

大阪湾における海域別赤潮発生要因の変遷

○赤島しおり（九州大），松原武志（九州大），高橋勝則（九州大），鈴木千賀（九州大）

キーワード：大阪湾，赤潮，重回帰分析，富栄養化

1. はじめに

大阪湾は昔から「水の都」として，生活基盤に密着した海域である（図1）．戦後高度経済の成長に伴い，大阪湾が富栄養化し赤潮が発生するようになった．赤潮問題は大阪湾を生活基盤とする漁業者にとっては大きな問題であり，それに伴い漁獲物の価格への影響など間接的に生活者へ影響を与えてきた．赤潮の発生主要因は前述の様に「富栄養化」であり，第1次水質総量規制（1980）よりCODが，第5次水質総量規制（2002）より全窒素と全りんが規制対象となっている．本研究では大阪湾を海域別に分類し，統計学的視点から見た赤潮発生要因の変遷を明らかにすることを目的としている．

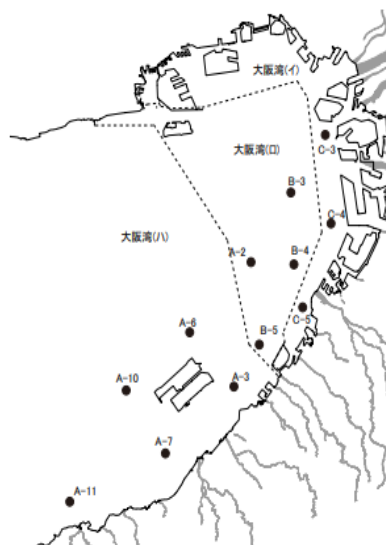
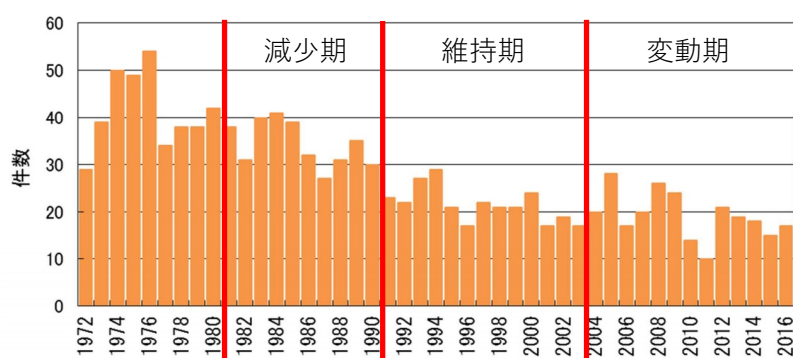


図1 大阪湾(大阪府)

2. 研究方法

1972～2016年度の大阪湾公共用水域データベースより，海

域データについて鈴木(2009)を参考に *Chl-a* フェオ色素によって活発な増殖期と活発でない増殖期に分類した[1]．今回の分析は活発な増殖期を対象とした．大阪湾における赤潮発生件数（図2）の推移の変化と，窒素・りんが規制対象に追加された第5次水質総量規制



後の変動期について比較するため3つの年代（～1990年度，1991年度～2003年度，2004年度～2016年度：以下，減少期，維持期，変動期とする）

図2 大阪湾における赤潮発生件数の推移
（環境省 水環境部会）

る）に分けて各変数を標準化した後に，それぞれの年代において *Chl-a* を目的変数とした重回帰モデルを Minitab19 にて作成した．調整済み説明率 60%以上，有意水準 5%未満，分散拡大因子（VIF）10 未満のモデルを採用した．その後，採用モデルを使用して年代毎に推定 *Chl-a* を算出した．ただし，1972年度～1980年度，1994年度～1999年度については *Chl-a* またはフェオ色素が未測定であったため，対象データから除外した．また，有機性窒素未測定部分については式（1）によって算出した．

有機性窒素 = 全窒素 - 無機態窒素（硝酸態窒素 + 亜硝酸態窒素 + アンモニア態窒素）…式（1）

3. 結果と考察

減少期における活発な増殖期に該当するデータ数はイ海域 221，ロ海域 321，ハ海域 398 であった．各海域における減少期の *Chl-a* の赤潮指標モデルを表1に示す．大阪湾のいずれの海域においても赤潮発生には，DO，COD，全りんが関係していることが分かった．その中でも，COD が赤潮発生に最も関係があることが確認できた．また，イ海域では有機性窒素と全窒素が説明変数に含まれていたが，VIF は全因子 5 未満であったことから多重共線性は発生

していないと考え、モデルを採用した。大阪湾における全りんや全窒素は陸起源のものがそれぞれ 60%、70%であり [2]、陸域からの排水が水質変動に大きく影響していると考えられるため、水質総量規制によって削減していくことが可能であると考えられる。減少期の採用モデルを使用して算出した推定 *Chl-a* と実測 *Chl-a* について、年代毎に適合線プロットを使用した際の海域別調整済み説明率の変化を表 2 に示す。全海域について減少期と維持期の間で説明率が大幅に減少していることから、維持期や変動期には水質環境の変化によって減少期のモデルでは説明できない状況にあることが明らかとなった。

維持期における活発な増殖期に該当するデータ数はイ海域 268、ロ海域 361、ハ海域 428 であった。各海域における減少期の *Chl-a* の赤潮指標モデルを表 3 に示す。各海域における維持期の *Chl-a* の赤潮指標モデルを表 3 に示す。ハ海域のモデルは調整済み説明率が 40%であり不成立であった。イ海域・ハ海域ともに COD が説明変数として選択されておらず、水質総量規制による COD の削減によって他の説明変数による影響が大きくなったと考えられる。また、イ海域・ロ海域において全りんが赤潮発生に強く影響していることが示唆される。その原因として、淀川から放出された懸濁粒子群（りんを含む）が潮汐を繰り返すことでイ海域・ロ海域に滞留していることが考えられる [3]。

4. 今後の課題

第 1 期大阪湾再生行動計画 [4] では、“湾奥以外の海域において漁業者等より栄養塩不足の声が聞かれるようになった”と報告されているため、今回明らかとなった赤潮発生要因を制限することによる漁業への影響についても考察する必要がある。

【参考文献】

1. 鈴木千賀, 伊勢湾における赤潮指標と第 5 次水質総量規制に見る環境変化, 人間環境学研究, 7(2), p.103-106, 2009
2. 石井大輔, 柳哲夫, 瀬戸内海各灘・湾における全リン・全窒素の起源と濃度変動機構, 海の研究, 13(4), p.389-401, 2004
3. 生態工学研究会編, 大阪湾一環境の変遷と創造, 恒星社厚生閣, 2009
4. 大阪湾再生行動計画 (第二期), 大阪湾再生推進会議, 2014

表 1 減少期における海域別の標準偏回帰係数

説明変数	標準偏回帰係数		
	イ海域	ロ海域	ハ海域
DO	0.1785	0.1938	0.3622
COD	0.5500	0.5971	0.6403
全りん	0.1203	0.1701	0.2773
有機性窒素	0.1575	0.1498	—
全窒素	-0.1389	—	-0.1325
pH	—	-0.1281	-0.1846
塩分	—	—	0.0835
水温	—	—	0.1447
調整済み R ²	64.06%	75.65%	68.85%

表 2 海域別調整済み説明率の変化

	イ海域	ロ海域	ハ海域
減少期	64.67%	75.96%	69.32%
維持期	39.47%	51.82%	27.49%
変動期	47.21%	38.20%	26.61%

表 3 維持期における海域別の標準偏回帰係数

説明変数	標準偏回帰係数		
	イ海域	ロ海域	ハ海域
DO	0.1907	0.4544	不成立
全りん	0.9641	0.5981	
有機性窒素	—	-0.0916	
全窒素	-0.2526	—	
pH	0.1805	—	
塩分	—	0.2167	
水温	—	-0.1367	
調整済み R ²	83.66%	68.48%	