

微細藻類の研究とその應用

渡 邊 篤

(成城大學生物學教室)

藍藻、鞭毛藻、双鞭藻、珪藻、接合藻は何れも顯微鏡的な微細藻類であるが、綠藻、車軸藻、褐藻、紅藻は概して大型のものが多い。然し綠藻、紅藻にも微細なものが少なくない。ここでは最近特に研究の盛んになつた藍藻及び綠藻の微細なものについての研究及びその應用について述べたいと思う。

微細菌類といへば細菌類を始めとして變形菌、藻菌類、嚢子菌類、擔子菌類等があるが、系統學的に見て細菌類と藍藻類、藻菌類と綠藻類はその形態及び生殖法に於て極めて類似の點多く、ある種類に於ては色素の有無の點以外では區別し得がたい場合が少なくない。例えば藍藻は細菌と同じく核を有せず二分裂によつて繁殖し、共に胞子を作る點に於ては全く同様でただ藍藻に於ては、葉綠素、藍藻素、紅藻素等の色素を含む點のみが細菌と異なつている。このように微細菌類と微細藻類とは色素の有無の異なりを除いては類似の點が多いが現在までに人生に利用される點に於ては前者は後者に比して格段の差がある。例えば微細菌類についていへば、ストレプトマイシンのストレプトミセス菌、ペニシリンのペニシリウム菌、日本種のかうち菌、ビールの酵母菌等何れも人生に深い關係があつて立派な工業として大規模に培養されている。ところが微細藻類については、今までに殆んど研究が進められておらず、従つて工業的に生産されて人生に利用されたものは殆んどない。このように微細藻類に關する研究がおくれた理由の一つは藻類はその培養に際して光線を照して炭酸同化を行わしめる必要がある點でこのことは甚だ簡單のようではあるが極めて大きな問題で例えば、研究室に於て大量の藻体を得ようとする場合ですら甚だ困難を感じる。まして工業的生産については、菌類の場合に比して格段の困難が豫想される。

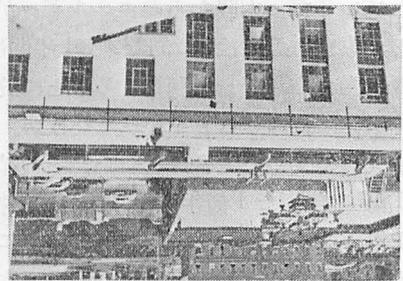
ここで云いたいことは、このように微細藻類の研究及びその利用が困難であつてもこの類の研究に對する不斷の努力が、今までに微細菌類が人生に貢獻していると同じ程度或いはそれ以上の成果を將來我々にもたらすのではな

かろうかということである。このようなことは、實際に研究を進めて見なければ判らないことであるが、今でもいい得られることは炭酸同化作用に關係のある事柄で今後、我々の研究を要することが起るとすれば、微細藻類が菌類に優つた研究材料となり得ることは間違いない。例えば、最近各地で研究の進められている「微生物による光合成の工業化」の問題は、この藻類の特性を利用した研究課題といい得られる。次に説明の便宜上、最初に緑藻に屬する *Chlorella* について述べ、次に空中窒素固定能を有する藍藻について述べる。

近頃外國雜誌に *Chlorella* に關する記事が見受けられる。例えば“*Chlorella as a Source of Food*” の如き題目で、一寸考えると他に食用になる植物が澤山あるのに何も *Chlorella* をわざわざ食わなくてもという感じを抱かれることと思う。*Chlorella* は淡水産の微細な緑藻で大きさは2~10 μ 位、極めて丈夫で繁殖力が強いところから古くから生理學的研究材料に用いられて來た。例えば呼吸作用、炭酸同化作用等の研究材料として賞用されていたが、最近は次にのべる二つの理由から之を食用に供する研究が行われるようになった。その第一の理由は *Chlorella* は太陽のエネルギーを他の植物に比して著しく有効に利用すること、第二の理由は *Chlorella* は蛋白質及び脂肪の含有量が豊富であるということにある。先年ニューヨークで開かれた米國化學會第75周年記念式典でハーバード大學總長 J. B. CONANT 博士は「太陽エネルギーは近い將來原子エネルギーをしのぐだろう」と聲明しているが、太陽からのエネルギーが一体どれ程地球にやつて來るかという点、東京附近では1 m^2 につき1年間に1,500,000 Calであつて、我々はこの太陽エネルギーを利用することに於ては、甚だ幼稚で能率が悪く、未だ全く原始時代たることを免れていない。即ち我々は畑に作物を植え、作物が太陽光線によつて光合成を行い、その結果出來た收穫物を利用するのであるが1 m^2 の地面で1箇年に得られる收穫物は普通1,300~2,000 Calであるので1箇年間の日光照射1,500,000 Calに比すれば僅かに其の千分の一程度である。我々は收穫物の増收をはかり、太陽エネルギーの利用率を高めることに努力を重ねて來ているが、作物の増收による利用率の向上は現在に於てはその極限に達しているかに見え、最良の場合といえども、千分の五以下の程度である。ここに於て、最近問題になつて來たのは從來の作物と全く別種の單細胞藻類即ち「*Chlorella*」を太陽光線によつて培養して、太陽エネルギーの利用率を高めようとする研究である。この研究については、アメリカでは既に

全國的な綜合研究の準備委員會が結成され、シカゴ大學教授 R. L. MEIER 教授が幹事として大規模な活動が開始されている。日本は専ら、徳川生物學研究所の田宮博教授によつて研究が進められている。アメリカに於て最初に *Chlorella* が食糧問題の對照となつた動機は 1944 年にスタンフォード大學の R. PRATT 教授が *Chlorella* を多量培養してその藻体から、ペニシリンのような抗菌性物質を抽出し、これにクロレリン (*Chlorellin*) という名稱をつけたのに始まる。實驗の結果、この物質の抗菌力がペニシリンに比べて弱かつたので利用されるに至らなかつたが、クロレリン抽出の殘物の分析を行つて、藻体が蛋白質及び脂肪に富むことを見出した。その後、スタンフォード大學の H. A. SPOHR 博士は *Chlorella* を種々の培養條件で培養して、窒素源を豊富にすると蛋白質の含量が増え、窒素を缺乏状態とすると脂肪の含量の増加することを見出した。蛋白質の最大含量は乾燥量に於て、實に 88% にも達し、脂肪のそれは 86% にも達したので、ここに *Chlorella* は蛋白資源及び脂肪資源として世の注目を浴びることになつた。このクロレラ蛋白は、その成分として人間の營養に不可缺のアミノ酸 12 種を含んでいるのみならず、重要なビタミン類をすべて含んでいる。又脂肪は自動車のボディの塗料、又は石鹼の材料として好適で、食料としての利用方面も研究されている。

Chlorella 培養に關する外國及び日本に於ける現状を述べると、Massachusetts 州 Cambridge 市 Arthur D. Little 社に於ては Polyethylene tube を用い、3,000 ガロンの多量培養に成功している。1日に10倍増えるという高度の繁殖率によつてその生産費も近い將來に乾燥量 1 pond につき 25 cent 程度になるというので經濟上の採算の取れる日も近いと考えられている。この研究は米國の他に、英、獨、蘭、スウェーデン、ベネズエラなど各國の學者によつて盛んに行われている。日本の研究も含めて各國の研究成果が最近、カーネギー研究所から“*Algal Culture*”という題のモノグラフとして發表された。その内容は次の如くである。



屋上に於ける *Chlorella* 培養装置
Polyethylene tube を用い、3,000 ガロンの培養を行う。

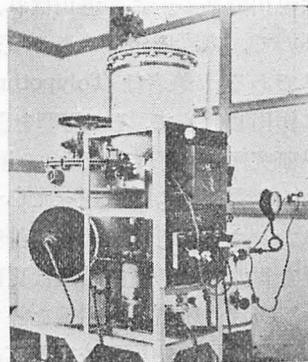
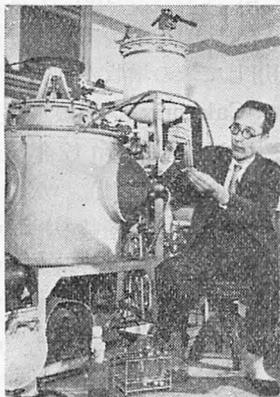
(アメリカ A. D. Little 社に於て)

我が國に於ては前記田宮教授及び協力者の努力によつて *Chlorella* のマス・カルチャーの研究が進められている。最近 *Chlorella ellipsoidea* を用い、培養液に Hutner 液及び ETA (Ethylene diamine tetra acetic acid) を添加することによつて、極めて良好な發育を見ることが出来た。すなわち培養面積 1m^2 當り 1 日 $10\sim 20\text{g}$ という従來の倍以上の收率を擧げ得た。ある培養條件では 1 年間 1 エーカーについて計算すると 15ton の收量となりこれを米の場合の 1.8ton 、大豆の 0.5ton に比較すると著しく多いことが解かる。

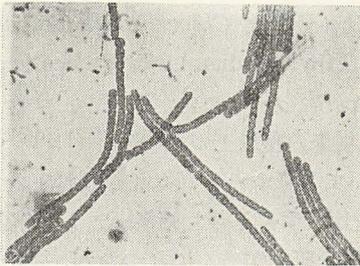
以上の如く、*Chlorella* の量産及び利用の研究が盛んになつたが、微細藻類による光合成の工業化がが將來實用化の域に達するには、前途に幾多の問題が残つているので、或る意味からは現在やつと研究が緒についたといひ得られる。然し、研究者も數多いこと故、近い將來には何等かの見透しは得られることと思ふ。

空中窒素固定を行う微生物は殆んど菌類に屬し、藻類ではわずかに藍藻に認められるに過ぎない。藍藻に空中窒素固定の能力のあることについては、PRINGSHEIM, MOLISCH, DREWES, ALLISON, DE 等が細菌を含まぬ完全純粹培養について證明し、その後 BORTELS, FOGG, BURRIS 等の窒素固定能に關する生理化學的研究が行われている。

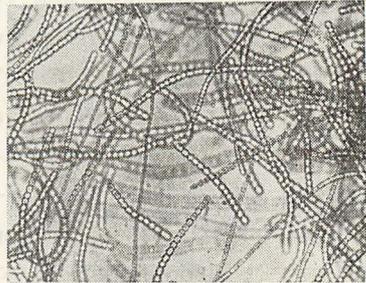
筆者は昭和 16 年以來、南方諸地域の水田から約 600 の試料を採集して空中窒素固定性藍藻の分布を調べ、10 數種の固定性藍藻を分離し得、その中の固定能の強いもの 3 種を細菌を含まぬ純粹培養になし得たので、爾來これ等



藍藻の照射式タンク培養装置 (藥理研究會研究所に於て)



空中窒素固定能を有する藍藻
Tolypothrix tenuis
×200 ボルネオ産



空中窒素固定能を有する藍藻
Anabaenopsis sp.
×200 スマトラ産

の藍藻について生理化學的研究を續けてきたが、一方應用的見地からこれ等藍藻の水稻の生育に及ぼす影響について實驗を行つて來た。實驗に用いた藍藻はボルネオの試料から分離した *Tolypothrix tenuis*, パラオの *Calothrix brevissima* 及びスマトラの *Anabaenopsis* sp. である。之等の藍藻を無窒素培養液(第二磷酸加里 0.3g, 硫酸マグネシウム 0.2 g, 塩化カルシウム 0.05 g, 塩化鐵痕跡, 蒸溜水 1 l) に培養すると空氣中の遊離窒素を養分として盛んに生育する。温室で攝氏 25°C で 2 箇月培養して分析すると、それぞれ 100 cc の培養液につき 5.2 mg, 3.4 mg, 2.1 mg の遊離窒素を固定することを認めた。

我が國の水田の面積は約 300 萬町歩あつて、その中の 1/3, すなわち 100 萬町歩は濕田である。この濕田はれんげ草の根瘤菌によつて窒素分の補給ができないので、窒素固定能のある藍藻を利用して米の増收の効果をしようというわけである。筆者は *Tolypothrix* 及び *Calothrix* を稻の水耕及びポット栽培に作用せしめて、その影響を調べた。すなわち、昭和 17 年舊岩田植物生理化學研究所(現藥理研究所)の屋上で水稻(陸羽 132 號)の水耕栽培に使つたところ 3 對照のものに比べていずれも草丈は高く、穂數の増加することが見られた。さらに沖積土(荒川沖積土)をつめたポット栽培においても同様の結果を得た。この實驗結果は更に追試の必要を認めたが、戦時及び戦後の諸般の狀勢はこの實驗の繼續を許さなかつた。昭和 24 年になり、農林省農業技術研究所の西垣晋技官及び高田秀夫氏によつて追試が行われ、前 2 種の藍藻を接種すると、稻の生育や窒素吸收量が明らかに増加すること

を認めた。尙西垣氏は重窒素 N_{15} を用いた實驗の結果 *Tolypothrix* の最高窒素固定全量は反當り 2.5 kg であることを推定した。

次に圃場試験については、農林省北陸農業試験場の小西千賀三技官が試験場構内の圃場で各區 6.25 坪の 4 連制の試験設計で實驗を行つた。田面水の pH 値を變える目的で炭カルを反當り 60 貫撒布する區も設けたが實驗結果は次表の如くであつた。

年 次		昭和 25 年		昭和 26 年	
區 名	項 目	ワラ重 (貫)	玄米量 (石)	ワラ重 (貫)	玄米量 (石)
	無石灰	對照	124.5	2.25	107.1
接種		125.9	2.29	105.2	2.24
石灰	對照	134.8	2.37	124.2	2.58
	接種	131.1	2.57	122.6	2.83

この結果を見ると昭和 25 年及び 26 年共に無石灰のときは藍藻の効果は認められないが石灰を使うと、藍藻の影響が現われて玄米収量が對照に比べて増加した。石灰を使うと効果の現われることは、石灰によつて田面水の反應が微アルカリ性となり、藍藻がよく繁殖するためと考えられる。

圃場試験についてはこのほかに中國、四國農業試験場の平野俊技官が實驗を行い *Tolypothrix* が稻に効果を及ぼすことを認めたが昭和 27 年度以降は農林省改良局の援助の下に各地の主な農事試験場及び二、三の大學農學部に於て比較的大規模に研究が進められた。尙又、京都大學の奥田東教授は藍藻による地力増進の問題について十數名の協力者の共同の下に研究を進めている。藍藻を水田に應用する研究は我が國の創意なので、外國に於ける文献はなく、今後我が國の農業關係の研究者の努力に期待するところが甚だ多い。藍藻は空中窒素を水に溶ける化合物に變化する能力を有するが、この化學變化に要するエネルギーは結局、光合成を介して太陽のエネルギーが利用されたのに他ならない。資源に乏しい我が國に於て、太陽エネルギーを少しでも有効に利用するというは有意義なことで、微細藻類の研究はこの見地からも今後大いに發展さすべきものと思う。