

ホンダワラ類の初期形態形成に関する研究 I.

マメタワラ¹⁾

寺脇利信*・野沢治治**・新村 徹***

* 電力中央研究所生物環境技術研究所水域生物部 (270-11
千葉県我孫子市我孫子 1646)

** 鹿児島大学水産学部 (890 鹿児島市下荒田 4-50-20)

*** 鹿児島県水産試験場生物部 (892 鹿児島市錦江町 11-40)

TERAWAKI, T.*, NOZAWA, K.** and SHINMURA, I.*** 1982. Studies on morphogenesis in the early stages of *Sargassum* (Phaeophyceae, Fucales). I. *Sargassum piluliferum*. Jap. J. Phycol. 30: 305-310.

This paper presents results of studies on morphogenesis in the early stages of *Sargassum piluliferum* cultured in the sea. Embryos developed the first primary leaf which was subcylindrical in shape. When plants attained about 2 cm in total length, primary leaves became broad linear or alternate-pinnate in shape. These primary leaves were formed spirally at top of the stem. Thereafter, older primary leaves were shed. When plants attained about 3 cm in total length, main branches were also formed spirally at the top of stem. Leaves formed on main branches were similar to the alternate-pinnately divided primary leaves in shape. These leaves were formed alternately at the apex of main branch. When plants reached about 20 cm in total length, main branches formed lateral branches and vesicles. Plant attained its maturity in 12 months.

Key Index Words: Fucales; growth; morphogenesis; Phaeophyceae; *Sargassum*; *Sargassum piluliferum*.

Toshinobu Terawaki Aquatic Biology Department, Bio-Environment Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry, 1646 Abiko, Chiba, 270-11 Japan; Koji Nazawa, Laboratory of Marine Botany, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima, 890 Japan; Iwao Shinmura, Biology Department, Kagoshima Prefectural Fisheries Experimental Station, 11-40 Kinko-cho, Kagoshima, 892 Japan.

褐藻・ホンダワラ類は、形態が極めて複雑で、変異も激しいため、分類の難しいグループとされている。本邦産ホンダワラ類に関しては、YENDO (1907) による詳細な形態学的観察をはじめ、岡村 (1956)、山田 (1942) らの補足、検討を経て今日に至っている。また、それらの生態学的研究としては、長谷川 (1949)、片田 (1952)、UMEZAKI (1974) らによる、潮間帯に生育するヒジキ、ウミトランノオの報告があり、YOSHIDA *et al.* (1963) や谷口・山田 (1978) が漸深帯に生育する数種の生態を明らかにしている。ホンダワラ類が優占した海藻群落はガラモ場と呼ばれ、布施

(1962)、殖田ら (1963) によって水産上の重要性が指摘されている。また、瀬川ら (1961)、吉田 (1963) は、種々の稚仔魚の棲息場として重要な“流れ藻”について、海藻学的見地からの報告をしている。

一方、ホンダワラ類の発生学的研究に関しては、猪野 (1947) による、発生様式と系統との関係を論じたものがあり、NORTON (1977)、FLETCHER (1975) らは *Sargassum muticum* で、DE WREEDE (1978) はハワイ産3種で幼胚の生育条件等に関する報告をしている。近年、わが国ではホンダワラ類の増養殖に関する研究が盛んになりつつある。しかし、それらは増養殖技術の開発、生産性の検討に主眼を置くものが多く、形態形成に関する研究は少なく、本邦では河本・

¹⁾ 本論文は寺脇の鹿児島大学大学院修士論文の一部である。

富山 (1968) が、アカモクの第3~4葉の形態形成までについて報告しているものがあるにすぎない。ホンダワラ類の初期形態形成に関しては、CHAUHAN and KRISHNAMURTHY (1971) が *S. swartzii* について、天然群落内の新しい着生基質上に生じた藻体の形態形成を観察しているが、これ以外には見当たらないのが現状のようである。

本研究は、ホンダワラ類数種の幼胚を網に付着させ、海中で生育させることによって、その初期形態形成を長期にわたって追跡・記録し、種の特性を明らかにすることを目的として行ったもので、第1報としてマメタワラについて報告する。

材料と方法

培養方法

母藻：母藻は昭和54年6月19日、鹿児島湾中部域に面する喜入町瀬々串地先で、試験筏に漂着していたマメタワラで、生殖器床の表面に多数の幼胚を保有していた。採集した母藻を大型クーラーで保冷し、鹿児島県水産試験場へ持ち帰った。

採苗：母藻を 90 l 容ポリエチレン水槽で、海水を流水式とし通気して培養した。翌6月20日、水槽底へ沈着した幼胚を集め、清浄海水で数回洗浄後、養殖網 (1.5×7.2 m, 身網糸クレボリ混燃, 4.2 mm 径, 目合 40 cm) へビペットで蒔きつけた。同時に、一部の幼胚を、海水を満たしたシャーレ中に散布し、仮根数観察用の試料とした。

育苗：採苗した養殖網を枠張りし4トン水槽 (5.5×1.6×0.5 m) へ水平に置き、流水・通気して育苗した。

海中養殖：養殖網を7月20日 (採苗後30日) に薩摩半島南部の坊津町久志地先へ沖出しし、海中養殖を開始した。11月9日以降は、喜入町瀬々串地先へ移植し、養殖を続けた。養殖網は浮き流し式筏へ水平張りとし、水面下 1~1.5 m 付近に保った。また、養殖中には試料採集時にポンプ洗浄等によって、浮泥、固着性生物等を除去した。

観察方法

タンク内での育苗期間中は、3~5日おきに生育旺盛な数個体を採集して観察試料とした。養殖網の沖出し後は、20~30日間隔で、生育旺盛で健全と思われる個体が着生している網糸の 10~15 cm を切り取って採集した。観察に際しては、各採集時とも、发育段階の進んだものから遅れたものまで見られたので、形態形成の特徴的な发育段階を示しているものうち、前

回の採集時よりも、发育段階の進んでいるものを選んで観察試料とした。

結果

培養経過：採苗後の培養経過を Fig. 1 に示した。生殖器床から脱落した幼胚は、楕円形ないし卵形を示し (Fig. 2), 30個体平均の大きさが $194(\pm 19) \times 164(\pm 19) \mu\text{m}$ であった。採苗5日後には、幼胚の下端から約16本の第1次仮根が伸出していた (Fig. 3)。採苗後のタンク内育苗は、施設の制約等もあって、光条件、温度、流量等、必ずしも適正条件を満たしたものではなかったが、10日後 1.1 mm, 25日後 1.5 mm に達した。7月20日の沖出し後は順調な生長を示し、9月上旬に 1.9 cm に達した。その後、葉体の損傷や減少、生長停滞が認められ、魚類による食害と推察されたため、11月9日に瀬々串漁場へ移植した。移植後は生長を回復したが、9~11月に得られた試料のほとんどは先端の切れた不完全なもので、形態観察に用いることができなかった。翌年6月5日に最大 80 cm に達し、その後主枝の流失が始まった。6~7月に得られた 40~80 cm 長の藻体には、生殖器床の形成が認められた。7月下旬以降は、主枝の基部を残して流失し、一方、若い主枝の萌出が認められ、2年目の生長期に入った。

観察結果：生長経過における長さ別の形態的特徴は、

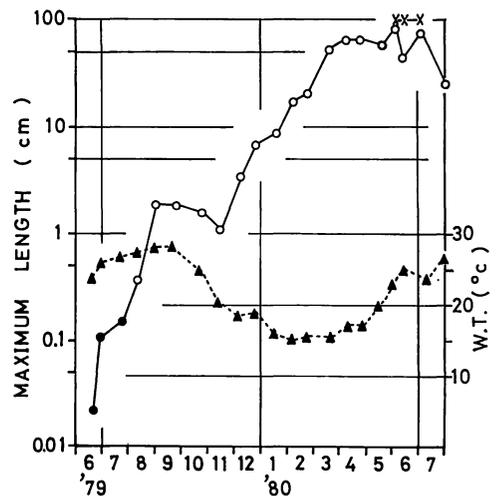
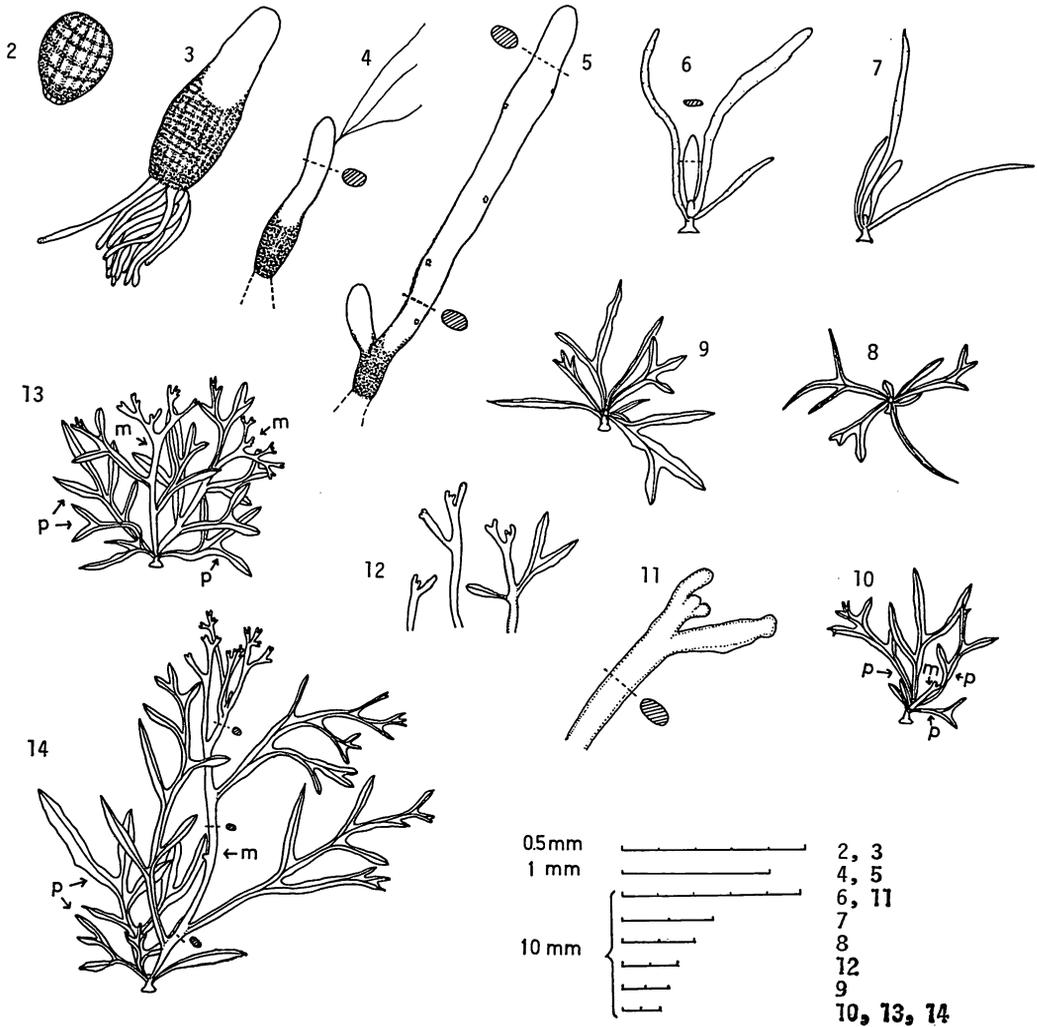


Fig. 1. Growth of *Sargassum piluliferum*.

- : cultured in the tank
- : cultured in the sea
- ×—×: receptacle formation
- ▲—▲: water temperature



Figs. 2-14. Morphogenesis of *Sargassum piluliferum*; 2. Embryo detached from receptacle; 3. After 5 days; 4. After 10 days, development of first primary leaf; 5. After 51 days, first primary leaf and the bud of second one; 6. After 73 days, sample with a broad linear leaf in the primary leaves; 7. After 97 days; 8. Development of alternate-pinnately divided primary leaves, after 97 days; 9. After 170 days; 10. Development of main branch, after 170 days; *11. Young main branch; 12. various stages of main branch; 13. After 188 days, sample with two main branches; 14. After 232 days.

概略以下の通りであった。

全長約 1 mm : 第 1 初期葉の形態はやや扁平した円柱形で、葉幅が 0.2 mm 程度であった (Fig. 4)。

全長 2~3 mm : 第 1 初期葉は葉幅 0.2~0.3 mm の円柱形で、形態的にはほとんど変化がみられなかった。第 2 初期葉が形成され始めているものもみられた (Figs. 5, 21)。

以後、次々と糸状で単条の初期葉*1) が形成され、

*1) 形態形成初期に茎 (主軸) 頂から形成される葉を指し、主枝に形成される葉と区別した。

全長の伸長とともに葉数が増加した。

全長約 1 cm : 3~4 枚の初期葉を備えており、それらの中で最大の葉幅を示すものは約 1 mm であった (Fig. 6)。

全長約 2 cm : 糸状ないし線形で単条の初期葉だけを有するもの (Figs. 7, 22) から、叉状ないし羽状に分裂する初期葉を形成するもの (Fig. 8) までみられた。分裂する初期葉は、裂片の最大幅が約 1 mm で中肋が明らかであった。茎下部の表面に葉痕が観察されることから、初期葉は茎下方、すなわち先に形成さ

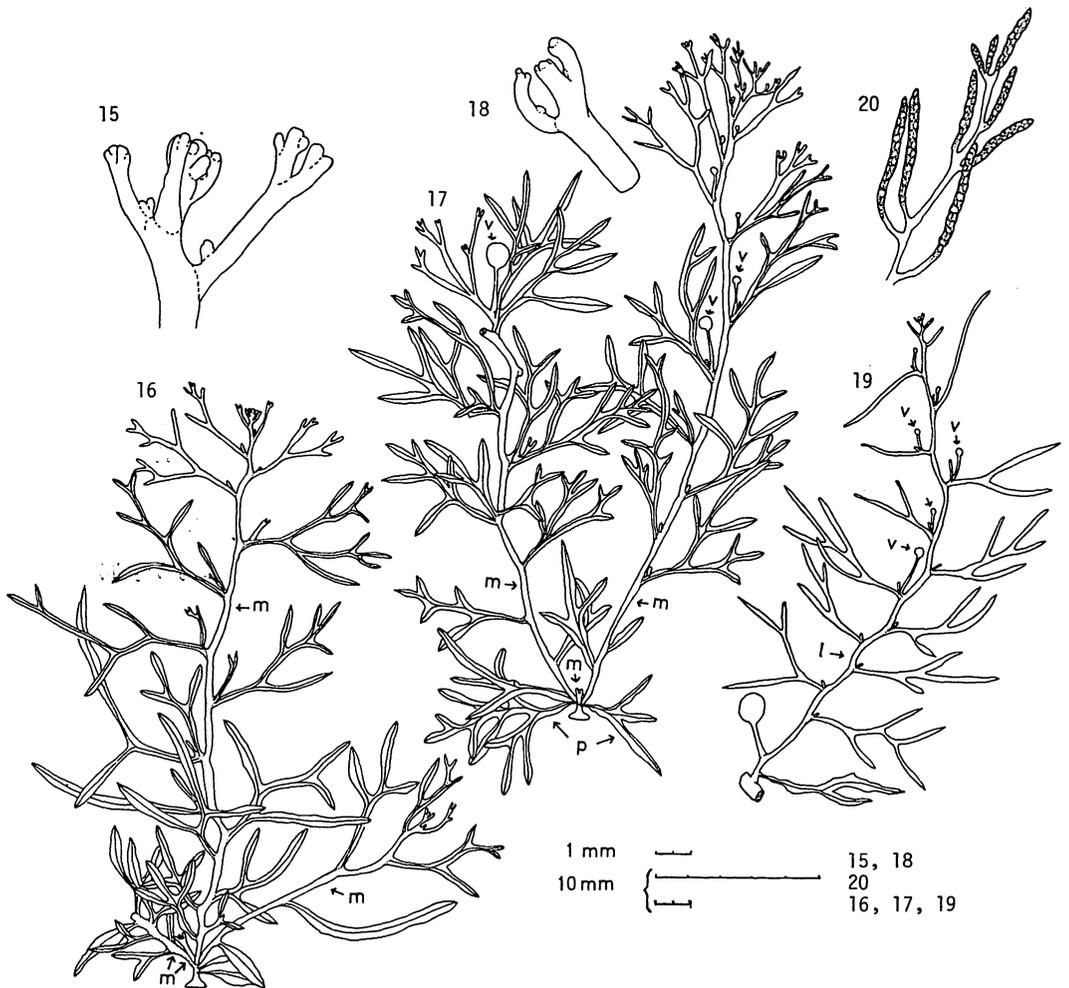
れたものから順次脱落していくものようであった。

全長約 3 cm : 初期葉を 9~10枚備えている試料もみられ、そのほとんどが分裂するものとなっていた (Figs. 9, 23)。それらは縁辺にやや波状を呈するが、ほぼ全縁であり、裂片の最大幅が 3~4 mm となっていた。初期葉の茎上における配列はらせん状で、全長 2~3 cm に達して茎径が大きくなり、葉数が増加した段階で明瞭となった。茎の先端から主枝が形成されている試料もみられた (Fig. 10)。主枝はやや扁圧した円柱状、平滑で、初期葉と容易に区別できた (Fig. 11)。主枝に形成される葉 (以後、葉と略称する) は主枝の伸長につれて分裂し、中肋が次第に明瞭となった

(Figs. 12, 24)。

全長約 5 cm : 初期葉は 3~4 枚と数が減少し、羽状に分裂していた (Figs. 13, 25)。葉は羽状に分裂し全縁で中肋が明らかに通り、葉縁に沿って毛葉がみられた。それらは、茎から形成される初期葉と、ほぼ同じ形態を示していた。

全長約 10 cm : 初期葉は長さ 5~6 cm となり、羽状ないし複羽状に分裂し、裂片の最大幅が 3~5 mm に達するものもみられた (Fig. 14)。主枝は 3 条有するものまでみられた。主枝は下部で扁圧の度合いが強くなり、上部へ向けてやや厚みを増し、先端では葉芽が互生していた (Figs. 15, 26)。葉は羽状ないし複羽状



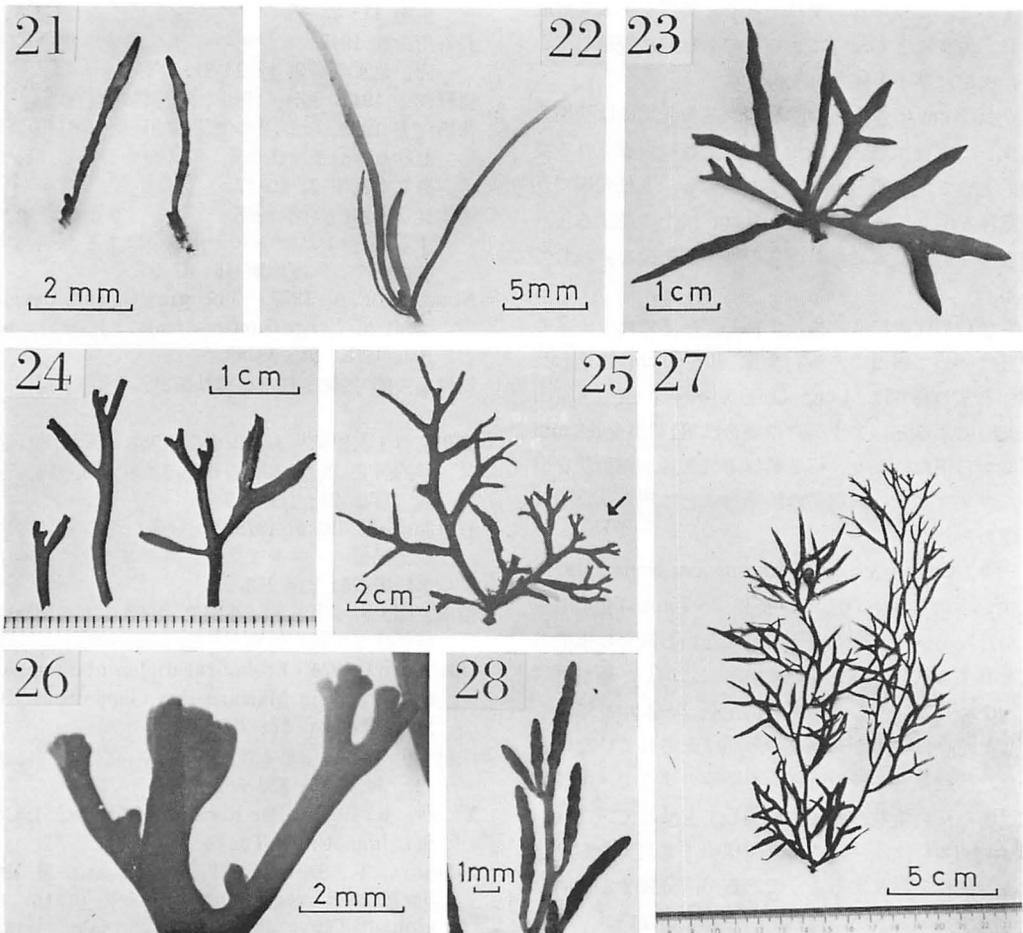
Figs. 15-20. Morphogenesis of *Sargassum piluliferum*; 15. Apex of main branch; 16. Sample with four main branches, after 232 days; 17. After 250 days, development of vesicles; 18. Development of lateral branch; 19. lateral branch; 20. Receptacle of cultured plant. Lateral branch (l); main branch (m) primary leaf (p); vesicle (v)

に分裂し、長さ 5~8 cm、裂片の最大幅 3~5 mm のものまでみられ、初期葉と、大きさ、形態とも類似していた。

全長約 15 cm: 初期葉は 2~3 枚残っているが、弱ったり、先端の切れているものが多かった (Fig. 16)。主枝は 3~5 条みられ、次々と形成されている様子がうかがえた。葉腋に小葉の形成されているものもみられた。

全長 20~40 cm: 初期葉は次第に数が減り、ほとんどみられなくなって、茎が 5~8 mm の長さに達していた (Figs. 17, 27)。葉腋には気胞および側枝 (Fig. 18) が形成され始めていた。気胞は球形、円頭で、扁平な長柄を有していた。

以上のように、全長約 20 cm に達したものは、生殖器床を除けば、母藻の有する形質を現わしていた。その後、養殖によって全長約 80 cm に達する試料まで得られた。それらは、主枝先端部と同形の側枝を伸長させた (Fig. 19)。6~7月に、これら養殖藻体の最末小枝上に生殖器床が形成され、その形態 (Figs. 20, 28) が母藻のそれと一致し、マメタワラであることが確認された。一方、付着器は多数の仮根が束状ないし塊状に癒合して形成された。本種の付着器は表面が平滑な盤状であるが、全長の伸長につれ養殖網糸を包み込むように発達し、全長約 80 cm の試料では、着生基質の 4.2 mm ロープを、ほぼ一周していた。



Figs. 21-28. Morphogenesis of *Sargassum piluliferum*; 21. After 51 days, first primary leaf and bud of second one; 22. After 73 days; 23. After 170 days, development of alternate-pinnately divided primary leaves; 24. Various stages of main branch; 25. After 188 days, development of main branch (→); 26. Apex of main branch; 27. After 250 days; 28. After 357 days, receptacle of cultured plant.

考 察

猪野 (1947) よると、本種の正常な胚発生は幼胚の下端に16本の第1次仮根を形成する。今回の観察結果もそれと一致した。その後の形態形成に関する報告は、マメタワラに関しては見当らないようであるが、本研究によりその概要を明らかにすることができた。すなわち、本種の初期形態形成の特徴は、ほぼ次のようにまとめられる。

幼胚から形成された第1初期葉は、ほぼ円柱状を呈している。以後、扁平した単条で糸状ないし線形の初期葉を形成するが、全長 1~2 cm に達すると、次第に分裂した初期葉を形成するようになる。全長 10 cm 以上に達した個体では、初期葉は羽状~複羽状に分裂している。これら初期葉は、らせん葉序を示して形成され、生長にともなって古いものから順次脱落していき、次第に茎が形成されていく。

全長 3 cm に達するころから、茎の先端には初期葉に代って主枝が形成され始める。主枝に形成される葉は、大きさ、形態とも初期葉と類似し、主枝先端で互生葉序を示している。全長 20 cm 以上に達すると、側枝や気胞が形成され、成体の形態の特徴を表わしている。

主枝の形成後には、主枝の伸長が旺盛であり、茎の伸長は極めて緩慢である。全長 40~80 cm に達した個体の茎の高さは 1 cm 以下である。河本・富山 (1968) によると、アカモクの場合は第1葉が全長 5 mm 程度から平たくなり、第2葉以降で葉縁が鋸歯状を呈し、マメタワラの初期葉の形態形成とは明らかな差異が認められた。

一方、CHAUHAN and KRISHNAMURTHY (1971) は *S. swartzii* に関して、全長 5~7 mm (発生 1~2 か月) で 2~3 枚の全縁で糸状ないし線形の単条の葉を有する試料の図を描いている。しかし、観察間隔が約 1 か月ということもあり、全長 2~3 mm 以上に達した時点での第1初期葉の形態は記されていない。また、初期葉と主枝の区別も不明瞭のようで、主枝形成以前の初期葉の形態変化に関しても触れていない。*S. swartzii* は、マメタワラ同様に、初期葉を形成した後、主枝を形成するようであるが、分裂する初期葉を形成するかどうかは明らかにされていない。

最後に、御校閲をいただいた北海道大学理学部助教授吉田忠生博士に厚くお礼を申しあげる。また、本論文を作成するにあたり、有益な御助言と御配慮をいた

だいた電力中央研究所生物環境技術研究所長中村 宏博士および同水域生物部長下茂 繁博士に謝意を表する。

引用文献

- CHAUHAN, V. D. and KRISHNAMURTHY, V. 1971. Ecology and seasonal succession of *Sargassum swartzii* in Indian waters. *Phykos* 10: 1-11.
- DE WREEDE, R. R. 1978. Growth in varying culture conditions of embryos of three Hawaiian species of *Sargassum*. *Phycologia* 17: 23-31.
- FLETCHER, R. L. 1975. Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* 1. Ecology and reproduction. *Bot. Mar.* 17: 149-156.
- 布施慎一郎 1962. ガラモ場における動物群集。生理生態 11: 23-45.
- 長谷川由雄 1949. ヒジキの増殖に関する生態学的研究。北水試研報 1: 25-31.
- 猪野俊平 1947. 海藻の発生。北隆館、東京。
- 片田 実 1952. ヒジキの生態学的研究。第1報小湊におけるヒジキ及びウミトラノオの群落について。農水講研報 2: 40-47.
- 河本良彦・富山 昭 1968. ホンダワラ類の増殖に関する研究-I. クレモナ化繊糸による採苗、培養について。水産増殖 16: 87-95.
- NORTON, T. A. 1977. The growth and development of *Sargassum muticum*. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 57: 33-43.
- 岡村金太郎 1956. 日本海藻誌第2版。内田老鶴圃、東京。
- 瀬川宗吉・沢田武男・吉田忠生 1961. 流れ藻の海藻学的研究-IX 日本周辺各地の流れ藻種類相。九大農芸誌 21: 111-115.
- 谷口和也・山田悦正 1978. 能登飯田湾の漸深帯における褐藻ヤツマタモクとノコギリモクの生態。日本水研報 29: 239-253.
- 殖田三郎・岩本康三・三浦昭雄 1963. 水産植物学。恒星社厚生閣、東京。
- UMEZAKI, I. 1974. Ecological studies of *Sargassum thunbergii* in Maizuru Bay, Japan Sea. *Bot. Mag. Tokyo.* 87: 258-292.
- 山田幸男 1942. 南日本産ほんだわら属の種類に就て (3)。植研 18: 553-562.
- YENDO, K. 1907. The Fucacea of Japan. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo* 21: 1-174.
- YOSHIDA, T., SAWADA, T. and HIGAKI, M. 1963. *Sargassum* vegetation growing in the sea around Tsuyazaki, North Kyushu, Japan. *Pacific Science.* 17: 135-144.
- 吉田忠生 1963. 流れ藻の分布と移動に関する研究。東北水研報 23: 141-186.