

児島湾口部ノリ養殖漁場におけるあかぐされ病の発生

清水 泰子・草加 耕司・杉野 博之*

Epidemic of Red Rot Disease of Nori *Porphyra* spp. in a Cultivation Farm at the Entrance to Kojima Bay

Yasuko Shimizu, Koji Kusaka and Hiroyuki Sugino

キーワード：あかぐされ病，ノリ養殖，遊走子

あかぐされ病はアマノリ類の葉状体に赤さび色の病斑が生じる病気で，原因菌は卵菌綱フハイカビ目の *Pythium porphyrae* (以下，あかぐされ病菌) である。ノリ *Porphyra* spp. 養殖では一般的だが，しばしば爆発的に蔓延し，品質低下や藻体の流失などの被害が発生する¹⁾。菌体は分枝する糸状で，ノリ細胞を貫通して伸長する。遊走子嚢を形成し，無性生殖を繰り返して増殖するが，特に低塩分のとき成長と増殖が活発になる²⁾。環境変化などに応じて有性生殖を行い，卵胞子を形成して海底泥中で越冬し，秋季に再びノリ葉体に感染する³⁾。近年，本病の流行を事前に察知する方法として，海水中の遊走子を蛍光抗体法⁴⁾や PCR 法⁵⁾で検出する技術が開発され，実用化されてきた。岡山県海域でも度々被害を出してきた本病について，遊走子の早期検出が病気発生を予察するものとなり得るか検討するため，2006，'07年度漁期に児島湾口部ノリ養殖漁場において遊走子の分布と葉体への感染を調査した。

材料と方法

'06年度漁期調査 '06年10月16日から'07年2月14日の間に，図1に示した児島湾口部の16定点で，海水中のあかぐされ病菌遊走子の有無を24回調査した。基本的に午前中に調査を行い，各点の表層水1lを船上から直接採取して試料とした。採取時に，Compact-CTD (アレック電子：ASTD687) で各点の塩分を測定した。また，葉体が観察に十分な長さに伸長した11月30日以降，感染率調査を開始し，調査点に隣接する養殖セットから採取したノリ葉体を肉眼と光学顕微鏡で観察し，病斑の有無を確認した。病斑が1か所以上あれば感染個体とみなし，50

枚中の感染率を算出した。

遊走子の検出を，Park ら⁵⁾及び愛知県⁶⁾による PCR 法で行った。まず，不用物を取り除くため海水500mlを10 μ mのナイロンメッシュ (Sefar Inc：HD10) で濾過した後，孔径3 μ mのポリカーボネイトフィルター (ミリポア：TSTP04700) で再び濾過して遊走子をフィルター上に回収し，フィルターごと600 μ lチューブに収容し，50 μ lの TE バッファーを加え，90℃で20分間熱処理した。チューブの口にフィルターを挟んで3,000rpmで30秒間遠心し，フィルターから処理液を分離した。処理液の原液と1/10希釈液それぞれ1 μ lを鋳型としてPCRとNested PCRを行い，原液と希釈液のどちらか一方，または両方が陽性となった場合に遊走子が検出されたとみなした。PCRには TaKaRa Ex Taq Hot Start Version (タカラバイオ株式会社：RR006A) を用い，1st PCRのプライマーには TGTGTTCTGTGCTCCTCTC-3' 及び CCCAAATTGGTGTTCCTCC-3'⁵⁾を開発者の許可を得て使用し，Nested PCRには CTGTTATGGTGGTT

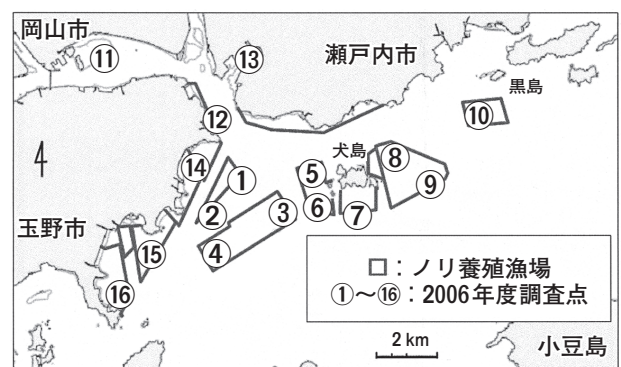


図1 '06年度漁期調査点

TGCCGATG-3'及び AACCATTTGCCAGCCATTGC-3'⁶⁾を使用した。

集中調査 ごく狭い範囲の遊走子の分布に与える潮流の影響を調査するため、'07年3月9日に児島湾口部南側の長洲漁場で集中調査を行った。図2に示した区画西端

で、漁場の端から東方向に約20m間隔で9点採水した。各点の表層、1m層、及び3m層から採水した海水500mlを、前述と同様の方法で処理した。また、西端から1つ置きに3つのセットで葉体を採取し、前述と同様に感染率を算出した。当日の上げ潮時、下げ潮時の2回採水を行った。

'07年度漁期調査 '07年度漁期調査点と漁場の通称を図3に示した。'06年度に海水から遊走子が最初に検出された児島湾口部南側の海域に設定した35点で、11月5日からモニタリング調査を開始した。開始後は、処理労力を考慮し、点数は変えずに調査範囲のみ拡大しながら、'08年1月10日までに17回の調査を行った。各調査点で干潮時、あるいは干潮から上げ潮に向かう時間帯に、表層水を1l採取し、500mlを前述の方法に従って遊走子の検出に供した。11月22日に8点で葉体調査を開始し、採水調査範囲の拡大に従って場所を変更しながら13点まで増やした。ただし、この時の感染率の算出には、葉体30枚を供した。Compact-CTDで塩分を測定し、葉体調査と同様に遊走子調査範囲の拡大に従って採水点周辺の8点から13点に調査点を増やした。

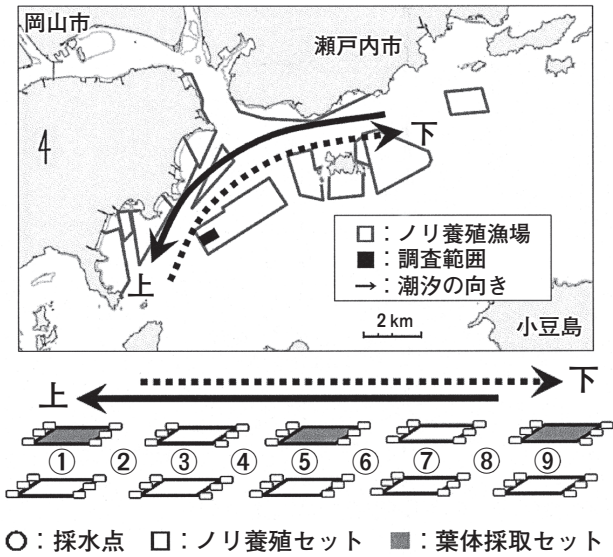
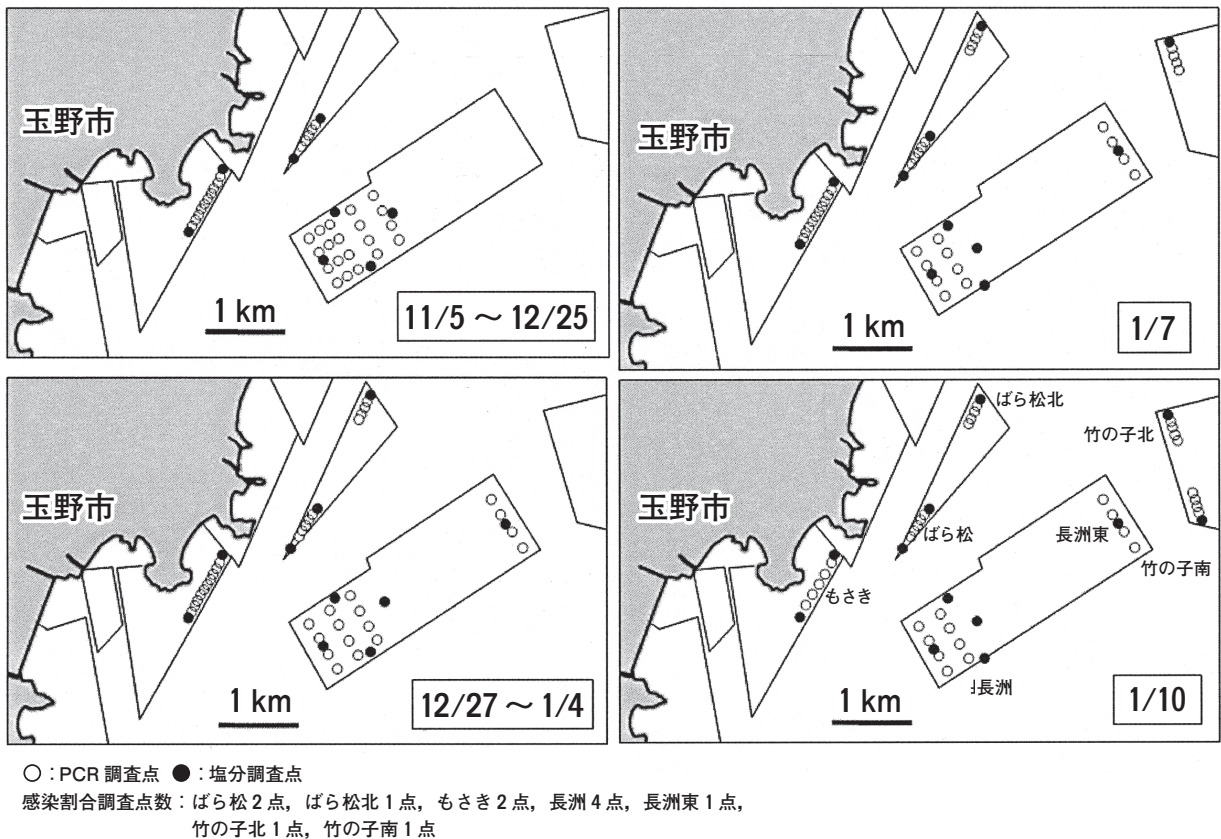


図2 '06年度集中調査場所



○：PCR 調査点 ●：塩分調査点
 感染割合調査点数：ばら松2点，ばら松北1点，もさき2点，長洲4点，長洲東1点，竹の子北1点，竹の子南1点

図3 '07年度漁期調査点と漁場の通称

表1 '06年度漁期調査結果

定点 No	調査日					
	10/16	10/20~ 1/5*	1/15	1/24	2/5	2/14
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	0	2	2	0
3	-	-	0	34	0	12
4	+	-	6	40	0	0
5	-	-	0	2	0	25
6	-	-	0	32	0	46
7	-	-	0	0	0	2
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	0	0
11	-	-	-	-	0	4
12	-	-	-	-	+	-
13	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-

*調査日は10/20, 24, 30, 11/2, 8, 13, 17, 20, 24, 30, 12/5, 8, 11, 14, 18, 22, 26
 定点7は10/16~24まで、定点8, 9は10/16~11/30まで欠測
 上段：PCR 結果 (+：陽性, -：陰性)
 下段：葉体感染率 (50枚中の感染葉体%)
 空欄：実施せず

結果及び考察

'06年度漁期調査 '06年度漁期調査結果を表1に、岡山市降水量と児島湾内以外の調査点(図1中の①~⑩, 及び⑭~⑯)の平均塩分の推移を図4に、期間中の牛窓沖水温を図5に示した。'06年度は10月中旬から11月上旬にかけて、水温が過去10年平均値を1℃以上上回る日が連続し、降下が停滞したため、育苗の過程で芽傷みや芽落ちが発生した⁷⁾。他の網に重ねて二次芽の再付着を待つ、あるいは新たに養殖網を調達するなどの対応をとった生産者も多く、調査範囲内の全区画で養殖日程が大幅に遅れた。

遊走子は10月16日に湾口南部で確認されたが、これ以降翌年の1月5日まで遊走子、葉体への感染ともに全く確認されなかった。期間中、降水によって塩分は度々低下し、菌の増殖しやすい環境があったにもかかわらず病気が蔓延しなかった理由として、養殖日程が遅延したた

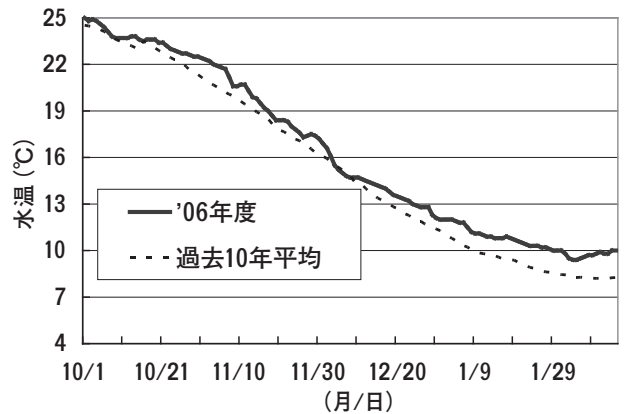
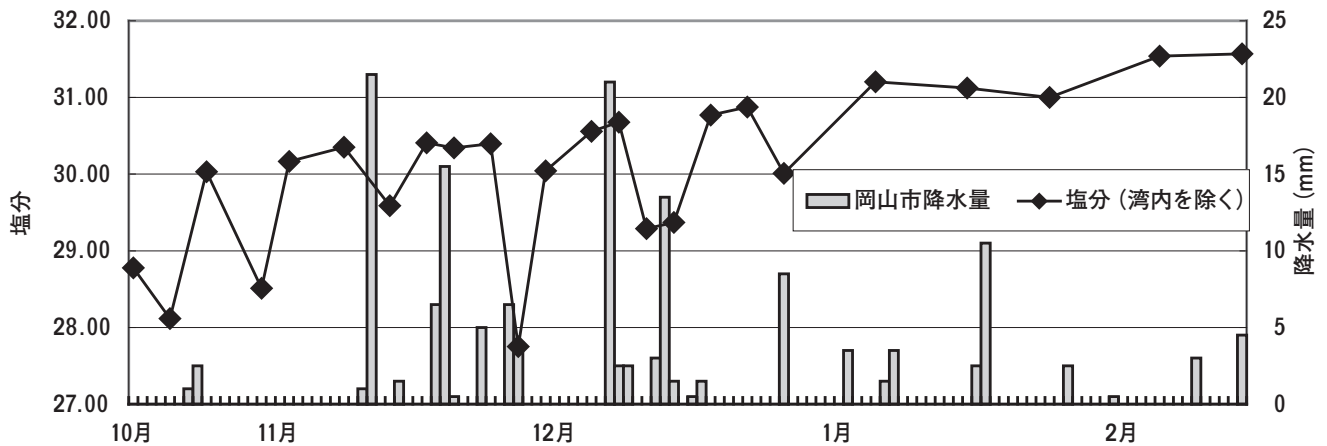


図5 '06年度調査期間中の牛窓沖水温



降水量は気象庁HP気象統計情報より

図4 '06年度岡山市降水量と児島湾内以外の調査点の平均塩分の推移

表2 '06年度集中調査結果

定點 No	調査結果								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50枚中感染率 (%)	22			30			32		
上げ潮時	0 m	+	+	+	-	-	-	+	-
	1 m	+	+	-	+	-	-	+	-
	3 m	-	+	+	-	-	-	+	+
下げ潮時	0 m	-	-	-	-	-	-	-	+
	1 m	-	-	-	-	+	-	+	+
	3 m	-	-	-	-	-	-	+	+
	空欄	実施せず							

+: PCR 陽性, -: PCR 陰性 空欄: 実施せず

め、菌の増殖に適した環境であった期間には漁場に宿主となるノリ葉体が少なかったこと、葉体が伸びて感染に十分量となったときには、菌の増殖しにくい低水温期に入っていたこと等が考えられた。1月15日以降、病斑は米粒大と小さく、病勢は弱いながらも感染範囲は北側湾口部と東側の漁場へ拡大し、約1か月後の2月14日には調査範囲の東端まで到達した。このとき葉体調査点の9点中5点で感染が確認されたが、PCR 結果は全て陰性であった。

また、湾外と比較して塩分の低い児島湾内では遊走子は確認されず、菌の増殖に有利な低塩分域ではあるものの、児島湾内は感染源ではないと考えられた。

集中調査 長洲漁場で行った集中調査の結果を表2に示した。上げ潮時には27採水点中12点で遊走子が確認されたが、下げ潮時には6点であった。9点の表層だけを見ると、遊走子が検出できたのは、上げ潮時4点、下げ潮時1点であった。感染割合は西端のセットから1つ置きに22, 30, 32%であった。モニタリング時に葉体調査結果と PCR 結果が一致していなかったことを合わせて考えると、各調査点の表層水を1回採取する従来の方法では、感染葉体割合が30%以下の場合、遊走子を検出できない可能性があると考えられた。また、下げ潮時に採水点①~⑧で遊走子が検出されなかったのは、調査範囲に養殖区画外から東向きに海水が流入していたため、遊走子も東側へ押されたためと考えられた。遊走子量と潮汐には関係性が無い⁸⁾にしても、調査にあたってはその影響を考慮する必要があると言える。これらのことから、感染の初期段階や、遊走子量が少ない場合の遊走子検出には、相当密な採水を行う必要性が示唆された。

'07年度漁期調査 '07年度漁期の調査結果を表3, 4に、期間中の岡山市の降水量と調査範囲ごとの平均塩分の推移を図6に示した。'07年冬季の降水量は平常並み以上であったが、塩分は高め⁹⁾で概ね32以上で推移した。12月6日に長洲漁場で、17日にもさき漁場で海水から遊走子が検出され、12月25日にはばら松漁場で葉体に感染

表3 '07年度 PCR, 葉体調査結果

定點 No	調査日	PCR 結果											
		11/5~12/3	12/6	12/10	12/13	12/17	12/20	12/25	12/27	1/4	1/7	1/10	
ばら松北	1									-	-	+	-
	2									-	-	+	+
	3									-	-	+	+
	4									-	+	+	+
葉体1									0	3	37	87	
ばら松	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	4	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
葉体1	0	0	0	0	0	0	0	7	3	60	23	60	
葉体2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	23	85	
もさき	1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
	6	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	8	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
葉体1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	17	
葉体2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3	
長洲	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
葉体1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
葉体2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	
葉体3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
葉体4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
長洲東	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
葉体1									0	0	17	30	
竹の子北	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
葉体1											7	20	
竹の子南	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
葉体1												10	

+: PCR 陽性, -: PCR 陰性, 数字: 葉体30枚中感染率%, 空欄: 実施せず

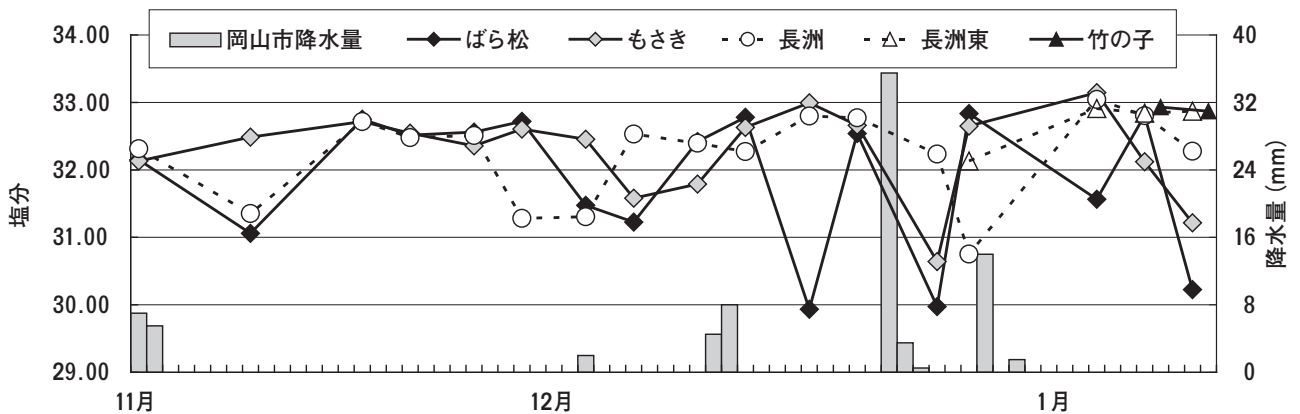
が確認された。このとき、ばら松漁場では5点中2点、もさき漁場では10点中2点で海水から遊走子が検出された。12月27日にはばら松漁場と長洲漁場では遊走子が確認されず、もさき漁場では10点中1点と検出率が低下した。1月4日の調査では再び検出率が上昇し、ばら松、長洲漁場の9点中3点, 14点中1点で遊走子が検出され、葉体を採取した10セット中4セットで感染が確認された。

12月25日、及び1月4日の検出率の上昇は、その直前における降水が影響したためと考えられた。'06年度と同様に、遊走子が確認され始めたのは湾口部の南側であったが、感染葉体はより北側の湾口部で確認され始めたことから、遊走子は湾口南部で供給され、低塩分で菌の増

表4 '07年度調査塩分

調査日	11/5	11/12	11/19	11/22	11/26	11/29	12/3	12/6	12/10	12/13	12/17	12/20	12/25	12/27	1/4	1/7	1/10
定點 No																	
ばら松北 1														25.61	28.68	32.95	32.82
ばら松 1	32.16	29.62	32.75	32.46	32.56	32.74	30.87	31.17	32.52	32.86	30.63	32.42	30.06	32.84	30.51	32.84	30.54
ばら松 2	32.14	32.50	32.75	32.57	32.56	32.70	32.08	31.28	32.32	32.70	29.24	32.66	29.89	32.83	32.62	32.78	29.91
もさき 1	32.21	32.46	32.73	32.49	32.47	32.56	32.41	31.78	31.70	32.64	32.99	32.71	30.24	32.58	33.17	32.23	30.78
もさき 2	32.05	32.51	32.70	32.60	32.24	32.65	32.50	31.38	31.88	32.62	33.00	32.61	31.04	32.72	33.12	32.01	31.65
長洲 1	32.37	32.49	32.70	32.58	32.51	32.76	31.10	32.19	32.63	32.95	32.77	32.85	31.89	32.88	33.18	32.76	31.98
長洲 2	32.29	32.56	32.72	32.36	32.55	32.72	31.25	32.73	32.69	32.95	32.74	32.79	32.20	28.90	32.81	32.79	32.36
長洲 3	32.23	29.57	32.71	32.46	32.49	29.62	31.24	32.61	32.56	32.32	32.83	32.67	32.41	28.95	33.18	32.82	32.49
長洲 4	32.37	30.79	32.73	32.51	32.49	30.03	31.63	32.59	31.70	30.87	32.85	32.78	32.44	32.28	33.01	32.84	
長洲東 1														32.13	32.91	32.84	32.87
竹の子北 1																32.93	32.85
竹の子南 1																	32.89

空欄：実施せず



降水量は気象庁HP気象統計情報より

図6 '07年度漁期の岡山市降水量と調査範囲ごとの平均塩分推移

殖しやすい湾口部で活発に増殖，感染する可能性が考えられた。

その後，'06年度の感染拡大経路に従い調査範囲を拡大したが，遊走子がやや先に，あるいは遊走子の検出と葉体感染が同時に確認されるという状態で，病気の範囲は東方向へと拡大した。調査終了時には，淡水の影響が大きい湾口部で感染率が80%を超えた。

'07年度は4漁場の7範囲で調査を行い，うち3範囲で葉体感染の前に海水中の遊走子を検出し，3範囲で葉体感染と同時に遊走子を検出した。このことから，一見するだけでは分からない程度の感染が拡大しつつあるような場合でも，複数点採水し，遊走子をPCR法で検出すれば，蔓延を事前に察知できる可能性があると考えられた。

水温と塩分の関係から病斑拡大係数を求める服部ら¹⁰⁾の式を用いて，12月17日から1月10日までの，ばら松北，ばら松，もさき，長洲，長洲東の各調査範囲について求めた病斑拡大係数の推移を，図7に示した。病斑拡大係数は各範囲ではほぼ同様に低下しており，漁場全体で菌にとっての環境が悪化したことを示しているが，この間も

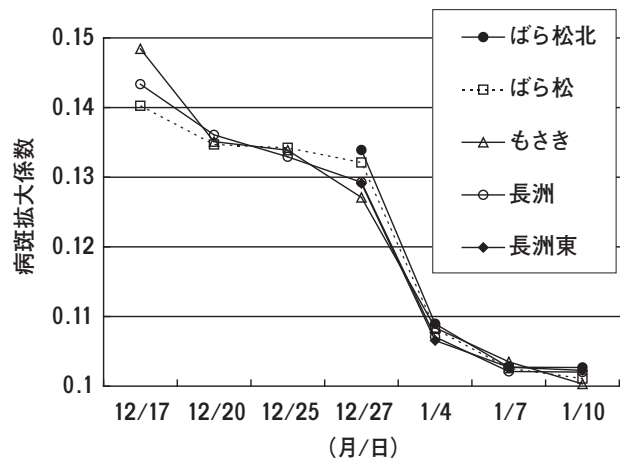


図7 病斑拡大係数の推移

病勢は拡大していた。

ここで，調査した2か年の感染の広がりに着目すると，'06年度は1月15日に始めて感染が確認され，約30日後には黒島漁場に到達した。'07年度は最初に病斑が観察されてから13日間で，およそ中央に位置する竹の子漁場まで感染が広がっており，感染の広がる速度はほぼ同じであ

った。2か年とも病勢が非常に弱かったことから、遊走子量も少なかったと考えられ、病勢の強い場合の感染速度はさらに速いと推測された。

本調査から、病気の初動と拡大の傾向が明らかになったが、病勢が強い場合の状況については、調査期間中に確認することが出来なかった。遊走子の検出と葉体の感染確認がほぼ同時であったが、本調査では養殖に影響を与えないほど弱い病勢でも罹病とみなしたためとも考えられる。今後は病勢が強い場合の遊走子の分布や、遊走子濃度と葉体感染の時間的関係を調査する必要がある。

謝 辞

本調査を行うにあたり、プライマー配列の使用を許可していただいた株式会社白子のりに感謝いたします。また、多回に渡ってノリ葉体を提供していただいた牛窓町漁業協同組合、朝日漁業協同組合、岡山市漁業協同組合、銚立漁業協同組合、小串漁業協同組合、胸上漁業協同組合の皆様に感謝いたします。

文 献

- 1) 日本水産学会編, 1973: 水産学シリーズ2 のりの病気, 恒星社厚生閣, 147pp.
- 2) 新崎盛敏, 1947: アサクサノリの腐敗病に関する研究, 日本水誌, **13**, 74-90.
- 3) 川村嘉応, 横尾一成, 東條元昭, 1999: ノリ養殖におけるアカグサレ病菌の生活環に関する研究-1. 有明海の海底泥中からのアカグサレ病菌の分離. 平成11年度日本水産学会(日本農学大会水産部会)春季講演要旨集, 15.
- 4) H. Amano, K. Sakaguchi, M. Maegawa, and H. Noda, 1996: The Use of a Monoclonal Antibody for the Detection of Fungal Parasite, *Pythium* sp., the Causative Organism of Red Rot Disease, in Seawater from *Porphyra* Cultivation Farms. *Fish Sci*, **62**, 556-560.
- 5) C. Park, M. Kakinuma and H. Amano, 2001: Detection of the red rot disease fungi *Pythium* spp. by polymerase chain reaction, *Fish Sci*, **67**, 197-199.
- 6) 愛知県, 2004: DNA 解析等を利用した病原菌の検出技術開発(あかぐされ)平成15年度先端技術等地域実用化研究促進事業報告書, 愛知水試, 5-10.
- 7) 杉野博之, 清水泰子, 野坂元道, 2007: 平成18年度ノリ養殖概況, 岡山水試報, **22**, 159-161.
- 8) 福永 剛, 2006: ノリ漁場におけるあかぐされ病菌遊走子の分布, 福岡水技セ研報, **16**, 35-39.
- 9) 岩本俊樹・難波洋平・高木秀蔵, 2008: 平成19年度岡山県沿岸海域の海況及び水質, 岡山水試報, **23**, 45-47.
- 10) 服部克也, 蒲原 聡, 原田靖子, 柿沼 誠, 2007: 2004年と2005年における愛知県内ノリ養殖漁場海水中のあかぐされ病遊走子のPCR法による検出結果. 水産増殖, **55**, 483-487.