

アマノリの日周変化に関する生理的研究 I

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	大房, 剛 荒木, 繁 桜井, 武麿 斎藤, 宗勝
巻/号	43巻3号
掲載ページ	p. 245-249
発行年月	1977年3月

アマノリの日周変化に関する生理的研究—I
室内培養下の藻体にみられた細胞の大きさ・生理活性
および光合成色素量について

大房 剛・荒木 繁・桜井武麿・斎藤宗勝

(1976年8月10日受理)

Physiological Studies on Diurnal Biological Rhythms of *Porphyra*—I
The Cell Size, the Physiological Activity and the Content of Photosynthetic
Pigments in the Thallus Cultured in the Laboratory

Tuyosi OOHUSA*, Shigeru ARAKI*, Takemaro SAKURAI*
and Munekatsu SAITOH*

Diurnal variation of cell size, photosynthesis, respiration and content of photosynthetic pigments in the thallus of *Porphyra* sp. were investigated in an artificial medium under 12-hour light (50,000 lx) and 12-hour dark cycles. Of these above mentioned four subjects under study, the first three showed similarly each of the diurnal rhythm characteristics. Cell size and photosynthesis exhibited their maxima toward the middle of the light period and minima in the middle of the dark period. Respiration gradually increased during the light period and tapered with the start of dark.

The cell size of the younger thallus was generally smaller than that of older ones. Cell division in the former occurred over the whole thallus, while it was rather limited in the marginal parts in the latter. Content of photosynthetic pigments per dry weight or per area of the thallus was almost unchanged during the experimental period, except for some significant random changes in the content of phycoerythrin and phycocyanin.

植物にみられる各種の周期性は、いろいろな材料について多くの研究者から報告されている。藻類においても TAMIYA¹⁾, CUMMING *et al.*²⁾, SWEENEY³⁾, QUEIROZ⁴⁾ による日周変化に関する総説があり、それらには主として単細胞藻類について見られた種々の日変化が述べられている。しかし大形海藻を用いたこの種の研究はきわめて少なく、僅かに徐ら⁵⁾ と BLINKS and GIVAN⁶⁾ による光合成の周期性についての報告がみられるにすぎない。

著者らは *Porphyra* の室内培養を試み、培養条件による藻体の生理活性や 2・3 の成分量の比較をおこなってきたが、試料を採取する時刻によつて活性値や成分量に相違が認められ、相互にデータを比較検討する際には充分留意しなければならないことがわかった。一方、著者らは先に乾海藻中の色素と 2・3 の成分の周期的変動について報告⁷⁾ したが、品質を吟味する場合は別としても、これらのデータを相互に比較して変動の原因などを詳細に検討するような場合、各データを一律に取扱つてよいかどうか疑問に思われた。特に、KANAZAWA⁸⁾ や HASE *et al.*⁹⁾ の報告からも明らかのように、遊離している成分を対象とした場合には問題が多いと考えられる。

* 山本海苔研究所 (5-2-12, Oomori-Higashi, Ootaku, Tokyo).

以上のような見地から著者らは *Porphyra* における生理活性や成分組成の日周変化を調べるのが、種々の現象や原因解析の重要な基礎資料になるものと考え、室内培養下における種々の日周変化を調べた。本報では、まず藻体細胞の大きさ、光合成、呼吸および光合成色素量の日周変化について報告する。

実験方法

培養 本報では当研究所で保存している *Porphyra* No. 51 (*P. yezoensis* ?) を使用した。藻体は通気法により培養し、培地には須藤の人工海水¹⁰⁾ を用いて 1 週間毎に交換した。殻孢子着生後 2 週間は水温 18°C で、続く 2 週間は 13°C で培養した。この間、蛍光灯による 12 時間明期 (照度約 6,000 lx) と 12 時間の暗期を繰返した。次に照度約 50,000 lx の陽光ランプ照射に切换え、同じ光周期で 4 週間の前培養を行なった。このようにして得られた種付後 8 週間たつた藻体を用いて 72 時間中に起る日周変化を観察した。実験時の水温は 12°C~16°C、pH は炭酸ガスで 8.0~8.5 の範囲に制御した。

測定および分析 同一の藻体について、その縁辺部と中心部に 4~6 点の測定点をきめ、2~6 時間の間隔で顕微鏡写真 (400×) を撮影し、一視野中におさめられた細胞の数で視野面積を除いて、細胞一個の平均面積をもとめ、細胞の大きさとした。さらにこの藻体を用いて 6 時間毎に藻体長を測定した。なおこれ以外に種付け後 6 週間を経た藻体についても同様な測定をおこない比較した。

光合成の測定には YOKOHAMA and ICHIMURA 法¹¹⁾ を用い、6 時間毎に採取した数個体の藻体から、直径約 6 mm のコルクボーラーで、縁辺部と中心部が均等に混じるよう留意しながら打抜いた藻体切片 15 枚を用いた。測定時の水温は $15 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、照度は 10,000 lx であつた。測定後は試料を真空硫酸デシケータ中で乾燥してからその重量を秤量し、ついでこの試料で chlorophyll a の定量をおこなつた。呼吸についても上記装置により数個体の藻体をもちいて測定した。

藻体の光合成色素量の定量は斎藤・大房法¹²⁾ により 6 時間毎に採取した試料について、面積測定のために写真用印画紙に焼付をおこなつてから上述の方法で乾燥・秤量した。なお藻体面積は葉面積計 (林電工社製・AAM-5) によつた。

結果および考察

細胞の大きさは、明期中間に極大・暗期中間に極小を示し周期的に変動した (Fig. 1)。また藻体の伸長

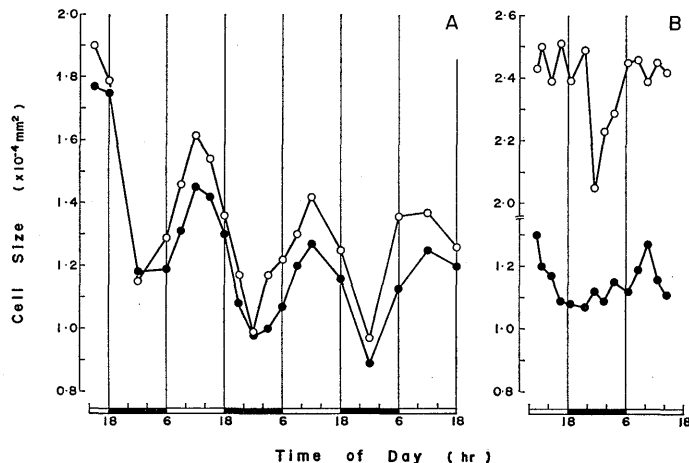


Fig. 1. Diurnal variation of cell sizes in the middle (○) and the marginal parts (●) of the thallus of *Porphyra* sp. (No. 51) cultured under LD, 12:12 cycle, for 6 weeks (A) and 8 weeks (B) after conchospore seeding.

□ light, ■ dark.

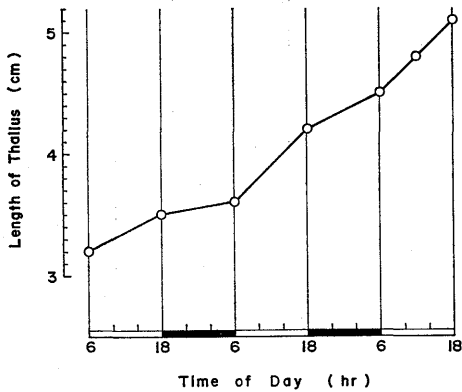


Fig. 2. Variation in the length of the thallus of *Porphyra* sp. (No. 51) cultured under LD, 12:12 cycle, for 8 weeks after conchospore seeding. □ light, ■ dark.

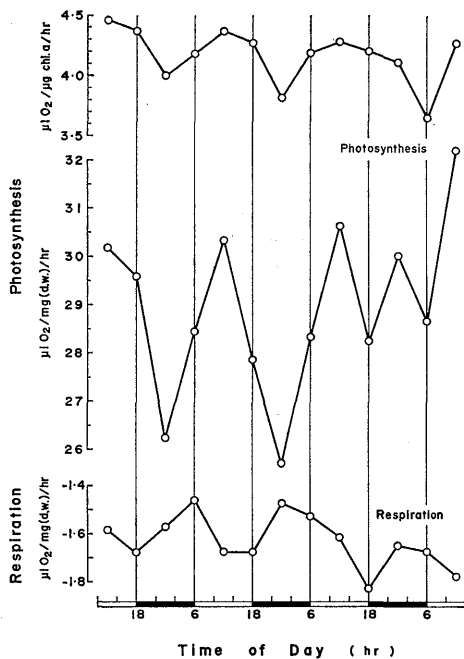


Fig. 3. Diurnal variation of the photosynthesis and the respiration of the thallus of *Porphyra* sp. (No. 51) cultured under LD, 12:12 cycle, for 8 weeks after conchospore seeding. □ light, ■ dark.

この周期性の存在については、さらに精度の高い分析方法を検討してその周期性の有無を確認したうえで考察を加えたい (Fig. 4-I)。

は明期に大きく、暗期には緩慢であつた (Fig. 2)。Fig. 1, 2 の結果から暗期の中に細胞分裂が最も盛んで、以後明期の中にかけて新生細胞の肥大が起つていると推測された。細胞の大きさについて種付後6週間経つた藻体と8週間経つた藻体とを比較すると、前者の方が全般的に細胞が小さく、極大と極小間の変動幅も大きかつた。また藻体の部位による比較では、両試料とも縁辺部の細胞のほうが中心部のそれより小さかつたが、6週間の藻体ではこの差がさらに少なかつた。このことから若い藻体の細胞は小形で藻体全体で分裂伸長を行ない、生長が進むにしたがつて中心部の細胞は肥大し、分裂・伸長の活潑な部分は縁辺部に移るものと考えられる。このように細胞分裂が暗期に周期的に起る現象は、*Euglena*^{13,14}, *Gonyaulax*¹⁵ や他の単細胞藻類¹⁶ で報告されている結果と一致していた。

光合成については、酸素放出が明期の中間に高く、暗期には低下して極小となり、この傾向を繰返すことが確認された (Fig. 3)。一方、呼吸は明期開始から終了まで増大し、暗期開始とともに減衰し終了時に最低となり、やはり周期的に変動した。光合成の日周変化やその周期性については、多くの単細胞藻類^{17)~19)} や淡水藻類の *Hydrodictyon*²⁰⁾ など観察されている結果ときわめてよく一致していた。また、徐ら⁵⁾ はアナアオサ・ミルの光合成に著者らの実験結果と同様の現象を、ウスバアオノリではこのリズムが光周期によって影響されることを報告している。この結果が種類による相違によるものか、生育環境の差異によるものかは非常に興味ある点であり、今後の検討にまちたい。他方、BLINKS and GIVAN⁶⁾ は天然に自生する *Porphyra*, *Ulva* など10数種の海藻を用いて光合成の周期性を調べた結果、すべての試料でリズムは認められないとしている。しかし、この実験は SWEENEY²¹⁾ も指摘しているように照度を考慮に入れなかつたことや、実験条件に本実験とかなりのちがひがあることから、同一レベルで論ずることはできないと思われる。

光合成色素量については、chlorophyll *a*, carotenoids が一定の値を維持し、phycoerythrin はランダムに変動した。また、phycocyanin は周期的な変動を示したが、分析精度の限界内にあるため、

chlorophyll *a* と carotenoids 量が藻体面積当りで表わした場合にも一定であつたという結果 (Fig. 4-II) を細胞の大きさでみられた結果と合わせて考えると、細胞当りの色素量が暗期より明期のほうが高いことになり、さらにこれらの色素が明期に合成されていることも考えられる。このように考えてみると、EDMUNDS²²⁾ が同調培養した *Euglena* でみた細胞当りの色素量についての結果と類似する。また chlorophyll *a* 当りの光合成が暗期に低下し最小値を示すことは、明期と暗期で chlorophyll *a* の活性にちがいのあることを示唆しているように思われる。

本研究をすすめるにあたり、終始ご指導をいただいた東北大学農学部須藤俊造教授ならびにご協力を賜わった東京教育大学農学部陣内巖教授に深甚なる謝意を表す。

要 約

照度 50,000 lx で 12L:12D の光周期のもとで室内培養をおこなつたノリ藻体の細胞の大きさ・光合成・呼吸および光合成色素量について、日周変化を調べ以下の結果を得た。

1) 細胞の大きさは明期中間に極大、暗期中間に極小となり、この変動が繰返された。この変動は若い藻体ほど大きく、かつ藻体全体で認められた。これは、細胞分裂が暗期に完了することを示唆しているものといえよう。

2) 光合成は明期中間に極大、暗期に極小となり、呼吸は明期に増加を続け、暗期開始とともに減少した。両者のこのような変動には繰返しがみられた。

3) 光合成色素量については、phycoerythrin, phycocyanin がランダムに変動するのに対し、chlorophyll *a*, carotenoids 量はほぼ一定の値を維持した。

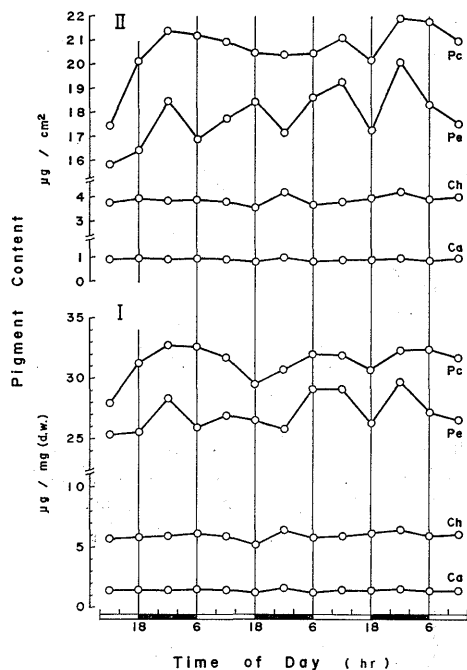


Fig. 4. Diurnal variation of pigment content per dry weight (I) and per area (II) of the thallus of *Porphyra* sp. (No. 51) cultured under LD, 12:12 cycle, for 8 weeks after conchospore seeding. □ light, ■ dark. Pc; phycocyanin, Pe; phycoerythrin, Ch; chlorophyll *a*, Ca; carotenoids.

文 献

- 1) H. TAMIYA: *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **17**, 1-26 (1966).
- 2) B.G. CUMMING and E. WAGNER: *ibid.*, **19**, 381-416 (1968).
- 3) B.M. SWEENEY: *Rhythmic Phenomena in Plants*, 1st ed., Academic Press, London and New York, 1969.
- 4) O. QUEIROZ: *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **25**, 115-134 (1974).
- 5) 徐 明德・徳田 広・新崎盛敏: 日本プランクトン研究連絡会報, 松江記念号, 207-211 (1967).
- 6) L.R. BLINKS and C.V. GIVAN: *Biol. Bull.*, **121**, 230-233 (1961).
- 7) 斎藤宗勝・荒木 繁・桜井武磨・大房 剛: 本誌, **41**, 365-370 (1975).
- 8) T. KANAZAWA: *Plan & Cell Physiol.*, **5**, 333-354 (1964).
- 9) E. HASE, Y. MORIMURA and H. TAMIYA: *Arch. Biochem. Biophys.*, **69**, 149-165 (1957).
- 10) 須藤俊造: 農産加工技術研究会誌, **8**, 52-59 (1961).
- 11) Y. YOKOHAMA and S. ICHIMURA: *J. Oceanogr. Soc. Jap.*, **25**, 75-80 (1969).
- 12) 斎藤宗勝・大房 剛: 藻類, **22**, 130-133 (1974).

- 13) L.N. EDMUNDS, JR.: *J. Cell. Comp. Physiol.*, **66**, 147-158 (1965).
- 14) J.R. COOK: *Plant Physiol.*, **41**, 821-825 (1966).
- 15) B.M. SWEENEY and J.W. HASTINGS: *J. Protozool.*, **5**, 217-224 (1958).
- 16) B.M. SWEENEY and J.W. HASTINGS: in "Physiology and Biochemistry of Algae" (ed. by R.A. LEWIN), Academic Press, New York, 1962, pp. 687-700.
- 17) C. SOROKIN: *Physiol. Plant.*, **10**, 659-666 (1957).
- 18) T.V. DRIESSCHE: *Exp. Cell Res.*, **42**, 18-30 (1966).
- 19) B.M. SWEENEY and F.T. HAXO: *Science*, **134**, 1361-1363 (1961).
- 20) A. PIRSON: in "Research in Photosynthesis" (ed. H. GAFFRON *et al.*), Interscience Publishers Inc., New York, 1957, pp. 490-499.
- 21) B.M. SWEENEY: *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **14**, 411-440 (1963).
- 22) L.N. EDMUNDS, JR.: *J. Cell. Comp. Physiol.*, **66**, 159-182 (1965).