

北海道産カモジシオグサ *Cladophora glomerata*
(L.) KÜTZING の形態と季節的变化¹⁾

新山 優子*

北海道大学大学院環境科学研究科環境構造学専攻 (060 札幌市北区北10条西5丁目)

NIHAYAMA, Y. 1986. Morphological phenology of *Cladophora glomerata* (L.) KÜTZING in Hokkaido. Jap. J. Phycol. 34: 216-224.

Morphological phenology of the freshwater algae, *Cladophora* sect. *Glomeratae*, was investigated in 3 rivers and a lake in Hokkaido, Japan. They are annual, a few to several cm long, branched pseudodichotomously, and the cell diameter gradually diminishes toward the end of the thallus. The plants in the same locality show seasonally different habits and branching. They grow in spring attached to hard substrate and form very dense branches. The cells of the upper branches turn into the zoosporangia in summer or in autumn. Zoospores are biflagellate and grow to new plants without conjugation. The mature upper branches disintegrate after sporulation. Then the plants become to have scattered or scarce branches. Late in the growing season they show some morphological differences according to their habitat. Plants in rivers grow very long by intensive intercalary growth. Those on shore of lakes are detached from their basal part and float. From the seasonal observations of habit and cell size of the plant, it is concluded that the above *Cladophora* plants in rivers and lakes should be identified as one species, *C. glomerata* (L.) KÜTZING, including Japanese *C. crispata* and *C. glomerata*. The plant in lakes is regarded as a form of the species, f. *crispata*, because of its light color and floating late in the growing season.

Key Index Words: *Cladophora crispata*; *Cladophora glomerata*; *seasonal change*, *taxonomy*.

Yuko Niiyama, Laboratory of Systematic Botany, Division of Environmental Structure, Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo, 060 Japan.

Cladophora 属は海及び淡水に生育する、緑藻の1属である。BRAND (1899, 1902, 1906, 1909, 1913) は淡水産種の分類学的研究を行い、球団を形成するものを *Aegagropila* 節として8種、また球団を形成せず、分枝が少くて介生生長するものを *Affines* 節として6種、そして偽叉状分枝をし求頂的生長が主体であるものを *Eucladophora* 節として3種を記載した。VAN DEN HOEK (1963) は欧州の *Cladophora* 属について研究し、34種を記載したが、そのうち淡水産種は以下の6節8種である。*Affines* 節: 糸状で介生生

長をする (*C. basiramosa* SCHMIDLE)。 *Basicladia* 節: 仮根様糸状体から成る膜状体から枝が直立する (*C. kosterae* VAN DEN HOEK, *C. okamurai* (UEDA) VAN DEN HOEK)。 *Cornuta* 節: 付着部なく、浮遊又は他物にからみつく (*C. cornuta* BRAND)。 *Aegagropila* 節: 細胞壁厚く分枝は密。浮遊又は着生し、球団形成することもある (*C. aegagropila* (L.) RABENHORST)。 *Glomeratae* 節: 偽叉状分枝し、先端は求頂的生長する分枝系となる (*C. glomerata* (L.) KÜTZING, *C. fracta* (MÜLLER ex VAHL) KÜTZING)。 *Cladophora* 節: 長く、ほとんど分枝しない (*C. rivularis* (L.) VAN DEN HOEK)。

日本の淡水産 *Cladophora* については、これまで、*C. crispata* (ROTH) KÜTZING, *C. fracta* KÜTZING, *C. glomerata* (L.) KÜTZING, *C. minima* (OKADA)

¹⁾ 本論文は北海道大学大学院環境科学研究科博士論文の一部である。

* 現住所: 305 茨城県新治郡桜村並木 4-918-302
Present address: Namiki 4-918-302, Sakuramura, Niihari-gun, Ibaraki, 305 Japan.

SAKAI, *C. sauteri* (NEES) KÜTZING の5種が報告されている (SAKAI 1964, 広瀬・山岸 1977)。このうち, *C. crispata*, *C. fracta*, *C. glomerata* の3種は, BRAND (1906) の *Eucladophora* 節, あるいは HOEK (1963) の *Glomeratae* 節に含まれ, 他の2種は *Aegagropila* 節に含まれる。しかし, 日本では, *Aegagropila* 節以外の淡水産種について, 詳しい生育状況や形態, その他の分類学的研究は少ない。

著者は主に北海道の河川や湖沼に生育する *Cladophora* 属を採集し, 観察した。淡水産種は, 藻体の色, 大きさ, 分枝様式, 手ざわり, 主軸や小枝の細胞の径, 及び長さとの比, といった形態学的特徴によって分類されてきた。著者は採集地での藻体の生育状況, 及び採集個体の形態学的特徴を季節的に調べ, 糸状体細胞の大きさや形を比較した。本論文では, 日本, 特に北海道の淡水産 *Glomeratae* 節について, 形態の季節的变化を考慮して分類学的に考察する。

材料と方法

藻体は以下の3河川及び1湖で観察し, また採集した (Fig. 1)。

阿寒川: 1980年6・8・10月, 1981年5・9月。

千歳川: 1979年7・10月, 1980年6・10月, 1981年4月から1982年5月まで毎月。

空知川: 1980年7・8・9・10・11月, 1981年6・7月。

阿寒湖: 1980年6・8・10月, 1981年5・7月, 1982年6月。

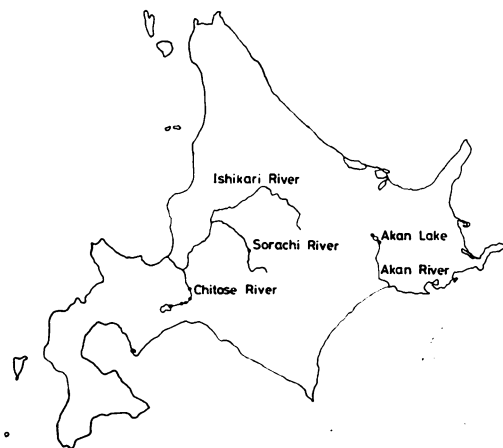


Fig. 1. Map of Hokkaido showing location of the sampling stations (•) in Akan, Chitose and Sorachi Rivers, and Akan Lake.

細胞の大きさや形を比較するために, 採集月を考慮して, 阿寒川から3, 千歳川から4, 空知川から4, 阿寒湖から2, 合計13サンプルを選び, その各々から50本ずつ糸状体を取り, 主軸細胞と最末小枝細胞それぞれの径と長さを測定し, 長さとの比を求めた。主軸細胞は糸状体下部, 最末小枝細胞は頂端近くの, 最も太い部分を測定した。次に各測定値の平均値を求めた。

阿寒川の採集地点は上流にあり, 流れは速く, 岩が多く, 日陰で, 水は冷くて澄んでいた。千歳川では上流から下流にかけて5地点で採集した。千歳川の上流は岩や石があって比較的浅く, 下流は川床がシルト状で深かったが, おおむね水は澄み, 流れは速かった。空知川の採集地点は富良野市郊外にあり, 川床には大小の石があって, 流れはやや速く, 水は比較的きれいだった。阿寒湖では, 湖西側の通称シリコマベツで採集した。採集地点は南向きの岸辺で, 水深約20~50 cm, 底は礫質で大きな石が散在していた。阿寒湖は通常12月から翌年の5月まで結氷する。

結果

生育状況

阿寒川では岩上に生育する藻体を採集した。藻体は鮮緑色ないし濃緑色で, やや柔かく, 長さ数cmから20cm程度の房状または叢状であった。生殖細胞は調査が行われた5月から10月には観察できなかった。

千歳川では川岸近くの石や岩, 護岸コンクリート, 水草等に着生している藻体を採集した。6月から10月

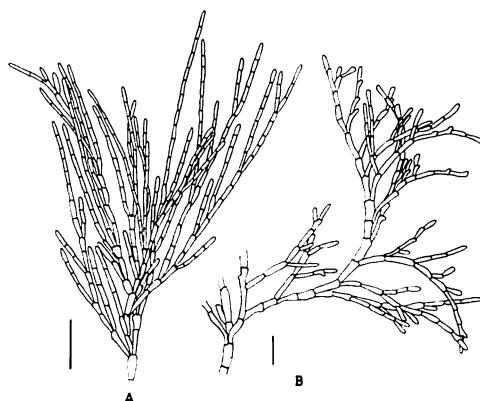


Fig. 2. Upper part of *C. glomerata* (L.) KÜTZING. A: dense branching (Chitose River, June 1980), B: clubshaped cells before branching (Akan Lake, August 1980). Scale: 500 µm.

に多いが、真夏や冬期間にはほとんど消失した。藻体の形態は阿寒川のものに類似し、鮮緑色ないし濃緑色を呈し、長さ数 cm から 20 cm 程度だった。しかし下流域で、長さ 1 m 以上の、水草にからんでいる藻体を採集した。6 月末と 10 月末に遊走子形成が見られた。

空知川では川岸の石やヤナギ類の根、水草等に着生している藻体を採集した。6 月から 11 月に見られ、7 月にはかなり多量に生育していた。藻体は鮮緑色で柔かく、上述の阿寒川や千歳川のものよりやや大型で、数 10 cm のものが多かった。6 月末から 7 月に遊走

子の形成が見られた。

阿寒湖の藻体は 6 月から 10 月にかけて、湖岸の波打際の石上に、带状に着生していた。藻体は鮮緑色ないし黄緑色で、上記 3 河川のものより明るい色を呈し、中には淡緑色ないし白色の藻体もあった。長さは数 cm から 30 cm 程度で、阿寒川や千歳川のものに類似していた。遊走子は 6 月末から 8 月に形成された。8 月には浮遊する藻体も見られた。このような藻体はもろく、白っぽい緑色を呈していた。10 月には茶色や白色の藻体が石に附着していた。翌年 5 月には肉眼では藻体が全く見られなかった。

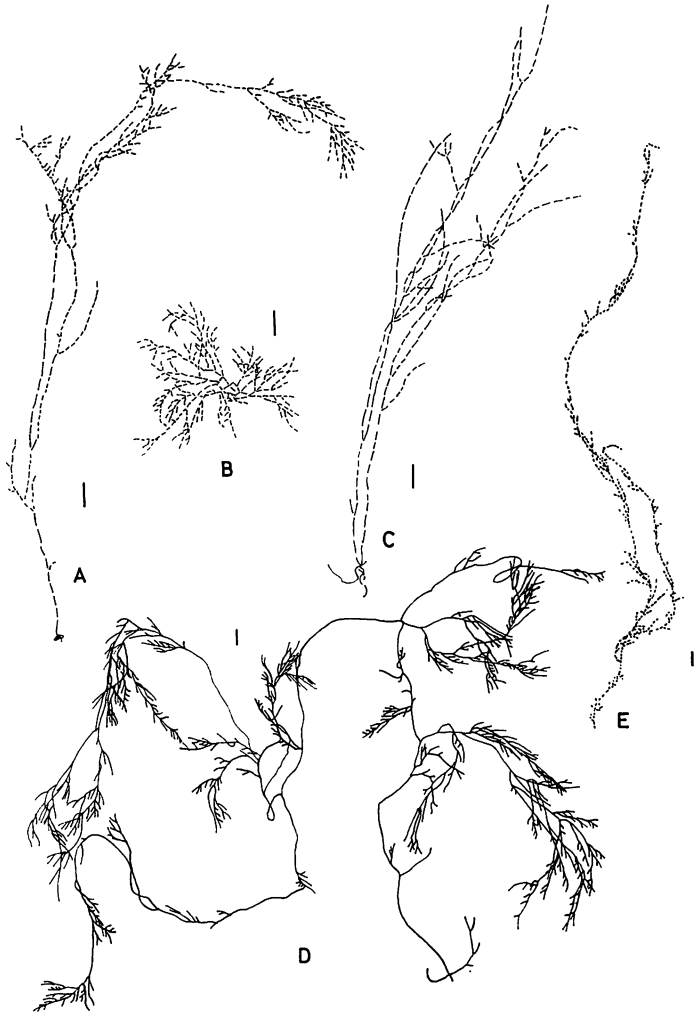


Fig. 3. Various habits of *C. glomerata* (L.) KÜTZING. A: slender attached plant in river (Akan River, October 1980), B: young plant (Sorachi River, July 1980), C: floating old plant in lake (Akan Lake, August 1980), D: long plant with intercalary cell division (Sorachi River, June 1981), E: long plant with scarce branches (Chitose River, July 1979). Scale: 1 mm.

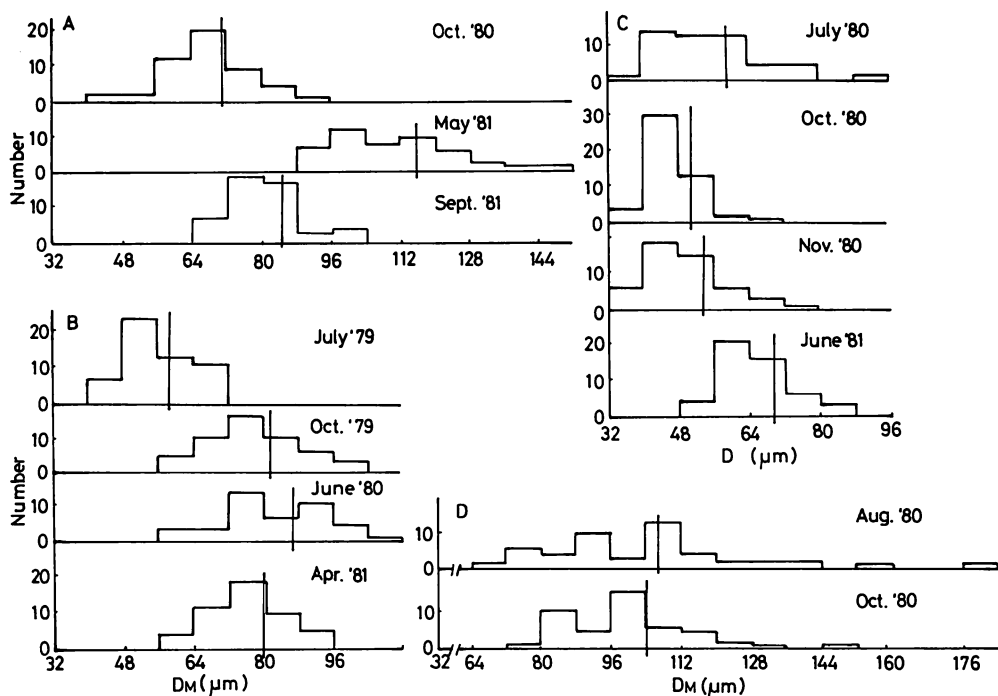


Fig. 4. Distribution of cell diameter of the main axes (D_M), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of D_M of each sample.

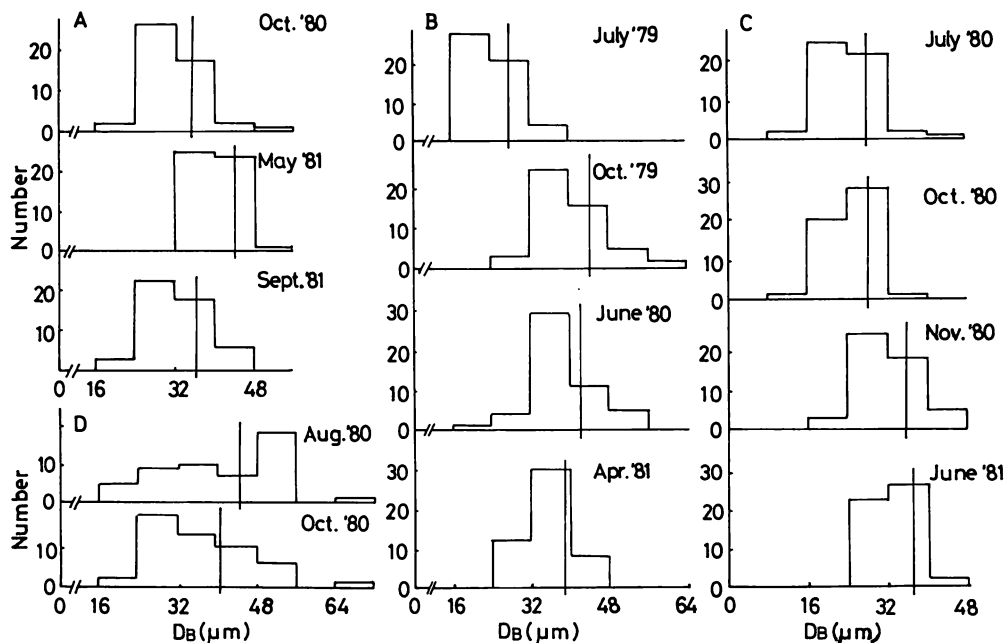


Fig. 5. Distribution of cell diameter of the ultimate branches (D_B), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of D_B of each sample.

藻体の形態学的特徴

全体を通じて藻体は春に生長を始め、頂端生長を盛んに行い、求頂的に次々と分枝を生じた (Fig. 2)。分枝は二叉、三叉状を呈し、特に藻体上部での分枝が著しかった。細胞は円柱状だが、分枝の際に棍棒状となることもあった (Fig. 2-B)。細胞の径は、高次の分枝ほど小さくなった。

着生する藻体は通常、数 cm から 30 cm 程度の房状、叢状、またはほうき状で (Fig. 3-A, B)、分枝が密だった。一方、河川のように生育する藻体は大型で長く、主軸が介生長をし、その所々に小枝や小枝群が派生する形態だった (Fig. 3-D)。また、湖の浮遊する藻体はもろく、分枝は疎で、細胞は細長かった (Fig. 3-C)。色は河川のものより湖のものの方が明るく、河川のものの中では、日陰に生育するものの方がやや濃い傾向が見られた。

遊走子は藻体上部の小枝細胞に多数形成された。小枝の全細胞に遊走子が形成される場合もあった。遊走子の放出後、小枝はもろくなって遊離し、分枝は疎になった。遊走子は洋梨型、2 鞭毛で、眼点が 1 つあ

た。大きさは、千歳川: $10-15 \mu\text{m} \times 15-20 \mu\text{m}$, 空知川: $10-12 \mu\text{m} \times 15-20 \mu\text{m}$, 阿寒湖: $8-15 \mu\text{m} \times 12-20 \mu\text{m}$ 。同一個体の遊走子でも、大きさに若干の差異が見られた。採集個体の遊走子で、接合は観察できなかった。

細胞の大きさと同形

主軸細胞の径 (Fig. 4) は、調査期間を通じて阿寒川 $40-152 \mu\text{m}$ (Fig. 4-A), 千歳川 $40-112 \mu\text{m}$ (Fig. 4-B), 空知川 $32-96 \mu\text{m}$ (Fig. 4-C), 阿寒湖 $64-184 \mu\text{m}$ (Fig. 4-D) の範囲内にあった。平均値は最低 $50.6 \mu\text{m}$ (空知川1980年10月), 最高 $106.9 \mu\text{m}$ (阿寒湖1980年8月) だった。阿寒湖のものが最も太く、阿寒川と空知川で採集したものは、生育前期 (春) のものが後期 (秋) のものより太いことが多かった。また、千歳川で1979年7月に採集した長い藻体は、同所の他のものより径が小さかった。

最末小枝細胞の径 (Fig. 5) は、阿寒川 $16-56 \mu\text{m}$ (Fig. 5-A), 千歳川 $16-64 \mu\text{m}$ (Fig. 5-B), 空知川 $8-48 \mu\text{m}$ (Fig. 5-C), 阿寒湖 $16-72 \mu\text{m}$ (Fig. 5-D)

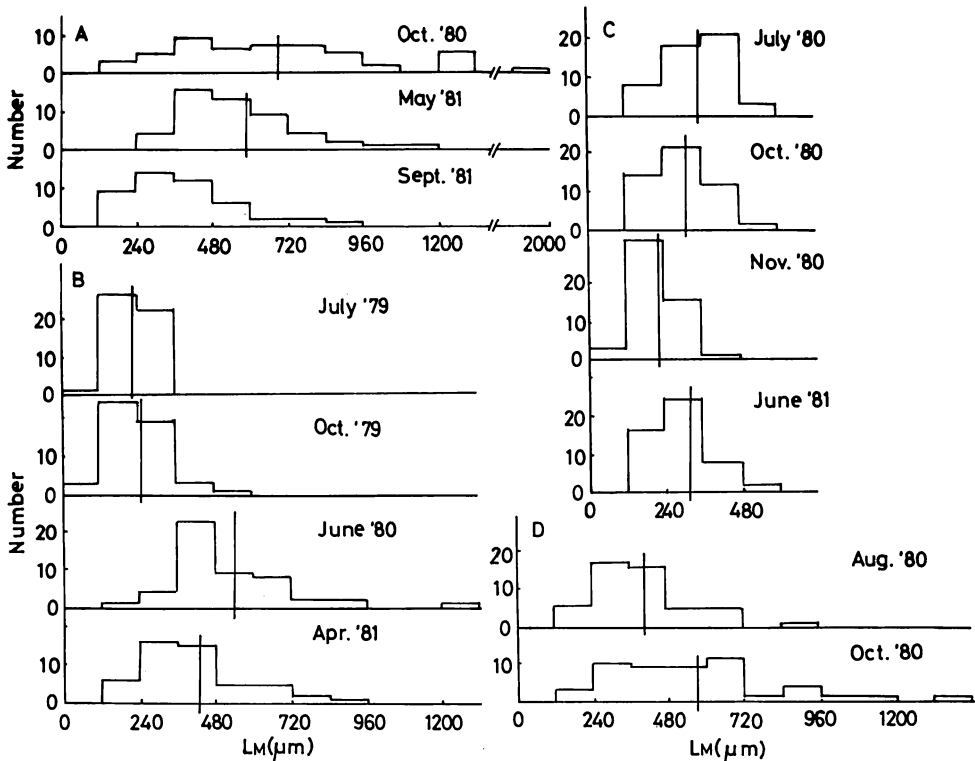


Fig. 6. Distribution of cell length of the main axes (LM), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of LM of each sample.

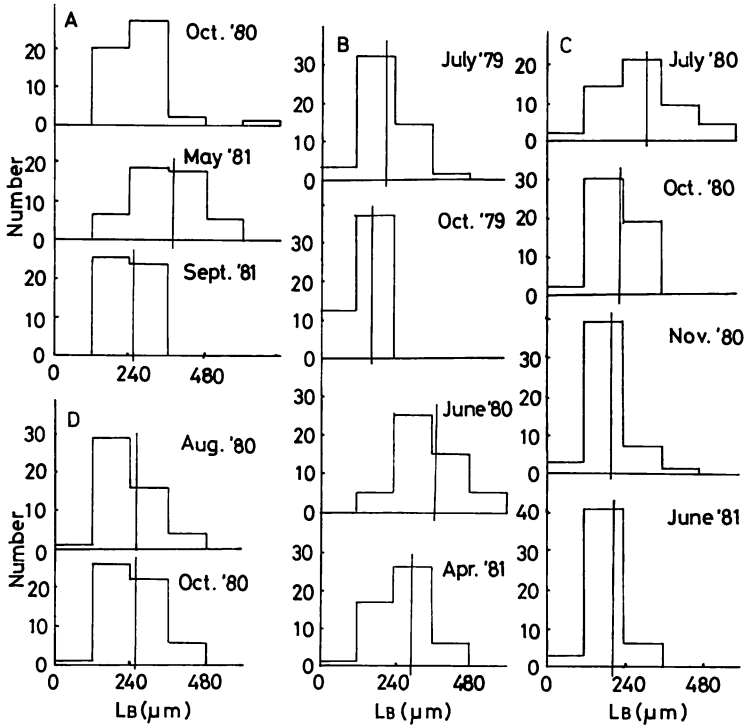


Fig. 7. Distribution of cell length of the ultimate branches (Lb), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of Lb of each sample.

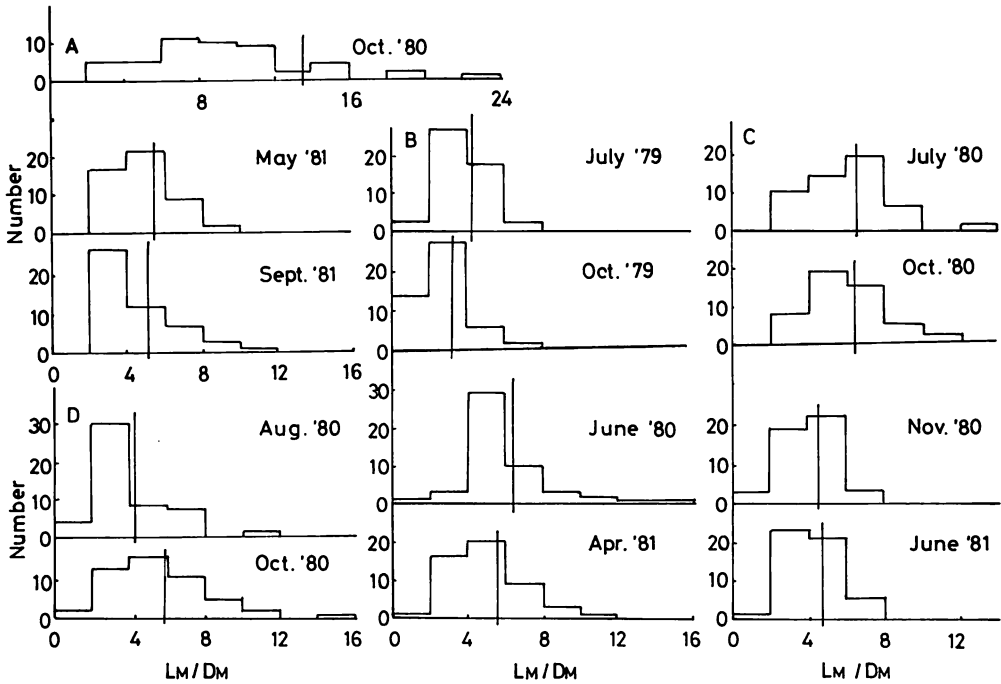


Fig. 8. Distribution of the cell length to diameter ratio of the main axes (LM/Dm), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of LM/Dm of each sample.

の範囲だった。平均値は最低 28.2 μm (千歳川1979年7月, 空知川1980年7月), 最高 44.5 μm (阿寒湖1980年8月, 千歳川1979年10月)であった。阿寒湖のものが最も太かった。採集地間の差異は比較的小さかったが, 各場所においては主軸の径が大きいもの程, 最末小枝も太い傾向がみられた。

主軸細胞の長さ (Fig. 6) は, 阿寒川 120-2,000 μm (Fig. 6-A), 千歳川 120-1,320 μm (Fig. 6-B), 空知川 120-600 μm (Fig. 6-C), 阿寒湖 120-1,440 μm (Fig. 6-D) であった。平均値は最低 229.9 μm (空知川1980年11月), 最高 690.4 μm (阿寒川1980年10月) だった。阿寒川と阿寒湖で変異幅が大きく, 空知川では小さかった。千歳川では1979年7月に採集したものは変異幅が特に小さかった。

最末小枝細胞の長さ (Fig. 7) は, 阿寒川 120-720 μm (Fig. 7-A), 千歳川 90-600 μm (Fig. 7-B), 空知川 90-600 μm (Fig. 7-C), 阿寒湖 90-480 μm (Fig. 7-D) であった。平均値は最低 176.5 μm (千歳川1979年10月), 最高 372.5 μm (阿寒川1981年5月) であっ

た。どの採集地のものも主軸細胞の長さ比べて最末小枝細胞の長さは変異幅が小さく, また採集地間の差異も小さかった。

主軸細胞の長さとの比 (Fig. 8) は, 阿寒川 2-24 (Fig. 8-A), 千歳川 1-16 (Fig. 8-B), 空知川 1-14 (Fig. 8-C), 阿寒川 1-16 (Fig. 8-D) であった。平均値は最低3.3 (千歳川1979年10月), 最高13.5 (阿寒川1980年10月) であった。阿寒川のものではこの比は10月に非常に変異幅が大きく2-24であった。しかし, 大半のサンプルはピークが2-6の範囲内にあった。

最末小枝細胞の長さとの比 (Fig. 9) は, 阿寒川 2-20 (Fig. 9-A), 千歳川 1-20 (Fig. 9-B), 空知川 2-26 (Fig. 9-C), 阿寒湖 1-16 (Fig. 9-D) であった。平均値は最低3.9 (千歳川1979年10月), 最高12.7 (空知川1980年7月) であった。一般に最末小枝細胞の長さとの比は, 主軸細胞の長さとの比より変異幅がやや大きかった。千歳川と空知川では, 採集日によって変異幅や平均値がかなり変化した, その変動は主軸の場合の変動と似ていた。

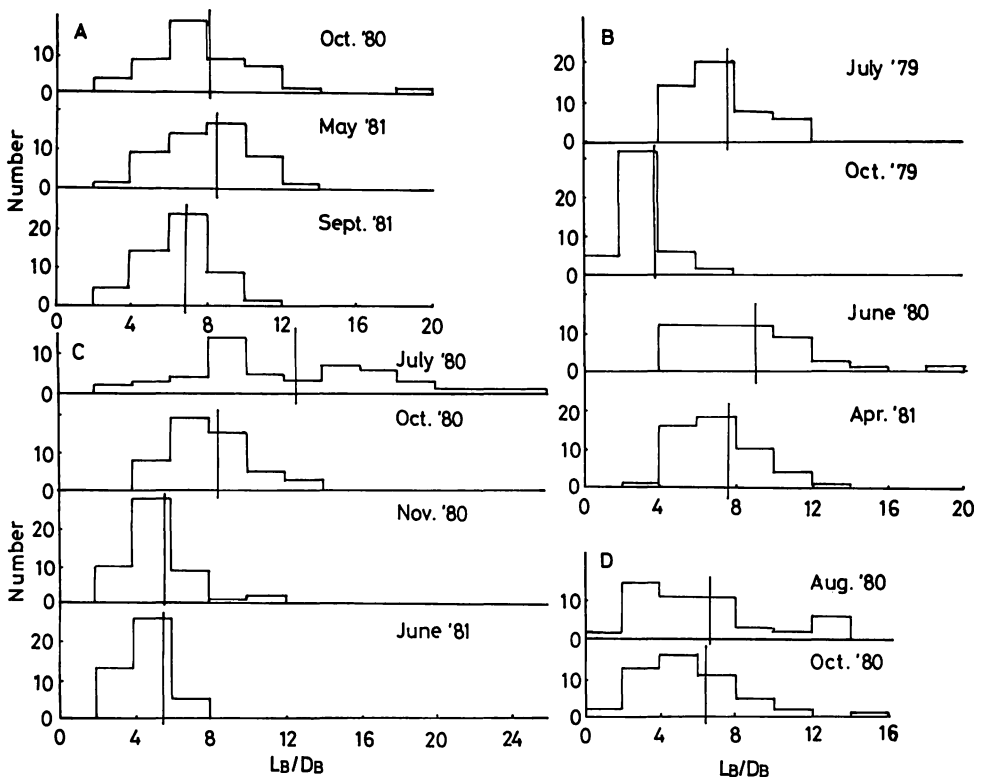


Fig. 9. Distribution of the cell length to diameter ratio of the ultimate branches (Lb/Db), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of Lb/Db of each sample.

考 察

観察した *Cladophora* の初期生長様式や分枝法などはどの生育地でも同じで、形態的には全て同一種で、*C. glomerata* として扱うべきであると考えられる。*C. glomerata* が非常に形態的变化に富む種であることは BRAND (1899) や VAN DEN HOEK (1963) らに指摘されている。その変化は、藻体の生長段階と生育場所の環境に密接に関係すると考えられる。著者の観察に基づく *C. glomerata* の生長過程を以下に述べ、併せてその模式図を Fig. 10 に示す。

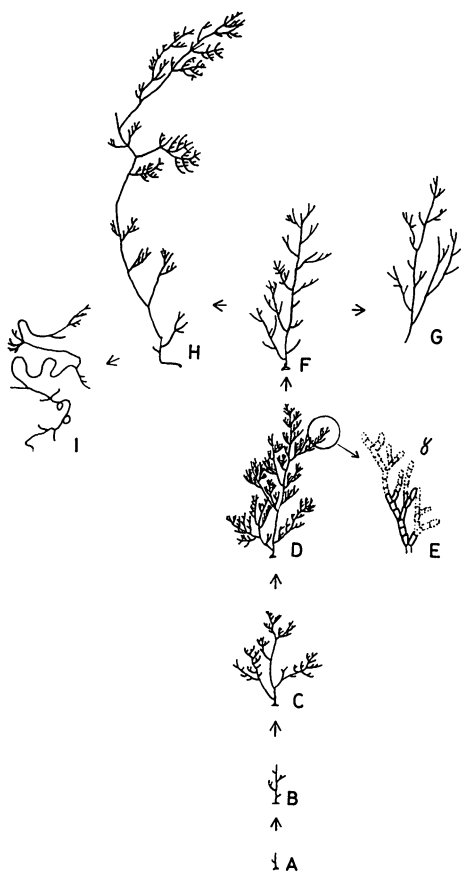


Fig. 10. Diagrammatic figure of growth process of *Cladophora glomerata*. A and B: young plantlets, C: pseudodichotomously branching young plant, D: plant with acropetally organized branches, E: disintegration of terminal branches after sporulation, F: reduced plant after disintegration of branches, G: free floating old plant with scattered branching in lake, H: long plant in river composed of pseudodichotomously branching main axes by intercalary cell divisions, I: string-like plant in river.

C. glomerata は春に生長を始め、次々と分枝を生ずる (Fig. 10-A-C)。分枝は特に上部での発達が著しい (Fig. 10-D)。夏,あるいは秋にも遊走子が形成され (Fig. 10-E), 藻体の増殖が見られる。遊走子放出後の小枝や, 老化した藻体の小枝は分離し, 藻体は分枝が疎となる (Fig. 10-F)。生長後期の形態は生育場所によってかなり違ってくる。河川では流れがかなりあるので, 何かに付着しなければ藻体は生育できない。千歳川や空知川で採集した大型の藻体は, 流下して再び他物にからみつぎ生長したものであろう (Fig. 10-H, I)。一方, 水の動きが少い湖では, 浮遊状態でも生育できる。しかし基部を残して遊離, 浮遊する藻体は老化したもので, 退色し, もろくなっている (Fig. 10-G)。

細胞の大きさや形も季節によって少しずつ変化することがわかった (Fig. 4-9)。阿寒川のサンプルは主軸細胞の径と長さが季節によって大きく変わったが, 最末小枝細胞の変化は小さかった。千歳川のサンプルでは, 4月と6月には主軸細胞も小枝細胞もやや太く, 7月には細かった。空知川のサンプルは他の採集地に比べ藻の全長が大きく (Fig. 3-D), 主軸細胞は細く短い傾向があった。阿寒湖のサンプルは主軸細胞が他より太く, 変異幅も大きいのが目立った。どの採集地でも最末小枝細胞の長さの季節的变化は少く, 変異幅も小さかった。従って, 頂端生長は常に行われていると考えられる。一方, 主軸細胞の径と長さは季節的变化が大きかった。

藻体の全形と細胞形態の関係を見ると, 頂端生長が盛んで分枝が良く発達した房状の形態を示すもの (例えば千歳川1980年6月, Fig. 2-A) は, 主軸細胞が太くて (Fig. 4-B), 小枝細胞が細く (Fig. 5-B), これに対して, 介生長が盛んで長い網状の形態を示すもの (例えば千歳川1979年7月, Fig. 3-E, 空知川1980年10月) は, 主軸と最末小枝細胞の径が大差なく (Figs. 4-B, C, 5-B, C), 細胞は短かった (Figs. 6-B, C, 7-B, C)。

SAKAI (1964) は *C. crispata* と *C. glomerata* をともに阿寒湖から採集した。両種の違いの第1に, *C. crispata* は生長するにつれ着生から浮遊に転じ, *C. glomerata* は着生したままであること, 第2に前者の細胞がより細長いことを挙げている。日本淡水藻図鑑 (広瀬・山岸1977) の両種に関する記述もほぼ同じである。ところで, 著者は網走湖で1979年7月に, 着生あるいは浮遊する *Cladophora* を採集した。それは黄緑色でもろく, 細胞が細長く, 分枝は少く, *C.*

crispata として報告した (NAKAMURA-NIYAMA 1982)。今回、著者が阿寒湖で観察・採集した藻体のうち、古いものは *C. crispata* とされてきたものに類似し、また網走湖の *Cladophora* によく似ている。しかし、阿寒湖の若い藻体は河川に生育する *Cladophora* と区別できなかつた。また、阿寒湖と3河川の *Cladophora* の細胞の径を比べると、小枝細胞は差異が小さく、主軸細胞は阿寒湖の方がむしろ太かつた。

河川と湖の藻体を比較すると、次の3点で僅かに異なる。1. 河川の藻体より湖の藻体の方が色がやや明るい。2. 湖の藻体は生育後期に浮遊する。3. 河川の藻体では介生生長が見られる。従って現段階では、以上の差異を考慮して、河川に生育するものを *C. glomerata* (L.) KÜTZING f. *glomerata*, 湖に生育するものを *C. glomerata* (L.) KÜTZING f. *crispata* (ROTH) NIYAMA comb. nov. とすることを提唱する。

ところで、*C. fracta* は分枝が疎で枝は短く、浮遊するといわれている (広瀬・山岸 1977)。著者はこのような形態のものを空知川のよどみで採集した (cf. Fig. 10-1)。その細胞径は主軸: 40-60 μm , 最末小枝: 24-32 μm である。また、日本で従来 *C. fracta* とされていたものは、主軸: 90-100 μm , 小枝: 40-65 μm で (SAKAI 1964, 広瀬・山岸 1977), BRAND (1906; 最末小枝 11 μm) や VAN DEN HOEK (1963; 主軸: 50-80 μm , 最末小枝: 17.5-38 μm) の *C. fracta* の記載に比べると太い。著者の得た値は VAN DEN HOEK (1963) の値に近いが、日本の *C. fracta* についてはこれからの研究が必要である。

終りに、日頃御指導頂き、また論文を校閲して頂いた元北海道大学教授黒木宗尚博士に感謝致します。また、採集に協力頂いた大崎万治氏 (現愛知県立知多高等学校教諭) と新山 馨氏 (現林業試験場) に感謝致します。

引用文献

- BRAND, F. 1899. *Cladophora*-Studien. Bot. Centralbl. 79: 145-152, 177-186, 209-221, 287-311.
- BRAND, F. 1902. Die *Cladophora-Aegagropilen* des Süßwassers. Hedwigia 41: 34-71.
- BRAND, F. 1906. Über *Cladophora crispata* und die Section *Aegagropila*. Hedwigia 45: 241-259.
- BRAND, F. 1909. Zur Morphologie und Biologie des Grenzgebietes zwischen den Algen-gattungen *Rhizoclonium* und *Cladophora*. Hedwigia 48: 45-73.
- BRAND, F. 1913. Über *Cladophora humida* n. sp., *Rhizoclonium lapponicum* n. sp. und deren bostrychoide Verzweigung. Hedwigia 53: 179-183.
- 広瀬弘幸・山岸高旺編 1977. 日本淡水藻図鑑。内田老鶴圃新社, 東京.
- HOEK, C. VAN DEN. 1963. Revision of the European species of *Cladophora*. B.J. Brill., Leiden.
- NAKAMURA-NIYAMA, Y. 1982. Phytoplankton in Lake Abashiri. Environ. Sci. Hokkaido 5: 221-282.
- SAKAI, Y. 1964. The species of *Cladophora* from Japan and its vicinity. Sci. Pap. Inst. Algol. Res. Hokkaido Univ. 5: 1-104.