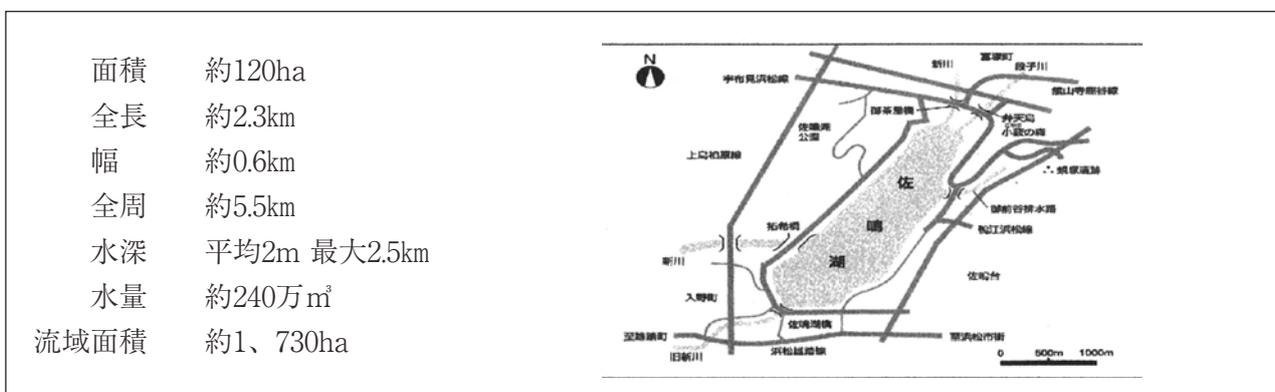


## 6 改良型ミニプラントによる佐鳴湖の水質浄化

### 1. 動機

本校の近くにある佐鳴湖は、2001年より湖沼の汚れの指標であるCODの値が日本一高くなり、2007年までの6年間全国ワースト1位と、富栄養化の進んだ湖である。そこで自分たちの手で、かつてのようなきれいな佐鳴湖にしたいと考え、CODを高めるクロロフィルa、栄養塩である窒素、リンの除去を目的とし、3年前より研究に取り組んでいる。

### 2. 佐鳴湖について



#### (1) 佐鳴湖の水質

昭和30年代はじめ、透明度が1.0mほどだったのが昭和50年には0.2mほどにまで下がった。CODは昭和47年度の18mg/lから2008年度の9.0mg/lにまで低下しているが、依然として環境基準値であるCOD5mg/lの達成には程遠い状況になっている。現在の全窒素は2.8mg/l、全リンは0.22mg/lと極めて高く、クロロフィルaは常に100 $\mu g/l$ 以上もある。

#### (2) 汚濁原因

汚濁原因の1つは、工場排水、農業排水、家庭排水等を含む上流から流入してくる窒素やリン等を栄養源とし、植物性プランクトンが異常繁殖することである。また、佐鳴湖への流入水量が少なく、潮汐により上げ潮時に水が逆流し湖水の入れ替わりが悪くなっていることも挙げられる。

#### ア. 佐鳴湖のCOD値の推移

佐鳴湖は湖沼Bに分類されるためCODの環境基準値は5mg/L以下である。佐鳴湖は近年9～13mg/lの間でCOD値が上下しているが、表中最も低い2007年度の9.3mg/lでも環境基準値を大きく上回る値となっている。記録上のピーク値は1972年の18mg/Lである。現在の佐鳴湖はこの当時よりは水質が改善したといえるが、近年のCOD値の推移はほぼ横這いとなっている。

今まで行われた佐鳴湖の浄化対策として、浜松市による下水道の整備、静岡県による接触酸化施設の設置、ヨシ等の水生植生帯の再現などが挙げられるが、これらの対策も全て機能しているとは言い切れない。今後はより積極的な対策や、市民レベルでの浄化活動への関与が求められる。

| 年度   | COD (mg/L) | ワースト順位 |
|------|------------|--------|
| 1994 | 13         | 2位     |
| 1995 | 12         |        |
| 1996 | 13         |        |
| 1997 | 11         |        |
| 1998 | 9.7        | 4位     |
| 1999 | 11         | 3位     |
| 2000 | 12         | 2位     |
| 2001 | 12         | 1位     |
| 2002 | 11         |        |
| 2003 | 12         |        |
| 2004 | 11         |        |
| 2005 | 11         |        |
| 2006 | 11         |        |
| 2007 | 9.3        | 3位     |

左図は環境省の公共水域水質測定結果による近年のCOD値である。

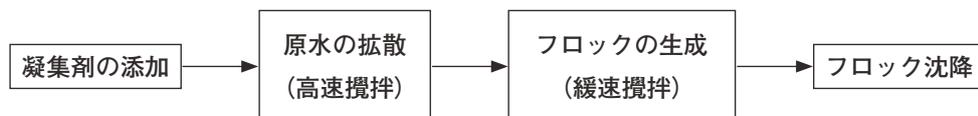
#### イ. 汚染物質の除去

研究当初、大原浄水場へ訪問したところ、凝集剤を利用して水の浄化をおこなっているというヒントを得た。そこで凝集剤を使用するための装置、ミニプラントの作成をした

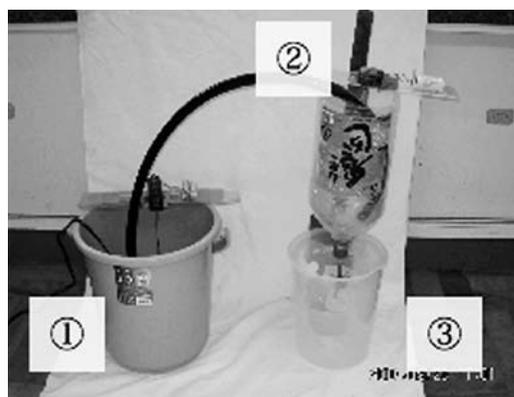
～凝集剤とは～

汚水中に懸濁している微粒子をまとめて大きな塊（フロック）にして沈降させるために使用される薬剤のことを指す。浄水場等では水道原水中の粘土などの濁りを除去するために使用されており、安全性が確立されている。自然沈降の場合、懸濁物の沈降速度は1時間1～2mmだが、凝集剤を使用することによって10～20mmの速度が得られる。有機系と無機系とがある。今回使用するの、無機系のポリ塩化アルミニウム（化学式は $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]m$ ）（略称PAC）である。また今回はシリカゲル（ $SiO_2$ /二酸化ケイ素）もPACの補助剤として併用した。

#### ウ. PACによる凝集の過程



#### <ミニプラントの構造>



- ①高速攪拌池…湖水とPAC、シリカゲルを入れ、プロペラで高速攪拌する。懸濁物と凝集剤の反応を高めるための工程。
- ②緩速攪拌池及び沈殿池…プロペラで緩やかな速度で攪拌する。フロックを肥大化させるための工程。攪拌した後プロペラを静止し、フロックを沈殿させる。
- ③フロック回収池…②で沈殿したフロックをここに流す。

|       |        |
|-------|--------|
| 高速攪拌池 | 121回/分 |
| 緩速攪拌池 | 37回/分  |

各所でのプロペラの回転数は左の通りであるまた、湖水で凝集剤の濃度を変えフロックを作ったところ、220ppmで1番大きく沈殿速度の速いフロックができたため、凝集剤の濃度は220ppmとした。

(60、100、140、180、220、250ppmを比較した。)

### 3. ミニプラントの浄化能力調査

#### (1) 目的

ミニプラントの佐鳴湖水中の汚染物質に対する除去効果を検証する。

#### (2) 分析項目

pH、全COD、溶存態COD、懸濁態COD、クロロフィルa、全リン、溶存態全リン、懸濁態全リン、リン酸態リン

全窒素、溶存態全窒素、懸濁態全窒素、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素  
 <透視度>

透視度計…ガラスや塩化ビニール製の円筒に目盛りが書いてある。

円筒の底部には水抜き用のゴム管があり、ピンチコックで流出量を調節できるようになっている。

(3) 結果

ア. 透視度

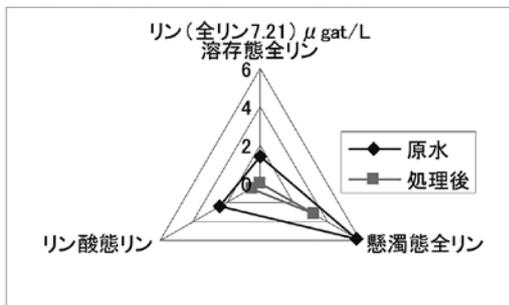
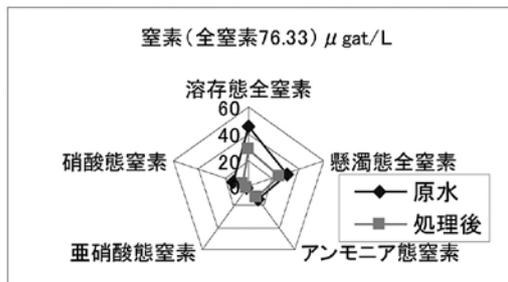
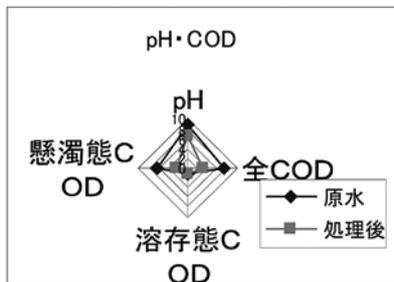
「はじめ」は14.4cmであったのに対し、「ろ過後」には31.2cmであった。よって「ろ過後」の透視度は「はじめ」と比べて2倍になったことになる。

透視度は水の見た目を表しているため、溶存態の栄養塩が減少したとは言い切れない。

しかし、透視度は汚れの変化を確認するための重要な指標の一つとなる。特に外見の変化は、実際の環境でも顕著に現れるので、この結果は有効なものと言える。

イ. 分析結果 (実施日 2008年9月14日)

グラフ中の「原水」は実験に使用した佐鳴湖水、「処理後」はミニプラントで処理した佐鳴湖水を指す。ミニプラントの処理により、分析した計16項目のうち、12項目で効果が見られた。



5. 考察

表中の表記について…◎：減少率50%以上

○：減少率10%～50% ×：ほぼ変化なし

・pHについて

アルミニウム塩凝集剤は水中のアルカリ分と化学反応を起こして水酸化アルミニウムなどを生じるため、PACを用いた凝集処理には原水中に適度なアルカリ度が必要となる。ポリ塩化

アルミニウム (PAC) ( $Al_2O_3$ 10%) は、1mgあたり0.15mg/ℓのアルカリ度を消費するため、湖水のpH値がミニプラント処理後に下がったと思われる。

・COD、クロロフィルaについて

|    | 全COD | 溶存態COD | 懸濁態COD | クロロフィルa |
|----|------|--------|--------|---------|
| 効果 | ◎    | ×      | ◎      | ◎       |

全COD、懸濁態CODは大きく減少した。クロロフィルaも処理後では原水に比べ大きく減少した。

・窒素について

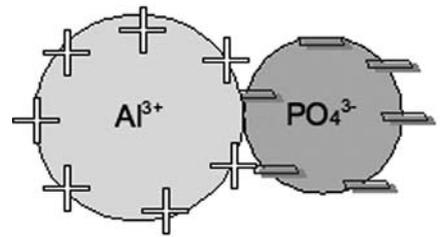
|    | 全窒素 | 溶存態全窒素 | 懸濁態全窒素 | アンモニア態窒素 | 亜硝酸態窒素 | 硝酸態窒素 |
|----|-----|--------|--------|----------|--------|-------|
| 効果 | ○   | ○      | ×      | ○        | ×      | ◎     |

懸濁態全窒素に関しては大きな変化は見られなかったが、全窒素、溶存態全窒素はともに30%ほど減少した。

・リンについて

|    | 全リン | 溶存態全リン | 懸濁態全リン | リン酸態リン |
|----|-----|--------|--------|--------|
| 効果 | ◎   | ◎      | ○      | ◎      |

リンは全リン、懸濁態全リン、溶存態全リン、リン酸態リンの全項目とも減少し、他の項目と比較しても、最も顕著に効果がみられた。特に溶存態全リンの減少が大きく、ミニプラントによってほぼ完全に溶存態全リンを除去できたと言える。



## 6. まとめ

CODを減少させることができたことは、佐鳴湖を全国で水質ワースト3の湖から脱却させることにつながる。また、クロロフィルaを減少させられたということは、異常繁殖している植物プランクトンを除去できるということである。さらに、窒素、リンなどの栄養塩類の除去は、富栄養化を阻止することにつながる。つまりミニプラントは、汚染原因である栄養塩類、異常繁殖している植物プランクトン、それにより増加した汚染指標CODの全てを一度に除去できる、非常に画期的な浄化方法だと言える。

### 第1節 PAC処理後の水の安全性

#### 1. 実験方法

- (1) 水槽にPAC処理後の佐鳴湖水8ℓを入れる。エアレーションをつけた水槽に、佐鳴湖で捕まえてきたメダカ約20匹を入れる
- (2) 以後定期的（月2回）に水槽の水を入れ替え、メダカの様子を観察する。入れ替える水もPAC処理後の水である。

#### 2. 結果と考察

○飼育開始から一週間後の様子    ○飼育開始から約二ヶ月後の様子



開始時は体長3mmほどだったメダカが、大きいものでは二ヶ月後には約2cmにまで成長した。また、水槽の壁面にもびっしりと藻が繁った。これは動植物とも問題なくPAC処理後の佐鳴湖水の中で成長できることを示している。クロロフィルaは $11\mu\text{g}/\ell$ と低い状態が続き、PAC処理後の水では植物プランクトンの増殖が非常に少ないことがわかる。結論として、PAC処理後の水は動植物に無害であり、かつ佐鳴湖の直接の汚染原因である植物プランクトンが増殖しないため、佐鳴湖の浄化に効果的だと考えられる。

### 第2節 フロックの肥料としての利用

#### 1. 実験方法

- (1) 2つの製氷皿に肥料の含まれていない土を入れ、「フロック」、「対照」と区別する。
- (2) 「フロック」に1マスに2mlずつ液肥（フロック）を加える。
- (3) 製氷皿のマスに一粒ずつ小松菜の種をまく。
- (4) 以後毎日同量の水を与える。

比較方法としては、数日おきに全ての苗の茎の長さや葉の大きさを測り、フロック、対照にわけて平均値を取り、集計する形を取った。

○種まき直後の小松菜



○開始後19日目の小松菜



## ○測定項目

茎の長さ、本葉の枚数、全ての本葉の大きさ、最大の本葉の大きさ  
葉の面積は以下の手順で求めた。

- ア. 方眼用紙に一枚の葉の形を写す。
- イ. その型の縦の長さ×横の長さをかけて、長方形の面積を出す。
- ウ. 方眼用紙を利用して、実際の葉の面積を出す。
- エ. 「(縦の長さ×横の長さ) × a = 実際の葉の面積」の式より 2, 3の結果を利用して、長方形の面積と実際の葉の面積の比の値aを出す。(このとき全ての葉の形が等しいと仮定する)
- オ. 4の式を利用して、全ての本葉の面積を出した後、各苗の最大の本葉の面積をそれぞれ出す。

2. 結果  $a = 0.6224$

| 8月1日開始                      | 18日後 (8月19日) |       | 25日後 (8月26日) |       |
|-----------------------------|--------------|-------|--------------|-------|
|                             | ブロック         | 対照    | ロック          | 対照    |
| 茎の長さ (cm)                   | 1.6          | 1.5   | 1.8          | 1.5   |
| 本葉の全ての枚数 (枚)                | 30.00        | 25.00 | 37.00        | 32.00 |
| 本葉の枚数 (枚)                   | 1.76         | 1.56  | 2.18         | 2.13  |
| 本葉の面積の平均 (cm <sup>2</sup> ) | 0.67         | 0.51  | 1.09         | 0.99  |
| 偏差 (cm <sup>2</sup> )       | 0.33         | 0.25  | 0.29         | 0.56  |
| 最大の本葉の面積 (cm <sup>2</sup> ) | 0.92         | 0.67  | 1.40         | 1.20  |

## 1. 2009年度の研究のまとめ

## (1) フロックの生態系への影響

まず、メダカを利用したPAC処理後の水の安全性についての実験を行った。今回の実験により、実際PACで処理した水を自然環境に戻しても動植物の生態に影響がないことが確認できた。また、実験の中でPAC処理後の水は水槽の中でひと月ほど放置しても濁りにくかったことから、PACで凝集処理を行った水には植物プランクトンの増殖が小さいことが分かる。

## (2) フロックの肥料化

小松菜を用いたフロックの肥料化実験を行った。佐鳴湖水をミニプラントで処理して生成されたフロックは、栄養塩類であるリン・窒素を多く含む。そのため、フロックを与えたものとそうでない小松菜との間にははっきりと成長に差が現れ、フロックに植物の成長を促進する効果があることがわかった。更に、このことはミニプラントは佐鳴湖の汚染物質を、有効活用できる肥料に変える力があることを示している。佐鳴湖水中に含まれるリンは約268.19kg、窒素は442.20kgである。これだけの栄養塩類を肥料として利用すれば、これらは資源である。

このように、ミニプラントの使用は佐鳴湖の浄化だけでなく、資源を無駄なく利用することにもつながると言える。ミニプラントは浄化能力に加え、佐鳴湖の汚染物質を資源に変える可能性をも秘めた非常に画期的な水質浄化装置である。