

マガキ養殖における食害防止に関する研究

山田 京平^a・佐藤 利幸・俵積田 貴彦・宮内 正幸・大形 拓路
(豊前海研究所)

マガキ *Crassostrea gigas* 養殖時の食害防止対策の開発を目的として、魚類の食害による稚貝の減耗が激しい豊前海南部漁場で、食害防止試験を実施した。その結果、垂下連を束ねて垂下した試験区で、食害防止効果が確認され、生産現場で利用可能な食害防止対策としての有効性が示唆された。

キーワード：食害・マガキ・クロダイ・束ね垂下・カゴ垂下

福岡県豊前海区でのマガキ養殖は、1983年に恒見漁協（現豊前海北部漁協恒見支所）で試験養殖が開始されてから急速に発展し、現在では「豊前海一粒かき」というブランド名で年間1,500トンを超える生産を揚げる冬季の主幹漁業に成長している。

しかし、2010年から豊前海南部地域で魚類によるマガキの食害が発生し、2012年には生産量の著しい低下を引き起こした¹⁾。魚類による食害は、広島湾でもマガキ養殖に甚大な被害を与えている²⁾。中村ら¹⁾は豊前海において筏に蝟集する魚類の胃内容物の分析等から主にクロダイがマガキを捕食していると報告した。

このため、マガキ養殖の生産現場では、効果的な食害対策が強く求められている。本意研究は、効果的かつ、実用的な食害対策の開発を目的とした。

方 法

1. 食害状況調査

豊前海における食害の状況を把握するため、2012年は6月から8月、2013～2015年は5月から8月にかけて、図1における豊前海6定点において食害状況調査を行った。調査は毎月、中旬に実施し、筏中央部の垂下連からコレクターを5枚ランダムに回収し、食害痕数と生残稚貝の殻高を測定した。食害痕数は中村ら¹⁾の報告に従い、コレクター表面に確認できるものを計測し、以下の式に基づき食害率を求めた。

$$\text{食害率(\%)} = \frac{\text{食害痕数}}{(\text{食害痕数} + \text{生残マガキ個体数})} \times 100$$

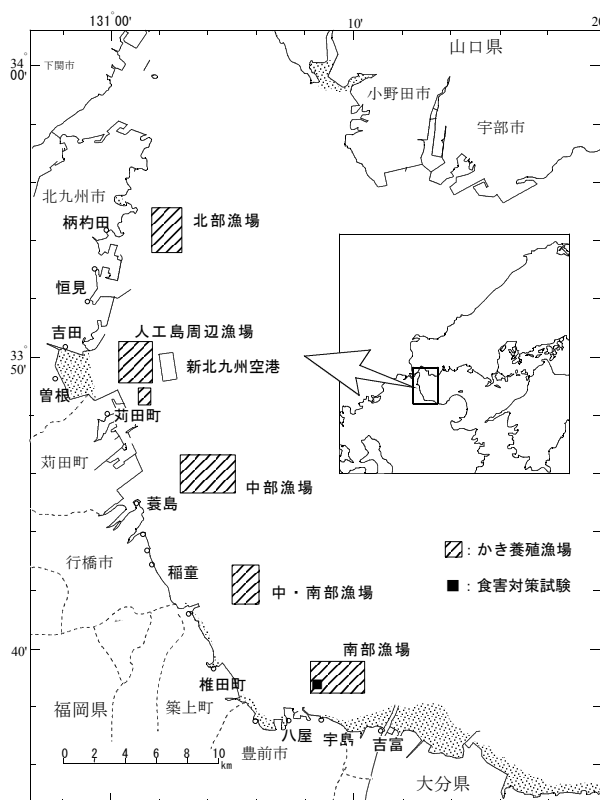


図1 マガキ養殖漁場及び調査位置

また、魚類による食害の実態を観察するため、2012年～2015年にかけて、食害圧が強まる6月に、南部漁場宇島地先の養殖筏中央部、水深2mに水中ビデオカメラ（ソニーハンディカムおよびハンディカムマリパック）を設置し、30分毎に1分間のインターバルで1ヶ月間撮影を行った。

a 現所属：水産振興課



図2 東ね垂下区とカゴ垂下区

表1 垂下当初のコレクターあたり平均付着数

	2012	2013	2014	2015
垂下日	6月7日	5月29日	4月17日	4月10日
付着数(個)	40(±7)	83(±10)	78(±11)	76(±16)

*()内は標準偏差

2. 食害対策試験

2012年～2015年にかけて、南部漁場宇島地先の養殖筏で、3試験区を設け食害対策試験を行った。(図1)。

試験区の概要を下記に示す。(図2)

- ①東ね垂下区：垂下連を球状に束ねて結束バンドで止めた試験区。設置水深1.5m。
- ②カゴ垂下区：垂下連1本を丸ごとカゴに入れた試験区。丸かご直径40cm, 網目4cm。設置水深2m。
- ③通常区：通常通り垂下した対照区。

いずれの試験区も6mのロープに15cmごとにコレクターを挟み込んだものを垂下連として用いた。

垂下日と垂下時の稚貝のコレクターあたりの付着数を表1に示す。調査は毎月中旬に実施し、コレクター5枚を採取し、コレクターあたりの稚貝付着数、ランダムに採取したマガキ20個の平均殻高、殻付重量を測定した。殻高および殻付重量についてはFisherの最小有意差法による多重比較(有意水準5%)を行った。

また、カゴ垂下区のへい死を全て自然へい死によるものとし、調査が終了した8月中旬における各試験区の食害後の生残率を以下の式によって求めた。(へい死率は垂下当初に対する試験終了時のマガキ付着数の減耗率で、自然へい死と食害によるへい死を含む。)

$$\text{生残率(\%)} = 100 - (\text{へい死率} - \text{カゴ垂下区のへい死率})$$

魚類による食害の収束を食害痕の状況から確認した後、東ね垂下区についてはマガキの成長に伴う癒着および脱落を避けるために、直ちに束ねを解放し、通常の垂下に戻した。束ね垂下を解放した後、通常区と東ね垂下区の成長差を調べるために収穫時期の直前(11月)に2試験区のコレクターを採取し、上記試験と同様に付着数および平均殻高、殻付重量を測定した。殻高および殻付重量についてはt検定(有意水準5%)による2試験区間で

の統計処理を実施した。

3. 環境調査

マガキ垂下時期の4月から収穫時期の11月にかけて、毎月南部漁場宇島地先で、クロロテック(アレック電子ACL220-PDK)を用いて水温を測定した。水温は、マガキ種苗の垂下水深である0～5mの平均値を用いた。

結 果

1. 食害の被害状況調査

試験期間中の各漁場の食害率を図3に、殻高の推移を図4に示す。いずれの年も、南部漁場の食害率が最も高く、特に2013年の6月では約6割のマガキが食害を受けていた。食害は5、6月に最も激しく、7、8月にかけて収束した。また、いずれの漁場においても食害収束時の殻高は40mmを超えていた。

試験期間中の南部漁場における食害痕殻高分布を図5に示す。食害痕は殻長15mmから20mmのものが最も多く、次いで20mmから25mmのものが多かった。40mm以上の食害痕は全体のわずか6.2%であった。ビデオ撮影では設置期間中クロダイが最も多く出現し、ほかに中村らの報告¹⁾と同様、スズキ、ウマヅラハギの出現も見られた。クロダイについては、コレクターに付着した稚ガキなどをついばむ様子が確認された。(図6)(2012年6月撮影)

2. 食害対策試験

食害対策試験の結果を図7～図9に示す。

付着数は、通常区ではいずれの年も5、6月にかけて急激に減少する傾向を示した。それに比べて東ね垂下区、カゴ垂下区の付着数の減少は比較的緩やかであり、食害収束時点(8月)において、いずれの年も東ね垂下区、カゴ垂下区ともに通常区の2倍以上の付着数を維持していた(図7、8)。

殻高は、8月時点では、2012年は東ね垂下区=カゴ垂下区>通常区、2013～2015年はカゴ垂下区>東ね垂下区>通常区の順になった(図9)。

殻付重量は、8月時点では2012、2013年は、東ね垂下区=カゴ垂下区>通常区、2014年はカゴ垂下区>東ね垂下区>通常区、2015年にはカゴ垂下区>東ね垂下区=通常区の順になった(図9)。

食害収束時におけるマガキの食害後の生残率を表2に示す。東ね垂下区は平均して85.2%と通常区に比べて高い生残率を示した。

表2 食害収束時におけるマガキの食害後の生残率 (%)

	2012	2013	2014	2015	平均
通常区	50	78.3	44.9	64.5	59.4
束ね区	92.5	97.6	70.5	80.3	85.2
カゴ区	100	100	100	100	100

束ね垂下解放後の束ね垂下区と通常区の収穫時期直前における付着数および殻高、殻付重量を図10に示す。付着数は、2012年および2014年は束ね垂下区（解放後）は通常区に比べ、2倍以上の付着数を維持した。その他の年も束ね垂下区の付着数が通常区を上回った。殻高は、通常区と束ね垂下区（解放後）とに有意な差は見られなかった ($p>0.05$)。

殻付重量は、2013年については束ね垂下区（解放後）の殻付重量が通常区に比べて有意に大きくなった。その他の年は通常区と束ね垂下区（解放後）との間に有意な差は見られなかった ($p>0.05$)。

3. 環境調査

2012年から2015年の5～8月にかけての水溫データを図11に示す。食害が最も激しかった5月および6月の水溫は18.0℃～22.9℃で、食害が収束する7月から8月の水溫は23.8℃～30.0℃であった。いずれの年も8月に最高水溫を示し、試験期間中の最高水溫は2013年の30.0℃であった。

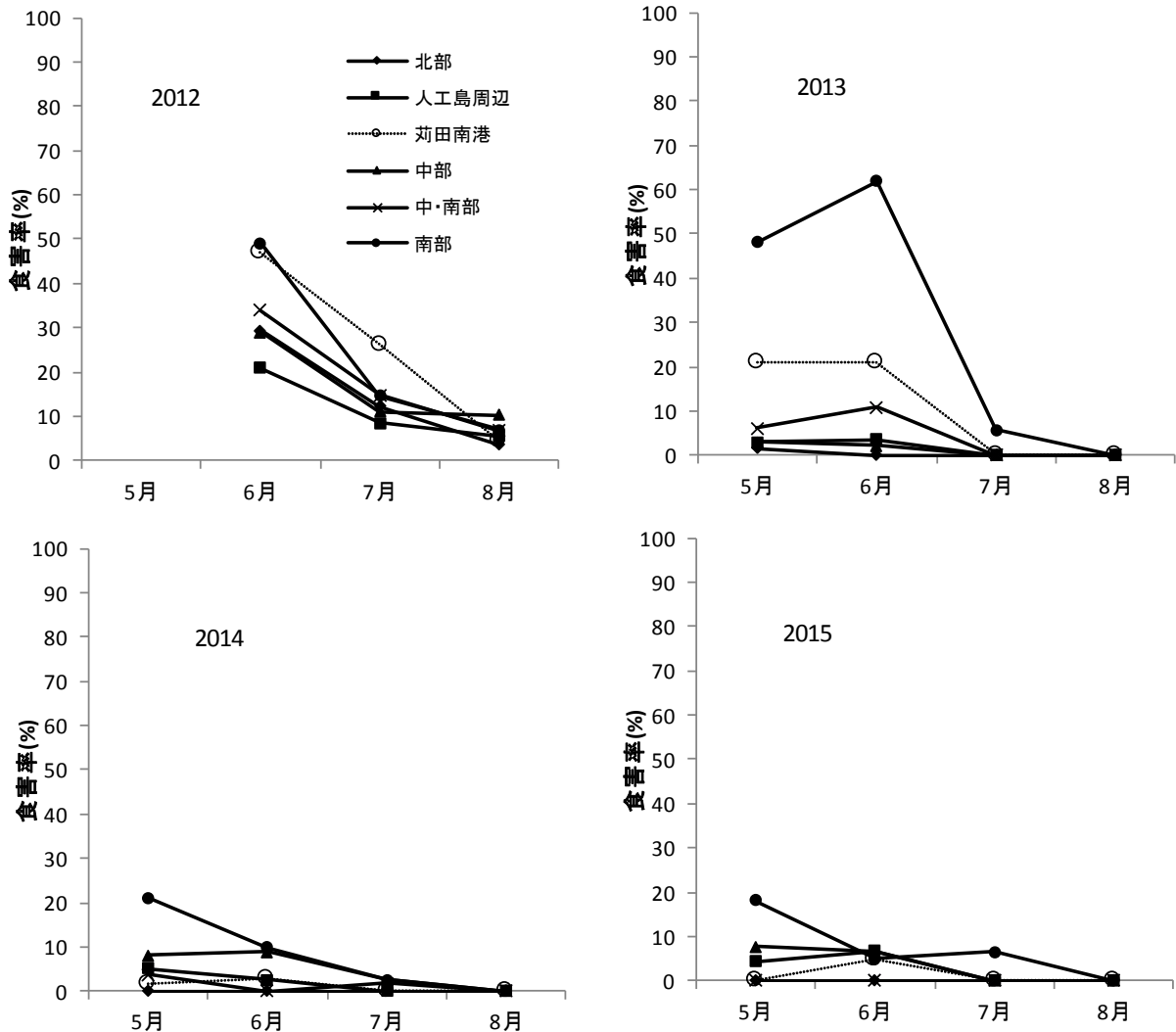


図3 試験期間中の各漁場の食害率

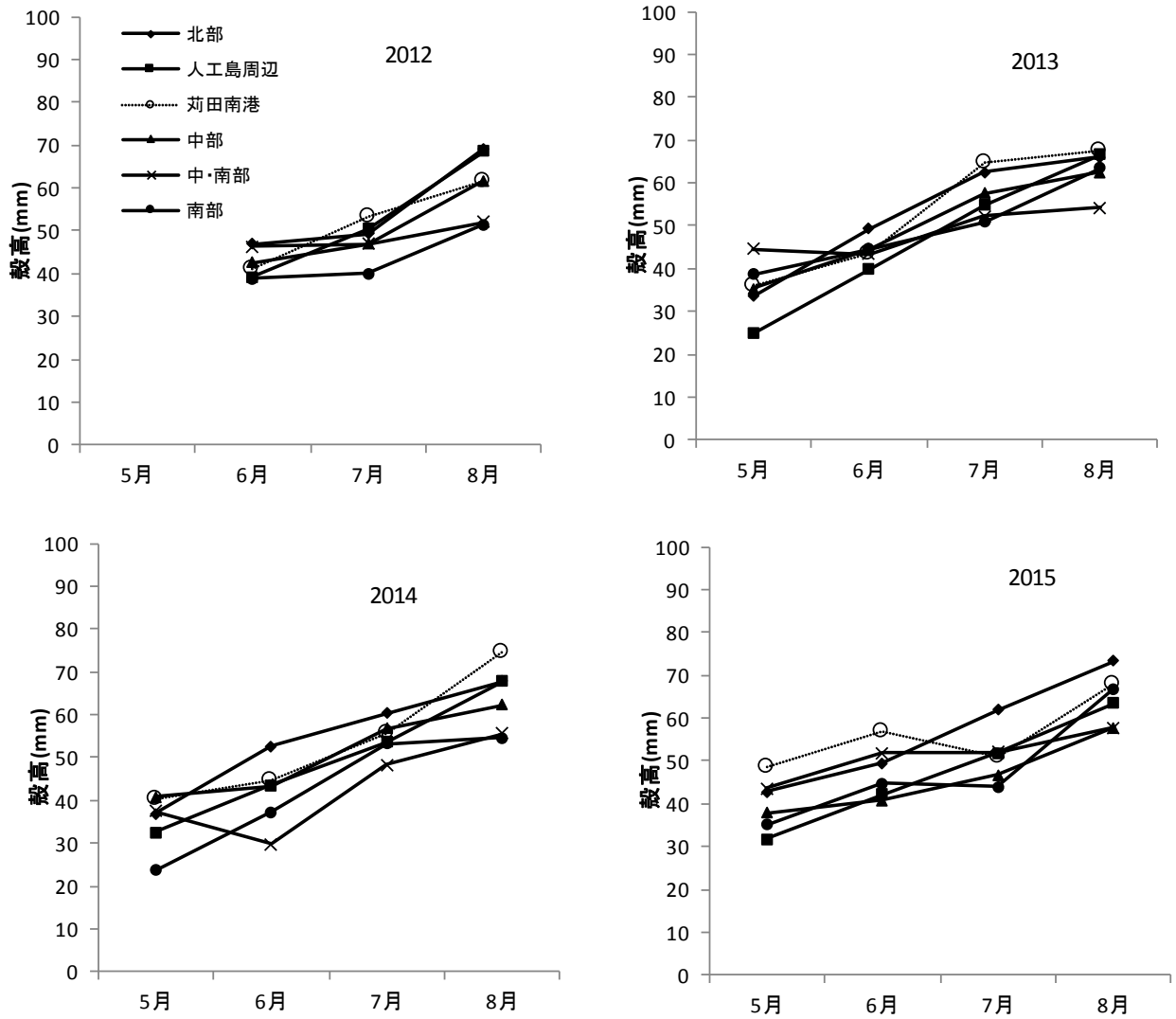


図4 試験期間中の各漁場の殻高の推移

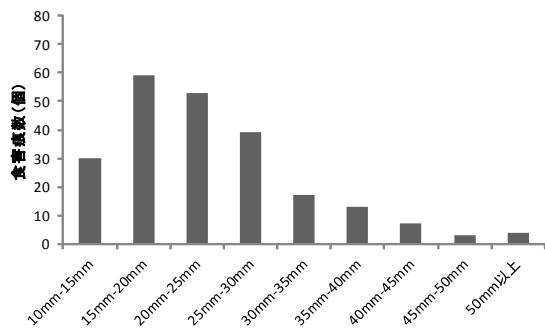


図5 試験期間における殻高別食害痕数



図6 垂下連をついばむクロダイ

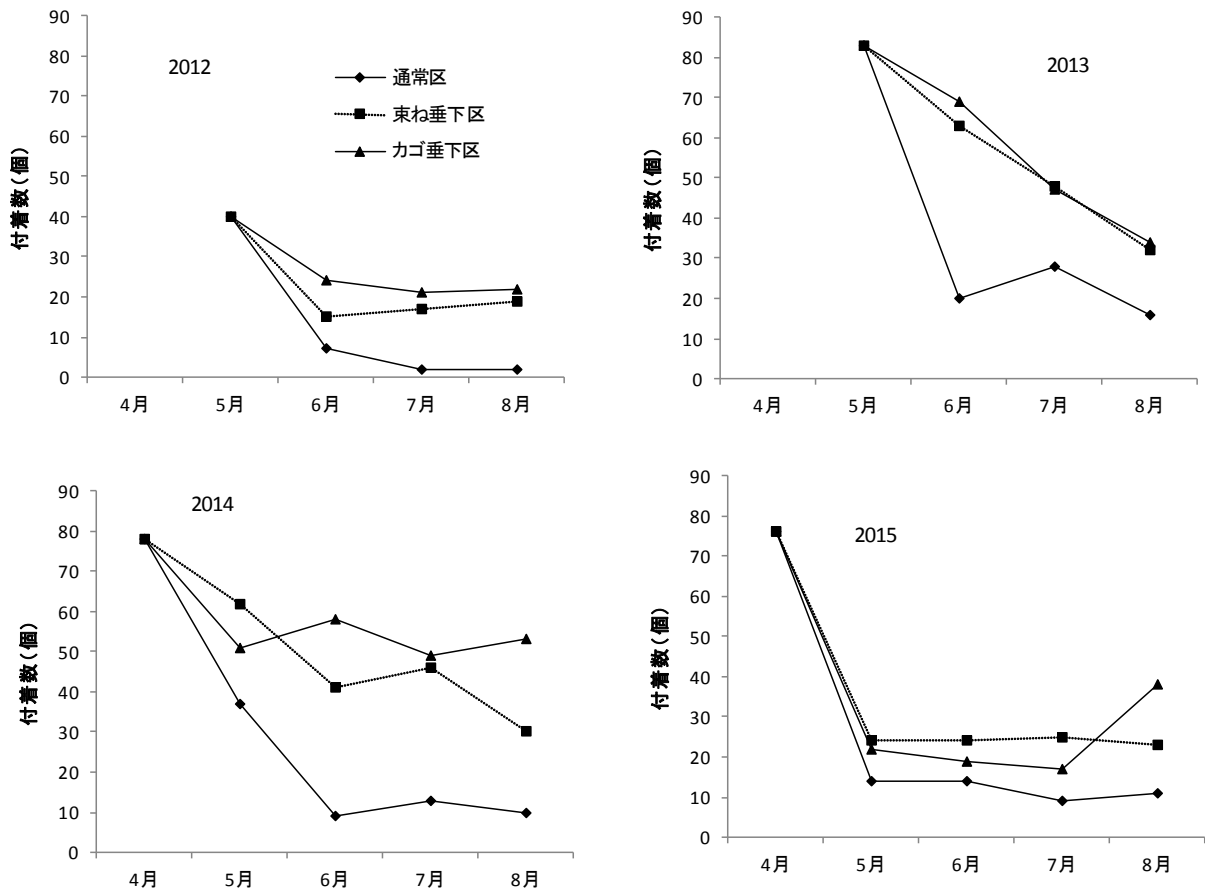


図7 食害対策試験区における付着数の推移

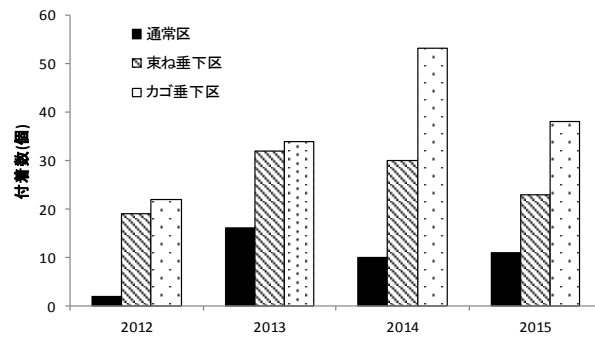


図8 食害対策試験区における食害収束時の付着数

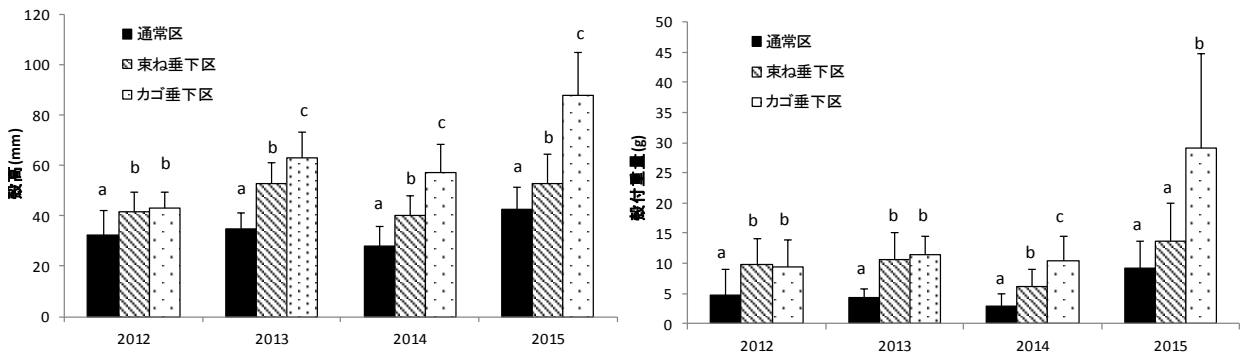


図9 食害対策試験区における食害収束時の殻高および殻付重量

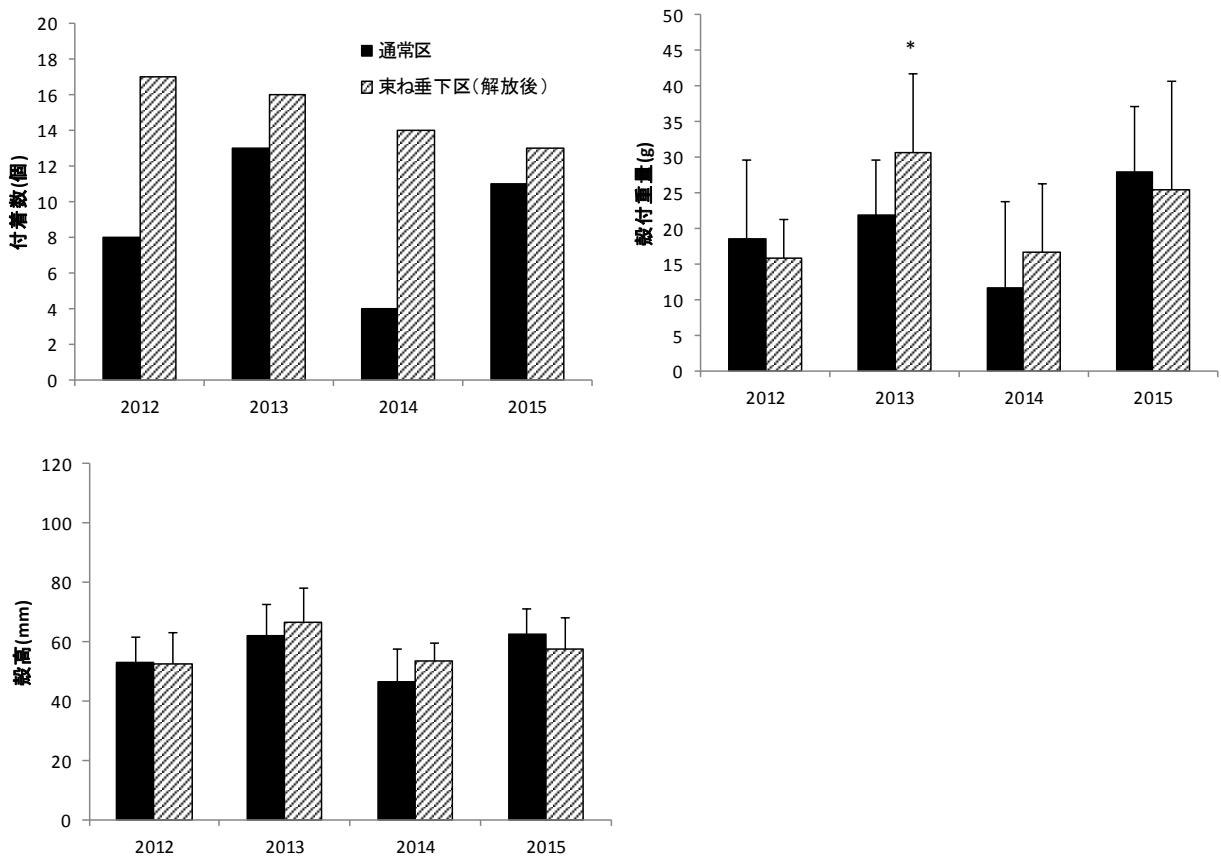


図10 収穫直前期における通常区と東ね垂下区（解放後）の付着数および殻高, 殻付重量

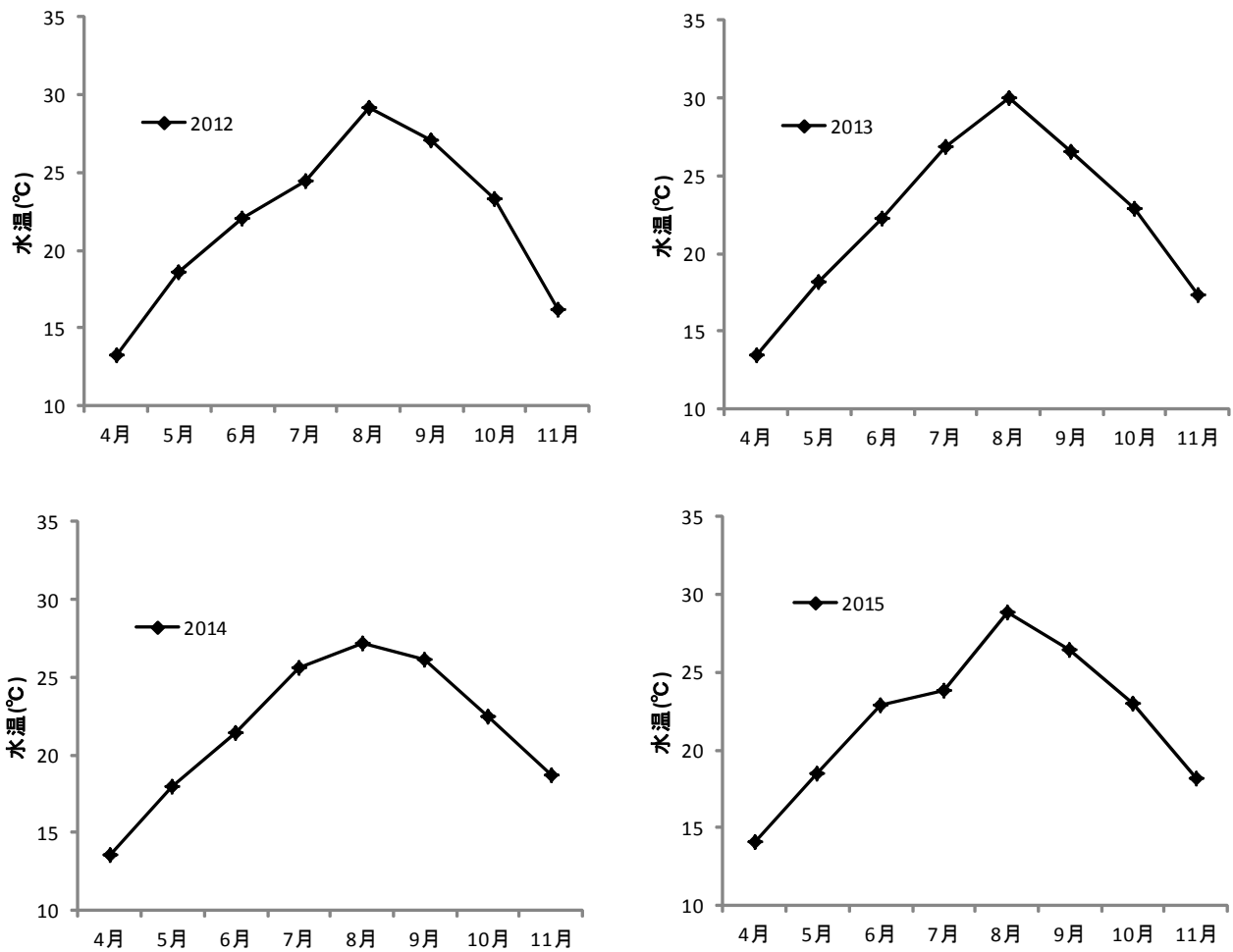


図11 南部漁場における試験期間中の水温データ

考 察

試験を実施した2012～2015年のいずれの年も魚類の食害による稚貝の減耗が確認された。

食害は特に5, 6月で多く、豊前海全域でマガキの殻長40mmを超える7月から8月にかけて収束する傾向が見られた。食害が顕著に確認された5, 6月は図11に示したように水温が18℃～22.9℃となる時期であり、クロダイの産卵期(20℃前後)と重なり、³⁻⁵⁾クロダイの摂餌行動も活発になると考えられる。さらに、5, 6月はマガキもまだ小さく、クロダイの摂餌しやすい大きさであることから、結果として5, 6月の食害による減耗が多くなったと考えられる。したがって、早くとも7月頃までマガキの稚貝を魚の捕食から保護する必要がある。

近年、魚類の食害によるマガキの減耗は豊前海全域で確認されている。中村ら¹⁾は、魚類の食害は2010年以降に初めて報告され、この原因としてムラサキイガイ等クロ

ダイの好物が減少したことを指摘している。また齊藤ら⁶⁾は、クロダイがムラサキイガイやフジツボを選択的に捕食することを報告している。豊前海では、1993年の報告でマガキ養殖時にムラサキイガイのコレクターへの大量付着が問題になっていたが⁷⁾、2004年からはムラサキイガイの付着がほとんど確認されていない。このことからマガキに対する捕食圧が高まったのは、ムラサキイガイ等、クロダイが好む餌が不足したため、マガキの稚貝を餌として積極的に食べるようになったためと考えられる。また、付着物の減少は、マガキへの選択的な捕食圧を高めるだけで無く、稚貝が外部に露出するため捕食を容易にすると推察される。

豊前海のマガキ漁場で南部漁場の被害が甚大であったのは、南部漁場が人工島周辺漁場等と比較して、波や潮等の影響を受けるため、コレクターどうしがこすれあい、ムラサキイガイ等の付着が少なかったためと考えられる。

本試験において実施した束ね垂下区は通常区に比べ高い食害防止効果を発揮した理由は垂下連を束ねて垂下することで、外部に露出するマガキが少なくなること

から、内側にあるコレクターのマガキが魚類による食害から保護された為と考えられる。

また、東ね垂下区とカゴ垂下区は成長も通常区に比べて、大きくなる傾向を示した。当初、東ね垂下区及びカゴ垂下区は、マガキの生息密度が高くなり、マガキの成長に悪影響を与えることが懸念されたが、本試験の結果からプランクトンが豊富で餌料環境のよい豊前海では、マガキが小型な期間は東ね垂下やカゴ垂下を行うことによる餌料不足は起こらないと推察された。東ね垂下及びカゴ垂下で通常垂下よりも成長がよくなった理由としては、コレクター同士が密になり潮流や振動に対して安定したため、振動による摂餌障害が起きず、マガキの摂餌を阻害しなかったためと推測される。マガキの成長が振動による摂餌不良に大きく左右されることは上妻らや中川ら⁸⁻¹⁰⁾が報告している。加えて、食害によるストレスが減ったことも生長が良くなった理由として考えられる。東ね垂下を収穫時期まで解かずにおけばマガキの成長に伴い、マガキ同士の癒着や脱落が懸念され、収穫時の脱貝機を通しての脱貝作業にも影響が生じる。本試験では東ね垂下を解放した後でも通常区に劣ることなく成長することが確認されているため、東ね垂下を行う際には食害が収束した時点で、速やかに東ね垂下を解放する必要がある。東ね垂下を行う場合の一連の作業工程を図12に示す。通常垂下では種の挟み込み後に持ち運びをしやすいように、すぐにほどける結び方で垂下連を束ねる。東ね垂下ではそこを結束バンド等ほどけない結び方に変えるだけなので、挟み込み時の手間は通常垂下の場合とほとんど変わらない。また、筏に吊るす際は通常垂下の場合と異なり、束ねを解く必要がないため、より安易である。反面、食害が収束する時期(7, 8月)にかけて、東ね垂下をほどくという手間が発生する。しかし、これは束ねを止めてある結束バンドを切断すると、容易に束ねが解けるため、生産現場でも負荷となる作業ではない。

今回の結果から、通常垂下と東ね垂下を行う場合の生産量を表3に試算した。南部漁場での通常区を生産量を筏1台あたり約5.2トンとすると東ね垂下の生産量は約7.8トンとなり、東ね垂下を行うことで通常区に比べ、筏一台あたり約2.6トン程度の増加が見込めることが試算された。これは南部漁場筏1台の生産量の約5割に相当する。

表3 通常区と東ね垂下区の実産量見込み

	* コレクターあたり 殻付カキ総重量 (kg)	** 重量比(a)	*** 南部漁場筏 あたり生産量(b)	生産量見込み(t) (a)×(b)
通常区	220.4	1	5.2	5.2
東ね区	332.0	1.5	-	7.8

*収穫直前時点(11月)の付着数×平均重量で試算

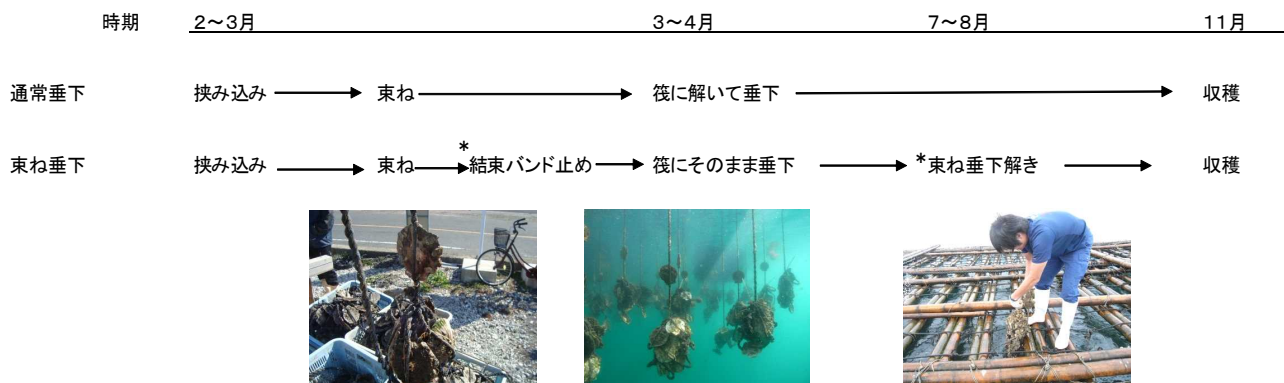
**通常区のコレクターあたりの殻付カキの総重量を1とした場合の東ね区の重量比を算出。

***カキ養殖情報の数値(2008-2013)と南部の食害状況より試算

以上のことから、東ね垂下は魚類の食害に対して効果が高く、マガキの成長を阻害することもなく、手間がかからない非常に有効で実用的な食害対策であることが示された。

東ね垂下は既に2013年度から南部や中南部の大部分の漁業者や荻田南港の一部の漁業者によって導入されている。また、東ね垂下を終了して通常の垂下飼育に移行するタイミングは重要であるため、研究所では事前に東ね垂下を先行してほどき、食害の収束を確認したうえで漁業者に東ね垂下をほどく時期を周知している(図13)。東ね垂下を導入した漁業者は翌年度以降も東ね垂下を継続して実施しており、手間のかからない食害対策として生産現場では認められている。現時点では南部や荻田南港以外ではそれほど食害被害は多くないが、今後は食害の被害が拡大していくことも想定して、東ね垂下を普及していくことはマガキの生産の安定化に向けて大変重要である。

本県と同様にマガキの魚類による食害を報告している広島県では、食害対策として垂下連の周りに網を張る方法や、複数の垂下連をまとめて束にする方法を導入している¹¹⁾。しかし、前者では網の撤去に大きな労力がかかり、後者では餌不足で成長が停滞するといった問題がある。広島県の養殖方法は番線にコレクターを通す方式であるため、本県のように垂下連一連ごとの東ね垂下方式は導入できない。本試験で実施した東ね垂下はロープでの垂下方式を導入しているマガキ養殖については、本県と同様な垂下をしている他海区でも導入可能であると推察される。しかし、東ね垂下方式がマガキの成長に及ぼす影響については、各海区の餌料環境等によって異なると考えられるため、導入に当たっては事前に試験を行い、海域の適性を検討することが必要である。



* 束ね垂下を行うことで新たに必要となる作業工程

図12 束ね垂下の作業工程

平成27年7月10日
福岡県水産海洋技術センター 豊前海研究所

カキ養殖情報(4)

○カキ成長調査結果(平成27年7月10日)

(単位:イカダ中央部、上部コレクター1枚あたり、南部漁場は束ね垂下の外側を採取)



漁場 (地名)	殻高(mm)		重量(g)		付着数(個)	
	今年	* 昨年	今年	* 昨年	今年	* 昨年
北部 (新井町)	61.9	58.6	21.1	17.2	12	43
人工島周辺 (佐賀市 恒見)	46.8	60.9	13.6	19.8	11	36
豊前-豊前 (豊前市 菅根)	56.8		20.5		11	
河田南港 (河田町)	51.0	62.7	14.3	20.8	10	21
中部 (豊前市 豊前)	46.8	50.1	12.4	11.2	13	32
中-南部 (豊前市 種島町)	52.0	51.0	16.0	12.9	13	28
南部 (久留米市 庄原)	44.0	50.1	8.1	11.7	25	24

* 昨年:平成20年~25年の平均値

- ・カキの成長は順調です。
- ・食害はほぼ全域で見られなくなりました。束ね垂下を解放して良いです。今後の台風情報に注意しながら、適時解放してください。
- ・また、筏によってはホヤやイカイ等の付着物が目につく様になっています。
- ・なお、研究所では安定的な種苗を確保するため、天然採苗の取り組みを支援しています。天然採苗に新規に取り組みたい方は研究所にご相談ください。

問い合わせ先:福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所
佐藤・野副 TEL:0979-82-2152

研究所による束ね垂下の試験的解放
(週1回)

食害が収まったことを確認後、束ね垂下の解放を
養殖情報で提供。

図13 束ね垂下の普及

文 献

- 1) 中村優太, 中川浩一. 豊前海におけるマガキ食害実態の把握. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2011 ; 21 : 105-110.
- 2) 塚村慶子, 倉本恵治, 佐々木憲吾, 馬場祥宏. 広島かき養殖における魚類の食害実態調査. 広島県立総合技術研究所 西部工業技術センター研究報告 2009 ; 52 : 48-51.
- 3) 海野徹也. クロダイの生物学とチヌの釣魚学 成山堂書店, 東京. 2012.
- 4) 柳谷弘道. クロダイの生態と習性. 養殖 1979 ; 16 : 86-88.
- 5) 勝部直達. 「クロダイ釣りの研究」 溪水社, 広島. 1983.
- 6) 斉藤英俊, 中西夕佳里, 重田利拓, 海野徹也, 河合幸一郎, 今林博道. 広島湾におけるマガキ種苗における魚類の捕食の影響. 日本水産学会誌 2008 ; 74 : 809-815.
- 7) 徳田眞孝, 濱田弘之, 神菌真人, 江藤拓也. 豊前海

- における養殖カキの特性と環境要因との関係. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 1993 ; 1 : 155-163.
- 8) 上妻智行, 江崎恭志, 長本篤, 片山幸恵, 中川清. 豊前海における養殖カキの成長格差と環境要因. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2003 ; 13 : 31-34.
- 9) 上妻智行, 佐藤利幸, 長本篤, 江藤拓也. FRP パイプを用いたカキ養殖筏の耐波性試験. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2005 ; 15 : 33-37.
- 10) 中川浩一, 上妻智行, 佐藤利幸, 江藤拓也, 俵積田貴彦. 波浪による振動を軽減した耐波性かき養殖筏の開発とそれを用いた養殖マガキの生産. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2008 ; 18 : 11-20.
- 11) 平田靖. かき養殖種苗について—V—. 水産と海洋(広島県立総合技術研究所 水技だより) 2007 ; 8 : 1-2.