

活性汚泥の糸状性バルキングにおける pH および 有機物負荷の影響

THE INFLUENCE OF pH AND ORGANIC LOADING ON THE FILAMENTOUS BULKING OF ACTIVATED SLUDGE

安 田 正 志*
By Masashi YASUDA

1. はじめに

活性汚泥のバルキングが、活性汚泥法による廃水処理にしばしば重大な障害をもたらすことはよく知られている。それは、エアレーションタンクにつづく最終沈殿池において汚泥の沈降性が極度に悪化し、そのため固液分離がうまくゆかず、汚泥が放流水とともに流出してしまうからである。この現象については古くから多くの報告があるけれども、いまだ十分な原因の解明がなされたとはいえず、その防止対策としても種々の対症療法的なものがいわれているのみである^{1)~4)}。

現象的にバルキングはズーグレア性バルキングと糸状性バルキングに大きくわけることができ、前者はさらに“再浮上汚泥”、“嫌気性汚泥”など 8 つのタイプにわけられる⁵⁾。一方、後者は糸状生物が異常増殖して汚泥の沈降性が極度に悪化するもので、本研究ではこの後者の糸状性バルキングを対象としている。この糸状性バルキングの発生要因としてはこれまでに多くの説が出されており、有機物負荷、溶存酸素、基質構成、水温、pH、毒物、微量無機質あるいは水理条件などといった要因があげられているが、未だ確立しているとはいえない^{1)~6)}。また、糸状性バルキングに出現する生物相においても、*Sphaerotilus* sp. や *E. coli.*, *Thiothrix* sp. などの糸状を呈する細菌や、あるいは真菌類など糸状生物は様々である。これらの糸状生物が出現してくる要因は、それぞれにおいて異なるということは十分考えられることである⁵⁾。したがって、活性汚泥において一般的に使われてきている沈降性の指標である SVI を利用するだけでは、糸状性バルキングの原因の究明あるいは機構の解明には不十分であると考えられ、そのような生物相の相違と関連づけてその要因や機構の検討を行っていく必要があると考えられる。

そこで本研究ではまず汚泥中の糸状細菌あるいは菌類

などの種類とその量的関係を調べ、その糸状性バルキング発生の原因と考えられる様々な要因についての関係や影響を系統的に評価していくことを目的としている。そして、それらの様々の要因を系統的に評価し、総合する手法を開発することによって、活性汚泥のバルキングを工学的に防止し、あるいは逆に利用するというのも可能になるのではないかと考えられる。

筆者は、すでに多くの実験を行い、すでに述べたような水理条件や pH、水温、基質条件やその他の要因の系統的な関連による糸状細菌の異常増殖すなわち糸状性バルキングの発生を見出しているが、本報告はその第一段階として、完全混合型の連続培養槽において基質構成を一定として、そこに発生してきた *Sphaerotilus* sp. に対する pH の影響を有機物負荷との関連の下に検討したものである。

Sphaerotilus sp. の純粋培養における pH の影響についての報告例として、Stokes⁷⁾ は *Sphaerotilus natans* について pepton-glucose 培地によって pH 5.5 では増殖せず、急速な増殖は pH 6.4~8.1 の範囲にあったとしている。また Curtis⁸⁾ の総説によれば、*Sphaerotilus* の増殖は研究者によって若干その範囲にずれがみられるものの大略中性付近である。Dias⁹⁾ は、彼らの考案した装置によって、附着性の *Sphaerotilus* について pH 7.4 では大量に増殖したが、5.6 ではもはやみられなかったと述べている。一方、沢田ら¹⁰⁾ は食品加工廃水、清涼飲料工場廃水、製糖工場廃水について、pH を 6~7 に調整することによって糸状性バルキングを抑制できた例を報告している。

また BOD 負荷との関係については、これまで糸状性バルキングとの関連で議論したものは少ないが、これまでの報告としては Chudoba ら¹¹⁾ や Rao ら¹²⁾ によるものがあり、また一部分 *Sphaerotilus* や Fungi にふれた報告としては Genetelli ら¹³⁾ による報文などがある。しかし、各報告においてデータも少なく、これらからのみではまだ BOD 負荷の糸状性バルキングへの影響を

* 正会員 工修 富山県立技術短期大学講師 衛生工学科

確定することは困難であると考えられる。

2. 実験方法

実験装置は、Fig. 1 に示すように 5 l (エアレーション部分) の完全混合型の連続培養槽を用い、定量ポンプによって合成下水を一定流量で投入できるようにしたものである。活性汚泥は各実験開始時ごとに住宅団地終末処理場から返送汚泥を採取してきて、その都度それぞれの実験の有機物負荷の条件にあわせてエアレーション部の汚泥濃度を決定し、投入する汚泥量を調整した。合成下水の主要成分は Table 1 に示したとおりで、これを各実験ごとに所定濃度の流入水となるようにした。また、リン酸緩衝液は流入水 1 l につき 1 ml の割合となるようにした。このリン酸緩衝液によるほかに、さらに pH 調整をする場合には、合成下水にあらかじめ 10 N カセイソーダまたは 10 N 硫酸をエアレーションタンク内の pH を測定しながら、所定の pH となるように混合し、調整した。

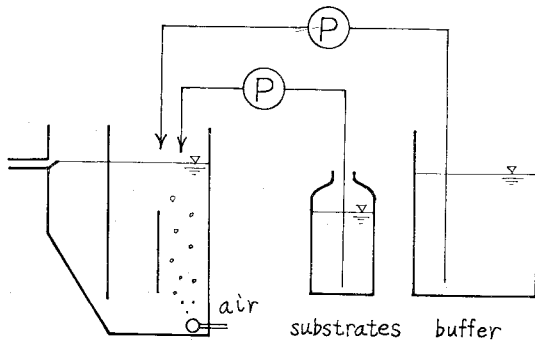


Fig. 1 Flow diagram of experimental apparatus

Table 1 Composition of substrate

Component	Quantity
glucose	25 g
sodium glutamate	25 g
(NH ₄) ₂ SO ₄	17 g
NaCl	2.5 g
CaCl ₂	1.25 g
MgSO ₄	0.85 g
tap water	1 l

Composition of phosphate buffer:

KH ₂ PO ₄	100 g
K ₂ HPO ₄	200 g
Distilled water	1 l

水質その他の分析方法は、JIS K 0102 または下水試験方法によった。なお、COD は重クロム酸法に従って分析し、流入水が溶解性成分のみであるため、それとの関連で処理水の分析にも 1~1.1 万 rpm で 5 分間遠心分離した上澄液について調べた (なお、実験 7 311, 7 312, 7 401 についてはさらにミリポアフィルター (孔径 0.45 μ) にか

けた濾液について分析したが、ほとんど差がないのでそれ以後は遠心分離のみとした)。

採水時にはエアレーションタンク内の生物相を調べ

た。その量的関係は、検鏡下で 5 段階に表示した¹⁴⁾。この 5 段階のそれぞれを一定量の活性汚泥混合液中の糸状細菌の長さと同径を顕微鏡写真から計測して算出した体積濃度として示すと、Fig. 2 のような分布を示した。+ から 冊までの各段階間で、その体積濃度の平均値に有意差が認められ (危険率 1% 以下)、冊と 冊でも危険率 10% で有意差が認められた。しかも、冊では非常に高い体積濃度のため計測不能のものが図中の点以外に多くあったので、この表示で十分その量的関係を示していると考えられる。

各実験の主要な実験条件は Table 2 に示したとおりである。この表中、実験番号について記すならば、同じ番号のものは同一汚泥から出発して並行して培養を行っており、有機物負荷や pH などの条件を違わせて a とか b とか記している。また同一実験において途中でさらに実験条件を変化させた場合、a とか b にダッシュをつけて区別している。たとえば実験 7 402 についてみるなら、7 402 a と 7 402 b は同一汚泥から培養をはじめ、さらに 7 402 a の実験に対して途中で流入水にカセイソーダを加えて pH を変化させたのが 7 402 a' であるという具合である。

なお、この表中の条件に加えて、エアレーション部の DO は、これらの実験において常に飽和度 50~90% が維持されていた。

本報告における検討の方法は次のような考え方に基いている。すなわち、本実験においては各実験シリーズごとに住宅団地終末処理場から返送汚泥を採取してきて、所定の条件において合成下水で培養するものである。当然のことながら終末処理場における活性汚泥の性状は時期によって一定ではないと考えられる。しかしながら汚泥中のそれぞれの生物は、その生態的あるいは生理的環境に適合していれば発生し、増殖しようと考えられる。したがって、その設定した環境条件がそれぞれの

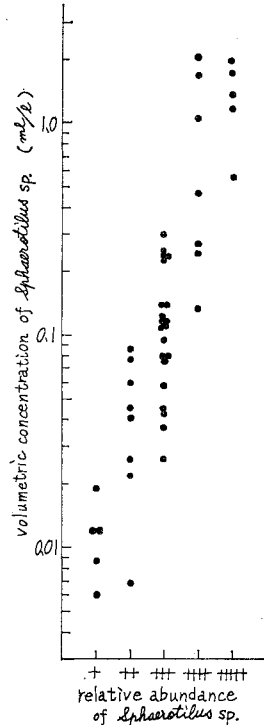


Fig. 2 Relation between relative abundance and volumetric concentration of Sphaerotilus sp.

Table 2 Values of operating parameters

Experiment number	Flow rate (l/day)	Detention time (hr)	Water temperature (°C)	pH			Average Loading		Average MLVSS (mg/l)	Average COD removal (%)
				influent	effluent	mixed liquor	COD·g/g·VSS·day	COD·g/l·day		
7311	14.4	8.3	24.0~25.0	6.9~7.1	6.3~7.2	—	0.28	0.46	1 616	96.2
7312	15.5	7.7	19.2~19.3	7.0~7.2	6.1~6.6	—	0.38	0.44	1 180	95.8
7401 a	15.7	7.6	18.5~21.0	7.0~7.2	5.2~6.0	—	0.18	0.57	3 130	94.3
7401 b	15.7	7.6	18.0~20.5	7.0~7.2	6.3~6.6	—	0.10	0.28	2 900	94.0
7402 a	16.4	7.3	21.6~24.5	7.0~7.2	5.4~5.9	—	0.24	0.57	2 350	93.3
7402 a'	16.4	7.3	23.5~24.5	7.8~8.6	6.2~6.9	—	0.24	0.57	2 348	95.2
7402 b	16.2	7.4	21.5~24.5	7.0~7.2	5.1~5.9	—	0.37	1.13	3 100	96.2
7402 b'	16.2	7.4	23.5~24.5	9.1~9.6	6.4~6.7	6.2~6.7	0.27	1.13	4 216	96.6
7403 a	15.7	7.6	24.4~25.3	7.0~7.2	4.9~5.5	5.0~5.1	0.19	0.63	3 235	94.9
7403 a'	"	"	23.5~25.0	8.5~8.7	6.5~6.8	6.7~7.2	0.20	0.63	3 090	97.0
7403 b	"	"	24.4~25.2	7.0~7.2	5.0~6.0	4.9~5.1	0.18	0.94	5 355	97.7
7403 b'	"	"	23.5~25.0	9.4~10.2	6.7~7.2	6.6~7.2	0.20	0.94	4 617	98.5
7404 a	"	"	28.3~28.6	7.1~7.2	5.3~6.0	5.1~5.5	0.34	1.19	3 561	98.7
7404 a'	"	"	26.5~29.4	9.6~10.6	7.0~7.6	6.8~7.4	0.27	1.19	4 366	95.6
7404 b	"	"	28.5~28.8	7.1~7.2	5.9~6.0	5.5~6.0	0.86	0.82	947	97.7
7405 a	"	"	25.0~28.5	9.1~9.5	6.5~6.8	6.5~7.1	0.27	1.00	3 750	96.2
7405 b	"	"	27.4~28.3	3.4~3.5	3.5~3.6	3.5~3.6	0.27	0.22	814	93.0
7405 b'	"	"	25.0~27.0	6.1~6.6	6.5~6.9	6.6~7.0	0.28	0.22	786	77.7
7406 a	"	"	24.2~25.2	9.0~10.1	6.3~7.1	6.1~7.2	0.29	1.51	5 237	96.4
7406 b	"	"	24.2~25.0	7.0~7.3	6.4~6.7	6.4~6.8	0.23	0.30	1 291	97.2
7407 a	"	"	20.0~20.8	7.1~7.2	6.5~7.0	5.9~6.8	0.78	0.82	1 049	90.8
7407 b	"	"	20.0~20.7	7.1~7.2	6.9~7.3	7.1~7.4	1.14	0.82	722	93.2

生物にとって好適であるとするなら、十分な時間をかければ発生あるいは卓越してくるはずであるし、また逆に十分な時間をかけても発生あるいは増殖しなければ、その環境はその生物にとっては阻害的条件であると考えられることができる。そのような考え方に従い、本研究においては糸状生物の種類と量を顕微鏡下ですでに述べたような方法で把握し、設定した条件下でその糸状生物が増殖するのかもしれないかという分類尺度的考え方を導入して要因を検討した。

3. 結果と考察

(1) 出現した糸状細菌について

糸状細菌の分類は現在のところまだ確立しておらず、この種の同定はむずかしいが、本実験においてみられた糸状細菌については、偽分枝がみられること、運動性のある分生子がみられることなどによって、*Sphaerotilus* sp. とした^{(15),(16)}。その一例を **Photo. 1** に示した(なお、既報⁽⁷⁾ではこれを *Clonothrix* sp. として検討を行っているが、分生子に運動性があることが見出されたので、*Sphaerotilus* sp. としたい)。

(2) 実験経過の一例

各実験シリーズは、流入水や流出水の水質、汚泥量、生物相などを 2. で述べたようにして適当な日数の間隔で採取、分析を行ってその経過を調べた。その実験経過

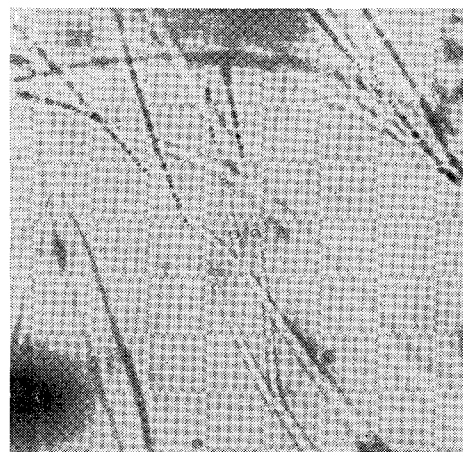


Photo. 1 *Sphaerotilus* sp. (×600)

の一例を実験 7402 a および 7402 a' について示すと **Fig. 3** のようである。

この実験シリーズは、6月4日から7月1日にかけて行ったものである。*Sphaerotilus* sp. は、処理場から種汚泥として採取した時の返送汚泥中では糸状体がみられなかったが、実験開始後はほんのわずかにみられる程度(+)になった。しかし注目すべきことには、それ以上には2週間経過後も増加を示さなかった。これは、*Sphaerotilus* sp. が出現しうる条件にあるのだが、何らかの阻害要因が作用してその増殖が抑制されていたと考えることができる。一方、この間のエアレーションタンク内での汚泥量は MLVSS で 2000~2700 mg/l (平

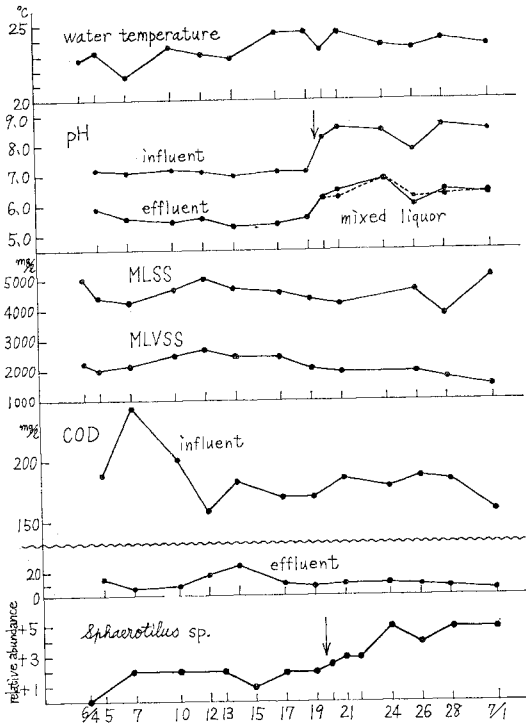


Fig. 3 Results of experiment 7 402 a and 7 402 a'.

均 2 350 mg/l) で, 流入水の COD は 160~240 mg/l (平均 187 mg/l), 流出水の COD は 5~24 mg/l (平均 12 mg/l) を示し, 平均の除去率は 93.3% であった。さらに生物にとって重要な環境要因である水温, pH に関しては, 水温は 21.6~24.5°C, 流入水 pH は 7.0~7.2 であり, 一方流出水 pH は, 5.4~5.9 とかなり低くなっていた。

以上のような *Sphaerotilus* sp. の抑制にはこの pH が重要な要因となっているのではないかと考えられ, それまでの実験条件に加えて流入水中に 10 N NaOH を適宜添加して, 流出水の pH を 6 以上にあげてみたのが図中矢印で示した 6 月 20 日以後の経過である。そして, それ以後を実験 7 402 a' としている (図中点線はエアレーションタンク混合液の pH の値である。流出水の場合とほとんど差はなく, 流出水で検討をすすめても問題はないと思われる), 図からわかるとおり, pH 以外の条件はそれ以前とほとんど変わっていない。それに対して *Sphaerotilus* sp. はぐんぐん増加しはじめ, NaOH 添加後 4 日目にはすでに Ⅲ の段階に達した。こうしたことから, pH が *Sphaerotilus* sp. の増殖に関する重要な環境要因の一つになっているものと考えられた。

なお, この *Sphaerotilus* sp. の Ⅲ の段階を代表例によって示すと Photo. 2 のようである。

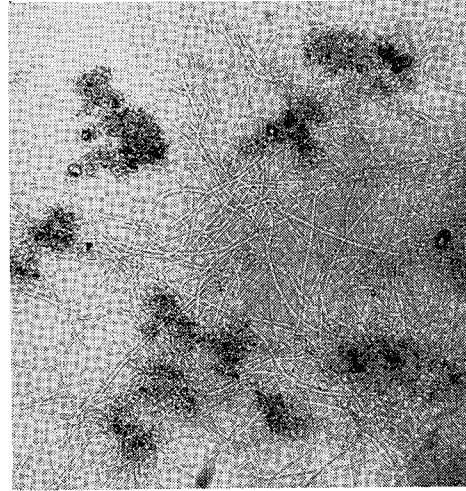


Photo. 2 Quantity of *Sphaerotilus* sp. : Ⅲ very rich.

(3) *Sphaerotilus* sp. の経日変化と pH

ここで各実験について流出水 pH (あるいは混合液 pH, 以下同じ) の経日変化および生物相のうちでも *Sphaerotilus* sp. の増殖の経過を取り出して示したの

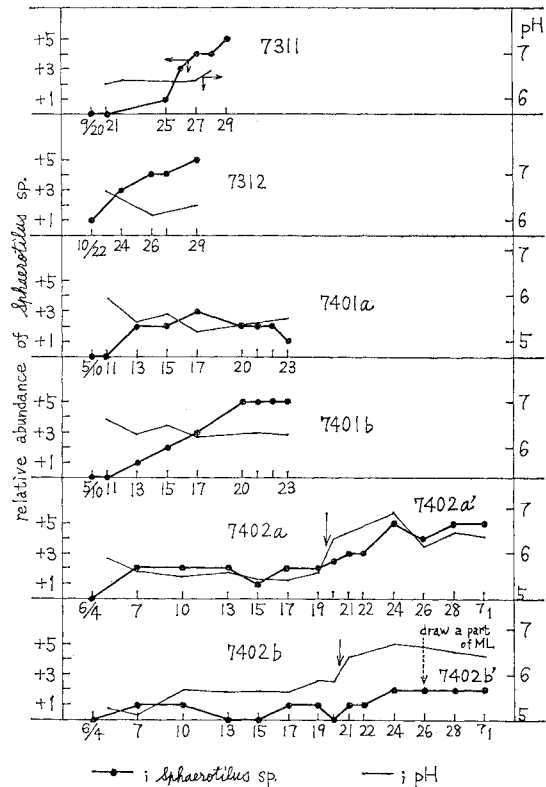


Fig. 4.1 Changes of relative abundance of *Sphaerotilus* sp. and pH in Experiment 7 311~7 402.

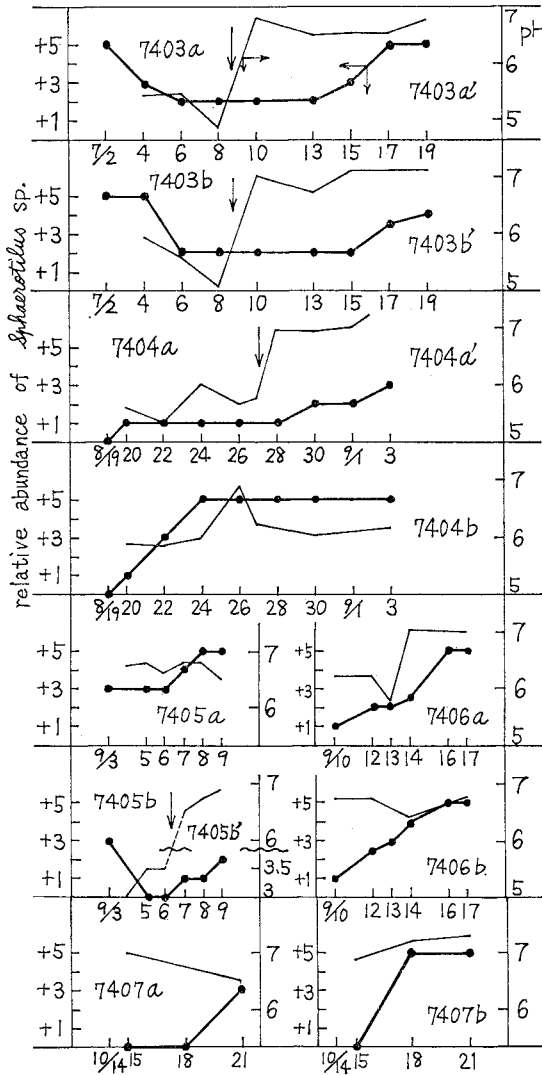


Fig. 4.2 Changes of relative abundance of *Sphaerotilus* sp. and pH in Experiment 7403~7407.

が Fig. 4 である。図中、矢印で示したのは、すでに Table 2 の実験番号のつけ方で述べたように、そのシリーズにおいてそこで pH の条件をカセイソーダあるいは硫酸で変化させたことを示している（そしてそれ以後については実験番号にダッシュをつけて区別することとした）。

この図からわかるように、*Sphaerotilus* sp. の増殖に好適であった実験は、7311, 7312, 7401 b, 7402 a', 7403 a', 7403 b', 7404 a', 7404 b, 7405 a, 7405 b', 7406 a, 7406 b, 7407 a, 7407 b の各実験であった。これらの実験に共通していえることは流出水 pH が 6 以上である。またそれ以外の実験は *Sphaerotilus* sp. に対して抑制する条件であった（なお、7402 b' のみは

pH を 6~7 としたにもかかわらず *Sphaerotilus* sp. が十分に増殖しなかったように示されるが、これは 26 日にエアレーション部の混合液を全量の 40% にあたる 2 l 引き抜いたため、傾向としては大いに増殖していた）。

またこの pH の影響は次のような例からも認められる。すなわち、すでに (2) で述べたように、たとえば実験 7402 のように pH 6 以下で *Sphaerotilus* sp. が増加しなかったものが、6 以上にあげることによって増加傾向を示したこと、またさらに 7403 a および b にみられるように、この実験は *Sphaerotilus* sp. の増加した実験 7402 a' の汚泥からスタートしたのであるが、これを pH 6 以下にすることによって減少させ、また逆に 7 近くにあげることによって再び増加させることができた例がある。

すなわち、以上のことは pH が *Sphaerotilus* sp. の増殖の重要な要因であることを示している。

なお、前に述べたような pH 調整を行ったときの活性汚泥の活性に対する影響については、Table 2 でみられるごとく、溶解性 COD の除去率は大体 95% 前後でほとんど差はなく、本実験の範囲で活性汚泥の有機物除去活性に影響しているとはみられなかった。

(4) COD-VSS 負荷と pH

すでに 1. で述べたように糸状性バルキングの発生要因として pH のほかにも多くの要因が考えられている。本報告においては Table 1 に示したように合成下水の成分構成を一定とし、各実験シリーズはその流入濃度が異なるように条件設定をし、実験を行っている。したがってそのように各実験によって異なる要因としては、代表的に COD-VSS 負荷、あるいは COD-容積負荷などがあげられる（なお、基質の成分が一定であるので、その基質量を重クロム酸法 COD で代表させることと

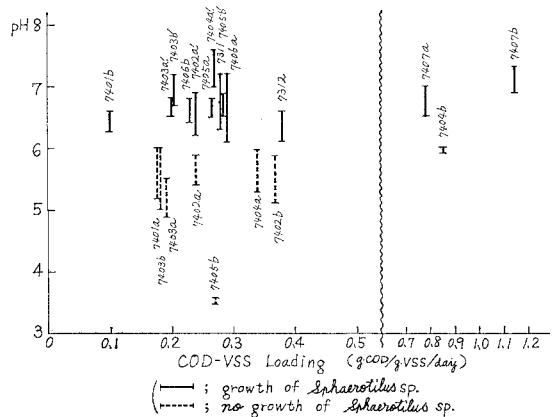


Fig. 5 pH, COD-VSS Loading and growth of *Sphaerotilus* sp.

した)。

Fig. 5 は各実験ごとの COD-VSS 負荷と pH の関係を示し、かつ (3) の結果から *Sphaerotilus* sp. の増殖のみられたものとみられなかったものを区別して示したものである。ここに示したように本報告においては COD-VSS 負荷は、0.1~0.4 g·COD/g·VSS·日の範囲の実験が多いが、さらに高負荷の場合としては 0.7~1.2 付近においても実験を行っている。この **Fig. 5** の結果から、以上の COD-VSS 負荷の範囲ではこの COD-VSS 負荷よりも pH が影響していると認められる。

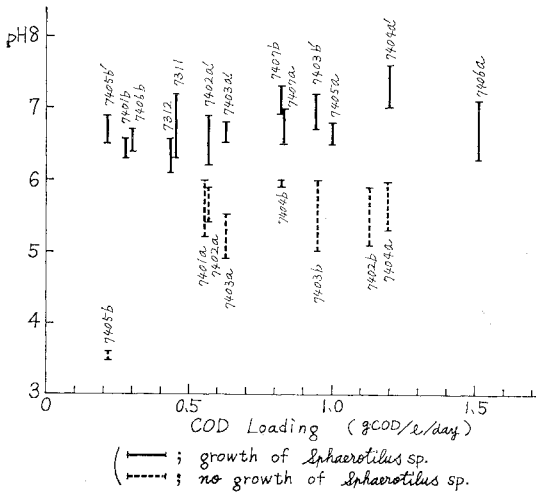


Fig. 6 pH, COD Loading and growth of *Sphaerotilus* sp.

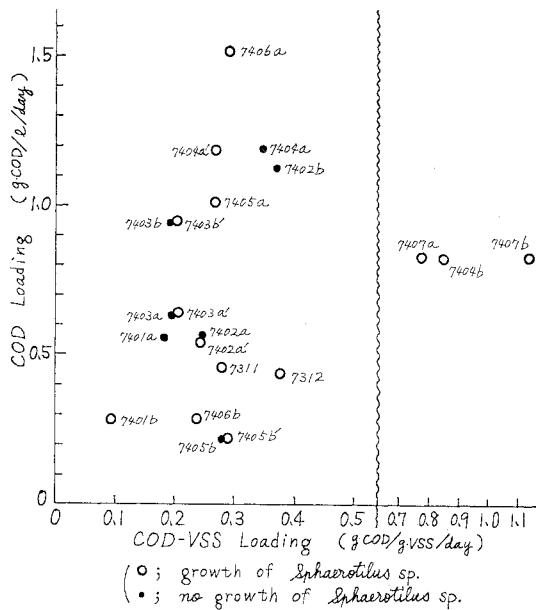


Fig. 7 COD Loading, COD-VSS Loading and growth of *Sphaerotilus* sp.

(5) COD 容積負荷と pH

(4) で行ったと同様な考え方にたつて、各実験ごとの COD 容積負荷 と pH の関係、および *Sphaerotilus* sp. の増殖の有無の結果を示したのが **Fig. 6** である。これにおいても COD 容積負荷 0.2~1.5 g COD/l·日の範囲では pH の影響の方が卓越していることが認められる。

さらに、COD-VSS 負荷と COD 容積負荷の関係を示し、これに対して *Sphaerotilus* sp. の増殖の有無を前と同様に示したのが **Fig. 7** である。この図からも、この両者の要因は *Sphaerotilus* sp. の増殖に影響しているとは認められない。

以上の結果、本実験の範囲では COD-VSS 負荷あるいは COD 容積負荷に対して、pH の要因の方が活性汚泥における *Sphaerotilus* sp. の増殖に対して重要な影響を与えていることが認められた。そして以上の実験の範囲で pH 6 以上では *Sphaerotilus* sp. の増殖に好適な条件となり、一方 6 以下では抑制されている。

(6) pH の高い場合の影響

以上のように、活性汚泥中における *Sphaerotilus* sp. の増殖には、本実験の範囲において有機物負荷ではなく、pH が重要な要因であることが明らかになったが、さらに pH の高い範囲で実験を行った結果を **Fig. 8** お

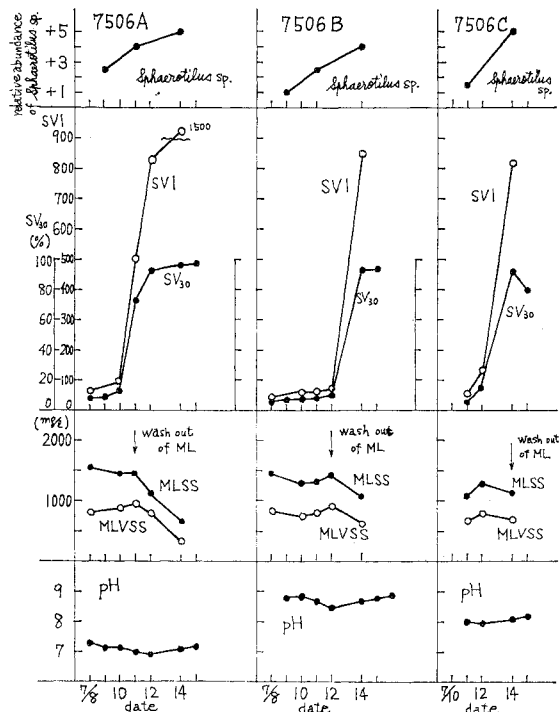


Fig. 8 Results of Experiment 7506.

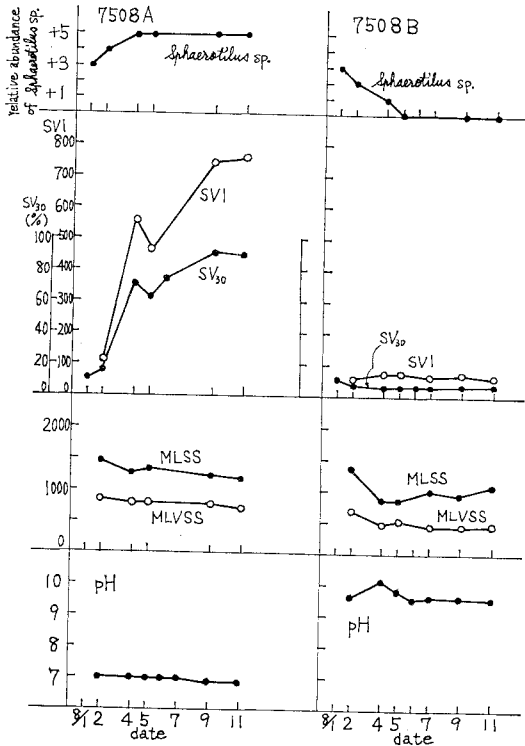


Fig. 9 Results of Experiment 7508.

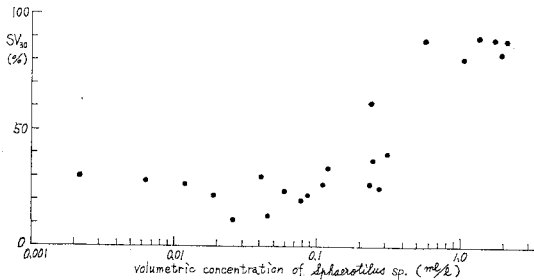


Fig. 10 Relation between SV_{30} and Volumetric Concentration of *Sphaerotilus* sp.

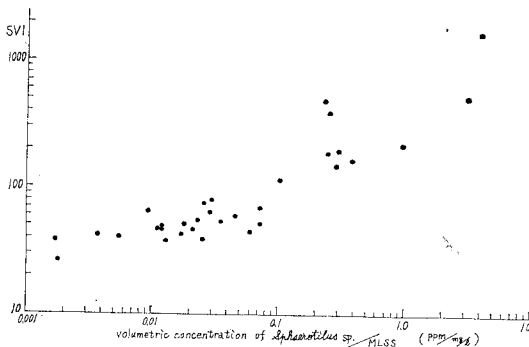


Fig. 11 Relation between SVI and the ratio of volumetric concentration of *Sphaerotilus* sp. to MLSS

および Fig. 9 に示した。なおこれらのいずれも、滞留時間は Table 2 中で実験 7403 以下に示したと同じである。また、実験 7506 の COD 容積負荷は $0.52 \text{ g} \cdot \text{COD} / \text{L} \cdot \text{日}$ 、実験 7508 の COD 容積負荷は $0.30 \text{ g} \cdot \text{COD} / \text{L} \cdot \text{日}$ であった。

以上の結果から、pH 9 以下では Fig. 8 に示されるように *Sphaerotilus* sp. は増殖するが、pH 9.5 以上では Fig. 9 のように抑制されている。

(7) 糸状細菌量と沈降性の関係

以上は糸状性バルキングの発生を糸状細菌（本実験シリーズでは *Sphaerotilus* sp.）の異常な増殖の現象と把握して検討を行ってきた。このことをさらに確認するため、この糸状細菌の量と活性汚泥の沈降性との関係を検討した。Fig. 10 は *Sphaerotilus* sp. の体積濃度と汚泥の 30 分沈殿率の関係をプロットしたものである。またさらに活性汚泥中に占める *Sphaerotilus* sp. の割合の沈降性への影響を見るため、*Sphaerotilus* sp. の体積濃度と MLSS の比と SVI との関係をプロットして示したのが Fig. 11 である。そして、この Fig. 10 から *Sphaerotilus* sp. の体積濃度が大略 0.1 ml/l (= 100 ppm) を越えると急激に沈降性が悪化し、また Fig. 11 から *Sphaerotilus* sp. と MLSS の比が大体 0.1 ppm/mg/l より大きくなると SVI も大きくなる傾向にあることが認められる。このように明らかに糸状細菌の量が糸状性バルキングの程度に影響している。しかし、糸状細菌の量あるいは MLSS 中の割合が同じであっても、SVI や 30 分沈殿率にはかなりの範囲のばらつきがみられる。これには糸状細菌のからまり具合や他の微生物群の沈降性などが影響しているのではなからうかと考えられるが、今後さらに検討したいことである。

4. 討 論

以上のベンチスケールの実験から、Table 1 のような基質構成において、糸状細菌の一つである *Sphaerotilus* sp. の増殖に影響する要因として pH, COD-VSS 負荷, COD 容積負荷の各要因を検討し、これらのうち特に pH の要因が影響していることが明らかになった。

しかし、すでに述べたように基質構成の要因も大きいことがうかがわれ、Fig. 3 に示されるように卓越的に柵の段階に至らなかった場合においても、実験開始時に団地の終末処理場からの種汚泥ではみられなかったにもかかわらず、本実験では十あるいは廿のようにわずかに出現している例があることから、増殖しやすい栄養条件にあるものと考えられる。しかし、この基質構成の個々の基質あるいはそれらが相互に影響するのといったこ

とや、その他の基質の場合などについて、特に活性汚泥を対象としてはこれまでまだ十分解明されているとはいえない。これらの点については筆者はさらに実験的に検討しているところである。

なお、本報告の *Sphaerotilus* sp. に好適であった pH の範囲の結果は、Stokes⁷⁾ や Dias ら⁹⁾ の結果と類似であった。しかし、産業廃水処理におけるバルキングの抑制例について報告した沢田ら¹⁰⁾ の結果は、pH を 6~7 に調整して抑制できたとしていて本報告の結果とは若干ずれている。この点については基質構成あるいは生物相の相違などの面も考えられ、単純に比較はできないものと考えられる。

また本報告では *Sphaerotilus* sp. による糸状性バルキングに着目して検討を加えたが、pH の範囲 (pH 3~4) によっては Fungi が卓越し、それによってバルキングが発生した実験もあった。同様なことは Genetelli ら¹¹⁾ も系の緩衝能の違いによる影響として指摘している。この Fungi が活性汚泥中に増殖することによって発生する糸状性バルキングの種々の要因については今後の重要な課題の一つである。

5. 総 括

活性汚泥における糸状性バルキングに対する影響要因の系統的解明を目的として、糸状性バルキングを活性汚泥の混合微生物集団の中で特定の糸状生物が異常に増殖する現象であるとして (Fig. 10 および Fig. 11)、検討を行ってきた。本報告はその第一段階として完全混合型の連続培養槽を用い、基質構成 (Table 1) を一定とし、Table 2 のような条件でベンチスケールの室内実験を行ったものである。その主要な結果を要約すると次のとおりである。

(1) 発生してきた糸状細菌はいずれの実験シリーズでも同一の種とみられ、本報告では *Sphaerotilus* sp. と同定して考察を進めた。そしてこの *Sphaerotilus* sp. の量を 5 段階で表示したが、この表示で十分量的関係を示すことができ (Fig. 2)、本報告のような検討には有用であった。

(2) 団地終末処理場の返送汚泥を種汚泥として十分な期間連続培養を行い、Fig. 4 のような結果が得られた。この図において *Sphaerotilus* sp. の増加傾向を示している実験ではその条件がこの種の増殖に好適であり、そうでない傾向のものは抑制効果を示すと考えられ、これには pH の要因が影響していると考えられた。

(3) また、各実験シリーズの COD-VSS 負荷と pH の関係、およびこれに対して *Sphaerotilus* sp. の増殖の有無を区別して示した結果は Fig. 5 のよう

あり、この結果 COD-VSS 負荷 0.1~1.2 g·COD/g·VSS·日 の範囲では、COD-VSS 負荷よりも pH が影響していることが認められた。

(4) さらに同様に COD 容積負荷についても整理してみた結果 Fig. 6 のようになり、この結果においても COD 容積負荷 0.2~1.5 g·COD/l·日 の範囲で pH の方の要因が影響していた。そして以上の結果、pH 6 以上では *Sphaerotilus* sp. の増殖に好適な条件であり pH 6 以下では逆に抑制的条件であった。

(5) なお COD-VSS 負荷と COD 容積負荷の関係および *Sphaerotilus* sp. の増殖の有無を示した Fig. 7 から、本実験の範囲では、この両者の要因が *Sphaerotilus* sp. の増殖に影響しているとは認められなかった。

(6) さらに pH の高い場合の影響として、pH 9 以下では *Sphaerotilus* sp. は増殖するが、pH 9.5 以上では抑制されることが認められた (Fig. 8, Fig. 9)。

(7) なお、*Sphaerotilus* sp. の量と活性汚泥の沈降性の関係は、Fig. 10 および Fig. 11 に示され、本実験の範囲で糸状性バルキングの程度は *Sphaerotilus* sp. の量に関連していることが認められた。

最後に、本実験を行うにあたって、本学学生 (当時) 甲谷晴美氏には多大の協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

本研究は文部省科研費特定研究“微生物による浄化分解のシステムアナリシス”より一部補助を受けたものである。

引用文献

- 1) Pipes, W.O. : Bulking of activated sludge, *Advances in Applied Microbiology*, Vol. 9, pp. 185~234, 1967
- 2) 高橋俊三 : 活性汚泥の生物学 (13), *水処理技術*, Vol. 11, No. 1, pp. 3~12, 1970
- 3) Cole, C.A., J.B. Stamberg, and D.F. Bishop : Hydrogen peroxide cures filamentous growth in activated sludge, *Journal WPCF*, Vol. 45, No. 5, pp. 829~836, 1973
- 4) Keller, P.J. and C.A. Cole : H₂O₂ controls bulking, *Water and Wastes Engineering*, Vol. 10, No. 9, pp. 4~7, 1973
- 5) Pipes, W.O. : Types of activated sludge which separate poorly, *Journal WPCF*, Vol. 41, No. 5, Part 1, pp. 714~724 1969
- 6) Chudoba, J., V. Ottová and V. Maděra : Control of activated sludge filamentous bulking-I, Effect of the hydraulic regime or degree of mixing in an aeration tank, *Water Research*, Vol. 7, pp. 1163~1182, 1973
- 7) Stokes, J.L. : Studies on the filamentous sheathed iron bacterium *Sphaerotilus natans*, *J. Bacteriology*, Vol. 67, pp. 278~291, 1954
- 8) Curtis, E.J.C. : Sewage Fungus : Its nature and effects, *Water Research*, Vol. 3, pp. 289~311, 1969
- 9) Dias, F.F., N.C. Dondero and M.S. Finstein : Attached growth of *Sphaerotilus* and mixed populations

- in a continuous-flow apparatus, *Appl. Microbiol.*, Vol. 16, pp. 1191~1199, 1968
- 10) 沢田敬一・脇本照明：糸状性バルキング汚泥の制御について，第 10 回下水道研究発表会講演集，pp. 258~260, 1973
- 11) Chudoba, J., J. Blána and V. Maděra : Control of activated sludge filamentous bulking-III, Effect of sludge loading, *Water Research*, Vol. 8, pp. 231~237, 1974
- 12) Rao, S.S. and D.R. Washington : Effect of sewage loading on the prevalence of *Sphaerotilus natans*, *Appl. Microbiol.*, Vol. 16, pp. 942~943, 1968
- 13) Genetelli, E.J. and H. Heukelekian : The influence of loading and chemical composition of substrate on the performance of activated sludge, *Journal WPCF*, Vol. 36, No. 5, pp. 643~649, 1964
- 14) 水野寿彦：日本淡水プランクトン図鑑，p. 268，保育社，1964.
- 15) 小島貞男：水処理のための生物試験の手引き，月刊「水」発行所，pp. 80~87, 1964
- 16) Breed, R.S. et al. : *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, seventh edition, pp. 263~264, 1957
- 17) 安田正志・中村郁子：活性汚泥のバルキングについて，土木学会第 29 回年次学術講演会概要集，pp. 494~495, 1974
- 18) Bhatla, M.N. : Relationship of activated sludge bulking to oxygen tension, *Journal WPCF*, Vol. 39, pp. 1978~1985, 1967

(1975.4.23・受付)