

## 自己組織化マップを利用した富栄養化貯水池の季節的な水質変動特性の定量的評価

増野, 希陸

九州大学大学院生物資源環境科学府環境農学専攻生産環境科学教育コース水環境学研究分野

原田, 昌佳

九州大学大学院生物資源環境科学府環境農学専攻生産環境科学教育コース水環境学研究分野

平松, 和昭

九州大学大学院生物資源環境科学府環境農学専攻生産環境科学教育コース水環境学研究分野

丸居, 篤

九州大学新キャンパス計画推進室

<https://doi.org/10.15017/22028>

---

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 67 (1), pp.25-33, 2012-02-29. 九州大学大学院農学研究院

バージョン：

権利関係：

## 自己組織化マップを利用した富栄養化貯水池の 季節的な水質変動特性の定量的評価

増野 希 陸<sup>1</sup>・原 田 昌 佳<sup>\*</sup>  
平 松 和 昭・丸 居 篤<sup>2</sup>

九州大学大学院農学研究院環境農学部門生産環境科学講座水環境学研究分野  
(2011年10月28日受付, 2011年11月9日受理)

### Quantitative Evaluation of Seasonal Fluctuations in Water Quality in Eutrophic Reservoirs using Self-Organizing Maps

Kiroku MASUNO<sup>1</sup>, Masayoshi HARADA<sup>\*</sup>, Kazuaki HIRAMATSU  
and Atsushi MARUI<sup>2</sup>

Laboratory of Water Environment Engineering, Division of Bioproduction Environmental Sciences,  
Department of Agro-environmental Sciences, Faculty of Agriculture,  
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

#### 緒 言

わが国では、古来、農業用水源を確保するための貯水池が造成されてきた。貯水池は、灌漑用水の供給が不安定な地域において貴重な水資源として利用されるだけでなく、景観創出、親水空間、ビオトープ、水産資源の場、防災機能などの多面的機能を有する。したがって、農業用貯水池は、持続的な農業の発展や良好な農村空間の形成において重要な役割を果たす環境資源の一つである。しかし近年では、とくに低平農地域において、急速な都市化・混住化がリンや窒素の流入負荷を増大させ、農業用貯水池も含めた水域の富栄養化を引き起こしている。すなわち、植物プランクトンの異常増殖、景観悪化、ろ過障害などの水利用上の問題、さらには生物多様性の低下などの水圏環境の劣化が社会的な大きな問題となっている。このような農業用貯水池の水質汚濁は、その多面的機能を低下させ

るだけでなく水資源の乏しい地域では農業用水量を逼迫する原因にもなることから、持続的農業を考える上でも水域環境の保全・改善は喫緊の課題といえる。

地域水資源の保全・修復策や富栄養化防止対策を講じる上で、適切かつ十分な水環境解析によって得られる結果は極めて重要な知見を与える。これは、自然的あるいは人為的要因が環境に及ぼす影響を定量的に評価・予測することであり、一般に、詳細な環境モニタリングに基づいた現況解析が重要な基礎資料となる。とくに富栄養化水域を対象とする場合、植物プランクトンを主とする生物学視点も含めた水環境解析が強く望まれる。植物プランクトンが季節的な環境要因の影響を多大に受けることを考慮すると、経時的で多様な観測情報から水質の季節的な変動特性を定量的に抽出するとともに、植物プランクトンの種構成の季節的消長と関連づけた水環境解析が重要な課題となる。この場合、多様かつ大量な要素から構成されるデータベ

<sup>1</sup>九州大学大学院生物資源環境科学府環境農学専攻生産環境科学教育コース水環境学研究分野

<sup>1</sup>Laboratory of Water Environment Engineering, Course of Bioproduction Environmental Sciences, Department of Agro-environmental Sciences, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

<sup>2</sup>九州大学新キャンパス計画推進室

<sup>2</sup>New Campus Planning Office, Kyushu University

<sup>\*</sup>Corresponding author (E-mail:mharada@bpes.kyushu-u.ac.jp)

スの中から隠れた有用な情報を取り出す技術体系、すなわちデータマイニングの導入が有効な解析方法となり得る。データマイニングは、統計学、パターン認識、人工知能などのデータ解析手法を用いて、頻出パターン抽出、クラス分類、回帰分析、クラスターリングなどを目的としたデータ処理を行うものである。

本研究では、有機汚濁・富栄養化関連項目を主とする時系列データから水質環境の変動特性を抽出する手法として、データ集合のクラスターリングに着目する。すなわち、多次元の特徴空間内に配置されるデータ集合を複数のクラスターに分類することでデータ構造の特徴抽出を目指すものであり、その手法として、多次元の複雑な関連性を視覚的に分類することを可能にする自己組織化マップを採用する。本研究では、水域特性の異なる二つの農業用貯水池を対象に、春季～秋季で実施した水環境調査の2年間のデータを用いた。同調査では、植物プランクトンの種構成を藻類綱ベースで4つに大別し、それぞれのクロロフィル a 濃度の分析が可能な蛍光光度計を利用することで、詳細な藻類情報を得た。まず、自己組織化マップを利用してこのような多様な水環境データを2次元マップ上で特徴付け、ついで、このマップ上でデータのクラスターリングを行なった。類似の特徴をもつ複数のクラスターに分類することで水質環境の特性ならびにその季節的变化特性を抽出した。以上を通じて、生物学的視点も取り込んだ水環境解析に資するためのデータマイニング技術として、自己組織化マップを利用したクラスターリングの有効性を検討した。

最後に、本研究の一部は、九州大学新キャンパス計画専門委員会における「平成22年度九州大学新キャンパス予定地における農場地の水質調査費」、ならびに日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(B) (課題番号19380138, 研究代表者: 平松和昭) の補助を受けた。ここに記して謝意を表する。

## データと方法

### 1. 対象水域の概要

本研究では、福岡県北西部に位置する糸島地域の2ヶ所の農業用貯水池を対象とした。糸島地域は、水稲、麦、露地野菜、施設園芸、畜産業などが盛んな福岡県内有数の農業地域の一つである。その一方で、同地域は潜在的に水資源不足の問題を抱えており、灌漑用水源としての貯水池の依存度が高い。福岡市近郊という立地条件によって、近年では、都市化や混住化が進んでいる。このような影響を受けて、農業用貯水池

の富栄養化は顕在化し、その保全・改善に向けた対策が急務となっている。

対象池は、同一地区内の農業用貯水池であるA池とB池である。いずれも、低平農地域に広がる水田や施設園芸 (主にトマト、イチゴ) の農業用水源を担っている。各対象池の概要を以下にまとめる。

A池は、流域面積約15.6ha、水面積約20,500m<sup>2</sup>、平均水深約3m、総貯水量約62,200m<sup>3</sup>の貯水池である (図1)。同池では年間を通じて緑色を呈し、9月～10月に藍藻類*Microcystis*属を優占種とするアオコの発生が確認され (松本ら, 2008)、富栄養化現象が顕著に見られる。

B池は流域面積約32.4ha、水面積約36,200m<sup>2</sup>、平均水深約0.7m、総貯水量約37,800m<sup>3</sup>の貯水池である (図2)。同池ではイネ科の挺水植物が繁茂し、ジャンボタニシの繁殖やサギなどの飛来も見られる。このように、水深が極めて浅く、また多様な生態系が形成されている点に、B池の特徴を見出せる。



図1 農業用貯水池 (A池) の概要



図2 農業用貯水池 (B池) の概要

## 2. 水質調査の概要

本研究では、2009年および2010年の6月～11月を観測期間とし、約1週間間隔の定期的な水質調査を実施した。調査項目は、水温、溶存酸素、抽出クロロフィルa (Chl.a)、全窒素 (TN)、全リン (TP)、全有機炭素量 (TOC)、溶存態有機炭素量 (DOC)、各無機態窒素 (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N)、およびリン酸態リン (PO<sub>4</sub>-P) である。なお、採水箇所は護岸近くの表層部である。ここで、抽出Chl.aはN,N-ジメチルホルムアミドを用いた溶媒抽出法によって測定された総Chl.a濃度であり、分析には蛍光光度計 (Aquafluor, TURNER DESIGNS社製) を使用した。

また、詳細かつ定量的な植物プランクトン情報を得るために、多波長励起型蛍光光度計 (FluoroProbe, bbe社製) による *in vivo* Chl.aの測定を行った。本手法は、Chl.aの測定方法のうち現場 (*in situ*) 型蛍光法に属し、発光波長の異なる6つの蛍光励起LEDを葉緑素に照射することで得られる励起蛍光スペクトルから、水中に存在する植物プランクトン由来のChl.aを類別に定量するものである (Beutler *et al.*, 2002)。本蛍光光度計では、緑藻類、藍藻類、珪藻/渦鞭毛藻類、クリプト藻類の4つに類別し、それぞれの *in vivo* Chl.aが測定され、以下では総Chl.aと区別してこれらを藻類網別Chl.aと呼ぶ。なお、渦鞭毛藻類と珪藻類の励起スペクトルは類似し、二つを区別することは困難であるためこれらのChl.aの合計量が測定される。

本蛍光光度計では、総Chl.aが藻類網別Chl.aの合計量として測定される。ところで、一般的に現場型蛍光法による *in vivo* Chl.aと溶媒抽出法による分析結果は良好な相関を示すものの、両者は必ずしも一致せず、また測定原理や測定方法の観点から考えると抽出Chl.aの信頼性が高い (中山ら, 2000)。そこで、本蛍光光度計により測定される藻類網別Chl.aおよび総Chl.aから各藻類網の構成比 (存在比) を計算し、これに抽出Chl.aを乗じることで藻類網別Chl.aを補正した。

## 3. 自己組織化マップを利用したデータ解析の概要

自己組織化マップ (SOM: Self-organizing Maps) は、Kohonen (1990) によって提案された競合学習型ニューラルネットワークである。SOMは、図3に示すように入力層と競合層の2層から構成され、教師なし学習に該当するニューラルネットワークである。入力層には  $K$  個の  $n$  次元の入力ベクトル  $\mathbf{x}_k = (x_{k,1}, \dots, x_{k,n})$ , ( $k = 1 \sim K$ ) が設定される。また、競合層は一般に2次元ハニカム状に配置された  $M$  個のニューロンで構成さ

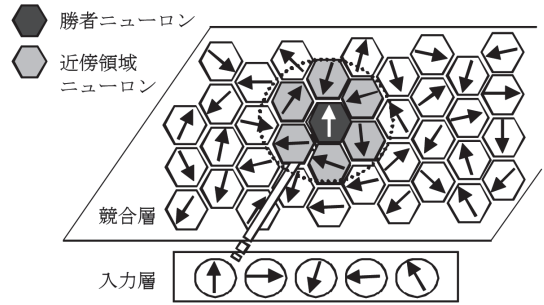


図3 自己組織化マップ (SOM) の概念図

れ、各ニューロンの状態は入力ベクトルと同じ次元の重みベクトル  $\mathbf{w}_m = (w_{m,1}, \dots, w_{m,n})$ , ( $m = 1 \sim M$ ) で表される。水質調査結果を利用したSOMでは、 $n$ は解析に使用する水質項目の総数に、 $K$ はデータセット数 (調査日の総数) に対応する。すなわち、入力ベクトル  $\mathbf{x}_k$  は、ある観測日の  $n$  個からなる水質項目の測定結果を一組とするデータセットである。

一般的なSOMでは、各ニューロンの重みベクトルは乱数によって初期値が設定され、以下の学習則に従って  $\mathbf{w}_m$  は修正される。まず、ある一つの入力ベクトル  $\mathbf{x}_k$  と全ての競合層内のニューロンとのユークリッド距離を計算し、その距離が最小となるニューロン (勝者ニューロン) を探索する。つぎに、勝者ニューロン  $c$  とその近傍のニューロンの集合  $N_c$  に対して式 (1) を用いて重みベクトルを更新する。このようなニューロンの探索と重みベクトルの修正を  $K$  個のすべての入力ベクトルに対して行う。

$$\mathbf{w}_m(t+1) = \mathbf{w}_m(t) + h_{c,m} \cdot \{\mathbf{x}_k - \mathbf{w}_m(t)\} \quad (1)$$

$$h_{c,m} = \alpha(t) \exp \left\{ -\frac{\|\mathbf{r}_c - \mathbf{r}_m\|}{N_c(t)} \right\} \quad (2)$$

ここで  $t$  は学習回数であり、また  $h_{c,m}$  は近傍関数とよばれ、重みベクトルの更新の対象となる勝者ニューロン近傍の大きさを表す。近傍関数は一般に式 (2) のガウス関数によって与えられ、同式中の  $r_c$  と  $r_m$  はそれぞれ勝者ニューロン  $c$  と競合層上のニューロン  $m$  の位置ベクトルである。また、 $\alpha(t)$  は学習率、 $N_c(t)$  は近傍領域を表し、いずれも学習の進行とともに単調に減少するパラメータとして以下のように設定される。

$$\alpha(t) = \alpha(0) \left( 1 - \frac{t}{T} \right) \quad (3)$$

$$N_c(t) = N_c(0) \left( 1 - \frac{t}{T} \right) \quad (4)$$

ここで、 $T$  は全学習回数であり、また  $\alpha(0)$  と  $N_c(0)$  は

それぞれ初期値を表す。

SOMの学習則では、学習の進行とともに近傍領域  $N_i$  を減少させながら、式(1)による重みベクトルの更新を繰り返す。このような学習によって、入力ベクトルの特徴を反映するようにニューロンが組織化され、競合層にマップが形成される。すなわち、位置的に近いニューロンは互いに類似した特徴を持ち、一方、全く異なった性質を有するニューロンは遠くに配置される。さらに、全ての入力ベクトルはそれぞれ最も特徴が近い重みベクトルを持つニューロンに割り当てられる。このように、ベクトルとして与えられる入力情報の類似度が2次元マップ上の距離として表現されるため、競合層内のある領域のニューロン群を選択することにより、相対的に性質の類似した入力ベクトルを抽出することができる。

学習後のマップ上では、近傍のニューロン群はある類似の特徴を持ったクラスタを形成していると考えてよい。そこで、U-Matrix法に基づいて、マップ上のニューロンを複数のクラスタに分類する(西山ら, 2005)。この方法では、隣り合うニューロンの重みベクトルの距離を計算する。この距離が大きいかほど周囲

のニューロンと特徴が異なることを意味するので、重みベクトル間の距離の大きさを指標に類似の特徴を持ったニューロン群、すなわちクラスタの領域を決定できる。

## 結果と考察

### 1. 水質観測結果

富栄養化関連項目に関する水質の定期観測結果を図4に、また藻類綱別Chl.aの結果を図5にそれぞれ示す。これらの観測結果によれば、総Chl.a、TOC、TN、TPなどのように季節的な変化が顕著に見られる水質項目と、無機態窒素、無機態リン、DO、珪藻/渦鞭毛藻類Chl.a、クリプト藻類Chl.aなどのように季節に関係なくほぼ一定値で推移した項目がある、以下では、季節的な変化が顕著であった測定項目について対象池ごとに考察した。

#### (1) A池の水質観測結果

2009年度、2010年度のChl.aの平均値はそれぞれ  $39.3 \mu\text{g/l}$ 、 $37.1 \mu\text{g/l}$  であり、両年度での違いは見られなかった。観測期間を通じて珪藻/渦鞭毛藻類とクリプト藻類の存在量は皆無であり、総Chl.aの変化は

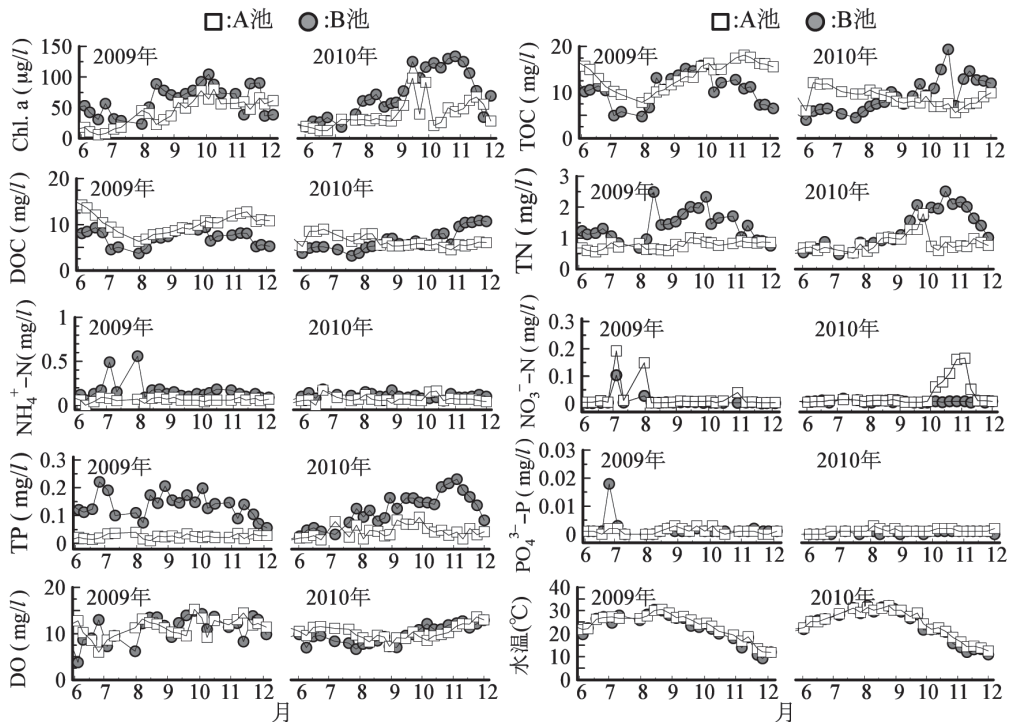


図4 有機汚濁・富栄養化関連項目の定期観測結果

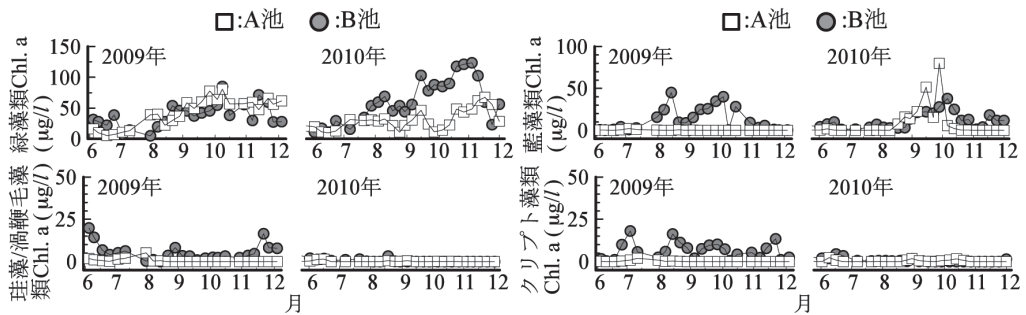


図5 藻類網別 Chl.a の定期観測結果

緑藻類 Chl.a によって強く規定された。2009年度ではアオコの発生を確認できなかったが、2010年度では8月下旬～9月下旬の期間でアオコが観測され、藍藻類 Chl.a の増加期間と一致した。TOC の観測平均値は2009年度で13.7mg/l、2010年度で9.27mg/lであり、両年で総 Chl.a の平均値は同程度であったが、TOC については大幅に減少した。TN については、2009年度と2010年度の平均値はそれぞれ0.79mg/l、0.82mg/lであり、2010年度では8月下旬～9月の期間で1.0mg/l を超える値を示したものの、2009年度と比べて大幅な増加傾向ではなく、両年度ともに季節的な TN の変化は小さい。2009年度、2010年度の TP の平均値はそれぞれ0.025mg/l、0.037mg/lであり、TN と同様に大きな年変化は見られない。

## (2) B池の水質観測結果

総 Chl.a の2009年度、2010年度の観測平均値はそれぞれ61.4  $\mu\text{g/l}$ 、65.5  $\mu\text{g/l}$  と両年ともに極めて大きい結果であり、また8月下旬以降に平均値を超えた値での推移が見られた。藻類網別 Chl.a に注目すると、観測期間を通じて珪藻／渦鞭毛藻類とクリプト藻類の存在量は皆無であること、総 Chl.a の変化は緑藻類 Chl.a によって強く規定されること、9月～10月の期間で藍藻類は出現し10月上旬にピークを示すこと、藍藻類の増加に対して緑藻類は減少すること、以上がB池の水環境の藻類に関する特徴として挙げられる。9月～10月で総 Chl.a は高い値で推移したが、これは藍藻類の出現・増加に大きく関わっていることが分かる。TOC については、2009年度、2010年度の観測平均値がそれぞれ8.9mg/l、10.6mg/lであり若干の差が見られる。ただし、TOC に対するDOCの存在比は平均値で69.0% (2009年度)、70.8% (2010年度)と同程度であった。また、2010年度のTNとTPの平均値はそれぞれ1.15mg/l、0.10mg/lであった。2009年度の結果 (TN :

1.38mg/l、TP : 0.14mg/l) と比較すると、TOC と同様に窒素・リンの経時的な減少傾向を確認できる。なお、総 Chl.a とTPは2009年度、2010年度いずれも湖沼類型の過栄養湖 (Chl. a : 25  $\mu\text{g/l}$ 以上、TP : 0.1mg/l以上) レベルに達している。

## 2. 観測データのクラスタリングと水質変動特性の抽出

本研究では、多様な情報から季節的に変動する水質環境の特徴を対象池ごとに抽出するために、SOMを利用したデータのクラスタリングを行う。そのためには、より多くの水質項目に着目すべきところではあるが、その一方で、情報過多によって2次元マップ上にクラスタ領域が細分化され、クラスタリングを十分に行えないことが危惧される。また、水質情報として類似した項目の重複的な利用や解析目的と合致しないデータの参照によって、クラスタ領域からの特徴の抽出が困難となる。そこで、以上を踏まえて全ての水質観測結果から、対象水域の水環境の特徴を適切に評価できる水質項目として、緑藻類 Chl.a、藍藻類 Chl.a、TN、TP、TOC、水温に着目し、これらを要素とする6次元の入力ベクトルを定義した。また、定期観測データのセット数、すなわち入力ベクトルの個数  $K=48$  に対して、対象池ごとにSOM学習を行うことで2次元マップを作成した。なお、入力ベクトルの各成分は各対象池の水質観測結果の最大値と最小値を用いて  $[0, 1]$  に基準化された値であり、また、学習回数は  $T=600$  とした。

### (1) A池の解析結果

競合層の大きさを  $M=10 \times 10$  として作成した2次元マップを図6に示す。同図には、入力ベクトルの最一致ニューロンに、その入力データの調査日を記している。また、U-Matrix法によって分類されたクラスタ

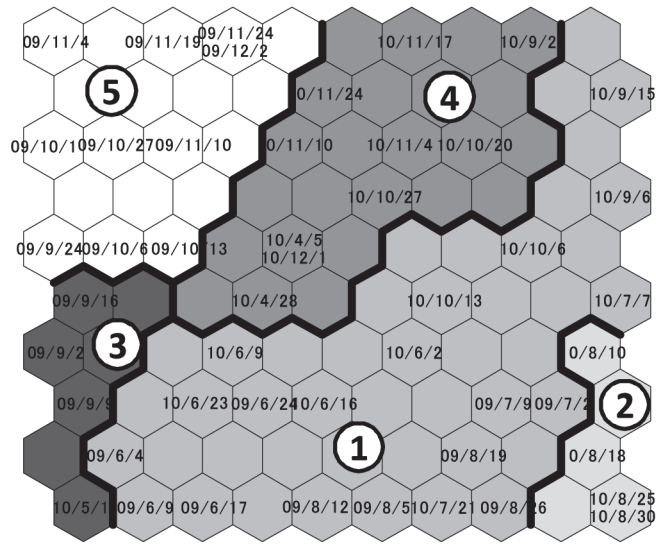


図6 A池のSOMとクラスタリング結果

表1 A池の各クラスタの水質平均値

	1	2	3	4	5	全平均
緑藻類 Chl.a ( $\mu\text{g/l}$ )	19.4	21.5	48.0	44.2	62.4	36.5
藍藻類 Chl.a ( $\mu\text{g/l}$ )	1.9	9.3	0.0	0.1	0.0	3.0
TN ( $\text{mg/l}$ )	0.67	0.92	0.75	0.78	0.86	0.78
TP ( $\text{mg/l}$ )	0.030	0.036	0.021	0.035	0.026	0.031
TOC ( $\text{mg/l}$ )	10.46	9.06	13.24	8.60	16.35	11.35
水温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	26.4	30.8	25.4	16.2	18.5	23.1

をグレーで表示するとともに、その境界を黒線で示している。同図から、A池の水環境は5つのクラスタに分類できる。表1に各クラスタと全データに対する水質項目の平均値をまとめる。同表から各クラスタの特徴をつぎのように抽出できる。①クラスタ1, 2では緑藻類Chl.aが相対的に低い。前者は中水温期に、後者は高水温期にそれぞれ該当し、とくにクラスタ2では藍藻類Chl.aが最も高い。②クラスタ3, 4ではいずれも緑藻類Chl.aが平均値程度の値をとり、前者は中水温期、後者は低水温期にそれぞれ該当する。③クラスタ5は最も緑藻類Chl.aが高く、低水温期に属する。このように、A池の水環境はまず緑藻類Chl.aによって大きく3つに特徴付けられ、さらに、主に水温によりクラスタは細分化される。

以上のように特徴付けられたクラスタは、概ね2009年で1→3→5, 2010年で1→2→4と推移した(図7)。中水温→高水温→低水温の水温の季節変化に応じて、

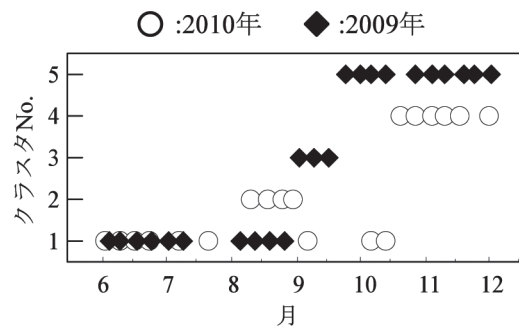


図7 A池のクラスタの経時変化

緑藻類Chl.aは増加し、TPは平均値程度で推移した点が両年の類似点であった。また、2009年では緑藻類Chl.aが全平均値を超えて増加し、これを反映してTOCも上昇した点に、2010年では藍藻類Chl.aとTNが高水温期にピークを示した点に、各年の水環境の季節的な特徴を見出せた。

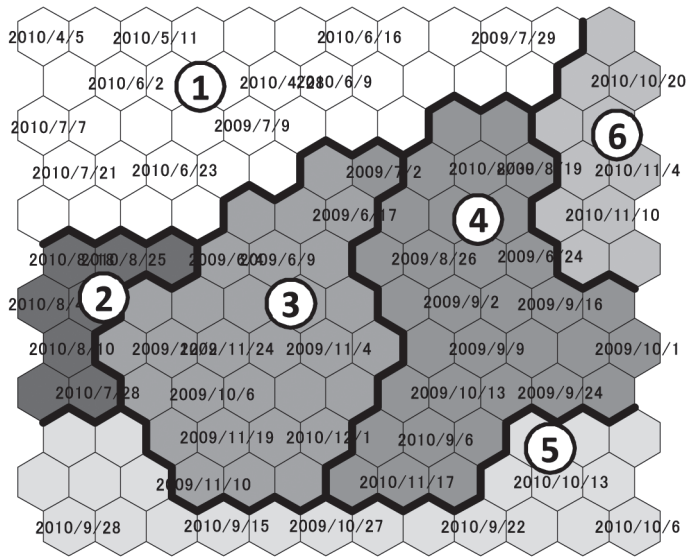


図8 B池のSOMとクラスタリング結果

表2 B池の各クラスタの水質平均値

	1	2	3	4	5	6	全平均
緑藻類 Chl.a ( $\mu\text{g/l}$ )	15.7	56.1	40.4	46.6	83.4	114.9	47.9
藍藻類 Chl.a ( $\mu\text{g/l}$ )	5.0	3.8	2.3	20.5	23.8	5.8	10.5
TN (mg/l)	0.62	0.88	1.10	1.60	1.84	2.23	1.26
TP (mg/l)	0.048	0.098	0.11	0.165	0.147	0.201	0.119
TOC (mg/l)	5.59	7.63	9.29	12.57	11.51	15.65	9.77
水温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	24.3	30.7	17.3	25.2	23.1	15.6	22.9

(2) B池の解析結果

B池では  $M = 12 \times 12$  として解析を行い、図8にクラスタリング結果を、表2に各クラスタの水質の平均値をそれぞれ示す。B池の水環境は6つのクラスタに分類でき、各クラスタはつぎのように特徴付けられる。①クラスタ1は、緑藻類Chl.a、藍藻類Chl.aがともに低い中水温期に属する。②クラスタ2、3、4はそれぞれ高水温期、低水温期、中水温期に該当し、いずれも緑藻類Chl.aが平均値程度である。とくに、クラスタ4で藍藻類Chl.aが高い。③クラスタ5、6では、いずれも緑藻類Chl.aが高い。クラスタ5は藍藻類Chl.aが最も高い中水温期に、クラスタ6は緑藻類Chl.aが最も高い低水温期に属する。

以上のように、主に緑藻類Chl.a、水温、藍藻類Chl.aによって特徴付けられたクラスタは図9のように季節的に変化した。2009年では概ね3→4→3とクラスタは推移し、中水温→高水温→中水温の水温変化に対

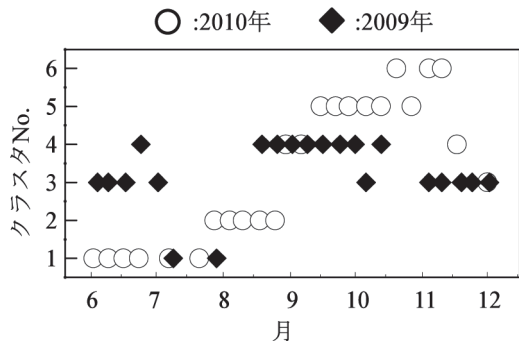


図9 B池のクラスタの経時変化

して、緑藻類Chl.aは大きな変化を示さず、藍藻類Chl.aが低→高→低と増減する点に特徴を見出せる。また、TN、TP、TOCも低→高→低と変化し、これは藍藻類Chl.aの影響を受けた結果と示唆される。一方、2010年では1→2→5→6と推移した。中水温→高水



温→中水温→低水温の水温変化に対して緑藻類Chl.aは単調な増加傾向を示し、TN、TP、TOCもこれに対応するように増加した点で、2009年と大きく異なった。また、2009年と同様に藍藻類Chl.aが高いクラスタが出現し、両年ともTN、TP、TOCは同程度であったものの、緑藻類Chl.aに顕著な違いが見られた。

## 要 約

本研究では、農業農村地域の富栄養化が進行する地域水資源の保全と改善に資するための水環境解析手法を提案した。すなわち、水環境調査で得られる多様かつ経時的な情報から、藻類の季節的消長も含めた水質の変動特性を定量的に評価することを目的としたデータ解析である。藻類網別Chl.aを含めた富栄養化に関わる水質項目の定期観測結果をもとに自己組織化マップ(SOM)を利用したデータのクラスタリングに着目することで水環境の特徴抽出を試みた。対象水域は、低平農地に位置する二つの農業用貯水池であり、水深、貯留量、植生などの水域特性が異なる富栄養化水域である。SOMを利用したクラスタリングにより、水温、TOC、TN、TP、緑藻類Chl.a、藍藻類Chl.aから構成される定期観測結果のデータは複数のクラスタに分類された。各クラスタの特徴は、それを構成する観測結果の平均値によって表され、とくに水温と緑藻類Chl.aが水質環境の特徴抽出において重要な要素であった。また、クラスタの経時的な推移パターンによって各貯水池の水環境の季節的な変動特性、および二つの対象池の水質特性に関する相違点を容易に見出すこと

ができた。以上のように、SOMを利用したデータのクラスタリングは、詳細な定期観測結果に基づく水環境の現状評価に対して有効なツールであることが示された。今後の課題として、クラスタの推移の要因を探るために、気温や日射量などの気象的要因を考慮に入れた解析が挙げられる。

## キ ー ワ ー ド

富栄養化、自己組織化マップ、水環境解析、藻類、特徴抽出

## 文 献

- Beutler M., K. H. Wiltshire, B. Meyer, C. Moldaenke, C. Lüring, M. Meyerhöfer, U. P. Hansen and H. Dau 2002 A fluorometric method for the differentiation of algal populations *in vivo* and *in situ*, *Photosynthesis Research*, **72**: 39-53
- Kohonen, T. 1990 The self-organizing map, *Journal of Proceedings of The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, **78**: 1464-1480
- 松本晶子, 原田昌佳, 平松和昭, 丸井 篤 2008 動植物プランクトンの季節的消長からみた富栄養化貯水池の水環境評価, 九州大学大学院農学研究院学芸雑, **63**(2): 161-177
- 中山大介, 大塚泰介, 瀬戸浩二, 山口啓子 2000 アオコ発生時における現場型蛍光法によるクロロフィル濃度測定の問題点, 汽水域研究, **7**: 71-76
- 西山浩司, 遠藤伸一, 神野健二, 川村 明 2005 自己組織化マップを利用した梅雨期特有の気象場の分類, 水工学論文集, **49**: 241-246

## Summary

In this study, a method for analyzing water environment was proposed as a means of environmental assessment for contributing to the preservation and improvement of eutrophic reservoirs in rural areas from the viewpoint of data mining. Thus, water environmental characteristics were determined by periodically observing water quality factors related to eutrophication, such as chlorophyll-a concentration and measuring the levels of algal classes by clustering a database with a self-organizing map (SOM). As a result, datasets containing water temperature, chlorophyll-a from green algae and blue-green algae, total organic carbon, total nitrogen, and total phosphorus were classified into several clusters characterized by mean and maximum and minimum of these 6 factors. Moreover, water temperature and chlorophyll-a from green algae were the most important factors for the feature extraction of the clusters. In addition, the seasonal change in the water environment characteristics was quantitatively estimated by determining the temporal change patterns of the clusters. In conclusion, our results indicated that clustering of the database with SOM was an effective analysis tool for the assessment of the water environment based on the results of detailed observations.

**Key words:** Algae, Eutrophication, Feature extraction, Self-organizing maps, Water environmental analysis