

FRP製パイプを用いたカキ養殖筏の耐破性試験

上妻 智行・佐藤 利幸・長本 篤・江藤 拓也
(豊前海研究所)

A durability test on rafts for oyster cultivation used by fiberglass reinforced plastics poles

Tomoyuki KOUZUMA Toshiyuki SATOU Atushi NAGAMOTO and Takuya ETOU
(Buzenkai Laboratory)

本海域におけるマガキ養殖は'83年に北九州市恒見漁協において導入されて以来、急速に普及し、2003年現在で1,426トン¹⁾の生産を揚げる海域の主要漁業へと発展した。特に本海域で生産される養殖マガキはブランド化によって需要が拡大傾向にあること、また殻付きで出荷されるため労働投下や設備投資が少ないことなどから、養殖業としての収益性が高く、他漁業からの転向やU I ターン者の参入等、海域漁業の活性化に大きな役割を果たしている。

しかしながら漁場利用をみると海域北部の新北九州空港建設地と陸域に挟まれた狭小な静穏海域が中心的な生産漁場であり、海域の中～南部漁場では利用度が低く、養殖普及が進んでいない。

中～南部海域に養殖普及が進んでいない原因として、地域における漁業形態の違い²⁾や漁場間のマガキの成長格差³⁾等が挙げられるが、特に風波による養殖筏の破損被害が北部の静穏海域と比較して著しいことが、普及を阻害する大きな要因であると考えられる。

ここでは、風波による養殖筏の破損被害を防止し、海域の中～南部漁場へカキ養殖を普及させる目的で、FRP製の高強度パイプを使用した耐破性養殖筏を開発し、その実証試験を行ったので報告する。

方法

まず、通常の養殖筏における破損実態を把握するため、筏の標準的な構造を整理するとともに、破損部位の特定や破損筏の設置後経過年数について調査を行い、筏破損パターンのモデル化を行った。

次に耐破性筏の設計として、通常の養殖筏の破損実態に基づき、補強資材であるFRPパイプを使用する部位及び配置を決定するとともに、通常筏との強度比較を

行った。筏の強度比較には構成物の断面形状及び一般物性を測定して算出した曲げモーメントを比較した。

なお、補強剤として使用するFRPパイプには、資材入手の容易性、経済性から宇部日東化成(株)製コンポースパイプ (FRP製76φ、以下FRPパイプという。)を使用することとした。

更に設計に基づき作成した耐破性筏については'01年4月に図1に示す中部漁場(行橋市沖)に設置し、通常の養殖過程と同様に約800本の垂下連を吊して'04年3月

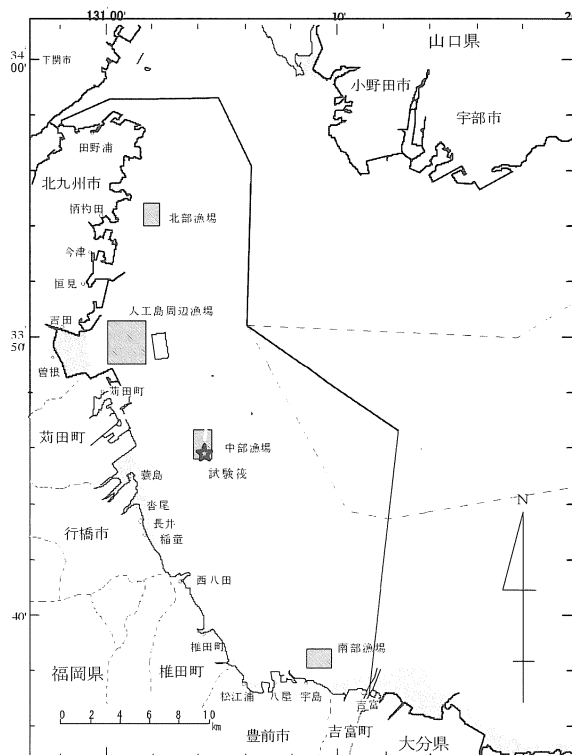


図1 カキ漁場及び試験位置図

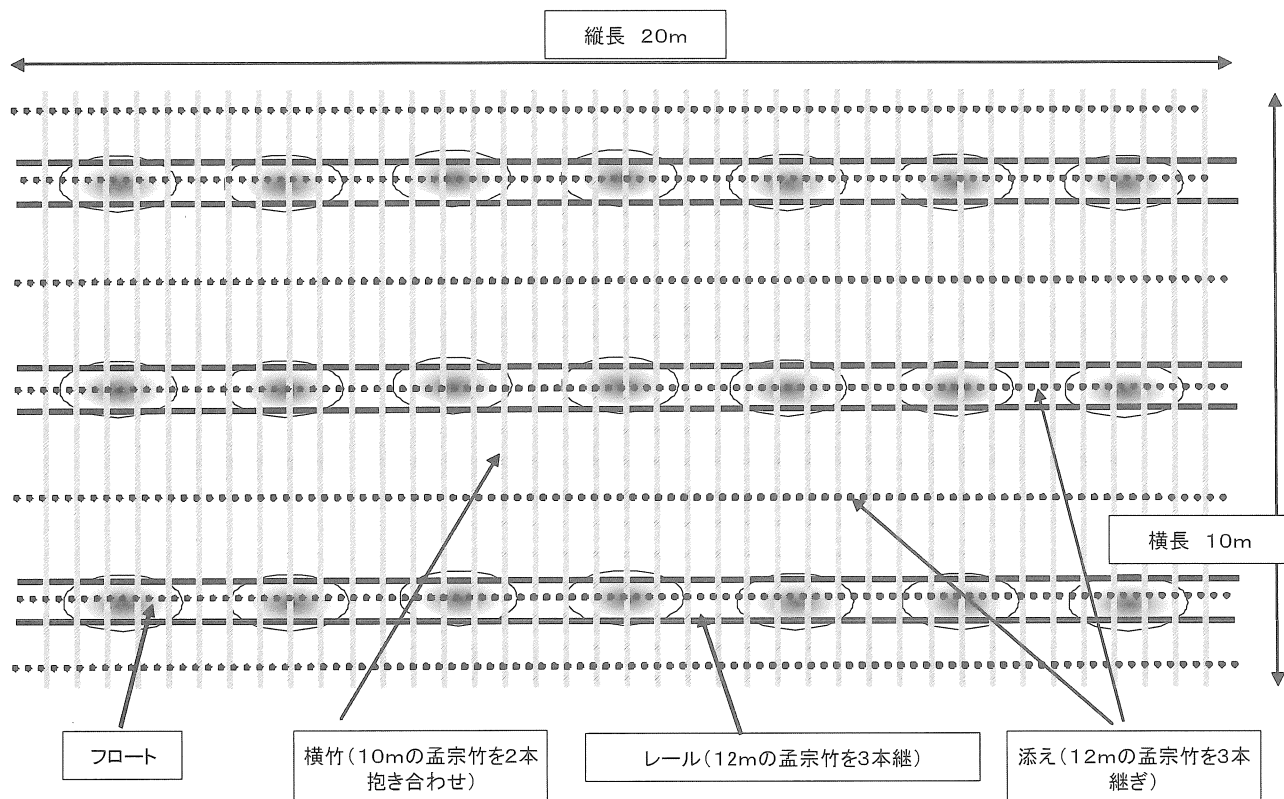


図2 カキ養殖筏構造図

まで耐破性能の経過観察を行った。また同時に、本仕様に基づき漁業者が自費制作し、'01年4月に中部漁場に設置した3台及び'03年4月に作成し、北部漁場に設置した1台の耐破性筏についても経過観察を行った。

結 果

1. 養殖筏の構造及び破損実態

まず、当海域で使用される通常筏の構造を図2に示した。筏は縦×横それぞれ20m×10mの長方形で、本体は孟宗竹を番線によって格子状に組み合わせて構成されている。横方向には長さ10mの孟宗竹2本を組み合わせた「横竹」と呼ばれる部材が43本配置され、縦方向には筏の浮体である発泡フロートを支える「レール」と呼ばれる12mの孟宗竹を組み合わせた長さ20mの部材3対が配置されるほか、同長の「添え」と呼ばれる補強部材7本が配列されている。また、筏の両短辺には先端が二股に分かれた長さ約100mのロープがそれぞれ3本ずつ接続され、先端は30kgポートアンカーによって固定されている。更に筏には、30cm間隔で種苗コレクターを挟み込んだ長さ5～6mの垂下連約800本が吊されている。

次に筏の破損部位については、漁船による接触や漂流物の衝突等によって起こる筏縁辺部分の軽微な損傷を除き、図3に示すように、筏の長辺に配置される「レール」及び「添え」と呼ばれる部材の中央付近が垂直方向に破損するケースが最も多い。特に「レール」は筏の浮体を支える重要な構成物であるが、筏の最下面に配置され、更には浮体と一体化した構造となっていることから、当該部位が破損した場合、海上での修復が困難であり、筏の廃棄を余儀なくされる致命的な損傷となることが多い。



図3 破損したカキ養殖筏

次に筏の破損パターンを図4に示した。強風による波浪時には筏が波形に沿って大きく変形することが観

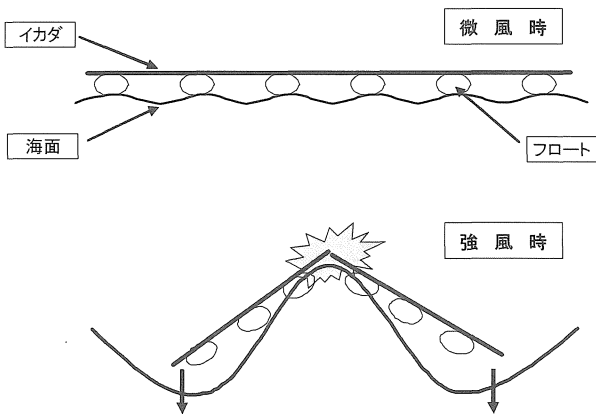


図4 筏の破損パターン

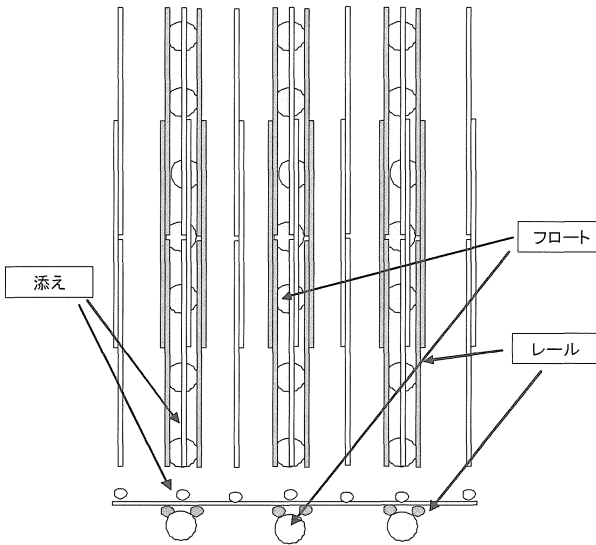


図5 筏縦方向の孟宗竹の配置

察される。特に波高の高い場合には、筏自重及び垂下連の重量によって筏中央部付近に大きなモーメントが発生し、孟宗竹が少なく構造的に弱い縦方向に折れるものと考えられる。

また、破損した筏の設置後経過年数をみると、新設筏では破損被害はほとんど発生しないものの、年数が経過する程、破損頻度が高く、設置後3年を終了した時点でほとんどの筏が新たな筏に作り替えられているのが現状である。

2. 耐破性筏の設計

通常の養殖筏には図5に示すように、レールを構成する6本及び添えを構成する7本、合計13本の孟宗竹が配置され、前述の調査によって強風時にはこれら縦方向の孟宗竹の中央部分が最も破損しやすいことが明らかになった。当該中央部分の孟宗竹の断面形状を調査した結果、表1に示したように平均値で外径94mm、内径86mm、

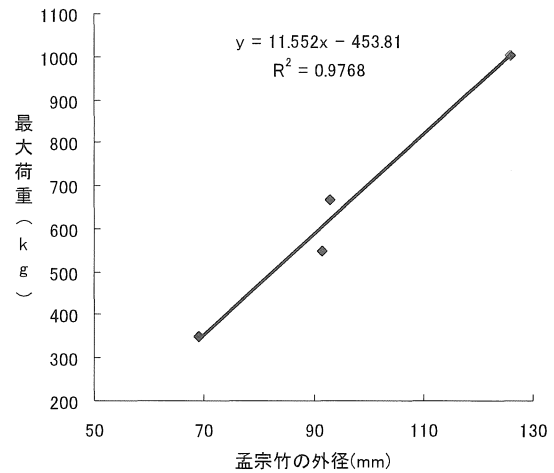


図6 孟宗竹の外径と最大荷重

表1 各素材の断面形状

	孟宗竹(青竹)	FRP
外径	94 mm	76 mm
内径	86 mm	63 mm
各辺厚み	8 mm	13 mm
断面積	21.6 cm ²	14.3 cm ²
断面係数(Z)	34.9 cm ³	22.9 cm ³

表2 各素材の一般物性

	孟宗竹(青竹)	FRP
最大荷重(P)	632 kg	1050 kg
支点間距離(L)	1500 mm	2000 mm
試験速度	15 mm/min	20 mm/min
曲げモーメント(M=PL/4)	237 kg/m	525 kg/m
断面係数(Z)	34.9 cm ³	22.9 cm ³
曲げ強さ(δb=M/Z)	6.79 kg/cm ³	22.93 kg/cm ³

厚み8 mm であり、これらから計算した断面積及び断面係数(Z)はそれぞれ21.6cm²、34.9cm³となった。

次に竹林から切り出した直後の孟宗竹(青竹)の最大荷重(P)を三点曲げ法(試験速度15mm/min、支点間距離(L)1,500mm)により求めた結果を図6に示した。これによると孟宗竹の外径と最大荷重との間に正の相関が認められ、以下の関係式が求められた。

$$y = 11.552x - 453.81$$

y : 最大荷重 (kg)

x : 孟宗竹の外径

この式により求められる新設筏の縦方向に配置した孟宗竹中央部分の孟宗竹単体における一般物性は表2に示すように最大荷重は632kg、1 mあたりの曲げモーメント(M)は237kg/m(PL/4)となった。

従って、新設筏における縦方向の曲げモーメントは

$$237\text{kg/m} \times 13\text{本} = 3,081\text{kg/m}$$

と推定される。

一方で、補強資材として使用するFRPパイプの断面

表3 通常筏と耐波性筏の強度比較

曲げモーメント		
	通常筏	耐波性筏
レール	1,422 kg/m	3,150 kg/m
添え	1,659 kg/m	1,659 kg/m
合計	3,081 kg/m	4,809 kg/m

表4 通常筏と耐波性筏の経済性比較

規格	単価(円)	耐波性		通常イカダ	
		数量	金額(円)	数量	金額(円)
発泡フロート	3,000	21	63,000	21	63,000
種苗 宮城産	13	12,000	156,000	12,000	156,000
上部渡しロープ ポリ12mm	12,750	3	38,250	3	38,250
垂下ロープ ポリ10mm	6,480	18	116,640	18	116,640
孟宗竹(縦) 12m	1,000	21	21,000	39	39,000
孟宗竹(横) 10m	900	90	81,000	90	81,000
FRPポール 10m	23,500	12	282,000	0	0
番線	12,000	4	48,000	4	48,000
アンカー 30kg	10,000	12	120,000	12	120,000
アンカーロープ ポリ16mm	13,000	4	52,000	4	52,000
被服番線	500	48	24,000	48	24,000
		合計	1,001,890		737,890
		比較	1.36		1

形状及び一般物性をそれぞれ表1, 2に示した。これによると FRP の外径, 内径, 厚みはそれぞれ76mm, 63mm, 13mm, 断面積及び断面係数もそれぞれ14.3cm², 22.9cm³であり, 孟宗竹と比較して細く, 肉厚である。また, FRP パイプの一般物性をみると曲げモーメントが525kg/m と孟宗竹(青竹)の約2倍以上の強度があり, 破損頻度の高い筏縦方向に使用する孟宗竹の代替資材として使用することで, 破損被害の少ない新設筏以上の強度が確保できると考えられる。

これらの結果をもとに耐波性筏の設計を行った。まず, 筏縦方向に配置する13列の孟宗竹のうち, 被害を受けた際, 交換が困難となる「レール」部分の6列にのみ FRP パイプを使用することとした。このことによって表3に示すように, レール部分の曲げモーメントは通常筏の1,422kg/m に対し, 耐波性筏では3,150kg/m と2倍以上の強度が確保でき, また筏全体でも通常筏の3,081kg/m に対し, 耐波性筏では4,809kg/m と約1.6倍の強度が確保できる計算となった。

一方, 設計した耐波性筏の経済性について検討した結果を表4に示した。通常筏では種苗やアンカーロープ等の付属品を含め筏を新設した場合の費用は約74万円であるのに対し, 耐波性筏では FRP パイプの追加によって通常筏の約1.4倍となる約100万円の経費が必要である。

3. 耐波性筏の実証試験

表5に示すように設置後2年以上を経過した'03年3月及び12月に中部～南部漁場を中心に, 漁場の1/3の筏に破損被害が発生した。

3月の被害発生時においては北部漁場に設置された17台の通常筏のうち6台に被害が発生し, 中部漁場におい

表5 強風時の筏破損状況

年月	漁場名	イカダ種類	イカダ数		
			総数(A)	被害数(B)	被害率(B/A)
2003. 3	北部	通常	17	6	35
		通常	15	5	33
		耐波	4	0	0
2003. 12	北部	通常	17	3	18
		耐波	1	0	0
	中部	通常	15	6	40
		耐波	4	0	0
	南部	通常	7	3	43

ても15台中5台が被害を受けた。一方, 中部漁場に設置された耐波性筏4台については, 全く被害を受けなかった。次に12月の被害発生時においては北部漁場に設置された17台の通常筏のうち3台に被害が発生し, 中部漁場においても15台中6台が被害を受けた。一方, 北部漁場に設置した1台及び中部漁場に設置された4台の耐波性筏においては3月時点と同様に全く被害を受けなかった。

考 察

今回, 課題となったカキ養殖筏の破損問題は単にカキ養殖業に経営的な打撃を与えるばかりでなく, 筏が破損することによって, 筏から多数の孟宗竹が海上へ流出し, 他の漁船漁業の操業において支障となり, また一般船舶の航行上の問題や海底に沈下し漁場老朽化の一因となるなど, 様々な面において悪影響を及ぼしている。

また, 地域市場における地産物の価格形成力の弱体化や漁獲量の減少等が進み, 漁船漁業経営は悪化の一途をたどるなか, 特に養殖普及が進んでいない海域の南部～中部地域においては, カキ養殖の導入に対する期待が大きい等, 耐波性カキ養殖筏の開発は海域の漁業振興上, 重要な問題であると捉えることができる。

これら問題を解消するため, 耐波性カキ養殖筏については過去にも検討がなされており, 小林ら⁴⁾は筏を縦方向に2分割し, 中央部をロープで繋ぐことで抵抗モーメントをゼロにし, 波浪による破損を防ぐ方法を提唱している。この方法によると制作費用が通常の筏と変わらないという経費的な利点があるものの, 筏の制作及び海上への設置作業の複雑性や筏を固定するアンカーが緩んだ際に, 分割した筏同士がぶつかりあい損傷する危険性があり, 実際, 南部漁場において一部導入された筏においても同様の被害が発生していること, 更には筏振動によってカキの成長が遅く収穫量が少ない³⁾等の問題がある。

このため, ここでは, 耐波性筏の基本設計として筏の大きさを変化させず, 破損しやすい中央部分の抵抗モーメントを FRP パイプを使用し, 増加させることで耐波性能を高める方法を採用した。FRP パイプを使用する

部位については、経済性を考慮し、最も破損しやすいレール部分のみの採用とした。当然の事ながら FRP パイプを部分的に使用するとは言え、導入に係る経費が通常筏の制作費に追加されることで制作費用は上昇するが、半面、筏の耐用年数の延長による減価償却費の抑制と筏を作り替える労賃の削減等を考慮すると、通常、3年で更新される筏の更新期間が最低1年間延長されると、費用問題は解消されると考えられる。

今回の実証試験期間中においても耐破性筏については破損被害が発生せず、一応の成果が認められた。しかし、今回は台風の直撃による大規模な筏破損被害に直面せず、また実験期間も短かったことから、今後、特に FRP パイプと孟宗竹の接合に使用する番線によるスレや FRP パイプ同士の接合部分のゆるみがどのように筏耐用年数に影響するか等について更に長期間の観察を要すると考えられる。

要 約

- 1) 養殖筏の破損は主に筏縦方向の中央部付近で発生する。
- 2) 特にレール部分の破損は筏の廃棄につながる致命的な欠陥となることが多い。
- 3) 破損頻度の高い筏縦方向中央部付近に使用される孟宗竹の断面形状は外径94mm、内径86mm で断面係

数 34.9cm^3 、曲げモーメントは 237kg/m であった。

- 4) 通常筏全体の縦方向中央部付近の曲げモーメントは $3,081\text{kg/m}$ であった。
- 5) 耐波性筏に使用する FRP パイプの配置箇所は経済性を考慮し、レール部分のみとした。
- 6) 耐波性筏の曲げモーメントは $4,809\text{kg/m}$ となり、通常筏の約1.6倍であった。
- 7) 実証試験の結果、通常筏で破損被害が3～4割であったのに対し、耐波性筏では被害が発生しなかった。

文 献

- 1) 九州農政局福岡統計・情報センター：第51次福岡農林水産統計年報
- 2) 上妻智行・江藤拓也・佐藤利幸・長本篤：豊前海における漁業生産構造と漁業者意識. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第14号, 141-155 (2004)
- 3) 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, 第13号, 31-34 (2003)
- 4) 小林 信・徳田眞考：カキ養殖漁場造成技術開発事業. 福岡県水産海洋技術センター事業報告, 平成4年度, 323-325 (1993)