

金城学院大学構内の文四郎池の水質

Characteristics of Water Quality of Bunshiro Pond in Kinjo Gakuin University

吉田 耕治¹
Koji YOSHIDA

岡 尚男¹
Hisao OKA

小野 知洋²
Tomohiro ONO

はじめに

文四郎池は名古屋市守山区の金城学院大学構内の南西側に位置し(図1)、地図より概算した面積は約680m²である。池の水深は不明であるが、栽培種で移入により定着したと考えられるスイレンが夏期に一面に繁茂することから比較的浅いと思われる。文四郎池は南西側に築堤を有し、ため池として築造されたものと考えられるが、この池の由来に関しては金城学院史(例えば金城学院百年史)や地域史等にも記載はなく、明らかではない。

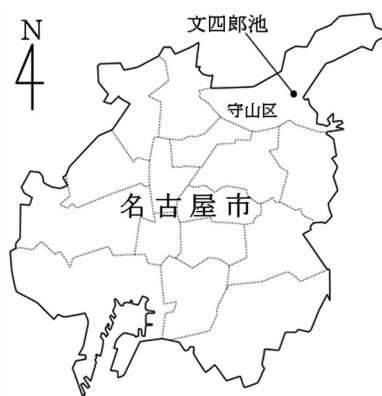


図1 文四郎池の位置

文四郎池への主な水の供給源(流入水)は、降雨または降雪時に、背後の金城学院大学W5、W7およびW10号館付近の側溝に流入する降水である。側溝は埋設管を經由して文四郎池の上流側で合流し、流入量が排水能力を超えると二次林内に越流し、林内を約20m流れて文四郎池に至る。この他にも降雨時には流域からの表面水の流入も部分的にある。一方、地下水による水の供給の有無については不明である。

現在文四郎池は、このように降水の調整池としては機能しているものの、すでに農業用のため池としての役割は終えており、流出した水の利用はされていない。また「池干し」と呼ばれる、農閑期(冬期)に池の水を抜いて堤防の点検や底泥の除去、魚類の捕獲などを行う、ため池では一般的な習慣も廃れてしまっている。さらに、大学の中にあり金城学院幼稚園も隣接するロケーションにもかかわらず、研究や教育目的での活用はされていないほか、釣りや水生生物等の捕獲といったレクリエーション目的で利用されることも皆無である。

文四郎池では生育・生息する生物の調査はほとんど行われていないが、筆者が日常的に観察しているところでは、植物は5月頃よりスイレンが増殖して水面を一面覆って優占し(図2)、動物相としてコイやアメリカザリガ

¹金城学院大学薬学部薬学科
Department of Pharmacy, College of Pharmacy,
Kinjo Gakuin University

²金城学院大学国際情報学部国際情報学科
Department of Global and Media Studies, College
of Global and Media Studies, Kinjo Gakuin
University

ニが生息している。また、なごや生物多様性センターによるアライグマの捕獲調査で、金城学院大学に隣接する八竜湿地¹⁾だけでなく文四郎池周辺においてもアライグマが出没していることが確認され、2012年3月には1頭が捕獲された(図2)。文四郎池は、アメリカザリガニを好食するアライグマにとって好適な環境となっている可能性がある。稀にコサギ・アオサギ・カワセミ等の飛来も確認されているが、文四郎池では移入種・外来種中心の単純な生態系が形成されていると言える。しかし生物多様性向上の観点からは、移入種中心から在来種中心の生態系に移行させる必要がある。その手段として池干しが有効であるが、生物の生育環境の把握、特に水質の特性を理解しておくことも極めて重要である。

2011年現在、名古屋市内にはため池が111



図2 文四郎池でのスイレンの繁茂(上)と、文四郎池で捕獲されたアライグマ(下)

ヶ所存在している²⁾。そのうち48ヶ所については、土山らが2004年から2007年までに調査した水質の報告³⁾があるものの、文四郎池で行われた水質調査は1982年の報告⁴⁾のみであり、それも1963年以来行われてきた学生実習で任意に採水したものの一つとして結果が示されているに過ぎず、文四郎池での採水年次や調査回数などの詳細については不明である。

そこで本研究では、文四郎池の水質の特徴を明らかにすることを目的として、2011年度に文四郎池の水を月1回、年間を通して12回採水し、pH、電気伝導度、溶存イオン濃度を測定したほか、年間4回分の試料については元素濃度分析も行った。

材料と方法

分析用の試料の採取は、2011年4月18日から2012年3月14日まで、1ヶ月に1回(計12回)文四郎池の南端で実施した。得られた試料は何も処理を行わない「生試料」と、孔径 $0.45\mu\text{m}$ のセルロース混合エステルメンブレンフィルター(A045A025A, 東洋濾紙)を用いてろ過をした「ろ過試料」に分けた。生試料を用いて、ガラス電極法によるpH測定(pHメーター D-54, 堀場製作所)および電気伝導度(EC)の測定(ECメーター CM-14P, 東亜電波)を行った。ろ過試料に対してはイオンクロマトグラフィー(IC20, Dionex)により溶存イオン濃度を測定した。測定したのは、陰イオンが塩化物イオン(Cl^-)、硝酸イオン(NO_3^-)、硫酸イオン(SO_4^{2-})である。陽イオンはナトリウムイオン(Na^+)、アンモニウムイオン(NH_4^+)、カリウムイオン(K^+)、マグネシウムイオン(Mg^{2+})、カルシウムイオン(Ca^{2+})である。加えて2011年5月、8月、11月、2012年2月に採取したろ過試料については、誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-OES IRIS,

日本ジャーレルアッシュ)により、アルミニウム(Al)、ホウ素(B)、カドミウム(Cd)、コバルト(Co)、クロム(Cr)、銅(Cu)、鉄(Fe)、マンガン(Mn)、ニッケル(Ni)、リン(P)、鉛(Pb)、亜鉛(Zn)の各元素濃度を分析した。

結果

表1にpH、EC測定、溶存イオン濃度分析の結果を、表2に元素濃度分析結果を示す。

文四郎池のpHは平均6.3と弱酸性で、夏期にやや高くなる傾向が見られたが変動は小さく、年間を通して安定していた。電気伝導度(EC)は総溶存イオン量の指標となるもので、溶存イオン量が多いほど値が大きくなる。文四郎池では平均6.9mS/mであり、筆者が2011年から2012年にかけて調査した八竜湿地(名古屋守山区)中心部の値(未発表データ)

とほぼ同等であり、比較的貧栄養の水質であると言える。ECは冬期にやや高くなる傾向が見られたが、pHと同様に変動はわずかであった。

溶存イオン濃度分析の結果、NH₄⁻は全12回中6回検出されなかった。いずれのイオン濃度も明確な季節変動は認められず、NO₃⁻以外は変動が小さかった。また、各イオンとも比較的濃度が低く貧栄養傾向であり、ECの傾向と一致していた。

元素濃度分析の結果、Cd、Cu、Ni、P、Pbは4回全てにおいて検出されなかった。また、全4回中Alは2回、Coは3回検出されなかった。検出された元素の中でMnはばらつきが大きく、比較的濃度が高かったものの、他の元素は濃度が低く、変動は小さかった。

表1 文四郎池における溶存イオン濃度

| 採水日 | 採水時刻 | 外観 | 水温 °C | pH | EC mS/m | Cl ⁻ mg/l | NO ₃ ⁻ mg/l | SO ₄ ²⁻ mg/l | Na ⁺ mg/l | NH ₄ ⁺ mg/l | K ⁺ mg/l | Mg ²⁺ mg/l | Ca ²⁺ mg/l | NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N mg/l |
|------------|-------|------|----------|-----|------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| 2011/4/18 | 16:52 | やや濁り | 17.0 | 6.2 | 7.0 | 7.35 | 0.09 | 7.74 | 5.21 | 0.00 | 1.94 | 0.51 | 3.03 | 0.02 |
| 2011/5/23 | 14:20 | 清水 | 17.9 | 6.0 | 6.2 | 3.49 | 0.46 | 7.85 | 4.05 | 0.10 | 1.47 | 0.62 | 3.98 | 0.18 |
| 2011/6/20 | 11:17 | 清水 | 20.4 | 5.9 | 6.6 | 4.57 | 0.22 | 9.46 | 4.20 | 0.00 | 1.89 | 0.60 | 3.62 | 0.05 |
| 2011/7/28 | 17:53 | やや濁り | 19.6 | 6.4 | 5.7 | 4.44 | 0.96 | 9.10 | 3.58 | 0.06 | 1.65 | 0.43 | 2.75 | 0.26 |
| 2011/8/23 | 12:24 | 清水 | 27.2 | 6.6 | 6.7 | 6.20 | 0.04 | 9.22 | 5.13 | 0.03 | 2.20 | 0.48 | 2.90 | 0.03 |
| 2011/9/30 | 11:23 | やや濁り | 21.3 | 6.6 | 6.8 | 4.87 | 0.08 | 8.39 | 4.64 | 0.05 | 2.02 | 0.52 | 3.09 | 0.05 |
| 2011/10/28 | 11:00 | 清水 | 15.0 | 6.3 | 7.4 | 6.21 | 0.20 | 8.17 | 5.32 | 0.12 | 2.42 | 0.51 | 2.80 | 0.14 |
| 2011/11/25 | 13:12 | 清水 | 9.6 | 6.4 | 7.1 | 7.89 | 1.00 | 9.73 | 5.27 | N.D. | 2.16 | 0.56 | 2.88 | 0.23 |
| 2011/12/21 | 11:39 | 清水 | 6.8 | 6.4 | 7.7 | 10.05 | 0.73 | 10.52 | 6.02 | N.D. | 2.73 | 0.64 | 3.38 | 0.16 |
| 2012/1/26 | 11:17 | 清水 | 4.4 | 6.1 | 7.7 | 8.87 | 1.19 | 10.23 | 6.44 | N.D. | 2.37 | 0.66 | 3.43 | 0.27 |
| 2012/2/15 | 11:25 | 清水 | 5.0 | 6.1 | 7.2 | 7.55 | 2.03 | 10.47 | 5.67 | N.D. | 1.94 | 0.55 | 2.99 | 0.46 |
| 2012/3/14 | 7:55 | 清水 | 3.2 | 6.2 | 6.6 | 5.24 | 1.25 | 11.64 | 4.95 | 0.04 | 1.34 | 0.53 | 1.96 | 0.32 |
| 平均 | | | | 6.3 | 6.9 | 6.39 | 0.69 | 9.38 | 5.04 | 0.03 | 2.01 | 0.55 | 3.07 | 0.18 |
| 標準誤差 | | | | 0.1 | 0.2 | 0.57 | 0.18 | 0.35 | 0.24 | 0.01 | 0.12 | 0.02 | 0.15 | 0.04 |

表2 文四郎池における元素濃度

| 採水日 | Al mg/l | B mg/l | Cd mg/l | Co mg/l | Cr mg/l | Cu mg/l | Fe mg/l | Mn mg/l | Ni mg/l | P mg/l | Pb mg/l | Zn mg/l |
|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 2011/5/23 | N.D. | 0.007 | N.D. | N.D. | 0.002 | N.D. | 0.010 | 0.012 | N.D. | N.D. | N.D. | 0.010 |
| 2011/8/23 | N.D. | 0.011 | N.D. | N.D. | 0.002 | N.D. | 0.004 | 0.191 | N.D. | N.D. | N.D. | 0.007 |
| 2011/11/25 | 0.026 | 0.008 | N.D. | N.D. | 0.001 | N.D. | 0.050 | 0.098 | N.D. | N.D. | N.D. | 0.007 |
| 2012/2/15 | 0.048 | 0.004 | N.D. | 0.001 | 0.002 | N.D. | 0.022 | 0.105 | N.D. | N.D. | N.D. | 0.009 |
| 平均 | 0.019 | 0.007 | 0 | 0.000 | 0.002 | 0 | 0.021 | 0.101 | 0 | 0 | 0 | 0.008 |
| 標準誤差 | 0.012 | 0.001 | - | 0.000 | 0.000 | - | 0.010 | 0.036 | - | - | - | 0.001 |

考察

文四郎池のpHは過去に6.08と報告⁴⁾されており、今回の調査と概ね同程度であった。名古屋市内の48ヶ所のため池の水質調査³⁾と比較して、文四郎池よりもpHが低いのは、いずれも名東区の塚ノ杵池 (6.1)、西堀池 (6.0) のみであり、弱酸性は文四郎池の水質の特徴の一つと言える。

名古屋市内への降雨の水質を調査した永峰らの報告⁵⁾によれば、1992年5月から1994年3月までの降雨試料 (n=101) の平均 pH は4.6であった。2010年の世界平均で、大気中には二酸化炭素が389ppm存在し⁶⁾、これが雨水に平衡に溶解することによって清浄な雨水でもpHは5.6になるため、これよりも酸性のものを酸性雨という⁷⁾。例えば硫黄は、化石燃料に含まれる硫黄分の燃焼で発生する硫酸酸化物によって、雨や雪などの降水を酸性化させている。特に近年は、酸性降下物による負荷量が、急速な経済発展と硫黄分を含む化石燃料の燃焼によりアジア圏において増大し⁸⁾、日本にも越境流入していることが指摘されている⁹⁾。しかし名古屋では、中国大陸からの移入起源よりむしろ、自動車や工業地帯からの都市起源の酸性降下物によって降水が酸性化していると考えられており⁵⁾、酸性化した雨水の流入が文四郎池の水質を弱酸性化させる一因であろう。

一方、文四郎池の SO_4^{2-} 濃度は9.38mg/lであり、名古屋市内のため池³⁾と比較すると、いずれも名東区の塚の杵池 (4.5mg/l)、デッコ池 (7.5mg/l) に次ぐ低い濃度であった。また、イオンとして存在する Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} の濃度は、名古屋市内の他のため池のデータがなくため池間での比較はできないが、名古屋市内で最大の湧水地であり、清澄な水が湧出する才井戸流れ (守山区志段味) の水質が Na^+ :6.6mg/l、 K^+ :2.0mg/l、

Mg^{2+} :1.2mg/l、 Ca^{2+} :2.6mg/lと報告されており¹⁰⁾、文四郎池のそれらはこれと概ね近い数値であった。一方、名古屋の降水中のこれらのイオン濃度は、 SO_4^{2-} :2.3mg/l、 Na^+ :0.36mg/l、 K^+ :0.04mg/l、 Mg^{2+} :0.02mg/l、 Ca^{2+} :0.21mg/lであると報告されている⁵⁾。文四郎池のこれらのイオン濃度が降水よりも高い値となるのは、主に落葉などの生物遺体の分解や、土壌鉱物の風化、林内雨や樹幹流 (降水が樹木の幹を經由して流下したもの) のように、降水が池周辺の二次林の樹木と接触することによって供給されているためと考えられる。硫酸イオン濃度が低く、金属イオン濃度も比較的低いとはいえ、一定量存在することによって、降水の酸性度を緩和させ結果として文四郎池では弱酸性の水質を形成している一因となっている可能性がある。

硝酸イオン・アンモニウムイオンなどの窒素化合物やリン酸などのリン化合物は、植物の成長に必須の物質であり、これらが環境水中に過剰に存在する状態、すなわち富栄養化した時、植物プランクトンが大量に増殖し、湖沼や海域の環境を悪化させることになる。名古屋市内のため池の全窒素 (T-N)、全リン濃度 (T-P) を指標にした富栄養化のレベル (I~Vの5段階に分類) は、基準値がT-N:1mg/l以下、T-P:0.1mg/l以下、日常生活や沿岸の遊歩において不快感を生じない限度とされる類型Vに相当するため池が11ヶ所だったのに対し、これよりも水質が良好 (T-N:0.6mg/l以下、T-P:0.05mg/l以下) な類型IVに相当するため池は、八竜湿地下流にあって金城学院大学に隣接する新池 (大森新池) を含む4ヶ所に過ぎず、残り33ヶ所は類型Vよりも富栄養化していた³⁾。文四郎池の水質調査では、 NH_4^- は全12回中6回検出されず、 NO_3^- -N、 NH_4^+ -N濃度を合算した窒素濃度はややばらつきが大きいものの年間

平均で0.18mg/lであり、元素分析ではPは検出されなかった (<0.005mg/l)。T-N, T-Pの分析は行っていないため単純な比較はできないが、文四郎池では富栄養化は起きておらず、比較的良好な水質が維持されていると考えられる。ECを基準にした溶存イオン全体だけでなく、N・Pで見ても、文四郎池は貧栄養傾向であった。文四郎池では生活排水などの汚水が混入する要因がなく、特に降水強度が強い場合は降水が短時間で池に到達することが、その理由として考えられる。

水に含まれる微量元素の基準として、本調査で分析した元素の水質汚濁に係る環境基準(環境省)および水道水基準(厚生労働省)を表3に示す。これによれば文四郎池ではMnの4回中3回以外は、環境基準および水道水質基準の値を超えることのない水質であった(ただし、本調査でのCrの値は全Crを示す)。Mnは測定毎の変動が大きく、比較的高濃度であった。琵琶湖のMn濃度を調査し

た文献¹¹⁾によれば、琵琶湖の溶存態Mn(本調査と同様に0.45μmのメンブレンフィルターでろ過したサンプル中のMn)の濃度は、通常0.01mg/l未満で推移するものの、深層での溶存酸素濃度の低下が起こると突発的に0.025mg/lを超えることがあると報告されている。一般に水中のMnは、溶存酸素濃度が高いと4価となって懸濁態として存在し、溶存酸素濃度が低いと2価となって溶存態として存在することが知られている。今回文四郎池のMn(溶存態)濃度は琵琶湖のそれを大幅に超える濃度であったことから、溶存酸素濃度の低下が起きている可能性がある。

今回の調査で文四郎池は、水質の面で在来生物の生育・生息に支障はないと考えられることから、スイレン、コイ、アメリカザリガニなどの移入生物・外来生物を適切に除去することが、在来種を中心とした多様性に富む生態系の創出につながるものと思われる。今後の文四郎池については、今回の調査項目以

表3 水質に関する環境基準値(関係分抜粋)

| 1) 人の健康の保護に関する環境基準(環境省:水質汚濁に係る環境基準より) ¹²⁾ | |
|--|-------------------------|
| 項目 | 基準値 |
| カドミウム | 0.003mg/L以下 |
| 鉛 | 0.01mg/L以下 |
| 六価クロム | 0.05mg/L以下 |
| ほう素 | 1 mg/L以下 |
| 2) 水道水質基準(厚生労働省) ¹³⁾ | |
| 項目 | 基準 |
| カドミウム及びその化合物 | カドミウムの量に関して、0.003mg/L以下 |
| 鉛及びその化合物 | 鉛の量に関して、0.01mg/L以下 |
| 六価クロム化合物 | 六価クロムの量に関して、0.05mg/L以下 |
| ホウ素及びその化合物 | ホウ素の量に関して、1.0mg/L以下 |
| 亜鉛及びその化合物 | 亜鉛の量に関して、1.0mg/L以下 |
| アルミニウム及びその化合物 | アルミニウムの量に関して、0.2mg/L以下 |
| 鉄及びその化合物 | 鉄の量に関して、0.3mg/L以下 |
| 銅及びその化合物 | 銅の量に関して、1.0mg/L以下 |
| ナトリウム及びその化合物 | ナトリウムの量に関して、200mg/L以下 |
| マンガン及びその化合物 | マンガンの量に関して、0.05mg/L以下 |
| 塩化物イオン | 200mg/L以下 |
| カルシウム、マグネシウム等(硬度) | 300mg/L以下 |

外にも、一般的な水質調査項目である溶存酸素濃度 (DO), 化学的酸素要求量 (COD), T-N, T-P などの測定も定期的に行うことが、水質の把握のために必要であろう。その上で大学や地域などの教育的利用が進むことを期待したい。

結論

今回の分析の結果から、文四郎池の水質は弱酸性で貧栄養であることが明らかとなった。名古屋市内に所在する他のため池に比べて水質は良好であり、Mn濃度から溶存酸素濃度の低下が推察されたものの、富栄養化や重金属等による汚染は見られなかった。現在の移入種中心の生態系から、在来種中心の生態系への移行が可能であることが示唆された。

謝辞

本研究では、いずれも名古屋大学大学院生命農学研究科森林環境資源学研究分野所有のpHメーター、ECメーター、イオンクロマトグラフィー、誘導結合プラズマ発光分光分析装置をお借りして測定・分析を行いました。ここに感謝を申し上げます。

引用文献

- 1) 野呂達也 (2012) 八竜湿地における外来生物対策. 金城学院大学論集自然科学編 8 (2), 9-17
- 2) 名古屋市環境局 (2012) 平成23年度版 名古屋市環境白書 p.116.
- 3) 土山ふみ, 安藤良, 鎌田敏幸, 榊原靖, 鈴木直喜, 小島節子, 長谷川瞳, 山神尚人, 若山秀夫 (2008) 名古屋のため池の水質について. 名古屋市環境科学研究所報 38, 61-69

- 4) 三輪ふさ子, 中村多美 (1982) 金城台の自然 (大学周辺における水質調査). 金城学院大学論集 21, 89-98
- 5) 永峰康一郎, 関圭司, 前田憲一郎, 吉岡勝広, 池辺幸正 (1997) 名古屋および松江における降水中硫黄・窒素酸化物の起源. 地球科学 31, 235-243
- 6) 気象庁 二酸化炭素濃度の経年変化
<http://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/2lco2.html> (2012年6月1日閲覧)
- 7) (社)日本化学会・酸性雨問題研究会編 身近な地球環境問題 -酸性雨を考える- p.2. コロナ社
- 8) Amann, M. (2001) Emission inventories, emission control options and control strategies: An overview of recent developments. Water, Air and Soil Pollutant, 130, 43-50
- 9) 久米篤, 渡辺幸一, 永淵修, 朴木英治 (2011) 広域大気汚染の現状と森林生態系への影響—屋久島と立山の事例—. 日本生態学会誌 61, 97-106
- 10) 土山ふみ, 鎌田敏幸, 榊原靖, 西史江 (2010) 1990年代後半の才井戸流れ (守山区志段味) の水質と水生生物. 名古屋市環境科学研究所報 40, 50-59
- 11) 滋賀県衛生環境センター (2004) 琵琶湖では何を調べているのでしょうか? -マンガン (Mn) について-. 衛生と環境 107, 6
- 12) 環境省 水質汚濁に係る環境基準について 別表1. 人の健康の保護に関する環境基準
<http://www.env.go.jp/kijun/wt1.html> (2012年6月1日閲覧)
- 13) 厚生労働省 水道水質基準について 水質基準項目と基準値 (50項目)
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/kijunchi.html> (2012年6月1日閲覧)