

自然の自己修復機能を利用した赤潮防除新技術開発研究

西村昭史・畑直亜・藤原正嗣

目的

平成4年に英虞湾で発生した *Heterocapsa circularisquama* (以下ヘテロカプサ) 赤潮はアコヤガイを大量へい死させ、真珠養殖漁業に大打撃を与えた。以降英虞湾および周辺真珠養殖漁場では毎年のようにヘテロカプサ赤潮が発生し、アコヤガイのへい死のみならず養殖真珠の品質低下を引き起こしている。このため、赤潮発生予察技術開発に取り組むとともに漁業者を取り込んだモニタリング体制を構築し、赤潮の早期発見による被害軽減に努めている。しかし、毎年繰り返される赤潮に対し、漁業者から赤潮の発生自体を阻止する技術の開発が求められている。赤潮防除技術として薬剤による殺藻や粘土散布による凝集沈殿があるが、これらは閉鎖性の強い英虞湾では漁場環境への悪影響が懸念される。そこで、本研究では最近発見されたヘテロカプサのみ特異的に殺藻し他の生物に影響を与えず、赤潮の消長に関与する可能性のあるウイルス (Tomaru et al.2004) に着目し、殺藻ウイルスによる生態系の恒常性維持機能を利用した環境に優しいヘテロカプサ赤潮発生防止技術を開発する。

方法

1 海況およびヘテロカプサ出現状況調査

英虞湾立神浦では毎年のようにヘテロカプサ赤潮が発生するため、図1に示す立神浦の口部 (St.1)、中央部 (St.2)、奥部 (St.3) の3定点において、6月~10月の間は毎週1回、それ以外の期間は月2回、水温、塩分、pH、濁度、クロロフィルをクロロテック (アレック電子AAQ1183) によって測定した。同時に St.1 では0m, 5m, B-1mの3層、St.2 および St.3 では0m, B-1mの2層から採水し、栄養塩およびヘテロカプサ密度の測定に供した。

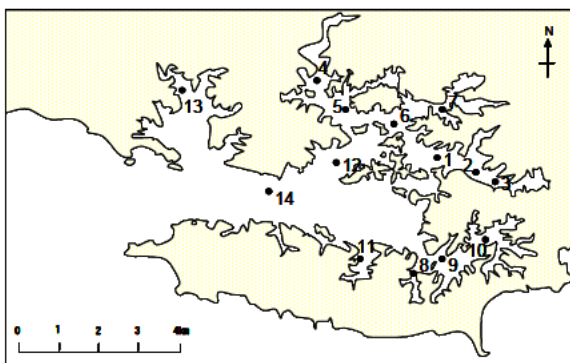


図1 調査地点図

2 ヘテロカプサ殺藻ウイルス出現動態調査

上記海況調査に合わせて、St.1~3の3定点における水中および底泥中の殺藻ウイルス密度を、ウイルス感受性の異なるヘテロカプサ培養株2株 (H18A2およびH18A5) をホストにバイオアッセイによって測定した。すなわち、SWM3培地で培養し対数増殖期にある2株のヘテロカプサに0.2μmでろ過した試水を添加し、殺藻の有無によるMPN法でウイルス密度を算定した。なお、底泥は横山式柱状採泥器を用いて表層1cmから採泥し、SWM3で振盪抽出および遠心分離した上澄のろ液を供試し、湿泥1g当りのウイルス密度に換算した。

3 ヘテロカプサ殺藻ウイルス水平分布調査

図1に示す14測点において、5月22日、7月31日、9月11日に採泥を行い、前項と同様の手法で底泥中のウイルス密度を測定した。

4 ウィルス感染試験

ヘテロカプサおよびヘテロカプサ殺藻ウイルスには相互の感受性が異なる系統が存在することから (Tomaru et al 2004)、ヘテロカプサとウイルス相互の感受性を把握する必要がある。そこで英虞湾から分離したヘテロカプサ4株に、英虞湾から分離したウイルス3株と瀬戸内海区水産研究所から提供を受けたウイルス6株を接種し、殺藻状況を観察した。

5 海底耕耘影響調査

殺藻ウイルスは赤潮終息後水中からは短期間に消滅するが、底泥中には比較的長期間残存していることから、底泥中のウイルスの水中回帰手法として海底耕耘が考えられる。立神浦浚渫工事の一環として、7月16日にSt.2付近で海底掃除が行われ、海底耕耘と同等の影響が見込まれたことから、海底掃除 (以下海底耕耘) 場所において、海底耕耘直前と直後の水質および水中の殺藻ウイルス密度を測定した。また、前後2週間程度のプランクトン出現状況についても調査した。

結果および考察

1 海況およびヘテロカプサ出現状況調査

ヘテロカプサは6月25日にSt.1で最初に確認された。7月下旬にはすべての地点で増殖が確認されたものの、細胞密度は7月30日、St.2の41 cells/mlが最高であった。8月6日を最後に増殖は終息し、その後は9月18日に

St.3 で 1 cells/ml が確認されたのみであった (表 1)。ヘテロカプサ増殖の制限要因としては、生物学的要因として 7 月上旬と下旬の珪藻の増殖および 8 月上旬の *Gymnodinium impudicum* の増殖、物理化学的要因として 7 月中旬の大雨による極端な塩分低下とその後の低水温、低塩分環境の継続および 8 月の溶存酸素の動態が示す底層の比較的良好な海水交換の継続などが考えられた。なお、その他の水質項目とヘテロカプサ出現状況には関連が見出せなかった。

2 ヘテロカプサ殺藻ウイルス出現動態調査

表 1 に示すように立神浦の 3 定点とも水中から殺藻ウイルスは検出されなかった。底泥からは 7 月 17 日に St.3 で 3.01/wg、9 月 3 日に St.2 および St.3 でそれぞれ 4.03/wg および 3.68/wg、9 月 25 日に St.3 で 3.89/wg の H18A2 株感受性ウイルスが検出されたのみであった。立神浦ではヘテロカプサは 6 月下旬から 8 月上旬にかけて散発的に出現したが、赤潮を形成するに至らなかったため、殺藻ウイルスも増殖せず検出されなかったと考えられる。

3 ヘテロカプサ殺藻ウイルス水平分布調査

3 回の英虞湾全域調査では 7 月 31 日に St.5 で 3.88/wg の H18A2 株感受性ウイルスが検出されたのみで、他地点および他調査日には殺藻ウイルスは全く検出されなかった (表 2)。英虞湾では前年度に引き続き今年度も赤潮といえるほどヘテロカプサが増殖しなかったことから、底泥中に残存する殺藻ウイルスはきわめて少なかったと考えられる。

4 ウィルス感染試験

英虞湾から分離されたヘテロカプサ 4 株は、ウィルス 644 に感受性のある H18A2 と感受性のない他の 3 株の 2 タイプに分かれた (表 3)。これは Tomaru et al(2004)が報

告した CY-type と UA-type に相当し、H18A2 が CY-type、H18A1、H18A3 および H18A5 が UA-type に相当すると考えられる。英虞湾から分離されたウィルス HcV は DNA 型の大型ウィルスと考えられ、両タイプのヘテロカプサに強い殺藻性を示した。ヘテロカプサおよびウィルスはさらに新たなタイプが存在している可能性があり、感受性タイプが異なると全く殺藻効果が認められないことから、英虞湾でのヘテロカプサおよびウィルス株の探索を進めていく必要がある。

5 海底耕耘影響調査

前々日からの台風による大雨と波浪のため、調査海域は普段より懸濁しており、濁度は下層より上層で高くなる傾向が見られた。海底耕耘後、一部で底層の濁度が上昇したが、広範囲にわたる顕著な濁りの発生は認められなかった。また、底層付近の栄養塩濃度も耕耘前後で顕著な変化が認められなかった。殺藻ウイルスはこの時期底泥中から検出されておらず、耕耘後の水中からも検出されなかったため、海底耕耘によるウィルスの水中回帰は確認できなかった。

プランクトンは海底耕耘時には *Chaetoceros* spp. と *Skeletonema costatum* を主体とする珪藻が優占し、これらは 7 月末には激減したものの、海底耕耘との関連は明確でなかった。

関連報分

Yuji Tomaru et al (2004) Aquatic Microbial Ecology 34:207-218.

表 1-1 St.1 における殺藻ウィルスおよびヘテロカプサ出現状況

測点 ホスト株 採水層	St.1								Heterocapsa (cells/ml)
	H18A2				H18A5				
	0m	5m	B-1m	底泥	0m	5m	B-1m	底泥	
07/4/9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/4/23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/5/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/5/21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/6/4				0					0
07/6/11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/6/18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/6/25	0	0	0	0	0	0	0	0	1
07/7/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/7/9	0	0	0	0	0	0	0	0	1
07/7/17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/7/23	0	0	0	0	0	0	0	0	1
07/7/30	0	0	0	0	0	0	0	0	6.4
07/8/6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
07/8/13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/8/20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/8/27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/9/3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/9/10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/9/18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/9/25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/11/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/11/19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/12/3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/12/17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/1/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/1/21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/2/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/2/20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/3/3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/3/17	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 1-2 St.2 における殺藻ウィルスおよびヘテロカプサ出現状況

測点 ホスト株 採水層	St.2								Heterocapsa (cells/ml)	
	H18A2				H18A5					
	0m	B-1m	底泥	0m	B-1m	底泥	0m	B-1m		底泥
07/4/9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/4/23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/5/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/5/21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/6/4				0						0
07/6/11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/6/18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/6/25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/7/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/7/9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/7/17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/7/23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
07/7/30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
07/8/6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/8/13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/8/20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/8/27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/9/3	0	0	4.03	0	0	0	0	0	0	0
07/9/10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/9/18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/9/25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/10/29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/11/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/11/19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/12/3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/12/17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/1/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/1/21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/2/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/2/20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/3/3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/3/17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 1-3 St.3 における殺藻ウィルスおよびヘテロカプサ出現状況

測点 ホスト株 採水層	St.3						Heterocapsa (cells/ml)
	H18A2			H18A5			
	0m	B-1m	底泥	0m	B-1m	底泥	
07/4/9	0	0	0	0	0	0	0
07/4/23	0	0	0	0	0	0	0
07/5/7	0	0	0	0	0	0	0
07/5/21	0	0	0	0	0	0	0
07/6/4			0				0
07/6/11	0	0	0	0	0	0	0
07/6/18	0	0	0	0	0	0	0
07/6/25	0	0	0	0	0	0	0
07/7/2	0	0	0	0	0	0	0
07/7/9	0	0	0	0	0	0	0
07/7/17	0	0	3.01	0	0	0	0
07/7/23	0	0	0	0	0	0	26
07/7/30	0	0	0	0	0	0	16
07/8/6	0	0	0	0	0	0	1
07/8/13	0	0	0	0	0	0	0
07/8/20	0	0	0	0	0	0	0
07/8/27	0	0	0	0	0	0	0
07/9/3	0	0	3.64	0	0	0	0
07/9/10	0	0	0	0	0	0	0
07/9/18	0	0	0	0	0	0	1
07/9/25	0	0	3.89	0	0	0	0
07/10/1	0	0	0	0	0	0	0
07/10/8	0	0	0	0	0	0	0
07/10/15	0	0	0	0	0	0	0
07/10/22	0	0	0	0	0	0	0
07/10/29	0	0	0	0	0	0	0
07/11/5	0	0	0	0	0	0	0
07/11/19	0	0	0	0	0	0	0
07/12/3	0	0	0	0	0	0	0
07/12/17	0	0	0	0	0	0	0
08/1/7	0	0	0	0	0	0	0
08/1/21	0	0	0	0	0	0	0
08/2/4	0	0	0	0	0	0	0
08/2/20	0	0	0	0	0	0	0
08/3/3	0	0	0	0	0	0	0
08/3/17	0	0	0	0	0	0	0

表 2 英虞湾全域における殺藻ウィルス出現状況

調査日 ホスト株	2007/5/22		7/31		9/11	
	H18A2	H18A5	H18A2	H18A5	H18A2	H18A5
St.1 立神口	0	0	0	0	0	0
St.2 立神中	0	0	0	0	0	0
St.3 立神奥	0	0	0	0	0	0
St.4 鶴方	0	0	0	0	0	0
St.5 鶴方口	0	0	3.88	0	0	0
St.6 賢島	0	0	0	0	0	0
St.7 神明	0	0	0	0	0	0
St.8 布施田	0	0	0	0	0	0
St.9 片田	0	0	0	0	0	0
St.10 船越	0	0	0	0	0	0
St.11 和具	0	0	0	0	0	0
St.12 間崎	0	0	0	0	0	0
St.13 塩屋	0	0	0	0	0	0
St.14 たこのぼり	0	0	0	0	0	0

表 3 殺藻ウィルスとヘテロカプサの感受性マトリックス

	ヘテロカプサ株			
	H18A1	H18A2	H18A3	H18A5
34	2	0	2	2
630	1	0	1	1
641	2	0	2	2
644	0	1	0	0
659	2	0	1	2
664	0	0	1	1
HcV	4	4	4	4
VA01	1	0	1	1
VA02	2	4	3	3

0:効果なし
 1:一部不動化沈積
 2:不動化一部溶藻
 3:溶藻一部遊泳
 4:完全溶藻