

家庭用合併式浄化槽の処理水質向上に関する研究

(その1)

嶋津 暉之 志村 真理 井上 互
(多摩環境保全事務所)
木村 賢史

1 はじめに

し尿排水だけでなく、生活雑排水も合わせて処理する家庭用の合併式浄化槽が7～8年前に登場してから、浄化槽に対する認識が大きく変わった。嫌気汚床+接触酸化という処理方式の導入で、従来の単独式浄化槽に比べてはるかに良質の処理水を得ることが可能となり、下水道未普及地域における河川浄化の決め手の一つという評価さえ行われている。東京都は昭和61年3月に生活排水対策指導要綱を定めて、水源地域での家庭用合併式浄化槽の設置に対して補助金の交付を行っている。

家庭用合併式浄化槽は優れた性能を持つ浄化槽ではあるが、検討すべき課題が二つ残されている。一つは現在の処理方式では奥多摩湖や東京湾等の停滞水域の富栄養化を引き起こす窒素・リンが殆ど除去されないことであり、いま一つは処理水中の残存有機物を更に少なくして透明感を増すための構造と運転方法が確立されていないことである。

筆者らは昭和61年1月に家庭用合併式浄化槽の実験装置を設置し、窒素・リン及び残存有機物の除去方法に

ついでの研究を行ってきた。今までの実験により、窒素除去と残存有機物削減の方法について一応の知見が得られたので、その実験結果を報告する。

2 一般の家庭用合併式浄化槽の構造とその処理水質
最初に本実験の目的を明確にするため、一般に市販されている家庭用合併式浄化槽の構造と処理水質を以下に示す。

(1) 構造

図1はその構造の一例である。メーカーによって槽の大きさや接触材の種類等に多少の差があるが、基本的には図1と同じような構造である。家庭からの排水はまず、嫌気汚床第一槽と第二槽を通過する。この二槽には長さ7～8cmのとっくり状の小円筒や網状球などの接触材が充填されている。この接触材に付着して生息している微生物により、排水中の有機物は嫌氣的に分解される。次に、排水は接触酸化槽に送られる。この槽はひも状や波板状などの接触材が配列され、散気管から空気が送られている。ここで、残存有機物は好氣的に分解され、処理水は沈殿槽と消毒槽を通して排出される。

この方式は嫌気と好気の二段処理の他に、槽内の浮遊汚泥の処理方法にも特徴がある。接触酸化槽と沈殿槽の底部はつながっていて、沈殿槽の底に汚泥がたまってくると、その一部は重力の作用で接触酸化槽に戻る。そして、接触酸化槽内の浮遊汚泥は自動的に前段の嫌気汚床第二槽に返送される。汚水が流入していない状態ではぼっ気している接触酸化槽の方が嫌気汚床槽より水位が高くなり、水が逆流して接触酸化槽の浮遊汚泥の一部が嫌気汚床槽で沈降する。この嫌気汚床槽への自然返送による接触酸化槽内の浮遊物質の除去が良好な処理水質を維持する上で重要な役割を果たしている。

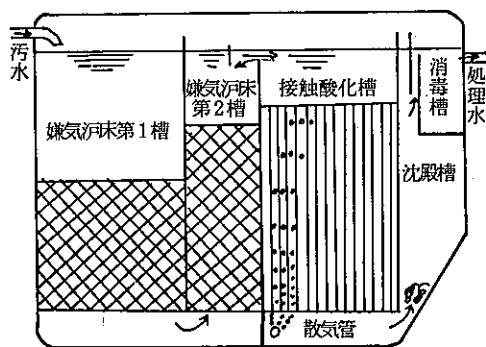


図1 市販型の家庭用合併式浄化槽

(2) 水質

設置後1年以上経過している家庭用合併式浄化槽の処理水質の調査例を表1に示す。まず、BODは10mg/ℓ前後、CODは15mg/ℓ前後で、比較的良好な水質である。委託管理業者がこの浄化槽の維持管理として行っているのは2～3月に一度、水質や装置を点検すること、半年に一度位の頻度で、沈殿槽の汚泥を嫌気汚床第一槽に戻し、その嫌気汚床槽の汚泥を一年に一度位の頻度で、引き抜くことである。今までの単独式浄化槽と同じ程度の維持管理で、これだけの水質が得られるのはこの合併式浄化槽の優れた構造によるものである。ただし、透視度は30cm程度にとどまっております、透明感にやや乏しい感じであった。これは残存有機物質に起因するもので、その除去率の向上が今後の課題である。

表1 家庭用合併式浄化槽の調査結果 (61.6.4)

| | | A 家 | B 家 |
|-------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| 設計人員 | | 6人 | 6人 |
| 使用人員 | | 4人 | 3人 |
| 処理水量 | | 0.9m ³ /日 | 1.2m ³ /日 |
| 処 理 水 | 水 温 | 21.7 ℃ | 20.6 ℃ |
| | pH | 6.22 | 6.85 |
| | BOD | 7.8mg/ℓ | 12mg/ℓ |
| | COD | 15mg/ℓ | 17mg/ℓ |
| | SS | 16mg/ℓ | 14mg/ℓ |
| | T-N | 39.3mg/ℓ | 19.8mg/ℓ |
| | NH ₄ -N | 9.7mg/ℓ | 8.3mg/ℓ |
| | NO _x -N | 24.1mg/ℓ | 7.5mg/ℓ |
| | T-P | 3.35mg/ℓ | 2.28mg/ℓ |
| | 透 視 度 | 31 cm | 30 cm |

次に、同表で窒素とリンの濃度をみると、B家の値が低い、これはB家では一人あたり、平均の1.6倍の水量を使用しているからで、この点を補正すれば、A家、B家ともT-N(全窒素)は30～40mg/ℓ、T-P(全リン)は3.5mg/ℓ前後となる。この値は未処理の家庭排水に近いもので、窒素とリンは殆ど除去されていないと言ってよい。他の調査データでも同様な結果が得られている。活性汚泥処理に比べて除去率がきわめて低い理由を考えると、嫌気汚床槽からの汚泥の引き抜きが一年に一度位の頻度で行われるだけであるから、表2に示すとおり、汚泥とともに除去される窒素とリンがわずかなものになっている。

窒素については接触酸化槽で硝酸への酸化が50～70%進んでいるが、その硝酸の還元工程がないので、窒素としては殆どそのまま排出されている。ただし、接触酸化槽から嫌気汚床槽への自然逆流により、硝酸の一部が還元される。これによる窒素除去率は4の(2)で述べるように10～20%である。

本研究では以上述べた家庭用合併式浄化槽の現状を踏まえ、窒素除去の条件と合わせて、有機物質の除去率向上の条件を明らかにするため、以下の実験を行った。

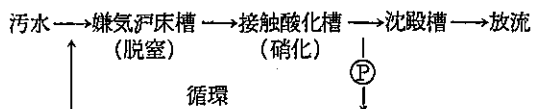
3 実 験

(1) 実験装置の構造

本実験では窒素を除去するため、生物学的脱窒素法を家庭用合併式浄化槽に導入した。そのフローは次頁に示すとおりで、後段の接触酸化槽でアンモニアの酸化(硝化)を進め、生成された硝酸・亜硝酸を前段の嫌気汚床槽へ送って窒素ガスに還元(脱窒)する方式である。この方式は活性汚泥処理の方では簡易循環式や循環式変法と言われている。

表2 汚泥引き抜きによる窒素・リンの除去濃度

| | 家庭用合併式浄化槽 | 活性汚泥処理 |
|--------------------------------------|--|-----------------------------|
| 処理水量1m ³ あたり汚泥引き抜き量(固形物量) | 汚泥引き抜き量 汚泥濃度 処理水量 1.9m ³ /365日 × 2～3 kg/m ³ ÷ 1m ³ /日 = 0.010～0.015 kg/m ³ | 0.10～0.15 kg/m ³ |
| 除去される窒素濃度 | 0.01～0.015 kg/m ³ × 0.07 ≒ 0.7～1.1 mg/ℓ | 7～11 mg/ℓ |
| 除去されるリン濃度 | 0.01～0.015 kg/m ³ × 0.02 ≒ 0.2～0.3 mg/ℓ | 2～3 mg/ℓ |



実験装置の構造と諸元を図2と表3に示す。この装置は6人槽を前提としたもので、嫌気汚床槽と接触酸化第一槽は市販型と殆ど同じ容量である。ただし、嫌気汚床の第一槽と第二槽の容量比が市販型では2:1であるが、この装置では1:1になっている。生物学的脱窒素法を導入するため、市販型のものに対して新たに付加した設備は次の二点である。

- ① アンモニアの酸化を十分に進めるため、接触酸化第二槽を設置した(第一槽の半分の容量)。

- ② 接触酸化第二槽から嫌気汚床第一槽へ大量の水を循環するための循環ポンプを設置した。

接触材は嫌気汚床槽が小円筒型のもの、接触酸化槽がひも状のものを使用している。嫌気汚床槽の接触材の充填率は市販型と同じ60%である。接触酸化槽のひも状接触材の表面積を長さ1mあたり0.0628m²(口径2cm)とすれば、接触酸化槽1m³あたりの接触材表面積は第一槽、第二槽とも15~16m²で、市販型とほぼ同じである。これ以上、ひも状接触材の配列密度を高めると、付着微生物の増殖で閉塞を起こす危険性があるので、この程度の密度が限界値に近い。

なお、この装置では沈殿槽の機能を評価する都合上、

表3 実験装置の諸元

| | | 容 量 | 接 触 材 |
|-------|-------|--------------------|--------------|
| 嫌気汚床 | 第 1 槽 | 0.95m ³ | 小円筒 充てん率 0.6 |
| | 第 2 槽 | 0.95m ³ | 小円筒 充てん率 0.6 |
| 接触酸化 | 第 1 槽 | 1.22m ³ | ひも状 延長 317m |
| | 第 2 槽 | 0.61m ³ | ひも状 延長 152m |
| 沈 殿 槽 | | 0.36m ³ | — |
| 計 | | 4.09m ³ | — |

表4 流入水の水質(日間平均)

| | |
|--------------------|----------|
| pH | 6.9 |
| BOD | 250 mg/l |
| COD | 90 mg/l |
| SS | 110 mg/l |
| T-N | 35 mg/l |
| NH ₄ -N | 22 mg/l |
| T-P | 4.9 mg/l |
| TOC | 80 mg/l |

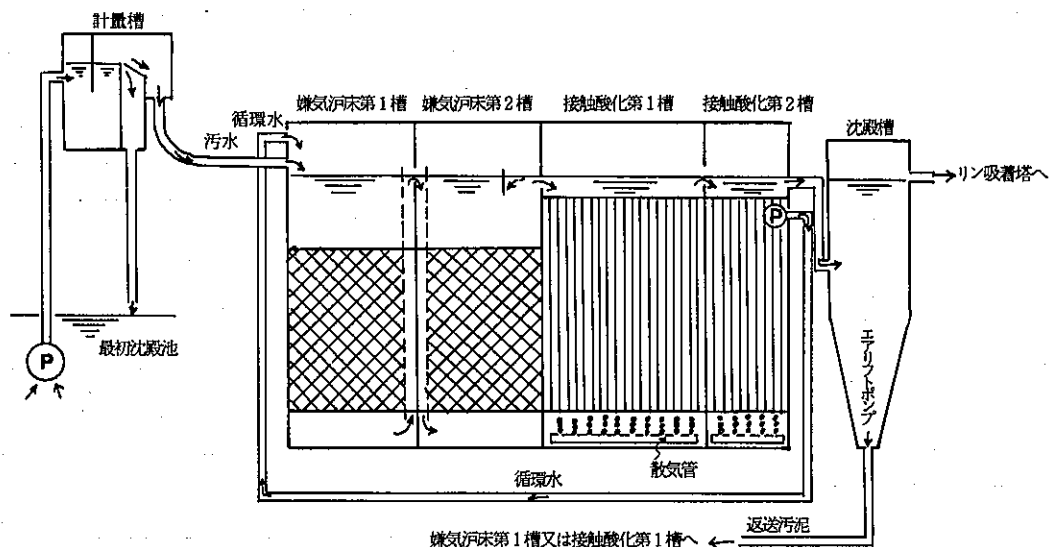


図2 実験装置

沈殿槽を接触酸化槽と切り離して、沈殿汚泥をエアリフトポンプで間欠的に嫌気汚床槽または接触酸化槽に戻すようになっている。

(2) 流入水質

上記の実験装置を日野市多摩平下水処理場の場内に設置し、同処理場の最初沈殿池から1日約0.9m³の汚水を導いて実験を行った。この水量は4人家族を想定したものである。この処理場は主として住宅・都市整備公団多摩平団地の下水を処理するためのもので、団地下水の他に、豊田駅北口周辺の商店街の下水も流入している。

この処理場の最初沈殿池から導く汚水の水質は時間変動があるので、自動採水器で一時間おきに採水し、実験装置への時間別送水量で加重して一日の平均水質を求めた。その結果を表4に示す。同表の数字をみると、一般家庭の汚水と似たような水質であり、この汚水で家庭用浄化槽の性能を検討することに特に問題はない。

(3) 運転方法

この装置の運転を開始したのは61年1月からであるが、最初の半年間は装置上のトラブルもあって、あまり良好な水質は得られなかった。冬場から始めると、嫌気汚床槽に微生物が十分に張り付くまで、半年かかるとされているが、そのことも原因していたのかもしれない。

半年たった61年7月から順調に動き出したので、実験を始めた。運転の条件を表5に示す。61年度は汚水の流入を均等化した場合の処理水質を知るため、6:00～23:00の間、一時間おきに汚水を流入させた。62年度は

表5 実験装置の運転条件

| | | |
|--------|---------------------|--|
| 汚水の流入 | 61.7.11 ～62.4.1 | 6:00～23:00, 1時間おきの流入 延18回/日, 約0.9m ³ /日 |
| | 62.4.14 ～62.8.18 | 家庭の排水実態に合わせた流入 延18回/日, 約0.9m ³ /日 |
| 循環水 | 接触酸化第2槽から嫌気汚床第1槽へ | 循環水量 0～6.7m ³ /日 |
| 返送汚泥 | 61.7.11 ～62.4.14 | 嫌気汚床第1槽へ返送 0.06～0.14m ³ /日 |
| | 62.4.27 ～62.8.18 | 接触酸化第1槽へ返送 0.07～0.22m ³ /日 |
| 空気吸込量 | | 接触酸化第1槽 2.5m ³ /時 第2槽 1.2m ³ /時 |
| 汚泥引抜き量 | | 嫌気汚床槽から2～7カ月おきに排出。一日平均4～7ℓ/日 |

一般家庭の汚水排出の実態に合わせて、朝と夕方に集中的に汚水を流入させ、その他の時間の流入量を少なくした(後出の図7参照)。

空気吹込量は接触酸化槽1m³あたり2m³/時で、活性汚泥処理のばっ気槽並みの空気を送っている。汚泥引き抜き量は一日平均に換算すると、4～7ℓである。

(4) 分析方法

水質の分析方法は表6に示すとおりである。

4 実験結果と考察

(1) 有機物質の除去

ア 処理水質の経時変化

約14カ月の実験期間における処理水質(沈殿槽上澄水の水質)の経時変化を図3に示す。有機物質関係の各水質項目の状況は次のとおりである。

(ア) BOD

本研究ではBODを有機物質の指標として扱っている。アリンチオ尿素の添加で硝化を抑えたBODを用いている。処理水BODの変動範囲は1～12mg/ℓであるが、大半の期間は10mg/ℓ未満である。それも5mg/ℓ未満の時期が多い。水温8℃の冬場も含めてBOD5mg/ℓ未満の水質が得られるという事実はこの

表6 分析方法

| 項目 | 分析方法 |
|---------------------------------------|---|
| BOD | 一般希釈法 |
| COD | 100℃過マンガン酸カリウム酸性法 |
| SS | GFP法 |
| TOC | 湿式酸化・赤外吸収法 |
| T-N | ベルオキシソニ硫酸カリウム溶液添加分解後、銅カドミウムカラム還元・ナフチルエチレンジアミン吸光光度法(オートアナライザー使用) |
| NH ₄ -N | インドフェノール青吸光光度法(オートアナライザー使用) |
| NO ₂ -N+NO ₃ -N | 銅カドミウムカラム還元・ナフチルエチレンジアミン吸光光度法(オートアナライザー使用) |
| T-P | ベルオキシソニ硫酸カリウム溶液添加分解後、モリブデン青(アスコルビン酸)吸光光度法(オートアナライザー使用) |
| PO ₄ -P | モリブデン青(アスコルビン酸)吸光光度法(オートアナライザー使用) |

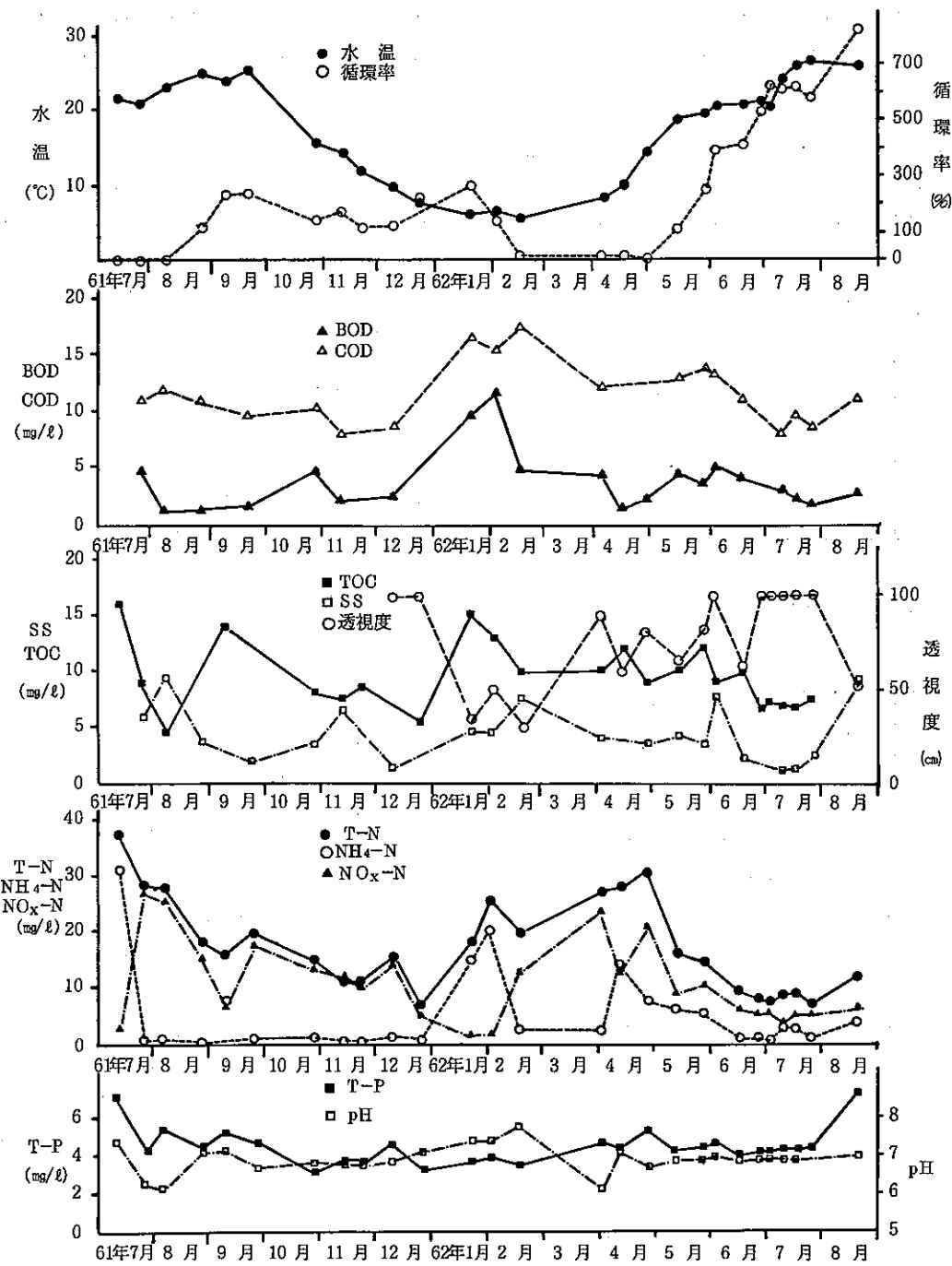


図3 処理水質の経時変化

処理方式の優秀性を示していると言ってよい。冬場の一時期、BODが10mg/ℓを越えることがあったが、これはエで述べるように嫌気汚床槽に汚泥がたまりすぎたことの影響が大きいと考えられる。

(イ) CODとTOC

処理水のCODは8~17mg/ℓ、TOCは5~15mg/ℓの間を変動している。BOD、COD、TOC相互の関係は図4に示すとおりで、BODとCOD、TOC

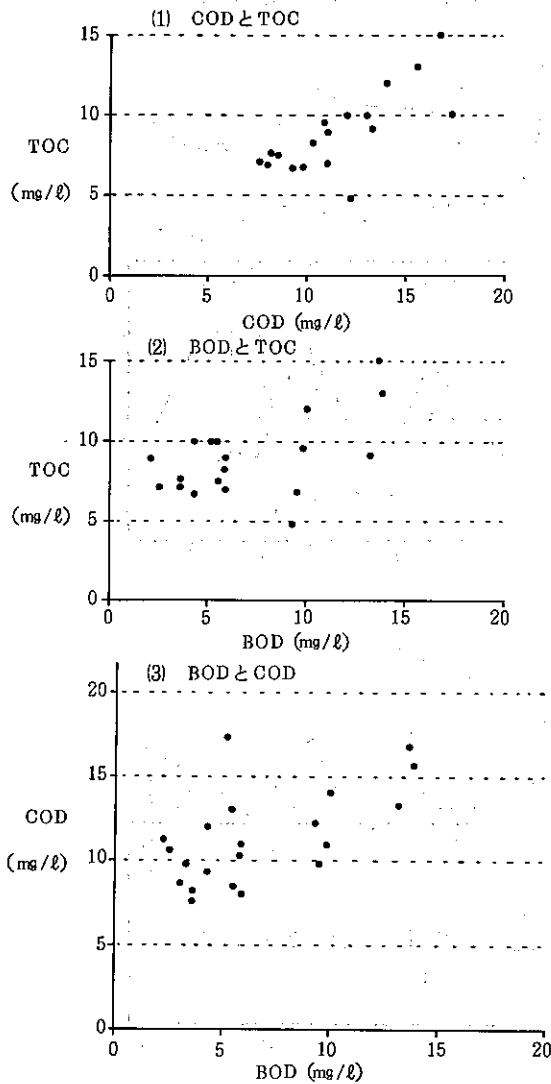


図4 処理水のBOD、COD、TOCの関係

の相関はあまりよくなく、CODとTOCが比較的良好に相関している。このことは処理水COD、TOCの起因物質は、BODでは表しえない生物難分解性物質が中心を占めていることを意味している。

(ウ) 透視度

透視度は水質の良し悪しを直接、判定できる重要な指標である。処理水の透視度は30cm台から100cm以上の間を変動したが、50cm以上のことが多かった。100cmに近い時は接触酸化槽の接触材が上から透き通って見える状態であった。図5は透視度とBOD、COD、TOC、SSの関係をみたものである。透視度と比較的良好に相関しているのはCODとTOCで、処理水の透視度は生物難分解性の残存有機物質によって左右される部分が多いことを示している。

イ 各槽における有機物質の除去

図6は槽別のBODとCODを調べた例である。嫌気汚床槽でBODは86%、CODは70%除去されており、嫌気汚床槽が有機物質除去の主力を担っている。接触酸化槽でのBOD、CODの除去量は嫌気汚床槽の1/5~1/7にすぎない。接触酸化槽の役目は処理水の仕上げを行うようなものである。

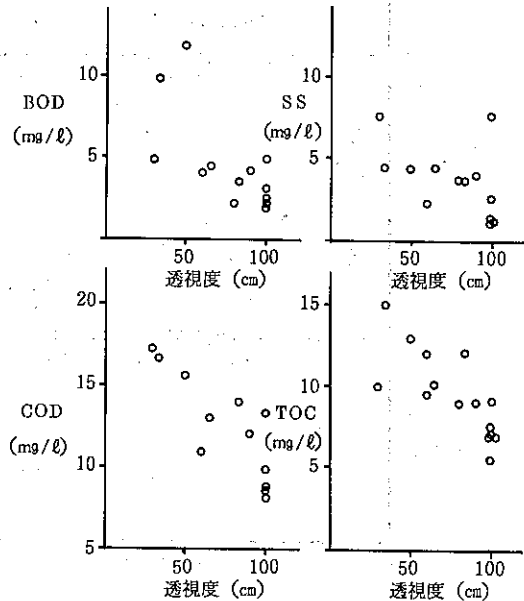
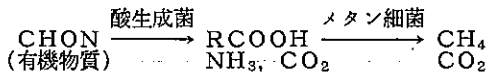


図5 処理水の透視度とBOD、SS、COD、TOCの関係

この嫌気汚床槽と接触酸化槽で生息する微生物の外観は接触酸化槽の付着污泥が土色で、粘着性があるのに対して、嫌気汚床槽の污泥は黒っぽくてさらさらしており、接触材に付着するというよりも、接触材の凹部にたまるように存在している。嫌気汚床槽の黒っぽい污泥の中に生息する微生物の種類と浄化機構については詳しいことがまだ分かっていない。污泥の嫌気性消化についての研究で知られている細菌は、有機物質を二酸化炭素と低級脂肪酸に分解する酸生成菌と、その低級脂肪酸をメタンと二酸化炭素に分解するメタン細菌である。このうち、酸生成菌は好気性でも生息する通性嫌気性細菌と絶対嫌気の状態でしか生息できない偏性嫌気性細菌の二種類があるが、前者が多いとされている。メタン細菌は偏性嫌気性細菌である。

嫌気汚床槽内の生物相が污泥の嫌気性消化の場合と同じだとすれば、嫌気汚床槽では有機物質は次のように分解されていくが、低級脂肪酸の一部は残存して、次の接触酸化槽で好氣的に分解されると考えられる。



一方、接触酸化槽の接触材に付着して浄化の機能を担っている微生物は活性汚泥処理と同様の細菌類と考えてよい。ただし、この場合は嫌気性分解を受けた後であるので、BOD値が低く、接触酸化槽に存在するBOD酸化菌は活性汚泥処理のばっ気槽と比べれば、はるかに少ないはずである。また、BODに対してNH₄-N(アンモニア性窒素)の濃度が割合に高いので、接触酸

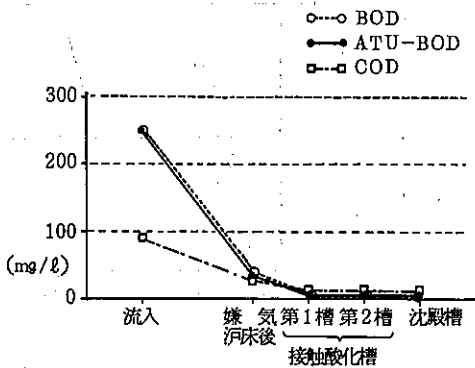


図6 処理工程別の水質変化 [62.4.1循環率0%]

化槽の接触材に付着する細菌類はBOD酸化菌よりも硝化菌が主力を占めているのではないと思われる。

ウ 流入水量変動の影響

図7は流入水量の変動の影響をみるため、接触酸化第二槽のBODとCODを時間別に調べたものである。流入水量が一時的に増えると、嫌気汚床槽から接触酸化槽へ押し出される水量が増大して処理水質が悪化することが懸念されるが、図7では流入水量変動の影響はわずかなものである。同図は循環率500%の場合であるが、循環率0%の場合も同様である。接触酸化槽は2日分の容量があるので、変動が吸収されてしまうのであろう。家庭用浄化槽についても流量調整槽を設けた方がよいという意見がある。流量調整を行うためには調整槽の他にポンプや制御機器の設置も必要となり、費用が嵩むが、図7を見る限りでは、その必要性は顕著ではない。

エ 処理水質の変動要因

図3の水質の経時変化を見ると、全般的には水質は良好であるが、時折、透視度が悪くなって、CODやTOCなどが上昇することがある。このような水質の低下をなくすための条件を以下に検討した。

図8は水温と処理水のCODの関係を見たものである。水温6℃でCODが上昇しているが、これは次に述べる嫌気汚床槽での污泥のたまりすぎによるものとも考えられるので、必ずしも低水温域での浄化能の低下を意

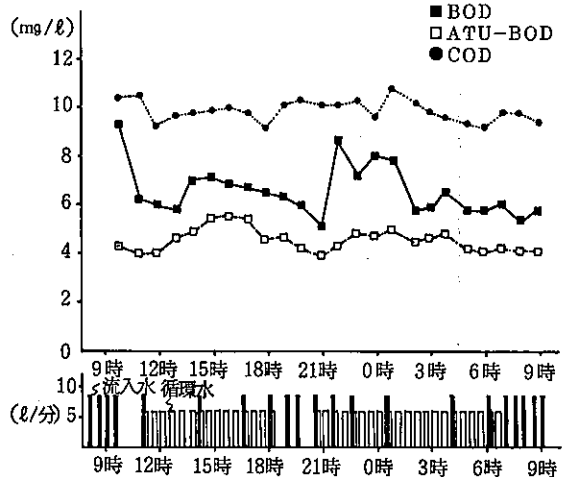


図7 接触酸化第二槽のBOD, CODの時間変化 (62.7.8 ~ 9)

味しているわけではない。この部分を除くと、少なくとも8℃までは水温は処理水CODを左右する要因にはなっていない。

次に図9は汚泥引き抜きによる処理水の透視度の変化をみたものである。いずれも引き抜き後、透視度が向上しており、汚泥引き抜きの効果が表れている。嫌気汚床槽に汚泥がたまりすぎると、その一部が接触酸化槽に流入して処理水質を悪化させる。一般の家庭用合併式浄化槽では一年に一度位の頻度で嫌気汚床槽の汚泥引き抜きが行われているが(ただし、引き抜き量は第一槽の全量で、嫌気汚床槽全容量の2/3)、良好な水質を維持するためには3~4カ月に一度は嫌気汚床槽全容量の1/5程度の汚泥を引き抜くべきである。もちろん、この引き抜き頻度は嫌気汚床槽の容量によるわけで、容量を現状より大きくして、堆積汚泥を貯留できる容量を確保すれば、汚泥の引き抜き回数を減らすことができる。概ね、嫌気汚床槽の容量を現状の1.5倍にすれば、一年に一回程度の汚泥引き抜きでよいと思われる。

図10は接触酸化槽から嫌気汚床槽への循環水量とCOD、透視度の関係を見たものである。循環率500~600%までは、循環率(循環水量/処理水量)を高めると、CODが小さくなり、透視度がよくなる傾向がみられる。循環率500%程度でCOD 10mg/ℓ未満、透視度100cmの処理水が得られている。窒素除去のために始めた循環がCOD等の処理水質の向上にも寄与したことは予想外のことであった。ただし、循環水量を増やしすぎ

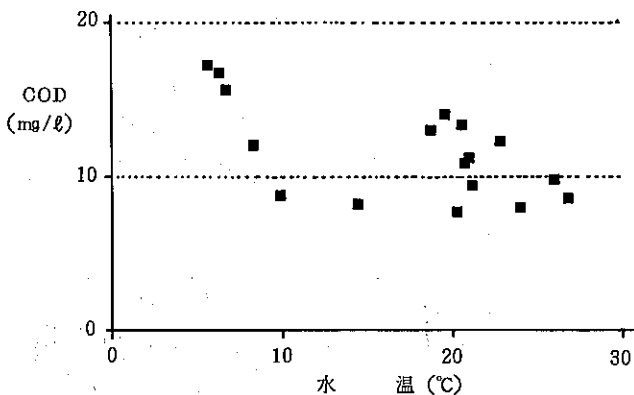
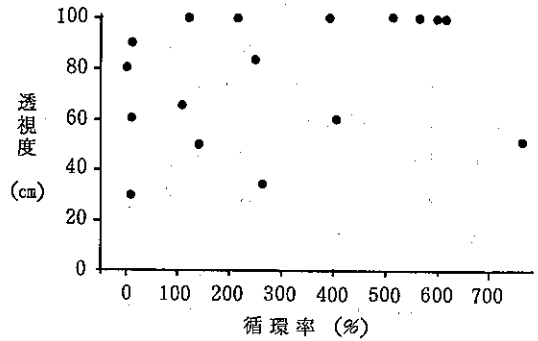


図8 処理水の水温とCODの関係

(1) 循環率と処理水の透視度



(2) 循環率と処理水のCOD

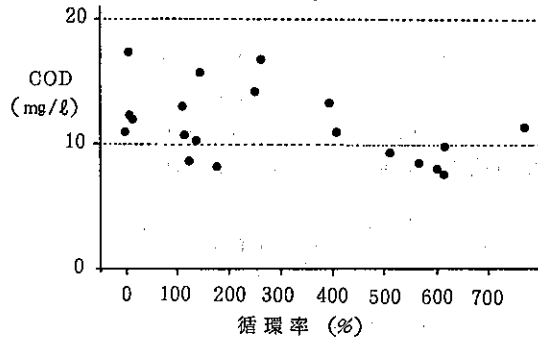


図10 循環率と処理水質の関係

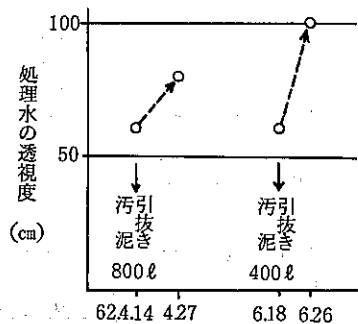


図9 汚泥引き抜きによる透視度の向上

ると、嫌気汚床槽の汚泥が接触酸化槽に持ち込まれて処理水質が悪化する。

循環水量の増加による処理水質の向上については、脱窒に伴う細菌類の物質代謝の変化が考えられる。稲森悠平ら及び E. J. Bouwerらは、生物難分解性物質の一部が脱窒反応の進む条件下で分解されるようになるという報告を行っている^{2) 3)}。循環水量を増やすと、嫌気汚床槽での脱窒反応がより多く進行し、COD起因物質である生物難分解性物質の一部分解が進むのではないかと思われる。生物難分解性物質の除去方法として、この循環式嫌気汚床・接触酸化処理は一つの可能性を示しており、今後の重要な研究課題である。

以上の検討を踏まえれば、家庭用合併式浄化槽の残存有機物質をより少なくしていくためには、次の二点の改善が必要である。

- ① 嫌気汚床槽からの汚泥引き抜き頻度を現状の一年に一回程度を3～4カ月に一度に改めるか、あるいは嫌気汚床槽の容量を市販型の1.5倍以上にする。
- ② 接触酸化槽から嫌気汚床第一槽へ、汚水流入量の5倍程度の水を循環する。

(2) 窒素の除去

ア 処理水の窒素とリン

前出の図3に示した処理水T-N、T-Pの経時変化の傾向は次のとおりである。

(ア) T-N

T-Nの変動範囲は概ね8 mg/ℓから30 mg/ℓ前後である。窒素については以下で述べるように除去条件をいろいろと変えているので、その条件によって処理水T-Nが変動する。30 mg/ℓ前後が除去対策がない場合の処理水T-N、8 mg/ℓが除去対策を講じた場合の最小T-Nを示している。流入水のT-Nを35 mg/ℓとすれば、除去対策がない場合の窒素除去率は10～20%、除去対策を進めた場合の最大除去率は80%弱である。

(イ) T-P

処理水T-Pの変動範囲は概ね4～5 mg/ℓである。流入水のT-Pを4.7 mg/ℓとすれば、沈殿槽までの段階ではリン除去率が非常に低い。リンについては沈殿槽の後に吸着塔を設置してあるが、この実験結果は、次年度報告する予定である。

イ 硝化反応に影響を及ぼす要因

接触酸化槽で硝化を十分に進めるために必要な容量を検討するため、槽別の形態別窒素の変化を調べた。その結果を図11に示す。接触酸化第一槽ではNH₄-N+有機性Nが5 mg/ℓ前後残留しており(硝化率86%)、第一槽の容量だけでは少し足りない。第二槽のNH₄-N+有機性Nは約1 mg/ℓであるから、一、二槽合わせた容量、すなわち、市販型の1.5倍の容量があれば十分に余裕があることになる。しかし、表1の市販型の調査データを見ると、硝化率が5～7割にとどまってい

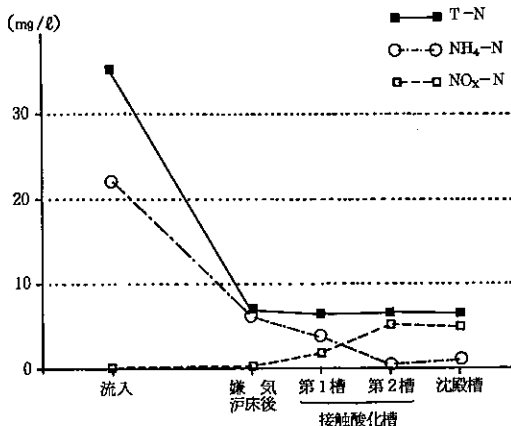


図11 処理工程別の水質変化 (62.7.24 循環率560%)

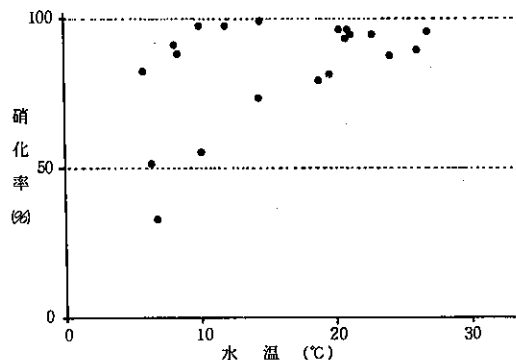


図12 水温と硝化率の関係

る。市販型の硝化率が本実験装置に比べて低い理由として残存有機物質の影響が考えられるが、詳細は不明である。この市販型の実態も考慮すれば、硝化を十分に進めるためには接触酸化槽の容量として市販型の1.5倍以上のものが必要と考えられる。

ただし、本実験においても時折、硝化率が低下してNH₄-Nがやや高めになることがあった。原因の一つとして水温の影響が考えられるので、水温と硝化率の関係をプロットしたのが図12である。水温6℃で硝化率が大幅に低下しているが、これは嫌気汚泥槽の汚泥のたまりすぎによる一連の水質悪化とも考えられる。これを別にすると、水温8℃で硝化率91%の値が得られており、少なくとも8℃までは水温が硝化率を抑制する要因とはなっていない。

また、pHの影響も殆ど見られない。活性汚泥処理の場合、脱窒工程がなくて硝化のみが進むと、次第にpHが低下し、4~5まで下がると、硝化菌の活動が抑制されて硝化が中断される。しかし、嫌気汚泥・接触酸化処理の場合は嫌気汚泥槽でアルカリ度が上昇するため、脱窒工程がなくとも、pHの大きな低下を生じない。NO_x-N（亜硝酸性及び硝酸性窒素）23mg/ℓ、NH₄-N 2mg/ℓという状態でpHは6.1にとどまっている。したがって、pH低下による硝化の中断はこの処理装置の場合は起こりえない。

時折、生じる硝化率低下の原因は不明であるが、透視度の低下など、水質が悪化した時に硝化率も低下してお

り、有機物質の負荷量の増加が硝化菌の菌体量またはその活性に微妙な影響を与えていると考えられる。

ウ 脱窒反応に影響を及ぼす要因

接触酸化槽で生成されたNO_x-Nを還元しなければ、窒素成分は除去されない。嫌気汚泥槽には通性嫌気性の酸生成菌が多量に生息しているので、NO_x-Nが流入すると、有機物の分解にNO_x-Nを使用し、窒素ガスに還元する。

接触酸化槽で硝化が100%進み、嫌気汚泥槽に送ったNO_x-Nの全量が還元されると仮定すれば、窒素除去率を次式で求めることができる。ただし、流入水量をQ（m³/日）、循環水量をR（m³/日）、窒素除去率をr_Nとする。

$$r_N = R / (Q + R) = 1 / (1 + Q/R)$$

本実験では循環率（R/Q）を0%から760%まで変化させて、処理水T-Nとの関係を調べた。その結果を図13に示す。同図の破線は流入水T-Nを35mg/ℓとして処理水T-Nを上式から計算したものである。循環率0%の処理水T-Nは30mg/ℓ前後で、流入窒素の10~20%が除去されている。これは接触酸化槽から嫌気汚泥槽への自然逆流で、硝酸の一部が還元されたことによるものである。

硝化が十分に進まない時期もあるので、計算値と多少の乖離がみられるが、循環率を高めると、窒素除去率が上昇する傾向が読み取れる。ただし、循環率を600%以上に高めても除去率は上昇せず、700%以上になる

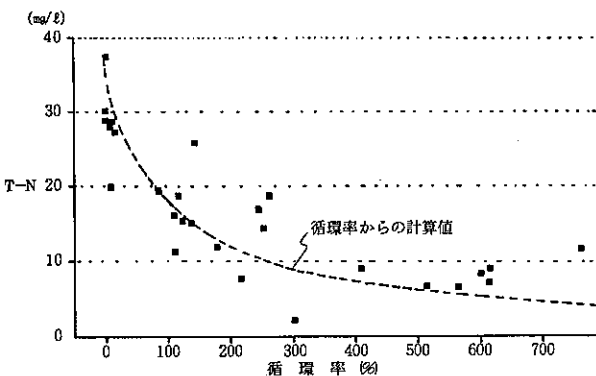


図13 循環率と処理水T-Nの関係

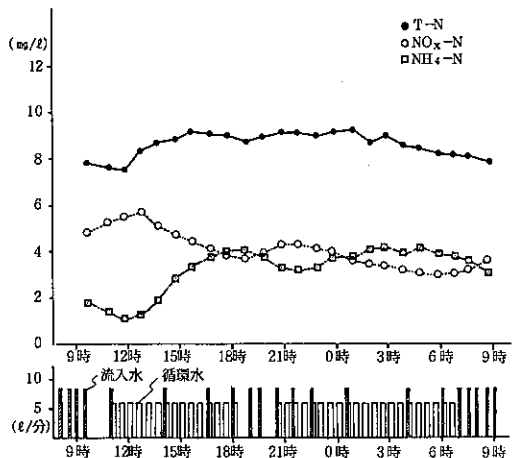


図14 接触酸化第2槽のT-N, NH₄-N, NO_x-Nの時間変化 (62.7.8 ~ 9)

と、むしろ、除去率が低下している。この時の接触酸化槽は濁りがひどかったが、これは循環水を増やしすぎたため、嫌気汚床槽の汚泥が接触酸化槽に持ち込まれたからである。したがって、循環率500%程度が処理水質を良好に保つ上での限界値と考えられる。この時の処理水T-Nは8mg/ℓで、流入水T-Nを35mg/ℓとすれば、窒素除去率は80%弱である。

なお、市販型の浄化槽にも循環ポンプを取り付けて流入水量の500%位の水を循環すれば、50%以上の窒素を除去することが可能である。また、(1)で述べたように、接触酸化槽から嫌気汚床槽への循環は残存有機物質をも減少させる効果があるので、市販型合併式浄化槽においても嫌気汚床槽への循環を是非進めていくべきである。

エ 流入水量変動の影響

図14は接触酸化第二槽におけるT-N等の時間変化を示したものである。汚水は同図に示すように、家庭排水の実態に合わせて流入させ、循環水は汚水の流入が集中する7:00～10:30と18:30～20:00は送水を止め、それ以外の時間は均等に嫌気汚床槽へ送水した。このような流入水量の変動が処理水質にどの程度の影響を与えるかを調べたのが図14であるが、T-Nの変動は1～2割にとどまっておき、流入水量変動の影響は小さい。したがって、窒素除去のために流入調整槽を設ける必要性はない。

以上の検討により、家庭用合併式浄化槽において次の二点の改善を行えば、流入窒素の80%弱を除去できることが明らかになった。

- ① 硝化を十分に進められるよう、接触酸化槽の容量を市販型の1.5倍以上にする。
- ② 生成されたNO_x-Nを還元するため、接触酸化槽から嫌気汚床槽に汚水流入量の500%程度の水を循環する。

5 おわりに

本研究により、家庭用合併式浄化槽の残存有機物質の削減と窒素除去について次の知見が得られた。

(1) 嫌気汚床槽からの汚泥引き抜きの頻度を高めて3～4カ月に一度、槽容量の1/5程度の汚泥を引き抜くとともに、接触酸化槽から嫌気汚床槽へ汚水流入量の500%程度の水を循環すれば、COD10mg/ℓ以下の透明感のある処理水を得ることができる。

(2) 接触酸化槽の容量を市販型の1.5倍以上にして、且つ、接触酸化槽から嫌気汚床槽へ汚水流入量の500%程度の水を循環させれば、流入窒素の80%弱を除去することができる。

(3) 現在、市販されている家庭用合併式浄化槽においても接触酸化槽に循環ポンプを設置して嫌気汚床槽へ大量の水を循環させれば、流入窒素の50%以上を除去できるだけでなく、処理水の透明感を増すこともできる。

今回は主に現象面のみを検討にとどまったが、今後は家庭用合併式浄化槽における有機物質と窒素の除去機構について研究を進めていく予定である。リンについては鹿沼土等の吸着材を用いた除去実験を継続してきているが、その実験結果は次年度、報告することとしたい。

なお、本研究を進めるにあたり、日野市多摩平処理場の職員の方々の協力を得た。厚く謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本環境整備教育センター：し尿浄化槽の窒素およびリン(1978)
- 2) 稲森悠平他：難分解性有機化合物の嫌気・好気循環ろ床法による浄化、用水と廃水、29(6)、31(1987)
- 3) E. J. Bouwer, *et al.*: Transformations of Halogenated Organic Compounds Under Denitrification Conditions, *Appl. Environ. Microbiol.* 45 (4), 1295 (1983)