

## 自然観察公園における浄化沼の水質浄化効果

### Performance of Oxidation Ponds in a Natural Park

水質部工場排水科

宮沢 裕子 山口 明男 伊田 健司  
\*水井 廣二 松下 隆一

Hiroko Miyazawa, Akio Yamaguchi, Kenji Ida  
Hiroji Mizui, Ryuuichi Matsushita

#### Abstract

To determine the purification performance of oxidation ponds, BOD and COD as organic pollutants were measured at Kitamoto Natural Observation Park.

The oxidation ponds received domestic wastewater as one of a water source for following wetland. BOD concentrations of influent were between 40 and 50mg/ℓ in spring and summer, and increased to 70mg/ℓ in winter. COD concentrations were between 30 and 40mg/ℓ through the year. The seasonal variation in BOD concentrations showed that wastewater had been purified by the self-purification in the stream before flowed into the park.

Organic pollutants in wastewater were removed in sequential four oxidation ponds and following wetland. BOD was significantly reduced while ran through the oxidation ponds, 56% of BOD was removed in average. COD was removed less effectively. The removal efficiency was 27% in average.

BOD and COD concentrations in effluent from the wetland were stably low through the year.

The environmental advantage of the oxidation ponds and wetlands as improving water quality was showed.

#### 1 はじめに

都市近郊では宅地開発に伴って、昔ながらの水田や湿地が失われ、治水や河川管理の面から整備されたコンクリート護岸の河川に生活排水が大量に流れこむことによって汚濁が進行し、清浄な水環境と人との接点が失われつつある。このような昨今、景観の面からも、

生態系保護の面からも、豊かな植生を持つ自然護岸や湿地が見直されつつある。

わが国では昔から「三尺流れれば水清し」と言われてきたように、本来自然水には人の手が加わらなくても汚濁物質を分解し、清浄な水環境を保つ作用がある。これは自然浄化機能（自浄作用：self-purification）と呼ばれ、水中や底質中に生息する微生物による有機

\*現：新河岸川総合治水事務所

物の分解や、植物による栄養塩の吸収等、数多くの現象が関わっている。最近では、水処理の分野においても、従来のエネルギー消費型の処理法から、この自然の持つ浄化作用を利用、強化することによって汚濁した水の浄化を行う、人工湿地や水路浄化法といった自然浄化法に注目が集まるようになってきた<sup>1-4)</sup>

当センターでは、北本市に整備中の北本自然観察公園内で水質測定を行い、公園内に設けられた浄化沼と湿地帯が、水質浄化にどの程度効果を果たしているかの調査をおこなった。また、水路の一部に簡易な水路浄化施設を設置したので、その効果についてもあわせて報告する。

## 2 北本自然観察公園の概要

北本市は埼玉県平野部のほぼ中心に位置し、都心から列車で約1時間という距離にあるため、近年急速に都市化が進んでいる地域である。北本自然観察公園は、この北本市内に残された雑木林や湿地等の自然環境をそのまま残して、市民が自然とふれあえる自然生態系観察公園（アーバンエコロジーパーク）にするため整

備が進められている。

図1 aに示すような、面積約33haの荒川河川敷に接する地区で、地理的には斜面林の残る台地と湿地の広がる谷地からなっている。公園内には、もともと数ヶ所に湧水があったが、公園として整備するにあたって多様な水系を確保するためには水量が不足するため、敷地外から流入する生活排水も水源として利用している。生活排水は、流入口付近に設置された数段階の浄化沼により浄化され、さらに水鳥が飛来する池を含めた、ヨシ等の水生植物が生育する広大な湿地帯に入る。そして、最終的には桜堤と呼ばれる部分で1カ所に集められ、荒川に流出するという構造になっている。

流入経路は大きく分けて4系統あるが、本調査はそのうちの1系統「とんぼの谷」地区のみに着目して行った。経路によっては途中で湧水が入り込む場合もあるが、当該地区は水源が生活排水のみで、途中で湧水によって希釈されることがないため、今回の調査には最適と思われたからである。加えて、公園の最終的な出口である桜堤地点でも採水をおこなった。

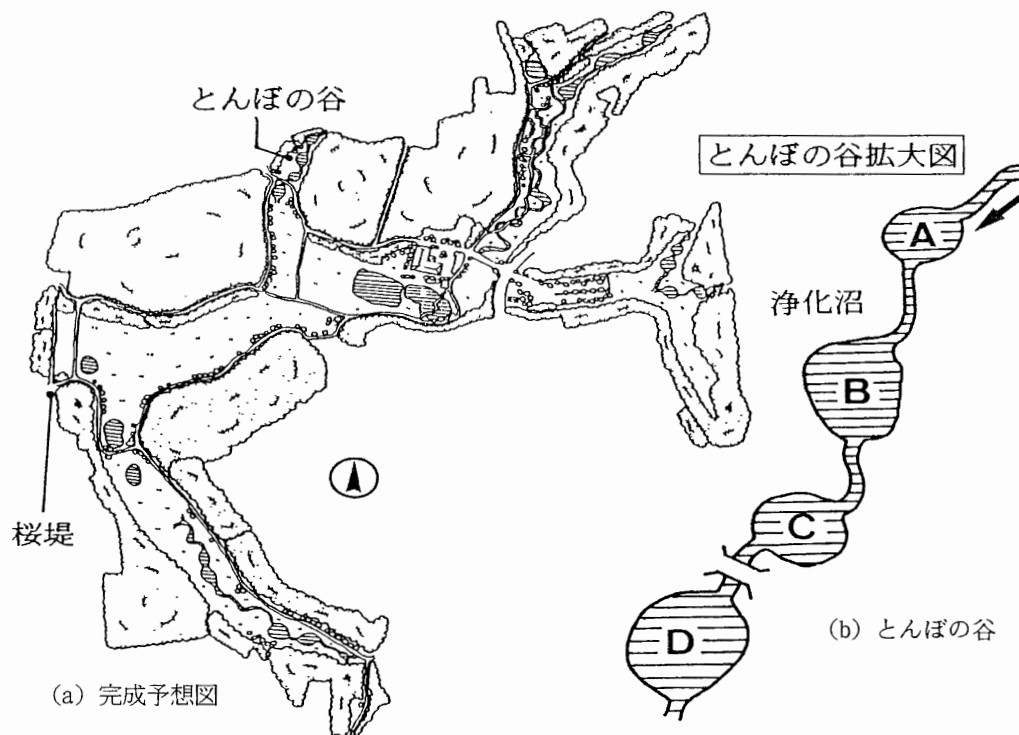


図1 北本自然観察公園

### 2・1 浄化沼

浄化沼は、流入口で生活排水を浄化し、公園内の水として利用するために設けられた人工の沼で、底面に不織布、碎石および大きめの石が敷かれ、水が浸透し

ないように設計されている。とんぼの谷地区では、図1 bに示すように直列に4つ配置され、水深は浄化沼A, B, Cは約20cm、浄化沼Dは、約40cmである。各浄化沼は幅約90cmの浅い水路でつながれている。



写真1 浄化沼 A



写真2 浄化沼 B



写真3 浄化沼 C

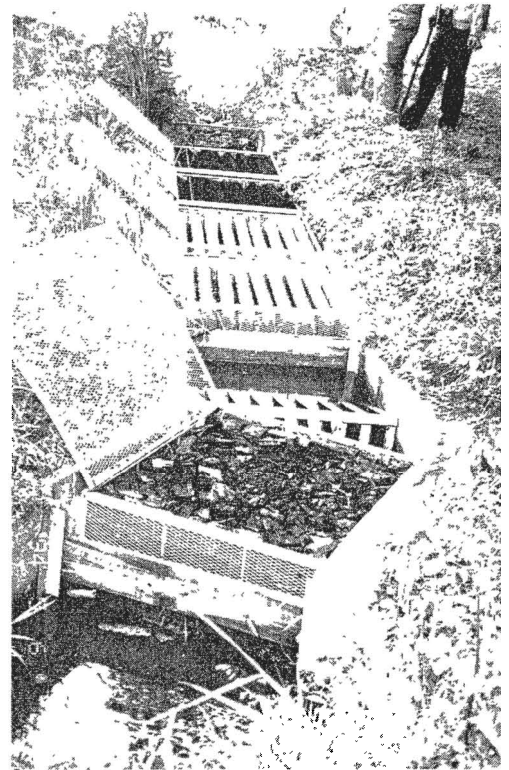


写真4 簡易水路浄化装置  
(水路出口側より写す)

浄化沼 A（写真 1）は、入口から生活排水とともに流入する土砂や沈殿物が堆積する傾向にあり、調査開始時に浚渫を行ったが、その後半年で沼の約半分が埋まってしまった。浄化沼 B には、写真 2 のように、抽水性植物であるガマが沼の表面の 3 分の 1 ほど生育し、浄化沼 C（写真 3）には、ガマのほか、セリが生育していた。浄化沼 D は他の沼より水深が深く、水生植物は生えていないが、カエルやコイなどが生育していた。

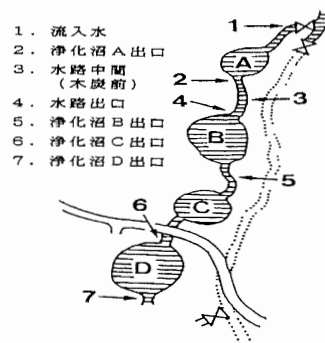


図 3 採水地点

## 2・2 簡易水路浄化施設

簡易浄化装置として、水路内にスクリーンおよび浄化材を充填したステンレス製の網カゴを設置した。設置は、一番上流側の浄化沼 A と浄化沼 B の間の長さ約 10m、幅 90cm の水路内に行い、網カゴは図 2 の様に直列に配置し、最初の 2 つには合成樹脂製網状接触材、3、4 番目にはひも状接触材、最後のカゴには木炭を充填した（写真 4）。水深を 20cm 程度確保するために、最後のカゴの前に堰を設けた。

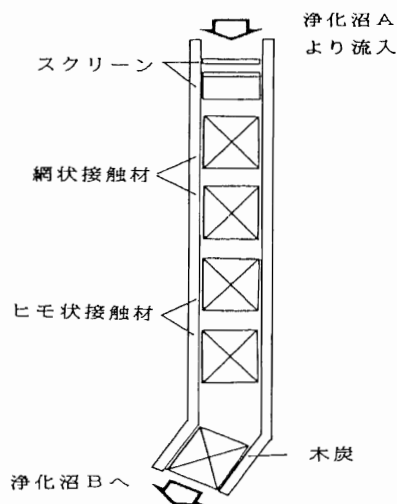


図 2 簡易水路浄化施設

## 3 調査方法

### 3・1 通常調査

調査は浄化沼 A 浚渫前の平成 6 年 4 月中旬から開始し、10 月まで約 2 週間おきに、11 月からは頻度をおとして行った。採水は、図 3 に示す 7 カ所、および公園出口の桜堤地点の合計 8 カ所で行った。

現地で水温および溶存酸素を測定してポリエチレン瓶に採水、BOD が変化しないように保冷ボックスに入れて実験室に持ち帰った後、他の項目の測定を行った。

測定項目および測定方法は表 1 に示すとおりである。

表 1 測定項目および検定方法

項目	検定方法
pH	電極法
BOD	電極法
COD	100°C 過マンガン酸ナトリウム法
溶存酸素(DO)	電極法
懸濁物質(SS)	重量法
全窒素(T-N)	紫外線吸光度法
全リン(T-P)	モリブデン青吸光度法
電気伝導度(EC)	電極法
アンモニア性窒素	フェール次亜塩素酸法

### 3・2 24時間調査

流入水の水質変動を調査するため、通日調査を行った。採水は、NKS 社製 NKS-S-4080 型ポータブルサンプラーを用い、流入口(地点 1) と水路出口(地点 4) の 2 カ所で自動採水を行った。平成 6 年 7 月 27 日午前 11 時から翌 28 日午前 10 時までの 24 時間、1 時間おきに採水し、実験室に持ち帰ったのち、水温・溶存酸素を除く表 1 の項目について分析を行った。

## 4 結果および考察

### 4・1 有機汚濁成分の経日変化

図 4 に示すように、流入水の BOD の値は、春から夏にかけては約 40-50mg/l で推移したが、冬になると 60-70mg/l の高い値を示した。それに対して桜堤の BOD は季節に関わりなく約 2-8mg/l の安定して良好な値を示した。COD は期間中、流入口で約 30-40mg/l、桜堤で 4-11mg/l で推移し、BOD のような季節変化はみられなかった。

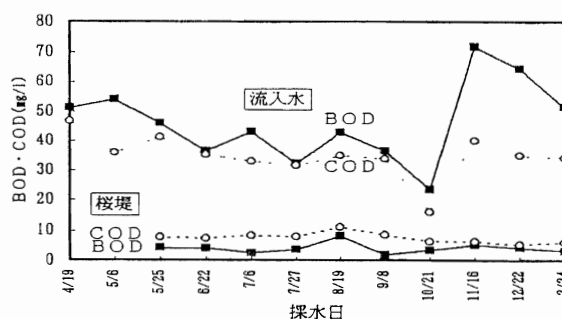


図 4 BOD・COD の経日変化

流入水は、大部分が周辺地区の家庭から排出される生活排水である。生活排水の水質は、家族構成、生活様式、季節、天候などによって異なるが、いくつかの家庭を平均的にみればおおむね一定の水量と水質を示す<sup>5)</sup>。周辺の民家から排出された生活排水は、水路あるいは道路側溝を通して、公園内に流入する。そのため、水温が高い時期は、流入までの水路内でも自浄作用によって有機汚濁物質が除去されてBODが低くなり、低水温時はほとんど除去されない状態で公園内に流入してくるため、このような季節による違いが生じたと考えられる。そのため、同じ有機物の指標ではあるが、生分解効果がBODほど期待できないCODは、年間を通して同じような値で推移した。

#### 4・2 流入水水質の経時変化

24時間調査の結果、流入水のBODは、図5に示すとおり1日の中でも約22-41mg/lと大きく変動し、2つのピークを持つパターンを示した。2つの山のピークはそれぞれ18時および8時と、夕食、朝食の時間帯と一致し、流入水が生活排水中心であることが確認された。

また、同時に調査した水路出口では、多少低めの約18-26mg/lの間で変化し、流入水ほど大きな変動は観察されなかった。今回の調査をおこなうにあたって、水量、水質ともに時間変動の大きい生活排水が水源であるため、浄化沼の各地点で水質に変化がみられたとしても、単に流入水の水質変動を時間差で拾っているだけになることが懸念された。しかし、水路出口の水質が安定していたことにより、浄化沼Aに十分な容量

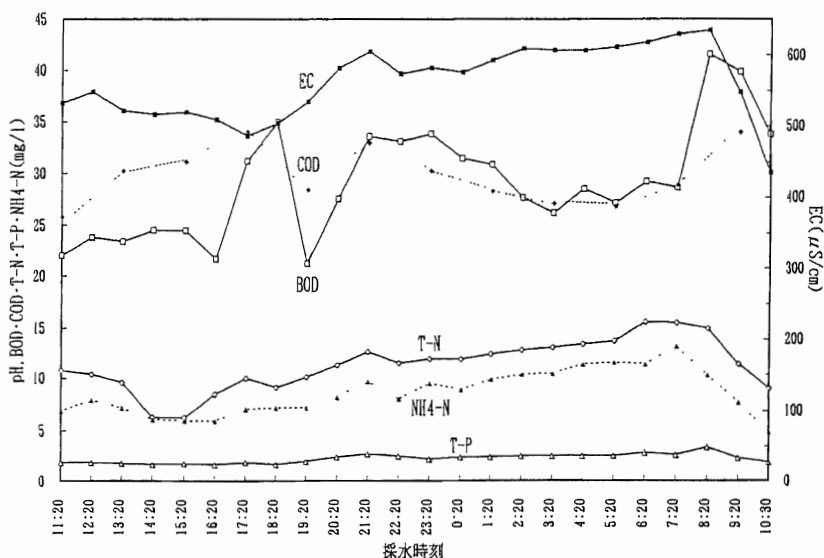


図5 24時間調査結果（流入水水質）

があり、通常範囲の流入水質の変動は浄化沼Aを通過することにより、緩衝されることが確認された。したがって、浄化沼Aより下流の各地点の水質は、流入水の水質変動を反映する事のない、その地点の水質と見なしてよいと考え、以降の考察を行うこととした。

#### 4・3 水質測定データの相関関係

今回調査を行った全データについて、項目間の相関係数を計算した結果を表2に示した。

表2 水質データ間の相関係数

	BOD	COD	SS	T-N	NH4-N	T-P	EC
BOD	1						
COD	0.820	1					
SS	0.226	0.424	1				
T-N	0.804	0.676	0.184	1			
NH4-N	0.770	0.684	0.098	0.916	1		
T-P	0.806	0.841	0.182	0.767	0.842	1	
EC	0.510	0.374	-0.022	0.690	0.739	0.668	1
DO	0.026	-0.005	0.231	0.038	-0.127	-0.270	-0.126

SSとBOD、CODの有機汚濁指標となる項目の相関係数が低く、有機汚濁成分は、いずれも水溶性であると考えられた。

#### 4・4 各浄化沼での水質

年間を通じて測定を行った結果のうち、季節ごとの代表的な例を示した。

##### (1) 6月22日

図6に初夏の水質測定結果を示した。BODは、流入水で36mg/lあったが、各浄化沼を通過するごとに低下し、浄化沼Dの出口では、4.8mg/lになった。これは、流入水のBODの87%が除去されたことになる。

CODも流入水で35mg/lあったものが、浄化沼を通過するごとに低下し、浄化沼Dの出口では19mg/lとなり73%が除去された。また、流入水から水路出口までは、CODよりBODの方が高かったが、浄化沼B出口以降では、CODの方が高くなった。この傾向は、高水温時のいずれの結果にも共通してみられ、浄化沼内の自浄作用により、BOD成分が優先的に除去されていることが示唆された。

簡易浄化施設のヒモ状接触材には、赤褐色の生物膜が形成されたが、BODの値は、水路入口にあたる浄化池A出口と、水路出口を比較してもいずれも34mg/lと変化しておらず、BODは除去されなかった。

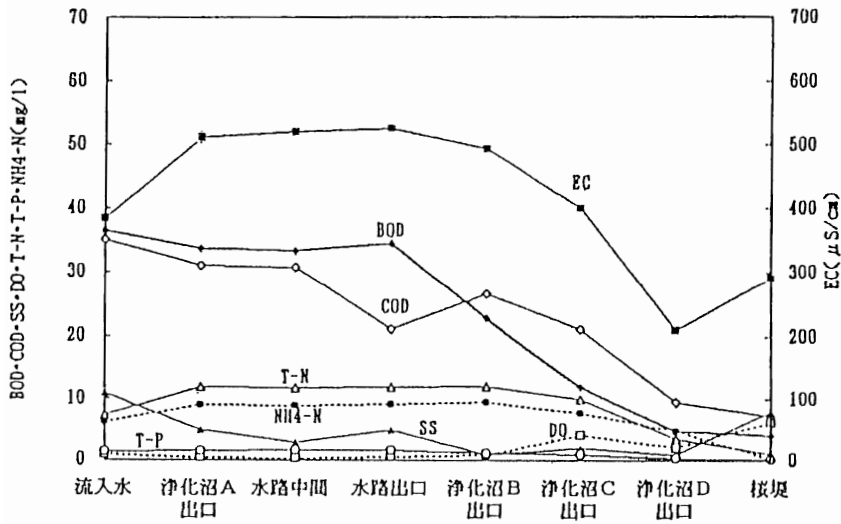


図6 水質測定結果（6月22日）

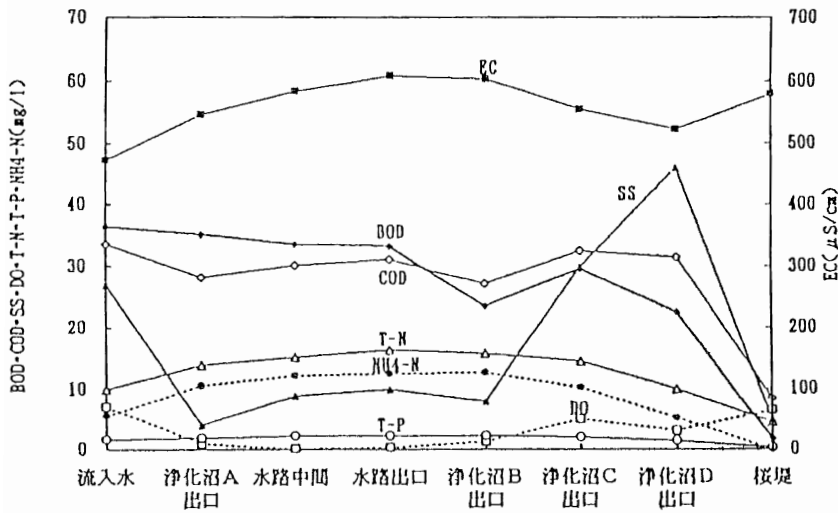


図7 水質測定結果（9月8日）

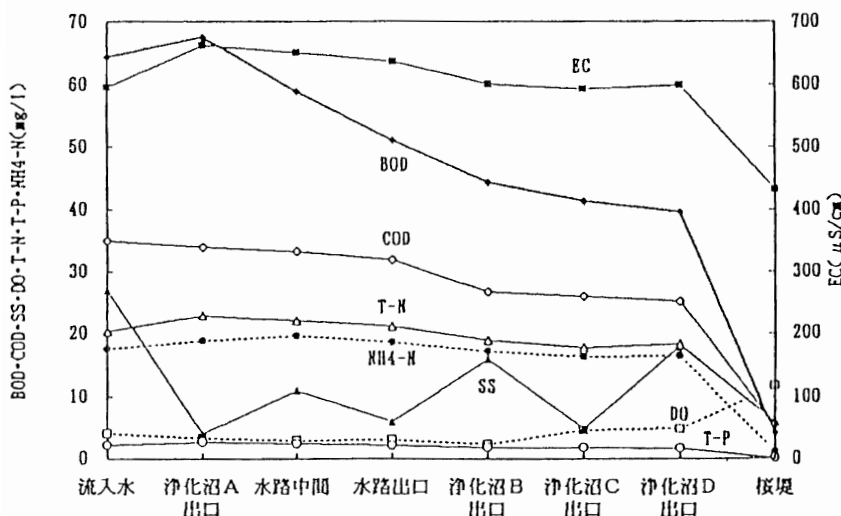


図8 水質測定結果（2月24日）

(2) 9月8日

図7に9月8日の測定結果を示した。BODは、流入水の36mg/lから浄化沼D出口で22mg/lに低下し、約40%が除去された。この除去率は、6月の結果と比較すると半分以上であるが、家庭用単独し尿処理浄化槽構造基準の処理性能として定められているBOD除去率が65%以上であることを考えると、エネルギーを全く消費しない処理施設としては、非常に良好な除去率であるといえる。

CODは、流入口から浄化沼Dまで多少の変動はあったが、除去されなかった。

平成6年夏期は降雨がほとんどなく晴天が続いたが、当該地区では、流入水が生活排水中心であるため、水量の低下はほとんどみられず、浄化沼のBOD除去率も良好な値を示した。

また、秋には地区の名称ともなっているとんぼが、浄化沼D付近で観察された。とんぼの生育する環境づくりにおいて、水質はおおむねBOD10mg/l以下が望ましいとされている<sup>6)</sup>が、浄化沼DのBOD平均値は、約19mg/lであった。とんぼの生育には厳しい水質であるといえる。

(3) 2月24日

図8に2月24日の測定結果を示した。流入水のBODが、52mg/lと高かったが、これは、先に述べたとおり、公園に流入するまでの水路での浄化作用が低下したためであると考えられる。

このときBODは、流入水の52mg/lから、浄化沼A出口で72mg/lに上昇し、そこから徐々に除去されて浄化沼D出口では46mg/lとなった。流入水から浄化沼D出口までのBOD除去率は10%であった。

浄化沼Aは、流入した水が最初に滞留する部分であるため、流入水と共に流れてきた土砂や落ち葉などが堆積し、沈殿池のような役割を果たしていた。このとき流入水より、浄化沼AにおいてBODが高くなったのも、枯死した植物や堆積

していた落ち葉等の沈殿物質からの有機物の浸出によるものではないかと推定される。高水温時には、堆積物からの有機物の浸出がおこっても、微生物による分解速度が大きいため全体から見るとBODは除去される傾向にあるが、低水温時には微生物の活動が低下し、浸出による負荷が浄化沼内でのBOD上昇という形で現れたものと思われる。

このように低水温時には一度沈殿したものからの浸出がかえって負荷となって現れることがあるが<sup>7)</sup>、浄化沼B、C、DではBODが除去されており、バックアップ機能を果たしていた。浄化沼を1つではなく、複数設けたメリットが現れているといえる。

この日は、2月にしては気温が高い(10.6℃)日であったため、沼全体が植物プランクトンの繁殖によるものと思われる緑色を呈しており、特に浄化沼CとDで顕著だった。それがSSの上昇として現れているが、BODには特に影響を与えなかった。植物プランクトンの増殖が原因と考えられる浄化沼C、DでのSS上昇は、他の時期にもしばしば観察されたが、BOD、CODには影響しなかった。

#### (4) 簡易浄化施設

年間を通じて簡易浄化施設でのBOD除去率は、20%から-15%と大きく変化したが、平均して3%であった。浄化施設を設置した水路は、BODの高い水が流入するうに、水量が多く、接触時間も非常に短い。そのため、この浄化装置には負担が大きすぎ、効果を発揮できなかったものと思われる。

今回使用した接触材のうち、ひも状接触材を接触ばっ気法で使用する場合、通常 $1\text{g}/\text{m}\cdot\text{日}$ のBOD負荷をかけている<sup>5)</sup>。水路入口のBODを平均値である $40\text{mg}/\ell$ 、流量を $50\ell/\text{分}$ とし、カゴの容量および接触材の設置本数から負荷量を計算すると、この施設におけるBOD負荷は $40\text{g}/\text{m}\cdot\text{日}$ となり、この値からも処理能力をはるかにこえた設計であったことがわかる。

接触材を用いた水路浄化法は、エネルギーを使用しない処理法として、長い水路で十分な滞留時間をとれるときは有効であるが<sup>8)</sup>、水路内に装置を設置するため、雨天の増水時には雨水の排除を妨げる恐れもある。設置にあたっては、流入水量・水質のデータから余裕をもった設計とする必要がある。

#### 4・5 浄化沼のBOD除去率

図9には、流入水、浄化沼D出口、桜堤地点での水

質を棒グラフで、浄化沼D出口地点までのBOD除去率を折れ線グラフで示した。5月25日および2月24日

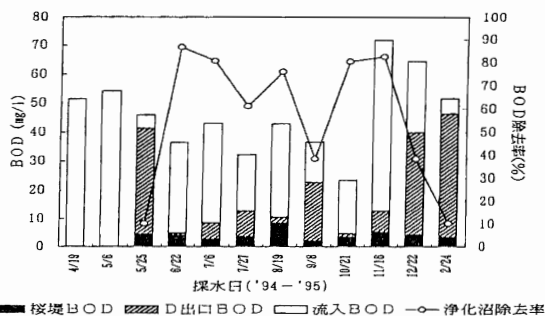


図9 各地点でのBODと除去率

の除去率が極端に低い以外は、BOD成分の約40-85%が浄化沼を通過することによって除去されており、浄化沼が生活排水の浄化に大きな効果を果たしていることがわかった。

本地点では、4月下旬に、浄化沼の水を抜いた上で、浄化沼Aの浚渫工事をおこなった。5月25日の低い除去率は、この浚渫工事の影響が残っていたためではないかと考えられる。また、2月24日については、低水温による微生物活動の低下による影響と推定される。今回の調査では、冬季のデータが不足しているため、低水温時期の水質とその変化についてさらに調査を重ねる必要がある。

CODも浄化沼を通過すると同様に除去されたが、その除去率はBODより小さく、その範囲は6-70%、平均して27%であった。

#### 4・6 桜堤の水質

浄化沼から流出した水は、公園内の広大な湿地を通過した後、桜堤から公園外の河川に流出する。

図6-9には、各浄化沼の水質に並べて桜堤のデータも示した。浄化沼通過後の湿地での滞留時間が概算によると1ヶ月程度見積もられるが、桜堤の水質は年間を通じて安定していたため、滞留によるタイムラグは問題ないものと考えた。しかし、他の経路からの流入水との混合や、公園内の湧水、あるいは公園内に降った雨水などの希釈要因があるため、浄化沼の水質とは切り離したものとして考えた。実際、平成6年は記録的な猛暑で降雨がほとんどなかった為、雨水による希釈が行われず、8月に測定した桜堤のBODは $8.2\text{mg}/\ell$ と、多少高めの値を示した。しかし、それ以外の時期の水質は、年間を通じて $2-4\text{mg}/\ell$ の安定してBOD値の低い、良好な値を示した。

水生植物は、水中の溶存物質を吸収したり、表面に



着生する微生物群によって有機物を分解することにより、水質を浄化する機能を持っているが、冬季に枯れて水中で腐ると逆に汚濁負荷量を増加させてしまう<sup>9)</sup>。しかし、公園内の湿地の大部分を占めるヨシは、枯れると水面に伏してしまうガマや、ホテイアオイのような浮遊性植物と異なり、立ち枯れ状態になるため、根茎に付着している微生物層により、ある程度の水質浄化効果を上げることができる<sup>10)</sup>。そのため、桜堤でのBODは、2月の低水温時にも4 mg/lと、良好な値を示した。

以上のことから、浄化沼である程度処理された生活排水は、湿生植物の生育する広大な湿地を通過することにより、年間を通じてBODの低い良好な水質となり、浄化沼や湿地の存在が、放流先の河川に与える負荷を大幅に低減していることがわかった。

## 5 おわりに

北本自然観察公園「とんぼの谷」地区および、桜堤地点において水質調査を行った。

流入水は周辺部の生活排水が中心で、BODは春から夏にかけては約40-50mg/lで推移したが、冬季には70mg/lまで上昇した。それに対してCODは30-40mg/lで推移し、BODのような季節変動は観測されなかった。これは、流入前の水路中での自浄作用を示唆するものであった。

有機汚濁物質は、各浄化沼を経過するごとに低下し、浄化沼D出口では、流入水BODの平均56%が除去され、浄化沼が有効に作用していることが確認された。CODも浄化沼で除去されたが、その除去率の平均は27%であり、BODより低かった。

また、水路内に設置した簡易水路浄化施設でのBODの除去率は数%であった。自然の浄化機能を利用する浄化施設を設置する場合は、負荷量、滞留時間を十分考慮し、余裕のある設計にすることが必要であることがわかった。

公園からの流出口である桜堤では、期間中常に2-8 mg/lの、良好なBOD値を示し、低水温時にも水

質の悪化は見られなかった。このことから水生植物の生育する広大な湿地が、水質浄化に有効であることがわかった。

## 謝 辞

今回、調査を行うにあたりフィールドを提供いただいた住宅都市部公園緑地課、ならびに多大なるご協力をいただいた大宮公園事務所、北本自然学習センター、水質保全課の皆様には感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) 細見正明：内陸湿地における自然浄化のメカニズムと浄化機能の積極的利用，水環境学会誌，17(3)，9～13，1994。
- 2) 小島貞男：自然の浄化力を利用した水質改善，用水と廃水，24(1)，5～12，1982。
- 3) P.S.Burgoon et.al：Performance of sub-surface flow wetlands with bench-load and continuous-flow conditions，Water Environment Research，67，855～862，1995。
- 4) 宗宮功・藤井滋穂：酸化池による汚水の浄化，用水と廃水，24(1)，32～38，1982。
- 5) 須藤隆一：生物処理の管理，「水」，36(9)，96～106，1994。
- 6) 養父志乃夫：トンボの生息環境とその再生，水環境学会誌，17(8)，2～8，1994。
- 7) 野村宗弘ら：池に対する落ち葉の影響に関する実験的研究，日本水処理生物学会誌，別巻13号，pp16，1993。
- 8) 岡田光正ら：水路浄化法による生活雑排水処理に関する基礎的研究，用水と廃水，26(6)，19～29，1984。
- 9) 伊田健司ら：ヨシからの有機汚濁成分の溶出，埼玉県公害センター研究報告，(2)，21～29，1994。
- 10) 堀大才：水生植物等による水質浄化，紙・パルプ10，20～25，1994。