

## (60) 全国河川水質分布との相対比較による 都市再生水の水質評価

原田 新<sup>1\*</sup>・中田 典秀<sup>1</sup>・山下 尚之<sup>2</sup>・佐藤 修之<sup>3</sup>・伊藤 光明<sup>3</sup>  
鈴木 穰<sup>1</sup>・田中 宏明<sup>2</sup>・古米 弘明<sup>4</sup>

<sup>1</sup>独立行政法人土木研究所水環境研究グループ水質チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

<sup>2</sup>京都大学大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター (〒520-0811 滋賀県大津市由美浜1-2)

<sup>3</sup>国土環境株式会社環境創造研究所 (〒421-0212 静岡県志太郡大井川町利右衛門1334-5)

<sup>4</sup>東京大学大学院工学系研究科附属水環境制御研究センター (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

\* E-mail: harada55@pwri.go.jp

近年、都市域において、下水処理水等に付加的处理を施した再生水を都市の自己水源として利用することが注目されている。このような再生水の利用のためには、用途に基づいてリスクや許容性を検討することが必要である。本研究では河川水における水質分布を「物差し」として、再生水の相対的な水質評価を行うこととした。まず全国から選定した36河川の化学的、生物学的な水質分析を行い、河川水質分布を非超過率として把握した。河川の選定には流域面積を指標として、選定河川の指標値が偏らないように留意した。次いで、二次処理水に高度処理や土壌浸透処理を行った後の再生水の水質を調査や実験で把握し、河川水質分布と比較した。この結果、例えば河川水の非超過率90%以上に相当した二次処理水のエストロゲン様活性が、オゾン処理や土壌浸透処理によって40%程度にまで改善されるなど、窒素を除く多くの水質項目は代表的な河川水質なみに改善されることが確認できた。

**Key Words :** sewage effluent, soil aquifer treatment, non-exceeding probability, water quality

### 1. はじめに

近年、日本の大都市においては、必要な水の確保をその都市域外の流域に依存するなど、その水源の開発に伴い水循環系に少なからず影響を与えている<sup>1)</sup>。このため、従来の開放一過型の用排水システムに加えて、閉鎖循環型の用排水システムを都市の水代謝システムの中に位置付け<sup>2)</sup>、下水処理水や雨水などを高度処理や地下浸透等の付加的な処理によって再生し、都市の自己水源として利用することが健全な水循環系の構築において重要であると考えられる。このような再生水の利用を推進するためには、水利用の視点から、そのリスクや許容性を検討することが必要である。

一方、用水に求められる水質レベルは用途によって異なる<sup>3)</sup>ため、そのリスクの許容性を検討する際には対象となる再生水がどの程度の水質レベルであるかについて把握しておく必要がある。

ただし、再生水の利用におけるリスクについて、一つ

の指標に基づいて判定することは、水利用における用途の多様性からみても困難である。また、指標として物質濃度の数値を単独で示されても、その値の持つ意味を理解することは一部の専門家以外には困難である。そのため、使用に適した水質かどうかを利用目的に応じて判断し選択するためには、幅広い視点からの評価するための「物差し」を用意する必要がある。

本論文では、実際に身近に存在し様々に利用している水と再利用しようとする水の質的な比較から、再利用しようとする水が、水質からみてどのような水に近いのかを示すことで、一般の人にもイメージしやすい相対的な評価基準(物差し)の提示を目的とした。

そこで、まず様々な用途に利用され、市民にも身近である河川の水質について全国的な調査を行った。ここから、河川水質のいくつかの項目について分布を把握し、この分布を再生水の水質を評価するための物差しとなる相対的な基準の基礎データとすることを目指した。

なお、この中で河川水の水質分布を非超過率として整理することで、対象とする再生水の水質が、河川全体の水質分布（濃度範囲や標準的な濃度）に対してどこに位置するかを視覚的にも理解しやすく示すこととした。また、微量化学物質等の分析や生物試験については時間的・コスト的制約があることから、分析できる数に限界があるため、対象として扱うサンプル数を絞り込む必要が生じる。そこで、全国的な統一データを得られる国土交通省によって直接管理されている一級河川（以後直轄河川）における既存の水質データをもとに、調査対象河川の選定を行った。

次いで、選定方法の妥当性を確認した後に、選定された河川の調査結果から水質評価に用いる相対的な基準データを作成した。

最後に、これらのデータを基準とした河川水質分布において、評価対象となる再生水が相対的にどこに位置するのかについて検討を行った。

## 2. 方法

### (1) 全国データの整理

#### a) 一般水質項目

国土交通省が管理する一級河川の水質は、水質環境基準の項目であるBOD<sub>5</sub>（以後BOD）等を対象に環境基準点において定期的に測定がなされ、結果がまとめられている。これらの測定項目の中で、特にBOD、T-N（総窒素）、T-P（総リン）のデータは、全ての直轄河川においてデータが充実しており、全国的なデータとして整理が可能である。そこで、これらの水質項目について109の直轄河川で国土交通省が2002年に毎月実施した調査<sup>9)</sup>の結果を年平均値として整理した。

#### b) エストロゲン様活性

微量化学物質に関する項目としては、近年問題となった、いわゆる環境ホルモン類に関連する指標として、エストロゲン様活性を取りあげた。エストロゲン様活性のデータは、国土交通省が2001年に、95の直轄河川で実施した結果<sup>9)</sup>のうち順流部の93地点のデータを整理した。

#### c) フレッシュ度

調査対象河川選定における検討データの中で、河川流量に対する下水処理水等の混入の割合を示すものとして、フレッシュ度を取りあげた。これは、 $[(1 - \text{算出地点での既使用水量} \div \text{河川流量}) \times 100 (\%)]$ で定義されるもので、国土交通省によって河川ごとに算出された値であり、ここでは平成16年に発表された値<sup>9)</sup>を利用した。

#### d) 汚水処理整備率

上記と同じく河川選定方法検討のために、汚水処理整備率を整理した。これは、公共下水道処理人口、合併浄化槽処理人口、農業集落排水処理人口、コミュニティ

プラント処理人口などの汚濁処理形態別人口に関して、国土交通省から平成13年度末におけるデータについて提供を受け算出したもので、以下のように計算した。

汚水処理整備率 = 汚水処理人口 ÷ 流域内人口

[汚水処理人口 = 下水道処理人口 + 合併浄化槽処理人口 + 農業集落排水処理人口 + コミュニティプラント処理人口]

ただし、汚水処理整備率については、データを得ることのできた106の直轄河川について算出した資料<sup>9)</sup>を用いて整理した。

#### e) その他流域情報

上記の他に調査対象河川の選定に用いる情報として、流域面積<sup>7)</sup>、人口密度<sup>8)</sup>、年平均流量 [平成12年度]<sup>9)</sup>について整理を行った。

### (2) 調査対象河川の選定

日本の河川についての代表性を検討する際には、それぞれの河川の特性を考慮する必要がある。日本の河川は、地域ごとに配置されている9つの地方整備局によって管理されている。日本は南北に長く、地域による気候や地形の違いも大きい。これらの地方整備局の管轄河川からそれぞれ代表を選ぶことで、全国の地理的条件を概ね網羅できるものと考えられる。

そこで、9つの地方整備局から4河川を選定し、2河川ずつに分けて2ヶ年で調査することとした。

各地方整備局の管轄河川から4河川を選定する方法は、以下の観点から行った。日本では比較的狭い範囲に人口が集中する傾向があることから、土地利用や水質に関わる汚濁負荷量についても河川流域の状況ごとに違いがある。そこで、各河川における流域状況に関する指標を設定し、それらの指標をもとに調査対象河川を選定することとした。流域における汚濁負荷量は、流域の大きさや人間活動の規模、排出される汚水の処理状態などによって変化し、また、水質は汚濁負荷量に対する河川の水量によっても変化する。以上のことから、流域状況を反映する指標として、流域面積、人口密度、年平均流量、汚水処理整備率を設定した。

河川の指標数値が偏らず分散するように、これらの指標を数値順に並べ、最大の河川と最小の河川、及び40%順位の河川と70%順位の河川の合計4河川を各地方整備局が管轄する河川から抽出した。

国内の河川では農地等は上流から中流域に比較的多く存在し、工業地や人口密集地は中下流部に多く集まっていることが多い。これらの汚濁負荷源の分布については河川ごとに違いがあり、下水道等で排除されて河川へ流入しない負荷も存在するものの、最下流では流域で発生する負荷の全体を大枠で反映しているものと考えられる。

そこで、抽出された各河川での採水地点としては、①国土交通省による定期調査結果を利用することで、一般的な水質項目の値を把握することのできる環境基準点、②潮汐の影響を受けない順流部、③流域全体の負荷を幅広く含む、という視点から各河川の順流部最下流の一地点を選定した。

これらの指標の大小から、9つの地方整備局が管轄する河川より4河川ずつ選定した36河川について、水質に関わる項目のデータを用いて、流域状況を示す4種の指標によって選定された河川群ごとに水質分布のヒストグラムを作成し、同様に作成した全国109河川のヒストグラムの分布パターンが最も類似した指標を河川選定の指標とした。なお、ヒストグラムで確認した水質項目は、BOD、エストロゲン様活性、フレッシュ度とした。

### (3) 選定河川の調査と妥当性の検討

調査は、降雨が少なく流量が安定して、極端な水質変動の生じることが少ないと考えられる冬期に、選定した各河川において1回行うこととした。河川水の採取は河川事務所の協力を得て2004年11月～12月の定期水質調査と同時にを行った。

採取した水について、エストロゲン様活性、T-N、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、T-Pについて分析を行った。エストロゲン様活性の測定は、矢古宇らの方法<sup>10)</sup>に従い、ヒトのエストロゲン受容体が組み込まれた遺伝子組み換え酵母（Sumpter株）を用いて行った。また、T-N、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及びT-Pについては、オートアナライザー（Bran Lubbe社、TRAACS800）を用いて分析を行った。また、BODについては、河川事務所による定期水質調査結果の提供を受けた。

得られた結果を河川ごとに非超過率として整理した。この非超過率のグラフを用いて、過去の国土交通省のデータをもととした全国河川における水質分布と、選定した河川の水質分布との間で濃度の分布に違いがあるかどうかを比較し、選定の妥当性を検討した。

### (4) 評価対象とする再生水と水質分析

都市域においては下水処理水が大量に発生するが、基本的には河川または海域に放流され、再利用される割合は1.5%程度<sup>11)</sup>と僅かである。また、その用途も多くの場合修景用水などに限られている<sup>11)</sup>。そこで、再生水として現実的に一定の水量を安定して確保できる可能性が高いことから、下水処理場において様々な方法で処理された処理水と、二次処理水を土壤浸透処理した水を対象とした。

#### a) 下水処理工程における試料

下水処理工程における試料は、A下水処理場の各処理

段階から採取した水を用いた。対象とした試料は、流入下水、二次処理水、砂ろ過水、オゾン処理水の4種とした。サンプリングは2003年7月と11月、2004年の6月に実施し、エストロゲン様活性を測定した。

#### b) 土壤浸透処理による試料

下水処理水を地下浸透させることを想定して土壤カラム実験を行った。この実験では土壤浸透処理水としてB下水処理場の二次処理水を、土壤を詰めたカラムに通過させた。実験の手順はNakadaらの報告<sup>12)</sup>に示されたとおりであり、実験方法の概略を図-1に示す。実験に用いた土壤は東京都内の公園で90～120cmの深さから採取したものである。この深度は関東ローム層（立川・武蔵野ローム）にあたり、化学的性状としては、以下の通りであった。土壤pH：6.1、灼熱減量：14.8%、全有機炭素量：18mg/g、全窒素：13mg/g、全リン：0.40mg/g。また、土壤粒径は、最大粒径：2mm、50%粒径：0.0734mm、10%粒径：0.0038mmであった。

直径200mmのステンレス製カラムに上記の土壤を充填し、土壤層の厚さは20cmと50cmの2種類を設定した。実験は80日間連続して通水を行い、実験期間中に水質分析用試料のサンプリングを11回行った。

土壤浸透処理された試料の水質分析結果について、選定した河川の調査結果から得られた各水質値の分布と比較した。比較する水質項目としては、BODと同様の有機汚濁の指標としてTOCを、また、富栄養化に関わる項目として河川においても高頻度で調査されているT-N、T-Pに加えて条件によって生物毒性を示すアンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）を対象とした。加えて、微量物質としてエストロゲン様活性及び全亜鉛についても対象とした。TOCの分析については自動分析計（SHIMADZU社、TOC-5000A）で測定を行った。亜鉛の分析については「JIS K0102 5.1 硝酸酸性で煮沸」に準拠して前処理し、ICP-MS（Agilent社、4500）を用いて測定した。

なお、ここで比較対象とした水質項目に関する土壤浸透処理後の濃度は、実験初期から終了時まで大きな変動がみられなかったことから、比較する数値としては全実

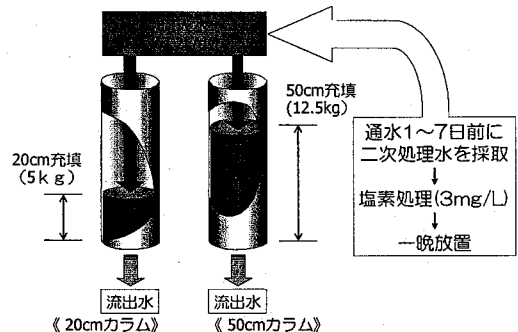


図-1 土壤浸透処理実験模式図

験期間のデータをもとにした平均値を用いた。

### 3. 結果と考察

#### (1) 河川の選定

流域面積、年平均流量、人口密度、污水处理整備率を指標として109の直轄河川から抽出した36河川の水質についての特徴を、濃度範囲や頻出する濃度域から捉えるために、BOD、エストロゲン様活性、フレッシュ度についてヒストグラムとしたものを図-2に示す。なお、ここで扱ったデータの下限値は、BODでは定量下限値の0.5(mg/L)、エストロゲン様活性では検出下限値の0.08(ng/L-E2 equivalent)として整理した。また、エストロゲン様活性は93河川のデータからまとめているため、データ総数が36より少ない。

この結果、どの指標で選定しても、BODやフレッシュ度のヒストグラムは109河川全体のパターンと類似していたが、エストロゲン様活性では、選定に用いた指標によってパターンが異なっていた。

そこで、各指標によって選定された河川群についての濃度区分ごとの河川件数と、全国の各濃度区分における件数を比較した相関係数（一次回帰）をみると、表-1のように流域面積で選定したケースが、全国109河川にお

表-1 全国河川と選定河川の  
各濃度区分件数に関する相関係数

|               | 流域面積  | 平均流量  | 人口密度  | 污水处理<br>整備率 |
|---------------|-------|-------|-------|-------------|
| BOD           | 0.937 | 0.996 | 0.913 | 0.975       |
| エストロゲン<br>様活性 | 0.962 | 0.774 | 0.779 | 0.900       |
| フレッシュ度        | 0.981 | 0.991 | 0.994 | 0.990       |
| 平均            | 0.960 | 0.920 | 0.895 | 0.955       |

ける水質の濃度区分件数との相関が最も高くなった。この結果から、調査対象とする河川は流域面積を基準に選定することとした。

なお、流域に存在する人為的な汚濁負荷量は流域面積が大きいくほど多くなると考えられるが、同時に河川流量も多くなるため、水質としては流域面積に関わらず均等になるともいえる。しかし、極度に集中した都市域の場合、汚濁負荷量も通常の分布と比べて極端に大きくなることが想定され、特に大都市圏は利根川流域の首都圏や淀川流域の近畿圏のように、流域面積の大きな河川の流域に存在していることが多い。従って、流域面積の大小によって、水質汚濁の程度も変化すると考えられることから、水質分布を調べる際の河川選定基準の根拠としても妥当なものと考えられる。

以上のことから、流域面積を指標として選定した結果を表-2と図-3に示す。日本海側または太平洋側についても目立った偏りはなく選定された。

表-2 調査対象河川一覧

| 地整名 | 調査<br>年度 | 河川名 | 流域面積<br>(km <sup>2</sup> ) |
|-----|----------|-----|----------------------------|
| 北海道 | 16       | 留萌川 | 270                        |
|     | 17       | 沙流川 | 1,350                      |
|     | 17       | 常呂川 | 1,930                      |
|     | 16       | 石狩川 | 14,330                     |
| 東北  | 16       | 赤川  | 857                        |
|     | 17       | 鳴瀬川 | 1,130                      |
|     | 17       | 米代川 | 4,100                      |
|     | 16       | 北上川 | 10,150                     |
| 関東  | 16       | 鶴見川 | 235                        |
|     | 17       | 久慈川 | 1,490                      |
|     | 17       | 那珂川 | 3,270                      |
|     | 16       | 利根川 | 16,840                     |
| 北陸  | 16       | 梯川  | 271                        |
|     | 17       | 黒部川 | 682                        |
|     | 17       | 荒川  | 1,150                      |
|     | 16       | 信濃川 | 11,900                     |
| 中部  | 16       | 菊川  | 158                        |
|     | 17       | 安倍川 | 567                        |
|     | 17       | 庄内川 | 1,010                      |
|     | 16       | 木曾川 | 9,100                      |
| 近畿  | 16       | 北川  | 211                        |
|     | 17       | 大和川 | 1,300                      |
|     | 17       | 由良川 | 1,880                      |
|     | 16       | 淀川  | 8,240                      |
| 中国  | 16       | 小瀬川 | 340                        |
|     | 17       | 芦田川 | 870                        |
|     | 17       | 旭川  | 1,810                      |
|     | 16       | 江の川 | 3,900                      |
| 四国  | 16       | 土器川 | 140                        |
|     | 17       | 物部川 | 508                        |
|     | 17       | 仁淀川 | 1,560                      |
|     | 16       | 吉野川 | 3,750                      |
| 九州  | 16       | 本明川 | 87                         |
|     | 17       | 肝属川 | 485                        |
|     | 17       | 大野川 | 1,465                      |
|     | 16       | 筑後川 | 2,863                      |

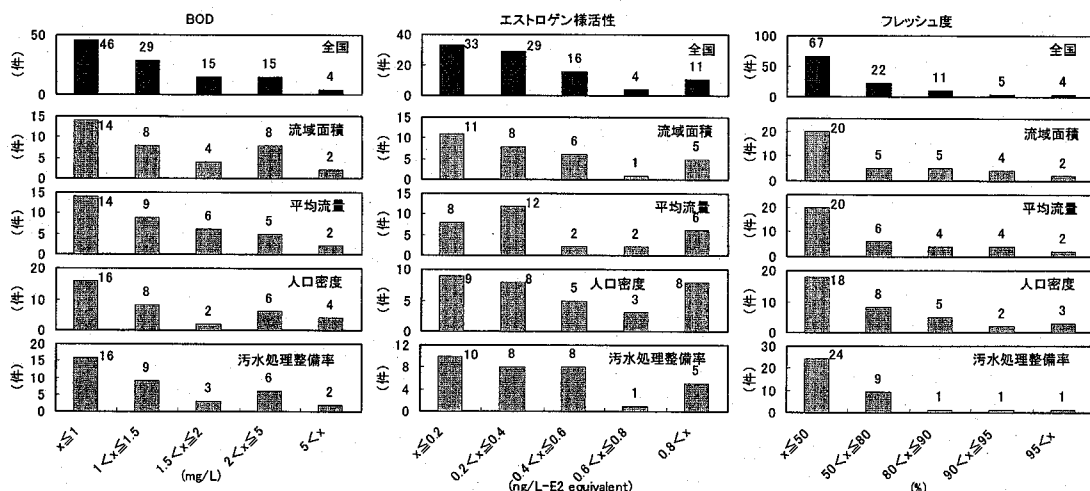


図-2 各選定指標によって選定された河川の水質分布

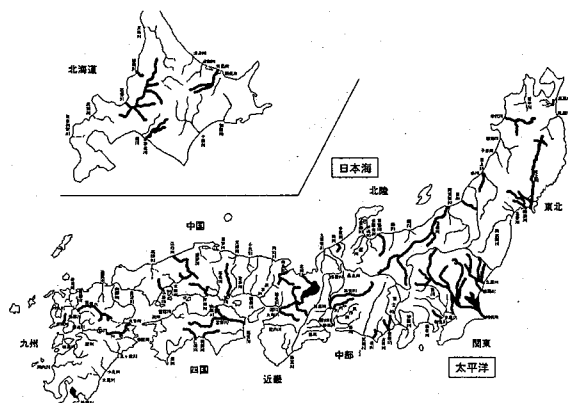


図3 調査対象河川位置図

以下に、本研究において分析及び結果の整理が完了した平成16年度の調査結果（18河川分）について報告する。ここで対象とした河川は、各地方整備局管轄内河川から、流域面積が最大および最小のものとして抽出された18河川である。

## (2) 全国河川と選定河川の比較

全国の河川におけるエストロゲン様活性（93河川分）、BOD、T-N、T-P（109河川分）についての既存データに基づく非超過率、及び選定された河川を対象に本調査において分析したデータ（18河川分）を整理して比較を行った（図4）。

ちなみに、河川水質は降水量によっても影響を受けるが、国土交通省による全国河川データ（年平均値）の調査年である2002年と、選定河川データ（スポットデータ）の調査を行った2004年11～12月の降水量についてみると以下のものであった。まず年間降水量については札幌： $\text{平年}=1127.6\text{mm}$ 、2002年 $=1101.0\text{mm}$ 、東京： $\text{平年}=1466.7\text{mm}$ 、2002年 $=1294.5\text{mm}$ 、鹿児島： $\text{平年}=2279.0\text{mm}$ 、

2002年 $=2082.0\text{mm}$ で、平年と比べて $-2\sim-12\%$ とほぼ平年並みであった。一方、11～12月の2ヶ月間の降水量については、札幌： $\text{平年}=207.5\text{mm}$ 、2004年 $=257.0\text{mm}$ 、東京： $\text{平年}=132.1\text{mm}$ 、2004年 $=188.0\text{mm}$ 、鹿児島： $\text{平年}=141.3\text{mm}$ 、2004年 $=324.0\text{mm}$ で、平年と比べて $+24\sim+129\%$ と調査年においては降水量が平年より多かったことがうかがえた。

非超過率による比較の結果、全国河川における各水質項目のおよその濃度範囲は、BODは $\text{N.D.}\sim 10(\text{mg/L})$ であり、エストロゲン様活性は $\text{N.D.}\sim 6(\text{ng/L-E2 equivalent})$ 、T-Nは $0.2\sim 10(\text{mg/L})$ 、T-Pは $0.01\sim 0.6(\text{mg/L})$ であった。また、選定された河川の濃度分布も、全国河川の分布とほぼ同じ傾向を示した。

ところで、一般的に冬期には降水量が少なくなるため、河川の流量が減少して水中の物質濃度が高くなり水質が悪化する傾向にあるとされる。しかし、スポット採水による調査においては、地点によって前述したように降水量が平年と比べて変化する場合も起こる。このような不規則性のため調査した時点の水質は河川ごとに変動することになるが、本研究においては18の河川を調査することによって変動が相殺され、全体の水質分布としては年平均値とほぼ同じになったと考えられる。

以上のことから、流域面積を基準に選定した場合、少ない地点数で、また時期が限定された調査によっても全国の傾向を表すために必要なデータの組み合わせを得ることができたといえる。従って、全国の統一した既存データが入手しにくい他の水質項目についても、ここで選定した河川の試料を測定することで、全国のデータを基にした場合とほぼ同等の濃度分布の概要を把握することができると考えられた。

## (3) 河川水質の非超過率からみた再生水の位置付け

下水処理場の試料と土壌カラム実験の試料について、それぞれの水質分析値を選定河川（T-N、T-P、エストロゲン様活性については全国河川も加える）の非超過率の分布と比較した。

### a) 下水処理工程における変化

下水処理場における処理工程ごとのサンプルについてのエストロゲン様活性測定結果と河川水の水質分布との比較を図5に示す。この結果から、処理工程が流入から二次処理、砂ろ過と進むに従って、各処理水のエストロゲン様活性が低下していく状況が確認された。特にオゾン処理後では大きく低下し、約 $0.2(\text{ng/L-E2 equivalent})$ となった。この値は、河川水のエストロゲン様活性値の分布において、約40%に相当するものであった。従って、エストロゲン様活性については、砂ろ過処理を行っても河川水としては最も悪いレベルの水質に相当していたもの

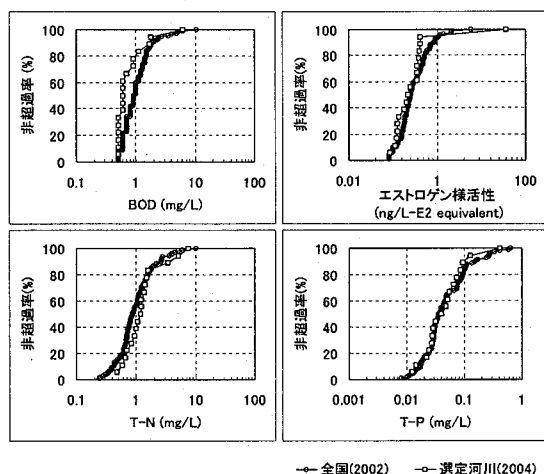


図4 選定河川と全国河川の水質分布比較

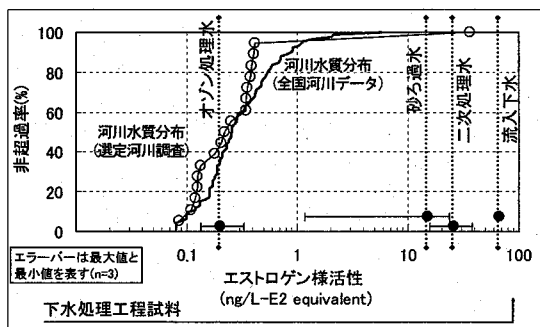


図-5 下水処理工程の水質変化と河川水質分布

が、オゾン処理を行うことで、二次処理水が代表的な河川水なみの水質にまで改善されることが示された。

#### b) 土壌浸透処理による変化

土壌カラム実験における土壌浸透処理による各水質項目の変化について、同様の方法で河川の水質分布と比較した結果を図-6に示す。エストロゲン様活性については、土壌浸透処理前の約27( $\text{ng/L-E2 equivalent}$ )から、0.3~0.1( $\text{ng/L-E2 equivalent}$ )へと低下した。これは土壌浸透処理前には河川水の非超過率でみると90%以上に相当していたものが、20cmカラムでは50%程度、50cmカラムでは40%前後まで低減され、その効果はオゾン処理と同程度と評価された。

また、TOCは河川水の非超過率で90%以上のレベルから、エストロゲン様活性における効果と同程度の40~50%に低下した。さらに、リンについては土壌浸透処理

前には非超過率90%以上だったものが、処理後には通常の河川水の濃度範囲を下回るレベルにまで低減され、土壌浸透処理の有効性が示唆された。

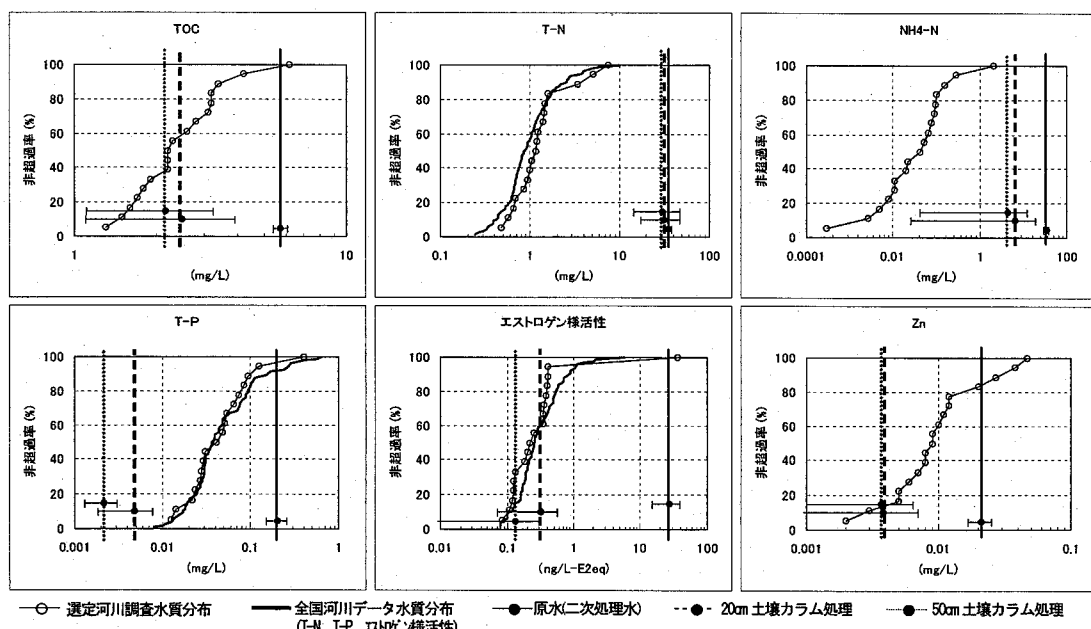
逆に、窒素は土壌浸透処理においてはほとんど水質レベルの改善はみられず、総窒素、アンモニア態窒素ともに河川水の水質濃度範囲を大きく上回り、土壌浸透処理後も非超過率で100%を超えていた。

一方、亜鉛については河川水の非超過率において90%弱のレベルであったものが、土壌浸透処理によって10%程度まで低減された。この時の濃度は0.003~0.004( $\text{mg/L}$ )であり、河川的环境基準である0.03( $\text{mg/L}$ )と同程度であった原水(二次処理水)について、環境基準を一桁近く下回る濃度まで低減させることができ、土壌浸透処理水は河川水の中でも低濃度のレベルに位置付けられることがわかった。

#### 4. まとめ

以上の結果を整理すると、以下のようにまとめられる。

- 抽出選定した一定数の河川についての調査結果からでも、主要な水質項目に関する全国の分布を、ほぼ把握できた。このことから、微量化学物質など他の水質項目の濃度分布についても、これらの河川を調査することで全国の分布を推定することができると類推される。
- 一級河川では実際に水利用が行われていることから、本論文で報告した水質分布データは、安全性の判定基準がない様々なリスクについての「物差し」とし



注：エラーバーは80日間(11回測定)の平均と標準偏差

図-6 土壌浸透処理実験における水質分析結果と河川水質分布との比較

て適用できる可能性がある。具体的な適用先としては、下水処理水などのほか、付加的な処理や、土壌を通して地下水に涵養するなどした再生水の安全性の、相対的評価などが考えられる。

- ・エストロゲン様活性の比較では、河川水の非超過率において90%弱のレベルであった二次処理水がオゾン処理によって40%程度まで改善された。また、二次処理水を土壌浸透処理した場合における改善効果も、オゾン処理の場合と同程度であった。
- ・土壌カラム実験における水質分析結果と河川水質分布との比較から、再生水の原水の一つとなる二次処理水に対し、土壌浸透処理によって総窒素とアンモニア態窒素を除く多くの項目について水質レベルを改善し、河川水における非超過率が0~50%の相対的に良好な状態にできる可能性が示された。しかし、総窒素やアンモニア態窒素といった項目については土壌浸透処理による除去効果が低いことから、再生水処理あるいは水利用段階での対策が必要になることが示唆された。

今後は、選定した河川における2年目の調査結果の追加や、地下水などの河川水以外の身近な環境水についても調査を行い、比較対象としての水質分布の精度を上げることを目指す。また、相対的な基準となる環境水や比較対象となる再生水の水質について、重金属や微量化学物質、バイオアッセイなどの他の分析項目についても、同様の方法を用いて多様な物差しを作成し、再生水のリスク評価のための指標に適用することも目指す。

なお、下水処理水などの親水利用を考える場合には、ここで扱った物質的な項目だけでなく、病原性微生物などのリスク要因についても考慮する必要があるが、これらについては評価手法を別途に検討する必要がある。さらには、このような手法で得られた水質項目ごとの相対的な位置付けを、それぞれに重み付けを行いながら統合された評価指標としてまとめていくことが課題となるものと考えられる。

謝辞：この研究は、JST〔独〕科学技術振興機構〕によるCRESTの研究領域「水の循環系モデリングと利用システム」における「リスク管理型都市水循環系の構造と機能の定量化」のテーマの中で実施された成果である。

また、河川水試料の採水及び流域情報や水質の資料提供に御協力いただいた、国土交通省並びに各地方整備局、各河川事務所に感謝の意を表する。

## 参考文献

- 1) 丹保憲仁：流域構成と都市水代謝，自然と共生した流域圏・都市の再生，pp.3-38，山海堂，2005
- 2) 谷口幸幸：都市水代謝デザイン，pp.11-28，理工図書株式会社，2002
- 3) 国土交通省河川局監修，(社)日本河川協会編：2002 日本河川水質年鑑，CD-ROM，山海堂，2004
- 4) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, MLIT: Report on FY 2001 fact-finding study on endocrine disruptors in water environment, 2002 (in Japanese).
- 5) 国交省河川局ホームページ：記者発表資料全国の河川における「フレッシュ度」について，  
<[http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/05/051203\\_2\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/05/051203_2_.html)>
- 6) N. Miyamoto, H. Tanaka, C. SATO, N. NAKADA, K. MIYAJIMA and H. TAMAMOTO: EVALUATION OF CHARACTERISTIC INDUCEMENT OF ESTROGEN-LIKE ACTIVITY IN RIVER WATER, JAPAN, Proceedings of the 4th IWA Specialized Conference on Assessment and Control of Hazardous Substances in Water - ECOHAZARD 2003- IWA, pp.53/1-53/4, 2003
- 7) 国交省河川局ホームページ：河川百科事典統計データ一級河川水系別延長等，  
<<http://www.mlit.go.jp/river/jiten/toukei/bim84p.html>>
- 8) 国交省河川局ホームページ：河川百科事典日本の川，  
<[http://www.mlit.go.jp/river/jiten/nihon\\_kawa/](http://www.mlit.go.jp/river/jiten/nihon_kawa/)>
- 9) 国交省河川局ホームページ：河川百科事典統計データ一級水系の流況（平成12年），  
<<http://www.mlit.go.jp/river/jiten/toukei/index.html>>
- 10) 矢古宇靖子，高橋明宏，東谷忠，田中宏明：組み換え酵母を用いた下水中のエストロゲン様活性の測定，環境工学研究論文集，Vol.36，pp.199-204，1999
- 11) 国土交通省都市地域整備局下水道部監修：平成16年日本の下水道，11-5.下水道資源及び施設の有効利用，pp.137-153，2004
- 12) N. NAKADA, N. YAMASHITA, K. MIYAJIMA, Y. SUZUKI, H. TANAKA, H. SHINOHARA, H. TAKADA, N. SATO, M. SUZUKI, M. ITO, F. NAKAJIMA and H. FURUMAI: Multiple Evaluation of Soil Aquifer Treatment for Water Reclamation using Instrumental Analysis and Bioassay, "The Second International Symposium on Southeast Asian Water Environment" held in Hanoi, 2004

(2006.5.26 受付)

## Relative Evaluation of Reclaimed Wastewater in Urban Area in Comparison with the Distribution of River Water Quality

Arata HARADA<sup>1</sup>, Norihide NAKADA<sup>1</sup>, Naoyuki YAMASHITA<sup>2</sup>, Nobuyuki SATO<sup>3</sup>,  
Mitsuaki ITO<sup>3</sup>, Yutaka SUZUKI<sup>1</sup>, Hiroaki TANAKA<sup>2</sup> and Hiroaki FURUMAI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Water Environment Research Group, Public Works Research Institute

<sup>2</sup> Research Center for Environmental Quality Management, Kyoto University

<sup>3</sup> METOCEAN Environment Inc.

<sup>4</sup> Research Center for Water Environment Technology, the University of Tokyo

Recently, it is expected to utilize reclaimed wastewater water for a new water source in urban areas. However, adequate assessment about the relative risk and the acceptance of the reclaimed wastewater should be conducted from the viewpoint of water usage. In this study, we relatively evaluated the quality of reclaimed wastewater in comparison with a "criterion" based on nationwide distribution of river water quality.

At first, we selected 36 rivers with various sizes of the river basin area from all over Japan. Then, after we analyzed and collected various chemical and biological items of water quality of each river, those in the selected rivers were manipulated in the form of non-exceeding probability. The probability results were similar in key water quality items to those of all the major rivers in Japan, which suggest that the distributions of water quality items based on the selected rivers can represent all the major rivers in Japan.

Next, we compared the water qualities of secondary effluent and reclaimed wastewaters treated with sand filter, ozone and soil aquifer, with the distribution of water quality of the selected rivers. For an example, estrogen-like activity of secondary effluent equivalent to over the 90<sup>th</sup> percentile of the rivers decreased to about the 40<sup>th</sup> percentile of the rivers that is medium quality level through the ozonization process or the soil aquifer treatment. The other water quality items except nitrogens were also greatly improved by the above processes to the same way.