抽水植物を利用した水質浄化の試み

はじめに

埼玉県立総合教育センター江南支所では、自然体験ゾーンに湿地を創出することを目的に、平成14年３月に埼玉県自然学習センター（北本市）内の湿地の土を移入し、**埋土種子緑化**を行った。**埋土種子緑化**とは、表土の中に蓄えられた多種多様な植物の種子（埋土種子）を利用し、地域固有の植生を早期に復元する緑化工法である。施工後３ヶ月で、ウキヤガラ（カヤツリグサ科）を中心とした植物群落が成立した。時間の経過とともに植生が安定しつつあり、２年目以降、ヨシ（イネ科）の個体数が増加している。平成16年度当初に設置された取水堰から用水を導水し、自然体験ゾーンへの通水を行っている。**抽水植物**が生育する湿地に通水することで、水に溶けた窒素化合物やリンなどの物質を吸着させ、削減させる効果が期待できる。

以下、**抽水植物**を利用した水質浄化の取り組みについて報告する。

１　抽水植物による水質浄化メカニズム

(1)浮遊物質(SS)の除去

植物体の存在する水域に浮遊物質が流入すると植物体が接触材の働きをし、沈降を促す。

(2)窒素(N)の除去

水域に流入した有機態窒素は微生物により分解され、アンモニア性窒素（NH_4-N）や、硝化菌により亜硝酸性窒素（NO_2-N）や硝酸性窒素（NO_3-N）へと分解される。これらの無機塩類を**抽水植物**が吸収することで、水域から除去される。この反応は好気条件下で起こる。植物の根からの酸素輸送により、水域には好気条件と嫌気条件のモザイク構造が形成され、これにより高い窒素除去能力が発揮される。

(3)リン(P)の除去

リンが水域から除去される主な要因は、底土による吸着と、植物による吸収である。植物は有機物を直接吸収することができないため、植物体に吸収される前段階で微生物により無機化されている必要がある。

(4)その他

植物群落の存在により、日光が水面に到達するのを遮り、アオコや植物プランクトンの発生を抑える。また、魚の産卵所や野鳥の住処になり、周辺の生態系を多様化させる。

抽水植物

水生植物のうち水底に根を張り、茎の下部は水中にあるが、茎か葉の一部が水上に突き出ているものをいう。ヨシ、ガマ、マコモなどがこれにあたる。水深0.5～１ｍ程度の岸近くの水辺に生育し、土壌が乾燥しない限り生存できる。茎や葉には、根に酸素を供給するための通気組織が発達している。

埋土種子緑化

施工地近隣の表土を利用し、そこに蓄えられて休眠している種子（埋土種子）によって植生を復元する工法。

効果

- **○ 地域自然生態系を元の姿により近い形で復元・保全できる。**
- **○ 外来種の植生による地域固有の植物の駆逐や遺伝子撹乱などが防止できる。**
- **○ 景観の速やかな復元に寄与する。**

2　水質検査について

(1) 調査期間　平成14年１月～平成15年12月

(2) 調査地点　自然体験ゾーン内２カ所・対象区１カ所

水路・取水口(自然体験ゾーン)

ため池・排水口(自然体験ゾーン)

湧水池(対象区)

(3) 調査項目
天候・気温・水温・水素イオン濃度(pH)・電気伝導度(EC)・リン酸（PO_4-）
アンモニア性窒素（NH_4-N)・硝酸性窒素（NO_3-N)・化学的酸素消費量(COD)

(4) 調査方法　月２回の定点観測（温度計・pH／ECメーター・パックテストによる測定）
※ パックテストは比色法による簡単な水質分析器具である 。
簡易的な水質管理の方法として広く利用されている。

水の採取

水温の計測

pH・ECの測定

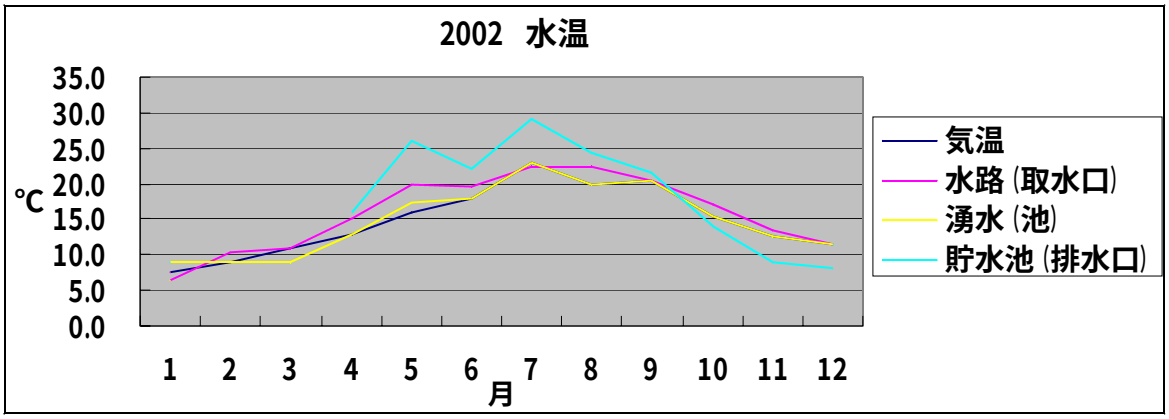
パックテストによる比色

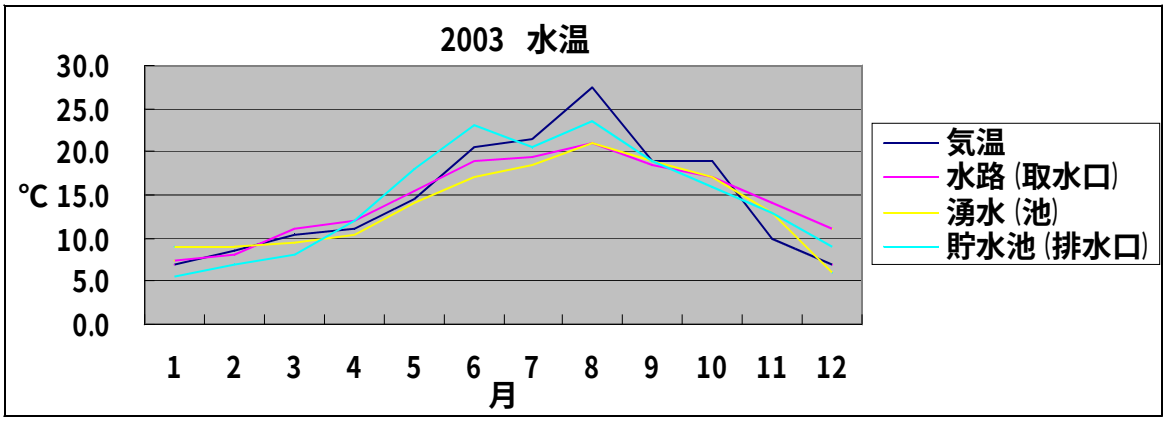
(5) 調査結果（月２回の定点観測結果の平均値をグラフ化）

① 気温・水温（℃）

水温は、微生物やプランクトンの活性や溶存酸素の溶解度に大きな影響を与える。水温が低いと測定値が低くでる可能性がある。水温の異なる河川・湖沼で同じ測定値であったら、水温が低い方が実際はその値よりも高い可能性がある。また、水温の違いにより溶存酸素の量は変化するので、溶存酸素量を見る場合の参考になる。

気温は、水質をみるときの直接の要素ではないが、水温との密接な関係があるので測定する必要と判断した。





今後に向けて

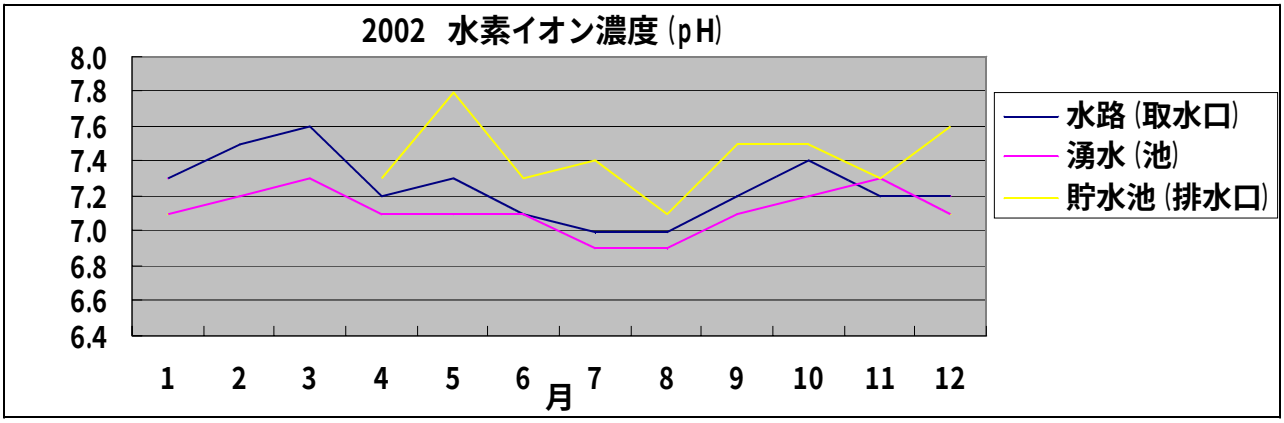
夏場の水温上昇が、イネや水辺の生き物に対してどのような影響を与えているのか、検証が必要である。

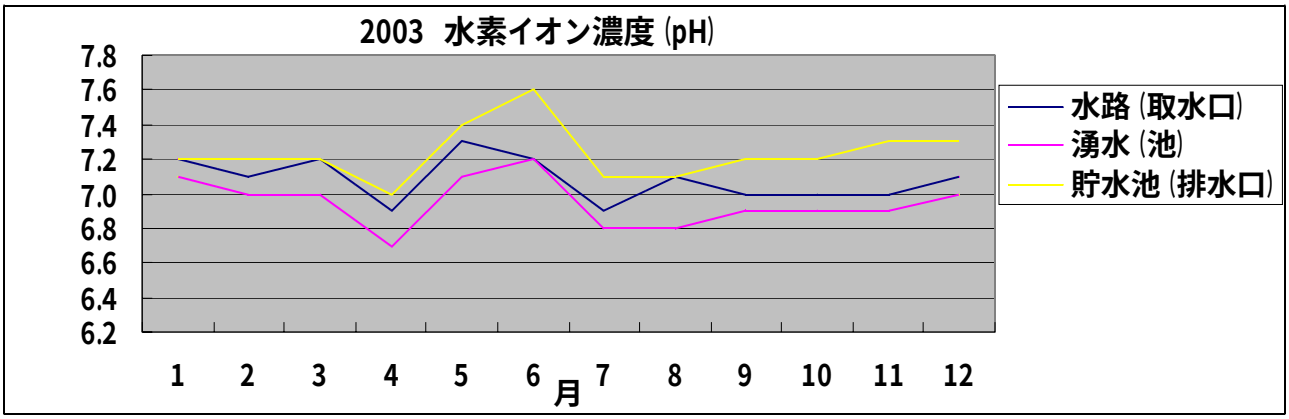
② 水素イオン濃度（pH）

水の液性を示す指標の１つで、pH１～pH14まである。７が中性で、７より高い値がアルカリ性、７より低い値が酸性を示す。

【変化の原因】

通常、河川・湖沼とも特殊な例を除いて中性付近である。しかし、藻類の多い湖沼では、時間帯によって大きな変化がある。太陽光が当たる水面では、植物の光合成で植物が二酸化炭素を吸収するため、pHが上がる。したがって、湖沼表層のpH測定には天気の記録が必要となる。（pH９以上になることもある）夜間は逆に二酸化炭素が放出されるため、pHが下がる。





※ 水道法による水道水　pH5.8～8.6

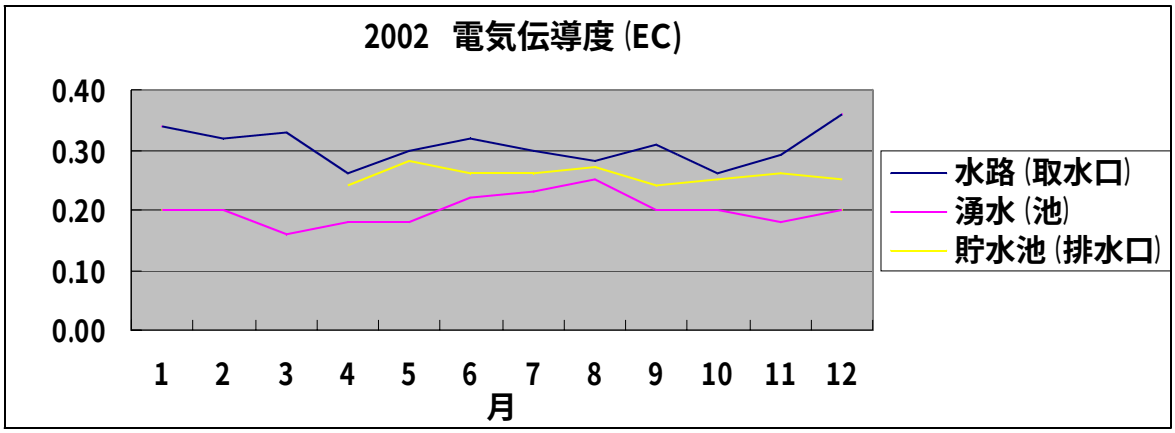
※ 一般的な天然水（地下水など）　pH６～８

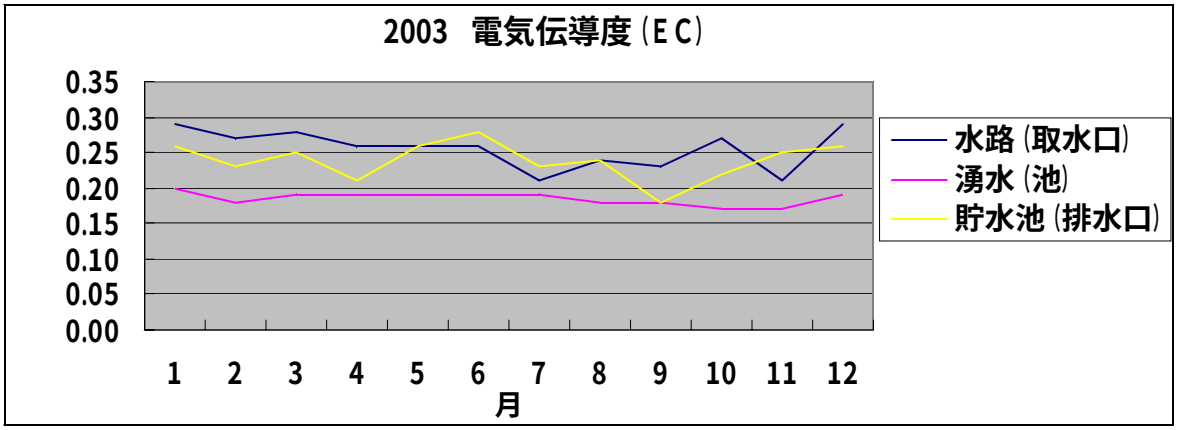
今後に向けて

排水口の水素イオン濃度が取水口と比べて上昇する傾向が見られた。アオコの発生が原因の一つに考えられる。水素イオン濃度の上昇がイネや水辺の生き物に対してどのような影響を与えているのか、検証する必要がある。

③ 電気伝導度（EC） 単位：ms/cm

電気の通しやすさの尺度で、水中の無機イオンの総量を示す。無機イオンの多い水は汚れた水とされている。電気抵抗の逆数（電気抵抗度＝１／電気抵抗）で表し、水中に溶解している物質の量を短時間で測定できる。電気伝導度が高い値ほど、水にさまざまな物質が溶解していることになり、一般的には汚い水といえる。電気を伝える物質が水に溶け込んでいる様子をあらわすことにる。一般的には海水は高く、純水はゼロになる。





【汚れの目安】

（例）0.01～0.03ms/cm → 雨水
0.05～0.10ms/cm → 河川の上流
0.20～0.40ms/cm → 河川の下流

※ 日本の河川水のECの平均値（0.13ms/cm 25℃）

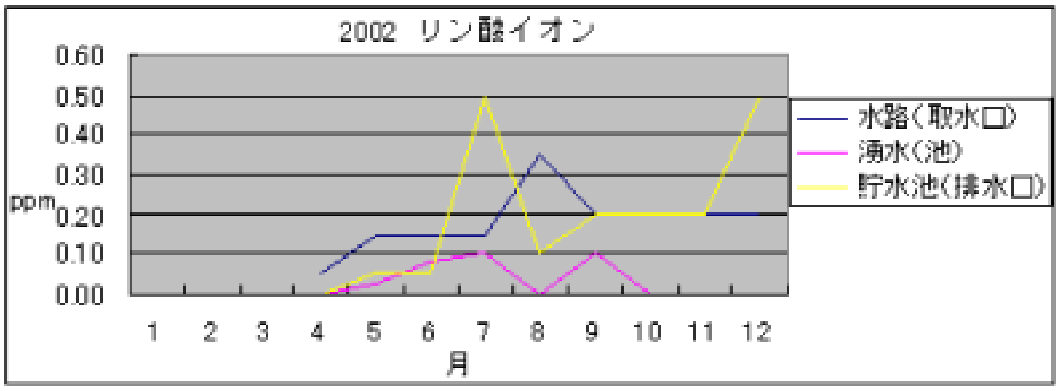
今後に向けて

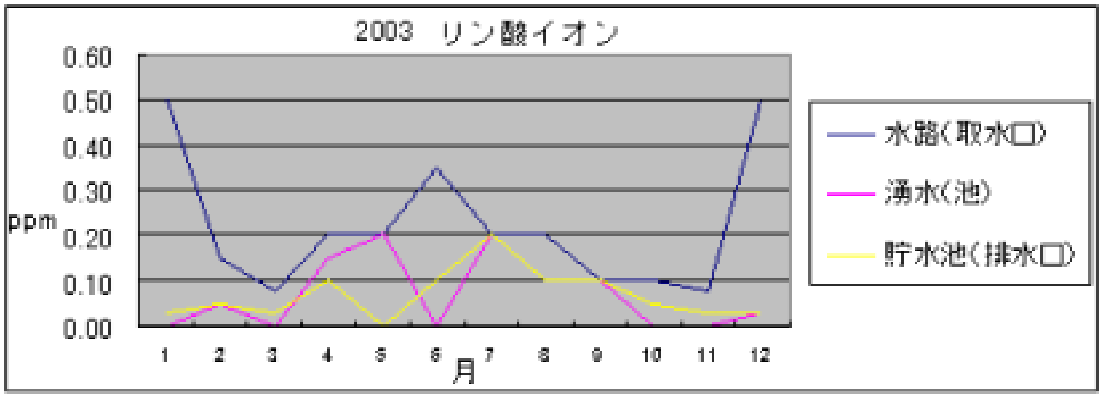
取水口と比べ、年間を通じて排水口の電気伝導度の値が低くなる傾向が見られた。水質改善の成果であると考えられる。農業用水としての水質基準（0.3ms/cm）はクリアしているものの予断を許さない状況が続いている。

④ リン酸イオン（PO_4^-）

水の中に含まれるリン成分のことをいう。リン酸イオンは植物の生育に必要な要素で、生物の分解（死骸）により供給される。肥料・工場排水・生活排水（合成洗剤など）にも多く含まれている。「富栄養化」などを引き起こす栄養塩の一種がリン酸イオンで、リン酸イオンを測定することで水の汚れ具合がわかる。リン酸イオンは、一般的には水中には微量にしか存在しない。リン酸イオンの値が高いと、生物の分解や生活排水の流入が多いことを示す。リン酸イオンが増加すると植物プランクトンや藻類の異常発生などを引き起こし、環境に大きな影響を与える。

リンは水の中では、リン酸イオン(PO_4^-)や有機リンで存在している。





【汚れの原因】

肥料・農薬・工場排水・生活排水・し尿

【環境への影響】　☆ppm（parts per million）：100万分の１

一般的には、自然の状態ではリン酸は微量だが、これが増加すると藻類の異常発生など環境に大きな影響を与える。

0.05ppm以下　雨水・河川上流

0.1～1.0ppm　河川下流

今後に向けて

計測結果から、取水している水が生活排水や肥料等によって汚染されていることがうかがえる。取水口と比べて排水口の数値が低いのは水質改善の成果であると考えられる。農業用水としての水質基準は定められていないが、アオコ発生の原因にもなるので、年間を通じて対象区（湧水）に近い水質を維持するための浄化方法を検討する必要がある。

⑤ 窒素化合物

人間は１日約10gの窒素（正確には全窒素）をし尿や生活雑排水として排出している。また、さまざまな生物も死ぬとそのからだをつくっていた有機態窒素（タンパク質・アミノ酸・尿素）が水中にいろいろなかたちで溶け込む。この窒素はリンと共に湖沼や河川を富栄養化させて、プランクトンの異常発生などを引き起こす。

水中の有機態窒素は、アンモニウムイオン（NH_4^+）、亜硝酸イオン（NO_2^-）、硝酸イオン（NO_3^-）などの形で存在し、水中の溶存酸素量によって互いに形態を変える。比較した場合、酸素の多いきれいな水には硝酸イオン、排水が流入するなど汚れた水には有機態窒素やアンモニウムイオンが多く含まれている。硝酸値が高ければ、生活排水や肥料が混入している可能性も想定される。

【汚れの原因】

生活排水・肥料・し尿

【環境への影響】

リンとともに、富栄養化による藻類や植物性プランクトンの繁殖の原因になる。

富栄養化

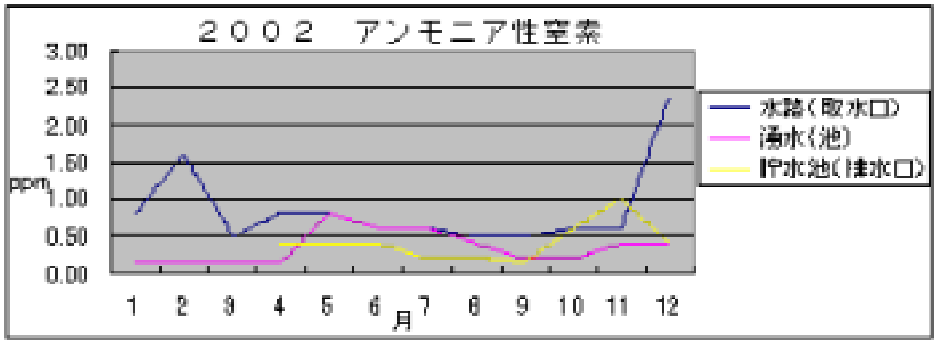
チッソやリンなど、植物の成長に必要な養分がどんどん蓄積されていくこと。本来はこれによって植物がたくさん生育して、豊かな生態系が築かれていく。しかし廃水など人為的に過剰にこれらの物質が流入すると、植物プランクトンなどが大量に発生し、水を濁らせ、それらの遺体が分解されるときに酸素を消費してしまい、無酸素状態となり様々な生物が影響を受けることになる。

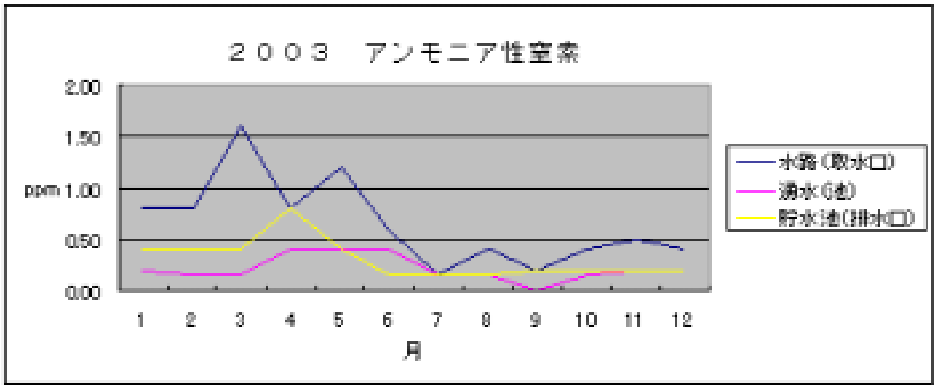
窒素分 → 分解 → アンモニウム → 亜硝酸 → 硝　酸 → 植　物

NH_4^+　　NO_2^-　　NO_3

ア アンモニア性窒素（NH_4-N）

アンモニア、アンモニウム塩、アンモニウムイオン(NH_4+)等を構成する窒素である。家庭からの雑排水や、し尿などに多く含まれている。





【汚れの目安】

0.05ppm	河川上流・湧水	0.1～0.4ppm	雨水
0.5 ～ 5.0ppm	河川下流	5.0ppm以上	下水・汚水

今後に向けて

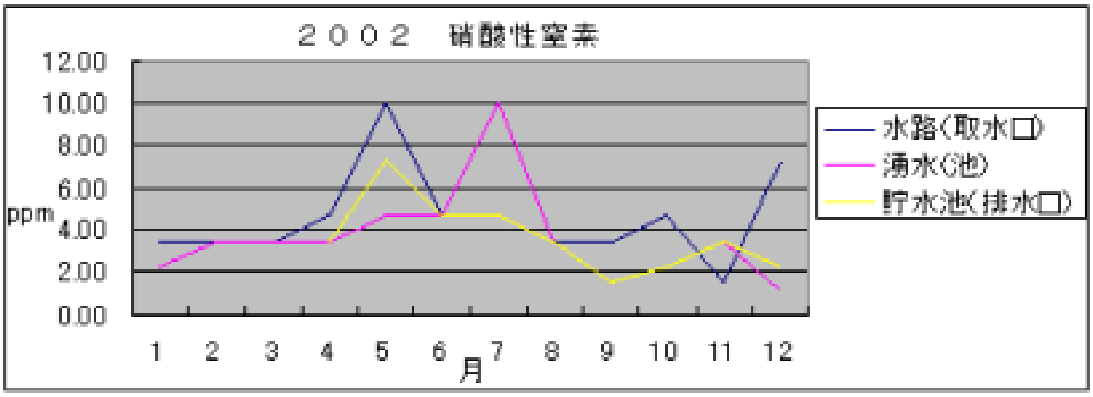
取水口と比べ、排水口のアンモニア性窒素（NH_4-N）の値が年間を通じて低い傾向が見られた。水質改善の成果であると考えられる。浄化池の植物が枯れる冬季に水質浄化能力が下がる傾向が見られる。年間を通じて対象区（湧水）に近い水質を維持する浄化方法を検討する必要がある。

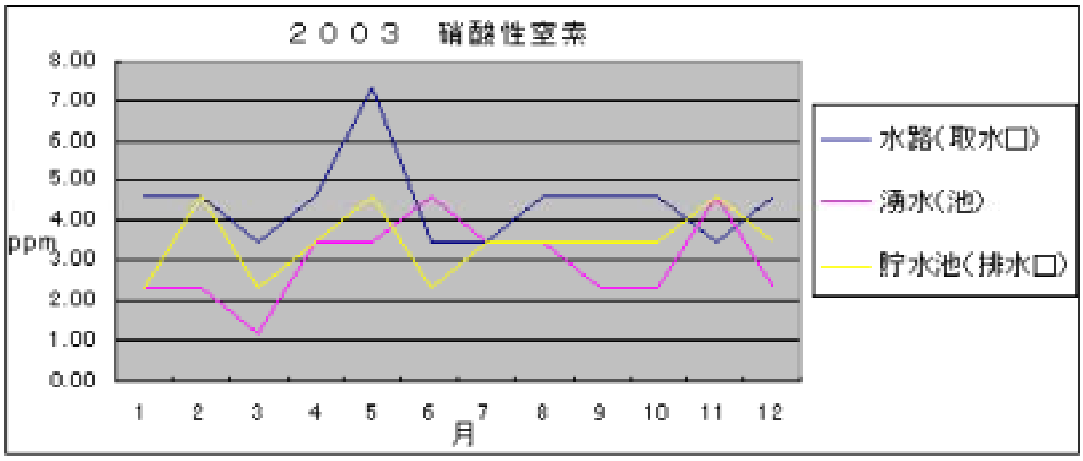
イ 硝酸性窒素（NO_3-N）

窒素イオンは植物の生育に必要な要素で、生物の分解（死骸）により供給される。有機体窒素は、肥料・工場排水・生活排水にも多く含まれている。水の中に入った窒素化合物は腐敗菌によって分解されアンモニア性窒素となり、さらに分解が進むにつれ、亜硝酸、硝酸性窒素へと変化していく。

亜硝酸は酸素が多い水の中では硝酸となり、酸素の少ないときにはアンモニアとなる。亜硝酸が硝酸に変化するときには水中の酸素が多量に使われるため水は酸欠状態になる。

また、「富栄養化」などを引き起こす栄養塩の一種が窒素イオンであるため、窒素イオンを測定すると水の汚れ具合がわかる。窒素イオンが増加すると植物プランクトンや藻類の異常発生を引き起こし、環境に大きな影響を与える。





【汚れの目安】

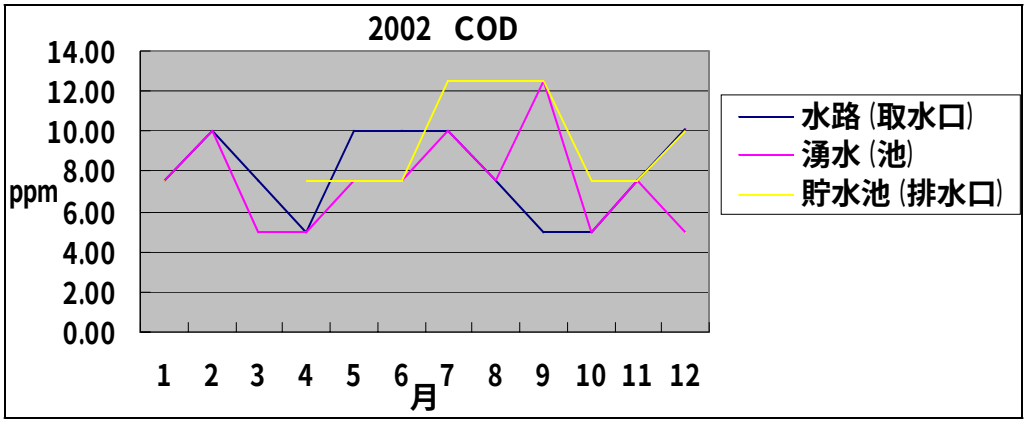
0.2～0.4ppm　雨水
0.2～1.0ppm　河川上流
2.0～6.0ppm　河川下流・地下水・湧水

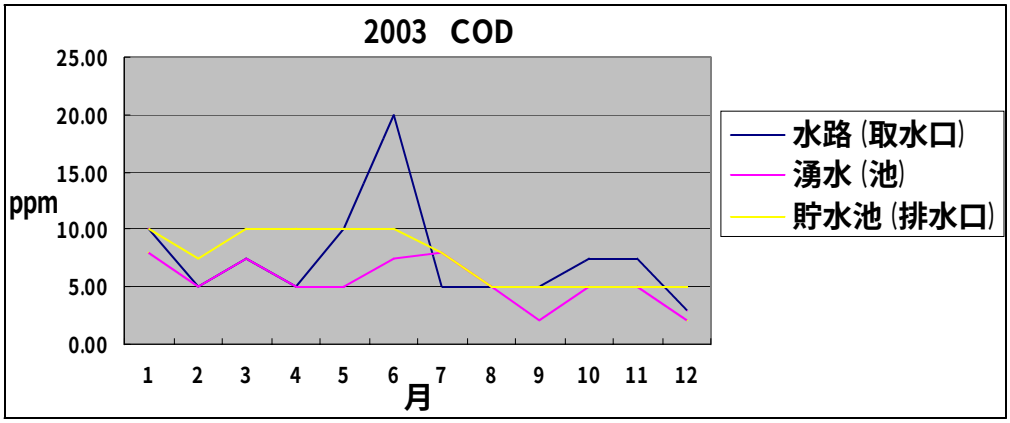
今後に向けて

取水口と比べ、年間を通じて排水口の硝酸性窒素（NH_4-N）の値が低くなる傾向が見られる。水質改善の成果であると考えられる。水量との相関関係が強く、水量が減少する時に浄化能力が低下する傾向が見られる。年間を通じて対象区（湧水）に近い水質を維持するための浄化方法を検討する必要がある。

⑥ 化学的酸素消費量 ＣＯＤ(Chemicai Oxygen Demand)

水中にある物質（主に有機物）が酸化剤によって酸化される時に消費される酸素量をあらわす（特定の物質を指すものではない)。ＣＯＤの測定値（ppm）が高い（５～10ppm）と、生活排水や工場排水などの汚水が混入している可能性が高く、水中の酸素が不足して魚などが棲息できず、自然浄化作用も止まってしまう。





【汚れの目安】

	０ppm	汚染なし
	１ppm以下	きれいな渓流（ヤマメ、イワナが棲息できる）
１ ～	２ppm	雨水（３ppm以下でサケやアユが棲息できる）
２ ～	５ppm	少し汚染（５ppm以下でコイやフナが棲息できる）
		※落ち葉・水草の分解で１～５ppmになることがある
２ ～	10ppm	河川下流
	10ppm以上	下水・汚水

今後に向けて

敷地内を流れる水の化学的酸素消費量の値は、農業用水の基準値を下回っている。慢性的な溶存酸素不足を補うため、曝気（ばっき）を行うシステムの導入が必要である。

(5) ホタルが自生する吉見用水との比較

調査年月日 ： 平成16年２月23日（月）　　天候：晴れ　　気温：15℃

	水温 (℃)	pH	EC (ms/cm)	PO_4- (ppm)	NH_4-N (ppm)	NO_3-N (ppm)	COD (ppm)
水路･取水口	9	7.2	0.27	0.2	1	4.6	8.0
ため池･排水口	9	7.3	0.33	0.1	0.5	2.3	6.0
対象区･湧水	8	6.9	0.16	0	0.2	4.6	2.0
吉見用水	7	7.6	0.18	0.05	0.2	1.15	4.0
農業用水の水質基準		6.0 ～7.5	0.3 以下	基準なし	合計で5.0以下		6.0 以下

熊谷市樋春地内

※ 支所敷地内を流れる水の化学的酸素消費量と窒素化合物の値が吉見用水と比べて高い。

３　考察

(1) 水質検査結果の考察

① **抽水植物**を利用した水質浄化では、電気伝導度(EC)・リン酸（PO_4-）・アンモニア性窒素（NH_4-N）・硝酸性窒素（NO_3-N）を低減させる効果が見られた。

② 取水している水は生活雑排水の影響が依然として大きい。

(2) 水質を悪化させている主な原因

① 上流部及び近隣の住宅からの生活雑排水の流入が減少する兆候が見られない。

② 周囲の雑木林に不法投棄されたゴミ、風等で吹き寄せられたゴミが水路に堆積し、流れの妨げになっている。

(3) 水質改善のための今後の方策

① 浄化池の機能を低下させないため、浄化池及びため池に蓄積された有機物の除去を定期的に行うとともに、**抽水植物**の補植を継続的に行う。

→　枯草の刈り取りと除去（平成15年12月に実施）

→　浄化池に沈殿したアオコの除去（平成16年２月に実施）

→　ヨシ、コガマ植栽（平成15年２月に自然学習センターより移植）

② 水路の定期的な清掃を実施する。

→　平成16年１月に実施（畝刈・泥上げ・ゴミ拾い）

③ 慢性的な溶存酸素不足を補うため曝気（ばっき）を行う。

→　水を循環させるためのポンプを浄化池及びため池に設置する。

④ 新たな水源を確保するための検討を行う。

おわりに

２年間に及ぶ水質検査の結果から、**抽水植物**を利用した水質浄化は栄養塩類（リン酸及び窒素化合物）の除去に効果があることがわかった。浄化能力をさらに高めるためには、希釈用の水源を新たに確保し、一定量の水量を通年通水する必要がある。また、自然浄化機能を利用した水質浄化は様々な管理作業を必要とし、効率的ではない。対処療法的な取り組みだけでなく、水系全体で水質汚染の源を絶つための取組が必要である。

水質浄化の成果を検証するための指標として、平成15年８月に行われた「彩の国スーパーサマースクール」、児童生徒のための「食と農のふれあいスクール」、サタデーサポート講座「食

農教育実践講座（イネ）」の体験学習プログラムの中で、ヘイケボタルの幼虫4,000匹を放流した。豊かな自然に恵まれた農業用水は水利施設としての機能を有するばかりでなく、水に親しみ、自然とふれあい、安らぎや潤いを与えてくれる。自然の中に身を置き、感じ、考え、行動することで、「心の教育」や「生きる力」をはぐくむ場として機能するよう、ビオトープとして活用する継続的な取組も必要である。

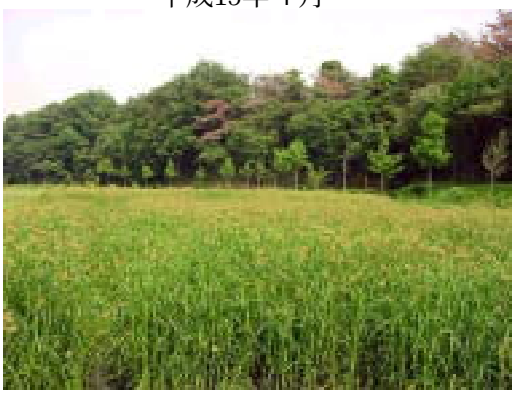
【参考文献】

水質浄化マニュアル ～技術と実例～　本橋敬之助著　海文堂　ISBN4-303-58820-2
河川植生の基礎知識　財団法人リバーフロント整備センター　ISBN4-947726-13-XC
荒川流域一斉水質調査マップ（平成12年）　制作・発行：荒川流域ネットワーク
恵みの水を巧みに活かし豊かな実りと潤いをもたらす農業用水
制作・発行：全国土地改良事業団連合会

浄化池の風景

平成15年４月

平成15年５月



平成15年６月

平成16年１月

ホタルの幼虫の放流

平成15年６月

アメリカザリガニの駆除

平成16年８月