

## 舟田池における水質と動物相の変化

### ——改修工事の影響とその評価——

占部城太郎<sup>1), 5)</sup>・倉西良一<sup>1)</sup>・長谷川雅美<sup>1)</sup>・小林紀雄<sup>2)</sup>  
小倉紀雄<sup>3)</sup>・谷城勝弘<sup>4), 6)</sup>

<sup>1)</sup> 千葉県立中央博物館

〒260 千葉市中央区青葉町 955-2

<sup>2)</sup> (有)河川生物研究所

〒396-12 埼玉県大里群寄居町大字寄居 611-1 シルクハイツ A-202

<sup>3)</sup> 農工大農学部

〒183 府中市幸町 3-5-8

<sup>4)</sup> 成田国際高校

〒286 成田市加良部 3-16

<sup>5)</sup> 現所属 東京都立大学理学部

〒192-03 八王子市南大沢 1-1

<sup>6)</sup> 現所属 千葉県史料研究財団

〒260 千葉市中央区中央 4-15-7

**要 旨** 舟田池における水質の改善と多様な生物の定着を目指して行われた改修工事及び魚類の除去を、水質と水生動物相の変化から評価した。1987年以前の舟田池は、富栄養化の進行した典型的な過栄養池で、植物プランクトンなどの懸濁物質により透明度は著しく低く底層は嫌氣的であった。1985～1987年の期間、動物プランクトン14属23種、水生昆虫6属7種、魚類6属7種、両生類1属1種、爬虫類1属1種、その他3属3種、計31属42種が記録されたが、水生昆虫などの底生動物相は極めて貧弱なものであった。そこで、1987～1989年に有機物に富む池底泥の浚渫を行うとともに、周辺市街地からの生活排水が流入しないようバイパス管を設置した。また、透明度低下の原因となる懸濁物質を大型動物プランクトンによって除去させるため、その捕食者となる魚類の除去を行った。その結果、1990～1991年の無機態窒素濃度（平均：0.394 mg/l）と全リン濃度（平均：0.033 mg/l）はそれぞれ改修前の1/4及び1/10に減少した。また、改修前にはみられなかった *Daphnia* などの大型種が動物プランクトンとして卓越した。これら、懸濁物質を効果的に除去する大型動物プランクトンの増加と栄養塩濃度の低下により、炭素量としてみた懸濁物質の濃度（平均：1.176 mg/l）は改修前の1/10に減少し、透明度は池底が見通せるほど増大した。また、出現種数は飛躍的に増加し、改修後の2年間で動物プランクトン24属37種、水生昆虫40属46種、魚類1属1種、両生類3属5種、爬虫類1属1種、その他4属4種、計73属94種が記録された。以上の結果から、舟田池で行った改修工事と魚類の除去は、水質の改善と多様な生物からなる水生動物相の形成に十分効果的であったと考えられた。

**キーワード：**水生昆虫、水質、水生動物、浚渫、溜池、動物相、動物プランクトン、バイオマニピレーション。

千葉市青葉の森公園にある千葉県立中央博物館生態園には、舟田池と呼ばれる小池がある。この池は、今から300年以上前に灌漑用溜池として造られたと言われており、1677年に利水権争いのために作成された川崎溜池絵図にすでに記録されている。

舟田池は鮒田池あるいは船田池とも呼ばれ、江戸時代には街道沿い（旧東金街道）に面していたこともあって、たいへん風光明媚な場所であつたらしく、大正時代に郁文堂という写真店によって作成された絵は

がきにも千葉を代表する景色のひとつとして紹介されている。その後、舟田池は鰻養池として、また大正から昭和40年代にかけては国立畜産試験場の一部として利用され、さらにここ数10年は周辺市街地の開発に伴い生活雑排水の流路及び洪水調整池として暗黙のうちに利用されていた。このため、昭和50年代後半には、舟田池は有機物に富む軟泥（いわゆるヘドロ）が1mほど堆積し、異臭の漂う水生動物相の大変貧弱な池となってしまった（松永, 1984; 林, 1986; 小林,

1987)。当初、舟田池の開水面積は1.6 haほどであったが、1987年8月に都市区画整備事業のため一部埋め立てられたため、現在0.98 haが池として残されている。

千葉市青葉の森に千葉県立中央博物館の設置が決定した際、この舟田池を自然教育あるいは水辺の自然観察の場となるよう博物館施設として活用することが計画された(Nakamura and Oba, 1993)。自然教育の場として望ましい池とは、単にシンボルとなるような生物がそこで観察出来れば良いというものではなく、場の潜在力に応じて多様な生物が生息・繁殖出来るものでなければならない。しかし当時の舟田池は、いかに人間活動が無意識のうちに池や水辺環境を台無しにするかという良い例とはなっても、自然観察の場として活用するにはあまりに程遠いものであった(松永, 1984; 小倉, 1986; 小林, 1987)。

舟田池に多様な水生動物を定着させるには、第一に水生昆虫などの底生動物の生息場所を奪うことになる嫌気層の発達を抑える必要がある。このためには、有機物や栄養塩の池水中への負荷を低減させるとともに、高い透明度が維持されるようにしなければならない。そこで、有機物や栄養塩の負荷量を減らすため1988～1989年にかけて改修工事を行い、底泥の浚渫および周辺市街地から流入していた生活排水の切り回しを行った。また、透明度低下の原因となる植物プランクトンなどの懸濁物質の除去に効果的な大型の動物プランクトン(Gliwicz, 1969; Lampert, 1988; Gulati *et al.*, 1990)を定着させるため、「Biomanipluation (生物操作)」(Shapiro *et al.*, 1975; Gulati *et al.*, 1990)の効果を期待して改修時に潜在的な捕食者である魚類の除去を行った。

わが国には溜池や小池が多数点在するが、都市域にあるものは多くの場合著しく富栄養化が進行した状態で放置されている。近年、都市公園内の小池や溜池は都市に残された数少ない水辺環境として再認識されており、このため浚渫等による改修工事が盛んに行われている。しかし、改修工事等に伴う生物相の変化はほとんど記録されていない。本報告では、今後も盛んに行われるであろう小池や溜池の改修工事の指針の一助となるよう、舟田池の改修工事前後で見られた水質と動物相の変化の概略を記録するとともに、これらの変化を通じて舟田池の再生のために行った改修工事の評価を行う。なお、改修後の水質や各動物群の季節的変動等は別途報告する(Urabe, 1992, 1993a, 1993b, 1994; 小林・倉西, 1994; 大木・倉西, 1994)

### 改修工事の経緯と概要

#### 1987年6～8月

池の横断測量及び底泥からの溶出試験を行う。池底は有機物に富む嫌気的な軟泥(ヘドロ)が0.5～1 m

の厚さで堆積していることが判明する。

#### 1987年8月～1987年7月

池水を排水し、水を干した状態にする。池の一部は都市計画道整備のため埋め立てられ、池の面積は1.6 haから0.98 haに縮小する。1987年8月の排水時に生息していた魚類をすべて除去する。

#### 1988年10～1989年3月

水干しの後、底泥を0.5～1 mの厚さで浚渫し山砂に入れ換える。周辺市街地から生活排水が池内に直接入り込まないように、バイパス管を設置し流入水の切り回しを行う。

#### 1989年4月～11月

雨水により部分的に湛水(最大水深50 cm)する。

#### 1989年12月～1990年2月

再度排水し水干しの後、木杭・石積みにより土砂が流入しないよう池岸の整備を行う。自動記録式水温計を池中央部に、水位計を池岸に設置する。

#### 1990年3月～

湛水を開始する。池水は雨水及び博物館本館の地下槽を経由して流入する地下水によりまかなわれ、同年4月には水位1 m、9月には満水(最大水深2.3 m)となる。

### 材料と方法

#### 1. 水質

舟田池の改修前の水質は、1985年8, 9, 11, 12月及び1986年8, 11月の計6回、改修後は1990年4月～1991年3月の期間に週1回の間隔で調べた。採水は、改修前はいずれも池内の2～5地点で、改修後は池中央部の1地点で行った。水試料は実験室に持ち帰りWhatman GF/C(改修前)またはWhatman GF/Fガラスファイバーフィルター(改修後)でろ過した後、ろ水の硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素、溶存態リン、リン酸態リン、溶存有機炭素を測定した。また原液から全りん、全有機炭素を測定し、原液とろ液の濃度差から懸濁態リン及び懸濁態炭素を求めた。また、採水時には水温、電気伝導度及びpHの測定も行った。表層水の溶存酸素濃度はウインクラ法により求めた。

#### 2. 動物プランクトン

改修前の動物プランクトンは、1983年7, 8月、1985年10月、1986年6月と10月に、改修後は1990年4月～1991年9月の期間に週1回の間隔で調べた。動物プランクトンは、1985年以前は池内2地点で目合い100 μmのプランクトンネットを用い、1986年は池内4地点で6 Lバンドーン採水器による試料を69 μmのプランクトンネットでろ過濃縮して採集した。また1990年以後は、池内10地点でチューブ式サンプラーで採水した試料を30 μmのプランク

表 1. 改修前後における舟田池の水質

		改修前 (1986-1987)		改修後 (1990-1991)	
		平均	範囲	平均	範囲
溶存酸素	DO (mg/l)	12.7	6.1-18.6	8.340	5.61-12.54
pH		8.7	7.5-9.6	8.180	7.45-8.84
電気伝導度	Conduc. (mS/cm)	0.229	0.175-0.272	0.220	0.120-0.260
溶存有機炭素	DOC (mg/l)	9.921	7.1-15.2	3.784	0.463-6.624
懸濁態有機炭素	POC (mg/l)	11.387	8.0-17.0	1.176	0.125-2.760
全無機窒素	DIN (mg/l)	1.374	0.680-3.320	0.394	0.044-0.539
硝酸態窒素	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	0.364	0.190-0.480	0.241	0.024-0.385
亜硝酸態窒素	NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	0.061	0.043-0.087	0.007	0.001-0.018
アンモニア態窒素	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.944	0.140-3.070	0.047	0.019-0.143
全りん	TP (mg/l)	0.302	0.14-0.49	0.033	0.012-0.055
全溶存りん	DP (mg/l)	0.084	0.031-0.160	0.013	0.004-0.048
りん酸態りん	PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	0.008	0.00-0.047	0.010	0.004-0.023
懸濁態りん	POP (mg/l)	0.218	0.076-0.381	0.020	0.004-0.034

トンネットでろ過濃縮して採集した。

### 3. 底生動物

水生昆虫を含む底生動物の採集は、1985年10月、1986年6, 8, 10月（改修前）、1989年7, 8, 11月、及び1991年4月～1991年12月（改修後）の期間1～3ヶ月に1回の間隔で行った。いずれの場合も、底生動物は池内数カ所でDフレームネット（目合い約0.5mm）によるランダムサンプリングによって採集した。また1986年と1989年にはエクマンバージ型採泥器を使用した採集も行った。トンボ目、カワゲラ目、トビケラ目、双翅目の種数は幼虫で、半翅目、コウチュウ目は舟田池内から採集された成虫を用いて同定した。なお1989年4～11月の一時的な湛水時に記録された種は、改修工事はほぼ終了していたので、改修後の出現種として扱った。

### 4. 魚類

1987年8月に池水を排水した際に魚類を直接捕獲し、改修前の魚類相を調べた。

### 5. 大型水生動物

改修前の1985年～1987年の期間は年数回、改修工事期間を含む1988年以後は逐次池の回りを歩き、両生・爬虫類の目視調査を行った。

## 結 果

### 1. 水質

改修前後の水質を表1に示す。改修前は、植物プランクトンなど懸濁物が非常に多く、透明度は10数cm程度で懸濁態炭素は8mg/l以上あった。また、表層の溶存酸素は過飽和状態の場合もあり、植物プランクトンの表層での活発な光合成がうかがわれた（小

倉, 1986, 1987）。リンの大半は懸濁態として分布し、1985年にはいずれの調査時でもリン酸態リン濃度は検出限界以下であった（小倉, 1986）。低いリン酸態リン濃度は、植物プランクトンやバクテリアの活発な取り込みによるものと思われる。無機態窒素は0.7～3.3mg/lと変動したが、大半はアンモニア態窒素で占められていた。

改修後は懸濁物は著しく減り、初夏から秋を除いて池の底を見通すことが出来た。懸濁態炭素は一時的に2.8mg/lに達することもあったが、通常は1mg/l前後で改修前の1/10に減少した（Urabe, 1992, 1993a）。また全リン濃度も改修前に比べ大きく減少し、特に懸濁態リン濃度は1/10以下であった。懸濁態炭素やリンに比べると、無機態チッソの減少はさほど大きいものではなかった。これは硝酸態チッソの減少量が少なかったためで、アンモニア濃度は1/20以下と著しく低下した。なおUrabe (1993a) は、舟田池における改修後の植物プランクトンの生産速度は主にリン濃度に律速されていることを報告している。

### 2. 動物プランクトン

改修前は、動物プランクトンとしてワムシ類10属19種、枝角類（ミジンコ類）2属2種、橈脚類（ケンミジンコ類）2属2種が採集された（表2）。一方改修後は、ワムシ類14属25種、枝角類（ミジンコ類）7属9種、橈脚類（ケンミジンコ類）3属3種が採集された（表2）。このうち改修前にもみられた種は、ワムシ類の *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *B. quadridentatus*, *Filinia longiseta*, *Keratera chochrealis*, *K. valga*, *Polyarthra vulgaris*, 橈脚類の *Eucyclops* sp. の8種で、他はすべて新たに出現したものである。

改修前後の動物プランクトン相の変化のなかで特筆すべきことは、改修後に *Daphnia* 類や *Acantho-*

表 2. 改修前後における舟田池の動物プランクトン

改修前 (1984-1986)	改修後 (1990-1991)
ROTATORIA ワムシ類	
<i>Asplanchna intermedia</i>	<i>Asplanchna brightwelli</i>
<i>Brachionus budapestiensis</i>	<i>Brachionus falcatus</i>
<i>Br. angularis</i>	<i>Br. angularis</i>
<i>Br. calyciflorus</i>	<i>Br. calyciflorus</i>
<i>Br. caudatus</i>	<i>Br. forficula</i>
<i>Br. ledyigii</i>	<i>Br. rubens</i>
<i>Br. diversicornis</i>	<i>Br. urceolaris</i>
<i>Br. quadridentatus</i>	<i>Br. quadridentatus</i>
	<i>Colurella</i> sp.
	<i>Cononchilus dossuarius</i>
<i>Filinia longiseta</i>	<i>Filinia longiseta</i>
<i>F. minuta</i>	<i>Filinia opoliensis</i>
	<i>Hexarthra intermedia</i>
<i>Keratera chochrealis</i>	<i>Keratera chochrealis</i>
<i>Keratera valga</i>	<i>Keratera valga</i>
<i>Lecane arcuata</i>	<i>Lecane luna</i>
<i>Cephalodella</i> sp.	<i>Lepadella oblonga</i>
<i>Philodina roseola</i>	<i>Monostyla hamata</i>
	<i>Monostyla sinuata</i>
<i>Polyarthra vulgaris</i>	<i>Polyarthra vulgaris</i>
<i>Pompholyx complanata</i>	<i>Synchaeta</i> sp.
<i>Trchocerca stylata</i>	<i>Trichocerca tigris</i>
<i>Tr. similis</i>	<i>Tr. scipio</i>
	<i>Tr.</i> sp.
	<i>Notholca</i> sp.
CLADOCERA 枝角類	
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	<i>Daphnia similis</i>
<i>Chydorus gibbus</i>	<i>Daphnia magna</i>
	<i>D. obtusa</i>
	<i>Ceriodaphnia serrulatus</i>
	<i>Moina micrura</i>
	<i>Schaholebelis mucronata</i>
	<i>Simocephalus vetulus</i>
	<i>Iriocryptus sordidus</i>
	<i>Chydrys sphaericus</i>
COPEPODA 橈脚類	
<i>Cyclops vicinus</i>	<i>Acanthodiatomus pacificus</i>
<i>Eucyclops</i> sp.	<i>Eucyclops</i> sp.
	<i>Tropocyclops prasinus</i>

*diatomus* などの体長 1 mm を越える大型の甲殻類プランクトンが卓越的に出現したことである。改修前は体長 0.3 mm 以下のツボワムシ *Brachionus* 類が卓越し、甲殻類プランクトンは小数個体ごく稀に採集された程度であった (松永, 1984; 占部, 1986, 1987)。しかし、改修後には *D. similis* や *A. pacificus* が卓越し周年を通じて採集された (Urabe, 1992, 1993 b, 1994)。ツボワムシ類は夏期に一時的に増加したが、他の季節は概して低い密度におさえられていた (Urabe, 1992)。なお、*D. magna* は体長 3 mm に達す

る大型のミジンコ類であるが、もともとわが国に分布する種ではない。本種は 1991 年の夏期に舟田池で多数出現したが、これは博物館において展示用に飼育していたものが逃げだして一時的に増殖したものと思われる。

### 3. 水生昆虫

改修前は、カゲロウ目 1 科 1 属 1 種、トンボ目 1 科 1 属 1 種、半翅目 1 科 1 属 1 種、双翅目 2 科 3 属 4 種の計 7 種が採集された (表 3)。一方改修後は、カゲロ

表 3. 改修前後における舟田池の水生昆虫

		出 現 種	改修前 (1985-1988)	改修後 (1989-1991)
EPHEMEROPTERA カゲロウ目				
Baetidae	コカゲロウ科	<i>Cloeon</i> sp. フタバカゲロウ属の1種	×	×
Odonata トンボ目				
Agrionidae	イトトンボ科	<i>Ischnura asiatica</i> アジアイトトンボ		×
		<i>Ischnura senegarensis</i> アオモンイトトンボ		×
Aeschnida	ヤンマ科	<i>Anax parthenope julius</i> ギンヤンマ		×
Libellulidae	トンボ科	<i>Orthetrum albistylum speciosum</i> シオカラトンボ		×
		<i>Pantala flavescens</i> ウスバキトンボ		×
		<i>Pseudothemis zonata</i> コシアキトンボ	×	
PLECOPTERA カワゲラ目				
Nemouridae	オナシカワゲラ科	<i>Nemoura fluva</i> フタツゲオナシカワゲラ		×
HEMIPTERA 半翅目				
Gerridae	アメンボ科	<i>Gerris Paludum insularis</i> アメンボ		×
Notonectidae	マツモムシ科	<i>Anisops ogasawarensis</i> コマツモムシ		×
Corixidae	ミズムシ科	<i>Micronecta sahlbergi</i> ハイイロチビミズムシ		×
		<i>Micronecta orientalis</i> クロチビミズムシ		×
		<i>Micronecta sedula</i> チビミズムシ	×	×
		<i>Cymatia apparens</i> ミゾナシミズムシ		×
		<i>Hesperocorixa distanti</i> ミズムシ		×
		<i>Sigara nigroventralis</i> ハラグロコミズムシ		×
		<i>Sigara maikoensis</i> アサヒナコミズムシ		×
<i>Sigara septemlineata</i> エサキコミズムシ		×		
<i>Sigara matsumurai</i> ヒメコミズムシ		×		
Nepidae	タイコウチ科	<i>Ranatra chinensis</i> ミズカマキリ		×
TRICHOPTERA トビケラ目				
Ecnomidae	ムナカクトビケラ科	<i>Ecnomus tenellus</i> ムネカクトビケラ		×
Molannidae	ホソバトビケラ科	<i>Molanna moesta</i> ホソバトビケラ		×
Leptoceridae	ヒゲナガトビケラ科	<i>Mystacides</i> sp. アオヒゲナガトビケラ属の1種		×

表 3. 続き

		出 現 種	改修前 (1985-1988)	改修後 (1989-1991)
COLEOPTERA コウチュウ目				
	Dytiscidae ゲンゴロウ科	<i>Eretes sticticus</i> ハイイロゲンゴロウ		×
		<i>Rhantus pulverosus</i> ヒメゲンゴロウ		×
DIPTERA 双翅目				
	Tipulidae ガガンボ科	<i>Yamatotipula</i> sp. ガガンボ科の 1 種		×
	Dixidae ホソカ科	<i>Dixa</i> sp. ホソカ属の 1 種		×
	Chaoboridae フサカ科	<i>Chaoborus</i> sp. フサカ属の 1 種	×	×
	Culucidae カ科	<i>Culicidae</i> sp. カ科の 1 種		×
	Chironomidae ユスリカ科	<i>Ablabesmyia</i> sp.		×
		<i>Procladius</i> sp.		×
		<i>Corynoneura</i> sp. コナユスリカ属の 1 種		×
		<i>Cricotopus</i> sp. ツヤユスリカ属の 1 種		×
		<i>Limnophyes</i> sp.		×
		<i>Psectrocladius</i> sp.		×
		<i>Smittia</i> sp.		×
		<i>Chironomus</i> sp. ユスリカ属の 1 種	×	×
		<i>Chironomus</i> sp. ユスリカ属の 1 種	×	×
		<i>Micropsectra</i> sp.		×
		<i>Parachironomus</i> sp.		×
		<i>Paratanytarusus</i> sp.		×
		<i>Polypedium</i> sp. ハモンユスリカ属の 1 種		×
		<i>Monodiamesa</i> sp.		×
		<i>Parachironomus</i> sp.		×
		<i>Paratanytarusus</i> sp.		×
		<i>Polypedium</i> sp. ハモンユスリカ属の 1 種		×
		<i>Monodiamesa</i> sp.		×
		<i>Pentaneurini</i> sp.		×
		<i>Glyptotendipes tokunagai</i>	×	×
		<i>Hydrobaenus</i>		×
		<i>Procladius</i> sp.		×

表 4. 改修前後における舟田池の大型底生動物と魚類及び両生・爬虫類

	改修前 (1985-1988)	改修後 (1990-1991)
MOLUSCA 軟体動物		
<i>Physa acuta</i> サカマキガイ	×	×
ANNELIDA 環形動物		
<i>Tubifex</i> sp. イトミミズの一つ	×	×
CRUSTACEA		
<i>Procambarus clarkii</i> アメリカザリガニ	×	×
<i>Asellus hilgendorfi</i> ミズムシ		×
PISCES 魚類		
<i>Carassius auratus langsdorfi</i> ギンブナ	×	
<i>C. auratus cuvieri</i> ゲンゴロウブナ		
<i>Cyprinus carpio</i> コイ	×	
<i>Pseudorasbora parva</i> モツゴ	×	×
<i>Channa argus</i> カムルチー	×	
<i>Lepomis macrochirus</i> ブルーギル	×	
<i>Rhinogobius brunneus</i> ヨシノボリ	×	
AMPHIBIA 両生類		
<i>Rana catesbeiana</i> ウシガエル	×	×
<i>Rana japonica</i> ニホンアカガエル		×
<i>Rhachopholus schulegerii</i> シュレーゲルアオガエル		×
<i>Hyla japonica</i> ニホンアマガエル		×
<i>Bufo japonicus formosus</i> アズマヒキガエル		×
REPTILA 爬虫類		
<i>Chinemys reevesii</i> クサガメ	×	×

ウ目 1 科 1 属 1 種, トンボ目 3 科 4 属 5 種, カワゲラ目 1 科 1 属 1 種, 半翅目 4 科 7 属 12 種, トビケラ目 3 科 3 属 3 種, コウチュウ目 1 科 2 属 2 種, 双翅目 5 科 21 属 22 種の少なくとも計 46 種が採集された (表 3)。水生昆虫では, 改修前に舟田池に生息していた種は改修後も出現した。トンボ目は, 改修後幼虫で新たに 4 種の定着がみられたが, この 4 種以外にも舟田池に飛来した 7 種, シオヤトンボ *Orthetrum japonicus japonicus*, オオシオカラトンボ *Orthetrum triangulare melania*, ショウジョウトンボ *Crocothemis servilia mariannae*, コフキトンボ *Deielia phaon*, ナツアカネ *Sympetrum darwinianum*, アキアカネ *Sympetrum frequens*, ノシメトンボ *Sympetrum infuscatum* の成虫を確認している。この 7 種は今後舟田池に定着する可能性が高いと考えられる。

カワゲラ目は, 改修後はじめて出現した。今回舟田池で採集された種は, オナシカワゲラ科の *Nemoura fluva* という種で舟田池に隣接した「湿地」に流入する「せせらぎ」で多数出現したが, 舟田池での個体数は「せせらぎ」に比べて少なかった。

半翅目は, 改修後種数のみならず個体数も著しく増加した。特に 8 月から 9 月にかけて多数の個体が出現した。特にチビミズムシ亜科のハイイロチビミズムシ *Micronecta sahlbergi*, クロチビミズムシ *Micronecta orientalis* の 2 種やコマツモムシ亜科のコマツモムシ

*Anisops ogasawaraensis* が多かった。改修直後の雨水による湛水時に, レッドデータブック (環境庁編, 1991) で希少種として扱われているミズムシ *Hesperocorixa distantii* も記録された。

トビケラ目は, 改修後はじめて出現した。コウチュウ目は, 改修後舟田池で 2 種確認されたが舟田池に隣接した「湿地」では舟田池で採集された 2 種を含む 2 科 6 属 6 種が採集された。

双翅目では, ユスリカ科の出現種数が改修後に著しく増加した。

#### 4. その他の底生動物

改修前後を通じて, 水生昆虫以外の底生動物の調査は十分でなく, 断片的な知見しか得られていない (表 4)。改修前は, サカマキガイ *Physa acuta*, イトミミズの一つ *Tubifex* sp. 及びアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* が確認され, 改修後はこれらに等脚類のミズムシ *Asellus hilgendorfi* が加わった。アメリカザリガニは改修前に多数個体が池岸で観察観察され, 池を水干し底土を入れ換えた改修期間中には池から姿を消した。しかし, 改修直後の 1990 年 3 月に水が湛水すると同時に大型個体が, 同年の夏期には新生個体を確認されている。本種は, 改修期間中に池際の雑木林等で観察されており, 付近の湿った場所や地中深く潜行して乾燥から回避していたのであろう。

## 5. 魚類

1987年8月に池水を排水した際、7種が確認された(表4)。このうちフナ類 *Carassius*、コイ *Cyprinus carpio*、カムルチー *Channa argus* は大型個体のみで、池内で再生産している様子はみられなかった(谷城, 1988)。ギンブナ *C. auratus langsdorfii* やコイの多くは、改修前の調査時には浮漂している腐敗死体が常に多数観察された(谷城, 1988)。なお、排水時に魚類の生息密度を調査したところ、湿重量としての現存量は  $91 \pm 25 \text{ g/m}^2$  (平均  $\pm 1 \text{ SE}$ ) であった。

改修後は魚類の意図的な放流は行っていない。しかし、1991年9月以後、舟田池に定着しているカイツブリがモツゴ *Pseudorasbora parva* を捕獲しているのが数回観察されており、捕獲に失敗したモツゴの標本も得られている。改修後一年を経てモツゴが定着したようであるが、その移入経路は定かではない。

## 6. 両生・爬虫類

改修前は両生・爬虫類としてウシガエル *Rana catesbeiana* とクサガメ *Chinemys reevesii* の生息が確認されている(表4)。ただし、クサガメは大型個体のみで改修前の数年間は再生産していたようすは見られなかった。改修後はニホンアカガエル *Rana japonica* をはじめとして新たに4種のカエルの繁殖が確認されている(表4)。クサガメは1987年8月に池水を排水した際に捕獲し付近の河川に移植したが、改修後1年を経た1991年8月に再び1個体が舟田池で確認された。この個体は生後5年以上経過しており、甲羅の様子から飼われていたものとは考えにくい。改修時の捕獲を免れ、アメリカザリガニと同様に池を水干ししていた期間、雑木林の林床などの湿った環境に一時的に退避していたのかも知れない。

## 考 察

舟田池では改修を行うまでの間に数回の水質及び水生動物相の調査が行われている(松永, 1984; 小倉, 1986, 1987, 1988; 林, 1986; 占部, 1986, 1987; 小林, 1987; 谷城, 1988)。これらの調査によれば、いずれの調査時にもアオコなど植物プランクトンのブルームにより池水は緑色を呈し、透明度は十数cmに過ぎなかったと言う。また、舟田池の底泥は黒色で悪臭の漂う、いわゆるヘドロ状であった。この堆積した汚泥は、周辺市街地より長年にわたって流入していた雑排水により多量にもたらされた有機物や栄養塩が直接あるいは植物プランクトンなどに取り込まれた後、好氣的に分解されることなく蓄積した結果である。改修前の舟田池の全リン及び懸濁態炭素濃度は、諏訪湖や霞ヶ浦(Aizaki *et al.*, 1981) 以上である。これら栄養塩濃度や透明度及び底泥などから判断すると、改修前の舟田池は富栄養化が進行し過栄養状態であったと言

える。

改修前の調査では、合計42種(動物プランクトン23種、水生昆虫7種、他の底生動物3種、魚類7種、両生・爬虫類2種)の水生動物が確認された。これらのなかで特筆すべき点は、水生昆虫の生息密度が著しく低かったこと(林, 1986; 小林, 1987)、動物プランクトンでは輪虫が卓越し甲殻類は殆ど見られなかったこと(占部, 1986)、ゲンゴロウブナ、コイ、カムルチー、モツゴなどの魚類が量的に多数みられたことである(谷城, 1988)。改修前には、栄養塩負荷に伴う植物プランクトンのブルームなどにより透明度が著しく低かったため、底泥上では有機物の分解により嫌気層が発達していたと考えられる。嫌気層の発達は、溶存酸素の低下による“鼻上げ”行動がゲンゴロウブナで見られたこと(谷城, 1988)、低酸素濃度でも生息可能なイトミズ類やユスリカ類しか採集されなかったこと(小林, 1987)、池の底泥は黒色で悪臭のただよいういわゆるヘドロ状態であったこと、などからも裏付けられる。池底が嫌気の状態であったということは多くの底生動物の生活空間が奪われていたことを意味しており、それゆえ改修前は水生昆虫などの底生動物相は貧弱であったのであろう。

改修前に甲殻類プランクトンが殆ど見られなかったのは、群体を形成する植物プランクトンのブルームや高い魚類密度と関係しているように思われる。アオコなど群体を形成する植物プランクトンは、しばしば大型のミジンコ類の摂食活動を阻害する(Gliwicz, 1990)。また、魚類の多くは動物プランクトンのなかでもサイズの大きい甲殻類プランクトン、特にミジンコ類 *Daphnia* を選択的に捕食する(Brooks and Dodson, 1965; Lynch, 1979; Zaret, 1980; Urabe and Maruyama, 1986)。そのため、水質など池の理化学的環境が仮に好適であったとしても、改修前の舟田池では甲殻類プランクトンは繁殖することが出来なかったと考えられる。

改修前には魚類が多数生息していたが、これは必ずしも舟田池が魚類の生息環境として好適であったことを意味するものではない。実際、改修前の調査時には必ずギンブナの腐敗死体が複数浮漂しているのが確認され、一般に汚濁に強いとされているモツゴの生きていた個体にもエラの上皮に浮腫や離などの病変をとらうものが見られた(谷城, 1988)。またフナ類やコイ、カムルチーはすべて大型個体のみであり、これらの魚種は少なくとも改修前の数年間は再生産していなかったと考えられる。このことは、改修前の舟田池が魚類の生息環境として劣悪であったことを示唆している。

舟田池では、改修後の2年間で改修前の2倍にあたる87種(動物プランクトン37種、水生昆虫39種、他の底生動物4種、魚類1種、両生・爬虫類6種)の

水生動物が確認された。改修前後では調査方法や頻度が異なるため、これらの確認種数を単純に比較し評価することは出来ない。しかし、例えば動物プランクトンや水生昆虫のなかには改修前には全く見かけられなかった種が改修後には多数みられるなど、改修工事ともなると動物相は大きく変化したといえる。

改修後の出現種数の増加は、明らかに水質特に透明度の増大によるものである。すでに述べたように、改修前に舟田池の水生動物相が極めて貧弱であった理由の一つは池底が嫌気の状態にあったことである。舟田池を好气的状態にして底生動物の生活空間を確保することであり、それは底泥や周辺市街地からの有機物や栄養塩の負荷量を低減させることであった。改修工事の結果、無機態窒素は改修前の1/4に、また全リン濃度及び懸濁態炭素量は1/10に減少し、池底が水面から見通せるまでに透明度は改善された。なお改修後、無機態窒素のうち硝酸態窒素濃度には大きな減少は見られなかったが、これはこの地域の地下水の硝酸濃度が高いために高いためであろう（小倉、1988）。以上のように窒素・リン濃度の減少から見る限り、底泥の除去（浚渫）と生活排水の流入防止は、無機・有機物質の負荷量の低減を通じて舟田池の水質ならびに透明度の改善に大きく寄与したと見ることが出来る。

ただし、底泥の除去や生活排水の流入防止だけが舟田池の透明度や出現種数の増大に寄与していたと見ることはできない。Urabe (1994) は改修後の舟田池において、(1) 植物プランクトンなど懸濁態物質の濃度と大型のミジンコ類 *Daphnia magan*・*D. similis* の生物量に負の相関があること、(2) 大型のミジンコ類の懸濁物質除去速度は基礎生産にほぼ匹敵すること、(3) したがって大型のミジンコ類は摂食活動を通じて懸濁物質濃度を低く抑えていること、を明らかにしている。大型のミジンコ類の定着は、舟田池の改修時にミジンコ類の捕食者である魚類を意図的に除去することにより促したものである。捕食者や競争者など、食物網における特定の生物を人為的に制御して水質などの理化学的性状や他の多数の生物の生息環境を改善させる手法は「Biomaniipulation (生物操作)」(Shapiro *et al.*, 1975; Gulati *et al.*, 1990) と呼ばれるが、魚類除去による Biomaniipulation は舟田池の懸濁物質の低減と透明度の改善にきわめて効果的であったと見なすこと出来る。

魚類の除去は上記した作用以外に、出現種数の増大に直接的な寄与をしていたかも知れない。改修前に卓越していたコイやフナ類は摂食活動に伴い底泥を巻き上げて栄養塩を池水の中い回帰させることになる。またモツゴやブルーギルは雑食性であり、動物プランクトン以外にも水生昆虫などを捕食する。これらの魚類は繁殖力が旺盛であり、大型の動物プランクトンを減少

させるばかりでなく、水生昆虫相も貧弱なものにさせる可能性がある。実際、千葉市内の小池で行った調査によれば、モツゴやブルーギルなどの雑食性の魚類が多数見られる池では周辺環境に関わらず水生昆虫相は貧弱で、一方魚類の見られない池では多様な水生昆虫が観察されている（小林、1988, 1989）。これらの結果は、モツゴやブルーギルなどの雑食性魚はプランクトンのみならず水生昆虫の定着にも直接的な影響を及ぼすことを示唆している。

以上述べてきたように、浚渫・生活排水の切り直しなどの改修工事と魚類の除去は、水質の改善と池底での嫌気層の解消などを通じて、多様な生物からなる舟田池の水生動物相の形成に十分に効果的であったと結論づけることが出来る。これらの改修工事と魚類除去のうち、どれがもっとも舟田池の水質改善に効果的であったかを問うことは、恐らくあまり意味を持たないことであろう。というのは、生活排水の流入を防止をせずに浚渫だけを行っても舟田池の水質は容易に悪化するであろうし、また魚類密度が高いま栄養塩の負荷量を低減しても懸濁物質を低く抑えることは不可能であったと思われるからである。すなわち、改修時に行った処理は互いに補完的なものであり、個々の処理を同時に行ったことが舟田池の水質改善に有効であったと考えられる。

水生動物の出現種数の増大について見逃してはならないことは、舟田池が潜在的に多様な生物が生息し繁殖出来る場所に位置していたことである。改修後、舟田池では意図的な生物の移植は一切行っていない。それにも関わらず短期間のうちに多数の水生動物が確認されたことは、舟田池周辺に水生動物の移入が容易となるような環境が残されていたことを意味している。舟田池周辺は、都市化が進んでいるものの、改修時には青葉の森などの雑木林や水田が少ないながらも残されていた。こういった場所がトンボ類などの水生昆虫やカエル類の避難所となり、舟田池への移住を可能にしたのであろう。なお水生昆虫について特筆すべき点は、改修直後にミズムシ (*Hesperocrixa distanti*) が確認されていることである。レッドデータブック（環境庁編、1991）によればこの種は希少種として扱われ、近年個体数が大変減少した種であるとされている。千葉市内の池の水生昆虫相についてはこれまでいくつか報告があるが（小林、1988, 1989）、ミズムシは確認されていない。どのような経路でこの種が舟田池に侵入したのか、また今後も確認されるかどうかきわめて興味深い。

改修後の舟田池では多様な水生動物が確認されたが、問題も残されている。その一つは、水生昆虫などの重要な生息場所となる水草帯が十分に発達していない点である。舟田池の岸際の多くは駆け上がり急峻で、水深が急激に深くなっている。そのような池の空

間構造が水草の定着を阻んでいるのかも知れない。また、アメリカザリガニの影響も検討する必要がある。舟田池では改修にあたっておよそ1年間にわたって水干しを行い、その後の浚渫により底質土の入れ替えを行ったが、アメリカザリガニを完全に駆逐することはできなかった。密度調査は行ってないものの、アメリカザリガニは改修後に急激に増加し、池の至る所で数多く見つけられた。ある種のザリガニは摂餌や屈潜などを通じて湖沼の水草群落に甚大な影響を及ぼすことが知られている (Loman and Magnuson, 1978; Chambers *et al.*, 1990)。残念ながら、アメリカザリガニの水草に及ぼす影響を実証的に研究した例はないが、少なくともある種の水草がアメリカザリガニの餌となることに疑いの余地はない。舟田池に水草を定着させるためには、舟田池に適した水草をある程度成長させて移植することも検討すべきであろう。なお、完全に除去することが困難なアメリカザリガニについては、まず水草に及ぼす影響を具体的に調べ、その結果をもとに対策を練るべきであろう。

最後に今後の舟田池についてふれておきたい。舟田池は周辺市街地の雨水調整池としての機能も有しており、周辺市街地の開発・整備に伴って雨水排水による栄養塩の負荷量は次第に増加すると予想される。またモツゴは、偶発的に侵入し急激に密度を増加させる魚種である。すでに述べてきたように、舟田池を多様な生物の生息場所として維持してゆくためには、栄養塩の負荷量や池内での蓄積を可能な限り低減すると共に、水生昆虫やミジンコ類の捕食者となる魚類の密度を低く抑えることが不可欠である。それには、数年の間隔で舟田池を水干しすることが有効であるかも知れない。水干しは、嫌氣的になった底質を通気により改善させるとともに、魚類密度の増大を効果的に制御すると考えられるからである。

## 引用文献

- Aizaki, M., A. Otsuki, M. Hosomi and K. Muraoka. 1981. Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21: 675-681.
- Brooks, J. L. and S. I. Dodson. 1965. Predation, body size and composition of plankton. *Science* 150: 28-35.
- Chambers, P. A., J. M. Hanson, J. M. Burke and E. E. Prepas. 1990. The impact of the crayfish *Orconectes virilis* on aquatic macrophytes. *Freshwat. Biol.* 24: 81-91.
- Gliwicz, Z. M. 1969. Studies on the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy. *Ekol. Polska Ser. A.* 17: 663-707.
- Gulati, R. D., E. H. R. R. Lamens, M.-L. Meijer and E. Van Donk. 1990. Biomaniipulation: tool for water management. *Developments in Hydrobiology* 61.

- Kluwer Academic publishers.
- 林 文男. 1986. 舟田池の底生動物相. 千葉県立中央博物館 (仮称) 設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書 (昭和60年度): 33-35.
- 小林紀男. 1987. 舟田池の底生動物相. 千葉県立中央博物館 (仮称) 設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書 (昭和61年度): 15-18.
- 小林紀男. 1988. 青葉ヶ池の水生動物相. 千葉県立中央博物館 (仮称) 設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書 (昭和62年度): 27-31.
- 小林紀男. 1989. 千葉市内の池の水生動物相. 千葉県立中央博物館 (仮称) 設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書 (昭和63年度): 8-17.
- 小林紀男・倉西良一. 1994. 生態園舟田池における浚渫直後の淡水大型無脊椎動物相. 中村俊彦, 長谷川雅美 (編), 生態園の自然誌 I: 整備経過と初期の生物相の変化. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告特別号 1: 345-348.
- Lampert, W. 1988. The relationship between zooplankton biomass and grazing: a review. *Limnologia* 19: 11-20.
- Loman, J. G. and J. J. Magnuson. 1978. The role of crayfish in aquatic ecosystems. *Fisheries* 3: 8-19.
- Lynch, M. 1979. Predation, competition, and zooplankton community structure: an experimental study. *Limnol. Oceanogr.* 24: 253-272.
- 松永順夫. 1984. 舟田池の水質とプランクトン. 千葉県立中央博物館 (仮称) 設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書 (昭和58年度): 37-41.
- Nakamura, T. and T. Oba. 1993. Seitaien: creating a collection of Resotred Ecosystems in Chiba, Japan. *Restoration and Management Notes* 11: 25-30.
- 小倉紀男. 1986. 舟田池の水質. 舟田池の底生動物相. 千葉県立中央博物館 (仮称) 設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書 (昭和60年度): 16-25.
- 小倉紀男. 1987. 舟田池の水質 (II). 千葉県立中央博物館 (仮称) 設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書 (昭和61年度): 19-23.
- 小倉紀男. 1988. 舟田池の水質. 舟田池の底生動物相. 千葉県立中央博物館 (仮称) 設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書 (昭和62年度): 24-26.
- 大木克行・倉西良一. 1994. 生態園の淡水環境における大型無脊椎動物の分布と季節消長. 中村俊彦, 長谷川雅美 (編), 生態園の自然誌 I: 整備経過と初期の生物相の変化. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告特別号 1: 349-354.
- Shapiro, J., V. Lamarra and M. Lynch. 1975. Biomaniipulation: an ecosystem approach to lake restoration. *In* Brezonik, P. L. and J. L. Fox (eds), proceedings of a symposium on water quality management through biological control, pp. 105-115. Univ. Florida.
- 占部城太郎. 1986. 舟田池の動物プランクトン相. 舟田池の底生動物相. 千葉県立中央博物館 (仮称) 設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書 (昭和60年度): 30-33.
- 占部城太郎. 1987. 舟田池の動物プランクトン (II). 千葉県立中央博物館 (仮称) 設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書 (昭和61年度): 12-14.
- Urabe, J. 1992. Midsummer succession of rotifer plankton in a shallow eutrophic pond. *J. Plankton Res.* 14: 851-866.
- Urabe, J. 1993a. Seston stoichiometry and nutrient

- deficiency in a shallow eutrophic pond. Arch. Hydrobiol. 126: 417-428.
- Urabe, J. 1993b. N and P cycling coupled by grazers' activities: food quality and nutrient release by zooplankton. Ecology 74: 2337-2350.
- Urabe, J. 1994. Effect of zooplankton community on seston elimination in a restored pond in Japan. Restoration Ecology. 2: 61-70.
- Urabe, J. and T. Maruyama. 1986. Prey selectivity of two cyprinid fishes in Ogochi Reservoir. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 52: 2045-2054.
- 谷城勝弘. 1988. 舟田池の魚類. 千葉県立中央博物館(仮称)設置に関わる基礎調査及び資料収集事業報告書(昭和62年度): 16-24.
- Zaret, T.M. 1980. Predation and freshwater communities. Yale Univ. Press.

### Changes in Water Quality and Fauna in Funada-ike Pond: An Assessment of Restoration Treatments

Jotaro Urabe<sup>1),5)</sup>, Ryoichi B. Kuranishi<sup>1)</sup>, Masami Hasegawa<sup>1),6)</sup>, Norio Kobayashi<sup>2)</sup>, Norio Ogura<sup>3)</sup> and Katsuhiko Yashiro<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Natural History Museum and Institute, Chiba 955-2 Aoba-cho, Chuo, Chiba 260, Japan

<sup>2)</sup> Kasenseibutsu-kenkyujo, Silk-Haitu A-202, Oaza-Yorii 611-1 Yorii-machi, Saitama 396-12, Japan

<sup>3)</sup> Tokyo University of Agriculture and Technology 3-5-8 Saiwai-cho, Fuchu, Tokyo 183

<sup>4)</sup> International High School 3-16 Karabe, Narita, Chiba 286, Japan

<sup>5)</sup> Present address: Department of Biology, Tokyo Metropolitan University 1-1 Minami-ohsawa, Hachiohji, Tokyo 192-03, Japan

<sup>6)</sup> Present address: Chiba Historical Material Research Foundation 4-15-7 Chuo, Chuo-ku Chiba 260, Japan

Changes in water quality and fauna of Funada-ike Pond, a restored pond in the Ecology Park, Natural History Museum and Institute, Chiba, was monitored in order to assess restoration treatments aimed to improve the water quality and habitat for aquatic animals. The restoration treatments, conducted from 1987-1989, included draining the pond water, dredging the bottom mud containing high organic matter and eliminating the wastewater inflow. In addition, all fish were removed to facilitate development of large zooplankton species. Before treatment, the pond was hypertrophic with low water transparency and an anoxic layer near the bottom. During the period from 1985 to 1987, a total of 42 species of aquatic animals (23 zooplankton, 6 aquatic insects, 7 fish and 5 other organisms) were recorded, but benthic species were very limited. After treatment, inorganic nitrogen and total phosphorous concentrations decreased markedly, from 1.374 to 0.394 mg/l and from 0.302 to 0.033, respectively, and populations of large zooplankton such as *Daphnia* developed. As a result, density of suspended particles including phytoplankton decreased from 11.387 to 1.176 mg C/l, and water transparency improved considerably. During the 2 years following the treatments, a total of 94 species (24 zooplankton, 40 aquatic insects and 11 other organisms) were recorded, and benthic species became abundantly. The results indicate that the restoration treatments were effective in improving the water quality and habitat for various aquatic animals.