

豊前海における水平垂下式カキ養殖の実証試験

日高 研人・田中 大志・増田 浩美・俵積田 貴彦・田中 慎也^a
(豊前海研究所)

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1,000~1,500トンの生産量を誇る冬季の主幹漁業に成長している。

現在、マガキ養殖は豊前海全域で営まれているが、漁船漁業との漁場の競合や利用可能な静穏域の漁場が沿岸に限られていることから、漁場の大幅な拡大は困難な状況である。

本県では、マガキ養殖の安定生産を目指し、これまで、振動を低減した耐波性筏の開発¹⁻²⁾、クロダイの食害防止対策³⁻⁴⁾などに取り組んできた。今後、生産量を維持・増大させるためには、養殖手法の改良により、単位収量を増やすなどの対策が必要となっている。

現在、豊前海ではコレクター(カキ種苗が付着したホタテ殻)をロープに対し、鉛直方向に挟み込む鉛直垂下方式(以下、鉛直垂下と記述)による養殖が行われている。一方、広島県や三重県では、塩ビ管等のスパーサーを用いてコレクターを水平方向に配置する水平垂下方式(以下、水平垂下と記述)が一般的である⁵⁾。

本県豊前海において、水平垂下でマガキの養殖試験を筏の一部で実施したところ、鉛直垂下よりも水平垂下の方が、成長は良好であり、筏中央部の流速が速く、クロロフィル量も多かったことから両者を掛け合わせたクロロフィルフラックスも、水平垂下の方が高いことが確認された。また、水平垂下では、養殖密度を高めることが可能となり、その結果収穫量を1.21倍に増大できることが推察された。⁶⁾ただし、前回の試験は筏の一部で実施したものであるため、本研究では、筏規模での垂下方式別の成長と養殖初期の餌料環境の把握をするとともに、作業性や収穫量を試算し、豊前海における水平垂下の有効性を検証することを目的とした。

方 法

1. 垂下方式別の成長および餌料環境

(1) 成長

垂下方式別の成長を比較するために、漁業者協力のもと人工島周辺漁場内の隣接する区域に、鉛直垂下筏(垂下連のすべてが鉛直垂下)と水平垂下筏(垂下連のすべてが水平垂下)を各1台モデル筏として設定した(図1)。各試験区では、2024年6~11月まで月1回、殻高および殻付き重量を測定し、さらに、2024年8~11月には、軟体部重量も測定した。

得られた各項目の値について、両試験区間の成長に有意差が認められるかを確認するため、t検定を行った。

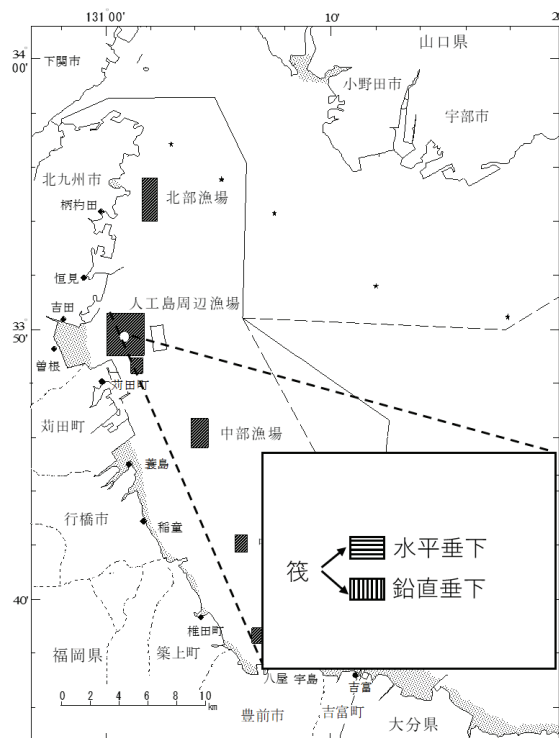


図1 調査位置図

^a 現所属：漁業管理課

(2) 養殖初期の餌料環境

垂下方式別に養殖初期の餌料環境を比較するため、成長比較試験を実施した各筏（図1）の中央部に流向流速計（AEM-USB：JFEアドバンテック社）とクロロフィル濁度計（ACLW-USB：JFEアドバンテック社）を設置し（図2）、2024年6月1日～6月30日にかけて筏内の流速およびクロロフィルa濃度を連続観測した。流向流速計及びクロロフィル濁度計の測定間隔は1時間に設定し、得られたデータから日平均値を算出した。

流速については、2方向の流速を合成して算出された平均合成流速を用いた。さらに観測で得られたクロロフィルa濃度と流速の積からクロロフィルフラックス⁷⁾を算出した。

各項目の値については、両試験区間の差が認められるかを確認するため、t検定を行った。

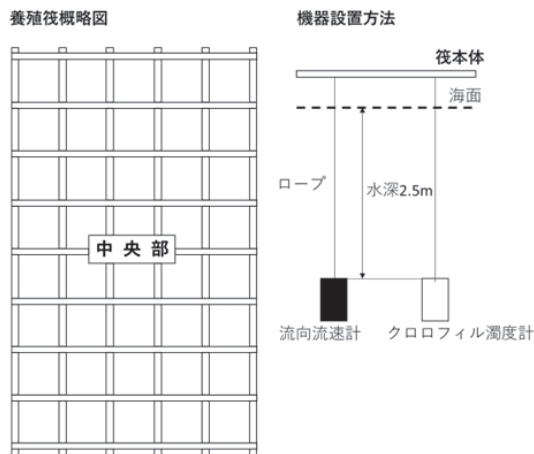


図2 測定機器の設置箇所図

2. 垂下方式別の作業性および収穫量

(1) 作業性

垂下方式別の作業性を比較するため、当研究所内において垂下方式別の平均作業時間を計測した。さらに、漁業者への聞き取りにより、垂下連作製時の平均作業人数が3名であることを確認したため、各方式において、3名で垂下連1本を作製した際の作業時間をとりまとめた。得られた作業時間を基に、筏1台当たり900本を作製すると仮定したときの作業時間および作業日数を推定した。

(2) 収穫量

垂下方式別の収穫量を比較するため、成長比較試験を実施した各筏（図1）において、2024年11月に垂下連を2本ずつ収穫した。垂下連の殻付き重量からコレクター1枚当たりの平均殻付き重量を算出し、鉛直垂下を基準とした場合の水平垂下の重量比を求めた。さらに漁業者へ

の聞き取り調査に基づき、推定した平均コレクター枚数から鉛直垂下を基準とした水平垂下のコレクター枚数比を算出し、重量比とコレクター枚数比を乗じて収穫量比を推定した。

結 果

1. 垂下方式別の成長および餌料環境

(1) 成長

各試験区における殻高、殻付き重量および軟体部重量の推移を図3～5に示した。殻高は水平垂下の方が鉛直垂下よりも大きく推移し、11月時点で、鉛直垂下で70.9mm、水平垂下で76.9mmであった。殻付き重量についても、同様に水平垂下が大きく、11月時点で、鉛直垂下で35.1g、水平垂下で38.5gであった。軟体部重量についても、水平垂下が大きく、11月時点で、鉛直垂下で5.7g、水平垂下で6.9gであった。t検定の結果、すべての項目において水平垂下が、有意に大きい値を示した($P<0.05$)。

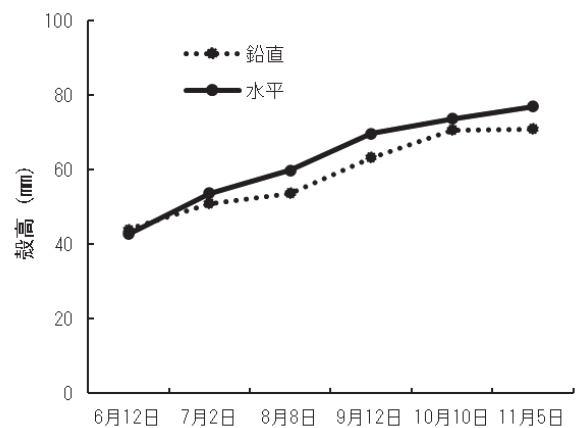


図3 垂下方式別の殻高の推移

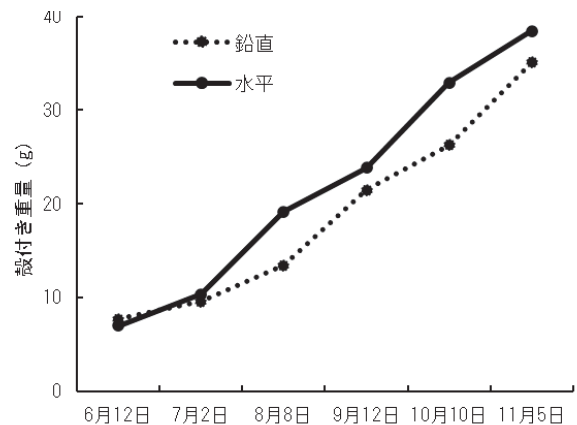


図4 垂下方式別の殻付き重量の推移

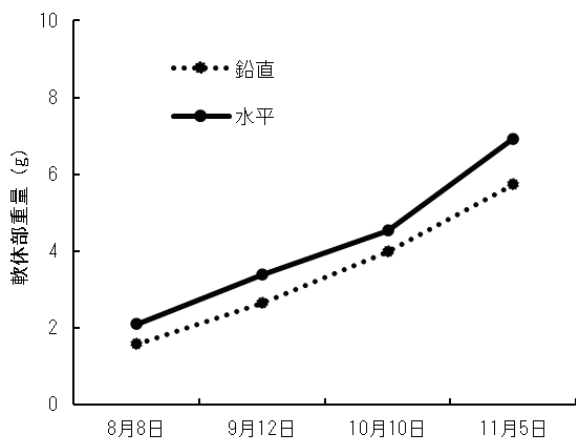


図5 垂下方式別の軟体部重量の推移

(2) 養殖初期の餌料環境

平均合成流速、クロロフィルa濃度およびクロロフィルフラックスの推移を図6～8に示した。平均合成流速は、鉛直垂下で1.22～6.45cm/sec、水平垂下で1.41～6.24cm/secの範囲で推移した。t検定の結果、水平垂下が有意に大きい値を示した($P<0.01$)。

クロロフィルa濃度は、鉛直垂下で0.70～3.84 $\mu\text{g/L}$ 、水平垂下で0.89～4.61 $\mu\text{g/L}$ の範囲で推移した。t検定の結果、水平垂下が有意に大きい値を示した($P<0.01$)。

クロロフィルフラックスは、鉛直垂下で2.29～20.47 $\mu\text{g/L}\cdot\text{cm}/\text{sec}$ 、水平垂下で2.79～20.78 $\mu\text{g/L}\cdot\text{cm}/\text{sec}$ の範囲で推移した。t検定の結果、水平垂下が有意に大きい値を示した($P<0.01$)。

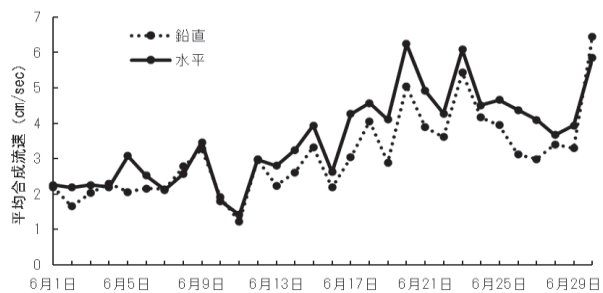


図6 垂下方式別の平均合成流速の推移

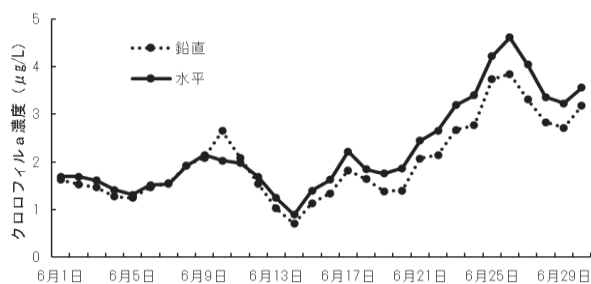


図7 垂下方式別のクロロフィルa濃度の推移

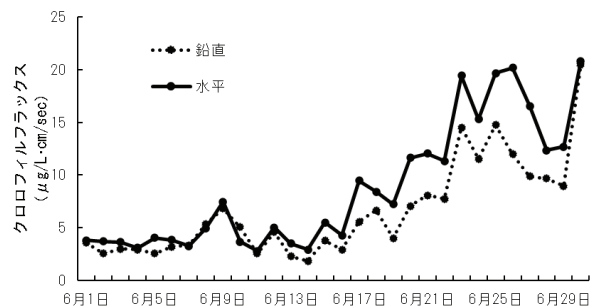


図8 垂下方式別のクロロフィルフラックスの推移

2. 垂下方式別の作業性および収穫量

(1) 作業性

垂下方式別の平均作業時間および必要作業日数を表1に示した。作業人数を3名とした場合、垂下連1本を作製する作業時間は、鉛直垂下で3分13秒、水平垂下で3分15秒であった。筏1台当たり900本の垂下連を作製すると仮定した場合、鉛直垂下では48.25時間、水平垂下では48.75時間を要した。1日の作業時間を7.75時間とすると、筏1台あたりの垂下連作製に必要な日数は、鉛直垂下で6.2日間、水平垂下で6.3日間と推定された。

表1 垂下方式別の平均作業時間および必要作業日数

垂下方式	作業区分	作業人数	1本当たり	筏当たり(900本)	作業日数**
鉛直	カキロープ装着	2	2分59秒	44.75	
	カキ補給	1	14秒	3.5	
	合計	3	3分13秒	時間(h) 48.25	6.2日間
水平	コレクター穴あけ	1	1分10秒	17.5	
	カキロープ装着	2	2分05秒*	31.25	
	合計	3	3分15秒	時間(h) 48.75	6.3日間

*1人1本ずつ作製するため、1本あたりの作業時間は、2で除して算出。

**1日の作業時間を7.75時間として作業日数を算出。

(2) 収穫量

垂下方式別の収穫量比を表2に示した。コレクター1枚当たりの殻付き重量は、鉛直垂下で433.3g、水平垂下で463.7gであり、鉛直垂下を基準とした場合の水平垂下の重量比は1.07であった。漁業者への聞き取り調査より、垂下連1本当たりのコレクター枚数は、鉛直垂下で15枚、水平垂下で16枚であり、鉛直垂下を基準とした水平垂下のコレクター枚数比は1.07であった。得られたコレクター1枚当たり殻付き重量と垂下連1本当たりのコレクター枚数から筏1台当たりの収穫量を試算したところ、鉛直垂下で5.8t、水平垂下で6.6tと算出された。また、重量比とコレクター枚数比を乗じて収穫量比を算出すると1.14となり、水平垂下の収穫量は鉛直垂下の1.14倍と推定された。

表 2 垂下方式別の収穫量比

	コレクター1枚当たり 設け重量 (g)	重量比 (a)	コレクター枚数 (枚)	コレクター枚数比 (b)	筏1台当たり 設け重量 (t)	収穫量比 (a) × (b)
鉛直垂下	433.3	1	15	1	5.8	1
水平垂下	463.7	1.07	16	1.07	6.6	1.14

*収穫直前時点(11月)の垂下ロープをランダムに2本抽出し、コレクター1枚当たり設け重量を算出。

**鉛直垂下のコレクター1枚当たり設け重量を1とした場合の水平垂下の重量比を算出。

***漁業者聞き取り調査に基づく、垂下連1本当たりのコレクター枚数。

****コレクター1枚当たり設け重量にコレクター枚数、筏1台当たりの垂下連900本を乗じて算出。

考 察

本研究では、豊前海における水平垂下方式の有効性を筏規模で検証した。その結果、水平垂下は鉛直垂下に比べ、成長および養殖初期の餌料環境が有意に大きく、収穫量も1.14倍増加することが示された。これらの差は、水平垂下において流速、クロロフィルa濃度およびクロロフィルフラックスが高く推移し、餌料供給量が増加したことによるものと考えられた。田中ら⁶⁾も筏の一部で試験したところ水平垂下は鉛直垂下に比べ成長が良好であり、水平に垂下すると、コレクター周辺には大きな滞留がみられず、潮通しが良い状況が確認されたと報告している。また、縁辺部からの栄養が豊富な海水が中央部まで滞留せずに流入することで、鉛直垂下よりもクロロフィル量が多くなったと述べており、本研究でも同様の結果が得られたと考えられた。

作業性については、両方式で大きな差は認められなかったが、鉛直垂下では、基本的に複数人で1本の垂下連を作製するのに対し、水平垂下では1人で1本の垂下連を作製できる。そのため、水平垂下では、カキロープへの装着作業人数を増やすことでより効率的に垂下連の作製が可能となり、作業に習熟すればさらに作業性が向上すると考えられた。

ただし、収穫量の試算については重量の増加だけではなく、コレクター枚数の増加による影響も考慮している点に留意する必要がある。筏1台900本分を鉛直垂下から水平垂下に変更する場合、コレクター枚数は1台につき900枚増加する。この養殖密度の増加が漁場環境に与える影響も考慮すべきである。中川ら⁸⁾は、クロロフィルa濃度と軟体部重量に正の相関がみられたと報告しており、クロロフィルa濃度の低下が軟体部重量の低下につながると示唆している。今後、養殖密度の増加に伴い、カキ同士による餌の競合が大きくなり、漁場環境にとってデメリットになる可能性がある点には注意が必要である。後川ら⁹⁾によると、豊前海ではカキの出荷時期にあたる10～1月の全層平均DIN濃度の減少幅が大きいと報告しており、これは、カキの餌となる珪藻類などの植物プランクトンの生産にも影響す

る可能性を示している。このため、カキの餌料環境の指標となるクロロフィルa濃度の推移については今後も注視する必要がある。

以上から、漁場拡大が困難な豊前海において、水平垂下方式は生産量維持・増大の有効な手法と考えられる。ただし、養殖密度の増加に伴う成長や漁場環境の変化については、持続的な漁場利用の観点からも継続的な調査が必要である。

文 献

- 1) 上妻智行, 佐藤利幸, 長本篤, 江藤拓也. FRP製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.
- 2) 中川浩一, 上妻智行, 佐藤利幸, 江藤拓也, 俵積田貴彦. 波浪による振動を低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.
- 3) 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.
- 4) 山田京平, 佐藤利幸, 俵積田貴彦, 宮内正幸, 大形拓路. マガキ養殖における食害防止に関する研究. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2016; 26: 29-38.
- 5) 尾定 誠. シリーズ<水産の科学> 3. カキ・ホタテガイの科学, 朝倉書店, 東京都, 2019, 96.
- 6) 田中慎也, 永松公明, 黒川皓平, 野副滉, 後川龍男, 鹿島祥平. 豊前海における水平垂下式カキ養殖の導入に関する研究. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2023; 33: 17-22.
- 7) 張成年, 山本敏博, 丹羽健太郎, 柴田玲奈, 日向野純也, 淡路雅彦, 松本才絵, 長谷川夏樹, 櫻井 泉, 秦安史, 鈴木秀和, 宮脇大, 村内嘉樹, 平井玲, 水野知巳, 羽生和弘, 程川和宏, 川崎信司, 内川純一, 梅本敬人, 生嶋登. 漁場生産力の有効活用によるアサリ母貝場造成および新規創出技術開発. 平成24年度水産基盤整備事業報告書: https://www.mf21.or.jp/suisankiban_hokoku/data/pdf/z0000913.pdf, 令和7年11月16日閲覧
- 8) 中川浩一, 俵積田貴彦, 中村優太. 近年の「豊前海一粒かき」の育成状況と漁場環境との関係. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2009; 19, 109-114.
- 9) 後川龍男, 黒川皓平, 田中慎也, 鹿島祥平. 豊前海の長期