

東京湾多摩川河口干潟における絶滅危惧種アサクサノリ（紅藻）の生育状況とその形態

菊地則雄¹・二羽恭介²

¹ 千葉県立中央博物館分館海の博物館（〒299-5242 千葉県勝浦市吉尾123）

² 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター（〒674-0093 兵庫県明石市二見町南二見22-2）

Norio Kikuchi¹ and Kyosuke Niwa²: Habitat and morphology of the endangered species *Porphyra tenera* (Bangiales, Rhodophyta) at the estuary of Tamagawa River in Tokyo Bay. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 54: 149-156, November 10, 2006

Small populations of *Porphyra* sp. were found growing at the estuary of Tamagawa River in Tokyo Bay in February 2004 and 2005. The *Porphyra* blades were growing on the basal portion of *Phragmites australis* stems and on oyster shells at the estuary. In 2004 only three blades were found at Haneda side while about 50 blades at Kawasaki side, whereas in 2005 about 100 blades were found at Kawasaki side, suggesting that these natural populations were extremely endangered at this locality. Sample blades were collected for morphological observations and PCR-RFLP analyses. Two conchocelis strains were established from a sample blade collected at Haneda side and from that collected at Kawasaki side, respectively. Based on the detailed macro- and microscopic morphological observations carried out using laboratory-cultured blades from the conchocelis strains, it was concluded that the *Porphyra* blades grown at the estuary were *P. tenera*, one of the endangered species in Japan, even though the appearance of spermatangial sori portions on cultured blades was similar to that of *P. yezoensis*. Results of the PCR-RFLP analyses of the chloroplast RuBisCo spacer region and the nuclear ITS region using a blade collected at Kawasaki side and the two conchocelis strains consistently supported the above conclusion.

Key Index Words: *endangered species*, *morphology*, *PCR-RFLP*, *Porphyra tenera*, *Rhodophyta*, *Tokyo Bay*

¹Coastal Branch of Natural History Museum and Institute, Chiba, Yoshio 123, Katsuura, Chiba, 299-5242 Japan

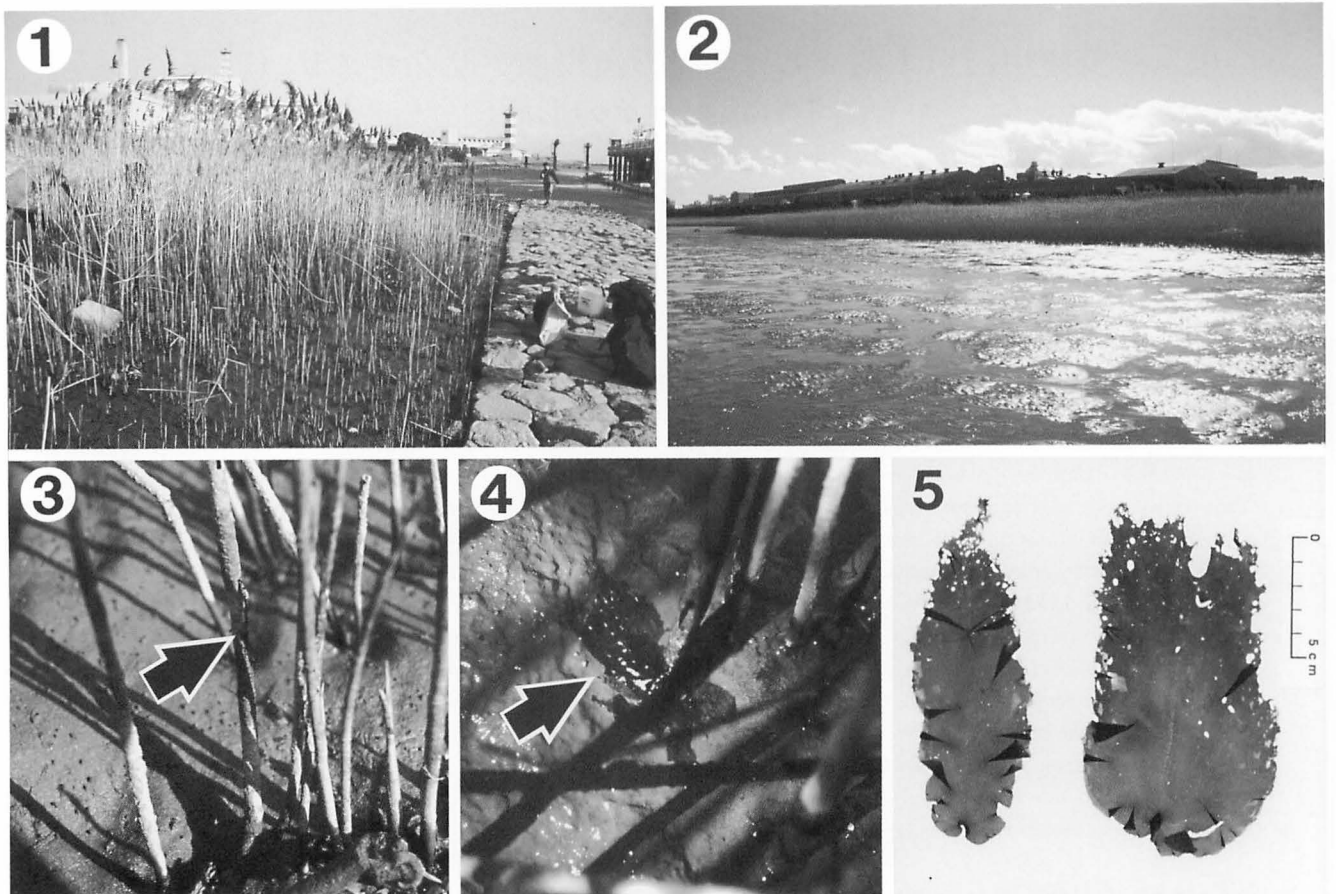
²Fisheries Technology Institute, Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, Minami-Futami 22-2, Futami-cho, Akashi, Hyogo, 674-0093 Japan

江戸時代から海苔養殖の対象種として日本各地で養殖されてきた紅藻アマノリ属のアサクサノリ *Porphyra tenera* Kjellman は、1950年代から養殖の対象種が同属の北方系種であるスサビノリ *P. yezoensis* Ueda に変更されていくとともに養殖されなくなってきた (Miura 1988)。さらにその生育地である内湾の干潟の多くが埋め立てられたことなどにより、その野生個体群は姿を消していき (吉田ら 1999)、現在では、環境省により絶滅危惧 I 類に (環境庁 2000)、水産庁により絶滅危惧種に (水産庁 1998) リストアップされ、絶滅の恐れの高い種のひとつと判断されている。近年の調査では、その生育地として全国で約 10 カ所が知られているにすぎない (菊地ら 2002, Kunimoto *et al.* 2003)。海苔養殖の発祥地とされている東京湾 (宮下 2003) では、1950年代以降、アサクサノリの生育情報はほとんどなく、わずかに千葉県の大網、木更津、富津で生育が報告されているのみである (Miyata & Kikuchi 1997)。しかし、その後の調査ではこれらの地でもアサクサノリの生育は確認されておらず、その他の場所からも生育の報告はない。

一方、アサクサノリとスサビノリの形態については、殖田 (1932)、Tanaka (1952)、黒木 (1961)、福原 (1968)、Miura (1984)、三浦 (1994) が報告しているものの、両種

の形態は非常に似ているため一般にその見分けは困難であり、近年では DNA 分析から両種を判別する方法も研究されている (Kunimoto *et al.* 1999, Niwa *et al.* 2005a)。しかし、これらの報告の中でも、詳細な形態観察と DNA 分析が行われているのは熊本県河浦産のアサクサノリについてのみである (Niwa *et al.* 2005a)。アサクサノリとスサビノリを形態的に見分けることの難しさは、専門家以外による両種の同定を困難にし、絶滅危惧種であるアサクサノリの生育状況調査やその保全の推進に支障をきたしており、これを解決するためには、両種の各地の個体群における形態的多様性、生態的多様性、さらに遺伝的多様性について情報を蓄積し、両種の差異を明確にすることが必要と考えられる。

著者らは、東京都と神奈川県の間を流れ東京湾奥に注ぐ多摩川の河口域を 2004 年 2 月と 2005 年 2 月に調査し、干潟に生育するヨシ *Phragmites australis* (Cav.) Trin. et Steud. やカキの貝殻上にアマノリ属の一種の生育を確認した。この周辺では、1962 年に東京都側の漁業協同組合が漁業権を放棄し、また 1973 年に神奈川県側の川崎漁業協同組合が解散してからは、全く海苔養殖は行われておらず (東京都内湾漁業興亡史刊行会 1971, 川崎市市民ミュージアム 1995)、アマノリの生育状況調査が行われたという報告もない。生育地



Figs 1-5. Habitats and specimens of *Porphyra* sp. at the estuary of Tamagawa River in Tokyo Bay. 1. Habitat at Haneda, Tokyo, on 11 February 2004. There were small populations of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. et Steud., and a few *Porphyra* blades attached on their stems near the base. 2. Habitat at Kawasaki, Kanagawa Prefecture, on 23 February 2004. There were large populations of *Ph. australis*, and *Porphyra* blades attached on their stems near the base. 3. A *Porphyra* blade (arrow) attached on *Ph. australis* stem at Haneda. 4. *Porphyra* blades (arrow) attached on *Ph. australis* stem at Kawasaki. 5. Specimens of *Porphyra* collected at Kawasaki on 23 February 2004.

や葉状体の外観から、この種はアサクサノリである可能性が高いと考えられたので、その保全を図るための基礎的知見を得る目的で生育状況を調査するとともに、確実な同定を行う目的で詳細な形態観察とDNA分析を行った。その結果、既知のアサクサノリとは形態的に異なる点が認められたものの、本藻はアサクサノリであると判断されたので報告する。

材料と方法

生育状況調査は、多摩川の河口近く(35°32'N, 139°45'E 付近)の、東京都側の川岸(東京都大田区羽田空港、以下羽田側)で2004年2月11日と2005年2月14日に、対岸の神奈川県側の川岸(神奈川県川崎市川崎区殿町、以下川崎側)で2004年2月23日と2005年2月14日に行った。両岸に広がる干潟において、流木、石、コンクリートや捨て石の護岸、干潟に生えるヨシの根元などを目視観察した。また調査時に水温と塩分を記録した。採集個体数が少なかったため、詳細な形態観察には野外で採集した葉状体から得られた糸状体培養株由来の葉状体を用いた。採集したアマノリ属の

葉状体から放出された接合胞子を実体顕微鏡下でパスツールピペットを用いて採取し、それを滅菌海水を入れたシャーレに移すことで洗浄し、スライドグラス上に滅菌海水ごと滴下して付着させ、糸状体を得た。形態観察には、2004年2月11日に羽田側で採集した葉状体1個体から得られた糸状体培養株(UM-T11)および2004年2月23日に川崎側で採集した葉状体1個体から得られた糸状体培養株(UM-T14)由来の葉状体を用いた。それぞれの糸状体から殻胞子を得て、それを温度10-15°C、光周期10L:14D、光量40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の条件下で培養して葉状体を成熟させ、その形態を光学顕微鏡下で観察した。培養にはGrund 改変培地(Brown *et al.* 1977)を用い、1週間ごとに交換した。

アサクサノリとナラワササビノリ *P. yezoensis* f. *narawaensis* Miura との判別が可能で、葉緑体DNAおよび核rDNAを用いたPCR-RFLP分析(Niwa *et al.* 2005a, 2005b)を行った。2004年2月23日に川崎側で採集した葉状体を、半乾燥状態でただちに兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センターに送付し、DNAを抽出するまで

Table 1. Morphological features of blades of *Porphyra* in this study, *P. tenera* and *P. yezoensis*.

	this study	<i>P. tenera</i> *	<i>P. yezoensis</i> *
Blades	monostromatic	monostromatic	monostromatic
Margin of blades	entire	entire	entire
Shape of blades	linear, lanceolate, ovate	round, ovate, elliptic, oblanceolate, linear	round, ovate, elliptic, oblanceolate, large linear
Thickness of vegetative portion	24-32 μm	14-35 μm	25-52 μm
Shape of vegetative cells in sectional view	round	round or rectangular	rectangular or quadrate
Chloroplast	single stellate	single stellate	single stellate
Sex type	monoecious	androdioecious, monoecious	monoecious, trioecious
Spermatangial portion in surface view	gradational marginal streaks, micro- or macroscopic patches, large streak-form patches, scattered among the carpogonia	marginal streaks, micro- or macroscopic patches scattered among the carpogonia	small or large streak-form patches
Division formula of spermatangia	max. 64(a/4,b/4,c/4)	64(a/4,b/4,c/4) occasionally 128(a/4,b/4,c/8)	32-256(a/4,b/2-4,c/4-16)
Carpogonia	round, elliptic	round, elliptic, ovate	elliptic, spindle-shaped
Trichogynes	inconspicuous or conspicuous	inconspicuous or conspicuous	conspicuous
Division formula of zygotosporangia	max. 8(a/2,b/2,c/2)	4-8(a/2,b/1-2,c/2) rarely 16(a/2,b/2,c/4)	4(a/1,b/1,c/4) 4-16(a/2,b/1-2,c/2-4)

* Referred to Ueda (1932), Tanaka (1952), Kurogi (1961), Fukuhara (1968) & Miura (1984, 1994)

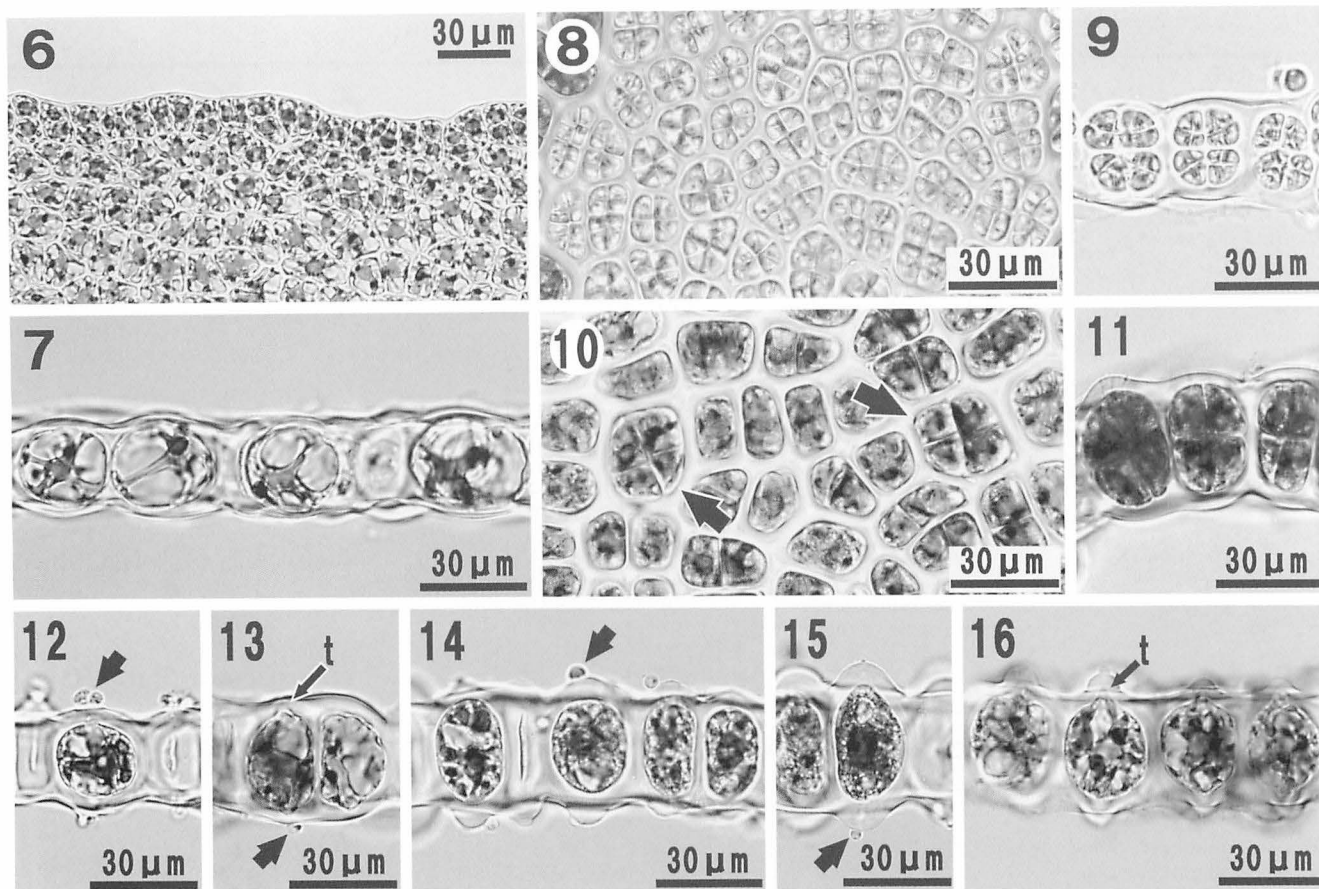
冷凍庫 (-20°C) で保管した。また、糸状体培養株 UM-T11 と UM-T14 も兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センターに送付した。葉状体および糸状体からの DNA 抽出はそれぞれ Niwa *et al.* (2005a) と Niwa & Aruga (2003) の方法に従い、全 DNA を抽出した。PCR で葉緑体 DNA の RuBisCo スペーサー領域と核 rDNA の ITS 領域をそれぞれ増幅し、RuBisCo スペーサー領域については *Bsp1286 I* と *Mun I*, ITS 領域については *Dra I* と *Hae III* で制限酵素処理をして、PCR-RFLP 分析を行った。なお、すでに形態観察と DNA 分析とを組み合わせで同定されている熊本県河浦産のアサクサノリ純系株 HGT-1 およびナラワスサビノリの純系株 HG-4 (Niwa *et al.* 2005a) も比較のため PCR-RFLP 分析に用いた。

結果

生育状況

多摩川河口近くの両岸には小規模ながら河口干潟が広がっており、羽田側にはごく小規模の、川崎側にはところどころ途切れながら数 km にわたってヨシの群落が見られた。2004 年 2 月 11 日には、羽田側の小規模なヨシ群落 (Fig. 1) 中のヨシ 2 本の根元近くの茎の上に、合計わずか 3 個体のアマノリ属葉状体の着生が認められ (Fig. 3), 2004 年 2 月

23 日には川崎側のヨシの群落 (Fig. 2) でヨシの根元近くの茎の上に約 50 個体の葉状体の着生が認められた (Fig. 4)。2005 年 2 月 14 日の調査では、羽田側では葉状体の生育は認められず、川崎側で約 100 個体の葉状体の生育が認められた。この日はヨシの茎以外に干潟上に生息するカキの殻の上にも葉状体が着生していた。羽田側のヨシの群落は、羽田空港南岸の護岸の内側にごく小規模に形成されているのみであった (Fig. 1) のに対し、川崎側では、着生場所より約 2 km 上流に位置する大師橋の上流域から、途切れながら続いていた。しかし、川崎側で葉状体が生育していたのは、羽田側のヨシ群落の対岸付近の幅 300 m 前後のヨシ群落 (Fig. 2) のみであった。その他、干潟に流れ着いている葉状体も見られた。調査時の表面水の温度は、10-11°C、塩分は 15-20 psu であった。2004 年 2 月 11 日には羽田側で 2 個体、2004 年 2 月 23 日には川崎側で約 15 個体、2005 年 2 月 14 日には川崎側で約 20 個体の葉状体を採集した。採集した葉状体は、長さ 10-20 cm、幅 2-9 cm で、披針形、楕円形、卵形をしており、基部は円形から心臓形をしていた。色はやや緑がかった褐色から薄い褐色であった (Fig. 5)。顕微鏡下で形態を観察したところ、葉状体は 1 層細胞で、1 細胞に星状の葉緑体が 1 個あり、栄養細胞部分の厚さは 27-32 μm 、縁辺部に鋸歯はなく、雌雄同株であり、精子嚢と接合胞子嚢は葉状体上に混在して



Figs 6-16. Morphology of blades of two *Porphyra* strains UM-T11 (established from a *Porphyra* blade collected at Haneda on 11 February 2004) and UM-T14 (established from a *Porphyra* blade collected at Kawasaki on 23 February 2004) cultured at 10-15°C and 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ under 10L:14D photoperiod. 6. Marginal portion of UM-T11, showing microscopic entire margin. 7. Transverse section of vegetative part (24-32 μm in thick) of UM-T11, showing round cells. 8. Spermatangial portion in surface view of UM-T11, showing spermatangia composed of 16 spermatia (a/4,b/4) in maximum. 9. Spermatangial portion in sectional view of UM-T11, showing spermatangia composed of 4 layers (c/4) in maximum. 10. Zygotosporangial portion in surface view of UM-T11. Arrows indicate zygotosporangia composed of 4 zygotospores (a/2,b/2) in maximum. 11. Zygotosporangial portion in sectional view of UM-T11, showing zygotosporangia composed of 2 layers (c/2) in maximum. 12-16. Carpegonial portion in sectional view at various ages in culture. Arrows indicate spermatia attached to the surface of blades. 12. Round carpegonium of UM-T11 after 10 weeks, having no trichogyne. 13. Elliptic carpegonia of UM-T11 after 12 weeks, showing short obtuse trichogyne (t). 14. Round or elliptic carpegonia of UM-T14 after 12 weeks, having no trichogyne. 15. Elliptic carpegonia of UM-T14 after 12 weeks, having no trichogyne. 16. Elliptic carpegonia of UM-T14 after 13 weeks, showing short acuminate trichogyne (t).

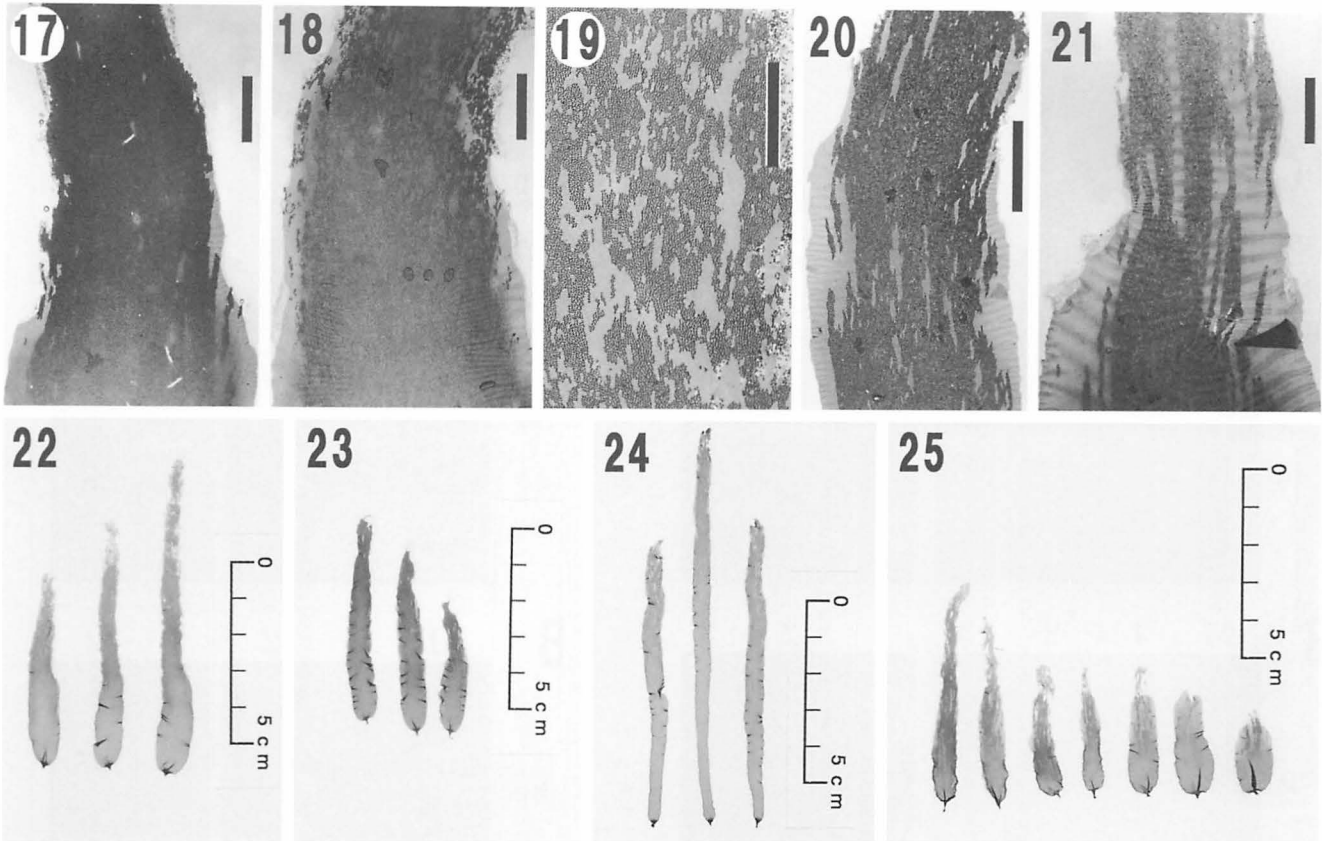
いた。雌雄生殖細胞の分裂表式については、2個体のみ調べ、精子嚢で64(a/4,b/4,c/4)、接合胞子嚢で8(a/2,b/2,c/2)が認められた。

培養葉状体の形態

糸状体培養株 UM-T11 および UM-T14 をそれぞれ 25°C、光量 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、光周期 10L:14D 下に置いたところ殻胞子嚢が形成され、それを 15°C、光量 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、光周期 10L:14D 下に移して通気培養したところ、1週間以内に多数の殻胞子の放出が認められた。殻胞子をクレモナ糸に付着させ、同条件下で培養したところ、原胞子を放出しながら成長し、約2ヶ月で同一葉状体上に雌雄生殖細胞の形成が認められた。精子嚢と接合胞子嚢は葉状体上に混在していた。

雌雄成熟葉状体の形態観察を行い、Table 1 に示す結果を得た。葉状体は、1層細胞で、栄養細胞部分の厚さは24-32 μm 、栄養細胞は断面観で円形をしており、1細胞に星状の葉緑体が1個あった (Fig. 7)。縁辺部に鋸歯はなかった (Fig. 6)。雌雄同株で、精子嚢は最大で64個の精子に分裂し、分裂表式は64(a/4,b/4,c/4)であった (Figs 8, 9)。接合胞子嚢は最大で8個の接合胞子に分裂し、分裂表式は8(a/2,b/2,c/2)であった (Figs 10, 11)。精子嚢、接合胞子嚢ともに最大の分裂数になる以前にも、精子と接合胞子は放出され、接合胞子では、最大分裂数以前に放出されたものも正常に発芽して糸状体に成長した。

造果器と思われる細胞 (Figs 12-16) は、葉状体断面観で円形ないし楕円形であった。葉状体の雌雄成熟初期から中期



Figs 17-25. Blades of two *Porphyra* strains UM-T11 and UM-T14 cultured at 10-15°C and $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ under 10L:14D photoperiod. 17-21. Spermatangial sori in surface view at various ages in culture. 17. UM-T11 after 10 weeks, showing marginal streaks and microscopic patches. 18. UM-T14 after 9 weeks, showing gradational marginal streaks and micro- and macroscopic patches. 19. Upper portion of a blade of UM-T14 after 9 weeks, showing microscopic patches. 20. UM-T14 after 10 weeks, showing marginal streaks and micro- and macroscopic patches. 21. UM-T14 after 12 weeks, showing large streak-form patches. 22-25. Mature blades at various ages in culture. 22. UM-T11 after 10 weeks, having marginal streaks and microscopic patches of spermatangial sori. 23. UM-T11 after 12 weeks, having marginal streaks and microscopic patches of spermatangial sori. 24. UM-T14 after 9 weeks, having gradational marginal streaks and micro- and macroscopic patches of spermatangial sori. 25. UM-T14 after 12 weeks, having large streak-form patches of spermatangial sori. Scale bar: 2 mm in Figs 17, 18, 20, 21; 1 mm in Fig. 19.

にかけては、造果器には受精毛が見られないものが多い (Figs 12, 14, 15), その後、鈍形の受精毛が見られるようになった (Fig. 13, t)。UM-T14 では成熟が進むと、鋭形の受精毛を持った造果器が少数見られた (Fig. 16, t)。造果器部分の体表面には、受精毛が見られても見られなくても精子が付着し、造果器との間に受精管と思われる糸のような線が見られた (Figs 12, 14, 15)。

精子囊斑は、葉状体の雌雄成熟初期から中期にかけては、縁辺部に沿ってやや縦方向に長く形成され (Figs 17, 18, 20), その周辺や先端付近には細かい不定形の精子囊斑も認められた (Figs 18-20)。葉状体成熟末期には、スサビノリの特徴に似た大きめで縦長の縞状の精子囊斑が多数入った (Fig. 21)。UM-T11 と UM-T14 の葉状体の精子囊斑を比較すると、UM-T14 のものの方が縞状の大きな斑が多数できていた (Fig. 21)。

成熟葉状体は、長さ 11 cm, 幅 1.3 cm に達し、その外形

は線形、基部はくさび形で、雌雄の成熟が進むと披針形から卵形になり、基部は円形から心臓形となった (Figs 22-25)。色彩は、全体的にやや灰色がかかった、またはやや緑色がかかった褐色であり、付着器付近が濃い緑色を呈することはなかった。

PCR-RFLP 分析による DNA 多型

葉緑体 DNA の RuBisCo スペーサー領域および核 rDNA の ITS 領域を用いた PCR-RFLP 分析の結果、川崎産葉状体の電気泳動像は熊本県河浦で採集されたアサクサノリの純系株 HGT-1 のものと全て一致し、ナラワスサビノリの純系株 HG-4 のものとは異なっていた (Fig. 26)。糸状体 UM-T11 (羽田産葉状体由来) と糸状体 UM-T14 (川崎産葉状体由来) の電気泳動像はいずれも全てアサクサノリ純系株 HGT-1 のものと一致した (Fig. 27)。

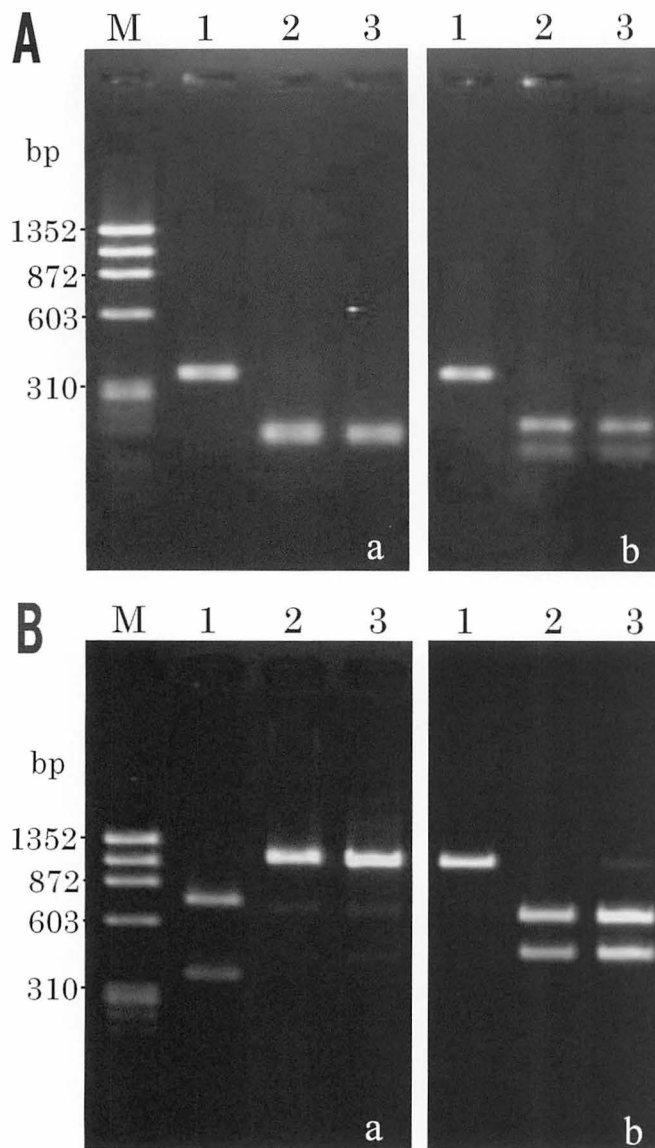


Fig. 26. PCR-RFLP profiles of RuBisCo spacer regions (A) and ITS regions (B) from a *Porphyra* blade collected at Kawasaki on 23 February 2004, and from conchocelis of *P. tenera* HGT-1 and *P. yezoensis* f. *narawaensis* HG-4. (A) Profiles digested by *Bsp*1286 I (Lanes a1-3) and *Mun* I (Lanes b1-3). (B) Profiles digested by *Dra* I (Lanes a1-3) and *Hae* III (Lanes b1-3). Lanes a1 and b1, *P. yezoensis* f. *narawaensis* HG-4; Lanes a2 and b2, *P. tenera* HGT-1; Lanes a3 and b3, *Porphyra* blade collected at Kawasaki. M shows the molecular weight marker.

考察

形態観察から、本藻はヒトエアマノリ亜属の一種であり、葉状体は縁辺に鋸歯がなく、雌雄同株であること、外形が卵形、披針形あるいは線形であること、栄養細胞部分の厚さ、精子嚢および接合胞子嚢の分裂表式などが明らかにされ (Table 1)、また、培養において葉状体期に原胞子の放出が見られることがわかった。これらの結果を、日本産アマノ

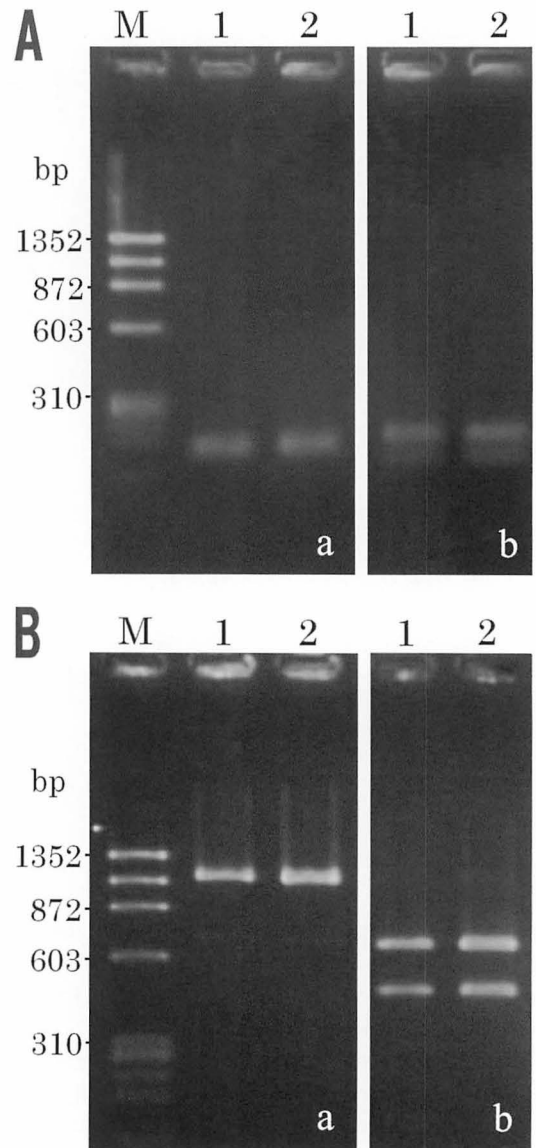


Fig. 27. PCR-RFLP profiles of RuBisCo spacer regions (A) and ITS regions (B) from conchocelis of two *Porphyra* strains UM-T11 and UM-T14. (A) Profiles digested by *Bsp*1286 I (Lanes a1-2) and *Mun* I (Lanes b1-2). (B) Profiles digested by *Dra* I (Lanes a1-2) and *Hae* III (Lanes b1-2). Lanes a1 and b1, UM-T11; Lanes a2 and b2, UM-T14. M shows the molecular weight marker.

リ属各種と比較して、本藻はアサクサノリまたはスサビノリである可能性が考えられた。そこで本藻の形態観察結果をこれまで報告されてきたアサクサノリとスサビノリの観察結果 (殖田 1932, Tanaka 1952, 黒木 1961, 福原 1968, Miura 1984, 三浦 1994) と比較した (Table 1)。その結果、本藻の栄養細胞部分の厚さが 24-32 μm 、断面観における栄養細胞の形状が円形、造果器が円形もしくは楕円形で、受精毛が見られない場合と鈍形まれに鋭形の受精毛が見られる場合とがあること、精子嚢の分裂表式が最大で 64(a/4,b/4,c/4) で、接合胞子嚢の分裂表式が最大で 8(a/2,b/2,c/2) であることな

ど、スサビノリの特徴とは必ずしも一致しないが、アサクサノリの特徴とは全て良く一致した。

しかし、本藻の精子嚢斑の形状は、アサクサノリに関するこれまでの報告と異なっていた。精子嚢斑の形状について、三浦 (1994) は條状または点状を示すがアサクサノリではその大きさが不揃いであるのに対してスサビノリでは揃っていると述べている。また、黒木 (1961) は、アサクサノリでは精子嚢斑は細長い斑を形成するものの、内湾で養殖されたものでは顕著でなく、また雌部には必ず小区画の精子嚢斑が介在して時に飛白状になり、スサビノリでは雌部の間に縁辺に対して斜めにあるいは縦に走る斑として介在し、また精子嚢斑が細く短く介在して飛白状になることもあると報告し、福原 (1968) は、アサクサノリでは雌雄斑は小さな飛白状を呈し、あるいは雄が体の周辺部に形成されるとし、スサビノリでは生殖斑は大きな縞状をなしていると報告している。本研究で観察した葉状体では、雌雄成熟初期には、大きくやや縦方向に長い斑か細かく大きさは不揃いの不定形の斑が見られ、成熟が進むに従い大きく縦に長い縞状の斑が形成された (Figs 17-21)。このような大きく縦長の縞状の精子嚢斑はこれまでアサクサノリでは報告されておらず、スサビノリのものと良く似ていた。

大きく縦に長い縞状の精子嚢斑が形成された体を詳しく観察したところ、精子嚢および接合胞子嚢の c 分裂の分裂数は、よく成熟した体でも最大で精子嚢では 4 まで、接合胞子嚢では 2 までであり (Figs 9, 11)、多くの報告 (殖田 1932, Tanaka 1952, 福原 1968, Miura 1984, 三浦 1994) で精子嚢の c 分裂数は 8、接合胞子嚢のそれは 4 になるとされているスサビノリとは異なっていた。なお、黒木 (1961) は、アサクサノリの天然藻体の観察で、生育末期には、それぞれ 8 と 4 になる個体が見られることを記述し、三浦 (1994) は、スサビノリの接合胞子嚢の c 分裂において 4 に分裂する際には、その分裂面が体表面に対して斜向し、アサクサノリでは斜向しないと述べている。しかし、本研究では c 分裂で 4 に分裂した接合胞子嚢は観察されなかったため、この点については確認できなかった。また、葉状体断面観で造果器の形態を見ると、その大部分は、スサビノリの特徴とされる著しく細長い紡錘形で受精毛様突起は明瞭で突出している (三浦 1994) こととは一致せず、断面観では楕円形ないし円形であり、鈍形または鋭形の受精毛があるもの、またはないものがあつた (Figs 12-16)。黒木 (1961) や三浦 (1994) のアサクサノリの観察でも同様の造果器が観察されている。受精毛が鋭形で突出している造果器 (Fig. 16) は、成熟が進むとごく少数見られた。しかし、同じ藻体の別の部位を見ると楕円形で受精毛がないか受精毛が鈍形でやや突出している造果器が見られた。以上のように、精子嚢斑の形状以外の形態的特徴のほとんどは、本藻がアサクサノリであることを示していた。

アサクサノリとスサビノリの一品種であるナラワスサビノリは、形態的には類似しているものの、葉緑体 DNA の RuBisCo スペーサー領域および核 rDNA の ITS 領域を用

いた PCR-RFLP 分析によって明確に区別されることが明らかにされている (Niwa *et al.* 2005a, 2005b)。そこで、DNA 分析による種判別を試みたところ、本藻の電気泳動像は、RuBisCo スペーサー領域および rDNA の ITS 領域ともに、熊本県河浦で採集されたアサクサノリの純系株 HGT-1 (Niwa *et al.* 2005a) と一致しており、ナラワスサビノリの純系株 HG-4 とは異なっていた (Fig. 27)。従って、DNA 分析の結果からは、本藻はアサクサノリであると明確に判断できた。以上のように、本藻は、精子嚢斑の形状などスサビノリに似た点が見られたものの、その他の多くの形態的特徴や DNA 分析から、明確にアサクサノリであると判断できる。

本研究で観察されたアサクサノリの精子嚢斑の形状は、これまで多くの報告でアサクサノリとスサビノリとで違いがあるとされてきた形質にも、個体群によってはよく似た特徴を持つ場合があることを示している。一方、本研究では、多くの個体や様々な部位を詳細に調べてみると、その他の形質のほとんどはアサクサノリの特徴を示していた。従って、アサクサノリとスサビノリを形態面から同定する場合には、ある形質の特徴のみで早急に判断せずに、雌雄生殖細胞の形成された個体をなるべく多く得て、少なくとも Table 1 に示した形質を多数の個体や 1 個体の多数の部位について観察するとともに、生育場所などの生態的特徴も含めて総合的に判断することが必要であると考えられる。

アサクサノリの葉状体は雌雄同株または雄性異株であるとされる (黒木 1961, 福原 1968, 三浦 1994)。しかし、本研究では、天然藻体および培養藻体に雄性異株の体は認められず、全て雌雄同株であった。これは、熊本県河浦産 HGT-1 株の培養結果と一致する (Niwa *et al.* 2005a)。雄性異株の葉状体の有無については、今後、天然藻体の観察も含めて検討が必要である。

多摩川河口付近は、かつて遠浅の干潟が広がりノリ養殖場として栄えた場所である。しかし、1950 年代以後埋め立てや漁場環境の悪化が進み、東京都では 1962 年 (昭和 37 年) に漁業権が放棄され、神奈川県川崎市では 1973 年 (昭和 48 年) に川崎漁業協同組合が解散してからは、その付近で海苔養殖は全く行われていない (東京都内湾漁業興亡史刊行会 1971, 川崎市市民ミュージアム 1995)。従って、本藻はその頃の生残個体に由来するものと思われる。東京都や神奈川県の東京湾地先には明治時代からノリのヒビや種網の移植が行われており、千葉県の東京湾沿岸からのものが多いものの、その他に宮城県万石浦や塩釜湾、福島県松川浦や神奈川県東京湾南岸南部などからも移植されている (宮下 1970, 東京都内湾漁業興亡史刊行会 1971)。アサクサノリの各地の個体群の形態的な差異について比較検討した報告はなく、本研究の観察結果からは、本個体群がもともこの地域に生育していたものか、それとも別の地域から移植されたアサクサノリに由来するものか、移植されたものであるならばどの地域のものか等は判断できない。しかし、最近では、各地のアサクサノリ間で DNA を比較すると、核 rDNA の ITS 領域

などの塩基配列に少しずつ違いがあることが認められている (Kunimoto *et al.* 2003, Niwa *et al.* 2005b)。従って、本研究で対象とした多摩川河口域の個体群の由来を明確にするためには、今後、各地の個体群についての詳細な形態観察と DNA 分析を行う必要がある。

本研究で確認された多摩川河口域のアサクサノリは、ヨシ群落の広がりと比較してその生育場所はごく局所に限られており、しかもせいぜい 100 個体レベルの個体群であり、東京湾以外の生育地と比べてもその量はごくわずかであった。従って、本生育地でのアサクサノリの絶滅の可能性は非常に高いものと考えられる。東京湾では、Miyata & Kikuchi (1997) の報告以後、アサクサノリの生育は報告されておらず、著者の一人である菊地の近年の東京湾における調査でも他に生育地は見つかっていない。海苔養殖発祥の地とされる東京湾のアサクサノリ個体群の絶滅を防ぐためには、今後、生育地周辺の環境の変化などに十分な注意を払うとともに、何らかの保護対策を講じる必要がある。また、本研究で得られた糸状体培養株を確実に保存していくことも重要である。

謝辞

本稿を読んで下さり、有益なご助言をいただいた北海道大学の吉田忠生名誉教授と東京水産大学の有賀祐勝名誉教授に深謝する。また、生育調査にご協力いただいた浦安市郷土博物館の島村嘉一氏と特定非営利活動法人盤州里海の会の金萬智男氏に感謝する。

引用文献

- Brown, V., Ducker, S. C. & Rowan, K. S. 1977. The effect of orthophosphate concentration on the growth of articulated coralline algae (Rhodophyta). *Phycologia* 16: 125-131.
- 福原英司 1968. 北海道近海産アマノリ属の分類学的ならびに生態学的研究. 北海道区水産研究所研究報告 34: 40-99.
- 環境庁編 2000. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック 9 植物II (維管束植物以外). 財団法人自然環境研究センター. 東京.
- 川崎市市民ミュージアム 1995. 海と人生—川崎で海苔が採れた頃—. 川崎市市民ミュージアム, 川崎.
- 菊地則雄・吉田忠生・吉永一男 2002. 絶滅が危惧される紅藻アマノリ属植物数種の生育状況. *エコソフィア* 9: 112-117.
- Kunimoto, M., Kito, H., Yamamoto, Y., Cheney, D. P., Kaminishi, Y. & Mizukami, Y. 1999. Discrimination of *Porphyra* species

- based on small subunit ribosomal RNA gene sequence. *J. Appl. Phycol.* 11: 203-209.
- Kunimoto, M., Kito, H., Mizukami, Y., Murase, N. & Levine, I. 2003. Molecular features of a defined genetic marker for the determination of the *Porphyra tenera* lineage. *J. Appl. Phycol.* 15: 337-343.
- 黒木宗尚 1961. 養殖アマノリの種類とその生活史. 東北水産研究報告 18: 1-115.
- Miura, A. 1984. A new variety and a new form of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) from Japan: *Porphyra tenera* Kjellman var. *tamatsuensis* Miura, var. nov. and *P. yezoensis* Ueda form. *narawaensis* Miura, form. nov. *J. Tokyo Univ. Fish.* 71: 1-37.
- Miura, A. 1988. Taxonomic studies of *Porphyra* species cultivated in Japan, referring to their transition to the cultivated variety. *J. Tokyo Univ. Fish.* 75: 311-325.
- 三浦昭雄 1994. アサクサノリ. p. 664-672. 水産庁 (編) 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 (I). 水産庁, 東京.
- 宮下 章 1970. 海苔の歴史. 全国海苔問屋協同組合連合会, 東京.
- 宮下 章 2003. 海苔. ものとなりの文化史 111. 法政大学出版局, 東京.
- Miyata, M. & Kikuchi, N. 1997. Taxonomic study of *Bangia* and *Porphyra* (Bangiaceae, Rhodophyta) from Boso Peninsula. *Natural History Research, Special Issue* 3: 1946.
- Niwa, K. & Aruga, Y. 2003. Rapid DNA extraction from conchocelis and ITS-1 rDNA sequences of seven strains of cultivated *Porphyra yezoensis* (Bangiales, Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.* 15: 29-35.
- Niwa, K., Kikuchi, N. & Aruga, Y. 2005a. Morphological and molecular analysis of the endangered species *Porphyra tenera* (Bangiales, Rhodophyta). *J. Phycol.* 41: 294-304.
- Niwa, K., Kobiyama, A. & Aruga, Y. 2005b. Confirmation of cultivated *Porphyra tenera* (Bangiales, Rhodophyta) by polymerase chain reaction restriction fragment length polymorphism analyses of the plastid and nuclear DNA. *Phycol. Res.* 53: 296-302.
- 水産庁編 1998. 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック. 日本水産資源保護協会, 東京.
- Tanaka, T. 1952. The systematic study of the Japanese Protofloridae. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.* 2: 1-92.
- 東京都内湾漁業興亡史刊行会 1971. 東京都内湾漁業興亡史. 東京都内湾漁業興亡史刊行会, 東京.
- 殖田三郎 1932. 日本産アマノリ属ノ分類学的研究. 水産講習所研究報告 28(1): 1-45.
- 吉田忠生・菊地則雄・吉永一男 1999. アサクサノリの野生個体群. *藻類* 47: 119-122.

(Received September 20, 2005; Accepted September 1, 2006)