

筑前海におけるカキ養殖の耐波性施設に関する研究

後川 龍男・内藤 剛・吉田 幹英^a
(研究部)

筑前海は外海性で波浪の影響を強く受ける漁場が多く、カキ養殖が可能な地区は限られている。また豊前海において開発された耐波性筏が普及しつつあるものの、豊前海で示された高生産性について筑前海での検証はない。そこで、福岡市西区宮浦地先に設置された耐波性筏の振動と成長を調査した。その結果、筏の中央部、筏本体よりも筏の垂下ロープ、垂下ロープの下部ほど振動が抑えられること、筏中央部のクロロフィル量が周辺より低いもののカキの成長は筏中央部ほど良好であることが示された。これは豊前海で得られた結果と同様であり、筑前海においても耐波性筏の高生産性が期待できると考えられた。また宮城県など外洋性のカキ養殖海域で主流の延縄式養殖施設を筑前海の外海域である福津市福間地先に設置し、その振動とカキの成長について調査したところ、外海域でも延縄式養殖によって生産性の高いカキ養殖ができる可能性が示された。

キーワード：カキ養殖 振動 耐波性筏 延縄式養殖

筑前海では近年カキ養殖が盛んになっており、様々な地区でカキ養殖への着業が進みつつある。しかし筑前海では外海性で波浪の影響を強く受ける漁場が多く、従来型の筏を使った養殖が可能な地区は限られている。一方、県内最大のカキ養殖産地である豊前海では耐波性筏が開発され、台風来襲時の被害低減や、波浪の影響を強く受ける南部海域への着業促進に貢献している。

豊前海では筏中央部でカキの成長がよいことが知られており、耐波性筏を使用した試験では、筏の振動を抑えることにより、従来の竹製筏よりカキの成長が促進されることが示されている。一方、筑前海では餌料環境のよい筏縁辺部の成長がよいと言われており、餌料環境が成長の制限要因となっていることが推測されるが、筏の振動とカキの成長について詳しく調べた例はない。そこで、福岡市西区宮浦地先において筏の振動を調査し、他の環境要因と併せてカキの成長に与える影響を調査した。また、宮城県など外洋性のカキ養殖海域で主流の延縄式養殖施設を筑前海の外海域である福津市福間地先に設置し、その振動及びカキの成長を調査した結果も報告する。

方 法

1. 筏式養殖

調査は図1に示した福岡市西区宮浦地先に福岡市漁協

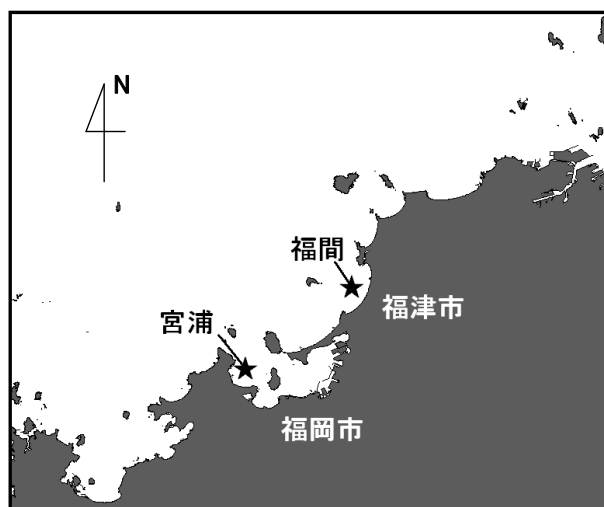


図1 調査地点

唐泊支所が設置した耐波性筏のうち、漁場の沖側に位置する筏（以下、沖筏）と漁場の岸寄りに位置する筏（以下、岸筏）で行った。調査期間は2011年8月4日から12月1日まで、2012年前半は5月18日から8月13日まで、後半は9月6日から12月11日までである。調査点は沖筏縁辺部、沖筏中央部、岸筏縁辺部とし、調査項目は加速度、水温、クロロフィル量の連続観測及び、カキの殻付き重量（以下、全重量）とした。

^a 現所属：漁業管理課

(1) カキ筏本体の振動調査

カキ筏の振動を数値化するため、2012年の調査期間中に連続観測可能な加速度計を沖筏の縁辺部及び中央部、岸筏の縁辺部に設置してその加速度を測定した。カキ筏の横竹部分に G-men 加速度計 (SRIC 社製 DR10R) を水平に固定し、30分に1回、0.125秒間隔で100回加速度を測定してその最大値を記録するよう設定した。また G-men を収容したケース内に HOBO ペンダントロガー (Onset 社製 UA-004-64) を固定し、10分に1回加速度を測定した。筏への設置方法を図2に示した。加速度計で計測された X, Y, Z 軸の加速度を合成した加速度を測定値としてデータを解析し、筏部位別、筏設置場所別の振動を比較した。

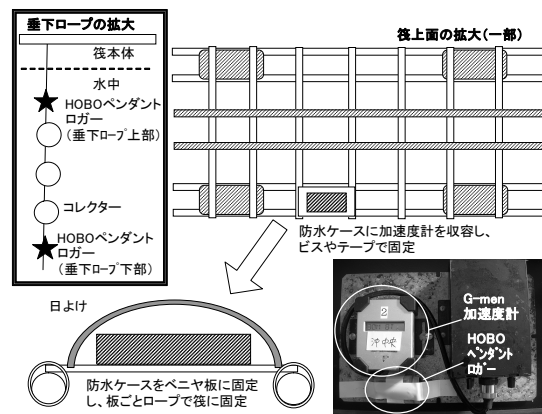


図2 加速度計の設置方法

(2) 垂下ロープの振動調査

垂下ロープの振動を数値化するため、調査期間中に水中でも観測可能な HOBO ペンダントロガーを垂下ロープ最上部及び垂下ロープ最下部に固定し、10分に1回加速度を測定した。ロープへの設置方法を図2に示した。なお加速度計で計測された X, Y, Z 軸の加速度を合成した加速度を測定値としてデータを解析し、筏部位別、筏設置場所別、垂下ロープ上部と下部での振動をそれぞれ比較した。

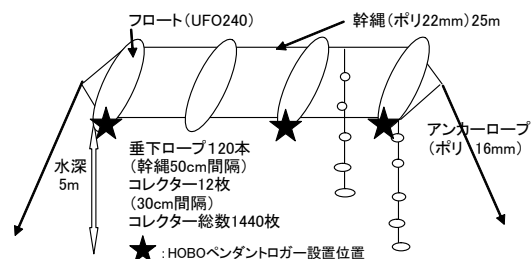


図3 延縄式養殖施設の概要

(3) 養殖環境及びカキの成長調査

調査期間中、クロロフィル濁度計 (JFE アドバンテック社製 INFINITY-CLW) を各調査点に設置し、1時間に1回水温とクロロフィル量を測定した。また月に1回程度採水を行って蛍光光度計でクロロフィル量を実測し、測定値を元にクロロフィル濁度計の値を補正した。得られた水温及びクロロフィル量について24時間分のデータの平均値をとり、調査日別の水温及びクロロフィル量として解析した。

また月に1回程度沖筏縁辺部及び中央部付近のカキを持ち帰り、50個体を目安に全重量を測定した。なお岸筏縁辺部周辺は当センターが試験養殖に使用しており、種苗の産地や垂下時期が沖筏と異なるためカキの成長に関する比較は行っていない。

2. 延縄式養殖試験

試験は2010年に図1に示した福津市福間地先で実施した。福間地先は外海性で筏式養殖は不可能なため、図3に示した延縄式養殖施設でコレクターを1440枚用いた。

振動の調査は2010年6月17日から7月9日、8月5日から8月27日までの2回実施した。施設中央部及び両端部 (沖側・岸側) のフロートに HOBO ペンダントロガーを固定し、2分間隔で期間中の加速度を測定した。

また2ヶ月に1回程度の頻度でカキを持ち帰り、50個体

を目安に全重量を測定し、筑前海の主産地 (糸島地区: 岐志, 福岡湾地区: 唐泊) と比較した。

3. 波高と振動の比較

振動測定時の波浪条件を把握するため、九州地方整備局気象海洋データ (ホームページ) より2010年1月から2012年12月までの宗像大島の1時間おき波高データ入手し、宮浦及び福間地先のカキ養殖施設で観測された加速度と比較した。なお入手したデータは最大波高、有義波高及びその周期である。

結果

1. 筏式養殖

(1) カキ筏本体の振動調査

静止時からの振幅の大きさを比較するため、データ別の平均値を静止時の加速度と仮定し、各生データと平均値との差の絶対値を振幅の大きさとして再計算し、場所別に比較した。

2012年の調査結果を図4に示した。まず G-men 加速度計の結果については、5~8月では沖縁辺>岸縁辺>沖中央となり、9~12月では沖縁辺>沖中央>岸縁辺となった (分散分析, Bonferroni 法, $P < 0.01$)。また HOBO

ペンダントロガーについては、5～8月では沖縁辺＞沖中央＞岸縁辺となり、9～12月では沖縁辺＝沖中央＞岸縁辺となった（分散分析、Bonferroni法、 $P < 0.01$ ）。すなわちG-men加速度計、HOBOペンダントロガーの測定値ともに、おおむね縁辺部＞中央部、沖筏＞岸筏の傾向を示したものの、9～12月にHOBOペンダントロガーで10分間隔で測定した加速度を比較した場合のみ、縁辺部と中央部で有意差が見られなかった。しかし、同じデータを30分間の最大値で比較したところ、沖縁辺＞沖中央＞岸縁辺となった（分散分析、Bonferroni法、 $P < 0.01$ ）。

(2) 垂下ロープの振動調査

カキ筏本体の振動調査と同様、静止時からの振れ幅の大きさを比較するため、データ別の平均値を静止時の加速度と仮定し、各生データと平均値との差の絶対値を振れ幅の大きさとして再計算し、場所別に比較した。

2011年の調査結果を図5に示した。加速度は沖縁辺上部＞沖縁辺下部＞沖中央上部＝岸縁辺下部＞岸縁辺上部＞沖中央下部となった（分散分析、Bonferroni法、 $P < 0.01$ ）。すなわち沖筏の部位別では縁辺部＞中央部、筏設置場所別には沖筏＞岸筏、水深別には垂下ロープ上部＞下部となったが、岸筏縁辺部のみ垂下ロープ上部＜下部となった。

2012年の調査結果を図6・7に示した。5～9月の加速度は沖縁辺上部＞沖中央上部となり、9～12月の加速度は沖縁辺上部＞沖縁辺下部＞沖中央上部＞岸縁辺上部＞岸縁辺下部＞沖中央下部となった（分散分析、Bonferroni法、 $P < 0.01$ ）。すなわち沖筏部位別には縁辺部＞中央部、筏設置場所別には沖筏＞岸筏、水深別には垂下ロープ上部＞下部となった。

(3) 養殖環境及びカキの成長調査

期間中の水温及びクロロフィル量の推移を図8・9に示した。水温については地点間で差がなかった（分散分析）ため代表点として沖筏縁辺部の水温推移を図示した。クロロフィル計の測定値についてはセンサー部分に生物が付着した場合異常値を示すため、異常値が観測された時間については全点のデータを削除して比較した。

2011年度は、沖筏縁辺部、中央部、岸筏縁辺部のデータが揃った6月21日から翌年1月30日までのデータを元に解析した。期間中の水温は地点間で差がなく（分散分析）、クロロフィル量は沖筏縁辺部＝中央部＜岸筏（分散分析、Bonferroni法、 $P < 0.01$ ）となった。

2012年度は、沖筏縁辺部、中央部、岸筏縁辺部のデータが揃った6月14日から翌年1月31日までのデータを元に解析した。この結果、水温は地点間で差がなく（分散分析）、クロロフィル量は沖筏縁辺部＝岸筏＞沖筏中央部、

となった（分散分析、Bonferroni法、 $P < 0.01$ ）。

2011年及び2012年の全重量の推移を図10に示した。調査日毎に縁辺部と中央部の全重量を t 検定により比較し、有意差が見られた場合は図中に*（5%水準）、**（1%水準）で示した。全重量はおおむね縁辺部＜中央部で推移し、特に漁期後半は筏中央部で成長が良かった。

2. 延縄式養殖

筏式の解析と同様、静止時からの振れ幅の大きさを比較するため、データ別の平均値を静止時の加速度と仮定し、各生データと平均値との差の絶対値を振れ幅の大きさとして場所別に再計算した結果を図11に示した。1回目は岸側＞沖側＞中央部、2回目は沖側＞岸側＞中央部となり（分散分析、Bonferroni法、 $P < 0.01$ ）、いずれも中央部の加速度が両端よりも小さくなった。

試験養殖期間中のカキの成長を図12に示した。筏式養殖が不可能な外海性の福間地先でも、延縄式養殖により筏式養殖を行う筑前海の主産地と同等の成長を示すことが示された。福間での水揚げは最終的に320kgとなった。

また10月18日調査時に施設中央部と施設岸側の垂下ロープからカキをサンプリングして全重量を比較したところ、中央部は平均45.4g、岸側は平均31.9gとなり、中央部のカキが有意に大きかった（ t 検定、 $P < 0.01$ ）。

3. 波高と振動の比較

上記で得られた加速度を全て1時間間隔に再計算し、1時間間隔の波高データと比較した。再計算の方法は、（1）1時間あたり平均値、（2）1時間あたり最大値である。

宮浦地先の筏上で観測された加速度との比較結果を表1・2に示した。G-men加速度計の観測値では、調査期間前半の沖筏縁辺部の1時間あたり最大値と最大波との相関係数が0.543（無相関検定、 $P < 0.01$ ）となり最も高い値となった。またHOBOペンダントロガーの観測値では調査期間後半の沖筏縁辺部の1時間あたり平均値と有義波との相関係数が0.428（無相関検定、 $P < 0.01$ ）となり最も高い値となった。G-men加速度計では1時間あたり最大値と波高、HOBOペンダントロガーでは1時間あたり平均値と波高との相関係数が他の組み合わせより高めであった。

延縄式養殖の加速度との比較結果を表3に示した。沖側の1時間あたり平均値と有義波高との相関係数が0.597（無相関検定、 $P < 0.01$ ）となり最も高い値となった。また、1時間あたり平均値と波高との相関係数が他の組み合わせより高めであった。

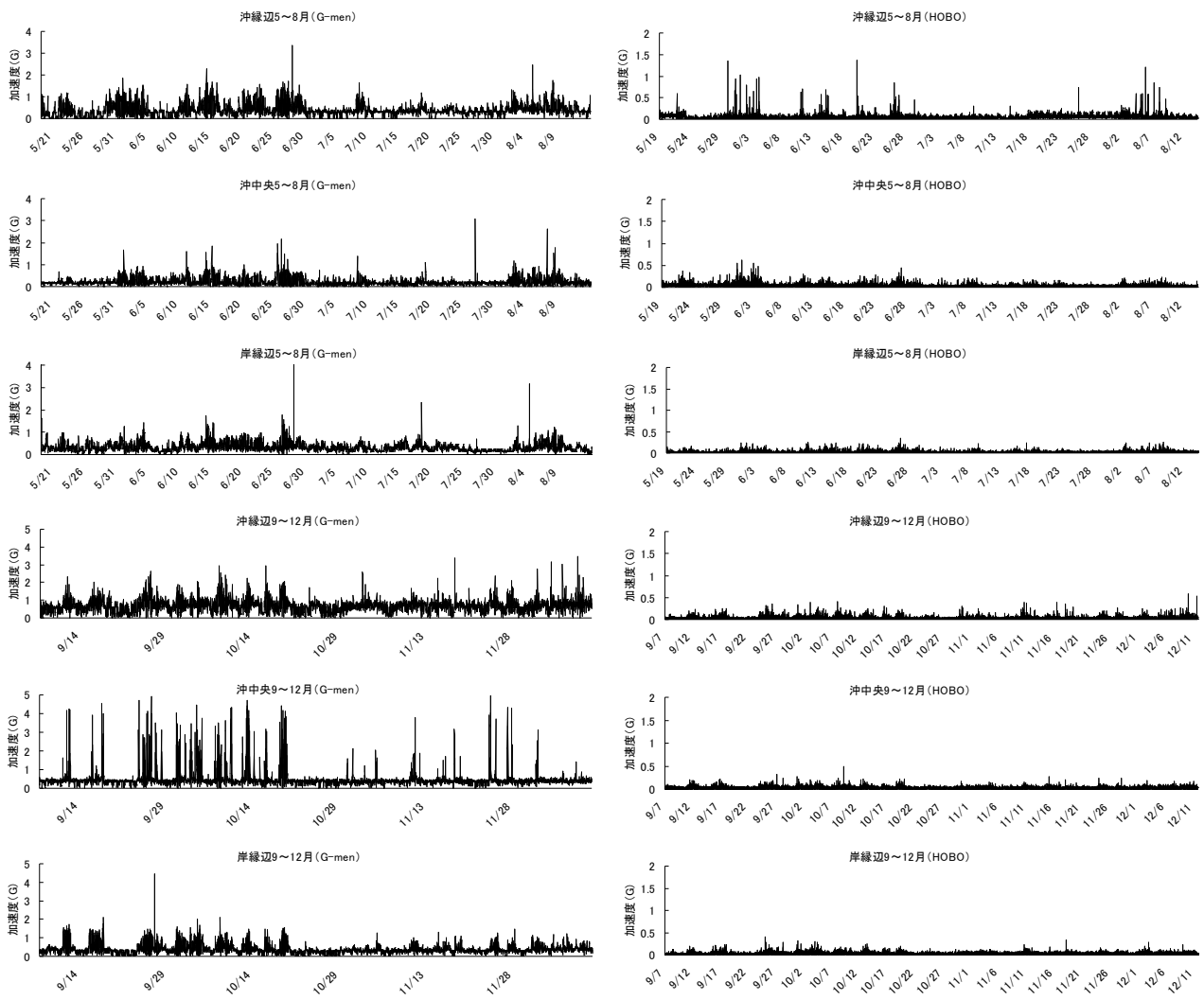


図4 2012年の筏本体の振動（左：G-men 加速度計，右：HOBO ペンダントロガー）

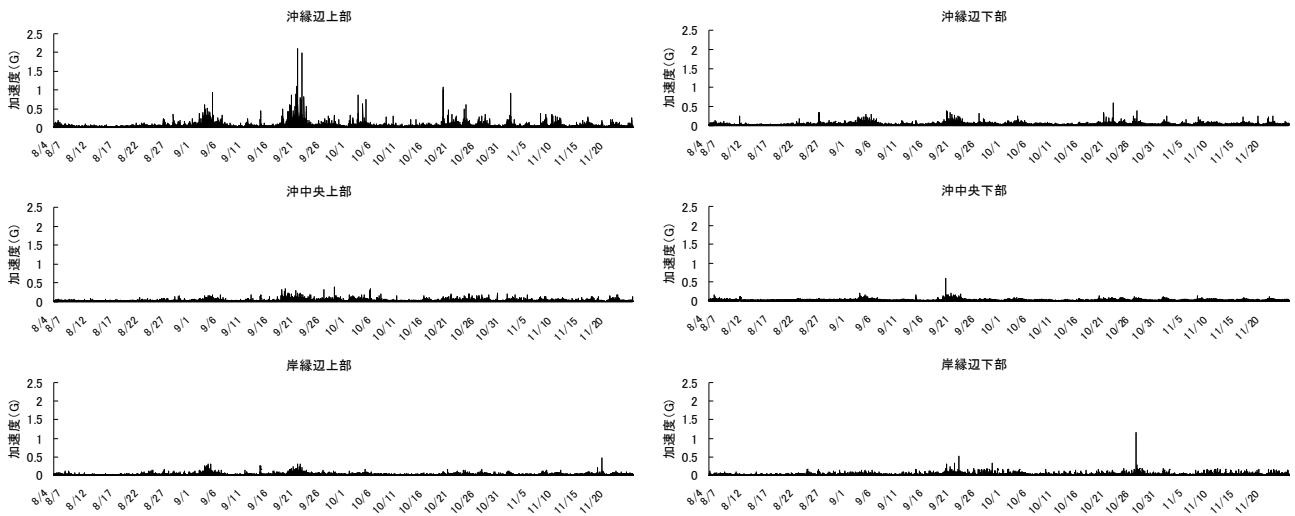


図5 2011年8~11月における垂下ロープの振動

筑前海におけるカキ養殖の耐波性施設

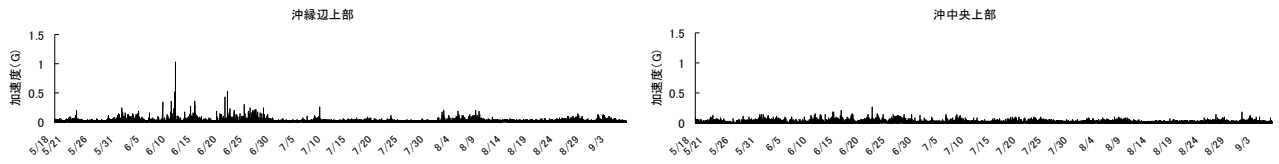


図6 2012年5～9月における垂下ロープの振動

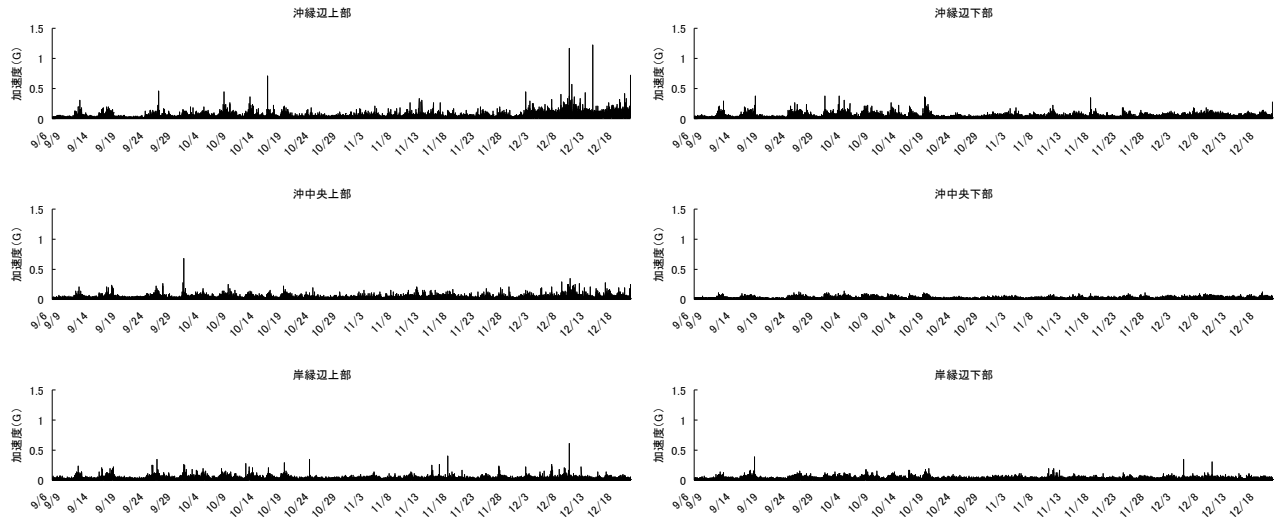


図7 2012年9～12月における垂下ロープの振動

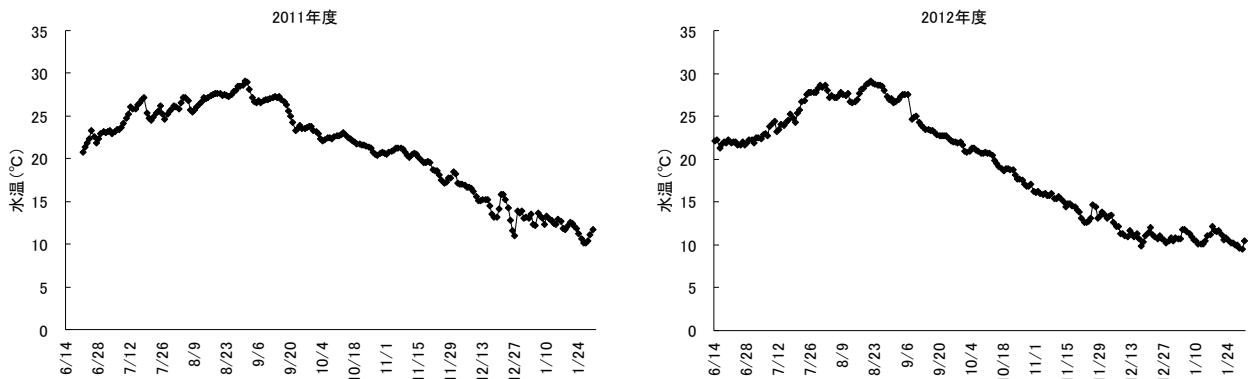


図8 2011年度及び2012年度のカキ養殖期間中の水温（沖筏縁辺部）

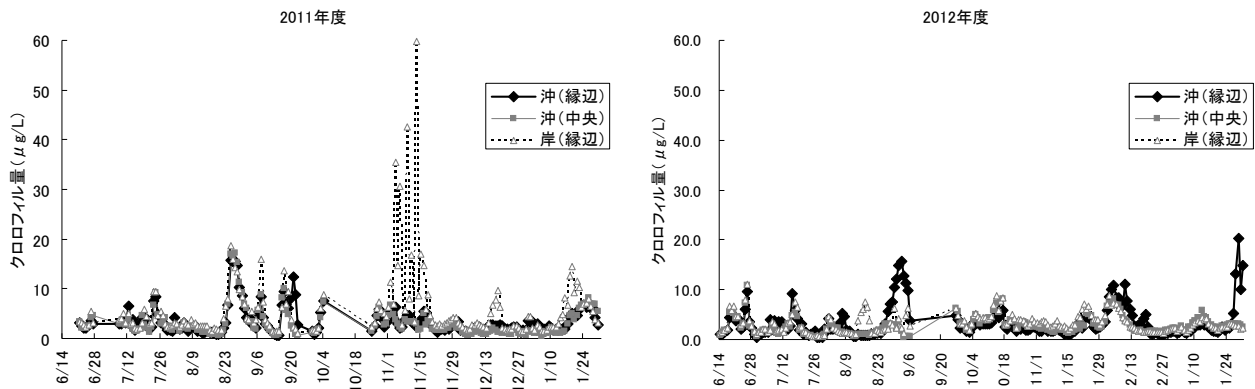


図9 2011年度及び2012年度のカキ養殖期間中のクロロフィル量

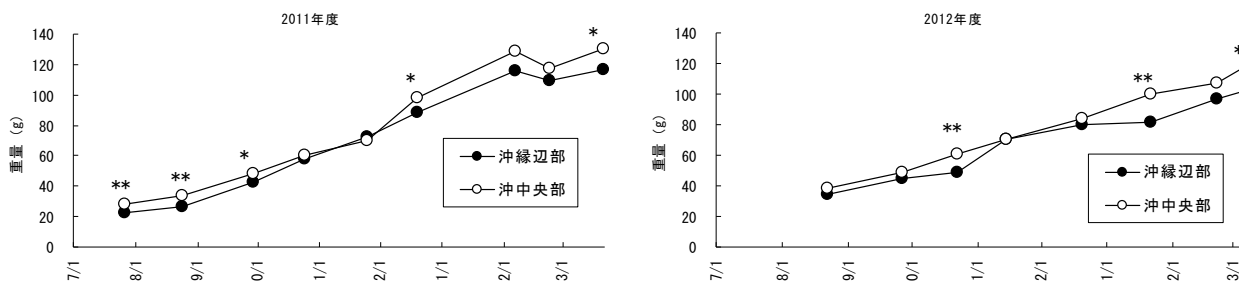


図10 2011年度及び2012年度の筏式養殖カキの成長

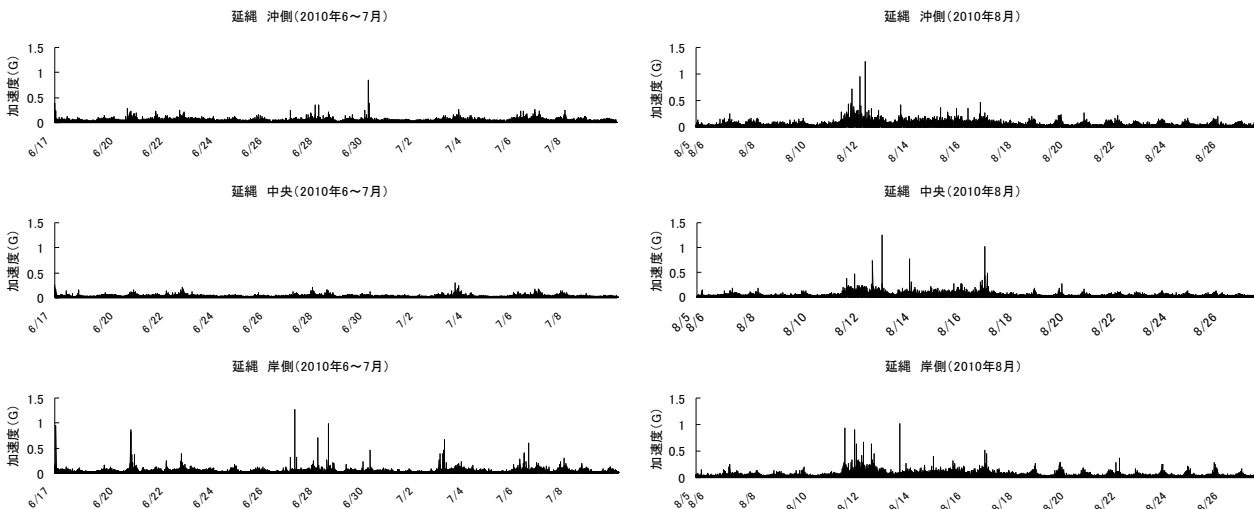


図11 延縄式養殖施設における振動（2010年6～8月福間地先）

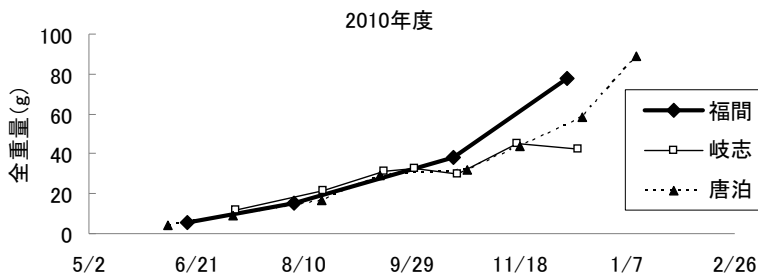


図12 福間地先（延縄式養殖）と筑前海主要漁場（筏式養殖）のカキの成長

表1 宮浦地先の筏上で観測された加速度（G-men 加速度計観測値）と波高データとの相関係数

波高データ\G-men測定値	沖縁辺平均	沖縁辺最大	沖中央平均	沖中央最大	岸側平均	岸側最大
前半	最大波高 0.500	0.543	0.367	0.388	0.341	0.356
	有義波高 0.501	0.541	0.361	0.381	0.350	0.364
後半	最大波高 0.412	0.418	0.238	0.229	0.393	0.387
	有義波高 0.422	0.425	0.240	0.232	0.395	0.389

表2 宮浦地先の筏上で観測された加速度（HOBO ペンダントロガー観測値）と波高データとの相関係数

波高データ\HOBO測定値	沖縁辺平均	沖縁辺最大	沖中央平均	沖中央最大	岸側平均	岸側最大
前半	最大波高 0.196	0.221	0.299	0.316	0.476	0.444
	有義波高 0.193	0.216	0.301	0.320	0.477	0.450
後半	最大波高 0.422	0.389	0.356	0.343	0.407	0.389
	有義波高 0.428	0.395	0.366	0.352	0.409	0.363

表3 福間地先延縄式養殖施設で観測された加速度（HOBO ペンダントロガー観測値）と波高データとの相関係数

波高データ\HOBO測定値	沖側平均	沖側最大	中央平均	中央最大	岸側平均	岸側最大
最大波高	0.595	0.518	0.561	0.418	0.542	0.349
有義波高	0.597	0.522	0.555	0.405	0.536	0.348

考 察

これまでに行われた筏の振動とカキの成長に関する研究¹⁻²⁾の結果と比較すると、本研究で得られた結果のうち、(1) 筏の中央部で振動が抑えられる、(2) 筏本体よりも筏の垂下ロープで振動が抑えられる、(3) 筏中央部のクロロフィル量が筏縁辺部より低い、(4) カキの成長は筏中央部ほど良好である、は過去の知見と同様であった。すなわち筑前海にも、筏の振動を抑えることでカキの成長が促進されるという豊前海の知見があてはまると考えられる。例えば筑前海でも唐泊地区では波浪に対する強度の高さから耐波性筏の普及が進み³⁾現在では全て耐波性筏に置き換わっているが、耐波性筏の普及が進んでいない地区に対しては、こうした耐波性筏の高生産性¹⁾を期待して普及を図るのも一つの手であると考えられる。

漁場によって振動が異なることは以前から知られていたが¹⁻²⁾本研究では同一漁場内でも筏の設置位置によって振動が異なることが示された。糸島地区では、クロロフィル a 量が大きい場所に経験的に筏が配置されており、養殖漁場を拡大する際にクロロフィル a 量の分布シミュレーションを活用している。⁴⁾本研究の結果を用いれば、クロロフィル a 量の分布シミュレーションに加えて振動の影響を実際に測定し、さらに耐波性筏を用いることにより、筏式養殖に適した海域をさらに拡大できる可能性がある。

本研究では、30分に1回、0.125秒間隔で100回加速度を測定してその最大値を記録できる高性能の G-men 加速度計と、取扱が簡易で防水型である HOBO ペンダントロガーを用いて得られたデータを比較した。数ヶ月にわたって採取した多数のデータを用いて比較すれば、過去の知見と同様²⁾どちらの加速度計でもほぼ同様の結果を示すとともに、調査点間の振動に有意差を見いだせた。すなわち本研究における測定条件であれば、どちらの加速度計を用いても施設の振動を比較することが可能であると言える。またいずれの加速度計から得られたデータとも波浪と正の相関を示したことから、施設の振動は波浪によるものであることが確認された。

G-men 加速度計は1時間あたり最大値と波高との相関係数が他の組み合わせより高めであったことから、瞬間的な加速度を観測するのに適していると考えられる。一方毎回最大値を記録することができない HOBO ペンダントロガーは、筏、延縄式とも1時間あたり平均値と波高との相関係数が高めであったことから、ある程度長期間の加速度を測定することによりデータの信頼性が向上

するものと思われた。すなわち一般的な漁場特性や施設の振動特性を知りたい場合には、簡便かつ防水性も高く安価な HOBO ペンダントロガーを数ヶ月程度設置すれば信頼できるデータが得られると思われる。

また本研究では HOBO ペンダントロガーが水中で使用可能な点を活かし、垂下ロープ上部と下部での振動を実測し、垂下ロープ下部で振動が抑えられることを示した。カキ養殖漁業者は、一時的に大量の需要がある年末年始などの時期を控え、コレクターからカキを外して洗浄し、一時的に丸カゴに収容してカキ筏に垂下しておくことで大量の需要に応える態勢をとっている。これを従来より深吊りすればカキに対する振動が抑えられ身入りが向上する可能性がある。また通常養殖時の深吊り、あるいは垂下ロープ下部を高密度にする、といった生産性向上の可能性も考えられた。さらに、現場の漁業者から振動が原因と思われるカキの脱落が報告されていることから、今後 HOBO ペンダントロガーが水中で使用可能な点を活かし、脱落と振動の関係を調査するといった活用方法も考えられる。

最後に、延縄式養殖施設については、波浪の影響を受ける筑前海外海域でも内湾の筏式と同等の成長を示したことから、筑前海での新たなカキ養殖方法として期待される。特に今回用いた施設では、施設中央部で振動が抑えられ、カキの成長も中央部でよいことが確認されたことから、施設の耐久性を第一に考えつつ、垂下ロープの振動を吸収できるよう設計することにより、筑前海の外海域でも生産性の高いカキ養殖ができる可能性がある。

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) 中川浩一, 尾田成幸, 石谷誠, 大形拓路: 豊前海に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. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2012, 22, 63-68.
- 3) 濱田弘之, 惠崎摂, 渡邊大輔: 筑前海における耐波性かき養殖筏試験. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2010, 20, 127-130.
- 4) 松井繁明: マガキ養殖漁場の水質について. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2011, 21, 87-93.

