汚泥真菌としての *Geotrichum candidum* の形態変化に関する研究

In vitro Studies on the Morphological Change of *Geotrichum candidum* belonging to sludge fungi

東北薬科大学 第一衛生化学教室

坂 口 平・高 下 忍・横 田 勝 司

Osamu Sakaguchi, Shinobu Takashita and Katsushi Yokota

First Department of Hygienic Chemistry, Tohoku College of Pharmacy, Sendai

The morphological growth characteristics of *Geotrichum candidum* IFO 4597 strain were examined under various nutritional conditions.

Cells grown in synthetic medium containing 0.5% glycerol or 1% xylose exhibited a very inferior state of precipitation, "bulking phenomenon", resulting from the growth of mycelial phase. However, cells grown in 1% glucose medium exhibited good precipitation resulting from the growth of yeastlike phase.

The bulking and mycelial phases dependent on cells grown in glycerol medium were not observed by the addition of nitrogen source such as peptone, amino acid and NH_4^{1+} , and this mycelial phase was converted into a yeastlike phase by the addition of Cu^{2+} or PO_4^{3-} in glycerol medium.

The initial pH, especially pH 6-11, of the glycerol medium has influence on the growth of mycelial phase, and adjustment of the final pH after cultivation was not related to Y $\rightleftharpoons$ M conversion of dimorphism.

Experimental addition of *G. candidum* in activated sludge induced "bulking phenomenon" which is originated from a rise of both SV and SVI values of the sludge.

緒 言

活性汚泥法の浄化障害の1つにバルキング (Bulking) 現象が有り, これは活性汚泥の沈降性が悪く, しかも汚泥の分散が大きいため処理放流水の BOD や SS を上昇させる。その原因には栄養源のアンバランス, pH, 温度, 有害物質の混入, 溶存酸素量および有機物の衝撃負荷などに起因する活性汚泥生物間のバランスのくずれによるものと言われている¹⁾。この現象を惹起する原因微生物中, 真菌では *Geotrichum*²⁾ や *Penicillium*³⁾ があり, その他の微生物として *Sphaerotilus*⁴⁾, *Bacillus*, *Nocardia*⁵⁾, *Escherichia coli*⁶⁾ などが異常増殖した結果, バルキングを起こすことが多くの研究者によって報告されてきた。

Geotrichum candidum は酵母 *Saccharomyces* と同様に発育環境の変化によって Yeast (Y相) と Mycelium

(M相)の二相性発育形態を示し, バルキング状態ではM相となり, 各処理場の微生物間では常にこのM相菌が優勢になると Hawker⁷⁾ や Schofield⁸⁾ は述べている。

活性汚泥に関する研究は現在までに優れた成果を数多く挙げているにもかかわらず, このバルキング問題に関しては未だに解決の域を脱していない。そこでこの現象の真菌による誘起要因を実験的に明らかにする目的から, 前報⁹⁾ では *G. candidum* の発育と栄養要求を生理的性質ならびに浄化作用から検討した。

本報では *G. candidum* の二相性発育形態に関する培養条件を試験管内で種々検討すると共に, 都市下水由来の活性汚泥に本菌を添加した系でも行ない, いずれも二相性発育形態が実験的バルキング現象と大いに関連することを認めたので報告する。

実験方法

1. 使用菌株

Geotrichum candidum IFO 4597株を実験に用いた。

2. 培地

基本培地としての合成下水は polypeptone 300 mg, 酵母エキス 200 mg, glucose 700 mg, KH_2PO_4 8 mg, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 50 mg, NaCl 20 mg, KCl 10 mg, CaCl_2 10 mg, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 7 mg, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 5 mg を 1 l の精製水に加え, pH を 7.0 に調整後用いた。

3. 菌の培養法と発育度の測定法

G. candidum の培養法は 300 ml の培地成分の入った 500 ml 肩付フラスコ内で, 1 分間当り 100 往復の振とうにより 30°C, 7 日間培養した。培養後の菌の発育度は生理食塩水で培養液を一定量に希釈後, 500 nm の吸光度から測定した。

4. 活性汚泥の培養法

宮城県泉市下水処理場から分取した活性汚泥を無菌空気導入によるフラスコ内通気法で, 各種合成下水培地 (基礎培地: glucose を除去した合成下水—0.1% KH_2PO_4 , 0.5% Glycerol 培地: 基礎培地に 0.5% glycerol を加えたもの, 1% Glucose 培地: 基礎培地に 1% glucose を加えたもの) 中に植種後, 3 日間馴養した沈降汚泥を用いた。

5. SV, SVI ならびに MLSS の測定法

SV (活性汚泥沈殿率), SVI (汚泥密度示標) および MLSS (汚泥浮遊物濃度) は下水試験法¹⁰⁾により, 活性汚泥ならびに *G. candidum* についてそれぞれ測定した。SV は 100 ml のシリンダーに反応混液を分注した後, 30 分後あるいは 3 時間後の沈殿率を V/V% で示し, MLSS は遠心沈殿法によって槽内の汚泥量または菌量を ppm で求めたもので, この SV と MLSS の値から次式によ

って SVI を測定した。

$$\text{SVI} = \frac{\text{SV}(\text{V}/\text{V}\%) \times 10,000}{\text{MLSS}(\text{ppm})}$$

6. COD ならびに COD 除去率

日本薬学会協定のアルカリ性 KMnO_4 法¹¹⁾ (100°C, 60 min) による酸化法で培養前後の培地 COD 値を測定し, 次式によって COD 除去率を測定した。

COD 除去率 (%) =

$$\frac{\text{培養前の培地 COD} - \text{培養後の培地 COD}}{\text{培養前の培地 COD}} \times 100$$

なお, 培養後の COD 測定は静置 30 分後の上澄液について行なった。

実験結果と考察

I. 実験的バルキング現象の誘引因子

1) 炭水化物

前報⁹⁾では *G. candidum* が xylose, glucose, fructose, mannose, galactose および glycerol などの炭水化物を資化すると共に, 炭水化物の種類によって発育形態と沈降性が著しく相違することを観察した。

そこで特徴的な発育形態を示す glucose, xylose ならびに glycerol の添加濃度について検討を加えた。すなわち glucose を除去した合成下水と 0.1% KH_2PO_4 からなる培地に種々の濃度の glucose, xylose あるいは glycerol を加え, 肩付フラスコで 30°C, 7 日間振とう培養した。培養後の菌の発育度は生理食塩水で 5 倍希釈した培養液の濁度を 500 nm における吸光度で, また菌の沈降性は培養液の 100 ml をメスシリンダーに分注し, 静置 3 時間後の沈降水量 (SV) として求め, その結果を Table 1 に示した。供試した 3 種の炭水化物による菌の発育度はいずれも 0.5~1% 濃度に極大がみられ, 吸光度 0.43 付近

Table 1 Effect of various carbohydrate concentrations on morphogenesis and growth of *G. candidum* in basal medium

Analysis	Carbohydrate Concentration (%)	None	Glucose				Xylose				Glycerol			
		0	0.2	0.5	1	5	0.2	0.5	1	5	0.2	0.5	1	5
Growth *1		0.03	0.22	0.40	0.42	0.34	0.23	0.43	0.40	0.29	0.31	0.43	0.40	0.37
SV *2		5	37	28	20	10	51	100	79	60	56	100	63	37

Basal medium: Synthetic medium (glucose omitted)—0.1% KH_2PO_4 (pH 7.0)

*1: Growth was expressed as O. D. at 500 nm of 5-fold diluted culture broth

*2: Abbreviation used is as follows; SV.; Sludge Volum. After incubation at 30°C for 7 days on a reciprocal shaker under the condition of 100 strokes per minute, a portion (100 ml) of culture broth was placed into a measuring cylinder. After 3 hours, a proportion of precipitated cells was measured as SV value (%).

Table 2 The values of SV, SVI, MLSS and COD removal rate by growth of *G. candidum* in each carbohydrate medium

Medium Analysis	1% Glucose	0.5% Xylose	0.5% Glycerol
SV (%)	26	99	97
SVI	168	929	767
MLSS	1,547	1,077	1,265
COD removal rate(%)	53	68	66

Basal medium: Synthetic medium (glucose omitted)—0.1% KH_2PO_4 (pH 7.0).

Abbreviations used were as follows: SVI; Sludge Volume Index, MLSS; Mixed Liquor Suspended Solid, COD; Chemical Oxygen Demand.

を示すことから濁度による発育菌体量には大差がみられなかった。しかし、発育した菌の沈降性は glucose 培地で極めて良好であったが、xylose と glycerol では著しく悪かった。

そこで発育の最も良好な 1% glucose, 0.5% xylose ならびに 0.5% glycerol の培地を用いて、培養後の SV, SVI, MLSS 値と COD 除去率について測定し、それぞれの値を Table 2 に示した。53% の COD 除去率を示す 1% glucose 培地による MLSS 値は 1,547 と最も高く、しかも SV が 26%, SVI が 168 を示すことから、これらの数値によっても沈降性の良好な状態を知ることが出来た。COD 除去率 68% の 0.5% xylose と COD 除去率 66% の 0.5% glycerol 培地による MLSS 値はそれぞれ 1,077 と 1,265 で、いずれも glucose 培地の MLSS 値よりも小さく、その上 SV と SVI 値が非常に高いため、菌の膨化状態と符合した。この膨化浮遊状態は引き続き冷蔵庫内で一夜放置しても維持された。

このような炭水化物で発育した菌体の顕微鏡所見では glucose 培地では殆んど Y 相を呈したが、xylose と glycerol 培地では主に M 相を、その他に微量の Y 相が観察されることから、菌の沈降性の良否は二相性発育形態に関係するものと思われる。

また菌の沈降性は培養後の培養濾液中に含まれる可溶性物質の影響をも考慮しなければならない。そこで培養

後の培養濾液を遠心によって除去し、得た菌体を蒸留水で数回洗浄、次いで蒸留水に浮遊させ、500 nm における吸光度を 0.56 に調整後 100 ml のメスシリンダーに分注し、時間の経過と共に SV 値を測定した。glucose 培地では 90 分で完全に沈降し、その SV は 10% であったが、glycerol 培地では 90 分で 82%, 2 時間で 77%, 5 時間で 66% と沈降量大きく、沈降性の弱いことが示された。

以上の結果から、本菌によるバルキング現象は培地中の培地成分の影響を受けることなく、用いた炭水化物の種類と濃度に影響を受け、M 相の発育形態が優勢となった時に生起するものと思われる。

2) 窒素化合物

0.1% KH_2PO_4 と合成下水を含む 0.5% glycerol 培地はバルキング現象を誘因したが、この培地を基礎培地として、さらに窒素源として無機性窒素の NH_4NO_3 あるいは有機性窒素の peptone を種々の濃度で添加した培地を調製し、7 日間の振とう培養後の発育菌体量とバルキングの有無を検討し、Table 3 に示した。

0.05~5% NH_4NO_3 の添加は、0.03% peptone を含有する基礎培地と比較した場合、いずれも発育菌体量半減し、良好な沈降性の結果 SV 値の著しい減少を示し、COD 除去率も基礎培地の 66% に対し、1% NH_4NO_3 は 64% で殆んど変化がみられなかった。

顕微鏡所見では基礎培地の菌相が細長い M 相を示すの

Table 3 Effect of various nitrogen source concentrations on morphogenesis and growth of *G. candidum* in 0.5% glycerol medium

Nitrogen source Concentration (%)	None	Peptone			NH_4NO_3				
	0	0.2	0.5	1	0.05	0.1	0.5	2	5
Growth	0.53	0.29	0.28	0.34	0.28	0.29	0.30	0.22	0.07
SV (%)	86	18	17	27	11	9	8	7	14

0.5% glycerol medium: 0.5% glycerol-synthetic sewage (glucose omitted) —0.1% KH_2PO_4 (pH 7.0)

に対し、 NH_4NO_3 培地では添加濃度に比例してY相とは異なる太くて短いM相の出現がみられた。

一方、peptone の0.2%と0.5%添加培地ではSV 値からバルキングの抑制がみられたが、1% でやや膨化し、2% 以上の添加は濁度で測定不可能な浮上菌糸マットを多数形成した。さらにCOD 除去率でも基礎培地の66% に対し、2% peptone の添加培地では46%と低く、 NH_4NO_3 培地とは異なる性状を示した。

その他 glycine, arginine, asparagine の各0.1% と1% を添加したアミノ酸培地でも NH_4NO_3 や peptone 培地と同様にバルキングの抑制がみられた。またY相を示す1% glucose 培地に2%以上の peptone を加えた培地では0.5% glycerol 培地と同様に菌糸マットを形成した。

以上の結果は一定量の無機リンに対するC:N比を検討したものであり、C源やN源の種類とその比に菌の発育形態が影響を受けるものと思われる。

3) pH

処理場に流入する廃水のpHは通常6.5~7付近にあるが、このpHもバルキング誘因の大きな要因であり、廃水のpHが低い場合には真菌類の発育が旺盛となり、その結果バルキングが生ずると言う¹²⁾。

そこで0.1% KH_2PO_4 —合成下水—0.5% glycerol からなる培地を用いて initial pH を3~12に調整後、7日間振とう培養し、培養後の final pH、濁度による発育菌体量および3時間静置によるSVを検討し、Fig. 1にその結果を示した。

Fig. 1 Effect of initial pH on morphogenesis and growth of *G. candidum* in 0.5% glycerol medium

この培地ではpH 4.0からpH 11.1の間で、発育が可能であり、若干アルカリ性で菌の発育増大がみられたが、

7~11.1のpH域で発育した菌体は97%のSVを示すことから、完全な膨化状態が観察され、酸性側ではpH 6.1で78%, pH 5.1で28%, pH 4.0で16%とそれぞれ減少する傾向を示した。濁度による発育菌体量とSVをみた場合、特にpH 4.0とpH 5.1のSVが小さかったが、これは顕微鏡所見からY相に類似した太くて短いM相の出現によるもので、pH 6.1以上の培地ではいずれも細長いM相が大部分を占めた結果、膨化したものと思われる。

また菌の膨化状態は培養後の培地 final pH に依存する傾向が見られたので、initial pH 4, 6, 9でそれぞれ培養した菌を洗滌後、各pHのBritton-Robinson広域緩衝液に一定量の菌を浮遊させ、3時間静置後のSVを、

Table 4 Effect on bulking by final pH adjustment of growing cells of *G. candidum* in 0.5% glycerol medium at different initial pH

Final pH \ Initial pH	2	4	6	8	10	12
4	36	39	39	39	44	83
6	72	89	92	92	92	92
9	97	97	97	97	97	97

Cultivations in 0.5% glycerol medium were incubated at 30°C for 7 days under different initial pH values (4, 6, 9), and growing cells were washed 3 times with saline. The washed cells were suspended in Britton-Robinson buffer of various pH values. After 3 hours, each SV(%) was determined, respectively.

Table 4に示した。Initial pH 4で発育した菌は final pH 2~10で良好な沈降性を示したが、final pH 12では沈降性の悪化した膨化状態が観察された。また initial pH 6で発育した菌は final pH 2で幾分膨化状態が抑えられたが、pH 4~12ではいずれも膨化した。さらに initial pH 9で発育した菌はいずれの final pH においても膨化状態を示すことから、本菌の培地 pH によるバルキングの出現は initial pH に大きく影響を受けると共に、final pH でも若干の影響がみられた。このように培地の initial ならびに final pH も膨化現象の原因の1つと考えられたが、これは菌の等電点または菌体構成成分の差によるものではないかと推察された。

以上の結果、炭水化物を多く含有した酸性廃水処理の際にみられるバルキング現象は恐らく活性汚泥生物が酸性のため死滅もしくは不発育になった時、真菌類が異常増殖して起こることが予想された。

4) リン酸塩

真菌類の多くは比較的高濃度の炭水化物とリン酸塩の存在下で発育良好であるが、前報⁹⁾で1% glucose-0.25% glycine-0.01% MgSO_4 からなる基礎培地に種々なる濃度の KH_2PO_4 を添加した培地による菌の発育は0.1~0.5% 濃度に極大がみられ、 KH_2PO_4 の無添加では僅かな発育しかみられずリン酸塩の必要性が本菌においても認められた。

そこで合成下水を含む 0.5% glycerol 培地にリン酸塩として KH_2PO_4 を Table 5 に示す様な濃度で添加した培地での発育菌体量は0.05~0.1%に極大を示し、0.5%

Table 5 Effect of various KH_2PO_4 concentrations on morphogenesis and growth of *G. candidum* in basal medium

Concentration (%)	KH_2PO_4					
	0	0.01	0.05	0.1	0.5	1
Analysis						
Growth	0.28	0.35	0.44	0.50	0.35	0.28
SV (%)	26	26	100	97	69	15

Basal medium: 0.5% glycerol-synthetic medium (glucose omitted)

以上あるいは 0.01%以下では発育菌体量が若干減少した。また発育した菌体の SV は0.05%で100, 0.1%で97といずれも強い膨化状態がみられた。次いで0.5%で69, 0.01%で26, 1%で15と共に SV 値が小さくなった。

KH_2PO_4 の各濃度で発育した菌体の顕微鏡所見では、SV 値の大きな0.1%濃度で細長いM相を示し、SV 値が小さい場合にはいずれも比較的短いM相が多くみられた。このように添加する KH_2PO_4 の濃度は発育形態に大きく影響を与えることから、沈降性の良好な菌の形成には C:N:P 比の重要性が示唆された。

5) 食塩

合成下水-0.1% KH_2PO_4 -0.5% glycerol からなる基礎培地に各濃度の NaCl を添加した培地上における菌の発育と SV 値を Table 6 に示した。NaCl の添加は0.5%

Table 6 Effect of various NaCl concentrations on morphogenesis and growth of *G. candidum* in 0.5% glycerol medium

Concentration (%)	NaCl					
	0	0.1	0.5	1.5	3	6
Analysis						
Growth	0.50	0.48	0.34	0.30	0.23	0.13
SV (%)	92	92	58	39	32	14

から6%まで徐々に発育の低下と SV の低下がみられた。この SV 値の低下は殆んど発育菌体量に比例し、比較的高濃度の食塩存在下でも発育が可能なことから、塩分の高い廃水の浄化に本菌が利用し得ると考えられた。

6) 重金属

重金属イオンは二相性発育形態の変換に関与する因子であることが知られており^{13,14)}、活性汚泥法において重金属イオンなどの毒性物質の流入は flock 形成菌に対して毒性が大きい。一方、糸状菌では比較的耐性が強く、その結果糸状菌が残存して異常に増殖する場合がある。重金属として Cu^{2+} と Hg^{2+} を用いて菌の発育と発育菌の SV 値をそれぞれ測定し、その結果を Table 7 に示した。

Hg^{2+} と Cu^{2+} に対する菌の発育は殆んど同様の傾向を示した。すなわち Cu^{2+} や Hg^{2+} では 25 ppm 添加で著しい発育阻害がみられ、100 ppm ではいずれも菌の発育はみられなかった。 Hg^{2+} の場合、有機水銀である $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Hg}$ と無機水銀である HgCl_2 の影響は殆んど変化なく、それぞれ Hg^{2+} 量の多少によって影響を受けることが明らかとなった。特に Hg^{2+} と Cu^{2+} の本菌に対する相違は SV 値にみられ、1 ppm Cu^{2+} の SV は 31%であるのに対し、1 ppm Hg^{2+} のそれは 93であり、明らかに Cu^{2+} の添加は膨化を著しく抑えた。この顕微鏡所見では太くて短いM相の出現がみられ、 Hg^{2+} では 25 ppm 濃度で同様の結果がみられた。本菌に対する影響は発育と形態変換から Hg^{2+} よりむしろ Cu^{2+} の方が大きいことが推定された。

Table 7 Effect of various concentrations of Hg^{2+} or Cu^{2+} on morphogenesis and growth of *G. candidum* in 0.5% glycerol medium

Heavy metal Concentration (ppm) (as metal ion)	None	HgCl ₂			(CH ₃ COO) ₂ Hg			CuSO ₄ ·5H ₂ O		
	0	1	25	100	1	25	100	1	25	100
Growth	0.52	0.51	0.24	0	0.52	0.25	0	0.50	0.12	0
SV (%)	93	93	29	0	93	30	0	31	11	0

Table 8 Effect of *G. candidum* on bulking of activated sludge

Medium	<i>G. candidum</i>	SV (%)	MLSS	SVI
Control *1	None	19	1,470	129
	Added	86	2,020	426
0.5% Glycerol	None	50	2,310	216
	Added	98	3,020	325
1% Glucose	None	62	2,870	216
	Added	99	3,270	303

Basal medium: Synthetic medium (glucose omitted)—0.1% KH_2PO_4 (pH 7.0)

*1: Basal medium only

Activated sludge was acclimated at 3 times by each medium. After cultivation of *G. candidum* was added in activated sludge at about 400 mg/l of MLSS, aeration was carried out for 20 hours at rate of 6 l per min.

II. 活性汚泥のバルキングにおよぼす *G. candidum* の影響

実際に *G. candidum* が活性汚泥中で発育してバルキング現象を誘導するかどうかをフィールド的な観点から検討を加えた。一般に汚泥容量指標は SVI で表わされ、活性汚泥の最終沈殿池とエアレーションタンクの汚泥管理に利用されるが、良好な沈降性をもつ活性汚泥は SVI が 50~200 であり、バルキング汚泥はそれ以上であり、時には 2,000 以上になることもあると言う¹⁵⁾。

合成下水と 0.1% KH_2PO_4 からなる基礎培地と基礎培地に 0.5% glycerol または 1% glucose をそれぞれ加えた 3 種類の培地に新鮮な返送汚泥の一定量を植種後、1 分間当り 6 l の通気量で 20 時間曝気し、曝気後の遠心沈殿物をそれぞれ同一の培地中でさらに同様の操作を 2 回繰り返すことによって汚泥を馴養した。曝気 3 回後、汚泥の色は基礎培地では黒く、0.5% glycerol 培地ではやや白く、1% glucose では白く、この 2 種の炭水化物添加培地では顕微鏡観察によって多数の酵母類ならびに糸状菌類を検出した。またクロロマイセチン含有の各培地によるシャーレ上での培養でも顕微鏡所見同様に、多数の白色コロニーがみられた。

上記の培地で馴養した活性汚泥を二分し、一方には MLSS 濃度として約 400 mg/l の *G. candidum* を加え、他方は対照として用いた。曝気 20 時間後の SV, SVI ならびに MLSS を Table 8 に示した。なお供試した *G. candidum* は合成下水に 0.1% KH_2PO_4 と 0.5% glycerol を加えた培地で前培養をしたものである。いずれも *G. candidum* の添加は対照と比較し、SV, SVI 値を共に高めることからバルキング状態が観察された。しかし添加した *G. candidum* の前培養が M 相を示す glycerol 培地で培養したものであり、これが Y 相を示す glucose 培

地で培養した場合は、いずれも SV ならびに SVI 値を幾分低下させるものと予想される。各種培地で曝気培養後、30 分静置した上清液の一定量をクロロマイセチン添加 glucose 培地上に植種した場合、*G. candidum* を添加した系では無添加の系と比較して、いずれも発育菌体量多く、本菌が活性汚泥共存下でも十分生育出来ることが推察された。

バルキング現象の解明を目的として微生物の分離・同定や栄養要求、生理作用等について検討を加えて来たが、純培養による *G. candidum* の沈降性や菌体成分あるいは活性汚泥生物への影響などに関しては実験的観点から行なった研究例が殆んど存在しない。

G. candidum が関与する活性汚泥のバルキング時には M 相の発育を呈し、糸状性の発育を示すが純培養の際には振とうする速度によっても大きく左右され、比較的ゆるやかな振とうでは M 相の生成が多かった。このことは曝気の際に、通気量が多いと Y 相を、通気量が少ないと M 相が優勢となるものと思われる。また peptone の高濃度の存在は浮上菌糸マットである白い塊状の堅い菌体が生成され、凍結乾燥後に乳鉢やテフロンホモジナイザーでの摩砕は困難であり、これも一種のバルキングと考えられ、これは恐らく多量の脂肪性物質の蓄積により浮上したものと思われる。本菌は活性汚泥中でも良く増殖して糸状性バルキングの原因となり得たが、バルキング様現象の生成機構をより明らかにするために著者らは目下 M 相と Y 相の菌体成分ならびに酵素系の違いについて検討中であり、近く報告する予定である。

要 約

Geotrichum candidum IFO 4597 株の形態的発育性状について、種々の栄養条件下で検討した。

0.5% グリセロールあるいは1% キシロースを含む合成培地中で発育した菌体は菌糸相の発育の結果による沈降性の非常に悪い状態を示す“バルキング現象”を呈した。しかしながら、1% グルコース培地で発育した菌体は酵母相の発育の結果により良好な沈降性を示した。

グリセロール培地中で発育した菌体によるバルキングと菌糸相はペプトンやアミノ酸、アンモニウムイオンなどの窒素源の添加によっては観察されなかった。そしてこの菌糸相はグリセロール培地に Cu イオンあるいはリン酸イオンの添加によって酵母相に変換された。

グリセロールを含む培地の initial pH, 特に pH 6 から 11 は菌糸相の発育に影響をおよぼした。また培養後の final pH の調整は二相性の Y₂M 変換には関係しなかった。

活性汚泥に *G. candidum* を実験的に加えたものでは汚泥の SV 値と SVI 値の両方を高めるバルキング現象を誘起した。

文 献

- 1) 御園光信：応用微生物学への招待 XI, 微生物機能の利用, 化学の領域, **26**, 947-957 (1972).
- 2) Jones, P. H.: The effect of temperature and oxygen tension on one of the microorganisms responsible for sludge bulking, Proc. 19th. Ind. Waste Conf., Eng. Bull, **49**, 902-914 (1964).
- 3) Pipes, W. O.: Bulking of activated sludge, Advan. Appl. Microbiol., **9**, 185-234 (1967).
- 4) Curtis, E. J. C.: Sewage fungus: its nature and effects, Water Res., **3**, 289-311 (1969).
- 5) Pipes, W. O.: Types of activated sludge which settle poorly, J. Water Pollut. Control Fed., **41**, 714-724 (1969).
- 6) Pasveer, A.: "Investigation on the control of filamentous bulking" 4th Int. Conf. on Water Poll. Res., II-14 (1968).
- 7) Hawkes, H. A.: "The ecology of waste water treatment", The MacMillan Co., New York. p.203 (1963).
- 8) Schofield, T.: Some biological aspects of the activated-sludge plant at Leicester, Water pollut. Control, **70**, 32-47 (1971).
- 9) 高下 忍, 横田勝司, 坂口 平: *Geotrichum candidum* の栄養要求の検討, 東北薬科大学研究年報, **23** 号 (1976). 投稿中.
- 10) 日本下水道協会: 下水試験方法, 378-381 (1974).
- 11) 日本薬学会編: 衛生試験法注解, 802-803 (1973).
- 12) 木内 幹, 相田 浩: 活性汚泥とその微生物, 水処理技術, **10**, 13-22 (1969).
- 13) Reiss, E. and Nickerson, W. J.: Control of dimorphism in *Phialophora verrucosa*, Sabouraudia, **12**, 202-213 (1971).
- 14) 山口英世, 神田弥生, 岩田和夫: *Candida albicans* の 2 相性に関する研究, 日細誌, **26**, 169-170 (1971).
- 15) 手塚泰彦: 活性汚泥における細菌の役割, バイオテック, **2**, 677-682 (1971).

(受付 1977年1月17日)