

総説

## 環伊勢湾集水域の調査活動から見た水環境の変遷

### — 愛知県環境調査センターの歩み —

田中庸央<sup>1)</sup>・吉田恭司<sup>2)</sup>

## Changes in water environments viewed from the catchment studies around Ise Bay

### — Achievements of Aichi Environmental Research Center —

Tsuneo TANAKA<sup>1)</sup> and Kyoji YOSHIDA<sup>2)</sup>

#### まえがき

我が国の水環境行政の始まりは、旧水質2法である「公共用水域の水質保全に関する法律」及び「工場排水等の規制に関する法律」が成立・施行した1958-59年からであり、それから既に半世紀が過ぎた。しかし、公害法が形式的にも内容的にも本格的に整備されるのは、公害問題の一層の深刻化と地方自治体での取り組みの前進が見られた1960年代末から70年代初頭の時期であり、1970年のいわゆる公害国会では14の法制度・改正が行われている。愛知県公害調査センター（現在、環境調査センター）はまさにこの時期に設立され、それから数えても40年経過した。

我が国では、1960年代の高度経済成長期を端緒に、都市域に存在する湖沼・河川・内湾で著しい富栄養化や有害化学物質汚染が進行した。これは言うまでもなく、工場排水や生活排水等に由来する汚濁負荷の増大と自然に対する人工改変が進み、自然のもつ浄化能力が著しく損なわれたためである。これまで国・大学等の研究者や地方自治体を中心になって、水環境の時系列変化を把握するため、多くの調査・研究を行っている。なかでも、全国的に観測網が張りめぐらされている公共用水域水質監視調査は、環境基本法（旧公害対策基本法）に記されている環境基準の遵守状況を把握することを法的根拠にしており、水環境行政の施策の中でも基本的な概念の一つとして位置づけられる。

公共用水域水質監視調査の目的は、水質環境基準を満足しているか否かだけを監視するところにあるのではない。もっ

と大事なことは、根気よく観測を続けることにより、蓄積されたデータが“変動”という現象を自ら語りはじめるのを捉えるというところに本来の目的があるに違いない。ゆっくりと起こりつつある水域環境の変化を捉えるには、モニタリングを長期間継続することが最も大切である。こうしたモニタリングの実務的な役割を担ってきたのが、地方自治体の調査研究機関である。しかしここ10数年の間に、全国各地にある調査研究機関は大幅な組織改編の渦中にさらされ、なかには存亡の危機にすらある。

これまでの環境保全対策の考え方の主流は、「エンド・オブ・パイプ」と呼ばれるように、人間活動に伴う汚濁物質の除去や末端の閉鎖性水域で何とか制御しようという方向に力点がおかれていた。しかし今や、環境問題を解決へつなげるには、その背景にある水文化や社会そのものの仕組みの理解が必要なことは、もはや常識と言って良い。つまり、自然科学的・工学的なものの方だけでなく、環境問題を引き起こしている経済や産業などのその社会における人間活動の傾向を読み取ること、また、問題解決に向けた科学的な裏付けと施策との整合性が重要視されなければならない。

これまでの地方自治体の調査研究機関は、データだけを提供するという分析偏重型の組織体制であった。これから目指す地方自治体の調査研究機関の方向性は、汚濁物質を排出する上流の負荷活動や、それを包み込む社会システム・慣習・文化といったことまでを視野に入れた組織改編が行われて然るべきでないだろうか。なぜなら、水環境の概念には水質などの狭義に止まらず、地域間の連携に加えて、生物多様性の

<sup>1)</sup> 株式会社 愛研 〒463-0037 名古屋市守山区天子田 2-710 Aiken. 2-710 Amakoda, Moriyama-ku, Nagoya 463-0037, Japan

<sup>2)</sup> 愛知県環境調査センター 〒462-0032 名古屋市北区辻町字流 7-6 Aichi Environmental Research Center. 7-6 Nagare, Tsuji-machi, Kita-ku, Nagoya 462-0032, Japan  
(連絡著者 吉田恭司 E-mail: kiyouji\_yoshida@pref.aichi.lg.jp)

場の確保、健全な水環境の復元、景観・アメニティの確保などといった、流域環境の持続可能な一元化が重要視されなければならないからである。

これからの水環境行政の方向性は、これらの路線の延長線上にあることは確かなようだ。事実、健全な水環境に向けて、水行政の一元化としての「水環境庁」設立や「水基本法」の制定の動きがある（水制度改革国民会議，2009）。そうであるならなおさら、全国各地にある地方自治体の調査研究機関を行政改革の名のもとに縮小・解体する方向につなげるのではなく、上流水源から河口及び沿岸域に至る流域単位での水環境、物質循環、生物多様性、生態系保全までを視野に入れた“集水域環境”モニタリングの取り組みを可能にする組織改編が考えられても良いのではないかと。

モニタリングには、多くのマンパワーと資金が必要である。反面、先端科学のような華々しさはない。求められるのは着実さだけと言ってもいい。財政難にある今、官から民への流れは避けがたいのかも知れない。しかし、地方自治体の調査研究機関の規模を縮小し、ましてや役割が終焉したとして廃止するならば、世界でも類を見ないといわれる質の高いモニタリングを継続実現させる上できわめて残念なことである。

特に地域の環境問題は、地域特性が色濃く反映されるものである。40年にわたる地道な努力により得られたモニタリングデータから、最近の高度なデータ解析手法と相まって、長期変動の実態とその仕組みが次第に明らかにされつつある。このモニタリングをさらに50年、100年と継続することによって、環境行政を進める上で欠かせない、具体的施策に答えるさまざまな道筋が見えてくるはずである。

本稿では愛知県環境調査センターの歩みをふり振り返りながら、長年にわたる調査活動からみた環伊勢湾集水域の水環境の変遷について若干の考察を加えてみたい。

## 愛知県環境調査センターの調査活動の歩み

愛知県公害調査センター（現、環境調査センター）は、愛知県環境部の調査分析機関として、行政部門と密接な連携をとりながら県土の良好な環境の確保に向けて一元的な調査研究を行うことを目的に、1970年4月に設立された。事業基盤は、大気、水質、廃棄物、騒音、振動関係の規制監視業務である。その中で水質部門は、工場排水や生活排水などの発生源対策調査、河川、湖、海域などの公共用水域水質調査とその解析、水質監視システムによるデータ収集とその処理等を主たる業務にしている。

こうした基盤事業のほかに、環境行政部門との連携の下、時代の要望に即した環境問題に対処するための県独自の企画事業を推進してきた（表1）。なかでも、公共用水域の富栄養化問題は設立当時から水環境行政の中でも一大関心事であり、今日でも、工業化、都市化、大量消費と大量廃棄、肥料の多用、森林の過伐採などの様々な原因により、日本のみならず世界各地で発現している、古くて新しい世界共通の環境問題である。さらに、これらの企画事業を支えるための補完調査だけに止まらず、底質・化学物質汚染、廃棄物汚染などの実態調査、水質自動計測データの解析、分析方法の検討などにも調査活動の幅を広げてきた。

収集には万全を尽くしたつもりであるが、これまでに所員らによって印刷公表された水質関連分野の発表論文数は、約160編である（図1および巻末の文献目録。この論文数には、陸の水、43：97-99（2010）に掲載した論文を含む）。図から、緩やかなS字型カーブを示していることがわかる。センター設立当時とはもかくとしてその後の10年間は、身の回りの環境問題が山積していたこともあり、発表論文数が飛躍的に伸び、所員の研究ポテンシャルが高かったことが窺える。その後においても、主にセンター所報に一定数の論文が途切れることなく発表されている。

図2は、発表論文を①富栄養化、②自動計測、③重金属・

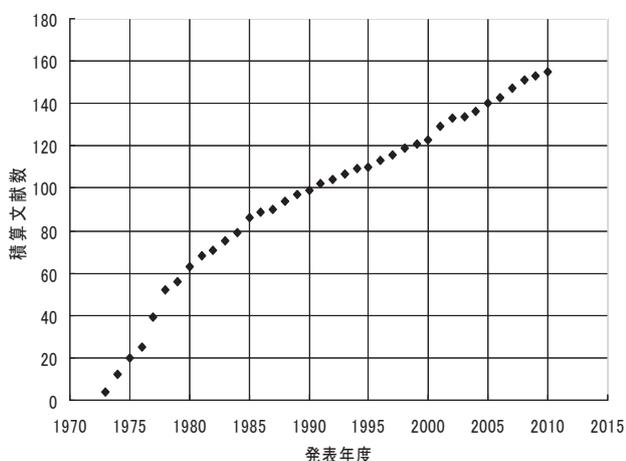


図1. 印刷公表された水質分野の発表論文数の変遷。

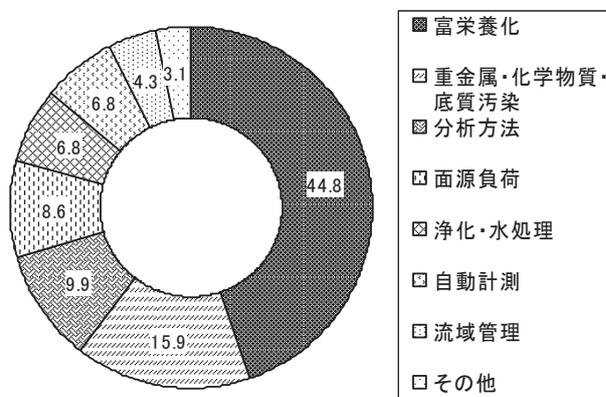


図2. 印刷公表された水質分野の総発表論文数に占める分野別の割合 (%)。

環伊勢湾集水域の調査活動から見た水環境の変遷 — 愛知県環境調査センターの歩み —

表 1. 我が国の水質汚濁に係る法令, 愛知県条例・指針・要綱等及び愛知県環境調査センターの調査活動の変遷.

国の動き	愛知県の動き	愛知県環境調査センターの調査活動
<ul style="list-style-type: none"> <li>●公共用水域の水質保全に関する法律, 工場排水の規制に関する法律の制定 (水質二法) (1958)</li> <li>●改正「河川法」(1964)</li> <li>●公害対策基本法 (1967)</li> <li>●水質環境基準設定 (1970)</li> <li>●水質汚濁防止法 (1970)</li> <li>●廃棄物の処理及び清掃に関する法律 (1970)</li> <li>●海洋汚染及び海上災害の防止法 (1970)</li> <li>●全国一律の排水基準の設定 (1971)</li> <li>●環境庁設立 (1971)</li> <li>●自然環境保全法 (1972)</li> <li>●瀬戸内海環境保全臨時措置法 (1973)</li> <li>●化学物質の審査及び製造時の規制に関する法律 (1973)</li> <li>●PCBに係る環境基準及び排水基準設定 (1977)</li> <li>●水質総量規制の導入 (1978)</li> <li>●有機燐洗剤使用自粛要請 (1980)</li> <li>●川づくりの方向転換 (「河川環境」概念の導入) (1981)</li> <li>●湖沼の窒素及びリンに係る環境基準 (1982)</li> <li>●湖沼水質保全特別措置法制定 (1984)</li> <li>●湖沼に係る窒素, リンの排水基準設定 (1985)</li> <li>●水質汚濁防止法改正 (地下水汚染防止の強化) (1989)</li> <li>●「多自然型川づくり」通達 (1990)</li> <li>●環境基準の全面改訂 (1993)</li> <li>●環境基本法の公布 (1993)</li> <li>●環境影響評価法 (1997)</li> <li>●新「河川法」(治水・利水の目的の他に河川環境の保全を追加) (1997)</li> <li>●地下水の水質汚濁に係る環境基準設定 (1997)</li> <li>●水質環境基準健康項目の拡充 (1998)</li> <li>●ダイオキシン類対策特別措置法 (1999)</li> <li>●循環型社会形成推進基本法 (2000)</li> <li>●土壌汚染対策法・自然再生促進法 (2002)</li> <li>●都市再生促進法 (2003)</li> <li>●特定外来生物法 (2004)</li> <li>●生物多様性基本法 (2008)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●環境部発足 (1971)</li> <li>●愛知県公害防止条例 (1971)</li> <li>●第 1 次伊勢湾水質総量規制 (1979)</li> <li>●小規模事業場等排水対策指導要領 (1981)</li> <li>●愛知県環境基本条例 (1995)</li> <li>●愛知県環境影響評価条例 (1998)</li> <li>●レッドデータブックあいち 2001(2001)</li> <li>●第 5 次伊勢湾水質総量規制 (2002)</li> <li>●愛知県化学物質適正管理指針 (2003)</li> <li>●愛知県土壌汚染等対策指針 (2003)</li> <li>●県民の生活環境の保全等に関する条例 (2003)</li> <li>●愛知県 PCB 廃棄物処理計画 (2004)</li> <li>●沿岸域生態系保全の考え方ー干潟生態系を中心にしてー (2005)</li> <li>●あいち水循環再生基本構想 (2006)</li> <li>●工場・事業場における揮発性有機化合物排出抑制指針 (2006)</li> <li>●第 6 次伊勢湾水質総量規制 (2007)</li> <li>●愛知県ため池保全構想ー未来に伝えよう地域のたから (2007)</li> <li>●三河湾里海再生プログラム (2008～)</li> <li>●あいち自然環境保全戦略ー生物多様性の保全と持続可能な利用を目指してー (2009)</li> <li>●奥山生態系保全の考え方ー人と自然の共生を目指してー (2009)</li> <li>●レッドデータブックあいち 2009(2009)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇愛知県公害調査センター設立 (1970)</li> <li>●公共用水域水質監視調査 (1971～)</li> <li>●PCB 実態調査 (1972)</li> <li>●河川の環境容量に関する基礎調査 (1974～76)</li> <li>●伊勢湾における二次汚濁に関する調査及び河川水質降雨時調査 (1977～79)</li> <li>●伊勢湾広域総合調査 (1979～)</li> <li>●プランクトン生産量調査 (1980～82)</li> <li>●界面活性剤等汚染対策調査 (1980)</li> <li>●生活排水実態調査 (1982)</li> <li>●伊勢湾内部生産機構調査及び生活排水対策実践活動調査 (1984)</li> <li>●水生生物基礎調査 (1985～)</li> <li>●有機塩素系化学物質調査 (1985)</li> <li>●三河湾栄養塩類溶出実態調査 (1987～89)</li> <li>●地下水水質調査計画に基づく地下水常時監視調査 (1989～)</li> <li>●ゴルフ場排水水農薬調査 (1990～)</li> <li>◇愛知県環境調査センター組織変更 (1994)</li> <li>●三河湾における全窒素及び燐に係る環境基準の水域類型指定に関する調査 (1995～97)</li> <li>●内分泌かく乱化学物質調査 (1999～)</li> <li>●地域結集型事業「里山生態系水循環」に関する共同研究 (1999-2004)</li> </ul>

化学物質・底質汚染, ④浄化・水処理, ⑤分析方法, ⑥面源負荷, ⑦流域管理, ⑧その他の 8 分野の調査領域に分類し, その割合を示したものである。その結果, 富栄養化関連の調査領域の論文が全体の 44.8 % を占め, 重金属・化学物質・底質汚染 (15.9 %), 分析方法 (9.9 %), 面源負荷 (8.6 %),

浄化・水処理と自動計測 (各 6.8 %), 流域管理 (4.3 %) の順であった。富栄養化と重金属・化学物質・底質汚染の 2 分野で全体の 3 分の 2 を占めたことは, 環境がどのように変わってきたかを時系列で知ることにより, 汚染の原因究明, 人や生物に与える影響評価, 対策の提案や効果予測などに資

する上で重要であり、長期的なモニタリングの本来の目的は、データの蓄積と変動傾向の把握にあったことを示している。

水域の富栄養化は流域環境と密接に関係している。例えば、流域生態系を構成している水田、水辺林（溪畔林）、干潟・藻場、ため池など、さまざまな「場」が年々減少している。愛知県においても平成18年現在の土地利用の状況を見ると、森林42.6%、農耕地16.2%（うち水田9.1%、畑7.0%）、水面・河川・水路4.7%、道路8.9%、宅地17.6%（うち住宅地10.4%、工業用地2.4%、その他宅地4.8%）である。これを過去と比較すると、森林面積の著しい減少は、尾張地域において見られ、農耕地のうち水田面積は、都市化の進展や農業の担い手の不足などにより、1965年代と比べ約4割も減少している（愛知県，2006）。また、これまで農家を中心となって管理されてきた「ため池」は、ここ約10年間（平成7-18年間）で、3,612カ所から16.7%減の3,009カ所へと減少した（愛知県農林水産部，2007）。逆に、都市域の拡大により、宅地や道路などの雨水不浸透面積が増加している。さらに、これまで効率性を重視するあまり、治水・利水等を優先した社会基盤の整備などにより、河川や海の護岸はコンクリート化され、自然護岸が大きく減少している（愛知県，2006）。

その結果、水源涵養、水質・大気浄化、土壌浸食防止、気候緩和などに代表される公益的機能の役割が完全に消失したか質的低下をもたらしている実態があり、富栄養化問題がなかなか解決しない凶凶になっている。かつては、海は広く深いという理由から、河川水とともに流入した生活系・産業系排水は、無限に等しい大容量の海水によって混合・希釈され浄化されると考えられてきた。しかしもはや、海は有限であることを疑う人はほとんどいない。

これからの環境調査センターのもう一つの役割は、流域（集水域）を構成している内湾、河川、ダム湖、汽水湖といった水域を個別に区切って行う調査研究に加え、流域における

人間活動と流域全体を一つの空間として捉え、生態系や物質循環を定量的に評価できる調査研究へ展開することが重要になると考えられる。例えば、河川を地域の自然を構成する重要な要素として位置づけ、その機能を評価すること、具体的にはこれまでの生物量や物質質量などの量的な情報に加え、物質循環プロセスを解析して、河川内の物質の起源、変質、消費を上流から下流に至るまでの水系全体の流れの中で包括的に明らかにすることが今後必要になってくるであろう。

この視点はまぎれもなく、図3に示した森林域から海洋に至るまでの連続した物質動態を記すことでもある。

### 愛知の水環境—過去と現在、そしてこれから—

浅海域は、かつてはその周辺の人々にとって快適な生活環境を与えるとともに、漁業資源に恵まれた場であった。その漁業生産力は、河川からの豊富な栄養塩類の供給によって支えられていたが、高度経済成長期以降、生活排水、工場排水、農畜産業排水などに由来する過剰な栄養塩類や有機物が流入した結果、著しい富栄養化が進行し、さまざまな環境問題や漁業被害を引き起こした。例えば、伊勢・三河湾の環境悪化が社会的に注目されるようになったのは1970年頃からであり、それまでは冬季に赤潮が発生することはなかった。しかし、1973年以降から完全な汚染域となり、周年発生するようになった。その象徴的事例の一つは、1978年5～7月の渦鞭毛藻類 *Prorocentrum levantinoides* による未曾有の赤潮発生であり、魚介類の大量へい死と沿岸部に悪臭被害をもたらした（田中，1988）。このような時代背景の下、中央環境審議会の答申を受けて伊勢・三河湾流域圏の自治体は、1979年から第6次にわたって化学的酸素要求量（COD）に係る水質総量規制を実施し、さらに第5次からは新たに窒素、リンを対象項目に加えて規制を強化してきた。2010年には引き続き第7次総量規制導入の検討が始まっている。図4に示すように、第1次総量規制の開始以後の30年間で伊勢湾流域の

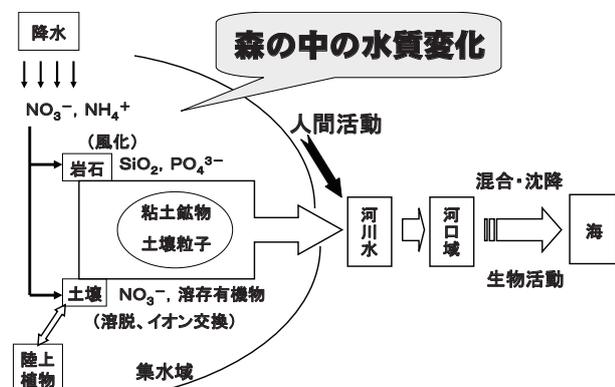


図3. 森林域から海洋に至るまでの連続した物質動態の模式図（和田，1988を一部改変）。

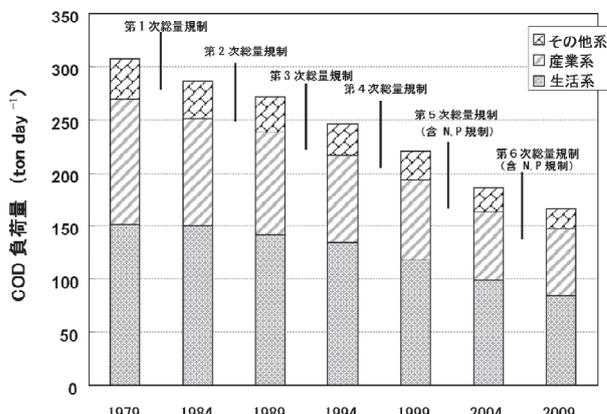


図4. 東海3県から伊勢湾・三河湾へ流入するCOD汚濁負荷量の推移（2009年度は目標値）。

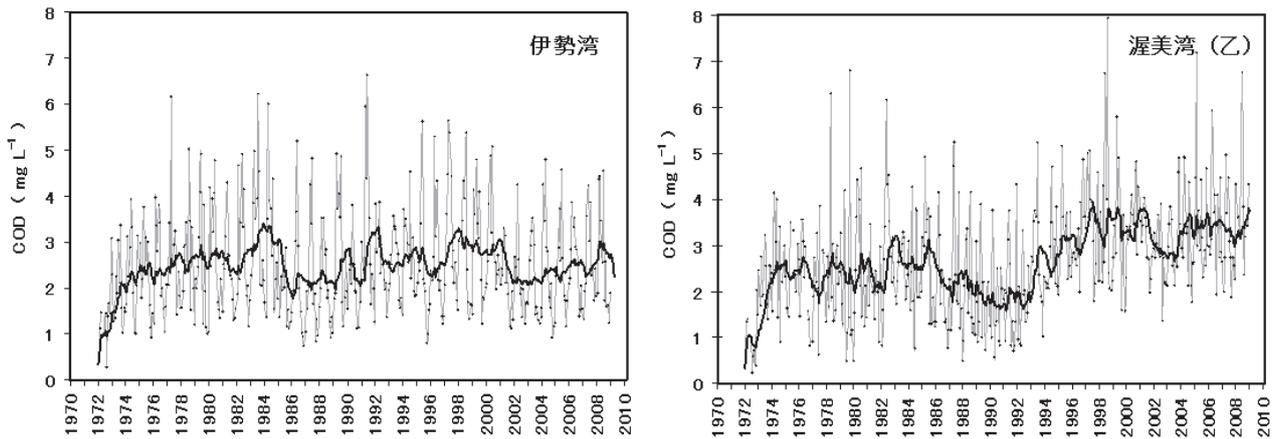


図5. 伊勢湾及び三河湾における化学的酸素要求量 (COD) の経年変化。  
愛知県公共用水域水質調査結果より作図。伊勢湾はN-6, N-7, N-8, N-9の4地点の平均値, 渥美湾(乙)はA-7, A-8, A-9の3地点の平均値とした。太線は12区間(月)移動平均を示す。

COD及び窒素、リンの発生負荷量は、それぞれ当初の45%、35%、60%にまで大幅に削減されたと見積もられている(伊勢湾再生推進会議, 2007)。

我が国では水域の有機汚濁の指標として、河川では生物化学的酸素要求量(BOD)が、海域や湖沼では化学的酸素要求量(COD)が環境基準項目とされている。河川の生物化学的酸素要求量(BOD)については、工場排水の規制強化、生活排水対策、下水道整備の促進などの様々な取組により負荷量削減が大幅に進んだ今日、確かに改善傾向が見られる。しかし、伊勢・三河湾内の化学的酸素要求量(COD)は依然として改善傾向が認められない。すなわち、伊勢湾々央部のCOD値は、1970年頃まで $1\text{ mg L}^{-1}$ 前後であったものが、その後次第に増加し、1980年代前半にピークに達し約 $3\text{ mg L}^{-1}$ になった。その後やや低下したものの、90年頃から再び増加に転じ、現在はほぼ横ばいで推移している。一方三河湾(渥美湾)海域は、1970年始めに急激に増加し、80年始めまでほぼ横ばいまたは漸増傾向で推移していたものの、その後低下した。しかし90年代からは再び増加に転じ $3\sim 4\text{ mg L}^{-1}$ を示しながら現在も減少傾向は見られない(図5)。

このように、伊勢湾・三河湾の有機汚濁は、増減を繰り返しているものの、ここ30年間ほとんど改善されていない。ここで素朴な疑問として、河川からのBOD物質が減少しても、海域の水質改善が進まないのはいったい何故だろうか? その最大の原因は、海域の富栄養化がほとんど解消されていないためと考えられる。富栄養化を物質循環の機構面から考えると、主として基礎生産者である植物プランクトンの増殖機構に異常が起ると考えて良い。すなわち、富栄養化により大量に発生した赤潮生物は、やがて死んで沈降し、いわゆるヘドロ(有機物を多く含む浮泥)となって海底に堆積する。夏季成層期には、バクテリアがヘドロ中の有機物を活発に分解し、その過程で水中の溶存酸素が大量に消費され、底

層水の貧酸素化を招き、底質から溶出した窒素やリンが躍層下部に蓄積される。このような負のスパイラルが、伊勢・三河湾のCOD改善を阻んでいる最大の理由と言える。

海域の水質改善が進まない問題を流域の視点から整理すると、次のような要因が複雑に関与しているものと考えられる。

(1) 河川と海とで、水質規制項目が違う?

湖沼や海域に直接排水を流す場合、工場・事業所には、COD排水基準が適用される。しかし日本の工場排水や下水は圧倒的にまず河川に流され、そのあと海域に流れ着くのがふつうである。河川に流すときの排水基準はBOD値を適用し、その排水基準値を遵守するためBOD値中心の排水処理が行われている。このため、河川を通じて排出されるCOD汚濁負荷量の削減は、BOD削減に付随するCOD削減という間接的な対策に限られてしまう面がある。1979年度からCOD総量規制が導入されてきたが、30年間ほとんど改善に寄与していないのは、この辺りに理由があるのかも知れない。この総量規制が実際に機能するには、河川に排出する工場排水や下水などの汚染源に直接COD基準を適用する必要があることを示唆している。あるいは既に水道水の有機物基準項目とされている全有機炭素(TOC)を、排水や公共用水域の有機物指標として統一することが望ましいのかもしれない。

(2) 有機汚濁が一次汚濁型から二次汚濁型(内部生産型)へ変わった?

三河湾の有機汚濁が改善されずにいるのは、湾内で生産される有機物が増大し、一次汚濁型から二次汚濁型に変わってきたことが考えられる。ここで「一次汚濁」とは、河川から流入する生活排水や工場排水のような有機物を多く含む排水

が海に流入し、海水中の有機物が増加することである。これに対して「二次汚濁（内部生産）」とは、河川から流入する窒素やリンを栄養源として植物プランクトンが著しく増殖して有機汚濁が進むことであり「富栄養化」とはこの現象のことである。

海域の全窒素・全リン濃度の経年変化を見ると、明らかにこの約30数年間で約2倍に増加した。湾内の栄養塩量が増加すると、それに応じて湾内で生産される自生性有機物が増大すると考えられ、結果として改善が進まないということになる。

伊勢・三河湾内の海水のCOD(有機物)に占めるCOD内部生産由来の割合を異なる2つの方法で推定した結果、陸地からの流入負荷よりも植物プランクトン由来(内部生産)のCODは、50～100%近くになることが知られている(田中ら, 1984; Kondo et al., 1984)。

伊勢・三河湾では、赤潮の発見回数、赤潮海域の拡大は最近こそ減少の傾向にあるが、有機物生産に果たす赤潮生物や植物プランクトンの異常増殖の役割は依然大きく、これが最近のCOD内部生産の増大に直接結びついていることを明らかに示している。

### (3) 降雨時の面源負荷が増加している？

汚濁物質の多くは降雨時に集中的に負荷されている実態は、流量が安定し晴天が続いた平水時に行くとされている公用水質調査から捉えることができなかった。河川では、水質と流量は絶えず変化しており、それらを連続的に測定することはそれほど易しくない。これまでの汚濁負荷量の多くは、前述したとおり、月1～2回程度で、しかもそれらが晴天時の測定に偏っていることもあり、降雨時の流出負荷の評価がなされていないのが一般的である。ここでは、全く正反対の未曾有の異常気象により社会問題化した1993年(冷夏, 多雨)及び1994年(猛暑, 小雨)の水質・流量連続データを用いて、降雨時の汚濁負荷量を推定した。推定方法の一つは、流量(時間値)と2時間ピッチの水質濃度の連続データから日平均値を算出し、これをもとに日負荷量を算出し1年間分(365データ)を積算したもの。もう一つの推定方法は、毎月一回のデータと採取した時刻の流量から日負荷量を算出し、これを単純に月負荷量に算出した後、月別の負荷量を積算して年負荷量を求める。その結果、前者と比較して後者の方法では、総流出負荷量のうち、多雨年の1993年でわずかに30%、小雨の年の1994年でも50%しか捕捉していないとされ、降雨時の負荷量は明らかに無視できないことが理解された(山野内・田中, 2000)。

### (4) 珪藻基盤から炭素質に富む渦鞭毛藻基盤への生態系変質？

瀬戸内海では、栄養塩負荷の削減過程において、無リン洗

剤の使用促進や下水処理場での選択的除去などにより磷のみが効率的に除去されて、河川から海域へ負荷されるN:P比が上昇した結果、1990年代の瀬戸内海における赤潮の構成種はそれまでの珪藻やラフィド藻主体から、渦鞭毛藻主体に変化してきたことが指摘されている(山本, 2005)。一般に渦鞭毛藻の化学組成は、珪藻に比べて炭素質に富んでおり、COD増加の要因になることが考えられる(田中, 1988)。

### (5) 「窒素飽和」と「シリカ欠損」が沿岸生態系に影響を及ぼしている？

流域管理の面から新たな環境問題として注目されているのが「窒素飽和」と「シリカ欠損」である。

窒素飽和とは、農地や畜舎から揮散するアンモニア、工場や自動車の排ガスに由来する硝酸といった窒素化合物が、大量かつ慢性的に森林に負荷されると、植物や微生物の要求量を超えて生態系で蓄積しきれなくなった窒素が、硝酸イオンとして渓流水に流れ込み、系外へ流出して水源水質や内湾のような閉鎖性水域の富栄養化などの問題を起こす原因となる(渡邊, 2008)。

欧米では80年代半ばから、人間活動に由来する窒素化合物の増加が広範囲にわたる森林衰退の引き金になっている。我が国でもこの問題は、関東地域を始め大都市近郊の森林で、既に渓流水中の硝酸イオン濃度が高いことが明らかになっている(柴田ら, 2003)。しかし人間の手による管理が行きとどいた豊田市郊外の里山林で行った我々の調査では、大量の窒素が系外へ流出していないものの、降水中に含まれる1haあたりの窒素負荷量は、欧米で窒素飽和の指標となる年間10kgを超えていること、及び渓流水中に土壌の酸性化に伴うアルミニウムの流出が認められた(吉田ら, 2003)。現在はまだ問題視されていないが、降水によって窒素が慢性的に供給され続けると、海域への負荷増大が起きないとも限らないため、注意深いモニタリングが必要である。

珪藻類は、細胞殻の形成のために窒素やリンのほかに珪素(シリカ)が必要である。珪素は地殻を形成する主要な元素である。雨水や河川水が岩石の珪酸塩鉱物に接触すると、その風化作用で溶存珪酸の形で溶け出し、最終的に海域に流入する。シリカ欠損とは、流域に大規模な宅地開発やダム建設されると、土砂と接触する水量が減る、土砂がダム湖に堆積する、ダム湖内では淡水性珪藻類が珪素を摂取するなどにより、海域への流下が減少してしまい、この結果、栄養塩供給のバランスに変化が起これ、植物プランクトン群集の種組成が変化して、非珪藻型の生態系に変質するという仮説である(原島, 2003)。

我が国は火山国であり降水量も比較的多いことから、シリカ欠損は起こらないと考えられている。しかし三河湾に流入する矢作川では、50年前と比較すると、珪酸塩濃度の低下と、窒素と珪素の栄養塩供給のバランスに乖離が認められて

おり、ダムなどの影響によって流下する栄養塩のバランスが海の珪藻類に不利に働くことは避けがたいという（児玉，2009）。

(6) 貧酸素水塊の拡大に伴う底質からの COD 溶出の増大？

三河湾の底質は、COD 及び強熱減量ともに全国的に見ても有機物濃度が比較的高い。海底近くの水中の酸素がなくなると、富栄養化にとって重大なもう一つの問題が生じる。すなわち、底泥近くの水中の酸素が著しく減少すると、底泥から窒素・リンが溶出・供給され、表層近くに運ばれて再び植物プランクトンの増殖に使われ、富栄養化が一層促進されるようになる。

無酸素になって増える底泥からの溶出量は、酸素が十分にあるときと比べて、窒素で2倍程度、リンで7～8倍、CODで4倍程度高い。また、発生負荷量と溶出量を比較すると、流域で発生する窒素負荷量の約3分の1、リン負荷量の約5分の1が溶出していると試算されている（愛知県環境部，1991）。

(7) 水資源開発による水利用度の向上に伴う河川水量の低下？

河川から流入する淡水は海水と比べ密度が小さいため、湾の表層を沖合に向けて流出していく時に、下層に接している海水を取り込んでいく（連行加入という）。このため、取り込み・連行された海水を補うだけの外海水が沖合から深層を通過して湾奥へ供給される。この場合、川から流れ込んだ水量に等しい海水を外海に押し出すのではなく、河川水の数十倍の外海水が供給され内湾の海水交換を促しているのである。

市野（1997）は、豊川用水の1956～65年の通水前と1983～92年の通水後の河川水量を比較すると、豊川用水による豊川の流量減少は平年で20%程度と見込まれ、少雨の年においては40%に達すると報告している。先に示した渥美湾の90年代のCOD増加は、このような河川流量の減少に伴う密度流の低下による海水交換の悪化が貧酸素水塊の形成に関与していたとも考えられる。

以上をまとめると、図6にあるような物質循環模式図に要約することができる。現在の三河湾生態系では、陸域から湾内に供給される河川水量の低下とそれに由来する有機物や栄養塩に質的变化が生じており、一次生産群集が珪藻基盤から炭素に富む非珪藻基盤へと変質し、これが貧酸素水塊の規模拡大をもたらし、底質からの溶出に伴うCOD負荷を助長してここ10年のCOD増加を誘発したものと推察される。つまり、河川水量の低下→有機物・栄養塩バランス(N/P)の質的变化→貧酸素水塊の拡大→底質からのCOD回帰→水中のCOD増加といった負のスパイラル循環が進行しているため、河川からのBOD物質が減少しても、海域の水質改善が一向に進まないものと推察される。

逆に、こうした負のスパイラル循環を正の方向に変えることができれば、水環境が改善する可能性があるとも言える。従来から水質改善のための栄養塩削減や底質改善のための浚渫などの対策が行われてきたが、このほかに浅海域に分布する水生生物のもつ浄化能を活用することが重要であり、そのためには、水生生物が安定的に棲息できる場の確保や造成を少しずつでも拡大していくことが、連鎖を逆転に導くアプローチの一つであると考えられる。

おわりに（結びに変えて）

河川からの有機物や栄養塩負荷が減少しても、海域の水質改善が進まないのはいったい何故だろうか？

この問題の根源は、既に考察したように、ほとんど流域圏で発生している問題である。森は森、川は川、海は海と、個別に都合のよいように利用し続ければ、システムとしての機能は低下してしまうのは当然である。つまり、システムにはシステムとしての利用・管理が必要であることを示している。

言い換えると、「流域管理」には、水循環を森林、農地、都市、沿岸域といった流域スケールでとらえ、持続可能で良好な水環境を管理しようとする意味が込められている。流域環境が永続的であるためには、我々はもう一度、生活様式や社会構造のあり方、そして科学技術の利用の仕方などを再吟味し、物質循環が完結する形態へ改めることが必要ではないか。

そのうえで表2に示されているように、流域生態系を構成している水田、水辺林、干潟・藻場、ため池といった様々な「場」が年々減少し、その結果として、水源涵養、水質・大気浄化、土壌浸食防止、気候緩和などに代表される公益的機能の役割が完全に消失し、質的低下をもたらしていることに注目しなければならない。しかもそのような「場」の多くは、都市域の側からみるとアーバンフリンジ（都市縁辺地域）として捉えられるところに集中している。したがって、こうした「場」の再生には、生物多様性の保全・回復にも深く関わっ

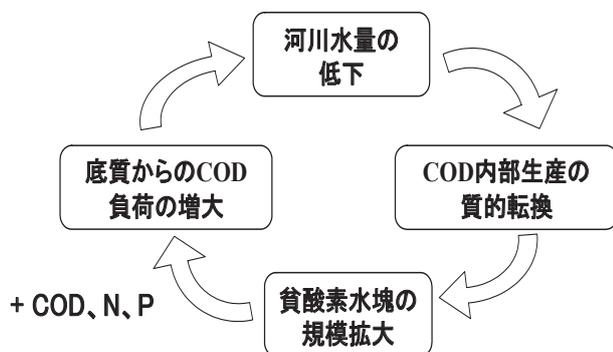


図6. 三河湾におけるCODを巡る負のスパイラル循環模式図。

表2. 森林から海洋への物質循環カスケードと環境修復技術の関係.

自然度: 高い		低い	高い
原生・二次的自然ゾーン		人為的自然ゾーン	川から海への遷移ゾーン
森林 奥山・里山	農地: 水田・畑地・牧草地・ため池	都市空間: 下水道(合流式・分流式)・ノンポイントソース	潮間帯: 干潟・藻場 砂浜・岩礁
源流・上流域		中流域	下流域
		河口部	沖合域

① 水田、水辺林、干潟・藻場、ため池といった流域生態系の場が数量的に減少している。  
 ② その結果、水源涵養、水質浄化、大気浄化、土壌浸食防止、気候緩和等に代表される公益的機能の役割が、完全に消失したり質的低下も同時に起きている。  
 ③ しかし、こうした流域生態系の場の多くは、人間が生産活動を行う都市や農耕地と接する移行域であることが多く、都市の側からみればアーバンフリンジとして捉えられる。  
 ④ したがって、こうした場を活用した応用価値の高い環境修復技術の開発や、場の多様性を高める環境整備が必要である。

ていることでもあり、こうした場を活用した応用価値の高い環境修復技術の開発や「場」の多様性を高める環境整備が重要である。

環境科学はさまざまな「場」を扱うフィールドサイエンスにはかならない。ところが、近年の「合理化」のかけ声のもと地方自治体の調査研究機関が対象とするフィールドそのものが年々狭められていることは、上に述べてきたことに逆行するものとも言える。

地方自治体における調査研究機関の第一の役割は、これまでのように様々な方面での環境モニタリングを着実に実行していくことであるが、それに加えて今後は人工改変された自然環境をいかに修復・再生していくかが問われてくるであろう。その際大事なことは、これから求められる技術とは、一部分での解決のみならず、一部分を変えることにより全体のシステムがどのように変化するかを予測する技術である。一つのパーツを変えることにより、新たな別の問題が発生するのが常であることを強調して本稿を終えたい。

### 謝 辞

長年継続されてきたモニタリング業務は、当然のことながら、愛知県環境調査センターに在籍した数多くの関係者によって引き継がれてきたものである。これらの方々のご尽力なくして本稿は成り立たないものであり、末尾ながら関係各位に改めて感謝の意を表すものである。また、公共用水域水質調査結果のとりまとめには愛知県環境調査センター丹羽智子氏に大変お世話になりました。ここに記して深謝します。

### 引用文献

愛知県 (2006) : あいち水循環再生基本構想—水を結ぶ活力あるあいち—。  
 愛知県 (2007) : 愛知県ため池保全構想—未来に伝えよう地

域のたから—。

愛知県環境部 (1991) : 三河湾栄養塩類溶出実態調査結果。  
 原島省 (2003) : 水循環系のリン・窒素増加と溶存ケイ素減少による海洋環境変質, 環境研究, 129: 47-53。  
 市野和夫 (2005) : 三河湾東部・汽水域の環境の変遷—埋立てによる地形変化とその影響—, 総合郷土研究所紀要, 50: 145-152。  
 伊勢湾再生推進会議 (2007) : 伊勢湾の環境特性, 伊勢湾再生行動計画, 国土交通省中部地方整備局 (編) : 8。  
 児玉真史 (2009) : 栄養塩は流れに乗って—矢作川のモニタリングから—, 科学, 79: 298-303。  
 Kondo, M., T. Sakai, H. Yamamoto and Y. Arakawa (1984): Algal growth potential and limiting nutrient in Mikawa Bay, Jour. Oceanogr. Soc. Japan, 40: 391-396。  
 水制度改革国民会議 (2008) : 水制度改革国民会議通信第1号。  
 柴田英昭・蔵地光一郎・戸田浩人・笹賀一郎 (2003) : 森林流域における河川への窒素流出に課する全国広域比較, 陸水学雑誌, 64: 58-59。  
 田中庸央・佐野方昂・西野友彦・大沼淳一 (1984) : 三河湾表面水中の植物プランクトン由来の二次汚濁量について, 水質汚濁研究, 7: 583-587  
 田中庸央 (1988) : 三河湾における富栄養化機構に関する研究—特に一次生産と物質循環を中心に—。(北海道大学学位論文, 第3436号)  
 山本民次 (2005) : 瀬戸内海が経験した富栄養化と貧栄養化—フィールドは巨大な実験系, 海洋と生物, 158: 203-210。  
 山野内隆英・田中庸央 (2000) : 降水イベントが流域生態系の物質循環特性に及ぼす影響解析—木曾川流域における窒素, リンの流出特性—, 愛知県・名古屋市地域結集型共同研究事業平成11年度研究報告書: 循環型環境都市構築のための基盤技術開発, 399-408。  
 吉田恭司・坂井田稔・丹羽智子・田中庸央・朴昊澤 (2003) :

都市近郊林における降水および流出水の水質特性, 陸水学雑誌, 64:52-54.  
 和田英太郎 (1988): 河口・沿岸域の環境特性. 2. 化学環境. 栗原康 (編), 河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー, 26-31. 東海大学出版会, 東京.  
 渡邊未来 (2008): 森林から窒素が流れ出す—筑波山の窒素飽和—, 国立環境研究所ニュース, 27(5): 6-8.

## 文献目録

(この文献目録には、重複を避けるため、陸の水, 43: 97-99(2010)に掲載した論文を省略してある。)

- 1) 田中庸央 (1973): 酸素収支からみた汚濁河川の生態について (第1報) 付着藻類の現存量, 同化量, 呼吸量と色素の性状, 愛知県公害調査センター所報, 1: 46-54.
- 2) 森鎰男ほか (1973): 愛知県下河川のサブロピ階級 (生物学的水質判定) とあるダイヤグラフからみた水質状況について, 愛知県公害調査センター所報, 1: 55-74.
- 3) 森鎰男・古田正次・鈴木全・林閔一 (1973): 木曾川水質自動計測について, 愛知県公害調査センター所報, 1: 75-80.
- 4) 児玉剛則・荻田晴久・溝口清数 (1973): 愛知県下における養殖ノリ中の微量元素の定量, 愛知県公害調査センター所報, 1: 81-85.
- 5) 荻田晴久・迫口孝文・久米茂行・大沼淳一・荒川幸夫・森鎰男 (1974): 河川および河口部における自浄作用について (第1報) —ある製紙工場排水によるモデル実験および河川 (木曾川) 水質測定結果との関連について—, 愛知県公害調査センター所報, 2, 67-74.
- 6) 荻田晴久ほか (1974): 水質自動観測の実際について —各測定機器の検討と水質状況との関連について—, 愛知県公害調査センター所報, 2: 57-66.
- 7) 古田正次・石原豊・森鎰男 (1974): 活性汚でいによるフェノール化合物の処理過程, 愛知県公害調査センター所報, 2: 75-83.
- 8) 大塚治子・古田正次 (1974): 入鹿池における水温成層と鉄・マンガンの垂直分布季節変化, 愛知県公害調査センター所報, 2, 83-92.
- 9) 古田正次・森鎰男・荒川幸夫・大西喜代嗣・田中進 (1974): TOD測定に関する研究 (第1報) 河川水の自動測定, 愛知県公害調査センター所報, 2: 103-110.
- 10) 松井和夫ほか (1974): 入鹿池の水質汚濁, 愛知県公害調査センター所報, 2, 111-118.
- 11) 松井和夫・山本甫・佐藤正光・河崎忠雄 (1974): 油分測定方法の研究 —赤外線分析法について—, 愛知県公害調査センター所報, 2: 119-136.
- 12) 小林幸資・高井義治 (1974): PCB分析における定量および組成決定の簡素化について, 愛知県公害調査センター所報, 2: 137-142.
- 13) 古田正次・田中進・坂井勉・荒川幸夫・森鎰男 (1975): TOD測定に関する研究 (第2報) 汽水湖および汚濁河川におけるTOD連続測定, 愛知県公害調査センター所報, 3: 51-57.
- 14) 荒川幸夫・山本甫・佐藤正光・大池康夫 (1975): 油分測定方法の研究—染色加工事業所からの排水中の油分について—, 愛知県公害調査センター所報, 3: 58-65.
- 15) 荒川幸夫・荻田晴久・田中庸央・古田正次・久米茂行・大塚治子・西田洋子・坂井勉・田中進・外山正一・森鎰男・丸山泰男 (1975): 愛知県下主要河川における有機汚濁指標 BOD, COD, TOC, TOD について, 愛知県公害調査センター所報, 3, 124-134.
- 16) 荻田晴久・荒川幸夫 (1976): 河川および河口部における自浄作用について (第2報) —自浄作用と環境容量—, 4, 42-49.
- 17) 古田正次・大塚治子・荒川幸夫・高井善治 (1976): 出水時河川水中の懸濁物質および重金属元素 (マンガン, 亜鉛, 銅) の濃度変化, 愛知県公害調査センター所報, 4, 50-56.
- 18) 荻田晴久・佐野方昂・外山正一・荒川幸夫・高井義治・吉本健二 (1976): 水質自動観測の実際について (第2報) 感潮水域における水質自動測定の例, 愛知県公害調査センター所報, 4: 37-41.
- 19) 大塚治子・古田正次・荒川幸夫 (1976): 浚渫による湖沼堆積物中重金属元素の分布変化, 愛知県公害調査センター所報, 4: 57-63.
- 20) 都築崇之・鈴木全・三浦俊子・彦坂治・富田裕次 (1976): イオン電極による河川中の硝酸性窒素の簡易定量法, 愛知県公害調査センター所報, 4: 64-68.
- 21) 佐藤正光・山本甫・松井和夫 (1976): 油分測定方法の研究 (第3報) 工場・事業場排水中の動植物油脂様物質, 愛知県公害調査センター所報, 4: 69-72.
- 22) 古田正次・荒川幸夫・高井善治 (1977): 水質汚濁の予測と制御に関する研究 (第1報) 発見的自己組織化法 (GMDH) による木曾川の濁度変動の表現, 愛知県公害調査センター所報, 5: 34-39.
- 23) 児玉剛則・江場弘樹・奥田仁志・織田春雄 (1977): 濃度相関マトリックス法による河川底質の相関性について, 愛知県公害調査センター所報, 5: 40-47.
- 24) 荻田晴久・荒川幸夫 (1977): 河川および海域における底質汚染について (第1報) 汚染海域の底質汚染, 愛知県公害調査センター所報, 5, 48-62.
- 25) 児玉剛則・奥田仁志・織田春雄 (1977): 豊川水系における微量化学物質および重金属類の存在形態について, 愛知

- 県公害調査センター所報, 5: 63-68.
- 26) 鈴木全・富田祐次(1977): 紫外線光度法を用いた河川水中の有機物量の測定について, 愛知県公害調査センター所報, 5: 69-74.
- 27) 近藤正夫・荒川幸夫・高井善治(1977): 採石場における酸性廃水の形成(第1報)硫酸を生成する細菌の分離とその同定, 愛知県公害調査センター所報, 5: 75-84.
- 28) 佐藤正光(1977): たん白質-タンニン酸複合体による水中微量水銀の分離濃縮法, 愛知県公害調査センター所報, 5: 85-89.
- 29) 佐藤正光・外山正一・山本甫・松井和夫・高井善治(1977): 油分測定方法の研究(第4報)IR法による工場排水, 家庭排水および河川水中の油分について, 愛知県公害調査センター所報, 5: 90-93.
- 30) 都築崇之・鈴木全・三浦俊子・富田祐次(1977): 環境試料中の亜硝酸性窒素定量における前処理法について, 愛知県公害調査センター所報, 5: 130-135.
- 31) 織田春雄・児玉剛則・奥田仁志(1977): 豊川水系における微量化学物質および重金属類の調査結果, 愛知県公害調査センター所報, 5: 159-163.
- 32) 小川務・児玉剛則・江場弘樹・高木義治(1977): 伊勢湾及び渥美湾の底質中金属元素について, 愛知県公害調査センター所報, 5: 164-191.
- 33) 愛知県公害調査センター編(1977): 庄内川における付着藻類の植生と有機汚染, 18pp. + pls.22
- 34) 荻田晴久・坂井勉・近藤正夫・荒川幸夫・高井善治(1978): 水質自動観測の実際について(第3報)乙川, 巴川, 新川におけるTOD連続測定, 愛知県公害調査センター所報, 6: 23-27.
- 35) 近藤正夫・坂井勉・山本甫・高井善治・荒川幸夫・荻田晴久(1978): 河川水中における有機物の挙動とそのモデル機構, 愛知県公害調査センター所報, 6: 28-34.
- 36) 古田正次・荒川幸夫・高井善治(1978): 水質汚濁の予測と制御に関する研究(第2報)汽水湖の水質変動特性, 愛知県公害調査センター所報, 6: 42-48.
- 37) 坂井勉・荻田晴久・荒川幸夫・高井善治(1978): 愛知県内における海水および河川水中のセレンの存在量について, 愛知県公害調査センター所報, 6: 56-64.
- 38) 水野勝・鈴木全・富田祐次・小島一郎(1978): 紫外吸光度法を用いた河川水中の有機物量測定について, 愛知県公害調査センター所報, 6: 81-110.
- 39) 児玉剛則・織田春雄(1978): クラスタ分析による底質試料の類似性の判定, 愛知県公害調査センター所報, 6: 117-121.
- 40) 都築崇之・宇佐見義博・富田祐次・小島一郎(1978): 環境汚染物質の測定における前処理方法の検討(第2報)用排水中の硝酸性窒素定量の前処理方法, 愛知県公害調査センター所報, 6: 133-137.
- 41) 児玉剛則(1978): 水および底質中のクロルフェノール化合物の分析と水中における残留性支配の要因について, 愛知県公害調査センター所報, 7: 8-22.
- 42) 荻田晴久・坂井勉・久米茂行(1978): 河川および海域における底質汚染について(第2報)伊勢湾・三河湾底質中のTotal-N, Total-P, Sulfide-Sの濃度分布, 愛知県公害調査センター所報, 6: 35-41.
- 43) 大塚治子・古田正次・藤田誠・荒川幸夫・高井善治(1978): 降雨増水時における河川水中重金属元素の濃度とその流出量(その2), 愛知県公害調査センター所報, 6: 49-55.
- 44) 藤田誠・古田正次・大塚治子・荒川幸夫・高井善治(1978): 矢田川における晴天時水質変動, 愛知県公害調査センター所報, 6: 111-115.
- 45) 原田文男・原田恵治・高橋正夫・鳥居節代・稲垣謙介・赤羽誠夫・高井善治(1978): 豊川市内の河川の水質について, 愛知県公害調査センター所報, 6: 116-120.
- 46) 古田正次・山本甫・荒川幸夫(1979): 汚濁河川における水質変動について, 愛知県公害調査センター所報, 7: 23-28.
- 47) 佐藤正光ほか9名(1979): 自動コンポジットサンプラーおよび自動サンプラーによる水質汚濁負荷量の測定, 愛知県公害調査センター所報, 7: 37-43.
- 48) 近藤正夫・山本甫・荒川幸夫・高井善治(1979): 藻類の生理と富栄養化(第1報)-藻類培養試験による内湾における富栄養化の評価, 愛知県公害調査センター所報, 7: 30-36.
- 49) 原田文男・古田正次・大塚治子・山本甫(1980): 豊川における窒素の形態及び負荷量, 愛知県公害調査センター所報, 8: 41-48.
- 50) 大塚治子・古田正次・原田文男・山本甫(1980): 豊川順流部の出水時におけるリンの移送形態, 愛知県公害調査センター所報, 8: 101-104.
- 51) 佐野方昂(1980): 三河湾海水を用いたリンの無機化実験, 愛知県公害調査センター所報, 8: 110-116.
- 52) 田中正明・鳥居和孝・吉本健二(1980): 三河湾に発生した*Prorocentrum levantinoides* BURSAの赤潮について, 水処理技術, 21, 815-819.
- 53) 近藤正夫・原田文男・坂井勉・田中庸央・西野友彦・山本甫・荒川幸夫(1981): 藻類の生理と富栄養化(第3報)-三河湾における潜在的藻類生産力(AGP)とその制限因子, 愛知県公害調査センター所報, 9: 29-33.
- 54) 大塚治子・古田正次・山本甫・荒川幸夫(1981): 河川水質自動観測地点における濁度との濃度相関を利用した鉄, リン, マンガンの年間負荷量の推定, 愛知県公害調査センター所報, 9: 34-40.
- 55) 荻田晴久・佐野方昂・中井信之(1981): 河川および海域

- における底質汚染について（第3報）伊勢湾・三河湾における表層堆積物中有機物の炭素同位体組成について，愛知県公害調査センター所報，9, 46-54.
- 56) 古田正次・大塚治子・山本甫・荒川幸夫（1981）：庄内川感潮部における底泥の巻き上げと移流について，愛知県公害調査センター所報，No.9, 55-62.
- 57) 佐野方昂（1981）：愛知県内河川水中の全リンに占める洗剤起源リンの割合と伊勢・三河湾への流入量，愛知県公害調査センター所報，9, 83-92.
- 58) 宇佐見義博（1982）：三河湾における珪素の季節変化について，水処理技術，23, 1045-1050.
- 59) 近藤正夫・仙田好行（1982）：三河湾における懸濁粒子の分布とその性質，愛知県公害調査センター所報，10, 1-5.
- 60) 古田正次・大塚治子・荻田晴久・都築孝治・小島一郎・吉本健二（1983）：汽水湖油ヶ淵の水質分布（第1報）—短期水質変動について—，愛知県公害調査センター所報，11, 1-9.
- 61) 大塚治子・古田正次・荻田晴久・小島一郎（1983）：汽水湖油ヶ淵の水質分布（第2報）—経年及び季節変動について—，愛知県公害調査センター所報，11, 10-21.
- 62) 佐野方昂・鶴田藤作・山野内隆英・坂部孝夫・伊藤正幸（1983）：窒素・リンからみた豊川流域河川の特徴，愛知県公害調査センター所報，11, 86-95.
- 63) 佐野方昂・鶴田藤作・山野内隆英・伊藤光男・坂部孝夫・伊藤正幸（1984）：窒素・リンからみた豊川流域河川の特徴（Ⅱ），愛知県公害調査センター所報，12, 41-47.
- 64) 近藤正夫・仙田好行（1984）：三河湾における懸濁粒子の分布，水質汚濁研究，7, 46-48.
- 65) Kondo, M., T. Sakai, H. Yamamoto and Y. Arakawa（1984）：Algal growth potential and limiting nutrient in Mikawa Bay, Jour. Oceanogr. Soc. Japan, 40, 391-396.
- 66) 大塚治子・古田正次・高梨俊治・荻田晴久・伊藤正幸（1985）：汽水湖油ヶ淵の水質分布（第3報）—鉛直分布の周年変化について—，愛知県公害調査センター所報，13, 82-92.
- 67) 佐野方昂・山野内隆英・三宅裕治・伊藤光男・坂部孝夫・神谷正俊（1985）：窒素・リンからみた豊川流域河川の特徴（Ⅲ），愛知県公害調査センター所報，13, 107-112.
- 68) 佐野方昂・神谷正俊（1985）：豊川流域における窒素・リンの降下量，愛知県公害調査センター所報，14, 58-62.
- 69) 大塚治子・伊藤正幸（1985）：汽水湖油ヶ淵の水質分布（第4報）—湖水の紫外吸光特性について—，愛知県公害調査センター所報，14, 63-71.
- 70) 宇佐見義博・近藤正夫・田中庸央・伊藤正幸（1986）：最大エントロピー法による赤潮の周期性について，愛知県公害調査センター所報，14, 89-94.
- 71) 近藤正夫・荻田晴久（1986）：*Chlorella pyrenoidosa* の増殖と各態窒素，リンの利用に及ぼす窒素，リンの濃度と組成比の影響，醗酵工学会誌，64(5), 401-406.
- 72) 古田正次・岩瀬敏夫（1988）：木曾川における栄養塩流量，愛知県公害調査センター所報，16, 26-34.
- 73) 大沼淳一・田中庸央・彦坂治（1991）：沈水性植物群落による河川浄化，愛知県公害調査センター所報，19, 23-33.
- 74) 佐野方昂・田中正明・三宅裕治・原浩子・都築崇之・高梨俊治（1991）：ひも接触材付着物の水質浄化に対する一評価実験，愛知県公害調査センター所報，19, 63-67.
- 75) 大沼淳一・田中庸央・彦坂治（1991）：沈水性植物群落による河川浄化（第2報），愛知県公害調査センター所報，20, 21-27.
- 76) 大沼淳一・彦坂治（1993）：合瀬川の付着藻類（1），愛知県公害調査センター所報，21：37-48.
- 77) 佐野方昂・近藤浩史・羽田野良一（1993）：汚濁河川における底質の自然浄化能，愛知県公害調査センター所報，21：49-58.
- 78) 佐野方昂・都築崇之・羽田野良一（1993）：葉面付着物が河川流域の物質収支に及ぼす影響，愛知県公害調査センター所報，21：59-62.
- 79) 佐野方昂・古田正次・羽田野良一（1994）：河川集水域の特徴と流出特性 - 巴川における調査例 - ，愛知県公害調査センター所報，22：55-60.
- 80) 大沼淳一・井口季敏・木村康男・佐野昌之・柴田晋・鈴木亮太・名和正博（1994）：入鹿池のプランクトン，愛知県公害調査センター所報，22：61-72.
- 81) 原田文男・羽田野良一（1996）：佐奈川における水質の変遷と現状について（Ⅰ）—水質の変遷と統計学的評価—，愛知県環境調査センター所報，24：65-70.
- 82) 原田文男・吉田豊・羽田野良一（1996）：佐奈川における水質の変遷と現状について（Ⅱ）—水質の現状と河床付着物現存量の変動—，愛知県環境調査センター所報，24：71-76.
- 83) 佐野方昂・荻田晴久（1996）：河川流域土壌の自然浄化能力，愛知県環境調査センター所報，24：77-86.
- 84) 佐野方昂・荻田晴久（1997）：河川流域土壌の自然浄化能力（2）—脱窒能—，愛知県環境調査センター所報，25：33-44.
- 85) 戸澤範行・原田文男（1997）：音羽川における水質と河床付着物量の変動について，愛知県環境調査センター所報，25：45-50.
- 86) 大沼淳一（1997）：入鹿池の渦鞭毛藻類 *Peridinium bipes*，愛知県環境調査センター所報，25：51-54.
- 87) 水野修・都築崇之・佐野昌之・石川創・長鎌文明・岩崎翼（1998）：中小河川における流出農薬の挙動について，愛知県環境調査センター所報，26：47-50.
- 88) 大沼淳一・岩崎翼・長鎌文明・佐野昌之・都築崇之・水

- 野修 (1998) : 入鹿池の水の華, 愛知県環境調査センター所報, 26 : 51-60.
- 89) 原田文男・戸澤範行・昆野和典 (1998) : 東三河地域河川における生物学的な水質評価の試み, 愛知県環境調査センター所報, 26 : 61-70.
- 90) 大沼淳一・岩崎翼・長鎌文明・都築崇之・服部嘉治・水野修 (1999) : 入鹿池における植物プランクトンの鉛直分布, 愛知県環境調査センター所報, 27 : 39-44.
- 91) 戸澤範行・原田文男 (1999) : 汐川における水質の変遷と現状について, 愛知県環境調査センター所報, 27 : 45-50.
- 92) 坂井田稔・久米茂行・高田文子・岡田登・中村建次・田中庸央 (2000) : 愛知県における地下水中の砒素に関する一考察, 愛知県環境調査センター所報, 28 : 43-48.
- 93) 服部嘉治・水野修 (2000) : DO 計とパソコンによる BOD 測定, 愛知県環境調査センター所報, 28 : 49-54.
- 94) 大沼淳一 (2001) : 三河湾における底泥からの栄養塩類溶出フラックス, 愛知県環境調査センター所報, 29 : 67-94.
- 95) 酒井祥亘 (2001) : 水質表示及び解析ソフトを用いた公共用水域データのイメージ化, 愛知県環境調査センター所報, 29 : 95-102.
- 96) 服部嘉治 (2001) : 富栄養化汽水域湖沼の水質特性とシジミによる浄化実験について, 愛知県環境調査センター所報, 29 : 103-110.
- 97) 坂井田稔・久米茂行・高田文子・岡田登・中村建次・田中庸央 (2001) : 愛知県における地下水中のふっ素, 愛知県環境調査センター所報, 29, 115-120.
- 98) 丹羽智子 (2001) : 高分子錯体による濃縮を組み合わせたバッチ法による低濃度リン酸イオンの定量, 愛知県環境調査センター所報, 29 : 121-124.
- 99) 古田正次 (2002) : 木曾川水質データの時系列解析, 愛知県環境調査センター所報, 30 : 37-44.
- 100) 大沼淳一・丹羽智子 (2002) : 水質自動観測データチェックのための異常値事例研究, 愛知県環境調査センター所報, 30 : 45-58.
- 101) 山野内隆英 (2002) : 流域構造の把握手法としての GIS の構築とその問題点—湖沼流域への適用事例—, 愛知県環境調査センター所報, 30 : 59-68.
- 102) 高田文子・坂井田稔・岡田登・久米茂行・中村建次・田中庸央 (2002) : 水中揮発性有機化合物のルーチン分析における課題について, 愛知県環境調査センター所報, 30 : 75-80.
- 103) 大沼淳一・丹羽智子 (2004) : 入鹿池の水の華 (第 2 報) —発生原因と水質管理方法に関する考察—, 愛知県環境調査センター所報, 32 : 19-30.
- 104) 山野内隆英 (2004) : 河川水質の評価方法について—木曾川の COD データによる統計的な検討—, 愛知県環境調査センター所報, 32 : 31-38.
- 105) 丹羽智子・大沼淳一 (2005) : 入鹿池とその集水域の水質特性, 愛知県環境調査センター所報, 33 : 27-32.
- 106) 水野勝・日向美奈子・中村健次 (2005) : 吸光度法によるほう素測定の検討, 愛知県環境調査センター所報, 33 : 51-56.
- 107) 佐野方昂・今泉雅紀・都築崇之 (2005) : 汐川, 伊川津干潟の底生生物と生息環境・観察ノート, 愛知県環境調査センター所報, 33 : 73-80.
- 108) 吉田恭司・丹羽智子 (2005) : 愛知県内の花崗岩帯における溪流河川水の水質特性, 愛知県環境調査センター所報, 33 : 44-50.
- 109) 服部嘉治 (2006) : 「伊勢湾」流域における水質解析手法に関する研究, 愛知県環境調査センター所報, 34 : 15-36.
- 110) 水野勝・日向美奈子・中村健次 (2006) : 地下水の硝酸性窒素について, 愛知県環境調査センター所報, 34 : 36-42.
- 111) 今泉雅紀・加藤久・佐野方昂 (2006) : 汐川, 伊川津干潟の底生生物と生存環境・観察ノート 2, 愛知県環境調査センター所報, 34 : 79-88.
- 112) 服部嘉治・横井歩・大塚治子 (2007) : 矢作川に関する環境関連情報の一元的把握, 愛知県環境調査センター所報, 35 : 37-46.
- 113) 山野内隆英 (2007) : 対照的な流域構造を持つ河川における濁度と COD の流出挙動の解析, 愛知県環境調査センター所報, 35 : 47-54.
- 114) 水野勝・佐野昌之 (2007) : 生物学的処理施設からの排水の pH について, 愛知県環境調査センター所報, 35 : 55-60.
- 115) 高田文子・尾崎聡・片岩憲成 (2007) : 環境測定事業者を対象とした水質分析精度調査事業について, 愛知県環境調査センター所報, 35 : 61-70.
- 116) 水野勝・高田文子・片岩憲成 (2008) : 生物学的処理施設からの排水の TOC について, 愛知県環境調査センター所報, 36 : 17-22.
- 117) 増永信夫・猿渡謙次・水野勝・石川創・片岩憲成 (2008) : 愛知県内の地下水中のふっ素に関する研究, 愛知県環境調査センター所報, 36 : 23-28.
- 118) 角脇怜・吉田恭司 (2009) : スチレンジビニルベンゼン共重合体樹脂を用いた天然水中における疎水性と親水性の溶存有機物の分画, 水環境学会誌, Vol.32(4), 205-211.
- 119) 田中庸央 (2009) : 愛知の水環境—過去・現在そしてこれから—, 尾張保全協「会報」, 第 26 号, 3-6.
- 120) 丹羽智子・吉田恭司 (2010) : 知多半島におけるため池水質の化学特性, 陸の水, 43, 17-23.
- 121) 吉田恭司・丹羽智子・大沼淳一・白金昌子・野崎健太郎 (2010) : 深層曝気が行われているダム湖での水温, 水質分布の観測—愛知県巴川・羽布ダム湖における事例, 陸の水, 43, 37-44.