

皇居のお濠・千鳥ヶ淵の水質改善に向けた生態系の調査活動



実施担当者 二松學舎大学附属高等学校
教諭 外ノ岡 和政

1 はじめに

本校は、皇居のお濠の1つである千鳥ヶ淵のすぐそばに校舎を構えている。千鳥ヶ淵はサクラの名所としても知られている。玉川上水からの水の供給が停止して以降は、閉鎖系水域となりお濠の水質は悪化しやすくなり、夏場にはアオコが大発生するなどの問題を抱えている。皇居のお濠の中でも、千鳥ヶ淵は周辺の木々からの落葉など多く、このため特に水質が悪化しやすい。環境省も水質改善にむけた計画を策定するなど、対策を進めている。本校理数科研究部では、お濠の水を採取し化学的手法による水質分析と顕微鏡観察による微細藻類と微細動物の簡易同定を組み合わせた水質調査を実施している。今年度は、これまで実施してきた水質調査に、デジタルパックテストを導入し精度を高めた水質調査を行った。また千鳥ヶ淵は都心にありながら、植物や動物をはじめ多様な生物が生息していることが知られており、この豊かな生態系全体に着目して活動を行うこととした。まずは千鳥ヶ淵に集まる鳥類の観察を実施したので、これらをまとめ活動を報告する。

2 実験活動

2-1 実験方法

水質分析はデジタルパックテストを用いて測定を行った。採水は年間を通して定期的に千鳥ヶ淵より行った。レンタルボートを使ってお濠の中心部と護岸から、1 L容の広口ボトルにて表層水を採水した。採水後すぐに水質分析を実施した。分析項目は、pH、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニウム態窒素、COD、リン酸態リンの各項目についてデジタルパックテスト法により簡易測定した。特にCODは化学的酸素要求量のこと、水中の有機物量の指標であり、水質汚濁の指標とすることができる項目の一つである。そのほかに、溶存酸素計を用いて水中の溶存酸素濃度の測定も行った。また微細藻類と微細動物の観察は、採水した試料より複数枚のプレパラートを作成し光学顕微鏡下で観察を行い、形態から属の簡易同定を試み、季節ごとに生息する微細生物相を評価した。鳥類の観察は双眼鏡を用いて探索を行い、超望遠のデジタルカメラを用いた撮影を試みた。

2-2 実験結果

2017～2018 年度の水質分析の結果を図と表に示す。表 1 に各分析項目の分析値を示し、図 1 には COD と NH₄⁺態窒素について年間の推移をグラフで示す。年間を通して硝酸態窒素、亜硝酸態窒素はほとんどの試料で分析下限値を示した。また COD は年間を通して大きな変動がみられ、年間を平均すると 2017 年度、2018 年度ともに 12mg/L 程度を示しており、2017 年度度と比較して 2018 年の COD の推移には大きな変化はみられなかった。環境省の公表値も概ね一致しているが、環境省公表値では例年 8 月の夏場が最も高い COD の値を示しているが、今回の実験では 6 月が最も高い COD 値を示す結果となった。また、環境省が基準とする COD 値は 10mg/L 以上は、非常に汚れた水質であるとしており、これは下水や汚水などでこの COD 値が該当する。環境省では千鳥ヶ淵の COD について年間平均 6mg/L を目標値としている。COD 値は冬場には 6 mg/L 程度まで低下するものの、それ以外の時期は 10 mg/L 以上を示しており、極めて汚れた状態であることが示された。10 mg/L 以上の COD 値は都市景観における修景においてもこれ以上の数値である場合は、不快となる目安とされており、実際に 10 mg/L を下回る冬場を除いて千鳥ヶ淵はアオコの発生によって緑色の水質であることが確認できる。しかし極めて高い COD 値であるが、大型のコイが多数生息していることが確認できており、溶存酸素 (DO) について測定した結果は 2018 年 6 月に 7.3mg/L、2019 年 2 月に 9.7mg/L をそれぞれ示し、コイやフナなどが生息できる目安である 5mg/L 以上を上回っていることも示された。アオコの大発生は、水中の溶存酸素の低下を招くことが知られているが、年間を通してコイが生息できる程度には、溶存酸素濃度の低下を引き起こしていないことが示唆された。

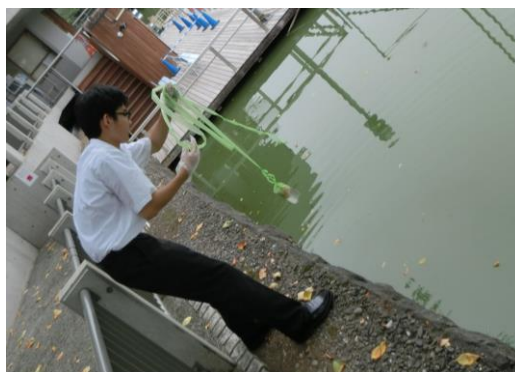


写真 1 採水作業の様子



写真 2 鳥類観察の様子

次に顕微鏡にて観察された微細藻類と微細動物を簡易同定した結果を表 2 に示す。藍藻 3 属、緑藻植物 7 属、珪藻 3 属、黄金藻 1 属、鞭毛虫 2 属、肉質虫 1 属の合計 17 属の多様な微細生物が観察された。藍藻類では *Microcystis* sp. や *Anabena* sp. が、緑藻植物ではイカダモとして知られる *Senedesmus* sp. や、クロレラとして知られる *Chlorella* sp. などがそれぞれ検出されている。特に *Microcystis* sp. や *Anabena* sp. や *Chlorella* sp. といった微細藻類は、いずれもアオコ形成に関与することが知られており、アオコが発生が旺盛な時期に高頻度で観察されていることから、これらの微細藻類が本水系でのアオコの発生の原因となっている可能性が考えられた。*Microcystis* sp. は、年間を通してほぼ検出されており、この属はアオコ形成に関与するとともに発がん物質であるマイクロキスチンを生成する場合もあることから、今後はマイクロキスチン生成能の有無も調べたいと考えている。

表 1 千鳥ヶ淵の水質分析結果の全項目

	2017.11月	2018.1月	2018.2月	2018.5月	2018.6月	2018.8月	2019.2月
COD	20	10	6	10	15	13	12
NH ₄ ⁺ 態窒素	0.2以下	0.2以下	0.5	0.23	0.59	0.69	0.44
亜硝酸態窒素	0.005以下	0.005以下	0.005以下	0.02	0.03	0.02	0.04
硝酸態窒素	0.2以下	-	0.2以下	0.2以下	0.2以下	0.2以下	0.4
リン酸態窒素	-	-	0.05	0.1以下	0.1以下	0.1以下	0.1以下
溶存酸素	-	-	-	-	7.3	-	9.7
pH	7	7	-	7	-	9	9

※単位はすべてmg/L (pHを除く)

また2019年2月には、黄金藻類の一種であるサヤツナギ *Dinobryon* sp.が多数発生していることが本実験系では初めて観察された。例年、冬期には緑藻類の個体数が低下し、*Asterionella* sp.などの珪藻類や *Tintinnidium* sp.などの鞭毛虫の個体数が増加する傾向が観察されているが、2018年度は黄金藻類や肉質虫の *Acanthocystis* sp.などがはじめて観察された。千鳥ヶ淵は2017年の上半期にお濠の水抜きと湖沼底部の天日干しを一部で実施しており、そのような作業が生物相に変化を与えた可能性も考えられた。

そのほかに *Microcystis* sp.の集合体が形成する粘質層内に、別の種の緑藻植物が混在している現象が、2015年度と2018年度に複数観察された。この現象は国立環境研究所が「他の藻類の混在」として報告をおこなっているが、単なる混在なのか、もしくはなんらかの共生系を構築しているかに関する知見は見られず、今後、本実験系で明らかにしていきたいと考えている。

次に鳥類の観察結果を示す。観察は2018年4月～2019年3月にかけて、複数回実施した。千鳥ヶ淵周辺には樹木も多く、その根元の土壌でスズメが砂浴びをする様子が観察された。特定の場所が砂浴び場所になっており、複数のスズメが同時に砂浴びする様子が見て取れた。人工物の水栓や手洗い場でもスズメを多く見かけ、排水溝にたまった水や落ち葉に隠れた虫などを探している様子であった。また蛇口のなかにクチバシを突っ込んで探索する様子も見取れ、公園などに設置された水飲み場に野生動物が近づかないようにするなどの衛生管理の必要性が考えられた。また、メジロも頻繁に観察された。色合いからカウグイスと間違える人がいるこのメジロは体色が黄緑色で目元が白丸の特徴を持つ。千鳥ヶ淵に多く植えられているサクラの樹上で見かけることが多く、春先は、サクラの花と蜜を捕食し、夏場は葉についた虫を捕食している様子を観察できた。ムクドリは、遊歩道付近にいるのを観察された。ヒトに馴れているのか距離は5メートル前後のところをいた。都会でもムクドリは群れとなって、街路樹から街路樹に飛び交う様子を見る機会が多いが、単独の個体のみが観察できた。キジバトも多くの個体を観察できた。公園などにいる個体よりも警戒心が強く、20m以上の距離があっても警戒している様子が見られた。樹木にとまるカワラヒワは、距離10m以内の近場の枝に止まっている様子が見取れた。カワラヒワにこの距離で遭遇するのは、珍しい。水鳥はカイツブリの幼鳥やカルガモ、カワウが観察され、中でもカイツブリとカルガモは幼鳥が複数個体観察されたことから、千鳥ヶ淵周辺が繁殖地となっており、ここで子育てを行っているものと考えられた。鳥類の観察について今年度は、単純な観察と種の同定のみとなったが、それでも多くの種の鳥類を観察することが出来た。次年度以降も継続して観察を続け、観察手法を高めて行きたいと考えている。

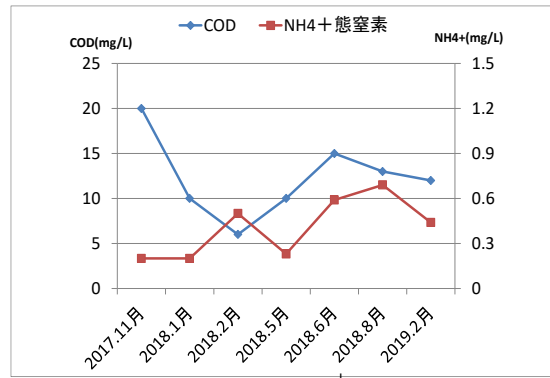


図1 CODとNH₄⁺態窒素の変化

表2 顕微鏡にて観察された微細生物の簡易同定結果

観察された微細藻類\採水日	2017年度			2018年度		
	11月	1月	2月	6月	8月	2月
藍藻	<i>Microcystis</i> sp.	●		○	●	○
	<i>Anabena</i> sp.	●			●	
	<i>Arthrospira</i> sp.		○		●	
緑藻	<i>Senedesmus</i> sp.	○		○	●	○
	<i>Chlorella</i> sp.		○	○	●	
	<i>Chlamydomonas</i> sp.		○			
	<i>Chlosterium</i> sp.				○	
	<i>Chloromonas</i> sp.				○	
	<i>Chlorococcum</i> sp.					○
	<i>Staurastrum</i> sp.				○	
珪藻	<i>Fagilaria</i> sp.		○	●	○	
	<i>Diastoma</i> sp.					○
	<i>Asterionella</i> sp.			○		○
黄金藻						●
鞭毛虫	<i>Halteria</i> sp.			○		
	<i>Tin Tinidium</i> sp.			●		
肉質虫						○

※●は高頻度で検出、○は検出されたことをそれぞれ示す



写真3 カイツブリ幼鳥

3 発表会への参加

3-1 口頭発表

実験によって得られたデータをまとめ、口頭発表会に参加した。口頭発表の題目は「皇居のお濠・千鳥ヶ淵の生態系」とし、2018年11月24日に行われた聖徳大学主催・第二回・高校生の体験発表会に参加した。千葉県を中心に東京・埼玉・茨城の高校51校が参加し、本校は聖徳大学学長賞を受賞することが出来た。生徒たちにとっても大勢の聴衆の前で発表する体験をできたことは大変に貴重な経験となった様子であった。

3-2 ポスター発表

口頭発表のほかに、ポスター発表での実験結果の発表会へも2回参加した。

2018年12月に行われた中谷医工計測技術振興財団・平成30年度・科学教育振興助成 成果発表会では、本助成金での活動内容を、発表題「皇居のお濠・千鳥ヶ淵の水質改善に向けた生態系の調査活動」のもと発表を行った。ポスター発表では、全国から集められた様々な学校の生徒達や顧問の先生方と活発な意見交換をすることができ、生徒顧問にとって非常に有益な経験をする事ができた。全国規模で他校の方々と交流できたことは大変刺激になったようであった。ポスター発表のみでなく、基調講演や意見交換会（食事会）もプログラムの中に含まれており、学会と同じ体験を生徒達ができることは、極めて貴重な体験で素晴らしい内容であった。

2019年2月に行われた東京都生物クラブ連盟主催・第51回生物研究の集いにもポスター発表にて、発表題「皇居のお濠・千鳥ヶ淵の生態系」で参加した。こちらの発表会でも多くの学校の生徒顧問の方々と情報交換する経験を積むことができた。

4 まとめ

研究助成のおかげで様々な実験器具を新たに揃えることができ、生徒達はこれまで行うことができなかった実験活動が行える様になった。さらに成果報告会のように実験内容を発表し意見交換する機会を設けて頂いたおかげで、年間の活動の中で実験と発表の一連を体験することができ、これまで以上に生徒達にとっても非常によい経験をする事ができ、大変に充実した1年間の活動を行うことができた。

謝 辞

本研究活動は、公益財団法人中谷医工計測振興財団より平成30年度科学教育振興助成金の採択を受けて行ったものである。公益財団法人中谷医工計測技術振興財団には、本校の理科教育に対し多大なご理解と格別のご助力を頂いた。深く感謝の意を表する。



写真4 口頭発表の様子

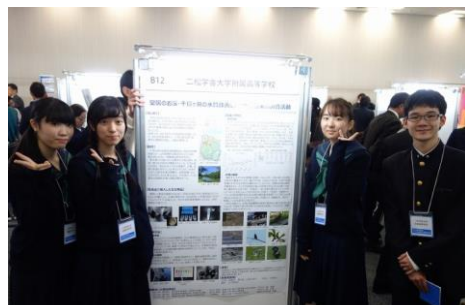


写真5 中谷財団成果報告会

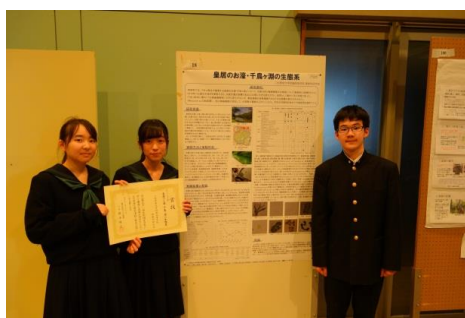


写真6 生物研究の集い