

II-102

電子顕微鏡による藻類フロクの観察と凝集現象の考察

東北工業大学工学部 ○飯野 修一
東北工業大学 正員 今野 弘

1. はじめに

河川や湖沼等水源地における富栄養化が原因となって植物プランクトンが発生している。これらは異臭や凝集阻害など浄水処理上の障害を招いている。また針状の珪藻は凝集性が悪く、ろ過池に進入してろ過閉塞の障害をもたらしている。本報告はその針状の珪藻に着目し、走査型電子顕微鏡（SEM）とエネルギー分散形X線分析装置（EDS）を使用して藻類凝集のメカニズムを検討したものである。

2. 藻類の培養方法

藻類は、釜房湖において採取した。その試料水から針状珪藻のシネドラ（サイズは100～140 μ m）を単離した。単離には寒天培地法とハースト・パット法を用いたが、後者の方が良い結果を得た。CSi培地を用いた培養は培養器内において温度17 $^{\circ}$ C、照度2,000lxの条件で行い、3～4日おきに個数濃度を測定して管理した。図-1に、単離したシネドラの培養状況の一例および写真-1にそのSEM写真を示した。

3. 試料の準備と調製

専用の試料台を粗い紙やすりで削り、その上に専用のカーボンテープを貼り付け、そこに試料水を滴下し、直ちに液体窒素で凍結させてSEM用試料とした。フロク試料のための凝集試験では原水は、pH 7.0、アルカリ度50mg/l、個数濃度約5,000個/mlに調製した。凝集剤には、硫酸アルミニウムを使用し、最適注入量は予備実験により決定した。本研究で使用したSEMは、日本電子社製の低真空SEMで、これに液体窒素で凍結させた試料をほぼ15秒以内にセットし、低真空中で水分を昇華（10分程度）させるだけで、複雑な前処理無しで、しかも金属コーティングをしない観察ができる。写真-2はCSi培地のためのSEM写真である。また図-2はそのSEM写真をもとにX線を検出して解析された元素成分を周期律の順番に整理したものである。この結果、CSi培地の各成分は溶解性であっても、凍結低真空昇華によって写真のように残渣として現れるので藻類やフロクの撮影には支障が出た。そこで、水中の藻類フロクは、壊さないようにセムポアフィルター上にそのまま採取した後、注射器で静かに水分を吸引しながら蒸留水をフロク水と等量滴下して水洗いした。このような水洗いをする事でCSi成分は溶解状態でフィルターを通過させてフロクと分離でき、残渣を除いたSEM写真を得ることができた。水中のフロクは水とともに液体窒素で凍結させてフロク試料とした。

4. フロク形態の観察と元素分布の解析

写真-3はシネドラフロクのSEM写真である。写真中心に横に伸びるシネドラとその上に白く連なった物質がそのシネド

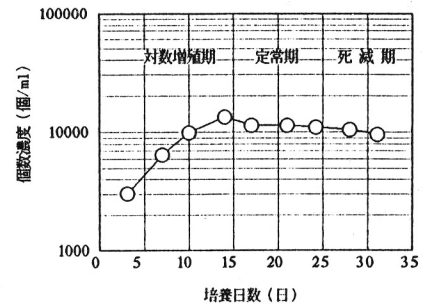


図-1 シネドラの増殖曲線

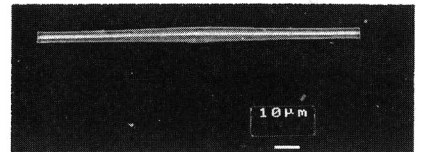


写真-1 シネドラのSEM写真

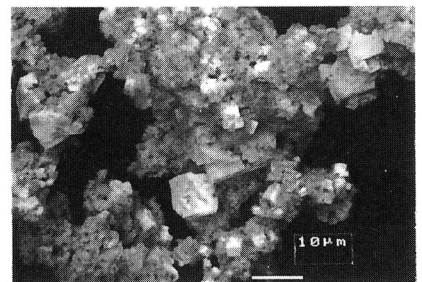


写真-2 CSi培地

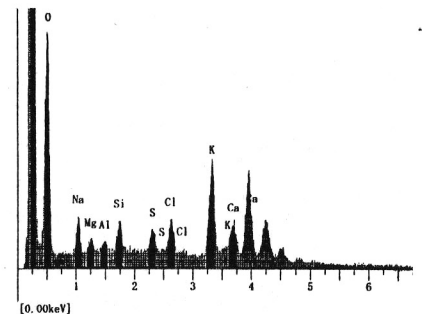


図-2 CSi培地の成分元素

ラの一部を覆っている。写真の上側や中央付近に、培養の途中で混藻したメロシラの一部やシネドラより長さの短いニッチアのような藻類が近接して存在している。またそれらの藻類を取り込んだり付着するような感じで白っぽい物質が撮影されている。この写真をもとにX線を解析してこの写真上の元素分布を求めて整理すると図-3のようになる。これによると炭素、酸素の他にアルミニウム、シリカ、リン、カルシウムなどが高く検出されていることがわかる。それ以外の元素はピークを示さず特に検出されない。そこで、これらの各元素が写真-3の上でどのように分布しているかを解析した。写真-4はフロック表面のシリカ分布である。これを見るとシリカの集中しているのは、写真-3のシネドラが現れている中央部の横一線と、上部や左下部など藻類の集合体部分などである。珪藻の主成分がシリカであることの証拠といえる。

5. フロック形成におけるアルミニウムの役割

写真-5は同じくフロック表面のアルミニウム分布である。写真-5によるとアルミニウムは、写真-3で明らかにシネドラであると考えられる以外の白く観察されるほとんどの部分で検出されている。このことは中性pH領域における凝集実験であること、フロク

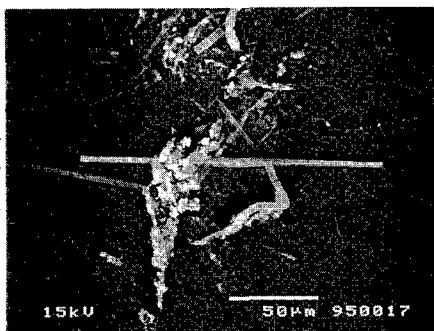


写真-3 シネドラフロクのSEM写真

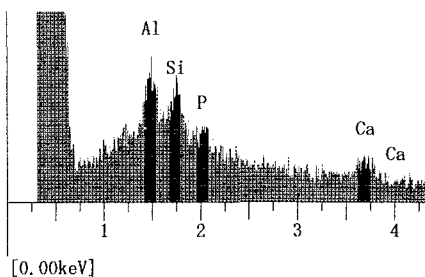


図-3 シネドラフロクの構成元素

ク試料を水洗いした後であっても凝集剤の添加によって生成するアルミニウムは、水酸化アルミニウムなどの不溶性アルミニウム水酸化物であることを考慮すると、写真-5に示されたアルミニウムが分布した領域には、水酸化アルミニウムが生成しているものと考えることができる。写真-5と写真-3を比較すると、水酸化アルミニウムはシネドラや他の藻類を全体的に結びつけるように分布していること、その集合体には多くの藻類が集中していることから、実際に観察する機会のなかった藻類のフロックが凝集現象そのままに形成されていることを確認できる映像と考えることができる。写真-6は、次に多く検出されたリンの分布状態を示したものである。リンの分布形状はアルミニウムの分布を示した写真-5と類似の形状を示しており、リンは水酸化アルミニウムに水洗いしても分離しない程度に付着するしているものと考えることができる。藻類フロック表面はアルミニウムだけでなく、リンなども付着して複雑な水酸化反応物が藻類フロック表面を覆っているといえる。また、リンは凝集沈殿により分離除去されることはよく知られているが、写真-6はリンがアルミニウムと反応して比較的強く付着し、いずれ水酸化アルミニウムと共沈することを物語っている。一方写真-7はカルシウム分布であるが、写真-3と比較しても特に現象を物語るような傾向は見いだせない。

6. おわりに

SEMにより藻類フロックの状況を観察し、それをEDSで調べることによってフロックの状況を明らかにし、また不溶性アルミニウムは藻類全体を覆って架橋作用を働くという現象を確認できた。謝辞：本研究の共同研究者である日本電子（株）鈴木武雄氏、川崎市水道局の田中和明氏のご協力に厚く感謝致します。

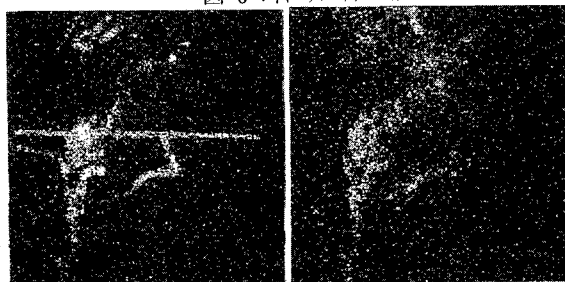


写真-4 フロックのシリカ分布

写真-5 フロックのアルミニウム分布

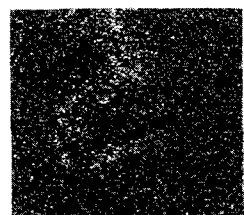


写真-6 フロックのリン分布

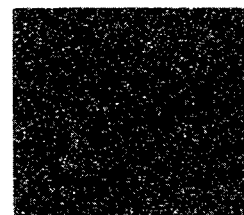


写真-7 フロックのカルシウム分布