

ホテイアオイの生育に伴う栽培液の形態別窒素の挙動

野上 祐作・平田まき子・堀 和子・石井 猛

水質管理センター

(昭和60年9月26日 受理)

1. 緒言

ホテイアオイ (*Eichhornia crassipes*) による水質浄化実験の歴史は古く、多くの研究が報告されている^{1,2)}。この水質浄化は、主として水中に溶存している窒素、リン等のいわゆる富栄養化物質を対象としている。水中に溶存している窒素の化学形態としては、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素が代表的なものであるが、懸濁しているものとしては有機態窒素も存在している。

ホテイアオイが好む窒素の形態としては、硝酸態窒素であるという報告³⁾もあるが、生育する培養液の pH によって、それらの選択が異なるという報告⁴⁾もみられる。

現在、下水道の完備していない地域に急速に普及している合併浄化槽の処理水に含まれる窒素は、河川、湖沼等の富栄養化現象に拍車をかけることが予想され、この窒素除去にホテイアオイ等の高等植物を利用する場合、ホテイアオイの好む窒素形態を調べておくことは、有用である。

著者らは、長時間ばっ気方式の合併浄化槽の処理水を用いて、ホテイアオイを栽培し、その水質がどのように変化するかという実験を実施してきたが、その中で、特に窒素の挙動を中心に若干の解析を試み、二、三の興味ある知見を得た。

2. 方法

実験は、長さ 100 cm、幅 60 cm、高さ 60 cm の水槽 (材質: 厚さ 4.5 mm のスチール) に、長時間ばっ気方式による合併浄化槽 (処理水量: 最大 220 m³/d) の塩素滅菌直前の接触酸化槽からホースにより取水したものの一部を 200 ml/min で連続的に流入させ、ホテイアオイを栽培した。ホテイアオイの栽培面積は 0.3 m² とし、水深は 50 cm とした。

ホテイアオイと流入水との接触時間は、理論的には約 1 日である。ホテイアオイは 1 週間毎に刈り取り、生長量を測定した後、600 g ずつ植え付けた。栽培期間はホテイアオイの生育のみられる 5 月下旬から 11 月中旬までとした。なお、水槽には日射を妨げることなく、雨等の影響を避けるため、透明なビニール製の波板を用いて屋根を設けた。

水質の測定は、1週間おきに流入水と流出水を採取し、表1に示す項目について分析した。

表1 分析項目及び分析方法

Temp (水温)	ガラス製棒状温度計
pH	堀場製ガラス電極式水素イオン濃度計
T - N	住友化学製 GCT-12N型, GCT-12NA 型 + 柳本製 ガスクロマトグラフ Model G 1800 - T 型
NH ₄ -N	
NO ₃ -N	

解析は、流入水が24時間程度で急激な変動は示さないという仮定のもとに、各項目について、流入水における濃度と流出水の濃度とを対応させて実施した。

利用したデータは1984年5月下旬から11月中旬までに得られたものと、1985年の一部(5月下旬～8月下旬)のデータである。

3. 結果及び考察

最初に、解析に利用した全窒素(T-N)、アンモニア態窒素(NH₄-N)及び硝酸態窒素(NO₃-N)の流入水と流出水の濃度の経時的变化を図1に示した。

今回、実験に用いた合併浄化槽は、夏季に浄化槽への流入負荷が極端に減少するため、ばっ気量を抑えて、活性汚泥の維持に努めるが、なおかつ、過ばっ気状態になり易い。このため、NH₄-Nは減少し、NO₃-N濃度が上がり、pHが低下する傾向にある⁵⁾。図1において、夏季に、流入水の窒素濃度が減少しているのは、このことを反映したものである。

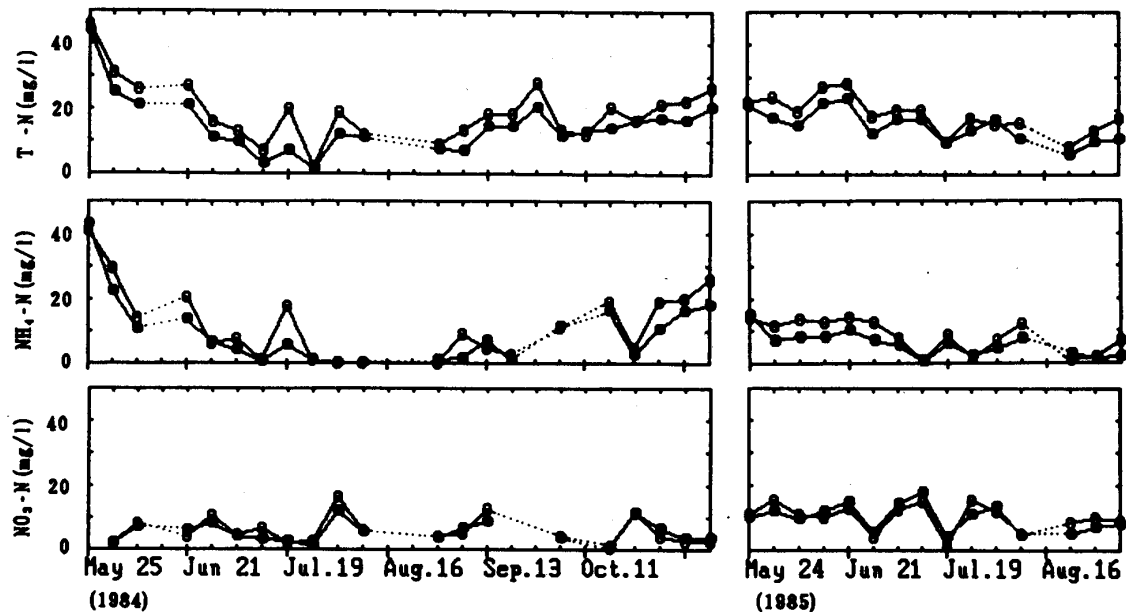


図1 ホテイアオイ栽培水槽の流入水及び流出水の窒素濃度の経時的变化
—○—：流入水， —●—：流出水

次に、T-N, NH₄-N, NO₃-N について、流入水濃度と流出水濃度の関係をプロットしたものを図3に示した。いずれの項目についても高い相関がみられ、回帰式の傾きも、ほぼ1に近いことから、これらの減少量は、流入水の濃度に関係なく、その切片の値とほぼ等しくなっている。このことは、ホテイアオイの生育には、一定の必要量の窒素、リン

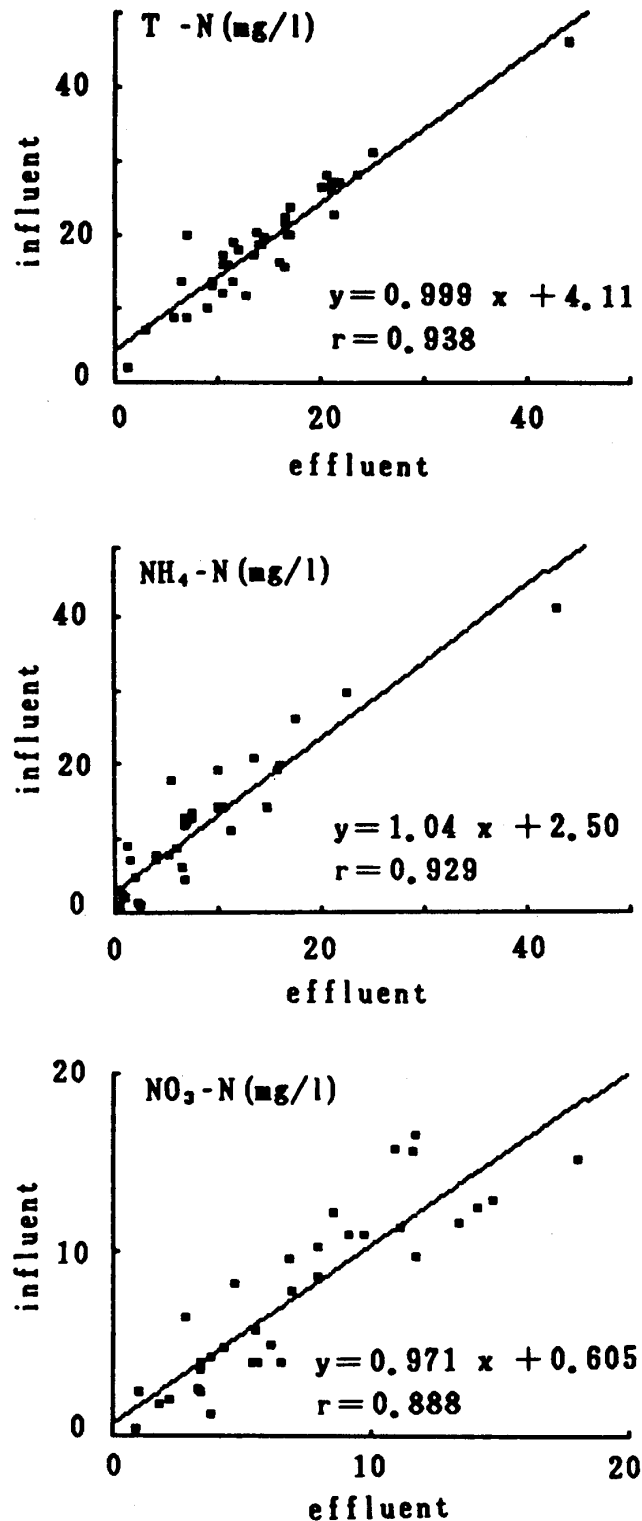


図2 流入水及び流出水の窒素濃度間の相関・回帰（流入水→流出水）

等の栄養塩があれば、流入してくる窒素の濃度には無関係であり、水温、日射量等の環境因子に依存する割合のほうが大きいと考えられる。

ホテイアオイの生育は、水温の高くなる7月初めから9月初めにかけて最も顕著であるが、その間の流入水の pH は、全体的に低い傾向を示した(図3)。

沖ら⁴⁾は、水中の窒素形態の差異がホテイアオイの生育及び繁殖に及ぼす影響に関する実験をおこなっているが、その生育は、培養液の pH によって大きく異なると指摘している。即ち、 $\text{NH}_4\text{-N}$ では塩基性側で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ では酸性側で良好な生育を示すと述べている。そこで、著者らは、ホテイアオイの栽培水槽への流入水の pH が 6.5 以上の場合と以下の場合にわけて、流入水と流出水の窒素濃度の変化について検討した(表2)。

全データについての平均値で見ると、流出水の T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$ は、明白に減少しているが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の減少は認められなかった。このことは $\text{NH}_4\text{-N}$ がホテイアオイによって吸収され、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が吸収されていないように見受けられるが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化によって補給されることも考えられるため、一概には言えない。ところが、pH が

表2 流入水と流出水の窒素濃度の比較

(全データの場合)

	T - N	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$
データ数	38	36	34
流入水 (mg/l)	18.7 ± 7.9	10.4 ± 9.3	7.5 ± 4.7
流出水 (mg/l)	14.6 ± 7.5	7.6 ± 8.3	7.1 ± 4.3
差	4.1 ± 7.5	2.8 ± 12.0	0.4 ± 4.7
t_0	9.19***	4.82***	1.02 ⁽⁻⁾

(流入水の pH ≥ 6.5 の場合)

	T - N	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$
データ数	18	17	16
流入水 (mg/l)	19.7 ± 9.5	15.0 ± 9.5	4.4 ± 2.8
流出水 (mg/l)	15.3 ± 9.3	11.0 ± 9.9	4.8 ± 2.9
差	4.4 ± 10.1	4.0 ± 15.6	-0.4 ± 1.4
t_0	5.84***	4.17***	1.44 ⁽⁻⁾

(流入水の pH < 6.5 の場合)

	T - N	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$
データ数	20	19	18
流入水 (mg/l)	17.9 ± 6.3	6.3 ± 7.1	10.3 ± 4.4
流出水 (mg/l)	14.1 ± 5.4	4.6 ± 5.3	9.1 ± 4.4
差	3.8 ± 5.5	1.7 ± 7.0	1.1 ± 6.7
t_0	7.33***	2.84**	1.84*

$t_0 = \bar{Z} / \sqrt{[Uz^2/n]}$ (\bar{Z} : 差の平均値, Uz^2 : 差の不変分散, n : データ数)

***; $t_0 > t(n-1, 0.01)$, **; $t_0 > t(n-1, 0.05)$, *; $t_0 > t(n-1, 0.1)$

(-); 有意差有りとは認められない

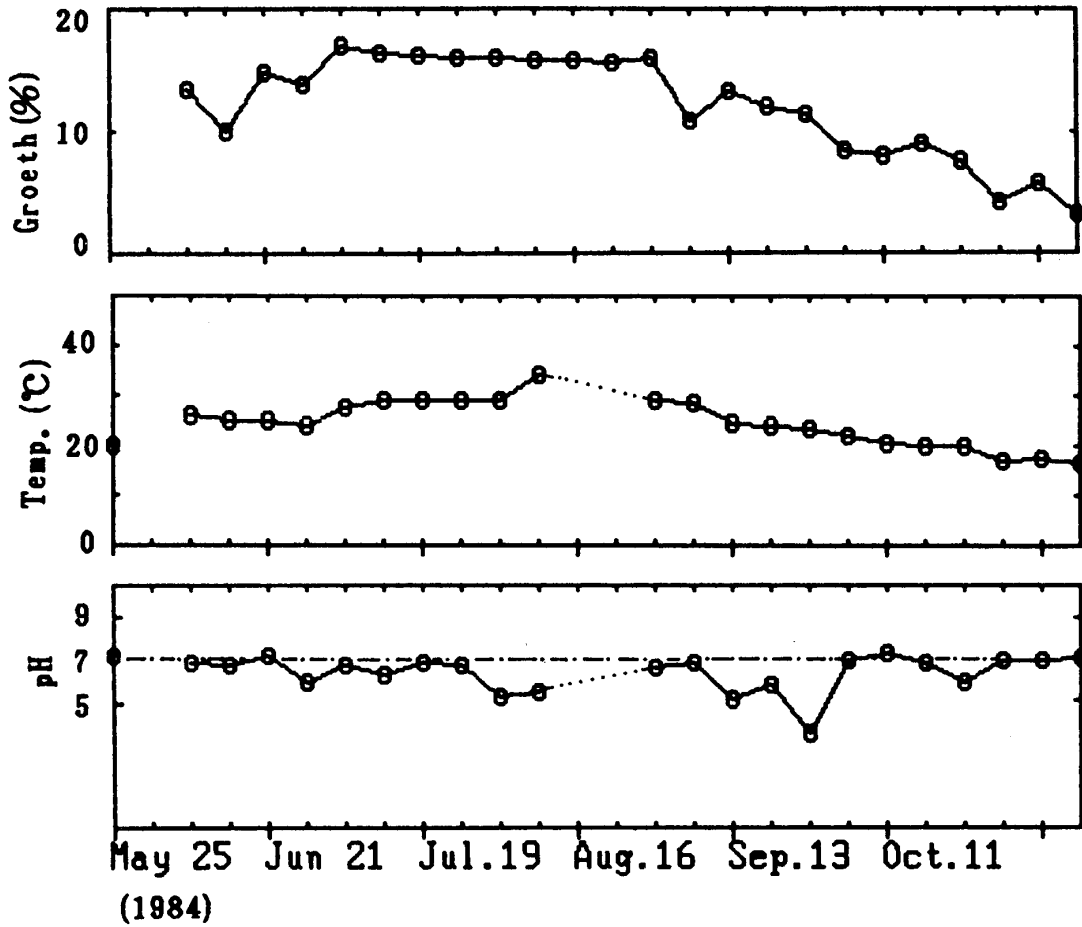


図3 ホテイアオイの生長率及び流入水の水温、pH の経時的变化
(May ~ Nov., 1984)

$$W_t = W_0 (1+x)^t$$

W_t: t日後における現存量, W₀: 初期現存量, x: 生長率

6.5 以上の場合には、NH₄-N の減少量は、T-N の減少量とほぼ等しく、その減少は、より鮮明になるが、NO₃-N の減少は全く認められなかった。一方、pH が 6.5 以下では、逆に、NH₄-N の減少量は少なくなり、NO₃-N の減少が危険率10%ではあるが認められた。このことは、酸性側で NO₃-N の吸収も行なわれていることを示唆するもので、沖ら⁴⁾の述べていることと関係しているかもしれない。もし仮に、ホテイアオイが酸性側で NO₃-N を吸収するとすれば、pH を高くする作用を持ち、逆に、塩基性側で、NH₄-N を良く吸収すれば、pH を下げる働きをすることになり、ホテイアオイそのものが pH 調節を行なう機能を有することになるが、これらについてはさらに検討が必要である。

4. 結論

ホテイアオイ（初期投入量：600g）を栽培する実験水槽（栽培面積：0.3 m²）に、合併浄化槽の処理水を導き、ホテイアオイの生育によって、実験水槽への流入水の形態別窒素がどのような影響を受けるかについて検討した。その結果、以下のことが判明した。

1) ホテイアオイの栽培によって、T-N は平均 4 mg/l (22%) の減少を示した。そのうち、2.8 mg/l は $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少であり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の減少は殆ど見られなかった。

2) $\text{pH} \geq 6.5$ の場合、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少は T-N の減少とほぼ等しく 4 mg/l で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の減少は全く認められなかった。

3) 一方、 $\text{pH} < 6.5$ の場合には $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少は 1.7 mg/l と少なくなり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はわずかながら減少する傾向が認められた。

4) このことはホテイアオイの吸収する窒素形態が $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の両方であり、それらは pH によって左右されることを示唆した。

参考文献

- 1) 徳永隆司：用水と排水，23 (2)，127—134 (1981)
- 2) 青山 勲：用水と排水，24 (1)，87—94 (1982)
- 3) 大垣健吉：ホテイアオイのメカニズムと、その特性に関する研究報告書，19 (1974)
- 4) 沖陽子，伊藤操子，植木邦和：雑草研究，23，120—125 (1978)
- 5) 野上，堀，平田，石井：加計学園水質管理センター年報，4・5，36—42 (1984)

Changes of Nitrogen Sources in Water Hyacinth Aquatic Treatment Systems

Yusaku NOGAMI, Makiko HIRATA, Kazuko HORI and Takeshi ISHII

*Department of Water Research
Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1
Okayama, 700, JAPAN*

(Received September 26, 1985)

Abstract

It was studied to examine the changes of nitrogen sources in water hyacinth aquatic treatment systems (cultured area; 0.3 m², initial value of water hyacinth; 600 g, contacting time; about 24 hr.). Influent was introduced from outlet of extended-aeration plants. Results in growing period of water hyacinth (from early summer to fall) are as follows:

- 1) Total nitrogen was decreased by approximately 4 mg/l (22%) in average. Ammonium nitrogen was decreased by 2.8 mg/l, but decrease of nitrate nitrogen was not seen.
- 2) In basic water (pH \geq 6.5), decrease of ammonium nitrogen was seen remarkably. Conversely, decrease of nitrate was seen slightly in acidic water (pH<6.5) according to t-test (risk rate: 10%).
- 3) It was suggested that nitrogen sources absorbed by water hyacinth were both ammonium nitrogen and nitrate, but rate of absorption by water hyacinth was depended to pH levels in culture water.