

門池の水質の変化 (2006~2020年の調査)

芳野恭士 *・竹口昌之 *

Changes of Water Quality in Kado-ike Pond (Research of 2006-2020)

YOSHINO Kyoji *, TAKEGUCHI Masayuki *

Abstract: We have monitored the changes in water quality in Kado-ike, an irrigation pond in Numazu City, Shizuoka, from 2006 to 2020. Some parameters, which were air temperature, water temperature, transparency, and electric conductivity for the physical characteristics, pH, chemical oxygen demand (COD), and nutrients as nitrogen and phosphorus for the chemical characteristics, were measured to assess the environmental water quality. For past 15 years, the water quality of the pond did not greatly change. Some conductive contaminants and inorganic nitrogen and phosphorous as nourishment salts flowed into the pond from at least 3 streams throughout the year and then eutrophication has been taking place. As for the surface water of the pond in summer, water temperature rose up intensely and the COD values increased, and the high pH values and low degrees of transparency were observed. It will be necessary to watch the changes of water quality of the pond continuously to prevent the aggravation of it.

Key Words: Water quality, Eutrophication, Kado-ike

1. はじめに

門池は、沼津市北東部の丘陵地にある、周囲約 1.3 km、面積約 13.5 ha、深さ約 5~6 m の公園池である。江戸時代から農業のための灌漑用溜池として整備、利用されてきたが、黄瀬川等の周囲の川や側溝から流れ込む栄養塩が滞留することで、その富栄養化と水質の悪化が問題となっている。地域自治会では、2004 年度から「門池の水を考える会 (現 門池の水と環境を考える会)」という勉強会を毎年実施している。そこで我々は、地域の小中学生や住民等が参加できる公開講座「門池環境調査隊！」を 2006 年から現在まで断続的に開催することで、門池の水質等についてモニタリングを行ってきた。また、2011 年からは地域の小中学校の協力を得て、環境に関する出前授業も実施している。門池の水質調査結果については、これまでに 2006 年~2011 年および 2015 年の夏季のデータを報告してきた [1-4]。また、水質に関連して門池の水中の微小生物に関する観察結果についても報告している [5]。一方、水質調査については、2016 年以降も継続されており、年によっては冬季の調査も行われてきた。また、2015 年以前においても、夏季に複数回調査を行っている場合があり、これらの

結果についてはこれまでに報告していないものもある。本報告は、過去 15 年間の門池内外の定点における水質の変化を把握する資料として、2006 年から 2020 年までのこれら未発表のデータをまとめたものである。

2. 調査方法

採水の場所は、図 1 に示すように門池の北側中央の地点 A、同南側東寄りの地点 B、門池の北東部から流入する小川の地点 C、門池の東部から流入する黄瀬川からの水路の地点 D、さらには地点 C と地点 D の中間の場所から流入する側溝の地点 E の 5 ヶ所とした。地点 A と地点 B はこれまでの調査回数が多い場所として、また、地点 C~E は門池への流入水を採取できる地点として、これまでの複数の採水地点から今回の報告のために選抜した。なお、地点 A と地点 B については、池の表層水を採取した。

夏季の採水は、2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2015, 2016, 2018, 2019, 2020 年の 7~9 月に実施した。この期間に複数回調査を行った場合には、その平均値を算出した。冬季の採水は、2007, 2009, 2011, 2018 年の 12 月からそれぞれの翌年の 2 月の間に実施した。この期間に複数回調査を行った場合には、その平均値を算出した。また、夏季から冬季にかけての水質の変化を観察するため、2011 年の 8 月から 2012 年の 3 月までの間、毎月採水を行った。

* 物質工学科

Department of Chemistry & Biochemistry

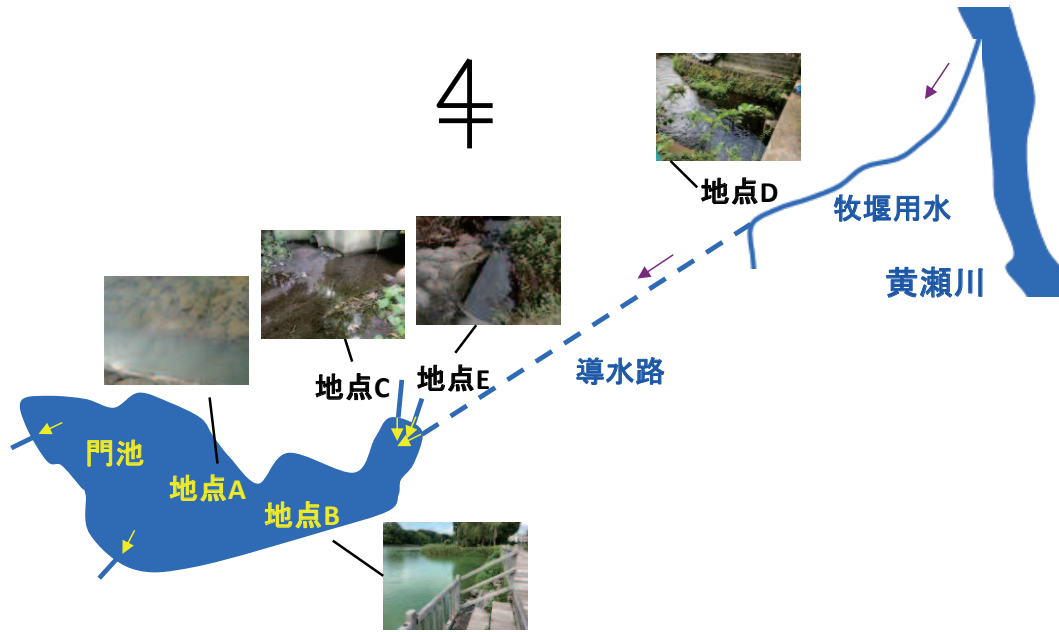


図1 門池における採水地点

同じ月に複数回調査を行った場合には、その平均値を算出した。

採水は、主に昼前後に行った。採水時の気温を記録するとともに、水質について以下の検査を行った。

- ・水温：市販の温度計を用いた。
- ・透視度：自作の円筒状容器または市販の透視度計を用いた。
- ・電気伝導度：市販の電気伝導度計を用いた。
- ・pH：市販のpH計または共立理化学研究所社製バックテスト®を用いた。
- ・化学的酸素要求量（COD）：共立理化学研究所社製バックテスト®を用いた。
- ・無機窒素量：共立理化学研究所社製バックテスト®により測定したアンモニウム態窒素（ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ）、亜硝酸態窒素（ $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ）、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ）の量を合計した。
- ・リン酸態リン（ $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ）量：共立理化学研究所社製バックテスト®を用いた。

3. 結果および考察

3. 1 門池の過去 15 年間の夏季と冬季の水質の変化

夏季および冬季の地点A, B, C, Dにおける採水時の気温、水温および水質のデータを図2に示す。採水時の気温については、夏季、冬季ともに、この15年間に大きな変化は見られなかった。水温については、夏季の地点Aと地点Bは滞留する水が日光に当たり高温になっていたが、15年間

での大きな変化は認められなかった。一方、地点Cおよび地点Dでは水流があることや周囲に木立があることから、夏季でも若干水温が低い傾向が見られた。冬季には、これら4地点の水温は 10°C 前後と同程度に低かった。

透視度は、池内の地点Aと地点Bでは、夏季、冬季ともに低く、流入水である地点Cおよび地点Dの方が高かった。そのため、流入した水が池の中で濁りを生じ、夏季、冬季に関係なく濁りが解消してこなかったことがわかる。水の濁りの原因としては、多くの年でミクロキスティス属などの藍藻類やトゲイカダモなどの緑藻類といったプランクトンが観察されている[5]。なお、地点Aの2008年の夏季および地点Cの2018年冬季と2020年夏季において、透視度が100cmと他の値に比較して高くなっているが、これは用いた透視度計により、計測距離に違いがあるため、今回示したデータについては50cmを超えていれば、透視度が高いと判断すべきと考えられる。

電気伝導度については、池内では地点Aの2008年夏季と地点Bの2009年夏季で 0.2 mS/cm 以上となったものの、それ以外では夏季と冬季で値の差は小さく、2010年以降は大きな変化は見られていない。地点Cと地点Dの流入水は、夏季、冬季ともに地点Aや地点Bに比較して高い電気伝導度を示す傾向が見られたため、導電性の高い物質がこれらの流入水により池の中に運ばれているものと考えられる。

pHについては、池内の地点Aと地点Bでは夏季には15年間を通じてpH9を超えるアルカリ性となっているこ

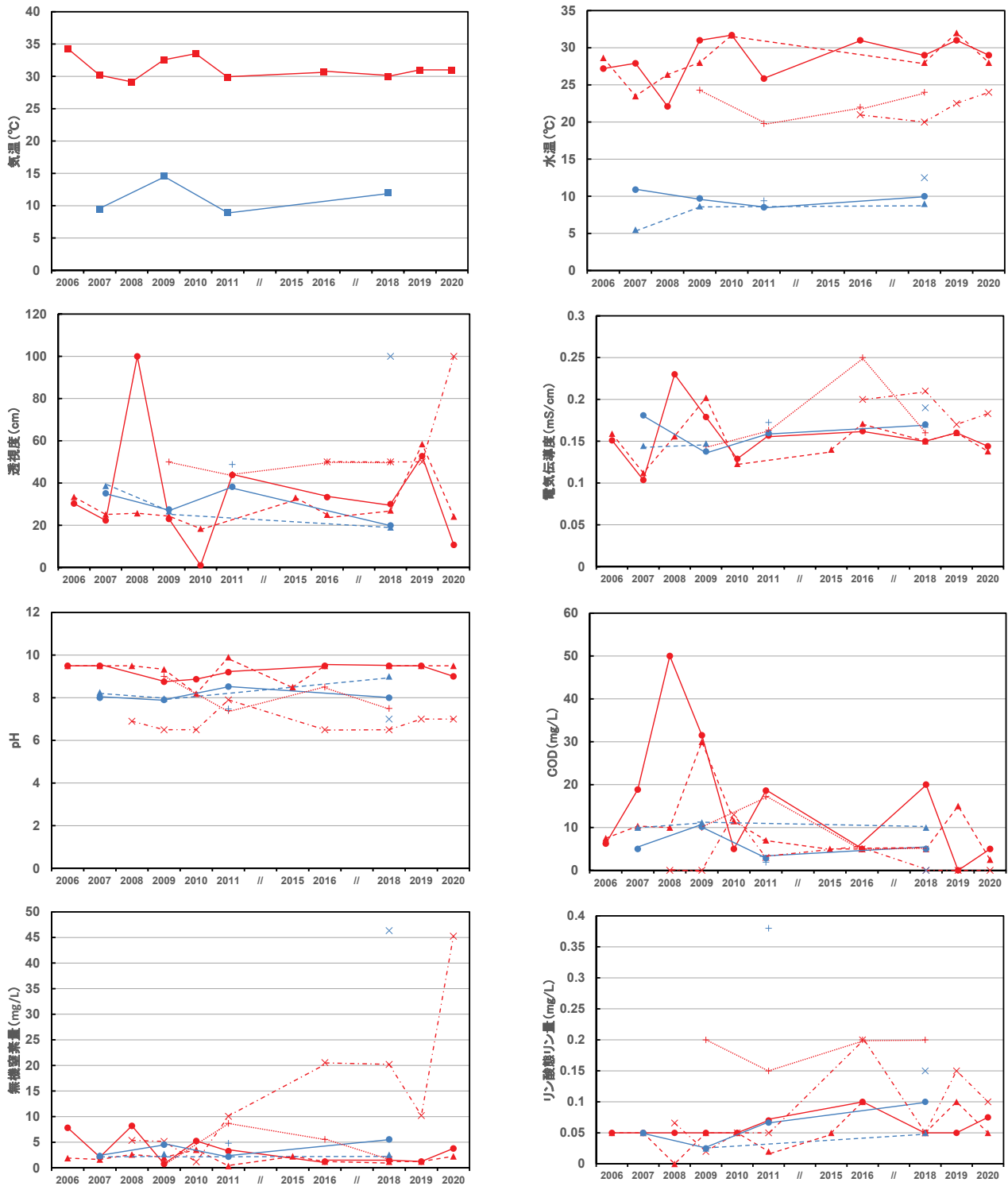


図2 2006年から2020年における門池の水質の変化

気温：■—，夏季；■—，冬季。

夏季：●—，地点A；▲---，地点B；×---，地点C；+---，地点D。

冬季：●—，地点A；▲---，地点B；×---，地点C；+---，地点D。

とがわかる。高いpHはミクロキスティス属などの藍藻類の増殖を促し、淡水赤潮（アオコ）の発生原因となっているものと考えられる。これらの地点では、冬季にはpH8

程度に若干低下するものの、依然として高いpHを維持していた。一方、地点Cと地点Dの流入水のpHは、夏季、冬季ともに池の中ほどには高くないため、池の中において

pH が高まる環境が醸成されているものと思われる。門池は小規模の池であることから、「生活環境の保全に関する環境基準（湖沼）」の pH の基準をそのまま当てはめることはできないが、類型 B の農業用水や類型 C の環境保全の基準である pH6.0 以上 8.5 以下を満たしておらず、良い水質環境とは言い難い。

COD は、地点 A では 2008 年と 2009 年の夏季、地点 B では 2009 年の夏季にそれぞれ高値が見られたが、その後は 20 mg/L を超えることはなく、池内の値は比較的低位推移してきた。地点 C と地点 D の夏季およびすべての地点の冬季の値は、約 10 mg/L 以下であったため、夏季の池内において COD の上昇が起こっていることがわかる。「生活環境の保全に関する環境基準（湖沼）」の COD における、類型 B の農業用水の基準である 5 mg/L 以下や類型 C の環境保全の基準である 8 mg/L 以下という条件よりも高い値が、2010 年以降も散見された。

無機窒素量は、池内の地点 A および地点 B では、地点 A での 2006 年と 2008 年を除き、夏季、冬季ともに約 5 mg/L 以下であった。一方、流入水については地点 C の夏季および冬季は、2011 年以降は約 10 mg/L を超える高値を示している。地点 D においては、2011 年の夏季のみ若干の高値を示した。このことから、無機窒素の多くは 2011 年以降、地点 C の小川から流入してきた可能性がある。この小川は、池の北側に広がる森林と畑から流れており、腐葉土等が窒素源となっている可能性がある。「生活環境の保全に関する環境基準（湖沼）」の全窒素の基準に対しては、類型 V の農業用水や環境保全の基準である 1 mg/L 以下を満たしていない。

リン酸態リン量は、池内の地点 A および地点 B においては、夏季、冬季ともに 0.1 mg/L を超えることはなく、15 年間の変動は小さかった。地点 C および地点 D の流入水は、夏季、冬季によらず 0.1 mg/L を超える高値となることが度々見られた。そのため、流入水にはリンが含まれるものの、池内では「生活環境の保全に関する環境基準（湖沼）」の全リンの基準に対して、類型 V の農業用水や環境保全の基準である 0.1 mg/L 以下をほぼ満たしてきた。池内のリンの量が少なくないことは、門池に珪藻類が多く観察される要因の一つであるものと考えられる[5]。

3. 2 流入地点 E の水質

ところで、2018 年の冬季に池の石垣の工事のために大規模な抜水作業が行われた。その際の観察で、地点 C の小川と地点 D の黄瀬川の水路以外に、その間に位置する地点 E の側溝からも流入水があることがわかった。これら 3 か所以外には河川水、湧水は見られなかった。そこで、この

表 1 2018 年冬季における地点 C と地点 E の比較

測定項目	地点 C	地点 E
水温 (°C)	12.5	13.5
透視度 (cm)	100	56.8
電気伝導度 (mS/cm)	0.19	0.35
pH	7.0	7.5
COD (mg/L)	ND	13
無機窒素量 (mg/L)	46.4	31.0
リン酸態リン量 (mg/L)	0.15	2.00

ND：検出限界以下。

地点 E での水質を、同時に採取した地点 C での水質と比較したものを表 1 に示す。

水温と無機窒素量を除くすべての項目において、地点 E では地点 C よりも水質が低いことがわかった。この側溝の水源は明確ではなく水量も多くはないものの、今後の対応が必要となるかもしれない。

3. 3 門池の夏季から冬季にかけての水質の変化

2011 年の 8 月から 2012 年の 3 月までの期間における、主に池内の水の地点 A と黄瀬川からの流入水の地点 D での水質の変化を観察した結果を図 3 に示す。気温は、8 月から翌年の 1 月にかけて低下し、その後 3 月まではわずかに上昇した。地点 A と地点 D の水温も、それぞれ気温と同様の変化を示したが、地点 D に比較すると地点 A の水温は夏季に高温で冬季に低温となり、その変化が大きかった。

透視度については、8 月から翌年の 3 月までを通して地点 A の方が地点 D に比較して低い傾向が見られたものの、それぞれの地点で夏季と冬季での違いはあまり見られなかった。

電気伝導度は、地点 A と地点 D のいずれにおいても 8 月から翌年の 3 月までを通して変化がほぼ見られず、また地点間の差も地点 D の方が地点 A よりも若干高い傾向が見られたのみであった。この間の 11 月のみ、地点 D で上昇が認められた。

pH は地点 A の方が地点 D に比較して高かった。地点 D では 8 月から翌年の 3 月まで変動はほぼ見られなかったのに対し、地点 A では 8 月から 11 月にかけて低下し、その後翌年の 3 月まで徐々に増加した。

COD は、地点 A と地点 D ともに、8 月以降継続して低下し、いずれも 12 月から翌年の 3 月までの冬季には低値を示した。

無機窒素量は、8 月から翌年の 3 月までを通して、地点 A よりも地点 D の方が高い傾向が見られ、地点 D の 11 月の値が高かった他は、この期間中での大きな変動は両地点

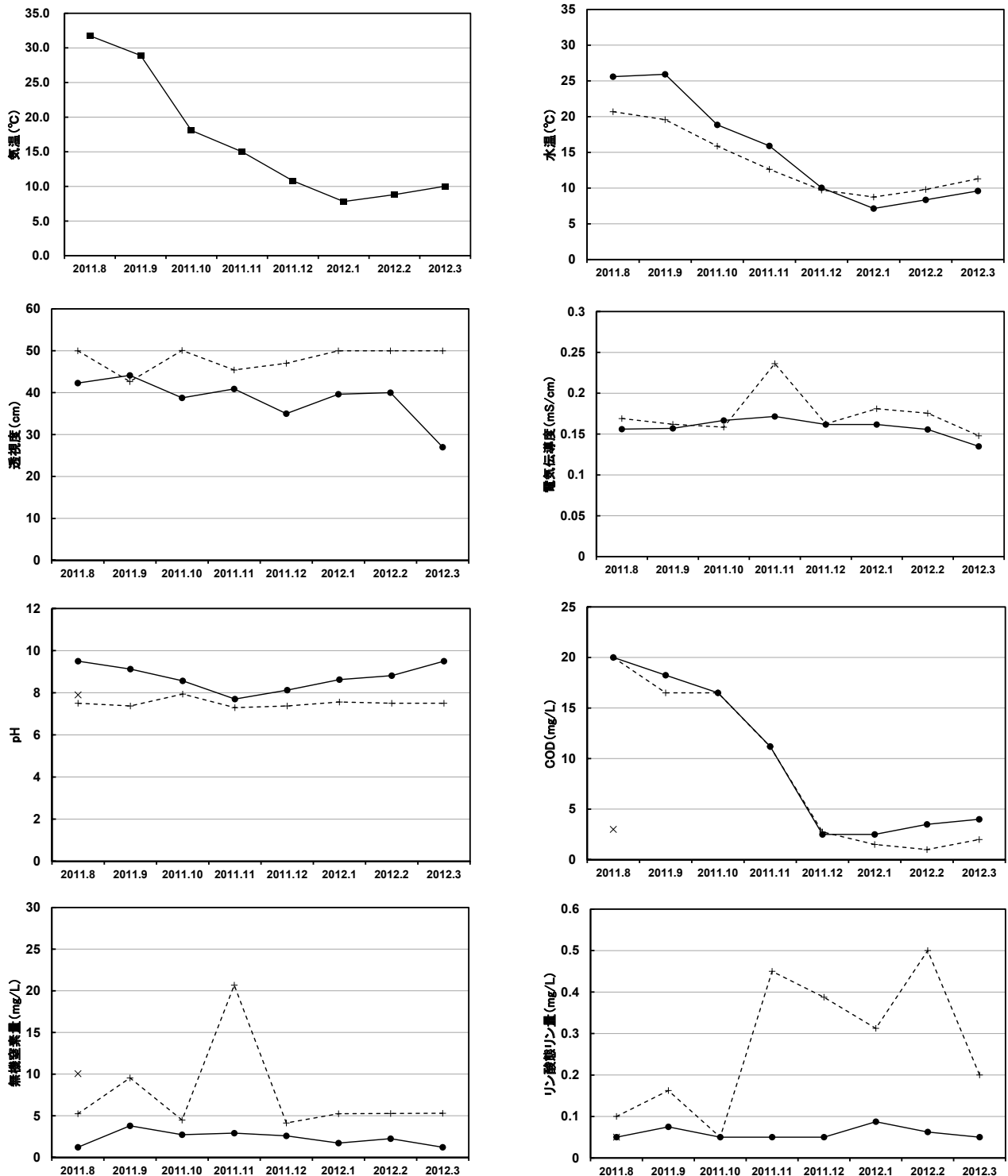


図3 2011年8月から2012年3月における門池の水質の変化
 ■—, 気温; ●—, 地点A; ✕, 地点C; +--, 地点D.

で認められなかった。無機窒素量の変化は、電気伝導度の変化と類似していた。

リン酸態リン量は、地点Aでは8月から翌年の3月にかけて、ほぼ変動なく低値であった。一方、地点Dでは11月以降翌年の3月まで、高値を示した。

4. まとめ

今回報告した結果から、まず、2006年から2020年までの15年間で、水質を観察するために用いた透視度、電気伝導度、pH、COD、無機窒素量、リン酸態リン量のいずれの測定項目においても大きな経年変化は見られず、門池の水

質には著しい悪化も改善も起こっていないことがわかる。門池に関しては、地点 C および地点 D の流入水と地点 A および地点 B の池内の水の水質の特徴として、以下の点が挙げられる。

- ・池内の水温は流入水に比較して夏季に上昇し冬季には低下して、季節による差が大きい。
- ・透視度は流入水に比較して池内の水は低下しており、夏季だけでなく、冬季においてもあまり改善されない。
- ・導電性の高い物質、栄養塩の無機窒素、リン酸態リンが、夏季、冬季ともに流入水から池内に流れ込み、池内において若干低下する。池内では、「生活環境の保全に関する環境基準（湖沼）」の類型 V の農業用水や環境保全の基準に対しては、窒素量は高いがリンの量は条件をほぼ満たしている。
- ・COD は、夏季の池内においてその上昇が観察され、「生活環境の保全に関する環境基準（湖沼）」の類型 B の農業用水や類型 C の環境保全の基準に対して高値となることがある。
- ・pH は、流入水ではそれほど高くないが、池内では上昇し、夏季だけでなく冬季においてもあまり低下が見られない。「生活環境の保全に関する環境基準（湖沼）」の類型 B の農業用水や類型 C の環境保全の基準に対して、高値である。

また、地点 E の流入水については、2018 年の冬季のデータのみであるが、地点 C の流入水と比較して、水温と無機窒素量を除くすべての項目において水質が低かった。

門池は、部分的な環水は継続して行われているものの、本報告のデータにも見られるように、富栄養化が起こっており良い水環境であるとは言えない。しかし、自然の池を元にしたある程度大きい規模の溜池であることから、費用のかかる浚渫工事等による水質の改善策は、一時的な効果しかないことが危惧される。農業用としてだけでなく、現在では公園池として地域の景観や住民の憩いの場を提供したり、地域の児童たちの環境教育の教材となったり、また防災に利用されたりと多様な目的を担うようになってきた中、門池に求められる水質と自然環境について、今一度住民と自治体が一緒になって考えていく必要があるように感じる。

本校における「門池環境調査隊！」の活動は、今年で 15 年目になるが、この間、2013 年からは地元自治体において、また最近では地域自治会においても、門池の水質のモニタリングが行われるようになり、門池の環境に関する関心の高まりが感じられる。「門池環境調査隊！」が、微力ながらも住民の地域環境への意識の向上に貢献できたのであれば、その目的を果たしたものと思う。今後も引き続

き、公開講座や出前授業等を通して地域社会に環境情報を提供していくよう、努力する所存である。あらためてここに、この 15 年間の水質モニタリング活動に参加していただいた地域の小学生 24 名、中学生 64 名、高校生 10 名、地域住民 18 名、本校学生 65 名、本校教職員 41 名、延べ 223 名の方々に感謝の意を表すものである。

参考文献

- [1] 竹口昌之, 蓮実文彦, 他 (2009): 沼津高専研究報告, **43**, 283-286.
- [2] 芳野恭士, 蔭山夏美, 他 (2010): 沼津高専研究報告, **44**, 293-298.
- [3] 芳野恭士, 芳野文香, 他 (2013): 技術・教育研究論文誌, **20**, 21-29.
- [4] 竹口昌之, 高橋駿平, 他 (2019): 技術・教育研究論文誌, **26**, 1-9.
- [5] 芳野恭士, 鈴木 猛, 他 (2020): 沼津高専研究報告, **54**, 37-44.