陰イオン界面活性剤がオオカナダモの光合成能及び呼吸能に与える影響

徳 永 隆 司
(福岡県衛生公害センター)

1. はじめに

最近の水質汚濁問題では、工場排水よりも家庭排水による汚濁が頻繁に指摘されているにもかかわらず、いまだに家庭雑排水の多くが未処理のまま公共用水域に放流されているのが現状である。家庭雑排水中には、有機性の汚濁物質の他に有害な洗剤などが含まれており、河川、水路などに棲息する動植物、中でも移動が不可能な固着性の沈水植物は水中の溶存酸素の低下、[1]さらには洗剤中に含まれる界面活性剤などの影響を強く受けているものと考えられる。これら沈水植物の被害のうち、界面活性剤に関しての報告はなされていないので、家庭用洗剤の主成分である陰イオン界面活性剤をとりあげ、それらが、沈水植物のオオカナダモの光合成能及び呼吸能に与える影響について検討した。

2. 材料と方法

2. 1 水生植物及び界面活性剤

オオカナダモ *Egeria densa* Planch. は、あらかじめ実験室において次の要領で栽培した。チオ硫酸ナトリウムを添加して残留塩素を除いた水道水に硝酸カルシウム及びりん酸二水素カリウムを加えて、わが国の平均的水質[2]になるように調製した栽培水を用い、水温25℃、照度10 Klx（光源は三菱電機製植物栽培用けい光燈ルミグリーンＦＬ30ＰＧ）、14時間明、10時間暗の条件下で栽培した。また、ｎ－ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム（ＬＡＳ）は和光純薬製ＡＢＳ測定用、ラウリル硫酸ナトリウム（ＡＳ）は東京化成製、その他の界面活性剤はいずれも関東化学製を用いた。

2. 2 実験水

河川の水質をモデル化した生物化学的酸素要求量（ＢＯＤ）試験用標準希釈水（JIS K 0102）１ｌに対し0.68M硝酸ナトリウム溶液、0.33M重炭酸ナトリウム溶液及び微量元素液をそれぞれ１mlの割合で加えた。この実験水はＮ：10、Ｐ：9.6、Ｋ：12、Ca：9.9、Mg：2.2、Ｓ：2.9、Fe：0.05(mg／ｌ）を含み、これに各種界面活性剤を添加したものを供試水とした。

2. 3 光合成能の測定

オオカナダモから発生する気体を捕集できるように考案した光合成能測定びん（250ml、図１）に実験水を満たし、酸素の発生量が１mg程度になるように茎の生長点から約７cmの長さのオオカナダモを入れ、溶存酸素計で溶存酸素濃度を測定したのち、20℃、８Klxの条件下に３時間静置した。次にオオカナダモを静かに取り出し、直ちにウインクラー・アジ化ナトリウム変法（JIS K 0102）の溶存酸素固定試薬を加え、同法により溶存酸素濃度を求め、３時間静置前後の溶存酸素濃度の差から光合成速度Ａ（mg O_2／hr・g）を求めた。次に同一のオオカナダモを界面活性剤を添加した実験水を満たした光合成能測定びんに静かに移し、同様に光合成速度Ｂ（mg O_2／hr・g）を求め、この対照値である光合成速度Ａを100としたときの光合成速度Ｂの相対値（光合成指数）を算出し、界面活性剤の影響を検討した。

2. 4 呼吸能の測定

実験水を満たした溶存酸素測定びん（100ml，柴田化学製）に茎の生長点から25cmの長さのオオカナダモを入れ、溶存酸素計で溶存酸素濃度を測定したのち、20℃、３時間、暗条件下で静置した。その後、溶存酸素を測定し、３時間静置前後の溶存酸素濃度の差から呼吸速度Ｃ（mg O_2／hr・g）を求めた。次に同一のオオカナダモを界面活性

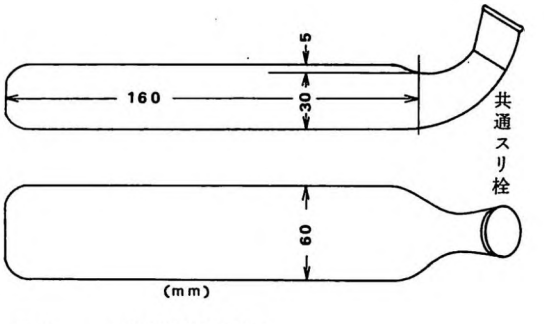

図1. 光合成能測定びん

剤を添加した実験水を満たした溶存酸素測定びんに静かに移し、同様に呼吸速度D（mg O_2/hr・g）を求め、この対照値である呼吸速度Cを100としたときの呼吸速度Dの相対値（呼吸指数）を算出し、界面活性剤の影響を検討した。

3. 結果と考察

3. 1 陰イオン界面活性剤が光合成能及び呼吸能へ与える影響

5種の界面活性剤の光合成への影響度を比較した結果を表1に示す。検討した界面活性剤は、濃度20mg/lにおいて、すべて対照より低い値を示し、光合成を抑制した。直鎖型アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム（LAS）が38.9と最も強く抑制し、次に分枝型アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ラウリル硫酸ナトリウム（AS）の順であった。しかし、LASの毒性はアルキル基の炭素数が12～16のときに最も強く、さらにフェニル基が端につくほど強くなること、ASの毒性は、アルキル基の炭素数が増加するほど強くなることが魚類などについて報告されていることから、[3]オオカナダモについても同様なことが考えられ、抑制程度は界面活性剤の同族体の種類によっていくらか異なってくるものと考えられる。次に、界面活性剤の呼吸能への影響度を比較した結果は表1のとおりで、界面活性剤の中では、LASが98.5と比較的低い値であったが、この時の対照の両側許容限界（p=0.99）は96.9～110であり、影響するとはいえず、すべての界面活性剤は高濃度の20mg/lにおいても、オオカナダモの呼吸能には影響を及ぼさなかった。

表1. 各種界面活性剤による光合成能及び呼吸能阻害

界面活性剤	光合成指数 平均値(x±S.E)	呼吸指数 平均値(x±S.E)
対照	101.2±2.8	102.1±2.5
n－ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム(LAS)	38.9±3.7	98.5±2.9
ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム	79.7±3.0	99.9±3.5
ラウリル硫酸ナトリウム(AS)	83.7±2.6	101.2±3.9
スルホこはく酸ジ2－エチルヘキシルナトリウム	85.5±1.8	100.7±3.1
ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸ナトリウム	86.6±1.7	100.2±3.3

n：6　濃度：20mg/l

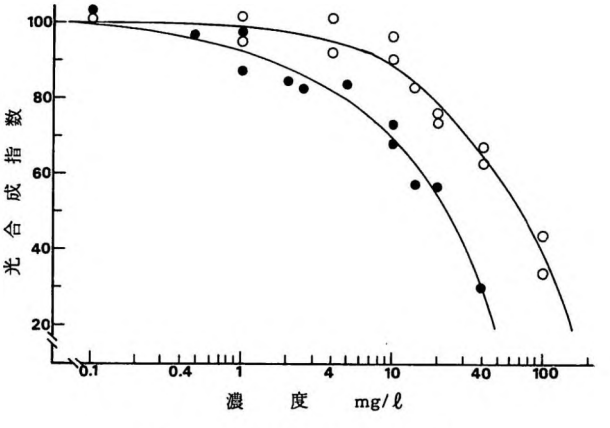

図2. 濃度と光合成阻害程度
●：LAS　○：AS

3. 2 界面活性剤の濃度と光合成抑制との関係

界面活性剤の中から、最も強い毒性を示したLAS及び比較的毒性が強かったASとについて濃度と抑制程度との関係を求め、結果を図2に示す。LASは0.4～1mg/lから光合成を抑制し始め、25mg/lで50%を抑制した。一方、ASは10mg/lから抑制し始め、70mg/lで50%抑制した。LASについて、本結果と他の光合成生物の結果とを比較してみると、水耕栽培における水稲では、LAS10mg/lで茎数半減及び収量半減、45mg/lでは枯死し[4]オオカナダモより被害程度は小さく、ノリではLAS系合成洗剤で、影響濃度は成葉に対して0.5～1.0mg/lであり同程度であった。[5]また、淡水産の藻類の *C. Pyrenoidosa* では1mg/lで増殖阻害が認められ、50%阻害濃度は4.4mg/lであることから、オオカナダモより被害程度は大きかった。[6]

3. 3 界面活性剤とpHとの相乗作用

実験水のpHを変化させると、図3に示すように、界面活性剤を添加していない場合では、オオカナダモの光合成能はpH4～8で一定であったが、9以上では急速に光合成能は低下し、アルカリの方が強く光合成能を抑制した。LAS濃度20mg/l、AS濃度40mg/lになるように界面活性剤を添加した場合では、pH4.5以下の酸

性側では急速に抑制が強くなり、アルカリ性側では、ＰＨ7.5以上から徐々に抑制が強くなり、ＰＨと界面活性剤との相乗作用が認められた。また、界面活性剤を添加した場合には、ＰＨ3.8及びＰＨ10.5の実験に用いたオオカナダモは、その後、無害の栽培水へ移しても枯死した。

3. 4 硬度と光合成抑制との関係

水の硬度の上昇は、ＬＡＳなどの界面活性剤の毒性を増大させることが知られていることから、光合成の抑制程度と硬度との関係を求め、４回の繰り返し実験の最大、最小、平均値を図４に示す。コイでは、ＬＡＳ18mg／ｌにおいて硬度を８mg／ｌから80mg／ｌまで上昇させると平均生存時間は25時間から２時間まで短縮されるが、[7] オオカナダモの光合成能は、ＬＡＳ２及び20mg／ｌにおいて、硬度を250mg／ｌまであげても、いくらか抑制程度が強くなる傾向はあったが、有意な差は認められなかった。

3. 5 照度と光合成抑制との関係

照度と光合成抑制との関係を求め、４回の繰り返し実験の最大、最小、平均値を図５に示す。ＬＡＳが10及び20mg／ｌでは照度の上昇に伴って抑制程度はいくらか大きくなる傾向を示した。なお、一般に水中葉の光飽和点は、陰葉で５～10 Klx、陽葉で10～50 Klxであることから、本実験の最大照度40 Klxでは強光阻害が考えられるが、界面活性剤を添加していない対照において、その現象はみられなかった。

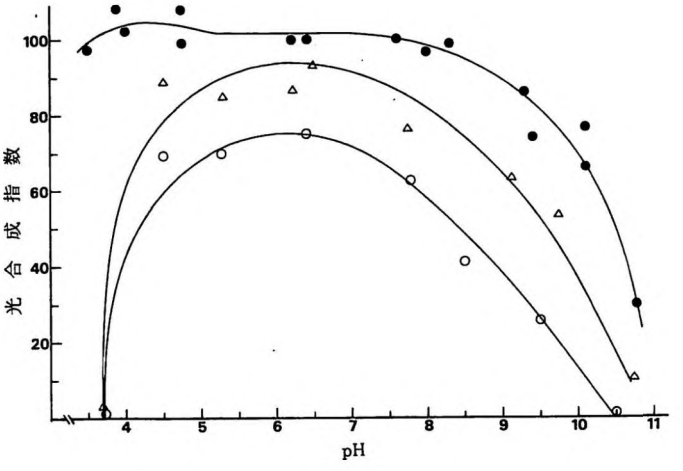

図3. ＰＨと光合成阻害程度

●—● : 対照　○—○ : LAS 20mg／ℓ　△—△ : AS 40mg／ℓ

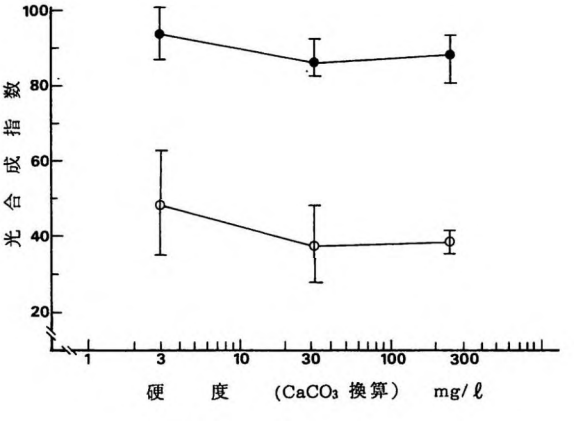

図4. 硬度と光合成阻害程度

●—● : LAS 2mg／ℓ　○—○ : LAS 20mg／ℓ

4. まとめ

５種の陰イオン界面活性剤がオオカナダモの光合成能および呼吸能に与える影響を検討したところ、濃度20mg／ｌで光合成能を13～61％抑制した。なかでもＬＡＳの影響度が最も強く、0.4～１mg／ｌの濃度で光合成を抑制し始め、25mg／ｌでは50％に達した。一方、いずれの界面活性剤も呼吸能には影響を与えなかった。

ＬＡＳは現在、市販の合成洗剤では陰イオン界面活性剤の半分を占めており、河川水中では、その割合はさらに80％まで高くなることが報告されている。[8] したがって、家庭排水により水路などが強度に汚濁された場合には、溶存酸素の低下とあいまってオオカナダモなどの沈水性の水生植物の界面活性剤による被害が危惧される。

終わりにあたり、本研究に際し、御指導及び御鞭撻を頂いた当センターの高橋克巳所長に深く感謝いたします。

5. 文献

1) 角野康郎 ：日生態会誌、28(4)、319—323、1978

2) 小林 純 ：水の健康診断、16付、1971、岩波書店

3) 矢木修身 ：用水と廃水、22(4)、429—437、1980

4) 菅原幸夫他：日本土肥学会講演要旨、34、1971

5) 榎本則行他：生態化学、2 (3)、134—140、1979

6) 近藤正夫他：愛知公セ所報、11、22—27、1983

7) 菊地幹夫他：生態化学、1 (1)、3—17、1979

8) 菊地幹夫他：水質汚濁研究、11 (4)、248—256、1988

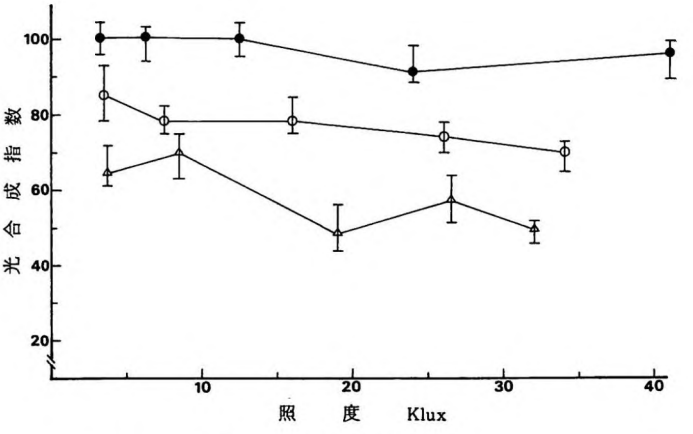

図 5. 照度と光合成阻害程度

●—● : LAS 1mg/ℓ ○—○ : LAS 10mg/ℓ △—△ : LAS 20mg/ℓ

○文献リスト<1976～1987>補遺

円増 肇，1986. 食虫植物の生態と分布～兵庫県今田町における調査事例より～. 伊丹の自然 4:1—11.

岡部助三郎，1977. レンコン栽培の現況と問題点. 雑草とその防除 (14):69—72.

片岡義孝，1977. ソウギョによる水生雑草の防除. 同上 (14):16—19.

神田房行，1986. チミケップ湖のカラフトマリモ. 藻類 34:326—331.

————，1986. 春採湖の沈水、浮葉、浮遊植物. 天然記念物春採湖ヒブナ生育地保存対策調査中間報告書；20—24，釧路市教育委員会.

————・小熊美弥子，1987. 春採湖におけるマツモの分布の季節変動. 釧路市立博物館々報 (306):5—9.

————・新庄久志，1987. 春採湖の水生植物. 天然記念物ヒブナ生育地保存対策中間報告書（釧路市教育委員会編）；15—19.

小山 豊・山岸 淳，1986. オモダカの防除. 雑草とその防除 (23):29—32.

中川恭二郎，1984. 帰化雑草の分布と環境［ホテイアオイをとりあげる］. 同上 (21):14—18.

堀 親郎，1978. ウリカワの生態と防除法. 同上 (15):37—40.

六本木和夫・大塚一雄，1985. 水稲の栽植密度とクログワイの増殖. 同上 (22):55.

山岸 淳，1976. 多年生雑草の生態—ウリカワ—. 同上 (13):29—36.

Ikusima, I., 1987. Productivity and potential uses of macrophytes. Arch. Hydrobiol. Beih. 28 : 221—225.

Oki, Y., D. Imanishi & K. Nakagawa, 1987. Three submerged aquatic weeds of the family Hydrocharitaceae in Japan. Proc. 11th Asian-Pacific Weed Sci. Soc. Conf. 613—620.

Muramoto, S. & Y. Oki, 1984. Influence of anionic surface-active agents on the uptake of heavy metals by water hyacinth (Eichhornia crassipes). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 33 : 444—450.