

(1) 紐状材料による横流式沈澱槽の浮遊物質除去効率改善に関する考察

A METHOD TO INCREASE THE REMOVAL EFFICIENCY OF SUSPENDED SOLIDS
IN SMALL SETTLING TANKS BY SETTING PLASTIC FIBER STRINGS

今岡正美^{*} , 平山公明^{*} , 櫻井健士^{*}

Masaharu IMAOKA^{*}, Kimiaki HIRAYAMA^{*}, Takesi SAKURAI^{*}

ABSTRACT ; Settling is one of fundamental processes of water treatment, but it needs comparatively large space to install a settling tank. Therefore, it is difficult for some small scale factories to find enough space in their premises to install one. Some experiments were made with some small model settling tanks in which plastic fiber strings with many small loops were stretched covering full cross section perpendicularly to the horizontal flow arranged with some intervals to increase the efficiency of suspended solids removal. It is shown in this paper that the fiber strings in a settling tank improved removal efficiency by preventing short circuit flows, and obstructing suspended solids to pass through the fiber net or adhering them on it.

KEYWORDS ; Small scale settling tank, Suspended solids removal, Improvement of removal efficiency, Plastic fiber strings

1. はじめに

水処理の過程において、沈澱処理はもっとも基本的な方法の一つであるが、その設置のために比較的広い面積を必要とする。したがって、小規模な工場などにおいては、敷地が得にくい場合もあり、縦長型の上向流式沈澱槽が用いられることが多い。ここでは、最近、小規模な活性汚泥処理装置のエアレーションタンクに使われているリング状の連続した紐状材料を、例えば、直径1m、深さ1m程度の小型円形沈澱槽等を想定した縦型横流式沈澱槽の沈澱効率改善の目的で使用した場合の効果とその機構について、実験的に考察を行った結果を報告する。

2. 沈澱池の一般的な沈澱効率改善対策と実験の経緯

沈澱池の沈澱効率改善には、薬品による方法と沈澱池の構造によるものがある。後者の場合、整流壁を取りつける、あるいは2以上の槽の直列接続による容量効率の増大などからはじまったと思われる。その後、二階層または多層沈澱池が大規模な浄水場で用いられるようになった。またその頃、沈澱池の中間に、流れに垂直の方向に金網等をはって、沈澱物が池底に達するまでに補足することが試みられ、実験的に一応の成果が得られたことが報告¹⁾されているが、同じ頃実用化された傾斜板沈澱池の普及もあり、広く用いられるまでに至らなかったと思われる。傾斜板沈澱池は、小規模な水処理装置にも広く用いられるようになったが、活性汚泥のような付着性の強いものに対しては沈澱物の自然落下が困難で、十分な効果を発揮しなかった例もあったようである。

紐状材料による、沈澱池の沈澱効率改善に関する経過については、1989年頃、活性汚泥法の最終沈澱槽の効率改善に関する内容で、傾斜板沈澱池は、活性汚泥のような付着性の強い浮遊物に対して十分機能を発揮しない場合があるので、これに代わるものとして、小規模な活性汚泥接触ばっ気処理装置に用いられる紐状

^{*} 山梨大学工学部土木環境工学科 Dept. of Civil and Environmental Engineering, Yamanashi Univ.

の付着体の付着性を応用し、沈澱槽内にこれを密に張りめぐらして、流水中の浮遊物質を付着させ、付着したものは、たとえば紐状付着体に振動を与えることによって、これを槽底に落下させることができると、付着性の強い浮遊物質の除去にも対応でき、小型沈澱槽にも応用できるので、その効果の確認方法について相談を受けた。これに対し、すでに1970年頃、甲府市の平瀬浄水場で行った沈澱池の効率改善に関する基礎的な実験などの経験²⁾から、沈澱池として、沈澱機能を強調する方法、すなわち、紐状材料を流れ方向に垂直に一列に並べたものを中間にいくつか設置することにより、まず整流板のような整流効果を期待しこれにより沈降を促進し、さらに紐状材料列を微粒子が通過するときの、ろ過もしくは付着効果を期待できれば、これによって一部の浮遊物質は槽底に直接沈降し、他の一部紐状材料に付着したものも、これを水中で振動を与えることで分離沈降させる方法によることが可能ではないかと考え、その方法を提案し、研究委託を受けた。主に活性汚泥を用いた予備的な実験の結果はほぼ予想通りのものであり^{3) 4)}、翌年も実験を継続する機会を得て、より詳しくその効果を確認することができた^{5) 6)}。この効果が生じる理由としては、多段直列配置型の沈澱槽としての効果、水平方向流の分布の均等化に関する整流効果、紐状材料による浮遊物質のろ過または付着効果などによると考えられた。本研究は、それらについてより詳しく調べる目的で実験を行ったもので、実験は、①紐状材料を用いた場合の整流効果、および、紐状材料と整流板の整流効果の比較実験②紐状材料と整流板を用いた場合の浮遊物質の除去機構の違いを調べるため、浮遊物質として活性汚泥、硫酸アルミニウム凝集フロックを用いた実験③紐状材料を用いた場合、いわゆる目づまり現象がみられるかを調べる実験 についてそれぞれ試行的に行った。

3. 実験装置と実験方法

3. 1 実験装置

実験には、水深1m程度の実際の小型実験槽の一部を想定した模型沈澱槽と、より詳細な実験を行うためのより小型の実験槽を用いた。実験装置はいずれもプラスチック透明板製で、①高さ120cm（水深115cm、有効水深100cm）、長さ60cm、幅15cm、有効容量75ℓの長方形沈澱槽、②高さ120cm、直径110cmの円形沈澱槽（但し1/4円形）、③高さ21cm（水深15cm）、長さ60cm、幅21cmの浅い小型沈澱槽の3種類を用いた。

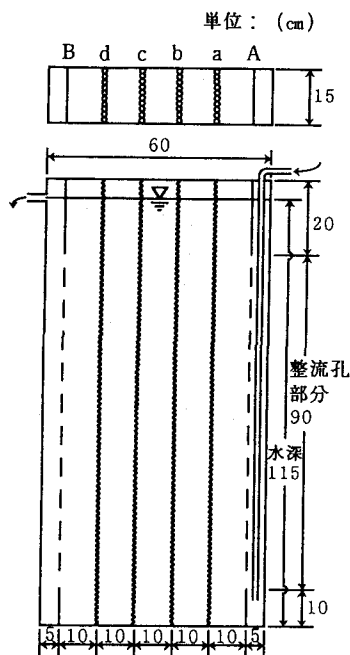
紐状材料としては、東洋テルミー社製のバイオモールを用いた（以後紐状材料はバイオモールと記す）。①、③の槽について、バイオモールの配置はもっとも数の多いもので、沈澱槽の流水方向の長さ50cmの間に10cm間隔で4ヶ所であり、0～4ヶ所の配置とした。またバイオモールの配列の一列に並べる密度は、最大で15cm幅に10本もしくは21cm幅に14本である。②の円形槽のバイオモールの配列については、①、③の最大の場合に準じている。沈澱槽の流入部と流出部には直径8mmの孔を中心間隔2cmで（横）7×（縦）46＝322個あけたものを整流板としている。開孔部面積比は有効水深に対して10.8%である。また、バイオモールの効果と比較のため、孔径0.3cm、開孔面積比約15%の中間整流板をバイオモールと同じ位置に配置したものを用いた。

長方形沈澱池の寸法やバイオモール配列状況を図1-1に、円形沈澱池のバイオモール配列状況を図1-2に示す。またバイオモールの形状、太さを図-2に示す。

3. 2 実験方法と流況観察方法

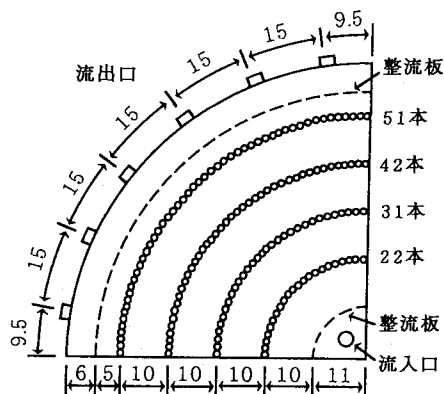
実験槽内の流況の観察には、色素などをトレーサーとして用いたが、実験用の浮遊物質そのものによる流況観察もできた。また浮遊物質の水中の挙動や除去に関しては、浮遊物質量を測定した。

流入水は、トレーサーによる水流観察の場合には、水道栓の開度を一定にして、直接ホースをつないで水槽に流入させた。したがって、屋上の高置水槽の水位変動や水温の変化による影響をある程度受けている。トレーサーは、主にローダミン、ウラニン溶液を用い、流入管中に注入し、トレーサーの動きを肉眼観察、



A、Bは整流板の位置
a、b、c、dは紐状材料配置位置
(10本組4ヶ所配置の場合)

図1-1 長方形沈澱槽



(上面図)

図1-2 円形沈澱槽での紐状材料の配置

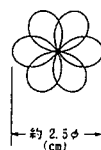
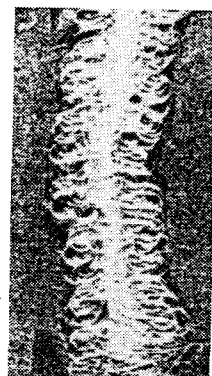


図2 紐状材料

または写真およびビデオに記録した。浮遊物質の除去に関する実験については、活性汚泥による場合は、ポリバケツで、返送汚泥に水道水を混ぜて一定濃度としたものを曝気攪拌し、定量ポンプで沈澱槽に流入させた。凝集させたフロックによる実験の場合は、カオリン懸濁液を実験槽より高所においたタンクに定量ポンプで流入し、そこで硫酸アルミニウムを注入、攪拌してフロックを形成させ、自然流下により水槽に流入させる方法をとった。流況の観察と同時に、流出水や沈澱汚泥を採水し、吸光度、導電率、SS量を測定した。

3. 3 実験条件の概要

実験条件の要素は、流量、およびバイオモール配列形式（位置、本数、形態）などが考えられ、ここでは流量、バイオモールの本数を変えて実験した。滞留時間は15分、30分、40分、50分程度の4段階としたが、滞留時間15分の場合、バイオモールの効果は十分でないことが分かっている³¹⁾、主に30分以上について実験を行った。バイオモールは、流れに垂直に一列に並べ、本数は、幅全体に均等に1.5 cmから3 cm間隔に配列した。1本のバイオモールの直径は2.5 cm程度で、そのうち密な部分は中心付近の直径約1.5 cmまでである。バイオモールは流れの方向に、図1-1、図1-2に示すように10 cm等間隔に4ヶ所設置し、比較用のバイオモールを設置しない場合についても実験を行った。実験継続時間は、理論滞留時間の2倍程度の30分～100分を標準とした。

4. トレーサーによる流出応答測定

4. 1 実験目的と実験方法

一般的には、沈澱槽の流況が押し出し流れに近いほど清澄な処理水が得られると考えられている。ここでは、容量75 lの長方形沈澱槽を用いて、バイオモールを設置した場合と設置しない場合および、中間整流

板を設置した場合について、トレーサーの流出応答を測定し、それぞれの流出特性の比較などを行った。また、円形の模型沈澱槽についてもバイオモルを設置した場合としない場合および、流量を変化させた場合について同様の測定を行った。トレーサーはロードミン、ウラニン、各2～3%溶液を1回20～50ml程度注入した。

4. 2 流出特性を示すパラメータ

トレーサーの流出特性を示すのに、一般的に用いられているパラメータを求めたが、容量効率については次の3種類を求め、整流効果を観察する時の参考とした。

$$\text{容量効率A (\%)} = (t_s / t_d) \times 100$$

$$\text{容量効率B (\%)} = (t_s / t_d) \times 100$$

$$\text{容量効率C (\%)} = (\mu / t_d) \times 100$$

ここで、 t_s はトレーサーがはじめて流出水に検出されるまでの時間、 t_d はトレーサー溶出濃度のピークに到達するまでの時間、 μ は滞留時間平均値、 t_d は理論滞留時間である。

また完全混合槽の槽列数（静常係数） n の計算はトレーサーの分布曲線の分散から求める次式⁷⁾によった。

$$\delta^2 = (\sigma / \mu)^2 = \frac{n^n}{(n-1)!} \int_0^\infty \theta^{n-1} (\theta-1)^2 \exp(-n\theta) d\theta = \frac{1}{n}$$

ここで θ は還元時間で経過時間 t に対し t/t_d で求められる。また、 δ は変動係数、 σ は標準偏差である。

4. 3 トレーサー実験の実験結果と考察

実験結果については、いくつかの例として表1、表2、表3に流出分布状態を示すパラメータを、図3、図4、図5にそれぞれ対応する実験の、トレーサー流出曲線を示す。また、トレーサーによる流況観察結果の例を図6に示す。 C_0 は注入液が槽全体に均一に分布したと仮定した場合の濃度（約1.33mg/l）で、 C は流出水の濃度である

図3および図4によれば、長方形槽ではバイオモルの1配列7本組4ヶ所配置（以下(7本4列)と記す）、あるいは(10本4列)など配置密度の大きい場合、いずれも整流板を用いた場合と同じようにピーク時の還元時間が大きい流出特性を示し、整流効果は大きいと思われる。円形槽はバイオモルを10本組と同程度の密度で配列した場合であるが、ピークを示す還元時間は長方形の場合よりも1に近くなっている。静常係数については、(7本4列)、(10本4列)が大きく、次いで整流板となっている。図-6は、色素先端の動きの時間経過を横から観察した結果を示したもので、とくに(10本4列)の場合、6分、10分、14分経過の先端線の形状は、バイオモル列による整流効果を示している。

表1 滞留時間30分の場合の長方形沈澱槽の流出特性パラメータ（トレーサー：ウラニン）

バイオモル設置本数	0本	5本4列	7本4列	10本4列	整流板
流量 (l/分)	2.44	2.45	2.44	2.44	2.45
理論滞留時間 (分)	30.7	30.69	30.7	30.7	30.6
先端到達時間 (分)	4.0	6.0	10.0	14.0	10.0
ピーク時間 (分)	12.0	18.0	24.0	22.0	22.0
平均滞留時間 (分)	29.8	28.2	34.9	31.6	30.8
標準偏差 (分)	15.3	13.3	11.8	11.2	12.6
変動係数	0.51	0.47	0.34	0.35	0.41
容量効率A (%)	13.0	19.6	32.6	45.6	32.7
容量効率B (%)	39.1	58.8	78.2	71.7	71.9
容量効率C (%)	96.9	92.3	113.7	102.9	100.7
n (静常係数)	3.8	4.5	8.7	8.2	5.9
トレーサー回収率 (%)	106.7	116.6	87.6	92.1	102.8

表2 滞留時間50分の場合の長方形沈澱槽の流出特性パラメータ（トレーサー：ウラニン）

バイオモル設置本数	0本	5本4列	7本4列	10本4列	整流板
流量 (l/分)	1.48	1.44	1.41	1.47	1.40
理論滞留時間 (分)	50.7	52.1	53.2	51.0	53.6
先端到達時間 (分)	4.0	8.0	22.0	20.0	16.0
ピーク時間 (分)	14.0	18.0	38.0	42.0	32.0
平均滞留時間 (分)	41.9	42.2	54.7	54.3	50.6
標準偏差 (分)	26.0	23.4	19.2	17.5	20.3
変動係数	0.62	0.55	0.35	0.32	0.40
容量効率A (%)	7.9	15.4	41.4	39.2	29.9
容量効率B (%)	27.6	34.5	71.4	82.4	59.7
容量効率C (%)	82.7	81.1	102.8	106.5	94.4
n (静常係数)	2.6	3.3	8.2	9.8	6.3
トレーサー回収率 (%)	107.6	92.2	85.8	94.3	99.2

表3 円形沈澱槽の流出特性パラメータ
(トレーサー：ウラン)

バイオモールの有無	無	無	有	有
流量 (l/分)	7.19	4.81	7.25	4.61
理論滞留時間 (分)	30.8	46.0	30.5	48.0
先端到達時間 (分)	4.0	6.0	8.0	10.0
ピーク時間 (分)	18.0	24.0	30.0	44.0
平均滞留時間 (分)	29.5	46.2	34.6	51.7
標準偏差 (分)	13.7	23.7	13.0	20.3
変動係数	0.46	0.51	0.38	0.39
容量効率A (%)	13.0	13.0	26.2	20.8
容量効率B (%)	58.4	52.2	98.4	91.7
容量効率C (%)	96.0	100.4	113.4	107.7
n (静常係数)	4.7	3.8	6.9	6.6
トレーサー回収率 (%)	84.5	97.1	87.1	81.3

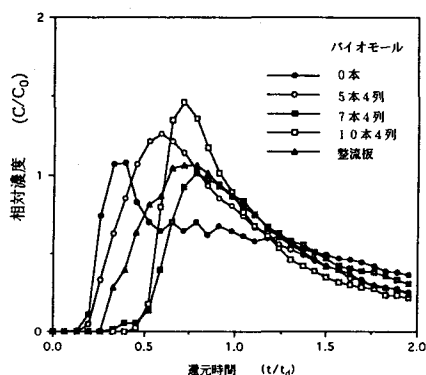


図3 長方形沈澱槽のトレーサー流出曲線
($t_d \approx 30$ 分)

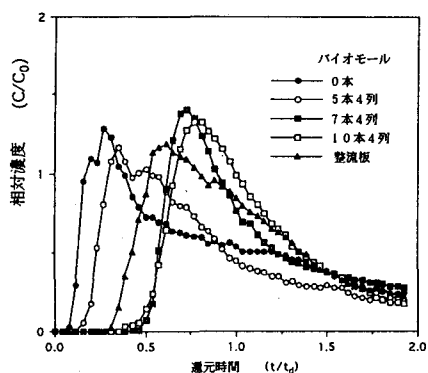


図4 長方形沈澱槽のトレーサー流出曲線
($t_d \approx 50$ 分)

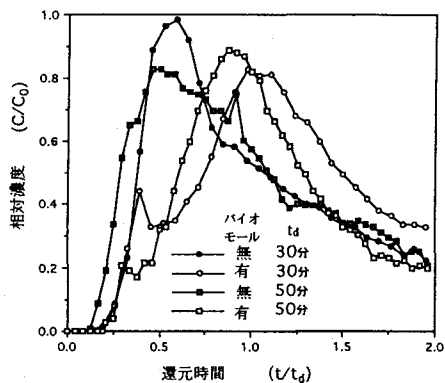


図5 円形沈澱槽のトレーサー流出曲線
($t_d \approx 30$ 分 および $t_d \approx 50$ 分)

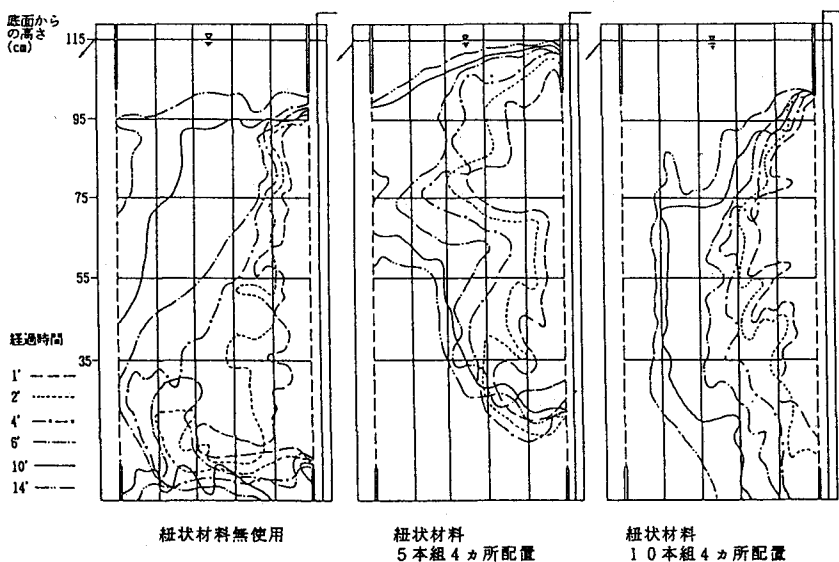


図6 経過時間別色素先端到達線による流況
(平均滞留時間目標値：30分，トレーサー：ローダミン)

5. 硫酸アルミニウムを用いたフロック粒子の除去に対する紐状材料の効果

5. 1 実験目的と実験方法

無機性の粒子のバイオモールによる沈澱除去効果と除去機構の観察のため、一定の条件で作られた浮遊物質に対する、バイオモール配列や整流板の影響を比較する実験を行った。実験槽は小型沈澱槽を用いた。バイオモールの配列の1組の本数は7、10、14本とし、中間整流板を用いた場合と比較した。実験では浮遊物質を含む流入水を10分間注入し、その前後は水のみ注入した。そして浮遊物質の移動状況を調べることに、粒子の沈澱除去機能や粒子の沈降分布状況、バイオモール部分を通過する際の浮遊物質のろ過あるいは付着状況について観察した。 t_0 は30分とした。つぎに、使用を継続した場合に目づまりなどを起こす可能性を調べるため、小型沈澱槽を用いて浮遊物質の連続注入による $t/t_0=10$ 程度の継続実験も行った。浮遊物質は、約100 mg/lのカオリン懸濁液に硫酸アルミニウム約25 mg/lを注入し、約20分緩速撹拌を行ったものである。その静止状態の水面付近のSS濃度変化の様子を表4に示す。

5. 2 硫酸アルミニウムを用いたフロック粒子の除去実験の結果と考察

浮遊物質流入時間10分の場合の実験について、浮遊物質の流入量に対して、沈澱、浮遊流出量を測定または推定し、その結果から、バイオモール等に付着した浮遊物質量の割合を推定した結果を表5に示す。また、理論滞留時間約30分に対する5時間継続実験の結果を表6に示す。

表5に関して $t/t_0=3.5$ まで実験を継続した。流入水は60分ごと、流出水は5分ないし30分ごとに採水し、沈澱および浮遊量の測定は $t/t_0=3.5$ のときに行った。沈澱量の区画①～区画⑤は、バイオモールで区切られた5区割を上流側から順に示すもので、浮遊量に関しても同様である。浮遊物量は、水面から2 cm、7.5 cm、15 cmの3ヶ所の水深から採水し、その平均的な値を推算⁹⁾したものである。表5によればバイオモール(14本4列)に関しては、区画が下流側に移るにつれて沈澱量が著しく減少するのに対し、整流板の方は、その減少の程度が小さいことを示している。また推定付着量は、バイオモール配置(14本4列)は他に比べて著しく大きくなっている。しかし、表6によれば、浮遊物質の流出量は、 $t/t_0=3$ 程度以後はほとんど変化なく、目づまりの様子を示していない。肉眼観察によればバイオモール列の流れの上流側および下流側両面にわたって、ここに付着した粒子が徐々に成長し、バイオモールを離れて落

表4 硫酸アルミニウムフロックを静置させた場合の水面付近の濃度変化

時間 (分)	濃度 (mg/l)	相対濃度 (C/C _{in})
0	106.5	1.000
5	68.0	0.639
10	26.5	0.249
15	13.3	0.125
20	10.3	0.097
30	8.9	0.084
45	8.9	0.084
60	8.9	0.084

表5 小型沈澱槽での実験終了時の硫酸アルミニウムフロックの分布のわけ

設置本数	バイオモールなし		バイオモール 7本4列		バイオモール 10本4列		バイオモール 14本4列		整流板
流量	0.568 l/分		0.568 l/分		0.568 l/分		0.568 l/分		0.568 l/分
理論滞留時間	27.8 分		27.8 分		27.8 分		27.8 分		27.8 分
流入濃度	111.1 mg/l		104.6 mg/l		111.1 mg/l		122.7 mg/l		111.1 mg/l
流入量	753.1 mg	100.0 %	590.8 mg	100.0 %	633.1 mg	100.0 %	693.0 mg	100.0 %	753.1 mg
流出量	252.1 mg	33.5 %	130.1 mg	22.0 %	101.6 mg	16.0 %	74.3 mg	10.7 %	122.4 mg
沈澱量	472.5 mg	62.7 %	378.0 mg	64.0 %	357.0 mg	56.4 %	333.9 mg	48.2 %	550.2 mg
区画①	140.7 mg	18.7 %	117.6 mg	19.9 %	151.2 mg	23.9 %	138.6 mg	20.0 %	161.7 mg
区画②	107.1 mg	14.2 %	117.6 mg	19.9 %	109.2 mg	17.2 %	102.9 mg	14.9 %	159.6 mg
区画③	81.9 mg	10.9 %	84.0 mg	14.2 %	60.9 mg	9.6 %	50.4 mg	7.3 %	111.3 mg
区画④	73.5 mg	9.7 %	42.0 mg	7.1 %	23.1 mg	3.7 %	29.4 mg	4.2 %	71.4 mg
区画⑤	69.3 mg	9.2 %	16.8 mg	2.9 %	12.6 mg	2.0 %	12.6 mg	1.8 %	46.2 mg
浮遊量	23.6 mg	3.1 %	18.0 mg	3.0 %	3.1 mg	0.5 %	19.2 mg	2.8 %	21.3 mg
流入部	1.5 mg	0.2 %	0.6 mg	0.1 %	0.4 mg	0.1 %	0.4 mg	0.1 %	0.5 mg
区画①	3.9 mg	0.5 %	0.7 mg	0.1 %	0.4 mg	0.1 %	0.6 mg	0.1 %	0.7 mg
区画②	3.5 mg	0.5 %	3.3 mg	0.5 %	0.4 mg	0.1 %	2.5 mg	0.4 %	0.7 mg
区画③	4.1 mg	0.5 %	6.4 mg	1.1 %	0.8 mg	0.1 %	1.0 mg	0.2 %	0.7 mg
区画④	3.8 mg	0.5 %	2.2 mg	0.4 %	0.0 mg	0.0 %	4.4 mg	0.6 %	0.7 mg
区画⑤	3.9 mg	0.5 %	2.5 mg	0.4 %	0.9 mg	0.1 %	2.9 mg	0.4 %	9.3 mg
流出部	2.9 mg	0.4 %	2.3 mg	0.4 %	0.2 mg	0.0 %	7.0 mg	1.0 %	8.7 mg
推定付着量	4.9 mg	0.7 %	64.7 mg	11.0 %	171.4 mg	27.1 %	265.6 mg	38.3 %	59.2 mg

表6 小型沈澱槽の硫酸アルミニウムフロックの連続注入実験における流出水の浮遊物質濃度

設置本数	バイオモール なし		バイオモール 7本4列		バイオモール 10本4列		バイオモール 14本4列		整流板	
流量	0.562 l/分		0.522 l/分		0.540 l/分		0.533 l/分		0.517 l/分	
理論滞留時間	28.0 分		30.2 分		29.2 分		29.5 分		30.5 分	
流入濃度(Cin)	103.5 mg/l		99.3 mg/l		104.9 mg/l		104.4 mg/l		101.7 mg/l	
流入水温	15.3 ℃		14.9 ℃		14.9 ℃		15.0 ℃		15.0 ℃	
経過時間 (分)	流出濃度(C) (mg/l)	相対濃度 C/Cin	流出濃度(C) (mg/l)	相対濃度 C/Cin	流出濃度(C) (mg/l)	相対濃度 C/Cin	流出濃度(C) (mg/l)	相対濃度 C/Cin	流出濃度(C) (mg/l)	相対濃度 C/Cin
0	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
5	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
10	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
15	7.5	0.072	1.4	0.014	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
20	13.4	0.129	1.4	0.014	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
25	19.3	0.186	3.0	0.030	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
30	22.3	0.215	7.4	0.075	1.5	0.014	0.0	0.000	1.4	0.014
35	23.7	0.229	11.8	0.119	3.0	0.029	1.5	0.014	3.1	0.030
40	26.6	0.257	13.3	0.134	7.4	0.071	4.5	0.043	5.9	0.058
45	28.2	0.272	14.8	0.149	10.3	0.098	7.4	0.071	10.4	0.102
50	35.4	0.342	16.2	0.163	13.3	0.127	8.9	0.085	14.7	0.145
55	37.1	0.358	17.8	0.179	14.8	0.141	11.8	0.113	15.2	0.159
60	38.5	0.372	19.3	0.194	16.3	0.155	13.4	0.128	19.2	0.189
90	41.3	0.399	23.7	0.239	20.7	0.197	14.8	0.142	23.7	0.233
120	44.4	0.429	29.6	0.298	20.7	0.197	16.2	0.155	23.7	0.233
150	45.7	0.442	31.0	0.312	22.2	0.212	17.7	0.170	23.7	0.233
180	47.4	0.458	31.0	0.312	22.2	0.212	19.2	0.184	25.1	0.247
210	48.7	0.471	31.0	0.312	23.7	0.226	19.2	0.184	25.1	0.247
240	48.7	0.471	31.0	0.312	25.1	0.239	19.2	0.184	26.5	0.261
270	48.7	0.471	31.0	0.312	26.5	0.253	19.2	0.184	26.5	0.261
300	51.9	0.501	31.0	0.312	26.5	0.253	19.2	0.184	28.2	0.277

下するのが見られた。

6. 活性汚泥浮遊物除去に対する紐状材料の効果

6. 1 実験目的と実験方法

無機性の浮遊物質による実験と対応して、活性汚泥など有機性の浮遊物質による実験を行った。実験方法は5-1と同様であるが、除去された浮遊物質の分布等については小型沈澱槽により実験し、また、連続注入実験については75ℓ長方形沈澱槽による除去実験を行った。浮遊物質としては、甲府市南部浄化センターの返送汚泥を希釈したものを用いた。SVIは約170ないし280であった。

6. 2 活性汚泥浮遊物の除去に関する実験結果と考察

浮遊物質流入時間10分に関し、沈澱および付着による除去量のそれぞれの割合を推定した結果を表7に示す。また、理論滞留時間30分および50分に関し、 $t/t_0 = 2$ として75ℓ長方形沈澱槽により行った活性汚泥浮遊物除去実験の結果を表8および表9に、それらの、流出浮遊物質濃度の時間変化の状況を図7および図8に示す。

表7によれば、バイオモールの有無や配置本数と除去率の増加の関係については、硫酸アルミニウム凝集粒子による実験と同じ傾向を示している。しかし、各区画における沈澱量を比較すると、上流側区画①でいずれも大部分の浮遊物質が除去され、とくに(10本4列)と(14本4列)、中間整流板など、トレーサー実験でも整流効果の大きいことを示したものは、区画②までで流入水中のSSの85%以上が沈澱除去されている。このことから、バイオモールや整流板によって、活性汚泥が次の区画に移動することが妨げられ、手前の区画に沈澱したと考えられる。またバイオモールに対して、浮遊物質の付着が多くみられ、その量は、

表7 小型沈澱槽での実験終了時の活性汚泥の分布のわけ

設置本数	バイオモルなし		バイオモル 7本4列		バイオモル 10本4列		バイオモル 14本4列		整流板	
流量	0.55 l/分		0.55 l/分		0.55 l/分		0.55 l/分		0.55 l/分	
理論滞留時間	28.6 分		28.6 分		28.6 分		28.6 分		28.6 分	
流入濃度	450.0 mg/l		469.7 mg/l		516.7 mg/l		500.0 mg/l		490.0 mg/l	
SVI	188.9		171.1		170.3		176.0		173.5	
流入量	2475.0mg	100.0 %	2731.9mg	100.0 %	2841.8mg	100.0 %	2750.0mg	100.0 %	2695.0mg	100.0 %
流出量	391.9mg	15.9 %	226.9mg	8.3 %	127.9mg	4.5 %	103.1mg	3.8 %	222.8mg	8.3 %
沈殿量	1591.8mg	64.3 %	1793.4mg	65.6 %	1344.0mg	47.3 %	1220.1mg	44.4 %	1755.6mg	65.1 %
区画①	562.8mg	22.7 %	1026.9mg	37.6 %	1199.1mg	42.2 %	1138.2mg	41.4 %	1239.0mg	40.5 %
区画②	522.9mg	21.2 %	522.9mg	19.1 %	94.5mg	3.3 %	50.4mg	1.8 %	336.0mg	11.6 %
区画③	266.7mg	10.8 %	157.5mg	5.8 %	29.4mg	1.0 %	14.7mg	0.5 %	111.3mg	4.1 %
区画④	147.0mg	5.9 %	56.7mg	2.1 %	12.6mg	0.4 %	8.4mg	0.3 %	42.0mg	1.6 %
区画⑤	92.4mg	3.7 %	29.4mg	1.1 %	8.4mg	0.3 %	8.4mg	0.3 %	27.3mg	1.0 %
浮遊量	37.6mg	1.5 %	44.7mg	1.6 %	10.1mg	0.4 %	28.8mg	1.0 %	15.6mg	0.6 %
流入部	0.0mg	0.0 %	0.0mg	0.0 %	0.0mg	0.0 %	0.0mg	0.0 %	0.0mg	0.0 %
区画①	4.3mg	0.2 %	7.7mg	0.3 %	3.1mg	0.1 %	7.9mg	0.3 %	0.8mg	0.0 %
区画②	4.4mg	0.2 %	3.5mg	0.1 %	1.2mg	0.1 %	3.6mg	0.1 %	4.0mg	0.2 %
区画③	7.1mg	0.3 %	8.1mg	0.3 %	3.5mg	0.1 %	5.6mg	0.2 %	4.4mg	0.2 %
区画④	3.5mg	0.1 %	2.4mg	0.1 %	0.0mg	0.0 %	6.0mg	0.2 %	4.0mg	0.2 %
区画⑤	8.1mg	0.3 %	12.2mg	0.4 %	0.0mg	0.0 %	4.4mg	0.2 %	2.4mg	0.1 %
流出部	10.2mg	0.4 %	10.9mg	0.4 %	2.4mg	0.1 %	1.4mg	0.0 %	0.0mg	0.0 %
付着量	453.7mg	18.3 %	666.9mg	24.5 %	1359.8mg	47.8 %	1398.0mg	50.8 %	701.0mg	26.0 %

バイオモルの配列本数が多い程増加する傾向がある。この傾向は、今回の実験の場合硫酸アルミニウム凝集粒子より活性汚泥浮遊物に対しての方が強く現れているが、活性汚泥浮遊物の方が硫酸アルミニウム凝集粒子に比べて浮遊物として除去されやすいように思われる。しかし、中間整流壁の場合は、いずれの浮遊物粒子に対しても付着による浮遊物質の除去はあまり認められず、結果的には浮遊物質除去率に差が生じていると思われる。

滞留時間による除去率の差については表8および表9に示される結果を比較すると $t_d = 30$ 分の場合でもバイオモル（7本4列）および（10本4列）ではそれぞれ95%以上の除去率が得られている。 $t_d = 50$ 分の場合は、バイオモルのない場合も90%以上の除去率を示しているが、この場合にもバイオモル（7本4列）（10本4列）および（5本4列）、あるいは中間整流板に関しては、いずれも高い除去率

表8 長方形沈澱槽による活性汚泥の除去実験(理論滞留時間約30分)

設置本数	バイオモルなし		バイオモル 5本4列		バイオモル 7本4列		バイオモル 10本4列		整流板	
流量	2.620 l/分		2.490 l/分		2.500 l/分		2.680 l/分		2.680 l/分	
理論滞留時間	28.6 分		30.1 分		30.0 分		28.0 分		28.0 分	
流入濃度(Cin)	540.0 mg/l		585.0 mg/l		556.7 mg/l		418.3 mg/l		366.7 mg/l	
SVI	277.8		273.5		251.5		239.1		245.4	
流入水温	7.2 °C		6.9 °C		11.1 °C		8.6 °C		6.2 °C	
経過時間 (分)	流出濃度 (C)	相対濃度 C/Cin	流出濃度 (C)	相対濃度 C/Cin	流出濃度 (C)	相対濃度 C/Cin	流出濃度 (C)	相対濃度 C/Cin	流出濃度 (C)	相対濃度 C/Cin
0	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
5	0	0.000	1	0.002	0	0.000	0	0.000	0	0.000
10	13	0.024	2	0.003	5	0.009	0	0.000	10	0.027
15	49	0.091	36	0.062	16	0.029	8	0.019	23	0.063
20	65	0.120	58	0.099	18	0.032	10	0.024	54	0.147
25	73	0.135	62	0.106	17	0.031	10	0.024	51	0.139
30	84	0.156	64	0.109	18	0.032	10	0.024	75	0.205
35	87	0.161	58	0.099	20	0.036	10	0.024	77	0.210
40	92	0.170	65	0.111	19	0.034	15	0.036	61	0.166
45	98	0.181	72	0.123	21	0.038	15	0.036	69	0.188
50	106	0.196	66	0.113	20	0.036	15	0.036	70	0.191
55	97	0.180	71	0.121	24	0.043	15	0.036	66	0.180
60	104	0.193	71	0.121	23	0.041	16	0.038	74	0.202

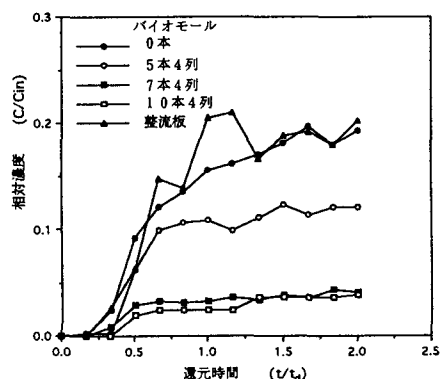


図7 長方形沈澱槽の連続注入における活性汚泥の流出濃度($t_d \approx 30$ 分)

表9 長方形沈澱槽による活性汚泥の除去実験（理論滞留時間約50分）

設置本数	バイオモール なし		バイオモール 5本4列		バイオモール 7本4列		バイオモール 10本4列		整流板	
流量	1,570 l/分		1,430 l/分		1,430 l/分		1,520 l/分		1,490 l/分	
理論滞留時間	47.8 分		52.5 分		52.5 分		49.3 分		50.3 分	
流入濃度(Cin)	453.3 mg/l		450.0 mg/l		446.7 mg/l		483.3 mg/l		533.3 mg/l	
SVI	220.6		222.2		246.3		248.3		262.5	
流入水温	8.0 ℃		9.1 ℃		8.0 ℃		11.3 ℃		6.7 ℃	
経過時間 (分)	流出 濃度 (C) (mg/l)	相対 濃度 C/Cin	流出 濃度 (C) (mg/l)	相対 濃度 C/Cin	流出 濃度 (C) (mg/l)	相対 濃度 C/Cin	流出 濃度 (C) (mg/l)	相対 濃度 C/Cin	流出 濃度 (C) (mg/l)	相対 濃度 C/Cin
0	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
5	1	0.002	0	0.000	0	0.000	0	0.000	1	0.002
10	4	0.009	2	0.004	0	0.000	0	0.000	0	0.000
15	18	0.040	10	0.022	3	0.007	0	0.000	1	0.002
20	23	0.051	23	0.051	6	0.013	0	0.000	0	0.000
25	36	0.079	25	0.056	10	0.022	2	0.004	1	0.002
30	36	0.079	28	0.062	12	0.027	1	0.002	9	0.017
35	29	0.064	27	0.060	15	0.034	1	0.002	18	0.034
40	23	0.051	23	0.051	20	0.045	1	0.002	20	0.038
45	24	0.053	16	0.036	18	0.040	3	0.006	20	0.038
50	24	0.053	18	0.040	19	0.043	6	0.012	20	0.038
55	23	0.051	19	0.042	19	0.043	5	0.010	19	0.036
60	28	0.062	17	0.038	21	0.047	5	0.010	23	0.043
70	28	0.062	19	0.042	17	0.038	3	0.006	21	0.039
80	30	0.066	20	0.044	15	0.034	5	0.010	21	0.039
90	39	0.086	18	0.040	15	0.034	6	0.012	25	0.047
100	35	0.077	18	0.040	17	0.038	6	0.012	24	0.045

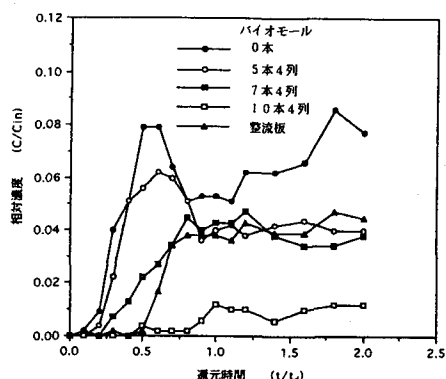


図8 長方形沈澱槽の連続注入における活性汚泥の流出濃度(td=50分)

を示している。同様の傾向は図7、図8によっても示されている。また、バイオモールに付着した活性汚泥は、僅かに振動を与えることによって容易にバイオモールから離れることが観察された。活性汚泥に関しては、以前に行った実験^{21) 22) 23)}や、今回の実験により、この実験槽と同じような規模のものについて、バイオモール配列（10本4列）水平方向の長さ50cmで滞留時間30分以上（平均水平方向流速1.7cm/分）とすれば、浮遊物質について95%以上の除去率が期待できるように思われる。

7. その他の考察

これまで行ったバイオモールによる浮遊物質除去効率改善に関する種々の実験で経験的に感じられたことを含め実験についての補足的な考察を行う。

7.1 浮遊物粒子の形状や大きさの分布について

これまでの実験で、バイオモールの設置は浮遊物質の除去に有効であることが示された。しかし、浮遊物の大きさ、形状、付着性、バイオモールの空隙間隔等について詳細な測定を行っていないため、今回の実験は、一定の条件の浮遊物を使った場合の、バイオモールの配列の違い等に対する比較に関する結果を得たにすぎないものである。

7.2 バイオモールの配列の密度

バイオモールの配列を密にすると、ろ過効果は増加すると思われるが、付着物の除去には支障が生じる可能性があると思われる。1.5から2.5cm間隔に流れの方向に直角に一列に並べるのが、最終沈澱池汚泥のようなものに対して一般的に適当と思われる。なお、このことは水平方向の平均流速とも密接に関連すると思われる、バイオモール列を通過する時の流速はなるべく小さいほうがよく、今回の実験では平均水平流速で1.7cm/分（長さ50cmで滞留時間30分）以下が適当であり、この点からも縦長の槽が適している。しかし、この場合、流れ方向全断面にわたって、流れに対する抵抗が均等になるようにする必要がある。

7. 3 汚泥の除去処理

バイオモールに付着した浮遊物質については、硫酸アルミニウムによるフロックがある程度成長して自然はく離するのが見られたが、この現象は流速、バイオモールの配列密度などとも密接な関係があると思われる。活性汚泥浮遊物の場合も、実験終了後バイオモールを軽くゆり動かすだけで、粒子がほとんど落下するのがみられた。本実験では、装置の関係で底に沈澱した汚泥の連続除去はできなかったが、バイオモール列で区切られた各区画ごとに適当に連続的に除去できれば、この方法は実用的にも十分使用できると思われる。

7. 4 水温の変化の影響

沈澱に関する実験では、水温制御を必要とする場合が多い。しかし、今回は恒温槽等を用いなかったため、トレーサー実験においては、水道水の水温変化に対する流況の敏感な反応がみられたが、浮遊物質除去実験においては、水温の変化に対する敏感な反応を示す流況の変化はみられなかった。

8. まとめ

これまでの実験結果から次のようなことが推定された。

(1) 沈澱槽において、バイオモールを流れに垂直に配列した場合と、同じ位置に中間整流板を設置した場合の効果について、トレーサーを用いて流れの状況を比較した場合、バイオモールを1.5 cm～2.5 cm間隔に多少接触する程度に密に配置すれば、両者の間にほとんど差異はみられず、沈澱池におけるバイオモールの配列は中間整流板と同様の整流効果があると推定された。

(2) 浮遊物質の除去に関しては、バイオモール配列の間隙を通過する際の、通過の阻止、または、付着による除去効果が認められる。この機能は中間整流板ではほとんど認められない。

(3) 除去対象となる浮遊物質については、粒子の大きさ、形状等の影響について詳しい調査は行わなかった。従って、粒子の性状による整流効果、付着効果のそれぞれの程度や比率などについての定量的なことに関する詳しいことはわからないが、一般的に活性汚泥、薬品凝集フロックのいずれに対してもバイオモールの配列を数ヶ所に配置することは有効と思われる。とくに活性汚泥の方が除去効果は大きく、実的にみても十分な除去率が期待できる。

本研究の一部は(株)環境開発の受託研究費^{3) 5)}によるものであることを付記する。1990年は(株)環境開発単独によるものであるが、その成果をもとに、1991年は(株)環境開発が(社)産業公害防止協会から研究助成を受け、それと関連して(株)環境開発からの受託研究を行ったものであり、その報告書⁵⁾の内容は同協会の研究報告書⁶⁾に示されている。

参 考 文 献

- 1) 石橋多聞：接触沈澱に関する研究，日本水道協会，1961
- 2) 丸山忍、今岡正美：既設浄水場の浄水効率改善対策の一例，水道協会雑誌，No.416，1969，pp.7-19
- 3) 今岡正美：(株)環境開発受託研究報告書，1990
- 4) 今岡正美、平山公明：小型沈澱池の沈澱効率改善の一考察、山梨大学研究報告，No.41，1990，pp.134-138
- 5) 今岡正美：(株)環境開発受託研究報告書，1991
- 6) (社)産業公害防止協会、(株)環境開発：たて型特殊沈澱分離槽の開発，産業公害防止技術共同開発研究報告書，1991
- 7) 丹保憲仁：上水道，技報堂，1982，pp.188-189
- 8) 土木学会編：衛生工学実験指導書（プロセス編），1977，p.14