

名古屋市内的ため池の現況

大畑 史江, 岡村 祐里子, 長谷川 絵理, 榊原 靖, 水野 雄介*

Present Situation of Irrigation Ponds in Nagoya City

Fumie Ohata, Yuriko Okamura, Eri Hasegawa, Yasushi Sakakibara, Yusuke Mizuno*

名古屋市内の 48 のため池について、水質・底質・植生を調査し、その結果を解析した。主成分分析を行ったところ、48 池中 7 池で、他の池に比べ富栄養化の度合いが著しいという結果となった。この 7 池は流入汚濁が多い池であった。このような池では、底質に有機物でないリンの蓄積がある可能性が高いことがわかった。また、市内の多くの池では、植生が十分にある場合、プランクトンの増殖が抑制される傾向があることがわかった。

はじめに

名古屋市内には、かつて 300 を超えるため池があった。そのほとんどが農業用水の供給を目的としてつくられたため、水の確保が困難な東部丘陵地に偏在していた。しかし、昭和 40 年代の高度成長期以降、宅地開発によって農地が減少したのに伴い、ため池の数も激減した（2014 年には 111 池）。

ため池が灌漑用に利用されていた頃は、流域も未開発でため池に流入する汚濁量が少なく、また水質の維持管理のために池干し等を行っており、池の水質は良好に保たれていた。しかし市街化が進むと生活排水などの汚濁の流入が増えた。池干しを含む、池の管理がほとんど行われなくなったこともあり、貯水量が少なく滞留時間の長いため池は流入汚濁の影響を受けやすく、水質は急激に悪化した。

名古屋市では、市民の環境保全へのニーズの高まりに対応するため、1992 年に「ため池保全要綱」を策定した。また 2005 年には、名古屋市の環境基本条例の改定に伴い、水質監視対象水域にため池が加えられると同時に、ため池を対象にした「水質環境目標値」が新たに作られた。

現在ではため池は利水での利用はほとんどないが、都市においては貴重な、身近に触れ合える水辺、また生き物の住处としての役割が期待されている。そのため、ため池の水質が良好であることが望ましい。しかし、大きな池とは違い、小さなため池の水質特性についての報告は全国的にも未だ多くはない。

当センターでは 1968 年度から、市内の池の水質調査を行ってきた。本稿では、これらの池について水中

のリン酸態リン濃度、底質、植生について調査し、前述の隔年の水質調査の結果（2000～2014 年分）と合わせて、底質や植生が水質に与える影響について考察した。今後の水質環境保全のための一助となれば幸いである。

調査方法と時期

1. 水質調査

緑政土木局からの受託水質調査で、隔年（2000～2014 年度）で、市内 48 池の表層水について全リン（TP）、全窒素（TN）、クロロフィル a（Chl.a）、形態別窒素、塩化物イオン、化学的酸素要求量（COD）、生物化学的酸素要求量（BOD）を分析した結果を使用した。分析方法は JIS K0102 に従った。

また、六ヶ池を除く 47 池については 2014 年または 2015 年にリン酸態リンについても分析を行った。六ヶ池については 2014 年、2015 年の水質調査の対象外であったために、リン酸態リンの分析対象から外した。分析方法は JIS K0102 に従った。

2. 底質調査

48 池についてゴムボート上から、池の中心付近（底質が少なく中心付近での採取が難しい場合には、流出口付近など）で、エクマンバジ探泥器による探泥を行った。（採取時期は 2014 年 5 月～2015 年 8 月）

強熱減量、全リン（TP）、全窒素（TN）について分析を行った。分析方法は底質調査方法（環境省）に従った。

3. 植生調査

48 池について、2014 年または 2015 年の春～秋に、水生植物を中心とした植生調査を行った。池の周囲ま

*元名古屋市環境科学調査センター嘱託職員

たは面積に対し、植物が占めるおよその割合を目視で測り、被度階級をもとめた。

4. 主成分分析

統計分析ソフト「R」を用いた。

結果と考察

1. 2000~2014 年度の水質の主成分分析

2000~2014 年度の各ため池の水質の平均値をまとめたものを表 1 に示した。汚濁状況について大まかな傾向を知るため、表 1 の結果を基に主成分分析を行った結果を図 1 に示した。

その結果、TP、COD、BOD、クロロフィル a 濃度など、ほとんどの項目を集約して表される第 1 主成分と、塩化物イオン濃度を中心に表される第 2 主成分が抽出された。第 1 主成分の寄与率は 0.750、第 2 主成分の寄与率は 0.101 であった。この第 1 主成分は「富栄養化の度合い」、第 2 主成分は「その他の汚濁の度合い」を表していると考えられる。

図 1 を見ると、水主ヶ池、大池（赤松）、東ノ池、大池（有松）、二つ池（有松）、平野池、蛇池の 7 池が、他の池とは大きく離れた場所にプロットされている。この 7 池のうち水主ヶ池は第 1 主成分と第 2 主成分が、残りの 6 池は第 1 主成分が、他の 41 池に比べて著しく大きい。

これら 7 池は明らかな汚濁の流入がある池であることと、緑区にあることで共通している。これらの 7 池については、流入による汚濁が著しい池と認識して良いと思われる。以下、本稿においてこの 7 池を「汚濁が著しい 7 池」とよぶことにする。

2. 底質の分析

底質を分析した結果を表 2 に示す。一般に、池の植物プランクトンの増殖において、律速となりやすいのはリンである。底質のリン濃度が高ければ水中へのリンの溶出が起りやすくなり、内部生産が増加して池の汚濁につながる。このため、底質への蓄積が特に問題になりやすいのは全リンである。

底質中の強熱減量と TN、強熱減量と TP の間で相関を見ると、図 2 のようになった。全ての池で相関を見ると、強熱減量と TN の相関係数が 0.59 であるのに対し、強熱減量と TP とでは 0.17 であった。しかし、汚濁が著しい 7 池を除いて再度相関をとると、強熱減量と TN の相関係数が 0.59、強熱減量と TP の相関係数は 0.50 となり、TN、TP とともに、強熱減量と相関関係が見られるという結果になった。

水中のリンはプランクトンや水生植物に吸収され、プランクトンや水生植物が死ぬと死骸とともに底質に蓄積する。このため、有機物量の指標となる強熱減量との相関があると思われたが、汚濁が著しい 7 池では強熱減量のわりに TP 濃度が高い傾向があり、他の池の値から導き出される近似式から大きく外れる池もあった。汚濁が著しい 7 池では流入由来のリンが高濃度で存在するために、生物に取り込まれずに無機態のまま底泥に吸着・蓄積するリンが相当量あるものと思われる。

2000~2014 年度の水質における TP、COD、Chl.a（池ごとの平均値）と、底質の強熱減量には、明らかな相関は認められなかった。汚濁が著しい 7 池を除いても同じであった。この結果は、底質中の有機物の蓄積に対し、内部生産を含む水質の汚濁以外の影響が大きいこ

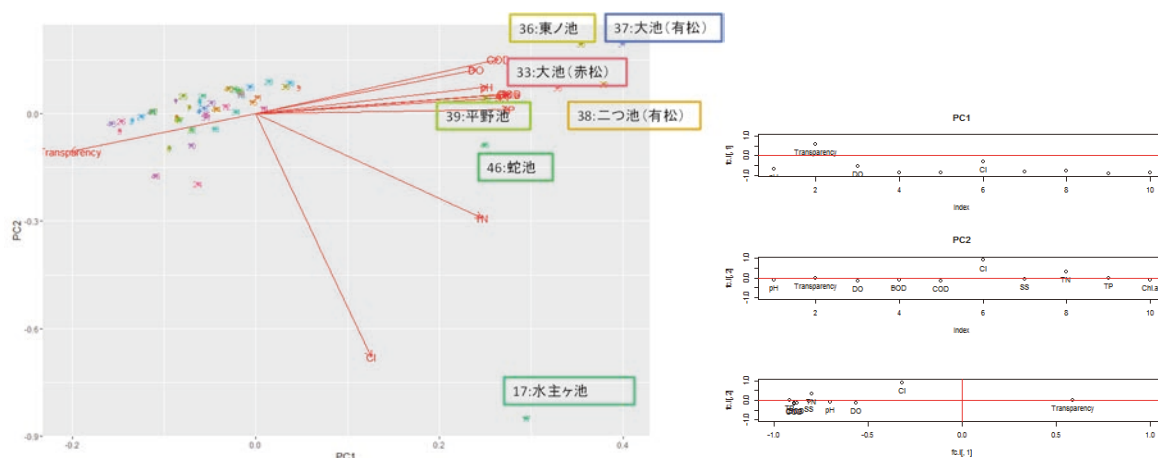


図 1 2000~2014 年の各ため池水質の主成分分析結果

表 1 各ため池の水質（2000~2014 年度の平均値）

	地点名	水素 イオン 指数 (pH)	透視度 (Transpa rency)	溶存酸素 (DO)	生物化学的 酸素要求量 (BOD)	化学的酸素 要求量 (COD)	塩化物イオン (Cl)	浮遊物質 (SS)	全窒素 (TN)	全リン (TP)	クロロ フィルa (Chl.a)
			(cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(μg/L)
1	大久手池	7.2	37	9.4	1.4	4.0	3.8	13.0	0.69	0.031	5
2	緑ヶ池	7.1	91	9.7	1.6	5.2	5.1	3.8	0.60	0.029	7
3	雨池	7.7	28	11.0	7.2	11.7	8.5	18.1	1.33	0.138	64
4	猫ヶ洞池	7.5	50	10.5	2.8	5.8	7.7	8.4	1.03	0.041	26
5	塚の入池	6.3	82	6.6	2.0	9.1	4.5	5.4	0.94	0.028	8
6	東山新池	7.0	57	7.4	2.6	5.7	10.9	7.8	1.62	0.054	18
7	東山上池	7.3	47	9.3	2.8	6.6	5.8	9.9	0.92	0.048	21
8	デッチョ池	7.3	55	8.5	3.1	6.3	7.6	9.6	0.81	0.049	19
9	牧野ヶ池	7.1	40	8.9	3.4	8.7	5.3	11.5	0.92	0.063	18
10	大根池	7.4	53	7.5	2.7	5.7	12.2	14.5	1.61	0.060	16
11	荒池	7.7	40	10.1	5.5	9.7	6.8	14.7	1.36	0.087	59
12	戸笠池	7.2	36	9.4	4.6	7.5	7.1	14.1	1.21	0.065	44
13	要池	7.6	42	9.2	2.9	5.7	10.4	12.2	1.64	0.067	19
14	新海池	8.2	34	10.4	3.5	9.9	11.0	15.7	1.51	0.074	47
15	琵琶池	7.8	27	9.7	4.3	9.1	9.9	17.0	1.15	0.070	44
16	鯉池	8.0	27	9.8	3.8	7.7	7.7	15.9	0.93	0.057	33
17	水主ヶ池	8.5	18	12.5	9.9	13.3	115.1	35.0	5.41	0.293	167
18	螺貝池	7.9	38	10.9	4.0	7.6	5.6	12.5	1.08	0.058	40
19	安田池	7.7	38	10.5	2.8	10.3	5.8	16.2	1.21	0.064	27
20	大村池	6.7	39	9.6	2.3	7.9	4.4	21.3	1.18	0.085	20
21	神池	7.4	37	10.4	2.3	4.7	4.9	14.0	0.73	0.049	24
22	石捨池	7.7	38	11.4	3.7	6.2	5.2	12.4	0.91	0.075	49
23	風越池	7.8	31	10.2	4.9	12.2	3.7	18.0	1.37	0.073	54
24	東禅寺上池	7.3	54	6.7	1.9	9.9	21.4	11.9	2.47	0.039	10
25	平池	7.4	39	9.6	1.8	4.9	3.6	13.8	0.61	0.030	8
26	竜巻池	6.8	86	9.3	1.5	4.3	4.9	4.2	0.47	0.017	4
27	見返ヶ池	7.0	83	10.0	1.8	5.2	5.5	4.8	0.56	0.029	11
28	西堀池	6.0	26	8.7	2.7	9.6	4.7	22.6	1.41	0.047	12
29	明徳池	6.9	24	10.1	7.2	15.2	5.7	22.2	1.47	0.076	76
30	隼人池	8.2	41	11.2	5.1	11.2	5.9	19.0	1.45	0.107	57
31	大堤池	7.1	49	7.4	4.7	9.2	6.6	11.3	1.28	0.095	41
32	細口池	6.8	52	7.9	3.9	6.3	7.8	12.4	1.48	0.077	35
33	赤松大池	8.6	18	14.6	14.2	19.3	13.4	41.4	4.27	0.319	282
34	神沢池	7.3	32	10.0	3.4	6.8	8.5	20.3	1.44	0.074	24
35	水広下池	7.3	21	9.9	3.7	8.0	5.3	29.3	0.97	0.049	30
36	東ノ池	9.4	17	14.6	13.7	26.2	7.8	41.1	3.50	0.371	268
37	大池(有松)	9.5	17	15.8	13.6	28.9	10.4	41.9	3.77	0.476	268
38	有松二ツ池	9.1	19	13.2	13.0	27.3	13.5	50.0	4.68	0.489	232
39	平野池	9.4	19	14.6	10.4	20.6	25.9	28.7	2.37	0.289	152
40	二ツ池(大森)	7.9	35	10.4	3.3	7.9	5.1	14.3	0.84	0.053	22
41	大池(小幡)	7.1	91	10.4	2.3	7.4	4.9	3.6	0.60	0.036	14
42	蛭池	6.7	73	11.4	1.9	4.8	4.7	4.5	0.70	0.036	10
43	大森新池	6.4	77	8.9	1.3	3.2	4.4	4.2	0.49	0.012	3
44	茶屋ヶ坂池	7.5	46	11.0	3.3	7.1	10.6	9.7	0.86	0.048	34
45	新池(島田)	7.1	45	9.5	3.2	6.5	8.0	13.1	1.11	0.073	37
46	蛇池	9.0	23	14.1	9.3	16.4	26.9	32.4	4.20	0.326	133
47	平手池	7.2	53	9.1	2.3	5.3	7.1	10.0	1.10	0.052	16
48	六ヶ池	6.7	88	10.1	1.5	2.8	10.3	4.3	2.89	0.025	6

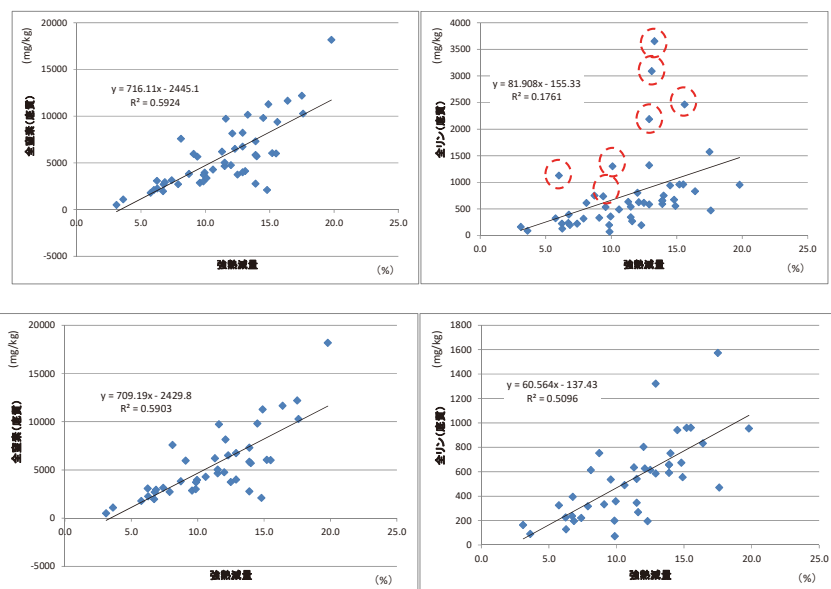


図2 底質における強熱減量と栄養塩濃度 (TN, TP) との相関関係
(上段: 48 池, 下段: 汚濁が著しい 7 池を除く 41 池. 〇で囲んだ点は汚濁が著しい 7 池)

表 2. 底質分析結果

		酸化還元 電位 (ORP)	強熱減量	全窒素 (TN)	全リン (TP)	採泥日	色	備考
			(%)	(mg/kg)				
1	大久手池	-103	3.6	1089	90	1月8日	明るい灰色	砂混。酸化被膜あり。
2	緑ヶ池	-138	5.8	1787	324	11月6日	濃灰色	酸化被膜あり。泥、小石あり。
3	雨池	-90	15.2	6043	960	6月27日(2016年)	灰黒色	植物、根、糸状藻の混入多い。においなし。
4	猫ヶ洞池	-142	13.9	2765	591	5月12日	灰色	におわない、やわらかい泥。
5	塚ノ杵池	-175	12.3	6503	194	7月30日	灰黒色	スイレンが混ざる。(スイレンの近くで採泥)
6	新池(東山)	-156	19.8	18164	954	6月16日	黒色	鼻を近づけると、ややヘドロ臭。植物遺骸が多い。
7	上池(東山)	-198	14.9	11265	555	6月16日	灰色	におわない。泥質。均質。
8	テツチョ池	-150	12.1	8142	626	6月16日	一	場所によって泥の質が全く違う
9	牧野池	-203	11.3	6196	635	6月27日	灰色	やわらかい泥。におわない。
10	大根池	-180	15.5	6002	960	8月26日	灰黒色	かすかに臭う。
11	荒池	-173	14.5	9804	941	10月29日	灰色	泥、ヒシの根多数混入。酸化被膜あり。においなし。
12	戸笠池	-202	12.0	4746	803	6月23日	黒色	ヒシの根が混ざる。
13	要池	-190	14.0	5696	751	6月23日	灰褐色	ヒシの根が混ざる。
14	新海池	-198	12.9	6736	1321	5月19日	黒色	鼻を近づけるとややにおう。ヘドロ臭。
15	琵琶ヶ池	-174	10.6	4283	490	6月30日	灰褐色	やわらかい泥。灰褐色。においなし。少し酸化被膜。
16	鰻池	-174	10.0	3953	358	5月19日	灰色	におわない。酸化被膜(茶色)あり。
17	水主ヶ池	-185	13.1	4122	3090	5月19日	灰色	ややヘドロ。においはない。
18	螺貝池	-205	12.9	3986	585	6月23日	灰褐色	灰褐色。酸化被膜ややあり。
19	安田池	-9.4	6.2	3072	224	1月8日	灰色	砂質。灰色。酸化被膜あり。
20	大村池	-80	6.7	1970	237	11月27日	表面は褐色、中は灰色	酸化被膜あり。灰色(表面は褐色)。細かい植物片あり。
21	神池	-137	6.8	2691	394	11月27日	黄褐色がかった灰色	黄褐色がかった灰色。無臭。細かい植物片がみられる。酸化被膜あり。
22	石捨池	-183	8.7	3821	752	11月27日	黄褐色がかった灰色	黄褐色がかった灰色。とろとろ。無臭。
23	風越池	-75	7.9	2711	317	1月8日	灰色	灰色。無臭。酸化被膜あり。
24	東禅寺上池	-126	11.6	9722	269	10月27日	表面は黄土色、中は濃灰色	黄土色。酸化被膜あり。膜の下は濃灰色。においなし。
25	平池	-125	6.3	2250	128	10月27日	灰色	砂質。レキ多い。灰色。酸化被膜あり。
26	竜巻池	-153	7.4	3135	222	11月6日	灰色	灰色。砂利多い。酸化被膜あり。
27	見返ヶ池	-125	13.9	7297	657	11月6日	灰色	灰色。酸化被膜薄いがある。においなし。泥質。
28	西堀池	-79	9.9	3710	72	7月30日	茶色	茶色。土砂。鉈物質。
29	明德池	-157	11.5	4649	345	6月27日	灰色	やわらかい泥。におわない。黒くない(灰色)。
30	隼人池	-88	3.1	495	163	5月12日	灰色	砂質。におわない。
31	大堤池	-140	12.5	3737	615	8月26日	表面は灰黒色、中は灰色	植物根混ざる。
32	細口池	-169	17.6	10272	471	8月26日	灰褐色	
33	大池(赤松)	-174	6.0	2098	1126	9月30日	灰色	砂質。
34	神沢池	-173	11.5	5030	541	9月30日	灰色	ヒシの根、植物片含む。
35	水広下池	-170	9.6	2855	536	7月3日	灰色	表面に酸化被膜がしっかりある。
36	東ノ池	-135	15.6	9371	2463	9月4日	濃灰色	植物根(ヒシ)が多い。無臭。
37	大池(有松)	-155	13.3	10155	3651	9月4日	濃灰色	無臭。
38	二つ池(有松)	-206	9.4	5661	738	12月4日	濃灰色	酸化被膜あり。微臭。
39	平野池	-163	12.9	8220	2188	6月30日	黒色	においはない。酸化被膜なし。
40	二つ池(大森)	-145	6.9	2940	197	9月16日	灰色	無臭。とろとろだが、レキが多い。
41	大池(小幡)	-72	13.9	5846	658	10月20日	灰黒色	酸化被膜あり。わずかに有機物臭。
42	蛭池	-48	9.1	5956	333	10月27日	灰色	砂利まじり。酸化被膜あり。においなし。
43	八竜新池	-154	9.9	3004	199	12月8日	灰色	無臭。酸化被膜しっかりある。落ち葉混ざる。
44	茶屋が坂池	-138	14.8	2103	673	5月12日	灰色	におわない、やわらかい泥。
45	新池(島田)	-174	17.5	12188	1573	7月3日	灰黒色	植物遺骸含む。やわらかい泥。
46	蛇池	-262	10.1	3377	1303	6月30日	黒色	わずかににおう。
47	平手池	-195	16.4	11649	832	7月3日	灰色	
48	六ヶ池	-107	8.1	7572	613	9月16日	灰色	砂利多い。無臭。藻が多い。

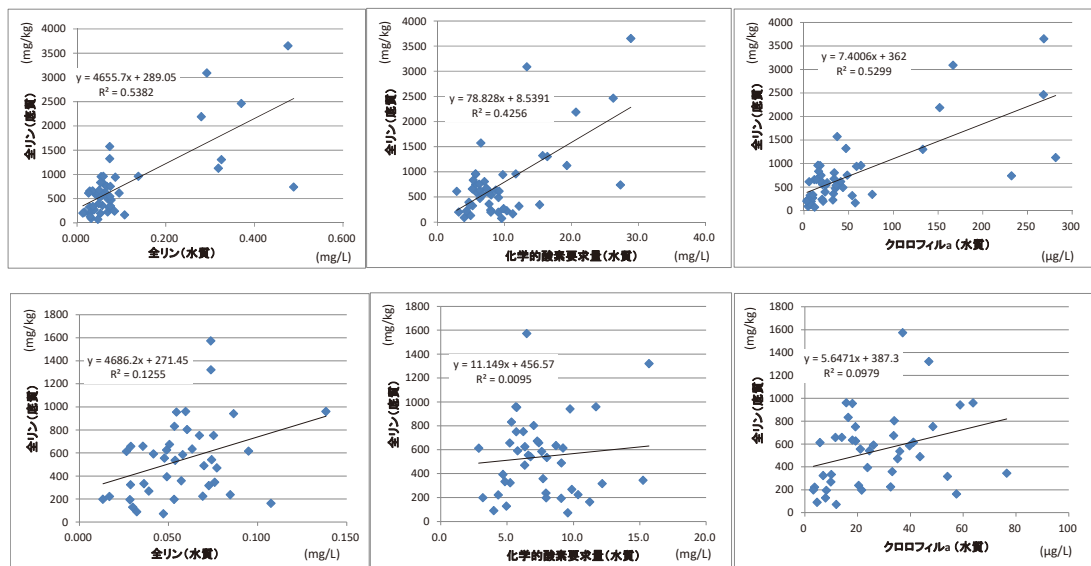


図3 TP(水質)、COD(水質)、Chl.a(水質)と、底質のTPとの関係
(上段：全地点、下段：汚濁が著しい7池を除く41地点)

とを示している。水質の汚濁以外の原因としては、たとえば植物遺骸の蓄積などが予想されるが、今回の調査結果から特定することは出来なかった。この点は今後の課題としたい。

一方で、底質の全リンについて、水質と同様の関係を見ると（図3）、強熱減量とは異なり、水質との間で相関が見られた（相関係数 0.73）。しかし、汚濁の著しい7池を除くと相関は見られなくなった（相関係数 0.35）。水中のリン酸態リンの濃度と底泥中の全リンの濃度の相関をみると、相関係数は 0.58 であった（図4）。市内の多くの池では、底質の全リン濃度は強熱減量と同様に、水質との関連は強くないものと思われる。しかし汚濁の著しい7池では底質中に有機物に取り込まれない形でリンが多く含まれているため、水中への無機態リンの溶出が起こりやすくなり、このような相関関係が表れたと考えられる。

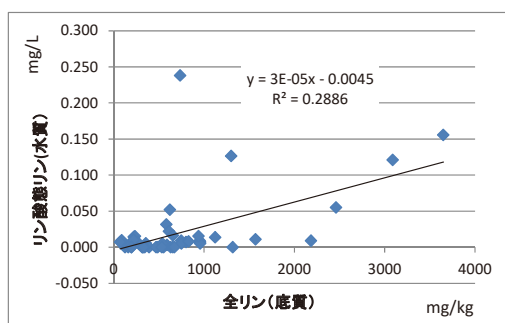


図4 リン酸態リン濃度（水質）と底質の全リン濃度との関係（六ヶ池を除く47池。ただし下限値以下の値は0として計算）

3. 水質分析結果から見る内部生産の水質への影響評価

池の水質は、植物プランクトンの増殖による内部生産の影響を大きく受けることが知られている。しかし、内部生産の水質への影響は、夏には大きいですが、冬には少ないと言われている。一方で、池の水質に影響を与えるもの（流入やノンポイントの汚濁負荷など）には、あまり季節変動がないと考えられる。このことから、CODを池の汚濁の指標、クロロフィルa濃度をプランクトン濃度の指標とし、2000～2014年度の、この2つの値の関係をもとめた。各池におけるクロロフィルa濃度の変動に伴ってCODが変化する割合（【CODの平均値】－【CODとクロロフィルの関係線を線形近似した式の切片】の、CODの平均値に対する割合を「内部生産の影響がCODの変動に占める割合」と呼び、

これを求めた（図5）。

切片を内部生産が0のときのCODの値と考えて良いか確認するため、内田ら²⁾に倣い、2000年から2014年までのCODの最小値と切片を比較したところ、切片の方がやや大きい傾向はあるものの、およその傾向は同じであった（図6）。

また、近似式の信頼性の指標として用いるため、 R^2 値も求めた。

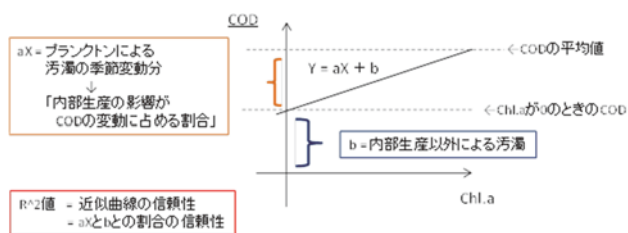


図5 「内部生産の影響がCODの変動に占める割合」の求め方

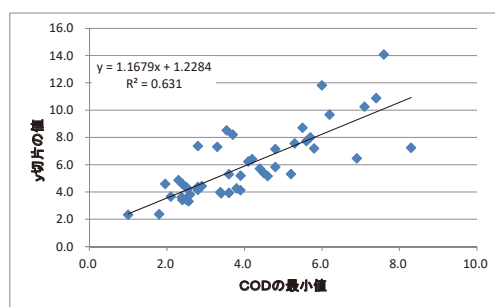


図6 y切片（近似式にChl.a = 0を当てはめたときのCODの値）とCODの最小値との関係

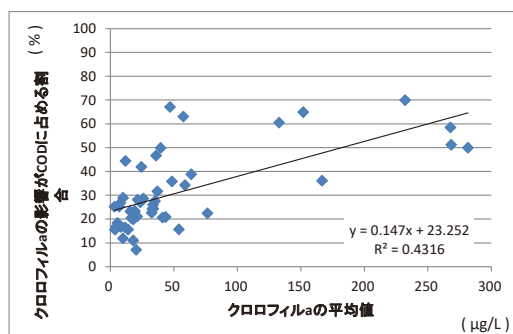


図7 「内部生産の影響がCODの変動に占める割合」とクロロフィルa濃度との関係

クロロフィル a 濃度の平均値と、内部生産の影響が COD の変動に占める割合の関係をみると(図 7)、クロロフィル a 濃度の平均値が高い池では内部生産の影響が COD の変動に占める割合が高い傾向があった。クロロフィル a 濃度が高い池では植物プランクトンの増殖による COD の季節変動が大きく、逆にクロロフィル a 濃度が低い池では、植物プランクトンの増殖による COD の季節変動が少ないため、このような結果になったと考えられる。

一方で、クロロフィル a 濃度が高い池では必ず内部生産の影響が COD の変動に占める割合が大きい、というわけではなく、池によるばらつきも大きかった。たとえば、水主ヶ池と平野池では、クロロフィル a 濃度の平均値にはあまり差がないが、内部生産の影響が COD の変動に占める割合は、平野池では水主ヶ池の 2 倍近い値が出ている(表 3)。これは、池によって植物プランクトンの増殖のしやすさに大きな違いがあるということを示している。池において植物プランクトンの増殖のしやすさを決めている具体的な要因については、今後さらに突き詰めていく必要がある。

ただし、一般的な内部生産による水質汚濁には、植物プランクトンそのものだけではなく、植物プランクトンの分泌物や、死骸の分解物など、クロロフィル a 濃度の季節変動とは明確に連動しないものが含まれる。今回求めた内部生産の影響が COD の変動に占める割合は、植物プランクトンの季節変動と連動している部分しか見ていない。このため、内部生産の COD への影響(プランクトン由来の汚濁が池の汚濁全体に占める割合)全体から見ると、ごく一部分しか評価できていない可能性がある。

4. 植生

4.1. 植生が大きく変化した池の水質変化

ため池における植物プランクトンの増殖を律する要因として、水生植物の存在が知られている(島谷ら³⁾)。実際に、比較的最近、工事などによって植生が大きく変わった池における、全リン濃度とクロロフィル a 濃度の関係をもとめると、図 8~10 のようになった。(ただし、大根池については、植生回復期と近年の回帰式は相関係数が著しく低くなっているため、回帰式の傾きの信頼性は低い。)

大根池については土山ら⁴⁾がより詳細な解析を行っている。それによると、大根池の水面面積の 3/4 を占める植生(抽水植物)の「見かけの水質浄化能力」は COD 52%, BOD 73%, T-P 59%, SS 90%, クロロ

フィル a 92%であった。

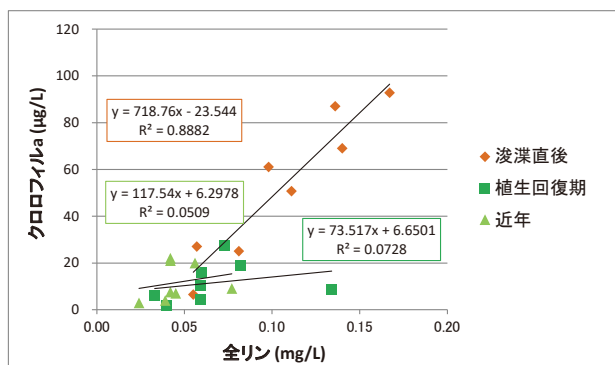


図 8 大根池における浚渫直後(植生激減 2004-2005) 植生回復期(2006-2007) 近年(植生繁茂 2012, 2014)の全リン濃度とクロロフィル a 濃度の相関関係の比較

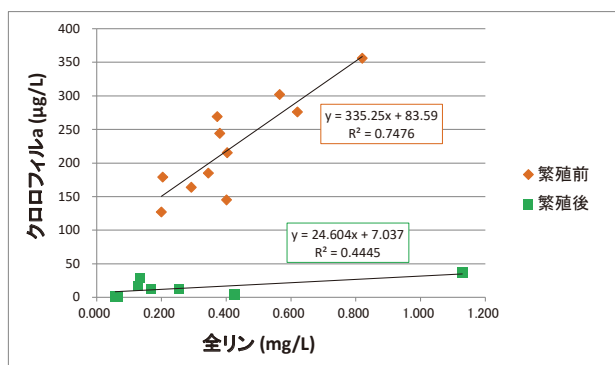


図 9 有松二ツ池におけるアマゾンチカガミ繁殖前(2010,2012)と繁殖後(2016, 2018)の全リン濃度とクロロフィル a 濃度の相関関係の比較

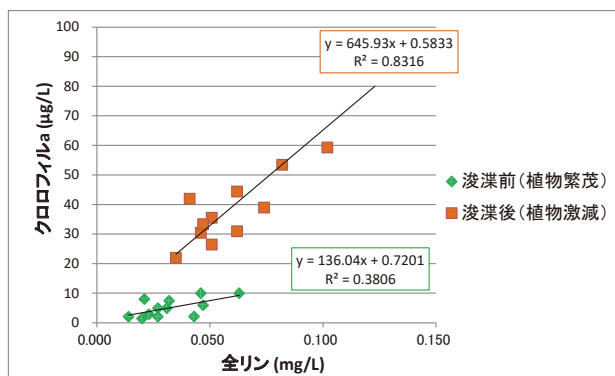


図 10 デッチョ池における浚渫前(植生繁茂 2005-2009)と浚渫後(植生激減 2011-2015)の全リン濃度とクロロフィル a 濃度の相関関係の比較

表 3 各池における内部生産の影響が COD の変動に占める割合
(クロロフィル a 濃度の平均値が高い順に並べてある)

No.	池名	Chl.a			COD			y切片 の値	R ² 値 (COD vs Chl.a)	Chl.aの影響が CODの変動に占 める割合
		max	min	average	max	min	average			
33	赤松大池	1630	11	282	53	6.2	19.3	9.7	0.7819	50
37	大池(有松)	1217	17	268	112	7.6	28.9	14.1	0.4451	51
36	東ノ池	1052	47	268	77	7.4	26.2	10.9	0.6007	58
38	有松二ツ池	788	<2	232	83.0	3.7	27.3	8.2	0.7828	70
17	水主ヶ池	1394	3	167	44	3.5	13.3	8.5	0.7393	36
39	平野池	697	21	152	71.3	8.3	20.7	7.2	0.8979	65
46	蛇池	390	5	133	36	6.9	16.4	6.5	0.8753	61
29	明徳池	336	7	76	27.2	6.0	15.2	11.8	0.3131	22
3	雨池	171	4	64	25	4.8	11.7	7.1	0.5275	39
11	荒池	404	3	59	31	4.2	9.7	6.4	0.7539	34
30	隼人池	421	2	57	52.6	2.8	11.2	4.2	0.9109	63
23	風越池	184	6	54	20.6	7.1	12.2	10.3	0.139	16
22	石捨池	237	5	49	14.4	3.38	6.2	4.0	0.8648	36
14	新海池	190	5	47	23.8	4.6	15.7	5.2	0.8285	67
15	琵琶池	195	4	44	16	5.8	9.1	7.2	0.6896	21
31	大堤池	112	<2	41	15	3.3	9.2	7.3	0.2578	21
18	螺貝池	123	7	40	17	2.6	7.6	3.8	0.6006	50
45	新池(島田)	146	1.7	37	18	2.9	6.5	4.4	0.4119	32
35	水広下池	132	0	36	22	3.8	8.0	4.3	0.8765	47
32	細口池	370	2	35	18	2.0	6.3	4.6	0.645	28
12	戸笠池	107	4	34	13.6	3.6	7.0	5.3	0.7982	24
44	茶屋ヶ坂池	75.9	6	34	14.8	4.5	7.3	5.4	0.2012	26
16	蝮池	73.4	6	33	12.8	4.8	7.7	5.8	0.3219	24
19	安田池	117	5	32	20	5.7	10.3	8.0	0.3467	23
4	猫ヶ洞池	65	4	26	8.7	3.9	5.8	4.1	0.5522	29
34	神沢池	79	3	24	16	3.6	6.8	3.9	0.7172	42
21	神池	60	4	24	8	2.4	4.7	3.4	0.3562	27
40	二つ池(大森)	52.9	<2	22	13.7	4.4	7.9	5.7	0.3355	28
7	東山上池	58	3	21	10.5	3.9	6.6	5.2	0.3536	21
20	大村池	84.5	2	20	13.1	2.8	7.9	7.4	0.0471	7
8	デッチョ池	91	2	19	13.1	2.3	6.3	4.9	0.4952	23
13	要池	108	<2	19	10.9	2.8	5.7	4.4	0.5944	23
6	東山新池	59	2	18	10.6	2.4	5.7	4.6	0.2709	20
9	牧野ヶ池	67	3	18	12.3	5.6	8.7	7.7	0.2049	11
47	平手池	100	2	16	15.5	2.5	5.3	4.2	0.3112	20
10	大根池	93	<2	16	14	2.5	5.7	4.3	0.6103	23
41	大池(小幡)	48	<2	14	12	4.1	7.4	6.2	0.3812	16
28	西堀池	38.1	<2	12	21.2	5.2	9.6	5.3	0.8008	44
27	見返ヶ池	39	3	12	8.1	2.8	5.2	4.3	0.3461	17
42	蛭池	24.2	<2	10	9.3	2.5	4.8	3.4	0.1269	29
24	東禅寺上池	67.4	<2	10	21.7	5.5	9.9	8.7	0.1423	12
5	塚の入池	25	2	8	15.4	5.3	9.1	7.6	0.2889	17
25	平池	20.10	<2	8	8.40	2.4	4.9	3.6	0.2381	27
2	緑ヶ池	52	<2	7	15	3.4	5.2	3.9	0.8212	25
48	六ヶ池	26	<2	6	5.2	1.0	2.9	2.3	0.1691	18
1	大久手池	13	<2	5	6.8	2.6	4.0	3.3	0.2711	17
26	竜巻池	13.3	<2	4	6.6	2.1	4.3	3.7	0.2491	16
43	大森新池	15.5	<2	3	6.1	1.8	3.2	2.4	0.5701	25

有松二つ池、デッチョ池においても、植生がない(少ない)時期に比べ、植生が繁茂している時期では全リン濃度とクロロフィル a 濃度の値が全体的に低くなると同時に、回帰式の傾きが小さくなっており、全リン濃度が高くなってもクロロフィル a 濃度が高くなりにくくなっている。これは、植生が繁茂することでプランクトンの増殖が抑制されていることを示していると思われる。

4.2. 植生調査結果

今回、調査対象の 48 池において、植生を生活形態ごとに、抽水・浮葉・沈水の 3 つに分け、目視で大まかな被度を調査した。被度階級については、石

井ら⁵⁾を基に愛知学院大学の富田氏が考案した被度階級⁶⁾に従った。抽水植物は岸際にしか生えない場合が多いので、池全体に対する面積を示すのではなく、岸に対してどの程度生えているかで評価されている。また、その結果を基に、池ごとの総合的な植生分布状況を 5 段階で評価した(表 4, 表 5)。

抽水植物と浮葉植物では、浮葉植物の方が、遮光効果等により、プランクトン抑制効果が高い傾向があることが知られている。このため、水質と関連した植生の被度の総合評価をするに当たっては、浮葉植物の被度をやや重視した評価を行った。また、沈水植物は有無のみの判定しか出来なかったこと、透

視度がある程度高い池でなければ沈水植物が存在できないことなどから、沈水植物が見られた池は全て評価を5にし、他の池とはデータを別に扱えるようにした。

4.3. 植生が植物プランクトンの増殖に及ぼす影響の評価

植生が大きく変化した池では植物プランクトンの増殖の仕方が大きく変化していたことから、他の池についても植生の影響が見られるか検討した。

植生は常に変化するので、水質は長期間（2000～2014年度）のものではなく、2014年までの調査3回分（2009～2014年度）を解析に使用した。

その池の植物プランクトンの増殖のしやすさを評価するにあたっては、4.1 植生が大きく変化した池の水質変化と同様に、池ごとに、横軸に全リン濃度、縦軸にクロロフィル a 濃度を取り、回帰式（線形近似）の傾きを求めた。

このように回帰式を求めた場合、植物プランクトンが増殖しやすい環境の池では、全リン濃度の上昇に対する植物プランクトンの増殖が大きくなり、回帰式の傾きが大きくなる。一方、植物プランクトンが増殖しにくい環境の池では、全リン濃度の上昇に対する植物プランクトンの増殖が小さくなり、回帰式の傾きは小さくなる。

ただし回帰式の信頼性が低ければ、傾きを比べることの意味が薄れてしまうため、回帰式の傾きの p 値が $p(\text{両側}) < 0.01$ の池のみを評価の対象とした。また、総合評価5の池は前述のとおり、沈水植物の扱いが難しいために除外した。

全リンとクロロフィル a 濃度の関係の回帰式に一定の信頼性があり、沈水植物の影響を評価する必要がある19池に絞り、植生が植物プランクトンの増殖に及ぼす影響評価の対象とした。横軸に総合的な植生分布評価（5段階評価だが、評価が5の池を除外したため4段階）、縦軸に回帰式の傾きを取り、箱ひげ図を作成した（図 11）。

表 4 植生調査の評価基準

1: 水草ほとんどなし(浮葉植物なし、抽水植物があっても被度+)					
2: 水草わずか(抽水植物なら被度が1以下、浮葉植物なら被度が+)					
3: 水草が十分にある(抽水植物の被度が2～3、または浮葉植物の被度が1～3。)					
4: 水草が非常に繁茂している(抽水植物 または浮葉植物の被度が4)。					
5: 沈水植物が見られる					
被度階級	4	3	2	1	+
抽水	池の周の 75-100%	池の周の 50-75%	池の周の 25-50%	池の周の25% 以下で群生	数個体だけ 点在
浮葉	水面の 75-100%	水面の 50-75%	水面の 25-50%	水面の25% 以下で群生	数個体だけ 点在
沈水	量的判断をせず、有無のみを記載する。				

表 5 調査対象池の植生調査結果

		抽水	浮葉	沈水	総合評価
1	大久手池	1			2
2	緑ヶ池	2			3
3	雨池	1	2		3
4	猫ヶ洞池	1	1		3
5	塚の入池	1	2	あり	5
6	東山新池		3	あり	5
7	東山上池	+	1		3
8	デッチョ池	1			2
9	牧野ヶ池	1	3		3
10	大根池	4	2	あり	5
11	荒池	1			2
12	戸笠池	2	4		4
13	要池	2	4		4
14	新海池	1	+		2
15	琵琶池	1			2
16	蜷池	1			2
17	水主ヶ池	2	+		3
18	螺貝池	2	1	あり	5
19	安田池	1			2
20	大村池	1			2
21	神池				1
22	石捨池				1
23	風越池	+			1
24	東禅寺上池	4	1		4
25	平池	1	1	あり	5
26	竜巻池	1			2
27	見返ヶ池	+		あり	5
28	西堀池	4			4
29	明德池	1			2
30	隼人池	2	+		3
31	大堤池	2	4		4
32	細口池	4			4
33	赤松大池	1	1		3
34	神沢池	3	2		3
35	水広下池	1		あり	5
36	東ノ池	1	1		3
37	大池(有松)				1
38	有松二ツ池	3	4		4
39	平野池	1			2
40	二ツ池(大森)	1			2
41	大池(小幡)	2			3
42	蛭池	1			2
43	大森新池	1	+		2
44	茶屋ヶ坂池	1			2
45	新池(島田)	3			3
46	蛇池	1			2
47	平手池	3	2		3
48	六ヶ池		3		3

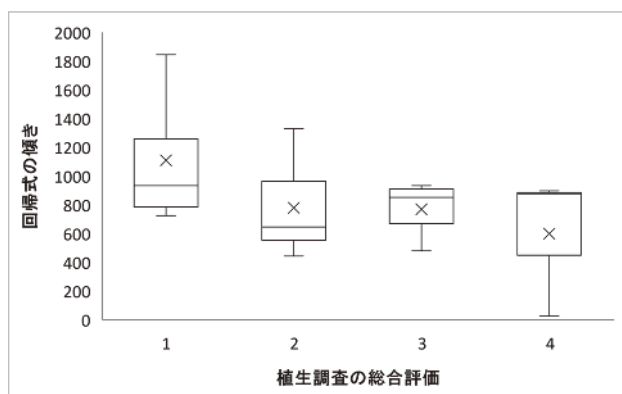


図 11 植生調査の総合評価別にみた池ごとの全リン濃度とクロロフィル a 濃度の関係の回帰式の傾き (19 池, × は平均値)

また、この 19 池のデータを基に、植生調査の総合評価 1 の池と 2～4 の池で、回帰式の傾きについて t 検定を行った結果、有意な差が見られた。(p(片側) < 0.05)。

池面積の 12% を超える植生があれば、遮光の効果だけで内部生産を抑制する効果が表れると言われる³⁾。今回の結果は、この文献の結果におおよそ合致しているように見える。市内においても、池の植生がある程度以上の植生がある池では、プランクトンの増殖が抑制されていることが確認された。

ま と め

市内のため池の水質について、主成分分析を行ったところ、48 池中 7 池が、他の池に比べて汚濁が著しい池であることがわかった。原因は、おそらく流入負荷であると考えられる。ため池は滞留時間が長く、水容量もそれほど大きくないものが多いため、生活排水などの流入負荷が多い池では、顕著に汚濁が進んでしまう。この 7 池はその典型であろう。

次に、底質の分析結果を見ると、汚濁が著しい 7 池を除くと、底質と水質の間に明確な相関関係は見られなかった。しかし、汚濁が著しい 7 池を含むと、表層水中の全リンやリン酸態リンと、底質の全リンとの間で明確な相関関係が表れる。汚濁が著しい 7 池では他の池に比べ、強熱減量のわりに全リンの濃度が高く、有機物ではないと思われる形でリンが底質に多く含まれることが示唆されたことから、底質と水との間でのリンの移動量も多くなり、このような結果として現れたものと考えられる。

池の汚濁状況は、外部からの流入だけでなく、内部生産の影響を大きく受けることが知られている。特にため池では滞留時間が長く、内部生産の影響も大きくなることが想定される。今回の内部生産の評価では、多数の池について簡便に評価し比較を行うため、複雑なシミュレーションは用いずに、汚濁の指標である COD が内部生産の指標であるクロロフィル a 濃度とどのくらい連動しているかで評価した。その結果、クロロフィル a 濃度が高い池では内部生産の影響が COD の変動に占める割合が高い傾向はあるものの、COD で評価して同じ程度の汚濁状況の池であっても、環境や栄養塩の形態の違いなどによって、内部生産量がかなり異なっていることが示された。

植物プランクトンの増殖のしやすさを決める要因のひとつに、植生の影響が考えられる。市内の池ではどの程度、植生の影響が表れるのかを見ると、ある程度、水生植物が群生している池においては、全リンとクロロフィル a との関係の回帰式の傾きが小さくなる傾向が見られた。市内の池においても、水生植物によって内部生産が効果的に抑制されていることが明らかになった。

一方で、植生が繁茂しすぎた場合、冬には枯れた個体が沈み、底質の状況を悪化させてしまう。過去には、底質に蓄積した有機物から硫化水素が発生し悪臭の原因になった事例もある¹⁾。

また、実際に植生を管理するに当たっては、生態系への配慮も必要であろう。池の水質浄化および市民に親しみやすい水環境の実現のためには、むやみに水草を生やせば良いのではなく、在来種が適度な分布状況で繁茂するように管理していくことが効果的と思われる。

謝 辞

本研究で植生の評価をするにあたっては、愛知学院大学 講師の富田啓介氏に大変お世話になりました。この場を借りて感謝の意を表します。

文 献

- 1) 名古屋市 (環境局地域環境対策課, 環境局環境科学調査センター, 緑政土木局河川計画課): 市内河川・ため池・名古屋港の水質の変遷, 平成 28 年 3 月
- 2) 内田唯史, 浮田正夫, 関根雅彦, 中西 弘: 富栄養化海域の水質の非線形特性とそのモデリングに関する研究, 土木学会論文集, No.503/II-29, 187-195

(1994)

- 3) 島谷幸弘, 細見正明, 中村圭吾: エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化ー持続的な水環境の保全と再生ー (2003)
- 4) 土山ふみ, 鎌田敏幸, 安藤 良, 榊原 靖, 鈴木直喜: 流入負荷量の削減と水草の生育面積の変化がため池の水質に及ぼす影響, 用水と廃水, **49**(12), 1043-1048 (2007)
- 5) 石井禎基, 角野康郎: 兵庫県東播磨地方のため池における過去約 20 年間の水生植物相の変化, 保全生態学研究, **8**, 25-32 (2003)
- 6) 富田啓介: 未発表資料
- 7) 土山ふみ, 安藤 良, 鎌田敏幸, 榊原 靖, 鈴木直喜, 小島節子, 長谷川 瞳, 山神尚人, 若山秀夫: 名古屋のため池の水質について, 名古屋市環境科学研究所報, **38**, 61-69 (2008)
- 8) 市原清志: バイオサイエンスの統計学 (1990)