

K. R. Reddy : 水生植物の栄養塩除去能力

国井秀伸 訳

(K. R. Reddy, 1984. Nutrient Removal Potential of Aquatic Plants, Aquatics 6(1):15-16)

フロリダ州の大部分の淡水域は都市活動や農業活動による栄養塩の負荷のために富栄養であり、これらの水体の多くに水生雑草がはびこっている。水生植物はチッ素やリンのような問題となる栄養塩類を利用し、潜在的にいくつかの利益のある用途に用いられる莫大なバイオマスを生み出す。最近、研究者は水草の有効的な利用に関して次のことを認めている。つまり、適切な管理によって水草を水体の汚染物のレベルを低下させるのに用い、その結果として生じるバイオマスをガス燃料、家畜のえさ、あるいは有機的土壌改良剤として使うことができるということを認めている。水草を排水処理のために使うという考えは、アメリカのいろいろな地域の地方や州の行政機関（アラバマ、カリフォルニア、フロリダ、ミシシッピ、ルイジアナ、テキサス）の注目を集めている。

フロリダ大学の食料農業科学研究所 (IFAS)¹⁾ は、環境事業計画センターを通じて、サンフォードの農業研究教育センター (AREC)²⁾ において、排水の汚染物のレベルを低下させるための研究計画に着手した。つい最近では、IFASはバイオマスエネルギーシステムセンターを通じて、イリノイ州シカゴのガス研究所 (GRI)³⁾ と協力して、この研究計画を拡張し、排水中の栄養塩類をエネルギーに交換可能な水草のバイオマス生産のために利用することとした。この計画が首尾よく完了したならば、水草のバイオマスをエネルギー生産に利用しながら水処理を行なうという水草系 (aquatic plant systems) の発展が期待される。

この論文は、淡水の水草が排水からチッ素とリンを除去する

潜在的な能力を評価するために、ARECで行われた研究結果を要約したものである。用いた水草は、ホテイアオイ (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms)、ボタンウキクサ (*Pistia stratiotes* L.)、ベニワート (*Hydrocotyle umbellata* L.)⁴⁾、コウキクサ (*Lemna minor* L.)、ウキクサ (*Spirodela polyrhiza* L.)、アメリカアカウキクサ (*Azolla caroliniana* L.)、サンショウモ sp. (*Salvinia rotundifolia* L.)、そしてオオカナダモ (*Egeria densa* Planch.) の8種だった。これらの植物は、7日間の滞留時間で栄養塩負荷された1,000ℓの水栽培系 (aquaculture system) で育てられた。研究時期は、水草の栄養塩除去能に対する夏と冬の両方の効果をみるために、1982年6月から1983年2月にかけてであった。

表1は研究期間中のそれぞれの水草の成長率を示す。ホテイアオイの成長率が最も高く、続いてボタンウキクサ、ベニワート、サンショウモ sp.、コウキクサ、オオカナダモ、ウキクサ、アメリカアカウキクサの順であっ

表1. 栄養塩を負荷した水で育てた水草の成長特性
(1982年6月14日から1983年2月28日)

水草名	成長率	密度	数
	(g 乾重・m ² ・日 ⁻¹) 平均値±標準偏差	(g 乾重・m ²) 平均値±標準偏差	
ホテイアオイ	24.9±14.5	1118±601	35
ボタンウキクサ	15.0±11.8	455±308	32
ベニワート	6.0±5.2	456±148	34
コウキクサ	3.4±2.9	75±37	32
ウキクサ	2.2±1.5	59±29	27
サンショウモ sp.	6.0±4.4	151±67	31
アメリカアカウキクサ	1.7±1.3	53±25	32
オオカナダモ	3.1±3.6	304±74	31

訳者注： 1) The Institute of Food and Agricultural Sciences. 2) The Agricultural Research and Education Center. 3) The Gas Research Institute. 4) ウチワゼニグサの仲間。

5) 1エーカーは約4046.8m²。

表2. 水草系によるチッ素とリンの除去率(1982年6月14日から1983年2月28日)、平均値±標準偏差

植物名	NH_4-N ($mgN \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$)	NO_3-N ($mgN \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$)	無機チッ素 ($mgN \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$)	溶存リン ($mgP \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$)	N/P比	数
ホテイアオイ	963±168	368±665	1330±731	188±57	7.1	35
ボタンウキクサ	935±167	-55±553	880±588	150±38	5.9	32
ペニーwort	931±142	41±425	961±408	151±37	6.4	34
コウキクサ	520±155	-96±295	426±279	119±33	3.6	32
ウキクサ	637±96	-345±188	291±158	111±35	2.6	27
サンショウモ sp.	674±97	-488±204	225±207	100±42	2.3	31
アメリカアカウキクサ	—	—	—	102±33	—	32
オオカナダモ	882±123	-540±216	342±244	182±59	1.9	31

注) ホテイアオイ、ボタンウキクサ、ペニーwort、そしてオオカナダモの水草系に負荷したチッ素とリンの量は、それぞれ、 $2000 \pm 340 mgN \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$ ($NH_4-N=1000 mgN \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$; $NO_3-N=1000 mgN \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$) と $230 \pm 56 mgP \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$ 、であった。これ以外の水草系のチッ素とリンの負荷は、それぞれ、 $1500 \pm 260 mgN \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$ と $175 \pm 43 mgP \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$ 、であった。アメリカアカウキクサの系へのチッ素負荷は行わなかった。

た。一年を単位にしてみると、バイオマス収量はホテイアオイで年に $40t$ (乾重量) / エーカー⁵⁾ であった (これは大形葉を持つ浮漂植物中最大の値である)。小形葉の植物、ウキクサ、アメリカアカウキクサ、サンショウモなどの収量は、年当り $3t$ から $10t$ / エーカーの範囲であった。ここで注目しなければいけないのは、今回のバイオマス収量の推定値は3月から5月にかけての期間の成長のデータを含んでいないことである。この期間は水草の活発な成長期にあたり、潜在的な年間のバイオマス収量は恐らく表1の値よりも高いであろう。

表2は水草系のチッ素とリンの除去能力を示す。すべての水草系はアンモニア態チッ素 (NH_4-N) の除去に効果を示した。硝酸態チッ素 (NO_3-N) の除去率はこれよりも低かった。水草系からアンモニアの除去は、植物の取り込みと硝化作用 (NH_4^+ を NO_3^- にする微生物の酸化作用) によっていた。自然界の系では NO_3^- は脱窒 (NO_3^- を N_2O や N_2 などの気体状の最終産物に変換する微生物の還元作用) によっても失われる。今回の実験で使用した水草系では、水槽の底質 (underlying sediment) は脱窒を促進させるために省かれていたので、 NO_3^- の除去効率は劣ってしまった。系によるチッ素除去率と植物の密度ならびに成長率とは次式のような有意な相関関係があった。

$$N = 17.63GR + 0.662PD + 263.7 \dots \dots \dots (1)$$

$$(r^2=0.771, n=193)$$

ここでNはチッ素除去率 ($mgN \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$)、GRは水草の成長率 (g 乾重 $\cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$)、PDは植物の密度 (g 乾重 $\cdot m^{-2}$) である。

リンの除去は水草の密度と成長率に独立であることがわかった (表2)。次の関係がリンの除去と成長率ならびに密度との間にみられた。

$$P = 1.43GR + 0.028PD + 112.4 \dots \dots \dots (2)$$

$$(r^2=0.524, n=228)$$

ここでPはリン除去率 ($mgP \cdot m^{-2} \cdot 日^{-1}$) で、GRとPDは(1)式で使われたものと同じである。大形葉の植物ほど成長率が高くないものの、小形葉の植物もまたリン除去に効率的であった。植物による取り込みだけではリン除去のすべてを説明できず、これは化学的な沈澱の可能性を示唆している。チッ素とリンの除去率の比 (6から7) は、大形葉の植物の系で高く、この系ではリンの除去に比べてチッ素の除去効率が低いことを示している。小形葉の植物のチッ素とリンの除去率の比は2から4の範囲であった。これらの結果は、大形葉と小形葉植物の組み合わせが、単一あるいは複数の系において、チッ素とリンの除去に対して効果的な処理系となることを示している。

結論として、今回の研究によって排水からチッ素とリ

ンを除去するために水草を効率的に用いる可能性が明らかとなった。栄養塩の除去率は水草の成長率に依存的であったので、排水処理系は冬季には効率が劣るかもしれない。しかし、温室の条件を施すかベニワートのような耐寒性の植物に交換することで系の除去効率を改善できる。この研究で得られた結果は排水処理に応用できるが、いろいろなタイプの排水で育てた水草の成長パターンをテストするために、もっと研究を継続して行わなければならない。現在、最大の栄養塩除去効率を維持しながら水草の成長率を最大にする技術を開発するための研究が、われわれのセンターにおいて進行中である。

〈訳者後記〉 訳者は昨年 Florida Aquatic Plant Management Society に入会した (年会費は 5 ドル)。この会の主目的は、会の名称が示す通り、水生植物のコントロールと適正な管理であり、会の規約にはフロリダ州の水質の悪化を防ぎ水界生態系の質を改善しようという一項もある。会では水草研究会と同様年一回の集会をもち 'Aquatics' という名前の会報を年四回発行している

(ほかにニュースレターが時々配られる)。この会が水草研究会と決定的にちがう点は、多くの薬品会社などのスポンサーがついていることであろう。例えば、今回ここに訳文を載せた K. R. Reddy の原文の載っていた号は、全 24 ページのうち 10 ページ近くが除草剤関係 (水草用の) の宣伝広告で占められていた。毎号の掲載記事は当然除草関係のものが大半であるが、クロモやホテイアオイなどフロリダ周辺で問題となっている水生植物の動向を知ることのできる興味深い会報である。

今回のこの全訳は、フロリダ大学の準教授である著者の K. R. Reddy と FAPMS の David Tarver 両氏の翻訳掲載許可を得たものである。水草研究会のために貴重な論文の翻訳と会報への掲載を許可していただいたことをここに感謝する。なお本文の詳しい内容を知りたい方は直接下記宛問い合わせるのがよいと思う。

Dr. K. R. Reddy, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, Agricultural Research and Education Center, P. O. Box 909, Sanford, FL 32771, U.S.A.

オニバス種子の沈降の観察

松井 宏明

(株 環境調査技術研究所)

オニバスは一年草であるので、分布の拡大のためには種子の散布能力が問題となる。この種子の散布は、仮種皮に包まれて水面に浮遊している間に水や風により運ばれておこると考えて、オニバス種子の沈降の観察を行なった。

材料は、1984年10月4日に百間川 (岡山市) にて採取した果実が3日後に水槽内で崩壊して浮遊した完熟種子 109個のうち100個である。これを水道水を入れた水槽に浮遊させ、1日毎に沈降した種子の数を観察した。

結果は、図に示すように、3日後に沈降するものが最も多く、5日後にはほとんどの種子が沈降した。

オニバスの現在の自生地はほとんどが閉鎖水域であり、自然の分布拡大はおこりにくい状況にあるが、今回の観察結果によると、種子の半数は3日間水面に浮遊しているところから、この間に風によって水域内を移動したり、流れによって水域から流出したりして分布を拡大する潜在能力はあるものと推定される。なお、連続していない水域への分布拡大は、水鳥にでも食べられて運ばれることによるのであろうか。御存知の方がおられたら御教示願います。

(1984年10月)

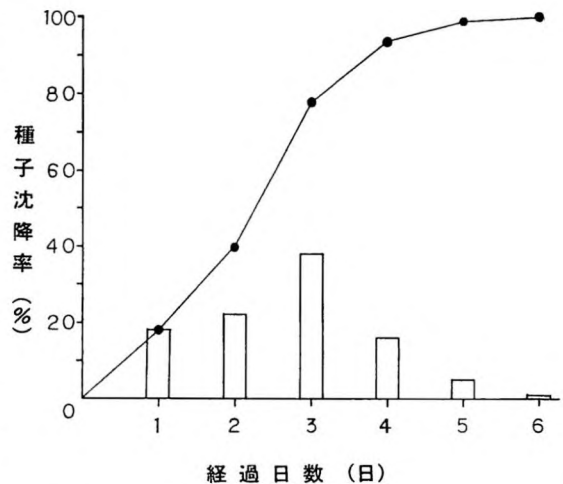


図 オニバス種子の沈降 (折線: 累積沈降率、棒: 1日あたりの沈降率)