都市公園池の富栄養化特性とクロロフィルaとの関係

大 島 詔*
 萩 原 拓 幸*

新 矢 将 尚*
 後 藤 薫*

北 野 雅 昭*
 土 永 恒 彌**

Eutrophication Characteristics and Their Relationships to Chlorophyll-a Concentrations in Urban Park Ponds

Akira OSHIMA*, Masanao SHINYA*, Masaaki KITANO*,
 Takuyuki HAGIWARA*, Kaoru GOTO* and Tsuneya TSUCHINAGA**

* Osaka City Institute of Public Health and Environmental Sciences, 8-34, Tojo-cho, Ten'noji-ku, Osaka 543-0026 Japan

** Tatsuta Environmental Analysis Center Co., Ltd., 2-3-1, Iwata-cho, Higashi-Osaka, 578-8585 Japan

Abstract

The water quality of city park ponds must be kept at certain levels because such ponds are important facilities for the comfortable life of citizens, and hence must be improved if heavy algal blooms occur frequently. Nitrogen, phosphorus, and chlorophyll concentrations were measured from 1999 to 2003 for four park ponds in Osaka city to investigate eutrophication and its causes. The means TN, TP and Chl.a concentrations ranges were 0.89-5.4 mg-N l^{-1} , 0.12-0.67 mg-P l^{-1} , and 24-310 $\mu g \cdot l^{-1}$ respectively. In the comparison of water quality with those of irrigation ponds and other park ponds, three of the four ponds showed intermediate levels, and the remaining one showed much progressed levels. Treated sewage water, effluent water from a landfill site, and water from a pumping well accelerated the trophic state of ponds easily. A pond where a low Chl.a concentration but with high TN and TP concentrations existed. Thus, it was surmised that treated sewage water flowing into a pond indirectly influences pond water quality. Also, there was a park pond that decreases its TN concentration markedly in summer, and denitrification in the emergent plant zone was suspected. Since such characteristics may also contribute to water quality improvement, further studies are required.

Key words: Urban park pond, Nutrients, Chlorophyll-a, Rainfall, Emergent plant zone

1. はじめに

都市公園は都市機能を補完する施設である。その中でも都市公園池(以下公園池と称する)は景観を楽しむ静的活動や、散歩などの動的活動の両面にわたり広く活用される¹⁾。とりわけ市民との関わり合いが深い重要な要素であるが、清浄で豊富な水源を有しない公園池は富栄養化が過度に進行し、親水空間でありながらもアオコ発生によりその利用価値が大きく損なわれることもある²⁾。大阪市内にある優良な水源を持たない公園池の調査事例では、ほぼ全てにわたり富栄養化の極めて進行した水質であり、中には過度のアオコ発生が問題化しているケースも見られる³⁾。

公園の価値向上のためには公園池の水質を向上させる必要があり、規模が同程度で事例の豊富な農業用ため池での調査研究で得られた知見⁴⁾の活用が期待されるが、公園池はため池等と根本的に異なる要素があるので、注意が必要である。ため池は水を蓄え、灌漑することが目的なので、地勢的な水源は必須であり、定期的な池水放出の機会もあるが、一方修景用の公園池ではため池のような水源は必ずしも必要とせず、管理形態にも依るが、放水の機会が全く

ない場合すらある。このような場合、公園池はより富栄養化が進行しやすい環境にあるといえよう。また、近年では失われた自然環境を再生させて修復する必要性が強く求められており、公園池のビオトープとしての活用も考えられるが、公園池の特性に着目した水質の研究報告は事例^{5,6)}が少なく、環境改善に向けたさらなる研究が必要である。

そこで本研究では大阪市にある代表的な4つの公園池(内濠、北外濠、鶴見池、万代池)に着目し、1999年7月から2003年12月にかけて毎月表層水を採取して窒素、リン、クロロフィルを測定した。さらに池ごとに異なる富栄養化の程度や水質の挙動と、富栄養化特性、すなわち水質の汚濁要因と緩和要因との関連性について考察したので、ここに報告する。

2. 方 法

2.1 採水場所

大阪市内にある内濠、北外濠、鶴見池、万代池の4池について調査した(Fig.1)。各公園池の諸元をTable 1で示す。

内濠、北外濠は共に大阪城公園(中央区)内にある大阪城

* 大阪市立環境科学研究所 〒543-0026 大阪市天王寺区東上町8-34

** (株)タツタ環境分析センター 〒578-8585 大阪府東大阪市岩田町2-3-1

Table 1 Properties of investigated four ponds. (B)/(A) shows magnitudes of the ratio of watersheds to ponds.

Pond	Surface area (m ²) [A]	Mean depth (m)	Water volume (m ³)	Water catchment area (m ²) [B]	[B] / [A]	Water source
Uchi-bori	3.62 × 10 ⁴	3.8	1.37 × 10 ⁵	1.81 × 10 ⁵	5.01	Especially Nothing
Soto-bori	3.53 × 10 ⁴	4.0	1.41 × 10 ⁵	7.09 × 10 ⁴	2.01	Inflow from Uchibori and Nishi-sotobori
Tsurumi-ike	3.00 × 10 ⁴	1.1	3.30 × 10 ⁴	2.31 × 10 ⁵	7.71	Effluent (minor source)
Mandai-ike	1.92 × 10 ⁴	1.4	2.68 × 10 ⁴	3.57 × 10 ⁴	1.86	Groundwater (-2002)

Table 2 Mean and S.D. of measured items of each pond.

	Uchi-bori	Soto-bori	Tsurumi-ike	Mandai-ike
Total Nitrogen	0.89 ± 0.30	3.5 ± 1.4	2.4 ± 0.80	5.4 ± 3.1
NH ₄ -N	0.10 ± 0.13	2.4 ± 1.3	0.45 ± 0.51	0.20 ± 0.53
NO ₂ -N	0.01 ± 0.01	0.06 ± 0.07	0.03 ± 0.02	0.01 ± 0.02
NO ₃ -N	0.06 ± 0.11	0.16 ± 0.19	0.20 ± 0.24	0.13 ± 0.44
Total Phosphorus	0.12 ± 0.04	0.38 ± 0.18	0.12 ± 0.03	0.67 ± 0.42
PO ₄ -P *	0.04 ± 0.04	0.32 ± 0.18	0.00 ± 0.00	0.10 ± 0.15
Chlorophyll a (μg·l ⁻¹)	32 ± 26	24 ± 18	70 ± 39	310 ± 300

* Quantitative limit = 0.01 mg-P·l⁻¹

を取り囲む濠である。内濠は1つの濠からなるが、北外濠は内濠を囲む外濠のうち、もっとも北側に位置する濠である。内濠では水位が大幅に低下したときにのみ上水が導入されることもあるが、原則雨水により維持されている。南外濠および西外濠には高次処理された下水処理水が流入し(Fig.1黒矢印)、北外濠には内濠と西外濠からのオーバーフロー水が流入する(Fig.1白矢印)。なお、北外濠と東外濠は連通管で接続され、相互に水の行き来がある。(以降、北外濠を単に外濠と称す)

鶴見池は花博記念公園鶴見緑地(大阪市鶴見区・守口市)にある公園池で、正式名称を大池という。鶴見池の北東方向には焼却残滓および残土を埋め立てて造成された鶴見新山があり、そこからの浸出水がFig.1中黒矢印で示した泉や、さらには池底を通じて常時流入している。尚、鶴見池においても水位低下に応じて工業用水が補給されることがある。また、主にアシからなる抽水植物帯が公園池の周囲の約1/4を占める。万代池は万代池公園内(住吉区)にある公園池で、奈良時代からの言い伝えが残されている古い池であるが、2002年までは不足した水位を補うために地下水が用いられたが、年間で最大数千m³の流入と考えられる。

2.2 採水および分析方法

1999年7月より2003年12月までの4年6ヶ月間、月1回の割合で調査した。定点は水の流れを考慮して設定した(Fig.1●)。表層水をステンレス製バケツで静かに採水し、試料を容量2lのポリプロピレン製容器に詰めて実験室に持ち帰り、窒素(全窒素および各態窒素)、リン(全リンおよびリン酸態リン)、クロロフィルa量を計測した。

全窒素(TN)は、全窒素自動測定装置(ヤナコ、TN-301P)を用いて、化学発光法⁷⁾により測定した。硝酸態窒素(NO₃-N)および亜硝酸態窒素(NO₂-N)は、キャピラリー電気泳動法⁸⁾により定量した。750 mMの塩化ナトリウム水溶液に Waters IonselectTM 100 mM OFM Hydroxide concentrate (Waters社製)を5 ml·l⁻¹添加して調製された泳動液と、内径

75 μm全長60 cm(有効長52.5 cm)の、シリカキャピラリーチューブ(GLサイエンス社製)を用い、キャピラリー電気泳動装置(Waters, Quanta4000)を用いて、孔径0.45 μmのメンブレンフィルターでろ過した試料を重力法で注入し、印加電圧+15 kVでNO₃⁻およびNO₂⁻を電気泳動し、波長214 nmの吸光度を測定し定量した。アンモニア態窒素(NH₄-N)の測定はインドフェノールブルー法⁷⁾により定量した。NH₄-N+NO₂-N+NO₃-Nを全無機態窒素(TIN)とした。

リン酸態リン(PO₄-P)はモリブデン青吸光度法⁷⁾により定量した。全リン(TP)は、ペルオキシ二硫酸カリウム分解法⁷⁾に基づき、リン酸態リンへ分解した後、モリブデン青吸光度法により定量したが、ペルオキシ硫酸カリウム

Fig.1 A map that indicates the investigated four ponds and sampling points (filled circle).

Fig.2 Variations of TN, NO₃-N, NO₂-N and NH₄-N in each pond.

Fig.3 Variations of TP and PO₄-P in each pond.

Fig.4 Variations of Chl.a in each pond.

による分解時間は60分とした。

クロロフィルa(Chl.a)は蛍光法⁹⁾で定量した。10~400 mlの試料に7 g·l⁻¹の塩基性炭酸マグネシウム水溶液を数滴添加し、グラスフィルター(Whatman, GF/50)上に捕集し、-18℃のフリーザー内で凍結・乾燥させた。90%アセトンを用いグラスフィルターごと破碎し、-18℃で約半日放置し抽出させた後、遠心分離器にかけて得た上澄み液を蛍光分光光度計を用いて定量した。

3. 結果

3.1 平均水質

各公園池の全期間の平均水質および標準偏差をTable 2に示す。調査した全公園池で観測されたTNの平均値は0.89~5.4 mg-N·l⁻¹の範囲にあり、唯一内濠のみが1.0 mg-N·l⁻¹を下回った。窒素の形態を見ると、万代池、鶴見池、内濠ではTNがTNの20~31%を占めたに過ぎなかったが、外濠ではTNが75%を占めた。TPの平均値は、0.12~0.67 mg-P·l⁻¹であり、全ての公園池で0.10 mg-P·l⁻¹を超過し、中でも万代池と外濠で高かった。PO₄-Pについては、鶴見池ではほとんどの期間で0.01 mg-P·l⁻¹で推移し、内濠、万代池でも低い値に留まったが、外濠ではTPのうち大部分がPO₄-Pにより占められていた。Chl.aの平均値は24~305 µg·l⁻¹の範囲にあり、TNとTPが2番目に高かった外濠のChl.aが最も低く、他の3池ではTNおよびTPの濃度順に従って内濠、鶴見池、万代池とChl.aの濃度が増加した。

3.2 窒素の変動

窒素の季節変動をFig.2に示す。内濠ではTNの変動に周期性は見られず、0.51~1.5 mg-N·l⁻¹の範囲にわたり不規則な変動を繰り返した。しかしTNは、10月頃からNO₃-NやNH₄-Nが増加し、3月頃まで比較的高濃度で継続する季節性が認められた。外濠は、2000年を除くと、冬から春にかけてTNが増大する明瞭な季節変動を示し、その極大値は5.0~6.7 mg-N·l⁻¹、極小値は1.4~2.8 mg-N·l⁻¹と、年間の変動幅も大きかった。TNは圧倒的にNO₃-Nの割合が多く、TNに占めるNO₃-Nの割合も平均62%であった。

鶴見池のTNも明瞭な季節変動を示し、1月から4月にかけて3.0~4.3 mg-N·l⁻¹の極大が見られ、夏季は極大に対して平均1.8 mg-N·l⁻¹低い1.3~2.5 mg-N·l⁻¹まで低下した。TNのうちNO₃-NとNH₄-Nは夏季に少なく、冬季に増加する傾向が見られた。万代池では毎年8月から10月にかけてTNが常に6.0 mg-N·l⁻¹を超えるピークを観測したが、

Table 3 Range of TN, TP and Chl.a of irrigation and urban park ponds in Japan.

Place	Type ¹⁾	TN	TP	Chl.a	Reference
Kansai dist.	I	0.53-2.55	0.022-0.295		11)
Hyogo pref. ^{2,3)}	I	0.45-6.47	0.011-0.552		12)
Hyogo pref. ^{2,4)}	I	0.97-2.58	0.010-0.361		12)
Hyogo pref. ³⁾	I	0.4-5.1			13)
Hyogo pref. ⁴⁾	I	0.4-6.4			13)
Kagawa pref., plain region	I	0.71-3.15	0.01-0.33		14)
Aichi pref.	I	0.20-4.16	0.01-0.31		15)
Kanto dist.	U	up to 6	up to 0.4		5)
Kanto dist.	U			less than 400	6)
Osaka city	U	0.89-5.4	0.12-0.67	24-310	This Study

¹⁾ I: irrigation pond, U: urban park pond ²⁾ Outflowing water ³⁾ farming season ⁴⁾ non-farming season

TINは1999年と2000年3月と秋季を除くと最大でも0.10 mg-N・l⁻¹に過ぎず、TINはほとんど検出されなかった。

3.3 リンの変動

リンの季節変動をFig.3に示す。内濠のTPおよびPO₄-Pは明瞭な季節変動を示し、TPは8～9月に0.18～0.22 mg-P・l⁻¹の極大を、12～1月にかけて0.07～0.11 mg-P・l⁻¹の極小が見られた。PO₄-Pは夏季に高く、最大0.10～0.16 mg-P・l⁻¹であった。外濠でも2000年を除き季節変動が見られ、TPの極大は決まって9月であり、0.59～0.94 mg-P・l⁻¹であったが、8月から10月までを除く期間のTPの平均値は0.28 mg-P・l⁻¹で、しかも変動も少なく安定していた。また、年間を通じてTPのうち大部分がPO₄-Pで占められる特徴が見られ、その割合は平均81%であった。

鶴見池のTPは期間を通じて0.07～0.20 mg-P・l⁻¹の範囲で不規則な変動を示し、PO₄-PはN.D.～0.04 mg-P・l⁻¹で推移したが、ほとんどの期間はN.D.であった。万代池では、8月から10月にTNの増加と同調した、1.0 mg-P・l⁻¹を超えるTPのピークが見られ、PO₄-PもTPに連動する格好で増減を繰り返す。夏季に0.40 mg-P・l⁻¹程度の極大を示すが、毎年12月から5月頃までは0.05 mg-P・l⁻¹以下の状態であった。

3.4 クロロフィルの変動

Chl.aの季節変動をFig.4に示す。内濠では1.4～130 μg・l⁻¹の範囲にわたり観察されたが、その変動に明瞭な季節性は認められなかった。外濠も不規則な変動であり、2000年8月や2001年7月、2002年10月のように単発的なピークが見られたが、流入水源の一つである内濠と同調したものではなかった。鶴見池でも規則性は見られず、増減の激しい不規則な挙動を示し、特に1999年から2000年にかけてはその変動幅も27～180 μg・l⁻¹の広範囲にわたった。万代池では2003年を除くと、7月から11月にかけては500 μg・l⁻¹を超える高い状態であることが多く、これ以外の季節においても概ね100 μg・l⁻¹を超える状態が継続する季節性が見られた。なお、2002年5月にはひととき異常に植物プランクトンが増殖し、2030 μg・l⁻¹を観測した。

4. 考 察

調査した4公園池の水質を国内のため池や公園池を調査した事例(Table 3)と比較すると、内濠、外濠および鶴見池は中位に属する比較的平均的な水質であり、万代池は富栄養化がかなり進行しているといえる。

万代池ではとりわけTPが高いが、この池の集水面積は

公園池面積の約2倍にすぎず、もともと水質汚濁が進行しやすい状況にあったことと、それにも増して慢性的な水不足を補う目的で2002年まで供給され続けた井戸水に依るところが大きい。唐木(2000)により、沖積平野にある井戸水はPO₄-P濃度等が高く、修景用水としての利用に注意を要することが指摘されているが¹⁶⁾、万代池の井戸水のTPは1.5 mg-P・l⁻¹を超えており、このことが原因となって富栄養化を著しく促進したものと考えられる。またこの井戸水はTNも高く、供給された栄養塩により植物プランクトンの発生が刺激され、よってChl.aも増大したものと考えられる。また、TNとTP、Chl.aが夏季に同調して高い値を示すのは、表層へ供給された栄養塩が植物プランクトンにより連続してトラップされ続けるためであり、富栄養化した浅い湖沼ではごく普通に見られる現象である¹⁷⁾。ただし2003年には井戸水の供給が停止したこともあり、全ての水質項目である程度の好転が見られた。

内濠では、TPやChl.aは過栄養湖の目安¹⁸⁾とされる0.1 mg-P・l⁻¹、25 μg・l⁻¹より若干高いが、採水時には一度もアオコの発生は確認されず、修景用としては満足できる良好な水質が維持されていたといえる。Chl.aはランダムな挙動を示したが(Fig.4)、アオコの発生が頻発する4～9月はPO₄-Pは豊富に存在しているのに対してTINがほとんど見られないことから窒素制限下にあるものと思われる。この期間のTNは不規則な挙動であり、植物プランクトンが安定して増殖することが難しく、アオコの発生も見られなかったためであろう。また、内濠程度のTN、TP量であれば植物帯等の発達も見込めるので^{19,20)}、ビオトープとしての活用も期待できる水質であろう。内濠は主に雨水により維持されているが、調査した公園池の中では比較的広い集水域を有し(Table 1)、しかもその集水域も自動車の通行がほとんど無いアスファルト路面および構造物、残りは樹木が占める栄養塩の流出が少ない条件にある。内濠の比較的好適な水質は、栄養塩負荷の少ない十分な集水域が確保される条件により維持されていると思われる。

一方、外濠の集水面積は池表面の約2倍であり、万代池と同程度に過ぎないが、内濠および西外濠からのオーバーフローが発生するので、実質の集水面積はその数値以上と見なすことができる。外濠も西外濠も、内濠とほぼ同程度の構成比率からなる集水域を持つが、TNやTPは内濠よりもはるかに高いので、これは西外濠からのオーバーフロー水、すなわち間接的に流入する下水処理水による影響と考

えられる。また、内濠とは異なり、TPのみならずTNも規則性のある変化を示すのも、下水処理水の流入に由来する可能性がある。ただしChl.aについてみると、その平均値は調査した全公園池では最小であり、非常に低い値に留まっていた。栄養塩の形態に着目すると、外濠でのみ季節を問わずTNおよびTPに占めるTINや $PO_4\text{-P}$ の割合が高く、窒素やリンが植物プランクトンによりうまく利用されていないことが示された。この理由として、窒素やリン以外の微量元素不足も原因の一つと考えられるが、AGP試験によるとこの可能性は支持されない(未発表データ)。内濠と大きく異なるのは、外濠には間接的に流入する下水処理水が存在する点である。下水処理水は植物プランクトンに対して栄養供給による正の作用²¹⁾と、消毒に用いられる塩素やその副生成物^{22~24)}、医薬品やその代謝物^{25,26)}等による負の作用の両面が知られるところであるが、外濠では下水処理水により植物プランクトンの増殖が抑えられ、その結果低いChl.aにとどまっている可能性がある。低いChl.a量は、風景上好ましく、浄化技術としての応用が検討されるべき事象かもしれないが、生態系の観点からは必ずしも好ましいとはいえない側面もあるので、外濠におけるChl.aに対する下水処理水の影響は、その有無も含めて調査しなくてはならない。

鶴見池の集水規模は内濠よりもさらに広く、約8割までを庭園や花壇などが占めるので、公園池は栄養塩負荷による富栄養化が進行しやすい環境と思われたが、TPについては内濠と同程度の水準なので、TPに限れば集水域の土地利用形態の違いによる影響はあまり現れていないようである。一方、TNが相対的に高いのは、鶴見新山からの浸出水が高濃度のTNを含んでおり(約5 mg-N $\cdot$ l⁻¹)、これが窒素源として負荷され続けた結果であると考えられる。また、興味深いことに鶴見池TNの季節変動は、万代池のように夏期に増加するのではなく、逆に減少する特徴が見られた。浸出水の水量はごく僅かであり、しかも年間を通じてほぼ一定量であるので、TNの変動は公園池自身の作用に起因するものと考えられる。鶴見池は調査した他の公園池とは抽水植物帯を有する点が異なる。Bowden(1987)によると、抽水植物帯の植物による吸収と脱窒作用は湿地における窒素循環において大きなウェイトを占めており、鶴見池のような環境の場合、それらの合計は平均55 g-N $\cdot$ m⁻²・yr⁻¹程度の除去と見積もられ²⁷⁾、鶴見池における抽水植物帯の面積は約2,000 m²なので、鶴見池の池水よりTNを3.3 mg-N $\cdot$ l⁻¹・yr⁻¹除去することに相当する。ただし、抽水植物帯のアシは刈り取られることがなく、しかもTNが植物により吸収されるのであれば、同時にTPの低下も観察されるはずであろうが、そうではなかった。鶴見池でTNが夏に減少するのは、水温上昇により活発となる脱窒作用に依るところが大きいものと思われる。また、鶴見池ではChl.aの季節変動も認められなかったが、これは特に夏季TNが大きく低下するという特性により、この時期にChl.a量が抑制され、結果として季節変動が現れないと考えられ、夏季にTNが減少する仕組みを応用することによりアオコを緩やかに減少させることができる可能性を示唆するものである。

5. まとめ

調査した公園池の水質は、万代池を除く3池は他の都市にある公園池やため池と比較して平均的な水質であり、万

代池では相対的に富栄養化が進んでいた。

公園池の富栄養化特性としては、流入する埋立処分地からの浸出水、栄養塩の豊富な井戸水の使用により富栄養化は促進される方向へ作用し、抽水植物帯で機能していると考えられる脱窒作用はTNを減少させ、Chl.aを低下させる方向へ作用するものと思われた。また、下水処理水にはTNやTPを増加させ、富栄養化を促進する特性を有するが、同時にChl.aを減少させる作用が示され、水質汚濁緩和要因としても機能している可能性がある。

水処理水や脱窒作用にはChl.aを低下させる効果が期待され、公園池の水質改善を図る上で重要な要素となる可能性もあるので、今後は詳細な調査および研究が必要である。

謝 辞

調査を遂行するにあたり、大阪市ゆとりとみどり振興局には便宜を図っていただいた。また、執筆するにあたり、滋賀県立大学環境科学部の國松孝男教授には数々の助言をいただいた。ここに記して感謝の辞を述べるものとしす。

(原稿受付 2008年1月7日)

(原稿受理 2008年9月22日)

参 考 文 献

- 1) トモリアキラ, 鈴木宏隆, 浦山益郎 (2005) ため池のある公園とない公園における利用者特性と余暇活動の比較分析—ため池の水辺空間における利用特性に関する研究—, 日本建築学会計画系論文集, 598, 87-94.
- 2) 渡辺真之 (1999) 日本のアオコ 湖沼に生息する太古の住人 観察と分類, 52pp., 国立科学博物館, 東京.
- 3) 大阪市ゆとりとみどり振興局 (2007) 都市公園における水質環境調査研究業務調査報告書.
- 4) 例えば, 国立環境研究所 (2004) ため池の評価と保全への取り組み, 国立環境研究所報告, 183, 138pp.
- 5) 木村綾, 瀬戸昌之 (1998) 都市の人工池におけるリン, 窒素の分布と透視度との関係, 雨水技術資料, 30, 69-74.
- 6) 大村恵, 瀬戸昌之 (2001) 池水の透視度とクロロフィルa濃度およびリン・窒素濃度の関係, 人間と環境, 27(2), 64-69.
- 7) 酒井恒行, 高橋孝行, 鈴木政明 (1993) キャピラリーイオンアナリシス(CIA)法を用いた各種応用例, 環境化学, 3(2), 494-495.
- 8) JIS, K0102 (1998)
- 9) American Public Health Association, (1998) 10020H. Chlorophyll, in "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed.", pp.10.18-10.25, American Water Works Association, Washington D.C..
- 10) SPSS (2002) SPSS Base 11.5 User's Guide, 566pp., SPSS co. Ltd., 東京.
- 11) 長坂貞郎, 堀野治彦, 渡辺紹裕, 丸山利輔 (1998) 農業用ため池の水質実態と主成分分析による評価—京都府, 滋賀県, 奈良県内の複数のため池を事例として—, 農業土木学会論文集, 194, 125-131.
- 12) 松山稔, 小巻孝, 玉木哲也, 河野哲, 青山喜典, 望月証, 嶋田竜太郎 (2004) 兵庫県におけるため池の水質と生物相の現状について, 国立環境研究所報告, 183, 32-40.
- 13) 田淵俊雄, 高村典子, 黒田久雄 (2004) ため池の水質特性からみた多様性と水質解析, 国立環境研究所報告, 183, 47-60.
- 14) 田辺和司, 片本格, 糸瀬貞義 (1986) ため池の水質の現状について, 香川県農業試験場研究報告, 38, 45-53.
- 15) 糟谷真宏, 加藤保, 濱田玲子, 永田敬子, 木野勝敏, 豊田一郎 (1989)

- 多変量解析を用いた尾張東部地域のため池の水質解析, 愛知県農業総合試験場研究報告, 21, 123-130.
- 16) 唐木毅 (2000) 公園池の供給水に井戸水を用いる場合の問題点, 用水と廃水, 42(12), 1091-1094.
- 17) Prepas, E.E. and Trew, D.O. (1983) Evaluation of the phosphorus-chlorophyll relationship for lakes off the precambrian shield in western Canada, *Canadian Journal of Fish and Aquatic Science*, 40, 27-35.
- 18) 日本陸水学会 (2006) 陸水の事典, pp.61, 講談社サイエンティフィック, 東京.
- 19) 福島武彦, 武田康裕, 尾崎則篤 (2000) ため池における水質と浮葉植物の繁茂状況の関係, 水環境学会誌, 23(11), 721-725.
- 20) 小林浩幸, 山本眞, 國弘実 (2006) 農村地域における水生植物の生息地の水質, 雑草研究, 51(3), 133-138.
- 21) Edmondson, W.T. (1970) Phosphorus, nitrogen, and algae in Lake Washington after diversion of sewage, *Science*, 169, 690-691.
- 22) 鈴木祥広, 森下玲子, 丸山俊朗 (1996) 淡水産植物プランクトンの増殖阻害試験によるモノクロミンと塩素殺菌下水処理水の毒性評価, 水環境学会誌, 19(11), 861-870.
- 23) Brungs, W. A. (1973) Effects of residual chlorine on aquatic life, *Journal Water Pollution Control Federation*, 45(10), 2180-2193.
- 24) Zargar, S. and Ghosh, T.K. (2007) Thermal and Biocidal (Chlorine) Effects on Select Freshwater Plankton, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 53(2), 191-197.
- 25) Halling-Sørensen, B., Nielsen, S.N., Lanzky, P. F., Ingerslev, F., Luthoft, H.C.H. and Jørgensen, S.E. (1998) Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment - a review, *Chemosphere*, 36(2), 357-393.
- 26) 八十島誠, 山下尚之, 中田典秀, 小森行也, 鈴木穰, 田中秀明 (2004) 下水処理水中に含まれるレボフロキサシン, クラリスロマイシンの分析と藻類生長への影響, 水環境学会誌, 27(11), 707-714.
- 27) Bowden, W.B. (1987) The biogeochemistry of nitrogen in freshwater wetlands, *Biogeochemistry*, 4, 313-348.