

14 細胞レベルでの光合成と呼吸との相互連関

・巖佐 耕三, 鷹取 勝二, 東山 忠吉, 今堀 宏三 (阪大・教養・生物)

生物の高次生理作用との関連、生態学的あるいは実験分類学的諸形質の関連において生体機能を解析しようとする場合にはその限界として細胞レベルでの研究が求められる。だからここで取扱う光合成という定義も光受容と化学エネルギーの転換にとどまらず CO_2 の吸収までも含めての広義のものである。

緑色植物にとっては有機物存在下での光合成と呼吸は共に生体エネルギー生産手段として共通の断面を示す。しかし他方、明→暗による、みかけの光合成→呼吸への切り替えは生産と消費というふうにもみられる。

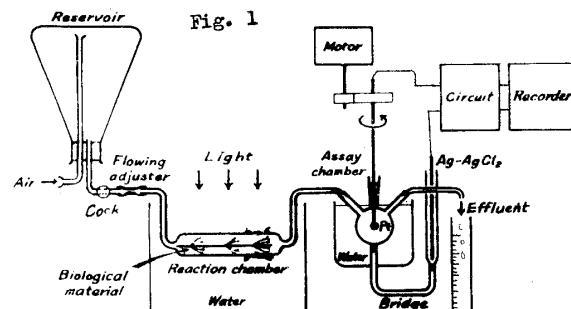
このように生体が細胞内外の環境を切り替えたとき、その機能がどのように変わるかを光によるエネルギー獲得能(光合成能)と他養的エネルギー生産能(呼吸能)の面から2, 3の考察を加えたいと思う。

(方法)

生体材料 *Nitella*, *Chara* の 2, 3 の種類; *Chlorella vulgaris*; *Chlamydomonas reinhardtii* (+)(-); *Euglena gracilis* var. *bacillaris* の緑色型と白色型。

呼吸能, 光合成能 ここに用いたソウ類はすべて O_2 発生型の光合成を行なうので、光合成は O_2 発生、呼吸は O_2 吸収を指標として行なった。

O_2 の測定 ポーラログラフ的酸素電極を用いて微少の酸素溶存量を敏速に測定する方法を用いた。単細胞ソウ類の呼吸・光合成の測定には懸濁液を直接測定容器に入れて液中の溶存 O_2 量の変化で測定したが、大型のシャジクモ類については生体反応容器と測定容器とを分離し、生体に一定の照射を行なった後、反応容器から一定流速で測定



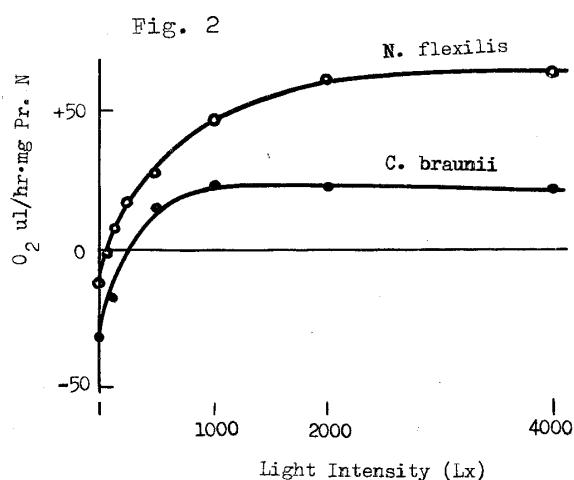
容器へ導くという間接法によった (Fig. 1)。記録紙上のペンの動きによるピーク面積を計算することによって比較的容易に求めることができる。

実験および測定環境 実験・測定はすべて温度湿度の厳密にコントロールされている小型ファイトロン (コイトロン KG 215 型) の中で行なった。照明は培養および馴化には蛍光灯 (昼光色と温白色の混用) により、光合成のための照射にはタンクステン球により行ない、照度の測定には東芝 5 号照度計によった。

(結果)

1) 補償点 (compensation point) の意味の検討

生態学的に生産力の限界の指標としてしばしば補償点という光の強さを問題にする傾向がある。そして補償点の大小はすみわけの要因の 1 つと考



えられている。

シャジクモについて補償点を求めてみるとFig. 2のようになる。ここに用いた*Chara braunii*は浅い場所に、*Nitella flexilis*は深い場所に植生を有する種で、この結果だけからでは合理的に説明されるようであるが、他のシャジクモの種では都合よく説明できるとは限らない (Tab. I)。

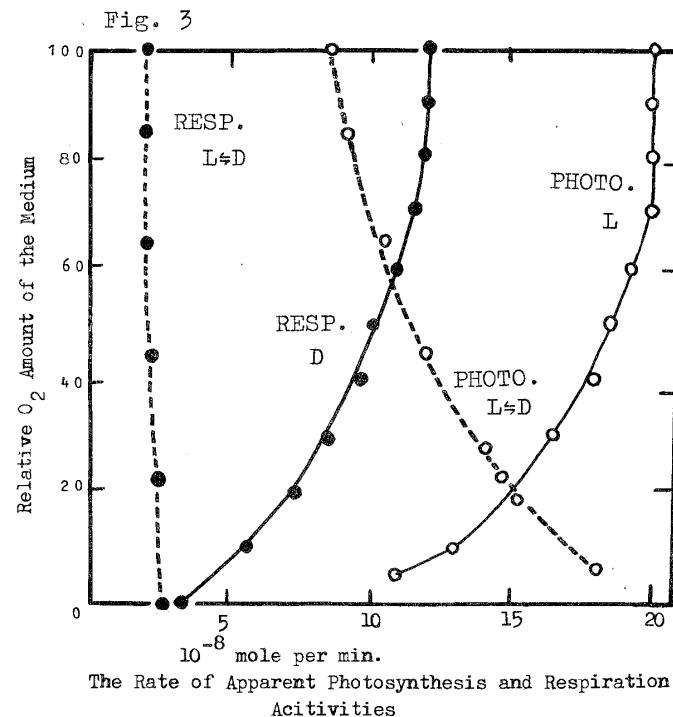
*Chlorella*を用いて行なった結果では呼吸能の上昇をおこせるような基質、たとえばglucoseの添加は補償点を上昇させる。呼吸基質となると共に光合成の阻害をするといわれるxyloseについてはこの傾向は著しい。

また、他養的生物の混在は補償点に対して混乱を引きおこしするし、細胞内の物質貯蔵も無視できない。とすれば生態学的な野外でのその環境での厳密な測定ならともかく設定された実験条件での補償点の意味には問題がある。むしろ光合成能(光合成速度)を単純に求めた方がよいと思われる。

2) 光合成能と呼吸能の相互連関

光合成反応時あるいは光照射条件時の呼吸能が暗条件と比べて異なるかどうかを知ることは困難ではあるが興味深い。

酸素電極法のような迅速に光合成能・呼吸能を求める方法を*Chlorella*に用いて2, 3の実験を試みた。水中溶存酸素量の異なる環境で光合成と呼吸を行なわせ、3分毎に光照射を断続させてそれらの活性レベルを求めるとき、呼吸速度はあまり変わらないが光合成速度は溶存酸素が少ない



ほど(あるいはCO₂量の多いほど)大きい (Fig. 3)。これを酸素量0まで継続して暗条件においた場合、またCO₂量0まで明条件においた場合のそれらの反応速度と比較すると興味ある事実がわかる。呼吸のレベル、光合成のレベル共に、継続して暗または明条件において方が大きく、断続して光照射した場合には小さい。これは光合成時の呼吸レベルが異常に低いことと、呼吸型代謝から光合成型代謝への切り換えに時間のかかる事を示している。すなわち明条件から暗条件に切り換えたときには瞬間に定常速度の呼吸がみられるにもかかわらず暗条件から明条件に切り換えたときには相当長いlag phaseがみられる。このlag phaseは溶存酸素量の少ない(溶存炭酸量の多い)条件ほど長い。この

現象は光照射による初期反応の準備段階か、光合成の後期反応の中

Tab. I

Species	Thermophily	Photophily	Resp. in dark, *	Maximal photosyn. ability, *	Photosyn. sensitivity, **	Compens. point, lux	Saturation point, lux
<i>C. corallina</i>	+++	+ ~ ++	30	95	11	380	4000
<i>C. braunii</i>	+ ~ +++	+ ~ +++	32	55	17	260	1000
<i>N. acuminata</i>	++	+++	84	205	39	390	8000
<i>N. microcarpa</i>	± ~ ++	± ~ ++	98	219	40	400	4000
<i>N. flexilis</i>	±	±	12	75	22	60	3000

* $\mu\text{l} / \text{hr} \cdot \text{mg Pr. N}$,

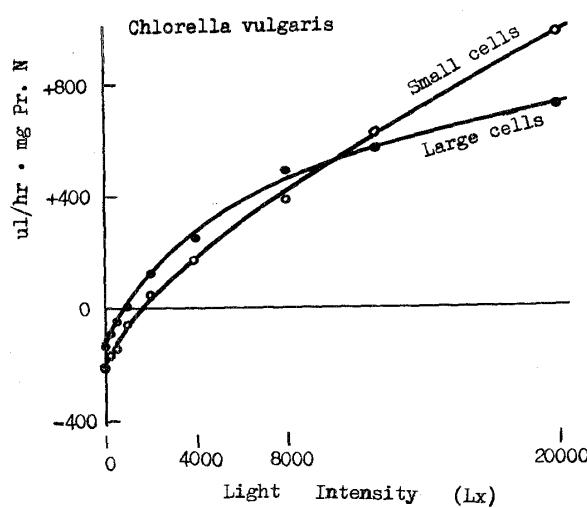
** $\mu\text{l} / \text{hr} \cdot \text{mg Pr. N} / 100 \text{ lux}$

間産物の不備によるものと思われる。glucose のような糖を加えて他養化した *Chlorella* 細胞ではとくにこの lag phase が長くなる傾向がある。

3) age による光合成能と呼吸能

Chlorella の小型細胞は age が若く、大型細胞は age が進んでいると考えられるが、これらについて光量に対する光合成能を求めるとき小型細胞ほど光合成能が高く光飽和度も高い (Fig. 4)。

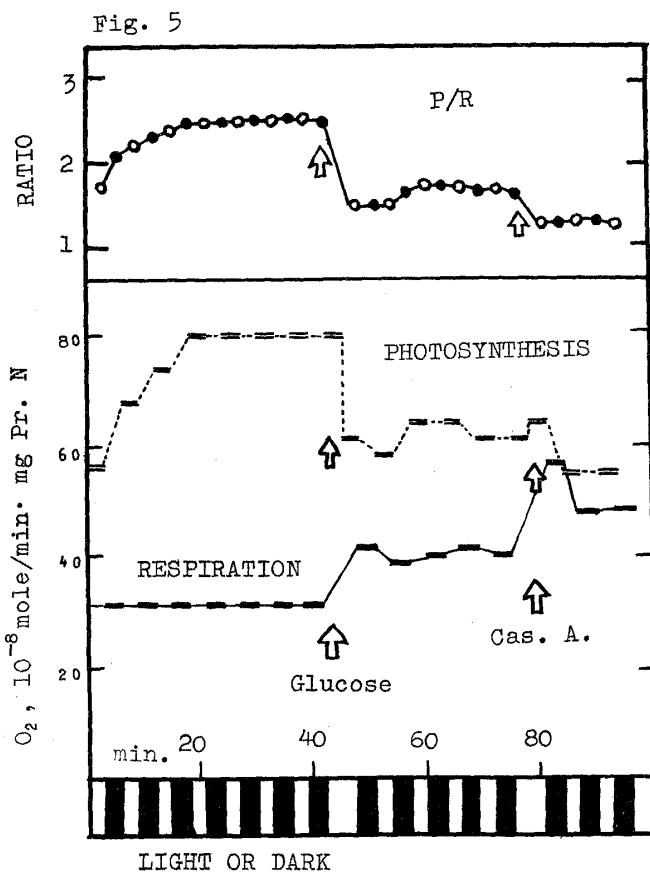
Fig. 4



glucose による巨大細胞 (giant cell) は細胞分裂機能の低下によるとくに進んだ age のものと考えられているが、これでは補償点が高く光合成能の低下がみられる。

4) 自養性細胞の他養性化

無機培地で生育した *Chlorella vulgaris* の細胞 (normal culture) では高い光合成能を示すが、これに glucose を添加すると呼吸能の増大と光合成能の低下がみられた。これは明らかに自養性の代謝形式が他養性の代謝形式に変換したことを見



している (Fig. 5)。

しかし、glucose 添加によって得られる giant cell では giant 化に従って呼吸能の変化はないにもかかわらず光合成能の低下が著しい (Tab. II)。glucose の場合には chlorosis はとくに認められないにもかかわらず他養性細胞に変化したと考えることができる。

giant 化の現象は arabinose, xylose のような五炭糖添加でも明らかに現われる。しかし、arabinose では同時に chlorosis が伴い、xylose では chlorosis と生長抑制が現われる。

Euglena の綠

色型でもこの傾向は見られるが *Chlamydomonas* では明らかでない。

Tab. II

Culture period, days	Normal culture				Giant cell culture by glucose			
	Average cell diameter, μ	Photosynthesis, *	Respiration, *	F/R	Average cell diameter, μ	Photosynthesis, *	Respiration, *	P/R
4	3.7	151	28	5.4	8.1	71	19	3.7
7	4.3	133	28	4.7	8.7	66	22	3.0
11	3.0	77	29	2.7	11.8	25	20	1.3
14	3.6	60	27	2.2	9.4	54	29	1.9

* 10^{-8} mole of O_2 per min. mg of Pr. N