

ホテイアオイの窒素除去能に対するカドミウムの影響

野上 祐作・堀 和子・平田まき子・石井 猛

水質管理センター

(昭和59年9月27日 受理)

1. 緒言

最近の水質浄化に関する中心的課題は湖沼等の閉鎖系水域の富栄養化要因物質である窒素、リンの除去へと移行しつつある。そして、窒素、リンの除去に水生植物による自然浄化のシステムを応用する試み^{1,2)}が、再び見直しされるようになった。その中で、ホテイアオイ (*Eichhornia crassipes*) が最も有望視され³⁾、ホテイアオイに関する多くの研究が行なわれている^{4,5)}。しかし、ホテイアオイによる窒素、リンの除去能は、その成育する水質及び気象等の外的要因に支配されるものと考えられるが、これらに関する基礎的検討については、あまり報告されていない。著者らは水質中の重金属がホテイアオイの窒素、リン除去能にどのような影響を及ぼすかについての実験を行なっているが、今回は、特に生体にとって不必要と考えられているカドミウムがホテイアオイの窒素吸収にどのように作用するかについて検討を行い、得られた二、三の知見について報告する。

2. 方法

2.1 実験条件

〔実験1〕 カドミウム濃度の影響

プラスチックの水槽（縦、198 mm、横、363 mm、高さ、280 mm）を用い、表1に示した条件で、ホテイアオイ 100 gを8日間、栽培した。実験はホテイアオイの成長が盛んな7月から9月にかけて数回行った。水槽の設置場所は、野外で日光が比較的良く当たる

表1 実験条件(1)

水槽 No.	水 (l)	液肥 (ml)	Cd (mg/l)
1	1 0	5	0. 0 0
2	1 0	5	0. 2 5
3	1 0	5	0. 5 0
4	1 0	5	1. 0 0

液肥：ハイポネックス (N:P:K=5:10:5)

初期のホテイアオイの量：100 g

が、雨のかからない所を選んだ。実験に使用したホテイアオイは、合併処理排水で栽培したものの中から、実験開始1週間前に生長の同じ程度のものを選び、ハイポネックス（市販、村上物産）の希釈液を入れた予備水槽で調整した。又、カドミウムは $\text{CdCl}_2 \cdot 2\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ （和光、特級）を水に溶かして使用した。

〔実験2〕 窒素の形態に対するカドミウムの作用

ホテイアオイが除去する窒素の形態とカドミウムとの関係を検討する為に表2に示した条件で、実験1と同様の実験を試みた。アンモニア態窒素及び硝酸態窒素としては、それぞれ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 NaNO_3 を水に溶かして使用した。

表2 実験条件(2)

水槽 No.	水 (l)	窒素 (mg/l)	Cd (mg/l)
1	10	40 ($\text{NH}_4\text{-N}$)	0.00
2	10	40 ($\text{NH}_4\text{-N}$)	1.00
3	10	40 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	0.00
4	10	40 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	1.00

$\text{NH}_4\text{-N}$: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{NO}_3\text{-N}$: NaNO_3

初期のホテイアオイの量 : 100g

2・2 測定項目及び測定方法

水溶液中のカドミウム：原子吸光（直接噴霧）

ホテイアオイ中のカドミウム：原子吸光法（硫酸-硝酸分解，MIBK抽出）

使用した原子吸光分析装置はジャーレルアッシュ AA-855である。

水溶液中の全窒素 (T-N)，アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)，硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)：窒素分析装置（住友化学，GCT-12N型，12NA型）

ホテイアオイの成長量：市販の簡易秤

3. 結果

3・1 ホテイアオイの窒素除去能に対するカドミウムの濃度依存性

ホテイアオイの成育期間中の水溶液中のカドミウム (Cd) 濃度の時間的推移を図1に示した。初期濃度 0.25 mgCd/l が8日後に 0.14 mgCd/l (56%) に、 0.51 mgCd/l が 0.34 mgCd/l (67%) に、そして 1.0 mgCd/l が 0.76 mgCd/l (76%) に減少した。この減少した Cd はホテイアオイによって吸収されたものと考えられる。そこで、8日後の各水槽のホテイアオイについて、根部(ROOT)及び根を除いた部分(TOP)に分けて、各々に含有される Cd 濃度を測定した。その結果を表3に示した。吸収された Cd の大部分は ROOT に集中し、ROOT から TOP へ輸送される Cd は水溶液中の Cd の初期濃度に依存してい

た. ROOT の Cd は初期濃度 0.25, 0.51 mgCd/l の場合で差が見られなかったが, 根に付着した Cd が十分に洗浄しにくいことなどに起因しているかもしれない.

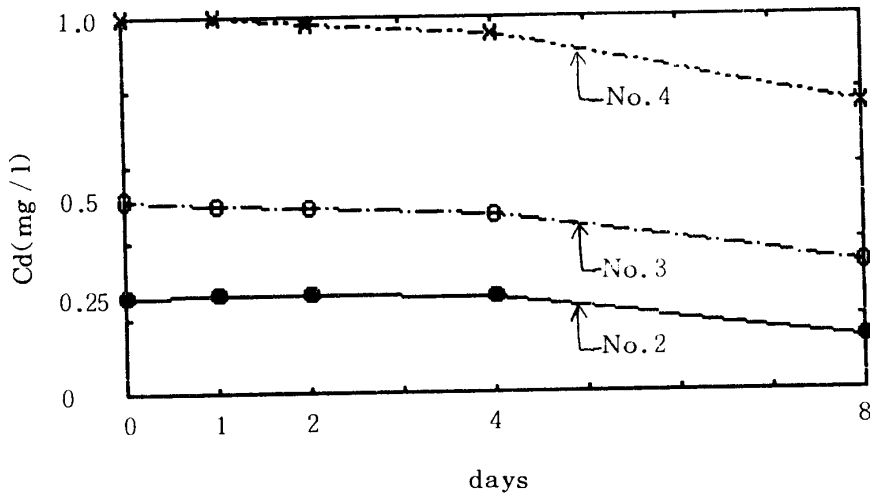


図1 水溶液中の Cd の経時的変化 (実験 1)

表3 ホテイアオイ中の Cd (8日後)

水槽 No.	ROOT	TOP
1	9.86	0.698
2	1140	9.06
3	1110	29.3
4	2040	284

unit : $\mu\text{g/g}$ (dry)

次に, T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収に対する Cd の影響を経時的に図2に示した. 図から判るように, T-N は Cd の濃度が高くなるにつれて, 吸収される割合が下がる傾向を示した. さらに, この傾向は $\text{NH}_4\text{-N}$ について見られた. これに対して $\text{NO}_3\text{-N}$ の減少は認められなかった. この結果によると, ホテイアオイが $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸収を行なっているかのようにみえる.

さらに, ホテイアオイの成長量を8日後に測定したが, その結果を図3に示した. 明らかに, Cd 濃度が高くなるにつれて, その成長が阻害される傾向を示した.

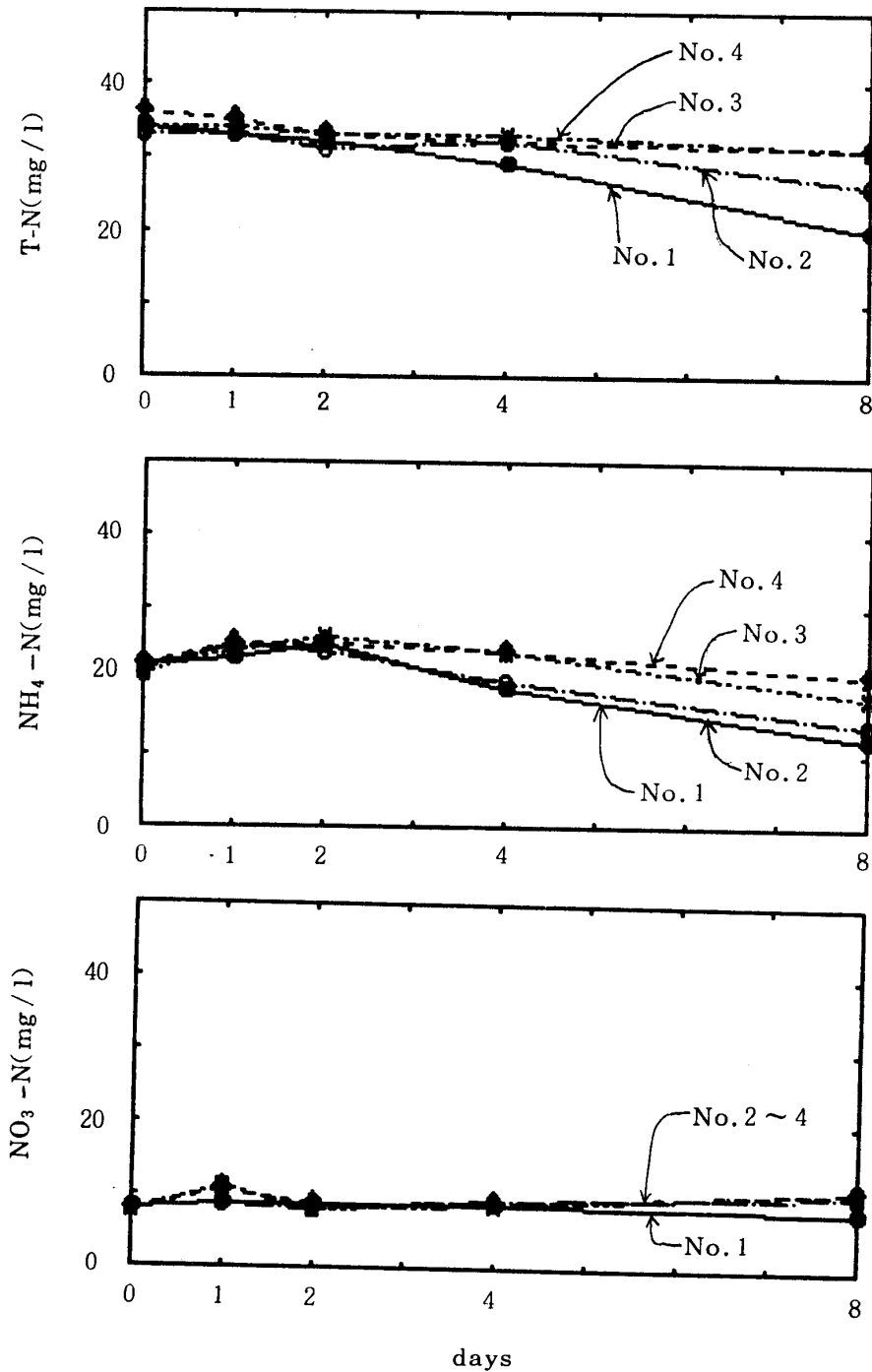


図2 水溶液中の窒素の経時的変化

3・2 窒素の形態に対するカドミウムの作用

(NH₄)₂SO₄, NaNO₃ の各水溶液中でホテイアオイの栽培を試み、水溶液中の T-N の減少状態を測定した(図4)。この実験では、NaNO₃ 水溶液中の T-N の減少が著しく認められたのに対し、(NH₄)₂SO₄ 水溶液では、T-N の減少は顕著にはみられなかった。一方、Cd (1mg/l) が含まれる場合には NaNO₃ 中の T-N の減少がかなり抑制され、Cd の作用が顕著に認められた。このことは、ホテイアオイの生長量にも反映されている(図

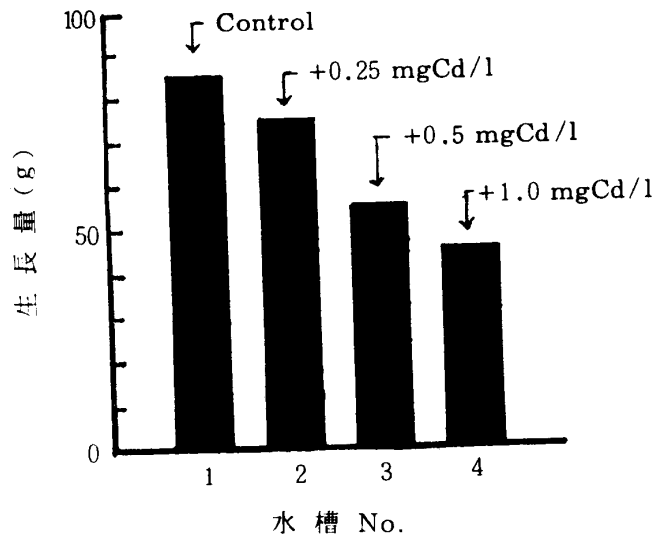


図3 ホテイアオイの生長量（8日後）

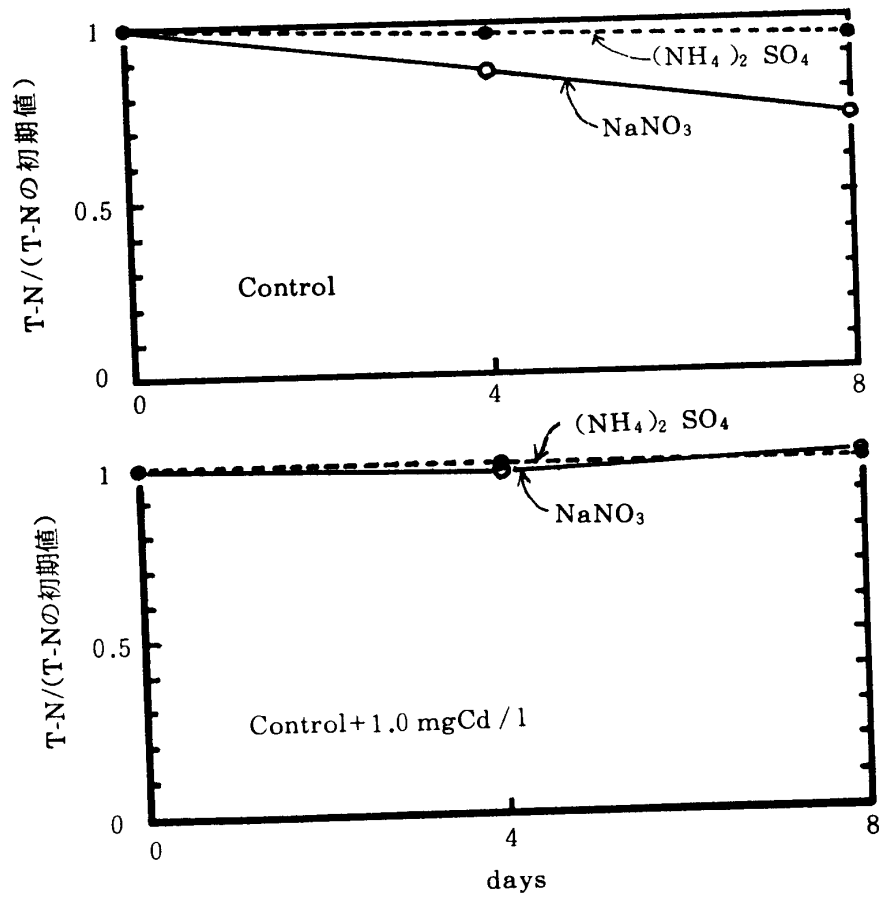


図4 水溶液中の T-N の減少比率（実験 2）

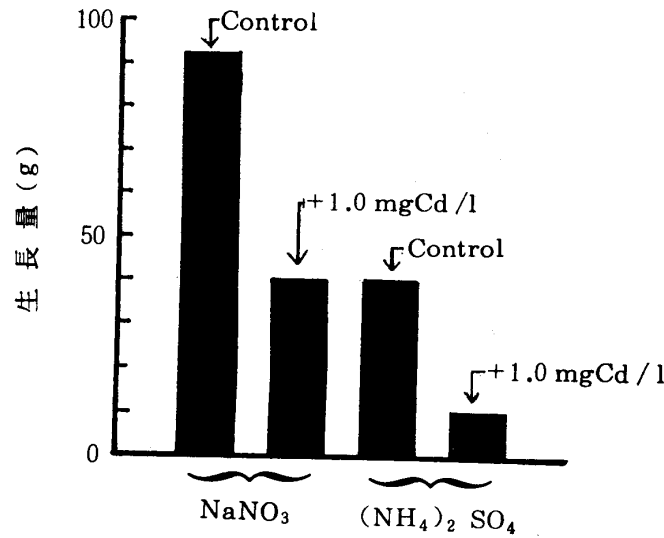


図5 ホテイアオイの生長量8 (日後)

5). 特に, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 水溶液に Cd が加わった場合のホテイアオイの生長は, ほとんど抑制された.

4. 考 察

ホテイアオイによる窒素除去に対して, Cd がどのように影響するかについて検討を行ったが, Cd 濃度が 0.5 mg/l 以上存在すると窒素の吸収がかなり抑制された. 水溶液中に Cd が存在すると, ホテイアオイは Cd を吸収し, その大部分を根部に集中的に蓄積し, 根の機能を阻害するものと考えられる. その為, 水中からの栄養分の吸収ができなくなり, 生長が抑制される.

又, コントロールとして用いたホテイアオイの ROOT 部分には, 約 $10 \mu\text{g/gdry}$ の Cd が検出されたが, この値は S. Muramoto & Y. Oki ら⁶⁾の測定結果とほぼ一致している. このことは水生植物が, 微量の重金属を濃縮し易いことを示唆しており, 今後の研究課題と考えられる.

今回行った実験では, 栄養源としてハイポネックス (N:P:K = 5:10:5) を使用したが, その詳細な組成は判然としない. 水槽中の T-N の初期濃度は実測で 35 mg/l 程度であり, $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の比率は約 2:1 であった. この場合, ホテイアオイは $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸収を行っているように見かけ上, 見受けられたが, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 水溶液では, ホテイアオイの生長は顕著には認められず, $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少も少なかった. 一方, NaNO_3 水溶液中でのホテイアオイの生長は顕著で, $\text{NO}_3\text{-N}$ もかなり減少した. これらの結果からだけでは, ホテイアオイの吸収する窒素の形態は判然としないが, $\text{NH}_4\text{-N}$ が $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ へと酸化されて吸収される可能性を示唆しており, 現在, これらについては検討中である.

ホテイアオイによる水質浄化システムの弱点は、冬季に生育しないこと及び、繁殖したホテイアオイの適切な処理法がみいだせていないことである。その為、最近ではホテイアオイの資源化に関する研究^{7,8)}に関心が高まっている。この観点からも、ホテイアオイと重金属との関係は重要と考えられる。

5. 結 論

生体に不必要と考えられている Cd がホテイアオイの水中からの窒素除去にどのように作用するかについて、基礎的実験を試みた。その結果、

- 1) 水溶液中の Cd はホテイアオイによって吸収され、その大部分は根部に集中して、根の機能を阻害する。
- 2) その為、ホテイアオイによる窒素除去も Cd の濃度に依存して低下する。そして、ホテイアオイの生長も著しく抑制される。
- 3) 根部から葉柄、茎部へ輸送される Cd は、水中の Cd 濃度に依存する、こと等が判明した。

参考文献

- 1) 麻生昌則・永松啓至・岩崎要：用水と廃水，**23** (12)，1418—1428 (1981)
- 2) 橋本奨・尾崎保夫・山本司：下水道協会誌，**20** (232)，8—16 (1983)
- 3) 青山勲：用水と廃水，**24** (1)，87—94 (1982)
- 4) B. Wolverton et al. : *New Scientist*, **12**, pp 318—320 (1976)
- 5) J. R. Hauser : *J. WPCF*, **56** (3), 219—255 (1984)
- 6) S. Muramoto & Y. Oki : *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, **30**, 170—177 (1983)
- 7) 石井猛・浜田誠司・倉石浩誠：ホテイアオイ研究会，No. 4，3—5 (1984)
- 8) 石井猛・愛甲博美：環研年報，印刷中

Effects of Cadmium for Removal of Nitrogen by Water Hyacinth

Yusaku NOGAMI, Kazuko HORI, Makiko HIRATA and Takeshi ISHII

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

(Received September 27, 1984)

Abstract

It was studied to examine the effects of cadmium for removal of nitrogen by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in plastic pots. In results,

1) Cadmium was absorbed by water hyacinth and was accumulated in root mostly. The amounts of cadmium transferred from root to top were depended on the initial values in water.

2) The capacity for removal of nitrogen was dropped with increase of Cd-amounts in water.

3) The growth of water hyacinth was suppressed in existence of cadmium of 0.25-1.00 mg/l.