

霞ヶ浦の水質に及ぼす水温の影響

東北大学工学部 学生会員 ○岡崎 淳史

東北大学大学院工学研究科 非会員 増田 周平

正会員 千葉 信男, 野村 宗弘, 中野 和典, 西村 修

1. はじめに

近年, 世界的に異常気象が頻繁に生じている. 例えば, 2005 年に米国で発生し甚大な被害をもたらしたハリケーン・カトリーナや, 欧州において多くの死者を出した熱波などは記憶に新しい. 国際赤十字社によると, 1994 年から 2003 年の 10 年間で, 気象災害の発生数は 68%増加している¹. さらに, IPCC第四次報告書においても, 平均気温の上昇, 降水量の変化等が報告されている. 最も変化が少ないというシナリオにおいても, 21 世紀末には約 2°Cの気温上昇は避けがたく, 今後さらなる影響の顕著化が予想されている². こうした気象の変化は湖沼環境に大きな影響を及ぼすと考えられる. しかし, 気象の変化が湖沼環境に及ぼす影響は多岐にわたるため, そのメカニズムは明らかになっていない. 湖沼は人類にとっての淡水源としてだけでなく, 生物にとっての生息場としても重要な役割を担っているため, それを明らかにすることは非常に重要である.

本研究では, 多項目の水質が長期に測定されている霞ヶ浦を対象として, 統計的な解析を行うことで, 水質に及ぼす気象の影響を定量的に評価した. また, 霞ヶ浦では近年の気象変化とともに優占する藻類種に変化が生じてきているが, その要因は明らかにされていない. そこで, 藻類変遷の要因についても, 合わせて検討した.

2. データセット及び解析方法

霞ヶ浦は茨城県の南東に位置し, 富栄養化の進行した閉鎖性の強い水域である. Fig. 1 に霞ヶ浦の全域図及び水質測定点, 気象項目測定地点を示す. 水質項目は, 湖心表層で測定された環境基準測定値を用いた. 対象項目は, 水温, COD, SS, 透明度, クロロフィル - a, 全窒素, 全リンである. 気象データは, 気象庁AMeDASで公開されている館野高層気象台のデータを使用した. 観測項目としては, 気温, 湿度, 降水量, 風速, 日照時間があるが, 福島らによると, これらは, 気温, 風速, 湿度グループと降水量, 日照時間グループの二つに分類され, グループごとに類似した変動特性と, 水質項目に対する同様の特性を有するため³, 各々の代表として, 気温, 降水

量を用いた.

対象期間は, 水質データが存在する 1979 年 4 月 - 2007 年 3 月の 28 年間とした. 水質観測は月に 1, 2 回行われているが, 月 1 回の場合が最も多いため, 測定間隔が等間隔となるよう月 1 回のデータを選び, それ以外を削除した. 気象観測は毎日のデータがあるが, 水質項目に合わせ, 月平均値を用いた.

これらのデータに対して, 年平均値の代表性を調べることを目的に, 各項目の年平均値と各月値との相関を調べた. なお, 一年の区切りは, 4 月から翌年の 3 月までとした. 次に, 基本的な変動特性を知るためにトレンド解析を行った.トレンド解析では, 各項目を時系列順に並べ, 回帰直線を求めた. 一方, 気象と水質の関係の解析であるが, 長期間を対象としているため, 流域変化による影響が考えられる. 本研究では流域変化による影響を省くため, 福島らにより提案された隣接年比較法を利用した³. また, 多くの湖沼で, 気温と水温間の正の相関が報告されているため, この方法を用いて, 水温が水質に及ぼす影響も調べた. さらに藻類の変遷要因を調べるため, 説明変数を水質として重回帰分析を行った. なお水質項目として新たにN/P比を使用した. 藻類種は, *Microcystis*属, 糸状性藍藻類, 珪藻類, 緑藻類に分けて解析した. 得られた結果に対しては, t分布を用いた相関性の検定を利用した.

3. 結果及び考察

(1) 年平均値代表性の検討

全項目の年平均値と各月値は, 大半の月が有意な相関関係を示し, 負の相関を有する月は0.01%程度であった. すなわち, 全項目において, 年平均値と各月値の間には相関があるといえる. これより, 年平均値の代表性が示されたことから, 以下の解析には年平均値を用いた.

(2) 気象及び水質項目の変動特性

トレンド解析の結果, 気温, 水温は有意に上昇していた($p < 0.05$). 気温, 水温の経年変化を Fig. 2 に示す. 霞ヶ浦において, 年平均値で比較すると, 水温は気温より高いことがわかる. また, 温度の上昇率は, 気温で 0.054

degree/year, 水温では 0.040 degree/year であった。このほか、クロロフィル a 以外の全ての項目に有意な傾向が見られた。このうち増加傾向であるものは SS, 全リンであった。一方、COD, 透明度, 全窒素は減少傾向であった。これは、水温上昇により内部生産が増大したためと考えられる。また、長期的には N/P 比が低下する傾向にあることがわかった。

(3) 隣接年比較法による結果

隣接年比較法により得られた結果を Table.1 に示す。気温と有意な相関があったのは水温のみであった。気温 1 度の上昇に対して水温は 1.3 度上昇しているが、トレンド解析の結果では、気温 1 度の上昇に対して水温は 0.074 度の上昇であった。隣接年比較法で得られた結果は、流域変化の影響を除いたものであるため、この結果は、流域変化により、水温が冷やされていることを示す。気温に対する水温の上昇は比較的高かったが、これは、霞ヶ浦の閉鎖性が強く、熱を蓄積しやすいためと考えられる。降水量では、水温、全窒素と有意な相関があり、降水量が上昇すると、水温、全窒素濃度がそれぞれ上昇するという結果が得られた。全窒素濃度の上昇は、土壌中の肥料等に含まれる窒素が流出水に溶解し、湖沼に流入するためと考えられる。特に霞ヶ浦は、流域の約 35% が農地であるため、その影響は無視できない。水温と水質の解析では、クロロフィル a と COD について、正の相関があり、いずれも水温の上昇に伴い濃度が上昇した。これらは、藻類生産が活性化することによると考えられる。

(4) 藻類変遷の要因

各藻類種の優占化に有意に影響を与えている項目と、影響の正負を Table.2 に示す。この結果、藍藻類の優占化にとっては、水温の低下及び全窒素濃度の増加が好ましいという結果が得られた。これは、一般的に支持されている既往の知見とは反対の結果である。一方、珪藻類の優占化は水温の増加と相関があった。以上の傾向には、季節変動特性、流域変化などが影響を及ぼしていると考えられた。

4. まとめ

近年、気温の上昇が明確であり、気温の上昇に伴い水温が上昇してきている。隣接年比較法の結果より、水温が上昇することにより、COD, クロロフィル a 濃度が上昇することがわかった。このことから地球温暖化による水質汚濁の進行が懸念された。また、重回帰分析の結果、水温が上昇すると、長期的には、藍藻類の優占化が弱ま

る一方で、珪藻が優占する傾向が示唆された。

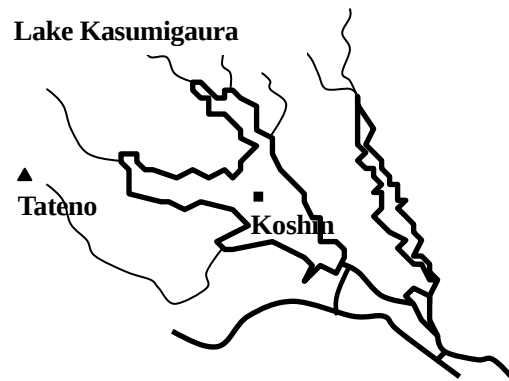


Fig. 1 霞ヶ浦全域図

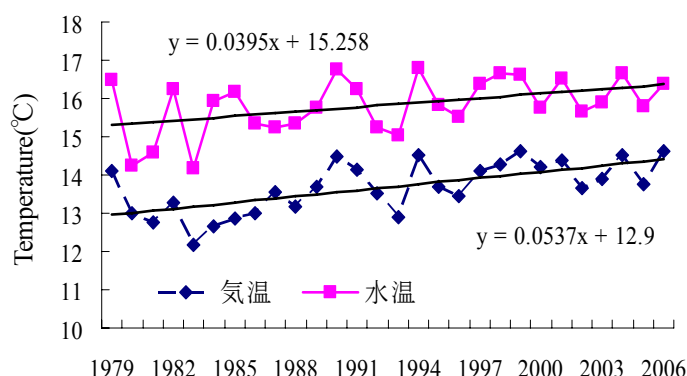


Fig. 2 気温と水温の経年変化

Table. 1 隣接年比較法結果

原因系	影響系	(影響系変化量) / (原因系変化量)
気温	水温	+ 1.3(degree) / 1(degree)
降水量	水温	+ 1.5(degree) / 100(mm/year)
降水量	TN	+ 0.36(mg/L) / 100(mm/year)
水温	Chl-a	+ 7.6(μg/L) / 1(degree)
水温	COD	+ 0.45(mg/L) / 1(degree)

Table. 2 藻類種別の影響因子

Microcystis 属	糸状性藍藻	珪藻	緑藻
水温(-)	水温(-)	水温(+)	水温(-)
TN (+)	COD (+)	TP (-)	TN (-)
	TN (+)	N/P 比(-)	TP (+)
			N/P 比(+)

参考文献

- 1 International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies: World Disasters Report, pp. 231, 2004
- 2 気象庁訳: 第四次報告書第一作業部会報告書, pp.79-88, 2007
- 3 福島ら: 水環境学会誌, vol. 21, pp. 180-187, 1998
- 4 多田ら: 日本水環境学会講演集, vol. 34, pp. 489, 2000
- 5 稲森ら: 資源環境対策, vol. 34, pp. 17-28, 1998