

## エ) 赤潮の発生

赤潮については、水産生物への直接的な環境要因となる場合（シャットネラ赤潮）と、底質中の有機物の増加といった直接的な環境要因の変化に係わる場合とがある。ここでは、両者を含めた赤潮全般に関する問題として、水温上昇、透明度上昇、富栄養化、浄化能力（二枚貝類による海水濾過の低下）、潮流の低下・潮位差の減少を取り上げるとともに、シャットネラのみに関しては貧酸素水塊を取り上げて、以下のとおり検討した。

### ① 水温の上昇

一般的に水温の上昇により植物プランクトンの増殖速度は増加することが知られている。水温上昇の影響は種類毎に異なり、主要な赤潮プランクトンに関し、水温と成長速度のモデル式が作成されている。有明海の水温の長期的変化（1984～1989年の平均水温と1997～2003年の平均水温の差）をこのモデル式を入れて計算すると、増殖速度は季節によって一定程度増加する結果となった（別添資料62）。珪藻赤潮の代表種である *Skeletonema costatum* の増殖速度の計算結果は、冬季において福岡県・佐賀県水域で11～15%、長崎県・熊本県水域で2～3%の増加、冬季以外は1～7%の減少となった。

実際に冬季の珪藻赤潮の発生日数をみると、モデル式では佐賀県・福岡県海域より増殖速度が低い熊本県海域で赤潮発生日数が大きく増加しており（図4.4.10）、また、冬季以外の季節においても珪藻赤潮の発生日数に増加傾向が見られた（別添資料63）。

水温上昇は、赤潮の増加の要因の一つである可能性があるとは考えられるが、水温上昇以外の要因も大きく影響している可能性があるものとする。

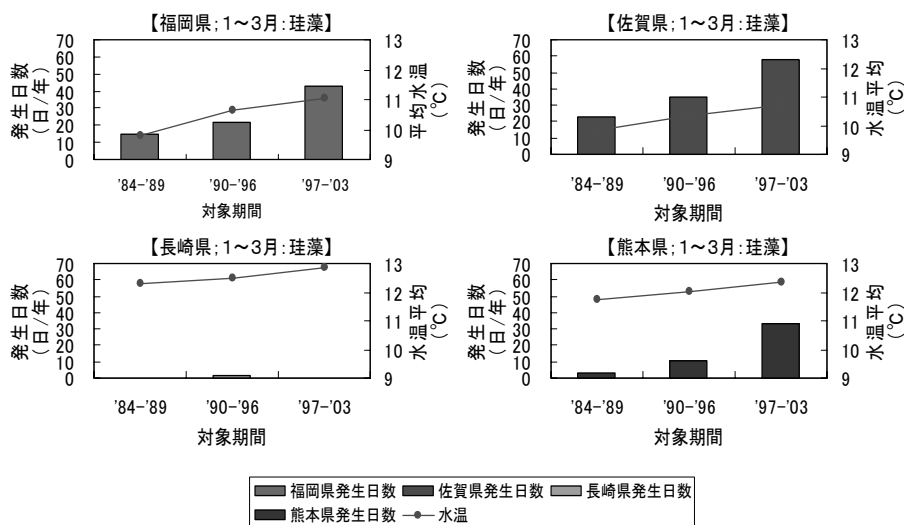


図 4.4.10 有明海の冬季（1～3月）の平均水温と珪藻赤潮の発生日数

### ② 透明度の上昇

透明度上昇は、光制限を緩和し、植物プランクトンの増殖に有利に働くと一般的には考えられ、透明度と植物プランクトンの増殖については表4.4.1の関係が示されている。

有明海の平均透明度は、ほとんどの海域で上昇が認められ、特に海域では熊本県海域、季節では冬季における上昇率が高い（別添資料64）。例えば、熊本県海域の夏季の透明度は、3.6m

(1984～1989年) から 4.7m (1997～2003年) に上昇しており、これを上記の表 4.4.1 に照合すると増加率は 3 割程度の増大となった。

【熊本県海域の夏季の透明度】 【表 4.4.1 の透明度と 1 週間後の増加率 (減耗率 30%)】

3.6m (1984～1989) 透明度 3.63m 増加率 1045 (%)  
 4.7m (1997～2003) " 4.83m " 1397 (%)

表 4.4.1 植物プランクトンの光による成長制限及び 1 週間後の増加率と透明度、混合層水深、捕食や移流拡散による減耗との関係 (水温は 27℃、昼の長さは 14 時間、栄養塩制限は考慮しない)

混合層水深(m)	3 4 5 7 10						3 4 5 7 10						3 4 5 7 10								
透明度 (m)	消散係数(m <sup>-1</sup> )	光による成長制限					1週間後の増加率(減耗なし)					1週間後の増加率(減耗率1日あたり20%)					1週間後の増加率(減耗率1日あたり30%)				
14.50	0.70	0.49	0.44	0.47	0.46	0.43	15283	14289	12980	9959	5860	6002	5611	5087	3811	2301	2040	1907	1733	1329	782
9.67	0.75	0.48	0.47	0.45	0.44	0.39	14335	12439	10221	6122	2417	5629	4885	4014	2404	949	1913	1660	1384	817	323
7.25	0.20	0.48	0.46	0.45	0.41	0.35	13153	10397	7591	3502	983	5165	4083	2981	1375	386	1753	1388	1013	467	131
5.80	0.25	0.47	0.45	0.43	0.39	0.32	11834	8414	5420	1957	428	4647	3304	2128	768	168	1580	1123	723	261	57
4.83	0.30	0.47	0.44	0.42	0.38	0.29	10463	6643	3780	1103	206	4109	2909	1484	433	81	1397	887	505	147	27
3.63	0.40	0.45	0.42	0.38	0.32	0.24	7828	3948	1796	388	64	3074	1850	705	152	25	1045	527	240	52	9
2.90	0.50	0.44	0.40	0.35	0.28	0.20	5598	2276	871	159	27	2198	894	342	63	11	747	394	116	21	4
2.42	0.60	0.42	0.37	0.33	0.25	0.18	3875	1311	446	77	15	1522	515	175	30	6	517	175	59	10	2
2.07	0.70	0.41	0.35	0.30	0.23	0.16	2628	768	243	43	9	1032	301	95	17	4	351	102	32	6	1
1.93	0.75	0.40	0.34	0.29	0.21	0.15	2154	593	184	33	8	846	233	72	13	3	288	79	25	4	1
1.81	0.80	0.39	0.33	0.28	0.21	0.14	1762	461	141	25	6	692	181	56	10	2	235	62	19	3	1
1.61	0.90	0.37	0.31	0.26	0.19	0.13	1177	286	87	17	5	462	112	34	7	2	157	38	12	2	1
1.45	1.00	0.36	0.29	0.24	0.17	0.12	780	160	56	12	4	308	71	22	5	1	104	24	7	2	0
1.32	1.10	0.34	0.27	0.22	0.16	0.11	491	108	35	8	3	193	43	14	3	1	66	14	5	1	0
1.21	1.20	0.32	0.25	0.21	0.15	0.10	314	69	23	6	2	123	27	9	2	1	42	9	3	1	0
1.12	1.30	0.30	0.24	0.19	0.14	0.10	206	46	16	5	2	81	18	6	2	1	27	6	2	1	0
1.04	1.40	0.28	0.22	0.18	0.13	0.09	139	32	12	4	2	54	13	5	2	1	19	4	2	1	0
0.97	1.50	0.27	0.21	0.17	0.12	0.08	96	23	9	3	1	38	9	4	1	1	13	3	1	0	0

また、有明海では透明度の上昇率の大きい海域 (佐賀県沖や熊本市沖) において、赤潮の発生日数が増加していることから (図 4.4. 11、図 4.4. 12)、透明度の上昇は赤潮の発生の増加の要因の一つであると考えられる。

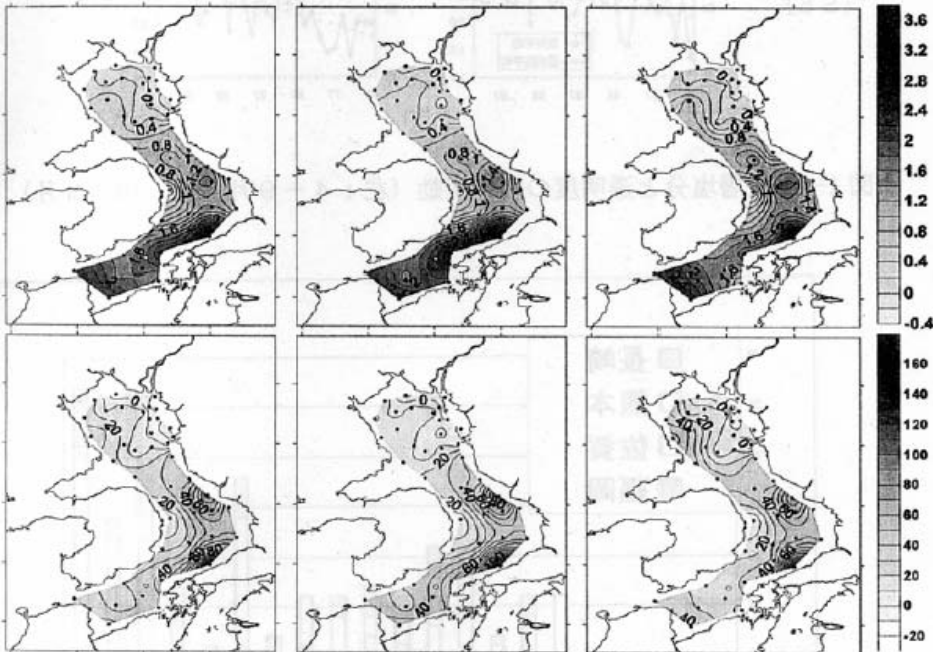


図 4.4.11 有明海における透明度の上昇幅 (上段) と上昇率 (下段) の水平分布  
 左 : 年間平均値 (1976 年～2004 年)、中央 : 4～9 月、右 : 10～3 月

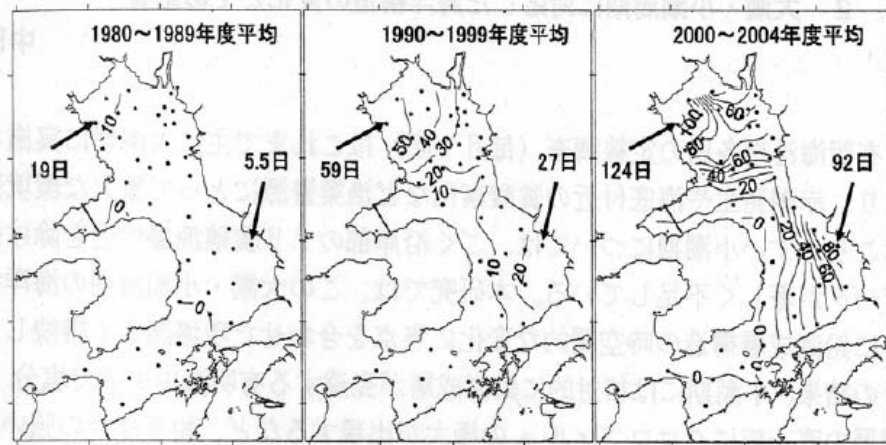


図 4.4.12 有明海における年代別の 10～3 月の平均赤潮発生日数（日/半年）

③ 富栄養化、貧酸素水塊

降雨等による淡水及び栄養塩類の流入が珪藻赤潮の発生につながるとされているが、有明海に流入する主要河川の流量に明確な傾向は認められず（別添資料 65）、負荷量も昭和 50 年代に高い傾向が見られたが、その後は減少傾向にある（第 3 章 1 参照）。また、水質の栄養塩濃度(DIN、DIP)についても近年増加傾向はみられない（第 3 章 3 参照）。淡水や栄養塩の流入と珪藻赤潮の長期的な増加との関係については、現在ある情報では判断ができず、陸域からの影響を大きくする他の要因（成層化など）を含めた検討が必要と思われる。

また、*Chattonella* 属（ラフィド藻）の赤潮は、富栄養化した流速の低い海域における貧酸素水塊の形成、底泥からの栄養塩の供給と関係すると考えられ、また、鉄が *Chattonella* 属の増殖を促進することが知られている（別添資料 66）。前述のとおり、有明海の湾奥西部海域や諫早湾奥では底層環境の悪化が推測されているが、こうした海域においては、貧酸素水塊の形成によって底泥から鉄や栄養塩類が溶解し、貧酸素水塊の崩壊の際に窒素や燐と一緒に鉄が供給されて *Chattonella* 属の増殖を促進していると考えられ、貧酸素水塊の発生が *Chattonella* 属の赤潮の増加の一因となっているものと思われる（図 4.4.13）。

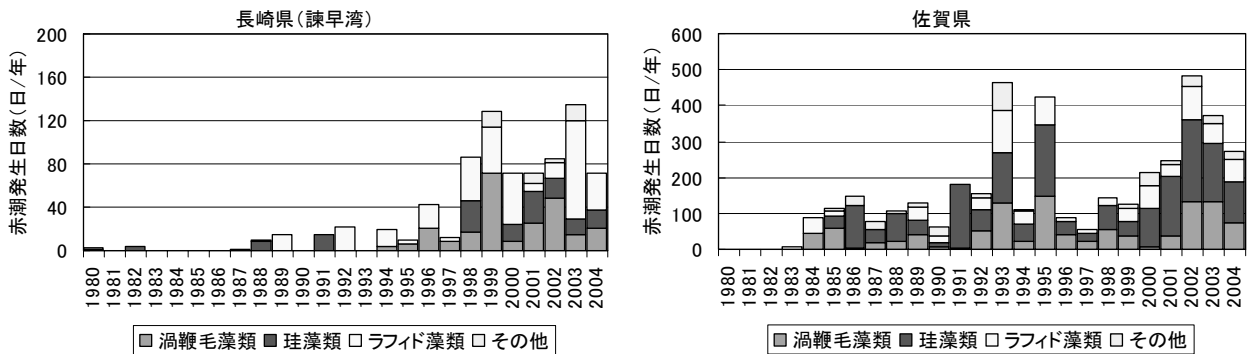


図 4.4.13(1) 有明海における赤潮発生日数の推移：長崎県（諫早湾）水域、佐賀県水域

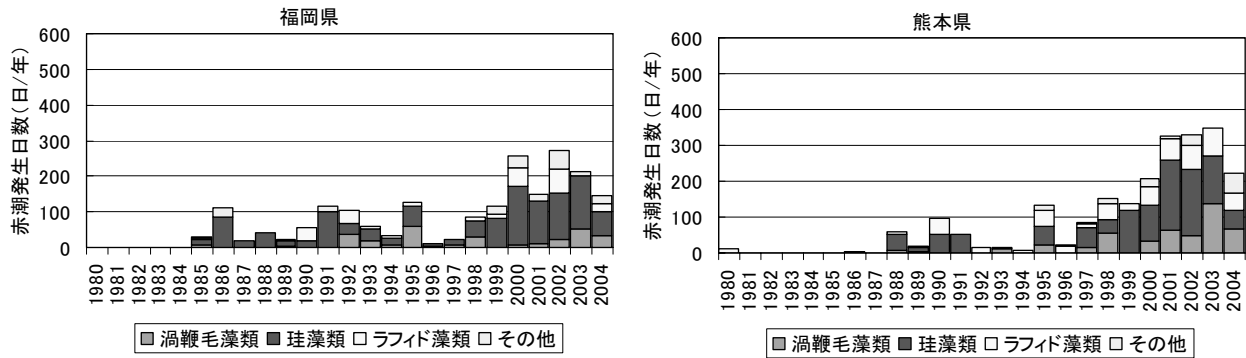


図 4. 4. 13(2) 有明海における赤潮発生日数の推移：福岡県水域、熊本県水域

#### ④ 浄化能力の低下

1990年以前の二枚貝による一日当たりの濾水量（夏季）は、4-10億 $m^3$ であり、大潮時の干潟への海水交流量に匹敵し、アサリの最盛期における濾水量は4-6億 $m^3$ に達するとの推定がなされている（表4.4.2）。アサリ等の二枚貝の減少は、懸濁物の除去能力を低下させ、海域の浄化能力の低下を招き、赤潮を増大させる要因の一つと考えられる。

また、二枚貝の赤潮原因種の植物プランクトンの摂餌による直接的な赤潮発生の抑止について評価するにはアサリ等の二枚貝の主要食物について更なる調査が必要であろう。

表 4. 4. 2 有明海の水容量、海水交換量、河川流量及び二枚貝による1日当たり濾水量の比較（単位： $\times 10^6 kL$ ）

有明海容量		34,000	
		大潮	小潮
外海との海水交流量	1潮汐	6,300	2,700
干潟への海水交流量/日	約50年前	1,015	189
	現在	761	142
河川流量の合計/日	年平均	21.9	
		24°C	10°C
アサリによる濾水量/日	最盛期	400-600	100-200
	1996-2000	23-51	6-14
二枚貝全体の濾水量/日	1990年以前	400-1,000	100-370
	1996-2000	61-177	21-63

#### ⑤ 潮流の低下・潮位差の減少

一般的に、流動が弱まり、海水が滞留しやすくなると、植物プランクトンの集積が促され、赤潮が発生しやすくなる。有明海においても、小潮時にシャットネラ赤潮の発生が多いことやクロロフィルの増加が見られることが報告されている（別添資料67）。

前述4の（1）のア）で考察したように、有明海では長期的に潮流の低下や潮位差の減少が生じている可能性が高く、赤潮発生を増加させる要因の1つと考えられる。

#### オ) 透明度の上昇

有明海では経年的に透明度の上昇が認められ、特に湾奥西部、熊本市沖合海域での透明度の上昇が大きい(図 4.4.11)。また、1990 年代(特に後半)に顕著な透明度の上昇がみられるとの報告がある。

透明度の上昇について、潮流速の減少による浮泥のまき上がりの減少、河川からの懸濁物流入の減少、透明度の高い外海水の流入が要因として想定される。

有明海湾奥部では、潮流速の増加と底層の SS 濃度の上昇が一致するため(図 4.4.4)、潮流による底泥のまき上げが SS 濃度の増加の主因と推測され、また、有明海の潮流速は、前述ア)のとおり長期的に減少した可能性が高いと考えられることから、潮流速の減少による底泥の巻き上げの減少が SS 濃度の低下につながり、透明度の上昇の一因となって顕れた可能性が推測される。ただし、短期的イベントとしては、SS 濃度は、潮流速だけではなく、河川の高濁度水塊の移流等の影響も受けるため、その変動傾向は海域により異なることに留意する必要がある(図 4.4.4 参照)。

懸濁物流入、外海水の流入に関しては、筑後川からの SS 負荷量(LQ 曲線からの推定)及び有明海湾口部の塩分に明確な増減傾向は認められない(別添資料 68)。

このほか、ノリ網の影響については、佐賀県側の筑後川河口域のノリ漁場(支柱漁場)の近傍の調査点において、ノリ網による流速の減少が認められるとともに、SS 濃度と潮位差の関係はノリ漁期の最盛期と終期で傾向が異なる(図 4.4.14)。ノリ網の抵抗による潮流速の減少がノリ漁期の周辺海域における SS 濃度の低下(透明度の上昇)の要因の一つになっていると推測される。

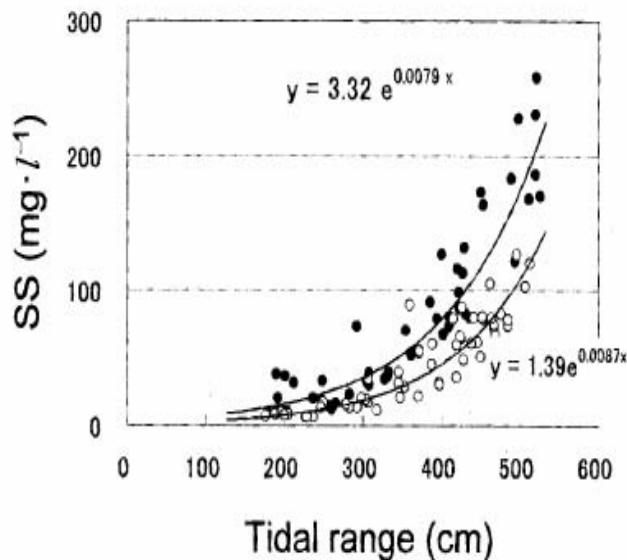


図 4.4.14 2002 年度ノリ漁期の潮位差(三池港)と定点 2 における表層(水深約 1m)の日平均 SS 濃度の関係(○ノリ漁期盛期、●前期および終期)