

## 19 . 有害赤潮調査

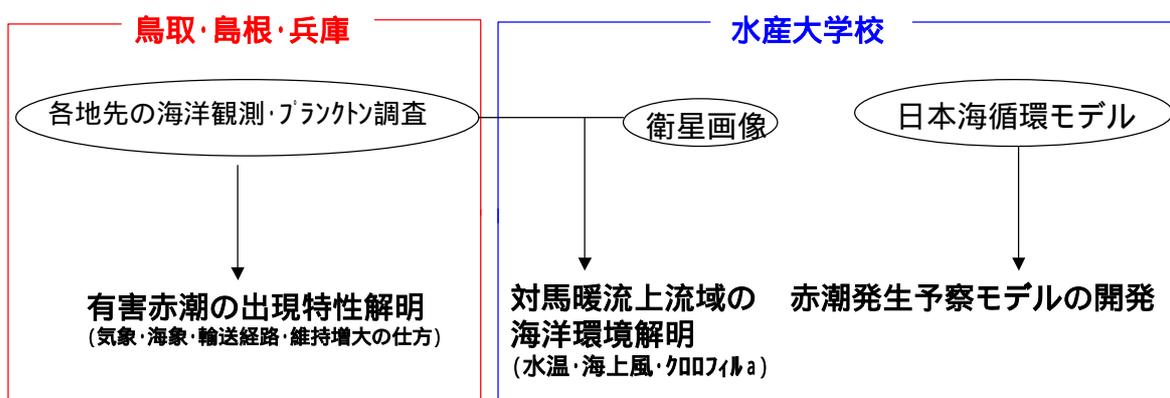
(1) 担当者：渡辺秀洋（増殖技術室）・増谷龍一郎（沖合漁業部海洋資源室）・兵庫県・島根県・（独）水産大学校

(2) 実施期間：H18年度～（平成21年度予算額（豊かで安心な魚を育む漁場環境監視事業））：

(3) 目的・意義・目標設定：

近年、夏場に山陰沿岸において有害赤潮が発生する頻度は高くなっており、発生時には磯根資源が大量斃死する。そのため、有害赤潮の発生を監視・予察し、水産被害の軽減を図る。

(4) 事業実施フロー：



(5) 取り組みの成果

水産庁委託事業 平成21年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 日本海における大規模外洋性赤潮の被害防止対策 事業成果報告書より抜粋して記載

（実施機関名：鳥取県，島根県，兵庫県，（独）水産大学校）

1 課題名

日本海における大規模外洋性赤潮の被害防止対策

2 全体計画

(1) 目的及び試験等の方法

日本海で発生し漁業被害が顕著になっている外洋性有害赤潮に対応するため、関係機関が共同し、その発生状況や海洋環境について、島根県・兵庫県・鳥取県の沿岸・沖合海域及び対馬暖流周辺部の漁場モニタリング調査、ならびに衛星画像解析等により、発生機構を解明する。また、流動モデルによる発生予察技術を開発する。

なお、本課題では、過去の漁業被害の実態から *Cochlodinium polykrikoides* を主対象とし、現場での出現状況に応じて他の有害種も対象に加える。

3 平成21年度計画及び結果

(1) 目的：全体計画の目的と同じ

(2) 試験等の方法

(2) - 1 漁場モニタリング調査

（沖合調査）

調査船等による共同調査により、外洋性赤潮の沖合部での発生状況を調査した。

調査定点またはライン（計16点と1ライン）と調査時期・回数（図1，表1）

島根沖海域2点（A，B：島根県担当） 8月4日，9月3日実施

鳥取沖海域 6 点 ( T14 , T15 , T16 , T17 , T18 , T19 : 鳥取県担当 )

7 月 3 日 ( T19 ) , 7 月 28 日 , 9 月 3 ~ 4 日実施

兵庫沖海域 8 点 ( H1 ~ H8 : 兵庫県担当 ) 8 月 5 日 ( H4 ~ H8 は除く ) , 8 月 27 日実施

対馬周辺海域 1 ライン ( CL : 水産大学校担当 )

8 月 13 日 , 9 月 11 日 , 10 月 23 日実施

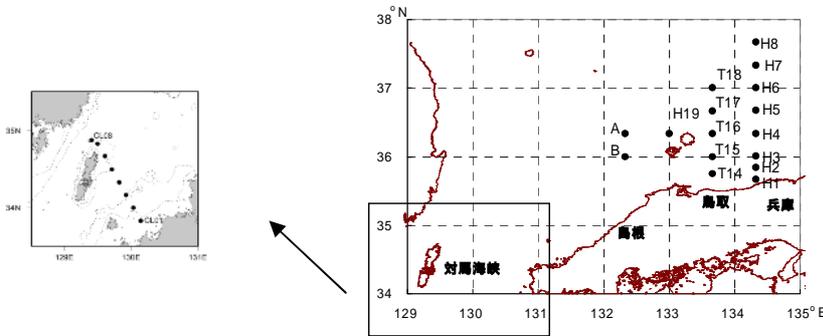


図 1 沖合調査 調査定点図

観測・調査項目 ( 表 1 )

水温・塩分観測 ( 表層 ~ B-1 m 層 , または 300 ~ 500 m 深 ) , 透明度 , 風向・風速 , 水色 ( 赤潮観測水色カードによる ) , 赤潮プランクトン細胞密度 ( 表層及び 10 m 深 ) , 溶存酸素量 ( DO : 表層 ~ B-5m 層 ) , 蛍光強度 ( 表層 ~ B-5m 層 ) , 栄養塩類 ( 硝酸塩 , 亜硝酸塩 , リン酸塩 , ケイ酸塩 : 0 , 10 , 20 , 30 , 50 , 75 , 100m ) , クロロフィル a 濃度 ( 蛍光光度校正用 : CL02 , 04 , 06 , 08 の 10 , 20 , 30 , 50 , 75m )

表 1 沖合調査 観測・調査項目表

機関名	鳥根		鳥取						水産大学校	兵庫								
	A	B	T14	T15	T16	T17	T18	T19	CL	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	
定点・ライン																		
北緯 ( 度・分 )	36-20	36-00	35-45	36-00	36-20	36-40	37-00	36-20	表2参照	35-40	35-50	36-00	36-20	36-40	37-00	37-20	37-40	
東経 ( 度・分 )	132-20	132-20	133-40	133-40	133-40	133-40	133-40	133-00		134-20	134-20	134-20	134-20	134-20	134-20	134-20	134-20	
観測日	8/4,9/3		7/28,9/3-4						7/3	8/13,9/11,10/23	8/5(H4-H8除く),8/27							
観測層	水温・塩分は表層から海底付近または300-500m深まで。プランクトン検鏡は表層および10m深。																	
調 査 項 目	水温・塩分																	
	透明度																	
	風向・風速																	
	水色																	
	プランクトン数																	
	DO																	
	蛍光強度																	
栄養塩類																		
クロロフィルa																		

表 2 水産大学校実施分定点位置

ライン名	CL							
定点	01	02	03	04	05	06	07	08
北緯 ( 度・分 )	33-50	34-00	34-10	34-20	34-30	34-40	34-50	34-53
東経 ( 度・分 )	130-08.7	130-02.1	129-55.6	129-49.1	129-42.6	129-36	129-29.4	129-23

( 沿岸調査 )

沿岸地先海域等における現場調査や調査船等により , 外洋性赤潮の漂着状況や沿岸部での発生状況を調査した .

( 沿岸調査 通常調査 )

調査定点 ( 計 19 点 , 図 2 )

鳥根県沿岸海域 5 点 ( S1 ~ S5 : 鳥根県担当 )

7 月 28 , 29 , 31 日 , 8 月 24 , 25 日 , 9 月 15-16 日実施

鳥取県沿岸海域 3 点 (T1 ~ T3 : 鳥取県担当)

8 月 3, 10, 17, 24, 31 日, 9 月 7, 14, 18, 28 日実施

同 6 点 (T4 ~ T9 : 鳥取県担当)

7 月 27 日, 8 月 3, 11, 17, 25 日, 9 月 14, 18 日, 10 月 10 日実施

同 4 点 (T10 ~ T13 : 鳥取県担当)

8 月 3, 10, 17, 24, 31 日, 9 月 7, 14, 18 日実施

兵庫県沿岸海域 1 点 (HS1 : 兵庫県担当)

5 月 21 日, 7 月 24 日, 9 月 1 日, 10 月 10 日実施

観測・調査項目 (表 3)

水温・塩分観測, 透明度, 風向・風速, 水色 (赤潮観察水色カードによる), 赤潮プランクトン細胞密度 (表層及び 5 または 10 m 深), 溶存酸素量 (DO)

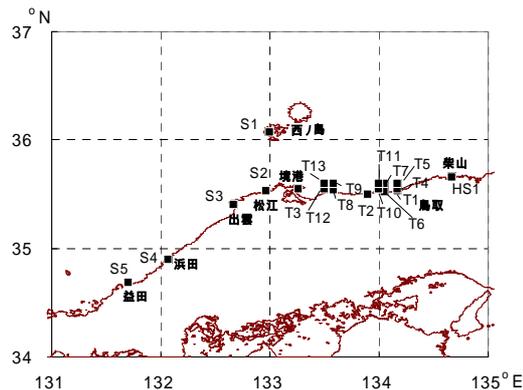


図 2 沿岸調査 調査定点図

表 3 沿岸調査 (通常調査) 観測・調査項目表

機関名	鳥根					鳥取													兵庫			
	S1	S2	S3	S4	S5	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	HS1			
地先・汀線名	西ノ島町	松江市	出雲市	浜田市	益田市	賀露	泊	境港	賀露	賀露	浜村	浜村	中山	中山	長尾鼻	長尾鼻	御来屋	御来屋	柴山			
北緯 (度-分)	36-04	35-32	35-24	34-54	34-41	汀線で採水			35-32.7	35-36	35-31.5	35-36	35-32.4	35-36	35-32.7	35-36	35-32.7	35-36	汀線			
東経 (度-分)	132-59	132-58	132-40	132-04	131-42				134-10	134-10	134-03	134-03	133-35	133-35	134-00	134-00	133-30	133-30				
観測日	7/28,29,31,8/24-25,9/15-16					8/3,10,17,24,31,9/7,14,9/18,28			7/27,8/3,11,17,25,9/14,18,10/10						8/3,10,17,24,31,9/7,14,18				5/21,7/24,9/1,10/10			
観測層	表層, 5m深 (又は底層)					表層			表層, 10m深													表層
調査項目	水温・塩分																					
	透明度																					
	風向・風速																					
	水色																					
プランクトン数																						

(沿岸調査 臨時調査)

赤潮の発生が危惧された地先海域において臨時的に表面海水 (and/or 5 m 深海水) を採取し, 赤潮プランクトンの細胞密度や水温・塩分, 水色, 透明度等を調査した。

調査定点

鳥根県海域 : 鳥根県沿岸 13 点 (a : 松江市美保関町雲津, b : 松江市美保関町七類, c : 松江市鳥根町野井, d : 松江市鳥根町多古, e : 松江市鳥根町大芦, f : 出雲市十六島町, g : 出雲市多伎町, h : 大田市温泉津町, i : 隠岐郡西ノ島三度, j : 隠岐郡隠岐の島町都万, k : 隠岐郡隠岐の島町西郷, S1, S4)

7 月 31 日 (b), 8 月 3 日 (b, c), 4 日 (S1, i, j, k, h, S4), 5 日 (a, b), 6 日 (d, e, f, g), 10 日 (b), 18 日 (b), 25 日 (b), 31 日 (b), 9 月 2 日 (i), 7 日 (b), 15 日 (b), 10 月 15 日 (b), 11 月 17 日 (b), 12 月 11 日 (b), 1 月 12 日 (b), 2 月 10 日 (b), 3 月 16 日 (b) 実施

鳥取県海域 : T3

8 月 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12 日実施

(周年調査)

赤潮の由来や越冬性等を確認するため, 周年の定点調査により赤潮プランクトン細胞密度の年変動等を調査した。

調査定点 (図 2)

鳥取県海域 : T10, T12, T14, T15, T16, T17, T18

T10, T12 : 10 月 1 ~ 2 日, 11 月 4 ~ 5 日, 2 月 1 日, 3 月 4 ~ 5 日実施

T14 ~ T18 : 9 月 29 日, 10 月 28 ~ 29 日, 11 月 25 日, 1 月 27 日実施

観測・調査項目（表 4）  
水温，赤潮プランクトン細胞密度

表 4 沿岸調査（周年調査）観測・調査項目

機関名	鳥取県
観測時期	周年
観測回数	1回/月,計7回
観測層	表層, 10m深
水温	
風向・風速	
プランクトン数	

### （2）- 2 発生メカニズム解析と発生予察技術の開発

山陰沿岸での赤潮発生状況（宮原ほか 2005）や（独）水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所の遺伝子解析（長井・西谷 2008, Nagai et al. 2009）から，近年山陰沿岸で発生している *C. polykrikoides* 赤潮は，いわゆる「海流依存型発生」（松岡・岩滝 2004）として，対馬暖流の上流部（韓国沿岸等）から漂着している可能性が高い（Onitsuka et al. in press）. 本事業では，初めて山陰海域で赤潮が確認された 2002 年以降の状況（韓国海域や九州海域を含む）と環境要因の整理を行ってきた．一方，韓国では *C. polykrikoides* 赤潮が 1995 年以降毎年大規模に発生していることから，ここでは，2001 年以前に山陰海域で同赤潮が発生しなかった環境要因についても併せて検討した．

日本海海況予報システムの流動場を用いた粒子追跡計算により，対馬暖流による赤潮の輸送過程等，赤潮発生のメカニズムを解明するための解析を行うとともに，発生予察技術に関する手法の検討を実施した．粒子追跡モデルによる輸送過程の再現実験には，日本海海況予報システム（JADE, (独)水産総合研究センター日本海区水産研究所）の流動場を用いた．本予報システムは，日本海において，流況や海況，エチゼンクラゲ *Nemopilema nomurai* の来遊量や時期，スルメイカ稚仔の分布等の予測にも用いられており，現場の海洋環境を再現し得る信頼性の高いデータを提供している．

今回の計算では，8 月上旬に七類 b にて低密度に出現した *C. polykrikoides* の起源を推定するために，初期位置を松江市沿岸とし，8 月 3 日から時間を遡って 7 月 10 日までの逆追跡計算を行った．*C. polykrikoides* の鉛直運動性は考慮せず，粒子の深度は 5 m で一定とした．さらに，8 月 5 日に松江市七類で採集した *C. polykrikoides* は（独）水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所へ送付し，マイクロサテライトマーカーを用いた集団遺伝学的解析に供した．

これまで人工衛星画像によるクロロフィル a 高濃度帯の連続観察等により，韓国沿岸から東へ移動する赤潮水塊が確認されている．しかし，赤潮の規模や時空間分布についての詳しい検討は行われていない．そこで，衛星画像の輝度に着目して赤潮と考えられる高濃度帯を抽出する方法について検討した．解析には画像解析ソフト（シグマスキャンプロ 5.0, Systat 社）を使用し，2005 年 8 月 28 日に鳥取県中部海域で発生した *C. polykrikoides* 赤潮を例に，発生直前の 8 月 19 日と 8 月 26 日のクロロフィル a 濃度画像（Aqua/MODIS）から高濃度帯の抽出を試みた．

### （3）結果及び考察

#### *C. polykrikoides* の出現状況

- ・鳥根県の臨時調査では，7 月 31 日，8 月 3，5，10，18，31 日に七類 b で 0.02 ~ 3.60 cells/ml，8 月 4 日に三度 i で 0.02 cells/ml，8 月 6 日に十六島町 f で 0.1 cells/ml それぞれ確認された．
- ・兵庫県では 8 月 27 日に H2，H4 において確認された（0.04 cells/ml）．
- ・鳥取県では 9 月 14 日に T10，9 月 18 日に T4 において確認された（0.01 ~ 0.05 cells/ml）．
- ・周年調査では，本種の出現は確認されなかった．

その他の有害種の出現状況

- ・ *Karenia mikimotoi*: 8月24日にS4, 8月25日にS1において確認された(0.02, 0.02 cells/ml). 鳥取県の臨時調査で, 8月5, 7, 8, 9, 11, 12にT3で確認された(0.30~4.00 cells/ml).
- ・ *Chattonella antiqua*: 8月3日にT13で, 9月14日にT3で確認された(0.02, 0.03 cells/ml).
- ・ *Akashiwo sanguinea*: 8月25日にS1で確認された(0.03 cells/ml).
- ・ *Gymnodinium catenatum*: 9月15日にS2において確認された(細胞密度は未調査). 島根県の臨時調査で, 7月31日, 8月3日, 9月7日に七類bにて確認された(細胞密度は未調査).
- ・ *Noctiluca scintillans*: 8月19日に35-51.24N, 132-13.91Eにおいて確認された((独)水産総合研究センター日本海区水産研究所から試料提供). 10月23日に34-53.3N, 129-23.4Eにおいて確認された(最高細胞数4,600 cells/ml, (独)水産大学校練習船天鷹丸).

#### 発生メカニズム解析と発生予察技術の開発

##### - 1 2001年以前に山陰海域に *C. polykrikoides* 赤潮が出現しなかった理由

2001年以前, 韓国沿岸における *C. polykrikoides* 赤潮発生初日は, 8月中旬から9月上旬であり(Han et al. 2008), 2002年以降に比べて発生初日が遅い状況にあった(表5). 9月以降, 対馬海峡では北東風が卓越するため(Lee 2008, Moon et al. 2009), 2001年以前は韓国沿岸から沖向きに赤潮が輸送されにくかったことが考えられた. また, 日本海区水産研究所漁場海況速報(<http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/Physical/sokuho.html>)で公開されている50m深水温図によると, 1995年から2001年までの山陰沖の水温フロントは1995年を除き沿岸から離れており, 対馬暖流の沖合分枝は離岸傾向にあることが示唆された. 以上の要因から, 2001年以前に韓国沿岸から山陰沿岸へ赤潮水塊が輸送される可能性は低かったと考えられる.

表5 韓国沿岸における *C. polykrikoides* 赤潮の年別初発日

年	初発日	年	初発日
1995	29-Aug	2002	2-Aug
1996	4-Sep	2003	13-Aug
1997	24-Aug	2004	5-Aug
1998	30-Aug	2005	19-Aug
1999	11-Aug	2006	7-Aug
2000	22-Aug	2007	31-Jul
2001	14-Aug	2008	30-Jul

##### - 2 出現パターン解析

本課題で対象としている山陰海域の赤潮の発生要因としては, 対馬暖流上流部(韓国沿岸・九州北

部沿岸)での初期発生や流況等の要因が想定される. そこで, 2002年以降の山陰沿岸における *C. polykrikoides* 赤潮の発生状況と海洋環境要因(赤潮発生との関連性が乏しいまたは不明なものを含む)との関係を表6にまとめた. 韓国では, 1995年以降 *C. polykrikoides* 赤潮が毎年発生しているが, 2009年は例年より発生時期が遅く10月28日から11月13日にかけて確認(最高細胞数1,660 cells/ml)されたのみであった. 発生規模も1995年以来初めて大規模な赤潮形成には至らなかった. また, 九州北部での同赤潮の発生もなく, 調査期間中, 日本海西部において衛星画像によるクロロフィルa高濃度域も確認されなかった. 本年夏季は, 対馬暖流上流部において *C. polykrikoides* 赤潮発生が小規模であったことから, 本年のデータを用いて山陰海域における赤潮の発生と海洋環境要因との関係を詳細に検討することはできなかった. しかしながら, これまでに構築した赤潮発生シナリオは, 日本海における赤潮発生パターンをよく再現していることから, 今後もこれらの指標に注目し, 出現パターンの検証を行っていく必要がある.

表 6 年別赤潮発生状況と海洋環境要因

項目 \ 年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	出典・備考等
<b>1) 山陰海域での状況</b>									
・赤潮発生									
・規模	過去最大		着色範囲 1.7km						
・発生海域	鳥取	鳥取・兵庫	鳥取	隠岐	2003年は鳥根県隠岐周辺でも9月に着色情報・漁業被害あり				
<b>2) 対馬暖流上流域での状況</b>									
・韓国周辺海域									
・南岸での発生	韓国NFRD赤潮データベース <a href="http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp">http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp</a>								
・東岸での発生	韓国NFRD赤潮データベース <a href="http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp">http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp</a>								
韓国沿岸での継続日数	57	62	30	58	23	50	62	10	韓国NFRD赤潮データベース <a href="http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp">http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp</a>
C. polykrikoides 最高細胞数 (cells/ml)	25,000	28,800	5,800	25,000	22,500	32,500	5,800	1,660	韓国NFRD赤潮データベース <a href="http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp">http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp</a>
同、最高細胞数7千細胞数以上の日数	24	28	0	11	7	27	1	0	韓国NFRD赤潮データベース <a href="http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp">http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp</a>
同、8月末までの日数	18	11	0	11	7	18	0	0	韓国NFRD赤潮データベース <a href="http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp">http://mrgis.nfrdi.re.kr/tide/simindex.jsp</a>
韓国全体での漁業被害 (単位: 億ウォン)	50-100	>200	<10	<20	50-100	100-200	0	0	NFRD資料より概算推定
<b>九州北部海域 (対馬、五島、佐世保周辺を含む)</b>									
C. polykrikoides 赤潮発生件数	6	11	3	8	2	2	2	0	九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」
うち、7-9月の件数	6	9	3	8	1	1	1	0	九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」
・沖合クロロフィルa高濃度帯と隠岐との距離 (JAXA/TSC/TRIC)	177	177	209	154	未確認	98	未確認	未確認	高濃度域 (3-4mg/m <sup>3</sup> 以上) の東端と鳥根県三度崎との直線距離
同、山陰本土沿岸との距離	180	40	122	55	未確認	132	未確認	未確認	高濃度域 (3-4mg/m <sup>3</sup> 以上) の南端と山口県須佐町または鳥根県出雲市日御崎との直線距離
<b>3) 対馬暖流の流況</b>									
・沖合分枝の表層想定流線 (隠岐以東)	離岸	接岸	離岸	接岸	離岸	記載なし	記載なし	離岸	八管海洋速報 (概ね36-36.5°N付近を接岸、以北を離岸とした)
・沖合分枝の位置 (50m深水温図)	接岸	接岸	離岸	接岸	離岸	接岸	離岸	離岸	日本海漁場海況速報より、等温線間隔が密となる海域により判断
・鳥根沖冷水の指標 (9月上旬)	67.1	62.2	60.8	92.6	83.6	80.0	88.1	76.0	日本海区水産研究所算出データ (冷水域占有率データ)
・山陰若狭沖冷水の指標 (9月上旬)	59.5	92.0	29.5	83.0	77.0	34.2	75.1	71.1	日本海区水産研究所算出データ (冷水域占有率データ)
・隠岐海峡を通過する表層海流速度 (kn/h)	1.0-1.9	0.0-0.2	-	1.0-1.9	-	0.6-1.4	-	-	八管海洋速報、赤潮発生直前の観測期間における海流図のデータ
<b>4) 夏期水温</b>									
・山陰海域 (鳥根定置水温)	-0.4	-0.7	0.2	1.8	1.3	-2.1	1.6	2.9	9月上旬、鳥根県松江市恵雲地先、1995-2008年平均との差 (、STD=1.65)
・山陰海域 (鳥取水試沿岸漁業部の沈砂槽水温)	0.1	-0.6	0.5	2.1	0.6	-1.7	0.9	2.1	9月上旬、鳥取県湯梨浜町石籠地先、1995-2009年平均との差 (、STD=1.36)
・山陰海域 (兵庫定置水温)	0.0	0.0	0.7	1.4	0.7	-1.7	-0.2	1.6	9月上旬、兵庫県香美町地先、1995-2009年平均との差 (、STD=0.98)
<b>5) 山陰沿岸での気象海象</b>									
・赤潮発生直前の最大風速の向き	SSE	W	-	WNW	-	-	-	-	鳥取地方気象台 <a href="http://www.osaka-jma.go.jp/tottori/">http://www.osaka-jma.go.jp/tottori/</a> 、青谷観測点
・赤潮発生3日前の平均日照時間 (h/day)	4.2	7.4	-	7.1	-	-	-	-	鳥取地方気象台 <a href="http://www.osaka-jma.go.jp/tottori/">http://www.osaka-jma.go.jp/tottori/</a> 、青谷観測点

注: 表中3)の鳥根沖冷水及び山陰若狭沖冷水の指標値は、新たな方法により算出

この図は、対馬暖流の流況を示している。赤潮の発生は、対馬暖流の流況と関係があることが示唆された。

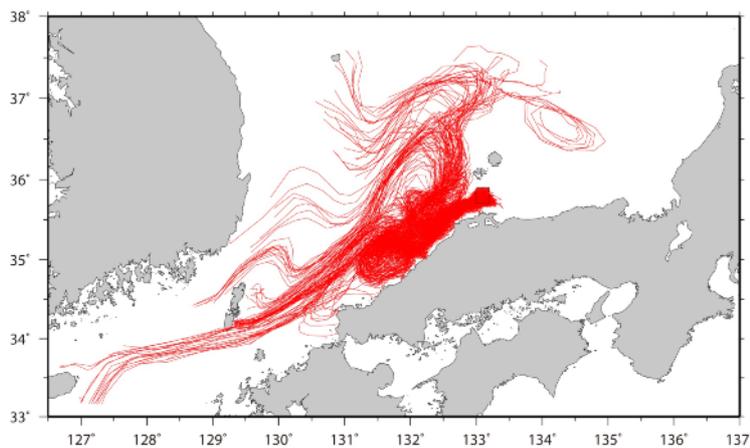


図3 2009年の粒子逆追跡計算結果 (8月3日~7月10日の粒子軌跡)

- 4 2005年におけるクロロフィルa高濃度帯の移動

画像解析ソフトの抽出色調(Hue)を64に設定し、8月19日と8月26日の画像に存在した山口県沖~鳥根県沖の高濃度帯 (図5の左図中の橙色) を抽出した (図5の右上図の水色 a, b)。同様の方法で、8月26日には鳥取県中部から東部沖合にかけて小さな高濃度帯を3つ抽出 (図5の右下図の水色 d, e, f) した。この試みによって、クロロフィルa高濃度帯の重心の位置・面積が検出 (表7) でき、その移動を確認できた。今後は現場採水調査と組み合わせて、クロロフィルa濃度と C. polykrikoides 細胞密度との関係を明らかにし、赤潮の規模推定に役立てたい。

ら出現  
た採取  
示され  
国沿岸

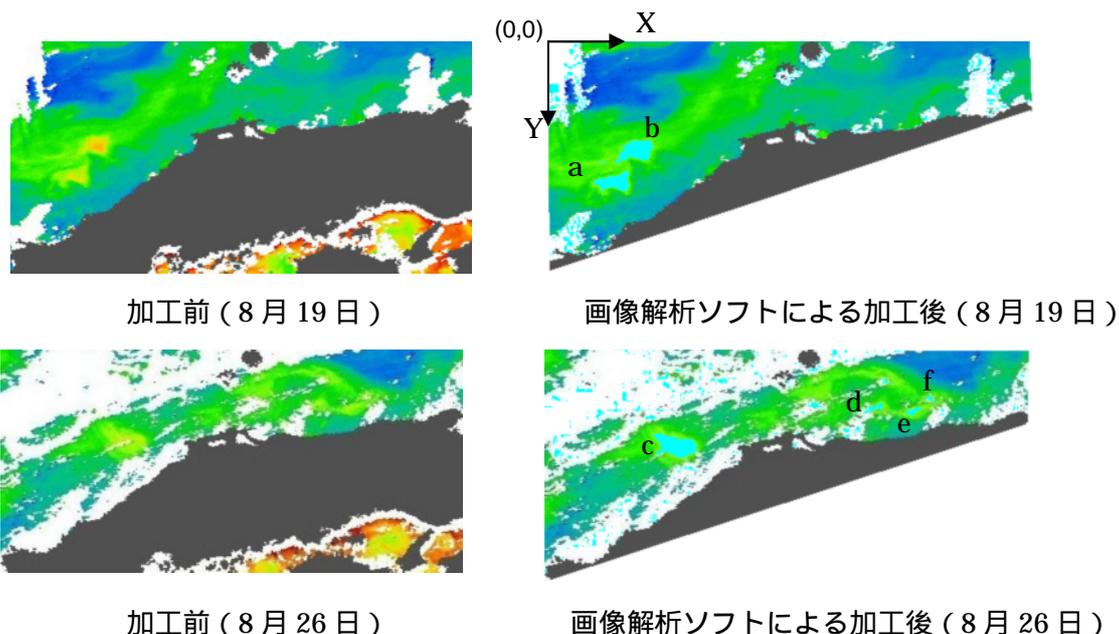


図5 2005年8月19, 26日の衛星画像 (Aqua/ MODIS)

表7 画像解析ソフトにより抽出したクロロフィル a 高濃度帯重心と面積

区分	8月19日			8月26日				計
	高濃度帯 a	高濃度帯 b	計	高濃度帯 c	高濃度帯 d	高濃度帯 e	高濃度帯 f	
高濃度帯の重心	61,129	81,100	-	120,88	247,51	337,57	352,45	-
高濃度帯の面積	356	455	811	556	38	58	24	676

注: 高濃度帯は Hue:0,saturation32 から Hue:64,saturation100 の色調範囲で抽出

### 予察技術の開発

現時点で想定される発生シナリオでは、時系列に従って、(A) 韓国南岸での大発生 (韓国での大規模発生年と山陰での発生年が一致)、(B) 南西風による沖向き輸送 (発生年には韓国沿岸で高細胞密度時に南西風が発生)、(C) 対馬暖流沖合分枝が接岸経路 (発生年には山陰沖で水温フロントが沿岸寄り)、以上の要因が全て揃うことが、山陰沿岸での赤潮発生の必要条件であると考えられる (Onitsuka et al. in press)。そこで、以下のとおり、長期、中期、短期に分けて予察技術を開発することを提案する。

#### - 1 長期予察

長期予察としては、7 月以降の韓国沿岸や九州北岸域での出現状況と、その際の風向風力 (特に南西寄りの風の存在) に着目する必要がある。これらの情報は、韓国国立水産科学院の赤潮発生ウェブデータベース (<http://www.nfrdi.re.kr/redtideInfo>) や国内の情報交換ネットワーク、また気象庁の風データ等により監視可能である。いずれかの海域で高濃度の赤潮が確認された場合は、次の中期予察を行う。

#### - 2 中期予察

獲得可能な情報 (衛星画像によるクロロフィル a 濃度を含む) を初期条件とした粒子追跡モデルによる数値計算を行う。これにより、山陰沿岸への 1 か月 ~ 1 週間後の漂着可能性を予察する。

### - 3 短期予察

短期予察方法として、漁業調査船等による現場調査（有害種細胞数データ）、衛星画像による判別、山陰周辺海域の気象・海象条件に着目し、中期予察後の粒子漂着状況をより高精度に予察する。

### 4 参考文献

- Han, I.-S., Jang, L.-H., Suh, Y.-S., Seong, K.-T. 2008. Relationship between temperature distributions and outbreaks of harmful algal blooms in Korean waters. *J. Fish. Sci. Technol.* **11**: 50-60.
- Lee, D.-K. 2008. *Cochlodinium polykrikoides* blooms and eco-physical conditions in the South Sea of Korea. *Harmful Algae* **7**: 318-323.
- 松岡數充・岩滝光儀 2004. 有害無殻渦鞭毛藻 *Cochlodinium polykrikoides* Margalef 研究の現状（総説）. *日本海プランクトン学会報* **51**: 38-45.
- 宮原一隆・氏良介・山田東也・松井芳房・西川哲也・鬼塚剛 2005. 2003年9月に日本海山陰沿岸海域で発生した *Cochlodinium polykrikoides* Margalef 赤潮. *日本プランクトン学会報* **52**: 11-18.
- Moon, J.-H., Hirose, N., Yoon, J.-H., Pang, I.-C. 2009. Effect of the long strait wind on the volume transport through the Tsushima/Korea Strait in September. *J. Oceanogr.* **65**: 17-29.
- 長井敏・西谷豪 2008. マイクロサテライトによる *Cochlodinium polykrikoides* の個体群構造解析. *日本プランクトン学会報*. **56**: 47-51.
- Nagai, S., Nishitani, G., Sakamoto, S., Sugaya, T., Lee, C.K., Kim, C.-H., Itakura, S., Yamaguchi, M. 2009. Genetic structuring and transfer of marine dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* in Japanese and Korean coastal waters revealed by microsatellites. *Mol. Ecol.* **18**, 2337-2352.
- Onitsuka G., Miyahara K., Hirose N., Watanabe S., Semura H., Hori R., Nishikawa T., Miyaji K., Yamaguchi M. Large-scale transport of *Cochlodinium polykrikoides* blooms by the Tsushima Warm Current in the southwest Sea of Japan. *Harmful Algae*, in press.
- なお、本事業で解析に用いた海洋環境要因の出所は表6に記載した。