

昭和54年度

沖合漁場利用養殖技術開発試験

報告書

——日本海型魚類養殖——

昭和55年3月

石川県水産試験場

目 次

はしがき

第1章 養殖施設	1
I 53年度養殖施設の実施概要	1
1. 敷設施設の観察	1
(1) 水中における生簀網の状況	2
(2) 施設の問題点と改良点	2
2. 考 察	3
II 54年度養殖施設の実施概要	3
1. 養殖施設の模型実験	3
(1) 実験の方法	3
1) 実験の対象に選んだ生簀施設	3
2) 漁網比較法則による模型網の規格	4
(2) 実験結果	7
1) 生簀施設の形状について	7
2) 生簀施設の全抗力	16
2. 施設の設置	21
(1) 施設の設置場所	21
3. 生簀施設	22
(1) 年度別生簀網と吹かれ防止方法	25
4. 観察調査結果	25
(1) 改良前後の水中における生簀網の対比	27
5. 考 察	27
6. 取揚施設の実証試験	27
(1) 分割取揚用施設	27
(2) 施設の使用法	29
(3) 調査日	29
(4) 気象、海象	29
(5) 調査結果	29
(6) 考 察	29

第2章 魚類養殖	30
I 53年度魚類養殖概要	30
1. マダイ養殖	30
(1) マダイの飼育状況	30
1) 飼育中における成長	30
2) 飼育期間中における生存率	32
3) 発色	32
4) 魚形および損傷	32
5) 市場価値	33
(2) 市場価格	33
(3) 価格についての考察	33
2. フクラギの養殖	33
(1) フクラギの飼育状況	33
1) 飼育中における成長	34
2) 肥満度	35
3) 魚体状況	36
4) 生存率	36
5) 市場価値	36
(2) 市場価格	36
3. イシダイ養殖	36
(1) 成長	36
(2) 生存率	37
(3) 魚体状況	37
(4) 市場価値	37
4. 要約	37
II 54年度魚類養殖概要	38
1. 種苗の放養	38
(1) 種苗の輸送方法	39
(2) 放養魚体	39
1) フクラギ	39
2) イシダイ	40

(3) 飼育魚の水中観察	40
1) 飼育魚の遊泳分布状況	40
2) 斃死状況	42
3) 考 察	42
2. 沖合養殖施設における放養量の算出について	42
(1) 放養量決定のための基本式	42
(2) 沖合養殖生簀網の流速別収容量	45
(3) 考 察	46
第3章 環境調査	58
I 調査の概要	58
1. 調査項目	59
(1) 潮流調査	59
(2) 水質調査	59
(3) 底質調査	59
II 調査結果	59
1 潮流	59
(1) 流向	62
(2) 流速	62
2. 水質調査	62
(1) 水温	63
(2) PH	63
(3) 塩分	63
(4) DO	63
(5) NH ₄ -N	63
(6) PO ₄ -P	63
3. 底質調査	63
(1) 粒度組成	64
(2) 強熱減量	64
(3) T-S	64
(4) 考 察	64
• 参考文献	65

調査実施機関および担当者

実施機関 石川県水産試験場

担当科 資源科

担当者

区 分	職 名	氏 名
総 括	場 長	富 和 一
計 画 調 査 (と り ま と め)	資 源 科 長	内 木 幸 次
調 査 (と り ま と め)	資 源 科 主 査	山 田 悦 正
	資 源 科 技 師	粟 森 勢 樹
	加 工 科 技 師	堀 秀 朗
	禄 剛 丸 (32.25t)	谷 保 船 長 他 4 名

指導および協力機関

区 分	所 属	職 名	氏 名
養 殖 技 術	日 水 研	浅海開発部第3研究室長	田 中 邦 三
		(旧) "	小 金 沢 昭 光
模 型 実 験 強 度 測 定	水 工 研	漁業生産部漁具研究室長	森 敬 四 郎
		" 主任研究官	田 原 陽 三
		" 技 官	大 沢 要 一
管 理 実 施	前波大敷網 組 合	組合長	橋 本 安 幸
		船 頭	下 野 久 平
			他 乗 組 員 2 8 名

は し が き

わが国における海面養殖漁業は最近十数年間に急速な発展を示しているが、いずれも内湾性の波静かな適地で行われている。

その結果は漁場の過密化をきたし、海水底質等の汚染による漁場の荒廃ともなう魚病被害が増大し、成長効率の低下につれて、生産量の減獲となってあらわれ、これ以上在来漁場における発展は期待することが困難な現状となっている。

一方、現在まで自然条件が厳しいため、未利用として放置されている沿岸域(30~50m)では広範な設置海域が残されており、この未利用漁場を有効的に利用して、内湾養殖をこの外海域に移行させれば、行詰まりつつある海面養殖事業の打開を図ることができるとともに、日本海特産魚類の海中飼育、栽培漁業で量産される幼魚の中間育成施設への応用、定置網への融合によって多獲性魚類の短期蓄養による魚価調整等が解決される。

そこで、本試験は自然条件の非常に厳しい沖合漁場に適応した日本海特有の養殖施設の開発と養殖管理技術の確立を目的としている。

この試験は昭和51年度より水産庁の委託事業として開始されたが、52年度より日本海型沖合養殖施設開発研究として新たに6ヶ年が企画され、前半の2ヶ年が予備試験で後半4ヶ年が本試験となっており、昨年度で予備試験を終え、本年度は本試験の初年度にあっている。

なお、報告に先立ち、この研究調査の基礎的研究分野を担当していただいた水工研の森室長、田原、大沢、両技官に厚く御礼申し上げるとともに調査に際し、全面的協力をいただいた前波大敷網組合関係者に対して、深謝の意を表す。

第1章 養殖施設

I 53年度養殖施設の実施概要

初年度には10m角生簀網2ヶ統を二重側張枠に10mの浮沈機構をもちいて基礎実験を行ってきたが、53年度には施設の大型化を図り生簀網の吹かれ防止策を取り入れて内容積の縮小変化について検討を加えた。

1. 敷設施設の観察

図1に示した規格の施設へ吊り下げた生簀網の水中における観察調査結果は次のとおりであった。

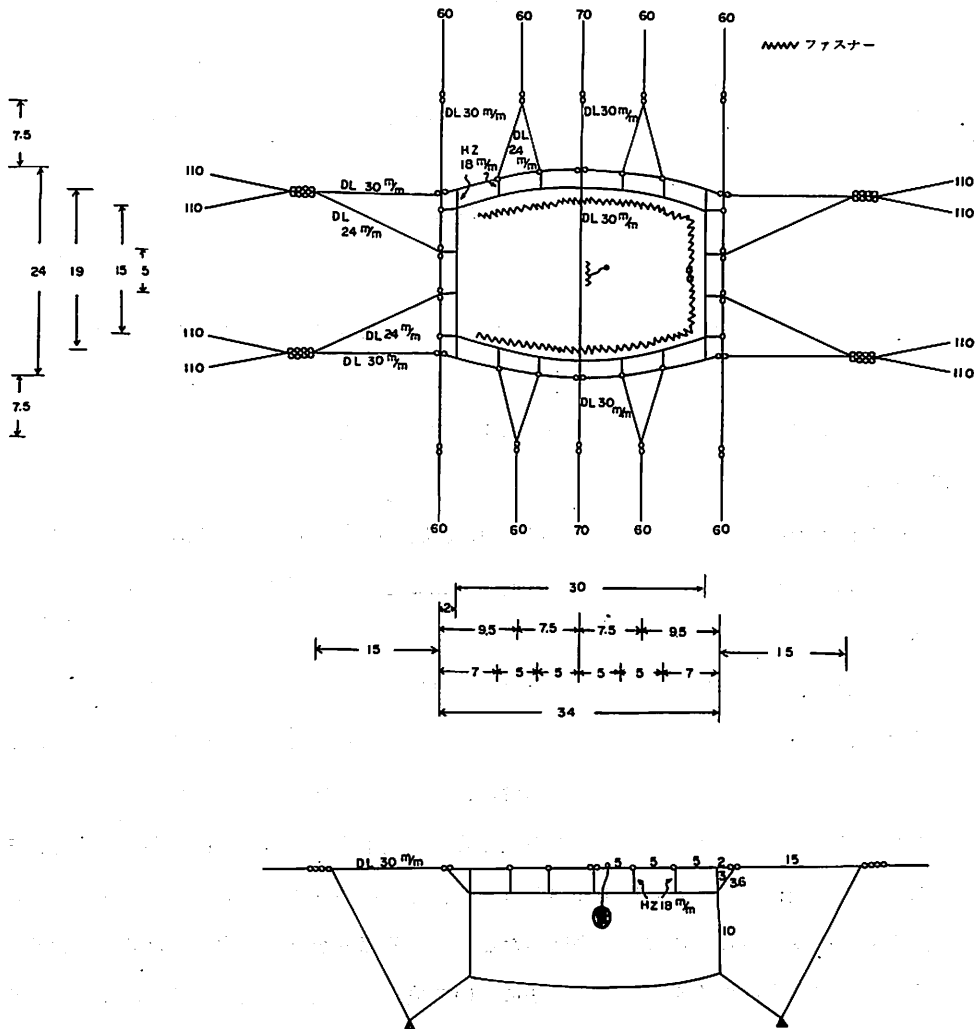


図1. 昭和53年度沖合養殖側張配置と生簀設置図

(1) 水中における生簀網の状況

- ・流速 $15\text{cm}/\text{sec}$ までは生簀網容積の変化は少なく、吹かれ防止による重錘の効果が得られて、生簀網全体の形が保たれており、底網の垂れ下がり は 4m 余りにおさまっている。
- ・流速が $35\text{cm}/\text{sec}$ 以上になると底網中央部が吹き上げられて、生簀網の容積は極端に縮小されてくる。(図2参照)

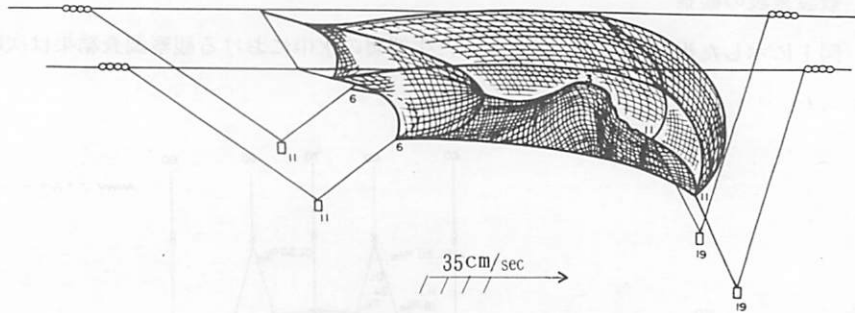


図2. 生簀網の観察結果 (ダイバーによる観察)

- ・生簀網の吹かれ防止方法は重錘の取り付け網を θ 角 30° としていたが流速が速くなってくるにしたがって、その効果はうすれてくる。

以上が53年度に設置した生簀網の海中におけるおもな状態である。

(2) 施設の問題点と改良点

観察結果の中でもっとも問題点となるのは、底網の吹き上げ現象である。この吹き上げ現象のおきる要因について具体的に解明して見ると次の要因によって出現するものと思慮される。

すなわち、53年度の生簀網の設計は側張枠に合せて中央部が広くなるように仕立てあるため、生簀網を吊り下げた場合、下に行くにしたがって網地が中央によせ集まり、底網に「たるみ」が生じる。流速の遅い場合は、その分だけ垂れ下がるようになるが流速が速くなってくると、潮上側の重錘がもち上げられ、潮下側の重錘は逆に下がってくる、そのため生簀網全体は、ある角度で傾斜しはじめ、それにつれて底網も傾斜し、底網部分に潮流をもちに受けることになり、底網のたるんでいる部分が自然に吹き上げられるようになる。この吹き上げ現象を防止する方法について検討して見ると次のような改良点が考えられる。

- ・吹かれ防止用重錘を沖側と磯側（中央部1ヶ所）にも取り付ける。
- ・底網の網地を両端の長さと同じにする。
- ・底網の網地資材を重いものにするか、ナマリロープ何条かをそえる。
- ・吹かれ防止用重錘の重量を重くする。
- ・吹かれ防止用重錘の取り付け角度 θ 角を 0° とする。

これ等の内、どの方法をもちいても、ある程度、吹き上げ現象を防止することができると思われる。

2. 考 察

53年度の調査で得られた知見によれば養殖施設に吊り下げられた生簀網が、海況要因によっておきる変化をいかに合理的に防止し、生簀網の状態を最も良い型に保たせ、その効果を最大に発揮させるかにある。53年度に使用した生簀網はこの点まで不十分な個所がみられる。流速の遅い場合には底網の垂れ下がりが生ずるが生簀網の内容積の変化は少なく放養魚には支障がなく、充分対応できるが、流速が速くなるにしたがって底網の吹きあげのために容積の縮小がおり、放養魚に与える影響はかなり大きい。模型実験の結果からみても、吹かれ防止用重錘の取り付け方法等にも改良を要する必要があった。

これ等の欠点を早急に矯正し、最も有効で合理的な生簀施設を確立しなければならない。

また、53年度は予備試験のため飼育魚が少量であったため生簀施設には取揚用としての施設を装置しなかったが試験魚としての取揚や分割取揚等の場合に不都合が生じるので、大量飼育の場合には、取揚用施設をセットし省力化を図る一方この施設の利用によって合理的取揚と計画出荷を行って、生産効率を高めるように改善しなければならない。

II 54年度養殖施設の実施概要

1. 養殖施設の模型実験

昭和52、53年度は、養殖用生簀施設が潮流および波浪の強い沖合海域に敷設された場合に、潮流や波浪が養殖施設の形状および抵抗に及ぼす影響を解明するために、一連の模型実験を行って来た。

今年度は生簀網を構成している網地の(D/L)値(D:網糸の直径、L:目合)の違いが、生簀施設の流水抵抗および形状変化に及ぼす影響を調べるために模型実験を行った。

(1) 実験の方法

1) 実験の対象に選んだ生簀施設

実験の対象に選んだ模型は次の三種類の網である。

- ① 基本網（A網）；昭和52年度に作製した生簀網施設の1/20 scaleの模型。
- ② B網およびC網；基本網(A網)と寸法、網地材料および網系の直径（D）は同じで、ただ目合（L）が基本網の2倍および4倍の生簀施設の模型。

2) 漁網比較法則による模型網の規格

模型網は田内の漁網比較法則によって作製した。その諸規格は下記のとおりである。

a. 模型網と実物網の寸法比

$$\frac{\lambda'}{\lambda''} = \frac{0.5 \text{ m}}{10 \text{ m}} = \frac{1}{20} = 5.0 \times 10^{-2}$$

b. 網系の太さおよび目合の大きさの寸法比

$$\frac{D'}{D''} = \frac{L'}{L''} = \frac{1}{2} = 5.0 \times 10^{-1}$$

c. 流速比

$$\frac{V'^2}{V''^2} = \frac{D'}{D''} \cdot \frac{\rho' - 1}{\rho'' - 1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1.14 - 1}{1.38 - 1} = 1.842 \times 10^{-1}$$

$$\therefore \frac{V'}{V''} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{0.14}{0.38}} = 4.29 \times 10^{-1}$$

d. 網類の太さの寸法比

$$\begin{aligned} \frac{D'_1}{D''_1} &= \sqrt{\frac{\lambda'}{\lambda''} \cdot \frac{V'^2}{V''^2} \cdot \frac{\rho'_1 - 1}{\rho''_1 - 1}} = \sqrt{\frac{1}{20} \times 1.842 \times 10^{-1} \times \frac{0.91 - 1}{0.91 - 1}} \\ &= 9.60 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

e. 浮力と沈降力の比

$$\frac{F'}{F''} = \frac{\lambda'^2}{\lambda''^2} \cdot \frac{V'^2}{V''^2} = \left(\frac{1}{20}\right)^2 \times 1.842 \times 10^{-1} = 4.605 \times 10^{-4}$$

- f. 模型網の変形開始後 t' 時における形状、抵抗が実物網の変形開始 t'' 時におけるそれと相似であるとすれば t' 時と t'' 時との間に存在する関係は

$$\frac{t'}{t''} = \frac{\lambda'}{\lambda''} \cdot \frac{1}{\frac{V'}{V''}} = \frac{1}{20} \times \frac{1}{0.429} = 1.166 \times 10^{-1}$$

g. 実物網の一部が異なる材料で出来ている場合の D_p' 、 L_p'' の決定

$$\frac{D_p'}{D_p''} = \frac{V'^2}{V''^2} \times \frac{\rho_p'' - 1}{\rho_p' - 1}$$

◎ ポリエチレン→ポリエチレン

$$\frac{D_p'}{D_p''} = 1.842 \times 10^{-1} \times \frac{0.96 - 1}{0.96 - 1} = 1.842 \times 10^{-1}$$

◎ メタリックラッセル→ナイロン

$$\frac{D_p'}{D_p''} = 1.842 \times 10^{-1} \times \frac{1.58 - 1}{1.14 - 1} = 7.631 \times 10^{-1}$$

模様網A、BおよびCの網地配置図を図3に、それらの資材明細表を表1、1-2に示す。

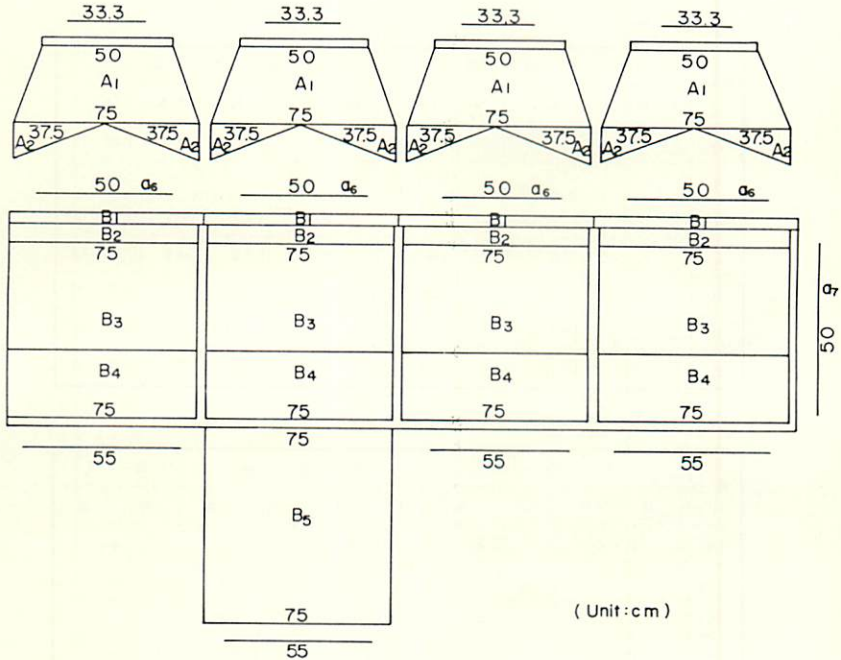


図3. 網地配置図 (A, B, C網共通)

〔註〕 網地の明細については表1を参照のこと

表1 模型網の網地の目合、網糸の太さおよび D'/L 値

(1) A 網 (基本網)

符号	実物網				模型網			
	網地材料	D' %	L' %	D'/L'	網地材料	D' %	L' %	D'/L'
A ₁	P・E	1.39 (30本)	27.5 (12筋)	5.05×10^{-2}	P・E	0.26	5.07	5.13×10^{-3}
A ₂	"	"	"	"	"	"	"	"
B ₁	Tetoron	2.96 (150本)	43.3 (8筋)	6.84×10^{-2}	Nylon	1.48	21.65	6.84×10^{-3}
B ₂	"	1.65 (50本)	27.5 (12筋)	6.00×10^{-2}	"	0.83	13.75	6.03×10^{-3}
B ₃	"	1.47 (40本)	"	5.35×10^{-2}	"	0.74	"	5.38×10^{-3}
B ₄	メタリック ラッセル	1.50 (40本)	"	5.45×10^{-2}	"	1.14	21.00	5.43×10^{-3}
B ₅	Tetoron	1.26 (30本)	"	4.58×10^{-2}	"	0.63	13.75	4.58×10^{-3}

(2) B 網

符号	実物網				模型網			
	網地材料	D' %	L' %	D'/L'	網地材料	D' %	L' %	D'/L'
A ₁	P・E	1.39	55.0	2.53×10^{-2}	P・E	0.26	10.13	2.57×10^{-2}
A ₂	"	"	"	"	"	"	"	"
B ₁	Tetoron	2.96	86.6	3.42×10^{-2}	Nylon	1.48	43.30	3.42×10^{-2}
B ₂	"	1.65	55.0	3.00×10^{-2}	"	0.83	27.50	3.02×10^{-2}
B ₃	"	1.47	"	2.67×10^{-2}	"	0.74	"	2.69×10^{-2}
B ₄	メタリック ラッセル	1.50	"	2.73×10^{-2}	"	1.14	41.97	2.72×10^{-2}
B ₅	Tetoron	1.26	"	2.29×10^{-2}	"	0.63	27.5	2.29×10^{-2}

(3) C 網

符号	実物網				模型網			
	網地材料	D' %	L' %	D'/L'	網地材料	D' %	L' %	D'/L'
A ₁	P・E	1.39	110.0	1.26×10^{-2}	P・E	0.26	20.26	1.28×10^{-2}
A ₂	"	"	"	"	"	"	"	"
B ₁	Tetoron	2.96	173.2	1.71×10^{-2}	Nylon	1.48	86.6	1.71×10^{-2}
B ₂	"	1.65	110.0	1.50×10^{-2}	"	0.83	55.0	1.51×10^{-2}
B ₃	"	1.47	"	1.34×10^{-2}	"	0.74	"	1.35×10^{-2}
B ₄	メタリック ラッセル	1.50	"	1.36×10^{-2}	"	1.14	83.94	1.36×10^{-2}
B ₅	Tetoron	1.26	"	1.15×10^{-2}	"	0.63	55.0	1.15×10^{-2}

表1-2 模型網のロープの太さ (A, B, C網とも共通)

符号	実物網		模型網		備考
	材 料	D _f %	材 料	D _f %	
a ₁	H・Z	24	H・Z	2.30	"
a ₂	"	20	"	1.92	"
a ₃	"	18	"	1.73	"
a ₄	P・P	30	P・P	2.88	"
a ₅	"	22	"	2.11	"
a ₆	"	16	"	1.54	浮子通し網
a ₇	"	14	"	1.34	側 網

実験は函館製網船具株式会社の垂直循環型回流水槽で行われた。回流水槽の規格は次のとおりである。

- ① 測定部内寸法； 8 m （長さ） $\times 3\text{ m}$ （幅） $\times 1.66\text{ m}$ （深さ）
- ② 測定流速； $0\sim 2.0\text{ m/sec}$ （連続可変）

生簀施設には潮流による網地の吹かれを防止するために、生簀網の底網の四隅にそれぞれ重錘を1個（空中重量 5.2 kg ）ないし2個（空中重量 10.4 kg ）取り付けた。実験に際しては、回流水槽内に $1/20\text{ scale}$ の生簀施設を図4のように敷設し、これに $0\sim 45\text{ cm/sec}$ の流れを当てた。生簀施設の水中の形状は 35 mm の写真機と 8 mm の撮影機で撮影され、生簀施設にかかる抵抗は動歪測定器を用いて測定された。

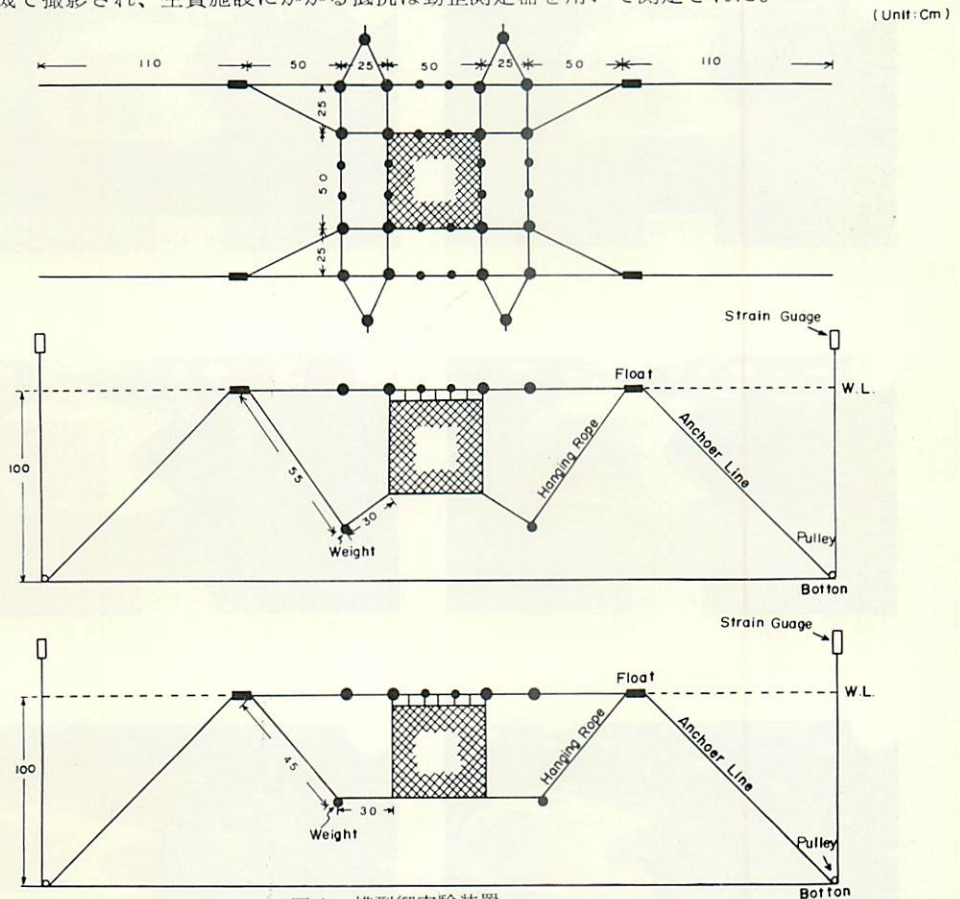


図4. 模型網実験装置

(2) 実験結果

1) 生簀施設の形状について

A、BおよびC網ごとに生簀網の底網の四隅に、吹かれ防止用の重錘を1個および2個ずつとり付けた合計6種類の生簀施設の側面形状写真をphoto1～6に示す。

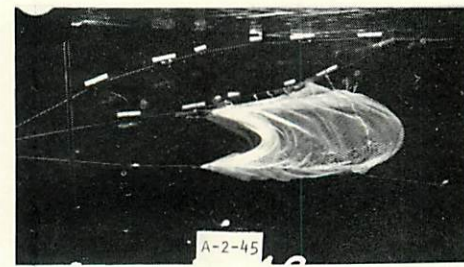
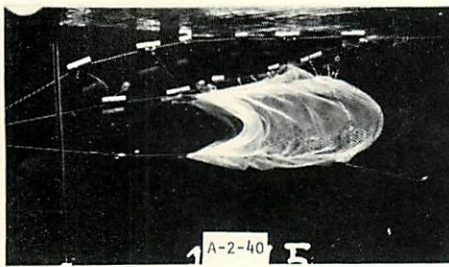
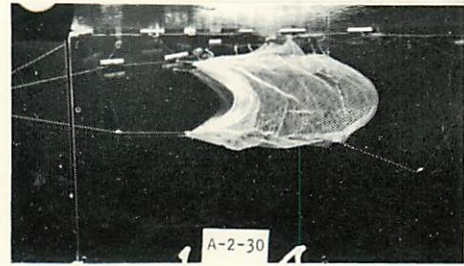
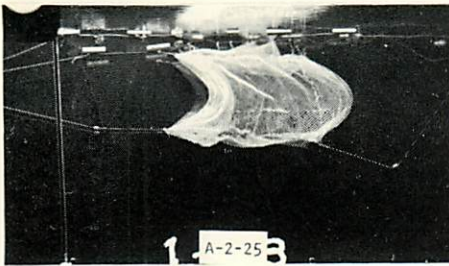
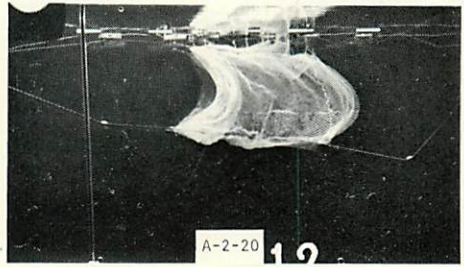
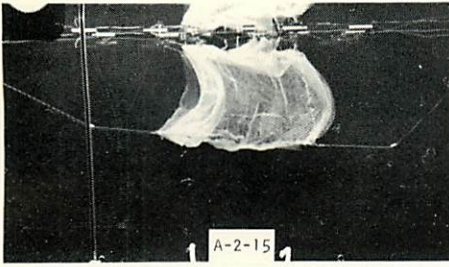
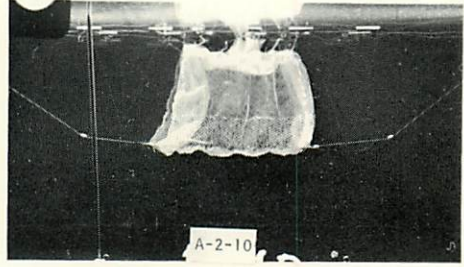
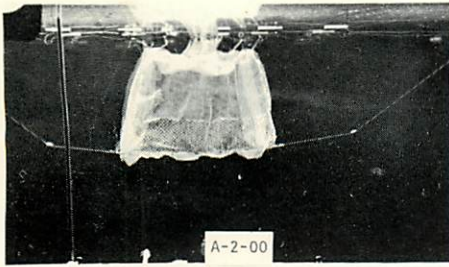


photo 2 基本網（A網）、重錘1個の場合の水中写真

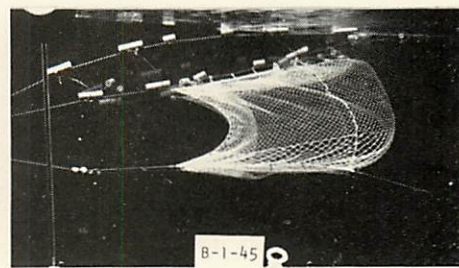
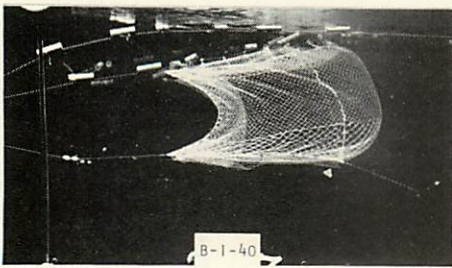
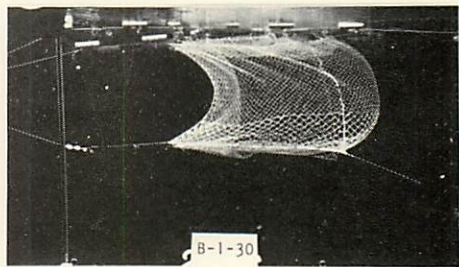
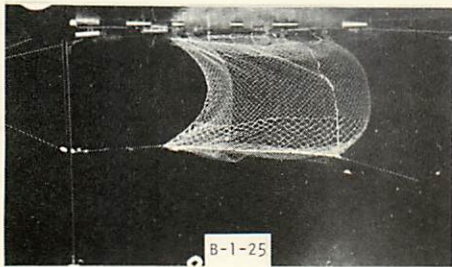
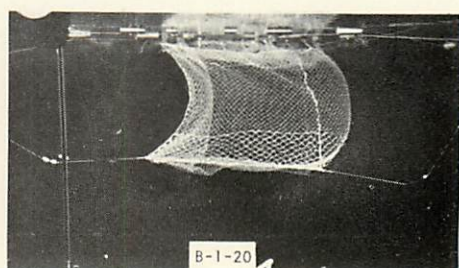
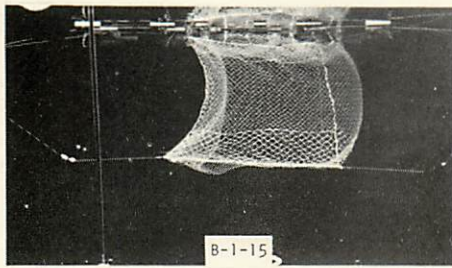
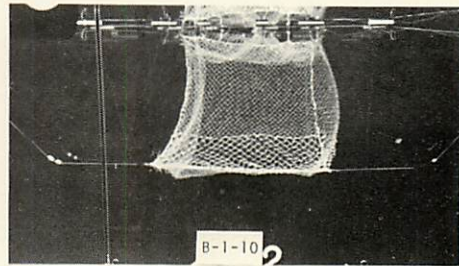
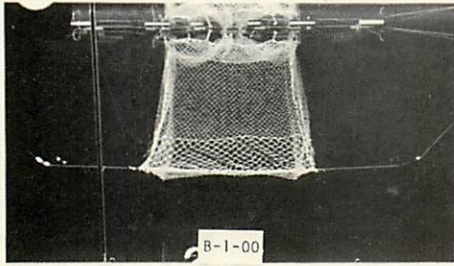


photo 3 B網、重錘 2 個の場合の水中写真

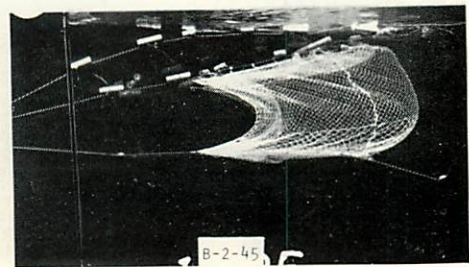
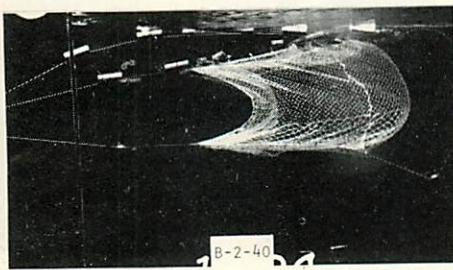
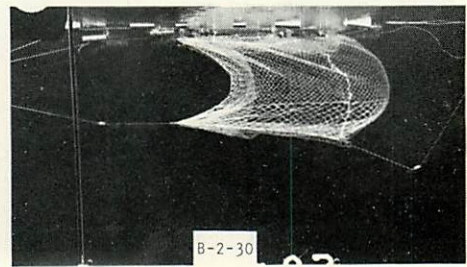
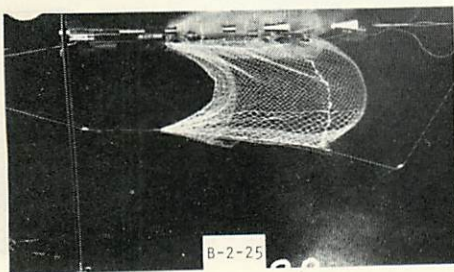
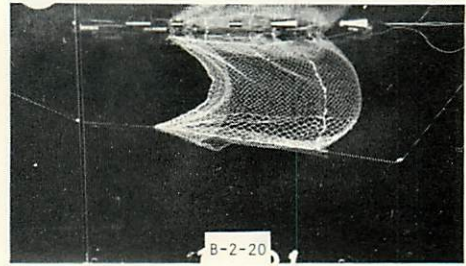
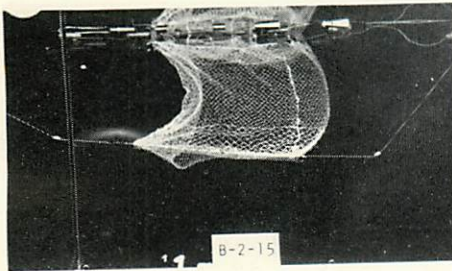
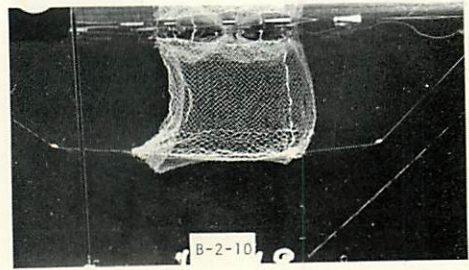
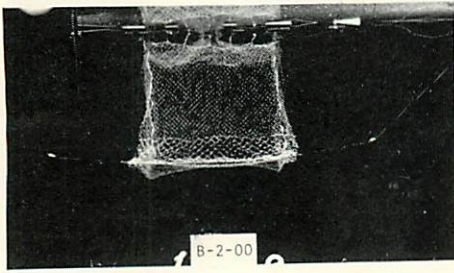


photo 4 B網、重錘1個の場合の水中写真

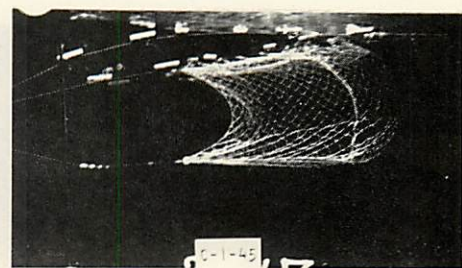
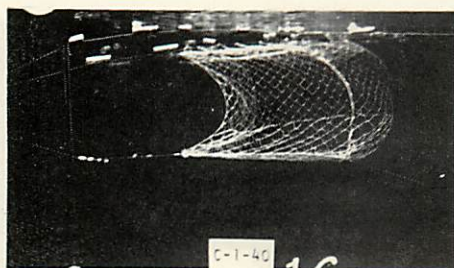
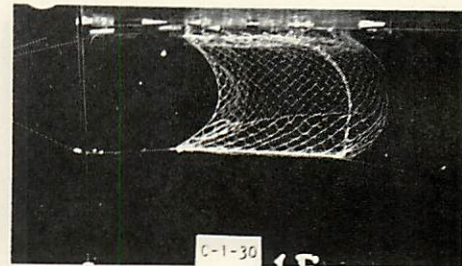
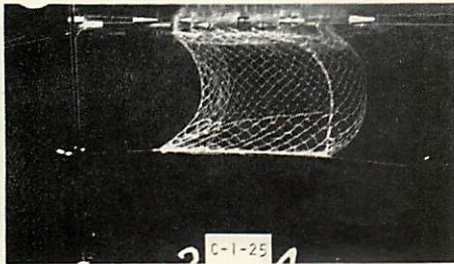
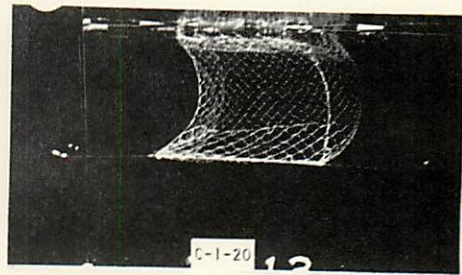
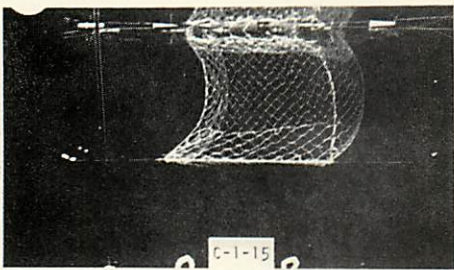
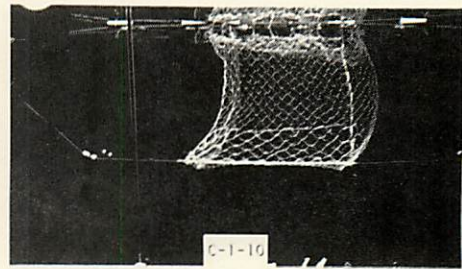
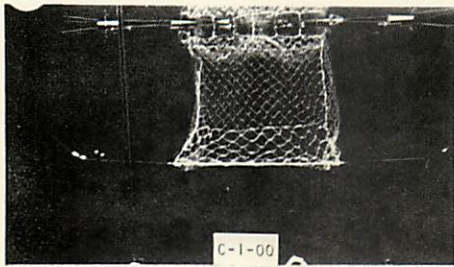


photo 5 C網、重錘2個の場合の水中写真

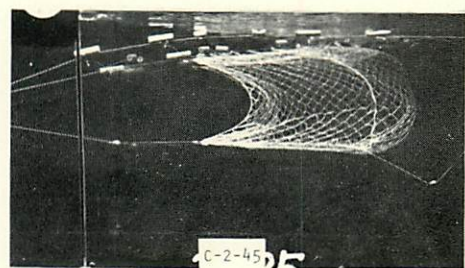
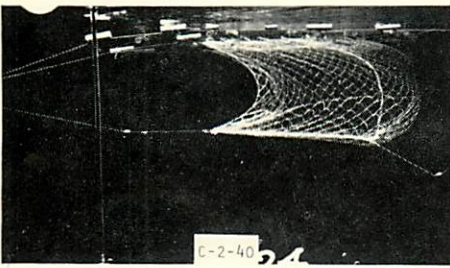
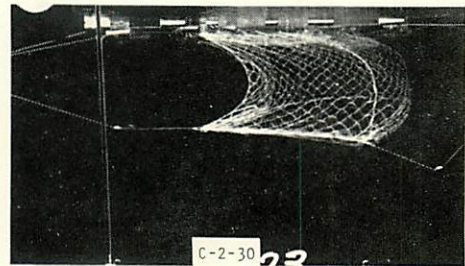
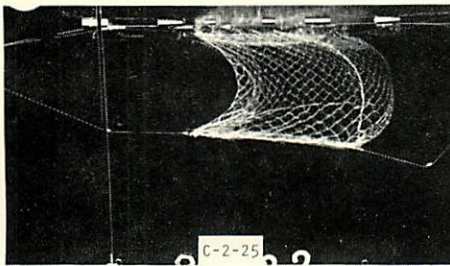
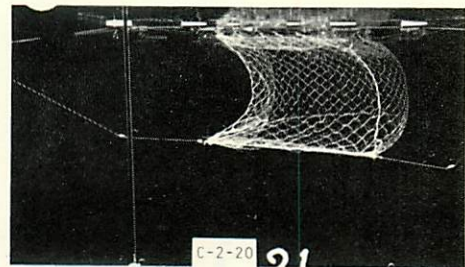
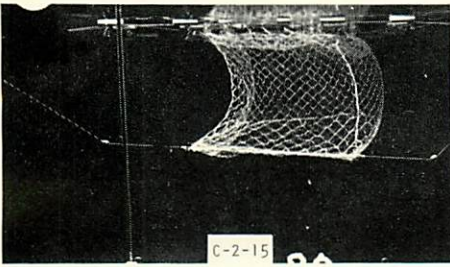
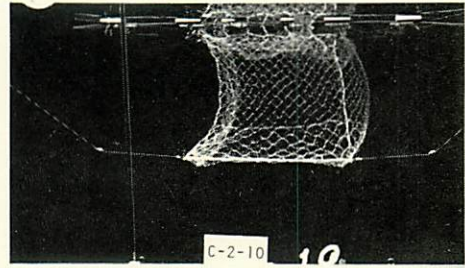
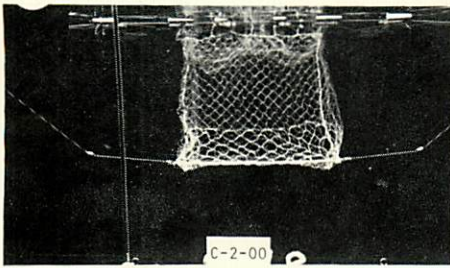


photo 6 C網、重錘1個の場合の水中写真

次に潮流により生簀網の潮上側の網丈が吹かれて短くなるが、各生簀網についてこれらの状態を図5に示す。図中の (y/Y) は各流速の潮上側の網丈 (y) を流速が0のときの生簀網の網丈 (Y) で割った値であり、この値は潮上側の網丈の吹かれの程度を表わしている。

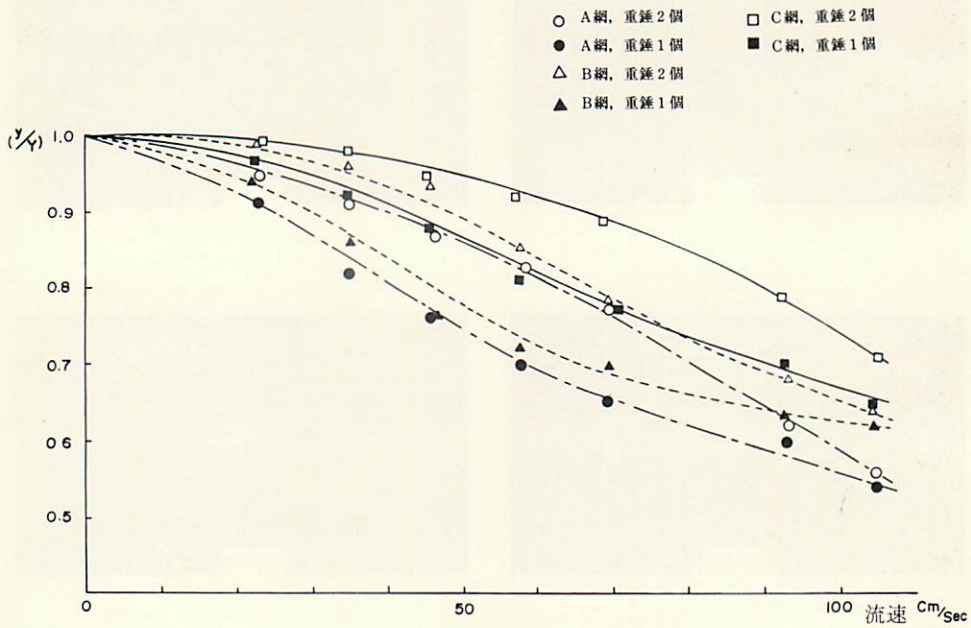


図5. 潮上側の網丈の吹かれの状態と流速との関係

図から明らかなように、吹かれ防止用の重錘の数が同じ場合、 $(\frac{y}{Y})$ の値はA網、B網C網の順に小さくなっている。つまり流速が同じとき、潮上側の網丈の吹かれの程度は $(\frac{D}{L})$ の値が大きい網ほど大きくなること分る。

また、A網、B網、C網とも、 $(\frac{y}{Y})$ の値は重錘が1個の場合より重錘2個の場合の方が大きい値をとる。これは重錘の数が多い網の方が潮上側の網丈の吹かれの程度が少ないことを意味している。重錘数の増大が潮上側の網丈の保持に及ぼす効果は流速が低いときはあまり明瞭でないが、流速が40~60 cm/secの範囲ではその効果は顕著である。そして流速が90 cm/sec以上になると再び両者の $(\frac{y}{Y})$ の値の差は少なくなり、最終的には両者の値はある一定値に収束するものと思われる。

次に流れによる生簀網側面の変形の度合を調べるために、写真からプランメターを用いて、曳行方向に生簀網の中央部断面積を測り、流れによる生簀網の中央断面積の減少割合を計算して図6に示した。図中の $(\frac{A}{S})$ の値は生簀網の中央部断面積の減少割合を示す指標であり、各流速における生簀網の中央断面積(A)を流速が0のときの中央断面積(S)で割ったものである。

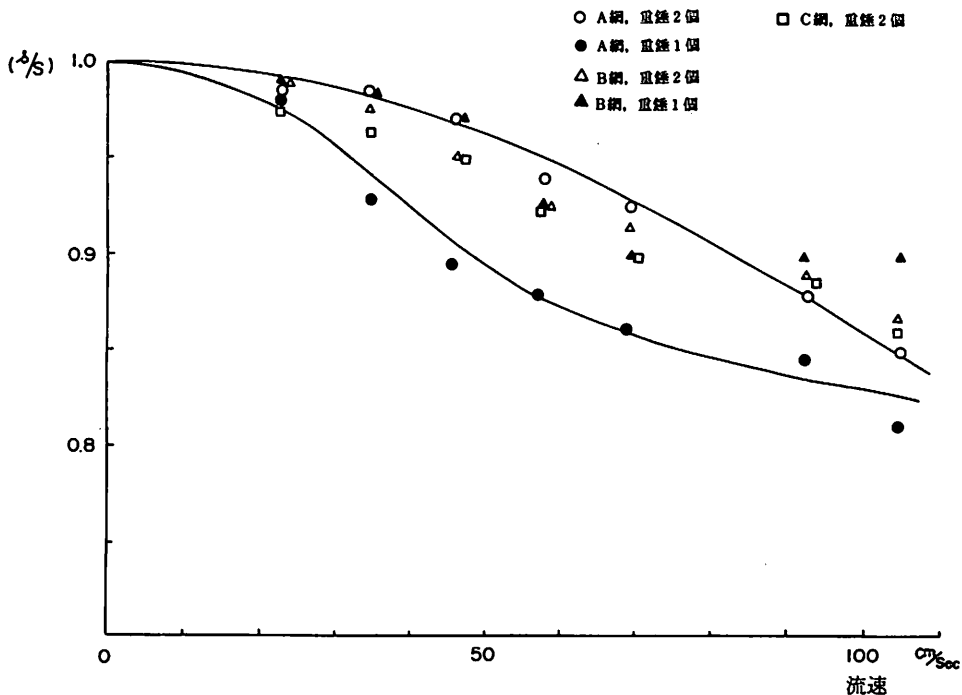


図6. 生簀網の中央断面積の変化と流速との関係

今回は生簀網の底網の四隅に、吹かれ防止用の重錘を1ないし2個取り付けて実験を行ったので、流れによる生簀網の中央部断面積の減少割合は比較的少なかった。このことは、重錘の使用が生簀網の変形防止に効果があることを示唆している。また基本網（A網）では重錘1個の場合は重錘2個の場合に比べて中央部断面積の減少割合はB、C網に比べて大きく例えば流速 60cm/sec のところでは、両者の間に8%の差がみられた。

しかし、 (D/L) の値が基本網の $1/2$ 、 $1/4$ であるB網およびC網では重錘数を変化させても、生簀網の中央部断面積には変化がみられなかった。

2) 生簀施設の全抗力

今回実施した生簀施設にかかる流水抵抗の測定は潮上側の土俵網2本にかかる張力についてのみ行い、総体的な傾向をみるにとどめた。潮上側の2本の土俵網にかかる張力の合計を全抵抗値とし、その水平方向の成分を計算して、生簀施設の全抗力とした。

各流速における生簀網施設の全抗力を図7～7-3に示す。

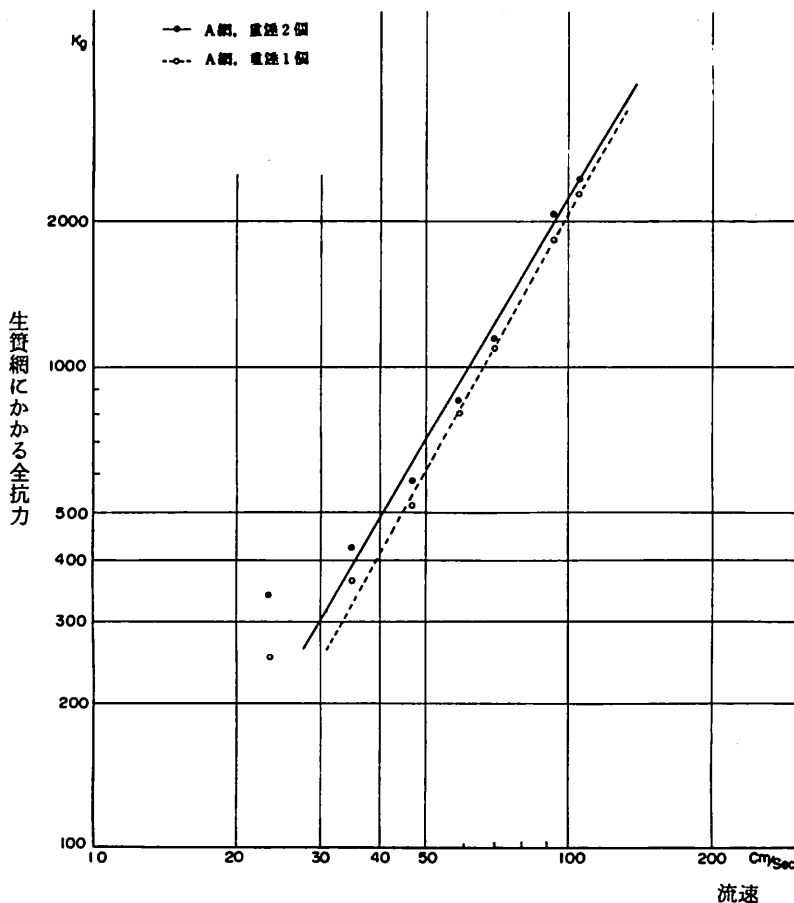


図7. 基本網（A網）にかかる全抗力と流速の関係（波のない場合）

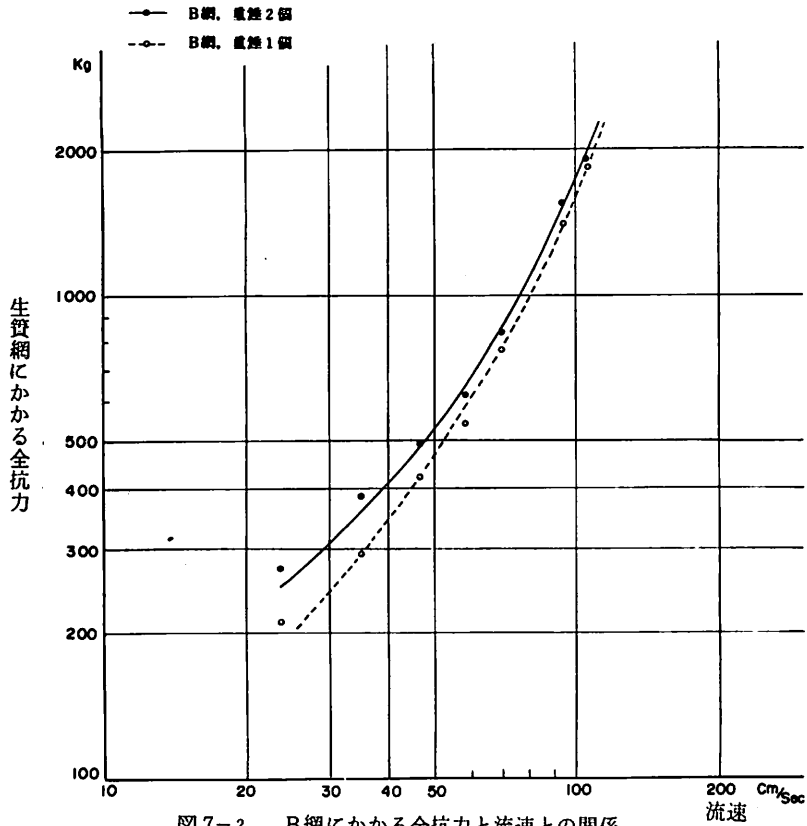


図7-2 B網にかかる全抗力と流速との関係
(波のない場合)

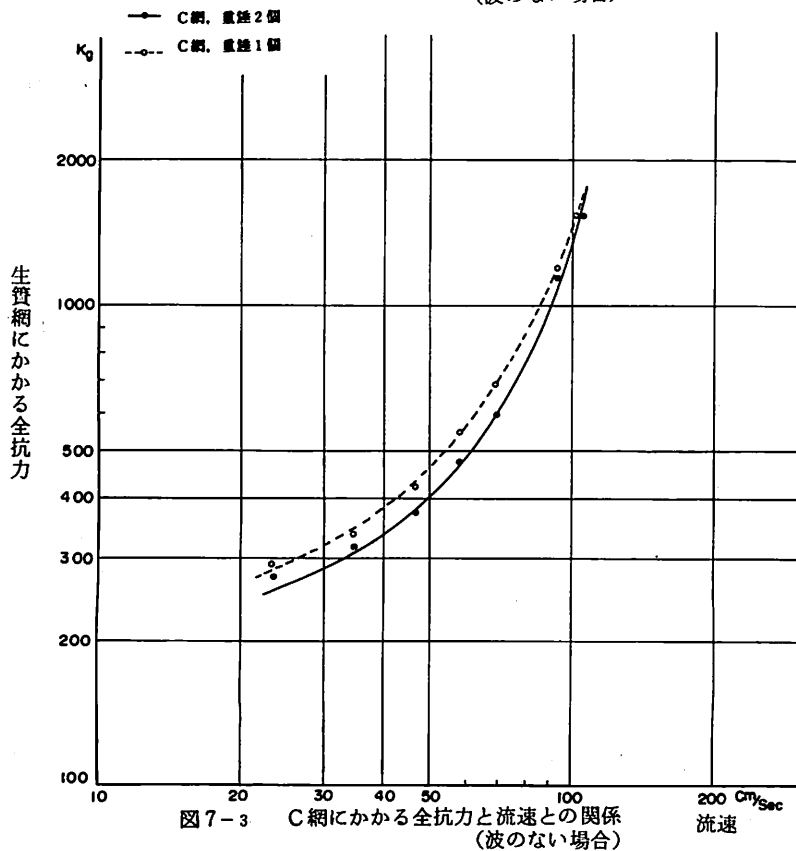


図7-3 C網にかかる全抗力と流速との関係
(波のない場合)

基本網（A網）では、流速（V）と生簀施設の全抗力（Rd）との間に、ほぼ $Rd = KV^n$ の関係が成立し、その実験式は次のとおりである。

条 件	実 験 式	備 考
A 網、重 錘 1 個	$Rd = 0.69 V^{1.74}$	波 な し
A 網、重 錘 2 個	$Rd = 1.09 V^{1.66}$	〃

B網、C網では流速別に生簀施設の全抗力の値を両対数グラフ上にプロットすると、A網のように直線とならず、下に凸の曲線となった。この理由は明確ではないが、生簀網の (D/L) の値がある程度小さくなると、流速が増大しても生簀網の形状変化は比較的小さくなり、流速が大きい範囲では Rd の値がより増大するためと思われる。またC網では予想に反して吹かれ防止用の重錘が1個の場合のほうが2個の場合よりも全抗力の値が大きくなったが、この点については今後再試を行って検討する必要がある。

次に生簀網の (D/L) の値を小さくした時、生簀施設および生簀網の全抗力の減少割合を検討する。

いま、側網1枚の面積がSである正立方体の生簀網に密度 ρ の定常流Vが平行に当たったとき、生簀網が流れから受ける全抗力は生簀網が流れにより変形を起さないと仮定すれば次のようになる。数式中の網糸の直径は d 、目合は 2ℓ 、網地の縮結角は 2φ とし、一枚の側網が n 種の網地から構成されていると仮定すれば

$$S = \sum_{i=1}^n \mathcal{A}_i \quad \text{となる。}$$

- ① 流れが網地に直角に当たる側網は前後2枚の網であり、1枚の網が m 種の異なる (d/ℓ) の網地から構成されているとすれば、2枚の側網の全抗力 (R_{90}) は次式で与えられる。ただし a' は抵抗係数とする。

$$R_{90} = 2 a' \rho \left\{ \sum_{i=1}^m (d/\ell)_i \cdot \mathcal{A}_i \right\} \cdot V^2 \frac{1}{\sin \varphi \cdot \cos \varphi}$$

- ② 流れが網地に平行に当たる側網は左右および上下の4枚の網であり、1枚の側網が n 種の異なる (d/ℓ) の網地から構成されているとすれば、4枚の側網の全抗力 (R_0) は次式で与えられる。

$$R_0 = 4 a' \rho \left\{ \sum_{i=1}^n (d/\ell)_i \cdot \mathcal{A}_i \right\} \cdot V^2 \cdot \frac{1 - \cos^2 \varphi}{\sin \varphi \cdot \cos \varphi}$$

したがって、生簀網の全抗力（ R_d ）は①と②で求められた各抗力の和とみなされるから、

$$R_d = R_{90} + R_0 = a' \rho V^2 \left[\frac{2}{\sin \varphi \cdot \cos \varphi} \left\{ \sum_{i=1}^n (d/\ell)_i \cdot \sigma_i \right\} + \frac{4(1 - \cos^2 \varphi)}{\sin \varphi \cdot \cos \varphi} \left\{ \sum_{i=1}^n (d/\ell)_i \cdot \sigma_i \right\} \right]$$

となる。したがって生簀網の寸法および材質が同じで、ただ（ D/L ）の値だけが基本網（A網）の $1/2$ 、 $1/4$ であるB網およびC網の全抗力は生簀網の流れによる変形を無視すれば基本網の $1/2$ 、 $1/4$ となるはずである。

図8-8-2はA、BおよびC網の模型実験結果より、生簀網の（ D/L ）の値が基本網の $1/2$ 、 $1/4$ となった時の基本網に対するB網およびC網の全抗力の割合を推定したものである。

図中の（ R_x/R_A ）は各流速におけるB網およびC網の全抗力の値（ R_x ）を基本網（A網）の全抗力の値（ R_A ）で割ったものである。

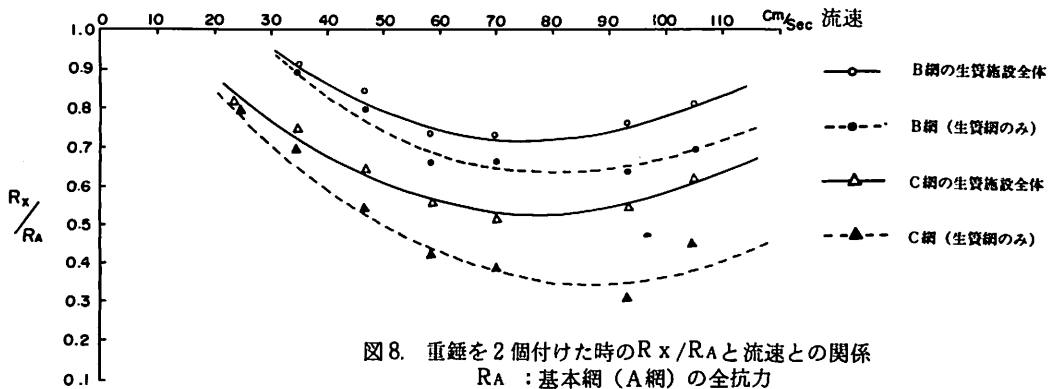


図8. 重錘を2個付けた時の R_x/R_A と流速との関係
 R_A : 基本網（A網）の全抗力
 R_x : B網またはC網の全抗力

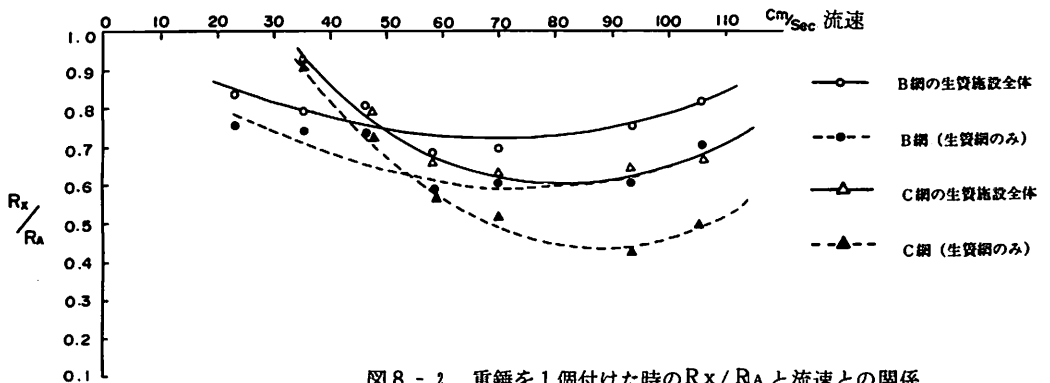


図8-2 重錘を1個付けた時の R_x/R_A と流速との関係

図から明らかなように、 (R_x/R_A) のグラフは下に凸な曲線であり、流れが低速のときと高速のときには (R_x/R_A) の値は比較的大きいが、流速が50~90cm/secの範囲ではその値は小さくなる傾向が見られた。

この傾向は、この範囲の流速における各生簀網の網成りの相違に起因するものと思われるが、この点については再度検討したい。

一般に生簀網の (D/L) を小さくして、適正な (D/L) の網地を選択すれば、生簀網の全抗力を基本網の全抗力より、減少させることが可能となり、且急潮時に生ずる生簀網の吹かれを防止する上でも有効に作用する。

2. 施設の設置

(1) 施設の設置場所

54年度は図9に示したとおり53年度に設置した施設をその位置で継続使用し生簀網のみあたらしいものに掛替えて調査を実施している。



図9 試験漁場海区と生簀設置位置

3. 生簀施設

53年度の調査で出現した問題点を整理し、図10、11に示した新しい規格の生簀網を設計したが、その製作が敷設時まで間に合わなかったため、昨年度作製した替網を利用し図12のように取揚用施設を装置し、重錘の重量と取り付け方法を修正し、9月24日に昨年度の側張枠へ設置した。

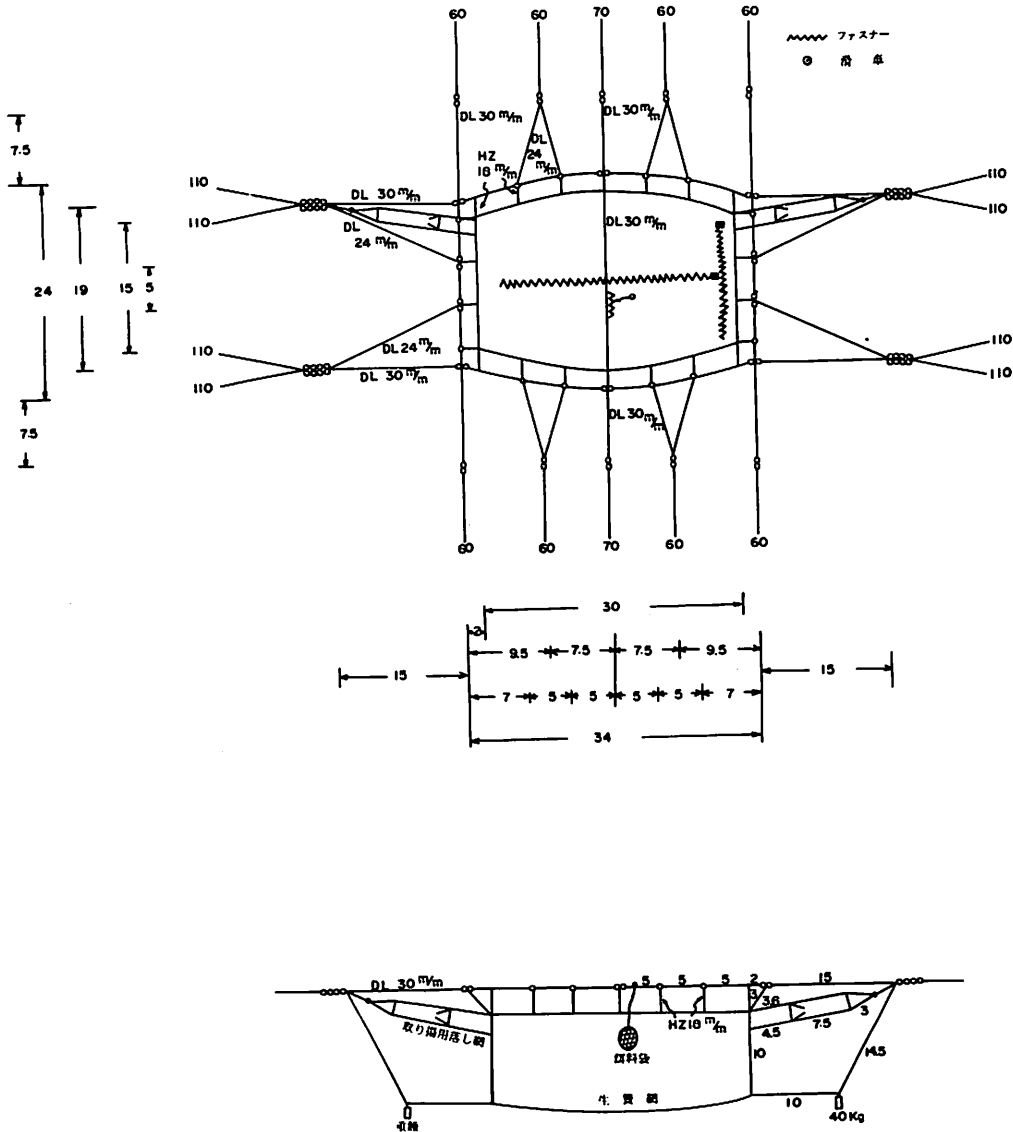


図10 昭和54年度沖合養殖側張配置と生簀設置図

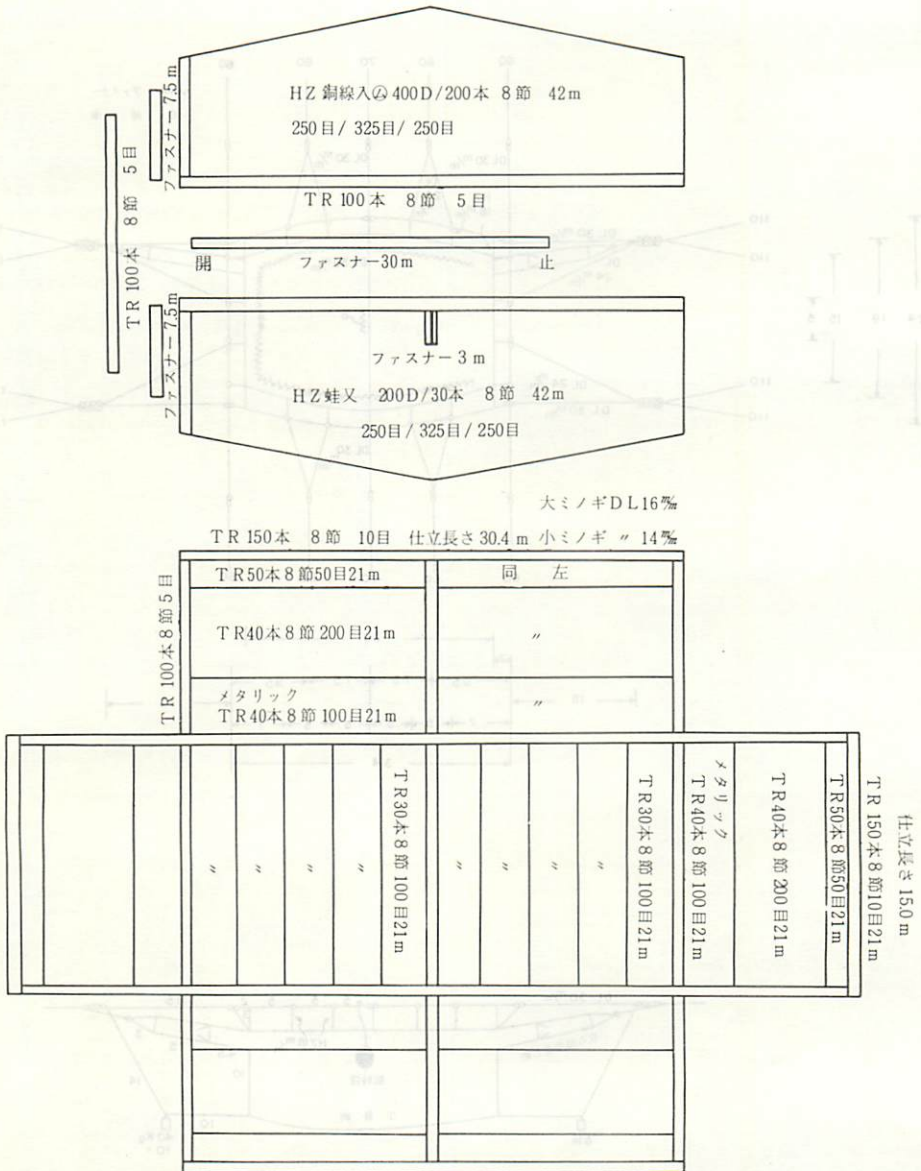


図11 生簀網の展開図

(1) 年度別生簀網と吹かれ防止方法

図13～13-3は、年度別の網地配置と吹かれ防止方法別による生簀網の状態を模式化したものである。

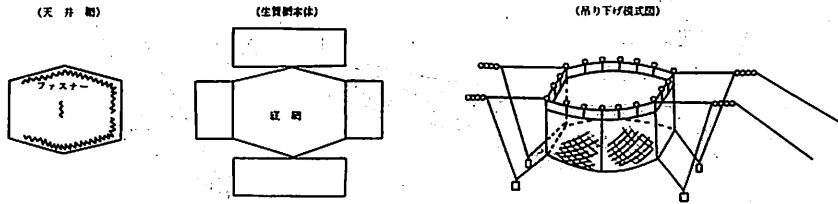


図13 53年度敷設

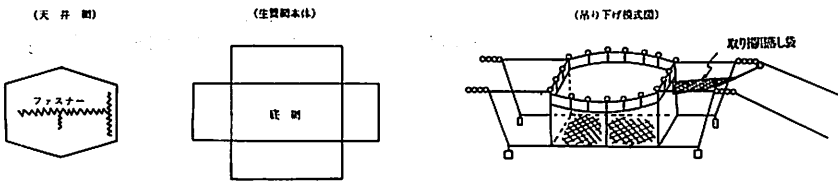


図13-2 54年度設計製作

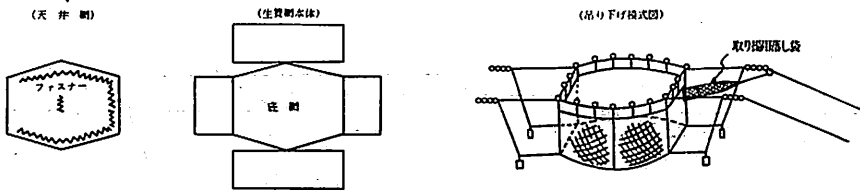


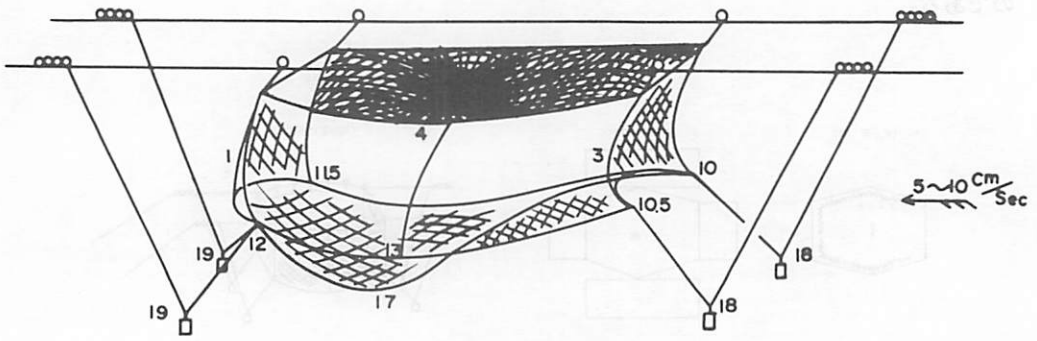
図13-3 54年度敷設

54年度の実験にもちいた生簀網は図13-3に示したものであり、図13-2に示した生簀網は作製がおくれたため使用できなかった。

本年度実験に使用した施設の改良点は生簀網本体に取揚用施設を装置したこと、吹かれ防止用重錘の取り付け網の θ 角を 0° にしたこと、さらに重錘1ヶの重量を50kgとしたこと等である。

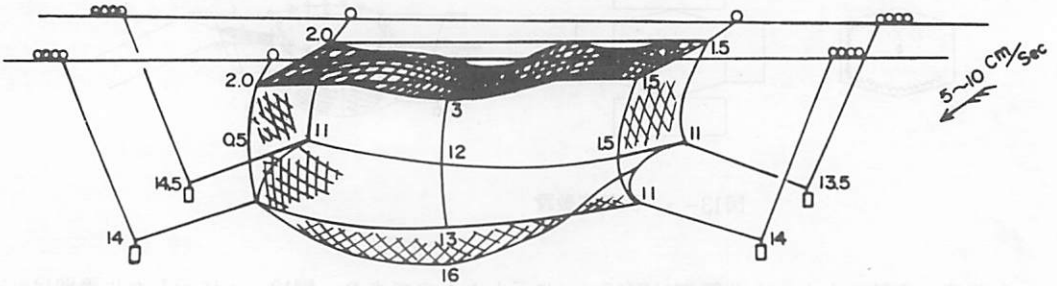
4. 観察調査結果

54年度の実験用として改良し、あらたに吊り下げた生簀網の状態を把握するため10月15日ダイバー3名によって潜水観察測定調査を実施した。その時点の状態と昨年度の観察調査で得られた状態とについて、比較検討するためそれぞれの測定結果を図14・14-2に示した。



(昭和53年度施設)

図14 重錘取り付け網 θ 角 30° 重錘重量40kgの生簀網の状態



(昭和54年度施設)

図14-2 重錘取り付け網 θ 角 0° 重錘重量50kgの生簀網の状態

(1) 改良前後の水中における生簀網の対比

改良生簀網の効果を解明するため、改良前と改良後における観察測定結果を模式化した。図14・14-2はそれぞれ潜水調査で実測した施設各部の水深を表示し、それを結んで水中における施設の状態をあらわしたものである。観察時の潮流は各層別では多少の相違がみられたが、全体的には、ほとんど差がなく $5\sim 10\text{cm}/\text{s ec}$ であった。流向については、多少の相違がみられ図14では少々沖側からの流向であった。

図14・14-2を比較してみると生簀網の状態は図14-2（改良後）の各部に安定性が得られ全般的に生簀網の形崩れが少なく良い型が保たれて重錘の取り付け方法与重錘の増量による効果がよくあらわれている。しかし生簀網下部の四隅が吹かれで、もちあげられたため、重錘取り付け網の θ 角が 20° に変形している。底網の垂れ下がりには図14では4mであったが図14-2では3mに縮小され、潮上側の壁網下部の吹き流れや潮下側のそれも $\frac{1}{2}$ に減少し、改良点による効果がみられる。

5 考 察

昨年度の調査で出現した問題点を整理し、生簀網地の設計変更と重錘重量の増加、吹かれ防止網取り付け角度の修正等の改良を加えて、施設に対する実験を実施する予定であったが、種苗放養時までに生簀網の作製が不可能となったため、昨年度作製した替網をもちいて、重錘重量の増加と取り付け網角度の修正のみで実験をこころみた。

修正生簀施設による実験結果によれば水中における生簀網の状態は修正前のものと比較して側網の吹かれや底網の垂れ下がりが矯正され、かなり高い安定性が得られ生簀網本体の型崩れが少なく全体に良い型が保たれて、改良点による効果があらわれている。

しかし、昨年度の調査で出現した底網の吹きあげ現象については、本年度の観察調査中には急潮の出現がなくこの点についての観察測定はできなかった。

また、重錘取り付け網の角度が生簀網の吹かれで 20° に変形していたが、これは生簀網本体が吹かれによって移動するためにおきる現象であり、潮流の強弱によってその角度が変化するものであり、その変化によって効力に差が生ずる。これを防止するには、生簀網下部の四隅に重錘をつければある程度の防止は可能であろう。

6. 取揚施設の実証試験

昨年度の取り揚げの中で問題点となった大量飼育魚の分割取揚方法について検討を加えて開発した施設に対する実証試験を実施した。その結果は次のとおりである。

(1) 分割取揚用施設

施設の配置を図15に取り付け模式を図16に示す。

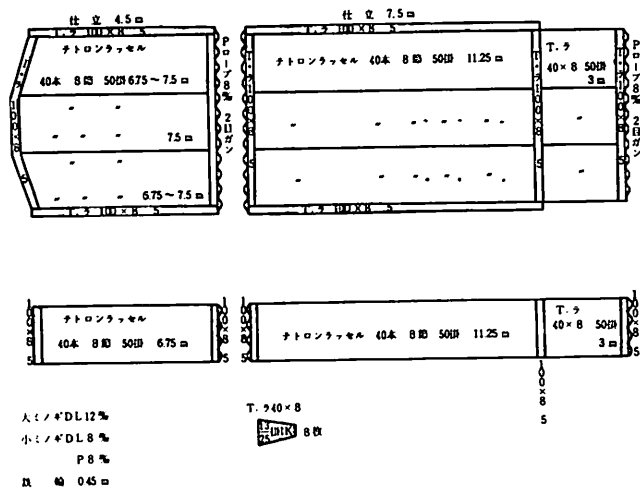


図15 取揚用落し袋の配置

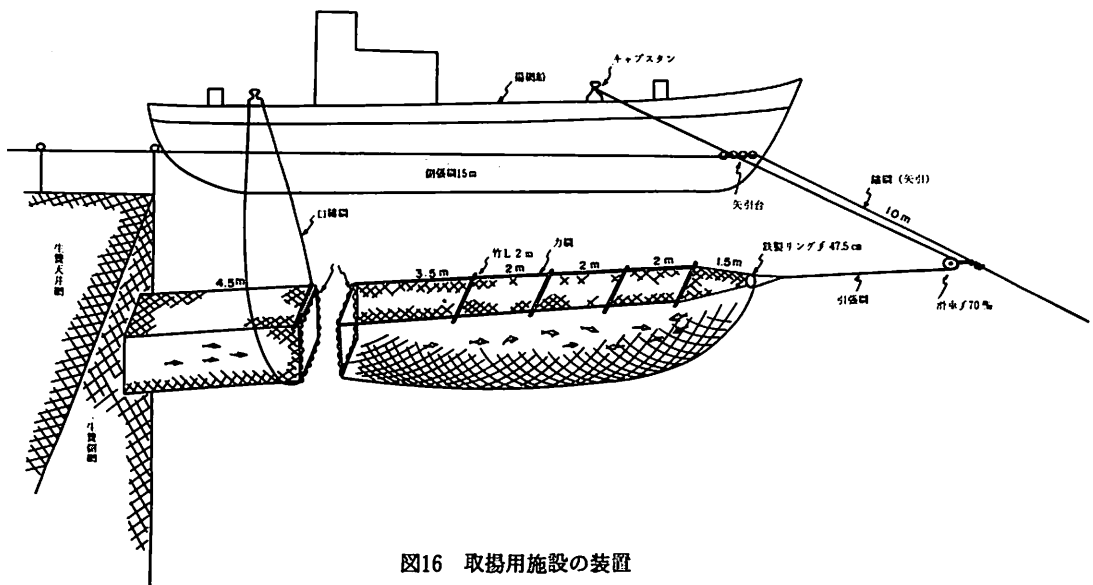


図16 取揚用施設の装置

(2) 施設の使用法

生簀網本体の側網部にあらかじめ、取揚用施設を取り付けるための接続用網地を（長さ4.5 m）セットし、飼育中はその部分を結束して側張枠に結わえておく。

取揚時にはそれをはずして袋網本体を縫合し、図16に示したように矢引網に滑車を結着し、袋網先端部をロープで結び滑車をとおして、袋網本体を引き伸ばして装置する。取揚魚が適量に入網したことを確認してから、先端部の引張網をゆるめるとともに、口締めロープを引き揚げ順次袋網をたぐって飼育魚を収容する。

(3) 調査日

昭和55年3月6日

(4) 気象海象

調査日における気象、海象は次のとおりであった。

月日	気 象				海 象			
	天候	気温	雲形量	風向力	表面水温	波浪・ウネリ	潮向	流速
3・6	B	9.2	Ci.1	E.1	10.6℃	1・0	360°	10cm/sec

(5) 調査結果

55年3月6日取揚実証試験を行うため、取揚用施設を14時30分にセットした。その時の海況は表面水温が10.6℃で潮流は360°方向へ10cm/secで流出していた。透明度は低く7mであった。

飼育魚が落し袋に入網する状態について観察するため取揚用施設をセットしたまま、観察をつづけたが、水温が最低期のため魚群の行動が鈍いのか浮上群は認められず、また透明度が低いために中層遊泳群の確認もできなかった。そこで投餌による浮上蛸集を図ったが、投餌をつづけても浮上行動をおこすものは、なかったため、観察を中止し、施設はセットしたまま一夜放置し、飼育魚の入網の有無について究明した、翌7日11時00分に施設を揚網したが、一尾の入網もなく無為に終わった。

(6) 考 察

取揚実証試験の結果からみて水温最低期では魚群行動が鈍く浮上行動や投餌による魚群の蛸集もできないため、生簀網上部でセットした取揚用施設では取揚は不可能で、この時期の取揚には生簀網下部でのセットを考えた方が効果があるものとみなされる。

水温が上昇し、投餌による蛸集が可能な時期になれば投餌による誘導入網が可能であると思われるので、その時期の実証試験を試みる予定である。

第 2 章 魚類養殖

I 53年度魚類養殖概要

52年10月22日に5,000尾のマダイ人工種苗（FL 78.5mm）を、また53年10月2日に定置網で漁獲されたフクラギ（W 430g）504尾とインダイ幼魚（W 100g）を放養し飼育実験を行い、54年8月中に取揚を実施した結果は次のとおりである。

1. マダイ養殖

52年10月22日に人工種苗のマダイ5,000尾（FL 78.5mm）を10×10×10mの生簀網（浮沈10m）に放養し、飼育日数659日の54年8月10日取り揚げた結果を次に示す。

(1) マダイの飼育状況 （人工種苗5,000尾放養）

生簀網規格10×10×10m = 1000 m³ 化繊網30本12節

（347日飼育魚を移殖3,531尾）

生簀網10×10×10m = 1000 m³ 化繊網30本8節

飼育経過日数	0	133	347	405	659
生存率 (%)	100	—	70	—	98.3 移殖後 69.4 継続
平均体長 (FL mm)	78.5	121	195	234	252
発色状況	良好	良好	良好	一部大型魚 黒化する	200g 台以下良好 300g 以上黒化
調査日	52. 10. 22	53. 3. 3	53. 10. 3	53. 11. 30	54. 8. 10

1). 飼育中における成長

52年度増殖試験場で生産されたマダイ種苗5,000尾を10m角生簀網（12節）へ10月22日に放養し、飼育日数347日で8節の生簀網へ移殖し、継続飼育日数659日で取揚を行った。その飼育期間中における成長状態を図18のとおり成長放物曲線で示す。

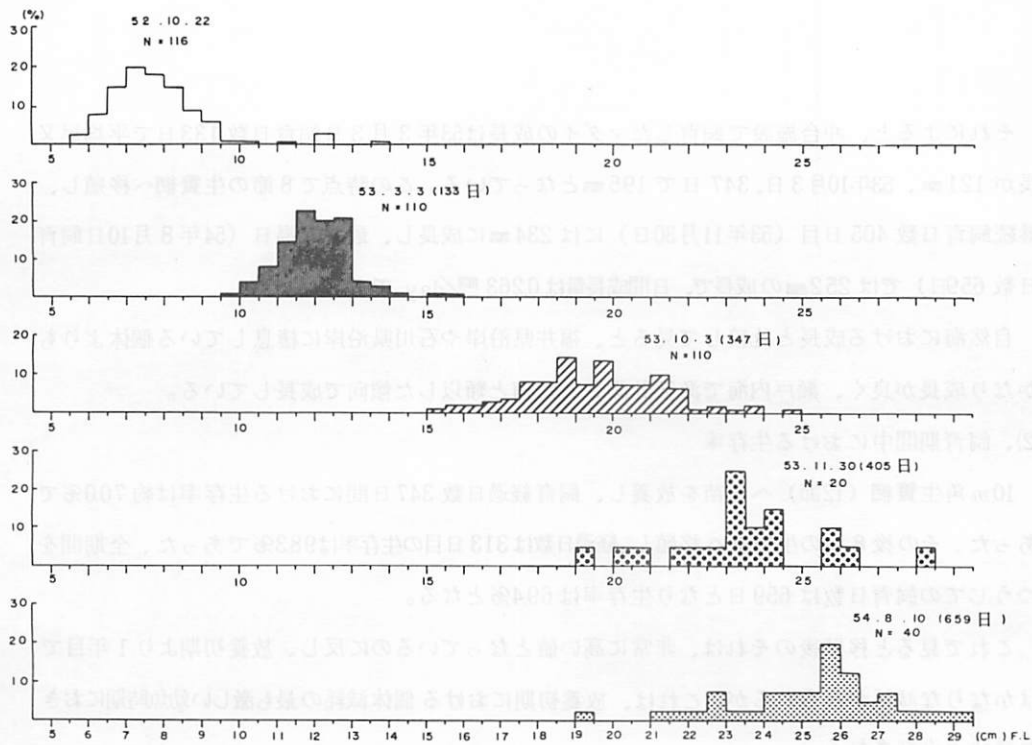


図17 マダイの体長組成

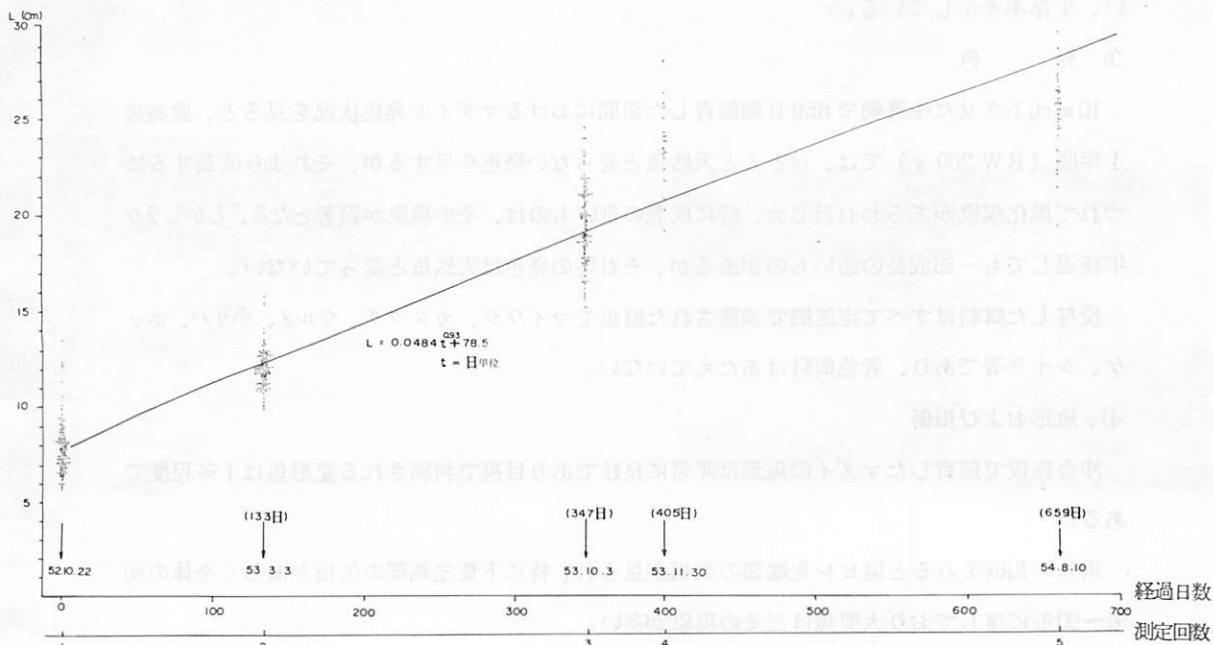


図18 飼育中におけるマダイの成長曲線

それによると、沖合施設で飼育したマダイの成長は53年3月3日飼育日数133日で平均尾又長が121mm、53年10月3日、347日で195mmとなっている。この時点で8節の生筈網へ移殖し、継続飼育日数405日目（53年11月30日）には234mmに成長し、最終取揚日（54年8月10日飼育日数659日）では252mmの成長で、日間成長量は0.263 mm/dayであった。

自然海における成長と比較して見ると、福井県沿岸や石川県沿岸に棲息している個体よりもかなり成長が良く、瀬戸内海で漁獲計測された値と類似した傾向で成長している。

2)、飼育期間中における生存率

10m角生筈網（12節）へ種苗を放養し、飼育経過日数347日間における生存率は約700%であった、その後8節の生筈網へ移殖し、経過日数は313日目の生存率は983%であった、全期間をつうじての飼育日数は659日となり生存率は69.4%となる。

これで見ると移殖後のそれは、非常に高い値となっているのに反し、放養初期より1年目ではかなりの減耗がみられるが、これは、放養初期における個体減耗の最も激しい幼魚時期におきた減耗とみなされる。

過去における内湾養殖でもこの時期には激しい減耗が見られており、種苗放養初期では弱小個体群や活力の低下群等は環境変化に対する耐認性に乏しく自然減耗につながるものと思われる。

沖合養殖でも、この時期の減耗がみられるがその時期を脱したものは疾病もなく、かなり高い、生存率を示している。

3) 発色

10m沈下させた生筈網で659日間飼育した期間におけるマダイの発色状況を見ると、放養後1年間（BW 200g）では、ほとんど天然魚と変わらない発色を呈するが、それより成長するにつれて黒化現象があらわれはじめ、特に成長の良いものは、その現象が顕著となる、しかし2ヶ年経過しても一部成長の悪いものがあるが、それ等の発色は天然魚と変わっていない。

投与した餌料はすべて定置網で漁獲された鮮魚でマイワシ、カタクチ、ウルメ、小サバ、ホッケ、シイラ等であり、着色餌料はあたえていない。

4)、魚形および損傷

沖合施設で飼育したマダイの魚形は非常に良好であり目視で判別される変形魚は1%程度である。

魚体の損傷をみると尾ビレ先端部の欠損が見られ、特に下葉先端部の欠損が激しく全体の80%～90%に達しており大型魚ほどその現象が多い。

そのおきる要因は網ずれによっておきるものか、その他の要因で出現するのかは不明であるが内湾養殖魚でも出現しており、養殖魚としての特徴となっている。

5)、市場価値

飼育日数約 660日で取り揚げた飼育魚を市場へ出荷し、市場価値について調査を行った結果は次のとおりである。

(魚体の出荷はすべて鮮魚出荷で碎永がけである)

(2) 市場価格

県内市場へ出荷した場合の価格はkg当り 1,300 円より 3,000 円で平均単価は 1,590 円であった。

(3) 価格についての考察

飼育魚を出荷した時期は 8 月 10 日前後で、この時期における天然魚マダイの市場価格はkg当り 3,000 円～5,000 円の範囲であり、飼育魚はそれよりもかなり安い価格となっている。

この較差の原因は、石川県の消費者間では、まだ養殖魚についてのなじみが少なく、もっぱら天然魚によってまかなわれていることが大きな要因とみなされるが、マダイについては黒化現象によって受ける価格の低廉化も大きい、ちなみに成長のおくれた小型魚は発色が非常に良好であり、それだけを選別した場合の価格はkg当り 3,000 円となっている。これ等の問題を整理してみると石川県の沖合養殖によるマダイの養殖は魚体サイズ、発色問題、市場価値等より検討して 1 年物の養殖として取り揚げた方がメリットが大きいと思慮される。

2. フクラギの養殖

53年10月2日定置で漁獲されたフクラギ 504尾を 15×30×10mの生簀網に放養し、飼育日数 317日の54年8月13日に取り揚げた結果を次に示す。

(1) フクラギの飼育状態

調査年月日	53. 10. 2	54. 3. 5	54. 8. 13
放養年月日	53. 10. 2	—	—
放養尾数	フクラギ 504尾	—	—
飼育経過日数	0	155	317
生存率	100%	—	85.5%
成長(モード)	440～500 g	950～960 g	1,520～1,530 g
平均体重	476 g	884 g	1,476 g
肥満度	15.5	17.2	15.5

1)、飼育中における成長

53年10月2日定置網で漁獲されたフクラギ種苗 504尾を15×30×10mの生簀網へ放養し317日間の飼育を行った、その間の成長状態を図19・20のとおり成長放物曲線で示した。

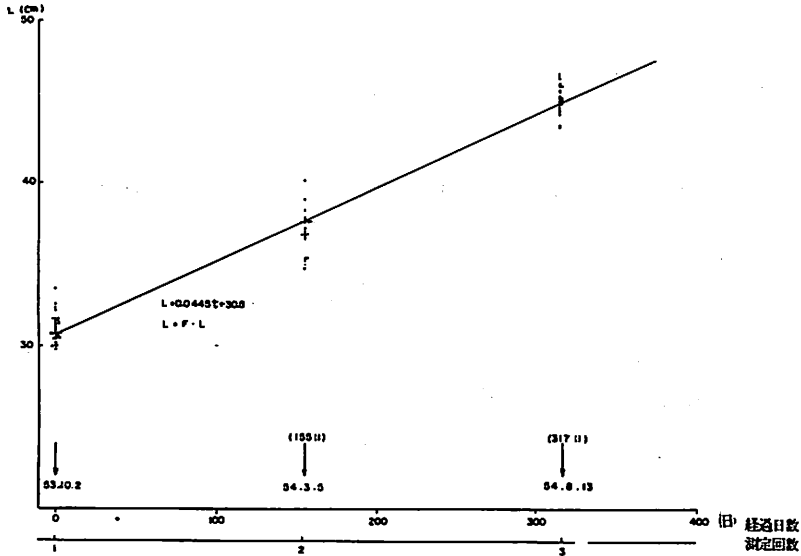


図19 飼育中におけるフクラギの成長曲線 (第1回目の測定日を $t = 0$ 日として式を求めた。)

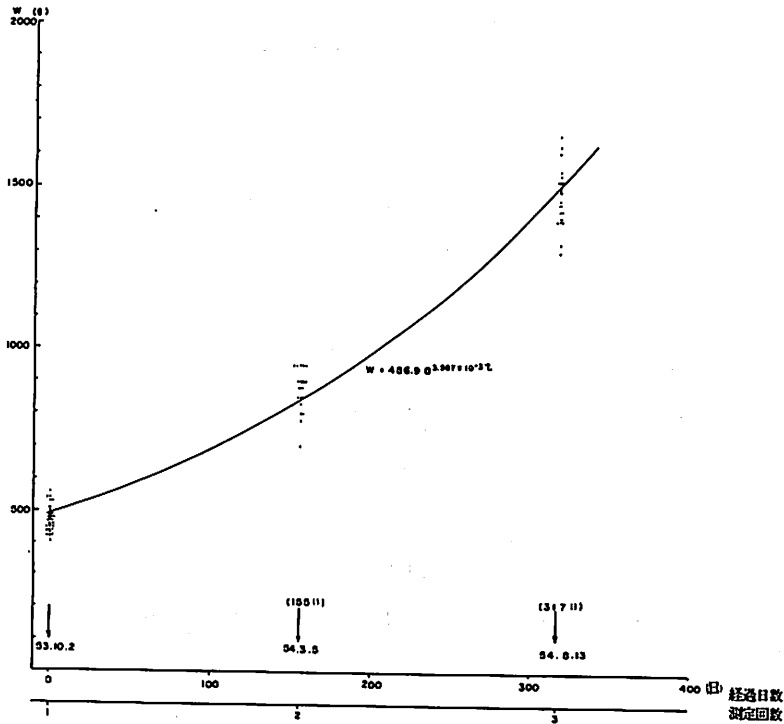


図20 飼育中におけるフクラギの体重曲線

平均BW 476 g の種苗を放養し、飼育日数 155 日目 (54、3、5) における平均BWは 884 g (モード 950g) であり、317 日目のそれは 1,476 g (モード 1,520 g) に成長している。

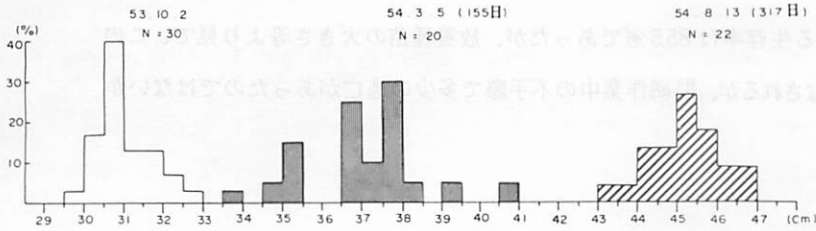


図21 フクラギの体長組成

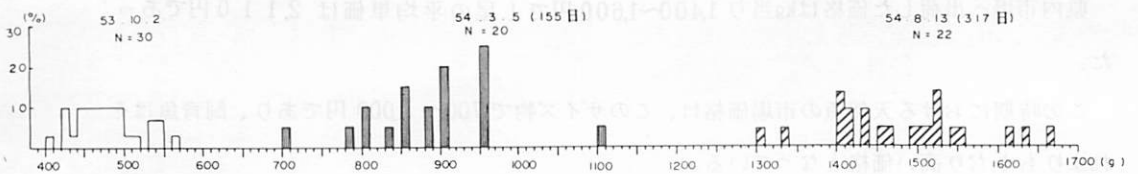


図21-2 フクラギの体重組成

飼育経過とともにBWの組成範囲を見ると放養時ではその範囲は 400 ~ 560 g でその幅は 160 g であったが、155 日目には 700 ~ 1,100 g の範囲でその幅は 400 g と広くなり、317 日目には 1,300 ~ 1,660 g の範囲で組成幅は 360 g となっている。

この成長状態を太平洋側の内湾で行われた養殖魚の成長と比較してみると、かなり劣っていることが解る、しかし、太平洋側における天然魚の成長と略々類似した成長傾向が伺われる。

2)、肥 満 度

飼育期間中における肥満度について検討してみると放養時のそれは 15.5 にモードがみられ、飼育日数 155 日目では 17.5 と少々肥大したが 317 日目では再び 15.5 に減少している。

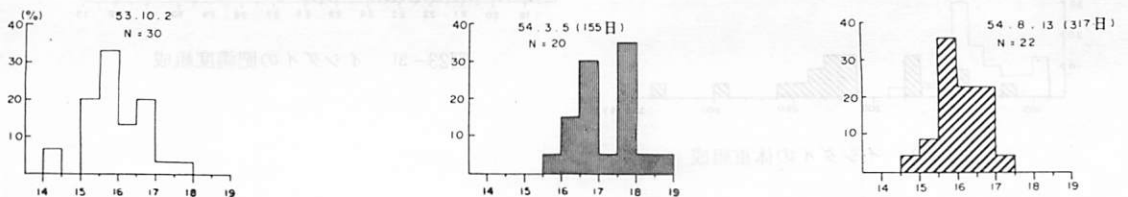


図22 フクラギの肥満度組成

3)、魚体状況

外見上よりみた魚体は非常に良好な形を保っており、外傷も見当らず、魚体も鮮明で、天然魚とはほとんど変化の無い状態を示し、養殖魚として判読することは至難である。

4)、生存率

飼育日数 317 日目における生存率は 85.5%であったが、放養種苗の大きさ等より見て、この生存率ではかなり低い値とみなされるが、揚網作業中の不手際で多少の逃亡があったのではないかとと思われる。

5)、市場価値

飼育日数 317 日で取り揚げ市場へ出荷した結果は次のとおりであった。

(2) 市場価格

県内市場へ出荷した価格はkg当り 1,400~1,600 円で 1 尾の平均単価は 2,110 円であった。

この時期における天然魚の市場価格は、このサイズ物で 700~1,000 円であり、飼育魚はそれよりもかなり高い価格となっている。

3. イシダイ養殖

定置網で漁獲されたイシダイ幼魚 1,314 尾をフクラギと混養し、317 日間飼育した結果は次のとおりであった。

(1) 成長

平均BW 100 g の種苗を放養し、飼育日数 317 日目における平均BWは 205 gであった。

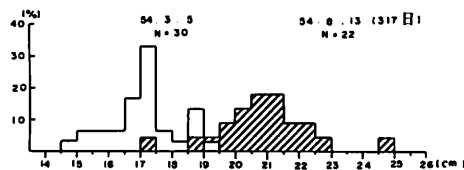


図23 イシダイの体長組成

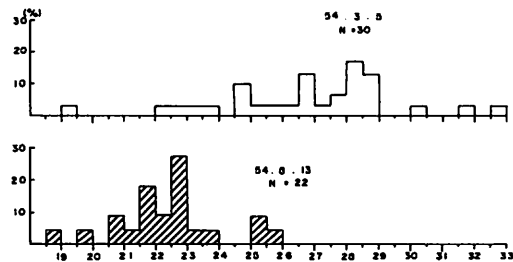


図23-1 イシダイの肥満度組成

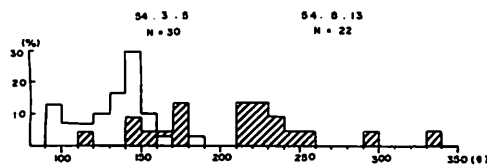


図23-2 イシダイの体重組成

(2) 生存率

飼育日数317日の生存率は94.6%でかなり高い値となっている。

(3) 魚体状況

外傷も見当らず、発色も良好で天然魚と変わらない。

(4) 市場価値

県内における市場価格はkg当り1,400～2,300円で1尾当り単位は336円であった。

4. 要 約

沖合養殖で飼育された魚類の状態をまとめるとマダイでは、放養初期の斃死が多いが、その後の生存は高く98.3%であった。659日間飼育中の日間成長量は 0.263 mm/day である。発色状況は1年飼育では略々天然魚と変化は認められないが2年目に入った成長の良いものは黒化現象があらわれ成長の良いもの程黒化は激しい、目視の変形魚は1%にみえないが尾ビレ下葉先端部の欠損が全体の80～90%に達する、県内市場における価格はkg当り1,300円～3,000円の範囲で平均価格は1,590円で天然魚より割安であった。

フクラギは317日間の飼育で日間成長量は 3.16 g/day であり、平均体重は1,476gであった。観察時には斃死魚は確認できなかったが最終歩留りは85.5%であり肥満度は3月に17.5となったが最終取揚時では放養時の15.5と同じ値であった。

イシダイは317日の飼育で生存率は94.6%と高く、日間成長量は 0.33 g/day であり、外傷がなく魚体色も良好で、市場価格は1,400円～2,300円の範囲であった。

II 54年度魚類養殖概要

54年9月24日に新規の生簀網を敷設し9月29日より11月11日までの間に、定置網に乗網したフクラギとイシダイ幼魚を放養し飼育実験を実施中である。

1. 種苗の放養

9月下旬より11月上旬にかけて、前波定置網に乗網したフクラギ 6,770尾とイシダイ幼魚 500尾を表2のとおり生簀網へ放養した。

表2 魚種別、日別放養尾数

放 養 月 日	放 養 尾 数 (尾)	
	フ ク ラ ギ	イ シ ダ イ
9・29	8	150
10・6	650	
〃・17	151	
〃・18	1,206	
〃・23	200	
〃・24	328	
〃・25	597	
〃・26	552	250
〃・27	646	
〃・28	420	
〃・29	222	
〃・31		100
11・4	505	
〃・7	135	
〃・10	464	
〃・11	686	
合 計	6,770	500

(1) 種苗の輸送方法

定置網を揚網後、漁獲物を揚網船の活魚庫へ収容し、生簀網へ放養したが少量の場合は甲板上のポリ容器（77.5ℓ入）へ収容しセントルポンプで換水しながら輸送を行った。

(2) 放養魚体

放養した魚体状況は次のとおりであった。

1)、フクラギ

放養したフクラギ種苗は昨年度放養した種苗より少々大型で図24に示したとおり、F.Lで32.4cmより39.6cmの範囲であり、その平均は36.1cmであった。またBWでは497gより915gの範囲で平均BWは715gであった（昨年度平均BW = 476g）

肥満度を見ると図24-3に示したとおり12.46から17.45の範囲で平均肥満度は15.15であった。（昨年度肥満度 = 15.90）

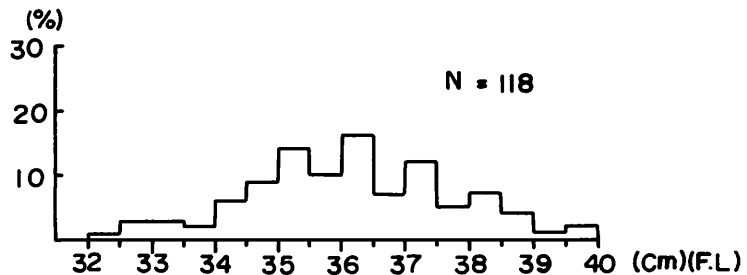


図24 放養種苗の体長組成（フクラギ）

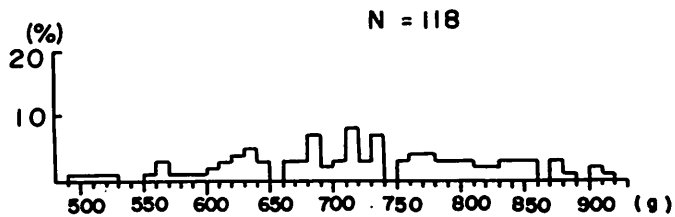


図24-2 放養種苗の体重組成（フクラギ）

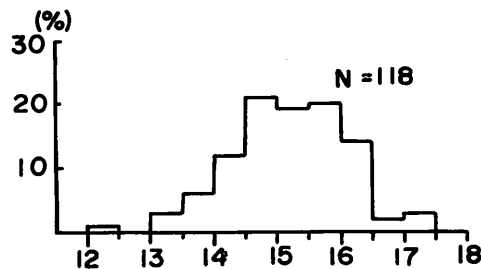


図24-3 放養種苗の肥満度組成（フクラギ）

2)、イシダイ

イシダイの放養種苗は昨年同様BW 100 gであった。

(3) 飼育魚の水中観察

飼育魚の生簀内における棲息状態を確認するため、10月15日、10月26日、11月21日、12月4日の計4回ダイバー3名による水中観察を実施した。

1)、飼育魚の遊泳分布状況

生簀網内における魚群の遊泳分布観察結果を図25に示した。

それによれば飼育期間の短い時期には（放養日より10日経過）遊泳個体間隔が広く生簀網全体を利用して遊泳しているため、魚群密度は粗く底網の垂れ下がった部分まで突っ込みながら巡回していた。しかし一部弱小個体群は主群より、跳ね出され生簀網上層の一部で各個それぞれ無作為な行動をとっているのが観察された。

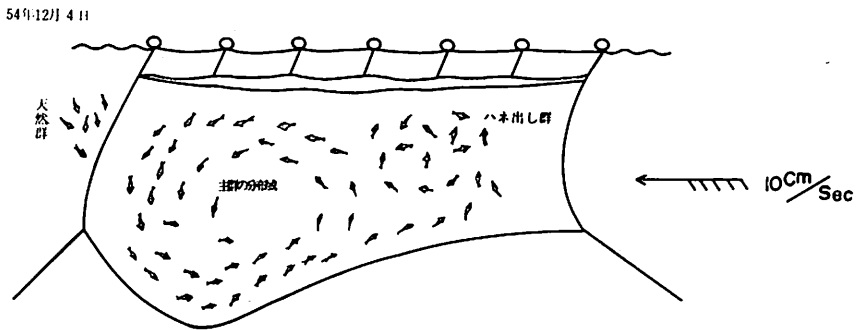


図25 生簀網内における魚群行動模式（飼育日数10日）

飼育期間が長くなるにつれて遊泳状態が変化し経過日数23日の観察結果では個体間隔が狭まり密集状態となり、図25-2に示したように生簀網の中央部より下層にかけて群遊していた。また、前回に見られた、弱小個体の跳ね出し群は上層の一部で相変わらず無作為行動で遊泳していた。

潮下の生簀網外では天然魚（フクラギ）の遊泳が観察され飼育魚に接近しようとするような行動が見られ、初回では10尾程度を確認したが最終回の調査では30~40尾に増えているのが観察された。

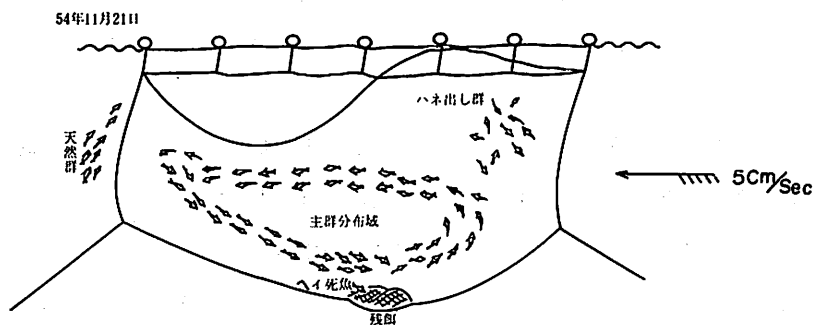


図25-2 生簀網内における魚群行動模式（飼育日数23日）

2)、斃死状況

放養魚の斃死状態を確認するため、4回のダイバー観察を実施した。
確認された斃死魚は表3のとおりである。

表3 水中観察による斃死状態

月 日	斃 死 数	計
10月15日	底網に10尾 袋網取り付け口に4尾	14尾
10月26日	底網に46尾	46尾
12月4日	底網に1尾	1尾
計		61尾(12%)

観察結果によれば放養期間内で底網部分に57尾の斃死が確認されているが、これ等のほとんどは輸送中において酸欠状態となり活力の低下した魚体によっておきた斃死であるものとみなされる。

また取揚袋口部分に見られた斃死魚は取揚袋網の取り付け方法に問題があり、網の一部分にしわ状のひだができ、その中へ突っ込んだ魚によっておきた、完全な事故死であった。

3)、考 察

放養期間中に約60尾の斃死魚がみられたが、その要因は、いずれも人為的要因によっておきたものであり、その点に留意すれば完全に防止できるものであった。

2. 沖合養殖施設における放養量の算出について

54年度に設計した養殖施設を沖合漁場に敷設した場合、吊り下げた生簀網の規模における適性放養量について検討した。

(1) 放養量決定のための基本式

一般に魚類を蓄養殖する場合は施設の規模(容積)はもとより、飼育水に含まれる容存酸素によって放養量が制限される。

放養量の目安を得るには、次式をもちいて算出される。

$$N_w = \frac{(D_0 - D_1) \bar{Q} - V \cdot P}{K} \dots\dots\dots (1)$$

- N_w = 放養量 (kg)
 D_0 = 飼育水 (流入水) の D・O (cc/m^3)
 D_1 = 飼育魚の酸素最低必要量 (cc/m^3)
 (水産用水質基準より $3cc/l$ とする)
 V = 施設の容積 (m^3)
 K = 魚種別、単位当り O_2 消費量 ($cc/kg/hr$)
 P = 海水中のプランクトン、付着物等による O_2 消費量 ($cc/m^3/hr$)
 (つくる漁業より、 $0.2cc/l$ とする)
 \bar{Q} = 単位時間当り海水流入量 (m^3/hr)

昭和54年度に敷設した沖合養殖施設の適正放養量は敷設海域の環境条件調査値および模型実験値をもちいて(1)式で試算すると、次のように算出される。

◎ 養殖施設の容積

$$V = 15 m \times 30 m \times 10 m = 4,500 m^3$$

◎ 養殖施設敷設海域の流速

平均流速 $5.2 cm/sec$

最高流速 $32.0 cm/sec$

◎ 養殖施設敷設海域のDOの経月変化

表4

												(cc/l)	
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
DO	5.74	6.23	6.86	6.79	5.32	5.18	5.46	4.83	4.97	5.18	5.11	5.46	5.53

◎ 流速による生簀網容積の変化 (模型実験値)

表5

流速	cm/sec	3	5	10	30	50
容積	%	100	100	93	81	70
	m^3	4,500	4,500	4,185	3,645	3,150

◎ 魚種による単位当り O_2 消費量

表6

魚種	水温	O ₂ 消費量	体重	備考
ブリ	25~30℃	350~630cc/l/hr	1,000~3,000(g)	つくる漁業
マダイ	22.5	200	300~500	養殖ハンドブック
クロダイ	28~30	123	0.8~6	つくる漁業
イシダイ	26~27	227~258	17~3,700	"

◎ 飼育水の交換率

養殖施設の長辺30mで表5の場合における飼育水の交換率は、つぎのとおりである。

表7 流速別交換率

(化繊網 目合8節30本)

流速 cm/sec	3	5	10	30	50
交換率	2.5	4.2	8.4	25.2	42.0

以上のことより流速3 cm/secの時の放養量を(1)式から求めると

$$W = \frac{(4,830 - 3,000) 4,500 \times 2.5 - 4,500 \times 200}{630} = 31,250 \text{ kgとなる。}$$

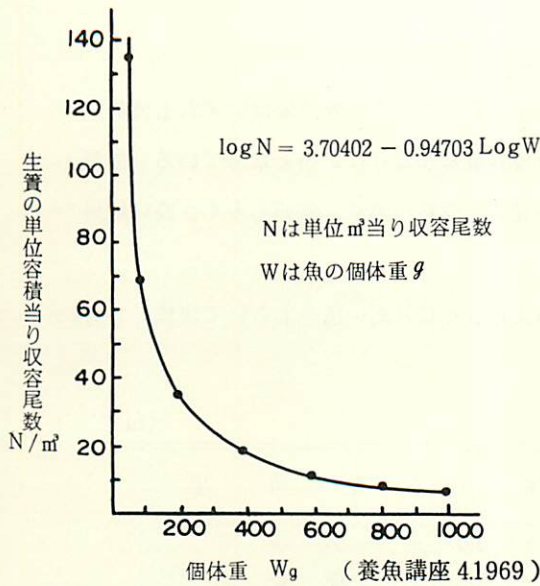
以下、表7のとおり

表8 流速別、魚種別放養量

魚種	流速 (cm/sec)									
	3		5		10		30		50	
	放養量	1 m ² 当り	放養量	1 m ² 当り	放養量	1 m ² 当り	放養量	1 m ² 当り	放養量	1 m ² 当り
ブリ	31,250	6.9	53,471	11.9	100,785	24.1	265,656	72.9	383,300	121.7
マダイ	98,438	21.9	168,435	37.4	317,474	75.9	836,815	229.6	1,207,395	383.3
クロダイ	160,061	35.6	273,878	60.9	516,218	123.3	1,360,675	373.3	1,963,244	623.3
イシダイ	76,308	17.0	130,570	29.0	246,104	58.8	648,694	178.0	935,965	297.1

表9 内湾生簀における単位当り放養量

魚種	m ² 当り放養量	魚体量	備考
ブリ	8 ~ 10 kg	1 kg	養魚講座、水産養殖ハンドブック
マダイ	6 ~ 8 "	300 ~ 500 g	"
クロダイ	15 ~ 21 "	300 ~ 350 g	"
イシダイ			



W g	N尾/m³	N · Wkg / m³
(25)	(261)	(6.5)
50	136	6.8
100	70	7.0
200	36	7.2
400	19	7.6
600	13	7.8
800	10	8.0
1,000	8	8.0

図26 プリの大きさ別単位収容量

すなわちO₂消費量から放養量を求めると養殖施設敷設海域の流速が速くなれば、なるほど放養量が増大することになる。

しかし、これまで内湾網生簀飼育で順調な成長を示す単位当りの放養量は表9および図26(南沢 1964)のような収容量であるが、O₂消費より算出した沖合養殖施設の放養量は流速3cm/sec時でも(ブリ類をのぞいて)かなり大きな値になる。特に流速10cm/sec以上になってくるとO₂の消費量計算では放養量が多くなりすぎて、無理が生ずる。そこで流速10cm/sec以上の場合の収容量の算出は、流速別に縮小される生簀網容積に、3cm/sec時で求められたm³当り収容値を乗じ表10に示した。

(2) 沖合養殖生簀網の流速別収容量

それぞれの条件を与え、一式より求めた放養量は表10のとおりである。

表10 沖合生簀の流速別収容量

(kg)

魚種 項目	3 ~ 5 cm/sec			10 cm/sec			30 cm/sec			50 cm/sec		
	生簀内 m ³	m ³ 当り 適正量	収容量	生簀内 m ³	m ³ 当り 適正量	収容量	生簀内 m ³	m ³ 当り 適正量	収容量	生簀内 m ³	m ³ 当り 適正量	収容量
ブリ	4,500	6.9	31,250	4,185	6.9	28,877	3,645	6.9	25,151	3,150	6.9	21,735
マダイ	4,500	21.9	98,438	4,185	21.9	91,652	3,645	21.9	79,826	3,150	21.9	68,985
クロダイ	4,500	35.6	160,061	4,185	35.6	148,986	3,645	35.6	129,762	3,150	35.6	112,140
インダイ	4,500	17.0	76,308	4,185	17.0	71,145	3,645	17.0	61,965	3,150	17.0	53,550

(3) 考 察

本県における内湾養殖の例は表11に示したとおりである。これらの養殖場はいずれも波静かな湾奥部にあるので飼育水の交換率が悪く単位当り放養量はかなり低い値となっている。能都町のそれは、かなり高い値であるが飼育魚の状態を見ると成長が悪く、斃死も多く、良い結果は得られていない。

このことより見ても沖合海域での養殖は内湾養殖より、かなり高い値をもちいて実施しても企業性は可能と思われる。

表11 県内生簀網単位当り放養量

(kg)

魚 種	m ³ 当 り 放 養 量	魚 体 重	養 殖 場
ブ リ	3 ~ 4	1 ~ 1.5	穴 水 町
	3 ~ 4	0.8 ~ 1.5	能 登 島
	8 ~ 11	0.8 ~ 1.2	能 都 町
タ イ	10	0.6 ~ 0.8	能 都 町
	2 ~ 24	0.3 ~ 0.5	能 登 島



photo 7 取揚揚網作業



photo 8 取揚揚網作業

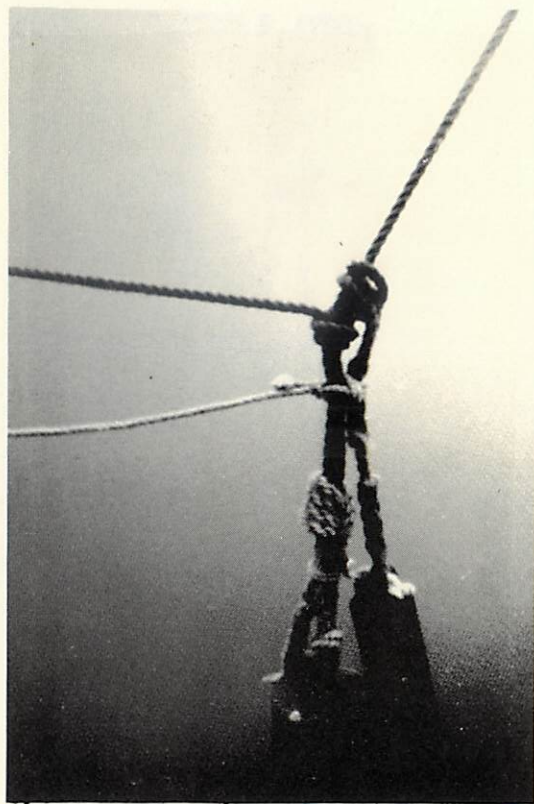


photo 9 重錘取付網 θ 角 0° の時の網の状態



photo 10 重錘取付網 θ 角 30° の時の網の状態

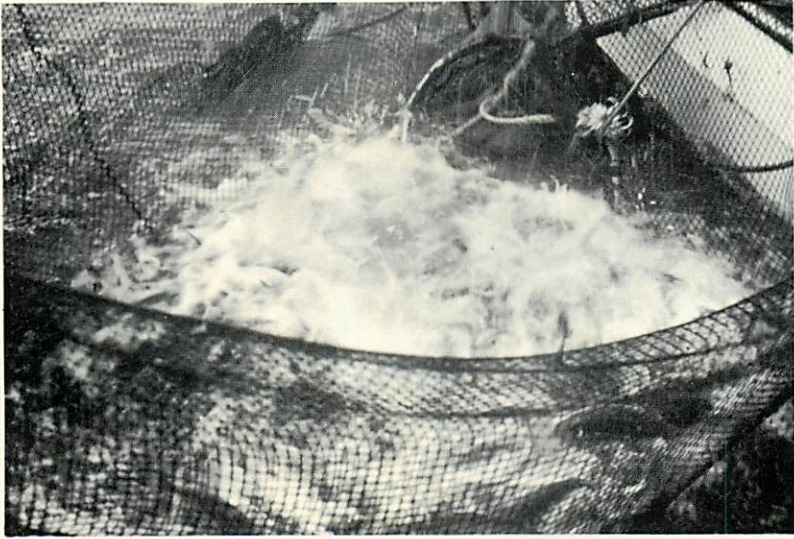


photo 11 飼育魚の取揚作業中 (ガンド)



photo 12 飼育魚の取揚作業中 (ガンド)



photo 13 飼育魚の取揚作業中（ガンド）



photo 14 取揚した飼育魚（ガンド）



photo 15 生簀内におけるフクラギの遊泳状態



photo 16 生簀内におけるフクラギの遊泳状態

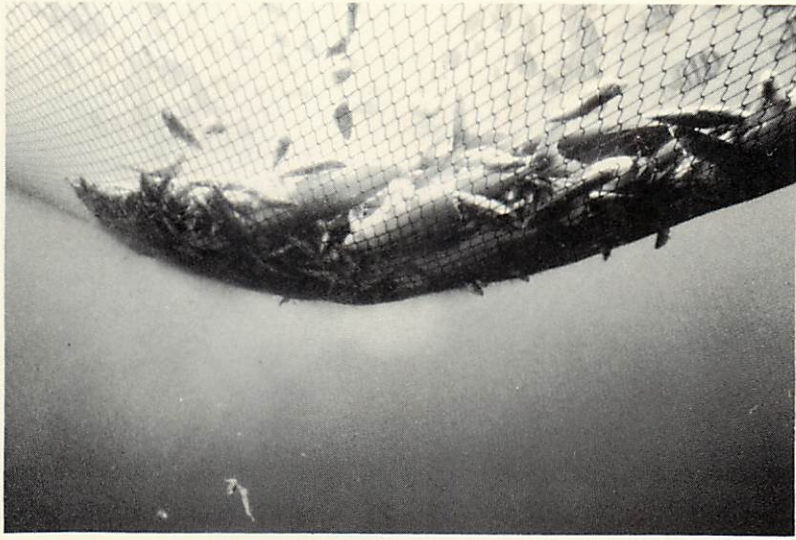


photo 17 斃死魚（フクラギ）と残餌の状態

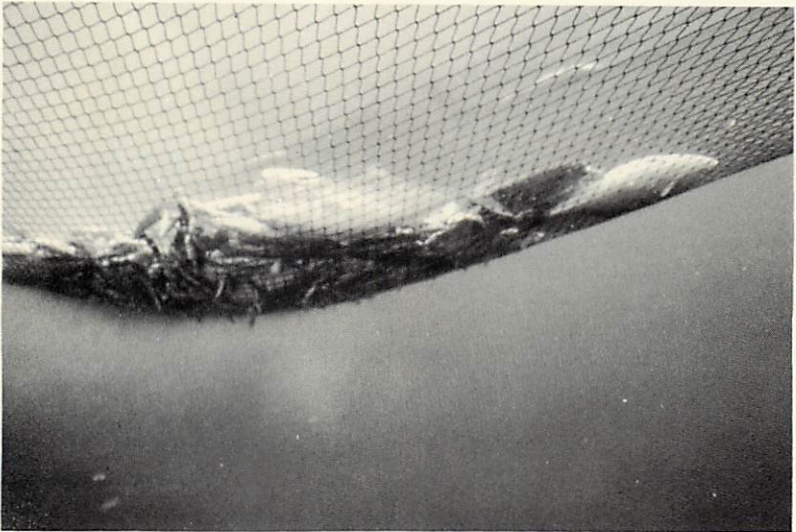


photo 18 斃死魚（フクラギ）と残餌の状態

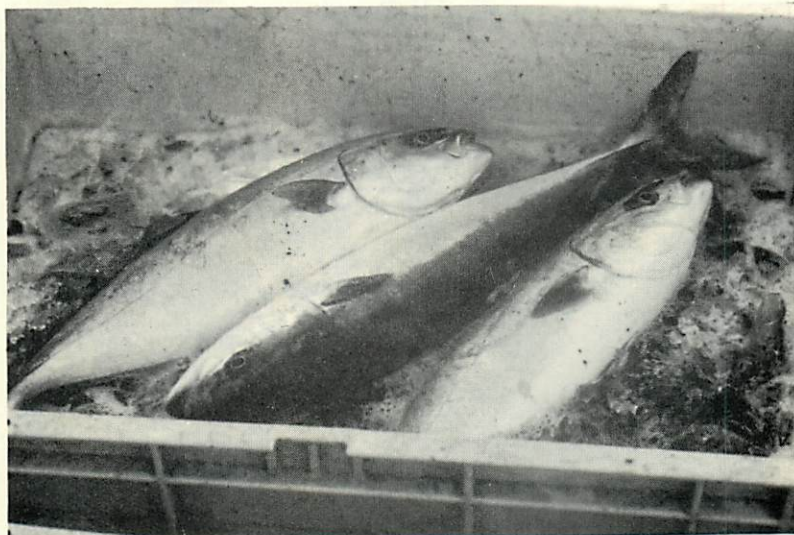


photo 19 取揚した飼育魚（ガンド）



photo 20 取揚した飼育魚（イシダイ）



photo 21 飼育魚の取揚作業（マダイ）



photo 22 取揚作業で集魚されたマダイ

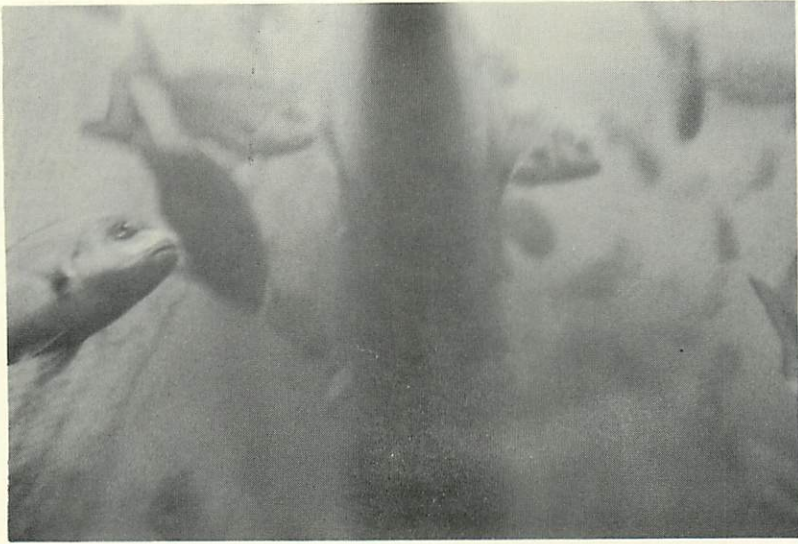


photo 23 生簀内におけるマダイの遊泳状態

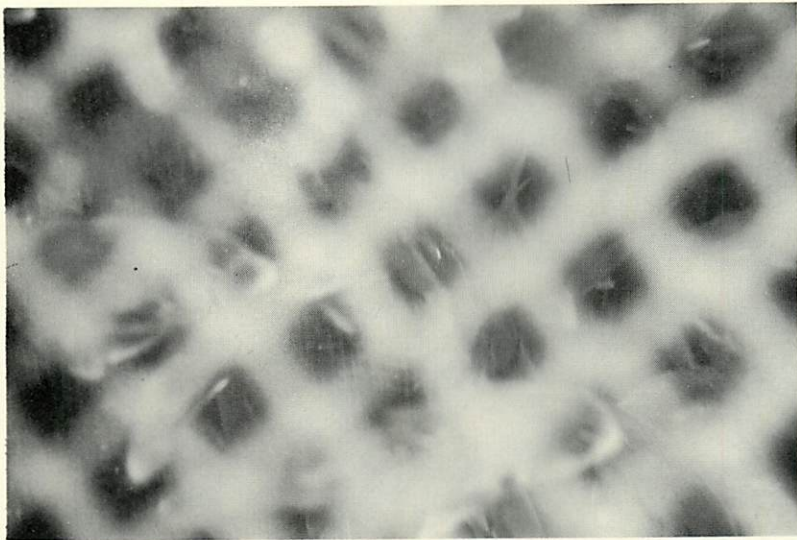


photo 24 生簀内におけるマダイの遊泳状態

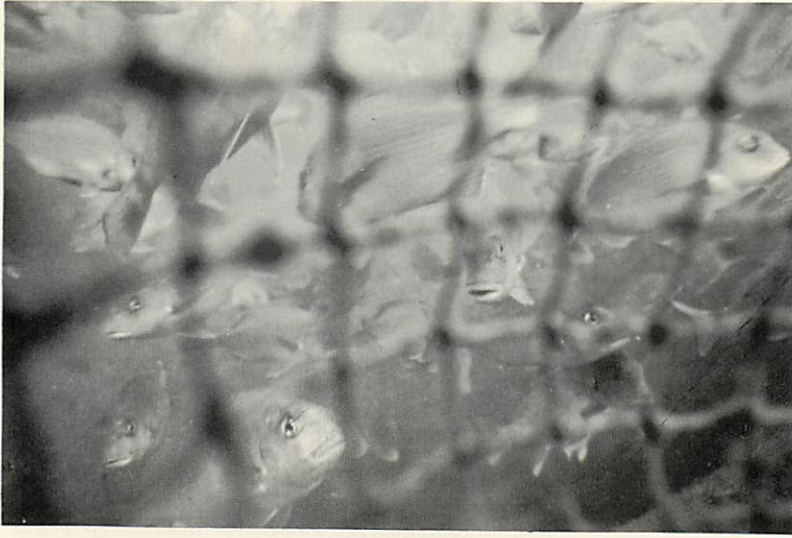


photo 25 生簀内におけるマダイの遊泳状態

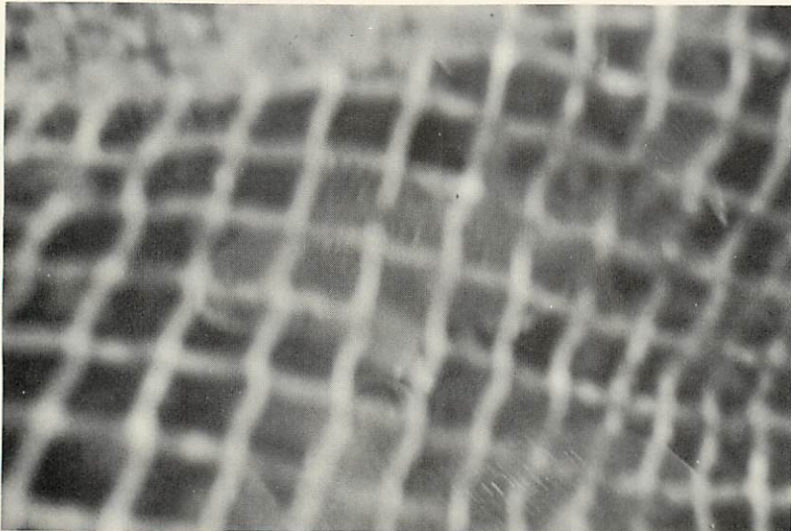


photo 26 生簀内におけるマダイの遊泳状態



photo 27 取揚飼育魚 (マダイ)



photo 28 取揚飼育魚 (マダイ)

第3章 環境調査

I 調査の概要

試験漁場付近海域における環境調査を初年度に設定された定点で継続実施した。

調査海域と定点：試験漁場海域定点 1. 2.

調査期間：昭和54年4月より継続調査中

調査船：禄剛丸（32.25トン・235PS）

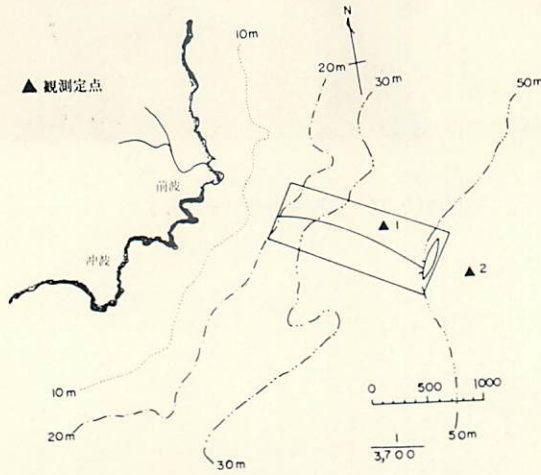


図27 環境調査定点

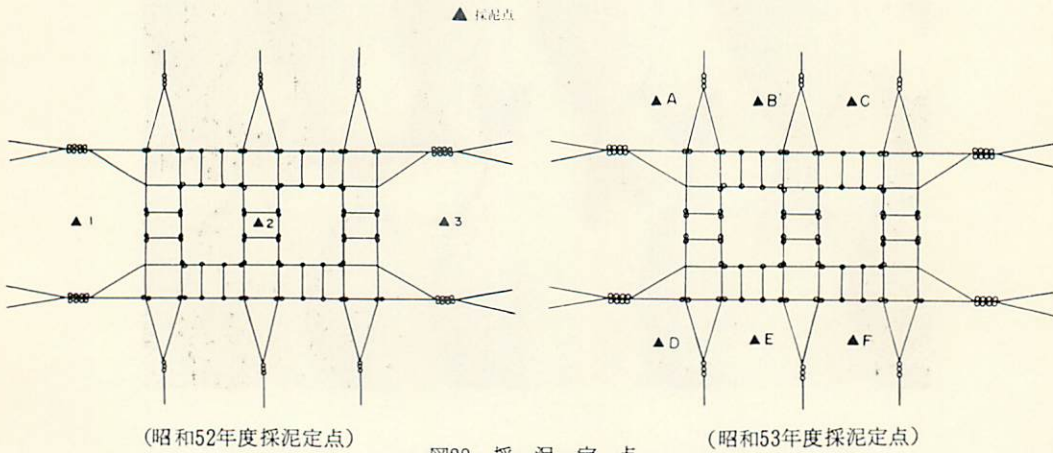


図28 採泥定点

1. 調査項目

(1) 潮流調査

生簀網敷設地点に自記式潮流計（APCM-4）を設置し、10m層における流向流速を54年6月と55年1月の月にそれぞれ1ヶ月の連続調査を実施した。

(2) 水質調査

st 1.2において、8月と11月にそれぞれ1回づつの観測を実施するとともに水質分析も合わせて実施した。

(3) 底質調査

53年8月に図28に示した生簀施設下の採泥を実施し、52年の底質分析値との相違について比較検討を行った。

II 調査結果

1. 潮流

試験漁場にAPCM-4型の潮流計を設置し、6月と1月にそれぞれ1ヶ月の連続観測を行った結果を表12と図29、30、31に示した。

表12 潮流観測結果

月別	方向	項目	流向回数	流向頻度(%)	平均流速(cm/sec)	最高流速(cm/sec)
54年6月	A		3,140	38.0	7.6	32.0
	B		752	9.1	6.14	17.0
	C		2,463	29.8	8.65	29.0
	D		1,901	23.0	5.67	27.0
計			256		7.34	32.0
55年1月	A		1,540	34.5	12.25	29.0
	B		730	16.4	11.25	22.0
	C		1,132	25.4	8.62	22.0
	D		1,060	23.8	8.91	20.0
計			4,462		10.37	29.0

※ A : 0°~60° B:60°~180° C:180°~240° D: 240°~360°

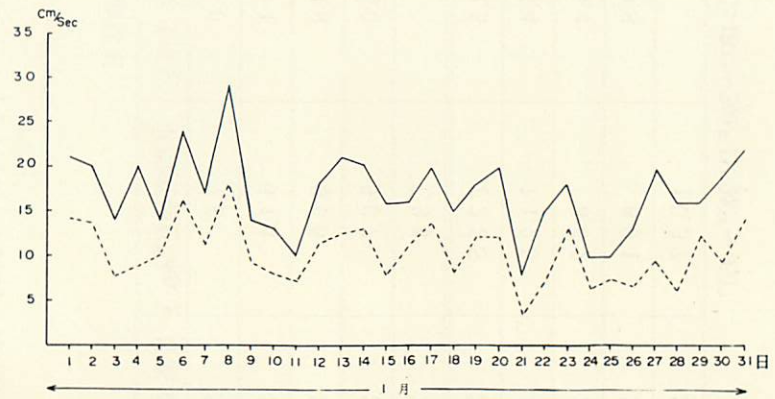
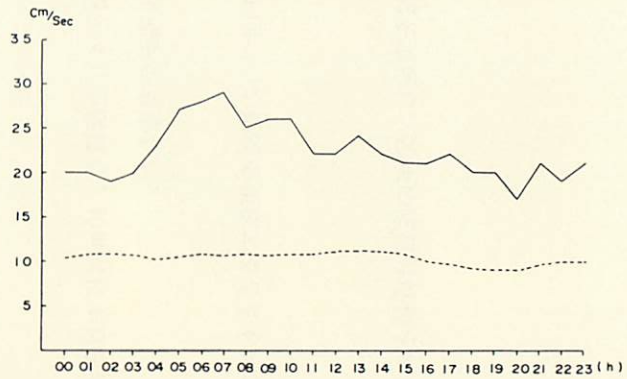
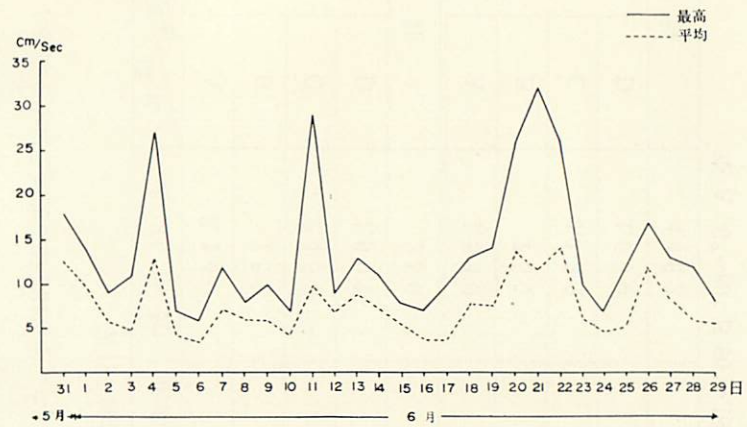
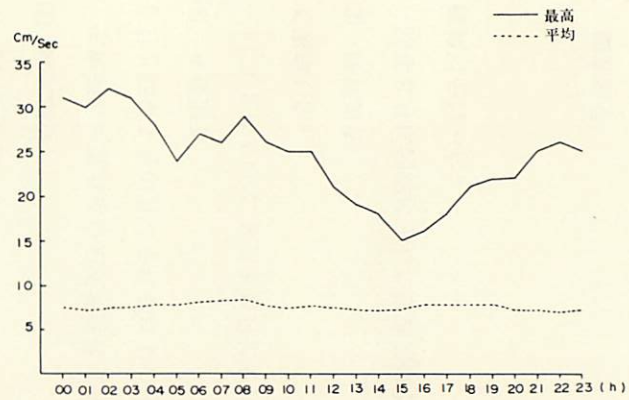


図29 試験魚場における流速の時間別変化と日別変化

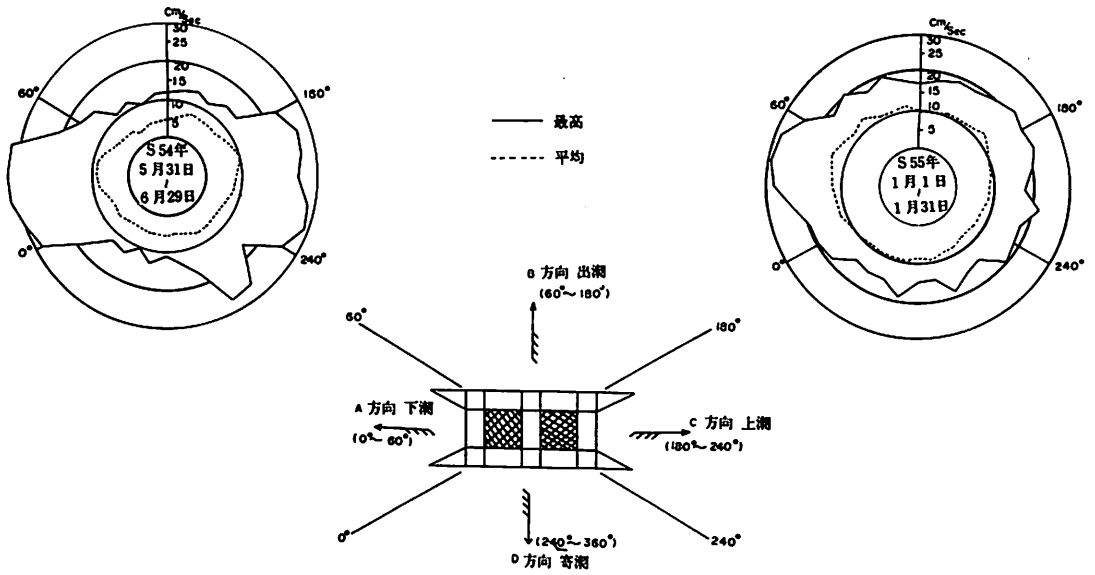


図30 試験漁場における流速

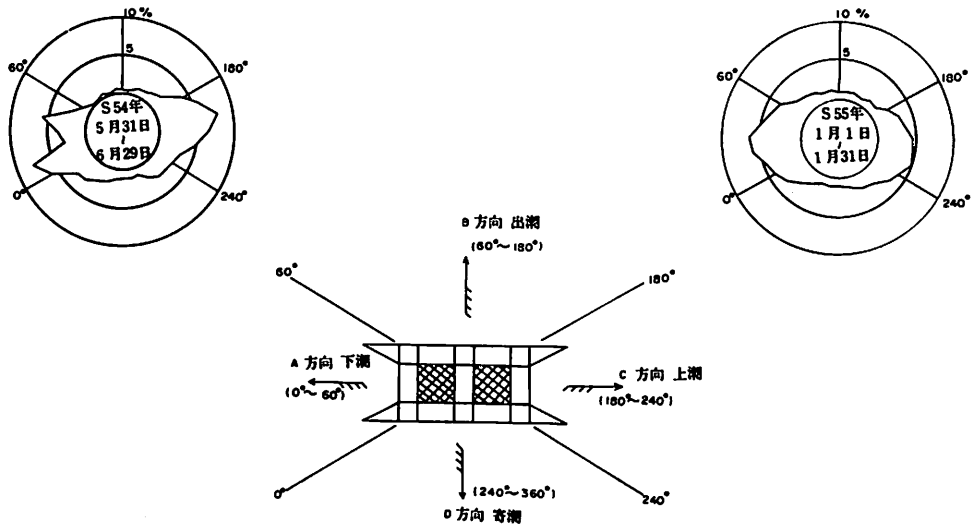


図31 試験漁場における流向

(1) 流 向

6月における全体の流向頻度はA方向が38%、C方向が29.8%、D方向が23.0%、B方向が9.1%の順になっておりA方向流が卓越しB方向流が最小となっている。

1月のそれはA方向が34.5%、C方向が25.4%、D方向が23.8%、B方向が16.4%で6月の状況の類似した傾向を示している。

(2) 流 速

春季(6月)、冬季(1月)における、平均流速は6月が7.34 cm/secで1月のそれは、10.37 cm/secで、冬季間の平均流速が少々速くなっている。

方向別平均流速は6月では、C方向が8.65 cm/secで以下、A方向7.60 cm/sec、B方向6.14 cm/sec、D方向5.67 cm/secの順であり、1月には、A方向流が最大で12.25 cm/sec、B方向11.25 cm/sec、D方向8.91 cm/secでC方向が8.62 cm/secの最小値となっており、春季にはC方向流が最大であったが冬季にはA方向が最大になっている。

方向別最高流速の出現を見ると、6月には、A方向の32 cm/secが最大でC方向29 cm/sec、D方向27 cm/secとつづきB方向が17 cm/secの最小値となる。

1月では、A方向の29 cm/secが最大でBC方向がともに22 cm/secでD方向が20 cm/secで最小となっている。

平均流速では、冬季の方が速くなっているが最大流速では逆に6月にその出現が見られる。

2. 水質調査

52年度よりの継続調査であり54年8月と11月に試験漁場で定められた定点より採水を行い、水質分析を実施した。その結果は表13のとおりである。

表13 水質分析値

(昭和54年8月3日採水)

定点	水深 (m)	水 温 (°C)	P H	塩 分 (%)	D O (ppm)	NH ₄ -N (μg-at/l)	PO ₄ -P (μg-at/l)
1	0	25.03	8.3	33.92	6.7	1.66	0.15
	10	24.61	8.3	33.97	6.9	0.56	0.06
	20	23.86	8.3	34.05	6.8	0.12	0.08
	30	23.48	8.2	34.10	6.9	2.42	0.23
	34	23.30	8.2	34.02	6.7	0.78	0.08
2	0	25.69	8.3	33.93	6.6	0.78	0.10
	10	25.02	8.3	33.88	6.8	0.34	0.20
	20	23.79	8.3	34.08	6.8	0.56	0.06
	30	23.26	8.3	34.17	6.9	n. d	0.12
	50	22.10	8.3	34.32	6.7	n. d	0.12

(昭和54年11月21日採水)

定点	水深 (m)	水温 (°C)	PH	塩分 (%)	DO (ppm)	NH ₄ -N ($\mu\text{g-at}/\ell$)	PO ₄ -P ($\mu\text{g-at}/\ell$)
1	0	17.62	8.3	33.83	7.6	<i>n. d</i>	0.51
	10	18.66	8.4	33.76	7.6	<i>n. d</i>	0.47
	20	18.57	8.4	33.83	7.6	<i>n. d</i>	0.47
	30	18.30	8.4	33.73	7.6	<i>n. d</i>	0.62
	34	18.58	8.4	33.77	7.2	0.56	0.55
2	0	18.73	8.3	33.71	7.3	<i>n. d</i>	0.34
	10	18.68	8.3	33.74	7.4	0.23	0.47
	20	18.62	8.3	33.83	7.5	<i>n. d</i>	0.12
	30	18.57	8.3	33.86	7.4	0.78	0.59
	50	18.38	8.3	33.78	7.5	0.45	0.55

水質調査は8月3日、11月21日の2回行った。

(1) 水温

8月は昨年と比較して、表面で若干低い値を示している。夏季のため表面水温の変動が激しいためと考えられる。10m以深は昨年とそれほど変化はない。

(2) PH

8.2~8.4の間で問題はない。

(3) 塩分

今までの観測から、塩分は夏季に低く、31.7~34.3%秋季は少し高くなって、34%前後であるが今年の状態は例年と比べ、夏季は少し高目、秋季は少し低目であった。

(4) DO

例年どおり夏季から秋季の低い値を示し、普通の状態であった。

(5) NH₄-N

秋季(11月)に*n. d*が表面近くに多く、底層で比較的検出されたが原因は、はっきりしない。全体にNH₄-Nは多くなく、貧栄養の日本海型の水質である。

(6) PO₄-P

NH₄-Nとは逆によく検出されたが、数値的にはそれほど多くない、一般に夏季より秋季に多い傾向があった。

3. 底質調査

生簀網設置下の採泥を実施し、初年度(52)生簀網設置前の値と53年11月に採泥分析した結果との相違について検討を加えた、53年11月における分析結果を表14に示す

表14 底質分析値

(昭和53年11月21日採泥)

項目 採泥点	含水率 (%)	強熱減量 (%)	T-S (mg/g乾泥)	粒度組成 (%)						備考
				~283 μ m	~100 μ m	~0.50 μ m	~0.21 μ m	~0.053 μ m	~0.053 μ m	
A	38.5	35.0	0.004	1.3	30.2*	17.8*	22.2	27.2	0.8	* 貝殻が多い
B	44.9	16.5	0.005	—	2.0	3.6	18.8	70.0	5.7	
C	38.6	30.6	0.005	0.3	2.3	10.6	39.6	46.5	1.1	
D	54.1	13.6	0.023	0.5	2.3	5.9	17.7	70.0	3.5	
E	44.4	12.5	0.008	0.9	1.5	4.3	23.1	67.0	3.1	
F	49.2	12.6	0.024	0.7	1.6	3.7	20.5	70.8	2.7	

(1) 粒度組成

粒度組成は採泥点Aにおいて283~100 μ mの粗砂分に30.2%と大きな比率を占めているが、これは、貝殻がほとんどで実際の粒度組成は他の部分の比率がもう少し高くなると考えられる。これを考慮して、粒度組成を見ると、0.21~0.053 μ mの細砂~泥の部分の占める比率が高い。これは昭和52年度に生簀網付近の底土の粒度組成特徴とよく一致している。

(2) 強熱減量

強熱減量は貝殻の多いAにおいて、大きな値を示しているが貝殻の少ない他の定点では、12~17%で内浦沿岸海域の値を示している。

(3) T-S

T-Sについても昭和52年度に採泥した底質値と同程度の値を示し、底質の汚染は見られない。

(4) 考察

総体的に内浦沿岸海域のバックグラウンド的な値を示し、T-Sによる汚染は見られなかった。沖側(A, B, C)に貝殻分が多く岸側(D, E, F)には少なかった。粒度組成は0.21~0.053 μ mの細砂(~泥)が全体の7割近くを占めこの海域の特性と考えられる。

参考文献

1. 高 知 水 試 ; 沖合漁場利用養殖技術開発企業
化試験 — 暖流系魚類 —
昭和51年度研究成果報告書
(昭和52年 3 月)
昭和52年度研究成果報告書
(昭和53年 3 月)
昭和53年度研究成果報告書
(昭和54年 3 月)
2. 石 川 県 ; 昭和48年度能登地域漁業開発調
査報告書 (昭和49年 3 月)
3. 日本水産資源保護協会 ; 水産施設の設計、横山幸満
(水産増養殖叢書16)
4. 石 川 県
石川県定置網組合 ; 定置網漁業講習会テキスト
(昭和50年 7 月)
5. 北海水産新聞社 ; 水産資材便覧 (漁業資材編)
6. 東京大学出版会 ; 海洋学講座9 (海洋生態学
山本護太郎編)
7. 緑 書 房 ; 養魚講座4 (はまち、かんぱち編)