

## 湖沼の物質循環系における高等水生植物の役割

渡辺義人・桜井善雄

(信州大・繊維学部)

湖沼における高等水生植物は、いうまでもなく植物プランクトンとともに一次生産者として、又炭素、窒素、りんなどの生体元素の交換プールとして湖沼内の物質循環系を構成する重要な要素である。近年、地球化学や生態学などの基礎的研究の立場からはもとより、水質汚染防止や水質保全問題の解明といった環境科学研究の面においても、炭素をはじめ、窒素やりんの湖沼生態系を通しての物質循環という総合的見地から調査研究が行なわれるようになってきた。しかし、これまで、物質循環を支配する諸過程の一つとしての高等水生植物の役割について検討された例は極めて少ない。

本論文は、1972年の夏季に諏訪湖(桜井ら, 1973 a)および霞ヶ浦(桜井ら, 1973 b)において行なった高等水生植物の現存量調査のデータをもとに、両湖沼における全一次生産量に対する高等水生植物の生産量の割合や、窒素、りんの流入量に対する吸収量の割合など、物質循環過程における高等水生植物の役割について検討したものである。

## 調査時期と方法

水生植物の現存量調査と試料採取は、諏訪湖では1972年7月20—21日に、また霞ヶ浦(西浦)は1972年8月8—10日と同年9月8—14日の2回にわたって行なった。

水生植物の現存量は、全湖沿岸帯の1/10,000空中写真を用いて作成した、生活型植生図から求めた植被面積に、方形枠刈り取りによって求めた単位面積当り現存量を乗じて算出する方法によった(桜井ら, 1973 b)。

現存種は諏訪湖で11科18種、霞ヶ浦で14科32種が確認されたが、分析に供したのはそのうち諏訪湖13種、霞ヶ浦20種である。採取した植物体は、風乾後、さらに、105—110°Cで乾燥し、粉末にして化学分析に供した。なお、挺水植物は

葉茎部(地上部)のみを、また沈水植物は葉茎部に根が一部加わった状態のものを分析試料としている。浮葉植物は全植物体を対象とした。炭素の分析は小坂等の湿式酸化による重量法、窒素はケルダール法、りんはバナドモリブデン酸比色法によった。また、VS(灼熱減量)は電気炉で600°C、30分間灼熱して求めた。以後、このVSをもって植物体中の有機物量とした。

水生植物体として存在する炭素、窒素、りんおよび有機物の現存量は、上記の方法で得た各成分の含有量を植物体の現存量(乾物)に乗じて求めた。

## 結果および考察

## 1. 水生植物の植被面積と現存量

表1は、諏訪湖および霞ヶ浦(西浦)両湖における各水生植物の植被面積と現存量(乾物)を生活型別に示したものである。また、この表の下部には両湖の水生植物の量的特性を比較するために、湖岸線長と湖沼面積に対する全植被面積の比率および全植被面積に対する挺水植物の占める割合が示されている。これによると、霞ヶ浦

表1 諏訪湖および霞ヶ浦の生活型別水生植物群落面積と現存量(乾物)

	諏訪湖 (1972.7)	霞ヶ浦 (1972.8)
A 湖岸線長(km)	17	120.4
B 湖沼面積(ha)	1,420	17,780
植被面積(ha)		
C 挺水植物	10.3	460.0
浮葉+沈水植物	30.8	779.5
D 合計	49.1	1,239.5
現存量(ton)		
挺水植物	80	6,000
浮葉+沈水植物	67	260
合計	147	6,260
D/A	2.9	10.3
D/B (%)	3.5	7.0
C/D (%)	21.6	37.1

表2 諏訪湖水生植物の有機物(VS),C, N, P含量  
(% 乾物量当り)

種 類	VS	C	N	P
沈水植物				
ヒルムシロ	90.8	44.3	3.19	0.29
ササバモ	87.0	41.4	3.42	0.51
ヒロハノエビモ	84.1	41.1	4.16	0.48
ミズヒキモ	88.8	44.9	3.51	0.31
センニンモ	90.5	45.1	3.73	0.32
エビモ	77.5	41.3	3.80	0.56
コカナダモ	82.8	39.5	4.52	0.79
浮葉植物				
コウホネ	85.0	42.1	4.00	0.35
ヒシ	90.7	43.7	3.75	0.38
アサザ	90.7	44.0	3.52	0.33
挺水植物				
ヨシ	88.5	44.0	3.41	0.32
マコモ	87.1	41.4	2.27	0.24
ガマ	88.6	46.5	1.95	0.26

は湖岸線長に対しても、また湖沼面積に対しても全植被面積の占める割合は諏訪湖に比べていずれも大きく、前者で3倍、後者で2倍となっており、水生植物群落の発達度がより高いことを示している。両湖の全植被面積を比較すると諏訪湖の49haに対して霞ヶ浦は1,240haと25倍ほど大きい、乾物としての全現存量を比べると42倍以上とその差はさらに大きくなっている。これは両湖の全植被面積に対する挺水植物面積の比率からわかるように、単位面積当りの現存量が大きい挺水植物が諏訪湖では21%と少なく、その比率が霞ヶ浦の約半分になっていることによるもので、諏訪湖の1960年代後半から始まった護岸工事とそれに伴う埋め立ての影響により挺水植物が大きく減少していることを裏付けている。

## 2. 水生植物中の有機物(VS)および炭素、窒素、りん含量

高等水生植物体として存在する有機物および炭素、窒素、りんの現存量を求めるために主な種類について化学分析を行なった。分析結果を表2、表3に示す。表2は諏訪湖についてのものである。有機物はエビモがやや低いものの、その他は85—90%の範囲にあり、炭素も殆どが40—45%で、種類による大きな違いはみられなかった。窒素含量は、多くが3%台であるが、コカナダモは

表3 霞ヶ浦水生植物の有機物(VS),C, N, P含量  
(% 乾物量当り)

種 類	VS	C	N	P
沈水植物				
マツモ	52.6	26.9	2.03	0.16
リュウノヒゲモ	75.0	34.7	2.97	0.18
クロモ	80.5	41.1	3.97	0.58
コカナダモ	68.7	34.7	3.59	0.54
オオカナダモ	83.5	39.2	3.11	0.46
エビモ	79.8	39.5	2.08	0.24
フサジュンサイ	80.2	40.2	3.27	0.30
ササバモ	85.7	41.6	3.18	0.28
ホザキノフサモ	62.5	34.2	2.53	0.30
セキショウモ	50.7	25.7	1.89	0.28
コウガイモ	66.9	32.1	2.47	0.26
浮葉植物				
カガブタ	91.0	43.9	2.28	0.34
オニバス	85.0	38.5	3.64	0.55
アサザ	84.9	40.0	3.12	0.42
ヒシ	84.5	41.3	2.05	0.26
ヒメビシ	89.7	43.8	2.52	0.32
オニビシ	82.6	40.4	2.84	0.30
挺水植物				
ヨシ	89.6	43.4	1.46	0.17
マコモ	87.3	40.7	1.55	0.21
ガマ	87.2	45.0	1.23	0.16

4.5%と際だった高い値を示した。また、挺水植物はヨシを除くと2%前後と低かった。りんの多くは0.3—0.5%の範囲であるが、窒素の場合と同様コカナダモが0.79%と高い。表3の霞ヶ浦についてみると、有機物は沈水植物が全般に低く、特にマツモとセキショウモは50%台である。これに伴って炭素含量も全体に40%以下と低い。しかし、浮葉植物と挺水植物の有機物と炭素の含量は諏訪湖と同じレベルであった。窒素は挺水植物を除くと2—4%の範囲であり、中でもクロモ、コカナダモ、オニバスが高く、この傾向はりん含量においても同様であった。挺水植物はいずれも1%台と他に比べて明らかに低い。りん含量も挺水植物は他よりも低く、マツモ、リュウノヒゲモも0.1%台である。その他は殆どが0.3—0.4%の範囲である。

図1は、C, N, P含量からみた両湖の水生植物の化

学特性を知るために、生活型別に平均した値を比較したものである。これで見ると、浮葉植物のりんを除くといずれの成分も諏訪湖のほうが高く、とくに窒素において

その差は顕著である。このような両湖の各含量の相違は、植物体中の各成分の含量比にも影響を与えている。表4は有機物およびC, N, Pの平均値をもとに算出された各成分の含量比を示したものである。有機物に対するCの比は湖沼、生活型にかかわらず、いずれも0.5と一定の値であるが、C/NとC/Pはともに霞ヶ浦のほうが高くなっている。しかし、N/Pは両湖とも9前後と生活型の如何にかかわらずほぼ一定の値を示した。このことは吸収するN, Pの絶対量は異なるが、それらの吸収比率はそれ程変らないことを意味している。

このように両湖の水生植物の化学特性が異なる一つの要因として、両湖における水生植物の種類組成の違いがあげられる。そこで分析に供した水生植物の中から両湖に共通した種類のみについて3成分の含量を比較すると、表5でみるように明らかに諏訪湖のほうが高いことがわかる。

もう一つの要因として、水生植物の培養液としての両湖水の水質の違いが考えられる。表6は、1972年の諏訪湖と霞ヶ浦の水質のレベルを、湖心(水深は両湖ともおよそ6m)における全窒素(TN)の現存量ならびに水柱平均濃度で比較したものである。これによると、年間を通しての窒素量のレベルは明らかに諏訪湖のほうが高く、2倍ほど大きい。水中のNおよびP含量と水生植物体中のN, P含量との関係については、Gossett (1971) や沖 (1978), 徳永 (1978) らのホテイアオイを用いた研究があるが、いずれも両者に正の関係があることを報告している。これらの知見は、諏訪湖と霞ヶ浦の水生植物体のN, P含量の違いが、両湖水の水質に起因してい

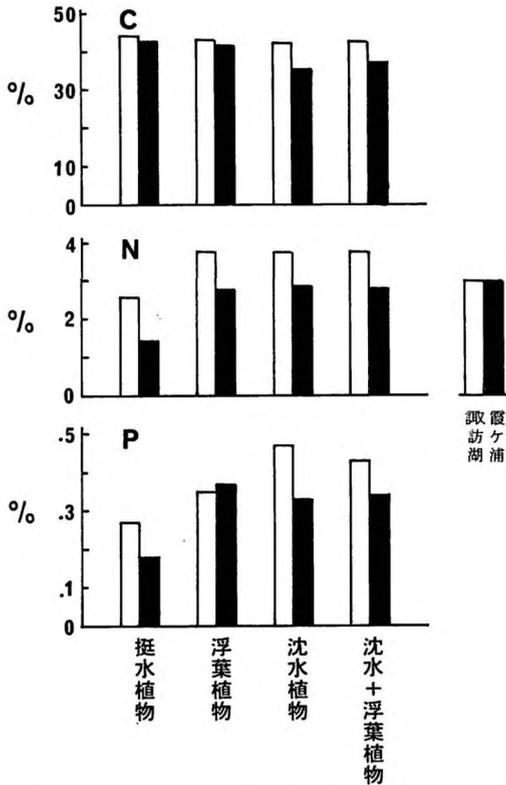


図1 諏訪湖と霞ヶ浦の水生植物の生活形別C, N, P含量

表4 霞ヶ浦と諏訪湖の水生植物の生活形別有機物およびC, N, P含量(%)と各成分比

生活形別種類	種類数	有機物 <sup>*</sup>	C	N	P	C/VS	C/N	C/P	N/P
霞ヶ浦									
挺水植物	3	88.0	43.0	1.41	0.18	0.49	30.4	239	7.8
浮葉植物	6	86.3	41.3	2.74	0.37	0.48	15.0	112	7.4
沈水植物	11	71.4	35.4	2.83	0.33	0.50	12.5	107	8.6
沈水 + 浮葉植物	17	76.6	37.5	2.80	0.34	0.49	13.4	110	8.2
諏訪湖									
挺水植物	3	88.1	44.0	2.54	0.27	0.50	17.3	163	9.4
浮葉植物	3	88.8	43.3	3.76	0.35	0.49	11.5	123	10.7
沈水植物	7	85.9	42.5	3.76	0.47	0.50	11.3	90	8.0
沈水 + 浮葉植物	10	86.8	42.7	3.76	0.43	0.49	11.4	99	8.7

\* VS

種類	諏訪湖			霞ヶ浦		
	C	N	P	C	N	P
ササバモ	41.4	3.42	0.51	41.6	3.18	0.28
コカナダモ	39.5	4.52	0.79	34.7	3.59	0.54
エビモ	41.3	3.80	0.56	39.5	2.08	0.24
ヒシ	43.7	3.75	0.38	41.3	2.05	0.26
アサザ	44.0	3.52	0.33	40.0	3.12	0.42
ヨシ	44.0	3.41	0.32	43.4	1.46	0.17
マコモ	41.4	2.27	0.24	40.7	1.55	0.21
ガマ	46.5	1.95	0.26	45.0	1.23	0.16

表6 諏訪湖と霞ヶ浦における水中全窒素量 (TN) の比較

	諏訪湖* (1971-72)	霞ヶ浦** (1972)
現存量 (g/m <sup>2</sup> )	4.4 - 10.1	2.3 - 5.0
水柱平均濃度 (mg/l)	0.8 - 1.8	0.4 - 0.83

\*坂本ら (1973), \*\*手塚ら (1973)

表7 霞ヶ浦と諏訪湖における水生植物中の有機物およびC,N,P  
現存量 単位: トン

生活形別種類	有機物	C	N	P
<b>霞ヶ浦</b>				
挺水植物	5,280	2,580	84.6	10.8
沈水 + 浮葉植物	200	98	7.3	0.88
合計	5,480	2,678	91.9	11.68
<b>諏訪湖</b>				
挺水植物	70	35	2.0	0.22
沈水 + 浮葉植物	58	29	2.5	0.29
合計	128	64	4.5	0.51

ることを示唆するものである。

### 3. 炭素循環系における高等水生植物の役割

表7に示したのは、表1に乾物として示した水生植物現存量を、表5の各成分含量を用いて、水生植物体として存在する有機物および炭素、窒素、りんとしての現存

量に換算した値である。本調査は、すでに調査時期のところで述べたように7月から9月にかけて行なったものであり、いずれも高等水生植物の最大成長期にあたる。一般に高等水生植物は、1年間に1世代しか過ぎないので、その成長が最高に達した時期の現存量は、おおむねその年の純生産量とみなすことができる。したがって、表8の有機物あるいは炭素として示した現存量は、両湖における高等水生植物の年間の純生産量の近似値を与えるものである。

炭素についてみると、霞ヶ浦は沈水+浮葉植物の約100トンに対して、挺水植物は2500トンと25倍高く、高等水生植物の生産に果す挺水植物の役割の大きさを示している。一方、諏訪湖は挺水植物と沈水+浮葉植物の生産量が相なばしており霞ヶ浦に比べて挺水植物による生産量の割合は極めて小さいことがわかる。

表8は、湖沼の炭素循環系における高等水生植物の役割を検討するために、植物プランクトンを含めた湖沼の全一次生産量に対する高等水生植物の生産量の割合をみたものである。植物プランクトンの一次生産量は、諏訪湖については倉沢ら (1973) の、又霞ヶ浦は手塚ら (1973) の報告によった。一次生産量は湖沼全体と、単位面積当りの生産量として表示してある。

まず、両湖の植物プランクトンによる生産量を比較すると、湖沼全体では湖沼面積のはるかに大きい霞ヶ浦の方が勝るものの、単位面積当りでは諏訪湖の方が2倍近く高く、諏訪湖の富栄養化がより著しいことを裏付けている。次に各湖沼の植物プランクトンと高等水生植物の単位面積当りの生産量の比率をとると (D/B)、諏訪湖では 0.3となり、高等水生植物の生産量は植物プランクトンのその

れの1/3以下である。霞ヶ浦についてみると、およそ 0.9と、植物プランクトンの生産量に迫る大きさで、単位面積当りの高等水生植物の生産量の重要性をうかがわせている。又、湖沼全体の植物プランクトンと高等水生植物の生産量を合わせた全一次生産量に対する高等水生植物の

生産量の割合を算出すると (C/A+C)、諏訪湖では1%に対して、霞ヶ浦では約6%で諏訪湖の6倍である。

表9は、これまでに報告されている諏訪湖(宝月ら、1952)および児島湖(藤井、1973)の植物プランクトンの生産量の高等水生植物の現存量から、全一次生産量に対する高等水生植物の生産量の割合を試算したものである。これによると、諏訪湖では4%と今回(1972)に比べて4倍となり、1949年当時の方が高等水生植物の割合がより大きかったことを物語っている。児島湖は8%と霞ヶ浦よりも大きい割合となっている。これは、児島湖の面積(1,070ha)が小さいうえに、平均水深が1.6mと浅く、湖沼の物理的環境が高等水生植物の生育条件に有利なためである。因に、児島湖の湖面積に対する高等水生植物の植被面積の割合を算出するとおよそ30%となり、表1に示した霞ヶ浦の7%の4倍以上である。このように、児島湖の湖面積に対する植被面積の割合が霞ヶ浦よりも圧倒的に大きい、生産量ではそれ程大きな差がないのは、単位植被面積当りの生産量が高い挺水植物の占める比率が6%程度と、霞ヶ浦の37%に比べてはるかに小さいことによるものと思われる。

今回検討したかぎりでは、湖沼全体の生産量に対する高等水生植物の生産量の割合は、高くともせいぜい10%程度であり、年間を通しての湖沼の炭素循環系における高等水生植物の有機物生産者としての役割はそれほど大

表8 全一次生産量に対する高等水生植物による一次生産量の割合

	諏訪湖 (1972.7)	霞ヶ浦 (1972.8-9)
植物プランクトンによる一次生産量*		
A tonC/全湖/年	6,150	43,490
B kgC/ha/年	4,330	2,446
高等水生植物による一次生産量		
C tonC/全湖/年	64	2,678
D tonC/ha/年	1,300	2,160
単位面積当りの生産量の比率 D/B	0.30	0.88
高等水生植物による一次生産量の割合 C/A+C (%)	1.0	5.8

\* 倉沢ら (1976), 手塚ら (1973)

表9 諏訪湖 (1949) および児島湖 (1970-72) の場合の全一次生産量に対する高等水生植物による一次生産量の割合

	諏訪湖 (1949)*	児島湖 (1970-72)**
A 植物プランクトンによる一次生産量 tonC/全湖/年	980	4,670
B 高等水生植物による一次生産量 tonC/全湖/年	41	420
高等水生植物による一次生産量の割合 B/A+B (%)	4.0	8.2

\* 宝月ら (1952), \*\* 藤井 (1973)

きくはないと推定される。しかし、表10で示したように、高等水生植物の成長が最大に達する夏季における全水生植物の有機物現存量に対する高等水生植物の現存量の割合を試算すると、諏訪湖17%、霞ヶ浦42%となり、夏季の湖沼の物質循環系における炭素の交換プールとしての高等水生植物の役割が大きいことを見逃すことはできない。

#### 4. 窒素ならびにりん循環系における高等水生植物の役割

先の表7で示した窒素およびりんの現存量は、炭素の場合と同じ理由から、高等水生植物が最大成長期までに吸収した窒素、りんの総量を表すものと近似的にみなす

ことができる。このように湖沼の無機環境から窒素、りんを吸収した高等水生植物は、窒素、りんの循環過程における交換プールとしての役割を果たす。

表11は、年間を通して湖沼に流入する窒素、りんの総量に対して、高等水生植物が吸収する窒素、りんの割合を算出したものである。なお、窒素、りんの流入量は、総量と、それを各湖沼面積で除した面積負荷量として表してある。先ず、流入量について比較すると、総量では諏訪湖に比べて霞ヶ浦の方がNで3倍、Pで2倍程大きい。湖沼面積の大きさを考慮した面積負荷量で比較すると、逆に諏訪湖の方がNで2.5倍、Pで6倍となり、諏訪湖への窒素、りんの負荷強度が霞ヶ浦よりもかなり大きいことを示している。

次に吸収量の割合をみると、霞ヶ浦ではおよそN6%、P2%であるのに対して、水生植物の現存量が少ない上に、窒素、りんの面積負荷が大きい諏訪湖では、当然ながらこれよりもかなり低く、N、Pともに0.5%となり、1%以下のレベルである。このように、両湖に差は認められるものの、いずれにしても窒素、りんの総流入量に対する高等水生植物の吸収する割合はきわめて小

さいと言える。しかし、高等水生植物の旺盛な成長を示す期間の3-4か月に限って見た場合、その期間の窒素、りん流入量に対する吸収量の割合は表11の値の3-4倍になると思われる。したがって、霞ヶ浦の場合にはN20%、Pも10%近くの値になる。この時期は過剰養湖におけるアオコ等の植物プランクトンの最大増殖期に当たることを考えると、高等水生植物の役割は決して小さくないであろう。

最近、富栄養化防止対策の一つとして、水草を利用した三次処理法が注目されるようになり、各種の水草による窒素、りんの除去能試験が盛んに行なわれるようになってきた。

そこで、高等水生植物を水域環境から窒素、りんを除去する一種の除去装置と見たてて、霞ヶ浦や諏訪湖のような自然湖沼に発達する高等水生植物がどの程度、窒素とりんの除去能を有するか、これまでのデータをもとに試算してみた。除去能は一般に、単位時間、単位面積当りの水からの窒素、りんの除去量又は水生植物による吸収量として測られる。

表12に示す除去能は、高等水生植物の成長日数を仮に100日として算出されたものである。下欄には、ウキクサ類、ホテイアオイ（エンジニアリング振興協会、1981）およびオランダガラシ（桜井、1983）の報告例が比較の為に示されている。水生植物による窒素、りんの吸収量は、水生植物の種類は勿論、水温や水中の窒素、りん濃度など種々の条件によって異なるので、単純な比較は出来ないが霞ヶ浦、諏訪湖ともにそれらの値は、全体としては低い方に属するものの、これまでの報告例と

表10 諏訪湖と霞ヶ浦の夏季(1972)における各水生植物の現存量(炭素)

	諏訪湖	霞ヶ浦
植物プランクトン (tonC)*	315	3,680
A 高等水生植物 (tonC)	64	2,678
B 合計 (tonC)	379	6,358
B/A (%)	16.9	42.1

\* 坂本ら (1973), 手塚ら (1973)

表11 霞ヶ浦および諏訪湖におけるN, Pの流入量に対する水生植物による吸収量の割合

水域	A: 流入量* (トン/年)	面積負荷量 (トン/ha/年)	B: 現存量 (トン/全湖)	割合(B/A) %
霞ヶ浦				
N	5,480	0.31	92	1.7
P	210	0.012	12	5.7
諏訪湖				
N	1,110	0.78	4.5	0.4
P	120	0.085	0.5	0.4

\* 霞ヶ浦: 手塚ら (1973), 諏訪湖: 半田ら (1973)

ほぼ同じレベルの除去能を有していると言える。

高等水生植物を水質の浄化手段として利用することは、自然の生態系の有効利用という点で多に推奨されるべきことであるが、これを窒素、りん除去法の切札として多大の期待をかけることは、今回の検討結果からみて現実的ではない。高等水生植物はいうまでもなく、水質の浄化能のみならず、水辺の自然景観を始め、水域の生態系保全のための重要な要素として多面的な機能を持っている。したがって、高等水生植物を水質保全に積極的に利用しようとする場合には、先ず水生植物の保護、育成を第一とし、その上で肥料化など、植物体の多様な二次的利用を含めた総合的な活用が望まれる。

### 摘 要

本研究は、1972年に霞ヶ浦および諏訪湖で行なった高等水生植物の現存量調査のデータをもとに、湖沼の炭素、窒素、りんの物質循環過程における高等水生植物の役割について検討したものである。主なる結果を以下に要約する。

1) 水生植物体の化学分析の結果、窒素およびりんの含量が諏訪湖と霞ヶ浦の水生植物の間に明らかな相違が認められ、前者が高い。この要因として窒素濃度が諏訪湖で2倍程高いことから両湖の水質の違いがあげられる。

2) 湖沼の全一次生産量に対する高等水生植物の生産量の割合を炭素でみると、諏訪湖1%、霞ヶ浦6%であり、有機物変換者としての高等水生植物の役割は小さい。しかし、単位面積当たりの生産量として、植物プランクトンと比較するとその比率は、諏訪湖で0.3であるが、霞ヶ浦ではおよそ0.9となり植物プランクトンの生産量に匹敵する。

3) 夏季の湖沼における全一次生産者の現存量に対する高等水生植物の割合は、諏訪湖で17%、霞ヶ浦42%であり、この時期における高等水生植物の炭素交換プールとしての役割は無視出来ない。

4) 窒素、りんの湖沼への総流入量に対する高等水生植物による吸収量の割合は、霞ヶ浦で窒素6%、りん2%、諏訪湖では窒素、りんともに1%以下と小さい。

5) 生長期間を仮に100日とした場合の諏訪湖および霞ヶ浦における高等水生植物の窒素、りんの除去能を試算すると、諏訪湖はN:0.28、P:0.030、霞ヶ浦はN:0.19、P:0.024 (g/m<sup>2</sup> day) となり、これまでに報告されている値とはほぼ同じレベルである。

表12 諏訪湖および霞ヶ浦の高等水生植物による窒素、りんの除去能 (g/m<sup>2</sup>/d)

	窒素	りん
霞ヶ浦	0.19	0.024
諏訪湖	0.28	0.030
ウキクサ類*	0.17	0.018
ホテイアオイ*	0.18-0.75	0.021-0.081
オランダガラシ**	0.44	0.081

\*エンジニアリング振興協会 (1981), \*\* 桜井 (1983)

### 引用文献

- エンジニアリング振興協会 (1981) : 水生植物の栄養塩吸収能、水生植物による栄養塩収集機械システムに関する調査研究報告書、54-62
- 沖 陽子・伊藤操子・植木邦和 (1978) : ホテイアオイ (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) の生育及び繁殖に関する研究 第1報、雑草研究、23 (3)、15-20
- 倉沢秀夫・他 ( JIBP-PF・諏訪湖研究グループ ) (1976) : 諏訪湖の生物群集の生産力に関する研究、信大理学部・諏訪臨湖実験所報告、1号、1-62
- Gossitt, D.R. and Norris Jr., W.E. (1971) : Relationship between Nutrient Availability and Content of Nitrogen and Phosphorus in Tissues of the Aquatic Macrophyte, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Hydrobiologia*, 38, 15-28
- 坂本 充・沖野外輝夫・磯部吉章・林 秀剛・山本満寿夫・福原晴夫・益子計夫 (1973) : 諏訪湖小坂沖定点における基礎生産、二次生産、分解、栄養塩類量の季節変化に関する研究 一報、JIBP-PF 諏訪湖生物群集の生産力に関する研究経過報告、第5号 20-39
- 桜井善雄・渡辺義人 (1973 a) : 諏訪湖の水生植物、JIBP-PF 諏訪湖生物群集の生産力に関する研究経過報告、第5号、1-4
- 桜井善雄・林 一六・渡辺義人・天白精子・大橋通成 (1973 b) : 霞ヶ浦の水生植物、霞ヶ浦生物調査報告書 (建設省・水資源開発公団)、78-148
- 桜井善雄 (1983) : 生活排水処理事例 (長野県下の例)、むらと人とくらし、25、14-24

手塚泰彦・渡辺義人・林 秀剛・相崎守弘・丸山 正  
(1973): 霞ヶ浦の水質と細菌の分布および一次生産  
(建設省・水資源開発公団)、171-191

徳永隆司・北 喜代志・北 直子・森本昌宏(1978): ホ  
テアオイの成長と無機栄養素の貯蔵、日本水処理  
生物誌、14、1-8

半田 彦・山本満寿夫・窪田衛二(1973): 諏訪湖におけ  
る栄養塩および有機物収支に関する研究、JIBP-

PF 諏訪湖生物群集の生産力に関する研究経過報告、  
第5号、10-19

藤井茂美(1973): 大形水生植物の物質生産(児島湖)、  
日本陸水群集の生産力に関する研究(JIBP=PF  
業績)、226-229

宝月欣二・北沢右三・倉沢秀夫・白石芳一・市村俊英  
(1952): 内水面の生産及び物質循環に関する基礎的研  
究、水産研究会報、4、41-127

### ○文献リスト<1984-(2)>

浅井康宏、日本でふえている水生の帰化植物。採と  
飼 46: 289-293.

石井 猛・浜田誠司・倉石浩誠、ホテアオイのエン  
ルギー変換(メタンガス)その他の利用につい  
て、ホテアオイ研Newsletter No. 4 :  
3-5.

大隅光善・千蔵昭二、筑後川下流域のクリーク雑草  
「チクゴスズメノヒエ」の生態と防除 第4報  
種子繁殖に関する調査。雑草研究 29: 45-  
50.

大滝末男、私の好きな植物—アサザ— 植物と自然  
18(6): 31

沖 陽子・中川恭二郎、温度要因がホテアオイの生  
育及び繁殖に及ぼす影響。雑草研究 29: 25  
-32

片桐義昭、ムジナモの花芽形成要因。食虫植物研  
会誌 35: 110-111.

角野康郎、水草を撮る。植物と自然 18(7): 29-  
31.

草薙得一、ウリカワの生態と防除。雑草研究 29:  
11-24.

酒匂靖夫、溪流に住む珍しい植物ウスカワゴロモーそ  
の生活記録— 植物と自然 18(9): 23-26.

竹下 信、武庫川・猪名川両水系に棲息する沈水性水  
草の生態分布—非生物環境要因による棲み分け  
を中心にして— 伊丹の自然 1: 3-21.

陳 玉麟、台湾におけるホテアオイ。ホテアオイ  
研Newsletter No.4: 1-2.

外山雅寛、静狩湿原にムラサキミミカキグサを確認。  
食虫植物研会誌 35: 101-103.

———、知床半島よりタヌキモの新分布記録。

同上 35: 103-108.

永井かな、琵琶湖におけるホテアオイの分布につい  
て。ホテアオイ研 Newsletter No.4: 8.

那須孝悌・松江実千代、アマモの花粉。Nature  
Study 30: 87-91.

浜島繁隆、日本に自生する水生植物。採と飼 46:  
284-288.

湯浅 明、デンジソウの生活史。植物と自然 18(8)  
: 25-30.

湯浅浩司、食用にしている水生植物。採と飼 46:  
294-296.

Ito, M. Studies in the floral morphology and  
anatomy of the Nymphaeales. II. Floral  
anatomy of *Nymphaea tetragona* George.  
Acta Phytotax. Geobot. 35: 94-102.

Kadono, Y. Comparative ecology of Japanese  
*Potamogeton*: an extensive survey with  
special reference to growth form and life  
cycle. Jap. J. Ecol. 34: 161-172.

Kunii, H. Seasonal growth and profile struc-  
ture development of *Elodea nuttallii* (Planch.)  
St. John in Pond Ojaga-ike, Jap-  
an. Aquat. Bot. 18: 239-247.

———. Effects of light intensity on the grow-  
th and buoyancy of detached *Elodea nutta-  
llii* (Planch.) St. John during winter.  
Bot. Mag. Tokyo 97: 287-295.

Satake, K. & K. Miyasaka. Evidence of high  
mercury accumulation in the cell wall of the  
liverwort *Jungermannia vulcanicola* Steph.

(31頁右下につづく)