

豊前海区かき養殖漁場における筏の振動状況及び 振動がマガキの成長に及ぼす影響について

中川 浩一・尾田 成幸・石谷 誠・大形 拓路
(豊前海研究所)

静穏漁場と波浪漁場との間でのかき養殖筏の揺れ方の違いや、振動がマガキ (*Crassostrea gigas*) の成長に及ぼす影響を明らかにするため、加速度計を用いた漁場での測定試験を実施した。その結果、かき養殖筏及び垂下ロープの振動はともに波浪漁場のほうが揺れ方が大きく、有意性がみられた (Bonferroni の多重比較検定: $P < 0.01$)。一方、マガキの育成状況は静穏漁場のほうが良好で、有意性がみられた (Bonferroni の多重比較検定: $P < 0.01$)。また、筏と垂下ロープの振動、筏の振動と育成状況、垂下ロープの振動と育成状況との関係を見ると、相関係数は各々 $r = +0.892$, -0.866 , -0.824 と高く、かつ有意性 (無相関検定: $P < 0.05$) がみられた。これらの結果から、漁場間にみられた揺れ方の違いがマガキの育成に影響を及ぼし、結果的に静穏漁場と波浪漁場との間に成長差が生じたものと解釈された。当研究所では、波浪による振動を低減させる耐波性かき養殖筏を開発しているが、改めてその有効性が示された。

キーワード: マガキ, 養殖筏, 振動, 加速度計, 育成状況, 殻付重量

福岡県豊前海区でのかき養殖は、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、冬季の主幹漁業に成長している。

「豊前海一粒かき」の養殖は、図1に示すように豊前海区全域に広がる5漁場 (北部, 人工島周辺, 中部, 中・南部及び南部漁場) で行われている。これらの漁場は、海域特性からみると①北九州空港西側に広がる静穏漁場 (人工島周辺漁場), ②開放的で風波の影響を強く受ける波浪漁場 (他の4漁場) に大別される。波浪漁場では静穏漁場と比較してカキの成長が遅いため漁場が有効に活用されておらず、表1に示すように生産の約75%は漁場面積が30%に満たない静穏漁場で行われている現状がある。

当研究所はこれまで、筏の瞬間的な振動特性や餌料環境を漁場間で比較した結果、海区内のマガキ育成不良の主原因は筏の振動による摂餌障害の影響であることを明らかにし、¹⁾ その対策として振動を低減させる耐波性筏を開発した。^{2,3)} しかしながら、各漁場における筏や垂下ロープに生じている振動の大きさや、漁場によって振動に差が生じる原因などは明らかにされていない。また、筏の振動とカキの成長との相関についても統計的なアプローチはなされていない。

そこで本研究は、豊前海全域5漁場においてかき養殖筏や垂下ロープの振動状況を長期間測定し、静穏漁場と波浪漁場間での揺れ方の違いとその違いが生じる原因、

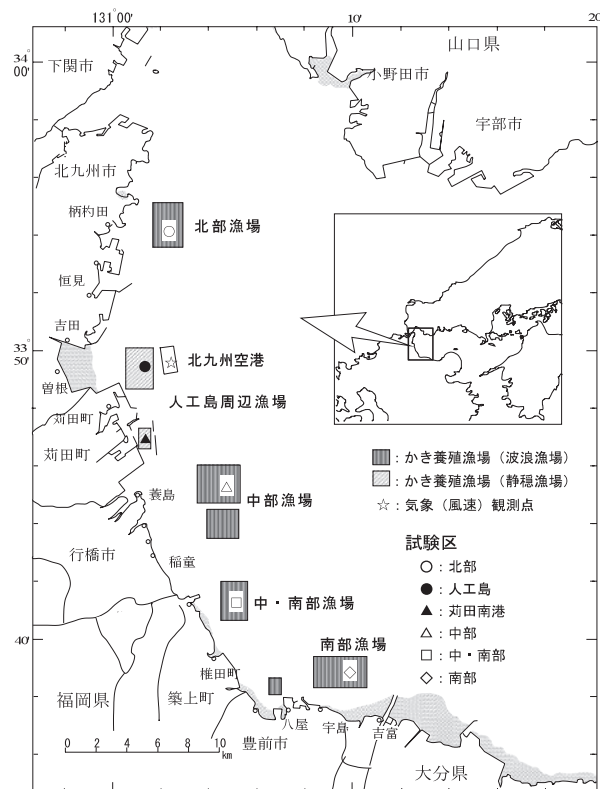


図1 かき養殖漁場及び調査位置図

表1 漁場別マガキ生産量（'10研究所調べ）

海域特性	漁場面積 (ha)	筏台数 (台)	筏占有面積 (ha/筏)	カキ生産量 (t)
静穏漁場	750	138	5	1,183
波浪漁場	2,005	57	35	385

さらには振動とマガキの成育状況との関係について詳細な比較・検証を試みた。

方 法

1. 振動の測定

漁場での振動測定は、図1及び表2に示すよう静穏漁場に2試験区（人工島周辺漁場内に2区）、波浪漁場に4試験区（北部、中部、中・南部及び南部漁場内に各1区ずつ）を設け、2010年6月18日～9月20日（95日間）にかけて各試験区内のかき養殖筏で実施した。なお、試験に用いたかき養殖筏は、筏による揺れの差を少なくするため、浮力が強く振動が大きい設置1年目の筏（通称：新筏）³⁾を避け、すべての試験区で設置後2年を経過した筏を使用した。

（1）かき養殖筏の振動測定

筏の振動（以下、筏振動とする）は、図2に示すように、各漁場の筏中央部に加速度計（SRIC 社製 G-MEN DR10R）を設置して測定した。加速度計の設定は製品の性能上、記録間隔30分、記録機会ごとに0.125秒間隔で100回測定して鉛直方向の最大値を保存（総取得データ数4,560個）、分解能0.1Gとした。

（2）垂下ロープの振動測定

垂下ロープの振動（以下、ロープ振動とする）は、図2に示すように上記加速時計（筏測定用）の近くにある垂下ロープの水面下1m付近に、水中使用が可能な加速度計（Onset 社製 HOBO Pendant）を挟み込んで測定した。加速度計の設定は製品の性能上、記録間隔10分、鉛直方向に1回測定してその値を保存（総取得データ数13,680個）、分解能0.025Gとした。

2. マガキ成育状況の把握

マガキは個体ごとの形状差が激しいため、⁴⁾成育状況の指標としては殻付重量を用いた。測定は、6月から出荷開始期にあたる11月にかけて、筏中央部の水深2m付近に垂下されたホタテ殻コレクターを数枚採取し、そこに付着したマガキの中から無作為に抽出した20個体を用いて行った。

表2 振動測定時の試験区概要

海域特性	漁場	試験区	緯度経度 (WGS84)
静穏漁場	人工島周辺	人工島	N: 33° 49' 48.76"
			E: 131° 00' 26.46"
		苅田南港	N: 33° 47' 06.11"
波浪漁場	北部	北部	N: 33° 53' 39.57"
			E: 131° 00' 34.59"
	中部	中部	N: 33° 45' 05.21"
			E: 131° 02' 36.98"
	中・南部	中・南部	N: 33° 40' 37.50"
			E: 131° 05' 51.33"
	南部	南部	N: 33° 38' 40.99"
			E: 131° 09' 03.84"

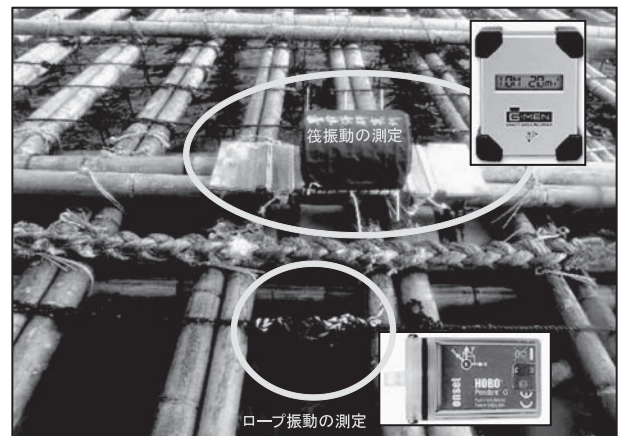


図2 筏での加速時計の設置状況

3. 気象条件（風速）の把握

振動測定時の気象条件を把握するため、図1に示す北九州空港の1時間後毎の平均風速データを気象庁 HP⁵⁾より入手した。

4. 振動とマガキ成育状況及び気象（風速）との関係

各々の関連性を把握するために、指標間の相関関係を求めた。振動とマガキ成育状況との関係については、振動の測定サンプル数が多く（筏振動とロープ振動で各々 n=4,560及び13,680）、P値が低くなりやすいため、各漁場における日ごとの平均値を算出（n=95）し、各々の関係を比較した。振動と気象との関係については、気象観測場所（北九州空港）に隣接した人工島区の筏振動と風速との関係について、日ごとの平均値を算出して比較した。

結 果

1. 振動の測定

（1）かき養殖筏の振動測定

筏振動の時系列推移を図3に示した。揺れ方をみると、どの試験区も概ね同様に推移しており、6月25日、7月11、

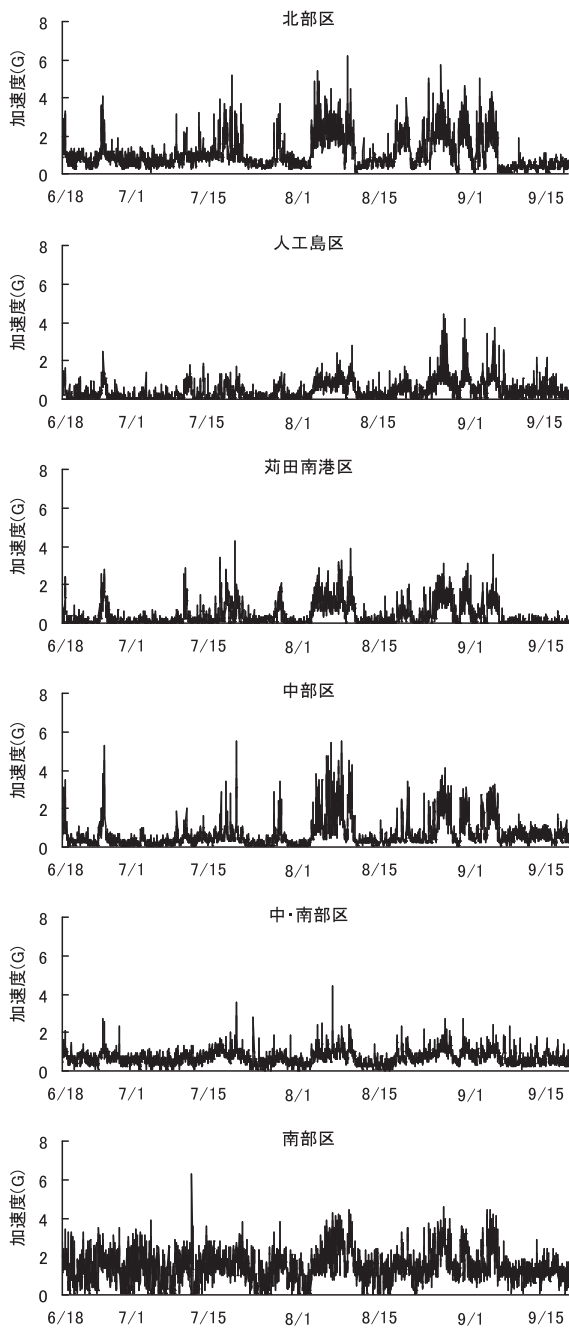


図3 観測された筏振動の時系列推移

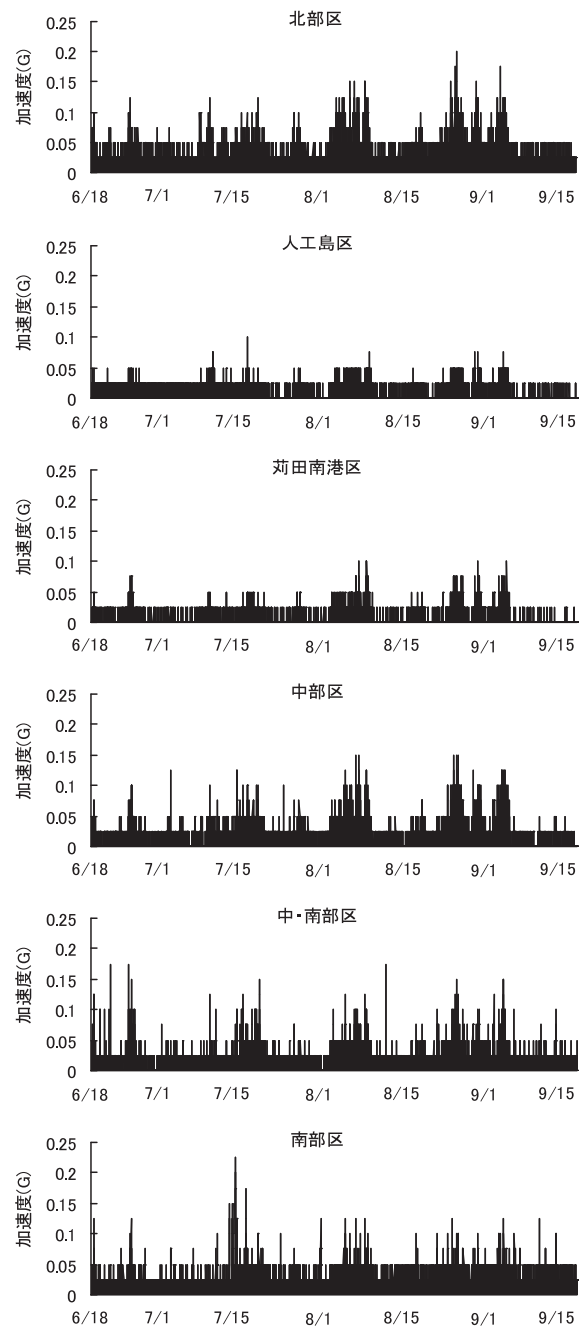


図5 観測された垂下ロープ振動の時系列推移

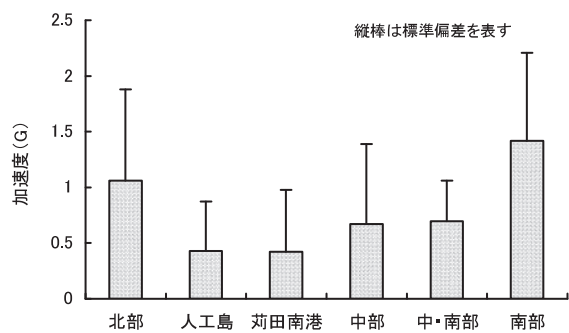


図4 筏振動の平均値

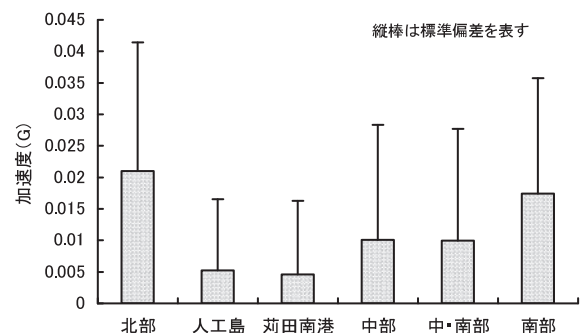


図6 垂下ロープ振動の平均値

18～20, 28日, 8月5～11, 27日, 9月1, 6日にかけて振動のピークが観測された。

筏振動の平均値は, 図4に示すように北部, 人工島, 荻田南港, 中部, 中・南部及び南部区で各々1.06, 0.43, 0.42, 0.67, 0.70及び1.42G と静穏漁場（人工島及び荻田南港区）の値が低かった。

試験区間での揺れ方の違いについて検定を行うと, 荻田南港＝人工島＜中部＝中・南部＜北部＜南部区の順に差がみられた（Bonferroni の多重比較検定：いずれも $P < 0.01$ ）。

（2）垂下ロープの振動測定

ロープ振動の時系列推移を図5に示した。揺れ方をみると, どの試験区も概ね筏振動と同様に推移していたが, 観測された加速度の値は筏振動と比較して常に著しく低かった。

ロープ振動の平均値は, 図6に示すように北部, 人工島, 荻田南港, 中部, 中・南部及び南部区で各々0.021, 0.005, 0.005, 0.010, 0.010及び0.017G であった。

漁場間の揺れ方の違いについて検定を行った結果, 荻田南港＝人工島＜中部＝中・南部＜南部＜北部区の順に差がみられた（Bonferroni の多重比較検定：いずれも $P < 0.01$ ）。

2. マガキ育成状況の把握

各漁場のマガキ平均殻付重量は, 図7に示すように北部, 人工島, 荻田南港, 中部, 中・南部及び南部区で7月は9.0, 20.3, 17.8, 9.6, 11.8及び6.0g, 9月は26.1, 44.0, 35.0, 25.0, 22.3及び28.9g, 11月は41.4, 59.7, 57.3, 47.1, 40.8及び36.5g であった。殻付重量の推移をみると, 静穏漁場のマガキの成長が良好であった。

また, 11月の測定結果について検定を行うと, 南部＝中・南部＝北部＝中部＜荻田南港＝人工島区の順となり, 波浪漁場と静穏漁場との間で有意差が確認された（Bonferroni の多重比較検定： $P < 0.01$ ）。

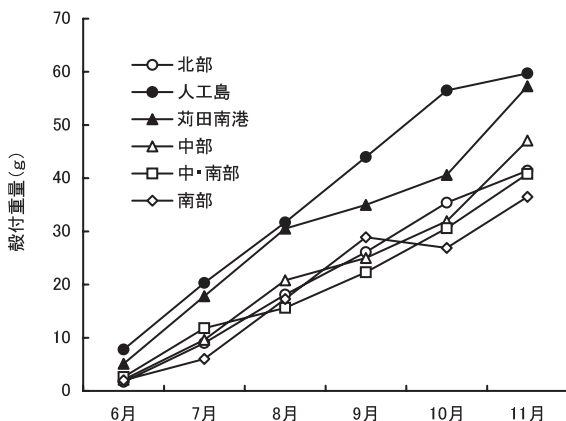


図7 マガキ育成状況の推移（殻付重量）

3. 気象条件（風速）の把握

平均風速の推移を図8に示した。期間中に観測された風速は0～13.7m/sの範囲, 平均値は4.4m/sであり, 筏及びロープ振動のピークが観測された日に比較的強い風が観測された。

風向の割合についてみると, 図9に示すように西北西, 西及び西南西からが各々4.3, 3.2及び2.7%に対して東北東, 東及び東南東からが12.0, 19.1及び16.8%と高く, 開放的な海側からの東風が吹いた時間帯が6倍程度多かった。

4. 振動とマガキ育成状況及び気象（風速）との関係

筏振動とロープ振動と育成状況との関係について, 各々を比較した結果を図10に示した。筏振動とロープ振動, 筏振動と育成状況, ロープ振動と育成状況との間の相関係数は各々+0.892, -0.866, -0.824と高く, かつ有意性（無相関検定：いずれも $P < 0.05$ ）がみられた。

北九州空港の風速と人工島区の筏振動との関係については, 図11に示すように相関係数は0.903と高く, かつ有意性（無相関検定： $P < 0.01$ ）がみられた。

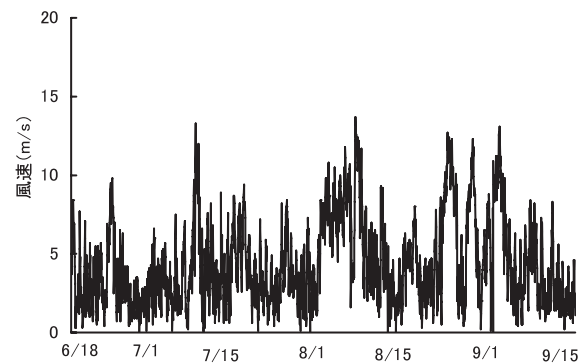


図8 平均風速の時系列推移（北九州空港）

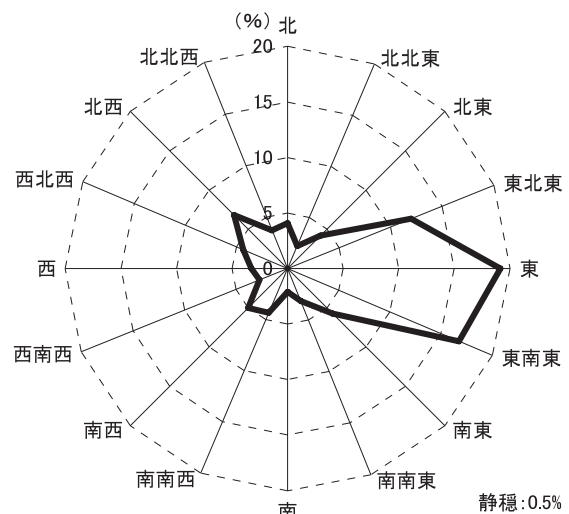


図9 振動測定時の風向割合（北九州空港）

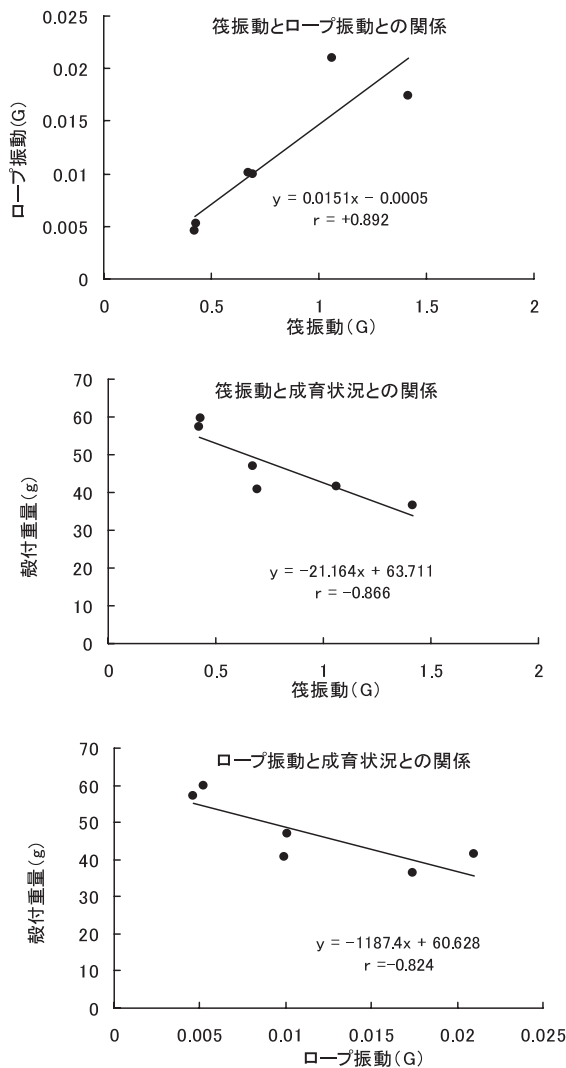


図10 振動とマガキ育成状況との関係

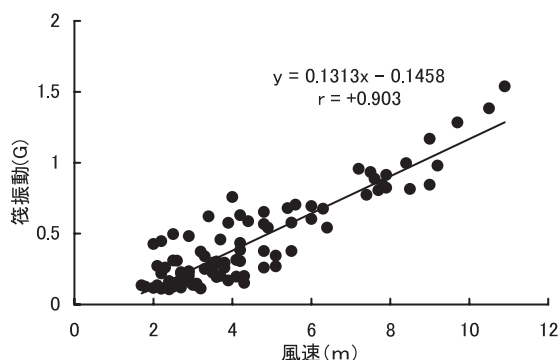


図11 筏振動（人工島区）と風速（北九州空港）との関係

考 察

静穏漁場（人工島及び苅田南港）と波浪漁場（北部、

中部、中・南部及び南部区）との間の振動特性の違いを把握するにあたり、まずかき養殖筏の揺れ方についての検証を行った。加速度計の測定結果から、筏の揺れ方の時系列推移はどの試験区も概ね同様に推移していたが（図3）、平均値を比較すると波浪漁場の筏は静穏漁場の筏と比較して1.6～3.3倍大きく揺れており、有意差が生じていることが確認された（図4）。これは、静穏漁場には東側に空港島（人工島区）や防波堤（苅田南港区）があり、東からの波浪が筏に直接到達する前に一旦遮断されたためと推察された。この軽減効果は、①当海区は東側に開放的なため、東風による風波は吹走距離が長く波浪が発達しやすい（図1）ことや、②北九州空港の風速データをみると、東からの風が卓越して吹いていた（図9）ことや、③筏の振動に対する風の影響度が極めて高い（図11）ことなどからも裏付けられた。

次に、垂下ロープの揺れ方についてみると、筏の揺れ方と同様の傾向を示した。すなわち、揺れ方の時系列変動についてはどの漁場も概ね同様に推移していたが（図5）、加速度の平均値を比較すると波浪漁場の垂下ロープは静穏漁場と比較して1.9～4.0倍大きく揺れており、有意差が生じていた（図6）。また、筏振動とロープ振動の間には、高い正の相関がみられた（図10）。これらの結果から、垂下ロープは筏振動の影響を強く受けて振動していることが分かった。

筏振動とロープ振動の大きさの違いについては、観測された加速度の全漁場平均値を算出して比較すると、各々0.78G及び0.01Gとなり、ロープ振動の値が1/80程度と大幅に小さかった。しかしながら、この結果の取り扱いについては、各々の観測条件の違い（使用した加速時計が異なり、製品の性能上の都合で統一した設定が出来なかった）を考慮する必要がある。すなわち、筏振動は観測機会ごとに12.5秒間に100回測定して最大値を保存するため、その時点での波浪の状況がある程度反映している。一方、ロープ振動は観測機会ごとに1回測定してその値を保存するために、振動が大きい条件下にあってもたまたま加速度が低い時に測定すると、その値を保存する。従って、ロープ振動の保存値は筏振動と比べて相対的に低い可能性が高く、単純に1/80程度に減衰されているとはいえない。しかしながら、ロープ振動の観測数は各漁場13,680回ずつと多く、そのなかでの最大値が南部区で観測された0.225Gであることを考慮すれば、垂下ロープの振動は海水等の影響で大きく減衰されているとはいえよう。

最後に、振動とマガキの育成状況との関係についてみると、筏振動とロープ振動ともにマガキの育成状況との

間に有意性かつ高い負の相関があることが確認された(図10)。また、静穏漁場のマガキの成長は波浪漁場と比較して良好に推移し(図7)、両者の間には有意差が生じたが、この結果は既報^{1,6)}と符合した。これらから、漁場間にみられた振動差はマガキの成育に影響を及ぼすレベルであったため、結果的に静穏漁場と波浪漁場との間に成長差が生じたものと解釈された。

今回の一連の試験から、静穏漁場と波浪漁場でのかき養殖筏や垂下ロープの振動状況の違いや、それがマガキの成長に及ぼす影響が明らかにされ、波浪漁場のマガキは受ける振動が大きいために成育不良が生じている状況が確認された。波浪漁場でのマガキ成育不良対策としては、当研究所ですでに開発した耐波性・高生産性かき養殖筏³⁾の活用が有効であろう。この筏は浮力調整フロートと FRP パイプで構成され、台風による筏の倒壊を防止し、かつなるべく低浮力な状態を保つことで筏中央部の振動を通常筏と比較して約60%に低減させる能力を有する。現在、波浪漁場の4割の筏には耐波性筏の技術導入が図られているが、高生産性能の部分についての普及はあまり進んでいない。従って、今回新たに判明した振動軽減効果の有効性を漁業者へ改めて説明することで、波浪漁場での耐波性・高生産性かき養殖筏の普及促進を図っていく必要があるだろう。

文 献

- 1) 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.
- 2) 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破性試験. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2005；15：33-37.
- 3) 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.
- 4) 野村正：カキ・ホタテ・アワビ，第1版，恒星社厚生閣，東京都，1995；214-215.
- 5) 気象庁：気象統計情報，<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 6) 中川浩一・俵積田貴彦・中村優太：近年の「豊前海一粒かき」の成育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.