〈論文〉

Chlorella sp. の増殖特性, 特に *B. megaterium* との共生による増殖

Growth Characteristics of *Chlorella* sp. in Organic Medium and Symbiotical Growth with *Bacillus megaterium*

栗山光央*, 小野寺知幸*, 白樫高史*, 柿井一男*
Mitsuo KURIYAMA Tomoyuki ONODERA Takashi SHIRAKASHI Kazuo KAKII

Abstract

Growth characteristics of *Chlorella* sp. isolated from a sedimentation tank in glycine, glucose and inorganic medium and also in peptone medium in association with *B. megaterium* were discussed.

Chlorella sp. utilized glycine phototrophically and specific growth rate (μ) was 3.35 day^{-1} (25°C). The isolate also utilized small amount of glycine heterotrophically (under dark and the supply of air) and specific growth rate (μ) was 2.76 day^{-1} . The isolate utilized glucose heterotrophically ($\mu = 2.70 \text{ day}^{-1}$). Under the supply of CO_2 enriched air to the inorganic medium, specific growth rate of 3.30 day^{-1} was obtained at more than 0.6% CO_2 concentration.

Although the isolate showed a little growth in 0.5% peptone medium, it grew promptly when it was incubated in association with *B. megaterium*. This symbiotical growth took place under light and oxygen limited conditions ($\mu = 4.50 \text{ day}^{-1}$, 25°C). No growth of *Chlorella* sp. was observed under an aerobic condition. Growth rate of the isolate was accelerated with an increase of temperature and reached to the maximum μ of 8.0 day^{-1} at 36°C . Rapid growth was still observed at 42°C . But, this high growth rate continued only for 12 hrs. In 0.1% glycine medium, the maximum growth rate without bacteria was observed at 30°C , and growth was completely ceased above 40°C . Carbon analysis before and after incubation indicated that organic carbon degraded by the bacterium quantitatively transferred to the biomass. This symbiotical growth was also observed in simple organic medium in which *B. megaterium* could grow.

From these results, it was assumed that the symbiosis observed between *B. megaterium* and *Chlorella* sp. fundamentally consisted of interchange of CO_2 and O_2 . But, high growth rate observed in symbiosis might indicate the existence of more complicated mechanisms supporting each other.

1. はじめに

前報¹⁾でわれわれは工学部排水処理場の沈殿池内において藻類が活発に増殖し、藻類の存在が排水の浄化に重要な役割を果たしていることを示した。また、沈殿池よりグリシン、グルコースを資化する *Chlorella* sp. を分離したが、この *Chlorella* sp. はある特定のバクテリアと共生してペプトン培地中で著しい増殖を起こす事実を報告した。一般に汚水性の藻類は光合成による無機炭素の同化にとどまらず有機物を資化する能力を持っているものも多く、*Chlorella*. についてみてもグルコース^{2,3)}, 酢酸^{3~6)}, グリコール酸^{7~9)}を資化することが報告され

ており、グルコース、ガラクトース、エタノール、酢酸、ビルビン酸、アセトアルデヒド等巾広い有機物を資化する *Chlorella reguralis* の報告¹⁰⁾もある。一方、汚水性の藻類とくに藍藻の多くはバクテリアと共生して有機物を含む培地中で著しい増殖を示すことが知られている^{11~13)}が、*Chlorella*. とバクテリアの共生についてはあまりよく知られていない。藻類とバクテリアの共生関係を明らかにすることは単にラグーン池における浄化機構を明確なものとするにとどまらず、藻類の異常発生メカニズムの解明につながる問題であろう。

ここでは分離した *Chlorella* sp. の増殖特性ならびに

* 宇都宮大学工学部環境化学科 〒321 宇都宮市石井町 2753 Environmental chemistry, faculty of engineering, utsunomiya university. (2753 Ishii-cho, Utsunomiya, 321, Japan)

Table 1 Culture medium used for the incubation of *Chlorella* sp.

	Glycine medium A	Glycine medium B	Inorganic medium
Glycine	5.0 g.	1.0 g.	
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	1.0 g.
KH ₂ PO ₄	2.7	2.7	2.7
K ₂ HPO ₄	0.35	0.35	0.35
Mg SO ₄ · 7H ₂ O	0.10	0.10	0.10
TRSS trace element ¹⁴⁾ solution	1.0 ml.	1.0 ml.	1.0 ml.

Make up 1 ℓ with tap water (pH 6.0)

B. megaterium との共生について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 使用微生物

本学排水処理場沈殿池より分離した *Chlorella* sp.¹⁾ を使用した。また、共生の実験には *Bacillus megaterium* IAM 1030 を使用した。

2.2 培養条件と培養装置

Chlorella sp. は Table 1 に示したグリシンA培地を用い綿栓下、25℃、4日間攪拌培養を行ない、これを前培養液とした。

グリシン、グルコース培地における増殖特性をみるために前培養液 3 ml を 1 ℓ の各培地に加え培養を行なった。培地はグリシン培地Bを、グルコースの場合、無機培地にグルコース (1 g/ℓ) を加えた培地を使用した。

無機培地における増殖特性をみるため、前培養液 10 ml を遠心分離 (3000 rpm, 10分) し藻体を滅菌水に懸濁し、Table 1 に示した無機培地に植種し、各種濃度の炭酸ガスを含む空気を通気した。通気量は 120 ℓ/ℓ・hr とした。

Chlorella sp. とバクテリアとの共生については主にペプトン培地を用いて検討を加えたが、この培地は Table 1 のグリシン培地Aのグリシンをペプトン (大五栄養化学㈱) におきかえたものである。このペプトン培地 1 ℓ に前培養液 3 ml を加え、斜面培地より *Chlorella* sp. を一白金耳植種し培養を行なった。

本培養には幅 16 cm の透明塩化ビニール製の恒温水槽を用い、両側面約 10 cm の位置から 40 W 蛍光灯を照射したが照度は約 4000 Lux であった。培養温度は断らぬ限り 25℃ とした。本培養は 1 ℓ の三角フラスコに 1 ℓ の培地を加え、綿栓下、スターラーで攪拌を行なう方法をとったが、空気、窒素ガス等の供給を行なう場合には直径 2 cm のガラスボール (1 G) を三角フラスコに固定し、これに重クロム酸カリウムを含む 20% 硫酸溶液で洗浄したガスを供給した。

2.3 分析方法

培地中の溶存有機物量は重クロム酸カリウムを用いる酸素消費量として測定し COD_{Cr} として示した。無機態、有機態炭素は Oceanography International Corp. 製の全炭素分析計により分析した。

Chlorella sp. の濃度は 660 nm における吸光度 (濁度) から求めた。また、バクテリアとの共生時においては検水を 0.45 μm ポリアフィルタを用いてろ過し、フィルタを減圧乾燥後、熱メタノール抽出を行ない、クロロフィルの極大吸収 (665 nm) から *Chlorella* sp. の濃度を求めた。*Chlorella* sp. の増殖速度は主に培養開始後 4 時間から 36 時間における藻体の増加量から次式によって求めた。

$$dX/dt = \mu X$$

ただし、 μ : 増殖速度定数 (day⁻¹)

X : 藻体濃度 (mg/ℓ)

共生時における *B. megaterium* の菌数は平板培養法によった。培地としてはブイオン培地を用い、30℃ 48 時間培養後のコロニー数から菌数を求めた。

Fig. 1 Growth curve of *Chlorella* sp. in 0.5% glycine medium at 25°C under light condition.

○ *Chlorella* sp. concentration.
▲ pH of the medium.

Fig. 2 Effect of glycine concentration on the specific growth rate and the cell yield of *Chlorella* sp. under light condition.

- Specific growth rate.
- Cell yield after 96 hr incubation.
- ▲ Final pH of the medium.

3. 実験結果および考察

3.1 グリシン培地における増殖

0.5% グリシン培地を用い, 明条件下で *Chlorella* sp. を培養した結果を Fig. 1 に示した。 *Chlorella* sp. の増殖に伴い培地の pH が上昇し, 増殖終了時には pH 8.7~8.9 に達した。このように pH が上昇するのは炭素源として加えたグリシンの N/C 比が大きいため, グリシンの分解に伴いアンモニアが生成したためと考えられる。このため, グリシンの濃度をかえて培養を行ない, 4 日後における培地の pH, 添加したグリシン当りの藻

体収率および培養初期 (4~36 時間) における増殖速度定数を求めた結果を Fig. 2 に示した。この結果, グリシン濃度の増大とともに pH が上昇し, それに伴い藻体収率も低下した。グリシン培地における最適増殖 pH は Fig. 8 に示したように pH 5.5~6.8 にみられ, アルカリ側では増殖速度が著しく低下する所から, 藻体収率の低さは主に pH の上昇にもとづく増殖速度の低下が原因と考えられた。少なくとも pH 変動の小さい培養初期においては増殖速度定数はグリシンの濃度に関係なく一定 ($\mu = 3.35 \text{ day}^{-1}$, 25°C) であり, グリシンによる濃度阻害という現象は認められなかった。

培地の pH 変動の小さい 0.1% グリシン培地を用い, 空気, 窒素ガス供給下, さらに明暗条件下における増殖特性を検討した。この結果を Fig. 3 に示した。明条件下, 綿栓, あるいは空気の供給下に培養を行なった場合, 直ちに増殖が起こるが, 窒素ガス供給下では 36~48 時間のラグタイムののちに急激な増殖が認められた。窒素ガス気流中で何故ラグタイムが生じるかについては明らかでない。明条件下に空気を供給した場合, 5 日後においても増殖が進んでおり, 添加したグリシンに対して 120% 以上の藻体収率となっているが, これは空気中からの炭酸ガスの供給にもとずくと考えられた。暗条件下に空気の供給を行なった場合, または, 明条件下に 10^{-4} M CMU (3-(p-Chlorophenyl)-1, 1-dimethylurea) を添加した場合, 増殖は阻害され, 綿栓下における増殖量の約 1/3 の藻体収量がえられたにすぎなかった。また, 暗条件下に空気の供給を行なったときの増殖速度として $\mu = 2.74 \text{ day}^{-1}$ (25°C) をえた。これらの結果からグリシンの質化は Heterotroph な形で起こりうるが, 基本的

Fig. 3 Growth of *Chlorella* sp. in 0.1% glycine medium under various conditions.

1. Under light, with aeration.
2. Under light, without aeration (cotton plug).
3. Under light, with N₂ gas bubbling.
4. Under light, with aeration and addition of 10^{-4} M CMU.
5. Under dark, with aeration.

Fig. 4 Growth of *Chlorella* sp. in 0.1% glucose medium under various conditions.

- Under light, with aeration.
- ▲ Under dark, with aeration.
- △ Under light, with N₂ gas bubbling.
- Under dark, with N₂ gas bubbling.

には Phototroph 形で行なわれるものと判断できた。

3.2 グルコースにおける増殖

0.1% グルコース培地を用い、明暗両条件下、空気、窒素ガスの供給下で培養を行なった。この結果を Fig. 4 に示すが、グルコースを基質とした場合、明暗に関係なく、空気の供給下でのみ増殖が起り、窒素ガスの供給下では明条件下でも増殖は認められなかった。したがって、グルコースの資化は完全に Heterotroph 形で行なわれるとみなすことができた。グルコースを炭素源とした場合の増殖速度として $\mu=2.70$ (明), $\mu=2.60$ (暗) day^{-1} (25°C) がえられた。この値はグリシン培地における好気性、暗条件下における増殖速度と同値であった。

3.3 無機培地における増殖

無機培地を用い空気および炭酸ガスを混合した空気を供給して明条件下で培養を行なったさいの増殖速度を Fig. 5 に示す。空気の供給下では $\mu=1.86 \text{ day}^{-1}$ (25°C) がえられたが、炭酸ガス濃度の増大とともに増殖速度は大きくなり、炭酸ガス濃度 0.6% (V/V) 以上ではほぼ一定の値 $\mu=3.30 \text{ day}^{-1}$ (25°C) がえられた。この増殖速度は明条件下におけるグリシン培地での増殖速度と同値であった。また、空気の存在が光合成に悪影響を与えているかをみるため、炭酸ガスを混合した窒素ガスを通気

Fig. 5 Effect of CO_2 concentration on the specific growth rate of *Chlorella* sp. in an inorganic medium under light condition.

▲ N_2 gas was used instead of air.

しつつ培養を試みた。しかしながら、*Chlorella* sp. の増殖速度は空気の場合と全く同一であった。

3.4 *B. megaterium* との共生の条件

ペプトン培地に *Chlorella* sp. および *B. megaterium* を植種して綿栓し、明条件下に培養を行なった結果を Fig. 6 に示す。ペプトン培地を使用した場合、いずれの条件においても培養前後に pH の大きい変動はみられなかった。*Chlorella* sp. は単独ではペプトン培地にほとんど生育しえず、したがって、 COD_{cr} の減少も小さいが *B. megaterium* を共存させた場合 *B. megaterium* の増殖とともに *Chlorella* sp. の著しい増殖が起り、5 日間で $3400\sim 3500 \text{ mg/l}$ の藻体収量となった。このさ

い培地の COD_{cr} は 5500 mg/l から 2000 mg/l に減少した。この COD_{cr} の減少量は同一培地に *B. megaterium* を単独で好気的条件下で培養したときにえられる値と同値であった。この共生がどのような条件下で起こるかをみるため、まず、空気および窒素ガス供給下に培養を試みた。この結果を Fig. 7 に示すが、明条件下に窒素ガスを供給しつつ培養を行なったものはクロレラの増殖速度、藻体収量、 COD_{cr} の低下量いずれも綿栓下に共生を行ったものと全く同一の結果がえられた。これに反し、明条

Fig. 6 Growth of *Chlorella* sp. and COD degradation in 0.5% peptone medium in association with and without *B. megaterium* under light condition.

○ In association with *B. megaterium*

● Number of *B. megaterium* in the medium.

△ Bacteria free medium.

Fig. 7 Growth of *Chlorella* sp. and COD degradation in 0.5% peptone medium in association with *B. megaterium* under light, aerobic and anaerobic conditions.

● Anaerobic condition.

○ Aerobic condition.

件下に空気を供給しつつ培養を行なった場合, *B. megaterium* の増殖は起るものの *Chlorella* sp. の増殖は全くこれに伴わなかった。さらに共生時における光エネルギーの必要性をみるために暗条件下および明条件下に 10^{-4} M CMU を添加した培地を用いて培養を行なった。これらの結果を Table 2 に示すが, 光合成の

Table 2 Symbiotical growth of *Chlorella* sp. with *B. megaterium* in 0.5% peptone medium under various conditione.

	Symbiotical growth of <i>Chlorella</i> sp.
Dark condition	
Under the supply of air	-
Under the supply of N_2 gas	-
Light condition	
Under the supply of air	-
Under the supply of N_2 gas	+
Under the supply of N_2 gas with an addition of CMU to the medium	-

Table 3 Effect of inoculum size of *B. megaterium* on the specific growth rate of *Chlorella* sp. in 0.5% peptone medium under light condition at 25 °C.

Number of <i>B. megaterium</i> added to the medium at the start of incubation	Specific growth rate of <i>Chlorella</i> sp.
2.5×10^2 N/ml	4.25 day $^{-1}$
4.8×10^5	4.20
6.3×10^6	4.32

阻害された条件下では *Chlorella* sp. の増殖は全く認められなかった。また, 共生のさいバクテリアの濃度がどのような影響を持つのかをみるため, *B. megaterium* の植種量を 2.4×10^2 から 6.3×10^6 N/ml の間に变化させ明条件下に培養を行なったが, バクテリアの植種量は *Chlorella* sp. の増殖速度に何の影響も与えなかった (Table 3)。

これらの結果から *Chlorella* sp. の増殖は綿栓下あるいは窒素ガスの供給下といった酸素供給の制限された条件下で起こり, 光エネルギーの供給が必須の要件になっていることが示された。空気の供給下すなわち好気的条件下で共生が成立しない理由として, 酸素による *Chlorella* sp. の増殖阻害, あるいはバクテリアの急激な増殖に伴う阻害物質の生産などが考えられた。しかし, グリシン培地, 無機塩培地において酸素の存在は増殖速度に何の影響も与えていない事実 (Fig. 3, 5), また, バクテリア植種量を大巾に変動させても増殖速度に何の影響もみられなかった事実 (Table 3) からみてこれ

らの考えは否定される。好気的条件下におけるバクテリアの急激な増殖はとりまなおさず, 炭酸ガス供給の大きさを意味しており, 藻類の増殖に好都合な条件のように考えられるが, このような環境下で共生が成立しないということは興味ある現象である。

Fig. 8 Effect of pH on the growth rate of *Chlorella* sp. and *B. megaterium*

- Growth rate of *Chlorella* sp. in 0.1% glycine medium.
- △ Growth rate of *Chlorella* sp. in 0.5% peptone medium in association with *B. megaterium*
- × Growth rate of *B. megaterium* in 0.5% peptone medium. (*Chlorella* free).

Fig. 9 Effect of temperature on the growth rate of *Chlorella* sp. and *B. megaterium*

- *Chlorella* sp. in 0.1% glycine medium.
- △ Growth rate of *Chlorella* sp. in 0.5% peptone medium in association with *B. megaterium*
- ▲ Growth rate from 12 to 24 hr of the incubation.
- × *B. megaterium* in 0.5% peptone medium.

3.5 共生時における増殖特性

B. megaterium と共生して増殖するさいの最適増殖 pH について検討した結果を Fig. 8 に示す。図にはグリシン培地における *Chlorella* sp. 単独の増殖特性およびペプトン培地における *B. megaterium* の増殖特性も併記した。グリシン培地においては pH 5.5~6.8 において最大増殖を示したのに対し、共生下においては

B. megaterium の最適増殖 pH と同一領域すなわち pH 7.0 において最大増殖を示した。また、共生下においては最大増殖速度として $\mu=4.50 \text{ day}^{-1}$ (25℃) がえられた。この値はグリシン、グルコース、炭酸ガスいずれを炭素源とした場合のそれよりも明らかに大きかった。

さらに、共生に対する温度の影響についてみた結果を Fig. 9 に示す。この図においてもグリシン培地における *Chlorella* sp. 単独の、また、ペプトン培地における *B. megaterium* の増殖速度と温度の関係を併記した。ここで興味あることは *B. megaterium* と共生して増殖する場合、とくに、25℃以上の温度においては

Chlorella sp. は培養開始後12時間までは急激な増殖を示すが、それ以降は増殖速度が低下する現象がみられた点である。このため図には培養開始後4時間から12時間

Table 4 Carbon analysis before and after incubation of *Chlorella* sp. in association with *B. megaterium* in 0.5% peptone medium under light condition at 25℃.

	I hr after incubation	120 hr after incubation
Suspended organic carbon	3mg/ℓ	1269ml/ℓ
Soluble organic carbon	2471	1024
Inorganic carbon	2	31
Total carbon	2476	2324

Table 5 Symbiotical growth of *Chlorella* sp. with *B. megaterium* in various organic medium under light condition.

Substrate	Growth of <i>B. megaterium</i>	Symbiotical growth of <i>Chlorella</i> sp.	Substrate	Growth of <i>B. megaterium</i>	Symbiotical growth of <i>Chlorella</i> sp.
Aspartic acid	-	-	Galactose	+	+
Threonine	-	-	Mannose	-	-
Serine	-	-	Xylose	+	+
Glutamic acid	+	+	Ribose	+	+
Proline	+	+	Inositol	+	+
Alanine	+	+	Ethyleneglycol	-	-
Valine	-	-	Ethanol	-	-
Leucine	-	-	Glycolate	-	-
Lysine	-	-	Glyoxylate	-	-
Ornithine	+	+	Pyruvate	-	-
Citrulline	+	+			
Arginine	+	+			

までの増殖速度と12時間から24時間にかけての増殖速度とを示した。これらの結果から単独では30℃に最大増殖速度を示す点があり、38℃では増殖が不可能になるのに対し、共生下では34℃に最大増殖速度を示す温度が存在し42℃においても旺盛に増殖した。しかしながら、培養初期の $\mu=8.0 \text{ day}^{-1}$ という増殖速度は長続きせず、12時間以降は $\mu=4.20 \text{ day}^{-1}$ に低下した。いずれにせよ共生の場合、単独では増殖できない高温域においても増殖しうること、また、初期増殖速度がかなり大きいことから *B. megaterium* との共生は *Chlorella* sp. の増殖にきわめて有利な条件が提供されているように推定できた。

Fig. 6. 7 に示したように *B. megaterium* と共生した場合、COD_{cr}の減少量が3500mg/ℓであるのに対し、*Chlorella* sp. の増殖量が3400~3500mg/ℓに達していた。このため、培養前後の炭素の収支を求めた。この結果を Table 4 に示すが培地中で分解された溶存有機性炭素の88%が懸濁性——バクテリアおよび藻体——の炭素として固定されていることが示され、効率よく炭素化合物の資化が行なわれていることが明らかとなった。

これまでの共生の実験はすべてペプトン培地を用いて行なってきたが、他の有機物培地においても共生が起こりうるかをみるため、各種の有機物を含む培地中で検討を加えた。アミノ酸を含む培地はグリシン培地Bのグリシンを他のアミノ酸におきかえたものを使用し、その他の有機物については Table 1 の無機培地に対し0.1%の濃度となるように有機物を添加したものを使用した。この結果を Table 5 に示すが、*B. megaterium* の増殖しうる培地であるならば共生による *Chlorella* sp. の増殖も認められた。*Chlorella* sp. は前報¹⁾ で示したように、ごく限られた有機物を資化するにすぎないが、*B. megaterium* の増殖可能な培地中では共生により増殖することができること、とくに、ペプトン培地を用い

た場合, *Chlorella* sp. 単独では COD_{cr} の分解はほとんど認められないのに対し, 共生下では有機物の分解にともなって増殖が起こり, 分解した有機態炭素が効率よく生物体に移行している事実, また, 共生のさい

(*Chlorella* sp. の増殖には光エネルギーの供給が必須であることを考えるならば, ここにみられる共生の現象は Lange¹¹⁾ の指摘しているようにバクテリアによる炭酸ガスの供給と藻類の光合成による酸素の供給がその基本になっていると考えられる。しかしながら, 共生時における *Chlorella* sp. の増殖速度は炭酸ガスを炭素源とした場合のそれよりも明らかに大きいこと, また,

B. megaterium の最も増殖しやすい——炭酸ガス供給速度の大きい——好気性条件下で共生が成立しなかったことを考えるならば, 基本的に炭酸ガス, 酸素の互換反応であるとしてもさらに複雑な共生の機構がからみ合っていると考えねばならない。

Chlorella sp. はラグーン池, 池沼等に最も普通にみられる藻類であるが, これらの増殖は単に光合成による炭酸ガスの固定という形をとるにとどまらず, このような共生による増殖という形も大きいウェイトを占めているのではなかろうか。とくに, 夏季, 有機物で汚染された水系においては太陽エネルギーの供給が大きく, 高温であり, 水温躍層のため水の循環がなく嫌気性状態になりやすいが, このような外的要因は共生による藻類の増殖に最も好都合な環境となっていると結論づけられる。また, 汚濁湖沼において藍藻類の異常発生が大きな問題となっているが, これらの藻類も前述と全く同様な環境条件下で発生しているところから, 異常発生にはバクテリアの存在が大きく関与しているように推察できる。

4. ま と め

本学排水処理場沈殿池より分離した *Chlorella* sp. の生育特性につき検討を加え, 次の結論をえた。

1. *Chlorella* sp. はグリーンを炭素源として増殖し, pH 5.5~6.8 に最適増殖の領域が存在した。増殖速度定数は明条件下では $\mu=3.35 \text{ day}^{-1}$; また, 好気性暗条件下では $\mu=2.74 \text{ day}^{-1}$ (25°C) がえられた。
2. グルコースの資化は明暗にかかわらずなく, 好気性条件下でのみ進行した。増殖速度定数 $\mu=2.70 \text{ day}^{-1}$ (25°C) がえられた。
3. 炭素ガスを炭素源とした場合, 炭酸ガス濃度 0.6% (V/V) 以上で増殖速度は一定となり, $\mu=3.30 \text{ day}^{-1}$ (25°C) がえられた。
4. ペプトン培地中では *Chlorella* sp. はほとんど増殖しえないが, *B. megaterium* と共生して著しい増殖を示した。共生は酸素の制限された条件下でのみ成立し, 光エネルギーの供給が必須であった。共生下にお

ける *Chlorella* sp. の増殖速度定数として $\mu=4.50 \text{ day}^{-1}$ (25°C) をえた。また, バクテリアによって分解された有機態炭素の約90%が生物体に移行していた。

5. 共生下において *Chlorella* sp. の最適増殖を示す pH は *B. megaterium* のそれと同一の pH 7.0 に移動した。また, 最大増殖を示す温度も単独では 30°C であるのに対し, 共生下では *B. megaterium* のそれに近い 35°C に上昇し, 42°C においても旺盛に増殖した。
6. ペプトン培地以外にも *B. megaterium* の増殖しうる培地であるならば, 共生により *Chlorella* sp. の増殖が認められた。
7. 以上の結果からここに観察された共生は炭酸ガスと酸素の互換反応が基本になっていると考えられるが, それだけではなくさらに複雑な共生の機構がからみ合っていることが推定できた。

謝 辞

本研究にあたり *B. megaterium* IAM-1030 を供与下さいました工業技術院・微生物工業技術研究所 前田英勝氏に御礼申し上げます。

(原稿受理: 昭和57年 4 月 21 日)

— 引 用 文 献 —

- 1) 栗山, 吉沢, 白樫, 柿井 (1981), 藻類の発生する沈殿池における除去特性, 水質汚濁研究, 4, 257-265.
- 2) Casselton, P. J. and Syrett, P. J., (1962) The oxidation of ^{14}C -labelled glucose by *Chlorella vulgaris*. Ann. Botany N. S., 26, 83-94.
- 3) Matsuoka, M. and Miyachi, S., (1974) Photosynthetic metabolism of $^{14}\text{CO}_2$ in the process of the glucose-bleaching of *Chlorella protothecoides*. Plant & Cell Physiol., 15, 919-926.
- 4) Goulding, K. H., Lord, M. J., (1969) Glycolate formation during the photorespiration of acetate by *Chlorella*. J. Experim. Botany, 20, 34-45.
- 5) Syrett, P. J., Bocks, S. M. and Merrett, M. J., (1964) The assimilation of acetate by *Chlorella vulgaris*. J. Experim. Botany, 15, 35-47.
- 6) Goulding, K. H. and Merrett, M. J., (1966) The photometabolism of acetate by *Chlorella pyrenoidosa*. J. Experim. Botany, 17, 678-689.
- 7) Lord, J. M. and Merrett, M. J., (1970) The pathway of glycolate utilization in *Chlorella pyrenoidosa*. Biochemical J., 117, 929-937.
- 8) Sen, N. and Fogg, G. E., (1966) Effect of glycolate on the growth of a planktonic

- Chlorella J. Experim. Botany, 17, 417-425.
- 9) Lord, J. M. and Merrett, M. J., (1971) The growth of *Chlorella pyrenoidosa* on glycollate J. Experim. Botany, 22, 60-69.
- 10) Endo, H., Nakajima, K., Chino, R. and Shirota, M., (1974) Growth characteristics and cellular components of *Chlorella regularis*, heterotrophic fast growing strain. Agr. Biol. Chem., 38, 9-18.
- 11) Lange, W., (1971) Enhancement of algal growth in cyanophyta-bacteria systems by carbonaceous compounds. Can. J. Microbiol., 17, 303-314.
- 12) Tison, D. L., Pope, D. H., Cherry, W. B. and Fliermans, C. B., (1980) Growth of *Legionella pneumophila* in association with blue-green algae. Appl. Environ. Microbiol., 39, 456-459.
- 13) McFeters, G. A., Stuart, S. A. and Olson, S. B., (1978) Growth of heterotrophic bacteria and algal extracellular products in oligotrophic waters. Appl. Environ. Microbiol., 35, 383-391.
- 14) Tomisek, A., Reid, M. R., Short, W. A. and Skipper, H. F., (1957) Studies on the photosynthetic reaction. Plant Physiol., 32, 7-15.

「水質汚濁研究」 ご購読のご案内

本誌は、水質関連分野における科学者の提携・協同を図り、水質汚濁研究に関する分野の学術の向上に寄与するための学術誌で、現在、年6回の頻度で発行されています。

本誌は、原則として年間予約ご購読をたてまえてありますので、ご購読ご希望のさいには年間購読料(7,200円、(別に送料 420円))を添えて、右記の発売所にお申し込みください。ご送金には現金書留あるいは郵便振替口座をご利用ください。また、本誌は書店経由にても入手することができます。その場合には、右記の発売所が取り引きを行っている下記の本屋が取次ぎしますので、その旨を書店に申し付けてご入手ください。

(取次店: 東京出版販売㈱, 日本出版販売㈱, ㈱大阪屋, ㈱中央社, 栗田出版販売㈱, 全国官報販売協同組合)

なお、本誌は日本水質汚濁研究協会の会員には、会員特典の一環として配付されます(年会費: 国内個人会員 6,000円)。入会ご希望の方は下記の水質汚濁研究協会あてご連絡ください。

(入会申込み先)

〒162 東京都新宿区市ヶ谷砂土原町1-1 (保健会館別館)
社団法人 日本水質汚濁研究協会
☎(03)268-0793

(発 売 所)

〒107 東京都港区赤坂9-1-244 (秀和赤坂ビル)
公害対策技術同友会
郵便振替口座 東京 0-17635 番 ☎(03) 404-5714 (代)