

〈県学生科学賞 県教育長賞〉

### 3 多方面からの佐鳴湖の水質浄化

#### 1 はじめに

我々は昨年度から本校の近くにある佐鳴湖についての研究を始めた。佐鳴湖はCOD値が高く日本の中で最も汚い湖沼となっている。今現在、佐鳴湖の水質改善が求められている。

そこで、我々にも何かできる事がないかと思い研究を開始した。昨年度は湖岸に生息する水生植物である「ヨシ」についての研究を行い、ヨシがすべてではないものの栄養塩（窒素）に対して浄化能力があることが分かった。今年度は、新たな浄化方法を3つのグループに分かれ【(1)微生物による浄化 (2)地下水に着目した浄化 (3)マイクロバブル等を利用した浄化】の3方向から研究をすすめた。

#### 2 研究内容・結果

##### (1) 微生物による浄化

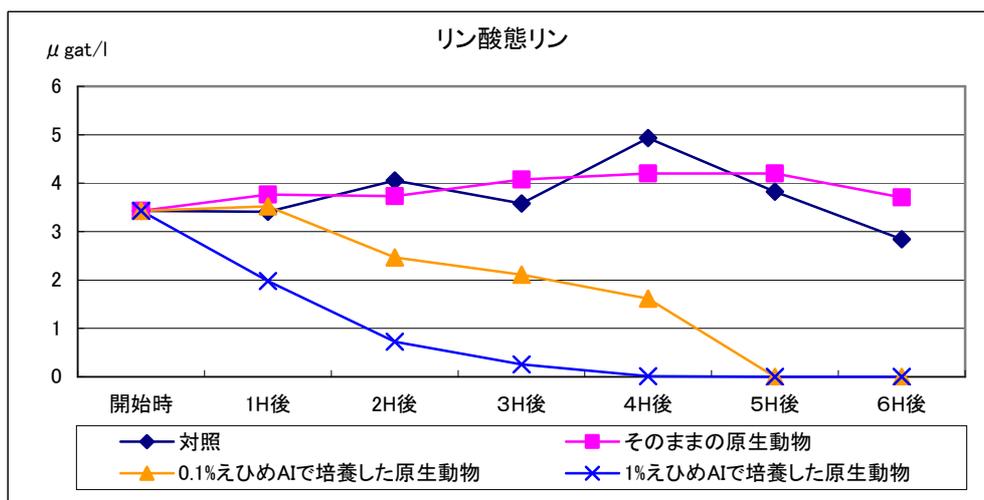
我々が注目したのは、ヨーグルト、納豆、ドライイースト、砂糖から成る「えひめA I」である。えひめA Iとは、愛媛県で開発された環境浄化微生物と呼ばれるもので、家庭の流しのぬめりの解消から水環境の浄化まであらゆる効果的な働きが注目されている。今回佐鳴湖の水質浄化の方法として、このえひめA Iを使い実験を行った。その結果、えひめA Iには窒素栄養塩を始めとする水質汚染物質の除去に大きな効果があることが分かった。しかしえひめA I自身がリンを含む有機物で、分析項目によっては水質を悪化させる要因にもなっていた。このえひめA Iのメリットとデメリットを見直し、デメリットを解消するためにもう一つの道具を導入し実験を行った。その道具とは、「炭素繊維」である。炭素繊維の説明やえひめA Iと炭素繊維を組み合わせた実験については次のページに後述する。



我々はえひめA Iと炭素繊維を組み合わせた実験の後、えひめA Iの開発者である曾我部義明氏とお話をする機会があり、今まで我々はえひめA Iの働きを誤解していたことが分かった。曾我部氏曰く、えひめA I単独では浄化作用は機能しないようで、えひめA Iは水域に元来生息する微生物、その中でも特に原生動物（※原生生物の内、活発なものを指す）に働きかけることで初めてその真価を発揮するのだそうだ。曾我部氏の表現をお借りすると、えひめA Iとは「微生物の栄養ドリンク」なのである。えひめA Iの成分が原生動物に取り込まれることで原生動物が盛んに摂食、繁殖を行うようになり、水環境の食物連鎖が促進され水質浄化が進行する。また、今までの実験でリンやCODが比較対照と比べてその検出量が多くなってしまったのは、えひめA I自身が汚染物質を盛んに取り込むと思い、湖水中に必要以上にそれを供給していたからである。

我々は早速、湖水に占めるえひめA Iの量を少なくして再度実験を行ったが、満足な結果は得られなかった。その原因は、佐鳴湖の大部分には原生動物は存在せずえひめA Iが働きかける対象がなかったからであった。佐鳴湖の湖水には原生動物がほとんど存在しない、しかし我々は湖岸のヨシ群落に着目した。去年の研究対象だった「ヨシ」の根、及び水に浸かった茎の部分は水生生物の良い住処となっていることを思い出し、茎に付着した泥を調べるとそこには多くの原生動物がいたのである。我々はこの原生動物をえひめA Iによって培養、活性化し、佐鳴湖の水を浄化する実験を行った。

その結果、えひめA Iで培養した原生動物は佐鳴湖で育った原生動物に比べ、多くの窒素、リンを除去していることがわかった。グラフは、代表的な水質汚染物質「リン酸態リン」の推移である。えひめA Iで培養した 2 項目のいずれも、湖水を放置しておいた「対照」、佐鳴湖で育った原生動物「そのままの原生動物」より低い値を維持し、共にわずか 4、5 時間後で測定値 0 を記録してさえている。この実験で佐鳴湖の原生動物は、えひめA Iによって活性化され汚染物質を多く取り除けるように強化されたと言えるだろう。



また、前述の実験は夏場に行ったため、活性化した原生動物は夏に佐鳴湖に生息する原生動物であった。そこで今度は冬に同様の実験を行った所、いくつかの窒素栄養塩、及びほぼ全てのリン栄養塩の削減に成功した。すなわち、冬の佐鳴湖の原生動物もえひめA Iによって活性化したのである。

#### ・えひめA Iと炭素繊維の組み合わせ

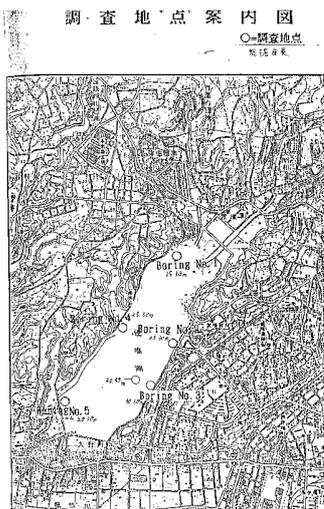
えひめA Iを使用するにあたり出た課題は、それによる水中のCOD、リンの増加を防ぐことであった。そしてこの増加の原因は、えひめA Iに含まれる微生物、栄養分だと思われ、我々はその解決策として「炭素繊維」の使用を決めた。炭素繊維とは、それを微生物が存在する汚水中に入れると繊維の周囲に微生物が集まり群を形成し、集まった微生物によって水が集中的に浄化されるというものである。先のえひめA I中の微生物が水中に汚れとして拡散するのが問題なら、それを一か所に集めればえひめA Iによる水質への悪影響は無くせると予想し、実験を行った。

結果、微生物が拡散するのを炭素繊維によって防ぐことができ、浄化能力はえひめA I単独の時と比べ高まっていることが栄養塩などの推移から明らかになった。今回は微生物の拡散以外の観点

として、えひめA Iと炭素繊維を組み合わせることでそれぞれの単独の時と比べ効果が上がることが見出されないか期待した。今回の実験で、窒素栄養塩のいくつかの項目でそれが確認され、組み合わせることによる相乗効果があると確信した。



## (2) 地下水に着目した浄化



佐鳴湖は現在滞留日数が40日ほどと長く富栄養化の一因となっている。我々はそのことを知り、佐鳴湖の浄化の手段として地下水に着目した。地下水の湧水量を増やすことで佐鳴湖の滞留日数を短くすることが出来ると考えた。佐鳴湖には現在七ヶ所の自噴井戸から地下水が出ている。これらの井戸の地下水の水質を分析したところ、溶存酸素の量が非常に少なく、リン酸態リンの値が高くなった。そこで、我々はなぜ佐鳴湖の地下水の溶存酸素が少なく、リン酸態リンの値が高いのかを解明するため佐鳴湖の集水域の井戸水を採取した。そしてこれらを分析して佐鳴湖の地下水と集水域の井戸水の水質を比較した。実際に比較すると集水域の井戸水では比較的溶存酸素の値は高く、リン酸態リンの値は高くなかった。そのため、溶存酸素の値が低く、リン酸態リンの値が高いのは佐鳴湖の地下水特有のもので、集水域の地下水の影響ではないことが分かった。また過去のボーリング調査の資料で佐鳴湖の地下に腐植物を含む層が形成されていることが分かった。室内実験では、有機物豊富に含んだ底土に接触させた水では溶存酸素の値が下がりリン酸態リンの値が上昇することが分かった。これらから佐鳴湖の地下の腐植物が影響し、地下水の溶存酸素の値が低くなり、リン酸態リンの値が高くなったという結論を導き出すことが出来た。

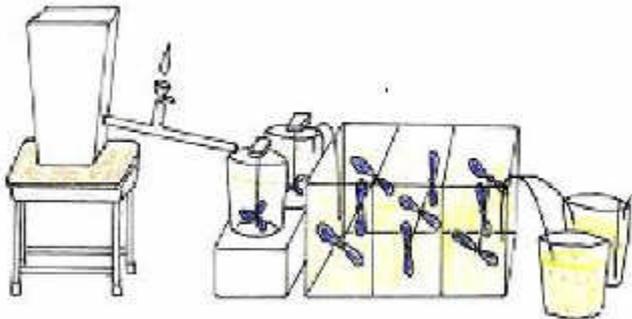
次に、佐鳴湖の地下水のリン酸態リンに着目したことをきっかけにリン酸態リンの値を下げるための方法を考えた。結果的に凝集剤〔ポリ塩化アルミニウム〕が効果的であるということが分かり、凝集剤を利用してリン酸態リンを除去するミニプラントを製作した。製作したミニプラントでは実際にリン酸態リンの値を大きく下げることが出来た。最終的には実用的なプラント案としてまとめた。

### (3) マイクロバブル等を利用した浄化

はじめに、マイクロバブルの水質に与える影響を調査した。マイクロバブルとは、発生時において気泡の大きさが10～数10 $\mu$ mである微細気泡のことである。気泡がマイナスの電気を帯びている、液体中への気体吸収効率が高いなど、私たちが普段目にする気泡にはない性質を持つ。そのような（性質を持つ）マイクロバブルの水質浄化作用に着目し、調査を進めた。結果は、溶存酸素・亜硝酸態窒素・硝酸態窒素については効果が見られたが、その他の項目については効果が見られず、逆効果となってしまったものもあった。

次に、凝集剤に着目した。凝集剤は浄水場で、水道原水中の濁りを除去するために用いられている。この凝集剤で佐鳴湖の浄化に役立つのではないかと考えた。そこで我々は実際に浄水場へ行き、参考にしてミニプラントを自ら製作した。結果は、透視度・pH・COD全般・クロロフィルa・溶存態全リン・リン酸態リン・全窒素・溶存態窒素・懸濁態窒素において効果が見られた。また、特に、今まで削減が困難とされてきた溶存態CODの値を減少させることができたことは、大きな成果となった。

2つの実験より、マイクロバブルで効果が見られなかった物質はミニプラントで効果があり、ミニプラントでは効果が見られなかった物質はマイクロバブルで効果があることが分かった。そこに着目し、マイクロバブル発生装置とミニプラントの2つを組み合わせることで効果を試すことに興味を抱いた。それを今後の課題として取り組んでいきたい。



### 3 活性化した原生動物とミニプラントを併用した実験

今までの研究のまとめとして、えひめA1で活性化した原生動物の浄化作用と、ミニプラントで得られた浄化作用を組み合わせ、さらに効果的な浄化経路を作り上げられるかを試す実験を行った。結果、幾分かの窒素栄養塩と、ほぼ全てのリン栄養塩、クロロフィル、全CODと懸濁態CODの除去に成功した。削減できなかった亜硝酸態窒素、硝酸態窒素は、季節による佐鳴湖の水質の変化が影響したのだと考察した。併用実験は冬に行ったが、冬に亜硝酸態窒素、硝酸態窒素を削減するのはどうにも困難なのである。本実験で我々が考えたのは、浄化を行う際に佐鳴湖の水質も熟知しなければならないということである。

### 4 参考文献

講談社サイエンティフィック 新編湖沼調査法 西條八東・三田村緒佐武  
東海大学出版 炭素 微生物と水環境をめぐって 大谷杉朗・小島昭  
保育社 日本海洋プランクトン図鑑 山路勇  
保育社 日本淡水プランクトン図鑑 水野壽彦  
日本放送出版協会 地下水の世界 榎根勇