

淡水産ラフィド藻の日本における分布とその生育に及ぼすpHの影響

加藤季夫

国学院大学自然科学研究室 (150 東京都渋谷区東4-10-28)

Kato, S. Geographic distribution of freshwater raphidophycean algae in Japan and the effect of pH on their growth. Jpn. J. Phycol. 39: 179–183.

Six members of freshwater raphidophycean algae, *Vacuolaria virescens* Cienkowski var. *virescens*, *V. virescens* var. *minuta* Skuja, *V. viridis* (Dang.) Senn, *Gonyostomum semen* (Ehr.) Diesing, *G. latum* Iwanoff and *Merotricha bacillata* Mereschkowsky were collected from 17 localities in Japan. The growth of these algae was examined at different pH levels in AF-6 medium to which was added the hydrogen ion buffer (PIPES). All of these algae could not survive at pH 8.0 or higher. The results of this experiment suggest that pH is an important factor in determining the geographic distribution of freshwater raphidophycean algae.

Key Index Words: culture—freshwater raphidophycean algae—geographic distribution—*Gonyostomum*—growth—*Merotricha*—pH—*Vacuolaria*.

Sueo Kato, Laboratory of Natural Science, Kokugakuin University, Higashi 4-10-28, Shibuya-ku, Tokyo, 150 Japan

淡水産のラフィド藻は比較的希産の藻とされており (Heywood 1968), わが国でもわずかに北海道で豊田泥炭地湿原や釧路オンネナイ水ゴケ湿原などの6カ所 (Hada 1959, 庵谷1970), 本州で茨城県の霞ヶ浦や東京都大田区の宝来公園内の池などの4カ所 (原ほか1978, Kato 1983) の計10カ所から採集されているにすぎない。筆者は日本各地で淡水藻の採集をおこなった際に、既に報告した3カ所 (Kato 1983) に加え、新たに14カ所の計17カ所で日本新産の *V. virescens* var. *minuta* を含む5種1変種の淡水産ラフィド藻を採集することができた。また、それらのクローン培養株も得ることができた。ラフィド藻の生息地はいずれも弱酸性～弱アルカリ性であり、この藻の生育や分布にはpHが大きく影響していると考えられることから、今回得られた5種1変種のクローン培養株7株を用いてpHとその生育との関係を調べたのでその結果を上記の17カ所の産地とともに報告する。

材料と方法

採集は1977年から1988年までの間に主として東日本の湖、池、沼などで大型ビベット、おもりを付けた大形ポリ瓶およびバンドン式採水器を用いて行った。採集した試料は低温に保って持ちかえり、直ちに顕微鏡で観察し、ラフィド藻の有無を調べた。

実験には、ピペット洗浄法で単離し、AF-6培地 (加藤1982) にpH緩衝剤のPIPES (ピペラジン-N, N-ビス [2-エタンスルホン酸]) を1mMの濃度になるように加えた培地 (pH 6.7) で継代培養した以下のラフィド藻を用いた: *V. virescens* var. *virescens* のR-12株 (茨城県土浦市郊外の安塚大地, 1978年8月16日採集), *V. virescens* var. *minuta* のR-1020株 (茨城県つくば市の乙戸沼, 1985年8月22日採集), *V. viridis* のR-352株 (東京都大田区の宝来公園内の池, 1978年8月31日採集), *G. semen* のR-424株 (茨城県取手市郊外の中沼, 1978年9月7日採集), *G. latum* のR-336株 (東京都文京区の旧東京教育大学講内の池, 1978年7月23日採集) とR-1002株 (東京都港区の有栖川公園内の池, 1985年8月2日採集) および *M. bacillata* のR-339株 (青森県五所が原市郊外の二ノ沢溜池, 1978年7月29日採集)。継代培養は温度20°C, 12時間明期・12時間暗期の明暗周期, 照度は *V. virescens* var. *virescens*, *V. viridis* および *G. semen* では1500 lux, また, *V. virescens* var. *minuta*, *G. latum* および *M. bacillata* では3000 luxの条件下で行った。

実験では接種後のpHが3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5になるように調節した培地 (AF-6培地にPIPESを加えた培地) を10ml入れた試験管をそれぞれ3本用意し、次にこれらの試験管に細胞数が25–50個/mlになるように7株のラフィド藻を接種

して、継代培養と同じ条件下で培養した。観察は毎日行い、2週間後にその生死を調べた。なお、pHの測定は野外ではpH比色計（共立理化、PCR型）を、培地ではpHメーター（堀場製作所、L-7LC型）をそれぞれ用いた。また、細胞数の測定には血球計算盤（白血球用）、容積0.1 mlのガラス製チェンバー（10 mm×10 mm×1 mm）および容積1 mlのラフター・チェンバー（50 mm×20 mm×1 mm）を用いた。

結 果

(1) 日本における分布：Fig. 1とTable 1に示された北海道、東北、関東および中部地方の17カ所でラフィド藻の *V. virescens* var. *virescens*, *V. virescens* var. *minuta*, *V. viridis*, *G. semen*, *G. latum* および *M. bacillata* の5種1変種が得られた。

北海道渡島支庁七飯町の道路わきの小さな沼からは *V. virescens* var. *virescens*, *G. semen* および *M. bacillata* の3

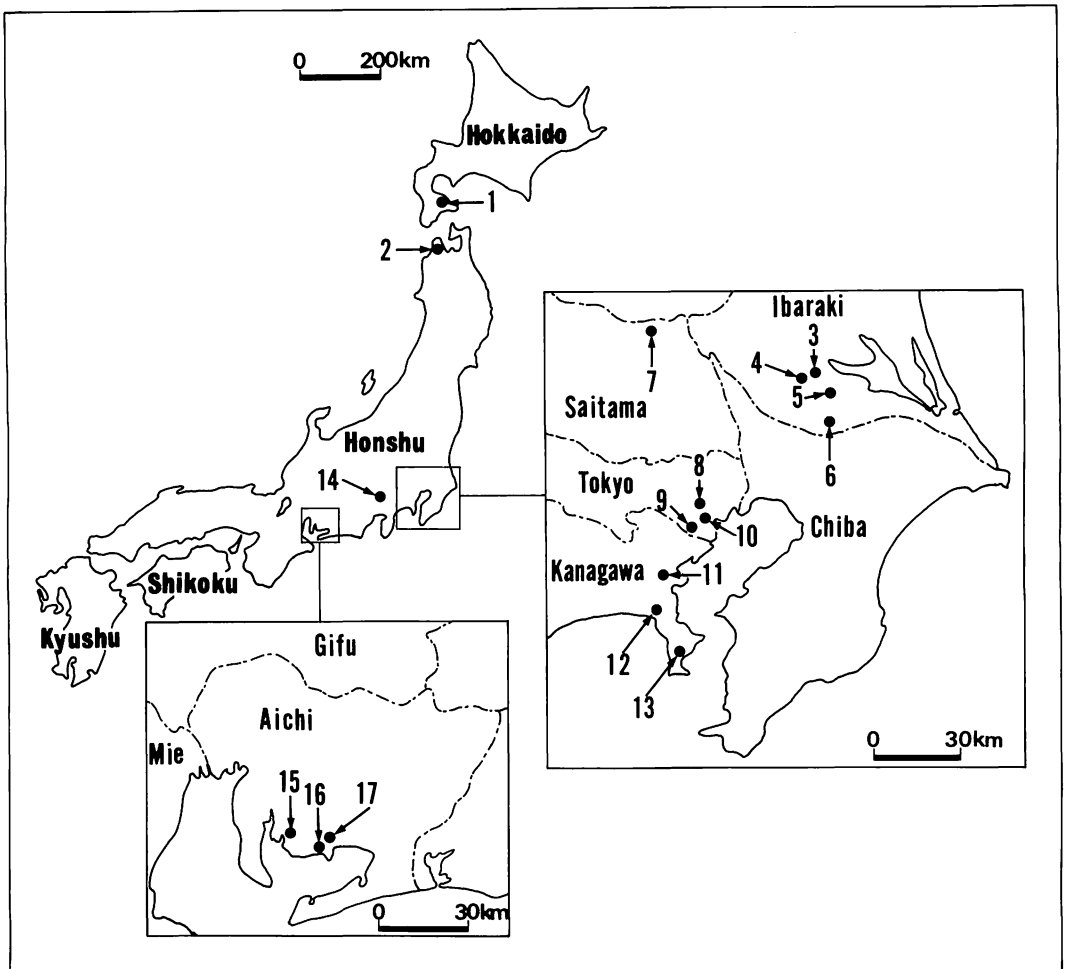


Fig. 1. Map showing the localities where freshwater raphidophycean algae were collected. Numbers of the localities correspond with those in Table 1. 1. A roadside small swamp, Nanae-cho, Oshima, Hokkaido. 2. Ninosawa tameike pond, Goshogawara, Aomori. 3. Shishizuka-ooike pond, Tsuchiura, Ibaraki. 4. Otsutonuma swamp, Tsukuba, Ibaraki. 5. Hebinuma swamp, Ryugasaki, Ibaraki. 6. Lake Nakanuma, Toride, Ibaraki. 7. Hozojinuma swamp, Hanyu, Saitama. 8. A small pond, the former Tokyo Kyoiku University campus, Tokyo. 9. A pond, Horai Park, Tokyo. 10. A small pond, Arisugawa Park, Tokyo. 11. Kamiyabeike pond, Yokohama, Kanagawa. 12. Meotoike pond, Kamakura, Kanagawa. 13. Komatsugaik pond, Miura, Kanagawa. 14. Lake Kawaguchi, Yamanashi. 15. A small pond, Hachiman Shinto Shrine, Komi-cho, Nishio, Aichi. 16. Kandaike pond, Gamagori, Aichi. 17. Bankakuike pond, Gamagori, Aichi.

Table 1. Collection data at each locality.

Locality No.	Date	Species	pH
1	Aug. 29, 1983	<i>V. virescens</i> var. <i>virescens</i> <i>G. semen</i> <i>M. bacillata</i>	7.1
2	July 29, 1978	<i>M. bacillata</i>	6.9
3	Aug. 16, 1978	<i>V. virescens</i> var. <i>virescens</i>	7.1
	May 29, 1984	<i>V. virescens</i> var. <i>virescens</i> <i>M. bacillata</i>	6.9
	Nov. 8, 1984	<i>V. virescens</i> var. <i>virescens</i> <i>M. bacillata</i>	6.8
4	Aug. 22, 1985	<i>V. virescens</i> var. <i>minuta</i>	7.2
5	June 18, 1978	<i>G. semen</i>	7.2
6	Sept. 7, 1978	<i>G. semen</i>	6.7
7	July 29, 1981	<i>V. virescens</i> var. <i>virescens</i>	6.5
8	July 23, 1978	<i>V. viridis</i> <i>G. latum</i>	7.2
9	Aug. 31, 1978	<i>V. viridis</i> <i>G. latum</i>	6.8
10	Aug. 2, 1985	<i>G. latum</i>	7.3
11	Aug. 24, 1988	<i>G. latum</i>	7.3
12	May 24, 1981	<i>G. latum</i>	7.4
13	Apr. 18, 1979	<i>G. latum</i>	7.2
14	May 25, 1982	<i>G. semen</i>	7.4
15	Aug. 15, 1987	<i>V. viridis</i>	6.9
16	July 28, 1979	<i>G. semen</i>	6.9
17	July 28, 1979	<i>G. semen</i>	6.7

V., *Vacuolaria*; *G.*, *Gonyostomum*; *M.*, *Merotricha*.

種が得られ、3種ともその個体数は1ml中に数細胞と少なかった。青森県五所が原市郊外の二ノ沢溜池からは*M. bacillata*が得られ、その個体数は1ml中に1細胞以下とかなり少なかった。2カ所とも採集してから観察するまで2日間あり、さらにラフィド藻は死滅しやすいことから採集時での個体数はもっと多かったと推測される。茨城県土浦市郊外にある農業用溜池の宍塚大池からは*V. virescens* var. *virescens* および*M. bacillata*の2種が得られた。その個体数は1ml中に*V. virescens* var. *virescens* では50-200細胞、*M. bacillata* では15-30細胞と比較的多かった。茨城県つくば市にある乙戸沼からはSkuja (1964)の原記載以外にその報告がなされていない*V. virescens* var. *minuta*が得られ、その個体数は1ml中に1細胞以下とかなり少なかった。茨城県竜ヶ崎市郊外の蛇沼および茨城県取手市郊外の中沼の2カ所からは*G. semen*が得られ、ともにその個体数は1ml中に数細胞と少なかった。中沼において

は表面近くからは採集できず、水深6-8mの層のみから得られた。埼玉県羽生市郊外にある農業用掘割の宝蔵寺沼からは*V. virescens* var. *virescens*が得られ、その個体数は1mlあたり2-3細胞と少なかった。東京都文京区の旧東京教育大学講内の占春園の池からは*V. viridis*と*G. latum*の2種が得られ、その個体数は1ml中に*V. viridis*が1560細胞、*G. latum*が430細胞とかなり多かった。東京都大田区の宝来公園内の池からは占春園の池と同様*V. viridis*と*G. latum*が得られ、その個体数も1ml中に*V. viridis*が2420細胞、*G. latum*が670細胞とかなり多かった。東京都港区の有栖川公園内の池、神奈川県横浜市戸塚区にある上矢部池、神奈川県鎌倉市郊外の夫婦池および神奈川県三浦市南下浦町にある農業用溜池の小松ヶ池の4カ所からは*G. latum*が得られたが、その個体数はいずれも1ml中に数細胞と少なかった。山梨県南都留郡の河口湖の岸辺近くからは*G. semen*が得られたが、その個体数は1ml中に

2-3細胞と少なかった。愛知県西尾市巨海町の八幡神社境内の池からは *V. viridis* が得られ、その個体数は 1 ml 中に 1840 細胞とかなり多かった。愛知県蒲郡市西浦町にある農業用溜池の神田池と愛知県蒲郡市一色町にある農業用溜池の板角池の 2 カ所から *G. semen* が得られたが、その個体数は 1 ml 中にそれぞれ 2-3 細胞および 1-2 細胞と少なかった。なお、実塚大池、占春園の池および宝来公園内の池の 3 カ所については、すでにラフィド藻の *Vacuolaria* 2 種の出現を報告しているが (Kato 1983)、他に *Gonyostomum* や *Merotricha* も出現したのでここにあらためて報告しておく。

(2) 生育に及ぼす pH の影響: Fig. 2 に pH 3.5 から pH 8.5 までの 11 段階に pH を調節した培地における接種後 2 週間目 (継代培養条件下では対数増殖期中期) の 7 株のラフィド藻の生存範囲が示されている (3 本の試験管のうち 1 本でも生存していた場合も生存範囲に入れた)。

V. virescens var. *virescens* の R-12 株では pH 4.0 から 7.5 までの範囲で生存しており、pH 3.5 および 8.0 以上では死滅していた。また、pH 4.0 と 7.5 では接種時と比べてほとんど細胞数の増加はみられず、さらに、pH 4.0 では細胞は球形をし、ゼラチン状の鞘で覆われて遊泳していなかった。*V. virescens* var. *minuta* の R-1020 株では pH 4.5 から 7.5 までの範囲で生存しており、pH 4.0 以下および 8.0 以上では死滅していた。*V. viridis* の R-352 株では pH 4.5 から 7.0 までの範囲で生

存しており、pH 4.0 以下および 7.5 以上では死滅していた。

G. semen の R-424 株では pH 4.0 から 7.5 までの範囲で生存しており、pH 3.5 および 8.0 以上では死滅していた。また、pH 7.5 では破裂した細胞の残骸が多数みられた。*G. latum* の R-366 株では pH 4.5 から 7.5 までの範囲で生存しており、pH 4.0 以下および 8.0 以上では死滅していた。さらに、pH 4.5 ではパルメラ状になり、遊泳していなかった。一方、R-1002 株では pH 4.0 から 7.5 までの範囲で生存しており、pH 3.5 および 8.0 以上では死滅していた。さらに、pH 4.0 と 4.5 ではパルメラ状になり、遊泳しておらず、pH 4.0 では接種時より細胞数は減少していた。

M. bacillata の R-339 株では pH 4.0 から 7.5 までの範囲で生存しており、pH 3.5 および 8.0 以上では死滅していた。また、pH 4.0 ではほとんど増殖せず、遊泳していなかった。さらに、pH 7.5 では接種時より細胞数は減少していた。

実験に用いた 7 株のラフィド藻では、接種後 2 週間目には死滅していた pH の培地中でも接種直後にはその藻体に変化はみられず、接種後 1 日目でも活発に遊泳していた。しかし、2 日目には変化が現れ、pH の低い方の培地中では藻体が褐色になって遊泳しなくなった。一方、pH の高い方の培地中では緑色のまま藻体が破裂しはじめた。なお、培地の pH の変化は小さく、接種後 2 週間目でもその変化が最大 0.2 を越える

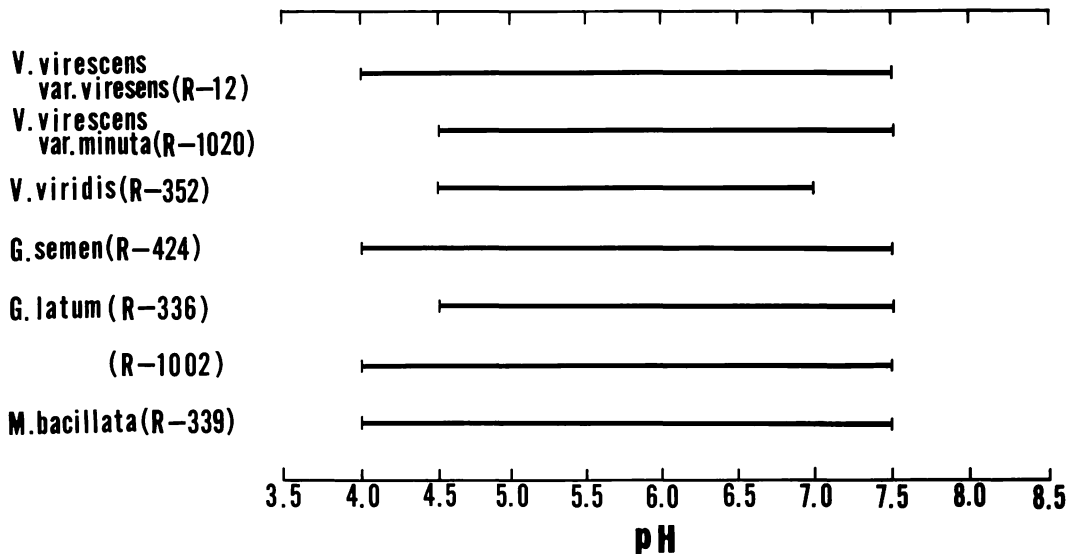


Fig. 2. Relationship between pH and the growth of freshwater raphidophycean algae. The bars indicate the range of pH in which the algae existed.

ことはなかった。

考 察

今回新たにラフィド藻の生息が確認された14カ所とすでに筆者により報告されている3カ所(Kato 1983)の計17カ所はいずれもそのpHが6.5-7.4で、それらの近くに存在していた他の池沼とくらべてpHが低いという共通性がみられた(Table 1)。さらに, Hada (1959) や庵谷 (1970) によってその生息が報告された北海道の泥炭地や水ゴケ湿原内の池沼のpHが5.8-7.0であること, ヨーロッパやアメリカでの生息地が酸性~中性であること (Heywood 1968) などから, この藻の分布にはpHがきわめて大きく影響しており, 特に, アルカリ性の水域では生育しにくいものと思われるが, この点について何も調べられていない。そこで, 酸性域からアルカリ性域の広い範囲においてpHの緩衝作用をもち, さらにラフィド藻の生育に影響を与えないpH緩衝剤のPIPESを加えたAF-6培地を用いて, 培地のpHと5種1変種のラフィド藻の生育との関係を調べた。その結果, これらのラフィド藻は酸性側では広い範囲で生育できるのに対して, アルカリ性側では狭い範囲でしか生育できず, pH 8.0以上ですべてが死滅しており, 実験的にも淡水産のラフィド藻はアルカリ性の水域では生育しにくいことが確かめられた。このことは, pHがこの藻の分布を決定する極めて重要な要因となっていることを示している。

今回筆者は東日本の日本海側や西日本ではほとんど

採集をおこなっていないが, これらの地域でも酸性~弱アルカリ性の池沼にはラフィド藻が生息している可能性は大きいと考えられる。

終わりに, 本研究を行うにあたり逐次便宜をはかってくださった日本大学農獣医学部の山岸高旺教授, 大島海一助教授およびラフィド藻の採集にあたり貴重な助言をくださった筑波大学生物科学系の原慶明助教授に深く感謝いたします。

文 献

- Hada, Y. 1959. The flagellata of freshwater plankton in Hokkaido. Bull. Suzugamine Women's Coll. Ser. N. S. No. 6: 21-69.
- 原 慶明・斉藤 実・千原光雄 1978. 筑波研究学園都市地区の藻類相 IV. 霞ヶ浦におけるプランクトンの種組成とその垂直分布と日変化. 筑波の環境研究 3: 117-124.
- Heywood, P. 1968. Studies on the Chloromonads. Ph. D. Thesis, University of London.
- 庵谷 晃 1970. 北海道産緑色鞭毛藻類. 藻類 18: 137-141.
- 加藤季夫 1982. *Colacium vesiculosum* Ehr. の培養と形態. 藻類 30: 63-67.
- Kato, S. 1983. Laboratory culture and taxonomy of two species of *Vacuolaria* (Class Raphidophyceae). J. Jap. Bot. 58: 151-156.
- Skuja, H. 1964. Grundzüge der Algenflora und Algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in Schwedisch-Lappland. Nova Acta R. Soc. Scient. Upsal. 18(3): 1-465.

