

広島大学工学部 正員 寺西 靖治
広島大学工学部 正員 今岡 務
広島大学大学院 学生員 大村 昭彦

1. はじめに 内陸部の湖沼およびダム湖などでは、汚染源が分散していることや水源として利用されていることなどから、上流側での下水道および熱水処理場の建設が困難な場合が多い。そのため、湖沼の富栄養化防止策として、すでに富栄養化している水域の水質浄化にも適用可能なホテイアオイを用いた水質浄化法が検討されている。本研究では、一定量の培地を連続的に供給する栽培実験を実施し、その結果をもとに成長速度、窒素吸収速度の定式化を行い、さらに実際の貯水池規模でホテイアオイを栽培する場合の窒素除去効果について検討を行う。

2. 実験方法 実験装置は、Run 1~7はビニールハウス内で硬質塩化ビニール製カラム(内径25cm, 高さ55cm, 培地容量25ℓ)をホテイアオイ栽培槽として用い、Run 8~12は透明アクリル板を屋根とし、その下にポリプロピレン製フンテラ(内寸46cm×30cm, 深さ26cm, 培地容量3ℓ)を設置してホテイアオイ栽培槽として用いた。供給培地の流量はRun 1~7では電磁弁、Run 8~12では定流量ポンプによって流量が一定となるように調節した。供給培地の組成および実験条件の概要は表-1, 2に示す。

表-1 供給培地組成

KCl	39.9 mg
MgSO ₄ ·7H ₂ O	123.3
CaCl ₂ ·2H ₂ O	57.7
FeCl ₃	1.0
Na ₂ EDTA·2H ₂ O	1.0
K ₂ HPO ₄	112.3
Tap water	1000 ml

表-2 実験条件

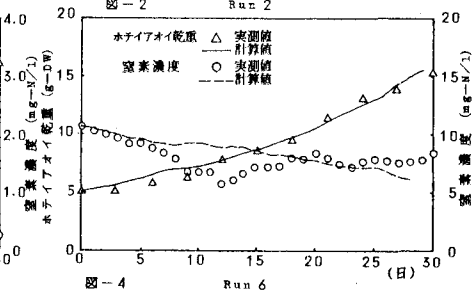
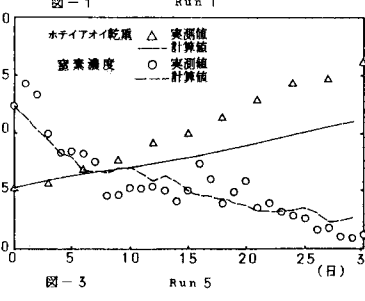
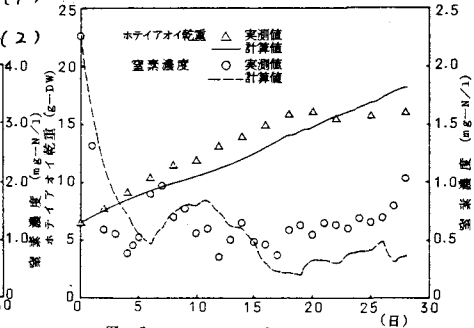
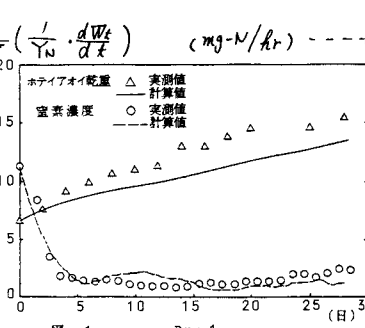
No.	Period	Nitrogen Input resource (mg-N/l)	Flow rate (liter/hr)
Run 1		NH ₄ Cl 2.26	0.167
2	1981	" 2.26	0.333
3	10/2	" 9.71	0.167
4	~10/28	" 9.71	0.333
Run 5	1981	NH ₄ Cl 2.46	0.167
6	11/7	" 10.70	0.167
7	~12/7	" 20.70	0.167
Run 8	1982	NH ₄ Cl 2.57	0.184
9	8/3	" 6.02	0.180
10	~8/21	" 20.66	0.168
Run 11	1982	NH ₄ Cl 10.24	0.216
12	9/9 ~10/15	" 48.49	0.218

3. 解析結果 窒素濃度と気温の影響を考慮し、実験結果より求めたホテイアオイの成長速度式、窒素吸収速度式についてはすでに報告した。すなわち本実験を完全混合と考えた場合、成長量の変化および窒素濃度の変化は次式で表わされる。

$$\frac{dW_t}{dt} = 0.00623 \{ \exp \{ 0.0326 (T - 10) \} - 1.0 \} \frac{N}{K_N + N} \cdot W_t \quad (g-DW/hr) \quad (1)$$

$$\frac{dN}{dt} = \frac{Q}{V} (N_0 - N) - \frac{1}{Y_N} \left(\frac{1}{W_t} \cdot \frac{dW_t}{dt} \right) \quad (mg-N/hr) \quad (2)$$

ここで、 W_t :ホテイアオイ乾重(g-DW), T :気温(°C), N_0 :流入窒素濃度(mg-N/l), N :流出窒素濃度(mg-N/l), K_N :飽和定数(mg-N/l), Q :流入流量(l/hr), V :容器容量(l), Y_N :増殖収率(g-DW/mg-N), $0.00623 \times \{ \exp \{ 0.0326 (T - 10) \} - 1.0 \}$:最大成長速度係数(R_m , 1/hr)であり、アモンニウム性窒素に関しては $K_N = 0.650$ (mg-N/l), $Y_N =$



0.0279(g-DW./mg-N) という結果が得られている。

式(1), (2)を連立微分方程式として、Lunge-Kutter-Gill法を用いて算出した計算値と実測値を図-1~6に示す。Run 9 および Run 10 が窒素濃度変化に関して計算値と実測値に差がみられるのは、実験前のホテイアオイの前培養の影響と考えられる。

4. ホテイアオイによる貯水池内の窒素除去効果の検討

広島県A貯水池を対象に、ホテイアオイを用いた場合の窒素除去効果について検討する。A貯水池は満水貯容量: 260万 m^3 , 表面積: 54万 m^2 であり、2つの流入河川を有している。池内全窒素濃度1~3.5 mg-N/l で汚濁源は流入河川のひとつのK川(T-N=1~4 mg-N/l)である。

ここでは、池内は完全混合、容量260万 m^3 , アンモニア性窒素濃度2 mg-N/l , 流入河川としてK川(流入流量4万 m^3 , アンモニア性窒素2 mg-N/l)のみを考慮する。また、ホテイアオイ初期投入量を500, 2,500, 5,000, 10,000 kg-DW. とした場合についてそれぞれ検討する。気温は広島市半旬別(5日毎)気温平年値(1951~1980年の平均値)を与え、4月1日から11月1日までの7ヶ月間のホテイアオイの成長量と窒素濃度の変化について、式(1), (2)を用いて試算した結果を図-7, 8に示す。

初期投入量が多いほど、窒素除去の効果は早く表われるが、いずれの場合も、8月下旬には窒素濃度が0.1 mg-N/l 以下となり、成長量は20~30万 kg-DW. で表面積40~60万 m^2 (単位面積当りのホテイアオイ量: 10 kg-F.W./m^2 , 乾物率: 5%とした場合)に達する。そのためホテイアオイの収穫管理が必要となる。この収穫管理を行なった場合(5日毎, 10日毎)を図-9, 10に示す。

初期投入量が500 kg-DW. であれば、100,000 kg-DW. (200,000 m^2)に管理した場合、8月下旬~9月上旬で窒素濃度0.2 mg-N/l 以下、50,000 kg-DW. (100,000 m^2)の場合、8月中旬~10月上旬に0.3~0.5 mg-N/l に低下する。また、初期投入量5,000 kg-DW. の場合では、100,000 kg-DW. に管理した時、7月下旬~9月下旬で0.2 mg-N/l 以下、50,000 kg-DW. に管理した時は、7月下旬~10月上旬で0.3~0.5 mg-N/l までの窒素濃度の低下がみられる。収穫間隔(5日毎, 10日毎)による除去効果には大きな差は認められなかった。

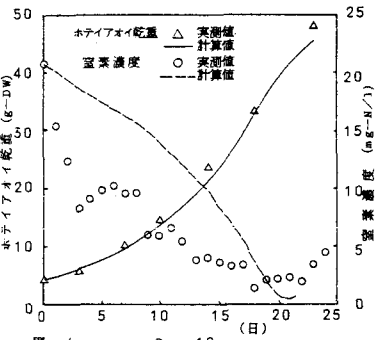


図-5

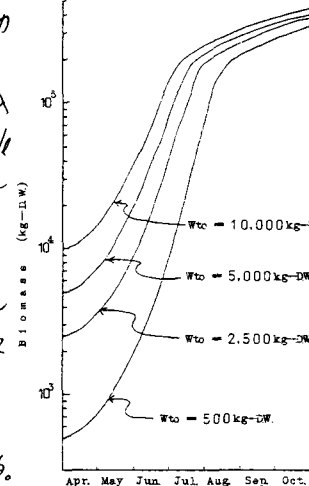


図-7 A貯水池におけるホテイアオイの成長曲線

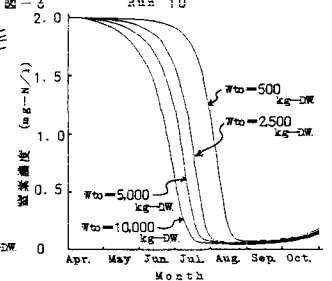


図-8 A貯水池におけるアンモニア性窒素濃度変化

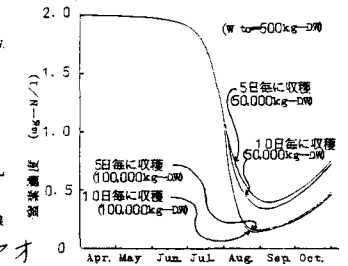


図-9 貯水池内の窒素濃度変化

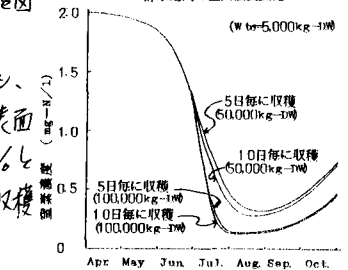


図-10 貯水池内の窒素濃度変化

参考文献

- 1) 今岡 務・奇西靖治:「ホテイアオイの成長速度と栄養塩吸収特性に関する解析」, 衛生工学研究論文集・第19巻・1983, pp. 109~115