

原著論文

福岡県内の河川汚濁の変遷

志水信弘, 松尾宏, 笹尾敦子, 中村又善

1984年から2001年までの県内河川水の水質データを用い, 生物化学的酸素要求量(BOD), 全窒素(T-N)及び全リン(T-P)に関して長期的な汚濁の変遷を明らかにするとともに河川汚濁の進行及び改善の要因を解析した。その結果, 各地域の河川の傾向は, 汚濁傾向の組み合わせにより4つの類型(都市, 都市とその周辺ベッドタウン, 開発進行中の農村地帯, 旧産炭地)に分類できた。また, 排水対策の進んでいる地域においても, T-N及びT-Pは増加傾向にあることが多く, 排水の高度処理対策を推進する必要があると考えられた。特にT-Nは, 県内のほとんどの地域で増加傾向にあり, N/P比の増加など水質のバランスを変化させる現象が見られた。

[キーワード : BOD, T-N, T-P, 河川汚濁, 変遷]

1 はじめに

昭和45年(1970年)の公害対策基本法の制定により, 福岡県内では環境基準設定に基づき類型指定を行い, 環境基準点は現在では33海域, 140河川, 5湖沼となっている。

これらの監視点については, 水質の保全や汚濁機構の解明等を目的として水質の測定および監視を行っている。また河川水等環境水のデータについては, 国土交通省, 福岡県, 市町村の水質測定結果について福岡県で昭和45年(1970年)以降継続的に集約し, 1984年以降公共用水域システムとして管理されている。これら長期の水質データを用い汚濁の変遷とその要因を解析し, その対策を検討することは水質保全施策にとって非常に重要であり, 様々な手法により解析した事例^{1), 2), 3)}がある。しかし, これまで福岡県内の河川事例については検討されていなかった。

そこで, 本研究では1984年から2001年までの県内河川水の生物化学的酸素要求量(BOD), 全窒素(T-N)及び全リン(T-P)に関して, 長期的な汚濁傾向を明らかにし, 県内河川の汚濁状況を類型化するとともに河川汚濁の進行及び改善の要因を解析した。

2 解析方法

2・1 対象期間, データおよび地点

対象期間は, 可能な範囲で最も長期的に解析できる1984年から2001年までとした。対象データは, 公共用水域システム登録データのうち河川の汚濁の一般的指標で

あるBODや富栄養化に関係するT-NおよびT-Pとした。また対象地点は, 河川調査地点のうちBOD, T-N, T-Pの3項目のデータが10年以上に亘って蓄積されている地点とした。公共用水域システムには, 現在476地点(河川, ダムおよび海域を含む)の水質測定データがあるが, このうち前記の条件に合致する地点は168地点であった。

2・2 抽出データ及び異常値の棄却

公共用水域システム登録データは, 地点毎にBODは12個/年, T-N, T-Pは2個/年が登録されており, データ数は33873個(各地点につき平均200回の測定に相当する)であった。また, 各T-N濃度値をT-P濃度値で除することにより全窒素—全リン比(N/P比)を計算した。また, 登録データのうち年間平均値の5倍以上超過するデータを異常値として棄却し, 抽出したデータを各地点, 項目毎に全データの年平均値を再計算した。

2・3 データ解析

地点毎, 各項目毎(BOD, T-N, T-P, N/P比)の年平均値の経年変化を求め, 変化の推移を回帰係数(a)として数値化した。

回帰係数(a)は, 水質の長期的傾向に変化が無ければ0に収束する。また, 水質値が増加傾向にあれば正($a > 0$)となり, 水質値が減少傾向にあれば負($a < 0$)となる。このように傾きは, その測定点の長期的傾向を表しており, 傾きの値の正負又は大小を解析することにより測定地点の河川の推移を評価した。

2・4 評価

BOD、T-N、T-Pの各測定項目は濃度範囲がそれぞれに異なっているため、回帰係数の値も範囲がそれぞれ異なっていた。各項目間の比較を容易にするために、回帰係数（a）の標準化を行った。標準化は回帰係数（a）を平均水質値で除することで行い、インデックス値とした。またN/P比は無次元の値であるが、平均値を使用し他の項目と同様に取り扱い、インデックス値を求めた。下記に計算式を示す。

インデックス値＝（回帰係数/平均水質値（BOD、T-N、T-P）又は平均値（N/P比））×100

このインデックス値は、平均水質値に対する1年あたりの変化量（回帰係数（a））の相当パーセントを表している。

また、各調査地点は表1に示す流域に分類し、それぞれの流域、各水質項目のインデックス値について平均値を計算し、インデックス値の頻度分布についてはヒストグラムを作成した。

3 結果および考察

3・1 インデックス値及びその頻度分布

県内全河川及び流域毎に計算したインデックス値の平均値を各項目毎に表1に示す。また頻度分布は、県内全河川の計算結果について図1から図3に示す。他の流域のインデックス値の頻度分布は省略する。また、各結果の考察については、以降に述べる。

表1 各流域、各項目のインデックス値の平均値

流域	BOD	T-N	T-P
県内全河川	-1.2	0.36	0.16
筑後川水系河川	-0.97	1.1	0.08
矢部川水系河川	-0.33	0.74	-0.25
大牟田市内河川	-0.48	0.76	-1.4
遠賀川水系河川	-1.5	-1.0	0.40
豊前海流入河川	1.0	0.53	1.6
北九州市内河川	-3.8	-0.30	-2.0
筑前海流入河川	-2.7	-0.10	1.5

3・2 県内全河川

BODのインデックス平均値は1.2%/年の減少傾向を示していた。BODのインデックス値の頻度分布は（ $-2 \leq X < 0$ ）にピークを示し、全地点の29%であった。減少傾向を示す地点は全地点の63%を占めており、県内の多くの地点ではBODは減少傾向にあると考えられる。

T-Nのインデックス平均値は0.36%/年のわずかな増加

傾向であり、県内の多くの地点でT-Nは増加傾向にあると考えられる。T-Nのインデックス値の頻度分布は、増加傾向を示す（ $0 \leq X < 2$ ）にピークを示し、全地点の50%であった。また（ $2 \leq X < 4$ ）の大幅な増加傾向を示す地点も18%あり、増加傾向を示す地点は全地点の69%を占め、T-Nは増加傾向にあると考えられる。

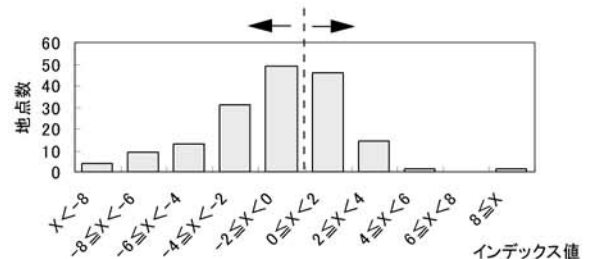


図1 インデックス値の頻度分布（全地点：BOD）

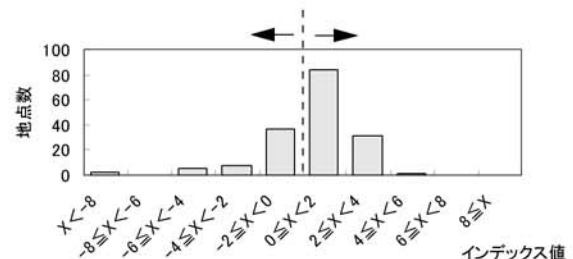


図2 インデックス値の頻度分布（全地点：T-N）

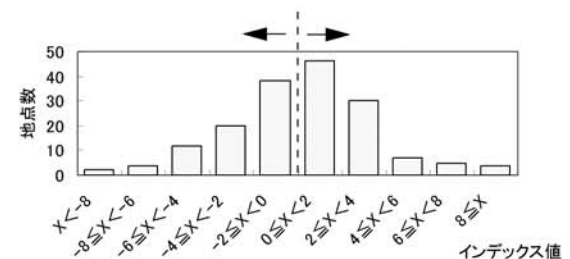


図3 インデックス値の頻度分布（全地点：T-P）

T-Pのインデックス平均値は0.16%/年であり、T-Nのインデックス平均値と比較し増加の傾向は小さく、変化が少なかった。T-Pのインデックス値の頻度分布は、微少な増加傾向を示す（ $0 \leq X < 2$ ）の階級にピークを示し、全体の27%を占めていた。また、（ $0 \leq X < 2$ ）の階級に属する地点と（ $-2 \leq X < 0$ ）の階級に属する微少な減少を示す地点は全体の約49%を占めていた。

これらのことから県内の河川の全体的な傾向は、BODは減少傾向にあり、T-Nはわずかな増加傾向を示し、T-Pは変化が少なかった。

3・3 筑後川水系河川

BODのインデックス平均値は、0.97%/年の減少傾向を示し、頻度分布も62%の地点が負の値をとり、減少傾向にある地点が過半数であった。T-Nのインデックス平均値は、1.1%/年の増加傾向を示し、82%の地点で正の値をとっており、この地域では特にT-Nが増加している地点が多かった。T-Pのインデックス平均値は0.08%/年と小さく、BODやT-Nほど変化は大きくなかった。

これらのことから筑後川水系の河川は、BODは減少傾向、T-Nは増加傾向をそれぞれ示し、T-Pについてはあまり変化がないものと考えられた。

3・4 矢部川水系河川

BODインデックスの平均値は、0.33%/年の減少傾向を示したが、他地域の平均と比較し変化の割合が小さかった。

T-Nのインデックス平均値は、0.74%/年の増加傾向を示し、頻度分布は85%の地点が正の値でありT-Nは増加傾向であった。T-Pのインデックス平均値は、0.25%/年の減少傾向を示したが、頻度分布は、69%が微少な増加または減少を示す階級に属し変化が小さい地点が多かった。

これらのことから矢部川水系河川では、BODやT-Pは変化が少なく、T-Nのみが増加傾向を示していた。

3・5 大牟田市内河川

BODのインデックス平均値は、0.48%/年の減少傾向であり、68%の地点が負の値であった。T-Pのインデックス平均値は1.4%/年の減少傾向であり、75%の地点が負の値であった。特にT-Pのインデックス平均値は、県内全地点のインデックス平均値と比較し大幅な減少傾向を示した。一方、T-Nのインデックス平均値は、0.76%/年の増加傾向を示し、頻度分布は63%の地点が正の値であった。

これらのことから大牟田市内河川では、BODやT-Pは減少傾向を示し、T-Nのみが増加傾向を示していた。

3・6 遠賀川水系河川

BODのインデックス平均値は1.5%/年の減少傾向を示したが、BODのインデックス値の頻度分布は、76%の地点が負の値であった。また、インデックス値が正の値をとる地点は、わずかな増加を示す($0 < X < 2$)の階級にすべて属しており、その増加傾向は小さく、BODは減少傾向であった。

T-Nのインデックス平均値は、1.0%/年の減少傾向を示したが、($X < -8$)の非常に大きく減少傾向を示す地点

等が含まれたことに影響されている。T-Nのインデックス値の頻度分布は、76%の地点が微少な減少または増加を示す階級($-2 < X < 0$)と($0 < X < 2$)に属し、変化が少ない地点が多かった。

T-Pのインデックス平均値は、0.40%/年の増加傾向を示したが、大きく増加を示す地点数が9.5%あり、この影響と思われる。インデックス値の頻度分布は、微少な減少または増加傾向にある階級($-2 < X < 0$)または($0 < X < -2$)に57%の地点が属しており、変化が少ない地点が多かった。

これらのことから、遠賀川水系河川ではBOD、T-N、T-Pの各項目の変化があまり無いと考えられる。

3・7 豊前海流入河川

豊前海流入河川の各インデックス平均値は、BODが1.0%/年、T-Nが0.53%/年、T-Pが1.6%/年の増加傾向を示し、他地域と異なって特徴的であった。特にT-Pのインデックス平均値は、全県の平均値の20倍とかなり大きな増加傾向を示していた。各インデックス値の頻度分布は、BODは76%、T-Nは68%、T-Pは72%の地点が正の値を取り、平均値も全て正の値を取り、これらすべてが増加傾向にあることを示している。

これらのことから豊前海流入河川は、BOD、T-N、T-Pの全ての項目で増加傾向にあった。

3・8 北九州市内河川

インデックス平均値は、BODで3.8%/年、T-Pで2.0%/年の大きな負の値を取り、BODやT-Pに関しては減少傾向にあった。BODやT-Pのインデックス平均値は、全地点の平均値と比較してかなり大幅な低下傾向を示す特徴的な数値であった。インデックス値の頻度分布は、BODでは94%、T-Pでは72%の地点が負の値であった。一方、T-Nのインデックス平均値は、0.30%/年の若干の減少傾向を示す程度であった。

T-Nのインデックス値は、67%の地点が微少な減少または増加を示し、T-Nの変化は小さかった。

このことから北九州市内河川では、BODやT-Pは大きな減少傾向にあり、T-Nの変化は少ないと考えられる。

3・9 筑前海流入河川

BODのインデックス平均値は、2.7%/年の増加傾向を示し、全地点の平均値と比較し大きな減少傾向を示していた。頻度分布は、80%の地点が負のインデックス値を示し、ほとんどの地点で減少傾向にあった。

T-Nのインデックス平均値は大きく減少を示す地点が含まれているため0.1%/年の減少傾向を示した。しかし、

インデックス値の頻度分布はT-Nでは68%の地点で、T-Pでは72%の地点でインデックス値が正の値をとっており増加傾向にある。特にT-Pは、大きく増加傾向にある階級に属するものが48%の地点あり、T-Pの増加傾向が顕著であった。

これらのことから筑前海流入河川では、BODは減少傾向にあり、T-NやT-Pは増加傾向にあると考えられる。

3・10 BOD, T-N, T-Pの長期的傾向

長期的傾向は、インデックス値が0.5以上を増加、-0.5以下を減少、また0.5または-0.5未満を変化なしと評価した。またインデックス値の平均値と頻度分布を評価した結果、平均値が一部の高いまたは低いインデックス値の影響を受けている流域（BOD（大牟田市内河川）及びT-N（県内全河川、遠賀川水系河川、筑前海流入河川））は、頻度分布の傾向を採用した。その結果を県内全河川及び流域毎にまとめ、表2に示す。

結果からはBODは5流域が減少傾向を示し、1流域で増加傾向にあった。T-Nは5流域が増加傾向を示し、2流域は横ばいであった。T-Pは、2流域で増加傾向を示し、2流域で減少傾向を示し、3流域で横ばいであった。

表2 BOD, T-N, T-Pの長期的傾向のまとめ

流域	BOD	T-N	T-P
県内全河川	▼		-
筑後川水系河川	▼		-
矢部川水系河川	-		-
大牟田市内河川	▼		▼
遠賀川水系河川	▼	-	-
豊前海流入河川			
北九州市内河川	▼	-	▼
筑前海流入河川	▼		

：増加，▼：減少，-：変化なし

表3 類型と汚濁傾向の特徴及び該当流域

類型	流域の特徴	汚濁傾向の特徴	該当流域
I	都市	BOD, T-N, T-Pが減少 か横ばい	北九州市内
II	都市と周辺ベ ッドタウン	BODは減少または横ば い, T-Nが増加傾向	筑後川水系 矢部川水系 大牟田市内 筑前海流入
III	開発進行中の 農村地帯	BOD, T-N, T-Pが増加 傾向	豊前海流入
IV	旧産炭地域	BODは減少, T-N, T-P の変化が少ない	遠賀川水系

以上検討した地域ごとの汚濁傾向の特徴を基にし、表3のように4つの類型に分類した。

I類型は、北九州市のように下水道の普及が促進された地域である。下水道の普及は、汚濁を浄化することにより河川に流れ込む汚濁負荷量を低減化する。この地域では、河川に流れ込む汚濁負荷量が減少したためBOD等が減少傾向にあるものと思われる。

II類型は、福岡市、久留米市のような中心地とその周辺のベッドタウンが発展した地域である。中心都市では、下水道の普及しているが、人口の増加している周辺地域では下水道の普及や合併浄化槽の設置が今後進められる地域である。これらの地域では、有機汚濁を処理する対策は進められているが、窒素やリンの除去といった高度な排水処理対策が進んでいないためにこのような特徴が見られると考えられる。この地域は、今後の栄養塩類に対する処理対策を進めてゆく必要がある。

III類型は、下水道など排水対策が普及していない地域である。この流域の増加傾向要因の一つは、この地域が工場誘致等による産業の活性化や、福岡北部大都市圏の北九州市のベッドタウン化が進行しているにもかかわらず下水道の普及が進んでいないことが考えられる。現在、下水道等が敷設されつつあり、今後1又は2のようなパターンに移行すると思われるが、生活排水等の排水処理対策を進める必要があると思われる。

IV類型の地域では、筑豊地域の炭坑の閉山等により人口が減少した地域である。人口の減少は、汚濁排出源が減少するため、河川への流入負荷量を直接的に減少させる。このため水質汚濁は、減少傾向を示すと考えられるが、この地域は下水道等が普及していないため、生活排水等の影響を受けると考えられる。また、近年のライフスタイルの変化により生活排水の質及び量が変化し、一人当たりの汚濁負荷排出量が増加していると考えられる。そのため、人口減少による排出負荷量の減少と生活排水等からの排出負荷量の増加が均衡し、見かけ上負荷量の増減が見えないと考えられる。

T-Nの全体的傾向はインデックス平均値が0.36%が示すようにわずかに増加傾向を示した。増加傾向を示す流域は筑後川水系河川、矢部川水系河川、大牟田市内河川、豊前海流入河川、筑前海流入河川であった。これらの流域は、減少傾向を示す流域と比較し、いずれの流域にも農業地帯が含まれているのが特徴的であり、今後、T-Nに対する施肥による寄与⁴⁾も検討する必要がある。

3・11 N/P比の長期的傾向

N/P比はT-N値をT-P値で除して得られる値であるが、この値は植物プランクトンの優占種等を決定する要因と

もいわれている。N/P比の著しい偏りは、自然環境を大きく損なう要因の一つであるので、N/P比のバランスについて検討した。

N/P比について、インデックス平均値と増加傾向および減少傾向を示す地点の割合を表4に示す。

全地点の平均値は0.79%/年と増加傾向を示していた。頻度分布は微少な増加傾向を示す階級(0 < X < 2)と微少な減少傾向を示す(-2 < X < 0)を中心に正規分布様の頻度分布を示した。

特徴的な地点は、筑後川水系河川、矢部川水系河川、大牟田市内河川、北九州市内河川であった。これらの河川は、1%/年を超えるような増加傾向を示し、頻度分布も平均7割以上が増加傾向を示す地点であった。

表4 N/P比のインデックス平均値と分布

流域	インデックス 平均値(%/年)	増加傾向を 示す地点(%)	減少傾向を 示す地点(%)
県内全河川	0.79	55	45
筑後川水系河川	1.6	80	20
矢部川水系河川	1.2	77	23
大牟田市内河川	2.1	100	-
遠賀川水系河川	-0.81	43	57
豊前海流入河川	-0.60	32	68
北九州市内河川	2.2	89	11
筑前海流入河川	0.0	40	60

N/P比の増加傾向は、多くの地域で見られる現象であり^{4), 5), 6)}、この原因としてT-Nの増加もしくはT-Pの減少といった要因が考えられるが、本県はN/P比の増加はT-Nの増加を伴うことが多かった。T-Nの上昇要因としては食生活の変化(肉類の摂取の増加)による窒素負荷量の増加、窒素施肥量の増加などの水系へのインプット量が増加することおよび自然界の脱窒システムである水田等湿地の減少が考えられる。また、下水処理システムにおいて脱リン効率に比べて脱窒効率が低い場合もN/P比は上昇する原因となる。N/P比の変化は植物プランクトンの優占種など種の構成に影響を及ぼすと言われており⁷⁾、生態系の攪乱要因になると考えられる。このことからこれまでの汚濁の量的な水質の維持管理だけでなく、バランスのとれた水質を維持管理する対策について検討していく必要があると考えられる。

4. まとめ

福岡県内の河川汚濁の長期的傾向は、4つの類型(類型Ⅰ:都市、類型Ⅱ:都市とその周辺ベッドタウン、類型Ⅲ:開発進行中の農村地帯、類型Ⅳ:旧産炭地)に

分類できた。そのうち都市及びその近郊の排水対策の進んでいる地域においても、栄養塩類の増加傾向が明らかになっており、高度処理等の対策が必要であることが明らかとなった。

一方、豊前海流入河川については、汚濁の進行が進んでいる状況が明らかであり、排水処理対策を進めていく必要が明らかとなった。また、遠賀川流入河川については、人口減少と考えられる要因により汚濁の進行が小康状態にあるが、人口の動態によっては今後の汚濁の進行が予想される。

T-Nは多くの地域で上昇傾向にあり、N/P比の増加など水質のバランスを変化させ続けていることが明らかになった。このことから、水質の各物質のバランスについて注目し、調和のとれた水質の維持管理が必要と考えられる。しかし、これまでの施策は汚濁の濃度もしくは総量等の量的な維持管理が中心であり、水質のバランスはあまり考慮されていなかった。そこで今後は、調和のとれた水質の維持管理に関する対策について検討し、実行していく必要があると思われる。

文献

- 1) 新矢将尚ら：用水と廃水，44(5)，367-373, 2002。
- 2) 山本哲也ら：茨城県公技研報，11，43-55，2001。
- 3) 古武家善成ら：兵庫県立公害研究所研究報告，24，23-29, 1992
- 4) 二宮勝幸：横浜市環境科学研究所所報，18，69-74，1994
- 5) 安藤春夫ら：東京都環境科学研究所，60-67，1999。
- 6) 二宮勝幸：横浜市環境科学研究所 環境研資料 No.117 東京湾の富栄養化に関する調査報告書，27-36，1995。
- 7) 稲森悠平ら：用水と廃水，35(1)，19-26，1993。

Long-term variations in river water pollution in Fukuoka prefecture.

Nobuhiro SHIMIZU, Hiroshi MATSUO, Atsuko SASAO, Matayoshi NAKAMURA

** 1 Fukuoka Institute Health and Environmental Sciences
Mukaizano 39, Dazaifu, Fukuoka 818 - 0135, Japan*

We analyzed long-term variations in river water pollution (biochemical oxygen demand (BOD), total nitrogen (T-N) and total phosphorus (T-P)), using water quality data measured between 1984 and 2000 in Fukuoka prefecture and investigated the factors causing increases or decreases could be in river water pollution. The findings showed that rivers in each area classified into 4 typical groups (urban area, city and surrounding commuter towns, developing rural areas and coal-bearing areas in the past) by the combination of trends in water pollutions. The concentration of T-N and T-P was increasing even in areas where wastewater treatments had spread. Therefore, further spread of advanced wastewater treatments needs to be promoted in this area. Especially, the concentration of T-N was increasing in almost all area in Fukuoka prefecture and breaking the balance of water quality such as N/P ratio.

[Key words; BOD, T-N, T-P, river water pollutions, long-term variations]