

印旛沼と手賀沼の沖合の底生動物相

大高明史¹⁾・倉西良一²⁾・小林 貞³⁾

¹⁾ 弘前大学教育学部自然科学教室

〒036-8560 弘前市文京町 1

E-mail: ohtaka@cc.hirosaki-u.ac.jp

²⁾ 千葉県立中央博物館

〒260-8682 千葉市中央区青葉 955-2

E-mail: kuranishi@chiba-muse.or.jp

³⁾ 〒214-0034 川崎市多摩区三田 3-4-303

要 旨 2009年3月に、千葉県印旛沼と手賀沼の沖合で底生動物群集の構成と現存量を調べた。大型底生動物の組成は両湖沼とも、イトミミズ科のユリミミズとクチアケコイトミミズを主体とする貧毛類とオオユスリカ種群を主体とするユスリカ類から構成されており、中部日本の平地に位置する他の浅い富栄養湖と類似していた。1929～1930年に行われた調査結果と比較すると、両湖沼とも貝類や水生昆虫類が激減していた。

キーワード: 印旛沼, 手賀沼, 底生動物, 貧毛類, ユスリカ類, 富栄養湖。

下総台地の沖積低地に位置する印旛沼と手賀沼は、利根川が支流の谷の口に土砂を堆積してできた堰止湖である(日本陸水学会, 2006)。両湖沼とも、古くから治水や利水の面で人間生活との関わりが深く、現在の湖沼の形状は河道の改変や干拓などによって人工的に形成されといえる(楡井・楠田, 1991)。かつては両湖沼とも、利根川を通じて海とつながっていたため、淡水性だけでなく汽水性の生物も生息する多様性に富んだ水域だった(山田ら, 1993; 占部ら, 1990)。しかし、水田の拡大を目的として1946年から始まった国営干拓事業によって、両湖沼とも利根川から分断され、印旛沼は北部と西部に分かれて水面は半分になり、手賀沼は東半分が消失した。両湖沼とも、干拓前の湖岸は緩やかな傾斜を持ち、周囲の湿田から低湿地を経て湖底までが連続していたが、干拓に伴って湖岸に堤(護岸)が作られたため、乾田から堤、そして急に水深1 m以上もある水域となり、陸域から水域への連続性が遮断された。地形の改変に加えて工事そのものの影響もあり、かつては宝庫と言われた水生植物群落著しく減少した。さらに、首都圏の拡大によって両湖沼の周辺では人口が増加し、生活排水の湖内への流入量が急増し、水質は1960年代から極めて悪化した。そして、残存していた水生植物群落も壊滅的な打撃を受けた(笠井, 2001; 浅間, 2001)。

水中で生活する動物にとって、水生植物群落は極めて重要な生息環境である。印旛沼や手賀沼における水生植物の減少は、魚類やエビなどの甲殻類にも大きな打撃を与えた。両湖沼の開発や水質汚濁の進行とともに

に、エビ類や円口類、魚類などの種数が激減し、外来種の割合の急増などで種構成も大きく変化したことが報告されている(千葉県水質保全研究所, 1979; 占部ら, 1990)。

印旛沼と手賀沼の底生動物相は、Miyadi (1932) によって1929年と1930年に調査が行われている。これによると、両湖沼の底生動物の組成は互いに似ており、どちらもユスリカ類をはじめとする昆虫類、貝類、貧毛類から構成されていた。Miyadi (1932) は、両湖の組成を同時期に調査を行った霞ヶ浦や北浦と比較して、ユスリカ類など双翅目幼虫の出現割合が低い一方、トンボ目やトビケラ目など、ユスリカ以外の昆虫類が多数出現し、また貝類の占める割合が高い特徴があることを指摘している。

手賀沼については、Miyadi (1932) 以降、安野ら(1983)や高村ら(1986)が底生動物の現存量や種構成について調査を行い、富栄養化との関連を考察している。浅間(1989)は手賀沼の底生動物の構成を過去と比較して、汚濁の影響を考察している。環境庁(1993)は、第4回自然環境保全基礎調査で印旛沼と手賀沼を調査しているが、底生動物についてはわずかな記載があるにすぎない。印旛沼の底生動物についてはその流出入河川とともに、1992年に利根川下流工事事務所(1998)によって調査がなされ、13目15科17分類群が記録されている。

印旛沼や手賀沼は、1970年代から近年まで全国で最も水質汚濁の進んだ湖沼として著名な存在であった。手賀沼では、生活排水対策や北千葉導水路の整備など

によって、水質は徐々に改善の方向にある（我孫子市経済環境部手賀沼課, 2009）。印旛沼でも、市民や行政が一体となった印旛沼流域水循環健全化会議が、湖沼の再生にむけて様々な検討を行っている。両湖沼の環境は近年になって改善の方向にむかいつつあるが、湖沼の生態系はまだまだ大きな変化の渦中にある。

生態系の変化を把握するためには、生物群集の変遷を正確に把握することが極めて重要である。印旛沼や手賀沼では、水生植物や魚類など、大型生物の現状やその変遷についての知見はある程度蓄積されているものの、広い面積を占める沖合の湖底に生息する底生動物に関しては、Miyadi (1932) と対比できるような近年の基礎的な知見は極めて乏しい。そこで、現在の印旛沼と手賀沼の沖合でみられる底生動物相を把握することを目的に、2009年3月に両湖沼の沖合それぞれ数地点で、底生動物の定量調査を行った。

調査地と方法

底生動物の調査は、印旛沼、手賀沼ともに2009年3月9日に行った。印旛沼は、千葉県の北西部の八千代市、佐倉市、成田市、印旛郡酒々井町、栄町、印旛村、本埜村にまたがる湖沼で、1963～1969年に行われた印旛沼開発事業によって、面積626haの北印旛

沼（北部調節池）と面積529haの西印旛沼（西部調節池）に分断され、両者は印旛捷水路によって連結され現在に至っている。底生動物の調査は、北印旛沼の中央部（St. 1, 水深1.5m）と西印旛沼の東端（St. 2, 水深1.3m）の2カ所で行った（図1）。

手賀沼は、千葉県北部の我孫子市、柏市、印西市、白井市にまたがるにまたがる面積650ha、最大水深3.8mの東西に細長い湖沼である。底生動物の調査は、西部の根戸下沖（St. 1, 水深2.0m）、中央部の水神山古墳沖（St. 2, 水深1.2m）、東部で千葉県の定期調査地点にあたる「手賀沼中央」（St. 3, 水深1.3m）の3カ所で行った（図1）。

両湖沼とも、調査地点ごとに、標準型エクマン・バージ採泥器（底面積225cm²）を用いた3回の採泥を行い、目合0.25mmのサーバーネットでふるって余分な泥を落としたのち、直ちに10%ホルマリンで固定した。これに加えて、成虫によるユスリカ類の正確な同定のために、各地点で1～2回の補足的な採泥を行い、出現した幼虫を清水で飼育して得た羽化個体の観察を行った。調査時には、調査地点ごとに、表層水の水温と電気伝導度（TOA CP-14P）およびpH（Narika パックテスト）を測定し、採泥時に底泥の表面温度を測定した。

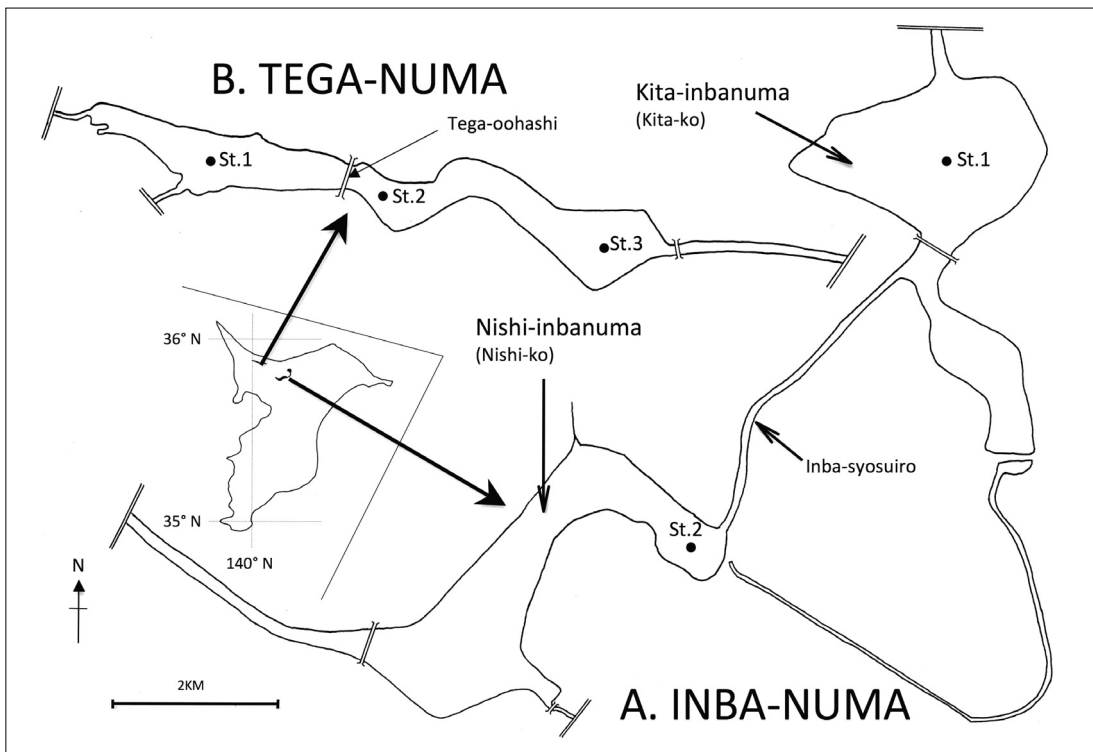


図1. 印旛沼と手賀沼の位置、および底生動物の調査地点。A、印旛沼：St. 1, 北印旛沼中央；St. 2, 西印旛沼東端。B、手賀沼：St. 1, 根戸下沖；St. 2, 水神山古墳沖；St. 3, 「手賀沼中央」。

底生動物サンプルから実体顕微鏡を用いて動物を拾い出し、分類群ごとに計数を行い、電子天秤 (Sartorius BP310P) で湿重量を測定した。線虫類やカイアシ類などのメイオセントスについては、多数の個体がふるいの目から抜け落ちてしまっていると考えられるため、出現の有無の把握にとどめた。貧毛類は、種ごとに一部の個体をアルコールシリーズで脱水後、サリチル酸メチルで透徹し、バルサムで封入してプレパラート標本とし、光学顕微鏡を用いて種レベルでの同定を行った。飼育して得たユスリカの成虫は、翅と生殖器を含む腹部をガムクロラルで封入し、種レベルでの同定を行った。貧毛類、ユスリカ類とも、同定を終えたプレパラート標本から種ごとに1個体ずつを選び、参照標本として千葉県中央博物館に保管した。

なお、今回の調査で出現した貧毛類の2群、イトミミズ科 (Tubificidae) とミズミミズ科 (Naididae) は近年シノニムとされた (Erséus and Gustavsson, 2002; Erséus *et al.*, 2008)。しかし、この新しい扱いは、少なくとも日本語の文献ではまだ一度も適用されたことがないため、ここでは、混乱を避けるために、従来、イトミミズ科とミズミミズ科を互いに独立した分類群とみなす体系を用いた。

結 果

1. 底生動物の出現種

今回の調査で、印旛沼と手賀沼から、以下の13分類群の底生動物が確認された。

Class OLIGOCHEATA 貧毛綱
Order Tubificida イトミミズ目
Family Naididae ミズミミズ科

1. *Paranais* sp. ニセミズミミズ属の一種

備考. 印旛沼と手賀沼から未成熟個体のみが採集された。ニセミズミミズ *Paranais litoralis* (Müller, 1784) が日本各地の汽水域から知られている (たとえば北海道藻琴沼, 山口, 1954) が、この種に該当するかどうかは、成熟個体を検討し、確認する必要がある。

2. *Stephensoniana trivandran* (Aiyer, 1926)

備考. 印旛沼でわずかに出現した。茨城県北浦 (Ohtaka and Kikuchi, 1997) や琵琶湖内湖 (Ohtaka and Nishino, 2006) をはじめとした、各地の湖沼沿岸部から記録されている。

Family Tubificidae イトミミズ科

3. *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede, 1862 ユリミミズ

備考. 日本の浅い富栄養湖で最も普通に見られる貧毛類のひとつで (大高, 1992), 印旛沼, 手賀沼ともに優占種となっていた。成熟個体は、栄養段階

の高い水域に見られる“plate-topped”型 (Ohtaka *et al.*, 1990) の陰莖鞘を持っていた。

4. *Limnodrilus claparedianus* Ratzel, 1868 モトムラユリミミズ

備考. ユリミミズ属の中では、ユリミミズに次ぐ普通種で、富栄養化した水域ではユリミミズと同所的に出現することが多い (大高, 1992)。今回の調査では印旛沼だけで採集された。

5. *Teneridrilus mastix* (Brinkhurst, 1978) クチアケコイトミミズ

備考. 本種はカナダ西岸から記載された種である (Brinkhurst, 1978)。日本では、1995年に琵琶湖から初めて記録されたのち (Ohtaka and Nishino, 1995)、諏訪湖 (Ohtaka and Nishino, 1999) や伊豆沼 (大高, 2009) などの富栄養湖で記録され、八郎潟の沖合 (大高, 2006) ではユリミミズに次ぐ優占種となっている。本種は、今回の調査では印旛沼と手賀沼の両湖沼で確認され、特に、印旛沼では最も優占する貧毛類であった。1980年代に行われた北浦 (Ohtaka and Kikuchi, 1997) や諏訪湖 (Yasuda and Okino, 1987) の調査結果に本種の記録はなく、近年の記録はいずれも人間活動の影響が大きい富栄養湖でなされている点から、本種は外来種である可能性がある。ただし、日本の湖沼では、1970年代まで、貧毛類の種レベルでの記録はごくわずかしかなく、また、過去の標本もほとんど残っていないことから、種組成の変遷を正確に把握することはどの湖沼でも難しい状況にある。

6. *Ilyodrilus templetoni* (Southern, 1909)

備考. 本種は印旛沼のみから採集された。全北 region に分布するイトミミズ類の一種で (Brinkhurst and Jamieson, 1971)、日本の周辺地域では千島やサハリンなどからの記録がある。日本では、2006年に琵琶湖から初めて記録されたのち (Ohtaka and Nishino, 2006)、八郎潟 (大高, 2006) や伊豆沼 (大高, 2009) などからの記録が相次いでいる。1980年代に記録がなかった諏訪湖 (Yasuda and Okino, 1987) では、2007年の調査で多数が確認されている (大高, 未発表)。クチアケコイトミミズと同様に外来種である可能性がある。

7. *Aulodrilus* sp. 1 ヒメイトミミズ属の一種 sp. 1

備考. Ohtaka and Kikuchi (1997) が茨城県北浦から記録した *Aulodrilus* sp. と同種で、今回の調査では印旛沼から採集された。八郎潟 (大高, 2006)、小川原湖 (大高・佐藤, 2005)、塘路湖 (伊藤ら, 2002)、河北潟 (大高, 未発表) など、汽水湖あるいは汽水の歴史を持つ富栄養湖を中心に日本各地の湖沼で確認されている。

8. *Aulodrilus* sp. 2 ヒメイトミミズ属の一種 sp. 2

備考. 手賀沼で未成熟個体のみが採集された。剛

毛の形態は、日本から未記録の *A. pluriseta* (Piguet, 1906) によく似ているが、正確な同定には、成熟個体を使って生殖器官の構造を調べる必要がある。

9. *Branchiura sowerbyi* Beddard, 1892 エラミミズ
備考．水田や浅い富栄養湖での普通種．今回の調査では、手賀沼でわずかに採集された．
10. Tubificidae spp. その他のイトミミズ科の複数種
備考．上記に該当しないイトミミズ科の未成熟個体．両湖沼で採集され、剛毛の形態の違いから複数種と推測された．

Class Insecta 昆虫綱

Order Diptera 双翅目

Family Chironomidae ユスリカ科

Subfamily Tanypodinae モンユスリカ亜科

11. *Tanypus* sp. カスリモンユスリカ属の一種
備考．日本産 *Tanypus* 属は、従来ほとんど *T. punctipennis* Meigen, 1818 として記録されてきたが、最近、*T. punctipennis* に近縁の 1 未記載種が存在することが分かってきた．この未記載種の成虫は *T. punctipennis* と非常によく似ていて、形態による識別は現在のところ困難である．一方、幼虫と蛹では形態での識別が可能である．今回、印旛沼と手賀沼から採集された個体は、未記載種に該当する．幼虫の舌板は細長く、側舌が 30 数本の毛状を呈するという特徴を備えている．

Subfamily Orthoclaadiinae エリユスリカ亜科

12. *Prosilocerus akamusi* (Tokunaga, 1938) アカムシユスリカ
備考．Tokunaga (1938) が、*Orthoclaadius akamusi* として記載、後に Sasa (1988) はこれを新属として *Tokunagayusurika akamusi* としたが、Sæther and Wang (1996) により、*Prosilocerus* 属に移された．成虫はオオユスリカ種群に次ぐ大型の黒いユスリカで、かつては晩秋に羽化・大発生し不快昆虫の代表だった．10 余年ほど前から各地で一斉に激減したが、近年再び復活のきざしがある．幼虫はアカムシとして釣り餌に使われる．今回は手賀沼から採集された．

Subfamily Chironominae ユスリカ亜科

13. *Chironomus* sp. (*C. plumosus* group) ユスリカ属の一種 (オオユスリカ種群)
備考．印旛沼と手賀沼の両湖沼で採集された．日本のオオユスリカ種群は、近年までヨーロッパ原産の *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758) と同定されてきたが、Golygina et al. (2003) は、幼虫の唾液腺染色体のバンドの違いに着目し、つくば産と諏

訪湖産の標本を基に *C. suwai* Golygina and Martin, 2003 を新種記載した．さらに Golygina and Ueno (2008) は、*Chironomus* sp. K を報告した．これらは、いずれも *C. plumosus* の同胞種であり、成虫の形態では識別できないとされている．オオユスリカ種群は、雄成虫の体長が約 10mm の日本最大のユスリカで、アカムシユスリカとともに富栄養湖の代表種で、年 2 ~ 3 回大発生して「不快昆虫」とされる．

2. 底生動物群集の構造と現存量

印旛沼．調査を行った印旛沼沖合の 2 地点の底質は、いずれも植物残渣を含む柔らかい泥で、表面は灰色で明瞭な酸化層は確認されなかったもの、硫化水素臭は認められなかった．底泥表面の温度は 2 地点とも 8.3 であった．マクロベントスは両地点とも貧毛類とユスリカ類だけで構成されており、密度や現存量、構成比は両地点でよく似ていた．貧毛類はミズミミズ科 2 種とイトミミズ科 7 種からなり、どちらの地点もイトミミズ科に属するクチアケコイトミミズ、ユリミミズおよびヒメイトミミズ科の一種 *Aulodrilus* sp. 1 の 3 種が優占した．ユスリカ類はオオユスリカ種群の一種とカスリモンユスリカ属の一種からなる単純な構成であった．マクロベントスの総密度の平均値は 993 個体 / m² (St. 1 北印旛沼) および 1142 個体 / m² (St. 2 西印旛沼)、総現存量は 3.0 g / m² (北印旛沼) および 2.6g / m² (西印旛沼) であった．このほかに、メイオベントスとして、線虫類とケンミジンコ目およびソコミジンコ目のカイアシ類が両地点から確認された．

手賀沼．調査を行った沖合 3 地点の底泥は、印旛沼と同様に維管束植物の残渣を多量に含んでおり、表面は灰色で硫化水素臭はしなかった．調査を行った 3 地点のうち、水神山古墳前 (St. 2) で植物残渣の量が特に多かった．泥表面の温度は 8.8 ~ 9.0 °C であった．手賀沼の 3 地点で採集されたマクロベントスは、印旛沼と同様に貧毛類とユスリカ類だけで、優占種はいずれの地点もユリミミズであった．貧毛類はミズミミズ科 1 種とイトミミズ科 5 種からなり、印旛沼で出現したウィリーユリミミズ、*Ilyodrilus templetoni* および *Aulodrilus* sp. 1 が確認されず、代わって印旛沼で採集されなかった *Aulodrilus* sp. 2 とエラミミズが採集された．ユスリカ類はオオユスリカ種群、アカムシユスリカ、カスリモンユスリカ属の一種の 3 種からなる単純な構成であった．水神山古墳前 (St. 2) ではユスリカ類は全く採集されず、根戸下 (St. 1) ではアカムシユスリカのみが採集された．手賀沼中央 (St. 3) では 3 種のユスリカ類が採集され、カスリモンユスリカ属の一種が最も優占した．手賀沼 3 地点におけるマクロベントスの総密度は 341 ~ 696 個体 / m² で、どの地点でも印旛沼よりも低く、総現存量も 0.3 ~ 3.9

印旛沼と手賀沼の沖合の底生動物相

g / m² の範囲で、調査地点間の平均値は印旛沼の約 2 / 3 であった。このほかに、メイオベントスとして、線虫類とケンミジンコ目カイアシ類、および貝形虫類が確認された。

考 察

1. 底生動物の個体数と現存量

Miyadi (1932) は 1929 年と 1930 年で、印旛沼の水深が 1m を超える湖底から、総密度として 52 ~ 988 個体 / m²、手賀沼の同じく 1m よりも深い湖底から 52 ~ 728 個体 / m² の底生動物を記録している。今回の調査におけるマクロベントスの総密度は印旛沼で 993 ~ 1141 個体 / m²、手賀沼で 341 ~ 696 個体 / m² で、Miyadi (1932) の値と大きな違いはない。一方、今回の調査では貝類は全く採集されなかったが、Miyadi (1932) の調査で貝類が底生動物群集に占める割合は、印旛沼で 42.2 ~ 46.1%、手賀沼で 35.1 ~ 41.2% にもおぼり、両

湖沼ともユスリカ類と貧毛類を上回って底生動物群集の中で最も優占していた。Miyadi (1932) には底生動物の現存量の記載はないが、貝類の重量はたとえ 1 個体でも貧毛類やユスリカ類に比べると桁違いに大きいため、貝類の密度が高かった Miyadi (1932) の調査当時は、両湖沼とも現在に比べ底生動物の現存量が極めて大きかったと推定される。

今回の結果は、冬期に行った 1 回だけの調査に基づいているため、湖沼をどの程度代表しているかは不明であるものの、印旛沼や手賀沼における底生動物の総密度は、同様に水深が 1 m 前後と極めて浅い宮城県伊豆沼での値 (1170 個体 / m²; 大高, 2009) に近い。日本の他の富栄養湖では、大型底生動物全体の密度は一般にこれよりも高く、小川原湖の上部深底帯で 652 ~ 17644 個体 / m² (大高・佐藤 2005)、八郎潟沖帯で 993 ~ 10504 個体 / m² (大高 2006) が知られており、また、貧毛類だけの密度として、北浦で 7000 ~ 27000

表 1 . 2009年3月9日の調査に基づく、千葉県印旛沼と手賀沼の湖沼環境と底生動物の構成。密度は平均値と標準偏差を示す。

Lake name	印旛沼		手賀沼		
Location	St. 1 北印旛沼	St. 2 西印旛沼	St. 1 根戸下	St. 2 水神山古墳前	St. 3 手賀沼中央
Date	9 Mar. 2009	9 Mar. 2009	9 Mar. 2009	9 Mar. 2009	9 Mar. 2009
Time	930	1030	1330	1400	1500
Latitude	35 ° 48 08.4	35 ° 45 32.4	35 ° 51 43.7	35 ° 51 27.1	35 ° 51 02.1
Longitude	140 ° 15 07.4	140 ° 13 16.4	140 ° 00 30.6	140 ° 01 52.0	140 ° 03 26.2
Air temperature ()	11.6	10.3	16.2	14	13.8
Water depth (m)	1.5	1.3	2.0	1.2	1.3
Surface water temperature ()	8.4	8.4	9.2	9.4	9.6
pH in surface water	8.6	8.3	8.2	8.2	8.2
EC in surface water (µS cm ⁻¹)	0.22	0.21	0.19	0.17	0.22
Bottom temperature ()	8.3	8.3	9.0	8.8	8.8
Bottom sediment	mud	mud	mud	mud	mud
Mud surface color	blackish gray	blackish gray	blackish gray	blackish gray	blackish gray
Macrobenthos					
Density (No m ⁻²)					
Oligochaeta					
<i>Paranis</i> sp.	0	30 ± 51	0	15 ± 26	59 ± 68
<i>Stephensoniana trivandranana</i>	44 ± 44	30 ± 51	0	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	148 ± 51	237 ± 143	356 ± 311	237 ± 93	237 ± 93
<i>L. claparadianus</i>	15 ± 26	30 ± 51	0	0	0
<i>Teneridrilus mastix</i>	444 ± 270	519 ± 224	0	0	133 ± 89
<i>Ilyodrilus templetoni</i>	30 ± 26	44 ± 44	0	0	0
<i>Aulodrilus</i> sp. 1	163 ± 68	178 ± 44	0	0	0
<i>Aulodrilus</i> sp. 2	0	0	104 ± 26	15 ± 26	0
<i>Branchiura sowerbyi</i>	0	0	0	15 ± 26	15 ± 26
other Tubificidae spp.	59 ± 68	30 ± 51	44 ± 44	59 ± 51	59 ± 51
Chironomidae					
<i>Chironomus plumosus</i> group	74 ± 51	44 ± 44	0	0	74 ± 51
<i>Propsilocerus akamusi</i>	0	0	44 ± 44	0	15 ± 56
<i>Tanytus</i> sp.	15 ± 26	0	0	0	104 ± 93
Macrobenthos total	993 ± 345	1141 ± 492	548 ± 345	341 ± 143	696 ± 93
Standing crop (g wet wt m ⁻²)					
Oligochaeta	0.652 ± 0.339	0.815 ± 0.322	0.444 ± 0.278	0.311 ± 0.089	0.474 ± 0.200
Chironomidae	2.341 ± 1.363	1.807 ± 2.505	0.815 ± 0.898	0	3.437 ± 1.609
Total standing crop	2.993 ± 1.701	2.622 ± 2.701	1.259 ± 0.966	0.311 ± 0.089	3.911 ± 1.401
Meiobenthos					
Nematoda	+	+	+	+	+
Cyclopoida	++	+	+	+	+
Harpacticoida	+	+			
Ostracoda					+

個体 / m² (Ohtaka and Kikuchi, 1997), 湯の湖深底部で最大 86000 個体 / m² (Ohtaka and Iwakuma, 1993) が記録されている。したがって、印旛沼や手賀沼での底生動物の量は、日本の富栄養湖の中では大変少ないと言える。高村ら (1986) も、手賀沼の底生動物の現存量が他の富栄養湖や Miyadi (1932) の調査当時と比較すると極めて低いことを指摘し、過栄養状態の帰結である可能性を示唆している。しかし、印旛沼と手賀沼は極めて浅く、上下の水の搅拌が容易に起こると予想されるため、湖水が過栄養になったとしても湖底が強い貧酸素状態に長く置かれることはないと考えられ、貧酸素に対する高い耐性が知られているユリミズやオオユスリカ種群が減少するとは考えにくい。一方、大高 (2009) は、伊豆沼の低い底生動物の密度を考察する中で、浅い富栄養湖では魚類が餌を底生動物に依存する割合が植生のない湖底で大きく高くなることをあげ (Scheffer, 1998)、コイ科魚類を主とする底生動物食魚類による高い捕食圧と関係している可能性を指摘した。伊豆沼と同様に、印旛沼と手賀沼は浅い富栄養湖で、コイ科魚類が豊富であることから、底生動物に対する魚類の捕食圧は相当に高いと予測される。現在の印旛沼と手賀沼でなぜ底生動物が少ないのかを理解するためには、物理化学的環境要因と生物間相互作用、特に魚類の採餌生態を年間を通して明らかにする必要がある。

2. 生物群ごとの特徴

貧毛類。Miyadi (1932) は 1929 ~ 1930 年の調査で、両湖沼から出現した貧毛類を “*Tubifex*” と記述しているが、これは当時の生態学者が貧毛類を一括して呼んでいた名称であるため (Ohtaka and Iwakuma, 1993)、種レベルでの貧毛類の記録は、印旛沼、手賀沼とも今回が初めてとなる。現在の両湖沼の貧毛類群集はともに、“plate-topped” 型の陰莖鞘 (Ohtaka et al., 1990) を持つユリミズが優占する点や、ヒメイトミズ属などが混じる点で、霞ヶ浦や北浦、諏訪湖、琵琶湖南湖 (Ohtaka, and Kikuchi, 1997)、小川原湖 (大高・佐藤 2005)、八郎潟 (大高 2006)、伊豆沼 (大高, 2009) などと共通しており、平地の浅い富栄養湖に典型的な構成であるといえる。今回出現した貧毛類は、他のいずれの種類も上述の湖沼から記録されている。両湖沼は、イトミズ *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) が出現しない点でも、国内の他の多くの平地の富栄養湖と共通している。

一方、霞ヶ浦、北浦、諏訪湖、琵琶湖南湖、伊豆沼では、フユナガレイトミズ *Rhyacodrilus hiemalis* Ohtaka, 1995 の出現が知られている (Ohtaka, 1995; 大高, 2009)。本種は、夏期に底泥の深部に潜って夏眠し、水温が低くなる冬期に表層で成長・繁殖する大型のイトミズ類である (Takada et al., 1992; Narita,

2006)。また、その卵包には粘着性があり、親個体は産卵時に卵包を貝類の表面に付着させる (Ohtaka, 1995; Narita, 2001)。これまでの記録によると、産卵基質としての貝類の選択性は低く、同所的似に分布する種類は、二枚貝、巻貝を問わず広く利用されることが知られている (Ohtaka and Kikuchi, 1997; 大高, 2009)。フユナガレイトミズは、冬期の速やかな成長を支える豊富な餌資源や貝類の同所的な分布が必要な点から、生産性が高く、かつ湖底が嫌氣的にならない浅い富栄養湖に適応した種と考えられる。浅く富栄養で、本来貝類が豊富な印旛沼や手賀沼では、本種の生息が予測されたが、冬季に行った今回の調査では全く採集されなかった。過去の記録がないため、分布の変遷は明らかではないが、両湖でフユナガレイトミズが見られなかったのは、近年の貝類の減少が関係している可能性がある。なお、フユナガレイトミズは、湖底表層での生活を冬期に集中させる点でアカムシユスリカの生活史 (Yamagishi and Fukuhara, 1972) とよく似ている。これまでの調査でフユナガレイトミズが記録されている湖沼では、いずれもアカムシユスリカの出現が知られており、今回の調査でも、手賀沼でアカムシユスリカが確認されている。

貝類。Miyadi (1932) は、1929 年 ~ 1930 年の調査で、印旛沼と手賀沼からマシジミ *Corbicula leana* Prime, 1864, モノアラガイ *Radix auricularia japonica* Jay, 1857 (原文では *Lymnaea japonica*)、マメタニシ *Parafossarulus manchouricus japonicus* (Pilsbry, 1901) (原文では *Bulimus striatulus* Benson, 1842)、チリメンカワニナ *Semisulcospira reiniana* Brot, 1877 (原文ではイボカワニナ *Semisulcospira multigranosa* Boettger, 1886; イボカワニナは琵琶湖水系固有種なので利根川水系に分布するチリメンカワニナの誤同定と推定)、オオタニシ *Cipangopaludina japonica* (Martens, 1860) (原文では *Viviparus japonicus* Martens, 1860)、ヒラマキミズマイマイ *Gyraulus chinensis* (Dunker, 1858) (原文では *Gyraulus japonicus* Martens, 1867)、ヌマガイ *Anodonta lauta* Martens, 1877、イシガイ *Unio douglasiae nipponensis* Martens, 1877 を記録している。

このうち、手賀沼からの記録種は、マシジミ、モノアラガイ、マメタニシ、チリメンカワニナ、オオタニシ、ヒラマキミズマイマイ、イシガイの 7 種である。その後の手賀沼では、千葉県内湾水産試験場内水面分場 (1968) により、ヒメタニシ *Sinotaia quadrata histrica* (Gould, 1859)、マシジミ、カワニナ *Semisulcospira libertina* (Gould, 1859)、カラスガイ *Cristaria plicata* (Leach, 1815) が記録されている。しかし、1975 年から調査を行っている浅間 (1989) や、1983 年から 1984 年にかけて調査を行った高村ら (1986) による底生動物の調査結果には貝類の名前はない。近年の極度の水質汚濁の進行に伴って、汚濁に敏感な貝類が死滅

したことが推測される。

一方、須藤 (2008) は、近年、手賀沼の沿岸部で、ヌマガイ、マルドブガイ *Anodonta calipygos* Kobelt, 1879、フネドブガイ *Anemina arcaeformis* (Heude, 1877)、カラスガイの貝殻が採集されたことを記録している。ヌマガイとマルドブガイは琵琶湖・淀川水系に生息する種であるため国内移入種と見なされるが、この記録は、北千葉導水路による水質の改善と利根川水系からの導水による生物の移動に伴った出現である可能性がある。

印旛沼では、Miyadi (1932) によって、マシジミ、モノアラガイ、マメタニシ、チリメンカワニナ、オオタニシ、ヒラマキミズマイマイ、ヌマガイの7種の貝類が記録されている。その後、建設省関東地方建設局 (1998) は、西湖からイシガイを、北湖からマシジミ、イシガイ、カワニナを記録している。環境庁 (1993) の第4回自然環境保全基礎調査の湖沼調査報告書では、個体数の記載はないが、ヒメタニシ、マルタニシ *Bellamy chinensis laeta* (Martens, 1860)、イシガイ、マシジミがリストに掲載されている。近年までほとんど貝類が死滅していた手賀沼ほどではないとしても、印旛沼も Miyadi (1932) に比べると貝類の減少は著しく、1960年代に行われた印旛沼開発事業による湖底の掘り下げや、前後して起こった汚水の流入による富栄養化で底層の酸素が減少したことがその原因と推測される。

今回の両湖沼の沖合におけるエクマン・バージ採泥器での調査で貝類が得られなかったことは、両湖沼とも、少なくとも沖帯では貝類の密度がかなり低いためと考えられる。今後、水質汚濁や底質の改善に伴い、貝類の生息密度や現存量がどのように変化するかが注目される。

昆虫類 (ユスリカ類以外)。印旛沼では Miyadi (1932) によって、イトトンボ科、トンボ科、シンテイトビケラ *Dipseudopsis collaris* McLachlan, 1863 (原文では *Bathytinodes alba* Iwata, 1927)、ムネカクトビケラが記録されており、水生昆虫の構成は当時の手賀沼とよく似ていた。その後の建設省関東地方建設局 (1998) は、西湖県営水道沖からエラブタマダラカゲロウ、オナシカワゲラ属の一種を、北湖中央からオナシカワゲラ属の一種とガガンボ科を記録している。建設省関東地方建設局 (1998) の調査では、Miyadi (1932) が記録したシンテイトビケラとムネカクトビケラは採集されておらず、今回も同様である。Miyadi (1932) は、当時の印旛沼ではガシャモクを主体とした植生が全面に広がっていたことを記述しているが、現在では壊滅状態にある。水生昆虫の減少は、水生植物群落の崩壊との関連が推測される。

手賀沼では、Miyadi (1932) によって、モンカゲロウの一種、イトトンボ科、トンボ科、シンテイトビ

ケラ、ムネカクトビケラが記録されている。しかしその後、手賀沼で底生動物の調査を行った高村ら (1986) や、浅間 (1989)、環境庁 (1993) には、ユスリカ科以外の水生昆虫類の記録はない。これは、今回の調査でも同様である。Miyadi (1932) は、当時の手賀沼が、印旛沼と同様に全面が水生植物に覆われていたことを記録している。水生昆虫類の多くは生息環境として水生植物群落に強く依存するため、水生植物群落の激減が水生昆虫類に壊滅的な打撃を与えたと考えられる。

ユスリカ類。北川 (1978) は 1972~1975 年の調査で、印旛沼と手賀沼を、オオユスリカで代表される「富栄養型湖」としている。その約 10 年後の高村ら (1986) の報告では、手賀沼で優占するユスリカ類として、カユスリカ属の一種 *Procladius* sp. とオオユスリカをあげ、1年を通じた調査でユスリカ科の7種を記録している。1980年代の手賀沼におけるユスリカ類の棲息密度は、高村ら (1986) が指摘しているように、Miyadi (1932) の調査時に較べてかなり低かったと考えられる。今回の調査では、印旛沼、手賀沼ともに、オオユスリカ種群とアカムシユスリカ、カスリモンユスリカ属の一種が見られただけであり、ユスリカ相は 1980年代に比べてさらに単純化したようにも見えるが、今回は沖合で行った1回の調査だったので厳密な比較は難しい。

謝 辞

印旛沼と手賀沼での現地調査では、それぞれ、千葉県環境生活部水質保全課・自然保護課と我孫子市手賀沼課の協力を受けて行った。また、両湖沼の動植物に関する文献の収集では、千葉県立中央博物館の友田暁子氏、千葉県環境研究センターの小倉久子氏と依田彦太郎氏、国立環境研究所の佐竹潔氏、および、千葉県環境生活部自然保護課生物多様性センターの熊谷宏尚氏に協力いただいた。さらに、千葉県立中央博物館の黒住耐二氏には、貝類の学名を確認していただいた。記して感謝いたします。

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金 (No. 19570079) と財団法人ダム水源地環境整備センター平成 20 年度研究助成金の助成を受けて行われた。

引用文献

- 我孫子市経済環境部. 2009. 環境年報第 25 号. 222 pp. 我孫子市.
- 浅間 茂. 1989. 手賀沼の生態学. 284 pp. 嵩書房出版, 千葉市.
- Brinkhurst, R.O. 1978. Freshwater Oligochaeta in Canada. Can. Jour. Zool. 56: 2166-2175.
- Brinkhurst, R. O. and B. G. M. Jamieson. 1971. Aquatic Oligochaeta of the World. Oliver & Boyd, Edinburgh.

- 千葉県内湾水産試験場内水面分場. 1969. 印旛沼・手賀沼漁場調査研究報告. 千葉県内湾水産試験場内水面分場調査研究報告第3号. 97 pp. 千葉県, 千葉市. 千葉県水質保全研究所. 1979. 印旛沼の生態系の変遷—印旛沼の開発と汚濁—. 千葉県水質保全研究所資料第19号. 62 pp. 千葉県, 千葉市.
- Erseus, C. and L. Gustavsson. 2002. A proposal to regard the former family Naididae as a subfamily within Tubificidae (Annelida, Clitellata). *Hydrobiologia* 458: 253-256.
- Erseus, C., M. J. Wetzel and L. Gustavsson. 2008. ICZN rules — a farewell to Tubificidae (Annelida, Clitellata). *Zootaxa* 1744: 66-68.
- Golygina, V.V., J. Martin, I. I. Kiknadze, M. Siirin, O. V. Ivanchenko and E. A. Makarchenko. 2003. *Chironomus suwai*, a new species of the *plumosus* group (Diptera, Chironomidae) from Japan. *Aquat. Ins.* 25: 177-189.
- Golygina, V.V. and R. Ueno. 2008. *Chironomus* sp. K - a new member of *plumosus* sibling-group from Japan. *Contemporary Aquatic Entomological Study in East Asia. Proceedings of the 3rd International Symposium of the Aquatic Entomology in East Asia (AESEA)*: pp. 32-39.
- 伊藤富子・大高明史・福原晴夫・伊藤哲也・Jihua Wu・三上英敏・石川靖・五十嵐聖貴・永洞真一郎・高野敬志・安富亮平. 2002. 北海道釧路湿原, 塘路湖とシラルト口湖の底生動物. *陸水生物学報* 17: 17-24.
- 笠井貞夫. 2001. 第7章第4節 印旛沼の水草の変遷. 所収: 千葉県史料研究財団(編) 千葉県の自然誌 本編 5 千葉県の植物 2 植生. Pp. 437-448. 千葉県, 千葉市.
- 環境庁. 1993. 環境庁第4回自然環境保全基礎調査 湖沼調査報告書 関東版.
- 北川禮澄. 1978. 底生動物相および底層水の溶存酸素飽和度からみたわが国の湖沼の分類. *陸水雑* 39: 1-8.
- 建設省関東地方建設局利根川下流工事事務所. 1998. 印旛沼の自然. 184 pp.
- Miyadi, D. 1932. Studies on the bottom fauna of Japanese lakes. III. Lakes of the Kwanto Plain. *Jpn. J. Zool.* 4: 1-39.
- Narita, T. 2001. Cocoon deposition of *Rhyacodrilus hiemalis* Ohtaka (Tubificidae) in Lake Biwa, Japan. *Hydrobiologia* 463: 141-148.
- Narita, T. 2006. Seasonal vertical migration and aestivation of *Rhyacodrilus hiemalis* (Tubificidae, Clitellata) in the sediment of Lake Biwa, Japan. *Hydrobiologia* 564: 87-93.
- 日本陸水学会(編). 2006. 陸水の辞典. 590 pp. 講談社, 東京.
- 楡井 久・楠田 隆. 1991. 印旛沼・手賀沼. 奥田節夫他(編) 空から見る日本の湖沼. Pp. 132-137. 丸善, 東京.
- 大高明史. 1992. 日本産水生ミミズ類コリミミズ属(イトミミズ科)の分類について. 弘前大学教育学部紀要 68: 27-40.
- Ohtaka, A. 1995. A new species of the genus *Rhyacodrilus* Bretscher (Oligochaeta, Tubificidae) from Japanese lakes. *Zool. Sci.* 12: 491-498.
- 大高明史. 2006. 秋田県八郎潟沖帯の水生貧毛類相. *陸水生物学報* 21: 11-19.
- 大高明史. 2009. 伊豆沼と蕪栗沼からの水生貧毛類の記録. 伊豆沼・内沼研究報告 3: 1-11.
- Ohtaka, A. and T. Iwakuma. 1993. Redescription of *Ophidonais serpentina* (Müller, 1773) (Naididae, Oligochaeta) from Lake Yunoko, central Japan, with record of the oligochaete composition in the lake. *Jpn. J. Limnol.* 54: 251-259.
- Ohtaka, A. and H. Kikuchi. 1997. Composition and abundance of zoobenthos in the profundal region of Lake Kitaura, central Japan during 1980-1985, with special reference to oligochaetes. *Publ. Itako Hydrobiol. Stn. Fac. Sci. Ibaraki Univ.* 9: 1-14.
- Ohtaka, A., S. F. Mawatarai and H. Katakura. 1990. Morphological and habitat differences between two forms of Japanese *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède (Oligochaeta, Tubificidae). *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool.* 25: 106-117.
- Ohtaka, A. and M. Nishino. 1995. Studies on the aquatic oligochaete fauna in Lake Biwa, central Japan. I. Checklist and taxonomic remarks. *Jpn. J. Limnol.* 56: 167-182.
- Ohtaka, A. and M. Nishino. 2006. Studies on the aquatic oligochaete fauna in Lake Biwa, central Japan. IV. Faunal characteristics in the attached lakes (naiko). *Limnology* 7: 129-142.
- 大高明史・佐藤千春. 2005. 小川原湖の底生動物相—貧毛類を中心に—. *青森自然誌研究* 10: 1-7.
- Sasa, M. 1978. Taxonomical and biological notes on *Tokunagayusurika akamusi* (Tokunaga), with description of immature stages (Diptera, Chironomidae). *Jpn. J. Sanitary Zool.* 29: 93-101.
- Sæther, O. and X. Wang. 1996. Revision of the orthoclad genus *Prosilocerus* Kieffer (= *Tokunagayusurika* Sasa) (Diptera: Chironomidae). *Entomol. Scand.* 27: 441-479.
- Scheffer, M. 1988. *Ecology of Shallow Lakes*. 357 pp. Chapman and Hall, London.
- 須藤雅彦. 2008. 手賀沼の水生生物. 水の館だより 66: 6.
- Takada K., K. Kato and T. Okino. 1992. *Environmental*

- parameters and estivation of *Rhyacodrilus* (Tubificidae, Oligochaeta) in Lake Suwa, Japan. *Ecography* 15 : 328-333.
- 高村健二・菅谷芳雄・高村典子・花里孝幸・岩熊敏夫・安野正. 1986. 手賀沼の水生生物現存量と一次生産量. 国立公害研究所研究報告 96 : 45-58 .
- Tokunaga, M. 1938. Chironomidae from Japan (Diptera) X. New or little-known midges, with descriptions of the metamorphoses of several species. *Philippine Jour. Sci.* 65 : 313-383.
- 占部城太郎・赤井裕・谷城勝弘. 1990. 印旛沼・手賀沼における遊泳生物相の変遷. *千葉生物誌* (40) :14-20.
- Yamagishi, H. and H. Fukuhara. 1972. Vertical migration of *Spaniotoma akamusi* larvae (Diptera : Chironomidae) through the bottom deposits of Lake Suwa. *Jpn. J. Ecol.* 22 : 226-227.
- 山口英二. 1954. 本邦産水棲貧毛環虫の目録. *北海道学芸大学紀要* 5 : 93-120.
- 山田安彦・白鳥孝治・立本英機 (編). 1993. 印旛沼・手賀沼. 167 pp. 古今書院, 東京.
- Yasuda, K. and T. Okino. 1987. Distribution and seasonal changes of aquatic oligochaeta in Lake Suwa. *Jpn. J. Limnol.* 48 : 1-8.
- 安野正之・岩熊敏夫・菅谷芳雄・佐々学. 1983. 日本の各種栄養段階に湖沼の底生動物特にユスリカについて. *環境科学研究報告* B182-R12-17 : 21-48.

Offshore Benthic Invertebrate Fauna of Lakes Inba-numa and Tega-numa, Chiba Prefecture, Central Japan

Akifumi Ohtaka¹⁾, Ryoichi B. Kuranishi²⁾ and Tadashi Kobayashi³⁾

¹⁾Department of Natural Science, Faculty of Education Hirosaki University, Hirosaki, 036-8560 Japan

E-mail : ohtaka@cc.hirosaki-u.ac.jp

²⁾Natural History Museum and Institute

Aoba-cho 955-2, Chuo-ku, Chiba, 260-8682 Japan

³⁾Mita 3-4-303, Tama-ku, Kawasaki, 214-0034 Japan

Composition and abundance of offshore zoobenthos were studied at Lakes Inba-numa and Tega-numa, Chiba Prefecture, central Japan in March 2009. The macrozoobenthic assemblages were composed of oligochaetes and chironomids in both lakes, and their compositions resembled those in several other shallow and eutrophic lakes in central Japan, in that two tubificids, *Limnodrilus hoffmeisteri* and *Teneridrilus mastix* and a chironomid, *Chironomus* sp. (*plumosus* group) dominated. Compared with the past records in 1929-1930, considerable decreases were noticeable in mollusks and diverse insects other than chironomids in both lakes.