

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

目 次

§ 1.	はじめに	1
§ 2.	調査を行なった処理場の概要	3
§ 3.	流入下水に関する調査	5
3-1	概 説	5
3-2	家庭下水の組成	5
3-3	小規模処理場における流入下水量の時間変化	8
§ 4.	最初沈殿池の調査	11
4-1	概 説	11
4-2	調査を行なった施設の概要	12
4-3	水面積負荷率, 沈殿時間と除去率の関係	13
4-4	最初沈殿池内の流れに関する調査	14
4-5	最初沈殿池における窒素, リンの除去	18
§ 5.	活性汚泥法の調査	19
5-1	概 説	19
5-2	調査を行なった施設の概要	20
5-3	活性汚泥処理施設の調査方法	21
5-4	標準活性汚泥法の調査	21
5-5	ステップ・エアレーション法の調査	22
5-6	コンタクト・スタビリゼーション法の調査	23
5-7	長時間エアレーション法の調査	24
5-8	調査した処理場の操作条件と除去率の総括	27
§ 6.	活性汚泥法における諸特性に関する調査	30
6-1	エアレーションタンクの流下に伴う水質の変化	30
6-2	BOD除去速度係数	33
6-3	返送汚泥に関する若干のコメント	35
6-4	活性汚泥の活性度	38
6-5	エアレーションタンク内のDO変化	42
6-6	活性汚泥法における窒素, リンの除去	45
§ 7.	お わ り に	50
§ 8.	附 表	53
§ 9.	附 図	54

§ 1 は じ め に

近年における大都市への人口集中と工業生産量の急激な増加は、都市内およびその近辺を貫流する河川の水質を汚濁させ、都市内河川にあっては、住民のリクリエーションの場を奪うのみならず、付近住民の健康や財産をもおびやかす、都市近辺を流下し、重要な用水源として利用されている河川についても、その水質汚濁の進行から、河川水の水資源としての価値を年々低下させていく傾向にある。

このような現状に鑑み、大都市およびその周辺の河川のみならず、すべての公共用水域に、「水質汚濁に係る環境基準」が適用され、公共用水域の水質汚濁防止のための努力が払われることとなった。同時に水資源として重要な河川の水質を、その流域内から排出されるすべての家庭下水、工場排水などによる汚濁から守る決め手としての下水道の効用が広く認識されるようになった。

わが国における下水道事業は、昭和38年度を初年度とする第1次下水道整備5ヶ年計画および昭和42年度を初年度とする第2次下水道整備5ヶ年計画によって本格化し、第3次5ヶ年計画の策定に伴ない事業量は、急激に増加することとなった。当然のことながらこのような膨大な事業を推進するための支えとなる調査研究の重要性も増加している。調査研究を業務とする土木研究所では、昭和42年度より下水道事業調査費により、合理的、経済的な下水道の計画、設計に必要な調査、研究を開始した。そのうち、昭和42～3年度の2ヶ年間にわたって実施した「雨天時下水排除の合理化に関する調査」では、下水管渠の計画、設計に必要な流出係数、流達時間、雨天時下水水質の調査などを行ない、その調査結果はすでに報告した。

下水道計画において重要な位置を占める下水処理場についても、下水処理場内の各施設の計画、設計は常に良質の処理水質を安価な建設費および維持管理費で得ることができるよう多くの調査研究を必要とするものである。しかし、わが国では、実際規模の施設を用いて現実に則した各種資料を得るために実施した調査研究は極くわずかしがなく、しかも組織的に実施したこの種の調査は全くないため、これが下水処理場の設計および維持管理に関する技術を遅らせているとさえいえる。このようなことから、今後建設を予定される下水処理場の計画、設計および維持管理に必要な資料をうることで、下水道技術発展のうえで急務とされる問題の1つとなっている。その資料収集の始めとしてすでに建設、運転が行なわれている処理場をふりかえり、我が国の下水処理場における処理の実態を把握し、基本的な技術問題に関する調査を行なうことも、我が国の実状に合った合理的な施設の計画、設計を行なう上で非常に重要な意義をもつものである。

このような観点から、土木研究所では、下水道事業調査費による調査の1つとして、昭和43年度より「下水処理施設設計の合理化に関する調査」に着手し、初年度においては、全国160ヶ所の既設下水処理場を対象にしたアンケート調査を行なって、下水処理場の建設費、維持管理費、流入下水の負荷量ならびに処理施設の処理機能についてマクロな形で各種の問題点を把握した。この点については、「下水処理施設設計の合理化に関する調査報告書(1)」で詳しく報告済である。

44年度は、さらに詳しく各処理施設の処理機能を把握し、処理施設設計上および維持管理上の

諸数値についての検討を行なうために、現在供用中の下水処理場のうちの6ヶ所の処理場を選び、各単位施設ごとに、詳細な調査を行ない、その結果を「下水処理施設設計の合理化に関する調査報告書(2)」として報告した。本報告は前年度の調査にひきつづいて行なった7ヶ所の下水処理場における夏、冬計10回の調査の結果をとりまとめたものである。現場における短期間の調査ということから必ずしも現況処理施設の処理機能の全体を把握しえたとはいえないが、現在の下水処理における問題点のいくつかは、洗い出すことができたと考えている。本調査はさらに継続する予定である。これによってわが国における下水処理の実態を完全に把握しうるものではないが、本調査が下水処理場の効率的な計画、設計を行なう上での一助になれば幸である。

なお、ここで本調査に協力していただいた神戸市下水道局、名古屋市下水道局、豊橋市水道局下水課の関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

§ 2 調査を行なった処理場の概要

本年度調査を行なった下水処理場は、名古屋市内 4ヶ所、神戸市 2ヶ所、豊橋市 1ヶ所、合計 7ヶ所であり、夏期および冬期に 10 回の調査を行なった。

表 2-1 に調査を行なった各下水処理場の概要を一覧表にして示した。各単位施設の詳細については § 4 以下の調査結果の項に示してある。

表 2-1 の各処理場のうち、名古屋市内の各処理場は前年度にも 1 部調査を行なっている。名城、伝馬町、岩塚の各下水処理場は、工場排水が流入する（量は不明）一般的な都市下水の処理場でありいずれも中～大規模処理場の範中に入る。一方、下之一色処理場は、小規模下水処理場であるが、食品加工工場の排水が 1 部流入している。2 次処理の方式は、名城、伝馬町、岩塚とも ステップエアレーション のために設計された施設を有しているが現在は、標準活性汚泥法による運転を行なっている。このため伝馬町処理場の調査の際には、1 系列を ステップエアレーション法の運転に切りかえて、この両者の比較を行なった。

神戸市内の多聞第 1、第 2 の両処理場はいずれも住宅団地の家庭下水を処理する小規模下水処理場であり、特に多聞第 2 下水処理場は下水が自然流下で流入することが特徴である。

豊橋市の野田下水処理場は、かなりの量の工場排水（主として食品加工工場）が混入している。このため、流入下水の BOD はかなり高い。2 次処理は ステップエアレーション法であるがエアレーションが機械かくはん式であること、したがってエアレーションタンクの 1 系列が完全混合型のタンク 5 池から成り立っていることが特徴である。

調査の性格上、できるだけ各施設の流量その他の測定および制御の行ない易いことが望ましいが（適正な維持管理を行なうためにもこの点に留意が必要である）、本年度調査を行なった処理場については必ずしも十分であるとはいえず、このため、流量等の測定については不十分となる場合もあった。

表 2-1 調査を行なった下水処理場の概要

都 市 名	名 古 屋 市				神 戸 市		豊 橋 市
処 理 場 名	名 城	伝 馬 町	岩 塚	下 之 一 色	多聞第1	多聞第2	野 田
調 査 日	3/2~3	8/11~12	3/9~10	7/28~29	8/4~5 12/1~2	7/28~29 12/8~9	8/4~5 2/24~25
現在処理面積 (ha)	1,134	988	2,196	34	12.9	28.5	480
現在処理人口 (人)	139,000	134,000	319,000	9,000	2,980	3,980	63,000
水洗化率 (%)	73.5	93.5	83.0	45.0	100		80
排 除 方 式	合 流 式	合 流 式	合 流 式	分 流 式	分 流 式		合 流 式
調 査 日 処 理 量	45,700	69,000	236,000	6,100	440 270	800 660	61,200 45,400
処 理 方 式	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法 ステップエアレ ーション変法	標準活性汚泥法	コンタクトスタ ビリゼーション 変法	長時間エアレーシ ョン変法		ステップ・エア レーション変法
備 考	工場排水流入	工場排水流入	工場排水流入	工場排水流入 1次処理なし	小規模団地 家庭下水のみ流入 1次処理なし		工場排水流入

§ 3 流入下水に関する調査

3-1 概 説

下水処理場に流入する下水は一般に、家庭下水、工場排水、地下水等からなり、その成分は非常に複雑であるうえに、濃度や水量が時間的に変動し、地域的な特性によってもかなりの相異が生ずるのが普通である。

下水処理場の設計あるいは処理を効率的なものとするためには、流入下水の成分、量およびその変動の状態と処理区域の特性との関係を明らかにし、これに対処できる施設の設計、管理を行なうことが必要である。

流入下水中のBOD、SSと窒素、リンの関係、流入下水の量（家庭下水の人口当量など）および変動などについては報告(2)に報告したので、ここでは家庭下水のBODを構成する有機物の調査結果および、小規模な住宅団地の下水処理場における流入下水量の時間変動についてのべることにする。

3-2 家庭下水の組成について

調査は表2-1で示した多聞第2下水処理場とこの他に、埼玉県内の3ヶ所の家庭下水のみが流入する小規模な住宅団地の下水処理場で行なった。3処理場の概要を表3-1に示す。

表3-1 処理場の概要

処 理 場	表中の記号	処 理 人 口 (人)	処 理 水 量 (m ³ /日)
南 浦 和 団 地	A	4,000	900～1,500
田 島 団 地	B	6,700	1,500～2,200
上 尾	C	11,000	2,800～3,700
多 聞 第 2	D	表2-1 参 照	

分析はBOD、SS、窒素、リンの他にBODを構成する有機物として炭水化物、たん白質、有機酸の3項目をとりあげて行ない、有機物の総量を知るための指標として有機性炭素(TOC)の測定も行なった。前3者は下水処理のし易さを知る手がかりとなるものであり、後者は下水中の有機物の指標として有力なものとなり得るものである。他に洗剤の関与の割合を知るためにABSの分析も行なった。分析結果は表3-2に示すとうりである。同表にみられるように各処理場ともほとんど値に差がみられない。また、各処理場の一般性を知るために報告(2)で示した家庭下水の各成分の全国平均値を表3-3に再掲する。

表3-2と3-3を比較すると今回調査した処理場への流入水濃度は若干低めである。多聞第2処理場以外は流量の測定が行なえなかったので、人口当量については明らかではないが、この調査が使用水量の多い夏期に行なわれたことを考えると、ほぼ平均値に近い値を有しているのではないと思われる。なお、多聞第2処理場におけるBODの人口当量は31.4g/人/日であった。

表3-2 家庭下水の分析値

(単位 ㎎/ℓ)

処 理 場	A	B	C	D	平 均
B O D	91.1	87.6	95.6	117.5	98.0
有 機 性 炭 素	94.2	93.5	78.9	105.7	93.1
炭 水 化 物	30.3	35.4	38.9	43.2	37.0
蛋 白 質	79.6	70.0	73.1	106.7	82.4
有 機 酸	27.4	29.3	24.4	31.3	28.1
A B S	19.3	12.7	17.0	13.2	15.6
T - N	21.1	18.1	16.5	27.2	20.7
T - P	9.72	8.12	7.91	15.0	6.8
S S	156	85	112	117	117.5

表3-3 家庭下水各成分の全国平均値

項 目	人口当量 (人/日)	濃 度 (㎎/ℓ)
B O D	39.5	150
S S	41.8	159
T - N	7.0	26.6
T - P	1.1	4.2
排 水 量	263 ℓ/人/日	—

家庭下水中のBODに炭水化物、たん白質、有機酸がどの程度関与しているかを知るためにそれぞれの分析にあたって標準試薬として用いたグルコース、ゼラチン、酢酸のBODを用いてBODに換算し下水の実測値と対比させたのが表3-4である。

表3-4 各成分をBODに換算した値

(単位 ㎎/ℓ)

処 理 場	A	B	C	D
炭 水 化 物	18.5	21.6	23.7	29.3
蛋 白 質	43.8	38.5	40.2	40.2
有 機 酸	20.8	22.3	18.5	18.5
合 計	83.1	82.4	82.4	88.0
実測BODとの比率	91.2%	94.1%	86.2%	86.2%

表に示される如く、炭水化物、たん白質、有機酸によるBODの合計値は実測値に対して86～94%の範囲にあり、家庭下水のBOD源となる有機物はこの3者でほぼ代表できることがわかった。なお、家庭下水のBODに占めるこれらの値はほぼ一定しており、炭水化物、有機酸が約20%、たん白質が約40%である。

表3-5はBODとして消費された酸素がすべてCO₂になると仮定してBODを炭素に換算し、

実測した有機性炭素の値と対比させたものである。

表 3-5 BOD を炭素に換算した値

(C, mg/l)

処 理 場	A	B	C	D
B O D	3 4.2	3 2.9	3 5.9	4 4.1
実測有機性炭素との比率	3 6.3 %	3 5.2 %	4 5.5 %	4 1.7 %

表 3-5 によれば、BOD として測定される家庭下水中の有機物は有機性炭素 (TOC) のほぼ 40 % であると判断できる。炭水化物、たん白質、有機酸および ABS の測定値を同様な方法で炭素に換算して示したのが表 3-6 であるが、表にみられるように各成分の炭素換算値の合計は有機性炭素の 80 % 以上となる。したがって、これらの成分を分析することによって家庭下水中の有機物量はおおむね把握できよう。また、家庭下水中の有機物には、たん白質がかなり多く、炭水化物、有機酸、ABS の順となる。なお ABS は約 10 % 占めている。

以上のように家庭下水中の BOD に関与する有機物について簡単な分類を行なってみたが、その細かい組成は非常に複雑なものである。今後は下水処理の機能と下水の組成との関係を十分に把握したうえで、下水処理の計画、設計を行なうことが必要になると考えられるが、そうした点でも、下水の組成と処理についての調査を行なっておく必要があろう。

表 3-6 各成分を炭素に換算した値

(C, mg/l)

処 理 場	A	B	C	D
炭 水 化 物	1 2.1	1 4.2	1 5.6	1 7.3
蛋 白 質	3 9.8	3 5.0	3 6.6	5 4.7
有 機 酸	1 1.0	1 1.7	9.8	1 2.4
A B S	1 1.6	7.6	1 0.2	8.2
合 計	7 4.5	6 8.5	7 2.2	9 2.6
実測有機性炭素との比率	7 9.1 %	7 3.3 %	9 1.5 %	8 7.6 %

なお、ここで行なった分析法は以下のとおりである。

有機性炭素 過硫酸塩酸化法
炭水化物 アンスロン法
たん白質 フォーリン法
有機酸, ABS 他 下水試験法

3-3 小規模処理場における流入下水量の時間変化

下水処理場に流入する負荷量は、人間の生活パターンに結びついて変化することはよく知られているが、この変動が処理の機能に悪影響をもたらす。報告書(2)で示したように、この変動は処理場の規模が小さいほど激しく、極端な場合には、日平均値に対して5倍以上の負荷が流入する。処理区域を大きくすること(処理場の大規模化)が計画面での対策、施設の余裕を十分にとることが設計上の対策となるが、いずれにせよ、発生する負荷量の変動はさけることができない。したがってその対応策を適確なものにするためには、十分にその実態を把握しておく必要がある。

ここではその一つの要因である住宅団地(家庭下水)から発生する流入下水量の時間変化のパターンについての若干の考察をのべる。

調査を行なった下水処理場は多聞第2下水処理場以下6ヶ所の住宅団地を処理区域とする小規模処理場である。(表3-7)

表3-7 処理場の概要

都 市 名	処 理 場 名	調 査 日	処理人口(人)	処理面積(ha)	日平均流入量(m ³ /h)	図中の記号
千 葉	小 倉	43年10月28日*	5,800	70.1	21.0	A
千 葉	大 宮	43年10月31日*	5,900	55.2	30.3	B
神 戸	西 舞 子	43年12月11日*	3,400	18.1	40.3	C
神 戸	多聞第2	表2-1	1参照			D
兵 庫	東	43年12月11日*	5,820	26.6	64.0	E
名古屋	鳴 子	43年10月22日*	9,000	67.4	76.8	F
名古屋	西 山	45年3月5日**	12,000	98.0	138.7	G

* : 報告(1)の調査による。

** : 報告(2) "

図3-1に各処理場の流入下水量の時間変動の様子を示す。調査は比較的水使用量の少ない10～3月までに行なったものである。各処理場とも自然流下で下水が処理施設に流入しており、処理場における流量測定値が下水発生量の変動パターンを示していると解釈できるものである。

図3-1に示されるように、流入量の差はあるが、その時間変動のパターンは各処理場とも非常によく似ており、都市における家庭下水の発生パターンには地域的な差がほとんどないことがわかる。この点を明確にするために各処理場ごとに、日平均流量に対する各時間の流量の比をとって図示したのが図3-2である。

図3-2によれば、(1)下水発生ピークは1日に2回あること、(2)第1のピークは午前9時頃でその大きさは、日平均下水流量に対して、2～3倍以上に達すること、(3)第2のピークはゆるやかであり、日平均値に対して1.5倍付近の流入量が午後9時を中心に6時間程度続くこと、(4)日平均値を下まわる量の流入は13～17時頃と23時～7時までの12時間であり、特に夜間の流入量は処理場の規模によらずほとんど一定であり、処理量が多いほど、日平均値との差が大きくなることなどがわかる。

図3-3は、図3-2から得た変動パターンの平均値をもとに、処理人口を5,000人、1人当りの排水量を350ℓとして、家庭下水のみを処理する小規模下水処理場の流入下水量の時間変動のパターンを合成したものである。

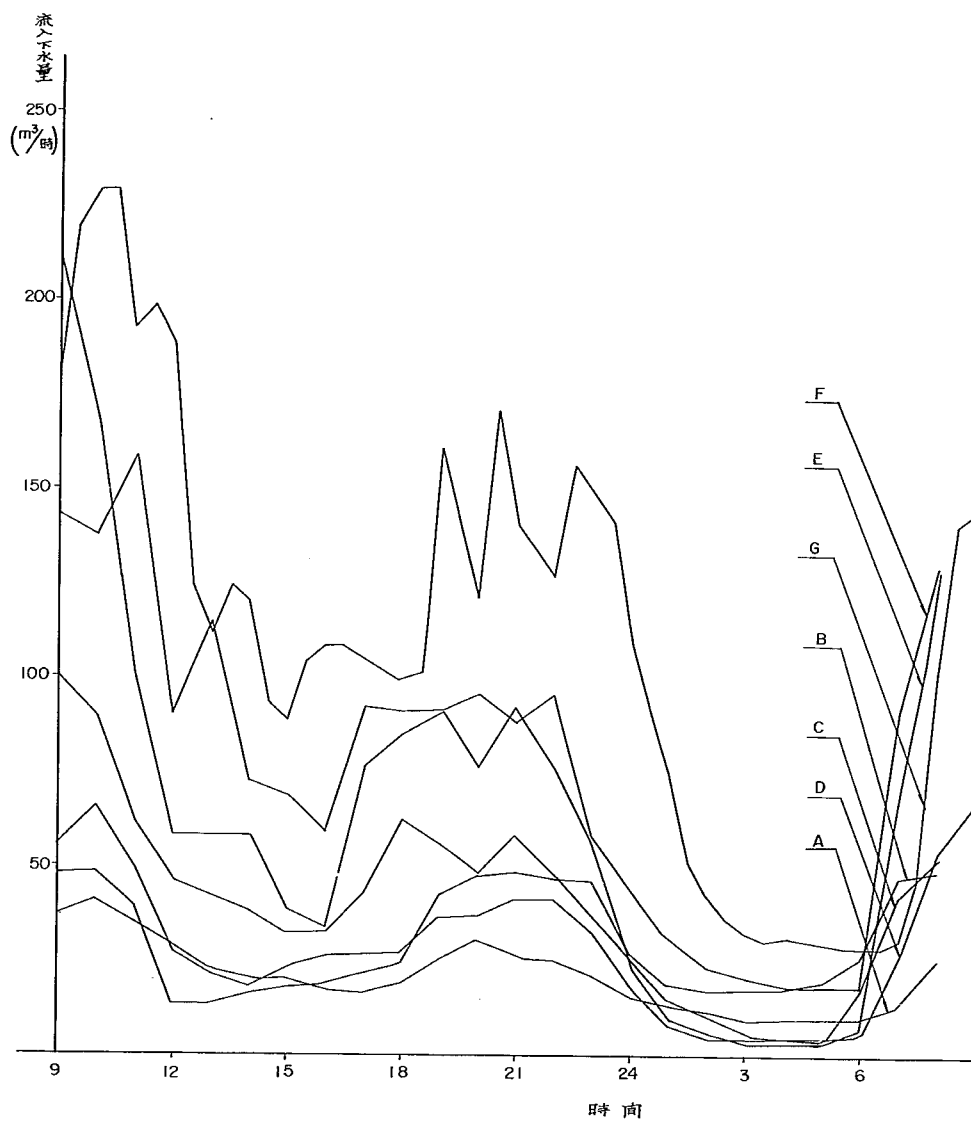


図 3-1 小規模処理場における流入下水量の時間変化
(自然流下の処理場)

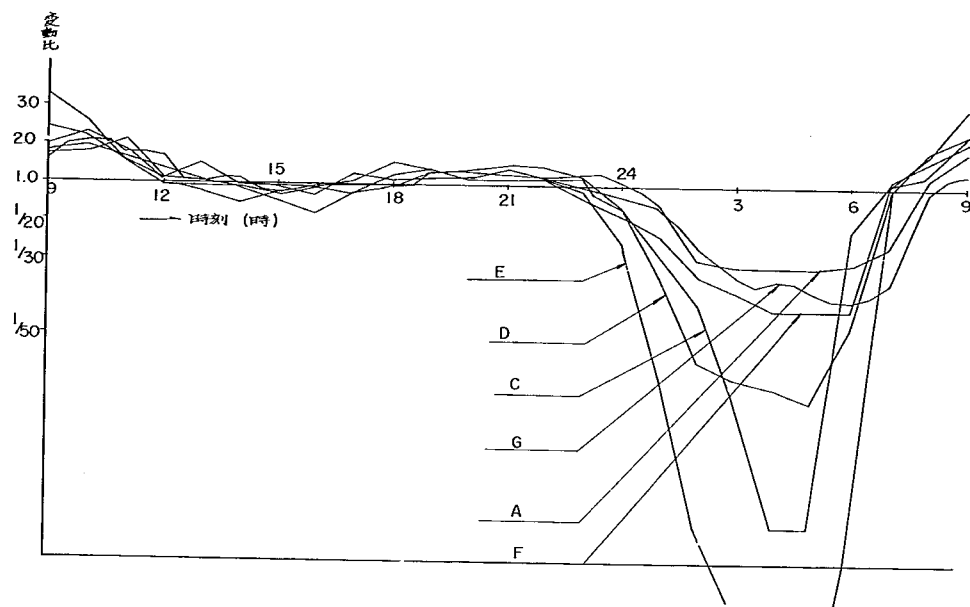


図 3-2 流入下水量の変動比（流入量／日平均値）の変化

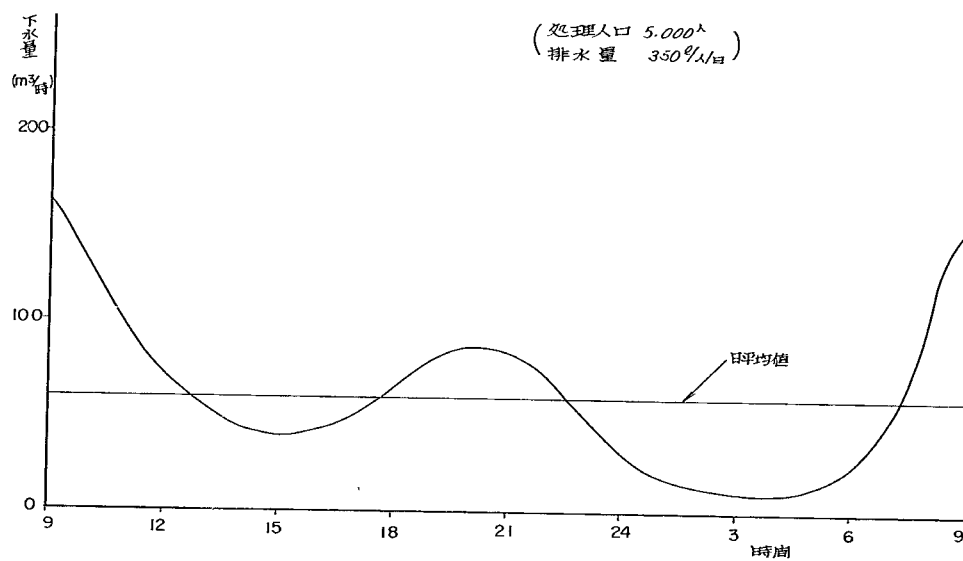


図 3-3 小規模処理場に流入する下水量の時間変化の平均パターン

(処理人口 5000人)
(排水量 350ℓ/人/日)

§ 4 最初沈澱池の調査

4-1 概 説

下水処理における最初沈澱池の役割は、下水中の沈澱可能な浮遊物質を除去することによりSSあるいはBODの濃度を下げ、生物処理のための予備処理施設の機能を果たすこと、雨天時など簡易処理のみで下水を放流する場合に放流先での水質汚濁の問題を軽減させることなどである。

最初沈澱池に流入する下水中の浮遊物は粒状の粒子から凝集された粒子まで広範囲のものが含まれているが、一般には不完全な凝集の状態となっているものが多く池内を流下する間に凝集されて沈澱していくものと考えられる。理想沈澱池の場合には、沈澱効率¹⁾は粒子の沈降速度と水面積負荷率の関数で表わすことができるため、沈澱池の設計は基本的には水面積負荷率を基準として行なえばよいことになるが、下水の場合にはこのような理由から同時に沈澱時間に対する配慮を払うのが普通である。沈澱時間は長くとるほど除去率は良くなるが、あまり長くとると腐敗して水質を悪化させることになるため通常の場合2次処理方式との関係、流入下水の水質、成分、合流式の別などを考慮して1.5～3.0時間を標準として設計を行なうのが普通である。前年度に報告したように、沈澱池内では、1.0 ppm/時 前後の速度でDOが消費される。

水面積負荷率も当然のことながら大きくとるほど除去率は良くなるが、沈澱時間をあまり増加させないようにするためには水深を浅くとらざるを得ないため限界があり、最初沈澱池の場合には、 $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ を標準とするのがよいとされている。

実際池においては、水面積負荷率あるいは沈澱時間が同一の場合でも沈澱効率が著しく異なる場合がある。これは、沈澱効果が下水の性質や濃度によって左右されること、理想沈澱池の場合と異なり実際池においては水理的な特性が不安定でこれが沈澱効果に影響を与えているためであろう。実際の沈澱池の流れは流入水の不均一な流入、流入水と池内水の密度差、池壁や池内構造物の抵抗および風などによる流速の不均一分布はさけられず、これに伴って、偏流や乱れが発生して沈澱効果を悪化させたり、沈澱物の再浮遊を起させるなど、沈澱効率を理想沈澱池の場合と著しく異なったものにしてしまう。また、汚泥かき寄せ機の連続的な駆動も池内の流速を不均一なものとし、汚泥の再浮遊を招く原因となる場合がある。したがって、沈澱池の設計を行なう場合には、水面積負荷率、沈澱時間に対する十分な考慮の他に池内の流れをできるだけ安定化させて理想沈澱池の場合のそれに近づけるよう構造あるいは形状の上での配慮を十分に払うことが必要である。

小規模な下水処理場では最初沈澱池が設置されないことが多い。これは小規模下水処理場で主として採用される長時間エアレーション法、コンタクトスタビリゼーション法などが流入水のSSが高い場合でも比較的影響が少ないことが経験的にわかっていること、最初沈澱池自体が臭気、美観のうえで問題があるため住宅地に隣接している場合が多い小規模処理場で嫌われていること、維持管理の問題を少なくしようとするなどが主な理由である。本年度調査を行なった小規模処理場（多聞第1、第2、下之一色）はいずれも最初沈澱池が設置されていない。しかしながら、最初沈澱池はSS、BOD等の除去効果の他に流入下水量（負荷量）の変動を緩衝させる効果があるので

水量変動の激しい小規模下水処理場ではむしろ積極的に設置する方が望ましいのではなかろうか。

4-2 調査を行なった施設の概要

表4-1に調査を行なった各処理場の沈澱池の概要と調査結果の総括を示した。また、前年度の調査結果の総括を表4-2に示した。

表4-1 各沈澱池の諸元および除去率

処理場	最初沈澱池1池当りの諸元					調査日	調査日1池当り流入量 ($\text{m}^3/\text{時}$)	水面積 負荷率 ($\text{m}^3/\text{日}/\text{m}^2$)	沈澱時間 (分)	日平均 流入流出 SS濃度 (ppm)	日平均 流入流出 BOD濃度 (ppm)	SS 除去率 (%)	BOD 除去率 (%)
	長さ又は 径 (m)	幅 (m)	有効水深 (m)	有効水面積 (m^2)	有効容量 (m^3)								
名城	31.5	4.7	3.5	148	518	3/2~3	272	44.1	114	147 61	75 66	58	12
伝馬町	25.0	(円形)	3.0	491	1,498	8/11~12	1,438	70.3	63	162 85	62 59	48	5
岩塚	30.0	12.0	3.45	360	1,242	3/9~10	1,230	82.0	61	1047 137	437 107	87	75
野田	19.8	19.8	2.55	392	1,000	8/4~5	946	57.9	63	175 97	232 179	55	23
						2/24~25	1,275	78.1	47	110 56	229 160	49	30

表4-2 各沈澱の諸元および除去率 (報告(2))

処理場名	1 池 当 り の 諸 元						調 査 日	調査日 流入量 ($\text{m}^3/\text{時}$)	水面積 負 荷 率 ($\text{m}^3/\text{日}/\text{m}^2$)	沈澱 時間 (分)	日平均(%) 流入流出 SS濃度 (ppm)	日平均(%) 流入流出 BOD濃度 (ppm)	SS 除去率 (%)	BOD 除去率 (%)
	長さ又は 径 (m)	幅 (m)	有効水深 (m)	有効水面積 (m^2)	有効容量 (m^3)	せき長 (m)								
名 城	31.5	4.7	3.5	148	518	39	7/22 23	2,260	5 2.4	96.4	177 83	80 63	52.3	19.9
伝 馬 町	25.0	(円形)	3.0	491	1,498	78.5	7/29 30	2,990	7 3.2	7 3.6	93 82	114 79	28.1	14.8
							2/20 21	2,560	6 2.5	86.3	144 114	79 71	20.8	10.0
岩 塚	30.0	12.0	3.45	360	1,242	55	8/12 13	3,530	29.4	84.2	111 66	68 55	40.9	19.7
干 年	30.0	12.0	4.0	360	1,440	83.2	2/17 18	2,820	4 7.0	122.5	150 72	90 61	56.5	32.5
西 山	16.0	4.2	2.72	64	174	4.0	8/6 7	1 26.0	4 7.3	1 7.4	111 58	85 66	47.6	22.2
							3/5 16	39.7	1 4.9	263	168 73	118 104	59.1	18.9
								69.3	2 6.0	151	168 80	118 99	55.1	24.1

(※) 上段は流入水、下段は流出水濃度

各沈澱池の主要諸元は表4-1に示したとおりであるが、名城沈澱池は長さに対して比較的中が狭いもの(6.7:1)であり、岩塚沈澱池は巾が比較的広く(2.5:1)になっている。一方、伝馬町沈澱池は円型沈澱池(放射流式)、野田沈澱池は方型沈澱池(平行流式)である。沈澱汚泥の排除方式は伝馬町、野田両処理場が回転かき寄せ機によるもの、その他はリングベルトによるものである。なお、表4-1、4-2に示されるように、名城、岩塚、伝馬町両処理場は前年度にも調査を行なっている。

表中に示される数字はいずれも日平均値であり、除去率その他も日平均値で表示されている。なお、岩塚沈澱池の流入SS濃度が高いが、これは汚泥処理の関係で調査時にかなりの量の余剰汚泥が循環されていたためである。

4-3 水面積負荷率、沈澱時間と除去率の関係

水面積負荷率とSS、BOD除去率、沈澱時間とSS、BOD除去率の関係を図4-1、図4-2に図示した。

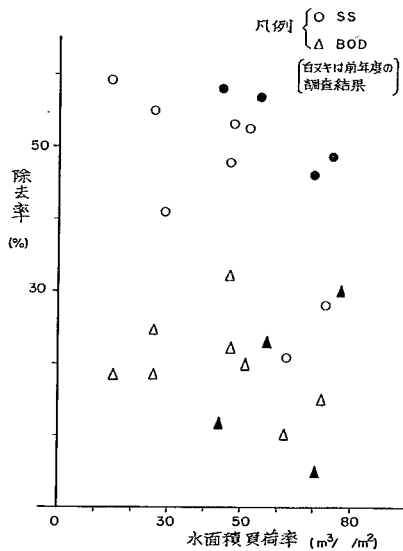


図4-1 水面積負荷率と除去率の関係

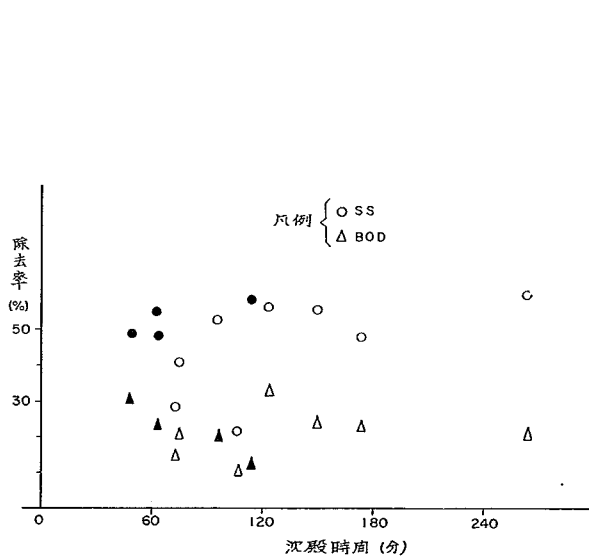


図4-2 沈澱時間と除去率の関係

図中には、前年度の調査データも併せて記入した。このときの値はすべて日平均値であるが流入下水量の時間変化、流入流出水、水質の時間変化については付図に各処理場ごとに示した。図4-1、4-2によれば、水面積負荷率は15~80 m³/日/m²、沈澱時間は40~260分の範囲にある。当然のことながらSS除去率は水面積負荷率が小さいほど、沈澱時間が長いほどよくなる傾向がうかがえる。BODについてはこの関係ははっきりとは認められず、除去率自体もSSに比較してかなり低い、これは下水中のBODは溶解性物質が主体であり、沈澱可能なBOD物質の量が浮遊物質の量とは必ずしも一致していないためであろう。

図4-1、4-2では値のばらつきが大きい、これは流入下水中の濃度の差によるものと池内

の水理条件の影響によるものの両方であろう。現在の最初沈澱池の設計は、水面積負荷率は $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ 、沈澱時間は $1.0 \sim 3.0$ 時間の範囲でとることが一般的であるが、両図から判断すると、この範囲の水面積負荷率でSS、BODの除去率はそれぞれ $40 \sim 55\%$ 、 $15 \sim 30\%$ まで期待できる。また、沈澱時間については2時間以上にとっても除去率の向上はあまり期待できないようである。

4-4 最初沈澱池内の流れに関する調査

沈澱池内の偏流やこれに伴う乱れの発生が沈澱除去率を悪化させることはよく知られている。また、密度流などによる死水域の発生は、有効容量を減少させ、水面積負荷率、沈澱時間など設計上の条件を実際池のそれと著しく異なったものとしてしまうことになる。

ここでは報告(2)の場合と同様にトレーサーを用いた池内の流れについての調査結果についてのべる。

図4-3から図4-4までに各沈澱池の流出部における応答曲線の例を示した。横軸はトレーサー投入後の時間(t)と理論滞留時間(T_0)の比、縦軸は t における流出部の濃度(C)とトレーサーの投入量が沈澱池の全容積に均一に混合した場合の濃度(C_0)の比として無次元化して示してある。各図に示されるように沈澱池ごとに応答曲線は異なっている。また、いずれの場合にも理論滞留時間($t/T_0 = 1$)よりも前にトレーサーの大部分が流下しており、かなりの死水域、短絡流が発生していることがわかる。この点の評価を行なうために、報告(2)と同様に応答曲線の特徴からつぎのような定義を行なった。

- (1) トレーサーが流出端に出現するまでの時間 t_i および理論滞留時間との比 t_i/T_0
- (2) トレーサーの応答曲線のピークまでの時間 t_p および t_p/T_0
- (3) 応答曲線の重心までの時間 t_g および t_g/T_0

表4-3に実測した t/T_0 の値を一覧表にして示した。表4-4は報告(2)の調査の値を再掲したものである。各沈澱池とも夏、冬1回ずつ調査したことになるが、両表にみられるように、多少の条件の差があるもののほぼ同じ値になっている。

表4-3 各沈澱池における t/T_0 の値

処 理 場 名	流 入 量 ($\text{m}^3/\text{分}$)	T_0 (分)	t_g/T_0	t_p/T_0	t_i/T_0	$t_g/T_0 - t_p/T_0$
伝馬町 冬	2560	8630	0.620	0.185	0.046	0.574
名城 冬	272	11400	0.465	0.272	0.140	0.325
岩塚 ^(※) 冬	1230	6100	—	0.328	0.262	—
野 田	冬	1275	0.438	0.213	0.011	0.427
	夏	946	6300	0.743	0.222	0.584

(※) 調査中に汚泥のひき抜きがあり t_g が測定されていない。

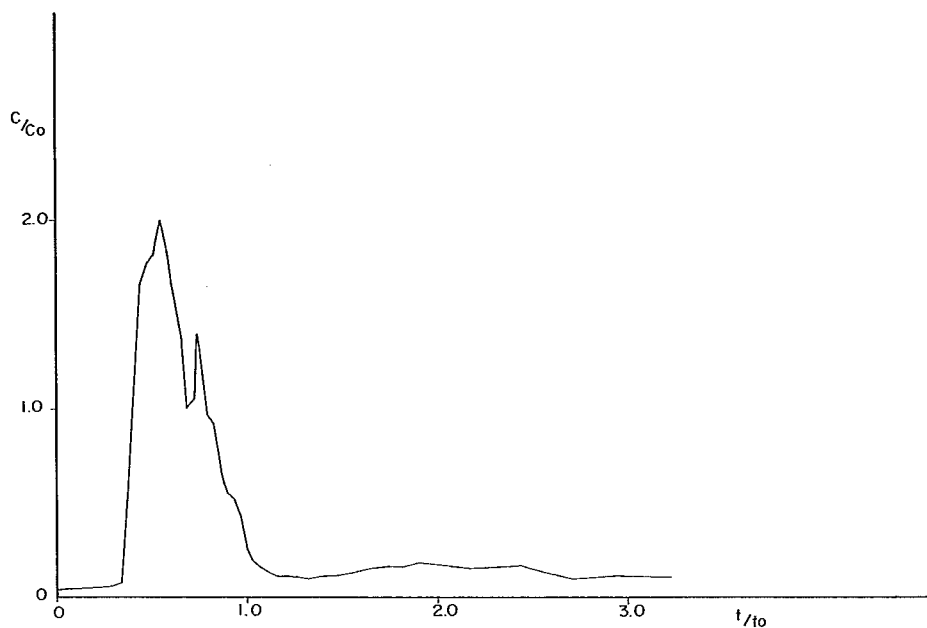


図 4-3 最初沈澱池のトレーサー応答曲線（名城下水処理場）

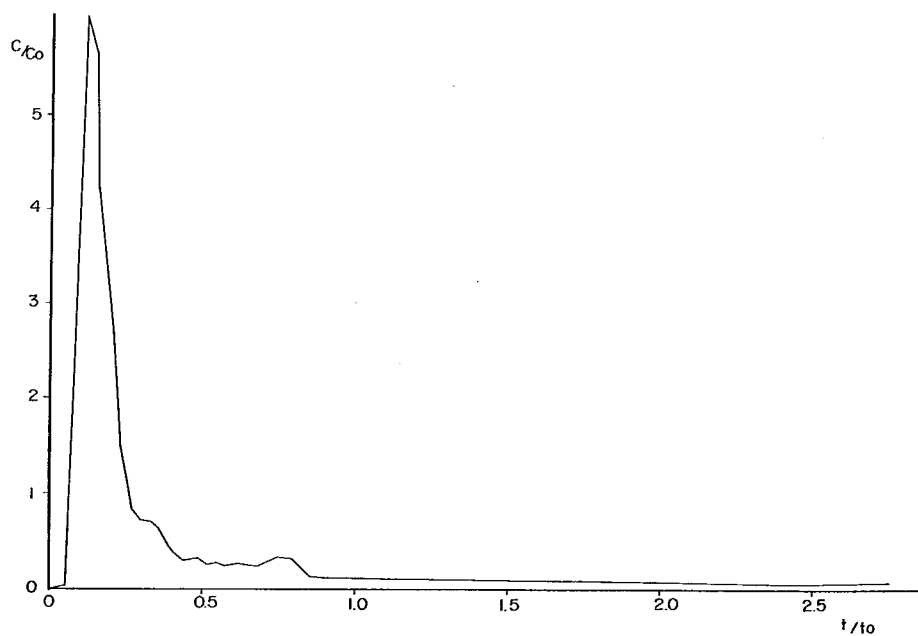


図 4-4 最初沈澱池のトレーサー応答曲線（野田下水処理場）

表 4-4 各沈澱池における t/T_0 の値 (報告(2))

処理場名	流入量 ($m^3/分$)	T_0 (分)	t_g/T_0	t_p/T_0	t_i/T_0	$t_g/T_0 - t_p/T_0$
名城	6.21	83.4	0.420	0.258	0.120	0.162
伝馬町	23.58	78.1	0.883	0.167	0.064	0.716
	21.31	86.3	0.834	0.162	0.069	0.677
岩塚	15.54	79.9	0.839	0.363	0.225	0.476
干年	14.76	97.6	0.759	0.297	0.184	0.462
西山	0.94	185.1	0.475	0.146	0.037	0.329
	1.64	106.0	0.514	0.255	0.161	0.259
理想沈澱池	—	—	1	1	1	0
完全混合池	—	—	1	0	0	1

(I) 死水域の推定

応答曲線の重心までの時間 t_g は水流の最初沈澱池における実質的な平均滞留時間を表わすものと考えることができる。当然のことながら t_g/T_0 は死水域がまったく存在しない理想的な流れのときは 1 となる。したがってこの値は最初沈澱の有効容量(容量効率)を表わす指標となる。 t_g/T_0 の値は 0.438~0.743 の範囲にあり、いずれの最初沈澱池にもかなりの死水域が存在し、容量効率を低下させている。最初沈澱池の 20~50% までが死水域となる可能性がある。

(II) 短絡流の発生の程度

短絡流(偏流)の発生はすべての沈澱池で避けられないものであるが、 t_i/T_0 、 t_p/T_0 (トレーサーが出現するまでの時間、ピークに至るまでの時間の理論滞留時間と 0 比)はいずれも短絡流の程度を表わす指標となる。また平均滞留時間とピークの表われる時間とのずれを表わす $t_g/T_0 - t_p/T_0$ も実質的な短絡流の発程度を示すものとなる。

表 4-3, 4-4 にみられるように t_i/T_0 は 0.22~0.26 まで、 t_p/T_0 は 0.15~0.36 といずれも小さく、かなりの短絡流が生じており、設計滞留時間の $1/10$ 以下で流下している流れのあることがわかる。この結果からすると、特に円型沈澱池(伝馬町)ついで方型沈澱池(野田)の順に短絡流の発生が激しいようである。このことは $t_g/T_0 - t_p/T_0$ の値が円型沈澱池の場合に特に大きく、方型、長方形の順になっていることからもうかがうことができる。したがって、流れの安定性という点においては、円型あるいは方型沈澱池は通常の矩形沈澱池よりも劣っているといえよう。

(III) 実際池における高速流の存在

沈澱池を流下する水流の水平流速は粒子の沈降速度と関連して沈澱効率に影響する。当然、流速は小さい方がよいことになるが、設計の際には 30 cm/分以下を目安に検討を行なうのが普通である。

実際池の流速は、偏流の発生などから不均一な分布をしていることが予想されるが、いずれ

にせよ非常に遅く実測することは困難である。表4-5, 表4-6は先に得た t_g , t_i を用いて, L/t_g が平均滞留時間を, L/t_i が最大流速を表わすものと考えて (L : 沈澱池の有効長) 池内の流速を整理したものである。両表にみられるように, 実際池における平均流速は, 設計流速 (L/T_0) に比較していずれも大きくなっている。設計流速が $6 \sim 50 \text{ cm/分}$ であるのに対して, 実際池の平均流速 (推定値) は $18 \sim 96 \text{ cm/分}$ となっており, ほぼ計算値の3倍の流速で流下しているものと推定できる。また, 沈澱池内の最大流速 (L/t_i) も注目すべきであり $160 \sim 600 \text{ cm/分}$ にも達している。したがって, こうした高速の流れが池内の安定性を乱し, 沈澱効率を悪化させる原因となっているものと考えられる。

表4-5 最初沈澱池の流速 (1)

処 理 場	L (m)	T_0 (分)	設計流速 (cm/分)	t_g (分)	平均流速 (cm/分)	t_i (分)	最大流速 (cm/分)	備 考
伝馬町	25.0	86.3	28.96	53.50	46.73	3.97	629.72	
名城	31.5	144.0	27.63	53.01	59.42	15.96	197.36	
岩塚	30.0	61.0	49.18	65.51	45.79	15.98	187.37	
野田	冬	19.8	42.12	20.59	96.16			
	夏	19.8	31.42	46.81	42.29	10.02	197.60	

表4-6 最初沈澱池の流速 (報告(2))

処 理 場	L (m)	T_0 (分)	設計流速 (cm/分)	t_g (分)	平均流速 (cm/分)	t_i (分)	最大流速 (cm/分)	備 考
名城	31.5	83.4	38.4	35	90.0	10	315	
伝馬町	12.5	78.1	15.6	69	18.0	5	240	円形
		86.3	14.4	72	17.4	6	204	
岩塚	30.0	79.9	37.8	62	45.0	18	167	
千年	30.0	97.6	30.6	74	40.8	18	167	
西山	16.0	181.1	8.4	88	18.0	10	160	
		106.0	6.4	55	29.4	7	229	

このように, 実際池の流れの特性は理想沈澱池とはかなり異なり, しかも円型, 矩型といった形式によってもそれぞれ異なってくる。また, 流入部の構造, 池内の仕切り, 整流壁など池内の構造物の有無によってもその特性が異なってくる。流れの安定性が沈澱効率と密接に結びついているため, 水面積負荷, 沈澱時間などの他にこうした面での十分な検討を行っていく必要があるものと考えられる。

4-5 最初沈澱池における窒素、リンの除去

1次処理における窒素、リンの除去はどの程度期待できるであろうか。報告(2)で示したように、両者とも浮遊性のものがあるためSSの除去に伴って若干除去が期待できるものと予想される。除去率については報告(2)でも触れたが、ここではこれに追加して表4-7に示した。

表4-7 N、Pの最初沈澱池における除去率

処理場名	流入水 (PPm)		流出水 (PPm)		T-N	PO ₄ -P	BOD	SS
	T-N	PO ₄ -P	T-N	PO ₄ -P	除去率(%)	除去率(%)	除去率(%)	除去率(%)
名城	19.0	2.10	24.0	1.74	—	17.1	21.2	53.1
	17.2	1.30	16.2	1.45	6.0	—	12.0	58.0
伝馬町(※)	17.0	1.02	17.4	1.08	—	—	15.1	11.8
岩塚	16.1	0.70	11.1	0.33	31.1	52.8	19.4	40.8
	68.4	3.87	29.9	4.37	56.0	—	75.0	87.0
西山(※)	16.2	2.96	16.6	2.32	—	21.6	22.2	47.6
	32.3	4.61	34.3	4.25	—	8.0	20.7	58.3
野田	18.7	6.90	12.2	3.20	35.0	54.0	30.0	49.0
	33.3	8.70	23.0	2.10	32.0	76.0	23.0	55.0

(※)は報告書(2)の調査結果

表4-7にみられるように、岩塚、野田の両沈澱池で窒素の除去(30~56%)が得られているが、他の処理場では窒素はほとんど除去されていない。

一方、リンの除去は8~75%の範囲で得られている。一般にリンの最初沈澱池における除去率は5~15%であり、かなり良好な場合から悪い場合まで様々であるという報告もある。(S. A. Hannaha, AWT シンポジウム, Dallas, 1971) 本調査もかなり広い範囲で除去率が得られているが、除去率が特によい野田処理場の場合は、流入水の濃度が他の場合より極端に高く、特に浮遊物とともに除去される割合が高いのではないと思われる。この観点から野田処理場を例外とすれば、最初沈澱池のリンの除去率はBOD除去率(10~30%)より幾分低めの除去率が得られる可能性があると考えてよいのではなかろうか。

§ 5 活性汚泥法の調査

5-1 概 説

活性汚泥法は1920年代に下水処理法の1つとして開発されてから既に50年の年月を経ているが、現在でもなお、下水の生物処理法としては最も応用範囲の広い有力な処理法として採用され続けているものである。この間多くの研究および処理場における運転経験の積み重ねを経て標準活性汚泥法の他に活性汚泥の特性を生かすべく種々の変法が開発されて今日に至っている。その主なものは、下水をエアレーションタンクに分割して流入させるステップエアレーション法、活性汚泥の初期吸着特性を十分に生かすようにしたコンタクト・スタビリゼーション法、活性汚泥の内生呼吸期を十分に利用して汚泥の発生量を極力少なくし、安定した処理水質を得ようとする長時間エアレーション法などである。これらの変法の多くは、長時間エアレーション法を除いては、現有施設の過負荷状態を改善する方法として開発されたものであり、標準法に比較して小さな施設で同程度の処理が行なえるものと考えられている。

この他にも施設の形状(下水の流入方法)を標準法とは全く変えてしまう完全混合式の活性汚泥法なども変法の1つとしてあげられる。いずれにせよこうした変法は、標準法の改良をはかる目的で開発されたものであるが、一般に変法の特性を生かした運転操作は標準法よりむづかしく活性汚泥法の施設の設計にあたっては、当初から変法の施設として設計すべきではなく、標準活性汚泥法の施設として十分ゆとりのある設計を行なうべきである。このようにすれば負荷の増加などで処理能力が不十分となったときに、変法への改善をはかり、一時的な処理能力の改善をはかることも可能となる。

活性汚泥法は下水と活性汚泥の混合、かくはんおよびエアレーションが行なわれる生物学的下水処理法である。活性汚泥そのものは最終沈澱池で分離されて処分されるか、必要に応じて処理過程に返送されていき、処理水は汚泥の分離を行なう沈澱池の堰から越流していくという過程をとる。標準法であれ、変法であれ基本的にはこのプロセスは全く同じであると考えることができる。したがって、活性汚泥法における除去の系を考える場合は

- (1) エアレーションタンクにおける除去の機構
- (2) 最終沈澱池における汚泥の分離の機構
- (3) 活性汚泥の返送を最適なものとするための方法

などについての検討を行なうことが必要となる。

エアレーションタンクにおけるBODの除去が、初期除去とよばれる活性汚泥の吸着特性とその酸化反応を利用したものであり、標準活性汚泥法をはじめとする各種の変法は活性汚泥の特質を最大限に利用すべき施設の設計、操作を行なうようにしたものであることはよく知られている。

しかしながら、操作のうえでの制御因子は返送汚泥の量および質(タンク内のMLSS濃度)、空気量の2つに限られており、活性汚泥処理施設の制御の自由度はきわめて少ないといえる。このため、これらの制御因子の処理機能に与える影響を十分把握しておくことが合理的な設計および操

作を行なううえで重要なものとなる。また、もう1つの重要な問題は流入量その他の測定の問題である。流入量の測定は、各系列への流量の均一な配分を可能とし全体的な処理の安定化をはかることができるうえに、確実な制御が可能となる。また、維持管理の面でも有利である。しかしながら、現在の下水処理場は計測という面では十分な配慮が払われていないのが実状であり、処理機能の安定化のための合理的な制御を行なうという点ではほとんどこれが不可能に近いような施設が多いのではないかと考えざるを得ない。活性汚泥法の場合には前述したように制御因子は限られたものであるが、このわずかな制御要因を機能的に利用するためにも少なくとも、各系列ごとの流入水量、返送汚泥量、空気量などは計測できるようにしておかなければならない。

5-2 調査を行なった施設の概要

活性汚泥法に関する調査は本年度は、名古屋市内の名城、岩塚、下之一色、伝馬町の4ヶ所の下水処理場で各1回、神戸市の多聞第1、第2の処理場で各2回、豊橋市の野田下水処理場で各2回、合計10回行なった。

このうち、名城、岩塚は標準活性汚泥法、下之一色処理場はコンタクト・スタビリゼーション法、野田処理場はステップ・エアレーション法、伝馬町処理場は標準活性汚泥法とステップ・エアレーション法の両方で処理を行なっている。

多聞第1、第2の処理場はともに小規模団地の処理場であり、長時間エアレーションによる処理が行なわれている。また野田処理場は、機械式エアレーションが行なわれているのが特徴である。

以下の表5-2-1に各処理場の活性汚泥処理施設の概要を一覧表にして示した。

表 5-2-1 活性汚泥処理施設の諸元

処理場名	エアレーションタンク(1池当り)					空気吹込み方法	最後沈澱池(1池当り)					
	容量 (m^3)	巾 (m)	有効水深 (m)	全長 (m)	設計滞留時間(hr)		容量 (m^3)	巾 (m)	有効水深 (m)	長さ (m)	せき長 (m)	有効水面積
伝馬町	2,700	6.0	5.0	90.0	2.77	散気式	395.62(H) 907.68(F)	4.8	3.17(H) 6.10(F)	26.0(H) 31.0(F)	28.8	124.8(H) 148.8(F)
名城	2,115	4.7	4.5	100.0	2.74	散気式	575.00	4.7	3.50	35.0	47.0	164.5
岩塚	7,462.5	7.5	5.0	199.0	2.45	散気式	320.63(H) 388.13(F)	4.5	3.00	23.75(H) 28.75(F)	25.2	106.9(H) 129.4(F)
下之一色	704(H) 352	4.0	4.0	44.0(H) 22.0	3.24(H) 1.54	散気式	359.10	4.5	3.80	21.0	36.0	94.5
多聞第1	299.25	7.0	4.5	9.5	8.70	散気式	74.55	3.0	3.55	7.0	12.0	21.0
多聞第2	202.5	6.0	4.5	7.5	8.80	散気式	126.00	4.5	3.50	8.0	12.0	36.0
野田	1,310	7.3	4.1	43.8	3.00	機械式	641.45	18.3	2.44	18.3	46.5	335.0

5-3 活性汚泥処理施設の調査方法

調査を行なった処理場は、小規模処理場である 下之一色、多聞第1、第2処理場を除きエアレーションタンクおよび最終沈澱池とも複数の系列を有している。調査にあたってはこのうちの1系列を選び調査用系列として流量その他の調整を行なった。また、エアレーションタンクから流出する混合液が所定の最終沈澱池を通過するように仕切壁を導水路に入れて他の系列との分離を行なった。しかしながら返送汚泥についてはその引抜き系統の関係から調査用系列のもののみを分離することはできなかった。

調査に際しては、流量の測定が問題となるが、測定にあたっては、現場に備えつけのフロートセキその他の計量装置を用い、こうした計量装置のないところではブライス式流量計、浮子法などを用いて測定した。

調査はつぎのような2つの方法を組み合わせて行なった。

- (1) タンクの流入水(下水および返送汚泥)および処理水(最終沈澱池)を一昼夜(25時間)にわたって30分~1時間間隔で採水、分析し(BOD、SSは1~2時間の混合試料、N、Pについては3~6時間の混合試料として)日平均値として除去効率その他の機能を把握するという方法。
- (2) 所定の時刻(たとえば流入BOD負荷の高い場合とか低い場合など)に調査を開始し、あらかじめトレーサー実験によって測定した流下時間を追ってタンクの流入部から流出部に至るまでの数ヶ所で混合液を採取し、タンク内の流下に伴う除去機能の変化を知するという方法。

この場合はエアレーションタンク内混合液およびその上澄液(混合液を30分間静置した上澄液………処理水に対応)に分離して分析その他を行なった。したがって以下にいう混合液BODは混合液そのもののBODであり、上澄液BODは汚泥を分離した上澄液のBODを表わすことになる。

なお、調査にあたっては、同一の条件で1週間以上操作を行なったから調査を行なったものである。

以下に各処理法ごとの調査結果の概要をのべる。

5-4 標準活性汚泥法の調査

標準活性汚泥法の調査は、名城、岩塚、伝馬町の3処理場で行なった。これらの各処理場は前年度にも調査を行っており、本調査では、季節を変えて(夏期および冬期)同様の調査を行なったものである。調査結果の総括を表5-8-1、表5-8-2に示す。

また、各処理場の流入水量、流入流出水質の時間変化を付図1、2、3に示した。表5-8-1にみられるように本年度の調査では各処理場とも安定した処理水が得られており、BOD除去率は85~95%(2次処理分)となっている。

5-5 ステップ・エアレーション法の調査

ステップ・エアレーション法は周知のように標準活性汚泥法とは異なり、下水の流注をエアレーションタンクの流下方向に沿っていくつかの点から行なうという方法である。

エアレーションタンクへの流入下水を分割することによって標準法の場合に生ずる極端な初期の酸素要求量を減少させることができ、タンクの流下方向へのBOD負荷を均一に分配することが可能となる。このため活性汚泥の特性がより効果的に活用できるとされている方法である。

調査を行なった施設の概要と結果

ステップ・エアレーション法の調査は、名古屋市の伝馬町下水処理場と、豊橋市の野田下水処理場で行なった。(概要は表2-1参照)、伝馬町下水処理場のエアレーションタンクは、ステップ・エアレーション法と標準活性汚泥法の運転がほぼ同一の条件で行なえるように設計されているため、同処理場の系列を分離して標準法の調査も同時に行なった。ステップ・エアレーション法の流入下水の流注地点は、タンク流入部、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ の3ヶ所である。野田下水処理場は機械式エアレーションを行っており、エアレーションタンクが6ヶ所の正方形のセル部分に仕切られている。下水の流注は5ヶ所である。付図3、9、10に示すように各流注地点の流量は均一ではなく、かなりの差がみられた。

調査結果の総括を表5-8-1に、流入水量、流入流出水質の日変化の様子を付図3、9、10に示した。表にみられるように野田処理場は、流入下水のBODが高く(主として食品加工排水の流入による)処理水質も若干高めとなっている。また同処理場ではBODの高い流入水に対処するためにタンク内のMLSSを高く維持する運転方法をとっている。エアレーションタンクの酸素の供給は機械式で行なわれているが、高負荷のために、タンク内のDOレベルの維持の点で問題が生じていた。同処理場では、夏の調査と冬の調査の間に機械かくはん装置の形式を取りかえた結果、この面での問題点が解消したものである。表5-8-1に示される野田処理場における夏期、冬期の除去率の差はこのために生じているものと考えられる。

伝馬町処理場では、標準法とステップ・エアレーション法の両者の結果が得られたが、この調査の場合には標準法に対する負荷が高いにもかかわらず、処理水はわずかながら標準法の方がよいという結果が得られた。(図5-5-1)

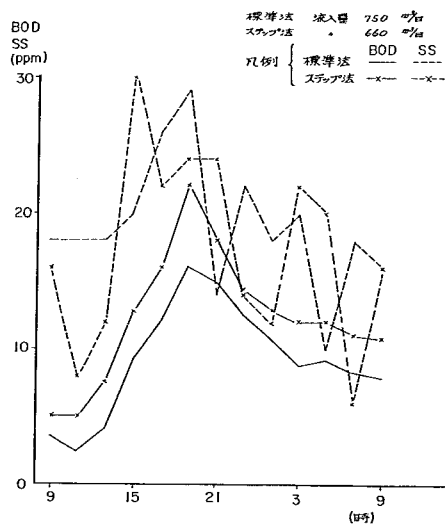


図5-5-1 標準活性汚泥法とステップ・エアレーション法処理水の比較 (伝馬町処理場)

5-6 コンタクト・スタビリゼーション法の調査

下水中のBODのうち、コロイド状もしくは不溶解状態のものは、生物学的凝集、吸着作用によって比較的短い接触時間で急速に除去されるということから開発されたのがコンタクト・スタビリゼーション法である。コンタクト・スタビリゼーション法ではこのため、溶解性のBODが少ない下水を処理する場合には、その利点が十分に発揮でき、総エアレーション時間を標準法のそれよりかなり小さくできるとされているものである。現実の処理施設は吸着を主体として行なわせる、エアレーション(コンタクト)タンク(沈澱池を経て越流水は処理水となる)と、最終沈澱池で濃縮された汚泥)をさらにエアレーションして活性汚泥が吸着、凝集した有機物を酸化させてコンタクトタンクに持ち込むスタビリゼーションタンクとから構成される。スタビリゼーションタンクの緩衝能力が大きいことからショックロードには安定した処理法とされている。[※]コンタクト・タンクとスタビリゼーションタンクのエアレーション時間は下水の水質によって変えるべきであるが標準的な値としてはコンタクト・タンクで1~2時間、スタビリゼーションタンクで3~5時間ととるべきであるとされている。

※)コンタクト・スタビリゼーションの場合、現実には、コンタクト・タンクで有機物の安定化がかなり起るので最終沈澱池での沈降特性が悪化するという報告もある。

調査を行なった処理施設の概要と結果

コンタクト・スタビリゼーション法の調査は名古屋市内の下之一色処理場で行なった。同処理場は小規模処理場であるが(表2-1参照)食品加工工場の排水が流入する。最初沈澱池は設置しておらず、汚泥は好気性消化タンクで処理されている。

本処理場における調査は、前年度の冬期に行なっているが、本年度は夏期(7月)に行なったものである。

流入下水量、流入水質および処理水質の変動の様子は付図4に、除去率等は付表に一括して示した。また、このときの操作条件の総括を表5-8-1に示した。表5-8-2には前年度の調査結果も併せて示した。表5-8-1、表5-8-2にみられるようにコンタクト・スタビリゼーション法の除去率は91~95%と高く安定した処理水質が得られている。

前年度も報告したように、下之一色処理場においてはコンタクト・スタビリゼーションの特質が十分生かされており、スタビリゼーションタンクにおける有機物の安定化が十分に行なわれて、返送汚泥の活性が回復しており、コンタクト・タンクにおける吸着特性が十分に生かされているためであると考えられる。また、スタビリゼーションの過程を経ることによって返送汚泥の上澄液の有機物(BOD)濃度が著しく減少し流入水に対して十分な希釈効果を発揮していることも大きな要因になっている。特にコンタクト・スタビリゼーション法の場合は返送汚泥率が高くこの効果は大きい。

表6-3-2に他の処理場の場合と比較させて返送汚泥の上澄液のBODが日平均値で示されている。

5-7 長時間エアレーション法の調査

長時間エアレーション法は、エアレーションタンクの滞留時間を長くし、長時間のエアレーションを行なって活性汚泥微生物の細胞内呼吸を十分行なわせて処理水質を安定化させるとともに余剰汚泥の生成をおさえ、自己酸化を利用して汚泥の発生を少なくする方法である。長時間エアレーション法のフローは、標準法のそれとほぼ同じであるが、エアレーション時間が長いこと（16～24時間）、汚泥の返送量が多いこと（100%以上）が異なっている。

長時間のエアレーションを行なっても、下水中の有機物の全てが酸化されるわけではないので、汚泥中に分解されない物質が蓄積されていき、ある期間で汚泥の処分を行わないと処理プロセスの安定性の維持が困難となってくる。現実には処理水とともに汚泥が常時流出していき、このバランスが保たれている場合が多いようである。

長時間エアレーション法の場合は、最初沈澱池を用いないのが常であるため施設がコンパクト化され土地利用に有利であるが、単位 下水処理量当りの維持管理費が高いため、小規模下水処理場への適用以外は現実的ではない。また、汚泥の発生量がほとんどないという利点はあるが、運転操作は決して容易なものではないということは認識すべきであろう。

調査した処理場の概要と調査結果

調査を行なった処理場は、神戸市内の住宅団地の下水処理を行なっている多聞第1、第2の両下水処理場である（表2-1）。両処理場とも汚泥の処理施設は有しておらず、タンク内のMLSS濃度の増加に応じて、余剰汚泥を引き抜き、タンクローリー車で搬出し、別途処分が行なわれている。また、多聞第2処理場は自然流下で下水が流入し、処理区域が住宅団地であることと併せて、流入下水水量の変動が激しいことが特徴である。（この様子は付図6-1に示されている）。

調査は両処理場とも夏期（7～8月）、冬期（12月）に各1回行なった。流入水質および処理水質の変動の様子は付図5、6、7、8に、除去率等は付表に一括して示した。（夏期の調査時における流入水および処理水のBODの値が欠けているが、これは採水時の試料の前処理に手ちがいがあり、測定が不能となったためである）。また、このときの操作条件の総括を表5-8-1に示した。

付図および付表等にみられるように、調査を行なった長時間エアレーション法の処理場の除去は安定性に欠けている。これは処理水のSS濃度、表5-7-1中のSVIの値が示しているように、活性汚泥がいわゆる“バルキング”（膨化）を起しており、汚泥フロックの流出が激しかったためである。両処理場とも夏期、冬期の値が示すように年間を通してバルキング状態に苦しんでいる。

バルキングについては、数多くの研究が行なわれているが、不明な点も多く、その改善にあたっては、個々のケースごとに因果関係を求めて、対策を講じていくという手法をとらざるを得ないようである。一般的に活性汚泥のバルキングの原因となるとされている要因は、下水の組成（有機物、無機物、毒性物質）ショック・ロード、エアレーションタンク内の環境条件（PH、DO 温度等）などであり、これらが組み合わさった形で汚泥の一時的あるいは慢性的な膨化現象をひき起こすことになる。汚泥のバルキングは沈降分離性の悪化を招くので最終沈澱池で沈澱しきらない活性汚泥が大量に流出し、返送汚泥濃度を低下させることになる。このためタンクにかかるBOD-SS 負荷

が増加し、増々条件が悪化していき、処理機能の悪化に結びついていく。

表 5-7-1 長時間エアレーション法の調査時の条件

項目	B O D 負 荷		MLSS (PPm)	汚 泥 返 送 比 (%)	送 気 量 ($\text{m}^3/\text{下水量m}^3$)	エアレ- ション 時間 (時間)	汚泥日令 (日)	S V I	S D I
	BOD-SS 負荷 ($\text{kg}/100\text{kg SS}/\text{日}$)	BOD容積負荷 ($\text{kg}/\text{m}^3/\text{日}$)							
標準値	3 ~ 5	0.2	3000~ 6000	50~150	15 以上	16~24	15~30	50~100	1~2
多 聞 第 一	8 月	—	1900~ 2250	219	16	33	17.76	383	0.26
	12 月	4.15	2130~ 2310	398	42	53	35.06	397	0.25
多 聞 第 二	7 月	—	2370~ 2820	120	27	24	22.96	246	0.41
	12 月	4.34	2980~ 4170	218	39	29	33.40	222	0.45

汚泥がバルキング状となった場合でも溶解性BODの除去は特に悪化するわけではなく、表 5-7-2 に示すように処理水をろ過 (No 5C) してSSの影響をとり除くとBOD (溶解性) は非常に低くなっている。

表 5-7-2 処理水のろ過前後の水質比較

この点をもう少しはっきりさせるために処理水のSSとBODとの関係を示したのが図 5-7-1 である。図 5-7-1

処 理 場	調 査 日	処 理 水 (mg/ℓ)				ろ過した処理水 (mg/ℓ)		
		SS	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
多聞第1	12.1~2	226	78.9	23.7	19.5	5.5	18.0	2.68
多聞第2	12.8~9	120	47.3	17.8	8.72	7.4	14.7	6.88

数字は日平均値

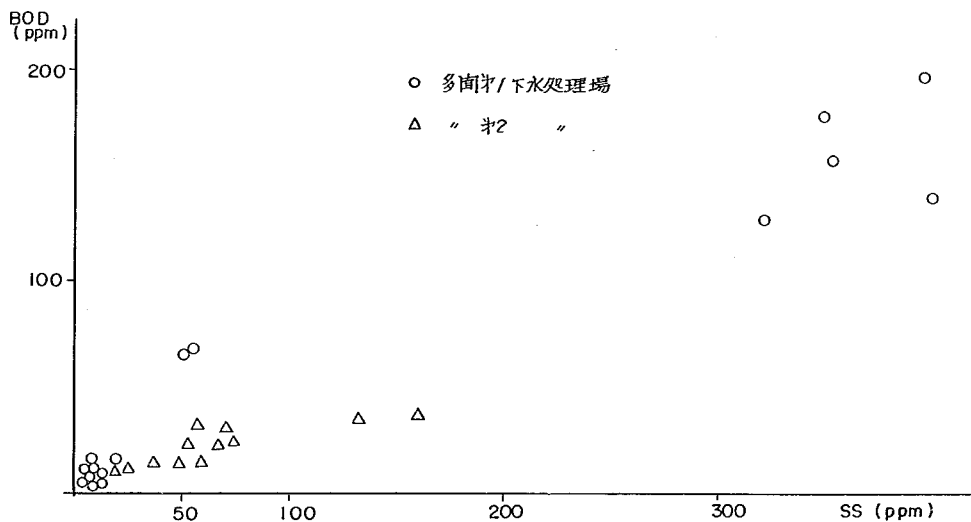


図 5-7-1 処理水のBODとSSの関係

に明らかなように、SSとBODとは直線関係にあり、浮遊物質の流出が処理水質の悪化に大きく関与していることがわかる。

このように、汚泥がバルキングを起している場合でも最終沈澱池の容量を大きくとるなどして沈澱効率の改善をはかればかなりの効果が期待できるものと考えられる。

図5-7-2は、調査当日の両処理場の最終沈澱池の水面積負荷率とSS流出量（流出負荷量）の関係を図示したものである。両処理場とも前述したように流入下水量の時間変動が激しく、水面積負荷率は $10 \sim 42 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ の範囲で変化するが、図にみられるように $35 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ を越すとSS流出量は極端に増加していき処理水質の悪化に結びついていいるものと判断できる。両処理場とも設計水量を上まわる量の下水が流入するときにはSSの流出がはげしくなるわけであ

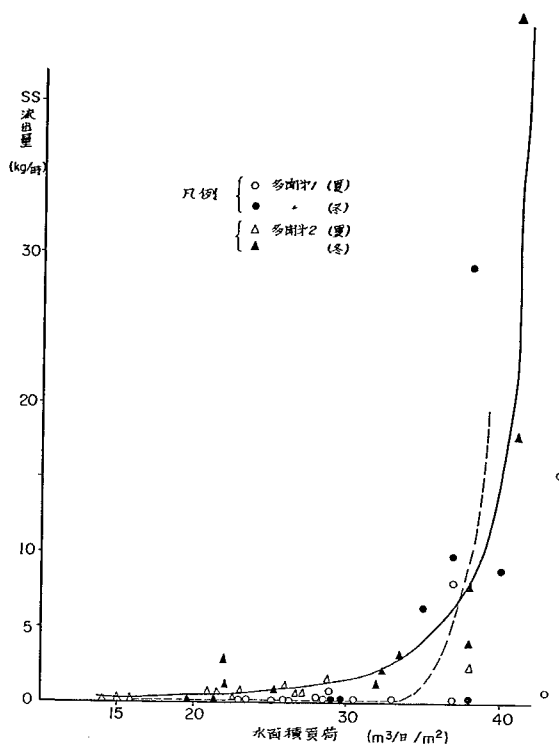


図5-7-2 水面積負荷とSS流出量の関係

る。この現象は変動の激しい処理場の場合に特に著しくなるため、小規模処理場の場合最終沈澱池の設計にあたっては少なくとも時間最大流量を基本にすることが望ましい。

両処理場のバルキングの原因についてはこの調査では解明するには至っていないが、ともに家庭下水のみを処理する分流式の処理場であること、流入下水量の変動が著しいことなどから無機物（活性汚泥フロックの核となるもの）の不足、連続的なショック・ロードなどが影響してきているのではないかと推定される。

活性汚泥のバルキング現象を生じさせると処理水質の極端な悪化を招くばかりでなく、維持管理費を増加させることになるので、これに対する十分な対策を講ずる必要がある。現に、Michelら報告でも(W.P.C.F, 41, 1969)米国の活性汚泥法の処理施設で生ずるトラブルの多くは“バルキング”であることが示されており、これに対する対策の重要性がのべられている。

バルキングが維持管理の問題から生ずることはもちろんであるが、その原因とされている要因から考えれば処理区域の特性によって決定される流入下水の水質（組成）や水量の変動が“バルキングし易さ”といったものも大きく影響していることは明らかである。したがって、活性汚泥法の有するデリカシーを十分認識して維持管理を行なうようにすることの他に、計画や設計にあたってはこの点を十分に認識しておくことが必要ではなかろうか。前述したように最終沈澱池の容量を十分

にしておくことなども1つの対策であろう。今後さらに活性汚泥法の施設が建設されていくことになるが、こうした面での配慮が十分であるとはいえない。将来のトラブルをできるだけ少なくするために十分な調査を行なう必要がある。

5-8 調査した処理場の操作条件と除去率等の総括

ここまで、各処理法ごとに調査結果の概要をのべてきた。ここでは、調査当日の各エアレーションタンクの操作条件および除去率等を一括して表5-8-1に示した。また、報告(2)の調査の結果も表5-8-2に再掲した。これらの値はいずれも日平均値で示したものである。このときのタンクへの流入下水、返送汚泥、タンク内混合液、処理水等の流量および水質の時間変化の様子は一括して巻末の付図に示したとおりである。また、各処理施設の流入流出、水質の範囲、除去率等についても付表として一括してとりまとめた。

表5-8-1、5-8-2によれば活性汚泥法のBOD除去率は60~95%の範囲にある。特に除去率の低かった長時間エアレーション法の処理場は5-7でのべたように活性汚泥が膨化して最終沈澱池からの汚泥の流出が激しかったためであり、正常な運転条件での機能をつかむに至らなかった。BOD負荷、その他の条件が異なっているが、標準活性汚泥法では75~95%、ステップエアレーション法では79~95%、コンタクト・スタビリゼーション法では91~94%の除去率が得られている。(いずれも2次処理分として)また、処理水も2、3の場合を除いて良好であった。

図5-8-1には、エアレーションタンクにかかる負荷BODと除去BOD負荷の関係を示した。同図でみる限りでは、負荷の限界ははっきりとは表われていない。なお、本調査では、窒素およびリンの除去についても調査を行なったが、付表に示されるように活性汚泥法の除去率は、窒素で16~77%、リンで8~98%と範囲の広いものであった。

表5-8-1 活性汚泥法の条件と除去率

(数字は日平均値)

処理場名	処理方式	調査日	エアレーション タンク 有効容量 (m^3)	流入 下水量 ($\text{m}^3/\text{時}$)	返送 汚泥量 ($\text{m}^3/\text{時}$)	返送 汚泥 SS濃度 (mg/ℓ)	返送 汚泥 率 (%)	空気量 ($\text{m}^3/\text{時}$)	空気 倍率 (倍)	滞留 時間 (時間)	エアレー ション 時間 (時間)	流入水 BOD 最大 平均 最小 (mg/ℓ)	タンク内 MLSS (mg/ℓ)	流入 BOD 負荷 ($\text{kg}/\text{日}$)	流入 SS 負荷 ($\text{kg}/\text{日}$)	BOD-SS 負荷 ($\text{kg}/\text{日}/\text{SS}100\text{kg}$)	BOD容積 負荷 ($\text{kg BOD}/\text{m}^3/\text{日}$)	除去BOD -SS負荷 ($\text{kg}/\text{日}/\text{SS}100\text{kg}$)	処理水 BOD 最大 平均 最小 (mg/ℓ)	BOD 除去率 (2次 処理分) (%)
名城	標準法	3月 2~3日	2,115	704	99	4,862	14.1	2,500	3.55	2.6	3.0	103 66 10	1,177	52.8	103.5	4.48	0.025	38.0	13.0 10.0 6.8	85
岩塚	標準法	3月 9~10日	7,500	1,647	612	3,216	37.0	8,930	5.5	3.3	4.6	146 107 73	892	719	172.4	63.1	0.096	59.6	8.3 6.0 4.3	94
伝馬町	標準法	8月	2,700	748	280	7,505	37.5	2,300	5.4	2.6	3.6	100	2,077	46.4	121.2	18.9	0.017 0.02	15.9	16.0 9.2 2	84
	ステップ エアレー ション法	11~12日	2,700	658	308	7,505	46.9	2,300	3.08	2.8	4.1	59 35	2,201	40.8	106.6	15.7	0.015 0.02	12.4	22.0 12.3 5.1	79
下之一色	コンタクト スタビリゼ ーション法	7月 28~29日	352	253	273	4,406	108	500	3.5	0.67 0.67	1.39 1.39	132 71 33	1,973	18.0	29.1	86.4	0.051	85.2	7.5 6.2 3.2	91
多間第1	長時間 エアレー ション法	12月 1~2日	300	113	405	3,130	398	24	1.98	11.8	5.45	363 205 79	2,260	1.12	0.77	3.9	0.004	2.6	40.4 78.9 2.4	62
多間第2	長時間 エアレー ション法	12月 8~9日	202	2,701	60	6,016	218	27	4.4	9.2	2.88	334 184 76	3,380	1.19	0.88	4.2	0.006	3.66	35.0 47.3 11.3	74
野田	ステップ エアレー ション法	2月 23~24日	1,356	425	174	11,707	41	機械式		1.9	3.2	372 232 46	4,195	76.2	41.2	32.1	0.056	30.5	11.5 8.7 5.9	95
		8月 4~5日		315	262	11,359	83			2.4	4.3	299 229 163	2,988	50.2	17.9	29.7	0.037	26.5	24.9 19.9 12.9	88

表 5-8-2 各エアレーションタンクの条件と除去率 報告(2)

処 理 場	エアレー ション タンク 容 量 m ³	流入下水 流量 m ³ /h	返送汚泥 流量 m ³ /h	空気量 (m ³ /hr)	滞留 時間 (hr)	エアレー ション 時 間 (hr)	槽 内 MLSS 濃 度 (ppm)	流 入 BOD 負 荷 (kg/日)	流 入 SS 負 荷 (kg/日)	BOD- SS 負荷 kg/100 kgSS/日	処理水 BOD 負 荷 (kg/日)	処理水 SS 負 荷 (kg/日)	除 去 BOD (kg/日)	除 去 SS (kg/日)	BOD 除 去 率 (%)	SS 除 去 率 (%)
伝 馬 町(各)	2,700	567	254	2,300	3.29	4.76	1,528	9737	1,546.8	236	202.9	1,311.0	770.8	235.8	79.2	15.3
" (均)		13,167	6,107					(71)			(15.4)		(18.7)			
" (均)	2,700	637	212	2,300	3.07	4.24	1,957	1,270.7	1,203.3	238	308.8	793.1	951.9	410.2	75.8	34.1
		15,933	5,797					(79)			(12.4)		(18.0)			
名 城	2,115	770	205		2.12	2.25	1,162	1,259.6	1,599.7	51.3	192.0	389.5	1,067.6	1,210.2	84.7	75.6
		18,393	4,920					(63)			(10.4)		(43.4)			
岩 塚	6,615	1,770	389	7,400	3.06	3.74	2,642	2,345.1		134	354.1	6,793	1,991.0	2,124.0	84.9	75.8
		42,501	9,345					(55)	2,803.3		(83)		(11.4)			
(※) 下之一色	352	167	150	505	1.11	2.10	3,229	499.0	245.8	43.9	32.6	1,020	466.4	143.8	93.4	41.4
		4,011	3,745					(122)			(7.9)		(41.0)			

(※) コンタクト・スタビリゼーション除去、返送汚泥の再エアレーション時間 2.2時間
() 内は BOD-SS 負荷 (kg BOD/100kg SS/日)

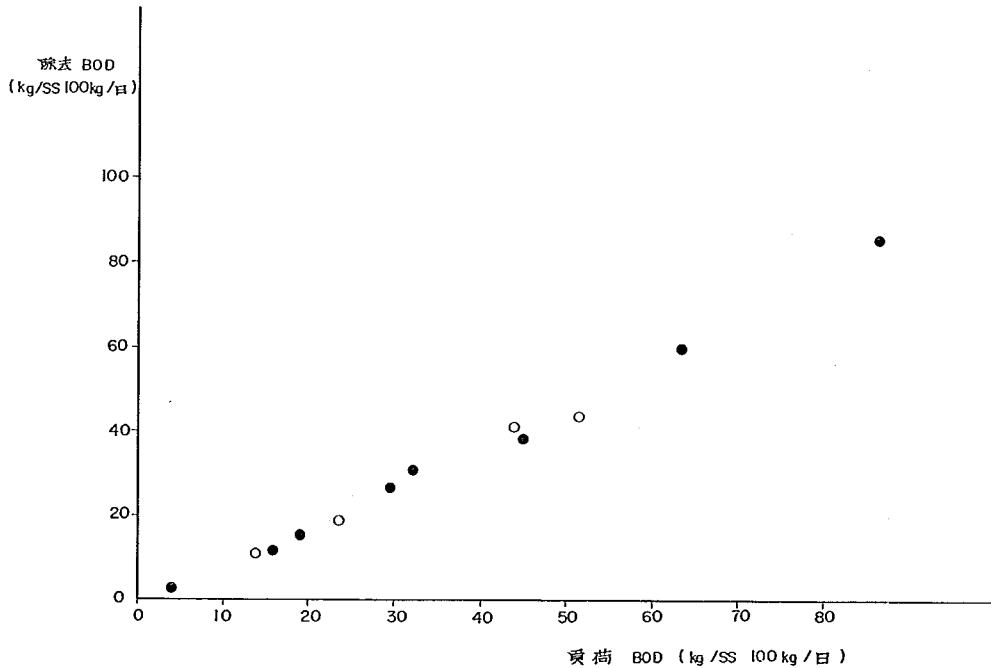


図 5-8-1 負荷 BOD と除去 BOD の関係

§ 6 活性汚泥法における諸特性に関する調査

活性汚泥の各種変法の調査結果の概要については § 5 でのべたので、ここでは各エアレーションタンクの種々の特性に関する調査の結果を順を追ってのべていくことにする。

6-1 エアレーションタンクの流下に伴う水質の変化

エアレーションタンク内では、下水と汚泥の混合液がエアレーションを受けながらタンク内を流下していくが、この間に活性汚泥は、対数増殖期、減衰増殖期、休止期を経てその除去の形態を変えながら有機物質の除去を行なっていく。標準法をはじめとする活性汚泥法はこの特性を利用したものであり、たとえば標準法は有機物質 (BOD) と活性汚泥 (MLSS) の比率を適度に低下させて活性汚泥微生物が減衰増殖期を経て休止期に至るような操作を行なうように施設を設計するものである。ここでは、ある所定の時間にタンク流入部で採水を開始し、混合液の流下に合わせてタンク内の各所で採水を行なってその流下に伴う水質の変化を追跡した。図 6-1-1 から図 6-1-5 までにその結果を示す。図中で流下時間 0 は流入部の値 (混合直後) であり、それぞれの接触時間に対応した水質を示すことになる。また、上澄液 BOD というのは混合液の静止後 (30 分間) の BOD であり、ほぼ処理水質を表わすと考えられるものである。流下時間 0 のときの BOD が低くなっているのは返送汚泥の希釈効果が影響しているものと考えられる。

i) 標準活性汚泥法の場合

図 6-1-1 から図 6-1-3 は、標準活性汚泥法の各処理場のタンクの流下に伴う水質の変化の例である。各処理場とも流下に伴って上澄液の BOD が除去されているわけであるが、その除去の様子は異なっており、岩塚処理場の例では初期における除去能が大きい。一方、名城、伝馬町の例では初期の除去はそれほどなく、全体として徐々に進行している。したがって、この調査の例では、名城、伝馬町 両処理場とも活性汚泥の初期除去特性が十分生かされていないものと考えられる。

ii) ステップ・エアレーション法の場合

図 6-1-4 は、ステップ・エアレーション法 (伝馬町処理場) の例である。伝馬町処理場のエアレーションタンクはタンク末端の他 2ヶ所で下水が流注されているが、採水はこれらの流注点の前後 (流下時間で 5 分づつ) で行なったものである。図にみられるように、伝馬町処理場の場合は第 1 番目と 2 番目の流入点の間では、ほぼ標準法と同様に除去が進行するが、第 2 番目と 3 番目 (最終) の流注点ではほとんど除去が行なわれていない。また、最終の流注点から流出部までの間でかなりの除去が行なわれるようである。MLSS は当然のことながら流入部から流出部に至るまでに希釈をうけて減少する結果となっている。

iii) コンタクト・スタビリゼーション法の場合

図 6-1-5 は、下之一色処理場のコンタクト・タンクの例である。コンタクト・タンクの接触時間は 60 分と短かいが、初期除去量が大きく、これが処理水を良好なものとしているこ

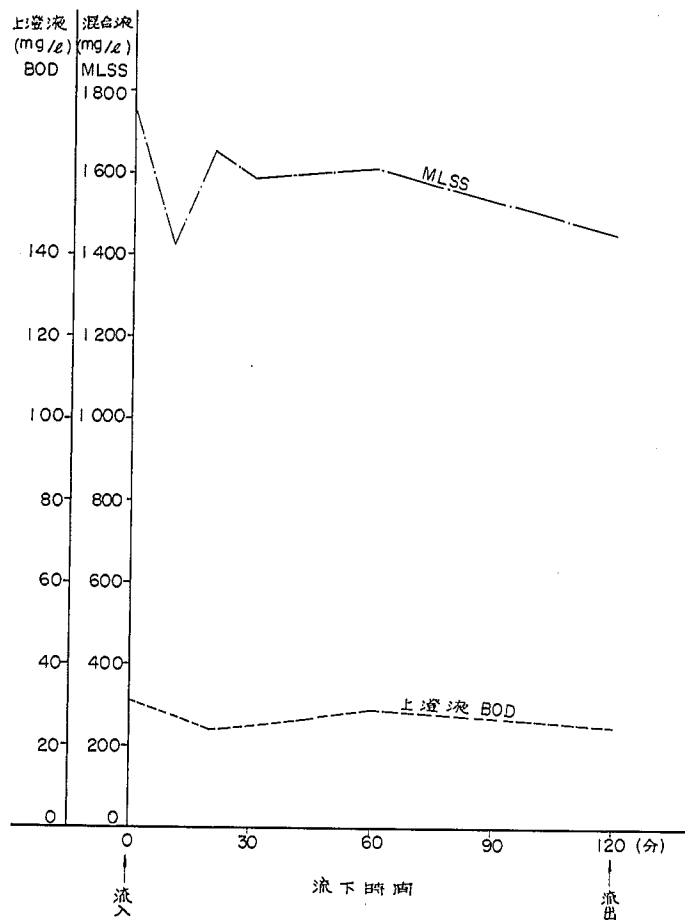


図 6-1-1 エアレーションタンク内水質の流下に伴う変化
(名城処理場)

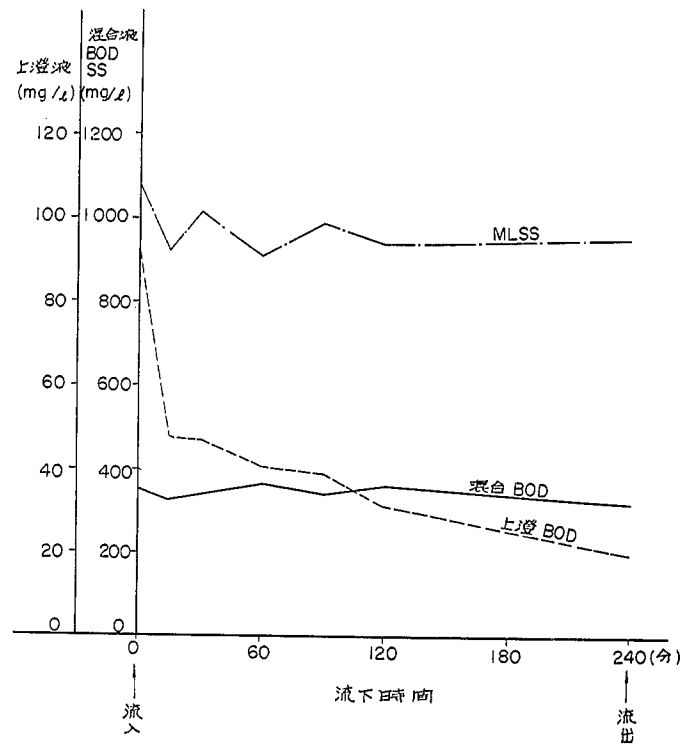


図 6-1-2 エアレーションタンク内水質の流下に伴う変化
(岩塚処理場, 11:00)

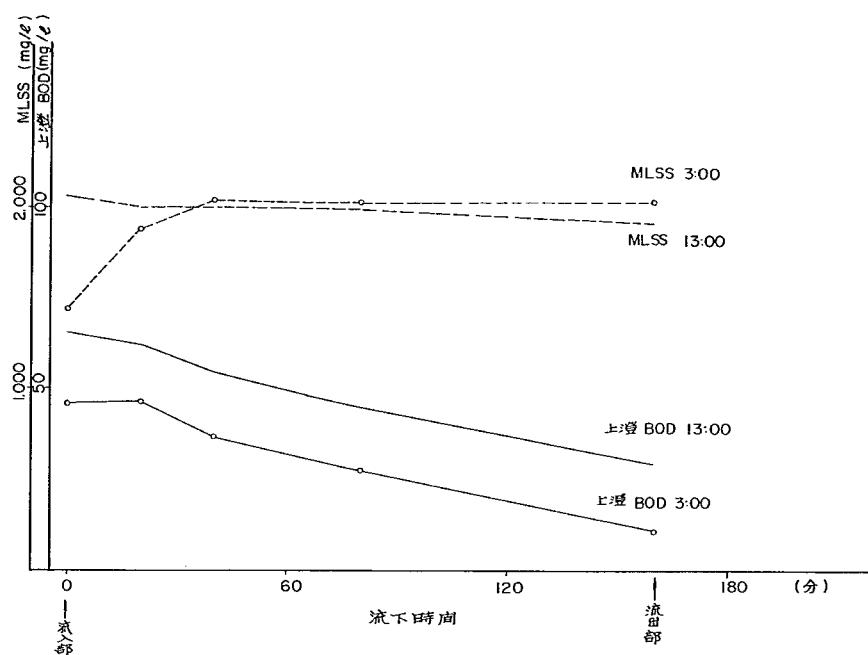


図 6-1-3 エアレーションタンク内水質の流下に伴う変化
(伝馬町処理場標準活性汚泥法)

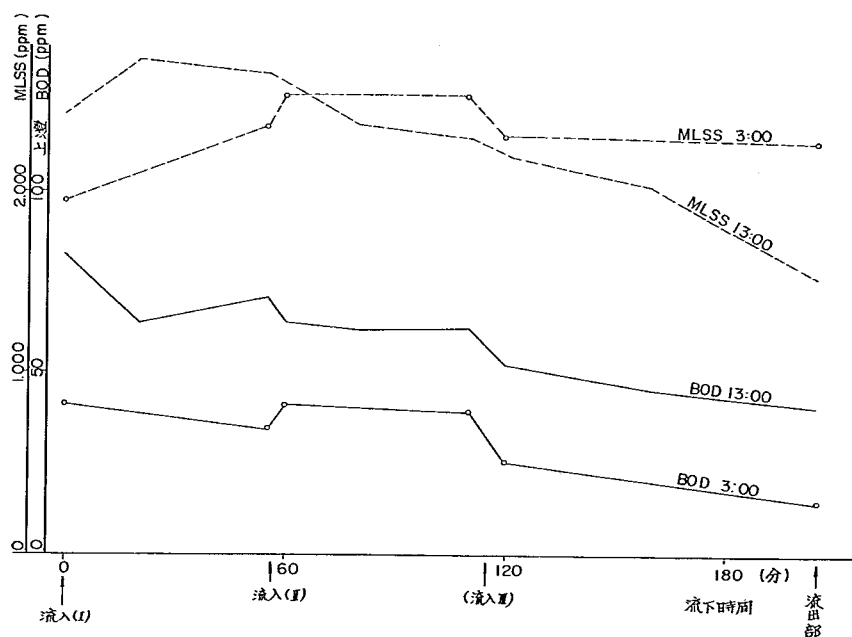


図 6-1-4 エアレーションタンク内水質の流下に伴う変化
(伝馬町処理場 ステップ・エアレーション法)

とがわかる。

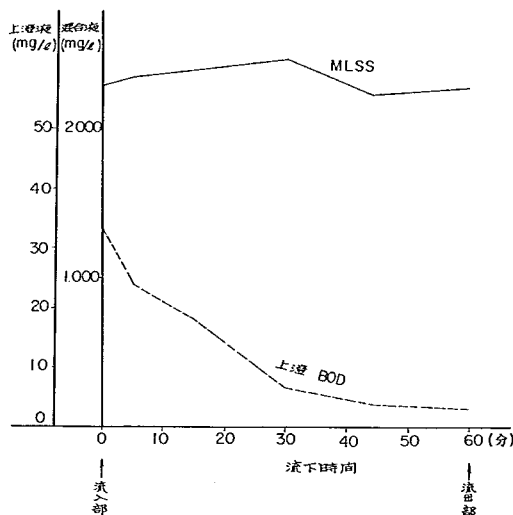


図 6-1-5 エアレーションタンク内水質の流下に伴う変化
(下之一色処理場)

6-2 エアレーションタンクにおける BOD 除去速度係数

6-1 では、各処理場ごとの BOD の除去速度のパターンをみてきたが、その除去速度はかなり
の差がある。また、同一の処理場でも時刻によって差が生じている。BOD の除去速度が大きいほ
ど処理水は良好なものとなるが、ここでは報告(2)と同様の手法で除去速度に影響する要因につい
ての検討を行なってみた。

初期における BOD 除去反応は、1 次式として一般につきのように表わされる。

$$\frac{dL}{dt} = -KA S_o L \quad \dots\dots(1)$$

ここに、L ; BOD, S_o ; MLSS, KA ; BOD 除去係数 t ; 流下、時間

(1) 式を解くと

$$L = L_o e^{-KA S_o t} \quad \dots\dots(2)$$

L_o ; t=0 における BOD

BOD 除去速度係数 KA は、流下時間と上澄液 BOD との関係から得ることができる。(詳細は
報告(2))。

各処理場の調査から得られた BOD 除去速度係数 KA と、タンクにかかる測定時の BOD-SS
負荷、流入水の BOD とタンク内の MLSS 濃度の比との関係を前年度の調査結果と併せて整理し
たのが図 6-2-1 および図 6-2-2 である。KA は $0.5 \sim 4.7 \times 10^{-4}$ 1/時・SSPPm の範
囲でその大きさは異なるが、これはタンクにかかる BOD 負荷に関係がある。図 6-2-1 に

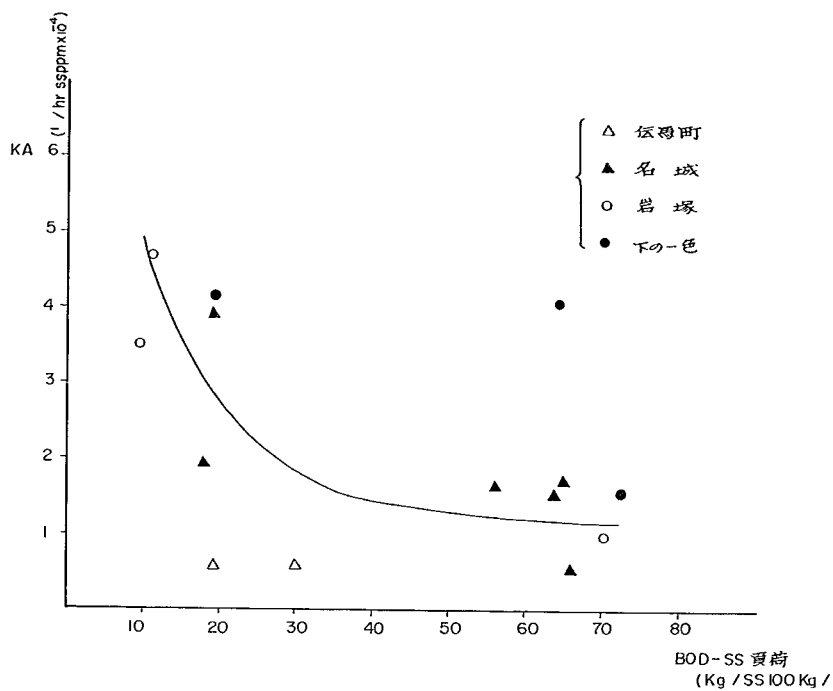


図 6-2-1 BOD, SS 負荷と K_A の関係

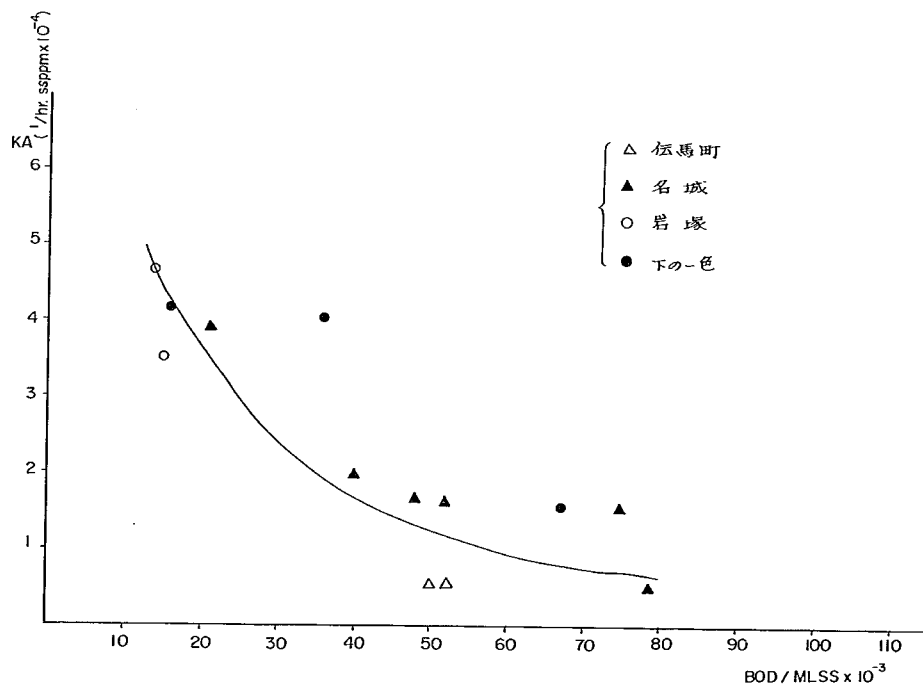


図 6-2-2 BOD/MLSS と K_A の関係

よればBOD—SS負荷が40kg/日/SS100kgを越えるとKAは低くなりBOD初期除去能が低下していく。また、BOD/MLSS比はBOD—SS負荷と密接な関係を有するものであるが、これとKAとの関係はさらに顕著であり、BOD/MLSS比が 40×10^{-3} を越えるとKAは低下していく。安定した処理を行なうためには常にKAを高く維持する必要があるが、このためには、BOD—SS負荷を40kg/日/SS100kgに維持できるような運転を行なう必要がある。また、制御の上での目安はBOD/MLSS比を 40×10^{-3} 以下に保つことになる。以下にのべるように、返送汚泥の制御にはかなりの困難さがあるが、現在の活性汚泥法の処理機能の向上をはかるためには、タンク内のMLSS濃度を流入下水のBOD負荷に対応させて制御できるような施設とするような設計上の配慮が必要であろう。

6-3 返送汚泥に関する若干のコメント

返送汚泥は下水中の有機物の吸着、酸化に必要な微生物源を常時供給するという役割を果たしているものであり、活性汚泥法の系の中では非常に重要な役割を果たしているものである。同時に返送汚泥は活性汚泥のプロセスにおける数少ない制御因子の一つであり、その量の質の制御が処理の決め手となるという点を考えればその特性に対して十分認識しておくことが極めて重要なものとなる。

通常の場合、返送される汚泥は、混合液が最終沈殿池で分離され、濃縮された形で再びエアレーションタンクへ戻るといった経路をとる。また、分離、返送の過程で長時間嫌気状態におかれることがあるため、活性の損失、汚泥中にとり込んだ有機物の再溶出の問題が生じてくる。

したがって、返送汚泥の管理および制御にあたっては、均一な濃度の維持、汚泥からの再溶出（上澄液の悪化）を生じさせないような管理が重要となる。

ここでは、調査した各処理施設の返送汚泥の概要についてのべる。

(1) 返送汚泥濃度の時間変動

付図に一括して返送汚泥の流入量と水質の時間変動の様子を図示した。図にみられるように各タンクとも量は比較的一定に保たれているが（これはポンプの運転方法で容易に制御できる）濃度は大きく変動している。また、これに伴って、エアレーションタンク内の混合液の濃度も変動する。この結果を整理したのが表6-3-1である。

表に示すように返送汚泥は3,000～12,000mg/lの範囲で制御されているが、いずれの処理場も平均値に対してかなりの巾で変化しており、2倍近くに達している場合も見られる。一方、調査時の返送量はほぼ一定（若干の余剰汚泥の引き抜きはあるが）であり、この濃度の変動は、流入下水の水量および水質負荷の変動の影響を受けているものと解釈できる。すなわち流入BOD負荷の変動によって汚泥の発生量が増減すること、流入水量の変動によって沈殿分離の効率に変化し、ホッパー中の濃度レベルに差が生じてくること、逆に引き抜き量が一定であるため、この差の影響があらわれてくることなどによるものであろう。また、エアレーションタンク内のMLSSの変動もこれに伴って生じてくることになる。

エアレーションタンク内のMLSS濃度の制御は、活性汚泥処理において極めて重大な役割を果たすが、各処理場の調査結果が示すように、単に返送汚泥量を日平均値に対して一定比率

で設定して返送する方法では効果的な制御は困難であるといえよう。

前節でふれたようにエアレーションタンク内のMLSS濃度の制御は今後の活性汚泥処理にとって不可欠の要因となろうが、實際上その要点となるのは、少なくとも、流入下水の量に応じた返送を行なうこと、つぎには流入BODに対応させたMLSS濃度の設定を行なうための(BOD-SS負荷を一定とする)システムの開発を行なうことなどであろう。

表 6-3-1 返送汚泥および混合液の浮遊物質の濃度

処 理 場		返 送 汚 泥				エアレーションタンク 混合液			
		M L S S (mg/ℓ)		M L V S S (mg/ℓ)		M L S S (mg/ℓ)		M L V S S (mg/ℓ)	
		範 囲	平 均	範 囲	平 均	範 囲	平 均	範 囲	平 均
岩 塚	46. 3/9~3/10	2,702~ 3,688	3,216	1,894~2,666	2,284	660~1,030	892	456~ 704	618
名 城	46. 3/2~3/3	6,342~11,066	8,384	3,676~6,532	4,862	898~1,696	1,177	510~1,046	677
伝 馬 町	45. 8/11~8/12	7,302~ 8,024	7,505	3,852~4,792	4,062	2,004~2,418	2,201	1,044~1,376	1,191
						1,912~2,238	2,077	980~1,450	1,157
下之一色	45. 7/28~7/29	3,682~ 4,828	4,404	778~2,674	2,263	1,520~2,422	1,973	848~1,366	1,141
野 田	45. 8/4~8/5	10,862~11,972	11,471	—	—	2,710~6,116	4,072	—	—
	46. 2/24~2/25	10,750~12,472	11,707	—	—	2,822~3,284	2,988	—	—
多聞第一	45. 8/4~8/5	2,360~ 3,570	3,130	1,970~2,640	2,426	1,900~2,250	2,092	1,370~1,690	1,570
	45. 12/1~12/2	2,760~ 3,440	3,130	2,110~2,640	2,402	2,130~2,310	2,248	1,640~1,790	1,716
多聞第二	45. 7/28~7/29	4,350~ 7,330	6,017	3,390~5,680	4,647	2,260~2,820	2,641	1,690~2,200	2,031
	45. 12/8~12/9	5,490~ 6,340	6,016	4,380~5,360	4,960	2,980~4,170	3,424	2,470~3,420	2,831

(2) 返送汚泥の上澄液の水質

各処理施設の返送汚泥の上澄液(30分間静止沈澱させた上澄)の日平均水質を表6-3-2、表6-3-3に示す。時間変化の様子は、他の場合と同様に付図に示した。表6-3-2はBOD、表6-3-3はN.Pについて示したものである。

表6-3-2に示されるように、返送汚泥がエアレーションタンクへ持ちこむ(上澄液として)BODは、多聞第1、第2、およびコンタクトスタビリゼーション法の下之一色処理場の場合以外は、処理水(最終沈澱池での上澄液と考えることができる)のそれよりもかなり高いものとなっている。

また、この値は流入下水のBODに対しても最も高い場合には80%近くに達している。報告(2)でものべたように返送汚泥の希釈効果は無視できないものであるが、調査結果が示すように、通常の場合には汚泥からの再溶出はさけられないようであり逆にエアレーションタンクへ“持ち込み負荷”をかける結果となっている。これは、表6-3-3に示したN.Pの場合も同様であり、ほとんどの場合、T-P、T-Nは、処理水のそれよりも高い濃度で循環する結果となっている。このようなことからすると、汚泥の除去活性がかなり低下しているものと考

表6-3-2 返送汚泥上澄液のBOD

処 理 場		返送汚泥の上澄 BOD (PPm)		流 入 水 日平均 BOD (PPm)	処 理 水 日平均 BOD (PPm)
		範 囲	平 均		
名 城	46. 3/2 ~ 3/3	11 ~ 47	24	66	10.0
伝 馬 町	45. 8/11 ~ 8/12	31 ~ 54	46.4	59	9.2
岩 塚	46. 3/9 ~ 3/10	36 ~ 76	47	107	6.0
下之一色	45. 7/28 ~ 7/29	4.8 ~ 16.0	10.0	71	6.2
野 田	45. 8/4 ~ 8/5	14.8 ~ 42.4	32.4	160	19.9
	46. 2/24 ~ 2/25	12.8 ~ 28.2	16.0	179	8.7
多聞第1	45.12/1 ~ 12/2	1.27 ~ 11.7	4.1	205	78.9
多聞第2	45.12/8 ~ 12/9	5.14 ~ 13.2	9.8	185	47.3

表6-3-3 返送汚泥上澄液のN.P.

処 理 場		返送汚泥上澄液のN.P濃度 (PPm)											
		Kjeldahl - N		Alb - N		NH ₃ - N		NO ₂ ⁻ - N		NO ₃ ⁻ - N		T - P	
		範 囲	平 均	範 囲	平 均	範 囲	平 均	範 囲	平 均	範 囲	平 均	範 囲	平 均
岩 塚	46. 3/9 ~ 3/10	18.3~28.2	21.3	3.35~5.60	4.46	9.00~16.6	11.5	0.01	0.01	0 ~ 0.01	0.02	1.11~2.56	1.87
下之一色	再曝気槽流入部	4.1 ~ 7.9	6.0	1.3 ~ 2.6	2.0	2.25 ~ 4.1	3.21	0.261~0.384	0.276	1.38~3.72	2.36	2.08~3.66	3.50
	返 送 汚 泥	0.75 ~ 3.4	1.61	0.5 ~ 1.3	0.81	0.5 ~ 1.05	0.71	0.064~0.113	0.091	8.20~11.75	9.32	0.73~2.73	1.70
多聞第1	45. 8/4 ~ 8/5	21.9~39.2	27.4	0.6 ~ 4.6	2.0	18.7~21.2	20.1	0.02 ~ 0.11	0.042	0 ~ 0.05	0.02	0.70~2.38	1.62
	45.12/1 ~ 12/2	10.1~14.6	12.2	1.07~2.70	1.58	8.90~11.3	9.8	0.034~0.115	0.067	3.23~4.32	3.86	0.88~1.28	1.08
多聞第2	45. 7/28 ~ 7/29	2.40~29.6	27.2	2.19~3.31	2.7	16.8~26.3	20.3	0.013~0.021	0.016	0	0	1.04~1.85	1.50
	45.12/8 ~ 12/9	1.38~19.0	16.5	8.39~4.32	2.7	8.00~9.71	9.0	0.047~0.089	0.074	0.34~0.75	0.54	4.8 ~ 13.9	8.2

えられ、除去率の低下にも結びついているものと判断できる。下之一色の安定化池（再エアレーションタンク）の場合では、汚泥の再エアレーションタンクの流入前後で、上澄液の水質にかなりの差がみられ、これが全体としての除去機能の向上に結びついているわけであるが、スタビリゼーションまでを考慮しないまでも活性汚泥の活性度を回復させるための汚泥の再エアレーションはかなり効果的なものとなるのではなからうか。

6-4 活性汚泥の活性度

活性汚泥法の操作のうえで重要な問題の1つは、エアレーションタンク内における活性汚泥の状態をどのように評価するかという点である。活性汚泥そのものはひとくちでいえば微生物の集合体であり、その性質はきわめて複雑なものであるが、活性汚泥の質的なものを評価するうえで、通常活性度という概念が用いられている。活性度は汚泥の体謝に関する活性度と量に関する活性度に分けられる。前者は呼吸活性度（酸素吸収速度）および脱水素酵素活性度（TTC活性度）などであり後者は微生物量、細菌量などがその指標となる。これらについては報告(2)でも議論したが、ここでは酸素吸収速度の活性度としての評価について述べる。

酸素吸収速度は報告(2)で示したように測定方法が比較的簡単であるので、指標としては利用し易いものである。酸素吸収速度は基質（下水の存在）によるものと、内生呼吸によるものとに分けられる。前者は基質の濃度に比例して変化し、一般にエアレーションタンクの流下に伴って低下する傾向を示す。逆に内生呼吸によるものはタンク内の各地点では一定の値を示すと考えられるものである。測定は、全酸素吸収速度と、基質を洗い出した汚泥による速度（内生呼吸によるもの）からこの両者の値が得られるわけであるが、上の理由からここでは全酸素吸収速度をその指標として用いた。酸素吸収速度の概念には固液分離の関係は考慮されていないが、この値が小さいときは、上澄液のBOD（基質）は低くなっていることが予想される。

図6-4-1は、各エアレーションタンクで測定された（6-1と同様の調査方法による）酸素吸収速度と上澄液BODの関係を図示したものである。図にみられるように各タンクごとに異なる傾向を示すが、全体としては上澄液BODの低下とともに酸素吸収速度が低下していることがわかる。各処理場で測定された酸素吸収速度の最大値は、岩塚で $50 \text{ mg O}_2/\text{時/g SS}$ 、伝馬町で 100、多聞第2で 55 などであり、このときのBODの値はそれぞれ 90、40、30 ppmであった。このように、各処理場の活性度としての絶対値には差がみられるものの上澄BOD 30 ppm 以下では同図にみられるように各処理場での差は比較的少なく $30 \text{ mg O}_2/\text{時/g SS}$ 以下となっている。

酸素吸収速度の活性度としての指標の適用性についてさらに詳しくみるためにBOD除去速度（単位 ML SS 当りのBOD 1時間当りの減少量； $\text{mg BOD}/\text{SS mg}/\text{時}$ ）と酸素吸収速度の関係を各処理場ごとに図示したのが、図6-4-2～6-4-5までである。図にみられるように、BOD除去速度が小さくなると酸素吸収速度が低下するという関係があり、特にBOD除去速度が0に近くなると図6-4-5の下之一色処理場の場合以外は、酸素吸収速度は $5 \sim 8 \text{ mg O}_2/\text{時/g VSS}$ となっている。一般にエアレーションタンク内の最大酸素吸収速度の $1/10$ 程度が内生呼吸によるものだとされているが、伝馬町、岩塚の例ではBOD除去速度が0に近いところの値が最大値のほ

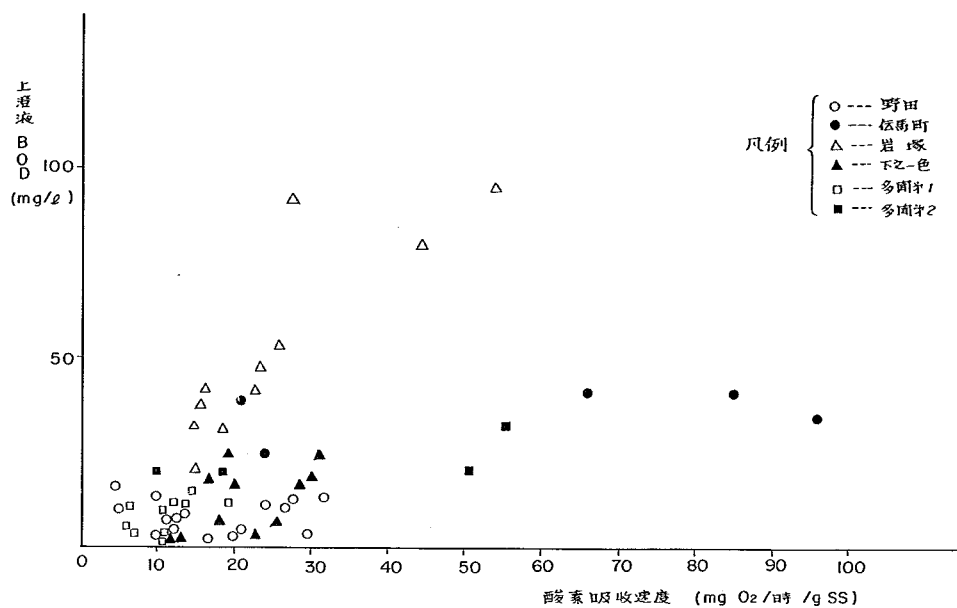


図 6-4-1 酸素吸収速度と上澄液 BOD の関係

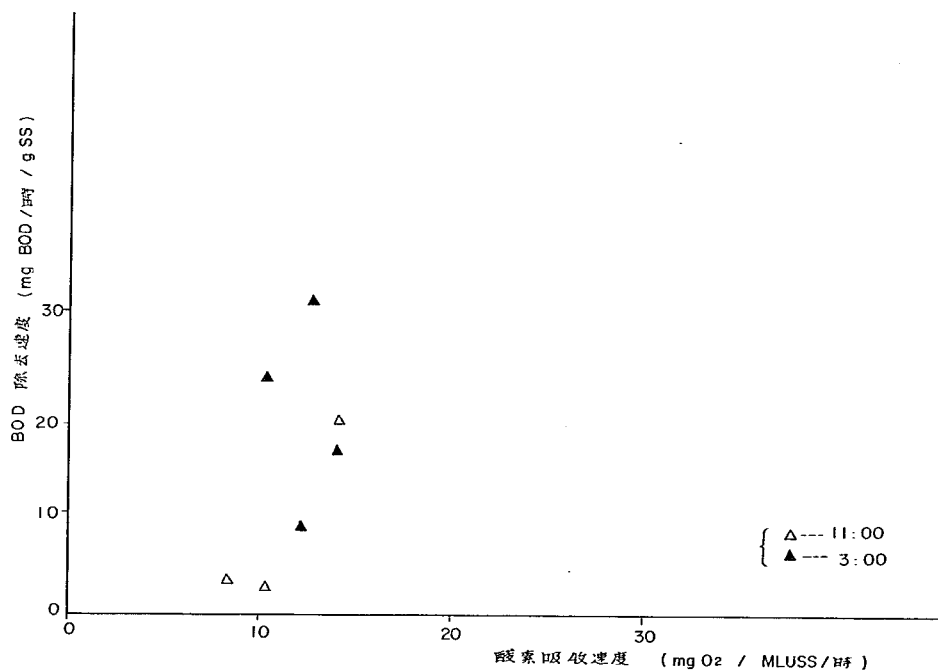


図 6-4-2 BOD 除去速度と酸素吸収速度の関係
(名城処理場)

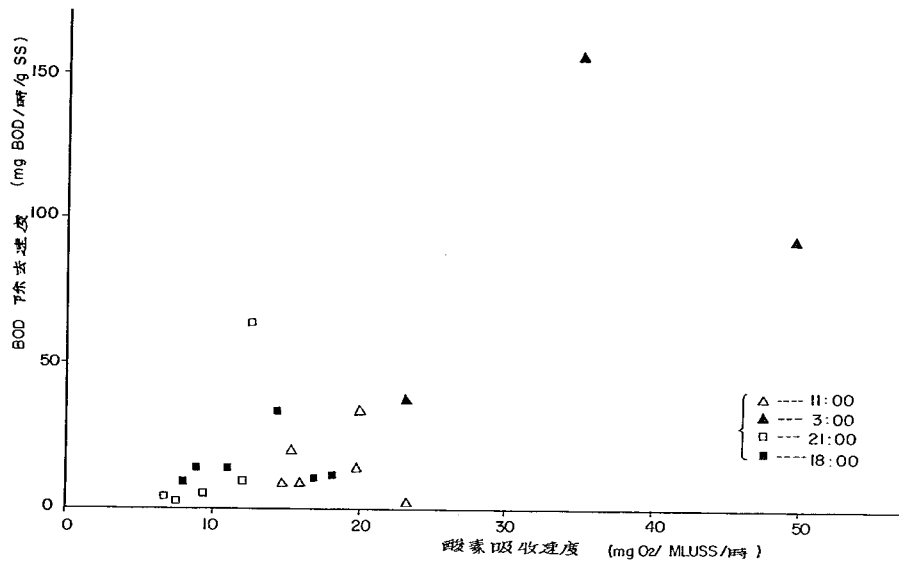


図 6-4-3 BOD除去速度と酸素吸収速度の関係
(岩塚処理場)

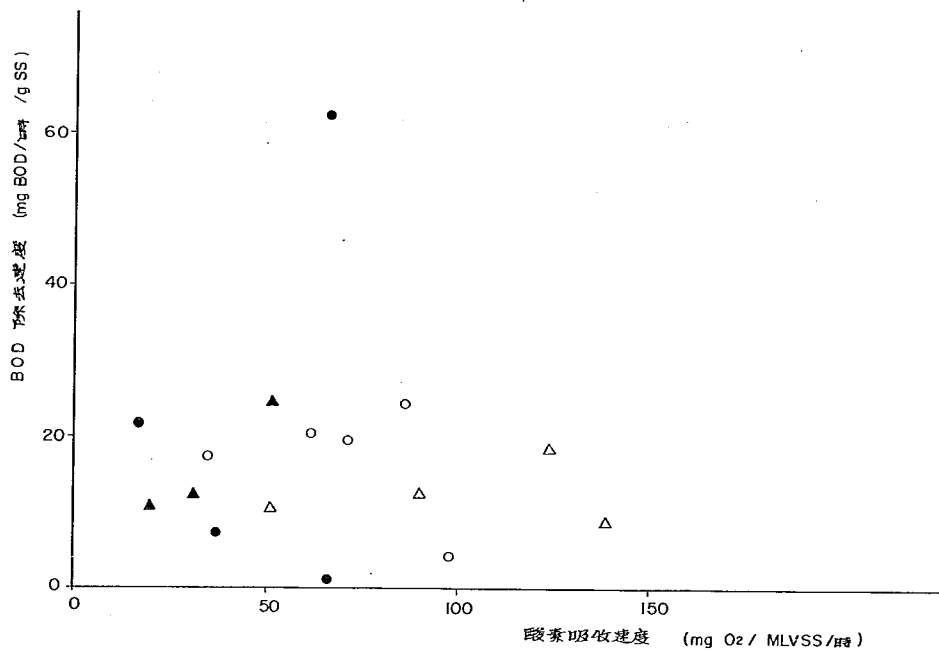


図 6-4-4 BOD除去速度と酸素吸収速度の関係
(伝馬町処理場)

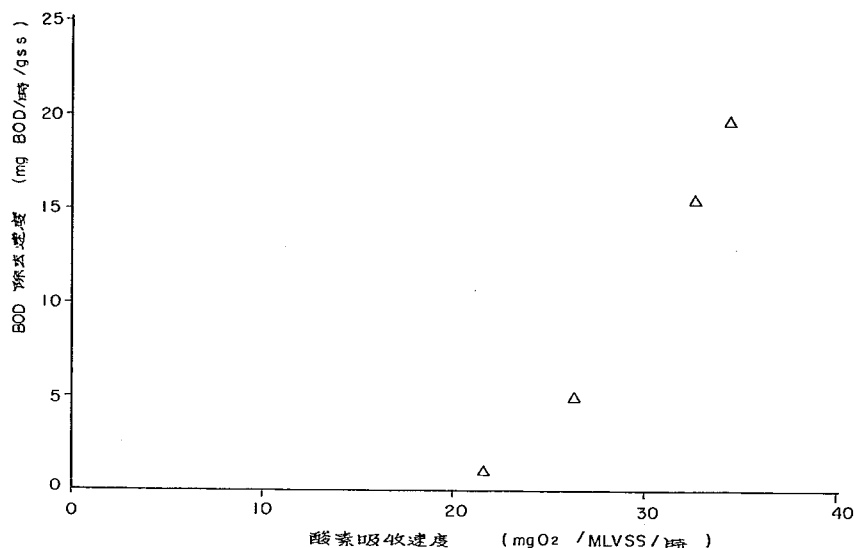


図 6-4-5 BOD除去速度と酸素吸収速度の関係
(下之一色処理場 15:00)

ば $1/10$ になっており、汚泥が内生呼吸期に入っているのではないかと推定できる。下之一色処理場はコンタクト・スタビリゼーション法であり、図 6-4-5 はコンタクト・タンクでの測定値であるが、BOD 除去速度が 0 の付近の値は $20 \text{ mgO}_2/\text{時}/\text{VSSg}$ と高く、また最大値との差もわずかなものである。これは、コンタクト・タンクが汚泥の吸着特性を最大限に利用するように設計されたものであり、事実この場合もタンク内の汚泥が内生呼吸の段階にまで達していなかったものと考えられる。長時間エアレーション法の多聞第 1、第 2 の両処理場の場合は、完全混合に近い形式のタンクであったため、BOD 除去速度をタンク内の実測から得ることができなかったが、タンク内各位置での酸素吸収速度の値が上澄 BOD によらずほぼ一定であった。

以上のことから判断すると、内生呼吸 (BOD 除去速度が 0 になる) による酸素吸収速度は各処理場ともほぼ一定であり $5 \sim 8 \text{ mgO}_2/\text{時}/\text{gVSS}$ であり、活性汚泥法のような混合培養系においては条件が多少変化しても、活性汚泥が内生呼吸に入った場合の値はほぼ一定となるのではないかとと思われる。したがって、この関係が成りたつものとなれば、タンクの流出部における酸素吸収速度の測定によって汚泥の状態を知ることができ、適切な制御、処理水質の予知なども可能となるのではなかろうか。適当な汚泥の管理指標が得られていない現在、報告(2)でのべた T T C 活性などとともに維持管理のための指標の検討を十分に行なう必要があるものとする。

6-5 エアレーションタンク内のDO変化

エアレーションタンク内のDO濃度の制御は、正常な処理を行なうために極めて重要なものである。DO濃度は吹込む空気の量と、活性汚泥のBOD除去に伴う酸素消費速度との関係で定まってくるが、前節でのべたように酸素消費速度はBODの除去に伴って変化するので、タンク内で位置的にも時間的にも大きな差が生じてくるものと考えられる。

ここでは、6-1の調査と同時に進んだタンク内のDOの実測結果について述べる。なお、DOの測定はすべてDOメーターをタンク内に投入して進んだものである。

図6-5-1から図6-5-4までに各タンクのDOの流下に伴う変化の様子を示した。図中の数字は流入端で測定を開始したときの時刻を示すものである。各タンクごとにDOレベルにかなりの差があるが、DOレベルの高い場合は、流入端からの流下に伴ってDOが増加していく。したがって、この場合には流入部付近のDOが極めて低く、流出部で増加する結果となっている。たとえば図6-5-2の岩塚処理場の例では、流入部付近で、1 ppm以下であるものが、流出部では時刻によって異なるがいずれも6 ppm以上となっている。しかしながら全体にDOレベルの低い伝馬町処理場と野田処理場のBタンクの場合はこの傾向は顕著ではなく、全体に低レベルのDOが継続している。両処理場のタンクの場合、数回の調査を進んだがいずれの場合も同様の傾向があり、タンク流出部のDOは流入部のそれと大差がないものであった。このため、この両タンクの場合はDOが終始不足気味で処理機能に影響を与えているのではないかと推定される。図6-5-3は、伝馬町タンクのDO変化の様子をステップ・エアレーション法と標準法の場合について示したものであるが、DOレベルが低いためにステップ・エアレーション法の利点であるタンク内のDOレベルが比較的均質するという点は、標準法のそれと比較してはっきりとは表われていないようである。

各処理場とも3～5倍の空気量がタンクの全長にわたって送気されているわけであるが（野田処理場は機械かくはん式）、こうした送気方法では、タンクの流下方向に対してDOの不足気味の部分（流入部）と過剰気味の部分（流出部付近）とが存在することになり、現在の平均濃度で送気量の決定を行なう方法は不合理であるといえよう。

このような流下方向のDO変化は前年度にも報告したように、汚泥の酸素吸収速度の差によって生ずるものであるが、タンク内のDO変化と酸素吸収速度(r_r)との関係を、岩塚処理場と名城処理場の場合について図6-5-5および図6-5-6に示した。両図にみられるように、 r_r の流下に伴う変化に対応してタンク内のDOが変化していることがわかる。

図6-5-1～6-5-4などにみられるように、同一タンクの場合でも時刻によってタンク内のDOレベルに差がみられる。これは、汚泥の酸素消費量が流入下水のBOD負荷によって異なってくるためである。（報告(2)）

図6-5-7～6-5-9までにエアレーションタンク流出部におけるDOの時間変化の様子を図示した。図6-5-8は前述したタンクのDOレベルが全体的に低い場合の例であり、1日を通じてほとんど濃度に差がみられない。一方、図6-5-8、9に示す名城および野田処理場の場合には、タンク流出部の濃度は大きく変化している。図6-5-8の名城処理場の場合には、タンク

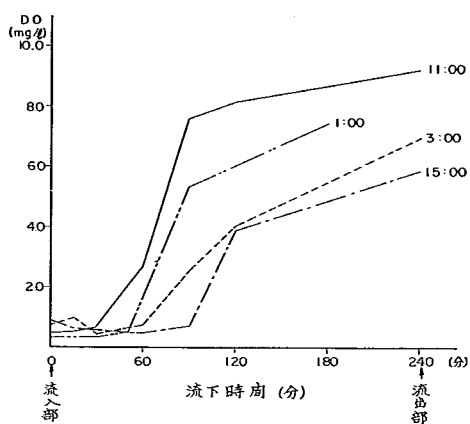


図 6-5-1 流下に伴う DO の変化
(岩塚処理場 3/9,10)

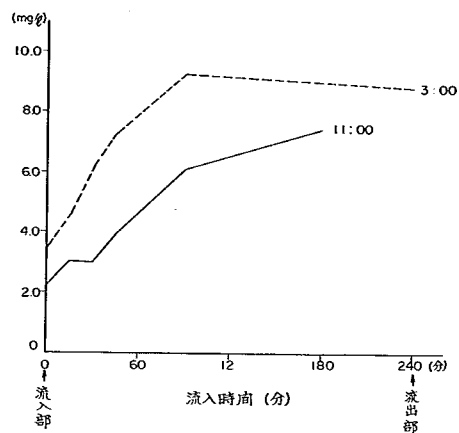


図 6-5-2 流下に伴う DO の変化
(名城処理場 3/3,4)

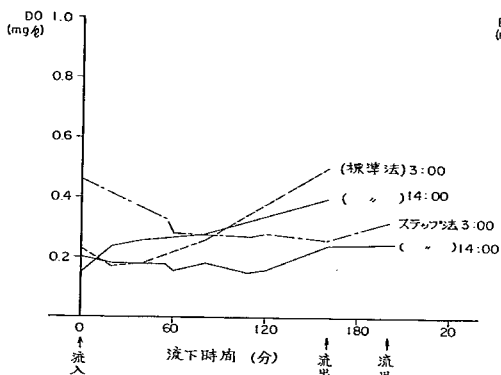


図 6-5-3 流下に伴う DO の変化
(伝馬町処理場 8/11,12)

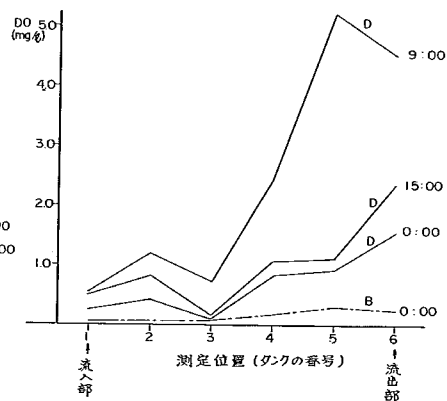


図 6-5-4 流下に伴う DO の変化
(野田処理場 8/4,5)

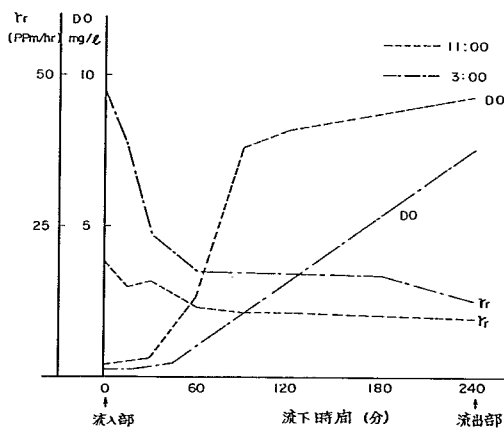


図 6-5-5 DO と V_r の関係
(岩塚処理場)

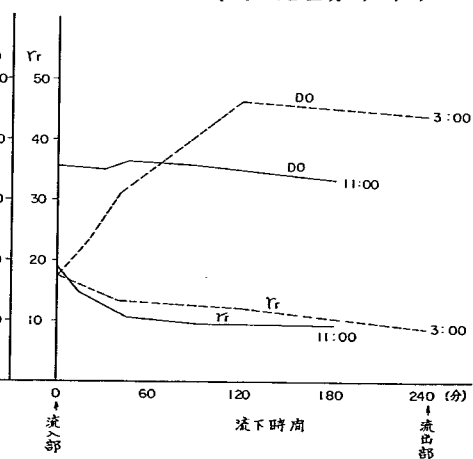


図 6-5-6 DO と V_r の関係
(名城処理場)

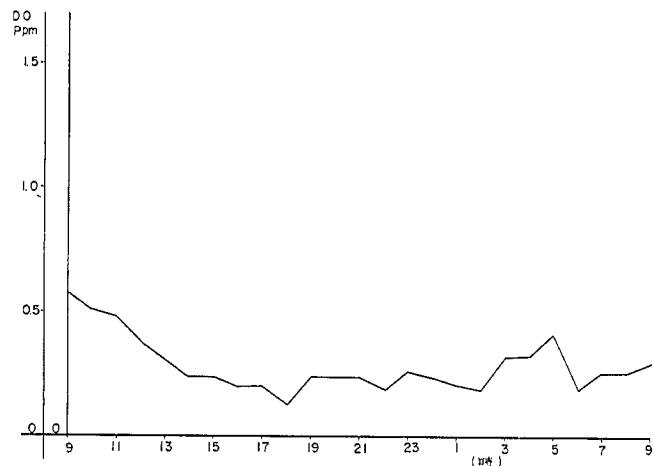


図6-5-7 タンク流出部DOの時間変化(伝馬町処理場・標準法)

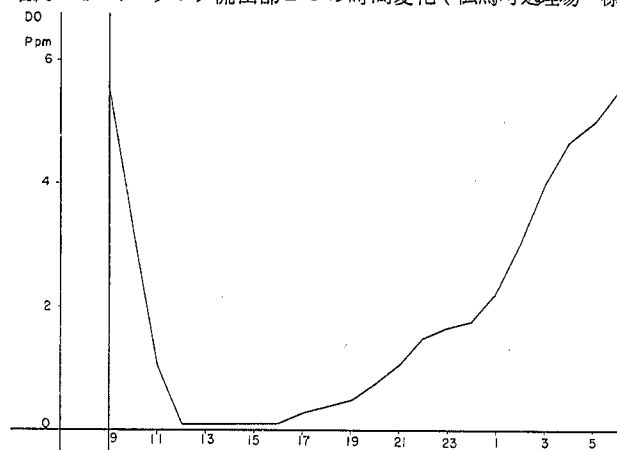


図6-5-9 タンク流出部DOの時間変化(野田処理場)

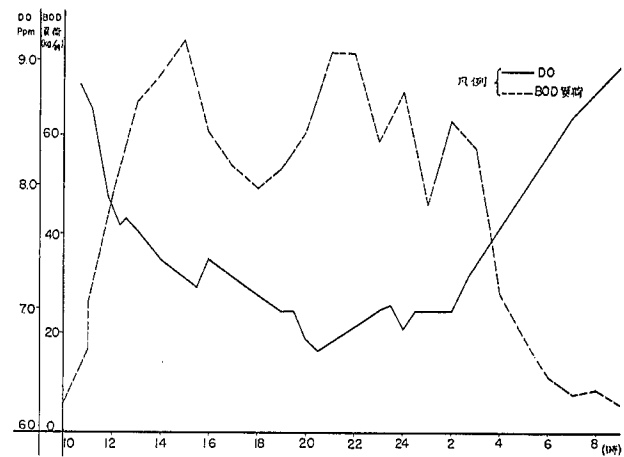


図6-5-8 タンク流出部のDOとBOD負荷の時間変化(名城処理場)

流入部にかかるBOD負荷(kg/時)を滞留時間分だけずらして同時に示したが、図にみられるように、明らかに、流入BOD負荷の影響をうけてタンク流出部のDOレベルが変動していることがわかる。(野田処理場の場合、ステップ・エアレーション法であること、完全混合タンクの連結で流入負荷の変動に対する緩衝能が強いことから、この整理は行なっていない)。

以上のことから、エアレーションタンク内のDO維持を効率的、経済的なものとするためには、汚泥の酸素吸収速度の変化に伴うタンク内の流下方向のDO変化に応じた送気を行なうことその他に、流入下水の変動による全体的なDOレベルの変動に対処できるような設計を行なう必要があることがわかる。また、後者の制御のためにはタンク流出部付近のDO濃度の制御が有効なものとなる。

6-6 活性汚泥法における窒素、リンの除去について

生物処理を円滑に行なわせるためには、栄養塩類としての窒素、リンの十分な量の存在が必要である。一般の下水中に含まれる窒素およびリンの割合は、前年度の報告に示したように、生物酸化に必要とされるものより過剰に含まれており、酸化の過程で細胞体などにとり込まれる分はそのうちの一部になると考えられる。通常の場合、活性汚泥法による窒素、リンの除去はこの細胞体の合成に用いられる生物化学的な除去と吸着による物理学的除去の組合せによって行なわれるが、その除去には限界があるとされている。

たとえば、生物化学的な合成によって除去される量を考えてみる。Hoover, Porges らは活性汚泥中のC, H, O, N を分析し活性汚泥の組成を経験式で $C_5 H_7 NO_2$ と表わしている。Helmerts による経験式は $C_{118} H_{170} O_{51} N_{17} P$ となり、P を無視すれば $C_7 H_{10} NO_3$ となり ほぼ似た形となる。Helmerts が示したように、活性汚泥の組成を $C_{118} H_{170} O_{51} N_{71} P$ とすると 窒素は 8.91%, リンは 1.16% となる。活性汚泥を微生物の集合とすれば、この経験式は細胞の構成分子となる。

汚泥の生成量 S は一般に次式で表わされる。

$$S = a L_r \quad (a: \text{係数}, \quad L_r: \text{除去BOD})$$

$a = 0.5$ とすると 汚泥の生成(細胞の合成)に使われる窒素、リンの量は

$$\begin{aligned} N(\text{ppm}) &= S \times 0.0891 \\ &= 0.0446 L_r \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(\text{ppm}) &= S \times 0.0116 \\ &= 0.0058 L_r \end{aligned}$$

となる。

報告(2)で示した平均水質(BOD)を用い、BOD除去率を1次処理で30%, 全体で90%として微生物細胞の合成に利用される窒素、リンを計算すると、それぞれ4.01 ppm, 0.522 ppm となり、窒素、リンの流入水の平均値に対する除去率は窒素で15%, リンで12%程度となる。このように細胞合成の面からみれば、通常の場合、窒素、リンの除去に限界があることが示される。しかしながら実際にはこれよりも高い除去率を示すことが多く、生物化学的な除去以外の除去もか

なり期待できる。たとえばリンの除去については、活性汚泥のコントロールを十分に行なえば 90 % 近くの除去率が得られるという報告もある。(ASCE, 1969) 詳細な除去の機構はわかっていないが、リンの除去率をあげるためには、BOD・SS 負荷を $0.4 \sim 0.5 \text{ kg BOD/日/kg SS}$ の範囲に保つこと、タンク内の DO を 2 ppm 以上、3~5 ppm にすること、硝化作用が生じていないこと、汚泥の管理を十分に行なうこと、汚泥日令は小さい方(1~2 日以下)がよいこと、が必要とされており、汚泥への吸着、濃縮への条件を整えることが示されている。除去率という点では、窒素の場合と同様に、流入水の炭素(BOD)とリンの比率が重大な意味を有している。この比率が大きいほど良好な除去率となる。

窒素の場合は、リンとは異なり、生物体への同化の他に、アンモニア性窒素から亜硝酸、硝酸性窒素への酸化(硝化)作用が、エアレーションタンク内で生ずることが知られており、窒素の除去という意味ではないが、処理水の酸素要求量の減少という点で硝化の重要性が指摘されている。硝化作用の促進のために必要な要因は、BOD-SS 負荷を低く保つこと、DO 濃度は高いほどよいこと、水温は高いほどよいこと、PH を適当に維持すること、一般にエアレーション時間は長いほど(6 時間以上)よいことなどがその主なものである。

(1) N・P の除去率

各処理場の N・P 除去の調査結果の総括を表 6-6-1 に示す。表にみられるように N・P とも除去率は広い範囲にわたっており、N で 11~66 %, P で 10~91 % という結果になっている。また、窒素の硝化作用もかなり促進されている例(下之一色処理場、多聞第 1 処理場(夏))もあるが、その他の場合はほとんど硝化が行なわれていないようである。同表には BOD-SS 負荷、汚泥日令等の条件も併せて示したが、この調査では、除去率とこれらの操作条件をはっきり把むまでにはいたらなかった。

(2) エアレーションタンクの流下に伴う N・P の変化

6-1 でのべた調査と同時に、エアレーションタンクの流下に伴う上澄液の N・P の変化についても調査を行なった。図 6-6-1、6-6-2 に窒素の変化、図 6-6-3~6-6-4 にリンの変化の例を示す。図 6-6-1 の岩塚処理場の例では、アンモニア性窒素が流下に伴って減少し、逆に亜硝酸、硝酸性窒素が増加していく。(硝化の進行) 逆に図 6-6-2 の名城処理場の場合には硝化は起っていないようである。

図 6-6-3、6-6-4 によれば、リンの除去は 6-1 で示した上澄 BOD の除去と非常によく似た形で行なわれることがわかる。図 6-6-3 は岩塚処理場の例であるが、ここでは BOD の初期除去が大きく、リンもこれに伴って初期に除去されている。図 6-6-4 で示した伝馬町処理場では BOD の初期除去は顕著ではなかったが、リンも除去に減少していく形となっている。したがって、リンの除去は活性汚泥の吸着能力(初期除去能)に左右されるのではないかと考えられる。また、吸着によって除去されるのは不溶性のリンが主体となるようであり、前年度の調査でタンク流出部におけるリンのうち溶解性のものが 90 % 近くを占める結果となっていた。(報告(2))

表 6-6-1 2次処理（活性汚泥法）におけるN、Pの変化と除去率

（数字は日平均値 mg/l ）

処理場 項目	名城(冬)		伝馬町(夏)			岩塚(冬)		下之一色(夏)		野田(冬)		野田(夏)		多聞第1(冬)		多聞第1(夏)		多聞第2(冬)		多聞第2(夏)	
	流入水	処理水	流入水	処理水		流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
				標準	ステップ																
T - N	17.37	15.43	20.45	16.03	16.64	29.96	15.45	15.29	11.55	22.60	14.77	12.24	15.35	52.65	23.91	33.20	27.25	53.15	17.85	31.98	21.69
NH ₄ - N	6.15	10.79	11.10	11.83	12.43	12.90	11.65	6.30	3.50	13.28	13.18	7.04	11.32	23.32	10.10	19.08	20.34	21.00	8.49	14.87	18.50
NO ₂ - N + NO ₃ - N	1.17	0.93	0.52	0.0098	0.017	0.056	0.05	0.087	5.49	0.003	0.065	0.075	0.49	0.209	2.41	0.064	0.032	0.173	0.45	0.087	0.0095
Alb - N	3.20	1.90	3.89	2.93	2.57	6.76	1.48	4.00	1.42	8.17	1.81	5.24	3.90	6.72	3.34	3.08	2.02	7.27	4.10	3.75	1.63
T - N除去率(%)	11.2		21.6		18.6	48.4		24.5		34.6		—		54.6		17.9		66.4		32.2	
T - P	1.45	1.19	3.98	2.20	1.76	4.37	1.48	5.8	6.8	2.1	0.16	3.2	2.37	4.28	2.44	1.13	1.39	18.1	10.9	1.42	1.64
T - P除去率(%)	18.0		45.0		56.0	68.0		—		91.0		27.0		43.0		—		10.0		—	
BOD-SS負荷 (kg/日/100kg SS)	44.8		18.9		15.7	63.1		86.4		32.1		29.7		3.9		—		4.2		—	
流入水 N/BOD	0.25		0.33			0.28		0.21		0.13		0.08		0.26		—		0.29		—	
流入水 P/BOD	0.02		0.07			0.04		0.08		0.01		0.02		0.02		—		0.07		—	
汚泥日令(日)	2.41		3.67		4.42	1.23		0.99		5.75		9.57		35.0		17.8		33.4		23.0	

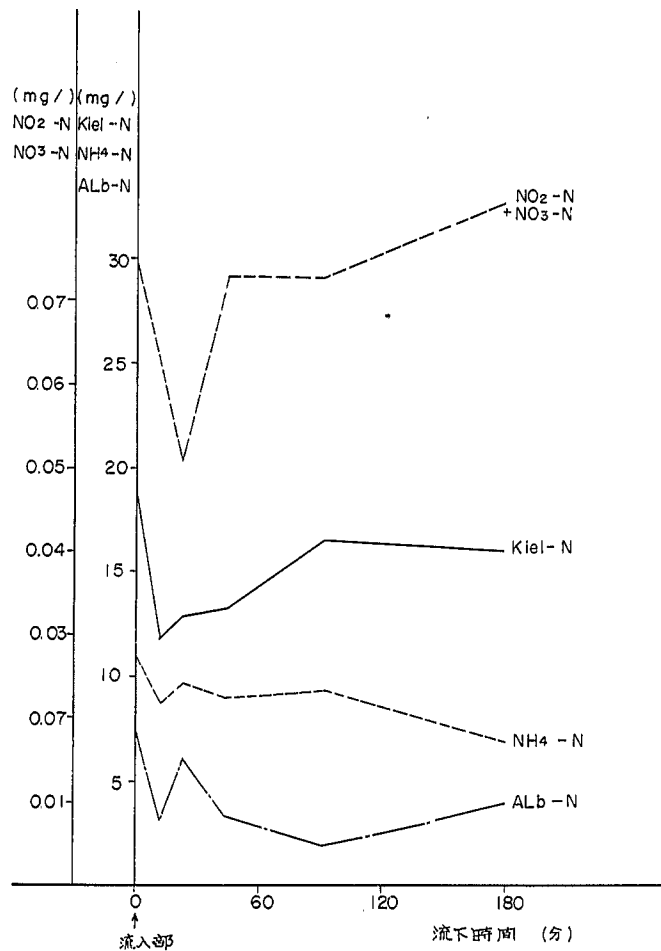


図 6-6-1 流下に伴う上澄液Pの変化(岩塚処理場 3時間)

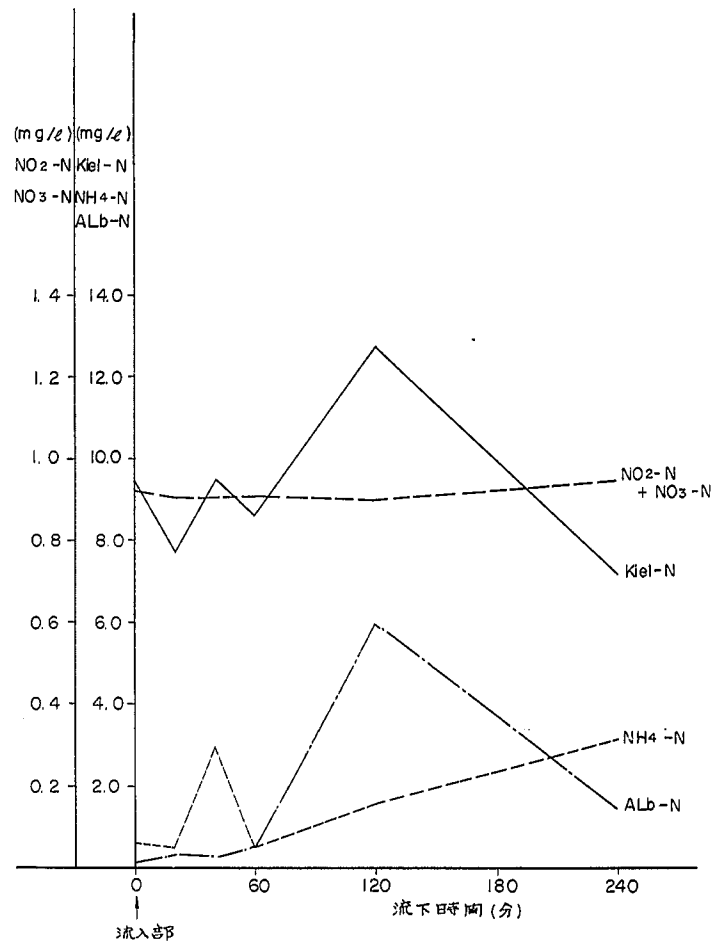


図 6-6-2 流下に伴う上澄液Pの変化(名城処理場 3時間)

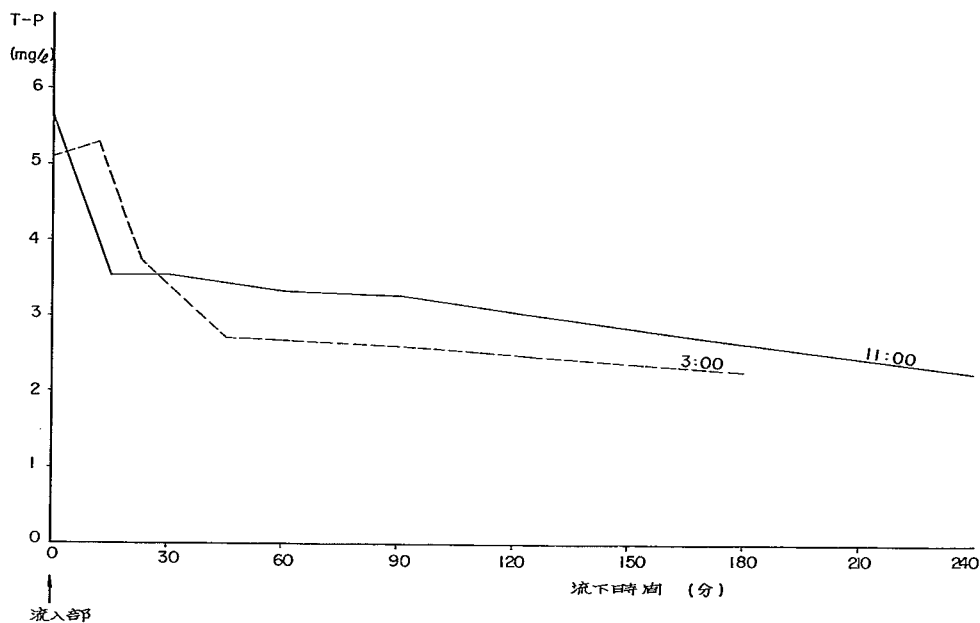


図 6-6-3 流下に伴う P の変化 (岩塚処理場)

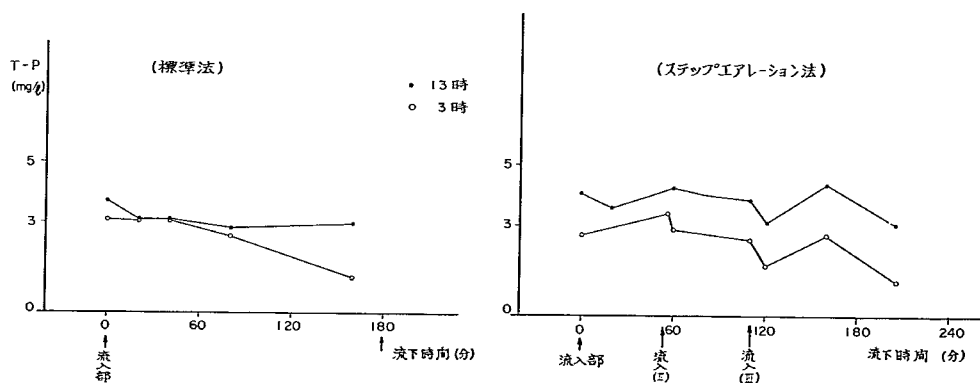


図 6-6-4 流下に伴う P の変化 (伝馬町処理場)

§ 7 お わ り に

本報告は、下水処理場に流入する下水の性質(§ 3)最初沈殿池の除去率と問題点(§ 4)、活性汚泥の各種変法の除去率と問題点(§ 5, 6)などについて調査結果を中心にのべたものである。

水質汚濁防止のうえから、下水処理場の放流水質は今后さらに向上させる必要にせまられている。このため現行の2次処理水をさらに処理しようとする3次処理あるいは現在の処理法を全体的に修正、改良しようとする高度処理などに対する調査研究対制がわが国においても急速に整備されその実用化も近いものと予想されている。一方、2次処理までの施設についてはその設計はもはや十分標準化されたとの考え方が一般的になりつつあり、規格化された範囲内で設計を行なうだけでその限界や問題点に対する検討はあまり行なわれなくなっている。わが国においては現在250ヶ所以上の下水処理場が建設されて処理を行なっているが、設計時に予定された処理水が得られているかどうか、得られていないとすれば何が問題かという点に対する情報はきわめて少ない。設計および維持管理を合理的なものとするためには常に処理場の機能および問題点を把握してこれに對しよできるような計画、設計上の対策を常に検討しておくことが必要であり、将来に予想される流入負荷量の増加を考慮すれば、その必要性はさらに増すことになる。このため、下水処理の関係者は常に処理場の処理機能その他の現況を十分に把握しておく必要があるが、現実にはこうした関係の調査は不十分であり、各都市の調査体制も一部を除いて不完全であると判断せざるを得ない。本報告でのべたように、下水処理の系内では常に、量、質が連続的に変動しており、これに對應した制御の必要性が生じているわけであるが、このために必要な計量、計装に対する認識も十分であるとはいえないようである。たとえば、本課題のような調査を行なう場合、少なくとも各施設への流入量の測定および制御が必要となるが、こうした機能を有している処理施設はきわめてわずかなものであった。下水処理のプロセス制御に近い将来の下水処理の主問題となると予想される現在、広く関係者の認識をうながす次第である。

本報告は、既設下水処理場の処理機能の現況報告の域を出ていないが、巻末には附表および附図として各処理施設の調査結果を一括して示した。下水処理施設の全体的な処理機能を知るうえでの参考としていただければ幸いである。

付 表 ・ 付 図

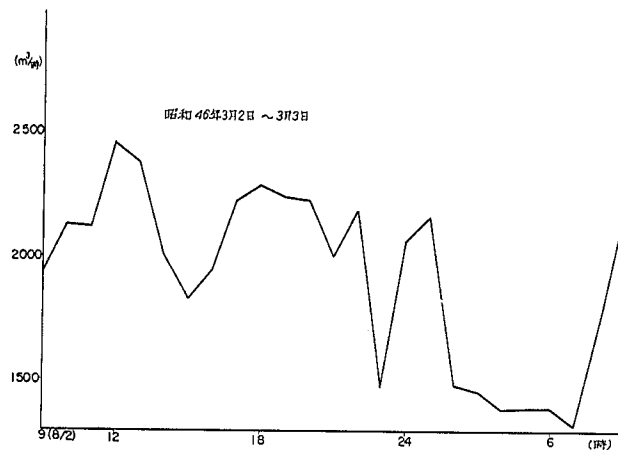
付 表 各処理場における流入流出水質と除去率

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~ 130	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~ 3.21	1.30	0.34~ 2.47	1.45	—	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	—	11.5~ 22.2	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	同 上					6~ 30	15	69	91	
		T-N	同 上					12.3~ 22.5	16.6	14	14	
		T-P	同 上					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	—	—				4.8~178.0	31.7	—	—	
		SS	56~ 468	158.5				3.0~350.0	46.6	70.6	70.6	
		T-N	25.7~ 55.1	33.1				21.4~ 31.2	27.2	18.8	18.8	
		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	78.9	62	62	
		SS	53~ 408	146				28~1390	226	—	—	
		T-N	34.8~ 92.2	52.4				14.2~ 44.1	21.5	59	59	
		T-P	1.90~ 11.8	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	120.4	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~ 386	179	23	5.9~ 11.5	8.7	95	96	
		SS	113~ 320	175	52~ 177	97	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	163~ 299	229	111~ 196	160	30	12.9~ 24.9	19.9	88	91	
		SS	64~ 199	110	28~ 87	56	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	

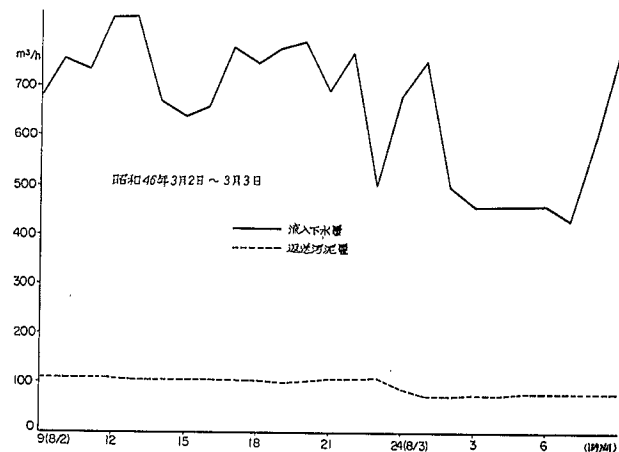
附 図 一 覧 表

1. 名城処理場	
汚水流入量	附図 1-1
エアレーションタンク 1 系列流入量	附図 1-2
流入下水水質	附図 1-3, 4
最初沈殿池流出水水質	附図 1-5, 6
返送汚泥	附図 1-10
処理水水質	附図 1-7, 8
エアレーションタンク	附図 1-9
2. 岩塚処理場	
汚水流入量	附図 2-1
エアレーションタンク 1 系列流入量	附図 2-2
流入下水水質	附図 2-3, 4
最初沈殿池流出水水質	附図 2-5, 6
返送汚泥	附図 2-11, 12
処理水水質	附図 2-7, 8
エアレーションタンク	附図 2-9, 10
3. 伝馬町処理場	
汚水流入量	附図 3-1
エアレーションタンク 1 系列流入量	附図 3-2, 3
流入下水水質	附図 3-4
最初沈殿池流出水水質	附図 3-5, 6
エアレーションタンク内水質(標準法)	附図 3-7, 8
" " (ステップ法)	附図 3-9, 10, 11, 12
返送汚泥水質	附図 3-13
処理水水質(標準法)	附図 3-14, 15
" (ステップ法)	附図 3-16, 17
4. 下之一色処理場	
汚水流入量	附図 4-1
流入下水水質	附図 4-2, 3
安定化タンク(スタビリゼーションタンク)内水質	附図 4-4, 5, 6, 7, 8
処理水水質	附図 4-9, 10
5. 多聞第一処理場(夏)	
汚水流入量	附図 5-1

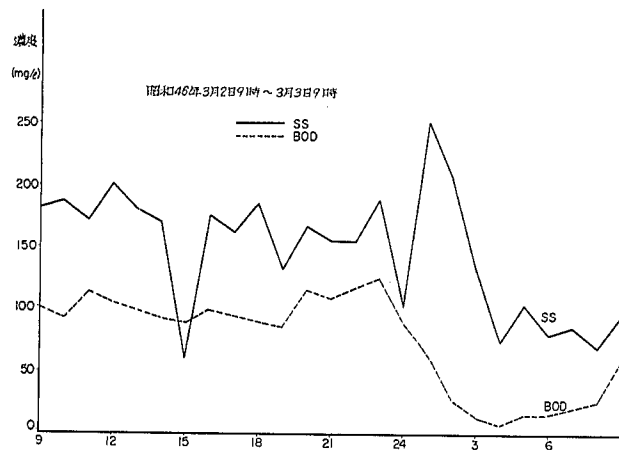
流入下水水質	附図 5-2, 3
エアレーションタンク内水質	附図 5-4, 5
返送汚泥水質	附図 5-6, 7, 8
処理水水質	附図 5-9, 10
6. 多聞第一処理場(冬)	
汚水流入量	附図 6-1
流入下水水質	附図 6-2, 3
エアレーションタンク内水質	附図 6-4, 5
返送汚泥水質	附図 6-6, 7
処理水水質	附図 6-8, 9
7. 多聞第二処理場(夏)	
汚水流入量	附図 7-1
流入下水水質	附図 7-2
エアレーションタンク内水質	附図 7-3, 4
返送汚泥水質	附図 7-5, 6
処理水水質	附図 7-7, 8
8. 多聞第三処理場	
汚水流入量	附図 8-1
流入下水水質	附図 8-2, 3
エアレーションタンク内水質	附図 8-4, 5
返送汚泥の水質	附図 8-6, 7
処理水水質	附図 8-8, 9
9. 野田処理場(冬)	
汚水流入量	附図 9-1
流入下水水質	附図 9-2
流入下水水質	附図 9-3, 4
最初沈殿池流出水水質	附図 9-5, 6
返送汚泥	附図 9-12
処理水水質	附図 9-7, 8, 9, 10
エアレーションタンク	附図 9-11
10. 野田処理場(夏)	
汚水流入量	附図 10-1
流入下水水質	附図 10-2, 3
最初沈殿池流出水水質	附図 10-4, 5
エアレーションタンク内水質	附図 10-6
返送汚泥水質	附図 10-7
処理水水質	附図 10-8, 9



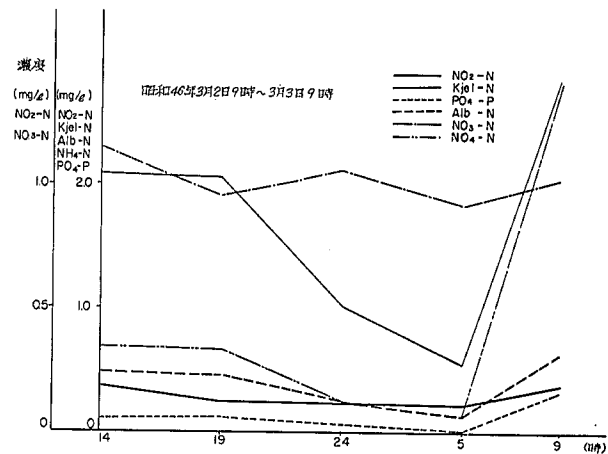
附図 1-1 名城処理場流入下水量



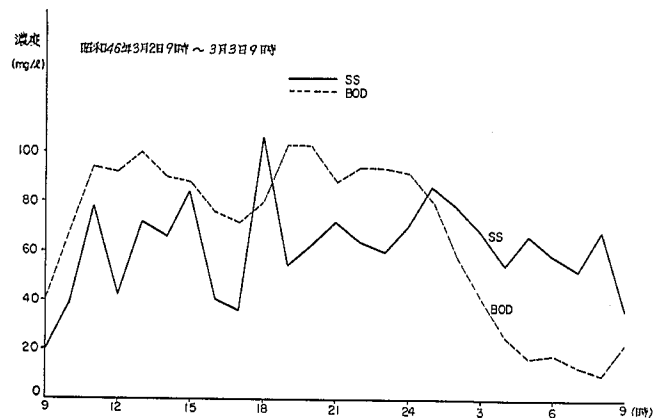
附図 1-2 名城処理場エアレーションタンク系列流入量



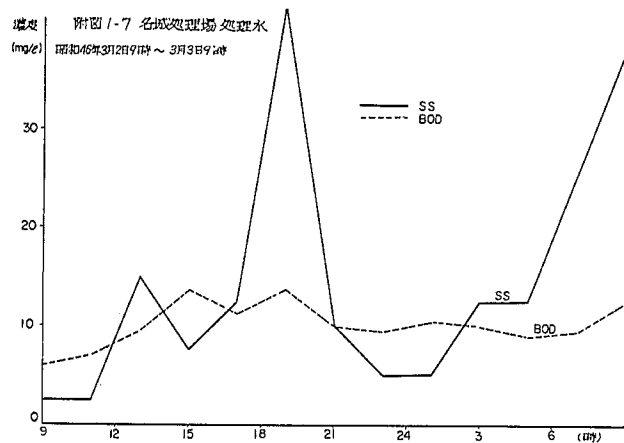
附図 1-3 名城処理場流入下水



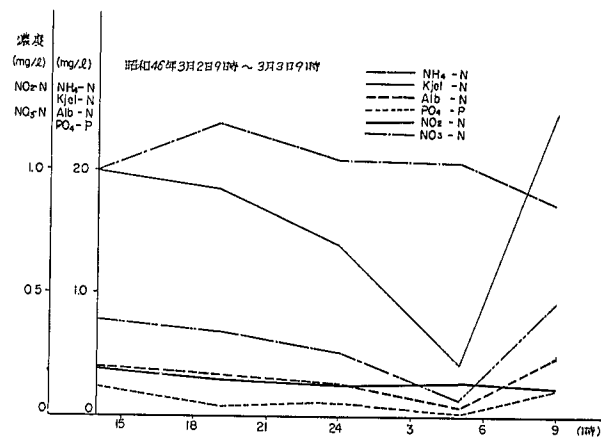
附図 1-4 名城処理場流入下水



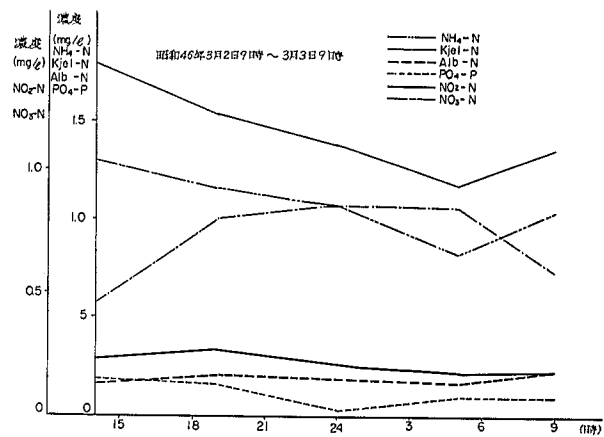
附图 1-5 名城処理場最初沈殿池流出水



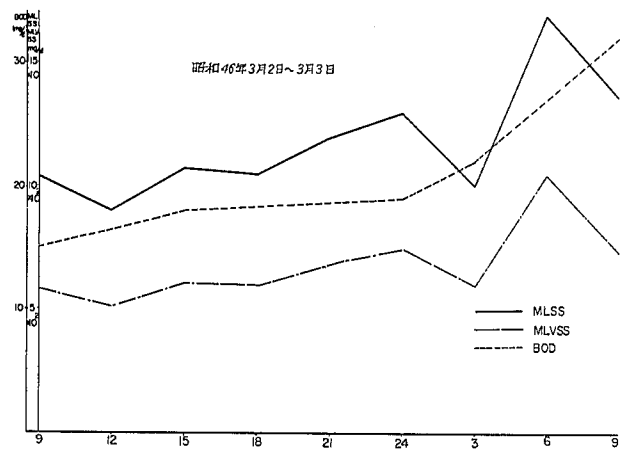
附图 1-7 名城処理場 処理水



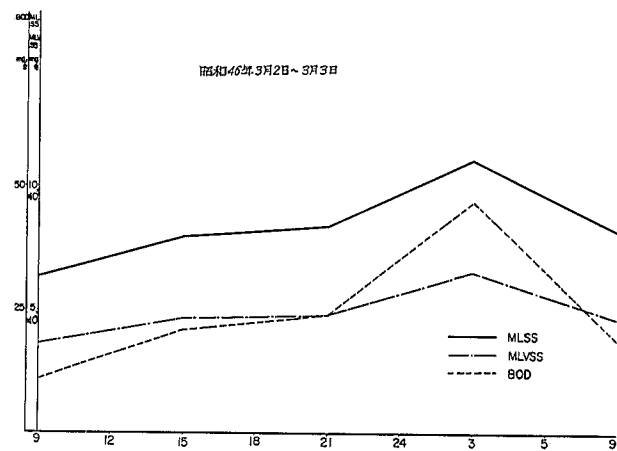
附图 1-6 名城処理場最初沈殿池流出水



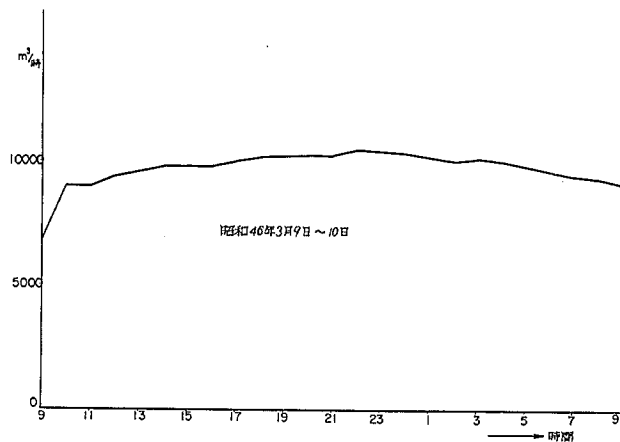
附图 1-8 名城処理場 処理水



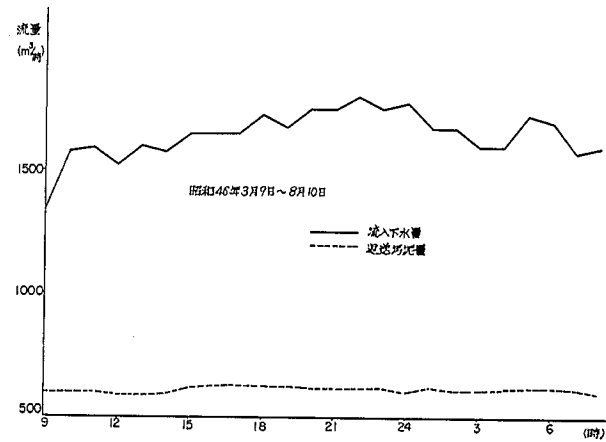
附図 1-9 名城処理場エアレーションタンク



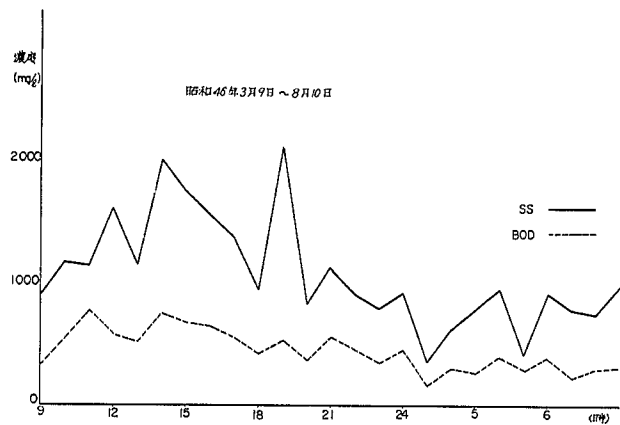
附図 1-10 名城処理場返送汚泥



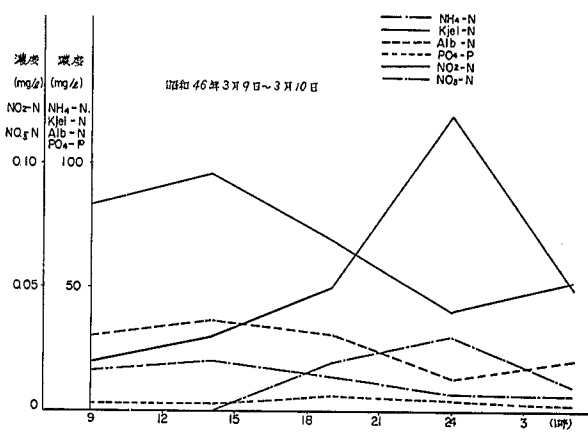
附図 2-1 岩塚処理場流入下水量



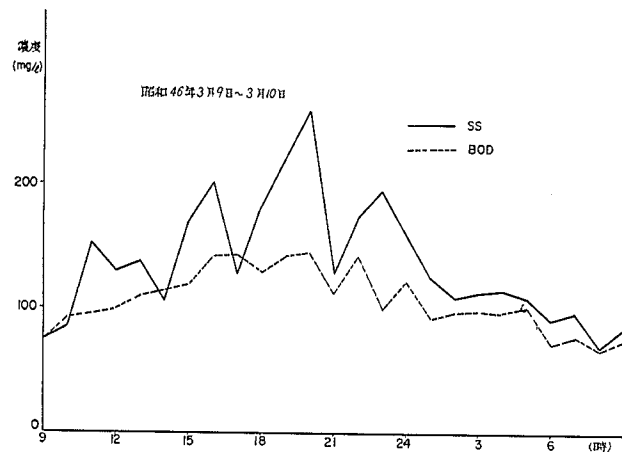
附図 2-2 岩塚処理場エアレーションタンク1系列流入量



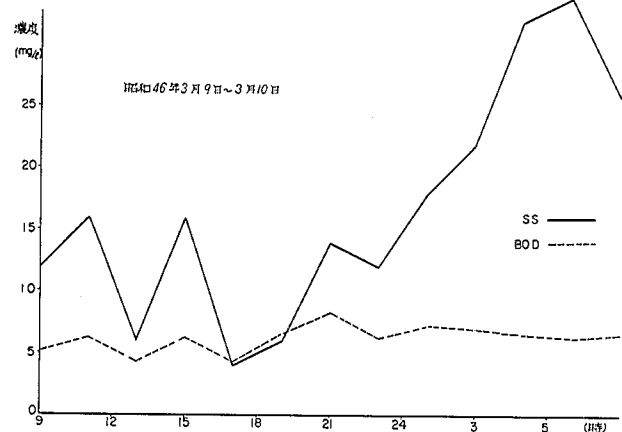
附図 2-3 岩塚処理場流入下水



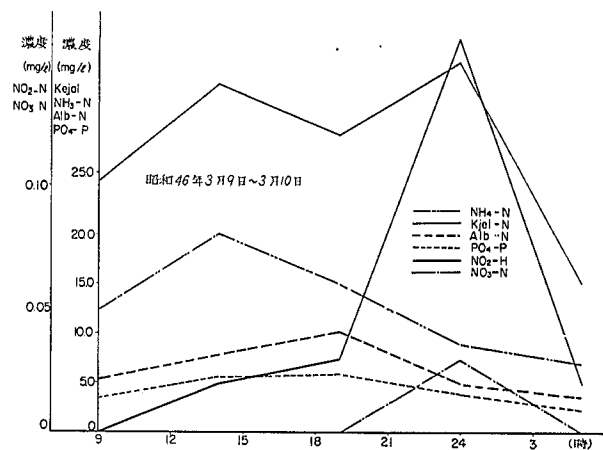
附図 2-4 岩塚処理場流入下水



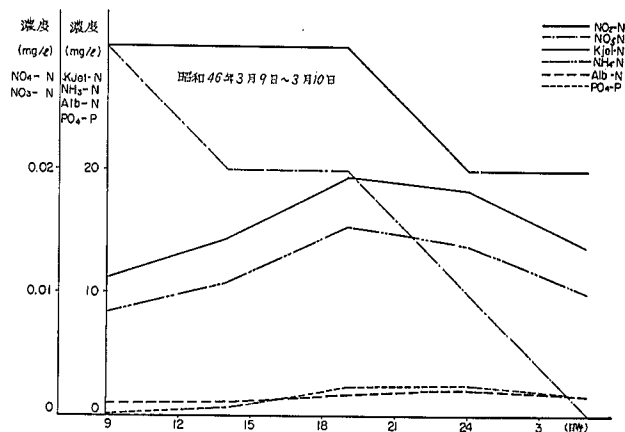
附图 2-5 岩塚処理場最初沈殿池流出水



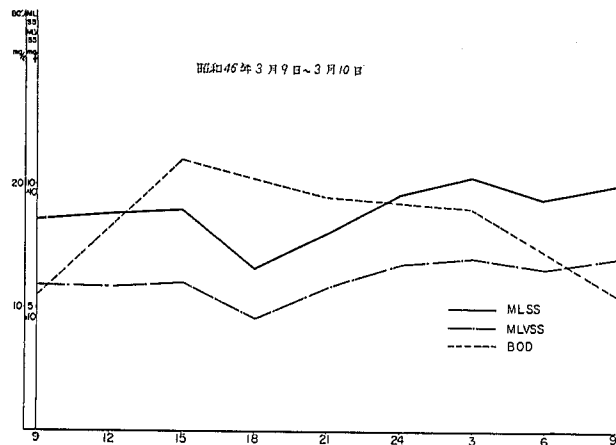
附图 2-7 岩塚処理場処理水



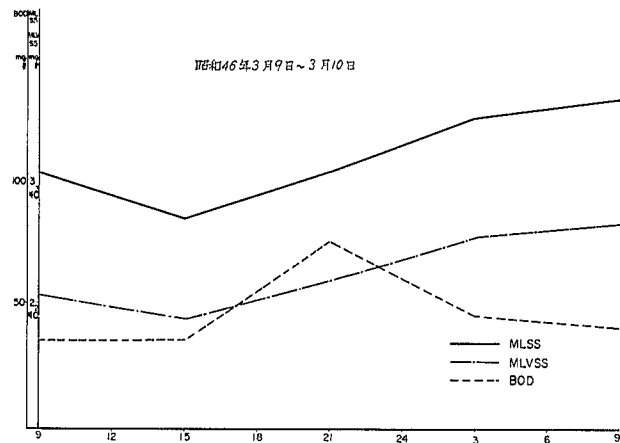
附图 2-6 岩塚処理場最初沈殿池流出水



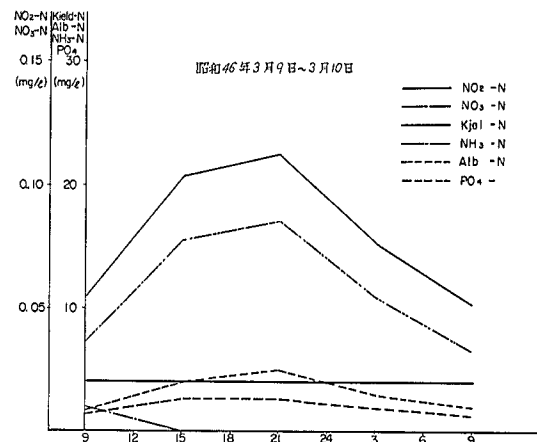
附图 2-8 岩塚処理場処理水



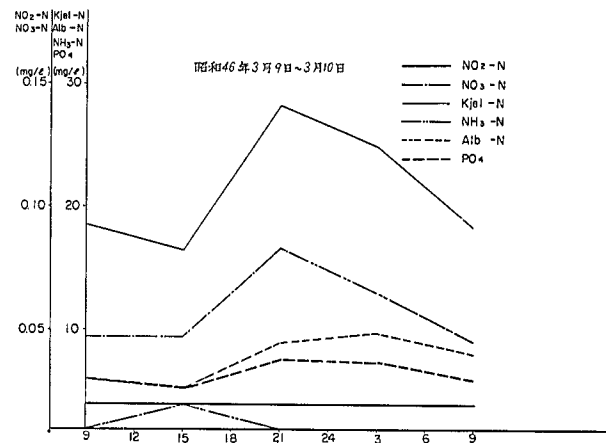
附図 2-9 岩塚処理場エアレーションタンク



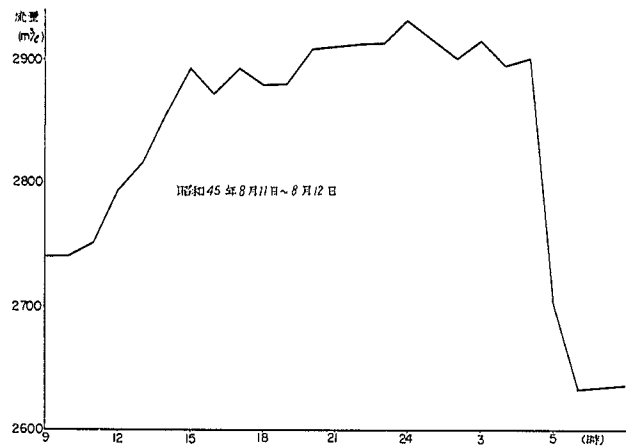
附図 2-11 岩塚処理場返送汚泥



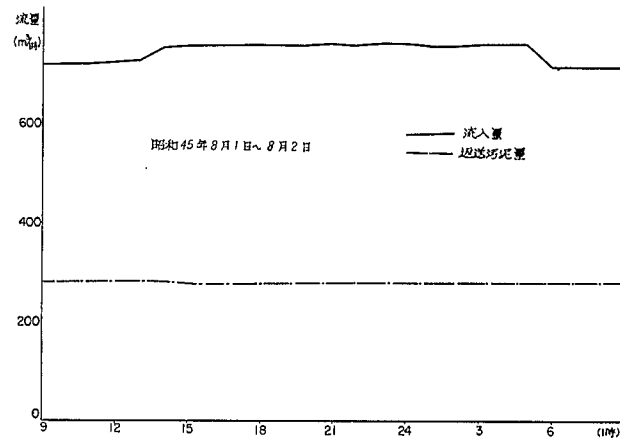
附図 2-10 岩塚処理場エアレーションタンク



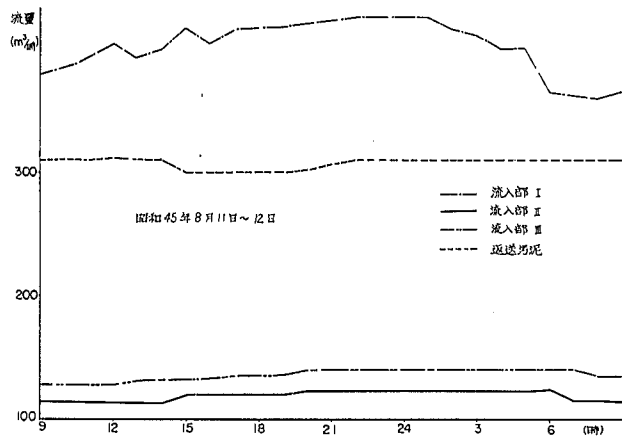
附図 2-12 岩塚処理場返送汚泥



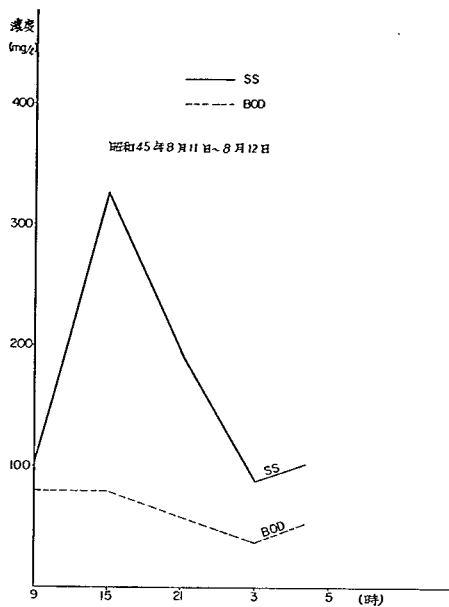
附図 3-1 伝馬町処理場流入下水量



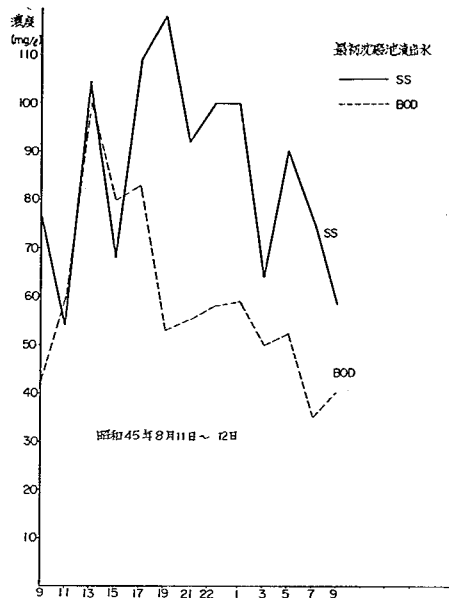
附図 3-2 伝馬町処理場標準法流入量



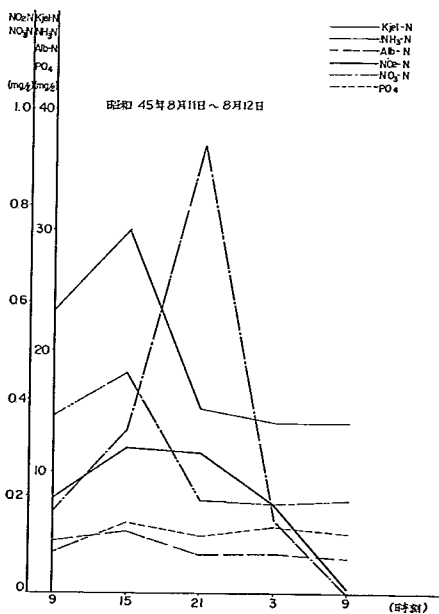
附図 3-3 伝馬町処理場ステップエアレーションタンク流入量



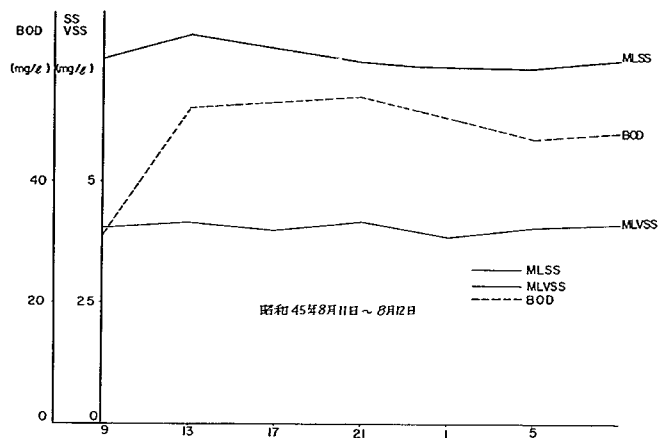
附図 3-4 伝馬町処理場流入下水



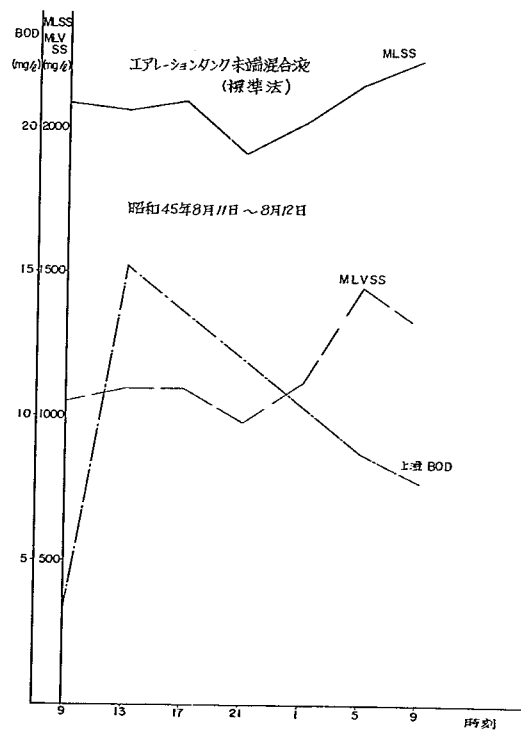
附図 3-5 伝馬町処理場最初沈殿池流出水



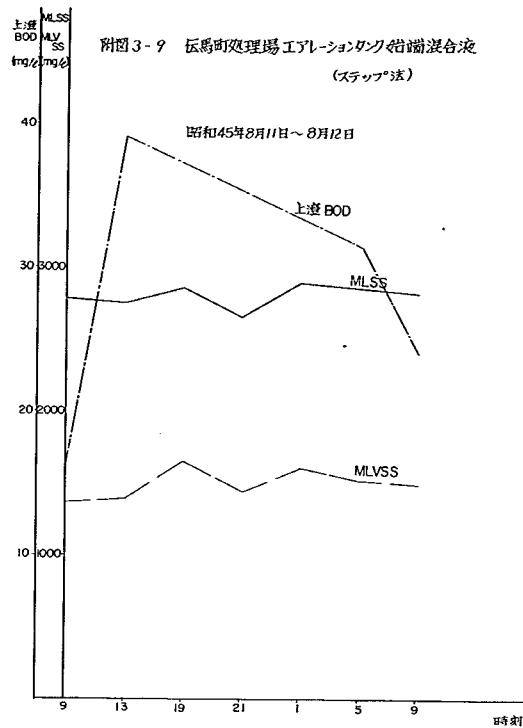
附図 3-6 伝馬町処理場最初沈殿池流出水



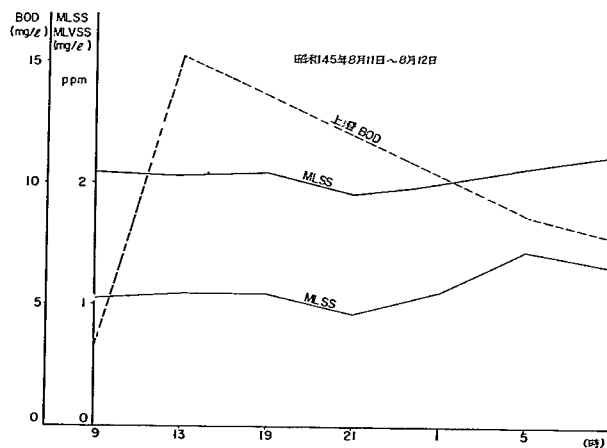
附図 3-7 伝馬町処理場エアレーションタンク混合液 (標準法)



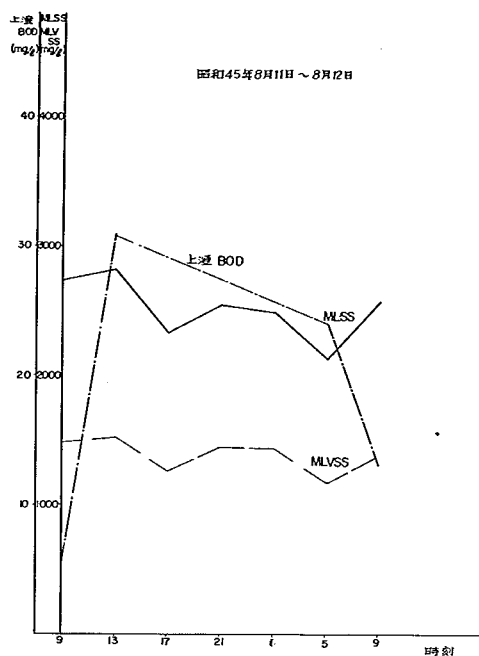
附図 3-8 伝馬町処理場エアレーションタンク末端混合液 (標準法)



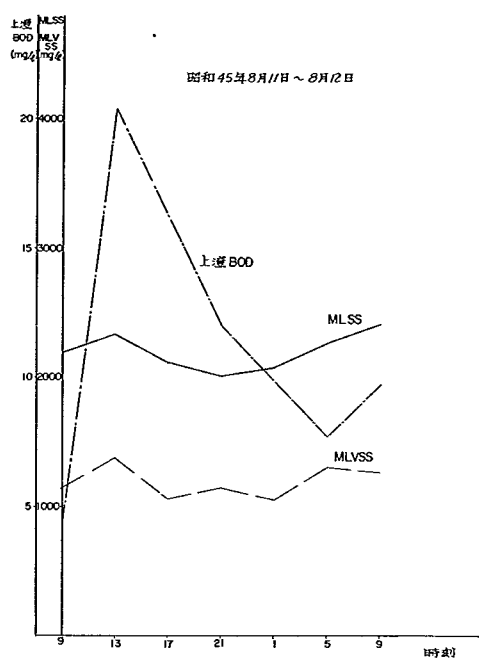
附図 3-9 伝馬町処理場エアレーションタンク始端混合液 (ステップ法)



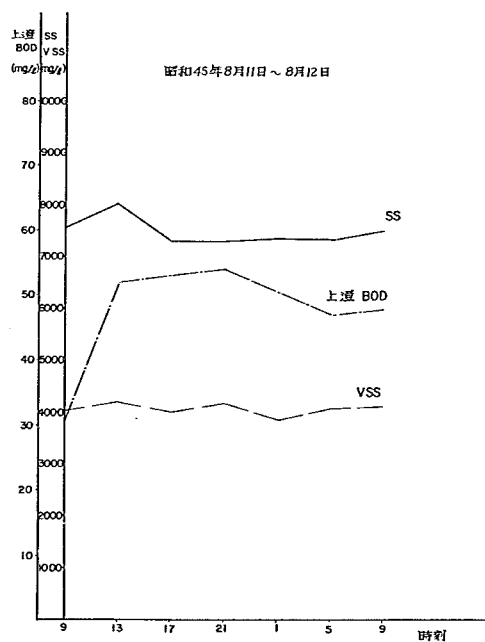
附図 3-10 伝馬町処理場エアレーションタンク混合液



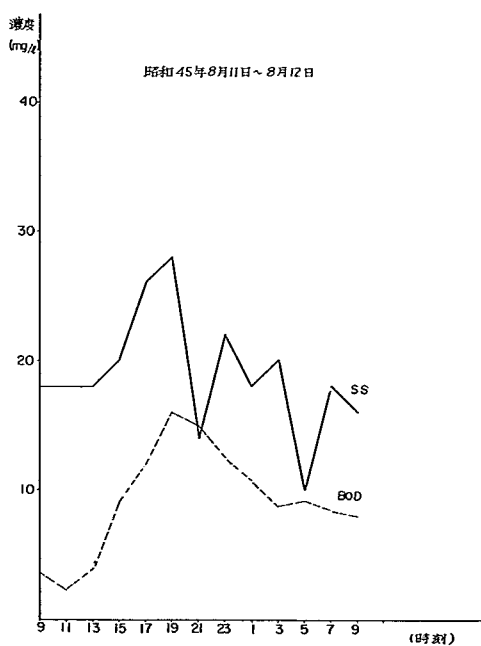
附図 3-11 伝馬町処理場エアレーション
タンク中間混合液(ステップ法)



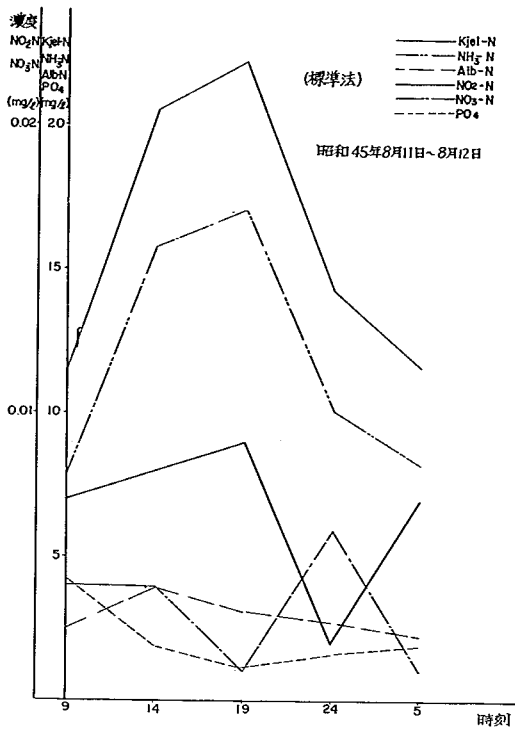
附図 3-12 伝馬町処理場エアレーション
タンク中間混合液(ステップ法)



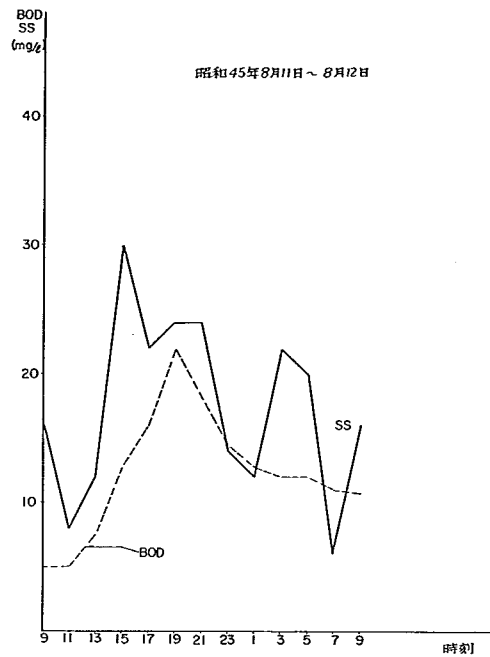
附図 3-13 伝馬町処理場返送汚泥



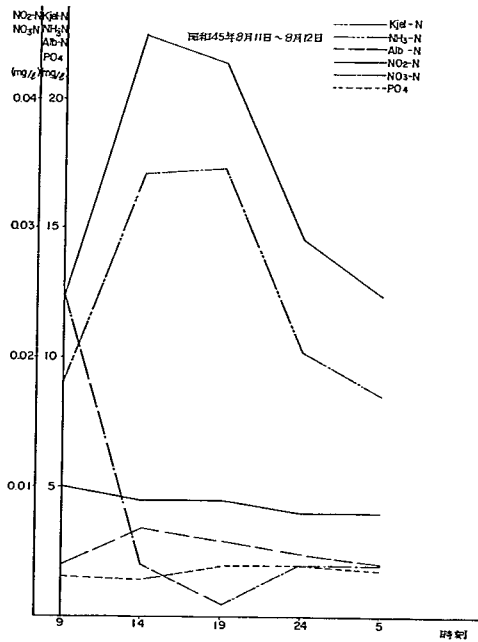
附図 3-14 伝馬町処理場処理水(標準法)



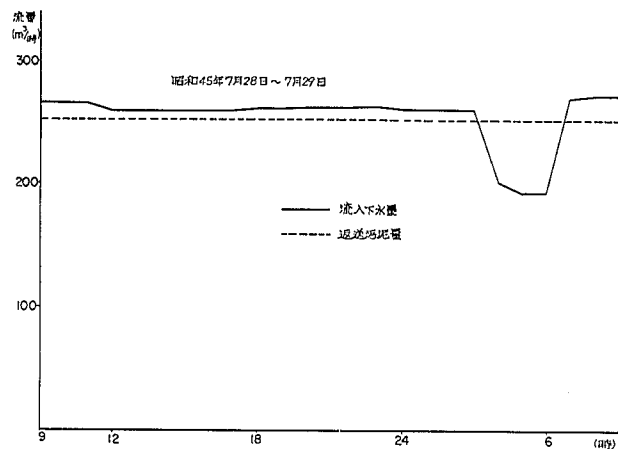
附図 3-15 伝馬町処理場処理水 (標準法)



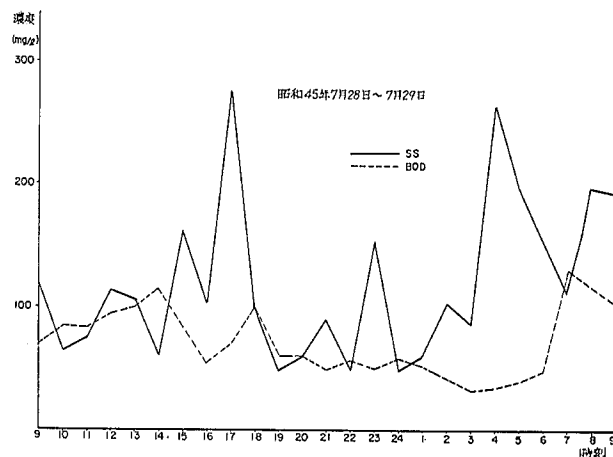
附図 3-16 伝馬町処理場エアレーション
タンク混合液 (ステップ法)



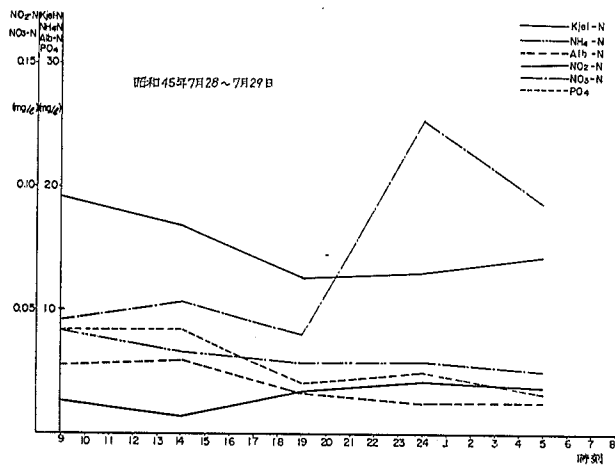
附図 3-17 伝馬町処理場放流水
(ステップ法)



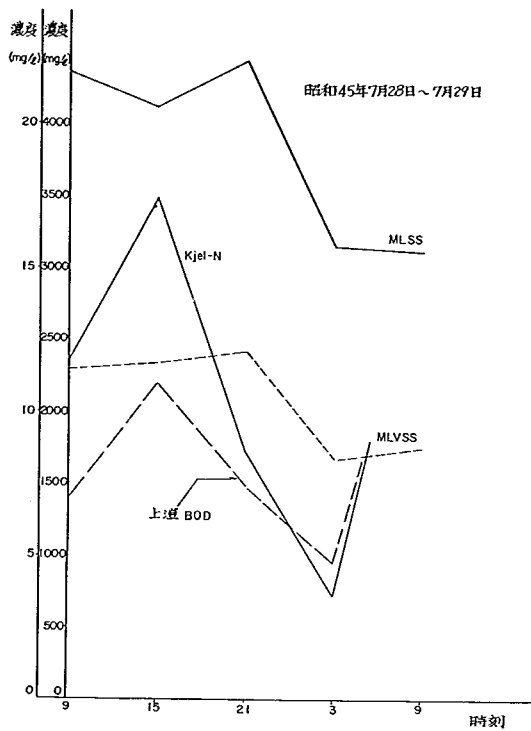
附图 4-1 下之一色处理场 流入下水量



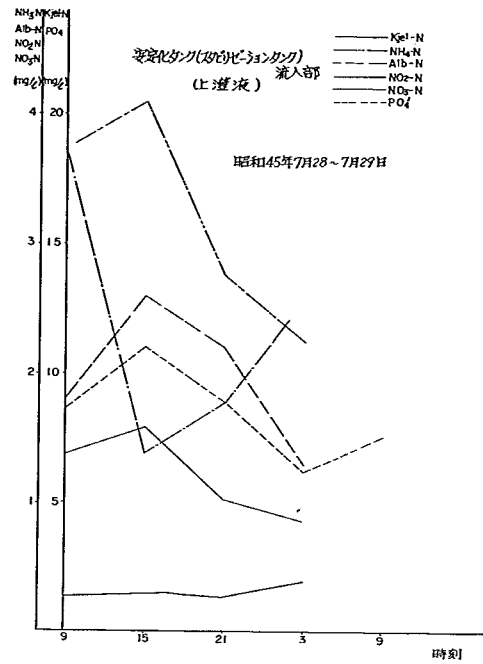
附图 4-2 下之一色处理场 流入下水量



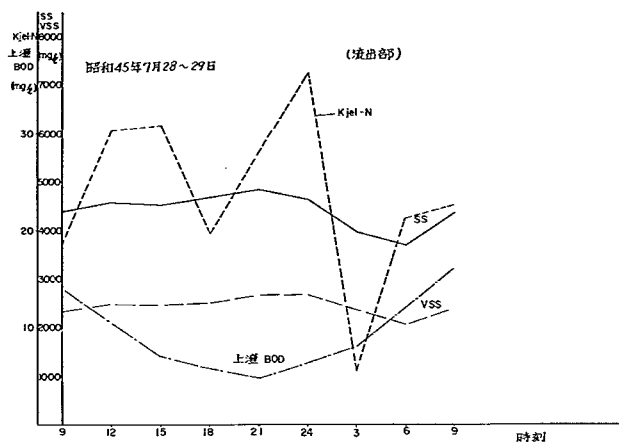
附图 4-3 下之一色处理场 流入下水量



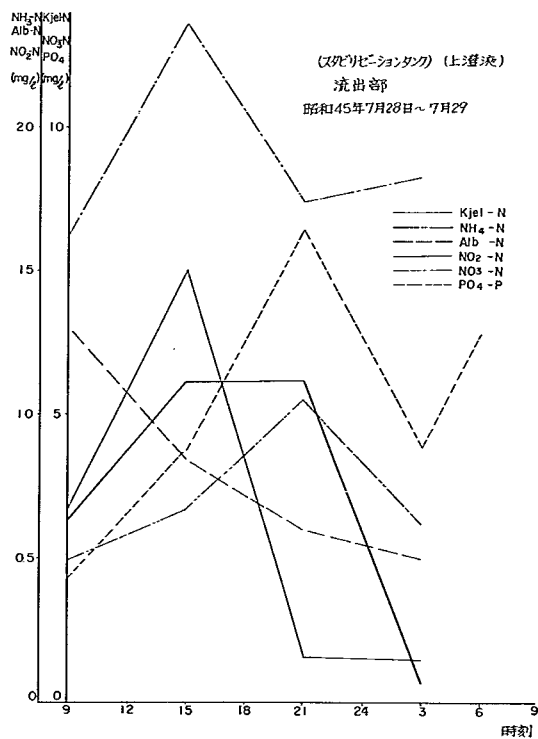
附図4-4 下之一色処理場 安定化タンク
(スタビリゼーションタンク流入部)



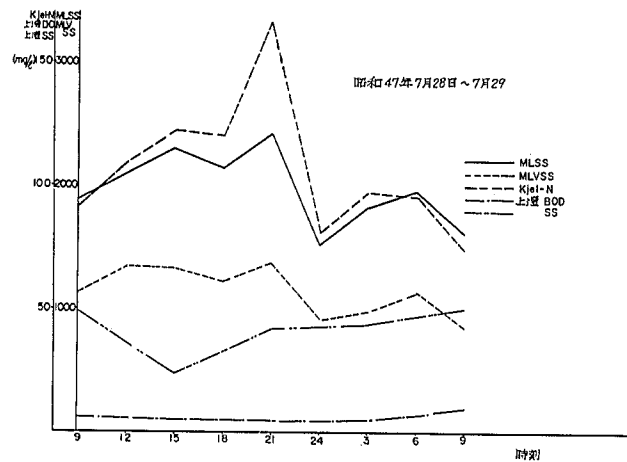
附図4-5 下之一色処理場 安定化タンク
(スタビリゼーションタンク流入部)



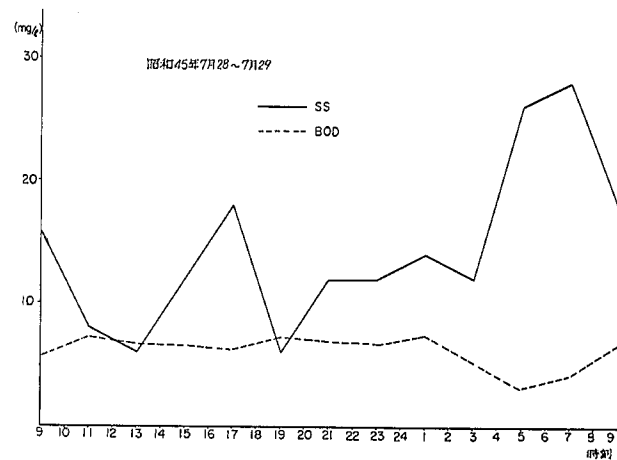
附図 4-6 下之一色処理場 安定化タンク (スタビリゼーションタンク流入部)



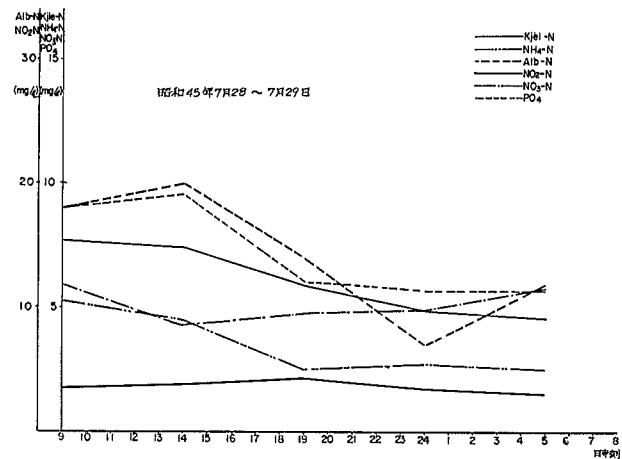
附図 4-7 下之一色処理場 安定化タンク (スタビリゼーションタンク流入部)



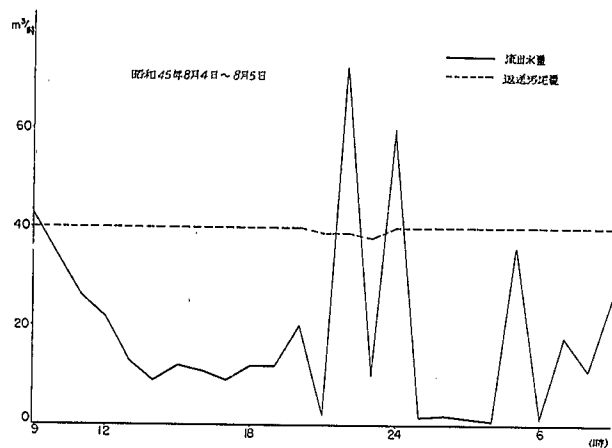
附図4-8 下之一色処理場 エアレーションタンク末端



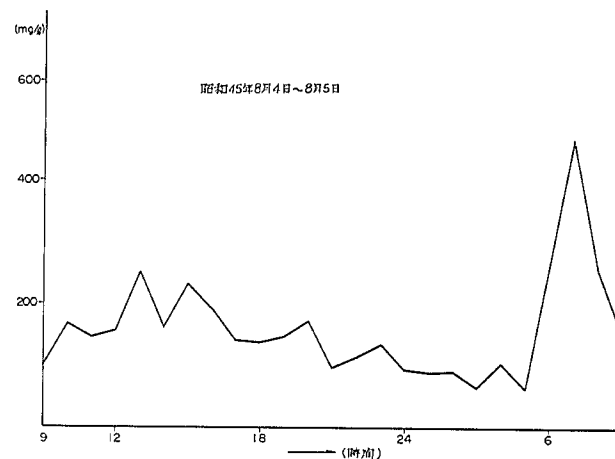
附図4-9 下之一色処理場 処理水



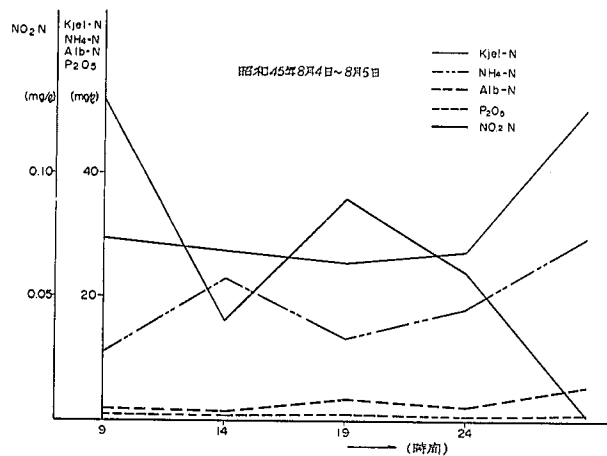
附図4-10 下之一色処理場 処理水



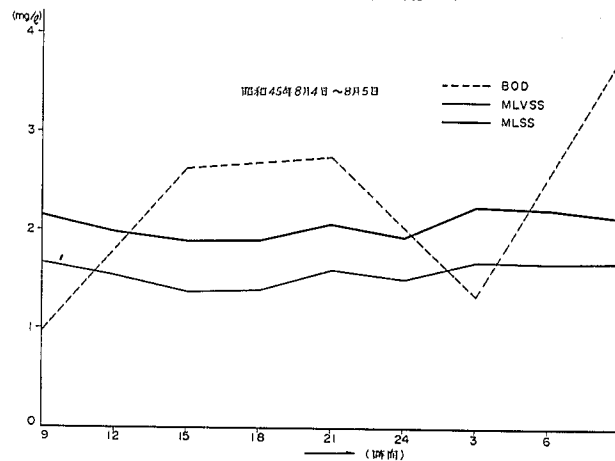
附図 5-1 多聞第一処理場 流入下水量



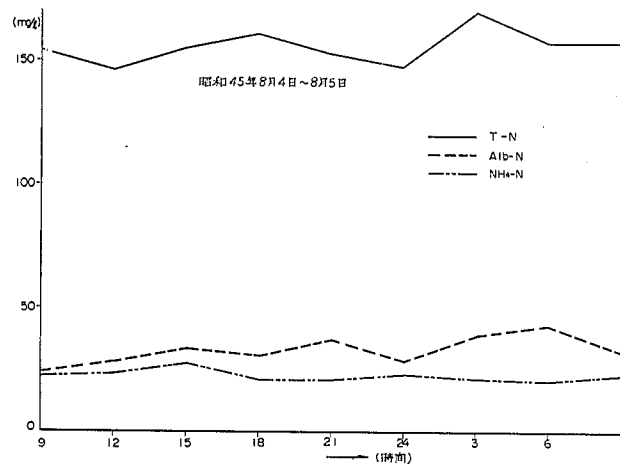
附図 5-2 多聞第一処理場 流入水のSS



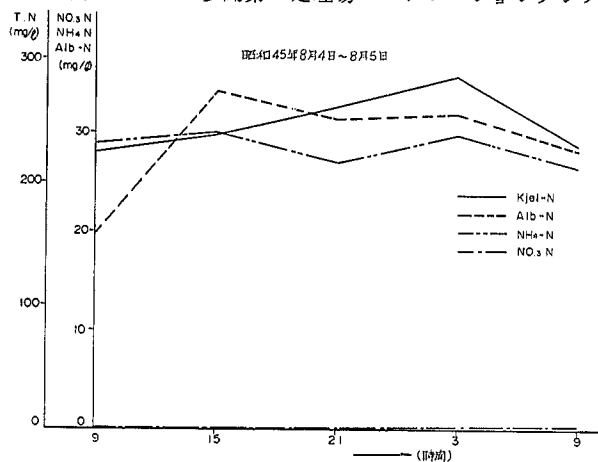
附図 5-3 多聞第一処理場 流入水



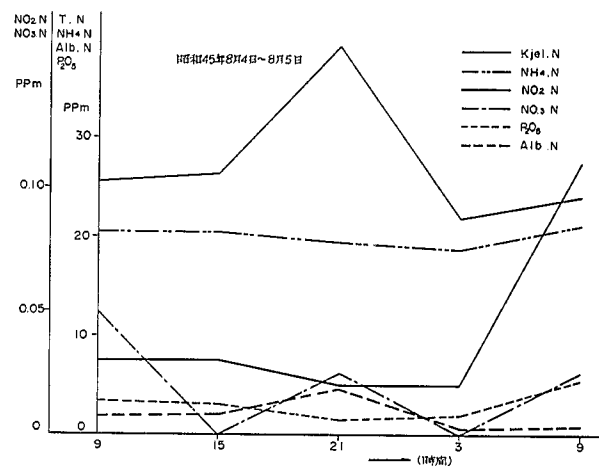
附図 5-4 多聞第一処理場 エアレーションタンク



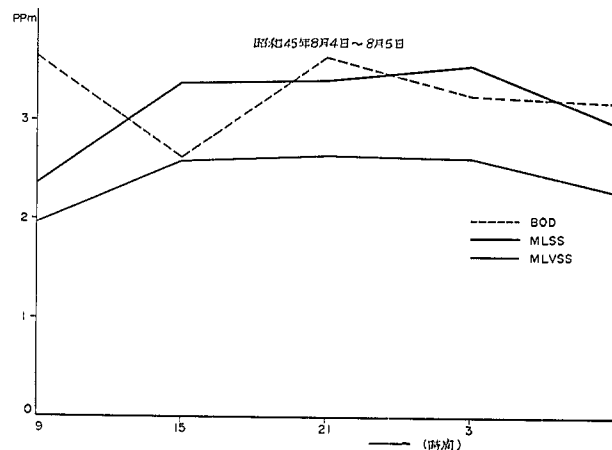
附図 5-5 多聞第一処理場 エアレーションタンク



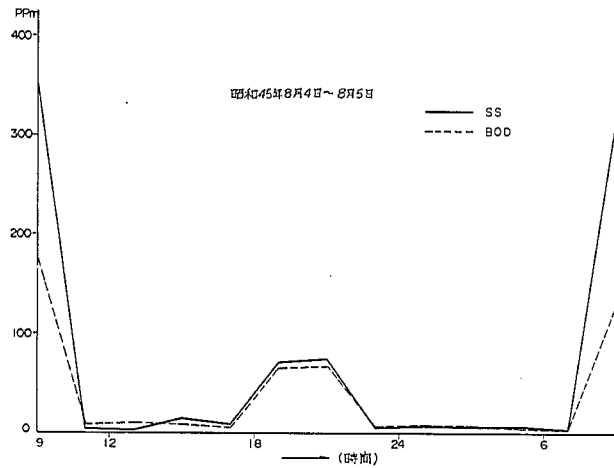
附図 5-7 多聞第一処理場 返送汚泥混合液



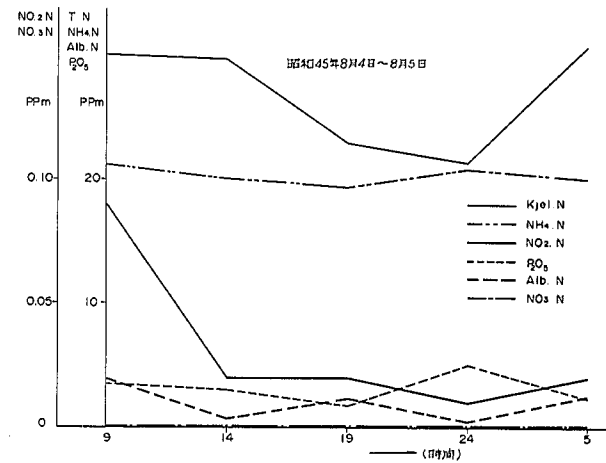
附図 5-6 多聞第一処理場 返送汚泥費



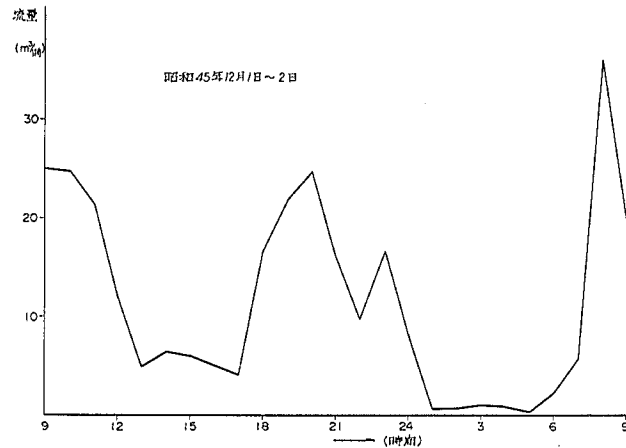
附図 5-8 多聞第一処理場 返送汚泥混合液



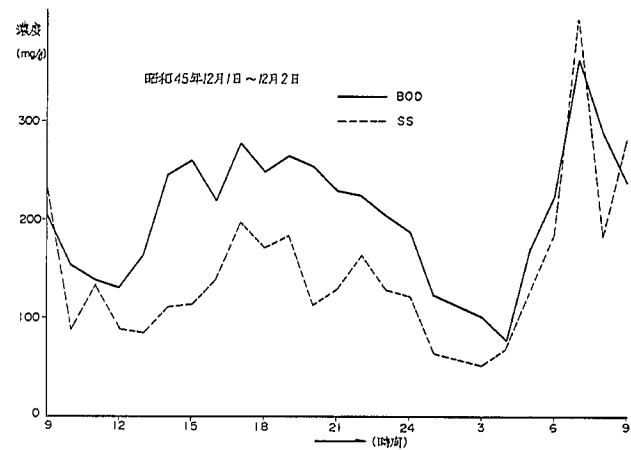
附图 5-9 多聞第一処理場 処理水



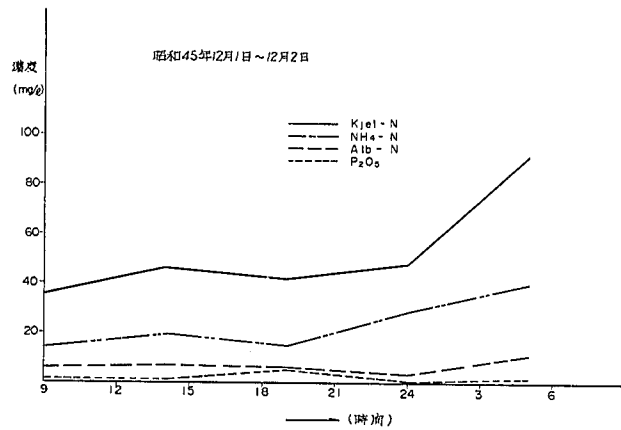
附图 5-10 多聞第一処理場 処理水



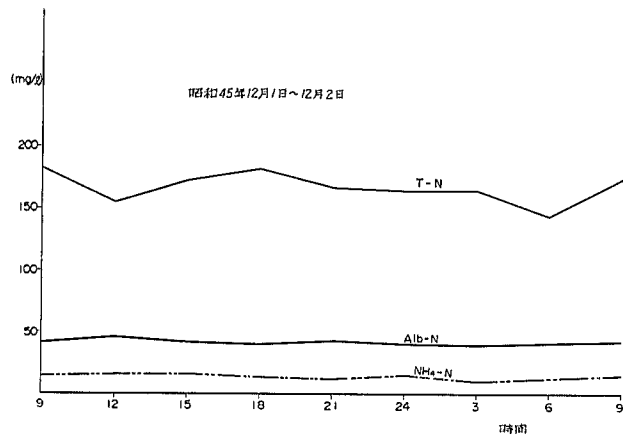
附图 6-1 多聞第一処理場 流入下水量



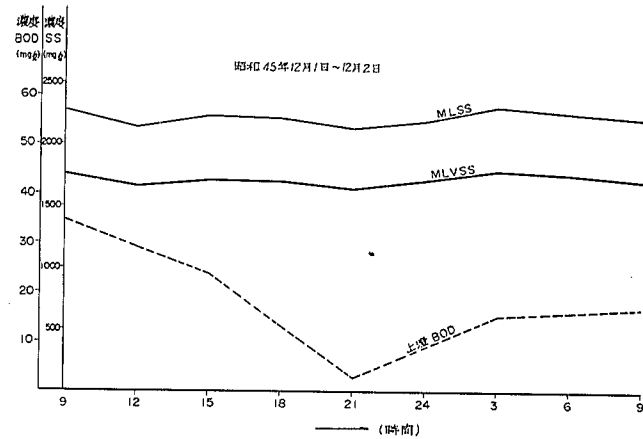
附图 6-2 多聞第一処理場 流入下水量



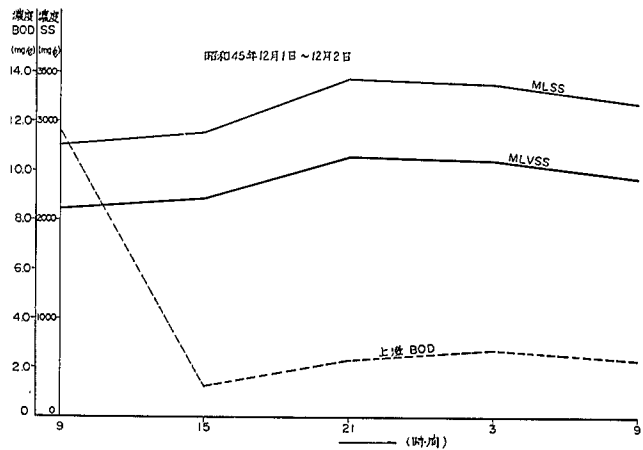
附図 6-3 多聞第一処理場 流入下水量



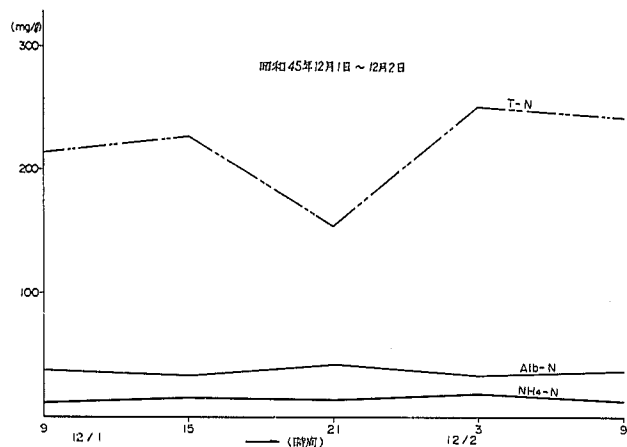
附図 6-5 多聞第一処理場 エアレーションタンク内の水質



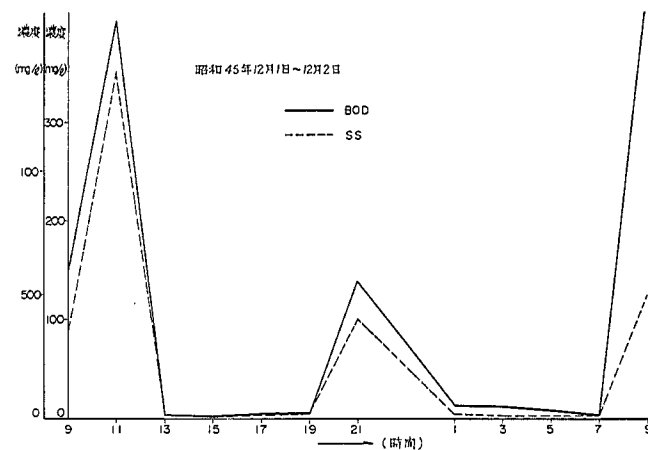
附図 6-4 多聞第一処理場 エアレーションタンク内の水質



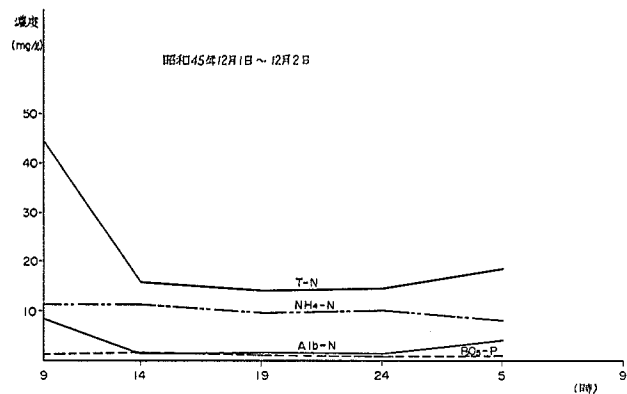
附図 6-6 多聞第一処理場 返送汚泥の水質



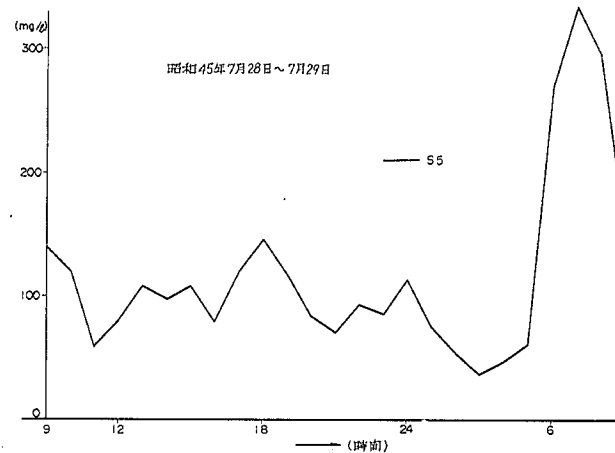
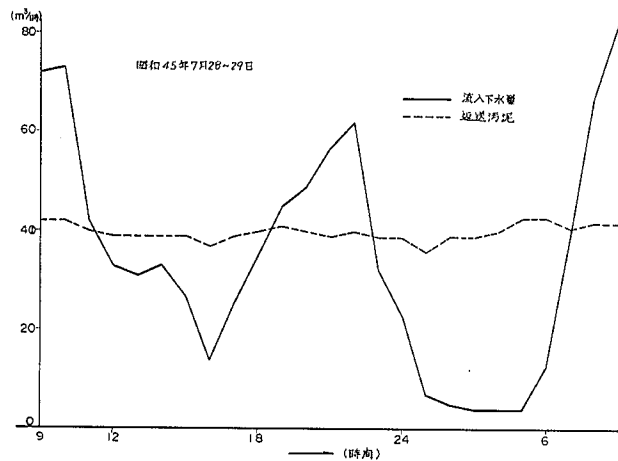
附図 6-7 多聞第一処理場 返送汚泥（混合液）の水質



附図 6-8 多聞第一処理場 処理水

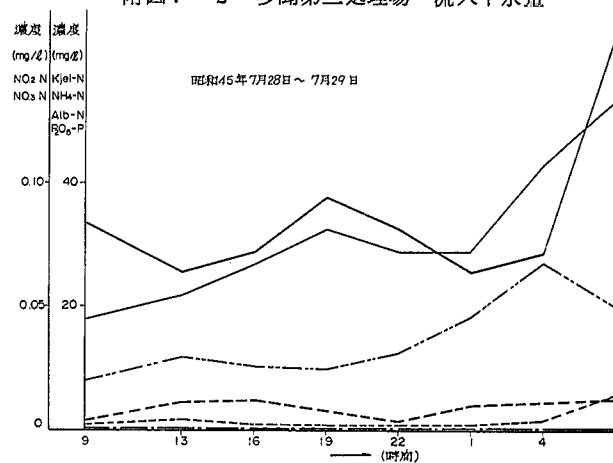
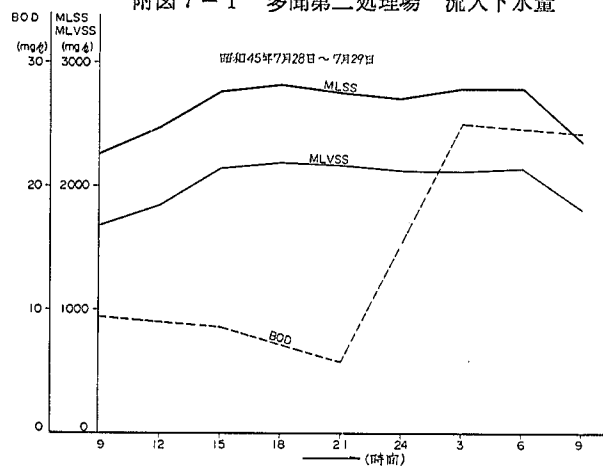


附図 6-9 多聞第一処理場 処理水



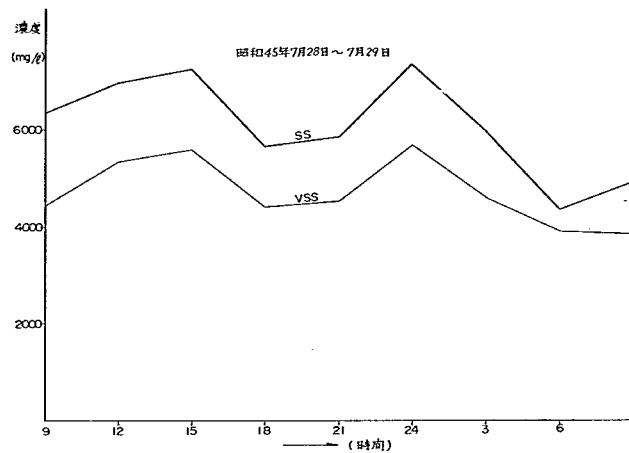
附図 7-1 多聞第二処理場 流入下水量

附図 7-2 多聞第二処理場 流入下水量

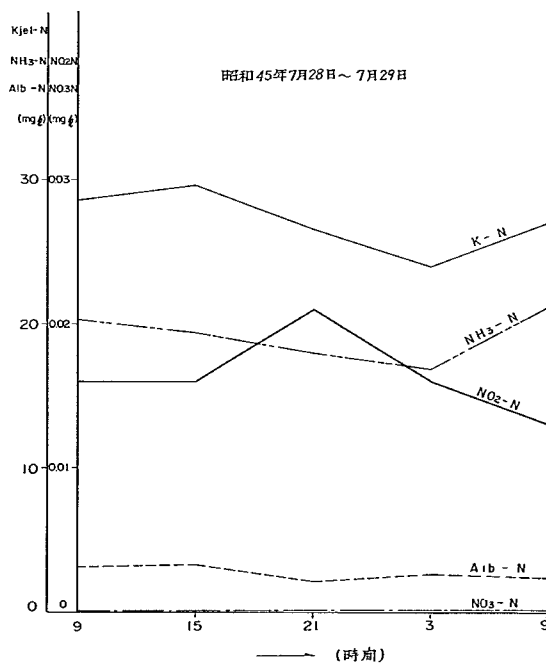


附図 7-3 多聞第二処理場 エアレーションタンク内

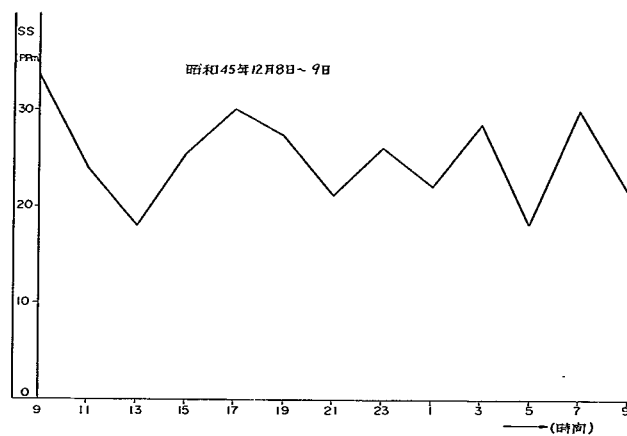
附図 7-4 多聞第二処理場 エアレーションタンク内



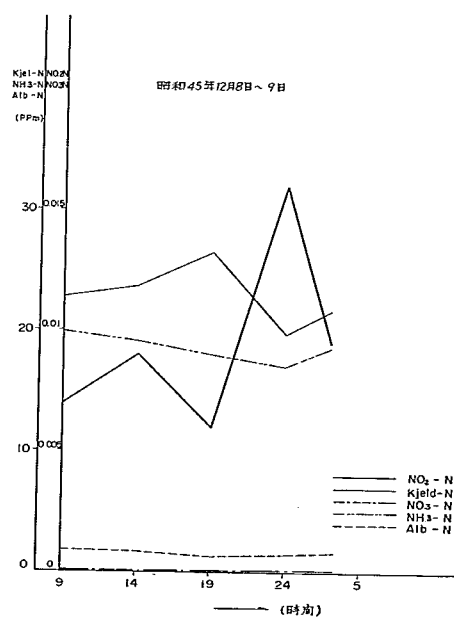
附図7-5 多聞第二処理場 返送汚泥



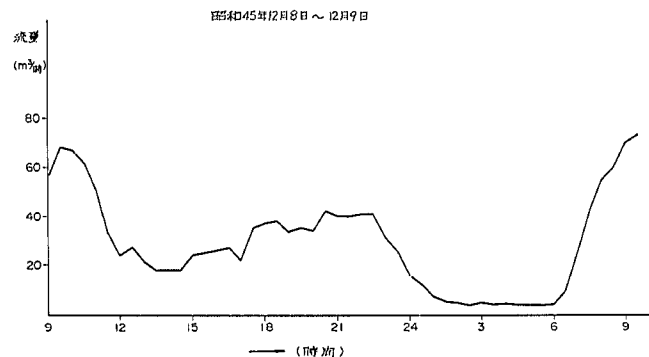
附図7-6 多聞第二処理場 返送汚泥



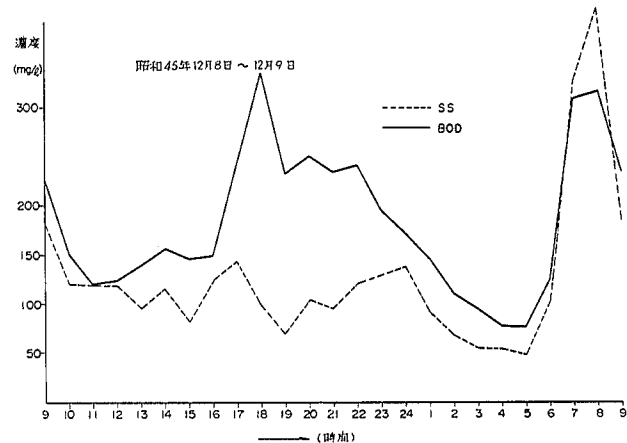
附図 7-7 多聞第二処理場 処理水



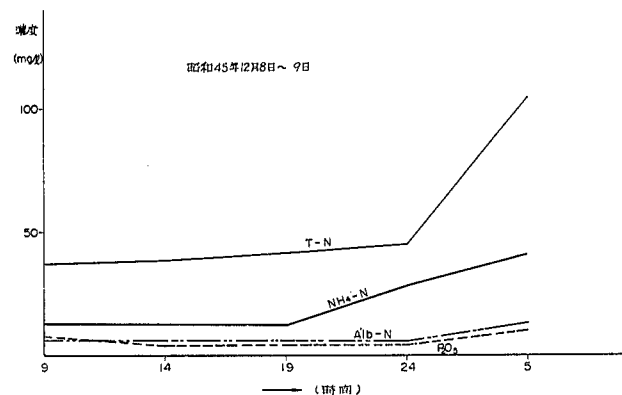
附図 7-8 多聞第二処理場 処理水



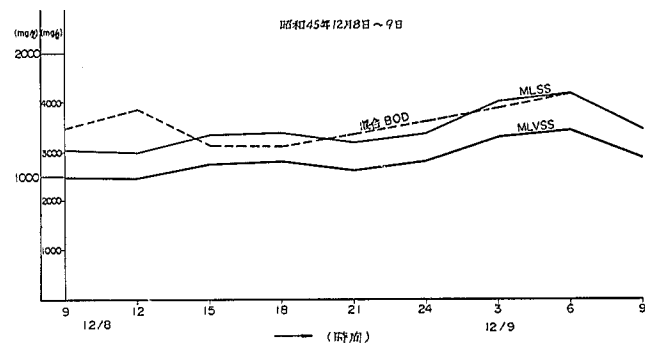
附図 8-1 多聞第二処理場 流入下水量



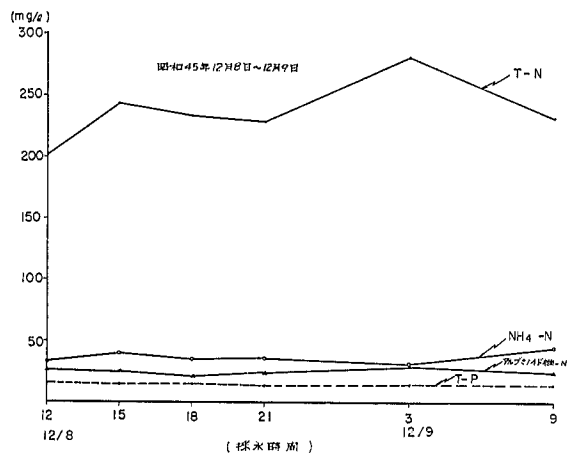
附図 8-2 多聞第二処理場 流入下水量



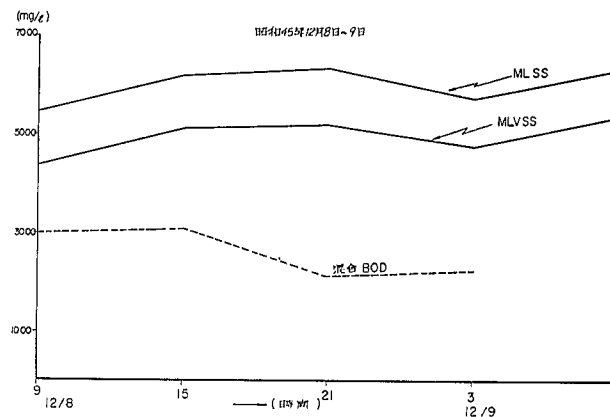
附図 8-3 多聞第二処理場 流入下水量



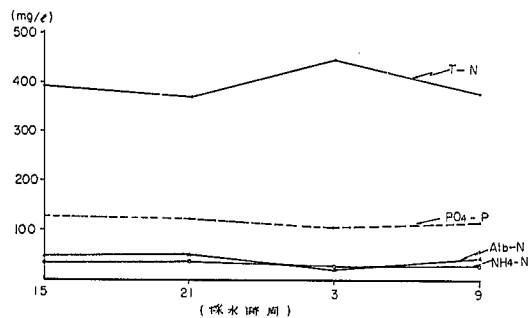
附図 8-4 多聞第二処理場 エアレーションタンク内の水質



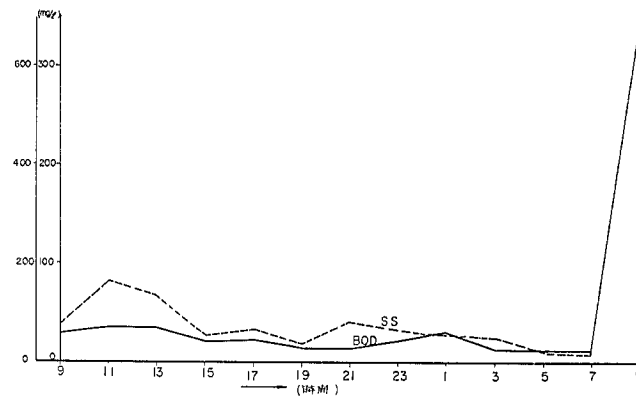
附図 8-5 多聞第二処理場 エアレーションタンク内の水質



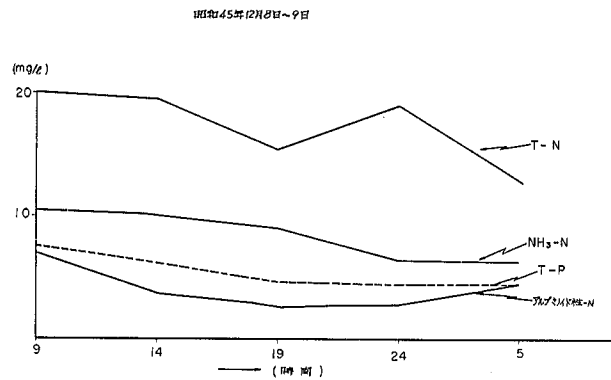
附図 8-6 多聞第二処理場 返送汚泥の水質



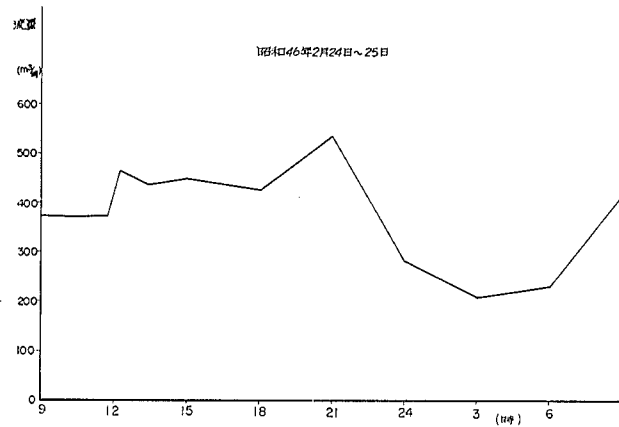
附図 8-7 多聞第二処理場 返送汚泥の水質



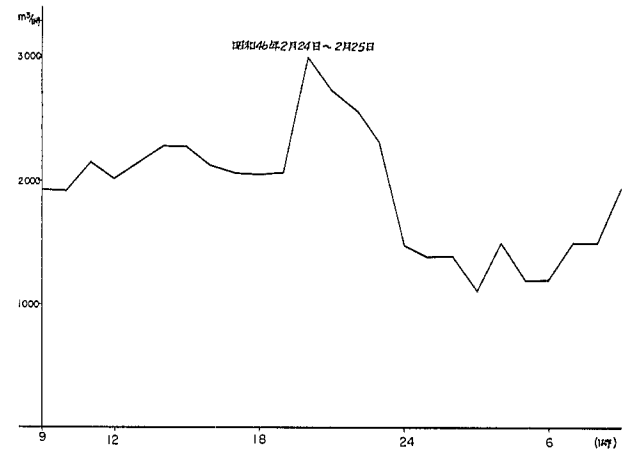
附図 8-8 多聞第二処理場 返送汚泥の水質



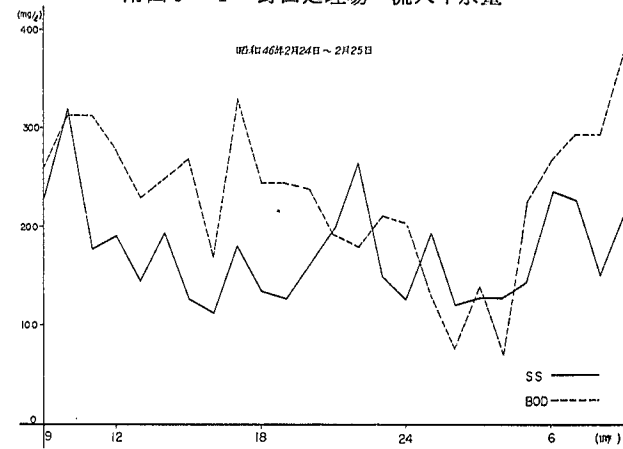
附図8-9 多聞第二処理場 処理水



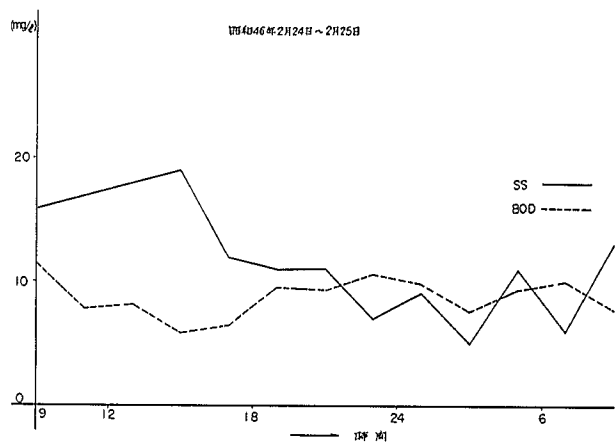
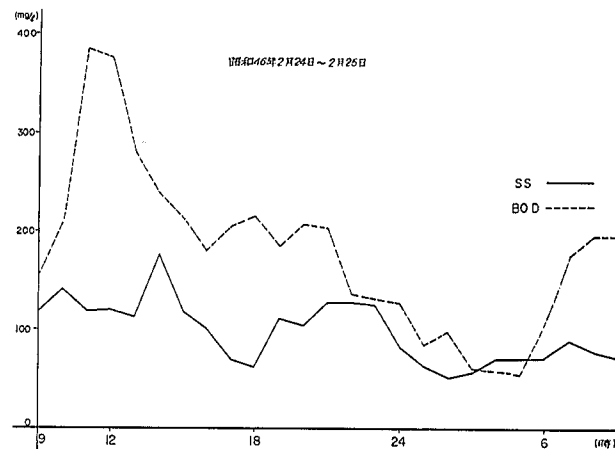
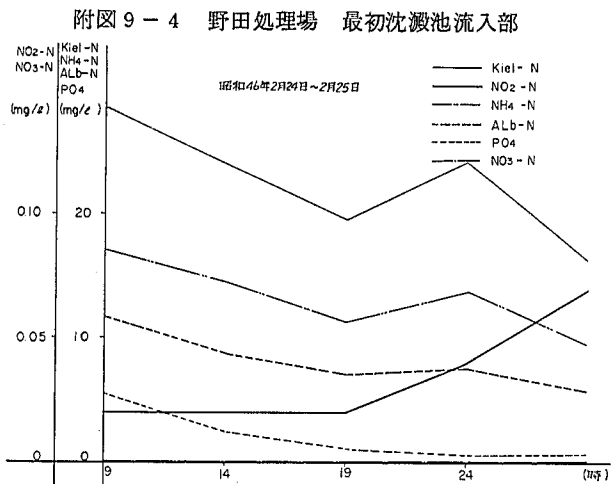
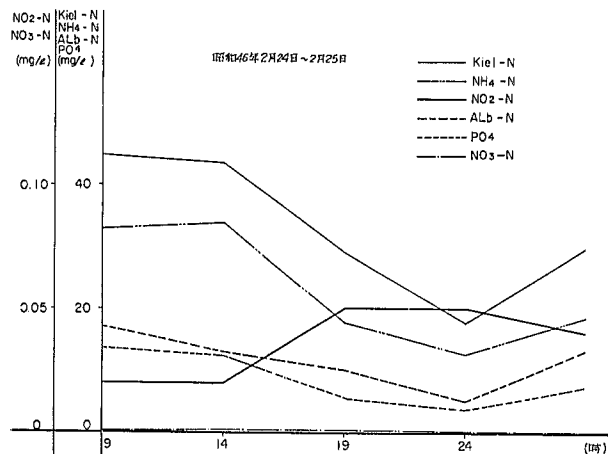
附図9-2 野田処理場 エアレーションタンク1系列流入量

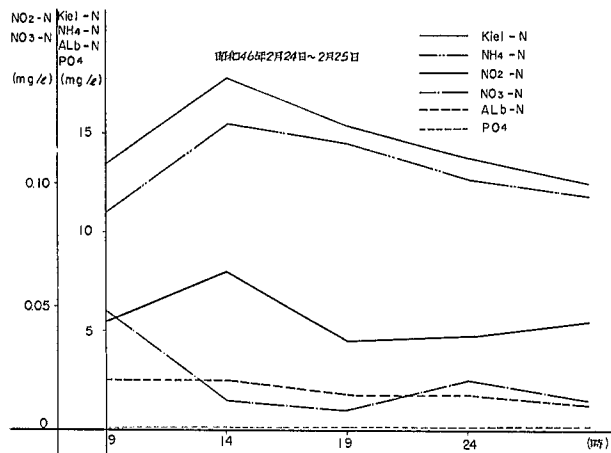


附図9-1 野田処理場 流入下水量

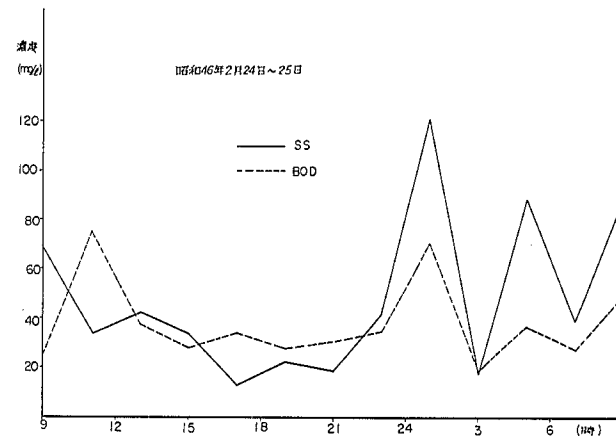


附図9-3 野田処理場 最初沈澱池流入部

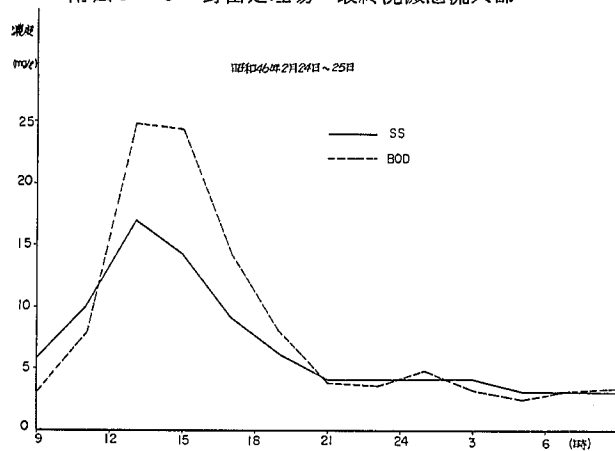




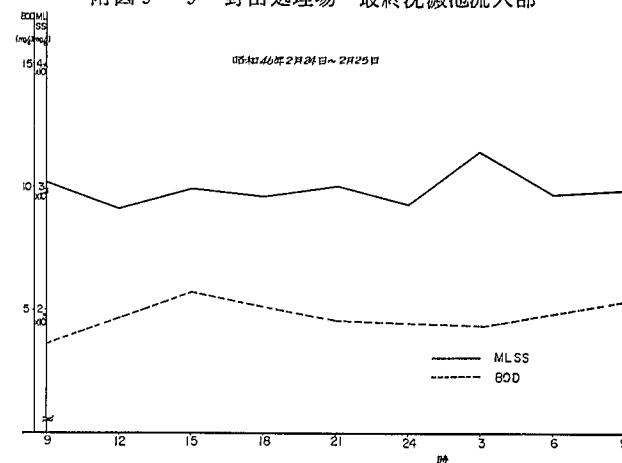
附図9-8 野田処理場 最終沈澱池流入部



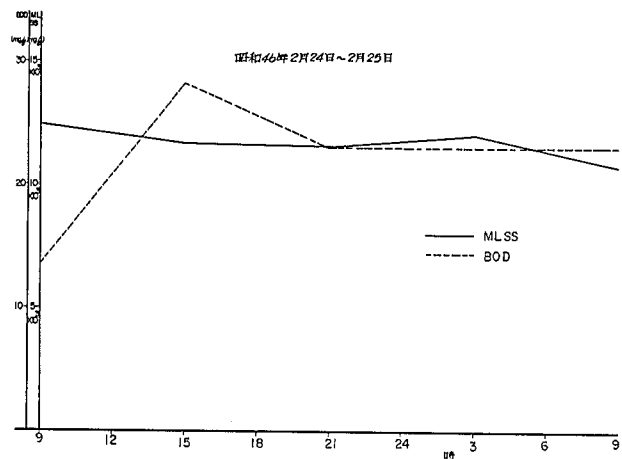
附図9-9 野田処理場 最終沈澱池流入部



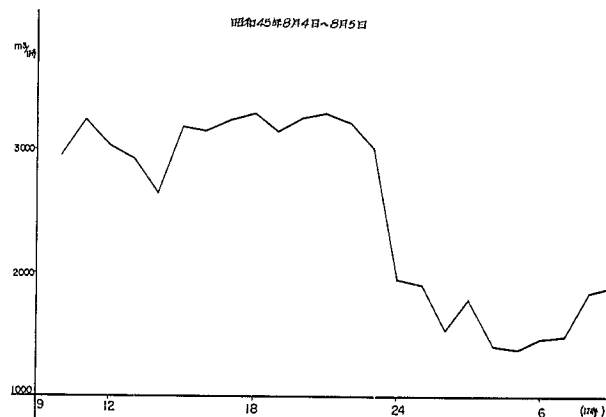
附図9-10 野田処理場 最終沈澱池流入部



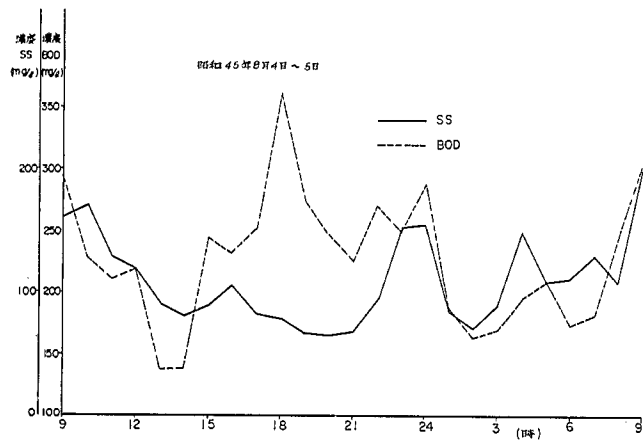
附図9-11 野田処理場 エアレーションタンク



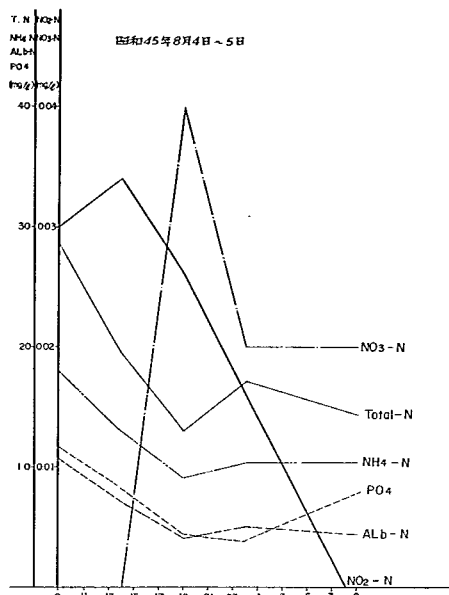
附図9-12 野田処理場 返送汚泥



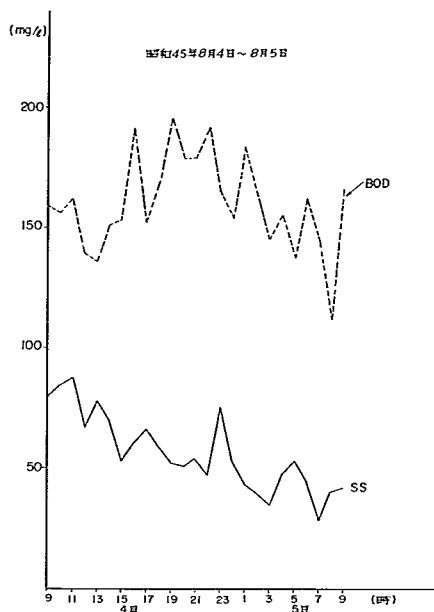
附図10-1 野田処理場 流入水量



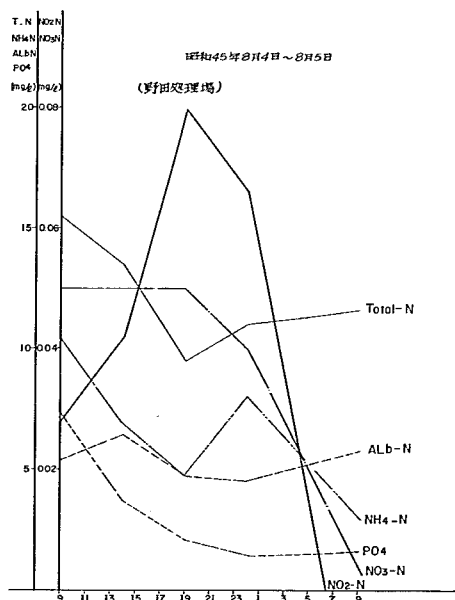
附図10-2 野田処理場 最初沈澱池流入水



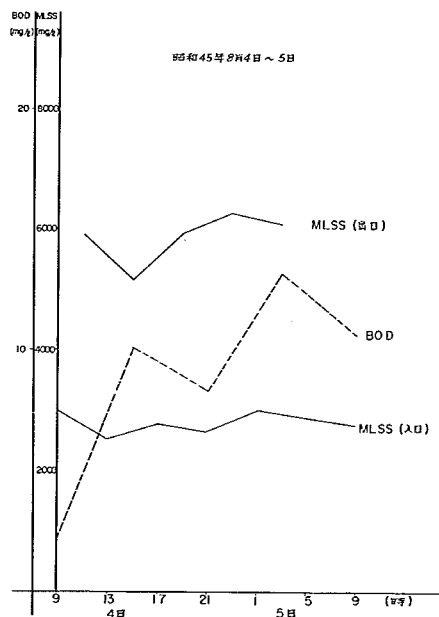
附図 10-3 野田処理場 最初沈澱池流入部
「下水」- 2



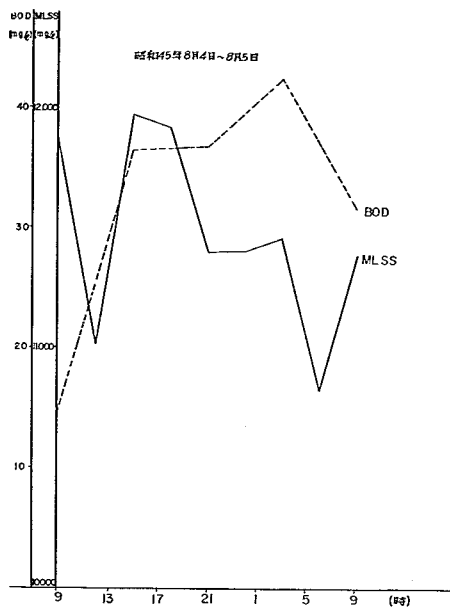
附図 10-4 野田処理場 最初沈澱池流入部
「下水」- 1



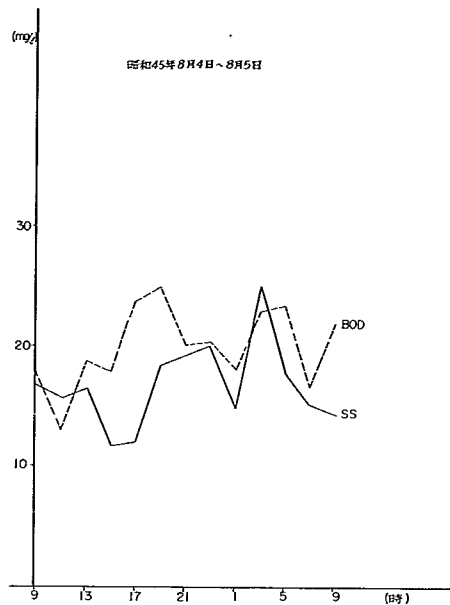
附図 10-5 野田処理場 最初沈澱池流入部
「下水」- 2



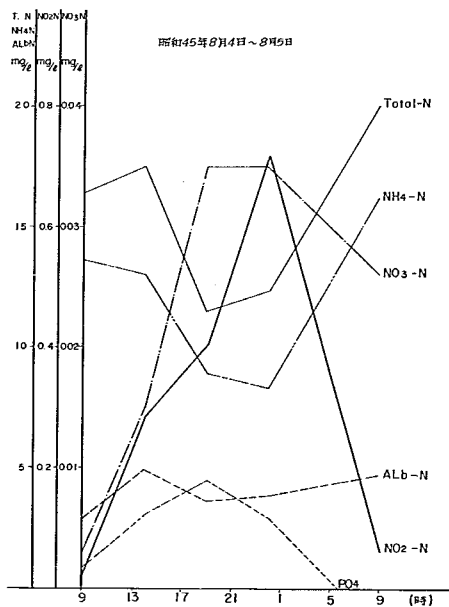
附図 10-6 野田処理場 エアレーション
ンク (ステップ法)



附図 10-7 野田処理場 返送汚泥



附図 10-8 野田処理場 最終沈澱池流出水 (処理水) - 1



附図 10-9 野田処理場 最終沈澱池流出水 (処理水) - 2