都市型ビオトープ池での硝酸イオン吸着型水質浄化装置による水生昆虫相への影響

大澤啓志^{*1)}・井上 剛²⁾・瀧 寛則³⁾・屋杵下 亮³⁾・天石 文³⁾・林 聡⁴⁾・横山理英⁴⁾

1) 日本大学生物資源科学部 College of Bioresource Sciences, Nihon University

2) 株式会社 地域環境計画 Regional Environmental Planning, Inc.

3) 大成建設 株式会社 Taisei Corporation

4) 日本植生 株式会社 Nisshoku Corporation

摘要: 硝酸イオンを吸着・除去する水質浄化装置の有無による、都市型ビオトープ池の水生昆虫相及び水質や藻類の繁茂状況の影響を検討した。4年間のモニタリングの結果、15科29種の昆虫が確認された。浅場での水生昆虫相の種構成・個体数には大きな差は認められず、装置設置池の方が非設置池よりもトンボ目の多様度指数は高かった。装置を設置した池では、夏季のクロロフィル a 量の極端な増加は生じず、設置後3年目からは藻類発生の抑制効果が確認された。また夏季の池底最深部の昆虫類群集の極度の貧弱化が抑えられるとともに、池底のヘドロ様の堆積泥厚にも顕著な差が認められた。本装置設置によって池底での夏季の過度の富栄養化が抑制されていた。

キーワード: 水辺空間、淡水藻類、トンボ目、ユスリカ科、堆積泥

OSAWA, Satoshi, INOUE, Tsuyoshi, TAKI, Hironori, YANESHITA, Makoto, AMAISHI, Aya, HAYASHI, Satoshi and YOKOYAMA, Riei: **The influence of water treatment systems using nitrate-ion adsorption on aquatic insect fauna in an urban artificial pond.**

Abstract: We discuss the influence of a water treatment system on aquatic insect fauna in the urban artificial pond for aquatic habitats. We recorded a total of 29 species from 15 families of insects during monitoring over four years. The difference in aquatic insect fauna was not affected by the presence of the system, and the diversity index of dragonflies increased after the water treatment system was established. Additionally, chlorophyll *a* did not increase much and the occurrence of an alga was also restrained in summer of the third and the fourth. We estimated that this water treatment system reduced eutrophication.

Key words: waterside space, freshwater algae, Odonata, Chironomidae, accumulated mud

1. はじめに

都市部の再開発地や工場・学校等の施設内に修景緑化やビオトープ池等の小生態園として、水辺空間を設ける事例が増えている。都市域にこのようなビオトープ池を確保・維持することは、利用者や住民への身近な生きものの触れ合いの場の提供、あるいは地域のビオトープネットワークの小規模な中継点とも成り得ることから重要と言える。しかし、これらのビオトープ池では夏から秋季に藻類（アオミドロ等）の大量発生が各地で問題視されており^{1,9,19)}、景観悪化や臭気も含めた周囲への配慮から、池自体が撤去される場合も少なくない。発生した藻類は網で掬い取ってもすぐに再発生するため、通常の保守管理における物理的な除去等では根本的解決にはならず、水質面での改善が不可欠となる。ただし、簡便な薬剤処理による水質改善では生物相への影響が懸念され、ビオトープ池の生物多様性を保ちつつ、利用者の快適性を確

保する水質改善技術が求められている。

本研究では、これまで除去が困難であった硝酸イオンも含め、水中の栄養分や懸濁物質を吸着・除去する水質浄化装置を用いることで、この課題の検証に取り組んだ。本装置を用いた水質改善により、藻類発生が抑制されることは報告¹⁷⁾されているものの、長期野外実験での効果や生物相への影響は不明となっていた。そこで本研究では、実験用のビオトープ池を造り水質や藻類の繁茂状況等の推移をみるとともに、特に水質浄化装置の有無による水生昆虫相への影響を明らかにすることを目的とした。具体的には、①水質浄化装置の有無による水生昆虫相の違いや4年間の変化について詳細に記録する、②得られた水生昆虫相の違いや変化から環境要因との関係や水質浄化装置の効果について考察した。なお、創出型のビオトープ池における既往の藻類対策としては、光環境による制御¹⁾、アレロパシーによる制御¹³⁾、小型草食魚¹⁹⁾や動物プランクトン⁴⁾の摂食による制御等が検討されているが、

* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒252-0880 神奈川県藤沢市亀井野 1866 E-mail : osawa.satoshi@nihon-u.ac.jp

写真-1 実験用ビオトープ池の外観 (2012.7 撮影)

Photo-1 Appearance of the experimental artificial ponds.

水質浄化による制御の検討はなされていない。

2. 材料ならびに方法

調査地は、日本大学生物資源科学部（神奈川県藤沢市）の生物環境科学研究センターに整備された隣接する 2 つの同形のビオトープ池（楕円形で面積約 12 m²）とした（写真-1）。2012 年 4 月に本研究用に造成したもので、底に防水シートが張られ、その上に荒木田土を約 20 cm 被覆している。最大水深は 45 cm で、浅場の水域にはヨシ (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.)、ヒメガマ (*Typha domingensis* Pers.) 等の湿生植物を植栽した（初期施工時は水面の 30 %程度被覆を計画）。ビオトープ池の周りは、3 方向に樹高約 5 m の落葉樹が植えられており、南東側は開放的な低茎の草地となっている。2 つのビオトープ池の片方には水質浄化装置（硝酸イオンを選択的に吸着する Ca 担持炭²⁰を充填した吸着槽に池の水を循環させるもの）を設置し（以下、実証池）、他方には設置しなかった（以下、対照池）。なお、対象地周辺は郊外域で、大学キャンパス、住宅地、畑地、谷戸等が混在する。

水生昆虫相については、定性調査（2012 年 6～10 月及び 2013 年 4～9 月の月 1 回実施）と一定の枠内で採取する定量調査（2013 年 10 月及び 2014 年 4～10 月の月 1 回実施）を行った。定性調査は池内の任意の個所を掬い取るもので、1 mm×1 mm 目の手網を用いて行った。定量調査は各池の浅場 3 ヲ所で 30 cm×30 cm×深さ 20 cm の金属板の枠を素早く池底まで沈め、その範囲の全ての生物を手網（同前）で掬い採る方法によった¹⁴⁾。また、2015 年には池内の水深による違いを見るため、5・7・9 月に前年までと同じ浅場各 3 ヲ所の定量調査に加えて、池最深部（1 ヲ所のみ）の堆積泥内での採取も行った。池最深部の調査は、タモ網（口幅 30 cm : 1 mm×1 mm 目）を堆積有機物内に差し込み、30 cm×30 cm 範囲内の堆積泥を素早く手で網内に掻き込む方法によった。採取した水生昆虫を含む落ち葉や底土はソーティングを行い、水生昆虫を 80 %エタノール液で固定し、同定作業を行った。

環境条件として、2012 年 4 月から 2016 年 1 月まで月 1 回池中央の表層部で採水し、水質分析（SS, pH, TOC, NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, T-N, PO₄-P 及びクロロフィル a（島津製作所製 分光光度計 UV-1800 を用いた吸光光度法））を行うとともに、藻類の発生状況を目視観察した（0 : 発生なし, 1 : 少数発生, 2 : 水面の 1/4～1/2 程度で発生, 3 : 水面の 3/4 程度で発生, 4 : 全面厚く覆われる, の 5 段階で記録）。また、2015 年 10 月には池最深部の堆積泥厚を計測した。これは円筒形ガラスを池の最深部に突き刺し、底部の土 5～15 cm 程を採取する（各池 5 ヲ所で実施）もので、採取底泥をバットにあげ、池造成時に使用した荒木田土の上部にある黒色の堆積部分を堆積泥としてその厚さを測定した。なお、バットにあげた際に形を保持できない腐泥は厚さに含めなかった。

対象地では、周囲の草刈りや樹木の枝打ち、池内で繁茂し過ぎた抽水植物の除去等を適宜行うとともに、毎年冬季に抽水植物の地上部の刈り取りと池中の落葉の除去を行った。蒸散による水位低下を防ぐため、水道水の給水も随時行った。

3. 結果

3.1 水生昆虫相の変化

2012～2015 年の調査の結果、実証池で 21 種、対照池で 24 種、合計 5 目 15 科 29 種の昆虫が確認された（表-1）。種構成については、両池ともにトンボ目が最も多く（実証池 9 種、対照池 11 種）、次いでハエ目（ユスリカ科）が 6～7 種、カメムシ目が両池とも 3 種の順であった。また、コウチュウ目は実証池でのみガムシ科が 1 種、対照池でのみゲンゴロウ科が 2 種確認された。トンボ目では実証池で確認された 9 種はすべて対照池でも確認され、アオイトトンボ属とウスバキトンボ (*Pantala flavescens* (Fabricius)) が対照池でのみ確認された。年単位での変化をみると、全種数では概してビオトープ池の設置当初で低く、経時とともに増加する傾向が見られた。月毎の確認種数は、実証池で 4～10 種、対照池で 2～9 種であり、両池とも秋季から春季にかけて種数は多くなり、夏季に減少していた。

3.2 水生昆虫の生息量とその月別変化

池浅場（水深 5～10 cm 程度）における定量調査では（1 回あたりの調査面積 : 0.27 m²）、実証池で 15 種、対照池で 16 種、合計 4 目 9 科 19 種の昆虫が確認された（表-2）。計 8 回調査の合計個体数は、実証池 847 個体、対照池 806 個体と実証池でやや多いものの、大きな違いは見られなかった。

各分類群別では、ハエ目（ユスリカ科）が実証池で 645 個体、対照池で 564 個体、トンボ目がそれぞれ 199 個体と 229 個体、その他の分類群は 10 個体以下であり、これも両池で大差は認められなかった。確認種数の多かったトンボ目について、この定量調査の合計個体数を用いて Simpson の多様度指数 (*D*) 及び Shannon-Wiener の多様度指数 (*H'*) を求めた。その際、「…属」（識別形質が不十分な幼個体で種までの同定が困難であったもの）は同池での同属の確認種として

表-1 調査期間中の確認種一覧

Table 1 The presence list of aquatic insects in each investigation.

No	目名	科名	和名	実証池															対照池																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				2012					2013					2014					2015					2012					2013					2014					2015																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	5	7	9	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	5	7	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	カゲロウ	コカゲロウ	フタバカゲロウ属		○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				</

注: 種名及び分類は原則として「日本産野生生物目録 脊椎動物編」(環境庁 1993年)に準拠した(以降に示す確認種一覧も同様)。
種名に「…科」、「…亜科」、「…属」とあるもので、他の種と重複する可能性がある場合は、種数合計から除外した(以降に示す確認種一覧も同様)。

学名一覧: アジアイトンボ *Ischnura asiatica* (Brauer), マルタンヤンマ *Anaciaeschna martini* (Selys), クロスジギンヤンマ *Anax nigrofasciatus* Oguma, ギンヤンマ *A. parthenope* (Selys), ヤブヤンマ *Polycanthagyna melanicta* (Selys), ショウジョウトンボ *Crocothemis servilia* (Drury), シオカラトンボ *Orthetrum albistylum* (Selys), オオシオカラトンボ *O. melania* (Selys), ウスバキトンボ *Pantala flavescens* (Fabricius), マイコアカネ *Sympetrum kunkeli* (Selys), ケシカバロアメンボ *Microvelia douglasi* Scott, エゾミズギワカメムシ *Saldula recticollis* (Horvath), コマツモムシ *Anisops ogasawarensis* Matsumura, コツブゲンゴロウ *Noterus japonicus* Sharp, ハイイロゲンゴロウ *Eretes griseus* (Fabricius), キベリヒラタガムシ *Enochrus japonicus* (Sharp)

表-2 定量調査による個体数の推移

Table 2 Change of individuals of each species by quantity investigation.

目	種名	実証池										対照池									
		2013					2014					2013					2014				
		10	4	5	6	7	8	9	10	10	4	5	6	7	8	9	10				
カゲロウ トンボ	フタバカゲロウ属	1									7				1						
	アジイトトンボ		1	2							1										
	アオモンイトトンボ属										1										
	アオイトトンボ属										1										
	クロスギンヤンマ						2	1	2	2					6	1	4				
	ギンヤンマ					1															
	ギンヤンマ属	2		1		2	1						7	1							
	ヤブヤンマ	1	1	2				2								1	2				
ハエ	ショウジョウトンボ	15	6	2	9	1	15	4	3	35	14	11	7	8	25	19	12				
	シオカラトンボ	13	9	12	2	3	6	8		1	3	6	2								
	オオシオカラトンボ	5	7	11	4	3	2	7			13	12	7			1					
	シオカラトンボ属	13	1	1			3	5	1	8	8						1				
	マイコアカネ				6	1						7	2								
	カメシ							1						3		1					
	アメンボ科														1						
ハエ	コムズボンシ属	1																			
	クロバナムスリカ属	38	128			8	10	47	33	69	9	4	41	43	62	183	109	67			
	ダンダラヒメムスリカ属										1	2									
	ヒメエリムスリカ属												4								
	ムスリカ属	97	1	39				31	133		1	1	6	4	4	5	4	10			
	クロムスリカ属							2	3												
	ハモンムスリカ属			1				2	1		1					1	1	1			
4目9科19種（種数）	ムスリカ科							2													
		10	8	9	5	7	7	11	8	7	10	9	7	6	6	8	7				
		15										16									

表-4 ビオトープ池の浅場及び最深部での個体数の推移

Table 4 Change of individuals of each species on shallow site and deep site in the artificial ponds.

目	種名	浅部						最深部					
		実証池			対照池			実証池			対照池		
トンボ	イトトンボ科	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9
	アオイトトンボ属										1		
	マルタンヤンマ	1						2					
	クロスジギンヤンマ			3		1	2			1			
	ギンヤンマ属		3			3							
	ショウジョウトンボ				3	8	20				1		
	シオカラトンボ				4		2						
	オオシオカラトンボ	6			6			2					
	シオカラトンボ属		2			1	11						
	マイコアカネ				1								
カメシ	ゲンシタビロアメンボ	2	1	2	3	9	1				1		
ゴリチュウ	キベリヒラタガムシ		12										
ハエ	ガガンボ属					1							
	クロバスマユスリカ属	36	34	18	29	61	5	2	25	1	1		
	ユスリカ属	7	13	6		27	1	59	53	3	3		
	ハモンユスリカ属	1	17		1	11	3	5	5				
	ニセヒゲユスリカ属		1										
	ユスリカ科	1			1			2					
4目8科15種 (種数)		6	8	4	7	8	9	4	3	3	5	0	0
		9			12			5			5		

注：表中の数は、浅場は0.27㎡、最深部は0.09㎡における生息量を示す。

オオカラトンボは、両池ともに春季から夏季にかけて個体数は減少し、夏季から秋季にかけて増加を示した。

3.3 水深の違いによる水生昆虫の生息量の変化

2015年の調査の結果、実証池で9種324個体、対照池で13種225個体、合計4目8科15種が確認され(表-4)、いずれもトンボ目やハエ目が大半を占めていた。

水深の違いに着目すると、実証池・対照池ともに浅場の方が最深部よりも種数・生息量ともに多くなる傾向がみられた。ただし、実証池ではユスリカ属は最深部の方が多くなっていた。個体数の多いユスリカ科(ユスリカ属、クロバスマユスリカ属、ハモンユスリカ属などユスリカ科の合計)は、最深部(調査面積:0.09 cm²)で実証池・対照池に顕著な差が認められた。すなわち、実証池では5月68個体、7月83個体、9月に急減して4個体が記録されたが、対照池では5月に4個体が確認されたのみであり、7月・9月は水生昆虫の生息は確認されなかった。トンボ目については、最深部での確認個体数は極めて少なく、特に対照池では基本的にはその生息環境が浅場に限定されていることが示された。

3.4 水質・藻類発生・堆積泥の状況

水質分析結果については、最も特徴的な動きを示したクロロフィルaのみ図-1に示した。これはクロロフィルaから単純に藻類の個体数を求めることはできないものの、一般に藻類の現存量の指標としてクロロフィルa量が用いられるためである¹⁶⁾。2012年と2013年は両池ともに差は認められなかったものの、2014年と2015年は対照池で夏季に高い値を示し、0.8 mg/L前後のクロロフィルa濃度が計測された。

目視観察による藻類発生状況の月別推移をみると(図-2)、両池とも夏季を中心に発生段階が高まっていたが、対照池の発生段階が実証池よりも高くなる傾向が認められた。特に設置3年目以降では、対照池では夏季に水域の全面が藻類で厚

図-1 調査期間中のクロロフィル a 濃度の推移

Fig. 1 Change of the colorful a during investigation period.

図-2 藻類の発生状況の推移

Fig. 2 Change of the grown-up situation of the alga.

写真-2 設置4年目(2015年)の夏季の藻類発生状況

Photo-2 The grown-up situation of the alga in summer in 2015.

く覆われる状況を呈したのに対し、実証池では浅場には藻類が発生したもの、池中央部の水深がある部分は澄んで池底が観察できる状態が保たれていた(写真-2)。

設置4年目における堆積泥の厚さは、平均(N=5)で実証池が0.2 cm (S.D.±0.45 cm)、対照池が5.0 cm (S.D.±1.22 cm)であり(表-5, 写真-3)、有意に対照池が高い値であった(Student's t-test, $P<0.005$)。

4. 考察

4.1 水生昆虫相及び環境要因の経時変化

4年間にわたり水質浄化装置設置の有無による水生昆虫相及び水質、藻類の発生状況、堆積泥(最終年のみ)について結果を得た。設置の有無に関わらず、水生昆虫相は止水的環境に生息する種で構成されていた(表-1)。夏季に種数が減る傾向が認められたが、これは夏季に成虫となり水域から陸域

表-5 実証池と対照池の池底の堆積泥の厚さ

Table 5 The thickness of an accumulated mud on a bottom of both artificial ponds.

採取地点No.	1	2	3	4	5	平均
実証池	1 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0.2 cm
対照池	3 cm	6 cm	5 cm	6 cm	5 cm	5.0 cm

写真-3 実証池（左）と対照池（右）の堆積泥の状況

Photo-3 Situation of the accumulated mud on a bottom of both artificial ponds.

へと生息域を変化させるトンボ目の消長が反映された結果と考えられる。

人との親和性の高い昆虫類であるトンボ目⁶⁾の出現種に着目すると、ビオトープ池の創出当初から両池ともにシオカラトンボやショウジョウトンボといった池沼や湿地、水田、休耕田等の広範囲な止水域にみられる種¹⁰⁾、やや鬱閉的な小規模水域を好むクロスジギンヤンマ (*Anax nigrofasciatus* Oguma)¹⁰⁾が多く確認されていた。また、経年とともに抽水植物等が生育する止水環境を好むマイコアカネ (*Sympetrum kunckeli* (Selys))¹⁰⁾、また池底への植物性沈積物の増加に伴って木陰のある小水域（池沼や水たまり等）を好むヤブヤンマ (*Polycanthagyna melanictera* (Selys))¹⁰⁾といった種が出現するようになったが、これは両池とも共通していた。いずれも学校ビオトープ等で比較的普通に見られる種^{6,11)}であり、個体数の多かったシオカラトンボ、オオシオカラトンボ、ショウジョウトンボは一般に池造成初期から飛来する種^{2,5)}であった。このように、本ビオトープ池においても整備後のトンボ目の種組成（表-1）については、既往研究で示されるものと同様の推移と考えられ、その結果、実証池・対照池で大きな差異は認められなかった。

加えて定量調査により詳細な個体数まで把握したところ（表-2）、総個体数及び主要構成目であるハエ目（主にユスリカ科）・トンボ目の個体数には、実証池・対照池で大きな差異は認められなかった。ただし、実証池・対照池では季節的な変化が認められ、これはクロバナムユスリカ属の消長が強く反映されたためで、加えて実証池ではユスリカ属の10月の高い生息量も関与していた。これらの2属の中には、汚濁の進んだ水域にも生息することができる種も含まれることが知られるが^{7,8,12)}、生態的知見に乏しく、今回の季節消長の違いが生じた理由については現時点では明らかにできなかった。なお、創出型のビオトープ池での水生昆虫相の定量調査報告は少ないが、例えば馬場ら³⁾による堺市街地（大阪）での報告でもユスリカ類が突出して多いことが示されている。

造成4年目に行った池最深部の水生昆虫相では、実証池・対照池で顕著な違いが認められ（表-3）、対照池での7月・9月の水生昆虫の無生息が特筆された。一般に都市域における創出型ビオトープ池では経年に伴い藻類の発生が生じるが^{9,19)}、本ビオトープ池でも同様の状況が生じたと考えられる。すなわち、水質浄化装置を設置しなかった対照池では造成3年目の夏季にクロロフィルa濃度の高い値が認められ、翌年の夏季にも同様の濃度を示したためである（図-1）。一般に創出型のビオトープ池での経年に伴う藻類の繁茂は、周囲からの栄養塩類の流入により富栄養化が生じるためである。これに対し、実証池では造成4年目時点まではクロロフィルa濃度の高値は認められなかった。目視観察による藻類の発生状況もこれを裏付けるもので、夏季を中心に発生段階が高まるものの、実証池では相対的に繁茂が抑えられていた（図-2）。特に対照池では、造成3年目からは夏季に水面の全面が厚く藻類に覆われており（写真-2：右）、一般に「不快」と感じられる創出型ビオトープ池の状況を呈していた。

そして、対照池において夏季の藻類の繁茂が顕著になった造成4年目における堆積泥の状況を比較したところ、有意に対照池で厚く堆積していた（表-5）。一般に閉鎖性止水的環境では、ヘドロと呼ばれる有機物を多量に含む泥の堆積に伴い、バクテリア等の活発な活動により溶存酸素が消費され、貧酸素状態になることが知られている²⁰⁾。そして有酸素呼吸を必要とする水生昆虫の生息が7月・9月に全く認められなかった対照池の最深部では、この時期、貧酸素状態に陥っていた可能性が高い。これに対し、実証池では9月に個体数密度が低下するものの、造成4年目まで最深部でも水生昆虫の生息が認められ（表-4）、また堆積泥の厚みは低く止まっていた（表-5、写真-3）。この厚みには池周囲の樹木からの落葉や抽水植物のリター堆積も多少なりとも関与すると考えられるが、両ビオトープ池は近接して設置されているため（写真-1）、池外からのリター堆積量は同程度であったと推察される。このため、対照池での堆積泥の増加は、藻類の大量発生すなわち夏季のクロロフィルa濃度の高値（図-1）が強く影響したと考えられる。なお、採水を行った池中央表層部では藻類の発生密度が比較的低くなくなっていたため、中層部等でのクロロフィルa濃度はより高い値であった可能性が高い。

以上、浅場においては種構成・個体数で顕著な差はなかった。一方、最深部においては、水質浄化装置を設置した実証池では、個体数としては必ずしも多くないものの、いわゆる赤虫と呼ばれる中・大型のユスリカ属、汚濁耐性がある比較的富栄養化した流水や止水の底に生息するクロバナムユスリカ属⁸⁾、貧酸素状態への耐性を有するユスリカ類等が生息を維持していた（表-4）。これに対して、水質浄化装置を設置しなかった対照池では、最深部において夏季に水生昆虫が生息できない状況が生じていることが示された。対照池の最深部では、大量発生した藻類の沈積によるヘドロ化、そしてヘドロ堆積による著しい貧酸素化が生じていたと考えられ、こ

の水質の違いによる生息環境の変化が影響しているものと考えられた。また、田中ら¹⁸⁾はビオトープ池での泥の堆積が水生昆虫の種数の低下を招くことを指摘しており、本研究においても同様の結果が得られた。

4.2 水質浄化装置設置の評価

水質浄化装置の有無による影響の評価規準として、①水生昆虫相に対し負の影響が生じていない、②藻類の発生が抑えられる水質が維持されている、の2点を今回設定した。

水生昆虫相については、種構成、目毎の個体数割合に大差は認められなかった(表・1・2)。トンボ目についての多様度指数(D 及び H')では、浄化装置を設置した実証池の方が高い値であった(表・3)。これは、出現種数は同程度でありながらも、対照池ではアオミドロ等が繁茂する富栄養の止水にもよくみられるショウジョウトンボ(例えば尾園ら¹⁵⁾にはそのような水域での産卵写真がある)が、計131個体と突出して多く採取されたことが影響していると考えられる(表・2)。また、経年による深部への泥の堆積を抑制することも示され(表・5)、夏季に深部も含めて水生昆虫の生息空間が維持されることも明らかにされた(表・4)。このように本水質浄化装置を設置することによって過度の富栄養化が抑制され、結果として水生昆虫の生息に寄与していると評価された。

藻類の発生については、設置3年目時点で差が認められ、本水質浄化装置を設置しないと夏季にクロロフィルa濃度の著しい増加(図・1)と藻類が厚く水面全域を覆う状況(図・2)が生じたのに対し、設置することでクロロフィルa濃度の低い値及び藻類の繁茂抑制、そして一定の透明度を確保(写真・2:左)していることが確認された。また、4年目に計測したヘドロ様の堆積泥厚には顕著な差が認められたが(表・5)、これは4年間を通じた藻類発生状況の顕著な差(図・2)に起因していると考えられた。すなわち、水域景観の快適性の維持の点からも本装置の設置は評価できる。

課題としては、まず設置5年目以降についての上記の効果の維持状況の把握があげられる。また、他の水質改善技術に対し、コスト面やメンテナンス面からの検討も求められる。そして水質改善と合わせた良質な生物相維持に対する事業者あるいは利用者の評価内容の把握が、アメニティ性と生態性の両立を図る小生態園の普及に繋がると考えられる。

引用文献

- 1) 阿部泰宣・梅津 剛 (2006) ビオトープ管理のためのアオミドロの生態調査及び繁殖抑制手法の検討. 土木学会第61回年次学術講演会講演梗概集: 243-244.
- 2) 荒瀬輝夫・内田泰三 (2014) 水辺ビオトープ造成後8年間における植物、鳥類およびトンボ類の種組成の変化について. 日本緑化工学会誌, 40(1): 102-107.
- 3) 馬場直人・向井康夫・平井規央・石井 実 (2002) 堺市市街地のビオトープ池に成立した水生昆虫群集. 昆虫と自然, 37(10): 43-47.
- 4) 橋本慎治・新藤翔太 (2015) 足立区桑袋ビオトープ公園た

- め池におけるクロロフィル変化量から見積もった植物プランクトンの比増殖速度と動物プランクトンの比捕食速度の季節変動. 帝京科学大学紀要, 11: 1-10.
- 5) Kadoya, T., Suda, S. and Washitani, I. (2004) Dragonfly species richness on man-made ponds: effects of pond size and pond age on newly established assemblages. *Ecological Research*, 19(5): 461-467.
- 6) 上甫木昭春・梶原優美 (2001) トンボとチョウの出現からみた学校ビオトープのランドスケープデザインに関する研究. *ランドスケープ研究*, 64(5): 621-626.
- 7) 小林 貞 (2001) モンユスリカ亜科. 近藤繁生・平林公男・岩熊敏夫・上野隆平編, ユスリカの世界. 培風館, pp. 149-164.
- 8) 小林 貞 (2010) モンユスリカ亜科. 日本ユスリカ研究会編, 図説日本のユスリカ. 文一総合出版, pp. 40-71.
- 9) 工藤祐希・渡部守義 (2014) 学内ビオトープ池におけるアオミドロの発生抑制に関する研究. 明石工業高等専門学校研究紀要, 56: 21-26.
- 10) 杉村光俊・石田昇三・小島圭三・石田勝義・青木典司 (1999) 原色日本トンボ幼虫・成虫大図鑑. 北海道大学図書刊行会, 917pp.
- 11) 森川政人・小林達明・相澤章仁 (2012) 学校プールに形成される水生昆虫相の成立要因に関する研究. 日本緑化工学会誌, 38(1): 103-108.
- 12) 森下郁子 (1986) 指標生物学 生物モニタリングの考え方〔普及版〕. 山海堂, 159pp.
- 13) 中村智一・野知啓子・大塚雅之・瀬下哲也 (2007) 屋上緑化ビオトープの植生浄化法による水質管理手法についての検討. 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集, H19年(1): 25-28.
- 14) 大澤啓志・井上 剛・勝野武彦 (2004) 都市域谷戸水田における冬季の管理条件が春季の水生生物に及ぼす影響について. *ランドスケープ研究*, 67(4): 335-338.
- 15) 尾園 暁・川島逸郎・二橋 亮 (2012) ネイチャーガイド 日本のトンボ, 文一総合出版, pp. 440-441.
- 16) 社) 日本水道協会 (2001) クロロフィル. 上水試験方法 解説編 2001年版, pp.795-799.
- 17) 瀧 寛則・屋柙下 亮・内池智広・天石 文・林 聡・横山理英 (2015) 都市部ビオトープ池の水質保全に対するカルシウム担持炭化物の効果. 第49回日本水環境学会年会講演集: p.194.
- 18) 田中幸一・浜崎健児・松本公吉・鎌田輝志 (2013) 造成されたビオトープにおける水生昆虫の種数の変化. 昆虫・ニューシリーズ, 16(4): 189-199.
- 19) 谷本忠芳・中村和幸 (2006) ワタカ (*Ischikauia steenackeri*) 導入による学校ビオトープ池の水生植物およびアオミドロ (*Spirogyra sp.*) の生育抑制. 環境教育, 15(2): 14-21.
- 20) 山口啓子・相崎守弘 (2003) 底生動物の浄化作用. 島谷幸宏・細見正明・中村圭吾編, エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化. ソフトサイエンス社, pp.31-43.
- 21) 横山理英・林 聡・中西 真・高田 潤 (2008) Caを導入した木質炭化物による硝酸性窒素吸着特性. 水環境学会誌, 31(1): 47-52.

(2018年6月30日受理)