

調査・報告 [Research Paper]

姫路市近郊のため池 38 面の基礎的な水質

相馬理央¹⁾・片野 泉¹⁾²⁾

(2016 年 2 月 5 日受付, 2016 年 10 月 31 日受理)

摘要

ため池は、多様な生物の生息場所であり、水田と河川生態系など、水辺のハビタットどうしを繋ぐ重要な水域である。ため池の水質の変化が生態系に与える影響を考察するため、姫路市近郊のため池 38 面において、水温、pH、電気伝導度、クロロフィル a 量、懸濁粒子 (SS) 全リン、全窒素の測定を行った。SS とクロロフィル a 量、全リンとクロロフィル a 量の間に関係が見られ、栄養塩類の増加により一次生産量も増加することが示された。また、ため池周辺の土地利用による特性の違いについて、生物相などのより詳しい調査が必要であることも示唆された。

キーワード：ため池、生物多様性、水質

はじめに

ため池は、水田を灌漑する水の確保を目的に造られた人為的な水系である。ため池は、水田や周囲の堤、水路の土手など、様々な水域と陸域に連続して繋がることで多様な生物群集を育んできた。しかし近年の宅地開発により住宅地に取り残されたため池は、灌漑用としての役割はなくなり、取水施設がほとんど動かず、維持管理も行われていない。現在このようなため池は、放置状態となっているものも多い。

兵庫県はため池の数が 44,207 面と、全国で最も多いが (浜島ら, 2001)、兵庫県においても、灌漑の役割を失ったため池は行政もその状態や生物相を把握できていない。しかし、地域の生物多様性を維持する上で、ため池は重要なハビタットであると考えられる。ため池の水質は、池内の生物相の変動に深く関わるため、水質の把握は生物相を知る上で欠かすことができない。本報告は、

ため池の状況を把握する第一段階として、ため池の基礎的な水質から、姫路市近郊のため池の概観を報告するものである。

方法

野外調査は、姫路市およびその近郊のため池 38 面 (表 1) で行った。調査期間は 2014 年 5 月から 7 月である。調査を行ったため池の概要と風景写真を表 1、図 1 に示した。現地では EC メーター (Twin Cond, HORIBA) で電気伝導度と水温を、pH 比色器で pH を測定し、目視で護岸率を記録し、水中の生物と水草の植生の観察も行った。水質分析用の水サンプルは 1L ポリ瓶に採水し、冷蔵して持ち帰った。持ち帰ったサンプルはガラス繊維濾紙 (GF/F, Whatman) を用いて濾過し、濾紙と濾過水を冷凍保存した。

¹⁾ 兵庫県立大学大学院 環境人間学研究科 〒670-0092 兵庫県姫路市新在家本町 1-1-12, Graduate school of Human Science and Environment, University of Hyogo, 1-1-12 Shinzaikae-honcho, Himeji, 670-0092 Japan

²⁾ 奈良女子大学 理学部 化学生命環境学科 〒630-8506 奈良県奈良市北魚屋東町, Department of Chemistry, Biology, and Environmental Science, Faculty of Science, Nara Women's University, Kitaoyahigashimachi, Nara, 630-8506 Japan

クロロフィル *a* 量 (Chl.*a*) は、濾過後の濾紙を *N, N*-ジメチルホルムアミドに一晩浸して色素を抽出し、上澄み液の 750 nm, 664 nm, 647 nm, 630 nm 波長における吸光度を紫外可視分光光度計 (UVmini-1240, 島津) を用いて測定した。この測定結果から、以下の式を用いてクロロフィル *a* 量を算出した。

$$\text{Chl.}a \text{ (}\mu\text{g L}^{-1}\text{)} = (11.84A_{664} - 1.54A_{647} - 0.08A_{630}) \times \frac{V_1}{V_2} \cdots [1]$$

V_1 : 抽出 DMF 量 (mL), V_2 : サンプル量 (mL)

なお、測定には 1 cm の吸光セルを使用した (Yu et al., 1995)。

懸濁粒子 (SS) の測定には、あらかじめ精密上皿天秤 (CPA2252, Sartorius) で重量測定をした濾紙を使用し、

濾過後、56°C の低温乾燥機 (DX402 型, Yamato) で一晩乾燥させた後、精密上皿天秤で重量測定を行った。56°C 乾燥後重量から、濾紙重量を差し引いて、SS 量を算出した。

全リン (T-P)、全窒素 (T-N) の測定は、濾過水をそれぞれ、分析用テストキット Phosphate Test Spectroquant, Nitrogen (total) Cell Test Spectroquant を用いて処理し、吸光度式水質測定器 (PhotoLab6100, Hack) で濃度 (mg L^{-1}) を測定した。

以上の水質データについて、総当たりのグラフを作成した、統計解析ソフト Statcel3 を用いて単回帰分析を行い、各要素間の R^2 値と p 値を算出し、相関の有無を決定した。回帰がみられたものには、グラフ中に回帰直線

表 1. 調査ため池

#	名称	調査日	緯度	経度	護岸率(%)	周辺土地利用	住所
1	-	2014/5/8	34° 48'20.260"	134° 45'42.397"	50	住宅地	姫路市別所町北宿
2	大池	2014/5/8	34° 48'22.485"	134° 45'35.565"	75	住宅地	姫路市別所町北宿
3	小林池	2014/5/8	34° 48'25.876"	134° 45'31.081"	75	住宅地	姫路市別所町北宿
4	宮池	2014/5/8	34° 48'28.013"	134° 45'24.625"	50	住宅地	姫路市別所町別所
5	瀬戸池	2014/5/8	34° 48'22.851"	134° 45'51.725"	100	農地	姫路市別所町北宿
6	横池	2014/5/8	34° 48'23.768"	134° 45'59.154"	90	農地	姫路市別所町北宿
7	坊ノ池	2014/5/8	34° 48'34.251"	134° 45'41.310"	60	農地	姫路市別所町北宿
8	-	2014/5/8	34° 48'34.266"	134° 45'33.837"	10	林地	姫路市別所町北宿
9	高橋ハス池	2014/5/17	34° 56'13.880"	134° 44'37.952"	50	農地	神崎郡福崎町高橋
10	-	2014/5/17	34° 56'4.428"	134° 44'39.683"	40	農地	姫路市香寺町溝口
11	-	2014/5/17	34° 55'50.587"	134° 44'33.227"	75	住宅地	姫路市香寺町溝口
12	-	2014/5/17	34° 55'46.566"	134° 44'14.012"	100	住宅地	姫路市香寺町土師
13	-	2014/5/17	34° 55'52.709"	134° 44'12.513"	50	住宅地	姫路市香寺町土師
14	長池	2014/5/22	34° 51'51.223"	134° 37'53.969"	100	市街地	姫路市飾町
15	-	2014/5/22	34° 52'19.482"	134° 38'1.029"	70	農地	姫路市打越
16	-	2014/5/22	34° 52'4.373"	134° 38'52.323"	50	住宅地	姫路市書写台3丁目
17	-	2014/5/22	34° 51'45.126"	134° 39'2.840"	50	農地	姫路市書写
18	東池	2014/5/22	34° 51'43.795"	134° 39'4.506"	50	農地	姫路市書写
19	-	2014/5/22	34° 52'24.736"	134° 39'5.322"	100	住宅地	姫路市書写
20	-	2014/5/22	34° 52'27.652"	134° 39'11.610"	100	住宅地	姫路市書写
21	新池	2014/5/22	34° 52'37.136"	134° 39'11.145"	90	住宅地	姫路市書写
22	-	2014/6/7	34° 51'4.059"	134° 41'8.747"	100	住宅地	姫路市新在家本町3丁目
23	四ツ池	2014/6/7	34° 51'14.926"	134° 41'17.196"	75	住宅地	姫路市新在家本町1丁目
24	四ツ池	2014/6/7	34° 51'18.256"	134° 41'15.217"	100	住宅地	姫路市新在家本町1丁目
25	-	2014/6/7	34° 50'57.172"	134° 40'45.904"	100	住宅地	姫路市東辻井3丁目
26	-	2014/6/7	34° 51'2.024"	134° 40'33.173"	100	住宅地	姫路市東辻井9丁目
27	相合池	2014/6/12	34° 51'7.495"	134° 44'5.006"	100	農地	姫路市飾東町佐良和
28	-	2014/6/12	34° 51'13.324"	134° 44'10.827"	100	林地	姫路市飾東町佐良和
29	大池	2014/6/12	34° 51'0.744"	134° 43'56.544"	100	農地	姫路市飾東町佐良和
30	新池	2014/6/12	34° 50'41.527"	134° 43'57.148"	90	農地	姫路市飾東町庄
31	-	2014/6/12	34° 50'43.217"	134° 44'3.531"	100	農地	姫路市飾東町庄
32	-	2014/6/12	34° 50'38.427"	134° 44'14.465"	2	農地	姫路市飾東町庄
33	-	2014/6/26	34° 51'28.231"	134° 40'36.789"	90	住宅地	姫路市田寺東2丁目
34	-	2014/6/26	34° 51'42.411"	134° 40'27.851"	100	住宅地	姫路市田寺東3丁目
35	西庄西山大池	2014/7/29	34° 49'52.749"	134° 39'30.808"	30	農地	姫路市西庄甲
36	四ツ池	2014/7/29	34° 49'26.891"	134° 39'22.858"	100	住宅地	姫路市井ノ口
37	四ツ池	2014/7/29	34° 49'18.432"	134° 39'18.806"	75	住宅地	姫路市苔編
38	四ツ池	2014/7/29	34° 49'16.668"	134° 39'17.980"	80	住宅地	姫路市苔編

姫路市近郊ため池の基礎的な水質

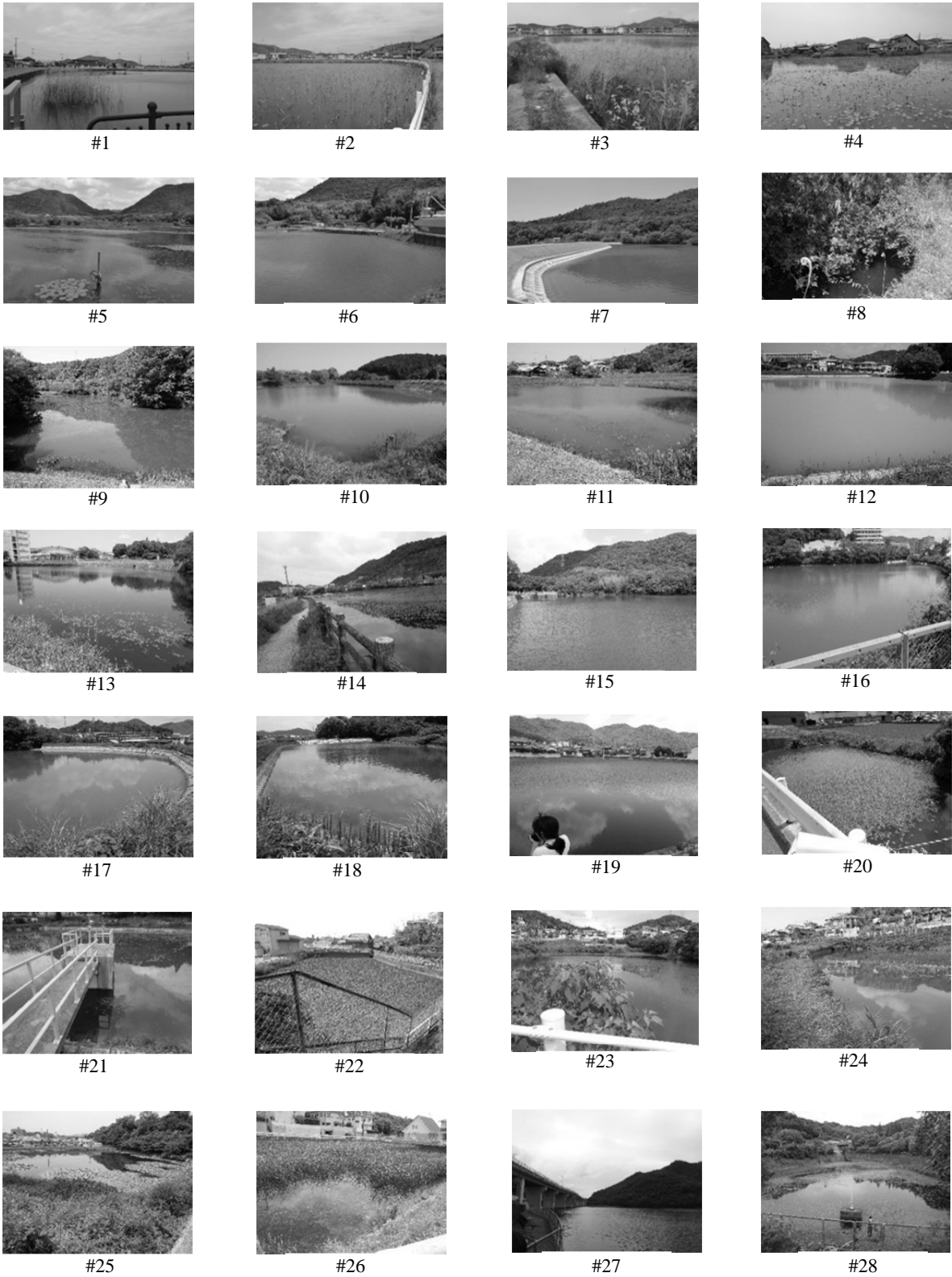


図1. 調査ため池の景観

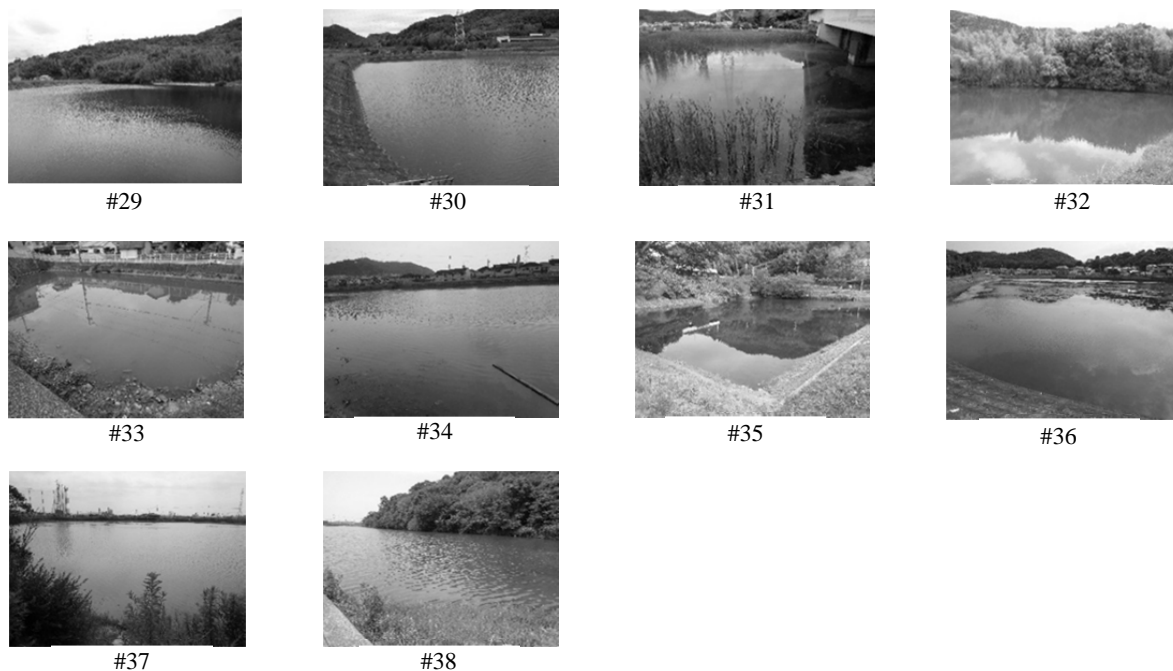


図1. 続き

を記入した。また、周辺の土地利用の違いによる水質の特性を検証するため、各測定項目について、周辺の土地利用（住宅地（市街地）・農地・林地）間で一元配置分散分析を行い、 F 値と p 値を算出し、統計的有意差の有無を検定した。一元配置分散分析において有意差が見られた項目については Tukey-Kramer 法による多重比較検定を行い、どの土地利用間に差がみられるかを検定した。解析には、上述の単回帰分析と同様のソフトを用いた。

結果

水質測定結果

調査ため池の水質測定結果は、水温 $23.7 \pm 3.6^\circ\text{C}$ （平均値 \pm 標準偏差）、pH 7.5 ± 0.7 、電気伝導度 $17.4 \pm 9.1 \text{ mS m}^{-1}$ 、クロロフィル a 量 $33.4 \pm 66.6 \mu\text{g L}^{-1}$ 、SS $11.0 \pm 15.3 \text{ mg L}^{-1}$ 、全リン $0.023 \pm 0.026 \text{ mg L}^{-1}$ 、全窒素 $0.4 \pm 0.2 \text{ mg L}^{-1}$ であった。

今回測定した各要素について、値の高かった地点とその値は、水温がため池#37 の 31.0°C 、pH が#33、#34 の 9.2 と#18 の 9.1、電気伝導度が#28 の 38.50 mS m^{-1} 、クロロフィル a 量が#34 の $315.21 \mu\text{g L}^{-1}$ 、SS が#1 の 61.33 mg L^{-1} 、全リンが#34 の 0.137 mg L^{-1} 、全窒素が#14、#26 の 0.8 mg L^{-1} であった。

水質データの統計解析結果

水質総当たりの結果を図 2 に示す。検定結果のうち、有意な相関を示したのは、SS とクロロフィル a 量 ($p < 0.001$, $R^2 = 0.6722$)、全リンとクロロフィル a 量 ($p < 0.001$, $R^2 = 0.5798$)、SS と pH ($p < 0.001$, $R^2 = 0.282$)、全リンと SS ($p < 0.01$, $R^2 = 0.2526$)、クロロフィル a 量と pH ($p < 0.001$, $R^2 = 0.2498$)、全窒素と全リン ($p < 0.05$, $R^2 = 0.1395$)、電気伝導度と水温 ($p < 0.05$, $R^2 = 0.1385$)、pH と水温 ($p < 0.05$, $R^2 = 0.1254$) であった。

周辺の土地利用毎に見た各測定項目の値の分布を図 3 に示した。一元配置分散分析の結果、T-N のみにおいて有意差がみられた ($p < 0.05$)。多重比較検定の結果、T-N では住宅地（市街地）と農地の間に有意差があり（危険率 5%）、住宅地（市街地）で T-N の値が高い傾向がみられた。

考察

今回、野外調査を行った期間は 5 月から 7 月の 3 か月間と長期であった。そのため、特に水温については季節的な変化をしている可能性は否定できない。また、水温との相関がみられた EC と pH についても、季節的な影響は否めない。

全リンとクロロフィル a 量に相関がみられたことから、

調査を行ったため池ではリンが植物プランクトンの増殖を制限する要因になっていることが示唆された。また、pH とクロロフィル a 量に相関は、リンによって増殖した植物プランクトンによる一次生産が高まったことで、水中の CO₂ が消費され pH が上昇したためと考えられる。ため池#34 で、pH、クロロフィル a 量、全リンの 3 つの要素が最も高い値を示したのも、この仕組みによるものといえる。

クロロフィル a 量と SS の相関は、SS が植物プランクトンに由来する部分が多かったためと考えられる。SS にはプランクトンなどに由来する有機物と、砂などの土壌粒子に由来する無機物の両方が含まれている。もし SS の多くが無機物に由来していれば、砂などによって

水中への日照が遮断され植物プランクトンの光合成量は抑えられるため、クロロフィル a 量と SS の間には負の相関が見られるが、今回は正の相関であることから、植物プランクトンの影響は大きいといえる。

pH の高かった#33、#34 はいずれも住宅地に囲まれたため池であり、山や植生による光の遮断がなく、植物プランクトンや水草の光合成が活発に行われたため、pH が高くなったと考えられる。また、#33、#34 では水色が真緑に近くなるほど植物プランクトンが優占しており、本来植物プランクトンを捕食するはずの動物プランクトンが少ない可能性を示していた。原因の一つとして考えられるのはプランクトン食魚の生息であるが、このプランクトン食魚の中にはブルーギルや、オオクチバスの

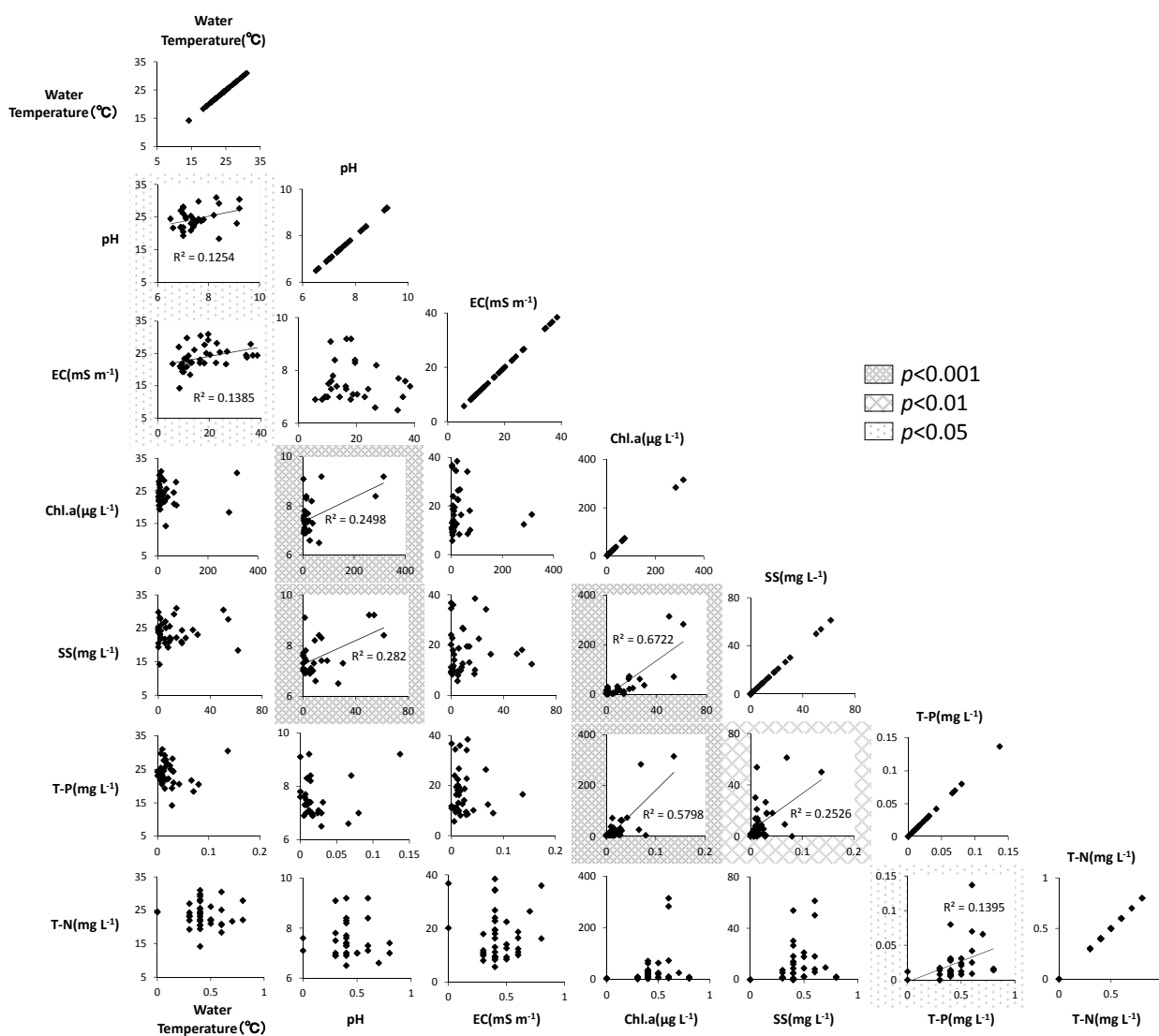


図 2. 測定環境要因同士の相関

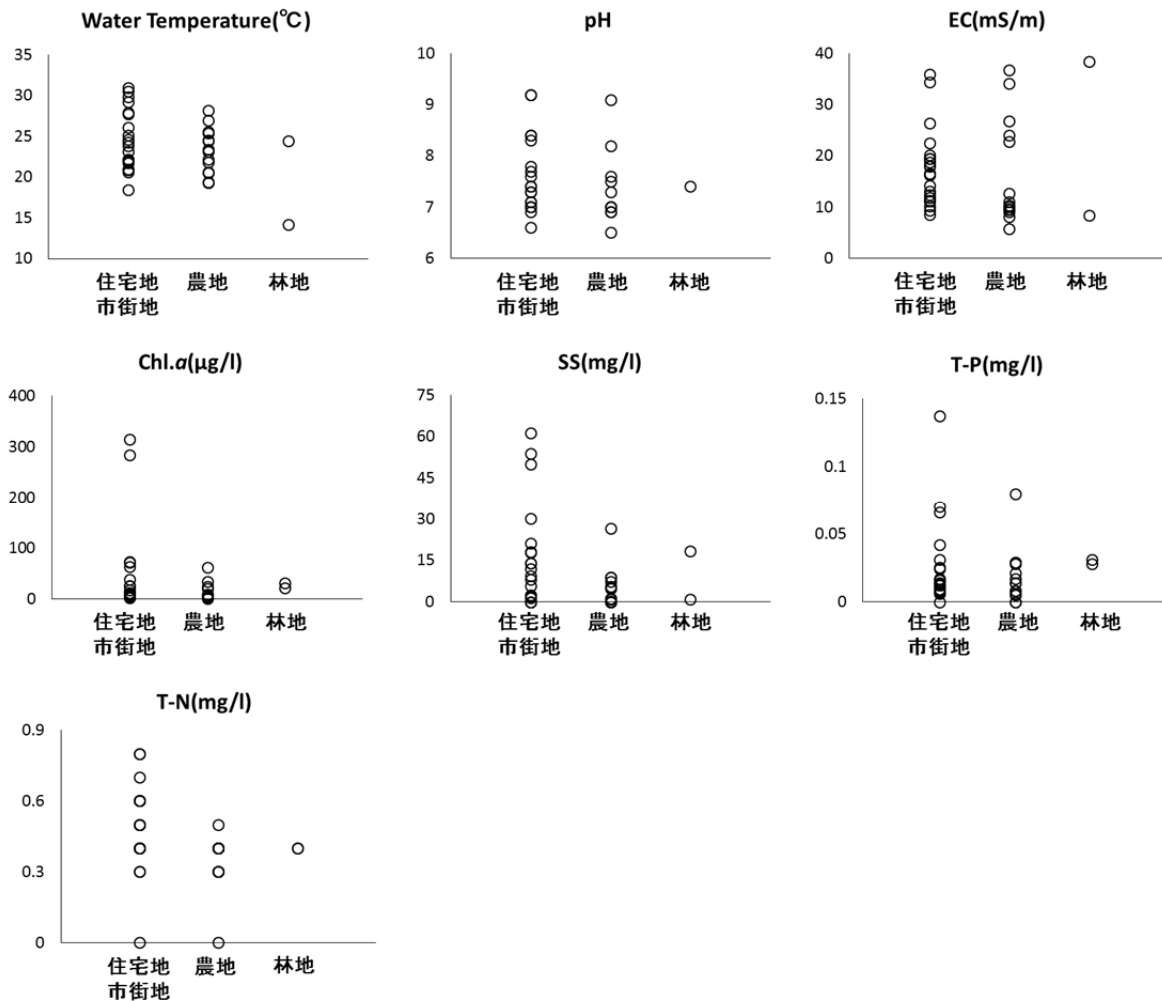


図 3. 周辺の土地利用毎に見た環境要因

稚魚といった外来魚が生息している可能性も否定できないため、このようなため池では魚類などの分布調査が必要ではないだろうか。また、#33、#34の次に pH の高かった#18では、クロロフィル *a* 量は $2.0 \mu\text{g/L}^{-1}$ と多くないため、#33、#34とは別の理由によるものと考えられる。#18は護岸が比較的新しいものであったことから、新しいため池か改修直後のため池であるとみられる。そのため、村松ら(2003)が報告したように、護岸コンクリートのカルシウム分の溶出により、#18では pH が上昇したと考えられた(本研究においては、コンクリートによる護岸率は100%の池が38面中15面と高い割合である一方、護岸率50%以下の池も11面、中には2%など護岸率の低い池もあった。しかし、護岸率から環境要因及び水質への影響は特にみられなかった)。

T-Nにおいて、住宅地(市街地)で値が高い傾向が見

られた。これは、周囲に人間の生活圏が密集するため池では窒素負荷が大きいと考えられ、周辺の土地利用の違いによるため池の水環境の特性についても、さらなる検証が必要だろう。

まとめ

姫路市近郊のため池38面において水質分析を行った結果、SSとクロロフィル *a* 量、全リンとクロロフィル *a* 量の間強い相関があり、栄養塩類の増加による生産者の一次生産量の増加がみられた。また、住宅地のため池特有の水環境や生態系など、ため池周辺の土地利用による特性の違いについて、生物相などのより詳しい調査が必要であることも示唆された。これらの結果から、今後、

QGIS を用いた周辺の土地利用条件の分析や、環境 DNA を用いた生物相の分析などを通して、姫路市近郊のため池周辺の土地利用条件による特性の違いについて検討したい。

謝 辞

本研究は日本学術振興会科研費補助金・基盤研究(C) (15K00596) 並びに環境省環境研究総合推進費 (4RF-1302, 4-1602)を受けて行いました。心から御礼申し上げます。

文 献

- Brönmark, C. and L. H. Hansson (2007) : 湖と池の生物学—生物の適応から群集理論・保全まで (占部城太郎訳). 共立出版, 東京.
- 浜島繁隆・土川ふみ・益田芳樹 (2001) : ため池の自然—生き物たちと風景. 信山社サイテック, 東京.
- 松村隆・早坂智恵・岩崎裕佳・千葉雅子・見上一幸 (2003) : ため池の富栄養化に伴う水質変動現象の分析. 宮城教育大学環境教育研究紀要, 6:15-20.
- 西条八束・三田村緒佐武 (1997) : 新編 湖沼調査法. 講談社, 東京.
- Yu, Z., G. J. Zhang, Y. H. Zhang and S. M. Liu (1995): A new method for determination of chlorophyll *a* concentration in macroalgae. *Experiments and Techniques* 5:1-2.