

GIS を用いた有明海の水環境データベースの構築と水質特性解析

九州大学大学院 学生員 ○宮下祥子・田井明 正員 矢野真一郎・齋田倫範・橋本彰博 フェロー 小松利光

1. はじめに 有明海では 1980 年代から漁獲量が減少し、特に 2000～01 年冬季のノリの色落ちは深刻な社会問題に発展した。そのため有明海の水環境悪化の原因を究明するために多くの研究が行われてきた。特に水環境悪化の象徴である赤潮に関して、堤ら^[1]や橋本ら^[2]により気象データや河川流量との関連付けが行なわれているが、赤潮の大規模化や発生は様々な要因が複雑に絡み合っているため決定的な知見は得られていない。

そこで本研究では有明海の水環境を多面的に解析することを目的として、水質、赤潮、河川流量、底質、潮流・潮汐データなどを GIS を用いてデータベース化した。本報告では、構築されたデータベースを用いて季節別の水質の長期変動と成層、ならびに赤潮の関係についての解析を行なった。

2. 季節別の水質の長期変動 川口ら^[3]は水質の長期変動を検討するために浅海定線調査結果の 13 ヶ月平均値を用いた解析を行なっている。しかし、有明海は河川水の流入、季節風、ノリ網の影響により季節により異なる水質構造になることや、近年は冬季に赤潮の大規模化が顕著であることから、季節別に水質の長期変動を検討する必要があると考えられる。そこで浅海定線調査結果を季節毎（春：3～5 月，夏：6～8 月，秋：9～11 月，冬：12～2 月）に平均して、以下のような解析を行なった。

まず、海域別の水質構造の特徴とその変化を検討するためにクラスター分析を行なった。用いたデータは成層や赤潮の発生に関わりが深いと考えられる透明度、表層の水温と塩分である。さらに、表層と底層のデータより式(1)で定義される層平均リチャードソン数(以下、 Ri 数)を計算した。

$$Ri = \frac{\left(\frac{\rho_{bottom} - \rho_{surface}}{\rho_{bottom}} \right) gh}{u^2} \quad (1)$$

ここで、 $\rho_{surface}$ は表層水の密度、 ρ_{bottom} は底層水の密度、 g は重力加速度、 h は水深、 u は水深平均流速である。 Ri 数は成層度の指標であり、 Ri 数が大きいと成層状態、小さいと混合状態を表わす。 u は田井ら^[4]による平面 2 次元潮流シミュレーションのより求めた。10 年毎にデータを区切りクラスター分析を行うことで海域を分類した(図 1)。図中の I 線はクラスター分析における最大領域、II 線はその次の中領域の分類を示している。1975～1984 年と 1995～2004 年の結果を比較すると、夏・冬ともに南部領域が北上している。1995～2004 年

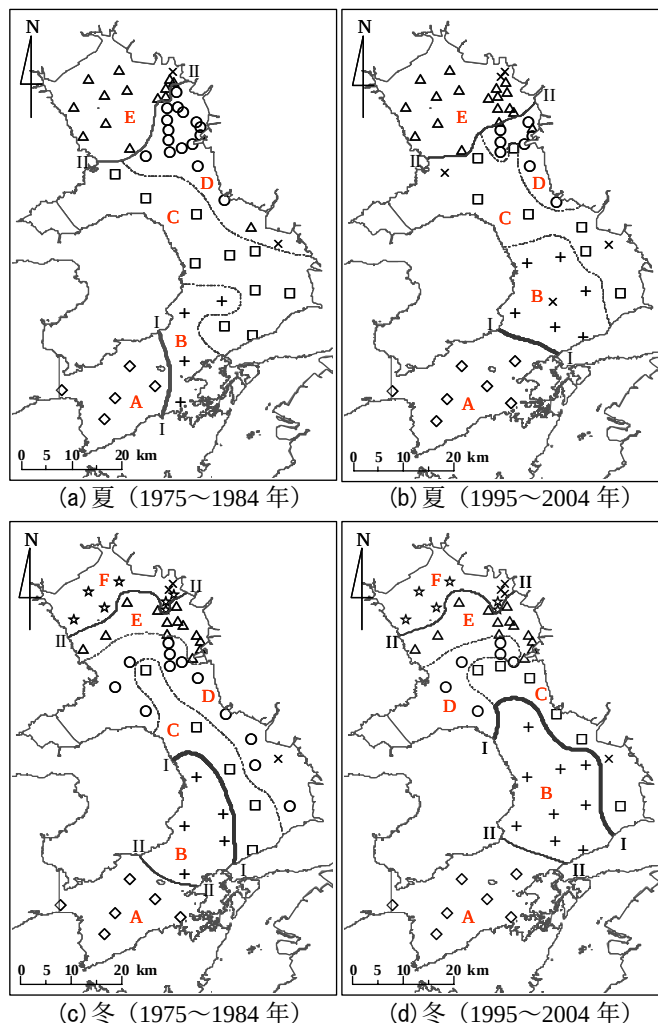


図 1 クラスター分析による海域分類
(各記号は観測地点を示し、種類はクラスターの分類を意味している)

表 1 海域別平均値(1995～2004 年)

	海域	透明度(m)	水温(℃)	塩分(PSU)	Ri 数
夏	A	7.3	23.9	32.2	0.48
	B	4.7	25.2	29.6	3.39
	C	2.9	25.9	27.9	3.43
	D	2.0	25.7	28.2	1.09
	E	1.4	26.2	25.0	1.56
冬	A	8.5	14.5	33.2	0.42
	B	6.1	13.1	32.4	0.24
	C	3.1	12.1	31.5	0.42
	D	3.3	11.5	31.3	0.20
	E	1.0	10.3	28.7	0.26
	F	1.2	10.3	29.7	0.06

の海域ごとの平均値を表 1 に示す。透明度は夏・冬ともに湾奥へ向かって低下している。表層水温は夏は湾口が低く、湾奥が高い。逆に冬は湾奥が低く湾口が高くなっている。表層塩分は夏・冬ともに湾奥に向かって低下しているが、夏のほうが湾奥と湾口の差が大きい。

次に、近年上昇傾向にあると言われている透明度の長期変動について検討するために、観測点毎にケンドールの順位相関による検定（危険率 $p=0.05$ ）を行なった。代表として冬と夏の結果を図2に示す。全季節で有意な上昇傾向が確認された点は、有明海南部の海域に集中していた。湾奥部では、冬と秋のみで上昇傾向が見られ、春には低下傾向が有意であった。特に冬の佐賀県西岸での上昇が特徴的であり、近年の冬季における赤潮の大規模化に関連していることが予想される。潮流シミュレーションにより求めたノリ網の有無による流速差（図3）と比較すると、ノリ網の影響により流速が減少している海域と透明度の上昇している海域は重なっており、冬季の透明度の上昇はノリ網の設置による流速の減少が影響を与えていることが示唆される。

3. 密度成層状況と赤潮の発生の関係 最後に赤潮、密度成層状況、ならびに河川流量の関係を検討した。まず、浅海定線調査実施日の湾奥における赤潮の発生状況を「九州海域の赤潮」のデータを基に、観測日前後に赤潮が発生したものを「開始」、観測日前後に赤潮が終了したものを「終了」、赤潮が観測日以前から継続しているものを「継続」、それ以外のは「無し」の4つに分類した。次に毎月の浅海定線調査の観測最終日から15日前までの各期間について筑後川の日流量の平均値を算出した。夏と冬の結果を R_i 数を縦軸、15日平均河川流量を横軸として図4に示す。ここで R_i 数は湾奥の測点の平均値を用いている。

まず夏季の結果についての考察を行なう。赤潮の開始は R_i 数が3以上のときのみ、終了は3未満のときのみに生じていた。また、河川流量が $200\text{m}^3/\text{s}$ 以下の時、赤潮の終了・無しは開始・継続より下側に分布する傾向が見られる。これらは、大潮期の調査である浅海定線調査からも密度成層と赤潮の関連性がある程度は示せることを意味している。

一方、冬季は夏季に比べ R_i 数と流量の変動が小さく、赤潮の分類も混在している。これは冬季の赤潮は河川流量と密度成層以外の要因が影響している可能性を示唆している。

4. まとめ GIS を利用した水環境データベースを構築し、有明海における水質構造を多面的に解析した。本研究で用いたデータの一部は、有明海等環境情報・研究ネットワークのホームページより引用した。

参考文献

- [1]堤ら,海の研究,第15巻(2),pp.165-189,2005.
- [2]橋本ら,海岸工学論文集,第52巻,pp.931-935,2003.
- [3]川口ら,海の研究,第13巻(2),pp.173-183,2004.
- [4]田井ら,日本流体力学会年会 2006 講演要旨集,CD-ROM

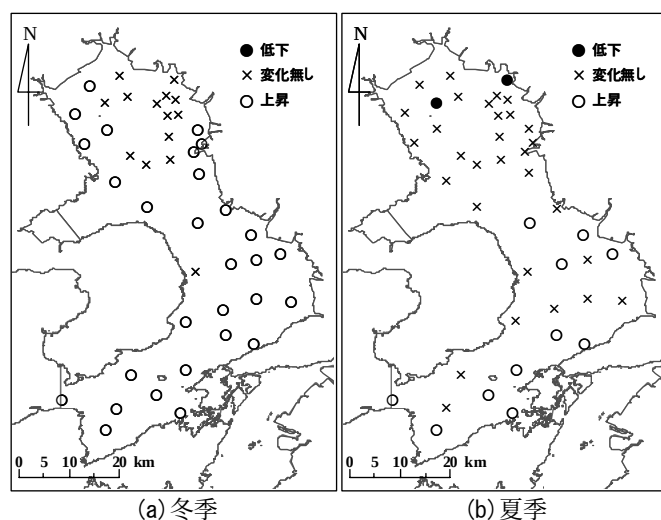


図2 ケンドールの順位相関による検定結果

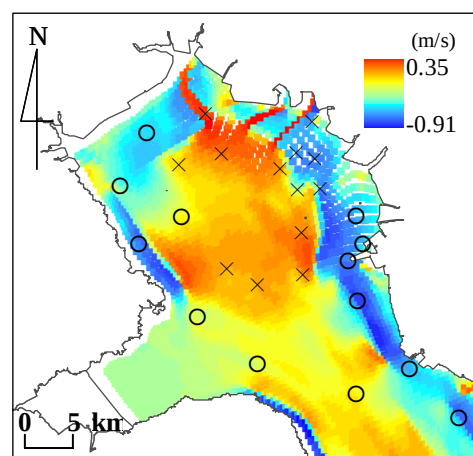


図3 ノリ網の有無による流速差と冬季の透明度変化との関係

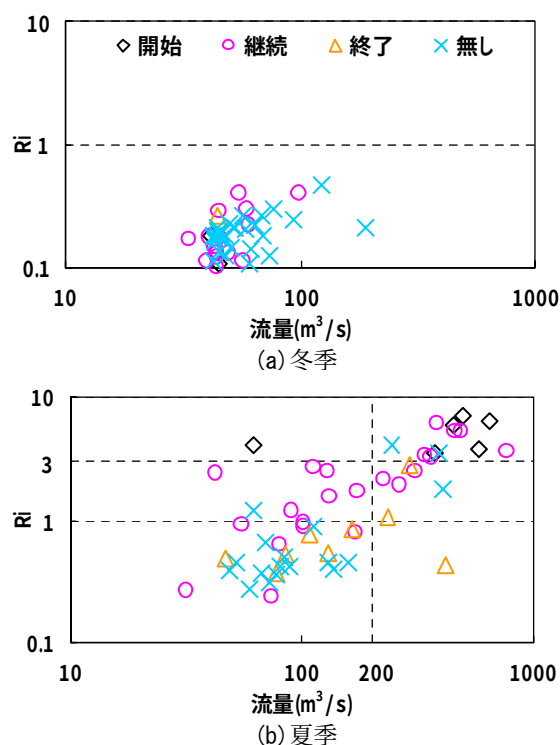


図4 赤潮の状況別の R_i 数と流量の関係