特集・シンポジウム「環境用水の浄化および水処理の高度技術」より(1)

藻膜と池水の汚濁・浄化の関係

村上 光正*・下山 昭宏*・西本 潔**・木内 武**

1. はじめに

環境用水の汚染が問題になっている。湖沼の富栄養化とその結果としての藻類増殖による汚濁の進行は容易には止められない状況にある。著者らは湖沼・池水の浄化に取り組んでおり、生物ろ床法による藻類除去が可能なことを報告した¹⁾。その研究の過程で、藻類とろ材の関係は、当初考えていたようなスライムによる吸着だけではないことを発見した。即ち、藻類自体が膜状構造を形成する場合があることを見出した。本報告はその膜状構造（以下藻膜と略称）について検討したものである。藻類という一次生産された有機物が集合するという現象であり、食物連鎖に重要な意味を持ち、水の汚濁と浄化に強い相関を持つ可能性がある。

2. 実験方法

池水の浮遊性藻類の研究をする場合やっかいな問題がある。それは、バケツのような小槽に池水を入れると1日後には藻類の大半は底に溜り、水が綺麗になってしまうことである。研究を行なうに際しては、装置が小容量であると、湖沼の状態を再現出来ないことを示し、これが研究開発の大きなネックとなっている。本研究では10~20ℓ規模のバケツと角型水槽を使っている。従って実験方法および実際の池の議論を行なうに当たっては上記の点を十分留意する必要がある。

2. 1 原 水

原水は池水を使用した。その池は、観賞池A（水深約0.85m、約80m²）と観賞池B（水深約0.5m、約40m²）の2つであり、何れも長方形のコンクリート製で、鯉がおり、池水は藻類で汚濁（SS 30-60mg/ℓ）してい

る。藻類は季節によって変わるが優先種は、池水Aでは、~6/19はイカダモ、~6/26はケラスツルム、~8/15はゴレンキニア、9/22~12/29はツツミモであった。池水Bは6/11~7/3はケラスツルム、~8/12はゴレンキニアであった。なお、池水Bは波板の生物ろ床により循環処理されているが、8月13日以降は透視度は常時100度以上であったため原水には使用しなかった。

2. 2 10ℓ槽を用いたろ材実験

小型の円筒容器に（バケツ）に池水だけを入れても濁りは次第に取れてきれいになるが、ビーカー洗矢等を入れるとその現象が加速されることを見出した。そこで、種々な構造物の効果を見たのであるが、それら構造物をまとめて接触材と呼ぶことにする。生物ろ床のろ材と生物膜の關係に類似した略称である。実験は塩化ビニール製の円筒容器に池水を10ℓ入れ、中央に接触材を吊し透視度の変化を観察した。接触材は、ホテイアオイ、プラスチック波板（100*200にカット）2枚（Ⅰ）、プラスチック波板（30*200）10枚を長さ200mmのアルミ線に吊したもの（Ⅱ）、網戸用（目開き0.7mm、100*200）2枚、延ばした亀の子タワシ2本、φ100*100^Lの洗矢2本を直列に接続したものなどである。

2. 3 角型水槽実験

池水B 25ℓを245^W*270^H*385^Lの透明槽に取り、これに水草等の接触材を入れた。水草はホテイアオイ（主に根の部分）、コカナダモ（主に葉茎部分）、ヒシ（根、地下茎及び葉）、およびスイレン（葉茎）である。実験は10月~1月に行なったため水草はほとんど繁殖しなかった。水草による窒素・リンの直接除去は今回は重要ではない。

3. 結果および考察

3. 1 10ℓ槽（バケツ）を用いた藻類凝集実験

* 姫路工業大学工学部

Mitsumasa MURAKAMI, Akihiro SHIMOYAMA

** 大日本プラスチック(株)技術研究所

Kiyoshi NISHIMOTO, Takeshi KIUCHI

バケツに池水Bを入れた予備実験を6月に行ない、次のことが判明した。

- (1) ホテイアオイ1株を入れると、数時間から1日経過すると、対照槽に比べ非常に透明になる。
- (2) 藻類は底に板状に集積するだけでなく、壁面にも付着する。ホテイアオイを入れるとその根に藻類が凝集している。
- (3) ホテイアオイより洗矢の方が効果が大である。

以上の結果は短時間に藻類が除去出来る1つの機構を示している。その機構は藻類増殖の抑制ではなく、単なる沈降でもない。水草やろ材の固体表面が存在することによる藻類の凝集機構である。

表1はバケツ内の池水に各種ろ材を吊した時の透視度である。4時間後にはろ材が無くても透視度は2倍になっている。これは池では見られない現象である。ろ材を入れると透視度はさらに高くなる。亀の子タワシとピーカ洗矢が最も優れており、次がホテイアオイである。洗矢およびホテイアオイを入れた槽では、藻類は繊維状構造の周りに取巻いているものが多い。生物ろ床に用いる波板ろ材は上面部分に藻類が集合しているが、その裏面には全く付いておらず、沈澱槽となっているようにも見える。以上のように、ろ材を入れる効果は明らかになったが、藻類の沈降が主要因である可能性も否定できないのである。

そこで一度生物ろ床処理した池水を用いて実験した。表2は生物ろ床浄化装置を通した後の水の例である。ろ床は全長約50mで、採水時は池水1cm/sというゆっくりと流れであったが、池水を含めたシステムに問題があり、ほとんど処理されていない。この時の出口水にはケラスツルムが多く、8個による通常の群体以外の1、2個のものがやや多く浮遊していた。この出口水は少なくとも沈澱槽を通った水と同等と考えることが出来る。しかし、出口水を使用した結果の表2を見ると、池水そのものを使った場合の表1と大差は少な

表1 繊維状接触材の効果

経過時間 [h]	透視度 [cm]			
	0	2	4	24
池	22	22	22	24
ろ材なし	22	28	42	>100
プラスチック波板Ⅰ	22	29	36	>100
プラスチック網	22	32	43	>100
亀の子タワシ	22	35	87	>100
ピーカ洗矢	22	40	100	>100
ホテイアオイ1株	22	32	49	>100

注：優先藻類はケラスツルム

表2 繊維状接触材の効果（沈澱処理後の池水）

経過時間 [h]	透視度 [cm]			
	0	1.5	3.5	22.5
ろ床出口	25	24	26	-
ろ材なし	25	34	52	>100
プラスチック波板Ⅰ	25	34	57	>100
プラスチック波板Ⅱ	25	34	62	>100
プラスチック網	25	35	66	>100
亀の子タワシ	25	36	>100	>100
ピーカ洗矢	25	47	>100	>100

注：優先藻類はケラスツルム

い。従ってろ材の効果は沈澱槽としての働き以外の効果によるものが主要因であると考えられる。

3. 2 角型槽を使った長期間実験

透明な板で作られ角型槽を用いて、接触材表面上の藻類観察および長期間の経過状態調査を行なった。2本の洗矢を優先藻類がケラスツルムの池水に入れたところ、藻類は洗矢の繊維の周囲に捕捉されているものと、槽底で膜状になっているものがあつた。繊維周囲の藻膜の様子を図-1に示す。藻膜は4-6mm径の円筒状まで成長した。また、槽底では、藻類は単なる沈澱物でなくフィルム状構造となっており、日光により気泡が出来ると、その藻膜を富士山状にもちあげる現象が見られた。さらに3-7日後には、槽底の膜状構造物が気泡によって浮上し、洗矢に引っ掛かるようになった。いかにも軽い半透明のこの膜状構造となつたのである。

図-2は角型槽を使って繊維構造と材質の影響を見たものである。ホテイアオイの根、コカナダモ、ヒシが最も藻類凝集効果があるが、これらは繊維構造が槽全体に広がっているものである。ろ材としての材質を考えるならば、洗矢でも効果があり、水草の種類や無機物かどうかには影響されにくいということになる。

図-3はコカナダモ量と藻膜形成能の関係を調べたものである。水容量25ℓに対してコカナダモ100g以上必要である。10-20gではコカナダモは藻類（優先

図-1 藻膜形成の様子

図-2 繊維状接触材とSSの関係

図-3 コカナダモの量とSSの関係

種はツツミモ)に全面覆われてしまった。

次に長期間角型槽に藻類を含む池水を繊維接触材と共に1か月以上放置した場合であるが、繊維接触材がある場合は常時SS濃度は低くなった。

以上のごとく繊維接触材は池水を浄化するという機能があることが判明した。

4. 藻膜と池の汚染・汚濁

4. 1 藻膜とアオコ

角型槽を用いた実験結果を、そのまま池のシミュレーション実験のものと考えては出来ない。すなわち槽が小さいとスケールダウンの効果が出てくるためである。しかしながら、角型槽を用いた実験結果は池で起きる現象を不完全ではあるが示しているのである。

実際に、9月のB池の藻類の浮沈の挙動を観察(A池は深く観察が難しい)したところ、藻膜で説明するとよく理解できる現象が見られる。池水の藻類浮沈の観察結果の模式図を図-4に示す。藻類は朝方は池底に沈んでいて、一面薄緑色である。午前9時頃になる

図-4 藻膜とアオコの1日

と、池底の藻類の全面に小さな気泡が高密度で発生する。午前10時頃になると気泡を伴った膜状藻類が次々浮上し、水面に浮遊するようになる。この浮遊物は水草等の繊維片やゴミを含んでいるものもあるが、基本は藻膜であり、軽く掻き混ぜることで容易にバラバラとなる。夕方暗くなると藻膜の浮遊物は減少し、夜間には完全に池底に沈むことが観察できる。

以上の現象は、アオコ(水の華)そのものの挙動と言っても過言ではない。アオコはMicrocystisによるものがある。Microcystisは粘着性に覆われ凝集体を作っている。従って光合成によって気泡が発生した場合、水面上にアオコとして浮上する。粘着性があるから、このアオコは次第に大きくなり、単に景観を損ねるだけでなく、悪臭を放つようになる。著者らが観察したアオコは優先藻類がケラストルム、ツツミモ、およびゴレンキニアの場合であった。これらは寒気質で覆われているわけでもないが、池底で凝集し、これが浮上するのである。そして、直ちに大きな凝集物とはならないが著しく景観を損ねるのである。

このような藍藻類以外の藻類が浮上するという現象は観賞池ではきわめて一般的であり、また、池水浄化対策上苦慮するところである。観賞池の池水をろ過等で処理して透視度は100度以上を保持することが出来たとして、それで池水が浄化されたのではない。池底の藻膜を除去しない限り、池の水面上には、日中、一面に小さいアオコが浮遊し、汚い池水となるのである。かと言って底を清掃しても3週間も経過すれば元の状態になってしまうのである。

以上の藻膜とアオコの考察はあくまでも定性的なものである。今後さらに詳細な検討を行なう予定である。

4. 2 藻膜と池の汚染

琵琶湖では、水中に水草が発生すると、汚染が強まるので、刈取って除去することが行なわれることもある。また、汚染が進行した小河川で、水草や大型ゴミを除去して河川の浄化を図ることも行なわれている。藻膜は繊維状のものの表面に形成され易いが、これらとどのような関係があるのだろうか。水草等が集中的に発生すると、そこに藻類が藻膜を生成して集まる。そうするとその水域では、結果として、TN、TP濃度が上昇することになる。

以上のごとく、藻膜は汚染や汚濁の進行、そしてその反対の汚濁低減という機構に重要な意味を持つと考えられる。しかし、湖沼や池を浄化するには根本的にはTN、TPの少ない水域としなければならないことは言うまでもない。

5. 結 言

繊維構造物があると、藻類が膜状構造を作って凝集

し、結果として池水の藻類が大幅に減少することが判明した。水草や石等が多い池・湖沼水のSSが低下するのはこの膜状構造（藻膜）とそれを捕食する生態系によることが少なくないと考えられる。湖沼水はTN、TPの除去だけでなくこのような仕組みによって浄化されていることが推察される。

しかし、この藻膜形成は、逆にアオコに代表される藻類の池水表面への浮上という汚濁進行の重要な機構となっている。この機構の汚濁は池水が透視の場合に起き易いだけにやっかいである。

以上のごとく藻類の膜状構造は、環境用水の汚濁、浄化と深く関わっている。環境用水の浄化は、このような藻類の挙動を視野に入れながら進められることが大切であると考えられる。

文 献

- 1) 村上・吉識・浦上, 化学工学協会第58年会, C-305, 1993.

研究機関廃棄物、有害廃棄物の処理に関する分科会のお知らせ

主催：大学等廃棄物処理施設協議会
共催：長崎大学

開催日時 平成6年7月21日(木)、22日(金)
場 所 長崎大学医学部記念講堂(TEL 0958(47)2111)
〒852 長崎市坂本町1-12-4

プログラム

7月21日(木)

特別講演

地方自治体の環境対応（仮題）

長崎市環境事業部 浜 崎 省 吾

カドミウム環境汚染と疫学（仮題）

長崎大学医学部 斎 藤 寛

展望講演

大学における廃棄物のまとめ方（仮題）

長崎大学教育学部 白須賀 公 平

研究成果報告

1. 大学等における新しい排出基準への対応

日電環境エ(株) 渡 辺 廣 幸他

東京工業大学 辻 正 道他

2. グラファイト炉原子吸光法による処理水中の
ヒ素・セレン・アンチモンの一括分析方法

岡山大学 田 中 雅 邦

7月22日(金)

特別講演

乾留燃焼技術の廃棄物処理への応用（仮題）

マツダクリーンサービス(株) 松 田 勝 巳

研究成果報告

1. 埼玉大学廃液処理施設の現状

—教育、研究への利用および経理の状態—

埼玉大学 松 田 常 雄

2. 有機廃液焼却の現況と焼却炉の改修について

弘前大学 新 谷 浩 敏

3. 北海道大学における有機溶剤の使用実態と廃
液排出量の予測

北海道大学 江 見 清次郎他

4. 薬品安全データシートの提供と大学内の薬品
在庫管理について

早稲田大学 新 井 智

5. 長崎大学におけるコンピュータによる廃液管
理とその利用による展望

長崎大学 田 平 泰 広他

会 費

当協議会会員：無料

非会員：大学等研究機関関係者 ￥3,000

地方自治体関係者 ￥3,000

一般、民間企業関係者 ￥10,000

講演要旨 当日受付で配付します。

問合わせ、申込先

〒606 京都市左京区吉田本町 京都大学環境保全センター
TEL 075(753)7703

大学等廃棄物処理施設協議会事務局 担当 高月 紘