

1. はじめに

上水道におけるカビ臭は全国的に問題視されており、各貯水池等で独自の調査研究がなされている。仙台市の主要水源、釜房湖でも昭和55年以来藍藻類 *Phormidium tenue* によるカビ臭が発生している。ところで、カビ臭物質として現在同定されている主たる 2-methylisoborneol および geosmin はともにイソプレノイド化合物であり、その生成はメバロン酸経路に由来する説が有力と考えられている。その観点から、カビ臭物質生成の前駆的なメバロン酸経路に関係する物質が *Phormidium tenue* の増殖に及ぼす影響について実験検討した。一方、カビ臭物質の新しい試験魚による毒性試験および脱臭のための緩速砂ろ過から若干の知見を得たのでここに報告する。

2. 実験方法

実験は単藻分離の後大量培養した *Phormidium* の中に図-1 の生成過程を考慮した入手可能な薬品をスパーカーとして添加し、増殖の推移をみた。表-1 に実験番号と添加薬品および添加量を示す。また、培養は三角フラスコ数個に 300 ml の BG-11 培地を入れ、照度 500 lx、温度 20°C の条件で静置培養している。実験指標は藻体数、Chl-*a*、臭気濃度(TO)、pH である。

3. 実験結果および考察

実験1においてピルビン酸を添加した No.1 と培地のみ No.5 の結果と比較すると *Phormidium* の藻体数は5日目において No.1 は 3000 (n/ml), No.5 は 3600 (n/ml) であるのに対し、8日目、12日目では No.1 9400, 11400 (n/ml), No.5 4000, 6500 (n/ml) と No.1 が No.5 の 2 倍程度の増殖を示す。15日目では *Phormidium* が束状になって測定不可能になった。Chl-*a* については、5日目 No.1 16.3 (μg/l), No.5 21.0 (μg/l) と No.5 の方が多少高い値を示しているのに対し、8日目からは No.1 27.3 (μg/l) No.5 22.8 (μg/l) と逆転しており、ピルビン酸を添加した方が早く立上がる傾向をとる。以上より、ピルビン酸は *Phormidium* の増殖に何かしらの関係を持ち、少なくとも阻害的な作用はないと推察した。一方、No.2,3 のメバロン酸経路の途中に存在するゲラニオールやメバロン酸の供給は図-2 に示すように *Phormidium* の増殖に関係しないと考えられ、No.4 のピルビン酸やメバロン酸経路に間接的に作用すると考えられる有機酸は増殖に関与しないと思われる。これは杉浦らが放線菌を対象に行なった研究結果²⁾と一致する。実験2では実験1においてピルビン酸が増殖を助長する可能性があることから、ピルビン酸生成に直接関係する TCA 回路に着目し、TCA 回路有機酸である L-リンゴ酸、クエン酸をスパーカーとし、ピルビン酸併用のもとで生育状況をみた。クエン酸を添加した結果を図-3 に示す。藻体数については、培地のみ No.6 に比し、No.1,2 は5日目 900, 1200 (n/ml) と No.6 の 3600 (n/ml) より少ないが、7日目には激しい増殖で束状になり、測定できない状況になる。Chl-*a* は5日目 No.6 と No.1,2 は 20.4 (μg/l) 程で同値であるが

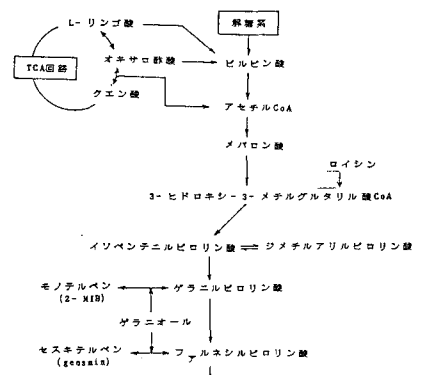
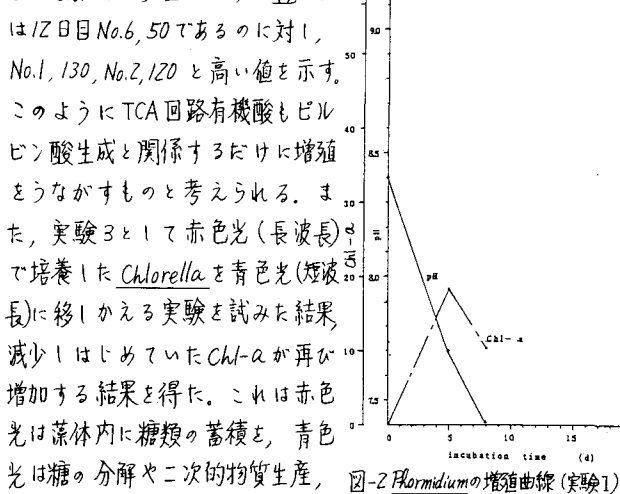


図-1 カビ臭物質の生成経路 (メバロン酸経路) および TCA 回路

表-1 実験番号および添加薬品

実験1			
No. 1	ピルビン酸	20mg/l	
No. 2	メバロン酸	10	ゲラニオール 10
No. 3	ピルビン酸	20	メバロン酸 10
No. 4	n-ブチル酸	20	iso-ブチル酸 20
No. 5	培地のみ	20	プロピオン酸 20
実験2			
No. 1	ピルビン酸	20	クエン酸 20
No. 2	ピルビン酸	20	L-リンゴ酸 20
No. 3	ピルビン酸	20	クエン酸 20
No. 4	L-リンゴ酸	20	
No. 5	ピルビン酸	20	酢酸 20
No. 6	培地のみ	20	
実験3			
光のスペクトル変化による影響			

7日目にはNo.6の49.4(49/ℓ)に対してNo.1,2は1.5倍の値を示す。さらにChl-aより立上りの遅いTOは12日目No.6,50であるのに対し、



No.1, 130, No.2, 120 と高い値を示す。このようにTCA回路有機酸もビルビン酸生成と関係するだけに増殖をうながすものと考えられる。また、実験3として赤色光(長波長)で培養した *Chlorella* を青色光(短波長)に移しかえる実験を試みた結果、減少しはじめていたChl-aが再び増加する結果を得た。これは赤色光は葉体内に糖類の蓄積を、青色光は糖の分解や二次的物質生産、

TCA回路のオキサロ酢酸を合成する作用があるといわれていることから、光質を変えることによって物質生産の方向に作用したもと考えられる。一方、カビ臭の発生に対応しては、晩秋～初冬にかけてTOが上昇する傾向にあり、また釜房湖の光スペクトルがこの時期短波長域に

すれると試算できており、短波長に移行することが、多々ある発生要因の一部として晩秋～初冬の *Phormidium* 増殖に関係することが暗示される。

ところで、カビ臭物質の毒性に関しては試験魚アカヒレを用い、2-methylisoborneol と geosmin の最高濃度を1mg/ℓの極高濃度条件にて48時間(96)また同条件でpHを5,9に変化させた実験ではこの時間内での試験魚の死亡は確認されず、カビ臭物質は少なくとも急性毒性はないものと考えられる。図-4に直径12cmのろ過塔を用いたときの緩速砂ろ過による2-methylisoborneolの除去効果を示す。その結果、図-4の(1)に示す原水TO60, GCによる物質量0.4(49/ℓ)、ろ速4(m/d)の条件ではろ過膜によりTOで30~40%、量的に35~40%除去可能である。また、カビ臭の除去は砂層でも認められ、流出時にはTOで95%以上除去されている。さらに、原水TO100と高濃度にした図-4の(2)でも、ろ速を3(m/d)に減らすことにより流出水の除去能は若干おとっているが、(1)と同様の傾向を示す。なお、緩速ろ過ではTO200以上では効果が期待できにくくなると思われるが、釜房湖でのカビ臭の発生は本実験よりTOが低い場合が多く、このような場合には十分除去効果を期待し得るものと考えられる。

4. おわりに

メバロン酸経路の出発点のビルビン酸およびTCA回路有機酸が *Phormidium* の増殖を助長する傾向等が知れたがこれらの炭素源としての有機物、藻類の影響²⁾、また、*Phormidium* の動態と湖水の流動、光、温度との係りについて今後検討する。最後に、共同研究の東北大学、東北工大、仙台市水道局に感謝する。

参考文献 1) 石橋・佐藤他: 衛生工学研究論文集, Vol. 20, 1984. 2) 杉浦・大木他: 水質汚濁研究, Vol. 7, No. 1, 1984. 3) 宮地・村田編: 光合成と物質生産, 理工学社, 1980.

図-2 *Phormidium* の増殖曲線 (実験1)

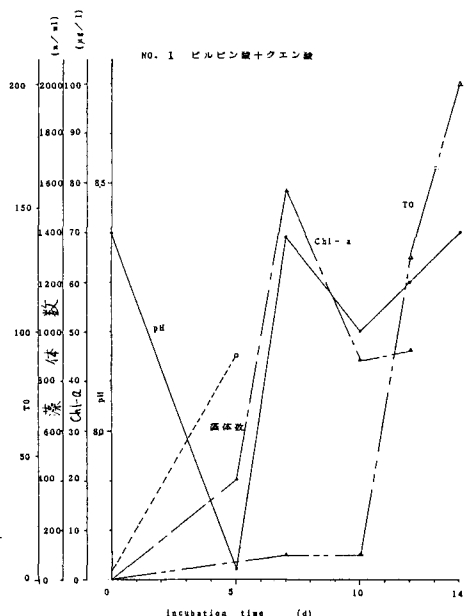


図-3 *Phormidium* の増殖曲線 (実験2)

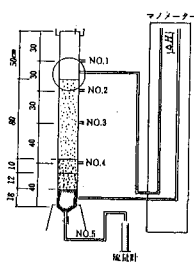


図-4 緩速砂ろ過による2-methylisoborneolの除去効果

