

ホテイアオイによる大気および水質浄化の研究

石井 猛*、前原 正**、西 健治郎**
西山 成美**、濱上 斎**

* 岡山理科大学工学部応用化学科教授
岡山市理大町1-1

** 岡山理科大学大学院工学研究科
岡山市理大町1-1

概要

近年、人間を取り巻く環境は、文明の発展と共に変貌し、悪化してきている。特に、産業革命以後、多種多様の産業活動と多量のエネルギー消費により、数多くの大気質、水質などの環境問題を引き起こしている。これらの諸問題を解決するため演者らは、他の植物等と比べ最大光合成能力が高く水質浄化能力を備えている点、繁殖能力が非常に優れ、天然植物で環境にやさしく安価である、などの点を備えたホテイアオイに着目し研究を行なった。今回測定した大気は二酸化炭素であり、水質には下水の濃度を変化させながらイオン濃度を測定した。

キーワード

ホテイアオイ、水質浄化、二酸化炭素

1. 緒言

近年、人間を取り巻く環境は、文明の発展と共に変貌し、悪化してきている。わが国でも高度成長期を境に多くの公害を経験し、その都度「公害対策基本法」や「水質汚濁防止法」などが制定された。大気汚染問題において最も注目されている問題は、二酸化炭素などの温室効果ガスによる地球温暖化である。この要因の一つに、森林焼失による大量の二酸化炭素の放出が温暖化を加速させているという報告がある。また、水質汚濁問題に関しては、現在までに環境基準や工場排水基準が定められ、特に工場排水に起因する水質汚濁は、ある程度緩和されたと言える。さらに、河川における水質汚濁も1975年頃までにはかなり改善され、その後もBOD(生物化学的酸素要求量)の環境基準達成率は徐々に上昇し、1992年には75%を超えている。しかし、湖沼の水質をCOD(化学的酸素要求量)の環境基準達成率で見ると、近年においても45%程度と低いレベルを推移しており、ここ10年大きな変化は認められていない¹⁾。多くの湖沼は、栄養塩(窒素やリンの化合物など)が流入し蓄積しているため、富栄養化している。この結果、水質が悪化しアオコの大発生、オオカナダモやヒシなどの水生植物が異常に繁殖した。その影響により水生植物は腐敗し悪臭を放ち、水質汚濁の原因とまで言われてきた。しかし、研究を重ねるにつれ、水生植物の持つ水質浄化能力が確認され、リンや窒素を含む栄養塩類を植物自身が水中から吸収し除去できる結果が得られた。²⁾

そこで著者らは、富栄養化による被害の対策として、水生植物による水質浄化能力に着目した。この水質浄化方法は、自然環境に沿った省エネルギー環境保全であり、これに用いる水生植物には、浮標性の植物が適合しており、その代表的なホテイアオイを用いて研究を行なった。他の植物等と比べ最大光合成能力が高く³⁾水質浄化能力を備えている点、繁殖能力が非常に優れ、天然植物で環境にやさしく安価であるなどの点を備えたホテイアオイは、入手が容易で繁殖力の高い植物であるため、コスト的にも非常に安価である。

今回測定を行なった大気は二酸化炭素であり、水質には下水の濃度を変化させながらイオン濃度を測定した。

2. 方法

2-1. 人口下水の作成

本研究に用いた下水は、児島湖の水成分を参考にして作成した。リン酸イオンに関しては、ホテイアオイによる吸収が活発であったため 2.5 ppm と設定した。他のイオンは、ナトリウムイオンを 3 ppm、カリウムイオンを 3 ppm および全窒素が 2.5 ppm となるように設定した。その他に、上記に示した下水の濃度を 1/2 倍および 2 倍で作成しホテイアオイの育成に用いた。

2-3. 植物育成装置の開発

図 1 は、本研究で開発した植物育成装置であり前面図と側面図を示した。本装置を用いてホテイアオイの育成を行なった。本装置は、二つの育成装置からなり、外気から遮断されているため、それぞれ異なる条件で温度、湿度および照度を一定に保ちながら測定することが可能である。ホテイアオイの育成には、温度 25 度、湿度 60% および照度 3000 lux と設定し、装置内に下水の入った水槽を入れ二酸化炭素および水質の測定を行なった。

2-4. 自動分析装置

図 2 は、本研究の大気分析に使用した自動分析装置の全体図について示したものである。カラム注入温度を 70℃、カラム内の温度を 60℃、検出器に TCD 検出器を用い、植物育成装置内のランプを 12 時間間隔で点灯させ、装置内の大気を一定時間毎にサンプリングし、二酸化炭素の測定を行なった。

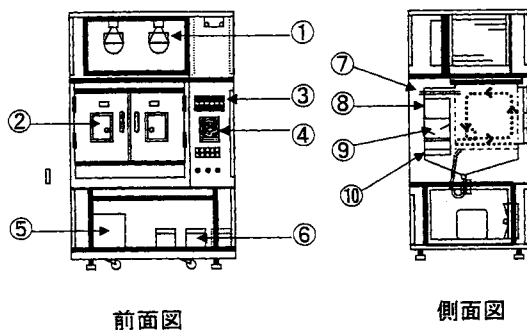


図1 植物育成装置

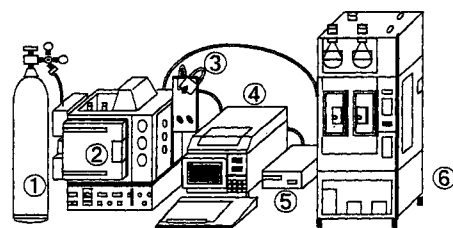


図2 自動分析装置

2-5. イオンクロマトアナライザー並びに COD メーターの導入

本研究における水分析について、水中のイオン濃度には、イオンクロマトアナライザーを用い、COD の測定には COD メーターを用いた。植物育成装置内のホテイアオイの入った水槽の下水を、一定時間毎にサンプリングし分析を行なった。COD メーターにおける測定方式は、酸性 (アルカリ性) 過マンガン酸カリウム法を使用し、測定原理は電量滴定法を、終点検出法には酸化還元電位差法を採用している。

3. 結果および考察

3-1. ホテイアオイによる二酸化炭素吸収

ブランクの状態で行なったホテイアオイの、二酸化炭素吸収について測定を行なった。植物育成装

置内のランプ点灯と同時に急激にホテイアオイが二酸化炭素を吸収していることが確認できた。二酸化炭素濃度がほぼ一定となっている領域に関しては、CO₂補償点と呼ばれるものであり、ホテイアオイに吸収される二酸化炭素と放出される量が見かけ上、等しくなっている事を示している。本研究における CO₂補償点は5.5 ppm となっている。

3-2. COD 変化

本研究に使用したホテイアオイは、児島湖で採取したものである。河川の水質を測定するにあたっては、BOD 測定を行わなければならないが、湖であるために BOD 測定は行っていない。図3は、ホテイアオイによる下水中の COD 変化について示したものである。各濃度のいずれにおいても COD の減少が確認できた。人工下水濃度の高いものは、4日間で約52.5%と COD の除去率は低いが、COD の除去量は顕著な値を示した。4日目を以降も時間の推移と共に値は減少するものと考察できる。また、人工下水濃度の低いものは、4日間で約90.0%と COD の除去率は高かったが、COD の除去量で見ると少量であった。4日目を以降の COD の変化は、ごく微量の減少はあってもほとんど変化しないものと考察できる。

3-3. イオン濃度の減少

下水中のイオン濃度は、ホテイアオイに吸収されることにより減少した。リン酸イオン、ナトリウムイオン、カリウムイオンおよび全窒素イオンの濃度変化と、平均吸収速度を調べた。各下水濃度において、いずれのイオンも減少傾向を示した。特に、リン酸イオンの減少は、顕著であることが確認できた。また、全窒素においても良好な結果が得られた。カリウムイオンとナトリウムイオンの平均吸収速度に関しては微量ではあるが、カリウムイオンの方が勝っている。今回測定を行なったイオンの減少量は各下水濃度において、リン酸イオン>全窒素>カリウムイオン>ナトリウムイオンという結果になった。

3-4. リン酸イオンのホテイアオイへの影響

植物にとってリンの欠乏は、光合成速度を低下させる⁴⁾ことや気孔抵抗が減少する⁵⁾ことが原因となるため、リン酸イオンを吸収したホテイアオイの活性がいつそう高まり、二酸化炭素吸収にも影響を与えていると考察できる。児島湖においてホテイアオイが異常繁殖していた水域のリン酸イオン濃度は、0.18 mg/l となっており、ホテイアオイの数が少ない水域では、0.30 mg/l という低い値であった。河川および湖沼などの水域でのリンの除去という面では、ホテイアオイを有効利用することが可能であると考察できる。

3-5. カリウムイオンおよびナトリウムイオンのホテイアオイへの影響

植物は、カリウムイオンの移動によって孔辺細胞の浸透圧を変え、その結果、気孔が開閉する⁶⁾ことやカリウムイオンの欠乏した葉では、気孔開閉度の減少・気孔抵抗の増加が起こる⁷⁾ことが知られている。ホテイアオイは、根部から吸収したカリウムイオンが葉部に到達し、気孔の開閉を活性化させ二酸化炭素吸収が活発になったと考えられる。また、ホテイアオイによるナトリウムイオンの吸収もごくわずかであることが確認できた。ナトリウムイオンは、植物の孔辺細胞中に少量しか含まれず、その量は気孔開閉によってほとんど変化しない⁸⁾ことが知られており、カリウムと比べ気孔を活性化させる影響が少ないので、ホテイアオイによるカリウムイオンの吸収量より少なくなったと推測できる。

3-6. 全窒素のホテイアオイへの影響

窒素の欠乏により、植物の葉の光合成機能が低下することや、葉のクロロフィル含有量が低下する⁹⁾ことが知られている。ホテイアオイによる全窒素の減少量は、リン酸イオンについて大きく、また窒素は、古来より植物の肥料として用いられており、その構成成分でもあるので、ホテイアオイに及ぼす影響も大きいもの

ではないかと推測できる。ホテイアオイ活性にとって窒素は必要なものであり、光合成機能の上昇に影響しているのではないかと考えられる。

3-7. 各下水濃度における二酸化炭素吸収

図4は、各下水濃度におけるホテイアオイの二酸化炭素吸収について示した。表1は、各下水濃度における二酸化炭素吸収速度について示したものである。プランクの状態では育成を行なったものよりも二酸化炭素吸収速度は良好な結果になった。下水濃度によってホテイアオイによる二酸化炭素吸収に違いが確認でき、下水濃度の高いほうが良い結果となっている。このことは、ホテイアオイによる下水の吸収が影響していると考えられ、リン酸イオン、カリウムイオンおよび全窒素の濃度が関係していると考察できる。

5. 参考文献

- 1) 桜井善雄：水辺の環境学，新日本出版社，p. 22（1991）
- 2) 都築俊文，伊藤八十男，上田祥久：水と水質汚染，三共出版，p. 14（1998）
- 3) 宮地重遠：光合成2，朝倉書店，p. 165（1981）
- 4) 津野幸人：作物の光合成と物質生産，養賢堂，p. 82（1971）
- 5) Terry, N. and A. Ulrich：Plant Physiol, p. 51, p. 1099（1973）
- 6) Fischer, R. A.：Science, p. 160, p. 784（1968）
- 7) 桃木信幸，坂 斎，秋田重誠：日作紀，p. 48, p. 551（1979）
- 8) Simada, K. T. Ogawa and K. Shibata：Physiol. Plant., p. 47, p. 173（1979）
- 9) Avdeeva, A. S. and T. F. Andreeva：Phytosynthetica, p. 7, p. 140（1973）

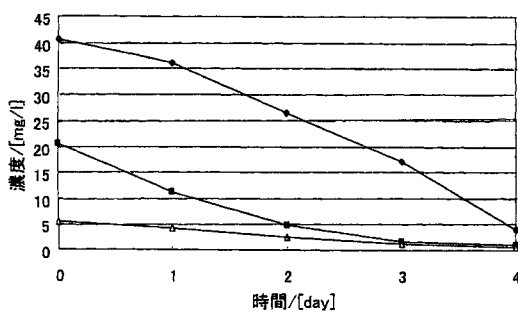


図3 COD変化

—●— x2 —■— x1 —△— x1/2

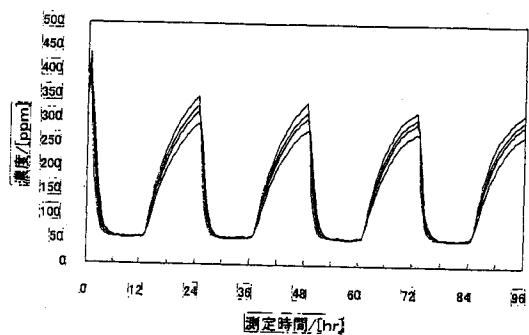


図4 各下水濃度におけるホテイアオイによる二酸化炭素濃度変化

—●— x2 —■— x1 —△— x1/2 —□— プランク