

名古屋市名東区猪高緑地・すり鉢池における水域の 歴史的変化と水収支について

大八木英夫⁽¹⁾ 西部めぐみ⁽²⁾ 松本 嘉孝⁽³⁾

⁽¹⁾ 南山大学 〒466-8673 愛知県名古屋市昭和区山里町18

⁽²⁾ 名古屋市生物多様性センター 〒468-0066 愛知県名古屋市天白区元八事5-230

⁽³⁾ 豊田工業高等専門学校 〒471-8525 愛知県豊田市栄生町2-1

Historical changes of water area and water balance at Suribachi-ike Pond in Itaka green area, Nagoya City

Hideo OYAGI⁽¹⁾ Megumi NISHIBU⁽²⁾ Yoshitaka MATSUMOTO⁽³⁾

⁽¹⁾ Nanzan University, 18 Yamazato-cho, Showa-ku, Nagoya, Aichi, 466-8673, Japan

⁽²⁾ Nagoya Biodiversity Center, 5-230 Motoyagoto, Tenpaku-ku, Nagoya, Aichi, 468-0066, Japan

⁽³⁾ National Institute of Technology, Toyota College, 2-1 Eiseicho, Toyota, Aichi, 471-8525, Japan

Correspondence:

OYAGI Hideo E-mail: oyagi@nanzan-u.ac.jp

要旨

本研究は、2021年11月に池干し事業が実行された、名古屋市猪高緑地のすり鉢池において自然回復までの水収支の解明を主な目的として、すり鉢池の水環境について考察する。すり鉢池では、2021年11月に池干した後、2022年7月のおよそ243日間で自然回復した。その水収支を計算するに当たり、10日間以上の無降水期間を抽出した結果から平均0.4 cm/日の浸透量があると求められた。また、すり鉢池の浸透域は、水域の変遷の解析や粒度分析の結果から、池の北部であることが推定された。このように地下浸透があるすり鉢池では、自然回復するまでの水量について池の流域の15 mm相当の降水量で保たれていることが計算された。このことから、すり鉢池にとって流域からの地下水流入が重要な水源であるといえる。

The purpose of this study makes clear the water environment and the water balance at Suribachi-ike Pond in the Itaka Green area, where the pond-drying project was implemented in November 2021. The water balance researched until the water was full. The pond was recovered naturally in 243 days in July 2022 after the pond dry. To calculate the water balance, the seepage water was determined to be 0.4 cm/day based on the results of extracting periods of 10 days without precipitation. And more, the seepage area of the pond was estimated to be in the northern part of the pond based on the analysis of the transition of the water body and the results of grading analysis on the pond bottom. It was calculated to be recovered by approximately 15 mm precipitation brought from the pond watershed. Therefore, it is clear that groundwater from the watershed is an important source in Suribachi-ike Pond.

受付日：2022年10月31日

受理日：2023年2月1日

1. はじめに

平成30年7月豪雨において、防災重点ため池ではない小規模なため池で甚大な被害が発生したことを受け、現在、都道府県等の協力の下、全国のため池の緊急点検が実施され、被災リスクの低減が図られている。このように、豪雨などによる被災が問題視されている一方、ため池は多面的機能を有しているともいえる。ため池の主たる目的は、利水機能として農業用水の確保というまでもないが、環境保全機能として都市内の緑地がもつクールアイランド（低温域）現象（浜田・三上，1994）の場合、生物の生息・生育の場所の保全、防災施設としての洪水調節池・防水用調節池や自然との共存のあり方を学ぶ教材等に活用されるなど、利用者および周辺住民の豊かな生活形成に直接関わる親水機能としてため池が分類され、多様に副次的な機能を有している環境であるとまとめられている（内田，2001）。

農林水産省（2022）によれば、2022年3月末時点でため池は全国に約15万か所存在し、特に西日本に多く分布している。愛知県の知多半島もまた、農業用水のための大きな水源がないことから、古くから多くの農業用ため池が作られてきた。本地域では、近藤（2005）は、愛知用水による用水の安定供給がもたらす人々の意識の変化や都市化の進展などから、ため池の管理、保全に問題が生じてきていることを指摘している。特に、富田（2006）では、土地造成が行われていない地域において、利用価値が低下し小規模なため池が放棄され消滅が進み、利用価値のある大規模なため池が選択的に残されていることを指摘している。このように、ため池は、防災や次世代への管理をはじめ、ため池の保全、水質や生態系への影響など様々な視点によって研究がなされている。

名古屋市では、2003年度より、健全な水循環の回復という視点で施策を検討・実施し、水循環の大切さを普及啓発するための啓発事業が進められてきた。さらに、「市民の健康と安全を確保する環境の保全に関する条例」（2003年）を受ける形で、健全な水循環の回復に関する現状確認と施策の構想として2007年には「水の環復活プラン」、2009年には「水の環復活2050なごや戦略」などが策定されてきた（木綿，2018）。これらは、水環境の観点から2050年を目途に実現したい名古屋市の姿を達成させる環境都市ビジョンとして実施されている。また、

2008年にCOP10の開催地が名古屋市に決定したことを契機に、市民や行政と協働で生きもの調査や保全活動が行われる、「なごや生物多様性保全活動協議会」が設立されている。本協議会においては、「なごや生きもの一斉調査」などを主な事業として、生態系の保全活動がなされている。これに加えて、本協議会の前身の名古屋ため池生物多様性保全協議会より池干し事業もなされてきた。

池干しは、かつて、農作業を終えた冬には池から水を抜き、底にたまった泥や土砂を取り除き、堤防や水門の点検修理を行ってきたものである。しかし、ため池の用途が利水から治水へと変わると池を干す慣習もみられなくなったが、近年では、池の在来種を守ることを目的として、再び池干しが注目されている。社会的関心も高く、本協議会では、名古屋市名東区の猪高緑地にあるすり鉢池で、2021年11月に池干し事業が実行され、11月14日に外来種を捕獲した結果、特定外来生物のブルーギル *Lepomis macrochirus* が3,386匹など、多くの外来種を見つけたと報道されている（東海テレビ，2021）。池干し後には、再び水を張った後、在来種を戻すことになっている。そこで本研究では、主に水の回復までの水収支の解明を目的として、猪高緑地のすり鉢池の水環境について考察した。

2. 方法と材料

2.1 調査地概要

本研究は、2015年に策定された「水の環復活2050なごや戦略第2期実行計画」において、モデル事業の一つである名古屋市名東区の猪高緑地に位置する、すり鉢池（北緯35° 09' 46.38"，東経137° 01' 11.90"）を対象とする。猪高緑地は、名古屋市の周縁部の住宅地にあり、もともと里山として利用されている地域である。緑地には、起伏に富んだ雑木林、散策路の他、湿地やため池などの水辺が多く分布しており、棚田やビオトープでは、湧水が利活用されている地域である。猪高緑地の面積は662,000 m²で、コナラ *Quercus serrata*、アベマキ *Quercus variabilis*、アカマツ *Pinus densiflora* を主としてガマズミ類 *Viburnum* sp.、タカノツメ *Gamblea innovans*、ソヨゴ *Ilex pedunculosa*、ヒサカキ *Eurya japonica* var. *japonica* などからなる森林（玉木ほか、



図1 地域概要図

「出典：国土地理院における地理院タイルに観測地点を追記して掲載」

Fig.1 Research area

Source: the Geospatial Information Authority of Japan (GSI).

2016)や棚田が残されている。起伏に富んだ地形で、標高50～110 mほどの高低差があり、500万年から300万年前に堆積した、砂礫層やシルト層が複雑に堆積した地層となっている（村松，2019）。

図1には、すり鉢池などの位置や降水量観測地点（St. A）、気温・気圧観測地点（St. B）を示す。猪高緑地には、塚ノ杵池、西堀池、井堀下池や井堀上池など大小12ほどのため池があり、本論文で取り上げるすり鉢池もそのひ



図2 すり鉢池における空中写真と水域図

空中写真は、2021年3月26日に撮影され、その空中写真のなかに満水時の水域を実線で示している。流入河川の水路の上流域は予測水路として破線で示されている。

Fig.2 Aerial photograph and water area at Suribachi-ike Pond

The aerial photograph was taken on March 26, 2021, and solid line show the full level of water area in the aerial photograph. The area of upstream was shown dotted line.

とつである。すり鉢池は、猪高緑地西部、名古屋市名東スポーツセンターの近隣に位置している。本池には恒常的な流入河川はないため、雨水や地下水・湧水による自然流入によって水が保たれている。また、池の周囲に遊歩道が整備され、市民が自然に触れられる場としての役割や、なごや生物多様性保全活動協議会が主催する講座の開催地として自然との共存のあり方を学ぶ教材的役割、加えて日本の固有種で名古屋市版レッドリストでは「絶滅危惧種ⅠA類」にランク付けされているニホンアカガエル *Rana japonica* の繁殖地としてなど、生物の生息・生育の場所を保全する役割など多面的機能を果たしている。

2.2 観測方法

すり鉢池の水域面積を算出するにあたり、UAV (Unmanned Aerial Vehicle, いわゆるドローン) を用

い空中写真により現在の水域環境を解析した。また、水域面積の現況や歴史的変化を算出するにあたり、アメリカ軍や国土地理院撮影の空中写真（1945年、1963年、1987年、2020年撮影）や旧版地形図（国土交通省国土地理院）を資料に、QGISを用いて解析した。

現地観測では、池水や降水後の地表水を採水し、無機主要成分 (Cl^- ・ NO_3^- ・ SO_4^{2-} ・ Na^+ ・ NH_4^+ ・ K^+ ・ Mg^{2+} ・ Ca^{2+}) をイオンクロマトグラフィー法 (TOA DKK社、IA-100 (陰イオン)・IA-300 (陽イオン)) で測定し、 HCO_3^- は、全有機体炭素分析装置 (Analytikjena社、multi N/C3100) を用いてIC (Inorganic Carbon, 無機体炭素) を求めてから算出した。加えて、底質調査では、コアサンプラーを用いて底泥を採取し粒度分析 (西條・三田村, 2016) を実施した。

また、水収支を算出するにあたり、2020年3月に、すり鉢池の湖岸にて水位計 (OYO社製、S&DL mini: 測

定精度 $\pm 0.1\%$ F.S.)を設置した(図2)。なお、現地の気温と水位の補正のための気圧を計測するために水位計と同機種を近隣の建物(図1, St. B)に設置した。この地点で計測した気温(観測精度 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$)と気象庁名古屋地方気象台で測定された気温の差を求めながら、本流域の蒸発散量を求めた。降水量については、本池の近隣にある、名古屋市名東土木事務所(図1, St. A)の資料を用いて求めた。これらを用いて、すり鉢池の水位をモニター観測することで、水収支を求めた。

3. 結果

3.1 水域面積と水域の変遷

猪高緑地の主な池の水域面積を計測するにあたり、公開されている最新の国土地理院撮影の空中写真(2020年9月撮影)を用いた。それぞれ水域面積は、塚ノ杓池が $17,050\text{ m}^2$ 、西堀池が $2,650\text{ m}^2$ 、井堀上池が $1,900\text{ m}^2$ 、井堀下池が $1,700\text{ m}^2$ で、すり鉢池は $1,450\text{ m}^2$ と計測された。猪高緑地の面積(都市計画面積)は $662,000\text{ m}^2$ であり、これらを含めた水域面積は、緑地面積に対して4%程度の比率となる。また、すり鉢池においては、2020年12月8日と2021年3月26日にUAVによる空中写真撮影がなごや生物多様性保全活動協議会によって実施された。図2には、2021年3月26日に撮影された空中写真を基に満水時の水域線や水位計の設置地点などを示した。すり鉢池の流入河川は、降水時および直後において発生する水路であり、恒常的に表流水が流入するわけではないことが明らかとなっている。また、北部の凹地は、多雨期には水たまりが形成され、池と接続することが現地調査によって確認されている。しかし、常時、湛水状態ではなく湿地のような状態となっていることから、すり鉢池の満水時の面積として含んでいない。撮影時の水深は 0.46 m であり、水域面積として60%程度である。

名古屋市内には、かつて300を超えるため池があったとされる。そのほとんどが農業用水の供給を目的として作られていた。1960年代以降の高度成長期以降、住宅開発によって農地が減少したのに伴い、ため池が減少しており、2014年には111のため池となっている(大畑ほか, 2019)。次に、猪高緑地ならびにすり鉢池の水域の変遷について整理する。図3には、1945年(a)、1963年(b)、1987年(c)と2020年(d)のアメリカ軍および国土地理

院撮影の空中写真、加えて、1963年と2020年の水域線を重ねたもの(e)を示した。現在の満水時の水域と比べると1970年代とそれ以前で大きく異なる。高崎(2017)によれば、猪高緑地一帯は当時の愛知郡猪高村から名古屋市千種区猪高町として名古屋市に編入した1955年頃には丘陵の雑木林などから成る農村地帯の水域であったと記録されており、多くの灌漑用ため池が残存していたといえる。このことは、1970年代の旧版地形図からも、すり鉢池の西方には水田地帯が広がっていることが読み取れ、当時としては、すり鉢池などため池の水は、本地域の水資源の重要な役割を果たしていたといえる。1963年の空中写真(図3, b)から水域面積を求めると $2,900\text{ m}^2$ であった。この値は、現在の満水時におけるすり鉢池の水域面積の約2倍の大きさ(図3, e)に相当する。また、現在の多雨期に水たまりが形成される北部の凹地は、当時より形成されていた水域とほぼ一致することがわかる。

一方、1975年の名古屋市名東区に分区した頃、人口増加などにより住宅地の開発が進み、すり鉢池の近隣の造成も開始され、当時の水域面積を図3(c)より算出した結果、現在のすり鉢池の水域とほぼ同等の水域面積となった。1997年には、すり鉢池南方に名東スポーツセンターが開館し、それ以降ほぼ現況の風景となっている。現在では、降水などによって余剰にもたらされた池水は、流出口より人工的に流出させることや周辺の開発などにより流入量が減少したことが、水域の減少につながったと示唆される。

図4には、すり鉢池の満水時に、測深した結果から作成した等深線を示した。現在のすり鉢池では、最大水深は 0.8 m であり、これを超える水量は、流出口より流出するようになり池水が氾濫することはない。また、各等深線で囲まれた面積をそれぞれ測定し、容積を求めるとおよそ 545 m^3 と算出された。

3.2 水位変化と降水量

図5には、2020年4月1日～2022年7月16日のすり鉢池における日平均水深と名古屋市名東土木事務所における日降水量を示す。すり鉢池は、恒常的な流入河川はなく、流域内にもたらされた降水によって、一時的な地表水の流入が認められ、概ね多雨期となる5～11月に降水

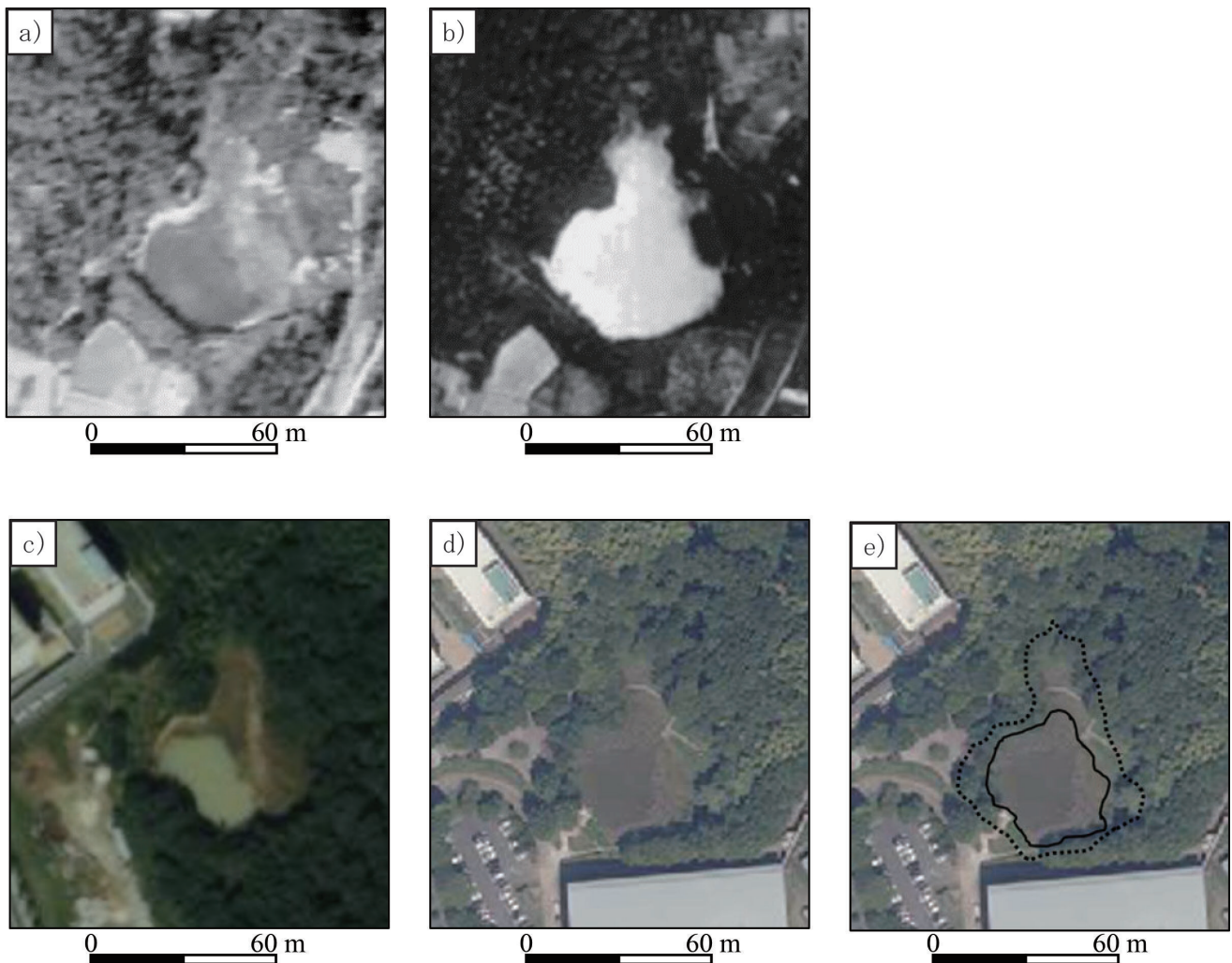


図3 すり鉢池の水域変遷

a) 1945年, b) 1963年, c) 1987年, d) 2020年, e) 1963年（点線）と2020年（実線）の水域面積の違い。

「出典：国土地理院におけるアメリカ軍および国土地理院撮影の空中写真（1945年，1963年，1987年，2020年撮影）」

Fig.3 The transition of water area at Suribachi-ike Pond

Its are shown 1945, a), 1963, b), 1987, c), 2020, d), and difference in water area between 1963 and 2020, e).

Source: Aerial photographs taken by the U.S. Army and the Geospatial Information Authority of Japan (GSI).

量による水の供給において水深が保たれている。また、本池には、流出河川はないが最大水深（0.8 m）を超えると、流出口より流出される。例えば、2020年7月18日に最大水深の0.8 mを超える時間が継続する。7月18日には、3：00～8：00の5時間に58 mmの集中豪雨があり、このときすでに満水状態の0.8 mに達していた。したがって、基本的には水深が0.8 mを上回ることはないため、水位が高い時期に短時間で豪雨に見舞われると、余剰分は流出される。すり鉢池の北部には湿地帯が広がっており、このような余剰の水は、すり鉢池からの氾

濫の受け皿となっており、池周辺では氾濫の被害は生じていない。一方、無降水期間となると、浸透や蒸発の影響により水位低下が生じる。例えば、2020年10月下旬から2021年1月中旬までは、およそ0.4 mの水位低下が生じている。冬季は、気温が低く、蒸発による水量減少の効果は低いことから、概ね池水の地下浸透によって水量が減少していると示唆することができる。

2021年11月14日には、池干しが実施されたため、11月上旬より人為的に流出させることで水位は低下し、数日で水が無い状態となった。2022年1月上旬まで降水がほ

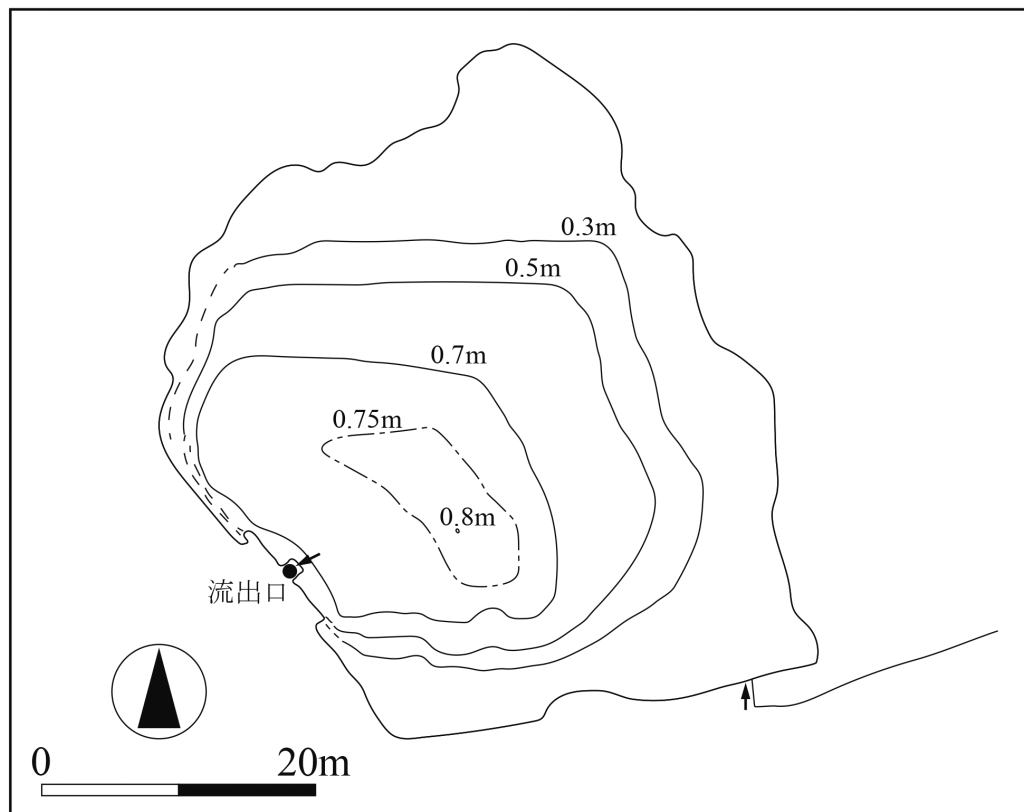


図4 すり鉢池の等深線図

Fig.4 The contour map of the pond.

とんどなく、2022年1月11日の降水（11 mm）によって水位が回復し、およそ水深0.3 mの湛水期間が4月下旬まで継続する。このとき、浸透量が降水量を上回る時期ではあるが、流域からの地下水涵養によって、一定水位が保たれている状態であったと考えられる。2021年の春季にも水深0.3 mまで水位は低下するが、それより水位は低くなっておらず、このことから地下水涵養から保たれる水量であったと示唆される。2022年4月29日には28.5 mmの降水があり、これ以降、水位がさらに上昇していく。2022年7月1日～10日には、150 mmを上回る降水があり、これにより、池干しのため流出した水量は自然回復し、満水となった。

3.3 すり鉢池の水質と底質状況

すり鉢池には恒常的な流入河川はなく、降水時ないし降水直後に一時的に地表水となって、水路を通じて流入する水があるのみである。図6には、2021年8月23日の観測日の試水について、すり鉢池の池水（St.1）と地

表水（St.2）の水質組成をStiff Diagramで示し、加えて、底質調査地点をSt.3～8を等深線図（図4）に示した。地表水は、2021年8月18日～22日に積算降水量が81 mmがあったため、流入河川の水路より湧出していた。Stiff Diagramとは、無機主要成分の水質組成を表現するためのダイヤグラムであり、当量値（meq/L）で表現される。中央に引いた直線を0 meq/Lとし、直線の左側は陽イオン（ $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ ）、上には、 Na^+ と K^+ 、中央には Ca^{2+} 、下には Mg^{2+} が計算によって求められた当量値が面積となって示されている。右側は陰イオン（ $\text{Cl}^- \cdot \text{NO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^-$ ）で、上には Cl^- 、中央には HCO_3^- 、下には NO_3^- と SO_4^{2-} が同じく示されている。

すり鉢池（St.1）の水質組成は、Ca- HCO_3 型であり、地表水（St.2）の水質組成とはほぼ一致した。浅井ほか（2020）は、名古屋市東部の名古屋市東部丘陵の里山湧水を対象として滞留時間を推定し、この地域の水質特性はNa-Cl型であったと報告しており、本地域の結果とは異なり、地質など地域的差異の検証が必要である。また、

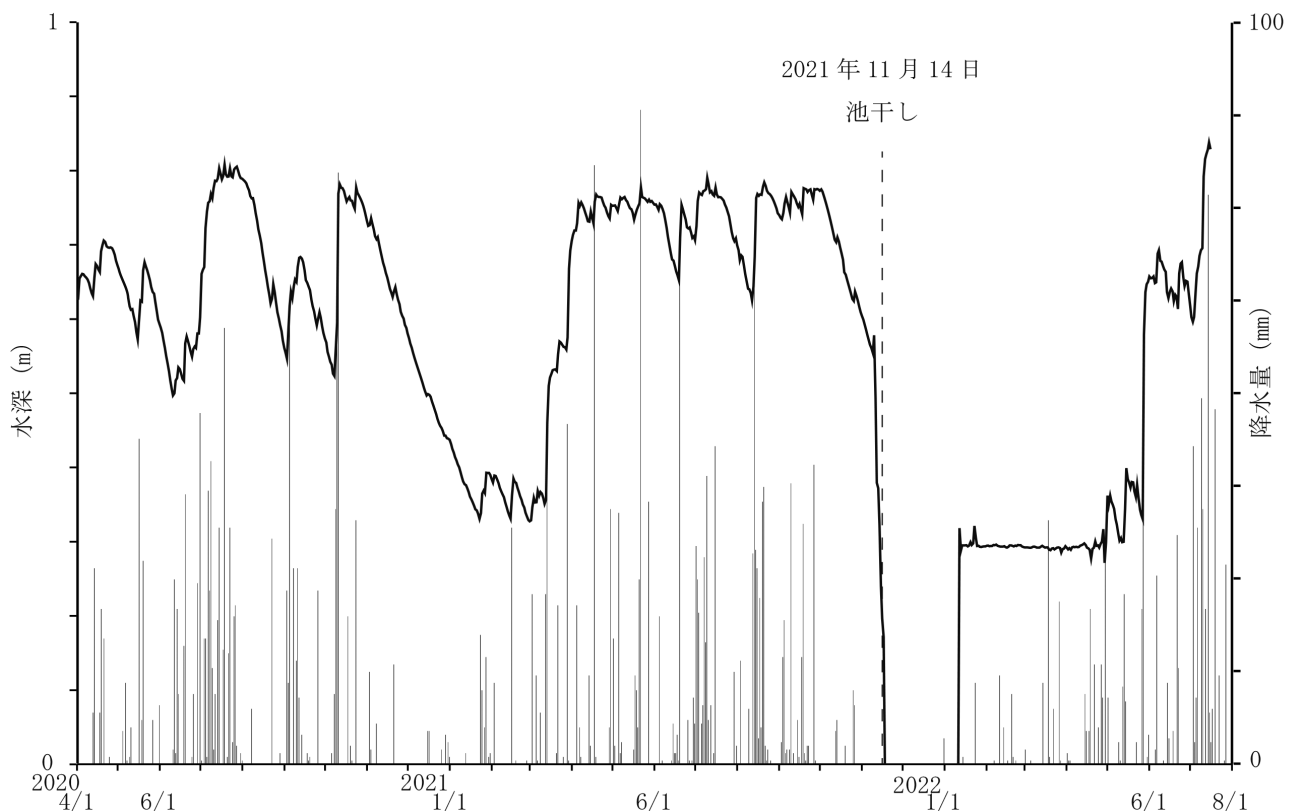


図5 水深と降水量の季節変動

水深は池底からの高さを示し日平均値で、降水量は日降水量である。

Fig.5 Seasonal change in water depth and precipitation

Water depth is the height above the pond bottom, it is calculated on the daily average. Precipitation is shown daily total.

Stiff Diagramの面積の大きさは、無機主要成分のイオン総量（当量値）を示しており、池水が高い結果となるものの水質組成がほぼ等しい。これは、池水も地表水も同じ流域から湧出する水であり、同じ水質起源であるためだと考えられる。また、無機主要成分の個別イオンに注目すると、特に、 NO_3^- が極端に少ないことがあげられる。渡邊（2008）によれば、筑波山（茨城県）の森林から流出する溪流水の NO_3^- は 1.8 mg/L (0.03 meq/L)で比較的高いものであるが、全国平均値は 0.4 mg/L (0.01 meq/L)であると報告されている。また、近隣の塚ノ杵池におけるTN（全窒素、 NO_3^- などの無機窒素や有機窒素を含めた全窒素量）が 0.94 mg/L 、西堀池が 1.41 mg/L と報告しているが（大畑ほか，2019），すり鉢池の池水や地表水では、その流域の大半が森林域であるにもかかわらず NO_3^- が極端に少ない。このことは、水位観測期間中に限られた試水での分析であり、継続的な

水質変動についてや降水による影響についてなど、さらに観測する必要があるといえる。

底質状況については2021年4月23日に現地調査を実施した。図6中のSt.3は、すり鉢池の流出口付近、St.4は最深点付近で、St.6は採取点の中で最も浅い地点となる。最深点付近St.4の周辺の状況を調査するため、St.5、St.7およびSt.8が設定されている。図7には、各地点の表層部分（0～5 cm）をコアサンプラーから切り出した試料の粒度分析結果を示す。すり鉢池では、すべての地点で細砂およびシルト・粘土の割合が50%を超えている。すなわち、底質全体として、比較的小さな粒径の底泥が多く堆積している結果となった。特に、St.3、St.4、St.5やSt.7では礫（2 mm以上）の比率は極端に低い結果となった。一方、最も岸の近隣である北部域のSt.6では、礫と粗砂との割合が48%と6地点の中で最も堆積物の粒径が大きくなった。

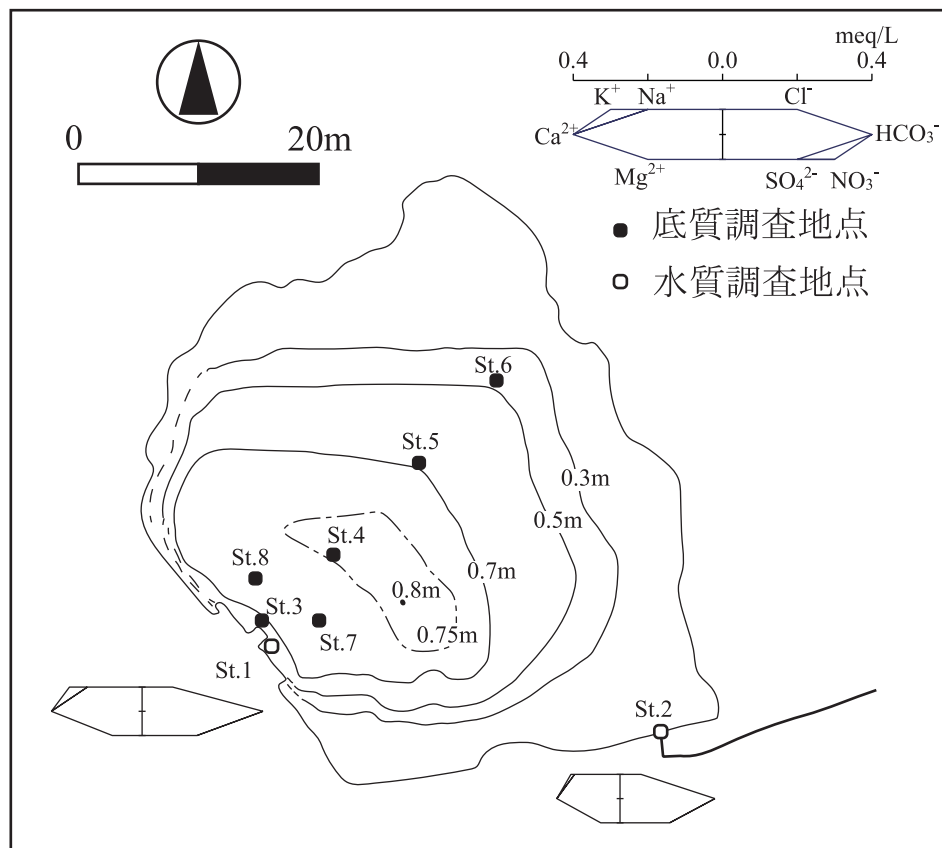


図6 すり鉢池および表流水の水質と底質調査地点
Fig.6 Water quality of the pond and bottom sediment survey sites

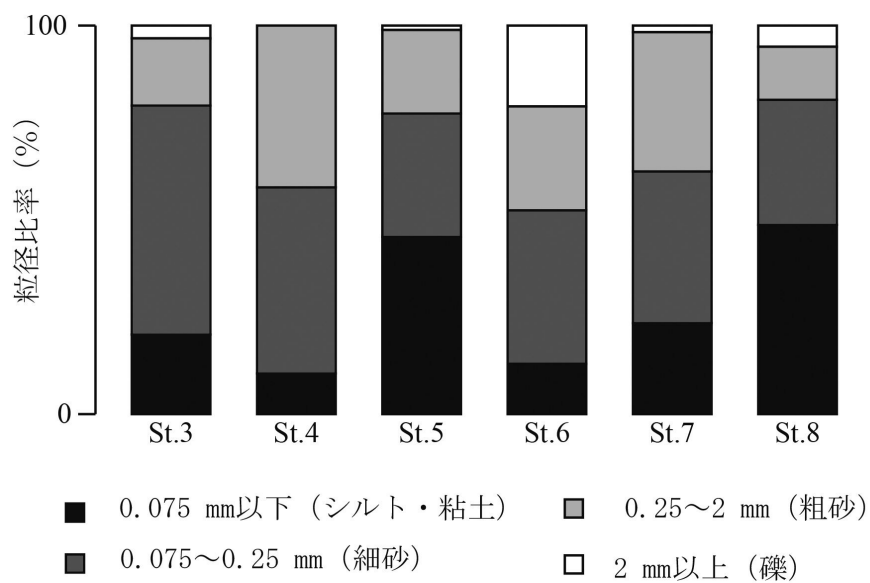


図7 すり鉢池底の粒径分布
Fig.7 Particle size distribution of the pond bottom

4. 考察

4.1 無降水期間の水位変動

湖沼の水位は、流入量と蒸発を含む流出量によって決定されている。湖水の流出は、一般に湖水面からの蒸発、湖盆からの漏水（浸透水）、そして表流水としての流出に大別される。このうち、湖盆からの浸透水は量的な把握が難しく、水収支計算においては、地下水としての流入量と同じように、しばしば未知数として扱われてきた。これは、分析手法として非常に不完全であり、そのため敢えて閉塞湖（流出河川のない湖）の水収支を扱った論文は多くない。

また、水収支式の中で蒸発あるいは蒸発散や浸透水の直接測定も困難である。一般的に池沼の水面からの蒸発量を算出する場合、バルク法といった顕熱・潜熱輸送から求めた蒸発量をもって算出されるが、本地域および近隣においては、計算に必要な要素である風向・風速や日射量の観測は行われていない。したがって、本論文では、すり鉢池流域における蒸発による流出量と可能蒸発散量を推定するソーンスウェイト法（新井，2004）によって月平均気温と日長効果の補正を用いて可能蒸発散量を推定し水収支計算をおこなった。ソーンスウェイト法は次式のように求められる。

$$PE = 1.6 \left(\frac{10 t_i}{I} \right)^a \quad (1)$$

$$a = (0.675I^3 - 77.1I^2 + 17920I + 492390) \times 10^{-6} \quad (2)$$

$$I = \sum_i = \sum \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1.514} \quad (3)$$

ここで、 PE （potential evapotranspiration）は、最大可能蒸発散量、蒸発散位、 t_i は月平均気温である。(3)において積算は1月から12月まで行う。また、日長補正值は、各月の係数（0.85～1.23）を使用した。

表1には、2020年5月～2022年7月における無降水期間が10日間以上あった期間を抽出し、その期間中の水位変化と蒸発散量から浸透量を算出した。無降水期間がはじまる日の水深は、1・2月は約0.4 mであり、冬季はやや水位が低い時期が継続するが、浸透量を算出するには十分な水量である。水位観測期間に一日あたりの浸透量が最も多く算出された期間は、2020年8月8日～8月21日の14日間の無降水継続期間である。無降水期間開始時の8月8日の水深は、76.1 cm（計算の便宜上、以降cmで算出）で、8月21日は62.0 cmであり、14.1 cm水位低下したと計算される。ここで、一日あたりの水位変化量は1.0 cm/日と算出される。8月は高温期であり、期間中の蒸発散量は、0.6 cm/日と試算され、推定される浸透量は0.4 cm/日と求められた。また、2020年11月21日～12月14日では、計24日間にわたる無降水継続期間であった。このとき14.6 cm水位低下し、無降水期間中で最大の変化量であった。この値に、上記のように推定された一日あたりの蒸発散量から、浸透量を求めると0.5 cm/日と求められた。ここで、無降水期間と期間中

表1 無降水期間中における浸透量の推定

Table 1 Estimation of infiltration volume in the period of no precipitation

無降水期間				期間中の	一日あたりの	一日あたりの	
			日数	水位変化量	水位変化量	蒸発散量	浸透量
				(cm)	(cm/日)	(cm/日)	(cm/日)
2020年8月8日	～	2020年8月21日	14	-14.1	-1.0	0.6	0.4
2020年11月8日	～	2020年11月19日	12	-8.0	-0.7	0.1	0.6
2020年11月21日	～	2020年12月14日	24	-14.6	-0.6	0.1	0.5
2021年1月1日	～	2021年1月11日	11	-5.4	-0.5	0.0	0.5
2021年1月13日	～	2021年1月22日	10	-4.1	-0.4	0.0	0.4
2021年2月3日	～	2021年2月14日	12	-5.8	-0.5	0.0	0.4
2021年7月16日	～	2021年7月28日	13	-5.9	-0.5	0.6	-0.1
2021年9月28日	～	2021年10月11日	14	-6.8	-0.5	0.3	0.2
2022年6月23日	～	2022年7月2日	10	-7.8	-0.8	0.5	0.3

の水位変化量の相関係数を計算すると、-0.75となり無降水期間が長いからといって水位低下量が多くなる結果にはあまりなっていない。

中尾（1971）によれば、湖沼は、流出量の変化によって水位を安定に保とうとする自己調整機能を持っていることを明らかにしている。濱田・山崎（1998）においても四尾連湖（山梨県）では、高水位の期間は水位変動する時間は極めて短く、低水位になるほど減水（浸透水）は、緩慢になることを指摘し、漏水量は水位に比例していることを明らかにしている。このことから、高水位時には浸透量が大きくなることが示唆される。また、池水の浸透域は、水域の変遷の解析や粒度分析の結果から、主に池の北部域（図6中St.6より浅層）で生じる可能性が高く、この地域はなだらかな傾斜で水位変動によって水域面積が大きく変動する地域であり、池水が浸透する範囲は比較的広いことが示唆される。

しかし、水深と浸透量との関係を解析するにあたり、無降水期間がはじまる日の水深で決まるような明瞭な違いは確認できなかった。また、本研究では、蒸発散量を用いて流域からの流出量として見積もっており、多雨期の気温の高い時期には、水位変化量に影響する蒸発散量の比率がいずれの時期も50%を超える値となり、ばらつきの多い結果となった。したがって、より実測値に基づいた水面実蒸発量から浸透量を解明することも課題となる。ただし、ばらつきが大きかった気温が高い時期の浸透量の平均は0.2 cm/日と算出され、いずれの期間においても差は小さいと考えられる。また、1・2月は気温

が低く蒸発散量の影響も小さいため、この期間の浸透量が0.4 cm/日と算出され、水位変化量に影響する蒸発散量の比率は4～9%となり、すり鉢池の浸透量をほぼ説明していることになることが考えられる。したがって、本池の浸透量として平均0.4 cm/日の値を得ることができる。

4.2 すり鉢池の水収支

次に、表2には、2020年5月～2022年7月における降水が数日継続し、総降水量が5.0 cm（一般的に降水量はmmの単位で示されるが、計算の便宜上以降cmで算出する）以上あった期間を抽出し、その期間中の総降水量、水位変化量および一日あたりの水位変化量を求めた。水位観測の期間中最も多雨となったのは、2020年10月7日～10月10日の4日間で18.2 cmであった。このときは、台風14号（チャンホン）が10月5日に発生し、10月7日には、強い勢力となった気象状況で、台風の北側より秋雨前線が北上し近畿から関東で広く降水がもたらされた。また、台風の接近に伴い、10月8日には、JR東海は、10月10日昼ごろから東海道新幹線の東京―新大阪間で計画運休する可能性があると発表するなど、各地に影響を及ぼした。10月10日12:00には、期間中最大の時間降水量が1.15 cmとなるなど、連続して多くの降水量がもたらされた期間である。この期間においては、水位が24.6 cm上昇し、一日あたりの水位変化量としては4.9 cm/日と算出された。また、2022年5月26日・27日の2日間では、総降水量が7.5 cmで、水位変化量が

表2 降水期間における総降水量とすり鉢池の水位変化
Table 2 Change in water level of the pond and total precipitation during rainy season

降雨期間				総降水量	水位変化量	一日あたりの 水位変化量
				(cm)	(cm)	(cm/日)
2020年5月16日	～	2020年5月19日	4	7.8	6.5	1.3
2020年6月10日	～	2020年6月14日	5	5.9	3.8	0.6
2020年9月2日	～	2020年9月4日	3	9.5	7.1	1.8
2020年10月7日	～	2020年10月10日	4	18.2	24.6	4.9
2021年3月12日	～	2021年3月13日	2	6.4	10.4	3.5
2022年5月26日	～	2022年5月27日	2	7.5	24.8	8.3
2022年7月3日	～	2022年7月6日	4	8.7	6.8	1.4

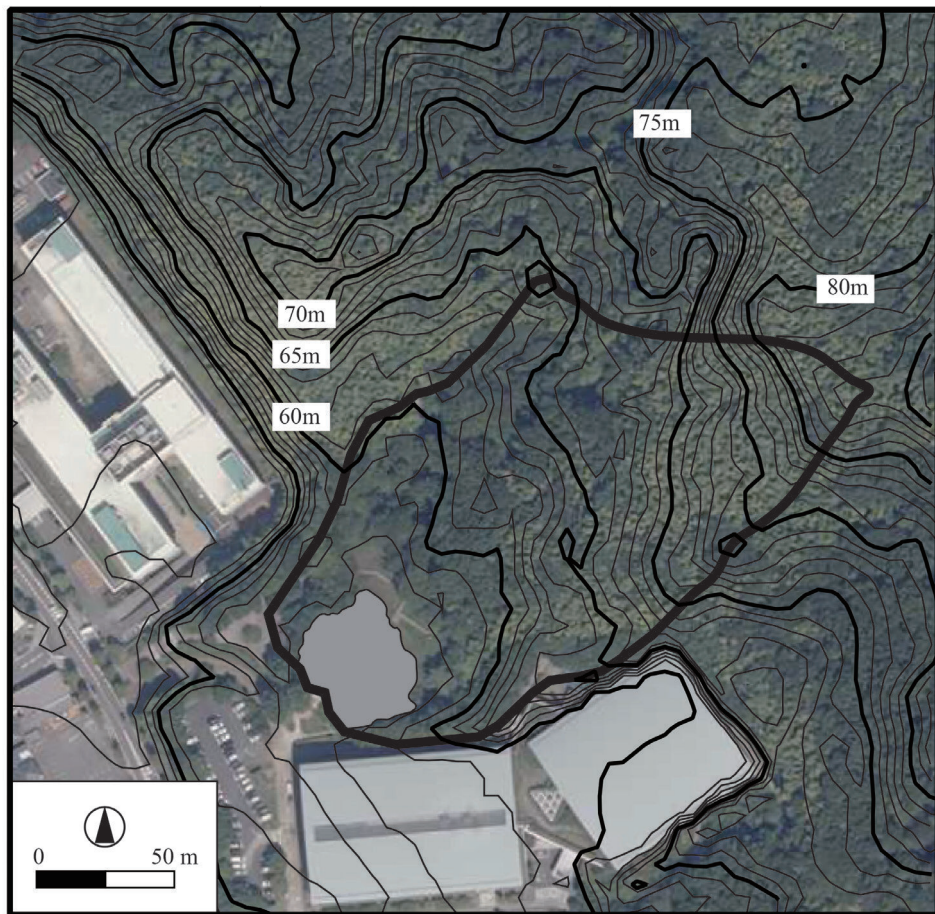


図8 すり鉢池およびその流域界
等高線は、国土地理院「基盤地図情報ダウンロードサービス」よりDEM（5mメッシュ）より、標高1m毎にQGISを用いて作成。太線は標高5m毎となっている。

Fig.8 The basin of Suribachi-ike Pond
Contour lines were calculated by QGIS using for the DEM (5 m mesh) from the GSI. Solid and bold lines show every 1 m and 5 m in elevation.

8.3 cm/日と期間中最大の上昇となった。2022年5月27日2:00には期間中最大で時間降水量が2.05 cmで7.3 cm/時の水位上昇が認められ、2021年11月の池干し以降、この時期を境に、すり鉢池の水が池干し前の状態に戻ったといえる。

ここで、降水期間における流域からの流入について考察する。すり鉢池の流域面積は、23,075 m²と求められ、すり鉢池面積（1,450 m²）のおよそ16倍にあたる（図8）。すり鉢池から降水が直接が流入した場合、総降水量から蒸発散量と浸透量を差し引いた値は、池の水位変化量と同等になる。しかし、水収支の支出分として、蒸発散量や浸透量を加味して、正味の量として算出しなければならない。一般的な水収支式の基本は次式のように求め

られる。

$$I - O = \Delta S \quad (4)$$

ここで、 I は流入量（降水量）、 O は一定期間内の流出量（蒸発量）、 ΔS は一定期間内の水保有量（地下水流出・流入）の変化を示し、正味の量を示す。 O については、すり鉢池では、最大水深にならない限り流出量は0（ゼロ）であり、蒸発量についてはここでは蒸発散量で計算される。また、 ΔS における正味の量は、負の値であれば、降水量を上回る流入量（すなわち地下水流入を想定）がなければ水位の実測値とはならない。表3にはすり鉢池における水収支計算の結果として、総降水量

と水位変化の差、期間中の蒸発散量および浸透量を求め、正味の水収支として算出した結果を示す。浸透量については、表1より平均0.4 cm/日と求められた値を用いた。その結果、正味の値は、いずれも負の値となった。このことは、流域からの地下水流入を考慮しないと、観測水位には達しないことを示している。実際、2020年10月、2021年3月および2022年5月については、降水終了日の時点で、すでに水位変化量が負の値であったことから、この期間中では、降水中でも流域からの地下水流入があったと示唆される。これらを基に、最後に2021年11月14日の池干し以降、2022年7月15日に満水になるまでの水収支を算出する。この期間、243日間の総降水量は74.9 cmで、すり鉢池にほぼ満水になる降水量があったことになる。しかし、流出量として、蒸発散量は44.9 cm、浸透量は97.2 cmが算出され、142.1 cm分の蒸発散ないし浸透によって流出したことになる。この値は、すり鉢池の流域に1.5 cm（15mm）相当の降水量で、総降水量の2％程度の降水量に当たる地下水が流入したことが試算される。このことから、流域からの地下水が、すり鉢池の池水の主な水源であると考えられる。

5. まとめ

2021年11月14日に実施された名東区猪高緑地・すり鉢池の池干し事業では、ミナミメダカ *Oryzias latipes* が129匹、モツゴ *Pseudorasbora parva* が1,238匹、スジエビ *Palaemon paucidens* が1,244匹といった多くの在来淡水魚類および甲殻類が捕獲された（榊原ほか、2022）。水生生物を池へと還すまでの間、なごや生物多様性セン

ターで保護・飼育し、池の水位が回復次第、速やかに池へ放流する計画の中、2022年4月16日に「里帰り放流会」事業をもって池へと還された。

本研究では、すり鉢池において、主に池干し後から水位の回復までの水収支の解明を目的とし、長期的な水域変遷や浸透水（地下水流出）について考察した。その結果、特に、池干し後に水位が回復するまで約8ヶ月間で総降水量749 mmの降水によって満水にまで至ったことが明らかになった。一方、水収支解析の結果、地下へと浸透する水量が、池の水面への直接降水よりも多く流出することも明らかとなった。したがって、本池では、流域からの地下水の流入が水位維持機能のために大きく寄与していることが明らかとなった。本研究は、流入する地下水の涵養域となる背後の森林地域が適切に保全される必要性が示された資料になると考えられる。

さらに、本研究の結果の通り、水生生物を放流できる池の水位の回復に約半年かかったことから、「里帰り放流会」事業は、なごや生物多様性センターにて捕獲した水生生物を当初の計画より長期間、保護・飼育することとなった。このことは、水生生物に負担をかけるだけでなく、保護・飼育に計画以上の負荷がかかることにつながった。水域の水収支を理解することは、水生生物にも、保護・飼育にも適切な計画の立案につながるとともに、動植物の保全作業を計画する際にも重要な資料となり得る。ため池は、現在では農業水利といった元来の機能のみならず、生物の生息・生育の役割などの多面的機能も求められている。今後、多くのため池が生態系保全や生物多様性の場の役割を担うためにも、ため池における

表3 降水期間におけるすり鉢池の水収支
Table 3 Water balance of Suribachi-ike Pond during rainy season

降水期間				総降水量と 水位変化量の差 (cm)	期間中の 蒸発散量 (cm)	期間中の 浸透量 (cm)	正味の量 (cm)
2020年5月16日	～	2020年5月19日	4	1.3	1.3	1.6	-1.6
2020年6月10日	～	2020年6月14日	5	2.1	2.4	2.0	-2.3
2020年9月2日	～	2020年9月4日	3	2.4	1.3	1.2	-0.1
2020年10月7日	～	2020年10月10日	4	-6.4	0.8	1.6	-8.8
2021年3月12日	～	2021年3月13日	2	-4.0	0.2	0.8	-5.0
2022年5月26日	～	2022年5月27日	2	-17.3	0.6	0.8	-18.7
2022年7月3日	～	2022年7月6日	4	1.9	2.3	1.6	-2.0

水位維持機能のメカニズムの解明は重要な課題であるといえる。

謝辞

本原稿をまとめるにあたり、名東自然倶楽部の高木和彦氏には、現地観測を通じて種々の便宜を計っていただきました。また、名古屋市名東土木事務所においては、降水量のデータを提供いただいた。さらに、四日市大学の大八木麻希准教授には有益なご助言を賜わり、南山大学総合政策学部2021年度卒業生の菅沼恒太氏には、現地調査や底質分析などひとかたならずお世話になった。査読者および編集委員の方々には貴重な意見をいただきました。ここに記して厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 新井 正. 2004. 地域分析のための熱・水収支水文学. 古今書院, 東京. 309pp.
- 浅井和由・辻村真貴・加藤勇治. 2020. 里山湧水における年代トレーサーの挙動－温度変動がCFCs, SF₆濃度と与える影響－. 地下水学会誌, 62(4): 589-599.
- 濱田浩美・山崎良雄. 1998. 閉塞湖の存在条件に関する研究. 千葉大学教育学部研究紀要, 46: 63-72.
- 浜田 崇・三上岳彦. 1994. 都市内緑地のクールアイランド現象 明治神宮・代々木公園を事例として. 地理学評論, 67(8): 518-529.
- 国土地理院. 地理院地図. 地理院タイル (標準地図), <https://maps.gsi.go.jp>, 2022年8月31日確認
- 国土地理院. 地図・空中写真閲覧サービス. 空中写真 (1945年, 1963年, 1987年, 2020年撮影), 旧版地形図. <https://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>, 2022年8月31日確認
- 近藤文男. 2005. 知多半島のため池の歴史・現状・多面的機能. 農業土木学会誌, 73(1): 23-26.
- 村松憲一. 2019. 猪高緑地 (名古屋市名東区) の地質概報. 名古屋地学, 81: 1-5.
- 木綿愛子. 2018. 名古屋市の水循環施策「水の環復活2050なごや戦略」について. 地下水学会誌, 60(2): 123-130.
- 中尾欣四郎. 1971. 湖沼水位の安定性についての研究. 北海道大学地球物理学研究報告, 25: 25-87.
- 農林水産省, 農業用ため池一覧, https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/ichiran.html, 2022年8月31日確認
- 大畑史江・岡村祐里子・長谷川絵理・榊原 靖・水野雄介. 2019. 名古屋市内のため池の現況. 名古屋市環境科学調査センター年報, 8: 45-54.
- 西條八東・三田村緒佐武. 2016. 新編 湖沼調査法 第2版. 講談社, 東京. 272 pp.
- 榊原 靖, 星 克己, 宇地原永吉. 2022. II. 水辺の生きものの部会. なごや生物多様性保全活動協議会 (編). なごや生物多様性保全活動協議会令和2・3年度活動報告資料編, 20-31.
- 高崎保郎. 2017. 名古屋市名東区猪高緑地の蜻蛉と蝶. なごやの生物多様性, 4: 89-106.
- 玉木一郎・水野三正・柳沢 直・津田 格・中川祐弥・板谷明美. 2016. 名古屋市北東部の都市緑地に残存する天然生林の樹木群集構造と種多様性. 保全生態学研究, 21(1): 93-102.
- 富田啓介. 2006. ため池の減少率を規定する土地利用変化 愛知県知多半島中部の事例. 地理学評論, 79(6): 335-346.
- 東海テレビ, 池の水抜いたらブルーギルが3千匹以上も…緑地で『池干し』外来種を駆除後水を張り在来種戻す予定, https://www.tokai-tv.com/tokainews/article_20211116_13533, 2022年8月31日確認
- 内田和子. 2001. ため池の多面的機能に関する考察. 水利科学, 45(1): 51-68.
- 渡邊未来. 2008. 森林から窒素が流れ出す－筑波山の窒素飽和－. 国立環境研究所ニュース, 27(5): 6-8.