対して見合うか、または少ない目の下水量が流入している場合が多い。

5.3.5 合成洗剤とリンとの関係

下水中の合成洗剤は、従来下水処理場内の、主としてエアレーションタンクや放流口附近における発泡の原因物質として認識されてきた。図 5.23 はわが国の下水処理場の流入下水中に含まれる、合成洗剤の主成分である ABS の負荷量であり、1 日 1 人当り 3 g 程度の流入があることを示している。これは家庭下水のみの場合の BOD の濃度と原単位の関係を用いて濃度に換算すると、およそ 9 mg/ℓ となる。

ABS は以前には生物処理により分解され難い、いわゆる hard なものであったが、1950 年頃より合成洗剤の使用が普及していた欧米諸国はもとより、わが国においても発泡が問題視されるようになり、1960 年頃より生物による分解が可能な、いわゆる soft なものに順次切り換えられてきた¹⁶⁾。下水処理場における生物分解の程度は表 5.11 に他の項目と共に示してあるが、これを図示すれば図 5.24 の通りである。すなわち 10% 程度が最初沈殿池において除去されるのを含み、二次処理過程において 80~90% が分解されていることがわかる。一般に hard なものの分解率は 25% 程度といわれ、一方 soft type は 85% 以上が分解されるとしているので、この結果から見れば、わが国の合成洗剤は、大半が soft type に切り代っているものと考えられ、このため、今日ではエアレーションタンクでの発泡もほとんど問題にならない状態にまでになっている。なお放流口附近での発泡はいぜんとして生じているが、上記除

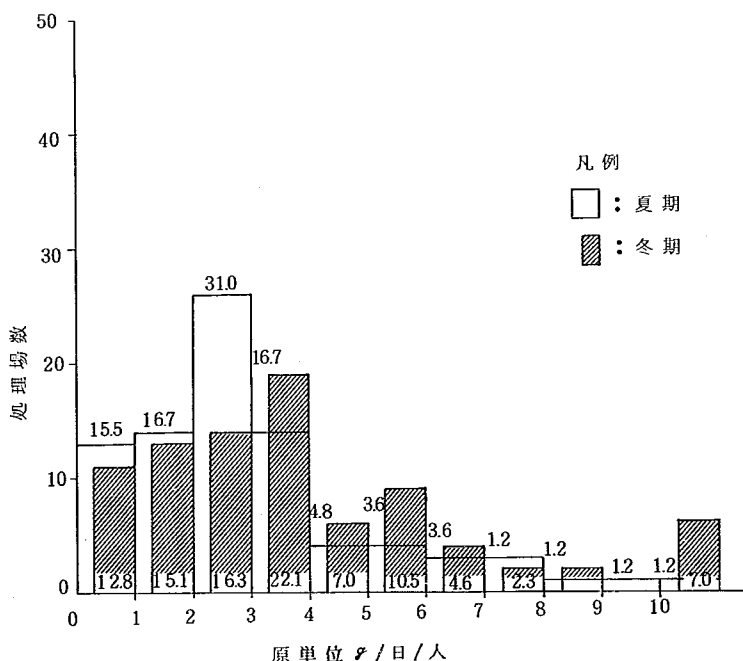


図 5.23 ABS の原単位と処理場数

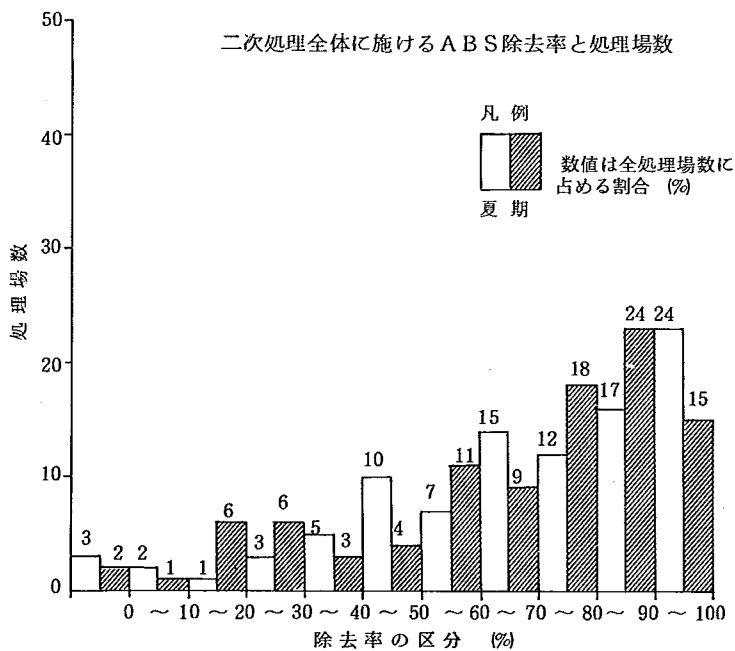
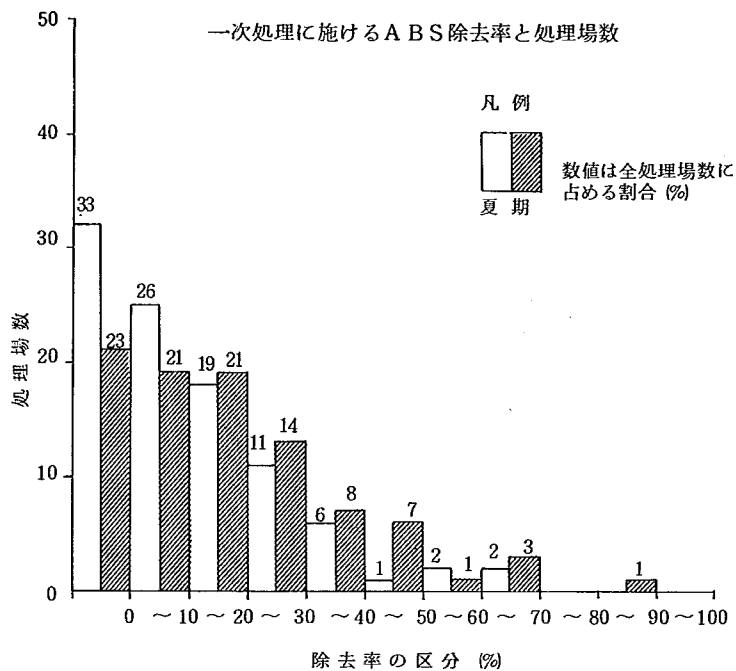


図 5. 24

去率は、生物処理のはば限界に近いと考えられるので、これを防ぐには、おそらく生物処理以外の何らかの対策を講じなければならないであろう。

一方、合成洗剤のビルダー中に含まれているリンが問題視されるに至ったのは、湖沼の富栄養化現象が顕著になってきたからのことであり、ごく最近のことである。

図 5.25 は流入水中のABS濃度とリン酸イオン濃度との相関を示したものであり、処理人口が5千人～5万人程度の下水处理場においては比較的良い相関が得られている。図 5.26 は5万人以上の場合であるが、この場合はABS濃度は2～5mg/ℓの範囲に限られるのに対してリンの濃度は大巾に変動している。これについては、合成洗剤以外によるリンが増加する、あるいは下水処理区域が大きい場合には、流下の過程で多少ともABSが分解されるためなどのことが考えられる。

いま、流入下水中のABSの原単位を3g/人/日とし、前述の杉木らの値⁷⁾を用いて合成洗剤に起因するリンの負荷量を試算してみると1g/人/日となり、杉木らの試算値に近い値が得られる。しかしこれは現在の下水処理場へ流入するリンのほとんどが合成洗剤によるものであることを意味し、かなり高い値であるという指摘は否めない。

しかし、今後合成洗剤の使用は年々増加することが考えられ、このまゝの状態が続けば流入水中のリンのかなりの部分が合成洗剤によることにもなりうる。このため米国においては合成洗剤へのリンの使用を制限する動きが見られ、一部の州では合成洗剤中のリンの割合を規制(たとえばニューヨーク州では8.7%以下¹⁷⁾)または使用を禁止している。しかし環境保護庁は合成洗剤中のリンの規制をする必要がないという政策方針を明らかにし、その理由として、かりに合成洗剤からのリンを除去しても(し尿その他に起因する)リンは依然として残り、下水処理場における(リン除去の)コストとしては影響が少ないことをあげている¹⁷⁾。

この問題の最終的な判断は、下水処理場で確実にリンを除去する技術の開発の可否にかかっているといえる。

5.3.6 下水中の硬度について

石灰凝集沈殿によるリン除去の調査過程において下水中に存在するCa、Mgなどの影響がかなり見られることが明らかになっているが^{*}、これらアルカリ土類は全硬度の主成分であり、下水処理水の再利用をはかる場合にも、ボイラー用水や冷却水として使用した場合のスケール発生の原因物質となるものである。

下水の主な発生源である上水中の硬度については、厚生省の定めた飲料水水質基準は300mg/ℓ以下としている。

一方下水中には地下水がある程度流入することは避けられないが、とくに海岸部の都市では海水が混入し、これがMgなどの供給源となりかなり高い硬度を示すこともある。表 5.14 は地域的に見た地下水の溶存化学成分であるが、鈴木らによれば全国的には40～50mg/ℓに最高値があり、これを地区別に見る

* この点に関する詳細は文献 4) を参考にされたい。

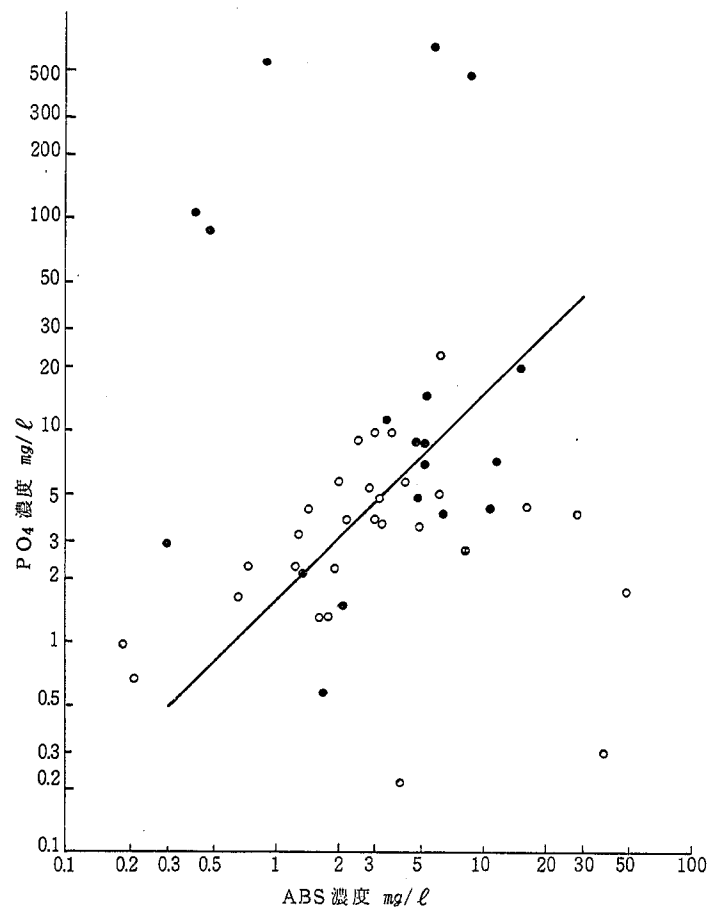


図 5.25 処理水量 5 千～5 万 m^3 /日 処理場流入水の P-ABS の相関 (夏)

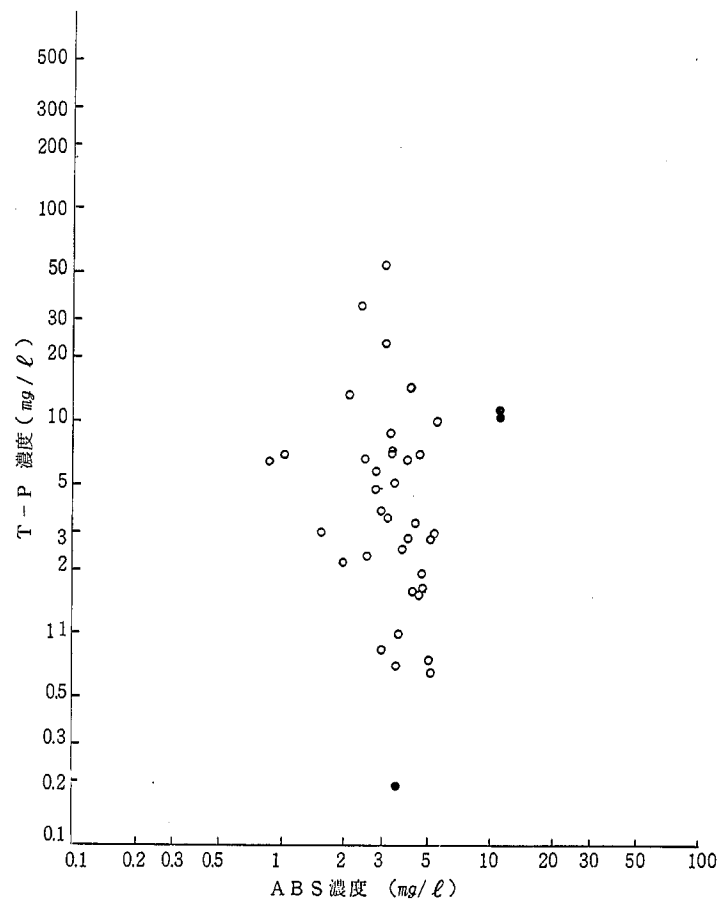


図 5.26 処理水量 5 万以上 流入下水の P-ABS 相関 (夏)

凡 例

- 100mg/ℓ 以下
- 100~150mg/ℓ
- ▲ 150mg/ℓ 以上

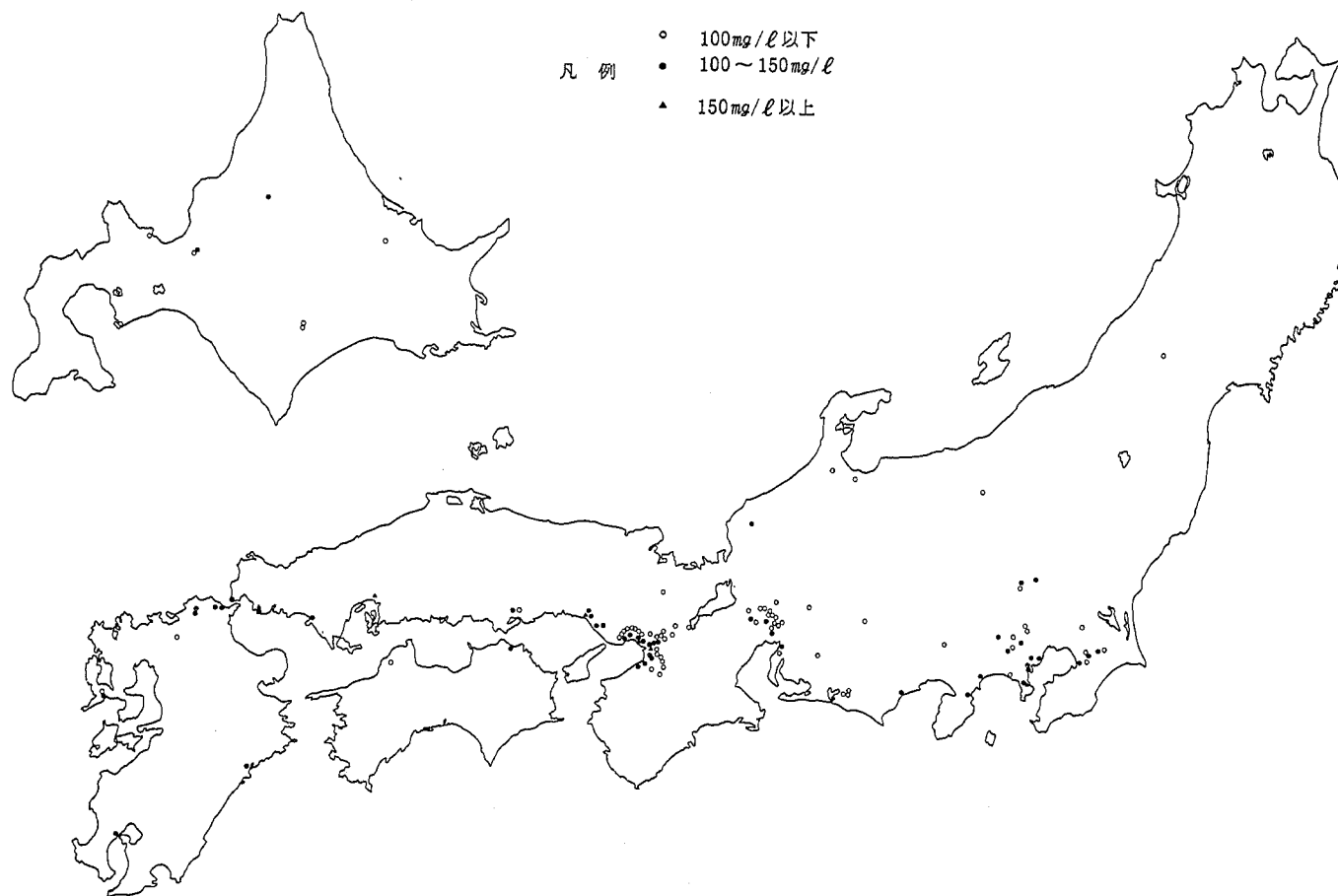


图 5 - 27

- 凡 例
- 100mg/ℓ 以下
 - 100 ~ 150mg/ℓ
 - ▲ 150mg/ℓ 以上

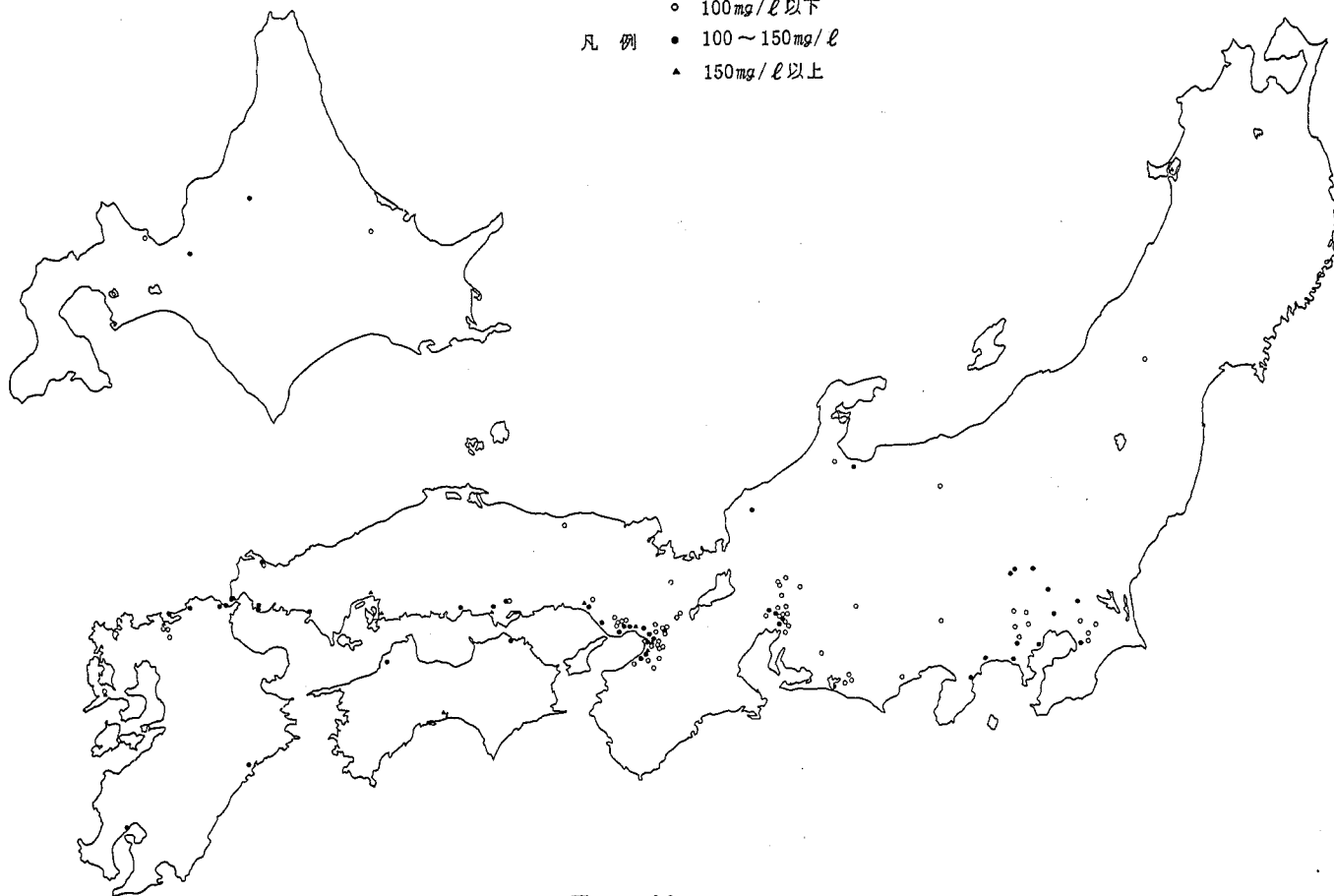


図 5 - 28

表 5.14 地下水の溶存化学成分の地域差

	北海道	関東・東北	関西・北陸	四国	九州	全国平均
pH	7.17	7.28	7.04	6.80	7.06	7.11
電気伝導度 μ	2007	2456	1852	2696	1923	21555
M アルカリ度 ppm	7079	701	6875	5732	5818	6774
全硬度 "	6736	892	5226	814	5242	6964
塩素イオン "	1610	1322	1522	304	2167	1725
シリカ "	4365	3394	2628	167	3255	3235
鉄イオン "	1.081	0.320	0.975	1.006	0.304	0.787
全鉄 "	2.130	0.884	0.807	1.408	0.574	0.264

と関西、北陸地区では最高値が $20 \sim 39 \text{ mg/l}$ であり、他の地区に比べて低く、反面関東、東北は高いとされている¹⁸⁾。

図 5.27、および図 5.28 は下水中の全硬度日間平均値の地域的な分布状況を示したものである。これによれば全国的に 100 mg/l 以下の値を示している下水処理場が最も多いが、関東北部や北海道に 100 mg/l 以上を示す下水処理場が見られる。また海岸部の都市で 100 mg/l 以上、場合によっては 150 mg/l 以上の値を示す下水処理場が存在するが、これらは海水の混入によるものと考えられる。

一般に海岸部、とくに太平洋や瀬戸内海沿岸部の都市では今後水需要が逼迫し、場合によっては下水処理水の再利用をはからなければならぬことも予想される。また海域での富栄養化や赤潮を防ぐため、他の地域よりも栄養塩類を除去するための三次処理を行なう必要性が大きいと考えられる。

したがって、下水への海水の混入は従来主として処理施設の機械類の保守の面から問題視されてきたが¹⁹⁾ 今後は三次処理の点からも十分検討を加え、管渠の施工や維持管理の面で万全を期す必要があると思われる。

5.4 まとめおよび考察

下水水質を主として窒素やリンの面から検討するため、全国の下水処理場における夏期、冬期の水質調査結果を整理した結果、次の点が明らかになった。

- (1) 下水処理場への平均的な流入水質は、大別して三つのグループに分けられるが、 $\text{BOD } 150 \text{ mg/l}$ 、 $\text{SS } 150 \text{ mg/l}$ 、窒素 25 mg/l 、リン酸イオン 8 mg/l (リンとしておよそ 2.7 mg/l)、程度を示す下水処理場が最も多かった。下水処理場の設計に広く用いられている $\text{BOD } 200 \text{ mg/l}$ 、 $\text{SS } 200 \sim 250 \text{ mg/l}$ は「現在のところ」余裕を持った値である。また下水水質影響を及ぼす因子を検討した結果、し尿の直接投入や工場排水による影響は、今後下水道の普及や除害施設制度の徹底により少なくなる反面、ディスポーザーの普及がかなり大きな因子になり得ることが推察された。
- (2) 下水処理場への流入負荷量は時間的に変動し、1日2回ピークが現れる。ただしこの傾向は小規模な下水処理場において顕著であり、規模が大きくなるにしたがって夕方のピークは低くなってくる。またピークを生ずる時間も下水処理場規模が大きくなるにしたがって遅れている。

- (3) 下水処理場への流入汚濁負荷原単位はBOD 40～50g/人/日, SS 50～60g/人/日, 窒素5～10g/人/日, リン酸イオン2～3g/人/日(リンとしておよそ0.7～1.0g/人/日)を示す下水処理場が最も多かった。これより平均的な汚濁負荷原単位はBOD 50g/人/日, SS 50g/人/日, 窒素 10g/人/日, リン酸イオン 2g/人/日と考えられる。

家庭下水のみが流入する住宅団地の下水処理場 28 ケ所の値を平均した結果BOD 46.6g/人/日, SS, 46.1g/人/日, 窒素 8g/人/日, リン酸イオン 2.8g/人/日であった。この値は前回に同様な方法で求めた値より, いずれも高くなっており, 汚濁負荷量が経年的に変化していることが推察された。

- (5) 処理区域が拡大するに従って定住人口と実住人口とに差が生ずるため, 見掛上原単位が大きくなることが考えられる。この関係を最小自法により $Y = aX^b$ の形で整理してみた結果, たとえばBODについては $Y = 47.23 X^{0.085}$ となり, これにより試算してみると処理人口 1,000 人の場合, 47g/人/日であるのに対し, 処理人口 10 万人程度の下水処理場で 70g/人/日, 50万人の下水処理場で 84g/人/日となる。このことは, 広域的な下水道計画策定などにあたっては, 処理区域の状況を十分勘案した汚濁負荷原単位を用いるべきことを示唆している。

- (6) 下水の二次処理における窒素, リンの除去率は, 窒素の場合一次処理で 20%, 二次処理全体で 40～50%, リンについては一次処理で 10～20%, 二次処理全体で 40～50%の下水処理場が最も多かったが, 二次処理全体での有意差のある除去率は示されなかった。

概括的にみると窒素, リンは一次処理で 10～20%が物理的に除去されるものの, 生物処理過程では「確実に」は除去されないようである。

リンの除去率が良い下水処理場と悪い下水処理場については対比させたが, とくに明らかな相異は見られなかった。

- (7) リンの発生源の一つである合成洗剤について調査した。下水中のABSは3g/人/日であり, 濃度に換算するとおよそ 9mg/ℓ である。この値を用い合成洗剤中のABSとリンとの比率を 3:1 とすると, 合成洗剤に起因するリンの量は 1g/人/日である。これは下水処理場に実際に入ってくるリン負荷量から見ても高い。

- (8) 下水中の硬度はおおむね 100mg/ℓ 以下であるが, 臨海部の都市では海水の混入等により高い値を示している。このことは石灰凝集沈殿によるリン除去や下水処理水再利用の際に問題になる可能性がある。

下水中の栄養塩類が示す挙動については, 調査資料が不足しており, 今後この種の調査を鋭意進めなければならないが, そのうちでもとくに, 負荷量の経年的変化, 下水処理場での収支と質的变化, また二次処理までの過程で確実に除去できる範囲を明確にすると同時に, 除去率を向上させる運転方法を見出さなければならない。

参 考 文 献

- 1) 「湖沼および流水の富栄養化 — OECD 水管理研究報告 — 」
資源調査所資料第 15 号, 科学技術庁資源調査所
- 2) 「下水処理施設設計の合理化に関する調査報告書 (2)」土木研究所資料第 621 号, 昭和 45 年 3 月
建設省土木研究所下水道研究室
- 3) 「下水処理施設設計の合理化に関する調査報告書 (3)」土木研究所資料第 762 号, 昭和 46 年 10 月
建設省土木研究所下水道研究室
- 4) 「下水の高度処理と再利用に関する調査報告書 (1) — 石灰凝集沈殿によるリンおよび有機性成分
除去の実用化のための調査 — 」土木研究所資料第 767 号, 昭和 47 年 6 月, 建設省土木研究所
- 5) 「家庭下水の汚濁負荷量の原単位に関する調査報告書」昭和 46 年 7 月, 建設省都市局下水道部
- 6) 浮田, 池迫, 中西「下水処理場における窒素, リンの流入量, 流出量」第 8 回下水道研究発表会講演集
- 7) 杉木, 旦「二三の廃水中の窒素, リンについて」第 7 回下水道研究発表会講演概要集
- 8) 稲場, 堂々「家庭下水の負荷量原単位に関する研究(第 2 報)」第 8 回下水道研究発表会講演集
- 9) 小堀, 岡沢「家庭下水の組成について」第 25 回土木学会学術講演会講演集
- 10) 「下水処理施設設計の合理化に関する調査報告書 (1)」土木研究所資料第 524 号, 昭和 44 年 3 月
- 11) 東京都下水道局計画部技術開発課「ディスポーザーと下水道」1972 年 3 月
- 12) たとえば, 西田, 他「計画汚水量と土地利用パターンの一考察」第 8 回下水道研究発表会講演集
- 13) 洞沢「日本における下水の BOD およびその人口当量について」下水道協会誌 No 23, 1966 年 4 月号
- 14) 原典 "Sewage Treatment Plant Design" WPCF Manual of Practice
No 8, 邦訳「下水処理場の設計」日本下水道協会資料 No 9, 昭和 46 年
- 15) Metcalf & Eddy "American Sewage Practice" Vol. III (Disposal of
Sewage), 1935
- 16) 富山「上水, 下水における合成洗剤について」水道協会誌, 昭和 37 年 11 月号
- 17) 建設省都市局下水道部「第 1 回日米下水処理技術委員会会議録」昭和 46 年 10 月
- 18) 鈴木, 加藤「工業用水処理」内田老鶴園新社 P. 20
- 19) たとえば斎藤「終末処理場への海水混入の実情」第 7 回下水道研究発表会講演集

第 6 章 活性汚泥生物相に関する調査

6.1 調査の目的

活性汚泥を形成するバクテリア、菌類、原生動物、後生動物のうち活性汚泥中に普遍的に存在し、かつ顕微鏡的にも観察が容易な原生動物は、およそ 5,000 余の種類に分類されるが、エアレーションタンクにおいて、これらのすべてが均等に存在するものではなく、流入下水の水質、エアレーションタンクの運転条件（BOD 負荷、吹込空気量、水温など）等によって群集形態に差異があることが認められている。

このため、原生動物の種類や量を指標とすることにより下水浄化率、あるいは流入水の水質特性を表現し、維持管理の適当化や、下水処理施設設計の因子とする試みがいくつかなされてきた。これらのうち、わが国の下水処理場における活性汚泥生物相の量的な把握や季節的変動については洞沢^{1),2)}、盛下³⁾、須藤⁴⁾の研究などがある。

洞沢は主として東京都三河島および芝浦処理場の活性汚泥を対象として基礎的研究を行ない、活性汚泥生物相の優占種は定性的にも定量的にも原生動物中の根足類および繊毛虫類であり、後生動物および藻類成分は種、量とも少ないことを明らかにした¹⁾。ほか、活性汚泥生物相の質的、量的構成とその季節的变化について年平均にして活性汚泥 1 ml 中全生物量は 5～11 万であり、種類数は一般に夏に多く、冬に少なく、その臨界帯は 15～18℃にある。量的には一般に 12～5 月に多く、9～10 月に少ない。この季節的な消長を誘起する要因としては温度、生物相互作用、栄養量、操作条件などが考えられ、前者は主として質的生長に、後者は主として量的生長を左右する。また生物量と BOD との間に一定量の関係があることを見出している²⁾。

また盛下はいくつかの都市の活性汚泥中の原生動物群を構成している属種を整理し、各種条件の差はあっても *Amoeba*, *Vorticella*, *Epistylis* の 3 属活性汚泥に共通して出現する。また *Aspidisca*, *Lionotus*, *Opercularia*, *Tokophrya* の 4 属がこれに次ぎ、これら合計 7 属が都市下水の処理場における共通性の高いものであることを見出した。季節的変動については春、秋季は *Vorticella*, *Aspidisca*, 夏季は *Aspidisca*, *Epistylis*, 冬季は *Vorticella*, *Opercularia* が優占していると報告している⁴⁾。

原生動物を活性汚泥処理の管理指標とすることは、大都市を中心として、すでに実用化されているが上述のような特定の条件において明らかになった事実が、他の条件を異にする下水処理場、たとえば家庭下水が主体をなす中小都市や住宅団地の下水処理場においても、あるいは地域的に異なる下水処理場にも適用しうるかについては検討がなされていない。

その主たる理由は、これまでの詳細な研究が、いずれも特定の下水処理場における長期的な観測結果のもとづくものか、下水処理場数が限定された結果を整理したものであったからである。

このため、本調査においてはこれらのことをふまえ、わが国の下水処理場においてはいかなる活性汚泥生物、とくに原生動物の属種が分布し、下水の浄化に寄与しているかをマクロな形で把握するとともに、これら属種の地域的、季節的な消長の状況等についても検討するなど、主として、全国の下水処理

場における活性汚泥生物相の実態をとらえることに重点を置いた。

また試料の採取日を第5章に述べた水質試験を行なった日と同じくすることにより、流入水質との関係についても検討を加えた。

6.2 調査の方法

6.2.1 試料の採取

調査は昭和46年度に実質的な処理を行なっている、活性汚泥法による下水処理場を対象として行なった。このことは、第5章に述べた水質調査の場合と同じである。回数は夏期、冬期各1回、合計2回とし、本調査のための試料採取は、水質調査日の午前9時に行なうこととした。

採取にあたっては、完全混合型のエアレーションタンクの場合はその中央部から、押し出し流れ型のエアレーションタンクの場合は原水流入口より全長の2/3程度の部分でよく混合したものをとるよう注意した。

試料は直ちに固定液で固定し100ml 広口ポリエチレンビン（内ブタ付）に入れ密栓した後土木研究所に郵送してもらった。固定の方法は次の通りである。

i) ヨードブアン氏液による固定

ルゴール氏液 2.5 ml（蒸留水 100 ml にヨードカリ 6 g，ヨード 4 g を溶解したもの）およびブアン氏液（飽和ピクリン酸 75 ml，ホルマリン 25 ml，氷醋酸 5 ml を混合したもの）475 ml を使用直前に混合し、50 ml とした後、ビーカーにとって活性汚泥 150 ml に加えよく攪拌する（活性汚泥 3，固定液 1 の割合）。

ii) ホルマリン液による固定

ホルマリン 20 ml を活性汚泥 180 ml に加え混合攪拌する（活性汚泥 9，ホルマリン 1 の割合）。固定液のうちヨードブアン氏液は土木研究所が調整し、説明会当日会場で各都市担当者に配布した。

6.2.2 検鏡試験

土木研究所に郵送された試料は順次検鏡を行ない原則として属まで、可能なものについては種まで分類し、1 ml 当りの数を求めた。試料は主にホルマリン液により固定したものをうい、不確定の場合ヨードブアン氏液による固定試料により同定した。なお検鏡業務は日本下水道協会に委託した。

6.3 調査の結果

6.3.1 原生動物の出現頻度 (i) — とくに季節との関係

全国の下水処理場から集められた試料は夏期 138，冬期 121 であったが、その地域的分布は表 6.1 の通りであり、太平洋沿岸諸都市のものが多く、東北、北海道や九州、四国などの地域では二次処理を行なっている下水処理場が少ないため試料数も少ない。

表 6.1 試取試験料の地域的分布

検 体	地 域	北 海 道	東 北	関 東・ 甲 信 越	中 部	近 畿	中 国	四国、九州	計
夏	期	7	5	36	25	39	12	14	138
冬	期	7	4	38	17	34	7	14	121

検鏡の結果を整理したものが付表 6.1, および付表 6.3 である。なお付表 6.2 と付表 6.4 に下水処理場名と採水日時を整理したものを示した。

これによれば検出した生物種数は夏期原生動物 64 属, 後生動物 7 種であり, 冬期は 53 属種(属のみ同定したものと, 種まで同定し得たものを含む)であった。

これらのうち出現頻度の高かった原生動物について上位 10 属までを示すと表 5.2 の通りであり, 夏期には *Epistylis* Spp., *Amoeba* Spp., *Vorticella* Spp., *Aspidisca* Spp., などの出現頻度が非常に高く, ほとんどの下水処理場に出現しており, その個体数も多い。これに対して冬期は *Monas*, *Aspidisca* などの出現頻度が高い。*Vorticella* は種単位まで分類したため, 上位 10 位

表 6-2 活性汚泥に出現した原生動物

夏 期				冬 期			
属	出現検体数	出現頻度(%)	平均個体数	属(種)	出現検体数	出現頻度(%)	平均個体数
<i>Epistylis</i>	117	85.5	2450	<i>Monas</i>	83	68.6	14014
<i>Amoeba</i>	116	84.7	2630	<i>Aspidisca</i>	74	61.2	307
<i>Vorticella</i>	112	81.8	1660	<i>Amoeba</i>	69	57.0	980
<i>Aspidisca</i>	108	78.8	1930	<i>Vorticella microstoma</i>	67	55.4	530
<i>Arcella</i>	86	62.8	1390	<i>Vorticella</i>	56	46.3	331
<i>Trachelophyllum</i>	86	62.8	530	<i>Epistylis</i>	55	45.4	860
<i>Euglypha</i>	71	51.8	320	<i>Vorticella alba</i>	49	40.5	480
<i>Tokophrya</i>	65	47.4	90	<i>Opercularia</i>	38	31.4	196
<i>Peranema</i>	63	46.0	410	<i>Trachelophyllum</i>	37	30.1	114
<i>Monas</i>	47	34.3	6150	<i>Carchesium</i>	25	20.7	182

までに 3 種が出現することになるが, これを一括した場合その出現頻度は 66.1% となり 2 倍を占る。したがってこの整理方法にしたがえば, 表 6.2 に示した属に *Arcella*, *Tokophrya* までを加えたものが冬期の 10 位に入ってくる。

また *Monas* は冬期に最も出現率の高い属であり, 夏期もおよそ 1/3 の下水処理場に出現するが, その平均個体数は 6,150 であり, 出現頻度の高い *Epistylis* や *Amoeba* の個体数よりはるかに多い。これは特定の下水処理場において, 他の属の数に比べはるかに多く生息しているためである。これら下水処理場に関する顕著な共通特性は見られないが, *Monas* が非活性汚泥生物に分類されることから, 悪い処理状況になっていることは推察できる。

このように夏期と冬期では全体として見た場合, 夏または冬期のみに限定して出現しているものは極くわずかであるが, 出現頻度の高い属種には明らかな相違が見られる。

たとえば, 今回の調査結果では, 原生動物中最も普通に見られる繊毛虫を見ると夏期は *Epistylis*, *Vorticella* の順になっているが, 冬期は *Vorticella*, (*Aspidisca*), *Epistylis* と出現順位が逆

になっている。盛下は都市下水の活性汚泥における優占的属である繊毛虫緑毛目原虫の指標としてはVE型（Vorticella, Epistylis）であるとしているが³⁾、季節的に見た場合必ずしも一定の群集構成であるとはいいい切れない。

またC・R・Curdsらは1969年に英国各地の56の下水処理場における原生動物の群集構成に関する報告を行ない、Aspidisca, Vorticella, Trachelophyllum, Opercularia, Carchesium Euplotesなどが主要属であるとしている⁵⁾。ただしCurdsらの資料は3月から12月にかけて行なわれた調査の結果であり、季節的な変化は特に考慮していない。

これと今回の調査結果を対比させると、出現頻度から見た順位は、冬期はほぼ類似しているのに対し夏期は異なっており、とくにEpistylisとOperculariaの順位が全く逆になっている。

このような季節的な変化の理由としては水温、気温など気象条件の変動とともに第5章で明らかにしたように、一般的に冬期の濃度が高いという流入水質の変化や、これに伴う下水処理場の運転条件の変化等の諸点が考えられ、それぞれの外的条件に適合した属種が優占してきたものと推察される。

また冬期にMonasの出現頻度や出現数が最も多いことは、この時期には全国の下水処理場の大半が悪い運転条件の下で維持管理されていることを示唆している。

6.3.2 原生動物の出現頻度 (2) 地域的分布

原生動物の出現頻度を夏期、冬期に分け地域別に整理したものが表6.3、表6.4である。前述の通りわが国の下水処理場は太平洋沿岸に偏在しており、東北、北海道や四国、九州などの試料が少ないため、数値上の開きがあるとも考えられるが、この表で見る限り夏期においては多少の差はあるものの、全国的に出現頻度の高いものは、ほとんど地域的に差は見られないのに対し、冬期においては地域によって属の出現頻度は異なった状態を示すことが明かである。とくに北海道においては全国的に出現頻度の高い属種が余り見られぬという特異な傾向を示している。

表 6-3 地域別出現頻度（夏期）

単位 (%)

属 \ 地域	北海道	東北	関東・甲信越	中部	近畿	中国	四国・九州
処 理 場 数	7	5	36	25	39	12	14
Epistylis	57.2	100.0	82.9	88.0	84.6	100.0	85.7
Amoeba	85.8	80.0	82.9	96.0	74.4	83.4	100.0
Vorticella	85.7	60.0	85.7	92.0	69.3	91.7	85.8
Aspidisca	71.5	80.8	80.0	84.0	71.9	91.6	78.6
Arcella	57.2	60.0	57.2	72.0	61.6	58.3	71.5
Trachelophyllum	57.2	0.0	68.6	80.0	53.9	66.6	57.1
Euglypha	0.0	60.0	48.6	64.0	48.7	66.6	57.1
Tokophrya	28.6	20.0	62.8	48.0	35.9	58.3	50.0
Peranema	42.9	20.0	57.2	40.0	41.0	33.0	64.2
Monas	43.0	20.0	31.5	28.0	46.0	33.3	21.5

表 6-4 表 地域別出現頻度 (冬期)

単位 (%)

属 \ 地域	北海道	東北	関東・甲信越	中部	近畿	中国	四国・九州
処 理 場 数	7	4	38	17	34	7	14
Monas	23.5	50.0	73.7	47.1	64.7	85.7	92.9
Vorticella	35.3	75.0	57.9	64.7	47.1	23.5	50.0
Aspidisca	29.4	100.0	65.7	58.8	64.7	71.4	21.4
Amoeba	17.6	75.0	63.2	70.6	38.2	29.4	64.3
Epistylis	17.6	0	65.8	29.4	47.0	11.8	28.6
Opercularia	11.8	50.0	34.2	17.6	32.4	5.9	42.9
Trachelophylum	5.9	50.0	36.8	41.2	26.5	11.8	14.3
Carchesium	5.9	25.0	31.6	23.5	8.8	11.8	14.3
Arcella	0	25.0	26.3	17.6	5.9	0	14.3
Tokophrya	17.6	0	15.8	11.8	8.8	0	0

これは、北海道においては低水温や低気温のほか融雪水による稀釈など、他の地域と異なった厳しい環境条件に置かれているため、少数の属種のみが生息しているためと考えられる。

6.3.3 原生動物の総数

エアレーションタンク内の原生動物総数を見るため、単位当りの数を求めた。表 6.5 は 1 ml 中に存在する数を、また表 6.6 はこれを MLSS 乾泥 1 g 当りに換算したものである。後者については水質試験を行なわなかった下水処理場が存在するため、前者に比べ資料数が少なくなっている。

表 6-5 1 ml 当りの原生動物数

範 囲	夏期	%	冬期	%	備 考
1000 以下	14	11	26	23	
1000 ~ 5000	21	16	54	48	
5000 ~ 10000	30	23	17	15	
10000 ~ 15000	23	18	4	4	
15000 ~ 20000	10	8	3	3	
20000 ~ 25000	7	5	3	3	
25000 ~ 30000	5	4	4	4	
30000 ~ 35000	5	4	1	1	
35000 ~ 40000	3	2	0	0	
40000 以上	11	9	1	1	
計	129	100	113	100	

表 6-5 MLSS 乾泥 1 g 当りの原生動物数
単位 $\times 10^8$

範 囲	夏期	%	冬期	%	備 考
1 以下	2	2	6	6	
1 ~ 3	9	8	7	8	
1 ~ 5	0	0	10	11	
小 計	11	10	23	1	
5 ~ 10	4	4	17	18	
10 ~ 20	8	7	20	22	
計	23	20	60	65	
20 ~ 40	15	13	18	19	
40 ~ 60	17	15	2	2	
60 ~ 80	12	11	2	2	
80 ~ 100	9	8	1	1	
100 ~ 120	5	4	3	3	
120 以上	21	19	7	8	
合 計	113	100	93	100	

これによれば夏期における $1\text{ m}\ell$ 当りの原生動物は $5000 \sim 10000\text{ N/cc}$ の範囲にあるものが最も多く、次いで $10000 \sim 15000\text{ N/cc}$ の範囲であるが、冬期は $1000 \sim 5000\text{ N/cc}$ の範囲にあるものが 50% 近くを占め、大部分が 5000 N/cc 以下となっており、個体数からも冬期がきびしい環境条件にあることが示されている。

また、これらの値は洞沢の 5 万 ~ 11 万とするものよりかなり低いものとなっている。冬期には数ヶ所の下水処理場において原生動物を全く検出し得ず *Bacteria floc* のみの例があったり、また出現種数、あるいは個体数がきわめて少ない例が認められた。この大部分は大都市の下水処理場で、工場排水の流入が考えられるところであり、冬期で生物の環境条件が悪化したため、工場排水中の毒性物質の影響が顕著に現れてきたものと見てよい。

一方原生動物の総数が多いことは、概して生物が生息しやすい環境条件にあるものとしてよいが、下水処理場によっては非活性汚泥生物に分類される属種が優占している例も見られるので、原生動物の総数を指標としてエアレーションタンク内の状況を判断する場合には標準的な値以下、とくに数のかなり少ない点に着目して検討すべきであろう。

MLSS の乾泥 1 g 当りにしたもののについても、全く同じ傾向が見られるが、冬期 $3 \times 10^8\text{ N/g}$ 以下になっている下水処理場は、前述の工場排水の流入がある大都市の下水処理場と、住宅団地のための小規模な下水処理場に明確に区分される。家庭下水を主体とした（分流式の）小規模な下水処理場においてバルキングが発生しやすいという報告が見られるが⁶⁾、後者の下水処理場においても糸状菌の発生によりバルキングが生じ、原生動物の数が減少してきていることが考えられるが、バクテリアについては検討を行なわなかったため推察の域を出ない。

6.3.4 流入下水濃度と原生動物——とくに緑毛目原生動物との関係

こゝでは、活性汚泥生物の総数や種属と流入下水水質との関係を検討した。図 6.1、図 6.2 は、大まかな関係を見るため、夏期、冬期における流入水 BOD と原生動物総数との関係を示したものであり、冬期が夏期に比べ、一般に流入水 BOD が高いこと、原生動物総数が少ないこと、という前述の事実はこの図にも示されている。

夏期の場合、流入水の BOD は 100 mg/l を中心に $80 \sim 120\text{ mg/l}$ の範囲にある下水処理場が多いがこの範囲では活性汚泥生物の総数が 10000 N/cc を中心に比較的多く、活性汚泥生物にとって生息しやすい状態にあることが示されている。一方冬期については流入水の BOD 濃度が夏期に比べ高い傾向があるが、BOD 濃度と生物総数との関係は、夏期に比べ全般的に総数が少ないかは明確な傾向は見られない。また夏期においては、流入水 BOD が $100 \sim 200\text{ mg/l}$ の範囲にあるものの生物総数は、およそ 10000 N/cc を中心に分布しているが、冬期については 10000 N/cc 以下、およそ $2000 \sim 3000\text{ N/cc}$ の範囲になっている。

このことは夏期の総数の差が水質以外の、たとえば気温や水温などの因子の影響もを受けていることを示している。

次に活性汚泥中にきわめて普遍的に生息している緑毛目原生動物を、活性汚泥法の浄化機能の指標として代表させることができるかを検討した。^{*}表 6.7、表 6.8、表 6.9 および図 6.3、図 6.4、図 6.5 は

^{*}この場合、*Vorticella*、*Epistylis*、*Opercularia* などの属を中心とせず、一括して取扱った。

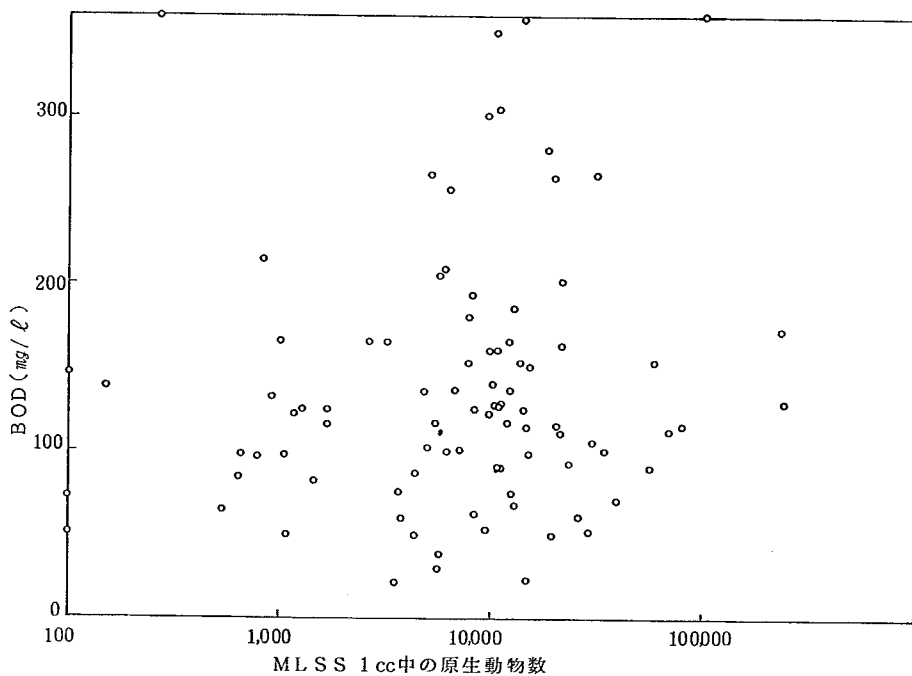


図 6.1 流入水BODと原生動物数（夏期）

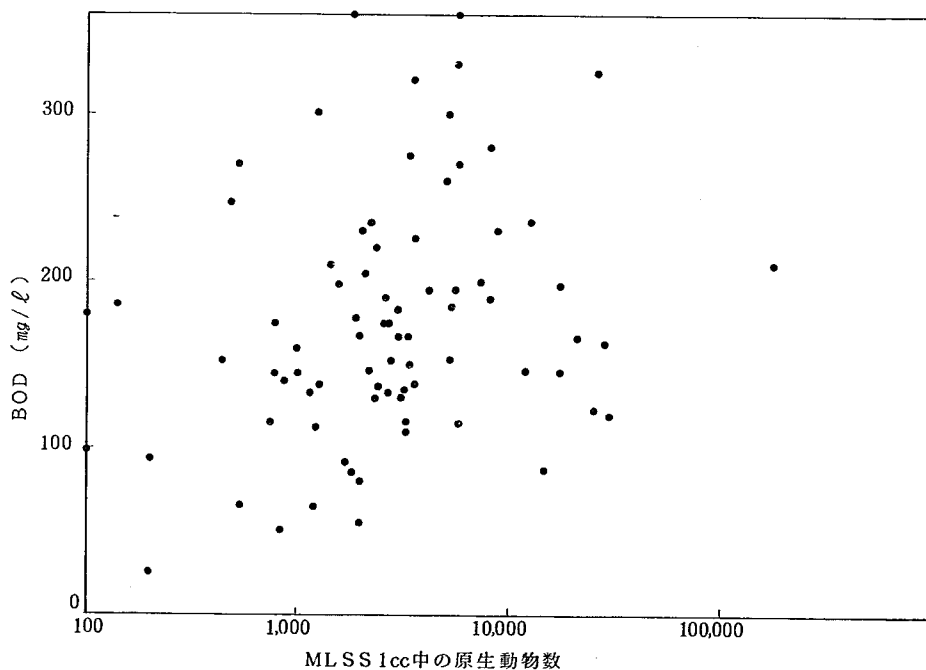


図 6.2 流入水BODと原生動物数（冬期）

表 6.7 一次処理水BODと
緑毛目出現率 (%)

BODの範囲	夏期	冬期
0～ 25	5	0
25～ 50	16	2
50～ 75	20	10
75～100	23	23
100～125	18	18
125～150	9	26
150～175	3	10
175～200	1	4
200以上	5	7

表 6.8 一次処理水窒素と
緑毛目出現率 (%)

窒素の範囲	夏期	冬期
0～10	14	7
10～20	37	36
20～30	29	33
30～40	11	7
40～50	3	7
50～60	3	2
60～70	0	2
70～80	3	2
80以上	0	4

表 6.9 一次処理水のリン酸
イオンと緑毛目出現率 (%)

リン酸イオンの範囲	夏期	冬期
0～ 2	26	8
2～ 4	14	8
4～ 6	19	29
6～ 8	24	21
8～10	4	7
10～12	2	7
12～14	4	7
14～16	1	2
16～18	1	12

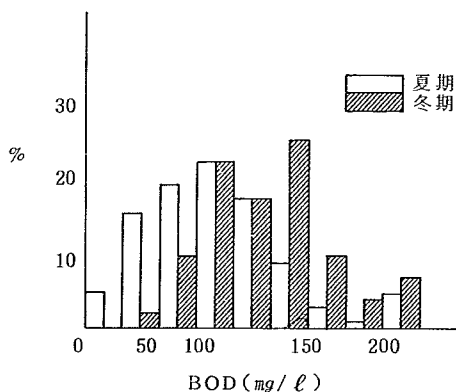


図 6.3 一次処理水BODと緑毛目出現率 (%)

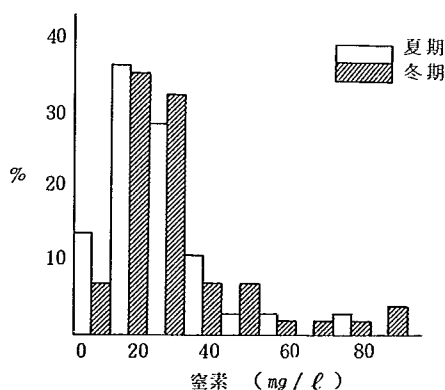


図 6.4 一次処理水窒素と緑毛目出現率 (%)

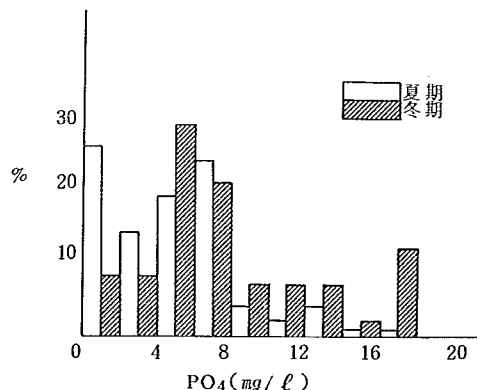


図 6.5 一次処理水リン酸イオンと緑毛目出現率 (%)

一次処理水、すなわちエアレーションタンクへの流入水質とBOD、窒素、リン、との関係を示したものである。

これによれば、BODについては前項に述べたと同様に、夏期と冬期については最も高い出現率を示す濃度範囲に差があり、夏期は75～100mg/ℓ、冬期は125～150mg/ℓとなっているのに対し、窒素リンとの関係においては季節の差異は余り見られず、窒素については10～20mg/ℓに40%の、リン酸イオンについては4～8mg/ℓに40～50%の出現率を示している。

このことは、緑毛目の原生動物が出現している場合には、エアレーションタンクへの流入水水質はBOD 75～150mg/ℓ、窒素 10～20mg/ℓ、リン酸イオン 4～8mg/ℓ の範囲にある場合が多いことを意味している。

表 6.10、表 6.11、表 6.12、表 6.13 および図 6.6、図 6.7、図 6.8、図 6.9 は二次処理水水質と

表 6.10 2次処理水BODと緑毛目出現率(%) 表 6.11 2次処理水SSと緑毛目出現率(%)

BOD の範囲	冬 期	夏 期
0 ～ 5	12	10
5.1 ～ 10	27	19
10.1 ～ 15	27	33
15.1 ～ 20	16	19
20.1 ～ 25	4	8
25.1 ～ 30	6	4
30.1 ～ 35	3	4
35.0 ～ 40	0	1
40.1 ～ 45	4	1
	1	1

SS の範囲	夏 期	冬 期
0 ～ 10	17	20
10 ～ 20	28	27
20 ～ 30	21	24
30 ～ 40	15	11
40 ～ 50	10	8
50 ～ 60	4	5
60 ～ 70	3	3
70 ～ 80	2	2

表 6.13 2次処理水T-Pと緑毛目出現率(%)

表 6.12 2次処理水T-Nと緑毛目出現率(%)

素 の 範 囲	夏 期	冬 期
0 ～ 10	45	17
10 ～ 20	37	28
20 ～ 30	9	19
30 ～ 40	4	7
40 ～ 50	3	2
50 ～ 60	1	2
60 以上	1	1

リン酸イオン の 範 囲	夏 期	冬 期
0 ～ 1	20	15
1 ～ 2	16	10
2 ～ 3	19	10
3 ～ 4	9	10
4 ～ 5	7	16
5 ～ 6	7	9
6 ～ 7	8	4
7 ～ 8	4	9
8 ～ 9	7	1
9 ～ 10	1	4
10 以上	2	12

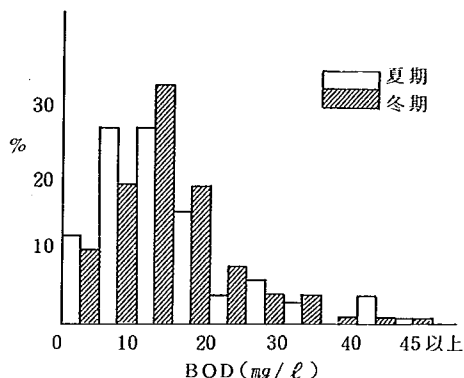


図 6.6 二次処理水BODと緑毛目出現率 (%)

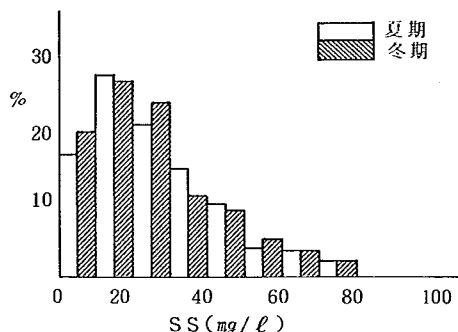


図 6.7 二次処理水SSと緑毛目出現率 (%)

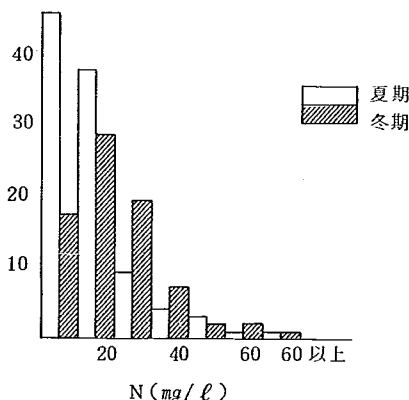


図 6.8 二次処理水窒素と緑毛目出現率 (%)

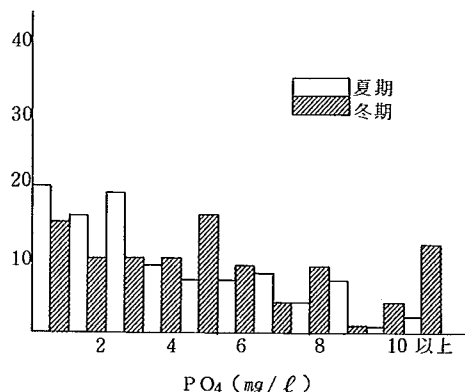


図 6.9 二次処理水リン酸イオンと緑毛目出現率 (%)

の関係を一次処理水の場合と同様に示したものである。これによればBODについては夏期，冬期による差は余り見られず，緑毛目原生動物の80%以上がBOD 20mg/l以下の場合に出現していることがわかる，SSについても同様に，季節による差異は少なく80%がSS 40mg/l以下の場合に出現している。

一方窒素。リンの場合には図示したごとく，窒素の場合には冬期の方が夏期より高い濃度範囲に最も高い出現率を示しており，夏期においては20mg/l以下において80%の出現率を示しているのに対し冬期には45%の出現率にとどまっている。リンの場合においても同様な傾向がみられ，夏期にはリン酸イオン4mg/l以下で64%，冬期は同じ範囲で45%の出現率となっている。

以上のことから，一次処理水と比較した場合，BODについては季節的な差異は少なく，その出現範囲中も小さいので，緑毛目原生動物を処理水水質の指標とすることが可能と考えられるので，この点をより詳細に検討するため，二次処理水のBOD値と夏期，冬期に上位の出現率を示す属との関係を整理し，表 6.14，表 6.15を得た。

前述の通り季節によって活性汚泥中の原生動物の出現頻度には差異が見られる。夏期についてBOD濃度範囲と、その出現例を示した表 6.14 によれば、上位に出現する10属とも5～15mg/ℓの範囲に出現することが明らかであるが、各属によるBODの棲み分けは明確でない。一方冬期の場合は出現順位あるいは属そのものが夏と異なるが、全体的に見て夏より高い濃度範囲にその最大値がずれる傾向が認められ、10～20mg/ℓの範囲内に高い出現率を示している。これらの結果をまとめると表 6.16 の通りとなり、全体として10～15mg/ℓの範囲に最高事例を有するものが多いが、属によっては、それより低い水質範囲になることもあることがわかる。

表 6.14 処理水BODと各属の出現状態（上位10位 夏期）

属 \ BOD(mg/ℓ)	0～5	5～10	10～15	15～20	20～25	25～30	30～35	35～40	40～45	45～
Epistylis	9	23	23	9	3	5	2	0	3	1
Amoeba	7	23	21	14	4	4	2	0	0	1
Vorticella	5	23	23	11	5	4	3	0	1	1
Aspidisca	8	25	20	8	3	4	2	0	1	0
Arcella	8	21	26	8	3	4	0	0	0	0
Trachelophyllum	6	19	15	7	3	4	2	0	1	0
Euglypha	7	14	9	2	1	4	1	0	1	0
Tokopha	6	14	12	7	4	2	1	0	0	0
Peranema	5	14	11	8	2	2	0	0	0	0
Monas	2	12	9	6	3	1	1	0	0	0

表 6.15 処理水BODと各属の出現状態（上位10位 冬期）

属 \ BOD (mg/ℓ)	0～5	5～10	10～15	15～20	20～25	25～30	30～35	35～40	40～45	45～
Monas	4	9	26	16	5	3	2	1	1	1
Vorticella	8	13	23	13	6	3	3	1	1	1
Aspidisca	5	13	14	8	5	1	2	1	1	1
Amoeba	6	8	18	10	5	1	2	1	1	1
Epistylis	2	10	12	5	2	1	2	1	1	0
Opercularia	2	3	6	7	4	2	1	1	1	0
Trachelophyllum	2	4	8	6	4	0	0	0	0	0
Carchesium	3	3	8	3	3	0	1	1	1	0
Arcella	1	1	6	0	1	1	0	0	0	0
Tokophrya	1	1	5	1	1	1	0	0	0	0

表 6.16 処理水BODと各属の出現状態（総合・年間）

	0～5	5～10	10～15	15～20	20～25	25～30	30～35	35～40	40～45	45～
Monas	6	21	49	22	8	4	3	1	0	0
Aspidisca	13	38	34	16	8	5	4	1	2	1
Amoeba	11	31	39	24	9	5	4	1	1	2
Vorticella	13	36	46	17	11	7	6	1	2	2
Epistylis	11	33	35	14	5	6	4	1	4	1
Opercularia	3	8	12	10	1	4	4	1	1	0
Trachelophyllum	8	23	23	13	7	4	2	0	1	0
Carchesium	7	11	16	10	3	4	3	1	3	0

このように、活性汚泥生物の総数や種属に影響を及ぼす主要因子の一つとして、流入下水の水質があることが認められたが、生物相の変化は汚濁物質の除去率などは異なり、重金属イオンやシアン等の有害物質の流入があり、ショック的な影響を受け、生物が死滅するなどの場合以外、日々の水質の変化には対応せず、したがって長期的な維持管理状況との関係から把握する必要がある。この点で今回行った調査は単日の流入水質と、その日の活性汚泥生物相の調査であり、必ずしも適格な把握をしていない面もあろう。

6.4 まとめおよび考察

1) 全国の活性汚泥法による下水処理場の活性汚泥を夏期、冬期2回について検鏡した結果、夏期には原生動物64属、後生動物7種、冬期には原生動物53属種が見られた。また夏期には*Epistylis* Spp., *Amoeba* Spp., *Vorticella* Spp., *Aspidisca* Spp., などが、冬期は*Monas*, *Aspidisca*, *Vorticella* などの出現頻度が高く、季節により優占種出現種属や出現順位に差異がみられた。*Curds* らが行なった英国の例と対比させると、出現頻度から見た順位は冬期の場合ほぼ類似している。

2) 全国的分布をみると、夏期においては地域的な差はほとんど認められなかったのに対し、冬期は地域によって属の出現頻度が多少異なり、とくに北海道については特異な傾向が認められた。

3) *MLSS* 1cc当りの原生動物数は、夏期については5000～10,000 N/cc の範囲にあるものが最も多く、次いで10,000～15,000 N/cc の範囲である。冬期は1,000～5,000 N/cc のものが大半を占め、大部分が5,000 N/cc以下である。

4) 冬期には原生動物を全く検出しないか、または出現種数や個体数がきわめて少ない下水処理場があった。この大部分は、大都市内の下水処理場であり、工場排水の流入の影響が大きいことが考えられる。

5) 活性汚泥中に普遍的に存在する緑毛目原生動物は下水処理場の浄化機能の指標として代表し得ることが認められた。また出現率の高い上位10位属の原生動物の挙動を追跡することによって処理水BODの指標とすることが可能であると考えられる。

6) 今回の検討と同様な報告は*Curds*^{5),7)}によってなされている。*Curds* らは種段階において検討したのに対し、今回の調査は属段階において検討したため、両者を直接比較することはできないが、概括的には比較的類似した結果が得られたものと考えられる。

7) 今後さらに高度な統計学的検討や、BOD負荷その他の運転条件との関係の検討を継続する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 洞沢「東京都三河島及芝浦污水処分場に於ける活性汚泥生物相に就て」水道協会誌、昭16,1月号
- 2) 洞沢「下水浄化に於ける活性汚泥の生物学的研究 (I)～(V)」水道協会誌、昭24,8月号～昭25,

7月号

- 3) 盛下「活性汚泥棲原生動物の生態学的研究 (1) ～ (9. 完)」用水と廃水 Vol. 12, No. 5, (1970)～Vol. 13, No. 6, (1971)
- 4) 須藤「活性汚泥生物の季節的变化」水处理技術 Vol. 5, No. 2, 1964
- 5) C.R. Curds A. Cockburn, "Protozoa in Biological Sewage Treatment Process - I A Survey of the Protozoan Fauna of British Percolating Filters and Activated - sludge Plants", Water Research, Vol. 4, No. 3 1970
- 6) たとえば「下水処理施設設計の合理化に関する調査報告書 (3)」土木研究所資料第 762号, 昭46, 10月, PP24 - 26
- 7) C.R. Curds, A. Cockburn "Protozoa in Biological Sewage - Treatment Process - II Protozoa as Indicators in the Activated - Sludge Process", Water Research, Vol. 4, 1970

第 7 章 総 括

わが国の下水処理場の実態調査し、下水処理施設設計や下水処理場の維持管理に必要な基本的な因子を把握し、下水道事業を行なううえでの基礎的な資料とするため、昭和 43 年度に引続き全国下水処理場の調査を実施した。

第 1 章は現在主として土木研究所において行なわれている、下水道事業のための調査の経過と、そこにおける本調査の位置について略述したものである。

第 2 章は昭和 43 年度に実施した第 1 回全国下水処理場調査の概要を述べ、今回の調査が前回調査への積み重ねであることを示した。

第 3 章では、わが国の下水処理の状況を、現在採用されている処理方法、下水処理場規模および処理下水量等の面から示し、また下水汚泥の発生量を推定し若干の考察を加えた。

第 4 章は下水処理場の建設費、維持管理費について、その経済性の面から検討を加えたものであり、それぞれ組合された場合、全体としてどのように影響しているかについて考察した。

また従来より多くの研究者により指摘されている下水処理場の Scale merit がわが国の場合にも見られることを確認し、この定量化を試みるとともに、その主な原因が共通施設の集約化にあることを指摘した。

維持管理費についても同様の検討を加え、人件費が大きな割合を占めており、かつ Scale merit も大きいので、作業の合理化に努めるべきこと、大規模処理場は建設費のみならず維持管理費の面からも経済的に有利であることなどの結論を見出した。

第 5 章はわが国においては比較的研究成果の少ない、下水処理場における栄養塩類の挙動に主点を置いて、下水処理場への流入水質等の検討を行ない、各水質項目の濃度、発生負荷量の全国的な標準を見出すとともに、栄養塩類が BOD、SS など従来より主な処理対象とされていた物質とは異なり、全国の多くの下水処理場では生物処理過程では十分除去されていないことを示し、湖の富栄養化防止等をはかるためには、これらの除去を主な目的とした処理方法の解明を行なわなければならない必要性を示唆した。

さらに下水中の硬度を調査した結果から、海水の混入が石灰凝集沈殿による三次処理や下水処理水の再利用にかなり悪影響を及ぼすことが考えられた。

第 6 章は活性汚泥処理の状況を活性汚泥生物中に普遍的に存在する原生動物の質と量との面から検討を加えるため、わが国の活性汚泥生物を季節、地域を異にした場合の差異の有無の面からマクロな形で把握しようと試みたものである。

調査の結果からは従来の研究者が報告したものとはかなり異なった点が見出され、この方面での調査研究を今後さらに進めなければならないことを示唆したほか、わが国の活性汚泥原生動物の主要構成およびその出現頻度を明らかにし、活性汚泥生物の種類は季節的にかんがりの消長があるが、地域的には余り差が見られぬことを明らかにした。なお、冬期には全国的にかんがりのマイナスの諸因子が作用するため、劣悪な条件下で下水処理場が運転されていることを示す状況が見られた。この傾向は工場排水が流入する

大都市の下水処理場や住宅団地の下水処理場で特に顕著に示されている。

現在の下水処理技術は流動的であり、その水準は日進月歩の急いで伸びている。したがって、今回の調査結果はその意味では昭和46年時点での、わが国下水処理場の実状を示しているにすぎないともいえよう。

このため、この種の調査は今後も継続していかなければならない性格のものであるが、その場合下水処理数の増大に伴って資料数は莫大なものになることが予想される。これを合理的に処理するためには、集収資料精度の向上をはかるとともに、整理解析手法を改良改善し、自動化の方向へ進めなければならない。

また、現在下水道事業は施設の建設に忙殺され、来るべき拡張、改良の際に必要な貴重な資料を集積せぬままに放置している。今後これら資料の必要性を下水道関係者に認識させるとともに、調査項目やその様式の統一化をはかり、各都市間相互に必要な情報が交換され得るように努めなければならない。またあらかじめ資料の集収やその保管を適正に行なえる体制の確立をはかるなどの諸点に十分考慮を払っておく必要があると思われる。

謝

辞

本調査の資料はすべて各都道府県下水道関係部局、各都市下水道担当部局の手により作製された調書によるものである。また夏期、冬期2回にわたる下水処理場水質調査のための水質分析ならびに活性汚泥生物相調査の試料採取は各下水処理場において行なわれたものである。

日本下水道協会には調書の発送、集収について、また青森、横浜、名古屋、大阪、福岡の各都市には調書作成のための説明会について協力を得た。

活性汚泥生物相に関する調査において、汚水生物学の専門的分野について荏原インフィルコKK、中央研究所研究員盛下勇博士より種々の御教示と有益な意見を受けた。

末語ではあるが、これら関係各位よりの御協力に深く感謝の意を表する次第である。

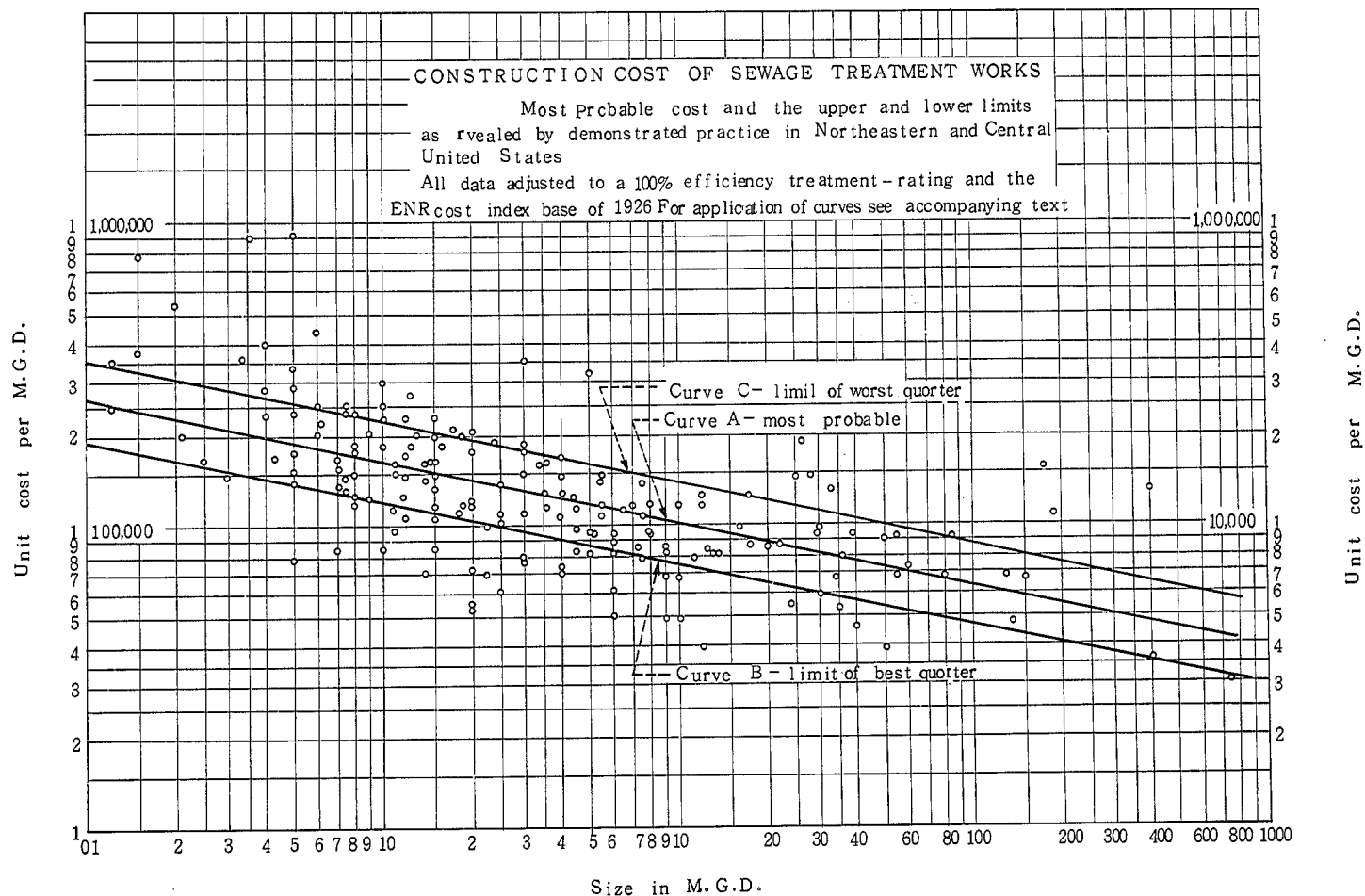
昭和47年12月1日

参 考 图 表

付図 4.1 下水処理場建設費

付図 4.2 簡易処理施設建設費

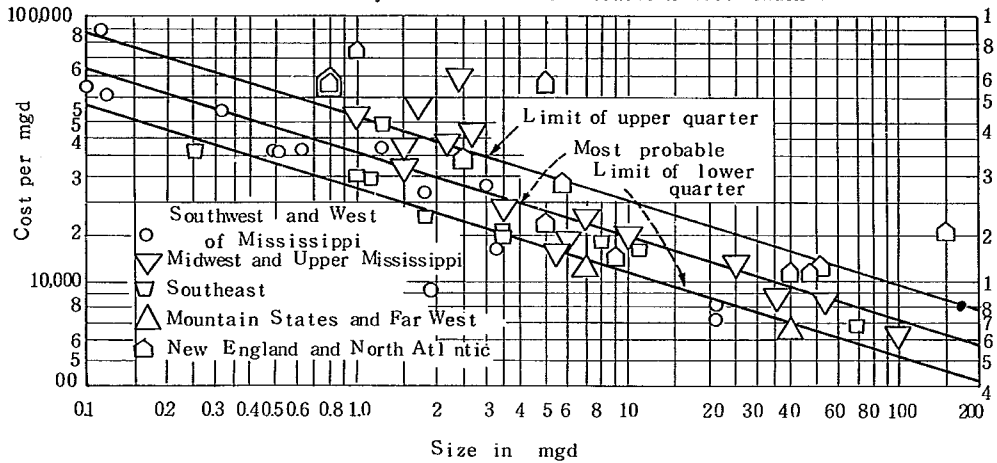
付図 4.3 二次処理施設の建設費



付図 4.1 下水処理場建設費 (1948年 C.J.Vele による)

CONSTRUCTION COST OF PRIMARY SEWAGE TREATMENT PLANTS

All data adjusted to ENR construction cost index (1913=100)

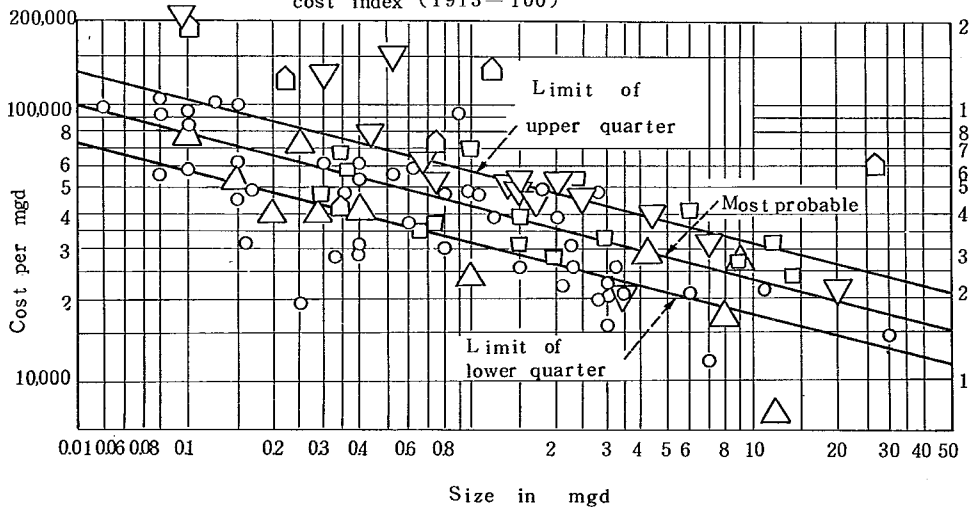


PRIMARY PLANT estimating curves are good for plants of approximately
35% BOD removal.

付図 4.2 簡易処理施設建設費 (Diachishinによる)

CONSTRUCTION COST OF SECONDARY SEWAGE TREATMENT PLANTS

All data adjusted to ENR construction
cost index (1913=100)



SECONDARY CURVES are for trickling filter and activated sludge plants.

See primary graph for legend of data points

付図 4.3 二次処理施設の建設費 (Diachishinによる)

付表 5.1 終末処理場水質調査表

都 市 名		処 理 場 名				調 査 日 昭 和 年 月 日							
測定採水 標準時刻	流 入 下 水				最 初 沈 澱 池 流 出 水				処 理 水				備 考
	ケルダール窒素 T-K-N	総リン酸 PO ₄ -P	A B S (色)	総 硬 度	ケルダール窒素 T-K-N	総リン酸 PO ₄ -P	A B S (色)	総 硬 度	ケルダール窒素 T-K-N	総リン酸 PO ₄ -P	A B S (色)	総 硬 度	
時刻	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
9:00													
10:00													
11:00													
12:00													
13:00													
14:00													

(注) 1. 混合試料の場合は、その関与する時間帯を}で示すこと。

付表 - 1. 終末処理場水質調査結果

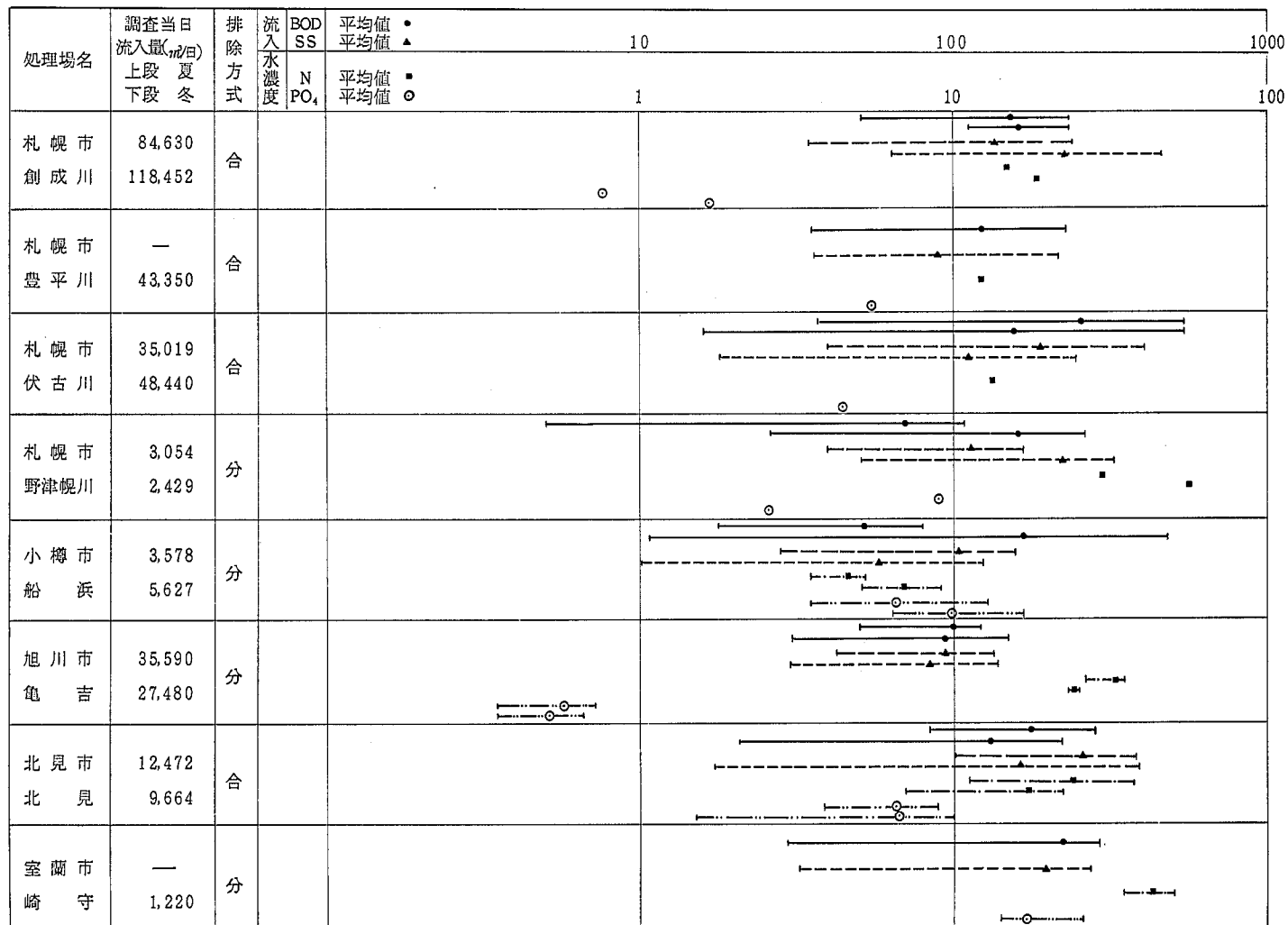
都 市 名			処 理 場 名												調 査 日 昭 和 年 月 日											
測 定 採 水 標 準 時 刻	第 1 次 処 理 施 設 流 入 水 質			第 1 次 処 理 施 設 流 入 水 質			第 1 次 処 理 施 設 流 入 水 質			返 送 汚 泥 中 の 浮 遊 物				エ ア レ シ ョ ン タ ン ク 内 の 浮 遊 物			SVI	活 性 汚 泥 法 に お け る 空 気 吹 込 量	活 性 汚 泥 法 に お け る 微 生 体 供 給 の た め の 電 力 量	散 水 濾 床 法 に お け る 返 送 水 量	第 2 次 処 理 施 設 流 入 , ま た は 流 出 水 量		第 2 次 処 理 施 設 流 入 水 質			
	量 水 堰 等 に よ る 実 測 流 入 量	自 記 量 水 施 設 に よ る 積 算 流 入 量	ポ ン プ 揚 水 に よ る 推 定 流 入 量	水 温	pH	浮 遊 物	BOD	水 温	pH	浮 遊 物	BOD	エ ア レ シ ョ ン タ ン ク 返 送 汚 泥 量	30 分 間 の 沈 澱 量	浮 遊 物 濃 度	有 機 性 浮 遊 物 濃 度	30 分 間 の 沈 澱 量					浮 遊 物 濃 度	有 機 性 浮 遊 物 濃 度	量 水 堰 等 に よ る 実 測 流 入 量	自 記 量 水 施 設 に よ る 積 算 流 入 量	水 温	pH
時 刻	m ³ /時	m ³ /時	m ³ /時	℃	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		m ³ /時	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m ³ /時	kWh	m ³ /時	m ³ /時	m ³ /時	℃	mg/l	mg/l
9:00																										
10:00																										
11:00																										
12:00																										
13:00																										

(注) 1. 調査方法は別記(3)を参照する。

付表 - 3. 終末処理場水質調査関連事項

都市名		処理場名								調査日 昭和 年 月 日							
天 候		し尿直接投入量		し尿脱離液投入量 (嫌気性消化処理)		し尿脱離液投入量 化学処理		下水汚泥嫌気性消化 脱離液投入量		し尿・下水汚泥混合嫌気性 消化脱離液投入量		終末処理場内 返送水投入量		余剰汚泥 総引抜き量		そ の 他	
調査前日	調査日	量	平均BOD	量	平均BOD	量	平均BOD	量	平均BOD	量	平均BOD	量	平均BOD	量		量	平均BOD
		m ³ /日	mg/l	m ³ /日	mg/l	m ³ /日	mg/l	m ³ /日	mg/l	m ³ /日	mg/l	m ³ /日	mg/l	m ³ /日		m ³ /日	mg/l

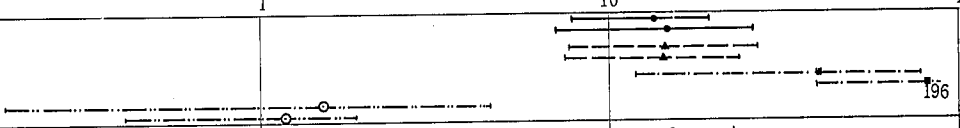
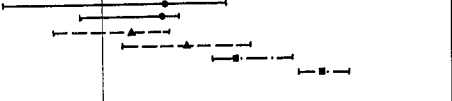
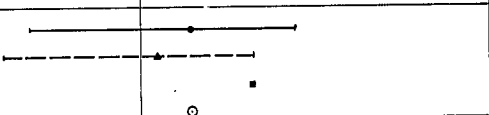
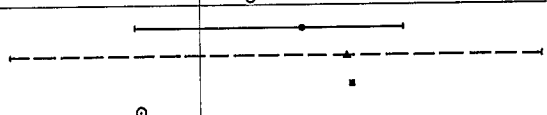
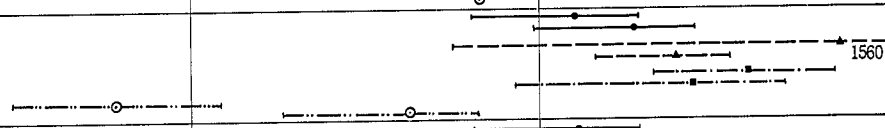
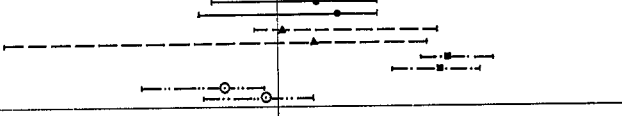
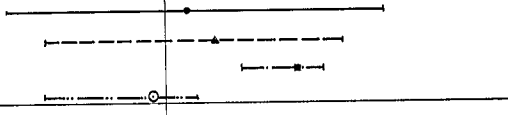
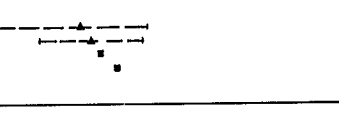
付表 5.2 下水処理場への流入水質と平均値



処理場名	調査当日 流入量(㎡/日)	排除 方式	流入 水濃度	BOD SS N PD ₄	10 100 1000		
	上段 夏 下段 冬				1	10	100
帯広市	— 22,171	合					
" 南帯広	— 792	分					
山形市 宮町	— 不明	分					
宇都宮市 田川	28,563 23,797	分					
前橋市	30,778 32,027	合					
高崎市 城南	12,440 14,376	(分) 合					
桐生市 境野	29,070 20,820	(分) 合					1724
飯能市 前ヶ貫	5,669 5,333	合					

処理場名	調査当日 流入量(m ³ /日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度	BOD SS N PO ₄	10 100 1000		
					1	10	100
所沢市 所沢	11,616 11,640	合					
大宮市 南部	不明 20,400	(分) 合					
川越市 滝ノ下	31,720 40,740	合					
秩父市 秩父	10,066 10,358	合					
松戸市 常盤平	8,289 84,486	合					
船橋市 習志野台	7,480 7,082	合					
船橋市 高根台	4,679 3,464	分					

処理場名	調査当日 流入量(m ³ /日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度 N PO ₄	BOD SS	10 100 1000		
					1 10 100		
佐野市 志津	1,166 2,012	分					
千葉市 中央	129,200 25,520	合					
" 坂日	587 641	分					
" 小倉	388 595	分					
" 大宮	— 648	分					
" 大宮北部	85 122	分					
八千代市 勝田台	5,726 1,584	分					
我孫子市 湖北台	3,835 3,420	分					

処理場名	調査当日 流入量(㎥/日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度 N PO ₄	BOD SS	10 100 1000		
					1 10 100		
小田原市 寿 町	32,586 20,857	分					
藤 沢 市 南 部	38,752 不 明	(份) 合					
横 浜 市 南 部	— 110,640	合					
" 北 部	— 70,380	合					
川 崎 市 入 江 崎	230,700 232,060	合					
" 生 田	2,065 1,825	分					
横 須 賀 市 下 町	— 31,200	合					
東 京 都 小 台	502,080	合					

処理場名	調査当日 流入量(㎥/日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度	BOD SS N PO ₄	10			100			1000		
					1			10			100		
東京都 砂 町	494,600 336,600	合											
" 芝 浦	881,423 774,520	合											
" 森ヶ崎	69,160 185,100	合											
" 三 河 島	247,000 291,880	合											
" 落 合	516,000 401,900	合											
町 田 市 鶴 川	3,702 3,977.8	分											
三 鷹 市 東 部	13,721 34,800	合											

処理場名	調査当日 流入量(m ³ /日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水 濃度	BOD SS N PO ₄	10 100 1000		
					1	10	100
立川市 錦町	— 36,600	合					
八王子市 北野	— 27,502	合					
長野市 川合	18,084 12,639	分					
関市	10,570 4,188	分					
岐阜市 中部	93,000 78,800	分					
“ 北部	22,600 21,640	分					
瑞浪市 瑞浪	1,131 1,805	分					
大垣市 築捨町	— 11,600	分					

処理場名	調査当日 流入量(m ³ /日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度	BOD SS N PO ₄	10 100 1000		
					1	10	100
飯 田 市	8,952 7,716	分					
甲 府 市 住 吉	44,026 44,255	合					
浜 松 市 遠 州 浜	1,835 1,176	分					
" 弥 生	812 960	分					
静 岡 市 高 松	229,290 197,097	合					
富 士 市 吉 原	4,504 4,345	分					
熱 海 市 錦ヶ 浦	17,130 16,302	分					

処理場名	調査当日 流入量(m ³ /日) 上段 夏 下段 冬	排 除 方 式	流 入 水 濃 度	BOD SS N PO ₄	10 100 1000		
					1	10	100
春日井市 高 蔵 寺	3,396 2,998	分					
岡 崎 市 衛生センター	33,350 32,027	分					
一 宮 市 東 部	35,208 43,344	(分) 合					
名古屋市 堀 留	54,450 37,785	合					
" 熱 田	45,570 29,880	合					1302
" 露 橋	120,000 80,000	合					
" 伝 馬 町	76,800 76,800	合					1382
" 西 山	9,454 8,979	分					2466

処理場名	調査当日 流入量(m ³ /日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度 N PO ₄	BOD SS	10			100			1000		
					1			10			100		
名古屋市 山 崎	93,700 92,400	合											
" 鳴 子	2,785 2,890	分											
" 千 年	94,200 97,400	合											1360
" 岩 塚	183,600 165,870	合											1160
" 名 城	62,000 49,000	合											
" 下之一色	不 明 6,555	合											
" 山崎東部	不 明 86,900												
福 井 市 境	75,152 80,165	合											

処理場名	調査当日 流入量(m ³ /日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度	BOD SS N PO ₄	10 100 1000		
					1	10	100
高岡市 四谷	25,720 26,420	合					
富山市 牛島	46,000 54,200	分合					
福知山市 下水道処理 施設管理所	13,308 12,720	合					
京都市 鳥羽 (144,500)	121,810 (144,500)	合					
京都市 吉祥院 (92,500)	105,660 (92,500)	合					
大阪市 中浜(東)	57,960 37,920	合					
" 中浜(西)	246,000 181,000	合					
" 津守	264,150 233,000	合					

処理場名	調査当日 流入量(m ³ /日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度	BOD SS N PO ₄	10 100 1000		
					1	10	100
大 阪 市 市 岡	125,780 98,880	合					
" 千 島	82,080 73,800	合					
" 今 福	234,000 231,000	合					
" 放 出	150,650 131,900	合					
" 大 野	229,500 202,500	合					
" 此 花	60,270 36,252	合					
" 十 八 条	135,480 154,080	合					
岸和田市 磯 之 上	28,620 30,280	合					

処理場名	調査当日 流入量 (m³/日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水 濃度	BOD SS N PO ₄	10 100 1000		
					1	10	100
吹田市 川面	20,670 38,090	合					
堺市 泉北	3,900 4,690	分					
吹田市 (千里丘) 正雀	24,430 20,010	分					101
猪名川 流域下水道 原田	90,860 68,760	(合) 分					1590 1020
守口市	58,480 59,820	(分) 合					
富田林市 狭山町金剛 下水道組合 金剛	9,310 9,340	分					
池田市 池田	48,900 46,280	合					148
堺市 三宝	76,500 82,800	(分) 合					1440 128

処理場名	調査当日 流入量(㎡/日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水 濃度	BOD SS N PO ₄	10 100 1000		
					1 10 100		
堺 市	2,340	(合)					
津 久 野	2,000	分					
高 槻 市	不 明	(分)					
高 槻	12,060	合					
大 津 市	—	(分)					
大 津	19,050	合					
神 戸 市	16,850	(合)					
東 灘	9,229	分					
“	116,880	分					
中 部	81,880	分					
“	32,550	分					
西 部	22,450	分					
“	1,122	分					
南 部	1,104	分					
“	5,076	分					
鈴 蘭 台	6,833	分					

処理場名	調査当日 流入量(m³/日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度	BOD SS N PO ₄	10 100 1000		
					1 10 100		
神戸市 白川北	38 124	分					
" 白川南	857 790	分					
" 北須摩第一	566 448	分					
" 北須摩第二	153 158	分					
" 多聞第一	450 540	分					
" 多聞第二	763 900	分					
高砂市 高砂	不明 5,720	分					
加古川市 尾上	19,674 14,027	(份) 合					

处理場名	調査当日 流入量(㎡/日)	排除 方式	流入 水濃度	BOD SS N PO ₄	10 100 1000		
	上段 夏 下段 冬				1	10	100
西宮市 西宮	不明 67,106	合					
尼崎市 東部	166,180 176,690	合					
姫路市 姫路	26,400 31,800	合					1080
" 飾磨	8,640 8,640	合					
四日市市 日永	17,971 16,500	合					
" 高花	1,872 1,590	分					
" 泊山	不明 11,874	分					

処理場名	調査当日 流入量(㎡/日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度 N PO ₄	BOD SS	10 100 1000		
					1 10 100		
四日市市 朝 明	1,284 1,269	分					
" 坂 部	825 455	分					
岡 山 市 旭 西	144,900 93,200	(分) 合					
" 高 島	2,030 1,415	分					
広 島 市 千 田	— 53,460	合					
福 山 市 新 浜	30,240 31,200	合					
下 関 市 筋ヶ浜	6,389 6,373	分					
宇 部 市 居 能	23,160 6,670	合					

处理场名	調査当日 流入量(m ³ /日)	排 除 方 式	流 入 水 濃 度 N PO ₄	BOD SS	10 100 1000		
	上段 夏 下段 冬				1	10	100
宇部市	—	(分)					
芝中	16,440	合					
德山市	41,760	(分)					
德山	28,920	合					
高知市	46,240	合					
下知	47,060						
松山市	62,288	(分)					
松山	68,388	合					
北九州市	65,880	分					
皇后崎	31,270	合					
太宰府町	—	分					
都府楼	不 明						
宗像町	762	分					
自由ヶ丘 第 一	879						
“	—	分					
東 郷	689						

処理場名	調査当日 流入量(m³/日) 上段 夏 下段 冬	排 除 方 式	流 入 水 濃 度 N PO ₄	BOD SS	10 100 1000		
					1 10 100		
延岡市 一ヶ関	22,000 25,056	分					
鹿児島市 錦江	42,800 35,588	分					
大分市 敷戸	1,051 501	(分)					
" 原川	3,930 6,225	(分)					
高松市 福岡	54,200 64,640	合					1022 2350 1209
川越市 霞ヶ関第一	2,500 2,380	分					
" 霞ヶ関第二	480 372	分					
一宮市 西部	33,984 (44,310)	(分) 合					

処理場名	調査当日 流入量(㎡/日) 上段 夏 下段 冬	排除 方式	流入 水濃度 N PO ₄	BOD SS	10			100			1000		
					1			10			100		
福岡市 長尾	4,874 —	分											
" 中部	216,840 —	分 合											
" 弥永	2,346 —	分											
" 志賀	1,440 —	合											

付表 6.1 エアレーションタンクにおける原生動物
(夏 期)

PROTOZOA			Location																					
	Oder	Genus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Mastigophora	Protoconadina	Bodo Colponema Monas Unknown Genus Species	30800			520	47040 160			3600	240						750		2770					
	Euglenoidida	Anisonema Euglena Lepocinclis Peranema Phacus		200		5	120						80			120		5040						
			5			5	120						5		40	240		80		440				
Sarcodina	Amoebeida	Amoeba	4700	580	280	800	1150	360		1800	80		240	40	720	280	160	200	920	1280	3750			
	Testacida	Acella Centropixis Chlamidophrys Cochliopodium Diffugia Euglypha Hyalosphenia Nebela Ptyroganella Pyxidicula operculata Trinema		160	600	20	8			240 50		15	640	20				240		10	640	1520	300 40	
						3800	2520	120 10			40	10	305 200	110 125		3	420 20	20		360			400	
										120														
											1540		5									10	10	
														3			3950				10			
						25		2 10																
							80		20												440	20		
				720		3560	280	200		480						800			3640	200	2080	120		
Ciliata	Trichestematida	Colpoda Blieslaea Microthorax Pseudomicrothorax Pseudoporeodon																						
	Hymenostomatida	Colpidium Glaucoma Limbadion Paramecium Pseudoglaucoma Uronema	510				5																	
			995																					
	Heterotrichida	Blepharisma Protocrucia Pseudoblepharisma Spirostonum Stentor Unknown species genus																			130			
	Hypotrichida	Aspidisca Eupletes Oxytricha	80	15 20	1280	520		1040	2400	30			40	160 120	2080	80	100	1040 5	40 150	360 120	5200		110	3200
	Peritrichida	Carchesium Epistylis Opercularia Rhabdostyla Vaginicola Vorticelle Zoethamnium		350 2840 520	2320	2880	20	20440	30		40	530	320	170	2560	3600	160	200 800	560	640 320	1920	55 280		3480
			720																					
			1720	440		1520	8160	7520	3440	10080	50		80	26450	1000	1080	320	320	3720 35	2750	600	170		
	Sactierida	Acineteta Discophyra Metacineta Podophrya Thecacineteta Tokophrya Trichohrya					10 125					10		8								15		
METAZOA	ROTIFERA NEMATA OLIGOCHAETA TUIRIELLARIA AOARI GLADOCERA CLASTOTRICHIA		5	5	200 5	10			3120 10 10	10		120	20	80				40 40	160 5	720	25 65		15	
BACTERIA FUNGI	ZOOCHAEA SPHEROTHILUS FILAMENTOUS BACTERIA FILAMENTOUS FUNGI	rr c		rr c	rr cc	rr	rr r	r	r	r rr	rr r	rr	rr rr	rr	rr	rr	rr c	p c	p		r cc	rr		
Total Number of Organisms (N/ML-nℓ)			38350	6213	7350	58050	12745	28650	5010	21475	2650	345	1934	29605	9480	6070	2810	10665	9310	10300	13550	910	6790	

PROTOZOA			Location																				
	Order	Genus	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Mastigophora	Protozoanadina	Bodo Colpocoma Monas Unknown Genus Species	160	30,440	80	4080	100	20080	10			360			400	100							40
	Euglenoidida	Anisonema Euglena Lepocinclis Paramecia Phacus	560	2680	8	5280	40	440		2000	20						80	80	600	280		120	10
Sarcodina	Amoebida	Amoeba	3680	1520		6120	500	80	1800	220	2140	30	480		920	40	2520	2520	2080	640	2200	800	6760
	Testacida	Arcella Centropyxis Chlamidophrys Cochliopodium Diffugia Euglypha Hyalosphenia Nebela Phryganella Pyxidicula operculata Trinema	600	65		6360	50	20	10		400	2	160		5		20400	120	1040		15	40	120
			5			2640	70	10	40		10	2	240	10	5	5	3040	520	320	20	5	30	
Ciliata	Gymnostomatida	Amphileptus Chilodonella Chilodactylopsis Dicerias Litonotus Saprophilus Trachelophyllum Trochilia Trochilioides	12					5320	20	10	4	200						880	80		5	10	4
			8			720	40	35		140	30	2						60					40
			1200	440	320	2280	550	560	280	440	82	40			240		840	200	80	120	80	160	160
Hymenostomatida	Trichostematida	Colpoda Blessiana Microthorax Pseudomicrothorax Pseudoprorodon				2760						40											
										20													
Heterotrichida	Hymenostomatida	Colpidium Glaucocoma Lembadion Paramecium Pseudoglaucocoma Uronema					60	10							20					5			
																	80						
									70													2	
Peritrichida	Hypotrichida	Aspidisca Euplates Oxytricha	2450	60	15320	20040	1150	2800	1680	860	1280	250	1720		1200		1000	840	1960		680	320	240
							5										20					400	
Sarcoterida	Peritrichida	Carcesium Epistylis Opercularia Rhabdostyla Vaginicola Vorticella Zootherium		100	1360	140	5	80	50	160	770	1840	60	3600	140	1000	5360	200	3080		640	2280	4080
				10		150	560	1280	4400	620								10				200	
			5		1200	2880	1800	2160	3760	3960	5520	12	1600	80	120	450	3600	520	200	280	25	180	1200
Bacteria																							
Metazoa		Aciceta Discophrya Metacinetia Podophrya Thecacinetia Tokophrya Trichophrya	120	5	65		280	35	20	60		14	10		5				120	360		120	160
Bacteria FUNGI		ROTIFERA NEMATA OLIGOCHAETA TUIELLARIA AOARI CLADOCERA GASTROTRICHA	200		5	600	10	35	90	20	50	20	1560	1	15	5	320	320	360		40	80	120
Bacteria FUNGI		ZOOCHAEA SPHAEROTILUS FILAMENTOUS BACTERIA FILAMENTOUS FUNGI	rr	rr	rr	rr	cc	c	cc	c	cc	c		rr	rr	rr	rr	rr	rr	rr	rr	cc	rr
Total Number of Organisms (N/ML-m)			9060	37250	18358	79760	5431	31600	21070	11860	16420	2175	8910	152	6870	815	35620	6200	10065	1065	3795	4956	13530

PROTOZOA			Location		106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
Mastigophora	Order Genus																								
	Protozoan																								
Mastigophora	Protoomonadina	Bodo Colponema																							
		Monas	20		80	120	40				4800	4920				30	15640		2400	1360	3480	10	1360	240	
	Euglenoidida	Zoothecellaya										200				80						55000	1280		40
		Atisocoma																							
		Euglena Lepocinclis Peranema Phacus			280	40	280	5		840						490					320		760	40	40
Surcodina	Amoebeida	Amoeba	60	680	400	840	200	2960	1120	600	4				600	160		225	10	600	440	8760	2040	1	2320
	Testacida	Arcella Centropyxis Chlamidophrys Cochliopodium Diffugia Euglypha Hyalosphenia Nebela Phryganella Pyxidicula operculata Triocoma		240	240	40	10	240		480	40				80	350			7	35	120	640	200		
			20	120	10	720	280	680		520	8			1120	10	160			600	80	200	12		19200	
						4200	920	3520	4	40	15	10			20	5	520	440						5	
Cilia	Gymnostomatida	Amphileptus Chilodonella Chilodontopsis Diceria Litonotus Sappophilus Tracheobryllum Trochilidia Trochiloides		120	4	8	160	200	160	320						480		15	70	4640		2	5		5
																								640	
																								23	

PROTOZOA			Location																		
	Order	Genus	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139						
Mastigophora	Proteomonadina	Bodo Colpodea Monas Unknown Genus Species	82560					2840			20		120								
	Euglenoida	Anisonema Euglena Leptoclinis Peranema Phacus	200	1560				80													
			160	720	120	120	600			80		40		160							
Sarcomphora	Amoebida	Amoeba	840	210	1480	5260	160	10	240	3660	880	320	10	320							
	Testacida	Arcella Centropyxis Chlamydomorphs Cochliopodium Diffugia Euglypha Hyalophenia Nebela Phryganella Pyxidicula operculata Tritonema	3120 160 600 280 880 4680 1800	240 9000 120 760 1640 40 160 6040	120 120 920 20 20 880			120 1720 17060 4400					10 5 45 10	440 10 5 40							
Ciliata	Gymnostomatida	Amphileptus Chilodonella Chilodontopsis Dieras Litonotus Saprophilus Trachelophyllum Treichilia Treichiloides	200		160 40 320	40							60 4								
	Trichostematida	Colpoda Blesslana Microthorax Pseudomicrothorax Pseudoprorodon				5						20									
	Hymenostomatida	Colpidium Glaucoma Lembadia Paramecium Pseudoglaucoma Uronema				40	20						5								
	Heterotrichida	Blepharisma Protoecia Pseudoblepharisma Spirostomum Stentor Unknown species genus	1960				20														
	Hypotrichida	Aspidisca Euplotes Oxytricha	1800		8240 10	2360	5880	1440	10	400	2220	80	360	440							
	Peritrichida	Carchesium Epistylis Opercularia Rhabdostyla Vaginicola Vorticella Zootherium		60	2040	195	4210	20 1060 20	1160 10520	5640 7000	520 20360 140	120 10 320	5 10 1440	80 240							
	Sactetida	Acinetia Discophrya Metacineta Podophrya Thecacinetia Tokophrya Trichophrya	160 5 120			5 10 10 5	200		120		20 40		20 40								
	METAZOA	ROTIFERA NEMATA OLIGOCHAETA TURILLARIA AOARI CLADOCERA GASTROTRICHA	5 240	30 240	240 5	1040	40	25 5	440 5	60 40	40	10 4	160								
	BACTERIA FUNGI	ZOOCHAEA SPHEROTILUS FILAMENTOUS BACTERIA FILAMENTOUS FUNGI	r r	rr c	rr c	rr	rr c	rr r	rr r	rr r	rr r	rr r	rr c								
Total Number of Organisms (NML-m)			92570	8395	34465	10090	15450	4450	19720	22133	21540	26010	1463	3400							

付表 6.2 調 査 対 象 一 覧 (夏 期)

No	地 域	処 理 場 名	所 在 地	採 水 日	採水時間	備 考
1	北 海 道	野津幌処理場	札 幌 市			
2		伏古川処理場	札 幌 市	8.17	9:00	
3		"	札 幌 市	9.25	14:00	
4		創成川処理場	札 幌 市	9. 9	9:00	
5		終末処理場	北 見 市	9. 2	9:00	
6		船浜下水処理場	小 樽 市	9. 6	9:00	
7		西町処理場	苫 小 牧 市	9.21	9:00	
8	東 北	幸畑終末処理場	青 森 市	10.20	9:00	
9		桜川終末処理場	青 森 市	10.20	9:00	
10		下水処理場	秋 田 市	9.13	9:00	
11		宮町処理場	山 形 市	9. 7	9:00	
12		弁別処理場	い わ き 市	9. 9	9:00	ヨードブアン固定
13	関東甲信越	境野下水処理場	桐 生 市	8.26	11:00	
14		城南下水処理場	高 崎 市	8.23	10:00	
15		安塚終末処理場	壬 生 町	8.24	12:00	
16		田川処理場	宇 都 宮 市	8.20	9:00	
17		滝ノ下処理場	川 越 市	9. 8	9:00	
18		南部処理場	大 宮 市	8. 2	9:00	
19		霞ヶ関第1処理場	川 越 市	9. 7	9:00	
20		" 第 2 "	川 越 市	9. 7	9:00	
21		前ヶ貫終末処理場	飯 能 市	8.18		
22		湖北台下水処理場	我 孫 子 市	9. 2	15:00	
23		志津角栄団地処理場	佐 倉 市	8.21		
24		習志野台終末処理場	船 橋 市	8.27	9:00	試料不適格
25		小倉下水処理場	千 葉 市	8.18	9:00	
26		坂月下水処理場	千 葉 市	8.25	9:00	
27		大宮北部下水処理場	千 葉 市	8.25	9:00	
28		中央下水処理場	千 葉 市	8.18	9:00	
29		入江崎下水処理場	川 崎 市	8.26	9:00	
30		生田下水処理場	川 崎 市	8.19	9:00	
31		南部下水処理場	藤 沢 市	9.27	17:00	
32		寿町処理場	小 田 原 市	9.10	9:00	
33		下水処理場	見 附 市	8.21	9:30	
34		船見下水処理場	新 潟 市	9.28	15:00	
35		汚水処理場	長 野 市	8.30	13:00	
36		芝浦処理場	港 区	9.21	9:00	
37		三河島処理場	荒 川 区	9.30	9:00	
38		砂町処理場	江 東 区	9.11	9:00	

№	地 域	処 理 場 名	所 在 地	採 日	採水時間	備 考
39	関東甲信越	浮間処理場	板 橋 区	9.12	9:00	福 岡 県 "
40		自由ヶ丘第1処理場	宗 像 町	9.22	10:00	
41		" "	" "	10.22	10:00	
42		落合処理場	新 宿 区	9.16	9:00	
43		森ヶ崎処理場	大 田 区	9.17	9:00	
44		小合処理場	足 立 区	9.17	9:00	
45		鶴川下水処理場	町 田 市	8.20	9:00	
46		東部下水処理場	三 鷹 市	9.13	15:00	
47		桜ヶ丘汚水処理場	多 摩 町	9.18	13:00	
48		北野処理場	八 王 子 市	11. 6	11:00	ヨードブアン固定
49	中 部	錦ヶ浦下水道終末処理場	熱 海 市	8.30	9:00	ヨードブアン固定
50		吉原下水処理場	富 士 市	8.27	9:00	
51		弥生終末処理場	浜 松 市	8.28	9:00	
52		中部終末処理場	"	9.11	9:00	
53		" "	"	11.20	9:00	
54		遠州浜終末処理場	"	8.14	9:00	
55		" "	"	12.11	9:00	
56		高蔵寺終末処理場	春 日 市	8.18	9:00	
57		昭和終末処理場	知 立 市	9.11	11:00	
58		山崎東部処理場	名古屋市 緑区	8. 2	9:00	
59		山崎下水処理場	" 南区	8. 9	9:00	
60		伝馬町下水処理場	"	8. 3	9:00	
61		露橋下水処理場	" 中川区	8.10	9:00	
62		千年下水処理場	"	8. 5		
63		熱田下水処理場	" 熱田区	8. 3	9:00	
64		名城処理場	"	8.13	9:00	
65		堀留処理場	"	8.25	9:00	
66		下之一色処理場	"	8.23	9:00	
67		岩塚処理場	"	8.23	9:00	
68		下水処理場	関 市	9. 3	9:00	
69		北部下水処理場	岐 阜 市	8.13	9:00	
70		中部下水処理場	岐 阜 市	8.20	9:00	
71		太閤山終末処理場	小 杉 町	8.23	9:00	
72		" "	"	12.11	9:00	
73		四屋処理場	高 岡 市			
74	近 畿	泊山処理場	四 日 市 市	9. 6		ヨードブアン固定
75		朝明処理場	四 日 市 市	9. 6		ヨードブアン固定
76		坂部処理場	四 日 市 市	9. 6		ヨードブアン固定
77		富雄処理場	奈 良 市	11.11	12:00	

No	地 域	処 理 場 名	所 在 地	採 取 日	採水時間	備 考
78	近 畿	吉祥院下水処理場	京都市 南区	8.12	10:00	
79		鳥羽下水処理場	“ “	8.5	9:00	
80		和久市下水処理場	福 知 山 市	9.10	8:00	
81		金剛終末処理場	南 河 内 郡	9.10	15:00	
82		川面下水処理場	吹 田 市	9.29	9:00	
83		高槻下水処理場	高 槻 市	9.8	9:00	
84		池田処理場	池 田 市	10.4	10:00	
85		吹田市正雀下水処理場	摂 津 市	10.4	16:00	
86		堺市白浜団地下水处理場	堺 市	8.26	13:00	
87		三宝下水処理場	堺 市	8.26	9:00	
88		安威川流域中央処理場	茨 木 市	8.18	9:00	
89		終末処理場	守 口 市	9.4	9:00	
90		猪名川流域原田下水処理場	豊 中 市	8.5	9:00	
91		海老江処理場	大阪市 福島区	8.4	9:00	
92		津守処理場	“ 西成区	8.10	9:00	
93		住吉処理場	“ 住吉区	8.18	9:00	
94		中浜西下水処理場	“ 城東区	9.3	9:00	
95		中浜東下水処理場		9.3	9:00	
96		東部下水処理場	尼 崎 市	8.26	16:00	
97		東宮町処理場	高 砂 市	9.21	9:00	
98		東灘下水処理場	神戸市 東灘区	8.18	9:00	
99		有野処理場	“ 兵庫区	8.26	9:00	
100		鈴蘭台処理場	“ 兵庫区	8.25	9:00	
101		中部処理場	“ 兵庫区	8.3	9:00	
102		西部処理場	“ 長田区	8.10	9:00	
103		白川北処理場	“ 須磨区	9.8	9:00	
104		白川南処理場	“ 須磨区	9.8	9:00	
105		北須磨第一処理場	“ 須磨区	9.1	9:00	
106		北須磨第二処理場	“ 垂水区	9.1	9:00	
107		多聞第一処理場	“ 垂水区	9.16	9:00	
108		多聞第二処理場	“ 垂水区	9.16	9:00	
109		尾上下水処理場	加 古 川 市	8.30	8:00	
110		飾磨下水処理場	姫 路 市	8.26	8:00	
111		網干下水処理場	姫 路 市	8.12	8:00	
112		下水処理場	姫 路 市	9.1	9:00	
113	中 国	倉敷市下水処理場	倉 敷 市	9.1	9:00	
114		児島下水処理場	倉 敷 市	9.8	9:00	
115		旭西処理場	岡 山 市	8.11	8:00	

No	地 域	処 理 場 名	所 在 地	採 取 日	採水時間	備 考
116	中 国	高島処理場	岡 山 市	8.24	9:00	
117		新宮処理場	呉 市	9. 4	9:00	
118		新浜処理場	福 山 市	9. 3	9:00	
119		千田下水処理場	広 島 市	8.27	9:00	
120		徳山終末処理場	徳 山 市	9.14		
121		居能処理場	宇 部 市	9.21	9:00	
122		芝中沖処理場	宇 部 市	9.20	15:00	
123		仙崎下水処理場	長 門 市	8.24	15:00	
124		俵山下水処理場	長 門 市	9. 4	15:00	
125	四国・九州	下知処理場	高 知 市	8. 9		
126		福岡下水処理場	高 松 市	8.26	9:00	
127		日明下水処理場	北 九 州 市	8.25	9:00	
128		皇后崎下水処理場	北 九 州 市	8.25	9:00	
129		弥永下水処理場	福 岡 市	8.23	9:00	
130		中部下水処理場	福 岡 市	8.10	9:00	
131		長尾下水処理場	福 岡 市	8.23	9:00	
132		下水処理場	長 崎 市	8.18	10:00	
133		滑石処理場	長 崎 市	8.18	10:00	
134		滑石処理場、プラント№2	長 崎 市	8.18	10:00	
135		敷戸下水処理場	大 分 市	8.13	10:00	
136		原川処理場	大 分 市	8.13	9:00	
137		一ヶ関処理場	延 岡 市	10.19	9:00	
138		錦江汚水処理場	鹿 児 島 市	8.13	9:00	

付表 6.3 エアレーションタンクにおける原生動物
(冬 期)

ORDER		LOCATION GENUS & SPECIES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Mastigophora	Bodo spp.		1080		140	180	360	40			400		220	500	7980	5280	3000	7780	4480		100
2		Monas spp.															20					
3		Peranema sp.			60															20		
4	Sarcodina	Amoeba verrucosa			80	140											2300	20	80	20		
5		Amoeba proteus																				
6		Amoeba actinopora						20											60			
7		Amoeba limax																	620			
8		Amoeba limicola														2000				20	80	3360
9		Amoeba sp.	200			120		24640			620		80	20								
10		Vahlkampffia sp.																				
11		Cochliopodium sp.		20							580											
12		Arcella vulgaris												80					800	9450		440
13		Waillesella sp.												60					20			
14		Diffugia sp.																			20	
15		Hyalosphenia sp.																				
16		Trinema sp.																				
17		Euglypha sp.																				
18	Ciliata	Diffugia globulus																		13600	200	40
19		Aspidisca spp.		420	840	20			80	400	1900	3640	420	120		1020	20					
20		Euplotes sp.																160		820		
21		Trachelophyllum sp.						20					20	20		20	60	100	480	20		
22		Colpoda sp.							40													
23		Colpidium sp.							20,900													
24		Glaucoma sp.																				
25		Chilodonella sp.														820						
26		Litonotus sp.												20						20		
27		Loxophyllum sp.																				
28		Microthorax sp.																				
29		Tetrahymena sp.																				
30		Amphileptus sp.																				
31		Uronema sp.																				
32		Carchesium polypinum																				
33		Carchesium sp.	400		40						20					160			460			
34		Zoothamnium sp.																40				
35		Opercularia microdiscaum																20			220	20
36		Opercularia sp.		40						40	20		140									
37		Vorticella convallaria																	60			
38		Vorticella nebulifera																				
39		Vorticella striata																				
40		Vorticella microstoma	580	260	280				80		60		40	400	40	440		120	840	1140		
41		Vorticella alba		880							1220		120	180		660	100		1560	320		
42		Vorticella aequalata																				
43		Vorticella nutans																				
44		Vorticella sp.	80	20	320	2520	260			1400		1340					20			280	4300	820
45		Epistylis lacustris																				
46		Epistylis spp.		4240	1000					20						260	100		3880	40	380	820
47		Opercularia minima																				
48		Rhabdostyla sp.									20					20						
49		Pyxidium sp.																				
50		Vaginicola sp.																				
51		Acineta sp.																				
52		Tokophrya sp.		140	40	40														20		
53		Metacineta sp.										20										
54		Podophrya sp.																				20
55		Unknow flagelata																				
56		Unknow ciliata															320					
TOTAL NUMBER OF ORGNISMS (N/ML - m/l)				2340	6160	2940	2760	25300	21140	1860	4080	5960	820	1120	540	13380	8220	3460	17420	30220	5200	5620

ORDER		LOCATION		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
GENUS & SPECIES																							
1	Mastigophora	Bodo spp.																					
2		Monas spp.	1880	900	1940	1920	700	220	280	620					40	20	20	18020	9920	8720	60	420	
3	Sarcodina	Peranema sp.														20			240				
4		Amoeba verrucosa					20	20	40				20			60				220	40		
5		Amoeba proteus																				80	
6		Amoeba actinopora																					
7		Amoeba limax																					
8		Amoeba limicola		100					9,240														
9		Amoeba sp.			20	120						120			80		4,140	20	120	40	4,520	20	40
10		Vahlkampffia sp.																					
11		Cochliopodium sp.																					
12		Arcella vulgaris						40	20	20													
13		Waillesella sp.																					
14		Diffugia sp.	1880			20																	
15		Hyalosphenia sp.																					
16		Trinema sp.																					
17		Euglypha sp.			20				20														
18		Ciliata	Diffugia globulus																				
19			Aspidisca spp.	900	140	820	20			20	180	40		2,880		20	140		80	120	20	20	
20	Euplotes sp.																						
21	Trachelophyllum sp.			280			120																
22	Colpoda sp.																						
23	Colpidium sp.																						
24	Glaucoma sp.																						
25	Chilodonella sp.							20															
26	Litonotus sp.																						
27	Loxophilum sp.			20								60							20	40		20	
28	Microthorax sp.					20																	
29	Tetrahymena sp.											20											
30	Amphileptus sp.																						
31	Uronema sp.																		20				
32			Carchesium polypinum																				
33			Carchesium sp.				80		220				100					300				100	400
34			Zoothamnium sp.																				
35		Opercularia microdiscaum																					
36		Opercularia sp.		660	20	80	280	60		1,020						480				40			
37		Vorticella convallaria																					
38		Vorticella nebulifera	580																				
39		Vorticella striata		20																			
40		Vorticella microstoma	200	680		20		60															
41		Vorticella alba	60	40		40		160															
42		Vorticella aequalata																					
43		Vorticella nutans																					
44		Vorticella sp.			780		920		40	1,040	300				60								
45		Epistylis lacustris																					
46		Epistylis spp.	40	760	2,120	100	6,200	20	2,840		280									1,060			
47		Opercularia minima																					
48		Rhabdostyla sp.											20										
49		Pyxidium sp.																					
50		Vaginicola sp.																20					
51		Acineteta sp.																					
52		Tokophrya sp.										20		20		20							
53		Metacineteta sp.																					
54		Podophrya sp.																					
55		Unknow flagelata																					
56		Unknow ciliata																					
TOTAL NUMBER OF ORGNISMS (N/ML - m/2)			5,540	3,600	5,720	2,420	17,620	780	3,240	2,860	940	40	4,720	100	4,380	1,240	18,560	14,900	12,380	860	1,560		

ORDER		LOCATION GENUS & SPECIES		39	40	41	42	43	44	45				46	47	48	49	50	51	52	53	54
1	Mastigophora	Bodo spp.																5,100				
2		Monas spp.	3400	3300	40	1,260	8,800			220			60	40	100	40	80	60		380		2,400
3		Peranema sp.							40										60	20		
4	Sarcodina	Amoeba verrucosa																	40			
5		Amoeba proteus	40																			
6		Amoeba actinopora																				
7		Amoeba limax																				
8		Amoeba limicola																				
9		Amoeba sp.	180	660	60	60	2,220	620	20	20			20	20	100	440		80		120	5,140	80
10		Vahlkampffia sp.																				
11		Cochliopodium sp.							40										1,080	20		
12		Arcella vulgaris	20	40																		
13		Waillesella sp.																	20			
14		Diffugia sp.																				
15		Hyalosphenia sp.																				
16		Trinema sp.																				
17		Euglypha sp.			20									20						40		
18	Ciliata	Diffugia globulus																				
19		Aspidisca spp.	20	60	220	160	40	340					500	20	440	20			400			
20		Euplotes sp.																				
21		Trachelophyllum sp.		40				20	40							20				20		
22		Colpoda sp.																				
23		Colpidium sp.						20														
24		Glaucoma sp.																				
25		Chilodonella sp.			20				120								20					
26		Litonotus sp.							60													
27		Loxophyllum sp.																				
28		Microthorax sp.																				
29		Tetrahymena sp.																				
30		Amphileptus sp.					20	120														
31		Uronema sp.																				
32		Carchesium polypinum																				
33		Carchesium sp.	380	40	120	60		740									180				40	240
34		Zoothamnium sp.			2,400				40	100		80			40							
35		Opercularia microdiscaum										540										
36		Opercularia sp.					20		120				100								40	
37		Vorticella convallaria																				
38		Vorticella nebulifera																				
39		Vorticella striata																				
40		Vorticella microstoma					560		220	940	140	2,920	760		120	20	540		3,360	240	540	
41		Vorticella alba										280	2,240		380		840				140	
42		Vorticella aequalata			120													80				
43		Vorticella mutans																				
44		Vorticella sp.	300	1,220			1,220		1,000	240	10			40								20
45		Epistylis lacustris																				
46		Epistylis spp.	20		20	100		80	1,080	940	2,040	4,640	800									
47		Opercularia minima																				
48		Rhabdostyla sp.															20					
49		Pyxidium sp.											20									
50		Vaginicola sp.																				
51		Acineta sp.																				
52		Tokophrya sp.			20				120			20								60		
53		Metacineta sp.																		20		
54		Podophrya sp.																				
55		Unknow flagelata																				
56		Unknow ciliata																				
TOTAL NUMBER OF ORGNISMS (N/ML - m ²)				4,360	5,380	3,040	2,220	12,340	2,580	3,200	1,660	5,910	8,340	1,420	750	520	1,700	5,320	5,040	840	5,900	2,740

ORDER	GENUS & SPECIES	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
1 Mastigophora	Bodo spp.	500				140	380			20	280			640		140	480	3180	320	3120
2	Monas spp.					20												20	20	
3 Sarcodina	Peranema sp.				60		20													
4	Amoeba verrucosa																			
5	Amoeba proteus																			
6	Amoeba actinopora																			
7	Amoeba limax																			
8	Amoeba limicola																			
9	Amoeba sp.	640			20		120	40	80			17500		220				2200	180	20
10	Vahlkampffia sp.				40															
11	Cochliopodium sp.				1660	800							2500							
12	Arcella vulgaris				20															
13	Wailesella sp.																			
14	Diffugia sp.								20											
15	Hyalosphenia sp.																			
16	Trinema sp.																			
17	Euglypha sp.																			
18 Ciliata	Diffugia globulus	100			640	280		160	80	20	400		20					640	80	260
19	Aspidisca spp.																			
20	Euplotes sp.																			
21	Trachelophyllum sp.	60			960	80	20		20		100		80	20				160		100
22	Colpoda sp.																			
23	Colpidium sp.														40					
24	Glaucoma sp.																			
25	Chilodonella sp.				120	60														
26	Litonotus sp.				20															40
27	Loxophyllum sp.																			
28	Microthorax sp.																			
29	Tetrahymena sp.																			
30	Amphileptus sp.					20									20					
31	Uronema sp.												260							
32	Carchesium polypinium																			
33	Carchesium sp.									20		40		40				60		
34	Zoothamnium sp.																			
35	Opercularia microdiscaum																			
36	Opercularia sp.	380			80					20		1340						40		440
37	Vorticella convallaria										40	840								80
38	Vorticella nebulifera																			
39	Vorticella striata	20																		
40	Vorticella microstoma	80			220	260	1680		120		120	700	40					320		1920
41	Vorticella alba	80			320						240	1500	300					680		640
42	Vorticella aequalata																			
43	Vorticella nutans												20							
44	Vorticella sp.	40				500	20	580	180	1120				120					620	
45	Epistylis lacustris																			
46	Epistylis spp.	20			80			1640	280	60		20								1820
47	Opercularia minima																			
48	Rhabdostyla sp.																			
49	Pyxidium sp.						20													
50	Vaginicola sp.																			
51	Acineteta sp.																			
52	Tokophrya sp.													20						
53	Metacineteta sp.																			
54	Podophrya sp.				20															20
	Unknow flagelata																			
	Unknow ciliata																			
TOTAL NUMBER OF ORGNISMS (N/ML - m ²)		1920			4260	2160	2260	2420	780	2620	1180	22200	2980	1040	60	140	480	7320	1240	8160

ORDER		LOCATION GENUS & SPECIES	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
1	Mastigophora	Bodo spp.																			
2		Monas spp.	1,900	2,080		176,560	5,060	26,240		26,840	12,320	160		100	1,220		740	1,880	240	420	220
3	Sarcodina	Peranema sp.																			
4		Amoeba verrucosa																			
5		Amoeba proteus																			
6		Amoeba actinopora																			
7		Amoeba limax																			
8		Amoeba limicola																			
9		Amoeba sp.						2,720			10,120	400						420	120	60	
10		Vahlkampffia sp.																			
11		Cochliopodium sp.			60			60													
12		Arcella vulgaris					40												20		
13	Waillesella sp.																				
14	Diffugia sp.												20								
15	Hyalosphenia sp.																				
16	Trinema sp.												20								
17	Euglypha sp.																				
18	Ciliata	Diffugia globulus																			
19		Aspidisca spp.	620	340	40		160				220	60	20		20	40	60	60	60		20
20		Euplotes sp.																			
21		Trachelophyllum sp.		80										20				60	180		
22		Colpoda sp.																			
23		Colpidium sp.																			
24		Glaucoma sp.																			
25		Chilodonella sp.																			
26		Litonotus sp.					40											20			
27		Loxophyllum sp.																			
28	Microthorax sp.																				
29	Tetrahymena sp.																				
30	Amphileptus sp.																				
31	Uronema sp.										180										
32	Carchesium polypinium																				
33	Carchesium sp.						40														
34	Zoothamnium sp.																				
35	Opercularia microdiscaum																				
36	Opercularia sp.			100	80	140	20			60	20							60			
37	Vorticella convallaria																				
38	Vorticella nebulifera																				
39	Vorticella striata																				
40	Vorticella microstoma	1,200	540		340	140											380	1,500	360		
41	Vorticella alba	640				420											560		60		
42	Vorticella aequalata																				
43	Vorticella nutans																				
44	Vorticella sp.		100	560				20	1,260	480		700			1,200		1,160	560			
45	Epistylis lacustris																				
46	Epistylis spp.	120	140	2,740							1,020		200	40		960	120	340			
47	Opercularia minima						20														
48	Rhabdostyla sp.	20																20			
49	Pyxidium sp.																				
50	Vaginicola sp.																				
51	Acineta sp.																				
52	Tokophrya sp.	60																			
53	Metacineta sp.																				
54	Podophrya sp.																		20		
55	Unknow flagelata																				
56	Unknow ciliata																				
TOTAL NUMBER OF ORGNISMS (N/ML - mℓ)			3,380	3,340	3,440	177,060	8,760	26,280		28,200	23,280	2,540	980	140	1,240	2,200	1,940	5,880	2,000	480	240

ORDER		LOCATION																				
		GENUS & SPECIES	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	
1	Mastigophora	Bodo spp.																				
2		Monas spp.		860				2600	20	140			960	2880	2220	180	180	400		180	22580	40
3	Sarcodina	Peranema sp.		20																		
4		Amoeba verrucosa														20						
5		Amoeba proteus					40														20	
6		Amoeba actinopora																				
7		Amoeba limax																				
8		Amoeba limicola																				
9		Amoeba sp.		280				400	100		260		20	40	20	440	180	80	140	60	1080	
10			Vahlkampfi sp.																			
11			Cochliopodium sp.											360								20
12			Arcella vulgaris																			20
13	Ciliata	Waillesella sp.																			20	
14		Diffugia sp.					140			40								20			20	
15		Hyalosphenia sp.																				
16		Trinema sp.																				
17		Euglypha sp.											20									
18		Diffugia globulus																				
19		Aspidisca spp.	20	40	20		220	160	40	340				20	120			200			220	
20		Euplotes sp.						20													120	
21		Trachelophyllum sp.												20	60							
22		Colpoda sp.																				
23	Colpidium sp.																					
24	Glaucoma sp.																					
25	Chilodonella sp.			60						780		20				20						
26	Litonotus sp.											20										
27	Lexophilum sp.																					
28	Microthorax sp.																					
29	Tetrahymena sp.																					
30	Amphileptus sp.																					
31	Uronema sp.																					
32	Carchesium polypinium																					
33	Carchesium sp.	40				120				200			20		900							
34	Zoothamnium sp.					560																
35	Opercularia microdiscaum																			340		
36	Opercularia sp.						40			200										120		
37	Vorticella convallaria																					
38	Vorticella nebulifera										20						20					
39	Vorticella striata																					
40	Vorticella microstoma	1,420	680	1,000		1,460			20			140		880	40	20	300		190	420	40	
41	Vorticella alba	220	140			2,840			300		60	280			140		280		20	480		
42	Vorticella aequalata																					
43	Vorticella nutans																					
44	Vorticella sp.	220		60	60	40	120	20	1,760				440			760		40	180			
45	Epistylis lacustris	40																				
46	Epistylis spp.	40		60	240					40		60			20				40		40	
47	Opercularia minima																					
48	Rhabdostyla sp.							20														
49	Pyxidium sp.																					
50	Vaginicola sp.					200																
51	Acineta sp.							20														
52	Tokophrya sp.																					
53	Metacineta sp.	20		20				20														
54	Podophrya sp.																20			20		
55	Unknow flagelata																					
56	Unknow ciliata														100							
TOTAL NUMBER OF ORGNISMS (N/ML - mL)			2,020	2,020	1,220	1,360	5,060	3,040	440	3,720	80	1,880	3,140	3,300	1,840	1,200	1,280	200	670	25,380	200	

付表 6.4 調 査 対 象 一 覧 (冬 期)

冬 期 調 査 個 所 一 覧

No	地 域	名 称	所 属	採取月日	採取時間
1	北 海 道	下水処理場	北 見 市	47- 1-26	am. 9. 00
2		南帯広下水終末処理場	帯 広 市	47- 2-16	am. 9. 00 (No 1)
3		南帯広下水終末処理場	"	47- 2-16	am. 9. 00 (No 2)
4		下水終末処理場	"	47- 2-23	am. 9. 00
5		豊平川下水処理場	札 幌 市	47- 1-26	am. 9. 00
6		船浜下水処理場	小 樽 市	47- 2-28	am. 0. 00
7		崎守下水処理場	室 蘭 市	47- 2-18	am. 9. 00
8	東 北	桜川処理場	青 森 市	47- 3-10	am. 9. 00
9		幸畑下水処理場	青 森 市	47- 3-16	am. 9. 00
10		下水道終末処理場	秋 田 市	47- 3-30	am. 9. 00
11		宮町下水処理場	山 形 市	47- 2-18	am. 9. 00
12	関東甲信越	城南下水処理場	高 崎 市	47- 2- 1	am. 9. 00
13		田川処理場	宇都宮市	47- 3-28	am. 9. 00
14		大宮北部下水処理場	千 葉 市	47- 2-21	am. 9. 00
15		中央下水処理場	"	47- 2-21	am. 9. 00
16		小倉下水処理場	"	47- 2-28	am. 9. 00
17		坂月下水処理場	"	47- 2-28	am. 9. 00
18		志津角栄団地処理場	佐 倉 市	47- 4-14	am. 不 明
19		勝田台処理場	八千代市	47- 4-14	am. "
20		湖北台下水処理場	我孫子市	47- 4-18	pm. 3. 00
21		南部下水処理場	大 宮 市	47- 2-23	am. 9. 00
22		下水処理場	所 沢 市	47- 1-28	am. 9. 00
23		領家下水処理場	川 口 市	47- 1-18	am. 9. 00
24		滝ノ下水処理場	川 越 市	47- 1-19	am. 9. 00
25		霞ヶ関第1終末処理場	"	47- 3-10	am. 9. 00
26		霞ヶ関第2終末処理場	"	47- 3-13	am. 9. 00
27		飯能終末処理場	飯 能 市	47- 3- 8	am. 9. 00
28		芝浦処理場	東 京 都	47- 1-13	am. 9. 00
29		浮間下水処理場	"	47- 1-18	am. 9. 00
30		落合下水処理場	"	47- 1-18	am. 9. 00
31		小台処理場	"	47- 1-20	am. 9. 00
32		森ヶ崎下水処理場	"	47- 1-26	am. 9. 00
33		三河島下水処理場	"	47- 1-27	不 明
34		砂町下水処理場	"	47- 1-27	"
35		東部下水処理場	三 鷹 市	47- 3-21	pm. 1. 00
36		鶴川下水処理場	町 田 市	47- 4-13	am. 9. 00

No	地 域	名 称	所 属	採取月日	採取時間
37	関東甲信越	南部下水処理場	横 浜 市	47- 2- 9	am. 9. 00
38		北部下水処理場	"	47- 2-23	am. 9. 00
39		中部下水処理場	"	47- 2-26	am. 9. 00
40		入江崎下水処理場	川 崎 市	47- 2-28	am. 9. 00
41		下町下水処理場	横須賀市	47- 3-11	不 明
42		南部下水処理場	藤 沢 市	47- 3-11	不 明
43		寿町処理場	小田原市	47- 3-13	am. 9. 00
44		錦ヶ浦下水処理場	熱 海 市	47- 1-22	不 明
45		吉原下水処理場	富 士 市	47- 1-17	am. 9. 00
		吉原下水処理場	"	47- 1-17	pm. 3. 00
		吉原下水処理場	"	47- 1-17	pm. 9. 00
		吉原下水処理場	"	47- 1-18	am. 3. 00
46		弥生処理場	浜 松 市	47- 1-22	am. 9. 00
47	中 部	四屋下水処理場	高 岡 市	47- 3-16	am. 9. 00
48		岩塚下水処理場	名古屋市	47- 2- 9	am. 9. 00
49		山崎東部下水処理場	"	47- 2- 9	am. 9. 00
50		露橋下水処理場	"	47- 2-23	am. 6. 00
51		昭和町下水処理場	知 立 市	47- 3-22	am. 2. 00
52		下之一色下水処理場	名古屋市	47- 2-16	am. 6. 00
53		名城下水処理場	"	47- 2-17	am. 6. 00
54		堀留下水処理場	"	47- 2-23	am. 6. 00
55		山崎下水処理場	"	47- 2-24	am. 9. 00
56		伝馬町処理場	"	47- 2-24	am. 6. 00
58		熱田下水処理場	"	47- 2-24	am. 6. 00
59		千年下水処理場	"	47- 2-25	am. 6. 00
60		高蔵寺下水処理場	春日井市	47- 1-20	am. 9. 00
61		中部下水処理場	岐 阜 市	47- 2-21	am.11. 00
62		北部下水処理場	"	47- 2-29	am. 9. 00
63		下水処理場	関 市	47-	不 明
64	近 畿	烏羽下水処理場	京 都 市	47- 3-17	am. 9. 00
65		吉祥院下水処理場	"	47- 3-16	am. 9. 00
66		中浜東下水処理場	大 阪 市	47- 1-12	am. 9. 00
67		中浜西処理場	大 阪 市	47- 1-13	am. 9. 00
68		津守下水処理場	"	47- 2-17	am. 9. 00
69		海老紅下水処理場	"	47- 2-22	am. 9. 00
70		住吉下水処理場	"	47- 2-28	am. 9. 00
71		川面下水処理場	吹 田 市	47- 2-23	am. 9. 00
72		池田下水処理場	池 田 市	47- 2-23	am. 9. 00

No	地 域	名 称	所 属	採取月日	採取時間
73		猪名川流域原田処理場	豊中市	47- 2-13	am. 9.00
74		高槻下水処理場	高槻市	47- 1-19	am. 9.00
75		金剛処理場	富田林市	47- 3-11	am. 9.00
76		正雀下水処理場	摂津市	47- 2-25	am. 9.00
77		守口市終末処理場	守口市	47- 2-23	am. 9.00
78		泉北下水処理場	堺市	47- 2-25	am.10.00
79		三宝下水処理場	"	47- 2-18	am.10.00
80		尼崎東部下水処理場	尼崎市	47- 2-16	am. 9.00
81		鈴蘭台処理場	神戸市	47- 1- 6	am. 9.00
82		神戸中部下水処理場	"	47- 1-12	不明
83		" 有野処理場	"	47- 1-19	am. 9.00
84		" 白川北処理場	"	47- 2- 1	am. 9.00
85		" 白川南処理場	"	47- 2- 1	am. 9.00
86		" 西部下水処理場	"	47- 2- 8	am. 9.00
87		" 多聞第1処理場	"	47- 2-22	am. 9.00
88		" 多聞第2処理場	"	47- 2-22	am. 9.00
89		" 北須磨第1処理場	"	47- 2-15	am. 9.00
90		" 北須磨第2処理場	"	47- 2-15	am. 9.00
91		" 東灘下水処理場	"	47- 3-22	am. 9.00
92		" 東灘魚崎分場	"	47- 3-22	am. 9.00
93		福知山処理場	福知山市	47- 2-15	am.10.00
94		加古川市尾上下水処理場	加古川市	47- 3-13	pm. 2.00
95		高砂下水処理場	高砂市	47- 3- 7	pm. 3.00
96		姫路西部下水処理場	姫路市	47- 1-20	pm. 3.00
97		姫路下水処理場	"	47- 2-12	pm. 5.00
98	中 国	岡山旭西下水処理場	岡山市	47- 1-19	am. 9.00
99		高島下水処理場	"	47- 1-26	am. 9.00
100		児島下水処理場	倉敷市		
101		福山市新浜処理場	福山市	47- 4-21	am.10.00
102		徳山終末処理場	徳山市	47- 2- 8	am. 9.00
103		宇部・芝中浜処理場	宇部市	47- 2-29	pm. 2.00
104		宇部・居能処理場	"	47- 2-29	pm. 3.00
105	四国・九州	高松・福岡下水処理場	高松市	47- 2-18	am. 9.00
106		皇后崎下水処理場	北九州市	47- 3-22	am. 9.00
107		日明下水処理場	"	47- 3-23	am. 9.00
108		一ヶ岡下水処理場	延岡市	47- 4-20	am. 9.00

No	地 域	名 称	所 属	採取月日	採取時間
109		福岡・中部下水処理場	福 岡 市	47- 3- 6	am. 9.00
110		福岡・弥栄下水処理場	"	47- 2-23	am. 9.00
111		東郷下水処理場	宗 像 町	47- 3-31	不 明
112		都府楼終末処理場	太宰府町	47- 2-22	am. 9.00
113		長崎・滑石道ノ尾地区処理場	長 崎 市	47- 1-28	am. 9.00
114		長崎市中部下水処理場	"	47- 2-18	am. 9.00
115		長崎市中部下水処理場 (N系)	"	47- 2-18	am. 9.00
116		長崎市北部処理場	"	47- 3-18	am. 9.00
117		長崎・滑石処理場 (No.1)	"	47- 3-17	am. 9.00
118		長崎・滑石処理場 (No.2)	"	47- 3-17	am. 9.00