

水草による藻類に対するアレロパシー効果

秋山 優*・国井 秀伸**

(* 島根大学教育学部 ** 島根大学理学部)

陸上に生育する種子植物の間ではその相互作用のひとつとして、これら植物の産生する二次代謝産物によるアレロパシー効果(他感作用)があることがよく知られており(Rice, 1979, 1984)、またこれらの現象の化学的要因についてもかなり明らかにされつつある(Thompson, 1984; Putnam & Tang, 1986; Harborne, 1986)。一方、水生生態系に於けるこのような現象については比較的その研究が少ないが、Szczepanska (1971) および Szczepanski (1971, 1977) は *Phragmites communis* に対する *Typha latifolia*, *Equisetum limosum* などの抽水植物間のアレロパシー現象について、また Agami & Waisel (1985) は *Najas marina*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton lucens* などの沈水植物間のアレロパシー現象について報告している。

このような高等植物間の相互作用の他に、LaLonde (1970) は *Nuphar luteum* によるバクテリアに対する抗生作用の存在とその有効物質が含硫アルカロイドであることを報告しており、さらにその後 Su et al. (1973 a, b) はミネソタ産の24種の水草について検討の結果、これら水草の大部分の種についてバクテリアに対する抗生作用の存在を認めており、特に *Nymphaea tuberosa* の *Mycobacterium* に対する有効成分としては methylgalate であることを指摘している。

このような水草類によるバクテリアに対する抗生作用と関連して、Hasler & Jones (1949) は水草の繁茂によるワムシや藻類プランクトンの増殖が抑制されることを報告している。またその後宝月ら (1960) はクロモ、セキショウモ、ガガブタなどを水栽培した培養液および、水草の繁茂する手賀沼の湖水の加圧熱処理効果から、これら試水には *Chlorella* に対する生長阻害効果のあることを認めているが、その原因物質については明らかにしていない。今回はこのような視点から、いくつかの水草類について藻類プランクトンの生長に対するアレロパシー効果の詳細と、さらにその効果物質についての検討を試みた。

材料および方法

今回試供された材料は、松江産のスイレン科(4)、ヒシ科(1)、ヒルムシロ科(4)、ミズアオイ科(1)、リンドウ科(1)、ゴマノハグサ科(1)、トチカガミ科(2)、マツモ科(1)、タヌキモ科(1)、ウキクサ科(1)、アカウキクサ科(1)で、総計18taxaについての検討を試みた。二次代謝産物による直接的な藻類の生長に対する効果については、これら試料の生体ペースト(1gの生体をすりつぶしたものをあらかじめ寒天培地上に培養した被検藻類の中心上に直接塗布するか、アセトン抽出物(5gの生体に20mlのアセトンを加え24時間後にろ過)の0.5mlをグラスファイバー(径1cm)上に滴下後乾燥させたものを、寒天培地上の被検藻類上に設置し、培養(20°C, 12-12明暗, 2000ルクス)2週間後に於ける生長阻止帯の幅を測定した。生育環境水のアレロパシー効果については1) 試水のオートクレーブによる加圧熱処理(120°C, 20分)、2) オクタデシルシラン(C18)カラム(SEPPAK カートリッジ)による試水中の有機物の吸着処理効果の有無を、未処理の試水とともに液体培地としてこれに10%のBBM(Bold, 1970)液を添加し、また被検藻類として *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Monoraphidium* sp. を用いてそれぞれの生長量をクロロフィル量として測定(SCOR-UNESCO, 1964)、比較検討した。

生体成分の分析として、タンニンについては鉄錯塩による比色法(日本食品工業学会, 1982)および高速液体クロマトグラフィー(島津CLC-ODS, 40°C, メタノール1ml/min.)による測定を、またシュウ酸については細管式等速電気泳動分析装置(島津IP-3A)により測定を行った。

結果と考察

1) 水草成分による藻類の生長阻害効果: 今回検討された18taxaの水草抽出物の藻類の生長に対する効果ならびにこれら水草中のタンニンおよびシュウ酸含量については表1に示すような結果が得られた。この結果からみると、生体ペーストの場合全試料の阻止帯の平均値は1.70 (sd=2.71) で、阻害効果の顕著なもの

ムによる吸着処理により試みた。また湖水による阻害効果は、未処理の場合との比によった。その結果は表2に示すように、水草の繁茂する湖沼では比較的その阻害効果が大きく、なかでも楽山池(スイレン)が最大であり、これに対して水草の少ない浮布池や楽山堤では殆ど変化が見られないかあるいは逆に処理効果として生長が悪くなる結果も得られている。一般的に農作地帯では残留農薬等特に除草剤の影響なども考慮しなければならない。このような視点からみるとこれらの湖沼の中でも、楽山池、姫逃池、浮布池については農薬の影響を殆ど受けることがなく、ある程度信頼のおける代表的な結果として考えることができるので、今回は楽山池の湖水中における藻類生長阻害物質として考えられるタンニンの存在についての検討を試みた。その結果、湖水中の有機物質をオクタデシルシランのカラムで吸着後メタノール抽出液についての高速度液体クロマトグラムで分析の結果、基準物質(タンニン酸: $R_t=2.92$)とはほぼ同程度の R_t 値(2.80)を示す物質が検出されたが、今回はその定量的な詳細についての検討は試みなかった。

楽山池におけるこのような藻類の生長に対する阻害効果の季節的な動態について、前述のような加圧熱処理法(阻害率はHarris, 1971による)ならびにアセトン抽出物によるペーパーディスクテストの結果(阻止帯の幅)、さらにスイレン中のタンニンおよびシュウ酸の含有量の変化をみると図4に示すように極めて密接な関係があるのが認められた。

4) 水草堆積物の藻類の生態におよぼす影響: これまでに述べたように水草類の多くの種が、藻類の生長に対して阻害的な効果を持つことが明らかにされた。そこでこのような水草類を主体とした湖底堆積物が藻類の生長に対してどのような効果があるかについての検討を試みた。このような現象の一つとしてすでにLivingston(1905)はいわゆるbog waterのような腐植質を含んだ水

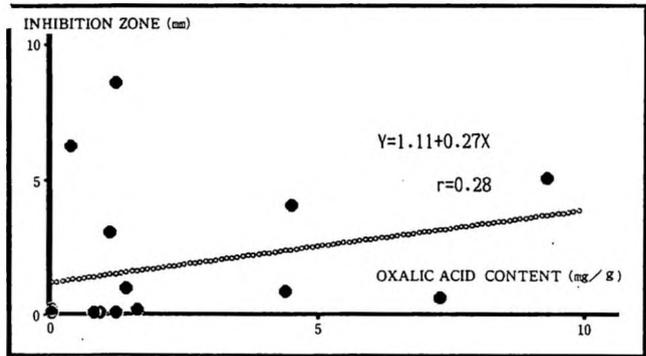


図2. 水草中のシュウ酸含量とアセトン抽出物による *Chlorella* sp. に対する生長阻害効果(ペーパーディスクテストでの阻止帯幅)との相関関係。

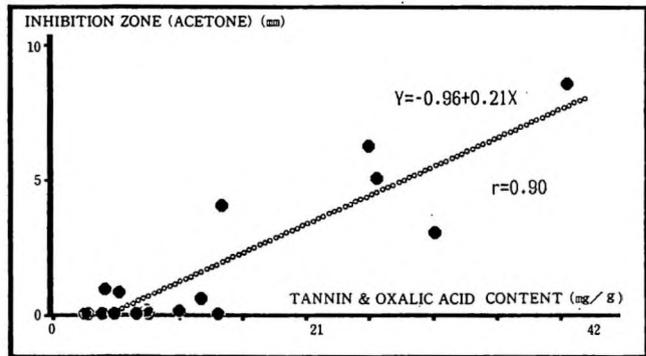


図3. 水草中のタンニン含量とシュウ酸含量の和とアセトン抽出物による *Chlorella* sp. に対する生長阻害効果(ペーパーディスクテストでの阻止帯幅)との相関関係。

表2. 湖水の加圧熱処理および有機物吸着処理効果(値はコントロールに対する処理結果の比を示す)

湖沼名(水草優占種)	加圧熱処理	有機物吸着処理
楽山池(スイレン)	3.39	3.35
春日池(ヒシ)	1.11	1.67
北池(ヒシ)	1.84	1.90
柄杓池(オニバス、ヒシ)	1.03	1.39
姫逃池(スイレン)		
ジュンサイ)	1.43	1.96
平均値	1.84	2.08
浮布池(極少)	1.1	1.48
楽山堤(無)	0.77	0.59
平均値	0.94	1.04

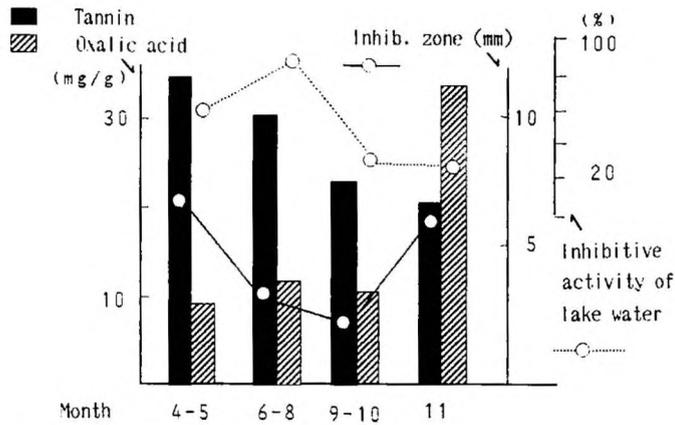


図4. 楽山池産スイレンのタンニン含量 (■×1) およびシュウ酸含量 (▨×0.1) の季節的变化ならびにアセトン抽出物によるペーパーディスクテスト (—○—) および湖水の加圧熱処理効果 (……○……) の季節的変動。

に、緑藻類の形態形成に対する毒性効果のあることを指摘している。また最近ではHino & Ando (1981) は湖底堆積物中から *Chlorella pyrenoidosa* に対する生長阻害効果物質として没食子酸、プロトカテキン酸、クマール酸などいくつかの物質を検出している。

今回は特に水草を主体とした湖底堆積物として、島根県三瓶山姫逃池(スイレン、ジュンサイが優占)および浮布池(珪藻類を主体とした堆積物)両湖沼の堆積物ならびに湖水(藻類プランクトンの自然集団を含む)を使い、メンブレンフィルター(孔径 $0.45\mu\text{m}$)で仕切られた2室が相接する2相培養法により、底質環境の組替え実験を試みた。

その結果図5に示すように、正常の組み合わせである浮布池堆積物(Us)と接する浮布池プランクトン(U_p)のクロロフィル生産量は姫逃池堆積物(Hs)と接した場合著しく抑制されており、一方姫逃池プランクトン(H_p)についても正常の組み合わせである姫逃池堆積物(Hs)と接する場合に比較して浮布池堆積物(Us)に接するほうが著しくクロロフィル生産が促進されていることが認められる。これらの結果から明らかに水草を主体とする姫逃池堆積物中には藻類の生長に対する阻害効果があることが指摘できる。このような水草を主体とした堆積物に含まれる藻類の生長に対する阻害効果物質については、水草中のタンニンやシュウ酸などの代謝産

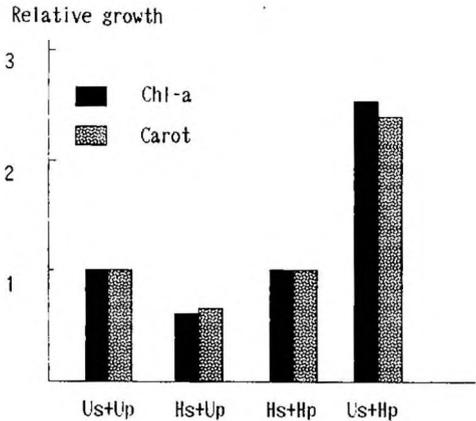


図5. 浮布池(U)と姫逃池(H)の湖水(p)および堆積物(s)をもちいたクロロフィル(Chl-a)ならびにカロチノイド(Carot)生産におよぼす底質環境の組替え効果。

物ばかりでなく、Hino & Ando (1981) らが指摘するようなフェノール系化合物など多くの要因が考えられるが、今回はその詳細についての検討は試みなかった。

さらにこれらの培養結果についてその藻類の種構成の面からみると図6に示すように、正常な組み合わせ(Us+Up)の場合 *Oscillatoria*, *Eunotia*などを優占する群落であるのに対して、底質環境の組替え(Hs+Up)

によってこれが *Nitzschia*, *Coelosphaerium*などを優占する全く異なった藻類群落へとフロラの変換が誘起されたことは極めて興味深いものと考えられる。

文 献

Agami, M. & Waisel, Y. (1985): Inter-relationship between *Najas marina* and three other species of aquatic macrophytes. *Hydrobiologia* 126:169-173.

Bold, H. C. (1970): Some aspects of the taxonomy of soil algae. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 175: 601-616.

Harborne, J. B. (1981): Recent advances in chemical ecology. *Nat. Product. Rep. (R. S. C.)* 3: 323-344.

Harris, D. O. (1971): Growth inhibitors produced by the green algae (Volvocaceae). *Arch. Mikrobiol.* 76: 47-50.

Hasler, A. D. & Jones, E. (1949): Demonstration of the antagonistic action of large aquatic plants on algae and rotifers. *Ecology* 30: 359-364.

Hino, S. & Ando, K. (1981): The influence of high molecular organic substances in sediments on the green alga *Chlorella pyrenoidosa* Chiek. *Jpn. J. Phycol.* 29: 181-187.

宝月欣二・岡西良治・菅原久枝 (1960): 植物プランクトンと大形水生植物との拮抗的關係について。 *陸水雑* 21: 124-130.

LaLonde, R. T. (1970): Aquatic plant chemistry, its application to water pollution control. *FWPCA Review Water Resources Rec. Catalog* 5: 1-40.

Livingston, B. E. (1905): Physiological properties of bog water. *Bot. Gaz.* 39: 348-345.

日本食品工業学会編 (1982): 食品分析法 pp. 813-816. 光琳

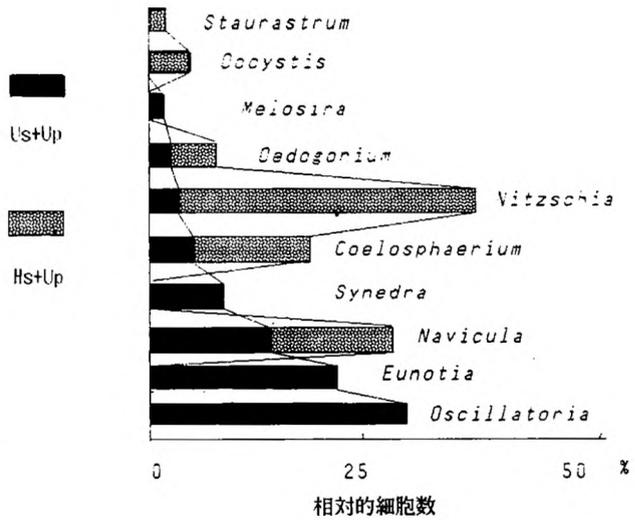


図6. 浮布池湖水 (Up) 中の藻類プランクトン自然集団の構成におよぼす浮布池堆積物 (Us) および姫逃池堆積物 (Hs) をもちいた底質環境の組替え効果。

Ostrofsky, M. L. & Zeidler, E. R. (1986): Chemical defences in aquatic plants. *J. Ecol.* 74: 279-287.

Putnum, A. R. & Tang, C.-S. (1986): The science of Allelopathy. pp. 317. J. Wiley & Sons.

Rice, E. L. (1979): Allelopathy, an update. *Bot. Rev.* 45: 51-65.

—— (1984): Allelopathy. (2nd ed.) pp. 422. Academic Press.

SCOR - UNESCO (1966): Determination of photosynthetic pigments in sea-water. pp. 69. UNESCO, Paris.

Su, K. L., Abul-Hajj, Y. & Staba, E. J. (1973-a): Antimicrobial effects of aquatic plants from Minnesota. *Lloydia* 36: 80-87.

——, Staba, E. J. & Abul-Hajj, Y. (1973-b): Preliminary chemical studies of aquatic plants from Minnesota. *Lloydia* 36: 72-79.

Szczepanska, W. (1971): Allelopathy among the aquatic plants. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 18

: 17—13.

Szczepanski, A. (1971) : Allelopathy and other factors controlling the macrophytes production. *Hydrobiologia* (Bucar.) 12 : 193—197.

—— (1977) : Allelopathy as a means of biological control of water weeds. *Aquat. Bot.*

3 : 193—197.

Thompson, A. C. (1985) : *The Chemistry of Allelopathy*. pp. 317, J. Wiley & Sons.

Wrobel, J. T. (1967) : Nuphar alkaloids. In : *The alkaloids : chemistry and physiology*. (ed.) Manske, R. H. F. Academic Press.

抄録 Aquatics Vol.10, No. 1 (1988)

The Florida Aquatic Plant Industry (K. Romie)

フロリダでは水生植物を扱う商売が1950年代後半から1960年代前半に始まり、今日では許可された業者が30ある。このうちの12の業者は輸入も行なっており、年商は約600万ドルと見積もられている。フロリダの気候は水生植物にとって好適であり、多くの在来種あるいは帰化種が州内の水体に生育している。植物の輸入が行なわれた当初は公的な規制が無く、その結果クロモなどの有害となる種を含む200種以上の外来種が州に入り込んだと推定されている。1971年に州の規制法ができたがその規制は緩く、熱帯魚屋が繁盛する限り今後とも水草を扱う業者も一緒に繁盛するであろう。

Recent Infestations of Chinese Water Spinach (*Ipomoea aquatica*) in South Florida (J. Lamia)

東南アジア、台湾および中国南部を原産地とするこのサツマイモ属の水生植物は、フロリダの水路を塞ぐ恐れがあり、州の法律によりその移入、栽培、収集、売買などが禁止されている。それにもかかわらず、1987年12月にパームビーチで食用として栽培されていることがわかった。水生植物の管理をしている者にはこの植物は害を及ぼすものであることが自明であるが、食用の好ましい植物であると思っている者にとってはそうでない。害を及ぼす植物をフロリダの水路に定着させないためには植物についての正しい知識を広めなければならない。

Literature Review of Drawdown for Aquatic Plant Control (A. J. Leslie, Jr.)

湖沼における水抜き(干し上げ)は、水体の遷移と富

栄養化を防ぐために有効的に行なわれてきた。魚類に影響を与えずに水草を防除するためには水抜きの時間が問題であり、夏の後半から冬にかけてがよい。総じて沈水植物は制御されるが、抽水植物は増加するか、あるいは影響が無い。29の論文が引用されている。

Reunion in Florida—Hydrilla, a Weevil, and a Fly (G. R. Buckingham)

1987年は沈水植物の制御を目的に天敵昆虫を導入した年として記憶に留められるであろう。4月30日にゾウムシの *Bagous affinis* がフロリダのトホベカリガ湖に放たれ、10月29日には小型のハエ *Hydrellia pakistanae* がパトリック湖に放たれた。この二種ともクロモにたかっているのが1970年代前半にパキスタンで発見されたもので、多くの天敵昆虫のなかからその後の研究(他の植物に対する安全性などを含む)により選ばれたものである。現在、オーストラリア産のゾウムシなどが研究されている。新しい天敵昆虫が成果をおさめるまでには何年もの時間と努力が必要であるが、これは過去20年間にクロモの制御に費やした(無駄な)努力に比べればたいしたものではない。

Haller's Historical Highlights (B. Haller)

ホテイアオイの学名の由来についての短いコメント。ホテイアオイは1700年代中期に初めて採集され記載された植物である。当時は *Pontederia* 属に入れられていたが、多くの標本が揃った1842年にドイツの植物学者 C. S. Kunth が *Pontederia* 属から *Eichhornia* 属を独立させた。Kunth はプロシアの大臣であった John Albe-

Friedrich Eichhorn をたたえてこの新しい属名とした。種名の *crassipes* はラテン語で「丈夫、太った、厚い」などを表す *crassus* に由来しているらしい。

(37ページにつづく)