

④「豊かな水環境の創造」へのアプローチ 下水道研究発表会

金子宣治・森 篤・山中啓一

一 ――はじめに

横浜市の平成二年度末の下水道整備状況は、汚水整備については水洗化普及率八九％である。約二百八十七万人の市民が水洗化サーピスを受けられるようになり、水洗化を望む声にはほこたえられるようになってきた。しかし、逆に言えばまだ三十五万人もの市民が水洗化を待ち望んでいるとも言え、安全な都市づくりのための雨水整備率がまだ四四％であることとあわせ、より一層の下水道整備が必要とされている。

明治期に雨水の排除を主たる目的としてスタートした近代下水道の役割は、その後、「水洗化の促進」から「公共用水域の水質改善」へと時代とともに役割を拡大していき、二十一世紀への橋渡しの昨今では「快適でうるおいのある豊かな水環境の創造」という大きな役割を担うようになってきた。このような意味で、現状は水洗化普及という下水道事業の第一段階が完成し

つつ、新たな役割に向け第二段階がスタートしようとする時期である。

昭和三十年代より本格的に下水道を整備してきたことにより、一時期の水質汚濁は大いに改善されたが、例えば鶴見川は、今もって「全国の河川ワースト五」（平成元年）に名を連ねているほか、市内の河川には公害対策基本法に基づく水質環境基準さえ満足していない箇所が多い。また東京湾は横ばい状態であり、赤潮の発生など富栄養化現象が顕在化しており、このため、従来よりもさらに高度な処理（高度処理）の導入が必要となっている。さらに高齢化やゆとりを求める社会の到来を迎え、都市化で失われたせせらぎの回復や市民の憩いの場を取り戻すため、浸水のない安全な町づくりとともに「豊かな水環境の創造」は、「国際文化都市よこはま」にとって不可欠な事業となってきた。

幸いなことに、本市の下水処理場は一日当たり百四十万^mの清浄な下水処理水を有しており、

一 ――はじめに 二 ――研究発表事例 三 ――まとめ

せせらぎの回復やうるおいのある水環境の創造にこれらを大いに活用できる。

しかしながら、これらはいくまでも下水処理したものであり、これを実際に利用するには幾つかの解決すべき課題があり、局内では下水道研究室を中心として種々研究を重ねている。その取り組みの一例として今年度の第十五回下水道研究発表会発表論文の中から二編を紹介する。

二 ――研究発表事例

下水処理水をせせらぎ用水として利用するためには、水質の向上とともにせせらぎの景観の確保もまた重要である。下水処理水には、プランクトンや藻類の発生を促進し富栄養化の原因となる窒素やリンのほか、ABSなどの洗剤成分も多量に含まれているため、これらの物質による藻類の発生や泡立ち、臭気などが懸念される。

そこで、論文Ⅰではせせらぎの景観を確保するための諸問題について、施設設計の立場から

調査した。

処理水をせせらぎ用水として利用するための調査報告 (Ⅰ)

中島 信夫・古山 諭

一 はじめに

二 藻類の発生状況について

藻類は光合成を行って増殖、成長する。光合成は光、温度、栄養塩類(窒素、リン等)が影響因子であり、これらを制御することにより藻類の発生は抑制できる。

栄養塩類の除去により藻類の発生を抑制するには、窒素とリンの両方を対象にするのが効果的であるがリンが律速因子といわれることや確実に低レベルまで除去できることから、今回の調査ではリンに着目し、リン濃度を変えて藻類の発生の状況を調べた。

実験水路の構造寸法を表1に示す。今回の実験における、リン濃度、遮光率、付着面の素材のそれぞれの条件は次のとおりである。

リン濃度は三段階に設定し、水路1に砂ろ過水(1・0・2・0ppm)、水路2に水道で

多く使われている凝集剤のポリ塩化アルミニウム(PAC)添加後砂ろ過した凝集ろ過水(0・3・0・5ppm)、水路3に凝集ろ過水をさらに土壌処理したもの(0・0・0・5ppm)を流した。

また消毒に用いている塩素による殺藻効果を確認するために水路4に塩素処理水を流した。

遮光率は藻類発生が抑制されるような照度として以下の三段階を選定し、水路の最上流部に黒いネットで覆いをして発生状況の違いを調査

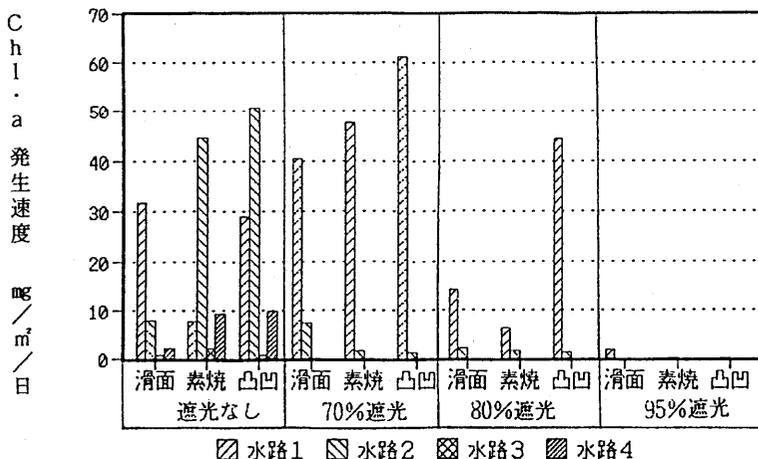
表-1 実験水路の構造寸法

水路の幅	15cm (U-150使用)
水路の水深	10cm
水路の流速	0.35m/sec
水路の本数	4本
水路の延長	25m

表-2 各水路毎のリン濃度

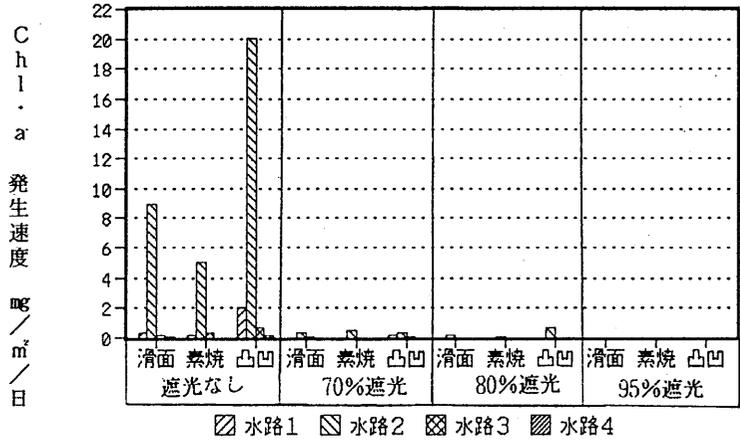
	計画値	実測値
二次処理水 T-P		1.671
PO4-P		1.334
水路1 T-P	1.0~2.0	1.543
(砂ろ過水)PO4-P		1.207
水路2 T-P	0.3~0.5	0.383
(凝集ろ過水)PO4-P		0.339
水路3 T-P	0.05	0.051
(土壌処理水)PO4-P		0.027

図-1 庶光した時の付着藻類の1日当たりの発生量(夏期9月)



した。各水路毎のリン濃度及び付着藻類の1日当たりの発生量は表2、図1、図2に示す。リン濃度の実測値は七月二十八日〜九月二十六日までの二カ月間、十回分の分析データを単純平均した値で、いずれのデータも当初設定した値に近いものであった。

図-2 庶光したときの附着藻類の1日当たりの発生量(冬期1月)



水路内の藻類の発生状況は、実験開始後一週間で水路1、水路2は底部に置いたテストピースがみえない程糸状の藻が多くなり、三〜四週間後には藻の脱落もみられた。これに比べ凝集ろ過しさらに土壌処理を行ったリン濃度の低い水路3は、緑色の藻が斑点状に発生し、糸状の藻が二週間後からわずかにみられた程度であった。このときリン濃度はT-TPで〇・〇五-1p

pmであり、二次処理水に対し九七%の除去率という生物処理や薬品による凝集沈殿などによるリン除去では通常得られない値であるが、ハッキリと藻類抑制の効果があらわれた。また、塩素処理水を流した水路4は、塩素の殺藻効果によりほとんど藻は発生しなかった。また遮光することによる藻類の抑制は、夏期でも九五%の遮光率で完全におこなえることがわかった。夏期の遮光なしの状態では平均七五、〇〇〇luxで、九五%の遮光をすると二、〇〇〇luxとなり、冬の日陰に相当する。また、夏期と冬期の調査結果では、冬期は遮光した場合にはほとんど藻の発生がみられなかった。これは上記の照度の影響とさらに水温が低いことによるものである。処理水を用いたせせらぎでは、処理水の栄養塩類を除去することや光を遮ることににより藻類の発生を抑制することが確認できた。しかし、今回実験で得られたリン濃度を達成するには現在の実施設規模の処理法では困難であり、また藻類の発生ができた遮光率を植栽により達成するのは困難と思われる。しかし、塩素消毒した場合には残留塩素が残っているため、藻の発生は抑制できるので、現状ではあまり問題はないと思われる。

三——臭気、色度、発泡について

二次処理水、場内の再利用水について臭気、色度、発泡の状況を室内試験により把握し、またせせらぎ用の砂ろ過水について、オゾン処理による臭気、色度の除去効果について調査した。この時のオゾンの吸収濃度は〇〜一四ppm、五段階変化させた。

二次処理水、再利用水とも温時に臭いを感知した人が希釈倍数三十倍の時に集中していたのに対し、冷時ではバラツキがあった。但し、今回の調査は供試水を直接に臭気測定したものであり、実際のせせらぎでは立地条件、環境条件等でも違いが生じてくるため、実際のせせらぎで調査を行う必要がある。またオゾン処理による脱臭効果は、オゾン臭による影響があり、下水臭の脱臭効果が確認できなかった。

色度は白金コバルト法で目視により測定した。二次処理水、再利用水とも色度は二八度で淡黄褐色で、層厚が二〇cmの時には着色を感じた。オゾンによる脱色効果は、砂ろ過水の色度が一度〜二度であったものがいずれも二度以下となった。水に触れて楽しむ親水利用を行うにはオゾン処理程度の脱色処理が必要と思われる。また、発泡は処理水が含んでいる界面活性剤等の潜在量よりも実際のせせらぎの構造によっ

て生じる条件が高いため、発泡のおきにくい条件を整える方が効果的である。

四——おわりに

処理水をせせらぎ用水として再利用するには、まだまだ残された課題は多いと思われるが、水を見て楽しむ修景利用に限定すれば、現在の砂ろ過施設と塩素消毒で当面は対処できるであろう。

なお、BODは建設省の定めた「下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル(案)」によれば、修景で $10\text{mg}/1$ 、親水で $3\text{mg}/1$ 以下となっているが、今回の砂ろ過水の実測値が平均 $2.1\text{mg}/1$ であるため、問題はないと思われる。

しかし、水遊びができたり、虫が鑑賞できたり、市民が本当の意味で快適に水に親しむせせらぎを創造していくためには、処理施設及びせせらぎの構造等も含めて改めて調査を重ね、検討していく必要がある。

〈建設部施設課〉

実際に処理水をせせらぎ用水として利用するためには景観の確保のみならず、水質の向上、特に衛生学的な安全性の確保が不可欠である。

建設省の定めた「下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル(案)」によれば、衛生学的安全性の基本項目としての大腸菌群数は、人が触れないことを前提とした修景利用の場合 10000 個/ 100ml 以下で、また、人が接触する親水利用の場合で 5000 個/ 100ml 以下となっ

処理水をせせらぎ用水として利用するための調査報告(Ⅱ)

石井 彰・小谷章夫

一——はじめに

(略)

二——調査の概要

(略)

三——塩素注入量等の調査

実験は砂ろ過水に塩素を注入し、塩素注入量に対する大腸菌群数及び残留塩素濃度の変化を求め、大腸菌群数の目標値である 10000 個/ 100ml 以下及び 5000 個/ 100ml 以下となる塩素の注入量と、その時の水中に残留し、消毒効果を有する塩素の濃度(残留塩素濃度)を調べた。塩素注入量に対する大腸菌群数と残留

している。このため、せせらぎ用水として下水処理水を利用する場合は最低限「砂ろ過」と「消毒」が必要であるが、「消毒」に塩素を使用した場合、せせらぎ用水中の残留塩素により水生生物に悪影響を及ぼすことが懸念される。

論文Ⅱでは、水質管理の立場から、塩素注入量と残留塩素濃度、さらに水生生物に対する残留塩素濃度の影響などについて検討している。

塩素濃度の変化を図1、2、3に示す。そして、これらの図により求めた大腸菌群数が目標値以下となる塩素注入量とその時の残留塩素濃度を表12に示す。

図1は主にし尿、工場排水などに由来する汚染指標の一つであるアンモニア性窒素濃度が $5.7\text{mg}/1$ の時、図2、3はアンモニア性窒素濃度が $2.2\text{mg}/1$ の時のものである。表12のように砂ろ過水中のアンモニア性窒素濃度によって、大腸菌群数を目標値以下にする塩素注入量は異なった数値となった。

大腸菌群数を水を見て楽しむ修景利用の目標値： 10000 個/ 100ml 以下にする塩素注

図-1 塩素注入に対する大腸菌群数と残留塩素濃度の変化

図-2 塩素注入に対する大腸菌群数と残留塩素濃度の変化

図-3 塩素注入に対する大腸菌群数と残留塩素濃度の変化

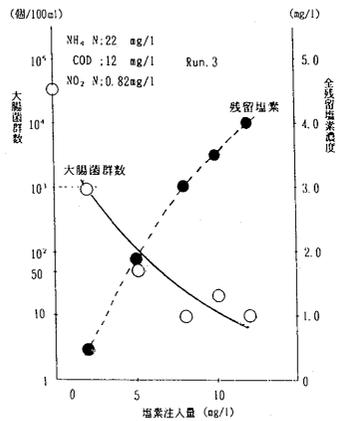
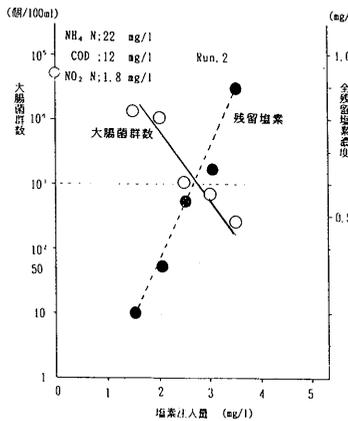
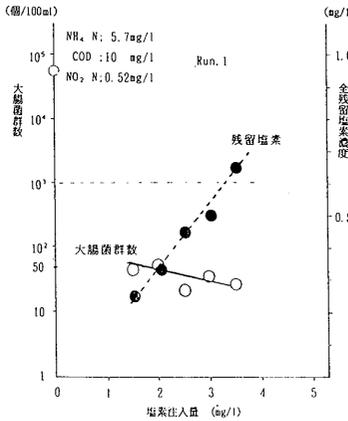


表-2 大腸菌群数が目標値以下となる塩素注入量とその時の残留塩素濃度

目標とする 大腸菌群数	塩素注入量 (mg/l)		残留塩素濃度 (mg/l)	
	NH ₄ -N		NH ₄ -N	
	5.7mg/lの時	22mg/lの時	5.7mg/lの時	22mg/lの時
1,000個/100ml以下	1.5	3.0	0.3	0.6
50個/100ml以下	2.0	7.0	0.3	2.5

このように、大腸菌群数がある目標値以下にするための塩素注入量は残留塩素濃度だけでは決められず、アンモニア性窒素濃度が重要な因子になっている。上記の実験結果をもとに、砂ろ過水のアンモニア性窒素濃度に対する塩素注入量の比率と大腸菌群数の関係が得られた。

入量は、アンモニア性窒素濃度が低い場合（ $\text{NH}_4\text{-N} : 5.7 \text{ mg/l}$ ）には 1.5 mg/l 、高い場合（ $\text{NH}_4\text{-N} : 22 \text{ mg/l}$ ）には 3 mg/l 以上が必要で、その時の残留塩素濃度はそれぞれ $0.3 \sim 0.6 \text{ mg/l}$ であった。また大腸菌群数を親水利用の目標値 50 個/l 以下にする塩素注入量はアンモニア性窒素濃度が低い場合は 2 mg/l であり残留塩素濃度も $0.3 \sim 0.6 \text{ mg/l}$ であったが、アンモニア性窒素濃度が高い場合には塩素注入量が 7 mg/l と多くなり残留塩素濃度も 2.5 mg/l と高くなった。

塩素が $0.1 \sim 0.2 \text{ mg/l}$ を含むよう五段階に調整し、それぞれにアカヒレ及びヌカエビを入れて九十六時間観察し、四十八時間で試験動物の半数を致死させる塩素の濃度（四十八時間半数致死濃度）を求めた。実験により求められた四十八時間半数致死濃度は、アカヒレ $0.1 \sim 0.2 \text{ mg/l}$ 、ヌカエビ $0.6 \sim 0.8 \text{ mg/l}$ であった。また、カワナナについても同様な実験を行ったところ、残留塩素濃度が $0.4 \sim 0.96 \text{ mg/l}$ の範囲では死亡

$$\log Y = -2.953 - \log X + 0.316 (r = -0.927)$$

X = 塩素注入量 (mg/l) / アンモニア性窒素濃度 (mg/l)

Y = 大腸菌群数 (個/100ml)

Y = 1,000 のとき X = 0.123, Y = 50 のとき X = 0.340

これにより、アンモニア性窒素濃度が $5 \sim 20 \text{ mg/l}$ 程度の時には、砂ろ過水のアンモニア性窒素濃度を考慮した塩素注入量を推定することができ、管理に役立つと思われる。

四 魚類、甲殻類、貝類などの生物に及ぼす残留塩素の影響

この実験では、砂ろ過水に塩素を注入して残留

はなかったが、残留塩素濃度が高くなるにしたがって蓋を閉じて活動を停止しているものが多くなった。

なお、水生生物の安全性については、水産用水基準で半数致死濃度の十分の一を許容濃度としており、せせらぎ等で生息させたい生物の種類によっては、残留塩素を消去する必要がある。

五 脱塩素処理に関する調査

(略)

六 オゾンによる消毒

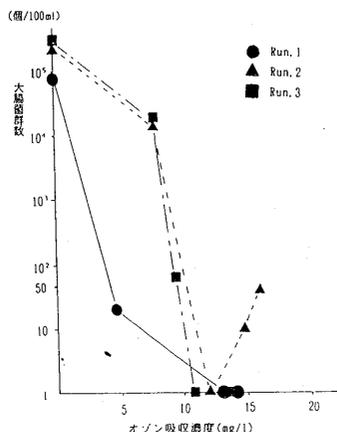
図-4にオゾン吸収濃度に対する大腸菌群数の変化を示す。

オゾンを使用しての実験回数は現在のところまだ少ないので、大腸菌群数を修景利用の目標値である一、〇〇〇個/一〇〇ml以下にするオゾン量はまだ十分には把握できていないが、図

三 まとめ

以上、第十五回下水道研究発表会発表論文の中から「快適でうるおいのある豊かな水環境の創造」に向けての取り組みの一端について紹介した。このテーマに関しては、これらのアプローチに加えて、下水道管理者としての水質管理の

図-4 オゾン吸収量に対する大腸菌群数の変化



のように、水に溶け込み、処理に寄与するオゾンの量（オゾン吸収量）が一mg/1以上であれば大腸菌群数を親水利用の目標値である五〇個/一〇〇ml以下にできた。また、オゾン消毒の場合も実験に使用した砂ろ過水の水质により消毒効果が異なるので、オゾン消毒における有機物や窒素化合物の影響についても、今後、調査する必要がある。

限界についての研究や、一歩踏み込んだ衛生学的な安全性調査などが必要であり、今後、市内公園の親水池の水質調査なども含め、さらに研究していく予定である。

下水道研究発表会では、局内各課が各々の立場からまとめた調査研究の成果の発表を通し、職員の研究意欲や発表技術の向上、職場の活性化

七 まとめ

下水処理水を修景用水や親水用水として利用する場合、衛生的安全性の見地から大腸菌群数を目標値以下とする必要がある。その消毒方法として塩素を使用する場合、砂ろ過水のアンモニア性窒素濃度は季節により変動があるため、その濃度に合った塩素の注入量を設定することが必要である。また、残留塩素濃度は塩素注入量によって変化するため、せせらぎ等で生息させたい生物の種類によっては消去する必要がある。オゾン消毒の場合は、脱色などの複合処理が期待できるので、さらに実用に向けて調査を行う必要がある。

〈水質管理課〉

化、さらに知識や経験、情報の共有化を図り、全体として下水道事業の発展に大きな効果を挙げていく。今後は改善、工夫など一層の努力をしてさらに充実したものとしていきたい。

〈金子〓下水道局建設部技術開発担当課長〉森〓同局同部技術開発担当係長〓山中〓同局同部計画課技術開発担当〓