

千原光雄*: 本邦暖海産緑藻類の生活史に関する研究 (3)
アオモグサの生活史について**, ***

Mitsuo CHIHARA*: Studies on the life-history of the green algae in the warm seas around Japan (3)

On the life-history of *Boodlea coacta* (Dickie)

Murray et De. Toni**, ***

アオモグサ属 *Boodlea* の海藻は主に熱帯及び亜熱帯の海に多く生育するものであり、わが国に於ては太平洋沿岸の暖流海域に *B. composita* と *B. coacta* の2種類の産することが知られている (岡村, 1936)。この属の植物は従来、分類学的立場からの研究はかなりしばしばおこなわれてきたが (Murray, 1889; Okamura, 1900; Boergesen, 1913, 1939; Weber v. Bosse, 1913; Eubank Egerod, 1952; etc.), 生殖や発生についての研究はほとんどなく、わずかに Boergesen (1931) が *B. siamensis* につき、游走子嚢を簡単に報告しているのみで現在のところ生殖器官の実際の機能とか性質などについての詳細は全く未知である。

筆者はここ数年来、本邦産のアオモグサ *B. coacta* についてその生活史を明らかにする目的で、主として生殖発生学的研究を中心に実験観察をおこなつてきているが、ここに得られた結果を報告し併せて幾つかの考察をなしてみたいと思う。

§ 材 料 と 方 法

材料——実験観察に用いたアオモグサは伊豆浜崎村須崎恵比寿島及び池の段、下田町鍋田及び大浦のそれぞれタイドプールに生育するものである。

方法——まづ天然に於て周年を通じての定期的観察をおこない又これと平行して室内培養をなし、藻体の季節的消長を明らかにすると同時に生殖時期の発見に努力した。

生殖時期に於ては成熟部分を注意深く採集し海水に入れたまま実験室へ持ち帰つた。この際、夏季高温時であつたので大型容器で運搬する以外にしばしば魔法瓶を用いた。その後、藻体を瀧過海水で丁寧に洗い常法により孢子を放出させた。游走細胞の形質、機能等の観察は顕微鏡下でおこない、尙固定にはオスミック酸を、鞭毛の染色にはクリスタルバイオレット、チールのカーボールフクシン等を用いた。培養は発生初期に於てはすべて室内で、後に天然海中と室内の二つの場合をおこなつた。栄養液としてはシュライバー液又はエルドシュライバー液を随時用いた。

* 東京教育大学下田臨海実験所、静岡県下田町。Shimoda Mar. Biol. Stat., Tokyo Univ. of Education, Shimoda, Shizuoka Pref.

** 文部省科学研究助成補助金による研究。

*** 東京教育大学下田臨海実験所業績 85 号。Contributions from the Shimoda Mar. Biol. Stat., No. 85.

§ 実験と観察

天然に於ける観察——アオモグサは伊豆下田附近での観察によると、汐間帯中部からやや上部にかけての割合浅いタイドプール中に多く生育し、曾て故岡村博士(1900)もいつているようにやや白砂に被われるようなところに多い傾向がある。

初秋の頃に小型のアオモグサの幼体が岩礁上に或いは他の海藻の上などに生育しているのが沢山見られるが、この頃のものはいまだこの植物特有のクッション状の団塊形を完全に呈するまでにいたっていない。秋から冬にかけての生育はそれほど著しくはないが、その後、春に於ける生育は極めて盛んで三月にはアオモグサ団塊形の径は3-5 cmに達する。更に夏は最も繁茂する時期で5-6月にはその直径の10 cm以上に及ぶものが普通に見られるようになる。

やがて6月中旬-7月-8月中旬にかけて成熟細胞の形成が見られる。一般にこの成熟細胞は初め団塊形の中央部上面に多く、後に周囲から内部へと及んでゆくようである。尚游走細胞を放出した細胞は内容空虚となるのでその部分は白色を呈する。このような游走細胞の形成及び放出は上記の生殖期間中に於て、1個体で数回にわたりおこなわれ、その結果遂にはアオモグサの団塊形は全部白色、綿のように柔くなつて凋萎消失するにいたる。

室内に於ける観察——

1, 栄養生殖について——アオモグサは上述のようにその構成細胞の殆んどが一齊的に孢子嚢になるのが普通であるが、時に游走細胞を形成しない栄養細胞がみられることがある。又一般に tenaculum には游走細胞の形成をみない。そこでこれら

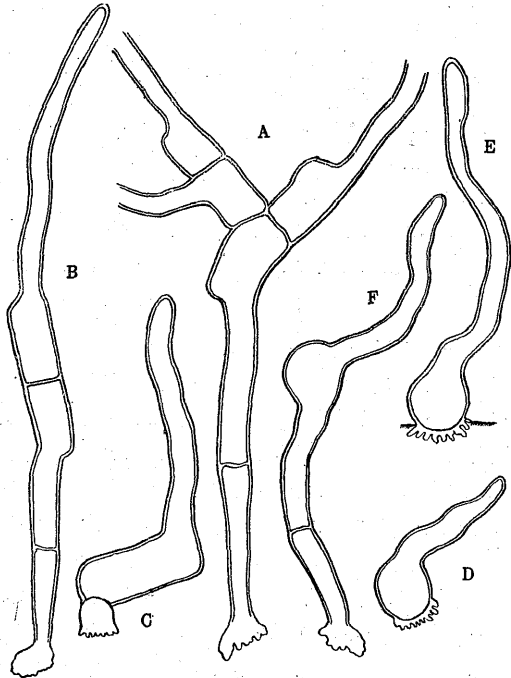


Fig. 1. Vegetative propagation of cell filaments (A, B, C.) and tenacula (D, E, F.) in *Boodlea coacta*. (A, B, C. $\times 75$, D, E, F. $\times 125$)

細胞の fragment や tenaculum などが将来どのような運命を辿るかを調べる為に室内培養で観察をおこなつてみた。

それによると, fragment の場合はまづその下部に発芽管のような突起部を形成する。それは漸次伸長し基質に接したところで, 先端部は円盤状に或いは花環状に拡大し附着器官となる。この際, 仮根の基質に近いところに 1 隔膜の形成をみるのが常である (Fig. 1, A, B.)。尚これらと殆ど時を同じくして上方にも突起部の形成, 伸長をみるが, それは後に細胞分裂と伸長をくりかえし分枝した独立の個体となる。尚 fragment が基質と密に接して存在する場合には直ちに Haptera 状の器官を作るものもある。(Fig. 1, C.)。次に tenaculum の場合も殆んど同様の経過がみられた。ただそれが基質と密に接している場合にはそのままの状態に附着の役目をなすものもあつたが (Fig. 1, D, E.), やや懸垂の位置に存するときは, tenaculum は一旦ほぼ球状となり, その後, 附着部を基質に向けて伸長させるのが一般である (Fig. 1, F.)。

2. 游走細胞の形成と放出及び発生——孢子嚢は栄養体構成細胞がそのまま変成したもので上述のように年を通じて夏季のみみられる。成熟期が近くなると栄養細胞の色素体はやや黄色を帯びてくるが, その後暗緑色を呈し微密となる。やがて色素体, ビレノイド及び核などの内容物は互に絡み合うようにして細胞壁の内側に沿つてやや太い網の目状の斑点模様を形成する (Fig. 2, A.)。更に成熟してくるとこの網の糸に相当する部分は次々と溶解するようにして游走細胞にかわる。こうしてできた游走細胞は初めその部分で蠢めいているが, まもなく細胞の内部を活潑に游泳し始める。一方これとほぼ時を同じくして細胞の側部或いは先端部に円錐状の突起ができ, その先に小孔があく (Fig. 2, B, C.)。これは即ち放出孔である。やがて游走細胞はそこを通つて1個づつ, 多くは前向きであるが時に横向き或いは後向きで外部へ游出する。放出孔は1細胞に1個形成される場合が多

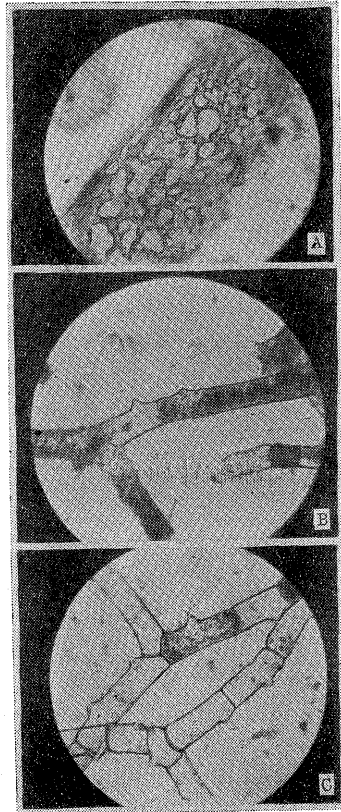


Fig. 2. A. Reticulum of swarmer-formation in *Boodlea coacta*. B, C. Sporangia bearing short conical projections. (A. $\times 150$, B. $\times 50$, C. $\times 45$)

いが、2個形成のものもしばしばみられる。尙1細胞中に形成される游走細胞の数は各細胞により不同であるが、いずれにしても非常に多い。

游走細胞の放出は藻体が充分成熟しているときはいかなる時刻に於てもおこなわれた。

游走細胞の様子は筆者 (1953) が先に報告したタマゴバロニア *Valonia macrophysa* に極めて類似している。即ち非常に大型で、(ca. 16.0-22.5×9.0-12.5 μ) 体全体は西洋梨型を呈し、体内に1眼点と多数の色素体と顆粒物質を蔵している (Fig. 3, A.)。鞭毛

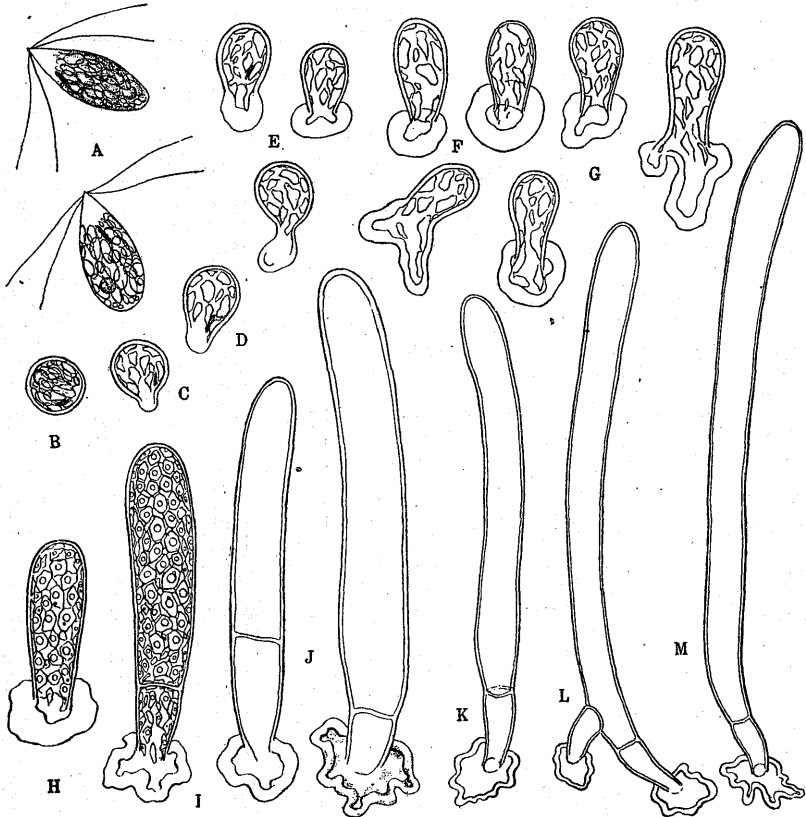


Fig. 3. Swarmer and its development

A. Quadriflagellate swarmers. B. Settled swarmer. C, D. Germination of swarmers. E. 4-days old sporelings. F, G. 6-days old. H. 12-days old. I. 18-days old. K, L, M. 1 month old. (A. ×700, B.-G. ×600, H, I. ×500, J. 400, K.-M. ×250.)

はすべて4本で、游泳に際しては正の走光性を示す。その後、まもなく光の側に附着した游走細胞は鞭毛を失い球状となり(径 ca. 10.5-13.0 μ) (Fig. 3. B.), 発芽を開始する。

初期の発生の様子もまたタマゴバロニアの場合と非常によく似ている。即ち初め原胞子の光と反対側の部分がふくれ始め次第に伸長する。尙この部分の色素体は非常に薄い (Fig. 3, C. D.)。後にその先端部は基質に接するところで水平に円盤状に拡がり附着器官となる (Fig. 3, E. F. G.)。一方これと殆んど同時に原胞子の部分は光の方向へ向つて肥大成長をおこない棍棒状の直立体となる (Fig. 3, H. I.)。尙この頃の色素体の

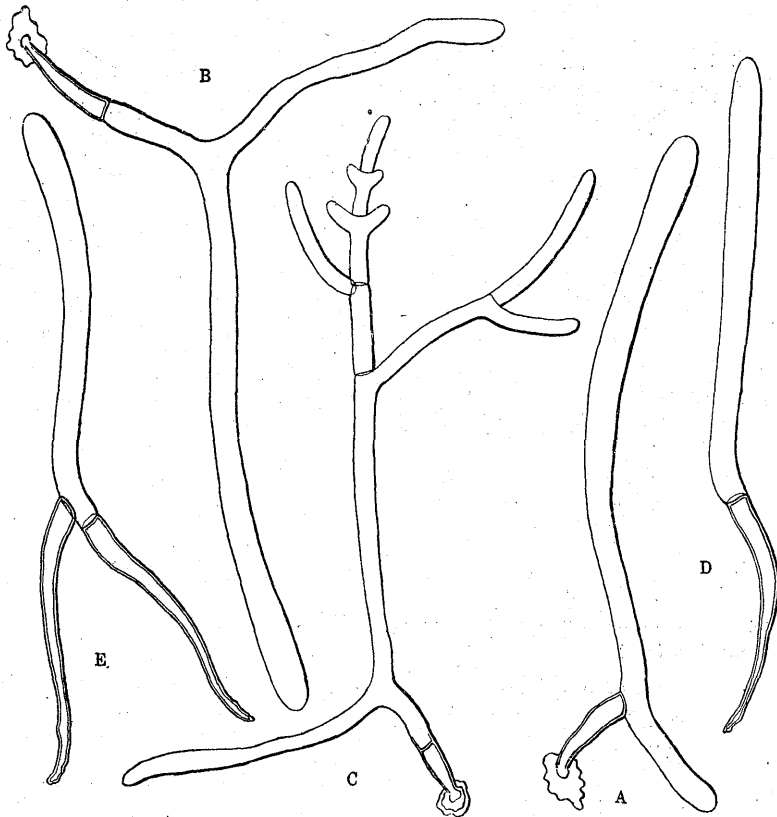


Fig. 4. More advanced development of *Boodlea coacta*

A. B. 45-days old sporelings. C. 2 month old. D. E. Sporelings with filamentous rhizoids, (A. B. D. E. $\times 150$, C. $\times 100$)

形状は不規則で成体にみられるような様相を未だ呈さない。その後、引続いての成長により直立部は更に長くなり、同時に仮根部の円盤状の部分は縁辺が多少凸凹となり花環状になつてくるのが普通である (Fig. 3, I-M.)。発生体の成長がこの位まで進んだ頃になると、基部に近いところに隔膜が形成され発生体は直立部と仮根部の2つに確然と分たれる (Fig. 3, I, J.)。そして又色素体の様子もこの植物特有の形、即ち角形の平板状でそれらは互に細い部分により連絡し網目状を呈するようになる。尙発生体には2個又は3個の仮根をもつものもみられる。又仮根部の先端が円盤状乃至花環状とならず、糸状に伸びるものもある (Fig. 4, D, E.)。このような現象は培養条件が不良と思われる場合に多い。

発生体はその後、不規則に或いは対生に或いは互生に分枝をなし図 4, C. にみられるような体となつた。これは初秋の候に天然から得られる幼体 (Fig. 5, A, B.) と似て



Fig. 5. Young plants collected at Susaki in September. (×25)

おり図 5 から考えて将来成体の示すような団塊形になるであろうことはほぼ予想できる。尙筆者が培養によつて得た発生体は分枝が余り豊富でなく且、細胞分割の数も少なかつたが、これは室内培養による異常環境のもたらした結果のように思われる。*

§ 考 察

Boergesen (1913) は *B. siamensis* の生殖について次のように報じ、
“the whole cell is transformed into a sporangium and the zoospores escape through a rather large hole on the one side of

the sporangium,” として放出孔をもつた孢子嚢を簡単に図示している。従つて更に詳細な事柄については知る由もないが、少くとも Boergesen の記述、図示した部分の現象について、筆者のアオモグサでの観察は全く一致する。

一般に孢子嚢は栄養細胞がそのまま変成したもので、その形成に際し、核、色素体、ピレノイドなどは互に絡み合い集合するようにして細胞壁の内側に沿い網目状の模様を

* 更なる後期成長については、天然海中に於いて実験を進めているが、発生体の基質よりの剝離が甚だしく、未だ充分な観察に成功していない。

作る。游走細胞はこの網の糸に相当する部分の変成により作られ、細胞膜にできた1-数個の放出孔を通じて外部へ泳ぎ出す。こういった游走細胞の形成様式は *Siphonocladales* (Oltmanns, 1904) の海藻に共通の現象のようで、筆者が現在まで観察に成功したものはアオモグサのほかにもタマゴバロニア *Valonia macrophysa* (1953), キッコウグサ *Dictyosphaeria cavernosa*, ミドリグサ *Cladophoropsis fasciculatus*, アミモヨウ *Microdictyon japonicum*, チャシオグサ *Cladophora Wrightiana*, *Cladophora* spp., フトジュズモ *Chaetomorpha spiralis* (いずれも未発表), 又既に報告されている *Valonia macrophysa* (Kuckuck, 1907), *Dictyosphaeria van Bossea*, *Cladophoropsis membranacea*, *Siphonocladus tropicus*, *Ernodesmis verticillata* (Boergesen, 1913), *Microdictyon Calodictyon* (Boergesen, 1925), *Microdictyon tenuius* (Iyengar & Ramanathan, 1941) などに於て、それらは種類により多少の差はあるにしても、本質的には全く同一範疇のものであるように思われる。

次に筆者が観察したアオモグサの游走細胞はすべて4本の鞭毛をもつもののみで、それらは何等接合することなく直ちに発芽した。筆者は1952, 53, 54年に亘りかなり綿密に天然での季節別観察をおこない、その結果、生殖時期は周年を通じて夏季6-8月の1時期のみに固定していることを確認した。尙、広瀬(1953)のいう幼生生殖(juvenile reproduction)の現象についても注意しているが、アオモグサではいまだ観察されない。そして現在までに少くとも100個体以上の成熟体からの游走細胞を観察したが、2鞭毛のもの、或いは接合能力をもつもの等の配偶子的游走細胞は全くみられなかつた。このようなことから結論を導きだすことは勿論尙早で、更に将来生活史全環について、或いは核学的に精細な実験観察を進めていかねばならないと思つているが、それにしても上に述べた事実は、少くとも伊豆須崎及び下田附近のアオモグサでは、その生殖の殆んどが4本の鞭毛をもつ無性的な游走細胞によつてなされていることを暗示しているように思う。

尙、アオモグサの游走細胞及び初期発生体は筆者(1953)が先に観察したタマゴバロニアのそれと非常に似ている。又やや枝打ちする程度に進んだ発生体の様子はアミハ属 *Struvea* の海藻を想起させるものがある。これらの点はアオモグサ属がそれらの諸属と極めて近い類縁関係にあることを示唆するものと思ふ。

§ 摘 要

1. アオモグサの幼体は初秋に多く見られる。春から夏にかけての生育は特に盛んで、その塊形の直径は10 cm以上に達する。
2. 孢子嚢の形成は周年を通じ夏季6-7月の1時期のみみられる。
3. 栄養体構成細胞は *tenaculum* を除き殆んどすべてが孢子嚢となる。然し時に胞

子嚢を形成しない細胞もみられる。このような細胞の fragment 及び tenaculum は後に成長して独立した新しい個体となる現象が観察された。

4. 胞子嚢は栄養細胞がそのまま変成したもので、初め色素体、核及びピレノイドなどの内容物は互に絡み合うようにして集り網目模様を作る。游走細胞はその部分から作られ、胞子嚢の側部或いは頂端部にできた短い円錐状突出の小孔を通じて游出する。このような游走細胞の形成及び放出の現象は一般に Siphonocladales のものに共通のようである。

5. 游走細胞は西洋梨型でその大きさは $16.0-22.5 \times 9.0-12.5 \mu$ 、そしてすべて4本の鞭毛と眼点及び多数の色素体を有し、正の走光性を示す。それらは接合することなく発芽を始める。

6. アオモグサの初期発生体はタマゴバロニアのそれと似ている。又更に進んだ時期に於ける分枝の方法はアミハ属に類似する。これらはアオモグサ属がそれらの属と近い類縁関係に位置することを暗示しているものと思う。

7. 筆者は1952年以來、周年を通じてアオモグサを実験観察し、100個体以上の成熟体からの游走細胞を観察したが、未だ2鞭毛をもつもの或いは接合能力をもつものの配偶子的游走細胞は全くみられない。このことから少くとも、伊豆須崎及び下田附近のアオモグサの生殖の殆んどは鞭毛をもつ無性的な游走細胞によつてなされているように考えられる。

筆をおくに当り御指導と御校閲を賜つた九大・瀬川宗吉博士に御礼申上げる。又常々御教えをいただいた東大・新崎盛敏博士に、更に教育大・伊藤洋、三輪知雄両教授、並びに当臨海実験所長・高槻俊一教授に感謝申上げる

Literature

- Boergesen, F. (1913) The marine algae of the Danish West Indies. Part I. Chlorophyceae. Dansk Botanisk Arkiv, 1.
- (1925) Marine algae from the Canary Islands. I. Chlorophyceae. K. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Medd., 5.
- (1930) Some Indian green and brown algae especially from the shores of the Presidency of Bombay. 1. Journ. Ind. Bot. Soc., 9.
- Chihara, M. (1953) Studies on the life-history of the green algae in the warm seas around Japan (2) On the life-history of *Valonia macrophysa* Kütz. Journ. Jap. Bot., 28. (in Japanese).
- Eubank Egerod, L. (1952) An analysis of the siphonous Chlorophycophyta with special reference to the Siphonocladales, Siphonales, and Dasycladales of Hawaii. Univ. Calif. Publ. Bot., 25.

- Hirose, H. (1953) 藻類に見られる幼生生殖についての観察と考察。第 18 回日本植物学会大会講演。
- Iyengar, M. O. P. & K. R. Ramanathan (1941) On the life-history and cytology of *Microdictyon tenuius* (Ag.) Decaisne, (Preliminary note). Journ. Ind. Bot. Soc., 20.
- Kuckuck, P. (1907) Ueber den Bau und die Fortpflanzung von *Halicystis* Areschoug und *Valonia* Ginnani. Bot. Zeitg., 65.
- Murray, G. (1989) On *Boodlea*, a new genus of Siphonocladaceae. Journ. Linn. Soc. Bot., 25.
- Okamura, K. (1900) Illustrations of the marine algae of Japan. I. Tokyo.
— (1936) 日本海藻誌。
- Oltmanns, F. (1904) Morphologie und Biologie der Algen. I.
- Weber van Bosse, A. (1913) Liste des algues de Siboga. I. Siboga-Expeditie Monogr.

Résumé

The experiments were carried out at the Shimoda Marine Biological Station. As the materials, were used the numerous individuals which grow in the tide-pools of Susaki and Shimoda in the southern coast of Izu Peninsula.

In the localities, the young individuals of the present alga are found in the early autumn. From spring to summer of the following year they show remarkable growth, and each individual develops into a depresso-globular or semi-spherical mass being over 10 cm. in expansion.

The formation of sporangia could be seen only in summer (from June to August). The whole cell is transformed into a sporangium; in its formation, the chloroplasts, nuclei, pyrenoids, etc. unite with each other and congregate to a network from which the swarmers take origin. About the same time one or more short conical projections are observed on the lateral side or summit of each sporangia. The swarmers escape outside through an aperture formed in the apex of the projection mentioned above in exactly the same way as reported by Boergesen (1913) in *Boodlea siamensis*.

Every swarmer is long pear-shaped, measuring about 16.0-22.5 μ in length, 9.0-12.5 μ in breadth, and has four flagella, one eye-spot and numerous chromatophores. They show a tendency of positive phototaxis. No conjugation

was observed between them in any case. After swimming for some time they settle down and immediately germinate.

The early sporelings having the two parts, the upright part and the rhizoid, make us recall the one in *Valonia macrophysa* observed by the present writer (1953); the mode of their ramification in more advanced stage bears close resemblance to a *Struvea*-like appearance. Judging from these respects it is probable that *Boodlea* has near relations to *Valonia* and *Struvea*.

In the experiments for the past three years, using the abundant materials (up to one hundred individuals), only four-flagellate swimmers, which do not conjugate and grow into new individuals, have been observed by the writer. However, he has never been able to observe two-flagellate gametes. The facts seem to suggest that the present alga in the waters of the localities has only generation in asexual.

□**Taxonomic Terminology of the Higher Plants** 発行所は Iowa College Press, Ames Iowa で丸善 売価 ¥1,500.

内容は Glossary of Botanical Technical Terms, Subject Classification, Specific Epithets with their Meanings, Greek and Latin Components of Scientific Words 等で Appendix として Floral Evolution Laws, Theories and Hypotheses, Phyllotaxy の項がある。(K.H.)

□伊藤芳夫: サボテン綺談 170 頁 朝日新聞社 100 円

サボテンの通俗解説書で挿図 39, 学名と和名対照の索引あり。(K.H.)

□財団法人 服部植物研究所報告 11 号と 12 号とが出た。宮崎県日南市飢肥町 同研究所

内容: 印度産サイハイゴケ属の疑問種二, 三について *Calycularia crispula* ほか二, 三苔類の分布について, 苔類の油体 (クサリゴケ科), 富士山蘚類の垂直分布概観, モミ樹幹の蘚苔類について, トロイゴケ科の一新種について (以上 11 号)

日本の蘚類 (チヂレゴケ属), 濠州及び北鮮の蘚類, ゼンガサゴケ科の形態学的研究 (イチゴゴケ属サイハイゴケ属及びミカンゴケ属の若干種について, 日本のゼニゴケ類, 日本苔類標本 1~6 集, 日本産ヒシヤクゴケ科の再検討, ジャゴケ精子に見出された新しい構造, 繊維状附属物の電子顕微鏡的研究, ヒメトロイゴケの油体について (以上 12 号) (K.H.)