

# 土 木 研 究 所 資 料

## 下水処理施設における微量化学物質の挙動 に関する調査 (1)

昭和61年 3 月

建設省土木研究所  
下水道部水質研究室

Copyright © (1986) by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

# 下水処理施設における微量化学物質の挙動 に関する調査（1）

水 質 研 究 室    安 中 徳 二  
                         渡 部 春 樹  
                         小 森 行 也

## 要 旨

近年、化学物質による環境汚染が社会的な問題となっており、下水道の分野においても、これらの物質の挙動、影響等について関心が高まっている。本調査では、活性汚泥処理実験装置に化学物質を添加し、その挙動と処理に与える影響を調べた。化学物質の挙動は、処理水中に残存するもの、汚泥に吸着するもの、エアレーションにより揮散するもの、生物分解するものなどがある。本報告書は、2,5-DCA, O-CP, クロロホルム、四塩化炭素の挙動についてまとめたものである。

キーワード：化学物質、有機塩素化合物、活性汚泥法、挙動、吸着、生分解、脱着

# 目 次

|                                     | 頁   |
|-------------------------------------|-----|
| 1. はじめに .....                       | 1   |
| 2. 既往文献の調査 .....                    | 2   |
| 2.1 化学物質による環境汚染 .....               | 2   |
| 2.1.1 環境庁での活動 .....                 | 2   |
| 2.1.2 通産省での活動 .....                 | 6   |
| 2.1.3 厚生省での活動 .....                 | 23  |
| 2.1.4 その他の研究 .....                  | 23  |
| 2.2 下水道施設における化学物質 .....             | 31  |
| 2.3 下水処理における揮発性有機汚濁物質の除去と移行 .....   | 36  |
| 3. 微量化学物質の分析方法 .....                | 39  |
| 3.1 環境に存在する微量化学物質の分析方法 .....        | 39  |
| 3.2 実験に供した化学物質の分析方法 .....           | 40  |
| 4. 実験装置 .....                       | 44  |
| 4.1 バッチ式活性汚泥処理実験装置 .....            | 44  |
| 4.2 連続式活性汚泥処理実験装置 .....             | 45  |
| 5. バッチ処理システムにおける 2,5-DCA の挙動 .....  | 46  |
| 5.1 人工下水に 2,5-DCA を添加した室内実験 .....   | 46  |
| 5.2 実下水に 2,5-DCA を添加した室内実験(1) ..... | 53  |
| 5.3 実下水に 2,5-DCA を添加した室内実験(2) ..... | 60  |
| 6. バッチ処理システムにおける OCP の挙動 .....      | 63  |
| 7. バッチ処理システムにおけるクロロホルムの挙動 .....     | 70  |
| 8. バッチ処理システムにおける四塩化炭素の挙動 .....      | 73  |
| 9. 連続処理システムにおける化学物質の挙動 .....        | 80  |
| 10. おわりに .....                      | 97  |
| 参考文献 .....                          | 98  |
| 資 料 .....                           | 101 |

## 1. はじめに

近年、化学物質による環境汚染が社会問題となっている。水道水中のトリハロメタン、地下水中のトリクロロエチレン、魚介類（イガイ、スズキ）からのディルドリンなどが新聞等のマスコミにより大きく報道されている。また、化学物質による環境汚染については、多くの調査・研究報告が学会及び学会誌等に発表されている。<sup>1)~6) 35)</sup> これらの化学物質は毒性が強く、また発ガン性の疑いがあるものもある。<sup>7)~10)</sup> このような環境汚染問題が生じた場合下水処理水中あるいは汚泥中の濃度についても関心の払われるのが通例であり、既にいくつかの報告がみられる。<sup>11)~13)</sup> しかし、我国で最も広く採用されている活性汚泥処理プロセスにおいてどのような挙動をとるかということは、現時点では不明なことが多く、ほとんど解明されていないのが現状である。また、下水処理に与える影響についても不明なことが多い。

本研究では、数種類の有機塩素化合物を選定し、小型バッチ実験装置を用いその挙動を調査するとともに、大型連続実験装置を用い処理に与える影響や、化学物質の処理性を調査している。

本報告書は、これらの調査結果を中間報告として整理したものである。

## 2. 既 住 文 献 の 調 査

### 2.1 化学物質による環境汚染

P C B問題を契機として「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」が昭和48年に制定され同年4月16日施行された。これを骨子として環境庁、通産省、および厚生省を主体に各種行政対策が推進されている。

#### 2.1.1 環境庁での活動<sup>(14)~(16)</sup>

環境庁では、昭和49年以来環境を母体とする化学物質の挙動に関する調査・研究を推進している。この調査・研究は化学物質環境安全総点検調査として現在も引き続き実施されている。この調査は大きく分けて3つの段階から成っている。第1段階は、環境中に残留している可能性が高いと予想される化学物質の選定、第2段階は、これらの物質について環境調査を行ない一般環境中にある程度の濃度と広がりをもって検出される物質（以下、「残留性化学物質」という）の選定、第3段階は残留性化学物質の中から環境汚染の進行を未然に防止するうえで注意深く監視を行う必要があると考えられた物質（以下「要注意化学物質」という）の選定を行ない生物モニタリングを実施することである。

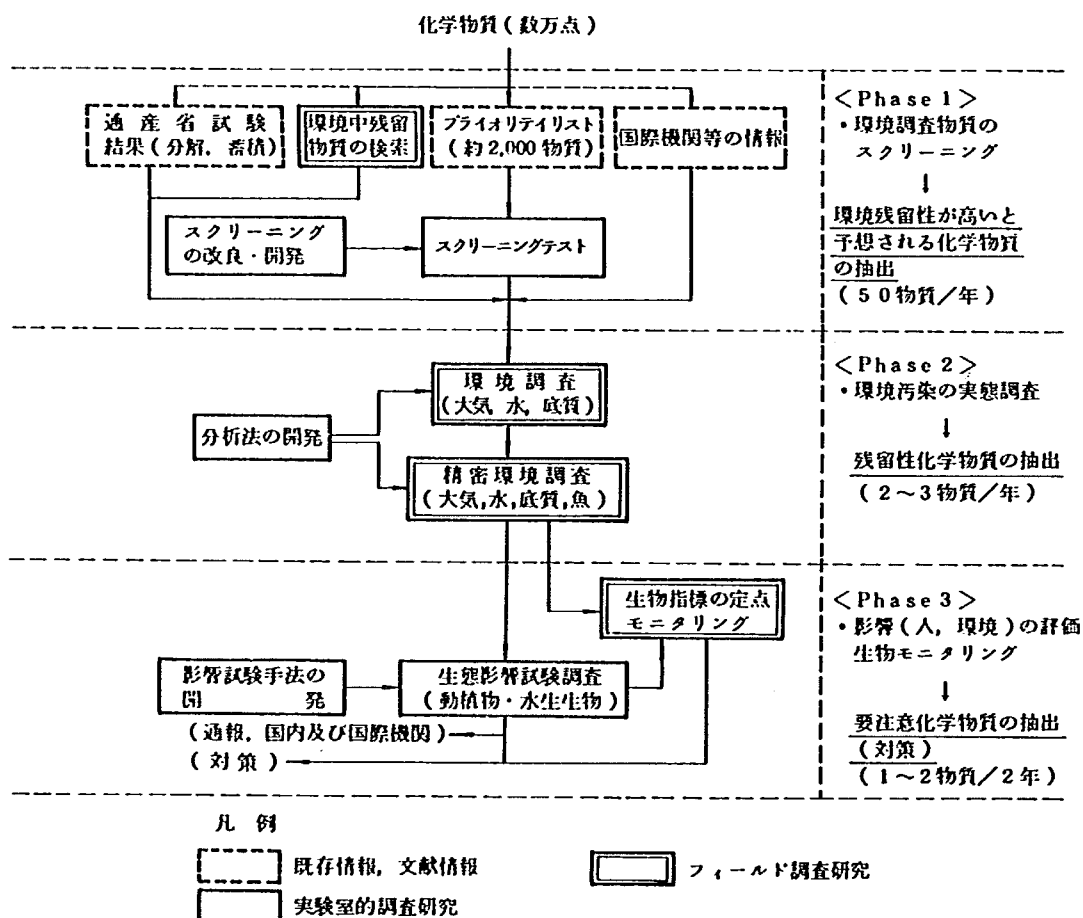


図-2-1 化学物質環境安全性総点検調査

以下にこの概要を述べる。

## 1) 調査対象物質の選定 (第1段階)

数万点あるといわれている化学物質の中から環境調査対象物質を次の項目に従い選定する。

- (1) 既存化学物質名簿に記載されていること。
- (2) 一定以上の毒性を示すことが確認されているか、又は報告されていること。(毒性を示すことが化学構造から推定される場合を含む。)
- (3) 環境中で安定であること又は生物濃縮性が高いことが証明されているか、又は推定されること。
- (4) 我国において相当量が工業的に生産されているか、又は輸入されていて環境中に放出されている可能性があること。
- (5) 使用目的が食品、食品添加物、農薬、肥料、飼料、医薬品、医薬部外品、化粧品、又は医療用具に限定されていないこと。

## 2) 環境調査 (第2段階)

ほぼ日本全国にまたがる40以上の調査地区において、化学物質の環境中の濃度レベルを測定するものであり、1物質当り10～20調査地区で水質及び底質を対象に行なう一般環境調査の結果、残留性化学物質として、抽出されたものについて全調査地区で水質、底質、及び魚類を対象に行なう精密環境調査とからなる。なお、環境調査の試料採取は、工業地域や大都市の周辺地域の場合、原則として工業排水等の直接的な影響を受けにくい場所で行っている。また、一般環境調査の一環として、大気環境調査が実施されている。これは6道県ごとに都市域及び山間域を代表するような地点を設け調査している。

昭和49年度から58年度までの10年間における化学物質環境調査の実施状況は、表-2-1に示すとおりであり、これまで491物質について調査が行なわれてきた。

表-2-1 化学物質環境調査の実施状況

| 年 度                     | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 計(延べ)    |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| 水 質                     | 27 | 37 | 76 | 81 | 48 | 31 | 52 | 79 | 28 | 43 | 487(545) |
| 底 質                     | 21 | 21 | 76 | 79 | 46 | 31 | 50 | 79 | 27 | 43 | 466(516) |
| 魚 類                     | 20 | 21 | 44 | 8  | 8  | 8  | 5  | 2  | 10 | 2  | 104(128) |
| 大 気                     | -  | -  | 2  | 2  | -  | 11 | 15 | -  | -  | 17 | 25( 47)  |
| そ の 他<br>(ブランク)<br>(雨水) | 11 | 15 | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 21( 26)  |
| 計                       | 27 | 37 | 78 | 91 | 56 | 50 | 72 | 81 | 38 | 62 | 491(592) |

(注) { : 同一物質群を対象としていることを示す。(計の算出ではその中の最大値を使う)

( : 水質、底質、魚類を対象とした精密環境調査であることを示す。

元素構成別の内訳は表-2-2のとおりで有機ハロゲン化合物が全体の約36%を占めている。検出状況を表-2-3に示す。491物質の約3割に相当する156物質が何らかの環境媒体から検出されている。検出物質数を濃度レベルランク別に示したものが図-2-2である。これらの検出物質のうち、残留性化学物質と考えられる47物質(表-2-4)については、精密環境調査が実施されており、これら物質に係る調査の結果に基づき、クロロベンゼン類10物質及びクロルデン類5物質が要注意化学物質として、残留性

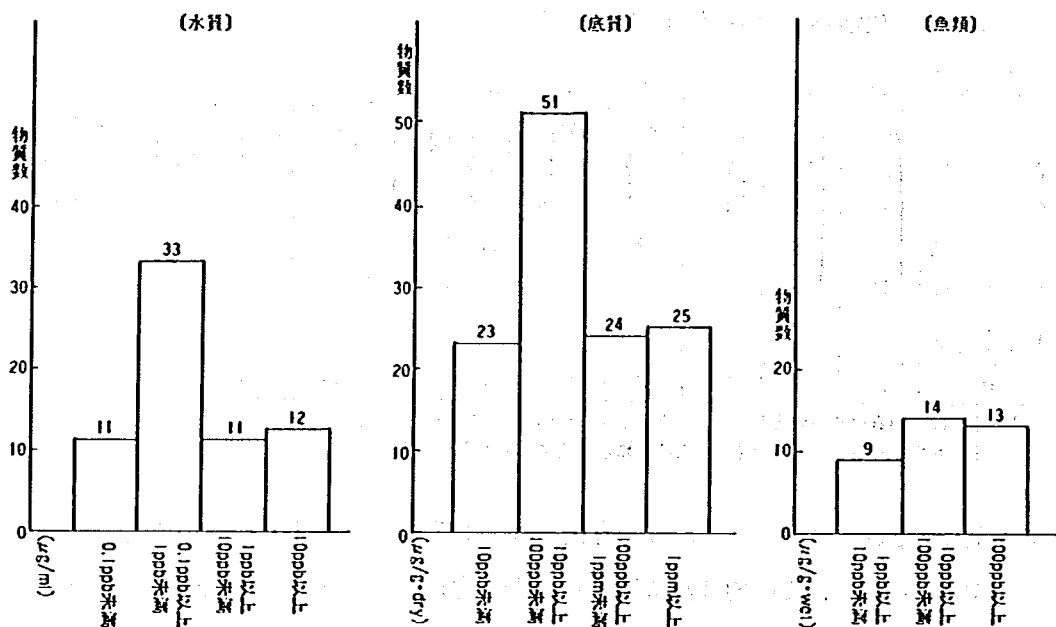
表— 2 — 2 化学物質環境調査の実施状況 (元素構成別)

|                                          | 49～57 | 58 | 計 (構成比)    | 備 考                        |
|------------------------------------------|-------|----|------------|----------------------------|
| 1. 炭化水素 (H, C)                           | 44    | 5  | 49 (10.0)  | プライオリティ・リストとの対応<br>8000 番台 |
| 2. 含酸素炭化水素 (H, C, O)                     | 91    | 9  | 100 (20.4) | 7000 番台                    |
| 3. 含酸素炭化水素 (H, C, O, N)                  | 102   | 10 | 112 (22.8) | 6000 番台                    |
| 4. ハロゲン化合物                               | 170   | 8  | 178 (36.3) |                            |
| (1) H, C, X                              | 98    | 2  | 100 (20.4) | 1000 番台                    |
| (2) H, C, O, X                           | 32    | 5  | 37 (7.5)   | 4000 番台                    |
| (3) H, C, O, N, X                        | 35    | 0  | 35 (7.1)   |                            |
| (4) H, C, O, N, S, X                     | 5     | 1  | 6 (0.1)    |                            |
| 5. 含硫黄化合物 (H, C, O, N, S)                | 24    | 4  | 28 (5.7)   | 5000 番台                    |
| 6. 含燐化合物 (トリエステル系)<br>(H, C, O, N, X, P) | 14    | 4  | 18 (3.7)   | 3000 番台                    |
| 7. 有機金属化合物 (Sn, Si)                      | 4     | 2  | 6 (0.1)    | 2000 番台                    |
| 計                                        | 449   | 42 | 491 (100)  |                            |

表— 2 — 3 検出状況

|         | 水 質 | 底 質 | 魚 類 | 大 気 | 総 数 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 調査物質数   | 487 | 466 | 104 | 25  | 491 |
| 検出物質数   | 67  | 123 | 36  | 23  | 156 |
| 検出割合(%) | 14  | 26  | 35  | 92  | 32  |

(昭和49～58年度)



(注) この図は、検出された化学物質についてその検出最高値についてまとめたものである。したがって、調査地域の水質、底質、魚介類が、すべて図中の濃度レベルにより汚染されていることを示しているものではない。

図— 2 — 2 濃度レベルランク別検出物質数

表-2-4 精密環境調査対象物質

| 年 度 | 物質名 |                                                                                                      |
|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 52  | 8   | ジイソプロピルナフタレン, 1-フェニル-1-(3,4-キシリル) エタン, ターフェル<br>(o,m,p), BHT, TBP, ニトロベンゼン                           |
| 53  | 8   | PCN, PCT, HCB, 2-メルカプトベンゾチアゾール, トリクレジルホスフェート,<br>トリクロロエチルホスフェート, トリスジクロロプロピルホスフェート, トリスプトキシエチルホスフェート |
| 54  | 8   | トリクロロベンゼン3種, ペンタクロロベンゼン, ニトロフェノール3種, α-ナフチルアミン                                                       |
| 55  | 5   | ジイソプロピルナフタレン*, 1-フェニル-1-(3,4-キシリル) エタン*, 1-フェニル<br>-1-(2,4-キシリル) エタン, 塩素化パラフィン, 有機シリコン化合物            |
| 56  | 2   | N-フェニル-1-ナフチルアミン, N-フェニル-2-ナフチルアミン                                                                   |
| 57  | 10  | クロルデン類8種, ヘキサクロロフェン, ヘキサブロモベンゼン                                                                      |
| 58  | 2   | 塩化ベンザルコニウム, シクロヘキシルアミン                                                                               |
| 59  | 6   | トリブチルスズ化合物, ジブチルスズ化合物, アセナフチレン, アセナフテン, フルオレン, ジフェニルメタン                                              |

\*重複を示す。

の経年推移を監視すべく生物モニタリングに回されている。

### 3) 生物モニタリング (第3段階)

人の健康や環境にとって問題があると考えられている化学物質が、生物をどの程度汚染しているかについて系統的かつ定期的に測定調査することにより、化学物質による環境汚染の経年監視を行なうことを目的として行なわれている。

現在は、特定化学物質及びその分解産物12種、要注意化学物質及びその代謝産物22種、合計34種の化学物質が分析測定されている。対象生物及び採取地域は、逐次増加させており、現在は11種、延べ16の生物を14地域で採取している。昭和53年度から58年度までの6年間における生物モニタリングの検出割合一覧を表-2-5に示す。

これらの化学物質による環境汚染の経年的推移については、長期的には各調査対象地点の測定データは、その地点周辺の汚染レベルの経時的推移を明確に示すものとなるが、試料数の制約もあり、また数年間のデータしか集積されていない現段階では、測定データをもって直ちに対象地点ごとにその地域の汚染レベルの増減を判定するには困難な面がある。このため、現在測定データの補正法や測定データの電算機処理による統計解析手法の確立に努めているところであるが、当面これらの測定データについては全国レベルにおけるマクロ的なすう勢の評価を行うにとどめることが適当と考えられる。

表-2-5 生物モニタリング検出割合一覧 (53~58年度)

|                      | 物質名 (検出限界 ppm) | 魚 類     | 貝 類            | 鳥 類           | 備 考         |
|----------------------|----------------|---------|----------------|---------------|-------------|
| PCB<br>及びその類似物質      | PCB            | (0.01)  | 64.7 (172/266) | 72.4 (76/105) | 79 (37/47)  |
|                      | PCN            | (0.02)  | 0 (0/236)      | 0 (0/90)      | 0 (0/40)    |
|                      | HCB            | (0.001) | 55.6 (143/266) | 0 (0/105)     | 49 (23/47)  |
| ドリン類                 | アルドリン          | ( " )   | 0 (0/266)      | 0 (0/105)     | 2 (1/47)    |
|                      | ディルドリン         | ( " )   | 53.0 (141/266) | 56.2 (59/105) | 70 (33/47)  |
|                      | エンドリン          | ( " )   | 3.0 (8/266)    | 29.5 (31/105) | 0 (0/47)    |
| DDT*<br>類            | op'-DDT        | ( " )   | 35.0 (93/266)  | 12.4 (13/105) | 15 (7/47)   |
|                      | pp'-DDT        | ( " )   | 74.1 (197/266) | 89.5 (94/105) | 53 (25/47)  |
|                      | op'-DDE        | ( " )   | 18.4 (49/266)  | 1.9 (2/105)   | 30 (14/47)  |
|                      | pp'-DDE        | ( " )   | 93.6 (249/266) | 90.5 (95/105) | 100 (47/47) |
|                      | op'-DDD'       | ( " )   | 21.4 (57/266)  | 1.0 (1/105)   | 13 (6/47)   |
|                      | pp'-DDD        | ( " )   | 77.4 (206/266) | 60.0 (63/105) | 81 (38/47)  |
|                      | trans-クロルデン    | ( " )   | 48 (24/50)     | 50 (10/20)    | 50 (5/10)   |
| クロルデン類               | cis-クロルデン      | ( " )   | 62 (31/50)     | 70 (14/20)    | 50 (5/10)   |
|                      | trans-ノナクロル    | ( " )   | 74 (37/50)     | 55 (11/20)    | 60 (6/10)   |
|                      | cis-ノナクロル      | ( " )   | 46 (23/50)     | 50 (10/20)    | 50 (5/10)   |
| ⑩<br>HCH<br>類        | オキシクロルデン       | ( " )   | 34 (17/50)     | 25 (5/20)     | 70 (7/10)   |
|                      | α-HCH          | ( " )   | 84.2 (224/266) | 90.5 (95/105) | 79 (37/47)  |
|                      | β-HCH          | ( " )   | 59.8 (159/266) | 52.4 (55/105) | 100 (47/47) |
|                      | γ-HCH          | ( " )   | 49.6 (132/266) | 45.7 (48/105) | 28 (13/47)  |
|                      | δ-HCH          | ( " )   | 1.9 (5/266)    | 1.0 (1/105)   | 11 (5/47)   |
| 塩素化ベンゼン類<br>(Cl=2~5) | o-DCB          | (0.01)  | 2.6 (5/196)    | 0 (0/75)      | 65 (17/26)  |
|                      | m-DCB          | ( " )   | 2.6 (5/196)    | 0 (0/75)      | 19 (5/26)   |
|                      | p-DCB          | ( " )   | 2.6 (5/196)    | 8.0 (6/75)    | 8 (2/26)    |
|                      | 1,2,3-TrCB     | (0.001) | 4.1 (8/196)    | 0 (0/75)      | 4 (1/26)    |
|                      | 1,2,4-TrCB     | ( " )   | 13.3 (26/196)  | 4.0 (3/75)    | 46 (12/26)  |
|                      | 1,3,5-TrCB     | ( " )   | 0 (0/196)      | 0 (0/75)      | 0 (0/26)    |
|                      | 1,2,3,4-TeCB   | ( " )   | 1.0 (2/196)    | 0 (0/75)      | 0 (0/26)    |
|                      | 1,2,3,5-TeCB   | ( " )   | 0 (0/196)      | 0 (0/75)      | 0 (0/26)    |
|                      | 1,2,4,5-TeCB   | ( " )   | 0.5 (1/196)    | 0 (0/75)      | 0 (0/26)    |
|                      | PeCB           | ( " )   | 1.0 (2/196)    | 0 (0/75)      | 0 (0/26)    |
| フタル酸<br>テルキ<br>ン類    | DmBP           | (0.1)   | 0 (0/196)      | 0 (0/75)      | 0 (0/26)    |
|                      | DEHP           | (0.1)   | 0 (0/196)      | 0 (0/75)      | 0 (0/26)    |
|                      | TBP            | (0.01)  | 3.6 (7/196)    | 6.7 (0/75)    | 58 (15/26)  |

⑩:代謝産物

⑪:分解産物

(注) 表中の数値は、%(検出数/検体数)を示す。

53年度から実施  
但し、PCNは  
54年度から実施\*原体:  
pp'-DDT  
70~80%  
op'-DDT  
20~30%

58年度から実施

\*\*原体:trans-クロルデン  
24%  
cis-クロルデン  
19%  
ノナクロル  
7%  
その他 50%

53年度から実施

\*\*\*原体:α 65~70%  
β 6~14%  
γ 10~13%  
δ 5~8%

55年度から実施

2.1.2 通産省での活動<sup>17)</sup>1) 試験方法の概要<sup>18)</sup>

(1) 試験方法:昭和49年7月13日付総理府,厚生省,通商産業省令第1号「新規化学物質に係る試験項目等を定める命令」に基づく昭和49年7月13日付け環保業第5号,薬発第615号,49基局第392号「新規化学物質に係る試験方法について」による。

(2) 試験実施機関:(財)化学品検査協会化学品安全センター

(3) 試験結果の判定:化学品審議会試験判定部会で審議のうえ判定しているが,その際,分解性については,アニリン,低級脂肪酸,低級アルコール,アミノ酸等分解性の良い物質の分解率を,濃縮性について

はポリ塩化ビフェニル、ヘキサクロロベンゼン、ポリ塩化ナフタレンなど濃縮性の高い物質の濃縮率をそれぞれ参考としている。

## 2) 試験結果 (昭和59年12月現在)

### (1) 分解性が良好と判断される物質 (200 物質)

アクリル酸

アクリル酸アミド

アクリル酸エチル

アクリル酸オクチル

アクリル酸ブチル

アクリル酸メチル

アジピン酸・1,3-ブタンジオール重縮合物 (重合度8) の2-エチルヘキサノール及び5- (2-エチルヘキシルオキシカルボニル) ペンタン酸による末端縮合物

3-アセチルオキシフラン-2-オン

アジポニトリル

3-アセチル-6-メチル-2,4 (3H) -ピランジオン (別名: デヒドロ酢酸)

N-アセトアセチル-2-メチルアニリン

N-アセトアセチル-4-メチルアニリン

アセトアニリド

アセトニトリル

アセトフェノン

アニトラキノン

アニソール

4-アミノベンゼン-1-スルホン酸

アリルアルコール

4-アリル-1,2-ジメトキシベンゼン

アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (ソフトタイプ)

アルキルベンゼン (直鎖型)

安息香酸

アントラキノン

イソブタノール

イソフタル酸

イソブチロニトリル

イソプロピルベンジルアルコール

イソプロピルベンゼン

6-ウンデカン

エイコサン  
 エタノール  
 2-エチルヘキサノール  
 2-エトキシエタノール  
 2-エトキシエチルニアセテート  
 エピクロロヒドリン  
 エポキシ化脂肪酸 (C=14~24) グリセライド  
 2,3-エポキシプロピル=フェニル=エーテル  
 塩素化n-アルカン (C=12~20) 酸メチル (平均塩素数=5)  
 オクタデシル=メタクリラート  
 オレイン酸n-ブチル  
 キシレノール  
 キシレン  
 2-キノリンカルボン酸  
 ε-カプロラクタム  
 グリオキサール  
 グリセリン  
 クレゾール  
 P-(クロロアセチルアミノ)安息香酸エチル  
 クロロフェニルメタル  
 α-クロロフマル酸ジエチルエステル  
 クロロメチル=メチル=エーテル  
 ケイ皮アルコール  
 高級アルコール硫酸エステル塩  
 サリチル酸  
 サリチル酸イソアミル  
 ジエタノールアミン  
 1,3-ジオキソフラン-2-オン  
 シクロヘキサノン  
 シクロヘキシルアミン  
 ジクロロ酢酸  
 P-ジクロロベンゼン  
 ジシクロヘキシルアミン  
 ジステアリルチオジプロピオン酸エステル  
 ジフェニルメタノール

ジベンゾイル＝ペルオキシド

ジメチルアミン

3,7－ジメチル－1－ヒドロキシ－2,6－オクタジエン

N,N－ジメチルエタノールアミン

ジラウリルチオジプロピオン酸エステル

スチレン

ステアリン酸

セバシン酸ジオクチル

ソルビタンオレイン酸モノエステル

ソルビタンパルミチン酸モノエステル

ソルビタンラウリン酸モノエステル

チオグリコール酸

2,2'－チオジエタノール

テトラヒドロフラン

α－テルピネオール

テレフタル酸

テレフタル酸＝ジエチル

4－ドデシルアニリン

O－トリクレジルホスフェート

m－トリクレジルホスフェート

P－トリクレジルホスフェート

2,4,6－トリクロロフェノール

(トリクロロメチル) ベンゼン

トリデシルアルコール

2,4,6－トリヒドロキシ－1,3－ジアジン

トリフェニル＝ホスファート

トリブチル＝2－アセトキシ－1,2,3－プロパントリカルボキシラート

2,4,6－トリブromoフェノール

トリメチルアミン

N,N,N－トリメチル－2－ヒドロキシエチルアンモニウムクロライド

2－トリメチルプロパナール

m－トリル＝メチルカルバマート

o－トルイル酸

トルエン

P－トルエンスルホクロリド

P-トリエンスルホン酸  
 ナトリウム=ヒドロキシベンゼンスルホナート  
 1-ナフタレンカルボン酸  
 1-ナフチル=メチルカルバマート  
 2-ナフトエン酸  
 1-ナフトール  
 $\beta$ -ナフトール  
 3-ニトロフェノール  
 O-ニトロ安息香酸  
 P-ニトロ安息香酸  
 ノナコサン  
 ハイドロキノン  
 ビス (2,4-ジクロロベンゾイル) =ペルオキシド  
 N,N-ビス (ヒドロキシエチル) 脂肪酸 (C=6~18) アミド  
 ビス [2 (2-ブトキシエトキシ) エチル] =アジパート  
 ヒドラクリロラクトン (別名:  $\beta$ -プロピオラクトン)  
 ヒドロキシアルカン (C=8~24) スルホン酸ナトリウム塩  
 2-ヒドロキシ-1-ナフトアルデヒド  
 3-ヒドロキシ-5-ヒドロキシメチル-2-メチルイソニコチンアルデヒド  
 2-ヒドロキシピリジン  
 3-ヒドロキシピリジン  
 4-ヒドロキシピリジン  
 2 [(ヒドロキシメチル) アミノ] エタノール  
 ビフェニル  
 2,2'-ビフェニルジカルボン酸  
 ビペリジン  
 ピペロナール  
 ピリジン  
 2,6-ピリジンジカルボン酸  
 ピロカテコール  
 ピロール  
 フェナントレン  
 フェニルアセトニトリル  
 2-フェニルエタノール  
 2-フェニルエチルアミン

1-フェニル-1-キシリルエタン  
2-フェニルフェノール  
フェネトール  
フェノール  
n-ブチルアミン  
sec-ブチル-アルコール  
n-ブチルアルデヒド  
ブチルベンジルフタレート  
2-n-ブトキシエタノール  
1-ブトキン-2-プロパノール  
フルフラール  
1-ヘキサコサノール  
2,4-ヘキサジェン酸 (別名: ソルビン酸)  
ヘキサメチレンアミン  
ヘキサメチレンテトラミン  
N-ベジルアセドアミド  
2,2,2"- (ペルヒドロ-1,3,5-トリアジン-1,3,5-トリイル) トリエタノール  
ベンジルアミン  
ベンゼン  
ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ジイソデシル  
ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ジオクチル  
ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ジシクロヘキシル  
ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ジブチル  
ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ジヘプチル  
ベンゼンスルホン酸  
ベンゼンスルホン酸ナトリウム  
ベンゾイルアミノ酢酸  
ベンゾイン  
ベンゾ- $\alpha$ -ピロン  
ベンゾニトリル  
ベンズアルデヒド  
n-ペンタデカン  
 $\alpha$ -ペンチルシンナムアルデヒド  
ホルムアミド  
ポリオキシエチレンモノアルキルエーテルの硫酸エステル塩 (Na)

ポリ（重合度4～10）オキシエチレン

ポリ（平均重合度40）オキシエチレン＝ドデシル＝エーテル

無水フタル酸

無水マレイン酸

メタクリル酸メチル

2－メチルアニリン

4－メチルアニリン

2－メチル安息香酸

メチルイソブチルケトン

2－（N－メチル－N－オクタデカノイルアミノ）エチルスルホン酸ナトリウム

メチルビフェニル

2－メチルピリジン

N－メチルピロール

1－メチルプロピルアミン

2－メチルプロピルアミン

2－メチル－2,4－ペンタンジオール

4－メチル－3－ペンテン－2－オン

1－メチル－4－（1－メチルビニル）シクロヘキセン

2－メトキシアニリン

4－メトキシアニリン

3－メトキシ－n－ブタノール

3－メトキシ－n－ブチル－アセテート

モノエタノールアミン

モノエチルビフェニル

モノクロロ酢酸

ラウリルジメチルアミン

N－ラウロイルサルコシンナトリウム

硫酸ジエチル

リン酸ジフェニルモノオルソキセニル

レゾルシン

(2) 濃縮性がない、あるいは低いと判断される物質（311物質）

アシッドエロー－23

アシッドレッド－114

4－アセチルアミノ－ベンゼンスルホン酸ナトリウム

N－アセチル－4－エトキシアニリン

2- (2-アミノエチルアミノ) エタノール

2-アミノ-5-クロロ-4-メチルベンゼンスルホン酸

4-アミノ-3- [4'- (2,4-ジアミノフェニルアゾ) -3,3'-ジメチル-4-ビフェニルアゾ]  
-5-ヒドロキシ-6-フェニルアゾ-2,7-ナフタレンジスルホン酸の二ナトリウム塩

4-アミノ-5-ヒドロキシ-2,7-ナフタレンジスルホン酸モノナトリウム塩

7-アミノ-4-ヒドロキシ-2-ナフタレンスルホン酸

4-アミノ-5-ヒドロキシ-3- [4'- (4-ヒドロキシフェニルアゾ) -3,3'-ジメチル-4-  
ビフェニルアゾ] -6-フェニルアゾ-2,7-ナフタレンジスルホン酸の二ナトリウム塩

2-アミノピリジン

3-アミノピリジン

4-アミノピリジン

3-アミノフェノール

3-アミノベンゼンスルホン酸

2-アミノ-5-メチルベンゼンスルホン酸

1-アミノ-2-メトキシ-5-メチルベンゼン

アルキル (C=10~14) (ベンジル) ジメチルアンモニウム=クロリド

(アルキル (C=10~14) ベンジル) トリメチルアンモニウム=クロリド

アルキル (C=6~18) ベンゼン (分枝型)

イソシアヌール酸

2-イソプロピル-6-メチル-4-ピリミジノール

N-エチルアリン

エチル=4,4'-ジクロロベンジラート

N-エチル-p-トルイジン

2-エチルニトロベンゼン

4-エトキシアニリン

2,3-エポキシプロピル=アルカノアート (C=9~11)

塩化亜鉛 (II)

塩化アリル

塩素化パラフィン

4-オクチルオキシ-2-ヒドロキシベンゾフェノン

カルシウム=ビス (トリクロロアセタート)

カルバゾール

3,5-キシリル=メチルカルバマート

キノリン

O-クメニル=メチルカルバマート

O-クロロアニリン  
 1-クロロアンスラキノン  
 2-クロロアンスラキノン  
 O-クロロ安息香酸  
 4-クロロ-O-クレゾール  
 6-クロロ-m-クレゾール  
 5-クロロ-2-{4-クロロ-2-{3,4-ジクロロフェニル}ウレイド}フェノキシ}ベンゼン  
 スルホン酸  
 クロロシクロヘキサン  
 5-クロロ-2-(2,4-ジクロロフェノキシ)フェノール  
 5-クロロ-3-(1,5-ジヒドロキシ-2-ナフチルアゾ)-2-ヒドロキシベンゼンスルホン酸  
 のナトリウム塩  
 クロロトリフェニルメタン  
 O-クロロトルエン  
 P-クロロトルエン  
 1-クロロナフタレン  
 4-クロロ-2-ニトロアニリン  
 O-クロロニトロベンゼン  
 P-クロロニトロベンゼン  
 4-クロロ-1-ニトロ-2-(トリフルオロメチル)ベンゼン  
 2-クロロ-4,6-ビス(エチルアミノ)-5-トリアジン  
 2-クロロピリジン  
 m-クロロフェノール  
 P-クロロフェノール  
 2-クロロフェノール  
 クロロメチルアニリン  
 酸化カドミウム(II)  
 酸化クロム(VI)  
 1-シアノグアニジン  
 2,4-ジアミノトルエン  
 4,4'-ジアミノ-5,5'-ジクロロ-3,3'-ビフェニルジスルホン酸  
 ジイソペンチル=エーテル  
 N,N-ジエチルアニリン  
 N,N-ジエチル-m-トルアミド  
 1,4-ジオキサン

ジオクチルスズ＝マレアート

シクロヘキサン

2－（1－シクロヘキセン－1－イル）－1－シクロヘキサノン

4－シクロヘキセン－1,2－ジカルボン酸

2,5－ジクロロアニリン

3,4－ジクロロアニリン

1,2－ジクロロエタン

2,2'－ジクロロジエチルエーテル

ジクロロジフルオロメタン

2,4－ジクロロ－1－ナフトール

N'－（3,4－ジクロロフェニル）－N－メトキシ－N－メチル尿素

2,3－ジクロロフェノール

2,4－ジクロロフェノール

2,5－ジクロロフェノール

2,6－ジクロロフェノール

3,4－ジクロロフェノール

3,5－ジクロロフェノール

ジクロロプロパン

2,2－ジクロロプロピオン酸ナトリウム

3,4－ジクロロ－1－ブテン

3,3'－ジクロロベンジジン

O－ジクロロベンゼン

1,3－ジクロロベンゼン

2,2'－ジクロロ－4,4'－メチルレンジアニリン

4,4'－ジクロロ－2,2'－メチルレンジフェノール

1,3－ジシアノベンゼン

1,4－ジシアノベンゼン

ジナトリウム＝4,4'－ジアミノ－2,2'－スチルベンジスルホナート

ジニトロトルエン

ジニトロベンゼン

4,6－ジニトロ－O－クレゾール

3,4－ジニトロトルエン

1,1－ジヒドロキシメチル－n－ブタノール

9, 10－ジビドロ－8 a, 10 a－ジアゾニアフェナントレン＝ジプロミド（別名：1,1'－エチレン－

2,2'－ビピリジニウム＝ジプロミド）

ジフェニルアミン

ジフェニルエーテル

N,N-ジフェニルグアニジン

2,2'-ジフェニル-2-ヒドロキシ酢酸 (別名: ベンジル酸)

ジフェニルメチル=2-クロロエチル=エーテル

ジブチルスズ=オキシド

1,2-ジブロムエタン

ジブロモクレジルグリシジルエーテル

1,4-ジブロモンゼン

1,2-ジブロモ-3-クロロプロパン

2,3-ジブロモこはく酸

ジベンジルエーテル

ジ-2-ベンゾチアゾリル=ジスルフィド

2-(2,4-ジ-tert-ペンチルフェノキシ)-4'-(ヘプタフルオロプロピルカルボニルアミノ)-3'-ヒドロキシブチルアニリド

2,4-ジメチルアニリン

3,4-ジメチルアニリン

N,N-ジメチルアニリン

3-[2-(3,5-ジメチル-2-オキソ-1-シクロヘキシル)-2-ヒドロキシエチル] グルタリイミド

ジメチルスルホキサイド

3,3'-ジメチル-N,N'-ビス(3-オキソブチリル) ベンジジン

2,6-ジメチルピペリジン

2,2-ジメチル-1,3-プロパンジオール

3,3'-ジメチルベンジジン

ジメチルホルムアミド

O,O-ジメチル=S-(N-メチルカルバモイルメチル)=ジチオホスファード

4,4'-ジメトキシジフェニルアミン

ソルベントレッド-24

ターフェニル

チオ尿素

4,4'-チオビス-(6-tert-ブチル-m-クレゾール)

チオフエン

ディスパーズエロー-64

ディスパーズブルー-143

デカシブロモジフェニル

デカブロモジフェニルエーテル

テトラクロロイソフタロニトリル

1,1,2,2-テトラクロロエタン

テトラクロロエチレン

テトラクロロメタン

2,3,4,6-テトラクロロフェノール

テトラナトリウム=4-アミノ-5-ヒドロキシ-3,6-ビス〔4-〔2-(オキシドスルホニルオキシ)エチルスルホニル〕フェニルアゾ〕-2,7-ナフタレンジスルホナート

テトラナトリウム=2,4-ビス〔4-(4,8-ジスルホナト-2-ナフチルアゾ)-3-メチルアニリン〕-6-(2-ヒドロキシエチルアミノ)トリアジン

テトラヒドロ-1,4-オキサジン

テトラヒドロチオフェン-1,1-ジオキサイド

テトラヒドロナフタリン

1,1,2,2-テトラブロモエタン

テトラメチルチウラムジスルフィド

ドデカクロロドデカヒドロジメタノジベンゾシクロオクテン

トリアリルアミン

2,4,6-トリアミノ-1,3,5-トリアジン

トリアリル=ホスファート

トリエタノールアミン

トリオクチルアミン

トリ-p-クメニル=ホスファート

O-トリエンスルホンアミド

2,4,6-トリクロロアニリン

1,3,5-トリクロロイソシアヌール酸

1,1,1-トリクロロエタン

1,1,2-トリクロロエタン

トリクロロエチレン

2,4,6-トリクロロ-1,3,5-トリアジン

2,4,6-トリクロロニトロベンゼン

トリクロロメタン

2,4,5-トリクロロフェノール

トリシクロ〔5.2.1.0<sup>26</sup>〕デカ-3.8-ジエン

トリス(2-クロロエチル)=ホスファート

トリス (2,3-ジブロモプロピル) = ホスファート  
 1,3,5-トリス (2-ヒドロキシエチル) イソシアヌル酸  
 トリス (2-ヒドロキシプロピル) アミン  
 トリス (ポリオキシプロピレン) グリセリルエーテル (平均分子量約 3,000)  
 2,4,6-トリニトロフェノール  
 トリチル = ホスファート  
 1,5,5-トリメチル-1-シクロヘキセン-3-オン  
 2,4,6-トリメチル-1,3,5-トリオキサン  
 2,4,6-トリメチルフェノール  
 1,2,3-トリメチルベンゼン  
 1,2,4-トリメチルベンゼン  
 トリ ( $\alpha$ -メチルベンジル) フェノール  
 1,3,5-トリメチルベンゼン  
 ナトリウム = ジイソプロピルナフタレンスルホナート  
 ナフタレン  
 2-ナフタレンチオール  
 2,6-ナフタレンジカルボン酸  
 7-ナフタレンジスホナート  
 ナフチオン酸ナトリウム  
 1-ナフチルアミン  
 $\alpha$ -ナフチルアミンスルホン酸  
 1-ナフチル酢酸  
 2-ナフトール-3,6-ジスルホン酸ナトリウム  
 1-ナフトール-4-スルホン酸ナトリウム  
 O-ニトロアニソール  
 2-ニトロアニリン  
 3-ニトロアニリン  
 4-ニトロアニリン  
 3-ニトロ安息香酸  
 3-ニトロ-p-クレゾール  
 5-ニトロ-o-クレゾール  
 4-ニトロ-m-クレゾール  
 2-ニトロ-p-クレゾール  
 4-ニトロクロロベンゼン-2-スルホン酸ナトリウム  
 N-ニトロソジフェニルアミン

1-ニトロソ-2-ナフトールの1:3型コバルト(Ⅲ)錯塩

O-ニトロトルエン

3-ニトロトルエン

P-ニトロトルエン

4-ニトロフェニルメチルエーテル

O-ニトロフェノール

P-ニトロフェノール

3-ニトロフタル酸

ニトロベンゼン

m-ニトロベンゼンスルホン酸ナトリウム

5-ニトロベンゾイミダゾール

ノニルフェノール

バットブルー-1

バラオクチルフェノール

ピグメントエロー-12

ピグメントオレンジ-13

ピグメントグリーン-7

ピグメントブルー-15

ピグメントレッド-53

ビス(2-アミノエチル)アミン

N,N'-ビス(2-アミノエチル)エチレンジアミン

1,3-ビス(アミノメチル)ベンゼン

N,N-ビス(オクチルフェニル)アミン

ビス(3,5-ジ-tert-ブチル-ピドロキシフェニル)メタン

2,2-ビス{3,5-ジブromo-4-(2-ヒドロキシエトキシ)フェニル}プロパン

ビス{N-[4-{4-(ジメチルアミノ)- $\alpha$ -フェニルベンジリデン}-2,5-シクロヘキサジェン-1-イリデン]-N,N-ジメチルアンモニウム}=オキサラート

4,4'-ビス(ジメチルアミノ)ベンゾフェノン

2,2-ビス(4'-ヒドロキシ-3,5'-ジブromoフェニル)プロパン

N,N-ビス(5-ヒドロキシ-7-スルホナフタリン-2-イル)尿素の二ナトリウム塩

2,2-ビス(4-ヒドロキシフェニル)プロパン

ビス[ピペリジノ(チオカルボニル)]=テトラスルフィド

1,4-ビス(ベンゾイルオキシイミノ)-2,5-シクロヘキサジェン

2,4,6-[N,N-ビス(メトキシメチル)アミノ]1,3,5-トリアジン

1-ヒドロキシ-7-アミノ-3-ナフタレンスルホン酸

2-(2-ヒドロキシ-3,5-ジ-tert-ブチルフェニル)-5-クロロベンゾトリアゾール  
 3-ヒドロキシ-2-ナフトエ酸  
 7-ヒドロキシ-1,3-ナフタリンジスルホン酸カリウム塩  
 2-ビフェニルアミン  
 ピペラジン  
 2-(N-フェニルアミノ)-1-ナフタレン  
 1-フェニルエチルアミン  
 3-フェニルカルバモイル-2-ヒドロキシナフタレン  
 フェノチアジン  
 フタロニトル  
 2-ブタノン=オキシム  
 tert-ブチルアルコール  
 2-tert-ブチル-4-(2,4-ジクロロ-5-イソプロホキシフェニル)-1,3,4-オキサジアゾリ  
 ン-5-オン  
 ブチルナフタレンスルホン酸ナトリウム  
 P-tert-ブチルフェノール  
 tert-ブチル=メタクリラート  
 フラン  
 フルオレスセント 260  
 4-ブロモ-2,5-ジクロロフェノール  
 β-ブロモスチレン  
 O-ブロモフェノール  
 4-(α-ブロモプロピオニルアミノ)-アンチピリン  
 ブロモベンゼン  
 ベイシックエロー-2  
 ヘキサクロロエタン  
 1,4,5,6,7,7-ヘキサクロロビシクロ〔2,2,1〕-5-ペンテン-2,3-ジカルボン酸  
 n-ヘキサデカン  
 ヘキサブロモベンゼン  
 2,2,4,4,6,8,8-ヘプタメチルノナン  
 ペンタクロロフェニル=ラウラート  
 ペンタクロロフェノール  
 ベンジルトリメチルアンモニウム=クロリド  
 4-ベンジルフェノール  
 ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ジイソデシル

ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ジオクチル  
 ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ジブチル  
 ベンゼン-1,2-ジカルボン酸ジヘプチル  
 ベンゼンスルホンアミド  
 ベンゼントリカルボン酸トリス (2-エチルヘキシル)  
 7,12-ベンゾ [a] アントラキノ  
 7H-ベンゾ [d, e] アントラセン-7-オン (別名: ベンゾアントロン)  
 ベンゾフェノン  
 ペンタエリスリトール  
 n-ペンタデカン  
 ペンタブロモトルエン  
 ポリ (重合度=10) オキシエチエンP-ノニルフェニルエーテル  
 ポリオキシエチレン=ノニルフェニル=エーテル  
 ポリビニルアルコール  
 N-メチルアセトアニリド  
 N-メチルアニリン  
 4- (メチルアミノ) 安息香酸  
 α-メチルスチレン  
 3-メチルチオフェン  
 N-メチル-o-トルイジン  
 N-メチル-m-トルイジン  
 1-メチルピペリジン  
 4- (1-メチルプロピル) フェノール  
 メチル=2-ベンゾイルベンゾアート  
 4,4'-メチレンジアニリン  
 1-メトキシナフタレン  
 3-メトキシニトロベンゼン  
 4-メトキシ-tert-ブチルフェノール  
 2-メルカプトベンズイミダゾル  
 2-メルカプトベンゾチアゾール  
 2-メルカプトイミダゾリン  
 モノクロロベンゼン  
 モノチオリン酸O,O-ジエチル-O- (2-イソプロピル-4-メチル-6-ピリミジニル)  
 モノチオリン酸O,O-ジメチル-O- (3-メチル-4-ニトロフェニル)  
 硫酸亜鉛

- リン酸二トリス (1,3-ジクロロ-2-プロピル)
- リン酸二トリブチル
- (3) 濃縮性が中程度と判断される物質 (37物質)
- アントラセン
- イソプロピルデカリン
- イソプロピルナフタレン
- 2-エチルアントラキノン
- O-エチル=O- (4-ニトロフェニル) =フェニルチオホスホナート
- 塩化水銀 (II) (別名：昇永)
- ジイソプロピルナフタレン
- ジイソプロピルベンゼン
- ジエチルビフェニル
- ジェフェニルメタン
- 1,5,9-シクロドデカトリエン
- シクロドデカン
- 2,6-ジシクロヘキシルフェノール
- 2,6-ジ-tert-ブチル-P-クレゾール
- 3,5-ジ-tert-ブチルビフェニル-4-オール
- N,N'-ジフェニル-P-フェニレンジアミン
- ジベンジルトルエン
- ジベンゾフラン
- 水素化テルフェニル
- 2,2',3,3'-テトラクロロ-4,4'-ジアノジフェニルメタン
- 1,2,3,4-テトラクロロベンゼン
- 1,2,4,5-テトラクロロベンゼン
- トリイソプロピルナフタレン
- 2,4,6-トリクロロフェニル- (4'-ニトロフェニルエーテル)
- トリクロロベンゼン
- 1,1-ビス (P-クロロフェニル) -2,2,2-トリクロロエタノール
- ビス (2,3,3,3-テトラクロロプロピル) エーテル
- N-フェニル-1-ナフチルアミン
- 5-tert-ブチル-2,4,6-トリニトロ-m-キシレン
- 1(a), 2(a), 3(a), 4(e), 5(e), 6(e)-ヘキサクロロシクロヘキサン (別名：r-BHC)
- ヘキサブromoジフェニルエーテル
- 4- (4-ヘキシルフェニル) ベンゾニトリル

ベンジル-P-キシレン

ペンタクロロベンゼン

2-ペンチルアントラキノン

ポリ塩化トリフェニル

モノチオリン酸O,O-ジエチル-O-(3,5,6-トリクロロ-2-ピリジル)

#### (4) 分解性が良好でなく、かつ濃縮性が大きいと判断される化学物質 (10物質)

酸化第二水銀

1,1,1-トリクロロ-2,2-ビス(4-クロロフェニル)エタン (別名: DDT)

2,4,6-トリ-tert-ブチルフェノール

2,4,6-トリブromoフェニル(2-メチル-2,3-ジブromoプロピル)エーテル

1,2,3,4,10,10-ヘキサクロロ-6,7-エポキシ-1,4,4a,5,6,7,8,8a-オクタヒドロ-endo-1,4-endo-5,8-ジメタノナフタレン (別名: エンドリン)

1,2,3,4,10,10-ヘキサクロロ-6,6-エポキシ-1,4,4a,5,6,7,8,8a-オクタヒドロ-exo-1,4-endo-5,8-ジメタノナフタレン (別名: ディルドリン)

1,2,3,4,10,10-ヘキサクロロ-1,4,4a,5,8,8a-ヘキサヒドロ-exo-1,4-endo-5,8-ジメタノナフタレン (別名: アルドリン)

ヘキサクロロベンゼン (HCB)

ポリ塩化ビフェニル (2~10塩素化物)

ポリクロロナフタレン (PCN)

### 2.1.3 厚生省での活動

厚生省は動物実験による毒性に関する調査試験を担当しているが、過去、現在までにどのような物質について試験を実施したかについて一切公表されていない。これは試験対象物質を公表しただけでも社会的不安をまねく恐れがあるためとされている。生分解性が悪く、生物濃縮性のある物質について毒性試験を行っているものと推定されるが、現在までに毒性が問題になったのはPCB、ポリ塩化ナフタレン、ヘキサクロロベンゼンと考えられ、これらの物質は既に特定化学物質に指定され、原則としてその製造又は輸入が禁止されている。

### 2.1.4 その他の調査、研究

化学物質による環境汚染の実際は、前述した中央省庁による活動の他、様々な調査、研究がなされ、学会あるいは学会誌等に報告されている。ここでは、その一部を紹介する。

#### 1) トリクロロエチレン等による地下水汚染<sup>2)</sup>

有機塩素化合物による地下水汚染が問題となり、環境庁は57年度から地下水汚染実態調査を実施している。(表-2-6~表-2-9)

表-2-6 昭和57年度地下水汚染実態調査結果(水道法基準値またはWHO ガイドラインとの対比)

| 区<br>分<br>物<br>質 | 基準値またはガイドラインを超えた検体数 |                 |                 |                    | 基準値または<br>ガイドライン | 備 考                |
|------------------|---------------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------------|--------------------|
|                  | 浅井戸<br>調査数: 1,083   | 深井戸<br>調査数: 277 | 計<br>調査数: 1,360 | (参考)河川<br>調査数: 139 |                  |                    |
| 硝酸性窒素および亜硝酸性窒素   | 116 (11)            | 3 (1)           | 119 (9)         | 4 (3)              | 10 mg/ℓ          | 水道法水質基準            |
| クロロホルム           | 0 (0)               | 1 (0)           | 1 (0)           | 0 (0)              | 30 µg/ℓ          | WHO ガイド<br>ライン (案) |
| 四塩化炭素            | 2 (0)               | 0 (0)           | 2 (0)           | 0 (0)              | 3 µg/ℓ           | "                  |
| 1,2-ジクロロエタン      | 3 (0)               | 1 (0)           | 4 (0)           | 0 (0)              | 10 µg/ℓ          | "                  |
| 1,1-ジクロロエチレン     | 10 (1)              | 3 (1)           | 13 (1)          | 0 (0)              | 0.3 µg/ℓ         | "                  |
| トリクロロエチレン        | 26 (2)              | 14 (5)          | 40 (3)          | 0 (0)              | 30 µg/ℓ          | "                  |
| テトラクロロエチレン       | 41 (4)              | 12 (4)          | 53 (4)          | 0 (0)              | 10 µg/ℓ          | "                  |
| ベンゼン             | 1 (0)               | 0 (0)           | 1 (0)           | 0 (0)              | 10 µg/ℓ          | "                  |

(注) ( )内は%

表-2-7 昭和57年度地下水汚染実態調査結果(検出状況表)

| 区 分<br>物 質         | 浅 井 戸    |                | 深 井 戸    |                | 計          |                | (参考) 河 川 |                |
|--------------------|----------|----------------|----------|----------------|------------|----------------|----------|----------------|
|                    | 1,083    |                | 277      |                | 1,360      |                | 139      |                |
| 検出検体数              | 検出検体数    | 検出範囲<br>(µg/ℓ) | 検出検体数    | 検出範囲<br>(µg/ℓ) | 検出検体数      | 検出範囲<br>(µg/ℓ) | 検出検体数    | 検出範囲<br>(µg/ℓ) |
| 硝酸性窒素および亜硝酸性窒素     | 980 (90) | 20 ~ 80,000    | 202 (73) | 20 ~ 12,000    | 1,182 (87) | 20 ~ 80,000    | 127 (91) | 20 ~ 25,000    |
| 塩化メチル              | 2 (0)    | 2              | 0 (0)    | -              | 2 (0)      | 2              | 0 (0)    | -              |
| ジクロロメタン            | 5 (0)    | 2 ~ 6          | 1 (0)    | 6              | 6 (0)      | 2 ~ 6          | 9 (6)    | 1 ~ 5          |
| クロロホルム             | 240 (22) | 0.5 ~ 28       | 65 (24)  | 0.5 ~ 31       | 305 (22)   | 0.5 ~ 31       | 40 (29)  | 0.5 ~ 13       |
| 四塩化炭素              | 84 (8)   | 0.05 ~ 2,200   | 47 (17)  | 0.05 ~ 1.7     | 131 (10)   | 0.05 ~ 2,200   | 8 (6)    | 0.05 ~ 0.20    |
| 1,1-ジクロロエタン        | 20 (2)   | 1 ~ 175        | 9 (3)    | 1 ~ 30         | 29 (2)     | 1 ~ 175        | 0 (0)    | -              |
| 1,2-ジクロロエタン        | 14 (1)   | 1 ~ 33         | 2 (1)    | 3 ~ 13         | 16 (1)     | 1 ~ 33         | 1 (1)    | 7              |
| 1,1,1-トリクロロエタン     | 142 (13) | 0.2 ~ 1,600    | 44 (16)  | 0.2 ~ 70       | 186 (14)   | 0.2 ~ 1,600    | 33 (24)  | 0.2 ~ 93       |
| 1,1-ジクロロエチレン       | 10 (1)   | 1 ~ 7          | 3 (1)    | 1 ~ 5          | 13 (1)     | 1 ~ 7          | 0 (0)    | -              |
| cis-1,2-ジクロロエチレン   | 88 (8)   | 1 ~ 537        | 31 (11)  | 1 ~ 338        | 119 (9)    | 1 ~ 537        | 2 (1)    | 1              |
| Trans-1,2-ジクロロエチレン | 15 (1)   | 1 ~ 15         | 5 (2)    | 2 ~ 10         | 20 (1)     | 1 ~ 15         | 0 (0)    | -              |
| トリクロロエチレン          | 289 (27) | 0.5 ~ 4,800    | 90 (33)  | 0.5 ~ 210      | 379 (28)   | 0.5 ~ 4,800    | 54 (39)  | 0.5 ~ 16       |
| テトラクロロエチレン         | 289 (27) | 0.2 ~ 23,000   | 83 (30)  | 0.2 ~ 190      | 372 (27)   | 0.2 ~ 23,000   | 50 (36)  | 0.2 ~ 3.0      |
| ベンゼン               | 3 (0)    | 4 ~ 11         | 0 (0)    | -              | 3 (0)      | 4 ~ 11         | 0 (0)    | -              |
| トルエン               | 12 (1)   | 2 ~ 42         | 8 (3)    | 3 ~ 15         | 20 (1)     | 2 ~ 42         | 2 (1)    | 14             |
| キシレン               | 5 (0)    | 3 ~ 17         | 0 (0)    | -              | 5 (0)      | 3 ~ 17         | 1 (1)    | 3              |
| フタル酸ジ-n-ブチル        | 27 (2)   | 2 ~ 48         | 1 (0)    | 8              | 28 (2)     | 2 ~ 48         | 1 (1)    | 9              |
| フタル酸ジエチルヘキシル       | 40 (4)   | 4 ~ 18         | 5 (2)    | 5 ~ 10         | 45 (3)     | 4 ~ 18         | 4 (3)    | 5 ~ 21         |

(注) ( )内は%

表-2-8 昭和58年度地下水汚染実態調査結果（追跡井戸における検出状況）

| 分 析 項 目                 |                   | トリクロロエチレン     |                       |               |               |               | テトラクロロエチレン    |                       |               |               |               |
|-------------------------|-------------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|
| 集 計 区 分                 |                   | 検 出 数<br>本 数  | ガイドライン<br>を超えた<br>本 数 | 濃 度 の 増 減*1   |               |               | 検 出 数<br>本 数  | ガイドライン<br>を超えた<br>本 数 | 濃 度 の 増 減*1   |               |               |
|                         |                   |               |                       | 減 少           | 横ばい           | 増 加           |               |                       | 減 少           | 横ばい           | 増 加           |
| 検<br>出<br>割<br>合<br>(%) | トリクロロエチレンに係る追跡井戸  | 28/33<br>(85) | 21/33<br>(64)         | 20/33<br>(61) | 3/33<br>(9)   | 10/33<br>(30) | 21/32<br>(66) | 13/32<br>(41)         | 6/32<br>(19)  | 15/32<br>(47) | 11/32<br>(34) |
|                         | テトラクロロエチレンに係る追跡井戸 | 32/39<br>(82) | 12/39<br>(31)         | 19/39<br>(49) | 11/39<br>(28) | 9/39<br>(23)  | 41/42<br>(98) | 32/42<br>(76)         | 20/42<br>(48) | 9/42<br>(21)  | 13/42<br>(31) |
|                         | その他の追跡井戸          | 4/5<br>(80)   | 1/5<br>(20)           | 3/5<br>(60)   | 1/5<br>(20)   | 1/5<br>(20)   | 6/6<br>(100)  | 0/6<br>(0)            | 2/6<br>(33)   | 0/6<br>(0)    | 4/6<br>(67)   |
|                         | 合計（重複*2を除く）       | 53/66<br>(80) | 25/66<br>(38)         | 36/66<br>(54) | 13/66<br>(20) | 17/66<br>(26) | 57/69<br>(83) | 35/69<br>(51)         | 24/69<br>(35) | 22/69<br>(32) | 23/69<br>(33) |

\*1 濃度の増減については、試みに57年度と比べて、58年度に20%以上の増減があった場合を増加または減少とした。

\*2 トリクロロエチレンに係る追跡井戸とテトラクロロエチレンに係る追跡井戸には重複するものがある。

(注) ( )内は調査対象井戸に対する汚染が確認された井戸の割合 (%)

表-2-9 昭和58年度地下水汚染実態調査結果（周辺井戸の検出状況等）

| 集 計 方 法                 |                        | 井 戸 の 本 数 に よ る 集 計 |                       |                 |                       | 地 区 の 数 に よ る 集 計 |                         |               |                         |
|-------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|
| 分 析 項 目                 |                        | トリクロロエチレン           |                       | テトラクロロエチレン      |                       | トリクロロエチレン         |                         | テトラクロロエチレン    |                         |
| 集 計 区 分                 |                        | 検 出 本 数             | ガイドライン<br>を超えた<br>本 数 | 検 出 本 数         | ガイドライン<br>を超えた<br>本 数 | 検出地区数             | ガイドライン<br>を超えた<br>地 区 数 | 検出地区数         | ガイドライン<br>を超えた<br>地 区 数 |
|                         |                        |                     |                       |                 |                       |                   |                         |               |                         |
| 検<br>出<br>割<br>合<br>(%) | トリクロロエチレンに係る追跡井戸の周辺井戸  | 91/222<br>(41)      | 24/222<br>(11)        | 97/221<br>(44)  | 31/221<br>(14)        | 23/32<br>(72)     | 14/32<br>(44)           | 24/32<br>(75) | 13/32<br>(41)           |
|                         | テトラクロロエチレンに係る追跡井戸の周辺井戸 | 139/325<br>(43)     | 13/325<br>(5)         | 212/333<br>(64) | 82/333<br>(25)        | 32/43<br>(74)     | 11/43<br>(26)           | 36/43<br>(84) | 25/43<br>(58)           |
|                         | その他の周辺井戸               | 8/8<br>(100)        | 4/8<br>(50)           | 9/13<br>(69)    | 3/13<br>(23)          | 3/6<br>(50)       | 3/6<br>(50)             | 3/6<br>(50)   | 2/6<br>(33)             |
|                         | 合 計<br>（重複を除く）         | 189/448<br>(42)     | 32/448<br>(7)         | 259/460<br>(56) | 92/460<br>(20)        | 48/69<br>(70)     | 20/69<br>(29)           | 51/69<br>(74) | 32/69<br>(46)           |

57年度の調査結果によれば、トリクロロエチレンが調査した井戸の28%テトラクロロエチレンが27%、1.1.1-トリクロロエタンが14%から検出されている。また、WHOのガイドラインをこえる濃度で検出された井戸は、検出された井戸の数パーセントであった。58年度に実施した追跡調査とその周辺井戸の調査結果によれば、57年度にトリクロロエチレン等による汚染があった井戸では、58年度も汚染が継続していることが確認された。また、周辺井戸においても、WHOのガイドラインを超えて検出される井戸が10~25%あり、地下水汚染は多くの場合、ある程度の広がりをもっていることが認められた。

## 2) 低沸点ハロゲン炭化水素による環境汚染

奥野は<sup>3)</sup>、兵庫県における環境水中及び大気中のハロカーボンを測定し、環境汚染の実態を報告している。

(図-2-3, 図-2-4, 表-2-10~表-2-12)

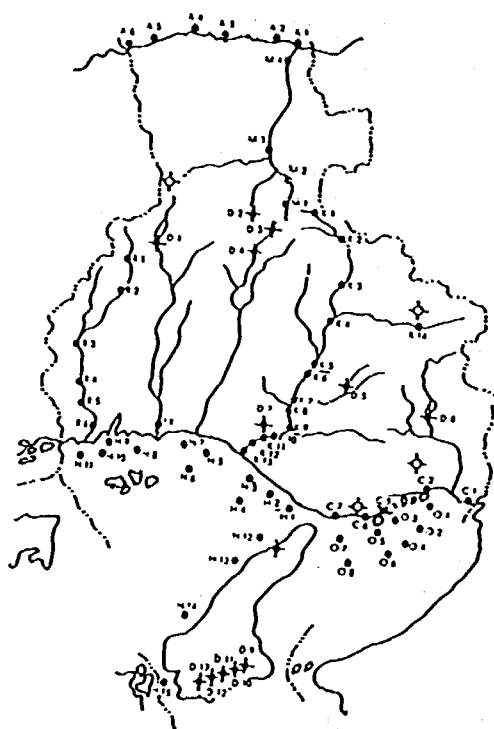


図-2-3 兵庫県における環境水、  
大気試料採取地点

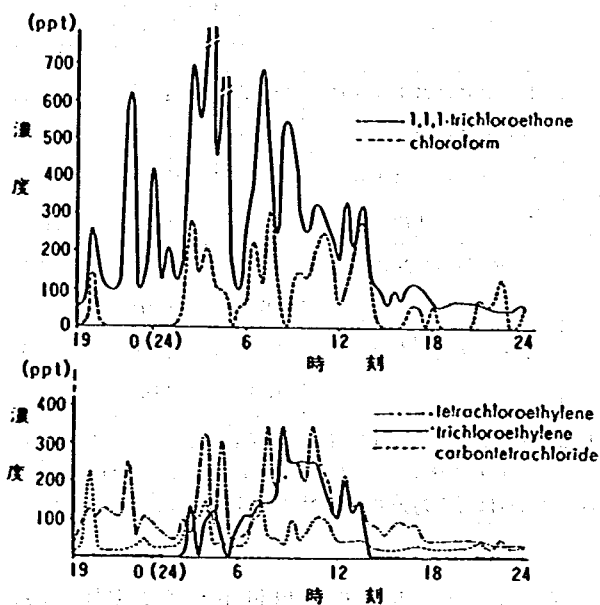


図-2-4 都市大気中のハロカーボンの  
時間変動

表-2-10 海水中のハロカーボン濃度

| 試料No | 塩素化炭化水素 ( $\mu\text{g}/\ell$ ) |                |                               | 臭素化炭化水素 ( $\mu\text{g}/\ell$ ) |                   |
|------|--------------------------------|----------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|
|      | $\text{CHCl}_3$                | $\text{CCl}_4$ | $\text{CCl}_2 = \text{CCl}_2$ | $\text{CHCl}_2\text{Br}$       | $\text{CHClBr}_2$ |
| H-1  | 1300                           | 0.08           | 0.07                          | 0.8                            | 0.3               |
| H-2  | 1100                           | 0.07           | 0.20                          | 0.8                            | 0.2               |
| H-3  | —                              | ND             | 0.05                          | 0.8                            | 0.2               |
| H-4  | 1500                           | 0.54           | 0.22                          | 0.8                            | 0.3               |
| H-5  | 1300                           | 0.08           | 0.04                          | 0.8                            | 0.2               |
| H-6  | 1400                           | 0.55           | 0.66                          | 0.8                            | 0.3               |
| H-7  | —                              | ND             | 0.06                          | 0.9                            | 0.3               |
| H-8  | 1500                           | 0.55           | 0.36                          | 0.8                            | 0.3               |
| H-9  | 1200                           | 0.05           | 1.4                           | 0.8                            | 0.2               |
| H-10 | 470                            | 0.01           | 0.96                          | 0.8                            | 0.3               |
| H-11 | 1100                           | 0.06           | 0.14                          | ND                             | ND                |
| H-12 | 1200                           | 0.05           | 2.5                           | 0.8                            | 0.3               |
| H-13 | 1100                           | ND             | 0.40                          | 0.5                            | ND                |
| H-14 | 740                            | ND             | 0.48                          | 0.5                            | 0.2               |
| H-15 | 160                            | 0.28           | ND                            | ND                             | ND                |
| 平均   | 1082                           | 0.15           | 0.58                          | 0.76                           | 0.2               |
| O-1  | 900                            | 0.06           | 0.19                          | 1.0                            | 0.3               |
| O-2  | 680                            | 0.01           | 0.07                          | 0.7                            | 0.3               |
| O-3  | 770                            | 0.01           | 0.16                          | 0.9                            | 0.3               |
| O-4  | 980                            | 0.06           | 0.05                          | ND                             | 0.2               |
| O-5  | 1400                           | 0.28           | 0.05                          | 0.7                            | 0.2               |
| O-6  | 430                            | ND             | 0.36                          | 0.6                            | 0.2               |
| O-7  | 350                            | ND             | 0.10                          | 0.6                            | 0.2               |
| O-8  | 1200                           | 0.26           | 0.66                          | 0.7                            | 0.2               |
| O-9  | 160                            | 0.28           | ND                            | ND                             | ND                |
| 平均   | 763                            | 0.10           | 0.21                          | 0.74                           | 0.24              |
| A-1  | 0.08                           | 0.20           | ND                            | 0.03                           | 0.2               |
| A-2  | 0.01                           | 0.10           | ND                            | 0.01                           | 0.07              |
| A-3  | 1.3                            | 0.22           | ND                            | 0.04                           | 0.3               |
| A-4  | 0.01                           | 1.6            | ND                            | 0.01                           | 0.02              |
| A-5  | 0.02                           | 0.08           | ND                            | 0.01                           | 0.02              |
| A-6  | 0.04                           | 0.18           | ND                            | 0.02                           | 0.2               |
| 平均   | 0.24                           | 0.40           | ND                            | 0.02                           | 0.14              |

ND: 検出せず

表-2-11 河川水中のハロカーボン濃度

| 試料No | 塩素化炭化水素 ( $\mu\text{g}/\ell$ ) |                |                             | 臭素化炭化水素 ( $\mu\text{g}/\ell$ ) |                   |
|------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------|
|      | $\text{CHCl}_3$                | $\text{CCl}_4$ | $\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$ | $\text{CHCl}_2\text{Br}$       | $\text{CHClBr}_2$ |
| K-1  | 24                             | 0.26           | ND                          | 0.9                            | 0.5               |
| K-2  | 18                             | 0.26           | ND                          | 0.6                            | 0.4               |
| K-3  | 21                             | 0.26           | ND                          | 0.5                            | 0.3               |
| K-4  | 32                             | 0.46           | ND                          | 1.1                            | 1.3               |
| K-5  | 38                             | 0.32           | ND                          | 1.0                            | 1.0               |
| K-6  | 15                             | 0.32           | ND                          | 0.6                            | 0.5               |
| K-7  | 36                             | 0.32           | ND                          | 0.7                            | 0.6               |
| K-8  | 6                              | 0.36           | ND                          | 0.1                            | 0.1               |
| K-9  | 56                             | 0.51           | ND                          | 2.1                            | 1.3               |
| K-10 | 42                             | 0.34           | ND                          | 1.3                            | 1.3               |
| K-11 | 34                             | 0.26           | ND                          | 0.2                            | 1.0               |
| K-12 | 27                             | 0.30           | ND                          | 0.9                            | 0.7               |
| K-13 | 46                             | 0.36           | ND                          | 0.9                            | 0.4               |
| K-14 | 38                             | 0.51           | ND                          | 1.3                            | 0.9               |
| 平均   | 31                             | 0.35           | ND                          | 0.9                            | 0.7               |
| R-1  | 2.2                            | 0.32           | ND                          | 0.2                            | 0.09              |
| R-2  | 2.6                            | 0.36           | ND                          | 0.1                            | 0.05              |
| R-3  | 10.0                           | 0.30           | ND                          | 0.4                            | 0.07              |
| R-4  | 2.2                            | 0.20           | ND                          | 0.1                            | 0.05              |
| R-5  | 2.5                            | 0.26           | ND                          | 0.2                            | 0.09              |
| R-6  | 9.0                            | 0.24           | ND                          | 0.3                            | 0.2               |
| 平均   | 4.8                            | 0.28           | ND                          | 0.2                            | 0.09              |
| M-1  | 1.1                            | 0.08           | ND                          | 0.06                           | 0.02              |
| M-2  | —                              | 0.08           | ND                          | 0.01                           | ND                |
| M-3  | 1.6                            | 0.09           | ND                          | 0.07                           | 0.05              |
| M-4  | 1.7                            | 0.10           | ND                          | 0.09                           | 0.05              |
| 平均   | 1.4                            | 0.09           | ND                          | 0.05                           | 0.03              |

ND: 検出せず

表-2-12 山間部の大気中ハロカーボン濃度

(篠山城跡)

| 試料No | 塩素化炭化水素 (ppb)   |                |                            |                             | 臭素化炭化水素 (ppt)            |                          |
|------|-----------------|----------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
|      | $\text{CHCl}_3$ | $\text{CCl}_2$ | $\text{CHCl}=\text{CCl}_2$ | $\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$ | $\text{CHCl}_2\text{Br}$ | $\text{CHCl}_2\text{Br}$ |
| 1    | 4.6             | 0.76           | 0.20                       | 0.11                        | 0.5                      | 0.03                     |
| 2    | 0.9             | 0.32           | 0.16                       | 0.10                        | 0.9                      | 0.07                     |
| 3    | 0.2             | 0.47           | 0.21                       | 0.13                        | 0.6                      | 0.02                     |
| 平均   | 1.9             | 0.52           | 0.19                       | 0.11                        | 0.7                      | 0.04                     |

(六甲山頂)

|    |     |      |      |      |     |      |
|----|-----|------|------|------|-----|------|
| 1  | 3.0 | 0.76 | 0.10 | 0.15 | 0.7 | 0.10 |
| 2  | 2.2 | 0.75 | 0.20 | 0.10 | 1.9 | 0.04 |
| 3  | 2.9 | 0.72 | 0.18 | 0.07 | 1.0 | 0.01 |
| 平均 | 2.7 | 0.74 | 0.16 | 0.11 | 1.2 | 0.05 |

この報告によれば、播磨灘、大阪湾におけるクロロホルムの濃度が、山陰海岸に比べ、3000～4000倍と高い値となっているが、川からの流入（加古川、千種川）によるものより、海水中における濃縮による可能性が強いことを示唆している。

### 3) 農業による環境汚染

鈴木ら<sup>9)</sup>は、魚介類中の除草剤を測定し、その調査結果を報告している。（表-2-13、表-2-14）日本全国で使用されている除草剤の6割を占めるCNP、X-52、TCNP、モリネート、ベンチオカーブ、ブタクロールについて測定した。市販のシジミの分析結果では、CNPが高濃度で検出されており数ppmであった。また、他の魚介類でもCNPの濃度が一番高い値であり生物濃縮率が高いことが示唆された。

また、鈴木ら<sup>9)</sup>は有機リン系殺菌剤の魚介類中残留についても報告している。河川水中の濃度とシジミの濃度を測定しており、両者に相関がみられることを示している。（図-2-5、図-2-6）

大崎ら<sup>9)</sup>は、有明海産魚介類、海水、底質への農薬の残留を調査し、報告している。（表-2-15～表-2-17）海水から検出されたCNP、クロメトキシニルの最高濃度は、0.035ppb、0.014ppbであった。

表-2-13 市販シジミの除草剤残留値

| 検体名 | 採取月日               | 検体数 | CNP         |                    |        | X-52       |                   |        | TCNP       |                   |        | モリネート      |                 |        | ベンチオカーブ    |                 |        | ブタクロール     |                 |        |
|-----|--------------------|-----|-------------|--------------------|--------|------------|-------------------|--------|------------|-------------------|--------|------------|-----------------|--------|------------|-----------------|--------|------------|-----------------|--------|
|     |                    |     | 検出数(%)      | 濃度ppm              | 平*均ppm | 検出数(%)     | 濃度ppm             | 平*均ppm | 検出数(%)     | 濃度ppm             | 平*均ppm | 検出数(%)     | 濃度ppm           | 平*均ppm | 検出数(%)     | 濃度ppm           | 平*均ppm | 検出数(%)     | 濃度ppm           | 平*均ppm |
| シジミ | S56<br>5.21        | 20  | 20<br>(100) | 0.03<br>~<br>23.64 | 8.26   | 19<br>(95) | 0.03<br>~<br>2.46 | 0.37   | 13<br>(65) | 0.01<br>~<br>0.24 | 0.11   | 0          | —               | —      | 14<br>(70) | 0.1<br>~<br>1.2 | 0.3    | 14<br>(70) | 0.2<br>~<br>3.1 | 0.7    |
| シジミ | S57<br>6.8<br>6.18 | 23  | 23<br>(100) | 0.02<br>~<br>13.31 | 2.60   | 11<br>(48) | 0.01<br>~<br>0.52 | 0.10   | 14<br>(61) | 0.01<br>~<br>0.27 | 0.10   | 13<br>(57) | 0.3<br>~<br>1.8 | 0.5    | 18<br>(78) | 0.1<br>~<br>6.4 | 2.0    | 3<br>(13)  | 0.1<br>~<br>0.4 | 0.2    |

検出限界 CNP、X-52、TCNP……0.01 ppm

\*ndは除外

モリネート、ベンチオカーブ、ブタクロール……0.1 ppm

表-2-14 昭和57年度魚介類の除草剤残留値（シジミを除く）

| 検体名 | 採取月日              | 検体数 | CNP        |                   |        | X-52      |                   |        | TCNP      |       |        | モリネート  |       |        | ベンチオカーブ   |       |        | ブタクロール |       |        |
|-----|-------------------|-----|------------|-------------------|--------|-----------|-------------------|--------|-----------|-------|--------|--------|-------|--------|-----------|-------|--------|--------|-------|--------|
|     |                   |     | 検出数(%)     | 濃度ppm             | 平*均ppm | 検出数(%)    | 濃度ppm             | 平*均ppm | 検出数(%)    | 濃度ppm | 平*均ppm | 検出数(%) | 濃度ppm | 平*均ppm | 検出数(%)    | 濃度ppm | 平*均ppm | 検出数(%) | 濃度ppm | 平*均ppm |
| コイ  | 5.22<br>5.24      | 5   | 3<br>(60)  | 0.03<br>~<br>0.09 | 0.05   | 2<br>(40) | 0.01<br>~<br>0.04 | 0.03   | 0         | —     | —      | 0      | —     | —      | 0         | —     | —      | 0      | —     | —      |
| スズキ | 5.21<br>5.24      | 4   | 3<br>(75)  | 0.01<br>~<br>0.02 | 0.02   | 0         | —                 | —      | 0         | —     | —      | 0      | —     | —      | 0         | —     | —      | 0      | —     | —      |
| アサリ | 5.21<br>~<br>5.26 | 4   | 3<br>(75)  | 0.12<br>~<br>0.19 | 0.15   | 2<br>(50) | 0.02              | 0.02   | 0         | —     | —      | 0      | —     | —      | 0         | —     | —      | 0      | —     | —      |
| アユ  | 6.25<br>~<br>7.19 | 5   | 5<br>(100) | 0.17<br>~<br>1.67 | 0.64   | 3<br>(60) | 0.05<br>~<br>0.07 | 0.06   | 1<br>(20) | 0.01  | 0.01   | 0      | —     | —      | 3<br>(60) | 0.2   | 0.2    | 0      | —     | —      |

検出限界 CNP、X-52、TCNP……0.01 ppm

\*ndは除外

モリネート、ベンチオカーブ、ブタクロール……0.1 ppm

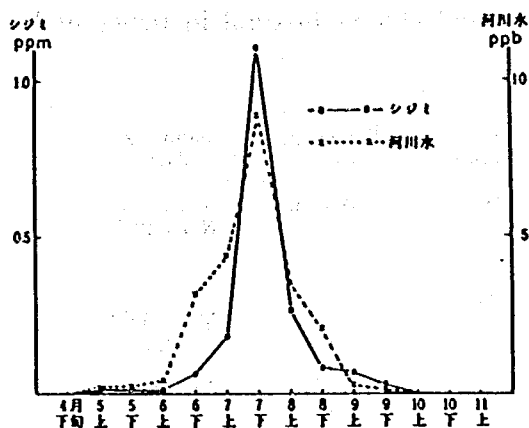


図-2-5 I B Pの残留経時変化  
(A地点)

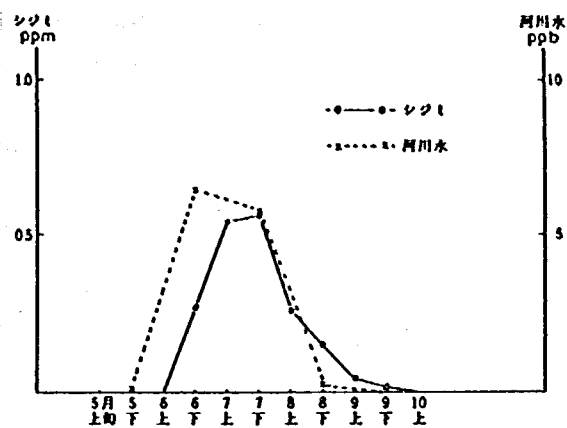


図-2-6 I B Pの残留経時変化  
(B地点)

表-2-15 Residue concentrations of NIP, CNP and chlomethoxynil in Ariake sea water

| Sampling site | Herbicide | Sampling date |          |          |               |
|---------------|-----------|---------------|----------|----------|---------------|
|               |           | 1980 30, Jun. | 28, Aug. | 27, Nov. | 1981 10, Mar. |
| 3             | A         | 0.001         | 0.001    | ND       | ND            |
|               | B         | 0.005         | 0.002    | "        | "             |
| 4             | A         | 0.001         | ND       | "        | "             |
|               | B         | 0.003         | 0.001    | "        | "             |
| 5             | A         | 0.001         | ND       | "        | "             |
|               | B         | 0.006         | "        | "        | "             |
| 6             | A         | 0.022         | 0.001    | "        | "             |
|               | B         | 0.014         | 0.001    | "        | "             |
| 7             | A         | 0.001         | ND       | "        | "             |
|               | B         | 0.011         | "        | "        | "             |
| 8             | A         | 0.005         | "        | "        | "             |
|               | B         | 0.006         | "        | "        | "             |
| 9             | A         | 0.035         | "        | "        | "             |
|               | B         | 0.001         | "        | "        | "             |

A : CNP B : chlomethoxynil ND : < 0.0005 (ppb)

NIP was not detected in all samples

表-2-16 Residue concentrations of NIP, CNP and chlomethoxynil  
in Ariake sea sediment

| Sampling site | Herbicide | Sampling date |       |       |       |           |
|---------------|-----------|---------------|-------|-------|-------|-----------|
|               |           | 1980 Jun.     | Aug.  | Sept. | Nov.  | 1981 Mar. |
| 4             | A         | 0.001         | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001     |
|               | B         | ND            | ND    | ND    | ND    | ND        |
| 5             | A         | 0.001         | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001     |
|               | B         | ND            | 0.001 | 0.001 | ND    | ND        |
| 6             | A         | ND            | 0.001 | 0.002 | ND    | 0.001     |
|               | B         | "             | ND    | 0.001 | "     | ND        |
| 7             | A         | ND            | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002     |
|               | B         | "             | ND    | 0.001 | 0.001 | ND        |

A : CNP B : chlomethoxynil ND : < 0.0005 (ppm, wet base)

NIP was not detected in all samples

表-2-17 Residue concentrations of NIP, CNP and chlomethoxynil in fishes and shellfishes caught in Ariake sea

|                   | Tissue | NIP   | CNP   | Chlome-<br>thoxynil | Sampling<br>area | Sampling<br>date |
|-------------------|--------|-------|-------|---------------------|------------------|------------------|
| Short-necked clam | M + V  | ND    | 0.002 | ND                  | Unknown          | Aug., 1980       |
| "                 | "      | "     | ND    | "                   | "                | Nov., 1980       |
| Goby              | "      | "     | "     | "                   | "                | "                |
| Fan shell         | "      | "     | "     | "                   | "                | "                |
| Razor clam        | "      | 0.004 | 0.133 | 0.034               | "                | "                |
| Goby              | "      | ND    | 0.001 | ND                  | "                | Mar., 1981       |
| Razor clam        | "      | "     | 0.001 | "                   | "                | "                |
| Short-necked clam | "      | "     | 0.002 | "                   | "                | "                |
| Fan shell         | M      | "     | 0.001 | "                   | "                | Jul., 1981       |
| "                 | V      | "     | 0.006 | "                   | "                | "                |
| Flathead          | M      | "     | ND    | ND                  | Off Oomuta       | Sept., 1981      |
| Grey mullet       | "      | "     | 0.011 | "                   | "                | "                |
| Sea bass          | "      | "     | 0.009 | 0.001               | Off Chikugo Riv. | "                |
| Croaker           | "      | "     | 0.010 | 0.002               | "                | "                |
| Fan shell         | M      | "     | 0.002 | "                   | Unknown          | Nov., 1981       |
| "                 | V      | "     | 0.004 | 0.001               | "                | "                |
| Gray mullet       | M      | 0.003 | 0.009 | 0.001               | Off Oomuta       | Sept., 1982      |
| Sea bass          | "      | ND    | 0.001 | 0.001               | "                | "                |
| Croaker           | "      | 0.002 | 0.015 | 0.002               | "                | "                |
| "                 | "      | ND    | 0.002 | 0.001               | "                | "                |
| "                 | "      | 0.001 | 0.015 | 0.001               | "                | "                |
| "                 | "      | ND    | 0.016 | ND                  | "                | "                |
| "                 | "      | 0.001 | 0.002 | "                   | "                | "                |
| "                 | "      | 0.001 | 0.004 | "                   | "                | "                |
| "                 | "      | ND    | 0.004 | 0.001               | "                | "                |
| Gray mullet       | "      | 0.001 | 0.021 | 0.002               | Off Chikugo Riv. | "                |
| "                 | "      | 0.001 | 0.050 | 0.004               | "                | "                |
| Sea bass          | "      | ND    | 0.007 | ND                  | "                | "                |
| "                 | "      | 0.006 | 0.260 | 0.012               | "                | "                |
| "                 | "      | 0.007 | 0.293 | 0.009               | "                | "                |
| Croaker           | "      | ND    | 0.048 | 0.003               | "                | "                |

M : muscle V : viscera ND : < 0.0005 (ppm, wet base)  
 Short-necked clam (*Venerupis philippinarum*), Goby (*Acanthogobius hasta*)  
 Fan shell (*Pinna pectinata japonica*), Razor clam (*Sinonovacula constricta*)  
 Sea bass (*Lateolabrax japonicus*), Croaker (*Argyrosomus argentatus*)  
 Flathead (*Platycephalus indicus*), Gray mullet (*Mugil cephalus*)

#### 4) 室内プールにおけるトリハロメタンについて<sup>36)</sup>

原口らは、室内プール水のトリハロメタンを調査しその結果を報告している(表-2-18)。調査を実施したすべてのプールから、プール水、室内空気ともトリハロメタンが検出された。なかでもクロロホルムの濃度が高い値を示していた。水道水の濃度より高い値を示した施設が半数以上あり、プール水中で有機物質と塩素との反応による新たなクロロホルムの生成が示唆された。

表-2-18 各プール水と室内空気のTHM量

|         |                      | (ppb) |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|---------|----------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| プー ル 名  |                      | A     | B    | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | 対 風   |
| プー ル 水  | CHCl <sub>3</sub>    | 97    | 91   | 34   | 38   | 59   | 47   | 70   | 24   | 127  | 31 42 |
|         | CHCl <sub>2</sub> Br | ND    | 1    | ND   | ND   | ND   | ND   | ND   | ND   | ND   | 8 14  |
|         | CHClBr <sub>2</sub>  | ND    | 2    | ND   | ND   | ND   | ND   | ND   | ND   | ND   | 3 ND  |
|         | CHBr <sub>3</sub>    | ND    | ND   | ND   | ND   | ND   | ND   | ND   | ND   | ND   | ND ND |
| 室 内 空 気 | CHCl <sub>3</sub>    | 68.4  | 60.6 | 49.4 | 39.4 | 70.0 | 17.7 | 72.2 | 50.8 | 69.3 | 0.31  |
|         | CHCl <sub>2</sub> Br | 0.83  | 0.94 | 1.64 | 1.19 | 1.79 | 0.27 | 1.82 | 0.86 | 0.47 | 0.002 |

注) ND: CHCl<sub>2</sub>Br < 1 CHClBr<sub>2</sub> < 2 CHBr<sub>3</sub> < 10

## 2.2 下水道施設における化学物質

下水処理場への流入水あるいは、二次処理水又は、下水汚泥中に存在する化学物質について様々な調査が実施されており、既にいくつかの報告がある。ここでは、その一部を紹介する。

1) 村上ら<sup>11)</sup>の調査によれば川崎市 I 下水処理場の初沈流出水と二次処理水についてGC-MSを用いて分析し表-2-19の物質が同定されている。

表-2-19 GC-MSにより同定された化合物

| 初沈流出水浮遊物                  | 初沈流出水汚過液                 |
|---------------------------|--------------------------|
| n-decane                  | indole                   |
| n-undecane                | nicotine                 |
| n-dodecane                | 3-methylindole           |
| n-tridecane               | 1, 3-dimethylnaphthalene |
| n-tetradecane             | 1, 2-dimethylnaphthalene |
| pentadecane (branch)      | dimethyl phthalate       |
| n-hexadecane              | diethyl phthalate        |
| undecylbenzene            | o-toluenesulfonamide     |
| dodecylbenzene (branch)   | pentachlorophenol        |
| diisobutyl phthalate      | caffeine                 |
| pentadecanoic acid        | diisobutyl phthalate     |
| methyl palmitate          | di-n-butyl phthalate     |
| palmitic acid             | di-n-amyl phthalate      |
| methyl stearate           | di-n-heptyl phthalate    |
| oleic acid                | trichlorobenzene         |
| stearic acid              | acetophenone             |
| eicosanoic acid           | 2-phenyl-2-propanol      |
| di-2-ethylhexyl phthalate | 二次処理水汚過液                 |
| silicone oil              | dichlorobenzene          |
| cholestanol               | 1,2,4-trichlorobenzene   |
| cholesterol               | diethyl phthalate        |
| campesterol               | o-toluenesulfonamide     |
| sitostanol                | diisobutyl phthalate     |
| $\beta$ -sitostanol       | di-n-butyl phthalate     |
| 二次処理水浮遊物                  | di-n-amyl phthalate      |
| diisobutyl phthalate      | di-n-octyl phthalate     |
| di-n-butyl phthalate      | trichlorobenzene         |
| methyl palmitate          |                          |
| di-2-ethylhexyl phthalate |                          |

浮遊物に吸着されている物質と汚液中の物質を比較した場合、測定条件がほぼ同一にもかかわらず、両者に共通して検出されたものは、フタル酸エステルのみであり、浮遊物に吸着されている化学物質と溶解性化学物質は違うことが示唆された。

また、表-2-20、表-2-21に下水処理の各処理工程における化学物質の定量結果を示した。処理工程毎に定量限界が異なるのは定量成分以外の有機物による妨害やバックグラウンドの大きさがそれぞれ異なるためである。

中沸点化合物で一次処理水に検出されたのは、汚過液成分ではニコチン、カフェイン、フタル酸ジイソブチル、1,2-ジメチルナフタレン、フタル酸ジエチルである。これらはB処理場のニコチンを例外としていずれも二次処理の段階でほとんど除去される。

表-2-20 A下水処理場の各処理水の定量結果

ppb

| 処 理 水                 |               | 一次処理水  | 二次処理水 | 凝集沈殿水 | 活性炭処理水<br>No. 2 | 活性炭処理水<br>No. 6 |
|-----------------------|---------------|--------|-------|-------|-----------------|-----------------|
| 化 合 物                 |               |        |       |       |                 |                 |
| 汚<br>過<br>液<br>成<br>分 | ニトロベンゼン       | <0.06  | <0.01 | <0.01 | 0.03            | 0.06            |
|                       | アニリン          | <0.6   | <0.08 | <0.08 | <0.02           | <0.02           |
|                       | インドール         | <0.2   | <0.03 | <0.03 | 0.22            | <0.01           |
|                       | ニコチン          | 3.4    | <0.7  | <0.7  | <0.4            | <0.4            |
|                       | 1,2-ジメチルナフタレン | <0.1   | <0.02 | <0.02 | <0.01           | <0.01           |
|                       | フタル酸ジエチル      | <4.4   | 0.14  | 0.06  | 0.65            | 1.01            |
|                       | オートルエンスルホンアミド | <5     | <1    | <1    | <0.5            | <0.5            |
|                       | カフェイン         | 11     | 0.1   | 0.1   | 0.1             | 0.1             |
|                       | フタル酸ジイソブチル    | 0.4    | 0.14  | 0.11  | 0.01            | 0.03            |
|                       | 3,4-ベンズピレン    | 2.8    | <0.01 | 0.3   | <0.005          | <0.005          |
| 計                     |               | <27.96 | <2.23 | <2.41 | <1.94           | <2.14           |
| 浮<br>遊<br>物<br>成<br>分 | ニトロベンゼン       | <0.1   | <0.01 | <0.01 | <0.005          | <0.005          |
|                       | アニリン          | <0.3   | <0.03 | <0.03 | 0.02            | 0.02            |
|                       | フタル酸ジイソブチル    | <2     | <0.03 | <0.03 | <0.02           | <1              |
|                       | n-テトラデカン      | 6.4    | <0.03 | <0.01 | 0.007           | <0.05           |
|                       | n-ドデシルベンゼン    | <1     | <0.1  | <0.05 | <0.01           | <0.1            |
|                       | バルミチン酸        | <170   | <17   | <10   | <5              | <5              |
|                       | ステアリン酸メチル     | <2     | <0.2  | 0.2   | <0.1            | <0.05           |
|                       | ステアリン酸        | <150   | 15    | <10   | <5              | <5              |
|                       | コレステロール       | 160    | 7.3   | 3.4   | 0.9             | 3.2             |
|                       | 3,4-ベンズピレン    | 14     | 0.6   | 8.9   | 0.3             | <0.02           |
| 計                     |               | <505.8 | <40.3 | <32.6 | <11.4           | <14.4           |

表-2-21 B下水処理場の各処理水の定量結果

ppb

|                       | 化 合 物         | 一次処理水  | 二次処理水 | 凝集沈殿水 | 活性炭処理水 |
|-----------------------|---------------|--------|-------|-------|--------|
| 汚<br>過<br>液<br>成<br>分 | ニトロベンゼン       | <0.05  | <0.01 | <0.01 | 0.03   |
|                       | アニリン          | <0.2   | <0.05 | <0.05 | <0.05  |
|                       | インドール         | <0.5   | 0.80  | <0.06 | 0.38   |
|                       | ニコチン          | 18     | 9.0   | <3    | <2     |
|                       | 1,2-ジメチルナフタレン | 1.5    | 0.05  | <0.05 | 0.03   |
|                       | フタル酸ジエチル      | 13.7   | <0.06 | 0.59  | 0.53   |
|                       | o-トルエンスルホンアミド | <10    | <2    | <2    | <1     |
|                       | カフェイン         | 92     | 0.9   | 1.7   | <0.06  |
|                       | フタル酸ジイソブチル    | 2.0    | 0.3   | 0.28  | 0.03   |
|                       | 3,4-ベンズピレン    | <0.05  | 0.01  | <0.01 | <0.005 |
| 計                     | <138.1        | <13.18 | <7.75 | <4.11 |        |
| 浮<br>遊<br>物<br>成<br>分 | ニトロベンゼン       | <0.04  | <0.01 | <0.01 | <0.005 |
|                       | アニリン          | <0.1   | <0.02 | <0.02 | 0.12   |
|                       | フタル酸ジイソブチル    | <5     | <0.02 | 0.5   | <0.005 |
|                       | n-テトラデカン      | <0.5   | <0.01 | 0.15  | <0.01  |
|                       | n-ドデシルベンゼン    | <1     | <0.02 | 0.03  | <0.004 |
|                       | バルミチン酸        | <35    | 8.5   | <10   | <5     |
|                       | ステアリン酸メチル     | <10    | 0.1   | <0.1  | <0.05  |
|                       | ステアリン酸        | <60    | <10   | <10   | <5     |
|                       | コレステロール       | 140    | 6.4   | 0.4   | 0.5    |
|                       | 3,4-ベンズピレン    | 5.2    | 0.4   | <0.03 | <0.02  |
| 計                     | <256.8        | <25.48 | <21.2 | <10.7 |        |

2) 村上ら<sup>12)</sup>は、家庭下水及び工場廃水を受入れている。B・C下水処理場の流入水をGC-MSで同定、定量している。また、これらを一定条件下で生物分解し、その分解試験についてもGC-MSを用いて同定、定量している。(表-2-22)。生分解試験における各物質の除去率を求めると、ほとんどの物質が90%以上であった。B下水処理場で比較的除去率が悪かったのは、2,6-ジクロロベンゾニトリル(37.8%),ジクロロクレゾール(27.5%),クロルスルホンアミド(49.4%),フタル酸-2-エチルヘキシル(39.3%)の4化合物である。C下水処理場では、2,6-ジ-1-ブチル-P-ベンゾキノ(53.6%),2,5-ジクロロアニリン(23.3%)と不明ピークが3成分(34.6%, 65.2%, 63.8%)の5化合物であった。

表-2-22 同定及び定量結果

単位 ppb

| B 下 水 処 理 場                             |        |                                       |       | C 下 水 処 理 場                             |       |                                         |      |
|-----------------------------------------|--------|---------------------------------------|-------|-----------------------------------------|-------|-----------------------------------------|------|
| 流 入 水                                   |        | 生 物 分 解 後                             |       | 流 入 水                                   |       | 生 物 分 解 後                               |      |
| 同定又は推定化合物                               | 定量値    | 同定又は推定化合物                             | 定量値   | 同定又は推定化合物                               | 定量値   | 同定又は推定化合物                               | 定量値  |
| 不明                                      | 16.3   | *安息香酸メチル                              | 3.4   | *安息香酸メチル                                | 0.7   | *2,5-ジクロロアニリン                           | 3.0  |
| *ニトロベンゼン                                | 24.6   | *2,6-ジクロロベンゾニトリル                      | 91.5  | ジクロロフェノール                               | 9.5   | 不明(C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> 化合物)   | 0.5  |
| *2,4-ジクロロトルエン                           | 32.2   | ジクロロクレゾール                             | 65.5  | *2,5-ジクロロアニリン                           | 3.7   | 不明(3,5-ジ-1-ブチル-4-ハイドロオキシトルエン類化合物)       | 2.1  |
| *1,2,4-トリクロロベンゼン                        | 9.3    | トリクロロクレゾール                            | 2.0   | 不明(C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> 化合物)   | 7.2   | 1,3,3-トリメチルオキシドール                       | 0.2  |
| *1,2,3-トリクロロベンゼン                        | 11.2   | N,N-ジメチル-P-トルエンスルホンアミド                | 13.8  | 1,3,3-トリメチルオキシドール                       | 29.0  | 2,6-ジ-1-ブチル-P-ベンゾキノ                     | 2.5  |
| ジクロロベンゾニトリル                             | 14.1   | ジクロロベンズアミド                            | 25.8  | *3,5-ジ-1-ブチル-4-ハイドロオキシトルエン              | 10.3  | 不明                                      | 3.2  |
| *2,4,5-トリクロロトルエン                        | 25.2   | ジクロロベンズアミドの異性体                        | 4.6   | 不明(環式C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> 化合物) | 8.6   | *3,5-ジ-1-ブチル-4-ハイドロオキシトルエン              | 21.9 |
| *2,6-ジクロロベンゾニトリル                        | 14.7   | クロルスルホンアミド                            | 4.1   | 不明(環式C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> 化合物) | 2.6   | 不明(環式C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> 化合物) | 1.7  |
| ジクロロクレゾール                               | 90.3   | *フタル酸-n-ブチル                           | 11.0  | 不明                                      | 6.9   | 不明                                      | 2.4  |
| トリクロロベンゾニトリル                            | 1.2    | 不明(C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> 化合物) | 2.5   | 不明(含窒素化合物)                              | 6.9   | 不明(含窒素化合物)                              | 2.5  |
| トリクロロクレゾール                              | 15.5   | 不明                                    | 2.4   | *ダイアジノン                                 | 24.2  | *フタル酸ジ-n-ブチル                            | 2.0  |
| N,N-ジメチル-P-トルエンスルホンアミド                  | 53.7   | 不明                                    | 3.2   | *フタル酸ジ-n-ブチル                            | 21.7  | 不明                                      | 1.2  |
| ジクロロベンズアミドの異性体                          | 61.2   | 不明                                    | 3.2   | 不明                                      | 15.5  | フタル酸ジ-2-エチルヘキシル                         | 1.7  |
| 不明                                      | 24.3   | *フタル酸ジ-2-エチルヘキシル                      | 3.7   | 不明                                      | 51.7  |                                         |      |
| クロルスルホンアミド                              | 8.1    |                                       |       |                                         |       |                                         |      |
| 不明                                      | 6.5    |                                       |       |                                         |       |                                         |      |
| *フタル酸ジ-n-ブチル                            | 57.9   |                                       |       |                                         |       |                                         |      |
| 不明(環式C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> 化合物) | 10.0   |                                       |       |                                         |       |                                         |      |
| 不明                                      | 11.2   |                                       |       |                                         |       |                                         |      |
| *フタル酸ジヘプチル                              | 10.2   |                                       |       |                                         |       |                                         |      |
| *フタル酸ジ-2-エチルヘキシル                        | 6.1    |                                       |       |                                         |       |                                         |      |
| 合 計                                     | 1186.9 | 合 計                                   | 236.7 | 合 計                                     | 205.6 | 合 計                                     | 44.9 |

\*は同定された化合物

3) 篠原ら<sup>13)</sup>は、下水中微量有機物の検索をGC-MSを用いて行なっている。表-2-23に定量結果を示す。この結果によれば、炭化水素はそのほとんどが浮遊物質に吸着された状態であることが認められた。

表-2-23 下水（流入水、放流水）中炭化水素の定量結果

| Compound              | March 29, 1976     |                 |                    |                 | September 5, 1976   |                     |
|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
|                       | Influent           |                 | Effluent           |                 | Influent            | Effluent            |
|                       | Filtrate<br>(ng/l) | S. S.<br>(ng/l) | Filtrate<br>(ng/l) | S. S.<br>(ng/l) | Composite<br>(ng/l) | Composite<br>(ng/l) |
| <b>Polyaromatics</b>  |                    |                 |                    |                 |                     |                     |
| Biphenyl              | 8.6                | 27              | 1.5                | 3.9             | 150                 | 3.7                 |
| Acenaphthene          | 47                 | 84              | 1.3                | 5.3             | 200                 | 10                  |
| Dimethylnaphthalene   | 500                | 330             | 12                 | 15              | 460                 | 3.7                 |
| Fluorene              | 8.7                | 8.5             | 0.50               | 0.80            | 130                 | 3.8                 |
| Anthracene *          |                    |                 |                    |                 |                     |                     |
| Phenanthrene          | 62                 | 270             | 5.6                | 5.2             | 400                 | 8.3                 |
| Pyrene                | 6.4                | 320             | 13                 | 20              | 120                 | 30                  |
| Benzo(a) fluorene     | 4.1                | 180             | 3.4                | 5.1             | 55                  | 8.4                 |
| Benzo(a) anthracene   | 56                 | 640             | 0.36               | 30              | 200                 | 53                  |
| Benzo(b) fluoranthene | 0.27               | 180             | 0.18               | 8.7             | 26                  | 6.0                 |
| Benzo(a) pyrene       | 0.72               | 310             | 5.0                | 46              | 42                  | 13                  |
| <b>n-Alkanes</b>      |                    |                 |                    |                 |                     |                     |
| n-Octadecane          | 5.7                | 1900            | 0.43               | 56              | 170                 | 2.8                 |
| n-Nonadecane          | 8.7                | 730             | 0.43               | 15              | 100                 | 2.1                 |
| n-Eicosane            | 10                 | 590             | 0.56               | 19              | 81                  | 1.7                 |
| n-Heneicosane         | 11                 | 690             | 0.98               | 38              | 72                  | 2.1                 |
| n-Docosane            | 8.0                | 630             | 2.5                | 46              | 73                  | 3.0                 |
| n-Tetracosane         | 20                 | 770             | 3.4                | 13              | 100                 | 2.1                 |
| n-Pentacosane         | 12                 | 730             | 4.6                | 11              | 220                 | 3.0                 |
| n-Hexacosane          | 15                 | 6300            | 4.7                | 550             | 340                 | 20                  |
| n-Heptacosane         | Trace              | 920             | 6.2                | 45              | 150                 | 2.4                 |
| n-Octacosane          | Trace              | 1900            | 4.6                | 71              | 230                 | 15                  |
| n-Nonacosane          | ND                 | 2400            | 13                 | 51              | 290                 | Trace               |
| n-Triacontane         | ND                 | 740             | 3.5                | 6.7             | 110                 | Trace               |
| n-Hentriacontane      | ND                 | 2300            | 14                 | 160             | 240                 | ND                  |
| n-Dotriacontane       | ND                 | 2200            | Trace              | 120             | 140                 | ND                  |

また、流入水・放流水の Fr. 2（芳香族炭化水素）において同定された化合物を表-2-24、表-2-25）に示す。この結果、現在使用禁止となっている有機塩素系農薬のBHCが相対的に多量に検出されており注目される。

また、放流水の Fr. 3（フタル酸エステル類）において同定された化合物を表-2-26に示した。フタル酸エステル、アジピン酸エステル、炭酸アルキル等、多くの可塑剤が検出された。フタル酸エステルは環境中においても広く存在しているが、アジピン酸エステル、炭酸アルキルに関しては余り報告がない。

表-2-24 流入水のFr. 2において同定された化合物

| Peak No | M. W. | Compound                    |
|---------|-------|-----------------------------|
| 1       | 128   | Naphthalene                 |
| 2       | 142   | 2-Methylnaphthalene         |
| 3       | 142   | 1-Methylnaphthalene         |
| 5       | 154   | Biphenyl                    |
| 6       | 156   | Dimethylnaphthalene         |
| 8       | 250   | Ethylaurate                 |
| 8'      | 168   | Diphenylmethane             |
| 8"      | 154   | Acenaphthene                |
| 9       | 166   | Fluorene                    |
| 10      | 256   | Ethylmyristate              |
| 14      | 178   | Anthracene or Phenanthrene  |
| 15      | 284   | Ethylpalmitate              |
| 16      | 298   | Ethylmargarate              |
| 17      | 312   | Ethylstearate               |
| 18      | 326   | Ethylnonadecylate           |
| 19      | 370   | Di (2-ethylhexyl) adipate   |
| 20      | 322   | Butylphthalylbutylglycolate |
| 21      | 396   | Di (2-ethylhexyl) phthalate |

表-2-25 放流水の Fr.2において同定された化合物

| Peak No | M. W. | Compound                          |
|---------|-------|-----------------------------------|
| 1       | 176   | Dichloroanisole                   |
| 2'      | 154   | Biphenyl                          |
| 4       | 188   | Butyltetrahydronaphthalene        |
| 6       | 154   | Acenaphthene                      |
| 7       | 216   | Hexyltetrahydronaphthalene        |
| 10      | 288   | 1,2,3,4,5,6-Hexachlorocyclohexane |
| 11      |       | Alkyl naphthalene                 |
| 12      | 178   | Anthracene or Phenanthrene        |
| 13      | 288   | 1,2,3,4,5,6-Hexachlorocyclohexane |
| 15      | 278   | Dibutylphthalate                  |
| 17      | 202   | Pyrene                            |
| 18      | 370   | Di(2-ethylhexyl) adipate          |

図-2-26 放流水の Fr. 3 において同定された化合物

| Peak No | M. W. | Compound                      |
|---------|-------|-------------------------------|
| 1       | 135   | Benzothiazole                 |
| 4       | 194   | Dimethoxytetramethylbenzene   |
| 5       | 138   | Styreneglycol                 |
| 7       | 190   | 5-Phenyl-5-methyl-2-hexanone  |
| 8       | 182   | Benzophenone                  |
| 11      | 268   | Methylpalmitate               |
| 12      | 194   | 2(p-Tert-butylphenoxy)ethanol |
| 13      | 208   | 2(p-Tert-amylphenoxy) ethanol |
| 14      | 278   | Diisobutylphthalate           |
| 16      | 278   | Dibutylphthalate              |
| 19      | 218   | Diethyleneglycolpropionate    |
| 20      | 370   | Di(2-ethylhexyl) adipate      |
| 21      | 370   | Diethyladipate                |
| 22      | 230   | Di-n-hexylcarbonate           |
| 24      | 390   | Di(2-ethylhexyl) phthalate    |
| 29      | 388   | Coprostanol                   |
| 30      | 386   | Cholesterol                   |
| 31      | 400   | Campesterol                   |
| 32      | 414   | Sitosterol                    |

4) J・M・コーヘン<sup>19)</sup>は、米国に点存する25都市で行なわれた優先汚濁物質調査結果をまとめている。

(表-2-27, 図-2-7) 表-2-27に示す物質

は、少なくとも80%の度数かつ1  $\mu\text{g}/\ell$  の濃度レベルで生下水に存在する物質と、少なくとも50%の度数かつ1  $\mu\text{g}/\ell$  (または1  $\text{mg}/\text{kg}$ ) の濃度レベルで二次処理水と汚泥に存在するものである。この選択基準に該当する優先有機物質は総数で15物質であり、5物質が、メタンかエタンの塩素化合物で4物質がフタル酸である。図-2-7は優先有機物を9つに分類し、各分類の濃度範囲を生下水と二次処理水について示したものである。総濃度は概して、3~4オーダーの範囲で変動し、25%値から75%値までの50%範囲では1~2オーダーの変動がみられる。二次処理水に関する濃度範囲は、常に生下水の場合よりも低くなっている。

表-2-27 下水・汚泥からの検出度数が高い優先有機物質

| Compound               | Raw Wastewater           |                           |                           | Final Discharge          |                           |                           | Sludge (A)                  |                              |                              |
|------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                        | $\geq 1\mu\text{g}/\ell$ | $\geq 10\mu\text{g}/\ell$ | $\geq 50\mu\text{g}/\ell$ | $\geq 1\mu\text{g}/\ell$ | $\geq 10\mu\text{g}/\ell$ | $\geq 50\mu\text{g}/\ell$ | $\geq 1\text{mg}/\text{kg}$ | $\geq 10\text{mg}/\text{kg}$ | $\geq 50\text{mg}/\text{kg}$ |
| Methane, Dichloro-     | 83                       | 57                        | 33                        | 79                       | 41                        | 28                        | 41                          | 12                           | 3                            |
| Methane, Trichloro-    | 74                       | 26                        | 3                         | 55                       | 6                         | 0                         | 3                           | 0                            | 0                            |
| Ethene, 1,1-Trichloro- | 90                       | 61                        | 16                        | 53                       | 22                        | 6                         | 5                           | 3                            | 0                            |
| Ethene, Trichloro-     | 90                       | 61                        | 19                        | 47                       | 16                        | 3                         | 26                          | 9                            | 3                            |
| Ethene, Tetrachloro-   | 94                       | 65                        | 26                        | 77                       | 19                        | 3                         | 27                          | 8                            | 3                            |
| Benzene, 1,4-Dichloro- | 83                       | 37                        | 6                         | 38                       | 6                         | 0                         | 36                          | 18                           | 5                            |
| Ethylbenzene           | 87                       | 23                        | 13                        | 13                       | 3                         | 0                         | 33                          | 3                            | 0                            |
| Toluene                | 84                       | 61                        | 23                        | 45                       | 17                        | 3                         | 59                          | 35                           | 11                           |
| Phenol                 | 86                       | 66                        | 31                        | 38                       | 6                         | 3                         | 63                          | 25                           | 13                           |
| Naphthalene            | 86                       | 37                        | 11                        | 24                       | 3                         | 0                         | 65                          | 33                           | 15                           |
| Phenanthrene           | 57                       | 9                         | 0                         | 15                       | 3                         | 0                         | 60                          | 20                           | 8                            |
| Phthalate, Diethyl     | 91                       | 57                        | 17                        | 62                       | 29                        | 0                         | 43                          | 23                           | 13                           |
| Phthalate, Di-N-Butyl  | 89                       | 60                        | 9                         | 85                       | 18                        | 3                         | 63                          | 25                           | 13                           |
| Phthalate, Bis         | 86                       | 69                        | 20                        | 76                       | 38                        | 6                         | 75                          | 63                           | 25                           |
| (2-Ethylhexyl)         |                          |                           |                           |                          |                           |                           |                             |                              |                              |
| Phthalate, Butylbenzyl | 77                       | 60                        | 11                        | 32                       | 15                        | 0                         | 50                          | 35                           | 18                           |
| All Others             | <80                      | <60                       | <20                       | <50                      | <20                       | <10                       | <50                         | <25                          | <15                          |

(A) Expressed on dry solids basis.

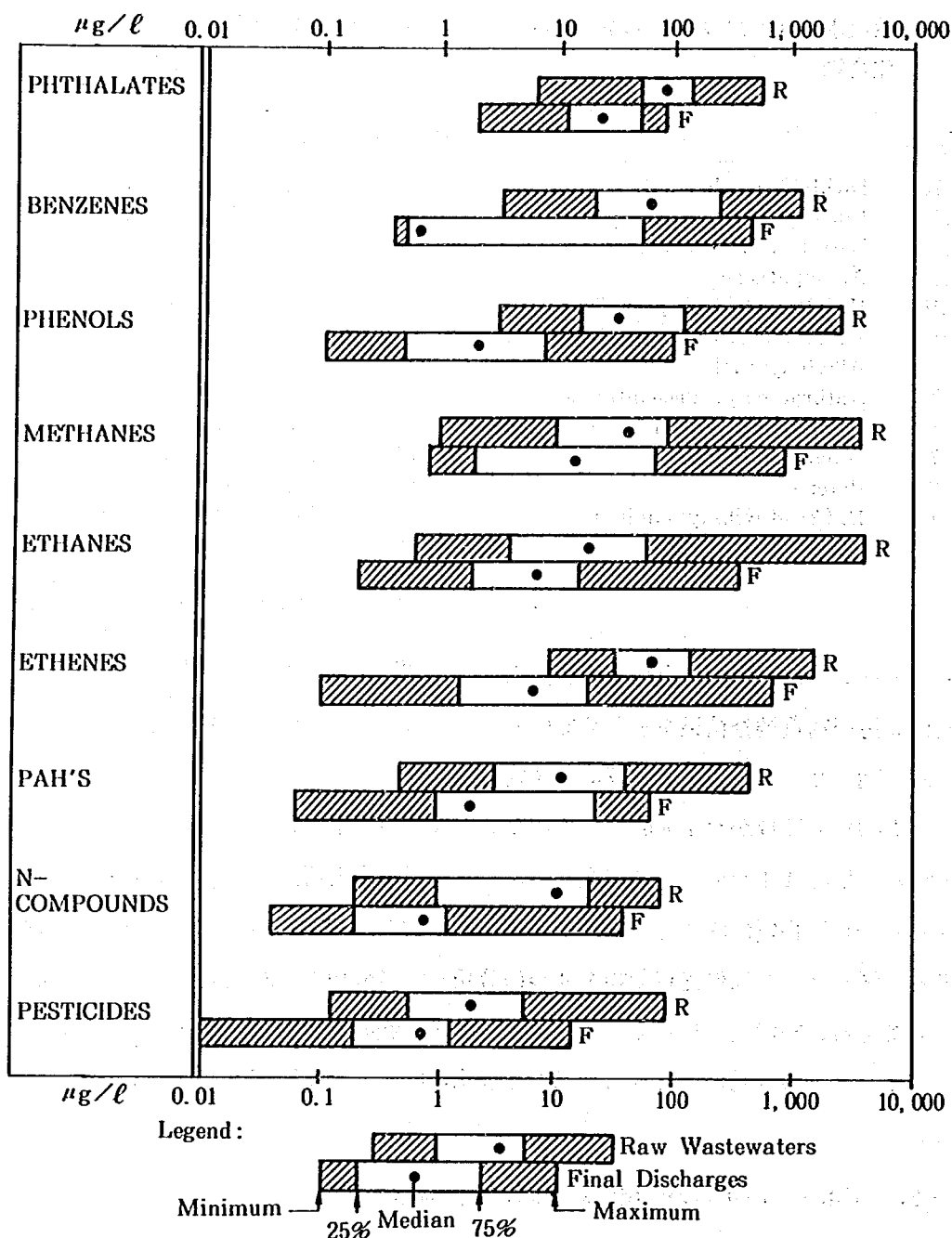


図-2-7 生下水と2次処理水に含まれる優先有機物質  
(9つに分類)の濃度範囲

### 2.3 下水処理における揮発性有機汚濁物質の除去と移行

J・J・コンベリーは<sup>20)</sup>、通常の下処理場で、揮発性優先汚染物質の除去がどの程度期待出来るかを定量する目的で、パイロットプラントを用いた調査を実施している。その調査結果を表-2-28～表-2-30に示した。

通常の水質項目から、TSS、COD<sub>Cr</sub>の除去率は両系列とも良好で、平均93%・86%であった。また窒素類の分析結果から、試験期間中かなりの硝化が起っていた。揮発性有機化合物の分析結果から、対照系ではトルエンとクロロベンゼンが比較的高い濃度で存在しており、それぞれ106  $\mu\text{g}/\ell$ 、102  $\mu\text{g}/\ell$ であった。

表-2-28 揮発性優先汚染物質調査の処理性能

| 項 目                          | 流入濃度<br>(mg/ℓ) | 初 沈 量<br>(mg/ℓ) | 初沈除去<br>(%) | 活性汚泥処理水        |                | 全処理工程除去率    |             |
|------------------------------|----------------|-----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------|
|                              |                |                 |             | 対照系列<br>(mg/ℓ) | 実験系列<br>(mg/ℓ) | 対照系列<br>(%) | 実験系列<br>(%) |
| T S S                        | 416            | 202             | 51          | 28             | 30             | 93          | 93          |
| C O Dcr                      | 573            | 329             | 43          | 88             | 77             | 85          | 87          |
| Total - P                    | 9.3            | 6.3             | 32          | 3.2            | 3.1            | 66          | 67          |
| T K N                        | 42.4           | 36.2            | 15          | 11.9           | 11.4           | 72          | 73          |
| Organic - N                  | 16.6           | 11.1            | 33          | 3.9            | 3.7            | 76          | 78          |
| N H <sub>3</sub> - N         | 25.8           | 25.1            | 3           | 8.0            | 7.7            | 69          | 70          |
| N O <sub>2</sub> - N         | 0.1            | 0.1             | -           | 1.1            | 0.65           | -           | -           |
| N O <sub>3</sub> - N         | 0.18           | 0.3             | -           | 13.1           | 15.1           | -           | -           |
| Total - N                    | 42.7           | 36.6            | 14          | 26.1           | 27.2           | 39          | 36          |
| アルカリ度(as CaCO <sub>3</sub> ) | -              | 251             |             | 91             | 90             | -           | -           |
| 濁 度(NTU)                     | -              | 199             |             | 11             | 10             | -           | -           |

表-2-29 対照処理系の平均濃度

| 化 合 物                         | 流 入 水<br>(μg/ℓ) | 初 沈 水<br>(μg/ℓ) | 初 沈 率<br>(%) | 活性汚泥<br>処 理 水<br>(μg/ℓ) | 全除去率<br>(%) | 返送汚泥<br>(μg/ℓ) | 生 汚 泥 |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------|----------------|-------|
| ジ ク ロ ロ メ チ レ ン               | <30.6           | <22.3           | 27           | <2.5                    | >92         | <1.4           | <40.4 |
| 1,1-ジ ク ロ ロ エ テ ン             | <10.7           | <3.7            | 65           | <0.2                    | >98         | bdℓ            | bdℓ   |
| ク ロ ロ ホ ル ム                   | 10.8            | 7.2             | 33           | <0.4                    | >96         | <3.4           | <7.5  |
| 四 塩 化 炭 素                     | <6.2            | <3.3            | 47           | <0.2                    | >97         | bdℓ            | <1.5  |
| 1,2-ジ ク ロ ロ プ ロ パ ン           | <0.2            | <0.3            | -            | <0.2                    | -           | <1.2           | <3.6  |
| トリクレン(三塩化エチレン)                | <4.2            | <2.9            | 31           | <0.2                    | >95         | bdℓ            | <23.3 |
| 1,1,2-トリクロロエタン                | <2.9            | <0.5            | 83           | <0.6                    | >79         | <6.5           | <3.2  |
| ジプロモクロロエタン                    | <0.6            | <0.3            | 50           | <0.2                    | >67         | <1.3           | bdℓ   |
| ベ ン ゼ ン                       | <2.7            | <2.7            | -            | <0.3                    | >89         | <1.5           | <9.0  |
| 1,1,1-トリクロロエタン                | <65.0           | 34.2            | 48           | <0.9                    | >99         | <1.5           | <37.2 |
| プロモジクロロメタン                    | <0.2            | <0.2            | -            | <0.2                    | -           | bdℓ            | bdℓ   |
| ク ロ ロ ベ ン ゼ ン                 | 102             | 87.3            | 14           | <0.5                    | >99         | <1.6           | 648   |
| パークレン(四塩化エチレン)<br>及びテトラクロロエタン | <24.0           | <2.8            | 88           | <0.2                    | >99         | <3.0           | 164   |
| ト ル エ ン                       | 160             | 114             | 29           | 7.3                     | 95          |                | 654   |
| エ チ ル ベ ン ゼ ン                 | <24.5           | 7.3             | 70           | <0.2                    | >99         | bdℓ            | 283   |

bdℓ = 検出限界以下

表-2-30 実験系列の平均濃度

| 化 合 物                         | 流入水<br>( $\mu\text{g}/\ell$ ) | 初流出水<br>( $\mu\text{g}/\ell$ ) | 生汚泥<br>( $\mu\text{g}/\ell$ ) | 返送汚泥<br>( $\mu\text{g}/\ell$ ) | 活性汚泥<br>処理水<br>( $\mu\text{g}/\ell$ ) | エアレーション<br>タンクの<br>脱ガス<br>( $\mu\text{g}/\ell$ ) | 最初沈殿<br>除去率<br>(%) | 全除去率<br>(%) |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------|-------------|
| ジクロロメチレン                      | 118                           | 89                             | <143                          | <21                            | <4.0                                  | -                                                | 25                 | >97         |
| 1,1-ジクロロエテン                   | 79                            | 34                             | <40                           | <1                             | <0.2                                  | 425                                              | 57                 | >99         |
| クロロホルム                        | 137                           | 143                            | <208                          | <7                             | 3.6                                   | 838                                              | 0                  | >97         |
| 四塩化炭素                         | 60                            | 32                             | <14                           | <1                             | <0.2                                  | 322                                              | 47                 | >99         |
| 1,2-ジクロロプロパン                  | 309                           | 295                            | <461                          | <1                             | <6.0                                  | 1,628                                            | 5                  | >98         |
| トリクレン(三塩化エチレン)                | 107                           | 68                             | 389                           | <1                             | <1.5                                  | 609                                              | 36                 | >99         |
| 1,1,2-トリクロロエタン                | 133                           | 155                            | <219                          | 31                             | 28.0                                  | 663                                              | 0                  | 80          |
| ジブロモクロロエタン                    | 58                            | 49                             | <10                           | <2                             | <7.0                                  | 1,291                                            | 16                 | >88         |
| ベンゼン                          | 73                            | 61                             | 121                           | <1                             | <0.2                                  | 225                                              | 16                 | >99         |
| 1,1,1-トリクロロエタン                | 132                           | 96                             | <220                          | <1                             | <0.3                                  | 1,022                                            | 27                 | >99         |
| ブロモジクロロメタン                    | 89                            | 64                             | <25                           | <1                             | <0.2                                  | 1,155                                            | 28                 | >99         |
| クロロベンゼン                       | 197                           | 163                            | 953                           | <5                             | <1.3                                  | 149                                              | 17                 | >99         |
| パークレン(四塩化エチレン)<br>及びテトラクロロエタン | 252                           | 263                            | 2,033                         | 25                             | 16.0                                  | 1,227                                            | 0                  | 94          |
| トルエン                          | 255                           | 198                            | 974                           | <2                             | <0.6                                  | 672                                              | 22                 | >99         |
| エチルベンゼン                       | 82                            | 69                             | 766                           | <1                             | <0.2                                  | 243                                              | 16                 | >99         |

また、メチレンクロライド、1,1-ジクロロエタン、クロロホルム、1,1,1-トリクロロエタン、エチルベンゼン、テトラクロロエチレン、テトラクロロエタンは $10 \mu\text{g}/\ell$ 以上の濃度であった。しかし、生汚泥、余剰汚泥、二次処理水中の濃度は極めて低い。

また、揮発性有機化合物を添加した実験系の結果では、最初沈殿池流出水を見ると、ほとんどの化合物についてかなりの減少がみられ、平均減少率は24%であった。しかし、生汚泥中の濃度は低く、生汚泥への移行が主要な除去機構でないことを示している。揮発性化合物が初沈で除去される主な場所は、沈殿池表面、せき板、および流出水路からの揮発であることが示唆された。1,1,2-トリクロロエタンとジブロモクロロメタンを除けば注加実験系列の除去率は非常に良好であり、平均除去率は96%以上で、化合物の60%は放流水中で $2.5 \mu\text{g}/\ell$ 以下の濃度であり、また45%は $1.0 \mu\text{g}/\ell$ 以下であった。

### 3. 微量化学物質の分析方法

#### 3.1 環境に存在する微量化学物質の分析方法

##### 1) 水中に含まれる微量化学物質の分析方法

環境中又は下水中に存在する化学物質は多種多様であり、またその濃度は極く微量である。これらの分析には、従来から溶媒抽出法<sup>21)~24)</sup>、XAD樹脂吸着法<sup>25) 26)</sup>、ヘッドスペース法<sup>21) 23) 27) 28)</sup>、パージトラップ法<sup>21) 22) 29)</sup>などが用いられている。

楠ら<sup>24)</sup>は、溶媒抽出法を用いて水中のフェノール類の定量を用ない、定量限界が $0.5 \mu\text{g}/\ell$ で回収率が91~100%の結果を得ている。また、「化学物質環境分析手法」<sup>32)</sup>には、種々の物質について、溶媒抽出法を用いた分析方法が収載されている。

XAD樹脂吸着法は、1959年にMeithznerとOline<sup>30)</sup>が巨大網状構造樹脂の合成を見出し、ローム、アンド、ハース社でAmberlite XAD樹脂が開発され、各種の有機物に対する吸着特性が明らかにされるに従い普及してきた。XAD樹脂は、表面積、孔径の違いにより、数種類あるが、水中の微量有機物の吸着にはXAD-2樹脂が多く用いられる。篠原ら<sup>25)</sup>はXAD-2樹脂による水中微量有機物の抽出法の検討を行い、ppbレベルで83%、pptレベルで86%の平均回収率を得ている。

ヘッドスペース法は、水中の揮発性有機物の分析法として近年多く用いられている。水道水中の総トリハロメタンの測定方法(案)が厚生省でまとめられている(昭和55・7)が、その設定方法はヘッドスペース法である。

パージトラップ法は、検水に不活性ガス( $\text{N}_2$ ,  $\text{He}$ など)を吹き込み、水に対する溶解度の少ない揮発性有機物を水相から気相に追い出し、適当な吸着剤を詰めたトラップ管内に捕集する。次にこのトラップ管を加熱して吸着物質を追い出しGCで測定する方法である。吸着剤には常温での吸着定量が大で加熱による脱離性がよく、耐熱性がよいことが要求され、一般には多孔性のポリマービーズが用いられる。

##### 2) 底質に含まれる微量化学物質の分析

底質、土壌あるいは、活性汚泥等の固形物に含まれる微量化学物質の分析は、従来から溶媒抽出法、アルカリ分解-溶媒抽出法、水蒸気蒸留-溶媒抽出法等が用いられている。

直接溶媒抽出する方法は、光武ら<sup>31)</sup>の報告がある。土壌及び底質中のクロルデン類をアセトニトリルからヘキサンへ転溶する方法で定量している。

アルカリ分解-溶媒抽出法<sup>32)</sup>を用いる例にニトロアニリン、p-ニトロクロロベンゼンの分析がある。メタノール・水酸化ナトリウム溶液で分解した後ベンゼンで抽出する。

また、水蒸気蒸留-溶媒抽出法<sup>32)</sup>を用いる例に、アニリン、ジクロルアニリン、の分析がある。水蒸気蒸留の留出液をエーテルで抽出する。

##### 3) 空気中に含まれる微量化学物質の分析

空気中に存在する微量化学物質の分析には多孔性のポリマービーズなどの捕集剤を用いる方法がある。なかでもTenax GCはよく用いられており、田中<sup>33)</sup>によれば、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、P-キシレン、m-キシレン、o-キシレンなどの揮発性有機化合物は1 ppb以下の誤差で検出すること

ができると報告している。

### 3.2 実験に供した化学物質の分析

#### 1) 2,5-DCAの分析

##### (1) 水中に存在する 2,5-DCA の分析

水中に存在する 2,5-DCA の分析方法を図-3-1に示した。試料をGF/B戸紙 1 $\mu$ で濾過した後 XAD-2 樹脂に通水する方法を採用しており、溶解性の 2,5-DCA を測定することができる。通水後、吸着した 2,5-DCA をエーテルに溶出させるが、水となじまないため、エーテルを加える前にメタノールを通液する。メタノールを通液後エーテルを加え、ガラス棒を用いてかき混ぜる。その後30分間静置し、溶出する。溶出速度は 2~3 ml/minで行う。脱水は無水硫酸ナトリウムを用い、濃縮はKD濃縮器を用いて常圧で行なう。GCの測定条件を表-3-1に示す。

本方法により定量する場合は、標準試料を用いた検量線を作成し、その傾きより濃度を求める。また、本方法による 2,5-DCA の回収率は88% (CV, 46.5%) であるため、検量線を分析毎に作成せずこの値で補正することもできる。

##### (2) 汚泥中に含まれる 2,5-DCA の分析

活性汚泥、余剰汚泥等の固形物に吸着している 2,5-DCA は水蒸気蒸留-XAD-2 樹脂吸着法を採用する。分析フローを図-3-2に示す。試料を遠心分離し水槽を捨てる。固形物を蒸留フラスコに、水約50mlを用いて移し、水蒸気蒸留する。留出液は約 500mlとする。留出液を XAD-2 樹脂に通液し、2,5-DCA を吸着させる。溶出以降の操作は水の分析と同様である。また、GC測定条件も同様である。

本方法による 2,5-DCA の回収率は50% (CV, 20.3%) で

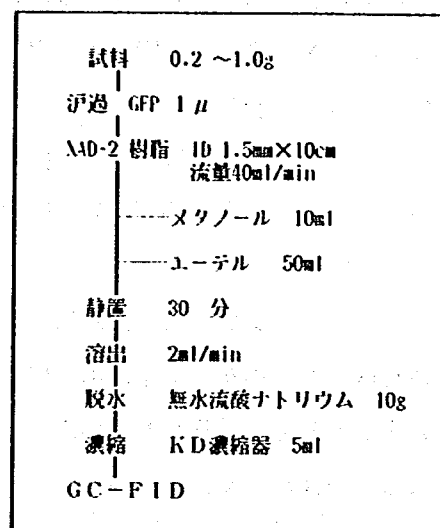


図-3-1 2,5-DCA分析  
フローシート(水)

表-3-1 GC測定条件 (2,5-DCA)

| (1)         |                             | (2)                     |                       |
|-------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| • 検出器       | FID                         | • 検出器                   | FID                   |
| • カラム 充 填 剤 | ov-17 2%                    | • カラム 充 填 剤             | DEGS + KBr (10%+5%)   |
|             | Chromosorb W 80~100 mesh    |                         | Chromosorb W AWD MCS  |
| 径・長さ        | 3 mm $\phi$ × 1 m           | 径・長さ                    | 3 mm $\phi$ × 3 m     |
| • 流 量 水 素   | 0.5 kg/cd                   | • 流 量 水 素               | 0.6 kg/cd             |
| 空 気         | 1.0 kg/cd                   | 空 気                     | 0.5 kg/cd             |
| キャリアガス      | (N <sub>2</sub> ) 40 ml/min | キャリアガス(N <sub>2</sub> ) | 1.5 kg/cd (50 ml/min) |
| • 温 度 導 入 部 | 230℃                        | • 温 度 導 入 部             | 250℃                  |
| 検 出 部       | 230℃                        | 検 出 部                   | 250℃                  |
| カ ラ ム       | 115℃                        | カ ラ ム                   | 150℃                  |

あり、この値を用いて補正する。

### (3) 気体に含まれる 2,5-DCA の分析

空気等の気体中に存在する 2,5-DCA の分析方法を図—3—3 に示す。Tenax GC を用いる方法がいくつか報告されているが、ここでは XAD—2 樹脂吸着による方法を用いた。試料気体を Air ポンプを用い 0.5 ~ 1 ℓ/min の流量で XAD—2 樹脂に通じる。これにより吸着された 2,5-DCA をエーテルで溶出し、脱水、濃縮した後、GC で分析する。濃縮は KD 濃縮器で 5 ml 程度まで常圧で濃縮し、その後 Air を吹きつけ 1 ml 程度まで濃縮する。GC 測定条件は、水の分析と同様である。

本方法による 2,5-DCA の回収率は 75% (CV, 26.4%) であり、この値を用いて補正する。

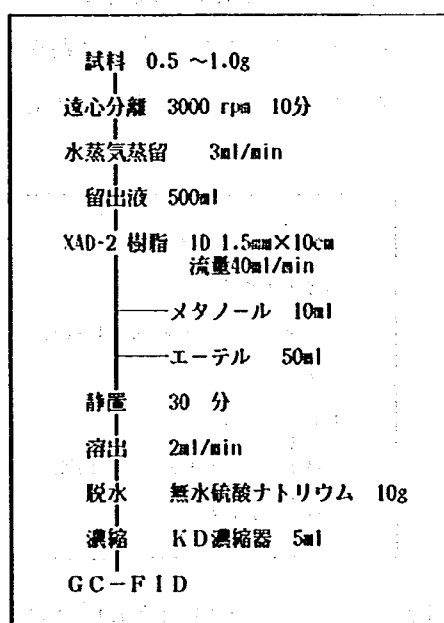
### 2) 0-C P の分析

0-C P の分析は、水、汚泥、気体とも 2,5-DCA と同様の方法で行なう。従って、2,5-DCA との混合試料の場合には、1 つの試料で 0-C P と 2,5-DCA の両者を分析することができる。しかし、GC 測定条件は異なるため GC での測定は、2 物質についてそれぞれ行なう。GC の測定条件を表—3—2 に示す。

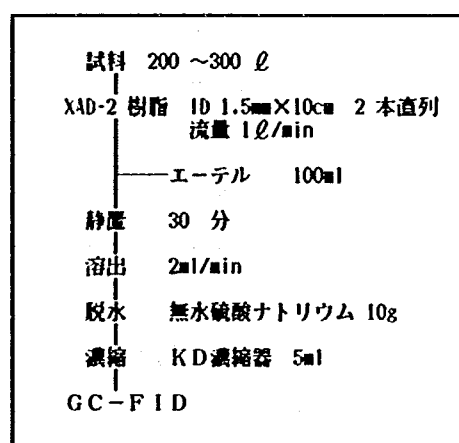
水中の分析は、2,5-DCA 同様、標準試料を用いた検量線を作成し、その傾きより濃度を求める。また、本方法による 0-C P の回収率は 97% (CV, 12.6%) であるため、この値で補正することもできる。

汚泥中の分析は回収率が 37% (CV, 36.2%) でありこの値を用いて補正する。

気体からの回収率は 53% (CV, 54.0%) でありこの値を用いて補正する。



図—3—2 2,5-DCA 分析フローシート  
(汚泥)



図—3—3 2,5-DCA 分析フローシート  
(気体)

表—3—2 GC測定条件 (0—C P)

| (1)                     |                                                                          | (2)                     |                                                                       |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| ・検出器                    | FID                                                                      | ・検出器                    | FID                                                                   |
| ・カラム 充 填 剤              | DEGS + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (5% + 1%)<br>Uniport HP 80~100mesh | ・カラム 充 填 剤              | DEGS + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (5% + 1%)<br>Chromosorb W AWDMS |
| 径・長さ                    | 3 mmφ × 1.5 m                                                            | 径・長さ                    | 3 mmφ × 3 m                                                           |
| ・流 量 水 素                | 0.5 kg/cd                                                                | ・流 量 水 素                | 0.6 kg/cd                                                             |
| 空 気                     | 1.0 kg/cd                                                                | 空 気                     | 0.5 kg/cd                                                             |
| キャリアガス(N <sub>2</sub> ) | 50 mℓ/min                                                                | キャリアガス(N <sub>2</sub> ) | 1.8 kg/cd (50 mℓ/min)                                                 |
| ・温 度 導 入 部              | 230 ℃                                                                    | ・温 度 導 入 部              | 250 ℃                                                                 |
| 検 出 器                   | 230 ℃                                                                    | 検 出 器                   | 250 ℃                                                                 |
| カ ラ ム                   | 115 ℃                                                                    | カ ラ ム                   | 120 ℃                                                                 |

### 3) クロロホルム, 四塩化炭素, トリクロロエチレン, テトラクロロエチレン, 1,1,1—トリクロロエタンの分析

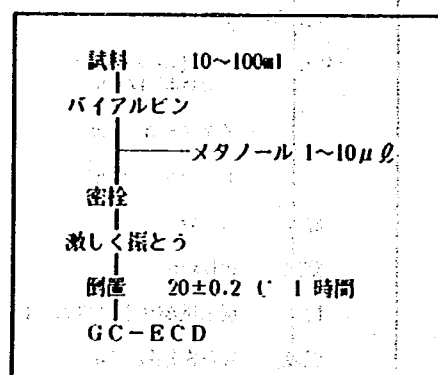
クロロホルム, 四塩化炭素, トリクロロエチレン, テトラクロロエチレン, 1,1,1—トリクロロエタンは, 有機塩素化合物であり, 又揮発性物質である。更に沸点も近い値を示しており, GCで分析する場合, 同じGC条件で分析することができる。

#### (1) 水中に存在する物質の分析

これらの揮発性有機塩素化合物は, ヘッドスペース法を用いて測定する方法が一般的であり, ここでもこの方法を用いる。操作フローを図—3—4に示し, GC条件を表—3—3に示す。試料をバイアルビンにとり, メタノール, リン酸 (1 + 10) を加え密栓する。激しく振とうした後20 ± 0.2 ℃に保った恒温水槽に倒置する。約1時間経過後, 気相の化学物質をECD—GCで分析する。定量は絶対検量線から求める。

#### (2) 汚泥中に存在する物質の分析

汚泥中に存在する化学物質の分析方法を図—3—5に示す。試料を遠心分離し, 水を捨て汚泥は蒸留水50mlを用いてバイアルビンに移す。メタノールとリン酸 (1 + 10) を加え密栓した後激しく振とうし, 20 ± 0.2 ℃の恒温水槽に倒置する。約1時間経過後, 気相の化学物質をECD—GCで分析する。GC測定条件は水の分析と同様である。定量は標準添加法により求める。



図—3—4 揮発性物質分析フローシート (水)

#### (3) 気体中に存在する物質の分析

気体中に存在する化学物質の分析方法を図—3—6に示す。試料気体をAirポンプを用い0.5 ~ 1 ℓ/minの流量でXAD—2樹脂に通じる。これにより吸着された化学物質をエーテルで溶出し, 脱水した後, 希釈し, ECD—GCで分析する。GC測定条件は水の分析と同様である。定量は絶対検量線か

本方法によるそれぞれの回収率は次の通りである。

- 試料 0.5 ~ 1.0g  
 ↓  
 遠心分離 3000rpm 10 分  
 ↓  
 バイアルビン  
 ↓  
 ——— 水 100ml  
 ↓  
 密栓  
 ↓  
 ——— メタノール 10ml  
 ↓  
 激しく振とう  
 ↓  
 倒置 20±0.2 °C 1 時間  
 ↓  
 GC-ECD

試料 200 ~ 300 g  
 VAD-2 樹脂 ID 1.5mm×10cm  
 流量 1ℓ/min  
 エーテル 100ml  
 静置 30 2分  
 滴出 2ml/min  
 脱水 無水硫酸ナトリウム 10g  
 希釈 エーテルで希釈する  
 GC-ECD

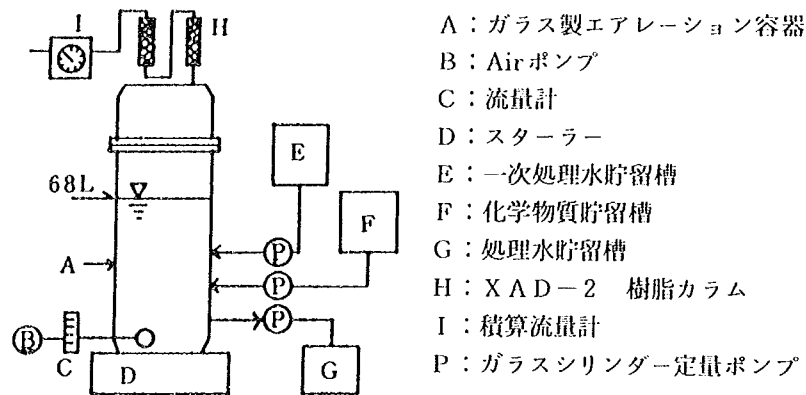
表一3—3 GC測定条件(揮発性物質)

— 43 —

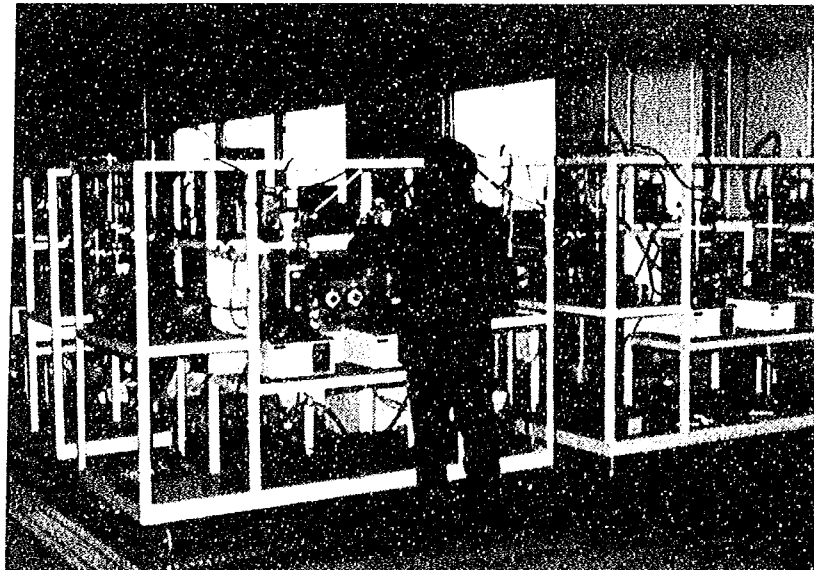
## 4. 実 験 装 置

### 4.1 バッチ式活性汚泥処理実験装置

本装置はガラス製の密閉型活性汚泥処理装置である。流入水、処理水の引扱はガラス製のシリンダーポンプを用いている。fill and draw のバッチ式であり、流入、曝気、沈殿、処理水の引抜きは、それぞれのポンプがタイマーにセットされているため、自動的に運転することができる。1日当り1サイクルから4サイクルまで運転条件を変更することができる。本装置は屋内に設置してある。



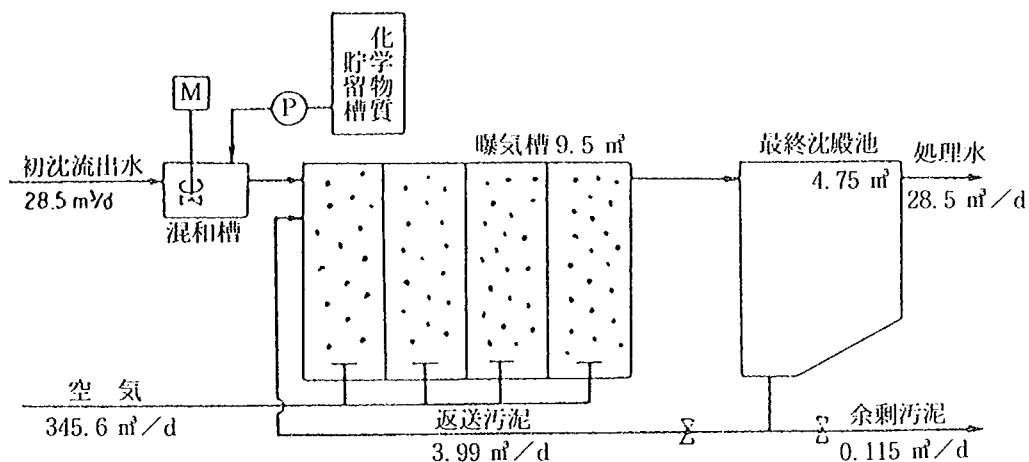
図一4—1 活性汚泥処理実験装置（バッチ式）



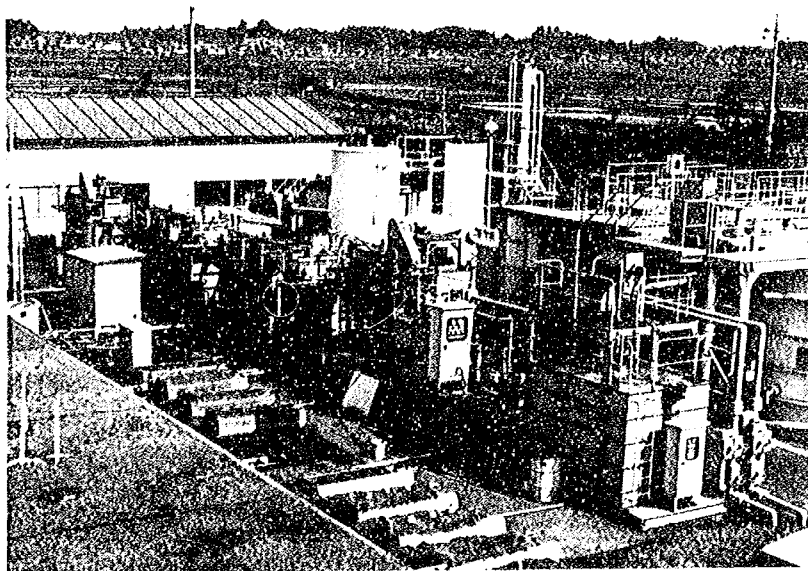
写真一4—1 バッチ式活性汚泥処理実験装置

## 4.2 連続式活性汚泥処理実験装置

本装置は、曝気槽  $9.5 \text{ m}^3$ 、沈殿池  $4.75 \text{ m}^3$  である。曝気槽は 4 つに支切られており、完全混合型の押し出し流れになっている。曝気槽入口近くに約  $20 \ell$  の撹拌槽がありこの撹拌槽に化学物質を添加する。本装置は、鋼鉄性であり屋外の地上に設置してあるため、外気温の影響を強く受けるものである。



図—4—2 大型活性汚泥処理装置



写真—4—2 大型活性汚泥処理装置

## 5. バッチ処理システムにおける 2,5-DCA の挙動

### 5.1 人工下水に 2,5-DCA を添加した室内実験

#### 1) 実験装置

実験装置は 4.1 で説明したガラス製の密閉型活性汚泥処理実験装置を用いた。

#### 2) 供試化学物質 2,5-ジクロルアニリン (2,5-DCA)<sup>37)</sup>

2,5-DCA (図-5-1) は、「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」により分解性が悪い物質として取扱われている。また、2,5-DCA は染料中間体として広く用いられており、下水処理水および公共用水域からそれぞれ検出された物質である。動物 (マウス、モルモット、ウサギ) に対する急性毒性試験によれば、LD<sub>50</sub> が、2,500 ~ 3,750 mg/kg であり、慢性毒性試験では、1 日 20mg/kg の割合で 6 ケ月間与えた結果、条件反射、腎臓機能、肝臓機能、血液濃度にも変化をきたした。以上、2,5-DCA は、分解性が悪く、環境中にもある程度存在し、かつ動物にも悪影響をおよぼす化学物質である。

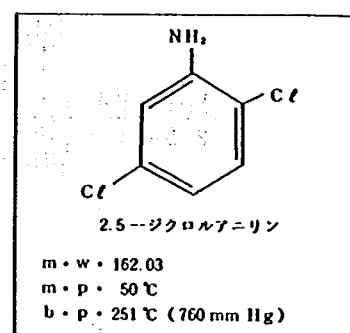


図-5-1

#### 3) 実験方法

流入基質は、蒸留水 2.5 ℓ/サイクル、人工下水 0.5 ℓ/サイクル、化学物質 0.5 ℓ/サイクルの 3.5 ℓ/サイクルで実施した。

実験は、化学物質負荷の低い実験 1 と化学物質負荷の高い実験 2 について行った。

人工下水の組成を、表-5-1 に示す。また、実験 1, 2 の化学物質添加量を表-5-2 に示した。

表-5-1 合成下水の組成

|        |          |                                     |          |
|--------|----------|-------------------------------------|----------|
| デキストリン | 253 mg/l | NaCl                                | 55 mg/l  |
| 肉エキス   | 539 mg/l | KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>     | 154 mg/l |
| 酵母エキス  | 616 mg/l | KCl                                 | 110 mg/l |
| ペプトン   | 539 mg/l | MgCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O | 92 mg/l  |

表-5-2 化学物質添加量

| 実験 1 | No. 1 | コントロール     | 実験 2 | No. 1 | コントロール    |
|------|-------|------------|------|-------|-----------|
|      | No. 2 | 0.071 mg/l |      | No. 2 | 1.43 mg/l |
|      | No. 3 | 0.14 mg/l  |      | No. 3 | 14.3 mg/l |
|      | No. 4 | 1.43 mg/l  |      | No. 4 | 71 mg/l   |

流入水の添加、曝気、沈殿、処理水の引抜きは、タイマーにより自動運転となっている。その 1 日当りの運転プログラムを表-5-3 に示す。

実験に供した活性汚泥は茨城県の A 下水処理場より採取した返送汚泥を用いた。

実験はまず活性汚泥の人工下水に対する馴致培養を行った。約一ヶ月間馴致培養を行った後表-5-2

表-5-3 1日当りの運転プログラム

|         | 1サイクル       | 2サイクル       | 3サイクル      |
|---------|-------------|-------------|------------|
| 基質添加時間  | 9:00- 9:10  | 17:00-17:10 | 1:00- 1:10 |
| 曝気時間    | 9:10-14:40  | 17:10-22:40 | 1:10- 6:40 |
| 減速攪拌時間  | 14:40-15:00 | 22:40-23:00 | 6:40- 7:00 |
| 沈殿時間    | 15:00-16:30 | 23:00- 0:30 | 7:00- 8:30 |
| 処理水引抜時間 | 16:30-16:50 | 0:30- 0:50  | 8:30- 8:50 |

に示すような量の2,5-DCAを添加した。実験期間中Na 1~4の実験槽について表-5-4に示す項目について分析を行いその経時変化を調べた。

表-5-4 分析項目

|         |            |
|---------|------------|
| * pH    | * SS       |
| * BOD   | * OUR      |
| * COD   | * 2, 5-DCA |
| * D-COD | * MLSS     |
| * TOC   | * SVI      |
| * D-TOC | * 原生動物     |

原生動物の同定、定量は試料を採取した後ホルマリソで固定(10ml/100ml)しておき、顕微鏡で観察した。

#### 4) 結果及び考察

##### (1) 処理水質への影響

実験1の処理水分析結果を表-5-5に示す。また流入水の分析結果は表-5-6に示す通りである。

表-5-5 水質分析結果(実験1)

|                     | Na 1                  |                       | Na 2                  |                              | Na 3                  |                          | Na 4                  |                          |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                     | 馴致期間                  | 2,5-DCA<br>添加期間       | 馴致期間                  | 2,5-DCA<br>添加期間              | 馴致期間                  | 2,5-DCA<br>添加期間          | 馴致期間                  | 2,5-DCA<br>添加期間          |
| PH                  | 6.55~7.06             | 6.66~7.37             | 6.76~7.25             | 6.51~7.36                    | 6.51~7.15             | 6.10~7.27                | 6.49~7.20             | 6.92~7.70                |
| SS<br>(mg/ℓ)        | 33~47<br>39 (4)       | 22~43<br>29 (2)       | 21~39<br>29 (4)       | 15~55<br>28 (2)              | 31~39<br>33 (4)       | 16~36<br>25 (2)          | 20~39<br>28 (4)       | 16~49<br>27 (2)          |
| BOD<br>(mg/ℓ)       | 10.3~13.9<br>12.0 (4) | 5.6~9.8<br>7.6 (2)    | 8.6~11.4<br>9.8 (4)   | 5.8~12.0<br>7.2 (2)          | 10.1~15.9<br>12.2 (4) | 6.3~11.8<br>7.8 (2)      | 6.5~12.7<br>8.4 (4)   | 3.7~10.9<br>7.3 (2)      |
| COD<br>(mg/ℓ)       | 16.8~22.7<br>21.0 (4) | 10.0~21.7<br>18.3 (2) | 17.1~19.2<br>18.5 (4) | 13.0~18.4<br>16.6 (2)        | 20.6~24.7<br>22.7 (4) | 14.7~25.0<br>20.4 (2)    | 18.9~22.5<br>20.3 (4) | 14.9~20.1<br>17.0 (2)    |
| D-COD<br>(mg/ℓ)     | 8.4~ 9.1<br>8.9 (4)   | 4.2~10.2<br>7.2 (2)   | 7.6~ 8.0<br>7.8 (4)   | 6.1~ 9.5<br>7.6 (2)          | 9.2~11.1<br>10.2 (4)  | 6.0~12.8<br>9.3 (2)      | 9.0~ 9.7<br>9.4 (4)   | 5.4~ 9.2<br>6.3 (2)      |
| TOC<br>(mg/ℓ)       | 15.3~19.6<br>18.2 (4) | 7.1~17.5<br>12.4 (2)  | 10.7~17.3<br>14.7 (4) | 5.8~15.4<br>12.2 (2)         | 13.2~16.9<br>15.3 (4) | 5.3~16.1<br>9.7 (2)      | 12.0~16.5<br>14.4 (4) | 4.5~14.9<br>10.1 (2)     |
| D-TOC<br>(mg/ℓ)     | 2.5~ 4.5<br>3.4 (4)   | 2.0~ 4.7<br>3.3 (2)   | 3.3~ 4.5<br>3.8 (4)   | 1.9~ 4.3<br>3.1 (2)          | 2.5~ 4.5<br>3.5 (4)   | 1.9~ 4.8<br>3.2 (2)      | 2.9~ 4.5<br>3.4 (4)   | 2.3~ 6.5<br>3.4 (2)      |
| 2,5-DCA<br>(mg/ℓ)   | —                     | ND(3)                 | —                     | 0.008~<br>0.042<br>0.025 (3) | —                     | 0.012~0.069<br>0.045 (3) | —                     | 0.446~0.778<br>0.694 (3) |
| MLSS<br>(mg/ℓ)      | 1430~2060<br>1700 (1) | 1460~1960<br>1680 (3) | 1530~2020<br>1750 (1) | 1470~2190<br>1730 (3)        | 1500~1980<br>1730 (1) | 1400~2030<br>1720 (3)    | 1510~1970<br>1750 (1) | 1440~2160<br>1740 (3)    |
| SVI                 | 53~71<br>62 (1)       | 56~104<br>74 (3)      | 52~69<br>58 (1)       | 53~289<br>91 (3)             | 48~70<br>56 (1)       | 51~277<br>84 (3)         | 49~68<br>56 (1)       | 49~120<br>81 (3)         |
| 2,5-DCA<br>(mg/g)   | —                     | ND(3)                 | —                     | 0.009~<br>0.048<br>0.024 (4) | —                     | 0.006~0.039<br>0.024 (7) | —                     | 0.174~0.439<br>0.370 (2) |
| 原生動物<br>(個/100MLSS) | 1100 (1)              | 2470~5610<br>3640 (6) | 1330 (1)              | 2340~5550<br>3440 (6)        | 1440 (1)              | 1880~5640<br>3470 (7)    | 1100 (1)              | 2200~5830<br>3520 (6)    |

上段-範囲 下段-平均値 ( ) 内 データ数

表—5—6 流入水の分析結果（実験1）

|                | No. 1 | No. 2    | No. 3  | No. 4 |
|----------------|-------|----------|--------|-------|
| BOD (mg/l)     | 178   | 175      | 175    | 176   |
| COD (mg/l)     | 106   | 107      | 106    | 107   |
| TOC (mg/l)     | 108   | 108      | 108    | 108   |
| 2,5-DCA (mg/l) | —     | 0. 6 / 1 | 0. 143 | 1. 43 |

実験開始より36日間は、人工下水で培養を行った。37日目よりNa 2, 3, 4にそれぞれ所定の濃度で2,5-DCAを添加した。

処理水の分析結果は、人工下水馴致期間と2,5-DCA添加期間に分けてまとめている。人工下水馴致期間のBOD除去率は、どのケースにおいても93%以上の高い除去率を示している。また、D-COD、D-TOC除去率もそれぞれ90%、96%以上の高い値を示しており、処理水質は良好である。また、2,5-DCA添加期間においても、BOD、D-COD、D-TOCともその除去率は非常に高い値（95%、91%、96%以上）を示しており、2,5-DCAを添加したことによる処理水の悪化等の現象はみとめられない。

2,5-DCAの分析結果からその除去率をみると、Na 2の0.071 mg/ℓのケースが、64.8%、Na 3の0.143 mg/ℓのケースが68.5%、Na 4の1.43mg/ℓのケースが51.5%である。BOD、D-COD、D-TOCの除去率に比べ低い値となっている。これは、2,5-DCAが、生物に資化されにくい難分解性であることを示している。

2,5-DCAを高負荷にした実験2の処理水分析結果を表—5—7に示した。実験開始から42日間は人工下水による馴致期間とし、43日目から、2,5-DCAを添加した。

流入水質の分析結果を表—5—8に示した。2,5-DCAの添加濃度が1.43mg/ℓ、14.3mg/ℓ、71mg/ℓであってもBODの測定値に変化がないがこれは、2,5-DCAが難生物分解性物質であるためと考えられる。しかし、CODMnでは酸化されるため、その添加によると考えられる差があらわれている。2,5-DCA、1mg/ℓの理論酸化量は1.53mg/ℓであるが、実測値は0.98mg/ℓであり、CODMn酸化率は64%となる。流入水の分析結果をみると、Na 2では、4mg/ℓ、Na 3では13mg/ℓ、Na 4では71mg/ℓ程高い値を示しており、2,5-DCAの添加によると考えられる。また、TOCの酸化率は100%であり2,5-DCA 1mg/ℓのTOCは0.45mg/ℓになる。

2,5-DCA添加によるTOCの増加は理論的にはそれぞれNa 2、0.6mg/ℓ、Na 3、6.4mg/ℓ、Na 4、32mg/ℓであるが、実測値では17mg/ℓ、6mg/ℓ、26mg/ℓであった。

処理水の分析結果は、表—5—7に示した通りであり、人工下水馴致期間のBOD除去率は92%以上である。D-COD除去率は92%、D-TOC除去率は93%以上であり非常に高い値である。また、2,5-DCA添加期間においてはBODで94%以上の除去率を示しているが、CODでは、それぞれ、94.0%、93.0%、84.8%、65.3%と2,5-DCAの添加濃度が高くなるにつれて低くなっている。これら

表—5—7 水質分析結果 (実験2)

|                    | No. 1                    |                          | No. 2                    |                           | No. 3                    |                          | No. 4                    |                           |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                    | 馴致期間                     | 2,5-DCA<br>添加期間          | 馴致期間                     | 2,5-DCA<br>添加期間           | 馴致期間                     | 2,5-DCA<br>添加期間          | 馴致期間                     | 2,5-DCA<br>添加期間           |
| PH                 | 6.71 ~ 7.30              | 7.20 ~ 7.45              | 6.76 ~ 7.27              | 7.25 ~ 7.45               | 6.17 ~ 7.37              | 7.25 ~ 7.45              | 6.86 ~ 7.27              | 7.39 ~ 7.60               |
| SS<br>(mg/ℓ)       | 11 ~ 38<br>23 (10)       | 14 ~ 63<br>33 (10)       | 11 ~ 47<br>25 (10)       | 10 ~ 84<br>38 (7)         | 13 ~ 37<br>24 (10)       | 8 ~ 55<br>33 (9)         | 7 ~ 57<br>29 (10)        | 15 ~ 60<br>35 (9)         |
| BOD<br>(mg/ℓ)      | 4.7 ~ 9.0<br>7.4 (8)     | 3.9 ~ 6.1<br>5.1 (6)     | 3.5 ~ 16.5<br>7.6 (8)    | 3.2 ~ 4.2<br>3.7 (2)      | 5.8 ~ 13.8<br>8.2 (8)    | 3.6 ~ 5.5<br>4.5 (2)     | 6.7 ~ 13.8<br>9.5 (8)    | 5.9 ~ 8.1<br>7.0 (2)      |
| COD<br>(mg/ℓ)      | 11.6 ~ 17.5<br>15.2 (8)  | —                        | 12.2 ~ 19.4<br>16.3 (8)  | —                         | 12.3 ~ 18.8<br>15.5 (8)  | —                        | 12.9 ~ 21.4<br>17.5 (8)  | —                         |
| D-COD<br>(mg/ℓ)    | 4.9 ~ 7.6<br>5.7 (8)     | 4.7 ~ 5.2<br>5.0 (3)     | 5.2 ~ 7.7<br>6.1 (8)     | 5.7 ~ 6.5<br>6.2 (3)      | 4.8 ~ 8.4<br>5.9 (8)     | 14.4 ~ 15.0<br>14.7 (3)  | 4.8 ~ 8.5<br>5.8 (8)     | 39.3 ~ 50.1<br>44.4 (3)   |
| D-TOC<br>(mg/ℓ)    | 2.8 ~ 6.4<br>4.4 (16)    | 2.0 ~ 4.5<br>3.4 (16)    | 3.7 ~ 8.2<br>5.0 (18)    | 3.2 ~ 6.9<br>4.2 (15)     | 3.4 ~ 7.1<br>4.7 (18)    | 5.8 ~ 9.3<br>7.1 (16)    | 3.7 ~ 7.1<br>4.7 (18)    | 11.6 ~ 23.6<br>18.3 (18)  |
| 2,5-DCA<br>(mg/ℓ)  | —                        | trace (2)                | —                        | 0.295~0.784<br>0.574 (15) | —                        | 4.50~10.37<br>8.22 (15)  | —                        | 22.35~42.63<br>34.44 (15) |
| MLSS<br>(mg/ℓ)     | 1040 ~ 2080<br>1640 (21) | 1300 ~ 2000<br>1680 (16) | 1120 ~ 2040<br>1700 (21) | 1340 ~ 2060<br>1790 (15)  | 1280 ~ 2140<br>1760 (21) | 1500 ~ 2300<br>1970 (14) | 1330 ~ 2110<br>1700 (21) | 1290 ~ 2050<br>1700 (16)  |
| SVI                | 54 ~ 144<br>92 (18)      | 58 ~ 100<br>76 (15)      | 62 ~ 123<br>89 (18)      | 145 ~ 627<br>400 (13)     | 54 ~ 197<br>91 (17)      | 125 ~ 505<br>328 (13)    | 49 ~ 227<br>99 (18)      | 53 ~ 78<br>65 (15)        |
| 2,5-DCA<br>(mg/g)  | —                        | —                        | —                        | 0.221~0.594<br>0.428 (5)  | —                        | 2.43 ~ 4.09<br>2.99 (5)  | —                        | 6.48 ~ 13.44<br>9.57 (5)  |
| 原生動物<br>(個/mgMLSS) | 2230 (1)                 | 300 ~ 1610<br>1170 (10)  | 1800 (1)                 | 910 ~ 2150<br>1450 (19)   | 1600 (1)                 | 390 ~ 1560<br>1050 (19)  | 1970 (1)                 | 20 ~ 2680<br>780 (19)     |

上段—範囲

下段—平均値

( ) 内 データ数

表—5—8 流入水の分析結果 (実験2)

|                   |     | No. 1 | No. 2 | No. 3 | No. 4 |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| BOD<br>(mg/l)     | 添加前 | 130   | 128   | 123   | 128   |
|                   | 添加後 | 130   | 128   | 123   | 128   |
| COD<br>(mg/l)     | 添加前 | 75.6  | 75.6  | 75.6  | 75.6  |
|                   | 添加後 | 84.1  | 88.0  | 96.9  | 128   |
| TOC<br>(mg/l)     | 添加前 | 73.9  | 73.9  | 73.9  | 73.9  |
|                   | 添加後 | 109   | 126   | 115   | 135   |
| 2,5-DCA<br>(mg/l) | 添加前 | —     | —     | —     | —     |
|                   | 添加後 | 0     | 1.43  | 14.3  | 71.0  |

は、2,5-DCAの残存によるものと考えられる。処理水中に残存している2,5-DCAに相当する値を除いたCODでみるとその除去率は、94.0%, 93.0%, 93.1%, 91.7%となり、非常に高い除去率となる。

## (2) 2,5-DCAの活性汚泥処理系内での物質収支

実験期間中に測定した、2,5-DCAの結果を表—5—9, 表—5—10に示す。この表より汚泥への2,5-DCAの濃縮倍率を計算すると表—5—11のようになる。その倍率は、120~350倍であり重金属

表-5-9 2.5-DCA分析結果(実験1)

|            | No. 2   | No. 3   | No. 4 |
|------------|---------|---------|-------|
| 流入水 (mg/l) | 0.071   | 0.143   | 1.43  |
| 処理水 (mg/l) | 0.025   | 0.045   | 0.694 |
| 汚泥 (mg/g)  | <0.0251 | <0.0269 | 0.370 |

注) 流入水は調整濃度である

表-5-10 2.5-DCA分析結果(実験2)

|            | No. 2 | No. 3 | No. 4 |
|------------|-------|-------|-------|
| 流入水 (mg/l) | 1.43  | 14.3  | 71.0  |
| 処理水 (mg/l) | 0.574 | 8.22  | 34.4  |
| 汚泥 (mg/g)  | 0.326 | 2.58  | 8.49  |

注) 流入水は調整濃度である

等の汚泥への濃縮<sup>34)</sup>に比べ低い値となっている。(汚泥の分析は実験1 表-5-11 2.5-DCAの濃縮率が16%, 実験2が27%で回収率を補正している。)

揮散する2.5-DCAについては, その回収がうまくいかなかったため, 同一装置を用いての精水曝気実験により揮散した2.5-DCAと同様に揮散しているものとした。実際には汚泥への吸着等がありこの結果より少なくなるものと考えられる。

2.5-DCAの物質収支を表-5-12に示した。0.07 mg/ℓ~71 mg/ℓまで濃度を変えて実験を行ったが, 流入に対する割合でみた場合, どの系においてもその収支はほぼ同様である。処理水に残存して系外へ排出されるものは, 31.3~57.5%平均43.4%, 汚泥に吸着し系外へ

|     |       | 濃縮率 |
|-----|-------|-----|
| 実験1 | No. 2 | 350 |
|     | No. 3 | 190 |
|     | No. 4 | 260 |
| 実験2 | No. 2 | 230 |
|     | No. 3 | 180 |
|     | No. 4 | 120 |

表-5-12 2.5-DCA物質収支

|     |       | 流入            | 処理             | 汚泥             | 揮散             | 不明             |
|-----|-------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 実験1 | No. 2 | 0.75<br>(100) | 0.26<br>(34.7) | 0.026<br>(3.5) | ND<br>(0)      | 0.46<br>(64.8) |
|     | No. 3 | 1.50<br>(100) | 0.47<br>(31.3) | 0.029<br>(1.9) | 0.01<br>(0.7)  | 0.99<br>(66.0) |
|     | No. 4 | 15.0<br>(100) | 7.29<br>(48.6) | 0.403<br>(2.7) | 2.27<br>(15.1) | 5.04<br>(33.6) |
| 実験2 | No. 2 | 15.0<br>(100) | 6.03<br>(40.2) | 0.422<br>(2.8) | 2.27<br>(15.1) | 6.28<br>(41.9) |
|     | No. 3 | 150<br>(100)  | 86.3<br>(57.5) | 3.21<br>(2.1)  | 15.6<br>(10.4) | 44.9<br>(29.9) |
|     | No. 4 | 750<br>(100)  | 362<br>(48.3)  | 8.60<br>(1.1)  | 36.0<br>(4.8)  | 343<br>(45.7)  |

注: ( ) 内の値は流入を100とした百分率である。

排出されるものは、1.1～3.5%平均2.4%である。揮散によるものは、極微量のケースではほとんど揮散していないが、1.43mg/ℓ～71mg/ℓでは、4.8～15.1%平均11.4%となっている。

流入に対し、処理、汚泥、揮散によるものを除いた本実験により直接測定できなかったものは、ほとんどが生物分解と考えられる。この割合は、29.9%～66.0%平均47.0%であった。

### (3) 活性汚泥中の原生動物への影響

2.5-DCAの原生動物への影響は、顕微鏡を用いて細胞数および出現属種類を観察した多様度指数と類似性指数でその評価を行った。なお、多様度指数はSimpsonの式<sup>35)</sup>を、類似性指数は木元<sup>35)</sup>の式を用いてそれぞれ求めた。

$$\text{多様度指数 } (1/\Sigma H_i^2) = \frac{1}{\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right)^2}$$

$$\text{類似性指数 } (C_H) = \frac{2 \sum_{i=1}^s n_{ii} \cdot n_{ii}}{(\sum_{i=1}^s H_i^2 + \sum_{i=1}^s H_i^2) N_1 \cdot N_2} \quad 0 \leq C_H \leq 1$$

$$\Sigma H_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^s n_{ii}^2}{N_i^2}, \quad \Sigma H_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^s n_{ii}^2}{N_i^2}$$

多様度指数とは原生動物の群集構成の多様性を比べるものであって、その指数が大きければ大きいほど多様性に富むことを示す。また、類似性指数とは原生動物の群集間の類似性を示すもので1に近いほど類似性に富み、両群集が全く同一の場合には1となる。

実験1、2における各実験槽の多様度指数、出現属種類、総細胞数をそれぞれ表—5—13、表—5—14に示す。実際の下水を用いた同様の実験において、多様度指数は平均5.00であり出現属種類は31、総細胞数は9670個/mgであった。また通常の下水处理場における出現属種類は10～15、総細胞数は $10 \times 10^8 \sim 60 \times 10^8$ 個/gであり、これらの数値と比較すると実験1、2における活性汚泥中の原生動物は非常

表—5—13 原生動物の検鏡結果（実験1）

|      |       | 2.5-DCA<br>添加以前 | 2.5-DCA 添加後の経過日数 |       |       |       |       |       |
|------|-------|-----------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |       |                 | 1日               | 8日    | 15日   | 22日   | 28日   | 35日   |
| No 1 | 多様度指数 | 1.456           | 1.102            | 1.134 | 1.088 | 1.124 | 1.101 | 1.090 |
|      | 出現属種数 | 3               | 3                | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     |
|      | 総細胞数  | 1100            | 2470             | 2570  | 2880  | 3470  | 4840  | 5610  |
| No 2 | 多様度指数 | 1.244           | 1.150            | 1.276 | 1.093 | 1.022 | 1.083 | 1.070 |
|      | 出現属種数 | 5               | 6                | 5     | 4     | 3     | 4     | 4     |
|      | 総細胞数  | 1330            | 2340             | 2410  | 2490  | 3550  | 4300  | 5550  |
| No 3 | 多様度指数 | 1.536           | 1.333            | 1.271 | 1.143 | 1.065 | 1.069 | 1.058 |
|      | 出現属種数 | 5               | 5                | 4     | 4     | 2     | 4     | 3     |
|      | 総細胞数  | 1440            | 1880             | 2340  | 2890  | 3800  | 4240  | 5610  |
| No 4 | 多様度指数 | 1.489           | 1.180            | 1.395 | 1.142 | 1.046 | 1.071 | 1.102 |
|      | 出現属種数 | 4               | 4                | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     |
|      | 総細胞数  | 1100            | 2200             | 2410  | 2450  | 3570  | 4670  | 5830  |

総細胞数の単位 Cells/mg. MLSS

に限られた種類が出現しているといえる。2.5-DCA添加後の総細胞数の経日変化を図-5-2, 図-5-3に示す。

実験1では2.5-DCAを添加後Na1~Na4とも徐々に増加しており特に2.5-DCAによる阻害はみとめられない。実験2の結果を見ると, Na2では, 2.5-DCAの影響はほとんどみられないが, Na3では2.5-DCA添加2~5日で総細胞数が半分程度に減り, その後10~14日で添加前と同じ値にもどっている。Na4では添加1日後から大きな変化がみられる。添加1日後で, 総細胞数が1/10程度に減り, 5日後では2種類で細胞数も90個/mg・MLSSまで減っている。その後回復し添加前と同程度の1200個/mg・MLSS程度までもどったものの, 添加から25日後では2種類で, 細胞数も20個/mg・MLSSに減っている。

これらの結果から, 原生動物に対する2.5-DCAの影響は添加濃度が14.3 mg/ℓで細胞数の減少が起こり, 71 mg/ℓでは2.5-DCAの添加直後から総細胞数の著しい減少があり阻害がみとめられた。

表-5-14 原生動物の検鏡結果 (実験2)

|      |       | 2.5-DCA<br>添加以前 | 2.5-DCA 添加後の経過日数 |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-----------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |       |                 | 1日               | 2日    | 5日    | 9日    | 16日   | 18日   | 21日   | 23日   | 25日   |
| Na 1 | 多様度指数 | 2.068           | 1.732            | 2.008 | —     | 1.391 | 2.998 | —     | —     | 1.565 | —     |
|      | 出現属種数 | 6               | 3                | 3     | —     | 3     | 5     | —     | —     | 5     | —     |
|      | 総細胞数  | 1610            | 1330             | 1210  | —     | 800   | 990   | —     | —     | 2620  | —     |
| Na 2 | 多様度指数 | 1.623           | 1.599            | 1.816 | 2.857 | 1.971 | 2.267 | 2.088 | 1.856 | 1.467 | 1.473 |
|      | 出現属種数 | 4               | 4                | 3     | 4     | 4     | 6     | 5     | 5     | 4     | 5     |
|      | 総細胞数  | 1330            | 1330             | 1250  | 1100  | 1630  | 1690  | 1960  | 1610  | 1480  | 2450  |
| Na 3 | 多様度指数 | 1.693           | 1.139            | 2.207 | 2.130 | 3.278 | 2.273 | 2.493 | 2.249 | 2.601 | 2.482 |
|      | 出現属種数 | 6               | 4                | 3     | 4     | 5     | 6     | 6     | 5     | 5     | 4     |
|      | 総細胞数  | 1230            | 1400             | 390   | 540   | 580   | 1120  | 1380  | 890   | 870   | 1210  |
| Na 4 | 多様度指数 | 2.337           | 3.612            | 2.390 | 1.975 | 4.427 | 3.083 | 2.424 | 3.306 | 1.800 | 2.000 |
|      | 出現属種数 | 5               | 5                | 3     | 2     | 6     | 6     | 5     | 4     | 2     | 2     |
|      | 総細胞数  | 2680            | 250              | 140   | 90    | 1150  | 1280  | 760   | 180   | 30    | 20    |

総細胞数の単位 Cells/mg. MLSS

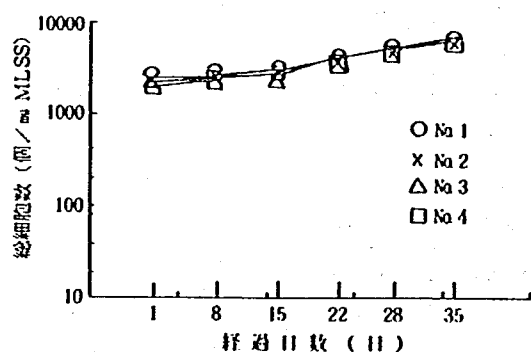


図-5-2 原生動物の経日変化 (実験1)

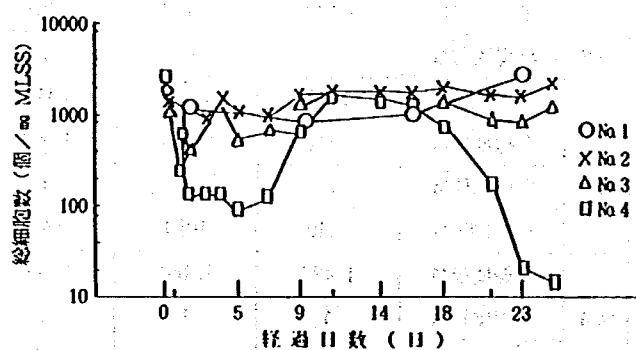


図-5-3 原生動物の経日変化 (実験2)

## 5.2 実下水に2.5-DCAを添加した室内実験(1)

### 1) 実験方法

実下水(一次処理水)に2.5-DCAを添加し、下水処理に与える2.5-DCAの影響について調査を行った。2.5-DCAを1.43mg/ℓ添加した実験1と14.3mg/ℓ添加した実験2について行った。実験条件を表-5-15に示す。実験のやりかたは5.1人工下水を用いた実験と同様である。

表-5-15

|     |       |           |
|-----|-------|-----------|
| 実験1 | No. 1 | コントロール    |
|     | No. 2 | 1.43 mg/ℓ |
| 実験2 | No. 1 | コントロール    |
|     | No. 2 | 14.3 mg/ℓ |

### 2) 結果及び考察

#### (1) 処理水質への影響

実験1の流入水質と処理水質の測定結果を表-5-16、表-5-17に示す。

流入水質は、馴致期間より、2.5-DCA添加期間のほうがBOD、COD等の値が低くなっている。

処理水質では、Na 1、Na 2ともSS、BOD、TOC、D-TOCは、2.5-DCA添加期間の方が低い値になっているが、COD、D-CODは、Na 1は低い値になっているが、Na 2の2.5-DCA添加の系では、CODで6.8mg/ℓ、D-CODで7.3mg/ℓ高い値を示している。2.5-DCAの残存量は、0.271mg/ℓであり、CODに換算しても0.2mg/ℓ程度であるため、2.5-DCAの残存に起因するものではない。

実験2の流入水質と処理水質を表-5-18、表-5-19に示した。

処理水のBODは、Na 1、Na 2とも馴致期間、2.5-DCA添加期間を通じ、10mg/ℓ以下でありその除去率は75%以上を示している。

COD、D-CODでは、馴致期間の除去率がNa 1のコントロールでそれぞれ53.1%、44.6%、Na 2で50.4%、43.2%に対し、2.5-DCA添加期間の、2.5-DCA無添加のNa 1コントロールでは、58.5%、55.4%でNa 2の2.5-DCA添加では、24.7%、28.7%とかなり低い値となっている。

D-TOC、D-CODの経日変化図を図-5-4、図-5-5に示す。

表-5-19のBOD<sub>5</sub>の結果では、馴致期間を通じ処理水質の変化はみられないが、有機物の酸化力が強い、COD、TOCの結果では、図-5-4、図-5-5に示すように、2.5-DCA添加期間に入ってD-TOCで5.2mg/ℓ、D-CODで8.6mg/ℓ高い値となっている。これらは、2.5-DCAの処理水への残留(7.88mg/ℓ)によるものと思われる。しかし、2.5-DCAによるD-TOC、D-CODを除いても、D-TOCで1.7mg/ℓ、D-CODで3.6mg/ℓ高い値を示しており、処理

表-5-16 流入水質の測定結果(実験1)

|                   | 馴 致 期 間                | 2.5-DCA<br>添 加 期 間     |
|-------------------|------------------------|------------------------|
| PH                | 7.05~7.57              | 6.81~7.55              |
| SS<br>(mg/ℓ)      | 16.6~67.9<br>28.7 (13) | 15.6~61.1<br>23.1 (22) |
| BOD<br>(mg/ℓ)     | 50.8~72.2<br>60.6 (13) | 11.2~73.9<br>43.2 (22) |
| COD<br>(mg/ℓ)     | 26.0~36.0<br>33.1 (13) | 16.2~43.1<br>29.3 (22) |
| D-COD<br>(mg/ℓ)   | 16.3~25.5<br>20.9 (13) | 9.2~25.7<br>19.3 (22)  |
| TOC<br>(mg/ℓ)     | 33.4~49.4<br>40.1 (8)  | 13.8~49.0<br>28.8 (21) |
| D-TOC<br>(mg/ℓ)   | 20.1~37.3<br>27.3 (8)  | 6.0~37.6<br>18.4 (22)  |
| 2.5-DCA<br>(mg/ℓ) | —                      | 14.3                   |

上段-範囲 下段-平均値 ( )内はデータ数

表-5-17 処理水質の測定結果(実験1)

|                     | No 1                  |                         | No 2                  |                           |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
|                     | 馴致期間                  | 2,5-DCA<br>添加期間         | 馴致期間                  | 2,5-DCA<br>添加期間           |
| PH                  | 7.38~7.92             | 7.49~8.06               | 7.42~7.87             | 7.50~8.08                 |
| SS<br>(mg/ℓ)        | 4.8~35.0<br>19.6 (13) | 11.7~21.4<br>14.7 (22)  | 4.9~34.9<br>18.3 (13) | 10.7~19.5<br>15.2 (22)    |
| BOD<br>(mg/ℓ)       | 6.7~25.2<br>13.7 (13) | 7.1~12.4<br>8.5 (22)    | 6.6~25.3<br>12.8 (13) | 5.3~14.4<br>9.3 (22)      |
| COD<br>(mg/ℓ)       | 9.1~17.6<br>13.0 (13) | 10.1~12.4<br>11.2 (22)  | 9.1~17.6<br>12.6 (13) | 15.0~22.0<br>19.4 (22)    |
| D-COD<br>(mg/ℓ)     | 5.3~8.8<br>7.4 (13)   | 5.6~8.4<br>7.0 (22)     | 5.2~8.9<br>7.5 (13)   | 9.1~18.0<br>14.8 (22)     |
| TOC<br>(mg/ℓ)       | 9.3~15.5<br>12.5 (8)  | 4.8~13.2<br>8.2 (21)    | 8.8~16.2<br>12.7 (8)  | 5.2~14.9<br>9.3 (21)      |
| D-TOC<br>(mg/ℓ)     | 4.8~8.0<br>7.0 (8)    | 2.8~6.8<br>4.9 (22)     | 5.2~7.1<br>6.7 (8)    | 3.8~8.0<br>5.8 (22)       |
| 2,5-DCA<br>(mg/ℓ)   | —                     | ND (3)                  | —                     | 0.099~0.464<br>0.271 (10) |
| MLSS<br>(mg/ℓ)      | 440~750<br>590 (14)   | 520~740<br>600 (22)     | 400~800<br>600 (14)   | 490~700<br>600 (22)       |
| SVI                 | 54~166<br>78 (14)     | 77~112<br>93 (22)       | 55~175<br>79 (14)     | 77~108<br>89 (22)         |
| 2,5-DCA<br>(mg/g)   | —                     | ND (3)                  | —                     | 0.195~0.536<br>0.305 (5)  |
| 原生動物<br>(個/mg MLSS) | 4400 (1)              | 5100~18200<br>10400 (7) | 6800 (1)              | 7500~28600<br>13200 (7)   |

上段-範囲 下段-平均値 ( ) はデータ数

表-5-18 流入水質測定結果(実験2)

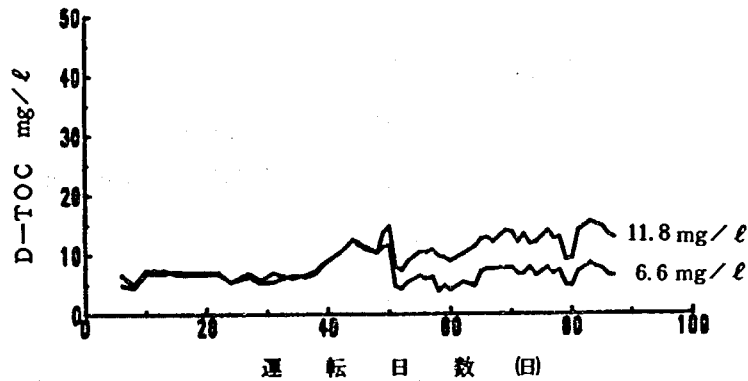
|                   | 馴致期間                   | 2,5-DCA<br>添加期間        |
|-------------------|------------------------|------------------------|
| PH                | 7.34~7.60              | 7.40~7.60              |
| SS<br>(mg/ℓ)      | 18.6~43.5<br>26.3 (16) | 21.5~46.1<br>32.2 (17) |
| BOD<br>(mg/ℓ)     | 17.4~66.3<br>29.4 (16) | 23.7~79.0<br>41.1 (17) |
| COD<br>(mg/ℓ)     | 14.9~35.0<br>22.6 (16) | 30.2~47.3<br>36.1 (17) |
| B-COD<br>(mg/ℓ)   | 8.4~20.0<br>13.9 (16)  | 22.8~36.2<br>26.8 (17) |
| TOC<br>(mg/ℓ)     | 14.6~39.7<br>23.2 (8)  | 24.0~47.5<br>31.2 (17) |
| D-TOC<br>(mg/ℓ)   | 7.0~27.1<br>16.0 (13)  | 13.0~35.8<br>21.9 (33) |
| 2,5-DCA<br>(mg/ℓ) | —                      | 14.3                   |

上段-範囲 下段-平均値 ( ) 内はデータ数

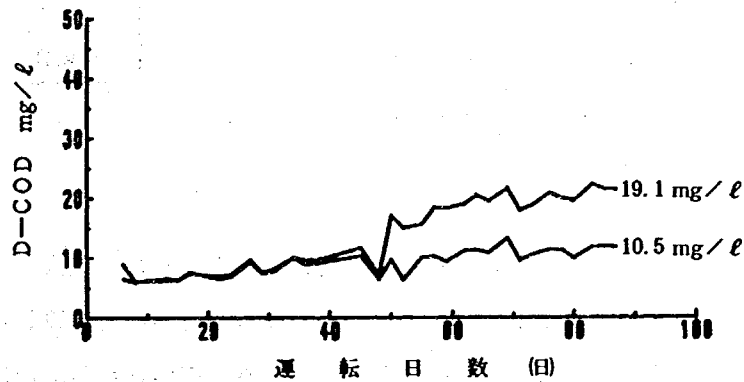
表一五—19 処理水質測定結果（実験2）

|                     | No. 1                     |                         | No. 2                   |                          |
|---------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                     | 馴致期間                      | 2,5-DCA<br>添加期間         | 馴致期間                    | 2,5-DCA<br>添加期間          |
| PH                  | 7.55 ~ 8.04               | 7.50 ~ 7.83             | 7.66 ~ 8.16             | 8.08 ~ 8.40              |
| SS<br>(mg/ℓ)        | 4.5 ~ 21.5<br>11.5 (16)   | 4.7 ~ 13.3<br>7.7 (17)  | 7.7 ~ 20.5<br>12.6 (16) | 9.6 ~ 41.3<br>23.2 (17)  |
| BOD<br>(mg/ℓ)       | 3.6 ~ 12.6<br>6.8 (16)    | 6.3 ~ 14.9<br>9.4 (17)  | 4.1 ~ 12.5<br>6.7 (16)  | 5.7 ~ 14.0<br>10.0 (17)  |
| COD<br>(mg/ℓ)       | 7.8 ~ 14.7<br>10.6 (16)   | 9.5 ~ 31.3<br>12.7 (17) | 8.6 ~ 16.3<br>11.2 (16) | 21.9 ~ 31.3<br>27.2 (17) |
| D-COD<br>(mg/ℓ)     | 6.0 ~ 10.3<br>7.7 (16)    | 6.3 ~ 13.1<br>10.5 (17) | 5.9 ~ 11.6<br>7.9 (16)  | 14.9 ~ 22.1<br>19.1 (17) |
| TOC<br>(mg/ℓ)       | 7.1 ~ 12.7<br>9.4 (16)    | 7.2 ~ 11.5<br>8.7 (17)  | 5.0 ~ 12.7<br>9.3 (16)  | 13.1 ~ 27.0<br>18.3 (17) |
| D-TOC<br>(mg/ℓ)     | 5.0 ~ 12.4<br>7.6 (21)    | 3.9 ~ 11.5<br>6.6 (33)  | 4.4 ~ 12.4<br>7.6 (21)  | 7.3 ~ 15.4<br>11.8 (33)  |
| 2,5-DCA<br>(mg/ℓ)   | —                         | ND (1)                  | —                       | 7.06 ~ 8.70<br>7.88 (6)  |
| MLSS<br>(mg/ℓ)      | 540 ~ 880<br>710 (19)     | 610 ~ 880<br>720 (17)   | 560 ~ 850<br>690 (19)   | 520 ~ 720<br>620 (19)    |
| SVI                 | 59 ~ 120<br>86 (19)       | 75 ~ 102<br>86 (17)     | 61 ~ 116<br>87 (19)     | 61 ~ 90<br>77 (17)       |
| 2,5-DCA<br>(mg/g)   | —                         | —                       | —                       | 2.49 ~ 4.93<br>3.71 (2)  |
| 原生動物<br>(個/mg MLSS) | 4700 ~ 35400<br>15900 (3) | 3500 ~ 5400<br>4700 (3) | 2600 ~ 8300<br>4900 (3) | 2100 ~ 4600<br>3300 (10) |

上段—範囲 下段—平均値 ( ) 内はデータ数



図一五—4 D-TOC経日変化



図一五—5 D-COD経日変化

水質の悪化がみられる。

窒素化合物の分析結果を表一5—20に示す。

表一5—20 窒素化合物分析結果

|                                                 | 流 入 水                 |                       | 処 理 水 1               |                       | 処 理 水 2               |                       |
|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                                 | 馴 致 期 間               | 2.5-DCA<br>添 加 期 間    | 馴 致 期 間               | 2.5-DCA<br>添 加 期 間    | 馴 致 期 間               | 2.5-DCA<br>添 加 期 間    |
| NH <sub>4</sub> -N<br>(mg/ℓ)                    | 2.40~4.28<br>3.40 (5) | 1.24~2.03<br>1.75 (7) | 0~0.27<br>0.10 (5)    | 0~0.09<br>0.02 (7)    | 0~0.67<br>0.18 (4)    | 1.04~4.22<br>2.37 (7) |
| NO <sub>2</sub> -N<br>(mg/ℓ)                    | 0~1.05<br>0.38 (5)    | 0.12~0.86<br>0.51 (7) | 0.30~1.98<br>1.32 (5) | 0.14~2.49<br>1.70 (7) | 0.99~3.65<br>2.02 (4) | 0.03~0.26<br>0.08 (7) |
| NO <sub>3</sub> -N<br>(mg/ℓ)                    | 0~0.97<br>0.54 (5)    | 0~0.19<br>0.09 (7)    | 6.09~8.24<br>7.24 (5) | 4.81~9.51<br>7.07 (7) | 4.35~6.51<br>5.24 (4) | 0~1.07<br>0.17 (7)    |
| (NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )-N<br>(mg/ℓ) | 0~1.33<br>0.91 (5)    | 0.13~0.86<br>0.61 (7) | 6.39~10.2<br>8.56 (5) | 5.36~10.3<br>8.76 (7) | 6.25~8.50<br>7.26 (4) | 0.06~1.10<br>0.26 (7) |
| D-Or <sub>g</sub> -N<br>(mg/ℓ)                  | 4.59~9.66<br>6.83 (5) | 3.57~8.36<br>6.31 (7) | 1.58~2.26<br>1.99 (5) | 0.42~4.67<br>1.40 (7) | 0.69~2.54<br>1.52 (4) | 4.73~9.00<br>7.31 (7) |
| D-T-N<br>(mg/ℓ)                                 | 8.06~13.7<br>11.1 (5) | 5.91~11.0<br>8.66 (7) | 8.60~12.7<br>10.6 (5) | 5.78~13.2<br>10.1 (7) | 6.94~10.0<br>8.96 (4) | 5.85~12.4<br>9.93 (7) |

上段—範囲 下段—平均値 ( ) 内はデータ数

この結果で特徴的なことは、2.5-DCAの添加により、硝化が抑制されていること、有機態窒素の酸化分解が抑制されていることであり、2.5-DCAの添加により窒素化合物の酸化、分解が抑制されることがわかる。

## (2) 2.5-DCAの活性汚泥処理系内での物質収支

実験期間中に測定した2.5-DCAの結果を表一5—21に示す。

汚泥への濃縮倍率を表一5—22に示した。汚泥への濃縮倍率は、210、260倍であり、2.5-DCAの流入濃度が変わってもその倍率はほぼ同じであった。

表一5—21 2.5-DCAの分析結果

|            | 実験1 (No.2) | 実験2 (No.2) |
|------------|------------|------------|
| 流入水 (mg/l) | 1.43       | 14.3       |
| 処理水 (mg/l) | 0.271      | 7.88       |
| 汚泥 (mg/l)  | 0.305      | 3.71       |

注) 流入水は調整濃度である

表一5—22 濃縮率

|     | 濃縮率 |
|-----|-----|
| 実験1 | 210 |
| 実験2 | 260 |

表一5—23に実験1、2における2.5-DCAの物質収支を示した。流入によるものは、調製濃度により計算したものであり、揮散は精水実験により求めた揮散量を用いて計算した。流入を100%とした場合の百分率でみると、汚泥に吸着し、余剰汚泥として系外へ排出される割合は非常に低く1%前後である。これに対し、揮散は10~15%程度でありかなり高い割合を示している。また、処理水に残存し、

系外へ排出される割合は、20～55%であり難分解物質である2.5—DCAはかなり高いものである。生物分解を含む不明分は、この結果33～63%であった。

表—5—23 2.5—DCAの物質収支 mg/day

|               | 流入水           | 処理水            | 汚泥             | 揮散             | 不明             |
|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 実験1<br>(No.2) | 15.0<br>(100) | 3.20<br>(21.3) | 0.112<br>(0.7) | 2.27<br>(15.1) | 9.42<br>(62.8) |
| 実験2<br>(No.2) | 150<br>(100)  | 82.7<br>(55.1) | 1.78<br>(1.2)  | 15.6<br>(10.4) | 49.9<br>(33.3) |

注) 1.揮散は精水実験により求めた  
2.( ) 内の数値は流入水を100%とした百分率である

### (3) 活性汚泥中の原生動物への影響

本実験では、活性汚泥中に棲息する原生動物の検鏡を行っており、この結果を表—5—24、表—5—25、図—5—6～図—5—11に示した。

表—5—24 実験1

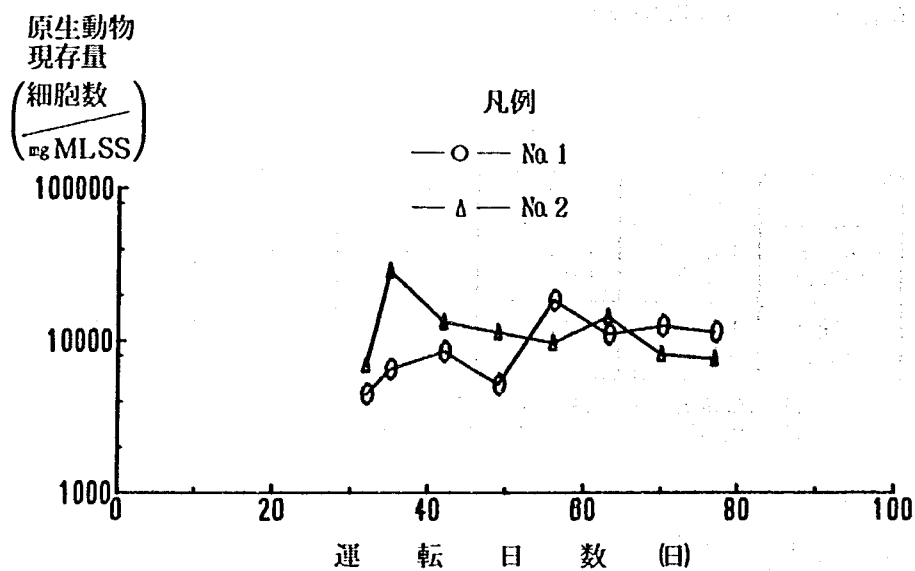
|       |       | 7/6  | 7/9   | 7/16  | 7/23  | 7/30  | 8/6   | 8/13  | 8/20  |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| No. 1 | 出現属種数 | 20   | 19    | 15    | 12    | 13    | 11    | 10    | 11    |
|       | 総細胞数  | 4400 | 6400  | 8400  | 5100  | 18200 | 11000 | 12400 | 11300 |
|       | 多様度指数 | 9.3  | 10.7  | 4.9   | 4.2   | 2.1   | 1.4   | 1.6   | 5.7   |
|       | 類似性指数 | —    | 0.78  | 0.35  | 0.11  | 0.03  | 0.05  | 0.05  | 0.22  |
| No. 2 | 出現属種数 | 19   | 21    | 19    | 15    | 13    | 14    | 12    | 12    |
|       | 総細胞数  | 6800 | 28600 | 13100 | 11200 | 9600  | 14200 | 8100  | 7500  |
|       | 多様度指数 | 8.2  | 2.4   | 3.7   | 4.1   | 2.6   | 2.1   | 3.4   | 2.2   |
|       | 類似性指数 | —    | 0.06  | 0.04  | 0.39  | 0.56  | 0.52  | 0.67  | 0.45  |

注) 類似性指数は7/6を基準とした。 総細胞数の単位、Cells/mg.MLSS

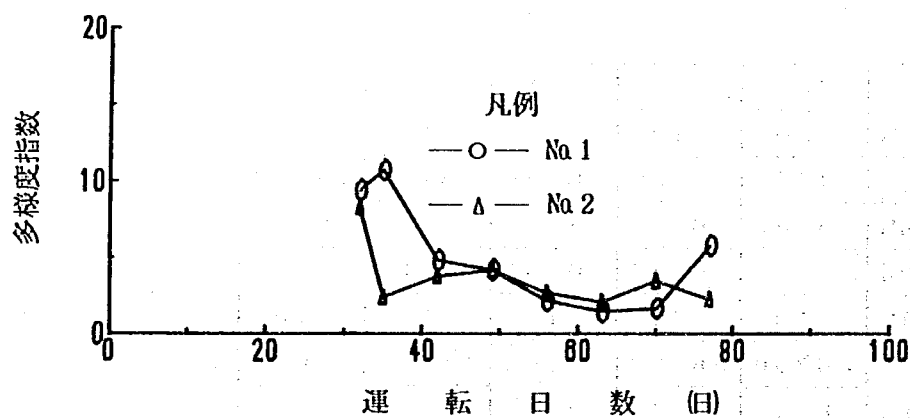
表—5—25 実験2

|       |       | 10/25 | 11/1 | 11/8 | 11/9 | 11/10 | 11/11 | 11/12 | 11/15 | 11/17 | 11/22 | 11/24 | 12/6 | 12/13 |
|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| No. 1 | 出現属種数 | 10    | 12   | 14   | —    | —     | —     | —     | 14    | —     | 17    | —     | —    | 14    |
|       | 総細胞数  | 35400 | 7500 | 4700 | —    | —     | —     | —     | 3500  | —     | 5300  | —     | —    | 5400  |
|       | 多様度指数 | 1.1   | 1.3  | 2.4  | —    | —     | —     | —     | 3.6   | —     | 4.1   | —     | —    | 3.7   |
|       | 類似性指数 | —     | 0.99 | 0.91 | —    | —     | —     | —     | 0.79  | —     | 0.61  | —     | —    | 0.46  |
| No. 2 | 出現属種数 | 15    | 11   | 10   | 9    | 10    | 11    | 11    | 11    | 13    | 14    | 11    | 10   | 8     |
|       | 総細胞数  | 8300  | 3800 | 2600 | 2900 | 2700  | 3500  | 4100  | 3600  | 4200  | 4600  | 2900  | 2100 | 2100  |
|       | 多様度指数 | 1.5   | 3.4  | 2.2  | 2.2  | 2.4   | 3.4   | 4.9   | 2.6   | 3.0   | 3.7   | 2.6   | 3.7  | 3.7   |
|       | 類似性指数 | —     | 0.78 | 0.97 | 0.97 | 0.96  | 0.77  | 0.68  | 0.02  | 0.02  | 0.02  | 0.02  | 0.78 | 0.01  |

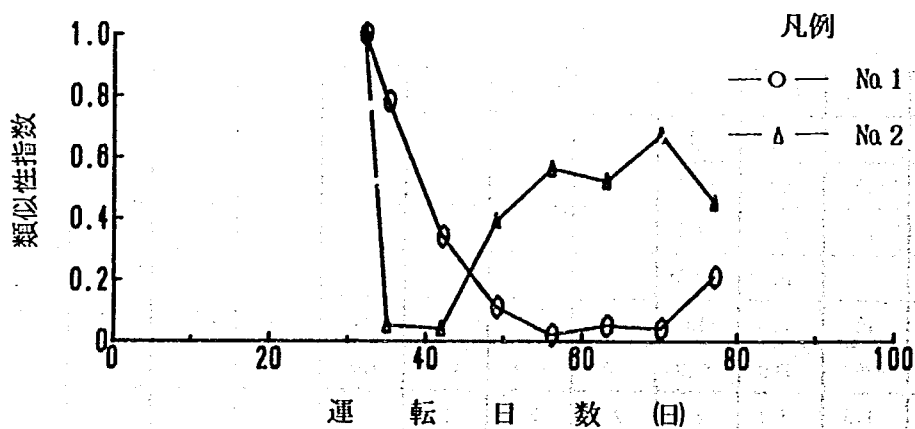
注) 類似性指数は10/25を基準とした。 総細胞数の単位、Cells/mg.MLSS



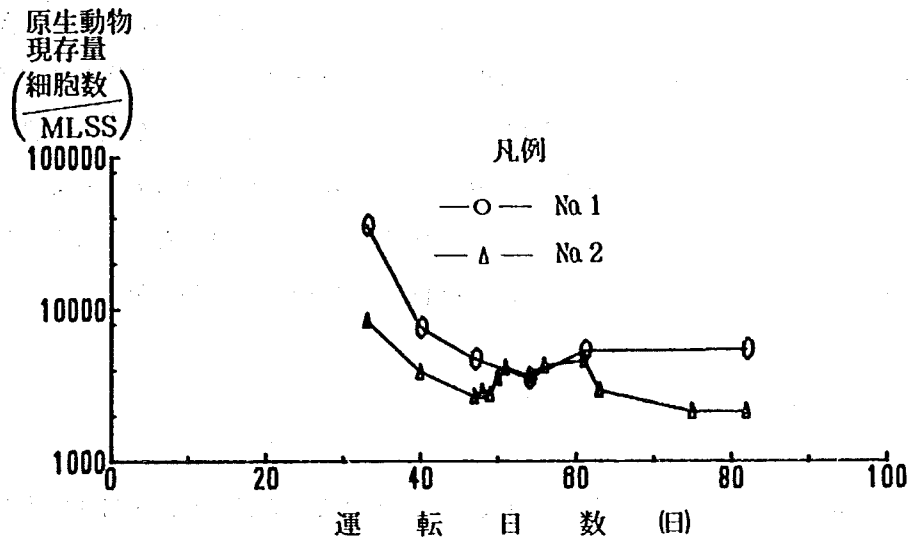
図—5—6 原生動物総細胞数の経日変化 (実験1)



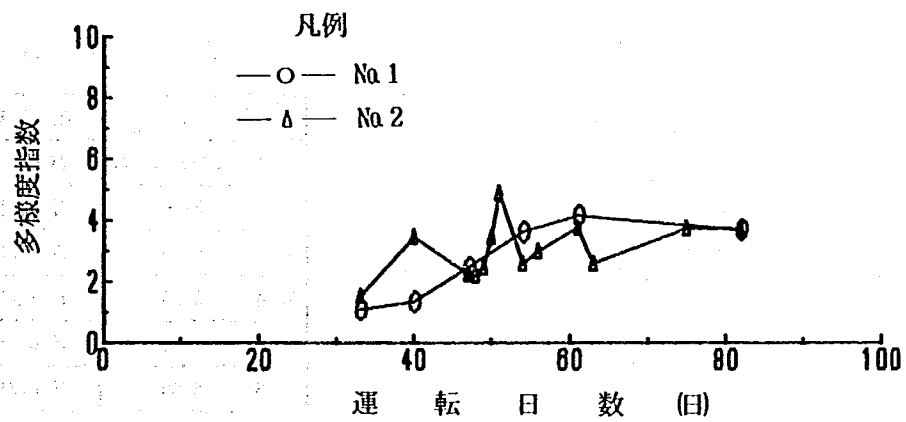
図—5—7 多様性指数の経日変化 (実験1)



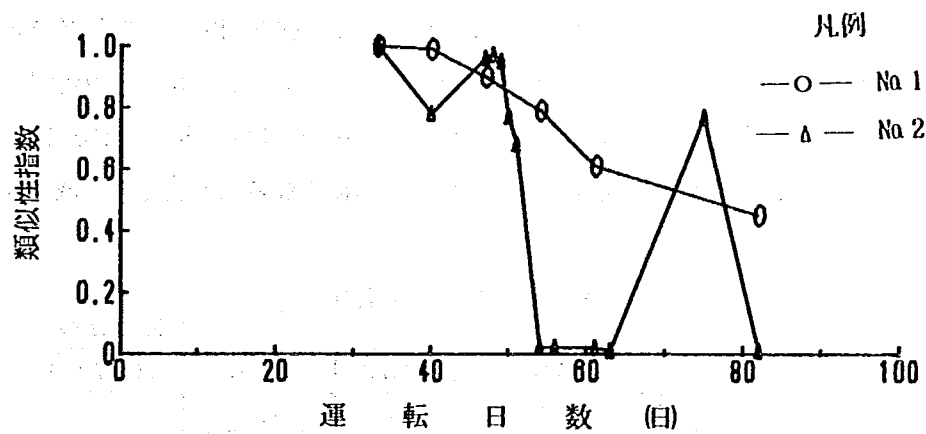
図—5—8 類似性指数の経日変化 (実験1)



図—5—9 原生動物総細胞数の経日変化 (実験2)



図—5—10 多様度指数の経日変化 (実験2)



図—5—11 類似性指数の経日変化 (実験2)

実験 1.2 において、総細胞数でみる限りコントロールとの違いはみとめられない。多様性指数、類似性指数で比較した場合、多様性指数では、実験 1.2 とともにコントロールと同じ傾向にあるが、類似性指数では、実験開始時の検鏡結果を基準とした場合、実験 1 ではコントロールが徐々に違う生物相になっているのに対し、2.5-DCA の添加の系は、添加時に急激に下がり徐々に上がってきている。また実験 2 では、コントロールが徐々に下がってきているのに対し、2.5-DCA 添加の系は急激に下がり、2.5-DCA 添加前の生物相とは非常に異なった生物相となっていることがわかる。

### 5.3 実下水に 2.5-DCA を添加した室内実験(2)

#### 1) 実験方法

本装置は、Fill and Draw のバッチ式であり表 5-26 の条件で運転し、1 日 4 回繰り返す。また、実験ケースは表 5-27 に示す化学物質 (2.5-DCA) の添加量を一定とし SRT を変えた 6 ケースとした。実験装置は、湖北パイロットプラントの総合実験棟内に設置されており、装置の流入水として実施設の初沈流出水を用いた。

表 5-26 運転条件

|         |                                                      |
|---------|------------------------------------------------------|
| 流入水添加量  | 3.3 ℓ/サイクル<br>(初沈流出水 3.0 ℓ/サイクル)<br>化学物質 0.3 ℓ/サイクル) |
| 流入水添加時間 | 10 ℓ                                                 |
| 曝 気 時 間 | 4 時間                                                 |
| 沈 降 時 間 | 1 時間 20 分                                            |
| 処理水引抜時間 | 20 分                                                 |

表 5-27 実験ケース

|             | 2,5-DCA | SRT  |
|-------------|---------|------|
| No.1 コントロール | 無添加     | 10 日 |
| No.2 5-10   | 5 mg/l  | 10 日 |
| No.3 5-20   | 5 mg/l  | 20 日 |
| No.4 5-30   | 5 mg/l  | 30 日 |
| No.5 5-40   | 5 mg/l  | 40 日 |
| No.6 5-50   | 5 mg/l  | 50 日 |

#### 2) 実験結果と考察

##### (1) 処理水質への影響

実験は 58 年 7 月に開始し約 120 日間にわたり行った。MLSS の安定した 90 日以後のデータをまとめ表 5-28、表 5-29 に示す。実験ケース No.5 については実験期間中ポンプなどのトラブルのため汚泥が流出し、MLSS 値が他の実験槽に比べ低い値となっている。表 5-29 の処理水質をみると実験ケース全般的に SS の流出が目立つが、曝気槽の処理水引抜管へ MLSS の一部が流れ込むためである。

D-TOC で測定される溶解性有機物総量は、SRT が長くなるにつれて若干低くなっているのに対

表 5-28 流入水質

|          | SS                  | BOD                 | D-TOC               | COD                 | 2.5-DCA             |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| No.1     | 23.2<br>15.9 ~ 34.7 | 36.7<br>16.7 ~ 56.2 | 14.6<br>10.2 ~ 22.6 | 25.5<br>20.2 ~ 36.5 | —                   |
| No.2 ~ 6 | 24.4<br>19.2 ~ 35.4 | 34.4<br>21.1 ~ 50.7 | 14.6<br>10.5 ~ 20.9 | 29.7<br>23.9 ~ 38.3 | 3.41<br>3.08 ~ 3.74 |

単位 mg/ℓ

表—5—29 処理水質及び活性汚泥濃度

単位: mg/ℓ

|                  | SS                | BOD              | D-TOC          | COD               | 2.5-DCA           | MLSS              | SVI            |
|------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| No. 1<br>SRT 10日 | 21.8<br>17.3~25.2 | 15.5<br>9.2~22.3 | 7.5<br>5.3~9.2 | 18.7<br>15.0~22.0 | —                 | 370<br>350~400    | 69<br>57~87    |
| No. 2<br>SRT 10日 | 15.3<br>13.4~17.1 | 8.8<br>7.0~12.5  | 7.6<br>6.3~9.5 | 20.9<br>16.6~23.0 | 1.42<br>1.12~1.53 | 530<br>430~620    | 106<br>92~121  |
| No. 3<br>SRT 20日 | 18.5<br>14.7~21.8 | 7.6<br>5.9~9.5   | 6.7<br>5.6~8.3 | 14.1<br>12.2~16.0 | 1.40<br>1.22~1.55 | 800<br>730~820    | 121<br>104~130 |
| No. 4<br>SRT 30日 | 15.1<br>11.4~17.7 | 6.3<br>4.0~8.0   | 5.9<br>5.1~7.2 | 12.3<br>10.5~13.6 | 1.42<br>1.29~1.52 | 990<br>890~1090   | 107<br>94~128  |
| No. 5<br>SRT 40日 | 15.4<br>13.5~18.1 | 7.5<br>5.4~8.9   | 6.3<br>5.6~8.1 | 15.1<br>12.0~19.1 | 1.50<br>1.37~1.59 | 830<br>760~890    | 109<br>98~121  |
| No. 6<br>SRT 50日 | 16.4<br>14.8~19.5 | 6.0<br>4.1~6.9   | 6.3<br>5.1~8.7 | 13.3<br>11.2~15.6 | 1.60<br>1.48~1.70 | 1310<br>1180~1420 | 108<br>94~127  |

し、逆に2.5-DCAの値は若干高くなっている。これはSRTが50日程度でも2.5-DCAを分解する細菌があまり増殖していないことを示していると考えられる。

## (2) 2.5-DCAの活性汚泥処理系内での物質収支

本実験期間中に実施した通日試験より求めた2.5-DCAの物質収支を表—5—30及び図—5—12に示した。この結果から、処理水中に残存し系外へ排出される割合が50%程度であるのに対し、余剰汚泥として系外へ排出するものは数パーセントと非常に少ないことがわかる。また、曝気することにより大気中に揮散する割合は12.6%であった。残りの約30%が生物分解により除去されるものである。生物分解には2.5-DCAのまま細胞内に取り込まれているものも含んでいるものと考えられる。また、SRTが長くなるにつれて処理水中に残存し系外へ排出される2.5-DCAの量が多くなっており、逆に余汚泥として系外へ排出される量は少なくなる傾向が認められる。汚泥に吸着している2.5-DCAの濃度はSRT10日で1,493 mg/g、20日で1,075 mg/g、30日で0.902 mg/g、40日で0.936 mg/g、50日で0.519 mg/gとなっており、SRTが短かく活性の高い汚泥ほど2.5-DCAの吸着量が多いことがわかる。このことから、2.5-DCAのように生物分解性の悪い物質を処理する場合SRTを長くと

表—5—30 バッチ処理システムにおける2.5-DCAの物質収支

|         | mg/day         |                 |                |                 |                 |
|---------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|         | 流入水            | 処理水             | 余剰汚泥           | 放散              | 生物分解            |
| SRT 10日 | 41.24<br>(100) | 19.71<br>(47.8) | 1.310<br>(3.2) | 5.213<br>(12.6) | 15.01<br>(36.4) |
| SRT 20日 | 41.24<br>(100) | 20.04<br>(48.6) | 0.673<br>(1.6) | 5.213<br>(12.6) | 15.31<br>(37.1) |
| SRT 30日 | 41.24<br>(100) | 22.25<br>(54.0) | 0.500<br>(1.2) | 5.213<br>(12.6) | 13.28<br>(32.2) |
| SRT 40日 | 41.24<br>(100) | 22.65<br>(54.9) | 0.336<br>(0.8) | 5.213<br>(12.6) | 13.04<br>(31.6) |
| SRT 50日 | 41.24<br>(100) | 23.78<br>(57.7) | 0.270<br>(0.7) | 5.213<br>(12.6) | 11.98<br>(29.0) |

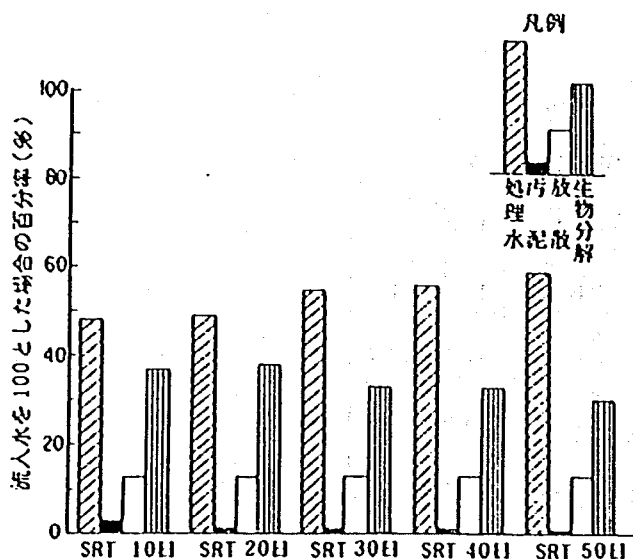
( ) 内の値は、流入水を100とした場合の百分率(%)

るよりも、SRTを短かくし活性汚泥への吸着等により除去する方が有効と考えられる。

### (3) 原生動物の検鏡結果

各実験槽の検鏡結果を表—5—31に示し、総細胞数の経時変化を図—5—13に示した。総細胞数の経時変化では、全般的に類似した傾向を示しておりSRTの違いによる特徴的な変化は認められない。

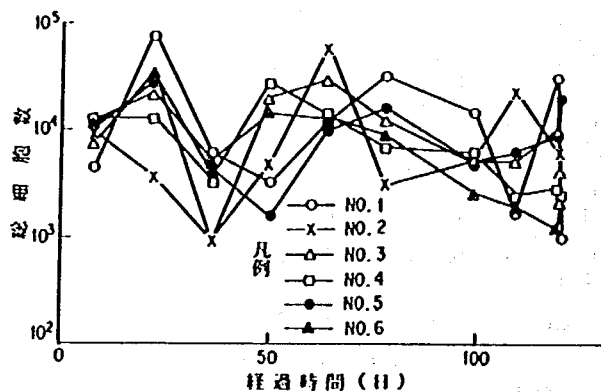
出現属種数は、SRTが長くなるにつれて9～16と多くなっており図—5—14のSRTと出現属種数の関係でもその相関が認められる。また、多様度指数もSRTが長くなるにつれて大きくなっており、その多様性が豊かになっていることがわかる。これは、SRTを長くすることにより多種類の原生動物が増殖し多様性に富んだ生物相になっていることを示唆している。



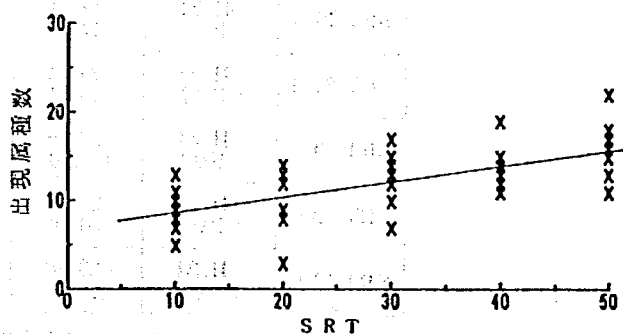
図—5—12 各実験槽における物質収支

表—5—31 検鏡結果 (平均値)

|      | 出 属 現 数 | ペンモウ<br>チュウ類 | コンソク<br>チュウ類 | センモウ<br>チュウ類 | 総細胞数  | 多 様 度<br>指 数 |
|------|---------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------|
| No 1 | 8       | 1710         | 880          | 15130        | 17720 | 2.06         |
| 2    | 9       | 2860         | 1170         | 7740         | 11760 | 3.99         |
| 3    | 11      | 4510         | 3650         | 4430         | 12600 | 3.52         |
| 4    | 13      | 4750         | 2070         | 2070         | 8880  | 4.45         |
| 5    | 14      | 6880         | 2080         | 2910         | 11870 | 2.94         |
| 6    | 16      | 3020         | 2210         | 2790         | 8030  | 6.03         |



図—5—13 総細胞数の経時変化



図—5—14 SRTと出現属種数の関係

## 6. バッチ処理システムにおけるO—C Pの挙動

### 1) 実験方法

実験は、前述したガラス製の装置を用いた。エアレーション容器(A)の内径は170mmφであり、エアレーション水量が6.8ℓの場合水深は約30cmである。流入水量は、5ℓ/サイクルとしエアレーション水量の約75%を交換する。表—6—1に示す条件で運転しており、この動作を1日4回繰り返す。また、実験は表—6—2に示す4ケースについて実施した。No.1はO—C Pを添加のコントロールとし、No.2～4はO—C Pを添加した。流入水への添加濃度はそれぞれ1mg/ℓ、10mg/ℓ、50mg/ℓとなるようにした。汚泥の引扱は週3回行いSRTを約20日に設定した。

表—6—1 運転条件

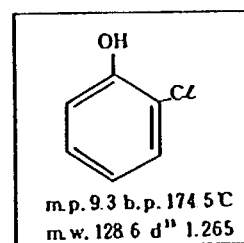
|         |                                                     |
|---------|-----------------------------------------------------|
| 流入水添加量  | 5.0 ℓ/サイクル<br>(一次処理水 4.5 ℓ/サイクル<br>化学物質 0.5 ℓ/サイクル) |
| 流入水添加時間 | 10分                                                 |
| 曝気時間    | 4時間                                                 |
| 沈殿時間    | 1時間20分                                              |
| 処理水引扱時間 | 20分                                                 |

表—6—2 実験ケース

|       | O—C P 添加量 | SRT  |
|-------|-----------|------|
| No. 1 | 無添加       | 20 日 |
| No. 2 | 1 mg/l    | 20 日 |
| No. 3 | 10 mg/l   | 20 日 |
| No. 4 | 50 mg/l   | 20 日 |

### 2) 供試化学物質O—クロロフェノール (O—C P)<sup>37) 38)</sup>

実験に供したO—C P(図—6—1)は、別名2—クロロ—1—ヒドロキシベンゼンという芳香族化合物である。染料中間体として用いられる化合物で無色有臭の液体である。水に微かにしか溶解せず、アルコール、エーテルには可溶である。毒性に関するデータでは鼠に対する経口毒性試験でLD<sub>50</sub>が670mg/kgという報告がある。また、「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」に基づく、生物分解性試験では、難分解性物質と判定される。



図—6—1

### 3) 実験結果と考察

#### (1) 処理水質に与える影響

O—C P及び有機物除去実験は、58年12月に開始し8ヶ月にわたり実施した。2回/週の定期分析結果を表—6—3、表—6—4に示した。どのケースでもSSの流出がやや大きい、処理水のBODは平均値15mg/ℓ以下になっている。

実験ケース2,3の1mg/ℓ、10mg/ℓ添加ではどの分析項目においても処理水の悪化は認められず通常の処理が行われている。O—C Pの分析結果でも実験開始より処理水中にはほとんど残存せずその除去率は、99.3%、99.8%である。しかし、O—C P50mg/ℓ添加の実験ケース4では実験開始時より、流入水と処理水濃度がほぼ等しい値になっており、O—C Pが未分解のまま流出している。このと

表-6-3 水質分析結果平均値

| 項目<br>実験ケース |     | SS                  | BOD                | COD                                       | D-TOC                                    | O-CP                                         |
|-------------|-----|---------------------|--------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1           | 流入水 | 30.2<br>(18.6~67.5) | 72.0<br>(25.3~112) | 41.4<br>(19.3~64.1)                       | 26.3<br>(8.7~40.4)                       | —                                            |
|             | 処理水 | 14.2<br>(4.7~25.8)  | 9.5<br>(3.7~21.1)  | 16.4<br>(7.0~29.1)                        | 6.9<br>(3.5~13.8)                        | —                                            |
| 2           | 流入水 | 30.2<br>(18.6~67.5) | 72.0<br>(25.3~112) | 42.8<br>(20.7~65.5)                       | 26.8<br>(9.2~40.9)                       | 0.91<br>(0.39~1.07)                          |
|             | 処理水 | 17.7<br>(5.8~30.3)  | 14.2<br>(4.5~29.9) | 14.4<br>(8.0~30.4)                        | 6.6<br>(3.3~16.3)                        | 0.006<br>(tr~0.055)                          |
| 3           | 流入水 | 30.2<br>(18.6~67.5) | 72.0<br>(25.3~112) | 55.4<br>(33.3~78.1)                       | 31.1<br>(13.5~45.2)                      | 9.33<br>(5.95~11.8)                          |
|             | 処理水 | 17.4<br>(6.1~29.8)  | 12.5<br>(5.8~24.6) | 14.7<br>(6.0~34.4)                        | 6.6<br>(3.4~14.7)                        | 0.021<br>(0.001~0.14)                        |
| 4           | 流入水 | 30.2<br>(18.6~67.5) | 72.0<br>(25.3~112) | 111<br>(89.3~13.4)                        | 50.4<br>(32.8~64.5)                      | 47.3<br>(27.0~54.2)                          |
|             | 処理水 | 17.6<br>(4.8~29.8)  | 15.0<br>(4.1~29.5) | 79.1<br>(59.5~89.1)<br>14.1<br>(7.9~29.9) | 34.0<br>(19.6~40.1)<br>6.3<br>(3.3~12.8) | 46.6<br>(28.4~59.9)<br>0.065<br>(0.006~0.11) |

( ) 内の値は範囲を示す。

実験ケース4のCOD, D-TOC, O-CPは上段が0~160日の平均であり, 下段は160~240日の平均である。

表-6-4 混合液の分析結果とSRT

| 項目<br>実験ケース | PH      | MLSS<br>(mg/ℓ) | SRT<br>(日) |
|-------------|---------|----------------|------------|
| 1           | 6.8~8.0 | 1910           | 14         |
| 2           | 6.8~8.1 | 2080           | 13         |
| 3           | 6.8~8.2 | 2010           | 12         |
| 4           | 6.8~8.3 | 1700           | 12         |

きのケース4の経時変化を図-6-2~図-6-5に示す。O-CPが未分解のまま流出している状況は、実験開始より160日に及んでいるが、その後急激に減少し160日以降はほとんど検出されなくなっている。160日以後のO-CPは平均0.065 mg/ℓであり、除去率は、99.9%である。この160日を境に減少する傾向は、BODではみることができないが間接的にO-CPを測定するCOD, D-TOCにもみられる。O-CPが残存している期間のCOD, D-TOCより、O-CPによるものを差し引いた値はそれぞれ13.9 mg/ℓ, 7.9 mg/ℓとなり、O-CP無添加のコントロールとほぼ等しい値となっている。このことから、COD, D-TOCが高い値を示したのは、O-CPの残存によるものであり、他の有機物除去には特に悪影響を与えていないと考えられる。

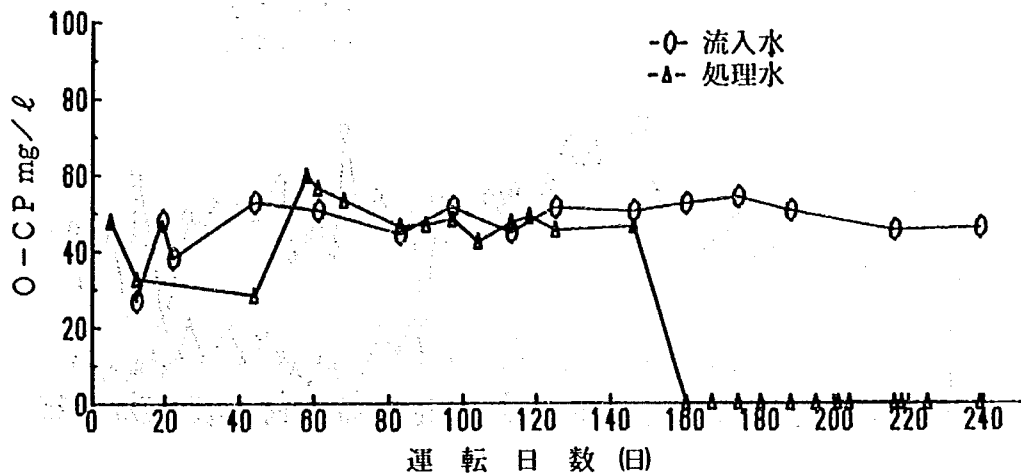


図-6-2 実験ケース4の経時変化 (O-CP)

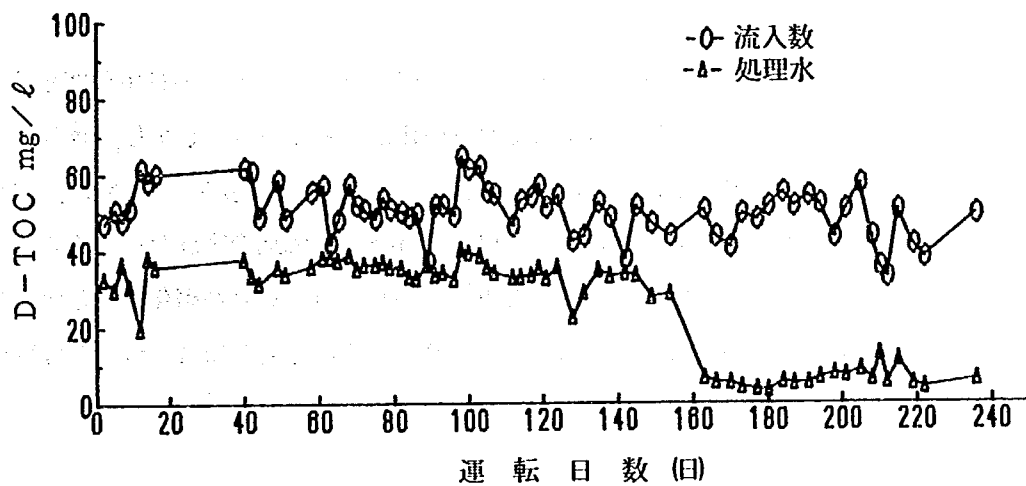


図-6-3 実験ケース4の経時変化 (D-TOC)

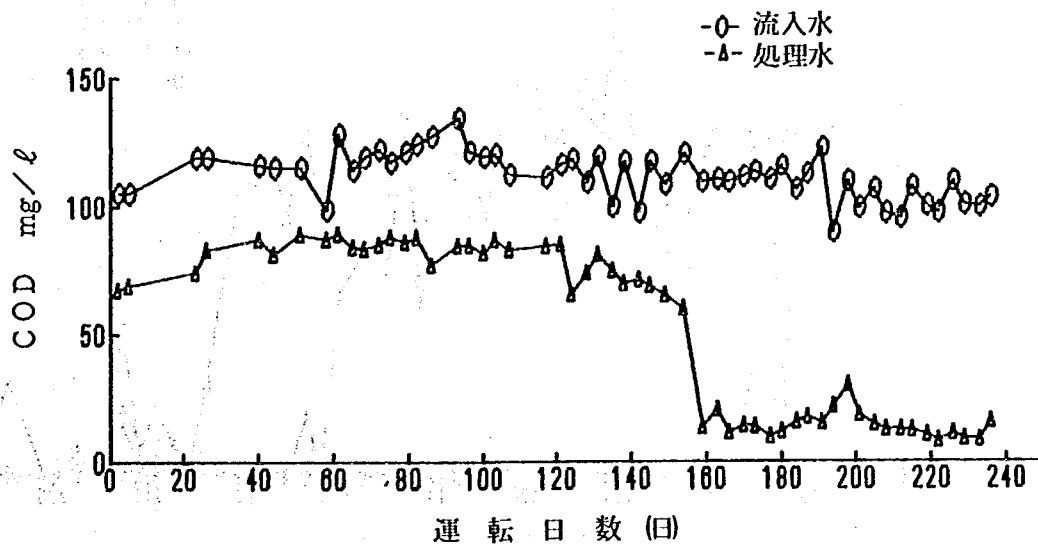


図-6-4 実験ケース4の経時変化 (COD)

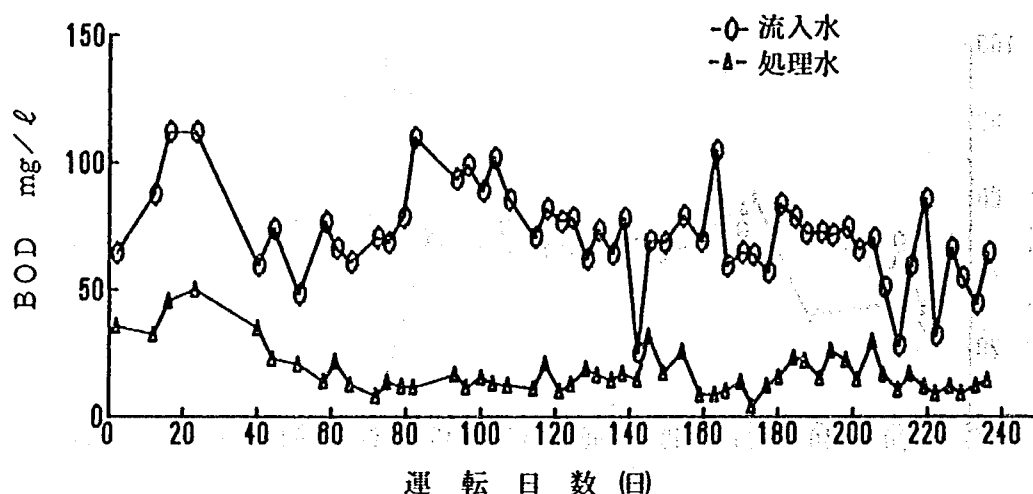


図-6-5 実験ケース4の経時変化 (BOD)

## (2) 硝化に与える影響

処理水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ を図-6-6に示した。O-C P無添加のコントロールは実験開始時より $\text{NH}_4\text{-N}$ の流出はなく $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の形で流出しており硝化が起っている。しかし、他の3ケースは実験開始時から $\text{NH}_4\text{-N}$ のまま流出している。O-C P 1 mg/l添加の実験ケース2では、130日目より硝化が起り、10 mg/l添加の実験ケース3で160日、50 mg/l添加の実験ケース4では190日目で硝化が起っている。この原因についてはまだ不明な点が多いが、O-C Pが硝化に対し何らかの影響を与えていることはまちがいないと考えられる。O-C Pが硝化に与える影響については今後検討を加える予定である。

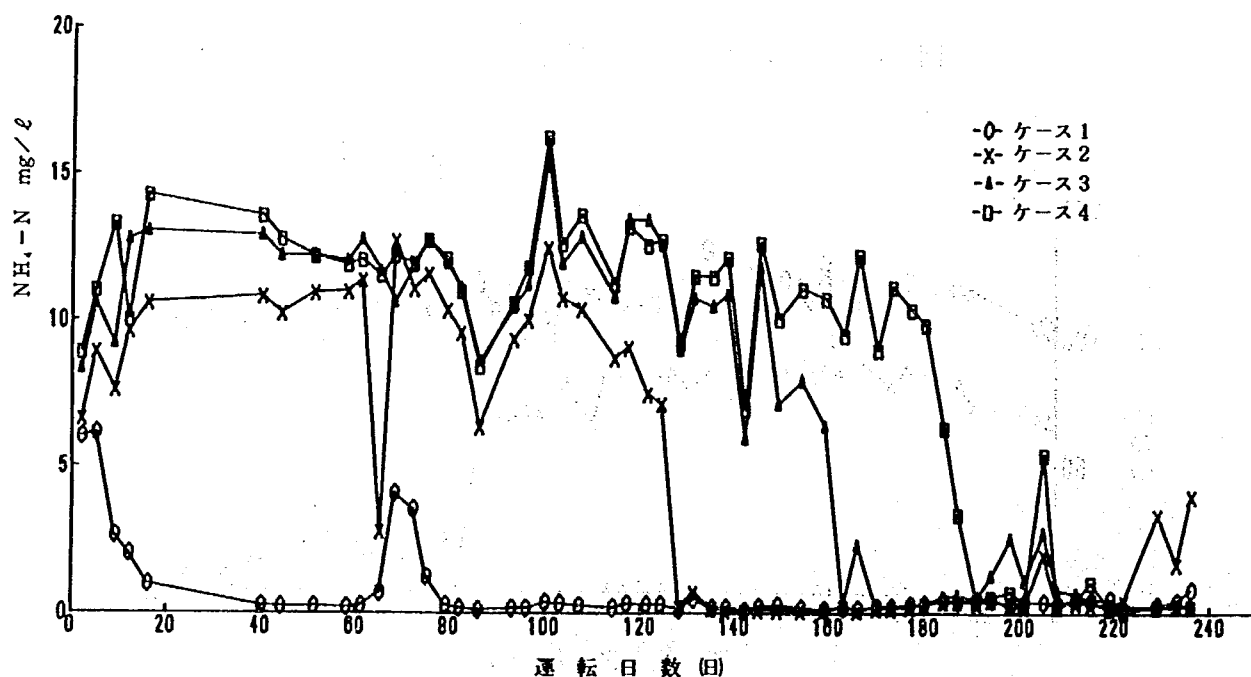


図-6-6 処理水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 経時変化

### (3) O—C P の物質収支

実験開始より 190 日経過した頃実施した挙動調査より O—C P の各状態における濃度と物質収支を求めたものを表—6—5, 表—6—6 に示した。汚泥中の O—C P はケース 2 で 140 mg/kg, ケース 3 で 250 mg/kg, ケース 4 で 310 mg/kg で汚泥への濃縮は小さい。また揮散する O—C P の割合は流入水の 0.2～0.3% であり非常に小さい。O—C P を精水に初期濃度 20mg/ℓ, 40mg/ℓ で溶解し前述した実験装置を用いて, 2 ℓ/min で 4 時間エアレーションを行った場合, O—C P の揮散量は 2～5% であった。この結果より O—C P はエアレーションによる揮散量は少ないことがわかる。

表—6—5 より, O—C P は汚泥への濃縮, エアレーションによる揮散とも小さく, 処理水中にも残存していないことから, ほとんどが生物分解しているものと考えられる。

表—6—5 O—C P 分析結果

| 実験ケース | 流入水<br>(mg/ℓ) | 処理水<br>(mg/ℓ) | 汚泥<br>(mg/kg) | 揮散<br>(mg/サイクル) |
|-------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| 2     | 0.91          | 0.006         | 140           | 0.011           |
| 3     | 9.33          | 0.021         | 250           | 0.12            |
| 4     | 47.3          | 0.065         | 310           | 0.74            |

表—6—6 O—C P の物質収支

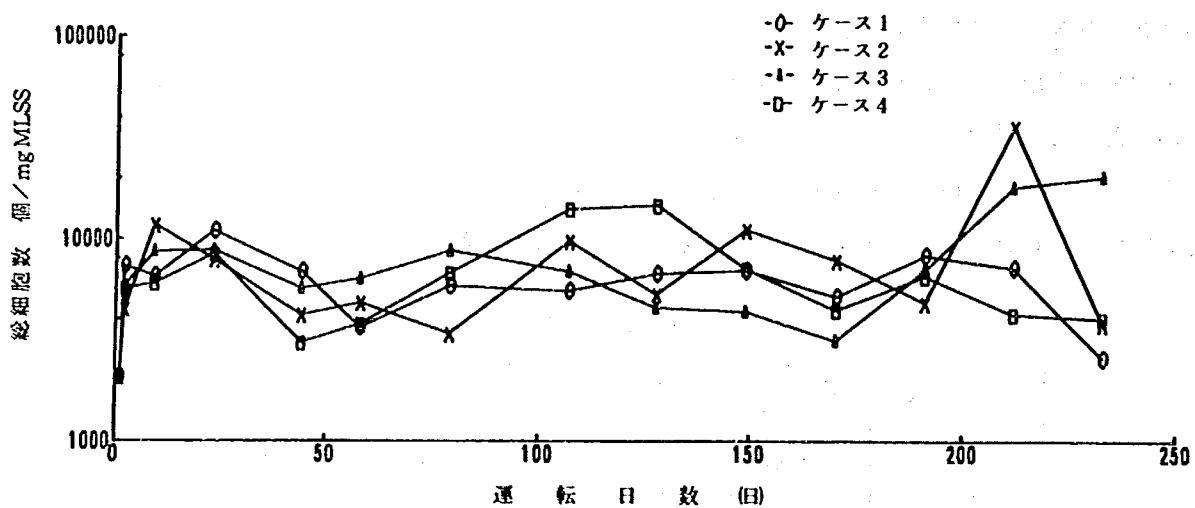
| 実験ケース | 流入水           | 処理水            | 汚泥             | 揮散             | mg/day         |
|-------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|       |               |                |                |                | 分解             |
| 2     | 18.2<br>(100) | 0.12<br>(0.66) | 0.17<br>(0.93) | 0.44<br>(0.24) | 17.9<br>(98.2) |
| 3     | 187<br>(100)  | 0.42<br>(0.22) | 0.31<br>(0.17) | 0.48<br>(0.26) | 186<br>(99.4)  |
| 4     | 946<br>(100)  | 1.30<br>(0.14) | 0.30<br>(0.03) | 2.96<br>(0.31) | 941<br>(99.5)  |

( ) 内は流入を 100 とした百分率 (%)

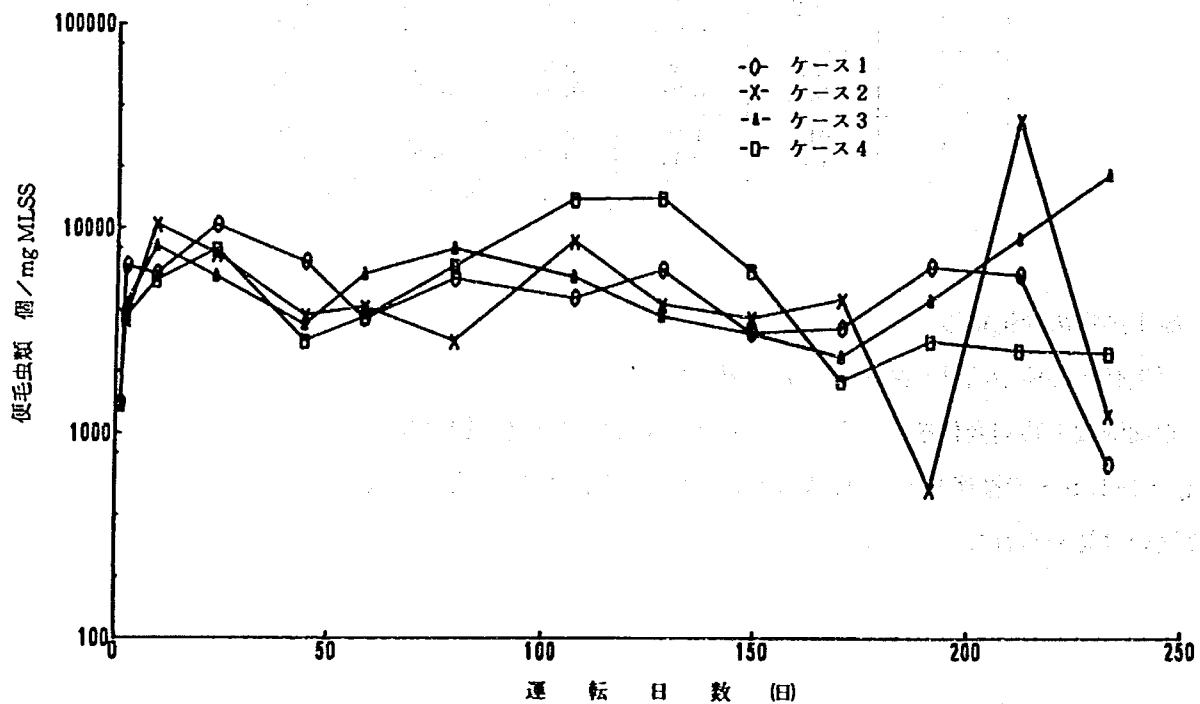
### (4) 原生動物の検鏡結果

原生動物の検鏡結果を図—6—7～図—6—10 に示す。

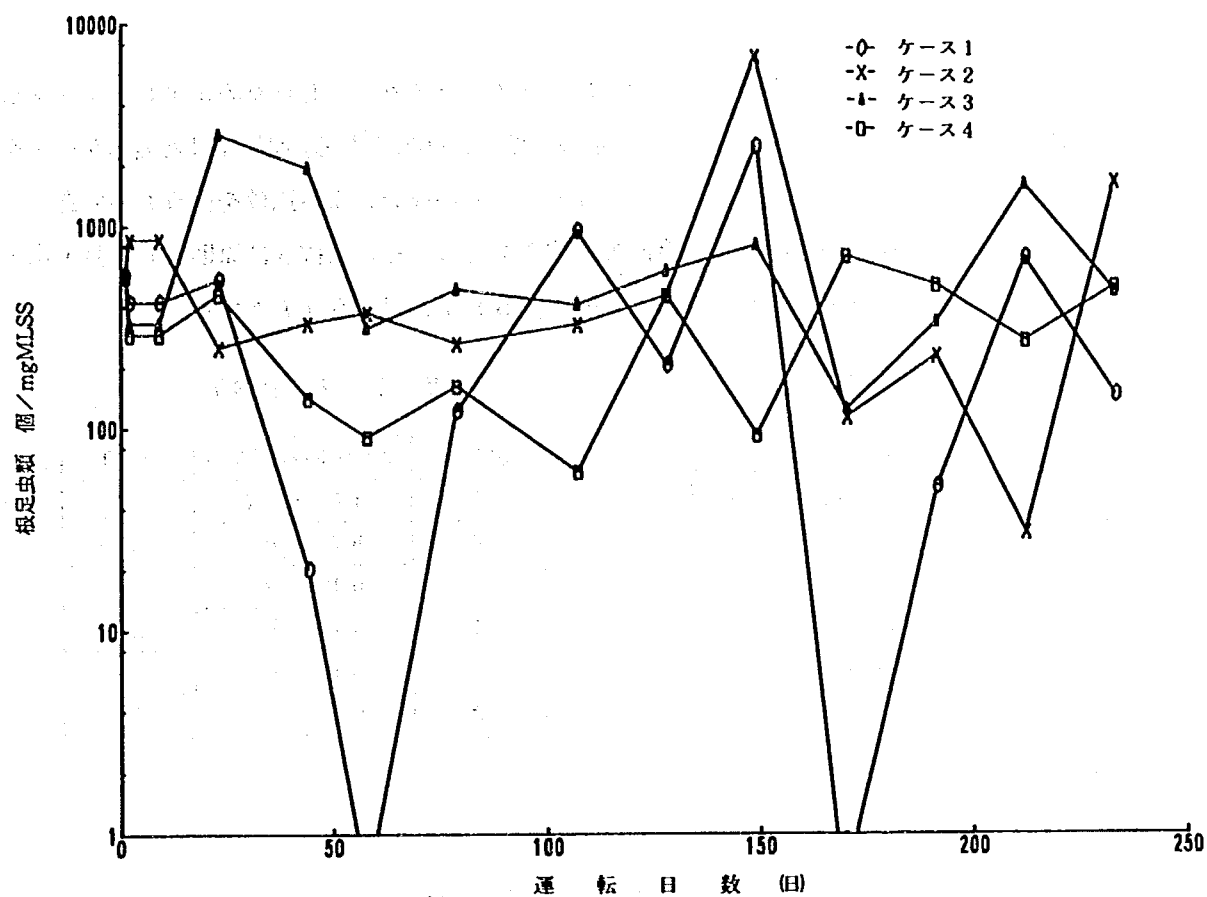
総細胞数の時間変化をみると, コントロールと化学物質添加の 3 ケースとも, 3,000～30,000 個 / mg・MLSS で推移しており, 特に違いはない。繊毛虫類, 鞭毛虫類, 根足虫類別に比較しても, あまり違いは認められない。



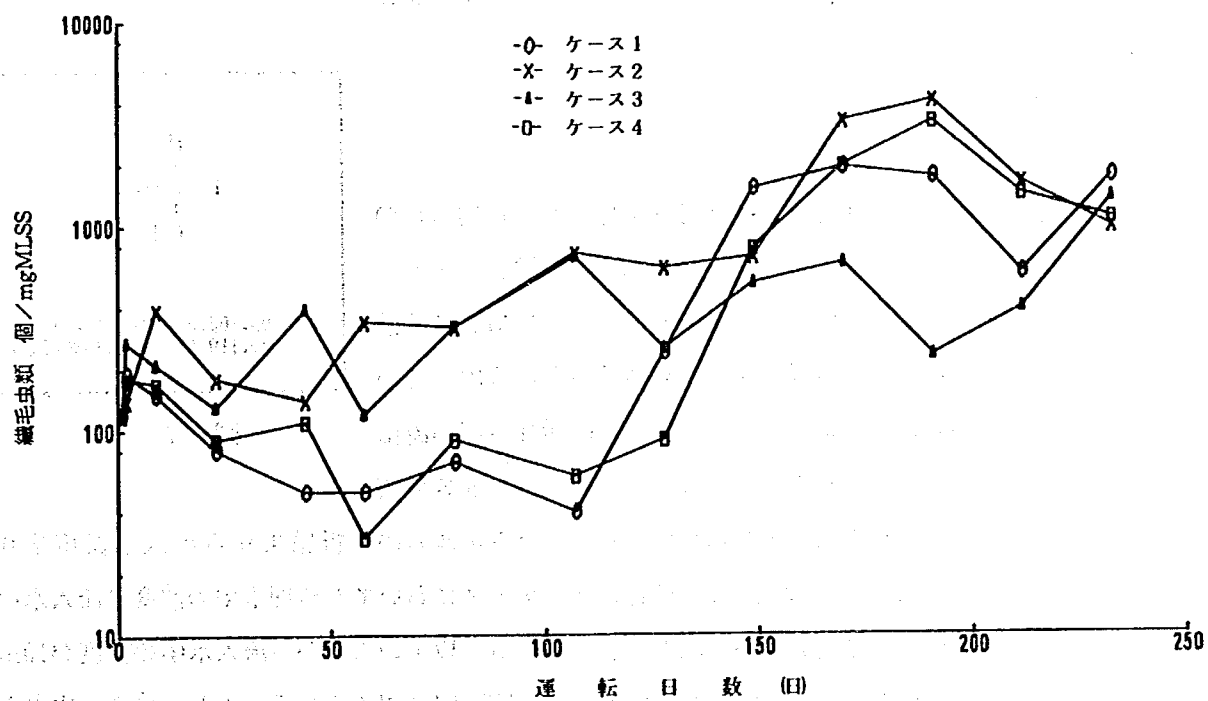
図—6—7 原生動物総細胞数の経日変化



図—6—8 原生動物便毛虫類の経日変化



図—6—9 原生動物根足虫類の経日変化



図—6—10 原生動物繊毛虫類の経日変化

## 7. バッチ処理システムにおけるクロロホルムの挙動

### 1) 実験方法

実験装置は、前述したものと同一である。流入水量は3.5ℓ/サイクルとしたためエアレーション水量は5.3ℓで水深は約24cmである。1サイクルごとの水の交換率は66%となる。運転条件と実験ケースを表7-1、表7-2に示した。実験ケース1, 2, 4では濃度の違いによる比較を行うものである。SRTを所定濃度にするために曝気終了直前に混合液の引抜きを行う。その引抜きは原則として月・水・金とし、引抜き量はSRT10日, 1.25ℓ, SRT20日, 0.62ℓ, SRT30日, 0.4ℓとする。

表7-1 運転条件

|          |                                                    |
|----------|----------------------------------------------------|
| 流入水添加量   | 3.5ℓ/サイクル<br>(初沈流出水 3.15ℓ/サイクル<br>化学物質 0.35ℓ/サイクル) |
| 流入水添加時間  | 10分                                                |
| 曝気時間     | 4時間                                                |
| 沈殿時間     | 1時間20分                                             |
| 処理水引抜き時間 | 20分                                                |

表7-2 実験ケース

| 実験ケース | クロロホルム添加量 | SRT |
|-------|-----------|-----|
| 1     | 1.6 mg/ℓ  | 10  |
| 2     | 9.7 "     | 10  |
| 3     | 0.16 "    | 5   |
| 4     | 0.16 "    | 10  |
| 5     | 0.16 "    | 20  |
| 6     | 0.16 "    | 30  |

### 2) クロロホルム (図7-1)<sup>37) 38)</sup>

クロロホルムは、フレオン、フッ素樹脂の原料であり、また、溶剤、抽出剤としてよく用いられている。特有のエーテル臭を有する無色透明の液体であり、水には微かに溶け、エタノール、エーテル、ベンゼンにはよく溶ける。

### 3) 実験結果と考察

#### (1) 処理水質に与える影響

実験は、59年12月より60年4月まで5ヶ月間実施した。定期分析の結果を表7-3、表7-4、表7-5に示す。実験ケース5, 6の処理水中のSSがやや高い値を示しているが、これはMLSS濃度が高い場合処理水引抜き口に汚泥界面がかかり活性汚泥が流出しているためであり、実験装置の構造に原因している。この活性汚泥の流出のため実験ケース5, 6ではSRTが短くなっている。またSSの流出に伴いBOD, CODもやや高い値を示している。クロロホルムの分析結果から流入水濃度を0.16 mg/ℓ, 1.6 mg/ℓ, 9.7 mg/ℓと変えた場合、どのケースにおいても処理水中の濃度は流入水の1/100以下となっておりその除去率は99%以上を示している。以上のことから流入水中の濃度が10mg/ℓ程度であれば、クロロホルムの活性汚泥処理に与える悪影響は認められず、また、処理水中にも残存しないことが確認された。

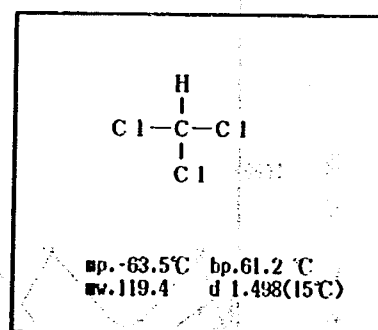


図7-1

表-7-3 水質分析結果

mg/ℓ

| 実験ケース \ 項目 | SS                  | BOD                 | COD                 | D-TOC               |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 流入水        | 34.9<br>(18.8~69.3) | 71.7<br>(31.6~122)  | 43.6<br>(23.3~64.5) | 28.0<br>(14.4~39.1) |
| 処理水 1      | 9.5<br>(4.8~37.8)   | 10.4<br>(4.4~42.3)  | 15.9<br>(9.5~33.9)  | 7.3<br>(4.3~12.3)   |
| 処理水 2      | 9.5<br>(5.4~24.3)   | 7.5<br>(3.5~17.7)   | 15.0<br>(8.4~27.2)  | 7.5<br>(5.0~10.3)   |
| 処理水 3      | 9.4<br>(5.8~26.6)   | 10.4<br>(4.4~21.1)  | 16.7<br>(11.1~25.9) | 9.2<br>(5.1~12.2)   |
| 処理水 4      | 9.8<br>(5.3~25.1)   | 11.6<br>(5.1~35.4)  | 16.3<br>(10.4~28.2) | 7.7<br>(4.0~15.4)   |
| 処理水 5      | 16.5<br>(5.6~57.1)  | 15.5<br>(4.4~29.3)  | 21.3<br>(12.4~37.5) | 6.7<br>(3.3~11.8)   |
| 処理水 6      | 27.3<br>(5.2~59.3)  | 23.6<br>(11.1~40.3) | 24.6<br>(12.9~38.6) | 6.4<br>(3.3~10.9)   |

表-7-4 混合液の分析結果とSRT

| 実験ケース \ 項目 | PH      | MLSS<br>(mg/ℓ)      | SRT<br>(日) |
|------------|---------|---------------------|------------|
| 1          | 7.0~8.1 | 1400<br>(1150~1780) | 8.7        |
| 2          | 7.1~8.2 | 1350<br>(1200~1670) | 8.8        |
| 3          | 7.2~8.1 | 740<br>(540~1190)   | 4.4        |
| 4          | 6.9~8.2 | 1370<br>(1160~2090) | 8.9        |
| 5          | 6.7~7.9 | 2170<br>(1350~2910) | 14.7       |
| 6          | 6.6~7.9 | 2310<br>(1240~3210) | 15.5       |

表-7-5 クロロホルム分析結果

| 実験ケース \ 項目 | 流入水<br>(mg/ℓ) | 処理水<br>(μg/ℓ) |
|------------|---------------|---------------|
| 1          | 1.6           | 15            |
| 2          | 9.7           | 83            |
| 3          | 0.16          | 0.3           |
| 4          | 0.16          | 0.7           |
| 5          | 0.16          | 0.4           |
| 6          | 0.16          | 0.7           |

## (2) 活性汚泥処理系内での物質収支

実験後期に行った調査よりクロロホルムの物質収支を求め表-7-6に示した。処理水中に残存し系外へ排出される濃度は流入水の1/100程度であったが、汚泥中のクロロホルム濃度はケース1, 1.1 mg/kg, ケース2, 2.7 mg/kg, ケース3, 0.52 mg/kg, ケース4, 0.53 mg/kg, ケース5, 0.46 mg/kg, ケース6, 0.54 mg/kg, とその濃縮率は0.3~3倍であり、汚泥への濃縮は非常に小さい。

処理水として系外へ排出される場合は1%以下であり、余剰汚泥の引抜により系外へ排出される割合は、0.002~0.022%と極く少ない。これに対しエアレーションにより揮散するクロロホルム量は、99~100%と非常に高く活性汚泥処理プロセスのクロロホルムの除去は、ほとんどすべてがエアレーションによって揮散するものと考えられる。

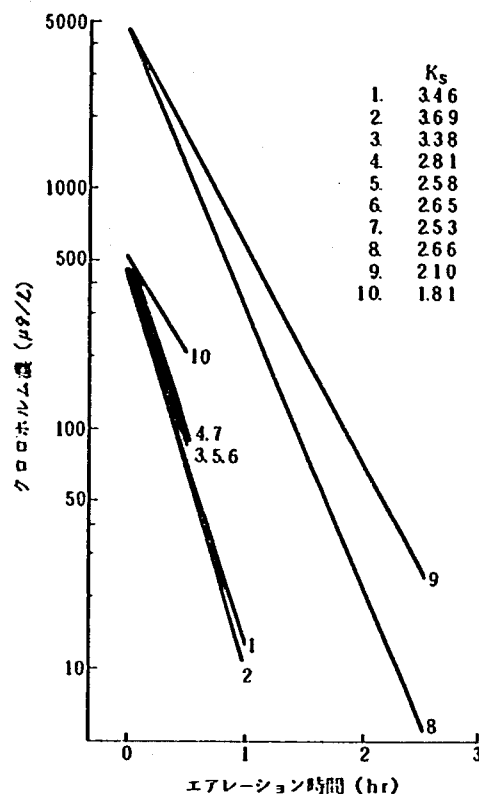
揮散に関する実験は、本装置を用いた精水実験を行っておりその結果を図-7-2に示す。本実験に

表一 7-6 クロロホルムの物質収支

| 実験ケース | mg/day |                 |                   |                |
|-------|--------|-----------------|-------------------|----------------|
|       | 流入水    | 処 理 水           | 汚 泥               | 揮 散            |
| 1     | 22.4   | 0.21<br>(0.94)  | 0.0009<br>(0.004) | 22.2<br>(99.1) |
| 2     | 136    | 1.16<br>(0.85)  | 0.0022<br>(0.002) | 1.35<br>(99.3) |
| 3     | 2.24   | 0.004<br>(0.18) | 0.0005<br>(0.022) | 2.25<br>(100)  |
| 4     | 2.24   | 0.010<br>(0.45) | 0.0004<br>(0.018) | 2.25<br>(100)  |
| 5     | 2.24   | 0.006<br>(0.27) | 0.0004<br>(0.018) | 2.25<br>(100)  |
| 6     | 2.24   | 0.010<br>(0.45) | 0.0004<br>(0.018) | 2.25<br>(100)  |

( ) 内の数値は流入を 100 とした百分率 (%)

より求めた一次式による減少速度定数  $K_s$  (1/hr) は 2.76 であり, これによれば 4 時間のエアレーションを行えば処理水中に残存する可能性は極めて低いと考えられる。



図一 7-2 クロロホルムの揮散実験結果

### (3) 原生動物の検鏡結果

実験開始時初期と実験終了時後期の試料を採取し原生動物の同定定量を行った。

原生動物の検鏡結果を表一 7-7 に示す。Na 3 の鞭毛虫類が実験終了時に棲息していないことと, Na 5 の鞭毛虫類が他のケースに比べ異常に高値となっている, とが特徴的である。また, 後生動物類の検鏡結果で実験開始時には棲息していなかったが実験終了時には 120 ~ 190 個/mg MLSS 棲息している (Na 1 ~ Na 5) しかし, SRT が 30 日と長い Na 6 では実験終了時にも後生動物は棲息していない。

表一 7-7 原生動物の検鏡結果 (Cells/mg MLSS)

| 実験ケース |     | 1<br>(コントロール) | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|-------|-----|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 鞭毛虫類  | 初 期 | 10710         | 19960 | 22100 | 19280 | 36210 | 28330 |
|       | 後 期 | 2150          | 1370  | 0     | 4900  | 32000 | 5650  |
| 根虫足類  | 初 期 | 60            | 0     | 70    | 0     | 650   | 310   |
|       | 後 期 | 0             | 70    | 0     | 1720  | 0     | 60    |
| 繊毛虫類  | 初 期 | 2140          | 1510  | 1480  | 42340 | 2640  | 2720  |
|       | 後 期 | 13170         | 7900  | 7690  | 6640  | 7060  | 8610  |
| 総胞数   | 初 期 | 12910         | 21470 | 23650 | 61620 | 39500 | 31360 |
|       | 後 期 | 15320         | 9340  | 7690  | 13260 | 39060 | 14320 |
| 後動物類  | 初 期 | 0             | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|       | 後 期 | 130           | 150   | 120   | 180   | 190   | 0     |

## 8. バッチ処理システムにおける四塩化炭素の挙動

### 1) 供試化学物質、四塩化炭素 (図-8-1)<sup>37) 39)</sup>

四塩化炭素は、弗化炭化水素の原料、溶剤として用いられている。無色透明の不燃性液体で特有の臭気を有する。水には難溶であり、各種有機溶剤、油に溶ける。

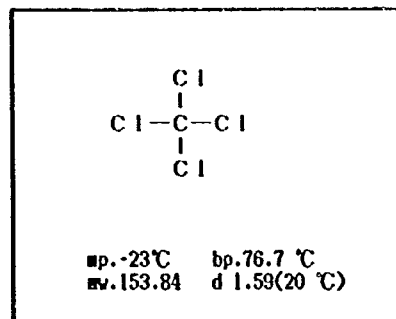


図-8-1 四塩化炭素

### 2) 実験方法

実験装置は、前述したものと同一である。

流入水量は 3.5 ℓ/サイクルであり、1 サイクルごとの水の交換率は 66% である。運転条件と実験ケースを表-8-1、表-8-2 に示した。実験ケース 2, 3, 4 では濃度の違いによる比較を行うものである。

SRT を所定濃度に設定するために曝気終了直前に混合液の引抜きを行う。その引抜きは原則として月、水、金とし、引抜き量は、SRT 10 日、1.25 ℓ、SRT 20 日、0.62 ℓ、SRT 30 日、0.40 ℓ とする。

表-8-1 運転条件

|         |                                                     |
|---------|-----------------------------------------------------|
| 流入水添加量  | 3.5 ℓ/サイクル<br>初沈液出水 3.15 ℓ/147ℓ<br>化学物質 0.35 ℓ/147ℓ |
| 流入水添加時間 | 10 分                                                |
| 曝気時間    | 4 時間                                                |
| 沈殿時間    | 1 時間 20 分                                           |
| 処理水引抜時間 | 20 分                                                |

表-8-2 実験ケース

| 実験ケース | 四塩化炭素添加量(mg/l) | SRT(日) |
|-------|----------------|--------|
| No. 1 | 16             | 20     |
| No. 2 | 1.6            | 20     |
| No. 3 | 0.16           | 20     |
| No. 4 | 0.16           | 20     |
| No. 5 | 0.16           | 10     |
| No. 6 | 0.16           | 30     |

### 3) 結果及び考察

#### (1) 処理水質への影響

流入水、処理水の分析結果を表-8-3 に示す。この結果は、実験開始から 30 日経過後のデータをまとめたものである。SS, COD, D-TOC の分析結果をみるかぎり、きわだって処理水質が悪化しているケースはみられない。

四塩化炭素の測定結果を表-8-4 に示す。測定結果からどのケースにおいても 99% 以上除去されていることがわかる。

混合液の分析結果を表-8-5 に示した。SRT を約 20 日に設定し、濃度をかえたケース 1 ~ 4 では、その MLSS は 890 ~ 1080 mg/ℓ であった。

#### (2) 活性汚泥処理系内での物質収支

四塩化炭素の分析結果を表-8-6 に示した。汚泥中に含まれる四塩化炭素の濃度は、0.012 ~ 2.2 μg/g であった。その濃度倍率は約 2 ~ 270 倍 (表-8-7) であり、バラツキが大きい。

表一 8-3 水質分析結果

|       | SS<br>mg/ℓ                | BOD <sub>5</sub><br>mg/ℓ  | COD Mn<br>mg/ℓ            | D-TOC<br>mg/ℓ         | PH          | 水温 °C                 |
|-------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| 流入水   | 20.0 (7)<br>(12.3 ~ 30.0) | 48.9 (7)<br>(22.4 ~ 69.2) | 24.2 (7)<br>(15.5 ~ 31.0) | 20.7 (7)<br>( 8 ~ 35) | 6.72 ~ 6.96 | 22.5<br>(20.8 ~ 24.6) |
| 処理水 1 | 10.8 (7)<br>( 7.1 ~ 19.5) | 4.5 (7)<br>( 3.6 ~ 6.1)   | 9.9 (7)<br>( 8.5 ~ 12.5)  | 6.1 (7)<br>( 3 ~ 8)   | 7.02 ~ 7.43 | 26.0<br>(22.6 ~ 28.9) |
| 処理水 2 | 12.7 (7)<br>( 4.2 ~ 26.2) | 5.1 (7)<br>( 3.1 ~ 7.5)   | 9.7 (7)<br>( 8.1 ~ 12.2)  | 6.1 (7)<br>( 3 ~ 8)   | 7.03 ~ 7.38 | 26.0<br>(22.6 ~ 28.9) |
| 処理水 3 | 10.5 (7)<br>( 3.9 ~ 22.7) | 4.5 (7)<br>( 2.5 ~ 7.0)   | 9.0 (7)<br>( 6.5 ~ 13.1)  | 5.7 (7)<br>( 2 ~ 8)   | 7.05 ~ 7.40 | 26.0<br>(22.6 ~ 28.9) |
| 処理水 4 | 13.0 (7)<br>( 6.4 ~ 21.4) | 6.0 (7)<br>( 3.7 ~ 8.6)   | 10.7 (7)<br>( 6.9 ~ 13.9) | 6.4 (7)<br>( 4 ~ 10)  | 6.94 ~ 7.41 | 26.0<br>(22.6 ~ 28.9) |
| 処理水 5 | 8.8 (7)<br>( 4.6 ~ 13.6)  | 5.8 (7)<br>( 3.7 ~ 10.1)  | 10.4 (7)<br>( 8.4 ~ 15.5) | 5.6 (7)<br>( 2 ~ 8)   | 7.12 ~ 7.58 | 26.0<br>(22.6 ~ 28.9) |
| 処理水 6 | 14.7 (7)<br>( 4.7 ~ 30.9) | 5.1 (7)<br>( 2.5 ~ 13.3)  | 10.2 (7)<br>( 7.2 ~ 15.8) | 5.0 (7)<br>( 2 ~ 11)  | 6.97 ~ 7.46 | 26.0<br>(22.6 ~ 28.9) |

注：実験開始より30日経過後のデータをまとめた。

表一 8-4 四塩化炭素分析結果

|      | 流入水                | 処理水                      |
|------|--------------------|--------------------------|
| Na 2 | 440<br>(230 ~ 710) | 0.52<br>(0.18 ~ 0.84)    |
| Na 3 | 55<br>( 14 ~ 110)  | 0.047<br>( ND ~ 0.094)   |
| Na 4 | 6.6<br>( 2 ~ 14)   | 0.045<br>(0.015 ~ 0.096) |
| Na 5 | 6.6<br>( 2 ~ 14)   | 0.035<br>(0.015 ~ 0.130) |
| Na 6 | 6.6<br>( 2 ~ 14)   | 0.045<br>(0.030 ~ 0.093) |

表一 8-5 混合液の分析結果

|      | MLSS (mg/ℓ)               | SVI                     | SRT (日) |
|------|---------------------------|-------------------------|---------|
| Na 1 | 1080 (9)<br>( 890 ~ 1250) | 96 (7)<br>( 72 ~ 151 )  | 20.0    |
| Na 2 | 890 (9)<br>( 710 ~ 1160)  | 86 (7)<br>( 66 ~ 113 )  | 16.0    |
| Na 3 | 1000 (9)<br>( 740 ~ 1210) | 97 (7)<br>( 70 ~ 192 )  | 18.1    |
| Na 4 | 920 (9)<br>( 740 ~ 1240)  | 74 (7)<br>( 49 ~ 137 )  | 16.6    |
| Na 5 | 640 (9)<br>( 380 ~ 750)   | 93 (7)<br>( 73 ~ 122 )  | 11.6    |
| Na 6 | 1280 (9)<br>(1060 ~ 1490) | 103 (7)<br>( 53 ~ 208 ) | 23.1    |

注：実験開始より30日経過後のデータを取りまとめた

これらの分析結果から四塩化炭素の物質収支を計算し、表一 8-8 に示した。流入する四塩化炭素を 100% として百分率で比較すると処理水中に残存し系外へ排出される割合は 1% 前後であり、また汚泥に吸着したまま全剰汚泥として系外へ排出される割合は 0.01 ~ 0.71% であり、非常に小さいことがわかる。エアレーションによる揮散は 16 ~ 69% であり、かなり高いことがわかる。流入から処理水として系外へ排出するもの、汚泥として系外へ排出するもの、揮散で系外へ排出するものを引いたものは、30 ~ 38% であり本実験では四塩化炭素の収支をうまく求めることができなかった。

表一 8-6 四塩化炭素の分析結果

|       | 流入水<br>(μg/l) | 処理水<br>(μg/l) | 汚泥<br>(mg/kg) |
|-------|---------------|---------------|---------------|
| No. 2 | 440           | 0.52          | 2.2           |
| No. 3 | 55            | 0.047         | 0.11          |
| No. 4 | 6.6           | 0.045         | 1.80          |
| No. 5 | 6.6           | 0.035         | 0.012         |
| No. 6 | 6.6           | 0.045         | 0.087         |

表—8—7

汚泥への濃縮倍率

|       | 濃縮倍率 |
|-------|------|
| No. 2 | 5    |
| No. 3 | 2    |
| No. 4 | 270  |
| No. 5 | 1.8  |
| No. 6 | 13   |

表—8—8 四塩化炭素の物質収支

 $\mu\text{g/day}$ 

|       | 流入水           | 処理水            | 汚泥              | 揮散           | 不明           |
|-------|---------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|
| No. 2 | 6200<br>(100) | 7.3<br>(0.11)  | 0.77<br>(0.01)  | 4300<br>(69) | 1890<br>(30) |
| No. 3 | 770<br>(100)  | 0.66<br>(0.09) | 0.04<br>(0.01)  | 440<br>(57)  | 330<br>(43)  |
| No. 4 | 92<br>(100)   | 0.63<br>(0.68) | 0.65<br>(0.71)  | 54<br>(59)   | 37<br>(40)   |
| No. 5 | 92<br>(100)   | 0.49<br>(0.53) | 0.004<br>(0.01) | 43<br>(47)   | 49<br>(53)   |
| No. 6 | 92<br>(100)   | 0.63<br>(0.68) | 0.031<br>(0.03) | 15<br>(16)   | 76<br>(83)   |

( ) 内の値は流入水を100とした百分率(%)

## (3) 活性汚泥中の原生動物への影響

原生動物の検鏡結果を表—8—9に示した。No. 5, 6のケースで鞭毛虫類が実験開始時には棲息していたが、実験終了時には定量されず棲息していない。また、No. 5において繊毛虫類の異常繁殖がみられる。他のケースでは実験開始時と終了時においてほぼ等しい棲息数である。

表—8—9 原生動物検鏡結果

|       |    | 1    | 2    | 3    | 4     | 5     | 6     |
|-------|----|------|------|------|-------|-------|-------|
| 鞭毛虫類  | 初期 | 2730 | 2210 | 600  | 1720  | 2810  | 2580  |
|       | 後期 | 130  | 1290 | 240  | 2800  | 0     | 0     |
| 根足虫類  | 初期 | 5380 | 4860 | 6840 | 7580  | 7220  | 5770  |
|       | 後期 | 2870 | 3150 | 4960 | 1810  | 5120  | 560   |
| 繊毛虫類  | 初期 | 1350 | 2740 | 1800 | 2320  | 3460  | 2850  |
|       | 後期 | 1940 | 2080 | 1860 | 1950  | 23920 | 6450  |
| 総細胞数  | 初期 | 9460 | 9810 | 9240 | 11620 | 13490 | 11200 |
|       | 後期 | 4940 | 6520 | 7060 | 6560  | 29040 | 7010  |
| 後生動物類 | 初期 | 0    | 0    | 120  | 0     | 0     | 60    |
|       | 後期 | 320  | 270  | 80   | 840   | 300   | 990   |

## (4) 四塩化炭素におけるショックロードについて

先の実験で、四塩化炭素  $1.6 \text{ mg}/\ell$ 、SRT約20日で運転しているケースに、四塩化炭素35ml (流入水量の1%) を添加し、処理水質の変化を調べた。実験開始から73日目に四塩化炭素を添加した。エアレーションが開始されても反応槽の底に四塩化炭素のかたまりがみられた。

四塩化炭素によるショックロードを与え、その後の水質を分析し、表—8—10、図—8—2～図—8—10に示した。BOD、COD、D-TOCは添加直後若干高くなっており、水質の悪化がみられる。しかし、2～3日で復帰しておりその影響は小さい。また窒炭化合物の変化をみると、四塩化炭素の添

加により  $(\text{NO}_2 + \text{NO}_3) - \text{N}$  が減少し、 $\text{NH}_4 - \text{N}$  が高くなっている。硝化が起っていたものが四塩化炭素の添加により抑制されたことがわかる。しかしこの硝化抑制の現象も数日でなくなっている。BOD, COD, D-TOCの悪化や硝化抑制などは、四塩化炭素の残留と強い相関がみられる。

表-8-10 ショックロード後の水質分析結果 (ケース3)

| 月/日  | 水温<br>℃ | pH   | SS<br>mg/l | MLSS<br>mg/l | SVI | COD<br>mg/l | BOD<br>mg/l | D-TOC<br>mg/l | $\text{CCl}_4$<br>$\mu\text{g/l}$ |
|------|---------|------|------------|--------------|-----|-------------|-------------|---------------|-----------------------------------|
| 8/8  | —       | —    | 13.4       | —            | —   | 14.6        | 11.6        | 10            | 3760                              |
| 8/9  | 28.5    | 7.81 | 20.3       | 1090         | 83  | 17.8        | 20.7        | 13            | 1710                              |
| 8/12 | 28.1    | 7.77 | 3.1        | 1160         | 121 | 10.4        | 3.2         | 8             | 29                                |
| 8/16 | 32.0    | 7.52 | 3.8        | 1330         | 143 | 8.2         | 5.8         | 6             | 5.4                               |
| 8/26 | 27.1    | 7.08 | 7.2        | 1490         | 235 | 8.1         | 3.0         | 5             | 1.25                              |
| 9/2  | 31.1    | 7.17 | 3.4        | 1540         | 156 | 5.8         | 2.0         | 4             | 0.39                              |

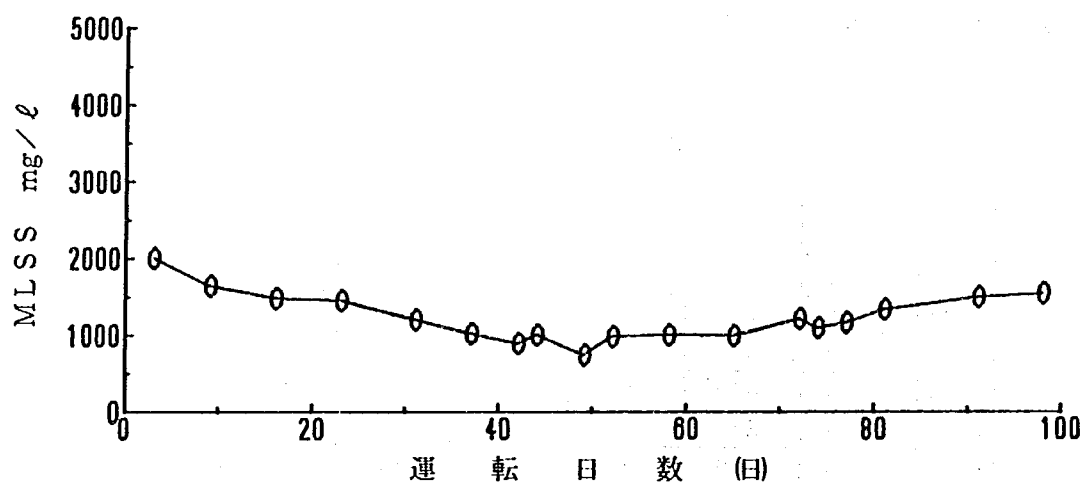


図-8-2 MLSS経日変化 (ケース3)

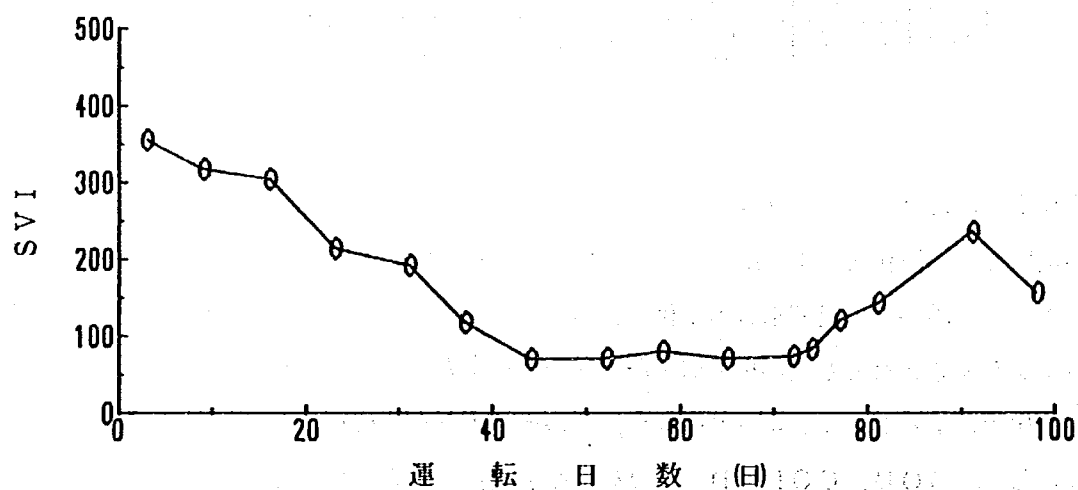


図-8-3 SVI経日変化 (ケース3)

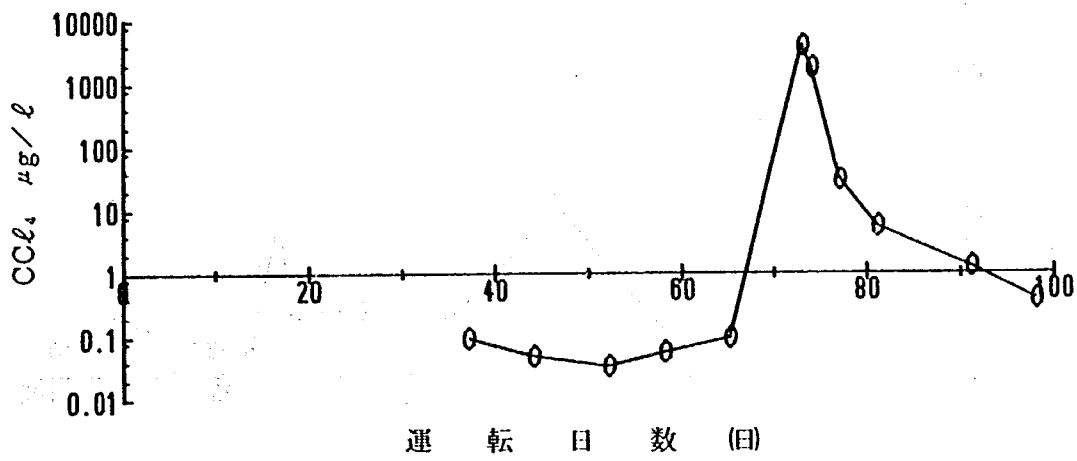


図-8-4 CCl<sub>4</sub>経日変化 (ケース3)

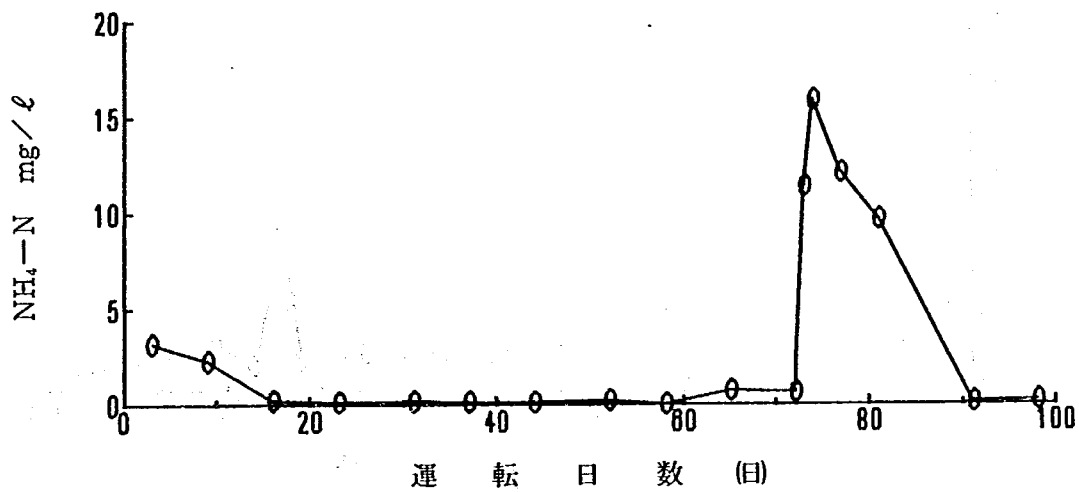


図-8-5 NH<sub>4</sub>-N経日変化 (ケース3)

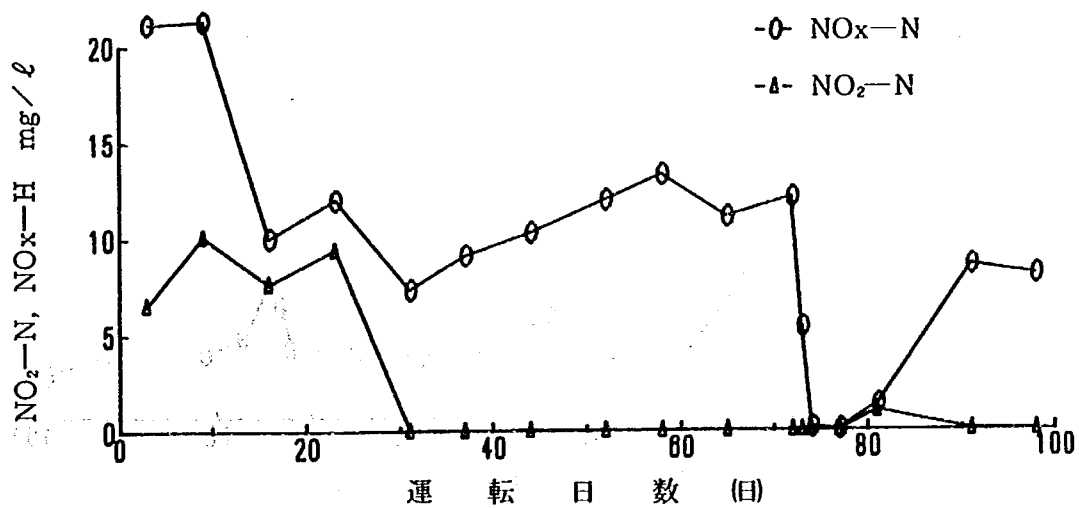


図-8-6 NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>x</sub>-N経日変化 (ケース3)

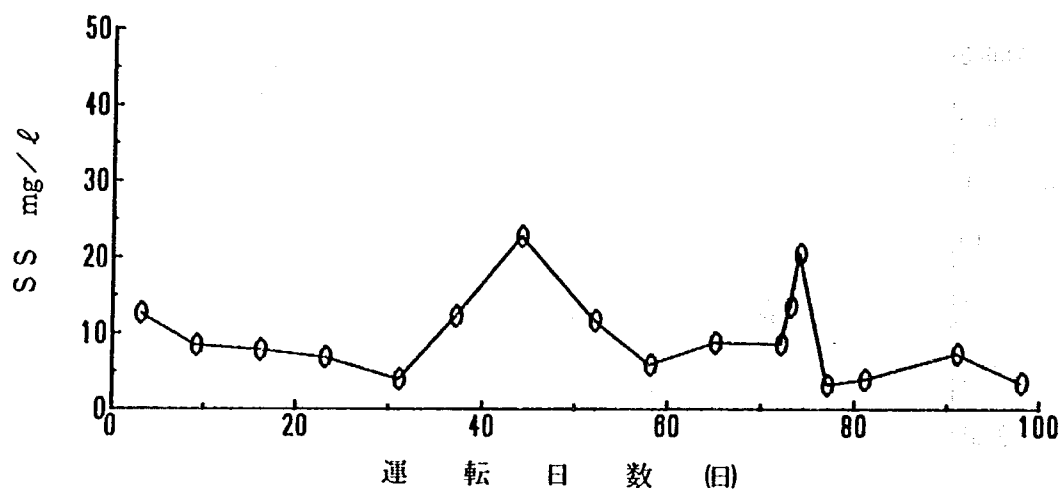


図-8-7 SS経日変化 (ケース3)

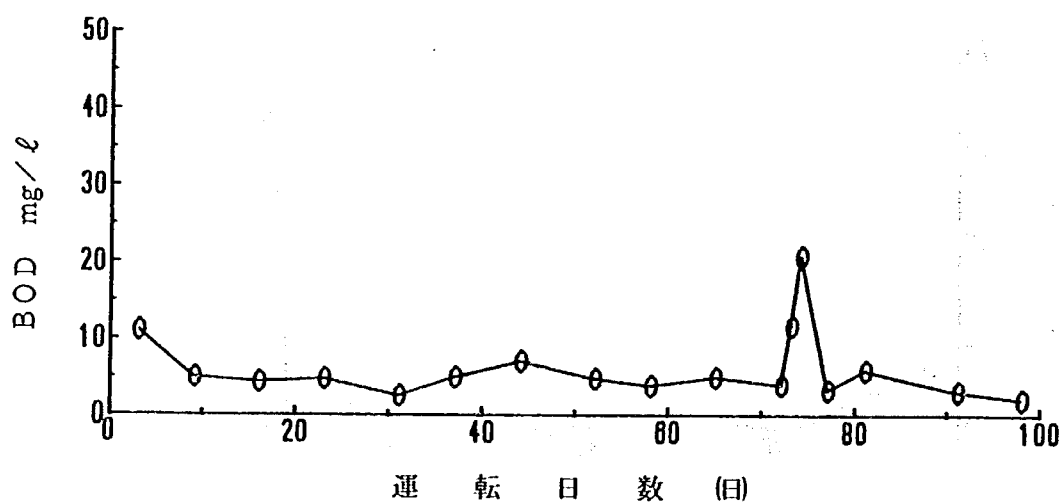


図-8-8 BOD経日変化 (ケース3)

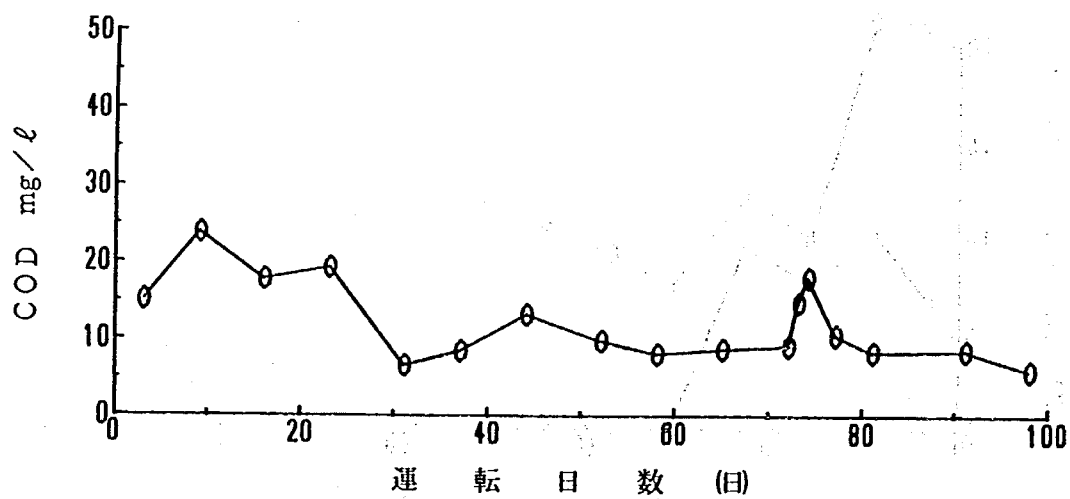


図-8-9 COD経日変化 (ケース3)

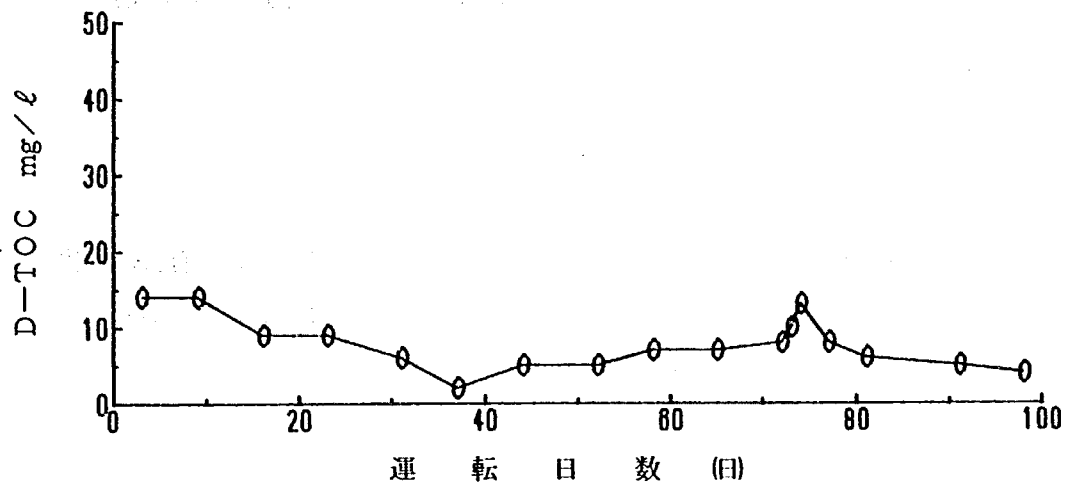


図-8-10 D-TOC経日変化 (ケース3)

## 9. 連続処理システムにおける微量化学物質の挙動

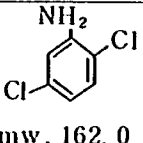
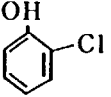
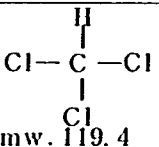
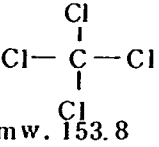
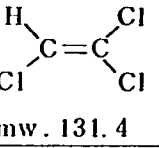
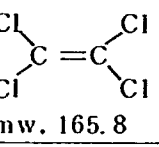
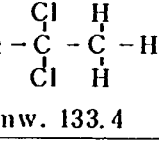
### 1) 実験装置

4.2 で説明した大型活性汚泥処理実験装置を使用した。

### 2) 供試化学物質<sup>37)~39)</sup>

表—9—1 に示す 7 種類の化学物質を供試化学物質として用いた。7 種類とも有機塩素化合物であり毒性がある物質である。2,5—DCA, O—CP は沸点が高く、揮発しにくい物質である。クロロホルム、四塩化炭素は沸点が低く、揮発しやすい物質である。

表—9—1 供試化学物質

|                        | 構造式                                                                                 | 性質                            | 用途                            | 毒性                                                                                                        |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2,5—ジクロ<br>ルアニリン       |    | mp. 50°C<br>bp. 251 °C        | 染料中間物                         | ラット LD <sub>50</sub> : 300 mg/kg<br>マウス LD <sub>50</sub> : 2500 mg/kg                                     |
| O—クロロ<br>フェノール         |   | mp. 9.3 °C<br>bp. 174.5 °C    | 染料中間物<br>農薬の原料                | 経口—ラット LD <sub>50</sub> : 670 mg/kg<br>腹腔—ラット LD <sub>50</sub> : 230 “<br>皮下—ラット LD <sub>50</sub> : 950 “ |
| クロロホルム                 |  | mp. - 63.5 °C<br>bp. 61.2 °C  | フレオン, フッ素樹脂の<br>原料<br>溶剤, 抽出剤 | 経口—ラット LD <sub>50</sub> : 800 mg/kg<br>吸入—ラット LCLo<br>8000ppm, 4 時間                                       |
| 四塩化炭素                  |  | mp. - 28.6 °C<br>bp. 76.74 °C | フロンガスの製造<br>機械の洗浄剤<br>殺虫剤の製造  | ラット LD <sub>50</sub> : 6139 (♀)<br>ラット LD <sub>50</sub> : 5650 (♂)                                        |
| トリクロロ<br>エチレン          |  | mp. - 86.4 °C<br>b.p. 86.9 °C | 金属機械部品の脱油脂洗<br>浄<br>溶剤        | 経口ラット LD <sub>50</sub> : 4920 mg/kg<br>吸入ラット LCLo: 8000 ppm<br>4 時間                                       |
| テトラクロロ<br>エチレン         |  | mp. - 22.4 °C<br>bp. 121 °C   | ドライクリーニング用洗<br>浄剤             | 吸入ラット LCLo: 4000 ppm<br>4 時間                                                                              |
| 1,1,1—<br>トリクロロ<br>エタン |  | mp. - 32.5 °C<br>bp. 74.1 °C  | 金属機械部品の液体洗浄<br>剤              | 経口ウサギ LD <sub>50</sub> : 5660 mg/kg                                                                       |

### 3) 実験方法

本装置の運転条件を表—9—2 に示した。前述した化学物質の混合液を連続注入している。

本実験は、昭和58年4月から昭和60年10月まで約1000日に渡り運転しているが、化学物質の添加方法の変更又は化学物質の追加等があり、5期に区分することができる。

- ① 第1期 昭和58年4月1日～4月24日  
(コントロール)

霞ヶ浦浄化センターの返送汚泥を種汚泥として化学物質無添加で運転した。

- ② 第2期 昭和58年4月25日～昭和59年2月6日

4種類の有機塩素化合物を水に溶かし連続注入した。

〔化学物質の添加方法〕

2,5-DCA, O-CP, クロロホルム, 四塩化炭素の4物質をビーカーにとり, 500 mlのメタノールを加え溶解する。このメタノール溶液を100 ℓの水が入ったドラム缶に加え攪拌機で2～3日攪拌する。この溶液の化学物質濃度は計算上各1000mg/ℓである(揮散, 分解がない場合)。この水溶液を流入水量の1/1000に当る28.5 ℓ/dayで連続注入する。

- ③ 第3期 昭和59年2月7日～8月13日

4種類の有機塩素化合物をメタノールに溶かし連続滴加する。

〔化学物質の添加方法〕

2,5-DCA, O-CP, クロロホルム, 四塩化炭素の4物質をメタノールに溶解する。(各20000 mg/ℓ溶液) このメタノール溶液を微量定量ポンプを用い, 1.4 ℓ/dayで混和槽へ連続滴加する。

- ④ 第4期 昭和59年8月14日～昭和60年4月26日

4種類の有機塩素化合物をメタノールに溶かし連続注入する。

〔化学物質の添加方法〕

2,5-DCA, O-CP, クロロホルム, 四塩化炭素の4物質をメタノールに溶解する。(各20000 mg/ℓ溶液) このメタノール溶液微量定量ポンプを用い1.4 ℓ/dayで混和槽へ連続注入する。

- ⑤ 第5期 昭和60年4月27日～10日

4種類の有機塩素化合物をメタノールに溶かし連続注入する。

〔化学物質の添加方法〕

2,5-DCA, O-CP, クロロホルム, 四塩化炭素, トリクロロエチレン, テトラクロロエチレン, 1,1,1-トリクロロエタンの7物質をメタノールに溶解する。(各20000 mg/ℓ溶液) このメタノール溶液を微量定量ポンプを用い, 1.4 ℓ/dayで混和槽へ連続注入する。

#### 4) 実験結果

運転期間中の分析結果を表—9—3～表—9—9, 図—9—1～図—9—17に示した。化学物質無添加の第1期(コントロール)の分析データが非常に少ないため, コントロールの処理状況がどうであったか把握することはむずかしい。しかし, 少ないデータの中から, SS, BOD, COD, D-TOCの除去率をみると, 87.5%, 86.1%, 78.7%, 79.9%と処理は良好であることがわかる。また, N化合物の

表—9—2

連続処理システムの運転条件

|           |      |                   |
|-----------|------|-------------------|
| * 流入水量    | 28.5 | m <sup>3</sup> /日 |
| * 曝気時間    | 8    | 時間                |
| * 沈殿時間    | 1    | 時間                |
| * 返送率     | 1.1  | %                 |
| * 余剰汚泥引取量 | 0.12 | m <sup>3</sup> /日 |

表—9—3 水質分析結果

|   | SS                       |                         | BOD <sub>5</sub>        |                         | COD Mn                   |                         | D-TOC                     |                         |
|---|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
|   | 流入水                      | 処理水                     | 流入水                     | 処理水                     | 流入水                      | 処理水                     | 流入水                       | 処理水                     |
| ① | 39.2<br>n=1              | 4.9<br>n=1              | 56.8<br>n=1             | 7.9<br>n=1              | 41.7<br>n=1              | 8.9<br>n=1              | 22.4<br>n=1               | 4.5<br>n=1              |
| ② | 30.1<br>(5.6~138) n=71   | 13.1<br>(1.6~112) n=71  | 55.4<br>(25.0~226) n=67 | 10.0<br>(2.3~66.0) n=67 | 42.6<br>(21.4~113) n=72  | 14.0<br>(7.2~47.3) n=72 | 24.1<br>(10.2~51.7) n=177 | 7.3<br>(3.2~16.3) n=176 |
| ③ | 62.6<br>(24.0~149) n=48  | 10.7<br>(3.2~29.3) n=48 | 117<br>(32.7~226) n=47  | 7.4<br>(1.5~26.1) n=47  | 78.1<br>(26.7~145) n=47  | 15.1<br>(8.3~30.8) n=47 | 43.4<br>(11.8~66.5) n=59  | 9.7<br>(5.3~20.1) n=59  |
| ④ | 63.2<br>(20.0~258) n=52  | 16.5<br>(6.0~58.7) n=52 | 150<br>(81.7~419) n=47  | 14.0<br>(2.8~66.9) n=47 | 95.0<br>(44.1~314) n=52  | 20.2<br>(9.4~72.3) n=52 | 47.9<br>(24.6~77.4) n=54  | 9.2<br>(5.5~21.6) n=54  |
| ⑤ | 29.2<br>(13.2~84.0) n=75 | 6.9<br>(2.4~17.9) n=35  | 91.3<br>(35.4~184) n=34 | 7.4<br>(2.2~18.6) n=34  | 51.3<br>(35.4~68.0) n=35 | 14.1<br>(9.5~20.0) n=35 | 41.2<br>(21.0~84.0) n=35  | 9.6<br>(4.0~17.0) n=34  |

表—9—4 処理水中の窒素化合物

|   | NH <sub>4</sub> - N        | (NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> ) - N | NO <sub>2</sub> - N        |
|---|----------------------------|------------------------------------------|----------------------------|
| ① | 0.99<br>n=1                | 11.7<br>n=1                              | 0.34<br>n=1                |
| ② | 5.51<br>(0.08 ~ 14.5) n=71 | 4.35<br>(0.03 ~ 9.49) n=71               | 0.87<br>(0.03 ~ 2.85) n=71 |
| ③ | 12.9<br>(8.66 ~ 20.4) n=45 | 0.28<br>(0 ~ 2.84) n=45                  | 0.23<br>(0 ~ 2.24) n=45    |
| ④ | 13.3<br>(8.63 ~ 20.0) n=52 | 0.28<br>(0.01 ~ 1.88) n=52               | 0.23<br>(0 ~ 1.23) n=52    |
| ⑤ | 7.60<br>(0.27 ~ 17.1) n=35 | 5.03<br>(0.04 ~ 14.0) n=34               | 3.34<br>(0.03 ~ 8.24) n=35 |

表—9—5 混合液分析結果

|   | MLSS mg/ℓ                  | MLVSS mg/ℓ                 | SVI                    |
|---|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| ① | 1820<br>(1500 ~ 2000) n=7  | 67.8<br>(65.1 ~ 72.2) n=7  | 102<br>(97 ~ 107) n=5  |
| ② | 1150<br>(260 ~ 2010) n=73  | 68.6<br>(48.7 ~ 87.2) n=57 | 139<br>(39 ~ 408) n=62 |
| ③ | 2630<br>(1390 ~ 4410) n=52 | 67.7<br>(62.7 ~ 70.8) n=20 | 141<br>(65 ~ 367) n=48 |
| ④ | 2250<br>(740 ~ 3140) n=58  | 77.2<br>(75.9 ~ 79.3) n=4  | 221<br>(99 ~ 403) n=54 |
| ⑤ | 2080<br>(1220 ~ 2700) n=34 | 74.4<br>(70.8 ~ 78.7) n=6  | 143<br>(74 ~ 316) n=30 |

表-9-6 BOD-SS負荷及びSRT

|   | BOD-SS負荷<br>kg/kg            | SRT<br>日            |
|---|------------------------------|---------------------|
| ① | 0.11<br>n = 1                | 7<br>(5~9) n = 4    |
| ② | 0.17<br>(0.05 ~ 0.63) n = 61 | 10<br>(2~25) n = 44 |
| ③ | 0.14<br>(0.06 ~ 0.36) n = 47 | 12<br>(6~18) n = 47 |
| ④ | 0.21<br>(0.09 ~ 0.35) n = 47 | 12<br>(3~25) n = 52 |
| ⑤ | 0.13<br>(0.06 ~ 0.26) n = 31 | 13<br>(7~21) n = 33 |

表-9-7 水温及びpH

|   | 水 温                        |                            | P H         |             |
|---|----------------------------|----------------------------|-------------|-------------|
|   | 流 入 水                      | 処 理 水                      | 流 入 水       | 処 理 水       |
| ① | 15.8<br>n=1                | 16.0<br>n=1                | 7.18        | 7.20        |
| ② | 19.8<br>(9.6 ~ 27.0) n=102 | 18.6<br>(5.5 ~ 28.0) n=102 | 6.93 ~ 7.55 | 6.92 ~ 7.72 |
| ③ | 16.9<br>(8.8 ~ 27.2) n=55  | 15.8<br>(4.9 ~ 27.4) n=55  | 6.85 ~ 7.49 | 6.97 ~ 7.67 |
| ④ | 17.8<br>(10.0 ~ 28.0) n=51 | 15.9<br>(7.0 ~ 28.2) n=51  | 6.60 ~ 7.72 | 6.89 ~ 7.71 |
| ⑤ | 21.2<br>(14.0 ~ 26.8) n=36 | 20.8<br>(10.5 ~ 28.4) n=36 | 6.68 ~ 7.98 | 6.62 ~ 8.32 |

分析結果から、処理水中水に存在する窒素の形態はほとんどが $\text{NO}_3\text{-N}$ であり、硝化が起っていることがわかる。

化学物質を水道水に溶解し、注入した第2期では流入水の平均BOD  $55.4 \text{ mg}/\ell$ であり、その除去率は81.9%であった。またCOD、D-TOCの流入濃度はそれぞれ  $42.6 \text{ mg}/\ell$ 、 $24.1 \text{ mg}/\ell$ でありその除去率は67.1%、69.7%であった。SSの流入水濃度は  $30.1 \text{ mg}/\ell$ と低いのに対し処理水は  $13.1 \text{ mg}/\ell$ と高い値を示しその除去率は56.5%である。これは、実験期間を通してみられたピンフロックの流出によるものである。

58年12月頃よりSVIが急激に高くなっていることがわかるが、これはポンプの故障により負荷が2倍程度に高くなったためバルキングが起こったものである。バルキングにともない処理水中のSSが高くなっているが、約30日程度で回復している。SSの流出に伴い、処理水中のBOD、CODも高くなっているが、D-TOCは特に急激な変化はなく溶解性有機物の処理に影響は出ていない。

表-9-8 化学物質分析結果 (その1)

|         |   | 流入水 (mg/ℓ)                    | 処理水 (mg/ℓ)                    | 汚泥 (mg/kg)                |
|---------|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 2,5-DCA | ① | —                             | —                             | —                         |
|         | ② | 0.370<br>(0.212 ~ 0.473) n=15 | 0.145<br>(0.066 ~ 0.266) n=15 | —                         |
|         | ③ | 1.147<br>(0.660 ~ 2.180) n=25 | 0.729<br>(0.400 ~ 1.450) n=25 | —                         |
|         | ④ | 1.061<br>(0.684 ~ 2.093) n=26 | 0.788<br>(0.516 ~ 1.399) n=28 | 298<br>(113 ~ 484) n=22   |
|         | ⑤ | 1.057<br>(0.778 ~ 1.416) n=17 | 0.365<br>(0.141 ~ 0.733) n=17 | 283<br>(165 ~ 430) n=17   |
| O-C-P   | ① | — (mg/ℓ)                      | — (mg/ℓ)                      | — (mg/kg)                 |
|         | ② | 0.545<br>(0.274 ~ 0.805) n=6  | 0.029<br>(0.013 ~ 0.052) n=6  | —                         |
|         | ③ | 0.867<br>(0.539 ~ 1.833) n=22 | 0.176<br>(0.001 ~ 0.630) n=22 | —                         |
|         | ④ | 1.047<br>(0.598 ~ 1.898) n=26 | 0.253<br>(0.003 ~ 0.896) n=28 | 53.7<br>(0 ~ 192) n=22    |
|         | ⑤ | 1.241<br>(0.824 ~ 1.959) n=17 | 0.023<br>(0 ~ 0.110) n=17     | 16.2<br>(0 ~ 90.5) n=17   |
| クロロホルム  | ① | — (μg/ℓ)                      | — (μg/ℓ)                      | — (μg/kg)                 |
|         | ② | 1.63<br>(1.14 ~ 2.00) n=6     | 0.39<br>(0.19 ~ 0.57) n=6     | —                         |
|         | ③ | 166<br>(47.5 ~ 532) n=26      | 46.2<br>(7.11 ~ 174) n=26     | —                         |
|         | ④ | 671<br>(250 ~ 1290) n=27      | 132<br>(26.2 ~ 268) n=27      | 2420<br>(590 ~ 6900) n=22 |
|         | ⑤ | 383<br>(80.7 ~ 766) n=18      | 78.6<br>(32.3 ~ 146) n=18     | 2160<br>(726 ~ 5420) n=18 |
| 殺虫塩化四   | ① | — (μg/ℓ)                      | — (μg/ℓ)                      | — (μg/kg)                 |
|         | ② | 0.14<br>(0.07 ~ 0.22) n=6     | 0.015<br>(0.002 ~ 0.030) n=6  | —                         |
|         | ③ | 47.1<br>(7.80 ~ 133) n=25     | 2.68<br>(0.25 ~ 11.5) n=25    | —                         |
|         | ④ | 998<br>(346 ~ 2110) n=27      | 38.9<br>(1.37 ~ 141) n=27     | 177<br>(6.77 ~ 1050) n=22 |
|         | ⑤ | 374<br>(53.8 ~ 2260) n=18     | 16.3<br>(2.40 ~ 80.4) n=18    | 189<br>(21.7 ~ 711) n=18  |

表一 9-9 化学物質分析結果 (その2)

|                                           |   | 流入水 ( $\mu\text{g}/\ell$ ) | 処理水 ( $\mu\text{g}/\ell$ ) | 汚泥 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) |
|-------------------------------------------|---|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| ト<br>リ<br>リ<br>ク<br>ロ<br>ロ<br>ホ<br>ル<br>ム | ① | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ② | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ③ | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ④ | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ⑤ | 120<br>(21.2 ~ 328) n=18   | 11.1<br>(4.66 ~ 31.7) n=18 | 1180<br>(321 ~ 2640) n=17      |
| ト<br>リ<br>リ<br>ク<br>ロ<br>ロ<br>ホ<br>ル<br>ム | ① | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ② | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ③ | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ④ | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ⑤ | 22.2<br>(5.78 ~ 56.7) n=18 | 2.01<br>(0.55 ~ 5.04) n=18 | 380<br>(91.0 ~ 1640) n=17      |
| 1・1・1・トリ<br>クロロエタ<br>ン                    | ① | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ② | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ③ | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ④ | —                          | —                          | —                              |
|                                           | ⑤ | 620<br>(199 ~ 1146) n=17   | 45.1<br>(11.7 ~ 99.5) n=18 | 1970<br>(539 ~ 7910) n=19      |

化学物質の流入水濃度は 2.5-DCA が  $0.379 \text{ mg}/\ell$ , O-CP  $0.545 \text{ mg}/\ell$ , クロロホルム  $1.63 \mu\text{g}/\ell$ , 四塩化炭素  $0.137 \mu\text{g}/\ell$  となっている。調製段階では各物質とも  $1 \text{ mg}/\ell$  としているが、攪拌における大気への放散、光、温度等の影響による分解により低くなっていると考えられる。不揮発性物質の 2.5-DCA, O-CP は調製濃度の 38%, 55% になっているのに対し、揮発性物質のクロロホルム、四塩化炭素は添加濃度の 0.16%, 0.014 % と非常に小さい値となっている。

処理水中の化学物質濃度は、2.5-DCA が  $0.145 \text{ mg}/\ell$ , O-CP が  $0.029 \text{ mg}/\ell$ , クロロホルムが  $0.39 \mu\text{g}/\ell$ , 四塩化炭素が  $0.015 \mu\text{g}/\ell$  であり、その除去率はそれぞれ 60.8 %, 94.7 %, 76.1 %, 89.3 % であった。

4 種類の化学物質を連続添加した日を境に SVI に変化が見られる。第 1 期では 100 前後であったものが、添加した日を境に 200 ~ 250 へと高くなっている。しかし 50 日位でもとの値にもどっている。また、

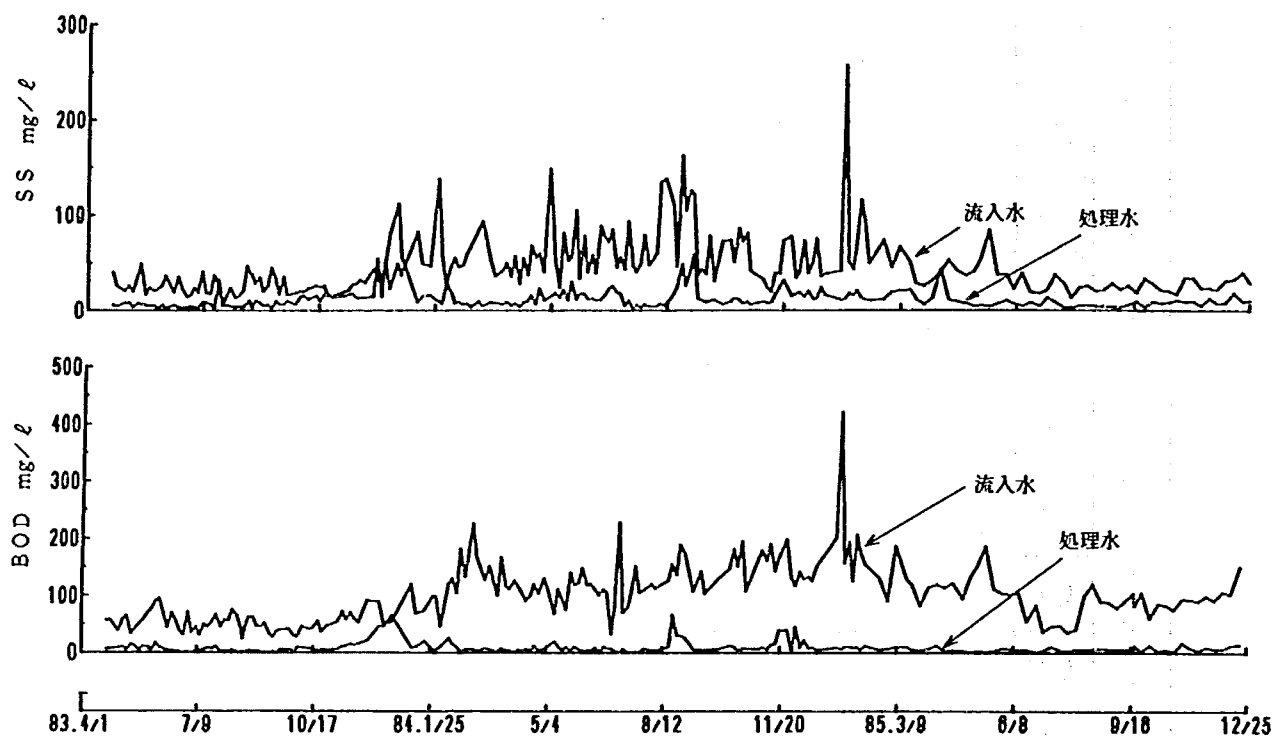


図-9-1 SS, BOD経時変化

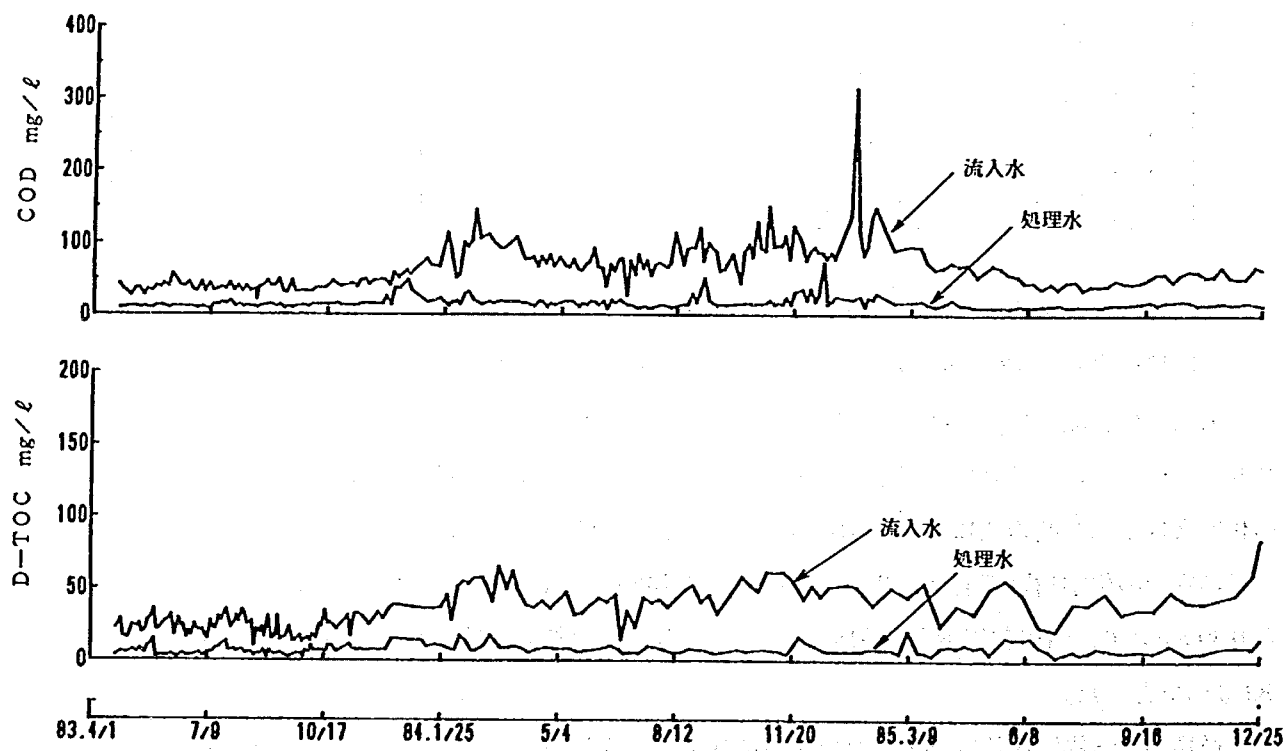
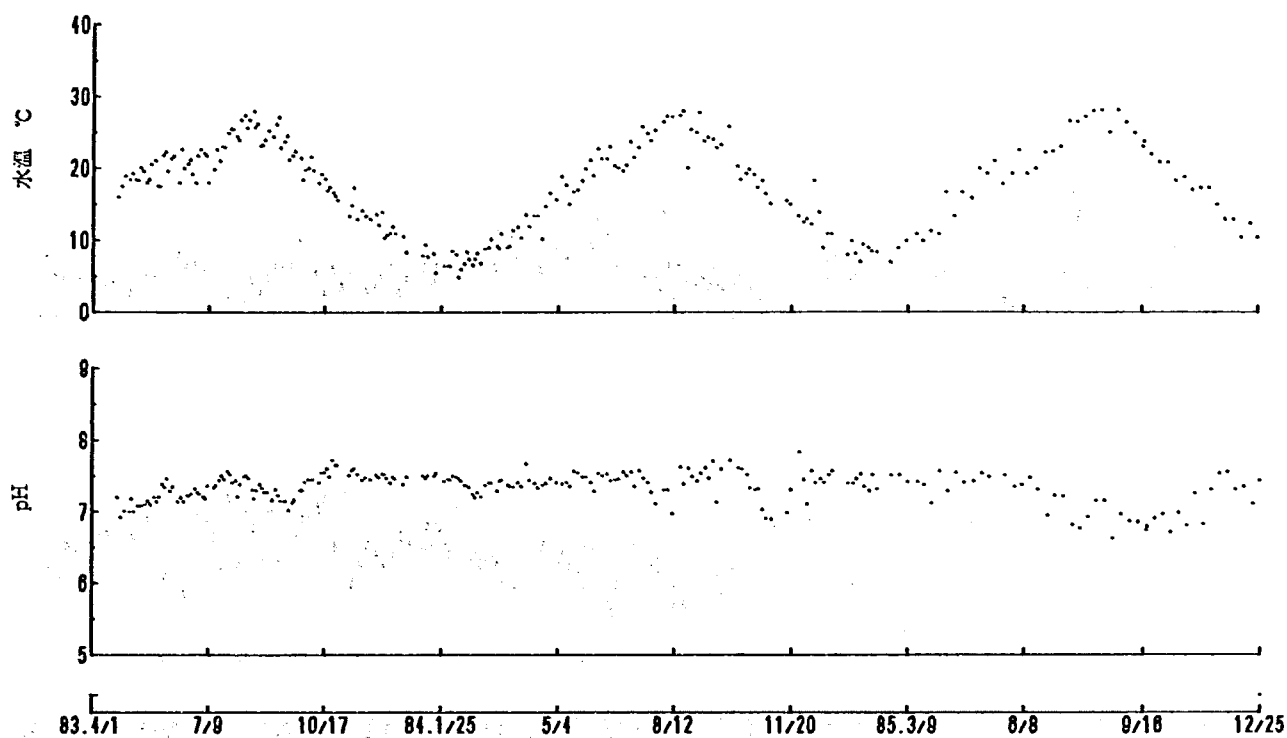
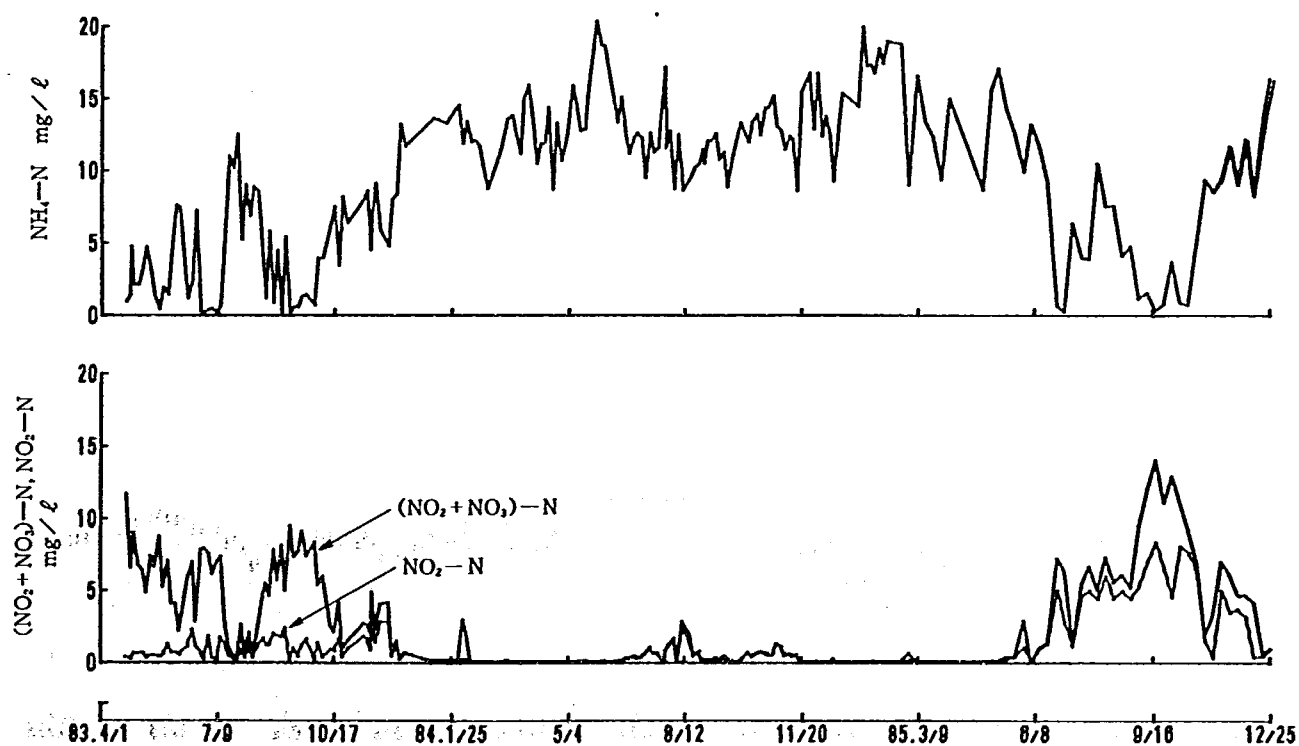


図-9-2 COD, D-TOC経時変化



图—9—3 水温, pH 经时变化 (处理水)



图—9—4  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $(\text{NO}_2 + \text{NO}_3)\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  经时变化 (处理水)

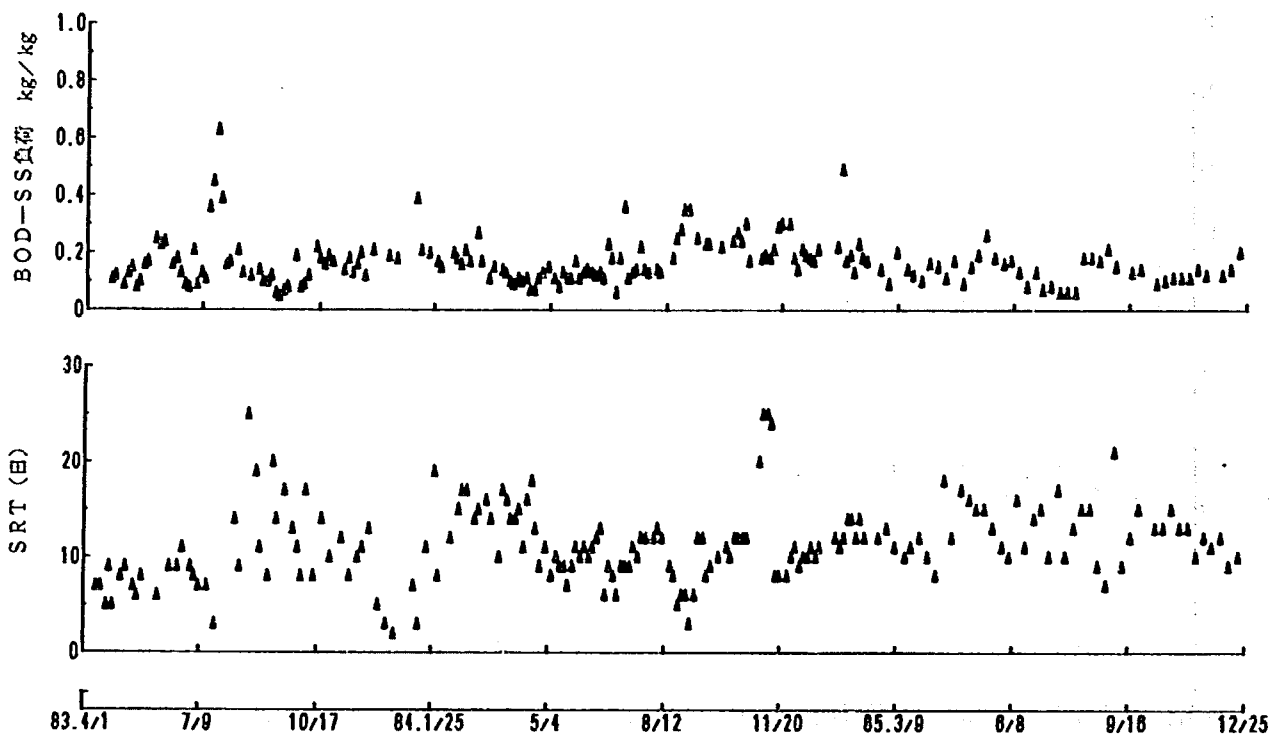


図-9-5 BOD-SS負荷, SRT経時変化

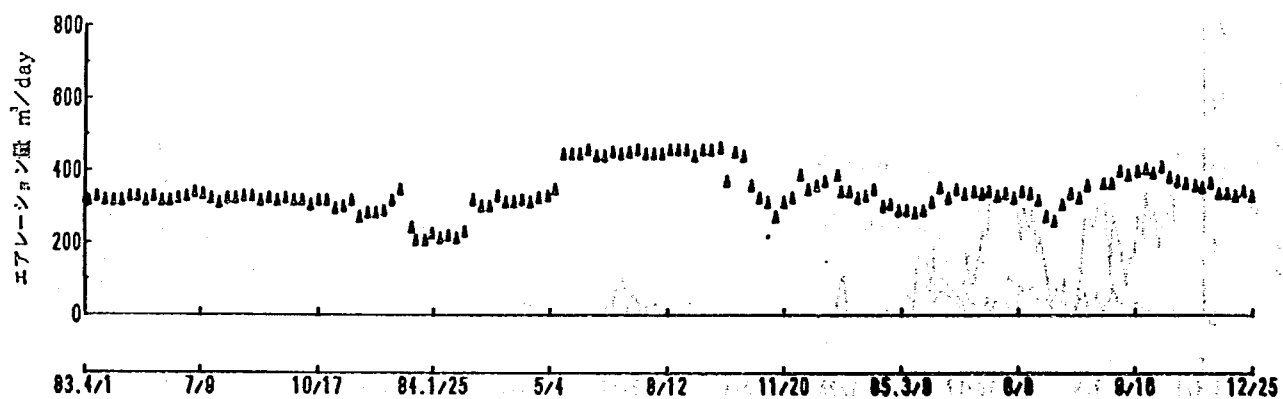


図-9-6 エアレーション量

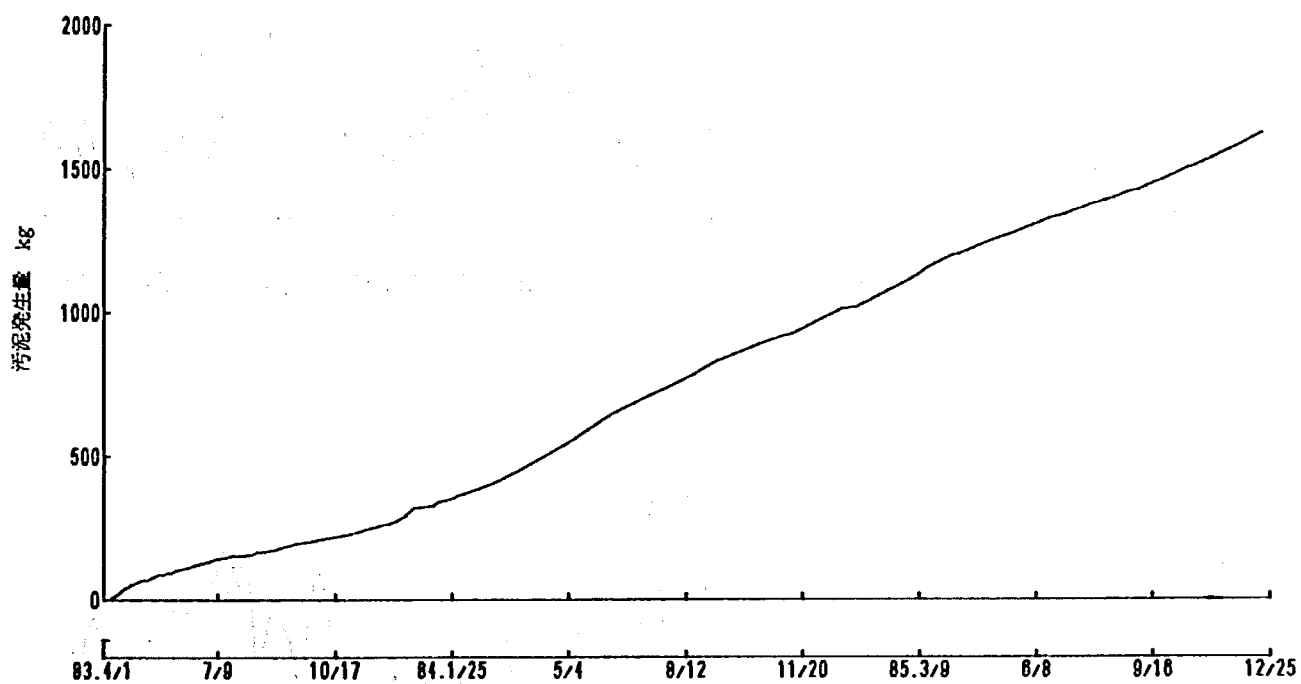


図-9-7 汚泥発生量

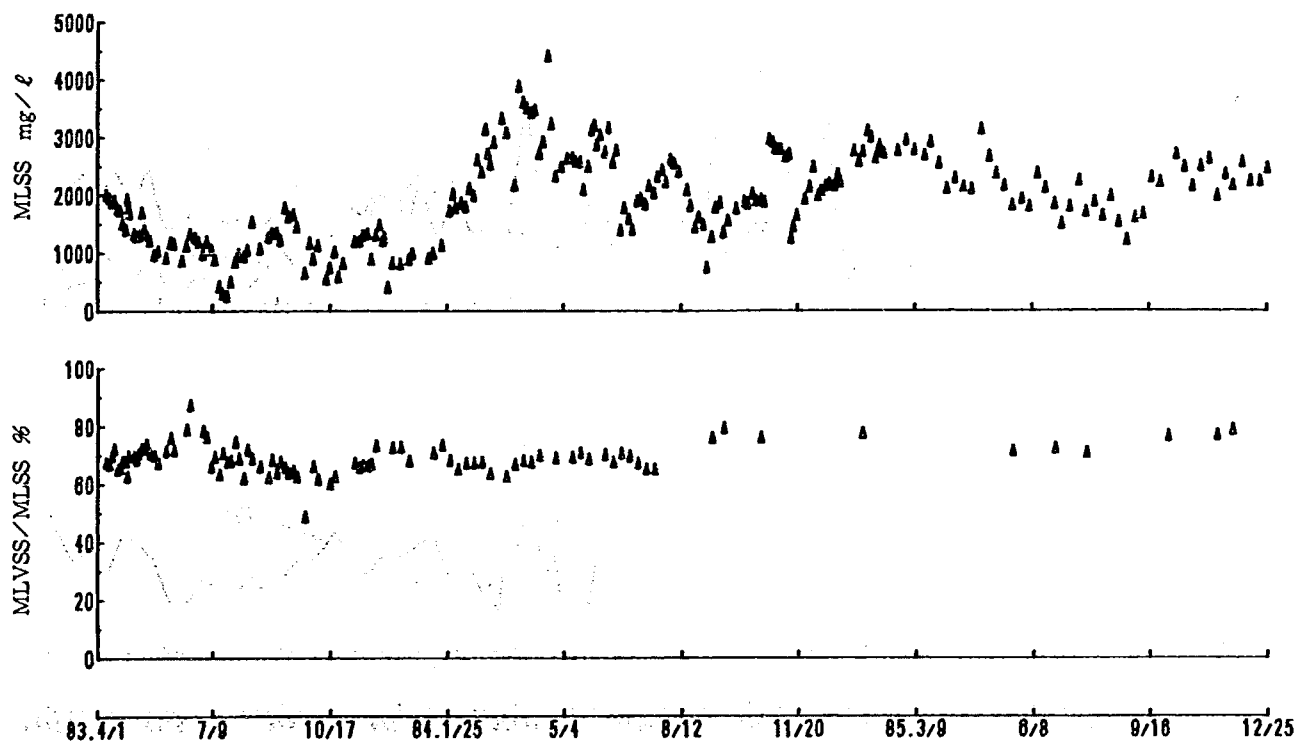
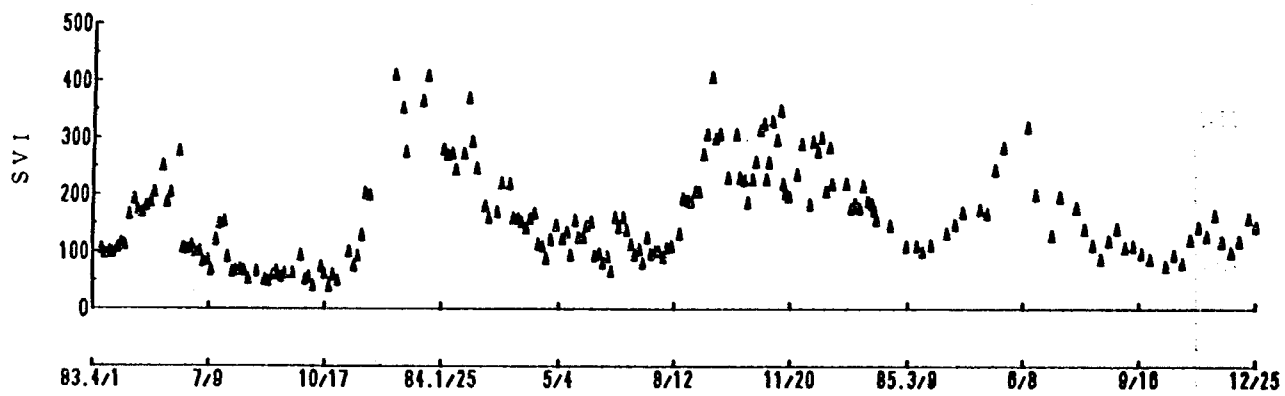
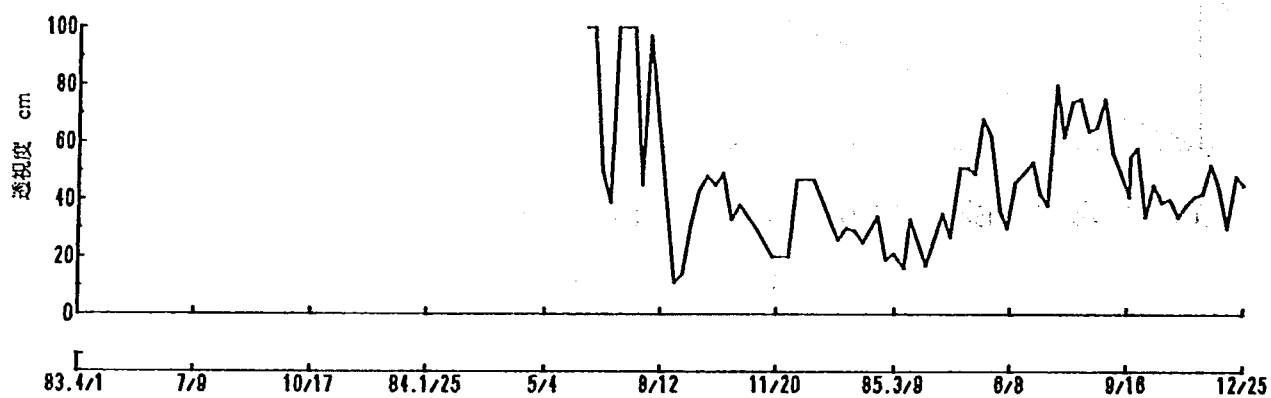


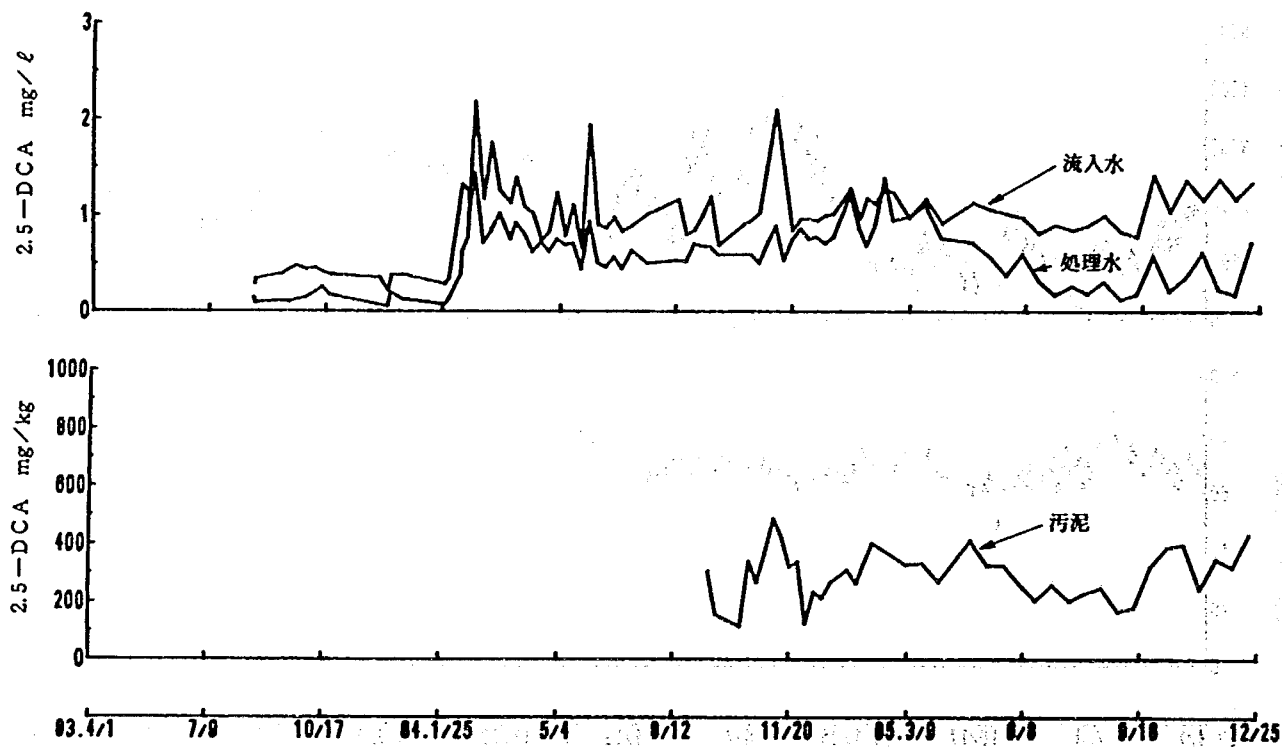
図-9-8 MLSS, MLVSS/MLSS 経時変化



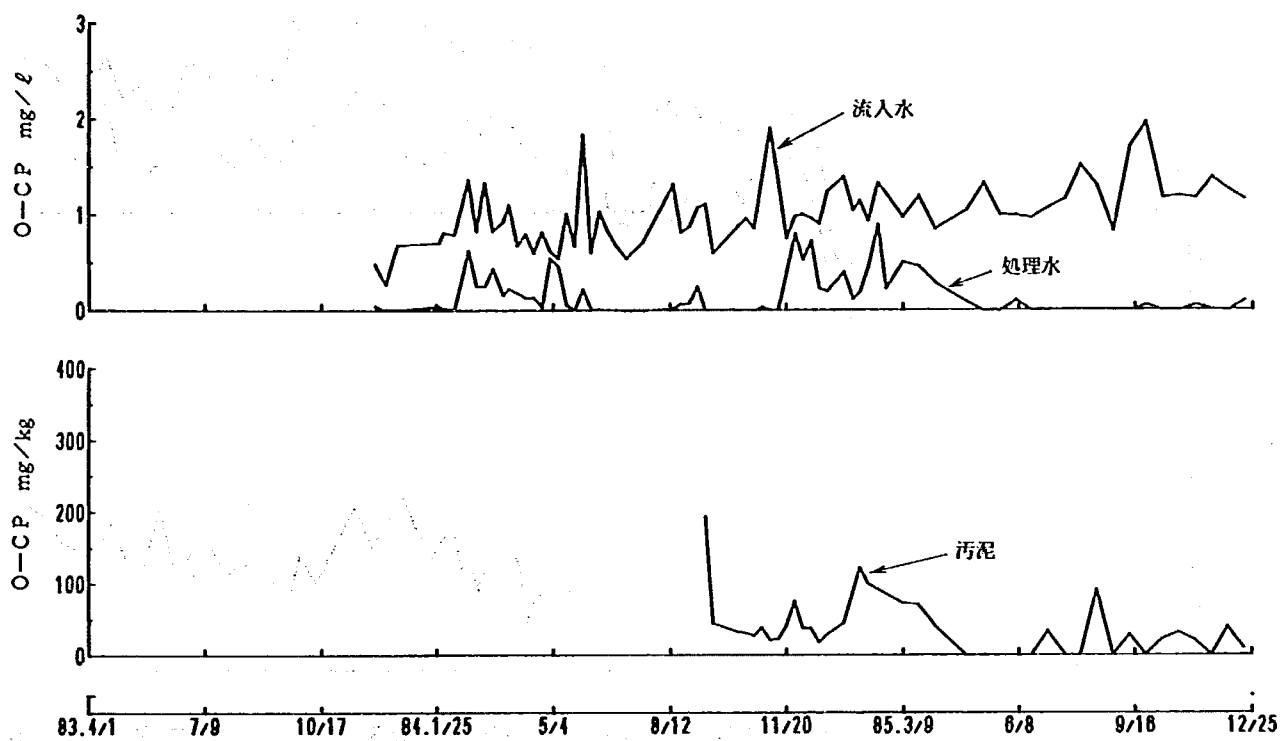
图—9—9 SVI 経時変化



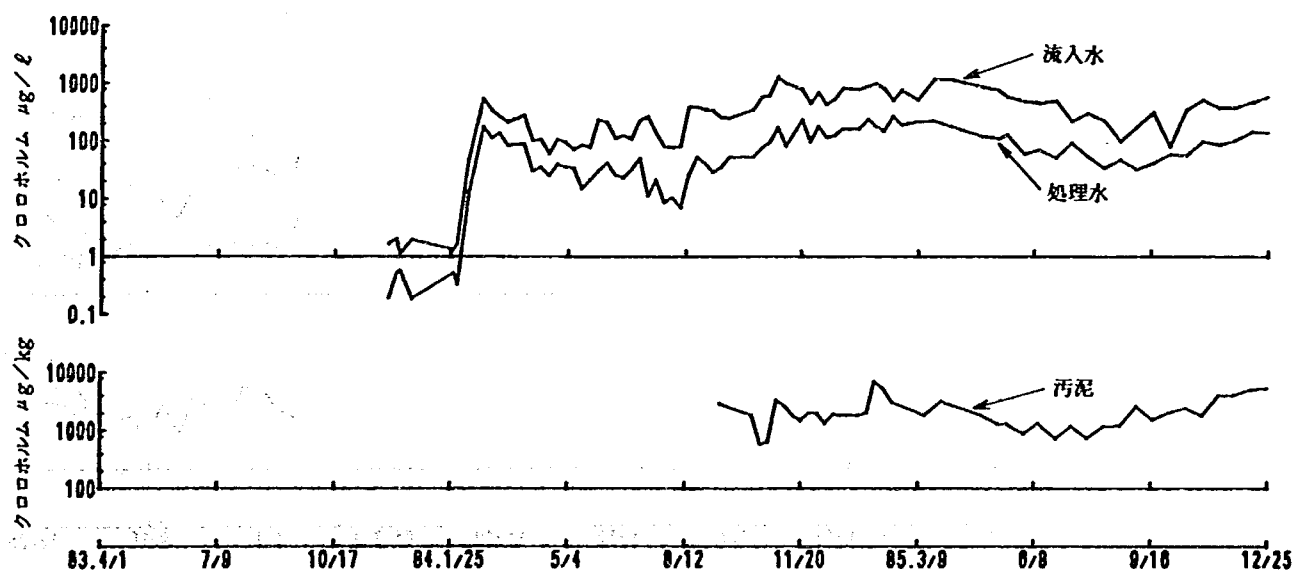
图—9—10 透視度経時変化 (処理水)



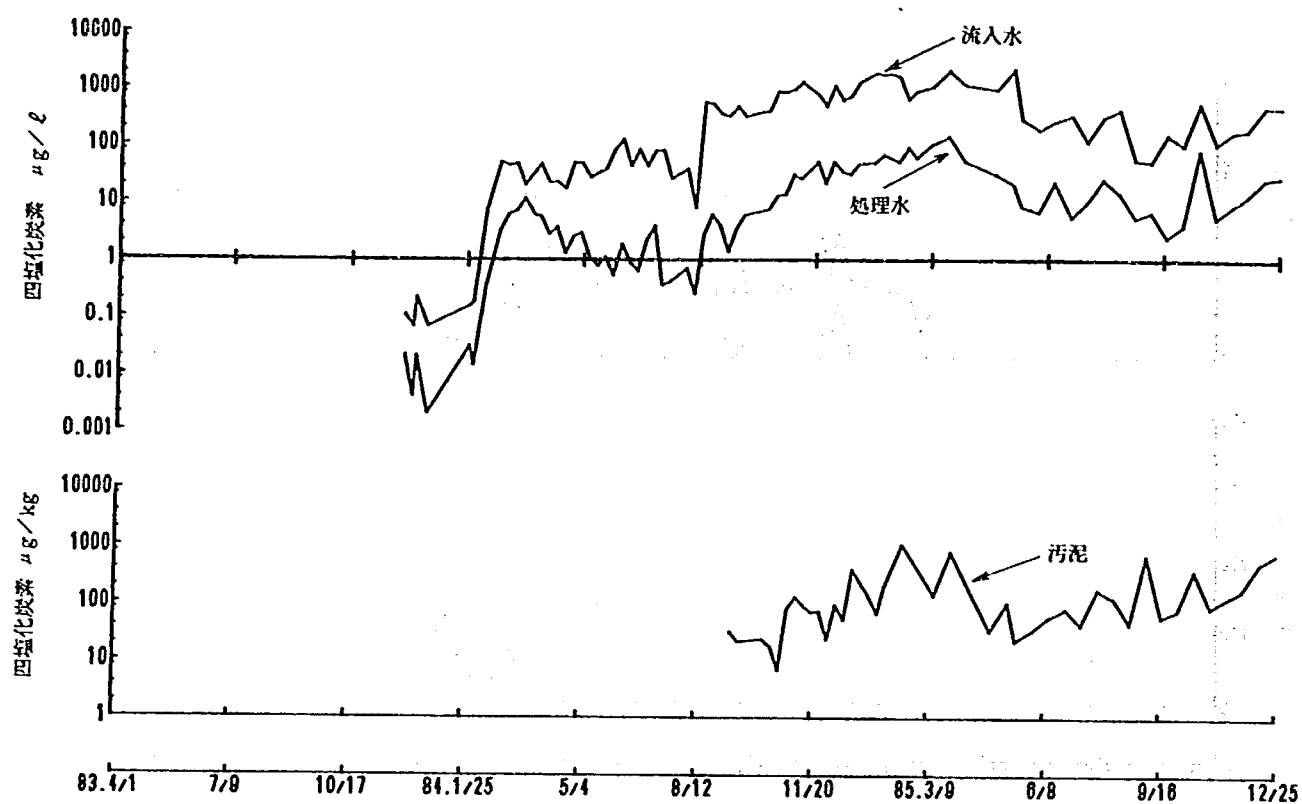
图—9—11 2,5-DCA 経時変化



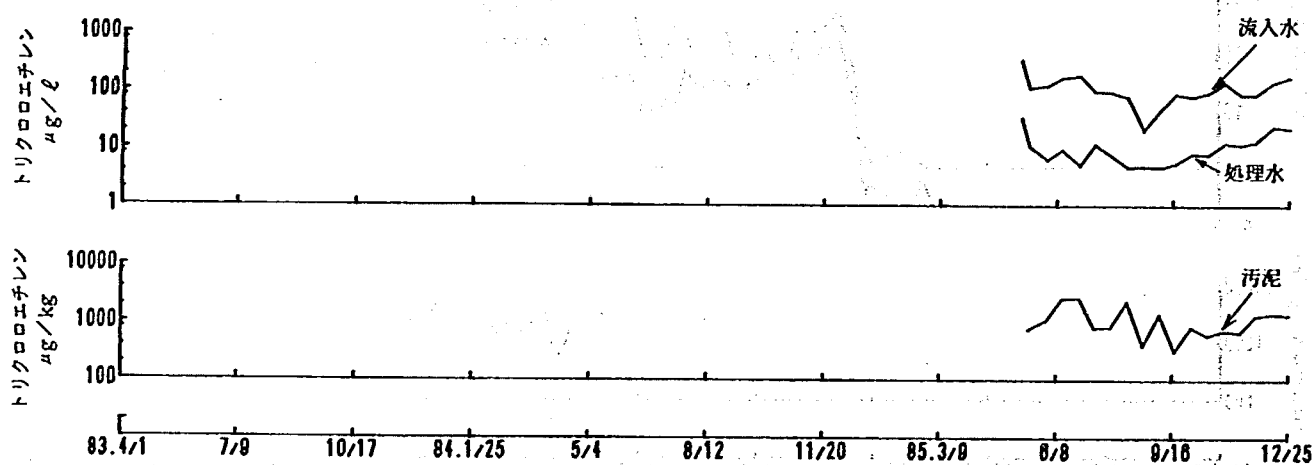
図—9—12 O—C P 経時変化



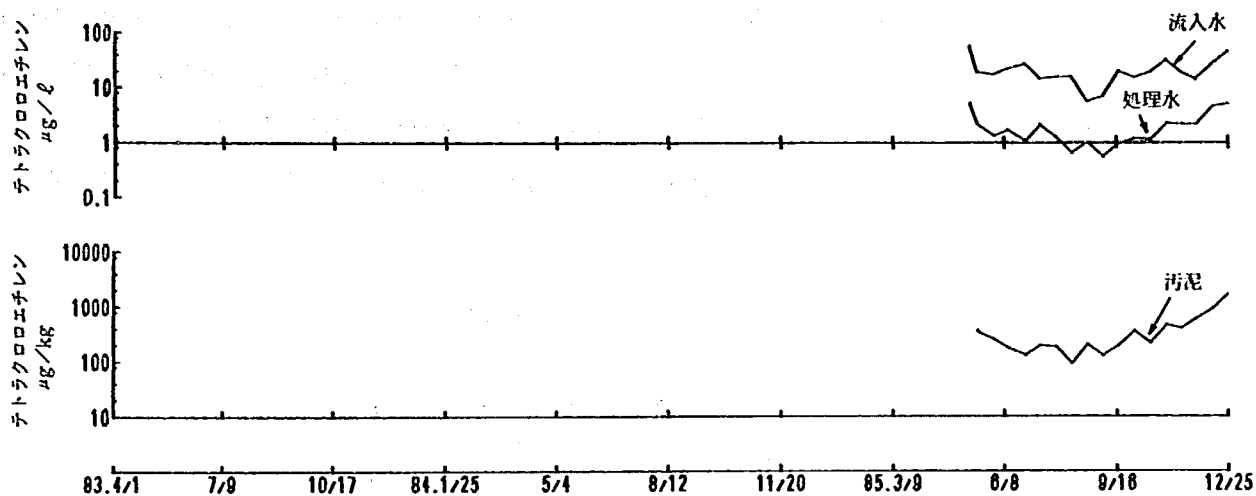
図—9—13 クロロホルム経時変化



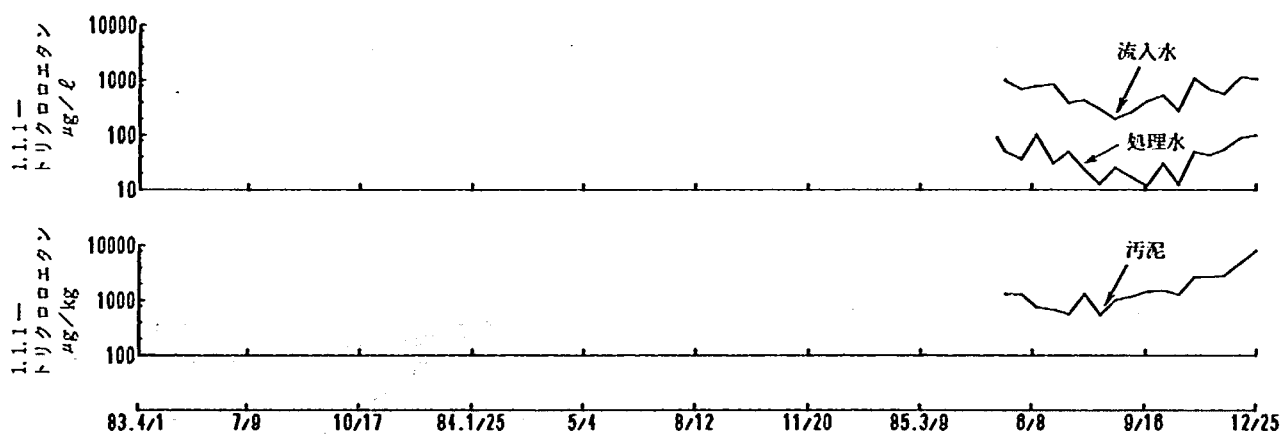
図—9—14 四塩化炭素経時変化



図—9—15 トリクロロエチレン経時変化



図—9—16 テトラクロロエチレン経時変化



図—9—17 1,1,1—トリクロロエタン経時変化

コントロールの第1期では硝化が起っており、窒素化合物は、 $\text{NO}_3\text{—N}$ まで酸化されていたが、第2期では硝化は起っているものの、不安定な状態にあり $\text{NO}_2\text{—N}$ で流出したり、硝化が止まったりしている。第3期は、化学物質をメタノールに溶解し、混和槽に滴下したデータである。化学物質の添加方法をメタノールに溶解し滴下する方法に変更したため溶剤のメタノール分だけBOD負荷が高くなった。第3期の流入水のBODは平均 $117\text{ mg/ℓ}$ であり処理水は $7.4\text{ mg/ℓ}$ で除去率は93.7%である。また、SSは流入水の平均 $62.6\text{ mg/ℓ}$ 、処理水 $10.7\text{ mg/ℓ}$ 、CODは流入水 $78.1\text{ mg/ℓ}$ 、処理水 $15.1\text{ mg/ℓ}$ 、D—TOCは流入水 $43.4\text{ mg/ℓ}$ 、処理水 $9.7\text{ mg/ℓ}$ である。これらの除去率はそれぞれ82.9%、80.7%、77.6%となり高い除去率であり、処理は良好である。化学物質の添加方法が水に溶解し添加した第2期と違い2,5—DCA、O—CPは添加までに損失も少なく調製通りである。しかし揮発性のクロロホルム、四塩化炭素は17%、5%と低い濃度であった。これは滴下しているため、流入水と混合させるまでに揮散した可能性が強い。処理水中の化学物質は、2,5—DCA  $0.729\text{ mg/ℓ}$ 、O—CP  $0.176\text{ mg/ℓ}$ 、クロロホルム  $46.2\text{ μg/ℓ}$ 、四塩化炭素  $2.86\text{ μg/ℓ}$ でその除去率はそれぞれ、36.4%、79.7%、72.2%、94.3%である。

第3期に入って変化していることは、化学物質添加方法をメタノール溶液として添加したため、BOD負荷が高くなりその結果、MLSSが高くなった。また、汚泥発生量が多くなった。更に第2期では不安定であった硝化が第3期ではほとんど起っておらず窒素は $\text{NH}_4\text{-N}$ の形態で流出している。

エアレーションタンク(AT)内における化学物質の経時的変化を調べるために、AT内の化学物質を分析しその結果を表-9-10及び図-9-18に示した。

表-9-10 AT内調査結果

n = 11

| 項目 \ 採水場所                 | 流入水  | AT 1 | AT 2 | AT 3 | AT 4 | 処理水  |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 2.5-DCA $\text{mg}/\ell$  | 1.27 | 0.94 | 0.92 | 0.83 | 0.74 | 0.73 |
| O-CP $\text{mg}/\ell$     | 1.01 | 0.69 | 0.50 | 0.28 | 0.14 | 0.15 |
| クロロホルム $\mu\text{g}/\ell$ | 185  | 125  | 94   | 76   | 60   | 59   |
| 四塩化炭素 $\mu\text{g}/\ell$  | 43.4 | 16.2 | 8.1  | 4.7  | 2.6  | 2.6  |

AT内の混合液をほぼ同時に採取し、30分間静置した後、その上澄液を分析試料とした。この結果から、O-CP、クロロホルム、四塩化炭素は、エアレーションタンクで減少していることがわかる。処理水はAT4の上澄液とほぼ等しく、沈殿池での分解及び揮散はほとんどないことがわかる。しかし、2.5-DCAはATでの減少速度も小さく、ほとんど除去されない。ATでのエアレーションより汚泥への吸着が大きいものと考えられる。

図-9-19は、化学物質のATでの減少速度定数( $K_1$ )と水温との関係を示したものである。生物分解及び揮散等によるATでの減少が小さい2.5-DCAでは、水温との間に相関はみとめられないが、他のO-CP、クロロホルム、四塩化炭素は、水温との間に比較的良い相関が認められた。

第4期は、化学物質をメタノールに溶解し混和槽に連続注入している。流入水のBODは平均150  $\text{mg}/\ell$ であり、処理水は平均14.0  $\text{mg}/\ell$ でその除去率は90.7%である。また流入水のSSは63.2%  $\text{mg}$

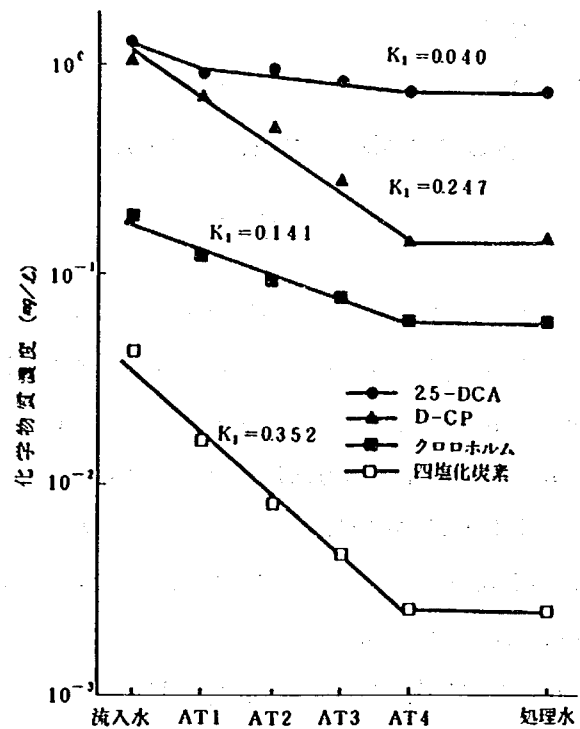
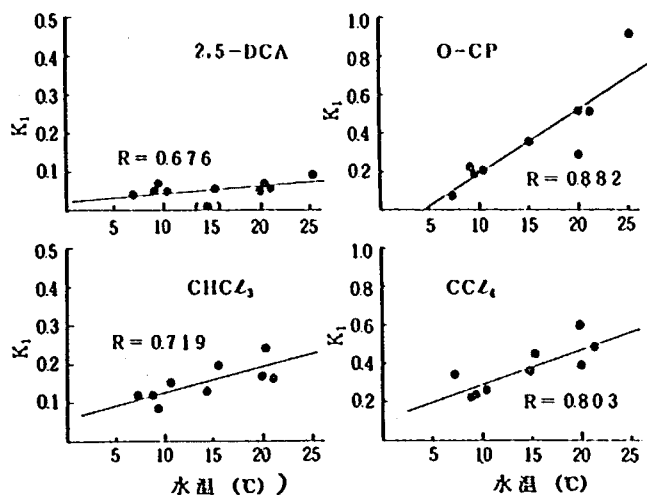


図-9-18

／ $\ell$ ，CODは95.0 mg／ $\ell$ ，D-TOCは47.9 mg／ $\ell$ で，処理水のSSは16.5 mg／ $\ell$ ，CODは20.2 mg／ $\ell$ ，D-TOC 9.2 mg／ $\ell$ である。これらの除去率は，それぞれ73.9%，78.7%，80.8%であり，処理は良好である。化学物質のメタノール溶液を第3期の滴下から注入に変更したことにより，クロロホルム，四塩化炭素の揮発性物質の流入水濃度が高くなっている。調製濃度に対する割合は67%，100%である。クロロホルムは流入水671  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，処理水132  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，四塩化炭素は流入水998  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，処理水38.9  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ である。この除去率は80.3，96.1%とかなり高い値である。また，2.5-DCA，O-CPは第3期にはほぼ等しく，2.5-DCAは流入水1.061 mg／ $\ell$ ，処理水0.788 mg／ $\ell$ ，O-CPは流入水，1.047 mg／ $\ell$ ，処理水0.253 mg／ $\ell$ でその除去率は，25.7%，75.8%である。窒素化合物の処理水中の形態は第3期と同様，硝化は起きておらず $\text{NH}_4\text{-N}$ のまま流出している。



図—9—19

第5期は，第4期までの4物質に，トリクロロエチレン，テトラクロロエチレン，1.1.1-トリクロロエタンの3物質を加え，7物質をメタノールに溶解し，混和槽へ連続注入している。流入水のBODは平均91.3 mg／ $\ell$ ，処理水7.4 mg／ $\ell$ で除去率は，91.9%である。また流入水のSSは，29.2 mg／ $\ell$ ，CODは51.3 mg／ $\ell$ ，D-TOC 41.2 mg／ $\ell$ であり，処理水のSSは6.9 mg／ $\ell$ ，CODは14.1 mg／ $\ell$ ，D-TOCは9.6 mg／ $\ell$ である。これらの除去率は，76.4%，72.5%，76.7%である。

化学物質の流入水濃度は，2.5-DCA 1.057 mg／ $\ell$ ，O-CP 1.24 mg／ $\ell$ ，クロロホルム 383  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，四塩化炭素 374  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ であり，新たに添加したトリクロロエチレンは120  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，テトラクロロエチレンは22.2  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，1.1.1-トリクロロエタンは620  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ であった。トリクロロエチレン，テトラクロロエチレン，1.1.1-トリクロロエタンの調製濃度は，それぞれ300  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，100  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，3000  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ であり，40%，22%，21%とかなり低い。また，クロロホルム，四塩化炭素も38%，37%と低い値となっているが，原因は不明であった。

処理水中の濃度は，2.5-DCA 0.365 mg／ $\ell$ ，O-CP 0.023 mg／ $\ell$ ，クロロホルム 78.6  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，四塩化炭素 16.3  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，トリクロロエチレン 11.1  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，テトラクロロエチレン 2.01  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ ，1.1.1-トリクロロエタン 45.1  $\mu\text{g}$ ／ $\ell$ であり，その除去率は65.5%，98.1%，79.5%，95.6%，90.8%，90.9%，92.7%であった。

第5期において，処理水中の窒素化合物の形態をみると，第5期初めは硝化が止まっているものの，途中で硝化が起っている。しかし60年12月頃はまた止まっており，不安定な状態にある。また，汚泥中に含まれる化学物質の濃度と流入水中に含まれる化学物質の濃度から，汚泥への濃縮率(汚泥中の化学物質mg／kg／流入水中の化学物質mg／ $\ell$ )を求め表—9—11に示した。年間を通じ除去率の悪い2.5-DCA

は 300 倍程度に濃縮されているが、除去率が高い O-C P は、30 倍程度の濃縮率であり、2.5-D C A に比べ一倍低くなっている。また、揮発性物質のクロロホルム、四塩化炭素、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1.1.1-トリクロロエタンの濃縮率はさらに低く 0.4~20 倍程度である。

#### 5) まとめ

一次処理水に化学物質を添加した大型活性汚泥処理実験装置を約 3 年に渡り運転し、連続処理システムにおける微量化学物質の挙動と処理にあたる影響について調査した結果、次のことが明らかになった。

- ① 処理水の BOD, COD, D-TOC 等の値は運転期間を通じ 10mg/ℓ, 14mg/ℓ, 8mg/ℓ 程度であり、化学物質添加による処理水質の悪化は、特に認められなかった。
- ② 化学物質の添加により、硝化が抑制される現象が起こり、化学物質に硝化抑制作用があることが示唆された。
- ③ 2.5-D C A は、年間を通じ、除去率は低く、25~65% 程度であった。
- ④ O-C P は、水温が低い期間の除去率が若干低い傾向がみられたが全期間を通じ、平均除去率は、84% であった。
- ⑤ クロロホルムは 1ppb, 100ppb, 1000ppb のどのオーダーにおいても 70% 程度の除去率であった。
- ⑥ 四塩化炭素は、1ppb, 100ppb, 1000ppb のどのオーダーにおいても 90% 以上の高い除去率であった。
- ⑦ トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1.1.1-トリクロロエタンの除去率は、それぞれ 90% 以上の高い値であった。
- ⑧ 化学物質の汚泥への濃縮率は、年間を通じ除去率が低い 2.5-D C A が 300 倍、除去率が高い O-C P が 30 倍であった。また、揮発性物質のクロロホルム、四塩化炭素、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1.1.1-トリクロロエタンは、0.4~20 倍であった。

表-9-11 汚泥への濃縮率

|                | 濃 縮 率 |
|----------------|-------|
| 2.5-D C A      | 100   |
| O-C P          | 30    |
| クロロホルム         | 5     |
| 四塩化炭素          | 0.4   |
| トリクロロエチレン      | 10    |
| テトラクロロエチレン     | 20    |
| 1.1.1-トリクロロエタン | 3     |

## 10. おわりに

化学物質による環境汚染問題が顕在化している中で、下水処理施設におけるこれらの挙動についても関心が寄せられており、既にいくつかの報告がみられる。しかし、下水処理施設における化学物質の挙動については不明な点が多く、今後も更に調査・研究が望まれるところである。

本報告書では、下水処理施設の中で特に、活性汚泥処理プロセスにおける化学物質の挙動について、調査した結果をまとめているが、今後は、化学物質の生物分解性と除去率、物理的性質と除去率の関係についても調査していく予定である。

## 参 考 文 献

- 1) 立川涼他：残留性有機塩素化合物による地球規模の環境汚染，環境情報科学 13—4 (1984)
- 2) 遠藤秀雄：地下水汚染の現状について，産業公害 Vol.20 No.11
- 3) 奥野年秀：低沸点ハロゲン化炭化水素による環境汚染，兵庫県公害研究所研究報告書第16号 (1984)
- 4) 鈴木滋他：水田用除草剤の魚介類中の残留，宮城県保健環境センター第1号 (1983)
- 5) 鈴木滋他：有機リン系殺虫剤 (IBP) の魚介類中残留，宮城県保健環境センター第1号 (1983)
- 6) 大崎靖彦：環境における農業に関する研究 (第1報)，全国公害研会誌 Vol.8 No.2 (1983)
- 7) 佐谷戸安好：低沸点有機ハロゲン化合物の分析方法と毒性，環境技術 Vol.13 No.5 (1984)
- 8) 三谷一憲他：室内のホルムアルデヒド濃度とその人体影響，公害と対策 Vol.21 No.9 (1985)
- 9) 及川紀久雄：物理化学的性状からみた化学物質の安全評価について，公害と対策 Vol.21 No.3 (1985)
- 10) 伊東信行：発癌メカニズムの解明において環境分析技術に期待するもの，全国公害研究誌 Vol.9 No.1 (1984)
- 11) 村上健他：下水処理場および公共用水域における有機汚濁物質の分解過程に関する研究，環境保全研究成果集，環境庁企画調整局研究調整課編 (1977)
- 12) 村上健他：下水処理場および公共用水域における有機汚濁物質の分解過程に関する研究，環境保全研究成果集，環境庁企画調整局研究調整課編 (1978)
- 13) 篠原亮太他：下水中微量有機物の検索，第11回水質汚濁研究に関するシンポジウム講演集 (1977)
- 14) 化学物質と環境：昭和58年版ケミカルアセスメント・アニュアルレポート，環境庁環境保健部保健調査室 (1978)
- 15) 今田長英：化学物質による環境汚染の実態 PPM. 9. (1985)
- 16) 山本章：化学物質と環境，全国公害研会誌 Vol.9 No.1 (1984)
- 17) 既存化学物質の微生物等による分解度及び魚介類の体内における濃縮度試験の結果について，通商産業省基礎産業局化学品安全課，通産省公報
- 18) 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法規集，一解説・関係政省令・通関手続等一，(財)通商産業調査会
- 19) J.M. コーヘン：下水中に含まれる有害化学物質の全国調査，第8回日米下水処理技術委員会会議録，建設省都市局下水道部
- 20) J.J. コンベリー：下水処理における揮発性優先有機汚濁物質の除去と移行，第9回日米下水処理技術委員会会議録，建設省都市局下水道部
- 21) 西未雄他：水質汚濁物質の測定 (8)，産業公害 Vol.20 No.12
- 22) 浦野紘平他：米国における水道水のトリハロメタン規制 (Ⅲ)，一トリハロメタン類の分析方法一，水道協会雑誌 No.550 (1975)
- 23) 水道におけるトリクロロエチレン，テトラクロロエチレン及び1,1,1-トリクロロエタン対策について，水道協会雑誌 No.594 (1979)

- 24) 楠憲一他：ガスクロマトグラフ質量分析法によるフェノール類の定量，分析化学 Vol. 30 (1981)
- 25) 篠原亮太他：Amberlite XAD-2 樹脂による水中微量有機物の抽出法の検討，分析化学 Vol. 26 (1977)
- 26) R. Care et al. : On the Limits of Detection of Traces of Volatile Organics in Water, Using Amberlite XAD-2 Resin, Water Research, Vol.16 No 5 (1982)
- 27) 梶野勝司他：水中のトリハロメタンの分析方法，用水と廃水 Vol. 23 No 8 (1981)
- 28) 水道水中の総トリハロメタン測定方法（案）について，水道協会雑誌 No 551 (1975)
- 29) M. M. Varma, et al. : Purge and Trap Scoves High with Low THM Concentrations, Water and Sewage Works, No11 (1979)
- 30) E. F. Meitzner and J. A. Oline, Union of So. Africa Pat. Appl 59/ 2393; R. Kunin, E. F. Meitzner and N. Bortnick, J. Am. Chem. Soc., 84, 305 (1962)
- 31) 光武隆久他：土壌および底質中クロルデン類の E C D ガスクロマトグラフィーによる定量法，全国公害研究会誌 Vol. 8 No 2 (1983)
- 32) 環境庁保健調査室監修：化学物質環境分析手法，講談社 (1980)
- 33) 田中敏之：大気中 ppb レベルの揮発性有機化合物分析のための Tenax GC 捕集管の性能について，大気汚染学会誌 Vol. 19 No 6 (1984)
- 34) 小堀和夫：活性汚泥と重金属，土木技術資料 Vol. 17 No 9 (1975)
- 35) 木元新作：動物群集研究法 I，—多様性と種類組成—，共立出版 (1978)
- 36) 原口清史他：室内プールにおけるトリハロメタンについて，用水と廃水，Vol.27 No 3 (1985)
- 37) 9285の化学商品，化学工業日報社 (1985)
- 38) 産業中毒便覧（増補版），医歯薬出版株式会社 (1981)
- 39) 主要化学品1000種毒性データ特別調査レポート，海外技術資料研究所 (1973)



## 資 料

以下に示す資料は、本研究において得られた成果を研究発表会で発表してきたあるいは発表予定の論文である。

1. 活性汚泥処理における有機塩素化合物の挙動  
第17回水質汚濁学会（昭和58年3月）
2. 有機塩素化合物の活性汚泥処理  
第18回水質汚濁学会（昭和59年3月）
3. 活性汚泥処理における有機塩素化合物の挙動  
第19回水質汚濁学会（昭和60年3月）
4. 活性汚泥処理における有機塩素化合物の挙動（第4報）  
第20回水質汚濁学会（昭和61年3月）
5. 活性汚泥法における有機塩素化合物の処理性  
第23回下水道研究発表会（昭和61年7月）

# 1. 活性汚泥処理における有機塩素化合物の挙動

日本大学生産工学部 〇級 田 康 貴

建設省 土木研究所 小 森 行 也

渡 部 春 樹

## 1. は じ め に

環境基準や排水基準にみられるようなアルキル水銀、有機リン、PCBの例を除けば、これまで個々の有機物が規制されることはなかった。しかし、飲料水等のトリハロメタンが発ガン性で問題になり、厚生省から給水栓で年平均の1mg/l以下に抑える通達が出されるに及び、下水処理施設においてもある種の化学物質がどのような挙動を示しているか問題になりつつある。下水からは微量であるが、多種類の化学物質(有機塩素化合物、フタル酸エステル、多環芳香族炭化水素等)が検出されている<sup>(1)</sup>。このためこれら微量化学物質が活性汚泥処理プロセスで分解、吸着、揮散、流出などで減少し、それが処理プロセス、作業環境、放流先の水棲生物にどのような影響を与えているか解明する必要がある。今回は有機塩素化合物の一つである2,5-ジクロロアニリン(2,5-DCA)を選び、室内モデル実験槽を用いた活性汚泥処理実験を試み、2,5-DCAの処理プロセスでの物質収支および活性汚泥微生物等への影響について検討した。

## 2. 実験方法

図-1に示した密閉型ガラス製曝気槽と4基用意しNo.1を2,5-DCA無添加のコントロール槽、No.2からNo.4を実験槽としてFill and Drawのバッチ式で実験を行った。活性汚泥を合成下水で約1.5ヶ月培養した後2,5-DCAを添加した。2,5-DCAの添加量は、No.2が15.0mg/l、No.3が150mg/l、No.4が750mg/lとした。曝気槽は5.3lとして、毎分2lで空気を曝気した。運転条件は曝気約5.5時間、沈殿約2.5時間の1日3サイクルとし、SRTは約10日になるようにした。各槽内のBOD、D-COD、およびD-TOCはそれぞれ約16.5mg/l、80.1mg/l、83.7mg/lとし、MLSSは約1500mg/lとした。

また、2,5-DCAの物質収支を求めるための分析は、1)処理水中の2,5-DCA、2)引き抜き汚泥中の2,5-DCA 3)揮散した2,5-DCAについて行いGCにより、定量化した。さらに演習らは、実験開始以前にそれぞれの分析についての回収実験を行い表-1に示す結果を得た。したがって実験分析における2,5-DCAの定量化は、

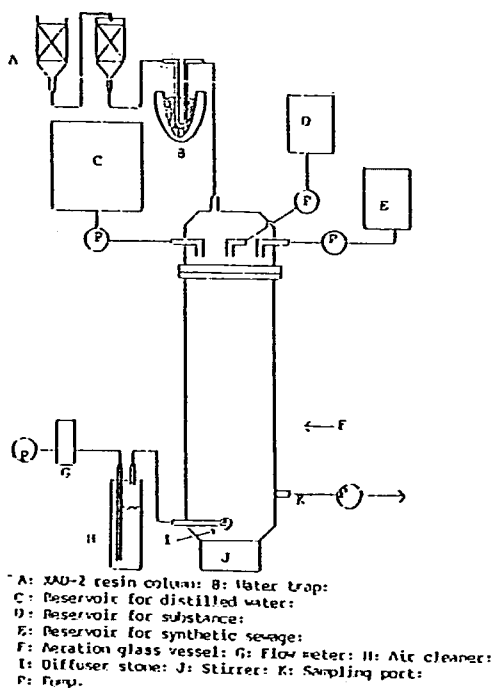


図-1. 実験装置

表-1の回収率を用いて補正した。なを2,5-DCAの添加期間は昭和57年11月8日から約1ヶ月間である。

### 3. 結果と考察

#### (1) 2,5-DCAの活性汚泥処理系内での挙動

表-2に各実験槽での2,5-DCAの物質収支を示した。添加量に対する各収支の割合は

表-2. 各実験槽の物質収支

|      | Input | Output<br>(Supernatant water) | Output<br>(Sludge) | Output<br>(Gas) | Degradation rate |
|------|-------|-------------------------------|--------------------|-----------------|------------------|
| No.2 | 15.0  | 7.81                          | 0.39               | 0.72            | 6.08             |
| No.3 | 150   | 103                           | 2.93               | 7.21            | 36.9             |
| No.4 | 750   | 432                           | 6.89               | 36.0            | 275              |

分解率が24.5~40.5%。汚泥吸着による系外排出が0.9~2.6%。未処理のまま排出された割合が52.1~68.7%であり、また揮散して大気中へ放出した割合はすべて4.8%となった。これらの結果から2,5-DCA添加量の大小にかかわらず各収支はほぼ一定であることが示唆された。

#### (2) 活性汚泥微生物への影響

原生動物とバクテリアへの影響について調査した。原生動物については、細胞数および出現菌数を観察し多様性指数と類似性指数を求めた。(2) 多様性指数が1に近いほど多様性に富み、類似性指数が1に近いほど類似性があることを示す。表-3に2,5-DCA添加以前の各活性汚泥の多様性指数を、表-4にはコントロール槽と各実験槽

表-3. 各活性汚泥の多様性指数

|      | 多様性指数  | 出現菌数 | 細胞数  |
|------|--------|------|------|
| No.1 | 0.4014 | 4    | 3720 |
| No.2 | 0.6235 | 4    | 3000 |
| No.3 | 0.7097 | 4    | 1880 |
| No.4 | 0.6102 | 5    | 3360 |

表-4. コントロール槽と各実験槽との活性汚泥の類似性

|           | 類似性指数  |
|-----------|--------|
| No.1-No.2 | 0.9370 |
| No.1-No.3 | 0.8505 |
| No.1-No.4 | 0.9447 |

との活性汚泥の類似性指数を示した。各槽における原生動物の種数は限られているが、同一レベルの原生動物が存在していた。2,5-DCA添加直後を基準としてその1日後、7日後、16日後の類似性指数を求めたのが表-5である。No.3では徐々にその影響が現れ、No.4では1日後から大きな変化がみられた。

図-2には実験期間中に下ける各槽の活性汚泥の酸素利用量(K<sub>L</sub>)を示した。2,5-DCA添加以後もK<sub>L</sub>は低下せずほぼ一定値を示したことから2,5-DCAに影響されなかったことが示唆された。

#### (参考文献)

- (1) 村上、渡部、小森：環境化学の調査と環境保護、環境化学研究発表会(Ⅱ)、1977
- (2) 森下：九州大学紀要 Vol.3 pp.65-70, 1957

表-5. 2,5-DCA添加以後の類似性指数

|      | 1日後    | 7日後    | 16日後   |
|------|--------|--------|--------|
| No.1 | 0.9959 | -      | 0.7665 |
| No.2 | 0.9995 | 0.9980 | 0.9566 |
| No.3 | 0.9792 | 0.7249 | 0.5190 |
| No.4 | 0.4186 | 0.0000 | 0.1627 |

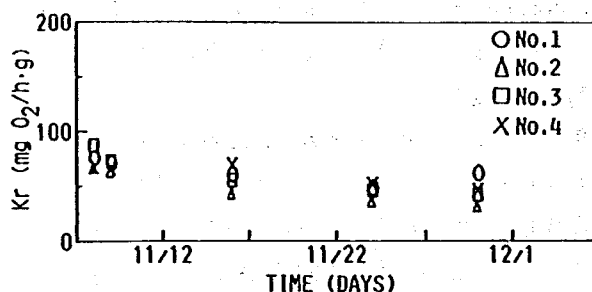


図-2. 各活性汚泥の酸素利用量

## 2. 有機塩素化合物の活性汚泥処理

建設省 土木研究所 ・小 森 行 也  
彦 部 春 樹

### 1. は い め に

化学物質の環境汚染は今日的な社会問題として広く認識されるようになってきており、例えば、水道水中のトリハロメタン、胎児中のディルドリン、地下水中のトリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンなどの例が挙げられる。このような問題が生じた場合には下水処理水中、あるいは下水汚泥中のそれらの濃度についても関心の払われるのが通例であり、また、下水あるいは下水汚泥中に存在する化学物質の種類や濃度については既に多くの報告がみられる。(しかし、これらの化学物質が我が国で最も広く採用されている活性汚泥処理プロセスにおいてどのような挙動(生物学的な分解、活性汚泥への吸着除去、大気への放散、処理水として流出)をするかということはほとんど解明されていないのが現状である。このため、土木研究所では大型実験施設(連続処理システム)と小型実験施設(バッチ処理システム)を用いて、年2〜3物質を対象にその挙動調査を始めており、既に、第17回本講演会においてその一部を発表した。本報告は2,5-ジクロロアニリン(2,5-DCA)の連続及びバッチ処理システムにおける挙動と0-クロロフェノールの連続及びバッチ処理システムにおける除去率について検討したものである。

### 2. 実 験 方 法

連続処理システムにおける実験は、図-1に示す大型実験施設を用いて行なった。添加した化学物質は2,5-DCA、0-クロロフェノール、クロロホルム、四塩化炭素の4物質である。各物質1000mg/lの混合水溶液を調製し、初沉流出水に対し1/1000量づつ連続注入する。本実験では流入水量を28.5m<sup>3</sup>/dとし、曝気時間8時間、沈殿時間4時間で運転した。

バッチ処理システムにおける実験は、密閉型ガラス製の反応槽(5L)を用いFill and Drawで行なった。流入、曝気(4時間)、沈殿(1時間30分)、処理水の引抜きはタイマーによる自動運転で、1日4サイクルとした。2,5-DCAの処理実験では、2,5-DCA添加量を一定(45mg)にし、SRTを10日、20日、30日、40日、

50日と変えた。また、0-クロロフェノールの処理実験では0-クロロフェノール濃度が10mg/l、20mg/l、50mg/lになるよう添加した。余剰汚泥は1週間に3回引抜き、とし、SRTは20日とした。

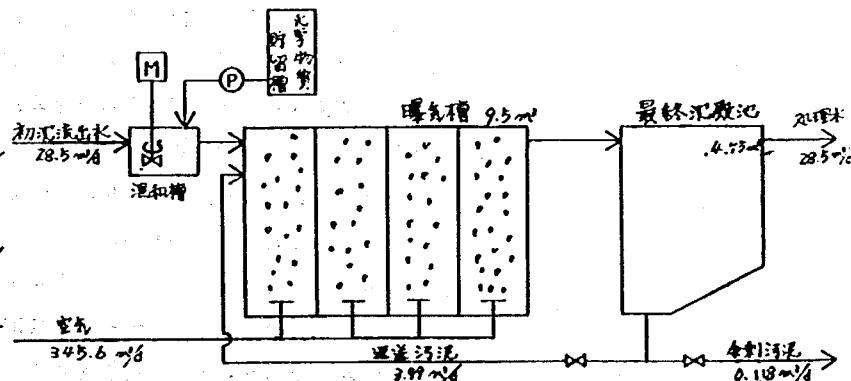


図-1 大型活性汚泥処理施設

### 3. 結果と考察

大型実験施設への初混流出水のBODは平均49.8 mg/lであり除去率は85.5%であった。また、曝気槽のMLSSは平均1100 mg/lで、SRT約15日、BOD-SS負荷0.13 kg/kg・日であった。

本システムにおけるZ5-DCAと0-700フェノールの除去率の経日変化を図-2に示した。Z5-DCAの除去率は35.0~76.7%で平均60.9%であった。また、0-700フェノールは89.1~98.1%で平均93.9%と非常に高い除去率を示した。表-1は、24時間間の通日試験の結果から連続処理システムにおけるZ5-DCAの物質収支を求めたものである。

流入水に添加したZ5-DCAに対して、処理水として未処理のまま系外へ排出される割合が35.5%、余剰汚泥として系外へ排出される割合が1.4%、大気への放散が0.01%であった。残りの63.0%が生物分解と考えられる。

バッチ処理システムにおいて、Z5-DCAの添加量を45 mg/lで一定としSRTを変えて実験した場合のZ5-DCA除去率は、ほぼ同じ値であった。

SRT10日では58.3% (53.8~67.2)、20日では59.0% (54.4~64.3)、30日では58.5% (55.3~62.0)、40日では56.1% (53.3~59.8)、50日では53.0% (50.2~56.6)であった。本バッチシステムで実施した通日試験の結果からZ5-DCAの物質収支を求め表-2に示した。この結果から、SRTが長くなるにつれて処理水中に残存し系外へ排出されるZ5-DCAの量が少なくなり、逆に余剰汚泥として系外へ排出される量は少くなる傾向が認められる。放散についてはSRTの違いによる差があまり明確でなかったため、異常値を除いた平均値を用い物質収支を計算した。

連続処理システムにおける結果と比較すると、処理水中に残存し系外へ排出する割合が47.8~57.7%と連続処理の35.5%に比べ高くなっている。また、連続処理システムに比べて大気への放散の割合が非常に大きいのは気液比が大きいことが一つの原因と考えられる。

0-700フェノールのバッチ処理システムでの除去率は、流入水濃度が13 mg/lで99.3%、20 mg/lで99.7%、100 mg/lで98.2%であった。この結果から、0-700フェノールは20 mg/l以下の濃度であれば生物学的に分解可能であるが、100 mg/l程度になると与えられた影響を受けて分解されないまま処理水として流出する割合の高くなることを示唆された。

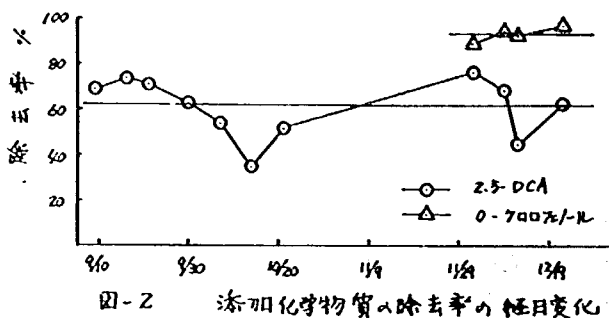


表-1 連続処理システムにおけるZ5-DCAの物質収支

| 流入水           | 処理水            | 余剰汚泥           | 放散                              | 生物分解           |
|---------------|----------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| 8.95<br>(100) | 3.18<br>(35.5) | 0.124<br>(1.4) | $1.10 \times 10^{-3}$<br>(0.01) | 5.64<br>(62.0) |

( ) 内の値は流入水を100とした場合の百分率 (%)

表-2 バッチ処理システムにおけるZ5-DCAの物質収支

|         | 流入水            | 処理水             | 余剰汚泥           | 放散              | 生物分解            |
|---------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| SRT 10日 | 41.24<br>(100) | 19.71<br>(47.8) | 1.310<br>(3.2) | 5.213<br>(12.6) | 15.01<br>(36.4) |
| SRT 20日 | 41.24<br>(100) | 20.04<br>(48.6) | 6.673<br>(16)  | 5.213<br>(12.6) | 15.31<br>(37.1) |
| SRT 30日 | 41.24<br>(100) | 22.25<br>(54.0) | 0.500<br>(1.2) | 5.213<br>(12.6) | 13.28<br>(32.2) |
| SRT 40日 | 41.24<br>(100) | 22.65<br>(54.9) | 0.336<br>(0.8) | 5.213<br>(12.6) | 13.04<br>(31.6) |
| SRT 50日 | 41.24<br>(100) | 23.79<br>(57.7) | 0.270<br>(0.7) | 5.213<br>(12.6) | 11.98<br>(29.0) |

( ) 内の値は流入水を100とした場合の百分率 (%)

### 3. 活性汚泥処理における有機塩素化合物の挙動

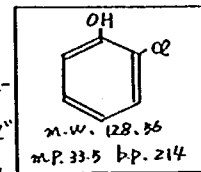
建設省 土木研究所 ○小 森 行 也  
疫 部 香 樹

#### 1. はじめに

化学物質の環境汚染は今日的な社会問題として広く認識されるようになってきており、例えば、水道水中のトリハロメタン、鮎貝中のデルドリン、地下水中のトリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンなどの例が挙げられる。このような問題が発生した場合には下水処理水中、あるいは下水汚泥中のこれらの濃度についても関心の払われるのが通例であり、また、下水あるいは下水汚泥中に存在する化学物質の種類や濃度については既に多くの報告がみられる。しかし、これらの化学物質が我国で最も広く採用されている活性汚泥処理プロセスにおいてどのような挙動（生物学的な分解、活性汚泥への吸着除去、大気への放散、処理水として流出）をするかということはほとんど解明されていないのが現状である。このため、土木研究所では大型実験施設（連続処理システム）と小型実験施設（バッチ処理システム）を用いて、年2～3物質を対象にその挙動調査を始めており、既に、第17、18回本講演会においてその一部を発表した。本報告は、*O*-Chlorophenol の連続及びバッチ処理システムにおける挙動について調査したものである。

#### 2. 供試化学物質

本実験に供した *O*-chlorophenol（以下、*O*-CP と略す）は別名 2-chloro-1-hydroxybenzen という芳香族化合物である。染料や固体として用いられる化合物で黒色有臭の液体である。水には微かにしか溶解せず、アルコール、エーテルには可溶である。毒性に関するデータでは鼠に対する経口毒性試験で  $LD_{50}$  が  $670 \text{ mg/kg}$  という報告がある。



#### 3. 連続処理システムにおける挙動

連続処理システムにおける実験は図-1に示す大型実験施設を用いて行なった。25-DCA、*O*-CP、7クロホルム、四塩化炭素の4物質をメタノールに溶解し一次処理水に添加している。通水量は  $28.5 \text{ m}^3/\text{d}$  で一定であり、曝気時間は8時間、沈殿時間は4時間である。本報告は、59年2月～12月までの運転結果のうち *O*-CP についてまとめたものである。実験期間中流入 BOD は  $130 \text{ mg/l}$ 、COD  $84.9 \text{ mg/l}$  でありその除去率はそれぞれ  $91.3\%$ 、 $78.6\%$  であった。MLSS は  $2340 \text{ mg/l}$  で BOD-SS 負荷は  $0.17 \text{ kg/kg}$  日 で運転されていた。余剰汚泥の引扱は1日1回とし SRT は約5日であった。本施設における *O*-CP の経時変化を図-2に示した。流入水濃度は  $0.60 \sim 1.36 \text{ mg/l}$  で平均  $0.87 \text{ mg/l}$  であった。処理水濃度は、変動はあるが夏場低く、冬場高い傾向を示し、

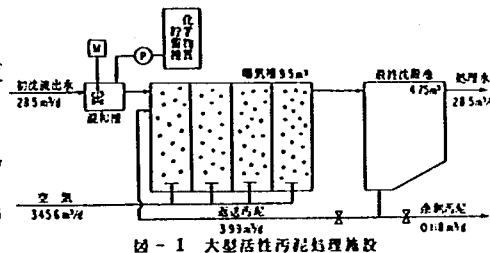


図-1 大型活性汚泥処理施設

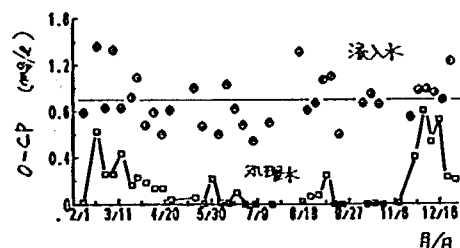
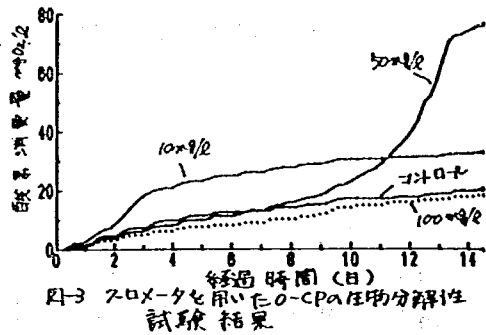


図-2 大型実験施設における *O*-CP の分析結果

ている。5~10月の平均が $0.044 \text{ mg/l}$ で2~4月と11月12月の平均が $0.30 \text{ mg/l}$ であった。汚泥中のO-CPは $40 \text{ mg/kg}$ であり汚泥への濃縮は小さい。余剰汚泥として引抜かれるO-CPは流入量の $0.5\%$ である。またエアレーションしている空気中のO-CPは $0.22 \text{ mg/l}$ であった。放散するO-CPは流入量の $0.31\%$ であり非常に少ないことがわかる。



O-CPの生物分解を確認するためアロメーターを用いて生物分解性試験を行ない、その結果を図-3に示した。この試験で植槽に使用した活性汚泥は前述した連続処理システムより分取したものをを用いた。その他の試験条件は「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」に準じて行なった。10mg/l 溶液ではすぐ分解が始まり、4日目ではコントロールと呼吸速度がほぼ等しくなり内生呼吸相となっている。14日経過後の分解度は75%であった。50mg/l 溶液では、8日目まではコントロールとほぼ同じ呼吸量であるが、この後急激に分解し13日ではほぼ終了している。14日間の分解度は64.3%であった。また、100mg/l 溶液では、14日間を通じコントロールよりも呼吸量が少なく何らかの阻害を受けていることがわかる。これらのことからO-CPは比較的生物分解を受けやすい物質と考えられるが、50mg/l 程度で阻害を受け、100mg/l では分解しないことが示唆された。

#### 4. バッチ処理システムにおける挙動

実験は図-4に示す密閉型ガラス反応槽を用いて行なった。本装置はFill and Drawのバッチ式であり一次処理水とO-CPを定量ポンプで添加する。この後4時間曝気、1時間30分沈殿、処理水の引抜きを行なう。この操作を1日2回繰り返すようタイマーコントロールしている。本装置を4基用意し、No.1をO-CP無添加のコントロールとし、No.2は

1mg/l、No.3は10mg/l、No.4は50mg/l 添加した。汚泥の引抜きは週3回とし、BRTが約20日となるように引抜いた。O-CPの分析結果を表-1に示した。No.2、No.3は実験開始時から処理水中にはほとんど残存せずその除去率は99.7%、99.9と非常に高い値を示した。No.4では実験開始時から $44.3 \text{ mg/l}$ が処理水中に残存していた。しかし、5ヶ月経過したのち処理水中にはほとんど検出されないようになった。O-CPの分解が急激に起ったのは本装置の上昇が1つの原因と考えられる。

表-1 O-CP分析結果  $\text{mg/l}$

|      | 流入                  | 処理                                           |
|------|---------------------|----------------------------------------------|
| No.2 | 0.94<br>(0.76~1.07) | 0.003<br>(Trace~0.007)                       |
| No.3 | 9.58<br>(7.49~11.8) | 0.011<br>(0.001~0.027)                       |
| No.4 | 48.7<br>(39.2~54.2) | 4.43<br>(2.84~53.4)<br>0.065<br>(0.006~0.11) |

上 5ヶ月  
下 5ヶ月以後

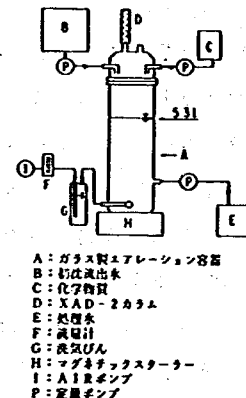


図-4 活性汚泥処理実験装置

表-2 O-CPの物質収支  $\text{mg/d}$

|      | 流入            | 処理水            | 汚泥             | 放散            | 生分解             |
|------|---------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|
| No.2 | 20.7<br>(100) | 0.066<br>(0.3) | 0.17<br>(0.8)  | 0.04<br>(0.2) | 20.4<br>(98.6)  |
| No.3 | 211<br>(100)  | 0.24<br>(0.1)  | 0.31<br>(0.1)  | 0.48<br>(0.2) | 209.9<br>(99.5) |
| No.4 | 1070<br>(100) | 1.43<br>(0.1)  | 0.31<br>(0.03) | 2.96<br>(0.3) | 1065<br>(99.5)  |

( ) の値は流入水を100とした場合の百分率(%)

本システムにおけるO-CPの物質収支を求め表-2に示した。この表においても処理水、汚泥、放散の割合が1%以下と小さく、ほとんどが生物分解で除去されていることがわかる。

#### 4. 活性汚泥処理における有機塩素化合物の挙動 (第4報)

建設省 工本研究所 〇小 森 行 也

渡 部 春 樹

安 中 徳 二

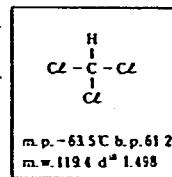
##### 1. はじめに

化学物質による環境汚染は今日的な社会問題として広く認識されるようになってきており、例えば水道水中のトリハロメタン、貯貝中のディルドリン、地下水中のトリクロロエチレン等の例が挙げられる。このような場合、下水処理水中あるいは下水汚泥中のそれらの濃度についても関心の払われるのが通例であり、既にいくつかの報告がみられる<sup>1)</sup>。しかし、これらの化学物質が我国で最も広く採用されている活性汚泥処理プロセスにおいてどのような挙動をとるかということは、ほとんど解明されていないのが現状である。建設省工本研究所では大型実験施設(連続処理システム)と小型実験施設(バッチ処理システム)を用いて、年に2~3物質を対象にその挙動調査を実施しており、既に、第17、18、19回講演会においてその一部を発表した。本報告は、揮発性物質であるクロロホルムのバッチ処理システムにおける挙動について調査したものである。

##### 2. 実験方法

###### 1). 供試化学物質 — クロロホルム

クロロホルム(右図参照)は、フレオン、フッ素樹脂の原料であり、また、溶剤、抽出剤として広く用いられている。特有のエーテル臭を有する無色透明の液体であり、水には微かに溶けエタノール、エーテルなどによく溶ける。



###### 2). 分析方法

① 水 — ヘッドスペース法(絶対検量法)

② 汚泥 — ヘッドスペース法(標準添加法)

③ 気取 — XAD-2 樹脂吸着法

###### 3). 実験方法

実験装置を図-1 運転条件を表-1に示す。本装置は Fill and Draw バッチ式である。まず、流入水として一次処理水とクロロホルム水溶液を定量ポンプで添加した後4時間曝気する。曝気終了後1時間20分沈

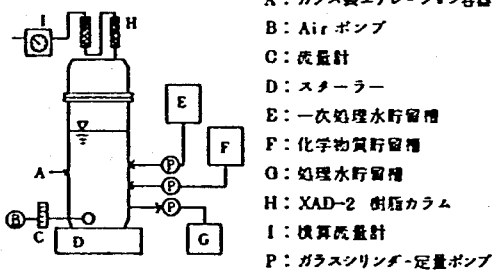


図-1 活性汚泥処理実験装置(バッチ式)

表-1 運転条件

|         |                                                       |
|---------|-------------------------------------------------------|
| 流入水添加量  | 3.5 L/サイクル<br>(初回流出水 3.15 L/サイクル<br>化学物質 0.35 L/サイクル) |
| 流入水添加時間 | 10 分                                                  |
| 曝 気 時 間 | 4 時間                                                  |
| 沈 降 時 間 | 1 時間 20 分                                             |
| 処理水引抜時間 | 20 分                                                  |

表-2 実験ケース

| 実験ケース | クロロホルム添加量 | SRT |
|-------|-----------|-----|
| 1     | 1.6 mg/L  | 10  |
| 2     | 9.7 "     | 10  |
| 3     | 0.16 "    | 5   |
| 4     | 0.16 "    | 10  |
| 5     | 0.16 "    | 20  |

殿させ、上澄水を処理水として引抜く。この操作を1日4回繰り返すようタイマーコントロールしている。装置は5基用意し、表-2に示す5ケースの実験を平行して行った。

### 3. 実験結果と考察

実験は、59年12月より60年4月まで5ヶ月間実施した。定期分析の結果を表-3、4、5に示す。

表-3により実験ケース5のSSが他のケースに比べやや高い値を示しているが、これはMLSS濃度が高い場合処理水引抜口に汚泥界面がかなり活性汚泥が流出しているためであり、実験装置の構造に原因している。この活性汚泥の流出のため実験ケース5ではSRTが設定値より大巾に短くなっている。また、SSの流出に伴いBODとCODもやや高い値を示している。

SRTを10日に設定し、フクロホルム濃度を0.16, 1.6, 9.7 mg/lとした実験ケース4、1、2、では、その処理水質に特筆する様な違いはみられずどのケースにおいても良好である。BOD、COD、D-TOCの除去率は83.8%、62.6%、72.5%以上である。一方、フクロホルム濃度を0.16 mg/lで一定とし、SRTを5、10、20日とした実験ケース3、4、5では、実験ケース5が活性汚泥流出の影響を受け処理水中のSS、BOD、CODが高くなっている。しかし、D-TOCは他のケースと同様に低い値を示しており全体的に処理は良好であった。

表-5に示すようにフクロホルムの除去率は、どの実験ケースにおいても99%以上を示している。また、活性汚泥への濃縮率（汚泥中の化学物質mg/kg / 流入水中の化学物質mg/l）は0.3 ~ 3.3倍であり、重金属等の $10^3 \sim 10^6$ 倍に比べ非常に低いことがわかる。

実験後期に行った調査よりフクロホルムの処理プロセスでの物質収支を求め表-6に示した。流入するフクロホルムを100とした場合、処理水中に残存し系外へ排出される割合は1%以下である。また、活性汚泥に吸着したまま余剰汚泥として系外へ排出される割合は0.002 ~ 0.022%と極めて少ない。これに対し、エアレーションにより揮散する割合は99 ~ 100%と非常に高く活性汚泥処理プロセスでのフクロホルム除去は、ほとんどがエアレーションによって揮散するものと考えられる。

### 4. まとめ

- 1) フクロホルムの添加濃度が9.7 mg/l程度では、処理水質の悪化は特にみられなかった。
- 2) フクロホルムの活性汚泥への濃縮率は0.3 ~ 3.3倍と非常に低いことが示唆された。
- 3) 流入するフクロホルムのうち、処理水中に残存するもの、また、活性汚泥に吸着するものは極く一部であり、ほとんどがエアレーションによって揮散することが示唆された。

—参考文献— 1) 渡部、小森「下水の有機物組成と分解過程」土木技術資料 Vol. 21 No. 4 (1979)

2) 小堀「活性汚泥生物と重金属」土木技術資料 Vol. 17 No. 9 (1975)

表-3 水質分析結果 mg/l

| 項目<br>実験ケース | SS               | BOD              | COD              | D-TOC            |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 流入水         | 349<br>(115~493) | 717<br>(316~122) | 131<br>(233~445) | 288<br>(144~381) |
| 1           | 55<br>(48~378)   | 184<br>(44~23)   | 159<br>(35~210)  | 23<br>(45~122)   |
| 2           | 55<br>(36~243)   | 25<br>(35~177)   | 159<br>(45~272)  | 13<br>(52~102)   |
| 3           | 84<br>(56~244)   | 184<br>(44~211)  | 167<br>(111~259) | 82<br>(51~122)   |
| 4           | 58<br>(32~251)   | 116<br>(51~354)  | 163<br>(104~282) | 27<br>(46~154)   |
| 5           | 165<br>(56~371)  | 155<br>(44~283)  | 213<br>(126~375) | 67<br>(32~118)   |

表-4 混合液の分析結果とSRT

| 項目<br>実験ケース | PH      | MLSS<br>(mg/l)      | SRT<br>(日) |
|-------------|---------|---------------------|------------|
| 1           | 7.0~8.1 | 1400<br>(1150~1780) | 8.7        |
| 2           | 7.1~8.2 | 1350<br>(1200~1670) | 8.8        |
| 3           | 7.2~8.1 | 740<br>(540~1190)   | 4.4        |
| 4           | 6.9~8.2 | 1370<br>(1160~2090) | 8.9        |
| 5           | 6.7~7.9 | 2170<br>(1350~2910) | 1.47       |

表-5 フクロホルムの分析結果

| 項目<br>実験ケース | 流入水<br>(mg/l) | 処理水<br>(mg/l) | 活性汚泥<br>(mg/kg) |
|-------------|---------------|---------------|-----------------|
| 1           | 1.6           | 15            | 1.1             |
| 2           | 9.7           | 83            | 2.7             |
| 3           | 0.16          | 0.3           | 0.52            |
| 4           | 0.16          | 0.7           | 0.53            |
| 5           | 0.16          | 0.4           | 0.46            |

表-6 フクロホルムの物質収支 mg/day

| 項目<br>実験ケース | 流入水  | 処理水             | 汚泥                | 揮散             |
|-------------|------|-----------------|-------------------|----------------|
| 1           | 22.4 | 0.21<br>(0.094) | 0.0009<br>(0.004) | 22.2<br>(92.1) |
| 2           | 136  | 1.16<br>(0.85)  | 0.0022<br>(0.002) | 135<br>(99.3)  |
| 3           | 22.4 | 0.004<br>(0.18) | 0.0005<br>(0.022) | 225<br>(100)   |
| 4           | 22.4 | 0.010<br>(0.45) | 0.0004<br>(0.018) | 225<br>(100)   |
| 5           | 22.4 | 0.006<br>(0.27) | 0.0004<br>(0.018) | 225<br>(100)   |

## 5. 活性汚泥法における有機塩素化合物の処理性

建設省 土木研究所 ○小 森 行 也  
疫 部 春 樹  
安 中 徳 二

### 1. はじめに

水道水中のトリハロメタン、貯貝中のディルドリン、地下水中のトリクロロエチレンなど、化学物質による環境汚染が今日的な社会問題として広く認識されるようになってきている。このような問題が生じた場合、下水処理水中あるいは下水汚泥中のそれらの濃度についても関心の払われるのが通例であり、既にいくつかの報告がみられる<sup>1)</sup>。しかし我が国で最も広く採用されている活性汚泥処理プロセスにおいて、これらの化学物質が処理水質に及ぼす影響や、また、化学物質の処理性等について長期的に評価している例は少ない。建設省土木研究所では、化学物質を連続的に注入した大型活性汚泥処理実験装置を運転し、化学物質が処理水質に及ぼす影響やその処理性についての調査を実施している。

本報告は、4種類の有機塩素化合物を混合注入した装置を約1年間にわたり運転した結果をまとめたものである。

### 2. 実験方法

#### 1) 供試化学物質

表-1に示す4種類の化学物質を供試化学物質として用いた。4種類とも有機塩素化合物であり毒性がある物質である。2,5-DCA, O-CPは沸点が高く、揮発性に乏しい物質である。クロロホルム、四塩化炭素は、沸点が低く、揮発しやすい物質である。

#### 2) 分析方法

図-1に分析方法。表-2にGC測定条件を示した。2,5-DCA, O-CPは、

表-1 供試化学物質

|                               | 構造式                                     | 性質                      | 用途                          | 毒性                                                          |
|-------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 2,5-ジクロロ<br>ベンジン<br>(2,5-DCA) | <chem>Clc1ccc(Cl)cc1</chem><br>mw 162.0 | mp. 50℃<br>bp. 251℃     | 染料中間物                       | ラットLD50: 300mg/kg<br>マウスLD50: 2500mg/kg                     |
| O-700<br>ナイル<br>(O-CP)        | <chem>Oc1ccc(Cl)cc1</chem><br>mw 128.6  | mp. 93℃<br>bp. 174.5℃   | 染料中間物<br>製薬原料               | ラットLD50: 600mg/kg<br>マウスLD50: 2500mg/kg<br>魚LD50: 1500mg/kg |
| クロロホルム                        | <chem>ClC(Cl)(Cl)Cl</chem><br>mw 119.4  | mp. -63.5℃<br>bp. 61.2℃ | フロンガス<br>樹脂の原料<br>溶剤、抽出剤    | ラットLD50: 800mg/kg<br>吸入-3リットル<br>800ppm 4時間                 |
| 四塩化炭素                         | <chem>ClC(Cl)(Cl)Cl</chem><br>mw 153.8  | mp. -28.6℃<br>bp. 76.7℃ | フロンガスの製造<br>機械の洗浄<br>殺虫剤の製造 | ラットLD50: 6000g (♂)<br>ラットLD50: 5000g (♀)                    |

試料が水の場合、XAD-2樹脂吸着法、汚泥の場合、水蒸気蒸留-XAD-2樹脂吸着法を用いた。クロロホルム、四塩化炭素は、ヘッドスペース法(水-絶対検量線法、汚泥-標準添加法)を用いて測定した。

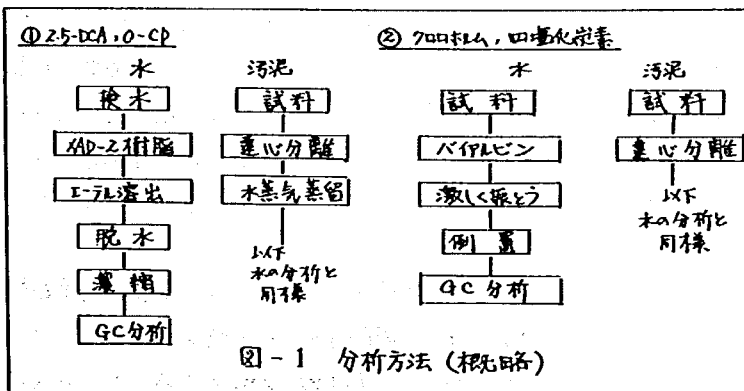


図-1 分析方法(概略)

表-2 GC 測定条件

| 2.5-DCA                                             | O-CP                                                | クロロホルム / 四塩化炭素                                    |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 検出器 FID                                             | 検出器 FID                                             | 検出器 ECD                                           |
| カラム 充填剤 DEGS+KB (9%+1%)<br>Chromosorb WAWDHCS       | カラム 充填剤 DEGS+KB (5%+1%)<br>Chromosorb WAWDHCS       | カラム 充填剤 Silicone DC-200 20%<br>Chromosorb WAWDHCS |
| 径長 3mmφ X 3m                                        | 径長 3mmφ X 3m                                        | 径長 3mmφ X 3m                                      |
| 流量 水素 0.6 kg/cm <sup>2</sup><br>空気 0.5 " (50ml/min) | 流量 水素 0.6 kg/cm <sup>2</sup><br>空気 0.5 " (50ml/min) | 流量 窒素ガス (14) 1.5 kg/cm <sup>2</sup> (50ml/min)    |
| 温度 導入部 250°C<br>検出部 250°C<br>カラム 150°C              | 温度 導入部 250°C<br>検出部 250°C<br>カラム 120°C              | 温度 導入部 200°C<br>検出部 200°C<br>カラム 80°C             |

### 3) 実験方法

大型活性汚泥実験装置を図-2、運転条件を表-3に示す。前述した4物質をメタノールに溶解(各物質とも約2000mg/l)する。この化学物質原液を微量定量ポンプを用い、1.4g/dayの割合で混和槽に連続注入する。

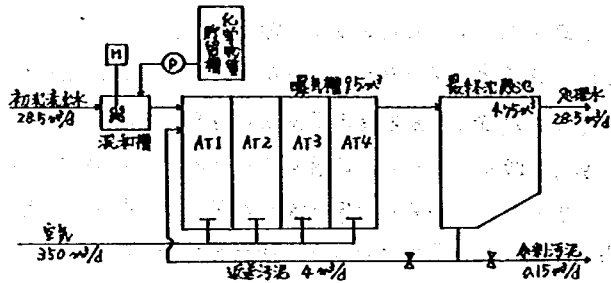


図-2 大型活性汚泥処理装置

表-3 連続処理システムの運転条件

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| ・投入水量 28.5 m³/日      | ・添加化学物質             |
| ・曝気時間 8 時間           | ・2.5-DCA 1 m³/日     |
| ・沈降時間 4 時間           | ・O-クロロフェノール 1 m³/日  |
| ・流速率 14 %            | ・クロロホルム 1 m³/日      |
| ・送気量 12 倍            | ・四塩化炭素 1 m³/日       |
| ・沈降池水面負荷 8.9 m³/m²・日 | ・余剰汚泥引抜き量 0.15 m³/日 |

表-4 連続システムの運転管理状況

| BOD-SS負荷<br>kg/20-B | BOD容積負荷<br>kg/m³・日 | MLSS<br>mg/l | 汚泥日令<br>日 | SRT<br>日 |
|---------------------|--------------------|--------------|-----------|----------|
| 0.10~0.24           | 0.31~0.53          | 780~4400     | 6~25      | 7~16     |

### 3. 実験結果と考察

実験は、59年2月より実施し60年3月まで行った。実験期間中の運転管理状況を表-4に示す。また、一般的に水質分析結果と化学物質の除去率を図-3に示す。

SS, BOD, COD, D-TOC の分析結果から流入水の平均値はそれぞれ 62mg/l, 130mg/l, 86mg/l, 46mg/l であり、処理水の平均値はそれぞれ 13.5mg/l, 11mg/l, 18mg/l, 9.4mg/l であった。また、これらの除去率はそれぞれ、78%, 92%, 79%, 80% とかなり高い値を示しており処理は良好であった。この結果からみる限り化学物質を連続注入していることによる処理水質の悪化は認められない。

化学物質の分析結果から、2.5-DCAは流入水平均 1.09mg/l、処理水平均 0.76mg/l で1年間を通じその除去率は低く30%であった。O-CPは、水温が低い(6~15℃)59年2月~5月、59年11月~60年3月の期間除去率が低く、水温が高い(15~28℃)59年6月~10月の期間に除去率が高い傾向がみられる。流入水の平均は 0.96mg/l、処理水の低水温期の平均は 0.33mg/l、高水温期の平均は 0.032mg/l でありその除去率はそれぞれ 65%, 99% である。クロロホルムも O-CP 同様低水温期に除去率が低く、高水温期に除去率が高い傾向がみられた。その除去率はそれぞれ 74%, 85% であった。四塩化炭素は1年間を通じ高い除去率、94% を示していた。

汚泥中に含まれる化学物質の分析結果を表-5に示した。化学物質の濃縮率(汚泥中の化学物質mg/l / 流入水中の化学物質mg/l)は、不揮発性の2.5-DCAが約300倍、O-CPが約50倍であるのに対し、揮発性のクロロホルムは約4倍、四塩化炭素は約0.2倍である。これらの値は重金属等の $10^3 \sim 10^4$ 倍に比べる

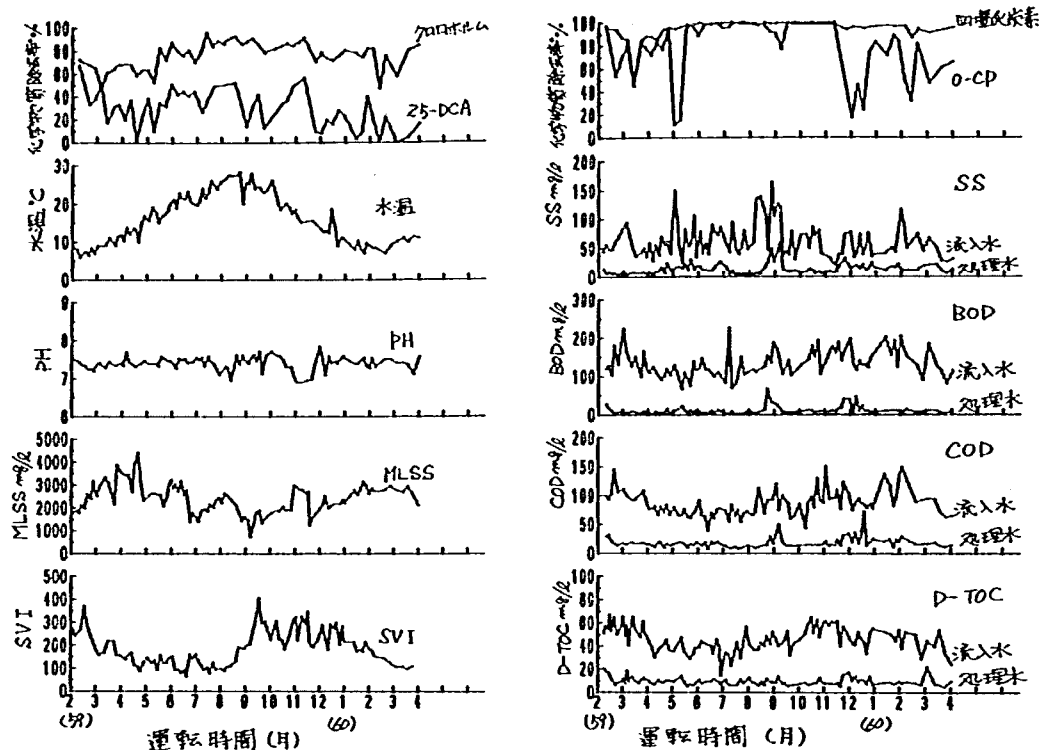


図-3 定期分析結果と化学物質の除去率

と非常に低いことがわかる。

曝気槽(AT)内の化学物質を分析しその結果を表-6に示した。AT内の混合液をほぼ同時に採取し、30分間静置した後、その上澄液を分析試料とした。この結果から、O-CP、クロロホルム、四塩化炭素は曝気槽で減少していることがわかるが、2,5-DCAは減少速度も小さくほとんど除去されていない。また、処理水の値はAT4の上澄液とほぼ等しく、沈殿池での分解及び揮散はほとんどないことがわかる。

#### 4. まとめ

- 1) 4物質について各10%の濃度で連続注入したが、化学物質の添加によると思われるBOD除去率の低下などは特にみられなかった。
- 2) 2,5-DCAの除去率は1年間を通じ30%と低く、O-CPとクロロホルムは低水温期に除去率が低く高水温期に高い傾向がみられた。また四塩化炭素は1年間を通じ94%と高い除去率を示した。
- 3) 化学物質の汚泥への濃縮率は、0.2~300倍と重金属等の $10^3 \sim 10^4$ 倍に比べ低いことが示唆された。

#### —参考文献—

- 1) 渡部・小森「下水の有機物組成と分解過程」土木技術資料 Vol. 21 No. 4 (1979)
- 2) 小森「活性汚泥生物と重金属」土木技術資料 Vol. 17 No. 9 (1975)

表-5 汚泥中の化学物質

| 2,5-DCA | O-CP | CHCl <sub>3</sub> | CCl <sub>4</sub> |
|---------|------|-------------------|------------------|
| mg/L    | mg/L | mg/L              | mg/L             |
| 300     | 53   | 245               | 0.183            |

表-6 AT内調査結果

| 項目      | 取水場所 | n=11 |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
|         |      | 流入水  | AT1  | AT2  | AT3  | AT4  | 処理水  |
| 2,5-DCA | mg/L | 127  | 0.94 | 0.92 | 0.83 | 0.74 | 0.73 |
| O-CP    | mg/L | 1.01 | 0.69 | 0.50 | 0.28 | 0.14 | 0.15 |
| クロロホルム  | mg/L | 185  | 125  | 94   | 76   | 60   | 59   |
| 四塩化炭素   | mg/L | 434  | 162  | 81   | 47   | 26   | 26   |

下水処理施設における微量化学物質の挙動に  
関する調査(1)

土研資料 第2313号  
昭和 61 年 3 月  
建設省土木研究所  
下水道部水質研究室

キーワード：化学物質、有機塩素化合物、活性汚泥法、挙動、吸着、生分解、脱着

要 旨

近年、化学物質による環境汚染が社会的な問題となっており、下水道の分野においても、これらの物質の挙動、影響等について関心が高まっている。本調査では、活性汚泥処理実験装置に化学物質を添加し、その挙動と処理に与える影響を調べた。化学物質の挙動は処理水中に残存するもの、汚泥に吸着するもの、エアレーションにより揮散するもの、生物分解するものなどがある。本報告書は、2,5-DC A、O-C P、クロロホルム、四塩化炭素の挙動についてまとめたものである。

