別刷り

Shigeki Mayama (2012) Bioindicator algae. 2. Diatoms. p.364-366.
In Watanabe, M. M. et al. (eds) ***Handbook of Algae -Their Diversity and Utilization***. NTS Inc., Tokyo.

珪藻類

東京学芸大学　　真山　茂樹

「藻類ハンドブック」(2012年7月24日　株式会社エヌ・ティー・エス 刊)

2　珪藻類

1 はじめに

珪藻(Diatom)は種類が豊富であり、その生育環境も多様である。このため、古くから、多くの研究者によって種の環境に対する特性が報告され、さまざまな環境評価のための指数と計算式が考案されてきた。これらは、堆積した珪藻遺骸を観察・計数することで、過去の pH や[1)2)]、塩分の濃度[3)]、および海水温度[4)]を推定するものと、付着珪藻群集を用いて主に現在の河川・湖沼の水質汚濁状況を評価するものに大別される。今日、後者はさまざまな国で、環境評価のために利用されている。

2 河川・湖沼の水質評価

どちらの水質も、珪藻によって評価することは原理的に可能である。しかし湖沼に出現する珪藻の種数は膨大なため、指標性が決定されている種は限られている。また、湖沼では出現する珪藻群集は水質だけでなく、水深や湖沼型など、他の環境要因によっても影響を受けるため、一般化できる評価法を開発することが難しい。これに対し河川では出現する珪藻の種数が少ないこと、環境悪化の原因を有機物質、リン、窒素などに限定しやすいことなどから、地域に応じたさまざまな水質判定法が開発されてきた。

3 指標性の決定方法

種の指標性の決定にはいくつかの方法がある。①環境勾配中のさまざまな水質に出現する種の頻度の加重平均を用いる、②さまざまな水質ごとに決定した種の指標値を用いる、③汚濁(汚染)負荷に対する種の耐性を用いる、④その他、である。

①は環境勾配において、それぞれの種が特有の釣り鐘型の左右対称な頻度分布を示すことを仮定している。これに対し、②では複数の水質区分に出現する 1 つの種に対し、区分ごとに異なる指標値を与えるものである[5)]。Potapova らは、①の方法の中では、加重平均部分最小 2 乗法推論モデルを用いた指数が実際の総リン値と最も高い相関を示し、それは②による指標値を用いた指数と同等の判定力をもつことを示している[6)]。

③は環境勾配の中で非対称の出現頻度を示す珪藻の出現特性を類型化し、出現可能な上限を決定する。Kobayasi and Mayama はこの方法を採用している[7)]。

4 世界各地における河川の水質判定

珪藻による水質判定は、1960～80 年代は、河川水の有機汚濁の評価に的を絞った方法が主流で、Sladeček のザプロビ指数(saprobic index)はその代表的なものである[8)]。その後、法律の制定や下水道の整備などにより水質がある程度良好になると、欧米では農地から流出する肥料による河川水の富栄養化の評価に、むしろ的が置かれるようになってきた。今日、ヨーロッパでは Kelly and Whitton による trophic diatom index (TDI)が広く使用されている[9)]。また、北米では Pan らや Hall and Smol による加重平均推論モデルを用いる手法が広く使用されている[10)11)]が、これらでは環境を指数で表示せず、種の環境最適値(たとえば総リン値濃度)をパラメータとして用いている。

日本の河川形態とフロラ(flora)に適合するように開発された代表的な方法が識別珪藻群法[12]と DAIpo[13]である。前者は Lange−Bertalot の方法[14]を下地に開発され、BOD をパラメータとし、汚濁に対する種の指標性(耐性)を決定したもので、珪藻群落における強汚濁耐性種群(A 群：10 種)、中汚濁耐性種群(B 群：64 種)、弱汚濁耐性種群(C 群：それ以外の種すべて)の出現割合から水質評価を行う。DAIpo は種の出現傾向の類似性を間接傾度分析することで、珪藻種を好汚濁性種、広適応性種、好清水性種の 3 グループに分け、その割合から指標値を算出する。DAIpo は種の指標性決定において、物理化学的測定値をパラメータとしないユニークな指標である。DAIpo については 2010 年に加藤と大塚による概説と考察がある[15][16]。

ヨーロッパ、日本、北米以外の地域では、その地域で実用できる評価方法はほとんどなく、近年になり、アルゼンチンとブラジルで有機汚濁および富栄養を評価する指標が開発されているに過ぎない[17][18]。

5 水質判定シミュレーション

SimRiver(シムリバー)は、人間活動が河川水質と珪藻群集に与える影響をシミュレーションするフリーの教育用ソフトウェアで(**図 1**(a)、(b))、識別珪藻群法による水質判定を疑似体験することができる[19]。使用されるデータは、1980 年代に実際に計測された珪藻と水質のデータに基づいており、流域の土地利用、人口、下水処理場の有無、季節を操作することにより、強腐水から貧腐水まで、さまざまな水質環境下の珪藻群集を再現できる[20]。また、生物多様性と環境との関係を学ぶためのデータリソースとしても利用できる[21]。15 言語に翻訳されたプログラムがインターネットで公開されており(http://www.u-gakugei.ac.jp/~diatom/)、すべての操作をブラウザ上で行うことができる[22]。

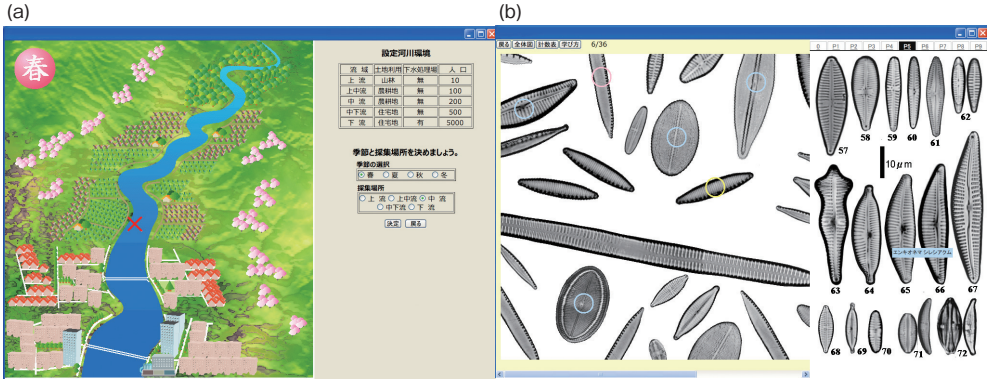

図 1　SimRiver の画面

(a)グラフィカルに表示された流域環境、(b)設定した流域環境と季節に基づき、合成表示された顕微鏡観察像(左側)と同定補助機能をもった図鑑(右側)。

〈真山　茂樹〉

【引用・参考文献】

1) C. J. F. ter Braak and H. van Dam : *Hydrobiologia*, **178**, 209(1989).　2) H. J. B. Birks, J. M. Line, S. Juggins, A. C. Stevenson and C. J. F. ter Braak : *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, **B 327**, 263(1990).　3) S. C. Fritz, B. F. Cumming, F. Gasse and K. R. Laird : Diatoms as indicators of hydrologic and climatic change in saline lakes, in E. F. Stoermer and J. P. Smol eds., The Diatoms−Applications for the Environmental and Earth Sciences, pp. 41−72, Cambridge, Cambridge University Press(1999).　4) 小泉格：珪藻古海洋学―完新世の環境変動，東京大学出版会(2011).　5) M. Zelinka and P. Marvan : *Arch. Hydrobiol.*, **57**, 389(1961).　6) M. G. Potapova, D. F. Charles, K. C. Ponader and D. M. Winter : *Hydrobiologia*, **517**, 25(2004).　7) H. Kobayasi and S. Mayama : *Korean J. Phycol.*, **4**, 121(1989).　8) V. Sladeček : *Arch. Hydrobiol. Beih.*, **7**, 1(1973).　9) M. G. Kelly and B. A. Whitton : *J. Appl. Phycol.*, **7**, 433(1995).　10) Y. Pan, R. J. Stevenson, B.

H. Hill, A. T. Herlihy and G. B. Collins : *J. North Amer. Benthol. Soc.,* **15**, 481(1996).

11) R. I. Hall and J. P. Smol : Diatoms as indicators of lake eutrophication, in E. F. Stoermer and J. P. Smol eds., The Diatoms−Applications for the Environmental and Earth Sciences, pp. 128−168, Cambridge, Cambridge University Press(1999).　12) H. Kobayasi and S. Mayama : *Korean J. Phycol.,* **4**, 121(1989).　13) T. Watanabe, K. Asai, A. Houki, S. Tanaka and T. Hizuka : *Diatom*(日本珪藻学会誌), **2**, 23(1986).　14) H. Lange−Bertalot : *Nova Hedwigia Beih.,* **64**, 285(1979).　15) 加藤和弘：*Diatom*(日本珪藻学会誌)，**25**, 2(2010).　16) 大塚泰介：*Diatom*(日本珪藻学会誌)，**25**, 8(2010).　17) N. Gomez and M. Licursi : *Aquatic Ecology,* **35**, 173(2001).
18) E. A. Lobo, V. L. Callegaro, G. Hermany, D. Bes, C. E. Wetzel and M. A. Oliveira : *Acta Limnologica Brasiliensia,* **16**, 25(2004).　19) 真山茂樹，加藤和弘，大森宏，清野聡子，国府田かおり，押方和宏：生物教育，**48**, 10(2008).　20) 加藤和弘，真山茂樹，大森宏，清野聡子：日本教育工学会論文誌，**28**, 217(2004).

21) 真山茂樹，渡辺剛，加藤和弘，大森宏：環境教育学研究，**18**, 23(2009).　22) S. Mayama, K. Katoh, H. Omori, S. Seino, H. Osaki, M. Julius, J. H. Lee. C. Cheong, E. A. Lobo, A. Witkowski, R. Srivibool, P. Muangphra, R. Jahn, M. Kulikovskiy, P. B. Hamilton, Y. H. Gao and L. Ector : *Asian J. Biology Education,* **5**, 2(2011).