

## 生育深度を異にする紅藻の光合成特性\*

横浜 康 継\*\*

Y. YOKOHAMA: Photosynthetic properties of marine benthic red algae from different depths in coastal area

紅藻は深所の光の質に適応しているという解釈が古くは ENGELMANN<sup>1,2)</sup> によって、さらに近年 LEVRING<sup>3,4)</sup> によってなされたが、実際には浅所に分布する紅藻もかなりあり、深所の光条件への適応的性質を紅藻の一般的属性とみなしてしまうことには抵抗がある。浅所の光条件に適応しているとみなされてきた緑藻にも、沿岸の深所に分布している種があり、それらでは深所の緑色光に適した性質がみられるということはすでに報告した通りである<sup>5)</sup>。紅藻の場合も、浅所に分布しているものでは浅所の光条件に適した性質がみられるものと予測される。

本研究では生育深度を異にする紅藻の間に光の量および質に対する依存性に関してどのような違いがみられるかを調べた。

## 材 料 と 方 法

藻体は午前中に採集し、大量の海水に浸したまま 20 分以内に下田臨海実験所に持ち帰り、流海水中に保ち、1~2 時間以内に実験に供した。

光合成の測定は前報<sup>5)</sup>と同じ検容計<sup>6)</sup>を用いた。用いた白色光は太陽光よりも短波長域の成分の割合がやや小であったが、緑色光は沿岸部の深度 10 m 附近の光に質的に近いものと思われる。

白色光のみによる実験は 1966 年から 1969 年にわたって、毎年 5 月上旬から 6 月上旬までの間におこない、白色光と緑色光による比較実験は 1973 年 6 月におこなった。

白色光のみによる実験の際は、各照度毎に別々の葉片を用いて光合成を測定したが (Fig. 1)、その後、同一葉片をくり返して用いても活性がほとんど変化しないことを確かめたので、白色光と緑色光による比較実験では、同一の葉片を低光度から高光度まで通して使用し、また同一の測定を 2 枚の葉片で同時におこない、得られた値を平均した (Fig. 2)。

\* 下田臨海実験所業績 No. 270.

\*\* 東京教育大学理学部附属臨海実験所 (静岡県下田市 5-10-1)

Shimoda Marine Biological Station, Faculty of Science, Tokyo Kyoiku University, Shimoda, Shizuoka-ken, Japan.

The Bulletin of Japanese Society of Phycology, Vol. XXI, No. 4, 119-124, Dec. 1973.

## 結果と考察

Fig. 1 に種々の深度から得た紅藻の白色光下での光合成-光曲線を示す。浅所のものは陽生植物的であり、生育深度が大きいものほど陰生植物的になることがわかる。マクサ (*Gelidium amansii*) は垂直分布の幅が大きいので、低潮線附近と深度 10 m 附近で採集し、両者で得た値を同一のグラフに表わし、比較し易くした。同一種でも生育深度に従うはっきりした性質の相違を示すことがわかる。

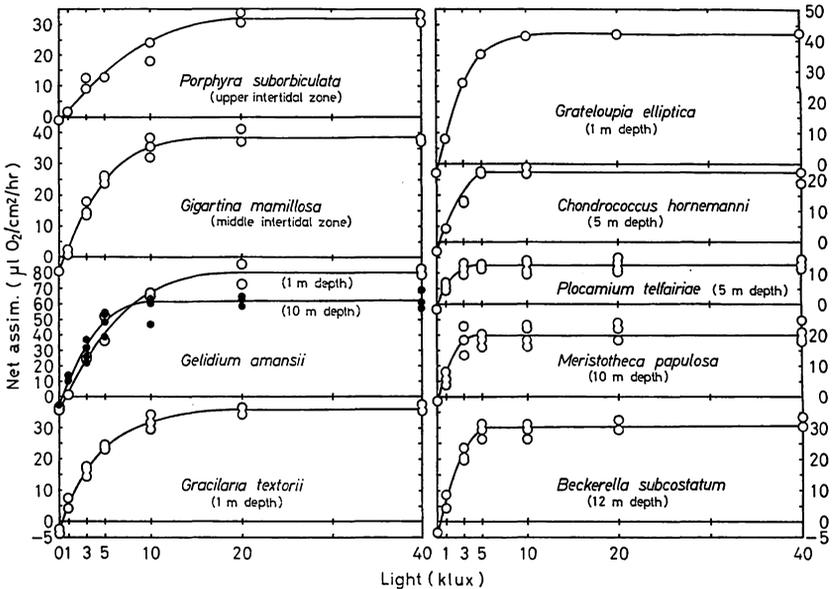
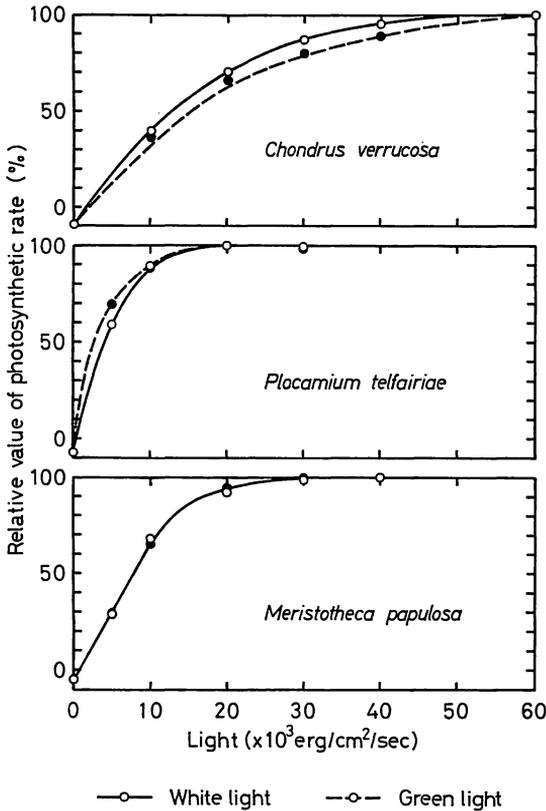


Fig. 1. Photosynthesis-light curves under 20°C in several red algae collected from different depths. The depths expressed in parentheses were those from the low water mark.

Fig. 2 に白色光と緑色光とで同時におこなった測定の結果を示す。潮間帯のイボツノマタ (*Chondrus verrucosa*) では白色光下では緑色光下におけるよりも低いエネルギーで光合成が飽和に達し、白色光の方が緑色光よりも能率よく利用されることがわかる。深度 8 m から得たユカリ (*Plocamium telfairiae*) ではその逆となったが、10 m から得たトサカノリ (*Meristotheca papulosa*) では白色光による曲線と緑色光による曲線が重なっている。トサカノリでの結果は同じ場所の同じ深度から得た緑藻のヤブレグサについて先に報告した結果と一致している。トサカノリはユカリよりもやや深い所から採集したにもかかわらず、緑色光に対する適性がユカリよりもやや低い。これはトサカノリの採集地点がより外洋に近かったためと考えられる。イボツノマタの白色光下での光合成曲線と緑色光下

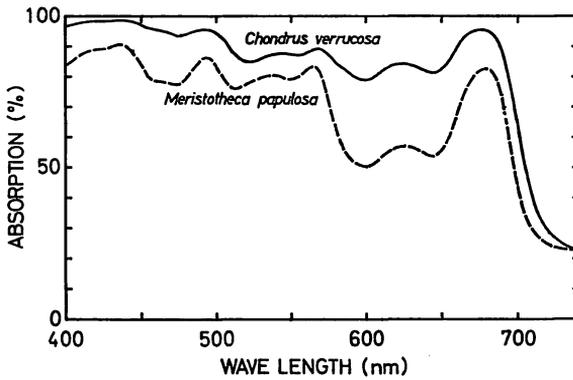


**Fig. 2.** Photosynthesis-light relationships in three species of Rhodophyta under white and green lights. The green light simulated illumination in the water of 10 meters depth in the coastal area. *Chondrus* was collected from the lower intertidal zone, *Plocamium* was from 8 m depth in a little turbid water and *Meristotheca* was from 10 m depth in comparatively clear water.

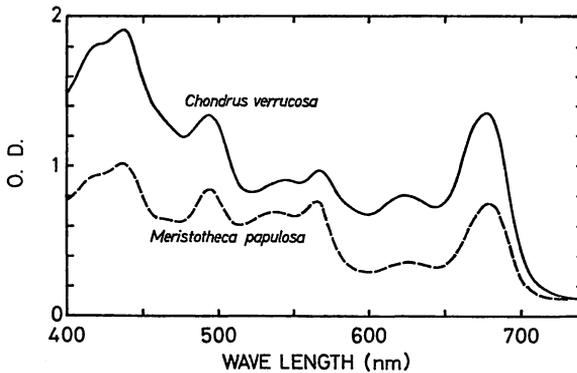
でのそれとのずれがわずかであるため、そのずれが単なる誤差ではないかという懸念が生ずるので、以下のような再試験をおこなった。60,000 ergs/cm<sup>2</sup>/sec でみられる光合成速度の飽和値に対する 40,000 ergs/cm<sup>2</sup>/sec での光合成速度の割合を白色光と緑色光の各々について4枚の葉片を用いて調べた。Table 1 に示した結果から白色光の 40,000 ergs における割合は緑色光におけるそれよりも高いことが明らかであり、光合成が白色光下でより早く光飽和に達することを意味する Fig. 2 の両曲線のずれは確かなものと言える。このイボツノマタの白色光による曲線は同じ深度の緑藻のアナアオサのそれとほとんど同じ型であり、紅藻であるイボツノマタが浅所の白色光に確かに適応していると言えるが、上述

**Table 1.** Percentages of photosynthetic rate in *Chondrus verrucosa* under illumination with white or green light of 40,000 ergs/cm<sup>2</sup>/sec. to that under the light of the same quality of 60,000 ergs/cm<sup>2</sup>/sec. Experiment temperature was 20°C.

Quality of light	Value in each experiment				Average
White light	93.1	93.3	93.4	98.5	94.6
Green light	80.0	82.1	88.0	91.8	85.5



**Fig. 3.** Absorption spectra of living frond of *Chondrus* from the intertidal zone and *Meristotheca* from 10 m depth.



**Fig. 4.** Absorption spectra of living fronds of the two species, expressed by optical density.

の白色光による曲線と緑色光による曲線のずれはアナオサの両曲線のずれよりかなり小さい。Fig. 3 に示した葉片の吸収スペクトルで明らかのように、イボツノマタの生葉は可視域のほとんど全域にわたって 80% 以上の吸収を示すので、緑色域に深い谷を持つ潮間帯性の緑藻におけるほどにはイボツノマタの場合、緑色光の能率が低下しないのであろう。イボツノマタにおける緑色光の利用には、それに含まれる Phycoerythrin が大きく与っていることは Fig. 4 に示した Optical density を単位とした吸収スペクトルにおける 490 nm 附近から 570 nm 附近にかけての明瞭な山の存在から明らかである。このことはトサカノリではイボツノマタにくらべて、緑色の Chlorophyll *a* や青色の Phycocyanin の含量が減って赤色の Phycoerythrin が増すということによってもたらされている。Fig. 4 の吸収スペクトルで、680 nm 附近の山の頂上と 740 nm 附近の底部との落差の大きさは単位葉面積当りの Chlorophyll *a* 含量に比例していると考えられるが、両種で比較すると、トサカノリの Chlorophyll *a* 含量はイボツノマタのその約半分と推定される。また 565 nm 附近の山と 600 nm の谷との落差からトサカノリの Phycoerythrin 含量はイボツノマタの 1.5 倍と推定される。これらからさらにトサカノリの Phycoerythrin 含量の Chlorophyll *a* 含量に対する比はイボツノマタのその約 3 倍と推定される。Phycocyanin 含量の両種間における相違は 600 nm よりやや長波長側のレベルのちがいから推測され、イボツノマタの方がかなり多いことがわかる。両種間のこのような吸収スペクトル上の相違は他の浅所産紅藻と深所産紅藻の間でも一般的にみられるようである。また HAXO and BLINKS<sup>7)</sup> によれば、*Porphyra* 属内の生育深度を異にする種間でもこのような色素組成の相違がみられるという。一般に紅藻で浅所のものは紫色や黒褐色等の暗色をしており、深所のものは鮮かな赤や桃色をしている。浅所の紅藻の暗色は浅所の光の無色に対する補色、深所の紅藻の赤色は深所の光の緑色に対する補色として理解することができる。これは紅藻という分類群内でみられる見事な補色適応であると言えるのではないだろうか。

### Summary

Several species of Rhodophyta were collected from different depths in the coastal area of Shimoda, Izu peninsula. Photosynthesis-light curves of algae from upper range were of the sun pattern and those of ones from deeper range were of the shade pattern (Fig. 1).

*Chondrus verrucosa*, collected from the intertidal zone, utilized white light by an efficiency a little higher than that of green light, while in the case of the other red algae from deeper range the efficiency of green light was the same as that of white light or was higher than it (Fig. 2). The difference in the efficiency between white light and green one observed in *Chondrus* was remarkably less than that in a green alga, *Ulva pertusa*, which was collected from the same level in the intertidal zone, while both the species showed the same pattern in photosynthesis-light curve under white light. It may be rather natural because

there was remarkable difference in absorption spectrum between them. The frond of *Chondrus* absorbed light by rates higher than 80% in almost all range of the visible region.

The higher efficiency of green light, observed in the algae from deeper range, was considered to be caused by a high ratio of phycoerythrin content to chlorophyll *a* or phycocyanin. The ratio of phycoerythrin to chlorophyll *a* in *Meristotheca* was presumed to be approximately 3 times of that in *Chondrus*.

In general, the red algae growing in upper range are of dark color, while those in deeper range are of clear red or pink. It is presumable from the present results that the former is adapted to white light and the latter to green light. We could find a fine chromatic adaptation among the members of Rhodophyta.

#### 引用文献

- 1) ENGELMANN, Th. W. (1883) Farbe und Assimilation. *Botanische Zeitung*, **41**: 1-32.
- 2) ——— (1884) Untersuchungen über die quantitativen Beziehungen zwischen Absorption des Lichtes und Assimilation in Pflanzenzellen. *Ibid.* **42**: 81-112.
- 3) LEVRING, T. (1967) Photosynthesis of some marine algae in clear, tropical oceanic water. *Botanica Marina*, **11**: 72-80.
- 4) ——— (1969) Light conditions, photosynthesis and growth of marine algae in coastal and clear oceanic water. *Proc. 6th Intern. Seaweed Symp.* 235-244.
- 5) 横浜康継 (1973) 生育深度を異にする緑藻の光合成特性. *藻類*, **21**: 70-75.
- 6) YOKOHAMA, Y. and ICHIMURA, S. (1969) A new device of differential gas-volumeter for ecological studies on small aquatic organisms. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **25**: 75-80.
- 7) HAXO, F. T. and BLINKS, L. R. (1950) Photosynthetic action spectra of marine algae. *J. Gen. Phys.* **33**: 389-422.