

接触曝気法による下水処理に関する研究

竺 文 彦

Study on Sewage Treatment by Aerated Biological Filter Process

Fumihiko JIKU

Pollution of rivers has recently been improved by various measures but pollution of lakes has today become more serious. Utrophication is one of the biggest problems among many lake pollution problems. The phenomenon of utrophication is caused by the influent of Nitrogen and Phosphorus to the lakes.

Industrial wastewater is strictly controlled by law but domestic wastewater has not been sufficiently treated. Activated Sludge Process has been used for treatment of domestic wastewater but this process is difficult to operate stably in small facilities. Submerged Filter Process has recently become to be widely used for onsite domestic facilities. Submerged Filter Process is one of bio-treatment processes using filter media in the aeration tank.

In this paper, the effect of the filter media was experimentally examined. The removal rates of SS and BOD were rather high but the removal rates of Nitrogen and Phosphorus were not so high.

1. はじめに

昭和30年代以降の著しい産業の発展および都市への人口集中に伴い、各地において水質汚濁問題が発生してきた。これまでの排水規制の強化、下水道の整備等により、総体的にみると改善の傾向がみられるが、望ましい水質環境に達していない水域も数多く残されている。水質汚濁の現状では、工場、事業場排水については、排水規制の強化等の措置が一応の効果をあげていると考えられるが、家庭排水等については、下水道整備等がいまだ十分でないこと、し尿浄化槽の設置および維持管理において適正を欠いている面もあることなどが問題点としてあげられる。特に内湾、内海、湖沼等については、水が滞留し、汚濁物質が蓄積しやすいという閉鎖性水域の物理的特性および内湾や内海等の臨海部には、人口や産業が集中しているという社会経済的要因が加わり、水質の悪化が社会的な問題となっている。都市化が進んでいる湖沼周辺においては下水道の整備が人口の増加に追いつかず、排出負荷量のうち生活排水の占める割合が大きい場合も多い。

こうした水域の水質保全対策としては、下水道整備の促進および排水規制の徹底とともに、下水道未整備地域については、し尿浄化槽の維持管理の徹底や生活雑排水処理対策の推進を図る必要がある。

これまで、下水処理を中心に用いられてきた活性汚泥法は、維持管理に専門的な技術が必要であり、最近数多く計画、実施されるようになってきた小規模の下水道や浄化槽においては接触ろ材を用いた接触曝気法が多く用いられるようになってきた。

2. 実験目的

接触曝気法は、大規模な下水処理施設では用いられていないが、維持管理が容易であり、処理性能が安定しており、生成汚泥量が少ないことなどの利点があり、小規模な施設を中心として今後も発展しうる処理法であると考えられる。現在、接触曝気法では多種多様の接触ろ材が、それぞれの特色をいかし使用されている。しかし、これらの接触ろ材にはさまざまな種類のものが開発されており、処理性能は接触ろ材の充填方法、曝気方法の組み合わせによって決定される。

本実験では、接触曝気槽内に充填される接触ろ材の状態、流入負荷量、曝気時間などと処理効果について、実験的な検討を行った。

3. 実験方法

本実験における装置として図-1に示す市販されている三次処理用浄化槽を3槽用いた。本装置は、楕円筒状タンクで内径は、長径0.88m、短径0.78m、高さ1.20mで、有効容積は0.34m³、接触曝気室容積は0.315m³である。なお、消毒室は使用していない。ブローの送風量は約0.8L/分、消費電力は35W、常用圧力0.12kgf/cm²である。

実験では、A槽、B槽、C槽の3槽の接触曝気槽内に、それぞれ三角柱型鉄棒2つと四角柱型鉄棒2つの棒組みを入れ、3槽のうちA槽には接触ろ材を入れず、B槽、C槽にはネット状接触ろ材を鉄棒に平行に張り付けた。すなわち、B槽には5cm間隔で22枚、総面積2.09m²、C槽には2cm間隔で50枚、総面積4.62m²のネット状接触材を張り付けて充填した。ろ材の充填状況を図-2に示す。槽の上下10cmを除いて全面に充填したため、充填率は約9割となっている。

実験装置は下水処理場に設置し、実験用の原水

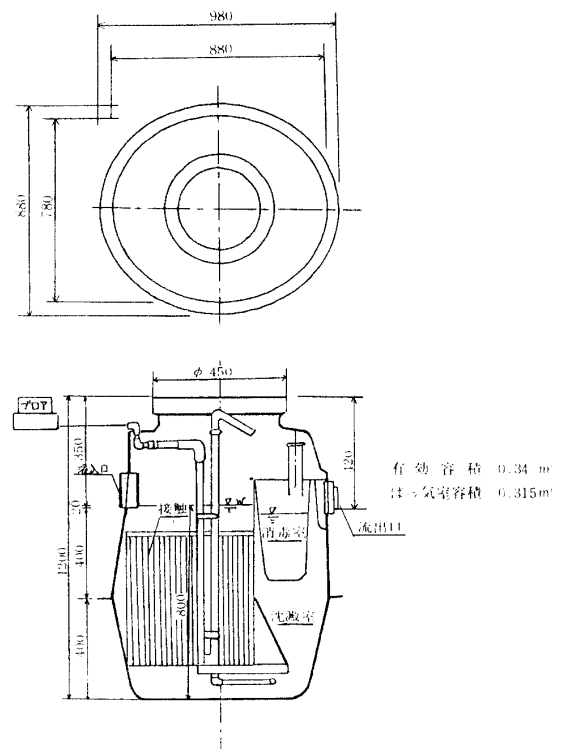
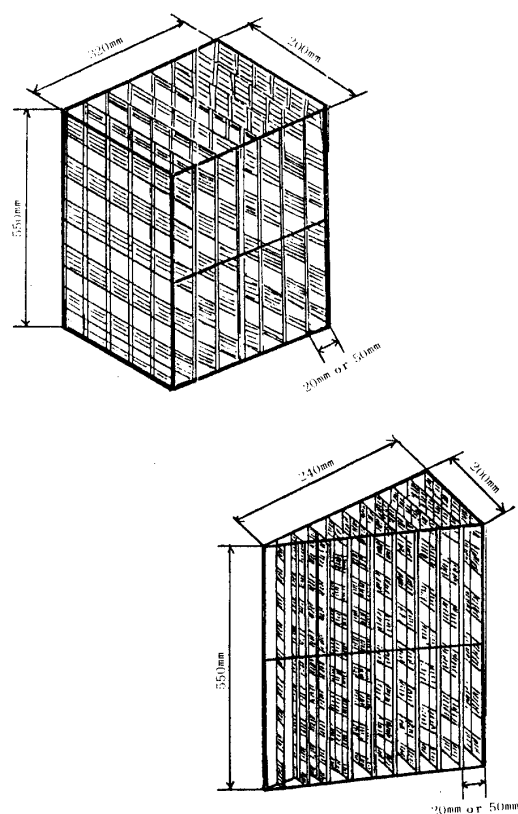


図-1 実験装置

として、下水処理場の最初沈澱池流出水を使用した。

実験条件の設定については、流入方法および曝気方法を変化させ、5つの実験（RUN 1—RUN5）を行った。原水の流入量の設定としては、流入水量を24時間連続流入とした場合、 $2.04\text{m}^3/\text{日}$ と設定した。RUN 1では、原水流入方法を24時間連続流入とし、曝気方法は24時間連続曝気とした。RUN 2、RUN3においては、原水流入量をRUN 1のそれぞれ $1/2$ 、 $1/4$ とした。また、RUN 4においては、曝気時間をRUN 2の場合の $1/2$ とした。RUN 5においては、断続的な曝気とした。滞留時間は、RUN 1では約4時間、RUN 2、RUN 4、RUN 5では約12時間、RUN 3では約18時間とした。これらの実験設定条件を表一1に示す。



図一2 接触ろ材

表一1 実験設定条件

R U N	1	原水流入方法	24時間連続流入
		ばっき方法	24時間連続ばっ気
	2	原水流入方法	12時間流入（15:00～3:00）、12時間停止
		ばっき方法	24時間連続ばっ気
	3	原水流入方法	6時間流入（12:00～18:00）、18時間停止
		ばっ気方法	24時間連続ばっ気
	4	原水流入方法	12時間流入（12:00～0:00）、12時間停止
		ばっ気方法	12時間ばっ気（12:00～0:00）、12時間停止
	5	原水流入方法	12時間流入（12:00～0:00）、12時間停止
		ばっき方法	ON & OFFばっ気（1時間作動、30分停止）

採水については、原水として下水処理場の一次処理水を実験装置流入口から採水し、処理水は各槽流出口から採水した。採水回数は、週2回または3回とし、採水時刻は午後3時頃とした。実験の期間は、7月～12月である。水質測定方法を表一2に示す。

表一 2 測 定 方 法

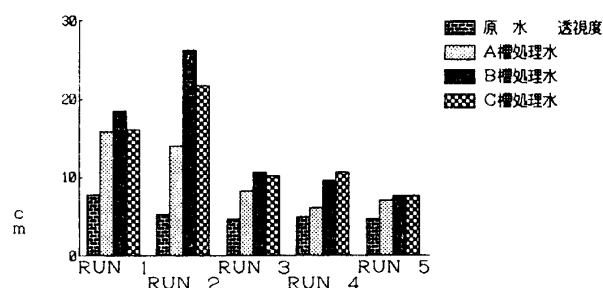
水質項目	使用書	方 法
BOD ₅	下 水	ウィンクラアジ化ナトリウム変法
COD	下 水	100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量
SS	下 水	ガラスファイバーろ紙法
pH	下 水	ガラス電極法
アルカリ度	J I S	酸消費量 (pH 4. 8)
NH ₄ -N	J I S	インドフェノール青吸光光度法
NO ₂ -N	J I S	N-(1-ナフチル) エチレンジアミン吸光光度法
NO ₃ -N	下 水	ブルジン法
PO ₄	J I S	モリブデン青 (アスコルビン酸) 吸光光度法
T-N	J I S	紫外線吸光光度法
T-P	J I S	ペルオキソ二硫酸カリウム分解法

※ 下 水 下水試験方法 (社団法人 日本下水道協会)

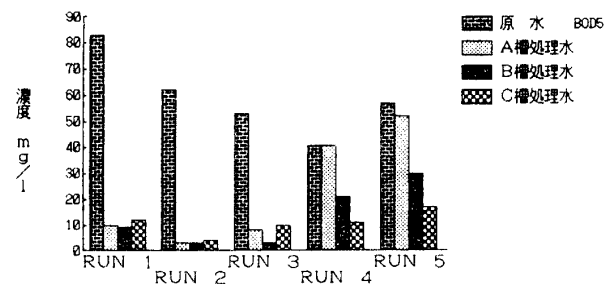
※ J I S J I Sハンドブック 公害関係 (日本規格協会)

4. 実験結果および考察

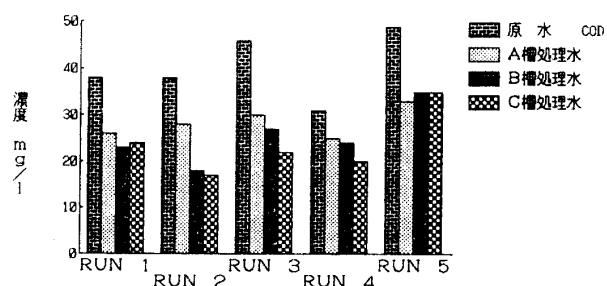
各RUNにおける水質測定結果を、図一 3～図一 7、表一 3～表一 8に示す。



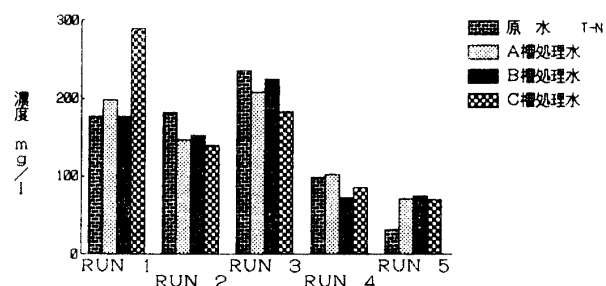
図一 3 RUN 1 から RUN 5 の透視度の平均値



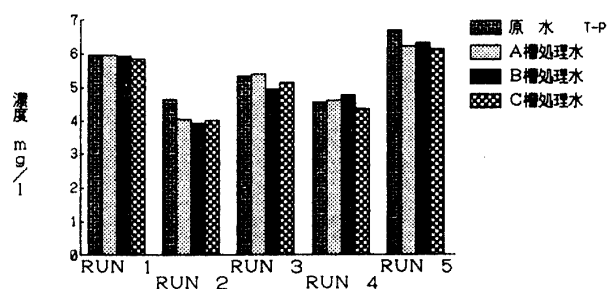
図一 4 RUN 1 から RUN 5 のBODの平均値



図一 5 RUN 1 から RUN 5 のCODの平均値



図一 6 RUN 1 から RUN 5 のT-Nの平均値



図一 7 RUN 1 からRUN 5 のT—Pの平均値

表一 3 RUN 1 からRUN 5 のpHの平均値

試水／番号	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 5
原 水	7.2	6.8	7.3	7.3	7.2
A 槽処理水	7.1	7.1	7.3	7.3	7.4
B 槽処理水	7.2	7.0	7.4	7.4	7.4
C 槽処理水	7.3	7.0	7.2	7.3	7.3

表一 4 RUN 1 からRUN 5 のSSの平均値 (mg／l)

試水／番号	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 5
原 水	154	363	275	167	456
A 槽処理水	35	30	18	23	27
B 槽処理水	34	30	21	10	30
C 槽処理水	36	20	25	13	30

表一 5 RUN 1 からRUN 5 のNH₄—Nの平均値 (mg／l)

試水／番号	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 5
原 水	39.0	47.9	54.1	25.8	42.2
A 槽処理水	30.0	39.1	55.0	27.7	34.5
B 槽処理水	28.9	32.9	57.1	34.0	32.9
C 槽処理水	29.3	34.2	55.8	26.0	31.0

表一 6 RUN 1 からRUN 5 のNO₂—Nの平均値 (mg／l)

試水／番号	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 5
原 水	0.423	0.040	0.032	0.021	0.035
A 槽処理水	0.040	0.018	0.040	0.020	0.030
B 槽処理水	0.039	0.034	0.048	0.018	0.025
C 槽処理水	0.047	0.026	0.061	0.021	0.029

表—7 RUN 1 からRUN 5 のNO₃—Nの平均値 (mg / l)

試水 / 番号	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 5
原 水	0.26	0.26	0.33	0.29	0.32
A 槽処理水	1.17	0.14	0.25	0.30	0.27
B 槽処理水	0.90	0.14	0.21	0.25	0.33
C 槽処理水	1.55	0.12	0.22	0.25	0.28

表—8 RUN 1 からRUN 5 のPの平均値 (mg / l)

試水 / 番号	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 5
原 水	4.34	3.28	2.58	2.68	3.90
A 槽処理水	3.83	2.62	2.28	2.25	3.90
B 槽処理水	3.80	2.71	2.12	2.39	3.90
C 槽処理水	3.71	2.72	2.12	2.39	3.89

4—1 RUN 1における実験結果・考察

RUN 1 は、24時間連続流入、24時間連続ばっ気とした。実験条件として、負荷を大きく取ったため、各水質測定項目ともやや高い処理水質となった。透視度は約 1.5 倍～4 倍まで大きくなり、処理効果が認められる。pHでは、RUN 1 の前半に測定した値については、弱アルカリ性を示したが、RUN 1 の後半に測定した値については、ところどころ弱酸性となっていた。SSでは、前半と後半の処理効果を比較すると、前半は全体的に処理効果が低いのに対し、後半は処理効果が徐々に向上している。BODでは、処理効果が高く、約 9 割の除去率がえられた。CODでは、原水により処理効果にかなり幅があり、約 3 割～7 割の除去率がえられた。窒素とリンについては、ほとんど処理されておらず、NH₄—NからNO₃—Nへの変化もほとんど認められなかった。また、各槽内のDOは、測定の結果ほぼ飽和状態であった。

4—2 RUN 2における実験結果・考察

RUN 2 では、流入負荷量をRUN 1 の場合の 1 / 2 としたが、透視度では、処理水は約 4 倍～5 倍まで透視度が高くなり、処理効果を示した。pHは、原水が弱酸性であり、処理水はほぼ中性であった。SSとBODについては、約 9 割の良好な除去率がえられた。CODでは、RUN 1 に比較し、処理効果が安定しており、約 5 割の除去率となっており、生物膜による効果が顕著であった。窒素とリンについては、RUN 1 と同様、約 2 割の除去率しかえられなかった。

4—3 RUN 3における実験結果・考察

RUN 3 は、流入負荷量をRUN 1 の場合の 1 / 4 としたが、透視度では、処理水は約 2 倍～3 倍まで透視度が高くなった。pHは、弱酸性、弱アルカリ性と値にかなり幅が認められた。SSとBODでは、約 8 割～9 割の除去率がえられた。その性能はかなり安定しているが生物膜による効果は、あまり明瞭ではなかった。CODでは、約 4 割～5 割の除去率が得られ、その処理性能は安定し

ていた。また、生物膜による効果も顕著であった。窒素とリンについては、窒素では除去率がほとんど0であるのに対し、リンではやや生物膜の効果が認められ、除去率は約2割と低い安定した値がえられた。SS・BOD・COD・リンについては、流入負荷量のある程度低くし、処理槽内での滞留時間を長くすることにより、安定した処理効果が期待できると考えられる。

4-4 RUN 4 における実験結果・考察

RUN 4 では、流入負荷量はRUN 2 の場合と同様としたが、曝気時間は12時間曝気・12時間停止とした。透視度においては、処理水では約2倍～3倍までの値となっており、処理効果を示している。pHは、すべて弱アルカリ性であることが認められた。SSでは、約8割～9割の除去率がえられており、処理効果は安定しているが生物膜による効果は明瞭でなかった。BODでは、処理効果が低下しており、約5割～7割の除去率となっている。しかし、生物膜による効果は顕著であった。CODでは、処理効果が低下しており、約2割～4割の除去率となっている。BOD・CODでは、曝気時間が処理効果に大きく関与することが認められる。窒素とリンの処理効果はほとんど認められなかった。

4-5 RUN 5 における実験結果・考察

RUN 5 では、流入負荷量はRUN 2 と同様としたが、曝気方法を1時間曝気・30分停止の繰り返しと設定した。透視度では、処理水の透視度は、1.5倍程度であった。pHは、すべて弱アルカリ性であった。SSでは、約9割の除去率が得られている。BODでは、処理効果はRUN 4 と同様に除去率が低くなっているが、生物膜による効果は顕著であった。CODでは、処理効果はRUN 1 と同様に除去率は約3割であり、生物膜による効果も明瞭ではなかった。窒素とリンの処理効果については、窒素では、約2割の除去率が認められるのに対し、リンではほとんど除去されていない。

4-6 RUN 1 ～RUN 5 の結果・考察

透視度では、各RUNともB槽とC槽の差は余り認められないが、原水と比較すると、かなり透視が高く処理効果が認められる。とくにRUN 2 では良好な結果となっているのに対し、RUN 4 ではあまり良好な結果が得られておらず、曝気時間の効果が明確である。SSでは、各RUNともまずまずの処理効果となったが、生物膜による効果は、あまり明瞭ではなかった。BODでは、RUN 1, RUN 2, RUN 3 においては、除去率は全般に約9割と良好であったが、生物膜による効果はあまり明瞭ではなかった。RUN 4, RUN 5 においては、曝気時間を短縮することにより除去率は低下したが、生物膜の効果は顕著であった。

生物膜による処理効果を次式により算定するものとする。

$$\begin{aligned} \text{生物膜における除去効果 (g/日)} &= \{ \text{A槽測定値} - \text{B槽or C槽測定値} \} (\text{g/m}^3) \\ &\quad \times \text{一日流入水量 (m}^3/\text{日)} \\ \text{単位生物膜量による除去量 (g/日} \cdot \text{m}^2) &= \text{生物膜における除去効果 (g/日)} \\ &\quad / \text{接触ろ材総面積 (m}^2) \end{aligned}$$

RUN 4 における生物膜によるBOD除去の効果は、B槽20.4 g/日、C槽30.6 g/日となってお

り、単位生物膜当りの除去BODの量は、B槽 $9.8 \text{ g} / \text{日} \cdot \text{m}^2$ 、C槽 $6.6 \text{ g} / \text{日} \cdot \text{m}^2$ となり、B槽の値の方が大きくなっている。CODでは、RUN 2、RUN 3以外は、生物膜による効果は明瞭ではなかった。RUN 2における生物膜によるCOD除去量は、B槽 $10.2 \text{ g} / \text{日}$ 、C槽 $11.2 \text{ g} / \text{日}$ となっており、単位生物膜当りの除去COD量は、B槽 $4.9 \text{ g} / \text{日} \cdot \text{m}^2$ 、C槽 $2.4 \text{ g} / \text{日} \cdot \text{m}^2$ という値となり、CODにおいてもB槽の方が単位生物量当りの処理効果が高くなっている。窒素とリンについては、各RUNともほとんど処理効果は認められなかった。

5. ま と め

近年多く用いられるようになってきた接触曝気法による下水処理について、ろ材の量や流入水量、曝気量などについて基礎的な実験的検討を行った。SS、BOD、CODについては、全般に良好な処理結果が得られたが、リンおよび窒素については余り良好な処理効果は得られなかった。また、曝気時間を短縮すると処理効果の減少が明確に認められた。生物膜量による除去効果の違いについては、除去率が高い場合にはあまり効果の差が明確ではなかったが、除去率が低い場合にはより明確に認められた。また、その単位生物膜当りの除去量は、C槽よりろ材の少ないB槽の方が大きい傾向が認められた。これについては、本実験ではろ材の量が少ない方が有効な生物量が多いか、あるいは、槽内の生物膜の量はろ材の量にあまり関係なく同程度の量となっていることなどが推定できる。

接触曝気法における接触ろ材については、さまざまな種類のものがあり、現在のところ充填率に対する規定が定められている程度であるが、今後各々のろ材における処理性能や充填率、充填方法などが明確にされなければならない。