

## 大東川の水質汚濁に関する原因調査結果について

### Study on Cause for Water Pollution by Organic Matters in Daisoku-River

片山正敏 香川静則 溝渕膺彦  
Masatoshi KATAYAMA Shizunori KAGAWA Munehiko MIZOBUTHI

#### 要旨

1971年から香川県中西部を流れる大東川の継続したモニタリング調査を実施してきたが、法に基づく環境基準点(河川B類型及びC類型)は、いずれの年も基準値を満足することができなかった。平成15年度水質測定結果によるとBODと大腸菌群数が環境基準値以上の値であったことから、有機物による汚濁が著しくその原因調査を実施したところ、下記のことが明らかとなった。1)年間降水量が平均1,141mmで、全国平均値の約66%と少なく、また河川の水量も年間を通して少なかった。2)ため池のBODは2.0mg/l~10mg/lで、河川の環境基準値を満足する水質のため池は一部に過ぎなかった。3)BODの経年変化では、豚の飼育頭数の減少、単独処理浄化槽及び合併処理浄化槽の設置、人口増加及び生活様式の変化の影響が示唆された。4)小型浄化槽からの放流水の水質が悪かった。

キーワード：大東川、有機物汚濁、ため池、BOD、降水量

#### I はじめに

香川県は1971年から35年以上にわたり県下の河川、湖沼及び海域についてモニタリング調査を継続実施し、環境保全及び環境改善に役立てるとともに、長期間にわたるデータを蓄積してきた。このような長期間のデータから水質の変遷<sup>1,2)</sup>を見ることは、単に水質の変化のみならず流域の社会的変化や汚濁削減<sup>3)</sup>の貴重な資料となる。

大東川は香川県中西部を北流して瀬戸内海に流入する、指定延長の合計53.6km、流域面積の合計121.3km<sup>2</sup>の二級河川<sup>4)</sup>で、法に基づく環境基準点が下流の2地点及び中流域にその補足地点3地点が指定され、モニタリング調査を実施してきた。

平成15年度水質測定結果<sup>5)</sup>によると、富士見橋地点(B類型)ではpH、SS、BOD(最大値9.0mg/l)、大腸菌類が、また新町橋(C類型)ではBODが最大5.8mg/lと基準値を超えていた。両環境基準点とも有機物による汚染が継続して認められ、富士見橋地点はBODでの環境基準を一度も満たすことなく現在に至っている<sup>6)</sup>。

これまで河川の改修工事、流域の整備、浄化槽の設置等により水質汚濁の改善に努めてきたが、前述したように依然として環境基準を達成することができない。そこで大東川の水質汚濁の原因又は水質改善が困難な原因を明らかにし、今後の水質汚濁改善に対する一助とするため、流域の汚染原因調査を実施し、若干の知見を得たのでその結果を報告する。

#### II 方法

##### 1 水質調査期間及び方法

ため池の水は14地点で、各ため池の樋付近の岸から表層水を2005年6月~7月に採水し、pH、COD、BOD、クロロフィルa(Chl-aと略す)の測定はJIS法に準じた。

##### 2 流域の概要

(1) 地理的状況及び環境基準点、補足地点

大東川流域の概要、環境基準点、補足地点及び主要なため池を図1に示した。

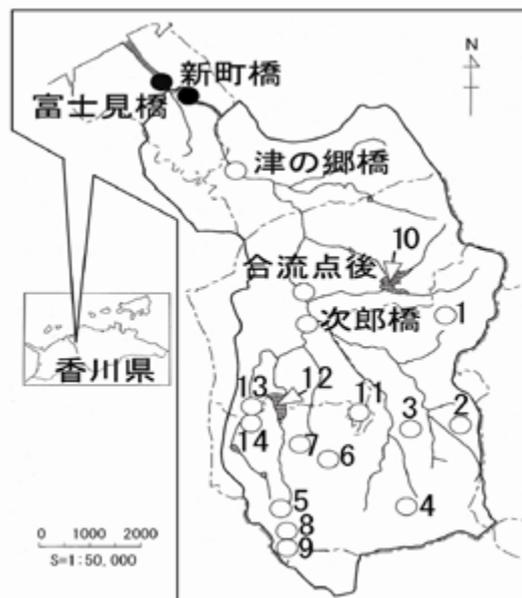


図1 大東川流域の概要

大東川は徳島県との県境に位置する阿讃山脈を源とし、讃岐平野を北進しながら小支川を集め、綾歌郡宇多津町

で瀬戸内海に流入する。流域内の市町は上流域から丸亀市(旧綾歌郡)綾歌町、飯山町の大部分と旧丸亀市、坂出市の一部及び宇多津町の2市1町である。大東川本川は指定延長17.2km、流域面積58.6km<sup>2</sup>で、流入する支川は第1次支川が7河川、第2次支川が4河川、第3次支川が3河川、第4次支川が1河川の計15河川で、それぞれの指定延長は5.5~0.4km、また流域面積は18.2~0.5km<sup>2</sup>で、県内の河川としては河川指定延長で第10番目、流域面積で第9番目の河川である。また、これらの支川は流域内のため池につながっており、河川水のため池への導入及び灌漑期のため池からの放流に重要な役割を担っている。

県内の水不足を解消するため、高知県の早明浦ダムから工業用水、上水道用水、農業用水として香川県内に導水する「香川用水」が1969年5月30日に通水し、流域内の大半のため池がこの香川用水に接続され、灌漑用水の不足分を補うことができるようになった。

環境基準点として新町橋(河口から1.2km)、富士見橋(2.3km)の2地点が、また補足地点として津の郷橋(3.5km)、台目川合流点後(8.7km)、次郎橋(9.5km)の3地点、合計5地点が指定された。なお、川幅は新町橋で52m、富士見橋で50mであった。

#### (2) 流域人口、面積及び土地利用状況

2003年10月1日現在、流域人口42,946人、面積6,295haで、流域全体の占める人口割合は綾歌町26.6%、飯山町35.6%、面積割合は綾歌町42.8%、飯山町27.3%で、この2町だけで流域人口の62%、流域面積の70%を占めていた。

土地の利用状況は水田(28.5%)、山林(21.0%)、畑・果樹園(5.0%)であったが、その他の用途が45.4%と最も多かった。

#### (3) ため池数、灌漑面積及び貯水量

2003年12月現在、香川県はため池数が14,619ヶ所で兵庫県の44,207ヶ所、広島県の21,010ヶ所に次いで全国第3番目であったが、単位面積当たりのため池数、すなわちため池密度は全国平均の0.54ヶ所/km<sup>2</sup>に対し7.79ヶ所/km<sup>2</sup>で、全国で最もため池密度が高い県であった<sup>8)</sup>。

流域内のため池数は丸亀市、坂出市の一部及び宇多津町でそれぞれ3ヶ所、12ヶ所及び6ヶ所であった。一方、綾歌町(27.15km<sup>2</sup>)、飯山町(20.03km<sup>2</sup>)、にはそれぞれ322ヶ所、114ヶ所、計436ヶ所のため池があり、ため池密度はそれぞれ11.86ヶ所/km<sup>2</sup>、5.69ヶ所/km<sup>2</sup>で、綾歌町のため池密度は県平均値の1.5倍であった。

貯水量5万m<sup>3</sup>以上のため池は、綾歌町に9ヶ所、飯山町に5ヶ所あり、これらは両町のため池数のそれぞれ約4.3%、約2.8%に、灌漑面積は35.0%、21.3%であった。

#### 2.2.4 生活排水の処理及び浄化槽の設置状況

2003年3月末現在の市町別生活排水の処理状況を表1に示した。宇多津町は汚水処理人口普及率が85.8%で、特に下水道の普及率が70.4%と最も高かったが、綾歌町、飯山町では汚水処理人口普及率がそれぞれ35.8%、45.7%で、同一流域内でも下流域に近くなるに伴いこの普及率の向上が認められた。飯山町は下水道及び農業・漁業集落排水施設は綾歌町の約2倍の普及率であったが、合併処理浄化槽の普及率は綾歌町の方が飯山町より約6%高かった。

最大規模の単独処理浄化槽は綾歌町、飯山町とも100人槽であったが、合併処理浄化槽は綾歌町ではレジャー施設に11,000人槽が、飯山町で1,200人槽が設置されていた。一方、両町内に設置されている単独処理浄化槽、合併処理浄化槽の9割以上が10人槽以下であった。

表1 市町別生活排水の処理状況<sup>9)</sup>

| 町名   | 住民基本台帳人口<br>(人) | 汚水処理人口<br>(人) | 汚水処理人口普及率<br>(%) | 下水道         |            | 農業・漁業集落排水施設 |            | 合併処理浄化槽     |            |
|------|-----------------|---------------|------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|      |                 |               |                  | 普及人口<br>(人) | 普及率<br>(%) | 普及人口<br>(人) | 普及率<br>(%) | 普及人口<br>(人) | 普及率<br>(%) |
| 丸亀市  | 81,339          | 48,230        | 59.3             | 38,943      | 47.9       | 0           | 0          | 9,287       | 11.4       |
| 坂出市  | 59,918          | 14,256        | 23.8             | 7,076       | 11.8       | 0           | 0          | 7,180       | 12         |
| 宇多津町 | 16,236          | 13,924        | 85.8             | 11,434      | 70.4       | 0           | 0          | 2,490       | 15.3       |
| 綾歌町  | 11,870          | 4,251         | 35.8             | 1,134       | 9.6        | 433         | 3.6        | 2,684       | 22.6       |
| 飯山町  | 17,399          | 7,957         | 45.7             | 3,710       | 21.3       | 1,417       | 8.1        | 2,830       | 16.3       |

### Ⅲ 結果及び考察

#### 1 降水量

対象流域に最も近い滝宮観測局の1978年から2004年までの月別降水量の経年変化<sup>10)</sup>を図2に示した。年間の最大降水量は2004年の1,723mm、最小値は1978年の712mm、平均降水量は1,141mmであった。

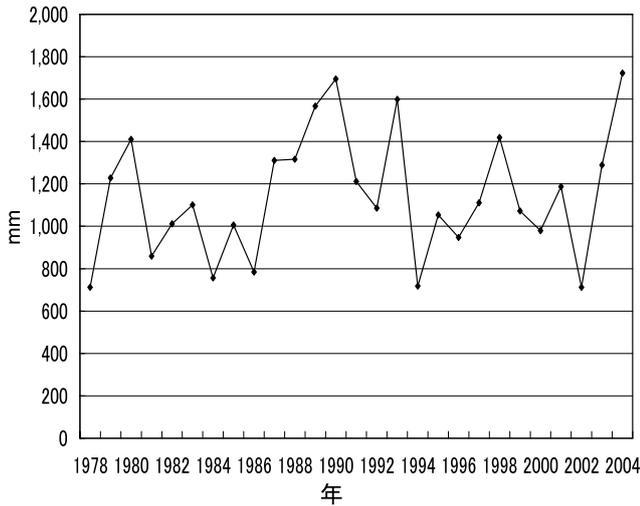


図2 滝宮観測点における降水量の経年変化

降水の特徴として、年間の降水量が全国平均値 1,718 mm (1971~2000年)の66%と少なく、月間降水量に対する日降水量の割合が高かったことから、降雨を観測する日は比較的少ないが、一度雨が降ると日降水量が月間降水量の約50~80%に達するなど、降雨に限られた日に集中するという傾向が認められた。

なお、1973年、1996年は県内が未曾有の渇水に見舞われた年で、特に1973年は「高松砂漠」とも言われ、年間降水量はそれぞれ815mm、920mmと平年降水量のわずか69%、77%であった。

#### 2 環境基準の達成状況

2003年度の新町橋、富士見橋での環境基準値の未達成状況を表2に示した。新町橋でBODが5.8mg/lで基準値以上であった以外はいずれの項目についても環境基準を満足したが、富士見橋ではpH、SSの最大値が9.3、66mg/lで環境基準を上回り、年間の測定回数に対する基準値未達成回数は1/12、2/12であった。しかし、BODと大腸菌群数は年間最大値がそれぞれ9.0mg/l、 $4.6 \times 10^5$ で、年間12回測定中それぞれ8回、9回と環境基準値を満足することができなかった。北原等<sup>11)</sup>によると大腸菌群とBODの間には相関係数が0.8以上と高く、BOD濃度に及ぼす因子として生活排水及びその生物処理水に起因していることを示しており、我々の環境基準未達成の原因の一つとして、各浄化槽からの放流水があげられ、これらの水が環境基準未達成割合を高くしたと推定する。

#### 3 BODの経年変化

1971年から調査を開始した新町橋を含む4地点のBODの経年変化を図3に示した。高濃度が検出された1973年は815mmと極端に降水量が少なかったこと、1977年は平年並みの降水量であったが、この地点のみ高濃度であったことから、台目川の汚染の影響を受けた可能性が高いと思われた。

しかしこれらを除くと約5mg/lで推移し、1979年から1980年には一時的ではあるが環境基準値及び補足地点の4地点とも4mg/l以下となった。しかし、その後1990年代の前半までのほぼ14年間、いずれの地点でも年々汚染の進行が認められ、1994年には渇水の影響も加わり、津の郷橋と富士見橋で、8.5mg/l、8.6mg/lで、それまでの最高値を示した。その後はいずれの地点もほぼ4~7mg/lの範囲内で推移し、2003年には3.2~4.2mg/lと急激な改善が認められたが、モニタリングが開始され

表2 環境基準達成状況

| 地点名  | 類型      | pH   | BOD<br>mg/L | SS<br>mg/L | DO<br>mg/L | 大腸菌群数             |
|------|---------|------|-------------|------------|------------|-------------------|
| 富士見橋 | 平均値     | 7.9  | mg/l        | mg/l       | mg/l       | $8.4 \times 10^4$ |
|      | 最小値     | 7.4  | 2.2         | 5          | 6.2        | $2.8 \times 10^2$ |
|      | 最大値     | 9.3  | 9.0         | 66         | 17         | $4.6 \times 10^5$ |
|      | 基準未達成割合 | 1/12 | 8/12        | 2/12       | 0/12       | 9/12              |
| 新町橋  | 平均値     | 7.7  | 3.3         | 16         | 9.4        | $9.9 \times 10^4$ |
|      | 最小値     | 7.2  | 2.4         | 6          | 7.4        | $4.6 \times 10^3$ |
|      | 最大値     | 8.0  | 5.8         | 40         | 11         | $4.9 \times 10^5$ |
|      | 基準未達成割合 | 0/12 | 1/12        | 0/12       | 0/12       | 0/12              |

て以来約 35 年間環境基準を満足することができなかった。

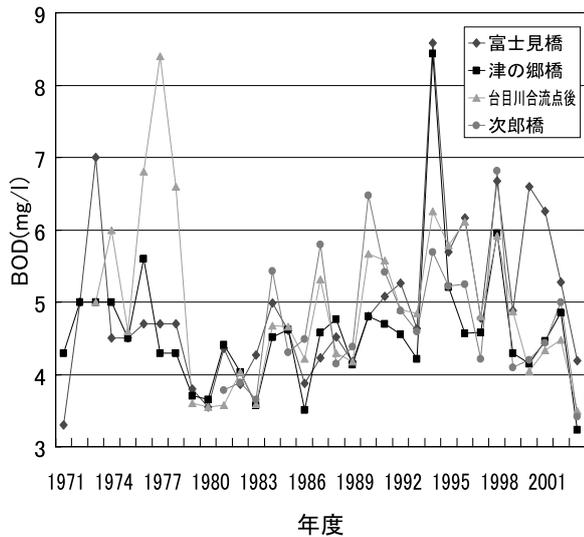


図3 大東川BODの経年変化(1971年～2003年)

BODの毎年の変化を流域から発生する汚濁負荷<sup>13,14)</sup>の面から考察すると、汚濁負荷量の割合が高い牛・豚の飼養状況は、県畜産課の調査によると牛の頭数が1970年代に約1,100頭で推移し、一時期約2,200頭まで増加したが、2003年には850頭まで漸減した。しかし、豚の頭数は1979年に最大12,000頭であったのが、2003年には470頭とその約3.9%まで激減した。一方、流域人口は1975年には綾歌町、飯山町で9,402人、12,553人であったのが、2003年にはそれぞれ11,414人、17,183人に増加し、約30年間で両町の人口増加はそれぞれ1.2倍、1.4倍となった。また生活排水の処理形態ではトイレの水洗化にともなう浄化槽の設置基数の増加がある。流域内の単独処理浄化槽及び合併処理浄化槽の設置基数の年別変化は明らかではないが、県内の設置状況は1985年度に61,434基であったが、2001年度は159,731基と約2.6倍となった<sup>15)</sup>。また単独処理浄化槽と合併処理浄化槽の設置割合は、1985年度はそれぞれ98.5%、1.5%であったのが、2001年度は83%、17%と合併処理浄化槽の設置基数が確実に増加した。

このように図3に示したBODの経年変化は降水量のみならず、地域内の豚の飼養頭数の減少、人口増加、浄化槽人口の増大、生活様式の多様化等社会変化に伴い、大東川の水質にその影響が現れたと考えられた。

#### 4 月別降水量とBOD濃度との関係について

27年間の月別平均降水量と月別平均BOD濃度との関

係を図4に示した。図より降水量は6月に170mmと最も多く、1月に38mmと最低値を示した。年間の変化はほぼ6、9月を最大値とし、1、12月が最小値となる二山型の変化を示した。降水量が多い9月は、台風等の影響によると思われた。

一方、BOD濃度と降水量の関係では、降水量が最も多い9月には河川水のBODは年間の最低値を示し、河川の水量が減少する10月から2月にはBODも高くなった。6月～8月には降水量が多いにもかかわらずBODが高いのは、流域内に水田が多く、田植え及び田植え後の施肥管理や水管理の影響と、後述するようにため池のBOD濃度が高い水が放流された影響を受けたと思われた。

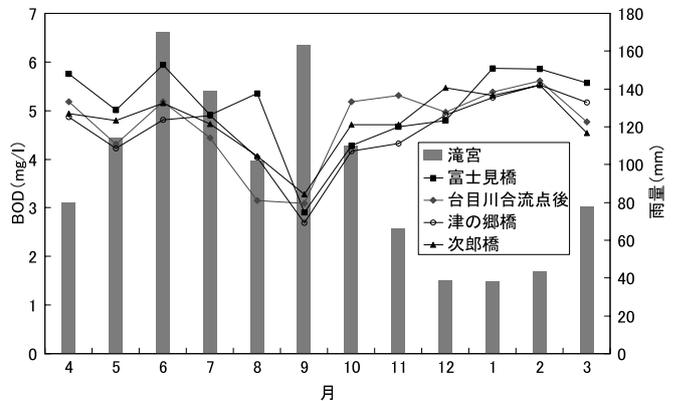


図4 月別降水量及びBODの関係

#### 5 浄化槽からの放流水の水質について

綾歌町、飯山町の汚水処理普及率は綾歌町で35.8%、飯山町では45.7%、香川県の平均普及率54.0%を下回っていた。

香川県浄化槽センターが2004年に両町内に設置されている単独処理浄化槽及び合併処理浄化槽について、設置状況及び排水の水質状態を把握するため、それぞれ180基、371基を抽出し、調査を実施した。両町内に設置されている単独処理浄化槽からの放流水のBOD測定結果によると、浄化槽の規模にかかわらずBOD濃度は大きく変化し、特に10槽以下の一部の小型浄化槽からの放流水の水質が100mg/l以上と悪かった。平均BODは39mg/lで、最大値は540mg/lあった。単独処理浄化槽はBODの除去率が65%以上で、浄化槽からの放流水のBODが90mg/l以下になるように設計することが建築基準法(昭和55年7月14日)で義務づけられていたが、180基中45基(25%)がこの基準を満足することができなかった。

一方、小型合併処理浄化槽の性能はBOD除去率が90%以上、処理水の水質基準値はBOD20mg/l以下となるように設計されているが、水質調査を実施した371基中97基(26%)がこの基準を満足していなかった。今回の調査では、規模が大きくなるに伴い設計基準値を満足する処理水が放流されていたが、一部ではあるが約400人槽でBODが110mg/lの施設があった。50人槽未満の浄化槽では規模が小さくなるに伴いBODも高くなり、維持管理の不徹底によると思われる水質の悪化が認められた。しかし改正浄化槽法の施行により単独処理浄化槽の新設が禁止されたことから、合併処理浄化槽による各家庭からの排水の水質改善が期待できるが、河川の水量の絶対量が少なく、設計通りの処理水が放流されたとしても、渇水期の水質改善は困難な場合があるのではないだろうか。

### 6 ため池の水質

ため池については流出負荷<sup>16)</sup>や栄養塩類濃度等<sup>17)</sup>に関する報告があるが、我々は流域内の主要なため池の水質、特に河川へ放流された場合の影響を検討するためBOD濃度等を測定し、その調査結果を表3に示した。輪工池、堤池、定蓮寺池及び丸池が2.2mg/l以下であったが、それ以外のため池はいずれも河川の水質基準(B類型)3.0mg/l以上であった。特に飯山町の浦池、新池は9.0、8.5mg/lと高濃度で、しかも汚濁の進んだ池の特徴であるChl-aがそれぞれ54、53mg/lと高濃度であった。野上等<sup>18)</sup>によると富栄養化が進んでいる湖沼では懸濁体CODとChl-aとの相関をあげているが、我々の結果ではCOD(未ろ過)とChl-aの相関を認めた。これに対し綾歌町内の定蓮寺池、堤池等はBODが3mg/l以下で、山間部又は上流域にあり、周囲にはほとんど民家が存在せず、生活排水の影響をほとんど受けていないと思われた。(表3)

香川用水(BODは1.1mg/l)は農業用水にも利用されており、県下のいくつかのため池に貯水されている。流域内で香川用水が導水されていたため池は大窪池と打越池であった。これらのため池のBODは表3に示したように3.5~3.0mg/lと他のため池の約1/3と良好な水質を示した。これは大窪池が飯山町の上水源として使用されており、2005年1~6月には貯水量(843千m<sup>3</sup>)の約45.3%に相当する382千m<sup>3</sup>を香川用水から導水したこと、及び7月2~3日には約100mmの降水が観測されたことから、また打越池に今年の非灌漑期(1月~5月)に約43千m<sup>3</sup>/月、

灌漑期に約66千m<sup>3</sup>/月の導水を受けたことから、導水量が少ない地域のその他のため池より水質が良好であったものと推定する。

このように香川用水の導水によりため池の水質改善が図られているが、一時的な導水や少量導入しているため池ではその顕著な効果は期待できない。

河川の水質改善にため池の水を放流して水量を確保しても、ため池の水質が悪いため大東川の水質改善には直接的な有効手段とはならず、長期的にため池の水質改善を行い、河川の水量確保と同時に水質改善を行う必要がある。

表3 流域内ため池の水質

|     | 池の名称   | pH  | COD<br>(mg/l) | BOD<br>(mg/l) | Chl-a<br>(mg/l) |
|-----|--------|-----|---------------|---------------|-----------------|
| 綾歌町 | 1 輪工池  | 8.3 | 6.3           | 2.2           | 7               |
|     | 2 堤池   | 8.4 | 5.6           | 2             | 7               |
|     | 3 水橋池  | 9.3 | 7.9           | 4.3           | 19              |
|     | 4 定蓮寺池 | 8.4 | 5.1           | 1.8           | 6               |
|     | 5 丸池   | 8.1 | 6.6           | 2             | 7               |
|     | 6 小津森池 | 9.2 | 16            | 10            | 73              |
|     | 7 為久池  | 10  | 27            | 15            | 119             |
|     | 8 打越下池 | 9.5 | 4.4           | 3.4           | 9               |
|     | 9 打越上池 | 9.3 | 3.9           | 3             | 10              |
| 飯山町 | 10 楠見池 | 8.2 | 7.7           | 3.8           | -               |
|     | 11 仁池  | 7.6 | 8.1           | 5.4           | 33              |
|     | 12 大窪池 | 9.2 | 4.2           | 3.5           | 12              |
|     | 13 浦池  | 9.6 | 15            | 9             | 54              |
|     | 14 新池  | 9.6 | 12            | 8.5           | 53              |

### V まとめ

香川県中西部を流れる大東川は、1971年からモニタリング調査を継続実施してきたが、水質汚濁防止法に基づく環境基準点は、いずれの年も基準値を満足することができなかった。平成15年度水質測定結果によるとBODと大腸菌類が環境基準値以上の値であったことから、有機物による汚濁が著しくその原因調査を実施したところ、下記のことが明らかとなった。

1 降水量が全国平均の66%と少なく、降雨に限られた日に集中するため、日常の河川水は主に家庭からの生活雑排水であった。

2 ため池のBODは2.0mg/l~10mg/lで、下流域のため池ほど濃度が高く、その多くが河川の環境基準値以上であ

った。

3 一部稲作による影響が認められるものの、降水量とBODとの間には逆相関が示唆された。

4 BODは降水量、畜産形態の変遷、人口増加、生活様式の多様化、排水処理形態の変化等社会変化を反映していた。

5 単独処理浄化槽及び合併処理浄化槽の約25%が設計基準値以上の水を放流していた。

以上のことから、河川の水質改善のため池の水を放流して水量を確保しても、ため池の水質が悪いため直接的な有効手段とはならず、長期的にため池の水質改善を行い、河川の水量確保及び水質改善を行う必要がある。

### 謝辞

本研究を取りまとめるにあたり、貴重な内部データを提供してくださいました社団法人香川県浄化槽センター、環境森林部廃棄物対策課、環境管理課、農政水産部畜産課、土地改良課、土木部河川砂防課、総務部統計調査課、香川用水土地改良区の皆様に感謝するとともに、有益なご助言、ご協力を頂いたことに深謝いたします。

### 文献

- 1) 新矢将尚、鶴保謙四郎、北野雅昭、土永恒彌 1990年代における大阪市内河川水質の変遷、用水と廃水、44(5), 5-11. (2002)
- 2) 安藤 良、土山ふみ、成瀬洋児、榊原 靖、児島節子、朝日孝宏、伊藤英一、服部雅彦 名古屋市内河川の水質特性について -都市河川における水質の変遷-、全国公害研究会誌、18(1), 15-21. (1993)
- 3) 根岸正美、岡野三郎 霞ヶ浦流入河川の小流域における効果的な汚濁負荷量削減対策、水処理技術、45(2), 15-23. (2004)
- 4) 香川県河川・海岸現況調書、57p. (2002)
- 5) 香川県平成15年度水質測定結果、211p. (2004)
- 6) 香川県環境森林部:平成15年度版香川県環境白書、47pp.
- 7) 香川県河川海岸現況調書、30-31p. (2003)
- 8) 香川県農林水産部香川県ため池実態調査、23p. (2000)
- 9) 香川県環境森林部平成15年度版香川県環境白書(平成16年3月発行)、204p. (表) (2004)
- 10) 気象庁地上気象観測再統計値 -気象観測統計指針(2005)による-. (2005)

11) 北原節子、竹田茂 生活排水中の大腸菌群および腸管出血性大腸菌 0157 の実態、用水と排水、41, 1008-1013. (2004)

12) 香川県平成15年度水質測定結果、211p. (2004)

13) 香川県公害課河川水質汚濁解析調査総合報告書(昭和61年), 13p. (1986)

15) 香川県未発表資料. (2002)

16) 山本富久、中曾根英雄、松沢康宏、黒田久雄、加藤 亮 農業用ため池における流出負荷の削減、水環境学会誌、28, 29-36. (2005)

17) 吉永育生、白谷栄作、長谷部均、馮 延文、人見忠良 農業用調整池のクロロフィルa、CODMn及び栄養塩類濃度の季節変動特性、水環境学会誌、27, 137-142. (2004)