

養殖生簀網の研究

誌名	水産工学研究所技報. 漁業生産
ISSN	02895153
著者	大沢, 要一 田原, 陽三 武富, 一
巻/号	2号
掲載ページ	p. 1-12
発行年月	1984年3月

水工研技報
漁業生産2 1984
pp. 1

養殖生簀網の研究 I

——養殖生簀網が流れから受ける抗力について——

大沢要一*・田原陽三*・武富 一*

Studies on Behavior of Fish Cages against Flow of Water I

——On Drag of Fish Cages——

By

Yoichi OSAWA, Yozo TAWARA and Hajime TAKETOMI

目 次

1. 緒言	1	実験から得られた抗力の実測値と平面
2. 模型法則および模型網	2	網地の抗力係数から計算された抗力の
2.1 模型法則	2	推定計算値との比較検討結果
2.2 模型網	2	4.2 生簀網に変形がある場合の生簀網の浮
3. 実験方法および実験装置	3	子網に働く抗力の測定結果
4. 実験結果	7	5. 結語
4.1 生簀網に変形がない場合の生簀網模型		参考文献

1. 緒言

従来、わが国の鹹水養殖業は潮流が遅く、波の穏やかな内湾域で営まれて来た。近年、これらの内湾域では養殖施設が過密な状態で敷設されているため、漁場の荒廃、赤潮および魚病などが発生し、養殖魚の死亡事故や成長率の低下などが問題視されている。しかしながらこれら内湾域の外縁部に存在する水深 30~100m の広範な沖合域は養殖場として未だ利用されておらず放置された状態にある。

この沖合域を養殖場として利用するため、水産庁は「沖合漁業利用養殖技術開発企業化試験」を三個所の地方水産試験場に委託し、沖合養殖のための実用化試験に踏み切った。高知県水産試験場は昭和51年度から暖流系魚類（主としてクロマグロ養殖）について、石川県水産試験場は昭和52年度から日本海型魚類（主としてマダイ、インダイ、フクラギの蓄養）を、岩手県水産試験場は昭和54年度から北日本型魚類（主としてギンザケ養殖とクロマグロ蓄養）について研究を開始した¹⁾²⁾³⁾。一般に沖合域は内湾域と異なりその海洋環境は潮流が早く波浪も高いので、沖合域に設置する養殖施設は潮流や波浪

に耐えるだけの十分な強度が要求され、内湾域に設置されている養殖施設に比べて構造的に堅牢なものが使用されなければならない。したがって沖合養殖施設の設計に当っては従来の内湾域における養殖施設の設計技術を活用するのではなく、むしろこの海域において従来から操業されている定置網の設計技術を活用して、沖合養殖施設の設計技術を新たに確立しなければならない。

沖合養殖施設に対する地方水産試験場の幾多の研究によって、沖合養殖施設の設計に関するノウハウは次第に蓄積されて来ているが、これらの研究の過程で「生簀網が流れと波浪から受ける流体力の算定方法を確立すること」の必要性が提起されて来ている。この提起を受けて筆者等は「生簀網が流れから受ける流体力を算定する方法を確立するための研究」に着手することになった。

すでに著者等はこの研究のための下準備として平面網地の抵抗係数の測定を行なっている⁴⁾。これらの平面網地の抵抗係数を用いれば、流れにより網地に変形が生じない生簀網（例えば金網生簀のようなもの）については、その形状が立方体、直円柱、正六角柱であってもそれが流れから受ける全抗力の値は近似的に計算することが可能になる。しかしながら現実の生簀網では流れのために生簀網が変形してその射影面積を減ずるので、網地に変形が生じない生簀網に比べて、その抗力の値は減少

* 漁業生産工学部

することが予想される。したがって、現実の生簀網に働く抗力を算定するに当っては流速ばかりでなく生簀網の変形の度合をも考慮に入れなければならない。

今回はおもに次の二点を解明するために、模型実験を行なった。

1) 生簀網が変形しないと仮定した場合の生簀網の中心に働く抗力の推定計算値の精度を評価するため、推定計算値と模型実験から得られた抗力の実測値とを比較検討する。

2) 生簀網が流れにより変形する場合の生簀網の浮子網に働く抗力の値を模型実験により実測する。

終りに、養殖生簀網の研究全般に亘って常日頃御指導を賜わっている国際協力事業団神奈川水産研修センター所長 森 敬四郎先生に対し深謝致します。また、今回の実験に当たり模型用網地の御提供を頂いた函館製網船具株式会社、回流水槽の使用に当たり多くの御便宜を賜りました漁船工学部の川島敏彦氏および実験・論文整理に御協力下さいました上原玄之助氏、浜村一夫氏、小嶋良子氏に謝意を表します。

2. 模型法則および模型網

2.1 模型法則

模型網の製作に当たっては、その寸法を $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 、縮尺比を $1/20$ としたので、実物網の寸法は $10\text{m} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$ となる。模型法則を表わす下記の式において、実物網の値は単なる欧文字で、模型網の値はダッシュが付いた欧文字で表示することにした。なお、今回の実験では模型法則の値を下記のごとく決めた⁵⁾。

- (1) 模型網と実物網の長さ (λ) の寸法比 (縮尺比)

$$\frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{0.5}{10} = 0.05$$

- (2) 網糸の太さ (D) および目合 (L) の寸法比

$$\frac{D'}{D} = \frac{L'}{L} = \frac{1}{4}$$

- (3) 流速 (V) 比 (ただし ρ は網糸の比重を示す)

$$\frac{V'}{V} = \sqrt{\frac{D'}{D} \cdot \frac{\rho' - 1}{\rho - 1}} = \sqrt{\frac{1}{4}} = 0.5$$

- (4) 網具の決まった点に働く力 (F) の比

$$\frac{F'}{F} = \left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^2 \cdot \left(\frac{V'}{V}\right)^2 = \left(\frac{1}{20}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 6.25 \times 10^{-4}$$

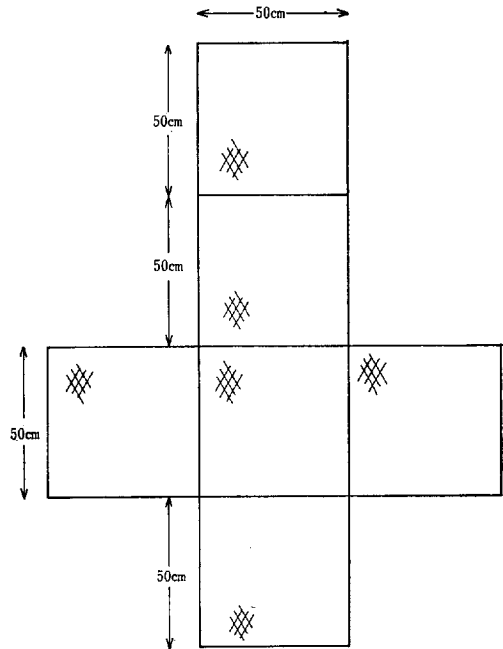


図1 模型網の設計図面

2.2 模型網

実験には一辺の長さが 0.5m の立方体の生簀網模型3個を使用した。各模型網の網地にはナイロン製蛙又結網網地を使用し、各模型網は d/ℓ 値の異なる単一の網地で製作した。即ち、A網は $210\text{D}/9$ 本 $\times 25$ 節の網地で、B網は $210\text{D}/4$ 本 $\times 25$ 節の網地により、C網は $210\text{D}/2$ 本 $\times 25$ 節の網地で構成されている。図1はこれら3種類の模型網の設計図面を示したものであり、表1はこれら3種類の模型網に使用した網地の明細表である。なお、模型網の縮結量はいずれの模型網でも 0.293 に設定した。

模型網の筋網にはいずれも1辺の長さが 0.5m のナイロン製のトワインが使用されている。A網の筋網には直径が 2.8mm のものを、B網の筋網には 1.2mm のものを、C網の筋網は 0.7mm のものを使用して、筋網の抗力が網地の抗力に比べて極力小さくなるようにした。

今回製作した模型網には浮子を付けていない。したがって、*実験Iでは図3に示すごとく、網枠 ($0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$) に模型網をかがり付け、回流水槽の上面にセットされている2本の模型網支持棒から網枠の上面の四隅を吊糸 (スーパード、 $\phi 0.9\text{mm}$) で吊り下げた。また、*実験IIでは図4-1および図4-2に示すごとく、網吊枠 ($0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$) に模型網の上網の筋網の部分をか

* 実験Iと実験IIの内容については3.を参照されたい。

表1 3種類の模型網に使用した網地の明細表

模型網	材質	結節の種類	網糸の直径(d) および目合(2ℓ)	網糸の直径(d) の 実 測 値	目合(2ℓ)の実測値	d/ℓ 値
A 網	ナイロン	蛙又結節	210D/9本×25節	0.73mm	11.7mm	1.25×10^{-1}
B 網	"	"	210D/4本×25節	0.52mm	11.1mm	9.37×10^{-2}
C 網	"	"	210D/2本×25節	0.36mm	12.7mm	5.67×10^{-2}

表2 実験に使用した中吊用重錘と大型沈子の明細表

実験条件	沈子の種類	沈子1個当りの空中重量	個 数
X — 3	中吊用重錘	8.85grw	4 個
X — 6	"	18.18	"
X — 9	"	29.61	"
X — 12	"	40.21	"
X — 15	"	51.64	"
X — 18	"	63.69	"
X — 21	"	79.15	"
Y — 1	大型沈子	4.33grw	12 個
Y — 2	"	5.33	"
Y — 3	"	8.85	"
Y — 4	"	12.85	"
Y — 5	"	16.76	"
Y — 6	"	18.18	"
Y — 7	"	22.09	"

がり付け、回流水槽の上面にセットされている2本の模型網支持棒から網吊棒の四隅を実験Iと同じ方法で吊糸を使用して吊り下げた。このように、模型網に浮子を使用しなかった理由は、浮子の抵抗を考慮した模型網を作製することが実際上困難であるためである。

今回の実験IIでは、流れによる生簀網の変形を防止するために、

- ① 生簀網の底網の四隅に中吊用重錘が付いた中吊網を取り付ける方法
- ② 底網の筋網に12個の大型沈子を均等に吊り下げる方法

を用いた。表2は模型網に使用した中吊用重錘と大型沈子の規格を示す明細表である。なお今回の模型実験においてはこれらの中吊用重錘および大型沈子に働く流水抵抗は無視することにした。

これらの模型網の仕様は2.1で述べた模型法則に従い、実物網の仕様に拡大することができる。表3は模型実験の対象となる実物網の網地の仕様を示したものである。一般に沖合養殖に使用されられると思われる標準的な生簀網の仕様としてはB網の仕様が対応し、A網は網地の目づまりの程度(d/ℓ 値)が標準的な生簀網の仕様より大きくなっており、C網は網地の目づまりの程度が標準的な

生簀網の仕様により小さくなっている。図2は回流水槽内にセットされた実験中の生簀模型網の写真を示したものである。

3. 実験方法および実験装置

すでに2.2で述べた生簀模型網を水産工学研究所所属の回流水槽内にセットして、模型実験を行なった。実験に使用した回流水槽の仕様は表4に示すとおりである。今回は1.で述べたごとく2種類の実験を行なったが、以下では始めに行なった実験を実験I、二番目に行なった

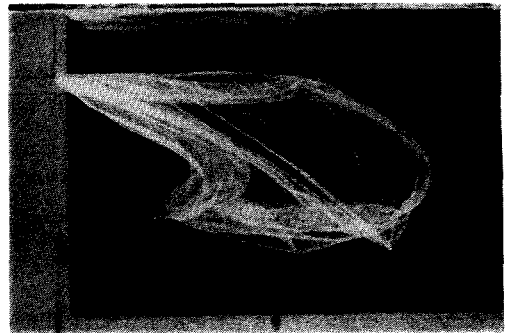


図2 実験中の生簀模型網

表3 実物網 (10m×10m×10m) の仕様

実物網の規格		A 網	B 網	C 網	網地 1 m ² 当りの沈降力	
網地の材質		ナイロン	ナイロン	ナイロン		
網地の結節の種類		蛙又結節	蛙又結節	蛙又結節		
網糸の直径 (d)		2.92mm	2.08mm	1.44mm		
目合 (2ℓ)		46.8 mm	44.4 mm	50.8 mm		
d/ℓ 値		1.25×10 ⁻¹	9.37×10 ⁻²	5.67×10 ²		
総沈降力	中吊用重錘方式	*X — 3	12.9kgw×4個	12.9kgw×4個	12.9kgw×4個	0.09 kg
		X — 6	26.5 ×4	26.5 ×4	26.5 ×4	0.18
		X — 9	43.2 ×4	43.2 ×4	43.2 ×4	0.29
		X — 12	58.7 ×4	58.7 ×4	58.7 ×4	0.39
		X — 15	75.3 ×4	75.3 ×4	75.3 ×4	0.50
		X — 18	92.9 ×4	92.9 ×4	92.9 ×4	0.62
		X — 21	115.5 ×4	115.5 ×4	115.5 ×4	0.77
	大型沈子方式	Y — 1	4.3kgw×12個	4.3kgw×12個	4.3kgw×12個	0.13 kg
		Y — 2	5.3 ×12	5.3 ×12	5.3 ×12	0.16
		Y — 3	8.8 ×12	8.8 ×12	8.8 ×12	0.26
		Y — 4	12.8 ×12	12.8 ×12	12.8 ×12	0.38
		Y — 5	16.8 ×12	16.8 ×12	16.8 ×12	0.49
		Y — 6	18.2 ×12	18.2 ×12	18.2 ×12	0.53
	Y — 7	22.0 ×12	22.0 ×12	22.0 ×12	0.65	

〔註〕* 例えばX-3の数字3は実験番号を示す。

表4 回流水槽の仕様

形式	水平循環型 (ノズルなし)
構造	外板防杭材付鋼板溶接, 7ブロック分割組立, 外板厚 4.5 mm
本体寸法	7.2×3.0×1.3m
観測部寸法	3.4×1.2×0.8m
観測窓	側面 1200×790×12mm 4枚 底面 1200×600×15mm 1枚 (磨き板ガラス)
水槽容積	約14m ³

実験を実験IIと呼ぶことにする。

(1) 実験I: 流れにより生簀網が変形しないと仮定した場合の生簀網の中心に働く抗力を計測するための模型実験

著者等はすでに平面網地の抗力係数を測定しているが、これを使えば流れにより生簀網が変形しない場合の生簀網の近似的な抗力の値を計算することができる。こ

の近似計算値が実際に通用するかどうかを検証するためには実物網測定か模型網実験を行なって、これらの実測値と近似計算値とを比較検討する必要がある。今回は実物網を使つての計測が困難であるため、模型網実験を行なってその抗力の値を計測し、さらに模型法則に従つてその計測値を実物網の値に換算して、その換算値と近似計算値との一致度を比較検討することにした。

図3は実験Iにおける実験装置を示したものである。まず、網枠 (0.5m×0.5m×0.5m) に生簀模型網の筋網を糸でかがり付ける。そして、生簀模型網の上網が水面下5cmの位置になるように、模型網支持棒から吊糸を介して模型網を吊り下げた。潮上側の網枠の側面の四隅には長さ0.5mの4本の糸をそれぞれ結着し、その他端はロードセルからブリーを通して延ばされた抗力測定用のトワイン (スーパード, φ0.9mm) と結着されている。いま流れが模型網に当たると、模型網の中心に抗力が掛かり、その抗力に等しい荷重がロードセルに働くことになる。なお、実験Iにおいて抗力の測定に使用したロードセルの容量は2kgwである。

(2) 実験II: 流れにより生簀網が変形する場合の生簀網の浮子網に働く抗力を計測するための模型実験

実験網	縮尺比	網地の $\%$ 値
A網	$\frac{1}{20}$	1.25×10^{-1}
B網	$\frac{1}{20}$	9.37×10^{-2}
C網	$\frac{1}{20}$	5.67×10^{-2}

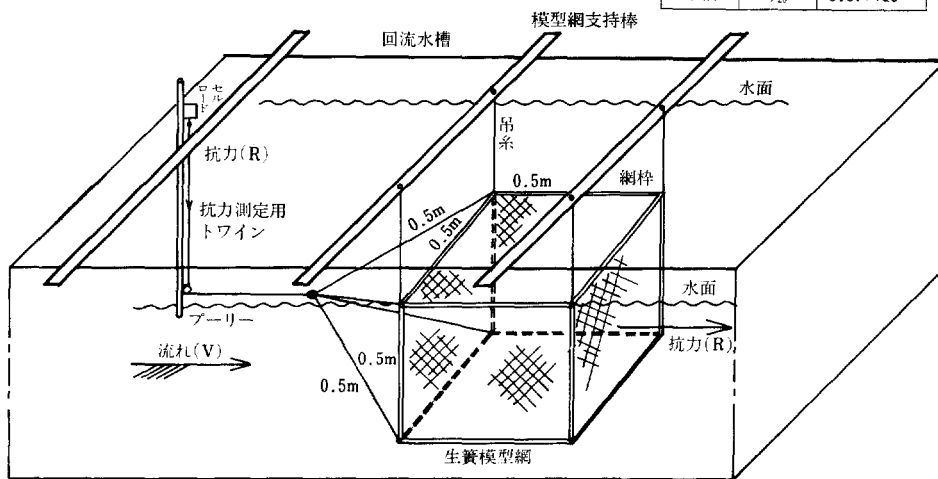


図3 実験Iにおける実験装置

現実の生簀網に流れが当たると生簀網が変形を起こし、生簀網に働く抗力は必ずしも流速の2乗に比例して増大しなくなる²⁾。生簀網は急潮流が当たると、生簀網自体が変形を起こして、抵抗の急激な増加を防せざ、養殖施設の流失または破損を防いでいる。

その反面、急潮流が当たると、生簀網の容積は減少し生簀網に入れる養殖魚の数を制約する要因になるばかりでなく、急激な容積減少は養殖魚の死亡事故の原因ともなる。したがって、現実の生簀網は急潮流により極端な変形を起さないようにするため、吹かれ防止の方法が講じられるのが普通である。沖合養殖施設の研究の過程で各地方水産試験場が開発した生簀網の吹かれ防止策には次の四つの方法がある。

(A) 中吊用重錘を用いる方法

4個ある台浮子と生簀網の底網の四隅との間に中吊用重錘が取り付けられた中吊網をそれぞれ1本ずつ吊り下げて、生簀網の変形を防止する方法である。

(B) 大型沈子を用いる方法

生簀網の底網の筋網に大型沈子を12個程度、均等に吊り下げて、生簀網の変形を防止する方法である。

(C) 鉄製の正方形パイプを用いる方法

生簀網の底網の筋網に大型の鉄製正方形パイプを吊り下げて、生簀網の変形を防止する方法である。

(D) 三角網を用いる方法

生簀網の側網の筋網に4枚の垂直三角網を取り付け、さらに潮上側におよび潮下側の底網の筋網に水平三角網を取り付けて、生簀網の変形を防止する方法である。これら6枚の三角網に流れが当たると、三角網に揚力が働き、この揚力により生簀網は正常な形に展開される。

今回の実験では、これらの四つの方法のうち、(A)と(B)の二つの方法を採用した。その理由は(A)と(B)の方法はその取り扱いが比較的簡単であり、将来沖合養殖施設に採用される可能性が最も大きいと考えたからである。また(D)も優れた方法であるが、模型網の構造や実験装置が複雑になるので、今回の実験ではこれを省略した。

図4は実験IIにおける実験装置を示したものである。このうち図4-1は実験IIにおける中吊用重錘を用いた生簀模型網の実験装置を示したものであり、図4-2は実験IIにおける大型沈子を用いた生簀模型網の実験装置を示したものである。

実験に当っては網吊枠(0.5m×0.5m)に生簀模型網の上網の筋網を糸でかがり付ける。そして、生簀模型網の上網が水面下5cmの位置になるように、模型網支持棒から吊糸を介して模型網を吊り下げた。ロードセルからプーリーを通して延ばされた抗力測定用の2本のトワイン(スーパード、φ1.5mm)を潮上側の網吊り枠の両隅の部分にそれぞれ結着する。いま流れが模型網に

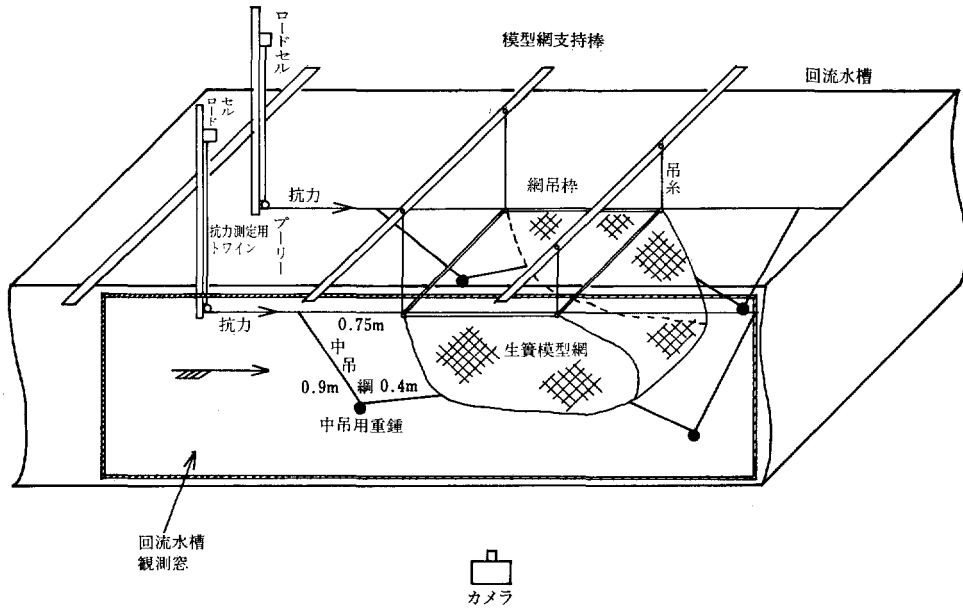


図4-1 実験IIにおける中吊用重錘を用いた生簀模型網の実験装置

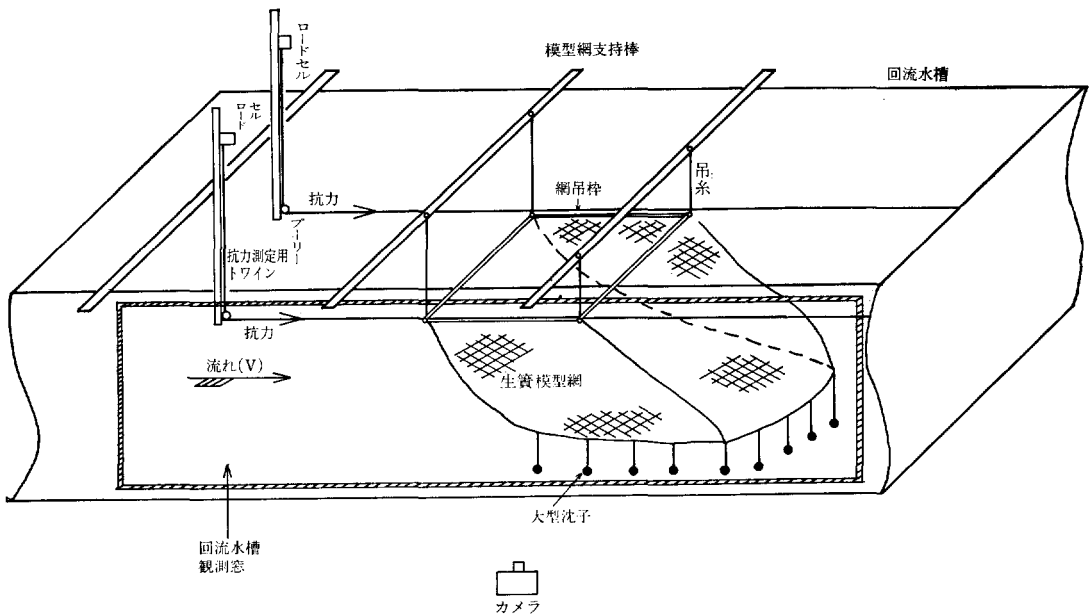


図4-2 実験IIにおける大型沈子を用いた生簀模型網の実験装置

当たると、模型網に抵抗力が掛かり、生簀網の浮子網の部分に働く抵抗力は二個のロードセルにより計測される。なお、網吊棒はその四隅を固定すると、生簀模型網に流れが当たる際、潮上側のフレームを中心にして回転力が生ずる。これを防止するため、網吊棒の四隅が前後に回転

できるように工作を施した。

実験IIにおいて抵抗力の測定に使用した2個のロードセルの容量はいずれも1kgwである。生簀模型網の抵抗力の測定および解析に当っては、図5に示す計測器類を使用した。図6は回流水槽上面に配置された実験装置およ

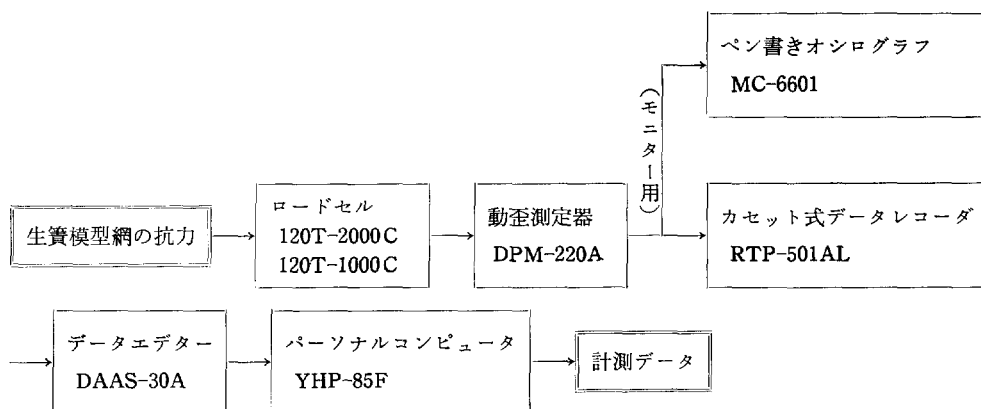


図5 実験に使用した計測器類のダイヤグラム

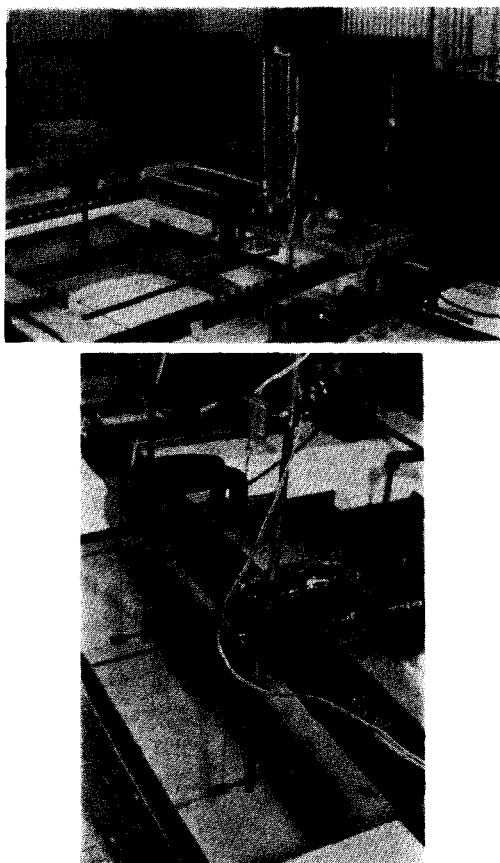


図6 回流水槽上面に配置された実験装置および荷重変換器周辺の写真

び荷重変換器周辺の写真を示したものである。

前述のごとく、生簀網に働く抗力の大きさは流速ばかりではなく生簀網の変形の度合によっても左右される。したがって今回の実験では抗力の計測を行なうととも

に、変形中の生簀網の断層写真をとって、生簀模型網が変形する状態も測定した。実験に当っては、回流水槽実験棟の窓を暗幕で覆い、室内を暗闇の状態にした。そして、回流水槽上面に設置されたトラバーサーにレーザー光線発生器（東芝製 LAG-3211）を取り付けて、トラバーサーを作動して潮上側から潮下側へ流れに平行にレーザー光線を模型網に対して点照射した。レーザー光線が網糸に当たると赤く発光するため、回流水槽の観測窓の外側に置いた写真機を生簀模型網の方向に向けてシャッター速度を開放の状態にしてセットしておく、生簀模型網の断層写真をとることができる。一個の生簀模型網について、横方向に5 cmおきに合計9枚の断層写真を取り、この断層写真から模型網の断面積を9個読み取った。したがって、1個の生簀模型網について9個の断面積の値と断面間の距離が分かれば、積分の公式により近似的に生簀模型網の体積を計算することができるはずである。流れによる生簀模型網の体積変化については目下資料を整理中であるので、次号にその結果を報告したい。なお、この実験は1982年11月18日から12月30日に亘って行なわれた。

4. 実験結果

4.1 生簀網に変形がない場合の生簀網模型実験から得られた抗力の実測値と平面網地の抗力係数から計算された抗力の推定計算値との比較検討結果

図3に示すような実験装置を使って、各流速における生簀模型網の中心に働く抗力を測定した。実験流速はA網では10段階、B網およびC網では11段階に変化させた。表5は模型網および実物網の実験流速を示したものである。

表5 模型網と実物網の流速

流速段階	模型網の流速	実物網の流速
1	0.134cm/s	0.267m/s
2	0.171	0.341
3	0.207	0.414
4	0.244	0.488
5	0.281	0.561
6	0.317	0.635
7	0.354	0.708
8	0.391	0.781
9	0.427	0.855
10	0.464	0.928
11	0.501	0.100

いま R_{f+n} : 網枠と生簀模型網とを含めた抗力の値

R_f : 網枠のみの抗力の値

R_n : 生簀模型網の抗力の値

とすると、

$$R_n = R_{f+n} - R_f \dots\dots\dots(1)$$

となる。したがって、網枠付きの生簀模型網の抗力を始めに測定し、このあと網枠のみの抗力を測定して、前者の値から後者の値を引き算すれば、生簀模型網の中心に働く抗力の値を測定することができる。生簀模型網の

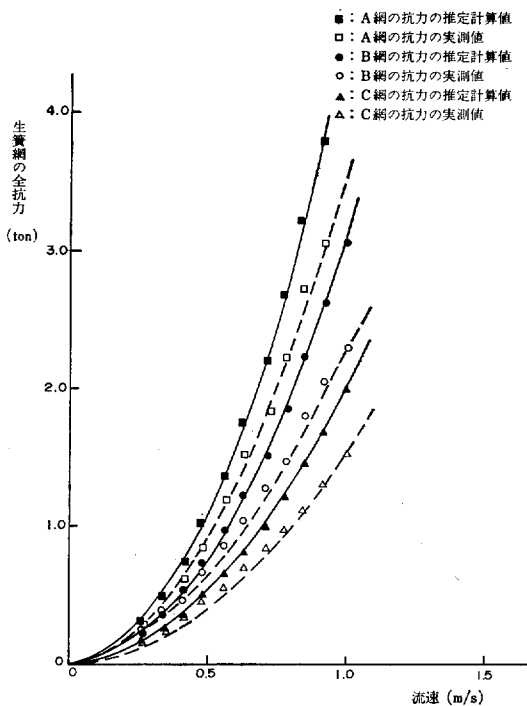


図7 実験Iにおける生簀網抗力の実測値と推定計算値

実験から得られた値は2.1で述べた模型法則により実物生簀網の抗力の値に換算することができる。以下においては生簀網の実物網換算値について議論することにする。

図7において、破線で示した曲線は模型網実験から得られたA網、B網およびC網の抗力の実物網換算値を示したものである。

次に、生簀網の大きさとそれを構成する平面網地の抗力係数の値が分かれば、生簀網に変形がないと仮定した場合の生簀網の中心に働く抗力の値を計算することができる。現実の生簀網では一様流が当たると潮上側の側網の後面に伴流領域が形成され、生簀網の中の流速は一様流の流速より減少することが知られている³⁾。したがって、潮下側の側網には一様流より流速が低下した流れが当たるので、その抗力の値は潮上側の側網の抗力より小さくなるはずである。しかしながら、網地に一様流が当たった時に生ずる潮下側の伴流領域の流速分布に関する論文は未だ筆者等の目に触れていないので、平面網地の抗力係数から生簀網の抗力を計算する場合、現状では生簀網の各部分の網地に当たる流れはいずれも一様流であると仮定して計算する以外なかった。

表6 A網、B網およびC網に働く抗力を計算する式

生簀網の種類	抗力の計算に用いた式
A 網	$R_A = \frac{102}{2} \times 0.380 \times 200 \times V^2 + \frac{102}{2} \times 0.028 \times 400 \times V^2$
B 網	$R_B = \frac{102}{2} \times 0.260 \times 200 \times V^2 + \frac{102}{2} \times 0.020 \times 400 \times V^2$
C 網	$R_C = \frac{102}{2} \times 0.162 \times 200 \times V^2 + \frac{102}{2} \times 0.018 \times 400 \times V^2$

〔註〕 単位系は重力単位系 (kgw, m, s) を用い、生簀網のいずれの部分に対しても一様流が当たるものと仮定して計算した。なお計算式の中に示されている抗力係数については筆者等の論文を参照されたい⁴⁾。

表6は生簀網が変形しないと仮定した場合のA網、B網およびC網の抗力を計算するために使用した式を示したものである。図7における実線で示した曲線はこれらの式を用いて計算したA網、B網およびC網の抗力の推定計算値を示したものである。図7から明らかなように、模型実験の実測値と平面網地の抗力係数の値から計算した推定計算値とは必ずしも一致しておらず、後者は

前者よりいずれも大きい値を示している。このように両者の値の間に違いが生ずる原因の一つとしては模型網実験に伴う実験誤差の発生を挙げることができるが、その外にも次の二つの理由を挙げることができる。

(1) 推定計算値は生簀網の各部に一樣流が当たると仮定して計算したものであるため、現実の生簀網の抗力の値より過大に積算される。

(2) 模型網実験では潮上側および潮下側の側網がやや袋状に吹かれるために、実測値は推定計算値より過小に積算される。

いま

D_e : 模型網実験から得られた生簀網の中心に働く抗力の実測値

D_c : 平面網地の抗力係数から計算された生簀網の中心に働く抗力の推定計算値

とすると、両者の値の一致度 k は

$$k = \frac{D_e}{D_c} \dots \dots \dots (2)$$

で与えられる。

図8は横軸に流速を、縦軸に両者の値の一致度 k をとり、各流速に対応する k の値をプロットしたものである。

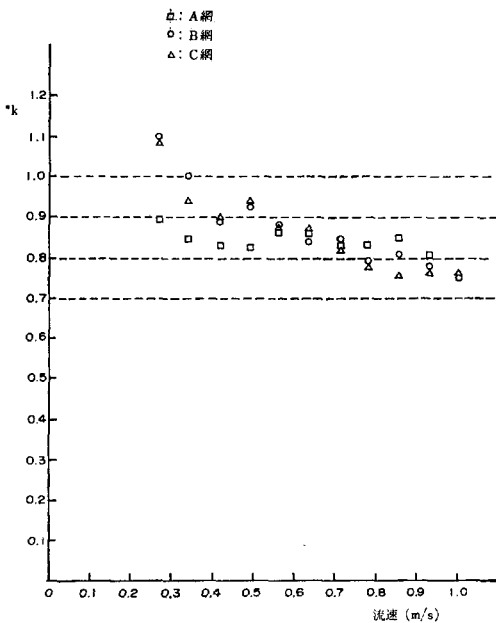


図8 模型網実験から得られた生簀網の抗力の実測値と平面網地の抗力係数から得られた生簀網の抗力の推定計算値との一致度

〔註〕 $k = \frac{\text{抗力の実測値}}{\text{抗力の推定計算値}}$

る。図から明らかなように、 k の値はほぼ1.0から0.75の範囲に存在しており、流速が大きくなるにしたがい、その値は減少する傾向がある。このことは、生簀網に変形がないと仮定した場合の生簀網抗力の推定計算値は生簀網の抗力を最大限25%の誤差範囲内で推定できることを示唆している。現状では生簀網の抵抗に関する研究が充分に行なわれていないので、この最大限25%の誤差の許容範囲は充分実用に耐え得る結果であると思われる。また、この模型網実験によって、筆者等がすでに実験を行なっている平面網地の抗力係数の測定結果についても充分信頼しうる値であることが確認された。

今後は網地の後面に発生する伴流領域における流速分布を実験により測定し、生簀網に変形がないと仮定した場合の生簀網に働く抗力をより精度高く計算できるようにして行きたい。

4.2 生簀網に変形がある場合の生簀網の浮子網に働く抗力の測定結果

生簀網に流れが当たると網地は潮下側に吹かれて、生簀網は変形を起こす。この場合、生簀網に働く抗力の値は生簀網が変形しないと仮定した場合に比べて、小さな値をとる。実験IIでは3.で述べたごとく、3種類の生簀網模型網について、2種類の吹かれ防止策を採用して現実の生簀網を想定した実験を行なった。本稿では中吊用重錘を用いる方法をXと記号化し、大型沈子を用いる方法をYと記号化して呼ぶことにしよう。したがって、生簀網の吹かれ防止に中吊用重錘を用いたA網、B網およびC網をそれぞれX-A網、X-B網、X-C網と称し、生簀網の吹かれ防止に大型沈子を用いたA網、B網およびC網をそれぞれY-A網、Y-B網およびY-C網と呼ぶことにする。実験に使用した中吊用重錘と大型沈子の仕様については2.2の表2と表3とを参照されたい。一般的にこの実験が対象とする規模の沖合養殖施設に使用される標準的な中吊用重錘および大型沈子の総沈降力は200kgw程度のものが最も普通であると考えられている。おな、実験流速は10段階に変化させて実験を行なった。その明細は4.1の表5に示されている。

いま、

D_e' : 模型網実験により測定された生簀網に変形がある場合の生簀網の浮子網に働く抗力の実測値 (以下では実測値と云う。)

D_c : 平面網地の抗力係数から計算された生簀網に変形がないと仮定した場合の生簀網の中心に働く抗力の計算値 (以下では計算値と云う。)

とし、計算値に対する実測値の割合を k' とすれば、

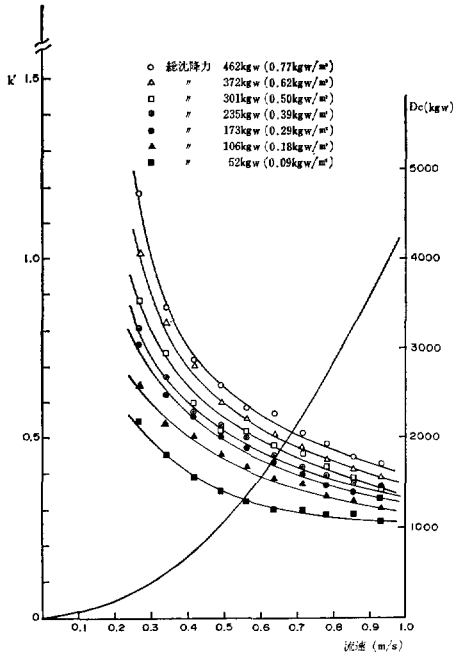


図9-1 X-A網における各流速に対応する k' の値
 [註] 図中の () 内の数字は網地 1 m^2 当たりの沈降力の値を示す。

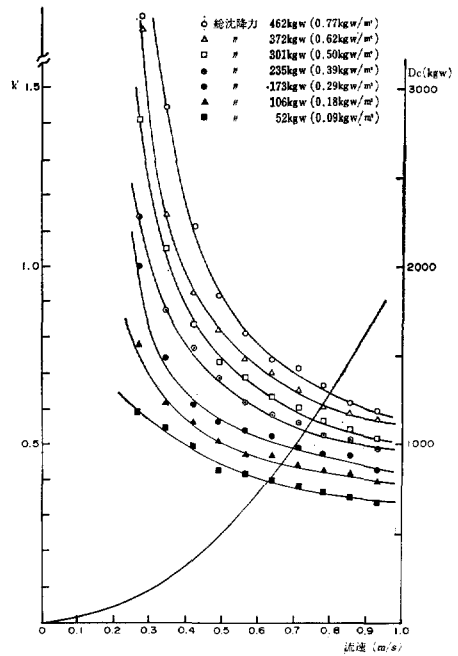


図9-3 X-C網における各流速に対応する k' の値
 [註] 図中の () 内の数字は網地 1 m^2 当たりの沈降力の値を示す。

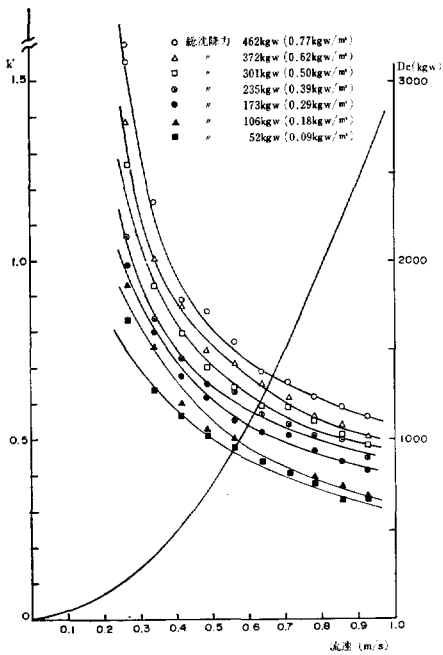


図9-2 X-B網における各流速に対応する k' の値
 [註] 図中の () 内の数字は網地 1 m^2 当たりの沈降力の値を示す。

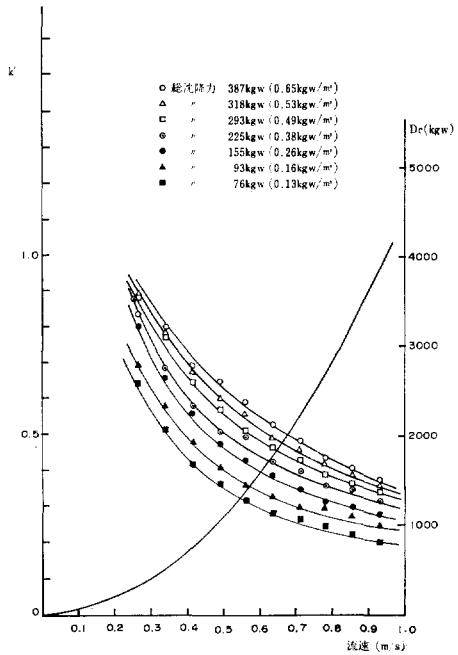


図9-4 Y-A網における各流速に対応する k' の値
 [註] 図中の () 内の数字は網地 1 m^2 当たりの沈降力の値を示す。

$$k' = \frac{D_c'}{D_c} \dots \dots \dots (3)$$

となる。

図9-1~9-6は横軸に流速を、縦軸に k' の値をとり、生簀網の吹かれ防止用に中吊用重錘(X)または大型沈子(Y)を用いたA網、B網およびC網について、各流速に対応する k' の値をプロットしたものである。なお、中吊用重錘および大型沈子の総沈降力の値は図中に表示したごとく7段階に変化させて実験を行なった。図から次のことが分かる。

(1) 流速が低い領域では k' は大きい値をとるが、流速が高い領域に移るにしたがって、 k' の値は次第に小さくなって行く。これは流速の低い領域では生簀網の変形の度合いが小さく、その射影面積が比較的大きいので、生簀網の実測値は計算値に比較的近い値をとるためである。これに対し、流速の高い領域では生簀網の変形の度合いが大きくなり、その射影面積は次第に小さくなるので、生簀網の実測値は計算値に比べて比較的小きな値をとるようになるのである。そして、流速が極めて高い領域では生簀網の網型が安定してほぼ一定の形をとるために、 k' の値はそれ程変化しなくなる。

(2) 同一の実験条件の下では k' の値は一般にA網<B網<C網の順になっている。

これは生簀網に使用した網地の d/θ の値の違いが生簀網の変形の度合いに影響を与えるためと考えられるが、この点については、今後の検討課題にしたい。

(3) 生簀網の吹かれ防止に中吊用重錘を用い、且つその総沈降力が大きい場合は流速が低い領域では k' の値が1より大きくなっている。一方大型沈子を採用した場合は総沈降力が大きく流速が低い時でもほとんどの k' の値は1以下になっている。

これは中吊用重錘を用いた場合は生簀網の抗力ばかりでなく中吊用重錘の水平分力もまた浮子網に掛かっており、流速が低い領域では後者の値のほうが前者の値に比べて大きいためである。一方、大型沈子の場合はその水平分力は0であり、浮子網には生簀網の抗力だけしか掛かっておらず、中吊用重錘に見られたような現象は起こらない。

現実の沖合養殖施設の設計において、それに使用する浮子網や錨網のロープの直径を決めたり、土俵の量を決める際には漁場における最大流速に対応する生簀網の抗力の値を前もって計算し、その値を把握しておく必要がある。この模型実験が対象としたような10m×10m×10m程度の立方体の生簀網の抗力は次のような手順でこ

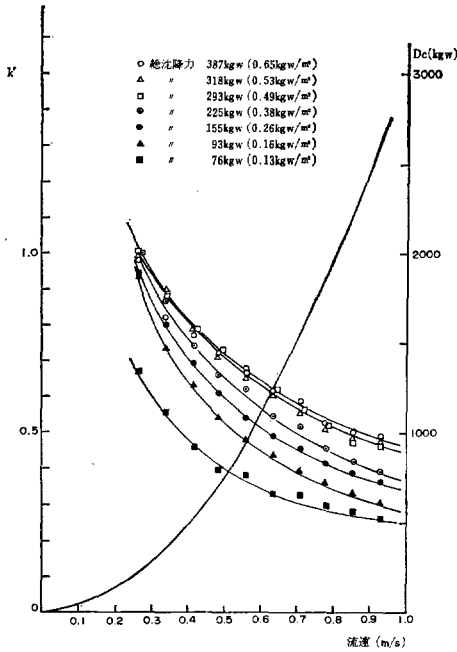


図9-5 Y-B網における各流速に対応する k' の値
 [註] 図中の () 内の数字は網地 1 m² 当たりの沈降力の値を示す。

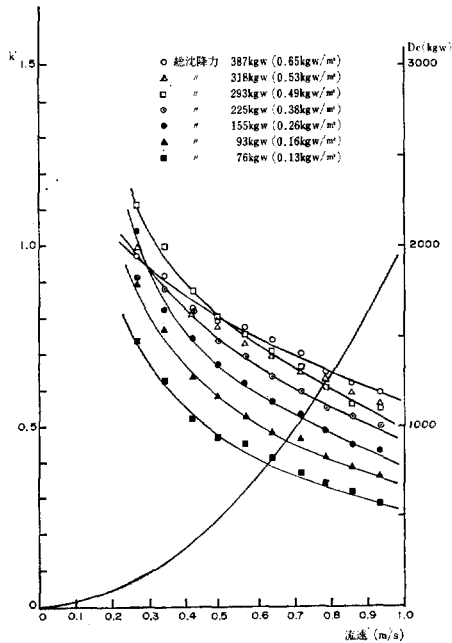


図9-6 Y-C網における各流速に対応する k' の値
 [註] 図中の () 内の数字は網地 1 m² 当たりの沈降力の値を示す。

れを推定することができる。まず対象とする立方体の生簀網についてその大きさと網地の規格とを調べ、生簀網に変形がない場合の生簀網の中心に掛かる抗力の値 (D_e) を平面網地の抗力係数から計算する。次に図9を用いて、網地の d/l 値、生簀網の吹かれ防止策の種類、中吊用重錘または大型沈子の総沈降力などを考慮して、 k' の値を決定する。したがって、生簀網に変形がある場合の生簀網の浮子綱に掛かる抗力 (D_e') は(3)式より

$$D_e' = k' \times D_e \dots\dots\dots(3')$$

として求めることができる。この D_e' の値は生簀網の大きさが10m×10m×10m程度のものゝ推定値であるが、生簀網の一辺の長さがこれらの値と異なる場合は下記のごとく考えても生簀網の浮子綱に働く抗力の計算値は大きな違いは生じないであろう。

まず始めに生簀網の網地 1 m² 当たりの中吊用重錘または大型沈子の沈降力の値を計算し、次に図9に書かれている網地 1 m² 当たりのこれらの沈降力に対応する k' の値を用いて生簀網の浮子綱に働く抗力の値を推定すればよい。

5. 結 語

現実の生簀網では流れのために網地が吹かれて変形する。この様な場合の生簀網の浮子綱に掛かる抗力を推定する目的で模型網実験を行なった。生簀網の浮子綱に掛

かる抗力は次のようにして算定することができる。

はじめに、平面網地の抗力係数を用いて、生簀網に変形がない場合の抗力の推定計算値 (D_e) を計算する。次に、生簀網の網地の d/l 値、吹かれ防止策の種類、中吊用重錘または大型沈子の総沈降力を調べ、図9のうちからこれらの諸条件を満足する図を選び出し、流速に対応する k' の値を求める。最後に、式(3')にこれら D_e 、 k' の値を代入すれば、生簀網に変形がある場合の生簀網の浮子綱に掛かる抗力 (D_e') の値を近似的に算定することができる。

参考文献

- 1) 高知県水産試験場：沖合漁場利用養殖技術開発企業化試験研究成果報告書 昭和51年度～昭和56年度
- 2) 石川県水産試験場：沖合漁場利用養殖技術開発試験報告書 昭和52年度～昭和56年度
- 3) 岩手県：沖合漁場利用養殖技術開発試験報告書 昭和54年度～昭和56年度
- 4) 大沢要一、田原陽三、森 敬四郎：平面網地の流水抵抗に関する研究 II, 水工研報告, (4), 1983
- 5) M. TAUTI: A Relation between Experiments on Model and Full Scale of Fishing Net, 日本水誌, 3 (4), 1934
- 6) 川上太左英：漁業解析入門, 恒星社厚生閣, 1981