

世界に分布するホテイアオイとその水質浄化並びに資源としての有効利用の研究(2)

誌名	水利科学
ISSN	00394858
著者	石井, 猛 仁城, 宏之 則直, 英樹 前田, 博信 山科, 陽子
巻/号	260号
掲載ページ	p. 74-94
発行年月	2001年8月

世界に分布するホテイアオイとその水質浄化 並びに資源としての有効利用の研究(Ⅱ)

石 井 猛
仁 城 宏 之
則 直 英 樹
前 田 博 信
山 科 陽 子

目 次

1. はじめに
2. ホテイアオイとはどんな植物
3. ホテイアオイの話題を追って
4. ホテイアオイという名のルーツ
5. 世界におけるホテイアオイの分布
(以上 No. 259掲載)
6. ホテイアオイの有効利用への研究
7. 児島湖の水質浄化対策について
(以下次号掲載予定)
8. ホテイアオイにおけるガス交換に関する研究
9. 海外との国際交流
10. ホテイアオイの除去対策について
11. ホテイアオイによって研究開発した数々の製品
12. ホテイアオイの有効利用と著者らの研究論文お
よび発表資料
13. ホテイアオイ中の有効成分の研究
14. ホテイアオイの百珍
15. 今後の展望
16. あとがき

その中でも近年、瀬戸内海のヘドロ、赤潮などの海洋汚染が問題となり、総量規制と言う新しい法律ができ、厳しく取り締まられている。

特に企業、大学、研究所、病院など500人以上の人間を収容する所では必ずし尿処理施設を設ける必要があり、私の勤務する岡山理科大学にも、昭和54年6月1日に水質管理センターおよびし尿処理合併施設が完成した。その研究施設では種々の研究が始まっている。

水質汚濁の問題点を解決すべく微生物処理方法として、活性汚泥方法が導入されたわけであるけれども、この方法には余剰汚泥の発生が多く、その発生量が急増してきている。この余剰汚泥の多くは、海洋投棄、埋め立ておよび焼却などによる処分をしているが、二次公害などの問題がある。処理は廃棄物業者にゆだねられているが、処理施設が広島に1ヵ所だけと言うような時期もあり非常に不便をきたしている。これらのことから活性汚泥処理を行っている施設では非常に困惑している。

最近の社会情勢における資源の利用および省エネルギーの面から、利用できるものは積極的に利用していこうと言うのが、著者らの最終的な目標である。

そこで、著者らはまず余剰汚泥に、今後見直されるべき古くて新しい微生物処理方法であるところの嫌気性処理を行い、メタンガス発生、発生させた時の発酵状態、ガス成分、pH、酸化還元電位などを調べた。また、種汚泥などを添加して、いかに多くのメタンガスを発生させるかなどを検討した。

さらに本テーマの水生雑草のホテイアオイを研究対象として取り上げ、上記と同様な方法にてメタンガスの発生などについて検討を加えた。

メタンガスの発酵のメカニズムは、第1段階に有機酸生成細菌の働きにより資料中の有機物が分解されて、揮発性有機酸、アルコールおよびアルデヒドなどが生成する。第2段階には、メタン生成細菌の働きにより揮発性有機酸、アルコールおよびアルデヒドなどがさらに分解されて、 CH_4 と CO_2 の混合ガスを生成する。これを図6-1に示す。

一般的に第1段階のことを液化段階と言い第2段階と比べて迅速である。有機酸生成細菌を表6-2に示す。有機酸生成細菌は通常嫌気性細菌とも呼ばれ、pHが酸性の状態では活性であり酸素が存在しても、また不足状態でも生存可能な細菌である。表6-3はメタン生成細菌を示す。これらの細菌は、プロピオン酸塩、吉草酸塩、ギ酸塩、酢酸塩、アルデヒド、第一アルコール、第二アルコールおよびカブロン酸塩を分解して、 $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ ガスに変化させる。この菌

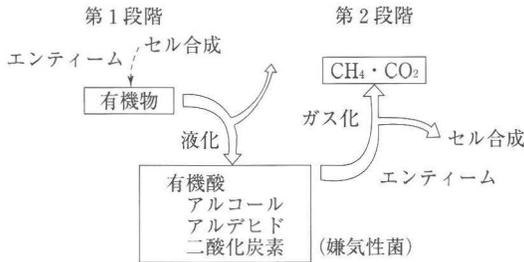


図 6-1 メタンガス発酵のメカニズム

表 6-2 有機酸生成菌一覧

<i>Bacillus cereus</i>
〃 <i>knelfelkampi</i>
〃 <i>megaterium</i>
〃 <i>succinogenes</i>
〃 <i>carnotoetidum</i>
〃 <i>cellobioparus</i>
〃 <i>dissolvens</i>
〃 <i>thermocellulaseum</i>
<i>Pseudomonas formicars</i>
<i>Ruminococcus flauafaciens</i>

表 6-3 メタン生成菌とその基質

メタン生成細菌	基質
<i>Methanobacterium tormicicum</i>	ギ酸塩, CO, H ₂
〃 <i>omelianskii</i>	第1, 第2アルコール, H ₂
〃 <i>procionicum</i>	プロピオン酸塩
〃 <i>songenii</i>	酢酸塩, 酪酸塩
〃 <i>subcuydans</i>	酪酸塩, 吉草酸塩, カプロン酸塩
<i>Methanococcus mazey</i>	酢酸塩, 酪酸塩
<i>Methanococcus vanictii</i>	ギ酸塩, H ₂
<i>Methanosarcina methanica</i>	酢酸塩, 酪酸塩
〃 <i>barkerii</i>	メチルアルコール, アルデヒド

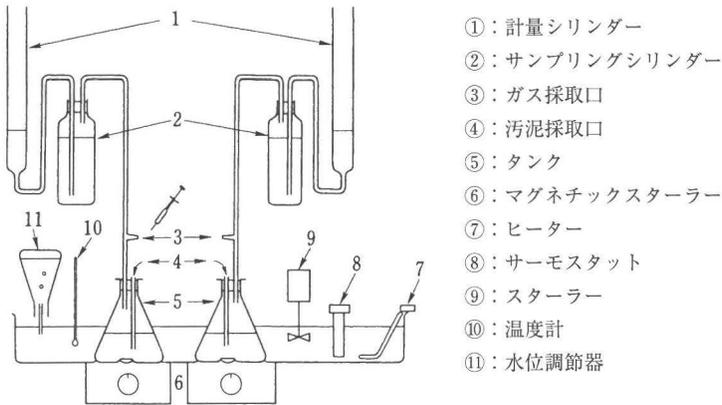


図6-2 メタンガス発生装置

は、酸素存在下では死滅することが報告されている。そして、それぞれの菌に見合った基質が決まっています、いくつもの菌が協同して分解作用を行っていることも報告されている。

図6-2に著者らが考案したメタン発生装置を示す。それぞれの使用した器具の名称は①～⑪の番号で示している。すなわち、⑤の発酵槽に汚泥を投入して、⑥マグネチックスターラーで攪拌し、⑦のヒーターで恒温水槽の水を温めて、⑧のサーモスタットで温度を調節して、⑨のスターラーで恒温水槽の水を攪拌して恒温水槽の水の温度を一定にしている。⑩の温度計で温度チェックし、⑪の水位調節器で恒温水槽の水の量を一定にしている。④汚泥採取口から汚泥を採取して、pHと酸化還元電位を測定している。③のガス採取口から、ガスを採取してガスクロマトグラフ法でガス成分の分析を行った。②のサンプリングシリンダーにガスをためておいて、①の計量シリンダーで毎日のガス発生量を測定している。恒温水槽の水温は、中温発酵であるところの35℃で一定にして一連の実験を行ったわけである。

使用した投入汚泥は、岡山理科大学水質管理センターの汚泥であって、投入汚泥量は、400 mlである。その結果を示したものが図6-3である。図6-3よりメタン65±3%、CO₂35±3%であった。

ここで、著者が実験に導入利用したホテイアオイについて説明を加えると、ホテイアオイは現在循環性の資源としてバイオマス (Biomass) とかファイト

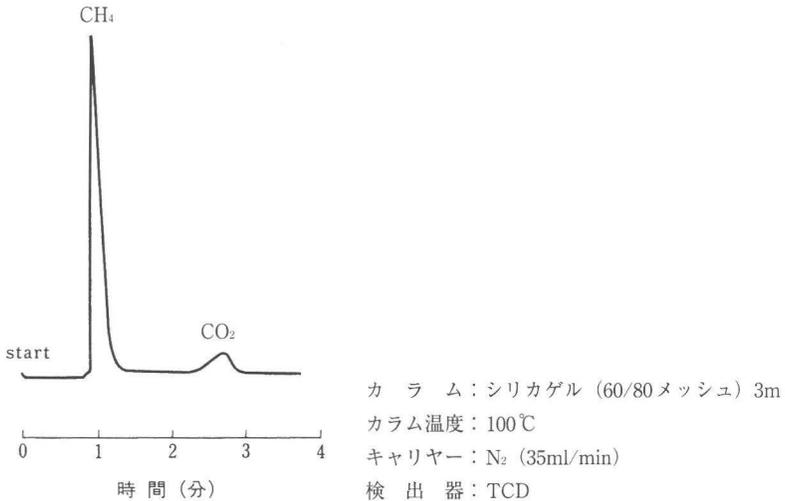


図6-3 バッチ法により得られたスラッジ中のメタンガスのガスクロマトグラム

マス（Phytomas）と言われ重要視されているものである。昭和56年7月1日にはホテイアオイ研究会も発足し、また岡山県でも活発に研究されている。著者らも、以前から共同研究している岡山大学資源生物科学研究所の青山氏ならびに中国四国農政局の加地氏の御厚意によりホテイアオイを提供していただき研究を行っている。

6-2 ホテイアオイによる水質浄化などに関する研究

6-2-1 実験の概要

共同実験にもちいた施設を図6-4に示した。施設は調整池、接触酸化池、ホテイアオイ栽培池から成り、流入する排水は農業用水および生活雑排水である。流入水は調整池において約1日間滞留し、接触酸化池内に充填されているプラスチックろ材の微生物によって生物化学的に有機物の分解除去を経て、ホテイアオイの栽培されている池に流入する。ホテイアオイの植付けは、4月13日に植物栽培池の各区に1m²当たり0.6kgずつ行い5月26日から約2週間間隔で収穫管理した。収穫したホテイアオイの重量、含有素含量、有リン量の測定については、それぞれ重量法、ケルダール法、モリブデンブルー法による方法を採用した。また、水質の分析については、JISK 0102に準拠して行った。

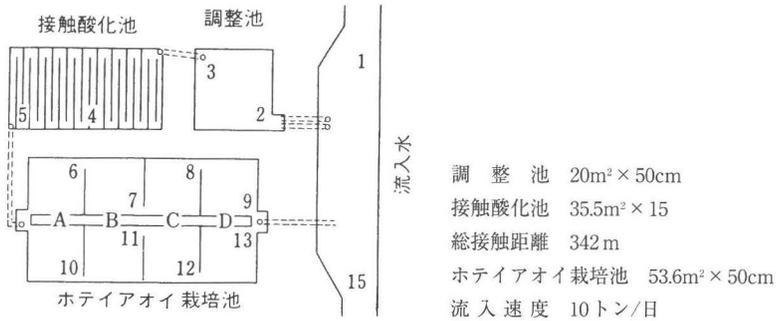


図6-4 共同実験に用いた施設

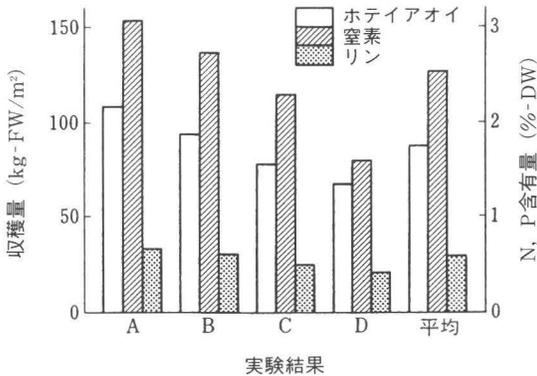


図6-5 ホテイアオイの年収穫量およびホテイアオイ中の窒素，リン濃度

6-2-2 ホテイアオイの年収穫量およびホテイアオイ中の窒素，リン濃度
 ホテイアオイの年収穫量，含有窒素，リン濃度を図6-5に示した。図から判るように各々の値は流入側から流出側に向かって減少傾向を示し，流下に伴い水中の窒素，リン濃度の減少を示唆した。

6-2-3 各処理工程における各成分の除去率

表6-4に各処理工程における各成分の除去率を示した。各除去率は各工程での施設流入負荷量に対する除去率の割合で示した。

BOD, COD, TOC, SSは調整池，接触酸化池で除去率が高く，逆に窒素，リンはホテイアオイ栽培池での除去率が高い傾向を示した。

6-2-4 3ヵ年のホテイアオイによる窒素，リンの除去

表6-4 各処理工程における各成分除去率

除去成分	調整池	接触酸化池	ホテイアオイ 栽培池	全工程
NO ₂ -N	10.1	39.6	25.2	74.9
NO ₃ -N	28.8	8.1	49.4	86.3
NH ₄ -N	-15.2	0.9	92.0	77.7
Inorg-N	-3.3	2.0	81.1	79.8
Org-N	29.0	34.6	-2.3	61.3
T-N	8.0	13.8	51.5	73.3
PO ₄ -N	-9.8	-14.7	80.4	55.9
Org-P	28.6	31.4	20.0	80.0
T-P	2.8	1.9	59.7	64.4
BOD	32.1	28.1	17.2	77.4
COD	24.2	19.0	4.0	47.2
TOC	17.7	22.2	13.2	77.4
SS	51.7	23.0	7.8	82.5

表6-5 3カ年のホテイアオイのN, P除去結果

年	1981	1982	1983
全期間	7.8 ~ 11.17	4.12 ~ 11.4	4.12 ~ 11.4
日数	122	207	207
植付量 (kg/m ²)	0.13	0.06	0.06
残存量 (kg/m ²)	10	10	10.15
収穫回数	9	12	11
全収穫量 (kg/m ²)	20.8	84.8	86.8
生長速度 (g/日)	0.043	0.045	0.037
リン吸収量 (kg/m ²)	25.5	105	106
窒素吸収量 (kg/m ²)	6.7	23.8	24.2

表6-5は、ホテイアオイによる窒素、リンの除去実験の3カ年の結果を示したものである。1982年と1983年におけるホテイアオイの全収穫量はほぼ等しく、窒素、リンの吸収量も同様であった。

6-2-5 ホテイアオイ中の含有糖分、タンパク質

図6-6にホテイアオイ中の含有糖分の定量手順を示した。分析方法はベルトラント法を利用した。分析結果を表6-6に示した。全糖の濃度は27~36%程度であった。

試料
 |
 |— H₂O (90ml) + 25% HCl (20ml)
 |
 |— 加熱 (100℃, 3時間)
 |
 |ろ過
 |
 |水で200mlに希釈
 |
 |— さらに水で20mlに希釈
 |
 |滴定 (ベルトランツ法)

表6-6 ホテイアオイ中の糖分

収穫	全糖量 (%)
1 回目	27.5
2	30.0
3	35.6

注) 10回の平均値

図6-6 ホテイアオイ中の糖分の定量手順

表6-7 ホテイアオイ中の全窒素とプロテイン量

含有成分	葉	茎	根
T-N (%)	2.69	1.46	1.40
プロテイン (%)	16.80	9.10	8.75
無水プロテイン (%)	16.19	8.37	7.52
全プロテイン比 (%)	50.5	26.1	23.4

注) 10回の平均値

試料
 |
 |— 分解剤 (K₂SO₄: 15g + CaSO₄: 0.5g
 | + TiO₂: 0.5g)
 |
 |— 濃硫酸 (25ml)
 |
 |加熱
 |
 |水で200mlに希釈
 |
 |— 指示薬添加
 |
 |蒸留
 |
 |1/10N H₂SO₄ (10ml) 添加
 |
 |滴定 (1/10N NaOH)

図6-7 ホテイアオイ中のプロテインの定量手順

また、タンパク質の定量手順を図6-7に示し、その分析結果を表6-7に示した。なお、分析方法については、ケルダール法を用いた。根、茎、葉別にタンパク量を見ると、葉に全体の約50%が存在することがわかった。茎と根ではやや茎に多い傾向が見られたがほとんど差は認められなかった。

また、アミノ酸の分析（柳本製高速アミノ酸分析装置 LC-8A型を使用）も試みた（図6-8）。実験値と文献値を比較したが、その分析はほぼ同様な傾向を示した。

表6-8に示したアミノ酸組成の比較、これは有水氏から入手したデータであるが、ホテイアオイにはアミノ酸が非常に多く含有されている。比較の対象になっている大豆よりも必須アミノ酸はホテイアオイの方が多い。例えばバリンは大豆の4.80に対してホテイアオイが5.55、以下同様にメチオニンやロイシン等も多量に含有されているということで、FAOでも大豆に匹敵する植物だと言っている。

6-2-6 マウスの運動能力および筋力への効果

我々の研究室では、環境分析の立場から食品と生体の関連についても検討を行っている。慣行農法、自然農法についても研究を行ってきている。その対象としてマウスを導入し、運動能力および筋力の測定などを行ってきている。そこで、その運動能力の測定結果を図6-9に示した。ホテイアオイから抽出した茶を飲ませたグループの成績が最も良く、次いでマコモ、玉露の順であった。また、筋力の測定結果（図6-10）でもホテイアオイ、マコモが玉露よりも優れ、ホテイアオイから抽出した茶の成分にこれらの成績向上の要因になるものが含まれることが示唆された。

著者の大学の建学の理念は、創始者“加計勉”による“学際領域”である。したがって著者のゼミにくる学生たちは、いろいろの分野を希望することが多いことから、前述したようにマウスによる実験も行っている。写真6-1は、マウスにホテイアオイなどを投与して、その運動能力の一つとして水泳方法を行ったものであるが、特にホテイアオイを与えたものは、非常に長く90分も水泳する。人間の水泳記録は“オリンピック”などで競走されて、世界新記録がつぎつぎと発表されているが、このマウスに関しての記録はまったく発表がなく、ギネスブックにも出ていない。私達の所だけの実験ではなかろうか。

同様な実験方法として、筋力の測定の一つの実験として、ぶらさがり法を実験したが、その様子を写真6-2に示す。この場合もホテイアオイを投与した

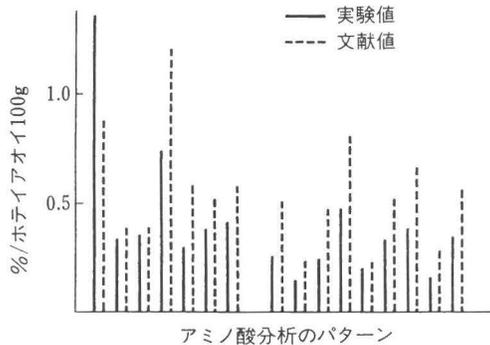


図6-8 ホテイアオイ中に含まれるアミノ酸分析のパターン

表6-8 いろいろな食品のアミノ酸組成

アミノ酸分析	ホテイアオイの葉 ¹⁾	綿実 ¹⁾	大豆 ¹⁾	ピーナツ(AFI) ³⁾	FAO ²⁾	スピルリナ ²⁾	牛肉 ²⁾	卵 ²⁾	魚 ²⁾	FAO基準 ²⁾
リジン	5.68	5.40	6.49	1.42	2.58	2.6~3.3	1.76	0.89	1.95	4.2
ヒステジン	2.20	2.06	2.63							
アルギン	5.23	5.17	6.98	5.18						
アスパラギン酸	12.03	19.22	12.18	4.10						
スレオニン	4.34	4.86	4.26	0.75	1.62	3.0~3.6	0.85	0.59	0.99	2.8
セリン	4.08	4.94	5.51	1.68						
グルタミン酸	11.01	13.66	19.36	7.03						
プロリン	6.00	5.02	5.29	0.75						
グリシン	5.14	5.56	4.48	2.43						
アラニン	6.19	6.33	4.58	1.56						
バリン	5.55	5.48	4.80	1.75	1.86	4.0~4.6	1.05	0.83	1.02	4.2
メチオニン	1.40	1.31	1.37	0.32	0.43	1.3~2.0	0.43	0.43	0.58	2.2
イソロイシン	4.66	7.80	4.90	1.38	1.80	3.25~3.9	0.93	0.67	0.83	4.2
ロイシン	8.26	3.55	7.98	2.58	2.70	5.9~6.5	1.70	1.08	1.28	4.8
チロシン	3.38	5.10	3.94	1.29	1.38	2.6~3.3	0.68	0.49	0.61	-
フェニルアラニン	5.42		5.37	1.98	1.98	2.6~3.3	0.86	0.65	0.61	2.8
トリプトファン	0.99			0.22	0.55	1.0~1.6	0.25	0.20	0.30	1.4
システイン				0.51	0.48	0.5~0.7	0.23	0.35	0.38	4.2
ヒスタミン				5.18						
粗プロテイン	31.3	39.1	44.5							

注1) 有水「霞ヶ浦は甦る」

2) FAO

3) 「世界が注目するピーナツ蛋白」(食品と開発, 5, 36, 1986) より

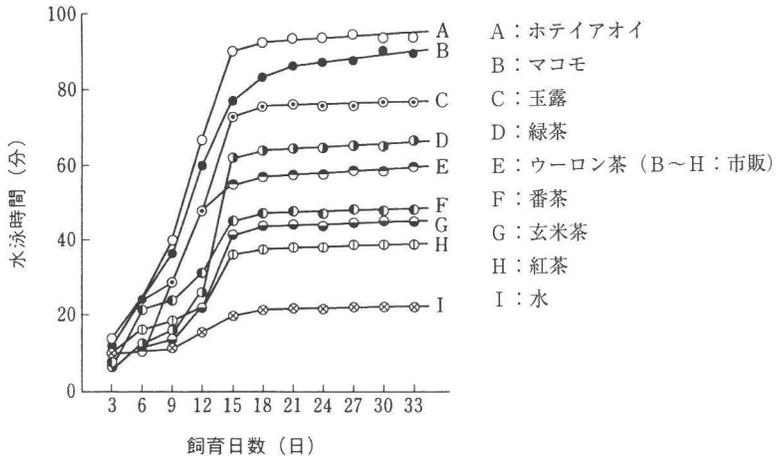


図6-9 マウスに対する水泳時間と飼育日との関係

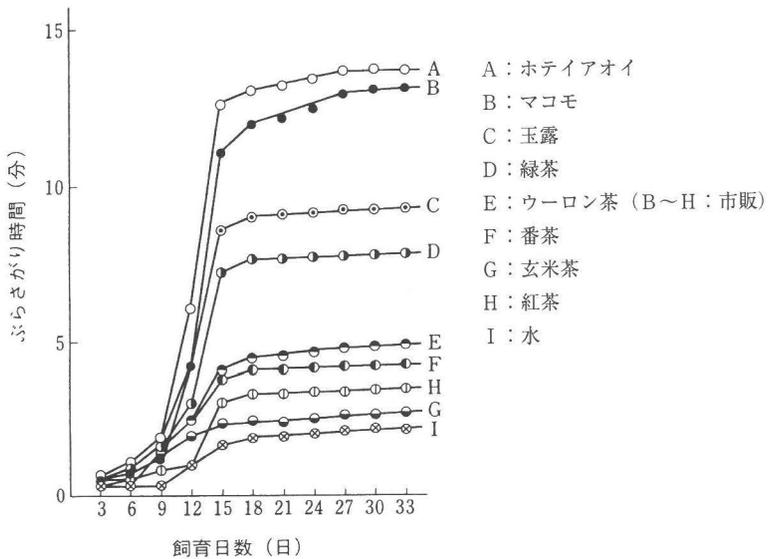


図6-10 マウスに対するぶらさがり時間と飼育日との関係

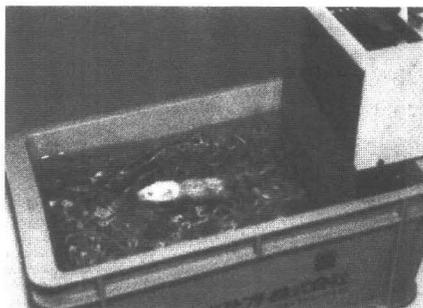


写真6-1 水泳方法

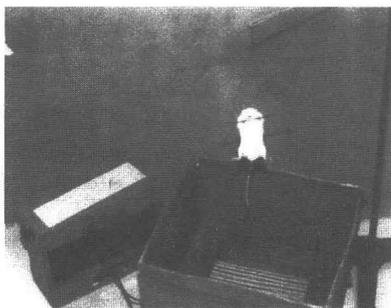


写真6-2 ぶらさがり方法

ものももっとも長く、約15分近く、ぶらさがりを行った。この実験結果も、どこにも報告されていないものである。さらに、回転方法についても検討中である。

6-2-7 ホテアオイ茶を投与したマウスの毛並みおよび毛の電子顕微鏡観察
玉露、マコモ、ホテアオイをマウスに経口投与した。ホテアオイを投与したマウスの毛並みが投与後、1週間位から良くなり、艶が出てきた。写真6-3は玉露を投与したもので、写真6-4、写真6-5は各々、マコモ、ホテアオイを投与したものの写真である。ホテアオイを投与したグループのマウスは、玉露、マコモのグループよりも毛並みが美しく、また、目の色もより一層澄んだ赤色となったのが認められた。

そこで、採取しやすい背部の毛を、それぞれ電子顕微鏡で観察した。写真6-6は玉露のグループの写真であるが、繊維がやや荒い感じである。写真6-7はマコモのグループのもので、玉露を投与したものよりも、繊維が短くなっている。写真6-8にホテアオイのグループの写真を示したが、マコモのグループよりさらに細かい繊維状をしていることが判る。

このような現象は、ホテアオイに含有されるタンパク質あるいはアミノ酸に起因していることが予想され、現在さらに検討中である。

7. 児島湖の水質浄化対策について

私達の住む岡山県では、児島湖に著者らのこの研究等を導入して、「とりもどそう、みんなの力できれいな児島湖」という児島湖再生のキャンペーンのもとに、専門部体制を作って児島湖の浄化のために協力している。また、著者も

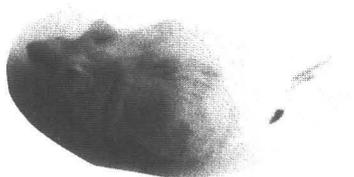


写真 6-3 玉露投与33日間のマウス
毛並-普通

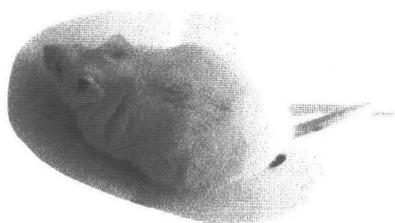


写真 6-4 マコモ投与33日間のマウス
毛並-少し良い

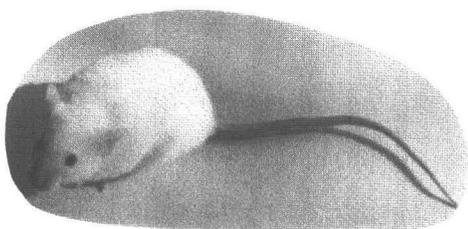


写真 6-5 ホテイアオイ投与33日間のマウス
毛並-非常に良い

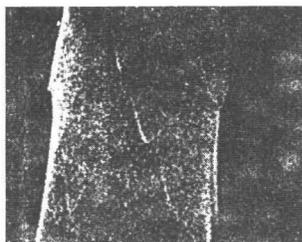


写真 6-6 玉露投与33日間の
マウスの毛(電顕写真,
×1500) -粗い

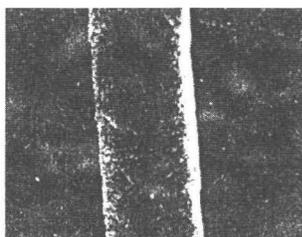


写真 6-7 マコモ投与33日間
のマウスの毛(電顕写真,
×1500) -細かい

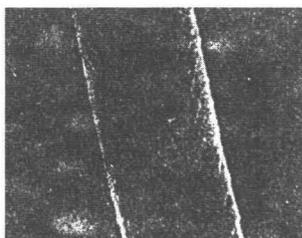


写真 6-8 ホテイアオイ投与
33日間のマウスの毛(電顕
写真, ×1500)
-非常に細かい

「児島湖の浄化対策」などの論文を投稿して、皆の協力を求めている。

児島湖は、オランダのゾイデル湖に次いで世界第二の海面締切による淡水湖として、昭和34年に農業水利事業と地域開発の二大使命を帯びて、誕生した人造湖である。その児島湖が、管理責任不明確のまま30年を経過し、当初期待された実用目的にも役立たなくなるほど、水質が悪化してきた。そのまま放置するならば、確実に“死の湖”となり、周辺の自然との調和を失うばかりか、これを破壊する源にもなりかねない状態になっているのが現状である。

直接の責任が児島湖の管理を放置してきた行政当局にあるとはいえ、我々住民自身にも水を汚してきた責任がある。そして、水を汚した“つけ”は土壌と海をも汚染してゆき、そこで育った農水産物を通じて、私達の体を蝕む形で返ってくることになるであろう。しかし、今なら、まだ間に合う。

私達は、岡山県民の大切な財産である“児島湖”の汚染を少しでも減少させ、21世紀に向けてロマンに満ちた美しい湖水環境の創造と、それを中心とする地域づくりに努力しなければならない。

7-1 児島湖の概要

児島湖（図7-1）は、岡山県南部にある児島湾の干拓新田の水不足を解消するため、郡（こおり）一福島間に堤長1,558 mの堤防を築き、1,088 haの淡水湖を誕生させ、これを5,101 haの干拓地の用水源たらしめるとともに、工業用水としても利用しようとしたものである。しかしながら、昭和40年代のはじめより湖の環境悪化が進み、症状がしだいに深刻化してきているのが現状である。

7-2 児島湖の公害

生活環境の保護改善や自然環境の保全創造による住みよい地域社会の実現は、地域住民の共通の願いである。高度経済成長による文化の向上は、その副産物としてきれいであるべき自然を破壊してきた。

児島湖の水質は、昭和45年頃より急激に悪化してきた。これは、倉敷川・笹ヶ瀬川流域地区の住宅開発による生活排水等によるものであり、湖水の水質は極度に富栄養化し、汚染し、湖内の魚類などに異変を生じた。それは昭和46年よりの「ホテイアオイ」の異常繁殖、昭和49年よりの「アオコ」の異常発生等である。

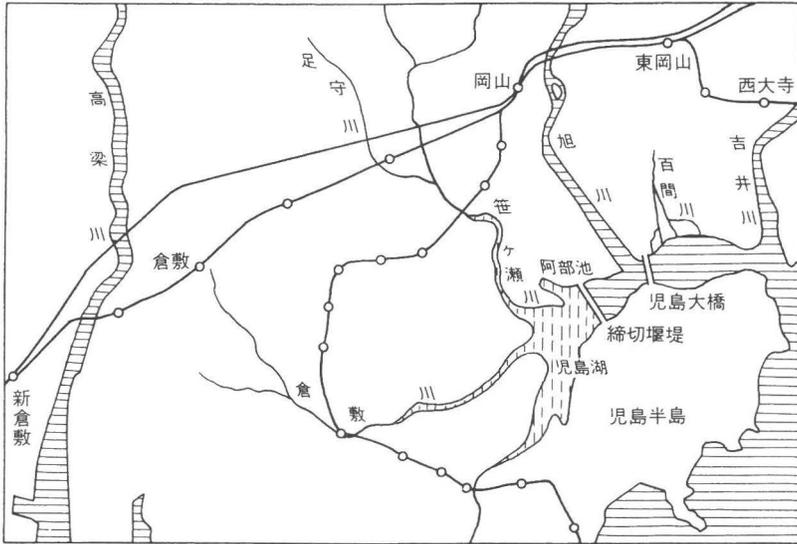


図7-1 児島湖位置図

児島湖に流入する、倉敷川・筭ヶ瀬川の水は、現時点においては農業用水・生活用水として使用することに我々は不安を感じ、また水質の変化等を心配している。この原因の主なもの、沿岸工場の廃液や化学薬品混入のし尿処理液の放流、その他生活污水放流である。これらの受け口・溜り場となっている児島湖の水は、今となっては農業用水・生活用水として不適である。水質の悪化は農作物、漁獲の減収を来し、種々の公害を発生させ農村生活の安定を脅かし、地域住民の生活を脅かしている。かつてフナ釣り等を楽しんでいた子供たちがいなくなってしまう。水質汚濁がもつて児島湖の台湾ドジョウ、フナ、ナマズなどのからだに潰瘍ができたり、奇病が発生するようになった。

「死の海」と化そうとしている「児島湖」の水を、以前のようなきれいな水に戻すことは、県民・市民の切なる願いである。

児島湾沿岸の、いわゆる県南穀倉地帯の用水問題解決のために造成された児島湖であるが、いまや排水をいかにするか、湖水の水質改善をいかにして行なうか、などの問題解決を迫られているのである。

7-3 湖水の人工循環による水質改善

7-3-1 富栄養化と水質の悪化

富栄養湖が成層すると、湖水の水質は垂直的に大きく変わってくる。表層には、藻類プランクトンが激増して、炭酸同化作用（光合成）を営むようになる。その結果、酸素は過飽和（120-200%）となり、pHは8-10になり増殖の鍵となるリンや窒素は激減する。

反対に、深層では死んだプランクトンが落ちてきて分解するので、酸素は減少（80-0%）し、pHは炭酸の生成にしたがって低下（7-6.3）する。また、リンや炭素は生物体の分解や湖底泥からの溶出によって激増する。特に、低層水はしばしば無酸素状態となるので、多量の鉄・マンガンを硫化水素などが溶出または生成して、著しく水質を悪化させる。

7-3-2 湖水循環の効果

児島湖のような湖や貯水池に対して湖水の人工循環を行なうと、次のような効果が期待できる。

(1) 植物プランクトン（藻類）の制御

エアレーションによって湖水を強制循環すると、現存する植物プランクトンは急速に減少し、種類も藍藻類から緑藻類や珪藻類に代わる。このことは主として日光の遮断された底層へ藍藻類を選び込むことでおこるのであるから、十分な深ささえあれば、必ずこの効果が期待できる。

(2) 臭気の解消および発生防止

湖水の循環を行なうと、短期間に臭気が消え、その後も発生を防止できることが実証されている。

(3) 底層水の水質改善

底層水の水質が悪くなるのは、酸素がなくなるためである。それゆえ、人為的に成層を破壊して湖水を循環状態に保ち、底層まで十分に酸素が行き渡るようにすれば、水質悪化を改善防止することができる。湖水の循環状態を実現すれば、底層水中の鉄、マンガンをアンモニア、硫化水素などは、完全に姿を消すことが、既に多くのダムにおいて実証されている。

(4) リンの溶出制御

成層期でも湖水を循環状態に保ち、常に湖底まで酸素を行き渡らせるようにすれば、底泥からのリンの溶出を防ぐことができる。そうなれば富栄養化の進行をくいとめられる。

7-3-3 湖水人工循環の方法

(1) 人工循環の方法

湖水を人工的に循環すると悪化した底層水の水質が改善でき、かつ底泥からのリンの溶出を抑えるばかりでなく、藻類とくに藍藻類の増殖を制御する。これは、湖水の循環によって表層の藻類が光の届かない深層に運び込まれ、そこで数日～十数日を過ごさなければならなくなり、光が必要な種類は死に、暗いところに強い種類でも活性が著しく低下するからであると考えられている。

(2) 人工循環の装置および用途

① 水中ミキサー

低速回転のプロペラにより湖水に水流を発生させる。浅水域において主に用いる。

- a. 上下層水温の均一化
- b. 淡水赤潮の異常発生防止
- c. 無酸素層の形成防止

② 間欠空気揚水筒

圧縮空気を送り湖水の DO の増加と水の循環を行なう。深水域において用いる。

- a. 上下層水温の均一化
- b. 無酸素層の消滅
- c. 鉄・マンガン等の溶出防止
- d. 藻類の異常発生制御

7-4 児島湖への応用とホテイアオイの活用

児島湖は、当初の貯水量2,500万トンが、昭和55年時の測定では1,500万トンに低下している。この事実は、なにを意味しているのであろうか。

児島湖周辺の地勢を眺めてみよう。加茂路峠から荘内平野・七区干拓地を通過して貯水池へ注ぐ加茂川。倉敷市街地から藤戸・彦崎を通過して流入する倉敷川。高梁川より取入した十二ヶ郷用水の余水をそのままり入れる丙川・妹尾川。中国山地南麓の津高から岡山市域を蛇行し、湖面中央に放流する汚染度最高の笹ヶ瀬川。さらに、干拓地を囲む約2万4,000 m²の護岸に構築された二十数基の排水大樋門。いわば、児島湖は1,088 haの排水溜め池に等しい。現在も、上述の諸川が昼夜を問わず運搬する微粒の泥砂は、湖底に沈着し続けてい

る。しかも、湖内水位は護岸堤防内に広がる、広大な耕地の冠水を防ぐため、夏季90 cm・冬季50 cm以下の基準に制限されている。大量の工場・都市排水、生活排水が止まることなく放流されるならば、汚濁・汚染・富栄養の悪条件が十二分に揃った、排水溜め池「児島湖」ができて上がるであろう。もはや児島湖に起死回生の方策は無くなるであろうか。

事例として上げた“湖水循環”を、児島湖で実施してはどうであろうか。湖の面積は、1,088 ha、容積は $1,500 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、最高水深9 m、平均水深1.4 mであり、一般に浅く2 m以浅の部分が湖の全面積の75%を占めている。このような条件下では、水中ミキサー等による人工循環法を応用すれば、一定の成果が得られるものと思われる。

さらに、本書のテーマでもある「ホテイアオイ」の生長を利用した窒素、リンなどの除去が効果的に行なえる技法を開発し組み合わせることができれば、問題視されてきた「ホテイアオイ」の活用に大きな成果を期待できるであろう。

児島湖の水質浄化の成功にむけて、官民一体の協力体制が必要である。児島湖が、リゾート地になるような環境を作っていこうではないか。我々の子や孫の時代に自慢できるような環境を創ろうではありませんか。

このような目的で「児島湖21県民の会」が1991年に発足し、著者らも参加して運動している次第である。ここに発足当時の役員と専門部体制を示すと表7-1の通りである。

1986年に、ヨーロッパでの国際学会の帰途、スイスの“レマン湖”を訪れたが、この“レマン湖”を汚染させないようにと、生物学者フォーレルの提言によって約100年前に、140 mの大噴水が作られている。その大噴水によって、

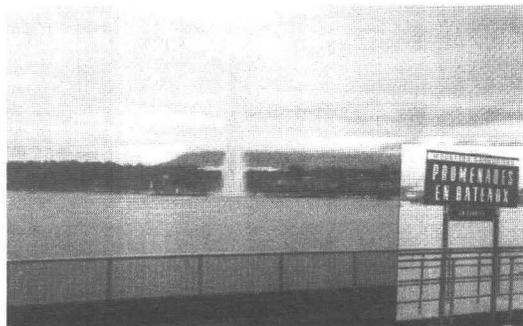


写真7-1 レマン湖のほとりにて、140mの大噴水

表7-1 「児島湖 21 県民の会」発足当時の役員および専門部体制

役 員		専 門 委 員 会 (アンダーラインは各委員会のキャップ)
会 長	志茂山貞二 (岡山大学名誉教授)	研究委員会 石井 猛 (岡山理科大学教授)
副 会 長	小林 桂 (市民の新聞「岡山わがまち」)	青山 勲 (岡山大学資源生物科学研究所教授)
〃	由比浜省吾 (岡山大学教養部教授)	河原 長美 (岡山大学工学部助教授)
事務局長	岡田 雅夫 (岡山大学法学部教授)	吐山 尚美 (岡山大学教養部教授)
理 事	青木 正春 (画家, 岡山の自然を守る会)	〃
〃	青山 勲 (岡山大学資源生物科学研究所教授)	実行委員会 磯部 作 (児島第一高校教諭)
〃	赤沢 輝彦 (建築家)	宰田 育英 (岡山県環境保健センター職員)
〃	阿部 健一 (灘崎を考える会会長)	上羽 修 (岡山県環境保健センター職員)
〃	太田 恵介 (イラストレーター)	〃
〃	岡崎 博之 (岡山県生協連職員)	企画委員会 岡崎 博之 (岡山県生協連職員)
〃	岡田 道明 (子ども緑陰学級実行委員会)	太田 恵介 (イラストレーター)
〃	石井 猛 (岡山理科大学教授)	赤沢 輝彦 (建築家)
〃	磯部 作 (児島第一高校教諭)	湯浅 昌子 (主婦)
〃	香川まつの (岡山県婦人協議会会長)	〃
〃	岸本 徹 (詩人, 手帖舎代表)	広報委員会 由比浜省吾 (岡山大学教養部教授)
〃	国定 和夫 (児島湾土地改良区理事)	星島 民記 (灘崎を考える会)
〃	近藤 鶴治 (農業)	岡田 道明 (県総評職員)
〃	笹田 富夫 (倉敷子ども連合会会長)	西川 倍江 (主婦)
〃	重井 博 (重井病院院長, 倉敷の自然を守る会会長)	組織財政委員会
〃	南条 節夫 (前藤田錦団地町内会会長)	小林 桂 (市民の新聞「岡山わがまち」)
〃	西川 倍江 (主婦)	阿部 健一 (灘崎を考える会会長)
〃	西田 幸子 (主婦)	南条 節夫 (地区労務局局長)
〃	平沢 源司 (農山漁村文化協会職員)	高橋 尚子 (主婦)
〃	広田 昌希 (岡山大学文学部教授)	〃
〃	星島 民記 (灘崎を考える会)	〃
〃	三村 健 (サンコー印刷社長)	〃
〃	横溝 善章 (「高梁川」編集長)	〃
監 事	井上 武夫 (備南農協元組合長)	〃
〃	湯浅 昌子 (主婦)	〃

エアレーションして、たえず酸素を送り込んで、水を浄化している。この湖のまわりにお花畑を作り、プロムナードとして楽しむことのできる一大遊園地としているのには大変感激したものである（その当時のスナップ写真を写真7-1に示す）。

児島湖も、このように大噴水の技術を導入しておけば現在のような汚濁になっていなかったらうと残念に思う。しかし今からでも遅くない。平成2年10月29日（日）の山陽新聞の記事によれば、“岡山県の児島湖の水きれいにと、中国四国農政局は、水質悪化の原因とされる湖底のヘドロ浚渫（しゅんせつ）事業構想を進めている。東京ドームの3杯分余の計400万立方メートルものヘドロを数年がかりで取り除くビッグプロジェクトで、総事業費は300億円に上る見込みである。農、漁業者、そして地域住民からも「ぜひ早期実現してほしい」と期待の聲が高まっている。”とある。

児島湖浄化を訴える諸氏の運動とご尽力の結果、いよいよ児島湖のヘドロ浚渫工事計画が、農水省と岡山県の手で進め始められている。

（石井：岡山理科大学教授
仁城：岡山理科大学研究生
則直：岡山理科大学大学院生
前田：岡山理科大学大学院生
山科：岡山理科大学研究生）