

武庫川水系の水質 —市民による5年間の調査結果—

古武家善成*

要 旨

「武庫川づくりと流域連携を進める会」が2008年から5年間にわたり実施した、簡易分析法による武庫川水系の水質調査結果から、武庫川の水質の特徴を明らかにするとともに、兵庫県のモニタリング結果との比較を行い、市民による水質調査の有効性について検討した。武庫川本川のCOD、栄養塩類濃度は、全体として簡易法測定系で中～高濃度レベルにあると判断された。本川流下方向の濃度変動では、中流部で濃度上昇がみられ浄化センター排水の影響が推察された。この影響に関して県のデータを用いて考察を行った。測定濃度と県のモニタリング結果とはかならずしも一致しなかったが流下方向の濃度変動パターンはよく一致し、地点濃度の相対評価における簡易分析法の有用性が明らかになった。

キーワード：武庫川，市民調査，水質簡易分析，COD・栄養塩類・MBAS，浄化センター排水

1. はじめに

武庫川では、「総合治水」の一環として中流部に計画された兵庫県営治水ダム建設計画への反対運動をきっかけに、兵庫県（以下、県と略す）が設置した武庫川流域委員会（2004）において、行政、専門家、市民の間で6年半にわたる議論が行われた。そしてその成果¹⁾として、ダムに頼らない総合治水を基礎とする河川整備が動き出そうとしている。しかし、この整備事業により、工事に伴う濁りの発生、下流部の汽水化など、武庫川の環境に少なからざる影響が表れることが予想される²⁾。

このような水質変化を監視するためには、水質の定期的なモニタリングが不可欠である。武庫川水系においてはこれまでも水質調査やその解析³⁻⁷⁾が行われ、県や関連自治体による定期モニタリング（公共用水域の水質測定）も実施されている。しかし、県のモニタリング調査ではその結果が2年遅れで公表されるため、水環境の変化に迅速に対応できる体制が確立しているとは言い難い。

そこで、武庫川づくりと流域連携を進める会（武庫流会）では、市民自らが必要な時に必要な水質情報を得る体制の構築を目指し、2008年より年1～2回の頻度で、流域全体の水質一斉調査を実施してきた。本レポートでは、2012年までの結果から武庫川水系の水質の特徴をまとめるとともに、県のモニタリング結果との比較を行い、市民による水質調査の有効性について検討した。

2. 調査方法

2.1 調査時期・地点・項目

調査時期は、2008年は6月、それ以降は6月（春期調査）および11月（秋期調査；2011年は10月末）とし、2012年までの5年間に計9回実施した。春期調査は、全国水環境マップ実行委員会が主催する「身近な水環境の全国一斉調査」⁸⁾の一環として行った。調査地点は、本川13～14地点、支川12～16地点であり、近年は本川13地点、支川16地点の計29地点で調査を行っている。29調査地点を図1に示す。

測定項目は、気温、水温、EC（一部地点）、COD、栄養塩類のアンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）、リン酸態リン（ $\text{PO}_4\text{-P}$ ）（一部の年では亜硝酸態窒素（ $\text{NO}_2\text{-N}$ ）も測定）、およびMBAS（合成陰イオン界面活性剤の指標）である。

CODおよび栄養塩類の測定には共立理化学研究所製低濃度用パックテストキットを用いた。パックテストキットの測定範囲は、COD:0～8mg/L、 $\text{NH}_4\text{-N}$:0.2～10mg/L、 $\text{NO}_3\text{-N}$:0.2～10mg/L、 $\text{PO}_4\text{-P}$:0.02～1mg/Lである。MBASの測定に関してはその詳細を「2.2 MBASの測定」および「3.1 MBAS簡易分析法の開発」で述べるが、測定範囲は0～1mg/L、検出下限0.05mg/Lである。

結果の解析に際しては、検出上限以上のデータには検出上限値（上記測定範囲の上限値）を、検出下限未満のデータには検出下限値（上記測定範囲の下限値）の1/10値をそれぞれ与え、異常値を除いて平均等の算出を行った。なお、MBASに関しては、2009年秋期調査から測定を行ったが、解析には試行段階であった2009

*武庫川づくりと流域連携を進める会/神戸学院大学

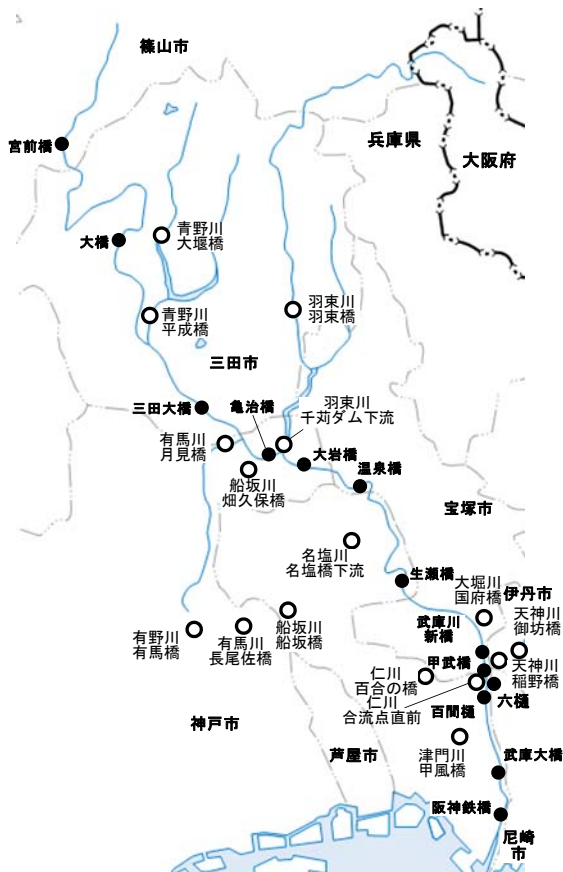


図1 武庫川水系の水質調査地点

年秋期調査結果を除き残りのデータを用いた。

2.2 MBASの測定

水質測定項目のMBAS（メチレンブルー活性物質；Methylene Blue Active Substances）は、石けん（脂肪酸塩）を除く合成陰イオン界面活性剤全体の合計濃度を示す包括指標である。

MBASの公定分析法（JIS K0102 工場排水試験法）⁹⁾では、水中で陰イオン性を示す陰イオン界面活性剤が陽イオン性色素であるメチレンブルーとイオン錯体（会合体）形成反応をすることを利用し、この錯体をクロロホルムで二重抽出後、吸光光度法で濃度測定を行うAbbott法¹⁰⁾が基礎となっている。

公定法では、アルカリ性および酸性での二重抽出法を用いるため、海水中に存在する程度の無機陰イオンや、環境水中に存在する程度のベンゼンスルホン酸など陰イオン界面活性剤分解産物は除去され、分析上の妨害とはならない¹¹⁾。また、石けんも二重抽出法で除去される。

MBASの簡易分析には簡易分析キット（共立理化学研究所製）が発売されている¹²⁾。このキットでは、陰イオン界面活性剤とメチレンブルーの会合体をポリプロピレンチューブの壁面に付着させ、それをエタノールで抽出して標準カラーチャートと比較するメチレンブルー壁面付着法が用いられている¹³⁾。

しかしこの方法では、メチレンブルー反応液が少しでもチューブ内に残っていると、エタノールに溶解してエタノール溶液を着色させ正の誤差が生じる。検討したところ、反応液には高濃度のメチレンブルーが含まれるので、残っている水滴が微量の場合でも無視できないブランク濃度の増加がみられた。この水滴の残存は、メーカーの使用法にあるように、「ティッシュペーパー等に叩きつけてできるだけ水滴を取り除く」努力をしても、完全には除去できなかった。

そこで、試水量10mLを用いpH調整をせずにクロロホルムで1回抽出する、公定法に概ね準拠した簡易分析法を開発し、本調査に用いた。分析操作は以下の通りである。

活栓付ガラス試験管（容量12～15mL）に試水10mLを採取し、メチレンブルー反応試薬（共立理化学研究所製陰イオン界面活性剤測定キットのR1試薬を使用）1滴を滴下する。

30秒間強振し、陰イオン界面活性剤とメチレンブルーを反応させた後、クロロホルムを1.5mL注入する。さらに30秒間強振後、陰イオン界面活性剤-メチレンブルー会合体を抽出し、静置後、下層のクロロホルム層をパスツールピペットで採取する。

デジタル吸光光度計（共立理化学研究所製デジタル吸光光度計「デジタルパックテスト」を吸光度表示に変更して使用：測定波長650nm）を用い、ガラスセルでクロロホルム抽出液の吸光度を測定し、あらかじめ標準試薬（ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム）で作成した検量線を用いて濃度を算出した。この方法の測定範囲は0～1mg/Lであり、検出下限は、ブランク値の3倍を目安に0.05mg/Lとした。

3. 結果と考察

3.1 MBAS簡易分析法の開発

公定法では試水量50mLで分液ロートを用いて会合体形成および抽出を行うが、簡易分析法では分析系をダウンサイズし、試水量10mLとし試験管内で会合体形成および抽出を行うこととした。

会合体の抽出に関して、共立理化学研究所製キットではエタノールが用いられているが、反応水溶液から会合体を直接抽出する本分析法では、エタノールのような極性溶媒を用いることはできない。

そこで、分析でよく用いられる低・非極性有機溶媒の中で、ヘキサン、シクロヘキサン、ベンゼン、トルエン（これらは比重1以下）、ジクロロメタン、クロロホルム、四塩化炭素（これらは比重1以上）の7種について検討を行った結果、クロロホルムの抽出効率が最も良いことがわかった。クロロホルムは公定法で用いられている抽出溶媒でもあり、クロロホルムを抽出溶媒として採用することにした。

クロロホルムは、その比重が1.48と水より重いので、試験管の中では上層の反応溶液に対し下層を形成する。

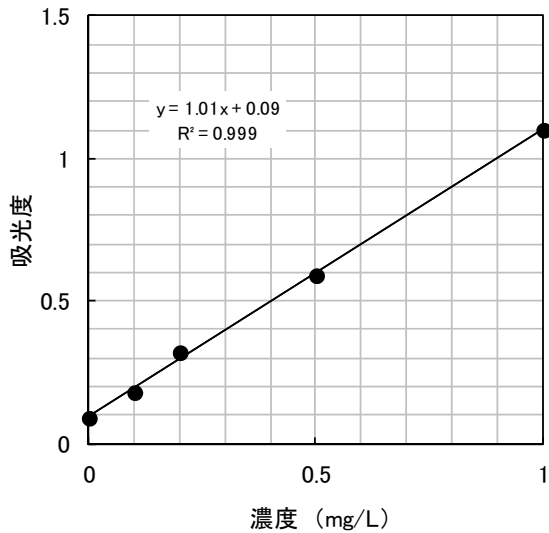


図2 MBAS簡易分析法の検量線

標準：ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム

したがって、会合体を抽出したクロロホルム層の採取にはパスツールピペットを用い、内部の空気が少し漏れだす程度にピペット内を陽圧とした状態で上層の水溶液層を貫通させ、ピペットの先を下層のクロロホルム層に突き入れた状態で吸入を行った。

標準としては、代表的な陰イオン界面活性剤である炭素鎖長12のドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム

(直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩同族体；和光純薬工業製)を用いた。検量線を図2に示す。0~1mg/Lの範囲で良好な直線性が得られており、本調査のMBAS分析ではこの簡易法を用いた。

なお、有機溶媒のクロロホルムは有害性が強いので、使用にあたっては十分な換気をする必要がある。可能であれば、ドラフトチェンバー等が整った大学や自治体研究機関の化学実験室を借用するのが望ましい。

3.2 武庫川水系における各項目の濃度

武庫川水系における各項目の濃度分布を概観するために、全期間平均濃度および変動係数(CV%)を表1に示す。ここでは、主要な測定項目であるCOD、栄養塩類のアンモニア態窒素(NH₄-N)、硝酸態窒素(NO₃-N)、リン酸態リン(PO₄-P)、およびMBASについてまとめた。

本川地点では、CODは4.7~7.4mg/Lで変動係数24~49%、NH₄-N(上・中流部地点のみ)は0.20~0.49mg/Lで変動係数17~82%、NO₃-Nは0.19~0.91mg/Lで変動係数25~74%、PO₄-Pは0.018~0.105mg/Lで変動係数20~84%、MBAS(主要地点のみ)は0.005~0.048mg/Lで変動係数0~153%である。

一方、支川地点では、CODは1.4~6.5mg/Lで変動係数13~71%、NO₃-Nは0.20~0.50mg/Lで変動係数17~105%、PO₄-Pは0.016~0.051mg/Lで変動係数0~63%で

表1 武庫川水系各地点のCOD・栄養塩類・MBASの全期間平均濃度と変動係数(CV%)

| No. | 河川 | 地点 | COD (mg/L) | | NH ₄ -N (mg/L) | | NO ₃ -N (mg/L) | | PO ₄ -P (mg/L) | | MBAS (mg/L) | |
|-----|-----|---------|------------|-----|---------------------------|-----|---------------------------|-----|---------------------------|-----|-------------|-----|
| | | | 平均 | CV% | 平均 | CV% | 平均 | CV% | 平均 | CV% | 平均 | CV% |
| 1 | 武庫川 | 宮前橋 | 5.3 | 39 | 0.25 | 26 | 0.32 | 38 | 0.026 | 51 | 0.005 | 0 |
| 2 | | 大橋 | 6.1 | 45 | 0.23 | 17 | 0.19 | 25 | 0.020 | 46 | 0.016 | 153 |
| 3 | | 三田大橋 | 7.0 | 30 | 0.23 | 21 | 0.19 | 26 | 0.018 | 32 | 0.025 | 118 |
| 4 | | 亀治橋 | 6.9 | 29 | 0.38 | 82 | 0.22 | 68 | 0.046 | 52 | 0.005 | 0 |
| 5 | | 大岩橋 | 7.4 | 33 | 0.49 | 68 | 0.82 | 45 | 0.105 | 68 | 0.048 | 75 |
| 6 | | 温泉橋 | 6.6 | 28 | 0.39 | 68 | 0.91 | 35 | 0.103 | 54 | 0.014 | 145 |
| 7 | | 生瀬橋 | 6.1 | 26 | 0.20 | 27 | 0.59 | 65 | 0.042 | 84 | 0.005 | 0 |
| 8 | | 武庫川新橋 | 6.5 | 25 | | | 0.33 | 45 | 0.036 | 37 | | |
| 9 | | 百間樋 | 5.6 | 30 | | | 0.31 | 40 | 0.029 | 44 | 0.005 | 0 |
| 10 | | 六樋(伏流水) | 5.0 | 32 | | | 0.36 | 31 | 0.030 | 41 | | |
| 11 | | 甲武橋 | 4.7 | 49 | | | 0.34 | 74 | 0.025 | 40 | 0.005 | 0 |
| 12 | | 武庫大橋 | 5.9 | 25 | | | 0.27 | 50 | 0.031 | 20 | | |
| 13 | | 阪神鉄橋 | 5.8 | 24 | | | 0.28 | 32 | 0.036 | 69 | 0.016 | 138 |
| 14 | 青野川 | 大堰橋 | 5.8 | 31 | | | 0.33 | 60 | 0.035 | 48 | | |
| 15 | | 平成橋 | 6.5 | 13 | | | 0.28 | 105 | 0.034 | 15 | | |
| 16 | 有馬川 | 長尾佐橋* | 1.4 | 32 | | | 0.42 | 35 | 0.026 | 30 | | |
| 17 | | 月見橋 | 4.1 | 56 | | | 0.29 | 24 | 0.035 | 32 | | |
| 18 | 有野川 | 有馬橋 | 1.8 | 60 | | | 0.40 | 44 | 0.026 | 21 | | |
| 19 | 船坂川 | 船坂橋 | 2.3 | 61 | | | 0.46 | 17 | 0.022 | 17 | | |
| 20 | | 畑久保橋 | 3.0 | 48 | | | 0.22 | 49 | 0.028 | 21 | | |
| 21 | 羽束川 | 羽束橋 | 3.3 | 47 | | | 0.29 | 32 | 0.031 | 31 | | |
| 22 | | 千苅ダム下流 | 2.8 | 35 | | | 0.20 | 47 | 0.027 | 23 | | |
| 23 | 名塩川 | 名塩橋 | 3.6 | 35 | | | 0.23 | 20 | 0.020 | 0 | | |
| 24 | 大堀川 | 国府橋 | 5.3 | 28 | | | 0.40 | 25 | 0.045 | 19 | | |
| 25 | 天神川 | 御坊橋 | 4.0 | 14 | | | 0.50 | 22 | 0.048 | 8 | | |
| 26 | | 稲野橋 | 4.5 | 37 | | | 0.46 | 23 | 0.051 | 13 | | |
| 27 | 仁川 | 百合の橋 | 2.8 | 71 | | | 0.38 | 30 | 0.026 | 63 | | |
| 28 | | 合流点 | 3.0 | 36 | | | 0.46 | 37 | 0.024 | 58 | | |
| 29 | 津門川 | 甲風橋 | 3.1 | 47 | | | 0.42 | 29 | 0.016 | 44 | | |

ある。支川ではNH₄-NとMBASの測定は行っていない。
平均濃度に関し、本川の大橋や三田大橋でNO₃-Nが測

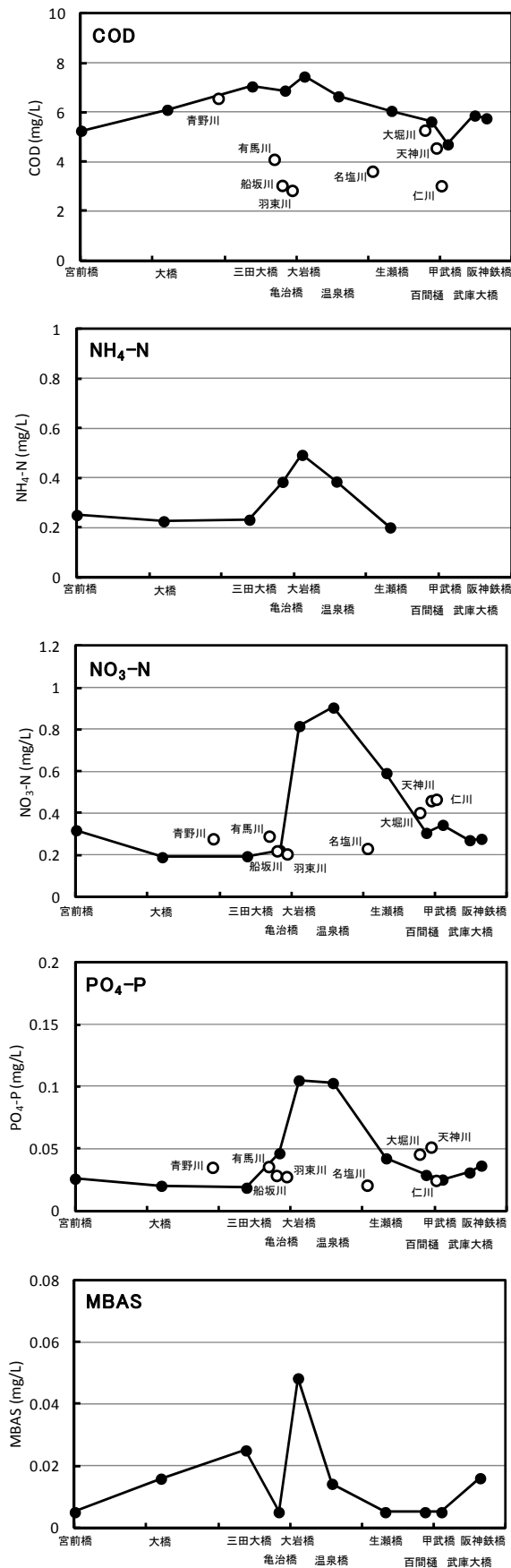


図3 武庫川本川における水質の流下方向濃度分布

定範囲の下限(0.2mg/L)未満であり、本川全ての地点のMBASが検出下限(0.05mg/L)未満であるのは、検出下限未満のデータにも検出下限値の1/10値を与え、平均値を算出しているためである。

この測定結果から武庫川の水質を評価するためには、パケットによる全国的な河川調査事例が必要である。CODに関しては前述した「身近な水環境の全国一斉調査」結果⁷⁾が利用できる。2012年の結果を用いると、COD3~6mg/Lは中濃度地点、6mg/L以上は高濃度地点と分類され、全国でそれぞれ36%および30%を占めている。この結果と比較すると、本川地点の多くは高濃度、支川地点は概ね中濃度と評価される。一方、栄養塩に関するこのようなまとまった全国調査結果は報告されていない。試みに全窒素(T-N)、全リン(T-P)の湖沼環境基準(類型ランク、T-N:0.1~1mg/L、T-P:0.005~0.1mg/L)を援用すると、本・支川ともに概ね中程度の濃度レベルと判断される。MBASに関しては公定法に準拠した簡易測定結果なので、近畿地方における公的モニタリング結果¹⁴⁾と比較すると、非常に低濃度レベル

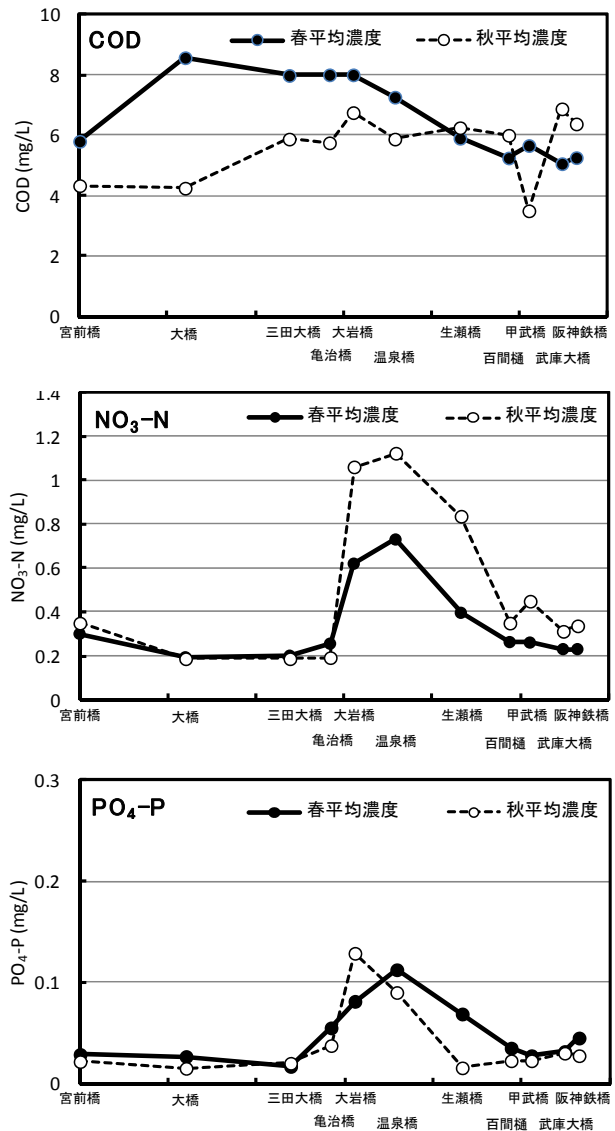


図4 本川における流下方向濃度分布の季節差

にあると判断される。

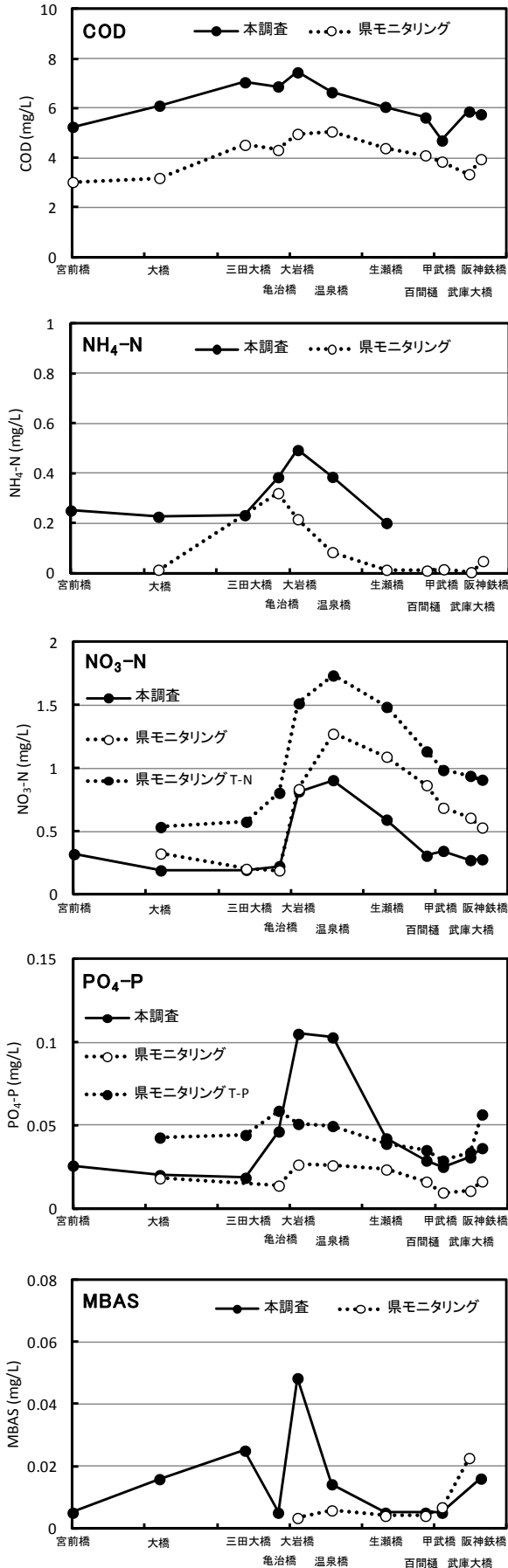


図5 本川水質に関する本調査・県モニタリング結果の比較

変動係数に関しては、CODよりも栄養塩類やMBASの変動係数が大きい、すなわちデータがバラつく傾向がある。これは、栄養塩類が低濃度の地点やMBASがほとんど検出されない地点において、高濃度の栄養塩類や検出下限以上のMBASが時々検出されるためである。MBASの変動係数が0%となっている地点は、全ての測定データが検出下限未満であったためである。

本川各地点の濃度の違いをより明確化するために、流下方向の濃度分布を図3に示す。図には一次支川最下流部地点における各項目の平均濃度も示してある。流下方向の濃度変動をみると、COD、栄養塩類、MBASのいずれも、大岩橋、または大岩橋と温泉橋の濃度が最も高くなっている。そこで亀治橋一大岩橋間の主要な負荷源を考えると、その間には支川の羽束川が流入するとともに、三田市、神戸市北部、西宮市北部計19万人分の下水100,000m³/日の処理能力を有する武庫川上流浄化センター（以下、浄化センターと略す）¹⁵⁾が稼働している。

本調査では本・支川各地点の流量は測定していないが、図3に示されるように、羽束川最下流部地点のCOD、栄養塩類、MBASの平均濃度は高くないことから、羽束川からの流入水が大岩橋の水質に大きな影響を及ぼしているとは考え難い。一方、浄化センターに関しては排水の水質を測定していないが、例えば、公表されている最新データである2011年度の資料¹⁶⁾によれば、平均放水（排水）量は73,500m³/dである。これに対し大岩橋の2011年度平均流量は、県の河川水質モニタリング結果¹⁷⁾から266,000m³/dであるので、浄化センターの排水は流下水の3割弱を占めていることがわかる。一般に下水処理水のCODや栄養塩類の濃度は高いことから、下水処理場からの汚濁負荷が大岩橋の水質に及ぼす影響は小さくないと推察される。

浄化センターからの排水の影響に関しては、県のデータを用いて「3.4 武庫川上流浄化センター排水負荷に関する考察」で詳しく解析する。

一方、CODやNH₄-Nの濃度は大岩橋上流の亀治橋でも高く、さらに、CODは三田大橋でも高い。以上の結果は、これらの項目に関しては亀治橋よりも上流の負荷も考慮する必要があることを示唆している。

本川の流下方向の濃度変動に関し、季節による違いをCOD、NO₃-NおよびPO₄-Pについて示したのが図4である。6月に行った5回の調査結果を春期調査結果、11月に行った4回の調査結果を秋期調査結果とし、各地点における春期、秋期それぞれの平均濃度を示した。

CODについては、春期における大橋の濃度の増加が特徴として認められる。秋期との濃度差は統計的にも有意である。大橋やその上流域には水田が広がっており、代かき・田植え期における水田からの汚濁物質流出はよく知られている¹⁸⁾。図4に示される春期のCOD増加についても、水田からのノンポイント汚濁負荷の影響を考慮する必要がある。NO₃-Nについては、亀治橋一大

岩橋間の濃度増加が春期よりも秋期に強く表れている。浄化センター排水の影響と考えられる濃度増加が秋期のNO₃-Nになぜ顕著に表れるかについては、このデータのみでは不明である。浄化センターからの栄養塩類の排出状況、本川流量の季節変動に伴う希釈作用の低下等の要因について検討する必要がある。

3.3 兵庫県河川モニタリング結果との比較

本調査で用いているパックテスト等の簡易分析法は、公定分析法と同じ反応原理が採用されている場合でも一般に公定法よりも大きな誤差を伴う。一例としてパックテストの誤差要因を挙げれば、反応時間、反応温度等の反応方法、標準色（カラーチャート）との比較の仕方等が考えられる¹⁹⁾。そこで、公定法を用いて実施されている県の河川水質定期モニタリング結果との比較を行い、本調査結果がどの程度一致するかを検討した。

解析に用いる県の河川水質モニタリングデータについては、本調査を始めた年度と同じ2008年度から、公表されている最新年度である2011年度までの4年間の「公共用水域の水質等測定結果報告書」^{17,20)}記載データを用いた。両調査の調査日は一致しないことから、ここでは両調査結果の違いの概略を把握することを目的とし、県モニタリングデータから各項目に関する4年間の平均濃度を求め本調査結果と比較した。

県モニタリングデータから得られた平均濃度を図3に加え、本調査で得られた平均濃度と比較した結果を本川地点について図5に示す。

県モニタリング調査の各地点におけるデータ数は、COD：18～48、NH₄-N：16～48、NO₃-N：7～48、PO₄-P：16～48、MBAS：3～16であり、地点により測定頻度が異なる。県モニタリングデータで検出下限未満のデータ

には、本調査の場合と同様に検出下限値の1/10値を与え、平均値の算出に用いた。県のグラフに平均値が表示されていない地点があるのは、その項目が本解析期間内ではモニタリング対象になっていないためである。また、NO₃-NおよびPO₄-Pのグラフには全窒素（T-N；アンモニア態、亜硝酸態および硝酸態窒素を含む無機窒素と有機窒素の合計濃度）および全リン（T-P；リン酸態リンを含む無機リンと有機リンの合計濃度）の結果も示した。

CODについては、本調査結果は県の結果と比べ1.2倍（甲武橋）～1.9倍（大橋）高いが、流下方向の濃度変動はよく類似している。NH₄-Nについては、両調査に共通の地点は多くないが亀治橋では両結果はよく一致している。しかし、大岩橋、温泉橋では差は数倍となり、大橋、生瀬橋では、県の結果が低濃度であるため10倍以上の違いがみられる。

一方、NO₃-Nについては、県の結果と比べ0.4倍（百間樋）～1.2倍（亀治橋）であり、中・下流域では本調査結果の方が低い濃度を示す。しかし、三田大橋、亀治橋、大岩橋では両結果はほとんど一致しており、全体として濃度変動の類似性は高い。T-Nに占めるNO₃-Nの割合を県の結果からみると、三田大橋および亀治橋では20～30%であるが、その他の地点では60～80%になっている。PO₄-Pについては、本調査結果は県の結果と比べ1.1倍（大橋）～4.0倍（大岩橋、温泉橋）高いが、この場合も濃度変動の類似性が認められる。T-Pに占めるPO₄-Pの割合を県の結果からみると、大岩橋、温泉橋、生瀬橋では50%を超えている。

MBASについては、県の調査では大岩橋より下流でしか測定されておらず、また、両調査結果とも検出下限未満のデータが多いので詳細な比較は難しいが、本調査結果にみられる大岩橋での濃度増加は県の結果では

表2 COD・栄養塩類に関する武庫川上流浄化センター排出負荷量および本川大岩橋の流下量

| 項目 | 年度 | 武庫川上流浄化センター | | | 大岩橋 | | | 排出量/流下量 | | |
|--------------------|------|-------------------|------|------|-------------------|-------|-------|---------|------|------|
| | | 排水量 | 濃度 | 排出量 | 流量 | 濃度 | 流下量 | 割合 | 変動係数 | データ数 |
| | | m ³ /d | mg/L | kg/d | m ³ /d | mg/L | kg/d | % | % | |
| COD | 2011 | 73,519 | 7.6 | 558 | 266,000 | 4.2 | 1,100 | 66 | 50 | 12 |
| | 2010 | 71,305 | 7.5 | 532 | 308,000 | 5.4 | 1,530 | 44 | 38 | 12 |
| | 2009 | 71,732 | 7.6 | 544 | 267,000 | 5.1 | 1,280 | 55 | 48 | 12 |
| T-N | 2011 | 73,274 | 4.8 | 353 | 175,000 | 1.7 | 264 | 143 | 25 | 4 |
| | 2010 | 69,479 | 4.6 | 320 | 225,000 | 1.3 | 253 | 135 | 25 | 4 |
| | 2009 | 73,179 | 4.5 | 327 | 264,000 | 1.6 | 349 | 103 | 45 | 4 |
| NO ₃ -N | 2011 | 73,274 | 3.5 | 258 | 175,000 | 0.79 | 116 | 232 | 35 | 4 |
| | 2010 | 69,479 | 3.5 | 239 | 225,000 | 0.86 | 162 | 187 | 54 | 4 |
| | 2009 | 73,179 | 3.6 | 264 | 264,000 | 0.82 | 169 | 181 | 42 | 4 |
| T-P | 2011 | 73,274 | 0.19 | 14 | 175,000 | 0.044 | 7.4 | 207 | 36 | 4 |
| | 2010 | 69,479 | 0.13 | 8.7 | 225,000 | 0.056 | 12 | 77 | 39 | 4 |
| | 2009 | 73,179 | 0.14 | 10 | 264,000 | 0.046 | 13 | 115 | 53 | 4 |

検出されていない。本調査結果が浄化センター排水中の微量の陰イオン界面活性剤を検出している可能性はあるが、簡易法の誤差要因である無機陰イオン等の正の誤差も検討する必要がある。

以上の結果から、パックテストを用いた本調査結果は、公定法に比べ高くまたは低く測定される場合が多いことがわかった。これらの結果は、簡易法による測定値と公定法による測定値とを単純には比較できないことを示している。しかし、COD や栄養塩類の流下方向の濃度変動に関する両結果の類似性は高かったことから、これらの項目の地点間の濃度差を相対的に評価する場合には、簡易分析法は十分有用であると考えられる。

3.4 武庫川上流浄化センター排水負荷に関する考察

「3.2 武庫川水系における各項目の濃度」で述べたように、亀治橋—大岩橋間に立地する浄化センターの排水が、大岩橋をはじめ下流の水質に影響を及ぼしていることが推察された。そこで、本調査のデータではないが、兵庫県まちづくり技術センター発行の下水道管理年報^{16,21)}に示される浄化センターの排水量・水質データと、大岩橋の流量・水質データ^{17,20)}を用いて、浄化センターからの武庫川への汚濁負荷に関する考察を行った。

2009～2011 年度における COD, T-N, NO₃-N, T-P の濃度、排出量および流下量の年度平均を示したのが表 2 である。浄化センターでは PO₄-P 濃度は測定されていないので、PO₄-P に関する結果は示していない。

COD については、浄化センターでは各月平均値、大岩橋では月 1 回の測定値が示されているので、それぞれの値を用いて年度平均を算出した。T-N, NO₃-N, T-P については、浄化センターでは月 2 回の測定が行われているが、大岩橋では 5 月、8 月、11 月、2 月の年度 4 回の測定のみである。そこで、浄化センターについても大岩橋の測定月と同月のデータのみについて月 2 回の測定値を平均し、その 4 回のデータから年度平均値を算出した。大岩橋の流量は m³/s で示されているが、表では日単位 (m³/d) に換算して示した。

浄化センター排水中の濃度は、COD は 7 mg/L 台、T-N は 4 mg/L 台、NO₃-N は 3 mg/L 台、T-P は 0.1 mg/L 台で安定している。これを大岩橋の濃度と比較すると、COD は 2 倍以下だが T-N, NO₃-N, T-P の各項目は 3～4 倍の濃度となる。また、浄化センターからの排出量を大岩橋の流下量と比較すると、その割合は COD では 50%前後であるが、T-N ほかの項目ではほとんどの場合 100%を超え、200%を超える年度も見られる。データのばらつきを示す変動係数は概ね 50%以下なので、これらの結果の信頼性は低くない。

これらの計算結果は、COD の場合には浄化センター負荷が大岩橋の流下量の約半分、栄養塩類の場合には大半を占めていることを示している。浄化センターと大

岩橋での測定日時が異なるので厳密な比較は難しいが、浄化センター排水が大岩橋およびその下流の水質に大きな影響を及ぼしていることが考えられる。

これらの結果および本調査結果から、武庫川水系における市民の水質調査では、上流浄化センターを中流域の主要な汚濁負荷源と位置付け、武庫川の水質への影響を監視する必要があると言える。また、簡易測定法は地点間の濃度の相対評価に有用であることが明らかになったが、測定濃度自体の誤差に関しても、縮小するための市民に適した手法の検討を続ける必要がある。

4. まとめ

2008 年度から 5 年間にわたり、パックテストによる簡易分析法で武庫川水系の水質を調査した。

合成陰イオン界面活性剤の指標である MBAS の測定には、試料水 10mL スケールでメチレンブルー法を用い、クロロホルム 1 回抽出後にデジタル吸光光度計で測定する、公定法に概ね準拠した簡易分析法を開発した。ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウムを標準とした検量線は 0～1mg/L の範囲で良好な直線性を示した。

武庫川水系における主要項目の濃度範囲を全期間平均濃度で概観すると、本川では COD 5～7mg/L, NH₄-N 0.2～0.5mg/L, NO₃-N 0.2～0.9mg/L, PO₄-P 0.02～0.1mg/L, MBAS 0.005～0.05mg/L となり、支川より高かった。全国調査結果や環境基準との比較から、武庫川水系の水質は全体として簡易法測定系で中～高濃度レベルにあると判断された。流下方向の濃度変動では亀治橋—大岩橋間で濃度が上昇する現象がみられ、武庫川上流浄化センター排水の影響が推察された。

春期および秋期の濃度変動の比較では、春期の大橋における COD 増加や、秋期の亀治橋—大岩橋間における NO₃-N のより急激な増加等が特徴として認められた。

兵庫県の定期モニタリング結果との比較では、濃度自体はかならずしも一致しなかったが流下方向の濃度変動パターンはよく一致したことから、各地点の濃度の相対評価における簡易分析法の有用性が明らかになった。

亀治橋—大岩橋間に立地する武庫川上流浄化センター排水の影響について、県のデータを用いて考察したところ、COD, T-N, NO₃-N, T-P の各項目ともに大岩橋の水質に大きな影響を及ぼしていることが推察された。

最後に、本調査結果は、武庫川づくりと流域連携を進める会（武庫流会）会員の継続した活動によって得られたものである。データ解析を進めるにあたり、会員諸氏のこれまでの多大な努力に敬意を表します。

参考文献

- 1) 武庫川流域委員会 (2006) 武庫川の総合治水へむけて 提言書, 168pp. .

- 2) 兵庫県 (2011) 武庫川水系河川整備計画, 82pp. .
- 3) 古武家善成, 駒井幸雄, 梅本 諭, 芦田賢一 (1994) 武庫川における有機物および栄養塩の短・長期変動特性, 兵庫県立公害研究所研究報告, No. 26, 1-9.
- 4) 川合真一郎 (1997) 河川水中の細菌による TCP の分解, 環境技術, 26(4), 217-219.
- 5) Matsuoka, S., Kikuchi, M., Kimura, S., Kurokawa, Y. and Kawai, S. (2005), Determination of estrogenic substances in the water of Muko River using *in vitro* assays, and the degradation of natural estrogens by aquatic bacteria, J. Health Sci., 51(2), 178-184.
- 6) 仲川直子, 金澤良昭, 梅本 諭, 上村育代 (2009) 陸域溶存有機物との比較における大阪湾域難分解性溶存有機物の構造特性及び分子量分布特性について, (財)ひょうご環境創造協会 兵庫県環境研究センター紀要, No. 1, 31-36.
- 7) 吉田光方子, 仲川直子, 前川真徳, 金沢良昭, 藤森一男 (2013) 武庫川流域を対象とした陸域由来による大阪湾海域の難分解性有機物および窒素, リンに関する研究「平成 24 年度大阪湾圏域の海域環境再生・創造に関する研究報告概要書」(瀬戸内海環境保全協会), 4pp. .
- 8) 「身近な水環境の全国一斉調査 全国水環境マップ実行委員会」HP <http://www.japan-mizumap.org/>
- 9) (財)日本規格協会編 (2008) 30.1 陰イオン界面活性剤, 「JISK0102 工場排水試験法」, pp. 71-76.
- 10) Abbott, D. C. (1962) The colorimetric determination of anionic surface-active materials in water, *Analyst*, 87, 286-293.
- 11) 古武家善成 (1981) 兵庫県下の河川・海域における陰イオン界面活性剤濃度およびそのリン濃度との関係, 陸水雑, 42, 189-200.
- 12) <http://kyoritsu-lab.co.jp/seihin/list/instructions/wa-det.pdf>
- 13) 釜谷美則, 土屋富雄, 岡内完治, 瓦林孝夫 (1999) 陰イオン界面活性剤の簡易分析法の開発, 用水と廃水, 41, 224-228.
- 14) 古武家善成, 天野耕二 (1993) 近畿地方の河川にみられる陰イオン系界面活性剤 (MBAS) の長期変動とその要因, 水環境学会誌, 16, 361-371.
- 15) http://web.pref.hyogo.lg.jp/wd18/wd18_000000025.html
- 16) (公財)兵庫県まちづくり技術センター (2012) 下水道事業管理年報 平成 23 年度, 360pp. .
- 17) 兵庫県農政環境部環境管理局 (2013) 平成 23 年度公共用水域の水質等測定結果報告書 CD 版.
- 18) 武田育郎 (1997) 農地におけるノンポイント汚濁源負荷, 水環境学会誌, 20, 816-820.
- 19) 古武家善成 (2005) 第 3 章 3-1 簡易分析法に関する具体的検討 - 標準試料を用いた誤差要因の検討「簡易分析法改良検討委員会『水質簡易分析法の改良と環境調査への適用』2004 年度報告書」(日本水環境学会関西支部簡易分析法改良検討委員会編), pp. 10-19.
- 20) 兵庫県農政環境部環境管理局 (2010~2012) 平成 20 年度~22 年度公共用水域の水質等測定結果報告書 CD 版.
- 21) (公財)兵庫県まちづくり技術センター (2010~2011) 管理年報 平成 21 年度~22 年度.