

モジゴケ科地衣植物の分布と その photobiont の形態変異に関する一考察

竹下俊治・中西稔・秋山真理子*

(1998年10月1日受理)

Morphological variations of the photobionts isolated from the lichen family Graphidaceae

Shunji TAKESHITA, Minoru NAKANISHI and Mariko AKIYAMA*

Twenty-five specimens including 10 species of lichens belonging to the family Graphidaceae were collected from various habitats in Japan, mainly Hiroshima Prefecture. Photobionts were isolated and identified as *Trentepohlia lagenifera*. These algae were morphologically divided into three types. They were the S type, the L type and the T type. The algal strains of the T type was isolated from two tropical species of Graphidaceae. This suggests that photobionts of Graphidaceae lichens are morphologically specialized by the influences of the mycobiont.

Key words : Graphidaceae, lichen, photobiont, *Trentepohlia lagenifera*, モジゴケ科、地衣植物、共生藻、スミレモ属.

はじめに

モジゴケ科地衣植物 (Graphidaceae) は熱帯を中心に広く分布する痂状地衣類である。その photobiont (共生藻) については、モジゴケ (*Graphis scripta* (L.) Ach.) から *Trentepohlia umbrina* (Heriset 1946) および *T. annurata* (Verseghe 1961) が報告されているほか、日本産のものについては Nakano (1988) が26種のモジゴケ科地衣植物から *T. lagenifera* を報告している。このようにモジゴケ科地衣植物の共生藻は全てスミレモ属 (*Trentepohlia*) に属することが分かっている。本研究では、日本産モジゴケ科地衣植物の共生藻として報告されているのは *T. lagenifera* のみであるという点に着目し、モジゴケ属 (*Graphis*)、クロミモジゴケ属 (*Phaeographis*)、シロミモジゴケ属 (*Graphina*) を様々な生育地から採取し、共生藻の形態を比較した。また同時に、free-living で生育している *T. lagenifera* との比較も行った。

材料および方法

本研究では、樹皮上または岩上で生育するモジゴケ科地衣植物10種25標本から共生藻を分離・培養した (図1、表1)。共生藻の分離・培養法は Ahmadjian (1967) に従った。形態の比較は新たな培地に移植して4週間後のものに統一し、*Trentepohlia lagenifera* の糸状体を形成する各細胞について長さ、幅および葉緑体について検討した。



図1. 樹木に着生するモジゴケ科地衣植物

* 福山市立大門中学

表 1. 本研究に用いたモジゴケ科地衣植物

種名	採集地	Culture no.
<i>Graphina humanebsis</i>	広島県山県郡筒賀村龍頭峽	A18
<i>Graphis cognata</i>	広島県佐伯郡佐伯町羅漢高原	A31
	広島県佐伯郡佐伯町羅漢高原	A32
	広島県佐伯郡佐伯町羅漢高原	A38
	広島県佐伯郡佐伯町羅漢高原	A40
	広島県山県郡芸北町大森	A52
<i>G. connectans</i>	広島県佐伯郡大野町渡の瀬	A29
<i>G. dupaxana</i>	広島県山県郡筒賀村龍頭峽	A15
<i>G. proscriptens</i>	広島県山県郡筒賀村龍頭峽	A17
	広島県山県郡芸北町天狗石山	A56
	広島県山県郡芸北町天狗石山	A60
<i>G. rikuzensis</i>	広島県佐伯郡佐伯町羅漢高原	A34
	広島県佐伯郡佐伯町悪谷	A5
	広島県佐伯郡佐伯町飯山	A8
	広島県山県郡筒賀村龍頭峽	A19
	広島県佐伯郡佐伯町羅漢高原	A33
	広島県佐伯郡佐伯町羅漢高原	A30
<i>G. tenella</i>	広島県山県郡芸北町杉谷	A50
	広島県山県郡芸北町天狗石山	A58
<i>Phacographis asteriformis</i>	広島県佐伯郡大野町渡の瀬	A27
	広島県佐伯郡大野町渡の瀬	A28
	広島県佐伯郡佐伯町羅漢高原	A36
	広島県山県郡芸北町杉谷	A41
<i>P. pruinosa</i>	山口県玖珂郡美和町二代木	A21
	広島県佐伯郡大野町渡の瀬	A25

結 果

本研究で得た共生藻はすべて *Trentepohlia lagenifera* であった。これは Nakano (1988) の結果とも一致する。

本来、*T. lagenifera* は糸状藻類だが、地衣体内では単細胞ないしは数細胞が連結した状態の藻細胞に菌糸が絡まり、密集した藻類の層を形成していた (図 2 a)。各細胞の大きさは $9.0\text{--}15.0\ \mu\text{m} \times 5.0\text{--}9.0\ \mu\text{m}$ 、内部に葉緑体とヘマトクロームをもつ。ピレノイドとでんぷん粒は観察されなかった。生殖細胞は観察されなかった (図 2 b)。

寒天培地上のコロニーは緑色からオレンジ色で、薄く平面的に発達するものや、立体的に発達するものがあつた。糸状体は不規則に分枝し、ほふく糸、直立糸が観察された。細胞の形は垂球形から樽形、円柱状のものまで様々で、葉緑体は主に細胞の側面に沿って存在していた (図 3 a)。ヘマトクロームは葉緑体の少ない細胞ほど多く観察された。中には細胞の中にヘマトクロームのみが大きな塊を作ったものが観察された。そのような細胞を持つコロニーはオレンジ色をしており、それは培養期間の長いコロニーだけでなく、比較的新しいものでも観察された。ピレノイドやでんぷん粒は観察されなかった。生殖細胞である無柄胞子嚢は若い糸状体で多く見られた。胞子嚢が形成される部位は枝の先端や中間など、規則性は認められなかった。胞子嚢はフラスコ型をしており、遊走子を放出するための口があつた (図 3 b)。希に長細く変形したものも観察された。遊走子は球形から卵形で 2本の鞭毛をもち、側壁性の葉緑体を持っていた。Nakano (1988) は、一部の遊走子が胞子嚢から出ず、すぐに鞭毛を失い球状の不動胞子になったと報告しているが、本研究では不動胞子や有柄胞子嚢、鞭毛を 4 本持つ遊走子は観察されなかった。

T. lagenifera は気生藻類として世界中に広く分布しており、日本では南～南西部を中心に広範囲で分布する。常緑、落葉広葉樹の樹皮上その他、湿った石の上に生育する (Hirose and Yamagishi 1977, Nakano and Handa 1984, Handa and Nakano 1988 and Nakano et al. 1991)。地衣植物の共生藻としては、日本産モジゴケ科地衣植物 (Nakano 1988) の他、*Pyrenula japonica* (Nakano and Ihda 1996) からも報告されている。

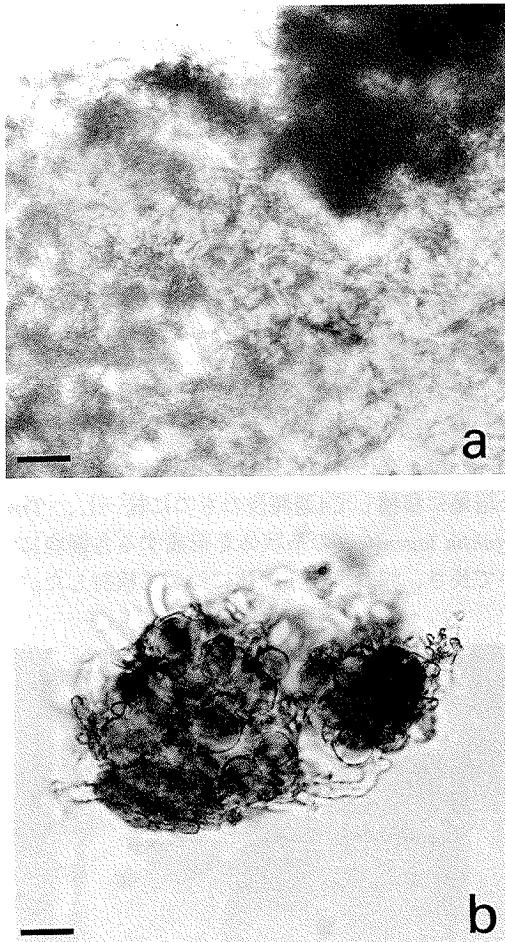


図 2. 培養前の *Trentepohlia lagenifera*.
a : 地衣体内での状態, b : 地衣体から取り出した直後の *T. lagenifera*. スケール: $10\ \mu\text{m}$.

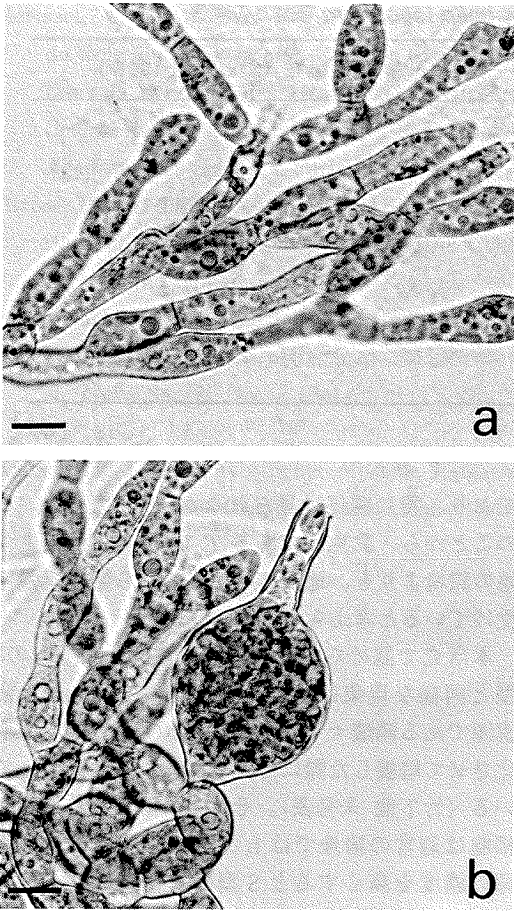


図3. 培養後の *Trentepohlia lagenifera*.
a : 糸状体, b : 遊走子嚢. スケール: 10 μ m.

考 察

Nakano and Handa (1984) は、free-living の *Trentepohlia lagenifera* では、培養後のコロニーと細胞の形態に基づき、糸状体が密に分枝して小塊状のコロニーを形成し、細胞が短い Form A と、糸状体が長く伸びて粗なコロニーを形成し、細胞が長い Form B の2型が存在することを報告している。本研究で得た共生藻はすべて Form B に類似した形態を示していた。これは Nakano (1988) の結果とも一致している。

本研究で得た *T. lagenifera* の形態を、コロニーの様子や分枝、細胞の長さ、幅について詳しく検討した結果、3型が認められた。細胞が短いものをS型、細胞が細長いものをL型、L型よりも更に細いものをT型とした(図4 a, b, c)。Free-living の *T. lagenifera* の培養株から得た Form B はS型に最も近い形態を示した。S型の細胞は垂球形から樽型をしており、長さ15~25 μ m、幅6~10 μ m。葉緑体が明瞭でヘマトクロームが観察されない細胞が多い。L型の細胞は樽型から円柱状をしており、長さ25~38 μ m、幅5~8 μ m。葉緑体が明瞭でヘマトクロームも観察される。T型の細胞はほぼ円柱状で、長さ18~35 μ m、幅3~5 μ m。葉緑体は不明瞭で、ヘマトクロームが目立つ。糸状体にはほとんどくびれが

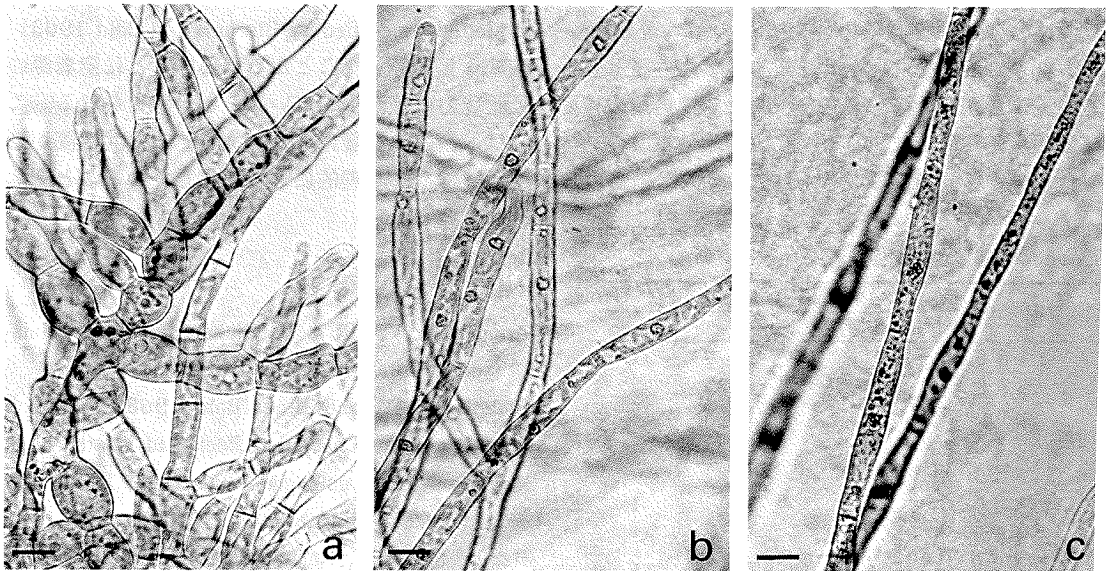


図4. *Trentepohlia lagenifera* の3型.
a : S型, b : L型, c : T型. スケール: 10 μ m.

表2. モジゴケ科地衣植物の種と *Trentepohlia lagenifera* 各型との関係

種名	<i>T. lagenifera</i> 各型			分布 (Nakanishi 1996)
	S型	L型	T型	
<i>Graphina humanensis</i>	1	.	.	.
<i>Graphis cognata</i>	4	.	1	日本全土
<i>G. connectans</i>	1	.	.	.
<i>G. dupaxana</i>	.	.	1	1月の平均気温2℃以上
<i>G. proserpens</i>	2	.	.	日本全土
<i>G. rikuzensis</i>	.	1	.	日本全土
<i>G. scripta</i>	3	.	1	日本全土
<i>G. tenella</i>	.	4	.	日本全土
<i>Phaeographis asteriformis</i>	1	.	3	1月の平均気温2℃以上
<i>P. pruinosa</i>	2	.	.	.

※表中の数字は試料数を示す

ない。

以上の3型がどの試料から分離されたかを見ると、モジゴケ科地衣植物の種ごとに特定の型と共生する傾向があることが分かる(表2)。特に顕著なのはS型の *Graphis cognata*, *G. proserpens*, *G. scripta*, *Phaeographis pruinosa*, L型の *G. tenella*, T型の *Phaeographis asteriformis* である。Nakanishi (1966) はモジゴケ科地衣植物の分布を示しており、本研究で用いた *Graphis cognata*, *G. proserpens*, *G. rikuzensis*, *G. scripta*, *G. tenella* は日本全土に分布する種で、*G. dupaxana* および *Phaeographis asteriformis* は1月の平均気温が2℃の等温線以南に分布する、いわゆる南方系の種だとしている。このモジゴケ科地衣植物の分布とそれぞれの共生藻の型との関係を見ると、南方系の *G. dupaxana* および *P. asteriformis* がT型を主要な共生藻としていることが分かる(表2)。また、採集地の標高と共生藻の型とでは、S型、L型、T型のいずれも様々な標高で採取した地衣体から分離され

表3. 地衣体の採集地の標高と *Trentepohlia lagenifera* 各型との関係

標高 (m)	<i>T. lagenifera</i>		
	S型	L型	T型
1150	1	1	1
850	4	1	2
800	1	1	.
750	3	.	1
650	1	.	.
600	.	1	1
450	1	.	.
300	2	.	2
250	1	.	.

※表中の数字は試料数を示す

ており、特に関係は見られなかった(表3)。このことから、共生藻である *T. lagenifera* は、生育地の環境よりも、地衣体そのものから影響を強く受けていると考えられる。

本研究で認められた *Trentepohlia lagenifera* の3型と同様な現象は、free-living の *T. aurea* を窒素源である硝酸ナトリウム (NaNO_3) の濃度を変化させて培養した際にも見られることが分かっている(竹下他 未発表)。それによると *T. aurea* の細胞は通常の培地ではL型様の細胞だが、窒素源の濃度を高くするとS型のようになり、薄くするとT型のようになり、葉緑体やヘマトクロームの有無等も *T. lagenifera* の場合と非常に似ている。本研究に用いた培地は全てBBM (Bold's Basal Medium, modified by Bischoff and Bold 1963) に統一してあったことから、藻株ごとに窒素源の吸収能力に差が生じていることが考えられる。これは、菌糸の影響により、地衣体内で共生藻が形態だけでなく生理的にも特殊化していることを示唆している。

引用文献

- Ahmadjian, V. 1967. The lichen symbiosis. Blaisdell Publ.Co., London. 152pp.
- Bischoff, H. W. and H. C. Bold 1963. Some solitary algae from Enchanted Rock and related algal species. Phycological studies IV. University of Texas Publication 6318: 1-95.
- Handa, S. and T. Nakano 1988. Some colticolous algae from Miyajima Island, western Japan. Nova Hedwigia 46: 165-186.

- Herisset, A. 1946. Demonstration experimentale du role du *Trentepohlia umbrina* (Kg.) Born. Dans la synthese des Graphidees corticoles. Compte rendu hebdomadaire des Seances del' Academie des Sciences, Paris 222: 100-102.
- Hirose, H. and T. Yamagishi (eds.) 1977. Illustrations of the Japanese freshwater algae. Uchidarokakuho, Tokyo.
- Nakanishi, M. 1966. Taxonomical studies on the family Graphidaceae of Japan. J. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B, Div. 2 (Bot.), Vol. 11, No. 1: 51-126.
- Nakano, T. 1988. Phycobionts of some Japanese species of the Graphidaceae. Lichenologist 20: 353-360.
- Nakano, T. and S. Handa 1984. Observations on *Trentepohlia lagenifera* (Hild.) Wille (Chlorophyceae, Trentepohliaceae). Jap. J. Phycol. 32: 354-363.
- Nakano, T., S. Handa and T. Takeshita 1991. Some colticolous algae from Taishaku-kyô Gorge, western Japan. Nova Hedwigia 52: 427-451.
- Nakano, T. and T. Ihda 1996. The identity of photobionts from the lichen *Pyrenula japonica*. Lichenologist 28: 437-442.
- Verseghy, K. 1961. A *Graphis scripta* Ach. (Lichenes) gonidiumara vonnatkoko vizsgalato. Botanikai Közlemenyek 49: 95-99.