

## 小田原蓄養水面における活魚移送

Transportation method of live fish in Odawara shipping adjustment water area

山本貴一

Takakazu YAMAMOTO\*

### はしがき

本県西湘地区では定置網漁業が盛んに行われており、その年間水揚量は平成14年では3,096トンに達している<sup>1)</sup>。定置網漁業は日により好漁、不漁の差が激しく、一つの漁場で数十トン水揚される日もあれば数十キロ程度しか水揚されない日もあり、少ない大漁日に多くの水揚が集中している。また、大漁日は単価が下落し、水揚量の割には水揚金額が増加しないことも多い。例えば、西湘地区において水揚量、水揚金額ともに上位を占めるマアジの場合、1998年～2000年においては1日あたり5トン以上水揚される日は水揚日数の9.2%であるが、水揚量は全体の70.5%を占めている。また、単価については5トン以上水揚された日の81.7%は500円/kg以下に、1～5トン水揚された日の71.8%は500～1000円/kgに、1トン未満水揚された日の76%は1000円/kg以上となっている<sup>2)</sup>。これらの問題を解決するために、現在小田原漁港において蓄養水面の建設が進められている。この蓄養水面は近隣定置網漁場で漁獲される鮮魚の蓄養が目的の一つとなっており、魚価向上と水産物供給の安定に貢献するものと期待されている。

蓄養水面で蓄養を行うには漁獲物を蓄養水面まで活魚移送することが不可欠であり、移送の方法としては活魚船や曳航式生簀網等がある。本報では小田原の定置網漁業における活魚移送について、まず、全国の活魚移送先進事例に関するアンケート調査を整理した。続いて、短距離、大量移送を必要とする本地域の定置網漁業に適した移送方法の一つと考えられる曳航式生簀網について、収容可能量等を明らかにするために模型網を用いた回流水槽実験を行ったので、ここに報告する。

### 方 法

#### 活魚移送に関する全国アンケート調査

平成14年度に、全国沿岸都道府県の水産試験場に対し

て活魚移送に関するアンケート調査を実施した。アンケート調査の項目としては、①蓄養を行っている地区②漁業種類③主な対象魚種④移送方法⑤実施主体⑥移送設備等の略図とした。また、⑥については、漁獲物の収容量も併せて記入を依頼し、移送時の収容密度(kg/m<sup>3</sup>)を算出した。

#### 曳航式生簀網回流水槽実験

小田原漁港の蓄養水面の設計水深は8mで計画されており、港の内外を移動する曳航式生簀網は海底とのスレを防がなくてはならないため、蓄養水面の深さの制限を受けることとなる。生簀網の敷網中央部の最深部の深さ(実際の深さ)は、おおよそ図1に示した式で近似できる。(漁具メーカー私信)生簀網の実際の深さを7.5mとし、蓄養水面への出入りを考慮して、生簀網のサイズを表1に示す大、中、小の3種類とした。小型は6m×6m×6m、中型は8m×8m×5.5m、大型は10m×10m×5mである。これらの形状で目合は11節(30.3mm目)、網素材をポリエステル鉛混撚糸(比重1.70)とした曳航式生簀網の模型網を製作し、網内容積を測定することにより漁獲物の収容可能量を算出した。

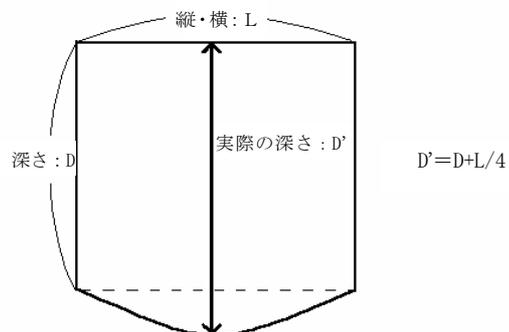


図1 生簀網の大きさと実際の深さの関係

表 1 実験対象とした各曳航式生簀網の形状

	小型	中型	大型
L:縦・横(m)	6	8	10
D:深さ(m)	6	5.5	5
D':実際の深さ(m)	7.5	7.5	7.5

①回流水槽

神奈川県水産総合研究所相模湾試験場に設置されている、株式会社西日本流体技研製の2インペラ垂直循環型回流水槽<sup>3) 4)</sup>を使用した。

②模型網

力学的相似律は田内の漁具実験比較則を用い、以下の結果の数値は全て実物換算値である。各形状における縮尺比、網目比、流速比、浮力沈降力の比を表2に、また、模型網の設計図を図2に示す。

③実験内容

それぞれの模型網の深さと同じ長さの棒（以下、F型吹かれ止め棒という）、及びその半分の長さの吹かれ止め棒（以下、H型吹かれ止め棒という）の2種類を用意し、これらを流れに対して模型網の前面に立てるように設置することで吹かれを防止し、0から2.5ノットまで0.5ノット刻みの流速で網内容積を測定した。網内容積の測定にはHe-Neレーザー光線を用い、曳航式生簀網の断面積を一定間隔で測定し、シンプソン第一法則により網内容積を算出した<sup>5) 6)</sup>。実験の概要を図3に示す。

表 2 各形状の曳航式生簀網の縮尺比、網目比、流速比、浮力沈降力の比

	小型	中型	大型
縮尺比	0.167	0.125	0.100
網目比	0.257	0.257	0.257
流速比	0.411	0.411	0.411
浮力沈降力の比	0.00455	0.00256	0.00164

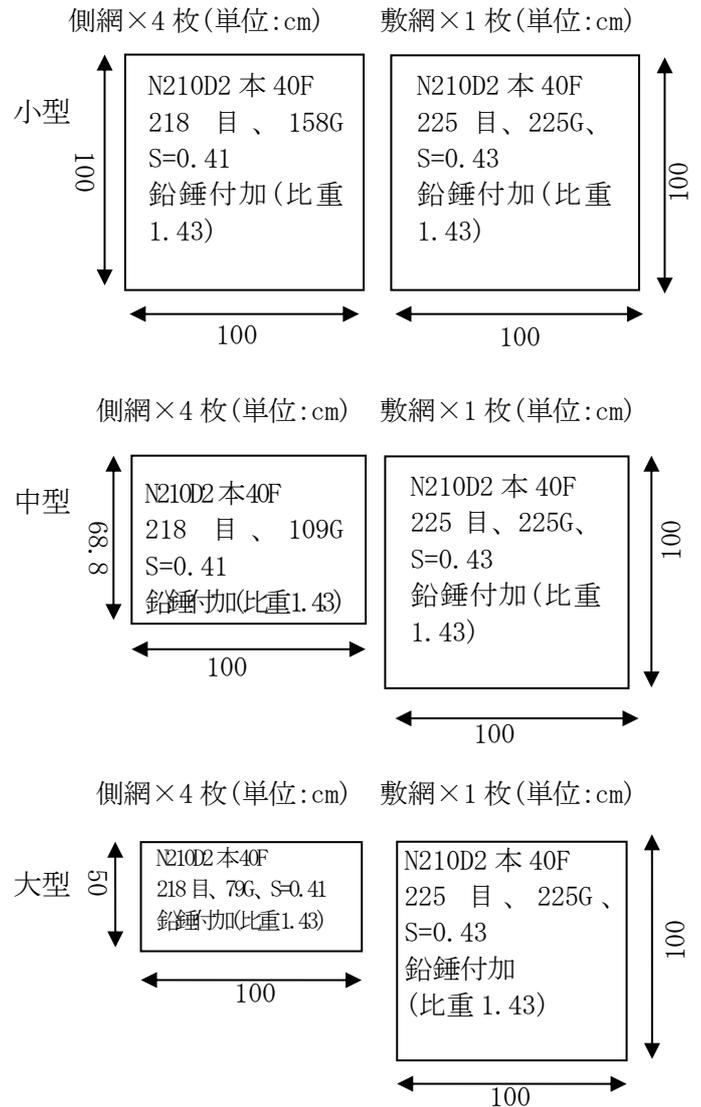


図 2 模型網設計図

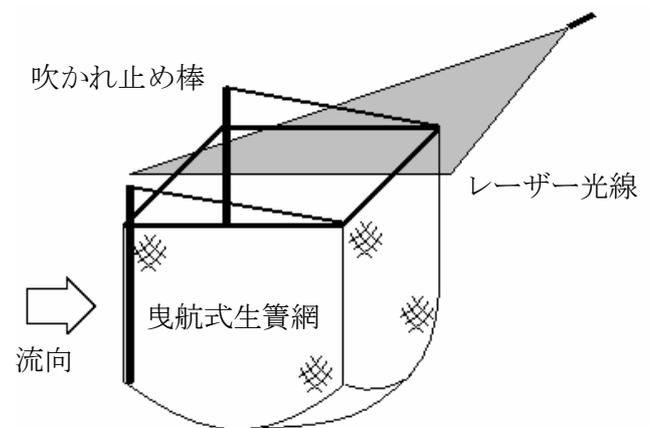


図 3 実験の概要

表3 蓄養魚移送全国実態アンケート結果

都道府県	水試名(問合せ先)	地区	漁業種類	主な対象魚	方法	収容密度	備考
岩手県	岩手県水産技術センター	釜石	定置網	カクチイワシ	曳航式生簀網		土俵による吹かれ止め八角形
新潟県	新潟県水産海洋研究所佐渡水産技術センター	水津	定置網	イナダ・マアジ・イシダイ	曳航式生簀網	14~18kg/m <sup>3</sup>	鍾による吹かれ止め
			定置網	イナダ・マアジ・イシダイ	プラスチックコンテナを曳航	107kg/m <sup>3</sup>	
茨城県	茨城県水産試験場	大洗	小あぐり	カクチイワシ・マイワシ	曳航式生簀網	4.7~11.8kg/m <sup>3</sup>	棒による吹かれ止め八角形
千葉県	千葉県水産研究センター	館山	まき網	カクチイワシ・マイワシ	曳航式生簀網		棒による吹かれ止め八角形
静岡県	静岡県水産試験場伊豆分場	網代	定置網	マアジ・マダイ・ブリ	曳航式生簀網	7kg/m <sup>3</sup>	
石川県	石川県水産総合センター	富来	まき網	ブリ・サバ・マアジ	詳細不明		
富山県	富山県水産試験場	富山県	定置網	ワカン	300tクラス活魚船		金庫網で蓄養し、種苗として出荷
京都府	京都府立海洋センター	舞鶴市	定置網	ブリ・メジナ	魚船による移送	16.3~106kg/m <sup>3</sup>	大漁時に出荷調整で行う
		宮津市	定置網	イシダイ・マダイ・ウスバノギ	活魚タンク(500L)		
		網野町	定置網	ヒラマサ	魚船による移送		
		久美浜町	定置網	ワカン・イナダ	魚船による移送	100kg/m <sup>3</sup>	
兵庫県	兵庫県農林水産技術総合センター水産技術センター	瀬戸内海地区	ほぼ全て	高級魚	魚船による移送		
大阪府	大阪府立水産試験場	多奈川	定置網	ワカン・カンパチ・マダイ	魚船による移送		
三重県	三重県科学技術振興センター水産研究部		定置網	カクチイワシ・マイワシ	曳航式生簀網		棒による吹かれ止め四角形と六角形
和歌山県	和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場	熊野灘	定置網	ブリ・イシダイ・マダイ	魚船による移送	41.8kg/m <sup>3</sup>	
高知県	高知県水産試験場	佐賀町		カクチイワシ・マイワシ	300tクラス活魚船		カツオ一本釣り用の生餌を購入し、輸送
佐賀県	佐賀県玄海水産振興センター	玄海中	まき網	マアジ・サバ	曳航式生簀網	4kg/m <sup>3</sup>	砂袋による吹かれ止め
長崎県	長崎県総合水産試験場			マアジ	魚船による移送		
大分県	大分県海洋水産研究センター	臼杵・津久見	まき網	マアジ・サバ	吹流し状の網で移送		15弱~20弱m <sup>3</sup> 程度
		鶴見	まき網	マアジ・サバ	無動力曳航活魚船		180m <sup>3</sup>

## 結 果

### 活魚移送に関する全国アンケート調査

アンケート結果を表3に示す。蓄養魚の移送は岩手県から大分県までの全国各地で行われていた。漁業種類では定置網が最も多く、他にまき網等でも行われていた。対象魚種としては、かつお一本釣りの生き餌用のいわし類、ぶり類、マアジ、イシダイ等が多かった。移送方法としては、曳航式生簀網、漁船の魚船、大型活漁船仕様の無動力曳航船によるもの等があった。

### 曳航式生簀網回流水槽実験

各条件下における網内容積の算出結果を表4に示す。小型の場合、静止状態の網内容積は241m<sup>3</sup>であった。F型吹かれ止め棒を使用した場合、0.5ノットの流速で201m<sup>3</sup>（容積保持率〔静止状態の網内容積に対しての比率〕は83.3%）に減少し、流速増に伴い網内容積は漸減し、2.5ノットでは167m<sup>3</sup>（同69.3%）まで減少した。H型吹かれ止め棒を使用した場合には、F型に比べて減少は著し

く、0.5ノットの流速で同容積は173m<sup>3</sup>（同71.6%）に減少した。増流速に伴い網内容積は漸減し、2.5ノットでは146m<sup>3</sup>（同60.7%）であった。中型の場合、静止状態の網内容積は428m<sup>3</sup>であり、小型網の1.8倍であった。F型吹かれ止め棒を使用した場合、0.5ノットの流速で355m<sup>3</sup>（同82.9%）に減少し、さらに2.5ノットでは340m<sup>3</sup>（同79.4%）に減少した。H型吹かれ止め棒使用時は、0.5ノットの流速で275m<sup>3</sup>（同64.2%）に減少した。大型の場合、静止状態の網内容積は662m<sup>3</sup>であり、小型網の2.7倍、中型網の1.5倍であった。F型吹かれ止め棒を使用した場合、0.5ノットの流速で514m<sup>3</sup>（同77.7%）に減少し、2.5ノットでは440m<sup>3</sup>（同66.4%）となった。H型吹かれ止め棒使用時には、0.5ノットの流速で397m<sup>3</sup>（同60.0%）に減少した。さらに、2.5ノットでは281m<sup>3</sup>（同42.4%）に減少した。容積保持率では、F型の場合1.5ノットまでは小型が最大であり、2.0ノット以上では中型が最大となった。同様に、H型では全流速において小型が最も大きかった。

表4 各曳航式生簀網における網内容積

生簀網の種類	小型(6m-6m-6m)				中型(8m-8m-5.5m)				大型(10m-10m-5m)			
静止状態の網内容積(m <sup>3</sup> )	241				428				662			
吹かれ止め棒の種類	F型		H型		F型		H型		F型		H型	
曳航速度	網内容積(m <sup>3</sup> )	容積保持率(%)										
0.5ノット	201	83.3	173	71.6	355	82.9	275	64.2	514	77.7	397	60.0
1.0ノット	199	82.6	160	66.3	338	78.9	233	54.4	484	73.1	318	48.0
1.5ノット	195	81.0	153	63.7	337	78.7	212	49.4	461	69.6	281	42.5
2.0ノット	181	75.1	149	61.9	332	77.5	209	48.9	453	68.4	282	42.6
2.5ノット	167	69.3	146	60.7	340	79.4	207	48.4	440	66.4	281	42.4

※容積保持率とは、静止状態の網内容積に対しての比率(%)

## 考 察

### 活魚移送に関する全国アンケート調査

アンケート結果から得られた移送方法の分類を表5に示す。主な移送方法としては、船舶で移送する方法と網で移送する方法に大別された。

船舶で移送する方法とは、船内の魚艙を用いて移送する方法である。この方法では移送速度が漁船の通常の航行速度であるため、後述する他の方法と比べて移送速度が速い。移送時の魚の収容密度は50~100kg/m<sup>3</sup>と高いが、船舶の規模により差が見られるものの、一般に沿岸で用いられる小型船では魚艙の容積が大きいと、移送量は数百キロ程度までであった。一方、大型の魚艙(180m<sup>3</sup>)を備えた無動力曳航船では移送量は9t程度、移送速度は3ノットであり、大量の漁獲物を低速で運搬していた。網で移送する方法では大半が生簀網を用いていた。生簀網の形状は四角形、六角形、八角形が使用されていた。特にいわし類移送では、生簀網内の巡回遊泳を促進するため、多角形を用いる傾向が見られた。それぞれ形

状を保持するために、水面付近に枠(鉄製、木製)を取り付けていた。また、生簀網の曳航方向前方に吹かれ止め棒を直立させて設置するか、土俵や錘などを垂下させることにより生簀網の吹かれを防止し、網内容積を確保していた。曳航速度は1ノット程度と遅く、長距離の移送には時間がかかる方法であった。魚のスレを防ぐために移送時の密度は4~18kg/m<sup>3</sup>と小さいが、容積を大きくすることが可能なため、移送量は数百kg~20t程度と大量に移送することが可能であった。

小田原における蓄養魚移送は対象が近隣の定置網漁場であるため、移送は近距離(2~3海里)である。また、前述したとおり少ない大漁日に多くの漁獲物が集中的に水揚げされるという特徴がある。つまり、近距離ではあるが大量の漁獲物を移送する必要があり、これらの条件を満たす移送方法としては無動力曳航船か曳航式生簀網が適当であると考えられる。無動力曳航船を用いて実際に移送を行っている漁業種類はまき網であるが、定置網漁業においても魚捕り部への接近や漁獲物の取り込みについては問題がないため、導入は可能である。

表5 移送方法の分類

分類	漁業種類	対象魚種	移送量	移送密度(kg/m <sup>3</sup> )	移送速度	備考
船舶で移送	魚船の魚艙	マアジ、ブリ、イシダイ、マダイ、ヒラマサ	数百kg未満	50~100	通常の航行と同じ	高級魚中心
	無動力曳航船	まき網	9t程度	50	3ノット	容積180m <sup>3</sup>
網で移送	曳航式生簀網	マアジ、ブリ、サバ、カタクチイワシ、マイワシ	数百kg~20t	4~18	1ノット	前面に吹かれ止めの棒や錘がある
	ちょうちん(吹流し型生簀網)	まき網	少量	-	-	吹流し型の網に魚を入れ、曳航
その他	プラスチックコンテナ	マアジ、ブリ、イシダイ	ごく少量	14~18	-	プラスチックコンテナに魚を入れ、曳航

**曳航式生簀網回流水槽実験**

活魚移送に関する全国アンケート調査の結果、曳航式生簀網を用いた漁獲物の収容密度は4~18kg/m<sup>3</sup>（中間値11kg/m<sup>3</sup>）であったことから、各条件下における網内容積の算出結果に中間値である11kg/m<sup>3</sup>を用いて求めた収容可能量を表6に示す。

曳航式生簀網の一般的な曳航速度である1ノットにおける各形状の曳航式生簀網の収容可能量は、小型の場合、F型吹かれ止め棒を使用した場合は2.19トン、H型吹かれ止め棒を使用した場合は1.76トンであった。同様に中型では、F型吹かれ止め棒を使用した場合は3.72トン、H型吹かれ止め棒を使用した場合は2.56トンであった。大型では、F型吹かれ止め棒を使用した場合は5.33トン、H型吹かれ止め棒を使用した場合は3.50トンであった。曳航式生簀網が大型になるほど多くの漁獲物を移送することが可能となった。

表7に、1ノットにおける吹かれ止め棒の型と網内容積の変化の関係を示す。小型の場合、網内容積はH型吹かれ止め棒を使用した場合は、F型吹かれ止め棒を使用した場合の80.4%に減少していた。同様に、中型では68.9%に減少していた。大型でも65.7%に減少していた。曳航式生簀網が大型化するほど減少率が増加する傾向がみられるため、大きな曳航式生簀網を使用する場合、F型吹かれ止め棒を使用することが網内容積確保の面では望ましいことが分かった。また、静止状態及びF型吹かれ止め棒使用時で1ノット曳航時における、各形状の曳航式生簀網が占める海面1m<sup>2</sup>あたりの収容可能量を表8に示す。この値の算出方法を例示すると、静止状態で小型の場合、収容可能量2.65トンを海面に占める面積36m<sup>2</sup>で除したということであり、値は73.6kg/m<sup>2</sup>であった。同様に、中型では73.6kg/m<sup>2</sup>、大型では72.9 kg/m<sup>2</sup>であり、ほぼ同じ値であった。つまり、それぞれの形状の曳航式生簀網を蓄養水面での蓄養生簀として使用しても、曳航式生簀網が占める海面の1 m<sup>2</sup>あたりの収容可能量は変わらないということである。面積に限られる蓄養水面を有効に利用するという点からは、各形状差がないことが分かった。同様に、F型吹かれ止め棒使用時で1ノット曳航時においては、小型の場合は60.8kg/m<sup>2</sup>、中型では58.1kg/m<sup>2</sup>、大型では53.3kg/m<sup>2</sup>であった。このことから、定置網漁場から蓄養水面に曳航してきた漁獲物を他の生簀網に移し替えずにそのまま蓄養する場合、小型が最も蓄養水面を有効に利用することが分かった。

生簀網のコストは使用する網地の素材や仕立てなどにより大きく変わるが、同じ仕様で作成した場合は網地の使用量にほぼ比例する。表6に示した曳航式生簀網における漁獲物収容可能量について、生簀網の網地の使用量で除した結果を網地使用量あたりの漁獲物収容可能量とし、表9に示す。小型より中型、中型より大型が単位網地使用量あたりでより多くの漁獲物を収容することが可

能であった。このことから、網地にかかるコストは網型が大型になるほど低減することが分かった。

今回の実験により、より多くの漁獲物を移送することの出来る網型は大型であることが分かった。小田原の定置網漁業においては大量の漁獲物を移送することが最も重要な課題であるため、適した網型と考えられる。しかし、大型は縦、横が10mの大きな網型であるため、定置網への接近、離脱時や蓄養水面内での移動に際しては、より小型の曳航式生簀網に比べて操作性が劣ると考えられる。また、蓄養水面内では曳航式生簀網を移動させるための通路となるスペースを確保する必要があるが、大型の生簀網を用いた場合はこの面積が大きくなるため、小さい生簀網を用いた場合に比べて効率が悪くなる。今後このような課題を明らかにし、小田原蓄養水面に最も適した曳航式生簀網を検討する必要がある。

**表6 各曳航式生簀網における漁獲物収容可能量**

生簀網の種類	収容可能量(t)					
	小型(6m・6m・6m)		中型(8m・8m・5.5m)		大型(10m・10m・5m)	
静止状態の収容可能量(t)	2.65		4.71		7.29	
吹かれ止め棒の種類	F型	H型	F型	H型	F型	H型
0.5ノット	2.21	1.90	3.90	3.03	5.66	4.37
1.0ノット	2.19	1.76	3.72	2.56	5.33	3.50
1.5ノット	2.15	1.69	3.71	2.33	5.07	3.09
2.0ノット	1.99	1.64	3.65	2.30	4.99	3.10
2.5ノット	1.84	1.61	3.74	2.28	4.83	3.09

**表7 各曳航式生簀網における吹かれ止め棒の型による容積の変化**

生簀網の種類	小型 (6m・6m・6m)	中型 (8m・8m・5.5m)	大型 (10m・10m・5m)
F型吹かれ止め棒使用時の網内容積(m <sup>3</sup> )…(1)	199	338	484
H型吹かれ止め棒使用時の網内容積(m <sup>3</sup> )…(2)	160	233	318
容積の変化(%) (2)÷(1)×100	80.4	68.9	65.7

※曳航速度1ノットの条件で比較

**表8 各曳航式生簀網の海面1m<sup>2</sup>あたりの収容可能量**

生簀網の種類	小型 (6m・6m・6m)		中型 (8m・8m・5.5m)		大型 (10m・10m・5m)	
海面に占める面積(m <sup>2</sup> )	36		64		100	
生簀網の状態	静止状態	1ノット曳航時	静止状態	1ノット曳航時	静止状態	1ノット曳航時
収容可能量(t)	2.65	2.19	4.71	3.72	7.29	5.33
海面1m <sup>2</sup> あたりの収容可能量(kg)	73.6	60.8	73.6	58.1	72.9	53.3

表9 各曳航式生簀網における網地使用量あたりの漁獲物収容可能量

生簀網の種類	網地使用量あたりの漁獲物収容可能量(kg/m <sup>2</sup> )					
	小型(6m・6m・6m)		中型(8m・8m・5.5m)		大型(10m・10m・5m)	
網地使用量(m <sup>2</sup> )	180		240		300	
静止状態	14.7		19.6		24.3	
吹かれ止め棒の種類	F型	H型	F型	H型	F型	H型
0.5ノット	12.3	10.6	16.3	12.6	18.9	14.6
1.0ノット	12.2	9.8	15.5	10.7	17.8	11.7
1.5ノット	11.9	9.4	15.4	9.7	16.9	10.3
2.0ノット	11.1	9.1	15.2	9.6	16.6	10.3
2.5ノット	10.2	8.9	15.6	9.5	16.1	10.3

### 謝 辞

本研究を進めるにあたってご指導を賜った相模湾試験場石戸谷専門研究員、ならびに同石黒主任研究員に厚く御礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) 神奈川県水産総合研究所相模湾試験場・神奈川県定置漁業研究会(2003)：平成14年神奈川県定置網漁海況調査表、39pp
- 2) 加藤健太・山本貴一(2002)：小田原と三崎における市場特性によるマアジの価格について、神奈川県水産総合研究所研究報告第7号、63-67
- 3) 石戸谷博範(1994)：神奈川県水産総合研究所相模湾試験場の水産工学用実験回流水槽の基本設計と機能、神奈川県水産試験場研究報告第15号、41-53
- 4) 石戸谷博範(1996)：神奈川県水産総合研究所相模湾試験場の水産工学用実験回流水槽の基本性能、神奈川県水産総合研究所研究報告第1号、47-54
- 5) 大沢要一・田原陽三他(1985)：養殖生簀網の研究Ⅱ、水産工学研究所報告第6号、297-320
- 6) 西川広(1964)：初等船舶算法、海文堂、33-65