

ホテイアオイの成長速度と窒素吸収特性に関する解析

広島大学工学部 正会員 ○ 今 岡 務
徳山市役所 中 村 一 幸
広島大学工学部 正会員 寺 西 靖 治

1. はじめに 水処理システムに対するエネルギーコスト的な観点あるいはすでに富栄養化している水域の浄化法としての可能性などにより、ホテイアオイなどの水生植物を用いた富栄養化の制御法が近年注目されている。本研究では、リンとともに富栄養化の主な原因物質とされている窒素に着目し、ホテイアオイの窒素吸収特性および成長速度に関する実験的な考察を行い、窒素吸収速度式について検討することを目的とした。

2. 実験方法 ホテイアオイの栽培は温室内に大型水槽を設置し、クールユニットにより外部水温のコントロールを行った塩化ビニール製カラムを用いて実施した。ホテイアオイは水道水のみで前培養したものを、カラムへの初期投入量が湿潤重量で約60gとなるように調整した。実験は表一に示す基礎培地に窒素源として NH_4Cl を一定量添加した培地をカラム毎に設定した流量で流す連続実験により行った。ホテイアオイ基部以外のカラム水面部は黒色ビニールで覆い、流量は電磁弁と培地供給タンクのヘッドによって調節した。表一は各カラムの実験条件を示したものである。水温を30℃に設定したカラム1～4（以下 Run-1）の実験期間は10月上旬から11月上旬にかけての1ヶ月間であり、カラム5～7（以下 Run-2）の実験は12月下旬から1ヶ月間実施した。ホテイアオイの成長量はよく水分をふき取った後、別に求めた換算式を用いて乾燥重量で表わした。流入水の窒素濃度は、 Kj-N 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の分析を行い、全窒素濃度で示した。また、10時および22時に温室内の気温の測定を行った。

3. 実験結果 カラム1、4における流出窒素濃度の変化およびホテイアオイの成長量の測定結果を図一、2に示した。また、表一は最大成長量から算出した増加率ならびに成長曲線の直線期間から求めた成長速度を各カラム毎にまとめたものであり、流出窒素濃度の定常期の平均濃度から算出したみかけの窒素除去率と除去速度を示したものである。Run-1 の場合、実験開始直後に流出窒素濃度の急激な減少が認められ、とくにカラム1および2においては、2日目ですでに流入窒素濃度の20%程度の値となった。水温を20℃とした Run-2では、Run-1のような急激な減少は認められず、ゆるやかな減少を示した。また、ホテイアオイの成長もRun-1の場合には順調であったが、Run-2のカラムでは数日間の誘導期が認められた。

ホテイアオイによるみかけの窒素除去率は供給速度が大きくなるに伴い低下する傾向を示した。また、Run-1 の場合には供給速度が大きくなるに従い、除去速度も大きくなるという結果が得られたが、Run-2ではその傾向が認められず、カラム6の2培の供給速度を与えたカラム7でもカラム6とほぼ同じ除去速度を示した。

表一 / 基礎培地組成

KCl	39.9 mg
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	123.3
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	57.7
FeCl_3	1.0
$\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1.0
K_2HPO_4	112.3
水道水	1000 ml

表二 各カラムにおける実験条件

実験条件 カラム No.	水温 (°C)	平均流入窒素濃度 (mg-N/l)	流量 (ml/hr)	窒素供給速度 (mg-N/m ² /hr)
1	30	2.26	167	7.69
2	30	2.26	333	15.33
3	30	9.71	167	33.03
4	30	9.71	333	65.87
5	20	2.46	167	8.37
6	20	10.70	167	36.40
7	20	20.21	167	68.76

4. ホテイアオイの窒素吸収速度式に関する検討

本実験を完全混合モデルと考えた場合、次式が成り立つ。

$$V(dN/dt) = FN_0 - FN - V(-dN/dt) \quad (1)$$

ここで、 F ：流量、 N_0 N ：流入流出窒素濃度、 V ：カラム容量、 $(-dN/dt)$ ：窒素吸収速度。

したがって、カラム内のホテイアオイの窒素吸収速度 U_t

$$U_t = V(-dN/dt) = F(N_0 - N) - V(dN/dt) \quad (2)$$

で求められる。また、 U_t に影響を及ぼす要因として窒素濃度 (N)、温度 (T)、日射量 (I)を取り上げ、次式でモデル化した。

$$U_t = a(e^{bT} - 1.0) \frac{N}{K_N + N} \frac{I}{K_I + I} \cdot W_t \quad (3)$$

ここで、 $a(e^{bT} - 1.0)$ ：最大吸収速度（温度 T における）
 K_N, K_I ：窒素および日射量に関する Michaelis定数、 W_t ：ホテイアオイ乾重。

Run-1およびRun-2の実験データにより、(2)式から U_t の実測値を求め、また T としては日平均気温を用い、日射量に関しては広島地方気象台のデータをもとに温室内の有効日射量を算出して、Gauss-Newton法による非線形回帰分析を行った。その結果、次のような速度式が得られた。

Run-1 の場合

$$U_t = 0.5131(e^{0.0095T} - 1.0) \cdot \frac{N}{0.414 + N} \frac{I}{1.078 + I} W_t \quad (4)$$

(mg-N/hr)

Run-2 の場合

$$U_t = 0.7830(e^{0.010T} - 1.0) \cdot \frac{N}{2.334 + N} \frac{I}{0.122 + I} W_t \quad (5)$$

(mg-N/hr)

図-3はカラム1のデータから得られた U_t/W_t (mg-N/g-DW/hr) の実測値および(4)式から求められた計算値の経日変化をプロットしたものである。

実験前半と比較して、後半において計算値が実測値を上回る傾向が認められたが、ホテイアオイの活性の低下あるいはカラム内での硝化反応により $NO_3^- - N$ の占める割合が相対的に大きくなり、(4)式における K_N よりもこの期間ではさらに K_N が大きくなるためなどによるものではないかと考えられた。

(1) James T. Morris : The nitrogen uptake kinetics of *Spartina alterniflora* in culture. Ecology, 61(5), 1980.

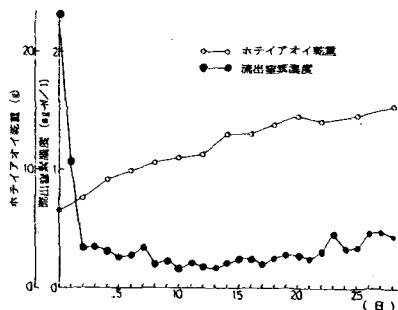


図-1 カラムNo.1

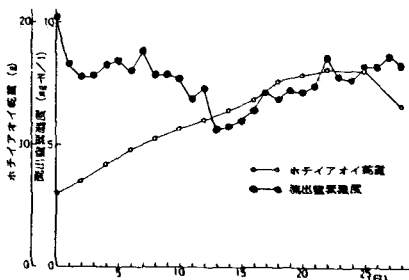


図-2 カラムNo.4

表-3 実験結果

カラム No.	初期投入量 (mg-N/g)	増加率 (%)	成長速度 (g-乾重/2day)	平均流出 窒素濃度 (mg-N/l)	除去率 (%)	除去速度 (mg-N/g ² /hr)
1	67.7	233.3	8.09	0.21	90.7	6.97
2	66.5	248.2	12.72	0.52	77.0	11.80
3	66.9	276.5	11.48	5.50	43.4	14.32
4	62.3	269.7	13.40	6.63	31.7	20.89
5	56.4	240.6	10.03	0.26	89.4	7.49
6	54.2	222.4	12.21	6.87	33.8	13.03
7	56.9	254.5	11.77	16.04	20.6	14.16

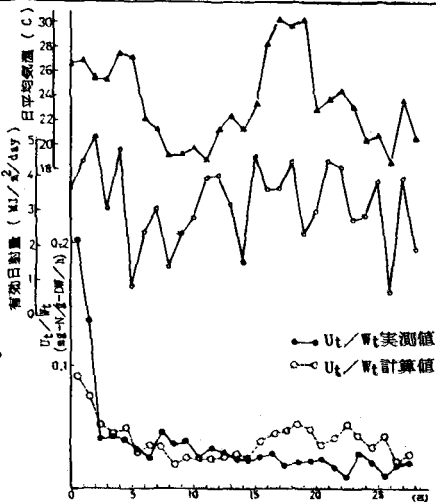


図-3 カラムNo.1における U_t/W_t 変化