

# 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業

増養殖環境課 谷口 越則

## 1 背景・目的

豊後水道を含む瀬戸内海西部海域や本県中部の浦ノ内湾では、*Karenia mikimotoi* 赤潮による被害が頻発している。瀬戸内海西部海域では、平成 24 年に本種による広範囲の赤潮が発生し、県によっては十数億円にのぼる過去最大の漁業被害が発生した。赤潮による漁業被害を未然防止、軽減するためには、赤潮発生海域を網羅した広域連携調査を実施する必要がある。本事業では、瀬戸内海西部海域の沿岸県（福岡県、大分県、山口県、広島県、愛媛県及び高知県）が連携して広範な調査を実施し、有害赤潮プランクトンの発生状況及び海洋環境を監視するとともに、赤潮発生シナリオ及び環境要因を基にした予察技術等の改良と更新により、赤潮発生予察や漁業被害軽減に資することを目的とする。

## 2 方法

### （１）モニタリング調査

本県では浦ノ内湾及び宿毛湾を調査海域とし、それぞれの海域で 5 及び 6 地点を調査定点とした。調査期間と頻度は、浦ノ内湾では 5 月～1 月までとし、赤潮発生時期（6～8 月）は月 4 回、その他の時期は月 1 回とした。宿毛湾は 5 月～11 月までの期間とし、月 1 回の調査を行った。調査では、海洋環境（水温、塩分、栄養塩等）及び有害プランクトン細胞密度等をモニタリングした。

### （２）赤潮発生シナリオと予察技術の検証と改良

平成 29 年度までに実施した統計解析により、浦ノ内湾における *K. mikimotoi* 赤潮の発生、非発生を反映する環境要因（気象・海象）を見出し、判別分析による予察技術を開発した（高知県 2018）。本年度は宿毛湾を追加するとともに、予察技術の検証及び改良を行うために赤潮の発生・非発生を分ける環境条件の再検討を行った。再検討の内容は、①2002～2017 年の中間期とデータの残存する限りの長期間を比べる「解析期間の比較」、②2002～2017 年のデータで有意差のみられた環境要因から 2 変数を選択し、説明変数として作成した判別式から 2001～2016 年、2000～2015 年と順次、1 年ずつ遡って判別率を算出する「遡り解析」とした。①の「解析期間の比較」では、他県と同じ条件で解析するために、赤潮の発生・非発生を分ける統計的に有意な差を Welch の  $t$  検定及び Mann-Whitney の  $U$  検定ともに  $p > 0.1$  とした。

浦ノ内湾については、海象データとして 1985 年以降の 4～7 月における調査定点の表層、5 m 層、10m 層及び底層の水温、塩分、溶存酸素量、DIN（溶存無機態窒素）及び DIP（溶存無機態リン）を用いた。気象データは須崎市の毎月及び旬毎の合計降水量、平均気温、平均風速、合計日照時間を用いた。当県では *K. mikimotoi* 赤潮の発生基準を  $\geq 1,000$  cells/ml としているが、浦ノ内湾では毎年のようにこの基準値を超える発生が確認されている。そのため、過去の発生規模を踏まえ、予察に用いる赤潮の発生基準は  $\geq 5,000$  cells/ml とした。

宿毛湾については、海象データとして 2002 年以降の 4～9 月における調査定点の表層、

5m層、10m層、15m層及び20m層の水温、塩分、D0を用いた。気象データは、同期間の宿毛市の毎月及び旬毎の合計降水量、平均気温、平均風速、合計日照時間を用いた。宿毛湾では、当県の*K. mikimotoi*赤潮の発生基準である $\geq 1,000$ cells/mLを予察に用いる基準とした。

### 3 結果と考察

#### (1) モニタリング調査

浦ノ内湾及び宿毛湾の海域におけるデータは、赤潮発生等監視調査事業に記載しているため、本稿では割愛する。

#### (2) 赤潮発生シナリオと予察技術の検証と改良

##### 1) 浦ノ内湾

「解析期間の比較」は、2002～2017年の16年間（表1）と1985～2017年の33年間を比較した（表2）。2つの期間では、抽出される項目が異なっていたが、共通する項目として、「5月10m層D0」、「5月底層D0」、「1月中旬降水量」及び「3月中旬日照時間」の4つの環境要因が抽出された。特に「5月10m層D0」と「5月底層D0」は解析年数が増えると赤潮発生年と非発生年の違いがより顕著になった。当該湾では夏季に底層付近で貧酸素水塊が形成され、貧酸素に起因して底泥から栄養塩が供給される。供給された栄養塩は、外洋水の流入により湾奥付近で湧昇し、有光層に供給されることでブルームを形成するという報告（宗景ら 1992）がある。そのため、5月の10m以深のD0は増殖に影響する可能性が高く、赤潮の発生・非発生を分ける一因と考えられた。

「遡り解析」の一例として、「6月下旬平均気温と5月表層D0」、「6月降水量と5月10m層D0」をデータセットとして用いた判別率の推移を示す（図1）。「6月下旬平均気温と5月表層D0」では、遡るにつれて徐々に判別率が低下し、判別率が75%を下回る統計的に有意といえない範囲となった。判別率の下がる要因として、長期的な気候変動や海洋環境の変化が影響している可能性が指摘されている（長谷川ら 2018）。6月下旬平均気温に着目すると、解析で用いた1985～2017年の期間で判別率が75%を下回り始めたのは1995年であった。1995年を境として1985～1995年と1996～2017年の6月下旬平均気温を比べると、それぞれ22.85℃及び23.82℃であり、0.97℃の差が確認された。そのため、上記のような結果となったと考えられた。

一方、「6月降水量と5月10m層D0」では遡っても判別率の低下は認められず、解析期間を通して75%以上に留まった。また、5月10m層D0は、他の変数との組み合わせにおいても判別率が下がりにくい傾向がみられた。5月10m層D0は「解析期間の比較」で2002～2017年と1985～2017年の共通する項目であったことから、判別率が低下しなかったと考えられた。

##### 2) 宿毛湾

当該湾においては、データの蓄積は2002～2017年の16年間と少なく、「解析年数の比較」や「遡り解析」を行うことはできなかったため、上記期間における統計解析を行った（表3）。

解析の結果、「5月10m層水温」や「4月平均気温」などの項目が抽出されたが、

*K. mikimotoi* の動態との関連は不明であった。今後は、得られた結果とこれからのモニタリングによって得られるデータを基に解析を継続していく予定である。

一方、当該湾は豊後水道に面していることから、周辺海域からの有害プランクトンの流入、集積の可能性が考えられた。そのため、データセットを整備した16年間における周辺海域の赤潮発生状況を調べたところ、当該湾において赤潮が発生した3カ年は、いずれも隣接する愛媛県南部海域（愛南町以南）の発生年と合致する傾向がみられた。今後は、地場の赤潮発生のほか、周辺海域からの流入・集積も考慮する必要があると考えられた。

## 5 引用文献

- 高知県．（2011）平成24年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業「豊後水道・土佐湾における有害赤潮等分布拡大防止」事業成果報告書．
- 高知県．（2012）平成23年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業「豊後水道・土佐湾における有害赤潮等分布拡大防止」事業成果報告書．
- 高知県．（2018）平成29年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業「瀬戸内等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」報告書．
- 宗景志浩，村田 宏，森山貴光，土居 聡．（1992）湾外水の差し込みが浦の内湾の鞭毛藻赤潮の発生に及ぼす影響．海岸工学湾文集 1992；38：986-990．
- 長谷川尋士，本田恵二，濱崎正明，宮原一隆，原田和弘，山本泰司，秋山諭，山本圭吾，田中咲絵，住友寿明，池脇義弘．（2018）魚介類の斃死原因となる有害赤潮等分布拡大防止のための発生モニタリングと発生シナリオの構築①瀬戸内海東部海域．平成29年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業報告書「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」，水産庁，東京．2018；9-38．

表1 2002～2017年における浦ノ内湾の *K. mikimotoi* 赤潮と相関のある環境要因  
（灰色が2002～2017年と1985～2017年の共通要因）

環境要因	Welchのt検定		Mann-WhitneyのU検定	
	p値	結果	p値	結果
5月表層DO	0.021	*	0.036	*
5月10m層DO	0.034	*	0.075	+
5月底層DO	0.093	+	0.092	+
4月5m層DIN	0.030	*	0.011	*
4月底層DIN	0.053	+	0.083	+
6月下旬平均気温	0.005	**	0.014	*
1月中旬降水量	0.049	*	0.068	+
3月降水量	0.093	+	0.068	+
6月降水量	0.009	**	0.012	*
3月中旬日照時間	0.023	*	0.043	*
6月下旬日照時間	0.034	*	0.033	*

p<0.1の場合：+、p>0.05の場合：\*、p>0.01の場合：\*\*

表 2 1985～2017 年における浦ノ内湾の *K. mikimotoi* 赤潮と相関のある環境要因  
 (灰色が 2002～2017 年と 1985～2017 年の共通要因)

解析期間 1985～2017

環境要因	Welchのt検定		Mann-WhitneyのU検定	
	p値	結果	p値	結果
5月底層塩分	0.067	+	0.043	*
6月5m層DO	0.043	*	0.097	+
7月5m層DO	0.028	*	0.063	+
5月10m層DO	0.000	**	0.001	**
5月底層DO	0.003	**	0.004	**
6月底層DO	0.042	*	0.039	*
5月下旬平均気温	0.004	**	0.003	**
7月上旬平均気温	0.013	*	0.013	*
7月中旬平均気温	0.041	*	0.041	*
1月中旬降水量	0.018	*	0.021	*
3月中旬日照時間	0.043	*	0.063	+

$p < 0.1$  の場合 : +、 $p > 0.05$  の場合 : \*、 $p > 0.01$  の場合 : \*\*

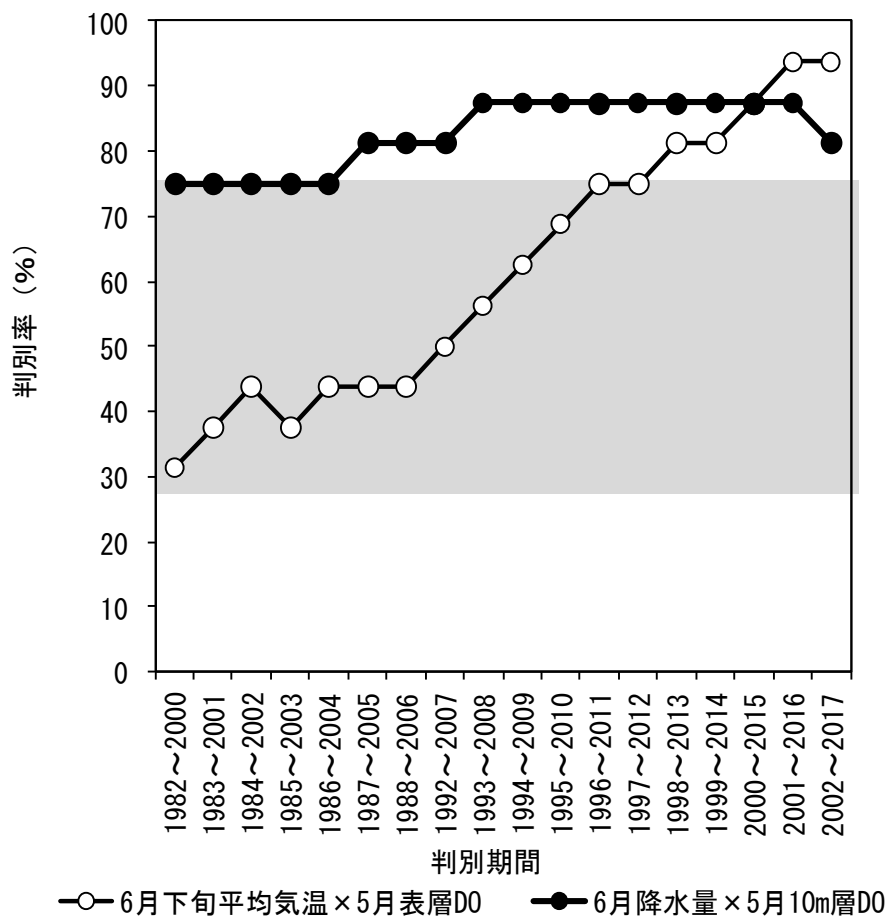


図 1 遡り解析による結果の推移

(遡ると判別率が低下する例と判別率が低下しない例を記載)

表 3 2002～2017 年における宿毛湾の *K. mikimotoi* 赤潮と相関のある環境要因

解析期間 2002～2017				
環境要因	Welchのt検定		Mann-WhitneyのU検定	
	p値	結果	p値	結果
5月5m層水温	0.002	**	0.089	+
5月10m層水温	0.081	+	0.057	+
2月中旬降水量	0.013	*	0.080	+
5月中旬降水量	0.014	*	0.037	*
2月降水量	0.053	+	0.092	+
4月中旬平均気温	0.048	*	0.039	*
4月平均気温	0.100	+	0.057	+
2月中旬日照時間	0.004	**	0.021	*
1月日照時間	0.008	**	0.059	+
5月中旬平均風速	0.003	**	0.030	*
5月下旬平均風速	0.001	**	0.059	+
5月平均風速	0.003	**	0.036	*

$p < 0.1$ の場合：+、 $p > 0.05$ の場合：\*、 $p > 0.01$ の場合：\*\*