



# 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

# 目 次

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| § 1. はじめに .....                     | 1  |
| § 2. 調査を行なった処理場の概要 .....            | 3  |
| § 3. 流入下水の性質について .....              | 4  |
| 3-1 概 説 .....                       | 4  |
| 3-2 流入下水の人口当量について .....             | 4  |
| 3-3 流入下水の変動について .....               | 6  |
| 3-4 流入下水の BOD, SS, 窒素, リンについて ..... | 11 |
| § 4. 各施設の調査結果 .....                 | 14 |
| 4-1 前エアレーションタンクの調査 .....            | 14 |
| 4-1-1 概 説 .....                     | 14 |
| 4-1-2 調査を行なった施設の概要 .....            | 15 |
| 4-1-3 前エアレーションタンクの滞留時間に関する調査 .....  | 16 |
| 4-1-4 前エアレーションタンクの DO 濃度の調査 .....   | 17 |
| 4-1-5 最初沈殿池の DO 消費 .....            | 18 |
| 4-1-6 SS および BOD 除去に対する効果 .....     | 18 |
| 4-1-7 前エアレーションタンクの建設費 .....         | 20 |
| 4-1-8 前エアレーションタンクの調査結果のまとめ .....    | 22 |
| 4-2 最初沈殿池の調査 .....                  | 23 |
| 4-2-1 概 説 .....                     | 23 |
| 4-2-2 調査を行なった施設の概要 .....            | 24 |
| 4-2-3 水面積負荷率, 沈殿時間と除去率の関係 .....     | 24 |
| 4-2-4 最初沈殿池内の流れに関する調査 .....         | 27 |
| 4-2-5 最初の沈殿池における窒素, リンの除去 .....     | 35 |
| 4-2-6 最初沈殿池の調査結果のまとめ .....          | 35 |
| 4-3 活性汚泥法の調査 .....                  | 36 |
| 4-3-1 概 説 .....                     | 36 |
| 4-3-2 調査を行なった施設の概要 .....            | 38 |
| 4-3-3 活性泥処理施設の調査方法 .....            | 38 |

|        |                                       |     |
|--------|---------------------------------------|-----|
| 4-3-4  | エアレーションタンクの操作条件と日平均BOD除去率との関係 .....   | 41  |
| 4-3-5  | エアレーションタンク内の流下に伴う下水の変化について .....      | 42  |
| 4-3-6  | 返送汚泥について .....                        | 56  |
| 4-3-7  | 活性汚泥の活性度について .....                    | 61  |
| 4-3-8  | エアレーションタンク内のDO分布について .....            | 76  |
| 4-3-9  | エアレーションタンクの総括酸素移動係数 $KL_a$ について ..... | 81  |
| 4-3-10 | 活性汚泥法における窒素およびリンの除去について .....         | 83  |
| 4-3-11 | 活性汚泥法の調査結果のまとめ .....                  | 89  |
| 4-4    | 高速散水戸床法の調査 .....                      | 91  |
| 4-4-1  | 概 説 .....                             | 91  |
| 4-4-2  | 調査を行なった施設の概要 .....                    | 92  |
| 4-4-3  | 散水負荷率ならびにBOD負荷とBOD除去の関係 .....         | 92  |
| 4-4-4  | 散水戸床の滞留時間 .....                       | 94  |
| 4-4-5  | 戸床付着生物に関する調査結果 .....                  | 97  |
| 4-4-6  | 散水戸床法における窒素、リンの除去について .....           | 101 |
| 4-4-7  | 散水戸床法における大腸菌群の除去について .....            | 103 |
| 4-4-8  | 散水戸床法の調査結果のまとめ .....                  | 104 |
| 5.     | おわりに .....                            | 106 |
| 6.     | 付 表 .....                             | 107 |
| 7.     | 付 図 .....                             | 111 |

## § 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規準が適用され、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、事業量は、急激に増加している。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の配布をうけて、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済である。

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かなり、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の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も、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、土木研究使では、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。

本年度は、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、詳細な調査を行なった。調査は、実際施設を対象とするという性格上各種条件の設定あるいは、制御の困難さなどから、調査結果には完全には現象を捉ええない点、不十分な点も多いが、一応所期の目的は、達し得たと考えている。本調査は、昭和46年度まで3年間にわたって実施する予定である。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得るものではないが本調査が、下水処理場の合理的な計画・設計を行なう上での一助になれば幸いである。

なお、ここで調査に協力していただいた、名古屋市水道局下水部の関係各位に、深く感謝の意を表する次第である。

## § 2. 調査を行なった下水処理場の概要

調査を行なった下水処理場は、名古屋市内の6ヶ所の下水処理場である。

調査の性格上、維持管理が比較的良好に行なわれており、しかも、できるだけ各施設の流量その他の制御および測定が行ない易いものが望ましいが、本年度調査を行なった各処理場は、比較的良好にこの条件を満足しているものである。

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。なお、各単位処理施設ごとの詳細については、§4の調査結果の項で示してある。

これらのうち、西山および下之一色下水処理場は、小規模処理場の範疇に入るものでありその他の各処理場は、工場排水が混入する（量、業種の詳細については不明）、一般的な中ないし大規模処理場である。

表2-1 調査を行なった下水処理場の概要

| 項 目 \ 処理場名              | 名 域                      | 伝 馬 町              | 岩 場         | 千 年                  | 下 之 一 色               | 西 山             |
|-------------------------|--------------------------|--------------------|-------------|----------------------|-----------------------|-----------------|
| 1次処理<br>供用開始年度          |                          | 9                  | 39          | 39                   | 43                    | 34              |
| 2次処理                    | 40                       | 40                 | 44          | 41                   |                       |                 |
| 現在日平均処理量<br>( $m^3$ /日) | 60,000                   | 80,000             | 100,000     | 80,000               | 4,000                 | 4,050           |
| 現在処理人口<br>(人)           | 149,000                  | 146,000            | 297,000     | 143,000              | 10,000                | 12,000          |
| 現在処理面積<br>(ha)          | 1,094                    | 988                | 1,990       | 1,142                | 58                    | 98              |
| 水洗化率<br>(%)             | 60                       | 99                 | 77          | 50                   | 100                   | 100             |
| 排除方式                    | 合流式                      | 合流式                | 合流式         | 合流式                  | 分流+合流式                | 分流式             |
| 2次処理方式                  | 標準活性<br>汚泥法              | 標準活性<br>汚泥法        | 標準活性<br>汚泥法 | 高速エアレー<br>ション沈殿<br>池 | コンタクト・スタビリ<br>ゼーション変法 | 高速散水汚床法         |
| 調 査 日                   | 7/22-23                  | 7/29-30<br>2/20-21 | 8/12-13     | 3/17-18              | 2/17-18               | 8/6-7<br>3/5-6  |
| 備 考                     | 工場排水<br>混入<br>管内し尿投<br>入 | 工場排水混<br>入         | 工場排水混<br>入  | 工場排水混<br>入           | 工場排水(食品)<br>混入        | 団地処理場<br>家庭下水のみ |

### § 3. 流入下水の性質について

#### 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、水量、水質が、時間的に変動し、地域によっても、生活程度によってもかなりの相異がある。

下水処理を効率よく行なううえで、また、将来を十分に考慮した合理的な設計を行なうために、流入する下水の水質水量あるいはその変動について十分に理解し、処理機能に与える影響を理解しておくことが必要である。このため、ここでは、既設下水処理場における調査結果を中心に、流入下水の人口当量、流入下水の負荷量の変動、下水の成分（BOD、SS、窒素、リンについて）についてのべることにする。また、窒素、リンについては、工場排水の混入する場合の栄養バランスを保つ上で、また放流先水域の富栄養化の防止に関連して、特に重要となるものである。

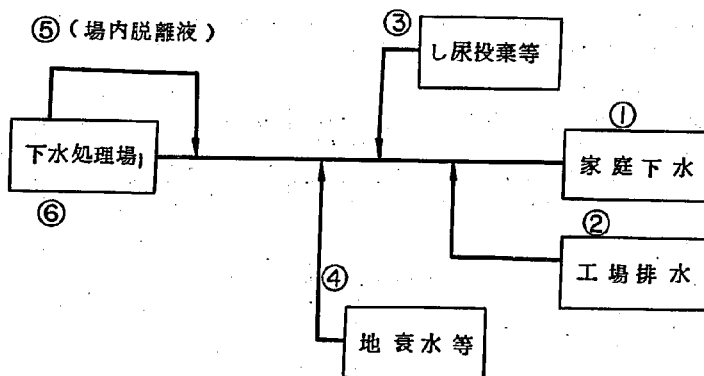
#### 3-2 流入下水の人口当量について

下水処理場に流入する負荷の人口当量について、知ることは処理場の計画設計を行なううえできわめて重要なことである。

たとえば、家庭下水の処理を主体とする下水処理場を設計する場合には、人口当量（BOD、SSなど）が既知であれば計画人口から、下水の流量と水質を知ることができるし、工場排水を受入れる場合にも、排水の種類ごとに、人口当量への換算値を求めておくことができれば、あらゆる場合に、計画人口を基礎とした設計を行なうことが可能である。

ここでは、昨年度に実施したBOD、SSに加えて窒素、リンについても、下水処理場に流入する下水の側から、家庭下水による人口当量を求めることを試みた。

下水処理場に流入する負荷量は、つぎのようなものが考えられる。



したがって、ネットに下水処理場に流入する家庭下水による負荷量は、  
① 家庭下水負荷量 = ⑥ 流入負荷量 - (② 工場排水負荷量 + ③ し尿投入量 + ④ 地表水流入量 + ⑤ 場内脱

離液)

として測定できる。

測定の精度をあげるためには、②～⑤までの流入しないものが望ましいが、晴天時に、家庭下水のみが流入する分流式下水処理場水洗化率 100 % においては、ほとこの条件を満たしていると考えることができる。本年度は、この条件を満足している 西山水処理場 (処理人口 12,000 人、水洗化率 100%, 分流式、家庭下水のみ流入) の調査結果を中心に、流入下水の各成分の負荷量を求めることを試みた。

調査は、午前 9 時から翌朝の午前 9 時まで 30 分間隔で採水し、1 時間ごとの混合試料を分析するという方法で行なった。(窒素、リンは 6 時間の混合試料) このようにして得られた 家庭下水の負荷の人口当量の値を表 3-2-1 に示す。調査は、夏、冬 2 回行なったものであるが、それぞれの値とその平均値を示したものである。また、参考として、工場排水が、若干流入する他の 4 処理場の調査から得られた値も表 3-2-2 に一括して示した。

表 3-2-1 家庭下水の人口当量 (西山処理場)

| 項 目   | (g/日/人) |       |      |      |
|-------|---------|-------|------|------|
|       | 8 月調査   | 3 月調査 | 平 均  | 全国平均 |
| BOD   | 48.5    | 29.4  | 39.0 | 39.5 |
| SS    | 62.0    | 46.4  | 54.2 | 41.8 |
| N     | 8.4     | 7.5   | 8.0  | -    |
| P     | 1.5     | 1.1   | 1.3  | -    |
| 排水量 米 | 498     | 218   | 358  | 263  |

表 3-2-2 一般処理場の場合

| 項 目 | (g/日/人) |       |      |      |
|-----|---------|-------|------|------|
|     | 名 城     | 伝 馬 町 | 岩 塚  | 下の一色 |
| BOD | 31.7    | 47.8  | 47.5 | 39.9 |
| SS  | 68.4    | 58.2  | 33.1 | 25.8 |
| N   | 9.1     | 8.4   | 10.9 | 11.0 |
| P   | 1.2     | 0.5   | 0.5  | 1.2  |

また、人口当量の算出は、

$$\text{人口当量 (g/日/人)} = \frac{\text{処理場にネットに流入する負荷 (g/日)}}{\text{現在の処理人口 (人)}}$$

として行なった。

表3-2-1にみられるように、西山処理場の調査から得られた家庭下水の人口当量は、BOD 39.0, SS 54.2, 全窒素 8.0, 全リン (PO<sub>4</sub>-Pとして) 1.3 g/日/人であった。

一般に、人口当量は 生活程度、季節等により、特にリンは 洗剤の使用状況などにより、広範囲に変動するものである。

昨年度の調査では、全国各地の分流式、家庭下水のみ流入する下水処理場（水洗化率100%）を対象に、BOD, SSの人口当量の算定を行なったが、その結果BOD 11~70 g/日/人、SS 13~86 g/日/人 とかなりの変動みられた。本年度は対象が1処理場であるため、人口当量の地域による変動は 知ることができないが（表3-2-2は、工場排水が混入している場合の例である）、夏冬と季節による差はみられる。表3-1でわかるように、夏期は、冬期に比較して全般的に高めであり、特に、BODと排水量についてその差が著しい。

昨年度に行なった全国調査の人口当量の平均値は BOD で 39.5 g/日/人、SSで40.5 g/日/人であり、西山処理場の結果より若干低めであるが、ここでは、下水中のBOD, SSと、窒素、リンの成分比が家庭下水の場合には、同じであると考えて、この調査結果をもとに前年度のBOD, SSの人口当量に見合う 窒素、リンの人口当量を求めてみた。

この結果

|                          |      |       |
|--------------------------|------|-------|
| BOD                      | 39.5 | g/日/人 |
| SS                       | 40.5 | "     |
| 窒 素                      | 7.0  | "     |
| リ ン (PO <sub>4</sub> -P) | 1.1  | "     |

となる。

また同様に、これを下水濃度に換算すると、家庭下水の場合の日平均濃度は、

|                          |     |     |
|--------------------------|-----|-----|
| BOD                      | 150 | ppm |
| SS                       | 155 | "   |
| 窒 素                      | 27  | "   |
| リ ン (PO <sub>4</sub> -P) | 4.2 | "   |

となる。

なお、人口当量は 経年的に増加していくことが予想されるため、処理場の設計にあたっては、十分余有のある値を採用することが望ましい。

### 3-3 下水処理場に流入する負荷量の変動について

#### 3-3-1 概 説

下水処理場に流入する負荷量は、1日のうちでも時間を追って変動することはよく知られている。下水の発生は人間の活動と結びついたものであるため、負荷量の変動はさ

けることができないが、これが 処理水質を変動させ、さらに処理の機能そのものを悪化させる原因となっていることは 十分に予想される。水質汚濁防止あるいは 生活環境の整備のための施設として、下水処理場は 今後さらに良好な処理水を得ることが期待されているが、このためには、流入下水の変動の実態を明らかにし、これに応じた処理場の設計および操作を行なうようにすることが必要であろう。ここでは、43年度に行なった各地の下水処理場における調査結果をもとに 流入下水の負荷量の変動について、BOD負荷量を中心にのべていくことにする。

### 3-3-2 処理場の規模と変動の大きさの関係

下水処理場に流入する負荷量の変動の程度は、処理場の規模によって異なるものであるが、図3-3-1に 各下水処理場の処理人口と変動の大きさの示標となる変動比（時間最大値/日平均値）との関係を示した。

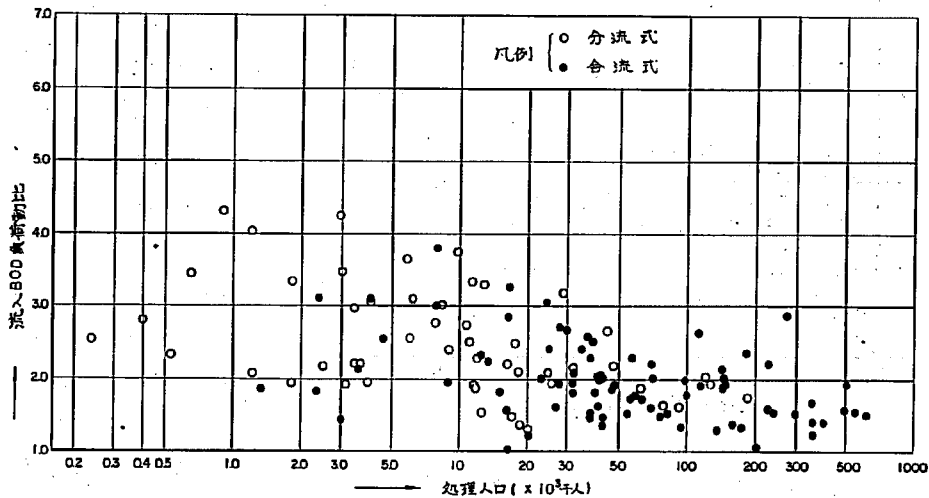


図3-3-1 流入BOD変動比と処理人口との関係

図にみられるように、BOD 負荷の変動比は 処理場の規模と関係し、処理場の規模が小さいほどその変動が大きくなり、平均値に対して5倍近くにまで達していることがわかる。

流入負荷の変動が処理の機能に対してどのような影響を与えるかについては 不明の点が多く、この解明については今後の調査に期待する点は大きい。流入水の変動に応じた処理水の変動は 避けられないものとなる。図3-3-2は、各処理場の流入BOD負荷

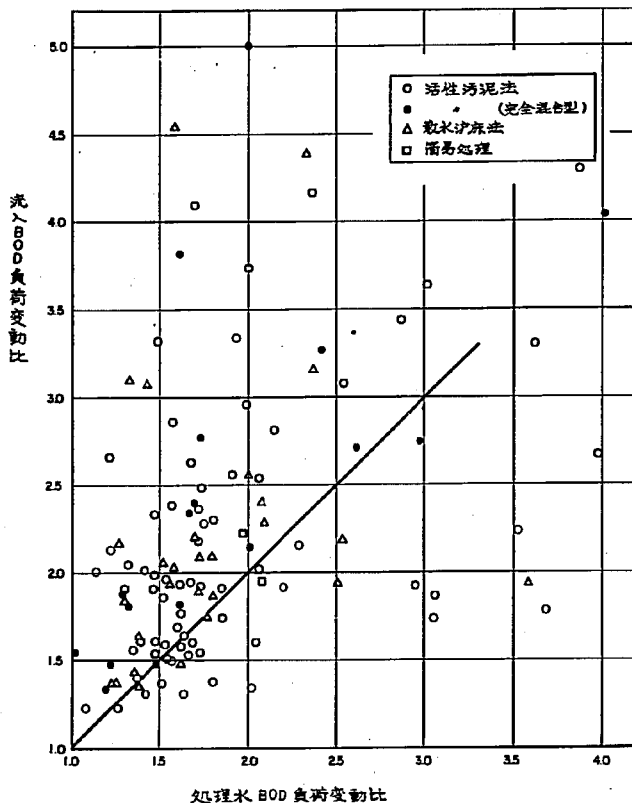


図3-3-2 流入BOD負荷変動比と処理水  
変動比との関係

ため、変動による処理水への影響は無視し得ないものとなろう。したがって、処理水を安定なものとするため、できるだけ変動を少なくすることのできる処理場の計画およびその影響を少なくする設計法についての検討を行なうことが必要である。

### 3-3-3 負荷の変動とその継続時間

負荷の変動の巾が処理場の規模に関係することは、図3-3-1に示したとうりであるが、変動する負荷の大きさがそれぞれ1日のうちでどの程度継続するかをみてみる。ここでは、負荷量の大きさとして、BOD負荷の平均値に対する4倍率をとることにし、その値がどの程度継続するかをグラフから読みとり、小規模処理場（処理人口5～30千人、22ヶ所の平均）と大規模処理場（処理人口100千人以上、23ヶ所の平均）

の変動比と処理水の変動比の関係を図示したものである。図にみられるように、流入負荷の変動は処理の過程を経て緩和される傾向にある。しかしながら、なお、処理水の変動比が4倍以上に達する場合がみられ、流入水の変動によって処理水質が不安定になっていることがわかる。これは、処理水のBODが日平均値で10ppmであっても、流量が均一の場合、40ppmに達する処理水が放流される時があるということを意味している。

現在のところ、流入負荷量の絶対値が低く処理水質が極端に悪いという場合は少ないようであるが、将来においては、負荷量の増加が予想される

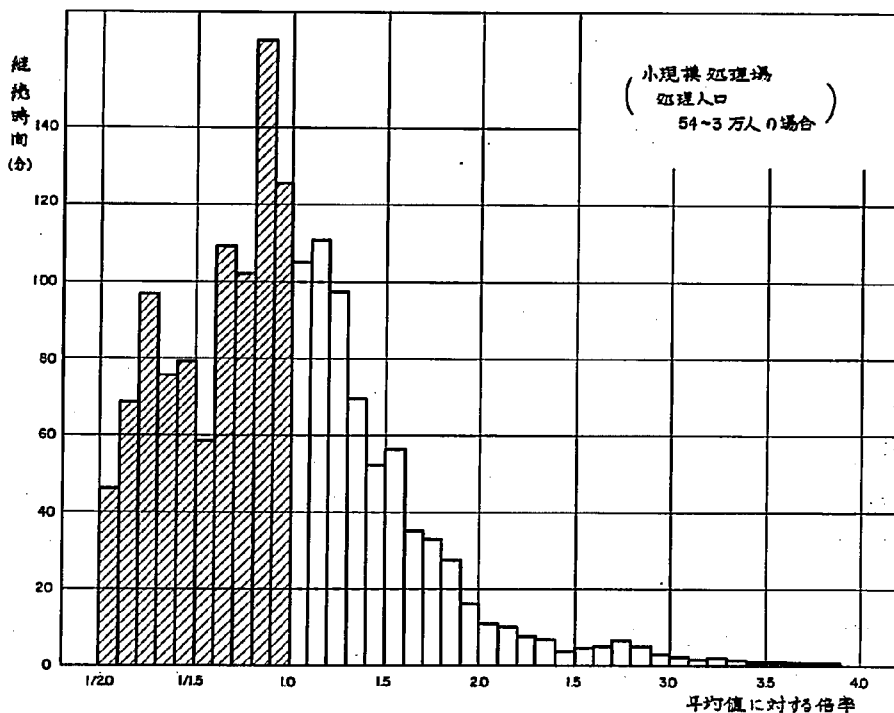


図 3-3-3 流入BOD負荷と継続時間の関係  
小規模処理場（処理人口 5千~3万人）の場合

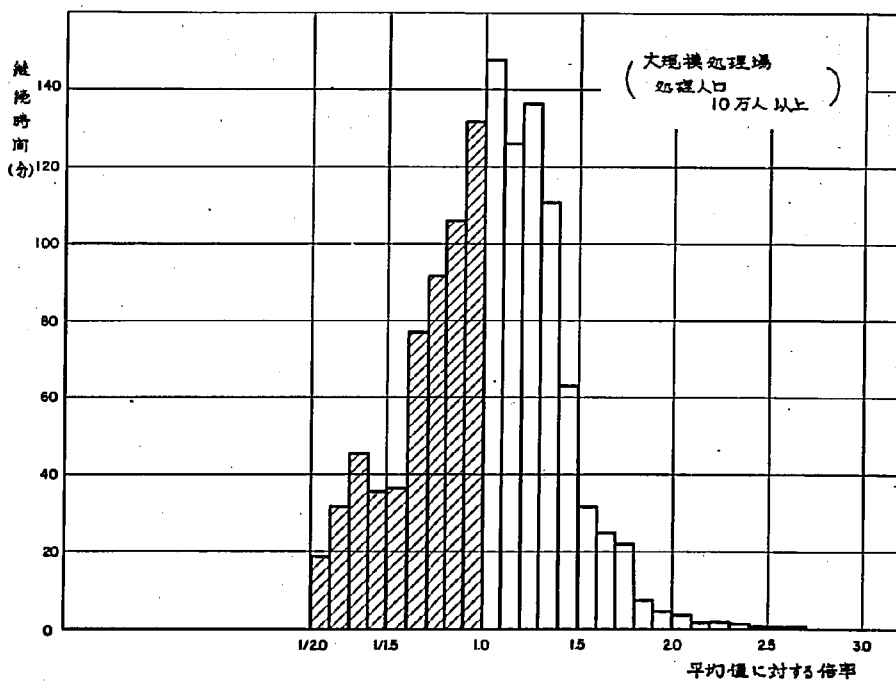


図 3-3-4 流入BOD負荷量と継続時間の関係

の場合に分けて図 3-3-3 および図 3-3-4 に図示した。現実には、負荷の変動は 1 日のうちでも数サイクルみられるが、同図は、ある大きさの負荷量に対する継続時間の合計を示したものである。図にみられるように当然のことながら、平均値付近の継続時間が最も長い。

大規模処理場の場合は特にこれが顕著であり、平均値を中心としてこの関係は正規分布に近い型となっている。図 3-3-5 は、これらの値をもとに負荷の大きさと継続時間の関係を整理して、1 日おける負荷の変動パターンを得たものである。図にみられるように、小規模処理場の場合には平均値に対して大規模処理場の場合よりも倍率の大きい負荷が流入するが、負荷の低い時間も長いのが特徴であることがわかる。一方、大規模処理場では、流入負荷は小規模の場合に比して安定である。図 3-3-1 に示したように、流入水の負荷の変動は処理水質を変動させ、過負荷の場合には、処理水質を悪化させることになるが、図 3-3-5 にみられるように、設計を日平均値の 2 倍で行なった場合でも、大規模処理場では一日のうちの約  $\frac{1}{12}$  (約 2 時間) は過負荷の状態となり、小規模処理場では約  $\frac{1}{6}$  (4 時間) が過負荷となるため、現在の設計容量ではこうした過負荷状態の発生はさけられないものとなる。流入負荷の変動それ自体はさけられないものであるが、安定な処理水を得るためには、こうした点を十分考慮して変動に対しよける設計法、操作法を確立する必要があるであろう。

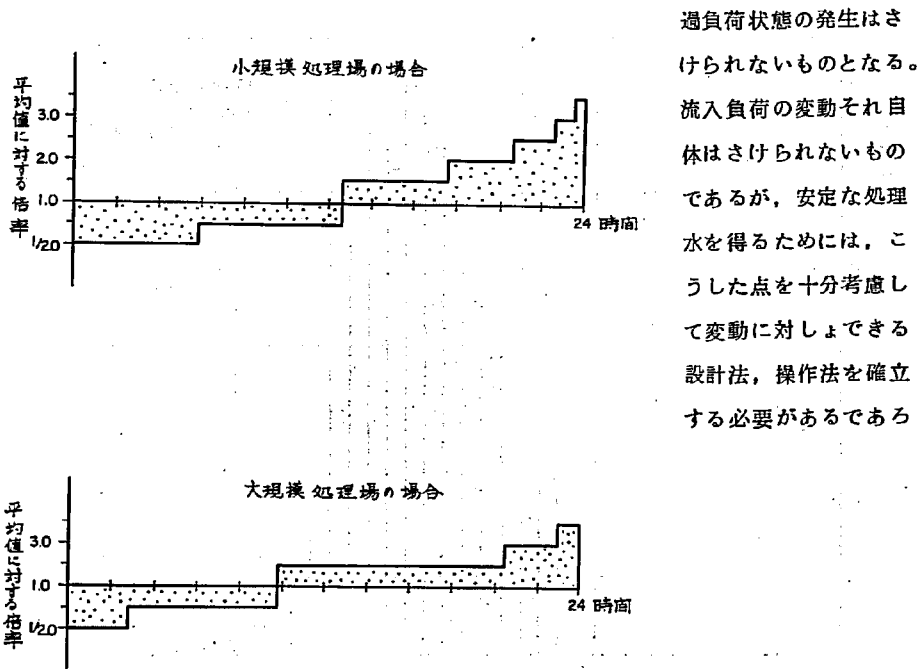


図 3-3-5 流入負荷の変動パターン

### 3-4 流入下水のBOD, SS, 窒素, リンについて

下水の生物学的処理を効率よく行なうことは、エアレーションタンク内の活性汚泥生物を正常に維持することであり、そのためには種々の因子があるけれども、その1つとして流入下水中の栄養のバランスが重要である。

処理の第一の目的は有機物、特にBOD源を除去することである。したがって、BOD源を十分に除去するのに必要なその他の栄養分、例えば窒素、リンなどがどのような混合比になっているかを知ることでもある。家庭下水は一般に、窒素分が栄養のバランスからみて多いといわれている。家庭下水中のBOD、窒素、リンなどの栄養分の混合比を知るとは栄養のバランスを欠く工場排水の家庭下水との共同処理の場合、重要な意味をもつものである。

別表に各処理場の流入水および流出水の水質を示した。流入水質は全般的に5処理場とも低濃度である。窒素、リンは家庭下水が主となる西山処理場と下之一色処理場で全国平均水質に近いものであった。流入水の濃度が低い原因については地下水の混入とか工場排水の混入などが考えられるが、現状では不明である。

図3-4-1、図3-4-2にBODと窒素、リンの関係を示した。

BOD、窒素、リンの関係はHelmersらによるとBODKgを除去するに窒素5~6Kg、リンは0.8~1.0Kg必要とされており、その他BOD、窒素、リンの関係については微生物の細胞構成上から多くの研究者により種々の値が発表されているが、一般にはBOD:P:Nを100:5:1が高率のBOD除去を行なうのによいとされている。今回の調査結果では、いずれの場合にも窒素の混合割合が高く、その範囲は7:1~25:1程度である。家庭下水だけの流入する西山処理場では同程度のBODに対して冬期は窒素の含有率が高いようである。図3-3-1からは特にBOD、窒素の相関性はみられないが、一般にいわれているように家庭下水を主とする流入下水の場合には窒素のBODに対する割合が生物処理に適当とされている範囲より大きいことがわかった。BODとリンの関係は400:1~20:1程度になる。同程度のBODに対してリンの占める範囲はかなり広く、また、各処理場でその傾向を異にしている。家庭下水中のリンの内、洗剤中にビルダーとして含まれていたリンがかなり多いといわれているが、この点については今後調査する予定である。

表3-4-1 流入水のBODを  
TODとした場合のN Pの割合

SSと窒素、リンの関係は図3-4-3、図3-4-4のように、ほとんど相関性はみられない。これは窒素、リンが溶解性のものとSS中に存在するものがあるためこのような結果になったものと思われる。流入下水の日平均値についてBOD、窒素、リンの関係は表3-4-1のようになり、BOD100に対して窒素18~24、リン1~3.5程度であった。

| 処理場名   | N  | P   |
|--------|----|-----|
| 西山(8月) | 19 | 3.5 |
| "(3月)  | 24 | 3.4 |
| 名城     | 24 | 2.6 |
| 伝馬町    | 18 | 1.1 |
| 岩塚     | 24 | 1.0 |
| 下之一色   | 23 | 2.5 |

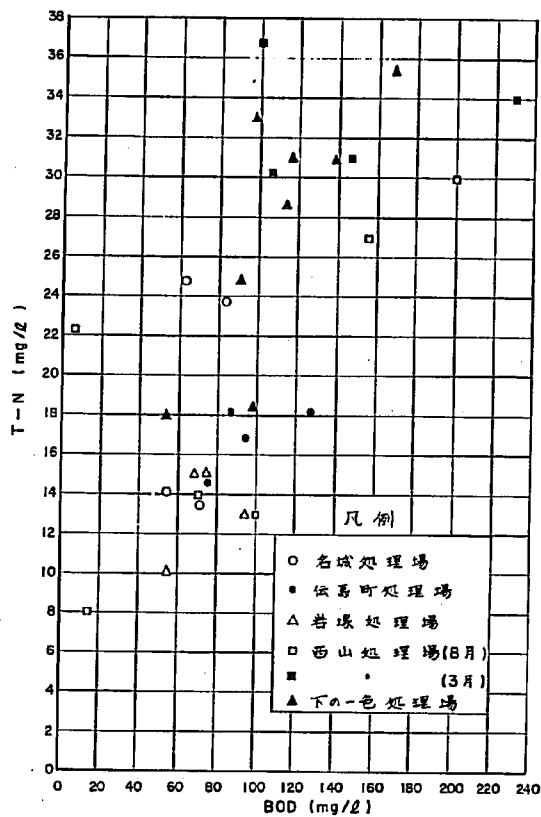


図 3-4-1 流入水の BOD と窒素 (T-N) の関係

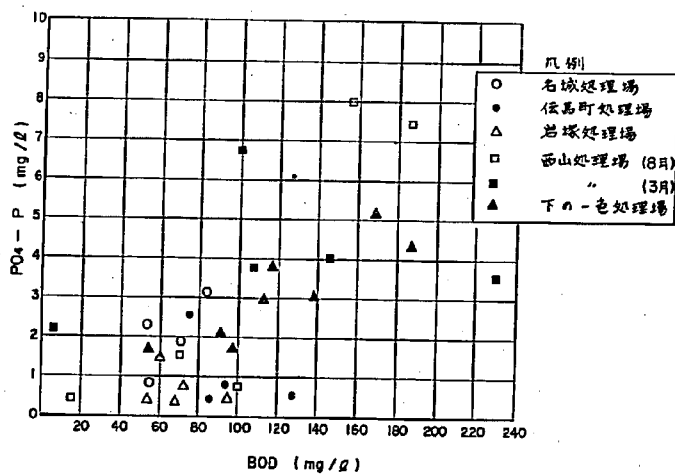


図 3-4-2 流入水の BOD とリン (PO<sub>4</sub>-P) の関係

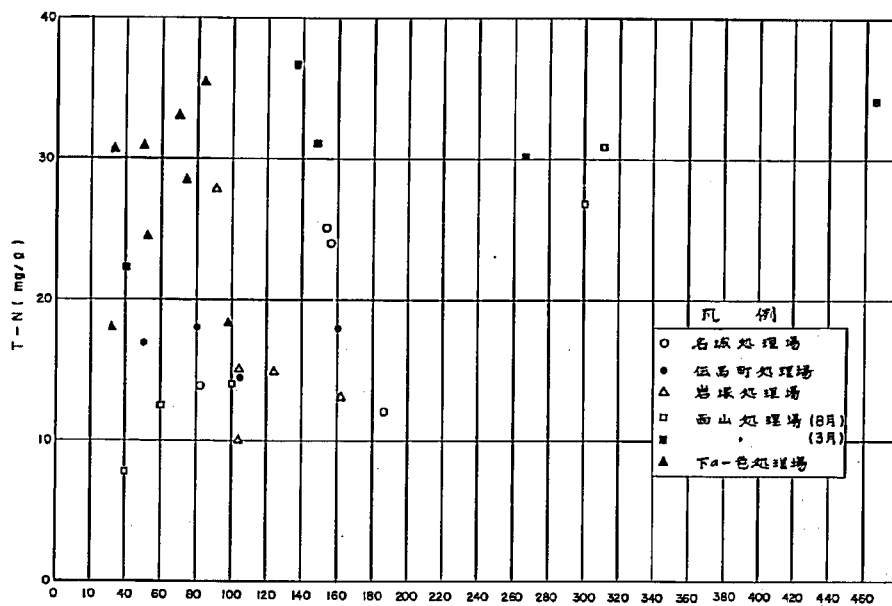


図 3-4-3 流入水の SS と窒素 (T-N) の関係

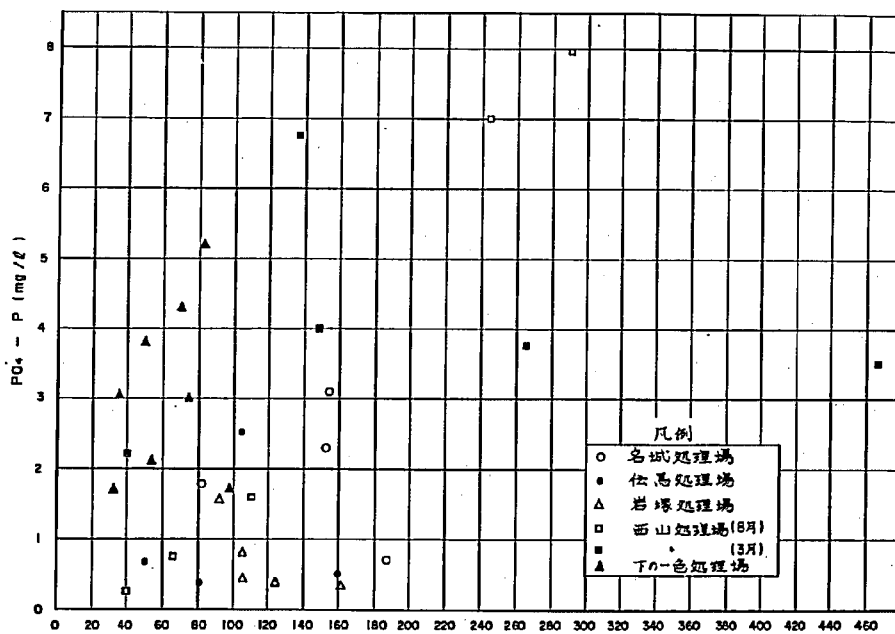


図 3-4-4 流入水の SS とリン (PO<sub>4</sub> - P) の関係

## 4-1 前エアレーションタンクの調査

### 4-1-1 概 説

下水の前エアレーションというのは、1次（沈殿）処理の前に行なう予備処理であり、通常20～40分間にわたるエアレーションを行なうものである。物理学的あるいは生物学的に下水の凝集性を高めるために、薬品類、最後沈殿池の沈殿汚泥、消化タンクの脱離液等を前エアレーションの過程で加えることがある。

下水の予備処理のためにエアレーションを行なうという考え方は、それほど新しいものではなく、1930年代の初めには米国において、前エアレーションタンクを有する下水処理場の建設が行なわれており、Roeらは、1933年にMidwestの9ヶ所の下水処理場およびCaliforniaの2ヶ所の下水処理場における前エアレーション処理についての報告を行なって、その効果をのべている。しかしながら、前エアレーションの効果そのものについては、いまだに理解されていない面が多く下水処理のプロセスとしては、論争の多いものである。わが国においても、前エアレーションタンクを有する下水処理場は、44年度現在で17ヶ所ある。この数は、漸増していく傾向にあるが、その効果あるいは管理方法については、十分理解されていない点が多いようである。

前エアレーションは、下水の沈殿効果を高めるうえで重要な意味をもち、最初沈殿池におけるBODおよびSSの除去率をおずることができるかとされているが、この他にもつきのような効果が指摘されている。

1. グリースの浮上分離
2. 砂の分離
3. 腐敗した下水の新鮮化および炭酸ガスを逸散させてアルカリ度を増加させることによる生物処理を容易にする効果。
4. 有害ガス（硫化水素など）を追いつ出す効果および臭気を除去する効果
5. 溶存酸素の補給 およびわずかではあるがBODを除去する効果
6. 混合、攪拌により下水を均一化する効果

前述したように 前エアレーションの方法は、空気吹き込みのみを行なう場合と余剰汚泥などを返送する場合とがある。

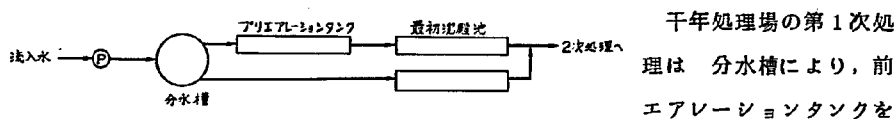
Seidel はエアレーションのみを行なった場合の効果については、実験タンクおよびIowa州の数ヶ所の実験池において調査を行ない、最初沈殿池におけるBOD、SSの除去効果は、前エアレーションによって助長され、除去率はいずれも7～8%向上するとのべている。さらにSeidelらは前エアレーションの効果は、エアレーションの方法、空気量、生下水の強度にはほとんど影響されないとのべており、前エアレーションが初期沈降に効果が大いことを指摘している。しかしながら、Los AngelesにおけるTherousなどの実験報告、東京都における実験報告などでは 逆に、エアレーションのみによる前エアレーションでは、SSおよびBOD

の除去は促進されないことが確かめられている。このように、エアレーションのみによるBODおよびSSの沈殿効果に対する影響についての報告は まちまちであるが、最終沈殿池における余剰汚泥を返送した場合の沈殿効率の向上に対する効果は 認められており、東京都における報告では、余剰汚泥を1～5%返送することにより BOD除去率は30～50%期待でき、コロイド物質の除去に対しても効果があるとのべている。

ここでは、こうした前エアレーションの効果について、実際池における調査結果を中心に 検討を加えていく。

#### 4-1-2 調査を行なった施設の概要

前エアレーションに関する調査は、千年処理場の前エアレーションタンクおよび最初沈殿池で行なった。同処理場の1次処理のフローシートを下に示す。



通過する下水と 直接最初沈殿池に流入する下水とが分離できるようになっている。

この前エアレーションタンクにおいては、余剰汚泥等の返送は 行なわれておらず、空気吹込みのみによる予備処理施設としての運転が行なわれている。

千年処理場は、合流式下水道による処理場であり、家庭下水の他に 流域内工場から工場廃止が流入しておりグリース類の流入もかなり多い。前エアレーションタンクは、長さ489 m、幅5.0 m、有効水深3.74 m、容量914 m<sup>3</sup>であり、旋回流方式で散気管による空気吹込みが行なわれている。

なお最初沈殿池については、4-2-2でのべてある。調査は 前エアレーションによって、最初沈殿池におけるSSおよびBODの除去率が どの程度向上するかを知ることを目的として行なったものであり、同時にタンクにおける下水の平均滞留時間、溶存酸素の濃度分布等についても測定を行なった。前エアレーションによる最初沈殿池の除去効果は、前エアレーションタンクを通過した最初沈殿池流出水と 直接最初沈殿池に流入した場合の流出水の水質を比較することによって知ることができる。調査にあたっては、分水槽においてセキによる分流を行ない、前エアレーションタンク通過水と通過しない水とをそれぞれの最初沈殿池の流出部で採水して比較を行なうことにした。

調査は3月18～19日に行なった。当日における流入下水量は、54,000 m<sup>3</sup>/日、1,420 m<sup>3</sup>/時であるが、前エアレーション通過水と そうでない分の流量が等しくなるようにセキによって流量の調節を行なった。最初沈殿池は 同容量のものが4池あるが、それぞれが2池ずつに流入するように導流水路に仕切り壁を入れた。以下に、この前エアレーションタンクのエアレーション時間、DO濃度、除去効率について 順にのべていく

ことにする。

#### 4-1-3 前エアレーションタンクの滞留時間に関する調査

前エアレーションタンクを通過する下水が どの程度のエアレーション時間を有しているかを知るために、トレーサーを用いてエアレーション時間（滞留時間）に関する調査を行なった。理論滞留時間 $T$ は通常、 $T = \frac{V}{Q}$ （ $V$ ：タンク体積、 $Q$ ：流入下水量）として表わされるが、実際池においては、死水域の発生およびこれに伴う短絡流の発生などによって $\frac{V}{Q}$ と異なる 場合が予想される。このため、ここでは タンク流入部でトレーサーを投入し、流出部におけるトレーサーの応答曲線から 実質的な滞留時間を知ることとした。トレーサーは、ウラニン（フルオレッセン・ソーダ）を用い、ドラム管でこれを水に溶解したものを流入部で打ばやく投入し、流出部でウラニンの色に応じて採水間隔を変化させながら採水、分析するという方法をとった。

滞留時間は 流量の変化に応じて 変るものであるが、このためできるだけ 流量変

化の少ない時間帯を選んでトレーサー実験を行ない、このときの理論滞留時間( $T$ )と実質的な平均滞留時間 ( $T_g$ ) との関係から 1日当りの平均的な滞留時間を推定することとした。

前エアレーションタンクにおけるトレーサーの応答曲線の例を図4-1-1に示す。

図の縦軸は出口におけるトレーサー濃度、横軸は トレーサー投入（10時）後の経過時間である。

平均滞留時間は 応答曲線の重心から求めることができるが、この場合は 36分である。一方このときの流入下水量 1860 $\text{m}^3/\text{時}$ に

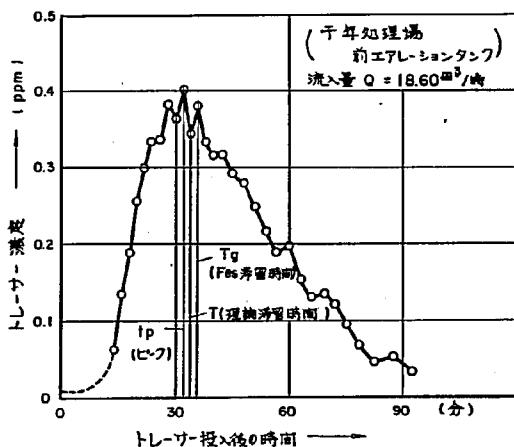


図4-1-1 前エアレーションタンクのトレーサー応答曲線

対応する理論滞留時間は 34分、また、曲線のピークの時間も32分と ほとんど同じ値が得られた。

千年処理場の前エアレーションタンクは散気管による旋回流式エアレーションタンクであるが、このような形式のエアレーションタンクでは、実質的な滞留時間と理論滞留時間とはほとんど差がない（縦方向の混合による違いは別として）ものと判断される。これは、のちに述べるようにエアレーショ

ンタンクの調査においても同様であった。

このため、ここでは 滞留時間として 理論滞留時間をとることにした。調査当日の日平均のエアレーション時間を求めると以下のようになる。

日平均流入量 (m<sup>3</sup>/時)

1,420

平均エアレーション時間 (分)

38

#### 4-1-4 前エアレーションタンクのDO濃度の調査

前エアレーションの効果が十分に発揮されるためには、タンク内の混合が十分に行なわれること、DOレベルが十分に維持されていることが必要である。

ここでは、調査の際に タンク内にDOが十分に供給されているかどうかを知るために、タンク内におけるDO分布についての調査を行なった。

DOの測定は、前エアレーションタンクの流入部(分水槽)および 流出部、タンクの全長の $\frac{1}{3}$ 付近、 $\frac{2}{3}$ 付近でそれぞれ行ない、水深方向に3点(表面付近、中央部、底部)測定した。また、測定は いずれもDOメーターを用いて行なった。

図4-1-2に DO分布の測定結果を示した。

図にみられるように、DO濃度は 流下に伴って 高くなっていく。千年処理場の場合は、流入部における濃度が高いが (飽和値の60% (約5 ppm))、前エアレーションによって さらに増加していき、最初沈殿池への流入の際には 80%以上に達し

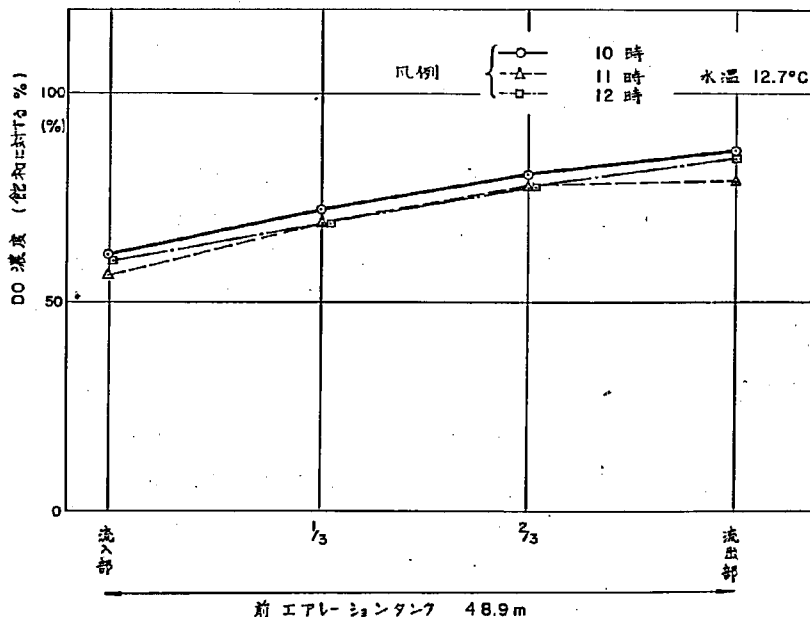


図4-1-2 前エアレーションタンク内のDO濃度分布

ている。  
ことが  
わかる。  
したが  
って、  
この場  
合、DO  
の供給  
という  
点では、  
十分な  
効果を  
果して  
いるも  
のと考  
えられ

る。また、水深方向のDO濃度にはほとんど差はみられず、均一な攪拌が行なわれているものと判断できた。

#### 4-1-5 最初沈殿池におけるDO消費

一般に流入下水は、最初沈殿池を流下する間にDOが消費されていく。とくに1次処理だけで放流する場合には、放流先でのDO消費を少なくするために、最初沈殿池流出水のDO濃度をできるだけ高くする方が望ましい。このため、こうした点からも前エアレーションによるDOの供給は、効果があると考えられる。千年処理場の場合の前エアレーションの有無による最初沈殿池流出水の比較は、以下のようになる。

表4-1-1 前エアレーションの有無による最初沈殿池流出水DOの比較

| 時刻    | 流入下水<br>DO濃度(%) | 前エアレーションタンク流出部<br>DO濃度(%) | 最初沈殿池流出水<br>DO濃度(%) |           |
|-------|-----------------|---------------------------|---------------------|-----------|
|       |                 |                           | 前エアレーション有           | 前エアレーション無 |
| 10:00 | 61.5            | 84.5                      | 73.1                | 51.0      |
| 11:00 | 56.5            | 78.5                      | 72.3                | 52.5      |
| 12:00 | 61.0            | 83.9                      | 74.8                | 52.1      |
| 平均    | 59.7            | 82.3                      | 73.4                | 51.9      |

表4-1-1にみられるように、前エアレーション通過水のDO濃度は、最初沈殿池流下後も前エアレーションを受けない下水の場合よりも高く維持されており、2次処理への予備処理あるいは簡易処理のみでの放流の場合に、DOレベルを高めるという意味でかなり効果があった。

なお、最初沈殿池でのDO消費は、いずれの場合にもかなり認められた。このときの最初沈殿池の滞留時間は、理論滞留時間で約2時間、トレーサー実験によって得られた実質的な平均滞留時間は、約1.5時間であった。この間のDO消費量は8~10% (130℃)であり、DO消費速度に換算すると0.6~0.7 ppm/時 (13℃)となる。下水の脱酸素係数K<sub>1</sub>を0.1 (10を底)と仮定して13℃、BOD<sub>5</sub> 80 ppmの場合の酸素消費速度を計算すると、0.8 ppm/時となり、ほぼこのときの実測値と一致する。すなわち、一般の最初沈殿池の場合にも、この程度のDO消費が行なわれているものと考えられる。

したがって、最初沈殿池での滞留時間を極端に長くすることは好ましいといえず、管きょ延長が長く流入下水のDOが低い場合あるいは、沈殿効率を向上させるために、最初沈殿池での沈殿時間を長くとりざるを得ない場合には、前エアレーションタンクの設置がかなり効果的になるものと考えられる。

#### 4-1-6 SSおよびBOD除去に対する効果

前エアレーションの目的の一つが最初沈殿池におけるSSおよびBOD除去率を向

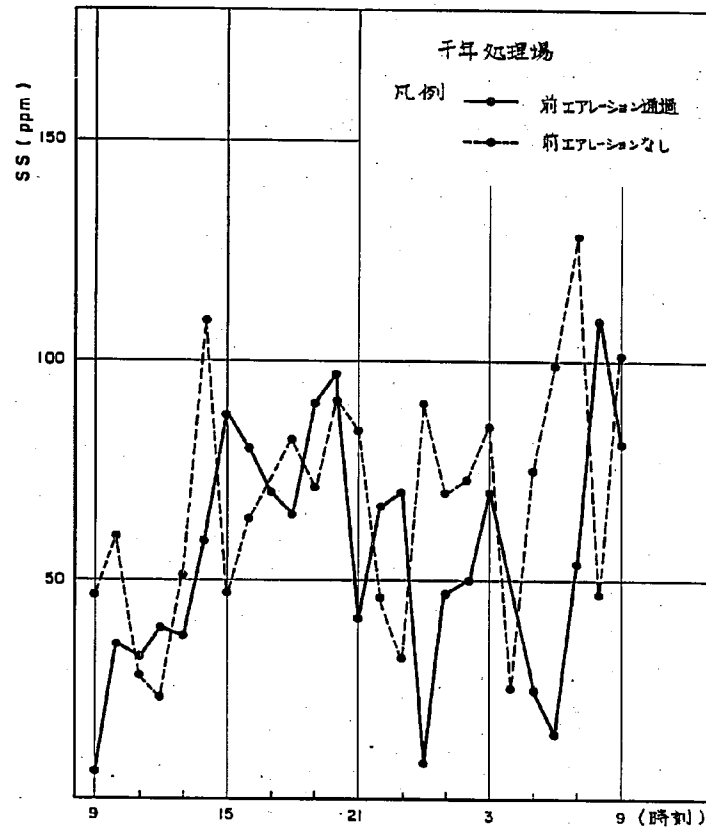


図 4-1-3 前エアレーションの効果 (SS)

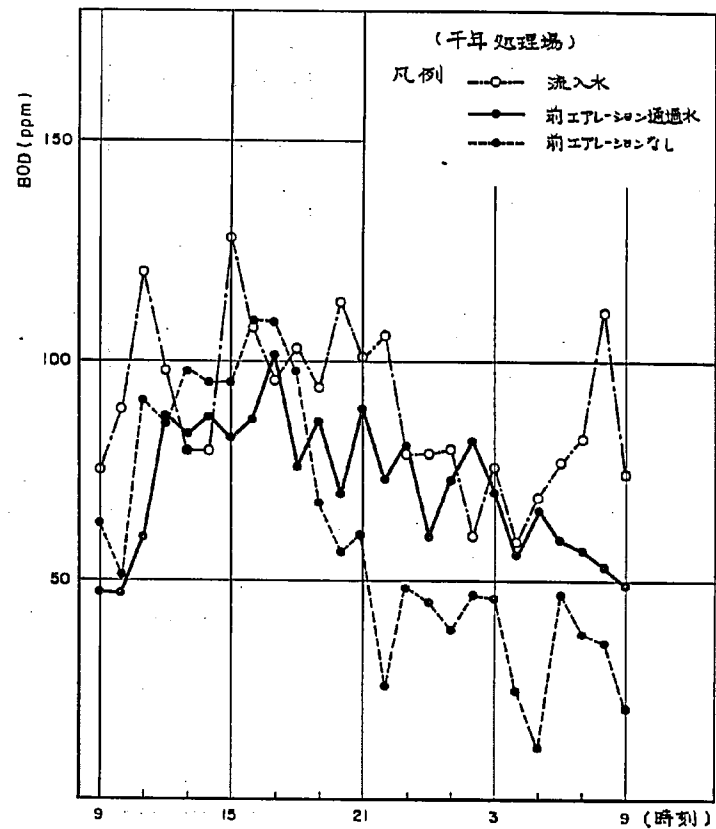


図 4-1-4 前エアレーションの効果 (SS)

上させることにあることは 前にのべた通りであるが、実際池における効果がどの程度あるかを知るために、前エアレーションタンクを通過した下水とそうでないものについて 除去率の比較を行なった。

千年処理場の場合は、同容量の沈殿池が4池あるが、それぞれが2池ずつに流入するように 導流水路に仕切り壁を入れ、分水ゼキの操作を行なって 流量ができるだけ等しくなるようにした。図4-1-3、図4-1-4は、最初沈殿池流出水のSS、BODの時間変化を前エアレーションの有無に分けて示したものである。同図にみられるように 流出水の水質の変動はかなり激しく、一概に 両者の比較を行なうことには 問題があると考えられるが、これらの値を日平均値で整理すると表4-1-2のようになる。

表4-1-2 日平均除去率の比較

| 項 目<br>前エアレーションの有無 | 流入水平平均濃度<br>(ppm) |     | 流出水平平均濃度<br>(ppm) |     | SS<br>除去率<br>(%) | BOD<br>除去率<br>(%) |
|--------------------|-------------------|-----|-------------------|-----|------------------|-------------------|
|                    | SS                | BOD | SS                | BOD |                  |                   |
| 前エアレーション有          | 151               | 90  | 59                | 71  | 60.8             | 20.3              |
| 前エアレーション無          | 151               | 90  | 72                | 61  | 52.3             | 32.5              |

また、このときのエアレーション時間は、前節でのべたように38分、前エアレーションタンクの流出部におけるDO濃度は、飽和値の約80%である。

表4-1-2にみられるように、前エアレーションを受けた場合には SSの除去率がよくなり、約8%増加している。一方、BODの除去率は、逆に 前エアレーションによって悪化するという結果が得られた。これは、図4-1-4にみられるように、前エアレーションによって 夜の10時頃から翌朝にかけて BOD除去率が極端に悪化するということによるものであるが、逆に 昼間は この関係が逆転して、前エアレーションによって 除去率が良好となるという興味ある現象が生じている。したがって、本調査結果では、日平均値としては BOD除去率が 前エアレーションによって悪くなるという結果になっているものの、下水の性質によってBODの除去に及ぼす前エアレーションの効果がプラスに作用したりマイナスに作用したりするものと考えられる。千年処理場の場合は、昼間に流入する下水についてはBODの除去効率が促進され、夜間に流入する比較的低濃度の低い下水については かえって 沈降性のBODに関与する浮遊物を微細化するなどして除去率を悪化させる結果となっているものと推定されるが、こうした点については さらに詳しい調査が必要であろう。

#### 4-1-7 前エアレーションタンクの建設費

前エアレーションの効果については、これまでにのべてきたとおりであるが、前エアレーションタンクを設置するかどうかを決定する際には、その建設費についての考慮を

払うことも必要である。ここでは、前年度の調査資料をもとに前エアレーションタンクの建設費についてのべる。

表4-1-3に、前エアレーションタンクを有する9ヶ所の下水処理場における第1次処理施設の建設費の一覧表を示した。

前エアレーションタンクおよび沈殿池の建設費は、タンクおよび池の建設に要した土木工事費および機械工事費であり、用地費およびポンプ等の経費は含まれていない。また、単位はすべてデフレーターにより、昭和40年度の単価に換算して示したものである。表4-1-3にみられるように、最初沈殿池に対する前エアレーションタンクの建設費の割合は、10~50%までの範囲にある。これはタンクの設計エアレーション時間、散気方式等によって建設費が異なってくるためであると考えられるが、平均的には設計エアレーション時間が10~15分で最初沈殿池建設費の10~20%、15~20分で20~30%程度の費用が必要になると考えてよい。

表4-1-3 前エアレーションタンクおよび最初沈殿池の建設費

| 処理場 | 計画人口<br>(千人)  | 計画処理量<br>( $\text{km}^3/\text{日}$ ) | 設計エアレーション時間<br>(分) | 前エアレーションタンク建設費*<br>(千円) |        |             | 最初沈殿池建設費*<br>(千円) |        |             | ⑨/⑧   | 前エアレーションタンク計画処理量1 $\text{m}^3$ 当りの建設費<br>(円/ $\text{m}^3$ ) |
|-----|---------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------|-------------|-------------------|--------|-------------|-------|-------------------------------------------------------------|
|     |               |                                     |                    | ①土木工事費                  | ②機械工事費 | ③=①+②<br>合計 | ④土木工事費            | ⑤機械工事費 | ⑥=④+⑤<br>合計 |       |                                                             |
| 小 泉 | 190<br>(54)   | 5.4<br>(28)                         | 15                 | 2060                    | 1229   | 3289        | 3008              | 3806   | 6814        | 0.485 | 610                                                         |
| 豊 田 | 23            | 5.75                                | 8                  | 1818                    | 1086   | 2904        | 10469             |        | 10469       | 0.278 | 505                                                         |
| 仙 崎 | 224<br>(483)  | 1.65<br>(356)                       |                    | 714                     | 1250   | 1964        | 1513              | 3507   | 5025        | 0.393 | 1190                                                        |
| 千 年 | 1001<br>(178) | 5.63<br>(100)                       | 10                 | 9324                    | 5947   | 15271       | 52836             | 76174  | 129010      | 0.118 | 270                                                         |
| 枯ヶ浦 | 15            | 45                                  |                    | 2345                    | 107    | 2457        | 6811              | 3352   | 10163       | 0.242 | 550                                                         |
| 朝 明 | 60            | 156                                 |                    | 501                     | 865    | 1366        | 1101              | 4288   | 5389        | 0.256 | 880                                                         |
| 小 台 | 9625          | 420                                 |                    | 73597                   | 28178  | 101775      | 216444            | 149209 | 365653      | 0.278 | 240                                                         |
| 落 合 | 769<br>(1230) | 225<br>(360)                        |                    | 44996                   | 16935  | 61931       | 119753            | 72329  | 192112      | 0.323 | 270                                                         |
| 名 城 | 108<br>(180)  | 60<br>(100)                         | 10                 | 8736                    | 2921   | 11657       | 65951             | 54192  | 120143      | 0.097 | 200                                                         |

\* 費用は、40年度に換算

タンクの計画日平均処理量1 $\text{m}^3$ 当りの建設費は、表4-1-3にみられる如く200~1200円/ $\text{m}^3$ の範囲にあるが、これは設計エアレーション時間のみならず、施設の規模によって大きく影響される。図4-1-5に、計画日平均処理量(施設の規模を表わす)と建設費の関係を図示した。図にみられるように、処理場の規模が大きくなるとともに、建設費は割安となっており、計画処理量が $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{日}$ のときに建設費は、900円/ $\text{m}^3$

$2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{日}$  の場合に、 $320 \text{ 円}/\text{m}^3$ 、 $2 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{日}$  の場合に、 $240 \text{ 円}/\text{m}^3$  と大規模な施設にするほど有利となっている。

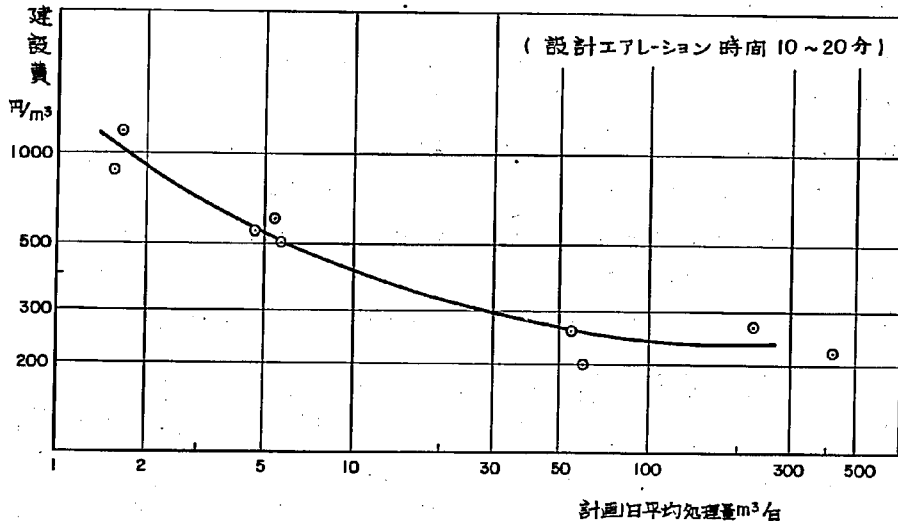


図4-1-5 前エアレーションタンク建設費

#### 4-1-8 前エアレーションタンクの調査結果のまとめ

- (1) 調査を行なったタンクは、余剰汚泥の返送のないエアレーションのみの施設（エアレーション時間38分）であるが、この場合でも前エアレーションによってSS除去率若干を向上させることができた。
- (2) しかしながら BODの除去については、逆効果になる場合もみられた。
- (3) 前エアレーションは、最初沈殿池の流出水のDOレベルを高めるうえで大きな効果がある。
- (4) このため管きょ延長が長く流入下水のDOが零に近い場合、最初沈殿池の沈殿時間を沈殿効率の向上のために長くとりざるを得ない場合には、下水が嫌気性になるのを防ぐために、また、簡易処理のみで放流を行なうことがある場合には、放流先でのDO消費をできるだけ少なくするために 前エアレーションタンクを設置することは、効果的であると考えられる。
- (5) 前エアレーションタンクの建設費は、設計エアレーション時間が10~15分の場合で最初沈殿池建設費の10~20%、15~20分の場合で20~30%程度を要する。

- (6) 前エアレーションタンクの建設費は、大規模になる程有利になるが、計画日平均処理量が  $20,000 \text{ m}^3/\text{日}$  のときに 約  $320 \text{ 円}/\text{m}^3$  程度になる。

## 4-2 最初沈殿池の調査

### 4-2-1 概 説

下水処理における最初沈殿池の役割は、下水中の沈殿可能なSSを除去することにより、SSあるいはBODの濃度を下げ、簡易処理のみで下水を放流する場合における放流先での水質汚濁の問題を軽減させること、2次処理を行なう場合、生物処理のための予備処理施設としての機能を果たすことなどである。

最初沈殿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殿していくものと考えられる。理想沈殿池の場合には沈殿効率は、粒子の沈降速度と水面積負荷率の関数として表わすことができるため、基本的には水面積負荷率を基準として沈殿池の設計を行えばよいことになるが、下水の場合には、上のような理由から同時に、沈殿時間に対する配慮を払うのが普通である。沈殿時間は長くするほど除去率はよくなるが、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次処理との関連、流入下水の水質などを考慮して15～30時間を標準として設計するのが普通である。

水面積負荷率は大きくとるほど除去効率は良くなるが、 $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ 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、沈殿時間が同一の場合でも、沈殿効率が著しく異なる場合があることは、前年度の調査において報告した通りである。これは、沈殿効果が下水の濃度や性質によって左右されること、また、理想沈殿池の場合と異なって実際池においては、沈殿効率を低下される原因となる池内の水理条件による影響をうけることによるものであろう。

後者の問題は、基本的には沈殿池に発生する偏流とこれに伴う乱流による除去率の低下の問題に帰する。実際の沈殿池の流れは理想沈殿池の流れと異なり、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、これに伴って乱れが発生して沈殿効果を悪化させたり、沈殿物の再浮遊を起させるなど、沈殿効率を理想沈殿池の場合と著しく異なったものにしてしまうことになるが、さらに、沈殿した汚泥の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、沈殿池の設計を行なう場合には、水面積負荷率、沈殿時間に対する十分な設計上の考慮の他に、池内の流れをできるだけ安定化させて、理想沈殿池の場合のそれに近づけるような構造あ

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と考えられる。

ここでは、実際池の調査結果を中心に 沈殿池における種々の問題点をのべていくことにする。

#### 4-2-2 調査を行なった施設の概要

調査を行なった最初沈殿池の概要を表4-2-1に示した。

表4-2-1 各沈殿の諸元および除去率

| 処理場名 | 1 池当りの諸元      |          |             |               |              |            | 調査日             | 調査日<br>流入量<br>(t/時) | 水面積<br>負荷率<br>(t/ha/時) | 沈 殿<br>時 間<br>(分) | 日平均流入<br>流出 SS<br>濃度 (ppm) |                | SS 除去<br>率 (%) | BOD<br>除去率 (%) | 平均水型<br>(℃) |
|------|---------------|----------|-------------|---------------|--------------|------------|-----------------|---------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
|      | 長さ又<br>は幅 (m) | 幅<br>(m) | 有効水深<br>(m) | 有効水面積<br>(ha) | 有効容積<br>(m³) | せき長<br>(m) |                 |                     |                        |                   | 流入<br>濃度 (ppm)             | 流出<br>濃度 (ppm) |                |                |             |
| 名 城  | 315           | 47       | 35          | 148           | 518          | 39         | 7/22<br>1<br>23 | 2260                | 524                    | 964               | 177<br>83                  | 80<br>63       | 523            | 199            | 239         |
|      |               |          |             |               |              |            | 7/29<br>1<br>30 | 2990                | 732                    | 735               | 93<br>82                   | 114<br>79      | 281            | 148            | 253         |
| 伝馬町  | 250           | (円形)     | 30          | 491           | 1498         | 785        | 2/20<br>1<br>21 | 2560                | 625                    | 863               | 144<br>114                 | 79<br>71       | 208            | 100            | 131         |
|      |               |          |             |               |              |            | 8/12<br>1<br>13 | 3530                | 294                    | 842               | 111<br>66                  | 68<br>55       | 409            | 197            | 257         |
| 岩 塚  | 300           | 120      | 345         | 360           | 1242         | 55         | 2/17<br>1<br>18 | 2820                | 470                    | 1225              | 150<br>72                  | 90<br>61       | 565            | 325            | 135         |
| 千 年  | 300           | 120      | 40          | 360           | 1440         | 832        | 8/6<br>1<br>7   | 1260                | 473                    | 174               | 111<br>58                  | 85<br>66       | 476            | 222            | 232         |
| 西 山  | 160           | 42       | 272         | 64            | 174          | 40         | 3/5<br>1<br>6   | 397                 | 149                    | 263               | 168<br>73                  | 118<br>104     | 591            | 189            | 92          |
|      |               |          |             |               |              |            |                 | 693                 | 260                    | 151               | 168<br>80                  | 118<br>99      | 551            | 241            | 92          |

(注) 上段は流入水、下段は流出水濃度

これらの沈殿池は いずれも維持管理が比較的よく、汚泥のひき抜きも順調に行なわれており、スラム等の除去も十分に行なわれている。

各沈殿池の1池当りの主要諸元は表4-2-1に示した通りであるが、名城沈殿池は長さに対して巾が比較的狭いもの(6.7:1)であり、岩塚、千年沈殿池は 長さおよび巾は同一であるが、(2.5:1)、水深が異なっている。一方、伝馬町 沈殿池は、円形放射流式の沈殿池である。また、西山沈殿池は 小型の沈殿池である。

沈殿汚泥の排除方式は、伝馬町下水処理場最初沈殿池が中央駆動の回転かき寄せ機によるもの、その他は いずれもフライトつきのリングベルト方式を採用している。除去率は、30分間隔で採水した試料でSS、BODの測定を行ない、日平均除去率で表わしたが、その結果および その際の沈殿時間、水面積負荷率等もあわせて 表4-2-1に記入してある。

#### 4-2-3 水面積負荷率、沈殿時間と除去率の関係

水面積負荷率と SS、BOD除去率、沈殿時間とSS、BOD除去率の関係を 図4-2-1～図4-2-4までに示した。

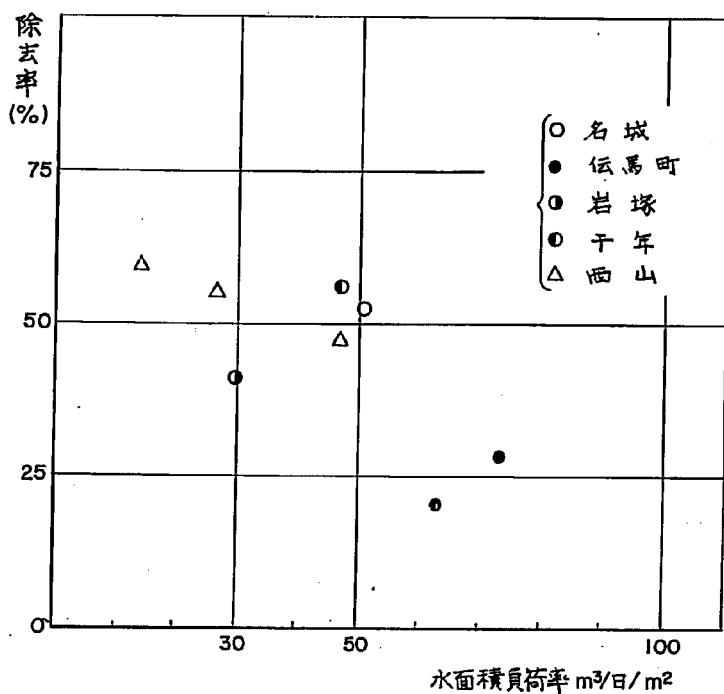


図4-2-1 水面積負荷率とSS除去率の関係

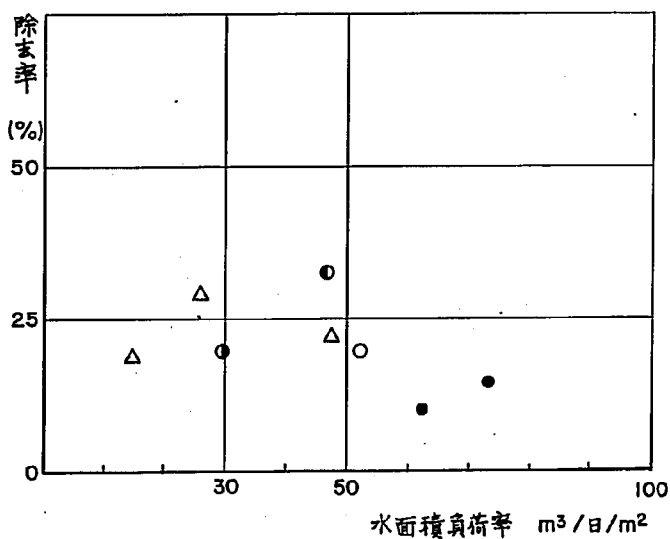


図4-2-2 水面積負荷率とBOD除去率の関係

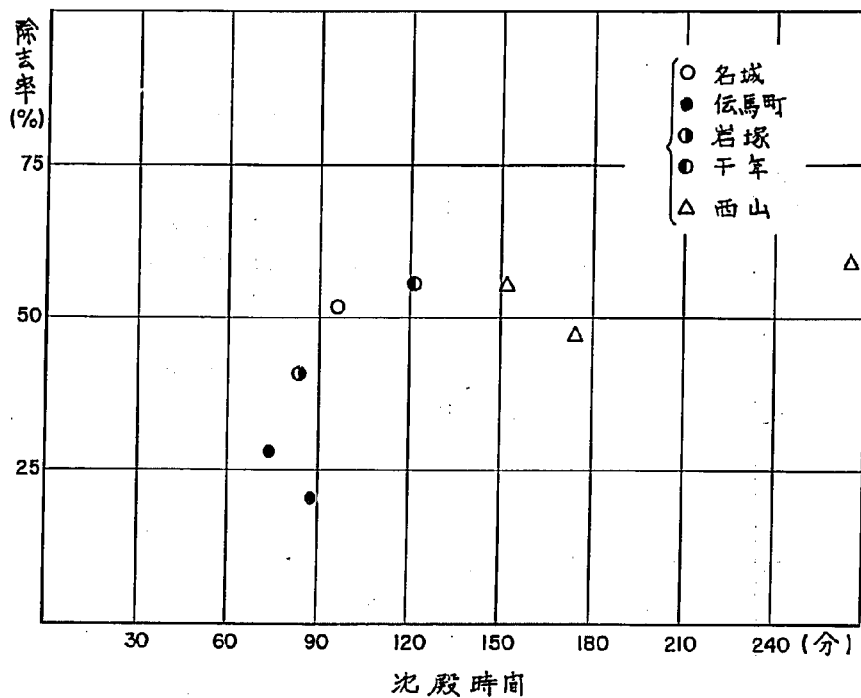


図 4-2-3 沈殿時間と SS 除去率の関係

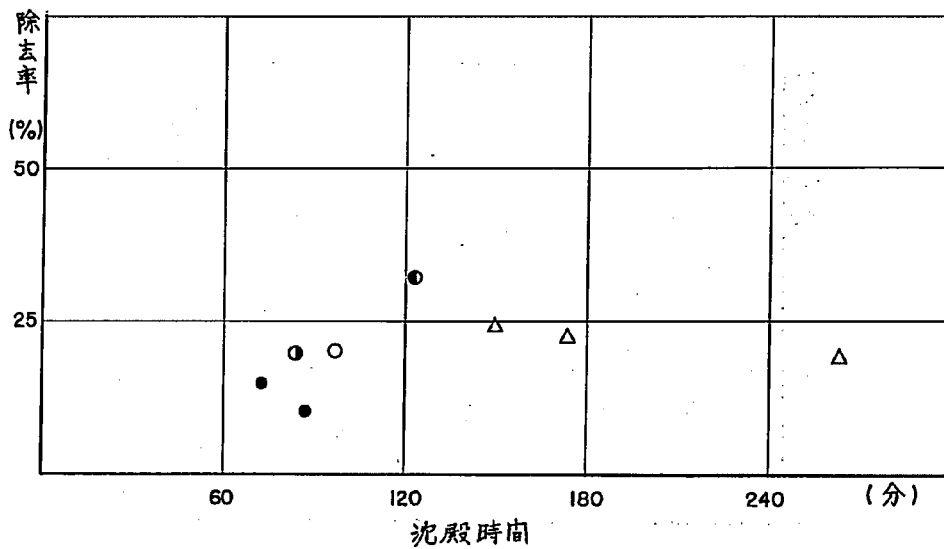


図 4-2-4 沈殿時間と BOD 除去率の関係

SS、BOD除去率は日平均除去率であり、水面積負荷率、沈殿時間も日平均流量から算出した。この間の流入下水量の時間変化、流入流出水質の時間変化は付図に一括して示してある。また、このときの平均流入、流出水質は表4-2-1に一覧表として示した。

図4-2-1は、水面積負荷率とSS除去率との関係である。図にみられるように、水面積負荷率は、 $15 \sim 75 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ までの範囲にあるが、水面積負荷率が大きくなるとSS除去率は悪化している。現在の最初沈殿池の設計は $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ の範囲でとることが一般的であるが、この範囲では、除去率は40~55%程度期待できると考えてよいようである。水面積負荷率が、やゝ大きい( $60 \sim 75 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ )伝馬町処理場最初沈殿池(円形沈殿池)の場合に極端に除去率が悪化しているが、これは、水面積負荷率が大きいということの他に、あとでのべるような池内の水理条件がさらに沈殿効率を悪化させているものと考えられる。

図4-2-2は、水面積負荷率とBOD除去率の関係を示したものである。沈殿池におけるBODの除去は、浮遊物の除去に関連して浮遊性のBODを主体として生ずるものである。したがって、沈殿除去率は、流入下水の性質によって左右されることになる。図4-2-2にみられるように、BOD除去率と水面積負荷率あるいは沈殿時間との間には、わずかに、水面積負荷率が大きいほど沈殿時間が短いほど除去率が悪くなるという関係がうかがえるが、SSの場合ほど顕著ではなく、しかも除去率はこれに比して悪くなっている。図4-2-2によれば、BOD除去率は、水面積負荷率 $30 \sim 50 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ の範囲では、15~25%程度である。

図4-2-3、図4-2-4は、沈殿時間とSSおよびBOD除去率の関係を図示したものである。同図にみられるように、両者とも沈殿時間が長くなるほど除去率はよくなり、沈殿時間が15~3時間の範囲では、SS除去率は、20~55%、BOD除去率は、10~25%程度期待できるようであり、ほと、従来から指摘されてきた数値に近い結果が得られた。しかしながら沈殿時間をあまり長くとっても、除去率はそれほど向上せず、本年度の調査結果から判断する限りにおいては、沈殿時間を2.5時間以上にとることは、あまり効果がないものと考えられる。(DO消費については、前節でのべた通りである)

#### 4-2-4 最初沈殿池内の流れに関する調査

最初沈殿池内の偏流やこれに伴う乱れの発生が、沈殿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て水面積負荷率、沈殿時間を減少させ、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。

実際池では、こうした個々の現象を把握することは、非常に困難であるので、これらの

現象をマクロな形で評価し、その状況を知るために トレーサーを用いて池内の流れについての調査を行なった。

調査を行なった各沈殿池の概要は、表 4-2-1 に示してある。

#### (1) 調査方法

調査にあつては、できるだけ流量の変動が少なくなるようにポンプによる定量運転を行なった。また、トレーサーとしては ウラニンをを用いた。ウラニンのトレーサーとしての適用性については、吸着性が強いことながら制限があることが指適されているが、取扱いが容易で安価であること、蛍光分析が比較的簡単であること、比重がほぼ 1 であること、最初沈殿池における吸着が比較的少ないことなどの理由から用いることにしたものである。

調査にあつては、トレーサーをドラム管に溶解し、沈殿池の導入水路にすばやく投入した。採水は 流出部の越流水の落水路で行ない、その間隔はウラニンの色に応じて 最小 1 分間隔で行なった。また、採水した試料は 約 1 分間静置し、その上澄液を用いて蛍光度を分析した。

#### (2) 調査結果

図 4-2-5 から 4-2-8 までに 各最初沈殿池の流出部における応答曲線の例を示した。各沈殿池の流れの特性の比較ができるように 横軸は、トレーサー投入後の時間( $t$ )と理論滞留時間( $T_0$ ) (最初沈殿池有効容量/流入下水量) の比、縦軸は  $t$  における濃度( $C$ ) とトレーサーの投入量が、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。これらの図にみられるように、各最初沈殿池ごとに それぞれ応答曲線のパターンが異なっており、それぞれ異なった流れの特性を有していることがわかる。これらの特性の比較あるいは定性的な評価を行なううえで次のような定義を行なうのが一般的である。

すなわち、

$t_1$  : トレーサーが出現するまでの時間および  $t_1/T_0$

$t_2$  : トレーサーの濃度のピークまでの時間および  $t_2/T_0$

$t_{50}$  : トレーサーが全量の 50 % 流出するまでの時間および  $t_{50}/T_0$

$t_g$  : 応答曲線の重心までの時間および  $t_g/T_0$

$t_{10}, t_{90}$  : トレーサーがそれぞれ 10 %, 90 % 流出するまでの時間および  $t_{90}/t_{10}$

これらの定義とその定性的な意義は、次のようなものである。いま、右図に太線で示すような応答曲線①、②を考える。①は沈殿池が理想状態にあり、流れが完全に押し出し流れとなった場合の応答曲線であり、②は最も条件の悪い完全混合の場合の例である。

実際の流れは、図 4-2-5 ~ 図 4-2-8 にみられるように この両者の中間にあるもので

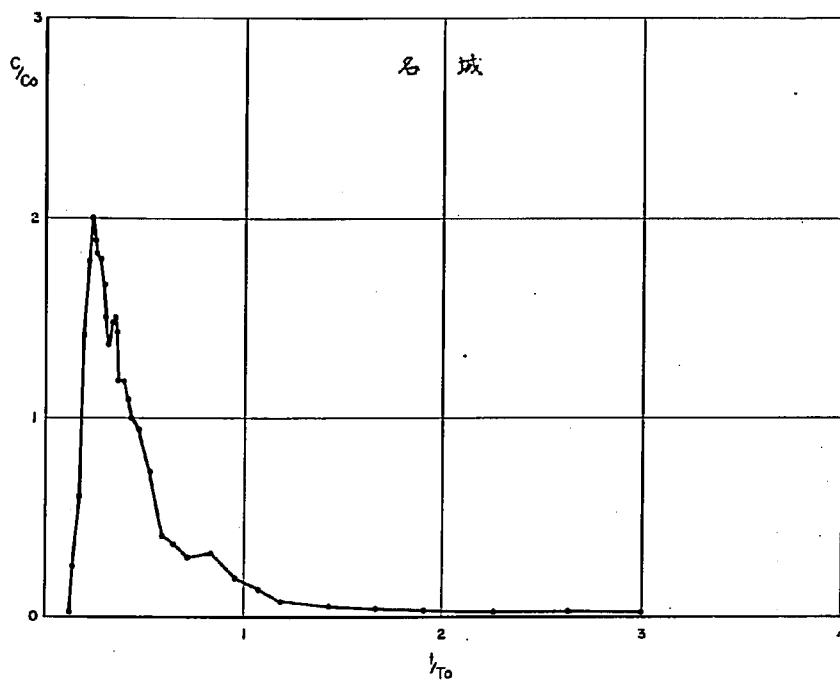


図 4-2-5 トレーサー応答曲線

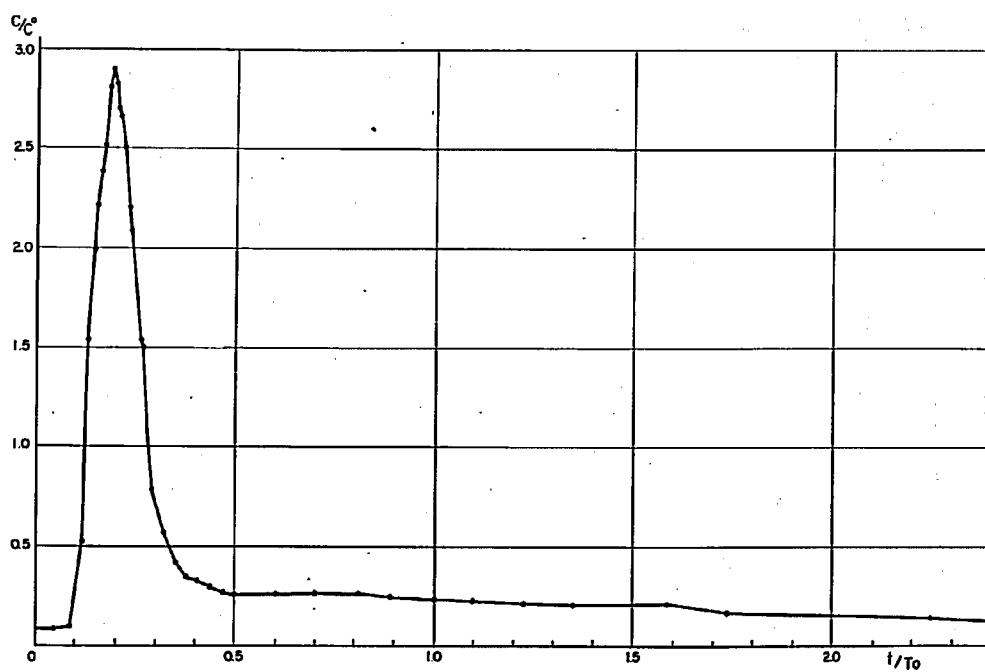


図 4-2-6 トレーサー応答曲線

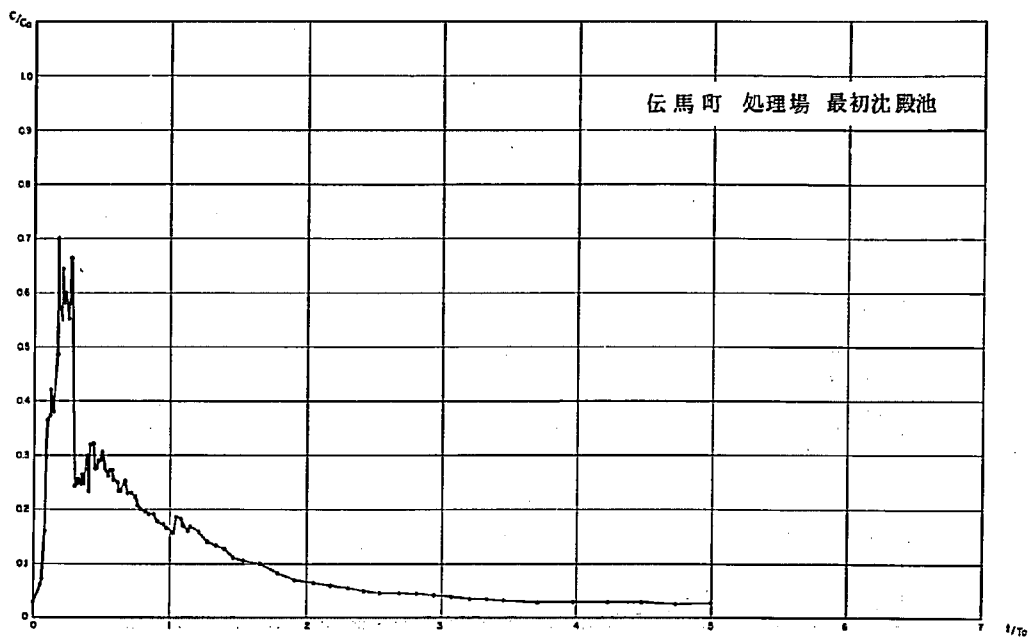


図 4-2-7 トレーサー応答曲線

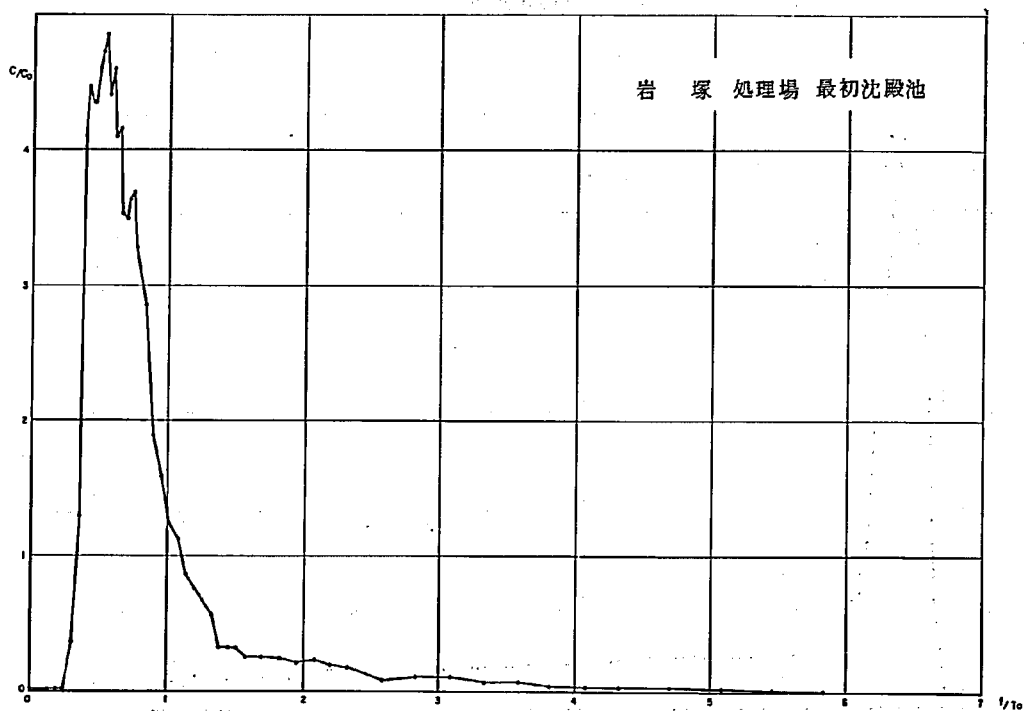
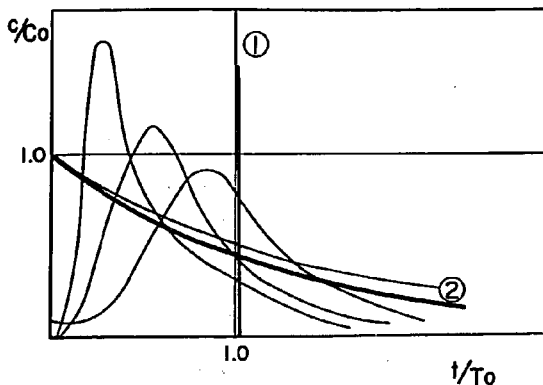


図 4-2-8 トレーサー応答曲線



ある。

表 4-2-2 には、各沈殿池における種々の  $t/T_0$  の値を一覧表にして示した。

また、併せて理想沈殿池①、完全混合池②の場合の値も示してある。一般には、理想沈殿池の値に近いほど流れは、安定したものであると考えることができる。

## (II) 死水域の推定

図 4-2-9 最初沈殿池流出部応答曲線図

応答曲線の重心までの時間  $t_s$  は、水流の最初沈殿池における平均滞留時間を表わすものと考えることができるが、 $t_s/T_0$  は、死水域がまったく存在しないときは 1 となる。したがってこの値は、最初沈殿池

表 4-2-2 各沈殿池における  $t/T_0$  の値

| 処理場名  | 流入量<br>( $m^3$ /分) | $T_0$ (分) | $t_s/T_0$ | $t_p/T_0$ | $t_i/T_0$ | $t_{50}/T_0$ | $t_{90}/t_{10}$ | $t_s/T_0 - t_p/T_0$ |
|-------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------------|---------------------|
| 名城    | 621                | 834       | 0.420     | 0.258     | 0.120     | 0.750        | 3.80            | 0.162               |
| 伝馬町   | 2358               | 781       | 0.883     | 0.167     | 0.064     | 0.749        | 11.0            | 0.716               |
|       | 2131               | 863       | 0.834     | 0.162     | 0.069     | —            | —               | 0.677               |
| 岩塚    | 1554               | 799       | 0.839     | 0.363     | 0.225     | 0.733        | 4.21            | 0.476               |
| 千年    | 1476               | 97.6      | 0.759     | 0.297     | 0.184     | —            | 6.99            | 0.462               |
| 西山    | 0.94               | 1851      | 0.475     | 0.146     | 0.037     |              |                 | 0.329               |
|       | 1.64               | 106.0     | 0.514     | 0.255     | 0.161     |              |                 | 0.259               |
| 理想沈殿池 | —                  | —         | 1         | 1         | 1         | 1            | 1               | 0                   |
| 完全混合池 | —                  | —         | 1         | 0         | 0         | 0.694        | $\infty$        | 1                   |

の有効容量の割合を示す指標と考えることができる。表 4-2-2 にみられるように、 $t_s/T_0$  の値は 0.420~0.883 の範囲にあり、いずれの最初沈殿池にもかなりの死水域が存在していることが認められる。 $t_{50}/T_0$  を実質的な滞留時間とする見方もあるが、この場合は 0.70~0.75 の範囲であり、いずれにせよ最初沈殿池の設計容量の 20~50% までが死水域となる可能性があるものと判断できる。

## (III) 短絡流発生の程度

短絡流（偏流）の発生は、すべての沈殿池で避けられないものであるが、 $t_i/T_0$ 、 $t_p/T_0$  などは、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  $t_s/T_0 - t_p/T_0$  も実質的な短絡流の発生

程度を示すものと考えることができる。

表 4-2-2 にみられる如く、 $t_1/T_0$  は 0.04~0.23,  $t_2/T_0$  は 0.15~0.36 といずれも小さく、かなりの短絡現象が生じており、1部の水流は設計滞留時間の10%以下で流下していることがわかる。この結果によれば、特に円形沈殿池の場合に短絡流の発生が激しいようである。このことは  $t_2/T_0 - t_1/T_0$  の値が円形沈殿池の場合に特に大きいことからうかがうことができる。逆に、長さに対して巾の狭い名城処理場最初沈殿池では短絡流の発生は少ないようである。

#### (Ⅲ) 縦方向への拡散の程度

縦方向への拡散も沈殿効率をひどく悪化させる原因となる。 $t_{90}/t_{10}$  は、縦方向への拡散の程度を表わすものと考えることができる。(理想沈殿池では1、縦方向への拡散の程度が増すにつれて大きくなる) いずれの沈殿池でも拡散現象はさけられないが、円形沈殿池の場合に特にこの値が大きくなっており、池内にかなりの乱れが発生しているものと推定されている。 $t_2/T_0$  が小さいわりに、みかけの  $t_2/T_0$  が大きくなっているのはこのためであると考えられる。

#### (Ⅳ) 実際池における池内流速

最初沈殿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殿効率に影響する。一般には、流速は小さい方がよいと考えられており、通常設計には、30 cm/分 (0.5 cm/秒)以下で設計されている。

沈殿池内の平均流速  $V$  は、

$$V = \frac{L}{t}$$

L : 池の有効長  
t : 沈殿時間

として表わすことができる。

実際池の池内の流速は、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、非常に遅いものであるため、実測することは困難である。ここでは、トレーサー調査の結果から各沈殿池内の平均流速および最大流速を推定してみた。

平均流速は、実質的な平均滞留時間  $t_e$  から最大流速はトレーサーが出現するまでの時間  $t_i$  から上式を用いて計算したものである。計算結果を表 4-2-3 に示す。表 4-2-3 にみられるように、実際池における流速は全般に設計計算上の値よりも高くなっており、平均流速は、設計流速が 6~38 cm/分であるのに対して 18~90 cm/分となっており、沈内流速は設計値の約3倍程度はあるものと考えられる。また、注目すべきは最大流速が非常に大きいことであり 160~310 cm/分 (2.6~5.1 cm/秒) に達している。

したがって、こうした高速の流れが池内の安定性を乱し、沈殿効率を悪化させ

表 4-2-3 最初沈殿池の流速

| 処 理 場 | L(m) | $T_0$ (分) | 設計流速<br>cm/分 | $t_e$ (分) | 平均流速<br>(cm/分) | $t_i$ (分) | 最大流速<br>cm/分 | 備 考 |
|-------|------|-----------|--------------|-----------|----------------|-----------|--------------|-----|
| 名 城   | 315  | 834       | 384          | 35        | 900            | 10        | 315          |     |
| 伝馬町   | 125  | 781       | 156          | 69        | 180            | 5         | 240          | 円形  |
|       |      | 863       | 144          | 72        | 174            | 6         | 204          |     |
| 岩 塚   | 300  | 799       | 378          | 62        | 45.0           | 18        | 167          |     |
| 千 年   | 300  | 976       | 306          | 74        | 408            | 18        | 167          |     |
| 西 山   | 160  | 1811      | 84           | 88        | 180            | 10        | 160          |     |
|       |      | 1060      | 64           | 55        | 294            | 7         | 229          |     |

ていることは、十分考えられる。

#### (V) 池内の流れと除去率との関係

ここまでのべてきたように、実際池においては、かなりの死水域、短絡流が発生し、これが除去率を悪化させているものと判断されるが、次に こうした流れと除去率の関係をみる。

表 4-2-1 にみられるように、各最初沈殿池とも理論滞留時間、およびこれに伴う水面積負荷率の条件はそれぞれ異なっているが、その範囲は少ないものと考えて流れの特性と除去の関係をみてみることにした。図 4-2-10 は、平均滞留時間 ( $t_e$ ) およびピークの発生する時間 ( $t_i$ ) と SS 除去率との関係を図示したものである。

図にみられるように、実質的な沈殿時間 ( $t_e$ ) と SS 除去率の間には、この範囲では はっきりとした関係をみることはできないが、ピークの発生が早いほど、除去率が悪くなる傾向がみられる。図 4-2-11 には、各  $t_i/T_0$  の値と SS 除去率の関係を示してあるが、 $t_e/T_0$ 、 $t_i/T_0$  といった偏流あるいは短絡流に直接関係するものと除去率との関係が深いことがわかる。このことは、 $t_e/T_0 - t_i/T_0$  と SS 除去率の関係を図示した。図 4-2-12 によってもうかがうことができ、短絡流の程度が、直接除去率と結びついているものと判断される。

これは、短絡によって水面積負荷率が減少すること、高速の短絡流によって沈降の妨害、沈殿物の再浮上が引き起こされることなどによるものである。したがって沈殿効率を向上させるためには できるだけ 短絡流の発生の程度を少なくすることが必要であり、流入部および池の形式の撰択にあつては、流れの安定性をできるだけ維持できるように配慮することが重要である。このため、場合によっては整流壁などの池内構造物の設置についても考慮する必要があるのではないかと考えられ

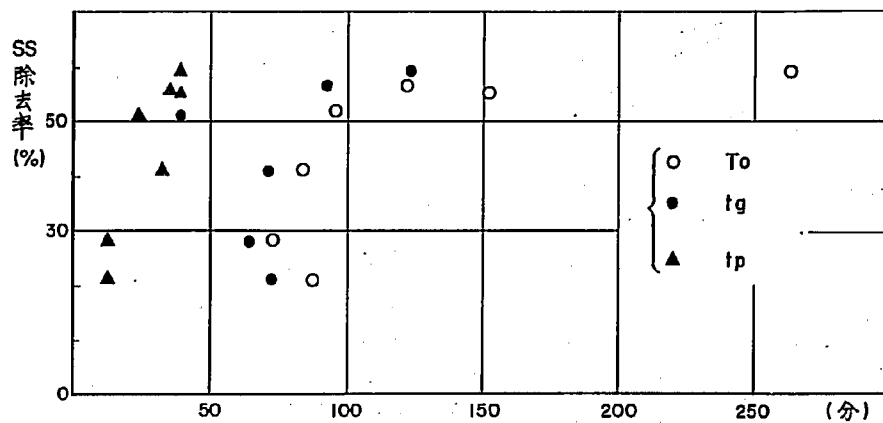


図 4-2-10 沈殿時間と SS 除去率の関係

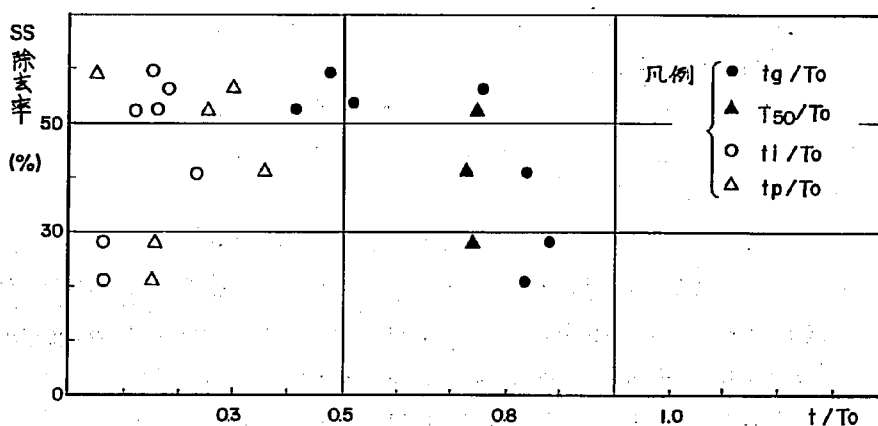


図 4-2-11  $t/T_0$  と除去率との関係

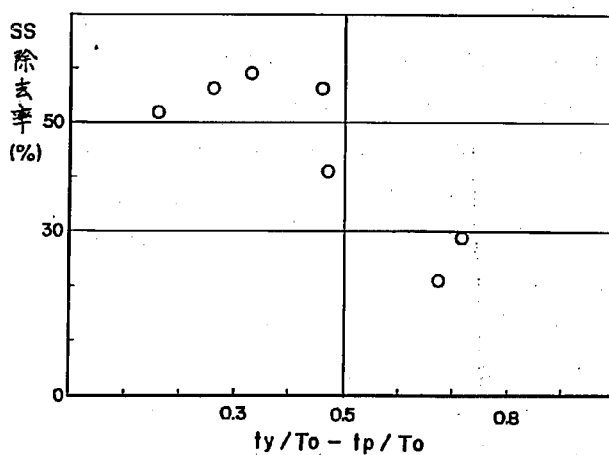


図 4-2-12  $t_g/T_0 - t_p/T_0$  と除去率の関係

る。

#### 4-2-5 最初沈殿池における窒素、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行なわれるものであろうか。前節で流入下水中の窒素、リンと浮遊物の関係を検討したが、この結果からは 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ことが予想される。

各処理場の調査結果を表4-2-4に示した。

表4-2-4 N, P の最初沈殿池における除去率

| 処 理 場 | 流入水 (ppm) |                    | 流出水 (ppm) |                    | T-N<br>除去率<br>(%) | PO <sub>4</sub> -P<br>除去率<br>(%) | BOD<br>除去率<br>(%) | SS<br>除去率<br>(%) |
|-------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|------------------|
|       | T-N       | PO <sub>4</sub> -P | T-N       | PO <sub>4</sub> -P |                   |                                  |                   |                  |
| 名 城   | 19.0      | 2.10               | 24.0      | 1.74               | -                 | 17.1                             | 21.2              | 53.1             |
| 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             |
| 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                                | 20.7              | 58.3             |

(数字はいずれも日平均値)

表にみられるように 各処理場の場合とも窒素に関しては、ほとんど除去が期待できないことがわかる。またリンについては 各沈殿池ごとに差がみられ、10~50%の範囲にあるが、かなりの除去が期待できることがわかる。

#### 4-2-6 最初沈殿池の調査結果のまとめ

(1) 現在の沈殿池の設計は、水面積負荷率および沈殿時間を基準に行なわれるが、流入下水のSS濃度が100~200 ppmの場合、水面積負荷率30~50 m<sup>3</sup>/日/m<sup>2</sup>でSS除去率は、40~55%、沈殿時間1.5~3時間の範囲で20~55%程度期待できる。

また、BOD濃度が80~120 ppmの場合、水面積負荷率30~50 m<sup>3</sup>/日/m<sup>2</sup>でBOD除去率は、15~25%、沈殿時間1.5~3.0時間で10~25%程度である。

(2) 沈殿時間は、2.5時間以上とっても 除去率の向上は あまり期待できない。また、DO消費の点からも一般の下水処理場では、最初沈殿池の沈殿時間を長くすることは得策ではない。しかしながら、合流式下水道の場合には、雨天時に雨水が流入するため、1概に 晴天時の数値で議論を行なうことは問題であるが、こうした点は 十分に認識しておく必要があろう。

(3) 沈殿池内の流れは 理想沈殿池のそれと著しく異なっている。今回の調査結果によれば、死水域が各池ともかなり発生しているものと判断でき、その容量効率は、50~80%程度である。また、短絡流の発生もかなり激しく1部の流れは、設計滞留時間

の10%以下で流下しており、このときの流速は160~310cm/分(2.6~5.1cm/秒)に達するものと推定される。

- (4) このため 短絡流の発生が 除去効率を低下させる大きな原因となっている。
- (5) したがって、沈殿池の設計にあたっては、水面積負荷率沈殿時間に対する考慮の他に 池内の流れをできるだけ安定なものとするための 流入部、池の形状等に対する検討が重要である。

#### 4-3 活性汚泥法の調査

##### 4-3-1 概 説

活性汚泥法は、1920年代に 下水処理法の1つとして開拓されてから、かなりの年月を経ているが、現在もなお 有力な処理法として採用されているものである。

この間、活性汚泥法については数多くの研究が行なわれ、活性汚泥の特性を生かすべく、標準活性汚泥法と呼ばれるもののほかに、種々の変法が考案されて今日に至っている。

活性汚泥法は、下水と汚性汚泥の混合、かく拌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 沈殿により 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殿池の堰から越流していくという過程をとるが、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には、エアレーションタンクにおける除去の機構、最終沈殿池における 汚泥の分離の機構 および汚泥の返送を最適なものとするため、方法についての検討を行なうことが必要になる。

一般に、活性汚泥を含めて 生物処理におけるBOD 除去のプロセスは、つぎのような3段階に分けられる。

- (1) 生物吸着によるBOD除去、すなわち 細胞中に 予備的な食物源として蓄積されている生物学的に活性状態にある汚泥に 下水が接触して生ずる初期のBOD除去。
- (2) 好気性生物の代謝量に比例するBOD除去、すなわち生物性汚泥の増殖に直接比例するBOD除去。
- (3) 内呼吸作用による生物学的細胞物質の酸化。

活性汚泥法におけるBOD除法は、一般には、浮遊性固形物と 溶解性有機物質の除去に分けられているが、前者は、吸着と凝集作用によって除かれ、後者は、1部がまず吸着によって除かれて 予備的な食物源として細胞質中に蓄積され、その他は エアレーションをうける過程で除々に除去され、汚泥を合成していくことになる。

活性汚泥そのものは、活性を有する微生物、有機物、無機物の集合したフロックであるが、エアレーションタンク内では、この汚泥が 下水との接触混合曝気の過程を経て、活

性の特質を発揮しながら、除去に関与していくことになる。

活性汚泥の特質を図示すると右図のようになる。

図4-3-1のように、接触初期におけるBOD除去は、ほとんど初期除去と呼ばれる吸着によるものであり、汚泥の吸着能が十分に発揮されたあとでは、汚泥は吸着という意味では活性ではなくなり、

前述したように、吸着した有機物を徐々に酸化し、有機物の一部は無機化され、他は余剰汚泥となるか、処理水中に含まれたまま流出して除去の系からでていくわけである。

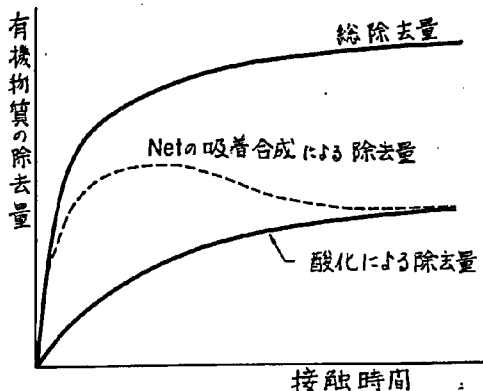


図4-3-1 汚性汚泥法における除去の原理

標準活性汚泥法を始めとする活性汚泥法の各種の変法は、このような汚泥の特質を最大限に利用すべく施設の設計、運転を行なうようにしたものである。たとえば、標準活性汚泥法の場合には、吸着から酸化までを行なわせようとするものであり、モデファイドエアレーション変法は、吸着による除去を主体とする活性汚泥法であることは周知のとおりである。活性汚泥法においては、汚泥の有する“活性”を常に最大限に利用することが必要であるが、操作のうえでは活性汚泥量と空気量とがきわめて重要な役割を果すことになる。活性汚泥量（エアレーションタンク内のMLSS濃度）は、流入下水の濃度に関連してタンク内での活性汚泥の特質に影響し、空気量はタンク内のDO濃度および混合の強さ等に直接関係するためである。したがって、エアレーションタンクの設計を行なう場合には、最も基本的な設計上の要因となるエアレーション時間（あるいは滞留時間）の他に、活性汚泥量に関連した返送汚泥量および空気量についての十分な配慮を払うことになる。

従来、経験的に用いられてきた各種活性汚泥法におけるこれらの標準的な設計

表4-3-1 下水道施設基準および小規模下水道施設基準による標準値

| 処理方式                  | エアレーション時間<br>(時間) | 返送汚泥量<br>(計画日平均下水水量に対する)% | 空気量<br>m <sup>3</sup> /下水1 m <sup>3</sup> |
|-----------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------------------|
| 標準活性汚泥法               | 4~6               | 20~30                     | 3~7                                       |
| ステップエアレーション変法         | 2.5~4.0           | 20~30                     | 3~7                                       |
| モデファイド・エアレーション<br>変法  | 1.5~3.0           | 5~15                      | 2~4                                       |
| コンタクト・スタビリゼーション<br>変法 | 2.5以上             | 50~100                    | 12以上                                      |

$$\text{※} \text{エアレーション時間} = \frac{\text{タンク体積}}{\text{流入下水水量} + \text{返送汚泥量}}$$

上の数値を整理すると以上ようになる。

#### 4-3-2 調査を行なった施設の概要

活性汚泥法に関する調査は、伝馬町、名城、岩塚、下之一色、の4ヶ所の下水処理場で行なった。このうち、伝馬町、名城、岩塚の各処理場は、標準活性汚泥法を採用しており、下之一色処理場（小規模処理場）は、コンタクトスタビリゼーション変法による処理が行なわれている。

表4-3-2 には、各処理場の活性汚泥処理施設の諸元を一覧表にして示した。

表4-3-2 活性汚泥処理施設の諸元

| 処理場  | エアレーションタンク（1池当り） |              |                 |               |                | 空気吹込み方法 | 最後沈殿池（1池当り）      |              |                   |                   |                |                        |
|------|------------------|--------------|-----------------|---------------|----------------|---------|------------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------|------------------------|
|      | 容量<br>( $m^3$ )  | 巾<br>( $m$ ) | 有効水深<br>( $m$ ) | 全長<br>( $m$ ) | 設計滞留時間<br>(hr) |         | 容量<br>( $m^3$ )  | 巾<br>( $m$ ) | 有効水深<br>( $m$ )   | 長さ<br>( $m$ )     | せき長<br>( $m$ ) | 有効水面積                  |
| 伝馬町  | 2700             | 6.0          | 5.0             | 90            | 1.3            | 散気盤     | 374(上)<br>446(下) | 4.8          | 3.12(上)<br>3.0(下) | 261(上)<br>31.0(下) | 27             | 124.8 (上)<br>144.8 (下) |
| 名城   | 2115             | 4.7          | 4.5             | 100           | 2.2            | 散気管     | 575              | 4.7          | 3.5               | 35                | 39             | 164                    |
| 岩塚   | 6750             | 7.5          | 4.5             | 200           |                | 散気盤     |                  | 4.5          | 3.2(上)<br>3.6(下)  | 40                |                |                        |
| 下之一色 | 352              | 4.0          | 4.0             | 22.0          | 1.0            | 散気管     | 358              | 4.5          | 3.8               | 210               |                | 95                     |

#### 4-3-3 活性汚泥処理施設の調査方法

調査を行なった処理場は、下之一色処理場を除き エアレーションタンクおよび最後沈殿池とも複数の系列を有しているが、調査にあたっては このうち一系列を選び、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、所定の最後沈殿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、その引抜きの系統の関係から調査系列のもののみを分離することはできなかった。

調査は つぎのような2つの方法の組合せで行なった。

すなわち、

- (i) タンクの流入水（下水および返送汚泥）および処理水（最後沈殿池越流水）を一昼夜（25時間）にわたって 30分間隔で採水、分析（1時間の混合試料として）し、1日を通じての変動および日平均値として、除去効率その他の機能を把握するという方法。
- (ii) 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、タンクの流入部から あらかじめのトレーサー実験によって測定した流下時間を追って 混合液を流出部に至るまでの数ヶ所で採取し、タンク内の流下に伴う

除去機能の変化を知るという方法（同時に、流入下水および返送汚泥を採取してバッチ試験を行なった）。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）に分離して分析した。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を示すことになる。

#### 調査結果,

調査当日の各エアレーションタンクの操作条件および流入流出水のBOD, SS, 除去率等については表4-3-3に一覧表にして示した。また、このときのタンク流入下水、返送汚泥、タンク内混合液、処理水等の流量および水質の日変化の様子は、一括して付図に示してある。

付図にみられるように、タンクに流入する下水の流量は1部の処理場を除いては比較的一定に保たれている。しかしながら流入水の水質については変動が大きく、タンクにかかる負荷は時刻によってかなりの差があるため、ここでは他の場合と同様1日を1サイクルとして扱え、日平均の値を中心にして整理を行なったものである。

表 4-3-3 各エアレーションタンクの条件と除去率

| 処理場   | エアレーションタンク容量<br>m <sup>3</sup> | 流入下水流量<br>m <sup>3</sup> /h | 返送汚泥流量<br>m <sup>3</sup> /h | 空気量<br>m <sup>3</sup> /hr | 停留時間<br>(hr) | エアレーション時間<br>(hr) | 槽内MLSS濃度<br>(ppm) | 流入BOD負荷<br>(kg/日) | 流入SS負荷<br>(kg/日) | BOD-SS負荷<br>kg/100<br>kgSS/日 | 処理水BOD負荷<br>(kg/日) | 処理水SS負荷<br>(kg/日) | 除去BOD<br>(kg/日)  | 除去SS<br>(kg/日) | BOD除去率<br>% | SS除去率<br>% |
|-------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------|------------|
| 佐馬町田  | 2,700                          | 567<br>31.67                | 254<br>6.107                | 2,300                     | 3.29         | 4.76              | 1,528             | 973.7<br>(71)     | 1546.8           | 236                          | 202.9<br>(15.4)    | 1311.0            | 770.8<br>(18.7)  | 235.8          | 79.2        | 15.3       |
| " 岡   |                                | 837<br>15.933               | 242<br>5.797                | 2,300                     | 3.07         | 4.24              | 1,957             | 1,270.7<br>(79)   | 1203.3           | 238                          | 308.8<br>(12.4)    | 793.1             | 961.9<br>(18.0)  | 410.2          | 75.8        | 34.1       |
| 名 城   | 2,115                          | 770<br>18.993               | 205<br>4.920                |                           | 2.12         | 2.25              | 1,162             | 1,259.6<br>(63)   | 1599.7           | 51.3                         | 192.0<br>(10.4)    | 369.5             | 1067.6<br>(43.4) | 1210.2         | 84.7        | 75.6       |
| 岩 塚   | 6,515                          | 1,770<br>42.501             | 389<br>9.345                | 7,400                     | 3.06         | 3.74              | 2,542             | 2,345.1<br>(55)   | 2803.3           | 13.4                         | 354.1<br>(83)      | 679.3             | 1991.0<br>(11.4) | 2124.0         | 84.9        | 75.8       |
| 下之一色村 | 352                            | 167<br>4.011                | 150<br>37.45                | 505                       | 1.11         | 2.10              | 3,229             | 499.0<br>(122)    | 245.8            | 43.9                         | 32.6<br>(79)       | 102.0             | 466.4<br>(41.0)  | 143.8          | 93.4        | 41.4       |

附 コンクリート・ステビライゼーション装置、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(kgBOD/100kgSS/日)

表4-3-3 にみられるように、活性汚泥法の場合の除去率は75~95%の範囲にある。今回の調査では、標準活性汚泥法の場合の除去率が75~85%（2次処理分）と他の場合よりも除去率は若干低めであるが、これは標準法としては、流入量が過負荷で停留時間が短くなっており、標準活性汚泥法としての条件をみたしていないこと、流入水のBODが低く（55~79 ppm）除去率が低くなることなどによるものであろう。以下にエアレーションタンクの操作条件と日平均除去率との関係をみてみる。

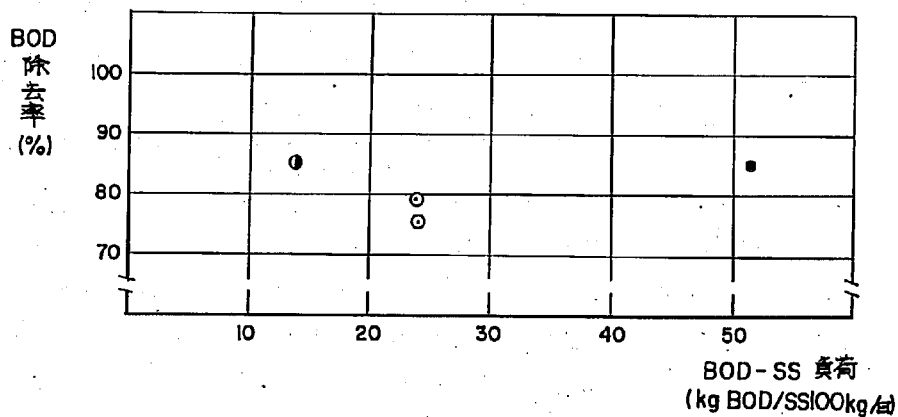
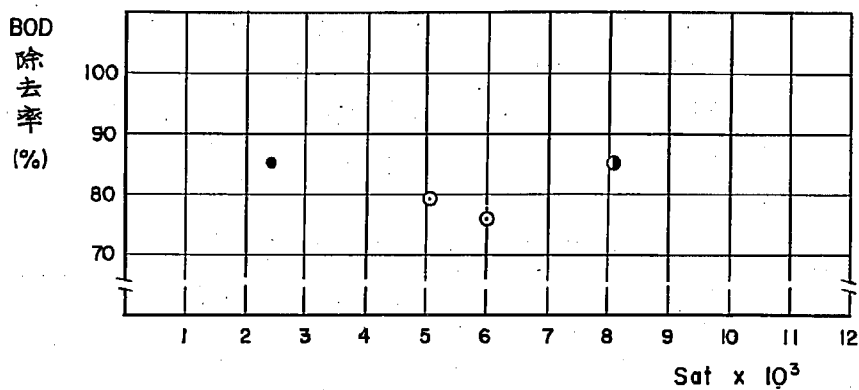
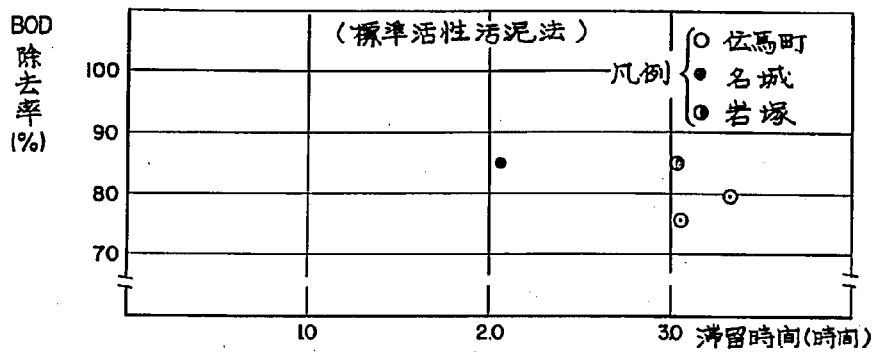


図 4-3-2 エアレーションタンクの操作条件と BOD 除去率の関係

#### 4-3-4 タンクの操作条件と 日平均BOD除去率との関係

図4-3-2に、日平均BOD除去率とタンクの各操作条件との関係を図示した。調査は、3処理場合計4回の結果によるものであるが、同図にみられるようにこの範囲では、滞留時間、 $Sat$  ( $S_a$ :タンク内MLSS濃度)、BOD-SS負荷といった通常設計上の配慮を払う因子とBOD除去率との間にははっきりとした関係はみられない。

通常の場合、滞留時間が長いほど BOD-SS 負荷は低いほど (標準活性汚泥法の場合は  $10 \sim 30 \text{ kg/SS } 100 \text{ kg/日}$  で設計する)、 $Sat$  は大きいほど除去率は良好なものとなるが、今回の調査結果では 滞留時間が短い場合でも 除去率が良好となる場合がある。したがって、こうしたマクロな設計あるいは 操作上の因子の他に、除去の機能に影響を与える多くの原因があるものと考えられる。このため、以下に 今回行なった エアレーションタンク内での詳細な調査の結果をもとに、除去の機能に影響を与える種々の要因についての検討を行なっていくことにする。

なお、図4-3-3は、エアレーションタンクにおける BOD-SS 負荷と除去BOD量との関係を示したものである。

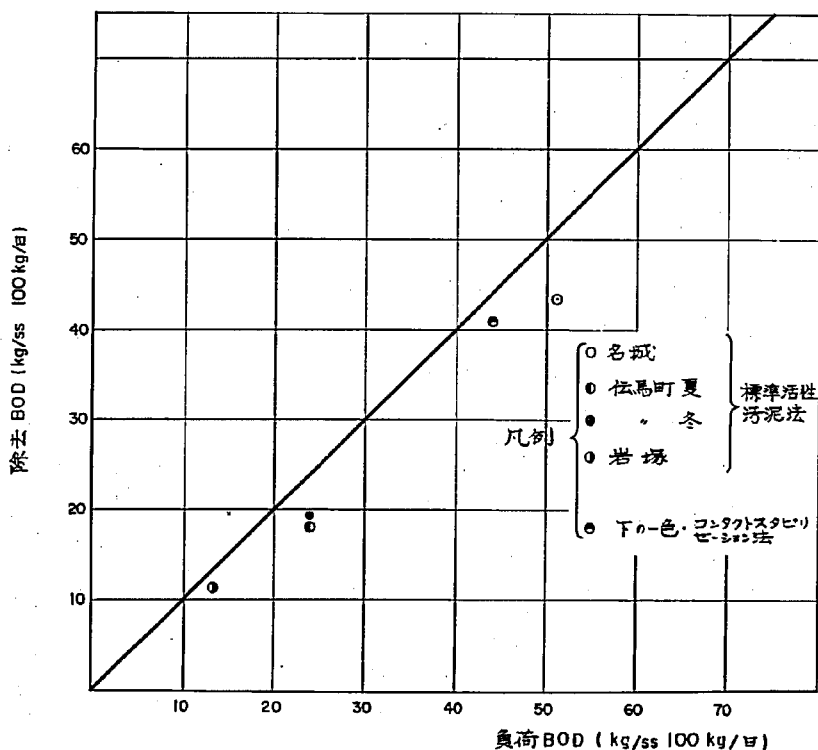


図4-3-3 負荷BODと除去BODの関係

#### 4-3-5 タンク内の流下に伴う下水の変化について

エアレーションタンク内に流入し、返送汚泥と混合した下水が、流下に伴ってどのように変化（減少）していくかを知ることは、タンクの設計を行なううえで特に、その滞留時間の決定を合理的なものとするために、きわめて重要なものである。

一般に、エアレーションタンク内での混合液の消長は、図4-3-4のような経過をたどることが知られている。

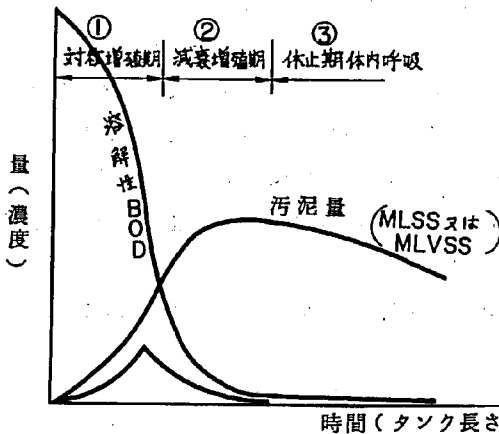


図4-3-4 エアレーションタンク内の活性汚泥混合液の消長

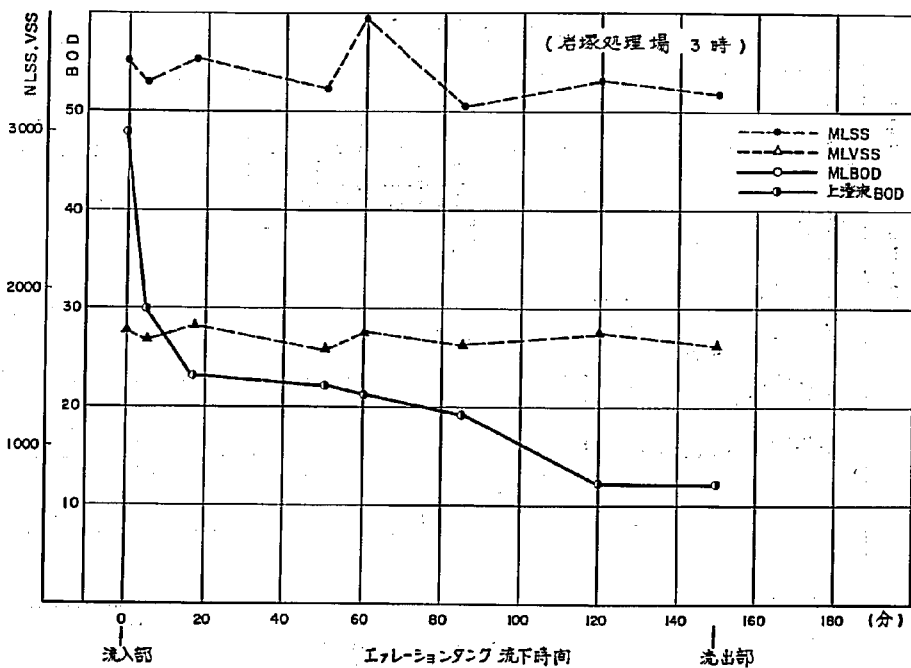
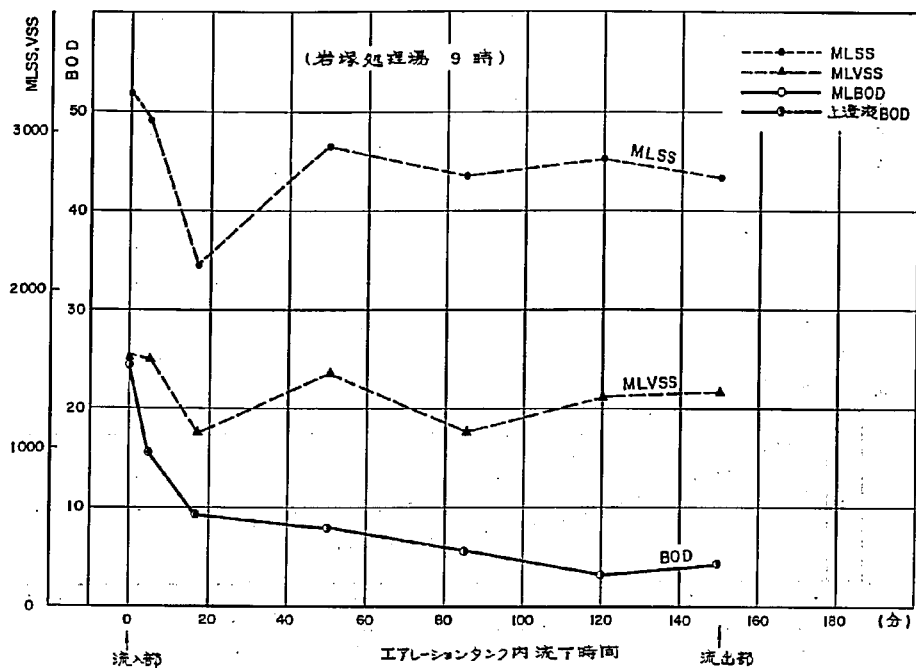
すなわち、①活性汚泥の有機栄養物と微生物の比率が非常に高いときに生ずる汚泥の対数増殖 およびこれに伴う汚泥の吸着による急激な上澄液のBODの減少、②有機栄養物の減少に伴う汚泥の増殖の減衰、③汚泥の増殖の休止にひき続く、有機物の酸化による汚泥量の減衰 などである。

一般のエアレーションタンクでは、エアレーションを受けながら混合液が、タンク内を流下していくが、これに伴って

混合液は、上に述べたような変化をつけてBODが除去されていくことになる。このため、活性汚泥法の場合、設計あるいは操作上、流入下水の負荷量に関連した返送汚泥量および濃度、滞留時間（エアレーション時間）の設定が、きわめて重要な要因となる。

標準活性汚泥法は、初期の有機栄養物と活性汚泥微生物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に設計を行なうものであり、今回調査を行なったコンタクトスタビリゼーション変法（下之一色処理場）は、逆に、活性汚泥の濃度を十分に高めて、有機栄養物と微生物の比を低下させることによって、汚泥の吸着作用を最大限に利用するように設計を行なう方法である。コンタクトスタビリゼーション法の場合は、エアレーションタンクを下水と返送汚泥の混和部と返送汚泥のエアレーション部と前者では、吸着を、後者では酸化を主体として行なわせるようにしたもので、全体としてのエアレーションタンク容積は、標準法に比して、かなり減少できるとされているものである。ここでは、調査結果を中心に、標準活性汚泥法、コンタクト・スタビリゼーション変法の場合のタンク内の流下時間に伴う混合液の変化について述べていく。

図4-3-5から図4-3-13までに、各エアレーションタンクにおけるタンク内の流下



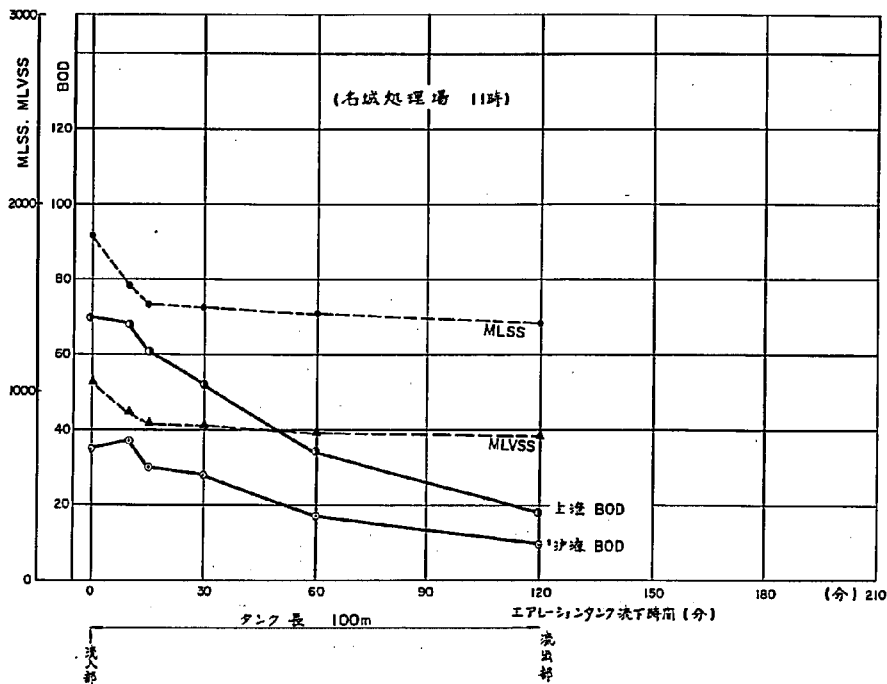


図 4-3-7 エアレーションタンク内混合液の変化

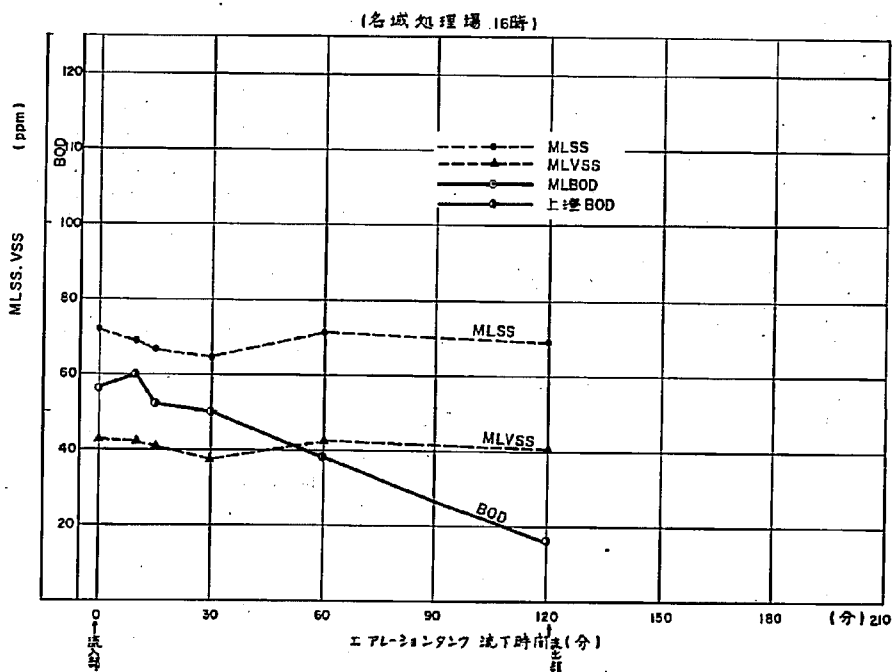


図 4-3-8 エアレーションタンク内混合液の変化

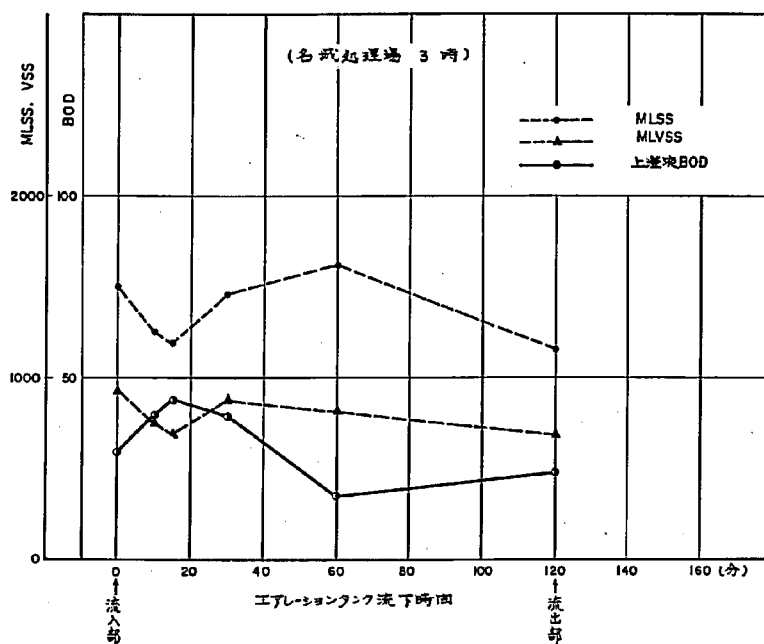


図 4-3-9 エアレーションタンク内混合液の変化

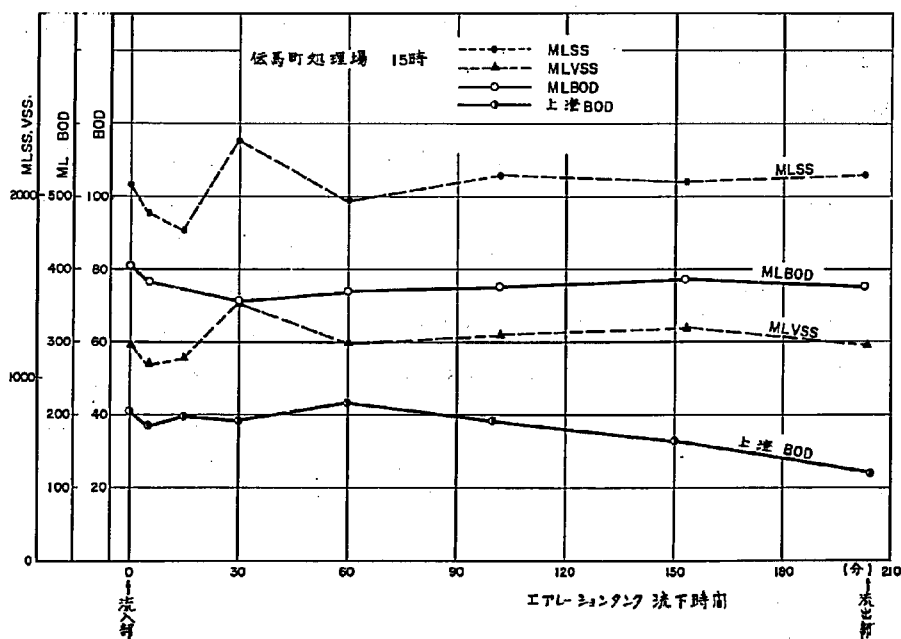


図 4-3-10 エアレーションタンク混合液の変化

にともなう混合液の変化の状況を示した。

活性汚泥量の指標としてMLSSおよびMLVSSを 有機栄養物の指標として上澄液のBODを示してある。また1部には、混合液のBOD (MLBOD)、上澄液をろ紙 (東洋ろ紙NO.5C)でろ過した下水 (溶解性BODの指標となる)のBODもあわせて図示してある。図の横軸は、流入してから タンク内を流下して 採水点に至るまでの経過時間を示しており、0分は流入部、末端の時間は 流出部を表わすことになる。したがって流出部の上澄液BODは、ほぼ処理水のそれと同じであると考えてよい。

#### (i) 標準活性汚泥法の場合

名城、岩塚、伝馬町各処理場の例はそれぞれ標準活性汚泥法の場合の例である。

##### (a) 岩塚処理場

図4-3-5 および図4-3-6は、岩塚処理場の場合のMLSS、VSS、BODの変化と タンク内流下時間との関係を示したものである。図にみられるように、9時の場合 3時の場合とともに 上澄液のBODの大部分は、タンクへ流入後ただちに除去されていることがわかる。これは 前に述べた 吸着反応によるものであるが、この場合、下水中のBODの50~60%が 流入後20分以内に除去されている。上澄液のBODは、さらに流下時間とともに減少し、流出部に至り最後に沈殿池を経て放流されることになる。一方、MLSS (VSS) は、変動がみられるが (サンプリングの困難さもその一因であると考えられる)、全体としては、流出部では 減少傾向にあり、減衰増殖期あるいは、休止期にまで至っているのではないかと推定できる。特に負荷の小さい9時の場合にこれがはっきりとつかえる。

##### (b) 名城処理場

図4-3-7~図4-3-9は名城処理場における例である。名城処理場の場合、岩塚処理場の場合ほど 初期における除去は激しくはなく、負荷の低い3時の場合を除いてエアレーションタンクの全長にわたって、直線的にBODの除去が進行している。名城処理場は、MLSS濃度が低いこと、滞留時間が短いことなどから 吸着反応の進行がおそく、しかも タンクの全長にわたって行なわれているものと思われる。このことは MLSSの値がほとんど変化しないことからもうかがえる。また注目すべきことは、負荷の低い (流入BODの低い) 3時の場合には、初期におけるBODの除去が大きく、岩塚処理場のそれと同じパターンでBODが減衰していることである。

##### (c) 伝馬町処理場

図4-3-10は、伝馬町処理場における例である。

伝馬町処理場は、前にふれたように 今回の調査のうちでは最も除去率が低かった

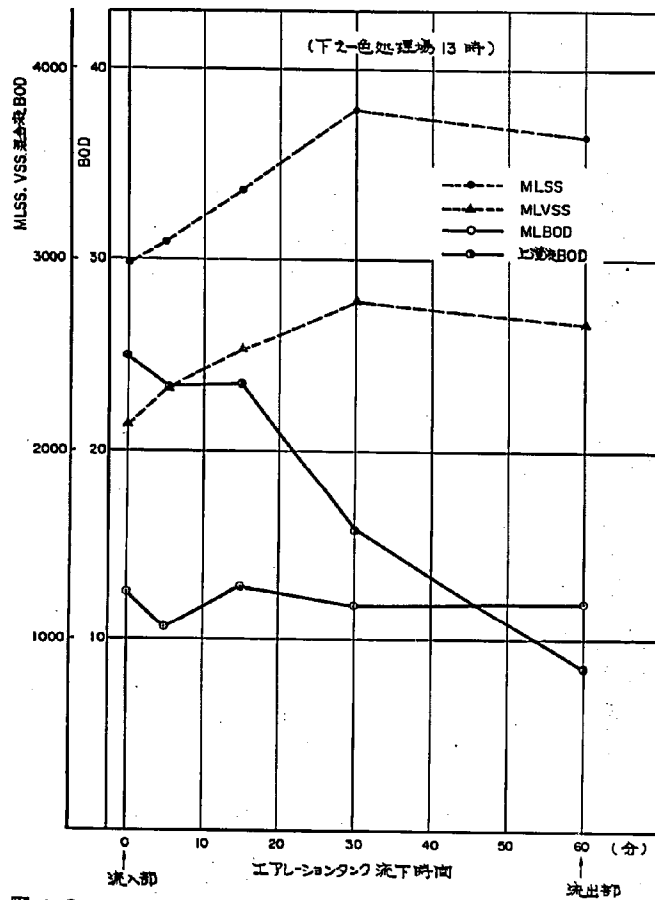


図 4-3-11

エアレーションタンク（接触槽）における混合液の変化

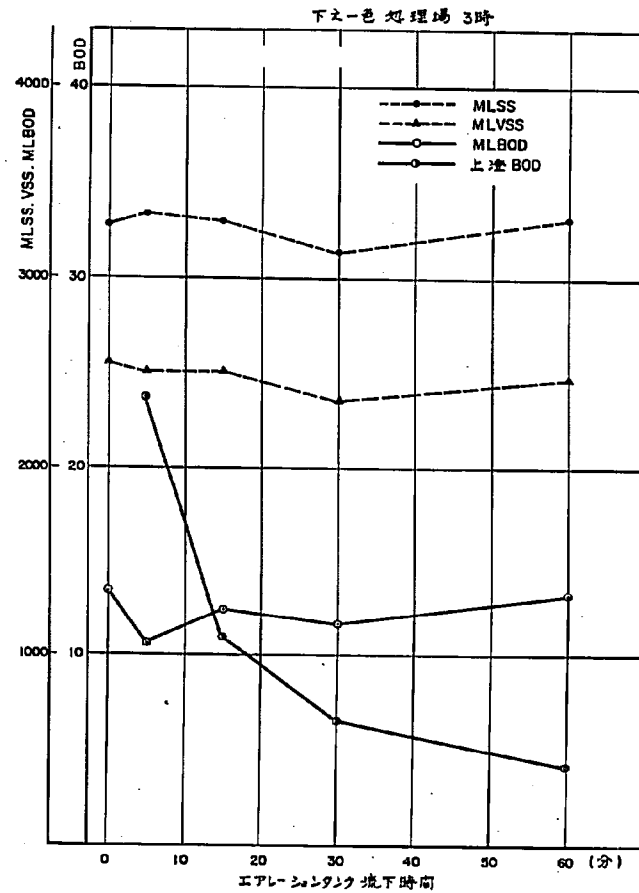


図 4-3-12

エアレーションタンク（接触槽）における混合液の変化

が、図の例でわかるように、BODの除去パターンが他の2処理場の場合と異なっている。即ち、初期におけるBODの除去が少なく、吸着反応の進行が少ない（遅い）ことである。これは 後にのべるように 下水中に汚泥の活性をそ害するような物質が含まれていると推定されること、また、返送汚泥の活性が低くなっているためであると考えられ、こうした要因が 全体として BOD除去率を悪化させているのであろう。

### (iii) コンタクト・スタビリゼーション法の場合

図4-3-11～図4-3-12までは、コンタクト・スタビリゼーション法を行なっている下之一色処理場の場合の例である。本法は 汚泥の吸着作用を利用したものであるが、図にみられるようにその吸着活性が高く、タンク全長にわたって 進行しており、その除去量も大きい。また、MLSSは 増加していく傾向にある。

なお、全体を通じて 0分におけるBODが低いのは 後に述べるように返送汚泥の希釈作用によるものである。また、1部には 混合液のBODを図示してあるが、これには 有意の変化はみられない。ここまで、各処理場におけるBOD除去のパターンについてみてきたが、今回の調査では 各場合とも 吸着によるいわゆる初期除去が主体となってBODの除去が行なわれていることがわかった。

初期におけるBODの除去反応は、一般に次のように表わすことができる。

$$\frac{dL}{dt} = -K_a S_a L \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 L : BOD                      S<sub>a</sub> : タンク内MLSS濃度

K<sub>a</sub> : 初期除去係数

t : 時間

これを解くと、

$$L = L_0 e^{-K_a S_a t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

L<sub>0</sub> : t=0における BOD

タンク内の除去が(1)式によって表わすことができれば、tとLの関係は 片対数グラフで直線になるはずである。図4-3-14～図4-3-15までに、各処理場の上澄液のBODと流下時間の関係を示した。図にみられるように、若干の点のばらつきはみられるが、初期におけるBODの減衰を直線関係にあると考えて、それぞれの場合のK<sub>a</sub>値およびこの時のタンクの各条件を算出したのが以下の表4-3-4である。また、K<sub>a</sub>によって除去反応の進行にひきつづいて、第2段の反応（後期除去とした）が認められる場合もみられたので このときの反応速度係数をK<sub>2</sub>として、同表に併せて記入してある。後期除去は、この場合 初期除去反応の終了後に生ずる 反応速度のゆるやかな除去反応である。滞留時間の比較的長い（約3時間）岩塚処理場で認められるが、伝

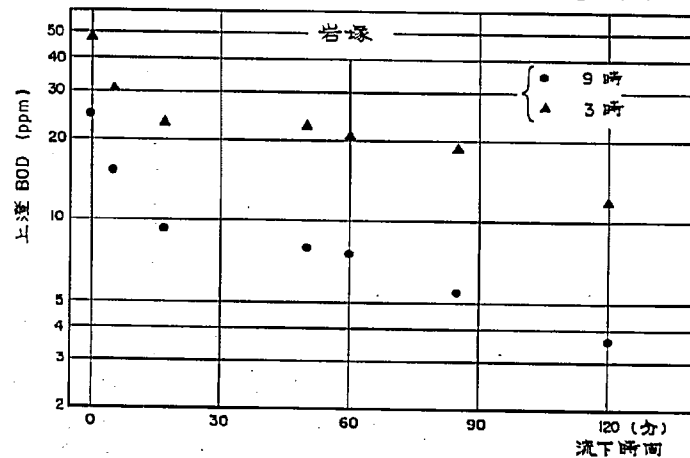
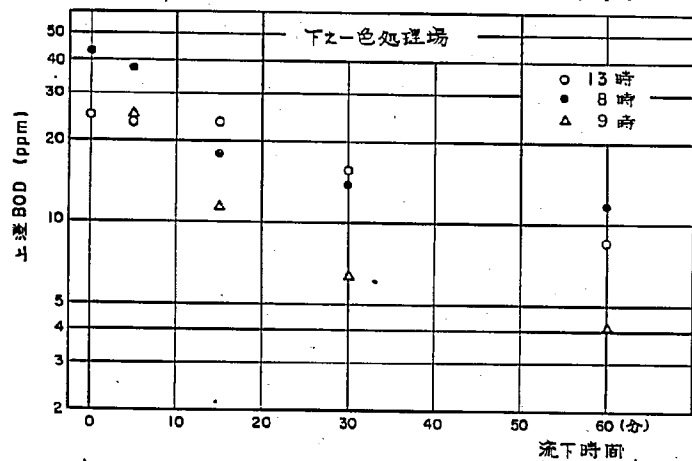
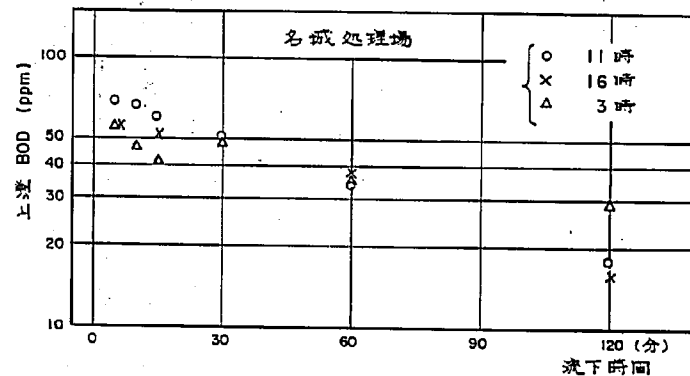
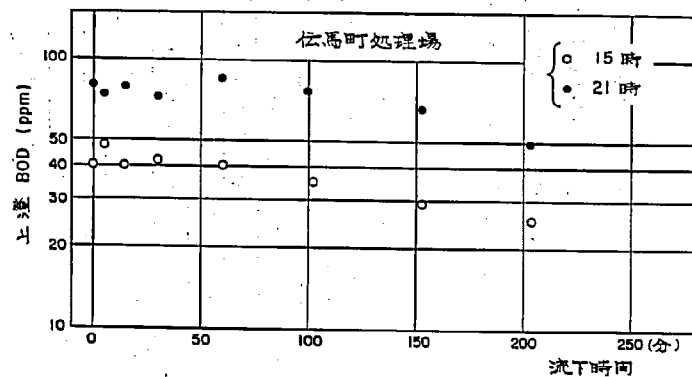


図 4-3-14 BODと流下時間の関係

図 4-3-15 BODと流下時間の関係

表 4-3-4 BOD 除去速度とタンク条件との関係

| 処理場  | 時刻<br>時 | 流入水<br>BOD<br>(ppm) | MLSS<br>(ppm) | BOD/<br>MLSS<br>( $\times 10^4$ ) | BOD-SS<br>有<br>( $\frac{\text{BOD}}{\text{SS}}$ ) | K 値<br>$\frac{1}{\text{hr}} \cdot \text{SS} \cdot \text{ppm} \times 10^{-4}$ |       | 継続時間分 |      | タンク流出部上澄<br>液の BOD<br>(ppm) | BOD<br>除去率<br>(%) | 備 考 |
|------|---------|---------------------|---------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|-----------------------------|-------------------|-----|
|      |         |                     |               |                                   |                                                   | $K_A$                                                                        | $K_B$ | 初期反応  | 後期反応 |                             |                   |     |
| 伝 町  | 15      | 108                 | 2078          | 52                                | 300                                               | (0.558)                                                                      | -     | 0~15  | -    | 50                          | 54                |     |
|      | 21      | 61                  | 1220          | 50                                | 193                                               | (0.548)                                                                      | -     | 0~60  | -    | 25                          | 59                |     |
| 名 城  | 11      | 90                  | 1832          | 48                                | 650                                               | 1676                                                                         | -     | 0~120 | -    | 18                          | 80                |     |
|      | 16      | 73                  | 1444          | 52                                | 562                                               | 1621                                                                         | -     | 0~120 | -    | 16                          | 78                |     |
|      | 3       | 41                  | 1920          | 21                                | 189                                               | 3904                                                                         | 0426  | 0~15  | 15~  | 17                          | 59                |     |
| 岩 塚  | 9       | 41                  | 3242          | 14                                | 108                                               | 4670                                                                         | 0871  | 0~20  | 20~  | 42                          | 90                |     |
|      | 3       | 52                  | 3442          | 15                                | 96                                                | 3499                                                                         | 0505  | 0~20  | 20~  | 12                          | 77                |     |
| 下之一色 | 13      | 200                 | 2983          | 67                                | 727                                               | 1545                                                                         | -     | 0~60  | -    | 85                          | 95                |     |
|      | 3       | 54                  | 3278          | 16                                | 194                                               | 4178                                                                         | -     | 0~30  | -    | 41                          | 92                |     |

馬町処理場では、こうした2段階の反応は生じていない。また、滞留時間の短い名城処理場では、負荷の低い場合（午前3時）に後期反応が生じている。一方、コンタクト・スタビリゼーション法の場合には、当然のことながら、初期除去が主体となっている。

また、表中には、各反応の継続時間を示してあるが、標準法の場合には、初期除去は30分以内に終了すると考えてよさそうである。

表 4-3-4 にみられるように、 $K_A$  値は、各ケースによって異なるが、 $1.6 \sim 4.7 \times 10^{-4} \text{ 1/hr} \cdot \text{SS} \cdot \text{ppm}$  の範囲にある。また、 $K_B$  は、これよりも小さく、 $0.42 \sim 0.87$  の範囲にある。伝馬町処理場の場合  $K_A$  は、0.55前後と小さく、他の処理場後期反応の速度に近いことから BOD の除去に大きく関与する初期除去反応が生じていないのではないかと推定される。

参考のために 過去において 実験室内等で測定されている  $K_A$  値を表 4-3-5 に示してある。（都市下水又はグルコースを主体とする人口下水）今回の調査の結果もこれからの値と非常に近いものであることがわかる。

表 4-3-4 には、各測定時における流入下水の BOD と流出部上澄液の BOD とから除去率が算出してあるが、全体として  $K_A$  の大きい処理場ほど、また、標準法の場

表 4-3-5 各実験者による  $K_A$  値

| 実 験 者        | $K_A$<br>$\frac{1}{\text{hr}} \cdot \text{SS} \cdot \text{ppm}$ |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|
| Weston       | $4.15 \times 10^{-4}$                                           |
| Simpson      | $(262 \sim 549) \times 10^{-4}$                                 |
| 合田、北井        | $(361 \pm 069) \times 10^{-4}$                                  |
| 神 山          | $0.1695 \sim 0.338 \text{ (1/hr)}$                              |
| Chicago Pump | $458 \sim 137 \times 10^{-4}$                                   |
| 藤 原          | $125 \times 10^{-4}$                                            |
| 宗 宮          | $5.16 \times 10^{-4}$                                           |
| 今回の調査        | $16 \sim 4.7 \times 10^{-4}$                                    |

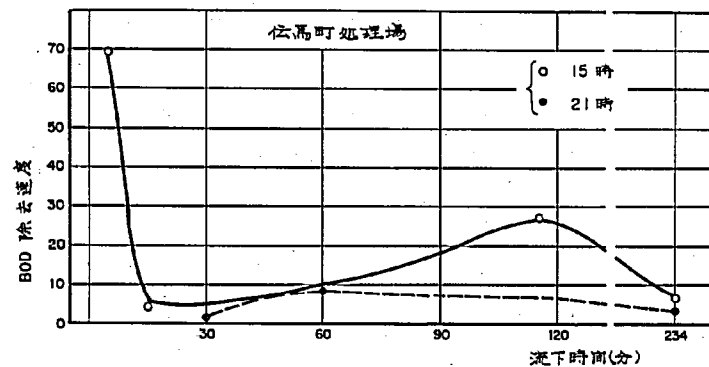
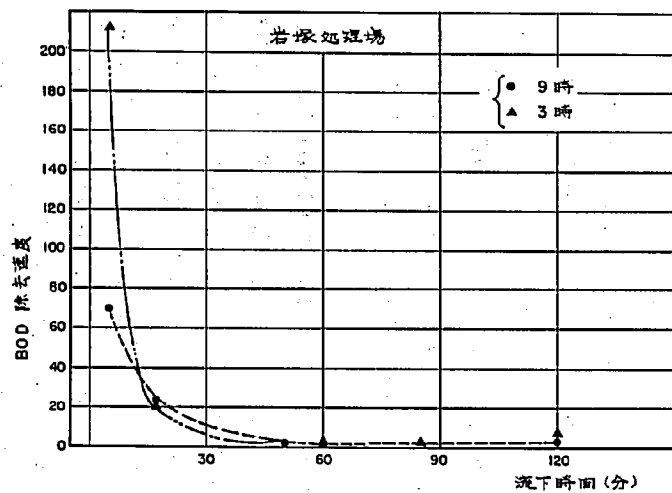


図 4 - 3 - 16 流下時間と BOD 除去速度の関係

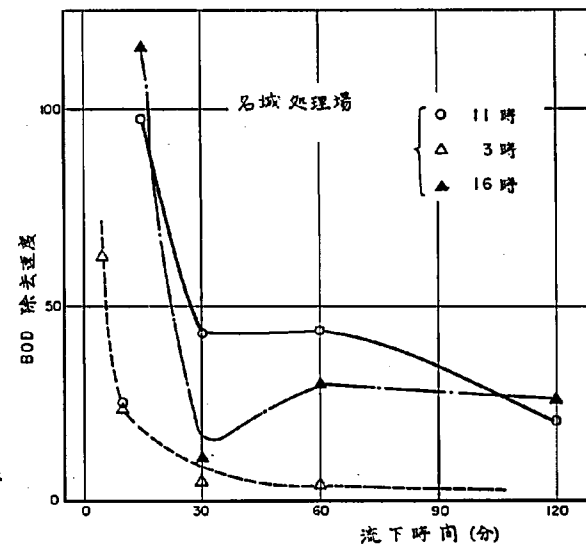
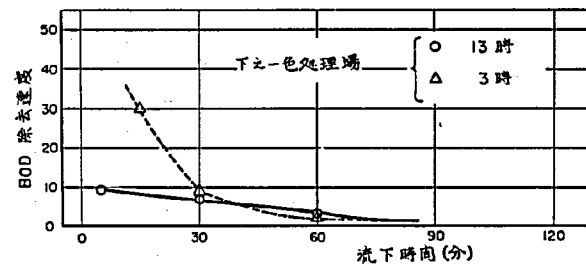


図 4 - 3 - 17 BOD 除去速度と流下時間の関係

合は後期反応が出現する場合に 除去率が良好となることがわかる。

BOD 除去速度について、

つぎに タンク内の流下にとまなう単位時間当りの BOD 除去量の変化を求めてみた。  
単位時間当りの BOD 除去量 (速度) は、つぎのようにして得られる。

BOD 除去速度  $\text{mgBOD/SSmg/hr}$  = 単位 MLSS 当りの BOD 1 時間当りの減少量  
このようにして得た BOD の除去速度のタンクの流下時間に伴う変化を示したのが  
図 4-3-16~図 4-3-17 までである。BOD 除去速度は、単位 MLSS 当りの吸着速度と  
も解釈できるが、各処理場の場合とも初期における除去が主体となっている。図にみ  
られるように、各処理場の場合とも、流入後約 30 分までの間の除去量が大きく、そ  
の後には、徐々に BOD が除去されていくことがわかる。岩塚処理場の場合には、特に  
この差が著しく、流入直後と 流入後約 1 時間後では 除去速度が  $\frac{1}{10}$  になる。

伝馬町処理場の場合は前に述べたように 初期除去がほとんどみられず、特に 21  
時の場合には、流入部と流出部の値に変化がみられない。これは のちにふれるよう  
な 返送汚泥の質 あるいは 流入下水の性質によって 影響されているものと判断  
される。下之一色処理場の場合は、タンクの全体にわたって除去速度の変化が比較的  
少なく、吸着反応が 均一に進行していることがわかる。

#### (iii) 浮遊性 BOD と溶解性 BOD について

タンク内の BOD の除去は、上澄液中の浮遊性 BOD および溶解性 BOD の両者を吸  
着、酸化しながら進行していくものと考えられる。また、一たん吸着され 汚泥中に  
とりこまれた BOD 物質が、汚泥フロックの物理的な分解などによって 浮遊性 BOD  
として溶出してくる場合も考えられる。エアレーションタンクにおける流出部の上澄  
液の BOD に浮遊性 BOD が多い場合には、沈殿池の改良により 除去率をさらに上げる  
ことが可能となろうが、溶解性 BOD が主体であれば、エアレーションタンク内での除  
去をさらに進行させることが必要になる。

図 4-3-18 は、各処理場のタンク内上澄液中にもある溶解性 BOD の割合のタンク  
の流下に伴う変化を示したものである。溶解性 BOD は、上澄液 BOD をさらに東洋ろ  
紙 No. 5C でろ過したものの BOD として測定したものである。図にみられるように、名  
城、岩塚とも 流入部付近では 溶解性 BOD が 15% であるが、流下に伴って除々  
にその割合が増加していき、タンク流出部では、名城処理場で 35%、岩塚処理場 70%  
までになる。したがって、今回調査した各処理場もタンク内の BOD 除去は、浮遊性の  
BOD が除去される割合が大きいものと推定できる。伝馬町処理場の場合は、流入部で  
溶解性 BOD の占める割合が高く (40%)、流出部に至るまでに その変化が少く  
ないが、初期除去が 進行せず、全体として除去率が低いのは、こうした点が影響し

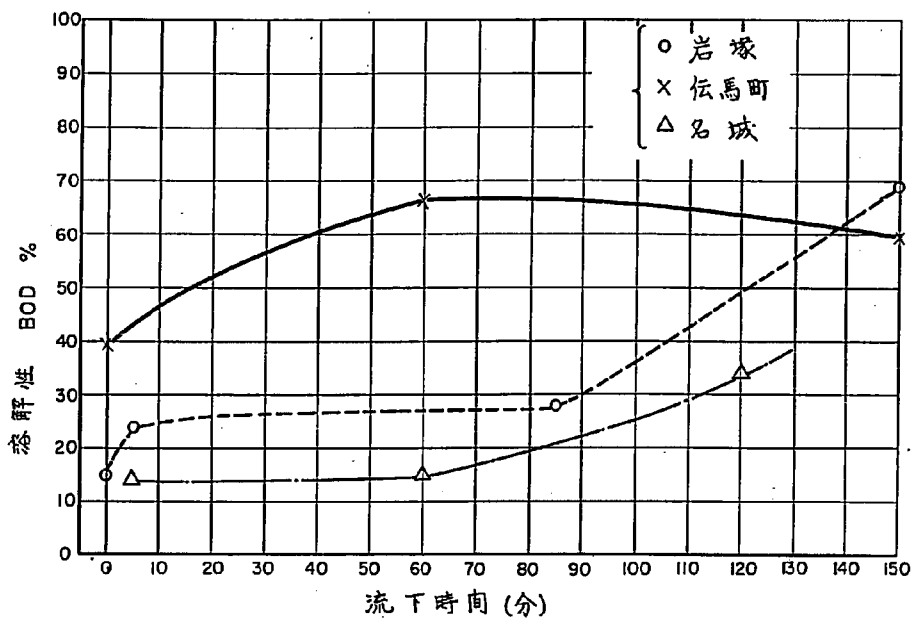


図 4-3-18 エアレーションタンク内流下にとまう上澄液  
BOD の溶解性 BOD の割合の変化

ているのかも知れない。

なお、滞留時間を長くすれば 全体として BOD の除去が進行するが、溶解性 BOD の占める割合が増加していくものと考えられる。

以上のようなことから、今回の調査によって判断する限りにおいては、エアレーションタンク内における BOD 除去を効率的なものとするためには、初期除去を最大限に利用することが、非常に重要であることがわかる。また、初期除去のあとに生ずる後期除去反応を利用できればさらに除去率を向上させることができると考えられるが、このためには、初期除去をスムーズに行なわせること、滞留時間を十分長くすること（3 時間以上）が必要であろう。

つぎに、初期除去反応に及ぼす 操作上の要因の影響を知るために 初期除去反応係数  $K_A$  と操作上の因子との関係をみる。

図 4-3-19 に、タンク内の MLSS と  $K_A$  の関係を示した。図にみられるように、MLSS 濃度が高いほど全体的に  $K_A$  が大きくなっていく傾向がみられ、タンク内の MLSS 濃度が 重要な意味をもっていることがわかる。

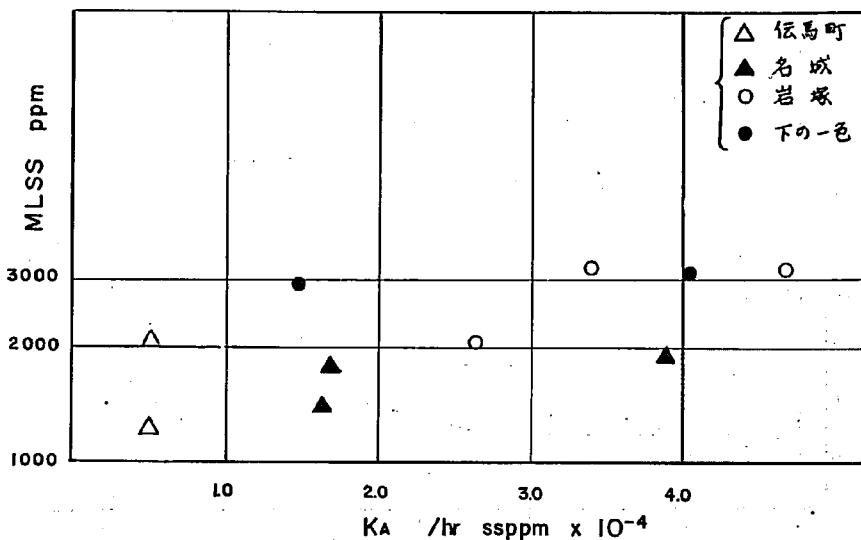


図 4-3-19  $K_A$  と MLSS の関係

図 4-3-20 は、流入下水の BOD と MLSS の比 (通常 F/M 比と呼ばれる) と  $K_A$  の関係を図示したものである。一般に、F/M 比が小さいほど汚泥の吸着活性 (初期除去に大きく関係する) は高くなるとされているが、今回の調査結果でも図のように、明らかに F/M 比が小さい場合に  $K_A$  は大きく、逆に F/M 比が大きくなると、 $K_A$  が小さくなるのがわかる。また、汚泥の再エアレーションによって吸着活性が高められているコンタクト・スタビリゼーション法の場合でも、F/M 比が大きくなれば  $K_A$  は小さくなり、標準法の場合と同じ結果となっている。

また、図 4-3-21 には、流入する下水の BOD-SS 負荷と  $K_A$  の関係を示したが、F/M 比の場合と同様、初期除去が BOD-SS 負荷によって、大きく影響されていることがわかる。標準活性汚泥法の場合、除去を円滑に行なわせるための最適 BOD-SS 負荷は  $10 \sim 30 \text{ kg/SS100kg/日}$  であるとされている。この場合、図にみられるように、負荷の範囲は  $10 \sim 70$  まで広いが、過負荷の場合に  $K_A$  が小さくなるため、できるだけ過負荷にならないような操作を行なうことが必要となろう。

流入 BOD の負荷は、後期除去の出現とも関連している。表 4-3-4 にみられるよう

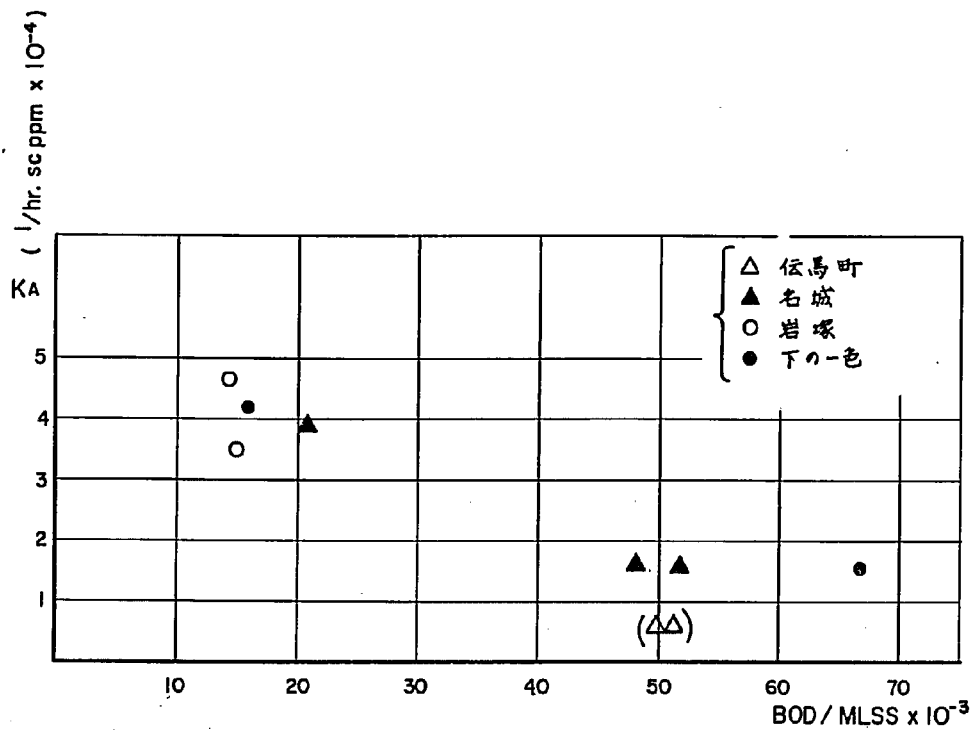


図 4-3-20 BOD/MLSSと $K_A$ の関係

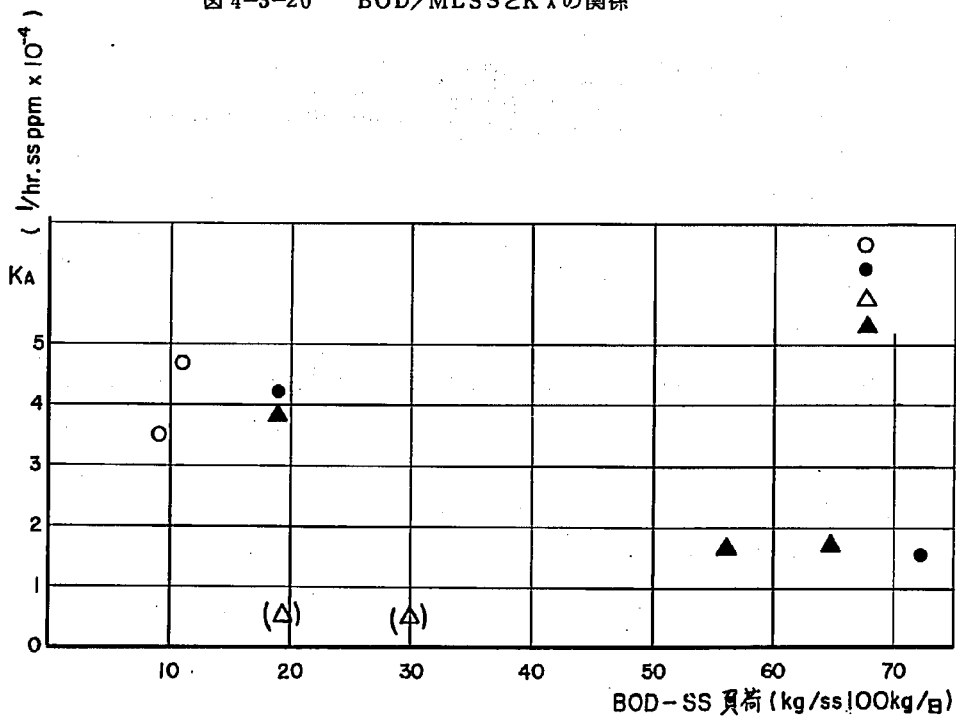


図 4-3-21 BOD, SS 負荷と $K_A$ の関係

うに  $K_d$  によって表わされる後期反応が出現するのは、流入負荷（あるいは  $F/M$  比）の小さな場合に限られており、この場合に除去率は良好となる。逆に  $F/M$  比の大きいときは  $K_d$  が小さく、その反応継続時間が長くなるため、このような場合には、滞留時間をできるだけ長時間にとって、初期反応に引きつづく後期反応にまで至らすことが必要であると考えられる。

以上のようにタンクにおける初期除去能は、タンク内の MLSS 濃度および流入下水の BOD によって大きく左右され、特に、 $BOD/MLSS$  比に関係する。また BOD 除去率は、初期除去の程度によって影響される。したがって、滞留時間が制限されている限り、通常行なわれているような、タンクの MLSS を日平均値で設定し、これを一定とする操作方法では、流入下水の BOD の変動に応じた処理水の変動は、さけられないものとなる。しかも、流入 BOD が高い場合には、除去能力は低下する。

したがって、処理水質の安定化をはかるためには、流入水質の変動に応じた返送汚泥のコントロールを行なうことあるいはできるだけエアレーションタンクの滞留時間を長くとるようにすることが、標準活性汚泥法の特性を生かすうえで重要なものとなる。

また、コンタクト・スタビリゼーション法も、活性汚泥法の特質を生かした方法であると考えられる。下之一色処理場はエアレーションタンクの滞留時間が 1 時間、再エアレーションタンクの滞留時間が 2 時間、合計 3 時間の滞留時間を有する。活性汚泥法の除去機能が、初期除去の程度で左右されるものとすれば、汚泥の吸着活性を高めることができるということ、MLSS 濃度を高くできること、などで初期除去を確実に行なえるという点で優れた方法であると考えることができ、今回の調査のように、他の標準法のエアレーションタンクの滞留時間が短い（約 3 時間）場合には、標準法よりも良好な処理水質を得ることができたものと判断できる。

#### 4-3-6 返送汚泥に関する調査

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目を果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しているものである。

通常の活性汚泥法の場合、返送される汚泥はエアレーションタンクを流下した下水と汚泥との混合液が最後沈殿池で分離され、濃縮された形で再びエアレーションタンクへ戻るという経路をとる。したがって、処理のプロセスの系を良好なものとして働かせるためには、汚泥の活性を維持あるいは回復させて戻すということが必要となる。返送汚泥そのものは、有機物の集合体であると解釈できるが、エアレーションタンクの流下に伴って、さらに下水中の有機物を吸着してとりこみ、その構成は、非常に複雑なも

のとなっている。返送汚泥は、その分離、返送の機構の過程で 長時間嫌気性の状態におかれることがあるため 活性が失なわれること、1たん汚泥中にとり込んだ有機物を再び溶出する場合がある。活性汚泥法における除去の機構が 下水中のBOD物質を汚泥に移行させるということを主体としている以上、返送汚泥の活性の損失 あるいは 返送汚泥による負荷の持ち込みは、処理の機能を大きく妨げるものと考えられる。返送汚泥の性質を安定化させるために、従来行なわれている方法に 汚泥の再エアレーションがある。嫌気性状態におかれて 活性を失なった汚泥をエアレーションして、再び汚泥の吸着活性を高めようとする方法である。これは 非常に優れた方法であると考えられ一時米国でも盛んに行なわれたが施設が大型化し、維持管理費が高くなること、汚泥の自酸化を生じさせないように 有機物を添加する必要があることなどから 現在は、あまり行なわれていないようである。コンタクト・スタビリゼーション法は、エアレーションタンクの滞留時間が短かく、未酸化の有機物が多いため 再エアレーションによって、未酸化の有機物の酸化を行なわせると同時に活性を高めることができると考えられている方法である。

前節で述べたように、エアレーションタンクの除去は 初期除去が主体となるため、返送汚泥の果す役割（量、質とも）は 非常に大きい、コンタクト・スタビリゼーション法の調査から 汚泥の再エアレーションが有効であることが推定されている。

ここでは こうした点を含めて 調査結果を中心に、実際の処理場における返送汚泥について述べていく。

#### (i) 返送汚泥のMLSSの日変動

付図に 一括して、各エアレーションタンクに流入する返送汚泥の日変化を図示した。図にみられるように、各タンクとも返送汚泥の濃度は 大きく変動している。これは タンクから流出水の濃度が異なること、余剰汚泥の引抜きとの関係で均一な濃度で引抜くことが困難であることなどによるものである。以下に 各タンクの返送汚泥のMLSSの範囲と 平均値および タンク内のMLSSについて示せば表4-3-6の

表4-3-6 MLSS 濃度の変動

| 処理場 | 返送汚泥MLSS<br>(ppm) |       | エアレーションタンクMLSS<br>(ppm) |      | 備 考 |
|-----|-------------------|-------|-------------------------|------|-----|
|     | 範 囲               | 平均    | 範 囲                     | 平均   |     |
| 伝馬町 | 6730～ 8510        | 7630  | 1330～ 2270              | 1975 | (調) |
|     | 3430～ 6280        | 5250  | 1060～ 2020              | 1528 | (終) |
| 名城  | 3590～ 8220        | 7330  | 700～ 1530               | 1162 |     |
| 岩塚  | 9980～ 20520       | 15130 | 1950～ 3090              | 2642 |     |

のようになる。

同表にみられるように 返送汚泥は 2 倍以上の巾で変動している場合がみられ、流量は ほゞ 一定でコントロールされているため、タンク内の MLSS 濃度を大きく、変動させることとなっているものと判断される。こうした MLSS の変動は 当然 処理水質に影響するものと考えられるが、現在の操作方法では、こうした変動はさけることはできないであろう。

### (iii) 返送汚泥の持ち込む BOD について

返送汚泥は 活性汚泥が エアレーションタンク内を有機物を取り込みながら流下し、終沈で分離されて 再び 戻るという過程をとるが、その過程で 嫌気性状態におかれる場合、物理的な破壊をうける場合、再エアレーションをうける場合など種々の状態にあるため、一たん汚泥中にとり込んだ有機物を溶出する場合、ブロックが微細化する場合、逆に 餓死状態にある場合など その質は 様々であると推定される。

ここでは 汚泥の持ち込む BOD として 返送汚泥を静止させて 汚泥と上澄液を分離し、その上澄液の BOD について調査を行なってみた。

各エアレーションタンクごとの返送汚泥上澄液の日変化は、付表に一括して示しているが、その平均値および流入下水の BOD との比較を表 4-3-7 に示した。

表 4-3-7 返送汚泥上澄 BOD

| 項 目<br>処理場 | 返送汚泥<br>上澄 BOD<br>(ppm) | 流入水<br>BOD<br>(ppm) | 処理水<br>BOD<br>(ppm) | 備 考                           |
|------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|
| 伝馬町        | 431                     | 71                  | 154                 | (図)                           |
| "          | 576                     | 79                  | 124                 | (図)                           |
| 名城         | 40.7(※)                 | 63                  | 104                 | (※) 1 回の測定値                   |
| 岩塚         | 127                     | 55                  | 83                  |                               |
| 下之一色       | 1.8(※※)                 | 122                 | 79                  | (※※) 再エアレーションタンク流入部では 2.5 ppm |

表 4-3-7 にみられる

ように 各処理場ごとに 汚泥の持ち込み BOD には差があるが、特に 伝馬町処理場の場合に、高く流入下水の BOD の 60~70% 程度の BOD の持ち込みが行なわれていることになる。また

た、岩塚処理場では 低く、この持ち込み BOD が少ないほど 処理水の水質が良好となっていることは 注目される。

下之一色処理場の場合返送汚泥は再エアレーションをうけるが、この効果は 非常に大きく、再エアレーションタンクで 2.5 ppm の BOD が 1.8 ppm にまで減少している。汚泥の再エアレーションによる効果は、このタンクの調査から判断する限りにおいては非常に大きく、BOD のみならず、N、P についても 上澄液の減少が行なわれており、タンクへ流入する負荷を少なくする効果しているものと判断できる。下之一色処理場の場合の 再エアレーションによる水質変化を表 4-3-8 に示した。

表 4-3-8 下之一色処理場における各施設への流入負荷量

| 位 置                       | 流 量<br>(m <sup>3</sup> /日) | SS濃度<br>(ppm)<br>負荷量<br>(kg/日) | BOD濃度<br>(ppm)<br>負荷量<br>(kg/日) | T-N濃度<br>(ppm)<br>負荷量<br>(kg/日) | NH <sub>4</sub> -N<br>(ppm)<br>負荷量<br>(kg/日) | NO <sub>2</sub> -N<br>(ppm)<br>負荷量<br>(kg/日) | NO <sub>3</sub> -N<br>(ppm)<br>負荷量<br>(kg/日) | ALb-N<br>(ppm)<br>負荷量<br>(kg/日) | PO <sub>4</sub> -P<br>(ppm)<br>負荷量<br>(kg/日) |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|
| ① 流 入 水                   | 4,011                      | 653<br>2458                    | 121.5<br>499.0                  | 2737<br>109.65                  | 821<br>3290                                  | 0054<br>022                                  | 295<br>118                                   | 7.7<br>30.7                     | 1238<br>309                                  |
| ② 曝 気 槽                   | 7,756                      | 3229<br>30508                  | 102<br>77.9                     |                                 |                                              |                                              |                                              |                                 |                                              |
| ③ 再曝気槽<br>流 入 部           | 3,745                      | 10542<br>40134                 | 248<br>938                      | 1609<br>6722                    | 772<br>3226                                  | 047<br>195                                   | 019<br>080                                   | 8.94<br>3733                    | 237<br>989                                   |
| ④ 再曝気槽<br>流 出 部<br>(返送汚泥) | 3,745                      | 10595<br>39800                 | 18<br>6.9                       | 334<br>13.93                    | 122<br>5.11                                  | 008<br>034                                   | 172<br>717                                   | 126<br>528                      | 083<br>348                                   |
| ⑤ 処 理 水                   | 4,011                      | 30.0<br>102.0                  | 7.9<br>32.6                     | 111.4<br>44.64                  | 6.61<br>264.9                                | 0.95<br>380                                  | 1.49<br>595                                  | 143<br>57.2                     | 850<br>21.2                                  |
| ⑥ 好気性消<br>化タンク            |                            | 9512                           | 685                             | 403                             | 423                                          | 111                                          | 1340                                         | 194                             | 1238                                         |

以上のようなことから 返送汚泥によるタンクへの負荷の持込みは かなり大きく、しかも、これが タンクの除去効率を悪化させる原因となっているものと判断できる。返送汚泥による負荷量を加味してタンクの除去率を補正した結果が表 4-3-9 であるがこの結果からも、返送汚泥による負荷がみかけの除去率を悪化させていることがわかる。

表 4-3-9 返送汚泥の負荷量による補正

|        | 流入下水による<br>BOD負荷<br>(kg/日) | 返送汚泥分<br>BOD負荷<br>(kg/日) | 合 計<br>kg/日 | BOD-SS負荷<br>(BODkg/SS<br>100kg/日) | みかけの除去<br>BOD量<br>kg/日 | netの除去<br>BOD量<br>kg/日 | 除去率<br>(%) |
|--------|----------------------------|--------------------------|-------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| 伝馬町(街) | 973.7                      | 266.7                    | 1240.4      | 30.1                              | 770.8<br>(18.7)        | 1037.5<br>(25.1)       | 83.6       |
| 圓      | 1270.7                     | 334.0                    | 1604.7      | 30.1                              | 961.9<br>(18.0)        | 1295.9<br>(24.3)       | 81.0       |
| 名 城    | 1259.6                     | 200.2                    | 1459.8      | 59.4                              | 1067.6<br>(43.4)       | 1267.8<br>(51.6)       | 86.9       |
| 岩 塚    | 2345.1                     | 118.7                    | 2463.8      | 14.1                              | 1991.0<br>(11.4)       | 2109.7<br>(12.1)       | 85.6       |
| 下之一色   | 499                        | 690                      | 5059        | 44.5                              | 466.4<br>(41.0)        | 4733<br>(41.6)         | 94.9       |

( ) 内は、BOD-SS 負荷の値

(10) タンクにおける負荷量の収支

返送汚泥の負荷の持ち込みによるタンク内の負荷がどのようになるかを知るために、収支の計算を行なってみた。返送汚泥には 本来希釈作用があると考えられるが、持ち込み負荷が多い場合には、あまりこの効果を期待できなくなるわけである。

表 4-3-10 エアレーションタンク内物質収支計算結果 (各時刻別)

| 処理場  | 時<br>刻 | 流入水   |       |        |              |              | 返 送 汚 泥 |        |       |        |        |        | 混 合 液  |        |          |       |       |       |       |
|------|--------|-------|-------|--------|--------------|--------------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|
|      |        | BOD   | SS    | 流 量    | BOD          | SS           | 上澄      | MLSS   | 混合液   | 流 量    | 上澄BOD  | MLSS   | 混合液    | 上澄BOD  | 混合液 MLSS |       |       |       |       |
|      |        | (ppm) | (ppm) | (m³/時) | 負荷<br>(kg/時) | 負荷<br>(kg/時) | (ppm)   | (ppm)  | (ppm) | (m³/時) | (kg/時) | (kg/時) | (kg/時) | (kg/時) | 計算       | 実測    | 計算    | 実測    | 計算    |
| 伝馬町  | 9:00   | 58    | 48    | 650    | 377          | 31.4         | 61      | 6920   | -     | 245    | 149    | 1,695  | -      | 58.8   | 49.0     | 1,929 | 1,830 | -     | 404   |
|      | 15:00  | 108   | 110   | 650    | 702          | 71.5         | 48      | 7070   | -     | 245    | 118    | 1,732  | -      | 91.6   | 81.0     | 2,015 | 1,230 | -     | -     |
|      | 21:00  | 61    | 92    | 670    | 409          | 44.9         | 58      | 7300   | -     | 250    | 145    | 1,823  | -      | 60.2   | 40.3     | 2,033 | 2,078 | -     | 456   |
| 岩塚   | 9:00   | 41    | 58    | 1,818  | 745          | 105.9        | 10.5    | 20,145 | 3,663 | 360    | 3.99   | 7,769  | 1,392  | 35.7   | 24.8     | 3,583 | 3,242 | 667   | 745   |
|      | 3:00   | 52    | 68    | 1,610  | 868          | 113.6        | 11.5    | 15,452 | 3,449 | 350    | 4.03   | 5,408  | 1,207  | 45.0   | 48.0     | 2,733 | 3,442 | 641   | -     |
| 下之一色 | 13:00  | 200   | 78    | 154    | 307          | 12.0         | 0.8     | 10,836 | 3,044 | 171    | 0.14   | 1,842  | 521    | 95.0   | 42.4     | 5,717 | 4,398 | 1,696 | 1,283 |
|      | 3:00   | 54    | 32    | 175    | 95           | 5.6          | 2.0     | 10,734 | 3,325 | 137    | 0.27   | 1,455  | 456    | 36.7   | 24.0     | 4,713 | 3,682 | 1,490 | 1,350 |

表 4-3-10 に、各調査時刻における収支計算の例を示す。混合液の欄内にある計算値は、返送汚泥と流入水の水質から得た 計算値、実測は その時のタンク内の濃度である。同表にみられるように、MLSS と混合液 BOD についてはこの値は、ほぼ一致しているが、上澄液の BOD は、計算値より低めになっている。これは、混合直後の採水が 困難で時間のずれが生じて、この間に 吸着によって 上澄液 BOD が除去されてしまうことによるものであろう。当然のことながら、返送汚泥の持ち込み負荷が小さい場合には、タンクにかかる負荷が少なくなっていることがわかる。また、コンタクト・スタビリゼーション法の場合には、先にのべた如く、持ち込み BOD が小さいこと、返送汚泥の流量が多いこと (全量返送) などから、みかけの負荷量よりも実際の

表 4-3-11 各エアレーションタンク物質収支計算結果 (日平均)

| 処理場  | 流入下水              |                     |                    |                        |                       | 返送汚泥                  |                      |                       |                           |                       | 混合液                    |                      |                            |                              |                            |
|------|-------------------|---------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
|      | 流入量時間平均<br>(m³/時) | 日平均<br>BOD<br>(ppm) | 日平均<br>SS<br>(ppm) | 流入BOD<br>負荷量<br>(kg/時) | 流入SS<br>負荷量<br>(kg/時) | 流入量<br>時間平均<br>(m³/時) | 日平均<br>MLSS<br>(ppm) | 日平均<br>MLVSS<br>(ppm) | 日平均<br>上澄<br>BOD<br>(ppm) | MLSS<br>負荷量<br>(kg/時) | MLVSS<br>負荷量<br>(kg/時) | BOD<br>負荷量<br>(kg/時) | 日平均<br>混合液<br>BOD<br>(ppm) | 日平均<br>混合液<br>MLVSS<br>(ppm) | 日平均<br>混合液<br>BOD<br>(ppm) |
| 伝馬町  | 567               |                     |                    | 407                    | 64.9                  | 254                   |                      |                       |                           | 1,339                 | 729                    | 10.8                 | 1,528                      | 885                          | 442                        |
|      | 13,167            | 71.1                | 114                | 973.7                  | 1546.8                | 6,107                 | 5,252                | 2,856                 | 43.1                      | 325.28                | 177.19                 | 266.7                | (1,773)                    | (961)                        | (644)                      |
| - 岡  | 637               |                     |                    | 50.8                   | 49.8                  | 242                   |                      |                       |                           | 1,848                 | 1,085                  | 14.2                 | 1,975                      | 1,183                        | 576                        |
|      | 15,933            | 79.0                | 82.0               | 1,270.7                | 1,203.3               | 5,797                 | 7,632                | 4,480                 | 57.6                      | 438.66                | 257.18                 | 334.0                | (2,074)                    |                              | (739)                      |
| 名城   | 770               |                     |                    | 51.8                   | 66.4                  | 205                   |                      |                       |                           | 1,550                 | 943                    |                      | 1,162                      | 673                          | 56~70                      |
|      | 18,393            | 63.3                | 83.4               | 1,259.6                | 1,599.7               | 4,920                 | 7,328                | 4,471                 | 40.7                      | 377.65                | 228.03                 | (202)                | (1,589)                    | (1,021)                      | (626)                      |
| 岩塚   | 1,770             |                     |                    | 97.5                   | 116.6                 | 389                   |                      |                       |                           | 5,974                 | 3,193                  | 52.8                 | 2,642                      | 1,338                        | 30.8                       |
|      | 42,501            | 55.0                | 66.0               | 2,345.1                | 2,803.3               | 9,345                 | 15,134               | 8,123                 | 12.7                      | 10,962                | 753.12                 | 118.7                | (2,773)                    | (1,482)                      | (476)                      |
| 下之一色 | 167               |                     |                    | 207                    | 10.8                  | 150                   |                      |                       |                           | 1,659                 | 1,220                  | 0.29                 | 3,229                      | 2,914                        | 406                        |
|      | 4,011             | 121.5               | 65.3               | 499.0                  | 246.8                 | 3,745                 | 10,595               | 7,791                 | 1.8                       | 39,800                | 292.74                 | 6.90                 |                            |                              |                            |

負荷量がかなり小さくなっていることは 興味深い。

なお、収支計算は次式によって行なった。

$$C_A = \frac{C_i Q + C_r q}{Q + q}$$

ここに、 Q : 流入下水量

q : 返送汚泥量

C<sub>i</sub> : 流入下水濃度

C<sub>r</sub> : 返送汚泥濃度

また、日平均の収支についても表 3-4-11 に示してある。

以上のようなことから、返送汚泥による負荷の持ち込みが除去効率に影響しているといえそうであるが、こうした負荷の持ち込みの差がどのような機構で生じているかについては、今回の調査では明らかにすることができなかった。

いずれにせよ、設計にあたっては、返送汚泥の管理についての十分な配慮を払うことが必要であろう。

#### 4-3-7 活性汚泥の活性度に関する調査

活性汚泥法における重要な問題の一つは、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、ひとくちにいえば、微生物の集合体であるといえる。これを構成している微生物の種類は多く、またデリケートであり、その種類や数は、栄養物、DO、PH、水温などの環境条件によって異なり、これが処理の機能に大きく影響していくものと考えられる。下水の処理を効果的に行なわせるためには、活性汚泥の質の評価をしておくことが必要であり、汚泥の有機物 (BOD) の除去能力とその質の関係を知ることが特に重要であろう。エアレーションタンクの設計をさらに合理的なものとし、適正な運転操作を行なうことが可能となるからである。

活性汚泥の質的なものを評価する上で 通常、活性度という概念が用いられている。すなわち、汚泥の代謝に関する活性度および その量に関する活性度である。ここでは 前者として、呼吸活性度 (酸素吸収速度) および脱酸素酵素活性度 (T. T. C 活性度)、後者として細菌量を取りあげ、調査結果を中心にタンク内での変化、除去機能との関係等について述べていくことにする。

##### (i) 酸素吸収速度について

活性汚泥の酸素吸収速度が、エアレーションタンク内の汚泥の活性と関連し、この活性が、BOD除去に関することは多くの研究者によって指適されている。また、酸素吸収速度は、タンク内の位置によって 変化することが予想されるため、設計にあたっては、空気量の設定にあたって特に重要となる。

ここでは、各エアレーションタンクの調査結果をもとに酸素吸収速度のタンク内における変化について述べていく。

(a) 酸素吸収速度の測定

酸素吸収速度の測定はつぎのようにして行なった。

エアレーションタンクから所定の時間に混合液を採取し、これを約30分間静止して汚泥と上澄液に分離する。つぎに、上澄液をサイホンを用いて他の容器に移し、これを曝気して溶存酸素を飽和量近くまで供給する。しかるのちに、これを汚泥と再び混合し、DOメーターのプロブを挿入した栓で密閉し、スターラーでビン内をかく拌混合しながらDOの減少速度を読みとるという方法をとった。

なお、使用したDOメーターは、EIL社製のもの、減少速度を測定した容量は、約2ℓのガラスビンである。また、混合液の上澄液の他にこれにグルコースを添加して基質BODを高くしたものおよび自家呼吸速度を測定するために汚泥をBOD希釈水で2回洗浄して基質を洗い出し、BOD希釈水を基質とするものについても同様の方法で測定を行なった。

(b) DO吸収速度のタンク内での変化

DO吸収速度は、汚泥の代謝速度と関係するため、BOD除去速度の大きい初期除去の段階で特に大きくなることが指適されている。したがって、タンク流入部と流出部では大きな差があることが予想される。

図4-3-22および図4-3-23は、岩塚処理場の場合のタンクの流下に伴うDO吸収速度の変化を図示したものである。図にみられるように、DO吸収速度はタンクを流下するに従って減少していき、流出部ではいずれの場合も最小となっており、ピークの値の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{4}$ になっていることがわかる。同図には、このときの上澄液BODの減衰の様子を示してあるが、上澄液のBODが高い場合にDO吸収速度が大きく、初期除去が終了したとみられるところからDO吸収速度が除々に低下していく。したがって、汚泥のDO吸収速度は、上澄液のBOD（栄養）と関係があるものと考えられる。このことは、上澄液BODとそのときのDO吸収速度との関係を図示した図4-3-24からもうかがうことができる。

タンク内のDO吸収速度は、基質の濃度によって制限され、基質濃度（上澄液・BOD）が、ある値（BODで800～1,000ppm）以下では、DO吸収速度が、真の汚泥の活性とは結びつかないということが指適されている、が測定時に上澄液中にグルコースを添加し、BODを高めたうえでDO吸収速度を測定したのが、図中に白丸で示した値である。図にみられるように、この場合の値は、無添加の場合に比較して高めとなり、その変化は少ないがやはり流出部付近では、低下

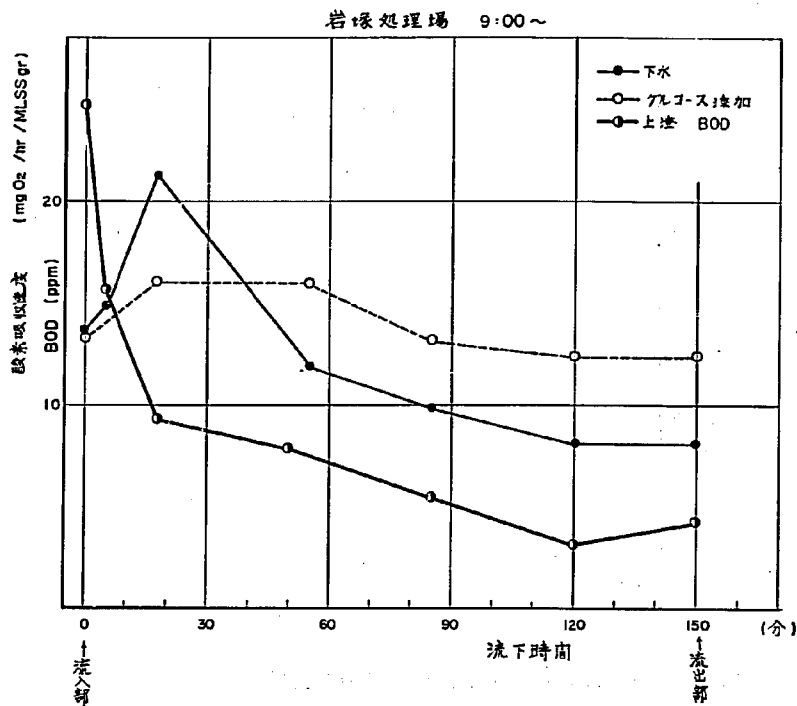


図 4-3-22 エアレーションタンクにおける DO 吸収速度の距離的变化

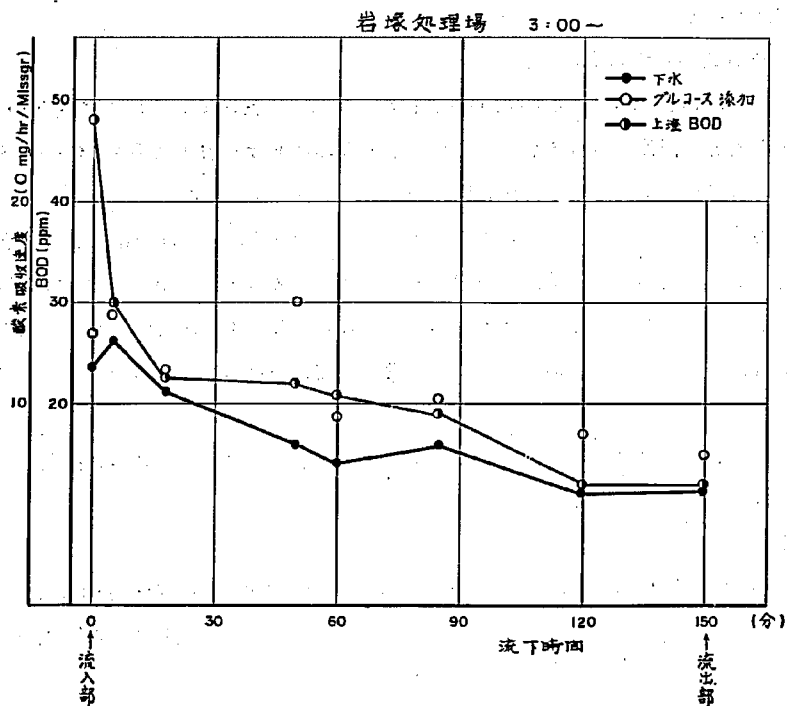


図 4-3-23 エアレーションタンクにおける DO 吸収速度の距離的变化

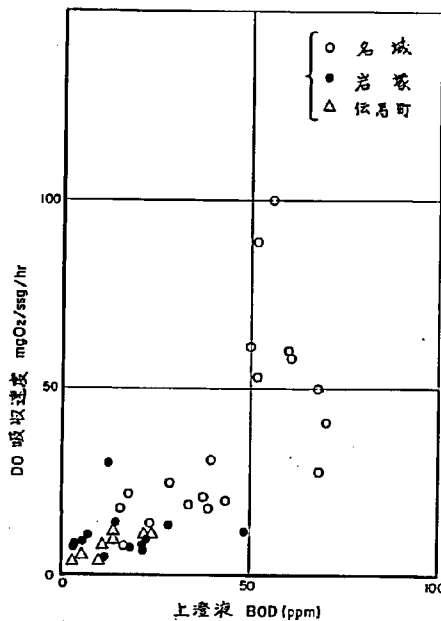


図 4-3-24 酸素吸収速度と上澄液 BOD の関係

しており、活性が下っていくものと解釈してよさそうである。BOD 除去速度と DO 吸収速度との関係は次節で述べるが、BOD 除去速度の低下に伴って DO 吸収速度が低下する傾向がみられた。

(c) BOD 負荷と酸素吸収速度との関係

DO 吸収速度は、流入する BOD の負荷によって異なることは上澄液 BOD と酸素吸収速度の関係からも予想されるが、各処理場における調査結果を BOD-SS 負荷ごとに整理して図示したのが、図 4-3-25、図 4-3-26 である。

図にみられるように、負荷の高い場合には DO 吸収速度は全体として大きくなり、特に、最大値と流出部での値との差が大きくなるのがわかる。DO 吸収速度の最小値とピークとの比は、2～4 倍程度となる。DO 吸収速度は、タンク内の DO を消費していく速度であるため、空気量の設定にあたっては、こうした点の認識が必要であろう。

なお、コンタクト・スタビリゼーション法の場合には、全体に DO 吸収速度の変化は少ないようである。

(iii) TTC 汚性度について

TTC 活性度は生細胞中の脱水素酵素に対して TTC (2,3,5-Triphenyl Tetrazolium-chloride) が特異な反応を示すことを利用したもので、最近生物学、医学などの分野

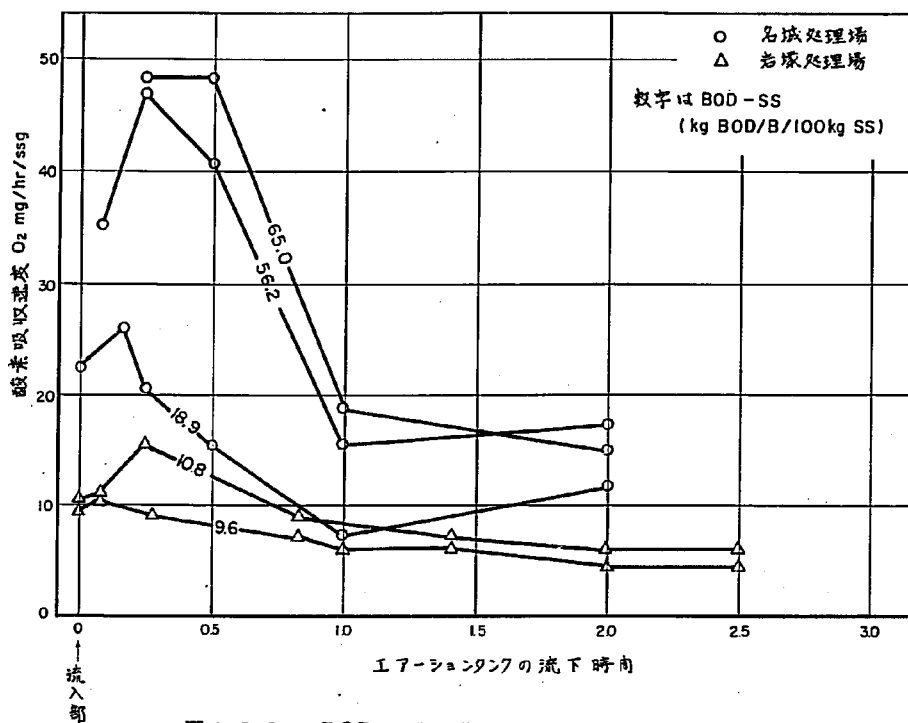


図 4-3-25 BOD-SS 負荷と酸素吸収速度の関係

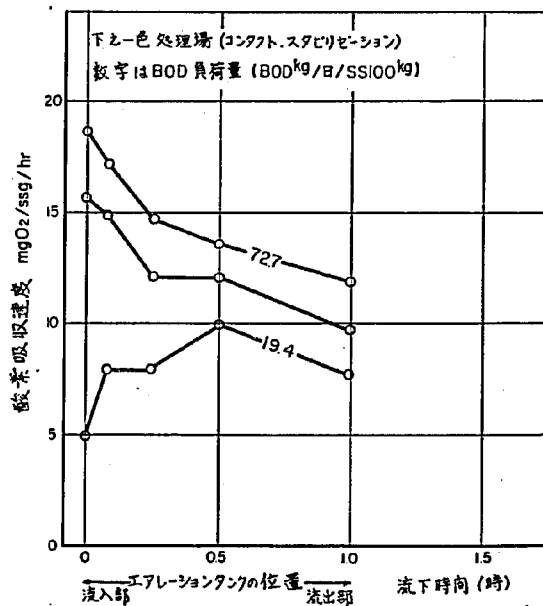


図 4-3-26 BOD-SS 負荷と酸素吸収速度の関係

で重要視されてきている。

脱水素酵素は生きた細胞中には必ず存在する酵素で、TTCはこの酵素に還元されて無色のTTCが赤色のTF (Triphenyl Formazon)になる。したがって、TFが生成されることにより脱水素酵素の活性を知ることができると同時に、生きた生物の存在を確認することができる。さらに、この赤色の度合により生物の量や活性度を推定することができるといわれている。

水産関係ではTTC活性度が‘のり’の被害状況を調査する場合に利用されており、下水関係では下水処理場のエアレーションタンクの管理指標として利用できると一部で考えられている。TTC活性度は活性汚泥を微生物群集と考えて、活性汚泥が基質と混合している場合と活性汚泥だけの場合に大別できる。前者は全活性度 ( $D_t$ )、後者は細胞内呼吸による活性度 ( $D_e$ )といわれ、基質添加のみによる活性度を  $D_s$  とするとTTC活性度は次のような関係にある。

$$D_t = D_e + D_s$$

なお、DO吸収速度による活性度についても若干ふれる。

#### 調査方法

調査対象は伝馬町処理場、名城処理場のエアレーションタンクで、試料はエアレーションタンク内の数地点において エアレーション時間を考慮して採取した活性汚泥混合液を用いた。

分析項目はTTC活性度とそれに関連した項目として、上澄BOD, MLSS, ML-VSS, DO吸収速度、一般細菌数について行なった。

#### 分析方法

1. TTC活性度 須藤らの方法(下水協法, vol 5, №45, 1968)
  2. 上澄BOD 活性汚泥混合液30分沈殿させ、その上澄液のBODを常法に従い分析して求めた。
  3. MLSS, MLVSS 下水試験方法(1967)
  4. DO吸収速度 DO吸収速度の項参照
  5. 一般細菌数 普通零天培地を用い、20℃48時間培養によった。
1. エアレーションタンク内の変化(図-4-3-27~30) TTC汚性度および他の項目についてエアレーションタンク内の経時変化を示したものである。

図-1の上澄BODは一般にいわれているように、エアレーション時間の初期に急激に低下し、中央部(b)では20 ppmになり基質の吸着は混合後まもなく完了したものとわれ、図-4の基質除去速度の項でも同様の傾向がみられた。その他、図4-3-27~28のMLSS, MLVSS, TTC活性度、一般細菌数などはエアレーションタンクの中

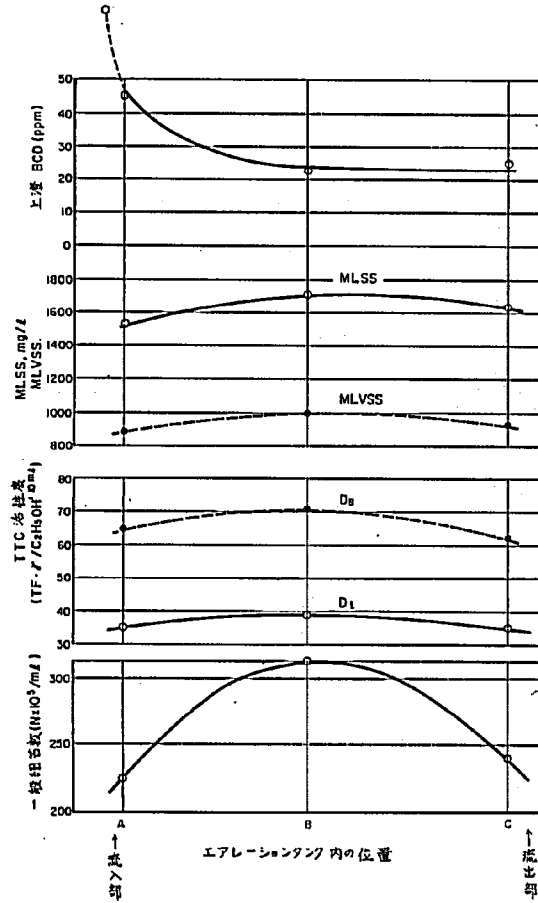


図 4-3-27 エアレーションタンク内の変化

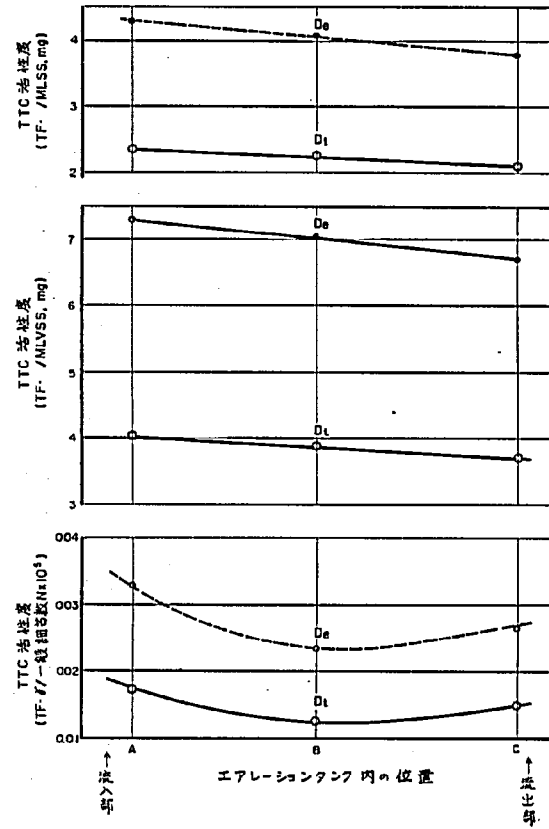


図 4-3-28 TTC活性度のエアレーションタンク内の変化

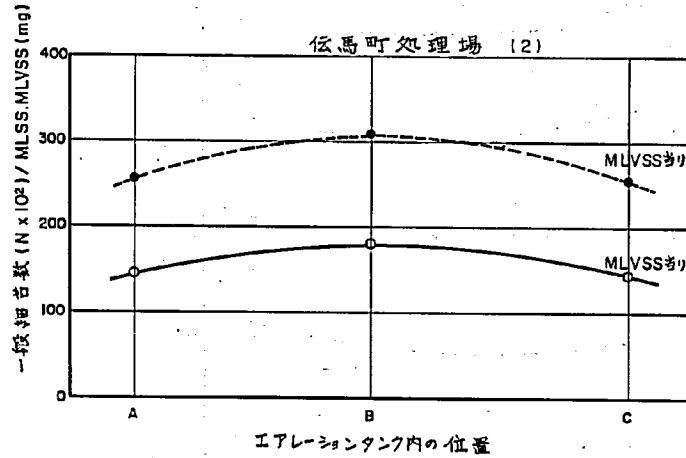


図 4-3-29 エアレーションタンク内の変化

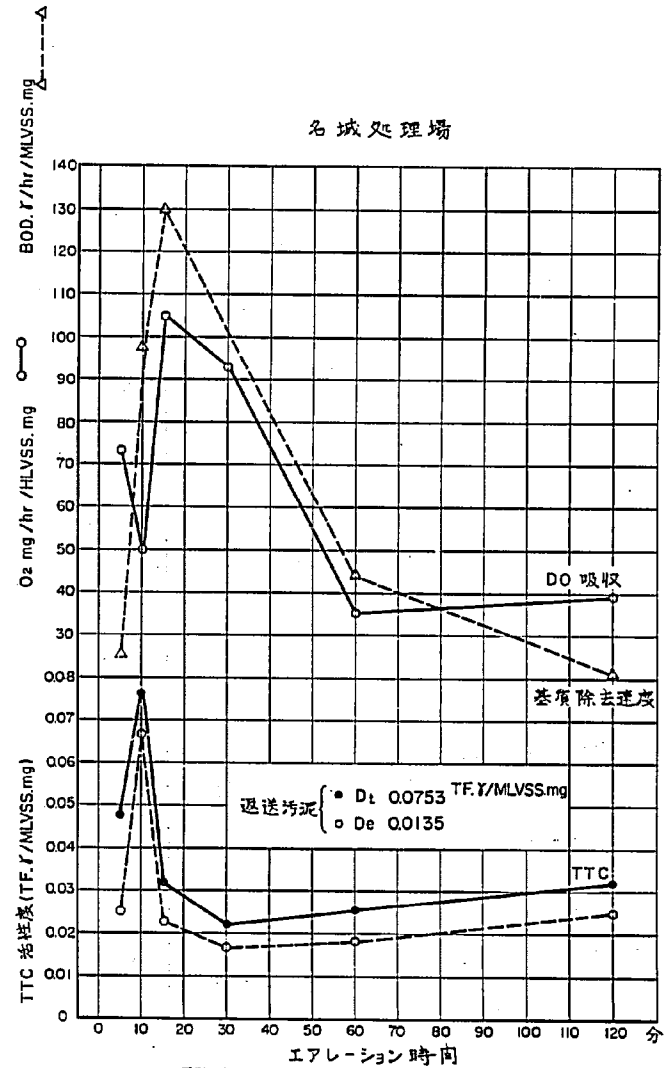


図 4-3-30 エアレーションタンク内の変化

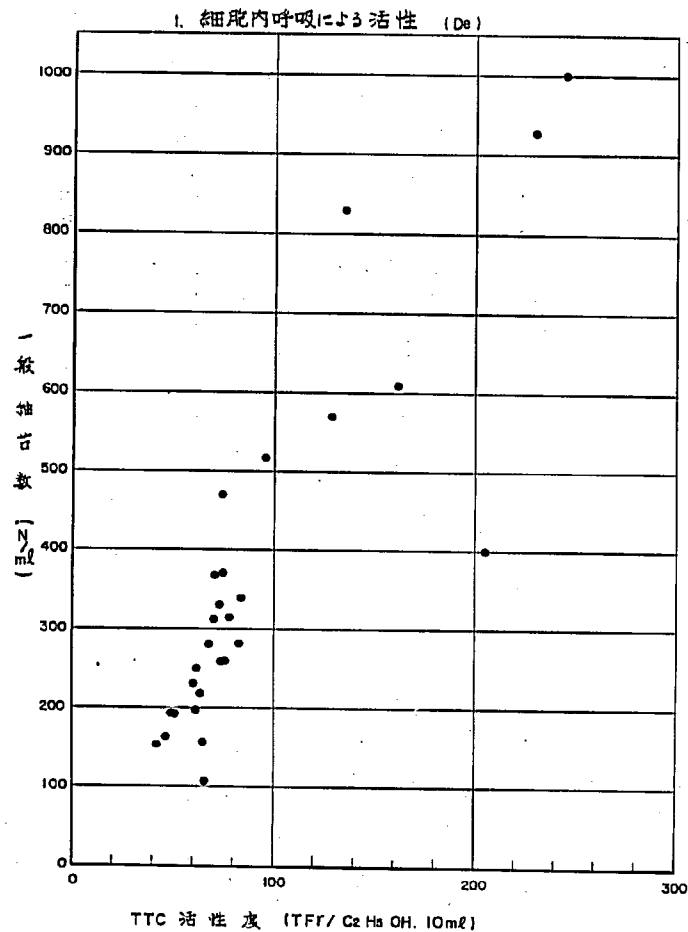


図 4-3-31 TTC 活性度と一般細菌数の関係 (伝馬町処理場)

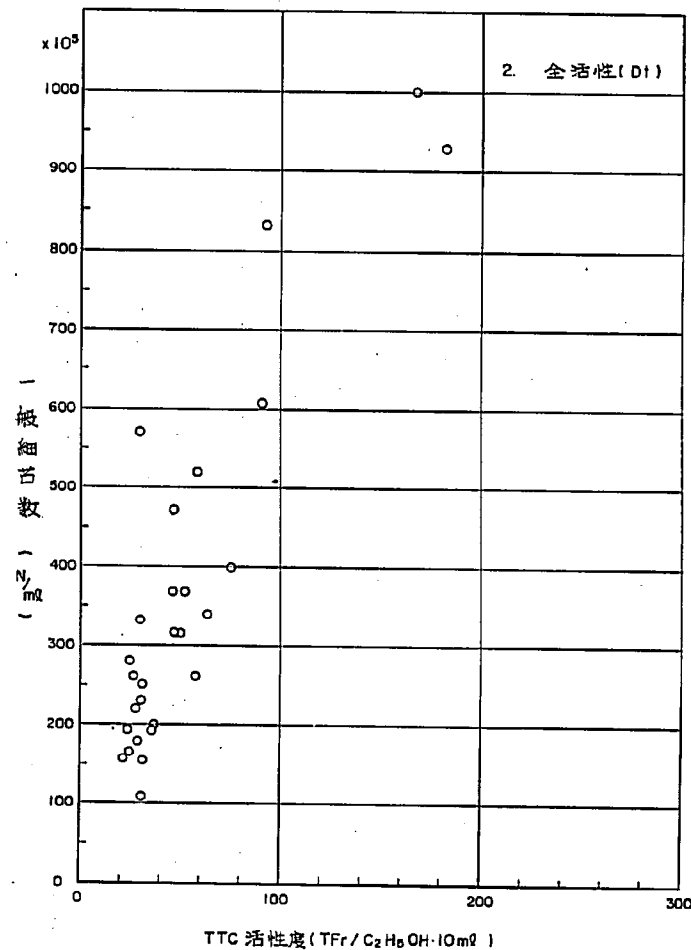


図 4-3-32 TTC 活性度と一般細菌数との関係

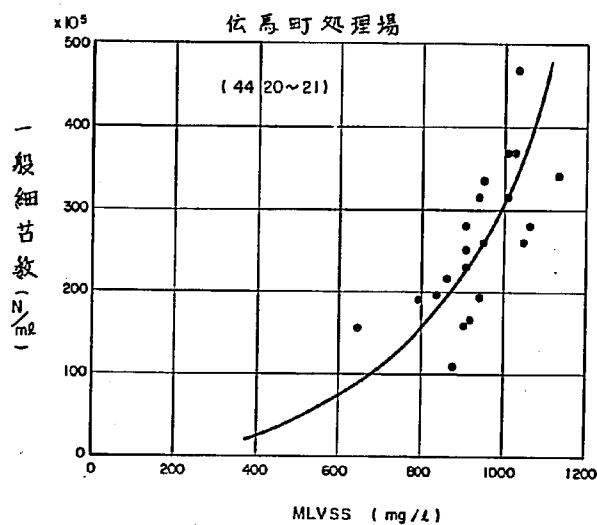


図 4-3-33 一般細菌数とMLVSSとの関係

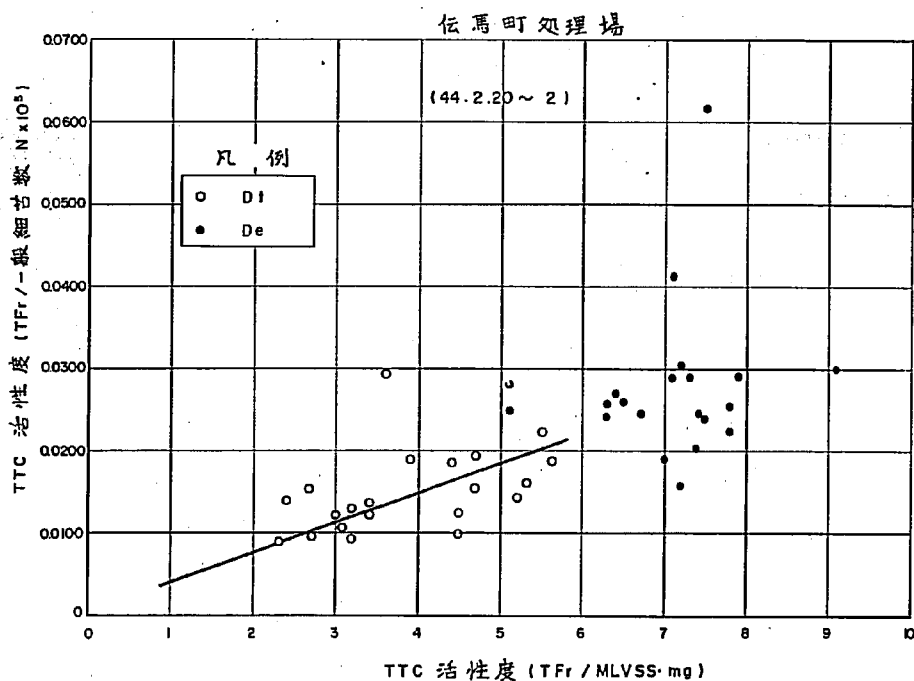


図 4-3-34 MLVSS と生菌数当りの TTC 活性度の関係

央部で増加し、流出部では若干低下した。TTC 活性度の  $D_t$  が  $D_e$  より小さくなっているが、一般にはこのような現象は起り得ないことである。この場合は流入水中に微生物の生理作用を阻害する物質の混入があったものと考えるのが適当である。

図4-3-29にはMLSS, MLVSS, 一般細菌数当りにTTC 活性度を換算して示したものである。図から明らかなように、いずれの場合にも活性度は流入部が最大になり、流出部で低下した。この傾向は上澄BODの濃度あるいはDO 吸収速度などと同様であった。

TTC 活性度およびDO 吸収速度と基質除去速度の関係を図4-3-30に示した。この図から基質除去速度とDO 吸収速度は相関性が高いけれども、TTC 活性度とは若干のずれがあり、基質除去速度が最大になる前にTTC 活性度は最大に達した。TTC 活性度の  $D_t$ ,  $D_e$  がほぼ平行移動しているが、微生物当りの細胞内呼吸量は基質のあるなしに関係なく、ほぼ一定であると考えられるので基質除去操作が不十分であったのかもしれない。いづれにしても  $D_t$  は基質除去反応が終了するにつれて低下し、細胞内呼吸に近づくことは明らかである。

## 2. TTC 活性度と一般細菌数との関係 (図4-3-31 ~ 32)

TTC 活性度は生細胞中の脱酸素酵素に関係するものであるから、当然のことであるが相関性がかかなり高い。次にMLVSS と一般細菌数の関係は図4-3-33のようになり、一般にいわれているように汚性汚泥を微生物群集と仮定しても問題はないようである。

MLVSS および一般細菌数当りのTTC 活性度の関係は図4-3-34のようになり、 $D_t$  はいづれも変化しているが、 $D_e$  の場合には、おおむね一定値を示している。

## 3. TTC 活性度とDO 吸収速度との関係

TTC 活性度とDO 吸収速度に若干のずれがみられたので図4-3-35にBOD 除去速度とDO 吸収速度の関係を示した。DO 吸収速度は、一般に微生物の代謝反応に比例するといわれており、この場合にもBOD 除去速度との相関性は高い。

また、内生呼吸量は図からほぼ  $10 \text{ O}_2 \text{ mg/hr/MLVSS} \cdot \text{mg}$  と推定され、流出部でのDO 吸収速度は実測で約  $40 \text{ O}_2 \text{ mg/hr/MLVSS} \cdot \text{mg}$  となり、微生物の代謝反応もDO 吸収速度から内生呼吸に近いことがわかる。なお、内生呼吸量は最大DO 吸収速度の約  $\frac{1}{10}$  といわれており、この場合にも約  $\frac{1}{10}$  であった。

BOD 除去速度とTTC 活性度の関係は図4-3-36のような相関性はみられなかった。エアレーション時間に合せて直線で結ぶと図のようになり、TTC 活性度の最大が5~10分にあり、BOD 除去速度の最大は10~15分後にみられた。それ以後、TTC 活性度はほぼ一定値を示した。なお、返送汚泥の活性度は流出部での活性度とほとんど変わらず、沈殿池での滞留による活性度の低下はみられなかった。

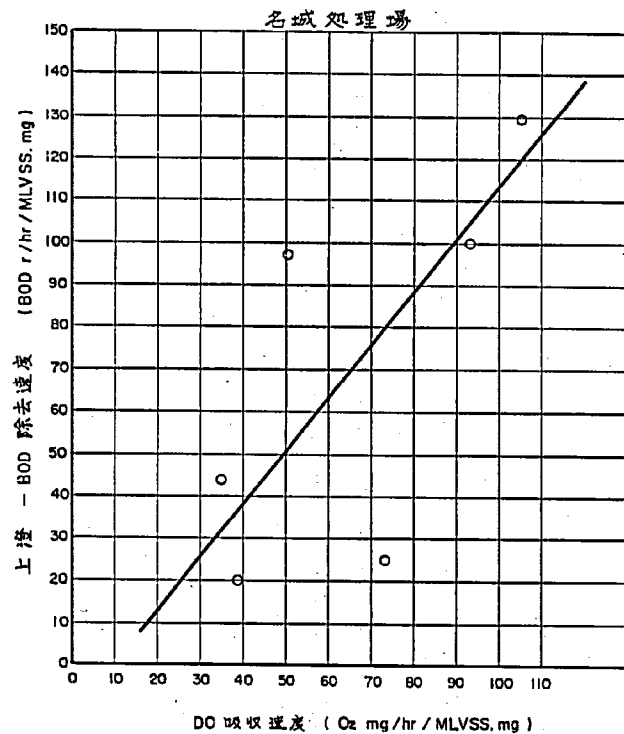


図 4-3-35 BOD 除去速度と DO 吸収速度の関係

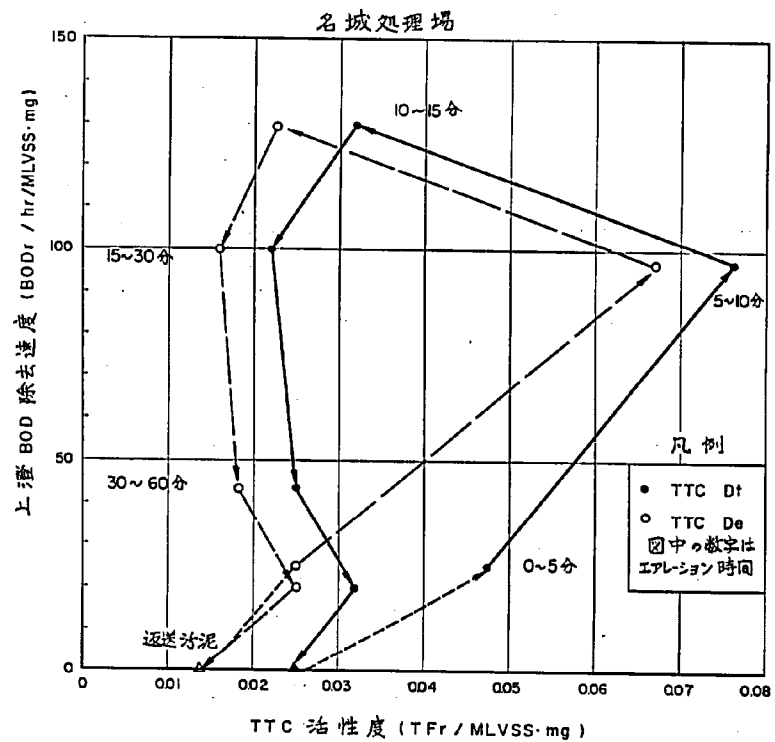


図 4-3-36 上澄 BOD 除去速度と TTC 活性度の関係

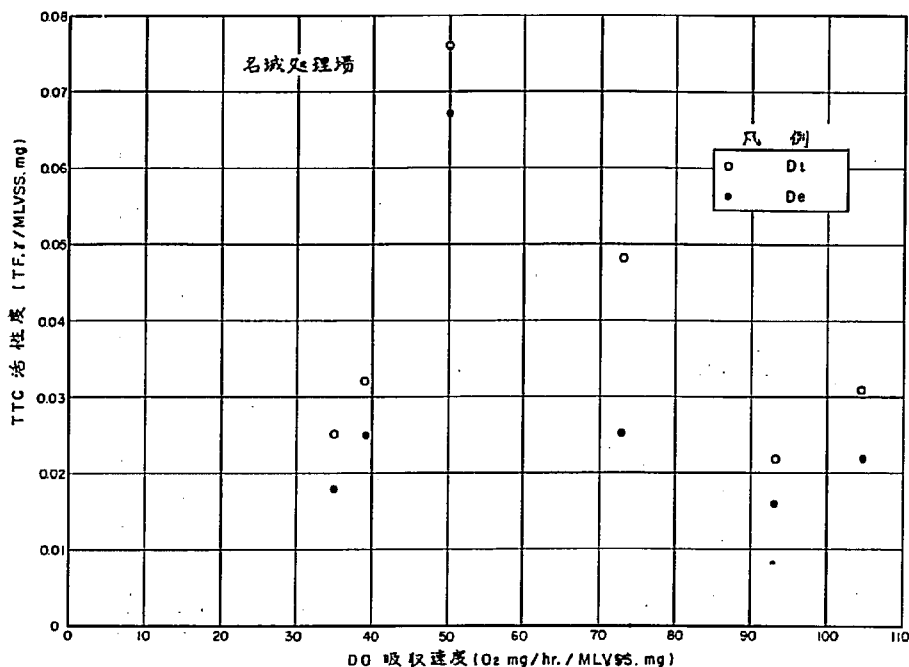


図 4-3-37 DO 吸収速度と TTC の関係

TTC 活性度と DO 吸収速度との関係は図 4-3-37 のようにほとんど相関性はみられなかった。両者とも微生物の代謝に関係するものであるから、一般には相関性が比較的高いものと考えられたのであるが、このような結果であった。

#### 4. 上澄 BOD と TTC 活性度の関係 (図 4-3-38)

これは Dt と De が逆の関係になった伝馬町処理場の例である。Dt は上澄 BOD の濃度が低下するにつれて TTC 活性度が増加し、De に近づく傾向がみられた。De は基質の濃度に関係なくほぼ一定値を示した。

このことは流入水中に、たとえ有害物質が存在するにしてもエアレーション時間が経過するにしたがい Dt は De に近づくものと考えられる。今後、家庭下水のみ流入する処理場において十分調査、検討をする必要がある。

以上の結果から、TTC 活性度が活性汚泥の代謝能力の判定方法としての可能性の立場から検討すると、(1) エアレーション時間の経過とともに Dt は変化し一定値になる。家庭下水の場合には Dt の高い値から De に近づき、阻害物質のある場合には Dt は低い値から De に近づくであろう。(2) De を測定する場合基質除去の方法は再検討しなければならないが、De は基質の濃度やエアレーション時間に関係なく、ほぼ一定

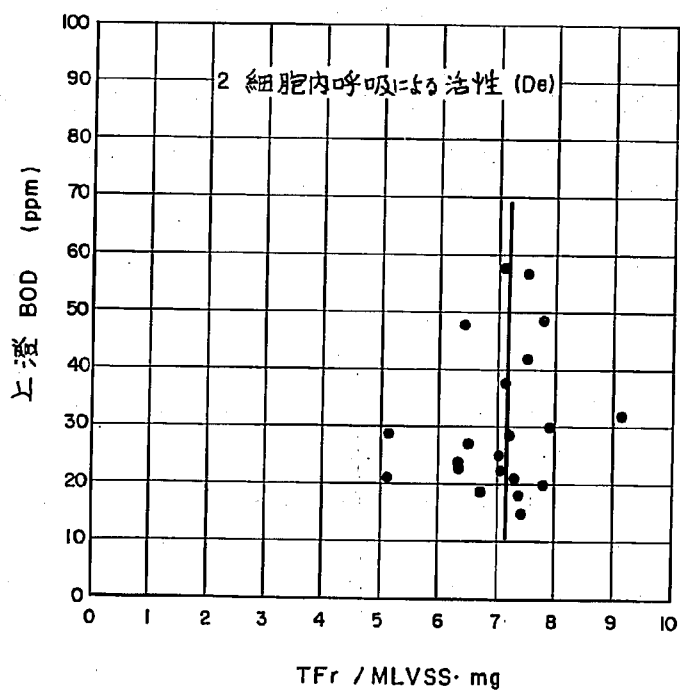
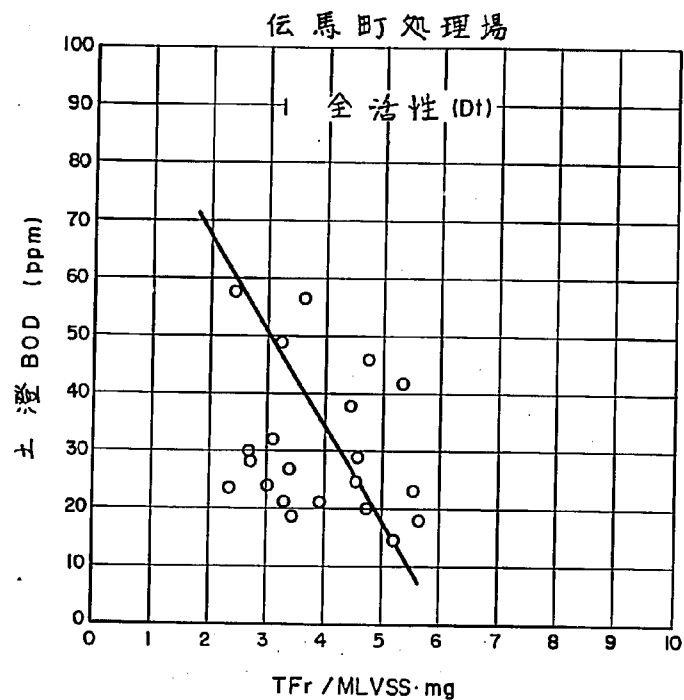
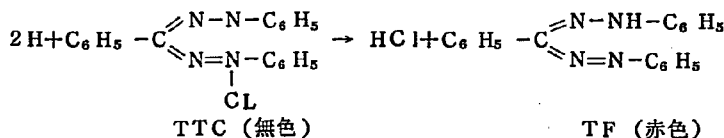
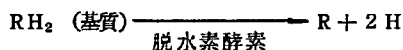


図 4-3-38 上澄 BOD と TTC 活性度の関係

値を示すであろう。したがって、活性汚泥の有機物除去能力が十分発揮された時点においてDtとDeはおおむね等しくなると思われる。それ故、エアレーションタンクの流出部においてDtとDeを測定することにより、活性汚泥の状態を知る一方法としての可能性が十分あるものと考えられる。

DO吸収速度による活性度はそのエアレーションタンクの最大値の平均を求めておき、流出部で測定したDO吸収活性度が最大値の $\frac{1}{10}$ に近いかどうかにより、TTC活性度と同様に活性汚泥の基質除去能力の判定に利用できる可能性がある。両活性度測定法を比較し、いずれが実用性に富むかは今後の調査をまたねばならない。

参考： 1) TTCと脱水素酵素の反応



## 2) TTC活性度測定方法

試料(活性汚泥)にTTCを加え、一定温度、一定時間培養し、反応してできたTFを有機溶媒に抽出して、その赤色の濃度を測定し、その割合により活性度を判定するものである。

### 1) 試 薬

0.5% TTC溶液

0.5% 亜硫酸ソーダ溶液

エチルアルコール

TF標準液

TF標準液の作り方：TF 20mgをC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OHに溶かして1ℓとする。

これは0.2mg/C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH10mℓに相当する。

標準液を0~0.15mg/C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH10mℓの間で調整し、480mμ、セル10mmを用いて検量線を作成する。

### ii) 方 法

#### (a) 全活性(Dt)測定方法

15mℓの遠沈管に活性汚泥混合液をガラス棒でよく攪拌して、10mℓ採取し、0.5% TTC溶液1mℓ加え、さらに0.5% Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>溶液3滴加え、よく攪拌して暗所で20℃1時間培養する。

次に培養した試料を2000rpm 5分間遠心分離し、上澄液をすて、沈殿物に

$C_2H_5OH$ を加え、よく攪拌し、さらに、2000rpm 5分間遠心分離を行ない、上澄部の $C_2H_5OH$ 溶液（TFが $C_2H_5OH$ 中に溶出する）を光電光度計で480m $\mu$ セル10mmでその吸光度を測定し活性度を求める。

ブランク試験はすべて行なわなければならない（活性汚泥の $C_2H_5OH$ 抽出液は若干黄色になる。）

(b) 細胞内の呼吸による活性度（De）測定方法

Deの測定は活性汚泥混合液から基質除去操作を前処理として行ない、以後Dtと同様に測定する。

基質除去操作（前処理）

15m $\ell$ の遠沈管に活性汚泥混合液を10m $\ell$ とり、2,000rpm 5分間遠心分離を行ない、上澄液をすて 次にBOD希釈水10m $\ell$ を加え、ガラス棒でよく攪拌し2000rpm、5分間遠心分離を行なう（活性汚泥の洗浄）。この操作を2回行ない、最後にBOD希釈水10m $\ell$ を加え、よく攪拌して Dtの場合と同様に活性度を測定する。

4-3-8 エアレーションタンク内のDO分布

エアレーションタンク内のDO濃度は、吹込む空気のと汚泥の酸素消費量の関係で決まる。一般に活性汚泥法の場合には、処理の機能を正常なものとするためには、DO濃度を1 ppm（20℃の場合で飽和値の約11%）程度に維持しておくことが必要である。酸素吸収速度の項で述べたように、汚泥の酸素消費速度は、下水の流下に伴って変化するため、タンク内におけるDO濃度は、位置的に大きく差があることが予想される。

ここでは、タンク内のDO濃度の実測結果から、実際池のDO濃度と酸素吸収速度 $Y_r$ 、流入下水のBOD負荷との関係等について述べていく。

図4-3-39~41は、名城、岩塚、下之一色の各処理場のエアレーションタンクにおけるDO濃度とタンク流下距離との関係を示したものである。DO濃度は、飽和値に対する100分率、また、流下距離は、その位置に至るまでの流下時間（滞留時間）で示してある。したがって、横軸の0分は、流入部、末端の時間は、流出部における値を示すことになる。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行なったものである。

図にみられるように、予想通り各処理場とも流入部と流出部におけるDO濃度には、差がみられ、いずれの場合にも、流出部におけるDOが高くなっている。ここで、注目すべきことは、流入部のDOは、一般に非常に低くなっているということである。岩塚処理場の場合、飽和値に対して2~10%（0.1~0.8ppm）名城で3%（0.2ppm）、下之

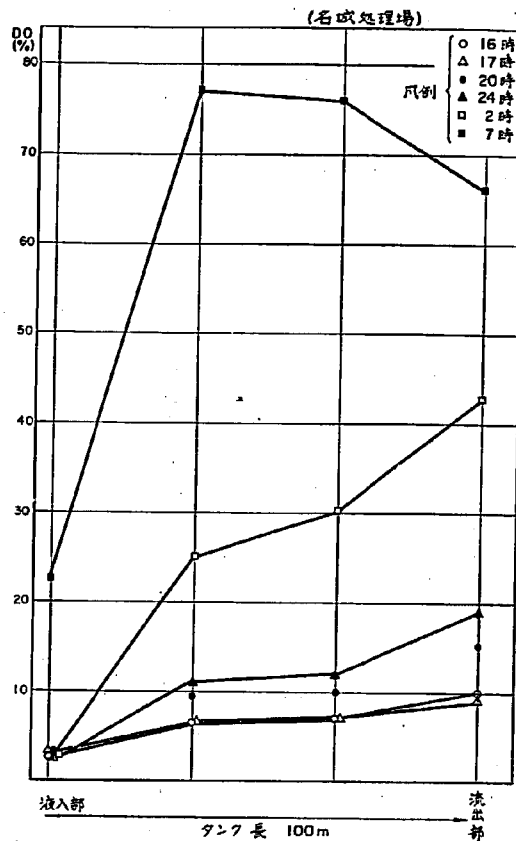


図 4-3-39 タンク内 DO 濃度分布の時間変化

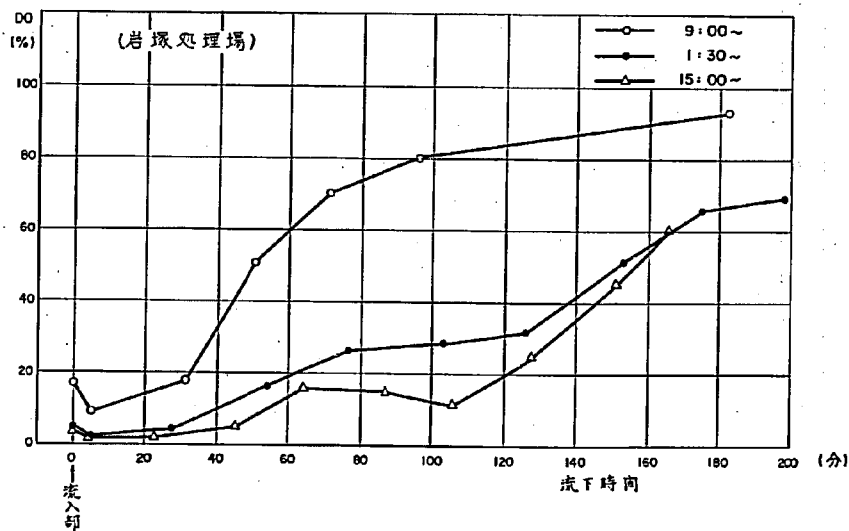


図 4-3-40 エアレーションタンク内の DO 濃度分布の時間変化

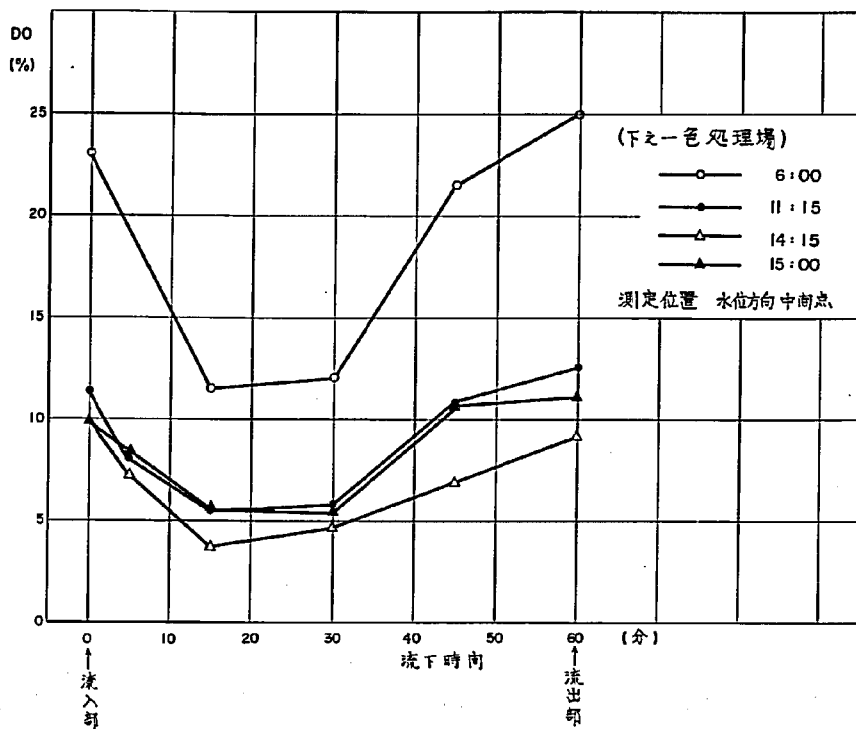


図 4-3-41 エアレーションタンク内 DO 濃度分布の時間変化

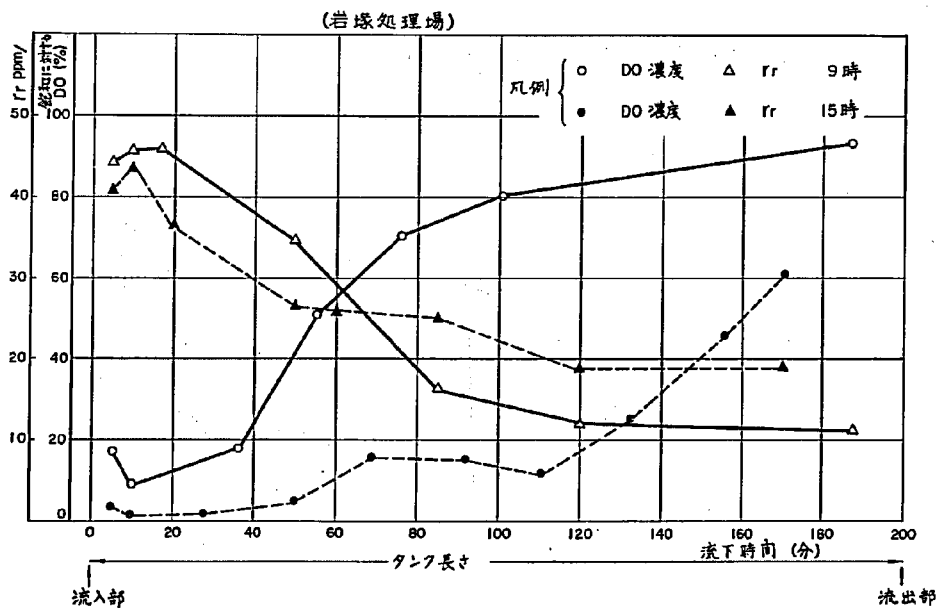


図 4-3-42 エアレーションタンク内 DO 濃度と酸素吸収速度  $r_r$  との関係

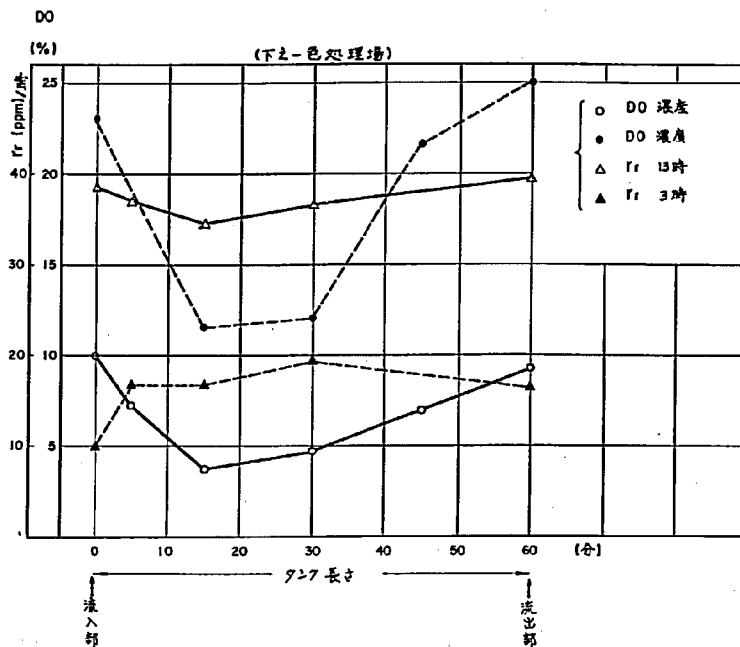


図 4-3-43 エアレーションタンク内DO濃度と酸素吸収速度  $r$  との関係

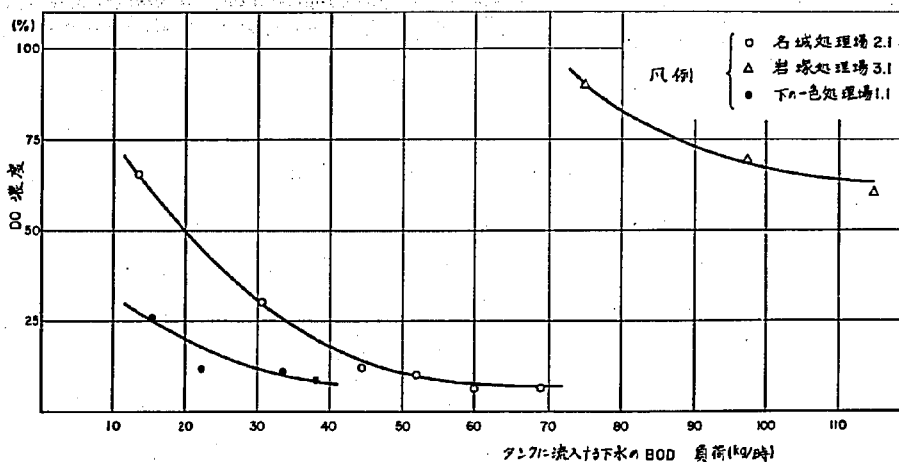


図 4-3-44 タンク流出部における DO 濃度と流入 BOD 負荷の関係

一色で4~5% (0.3~0.4ppm) であり、DOが不足気味であると考えられる。しかしながら、流出部においては、DOは高く、岩塚の場合で60~90% (4~7ppm)、名城で10~60% (0.8~6ppm)、下之一色で10~25% (0.8~2ppm) であり、十分にDOが維持されている。各処理場とも3~5倍の空気をタンク全長にわたって均一に送気するという最も標準的な送気方式を採用しているが、こうした方法では、タンクの流下方向に対してDOの不足気味の部分(流入部付近)と過剰な部分(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という方法は、不合理であることがわかる。流下方向のDOの濃度変化は、汚泥の酸素吸収速度の差によって生ずる。一般に、流入下水と返送汚泥の混合直後(流入部)は、両者のDOがもとと0に近いこと、汚泥の吸着活性が強く、このときのDOの消費速度が最も大きいことなどから図4-3-39~41にみられるようにタンク内のDOは、流入直後に最も低くなる。この後、汚泥の酸素要求量が減少するに従ってDOは除去に増加していき、タンクの流出部で最大となる。図4-3-42、4-3-43に岩塚、下之一色両処理場における酸素吸収速度 $r_r$ とDO濃度の関係を示したが、図にみられる如く、 $r_r$ の減少に伴ってDOが増加して行くことがわかる。これは、 $K_{La}$ が一定であるから当然である。

酸素吸収速度 $r_r$ が流入下水のBOD-SS負荷によって変化することは、前節でのべた通りである。図4-3-39~41では、時間によってタンク内DOが変化しているが、これは流入下水のBOD負荷の変化による $r_r$ の変化によって生じているものと考えられる。図4-3-44には、各タンクにおける流入下水のBOD負荷( $Kg/日$ )と、この下水がタンクを流下して流出部に至ったときのDO濃度との関係を示したものである。流出部のDOは、エアレーション時間、空気量によって異なるが、同一処理場の場合には、ほぼ同一の条件であると考えることができる。図にみられるように、各タンクともBOD負荷の増加に伴ってDOは低下していき名城タンクの例では、BOD負荷が15 $Kg/時$ のときに、65% (5ppm) 維持されるのに対して、60 $Kg/時$ になると7% (0.5ppm) に低下し、BOD負荷が高い場合には、タンク内のDOがほとんどなくなるという結果を示している。この関係は、他のタンクの場合も全く同様であり、滞留時間の短い(1時間)下之一色タンクでは全体にDOが低く、長い岩塚タンク(3時間)では全体に高くなっているが、いずれにせよ流入水の負荷はDO濃度に大きく影響していることがわかる。

以上の結果から、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、 $r_r$ の変化に伴うタンク内の流下方向のDO変化のみならず流入下水の変動によるDOの全体的な変動に応じた設計を行なう必要がある。また、タンク流出部のDO濃度は、処理水のDO濃度と直接関係するため放流先の状況に応じてそのレ

ペルをどの程度に維持するかは、処理の効率のみならず終沈におけるDO消費と関連して十分な検討を行なうことが必要であろう。

#### 4-3-9 エアレーションタンク内の総括酸素移動係数 ( $K_{La}$ ) について

エアレーションタンク内のDOは、吹き込む空気量、散気装置の種類などによって異なるが、これが一定の場合は、汚泥の代謝に消費される酸素の量によって左右されることになる。

タンク内のDO収支は、つぎのように表わすことができる。

$$\frac{dc}{dt} = K_{La}(C_s - C) - r_r \quad \text{.....(1)}$$

ここに、  $C_s$  : 酸素の飽和量 (ppm)

$K_{La}$  : 酸素移動係数 (1/時)

$r_r$  : 酸素吸収速度 (ppm/時)

$C$  : タンク内DO濃度 (ppm)

一般には、タンク内で  $\frac{dc}{dt} = 0$  と考えてよく

$$K_{La} = \frac{C_s - C}{r_r} \quad \text{.....(2) とかける。}$$

ここでは、実測値をもとに 実際池の  $K_{La}$  を求めてみた。

岩塚処理場および下之一色処理場における  $K_{La}$  の値およびタンク内の流下に伴う変化をタンク内DO、 $r_r$  とともに表4-3-12、図4-3-45~46に示してある。

表4-3-12  $K_{La}$  の計算結果

岩塚処理場

| タンク内<br>位 置 | DO<br>(ppm) | $r_r$<br>(ppm/hr) | $K_{La}$<br>(1/hr) |
|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
|             | 058         | 40.9              | 4.87               |
|             | 036         | 43.2              | 5.01               |
|             | 051         | 36.0              | 4.25               |
|             | 138         | 26.1              | 3.43               |
|             | 186         | 26.1              | 3.66               |
|             | 284         | 25.1              | 4.08               |
|             | 325         | 18.2              | 3.18               |
|             | 458         | 18.5              | 4.21               |
| 平均          | 1.92        | 26.0              | 4.16               |

下之一色処理場

| タンク内<br>位 置 | DO<br>(ppm) | $r_r$<br>(ppm/hr) | $K_{La}$<br>(1/hr) |
|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
|             | 279         | 38.5              | 4.59               |
|             | 084         | 36.9              | 3.57               |
|             | 069         | 34.4              | 3.28               |
|             | 071         | 36.4              | 3.48               |
|             | 151         | 40.0              | 4.14               |
| 平均          | 131         | 37.2              | 3.82               |
|             | 310         | 9.92              | 1.28               |
|             | 250         | 16.48             | 1.97               |
|             | 130         | 16.42             | 1.72               |
|             | 133         | 19.59             | 2.10               |
|             | 317         | 16.22             | 2.10               |
| 平均          | 228         | 15.72             | 1.85               |

13時  
流量  
253m<sup>3</sup>/h

3時  
流量  
215m<sup>3</sup>/h

ここで計算した  $K_{La}$  は、タンク内 流量  
の各条件から得たみかけの  $K_{La}$  とで

もいふべきものであるが、(2)式からわかるように タンク内の  $r_r$  の影響を大きくうけ

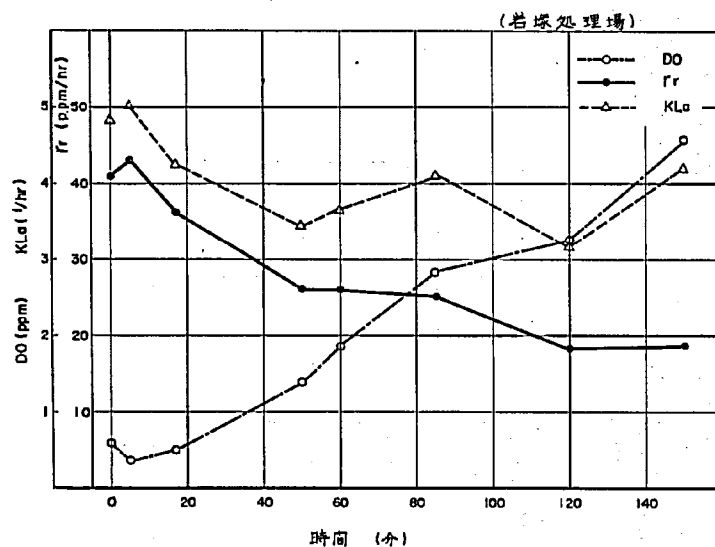


図 4-3-45 KLaとDO, rrとの関係

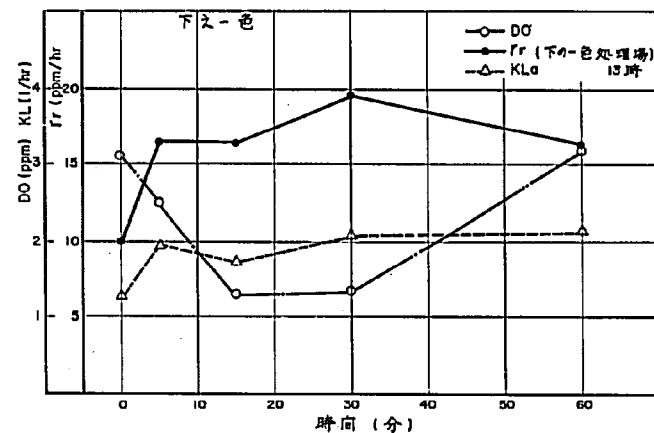


図 4-3-46 KLaとDO, rrとの関係

る。図にみられるように  $DO$ ,  $r_r$  の流下方向の変化に伴って  $K_L$  は、若干変化がみられるが、ほぼ一定の値を示すと考えてよさそうである。しかしながら、下之一色処理場の場合にみられるように、測定した時刻によってこのみかけの  $K_L$  は異なっており、13時の場合  $382 \text{ l/hr}$ 、4時の場合  $185 \text{ l/hr}$  である。

このとき空気量は同一であり、下水量も13時に  $253 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、4時に  $215 \text{ m}^3/\text{hr}$  と大差ないため、この差は  $r_r$  の値のずれからくるものと考えられる。すなわち、 $r_r$  の測定は、前述したように ガラスビン中で  $DO$  十分な状態で行なうが、これと タンク内との値に差がある。また、 $r_r$  は流入下水の負荷によって変るため  $DO$  の測定時刻のわずかなずれが、 $r_r$  と  $DO$  関係を異なったものとしてしまっていることなどである。

エアレーションタンクの空気量の設計を合理的なものとするためには、 $K_L$  をもとに設計を行なうべきであるが、こうした点を考えるとここで求めた  $r_r$  の測定法では なお問題があり、さらに詳しい検討が必要であらう。

なお、この調査で得られた タンク内のみかけの  $K_L$  値  $185 \sim 416 \text{ l/hr}$  は、かなり大きく、土木研究所の実験によれば、この  $K_L$  値を用いれば散気盤によるエアレーションを行なう場合、滞留時間3時間として 約4～12倍の空気量が必要であることになり、実際には約4倍、 $r_r$  の測定値がタンク内のそれよりも高めであることがわかる。

#### 4-3-10 活性汚泥法における窒素および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、微生物環境などの要因が十分に整っている必要がある。たとえば、活性汚泥による生物酸化作用は、微生物のエネルギー源になる炭素を主体とした物質の濃度と性質の他に窒素とリンの適当なバランスによって左右されることが知られている。

下水中に含まれる窒素およびリンの割合は §2 で述べたように、いずれの場合も生物酸化に必要とされる割合よりも過剰に含まれており、生物酸化の過程で細胞体内などにとり込まれる分は そのうちの一部であると考えられる。一般には、標準的な生物処理による窒素およびリンの除去率はあまり期待できず、窒素の場合で30～50%、リンの場合で10～30%程度であるとされている。しかしながら、曝気槽の条件を適当なものにすれば これ以上の除去効果を得ることが可能であるという報告もある。下水中からの窒素およびリンの除去を行なう場合、多くの場合生物処理による方法が最も経済的かつ実際的であることは 明らかである。このため、現在の2次処理における窒素およびリンの挙動および除去に関与する要因を検討し現在の2次処理施設の改良あるいは操作法の改良による除去率の向上の可能性を追求することが必要であらう。

##### (i) 活性汚泥法による、窒素の除去

表4-3-13に、各処理場の2次処理における 流入水と処理水中の窒素化合物の値

および除去率を一覧表にして示した。

表 4-3-13 窒素化合物の変化

(単位 ppm)

| 処理場                                   | 名城園  |      | 伝馬町園 |      | 岩塚園  |      | 下之一色園 |      |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
|                                       | 流入水  | 処理水  | 流入水  | 処理水  | 流入水  | 処理水  | 流入水   | 処理水  |
| T-N                                   | 24.0 | 15.1 | 17.4 | 165  | 11.1 | 20   | 27.4  | 11.1 |
| NH <sub>4</sub> -N                    | 11.5 | 47   | 94.1 | 55.1 | 42.4 | 0.48 | 82.1  | 66.1 |
| NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N | 1.12 | 0.83 | 32.0 | 2.61 | 0.15 | 4.66 | 0.35  | 2.44 |
| ALb-N                                 | 6.65 | 2.08 | 39.0 | 2.77 | 23.0 | 0.62 | 76.7  | 1.43 |
| T-N除去率(%)                             | 37.1 |      | 5.2  |      | 82.0 |      | 59.3  |      |

表にみられるように、総窒素 (T-N) の除去率は 5.2~82.0%と範囲が広く、特に 岩塚処理場において 82%の高除去率が得られていることは、注目に値する。

また、各処理場とも アンモニア性窒素が減少しており、アルブミノイド性窒素の減少もアンモニア性窒素への移行が多いと考えられることから、かなりの硝化作用が行なわれているものと判断できる。これは 全体として 除去率の良好な岩塚処理場および下之一色処理場で特に著しい。このような 窒素の除去率の差が どのようなことで生ずるかについては、今回の調査では明らかにすることができなかったが、通常の標準活性汚泥法の場合でも 80%までの除去が期待できることがわかったわけであり、さらに、詳細な調査を行なって、窒素の除去を効率的に行なうための操作上、設計上の要因を把握することが必要であろう。

なお、図 4-3-47 から図 4-3-52 までに最も除去率が良好であった岩塚処理場と最も低かった伝馬町処理場の場合の窒素化合物の エアレーションタンク内の流下に伴う変化を 混合液、上澄液、汚泥の場合に分けて図示してある。図にみられるように 両者の場合とも 混合液の総窒素は 変化していないが、岩塚処理場の場合は、流下時間とともに 上澄液の窒素が減少して 汚泥中にとり込まれていくのに対して、伝馬町の場合には この現象が ほとんど生じていない。したがって、この場合も BODの除去の場合と同様に 汚泥の質および濃度によって、影響される面が大きいと考えられるが、こうした点については、返送汚泥の持ち込み負荷との関係とともにさらに調査を行なう予定である。

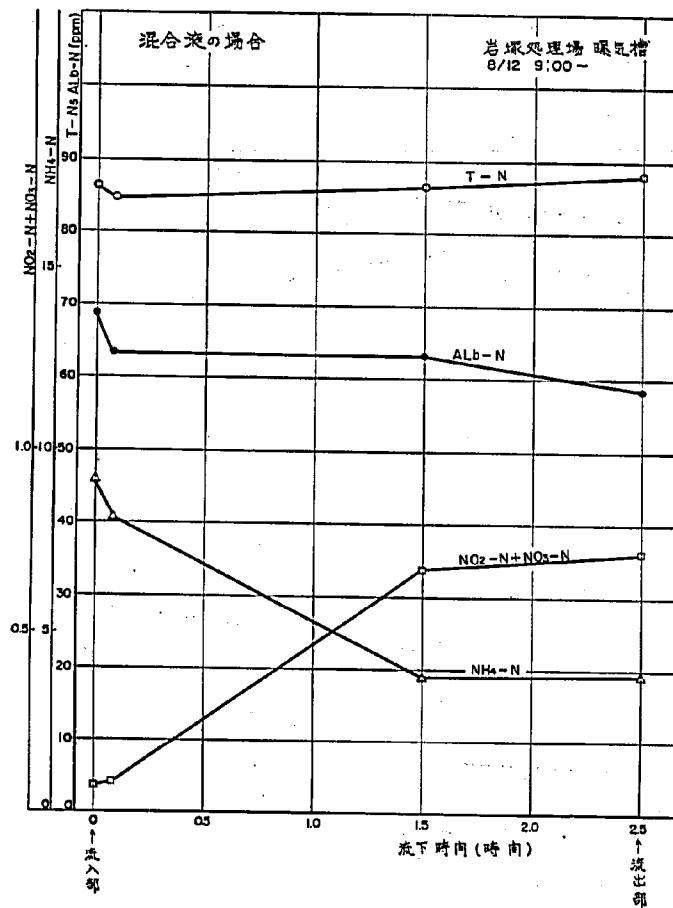


図 4-3-47 エアレーションタンク内における窒素化合物の時間的变化

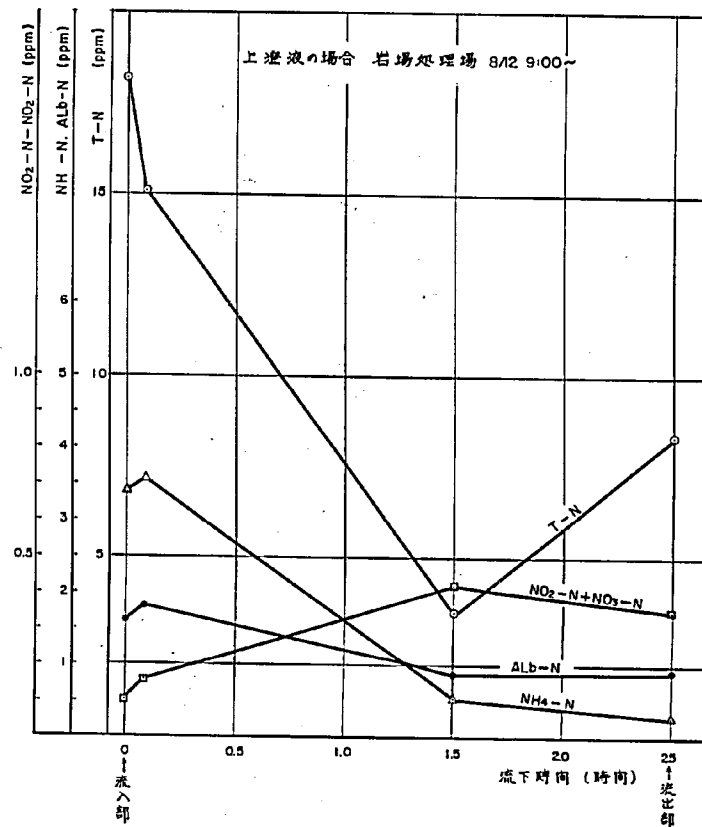


図 4-3-48 エアレーションタンク内における窒素化合物の時間的变化

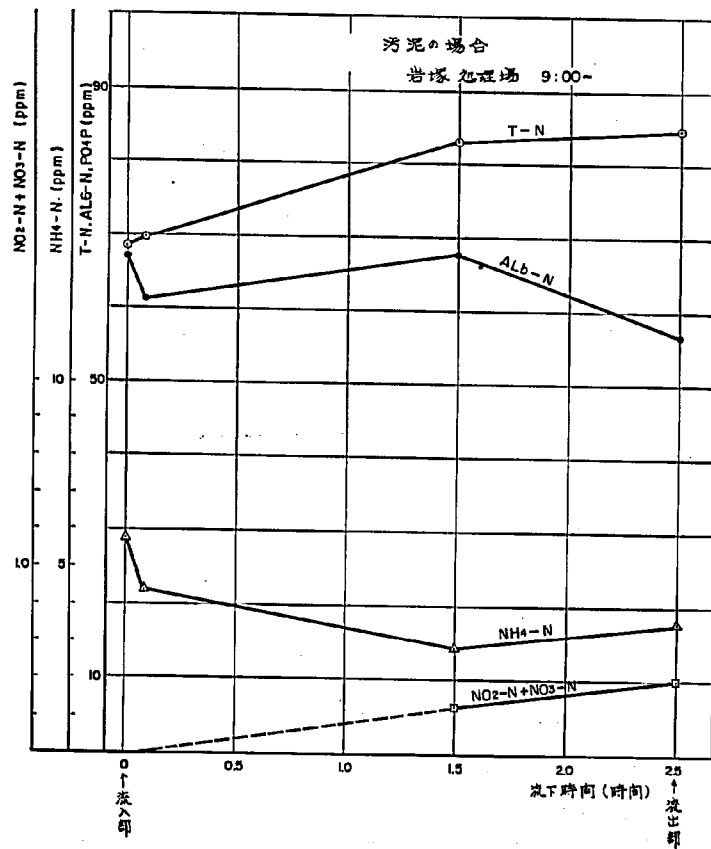


図 4-3-49 エアレーションタンク内における窒素化合物の時間的变化

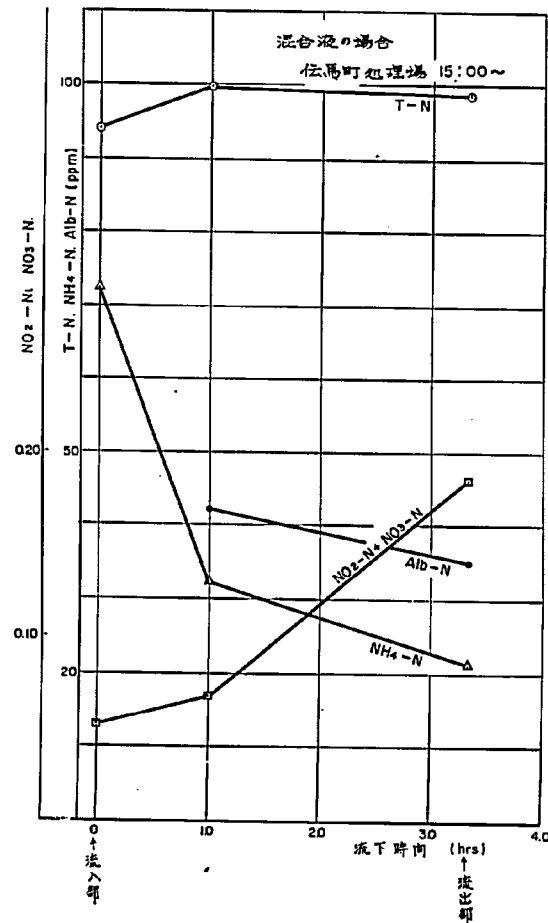


図 4-3-50

エアレーションタンク内における窒素化合物の時間的变化

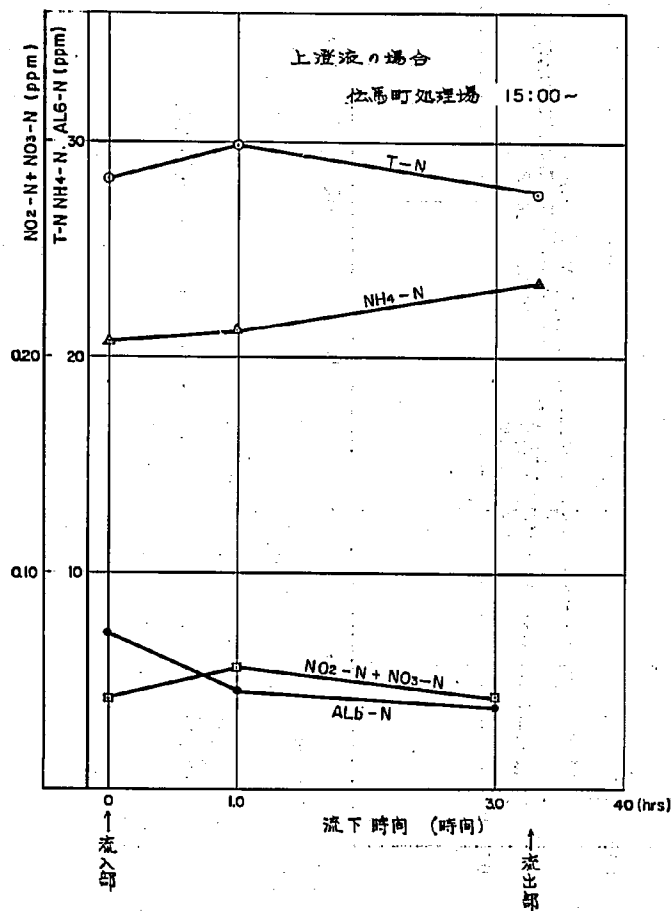


図 4-3-51 エアレーションタンク内における窒素化合物の時間的变化

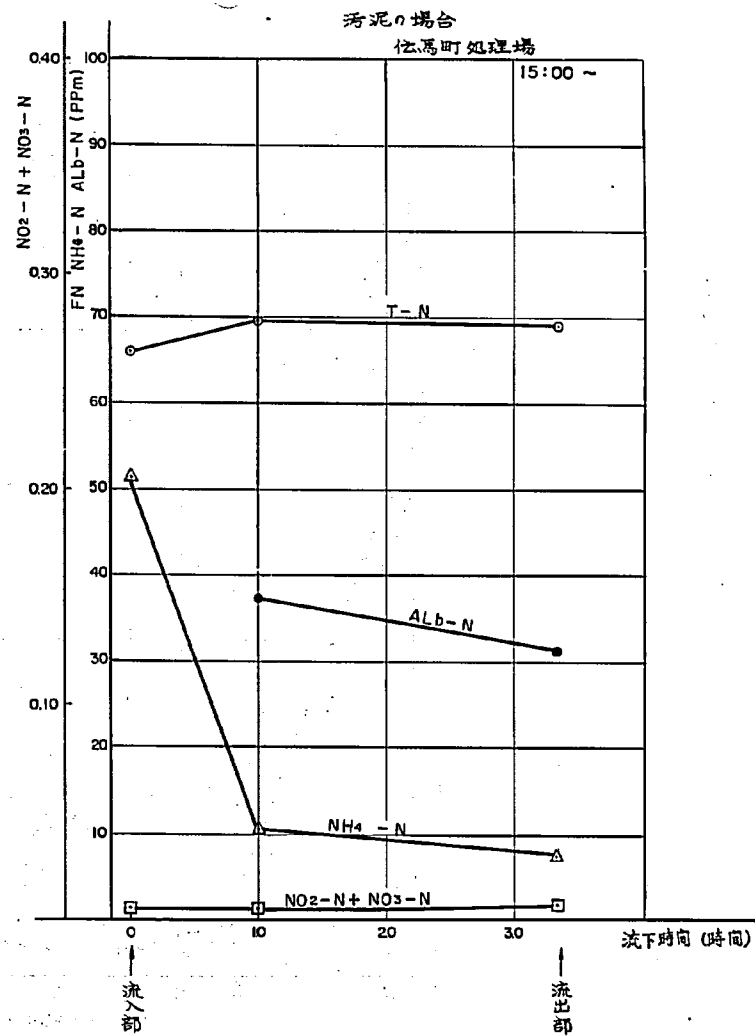


図 4-3-52 エアレーションタンク内における窒素化合物の時間的变化

岩塚処理場 8/12 9:00~

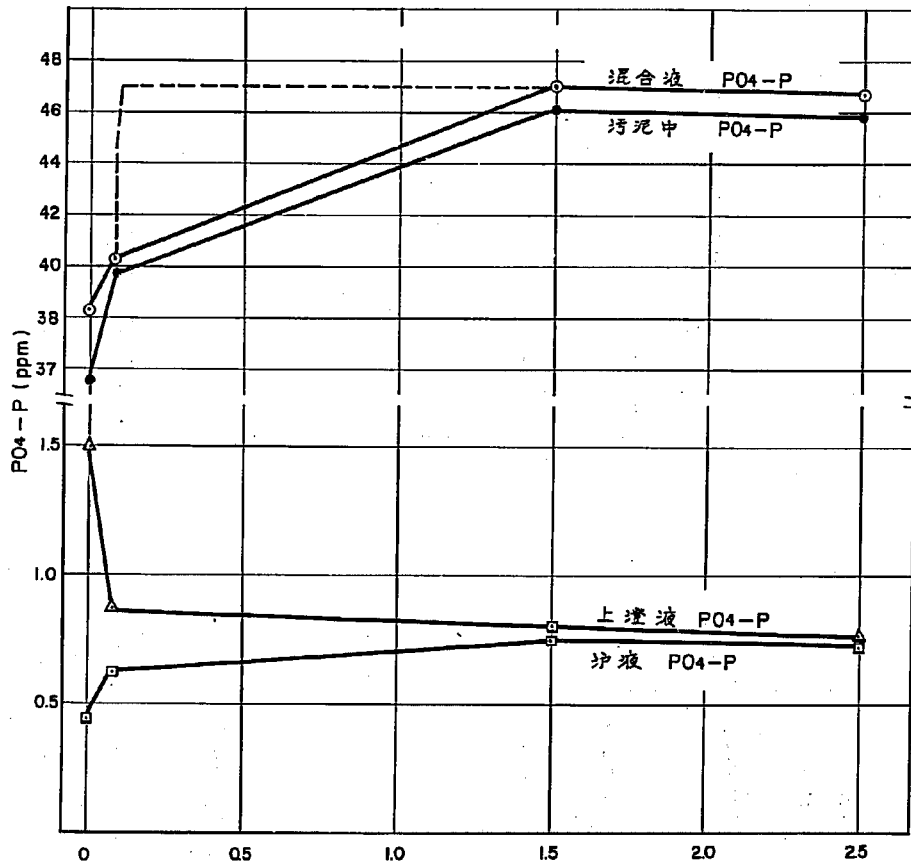


図 4-3-53 エアレーションタンク内におけるリンの時間的変化

### (iii) 活性汚泥法によるリンの除去

下表 4-3-14 に、各処理場のエアレーションタンクにおける流入水と処理水中のリン ( $\text{PO}_4 - \text{P}$ ) と その除去率を一覧表にして示した。

表 4-3-14 活性汚泥法によりリンの除去 表にみられるように、リンの除去が ほと

| 項目<br>処理場 | $\text{PO}_4 - \text{P}$ (ppm) |      | 除去率<br>(%) |
|-----------|--------------------------------|------|------------|
|           | 流入水                            | 処理水  |            |
| 名城        | 1.74                           | 1.40 | 19.5       |
| 伝馬町       | 1.08                           | 1.16 | —          |
| 岩塚        | 0.33                           | 0.26 | 21.2       |
| 下之一色      | 30.9                           | 2.12 | 31.4       |

んど行なわれていない。伝馬町処理場の場合を除いて その除去率は、20~30%の範囲にある。

活性汚泥法による リンの除去は、細胞内へのとり込みの他は、汚泥の吸着によって行なわれることが知られているが、図 4-3-53 に 岩塚処理場の場合のリンのタンク内の流

下に伴う変化を図示した。図にみられるように、リンの除去の大部分は タンクへの流入直後に行なわれており、その後は ほとんど進行していないことがわかる。したがって、BOD 除去の場合と同様に 初期除去能が リンの除去を左右すると考えてよさそうである。このことは、初期除去が生じない 伝馬町処理場では、リンの除去が行なわれていないことから 説明できよう。また、図中には、上澄液のリンの他に 上澄液をろ過した場合のリンの値も溶解性のリンとして示してあるが、図からわかるように、溶解性のリンは、ほとんど除去されていないこと また、タンク流出部では、溶解性のリンの全体に占める割合が 90%近くになることから リンの除去には、限界があるものと考えられる。

#### 4-3-1.1 活性汚泥法の調査結果のまとめ

- (1) 本年度調査を行なった 各処理場の活性汚泥法の BOD 除去率は、75~95%の範囲にあった。
- (2) このうち、標準活性汚泥法の場合の BOD 除去率は 75~85%、コンタクト・スタビリゼーション変法の場合の除去率は、95%であり、標準法の場合の除去率が低めであるが、これは標準活性汚泥法の各処流場の滞留時間が短いことに原因があるものと考えられる。
- (3) 標準活性汚泥法の場合、今回の調査では各処理場ごとの除去率の相異は、エアレーションタンクの操作条件 (滞留時間, Sat, BOD-SS 負荷など) の差によって説明することができなかった。
- (4) したがって、各処理場ごとの特性すなわち流入下水の性質、返送汚泥の状態などによって、除去率が影響されるものと考えられる。
- (5) BOD 除去を良好なものとするためには、活性汚泥の吸着反応を主体とした 初期

除去反応が重要な意味をもつ。したがって、初期除去反応を確実に利用することが必要であるが、

- (6) この初期除去反応の程度は、タンク内のMLSSと関係し特に、BOD/MLSS比に大きく影響される。
- (7) したがって、除去機能を安定なものとするためには、流入BODに見合ったMLSS濃度を維持する必要があるが現実には、これは不可能に近いものであり、多くの処理場で負荷の変動による処理水の悪化が生じているものと予想される。
- (8) 活性汚泥法の除去機能を安定なものとするためには、返送汚泥の管理を十分に行なうことが必要である。本年度の調査の場合にも返送汚泥が、負荷を持ち込む場合には除去率が悪化するという結果が得られた。
- (9) したがって、返送汚泥の再エアレーションという方法も、返送汚泥の管理法として考えてよいのではないかとと思われる。
- (10) コンタクト・スタビリゼーション法は、活性汚泥法の除去機能が初期除去の程度で左右されるという観点からすれば、汚泥の吸着活性を高めることができるということ、MLSS濃度を高くできるということなどから、初期除去を確実に行なえるという点で、活性汚泥の特質を十分に生かした方法であると考えられることができる。
- (11) 活性汚泥法の維持管理を行なううえで、活性度の測定を行なうことが望ましい。本年度は、酸素吸収活性度およびT.T.C活性度についての検討を行なったが、これらはいずれも活性汚泥の活性の強さの指標とすることが可能であり、特に除去反応の終点（余祐）を知るため一応の目安と考えることができよう。T.T.C活性度については、さらに調査を行なう予定である。
- (12) エアレーションタンク内のDO濃度は、位置的にも時間的にも大きく変化する。位置的な変化は、BODの除去反応（酸素吸収速度）の変化によって影響されるものであり、時間的な変化は、流入下水のBOD負荷によって影響されるものである。
- (13) エアレーションタンクの流出部におけるDO濃度は、流入下水のBOD負荷によって変化する。
- (14) 活性汚泥法による窒素の除去率は、本年度の調査では5～80%と広い範囲にわたっていた。
- (15) 特に、80%の高除去率を得られた処理場は、BOD除去率も良好であり、これらの設計上、操作上の要因については、さらに調査を行なう予定である。
- (16) リンの除去率は、20～30%の範囲であった。また、リンの除去が、全く行なわれていない処理場もあったが、このときのBOD除去率も悪いという結果が得られている。
- (17) リンの除去は、BODの初期除去と同時に進行すると考えてよさそうである。また

リンの除去の行なわれない処理場では、BODの初期除去も行なわれていない。

#### 4-4 高速散水戸床法の調査

##### 4-4-1 概 説

散水戸床法は、1870年代ごろから行なわれるようになった。間けつ砂戸過による下水処理法が変化して戸材が大きくなり、1900年代初期に今日行なわれているような散水戸床法として完成したものであり、活性汚泥法より古い歴史を有する生物処理法である。

わが国の場合を例にとっても、2次処理施設として始めて採用されたのは、この散水戸床法であり、大正11年に、東京都の三河島下水処理場で建設されて以来、下水処理の草分けとしての地位を保ってきたことは、周知の通りである。しかしながら、昨年度の調査結果で述べた如く、散水戸床法を採用している下水処理場の数は、全体の28%（38処理場）程度であり、施設の拡張に伴う活性汚泥法への改造、下水処理場の建設計画に散水戸床法を採用する都市が少ないことから、その数は、漸減していくことが予想される。現在、わが国で散水戸床法を採用している処理場はすべて、高速散水戸床法を採用しているが、このため散水戸床法即ち中級処理という印象が強い。散水戸床法は、本来標準散水戸床法として発展してきたものであり、この場合の処理水は活性汚泥法のそれと比較して遜色はなく、維持管理がし易いという利点を有していることはよく知られている。現在のこの勢は、活性汚泥法に比較して用地を必要とすること、臭気、戸床パエの発生等周囲の住民に悪影響を与える要因を有していることなどによるものであると考えられるが、処理法それ自体は優れた面を有していることは忘れてはならないであろう。

ここでは、調査結果をもとに、高速散水戸床法の処理機能について述べていくことにする。

#### 4-4-2 調査を行なった施設の概要

散水戸床に関する調査は西山下水処理場で行なった。

西山処理場は家庭下水のみを処理する 小規模住宅団地処理場である。散水戸床は、高速散水戸床法用に設計されたものであり、円形回転散水機による散布方法を採用している。戸床は、径 16.0m 有効戸過面積 200  $\text{m}^2$ 、戸材総容量 360  $\text{m}^3$  であり、戸材深さ 18m 戸材（碎石）の平均径は約 7.5 cm である。

この散水戸は、処理水の返送を行なうことができるように設計されているが、調査にあっては、夜間の流入下水量が少なくなる場合を除いては、返送を行なわないようにした。また、戸床への散水量は、ポンプで調整を行ない、ベンチュリーメーターでその流量を確認した。汚泥の処理は、無加温の消化タンクによって行なわれているが、調査の際は、脱離液の引抜きは行なわれていない。

なお、戸床の流入水質は、回転散水機のノズルの下水を採水することによって求めたものである。

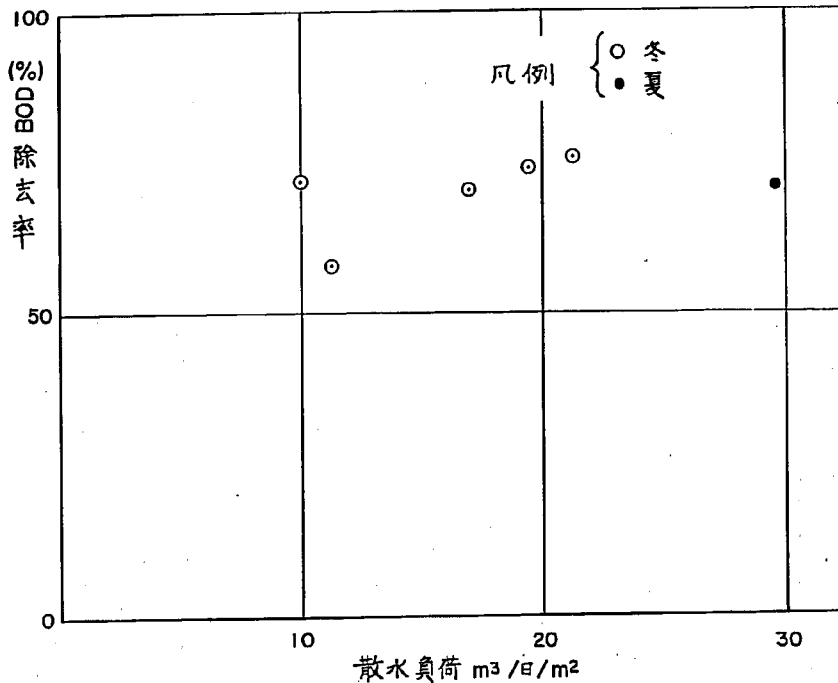
#### 4-4-3 散水負荷率、BOD負荷とBOD除去の関係

散水負荷量は、散水戸床法の操作を行なううえでの基本的な操作因子の一つである。戸床に下水が散布されると、下水は、戸材の表面を流下し、そこに形成されている生物膜によって 好氣的に分解され浄化されていく。このため、下水が効率よく浄化されるためには、下水が 戸材の表面をつつむようにして流下することが望ましいが、流下状態は、散水強度に左右されることになる。すなわち、散水負荷量があまり大きいと散布された下水は、戸床の表面を流下しなくなり、生物膜と接触しなくなるわけである。

図 4-4-1 は、西山処理場の散水戸床における散水負荷と BOD 除去率の関係を図示したものである。

これは、夏期および冬期における調査結果をまとめたものであるが、各調査における散水負荷量の算定はつぎのようにして行なった。西山処理場は、小規模処理場であるため、流入下水水量の変動が大きく、夜間と昼間における流量の差が大きい。このため 1 日を通じて 一定量の下水を散水することは 不可能であった。（通常、高速散水戸床法の場合は、リサーキュレーションを行なって 希釈を行ない同時に散水量を維持するが、調査日は 流量測定その他の精度をあげるため、リサーキュレーションはほとんど行なわないようにした。）この結果、1 日のうちで、散水負荷に、数段階の変動を生じることになったため（ポンプの稼働台数による）、これらの 1 つ 1 つを異なった散水負荷として整理を行なったものである。

また、戸床に散水される下水は ノズルの噴出口で採水した。図にみられるように、散水負荷は 10~30  $\text{m}^3/\text{日}/\text{m}^2$  の範囲で変動しているが、これに伴う BOD 除去率の変



化は少なく、この範囲では、散水負荷とBOD除去率は無関係のようであり、BOD除去率は65~75%期待できる。現に、左合の実験結果においても散水負荷が16~180m³/m²/日の範囲では、BOD

図 4-4-1 散水負荷とBOD除去率の関係

除去率と散水負荷とはほとんど無関係であり、除去率は、65~80%の範囲であると報告されているが、今回の調査結果も、ほぼこの傾向にあると判断できる。また、上述の調査によると 散布された下水が、戸材表面を流下しなくなる限界値は、戸材の粒径によって異なるが、粒径5cmで180m³/m²/日、粒径7.5cmで240m³/m²/日程度であるとされている。

したがって、BOD除去率は、散水負荷率が今回の調査の範囲においては、ほとんどこの影響を受けないと解釈してよさそうである。戸床に散布された下水が浄化されるためには、その下水中に含まれる有機物質の戸床に対する負荷が戸材に付着する生物の分解能力を越えないことが必要である。戸材の付着生物の分解能力は、生物の量によって左右されると考えてよいが、生物の量は戸床の総表面積すなわち、一般には、戸材の体積に比例すると考えてよく、戸材の大きさによって有機物の分解能力がきめられることになる。単位体積の戸材に対する有機物の負荷は一般にはBOD負荷 (BODkg/日/m³) として表わされる。BOD負荷の戸材の単位体積に対する限界値は、上記左合の実験によれば、1.2kgBOD/日/m³であり、散水負荷率は、戸床に散布される下水のBOD濃度によって きめられることになる。下水道施設基準によれば散水負荷率と下水のBOD

の関係は、BOD120 ppmに対して散水負荷率15m<sup>3</sup>/日/m<sup>2</sup>、BOD200 ppmに対して25m<sup>3</sup>/日/m<sup>2</sup>であり、一般には、汚床に散布される下水の濃度に応じて15~25m<sup>3</sup>/日/m<sup>2</sup>の間で散水負荷率を決定すればよいとされている。

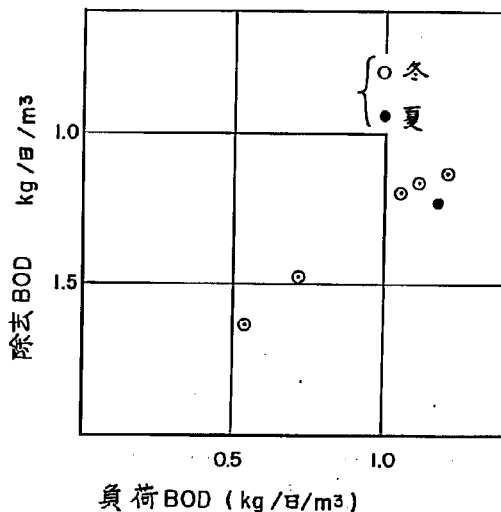


図4-4-2は、西山処理場の散水汚床の調査から得られたBOD負荷と除去BOD (kgBOD/日/m<sup>3</sup>) の関係を示したものである。BOD負荷は、0.5~1.2kg/日/m<sup>3</sup>の範囲である。この範囲では、負荷が高くなると若干除去効率が悪くなる傾向にある。

図4-4-2 BOD負荷量と除去BOD量の関係

るが、特に、限界負荷に達しているとは考えられない。西山処理場の汚床流入水の負荷は比較的低く高負荷による操作を行なうことができなかったが、高速散水汚床法の負荷の限界値の検討を行なうためには、さらに、詳しい調査が必要であると考えられる。

なお、今回の調査では夏期および冬期における除去効率の差を把握するには至らなかった。

#### 4-4-4 散水汚床の滞留時間の調査

汚床に散布された下水が流下するまでの時間(滞留時間)は、汚床の深さ、汚材の粒径、散水量などによって異なるが、通常数分~60分程度であろうと考えられている。

有機物の除去を促進させるためには、できるだけ付着生物と下水との接触時間(滞留時間)を長くするのが望ましいと考えられるが、このために、汚材をいわずに深くすることは、酸素の供給の面からかえって不利であると考えられており、通常は1.8~2.0m程度の深さで設計が行なわれている。

ここでは、高速で散水される西山処理場の汚床を対象に、滞留時間の調査を行なった。調査は、トレーサー(ウラニン)を用いて行ない、汚床表面に溶解したウラニンをバケツですばやく均等に散布し、汚床の下部の流出水の出口(この場合は、1ヶ所)で

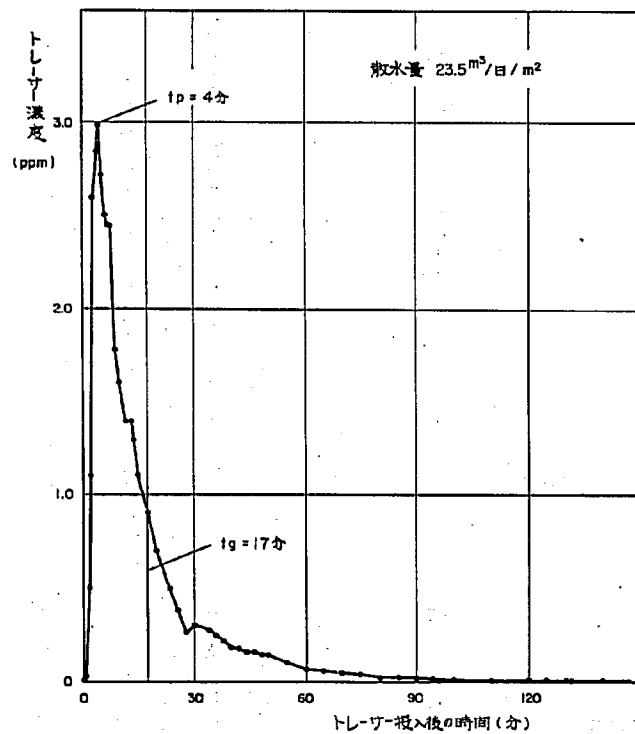


図 4-4-3 散水床出口トレーサー応答曲線

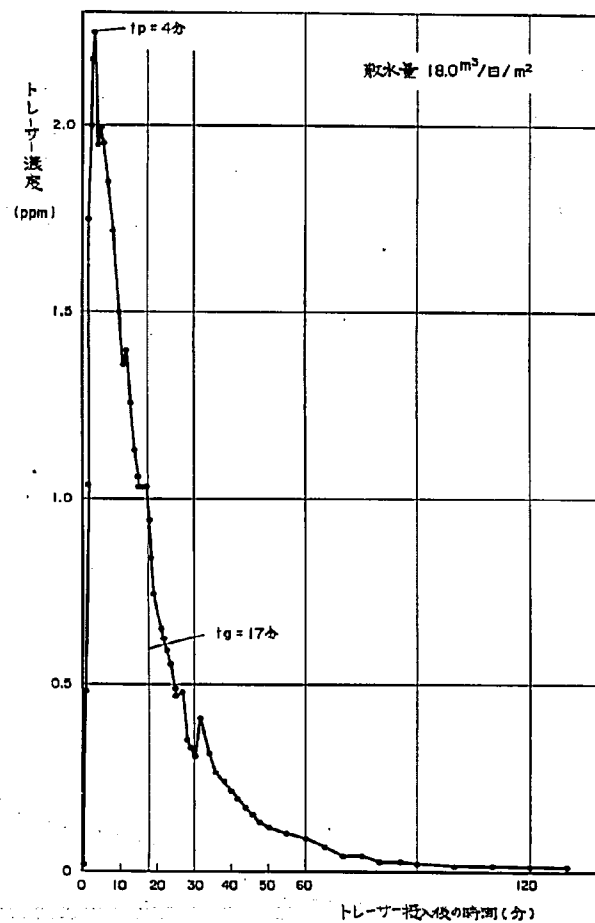


図 4-4-4 散水床出口トレーサー応答曲線

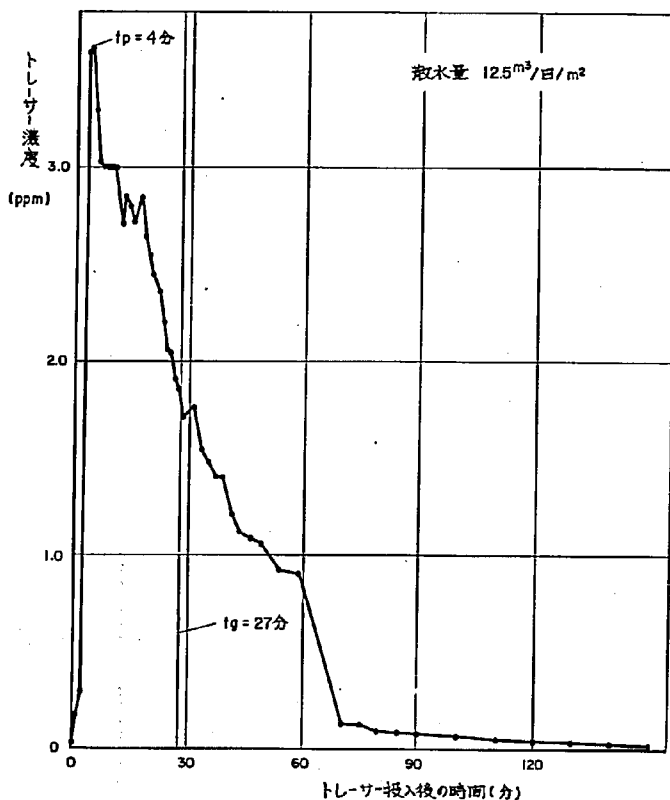


図 4-4-5 散水戸床出口トレーサー応答曲線

散水負荷が  $18 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$ 、 $24 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$  のときにはいずれも 17 分、 $125 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$  になると 27 分と長くなっている。滞留時間と散水負荷との関係を整理すると次図のようになり、 $t_g$  は、散水負荷によって変化していくことがわかる。

散水戸床の平均滞留時間をピークの出現するまでの時間と解釈するか、重心の出現までの時間とするかは論議のあるところであるが散水負荷が  $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$  の範囲では、4～17 分程度と考えてよさそうである。

採水して、その応答曲線を得るという方法をとった。

調査は、散水負荷  $235, 180, 125 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$  の 3 段階の散水量で各 1 回づつ行なった。

図 4-4-3, 4-4-4, 4-4-5 に、各散水量の場合の戸床流出部におけるトレーサー濃度の応答曲線を示した。

図にみられるように 各図とも トレーサーの応答曲線は、ほぼ同一のパターンを示している。トレーサーは、1 分以内に流出しており、そのピークは 約 4 分である。また、応答曲線の重心の出現するまでの時間  $t_g$  は、散

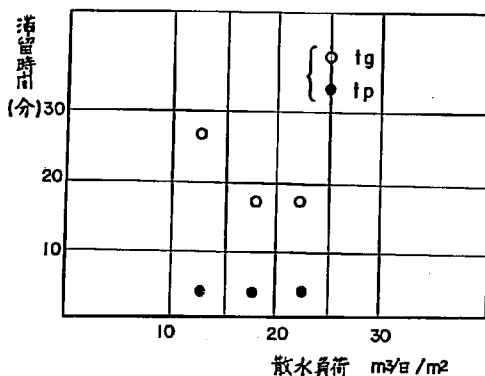


図4-4-6 滞留時間と散水負荷の関係

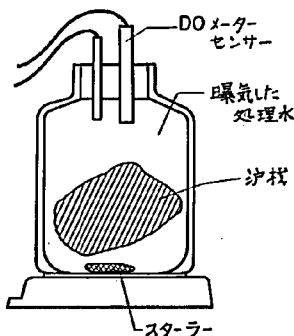


図4-4-7 実験装置図

すなわち、

みかけの酸素吸収速度  $m$  は、  $\text{mg}/\ell/\text{hr}$

総酸素吸収量は  $\text{mg}/\text{hr}$  で表わされる。

実験に用いた汚材は、汚床から表面、表面下10cm、20cm、30cmのところから採取し、それぞれ酸素吸収速度を測定した。

汚材は碎石であるがその平均径は、5～6cm程度、体積は300～600cm³程度のものであった。酸素吸収速度は、汚床の単位面積当りの値として求めておく必要があるが、表面積は、アルミはく法によって測定した。すなわち、アルミはくを汚材の表面に一樣になるように覆った後に、表面積に相当する分を切りとり、この重量から表面積を算出するという方法である。

このようにして求めた汚材の単位表面積当りの酸素吸収速度 ( $\text{mgO}_2/\text{hr}/\text{cm}^2$ ) の値を一覧表にして表4-4-1に示した。

また、酸素の減少の例を図4-4-8に示した。

#### 4-4-5 汚床付着生物に関する

##### 調査結果

##### (i) 汚材付着生物による酸素吸収速度

汚床付着する生物の活性あるいは生物の量は、その酸素吸収速度を測定することによって推定することができる。

汚床内の汚材には、生物膜の他にヒューマスと呼ばれる汚泥が堆積するが、生物膜とこれとの分離は、うまく行なうことができなかったため、ここでいう、

生物膜には、若干の汚泥が含まれているものと考えられる。

酸素吸収速度の測定は、つぎのようにして行なった。汚床より採取した、汚材を図4-4-7に示すように試験ビン中に入れ、曝気した処理水を加えて密封する。

DOメーターを栓に挿入しておき、スターラーでビン内をかく拌して、DOの減少率を測定する。つぎに、ビン内の水の体積をシリンダーで計り、総酸素吸収量を求める。

表 4-4-1 戸材付着生物による酸素吸収速度

|        |                       | (mgO <sub>2</sub> /hr/cm) |                       |                       |  |
|--------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 位置     | 表面                    | 表面から 10cm                 | 20cm                  | 30cm                  |  |
| 酸素吸収速度 | $6.75 \times 10^{-2}$ | $6.81 \times 10^{-2}$     | $4.43 \times 10^{-2}$ | $8.38 \times 10^{-2}$ |  |
|        | 5.15                  | 4.20                      | 5.51                  | 6.94                  |  |
|        | 3.05                  | 7.41                      | —                     | —                     |  |
|        | 2.70                  | 6.16                      | —                     | —                     |  |
| 平均     | $4.41 \times 10^{-2}$ | $6.15 \times 10^{-2}$     | $4.97 \times 10^{-2}$ | $7.66 \times 10^{-2}$ |  |

測定時平均水温 12.0℃

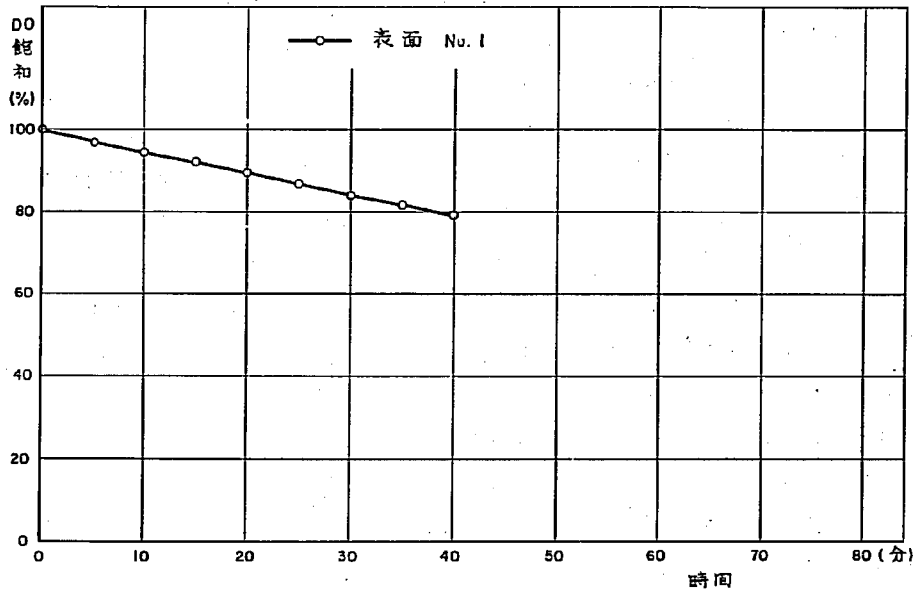


図 4-4-8 戸床の戸材の DO 消費と時間の関係

これらの結果から戸床の表面付近における酸素吸収速度は  $2 \sim 9 \text{ mgO}_2/\text{hr}/\text{cm}^2$  ( $0.9 \sim 2.2 \text{ Kg/day}/\text{m}^2$ ) 程度であり、表面よりも内部の方が若干吸収速度が高いことがわかる。

これは、あとでふれるように 戸材に付着する生物の種類による影響も大きく、材材深が表面から 30 cm 程度までの間では、内部に付着している生物量も増加していることなどによるものであろう。

## (ii) 付着生物膜の厚さの推定

汚材に付着する生物膜の厚さは、その種類とともに 汚床の除去機能にきわめて大きな影響をもつものである。生物膜の厚さは、汚材の全表面にわたって均一なものではないが、たとえば Shulze および Imhoff らは、好気性生物帯における厚さを 2~3mm であると報告しており、Eckenfelder は 1.6~3.2mm であると述べている。

以下にさきに求めた酸素吸収速度から汚材に付着する生物膜の厚さを仮想的に推定することを試みた。酸素吸収速度が汚材付着生物の重量に比例するものと、酸素吸収速度  $M$  ( $\text{mgO}_2/\text{hr}$ ) はつぎのようにかける。

$$M = K_r \cdot w A h \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $M$  ; 酸素吸収速度 ;  $\text{mgO}_2/\text{hr}$   
 $K_r$  ; 生物の酸素利用速度 ;  $\text{mg/hr/m}^3$   
 $w$  ; 生物の比重  
 $A$  ; 表面積 ;  $\text{cm}^2$   
 $h$  ; 生物膜の厚さ ;  $\text{cm}$

即ち 膜厚  $h$  は

$$h = \frac{M}{A} \cdot \frac{1}{K_r w} \quad \text{とかけ}$$

ここで、 $K_r$  については、活性汚泥の場合のそれとほとんど同じと考えてよく、ここでは、活性汚泥法の調査結果から得た数値を用いることにした。活性汚泥の項のべたように、汚泥の酸素吸収速度は、エアレーションタンクの位置および BOD 負荷によって異なるが、その範囲は  $3 \sim 20 \text{mgO}_2/\text{SS} \cdot \text{g/hr}$  である。

この値は、汚泥の吸着期に特に高いものであるが、散水汚床の表面近くの好気性帯では、吸着作用による除去が主体であるので上限の値に近いものと考えて、 $20 \text{mgO}_2/\text{SS} \cdot \text{g/hr}$  を用いることにする。

このとき、 $K_r$  は、ほぼ  $20 \text{mgO}_2/\text{cm}^3/\text{hr}$  と考えてよいから、表 4-4-1 の値と(1)式によって、仮想的な生物膜の厚さを計算すると、

$$h = 1.35 \sim 4.19 \text{mm}$$

となる。

この厚さの差は、結局汚材の酸素吸収速度の差によるものであるが、表 4-4-1 にみられるように、汚床の表面付近より内部の方が生物膜が厚くなるようである。また、汚材に推積する汚泥の量は、この範囲では下部ほど多かったのど 汚泥による酸素消費分が影響して、見かけの吸収速度を大きくしていることも考えられる。また、この値は、冬期の実測値であり水温は  $12.0^\circ\text{C}$  とかなり低く、水温の高い夏期には当然異った

値となることが予想される。

### (III) 戸床生物について

散水戸床の生物構成群集については 過去に多くの研究があるが、つぎのように考えるのが一般的である。

#### 戸膜生物 (Filter Film Organisms)

戸膜そのものを構成する生物で, Zooglea を主体とし, 菌類, 藻類などよりなる。

#### 戸膜面生物 (Film Surface Organisms)

戸膜上に生活するもので, 原生動物が主体となる。特に群体をつくる種類によりなる。

#### 戸床清掃生物 (Filter Cleaning Organisms)

輪虫類, 暖毛虫類, 含毛類, 昆虫の幼虫等よりなる。

原生動物の纖毛虫類は固着型, 匍匐型, 遊泳型に分類され, 固着型が多い場合戸床の管理がよいとされている。固着型の例として, *Carchesium*, *Opercularia*, *Epiatylis* などがあ。戸床内に出致する後生動物としては輪虫類が大部分を占める。藻類は季節変化があるけれども珪藻類が多いといわれている。

調査は西山処理物の戸材を表層, 表層より 10 cm, 20 cm, 30 cm の 4 層より採取し, ホルマリン固定を行ない常法により検鏡した。その結果を表 4-4-2 に示す。

表 4-4-2 西山処理場散水戸床付着生物群集

| 戸床の深さ<br>種類                | 表 層 | 表面から 10cm | 20cm | 30 cm |
|----------------------------|-----|-----------|------|-------|
| <i>Stigeoclonium</i> sp.   | ccc | ccc       |      |       |
| <i>Chaetophora</i> sp.     | c   |           |      |       |
| Azatic fungi               | ccc |           |      |       |
| Zooglea floc               | cc  | ccc       | ccc  | r     |
| <i>Sphaerotilus natans</i> |     | c         | cc   | ccc   |
| <i>Epistylis</i> sp.       |     | ccc       | ccc  |       |
| <i>Opercularia</i> spp.    |     | ccc       | ccc  | ccc   |
| Rotifera sp.               |     |           |      | cc    |
| <i>Tubifex</i> sp.         |     | c         | ccc  | cc    |

(註) r: わづか, c: 普通, cc: 多い, ccc: すこぶる多い。

戸膜生物は表層に近い位置で *Zooglea*, *Stigeoclonium* が主構成種であったが, 下層に近づくにつれて, *Sphaerotilus natans* が多くなり 30 cm では他の戸膜生物に比較して最も多く出現した。

戸膜面生物は *Epistylis*, *Opercularia* が深さ 10 cm 程度以上で非常に多く検出された。これらは散水戸床で一般に出現するものである。

戸床清掃生物は深さ 20 cm 程度でイトミミズ類が多く出現し、その他 30 cm 程度で輪虫が検出された。

全体的にみると深さが増すにつれて、緑藻類が減少し、*Opercularia*, *Tubifex* などが増加している。

#### 4-4-6 散水戸床における窒素、リンの除去について

散水戸床における窒素、リンの除去がどの程度行なわれているかを知るために、戸床流入部（ノズルからの噴出水）と処理水とから その除去率を知を試みた。

##### (i) 窒素の除去について

図 4-4-9 および図 4-4-10 に、戸床に流入する下水 および処理水中の各態窒素化合物の日変化の様子を図示した。図 4-4-9 は 夏期の場合 図 4-4-10 は冬期の場合である。図にみられるように、日変化は かなり激しいが、総窒素（T-N）の除去率を日平均値として算出すると表 4-4-3 のようになる。

表 4-4-3 散水戸床における窒素の除去率

|     | 流入水<br>T-N<br>(ppm) | 処理水<br>T-N<br>(ppm) | 除去率  | 平均水温<br>℃ | 散水負荷<br>m <sup>3</sup> /日/m <sup>2</sup> |
|-----|---------------------|---------------------|------|-----------|------------------------------------------|
| 夏 期 | 16.6                | 12.1                | 27.1 | 23.8      | 2.9                                      |
| 冬 期 | 34.3                | 27.0                | 21.3 | 8.0       | 1.5                                      |

除去率は、負荷量で算出した。

表にみられるように 夏の場合に除去率は高くなるが、今回の調査から判断する限りにおいては、高速散水戸床法の場合 20~27% 程度の除去率が期待できると考えてよいようである。

##### (ii) 硝化作用について

散水戸床では、標準活性汚泥法と同程度の硝化作用がおこるとされている。過去の報告によると 硝化作用に大きく影響するのは、戸床深さ、戸材の径および質、散水負荷などであり、この他にも水温、有機物量、細菌量などが関係するとされている。

ここでは、こうした 個々の要因と硝化作用との関係は把握ことはできないが、高速散水戸床法の場合にどの程度の硝化が生じているかについてみる。

図 4-4-9、図 4-4-10 によれば 夏の場合、冬の場合ともに 戸床の流入部と流出部では  $\text{NH}_4\text{-N}$  が減少し、 $\text{NO}_2\text{-N}$  および  $\text{NO}_3\text{-N}$  が増加しており、硝化が進んでいることがわかる。また、夏の場合の方が その割合が高くなっている。

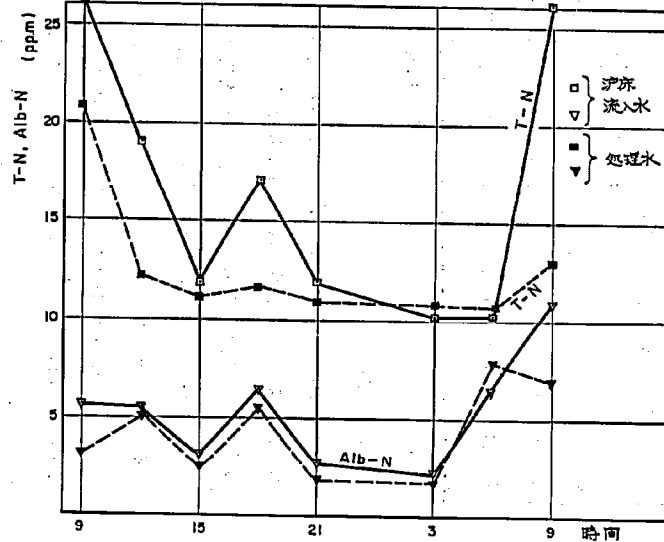
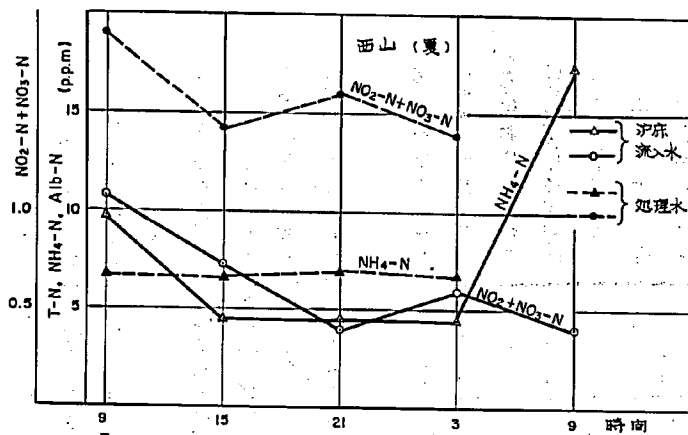


図 4-4-9 汚床流入水と処理水の窒素化合物の変化

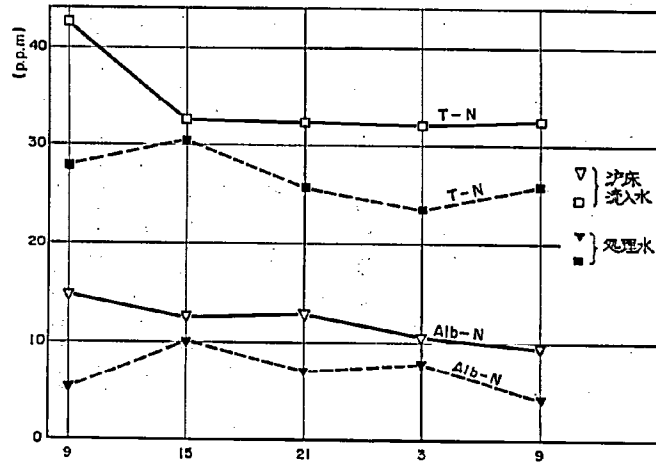
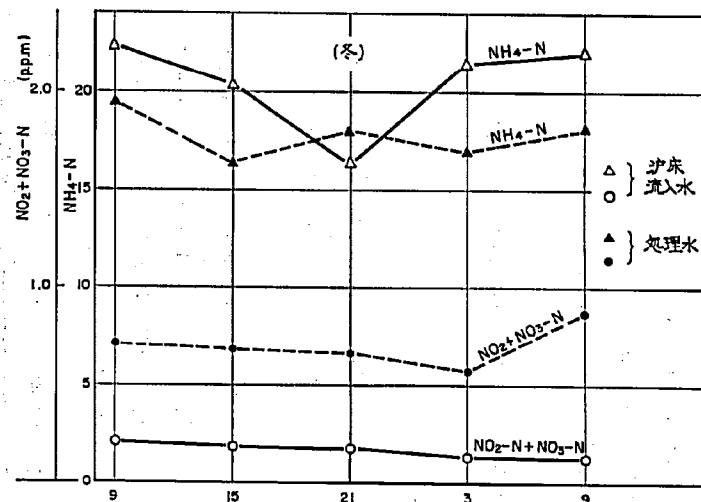


図 4-4-10 汚床流入水と処理水の窒素化合物の変化

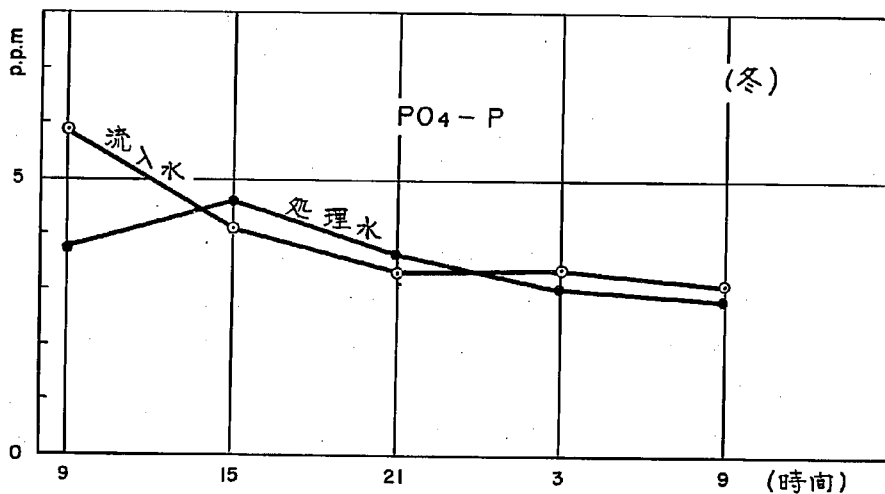
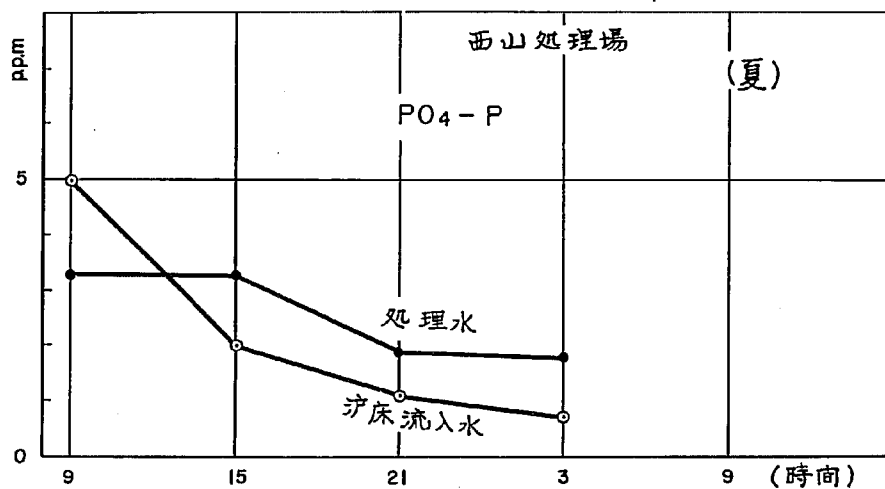


図 4-4-11 汚床における PO<sub>4</sub>-P の日変化

#### (iii) リンの除去について

図 4-4-11 に、汚床流入部と処理水とのリン (PO<sub>4</sub>-P) の日変化の様子を示した。今回の調査結果から判断する限りにおいては処理水の場合の濃度が高くなる場合があり、冬の場合で 約 8 % の除去率が得られているものの、散水汚床では あまりリンの除去が期待できないものと推定される。この点については さらに詳しい調査が必要である。

#### 4-4-7 大腸菌群について

図 4-5-12 に、西山処理場に流入する下水中に含まれる大腸菌群数と 最初沈殿池、

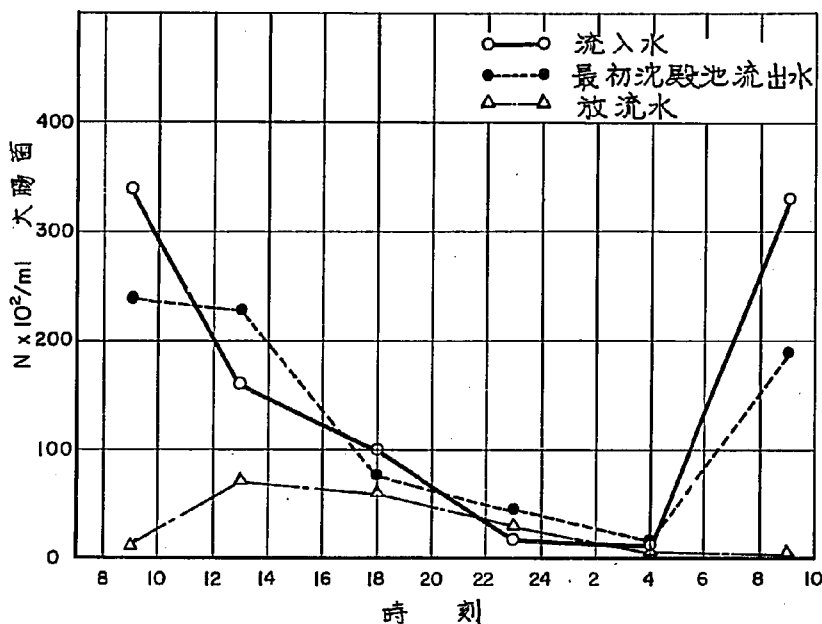


図 4-5-12 大腸菌群数の日変化

散水戸床の通過に伴う減少および日変化を一覧表および図に示した。

流入下水中の大腸菌群数は、 $12 \sim 340 N \times 10^2/\text{cc}$  の範囲にあり、その変動は著しい。西山処理場は 家庭下水のみが流入する処理場であるため、その変動は 生活のパターンと一致しており、昼間に高く 深夜には 極端に少なくなっている。また、最初沈殿池では ほとんど大腸菌の除去は期待できないが、生物処理の過程ではかなり減少していくものと考えられる。

したがって、初沈のみで放流する場合には 塩素による滅菌は、必らず行なう必要がある。

〔注〕 大腸菌群の測定は下水試験方法（1967）によった。

#### 4-4-8 散水戸床法の調査結果のまとめ

高速散水戸床法の調査結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 散水負荷率は、 $10 \sim 30 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$  の範囲であったが、この範囲では BOD 除去率は、65～75% 程度期待できる。
- (2) また、散水負荷率がこの範囲にある場合には、BOD 除去率は 散水負荷率の影響をほとんど受けない。
- (3) 戸床にかかる BOD 負荷は  $0.5 \sim 1.2 \text{ Kg}/\text{日}/\text{m}^2$  の範囲であり、BOD 負荷が高くなると除去率が悪化する傾向があるが、特にこの範囲で限界負荷に達してはいないようである。したがって、さらに高負荷の戸床についての調査を行なう必要がある。

- (4) 汚床の平均滞留時間は、散水負荷率が  $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$  の範囲では、4~17 分程度である。
- (5) 散水汚床法による窒素の除去率は、散水負荷率  $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{日}/\text{m}^2$  の範囲で 20~30% 程度期待できる。
- (6) また、リンの除去は、ほとんど期待（10% 以下）できない。
- (7) 汚床に付着する生物の酸素吸収速度は  $2 \sim 9 \text{ mg O}_2/\text{hr}/\text{cm}^2$  程度である。

## § 5. おわりに

わが国においては現在、180ヶ所以上の下水処理場が建設されそれぞれ処理を行なっているが、これらの個々の機能、除去率等については不明な点が多いようである。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対処できるような対策を常に検討しておくことが必要であり、将来における流入負荷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。

生活環境の整備あるいは水質汚濁防止のうえから下水処理場の放流水質は、今後さらに向上させることが望まれており、3次処理に対する議論も盛んに行なわれるようになってきている。こうした点からも、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、各都市の調査体制についても一部を除いて不完全であると判断せざるを得ない面がある。これは各施設の設計に対する考え方とも関連しており、本課題の調査においても、小なくとも各処理施設へ流入する下水流量の測定および制御を行なうことが必要であるが、こうした機能（装置）を有している処理施設はごくわずかなものである。このため、そうでなくても種々の困難のある調査にさらに不確定な要因を折り込むことになった。

本調査は、今後さらに2年間継続する予定であるが、これによって我が国の下水処理施設の現況を完全に把握するというものではなく、個々の処理場ごとの詳細な現況把握のための調査によって、はじめて所期の目的が達成されるものと考えている。各処理場の関係者の認識をうながす次第である。本報告は、既設処理場の処理機能の現況報告の域を出ていないが、巻末に附表および付図として各処理場の調査結果を一括して示した。下水処理施設の全般的な処理機能を知るうえでの手がかりとしていただければ幸いである。

## 付 表 ・ 付 図

- (1) 各処理場に流入する下水量の日変化
- (2) 調査を行なったエアレーションタンクに流入する下水量および返送汚泥量の日変化
- (3) 水温の日変化
- (4) 流入水，1次処理水，2次処理水のBOD，SSの日変化
- (5) 窒素，リンの日変化
- (6) エアレーションタンクの混合液および返送汚泥のMLSS，MLVSSの日変化

別 表

各処理場の流入流出水の水質と除去率

| 処理場<br>(処理方式)                 | 調査日     | 水質項目               | 1 次 処 理     |       |           |       |          | 2 次 処 理     |       |          |      | 除去率<br>% |
|-------------------------------|---------|--------------------|-------------|-------|-----------|-------|----------|-------------|-------|----------|------|----------|
|                               |         |                    | 流 入 水       |       | 流 出 水     |       | 除去率<br>% | 流 出 水       |       | 除去率<br>% |      |          |
|                               |         |                    | 範 囲         | 平均    | 範 囲       | 平均    |          | 範 囲         | 平均    |          |      |          |
| 名 城<br>(標準活性汚泥法)              | 7/22-23 | BOD                | 27~160      | 80    | 26~150    | 63    | 21.2     | 5.7~15.5    | 10.4  | 83.5     | 87.0 |          |
|                               |         | SS                 | 46~467      | 177   | 40~156    | 83    | 53.1     | 9~38        | 21.2  | 74.5     | 88.0 |          |
|                               |         | T-N                | 12.1~24.8   | 19.0  | 13.6~30.8 | 24.0  | -        | 10.2~19.4   | 15.1  | 37.1     | 20.0 |          |
|                               |         | NH <sub>4</sub> -N | 4.52~11.9   | 7.85  | 3.77~20.0 | 11.51 | -        | 3.02~7.74   | 4.73  |          |      |          |
|                               |         | NO <sub>2</sub> -N | 0.13~0.15   | 0.14  | 0.13~0.25 | 0.19  | -        | Tr~1.28     | 0.43  |          |      |          |
|                               |         | NO <sub>3</sub> -N | 0.31~0.98   | 0.78  | 0.45~1.53 | 0.93  | -        | 0.35~0.77   | 0.40  |          |      |          |
|                               |         | ALb-N              | 3.67~7.0    | 5.95  | 3.36~11.3 | 6.65  | -        | 1.4~3.26    | 2.08  |          |      |          |
|                               |         | PO <sub>4</sub> -P | 0.69~3.13   | 2.10  | 0.75~2.54 | 1.74  | 17.1     | 0.65~2.22   | 1.40  | 19.5     | 33.0 |          |
| 佐 馬 町<br>(標準活性汚泥法)            | 7/29-30 | BOD                | 38~182      | 93    | 58~115    | 79    | 15.1     | 14~27       | 12.4  | 84.3     | 86.7 |          |
|                               |         | SS                 | 46~289      | 93    | 41~164    | 82    | 11.8     | 29~76       | 50.4  | 38.5     | 45.8 |          |
|                               |         | T-N                | 14.6~18.2   | 17.0  | 12.6~30.8 | 17.4  | -        | 10.1~20.8   | 16.5  | 5.2      | 3.0  |          |
|                               |         | NH <sub>4</sub> -N | 6.7~11.3    | 8.04  | 6.5~16.5  | 9.41  | -        | 2.4~10.3    | 5.51  |          |      |          |
|                               |         | NO <sub>2</sub> -N | Tr~0.60     | 0.33  | 0.75~2.75 | 0.75  | -        | 0.01~0.38   | 0.14  |          |      |          |
|                               |         | NO <sub>3</sub> -N | 1.3~5.0     | 2.06  | 0.04~7.4  | 2.45  | -        | 0.03~5.05   | 2.47  |          |      |          |
|                               |         | ALb-N              | 2.6~4.85    | 3.50  | 3.0~6.4   | 3.90  | -        | 1.9~4.0     | 2.77  |          |      |          |
|                               |         | PO <sub>4</sub> -P | 0.39~1.55   | 1.02  | 0.72~1.48 | 1.08  | -        | 0.82~1.60   | 1.16  | -        | -    |          |
|                               | 2/20-21 | BOD                | 37~187      | 79    | 29~99     | 71.1  | 10.0     | 10.7~21.4   | 15.4  | 78.3     | 79.3 |          |
|                               |         | SS                 | 47~270      | 144   | 69~187    | 114   | 20.8     | 50~162      | 99    | 13.2     | 30.5 |          |
| 岩 塚<br>(標準活性汚泥法)              | 8/12-13 | BOD                | 37~95       | 68    | 38~68     | 54.8  | 19.4     | 5.0~11.0    | 8.3   | 84.9     | 87.8 |          |
|                               |         | SS                 | 58~198      | 111   | 36~90     | 65.7  | 40.8     | 6~26        | 15.5  | 76.4     | 86.0 |          |
|                               |         | T-N                | 12.9~27.7   | 16.1  | 9.3~13.4  | 11.1  | 31.1     | 1.8~6.3     | 2.0   | 82.0     | 87.0 |          |
|                               |         | NH <sub>4</sub> -N | 3.19~6.70   | 5.21  | 3.1~5.52  | 4.24  | 18.6     | 0.38~0.66   | 0.48  |          |      |          |
|                               |         | NO <sub>2</sub> -N | 0.04~0.09   | 0.07  | 0.03~0.09 | 0.07  | -        | 0.006~0.014 | 0.01  |          |      |          |
|                               |         | NO <sub>3</sub> -N | 0.02~0.13   | 0.07  | 0.02~0.12 | 0.08  | -        | 4.0~5.8     | 4.65  |          |      |          |
|                               |         | ALb-N              | 2.38~4.64   | 3.51  | 1.90~2.84 | 2.30  | 34.5     | 0.45~0.86   | 0.62  |          |      |          |
|                               |         | PO <sub>4</sub> -P | 0.36~1.55   | 0.70  | 0.18~0.49 | 0.33  | 52.8     | 0.13~0.36   | 0.26  | 21.2     | 63.0 |          |
| 下 之 色<br>(コンタクト・スタビライゼーション変法) | 2/17-18 | BOD                | 54~200      | 122   | (1次処理ナシ)  |       |          | 2.8~13.5    | 7.9   |          | 93.5 |          |
|                               |         | SS                 | 28~140      | 65    |           |       |          | 10~45       | 25    |          | 61.5 |          |
|                               |         | T-N                | 18.0~35.4   | 27.4  |           |       |          | 7.0~13.6    | 11.14 |          | 59.3 |          |
|                               |         | NH <sub>4</sub> -N | 6.5~11.0    | 8.21  |           |       |          | 3.0~10.0    | 6.61  |          |      |          |
|                               |         | NO <sub>2</sub> -N | 0.029~0.064 | 0.054 |           |       |          | 0.47~1.30   | 0.95  |          |      |          |
|                               |         | NO <sub>3</sub> -N | 0.22~0.40   | 0.30  |           |       |          | 0.17~3.60   | 1.49  |          |      |          |
|                               |         | ALb-N              | 4.5~10.3    | 7.67  |           |       |          | 0.9~2.0     | 1.43  |          |      |          |
|                               |         | PO <sub>4</sub> -P | 1.73~5.15   | 3.09  |           |       |          | 1.47~2.87   | 2.12  |          | 31.4 |          |
| 千 年<br>(高速エアレーション法)           | 3/17-18 | BOD                | 61~129      | 90    | 47~102    | 71.4  | 20.3     |             |       |          |      |          |
|                               |         | SS                 | 78~229      | 151   | 6~154     | 59.0  | 60.8     |             |       |          |      |          |
| 西 山<br>(高速散水戸床法)              | 8/6~7   | BOD                | 16~196      | 85    | 20~108    | 66.1  | 22.2     | 7~26        | 18.6  | 71.9     | 78.1 |          |
|                               |         | SS                 | 27~296      | 111   | 28~128    | 58.2  | 47.6     | 6~48        | 24.2  | 58.4     | 78.2 |          |
|                               |         | T-N                | 7.8~30.8    | 16.2  | 8.48~28.9 | 16.6  | -        | 11.1~127    | 121   | 27.1     | 25.0 |          |
|                               |         | NH <sub>4</sub> -N | 4.2~8.8     | 5.71  | 4.42~10.8 | 6.74  |          | 0.7~7.0     | 6.83  |          |      |          |
|                               |         | NO <sub>2</sub> -N | 0.05~0.08   | 0.06  | 0.06~0.11 | 0.09  |          | 0.02~0.10   | 0.08  |          |      |          |
|                               |         | NO <sub>3</sub> -N | 0.03~0.80   | 0.52  | 0.41~0.85 | 0.61  |          | 1.3~1.8     | 1.52  |          |      |          |
|                               |         | ALb-N              | 1.56~7.63   | 4.24  | 2.23~6.28 | 4.13  |          | 1.1~2.15    | 1.82  |          |      |          |
|                               |         | PO <sub>4</sub> -P | 0.26~7.83   | 2.96  | 0.55~4.89 | 2.32  | 21.6     | 1.63~3.26   | 2.45  | -        | 17.0 |          |
|                               | 3/5~6   | BOD                | 6~212       | 135   | 35~147    | 107   | 20.7     | 14.5~51     | 30.5  | 71.5     | 77.4 |          |
|                               |         | SS                 | 22~464      | 200   | 46~140    | 83.4  | 58.3     | 17~78       | 37.8  | 54.7     | 81.1 |          |

| 处理场<br>(处理方式)        | 调查日   | 水质项目               | 1 次 处 理    |      |             |       | 除去率<br>% | 2 次 处 理     |      |          |      | 除去率<br>% |
|----------------------|-------|--------------------|------------|------|-------------|-------|----------|-------------|------|----------|------|----------|
|                      |       |                    | 流 入 水      |      | 流 出 水       |       |          | 流 出 水       |      | 除去率<br>% |      |          |
|                      |       |                    | 范 围        | 平均   | 范 围         | 平均    |          | 范 围         | 平均   |          |      |          |
| 西 山<br>(高速散水戸<br>床法) | 3/5-6 | T-N                | 223~36.8   | 32.3 | 28.7~43.0   | 34.3  | —        | 26.2~30.5   | 27.0 | 21.3     | 16.4 |          |
|                      |       | NH <sub>4</sub> -N | 103~14.0   | 12.2 | 11.5~15.0   | 13.45 |          | 16.4~19.5   | 18.0 |          |      |          |
|                      |       | NO <sub>2</sub> -N | 0.055~0.90 | 0.08 | 0.064~0.094 | 0.07  |          | 0.024~0.112 | 0.06 |          |      |          |
|                      |       | NO <sub>3</sub> -N | 0.95~1.24  | 1.09 | 0.71~0.93   | 0.83  |          | 0.64~0.81   | 0.63 |          |      |          |
|                      |       | ALb-N              | 4.0~9.50   | 7.78 | 5.11~8.75   | 7.39  |          | 4.08~10.0   | 6.25 |          |      |          |
|                      |       | PO <sub>4</sub> -P | 2.22~6.75  | 4.61 | 3.03~5.87   | 4.25  | 8        | 2.84~4.66   | 3.61 | 15.1     | 21.7 |          |

## 付 図 一 覧 表

### 1. 伝馬町処理場（冬）

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| 汚水流入量 .....           | 附図 1 - 1 |
| エアレーションタンク一系流入量 ..... | 附図 1 - 2 |
| 流入下水水質 .....          | 附図 1 - 3 |
| 最初沈殿池流出水水質 .....      | 附図 1 - 4 |
| 処理水水質 .....           | 附図 1 - 5 |
| 水 温 .....             | 附図 1 - 6 |

### 2. 伝馬町処理場（夏）

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 汚水流入量 .....           | 附図 2 - 1           |
| エアレーションタンク一系流入量 ..... | 附図 2 - 2           |
| 流入下水水質 .....          | 附図 2 - 3 附図 2 - 8  |
| 最初沈殿池流出水水質 .....      | 附図 2 - 4 附図 2 - 9  |
| エアレーションタンク内水質 .....   | 附図 2 - 5           |
| 返送汚泥水質 .....          | 附図 2 - 6           |
| 処理水水質 .....           | 附図 2 - 7 附図 2 - 10 |
| 水 温 .....             | 附図 2 - 11          |

### 3. 名城下水処理場

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 汚水流入量 .....           | 附図 3 - 1           |
| エアレーションタンク一系流入量 ..... | 附図 3 - 2           |
| 流入下水水質 .....          | 附図 3 - 3 附図 3 - 8  |
| 最初沈殿池流出水水質 .....      | 附図 3 - 4 附図 3 - 9  |
| エアレーションタンク内水質 .....   | 附図 3 - 5           |
| 返送汚泥水質 .....          | 附図 3 - 6           |
| 処理水水質 .....           | 附図 3 - 7 附図 3 - 10 |
| 水 温 .....             | 附図 3 - 11          |

### 4. 岩塚処理場

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| 汚水流入量 .....           | 附図 4 - 1 |
| エアレーションタンク一系流入量 ..... | 附図 4 - 2 |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| 流入下水水質 .....        | 附図4- 3 附図4- 8 |
| 最初沈殿池流出水水質 .....    | 附図4- 4 附図4- 9 |
| エアレーションタンク内水質 ..... | 附図4- 5        |
| 返送汚泥水質 .....        | 附図4- 6        |
| 処理水水質 .....         | 附図4- 7 附図4-10 |
| 水 温 .....           | 附図4-11        |

#### 5. 下之一色処理場

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| 汚水流入量および返送汚泥量 ..... | 附図5- 1        |
| 流入下水水質 .....        | 附図5- 2 附図5- 7 |
| 処理水水質 .....         | 附図5- 3 附図5- 8 |
| 接触タンク内水質 .....      | 附図5- 4        |
| 返送汚泥水質 .....        | 附図5- 5        |
| 引き抜き汚泥水質 .....      | 附図5- 6        |
| 水 温 .....           | 附図5- 9        |

#### 6. 千年処理場

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| 汚水流入量 .....                   | 附図6- 1 |
| 流入下水水質 .....                  | 附図6- 2 |
| 最初沈殿池流出水水質 .....              | 附図6- 3 |
| 最初沈殿池流出水（前エアレーション通過水）水質 ..... | 附図6- 4 |
| 水 温 .....                     | 附図6- 5 |

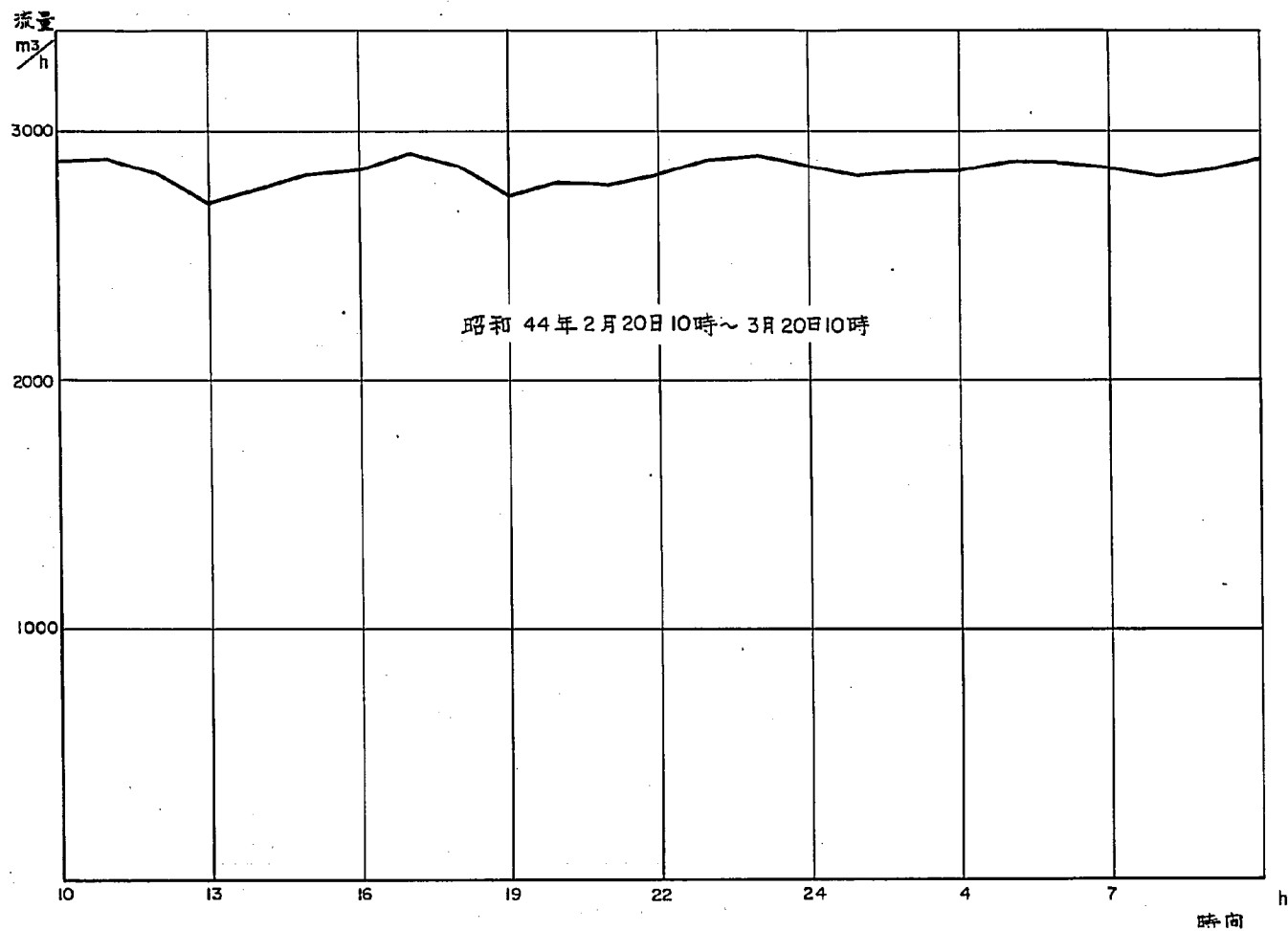
#### 7. 西山処理場（夏）

|                  |               |
|------------------|---------------|
| 汚水流入量 .....      | 附図7- 1        |
| 流入下水水質 .....     | 附図7- 2 附図7- 7 |
| 最初沈殿池流出水水質 ..... | 附図7- 3 附図7- 8 |
| 戸床流入水水質 .....    | 附図7- 4 附図7- 9 |
| 戸床流出水水質 .....    | 附図7- 5 附図7-10 |
| 処理水水質 .....      | 附図7- 6 附図7-11 |
| 水 温 .....        | 附図7-12        |

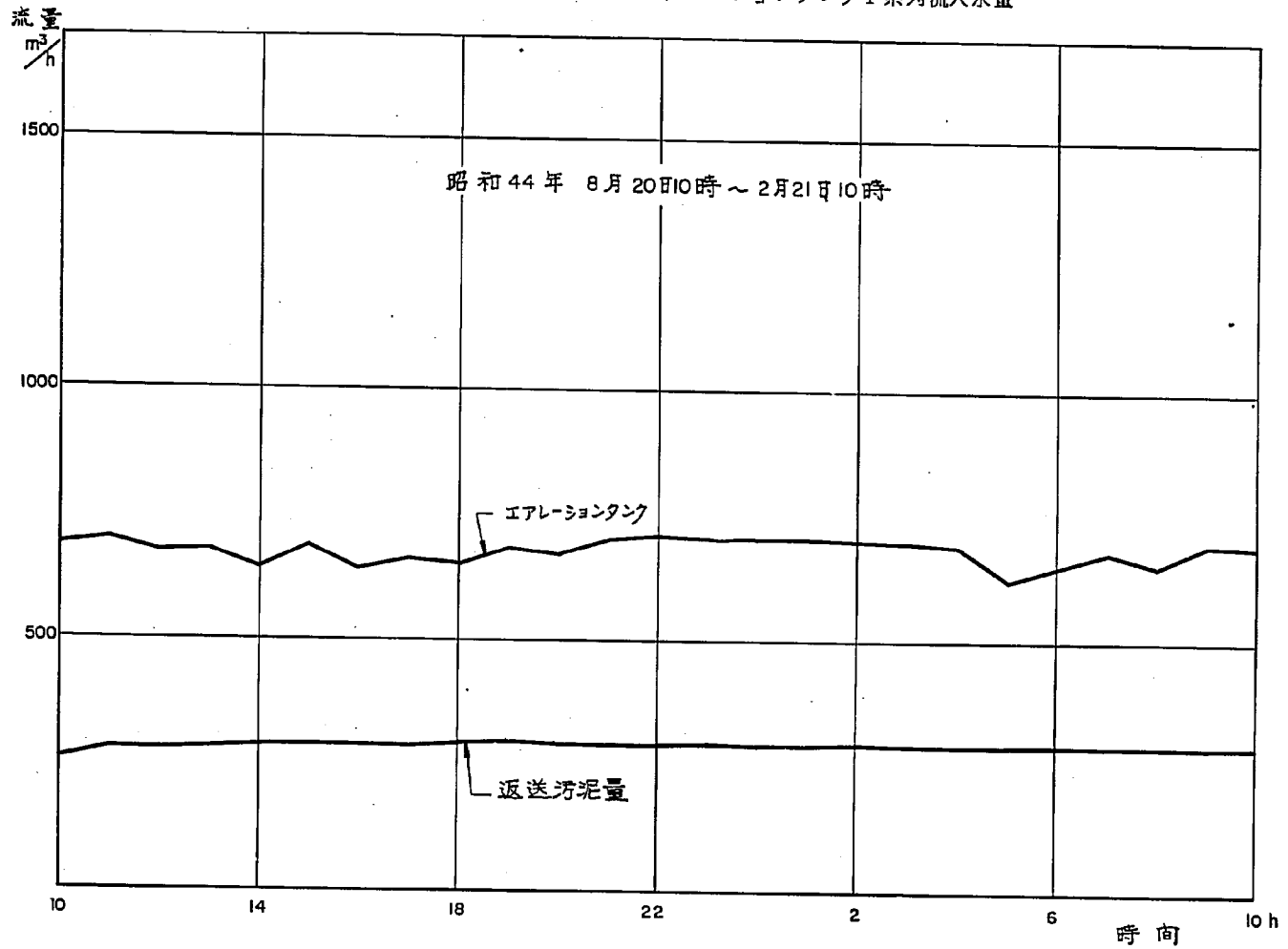
8. 西山处理場（冬）

|                  |               |
|------------------|---------------|
| 污水流入量 .....      | 附図8- 1        |
| 戸床流入量 .....      | 附図8- 2        |
| 流入下水水質 .....     | 附図8- 3 附図8- 8 |
| 最初沈殿池流出水水質 ..... | 附図8- 4 附図8- 9 |
| 戸床流入水水質 .....    | 附図8- 5        |
| 戸床流出水水質 .....    | 附図8- 6        |
| 処理水水質 .....      | 附図8- 7 附図8-10 |
| 水 温 .....        | 附図8-11        |

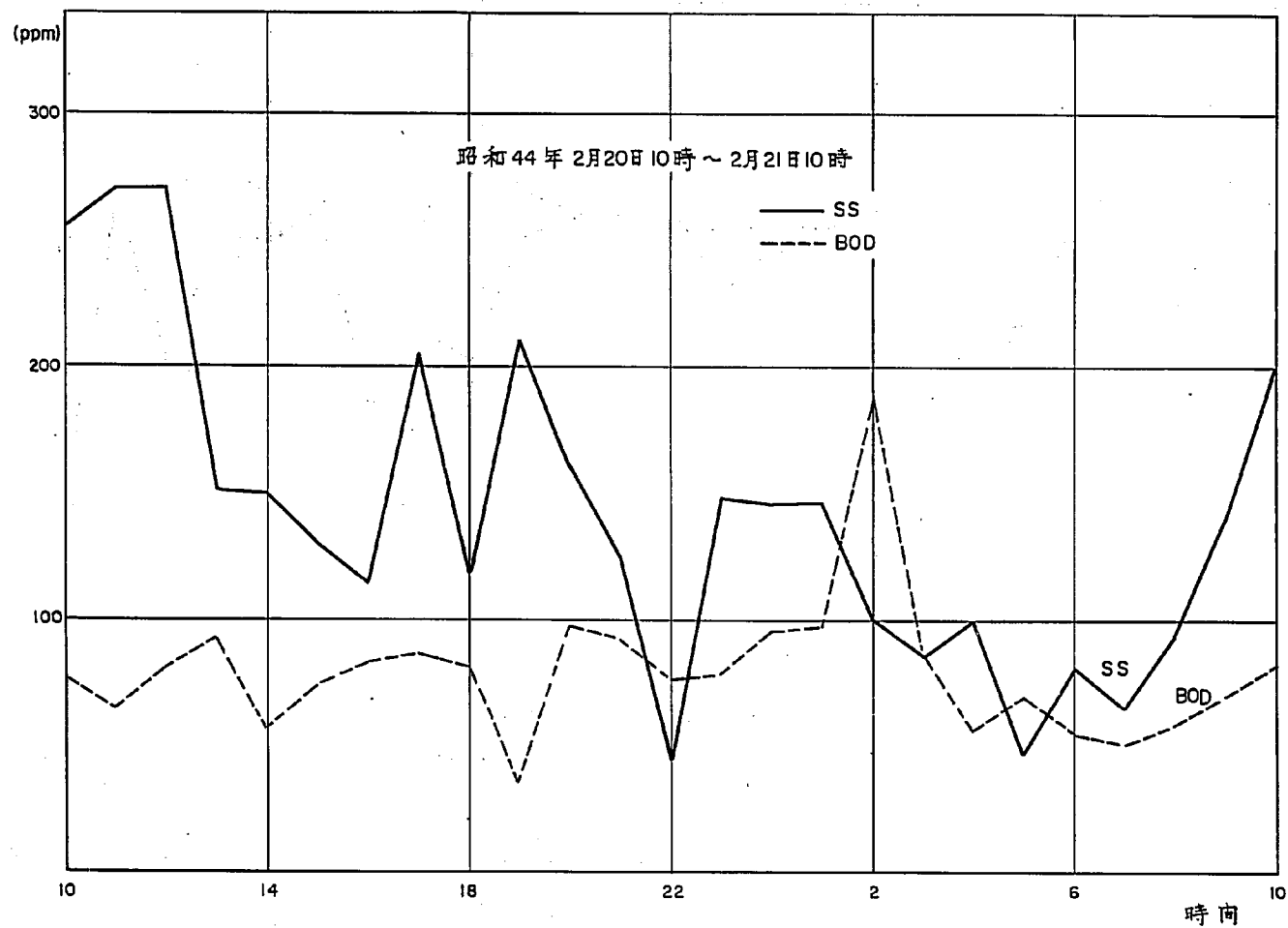
附图 1 - 1 伝馬町下水処理場 汚水流入量



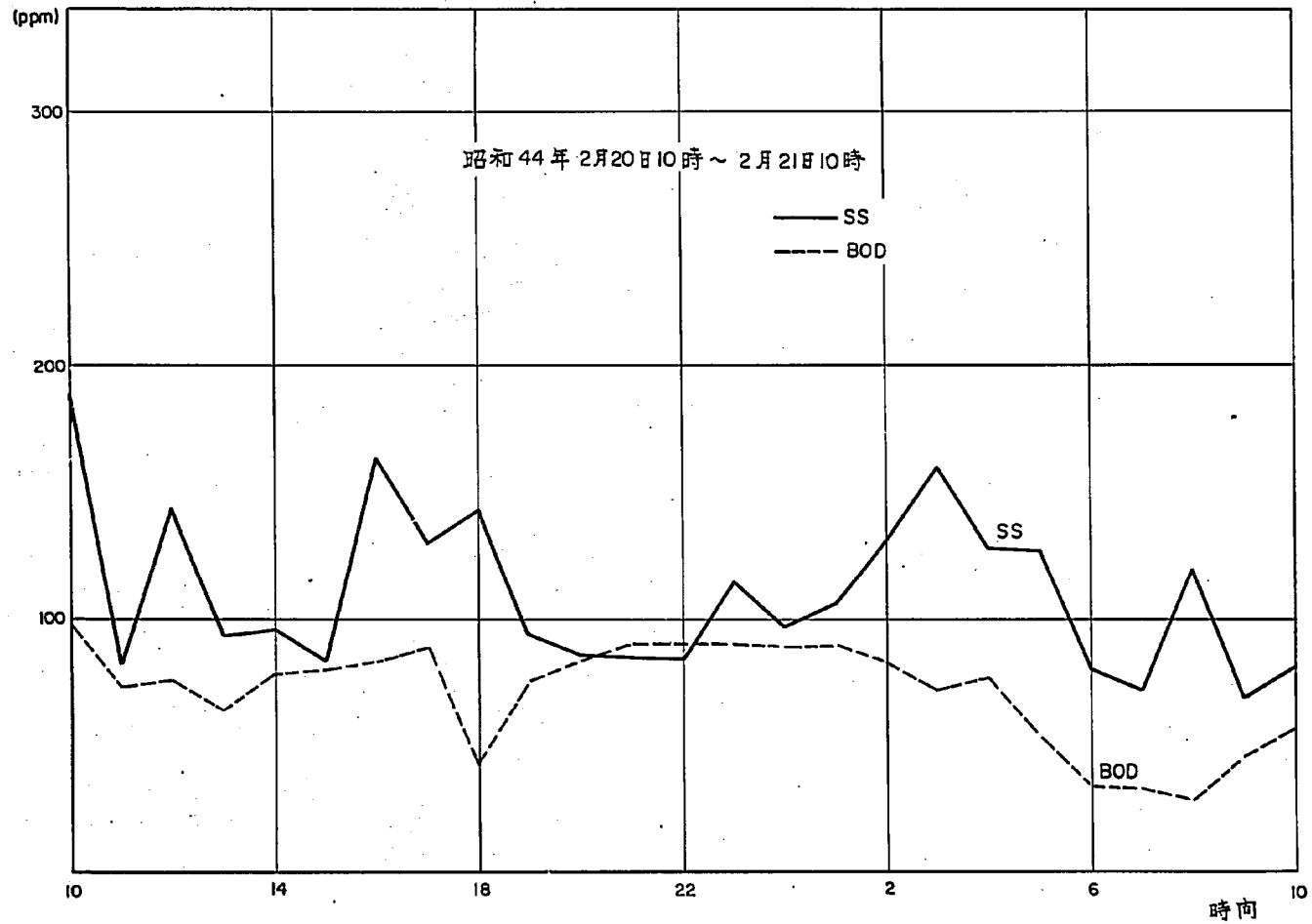
附図 1 - 2 伝馬町下水処理場 エアレーションタンク 1 系列流入水量



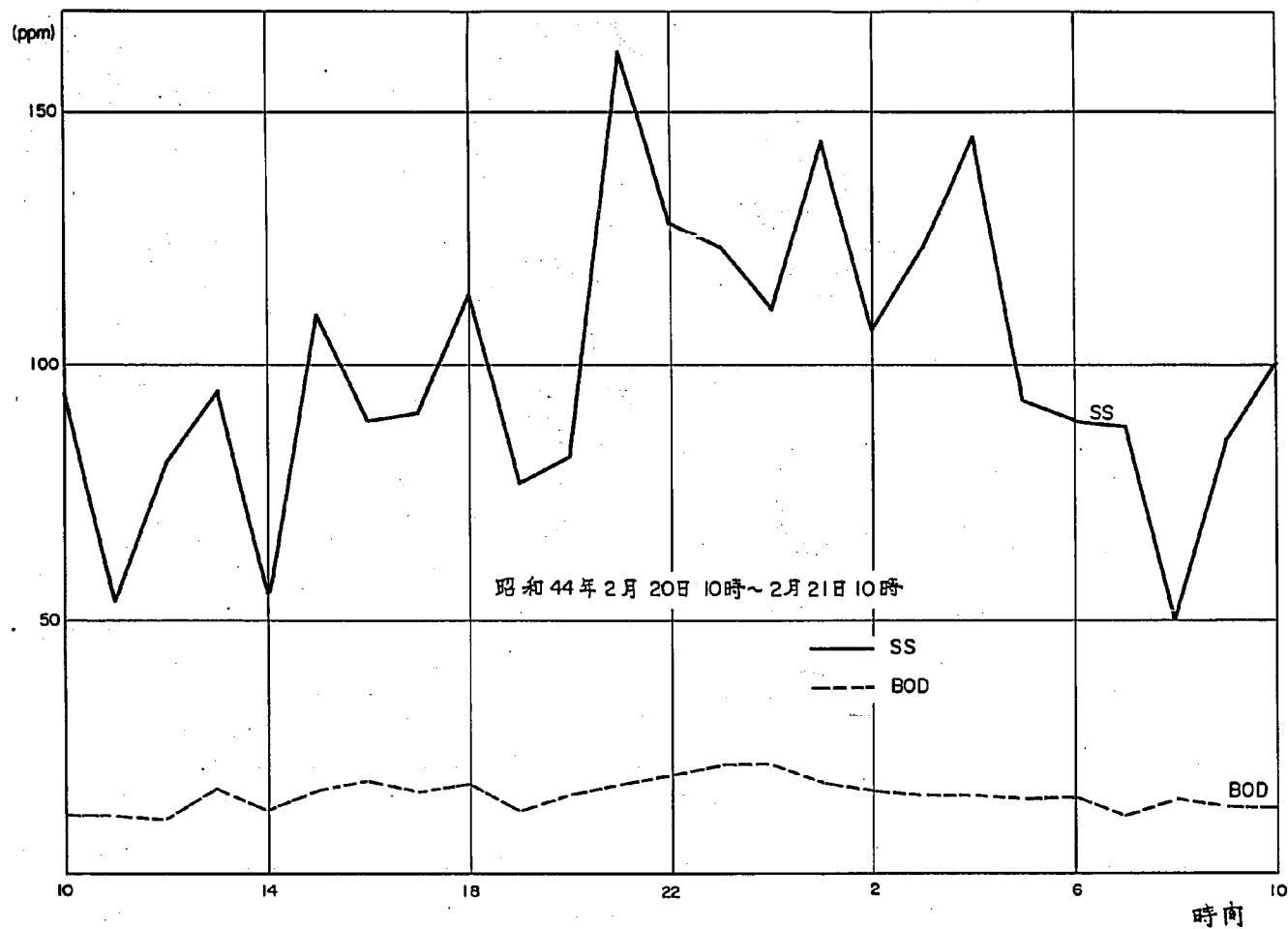
附図 1 - 3 伝馬町下水処理場 流入下水



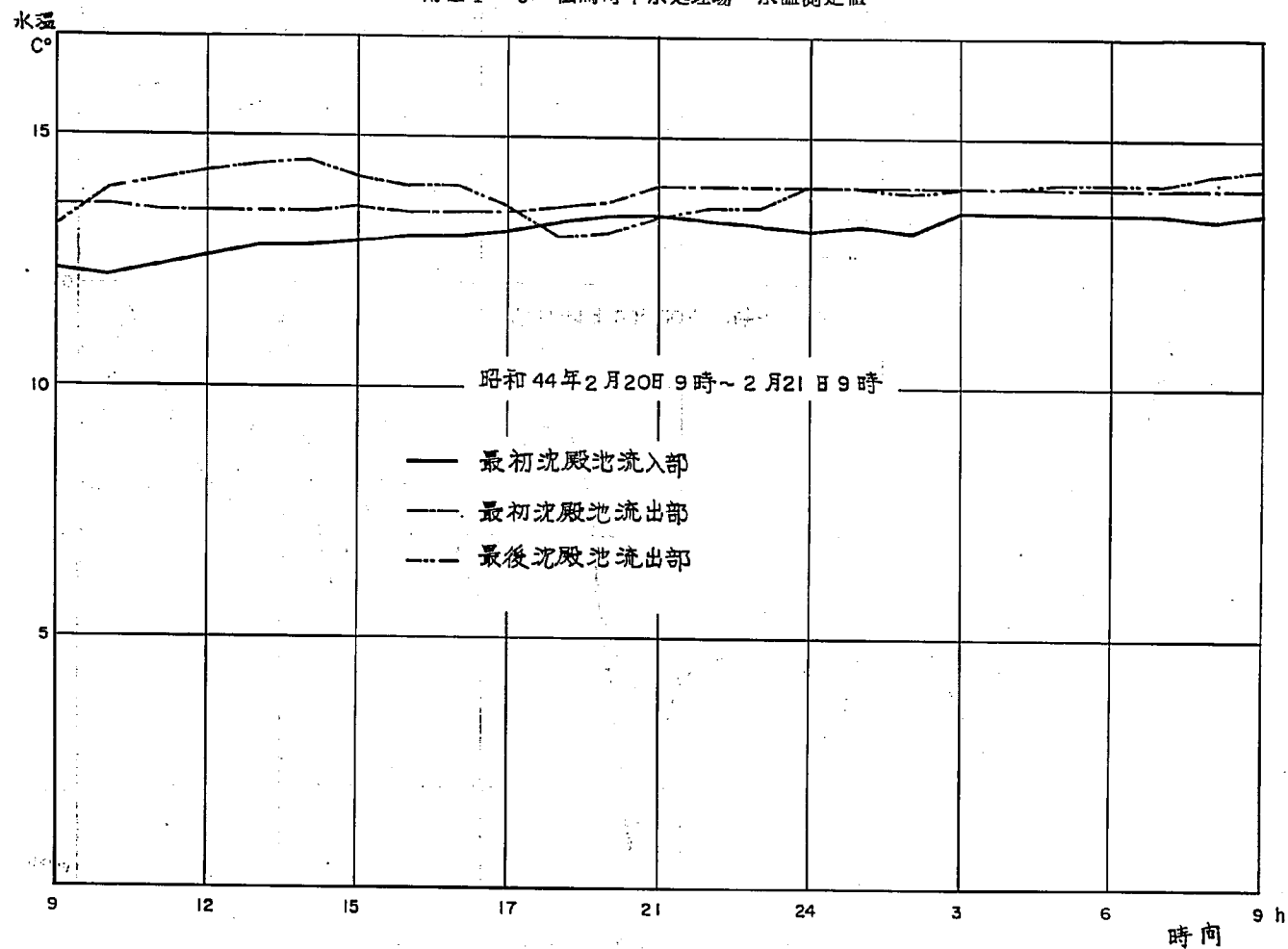
附圖 1 - 4 伝馬町下水処理場 最初沈澱池流出水



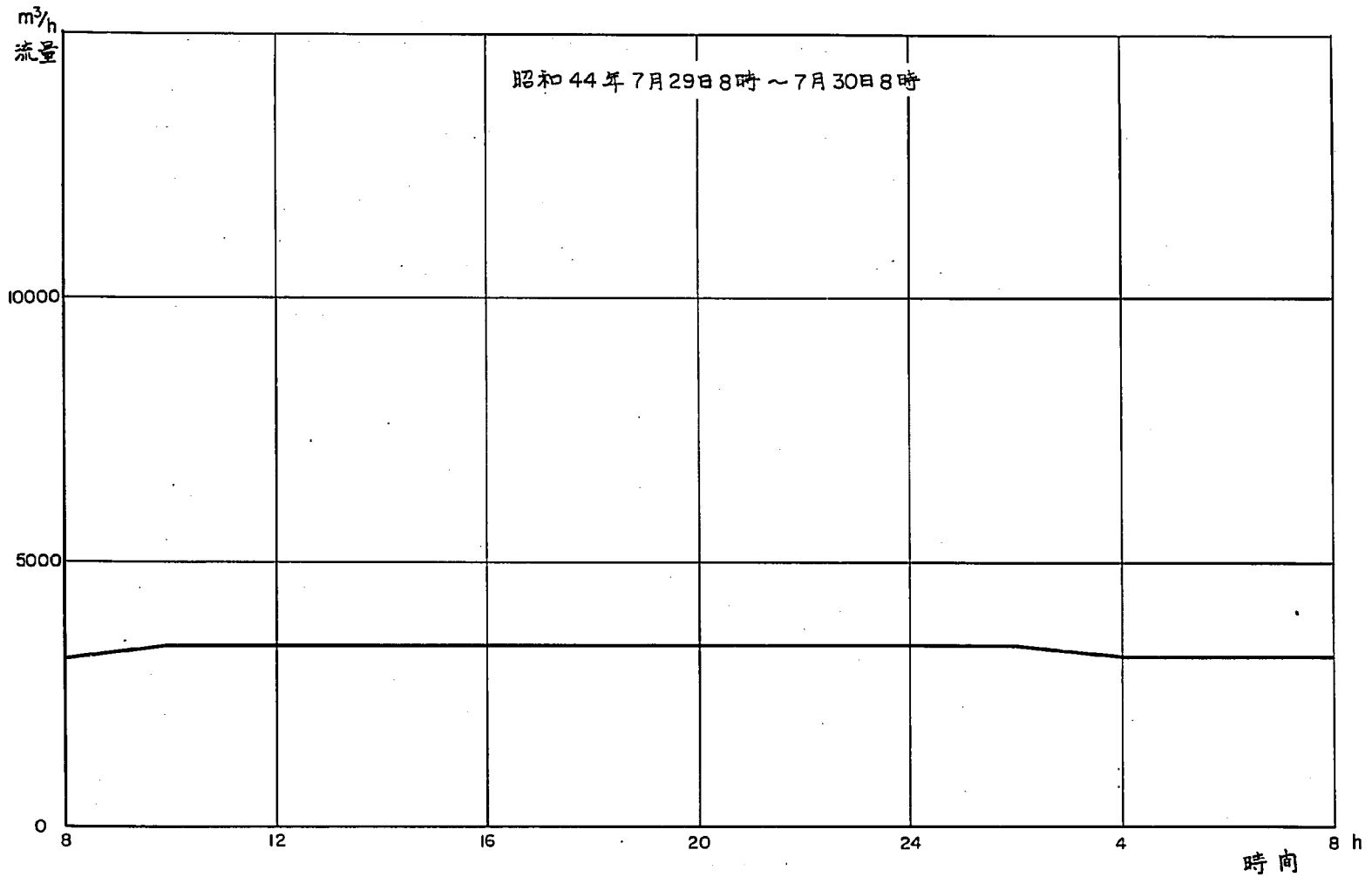
附圖 1 - 5 伝馬町下水処理場 処 理 水



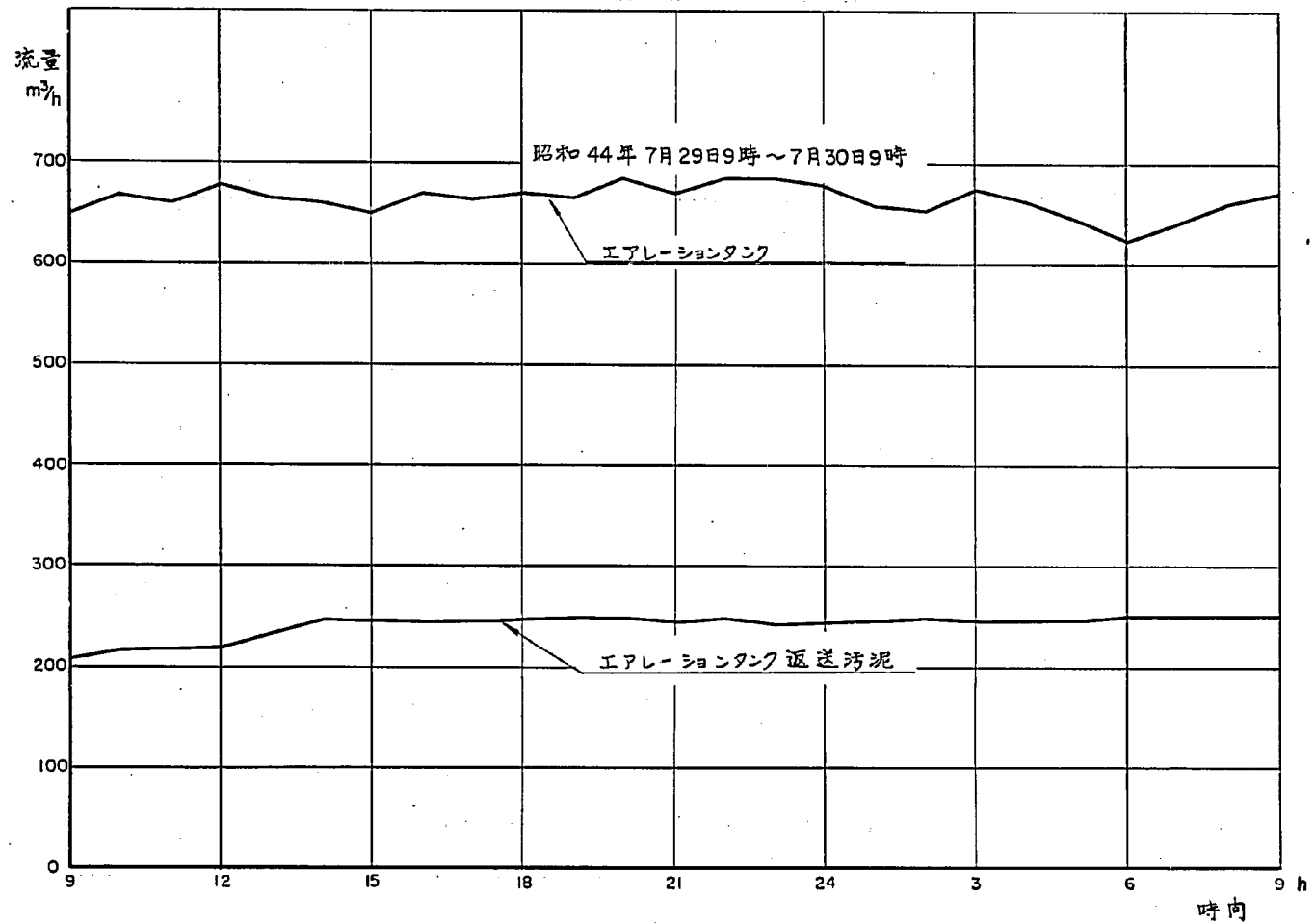
附圖 1 - 6 伝馬町下水処理場 水温測定値



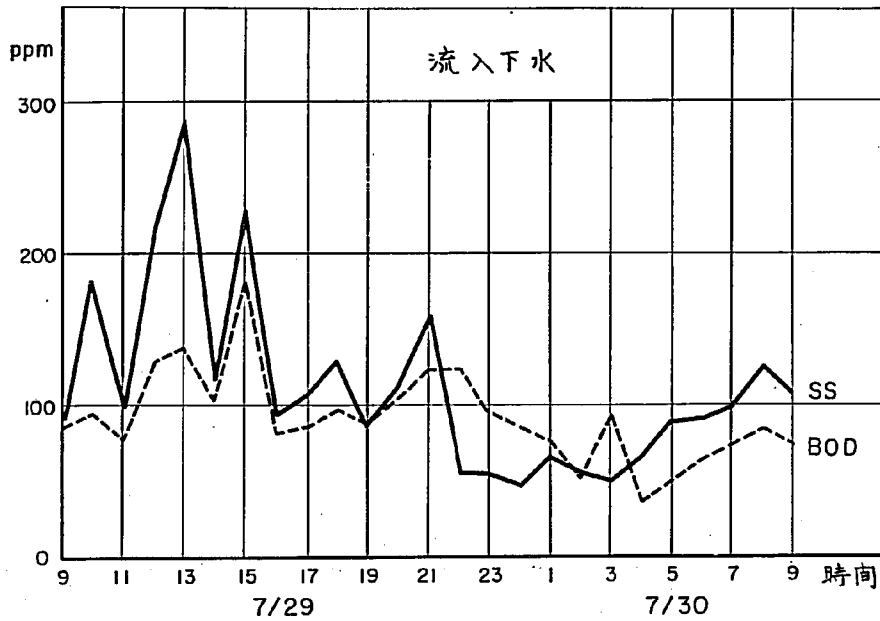
附图 2 - 1 伝馬町下水処理場 汚水流入量



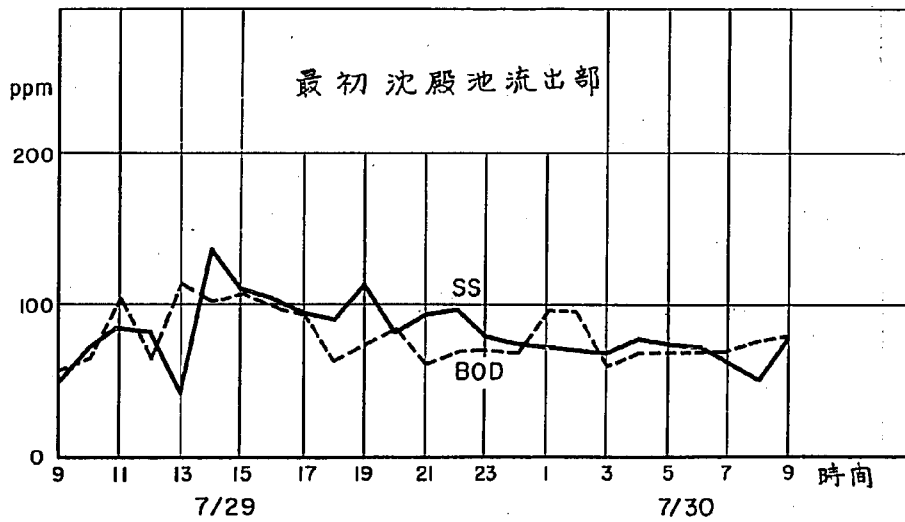
附図 2-2 伝馬町下水処理場 流入水量 (エアレーションタンク 1 系列)



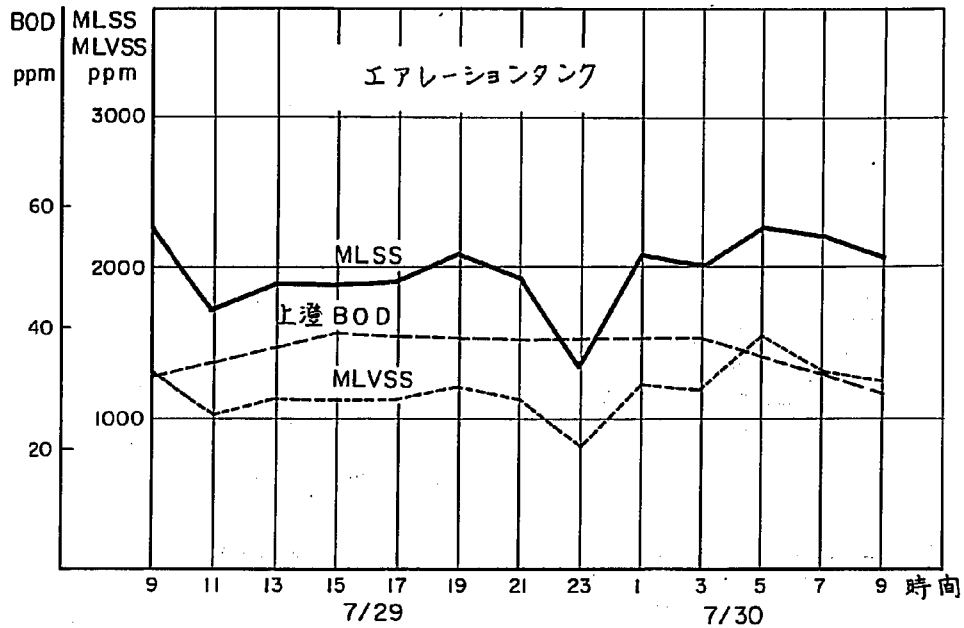
附图 2-3 伝馬町处理場



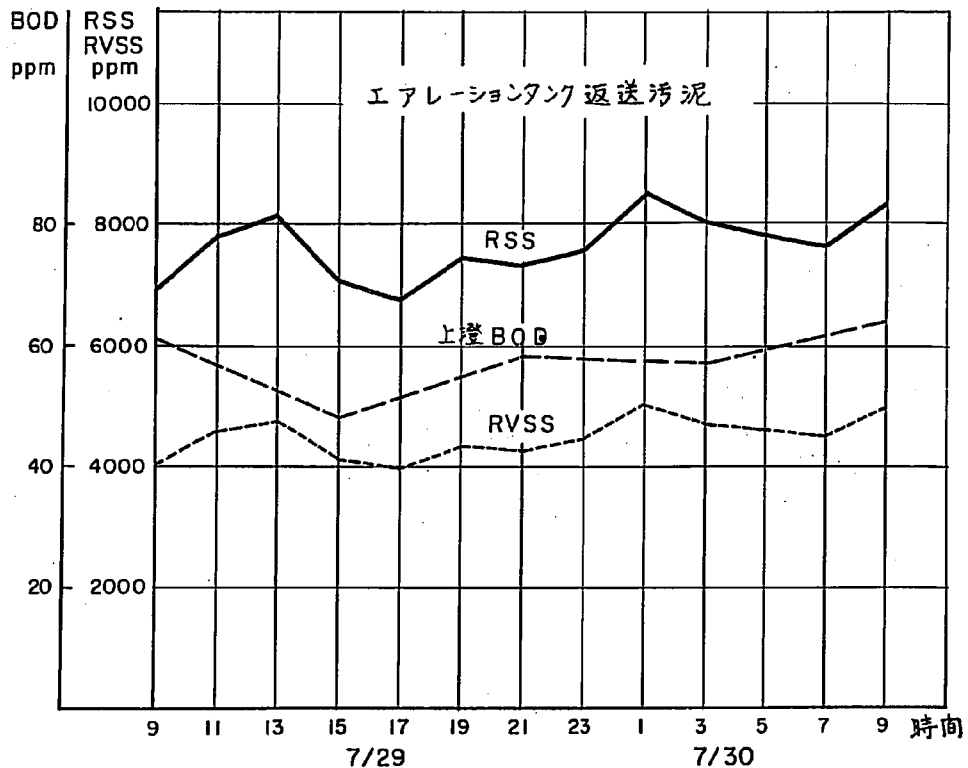
附图 2-4 伝馬町处理場



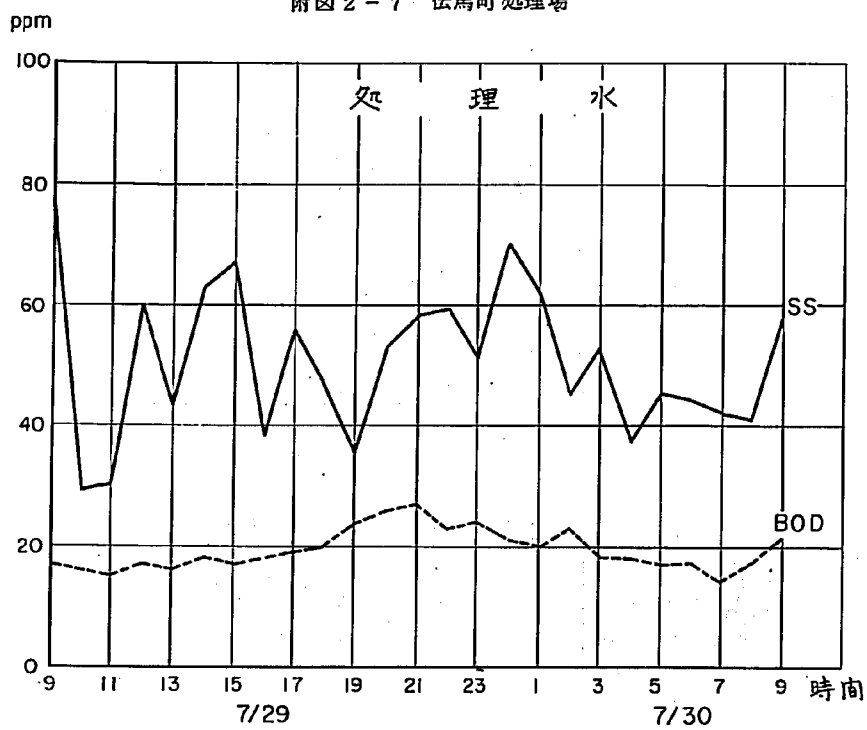
附図 2 - 5 伝馬町処理場



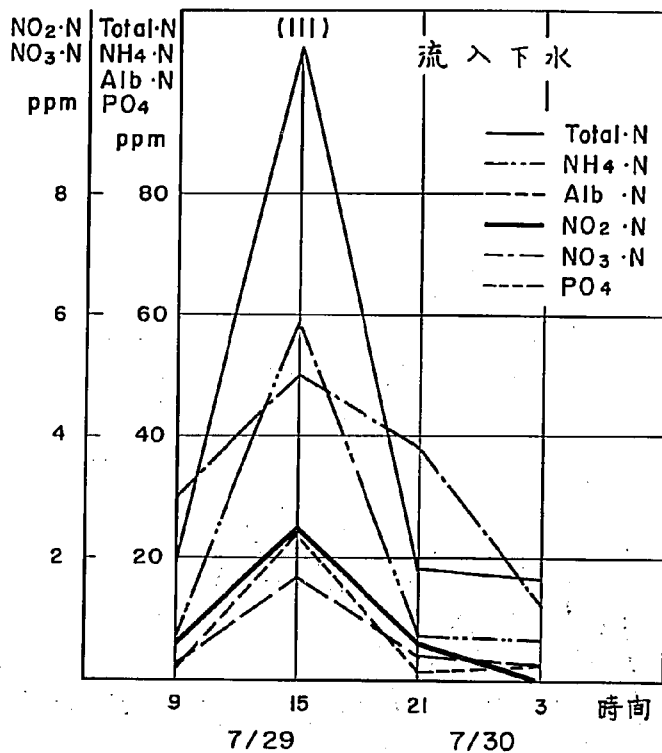
附図 2 - 6 伝馬町処理場



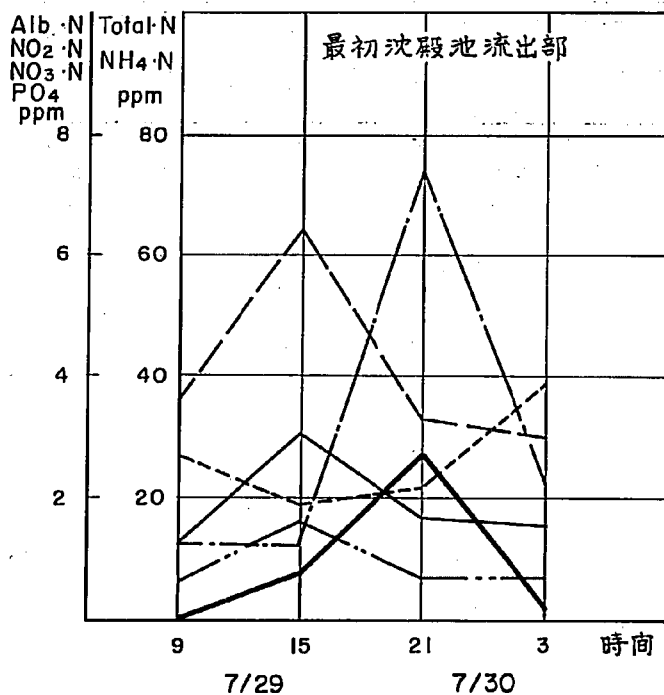
附圖 2 - 7 伝馬町処理場



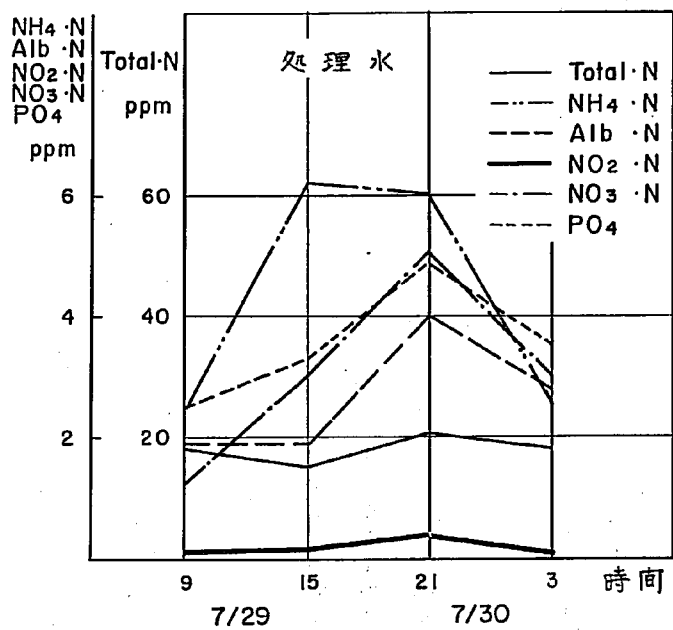
附图 2-8 伝馬町処理場



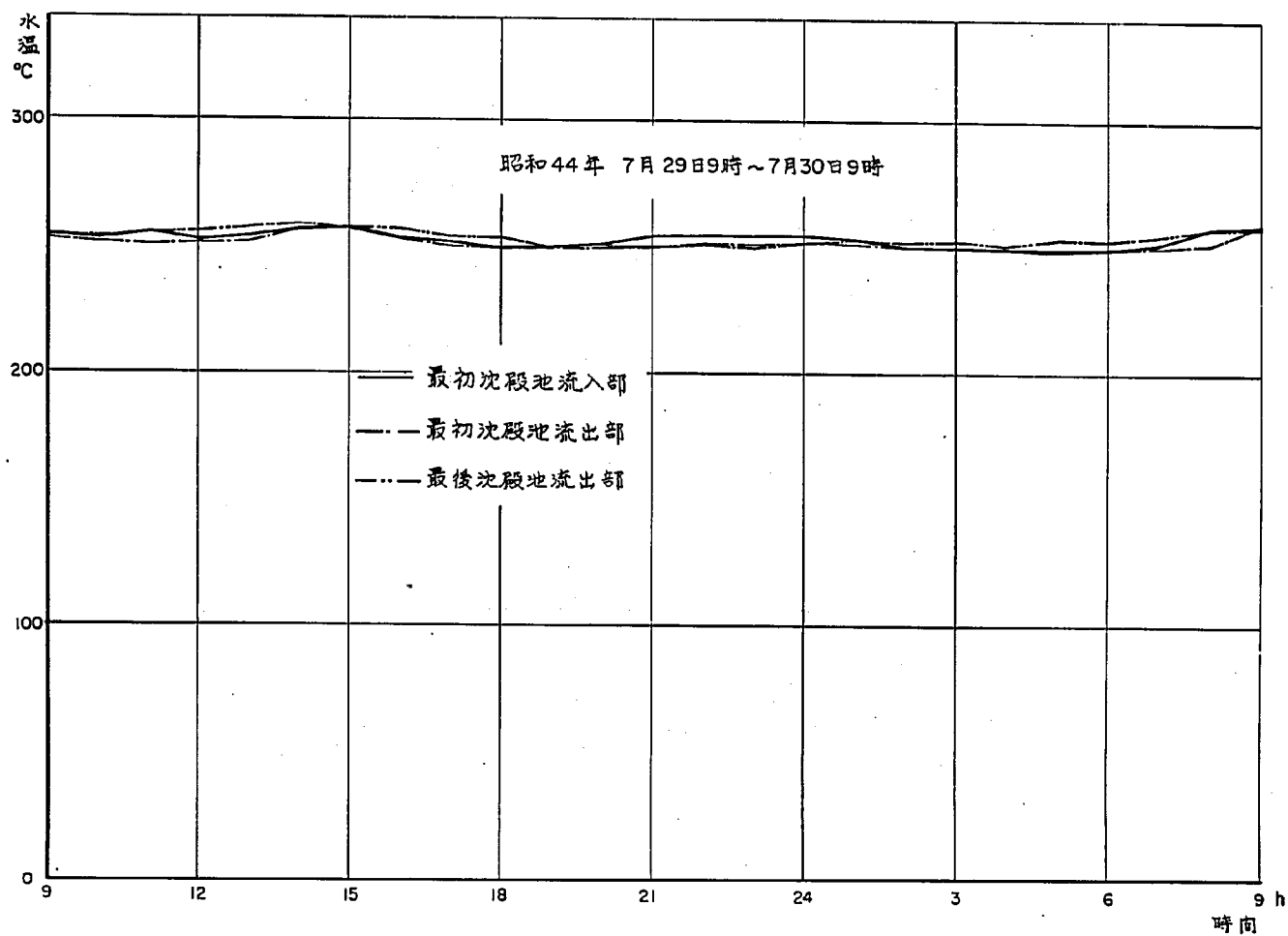
附图 2-9 最初沈殿池流出部



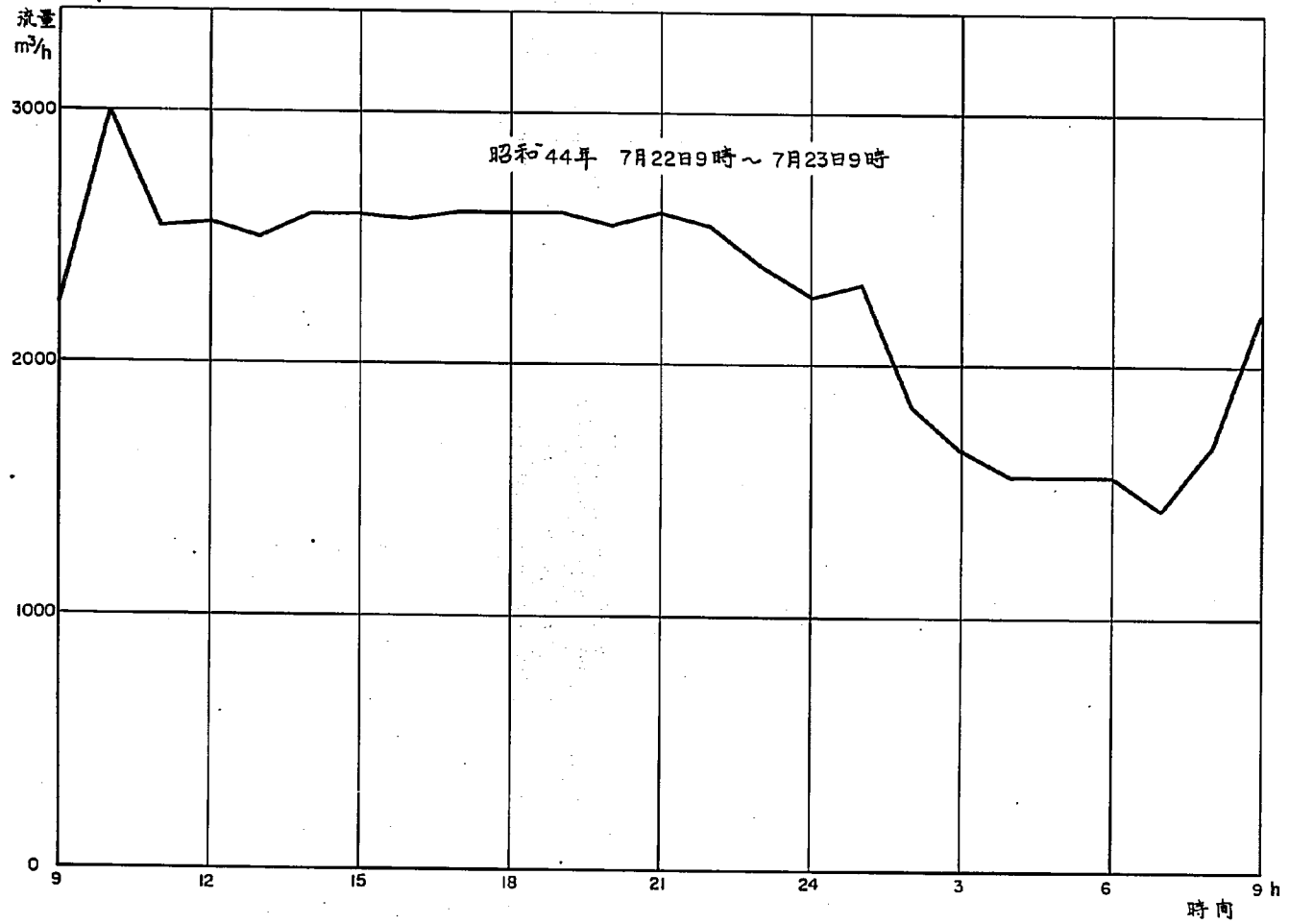
附圖 2-10 伝馬町処理場



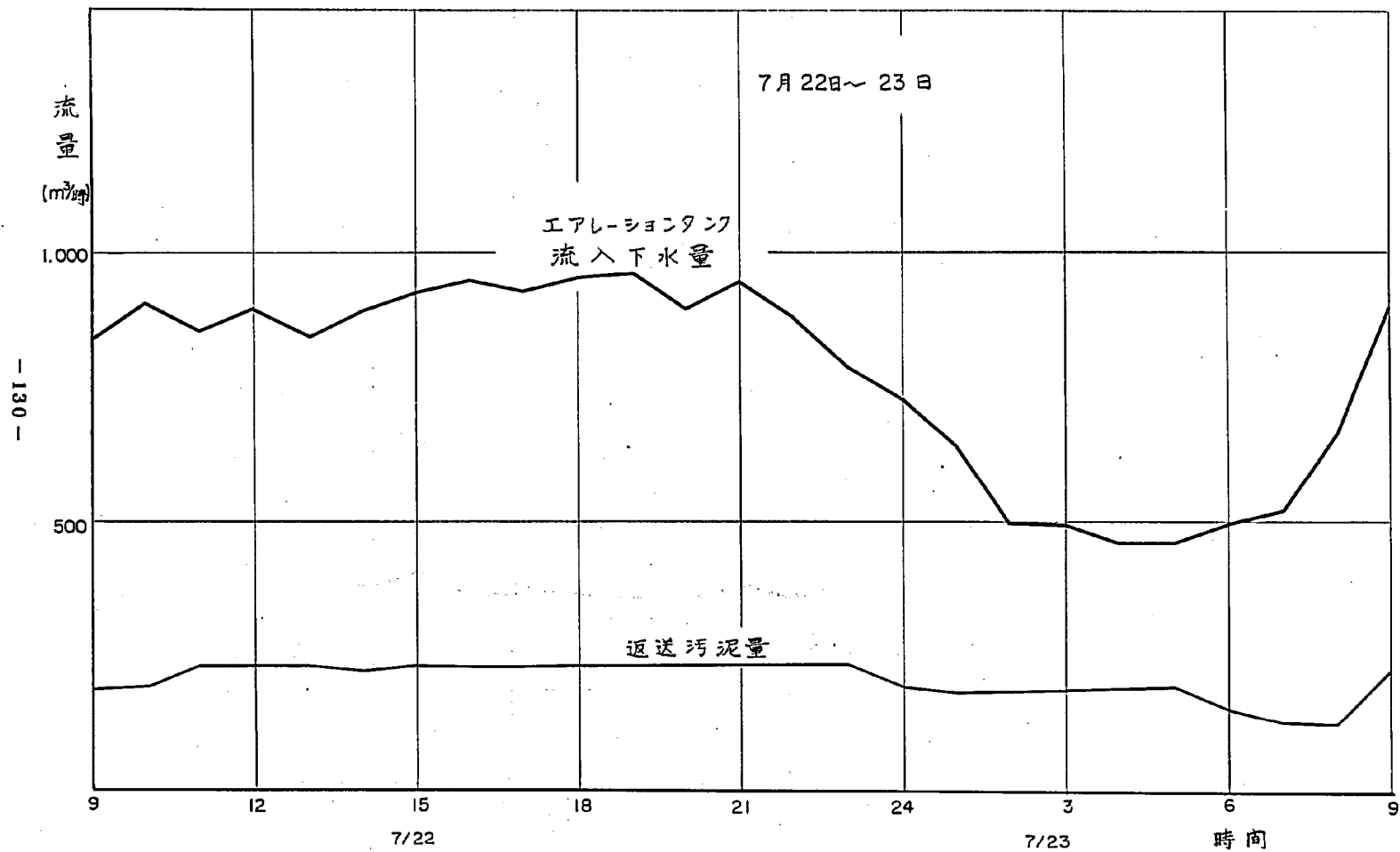
附圖 2 - 11 伝馬町下水処理場 水温測定値



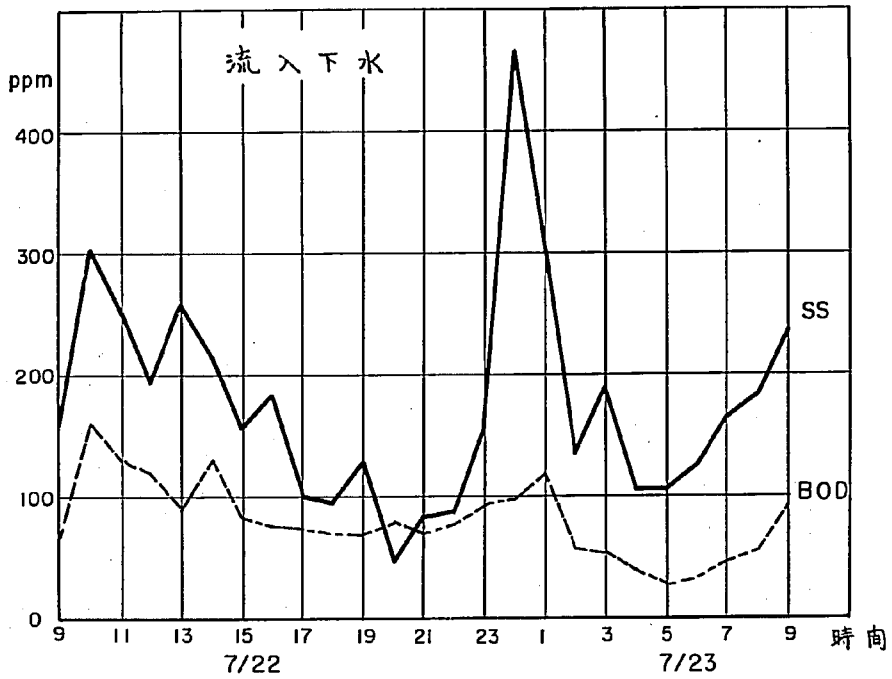
附図 3 - 1 名城下水処理場 汚水流入量



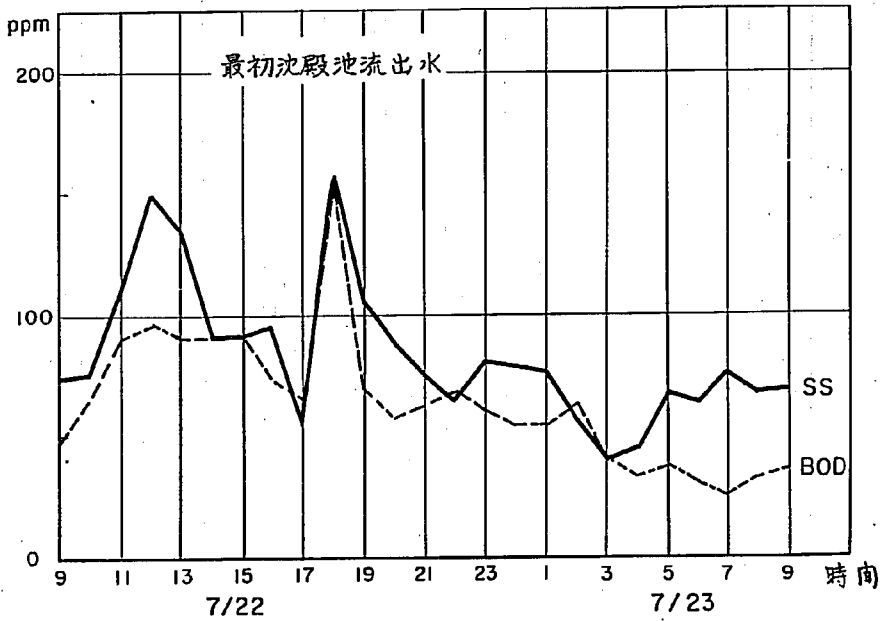
附図 3 - 2 名城下水処理場 エアレーションタンク 1 系列流入水量



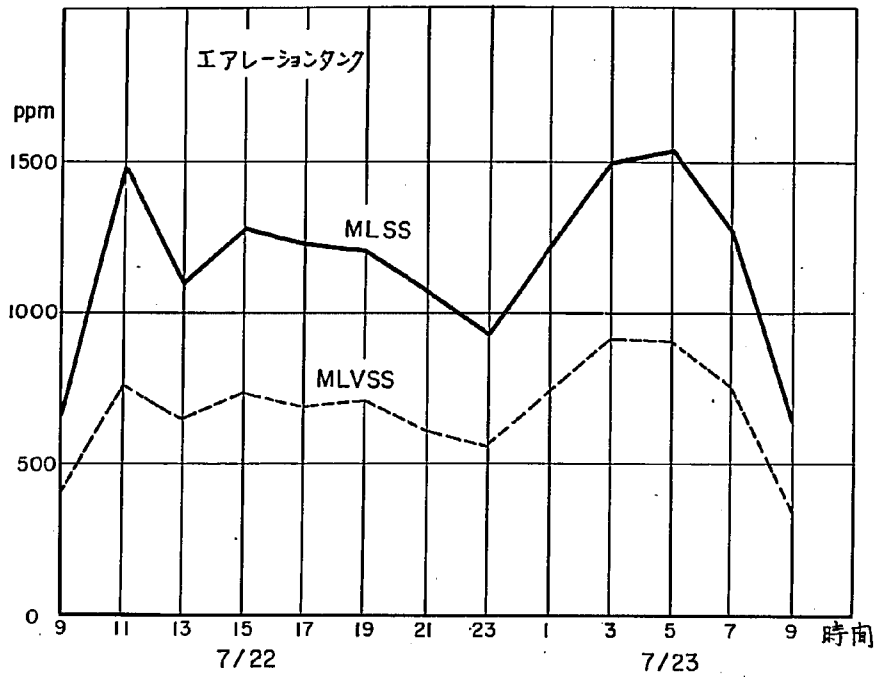
附圖 3 - 3 名城处理場



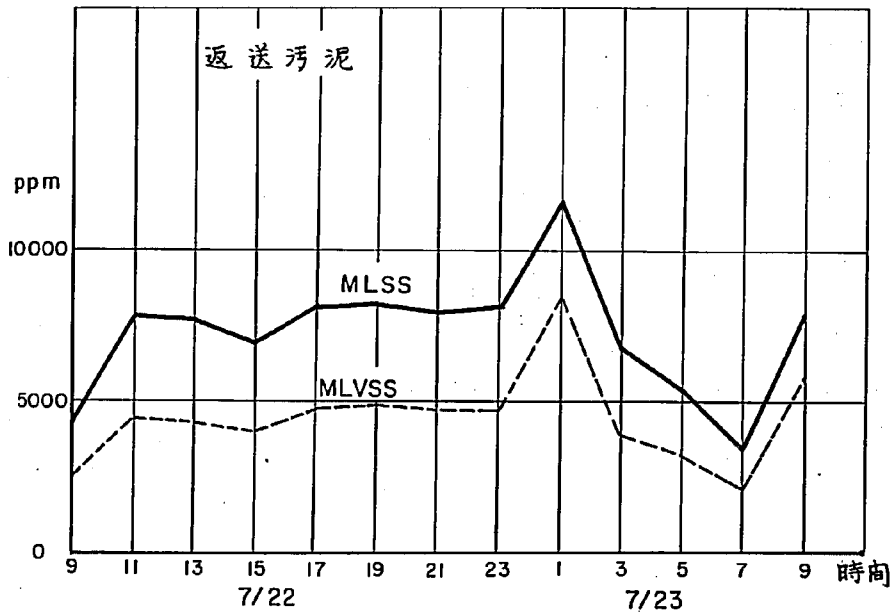
附圖 3 - 4 名城处理場



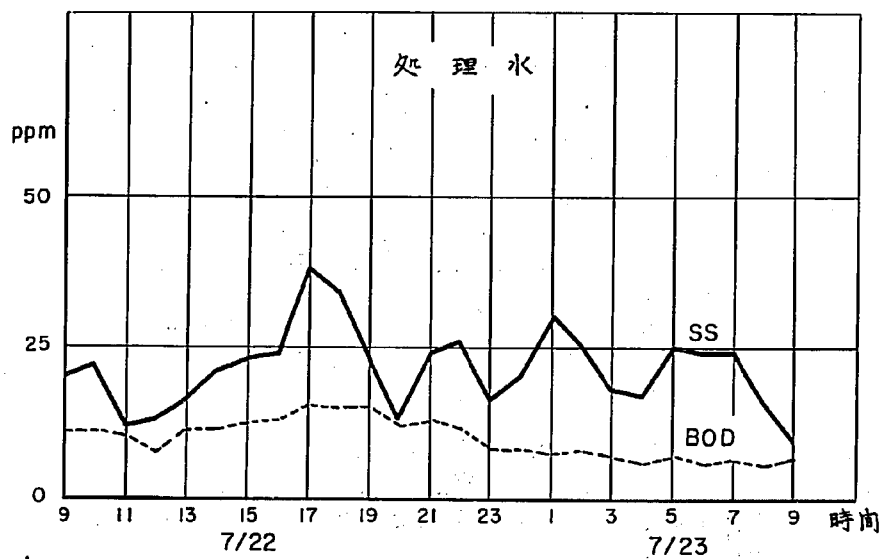
附図 3 - 5 名城処理場



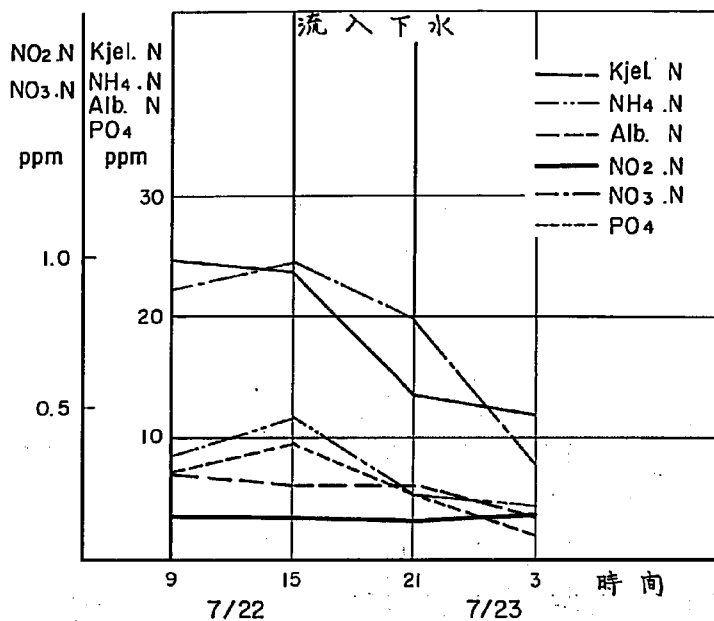
附図 3 - 6 名城処理場



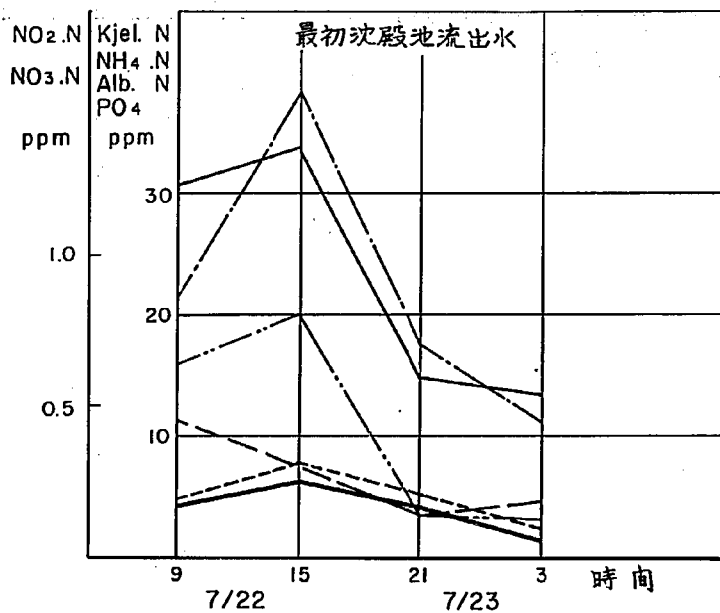
附圖 3 - 7 名城处理場



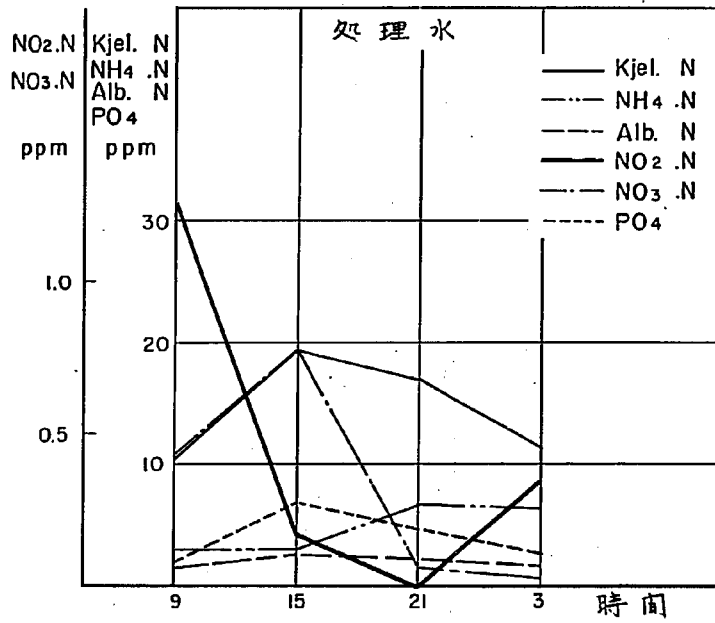
附圖 3 - 8 名城處理場



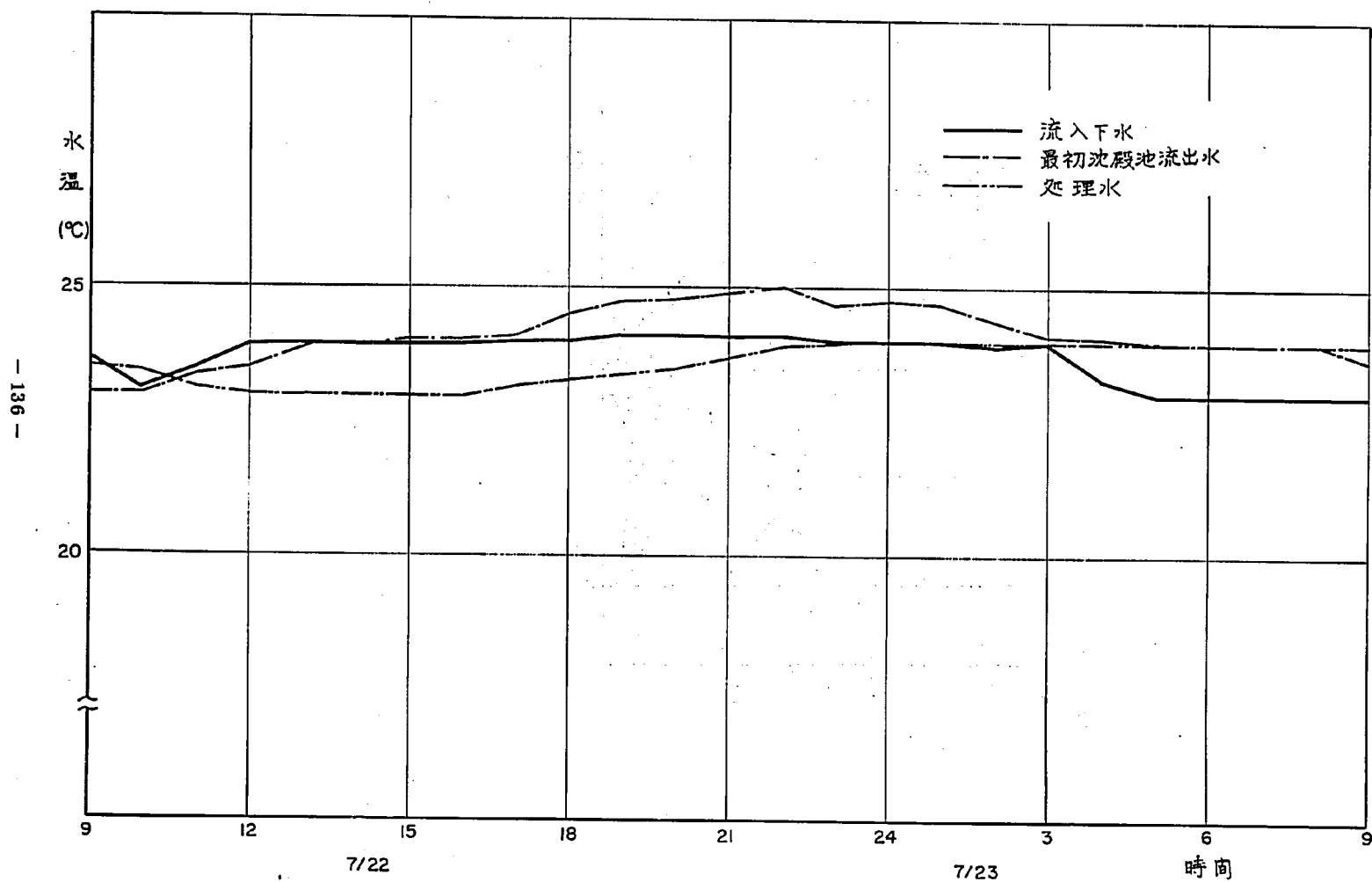
附圖 3 - 9 名城處理場



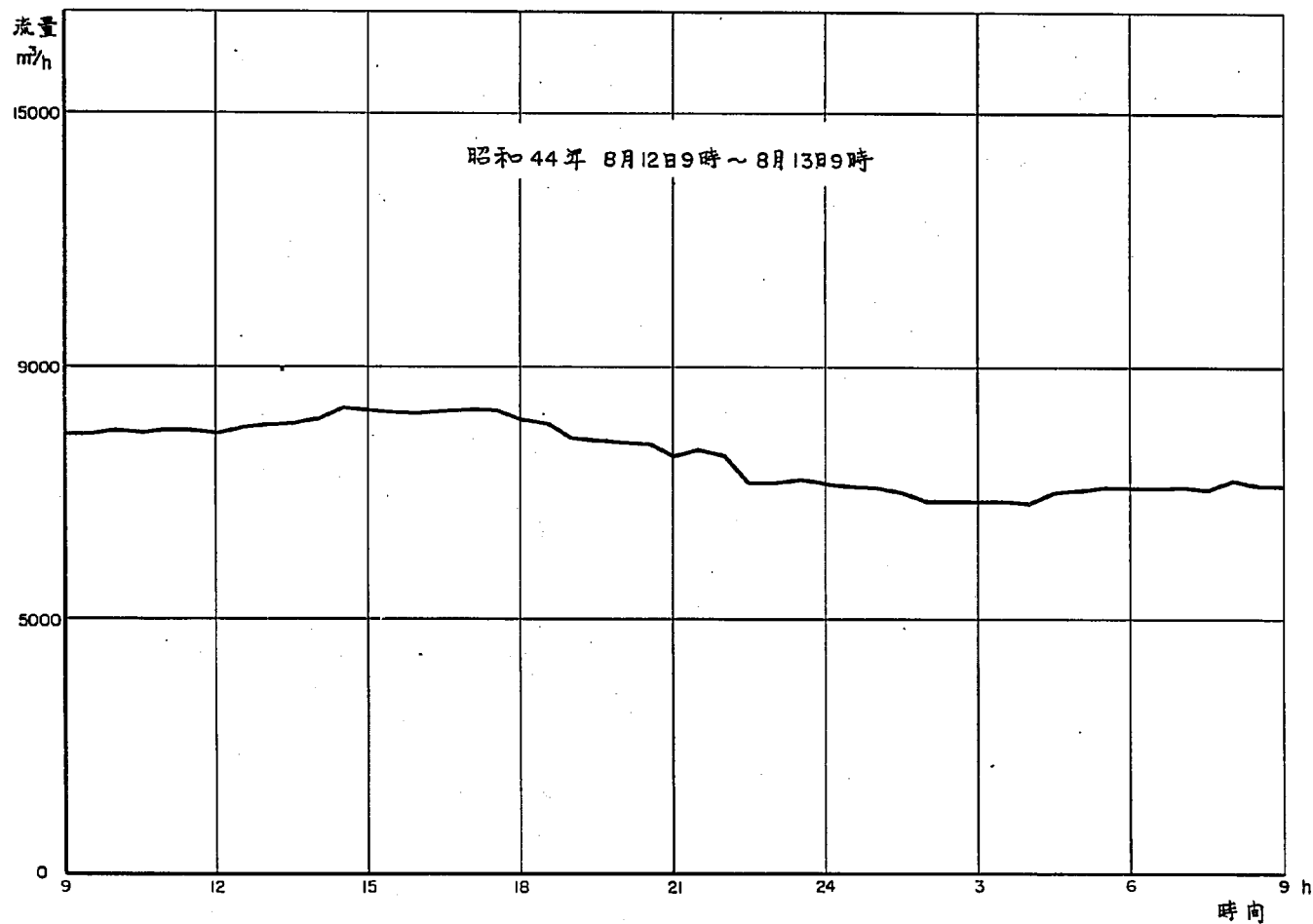
附圖 3 - 10 名城處理場



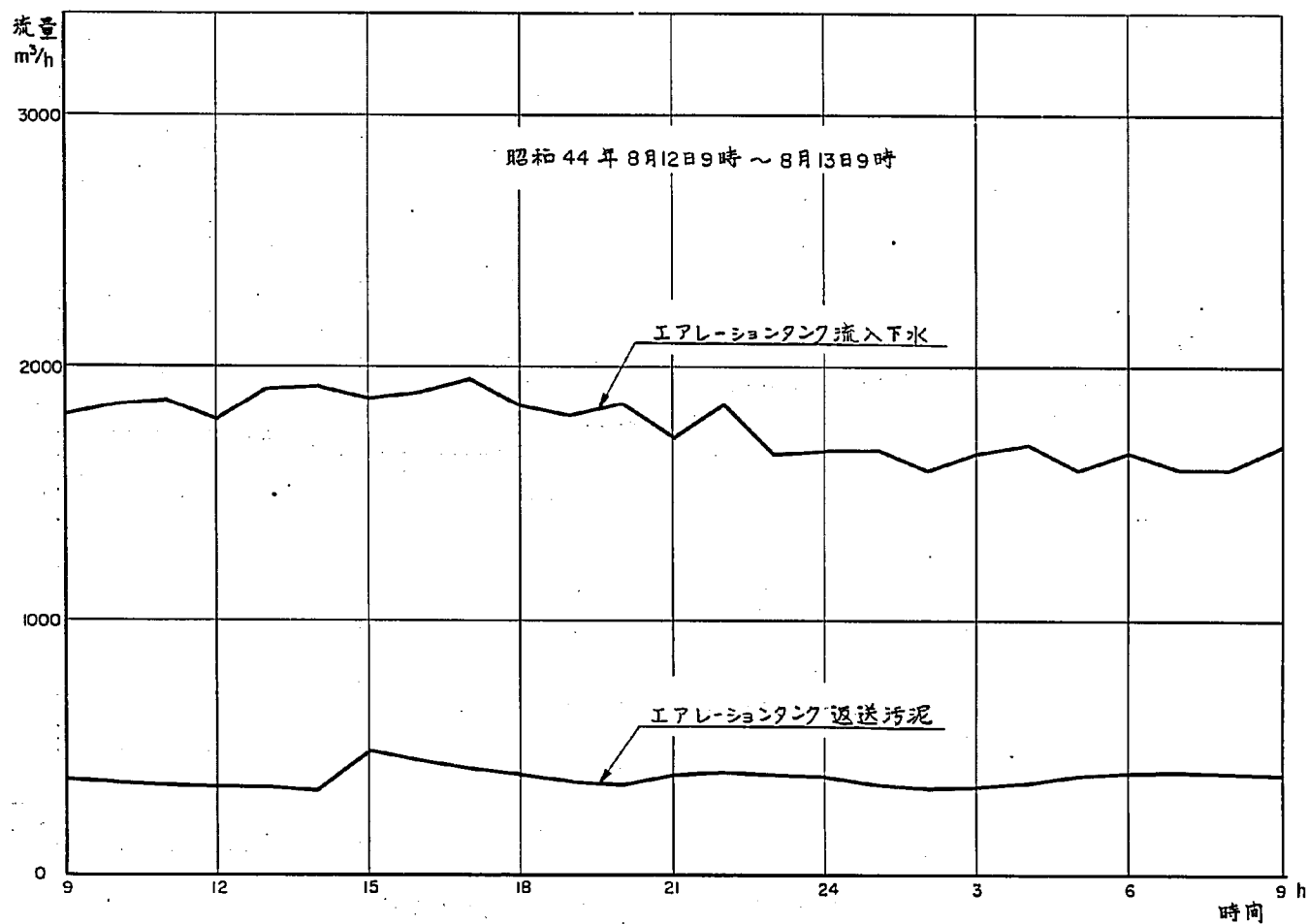
附图 3 - 11 名城下水処理場 水温測定値



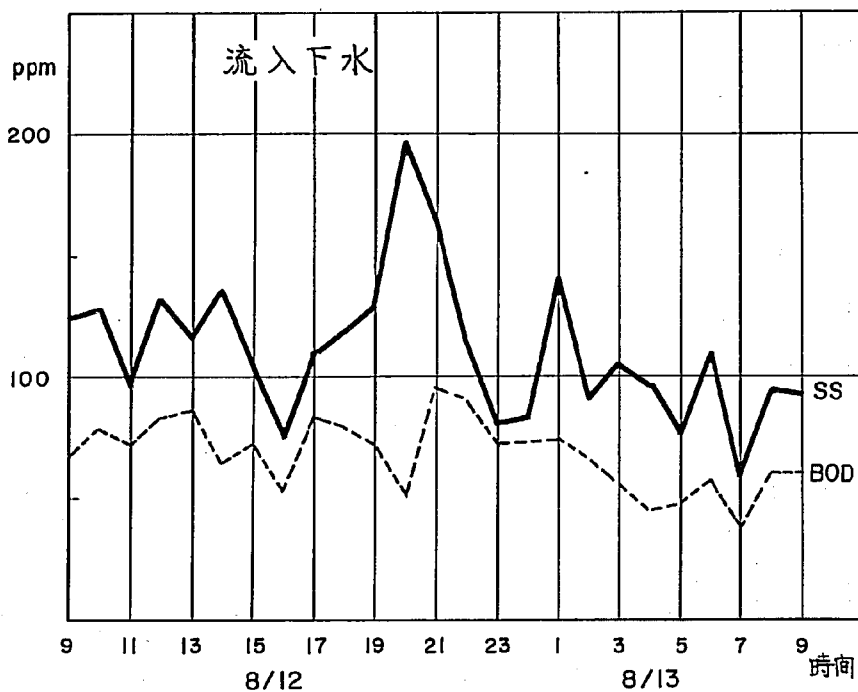
附圖 4-1 岩塚下水処理場 汚水流入量



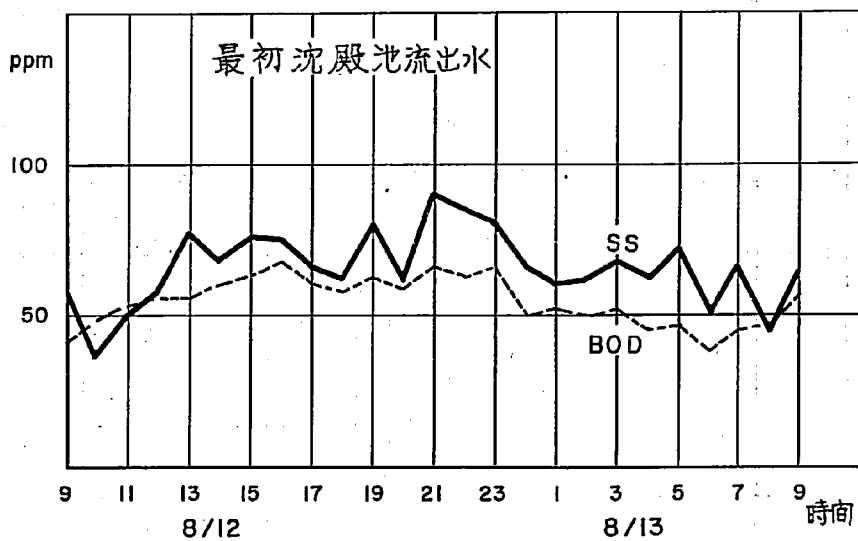
附図 4-2 岩塚下水処理場、流入水量（エアレーションタンク 1 系列）



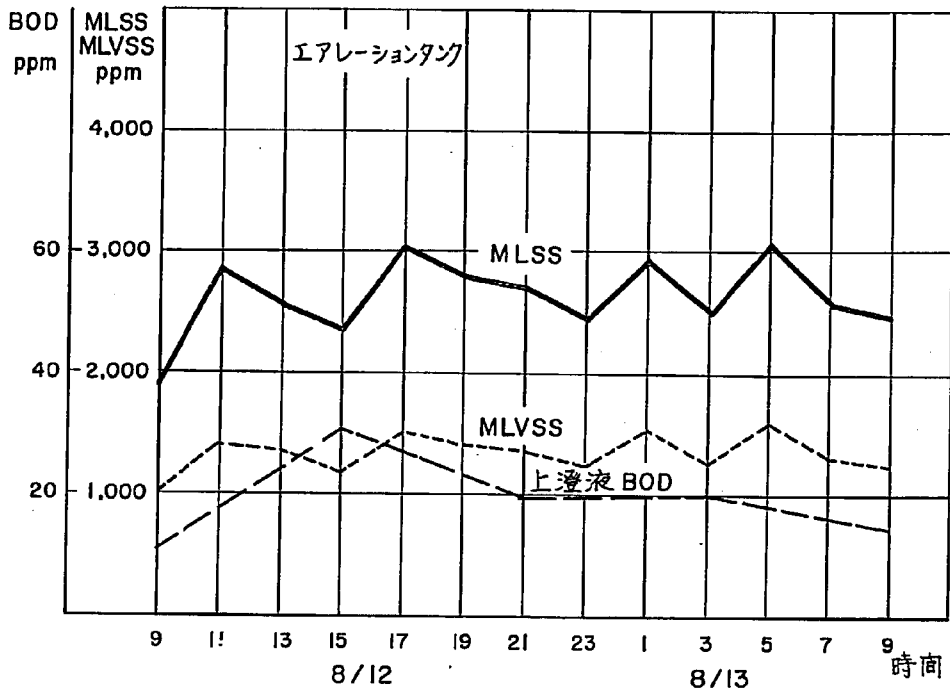
附圖 4 - 3 岩塚処理場



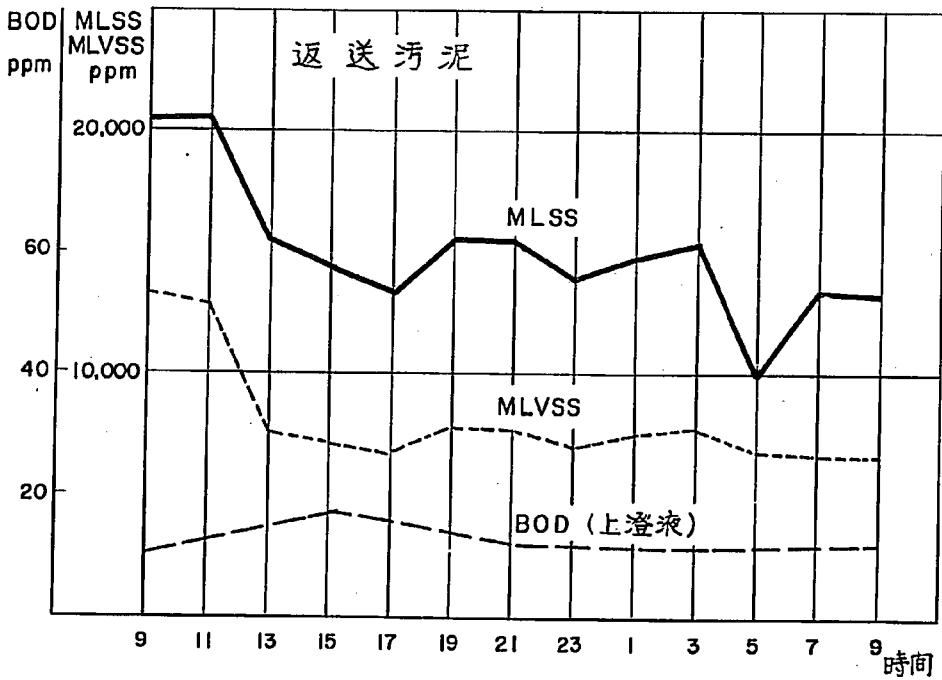
附圖 4 - 4 岩塚処理場



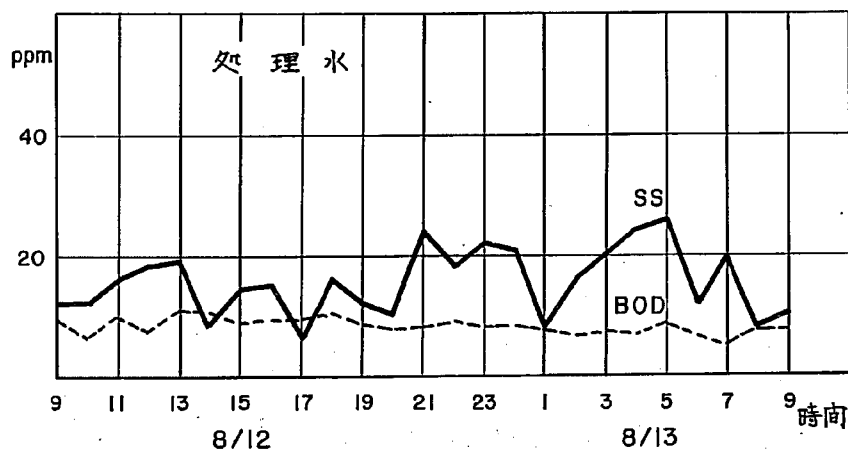
附図 4 - 5 岩塚処理場



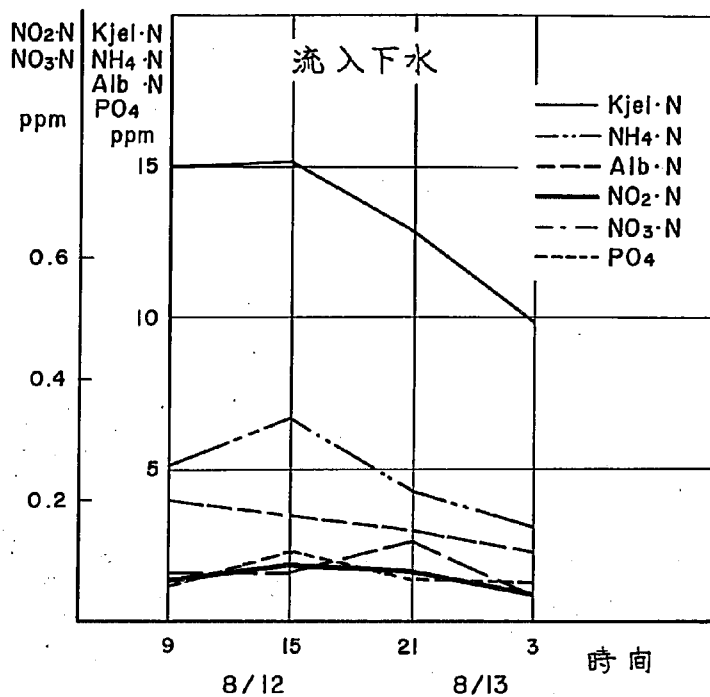
附図 4 - 6 岩塚処理場



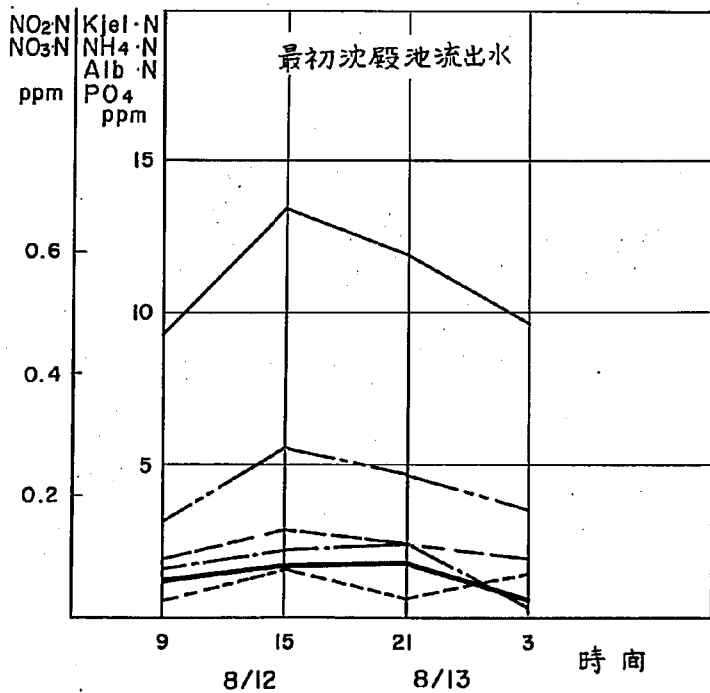
附圖 4-7 岩塚處理場



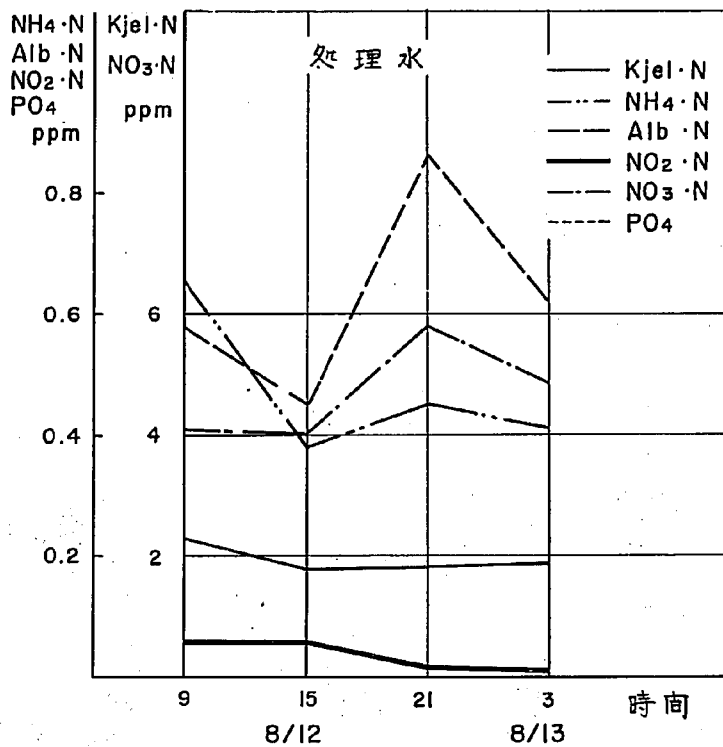
附图 4-8 岩塚处理場



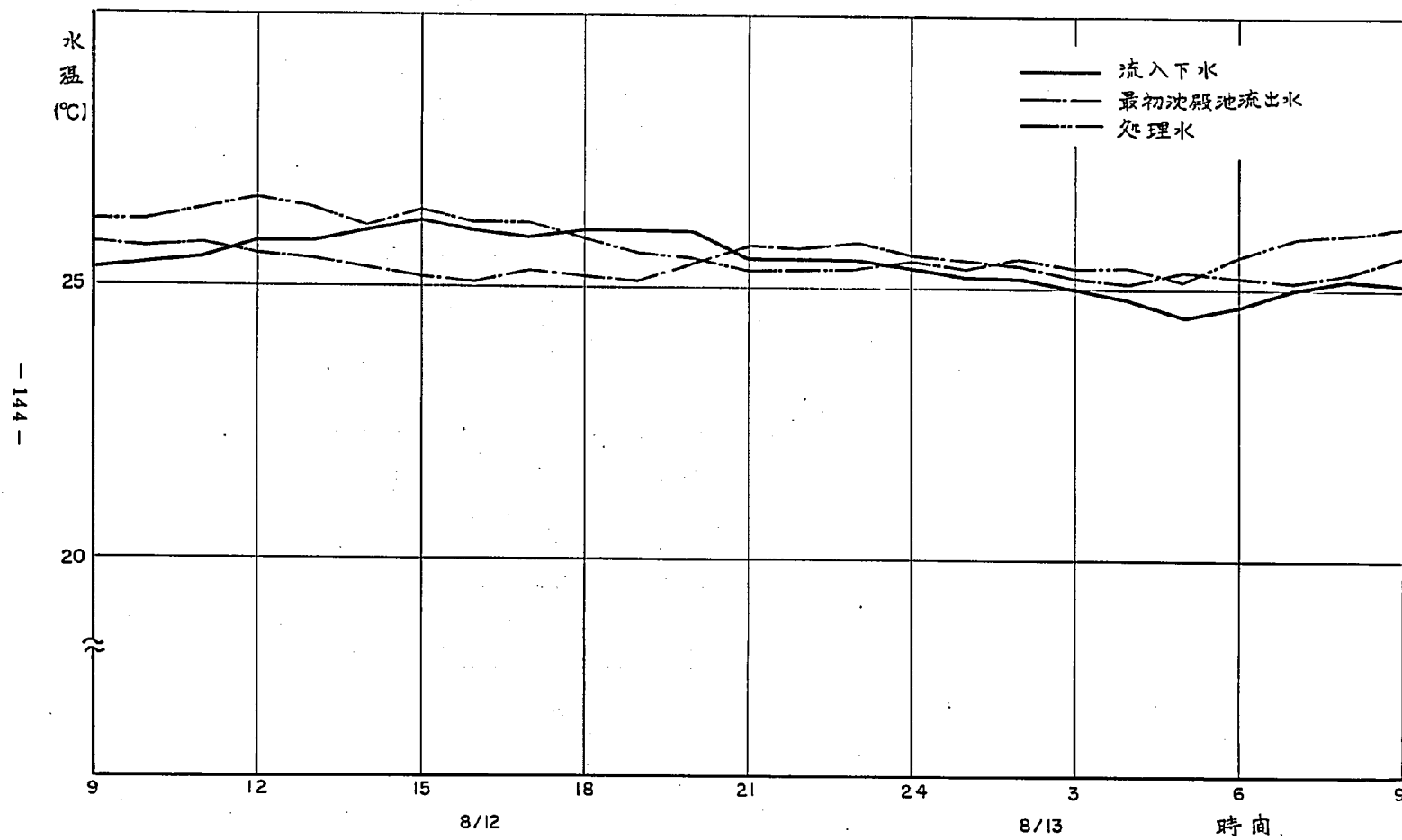
附图 4-9 岩塚处理場



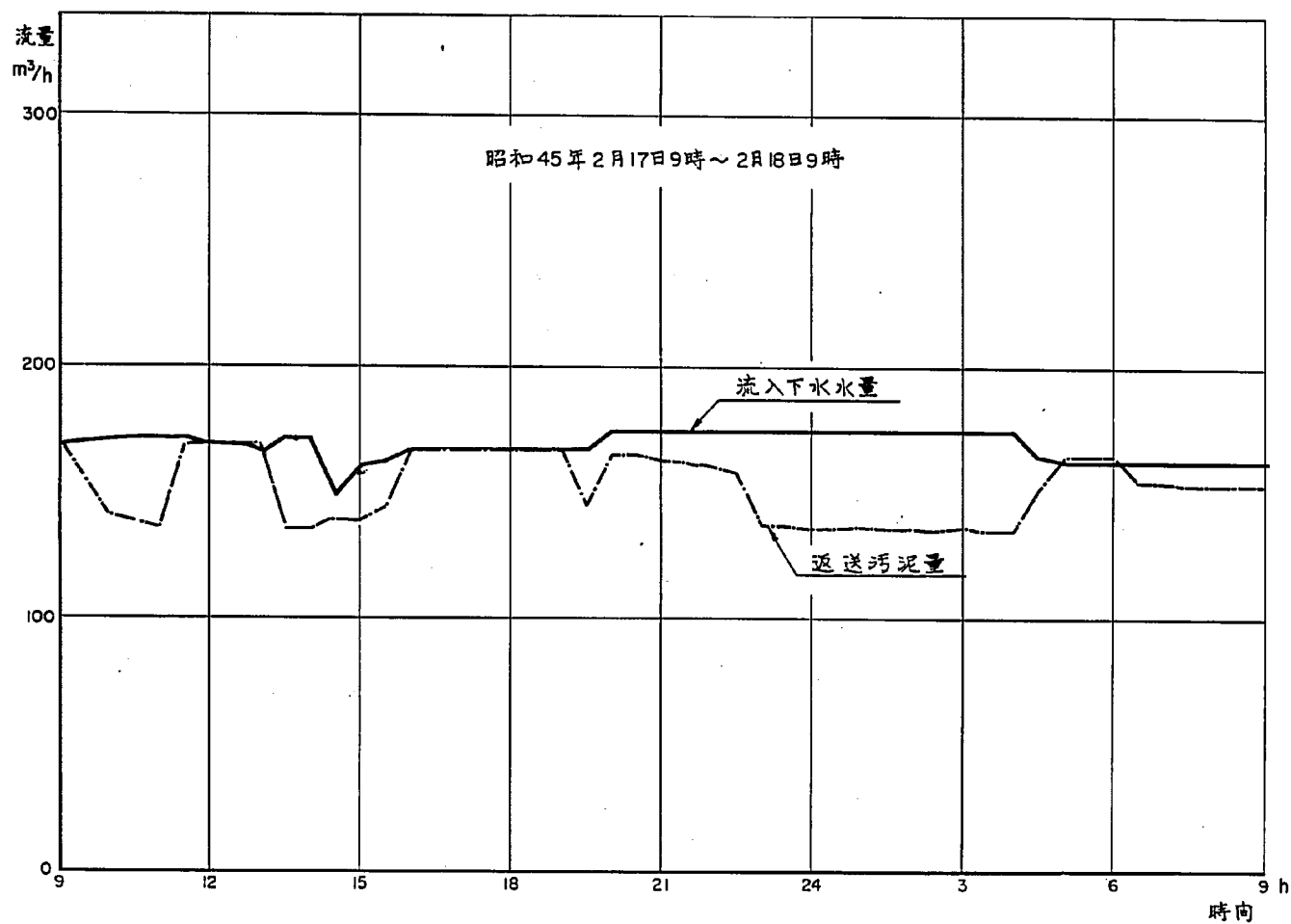
附图 4-10 岩塚处理场



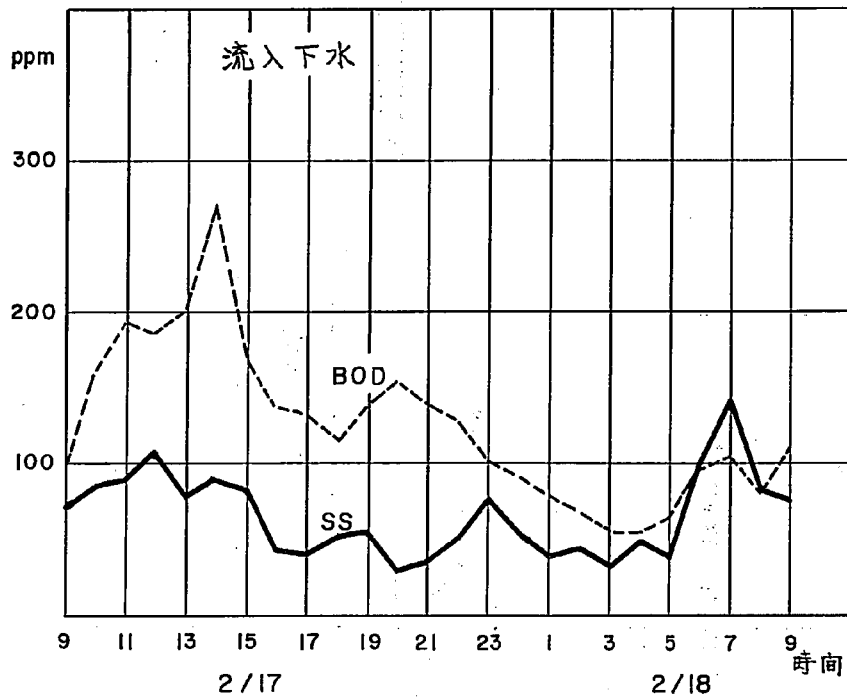
附图 4-11 岩塚下水処理場 水温測定値



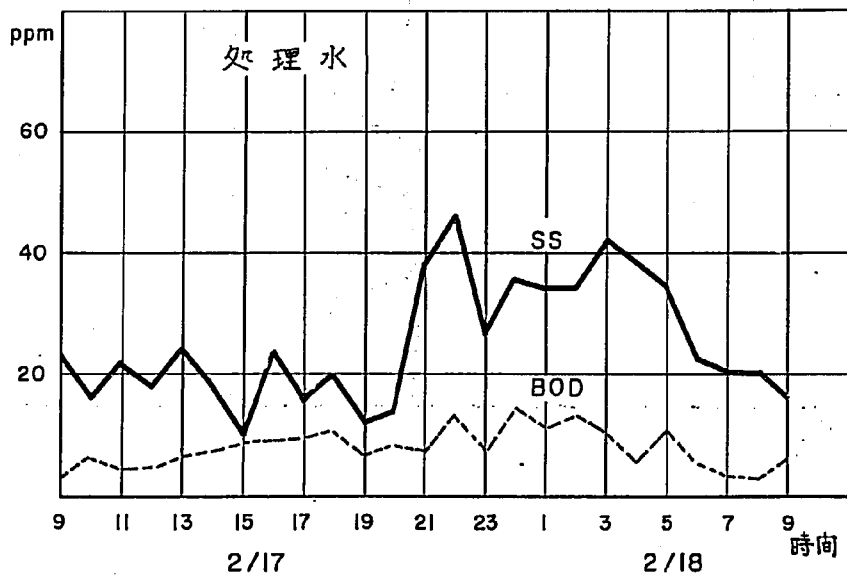
附图 5-1 下之一色处理场 流入下水水量・返送污泥量



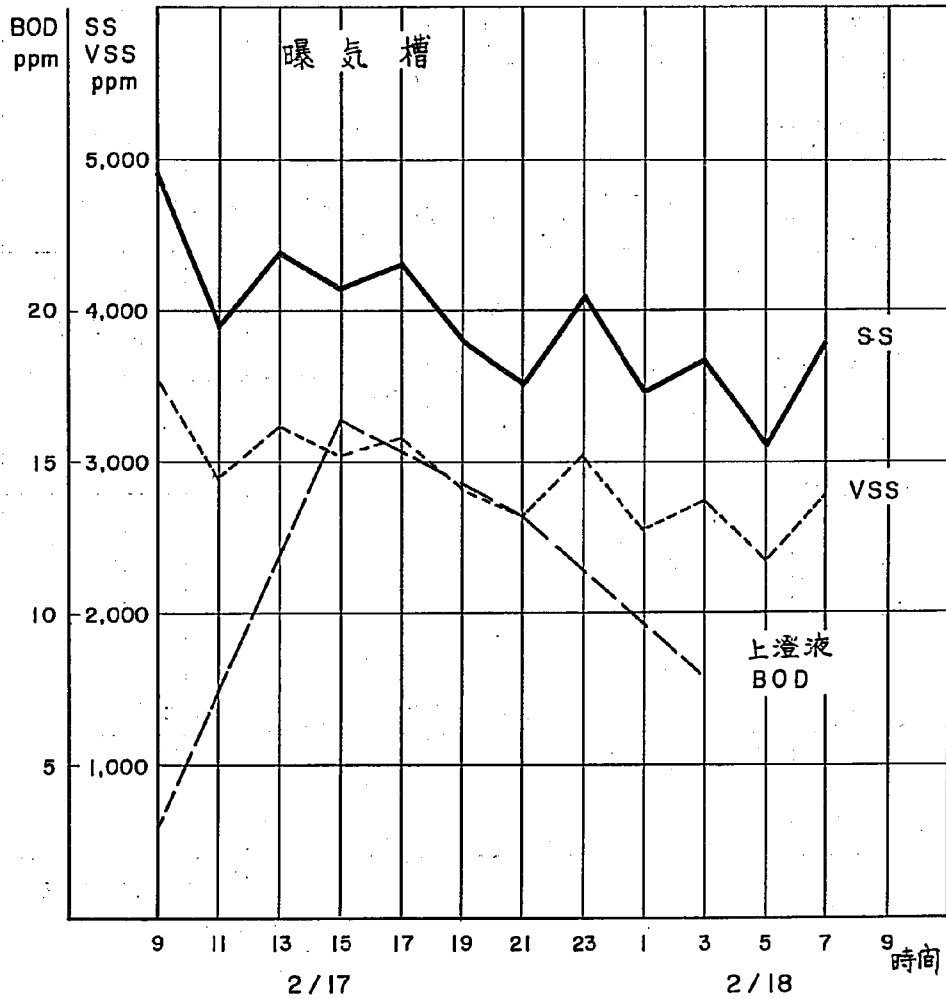
附图 5 - 2 下之一色处理场



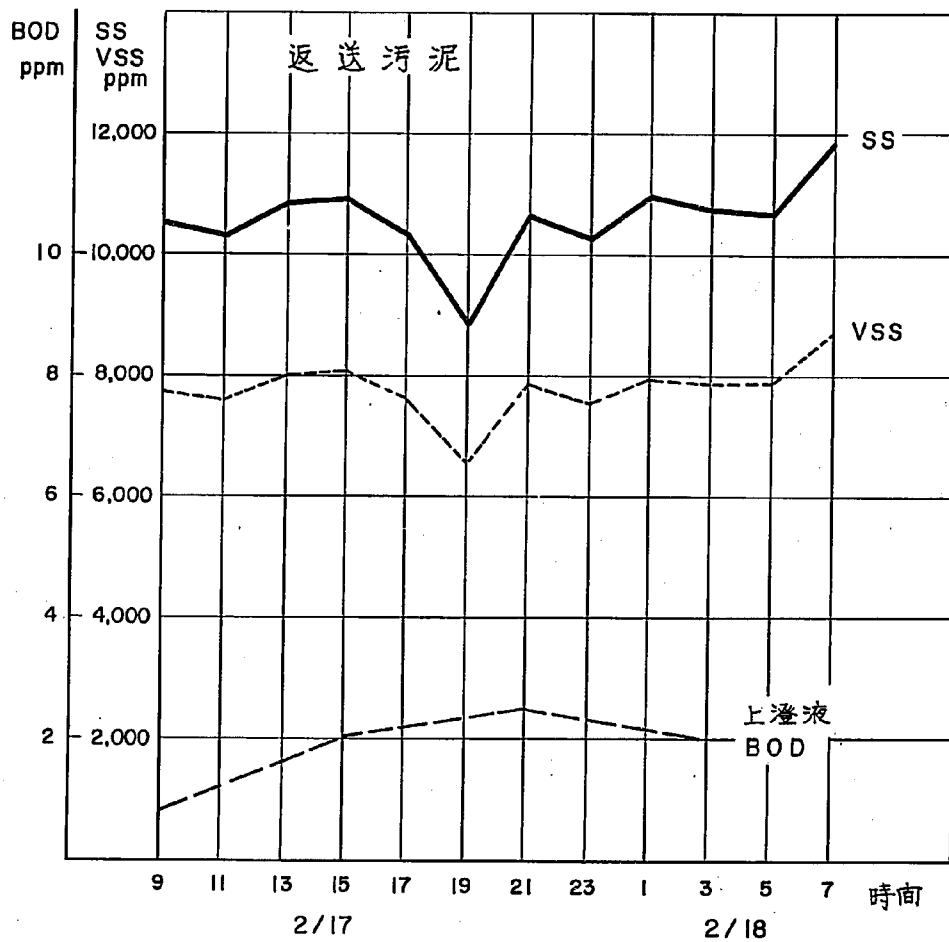
附图 5 - 3 下之一色处理场



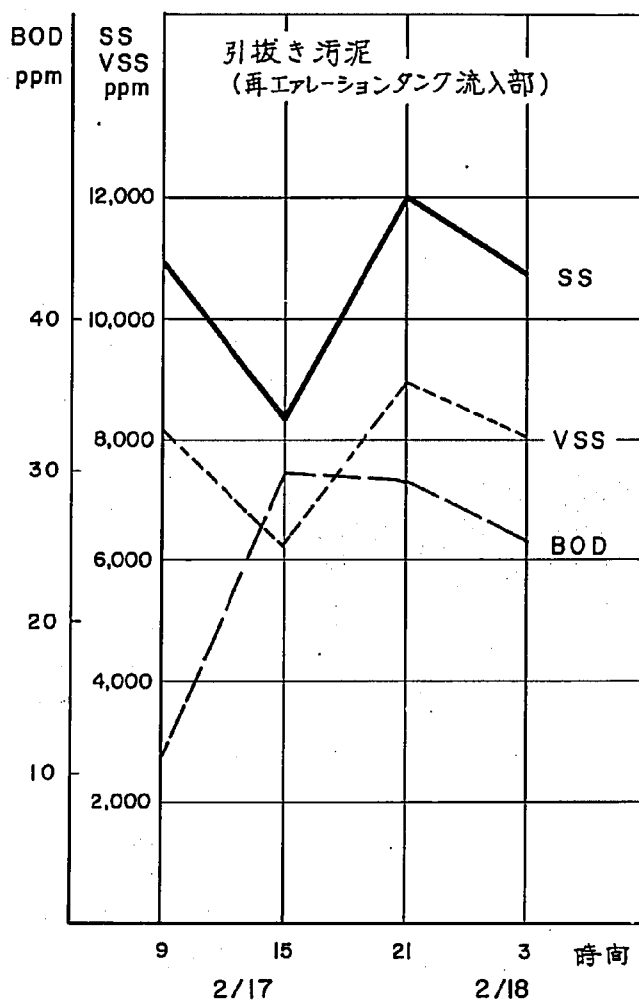
附图 5-4 下之一色处理場



附圖 5 - 5 下之一色處理場



附図 5 - 6 下之一色処理場



附圖 5 - 7 下之一色處理場

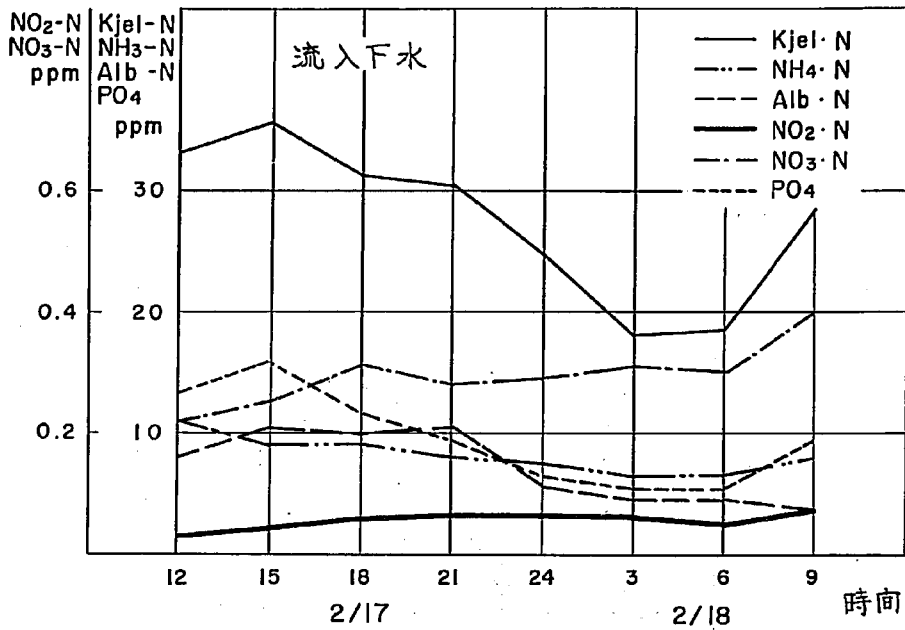
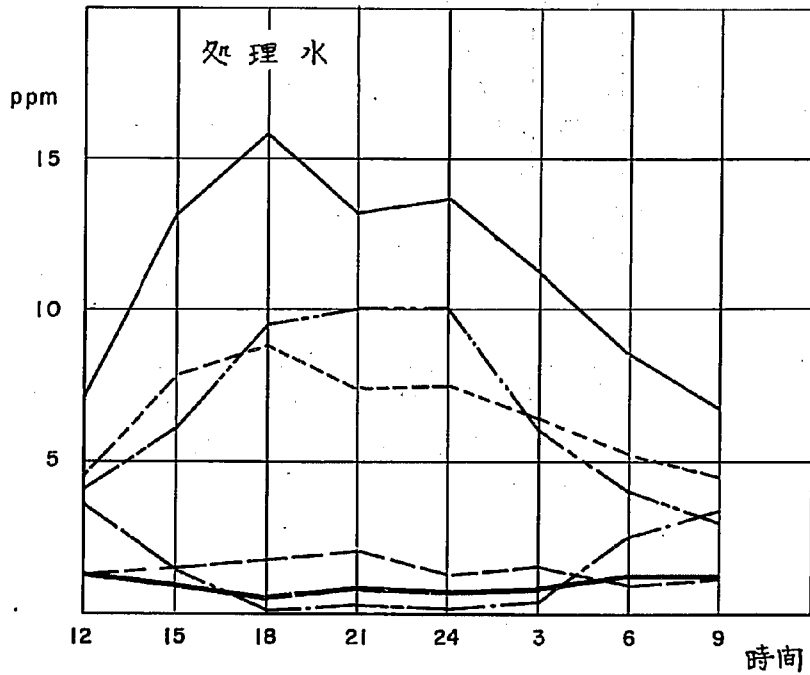
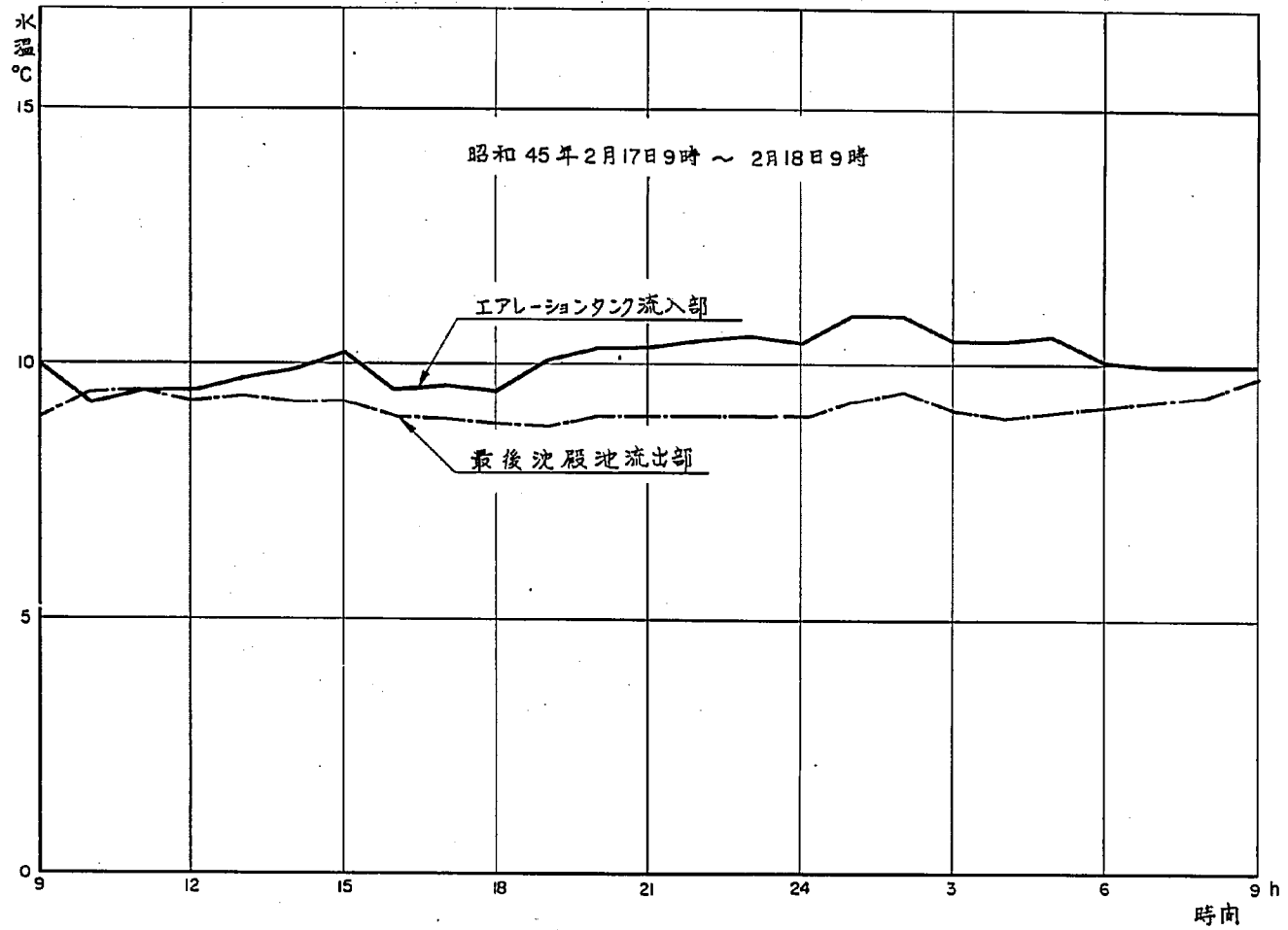


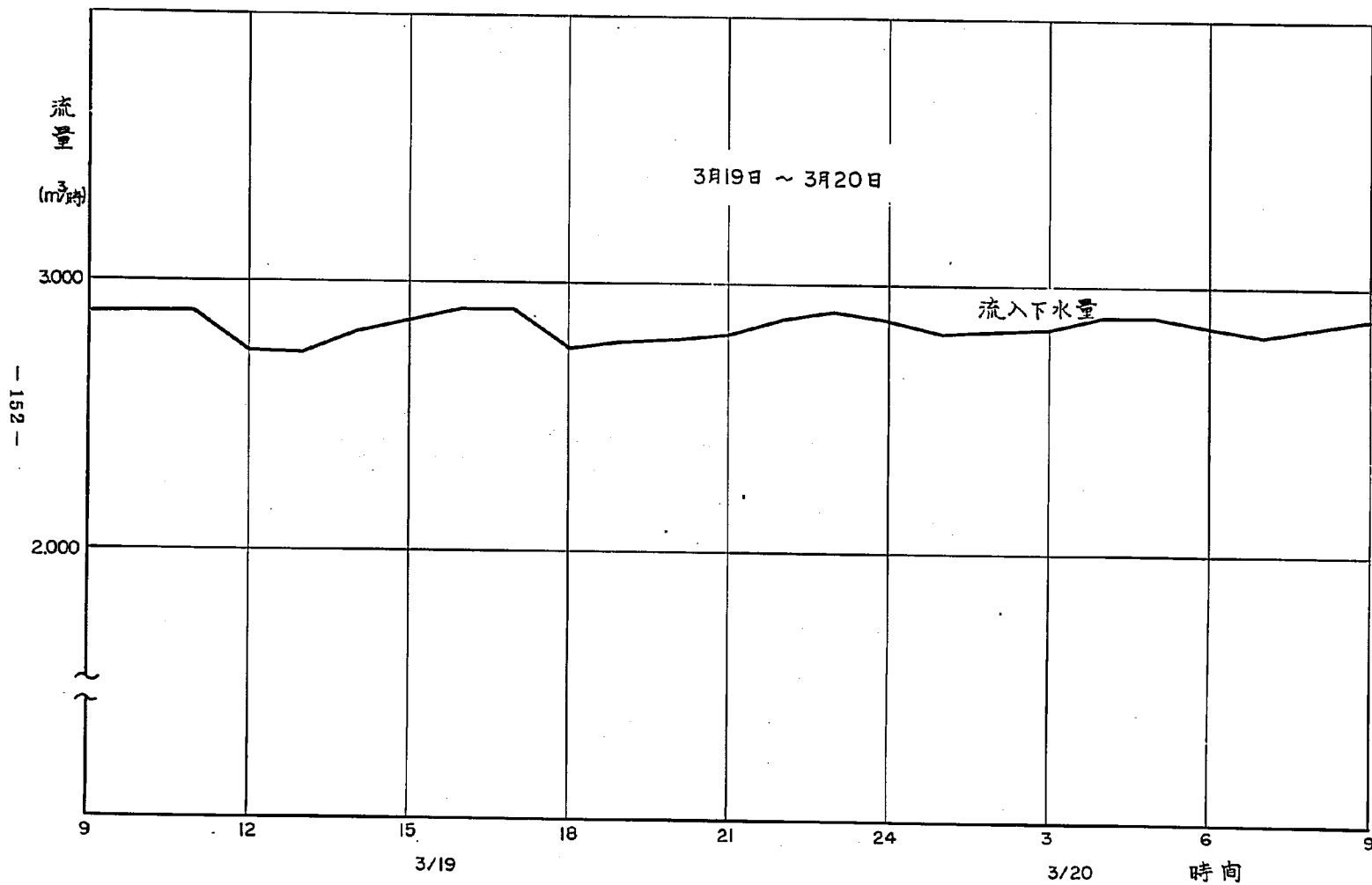
圖 5 - 8 下之一色處理場



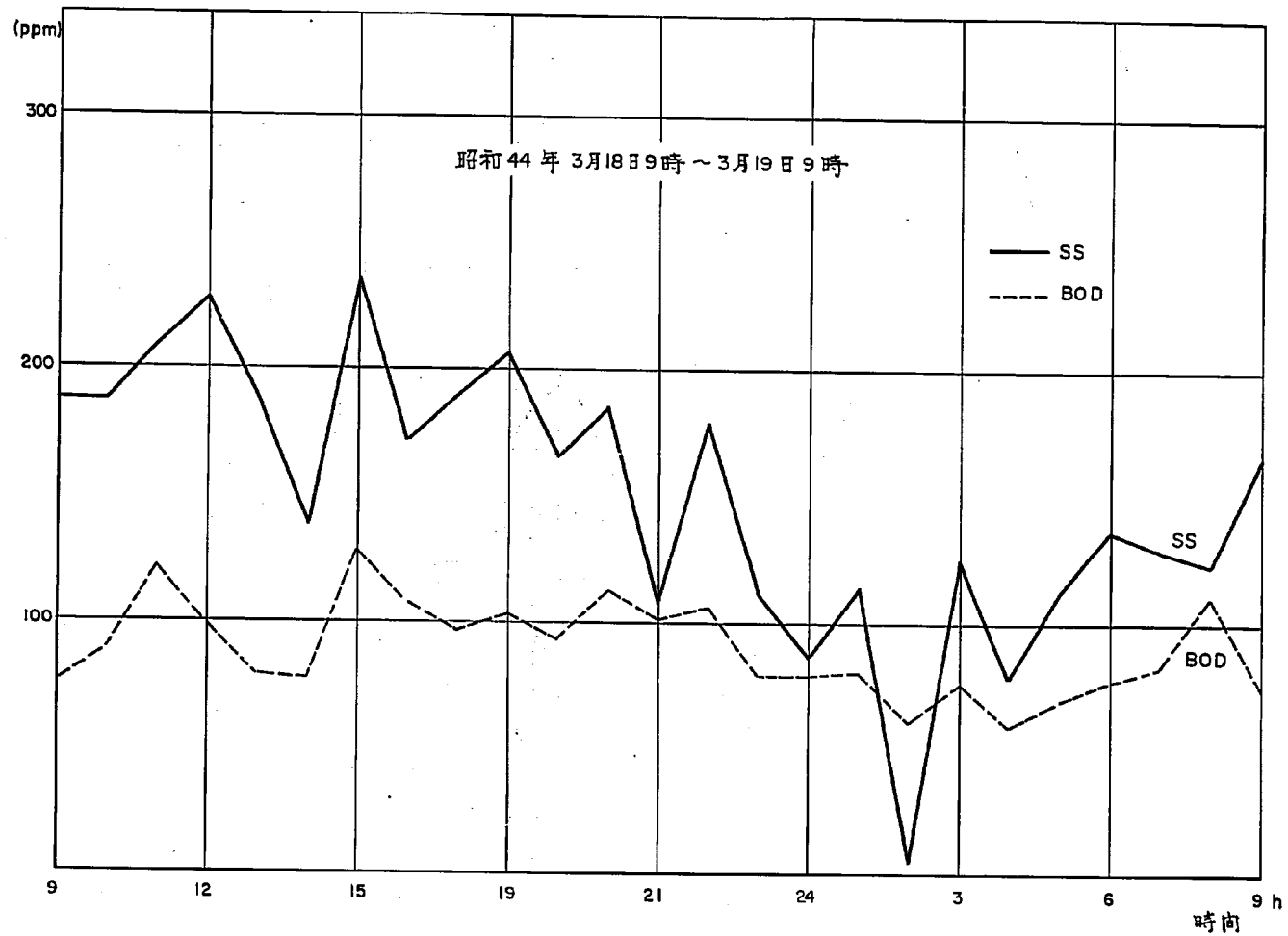
附図 5 - 9 下之一色処理場 水温測定値



附圖 6 - 1 千年處理場 流入下水量

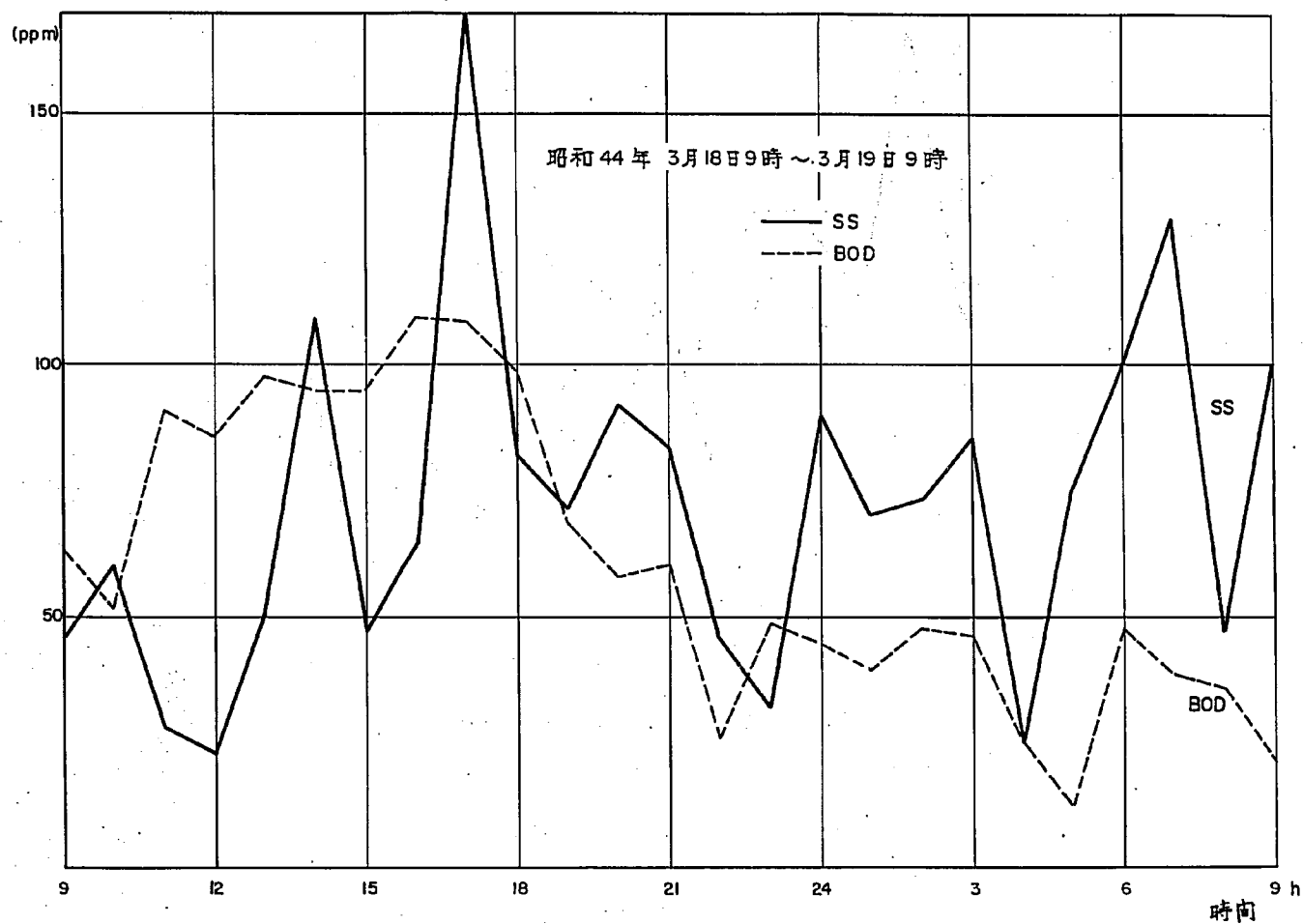


附图 6 - 2 千年下水处理場 流入下水

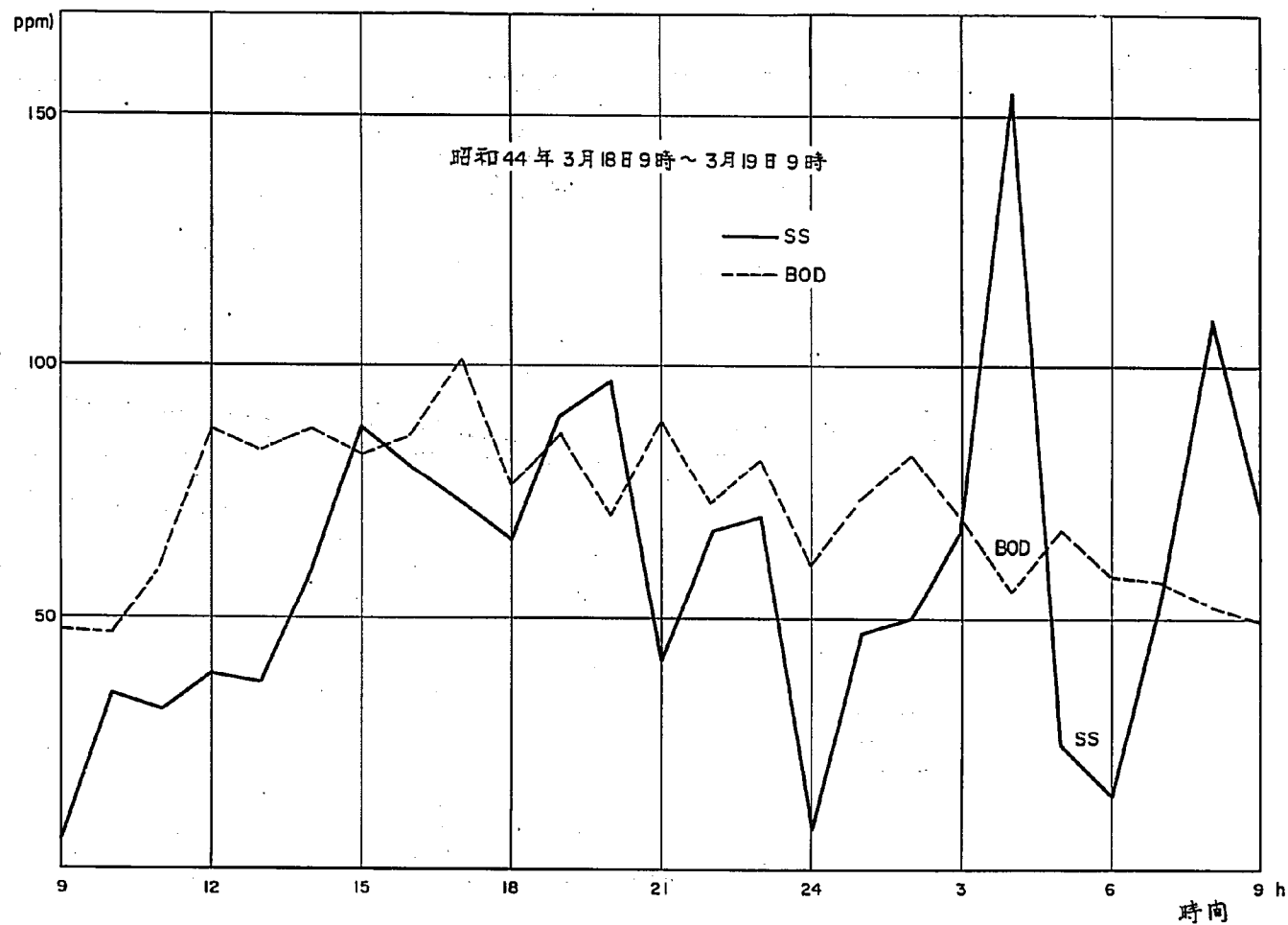


附圖 6 - 3

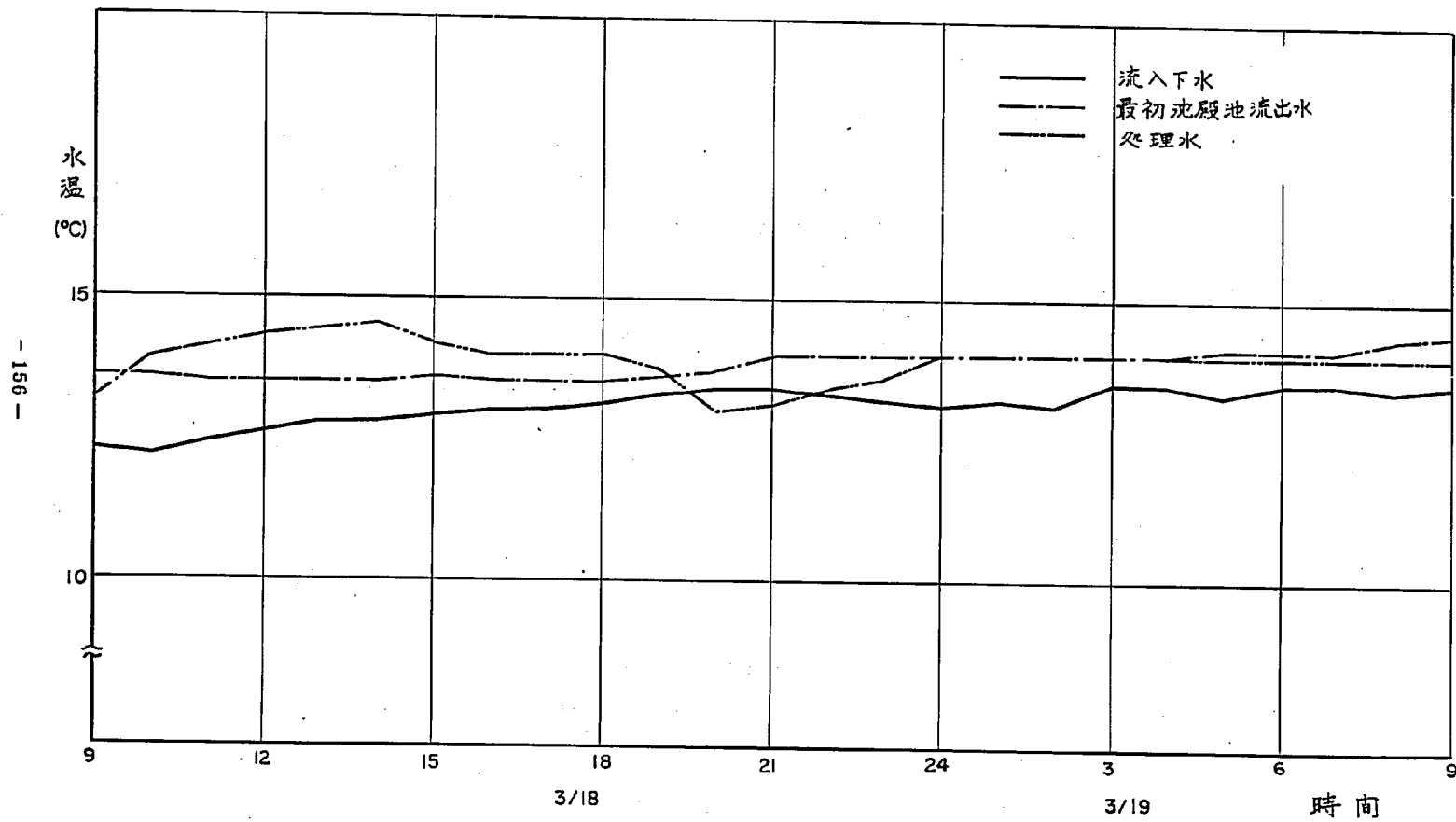
千年下水処理場 最初沈澱池 流出水



附図 6 - 4 千年下水処理場 最初沈澱池流出水（前ば気通過水）



附圖 6 - 5 千年處理場 水溫測定值



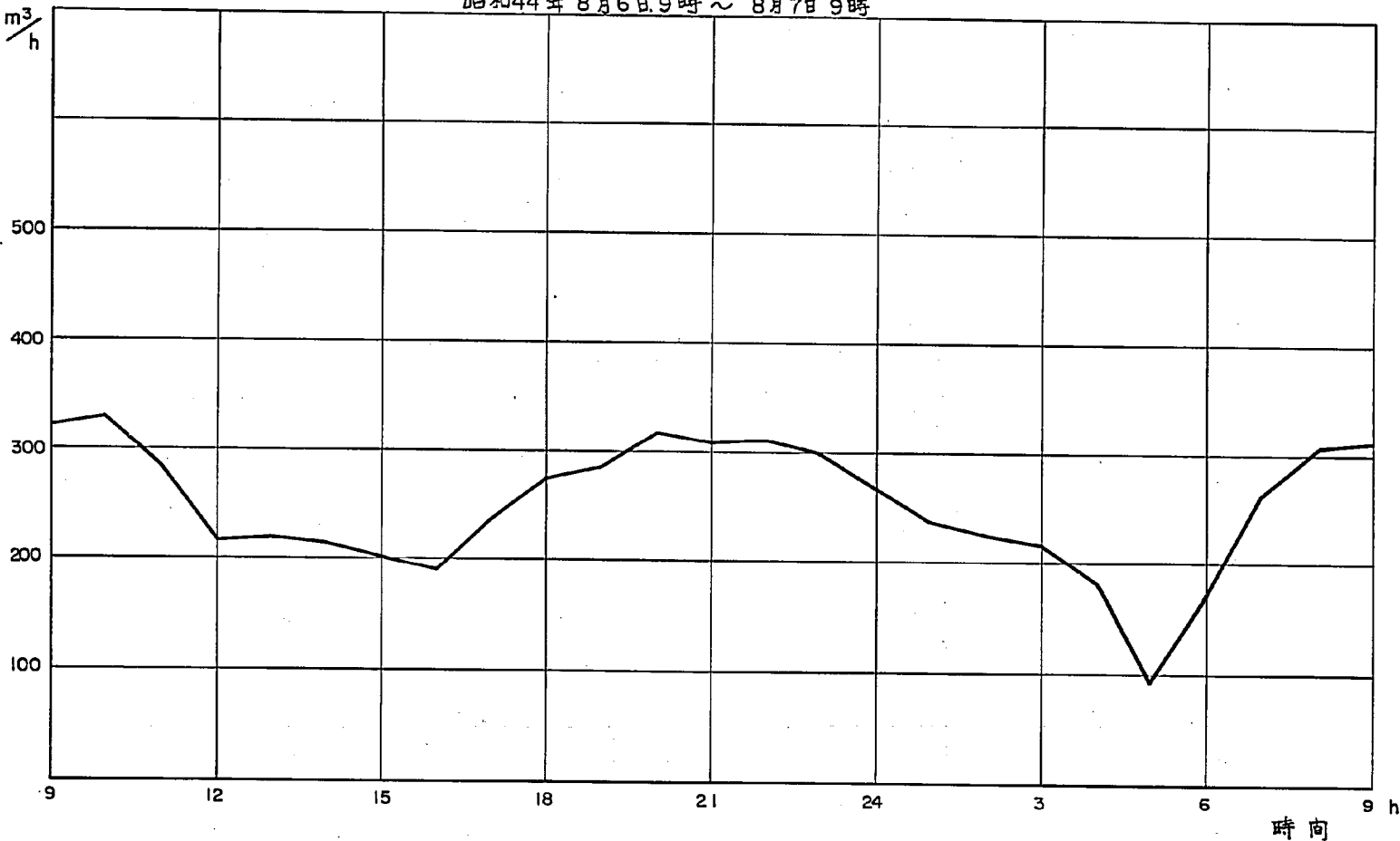
附圖 7 - 1

西山下水处理場 汚水流入量

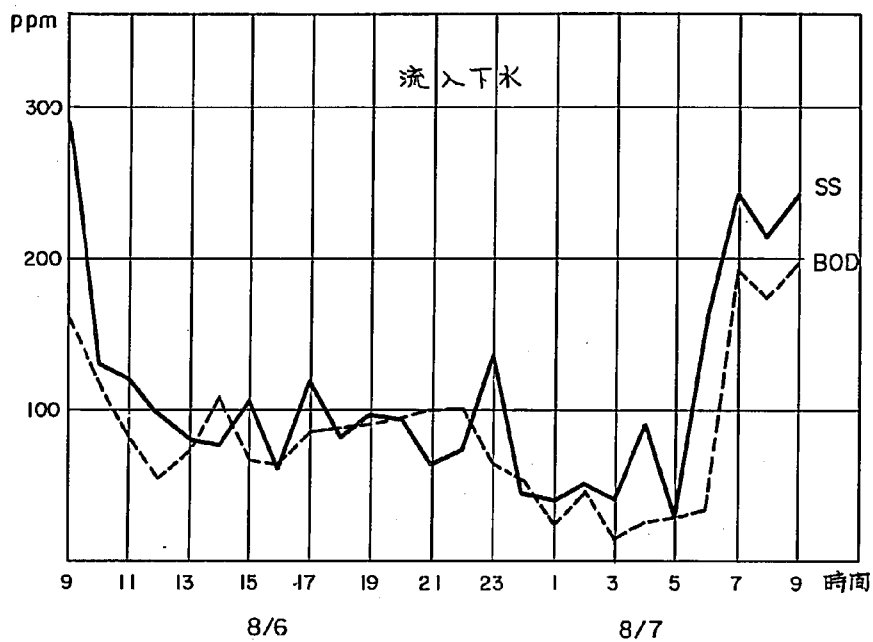
流量  
 $\text{m}^3/\text{h}$

昭和44年 8月6日 9時 ~ 8月7日 9時

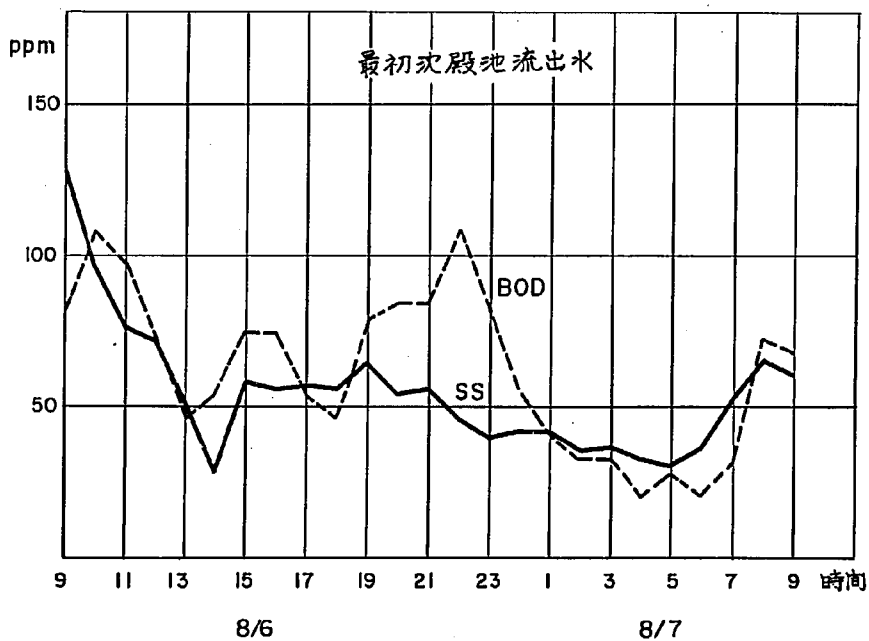
- 157 -



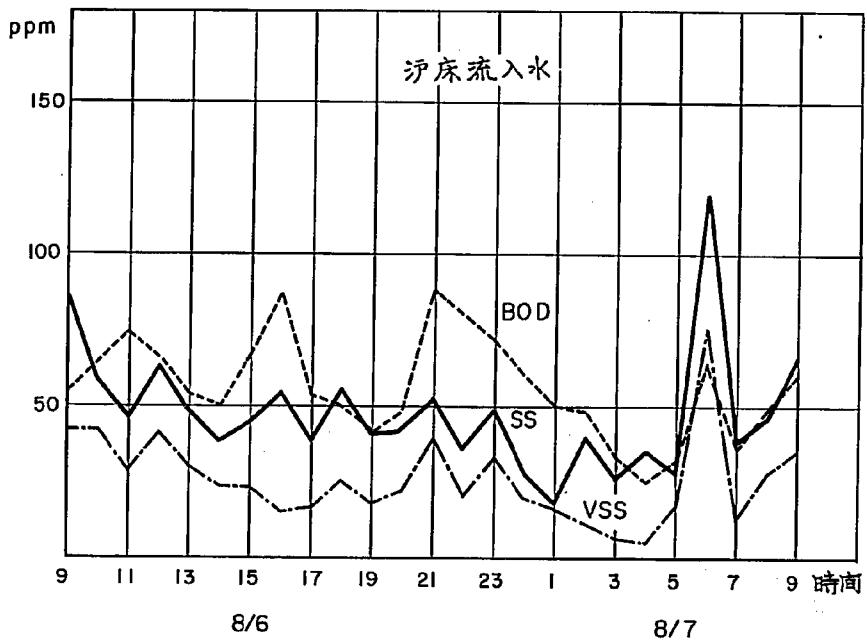
附图 7-2 西山处理场



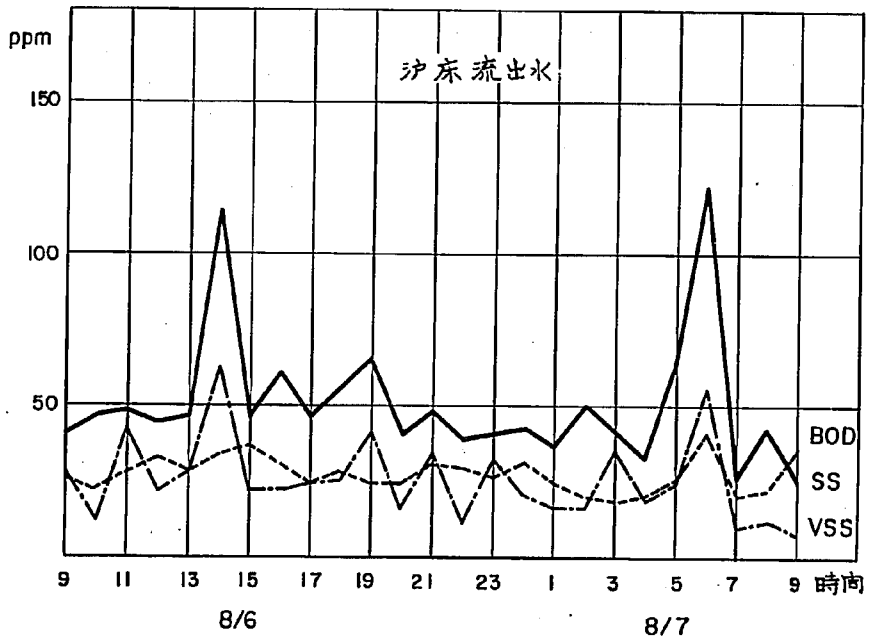
附图 7-3 西山处理场



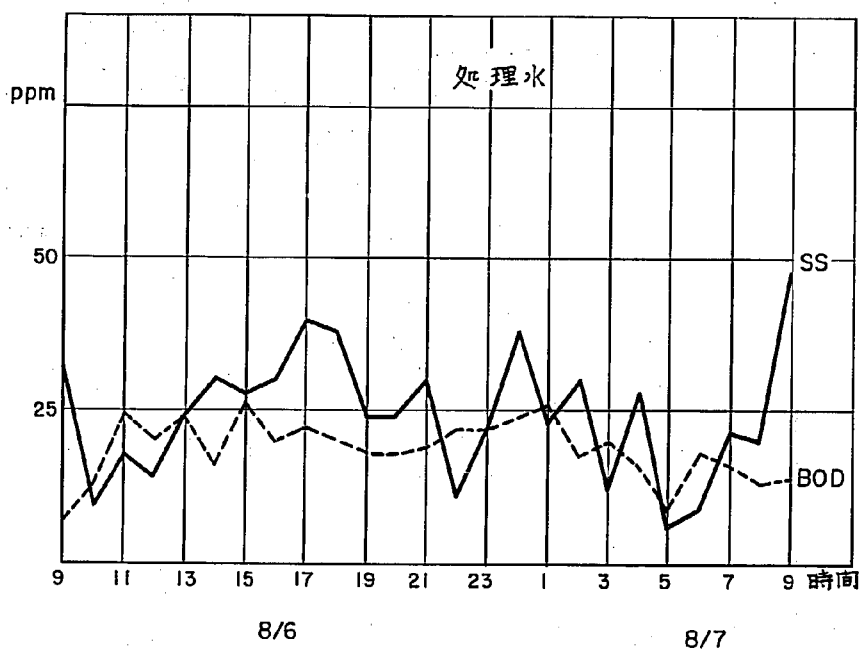
附圖 7 - 4 西山处理場



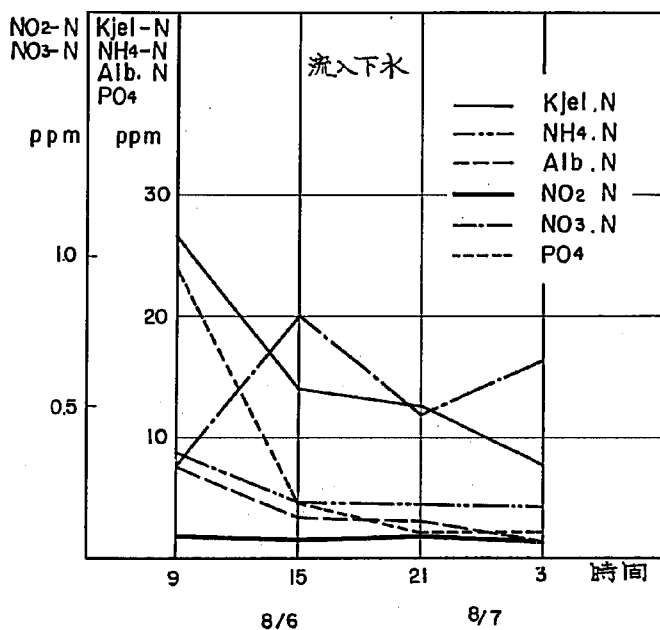
附圖 7 - 5 西山处理場



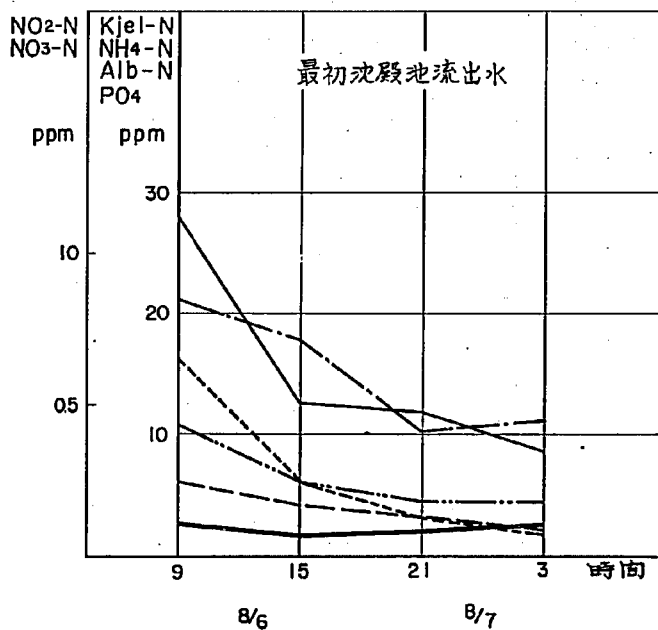
附圖 7 - 6 西山处理場



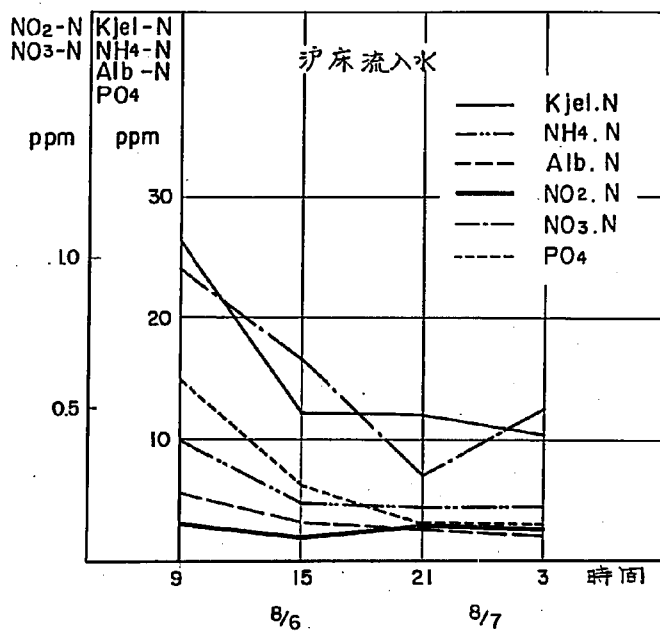
附圖 7-7 西山處理場



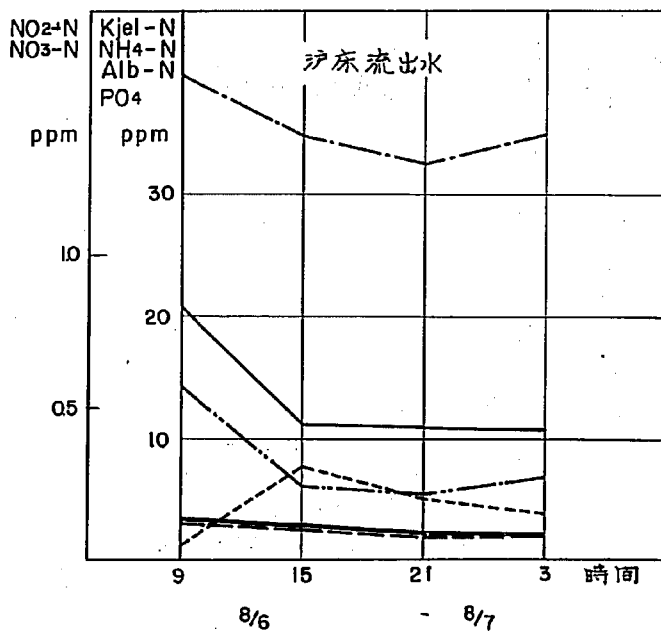
附圖 7-8 西山處理場



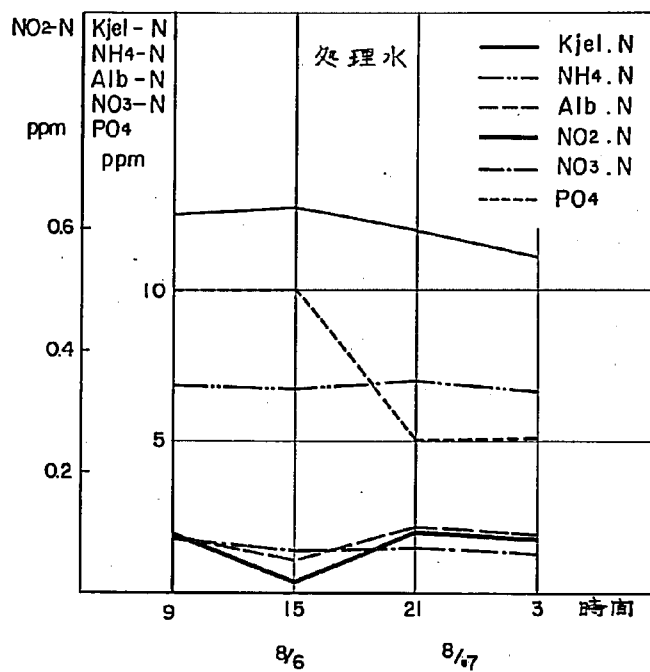
附图 7-9 西山处理场



附图 7-10 西山处理场

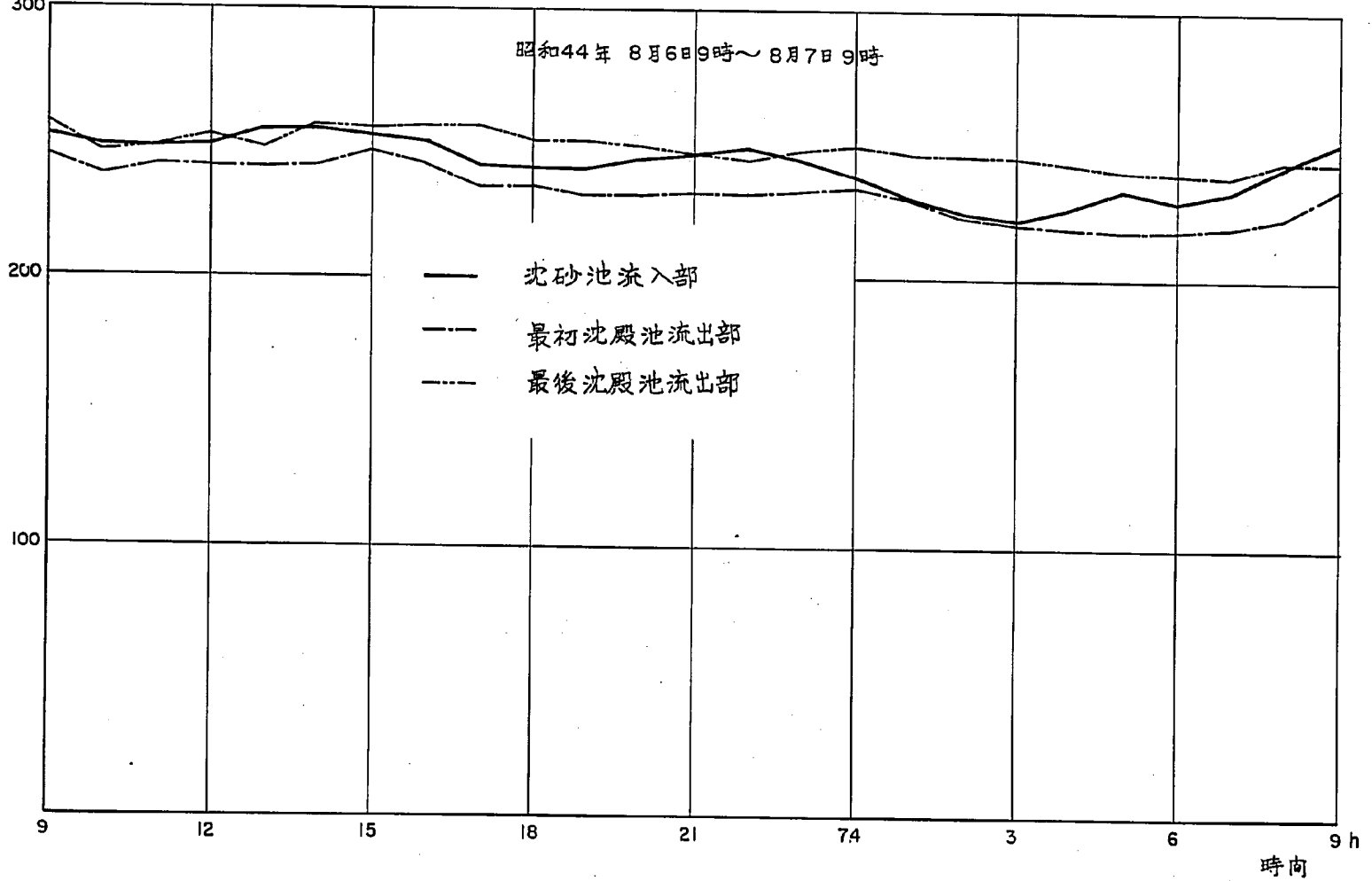


附圖 7 - 11 西山处理場

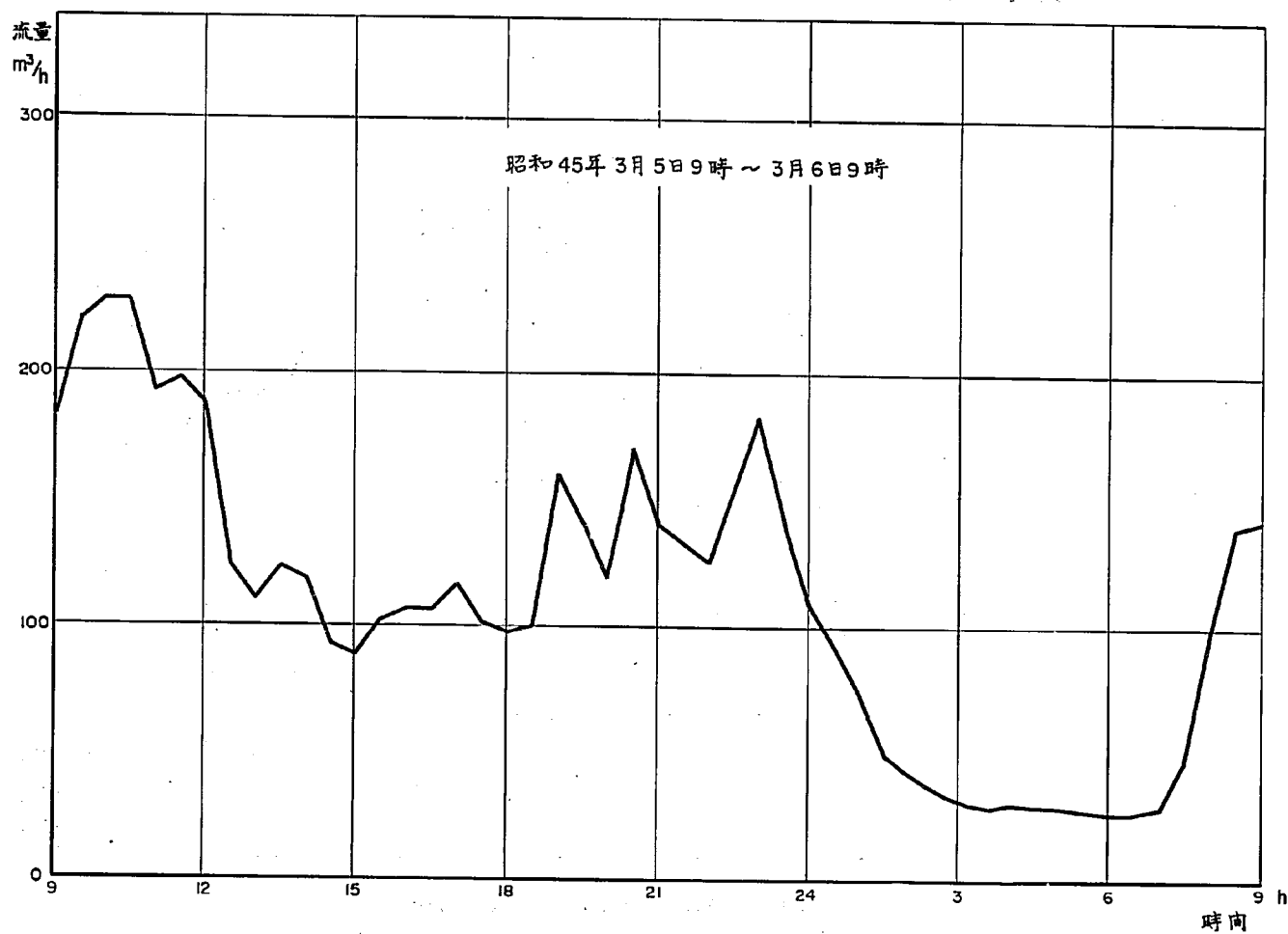


附图 7 - 12 西山水处理场 水温测定值

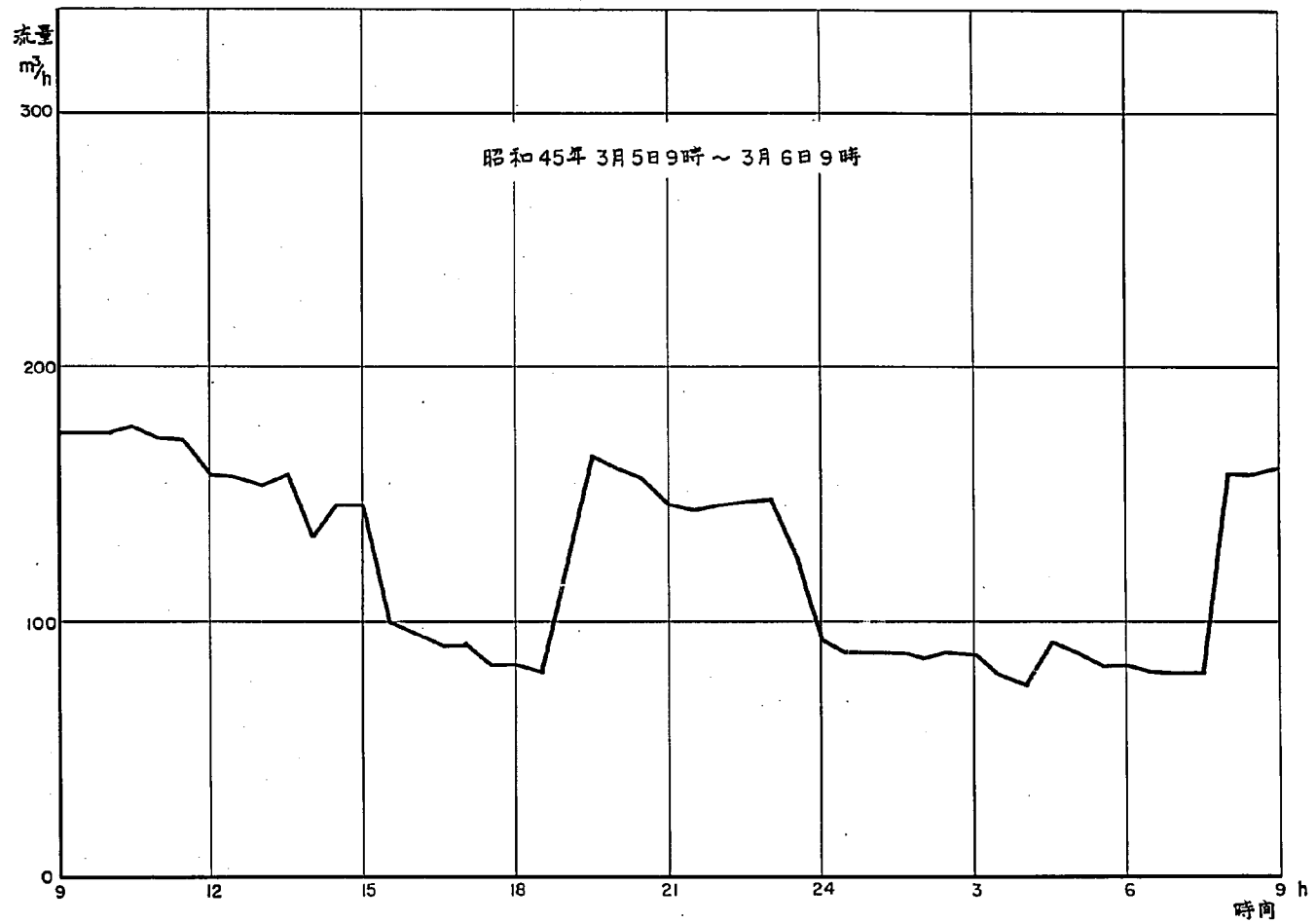
水温  
(°C)



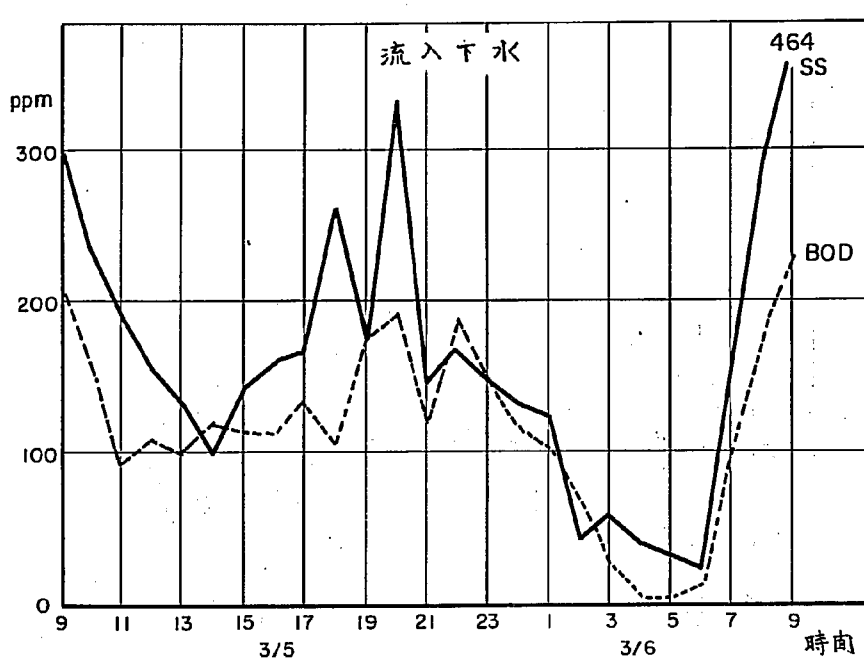
附圖 8 - 1 西山処理場 汚水流入量



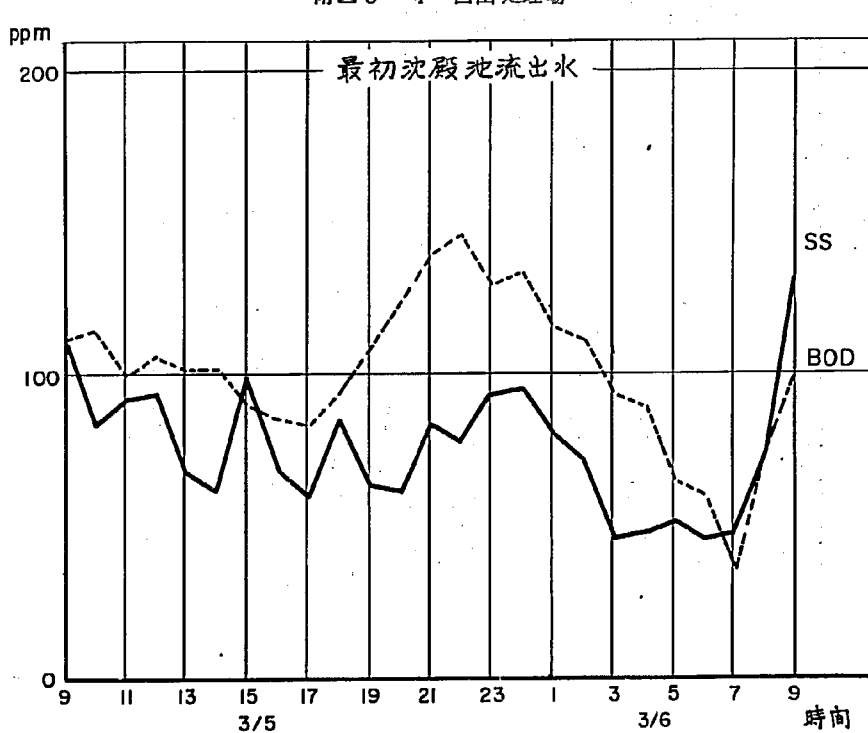
附圖 8 - 2 西山處理場 散水汙床流入量



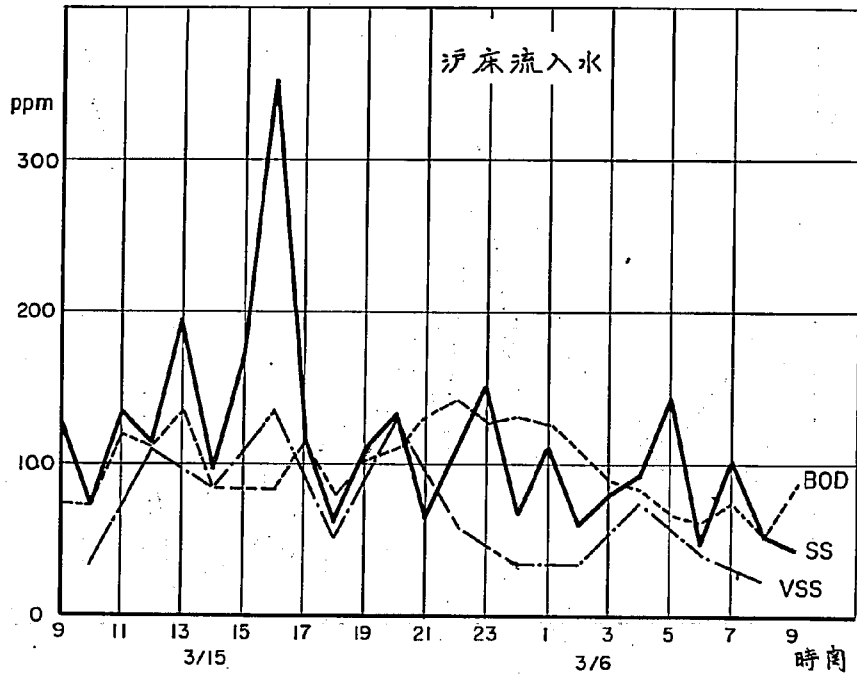
附圖 8-3 西山处理場



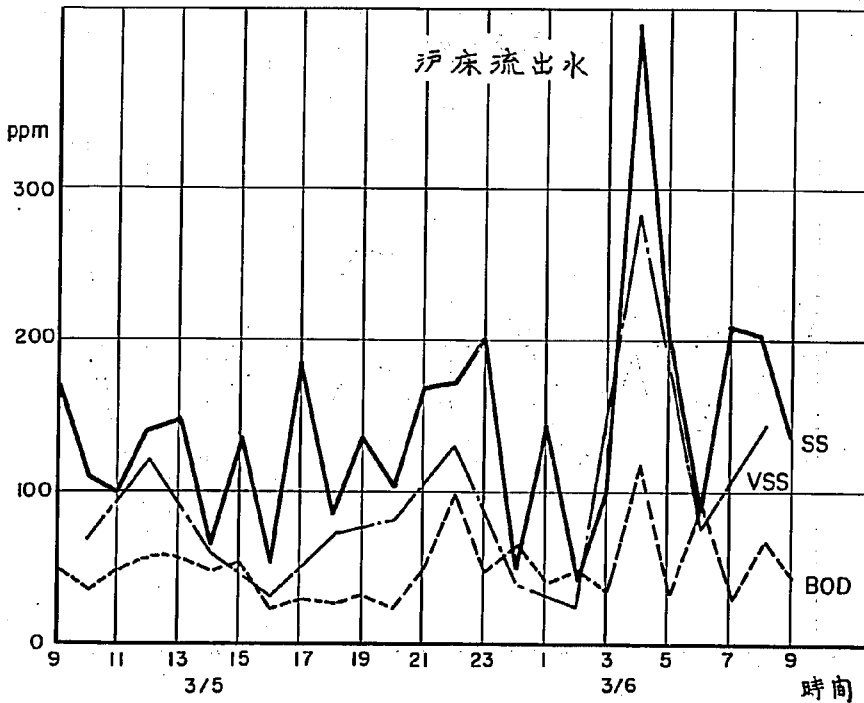
附圖 8-4 西山处理場



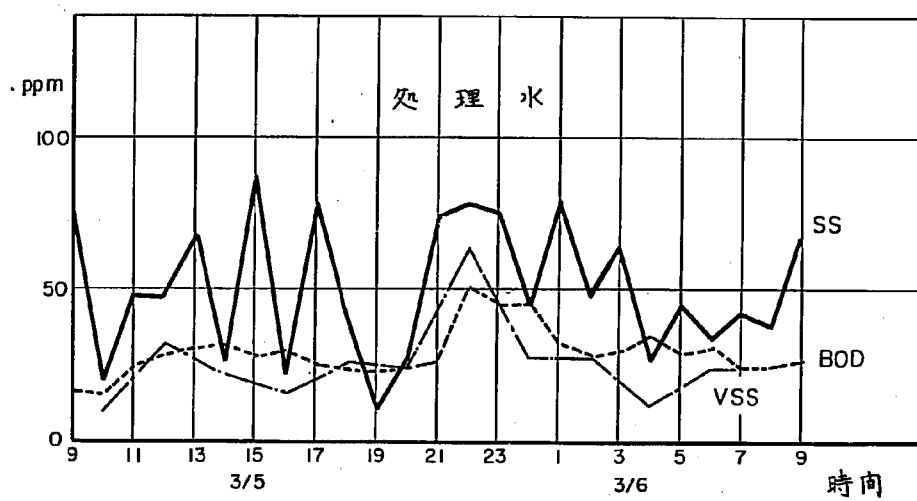
附圖 8-5 西山處理場



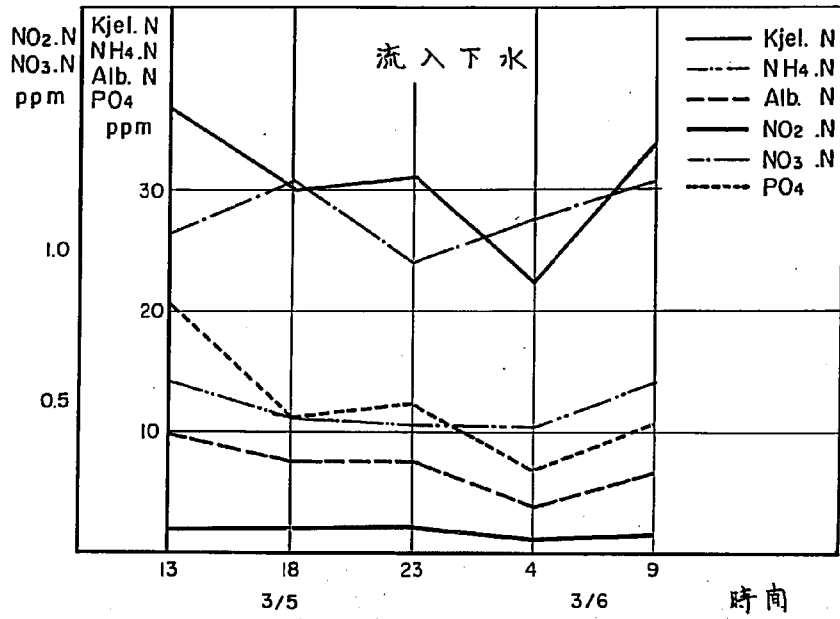
附圖 8-6 西山處理場



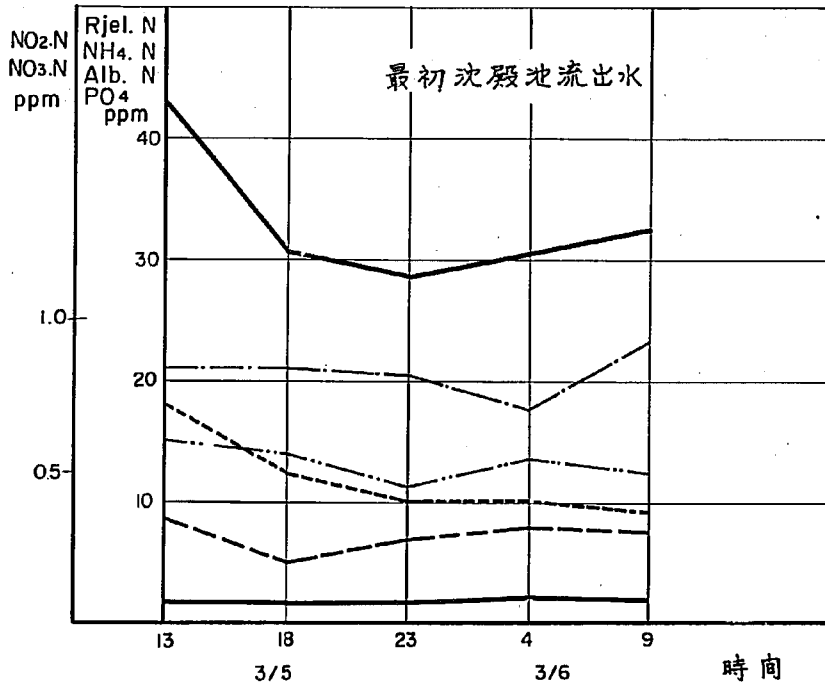
附圖8-7 西山處理場



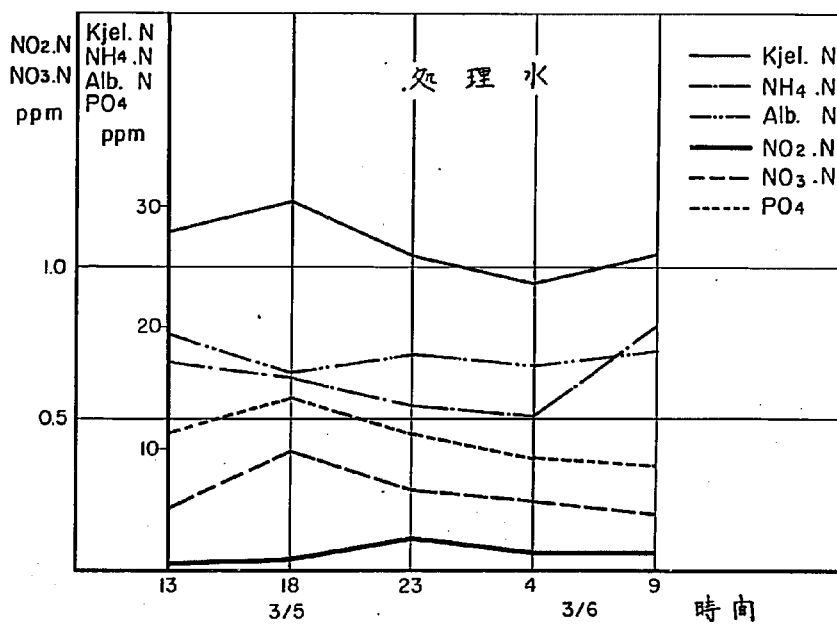
附圖 8 - 8 西山处理場



附圖 8 - 9 西山处理場



附圖 8 - 10 西山處理場



附圖 8-11 西山處理場 水温測定値

