

屋上ビオトープに関する研究

(その 3) 施工後 16 年間のモニタリング調査結果

A STUDY ON ROOFTOP BIOTOPE

Part 3 The results of various types of monitoring for sixteen years after the completion of the biotope

鈴木孝彦*¹, 栗木茂*², 大島佳保里*³

Takahiko SUZUKI, Shigeru KURIKI and Kaori OSHIMA

With ever-increasing urban development, green areas that provide habitats for living organisms such as insects and small birds have decreased, and environmental issues such as heat islands have caused. For this reason, it is important to construct, unused spaces within sites or on rooftops as biotope, which provide an environment supporting various living organisms inhabiting the region to establish a region-specific natural ecosystem, as well as allowing nature to regenerate spontaneously. With this as a background, this study involved a project establishing 100m² biotopes in small-building. Findings from the investigations of plantings, insects, birds and water quality over 16 years since the construction of the rooftop biotope are as follows.

1. In comparison with the data at the time of the biotope construction, over half of the plantings have withered; therefore, it is necessary to add appropriate plantings that can adapt to the environment as needed.
2. Even for trees that bear fruit, more vigorous trees are likely to attract birds. The quality of the pond water was monitored based on whether it was the appropriate environment for dragonfly larvae.

Keywords : *Biotope , Biodiversity , Rooftop , Monitoring*
 ビオトープ, 生物多様性, 屋上, モニタリング

1. はじめに

生物多様性の回復を図るために、生育・生息環境を創出する屋上ビオトープの整備が必要である。近年、国交省をはじめ、市町村でも建物の屋上にビオトープを設置し、建物の回廊となる緑のネットワーク（エコロジカルネットワーク）の形成や建築物に生物多様性を創出するための計画に取り組むことを奨励している。昨今のビオトープは、グリーンインフラ¹⁾として新たに注目されており、「緑」を都市の中に組み込み、その自然の力を活かすことで、集中豪雨時の雨水の調整、排水の遅延や水質浄化に役立ても期待されている。また、都市部を中心に中規模の建築物の屋上に、給排水衛生・空調設備機器を設置しており、ヒートアイランドの抑制や生物の育成環境を検討するにいたっていないケースが見られる。さらに、ビオトープを計画しても、その維持管理においては、除草コスト・時間、池を創出した場合は水質や臭気など、様々な改善すべき要因が指摘されている。

既報までに屋上ビオトープが下層階の室内に及ぼす熱的影響²⁾を緩和することを確認している。ビオトープ設置における生物多様性の調査については、造成後に報告されているものは、例えば既報³⁾に示すように、竣工後 3 年程度のモニタリング調査など竣工後数年に関するものが多く、長期にわたる植栽の育成状況が報告されている事例は少ない。短期調査では、周辺環境の開発や管理放棄による環境変化、



(1) 2008 年 (2) 2017 年
 写真-1 周辺環境の移り変わり (赤枠は社有地)



(1) 竣工時 (2002 年 3 月) (2) 16 年後 (2017 年 5 月)
 写真-2 屋上ビオトープの外観

外来種の侵入と地域の生態系の特長が把握できないため、継続的なモニタリングを実施することが望ましいと考えられている⁴⁾。

本報では、竣工後 16 年間の生物相、池の水質に関する調査結果について報告する。

2. 屋上ビオトープ概要

「人と自然のふれあい」をテーマとしたアメニティビオトープとして戸田建設技術研究所（茨城県つく

*1 戸田建設株式会社技術開発センター 修士 (工学)

*2 戸田建設株式会社技術開発センター

*3 戸田建設株式会社技術開発センター 修士 (農学)

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Research and Development Center, TODA CORPORATION,

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Agr.

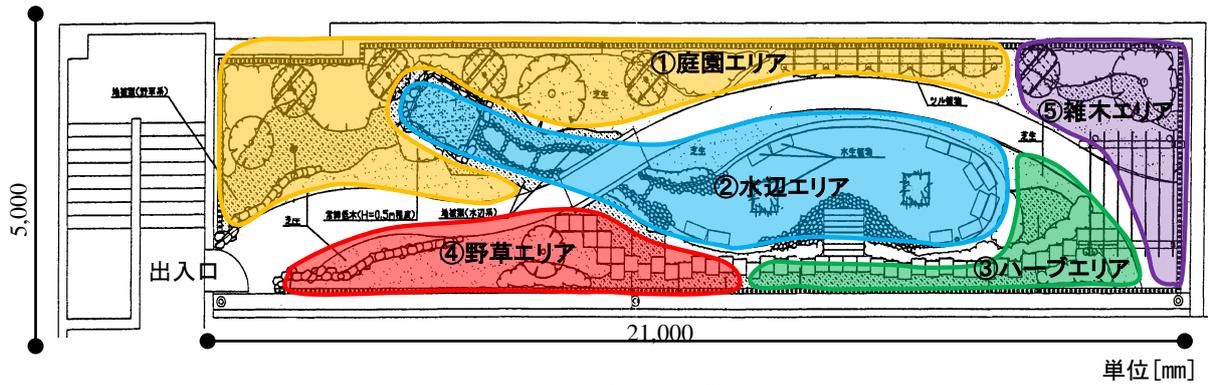


図-1 屋上ビオトープの平面図

ば市)の敷地内の実験棟2階屋上に屋上ビオトープを創出した。写真-1(1)(2)は、ビオトープを中心とした、2008年と2017年の航空写真である。周辺環境は、かつて樹林や畑などの緑地が面として広がる地域だったが、開発に伴い道路や建築物が建設され、緑が減少傾向となっている。写真-2(1),(2)に2002年3月、2017年5月の屋上ビオトープの外観を、図-1に平面図を、表-1に概要を、表-2に植栽管理方法を示す。ビオトープ全体の設置面積は約105m²(短辺方向約5m,長辺方向約21m)、このうち池や小川などの水域面積は約15m²で、池の水深の最大は約300mmである。植栽基盤は、耐根シート、排水パネル(発泡ポリスチレン製40mm厚)、透水シート、人工軽量土壌、畑土で構成し、土壌厚は約300~400mmを確保した。池の補給水は、主に雨水になるが、池の水が足りない場合は、自動で水道水が流入できるようになっている。植栽への灌水は、染み出しパイプによる自動灌水方式とし、一部のエリアに雨水を利用したシステムを採用している。植栽基盤への降雨は、土壌の保水効果により、ある程度利用されることになるが、水域に降り注ぐ雨の余剰分は何も工夫がなければオーバーフローとして排出されてしまう。ここでは、雨水の貯留と毛細管現象による土壌への給水が可能なタンクを連結して埋設し、そこに降雨時のオーバーフロー水を自動的に導入する仕組みを採用している。池の水質管理は、上流にバードバスがあり、その下に木炭によって濾過できる構造となっている。繁茂したアオミドロと藻は、月に1~2回程度、除去するように管理している。

竣工時の植栽の種類は、高中木7種類、低木18種類、地被類29種類、水生性植物11種類(スイレン、ガンガレイ、コガマ等)、野菜&ハーブ24種類である。県内の畦道から採取した雑草も植えた。これらではできるかぎり関東地方産のものとし、昆虫や小鳥が好む、花が咲くもの及び実のなるものを多く選定した。また、池にはヒメダカ、ヌマエビを放流した。なお、昆虫類の指標種は、幼虫の時に水中で生息し、羽化時に水草に這い上がるといった生息範囲が広く、長期間に生息するトンボ類とした。

表-1 屋上ビオトープの概要

植栽基盤	耐根シート, 排水パネル(発泡ポリスチレン製40mm厚) 透水シート,人工軽量土壌,畑土(300~400mm)
植栽植物	高中木 7種類(12本),低木18種類(99本) 地被類 29種類(671ポット), 水生植物 11種類(89ポット), 野菜・ハーブ 24種類
灌水	染み出しパイプによる自動灌水方式 (一部のエリアには雨水を利用したシステム)
平均荷重	300 kg/m ²

表-2 植栽の管理方法

管理名称	植栽管理方法	管理エリア
1. 普通除草	植栽された植物以外はすべて除去する。	①庭園 ③ハーブ
2. 選択除草	大きく成長した草本や繁殖力が強いイネ科やキク科の草本を中心に除去する	②水辺 ④野草
3. 放置	基本的に放置する。特に大きく繁茂している植物や現場の判断で植物を除去する	⑤雑木

表-3 モニタリング実施年月

西暦	竣工後	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2002	1年		○		○	○	○	○	○	
2003	2年		○	○		○	○	○		○
2004	3年	○		○		○			○	
2005	4年		○							
2009	8年			○	○	○	○	○	○	
2010	9年				○	○		○	○	
2015	14年				○	○		○		
2017	16年					○		○		

3. 調査方法

表-3 にモニタリング実施年月を示す。竣工した 2002 年から 3 年間は、運んできた土に入っている種が発芽することがあるため、春季、夏季、秋季に踏査した。その後は 4~5 年を置いて観察した。表-4 に調査日のタイムスケジュールを示す。天候が悪いときを除き、概ね同表に示す内容で実施した。午前 10 時から調査を開始し 16 時ごろには終了していた。調査は、筆者らの社員と、植栽に関する有識者、造園担当者にてモニタリングを実施した。

表-4 1日のタイムスケジュール

	10時	11時	12時	13時	14時	15時
植栽	→					
昆虫	→					
水質				→		
鳥類						→

3.1 植物

表-5 に植物の生育調査項目を示す。植物の活着および生育状況を把握するため、樹種の本数確認と樹勢を確認した。樹勢の評価は、5段階で目視によって評価した。

3.2 昆虫類

植物調査と並行し、確認された昆虫類について図-1 に示したエリアごとに記録した。

3.3 鳥類

鳥類調査は、ビオトープに人がいると鳥が警戒して飛来しないため、ビオトープ出入口付近で隠れて観察した。飛来した鳥類名、図-1 に示したエリアと留まった場所を記録した。

3.4 水質

表-6 に水質調査項目を示す。屋上ビオトープ竣工後 10 年目（2012 年 11 月）に水辺エリアの浚渫工事を実施した。

4. モニタリング結果

4.1 植栽

表-7 に高中木と低木の生育状況を示す。樹勢が良好なのは、モッコク・ガマズミ・フジであり、毎年、結実と開花を確認している。フジは当初、3 本植栽したが、生育が良すぎるため、1 本に減らした。管理方法を変更した 2010 年から 2017 年では、樹勢の評価が下がった高中木はなく、良好に維持されているものが多い。低木では、樹林下に自生するアオキは屋上には不向きであり、ヤマハギは強風で枝折れたことにより、樹勢Ⅲの評価となっていた。その他の低木は、評価が上昇し良好であった。樹勢Ⅲの評価から良好になった植栽が少ないのは、人工軽量土壌では栄養が取れずに回復できなかったこと、屋上であるがゆえに、日陰になる部分が少なく、日射が強かったことも考えられる。表-8 に植栽の種類別生育状況を示す。植栽植物は減少しているが高中木、低木は生存率が高い。一方で地被類、野菜・ハーブについては生存率が低い。

表-5 植物の生育調査項目

調査項目	計測単位[m]
樹高 (H) , 葉張り (W) , 幹周 (C) , (計測が困難な場合は、地際 (芝生) で計測)	
樹勢 0~Ⅳの 5 段階	
0	旺盛な生育状態を示し被害が見られない
I	幾分影響を受けているが、あまり目立たない
II	異常が明らかに認められる
III	生育状態が極めて劣悪
IV	ほとんど枯死

表-6 水質調査項目

水質指標	計測機器
pH (水素イオン濃度指数)	携帯メーター
EC (電気伝導率)	(堀場製作所製)
COD (化学的酸素要求量)	バックテスト (共立理化学研究所製)

表-8 植栽の種類別生育状況

植栽種類	2002年	2010年	2017年
高中木	7種	6種	6種
低木	18種	16種	13種
地被類	29種	12種	8種
水生植物	11種	7種	6種
野菜・ハーブ	24種	6種	3種

4.2 昆虫類

表-9 にビオトープの水辺エリアで確認したトンボ目の種類を示す。水辺エリアで羽化したか、他の場所から飛んできたかは確認できないが、池の水生植物にギンヤンマなどのヤゴの抜け殻を発見できるため、池から羽化した種類のトンボも生息している。2002 年から 2017 年の 18 回のモニタリングで、多く確認した種類は、6 回のノシメトンボとシオカラトンボである。シオカラトンボは、恒常的に確認でき、屋上ビオトープに生息している可能性が考えられる。ノシメトンボは、ビオトープ竣工当初、連続して確認できたが、最近では確認できない。15 m²の小さな池では、ヤゴが育つ典型的な環境やトンボの産卵場所に適している環境であるか確認できないが、周囲の環境に対応できるトンボが生息していると考えられる。

屋上ビオトープ竣工後 10 年目（2012 年 11 月）と 16 年目（2017 年 11 月）に池の浚渫作業を実施した。写真-3(1)~(4)に採集したヤゴを示す。10 年目に確認できたのは、4 種類、10 匹のヤゴと、ヌマエビが約 200 匹、ヒメダカ 60 匹であった。2016 年の調査では、トンボ科のヤゴが 46 匹、ヤンマ科のヤゴを 6 匹確認した。残念ながら調査時に放流したヒメダカやヌマエビを確認することはできなかった。原因と

表-7 高中木と低木の生育状況

樹種名 (2002年植栽)	2002年		2004年		2010年		2017年					調査地点				
	本数	樹勢	本数	樹勢	本数	樹勢	本数	樹勢	樹高[m]	幹周[m]	①	②	③	④	⑤	
【高中木】																
エゴノキ	1本	I	1本	II	1本	III	1本	III	2	0.05				1		
ガマズミ	2本	I	2本	II	2本	I	2本	I	1.7	0.1	2					
ソヨゴ	2本	I, II	2本	II, III	2本	III	2本	III	2.1	0.1	2					
フジ	3本	I	3本	I	1本	0	1本	0	3.2	0.31					1	
ネズミモチ	1本	I	1本	II	-	-	-	-	-	-						
モッコク	2本	I, II	2本	I, II	2本	I	2本	I	3.1	0.21	1				1	
ヤブツバキ	1本	II	1本	II	1本	III	1本	I	1.2	0.15					1	
【低木】																
アオキ	6本	I	6本	III	4本	III	2本	III	0.6		2					
アベリア	7本	II	7本	II, III	5本	I, III	4本	I, II	1.2		2				2	
カラタチ	4本	II	4本	II	1本	III	-	-	-							
コクチナシ	3本	II	3本	II	未確認	II	1本	II	0.2		1					
コムラサキシキブ	9本	0	9本	II	未確認	II	2本	0	1.2		2					
サンショウ	3本	II	3本	III	未確認	-	-	-	-							
ヒラドツツジ	14本	I, II	14本	II	11本	I, III	11本	0	1.1		8				3	
サツキツツジ	13本	II	13本	II	8本	I, III	10本	I, II	0.8		6				4	
クルマツツジ	-	-	-	-	1本	II	1本	II	0.9		1					
ニシキギ	2本	I	2本	I, II	5本	I	5本	I	0.9		3				2	
ネコヤナギ	3本	0	3本	II	3本	I, II	2本	II	1.9				2			
ビラカンサ	6本	0	6本	I, II	9本	0	8本	0	1.9		6				2	
ブッドレア	10本	0	10本	未確認	-	-	-	-	-							
ブルーベリー	6本	II	6本	未確認	未確認	0	2本	0	1.7						2	
マサキ	1本	0	1本	I	1本	0	1本	I	1.6						1	
ヤツデ	5本	0	5本	III	4本	II	4本	0	1.2				2		2	
ヤマハギ	4本	0	4本	I	4本	0-II	3本	I, III	2.2				3			
ハコネウツギ	3本	II	3本	I	1本	I	1本	I	1.6		1					

表-9 高中木と低木の生育状況 (○: 通過確認、●: 留まっているのを確認)

目名	科名	種名	2002年			2003年			2004年			2010年			2012年	2015年			2017年			
			7月	8月	10月	6月	8月	10月	7月	8月	11月	7月	8月	10月	11月	7月	8月	10月	8月	10月		
ト ン ボ	イトンボ	アジ ^ア イトンボ												○					●			
		セシ ^ア イトンボ																				
	ヤンマ	ギンヤンマ					●								○				●		○	
	ト ン ボ	トンボ	ショウ ^ウ イトンボ	●	●			○/●			●	○										●
			シカラトンボ		●			○/●				○				●	○	●	●		●	
			ヨシマトンボ						●		●											
			ナツアカネ					●					●									
			アキアカネ			●			●											●		●
			ノシマトンボ	●	●	●	●	●														●
	コフキトンボ													●								

して、ヤゴがたくさん生息していたことから、捕食した可能性が考えられる。

4.3 鳥類

表-10 に鳥類が飛来した場所のモニタリング結果を示す。個体数の把握および雌雄の識別判定は行っていない。2002-2004 年のモニタリングでは、飛来エリアの記録は残っていない。2009 年以降は、①～⑤のエリアに鳥が留まった場所を示した。エリア別では、①庭園エリアが多く、③ハーブエリアの飛来は確認できていない。①庭園エリアでは、モッコク、ガズミや手すりに留まっている。この 3 箇所の下を確認すると、無数の糞が落ちていることから、樹勢の状況が良好で、鳥類にとって留まりやすい径や幅であることも留まりやすさにつながっている可能性がある。また、2010 年以降に飛来種数や視認箇所が少ないのは、周辺の緑が少なくなったことが原因の 1 つとして考えられる。

4.4 水質調査

池の中央部の表層水（水深約 5～10cm）をくみ上げ、pH（水素イオン濃度指数）、EC（電気伝導率）、COD（化学的酸素要求量）を水質指標とした。pH、EC の計測機器は、携帯メーター、COD はバクテスタを用いて実施した。測定は、1 回/月に実施した。図-2 に月別の降水量（気象庁観測値）を示す。梅雨時期の 6 月より 9、10 月の方が多く雨が降る地域である。

図-3、4、5 に pH、EC、COD の測定結果を示す。2010 年から 2015 年の水道水の pH の平均値は 7.7、2002 年～2017 年の水辺エリアの平均は 7.9 であった。

EC については、夏期の値は高くなる傾向あり、2017 年 8 月の値が最も高くなっていった。季節による変動よりも年毎の変動が大きい。COD 値については、2010 年以降の春から夏にかけて値が高いのは、日射を遮る植物がなくなったため、池の水温が高くなり、藻の繁殖が影響していると考えられる。池の水質を生活環境保全に関する環境基準（湖沼）⁵⁾ でみれば C 階級程度になり、ヤゴなどの水生昆虫に適した環境になっていることが確認できる。

5. おわりに

竣工時から 16 年間屋上ビオトープの植物、昆虫類、鳥類、水質を調査して以下の知見を得た。

- (1) 竣工時と比較して半分以上の植物が枯死しており、環境に順応できる植栽を適宜、追加する必要がある。
- (2) 結実する樹木でも、樹勢が良い木の方が鳥類を呼び込める可能性が高い。
- (3) 池の水質とヤゴの生息状況を対象としてモニタリング調査を実施し、竣工当初から 3 種類以上のトンボを確認でき、生息に適した環境であったと考えられる。
- (4) 夏期の水質悪化を改善するために、水面を日陰にするなどの対策が必要である。



(1) イトトンボ科

(2) シオカラトンボ科



(3) ギンヤンマ科

(4) ヤンマ科

写真-3 浚渫作業で採集したヤゴ

屋上ビオトープは建物の再整備に伴い、2018 年に解体することになった。今後は、これまでに収集した知見をもとに、他のビオトープの提案でノウハウを活用したいと考えている。

参考文献

- 1) ㈱日本政策投資銀行企画部:都市の骨格を創りかえるグリーンインフラ-緑地への投資効果を探る, 2017 年 4 月
- 2) 三浦他:屋上ビオトープに関する研究 その 1 アメニティ型屋上ビオトープの概要とビオトープ設置が室内環境に及ぼす熱的効果の検証, 戸田建設技術研究報告, pp. 1~8, 2004 年 8 月
- 3) 三浦他:屋上ビオトープに関する研究 その 2 施工後 3 年間のモニタリングと維持管理に関する調査, 戸田建設技術研究報告, pp. 1~6, 2005 年 8 月
- 4) 鷲尾いずみ他:保全生態学の技法 調査・研究・実践マニュアル, 東京大学出版会, 2010 年 3 月 15 日
- 5) 武田育郎:水と水質環境の基礎知識.水質汚濁に係る環境基準 別表 2 生活環境,保全に関する環境基準 (湖沼), オーム社, 平成 13 年 11 月 25 日
- 6) 鈴木他:生物多様性に配慮した緑化管理手法に関する研究その 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1359-1360, 2017 年 8 月
- 7) 鈴木他:生物多様性に配慮した緑化管理手法に関する研究その 3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1115-1116, 2018 年 9 月

表-10 鳥類が飛来した場所のモニタリング結果

種名	確認エリア	2002-2004年※	2009年	2010年	2015年	2017年
シジュウカラ	① 庭園	●	手すり/モッコク	モッコク	モッコク	モッコク コムラサキ
セグロセキレイ			手すり		モッコク	
キジバト			手すり	手すり		
ジョウビタキ		●	モッコク			
メジロ			モッコク/ソヨゴ	モッコク	ハコネウツゲ	
ヒヨドリ		●	モッコク	モッコク	モッコク/ソヨゴ	モッコク/ソヨゴ
カワラヒワ				ガマズミ	ハコネウツゲ ガマズミ/ソヨゴ	
スズメ		●				モッコク
ハシブトガラス		●				
ホオジロ					ガマズミ	
セグロセキレイ	② 水辺			芝生		
ツグミ			芝生			
カワラヒワ			芝生			
ホオジロ				芝生		
キジバト			小川			
カワラヒワ	④ 野草			エゴノキ	園路	
スズメ						
シジュウカラ	⑤ 雑木					フジ
確認種数		5	7	7	5	3

※2002-2004年のモニタリングでは、飛来エリアの記録が残っていないため、飛来した種に●印

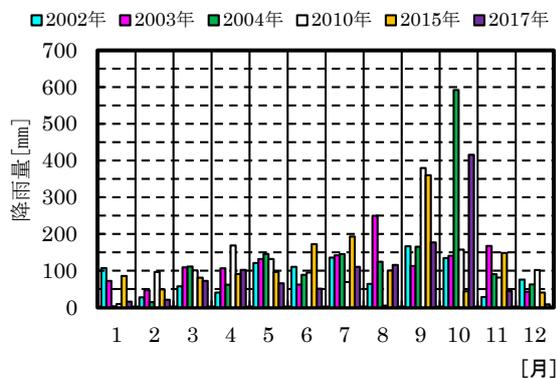


図-2 月別の降水量⁴⁾

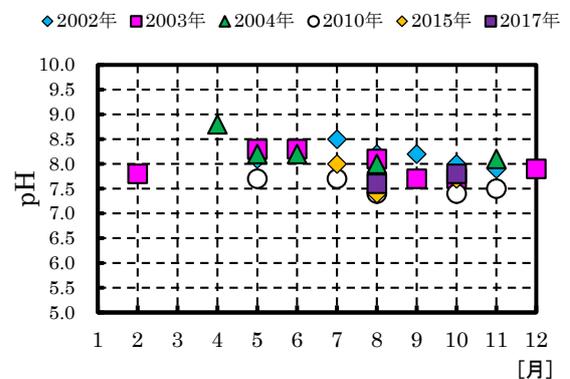


図-3 pHの測定結果

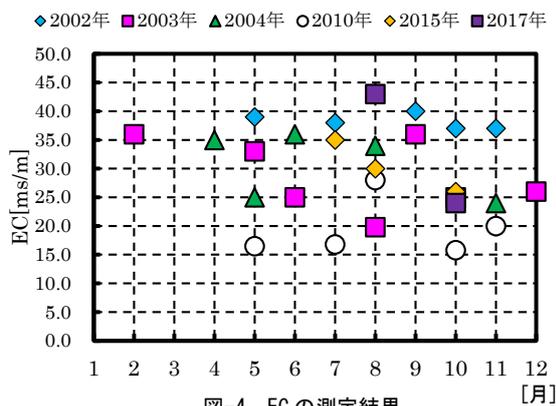


図-4 ECの測定結果

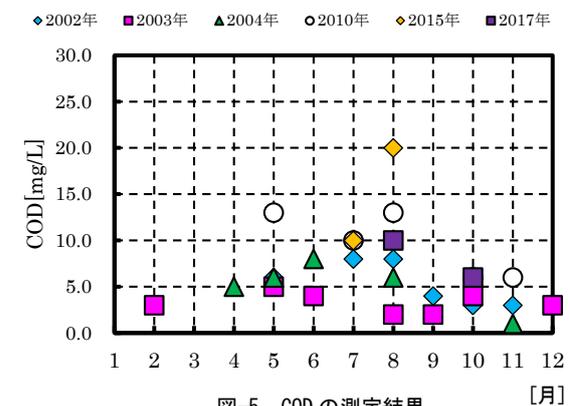


図-5 CODの測定結果