

# 都市域貯水池の水質改善のための現地調査

渡部 守義\* 磯野 太俊\*\* 神田 佳一\*

Research on the Water Quality Treatment of Urban Reservoirs

Moriyoshi WATANABE, Takatoshi ISONO, Keiichi KANDA

## ABSTRACT

Many reservoirs exist in the Harima region in Hyogo Prefecture, and the water pollution of these reservoirs has become aggravated as a result of urbanization by biological drainage and agricultural drainage. The purpose of this research is to clarify the current state and the cause of the water pollution in the East Harima reservoir, and to show an effective method of the water quality improvement. Inrouike reservoir is in the state of eutrophication year round. The water-bloom is generated in summer, and oxygen deficient water occurs in the bottom layer. The cause of water pollution is influent and colloidal sediment in the reservoir. The water quality of the agricultural effluent deteriorates, and it influences the water quality of the reservoir in the spring. As other causes, the head of a river on the East Harima reservoir is dammed in the middle region of the prefecture. The water quality deterioration of the dam is expected from the result of nitrogen and the chl-a of the channel that expands from the dam.

**KEY WORDS:** reservoir, water quality, eutrophication, water-bloom

## 1. はじめに

我々の身の回りには河川や貯水池など、そこに水が存在するだけでなく、多様な動植物を育む場、憩いの場、給水源などとして人々の生活の中で大きな役割を果たしている。

従来より、都市域周辺の河川や貯水池では、生活排水や工業排水の影響によって水質汚濁が目立っている。政府は、環境基本法を柱とする様々な法令などにより、水質改善を目指したが、湖沼全体での環境基準の達成率は55%（H15年度）と低い状態にある（図1）。水道水源として利用される琵琶湖や霞ヶ浦といった湖沼においては、積極的に水質改善が行われているが、都市域の小規模な貯水池の水質改善はなかなか思うように進んでいない。

現在、湖沼で直接的な水質改善方法として、既存の汚濁負荷を取り除く方法、流入する排水に対して高度

処理を行う方法、水塊の循環を行う方法、好気状態を作るために酸素を送り込む方法などを挙げることができる。これらの方法ではコスト、設備規模、整備頻度などが異なるため、対象地に適した方法を導入する必要がある。小規模な貯水池ではコストの面が重要視されているため、なかなか水質改善の技術が導入できていないの

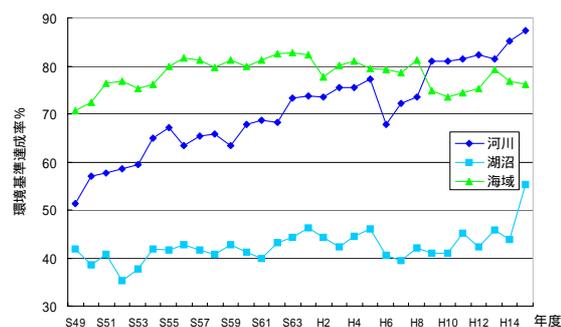


図1 環境基準達成率（環境省）

\*都市システム工学科、\*\*京都大学大学院

が現状である。

兵庫県には日本国内における農業用貯水池の約 20% が存在している (表 1)<sup>1)</sup>。本研究は、兵庫県播磨地域の農業用貯水池である印籠池周辺を対象地域とし、現状の水質状態を把握するとともに、対象地域に適した水質改善方法などを検討することを目的とする。

表 1 農業用貯水池の数 (H9 年)<sup>1)</sup>

順位	都道府県名	個数	割合 %
1	兵庫県	47596	22.7
2	広島県	20910	10.0
3	香川県	15990	7.6
4	山口県	14785	7.0
5	大阪府	11308	5.4

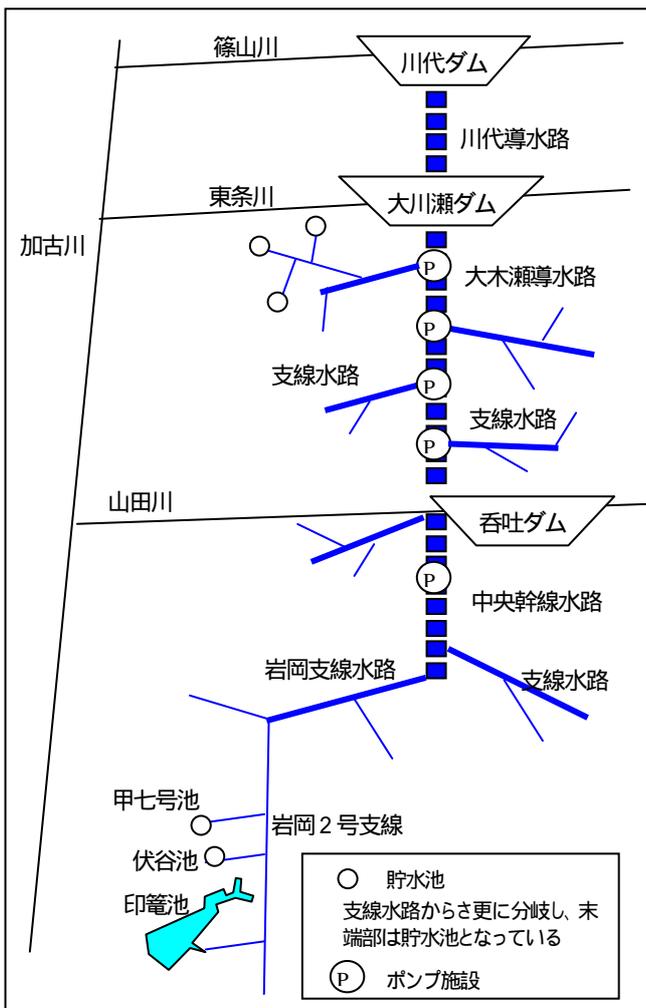


図 2 東播磨水利水施設路線を簡略化した図<sup>3)</sup>

## 2. 東播磨地域の貯水池と印籠池の概要

### 2.1 東播磨地域の貯水池

古来より、播磨地域はわが国有数の寡雨地帯で、恒常的な水不足に悩まされ、大小の貯水池群が築造されてきた。その数は実に一万個を超え全国一を誇っている<sup>2)</sup>。しかし、ため池などの用水対策にもかかわらず、農地への水不足は深刻である。そこで、この地域に新たに用水源を開発し、安定的に用水を確保するために加古川西部農業利水事業 (昭和 42 年着工、平成 3 年完工)、東播用水農業利水事業 (昭和 45 年着工、平成 4 年完工) の二つの国営事業が行われた。東播用水農業利水事業は、用水確保の他、人口増加に対応するための水道用水を確保し、都市生活と農業生産の調和を図るための水資源の再開発事業でもある。水源対策として加古川水系篠山川に川代ダム (有効貯水量 1,300 千 m<sup>3</sup>)、加古川水系東条川に大川瀬ダム (有効貯水量 8,150 千 m<sup>3</sup>)、加古川水系山田川に呑吐ダム (有効貯水量 17,800 千 m<sup>3</sup>) の 3 ダムが建設され<sup>2)</sup>、これらを導水路で接続し、末端受益地に送水するための幹線水路、支線水路が整備され、およそ 500 個の貯水池に補給されている (図 2 参照)。

現在は、都市化に伴い貯水池の廃止、学校や公共施設、道路あるいはゴルフ場などへの転用が急速に進んでいる。これらの貯水池の存廃をめぐることは、その利水集团のおかれている状況により、さまざまな対応がとられ、「親水公園」として積極的に位置付ける動きもみられる<sup>2)</sup>。

### 2.2 印籠池の概要

印籠池は神戸市西区岩岡町古郷に位置し、明石市西部を流れる 2 級河川瀬戸川水系印籠川の水源にあたる農業用貯水池である。昭和 56 年には、築堤からおよそ 160 年が経過し堤体の老朽化に伴い、計画貯水量 183,000m<sup>3</sup>、計画満水時面積 8.0ha、直接の集水面積 107.0ha、かんがい面積 30.0ha の整備事業が行われた。印籠池周辺は都市化が進行中であり、南側は市街化区域 (第一種低層住宅専用地域および第一種住居地域) に指定されている。北側は市街化調整区域であり、農地と住宅地が混在している。農地の大部分は水稲、キャベツ、トマトなどの作物が占め、印籠池、甲七号池をはじめ多数の農業用貯水池が点在している<sup>3)</sup>。しかし、宅地の造成にともない農業用水の需要も少なくなりつつある。

貯水池南側では下水道が整備されており、住宅地からの生活排水の直接的な流入もほとんどないものと考えられる。貯水池の北側からは、農地からの農業排水、家畜を飼育している農家からの排水の他、家庭の浄化槽で処理した水が流入していると思われる。

### 2・3 印籠池の流入経路と流出経路

印籠池に流入する主な水路は図3に示す4箇所である。流入水路1と流入水路2は開水路である(写真1、2を参照)。流入水路1は水源を500m程離れた甲七号池とし、周辺のおよそ260ha農地からの排水が流入している。農繁期になると、富栄養化により緑色に着色された甲七号池の水が流入することが確認できた(写真1)。流入水路2と流入水路3はおよそ60haの農地からの排水が流入している<sup>45)</sup>。流入水路2は、農繁期以外は水が流れていなかった。流入水路3は、陸地と水面からの接近が困難で確認することができなかった。また、東播用水水路は印籠池に暗渠で接続されている。調査期間を通して水の流入を確認することができなかった。この他にも雨水管が多数貯水池に接続している。

印籠池からの流出は、図3に示す洪水吐と農業用水の取水施設の2箇所である。洪水吐(排水能力:22.18m<sup>3</sup>/s)は写真3に示すようなコンクリート三面張開水路越流式の構造となっている<sup>45)</sup>。夏季の降雨時期を除いて洪水吐からの流出はほとんど見られなかった。取水施設(取水能力は0.25m<sup>3</sup>/s)は斜樋形式でスライドゲートを調整す



図3 印籠池と周辺の土地利用

赤点線は市街化区域と市街化調整区域の境界線。緑矢印は印籠池からの流出、青矢印は印籠池の流入経路。

ることにより取水を行っている<sup>45)</sup>。なお、取水後の水は暗渠により周辺農地に供給されるため、配水経路の確認および流量を測定することはできなかった。また、農地への用水の供給は開水路の他、暗渠から供給される地点が多数存在し、用水の供給および配水経路が不明な部分が多く、水路網の全体像を把握することは難しい状況である。

### 2・4 印籠池の水環境の現状

前節で述べたように、主に印籠池北側の農地からの排水の流入により、印籠池は常に富栄養化の状態にあり、毎年夏季になると植物プランクトンや藻類の大増殖により、写真1のように水面が緑のマットで覆われるアオコの発生が見られる。

アオコの原因生物は主として藍藻類であり、その中でも *Microcystis* 属、*Anabaena* 属、*Osillatoria* 属などが代表種である<sup>5)</sup>。平成16年に印籠池では *Microcystis aeruginosa* と *Anabaena sprioides* が確認された。アオコは二酸化酸素、窒素、リンを利用して光合成し、水中の有機物濃度が高まるため、アオコが発生すると水質が悪化する。藻類1mg

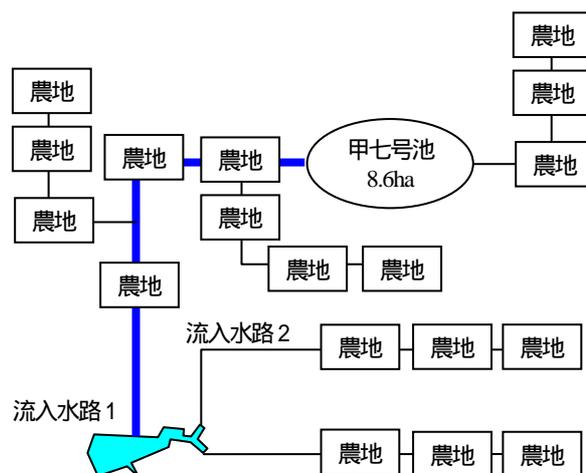


図4 印籠池へ流入する排水路

平成8年度都道府県営ほ場整備事業計画概要表改変



写真1 流入水路1(H17年8月)



写真2 流入水路2(H17年4月)



写真3 洪水吐(H16年12月)



写真4 アオコの発生状況  
(H17年7月)



写真5 *Aphanobaena* 属 (左) と  
*Microcystis* 属 (右) (H16年7月)



写真6 貧酸素水塊による魚  
類への被害(H18年4月)

はCODMg0.5mgに相当するため、アオコの増殖はCODの増加を意味する<sup>6)</sup>他、透明度が低下し、藻類が死滅してカビ臭を発生したり、肝臓毒、神経毒などの有害な化学物質<sup>7)</sup>を作るものがあり、湖水が水道の水源となっている場合上水道への利用が不適当となる。また、富栄養化に伴い貯水池内底層では貧酸素水塊が形成され、写真6のような魚類の斃死を引き起こしている。周辺の甲七号池、伏谷池などの貯水池でも、富栄養化に伴い、植物プランクトンや藻類の増殖により水が緑色に着色されていた。

### 3. 調査方法

図3に示す印籠池の池中央部、洪水吐、流入水路1および流入水路2の4地点において、平成15年6月から平成18年7月までのほぼ毎月1回観測を行った。流入水路1と2においては流速と水深を測定し流量を推算した。図5に示す甲七号池、伏谷池、東播用水路(岩岡2号支線水路)は平成16年6月から調査を開始した。

調査は、現地にて水温、pH、導電率、DOをYSI Nanotech製多項目水質測定システム556MPS、Ch-aを同社製600CMにより測定した後、サンプル水を研究室に持ち帰り直ちにBOD、SS、透視度、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>3</sub>-N、PO<sub>4</sub>-Pの測定を行った。NH<sub>3</sub>-Nは平成16年より開始、chl-aは平成17年7月より開始した。

定期調査と同時に、印籠池の池中央部において水温、DOの鉛直分布を測定し、表層と底層の水をバンドーンにより採水し定期調査と同様の水質項目の測定を行った。また、これと同時に底泥を採取し、強熱減量を測定した。

## 4. 結果

### 4.1 印籠池への流入流量

調査時の印籠池への流入水量と流出水量を図5に示す。流入流量は灌漑期に大きくなる傾向がある。9月から翌年3月の間は、流入水路1は僅かに流入があるが、流入水路2は水が流れていなかった。洪水吐からは、梅雨前

線や台風の時を除けば水の流出はほとんどなく、貯水池の水の大部分は取水施設を通じ農地に供給されていると予想される。少々乱暴ではあるが計画貯水量を調査期間中の流入流量で除し滞留時間を計算すると、春季と夏季は10~60日程度、秋季と冬季はほとんど流入がなく14~200日以上であった。

### 4.2 流入水と印籠池の水質

図6に水温、pH、透視度、SS、chl-a、BOD、T-N、PO<sub>4</sub>-Pの変化を示す。ここでT-NはNO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>3</sub>-Nの和である。水温は季節変化し、流入水、貯水池内でほとんど差は見られなかった。pHは年間を通じて9前後であり、貯水池内の平均は9.1と流入水路の平均値8.7と比べ高くなっている。

印籠池の水の色は、春季から秋季にかけて植物プランクトンの増殖により緑色を呈し、冬季は流量が激減し水位が低下したため底質が水の流れや風により巻き上げられ茶色く濁っていた。一方、流入水路の水の色は水源貯水池の汚濁状況や農業排水の流入により値が大きく変動していた。流入水路において4月から5月上旬までは水田の田興しや代掻き、田植えの影響で茶色に濁っており、5月中旬から11月頃までは水源のひとつである甲七号池と同様な緑色を呈していた。特に流入水路1ではH17年8月31日の調査において写真1に示すような濃い緑色の流入水であった。

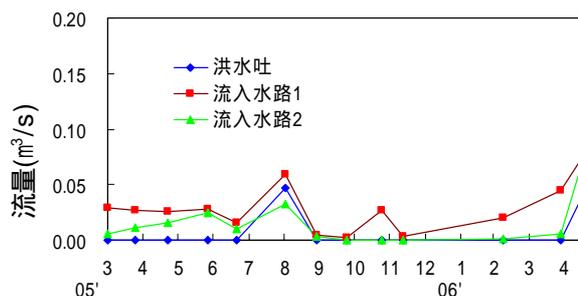


図5 流入・流出流量の変化

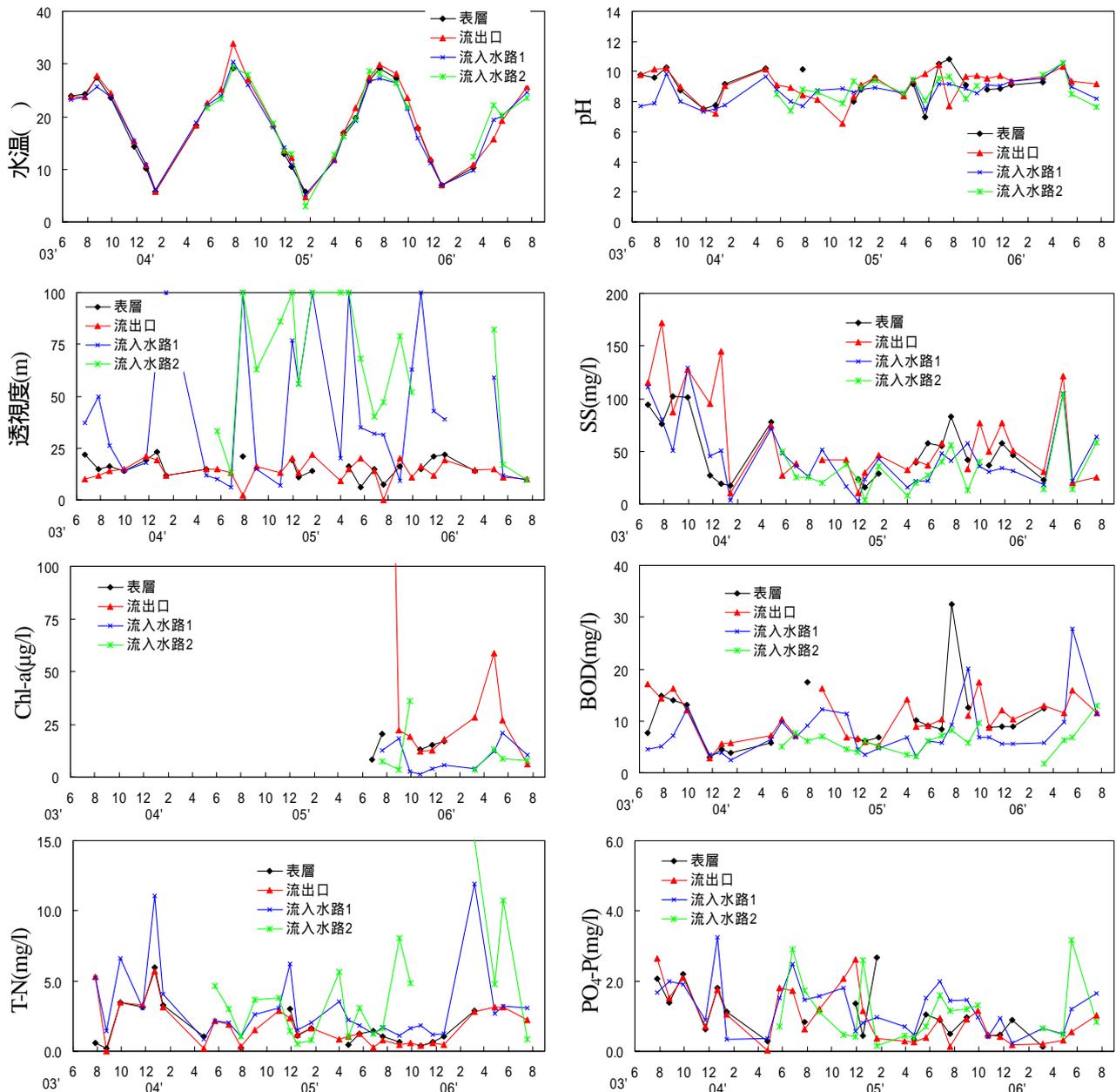


図6 水温、pH、透視度、SS、chl-a、BOD、T-N、PO<sub>4</sub>-Pの推移

貯水池内の透視度は池中央部表層の平均 16cm、流出口の平均 14cm であり、特に夏季においては数 cm と極めて低かった。これは貯水池内の chl-a の変動のピークが夏季にあることから、透視度の低下は植物プランクトンや藻類の増殖に起因するものであると言える。浮遊物質の指標である SS は代掻き時の 4 月に増加する傾向がある。SS 測定時のろ紙には春季、冬季は茶色、夏季、秋季は緑色の物質が捕集されていた。

有機物の指標である BOD 値は植物プランクトンの増殖に合わせた chl-a や SS と同じ挙動を示した。平成 18 年度から測定している COD は平均 28.8mg/l と湖沼の環境基準 C (8mg/l 以下) を大きく上回っていた。BOD と比較すると、流出口では BOD<COD で難分解性の有機物

が多く、貯水池に流入した有機物のうち易分解なものは微生物に分解されているという一般的な湖沼や貯水池でも見られる傾向と一致した。流入水路でも同様の傾向が見られたが、4 月から 5 月にかけて流入水路 1 では BOD>COD となった。田圃や農地への施肥などの原因が考えられる。一方、無機物の指標である T-N、PO<sub>4</sub>-P は植物プランクトンの増殖に利用されるため夏季に若干減少する傾向が見られた。図 7 に流出口における NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>3</sub>-N の存在比率を示す。窒素成分の大部分は NO<sub>3</sub>-N の形態で存在しているが、印籠池内で夏季に NH<sub>4</sub>-N が増加している。これは後述する貧酸素化により貯水池内が還元的な環境になったためであると考えられる。

流入水路の水質は 3 月から 5 月上旬にかけては農業の影響を受け、夏季には甲七号池や東播用水路の水質の影響を受けることが分かった。印籠池では湖沼の水質環境基準をほとんどの項目で年間を通じて達成することがなく、常に富栄養化の状態にあることが分かった。

### 4・3 印籠池の貧酸素化と底質

印籠池の中央部における水深は季節変化し、夏季の繁期には水深 4.5m、冬季は水深 3.2m となり底土が露出する部分が見られた。

5 月から 11 月までの期間は、水深 1m~2m の間で水温が最大 3 の差が生じており成層化していた。図 8 に 50cm 間隔の DO の鉛直分布を示す。水深 2m 以深で DO が激減し、貧酸素化していることがわかる。貧酸素水塊は、1) 夏季に上層と下層の水温の温度差により成層化する。2) 上層で植物プランクトンが大増殖する。上層では大量発生した植物プランクトンにより光合成が盛んに行われ DO は上昇する。3) 死滅し底層に堆積した植物プランクトンを微生物が分解する際に、大量の DO が消費される過程で生じる。貧酸素の状態は底泥からの窒素やリンなどの栄養塩類を溶出させ、水中に栄養塩類を増加させ植物プランクトンの増殖に繋がり、更なる水質悪化の原因となる。印籠池では、夏季の  $PO_4\text{-P}$  は底層が表層よりもおよそ 0.1mg/l 高い値を示しており、貧酸素化によりリンの溶出があることが確かめられた。貧酸素化に伴い底質のヘドロ化が進んでいる。池中央部の底質の強熱減量は 9.5%~13.2% で、年平均は 11.9% と非常に高い値であった。

また、水深の浅い水域では風の作用により簡単に水塊が攪拌され貧酸素が解消されると言われているにも関わらず月に 1 回の調査頻度でも貧酸素が確認されるということは、常に貧酸素の状態にあることが予想される。

### 4・4 印籠池と周辺貯水池との比較

印籠池周辺には同じ東播用水路を水源とする甲七号池、伏谷池が 500m ほど離れた位置に存在している。図 9 の写真に位置関係を示す。甲七号池は総貯水量 168,000 $m^3$ 、灌漑面積 55.6ha、伏谷池は総貯水量 6,800 $m^3$ 、灌漑面積 4.6ha となっている。いずれの貯水池も集水面積は 0.35 $km^2$ 、0.12 $km^2$  と極めて小さく、水の大部分を東播用水路に依存している。

図 10 に印籠池、甲七号池、伏谷池および東播用水路の Chl-a、BOD、T-N、N/P 比を示す。印籠池、伏谷池ではアオコが発生しており、春季から秋季に Chl-a が高い値を示していた。甲七号池は水面が緑色を呈していたが印籠池や伏谷池ほどではなく、BOD、T-N の値も小さかつ

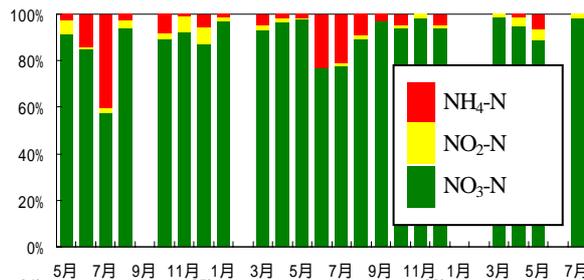


図 7 流出口における  $NH_4\text{-N}$ 、 $NO_2\text{-N}$ 、 $NO_3\text{-N}$  の存在比率

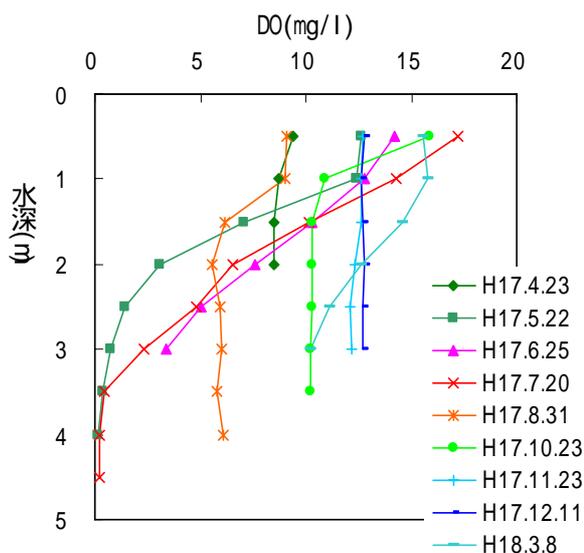


図 8 印籠池の池中央部における DO の鉛直分布



図 9 印籠池とその周辺貯水池

印籠池、甲七号池、伏谷池の輪郭を線で囲んでいる。波線で示す部分は暗渠路

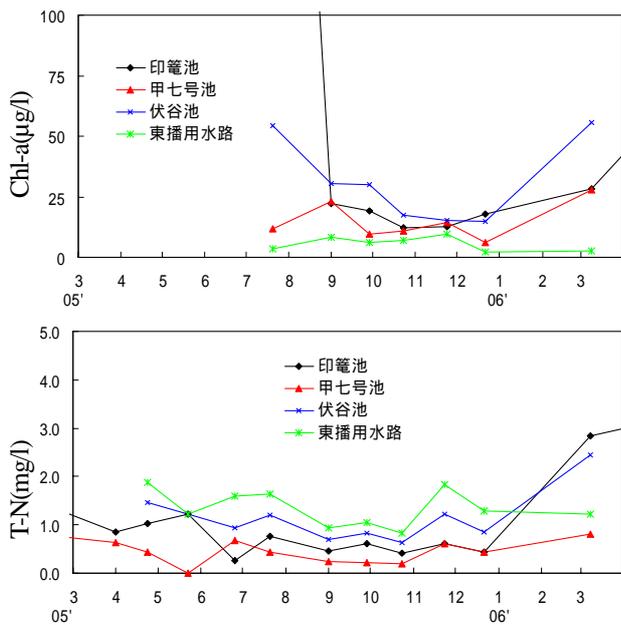
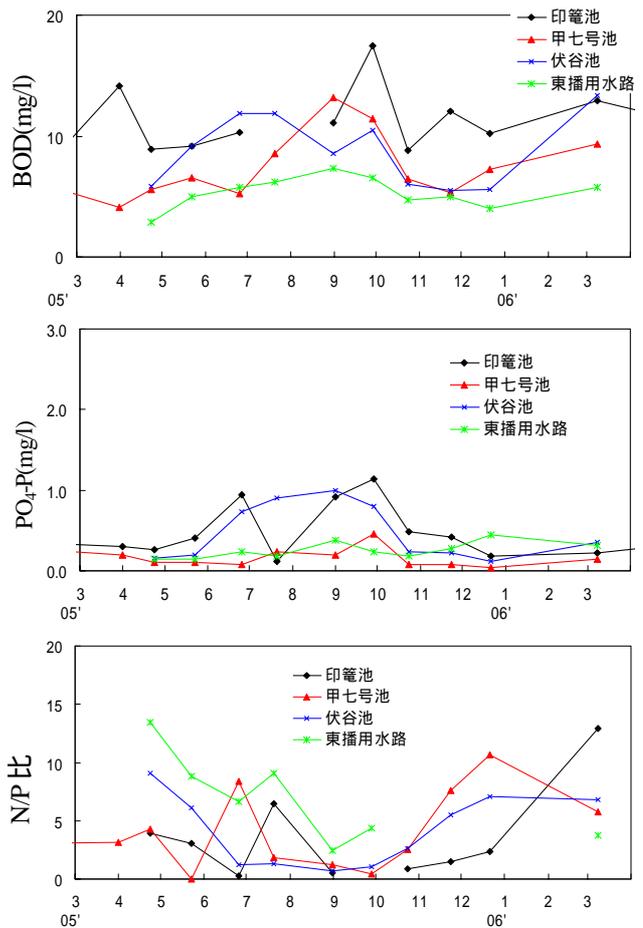


図10 chl-a, BOD, T-N, PO<sub>4</sub>-P, N/P の推移

T-N (総窒素) T-P (総リン) は溶存態と懸濁物として存在するものを合わせたものを言う。本研究では懸濁態を測定していないため、溶存態のもののみを扱っており、本来の定義とは異なっているので注意されたい。

た。甲七号池は東播用水路から直接流入しており、用水路の末端部分にあたる印籠池に比べ農業排水の流入が少ないことが要因であると考えられる。伏谷池は面積が小さく浅いため夏季の高水温による植物プランクトンの増殖が著しく大きいため、水質悪化を招いていることが予想される。東播用水路は夏季に Chl-a, BOD の値が大きくなっており水源の川代ダム、大木瀬ダム、呑吐ダムでの水質悪化が予想される。また、T-N の平均は 1.85mg/l と高い値を示しており、この水が貯水池に流入すると富栄養化の原因となる。

植物プランクトンが増殖するためには、多くの種類の栄養塩が必要である。支配的に働くのは窒素とリンであるとされており、窒素とリンのいずれが制限因子として働くかについては両者の比、N/P 比で表すことが多い<sup>8)</sup>。過去の知見に基づくと N/P 比が 10 以下の湖沼では窒素制限となり、20 以上ではリンが制限的に作用する。一般に湖沼ではリン濃度の変化幅は小さいが、窒素濃度は大きく変化する。そのため、N/P 比は 500~3 の変動をする。仮にリンが 0.1mg/l 以上になると、N/P 比は 30 以上であるのが普通であるがさらに増えるとこの比は 10~3 が多くなる。N/P 比の平均は印籠池で 3.5、甲七号池と伏谷池で 4.2、東播用水路で 7.0 となっており、対象地域の貯水



池は窒素制限であるといえ、リンが非常に高い濃度で存在することを示している。夏季にリンが増加する印籠池、伏谷池においては貯水池底層の貧酸素化がリンの主な発生源であると考えられる。

### 5. 対象水域の水質汚濁原因と対策の検討

印籠池は年間を通じて富栄養化の状態にあり、春季から秋季にかけてアオコが発生し、貯水池内底層部は貧酸素化している。本研究では、流入水の汚濁負荷量と内部生産による負荷量を求めることができなかったため、どちらの影響がより大きいかわる評価するには至らなかった。

#### 5.1 流入水

印籠池をはじめとする周辺貯水池の大部分の水源は、流域の河川ではなく、県央部のダムから導水された東播用水路である。東播用水路は富栄養化の原因となる栄養塩の T-N が年間を通じて高い値を示している他、夏季に Chl-a, BOD の値が高くダム湖において富栄養化によりアオコが発生している可能性が考えられる。このため水源のダムの水質浄化が必要である。

3 月から 5 月上旬は流入水路に農業排水が流れ込み、土粒子などの濁り成分とともに窒素やリン等の栄養塩を貯水池に流入させている。水路網の末端に位置する印籠

池では甲七号池に比べ農業排水の影響が大きいことが分かった。また、秋季から冬季の間は東播用水が休止しているためほとんど流入は見られない。

農業排水の問題はしばしば取りあげられ、農業排水の処理や植物を利用した浄化方法が提案されているが、施設建設、用地やコストを考えると導入は難しい。この他、バイパス水路を建設し農繁期の農業排水を直接河川に流入させる方法も有効性を示しているが、この間の貯水池への水の確保などの問題を抱えている。

## 5・2 貯水池内の内部生産

水域では生産者、消費者、分解者による物質循環が営まれている。しかし、窒素やリンなどの栄養塩類が一定濃度以上に増大すると、1次生産力が急激に増大し植物プランクトンなどの1次生産者の現存量が急増する。1次生産者は有機物であり、無機の栄養塩類から有機物が生産されたことになる(内部生産)。つまり水域内での有機物生産であり(有機)汚濁が発生したことになる。このため内部生産は2次汚濁ともいわれている<sup>8)</sup>。

印籠池やその周辺の貯水池も例外ではなく、特に水温の上昇する夏季に内部生産が増大する。前述したように過度の富栄養化は底層の貧酸素化を招き底泥からの栄養塩の溶出を引き起こし、更なる水質悪化を招いている。印籠池にはヘドロが堆積しており、夏季にリン濃度が上昇することが確かめられている。

内部生産を抑制するためには栄養塩類を高濃度に含んだ水を流入させないことや、貯水池のヘドロの除去あるいは覆砂などを行うことが必要である。しかし、1章で述べたように、小規模な貯水池ではコストの面が重要視されているため、なかなか水質改善の技術が導入できていないのが現状である。また、夏季の富栄養化の解消には結びついていないものの冬季に貯水池の水を排水し日干しすることは、リンの除去に一定の効果を示している(図6,図10)。日干しはヘドロ内の嫌気性微生物を死滅させ、底土からの栄養塩の溶出を抑制する効果がある。春季に水を注水してからも好気的環境を保つことができれば内部生産を抑制することができると考えられる。

## 6. おわりに

播磨地域には数多くの農業用貯水池が点在する。本研究の対象地域では、今なお農業用水の水源として多くのため池が利用しされているが、都市化に伴い貯水池の廃止・転用あるいは放置されるものもある。放置された貯水池は水質悪化のみならず景観の悪化や親水性の低下などを引き起こし、貯水池の存在意義を問われるようになった。平成17年11月の調査中、貯水池周辺を通りかか

った住民に任意の聞き取りアンケートをおこなった。聞き取り項目は年齢、地域に住んでいる年数、自宅から最も近い貯水池までの時間(徒歩)いつ貯水池を目にするか、貯水池は必要か、必要な理由、不要な理由、現状の貯水池に何を望むかの計7項目で11名から回答を得た。サンプル数が少なく、参考意見にとどまるものであるが以下のようなことが分かった。貯水池が不要との意見はなく、必要な理由としては農業用水3名、生物生息場3名、親水性の場3名、歴史的価値2名があるなどであった。古くから貯水池が存在していたこともあり、貯水池への理解があることは伺える。貯水池に望むこととして安全性7名、水質改善6名、親水性5名、現状でよい1名、その他1名であった。貯水池は農業用水の確保が目的であるにも関わらず、水質改善、親水性を望む意見が多かった。日常、目にする以上景観に配慮し親しみのもてる水辺が望まれているものと考えられる。一方、多発する貯水池での子どもの転落事故などを受け安全性を重視する風潮との中、親水性と安全性とのバランスをどう取るのか問題となる。

貯水池の水質改善には、本研究で示した汚濁状況や汚濁原因の解明だけでなく、調査結果を住民に知らせ環境問題への意識を高めるとともに、アンケート調査などにより地域住民の貯水池に対する意識を把握し、安全性や親水性など地域の目指す貯水池のあり方について検討することも必要である。

## 参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局防災課 HP ‘農村地域の防災対策と災害復旧’ 2005.8.20 取得
- 2) 田中眞吾; 播磨の地理人文編, 神戸新聞総合出版センター, 1993.
- 3) 近畿農政局; 緑農住区開発関連土地基盤整備事業計画概要書-兵庫県岩岡地区-, 近畿農政局, S47
- 4) 東播用水水利施設路線図, 東播磨県民局地域振興三木土地改良事務所, 2005.
- 5) 兵庫県農林水産部農林水産局農村環境課; 平成8年度計画変更都道府県営ほ場整備事業計画概要表資料, 2000.
- 6) 彼谷邦光; 有毒アオコによる飲料水汚染の現状と対策, 遺伝, pp.93-97, 2004.
- 7) 島谷幸宏, 細見正明, 中村圭吾; エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化, ソフトサイエンス社, pp.13-14, 2003.
- 8) 須藤隆一; 窒素, リンに由来する内部生産機構と負荷削減効果, 資源環境対策 Vol.38, No.9, pp.854-859, 2002.