

井の頭池

かいぼり報告会資料集

未来へつなごう、湧水の池



2017年
1.28 土
三鷹市公会堂
光のホール

開催にあたって

かつては日量1万トンの水が湧き、江戸の水源になっていた井の頭池。豊富な湧水は、ムサシトミヨやミヤコタナゴといった関東平野の固有種や、70種以上もの水草を育んでいました。しかし1960年代以降、湧水の減少にともなう水質悪化に、外来魚の増加が追い討ちをかけ、豊かだった池の様相は変わり果ててしまいました。

こうした中、2017年に井の頭恩賜公園が開園100年を迎えるのを機に、東京都や地元市、地域団体などが井の頭恩賜公園100年実行委員会を組織して、井の頭池の生態系の回復や水質の改善に取り組み始めました。その柱が、かいぼりです。2013（平成25）年度に初めて行われた「かいぼり25」には大勢のボランティアが協力し、その様子が全国に発信されました。かいぼり後には、在来種の回復や透明度の向上が確認され、池を見守っていた人や、各地で同じ課題に取り組んできた人に希望を与えてくれました。

2015（平成27）年度の「かいぼり27」では、前回の経験を糧にして、外来種対策や干し上げには念を入れました。市民参加の機会も増やし、護岸の補修や浅場の整備など、短い期間にやれるだけのことは行いました。その結果、2回のかいぼりの相乗効果により、さらなる自然の回復がみられ、季節によってはかなりの湧水が池に注がれていることもわかりました。

今年はいよいよ開園100年を迎えます。先人から受け継いだ井の頭池の豊かな自然を未来へつないでいくために、このかいぼりの成果を多くの人達と確認し、将来の自然再生について考えるきっかけにしたいと思います。この報告会が自然豊かな井の頭池の再生を願う皆さまのお役に立つことを願っております。



目次



○基調講演

- 井の頭池の湧水復活に向けて** 2
守田 優 (芝浦工業大学工学部教授)

○調査報告

- 井の頭池周辺の地下水位について** 11
國分 邦紀 (東京都土木技術支援・人材育成センター)

○井の頭池モニタリング報告

- よみがえる!! イノカシラフラスコモ! 『水草再生ものがたり』** 15
内山 香 (東京都西部公園緑地事務所)

- きらめく水辺 増える増える在来魚** 22
八木 愛 (認定 NPO 法人 生態工房)

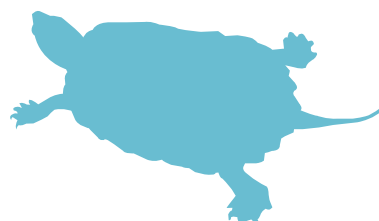
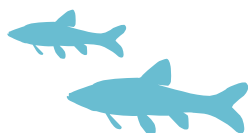
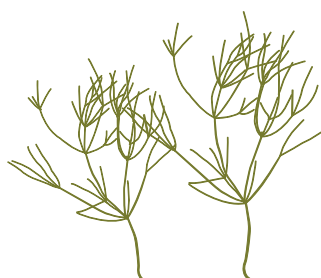
- 水鳥のにぎわい ～すくすくカイツブリ～** 26
岩本 愛夢 (認定 NPO 法人 生態工房)

○井の頭池活動報告

- 初期の活動を振り返る ～連携が実現したかいぼり～** 30
田中 利秋 (井の頭かんさつ会)

- 井の頭かいぼり隊活動報告** 33
山口 行弘 (井の頭かいぼり隊)

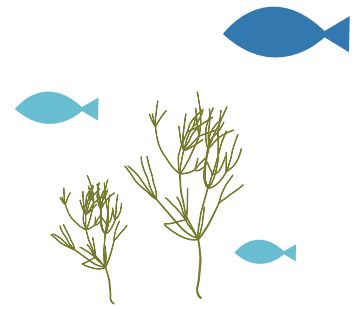
- かいぼり27の記録** 36



○基調講演

井の頭池の湧水復活に向けて

守田 優 (芝浦工業大学工学部教授)



はじめに

東京都の三鷹市と武蔵野市にまたがる井の頭恩賜公園は、武蔵野の面影をとどめる都内でも有数の公園であり、多くの都民によって親しまれている(写真1)。しかし公園の中央にある井の頭池は、かつて神田上水の水源として豊かな湧水に恵まれていたが、高度経済成長期のただ中、1963年に涸渇してしまった。現在、深井戸で汲み上げられた地下水によって池の水が維持されている。井の頭池の水は、戦後の1950年代前半までは豊富な湧水によって補給され、清く澄みきった池には、タナゴ、ウグイ、そしてムサシトミヨなどの川魚の生息も確認されていた。しかし、1960年代に入ると、その湧水は徐々に減少し、ついに涸渇し、水質は悪化してきれいな水に生息する魚類はいなくなった。そのわずか10年間に何があったのか。湧水涸渇の原因は何だったのか。そして湧水を復活させ、井の頭池を再生させるにはどのような対策が取られるべきなのか。本稿では、戦後の武蔵野地区の都市化を背景とした地下水開

発の歴史を振り返り、水文学の立場から井の頭池の湧水涸渇の原因を考察し、井の頭池の湧水復活へ向けた提言を行う。

井の頭池涸渇の衝撃

1980年代の半ば、筆者はNHKのある番組で井の頭池涸渇の映像を偶然目にした。そのNHKの番組は、1963年5月18日に放送された番組のアーカイブスで、「現代の記録」というシリーズのひとつ、「都市と水路」という題名の番組であった。1964年の東京オリンピックを間近に控え、都市整備が急ピッチで進むなかで日本の都市の水辺の表情を鋭い映像でとらえたものであった。そこで筆者の目をくぎ付けにしたのが、「井の頭池涸渇」の映像である。番組のナレーションを紹介する。

「武蔵野の面影をとどめる井の頭公園。この池は神田上水とそれに続く東京の代表的な都市水路、神田川の水源地とされている。

ところが池の水がいつの間にか下がってしまい、下流に送り出す水は一滴もないありさまである。地下水の汲み上げ、地盤の沈下など原因はいろいろと言われているが正確にはわからない。とにかく干上がった水路がつづく。

水路に沿って2、300m行くと、付近の住宅地帯から台所の屑や汚水、洗濯の水が流れ込んでくる。水源地に直結する水路は干上がっているので、物理的にはこの汚水が、神田上水と神田川の源ということになる。」

井の頭池涸渇の映像はわずか2分程度のものであったが、その映像に衝撃を受けるとともに、井の頭池の涸渇の原因について、それ



写真1. 水源が湧水から井戸水に替った井の頭池 (著者撮影)

までの自分の考えが間違っているのではないか。なにか重要な原因が隠されているのではないか、と思った。

井の頭池涸渇の原因は？

筆者は長らく都市の水文学の研究に携わってきた。水文学とは、地球の水の循環を研究する学問であるが、都市水文学は、特に都市域の水循環を対象とし、都市の洪水や地下水の流れなどを扱う。1980年代に入ったころ、筆者は東京都の研究所で地下水の仕事に従事していた。当時、井の頭池の湧水がすでに涸渇しており、深井戸から汲み上げた地下水によって池の水が維持されていることは知っていた。その原因は都市化による土地利用の変化、つまり都市化によって地表面がアスファルトやコンクリートで覆われることにより地表から地下水への涵養量（補給量）が減少したことにあると考えていた。地表面が不浸透化すると、洪水流出量が増大し、地下水涵養量が減少することは、当時、ほぼ常識となっており、井の頭池の涸渇の原因を都市化による地下水涵養量の減少と考えることはごく自然なことだった。

それではNHKの「都市と水路」という番組が、なぜ井の頭池の湧水涸渇の原因について疑問を投げかけたのか。それは井の頭池の涸渇した年が1963年であったという事実にある。筆者は、涸渇の時期は1970～80年代の出来事と考えていた。当時、日本の都市において都市開発にともなう湧水涸渇が報告されはじめていたからである。その原因は上に述べた都市化にともなう不浸透域の拡大であった。しかし、1963年に涸渇したという事実を知ったとき、井の頭池の涸渇についても同様の原因とすることに疑問をもったのである。すなわち、井の頭池が涸渇した1963年という時点で、井の頭池の涵養域と考えられる三鷹市、武蔵野市、小金井市という武蔵野地区において都市化が進み、湧水涸渇をもたらすほど地表面の不浸透化が進行していたかということである。1963年に湧水が涸渇したとなると、おそらく1950年代

から水循環が激変する都市化（＝不浸透域の増加）が進行していたと想定しなくてはならなくなる。

武蔵野地区における都市化の状況

都市域における湧水涸渇の原因として、今日、よく指摘されるのが不浸透域の拡大による雨水涵養量の減少である。つまり、地表面がコンクリート・アスファルトに変わったため、降った雨が地面にしみ込まず、下水道・河川に流れてしまうという考え方である。

このことを確認するために、武蔵野市、三鷹市、小金井市の道路と屋根の合計面積を1952年から1980年の間で調べたものが図1である。図中の実線で示したカーブが道路・屋根面積で示した不浸透域率である。これを見ると、武蔵野・三鷹・小金井の不浸透域は1955年の時点で、それぞれ25%から35%の間にある。それ以降、徐々に増加しているが、1955年から湧水が涸渇する1963年にかけて確かに増加傾向が認められるものの、湧水が涸渇するほど不浸透域が激増しているとは思えない。

都市水文学では、不浸透域として、道路とともに屋根の面積を考える。不浸透域率は、道路と屋根の面積で計算する。屋根に降った雨は雨樋を通して下水道に入り、さらに河川に流れていく。しかし、下水道が普及していない場合、屋根に

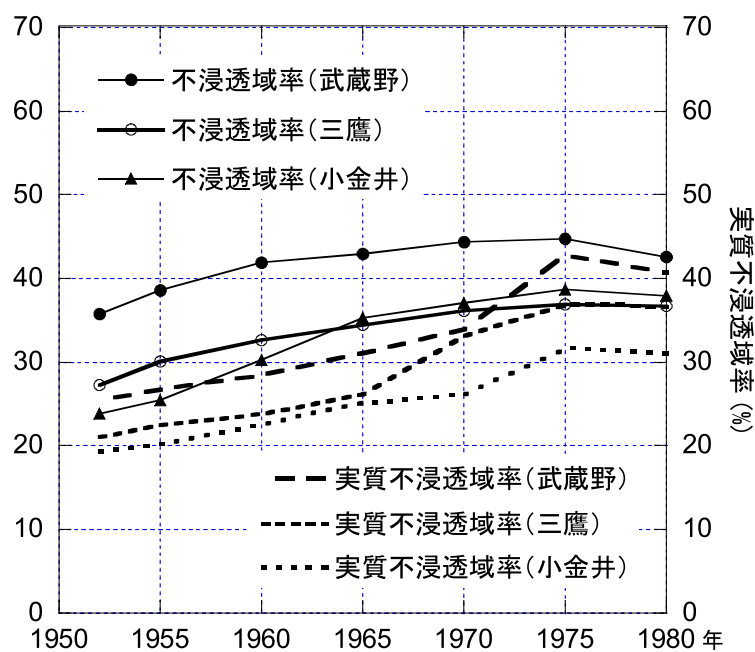


図1. 武蔵野地区3市の不浸透域率の変化

降った雨は自宅の庭等へ垂れ流しの状態となり、屋根の雨水は庭の地面を通して地中に浸透していく。つまり、屋根の部分が不浸透域として機能するか否かは、下水道の普及とかかわっているのである。

不浸透域を下水道の普及を考慮して補正したものが実質不浸透域率であり、図一1の点線で示したカーブである。この図から、1955年から1965年の10年間、実質不浸透域率は20～30%であり、屋根に降った雨水のかなりの部分が庭等に垂れ流しされていたと推定されるのである。さらに1960年前後の時期、道路の舗装も進んでおらず、道路さえも浸透域であったと言える。1965年以降、下水道が普及し、実質不浸透域率も上がっていくが、少なくとも1965年あたりまでは降った雨のかなりの部分が地中に浸透していたことがわかり、1963年、つまり昭和38年の井の頭池の湧水涸渇の原因として、都市化によって地表面が不浸透域になったために、地面からの浸透が減ったことが原因という考え方は、1955年から1965年を考える限り無理であると言わざるを得ない。

武蔵野台地の湧水のしくみ

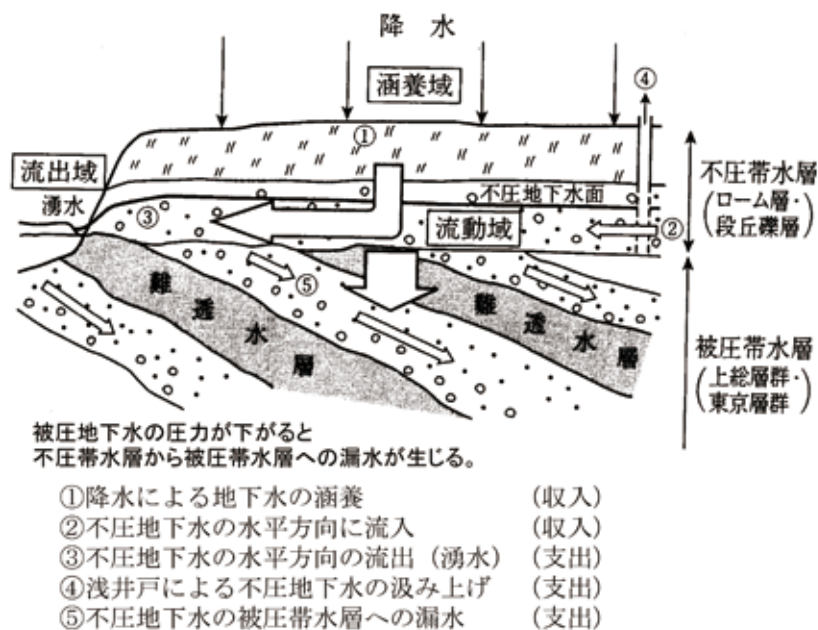
井の頭池の湧水涸渇の原因はなんだろうか。図一2に地下水が崖から湧出する模式図を示した。井の頭池は地形的に武蔵野台地に位置する。武蔵野台地の表層には関東ローム層があり、その下に武蔵野礫層が分布している。この二つの地層は透水性が高く、図に示したように、①降水が地表面から浸透して地下水を涵養し、②「地下を流れる川」である不圧地下水となり水平方向に流動して、③湧水として流出する。不圧地下水が流れる地層を不圧帯水層という。正常な水循環の状態であれば、降水は浸透して不圧地下水となり、図中に大きな矢印で示したように、涵養域・流動域・流出域と流れて湧水として流出する。

この図でもうひとつ注意してほしいことは、不圧帯水層の下に難透水層に挟まれた被圧帯水層が斜めに接して分布していることである。この被圧帯水層は、上総層群と東京層群に対応しており、通常は厚い難透水層（シルト・粘土など水を通しにくい地層）が不圧帯水層と被圧帯水層を隔てているが、武蔵野台地ではこの二つの帯水層がつながっており、地下水が移動できる。被圧地下水が十分な圧力を持っていれば、図中の大きな矢印のとおり湧水が流出するが、もし、被圧帯水層の圧力が下がってくると、不圧地下水が崖から湧水として流出する前に、下方の被圧帯水層の方へ吸い込まれることに注意されたい。

井の頭池の不圧地下水位は下がったか？

湧水が流出するしくみを模式的に示した図一2では湧水のところの水面が低いのが、井の頭池の場合、流出域は池の水面につながり、その水面はもっと高い。もし、不圧地下水の水位が低下していくと、不圧地下水の水面勾配は小さくなり、最終的には池の水は涸渇することになる。それでは井の頭池周辺の不圧地下水位は、湧水が止まるほど低下したのだろうか。

武蔵野台地の不圧地下水については、戦前、地理学者の吉村信吉によって詳細な調査が行われた。吉村は、さまざまな時期の不圧地下水位を測



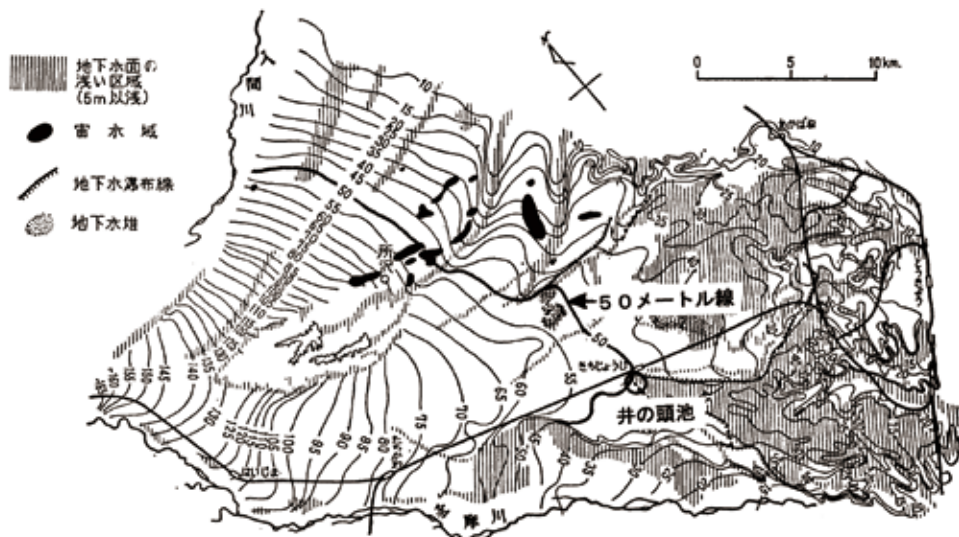
図一2. 洪積台地の湧水のしくみ

定し、多くの地下水面図を作成している。図一3は、昭和13年、1938年の冬の渇水、つまり地下水位が一番下がったときの時期の地下水位を描いたものである。

図一3に示された不圧地下水の水位等値線図には「50m線」というコンターが太線で示されている。これは地理学者の壽圓晋吾(1952)が指摘したものである。武蔵野台地の河川の水源である井の頭池(神田川)、善福寺池(善福寺池)、妙正寺池(妙正寺川)、三宝寺池(石神井川)などの湧水の源である不圧地下水が、東京湾平均海面50mの標高の地下水面から湧出してい

るとしている。図一3では、確かに「50m線」が井の頭池を横切っている。これから、冬の渇水期で地下水位が最も低下しているときでも、井の頭池には湧水があることがわかる。

図一3は戦前の井の頭池の不圧地下水位であるが、戦後はどうであろうか。戦後は、自治省消防研究所の細野義純(1978)が地下水位の観測を継続し、貴重なデータを残している。図一4は、同じく武蔵野台地における昭和49年(1974年)8月の地下水位である。戦後でも非常に地下水位が高い豊水期の地下水面図である。図に同じく、井の頭池と「50m線」が示してある。井の



吉村信吉(1940)に加筆。不圧地下水面の標高を東京湾平均海面基準(T. P.)の等高線で表す。

図一3. 武蔵野台地の冬季渇水期の不圧地下水位(戦前)



細野義純(1978)に加筆。不圧地下水面の標高を東京湾平均海面基準(T.P.)の等高線で表す。

図一4. 武蔵野台地の夏季豊水期の不圧地下水位(戦後)

頭池の左で大きな○で囲んであるところが井の頭池の涵養域にあたる武蔵野地区である。この豊水期の地下水面図において「50m線」はどこにあるかという、西側へ大きく後退していることがわかる。そして井の頭池のところでは、不圧地下水位が標高44mあたりにある。このことは井の頭池のまわりの不圧地下水位が6mほど低下していることを意味しており、すでに湧水が涸渇していることを示している。

不圧地下水位は常に変動している。よって時期の異なる地下水面図を比較する場合、同じ条件で比較する必要があるが、それは困難である。ただ、戦前が一番水位が低い時期と戦後が一番水位が高い時期を比較して、それでも戦後の地下水位が低いとなると、井の頭池周辺の不圧地下水位は戦前から戦後にかけて明らかに低下しているということになる。その結果が湧水の涸渇である。

井の頭池涸渇の原因を考える

戦前から戦後にかけて井の頭池の周辺の不圧地下水位が低下し、湧水が涸渇したことが不圧地下水位のデータから明らかになった。それではその原因について考えてみる。水文学で水収支という方法がある。これは対象とする領域での水の出入りを、貯金箱への金の出入りに置き換えて考えればわかりやすい。水の収入が支出より多ければ貯留量が増加し、水位は上がる。逆に、収入より支出が多ければ貯留量が減り、長期的に貯留量の減少が続くと水位が低下して最終的に涸渇してしまう。図一2に戻り、不圧帯水層を対象領域として水収支を考えると、収入は、①降水の浸透、②水平流入量であり、支出は、③水平流出量、④浅井戸からの地下水汲み上げ、⑤下方の被圧帯水層への漏水である。③水平流出量である湧水がゼロとなって涸渇したことは、収入①、②、支出④、⑤の収支からどのように説明されるであろうか。10年間ほどで不圧地下水位が長期的に低下したことは、その間、収支の赤字が累積したことを意味する。

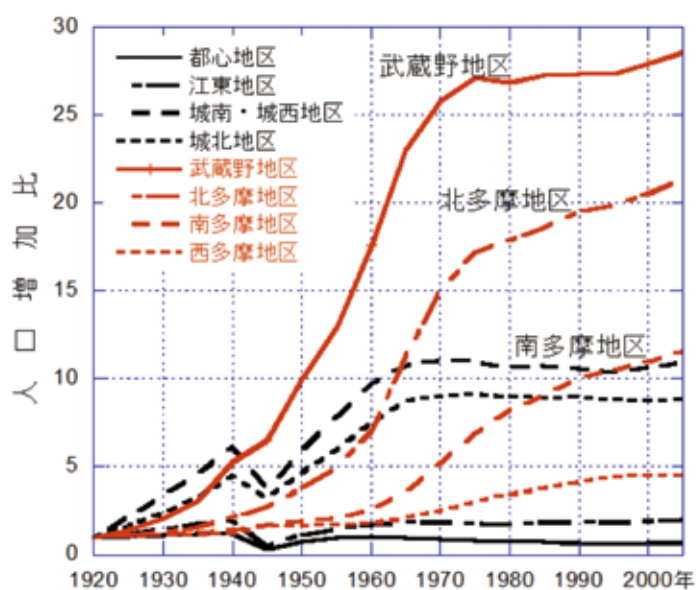
井の頭池の涸渇の原因として、すでに①降水の浸透については考察を行った。井の頭池が涸渇する1963年以前の約

10年間において地下水涵養量の減少（これは不浸透域の拡大による）の有意な効果は認められない。②の水平流入量による収入の減少については、地下水流の上流側に地下構造物が建設され流れが堰き止められる場合が考えられるが、当時、公園のまわりにマンションが建てられたという指摘がある。かりにそうだとしても地下水が構造物の周りを迂回して流れることを考慮すると、長期にわたって地下水位が低下したままということは考えにくい。以上は収入の減少であるが、支出の増加としては、④浅井戸からの揚水量増加がある。これは民家で使用している浅井戸であるが、1950年代後半以降、市が水道事業を開始したことにより使用人口が急速に減少した。

以上から、水収支の赤字が累積された項目として、①、②の収入の減少、④の支出の増加は否定された。残りは、⑤下方の被圧帯水層への漏水という項目の支出増加である。それでは、武蔵野地区の被圧地下水位の変化を深井戸の揚水量とともに検討する。

戦後の人口増加を背景とした被圧地下水の開発

武蔵野地区3市は、戦前から人口増加が認められるが、戦争による人口の減少も少なく、そのまま戦後も増加していった。図一5に多摩地区の人口の推移を、23区の人口推移とともに、



図一5. 多摩地区の人口の推移

1920年を基準とした人口増加比としてグラフに示した。戦後、武蔵野地区、北多摩地区、南多摩地区、西多摩地区というように波状的に人口増加が押し寄せていく様子がわかる。特に高度経済成長期の武蔵野地区、北多摩地区の増加傾向は顕著である。この人口の増加が水資源的にどのような意味をもつかは極めて重要である。つまり、この人口増加はそのまま生活用水の需要増加となるのである。東京都水道局管轄の23区においては、多摩川水系、さらに利根川水系へと河川水の水源をもとめて水道需要増加に対応していった。しかし水利権をもたない多摩地域の各市では水道水の需要増加に対応するため、深井戸を掘削して被圧地下水を開発していったのである。地下水位が最低となる昭和45年ころには、三鷹市41本、武蔵野市26本、小金井市21本に達している。この生活用水としての被圧地下水の開発が武蔵野地区の水循環に深刻な影響を及ぼすことになるのである。

多摩地域の上水道事業の深井戸は、深さ100～200m、ところによっては200mを超える深井戸から1日あたり1000m³を超える地下水を汲み上げた。揚水量を評価するのに、揚水量を揚水地域の面積で割った揚水強度(mm/日)を用いる。揚水強度の大小の目安として、1mm/日を用いる(守田, 2013)。これは武蔵野台地における平均地下水涵養量を表しており、地下水の平均収入とみなすことができる。1mm/日を超えて地下水を汲み上げているということは、自然収入を超えて地下水を汲み上げることになり、明らかな赤字である。赤字がつづく貯留量の減少が重なり、不圧地下水位が低下していく。その結果が湧水の涸渇である。

被圧地下水という主役

図-6は武蔵野地区3市の揚水量(揚水強度で表示)と武蔵野市上水道2号水源井、小金井市上水道1号水源井の被圧地下水位を示

したものである。揚水量は、関東地方地盤沈下調査会と東京都環境局の資料による。図からわかるように、湧水が涸渇した1955～1965年の間にすべての市で自然涵養量1mm/日を突破し、1970年ころには武蔵野市、三鷹市で3～4mm/日という驚異的な水準に達している。また井の頭池の湧水が涸れた1963年には、すべての市で自然涵養量1mm/日を超えており、揚水量と自然涵養量の比較から湧水涸渇を推察することができる。

武蔵野地区の揚水量の増加に対応して、被圧地下水の水位はどのように変化しているか。地下水位のデータは、北多摩水資源対策協議会「水道統計」と小金井市の地下水位資料による自然水位(静水位)のデータである。武蔵野市2号井の被圧地下水位は、竣工時の1953年から急速に低下し、特に井の頭池涸渇の前後では、1年に約2mという急激な地下水位の低下を示している。小金井市1号井も同様の低下傾向である。このような被圧地下水位の急速な低下は、図-2の水収支項目で言えば、不圧地下水の被圧帯水層への漏水として支出の大幅な増加となり、地下水収支は赤字となる。このことから井の頭池の涸渇の原因は、被圧地下水の急激な圧力低下により不圧地下水が図-2に示したように下方の被圧帯水層に吸い込まれていった結果であると言える。

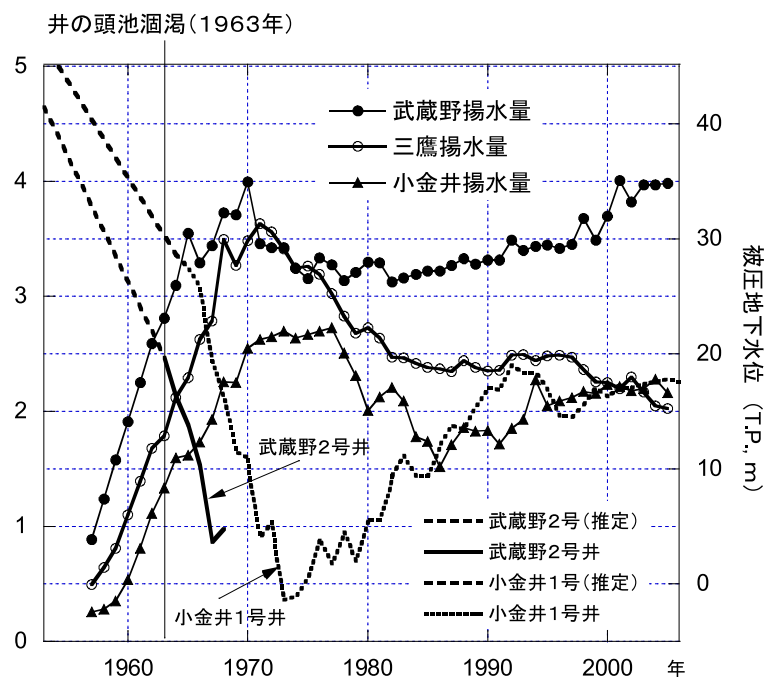


図-6. 武蔵野地区3市の揚水量と被圧地下水の変化

不圧地下水は本来、水平方向に流動して最終的に河川や池に浸みだすものであり、これが自然の水循環である。しかし、不圧地下水がその下の被圧帯水層へ漏水し、自然の水循環が成立しなくなっている。これを水循環不全という。

被圧地下水への漏水を水質によって裏付ける

井の頭池の湧水涸渇の原因を、地下水揚水量の急激な増加による被圧地下水位の低下とした。被圧地下水の水位低下によって不圧地下水の漏水が生じ、その結果、不圧地下水の水位が低下して湧水が涸渇したと考える。このことを水質の面から裏付けるデータがある。図一七は被圧地下水中のトリチウムの濃度分布を、武蔵野台地をほぼ南北に縦断する線に沿った断面で示した図である。東京都土木研究所によって1975年ごろに調査されたものである（石井求 他, 1970）。

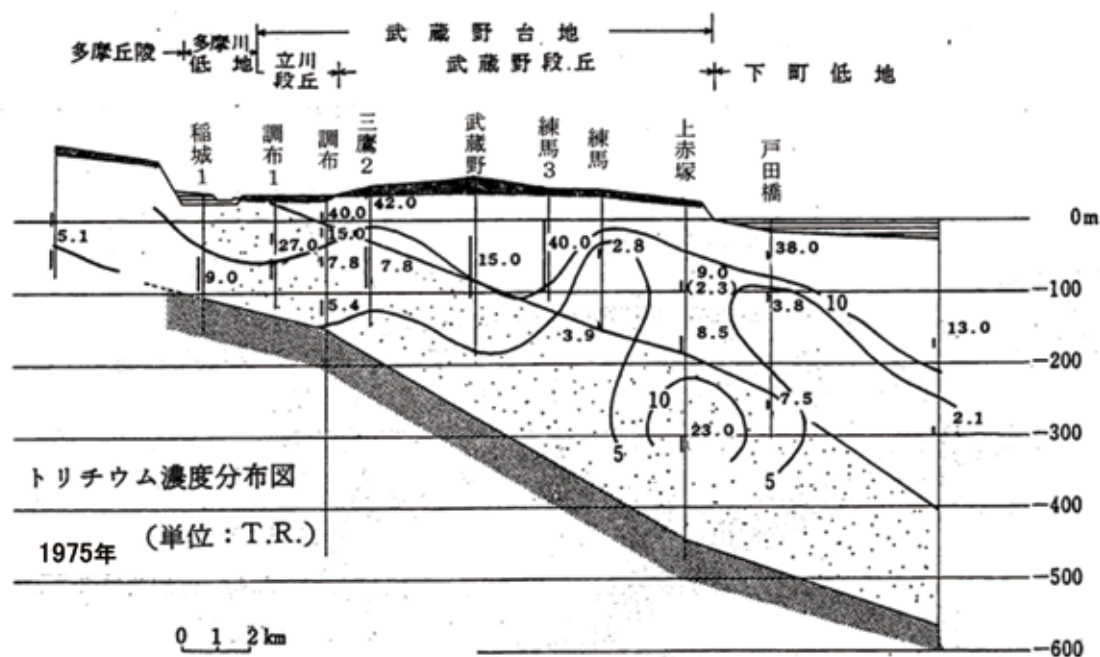
トリチウムは水素の放射性同位体（半減期12.6年）で、自然条件下での降水中の濃度は約10TRであったが、水爆実験開始後は数10～数100TRに達した。よって、濃度が10TR以上の濃度を示す地下水は、1952年以後の降水が地下に浸透したものと見なすことができる。

図一七では、多摩川の左岸で高濃度のトリチウムが示されているが、武蔵野、練馬にかけて深さ100mの地点でトリチウム濃度が10～40TRを超えている。さらに深いところでは1か所を除き10TR以下の自然状態である。これらの濃度分布から、この地域の被圧地下水が多摩川や不圧帯水層から涵養されていることがわかり、特に、三鷹ー武蔵野ー練馬においては、不圧地下水から被圧地下水への漏水が生じていることが水質面から裏付けられたと言える。

武蔵野台地の被圧地下水

武蔵野地区（三鷹・武蔵野・小金井）では、戦後の1950年代から1960年代にかけて、増大する人口にともなう生活用水の需要増大に対応するため、多数の深井戸を掘削して地下水汲み上げ量を増大させていった。その結果、被圧地下水位の急激な低下を招き、それが不圧地下水の漏水を引き起こし、不圧地下水位を低下させ、ついには井の頭池を涸渇させた。

武蔵野地区を含む多摩地域の地下水汲み上げは、もちろん水道用だけではなく、工場用の地下水も含まれる。1969年の東京都公害防止条例、1975年の地下水使用合理化要請という行政指導によって、工場などの事業所の揚水量が減り、



東京都土木技術研究所(1976)に加筆。5TRおよび10TRの等高線を示す。

図一七. 武蔵野台地のトリチウム濃度の分布

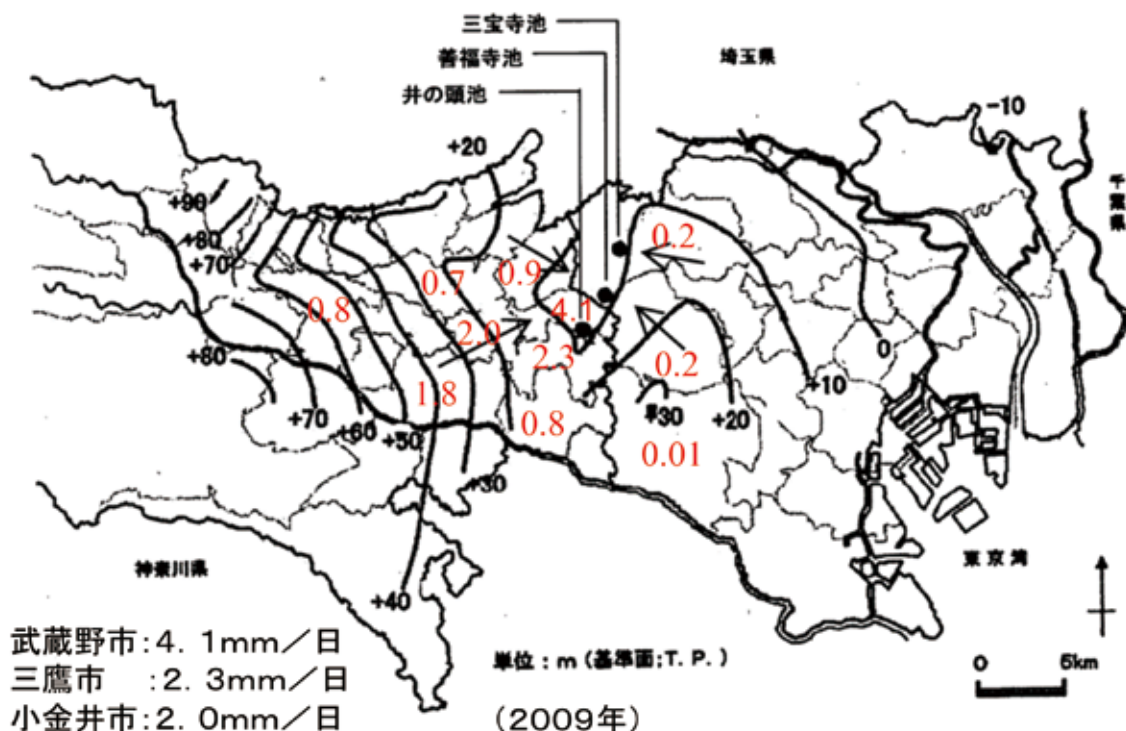
その結果、多摩地域全体で約90万m³/日あった揚水量が現在では50万m³/日程度まで減少した。図一6からわかるように、被圧地下水位は昭和40年代半ばから上昇に転じている。しかし、1950年代のレベルまでは戻らず、現在もほぼ横ばい状態が続いている。井の頭池涸渇の時期の被圧地下水位と比較してもまだ水位回復は不十分である。

武蔵野台地の2009年末の被圧地下水位等値線を図一8に示した。多摩地域各市の揚水強度も併記した。被圧地下水位は揚水強度の影響を受ける。被圧地下水位が最も低いのは、武蔵野地区、特に武蔵野市である。同年の揚水強度は、武蔵野市4.1mm/日、三鷹市2.3mm/日、小金井市2.0mm/日である。依然として、自然涵養量1mm/日をいずれの市も超えている。この図からさらに明らかなことは、三鷹市、武蔵野市、練馬市とつながる被圧地下水位の低下した地域に、すでに湧水が涸渇した井の頭池、善福寺池、三宝寺池が位置していることである。揚水量を削減し、この地域の被圧地下水位を上げることが、これらの池の湧水復活につながることは明らかであろう。

水循環障害と雨水浸透施設の役割

武蔵野地区の本格的な都市化の進行、すなわち不浸透域の拡大と下水道の整備が進むのは、井の頭池の湧水涸渇の後である。現在、不浸透域は23区と同じレベルに達し、下水道もほぼ100%普及している。井の頭池の湧水復活のためには、湧水涸渇に至った被圧地下水の汲み上げへの対策とともに湧水涸渇後の都市化の進行への対応も求められる。ここで後者の都市化への対応について触れる必要があるだろう。

武蔵野地区では、現在、雨水浸透施設の設置が進められている。雨水浸透施設は、都市化による水循環の悪化、すなわち不浸透域の拡大と下水道普及による地下水涵養量の減少を補うために必要不可欠である。ただ、雨水浸透施設による地下水涵養量増加は、仮に100%普及しても0.5mm/日のレベルを超えない(坂本, 2006)。すでに述べたように、武蔵野地区の被圧地下水揚水量は2~4mm/日のレベルに達している。このことを考慮すると、井の頭池の湧水を復活させるためには、雨水浸透施設のみでは不十分であり、根本的には地下水揚水量の削減が必須となる。井



「東京都土木技術支援・人材育成センター」資料(2010)に加筆

図一8. 武蔵野台地の被圧地下水位

の頭池の涸渇は、水循環障害である。それは降水の地下水涵養量の減少である水循環不良のレベルを超えて、不圧地下水が被圧帯水層へ漏水する水循環不全の状態に至っている。

井の頭池の湧水復活にむけて

井の頭池の涸渇は、戦後の急激な変貌の中で、1963年に涸渇した。その原因は、人口増加にともなう生活用水の需要増加に対応するため被圧地下水が過剰に汲み上げられたことであった。井の頭池の湧水の復活のためには被圧地下水揚水量の削減が唯一の対策である。最後に、井の頭池の将来を見通す上で参考になる事例を紹介しよう。

佐賀県白石町に「縫ノ池」という湧水池があった。この池は800年の歴史を有すると言われ、湧水は地域の灌漑用水、生活用水として利用されていた。しかし戦後、白石平野の農業用水や上水道用水として被圧地下水が大量に汲み上げられるようになったため、1958年に湧水が完全に涸渇してしまった。しかし、長い湧水涸渇の期間を経て、2001年に佐賀導水事業により、上水道が地下水利用から河川水利用に切り替えられた。それによって地下水位が上昇し、湧水が劇的に復活した。写真2（白石町提供）は涸渇した姿と湧水復活後の「縫ノ池」の姿が示されている。地元の川津地区では、「縫ノ池」が涸れることがないように「縫ノ池湧水会」を発足させ、地域住民との協働による保全活動を続けている（縫ノ池、

2017）。

井の頭池の湧水復活は、武蔵野台地の水循環再生のシンボルである。井の頭池に安定的・持続的な湧水が復活する日を筆者は心より待ち望んでいる。

参考文献

坂本洋二 (2006) : 小金井市における湧水保全への取り組み, 水循環, 雨水貯留浸透技術協会, 60, 30-36.

吉村信吉 (1940) : 武蔵野台地の地下水特に宙水・地下水瀑布線・地下水堆と集落発達との関係, 地理教育, 32, 271-282.

壽圓晋吾 (1952) : 神田川上流の地形と地下水, 地理学評論, 25-4.

細野義純 (1978) : 武蔵野台地の不圧地下水, 日本の水収支, 古今書院, 174-188.

石井求, 遠藤毅, 川島眞一, 川合将文 (1976) : 被圧地下水の流動に関する研究1, 昭和50年度東京都土木技術研究所年報, 183-206.

守田優 (2013) : 水循環の健全化と地下水管理について, 地下水学会誌, 55, 173-179.

縫ノ池公式ウェブサイト (2017) : <http://www.nuinoike.com/yuusui.html> (2017年1月5日確認) .



左：1950年代、大量の地下水揚水のため涸渇（1994年9月撮影）

右：上水道を河川水に水源転換したため、2001年に湧水復活（2002年11月撮影）



写真2. 佐賀県白石町「縫ノ池」湧水復活

○調査報告

井の頭池周辺の地下水位について

國分 邦紀 (東京都土木技術支援・人材育成センター)

東京都土木技術支援・人材育成センター（以下、「センター」）では、前身の土木技術研究所時代から、都内の各所で地下水位観測を継続的に行っています。

「地下水」と一口に言っても、地下約10数m程度の比較的浅い地層内にある浅層地下水（不圧地下水）と、地下数十mから数百mの地層内にある深層地下水（被圧地下水）に大別され、性質も変動も大きく異なります。ここで主に紹介するのは池の湧水に関係が深い不圧地下水についてです。

周辺の地下水位の状況

公園周辺でセンターが観測している井戸は図-1に示す2地点です。

図-2は井の頭浅井戸と三鷹浅井戸の1年間の水位変動図を示します。まとまった降雨により水位が上昇し、降雨の終了と共に水位が低下していま

す。三鷹浅井戸は井の頭井戸の南西方向約800m離れた場所にあり、井の頭浅井戸より常に約70cm～1.0mほど水位が高い状態にあるのがわかります。

これは井戸の地盤高が三鷹のほうが高いこと



図-1. 観測井戸位置図

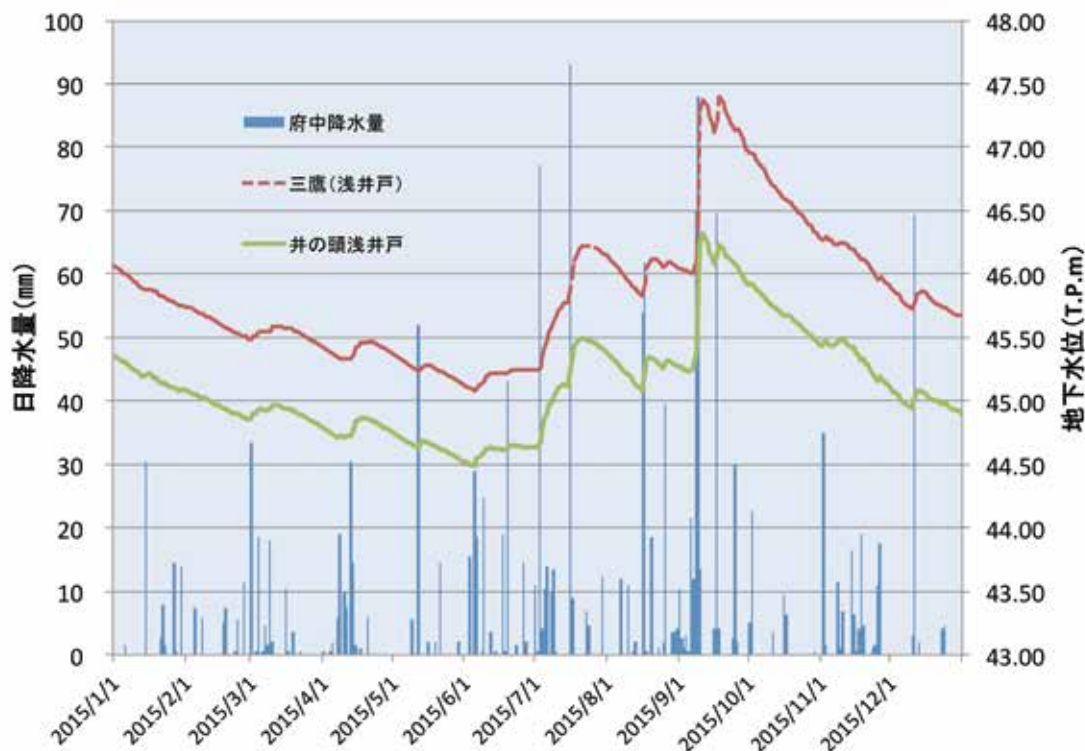


図-2. 井の頭浅井戸と三鷹浅井戸の年水位



図-3. 井の頭浅井戸地下水位変動図（過去11年）

と、台地の場合全体的に西から東へ地下水位が低く分布していることに起因しています。また、図-3は、井の頭浅井戸の過去11年間の地下水位変動状況です。この図で興味深いのは最近の3年、2014年から2016年にかけて地下水位が池水面より高い期間が多いことです。推測でしかありませんが、2014年1月から実施された「かいぼり」が水質改善とともに地下水と池水の通水性の改善にも効果的だったのではと考えています。

2004年秋の大雨で一時的に復活した井の頭池

井の頭池の地下水位観測に関りを持ち始めた時期は2004年です。この年の9月末からの記録的な大雨で、井の頭池では久しぶりに池底からの湧水が復活し池の水が清水状態になりました。気象庁府中アメダスの10月の月間降水量は785mmもありました。この時期、池からの湧水量は10月28日に約120ℓ/秒、11月12日には約150ℓ/秒でした。日量に換算すれば軽く10,000m³に達し、深井戸からの揚水が

まったく不要な量でした。池にボートを浮かべ水質調査も行われました。湧水が確認された部分は図-4の着色部で、筆者もその透明度の高さに感動した記憶があります。水質については表-1のとおり濁度も電気伝導度も小さく、極めて良好な結果でした。

補給水ポンプ停止による池水位、地下水位への影響

2016年11月1日から約1週間、井の頭池への



図-4. 湧水が確認された井の頭池（2004年）

表一 井の頭池の湧水水質

	弁財天側	お茶の水側
pH	6.4	6.7
電気伝導度mS/m	28.9	30
濁度	1.7	3.7
水温 °C	16	16.5
平均水深 m	1.47	1.2

※ 平成16年10月28日測定

地下水揚水の影響を調査するため、主要なポンプの大半をストップさせました。図-5(次ページ)は補給地下水ポンプ停止時の池出口流出量、簡易堰水位、井の頭浅井戸水位、三鷹第1水位の変化図です。この期間は、幸いなことに雨量がゼロでした(水防災システムの武蔵野観測点雨量)。ポンプ停止と同時に図では明瞭ではありませんが三鷹第1の被圧地下水位は上昇に転じています。池補給地下水の多くが三鷹第1の主要帯水層である地下約100mからの揚水だからです。

一方、池からの流出量は補給水がないため時間とともに減少していきます。浅井戸水位、簡易堰の水位も同様に低下しているのがわかります。図-6(次ページ)はお茶の水池水深の低下状況を表しています。池流出量は11月1日の約33.7ℓ/秒が11月7日には約5.5ℓ/秒に、この間お茶の水池の水位は約3.5cm低下したことがわかりました。

ここで、この期間の簡単な池の水収支を考えてみました。水収支概念は図-7のとおりです。また池の水収支基本式は次のように表されます。

$$\Delta V = Q_i + (P \cdot S) + R - (E \cdot S) - Q_o \pm G \dots (1)$$

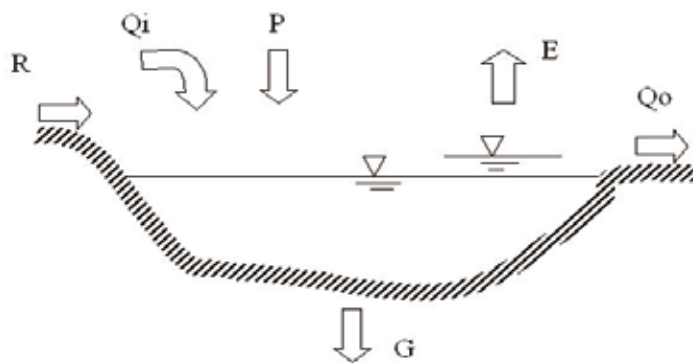


図-7 池水収支の概念 (平成16年)

ここに、

ΔV : 池の貯水量変化、 Q_i : 池補給水量 (地下水)、 P : 降水量、 R : 表面流入量、 E : 蒸発量、 Q_o : 流出量、 G : 地下水流入流出量、 S : 池の面積です。

今回、条件から Q_i 、 P 、 R は無視できるとすると、(1) 式は

$$\Delta V \approx - (E \cdot S) - Q_o \pm G$$

と簡略化され、貯水量変化と池からの蒸発量、流出量が推定可能なため、約7日間の地下水流出量(地下水浸透量)合計は9,388 m³、日平均1,490 m³/日が計算で得られました(なお蒸発量はソーンズウェイト法で求めました)。この約1,500 m³/日の地下水量についてはあくまで試算です。期間も短く十分な検証がないため検討の余地があります。しかし、池の安定的な水量補給のうえで一つの参考資料になると思います。

参考文献:

1. 國分邦紀(2005): 大雨により復活した台地の湧水・地下水についての水文学的考察、平17. 都土木技研年報、p201 - 208
2. 國分邦紀他2名(2015): 浅層地下水の観測記録(平成26年)、平27. 都土木技術支援・人材育成センター年報、p135 - 146

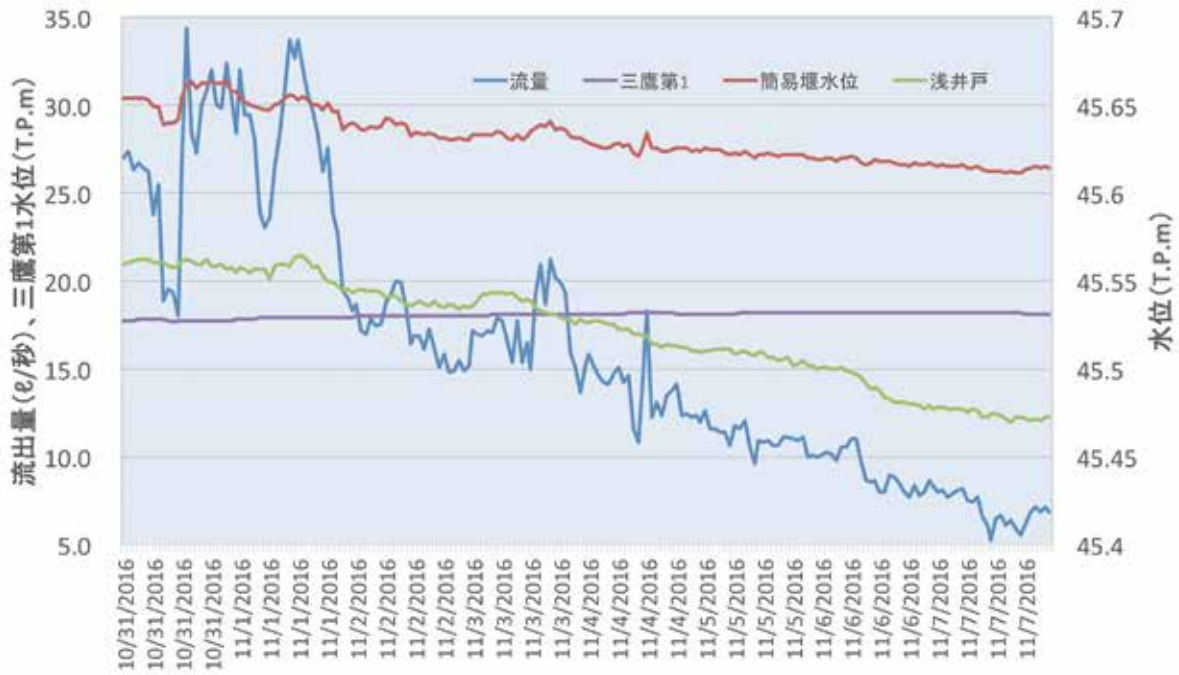


図-5 ポンプ停止時の池流出量・水位



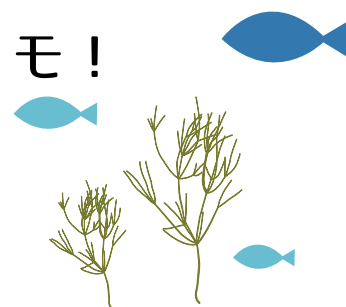
図-6 ポンプ停止時の池流出量・お茶の水池水深

○井の頭池モニタリング報告

よみがえる!! イノカシラフラスコモ!

『水草再生ものがたり』

内山 香（東京都西部公園緑地事務所）



1 プロローグ

東京都は地域の民間団体や多くの市民ボランティアとともに、井の頭恩賜公園開園 100 年に向けて、2 度のかいぼりを井の頭池で実施してきました。

開園 100 年をちょうど一年後に控えた 2016 年春、活動に参加するボランティアや関係者を驚嘆させる嬉しい出来事が起こりました。約 60 年前にこの地域で発見され、その後絶滅したと考えられていた水草、イノカシラフラスコモが待望の復活を遂げたのです。それ以外にも、広範囲の池底から絶滅危惧種の水草が発芽し、池一面に群生する光景が広がりました。昭和初期の池の様子を知る来園者からは、「まるで水が湧いていた頃の井の頭池のようだ!」といった驚きと喜びの声も寄せられました。

2 回目のかいぼりを終え、当初想定していた以上の成果が現れ始めた井の頭池。そうした成果の背景にはどのような取り組みがあったのでしょうか。水草再生に向けた取り組みと成果について紹介します。

2 長い眠りから目覚めたイノカシラフラスコモ

2-1 イノカシラフラスコモとは?

イノカシラフラスコモ (*Nitella mirabilis* var. *inokashiraensis*) が井の頭池周辺で発見されたのは 1957 年とされています。発見地にちなんで「イノカシラ」の名前が付けられました。1965 年に新種として記載され、日本でのみ報告されている固有種として知られています。

しかし不幸なことに発見後まもなく、周辺地域の都市化やそれに伴う地下水の汲み上げ量の増加

等が影響し、1960 年代半ばには池の湧水量は急速に減少しました。この頃、イノカシラフラスコモを含む多くの在来水草が、井の頭池から消滅したと考えられています。井戸による池水の補給も開始されましたが、水質の悪化やコイの増加、さらにはソウギョの放流などにより池の生態系のバランスは崩れ、以来、在来水草が復活することはありませんでした。

こうして、唯一の生育地と考えられていた井の頭池での消失により、イノカシラフラスコモは絶滅したと考えられていました。しかし幸いなことに、1995 年に千葉縣市川市内のため池において再発見され、それらが唯一の集団となり、現在、日本の絶滅のおそれのある野生生物の種のリスト（環境省レッドリスト）の絶滅危惧 I 類に指定されているのです。

イノカシラフラスコモは、日本において 4 属約 80 種類が確認されている車軸藻類（シャジクモ目）であり、“藻”の仲間です。車軸藻類は、湖沼やため池等で水底を覆うように繁茂し、透明な水を維持するために大切な働きをしていると考えられています。しかし、埋め立てや水質の悪化により多くの種が住み場所を失い、イノカシラフラスコモをはじめ、環境省レッドリストには全体の約 8 割近くが掲載されるなど、危機的現状を抱えている植物なのです。

種子植物が種を作って繁殖を行なうのに対し、車軸藻類は生卵器と造精器という独特の生殖器官を持ち、卵孢子を作って子孫を残します。日本の車軸藻類の多くが生卵器と造精器を同じ個体に付ける（雌雄同株）種である中、イノカシラフラスコモは雌株と雄株が存在する（雌雄異株）種であるという特徴があります（写真 1）。そのため、雌株と雄株の双方が同じところに生育していないと、安定して次の世代を生み出すことが難しいと考えられています。

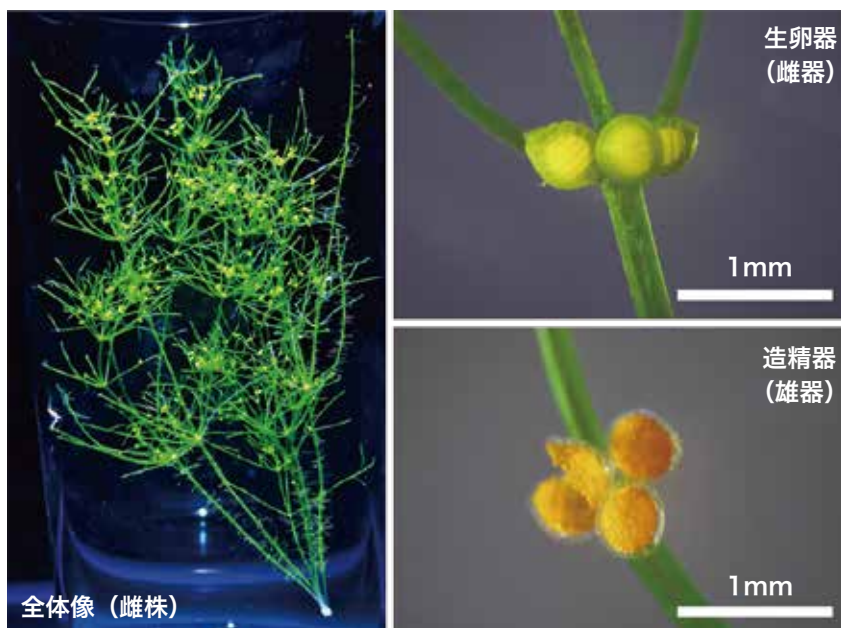


写真1 イノカシラフラスコモ ※写真は、加藤将氏より提供（未発表）

ところで、イノカシラフラスコモはいつの頃から井の頭池に生育していたのでしょうか。車軸藻類は、湖沼や池の深い場所に生育することも多く、目視では見つけにくい水草と言ってしまうかと思えます。1936年に記された資料には、既に井の頭池でのフラスコモ類の生育情報があります。また、240年以上前に江戸時代の文人、大田南畝が記した「遊井頭源記」には、1775年4月に井の頭池を訪れた時の様子が、「池水がこんこんと湧き出し、池の中には浮き草や藻が茂っていた。」と記されています。「藻」の中には、イノカシラフラスコモが含まれていたのでしょうか。

イノカシラフラスコモがいつ、どのように進化したのか、井の頭池周辺で進化し固有種として留まってきたのか、それとも別の地域や国では既に絶滅してしまっているだけなのかを含め、未解明です。分化等に関することについては、専門家によって研究されることを期待したいところです。

2-2 かいぼりで目指す、水草の再生

長い間在来の水草が確認出来なかった井の頭池でしたが、1回目のかいぼり後の池底から、ヒロハノエビモやツツイトモ、サジオモダカといった希少な水草が発芽しました。これは、冬季に水を抜き、池を干し上げるかいぼりの過程の中で、池底に光や酸素が届けられ、低温や底質の攪乱といった刺激により、土壤に眠る種子や胞子の発芽

が促され、水草が再生したものと考えられています。この様な、井の頭池でのかいぼりが水草の再生に与えた効果については、東邦大学や千葉県立中央博物館と進めてきた研究の成果からも分かっていました。また、かいぼりによって、水草の生育を阻害するソウギョやコイを駆除した効果も大きかったと考えられています。

2回目のかいぼりでは、前回実施しなかった弁天池でも行われることから、水草の再生に向けた期待がこれまで以上に高く寄せられました。しかし、イノカシラフラスコモは、発見後まもなくその姿を消してしまったことなどから、まさに“幻の植物”の印象も強く、復活への期待は大きいものの“実現困難な目標”と感じていた関係者も少なくなかったと思います。

2-3 市民と取組む水草再生プロジェクト

生育地の環境変化等によって、姿を消してしまった水草を復活させる方法に、「土壌シードバンク調査」があります。池底から採取した土壌を水槽などに播いて水を張り、そこに含まれる種子や胞子の発芽を観察する調査です。池底には、過去に生育していた水草の種子などが生きた状態で眠っている可能性があり、それらの目覚めを促し復活させようというものです。井の頭池では、研究者とともに前回のかいぼりでもこうした試みが行われており、絶滅危惧種の植物の発芽が確認されてきました。こうした成果の手ごたえから、

今回はより多くの地点で土壌採取を行い、復元の可能性を高めたいと考えました。多くの地点で調査を行うためには、多くのマンパワーが必要です。そのマンパワーを市民ボランティアである「井の頭かいぼり隊」が担い、その活動のサポートはNPOが、調査結果の記録等は専門の調査員に託すことで、より効果的な活動を目指しました。

この連携体制は、2016年春から新たに開始した、かいぼり隊による水草の分布調査においても発揮されています。豊富な技術や経験が求められる分布調査は、専門の調査員が月に一度行います。そこに一年を通じて池で活動しているかいぼり隊が加わることで、“観察の目”を増やし、その調

査を補完したいと考えました。また、この活動に参加することで、かいぼり隊の水草への関心を高め、活動から得られた知識を、普及啓発活動を通じ、一般の来園者へも伝えていってもらいたいという願いもありました。活動のサポート役を務めるNPOらと、試行錯誤を重ねながらスタートさせた調査活動です(写真2)。

土壌シードバンク調査の開始にあたり、調査に必要な専門的知識や調査技術、ノウハウなどについては研究者の方々から教わりました。また、池のどの辺りにどんな水草が生育していたのか、それを知る手がかりは過去の文献や資料、そして、当時の池の自然の様子を知っている方からの“生の声”による情報が頼りです。今回、池底で土壌採取を行う際には、地域の自然を長く観察、記録してこられた須田孫七さんに現場に来ていただき、分布状況や当時の生育環境について教わりました。

こうして、市民ボランティア、NPO、専門調査員、研究者、公園管理者らが連携して取り組む水草再生プロジェクトが始動したのです。

最初の活動は、調査に必要となる池底からの土壌採取です。池干し中とはいえ、池底を少し掘り



写真2 かいぼり隊による水草調査



写真3 土壌採取作業 2016年2月



写真4 撒き出し水槽 2016年2月
(西部公園緑地事務所)



写真5 水槽から発芽したイノカシラフラスコモ
2016年4月

進むと湧き水がじわじわと染み出してきました。水分をたっぷりと含んだ泥状の土をスコップで掘り、陸に運び上げる作業は想像以上の重労働でした（写真3）。ですが、泥の中に眠る貴重な水草の種を探し当てようとする作業は、“お宝探し”の様な楽しさもあり、数日間で土のう袋100袋ほどを採取できました。マンパワー無くしては成し得なかった成果です。これらを東京都西部公園緑地事務所内に設置した水槽18個と、都立神代植物公園植物多様性センター内に設置した水槽10個へと播き出し、調査がスタートしたのです（写真4）。

2-4 土壌シードバンクからの発芽

土壌シードバンク調査を始めてから、約2ヶ月が経過した2016年4月下旬、西部公園緑地事務所の水槽にシャジクモの仲間とみられる植物の発芽を確認しました（写真5）。日々の観察を続ける中、既往文献や資料等から「もしや、これが幻のイノカシラフラスコモなのでは?」という期待が膨らんでいきました。5月下旬には発芽個体が70を超え、その内の約4割に車軸藻類特有の生殖器官が付き始め、いよいよ種を同定できる条件が揃ってきたのです。そして、複数の研究者による、満を持しての種の同定作業が行われました。その結果、発芽個体が間違いなくイノカシラフラスコモであることが確定したのです。

水槽の様子を4月から10月まで観察した結果、西部公園緑地事務所内に設置した18個の水槽の内、11個の水槽からイノカシラフラスコモの発芽が確認されました。土壌の採取箇所毎に見ると、前述の須田さんから得られた、1942年頃の生育情報をもとに選んだ地点からは、発芽総数127個体の約8割にあたる100個体以上が発芽しました。こうした過去の生育情報は、土壌シードバンクとしてポテンシャルの高い地点を探す上でも、非常に有用であることを改めて実感できました。

2-5 池底に広がるイノカシラフラスコモ

かいぼり後、水質や生息する水生生物などが大きく変化した、かつての生育地である池ではどうだったのでしょうか。

専門の調査員による分布調査を5月から10月にかけて行った結果、イノカシラフラスコモが弁天池の水底において発芽、繁茂する姿が確認されたのです（写真6）。

ですが、7月まで池底が見通せる程、高い透明度（1.5m（着底））を保っていた弁天池も、夏を迎える頃より徐々に透明度が下がり、8月は0.8mまで低下しました。こうした水質の変化とともに、イノカシラフラスコモもまもなく消失するのではないかと懸念されました。



写真6 池底に生育するイノカシラフラスコモ 2016年5月

しかし、そうした心配を物ともせず、イノカシラフラスコモは8月にかけて池のより広い範囲に分布域を拡げました。9月になると分布域は上流側に限られましたが、一部のエリアでは水底一面を覆うほどに繁茂する姿もみられました(図1)。

イノカシラフラスコモの発見地である井の頭池での約60年ぶりの復活。池底の土壌の中で長い眠りについていた胞子が、かいぼりを機に一斉に目覚め、かつての生息地において復活していたことが分かりました。

3 ポート池がかつての姿にタイムスリップ!?

イノカシラフラスコモ以外の水草の再生状況に

ついて報告します。

かいぼり後の4月から6月にかけて、ポート池では、絶滅危惧種の沈水植物(注1)であるツツイトモが池全域を覆うほどに群落を形成しました(写真7、8、図2)。こうした光景は、昭和初期頃まで、在来の水草が池一面に繁茂していたかつての井の頭池の姿を彷彿させるものでした。池底から発芽し、水面に向けて一斉に茎や葉を伸ばしたツツイトモが、ポートのオール等に絡みつく様子を、多くの方々が目にされたのではないのでしょうか。近年、生育環境の減少とともに、都内の在来の水草の生育地は限られてきています。そうした中、今回の井の頭池での大群落の形成は大変貴重

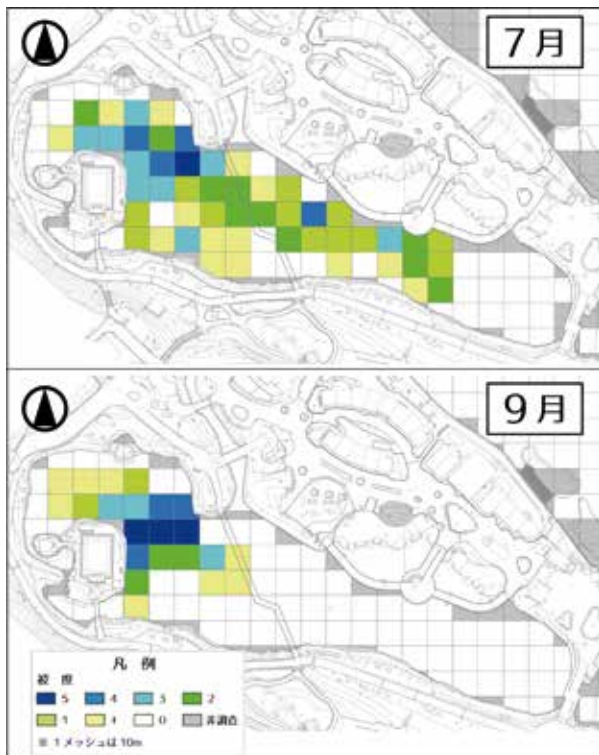


図1 イノカシラフラスコモ分布調査結果 弁天池



写真7 水面上に花をつけるツツイトモ
2016年6月



写真8 水中に広がるツツイトモ
2016年6月

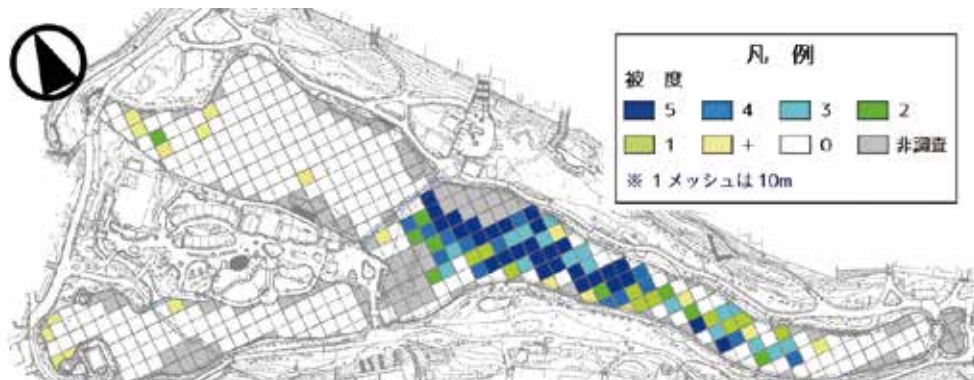


図2 ツツイトモ分布調査結果 井の頭池全体 6月

なものと言えるでしょう。

このツツイトモが群生している水中を覗いてみると、孵化したばかりの小さなモツゴやハゼなどの稚魚が、群れを作って泳ぎ回る姿が見られました。水草が小魚の隠れ処になっているのです。そして、それら小魚を餌とする水鳥が、何度となく水中に潜り採餌する姿も見ることができました。また、水面に漂うちぎれた水草である“切れ藻”を、カイツブリのつがいが巢材に使う姿や、バンやカルガモが餌場として活用する姿もよく目にしました。水草が、池の生きものつながりにおいて大切な役割を果たしていることを、多くの人々に実感してもらえたのではないのでしょうか。

表1 かいぼり後の井の頭池での確認種および系統保存種

種名(*1)	かいぼり25後	かいぼり27後
	2014年7月～ 2016年3月確認種	2016年5月～ 10月確認種
シャジクモ ◎	●	●★
イノカシラフラスコモ ◎		●★
ハゴロモモ(*2) ▲	●	
ビシ ○		●
サジオモダカ ○	●	●
アメリカウリカワ ▲	●	
コカナダモ ▲	●	●
イトモ ◎○	●	
ヒロハノエビモ	●★	
ツツイトモ ◎	●★	●★
イバラモ		●★
ホテイアオイ ▲	●	
キショウブ ▲		●
ヨシ	●	●
マコモ ○	●	●
ヒメウキクサ ▲		●
ヒナウキクサ ▲		●
ミクリ ◎○		●
ヒメガマ	●	●
フトイ	●	●
カンガレイ	●★	
サンカクイ	●	
22種	15種	15種

● 池内での確認種 ★ 系統保存種 (西部公園緑地事務所)

(*1) ◎国レッドリスト掲載種、○都レッドリスト掲載種、▲外来種・帰化種

(*2) 井の頭かんさつ会による確認



写真9 系統保存水槽 (西部公園緑地事務所)

なお、かいぼり後の井の頭池で実施した分布調査等における確認種について、表1に示します。

4 未来へつなごう、井の頭池の水草

4-1 在来種を次世代へ

復活した水草は池で保全できるのが理想的です。ですが、生育環境の悪化等によっては、今後消失してしまうかもしれません。その時の言わば“保険”として、井の頭池産の水草を水槽等で栽培し、系統保存していく試みを行っています。

特にイノカシラフラスコモに関しては、現在の池の生育環境で、いつ頃まで生育し続けられるのか、次の春に再度発芽するのかなどを含め、その生理や生態に関しての情報も乏しいのが現状です。そうしたことから、危険分散にも配慮し、国の研究機関、公立の博物館、大学の研究室、車軸藻類の専門家、井の頭自然文化園といった複数の専門機関等での系統保存を進めています。また、西部公園緑地事務所や都立公園内の圃場にも水槽を設置し、系統保存に取り組んでいるところです(写真9、表1)。まだ試行的な取り組みですが、個体数を増やすことができた種については、今後池への導入試験も行いたいと考えています。

4-2 池における生育環境の改善

復活した水草がこの先も井の頭池で生育し続けるためには、どんな対策が必要でしょうか。

一つは、外来種のアメリカザリガニ対策です。アメリカザリガニは、発芽した水草を捕食したり、切断したりと、その生育を阻害することが知られています。かいぼり後、オオクチバス等が駆除されたことにより、捕食圧が下がったアメリカザリ



写真10 かいぼり隊によるアメリカザリガニ防除活動

ガニの増加の傾向がみられています。また、泥に潜る習性があるため、かいぼりでは捕ることが難しく、現在、かいぼり隊をはじめとした市民ボランティアとともに、カゴ罟等を用いた防除活動に取り組んでいるところです（写真10）。

もう一つは、池の透明度の低下への対策です。かいぼり後、季節によって池底まで見通せるほど透明度は向上しました。しかし、夏に向けては透明度の低下がみられています。また、ゲリラ豪雨のような激しい降雨時には、一気に園路から池へと、土砂まじりの濁った表面流入水が流れ込み、池水の透明度を著しく低下させています。特に沈水植物など、水中で光合成を行う植物にとって、透明度の低下は致命的ともいえます。これまでも対策は施されてきたものの、更なる園路排水等の改善の検討が必要となります。

また、水草にとって、水底を動き回り、底泥を巻き上げながら餌を採るコイは、生育を阻害する要因にもなっています。井の頭池ではかいぼり時に駆除しているため、現在では改善されていますが、以前のように、大型のコイが高密度で生息していたとしたら、今回のイノカシラフラスコモの復活はなかったかもしれません。

今後こうした阻害要因については、モニタリング調査などを継続的に行い、池の様子の変化を把握し必要な対策をとっていくことが大切だと感じています。

5 エピローグ

今年度より「かいぼり後の井の頭池 生きもの博（通称「池博」）」と題した普及啓発イベントを年に数回行っています。その中で、魚やカメ等の水生生物のほかに、イノカシラフラスコモをはじめとした水草についても実物展示を開始しました（写真11）。イノカシラフラスコモ復活の新聞報道のおかげもあり、来訪者の中には「これが話題になった水草ですね。」「展示されると聞いて実物を見に来ました!」と、写真を撮ったり、じっくりと眺めて下さる方も多かったです。野外で在来水草を見かける機会も少なくなった昨今、こうした機会を捉え、一般の方々にも水草への関心を高めてもらえるような、楽しい普及啓発活動を今後も続けていきたいと考えています。

今回のイノカシラフラスコモをはじめとした水

草の再生は、我々に、かつてこの地に豊かな自然が確かに存在し、そうした自然を回復する力が井の頭池にはまだ残されていることを、改めて認識させてくれました。一方、こうした輝かしい成果も一つの通過点と捉え、池の状況変化に目を配り、その時その時の対応を丁寧に進めていくことが大切だと考えます。今後も、市民、地域、研究者、公園管理者など多様な主体が連携していくことで、そうした再生に向けた道筋を作りあげていけるのではないのでしょうか。



写真11 池博での水草展示

（注1）沈水植物：植物体全体が水中にあり、水底に根を張っている水草

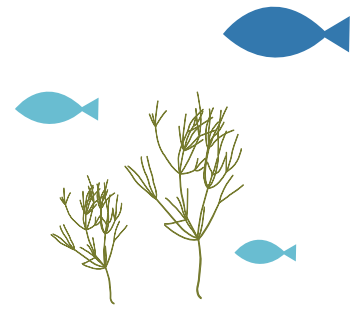
参考文献

加藤将、内山香、森嶋秀治、白土智子、西廣淳「長い眠りから目覚めた井の頭池のイノカシラフラスコモ（車軸藻類）絶滅したタイプ産地集団の復活」水草研究会第38回全国集会、高知、2016年8月
前島康彦（1995）：井の頭公園，東京都公園文庫
小寺駿吉（1936）：井之頭恩賜公園，造園研究17
東京動物園協会（2012）：井の頭自然文化園の70年
笠井文絵・石本美和（2011）：しゃじくもフィールドガイド
「車軸藻」のページ
<http://www.joy.hi-ho.ne.jp/nitella/index.html>（2017年1月4日アクセス）
「絶滅危惧種イノカシラフラスコモの保護保全」市川市HP <http://www.city.ichikawa.lg.jp/env02/1521000004.html>（2017年1月4日アクセス）

○井の頭池モニタリング報告

きらめく水辺 増える増える在来魚

八木 愛（認定 NPO 法人 生態工房）



かいぼり 25 より前の井の頭池では、外来魚が優占し、在来の魚類・エビ類が危機に瀕していました。2 回のかいぼりで外来魚の大部分が駆除された結果、水生生物にさまざまな変化が生じています。それらを記録するために、かいぼり 25 直後の 2014 年 4 月から、魚類・エビ・カメ等を対象とした水生生物モニタリング調査を行っています。モニタリングは、生物の生息状況を一定の方法や頻度で記録し、状況の変化を長期間、定量的に把握する調査です。

モニタリングと並行して、外来種アメリカザリガニの防除も行っています。アメリカザリガニは水草や水生生物に多大な影響をおよぼしますが、かいぼり時には泥中へ待避して捕獲できないので、湛水期にワナで捕獲します。今回はモニタリングと防除活動からわかった水生生物の生息状況について報告します。

方法

【モニタリング】

水中に張網（小型定置網）を設置し（写真 1）、入網した水生生物の種・数・大きさ等を記録しました。2016 年は弁天池・お茶の水池に各 2 ヶ統、ボート池に 1 ヶ統を設置しました。設置した翌日



写真 1 張網設置の様子

に回収し、池ごとに生物を集計しました。調査は 2016 年 4 月から 12 月まで、毎月 1 回行いました。捕獲された生物の数を各池の網数で割り、1 網あたり捕獲数（CPUE）に変換して示しました。

【アメリカザリガニ防除】

遮光シートで覆ったカゴワナで捕獲しました。2015 年まではお茶の水池のみで捕獲しました。2016 年は設置範囲を弁天池・ボート池にも拡大し、ワナ数も大幅に増やして約 130 基（弁天池：50 基、お茶の水池 40 基、ボート池 40 基）にしました。ワナは 4 月から 12 月まで池に浸け置きし、週 2 回、入った生物を回収しました。各生物の捕獲数を CPUE に変換して示しました。



写真 2 カゴワナ回収の様子

結果

かいぼり 27 直後の 2016 年は、在来種は魚 8 種、エビ 3 種、カメ 2 種、外来種は 9 種が確認されました。各池で在来種の CPUE が増加していました（図 1）。かいぼり 25 後にも在来種の増加が認められており、2 度のかいぼりの相乗効果によって在来種が大幅に回復したと考えられます。以下に特に注目すべき種について報告します。

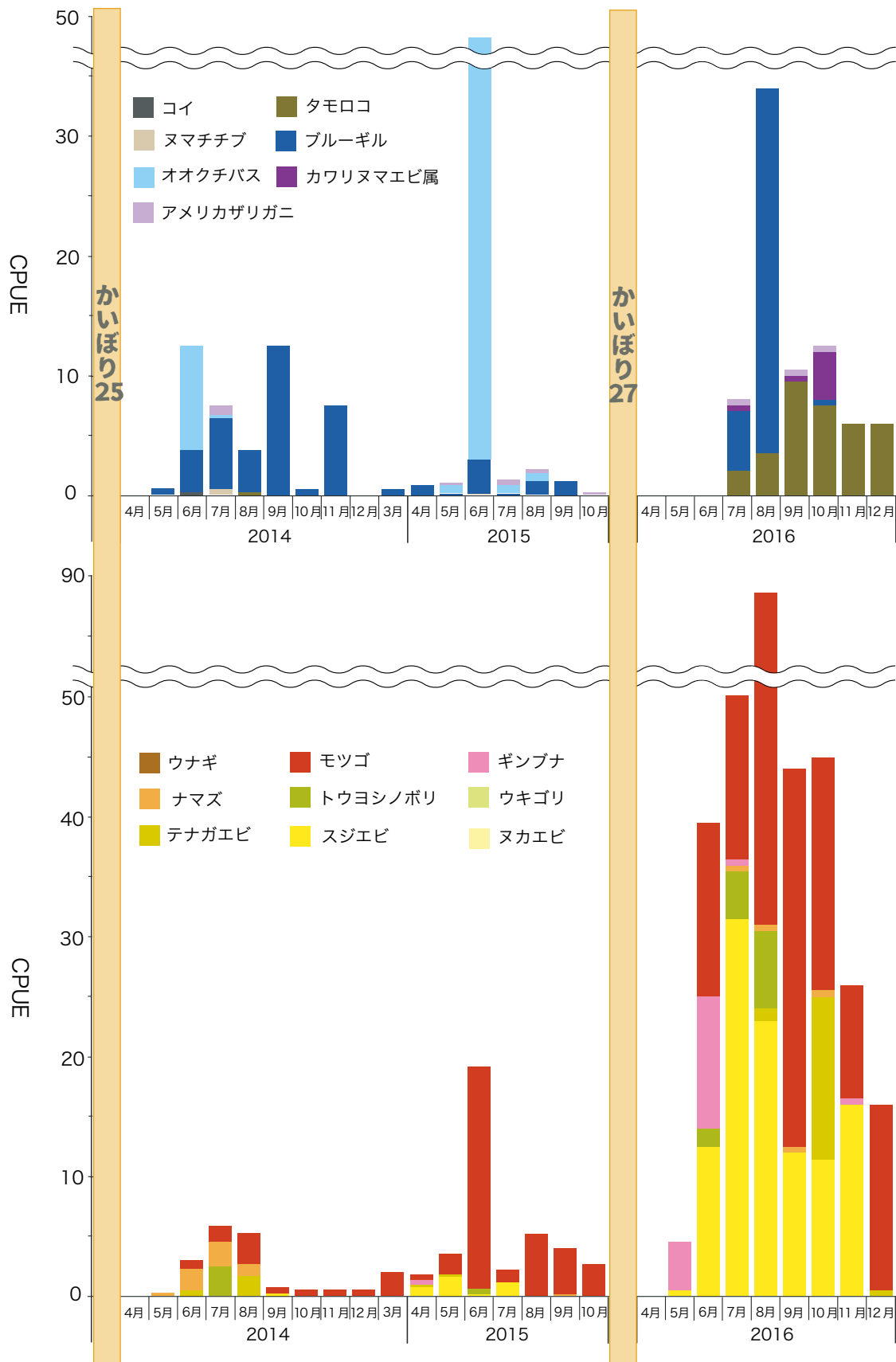


図1 外来種（上）と在来種（下）のCPUEの変化（お茶の水池張網）

※ CPUE : Catch Per Unit Effort 単位努力量当たり漁獲量。水産資源学で一般的に用いられる指標。

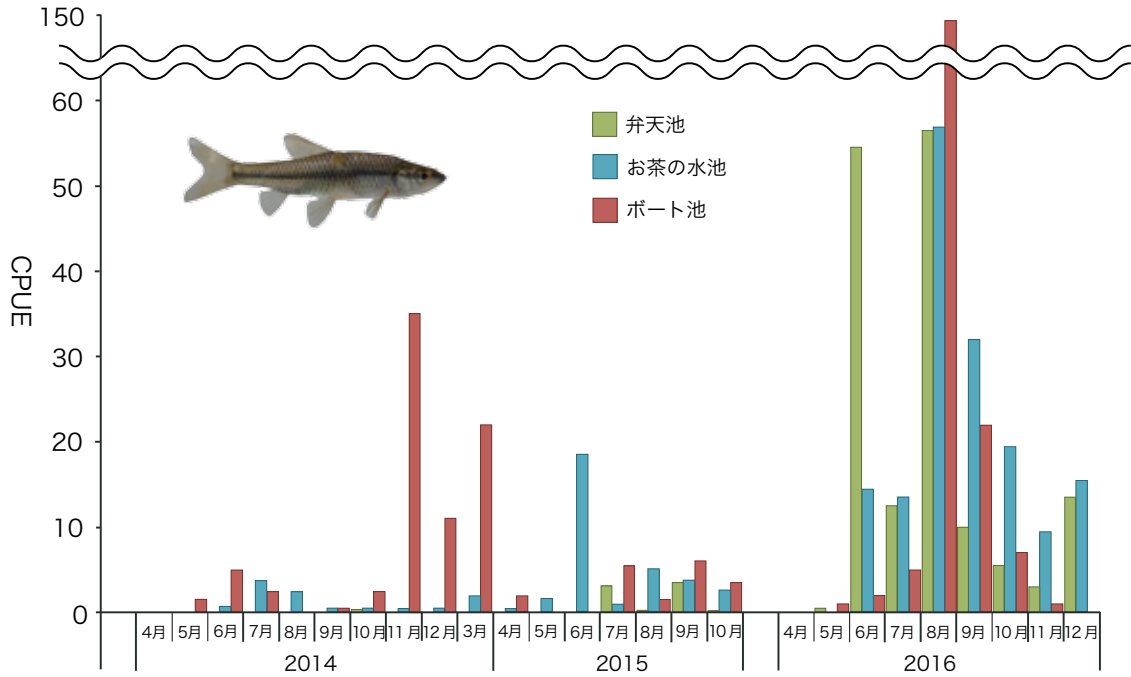


図2 各池におけるモツゴのCPUEの変化

○モツゴ

かいぼり 27 後、これまで以上に大幅に増加しました。成魚・当年魚を合わせて1網に150匹ほども入ったこともありました。かいぼり 27 で初めて水を抜いた弁天池でも、捕獲数が増えました(図2)。

○スジエビ

かいぼり 27 以前は、お茶の水池・ポート池で少数が捕獲されていました。かいぼり 27 後には急激に増加しました(図3)。

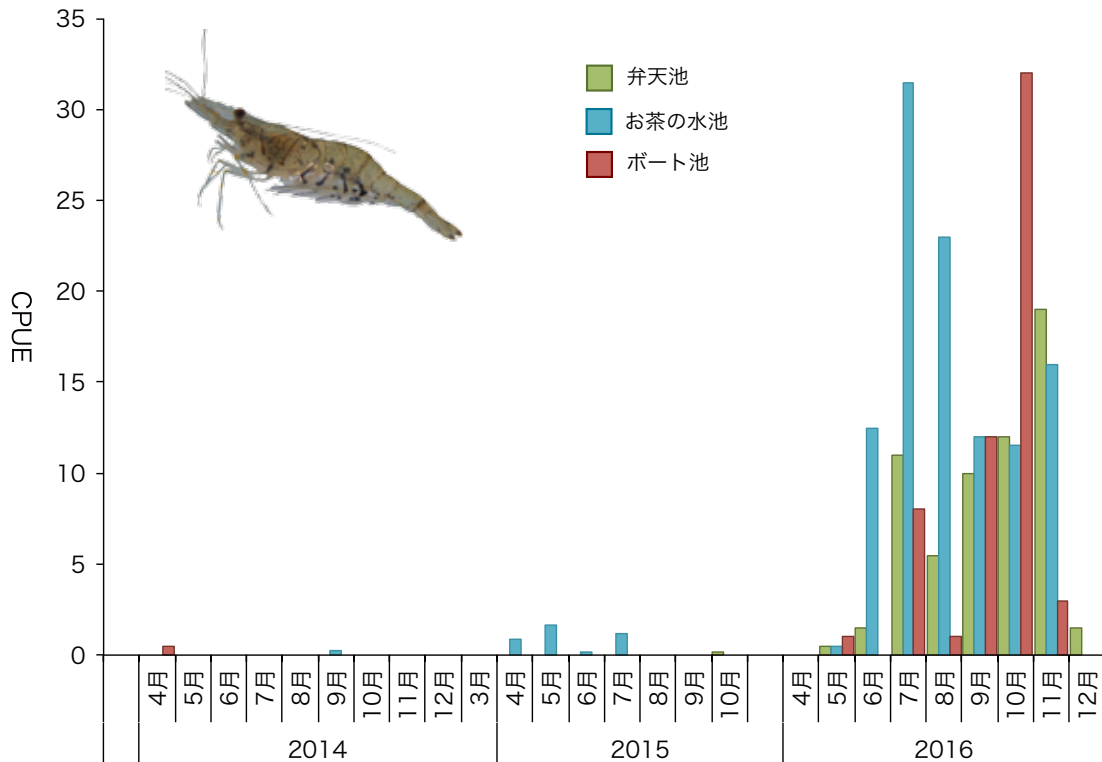


図3 各池におけるスジエビのCPUEの変化

○ギンブナ

本種はその習性から、張網ではあまり捕れませんが、カゴワナにはよく入ります。2014年から2016年のカゴワナでのギンブナのCPUEを図4に示しました（2016年は3池分を合わせています）。2015年までは、春頃に成魚が数匹捕獲されたのみでしたが、かいぼり27後の2016年には当年魚が多数捕獲されるようになり、1カゴに63匹入ったこともありました。

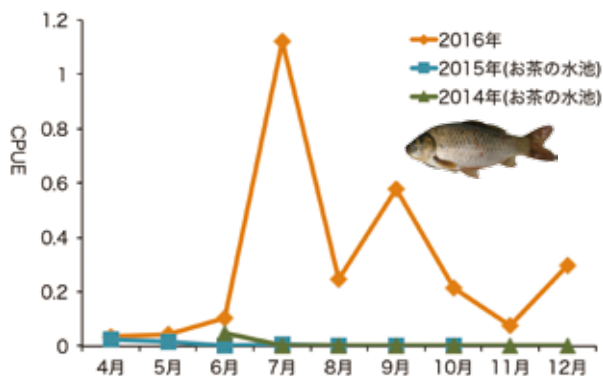


図4 これまでのギンブナのCPUEの変化

○ブルーギル

かいぼり27をかいくぐった個体が2016年に繁殖し、当年魚（0歳）が発生しました。2016年は、生まれて日が浅い当年魚が群れで張網に入りました。

日常的に広範囲を移動しない本種は、通常は張網よりもカゴワナでよく捕獲されます。2014年から2016年までのカゴワナによるブルーギルのCPUEを図5に示しました（2016年は3池分を合わせています）。かいぼり27後の2016年にCPUEが激減しています。2016年はカゴワナ・張網も含めて成魚が捕獲されず、成魚は極めて少数になっていると推測されます。

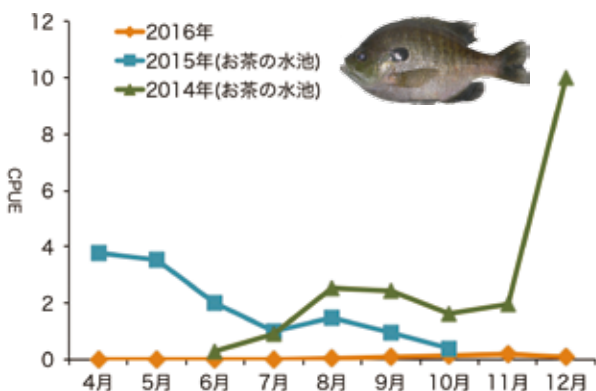


図5 これまでのブルーギルのCPUEの変化

○アメリカザリガニ

カゴワナによるCPUEを比較すると、残念ながら増加傾向にあります（図6）。2017年も引き続き防除を継続します。

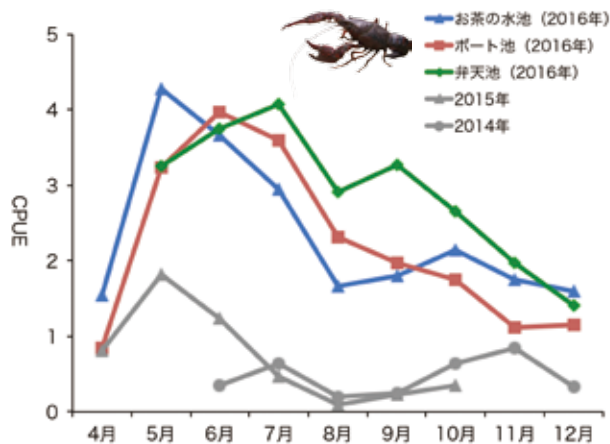


図6 2016年の各池のアメリカザリガニのCPUE

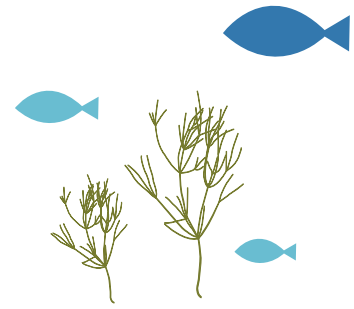
井の頭池ではかいぼり27の後、在来の水生生物が急激かつ大幅に増加していることがわかりました。最大の要因は、2度のかいぼりにより、池の魚類の大多数を占めていたブルーギルが激減したことだと考えられます。さらに、かいぼり27以降はオオクチバスが確認されていません。肉食魚である両種が激減し、在来の魚やエビの生存率が上昇していると考えられます。かいぼりが井の頭池の生態系回復にもたらした効果は非常に大きいと思われます。水面をのぞきこむと在来魚の群れがきらめくような井の頭池を目指して、引き続きモニタリングとアメリカザリガニ防除を続けていきたいと思えます。



写真3 在来魚の稚魚3兄弟（上から時計回りに、トウヨシノボリ、ナマズ、モツゴ）

○井の頭池モニタリング報告

水鳥のにぎわい ～すくすくカイツブリ～



岩本 愛夢（認定 NPO 法人 生態工房）

井の頭池では2回のかいぼりを経て、水草が再生し、在来魚も増えてきました。水鳥たちは、そうした水草や水生生物などを食物とし、水辺を採食や繁殖の場所として利用しています。特に水鳥の繁殖状況は、営巣に適した環境があるか、子育てをするのに十分な食物の量があるかなどが大きく関わるため、かいぼり後の自然再生の指標として活用できそうです。本発表では、2016年4月から始まった水鳥調査の結果を報告します。

調査を通年行い（写真1）、4～8月には週2～3回の営巣状況の調査を行いました。繁殖期の調査で記録した個体ごとの位置から、カイツブリとバンのおおよそのつがいごとの行動圏を推定しました。

●調査方法

池畔を移動しながら水鳥を探索し、種名、個体数、年齢、雌雄、行動、位置、環境を記録しました。井の頭かいぼり隊とともに月2回のモニタリング



写真1 モニタリング調査の様子

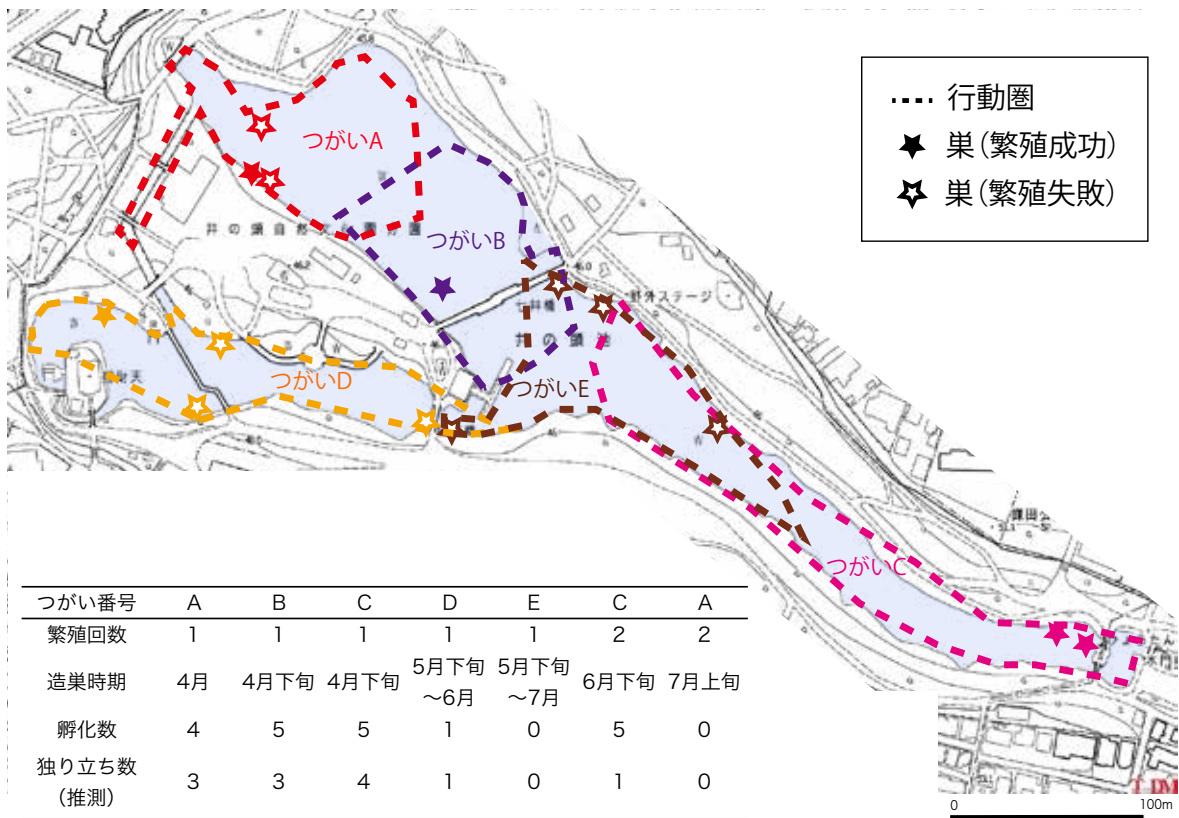


図1 2016年度のカイツブリの繁殖状況と行動圏

●カイツブリ

カイツブリはハトより小型の水鳥です。潜水して魚やエビ類、水生昆虫などを捕食します。繁殖期は4～8月頃で、水草や杭、抽水植物などに巢材を絡めて浮巣を造ります。

2016年の井の頭池では5つがいで繁殖行動が観察され、合計20羽のヒナが生まれました(図1、本文注記参照)。そのうち、少なくとも12羽は無事親から立ち上りしたと考えられます。昨年までと比較すると、つがい数もヒナの数も大きく増加しました。かいぼり25以前はオオクチバスなどの肉食外来魚が多く、子育てに必要な小型の在来魚や水生昆虫などが不足していました。2回のかいぼりを経て、在来魚の個体数が大きく増加したため、カイツブリの繁殖成功数が増加したと考えられます。実際に、カイツブリがモツゴやナマズの当年魚、トウヨシノボリと思われるハゼ類などの小型の在来魚を捕食している場面がよく見られました(写真2、3)。そのほかに、アメンボ類などの水生昆虫や、池から羽化したと思われるユスリカ類、トンボ類なども捕食していました。

繁殖成功数は、つがいによって大きく異なりました。20羽のヒナのうち、19羽は3つがい(図中つがいA～C)から生まれました。つがいA～Cは4月中から造巣を始めたため、より繁殖に適した場所を占有できたようです。つがいA、Cは



写真2 ヒナにモツゴを与えるカイツブリ



写真3 ナマズ当年魚を食べるカイツブリ幼鳥

2回目の繁殖も行いました。一方で、5月下旬から造巣を始めた2つがい(図中つがいD、E)は、営巣場所を頻繁に変え、なかなか繁殖ステージが進みませんでした。結局つがいDから1羽のヒナが孵ったのみでした。つがいによるヒナ数の違いは、個体の年齢やつがい間の相性などさまざまな要因が考えられます。

井の頭池でのカイツブリの造巣場所を見ると、今後の自然再生を進める上での課題が見えてきます。一般的にカイツブリの巣はヨシやガマなどの抽水植物群落の中に造られることが多いとされています。しかし、井の頭池のカイツブリの巣はほとんどが水面に倒れた木の枝に絡めて造られており(写真4)、中には水面に広がるアオミドロの上に造った例もありました。井の頭池には水面に広がる抽水植物群落が少なく、カイツブリの営巣に適した環境が足りていない可能性が考えられます。

注：実際に生まれたヒナの数には調査で記録された数よりも多いと考えられる。毎日観察していた方からの情報では、Cつがいの1回目、2回目ともに6羽のヒナが生まれたが、早い段階で見られなくなった。

●バン

バンはハトと同じくらいの大きさのクイナの仲間です。水面や抽水植物群落の中を移動しながら、水草や植物の種子や昆虫などを採食します。繁殖期は4～8月頃で、ヨシ群落の中などに枯れ草を積み上げて巣を造ります。

2016年の井の頭池では2つがいで繁殖行動が観察されました。そのうち、1つがいから合計9羽のヒナが生まれました。前年までよ



写真4 水面の枝上に造られたカイツブリの巣



写真5 ツツイトモの上を泳ぐバン幼鳥



写真6 園路に出てきたバン幼鳥

り、つがい数もヒナの数も増加しました。かいぼり後に水草が再生し、水生昆虫も増え、子育てに必要な食物量を確保できたためと考えられます。ヒナは順調に育ち、巣の周辺を中心に、抽水植物群落の中や切れて水面を漂うツツイトモの上などで採食している様子が見られました(写真5)。しかし、ツツイトモが減ってきた7月上旬頃から、園路での目撃情報が増え始めました(写真6)。ヒナの行動範囲が広がったことも一因ですが、どうやら井の頭池ではバンの採食場所が不足しているようです。バンは浅場や湿地を歩いたり、水面を泳ぎながら水草の周辺に漂着した植物の種子や昆虫、池岸の植物などを採食します。現在の井の頭池には浅場や湿地などの環境が少なく、水面付近に繁茂していた水草もツツイトモ1種のみだったため、ツツイトモが急速に消失した結果、採食場所が不足したのではないかと考えられます。

●カルガモ

カルガモは雑食性で、水面や、草地などの陸上で植物の種子や水草、昆虫類、ときにアメリカザリガニなどなんでも食べます。繁殖期は4～8月頃で、陸上にお皿型の巣を造ります。



写真7 アメンボ類を捕食するカルガモ親子

2016年の井の頭池では、近隣で繁殖した少なくとも3つがいが見られました。各つがい2～10羽のヒナを連れて、採食や休息をしていました。7月上旬頃までは、水面に漂う切れたツツイトモの周辺でアメンボ類やツツイトモなどを採食している姿が頻繁に観察されました(写真7)。しかし、ツツイトモが減少してからは、ほとんどの個体は水面に倒れた木の枝や園路脇の草地などで休息しているようになりました。7月下旬以降は、今年生まれの幼鳥を中心に40羽以上が見られ、前年までよりも個体数が大きく増加しました。

●秋～冬の水鳥たち

繁殖を終えた秋冬期にもたくさんの水鳥が集まっています。9月～1月の9回のモニタリング調査では、合計17種(カモ類の交雑個体は除く)が確認されました(表1)。かいぼり25以前に比べ、潜水して魚類や水草などを採食する種が多く見られているようです。カイツブリは冬季も5～6羽確認されました。オオバンの確認数は3～4羽とあまり多くないものの、弁天池で潜水して、イノカシラフラスコモを採食する姿が頻繁に見られて



写真8 イノカシラフラスコモを採食するオオバン

います（写真8）。カワウはよく潜水してギンブナの当年魚を捕食しており、1月には7羽も見られました（写真9）。かいぼりの効果と関係あるかは分かりませんが、井の頭池では珍しいハジロカイツブリも10月から約1ヶ月間滞在し、潜水・探餌行動が観察されました（写真10）。

一方で、水面に浮かぶ植物の種子などを採食するカモ類や、浅場で魚類を捕食するサギ類の個体数はかいぼり25以前とあまり変わっていません。これらの種は、水面や池岸などで休息していることが多く、採食行動は頻繁には観察されませんでした。井の頭池はほぼ全周が垂直護岸で、池岸から一気に水深が深い水域が広がっています。かいぼり27の際にお茶の水池の2ヶ所に浅場が整備されましたが、面積としては狭く、浅場を利用する種にとっては採食場所が不足している可能性が示唆されました。

水鳥モニタリング調査は今年始めたばかりです。今後も定期的な調査を継続していくことで、かいぼり後の自然再生によって見られる水鳥の種数や個体数、行動などがどのように変化するのかが明らかになるでしょう。

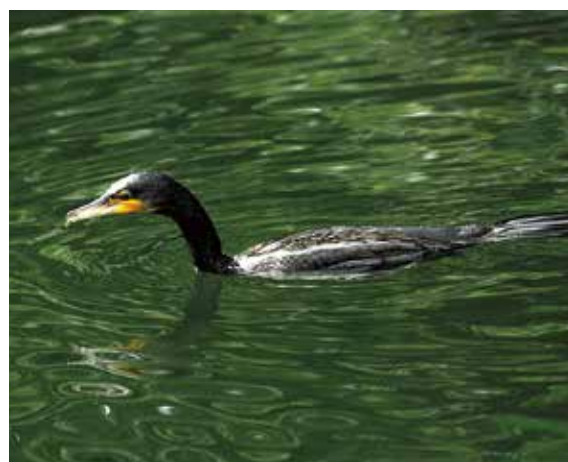


写真9 カワウ



写真10 ハジロカイツブリ

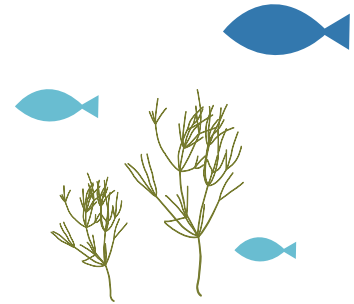
表1 水鳥モニタリングで確認した鳥類（2016年4月～2017年1月）

科名	種名	4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月
		28	9	22	12	27	11	25	14	31	11	25	11	30	13	29	12	23	7	
カモ科	マガモ													1	1	1	1	1		
	カルガモ	10	10	5	15	24	21	43	52	43	52	12	19	45	42	45	34	37	25	
	オナガガモ													6	7	6	4			
	ハシビロガモ																			3
	コガモ																			1
	ホシハジロ													1	2		2	4	1	
	キンクロハジロ	8											8	18	22	32	37	36	22	
カイツブリ科	カイツブリ	5	5	7	22	20	15	11	10	5	7	5	5	9	4	5	5	6	6	
	ハジロカイツブリ												1	1						
ウ科	カワウ				2	2	2	1		1	1	3	3		2	5	1	7		
サギ科	ゴイサギ	1	3						8	9	7	4	3	6	2	5	5	5		
	アオサギ			1					2	6	3	1			1	1				
	コサギ								1						1				2	
クイナ科	パン	4	2	4	11	10	7	7	2											
	オオパン												1	2	2	3	4	3		
カモ科交雑個体	カルガモ×マガモ（アヒル）			1												1	1	1	1	
	カルガモ×不明	1																		
小鳥類																				
カワセミ科	カワセミ									3	1	3	1		1	1	1	1	2	
ヨシキリ科	オオヨシキリ			1																
セキレイ科	セキレイ																			1
	ハクセキレイ												1	1	1					
種数計		6	4	6	3	4	4	4	6	5	6	5	8	10	9	13	12	12	14	

○井の頭池活動報告

初期の活動を振り返る ～連携が実現したかいほり～

田中 利秋（井の頭かんさつ会）



自然観察で問題に気づく

私は2000年ごろから井の頭池の水鳥を詳しく観察するようになりました。間もなく二つの大きな問題に気づきます。ひとつはそのころ盛んだったエサやりで、カモなど池の生き物の生活を歪め、池を騒々しくしていました。もうひとつは、しだいに目撃数が増えていた外来魚、ブルーギルとオオクチバスの問題です。おそらくそのせいで、在来の小魚やエビを主食とするカイツブリも生息が難しくなっていました。関係部署に意見を送りましたが、個人で状況を動かすのは無理でした。

「井の頭かんさつ会」で仲間を増やす

自然をよく観察し、生き物の本来の生態や自然のしくみを知れば、エサやりや外来魚がどんな悪影響を及ぼしているか理解できます。そんな人を増やすため、2005年の4月に、賛同してくれた二人と井の頭かんさつ会を立ち上げました。自然観察会に来てくれるのは自然に関心がある人だけですが、参加者は理解者、支援者、さらには共に行動する仲間になります。現在では「観察会班」のメンバーは14名に増え、参加者の累計は、昨年12月の第140回で4,437人になっています。各回のテーマは自然全般にわたりますが、池の問題がテーマの回も毎年実施しています。

連携すべき人々と出会う

2006年の4月によみがえれ!! 井の頭池! 第1回シンポジウム「自然湧水の復活は可能だ!」が開かれました。2004年秋の長雨のため10月末に大量の湧水が出て弁天池が澄み切るできごとがあり、井の頭池がよみがえる可能性を感じた東京吉祥寺ライオンズクラブが、西部公園緑地事務所の所長に池の水質浄化を働きかけて実現したイ

ベントでした。それが井の頭恩賜公園100年実行委員会の「水と緑部会」の設立につながります。その動きに光を感じた私は、観察会の参加者だった人と、エサやり禁止を目指して行動を開始しました。さらに、2006年7月に神田川ネットワークと西部公園緑地事務所の共催で「外来魚駆除釣りイベント」が実施されたので、かんさつ会の仲間と参加し、西部公園緑地事務所の所長始め、神田川ネットワークや東京吉祥寺ライオンズクラブの人たちと知り合いました。神田川ネットワークは2000年ごろから「外来魚釣り調査」を毎年実施していた団体です。

連携でエサやりをなくす

エサやりに関するアンケート調査とエサやりをしている人への聞き取り調査を、2006年8月に公園で実施しました。その結果、地域住民や来園者の大部分はエサやりを問題視しており、エサやりをしている人のほとんども、公園が禁止すればやめてくれることが分かりました。9月のよみがえれ!! 井の頭池! 第2回シンポジウムの終了後に、調査結果を付けた「エサやり禁止要望書」を所長にお渡ししました。所長は井の頭公園で自然観察会を続けていた我々を信用し要望を歓迎してくれましたが、その後のお話では、躊躇する職員が多いとのことでした。所長が決心し職員を説得してくれたのは、その後の市民側の連携を知った時でした。エサやりをやめるよう呼びかけるチラシを、当会が原稿を作り、東京吉祥寺ライオンズクラブが大量に印刷して、来園者などに配ることにしたのです。2007年3月1日に始まった「エサやり自粛キャンペーン」には、自然観察仲間や観察会の参加者が大勢駆けつけてくれました。一部の強硬派やキャンペーンを知らない来園者のエサやりはその後も続いたので、キャンペーンが浸透するまでチラシ配りや説明を続



写真-1. 連携で作ったエサやり自粛チラシ



写真-2. キャンペーン開始直後のチラシ配り
(2007年3月2日)

けました。チラシは初回発行が1万部で、その後二度増刷されています。

連携強化で外来種問題の解決をめざす

次に外来魚問題に取り組むことにした我々は、まず、2006年7月の第25回井の頭かんさつ会を「在来種と外来種」というテーマで実施します。西部公園緑地事務所管理課から調査の許可を得たものの、外来魚の捕り方を知らなかったので、近隣で活躍していた生態工房に協力をお願いしました。

その後、継続調査の許可をお願いしに管理課を訪れ、外来魚問題をどうしようと考えているのか

尋ねると、「何も考えていない」との返事でした。神田川ネットワークの活動を許可していたにも関わらず、管理課は動いていなかったのです。都職員は3年ほどで異動してしまうせいでしょうか。外来魚とはいえ、生き物を殺すことへのためらいもあったようです。それでも、来園者が少ない時間帯の調査が許可され、大きな四手網も買ってくれました。当会は問題解決への確実な流れができるまで活動すると決めました。8月の活動開始日、四手網に練り餌を入れて沈め、20分ほどして上げたら、その1回だけでブルーギルが約100匹も入り、在来魚はごくわずかでした。

問題をさらに周知するため、9月に西部公園緑地事務所の会議室を借りて、井の頭いきもの教室「もっと知りたい! 外来種問題」を開催しました。各地で外来魚防除活動をしている方々がその動きを知って駆けつけてくれたので、必要な技術やノウハウを教われるようになりました。我々は調査活動を続け、状況が危機的なことに疑いがなくなります。

しかし、そのころはまだ、井の頭池の外来種問題を知っている人はわずかでした。そこで活動時には、捕れた生き物を岸辺で展示して来園者に池の状況を説明し、啓発に努めました。我々はボランティアですが、漁具などを購入する資金は必要です。活動助成金を



写真-3. かんさつ会「在来種と外来種」(2007年7月22日)



写真-4. 外来魚捕獲大作戦の展示
(2008年4月20日)



写真-5. 管理課主催の合同調査(2009年8月29日)

まだ受けられない時期に活動を支えてくれたのは、地域の個人や団体の皆さんのカンパでした。

西部公園緑地事務所に、許可するだけでなく、問題解決の中心になってもらうため、2007年の12月から新所長と面談し、活動団体との協議会の設置をお願いしました。3月に協議が始まり、4月には共同啓発イベント「外来魚捕獲大作戦」を実施できました。

協議会は8月に「井の頭外来生物問題協議会」として正式に発足し、10月には「外来魚捕獲大作戦 Part II」を開催します。発足メンバーは管理課と民間4団体で、後に井の頭自然文化園も加わります。

毎月の協議会ではそれぞれの活動結果を報告し、情報交換や協議を行います。さらに、管理課が実施するようになった魚類調査に協力したり、

他団体の活動を手伝ったりしながら、外来種問題の解決を目指しました。

当会は「保全活動班」と協力者が計30名を超え、週2回の活動で多い年は10万匹以上の外来魚を駆除しましたが、外来魚の繁殖力はすさまじく、その程度では在来種が増えられないことが明らかになります。その間、100年実行委員会の水と緑部会でも検討が行われ、2010年、ついに西部公園緑地事務所工事課から、水質浄化と外来種駆除を目的とする「かいぼり」実施の方針が示されました。その後は工事課も協議会に出席するようになり、一度だけのかいぼりでは問題を解決できないという活動団体の意見も取り入れ、2年ごとに3回かいぼりを実施する計画が決定されたのです。

異なる力の連携

大きな公園では画期的ともいえる、エサやり自粛やかいぼりが実現したのは、関係した都の職員が前例主義でなく前向きな人たちだったからです。井の頭池の復活を願い、自ら行動を起こし、活動を続けた市民がここには大勢いて、しかも、それぞれの得意分野で連携して、職員の背中を押し続けたことが大きいと思います。今では井の頭かいぼり隊も大活躍しています。官民の連携が今後もさらに広がることを期待しています。

