

東播磨地域貯水池の水質環境に関する研究

磯野 太俊* 渡部 守義** 神田 佳一**

Research on Water Quality Environment of Reservoir in Higashiharima Region

Takatoshi ISONO, Moriyoshi WATANABE, Keiichi KANDA.

ABSTRACT

Recently, water quality aggravation is conspicuous in the reservoirs and rivers of urban area. Although administration has aimed at the water quality improvement, such as environmental quality, the water pollution of reservoirs has not improved now. The Higashiharima Regional Reservoir was selected to research the water quality environment. The purpose of this research is to clarify the water quality condition of a reservoir, and to suggest the optimum water quality improvement method. We investigated 12-water qualities such as BOD, SS, Nitrogen, Phosphorus, and land use.

As a result, it was found that the water quality differs greatly also in reservoirs in the same area. In two adjacent reservoirs, only one side had Water Bloom by eutrophication. As a water quality improvement, it is necessary not to put organic matter into a reservoir and to use phytoplankton such as water bloom, for compost.

KEY WORDS: Inro Reservoir, Eutrophication, HAB, Water Quality Improvement Method

1. 緒言

我々の身の回りにある都市域の河川や貯水池などは、そこに水が存在するというだけでなく、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。その中でも兵庫県には、雨が少ないという瀬戸内海性気候の影響で、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)¹⁾。これらの貯水池の多くは現在でも農業用水を確保するために利用されているほか、様々な生物を育む場として存在している。

しかし、生活排水や工業排水の影響によって、都市域周辺の河川や貯水池では、水質汚濁が目立つようになってきた(表2)。政府は、環境基本法を柱とする様々な法令などによって排水基準を設け、水質改善を目指したが、都市域の水質改善はなかなか思うように進んでいない。そのため、毎年環境省から発表されている

表1 農業用貯水池の数(H9年)¹⁾

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

表2 汚濁湖沼(H15年)²⁾

順位	湖沼名	都道府県名	平均COD値 mg/L
1	佐鳴湖	静岡県	12.0
2	伊豆沼	宮城県	10.0
3	油ヶ淵	愛知県	9.1
4	長沼	宮城県	9.0

*専攻科学生 (建築・都市システム工学専攻)

**都市システム工学科

汚濁湖沼は、すべて都市域周辺の湖沼で占められるようになった。琵琶湖や霞ヶ浦といった人々の生活に大きく影響を及ぼす恐れのある湖沼においては、積極的に水質改善が行われた。しかし、これらの湖沼での環境基準の達成率 55% (平成15年度) と低い状態にある。このような状況下では、農業用貯水池などの小規模な貯水池では水質改善を望むことができず、水質悪化が問題となってきている。このため、特に都市域周辺の河川や貯水池の水質改善が求められるようになっている。

一方、現在の水質改善方法として、現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。ここで、比較的規模の小さな貯水池では、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。

本校周辺の明石市や神戸市西区をはじめとする東播磨地域でも、人口の増加に伴う宅地化が進み、現在は広い範囲で都市と既存の農地とが混在している。そのため、既存していた自然の池や貯水池の水質の悪化という問題だけでなく、コンクリート護岸の設置に伴う親水性の低下や、アオコの発生やごみの投棄が原因の景観の低下などもまた問題となってきている。

そこで本研究では、このような地域の中から、農業用貯水池の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、池周辺の土地利用の状況やその規模などを調査し、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。

2. 印籠池の概要

2.1 印籠池の歴史

印籠池は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。所在地は神戸市西区岩岡町古郷である。印籠池の貯水量は183,000m³であり、満水時面積5.3ha、集水面積107.0ha、かんがい面積30.0haである。印籠池周辺の土地利用は図1に示すとおりである。

印籠池造成時の資料は存在しないが、印籠池から西へ約2kmにある瀬戸川水系清水川の寛政池には記録が残っている。それによると、1800年ころに起こった農業用水をめぐる争いの解決方法として寛政池が造られたとある³⁾。降雨量が少ないこと、地域に大きな河川がないことなどから、印籠池を含む印南野台地には多くの農業用貯水池が造られたことが知られている。これらのことから、同じ瀬戸川水系に属し位置も近い印籠池は、寛政池やほかの貯水池と同じ理由で造成されたものと考えられる。現在、印籠池の周囲は、南側の一部を除いてすべてコンクリート護岸が施されている(図2、3)。

2.2 土地利用状況

印籠池の南側は市街化区域(第一種低層住宅専用地域および第一種住居地域)に指定されており、下水管と

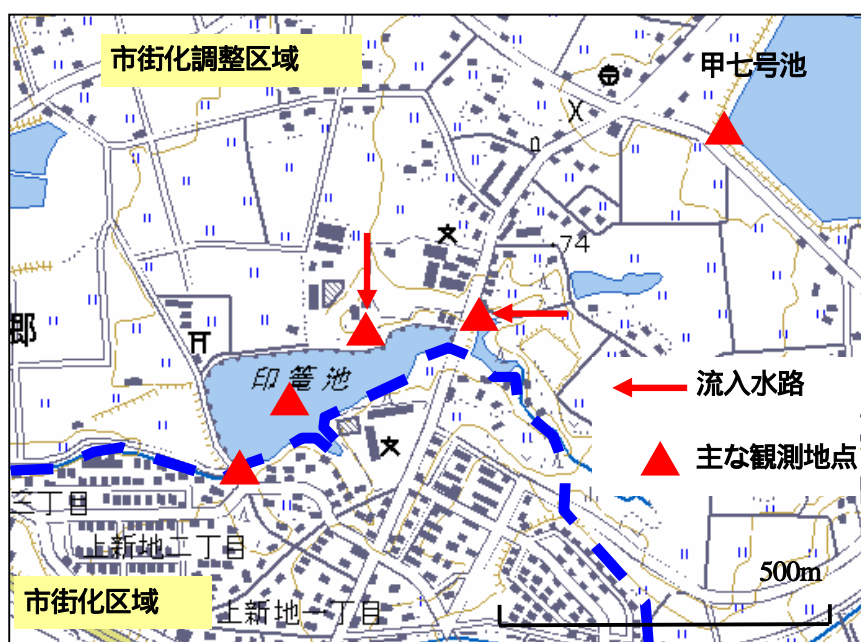


図1 印籠池周辺の地図



図2 印籠池の流出口とアオコ



図3 印籠池の様子（コンクリート護岸）

雨水管が建設された計画的な住宅地となっている⁴⁾。一方、池の北側は市街化調整区域になっており、田畑の中に家が点在する農業地域であるといえる。図1において、破線が市街化区域と市街化調整区域の境界を示している。このことから、対象地域周辺で都市と農地の混在が進んでいることが確認できる。

2・3 下水道整備状況と農業用水

印籠池周囲の污水管整備詳細図によると、印籠池を取り囲むように下水管が埋設されていることが確認できる。そのため、池の南側からだけでなく、北側からも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。

印籠池を含む多くの貯水池は、国のほ場整備（昭和55年度）の際に疎水や用水路で結ばれた。印籠池はそ

の整備網の末端に当たる。これらの水路網によって、農業用水は有効に利用されるようになった。しかし、一度田畑を通った水が再び田畑や貯水池に流れ込むこととなる。そのため、水路網の末端に位置する印籠池には、肥料などの栄養塩が大量に流入している可能性がある。一方、印籠池の北東に位置する甲七号池はこのほ場整備の際に造られた新しい貯水池であり、周辺よりも高い位置にある。この甲七号池の水は、疎水や用水の水が貯められていることが確認できている。また、対象地域の水路網を整理すると図4のようになる。現在、印籠池の流出口は1箇所であり、コンクリートの堰が築かれている(図3)。また、図1に示すように、流入水路が数箇所あり、池の周囲から常時流入が確認できる。

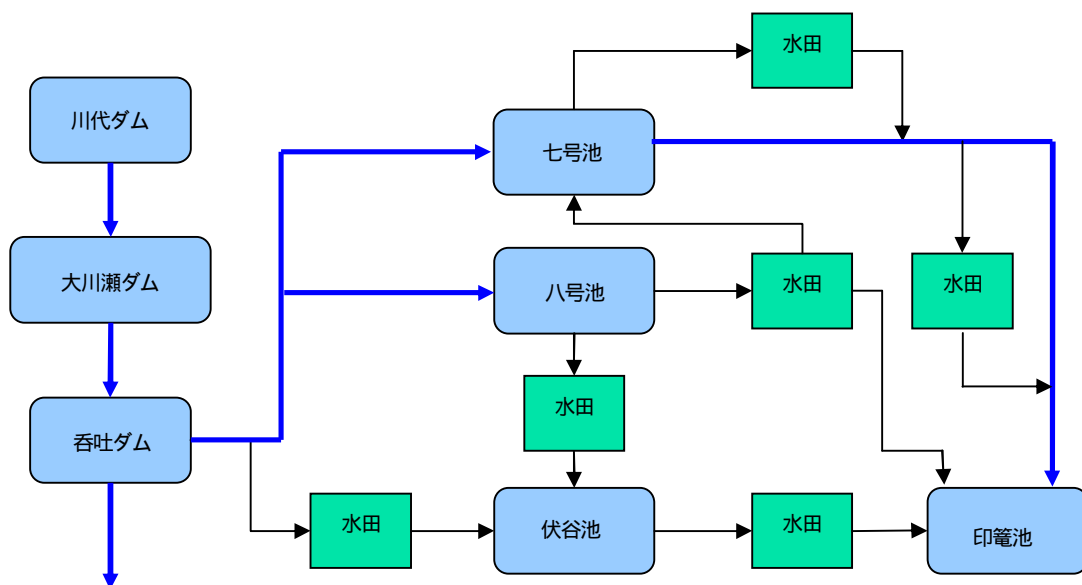


図4 印籠池周辺の水路網

3. 対象地域の水質

3・1 観測項目

観測地点は印籠池内 13 地点、流入水路 2 地点、周辺の貯水池 3 地点の合計 18 地点である。本研究での水質試験項目は水温、pH、導電率、BOD、SS、透視度、DO、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-P、強熱減量の 12 項目である。水質測定は平成 15 年 4 月から平成 17 年 6 月までの各月に 1 回行った。池中央部の観測水深は時期により、3.2~4.5m の間で変化する。

本研究では、印籠池の水質の程度を知るために、観測結果を環境基準と比較・検討する。結果は観測項目別に示す。

3・2 印籠池の水質結果

水温は、各地点とも 6 月から 9 月にかけて上昇し、その後下がるという傾向を示した。最高水温 27.8、最低水温 5.8 であった。この変化は、印籠池周辺の気温変化のパターンとほぼ同じであった。

pH は 7.5~10.2 の範囲であった。特に、夏期は pH 9~10 とアルカリ性になっていることが確認できる。これは、植物プランクトンが繁殖する際に、水中の炭酸を吸収したために起こったと考えられる。

導電率について、季節別・地点別に大きな変化は確認できなかった。そのため、池内の電解質は年間を通してほぼ一定であるといえる。

夏期における透視度は、アオコの発生によって著しく低下している。観測値は最も悪化している地点で、3~7cm であった。一方、冬期の観測結果は、20~30cm である。透視度は、観測日前の天候に大きく影響されるため、季節ごとの変化を表しにくい、夏期ほど状態が悪いということが確認できた。

印籠池の BOD と SS は、大量に発生するアオコが原因となって、夏期ほど値が高くなる傾向を示した(平均 BOD : 夏期は 10mg/l 程度、冬期は 6mg/l 程度)。また、流出口付近や池の形状が狭くなっている地点では、より値が高くなった。これは、風や池の形状、池内の流れなどが原因となって、アオコが一定の箇所に集中したことが大きく影響したためであると考えられる。また、印籠池で SS が大きくなる要因として、夏期に大量発生するアオコのほかにも、周辺の田畑から流入する土が考えられる。BOD と SS は同じ観測地点で高い値を示す傾向が確認できた。

図 5 に印籠池の DO の鉛直分布を示す。本研究では、印籠池中央部で DO の鉛直分布を測定した。一般的なダムなどに比べると水深が 3m 前後と浅いにもかかわらず、印籠池では夏期に水面付近で DO が高く、底付近で DO が異常に低くなるという現象が発生していることが確認できた。この現象は、夏期に水温の成層ができる植物プランクトンの発生により光合成が盛んに行われる水面付近で DO が上昇する。死滅した植物プランクトンが底層で微生物の分解作用を受け、DO が消費されるという流れで生じる。一方、水面付近で水温が徐々に低下するにつれて池の上部と下部で水の循環が起こるため、この現象は冬期には収まっていた。このとき、底層部で溶出した窒素やリンなどが鉛直方向に移動している可能性がある。

また、印籠池に堆積している泥の強熱減量は 13% であり、池に窒素やリンなどを含んだ汚泥が堆積していることが確認できた。

印籠池に流入してくる水路および、池のそばを流れる東播用水の流量を図 6 に示す。この図より、農業が盛んな夏ほど用水・排水ともに流量が増加することが確認できる。田畑で使用された排水が増加することによって、夏期に印籠池には多くの栄養塩が流入してい

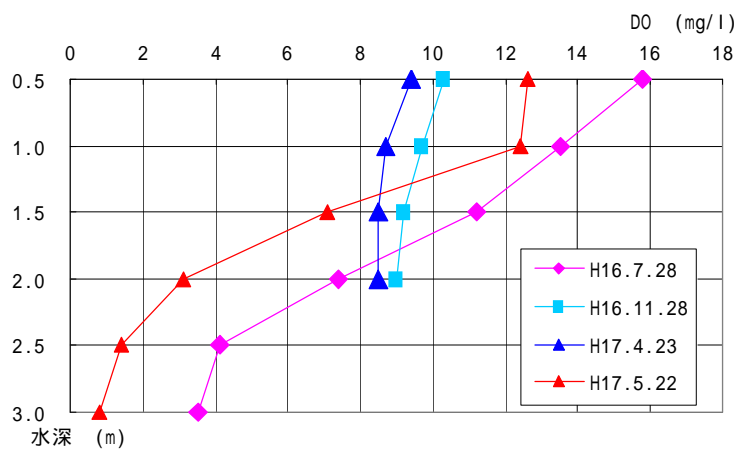


図 5 DO の鉛直分布

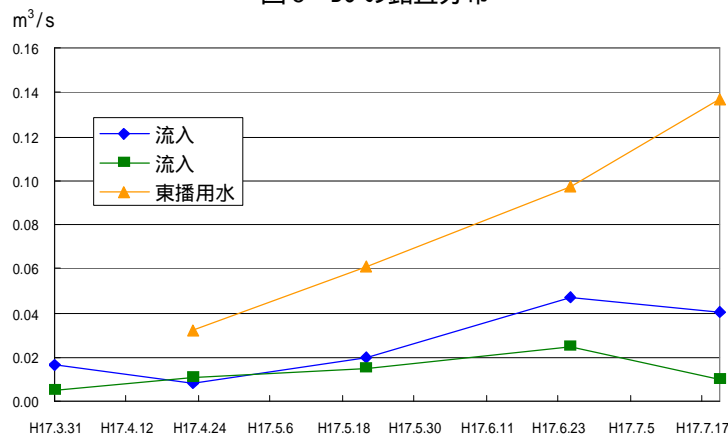


図 6 流量の変化

ることが考えられる。平成 17 年 5 月の観測日に水田の水を観測したところ、TN が 0.348mg/L、PO₄-P が 2.5mg/L という結果を得た。このうち、PO₄-P の濃度は環境基準類型 0.1mg/L の 25 倍である。この水田の水が直接、印籠池に流入しているわけではないが、高濃度の排水が発生していることが推測される。このことから、水田から流出した排水が印籠池の水質に影響を及ぼしている可能性が確認できた。特に水路網の末端にあたる印籠池では、周辺の貯水池よりも多くの栄養塩の流入が考えられる。

3.3 周辺の貯水池との比較

図 7 に TN の構成比、図 8 に TN の月変化、図 9 透視度の月変化に、図 10 に SS の月変化を示し、印籠池と周辺の貯水池との比較を行う。

下水管が整備されていることを考えると、現在池に流入してくる窒素分は、主に池の北側の農業地域で使用される肥料が原因となっていると考えられる。印籠池の TN は、全体的に環境基準類型 1.0mg/l の 2~3 倍となることが多く、特に流入水路に近い地点で値が大きくなっている。また、環境基準類型 0.1mg/l の 8~10 倍という高い濃度で PO₄-P 検出された。これらは、主に窒素分とともに農業用肥料に含まれていたものであると考えられる。

図 7 に示すよう調査期間を通して特に NO₃-N の割合が高かったのは、貯水池という性質上、汚濁物質が蓄積しているからであると考えられる。また図 7 において、7月に NH₄-N の占める割合が増加していることから、夏期に印籠池が還元的な状態になっていることが分かる。しかし、水深が浅く、降雨や風により水が攪拌され簡単に成層が壊されるため、8、9月で NH₄-N の占める割合が低下している。

図 8、9、10 より、アオコの発生が少なかった甲七号池と比べると透視度・SS のみならず TN も異なる挙動を示していた。このことより、比較的近い位置(約 500m)に存在する池でも水質が大きく異なるため、個別に水質・流量・負荷量などを測定

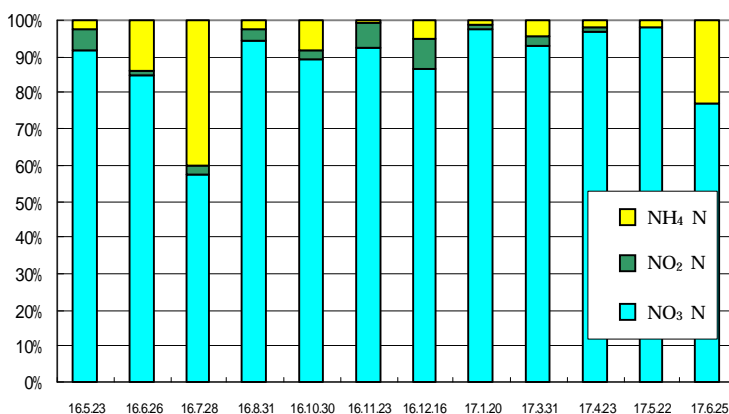


図 7 TN の構成比(流出口)

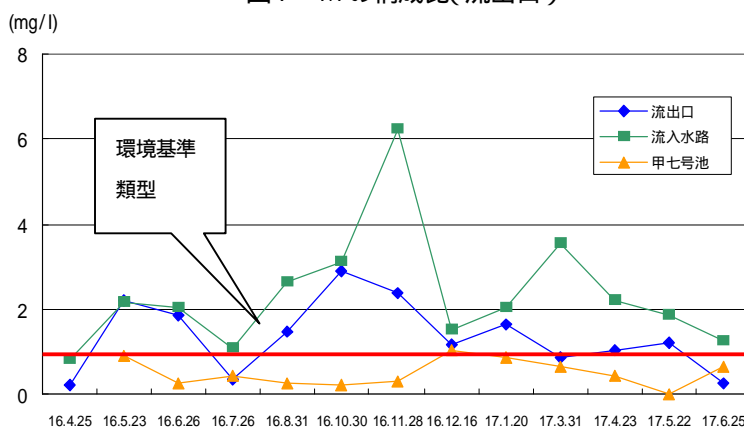


図 8 TN の月変化

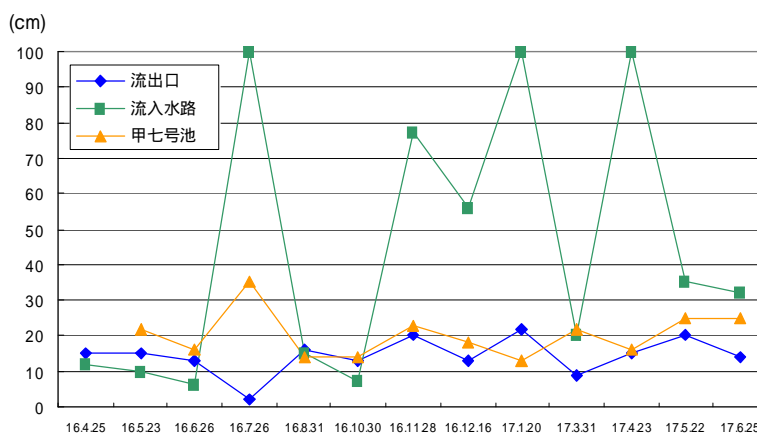


図 9 透視度の月変化

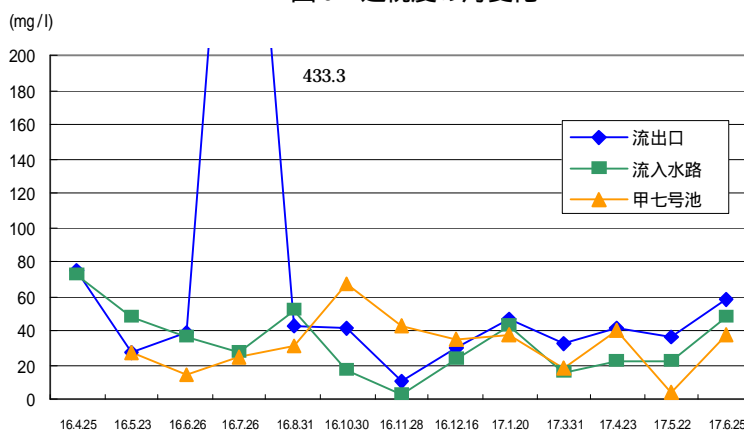


図 10 SS の月変化

し、対象地域で総合的な水質改善対策を検討する必要もあると考えられる。ここで冬期にSSが増加したのは、池の水位が低下し、堆積物が巻き上げられたためである。

印籠池周辺で発生した植物プランクトンは図11に示すものがほとんどである。この種類はアナベナスピロディスと呼ばれるもので、印籠池だけでなく日本の各地で大繁殖し、アオコを引き起こしている。特徴として、球がらせん状になった群体をつくること、球の中に偽空胞を持ち、水面に浮んでいることがあげられる⁵⁾。このアナベナ属の発生を抑制するような画期的な対策は今のところなく、水質悪化が進行しやすくなっている。



図11 アナベナ属

4. 水質改善方法について

印籠池の水質を改善していく方法として、次の4つが挙げられる。化学肥料の使用量を減らすことで、池に流入する負荷を減らす。大量発生したアオコを回収する(アオコは窒素やリンを大量に吸収するため、肥料の代替品として用いることができる)⁶⁾。鉛直方向と水平方向で水の循環を行う。池の底に堆積している汚濁負荷を取り除く。このうち、化学肥料の使用量を抑える方法とアオコの回収を行う方法を組み合わせると、コストと水質改善の面でよいと考えられる。

このほかにも、緒言で挙げたような水質改善方法の導入も考えられる。しかし、現在の印籠池が農業用貯水池として利用されていることを考慮すると、大掛かりな設備を導入するだけの土地と費用がまかなえない。そのため、低コストでメンテナンスがそれほど必要でない方法を検討していく必要がある。また、図4に示したように、印籠池の周辺には多くのため池や田畑、水路が存在し、お互いにつながった状態にある。そのため、印籠池という点的な水質改善よりも、地域全体の水質改善につながるような方法を検討する必要がある。

また、水質改善と同時に、ゴミの回収や水質改善後

の池のあり方なども検討していく必要がある。そのため、周辺住民の方を対象としたアンケート調査なども行っていく必要もある。

5. 結論

印籠池の水質調査、及び池周辺の土地利用などを調査した結果、次のことが明らかになった。

- (1) 印籠池はBOD、窒素、リンなどで、環境基準を満足することがなく、富栄養化状態にある。原因として、水の滞留時間、池の形状などが挙げられる。
- (2) 印籠池に流入する汚濁負荷の種類として、現在も流入する農業排水と、過去の生活排水、およびそれらの蓄積が挙げられる。
- (3) 気象条件によっては、水深が3~4m程度でも低層に貧酸素の層が形成される。特に夏期、底層部では貧酸素状態となる。
- (4) 同じ地域内の貯水池でも水質が大きく異なることから、個々の貯水池に応じた対策の検討が必要である。
- (5) コストとメンテナンスの点を考慮すると、印籠池では、アオコを回収し農業用化学肥料の代替品として用いることが、水質を改善する方法の一つとして考えられる。

今後、流入水路の解明、負荷量の測定、面的な水質状態の把握、流入水路の流量測定、アオコの回収方法や再利用についての検討などを継続的に行う必要がある。

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’ H17.8.20 取得
<http://www.maff.go.jp/nouson/bousai/menu.htm>
- 2) 環境省環境管理局水環境部編：平成15年度公共用水域水質測定結果,p.39,2004.
- 3) 黒田義隆：明石市史 上巻,明石市役所,pp.256~260,1994.
- 4) 神戸市都市計画図,2004.
- 5) 滋賀県立衛生環境センター HP ‘琵琶湖のプランクトンホームページ’ 2005.8.20 取得
<http://www.pref.shiga.jp/biwako/plankton/index.htm>
- 6) 国土交通省霞ヶ浦河川事務所 HP ‘水質保全対策アオコ除去’ 2005.8.20 取得
<http://www.ktr.mlit.go.jp/kasumi/hozen/aoko.htm>
- 7) 磯野太俊,神田佳一,渡部守義,海道淳平：都市域貯水池の水質環境に関する現地調査,明石工業高等専門学校研究紀要,Vol.47,pp88-92,2004.