

都立水元公園にパトローネを利用した実験場を創り水質浄化する活動

東京都葛飾区立水元中学校環境科学部 代表 田中聡太・恩田文也
 熊倉 遥 柳澤龍也 小山国彦 伊丹晃太郎 東山佳市 小柳佑騎
 伊藤祐太 佐藤大介 豊守准司 谷山勝治 鈴木駿輔

研究の概要

本活動は水元公園の水質を調べたところ、小合いだめ水元大橋付近でCOD17mg/lと高く、冬でもアオコが発生し、魚が浮く事があった。水生植物は水質汚染物質のほとんどを浄化できるが、有機物の浄化力は低かった。そこで、有機物を浄化するため、12種のモデルを創り、浄化力を比較したところパトローネをろ材にしたモデルは、アオコ発生原因物質のほとんどを浄化できた。

そして、これまでの研究を生かし、実際に都立水元公園に水元中学校浄化実験場を設置したところ、岸近くでは底まで透き通り、夏には連日30℃を超える猛暑の中、同一水路内でアオコが大発生したが、同じ水路にある実験場内ではアオコは発生せず（カラー・受賞活動紹介写真参照）、水質は良好だった。

水生植物の浄化力

小さい頃から慣れ親しんでいる水元公園はどれだけ汚れているかと、水元公園の池等14ヶ所で調べたところ、平均COD 11.2mg/lと汚れていたが、水生植物の生えている池では、アオコは発生しておらず、アンモニウムイオン・硝酸イオン・亜硝酸イオン・リン酸イオンの濃度が低かったが、有機物の濃度は他の採水地点と同様であった。学校での検証実験から、水生植物は有機物の浄化力が低いことがわかった。

有機物を効率よく浄化するモデルの作成

そこで、この有機物を人工的に浄化したいと思い、理科室にある先生のコレクションの中から、パトローネ（写真フィルムの巻き芯）など浄化に使えるようなもの（微生物が棲みつやすい）を選び、COD100mg/lに調整した米のとぎ汁の浄化を目的とした7種類のモデルをつくった。その結果、パトローネをろ材としたモデルの浄化力が最も優れて

いてCOD2mg/lまで浄化し、一般細菌・大腸菌などの細菌も少なくなった。

しかし実験中、黒いものが発生して、COD濃度が高くなってしまったことがあった。溶存酸素濃度の低下が原因と考え、酸素が満遍なく行き届く構造の「改良かご型追試モデル」（写真1）を創造したところ、黒いものが発生せず、以前のモデルよりCODの濃度が低く、優れていた。

そして、水元公園の水を浄化するため、前述のパトローネを用いたかご型構造と殺菌能力の高かった砂利・砂をあわせ、「滝型自然浄化モデル」（写真2）を創り、水元公園から水を運び入れ浄化を試みた。このモデルでは、COD16mg/lを1mg/lまで浄化することができ、アオコも消え、細菌も少なくなった。

他の汚染物質に対する浄化力

パトローネが有機物に対して浄化力が高いことはわかったが、他のアンモニウムイオン硝酸イオン・亜硝酸イオン・リン酸イオンに対する浄化力はどうか、始めに作った7種類のモデルで調べてみたところ、最もパトローネモデルが優れていた。このことから、パトローネがろ材に適していると考えた。

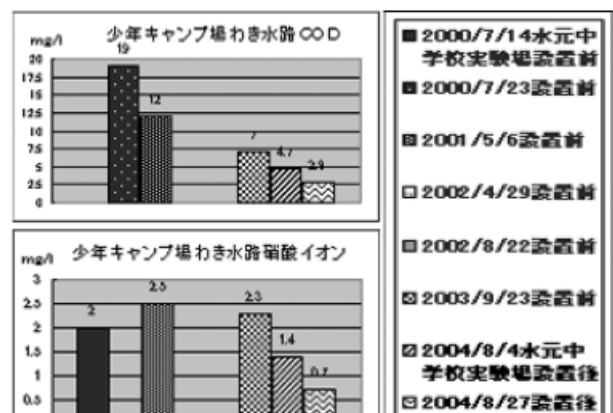
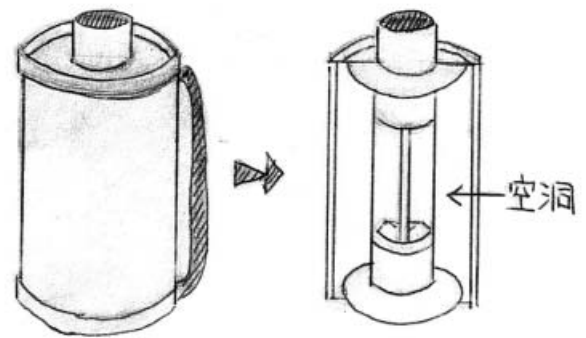


写真1 改良かご型追試モデル



写真2 滝型自然浄化モデル



パトロローネの内部構造

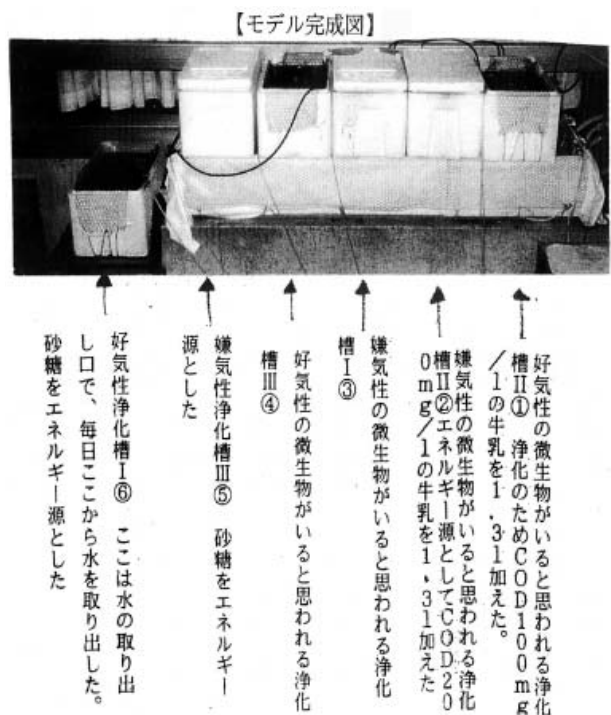
パトロローネの構造と素材による浄化力に関する特性

前述の様に、ここまでの研究でパトロローネをろ材とした浄化モデルは有機物だけでなく、他の4種のアオコ発生原因物質を浄化する事がわかったが、その原因は解明されていなかった。そこで、パトロローネと他のろ材との最大の相違点である複雑な内部構造に着眼し、浄化モデル内のパトロローネを分解してみた所、溶存酸素が少ないときに発生した黒いドブのようなものがたまっていた。そこで、この黒いものを調べてみると、これが発生していると亜硝酸イオンと硝酸イオンの値が限りなく0mg/lに近いことが解った。また、顕微鏡で観察しても微生物は見当たらず、細菌検査では非常に多くのコロニーが検出された。これらのことから、この黒いものは嫌気性の細菌群であり、酸欠状態になっている、複雑なパトロローネ内部にこれらが発生した事により、亜硝酸イオンや硝酸イオンから酸素が奪われ、浄化されていると考えられた。

また、リン酸イオンが浄化されたのはパトロローネから溶け出した鉄イオンが水中のリン酸イオンと化合していたためと解った。

パトロローネの特性を生かした好気性・嫌気性複合モデル

パトロローネに棲みつきの、酸化分解を行う好気性微生物と脱窒を行う嫌気性微生物、これらの浄化力を特化させるような浄化モデルを組み合わせれば、アオコ発生の原因物質を完全に浄化できるのではと考え、以下のようなモデルを作成した。



都立水元公園にパトローネを利用した実験場を創り水質浄化する活動

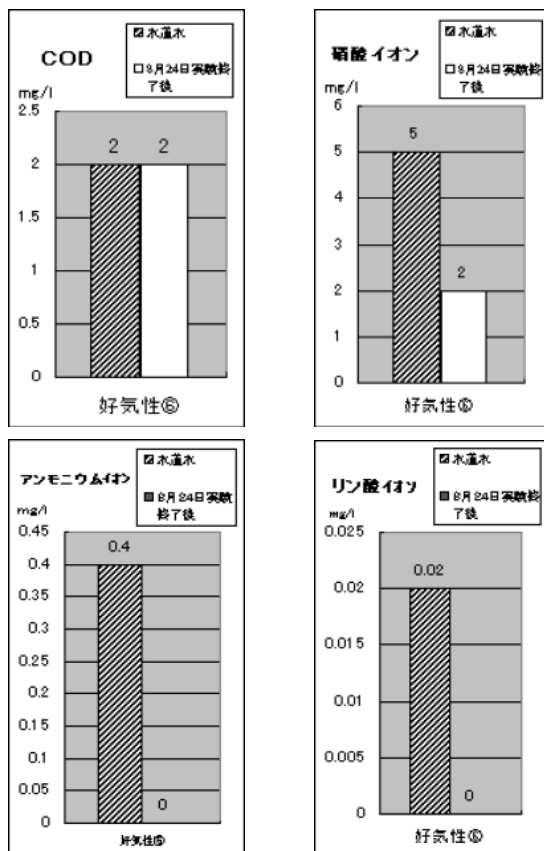
東京都葛飾区立水元中学校環境科学部 代表 田中聡太・恩田文也

熊倉 遥 柳澤龍也 小山国彦 伊丹晃太郎 東山佳市 小柳佑騎

伊藤祐太 佐藤大介 豊守准司 谷山勝治 鈴木駿輔

まず、好気性浄化槽は酸素が全体に行き渡る「改良かご型追試モデル」と同じ構造で作成し、嫌気性浄化槽は嫌気性微生物が発生しやすいように槽内にパトローネを積み重ね、水面はOHPシートで覆った。

この2種類の浄化槽を組み合わせ好気性・嫌気性複合モデルを創り、牛乳を浄化した。当初は、浄化槽を好気層2に嫌気槽2、好気槽1という順で組み合わせ、浄化を行っていたが、それぞれの槽の栄養分も牛乳を与えてまかなっていたため、最後の好気槽から取り出される水の亜硝酸イオンと硝酸イオンが多くなってしまった。そこで、最後の好気槽の次に、砂糖を栄養分とする槽を、嫌気槽、好気槽の順につなげてみた結果、牛乳を水道水と同等またはそれ以上に浄化することが出来た。



水元公園内・水元中学校浄化実験場設置に向けて

設置にあたって、理科室での水槽実験に比べて公園の水路は大きすぎ、モデルの大きさの見当がつかなかったため、古ヶ崎浄化施設の見学をし大きさの見当をつけた。そして東京都から公園の使用許可を得るため、水質と地形の調査、モデルの試作等を行った。また魚への影響を調べるため、水元公園で一般的な魚であるクチボソやダボハゼを入れた試作モデルに定期的に水元公園の水を入れ様子を見るなど、これらの予備研究に半年かかった。

モデルの創造と浄化実験場への配置について

予備研究の後、部員全員でモデルの構造・配置を相談し、決定した。そして水深1mの水路に合わせ、合計75,920個のパトローネをろ材としたモデル150台の作製を開始した。前述の「改良かご型追試モデル」と「滝型自然浄化モデル」を基本とし、金網で仕切りながらパトローネを何段も組み込む構造とした。公園のくずかごを活用して、研究から細菌に対し浄化力が高いと分かった砂や砂利を、自転車の前かごに入れて中層や上層に取り付けた「円筒くずかご型水質浄化モデル」、基本構造はくずかご型モデルと同じだが、水の通りがよく水深に合わせて高さを調整できる「コンテナ型水質浄化モデル」、モデルを通して流れてきた水を更に浄化するため、幅をU字溝に合わせた長さ2mの金網の箱にパトローネを内蔵した「U字溝用水質浄化モデル」、の3種類・計150台を創った。

上記3種類の浄化モデルの配置は、前ページの「パトローネの特性を生かした好気性・嫌気性複合モデル」の考え方を基本とした(2つ先のページ配置図参照)。図の浄化実験場内にある土管から硝酸濃度が高い水が流れ込むようになっているので、板

と土嚢で仕切りをつくり、浄化実験場内に直接流れ込まないようにした。そしてその水と、もともとある釣り客でにぎわう水路の水が混じり合った水を原水とした。円筒くずかご型モデルは側面に砂・砂利の層を作ったため、水の流れが悪くなると予想し、図のようにびたりとくっつけて配置し、酸素を少なくして嫌気区域とした。コンテナ型モデルは3段に重ね、図のように配置して好気区域とした。ここの微生物は酸素を多く必要とするので、水温が高くなり、微生物が増えて酸素が足りなくなることを考え、モデルとモデルの間に酸素を発生させる装置を入れた。また、浄化実験場内を通った水を更に浄化するためU字溝水路にも浄化モデルを設置した。



平成15年10月19日浄化実験場設置

3種類の水質浄化モデル

A. 円筒くずかご型水質浄化モデル



〈上段に砂・砂利の層〉

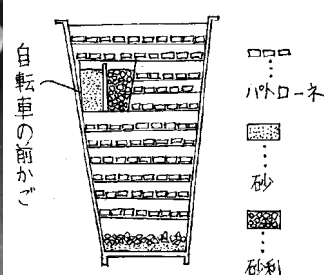


〈中段に砂・砂利の層〉

B. コンテナ型水質浄化モデル



モデル断面図



C. U字溝水質浄化モデル



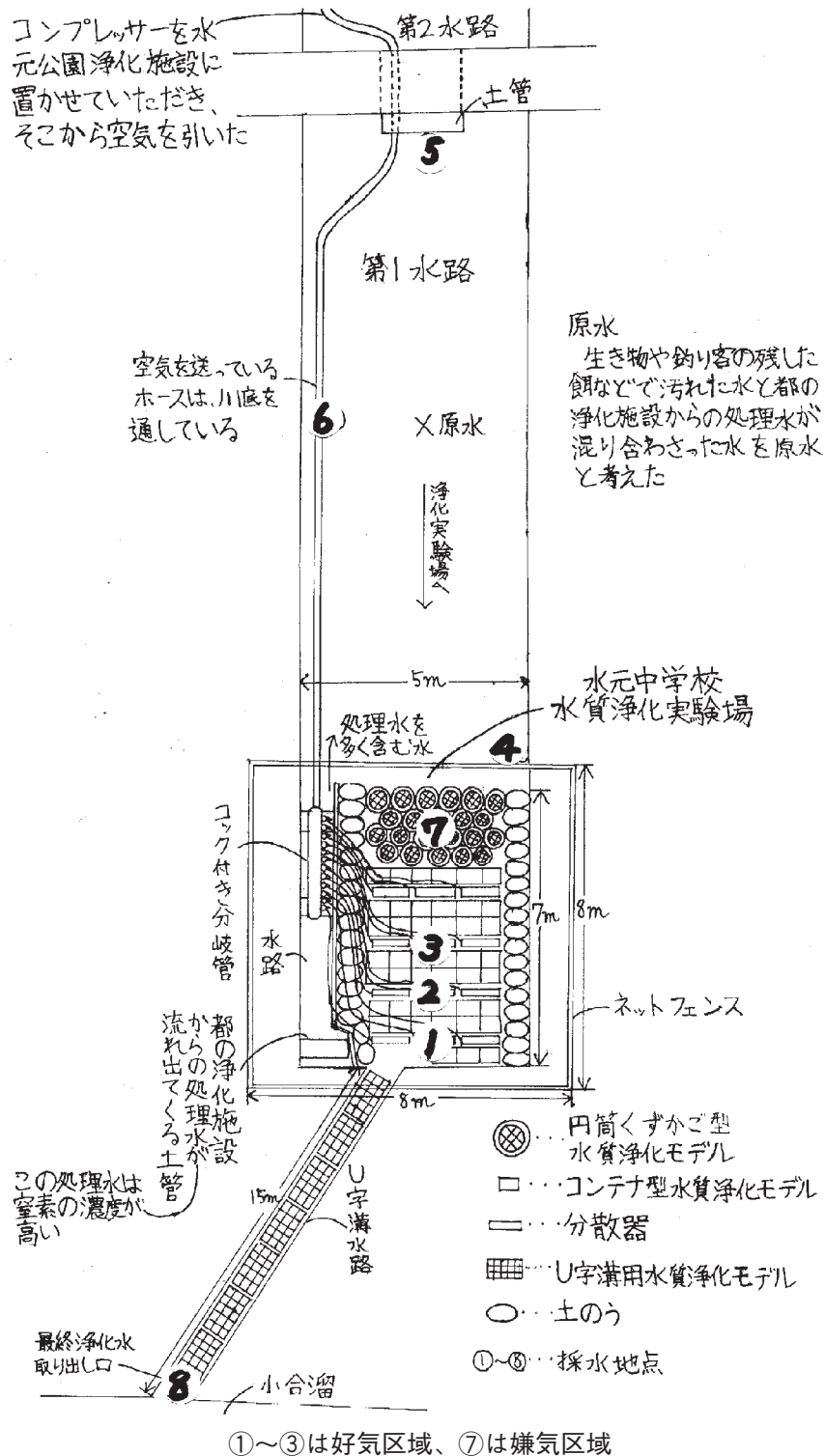
都立水元公園にパトローネを利用した実験場を創り水質浄化する活動

東京都葛飾区立水元中学校環境科学部 代表 田中聡太・恩田文也

熊倉 遥 柳澤龍也 小山国彦 伊丹晃太郎 東山佳市 小柳佑騎

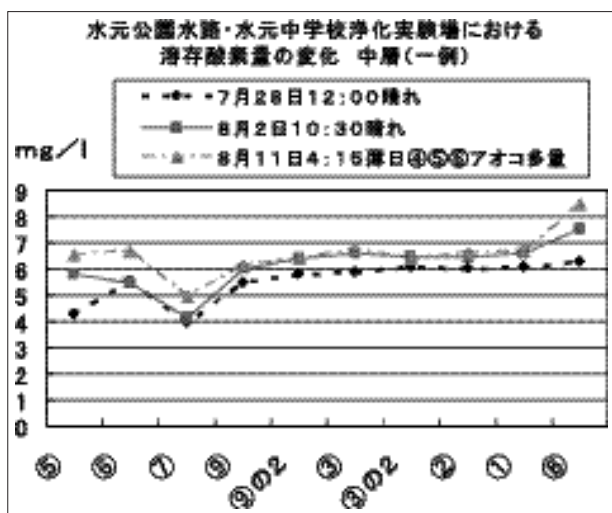
伊藤祐太 佐藤大介 豊守准司 谷山勝治 鈴木駿輔

水元中学校水質浄化実験場配置図



好気性の微生物と嫌気性の微生物と思われるものの両者を効率よく働かせる溶存酸素濃度の研究

水温が上がり始めた4月末に溶存酸素の一昼夜測定を行った結果、夜間は酸欠状態になっていることが分かった。そこで、分散器の数や、酸素を入れる時間帯を変えて溶存酸素量を調整した結果、好気区域3列目・9基に酸素を昼夜通して入れたときに、下のグラフのように溶存酸素濃度は嫌気区域⑦（前項の水元中学校浄化実験場配置図の⑦）のみ4～5mg/lと低く、その他の好気区域では高い結果となり、好気性微生物と嫌気性微生物の両者が、最も効率よく働くことが分かった。



上記グラフ内横軸番号は前項の浄化実験場の採水地点

浄化実験場で水質浄化を行う微生物

原水や浄化実験場・U字溝水路で微生物を月に二回採取して観察し水質への影響を調べた。その結果、浄化実験場ではセンチウ、ネズミワムシが理科室での水槽実験のときよりも多く生息していたがコルレラやヒルガタワムシ等ほぼ同じ種類の微生物が発生していた。ヒルガタワムシは好気区域内部に特によく発生しそれに伴って水質が非常

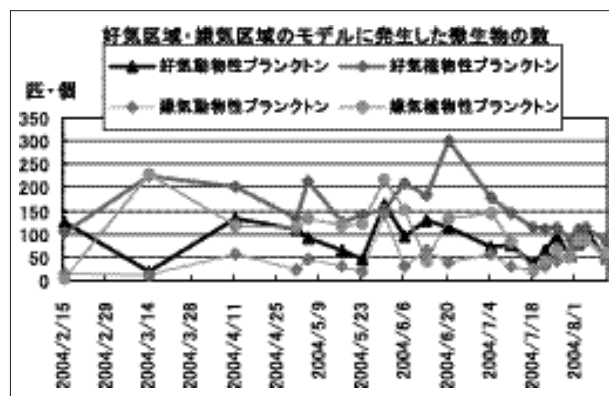
に良くなった。研究している同じ水路のなかでは浄化実験場内の方が微生物を多く発生させることができ、水質は良くなった。さらに、好気区域は嫌気区域より微生物の種類や数が多く、水温が上がってくると種類や数が増え、それによって水質浄化が進み、有機物の濃度が低くなり、透視度が高まるという流れがあった。



写真 コルレラ
16年8月2日・好気区域上部



写真 ヒルガタワムシ
16年4月12日・好気区域内部



水質浄化実験場の浄化力について

水質浄化実験場を設置したことにより、浄化実験場内やその周辺の水はずいぶん見た目が良くなった。そこで水質はどの程度変わったかを調べ、さらに浄化量を計算してみた。その結果、有機物の浄化量（図1）は酸素を入れた4月29日辺りから増えていることがわかった。有機物を分解するのは微生物なので、酸素を入れたことにより微生物の働きが活発になり、浄化力が高くなったのだと思われる。

有機物中のたんぱく質が分解されるとアンモニウ

都立水元公園にパトローネを利用した実験場を創り水質浄化する活動

東京都葛飾区立水元中学校環境科学部 代表 田中聡太・恩田文也

熊倉 遥 柳澤龍也 小山国彦 伊丹晃太郎 東山佳市 小柳佑騎

伊藤祐太 佐藤大介 豊守准司 谷山勝治 鈴木駿輔

ムイオンが発生し、それが亜硝酸イオン、硝酸イオンへと変化していく。最終的にそれらは嫌気性の細菌群に酸素を奪われ、無害な窒素の気体となって空气中に放出される。微生物が多くの有機物を分解し、それに伴い増えた硝酸イオンなどを嫌気性の細菌群が浄化していくため、窒素の浄化量(図2)も同じように増えた。リン酸イオンは他の二つと違い、酸素を入れても浄化力はあまり変わらなかった。リン酸イオンの浄化(図3)はパトローネの鉄の部分錆びたときにできる鉄イオンとリン酸イオンの化合による浄化のため、除去能力には限界があるのだと思われる。

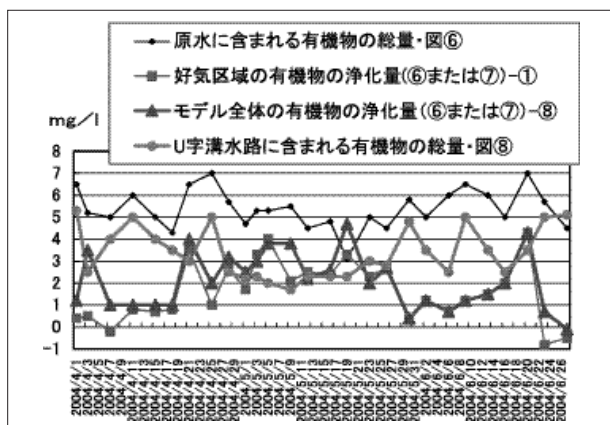


図1 水元中学校浄化実験場における有機物の浄化量・2004年4月～6月

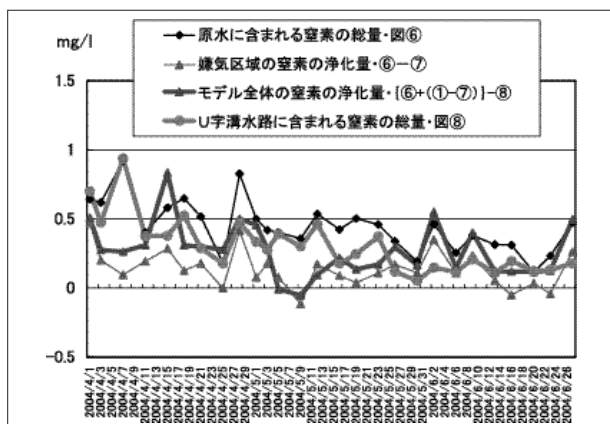


図2 水元中学校浄化実験場における窒素の浄化量・2004年4月～6月

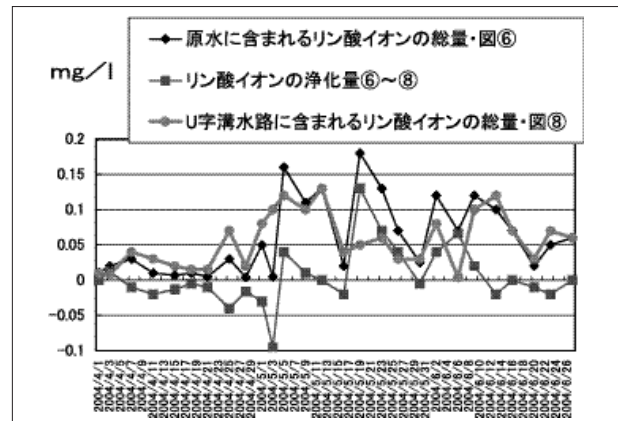
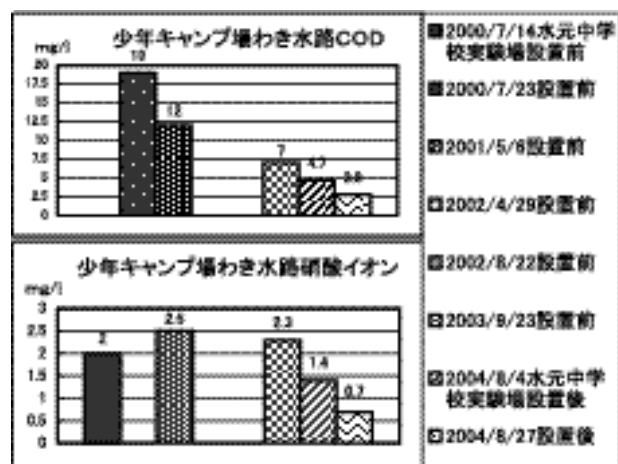


図3 水元中学校浄化実験場におけるリン酸イオンの浄化量・2004年4月～6月

水元中学校水質浄化実験場の処理水が水元公園全体の水質に及ぼす効果

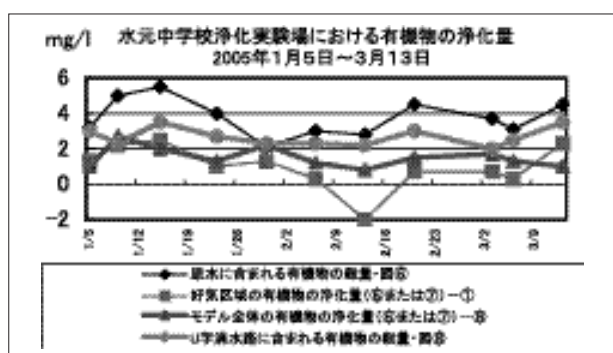
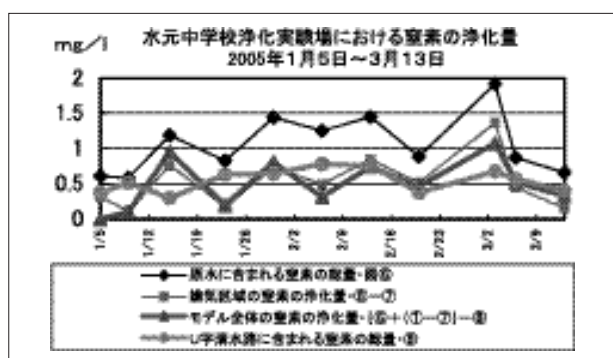
以下のグラフは浄化実験場のある少年キャンプ場の水質である。CODやリン酸・硝酸等のイオンの濃度が減少し水質が良くなっているのが、このように右下がりのグラフになった。また、浄化実験場から流れ落ちる最終処理水の影響で、小台いだめの水質が、実験場から129mの範囲で良くなり、硝酸等のイオンは広範囲で濃度が下がった。きれいになったおかげで鳥や魚も集まるようになった。

浄化実験場を設置したことで水はどのくらいきれいになったか。2000年～2004年経年変化



研究のまとめ

5年間もの長い研究の末、水元公園の浄化実験場において水質を浄化し、アオコの発生を防ぐことが出来ました。また、東京食品技術研究所の検査の結果、過マンガン酸カリウムが飲料水基準よりも0.3mg/l高いものの有害物質は含まれず、また水質試験検査成績書のデータの詳細から、災害時には、携帯用の浄水器に通し、煮沸殺菌すれば飲料水にできると解りました。また現在も、下のグラフのように浄化は続行しています。この実験の「水元公園の水をきれいにしたい」という目的は、概ね達成することができたと思います。これから、国や都、水元公園を訪れた人達、この文章を読んでくださった、皆様方の手によって世界中の汚染されている川や池、湖、そして海などを浄化するのに、この研究が役立てば幸いです。長く指導してくれた石川禮子先生、協力して下さった多くの方々本当にありがとうございました。



所感

5年前に水元中学校に赴任した。水元公園にもっとも近い学校なのに生徒の水元公園をフィールドとしての研究はなかった。寂しく思い水元公園の水を調べることを目的とした環境科学部を創部したところ、全学年から生徒が応募してきた。調査が進むにつれて生徒の熱意から研究は深く広く拡大していった。検証実験として浄化モデルをいけて水元公園の水を浄化したいと言われ、湖のように広い小合だめの前に立って思案にくれた。しかし、東京都立水元公園管理事務所の方々から適切な大きさの水路をお借りさせていただくことになり、そのおかげで生徒の力でモデルをつくり、設置し、1年半にわたりデータをとることができ、検証実験は成功した。生徒には、地道な研究の積み重ねから研究を成就することの喜びを味あわせることができた。パトローネによる水質浄化の実践例は日本でも世界でも例がないということなので、水質の悪化している湖沼、河川、生活排水の処理で困っているところで活用されることを願う。また、パトローネは写真屋で容易に手に入るので、身近な学校や家庭において魚の水槽や庭の池等で活用する場合に適する浄化モデルの開発もしていきたい。

『微生物が水環境を変える』をキャッチフレーズに!!

顧問教諭 石川 禮子

参考文献

- ・図説生物相からみた処理機能の診断 須藤隆一・稲森悠平著 産業用水調査会
- ・水処理バイオ入門 須藤隆一・稲森悠平編著 産業用水調査会
- ・東京都環境科学研究所ニュースNo.7 東京都環境科学研究所
- ・下水のはなし 藤田千枝著 さ・え・ら書房
- ・1986年4月9日水曜日 朝日新聞記事 熊谷市で実用化空き缶浄化槽
- ・空缶を用いた土壌被覆型接触曝気実験装置による汚水処理 松本源喜、新見正彰 他著 (用水と廃水Vol. 27 No.3 (1985) pp. 37-42)
- ・教材生物ニュース 1980年10・11月合併号 第63号 篠遠喜人編 財団法人日本科学協会