

# アミジグサ目の形態発生

## Ⅶ. ヘラヤハズとサナダグサの四分孢子発生

熊谷 信 孝\*

N. KUMAGAE: Morphogenesis in Dictyotales

Ⅶ. Tetraspore germination of *Dictyopteris prolifera*

(OKAM.) OKAM. and *Pachydictyon coriaceum* (HOLM.) OKAM.

アミジグサ科植物の孢子発生については、REINKE (1878, '80.), WILLIAMS (1904), CARTER (1927), ROBINSON (1932), 猪野 (1936), 西林・猪野 (1959), 熊谷・猪野 (1964) らの研究があり、その結果 *Dictyota* アミジグサ属, *Dictyopteris* ヤハズグサ属, *Padina* ウミウチワ属, *Zonaria* シマオオギ属, *Taonia* 属では、それぞれ発生の様式が異なることが明らかにされている。今回、ヘラヤハズ *Dictyopteris prolifera* (OKAM.) OKAM. とサナダグサ *Pachydictyon coriaceum* (HOLM.) OKAM. について四分孢子発生を観察したところ、ヘラヤハズは同属のエズヤハズ *D. divaricata* (OKAM.) OKAM. (猪野1936, 西林・猪野1959) とは異なる発生をすることが、またサナダグサはアミジグサ *Dictyota dichotoma* (HUDS.) LAMOUR. (西林・猪野1959) に似た発生をすることが明らかになったので、それらの結果を報告する。

本文に入る前に本稿の御校閲をいただいた岡山大学理学部植物形態学教室猪野俊平教授と数々の御教示を下された同教室、大森長朗氏に深く感謝の意を表します。

### 材料と方法

ヘラヤハズは1964年10月3日、福岡県津屋崎町で採集した。この植物は幼い葉状体の中肋から枝を副出し、その枝にまた副枝をつくるという生長を続けることによって高さ 25-30cm に達する。老成した部分では中肋の両側の翼片が脱落するので中肋だけが細長く茎状に残る。したがって上部の枝だけが翼片をもち、それに孢子囊群が形成される。翼片を有する副枝の長さは 5 mm-8 cm と

\*福岡県立田川高等学校

The Bulletin of Japanese Society of Phycology Vol. XVI, No. 3, December 1968

さまざまであるが幅は 2-3 mm であった。孢子嚢は中肋をはさんで小斑状に、または断続した帯状に形成された。

サナダグサは1962年8月17日に北九州市岩屋で、また1967年8月20日に遠賀郡波津で採集した。九州北岸のものは高さ10-30cm、幅7-12mmに達し、多くは基部より規則正しく叉状に数回分岐する。生時は黄褐色であるが、乾燥すると先端付近を残して黒褐色となる。孢子嚢は一般に基部より上方に向けて形成されるが、初期にはアミジグサでみられるように多くの孢子嚢が長橢円形に並んで個々の孢子嚢群を形成する。しかし初めの孢子嚢の中で四分孢子が完成し、放出された後でもその付近に新しい孢子嚢が次々に形成されてくるので、老成した葉状体を見ると、上方では輪形の孢子嚢群が散在し、下方では孢子嚢がいくつかずつ集合した、輪形をなさない孢子嚢群が密に分布している。また孢子嚢は通常葉状体の基部から3-3.5cmの間と、上部では周縁の幅1-1.5mmの間には形成されない。

ヘラヤハズとサナダグサはともに先端の5-10cmを切り取り、濾過海水を入れた水槽に並べた。9時間後、下に敷いたスライドグラスに孢子が落ちたので葉状体を取り出した。両植物とも水槽は太陽の直射の当たらない北向きの窓辺に置き、10-15日の間隔で海水を交換した。

## 観 察

### 1. ヘラヤハズの四分孢子発生

アミジグサ科植物の孢子は孢子嚢を離れると、直下のスライドグラスに附着する。孢子が多数落ちた部分は褐色に見える。正常な孢子は球形で直径75-77 $\mu$ のものが約85%をしめた。しかし中には110 $\mu$ を越すものや50 $\mu$ 以下のものも少数みられた。110 $\mu$ を越す孢子は球形でないものが多く、普通2-4の核が認められ、四分孢子嚢内で行なわれるはずの分裂が完全に終わらないまま全内容が1つの孢子として放出されたものであることがわかる。放出後数時間で発生を開始した。まず四分孢子に突起ができ、それが伸びたところで最初の分裂が行なわれ、上部の孢子細胞と下部の突起からなる仮根細胞とに分かれた。孢子細胞は後に分裂して細胞塊(nodule)になる。発生第1日目は雨天であったので自然光は弱かったが、それでも仮根は負の方向に形成された(Pl. I, Fig. A)。その後、孢子細胞は一般に中央部で第1回目の分裂と同様に横に分裂し、上下の細胞に分かれ、次いで縦に分裂した。したがってこの分裂が頂端の細胞だけで行なわれる時には合計3個、下側の細胞でも分裂が行なわれる時には合計4

個の細胞から成る細胞塊が形成された (Pl. I, Fig. N)。仮根細胞は伸長に伴わない次々に分裂し、一列の細胞からなる糸状の仮根に発達した。仮根細胞内での色素体の形成は徐々に行なわれるので、先端部の仮根細胞では全く色素体はみられず透明であるが、細胞塊に近くなるにつれて増加し、黄褐色を帯びてくる。しかし仮根の最先端では淡褐色の原形質がみられた。また仮根部では色素体は細胞膜に沿って分布するので細胞の周囲が特に濃く見える。放出 2 日目に 95% 以上の胞子が発芽し、仮根を伸長した。ごく少数であったが、最初に仮根細胞を形成しないで胞子が中央部で分裂した後、その両方の細胞から仮根を形成するものがあった。この場合、同一の方向に仮根を出すものと、反対方向に出すものがあった (Pl. I, Figs. S, T)。

細胞塊を構成する細胞は多くの色素体を持ち濃褐色であった。ここではその後も分裂はみられず、3-4 の細胞集団にとどまった。4 日目にこの細胞塊のある細胞から葉状体を形成するための突起がつくられた (Pl. I, Figs. B, O)。この突起の細胞には細胞塊の細胞と同様に色素体が多く含まれる。この突起が葉状体に生長するのに二つの型が見られた。一つは突起が仮根と同様に伸長し、普通 5-6 個の糸状の細胞列になった後、頂端の細胞が縦に分裂し、その後も広がりを持つように分裂して一層の細胞からなるヘラ状の葉状体になる方法である。したがって葉状体は細胞塊から出た柄の先につくられた形になる (Pl. I, Figs. P, Q)。他の方法は細胞塊から突起が糸状に伸びることなく直ちに左右に分裂し、ヘラ状の葉状体に発達する場合で、葉状体が生長したときは細胞塊は全く葉状体の基部になってしまう (Pl. I, Figs. C, D, R)。各葉状体とも早い時期にその前縁の限られた範囲に縁辺細胞が現われるのでヘラ状に生長する。縁辺細胞はほとんど同じ大きさの細胞からなるが、特に色素体を多く含むこともなく、他の部分の細胞との違いは認められなかった (Pl. I, Fig. F)。縁辺細胞の一部分で細胞分裂が行なわれなくなるか、または遅れるものでは、その場所を中心に左右に分裂した (Pl. I, Fig. E)。発生 6 日目、柄をつけた形の葉状体では、その柄の部分の細胞が縦に分裂して二列になった (Pl. I, Fig. Q)。

細胞塊に最も近い仮根細胞でも縦の分裂が行なわれ (Pl. I, Fig. P)、また細胞塊の他の細胞から二次の仮根がつくられ伸長した (Pl. I, Figs. F, P, Q)。細胞塊から葉状体を形成するための突起を生ずることのない個体では、仮根にそのための突起をつくった。この突起は細胞塊でつくる突起と同様に多くの色素を有し、仮根から垂直に形成されるので、仮根の分岐とは容易に区別

される。仮根からの葉状体の形成の方法は細胞塊からの場合と同様であった。13日目、仮根から葉状体を形成したものは全体の約20%に達した (Pl. I, Figs. J・U)。ヘラ状に生長した葉状体は次第に縁辺生長を行なうようになるので、帯状に変化した (Pl. I, Fig. G)。26日を経過した葉状体は幅 $350\mu$ 、長さ $1000\mu$ ほどに生長した。これらは細胞塊や葉状体の基部の細胞に新しく仮根を生じ、スライドグラスとの付着を強固なものにするとともに葉状体を支えた。2ヵ月後も葉状体はそのまま伸長するだけで幅は広くならなかった。何度か取り出して観察したために葉状体は倒れ、そのまま伸長するものが目立った。このような倒れた葉状体のスライドグラスに接した部分からも仮根が形成された。また細胞塊から二次の葉状体が新生した。

83日目、最初に形成された葉状体の基部では細胞が多層になり、ヘラヤハズ本来の細胞層に近くなったことが確認された。匍匐した形の葉状体も先端をもたげ、垂直に伸びて約6 mmに達した。しかし葉状体の中には各縁辺細胞の協調がみだれ、中に分裂しない細胞が現われ、その結果、小さなおうとつを生じるものがあつた。90日後、縁辺細胞中の色素の減少が目立ち、その仮根の先端がふくらむものなどができて生長は止まった。

発生の初期に細胞塊から多くの仮根を出し、また分岐も盛んに行ないながら容易に葉状体を形成しないもの (Pl. I, Fig. H) や、逆に葉状体形成は進んでいるにもかかわらず、仮根の形成が遅れているという個体があつた (Pl. I, Fig. I)。

## 2. サナダグサの四分孢子発生

1962年に採集した葉状体は若く四分孢子が放出されるようになったばかりの状態があつた。したがって孢子の放出数が少なく、1枚のスライドグラスにつき10個程度付着したに過ぎなかった。1967年に採集したものは十分に成熟していたので多数の孢子を得ることができた。四分孢子の大きさは、1967年の場合、直径 $72.98\mu \pm 14.13\mu$ のものが約94%で、残りは $105.52\mu \pm 16.49\mu$ の大きいものであつた。孢子は細胞膜が非常に薄く、また色素体が少なく光をよく透す。さらにスライドグラスとの付着力が弱く、少しの水流によっても遊離してしまうことなどの特徴を有する。孢子は放出後6-7時間で発芽を開始した。アミジグサ科植物では仮根の切り出される方向が入射光によって決定されるものがある。この植物の場合、その影響があるかどうか不明確であつたが、仮根の伸長方向には強い影響があり、どれも暗い方向に伸びた。

孢子発生には大別して二つの型がみられた。一つの型 (I型) はヘラヤハ

ズと同様に仮根細胞の形成から行なわれるもので孢子の一部に突起ができ、それがやや伸びた頃に中央または突起側で分裂し隔壁をつくる (Pl. II, Fig. 2)。その後、突起のつけね付近でも同様の分裂が行なわれ仮根細胞ができる (Pl. II, Fig. 3)。このとき孢子の中央部での分裂が行なわれず、仮根細胞だけを切り出すものもみられた (Pl. II, Fig. 4)。仮根は初め糸状に伸び、その最先端はほとんど透明であった。したがってアミジグサ科植物の多くにみられるような黄褐色の原形質はみられなかった。

孢子細胞は仮根の細胞数が 2-3 に達する頃、生長して楕円形になる。これは次々に分裂し、横の隔壁によって 4-6 個の細胞に分けられる。一般にこのようにしてつくられた細胞塊の先端の細胞が生長点になる。しかし初期には生長点だけで分裂が行なわれるのではなく、下側の各細胞も盛んに分裂するので多数の小さな細胞に分かれてしまう (Pl. II, Figs. 6・7・8)。頂端の細胞が生長点にならず、下側の細胞が生長点になったものを 5 図に示した。

一般に孢子細胞の分裂に比べて仮根の生長が進まない。したがって各幼体ともスライドグラスとの接着が不十分で、取り出して観察する時や水を交換する時などに遊離するものが多かった。仮根は 4 日目頃から先端部が扁平に、しかも波状に変形し、5 日目頃には吸盤状になるものがみられた。この吸盤化は仮根があまり伸びないものほど著しく (Pl. II, Fig. 8)、順調に伸びたものではヘラヤハズと同様に糸状になるという傾向を示した。後に形成される第二次第三次の仮根についても同様のことがいえた。

ヘラヤハズでは孢子細胞がまず細胞塊になり、次いでその中の一つの細胞が突起をつくり、それが葉状体に発達したので細胞塊と突起部との区別ができた。しかしサナダグサでは孢子細胞は生長、分裂して細胞塊になり、主としてその先端の細胞が頂端細胞になって直接、葉状体に発達したので、ヘラヤハズのような小さな突起は形成されなかった。

他の発生の型 (II 型) は発生の初めに仮根細胞ができず、孢子細胞の分裂のみが行なわれる場合である。まず孢子が中央部で分裂する (Pl. II, Figs. 9・10)。このとき I 型と異なり、一方の細胞が仮根になる突起を出さないのが特徴である。2 細胞期から生長を始め、途中で横の隔壁でしきられ 4-6 個の細胞からなる楕円形の細胞塊を形成する (Pl. II, Fig. 11)。このような形のものから発生はさらに三つの型に分かれた。

その一つ (II 型-1) は細胞塊の両端の細胞からそれぞれ仮根がつけられる場合で、葉状体は中間にある細胞の一つが生長点に変化することによってつく

られる (Pl. II, Figs. 13. 14)。次の型 (II 型-2) は11図のような形ができて、も仮根が全くつくられず、一端の細胞が生長点になり、細胞塊だけが発達するものである (Pl. II, Fig. 12)。他の型 (II 型-3) は10図や11図、またはその中間のものから一方の側に仮根を生じ、その他の端は頂端細胞となって I 型に移行するものである。

1967年に採集した四分孢子について発生約70時間後に観察したところによると各型の割合は次のようであった。

- |                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| ○細胞塊が仮根を一つ有するもの (I 型) と (II 型-3) | 約 69% |
| ○細胞塊の両端に仮根を有するもの (II 型-1)        | 約 23% |
| ○仮根を形成せず細胞塊のみのもの (II 型-2)        | 約 8%  |

細胞塊にあって一次の仮根を切り出した細胞は、一般にその後も分裂しないので大きく、また上部の細胞に比べて非常に色素体が少ない。この細胞から二次の仮根も形成された (Pl. II, Figs. 16. 17)。一次仮根が吸盤状に変化し、伸長しなくなると二次の仮根の形成が早められるようであった。その後、葉状体が生長すると、その基部の細胞からも仮根が形成された (Pl. II, Fig. 15)。また取り出して観察したために倒れたままになった葉状体では、上部の細胞からも形成された (Pl. II, Fig. 18)。15図に示したものは他の個体と同様に細胞塊を形成したが、生長が止まったために頂端の細胞が突起として伸び、その先に改めて細胞塊をつくったものである。しかし、このような発生をしたものはごく少数であった。

完成した葉状体は扁平であるが、発生初期にはどれも円柱形に生長し、容易に扁平になろうとしない。葉状体の先端が徐々に扁平になるのが認められたのが20日目頃であった (Pl. II, Figs. 16. 17)。

前にも述べたように、この植物は孢子のときからスライドグラスに接着する力が弱く、また仮根も他の植物のように生長しないので、葉状体が発達すればするほど、水の動きなどによって離れやすくなり、最後まで生長を観察することができなかった。

## 考 察

ヘラヤハズでは最初の分裂でできた上側の孢子細胞が 3-4 個の細胞からなる細胞塊を形成した後、その中の一つの細胞が葉状体をつくるための突起を出した。この突起の細胞はそのまま葉状体に発達する場合と、糸状に伸びた後その先端に葉状体を形成する場合とがあったが、どちらの場合とも一層の細胞

からなる扁平な葉状体が形成された。この発生を西林と猪野 (1959) が観察した同属のエゾヤハズ *D. divaricata* (OKAM.) OKAM. と比較すると、両植物とも仮根細胞が 3-4 個になる頃までは同様に経過するが、その後細胞塊の細胞数がエゾヤハズの方が多くなること。また葉状体を形成するための突起がヘラヤハズでは一つであったのに対し、二つ以上つくられるものが多く、しかもこの突起は糸状に伸長するのみで、扁平な葉状体に変化しなかったという点で異なる。以上のことから発生の様式は属によって異なるだけでなく、ヤハズグサ属では種によっても異なることが明らかになった。

サナダグサでは多様な発生がみられたがそれらを二つに大別した。一つはヘラヤハズと同様に初めに胞子から仮根細胞が切り出される型で、上側の胞子細胞は生長して楕円形になり、同時に分裂して横の隔壁で 4-6 細胞に分かれた後、その先端の細胞が生長点となり、下部の細胞とともに盛んに分裂して円柱状の幼植物を形成するものである。他は胞子が仮根細胞を切り出さず、5-6 細胞からなる細胞塊だけで形成される型であって、その後さらに細胞塊の一端が仮根に、他端が生長点になるものと、細胞塊の両端に仮根を形成し、他の細胞に生長点を生むものと、仮根を全くつくることなく生長するものに分かれた。以上のような葉状体の形成の方法や仮根が吸盤状に変化すること、葉状体の生長に対し仮根があまり伸長しないこと、などは西林と猪野 (1959) のアミジグサの四分胞子発生に共通する点が多い。このことからサナダグサがアミジグサに非常に近い種であると見るができる。

アミジグサ科植物のうち、エゾヤハズ、オキナウチワ、シマオオギなどの仮根は糸状であり、アミジグサは先端が吸盤状に変化することが知られている。ヘラヤハズの仮根は糸状によく伸長した。細胞塊に葉状体がつくられないものでは仮根上に葉状体を形成した。また正常に細胞塊から葉状体が形成された個体でも、日数がたつとやはり仮根に葉状体を生じた。したがって自然界にあっても同様にして新個体を形成するものと考えられる。仮根から葉状体が形成されることは *Dictyota* (HOYT. 1907), *Dictyopteris* (REINKE. 1878, 時田・正置・籾, 1953), *Zonaria* (SAUVAGEAU, 1904, 熊谷・猪野, 1964) などで報告されている。サナダグサでは生長の速い仮根は糸状になるが、遅れるものでは先端が吸盤状に変化しようとする傾向が強い。したがって強光下では仮根の伸長が抑制されるので吸盤化が早められるようであった。

仮根の伸出の方向が入射光によって決定されるということは、(*Taonia* ROBINSON, 1932), *Padina* (西林・猪野, 1959), *Zonaria* (熊谷・猪野, 1964)

などで報告されている。ヘラヤハズの場合、入射光に対し負の側に形成されたが、サナダグサは同一の場所で発生を行なわせたにもかかわらず、その関係は明らかでなかった。しかし形成された仮根は負の屈光性を示した。

### Summary

The tetraspore germination in *Dictyopteris prolifera* (OKAM.) OKAM. and *Pachydictyon coriaceum* (HOLM.) OKAM. was observed.

In *Dictyopteris prolifera*, the upper segment of the tetraspore forms a nodule and the lower develops into the rhizoid. A projecting cell which becomes a thallus is formed from the nodule. The nodule consists of only 4-5 cells. There are two types of the thallus formation.

1. The projecting cell of the nodule develops directly into the spatula-shaped thallus which grows by the marginal cells.
2. The projecting cell does not directly develop into the thallus, but into an erect shoot which later flattens by its apical cell and forms the thallus.

The thallus sometimes is formed on the rhizoid. The germination of this plant shows certain differences from that of *Dictyopteris divaricata* (OKAM.) OKAM.

In *Pachydictyon coriaceum*, two types of the germination are seen.

1. The upper segment of the first division grows into an ovoid. It divides to be 4-6 cells by horizontal cell wall and one of the cells becomes the apical cell. All cells divide to form the cylindrical thallus. The lower cell produces a rhizoid.

2. First time, the lower segment does not produce the rhizoid, and only the upper segment forms the nodule. This type includes the following.

- A. One side of nodule becomes the apical cell and the other produces the rhizoid.
- B. The rhizoids are produced from both sides of the nodule and other cell of the nodule turns the apical cell.
- C. The nodule does not form the rhizoid and only cylindrical thallus develops.

The germination of this plant resembles to that of *Dictyota dichotoma* (HUDS.) LAMOUR.

The rhizoids of *Dictyopteris prolifera* are filamentous, while some rhizoids of *Pachydictyon coriaceum* are sucker-shape.

In *Dictyopteris prolifera*, the projectile portion of the rhizoid from the tetraspore is determined by the direction of the incident light.

#### 引用文献

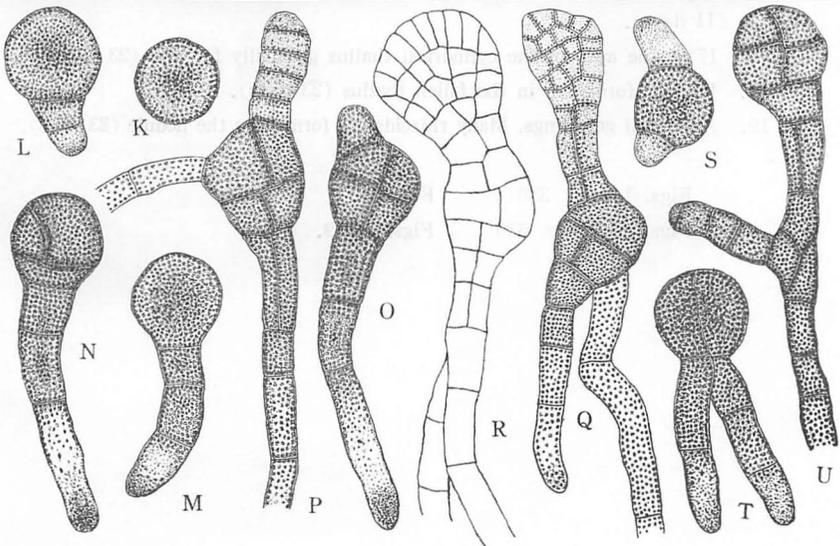
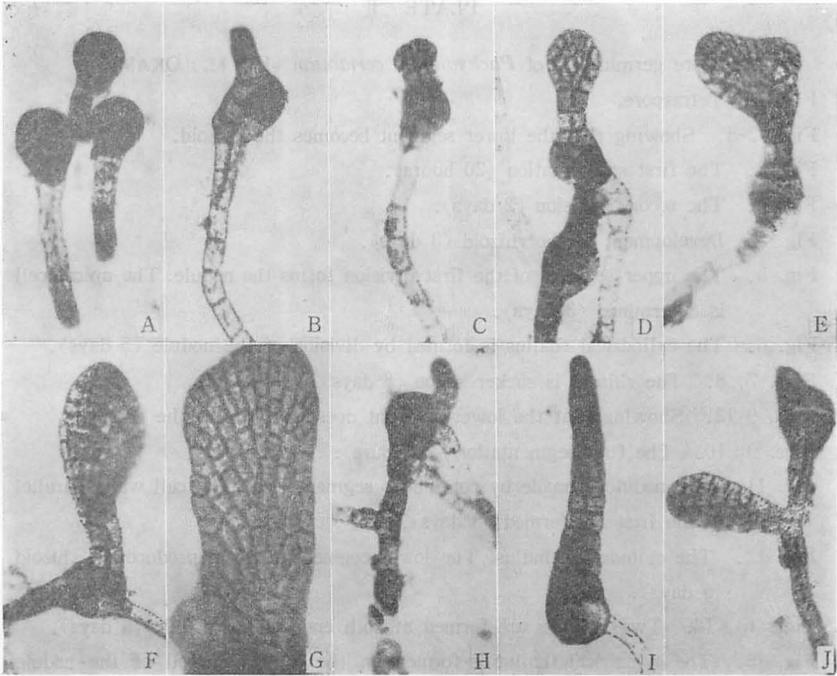
- 1) CARTER, P. W. (1927) : The life-history of *Padina pavonia*. Ann. Bot. 41, 139-159.
- 2) FRITSCH, F. E. (1948) : The Structure and Reproduction of the Algae. 3) INOH, S. (1936) : On tetraspore formation and its germination in *Dictyopteris divaricata* OKAM., with special reference to the mode of rhizoid formation. Sci. Pap. Inst. Algal. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ. I, 213-219. 4) KUMAGAE, N. & INOH, S. (1964) : Morphogenesis in Dictyotales. IV. Germination of *Zonaria diesingiana* J. AG. 藻類 12, (3), 87-96. 5) NISHIBAYASHI, T. & INOH, S. (1959) : On the life history in Dictyotaceae. I. Tetraspore-development in *Dictyota dichotoma* (HUDS.) LAMOUR., *Dictyopteris divaricata* (OKAM.) OKAM., and *Padina japonica* YAMADA. Bot. Mag. Tokyo, 72, 261-268. 6) ROBINSON, W. (1932) : Observations on the Development of *Taonia atomaria* AG. Ann. Bot., XLVI, 113-122. 7) TOKIDA, J., MASAKI, T. & YABU, H. (1953) : On the rhizoids of *Dictyopteris divaricata* (OKAM.) OKAM. Bull., Fac. Fish., Hokkaido Univ. 4, (2), 149-156. 8) WILLIAMS, J. L. (1904) : Studies in the Dictyotaceae. I. The cytology of the Tetrasporangium and the Germinating Tetraspore. Ann. Bot. 18, 146-160.

## PLATE I

Tetraspore germination of *Dictyopteris prolifera* (OKAM.) OKAM.

- Fig. A. The rhizoids elongate towards the same direction (2 days).  
Fig. B. The nodule produces a projecting cell to form the thallus (4 days).  
Fig. C. The projecting cell develops to the flat thallus (5 days).  
Fig. D. Development of the spatula-shape thallus (8 days).  
Fig. E. Branching of the thallus (8 days).  
Fig. F. Secondary rhizoid formation (8 days).  
Fig. G. The spatula-shape thallus is growing by the marginal cells (26 days).  
Fig. H. The nodule produces only a rhizoid (11 days).  
Fig. I. Side view of the thallus. The rhizoid is formed (11 days).  
Fig. J. Formation of the thallus on the rhizoid (15 days).  
Fig. K. Tetraspore.  
Figs. L, M. Rhizoid formation (2 days).  
Fig. N. The nodule is formed from the upper segment of the first division (2 days).  
Fig. O. The nodule consists of 4 cells and one of them forms the projecting cell (4 days).  
Fig. P. The projecting cell elongates (6 days).  
Fig. Q. The apical cell of the elongated protuberance produces the thallus (9 days).  
Fig. R. The thallus is formed directly on the nodule (11 days).  
Figs. S, T. Two rhizoids are formed at the same time (2 days).  
Fig. U. Thallus formation on the rhizoid (13 days).

Figs. A - J.  $\times 178$ Figs. K - U.  $\times 238$



## PLATE II

Tetraspore germination of *Pachydiction coriaceum* (HOLM.) OKAM.

Fig. 1. Tetraspore.

Figs. 2-8. Showing that the lower segment becomes the rhizoid.

Fig. 2. The first segmentation (20 hours).

Fig. 3. The second division (2 days).

Fig. 4. Development of the rhizoid (3 days).

Fig. 5. The upper segment of the first division forms the nodule. The apical cell is determined (3 days).

Fig. 6. The cylindrical thallus is formed by division of the nodule (5 days).

Figs. 7, 8. The rhizoid is sucker-shape (8 days).

Figs. 9-12. Showing that the lower segment does not produce the rhizoid.

Figs. 9, 10. The first segmentation (20 hours).

Fig. 11. The nodule is made by continuous segmentation. The cell walls parallel to the first are formed (3 days).

Fig. 12. The cylindrical thallus. The lower segment does not produce the rhizoid (5 days).

Figs. 13, 14. Two rhizoids are formed at both ends of the nodule (8 days).

Fig. 15. The cylindrical thallus is formed on the projecting cell of the nodule (11 days).

Figs. 16, 17. The apex of the cylindrical thallus gradually flattens (23 days).

Fig. 18. Rhizoid formation in the fallen thallus (23 days).

Fig. 19. Abnormal germings. Many rhizoids are formed on the nodule (23 days).

Figs. 1-8.  $\times 330$

Figs. 9-11.  $\times 350$

Figs. 12-15.  $\times 330$

Figs. 16-19.  $\times 245$

