

門池で観察された水中の微小生物（2006～2019年の調査）

芳野恭士^{*1}・鈴木 猛^{*2}・佐々木敬子^{*2}・杉本風子^{*2}・竹口昌之^{*1}

Aquatic Micro-organisms Observed at Kado-ike Pond (Research of 2006-2019)

YOSHINO Kyoji^{*1}, SUZUKI Takeshi^{*2}, SASAKI Keiko^{*2},
SUGIMOTO Fuko^{*2}, TAKEGUCHI Masayuki^{*1}

Abstract: In this study, we reported aquatic micro-organisms observed at Kado-ike pond, an irrigation pond in Numazu City, Shizuoka, in summer of 2006-2019. Kado-ike pond is an eutrophic pond and blue-green algae are blooming. In observation with microscope, 12 genera of unicellular prokaryotes, 70 genera of unicellular eukaryotes including 22 genera of protozoans, 18 genera of multicellular eukaryotes (metazoans), and 1 genus of a higher plant were found. Some micro-organisms of Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Oligohymenophorea, Lobosea, Rotatoria, and Branchiopoda were observed relatively frequently. These communities of phytoplankton and zooplankton have been balanced with each other and were thought to keep the ecosystem of this pond.

Key Words: Eutrophication, Kado-ike pond, Plankton, Water quality

1. はじめに

門池は、静岡県沼津市の北東の丘陵地域にあり、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。現在の門池の概要は、周囲約1.3 km、面積約13.5 ha、深さ約5～6 mである。灌漑用溜池であることから、黄瀬川や周囲の側溝から流れ込む栄養塩が滞留することで起こる富栄養化と水質の悪化が問題となっている。さらには、毎年夏季になると淡水赤潮の一種であるアオコが発生して、水の緑色化と臭気の発生が起こる。そのため我々は、門池の7、8月期の水質について、2006年より沼津高専公開講座「門池環境調査隊！」を開講し、近隣の中学生と共にそのモニタリングを続けてきた[1-4]。時々実施される池水の一部換水作業により、若干の水質の改善傾向は見られるものの、池の表層と深層の水環境の違いは解消されず、根本的な改善には至っていない。

このような富栄養化は、池水中の微小生物の増殖さらにはそれらの捕食者であるより大型の生物の生態に影響を与えるものと考えられる[5]。我々は、門池の水質調査を行うと同時に、断続的に池水中の微小生物を定性的に顕微鏡

で観察することを行ってきた。そこで今回は、2006～2019年の期間に門池で観察された微小生物について報告する。

2. 調査方法

2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2016, 2017, 2018, 2019年の7月あるいは8月に門池より採取した水について、光学顕微鏡を用いて微小生物の観察を行った。微小生物が観察された池の地点については、情報が残されていないものが多い。また、各微小生物の量に関する情報はなく、各年の観察方法の違いにより特定の仲間の微小生物のみを観察している場合もあるため、この観察結果から優占種やその経年の変遷等を検討することは困難であるかもしれない。

3. 結果および考察

2006～2019年の期間に門池で観察された微小生物の属と観察された年について、その生物分類学上の種別ごとに表1に示した。また、それぞれの顕微鏡写真を図1に示した。図1の各写真に記された番号については、表1の写真番号を参照されたい。なお、プランクトンの種の同定は熟練を必要とし困難なことが多いことから、今回の報告ではそれぞれ属の同定に留めた。

*1 物質工学科

Department of Chemistry & Biochemistry

*2 技術室

Technical Support Division

表 1 2006~2019 年に門池で観察された微小生物の一覧

綱 class	目 order	属 種 他 genus species	別表記例	観察された年	写真番号
【原核單細胞生物】					
藍藻綱 Cyanophyceae	クロオコックス目 Chroococcales	アファノカブサ属 <i>Aphanocapsa</i> sp.		2010, 2016, 2017	A1
		クロオコックス属 <i>Chroococcus</i> sp.		2016, 2017	A2
		シネコキスティス属 <i>Synechocystis</i> sp.		2010, 2016	A3
		シネココックス属 <i>Synechococcus</i> sp.		2016, 2017	A4
		ミクロキスティス属 <i>Mycrocystis</i> sp.		2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2016, 2018, 2019	A5
		メリスモペディア属 <i>Merismopedia</i> sp.		2006, 2010, 2016, 2018	A6
	ネンジュモ目 Nostocales	アナベナ属 <i>Anabaena</i> sp.		2010	A7
		ノストック属 <i>Nostoc</i> sp.		2016	A8
	ユレモ目 Oscillatoriaceae	スピルリナ属 <i>Spirulina</i> sp.		2010	A9
		フォルミディウム属 <i>Phormidium</i> sp.		2016, 2017	A10
		ユレモ属 <i>Oscillatoria</i> sp.	オシラトリア	2006, 2010, 2016	A11,A12
真性細菌	プランクトミケス門 Planctomycetes	プランクトミケス属 <i>Planctomyces</i> sp.		2010	A13
【真核單細胞生物】					
珪藻綱 Bacillariophyceae	オビケイソウ目 Fragilariales	オビケイソウ属 <i>Fragilaria</i> sp.	フラギラリア	2010, 2018	B1
		ハリケイソウ属 <i>Synedra</i> sp.	シネドラ	2010, 2016, 2018, 2019	B2,B3,B4
	クチビルケイソウ目 Cymbellales	クサビルケイソウ属 <i>Gomphonema</i> sp.	ゴンフォネマ	2010, 2018, 2019	B5,B6
		クチビルケイソウ属 <i>Cymbella</i> sp.	キンペラ	2007, 2010, 2017, 2018	B7
	クサリケイソウ目 Bacillariales	ササノハケイソウ属 <i>Nitzschia</i> sp.	ニッチア	2017	B8
	コバンケイソウ目 Surirellales	クシガタケイソウ属 <i>Rhopalodia</i> sp.	ロパロディア	2010, 2019	B9
		コバンケイソウ属 <i>Surirella</i> sp.	スリレラ	2019	B10
	スジタルケイソウ目 Aulacoseirales	スジタルケイソウ属 <i>Aulacoseira</i> sp.	アウラコセイラ	2010, 2016, 2017	B11
	タルケイソウ目 Melosirales	タルケイソウ属 <i>Melosira</i> sp.	メロシラ	2010, 2016, 2017, 2018, 2019	B12
	ニセコアミケイソウ目 Thalassiosirales	タイコケイソウ属 <i>Cyclotella</i> sp.	ヒメマルケイソウ, キクロテラ	2016	B13
	ヌサガタケイソウ目 Tabellariales	イタケイソウ属 <i>Diatomata</i> sp.	ディアトマ	2010, 2016, 2018, 2019	B14
	フネケイソウ目 Naviculales	ハネケイソウ属 <i>Pinnularia</i> sp.	ピンヌラリア	2010, 2016, 2017, 2018, 2019	B15
		ハネフネケイソウ属 <i>Neidium</i> sp.	ネイディウム	2010	B16
		フネケイソウ属 <i>Navicula</i> sp.	ナビクラ	2009, 2010, 2016, 2018, 2019	B17,B18
		マユケイソウ属 <i>Diploneis</i> sp.	ディプロネイス	2010, 2016, 2019	B19
	羽状目 Pennales	コメツブケイソウ属 <i>Cocconeis</i> sp.	ココネイス	2016, 2019	B20
緑藻綱 Chlorophyceae	オオヒゲマワリ目 Volvocales	オオヒゲマワリ属 <i>Volvox</i> sp.	ボルボックス	2010	C1
		カタマリヒゲマワリ属 <i>Pandorina</i> sp.	クワノミモ, パンドリナ	2016	C2
		コナミドリムシ属 <i>Chlamydomonas</i> sp.	クラミドモナス	2010, 2011, 2016, 2017, 2019	C3,C4
		タマヒゲマワリ属 <i>Eudorina</i> sp.	ユードリナ	2010	C5
		ヒラタヒゲマワリ属 <i>Gonium</i> sp.	ゴニウム	2010	C6

表1 (続き)

綱 class	目 order	属 種 他 genus species	別表記例	観察された年	写真番号
【真核単細胞生物】					
緑藻綱 Chlorophyceae	カエトフォラ目 Chaetophorales	ウロネマ属 <i>Uronema</i> sp.		2018	C7
	クロロコックム目 Chlorococcales	ボトリオコックス属 <i>Botryococcus</i> sp.		2010	C8
	サヤミドロ目 Oedogoniales	サヤミドロ属 <i>Oedogonium</i> sp.	オエドゴニウム	2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2017, 2018	C9
	チリモ目 Desmidales	ホシガタモ属 <i>Staurastrum</i> sp.	スタウラスツルム	2010	C10
		ミカヅキモ属 <i>Closterium</i> sp.	クロステリウム	2010	C11
	ホシミドロ目 Zygnematales	アオミドロ属 <i>Spirogyra</i> sp.	スピロギラ	2010, 2019	C12
	ヨコワミドロ目 Sphaeropleales	アンキストロデスマス属 <i>Ankistrodesmus</i> sp.	イトクズモ	2010, 2017	C13,C14
		キルクネリエラ属 <i>Kirchneriella</i> sp.		2010, 2016	C15
		サメハダケンショウモ属 <i>Pseudopediastrum</i> sp.		2017	C16
		コエラスツルム属 <i>Coelastrum</i> sp.		2010	C17
		シュロエデリア属 <i>Schroederia</i> sp.		2010	C18
		ツノイカダモ属 <i>Tetradesmus</i> sp.	テトラデスマス	2010	C19
		テトラエドロン属 <i>Tetraedron</i> sp.		2010, 2011	C20
		トゲイカダモ属 <i>Desmodesmus</i> sp.	デスマデスマス	2006, 2010, 2016, 2018	C21
		マルイカダモ属 <i>Scenedesmus</i> sp.	セネデスマス	2010	C22
		ミコナステス属 <i>Mychonastes</i> sp.		2010	C23
		ムレミカヅキモ属 <i>Selenastrum</i> sp.	セレナストルム	2017	C24
		ラフィドセリス属 <i>Raphidocelis</i> sp.	ムレミカヅキモ	2010, 2016	C25,C26
	ヨツメモ目 Tetrasporales	テトラスボラ属 <i>Tetraspora</i> sp.		2006, 2010, 2016, 2017	C27
トレボウクシア藻綱 Trebouxiophyceae	クロレラ目 Chlorellales	アクチナスツルム属 <i>Actinastrum</i> sp.		2010, 2019	C28
		オオキスティス属 <i>Oocystis</i> sp.		2010, 2011, 2016	C29
		ディクチオスファエリウム属 <i>Dictyosphaerium</i> sp.		2016	C30
		プロトテカ属 <i>Prototricha</i> sp.	酵母様藻類	2016	C31
		ミクラクチニウム属 <i>Micractinium</i> sp.		2010	C32
		ラゲルヘイニア属 <i>Lagerheimia</i> sp.	コダテラ	2010	C33
アオサ藻綱 Ulvophyceae	ミドリゲ目 Siphonocladales	シオグサ属 <i>Cladophora</i> sp.	クラドフォラ	2010, 2011, 2019	C34
		ミズカビの仲間		2017	C35
【真核単細胞生物: 原生動物】					
植物性鞭毛虫綱 Phytomastigophora	ミドリムシ目 Euglenida	ウチワヒゲムシ属 <i>Phacus</i> sp.	ファクス	2017, 2019	D1
		コラキウム属 <i>Colacium</i> sp.		2010	D2,D3
		ミドリムシ属 <i>Euglena</i> sp.	ユーグレナ	2017	D4
		モノモルフィナ属 <i>Monomorphina</i> sp.		2017	D5
		カゲヒゲムシ目 Cryptomonadales	ミドリカゲヒゲムシ属 <i>Cryptomonas</i> sp.	クロオモナス	D6
クリプト藻綱 Cryptophyceae		モトヨセヒゲムシ目 Synurales	モトヨセヒゲムシ属 <i>Synura</i> sp.	シヌラ	D7
貧膜口綱 Oligohymenophorea	周毛目 Peritricha	ツリガネムシ属 <i>Vorticella</i> sp.	ボルティケラ	2010, 2018	D8
	ゾウリムシ目 Peniculida	クチサケミズケムシ属 <i>Frontonia</i> sp.	フロントニア	2010	D9
		ゾウリムシ属 <i>Paramecium</i> sp.	パラメシウム	2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2017, 2018, 2019	D10,D,11,D12,D13

表 1 (続き)

綱 class	目 order	属 種 他 genus species	別表記例	観察された年	写真番号
【真核単細胞生物: 原生動物】					
貧膜口綱 Oligohymenophorea	ミズケムシ目 Hymenostomatida	コルピディウム属 <i>Colpidium</i> sp.		2010	D14
		マユガタミズケムシ属 <i>Urocentrum</i> sp.	ウロセントラム	2018	D15
コルボダ綱 Colpoda	フクロミズケムシ目 Bursariomorphida	フクロミズケムシ属 <i>Bursaria</i> sp.	ブルサリア	2010, 2011	D16
リトスマ綱 Litostomatea	シオカメウズムシ目 (毒胞目) Haptorida	モノディニウム属 <i>Monodinium</i> sp.		2010, 2017	D17
	ディレプツス目 Dileptida	ペラゴディレプタス属 <i>Pelagodileptus</i> sp.		2010	D18
旋毛綱 Spirotrichaea	ミズヒラタムシ目 Euplotida	ミズヒラタムシ属 <i>Euplates</i> sp.	ユープロテス	2016, 2018, 2019	D19,D20
葉状根足虫綱 Lobosea	アメーバ目 Amoebida	アメーバ属 <i>Amoeba</i> sp.		2008, 2009, 2010, 2011, 2016, 2018	D21
	シソビレヌス目 Schizopyrenida	バールカンピア属 <i>Vahlkampfia</i> sp.	シソビレヌス	2019	D22
	ナベカムリ目 Arcellinida	ナベカムリ属 <i>Arcella</i> sp.	アルセラ	2010, 2016, 2018, 2019	D23,D24,D25
糸状根足虫綱 Filosea	ウロカムリ目 Euglyphida	ポーリネラ属 <i>Paulinella</i> sp.	ピンカムリ	2010, 2016	D26
	ヌクレアリア目 Nucleariida	ヌクレアリア属 <i>Nuclearia</i> sp.		2010	D27
ヌクレオヘレア綱 Nucleohelea	無殻太陽虫目 Actinophryida	アクチノフリス属 <i>Actinophrys</i> sp.		2010	D28
有中心粒綱 Centrohelida	有中心粒目 Centrohelida	カラタイヨウチュウ属 <i>Acanthocystis</i> sp.		2016	D29
【真核多細胞生物: 後生動物】					
輪虫綱 Rotatoria	ワムシ目 Ploima	ウサギワムシ属 <i>Lepadella</i> sp.	レパデラ	2010	E1
		チビワムシ属 <i>Colurella</i> sp.	コルレラ	2010	E2
		サラワムシ属 <i>Lecane</i> sp.	ツキガタワムシ, レカネ	2010	E3
		ツボワムシ属 <i>Brachionus</i> sp.	ブラキオヌス	2010, 2018, 2019	E4,E5
		フクロワムシ属 <i>Asplanchna</i> sp.	アスプランクナ	2009, 2010, 2011, 2019	E6
		ヒルガタワムシ目 Bdelloidea	ヒルガタワムシ属 <i>Rotaria</i> sp.	ロタリア	E7,E8,E9,E10, E11
顎脚綱 Maxillopoda	カイミジンコ目 Podocopida	カイミジンコ(カイミシ亞綱) Ostracoda	オストラコーダ	2010, 2018, 2019	E12,E13
	ケンミジンコ目 Cyclopoida	ケンミジンコ(カイアシ亞綱) Copepoda	コペポーダ	2010, 2018, 2019	E13,E14
鰓脚綱 Branchiopoda	双殻目 Diplopoda	シカクミジンコ属 <i>Alona</i> sp.		2010, 2011, 2017, 2018	E15
		ノロ属 <i>Leptodora</i> sp.		2019	E16
		ハシミジンコ属 <i>Pleuroxus</i> sp.		2018	E17
		マルミジンコ属 <i>Chydorus</i> sp.		2010	E18,E19
様々なプランクトンの殻					F1,F2,F3,F4,F5,F6
線形動物門 Nematoda	線虫綱 Nematoda	線虫(線虫綱) Nematoda		2010, 2019	G1
環形動物門 Annelida	貧毛綱 Oligochaeta	イトミズ属 <i>Tubifex</i> sp.		2011	G2
昆虫綱 Insecta	蜉蝣目 Ephemeroptera	カゲロウ属(幼虫) <i>Ephemera</i> sp.		2007, 2011, 2018	G3
	積翅目 Plecoptera	カワゲラ(幼虫) <i>Plecoptera</i>		2011	G4
	双翅目 Diptera	ユスリカ属(幼虫) <i>Chironomus</i> sp.		2007, 2019	G5
軟甲綱 Malacostraca	十脚目 Decapoda	エビ(ゾエア幼生) 旧 長尾亜目 Macrura		2010, 2018	G6
【真核多細胞生物: その他】					
マツ綱 Pinopsida	マツ目 Pinales	スギ(花粉) <i>Cryptomeria japonica</i>		2010	H1

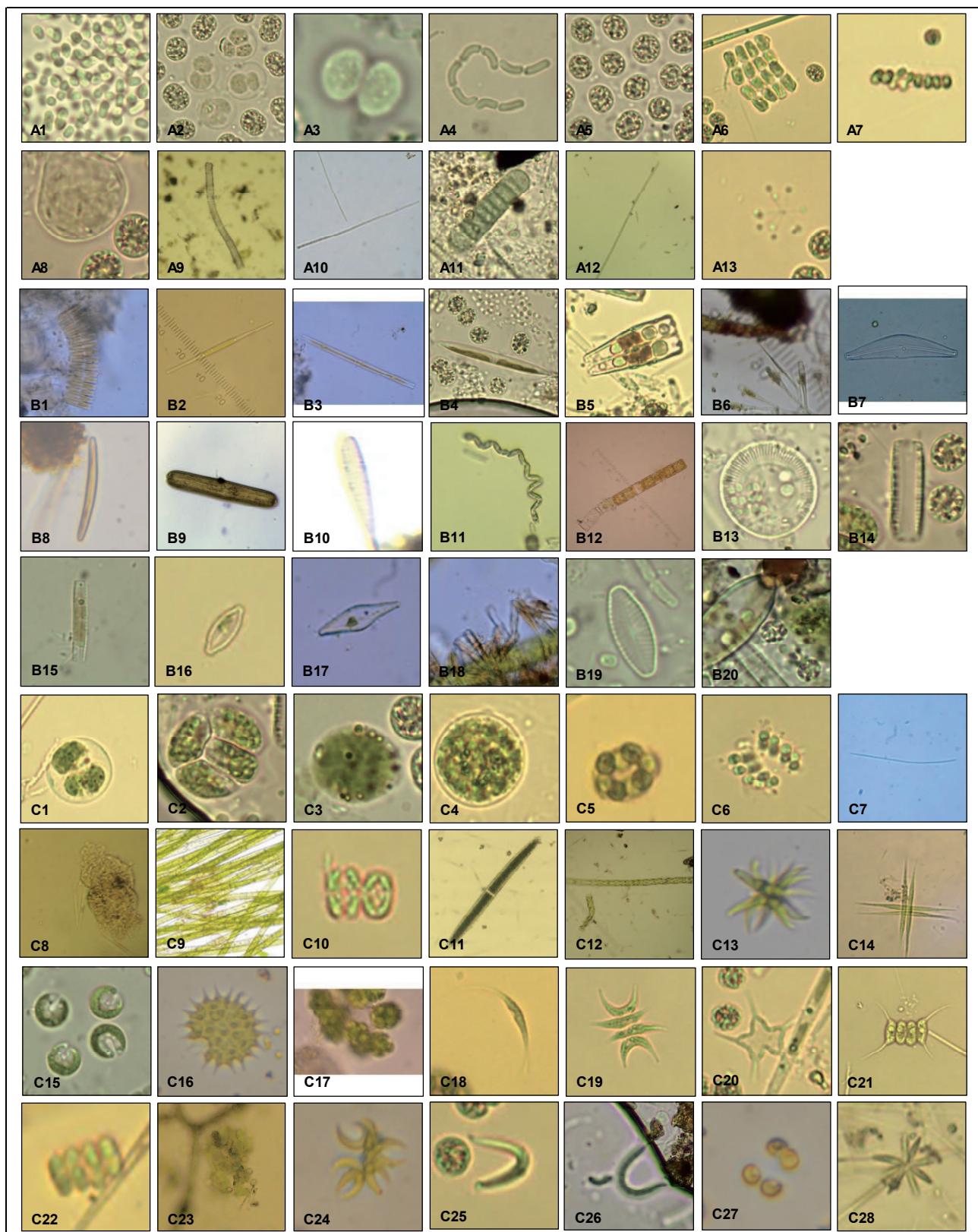


図1 門池で観察された微小生物の顕微鏡写真

写真の番号は表1に対応。

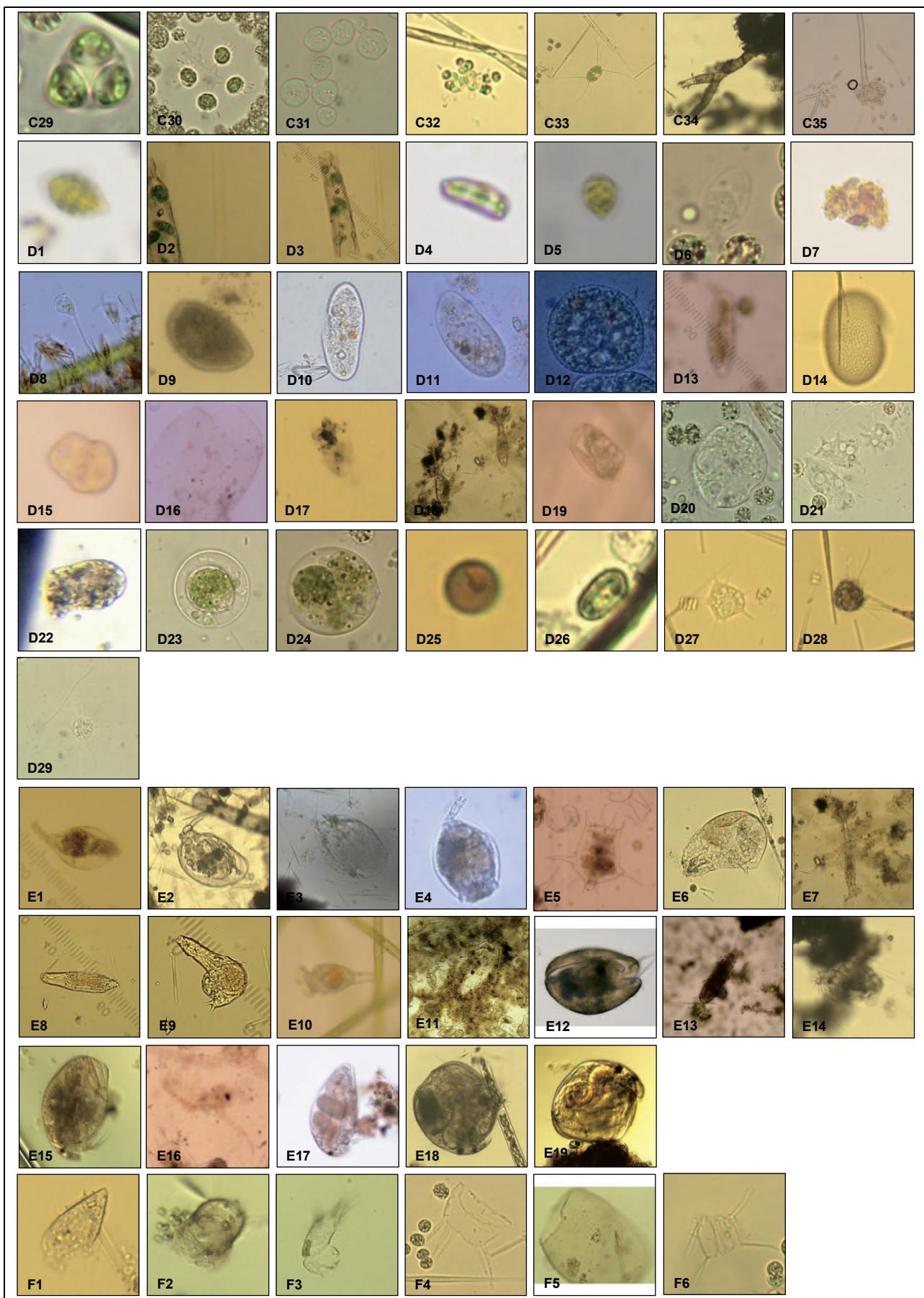


図 1 (続き)

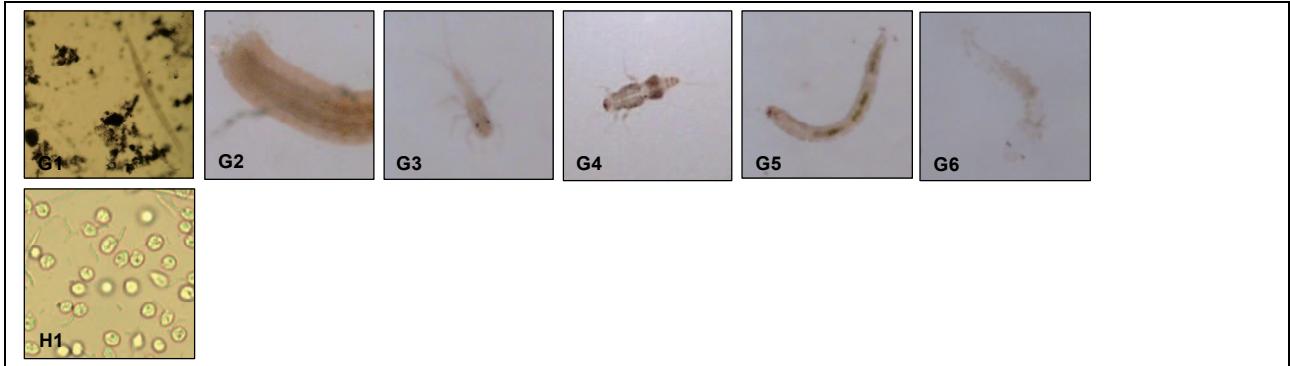


図1 (続き)

観察を行った10年で、原核単細胞生物が12属、真核単細胞生物が70属、そのうち原生動物が22属、真核多細胞生物（後生動物）が18属、その他（高等植物）が1属であった。参考までに、このうち観察年の頻度が4回以上のものは、藍藻綱のミクロキスティス属、メリスモペディア属、珪藻綱のハリケイソウ属、クチビルケイソウ属、タルケイソウ属、イタケイソウ属、ハネケイソウ属、フネケイソウ属、緑藻綱のコナミドリムシ属、サヤミドロ属、トゲイカダモ属、テトラスピラ属、貧膜口綱のゾウリムシ属、葉状根足虫綱のアメーバ属、ナベカムリ属、輪虫綱のフクロワムシ属、鰓脚綱のシカクミジンコ属であった。

各微小生物には外観上の多様性が見られたものもあり、写真番号A11、A12のユレモ属、B2～B4のハリケイソウ属、C3、C4のコナミドリムシ属、C13、C14のアンキストロデスマス属、C25、C26のラフィドセリス属、D10～D13のゾウリムシ属（D13は2010年に観察されたミドリゾウリムシ）、D19、D20のミズヒラタムシ属、D23～D25のナベカムリ属、E7～E11のヒルガタワムシ属が観察された。また、B6は付着性のクサビケイソウ属、同様にB18は付着性のフネケイソウ属と思われる。E5のツボワムシ属は、ホルマリン固定を行って観察したものである。また、E14はケンミジンコのノープリウス幼生である。顕微鏡での観察時に、プランクトンの殻と思われるものもよく見つかり、F1はケイソウの仲間、F2は有鐘纖毛虫の仲間、F3、F4はケンミジンコ、F5はヒラタミジンコ属、F6はデスマデスマス属であろうと思われる。

観察された微小生物の中で、ツリガネムシ属、ゾウリムシ属、コルピディウム属、ナベカムリ属といった原生動物や、ウサギワムシ属、チビワムシ属、サラワムシ属、ヒルガタワムシ属、線虫、イトミミズ属、ユスリカ属といった後生動物は、浄水汚泥に含まれることが知られている生物であり[6,7]、門池の水の浄化に機能することが望まれる。

ところで先に述べたように、池水の富栄養化は、その中の生物の生態に影響を与えるものと考えられるが、生食食物連鎖と腐食食物連鎖の複雑な物質循環の中でそれを明快に理解することは難しく[5]、また地球温暖化などの別の要因も関係する可能性がある[8]。そこで次に、これら花里の総説に述べられた仮説を参考に、定量的なデータではないが、観察年の頻度の結果から門池の夏季の現状について考えてみたい。門池への栄養塩の流入と蓄積は、まず一次生産者である藍藻類（主にミクロキスティス属やメリスモペディア属）や緑藻類の増殖を引き起こすものと思われる。池水のpHは9.5と高く、富栄養池で一般に見られるように、植物プランクトンの中では藍藻が優占種である可能性がある。一方で、珪藻類や緑藻類も頻繁に観察されることから、藍藻の優占はそれほど強いものではないかも知れない。特に、門池の水のりん酸態りんのレベルが、他の水質指標と異なりそれほど高値を示さないことは、珪藻類が多い要因であるものと考えられる。これらの植物プランクトンは動物プランクトンに捕食されるが、これまでに考えられているように、増加した藍藻はミジンコ類のような大型の動物プランクトンにとっては、毒素の作用、摂食には群体が大きすぎること、低い栄養価などの理由で餌になり難い。このことは、門池ではミジンコ類の観察頻度が低い原因となっている可能性がある。ワムシ類の中には藍藻の毒素に耐性を持つものがあり、属を特定しなければ、門池ではワムシ類はよく観察されている。また、今年はワムシとともにケンミジンコが比較的多く観察されたが、ケンミジンコは化学的知覚摂食が可能であることが知られており、藍藻の摂取を避けている可能性がある。藍藻が利用されない一方で、緑藻はより小型の動物プランクトンであるアメーバ属やゾウリムシ属、ナベカムリ属等に捕食されて、動物プランクトンとしてはこれらが優占種となり、植物プランクトンとしては藍藻類が優占種となっているものと考えられる。門池に大型のプランクトンが観察され難い要因

の一つとして、その捕食者である昆虫の幼虫やエビ類、魚類などが多く生息していることも挙げられる。水生の昆虫の幼虫としては、表 1 に示すようにカゲロウ属、カワゲラ類、ユスリカ属などが見られるほか、池内のビオトープにウチワヤンマ *Sinictinogomphus clavatus*、コシアキトンボ *Pseudothemis zonata*、シオカラトンボ（ムギワラトンボ）*Orthetrum albistylum speciosum*、ハグロトンボ *Calopteryx atrata* などが観察されているため、これらのトンボの幼虫であるヤゴもいるものと思われる。軟甲綱のテナガエビ属 *Macrobrachium* sp.、スジエビ *Palaemon paucidens*、甲殻綱のアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* も観察されている。魚類としては、オイカワ *Opsariichthys platypus*、ヘラブナ（ゲンゴロウブナ）*Carassius cuvierie*、コイ *Cyprinus carpio*、マブナ *Carassius buergeri*、モツゴ *Pseudorasbora parva*、ウキゴリ *Gymnogobius urotaenia*、オオクチバス属 *Micropterus* sp.、チチブ属 *Tridentiger* sp.、ブルーギル *Lepomis macrochirus*、ナマズ *Silurus asotus* など、多様な種が観察されている。さらには、これらを捕食するマガモ *Anas platyrhynchos* やカワセミ *Alcedo atthis*、コサギ *Egretta garzetta*、カワウ *Phalacrocorax carbo hanedae* を始めとする 20 種以上の鳥類やミシシッピアカミミガメ *Trachemys scripta elegans* が観察される。

4. まとめ

現在のところ門池の水とその中の微小生物は、周囲の豊かな生態系を支える基盤としての環境を構築している。しかし今後、気温や水温、流入する栄養塩の種類と量、外来生物の種類と量などが変化した場合、その影響は一次生産者とその捕食者である水中の微小生物に現れるものと予想される。従って、門池の生態系を保護するためには、今後も継続してその水質と微小生物をモニタリングする必要があるものと考えられる。

5. 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, 芳野文香, 他 (2013): 技術・教育研究論文誌, **20**, 21-29.
- [3] 芳野恭士 (2016): かどいけ通信, **47**, 6.
- [4] 竹口昌之, 高橋駿平, 他 (2019): 技術・教育研究論文誌, **26**, 1-9.
- [5] 花里孝幸 (1989): 陸水学雑誌, **50**, 53-67.
- [6] 須藤隆一 (1973): 日本醸造協会雑誌, **68**, 223-229.
- [7] 日本水処理生物学会第 36 回水処理生物基礎講座テキスト, 同講座企画委員会, ブルーフォーラム K, 2019.
- [8] 花里孝幸 (2000): 陸水学雑誌, **61**, 65-77.