

昭和基地で採取した南極産紅藻 *Phyllophora antarctica* の
長期培養大野正夫¹・金銅義隆²・鳥羽山照夫²・榊原 茂³・星合孝男⁴Long-term Culture of Antarctic Seaweed, *Phyllophora antarctica*
(Rhodophyta), Sampled at Syowa StationMasao OHNO¹, Yoshitaka KONDO², Teruo TOBAYAMA²,
Shigeru SAKAKIBARA³ and Takao HOSHIAI⁴

Abstract: Fronds of the Antarctic seaweeds, *Phyllophora antarctica* and *Phycodrys antarctica* fronds, attached to sea urchins (*Sterechinus neumayeri*) caught with a bait-trap, were collected from ice-covered shore of Kita-no-seto Strait near Syowa Station during the 1982 summer. For about three months, *Phyll. antarctica* fronds were maintained at approximately 0°C in the refrigerator of the icebreaker FUJI. After April 1982, they were maintained in a glass culture tank at Kamogawa Sea World, Chiba, Japan. Aerated seawater was supplied through a closed re-circulation system; water temperature was kept between -1.9 and 1.5°C. The tank was illuminated with a 10W day-light fluorescent tube (12 h light, 12 h dark). *Phyll. antarctica* survived in the tank for 16 years. Producing new growth at the margin of the original fronds, the old parts decayed. Consequently the biomass of fronds increased 20-30 times. It was noted that the biomass increase was greater with the cohabitation of such animals as fish, echinoids, asteroids, gastropods and nemertineans than that when the seaweeds were maintained without animals.

In the 1985 summer, fronds of the same *Phyll. antarctica* were again collected by the same method. The fronds were taken to the Usa Marine Biological Institute, Kochi University, Japan. Those fronds were cultivated in 200 ml of enriched seawater with SWII medium in dishes (500 ml). The fronds were kept in an incubator 5°C in fluorescent light ranging from 5-50 μE · cm⁻² · s⁻¹ (12L/12D). The fronds survived for 3 years under the lower light conditions, but their growth was lower and their size was smaller than the fronds cultured in Kamogawa Sea World. Newly collected fronds were also maintained in dark conditions at 0-5°C. The fronds survived well for one year but then died after de-colarization of fronds after 3 years. We concluded that the survival of *Phyll. antarctica* was better at 0°C than at 5°C.

要旨: 1982年1月(23次)及び1985年1月(26次)に、昭和基地地先の氷結していた北の瀬戸で、つぶ籠を用いて採集したウニの棘上に付着した南極特産紅藻

¹ 高知大学海洋生物教育研究センター。Usa Marine Biological Institute, Kochi University, Usa-cho, Tosa 781-1164.

² 鴨川シーワールド。Kamogawa Sea World, Higashimachi, Kamogawa 296-0041.

³ 下関水族館。Shimonoseki Aquarium, Karato-machi, Shimonoseki 750-0005.

⁴ 国立極地研究所。National Institute of Polar Research, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515.

の *Phyllophora antarctica* と *Phycodrys antarctica* を採取した。

1982年1月に採取した *Phyll. antarctica* の葉体は、日本に持ち帰った後、ガラス製飼育水槽内（幅60cm、奥行30cm、高さ45cm、65L）で、館内に注入される海水を用い循環式流水で動物との混合で通気培養を行った。水温は $-1.9\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 、光条件は10W白色蛍光灯1本で照射し12時間明期、12時間暗期にした。葉体は成長につれ叉状分岐していったが、同時に葉縁から新しい幼葉が生じてこれも成長した。幼葉は成長とともに分岐していった。老いた部位には珪藻やらん藻などの微細藻類が着生し濃紅色になりちぎれやすくなった。葉体は飼育水槽内で16年間生存したが、10cm以上の大きさにまで成長する葉体は少なかった。葉体には果孢子囊などの生殖器官はみられず栄養成長だけで増加した。

1985年1月に採取した *Phyll. antarctica* の葉体を腰高シャーレに入れ、 5°C の低温庫内で、 $5\text{--}50\mu\text{E}/\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の光量で12時間明期、12時間暗期で静置培養を続けた。この場合にも葉縁から幼葉が生じ成長した。しかも、葉体は水槽通気培養の場合と比較すると小さく2-3cmの葉長にとどまった。葉体を入れた腰高シャーレをアルミホイルで覆った連続暗状態にし 0°C と 5°C で1年間培養したところ、50%以上が生存した。しかし、培養期間を3年間にするとほとんどの葉体が死滅した。

1. はじめに

昭和基地の地先、海水に覆われた北の瀬戸の水深数mから10mの岩礁に生息するウニ (*Sterechinus neumayeri*) の棘上には、オキツノリ科の *Phyllophora antarctica* A. et E.S. Gepp とコノハノリ科の *Phycodrys antarctica* (Skottsberg) Skottsberg が付着している (大野, 1976)。この2種は南極海域のみに分布する紅藻である (PAPENFUSS, 1964)。 *Phyll. antarctica* の成長に関する報告はあるが (OHNO, 1984)、長期間南極産の海藻を培養した報告はない。ここでは1982年1月及び1985年1月に、昭和基地より日本に持ち帰った *Phyll. antarctica* の葉体を16年間あまり長期培養した。本文ではこの間の生育状態などについて報告する。

2. 方 法

2.1. 動物混合・通気水槽培養

1982年1月、昭和基地の地先、海水に覆われた北の瀬戸で、つぶ籠を用いて採集したウニの棘上に付着した *Phyll. antarctica* を数多く採取した。採取した *Phyll. antarctica* の葉長は大きい個体で5-8cmほどであった。採取した葉体は、直ちにポリエチレンビン(1L)に入れて「ふじ」の冷蔵庫内に静置培養し日本まで運んだ (図1A)。同年4月20日からは鴨川シーワールド水族館のガラス製飼育水槽 (幅60cm、奥行30cm、高さ45cm、65L) に移して、館内で動物の飼育に使用している海水を用い循環式流水で通気培養を行った。水温は平均 $-1.9\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ を保ち、10W白色蛍光灯1本を水槽の10cm上方に吊し、12時間明期、12時間暗期で約 $20\mu\text{E}/\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の明るさに保った (図1B)。この培養開始の頃は海藻だけの培養であったが、1982年7月より魚 (*Trematomus bernacchii* & *Pagothenia borchgrevinki*)、ナンキョクバイ (*Neobuccinum eatoni*)、ウニ (*Sterechinus neumayeri*)、ヒトデ (*Odontaster validus*) やヒモムシ (*Lineus corrugatus*) との混合培養 (飼育) に変えた。



図 1 A. 通気水槽培養に入れる前の *Phyll. antarctica* の葉体
 B. 培養中の循環式ガラス飼育水槽
 C. 培養された *Phyll. antarctica* 葉体
 D. 水槽で *Phyll. antarctica* 葉体と一緒に飼育されているヒモムシとヒトデ

Fig. 1. A. *Phyll. antarctica* before the tank culture.
 B. Glass culture tank (60×30×45 cm, 65L) used at Kamogawa Sea World.
 C. *Phyll. antarctica* cultured in the glass culture tank.
 D. Seaweeds cultured with an asteroid, *Odontaster validus* and a nemertean, *Lineus corrugatus*, cultured in a glass culture tank.

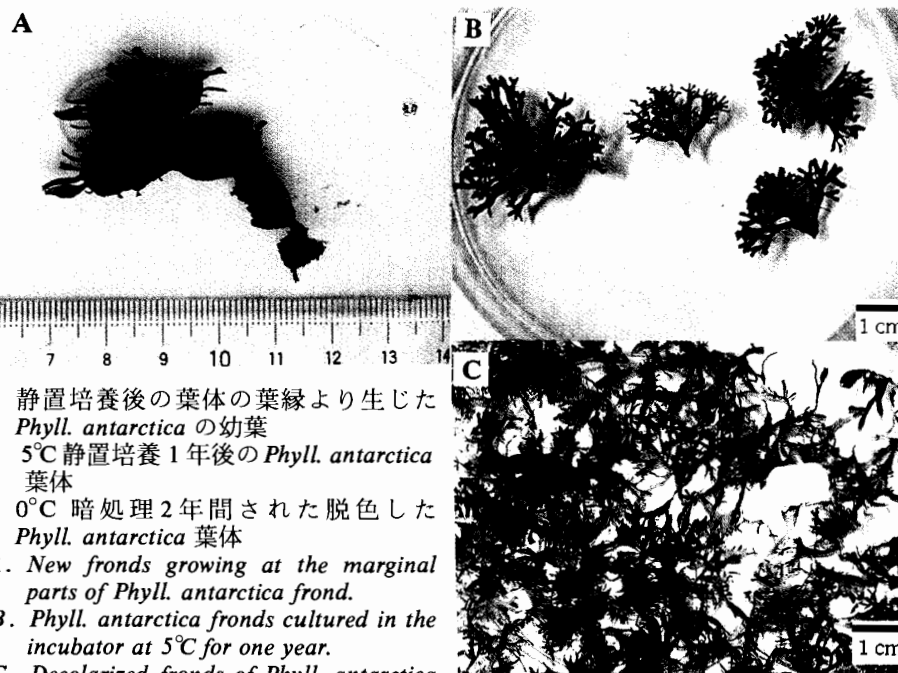


図 2 A. 静置培養後の葉体の葉縁より生じた *Phyll. antarctica* の幼葉
 B. 5°C 静置培養 1 年後の *Phyll. antarctica* 葉体
 C. 0°C 暗処理 2 年間された脱色した *Phyll. antarctica* 葉体

Fig. 2. A. New fronds growing at the marginal parts of *Phyll. antarctica* frond.
 B. *Phyll. antarctica* fronds cultured in the incubator at 5°C for one year.
 C. Decolorized fronds of *Phyll. antarctica* after two years of dark culture at 0°C.

2.2. 静置培養

1985年1月には、上記と同じ方法で採取した *Phyll. antarctica* の葉体を、補強海水 (SWII 培養液 10 ml/L 添加) の入ったポリエチレンビン (1 L) に入れ、「しらせ」の培養庫 (0°C, 12 hr. L/12 hr. D) で静置培養しながら日本に運んだ。その後、高知大学海洋生物教育研究センターの培養庫 (5°C) で、腰高シャーレ (500 ml) に 200 ml の補強海水を入れ、葉体 2-3 個体ずつを移し培養した。光量は 5, 10, 20, 50 $\mu\text{E}/\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で 12 時間明期, 12 時間暗期にした。それぞれの条件下に 6 個の腰高シャーレを静置した。*Phyll. antarctica* の培養は培養液の交換を 3 カ月ごとに行い 3 年間続けた。3 年後に葉縁から生じた新しい *Phyll. antarctic* の葉体を約 2 cm の大きさに裁断して、培養液の入った腰高シャーレに 3-5 個体ずつ入れアルミホイルで覆い連続暗期状態にした。これらの腰高シャーレを 0°C と 5°C の条件下に 6 個ずつ置いた。暗期中は培養液の交換はしなかった。暗期 1, 2, 3 年後、再び光を与えて培養し、葉体の白化や葉縁部からの幼葉の有無により生死の判定を行った。

3. 結果と考察

3.1. 通気・動物混合培養

1982年1月に採取された *Phyll. antarctica* の葉体は、培養約半年後、その葉縁から幼葉が生じたが、葉体面積の明確な増大は認められなかった。その後、動物との混合培養により葉体の成長が良好になった。培養条件は開始時より 16 年間同じ設定であったので 1 例として、1997年に毎月 1 回実施した培養条件測定の結果を表 1 に示す。水槽内の水温は -1.8~1.5°C

表 1 ガラス製飼育水槽内の水質環境
Table 1. Hydrological conditions in the glass culture tank.

Month	Water temperature (°C)			Salinity	NO ₂ -N mg/L	NO ₃ -N mg/L	pH
	Average	Maximum	Minimum				
1997							
January	0.02	1.5	-0.6	36.40	0.004	0.9	7.7
February	-0.16	0.8	-0.6	36.41	0.002	1.0	7.8
March	-0.90	0.0	-1.8	35.63	0.001	0.9	7.9
April	-1.00	-0.3	-1.7	36.34	0.002	0.8	7.8
May	-0.73	-0.2	-1.3	33.96	0.001	1.4	7.8
June	-1.30	-0.8	-1.8	36.25	0.002	1.3	8.0
July	-1.94	-0.1	-1.6	36.11	0.003	0.5	7.9
August	-0.21	-0.1	-1.0	37.75	0.001	0.8	7.3
September	-0.43	0.0	-1.0	35.84	0.004	1.2	7.5
October	-0.22	0.7	-1.4	33.98	0.005	1.1	8.4
November	-0.15	0.3	-0.5	34.70	0.006	1.7	7.8
December	-0.50	-0.1	-1.7	33.91	0.004	1.4	7.5

(Data of Kamogawa Sea World)

の範囲であった。塩分は比重測定を行い、得られた値を換算し表示した。培養水の塩分は循環方式であったので、外海水の濃度より幾分高めの 33.91–37.75 の範囲で推移した。亜硝酸塩濃度は、0.001–0.006 mg/L で低かったが、硝酸塩濃度は 0.5–1.7 mg/L で、日本外海域の海水の栄養塩濃度よりかなり高い値であった。pH は、7.3–8.4 の範囲であり正常な値を示した。照明は 10 W 蛍光灯 1 本を用い水槽の真上から行われ、一般の海藻培養に用いる光量は、50–60 $\mu\text{E}/\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ であるので、光量がかかなり低かったが、*Phyll. antarctica* の成長には充分であったと考えられる。

昭和基地地先で採取された *Phyll. antarctica* の体は、叉状分岐あるいは不規則に分岐していた(大野, 1976)。今回の培養では、葉縁から生じた幼葉は叉状分岐して成長したが、数 cm ほどに大きくなった葉体の葉縁からさらに幼葉が生じた。さらにこの幼葉は伸長して大きな葉体になった。このようにして、図 1C に示すように不定形になったが、2–3 年を経た葉体下部に近い部位は珪藻やらん藻などの微細藻類が着生し濃紅色になりちぎれやすくなった。さらに老化した部位は暗紅色になり、わずかずつ流失してゆくようで、暗紅色した葉体部位が拡大することなく、したがって、葉長が 10 cm 以上になることは少なかった。

培養期間中、果孢子嚢形成や孢子からの幼葉は観察されず、葉縁より幼葉が生ずる栄養成長のみであった。葉体は急に弱ることもなく長期間成長を続け、葉体の最大増加量は、推定では培養開始時の葉体面積量の 20–30 倍に達した。葉体は動物との共存により成長が良好であったが、現在、混合飼育した多くの動物は死亡し、ヒトデとヒモムシが飼育されているにすぎない(図 1D)。動物が減るとともに、海藻の現存量は少しずつ減少しつつある。

1982 年 4, 5, 10, 11, 12 月に *Phyll. antarctica* の葉体を毎回 20 個体以上採取し、全体で 100 個体以上を顕微鏡観察をして、1 個体のみ瘤状の細胞集団が認められ、セクション観察の結果、雄性生殖器官であることがわかったが、果孢子嚢は観察されなかった(三木, 私信)。今までに昭和基地の北の瀬戸から採取された *Phyll. antarctica* の葉体から果孢子嚢を持つものを確認することはできなかったことから、*Phyll. antarctica* は不稔化して栄養成長によって増えやすい種であると考えられる。

葉体の形態的特徴は、昭和基地で採取されたものとはほぼ同じであるが、培養葉体は大型になった。葉体の色調は昭和基地での採取時は濃紅色であったが、培養葉体は鮮やかな紅色を呈している。

3.2. 静置培養

5°C の培養庫内において *Phyll. antarctica* を 5, 10, 20, 50 $\mu\text{E}/\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の 4 段階の光条件で静置培養を行ったところ、約半年後には葉縁より幼葉が多く生じた(図 2A)。10–50 $\mu\text{E}/\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の光量では、葉縁から幼葉は、1 年間に 2–3 回生じ叉状分岐して成長した。形態は通気動物混合培養の試料と似た葉体になるが 1–2 cm で小型であり、葉縁から再び幼葉が生

じ不定形になった。5 $\mu\text{E}/\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の光量では成長が遅く、葉体が細くなる傾向がみられた。静置培養では、培養期間が長くなるにつれて、次第に細長い葉体になっていった (図 2 B)。成長量は 5, 10 $\mu\text{E}/\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ では、20, 50 $\mu\text{E}/\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ よりも低い傾向がみられた (表 2)。培養された *Phyll. antarctica* の成長と温度については、0-10°C まで生存し、3°C で 1 週間に葉重量が 20.3±6.9% 増加したことが報告されている (OHNO, 1984)。今回の培養結果からは、*Phyll. antarctica* の成長は光条件に関しても適応範囲が広いことがわかった。

1985 年 1 月に採取された *Phyco. antarctica* の葉体は、*Phyll. antarctica* と同じ温度、光条件で培養を行ったが、葉体の増大や生殖器官は観察されず 1 年以内に死滅した (未発表)。昭和基地で採取した *Phyco. antarctica* の葉体を長期間培養した報告はない。3 年間の静置培養中、葉体への付着藻類の繁殖は低温のためにあまり旺盛でなくきれいな葉体であったが、老いた部位は暗紅色になり、通気培養と同様に、もろくちぎれやすくなり、培養液交換時にいくつかに分かれた。

葉縁より生じた葉体の連続暗期培養による生残については表 3 に示す。0°C および 5°C とともに 1 年間の暗処理中の葉縁からの幼葉の出現は認められず、葉体の大きさは暗期培養開始時とほぼ同じであったが、退色や白色化した個体はなく、光を与えると再び葉縁より新しい幼葉が生じた。連続暗期 2 年後は、およそ半分の葉体がピンク色や白色になっており、光を与

表 2 静置培養条件下における *Phyll. antarctica* の成長
Table 2. Growth of *Phyll. antarctica* fronds cultured in the incubators.

Light period year	Light quantum ($\mu\text{E}/\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)			
	5	10	20	50
1	+	++	+++	+++
2	+	++	+++	+++
3	+	++	+++	+++

+: survival, ++: slow growing, +++: rapid growing

表 3 低温・暗条件下における *Phyll. antarctica* 葉体の生残率
について

Table 3. Survival of *Phyll. antarctica* fronds kept in darkened containers at 0°C and 5°C.

Treatment period year	0°C	5°C
1	+++	+++
2	++	+
3	+	-

-: decay (de-coloration), +: a little survival, ++: survival less than 50% of the initial fronds, +++: survival more than 50% of the initial fronds.

えても回復しなかった(図 2C)。0°C 条件下のが生残個体が 50% 以下であったが、5°C 条件下では生残個体が少なかった。暗処理 3 年後には、0°C と 5°C のどちらの条件でもほとんどの葉体は白色化し死滅した。

これらの結果から、*Phyll. antarctica* は北の瀬戸以外の昭和基地沿岸の岩礁上にもわずかに付着して生育していたという報告がある (NAKAJIMA *et al.*, 1982) が、オキツノリ科の仲間は、ちぎれた葉体部位が基盤に固着することはないので、昭和基地沿岸でウニの棘上に付着していた葉体は、岩礁域から離れて海底に落ちたものが、ウニに付着したものであろう。さらにウニに付着した *Phyll. antarctica* の葉体は、本実験の結果が示すように、年単位の時間単位のスケジュールで生存できるものと考えられる。

謝 辞

本報告を草するあたり、昭和基地で海藻の採取を行う機会を与えて下さった南極地域観測事業に係わる方々、23 次、26 次観測隊員ならびに「ふじ」、「しらせ」の乗組員、国立極地研究所の皆様に謝意を表わします。

文 献

- NAKAJIMA, Y., WATANABE, K. and NAITO, Y. (1982): Diving observations of the marine benthos at Syowa Station, Antarctica. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 23, 44-54.
大野正夫 (1976): 南極リュツォ・ホルム湾沿岸に産する海藻について. 南極資料, 57, 136-140.
OHNO, M. (1984): Culture of an Antarctic seaweed, *Phyllophora antarctica* (Phylloporaceae, Rhodophyceae). Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 32, 112-116.
PAPENFUSS, G.F. (1964): Catalogue and bibliography of Antarctic and Sub-Antarctic benthic marine algae. Antarct. Res. Ser., 1, 1-76.

(1999 年 2 月 10 日受付; 1999 年 6 月 7 日改訂稿受理)