# 鹿児島県海域で発生する Heterosigma akashiwo の増殖に及ぼす 水温・塩分・照度・シストの影響

村田 圭助<sup>1)</sup> • 猪狩 忠光 • 和田 実<sup>2)</sup> • 上野 剛司<sup>3)</sup> 1)水産庁漁政部企画課, 2)大隅地域振興局, 3)南薩地域振興局

The proliferation effect of *Heterosigma akashiwo* generated in Kagoshima sea area about influence of the water temperature, salinity, illuminance and the cyst

Keisuke Murata, Tadamitsu Igari, Minoru Wada and Takeshi Ueno

# 要約

鹿児島県における Heterosigma akashiwo (以下,「H.akashiwo」と標記。) に関する赤潮発生機構の解明を目的とし、本種の増殖環境やシスト発芽環境の把握に関する室内試験及び、シスト等分布密度調査を実施した。その結果、H.akashiwo が室内試験で増殖した水温範囲は10~25℃、塩分範囲は26~34であったことから、広い水温・塩分において増殖可能な生理的特性を有し、養殖魚類のへい死を引き起こす細胞密度まで増殖が可能であることが明らかとなった。鹿児島湾・八代海において H.akashiwo が10,000cells/mL 以上出現した現場水温(17.0~22.0℃)・塩分(31~34)は、室内試験において高い増殖速度を示す範囲内にあったことから、鹿児島湾では水温が上昇に転じた3月以降、八代海では4月中旬以降に本種が発生すると、高い増殖速度で赤潮化する可能性が示唆され、これを考慮したモニタリングを行い、初期発生を把握することが本種による漁業被害を防止する上で必要であると考えられた。また、2003年における鹿児島湾の H.akashiwo シストは、湾奥部を中心に高密度に分布し、以降の調査(2004年および2005年)では、分布密度はやや少なくなっていた。鹿児島湾では2001年に本種による大規模な赤潮が発生し、以降は観測されていないことから、2001年に供給された H.akashiwo のシストは、以後約2年間は十分な発芽能を有していることが推測された。また、シスト発芽試験では、15℃以上の水温で活発に発芽することが確認されたことから、年間の最低水温が約16℃前後である鹿児島湾においては、通年シストが発芽している環境であり、八代海は、年間の最低水温が約13℃前後であるため、冬期はシストで休眠し、15℃を超える3月下旬以降、シストが活発に発芽し、栄養細胞の供給がされていると考えられる。

鹿児島県における H.akashiwo による赤潮は、赤潮の観測が始まった1976年(昭和51年)以降、鹿児島湾を中心に、志布志湾、山川湾、長島町浦底湾等で確認され、1995年には同種による赤潮で約10億円、2001年には約1億4千万円弱の被害が発生するなど、しばしば本県の養殖漁業に対して甚大な被害をもたらしてきた。

赤潮による漁業被害を最小限に抑えるためには、 赤潮発生機構を解明することが重要な課題であるこ とから、*H.akashiwo* 赤潮に関する赤潮発生機構の解 明を目的とし、本試験を実施した。なお、各試験に ついては水産庁委託事業(H14~)で実施した。

#### 試料及び方法

# 1 供試株・泥と培地

培養試験に用いた H.akashiwo 株は、2001年に鹿児島湾で発生した本種による赤潮発生時に、鹿児島湾奥隼人沖より採取し、ピペット洗浄法<sup>11</sup>によって、バクテリアによる汚染を最小限に抑えたクローン株である。供試株の保存および試験培地にはPESを用いた。また、発芽試験に用いた底泥は、2006年1月に県北部の長島町(旧東町) 三船浦(八代海) において、エクマンバージ採泥器を用いて採取した。なお、

予備試験を20°C,塩分30の下で行い、H.akashiwoが十分に発芽することを確認した。

#### 2 増殖に及ぼす水温・塩分の影響

試験は水温を10,15,18,20,25℃の5段階,塩分を26,28,30,32,34の5段階とし、それらを組み合わせて25通りの試験区を設定した。塩分は当センター沖合において取水・ろ過された海水をオートクレープで滅菌後(121℃,3min.),超純水で希釈して調整した。培地はPES培地とし、100mLをガラス製のトールビーカーに分注した後、H.akashiwoが43cells/mLの密度になるように試験培地へ接種し、明暗周期10hL:14hDの条件下で行った。細胞密度は実験を開始してから11日後と17日後に培養液の一部を採取し、界線入りスライドグラスを用いて直接細胞数を計数した。(照度約3,000Lux)

#### 3 増殖に及ぼす水温変化の影響

試験は,鹿児島湾で H.akashiwo の発生が見られ始める15℃を基準に,15℃の定温区分と0.1℃/dayの昇温区分,また,2006年12月に発生が見られた20℃を基準に20℃の定温区分と0.1℃/dayの降温区分を設定し,塩分34,光強度約54 $\mu$  mol/㎡/s,明暗周期12hL:12hDの条件下で行った。培地はPES培地とし,200mlを三角フラスコに分注した後,H.akashiwo が150cells/mLになるように接種した。細胞密度は実験を開始してから3日後から13日後まで適宜培養液の一部を採取し,界線入りスライドグラスを用いて直接細胞数を計数した。

# 4 増殖に及ぼす照度の影響

試験は水温18℃,塩分30の下で設定照度を0Lux,400Lux,1,200Lux,2,000Lux,2,800Lux,4,000Lux,8,000Lux,15,000Lux,24,000Luxの合計9通りの試験区を設定した。培地はPES培地とし,100mLをガラス製のトールビーカーに分注した後,H.akashiwoが250cells/mLの密度になるように試験培地へ接種し,明暗周期10hL:14hDの条件下で行った。細胞密度は実験を開始してから5日後から12日後まで適宜培養液の一部を採取し,界線入りスライドグラスを用いて直接細胞数を計数した。

# 5 シスト発芽に及ぼす水温・塩分の影響

試験は水温を12,13,14,15,16,20,25 $\mathbb{C}$ の7段階, 塩分は15,20,25,30,34の5段階とし、それらを組み 合わせて35通りの試験区を設定した。塩分は当セン ター沖合において取水・ろ過された海水をオートクレープで滅菌後(121°C, 3min.),超純水により希釈して調整し,明暗周期12hL:12hDの条件下で行った。

#### 6 シスト等調査

鹿児島湾22定点(図-4)において2003年10月,12月,2004年1月にシスト等分布密度調査を実施した。調査は、KK式柱状採泥器とG.S.型表層採泥器(アシュラ型)を用い、1定点につき3回、海底堆積物の表層部(0~3cm深)を採取し、シスト等分布密度、泥温等の測定に供した。分布密度は終点希釈(MPN)法を用い、湿泥1gあたりに存在するシスト数とした。

#### 結 果

#### 1 増殖に及ぼす水温・塩分の影響

各水温・塩分条件における H.akashiwo 培養株の培養開始から17日目の細胞数を図1, 比増殖速度を図-2に示す。設定した全ての試験区において増殖が確認された。特に水温18~25℃では,800,000cells/mLを超える高い増殖を示し,このうち,水温20℃と25℃の塩分濃度32で特に高い増殖率を示した。増殖速度は0.33~0.90day $^{-1}$ の範囲にあり,18~25℃では全ての塩分条件で0.90day $^{-1}$ に近い値を示していた。最大比増殖速度は,25℃,塩分32,34の条件で得られた。

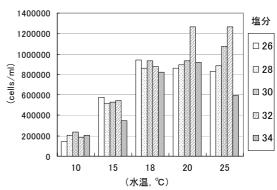
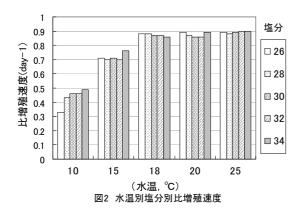


図1 水温別塩分別細胞数 (培養開始から17日後)



#### 2 増殖に及ぼす水温変化の影響

各水温変化条件における H.akashiwo 培養株の培養開始から13日目の細胞数を図3,4に示す。

15℃定温区分と昇温区分では増殖速度は遅いものの緩やかに増殖した。20℃定温区分と降温区分では 培養開始直後から顕著な増殖が見られた。

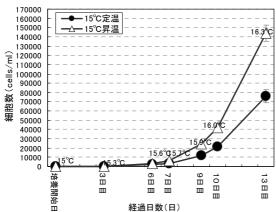
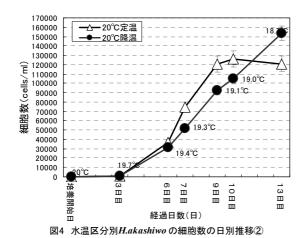


図3 水温区分別H.akashiwo の細胞数の日別推移①



#### 3 増殖に及ぼす照度の影響

各照度条件による H.akashiwo 培養株の培養開始

から12日目までの細胞数の推移を図5に示す。 H.akashiwo は400Lux以下の弱光下においては増殖が 確認されなかった。1,200Luxでは僅かながら増殖が みられるものの、細胞数は試験終了までに低水準で 持続するかやや減少傾向を示した。また2,000Lux では、比増殖速度は遅いものの徐々に増殖し、 2,800~15,000Luxでは培養開始直後から顕著な増 殖がみられたが、24,000Luxでは徐々に増加したも のの、他と比較するとやや低水準で飽和した。

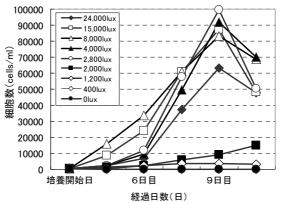


図5 照度別H.akashiwo 細胞数の日別推移

#### 4 シスト発芽に及ぼす水温・塩分の影響

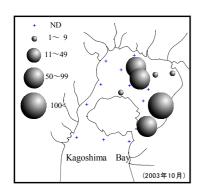
各水温・塩分条件における H.akashiwo シストの発芽状況を表1に示す。 $14\sim25$   $\mathbb{C}$ の試験区については,各塩分で発芽が確認されたが,12  $\mathbb{C}$ の塩分15,と12  $\mathbb{C}$  , 13  $\mathbb{C}$  の塩分34の試験区において発芽が確認されなかった。

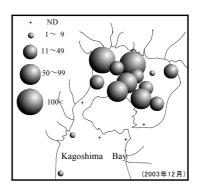
表 1 水温・塩分条件におけるH.akashiwoシスト発芽状況

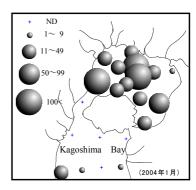
	塩分\水温	12	13	14	15	16	20	25
	15	_	+	+	+	+	+	+
	20	+	+	+	+	+	+	+
	25	+	+	+	+	+	+	+
	30	+	+	+	+	+	+	+
	34	_	_	+	+	+	+	+

# 5 シスト等調査

鹿児島湾における H.akashiwo シストの分布密度を図6に示す。2003年10月の調査は全18定点中7定点において、2~68MPN/g、12月は全19定点中15定点において2~230MPN/g、1月は全22定点中18定点において2~330MPN/gで分布した。特に湾奥部で高密度分布域がみられ、10月、12月、1月けるそれぞれの平均分布密度は、9.8MPN/g、46.7MPN/g、52.7MPN/gであり、秋期に比べ冬期が高い値となった。







鹿児島湾における Heterosigma akashiwo のシスト分布(MPN/g wet sediment)

# 1 増殖環境

H.akashiwo が室内試験で増殖した水温範囲は、10 ~25℃, 塩分範囲は26~34であったことから, 広い 水温・塩分において増殖可能な生理的特性を有して いることが明らかとなった。鹿児島湾・八代海南部 の年間最低水温はそれぞれ15℃,13℃前後であるこ とから、現場海域の低水温期においても増殖可能で あると推測される。また、H.akashiwo が養殖ハマチ を致死させる細胞密度は数万cells/mLとされるが 2), 室内試験における培養開始から17日後の細胞数 は水温10~25℃,塩分26~34のいずれの試験区にお いても1万cells/mL以上に達したことから, H.akashiwo は広い温度・塩分範囲で養殖魚類のへい 死を引き起こす細胞密度まで増殖することが可能で あると考えられる。

また、水温変化が増殖に与える影響については、 春期の水温上昇期は、現場海域において年間でも低 水温の時期でもあることから、養殖ハマチを致死さ せる数万cells/mLに達するまでにはやや時間を要す るものの, 発生後期には増殖が一気に加速する可能 性があることが考えられる。水温下降期である秋期 から冬期に H.akashiwo が発生した場合, 水温の下 降は増殖阻害の要因にはならず、比較的短期間に致 死量に達する可能性があることが考えられる。

照度については, 比較的低照度でも増殖可能であ る。鹿児島湾で H.akashiwo が赤潮を形成する時期 (3~4月) の曇天時における照度が30,000~50,000 Luxであることを考えると、現場海域の照度(表層) は常に増殖のポテンシャルを持つことが推測され た。

#### 2 増殖速度と現場出現環境

本県において H.akashiwo が数十cells/mL以上出 現した現場海域の水温・塩分を図7に示す。鹿児島 湾における出現水温は15.4~21.0℃,塩分は31.0~ 33.5, 八代海においては水温17.9~22.6℃, 塩分31. 0~34.0であり、鹿児島湾は八代海と比較してやや 低水温で出現する傾向が見られた。また, 鹿児島湾 ・八代海において10,000cells/mL以上出現した現 場海域の水温 (17.0~22.0℃)・塩分 (31~34) は, 室内試験において比増殖速度が0.7day<sup>-1</sup>以上と高 い増殖速度を示す水温・塩分の範囲内にあった。こ のことから、鹿児島湾の場合、3月に入り水温が上 昇に転じた時期以降,八代海においては4月中旬以 降, H.akashiwo が発生すると, 短期間で赤潮化する 可能性があることが示唆され,これらを考慮し,鹿 児島湾は2月から、八代海は3月から H.akashiwo に 対するモニタリングを行って初期発生を把握するこ とが, 本種による漁業被害を防止する上で必要であ ると考える。

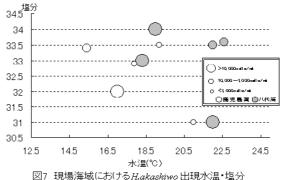


図7 現場海域におけるH.akashiwo 出現水温・塩分

# 3 シスト分布状況及び発芽

2003年に鹿児島湾において行った H.akashiwo シ ストの分布密度は、調査月において若干の差はある ものの、湾奥部を中心に高密度に分布していた。ま

た,瀬戸内海区水研が行った同湾のシスト分布調査結果<sup>3)</sup>でも同様で、湾奥部に *H.akashiwo* シストが多く分布している結果であったが、2004 年 <sup>4)</sup> 、2005 年 <sup>5)</sup> では、湾奥部のシストの分布密度はやや少なくなっていた。鹿児島湾では2001年に *H.akashiwo* による大規模な赤潮が発生し、以降は *H.akashiwo* の赤潮は観測されていない。このことから、2001年の赤潮形成において供給された *H.akashiwo* のシストは以後約2年間は十分な発芽能を有していることが推測される。

また、シスト発芽試験では、シストは15℃以上の水温で、活発に発芽することが確認されたことから、年間の最低水温が約15℃前後である鹿児島湾においては、通年シストの発芽が可能で、栄養細胞が供給される環境にあると考えられる。このことは、鹿児島湾における定期赤潮調査で、ほぼ通年、細胞密度の差はあるものの、H.akashiwo が出現していることからも裏付けられる。また、八代海南部については、年間の最低水温が約13℃前後であるため、冬期はシストで休眠し、15℃を超える3月下旬以降、シストが活発に発芽し、栄養細胞が供給されていると考えられる。人代海では概ね4月下旬から5月にかけて H.akashiwo が赤潮を形成することからも、この事が裏付けられると考える。

#### 引用文献

- 1) 今井一郎. 赤潮微細藻類の計数と無菌培養法. 石田祐三郎・杉田治男(編),「海洋環境アセスメントのための微生物実験法」. 恒星社厚生閣, 2000: 85-90.
- 2) 折田和三. 1995年4月鹿児島湾で発生したヘテロシグマ赤潮について.南西海ブロック会議赤潮・環境生物研究会議事録平成7年度, 1996;7.
- 3) 平成15年度赤潮·貝毒等被害防止対策事業報告 書.閉鎖性海域赤潮被害防止対策(八代海 鹿児島 湾), 2004;8.
- 4) 平成16年度赤潮·貝毒等被害防止対策事業報告書.閉鎖性海域赤潮被害防止対策(八代海 鹿児島湾),2005;8.
- 5) 平成17年度赤潮・貝毒等被害防止対策事業報告 書.閉鎖性海域赤潮被害防止対策(八代海 鹿児島 湾), 2006;8.