

# 実証試験報告書

## I 課題名

宮城県牡鹿郡江島漁場の定置網操業における作業船の漁具・魚群監視システム導入による省エネルギー化実証試験

## II 実施主体名

(有)泉澤水産

## III 実証試験の内容

### 1 目的

本実証試験の対象漁場である宮城県牡鹿郡江島は離島のため周りに障害物がないことから、360° あらゆる方向から潮流を受けている。漁場が漁港から離れていることで出漁前に漁場の潮流を推測することや魚群の入網状況を把握できず、出漁しても潮流が速く網起しが出来ない操業不能や低漁獲による不採算操業は年間操業回数の20%程度（2008年データ）になっている。その為、遠隔操作が可能なP P Iソナーを、定置網の箱網部に設置し、潮流の影響による漁具形状と魚群入網状況など、定置網操業に対して有益な画像データを陸上でリアルタイムに把握し、状況に応じた適切な出漁判断を行い、操業不能や不採算操業につながる出漁を回避する。また、出漁前にソナー画像から魚群の入網状況の把握により入網量を推測できることから、大量時の氷不足や低漁獲・操業不能による氷余りなどにも対処する。

本技術導入により操業不能・不採算操業の回避による省エネルギー効果を実証すると共に、普及に向けた技術導入のあり方を検討する。

### 2 導入技術の概要

#### (1) 導入技術

日東製網株式会社・マリンレーダーサービスが開発したN T T通信回線を利用して、定置網の箱網内に設置するソナーを陸上で制御し、ソナー画像を陸上で表示・記録が可能なシステム（リモートソナー）を新たに導入した。

## 【仕様】

ソナーブイシステム仕様 (実験最終仕様)

### 1-1 ブイ式観測センサー

ソナー部 古野電気(株)製 CH-250 改造品

表示範囲	10m～600m
最大探知距離	600m
俯角動作範囲	+5度～90度 ステップ1度
送信出力	0.8Kw～1.2Kw (出力低減機能あり)
送信パルス幅	0.2～20.0msec レンジ連動
表示色	16または8色 下地色3色(選択可能)
表示モード	水平 断面 漁探

### 1-2 スキャンコンバーター(ブイ内臓)

入力信号	アナログ RGB(D-sub15pin)
出力信号	NTSC 1CH Sビデオ 1CH

2-1 画像伝送装置	AirMedia Encoder 画像伝送方式
無線周波数帯域	2Ghz Docomo Foma
画像圧縮方式	MPEG-4 準拠
画像入力	NTSC 方式
画像出力	NTSC 方式
映像転送サイズ	CIF-7fps / CIF-30fps/QCIF-30fps
遅延	約100msec(ネットワーク遅延除く)
CPU	AMD Geode TM LX800
OS	Windows XP
ブート	CFカード

2-2 機器制御方式	NTT Docomo 移動通信網利用
通信端末	NTT Docomo 専用
データ転送方式	USB バルク転送(USB1.1 準拠) Foma 64K データ通信モード
映像インターフェース	VGA ～NTSC のダンウコンバーター方式

## 電源回路

各機器駆動用安定化電源 12V /5V/ 3.3V/ 3.7V

## 2-3 ブイ構造

塩化ビニール製 /FRP  
耐水構造 10m 30分  
ブイ直径 約 200 高さ 1200 (浮力体含まず)  
アンテナマスト 約 2M  
重量約 35Kg (振動子含む)  
防水構造 水深 10M 30分相当のエアータンク試験  
塗装 水中部 船底塗料 赤  
水上部 ウレタン塗料 黄色

## 3 海上設置用電源装置 (ブイ式電源装置)

### 3-1 バッテリーによる電源供給方式

バッテリーケース SS 防錆塗装仕上げ  
内臓バッテリー 12V 75Ah 4個  
給電用ケーブル 60M(標準)  
重量 約 150Kg  
横 460 幅 400 高さ 600  
充電時の交換用 同上 1個付属

## 4 陸上観測装置

4-1 映像表示機器 NTSC 受像機 コンピューター表示部  
映像受信装置 Air Media Decoder  
映像符号化 MPEG-4 準拠  
映像出力 NTSC  
電源 AC100V  
4-2 画像記録装置 DVD 記録装置

## (2) 技術導入の方法（手法）

### ア 実証船

江島漁場で使用されている定置船は操業船の第52清水丸と台船の第37清水丸である。この2隻を本試験の実証船とする。その主要目ならびに主機関の仕様を下記に示す。なお、両船において主要目が異なるにも関わらず同トン数となっているのは、ブリッジの大きさや測量法の改定に伴う計算手法の相違が影響している。

第52清水丸 19t 長さ22m 幅5.3m 深さ1.8m 喫水1.2m 速力11ノット

主機関型式コマツ 6M170AP-2 馬力735kw(1000ps)/2000rpm 排気量23.15ℓ

第37清水丸 19t 長さ19m 幅4.5m 深さ1.5m 喫水1.0m 速力11ノット

主機関型式コマツ 6M170AP-2 馬力735kw(1000ps)/2000rpm 排気量23.15ℓ



写真1 第52清水丸.



写真2 第37清水丸.

### イ 江島漁場の操業実績

当漁場における操業状況を把握するために、過去2年間の操業実績を分析した。その詳細を表1および表2に示す。

表1 導入前の宮城県江島の定置網における操業状況（平成19年、20年実績）

	平成19年	平成20年	2年平均	出漁日数比
出漁回数	257	281	269	100%
汐早による操業不能回数	25	33	29	10.8%
10万円以下の水揚げ回数	12	41	26.5	9.9%
不採算操業回数	37	74	55.5	20.6%

表2 燃油消費量の概要（平成19年、20年実績）

	平成19年	平成20年	2年平均	出漁1回当たり
年間燃料費（円）	12,542,362	18,728,240	15,645,301	58,124
年間燃料費（操業のみ）	8,779,653	13,109,768	10,944,711	40,687
年間燃油消費量（2隻）L	219,491	187,282	203,387	756
年間船舶稼動時間（2隻分概算）h	3,658	3,121	3,390	13

ウ 第一回投入（平成21年10月22日）

設置の容易さを考慮し、アンテナ通信部の繫留枠上にソケットを設け、ソナー部、電源部を海上に設置後にソケットを介してケーブル接続が出来るモデルとした。

設置後翌朝までの早潮により、漁具が想定外の沈下をしたため、アンテナ通信部が水没したと思われる、ソケット内に浸水しケーブルを通じてアンテナ通信部とソナー部に海水が浸水し機器が使用不能となった。



写真3 ケーブル接続ターミナ

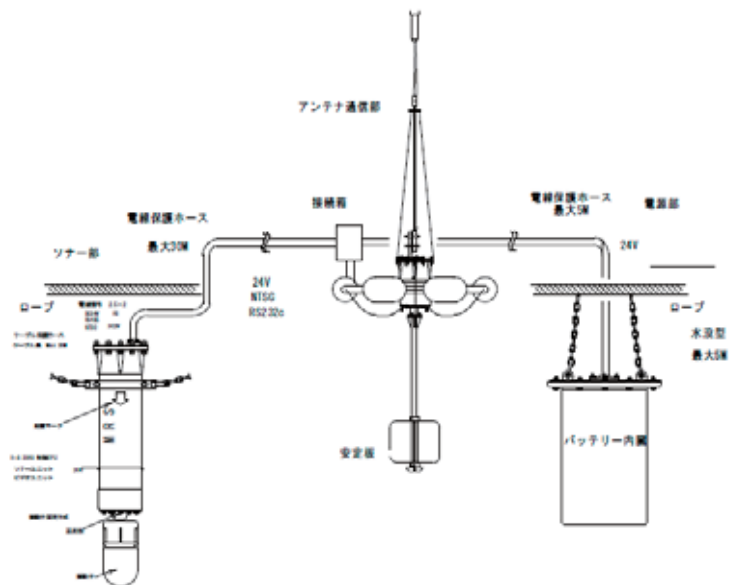


図1 ソナーブイ概要.

エ 第二回投入（平成 21 年 11 月 10 日）

第一回投入により浸水したケーブル接続部を廃止、直接接続のモデルとした。

大時化によりアンテナ通信部が 6 メートル引き込まれアンテナ通信部のアンテナが破損（内部回路は異常なし）、またソナー部のケーブル接続部の根元からケーブルが切断し、ソナー内部に浸水しソナー基盤が破壊された。また、引き込まれに対応するためアンテナ通信部の設置用の枠の浮力を大幅に向上させた。



写真 4 アンテナ通信部.

オ 第 3 回投入（平成 21 年 12 月 9 日）

本漁場の定置網は側に浮力を持たせず、網に付けたフロートで浮力を保つ仕組みであることから、側に比べ網の沈み込みがすくない。そのためアンテナ部設置場所を箱網の内部とした。設置場所変更に伴い、網との接触による破網を防止するためアンテナ通信部下部の安定板を取り外し、代わりに同重量の円形の鉄板に変更した。さらに、アンテナのステイを金属からフロロカーボンへ変更した。ソナー部はケーブル接続部上部にフランジを取付け、ケーブル接続部がロープとの接触に耐えられる形とした。また、ソナー部が潮流や波により側ロープに巻き付きケーブルが断線する事故を避けるためにソナー部の取り付け方法を側ロープへ懸垂する形から、側ロープに直接取り付ける方式とした。これによりソナーの揺れも無くなりソナー画像の海底画面が常に安定した状態となった。



写真5 アンテナ通信部.



写真6 ソナー部.

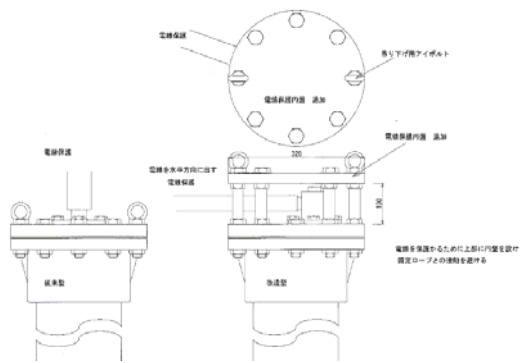


図2 ソナー部概要.



写真7 ソナー部.



写真8 アンテナ通信部 (海上設置状況).



写真9 アンテナ通信部.

### 3 実証試験の方法

箱網内にソナー部を設置しその画像により箱網の形状変化や魚群の入網状態を陸上のモニターで把握し記録する。

箱網の形状変化により潮流の方向と強さを把握することで、揚網の可否を判断する。また、魚群の入網状況を把握し漁獲量、魚種などを推定し操業の採算性を見極め、出漁の意思決定を行う。



写真 10 陸上設置機器.

#### (1) 江島漁場の海水流動特性

江島漁場における海水流動特性を把握するために、2009年10月22日～2009年12月25日まで潮流観測を実施した。観測場所は図10に示した定置網の台磯側(海底水深75m)であり、電磁流速計の設置水深は海面下15mと30mである。観測にはJFEアレック株式会社製小型メモリー流速計(COMPACT-EM)を使用した。流速計の設置方法概要を図11示した。流速計は波浪や風などによる外力を出来る限り受けないようにするために海底より立ち上げ、昼夜の連続観測を実施した。流向と流速の測定は10分間隔で0.5秒ごとの30データを記録し、データ整理時に30ケのデータを平均し10分間隔の1データとした。得られたデータより流速ベクトルの頻度分布を作成し、流向と流速の関係を調べた。なお、流向の出現頻度については敷設されている定置網の台の方位(125°)を基準として45°区画の8方位で検討した。また、データを一定角度(3度)ごとに区分けし、それぞれの流速の和の割合を求めた。この流速の和の割合は調査期間内に流れた水の量とその方向の割合と考えることができる。そこで、本報告書ではこの流速の和を流量と定義する。

当漁場の潮流は図10より、あらゆる方向に流れており流向は一定方向に定まっていなかった。これは当漁場が江島、足島、平島および牡鹿半島に囲まれた海域であると同時に



に、海底地形が複雑になっていることに起因していると考えられる。一般的な定置漁場の潮流傾向は最寄りの海岸線と平行な流軸を持つ。これらのことからみると、当漁場は他の定置漁場に比べ海水流動特性の厳しい環境下にあることが示唆される。観測期間中、出現頻度が高い流向は水深 15m 層では  $125^{\circ} \leq \theta < 170^{\circ}$ （南東～南南東：全体の 23%）であり、30m 層では  $350^{\circ} \leq \theta < 35^{\circ}$ （北～北北東：全体の 21%）であり、2 つの層での卓越流向は一致していなかった。なお、観測期間における最大流速は 15m 層では 10 月 31 日に観測された流向  $238.3^{\circ}$  の  $41.1\text{cm/s}$ （0.8 ノット）、30m 層では 10 月 22 日に観測された流向  $228.0^{\circ}$  の  $39.6\text{cm/s}$ （0.8 ノット）であった。流量については 15m 層、30m 層ともに南西から西南西を中心とした方向に卓越していた。流量が出現頻度と一致していない原因は南西から西南西に流れる潮流の流速が速かったことに起因する。

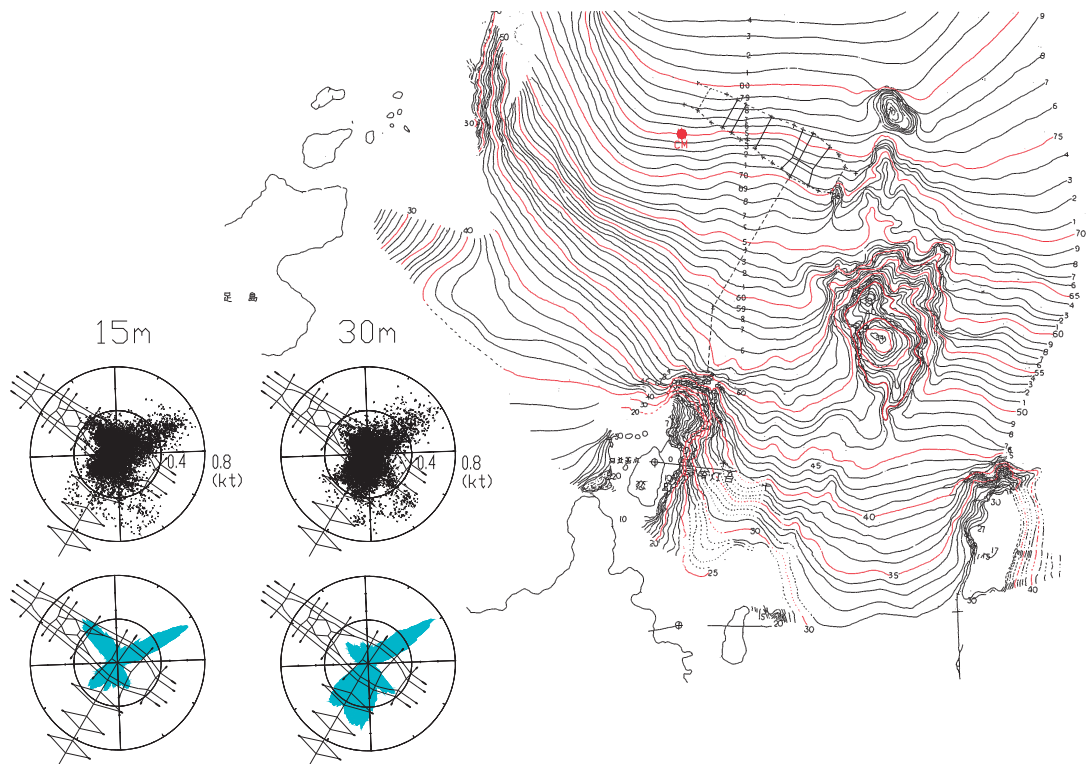


図 10 江島漁場の海底地形と潮流の関係。

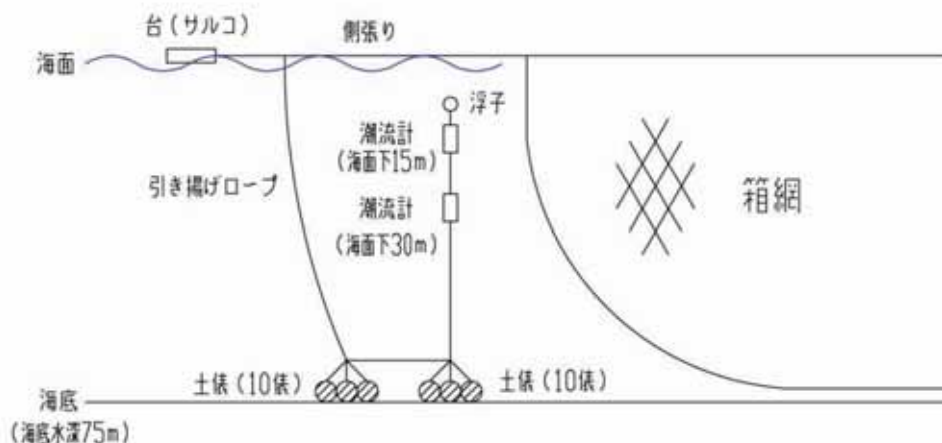


図 11 潮流計の設置方法概要.

## (2) 揚網限界流速

潮流と操業の可否との関係を明らかにするために、操業直前の潮流データと操業の可否を参照した。潮流と操業の可否との関係を図 12 に示した。分析に用いたデータはのべ 52 出漁であり、そのうちの 39 出漁 (75%) で操業可能、13 出漁 (25%) で操業不可能であった。この操業不可能率は過去 2 年間の平均値である 10.8% よりも高い値を示した。水深 15m 層の潮流で操業の可否をみると北東と南西の四半円内の流向では約 0.2 ノット以上の流速で操業できない傾向にあった。通常一般的に言われている定置網の操業可能な最大流速は操業方法にもよるが 0.4 ノットとされている。しかし、前述の潮流はその値を大幅に下回っていた。この原因は流向が定置網の台矢引き方向に対し直角に当たる横潮であったため、網の変形が大きかったことが推察される。そのため、流速が 0.4 ノット未満であっても操業が行えなかったものと考えられる。一方、水深 30m 層の潮流では操業の可否の傾向は複雑化し、南東の四半円の流向に対しても操業できない場合が確認された。したがって、ここでは水深 15m 層の潮流を指標として操業可否判断をまとめ、その結果を下記に示す。

- ・ 操業不可能

- 北東流で 0.2 ノット以上のとき

- 南西流で 0.3 ノット以上のとき

- ・ 南西流で 0.2 ノット以上なら操業の可否は各 50%

- ・ その他の流向については限界流速の詳細は不明

- 南東流は 0.37 ノットの流速でも操業可能であった。南東流は定置網敷設方位に一致

しているため、他の流向より揚網限界流速は大きくなることが推測される。北西流は0.22ノットまで観測されたが、いずれの場合も操業可能であった。それ以上の流速については不明である。ただし、北西流は揚網方向と逆潮になるため、揚網限界流速は南東流より小さくなるものと推察される。

以上のことから、前述した傾向は出漁判断基準の1つになるものとする。そこで、ソナー画像による箱網形状からその時の流速が推定されれば、これらの資料を照らし合わせることで、より精度の高い出漁判断ができるものとする。

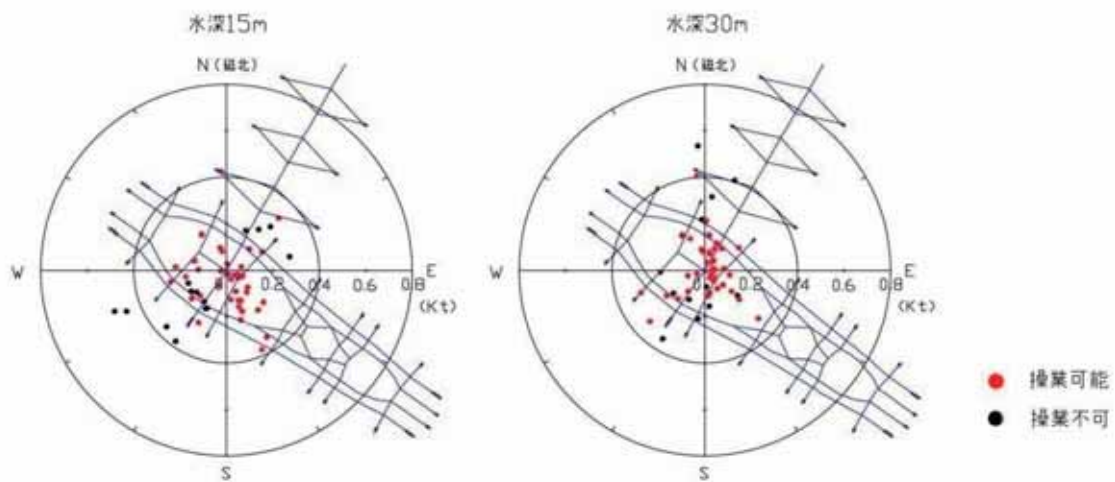


図 12 潮流と操業の可否.

### (3) ソナー画像と潮流との関係

急潮流による操業不可をソナー画像より事前察知することができれば、不採算操業を回避することが可能となる。現在のところ、当漁場では揚網開始前に漏斗先の箱網水深を魚群探知機により確認し、15m以浅であれば操業不可能と判断している。そこで、ソナーによる箱網断面画像と潮流との関係を分析することにより、操業可否判断の基準作りを試みた。分析には箱網断面画像から読み取った最深点と漏斗先箱網水深の2点を指標とした。読取部位を図13に示した。また、流向については定置網の台の方位(125°)を基準とした45°区画の8方位で検討した。

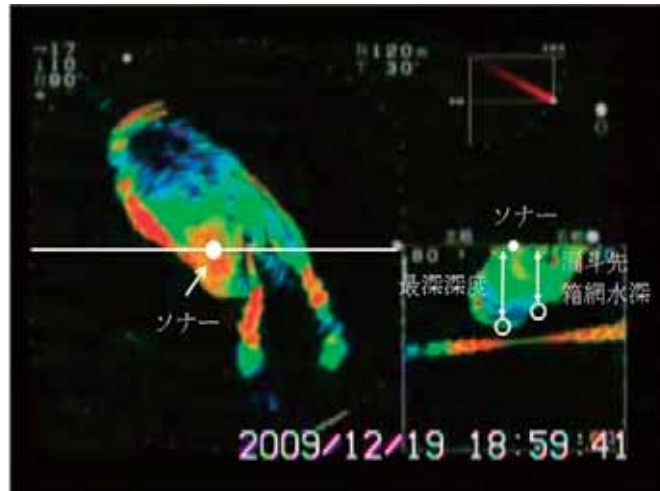


図 13 ソナー画像の読取部位.

#### ア 潮流と漏斗先箱網水深について

2009年12月16日～12月25日のソナー画像157サンプルを用い潮流と漏斗先箱網水深との相関関係を検討した。その結果を図14に示した。水深15m層の潮流で漏斗先の箱網水深をみると、流向が $125^{\circ} \leq \theta < 170^{\circ}$ （南東～南南東）では相関係数が0.2以下であり、潮流と漏斗先箱網水深の間にほとんど相関がみられなかった。また、流向 $80^{\circ} \leq \theta < 125^{\circ}$ （東～東南東）、 $260^{\circ} \leq \theta < 305^{\circ}$ （西～西北西）および $305^{\circ} \leq \theta < 350^{\circ}$ （北西～北北西）については低い負の相関（流速が速くなると漏斗先箱網水深は浅くなる）が認められた。前述した流向以外では負の相関が認められた。同様に水深30m層では、流向が $125^{\circ} \leq \theta < 170^{\circ}$ （南東～南南東）で低い負の相関が認められ、 $260^{\circ} \leq \theta < 305^{\circ}$ （西～西北西）で正の相関が認められた。前述した流向以外では潮流と漏斗先箱網水深の間に負の相関が認められた。

ソナー画像から読み取った水深値と現場での魚群探知機による水深計測の結果は最大12mの誤差があり、ソナーが深い値を示す傾向にあった。この誤差は観測点の違いとソナーの断面モードによる水深計測が画面に表示された網の線の外側で計測したためと考えられる。さらに、ソナーの読取値は1mmが実際の2mに相当するため、読取誤差の影響も大きいものとする。

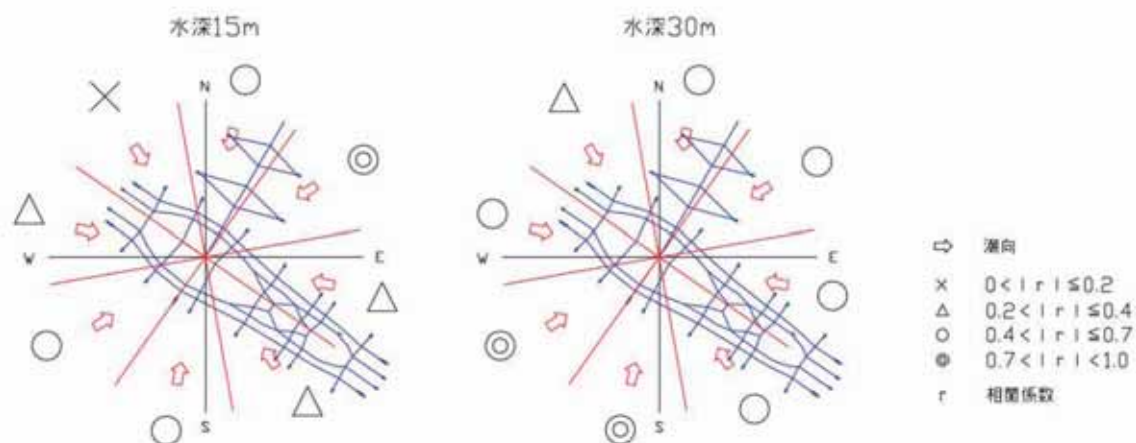


図 14 潮流と漏斗先箱網水深の相関関係.

これらの結果をまとめると、流向  $80^\circ \leq \theta < 125^\circ$  と  $125^\circ \leq \theta < 170^\circ$  は定置網の台方向に位置し、流向  $260^\circ \leq \theta < 305^\circ$  と  $305^\circ \leq \theta < 350^\circ$  は矢引方向に位置する。定置網の台-矢引方向に平行な潮流の場合、箱網の形状変化に昇りや運動場の網が大きく影響したため漏斗先箱網水深は流速に対して一定の傾向を示し難かったものと考えられる。しかし、それ以外の流向に対しては流速と漏斗先箱網水深の間に負の相関があるため、定置網の台-矢引方向に平行な潮流を除いては箱網断面画像の漏斗先箱網水深より、その時点の潮流を推測することが可能であると考え。また、画像からの流向判別は水平モードを利用することで可能となる。例えば、箱網の魚捕部から押しつぶされるような形状の場合は、流向は台から矢引き方向である。また、昇りに対して箱網が左に位置する場合は、流向は沖から磯方向である。その一例を図 15 に示した。

ソナーと実際との水深計測誤差については、ソナー画面を断面モードのみの表示に切り替えることで拡大表示し、読取誤差を最小限に抑えることができる。さらにデータを蓄積することにより実際との誤差を定量的に評価することで対応できるものと考え。

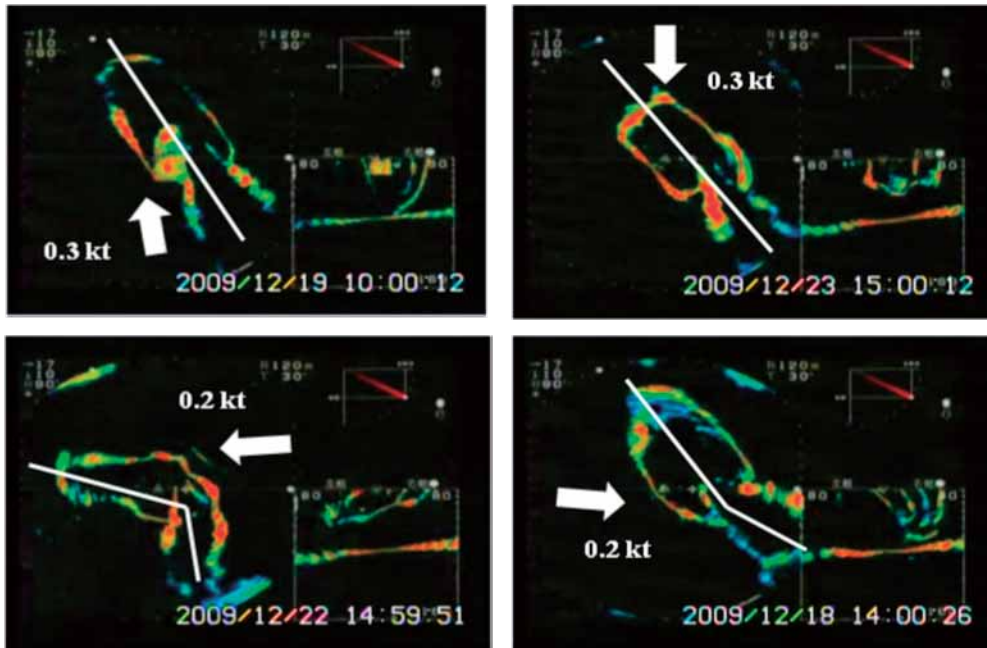


図 15 ソナー画像と流向の関係.

#### イ 潮流と最深点について

2009年12月16日～12月25日のソナー画像178サンプルを用い潮流と最深深度との相関関係を検討した。その結果を図16に示した。水深15m層の潮流で最深点の深度をみると、流向が $125^{\circ} \leq \theta < 170^{\circ}$ （南東～南南東）および $305^{\circ} \leq \theta < 350^{\circ}$ （北西～北北西）においては相関係数が0.2以下であり、潮流と最深深度との間にほとんど相関がみられなかった。また、流向 $260^{\circ} \leq \theta < 305^{\circ}$ （西～西北西）では流速と最深深度の間に正の相関（流速が速くなると最深深度は深くなる）が認められた。前述した流向以外では負の相関が認められた。同様に水深30m層の潮流で最深点の深度をみると、流向が $80^{\circ} \leq \theta < 125^{\circ}$ （東～東南東）で相関係数が0.2以下となり、潮流と最深深度との間にほとんど相関がみられなかった。また、 $260^{\circ} \leq \theta < 305^{\circ}$ （西～西北西）においては低い正の相関が認められた。前述した流向以外では潮流と最深深度との間に負の相関が認められた。

これらの結果をまとめると、定置網の台一矢引方向に平行な潮流（流向 $80^{\circ} \leq \theta < 170^{\circ}$ 、 $260^{\circ} \leq \theta < 350^{\circ}$ ）を除いては潮流と最深深度との間に負の相関がある。そのため、台一矢引方向に平行な潮流を除けば、箱網断面画像の最深深度からも流速を推測することが可能であると考えられる。

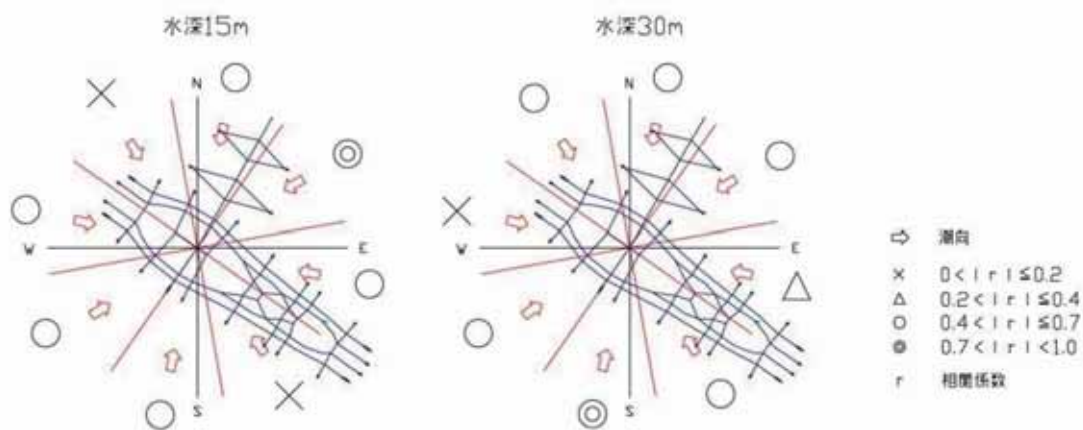


図 16 潮流と箱網最深深度の相関関係.

#### (4) 魚群容積指数と漁獲量の関係

ソナーによる魚群映像より漁獲量が推定可能となれば、不採算操業を回避することが可能となる。そこで、得られた画像データから魚群量を数値化し、実際の漁獲量と比較・検討した。魚群量の数値化にはアドビ・フォトショップの解析ツールを用いた。また、ソナー画像の色調はエコーレベルを 16 分割して表示されており、16 色調帯のうち赤系が 25%、緑・黄色系が 50%、青・水色系が 25%を占めている。したがって、全体を 100 とすれば、それぞれの中央値は赤系が 87.5、緑・黄色系が 50、青・水色系が 12.5 となる。そこで、水平映像での魚群面積と断面映像での魚群面積をそれぞれ色別に求めたのち、赤系には係数 7、緑・黄色系には係数 4、青・水色系には係数 1 を積算した。さらにここで求めた水平魚群面積指数と断面魚群面積指数の積を魚群容積指数とした。なお、水平魚群面積指数もしくは断面魚群面積指数のどちらか一方が 0 の場合は 0 を 1 に置き換え魚群容積指数を求めた。各面積の計測部位を図 17 に示した。分析に用いた供試画像は揚網直前の 5 サンプルである。但しそのうちの 12 月 14 日の 1 サンプルは他の画像とは探索レンジが異なるため、水平画像の中で魚捕り部末端が画像外になっている。しかし、分析できる画像が少ないため、当画像についてはレンジの違いを補正したのち、他の画像と同様に検討資料とした。

揚網直前の魚群容積指数と漁獲量の関係を図 18 に示した。両者の相関関係を検討するにはサンプル数が少ないため、その信頼度は低いだが、ここでは両者の傾向をつかむために参考までに調べた。その結果、魚群容積指数と漁獲量との間には高い正の相関が認められた（相関係数： $r = 0.9611$ ）。したがって、ソナーによる魚群映像から漁獲量を予め推定することが可能になると考える。このことは、不採算操業につながる出漁を回避できるほか、大漁時の氷不足や低漁獲時の氷余りに対して事前に対処可能となる。つ

まりは経済効率の向上につながり漁業経営の安定化を図れるものと考え。今後、データの蓄積により、魚群容積指数と漁獲量との関係をより明確化できるものと考え。

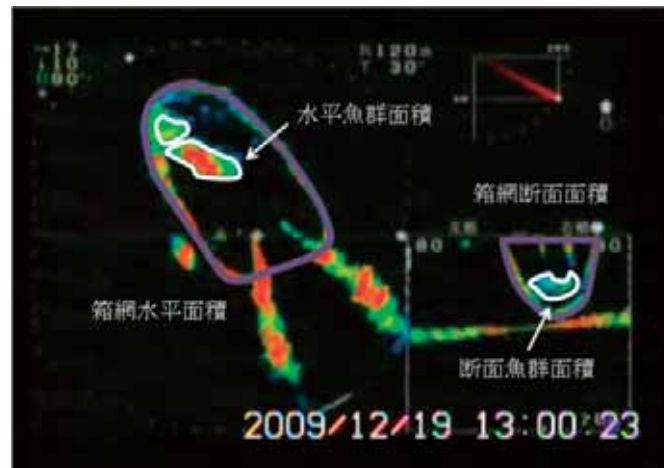


図 17 面積の計測部位.

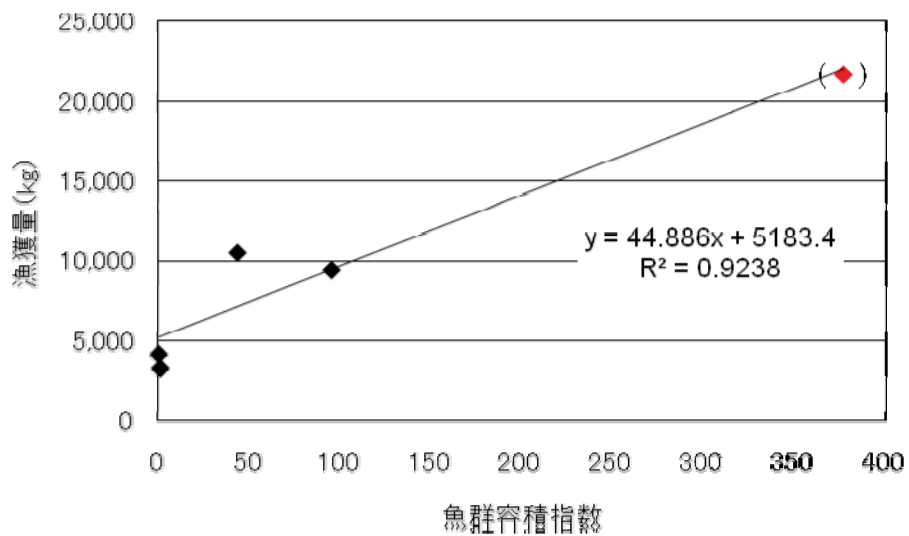


図 18 揚網直前の魚群容積指数と漁獲量の関係.

※ ◆は12月14日の画像サンプルデータ



#### (5) 箱網容積指数と魚群容積指数の関係

固定漁具である定置網での漁獲は漁場環境や魚群の来遊, 遊泳行動に依存するほかに, 漁具形状にも大きく左右される。そこで、ソナー画像より箱網容積と魚群量との関係を調べ、魚群の入網特性を検証した。分析は画像データから魚群容積指数と箱網容積指数を算出した。魚群容積指数の算出方法は前述した通りである。箱網容積指数は水平面積と断面面積の積で表す。なお分析に用いた供試画像は2009年12月14日～12月25日の154サンプルである。

箱網容積指数と魚群容積指数の関係を図19に示した。魚群容積指数が比較的高い時の箱網容積指数は80～160の範囲にある。一方、魚群容積指数が低い時の箱網容積指数は低値もしくは高値となっている。箱網容積指数が小さい場合は潮流が速く網型が変形していることが推察され、魚群の入網が困難であったと考える。また、箱網容積指数が高い場合は、潮が動いてなく魚群が回遊していない可能性が考えられる。したがって、箱網容積指数が小さい時は魚群量も少なく、さらに網型も変形しているため、不採算操作となる可能性が高いことが示唆される。

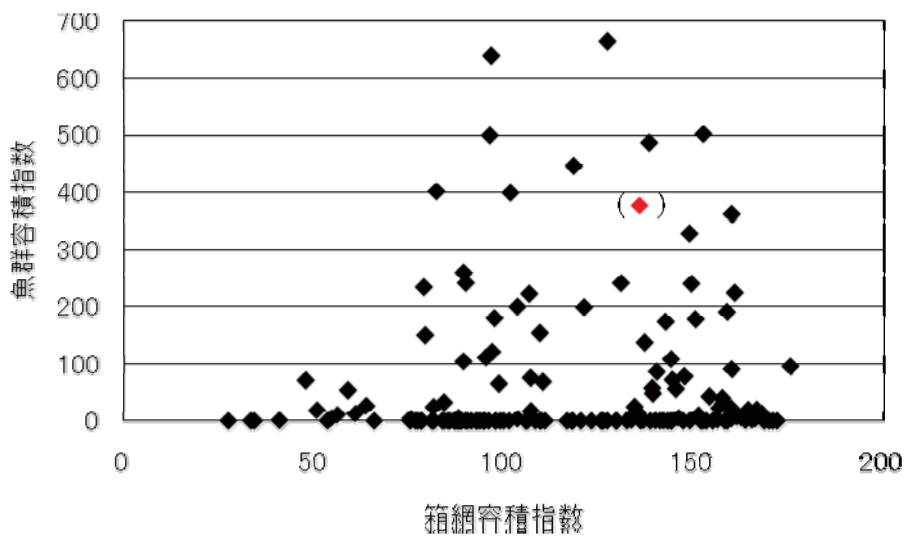
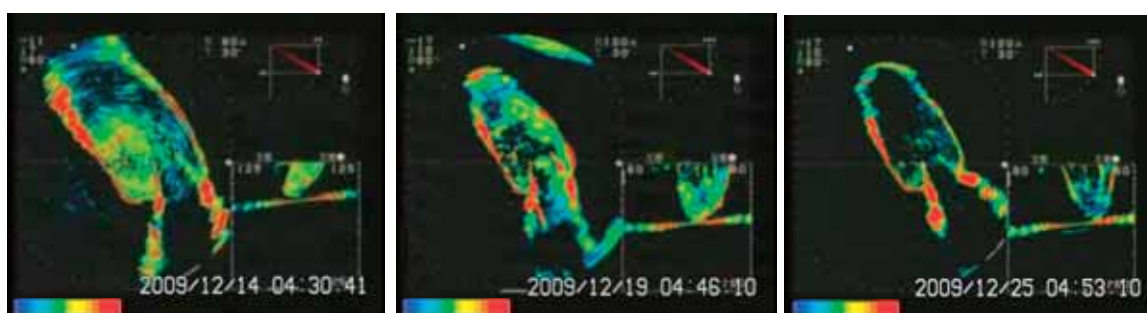


図19 箱網容積指数と魚群容積指数の関係.

※ ◆は12月14日の画像サンプルデータ

(6) ソナー画像による不採算操業の出漁前判断

実証試験期間内に実質的な不採算操業がなかったことからこの点についての実証はできなかった。そこで、漁獲量が多、中、少ときの3例を任意に選び、漁獲量と画像の関係を調べた。漁獲量と画像の関係を図20に示した。箱網内が赤系の色で表示されている場合は実際に漁獲量が多く、一方、青・水色系の色で表示された場合は漁獲量が少ない結果となった。また、魚群容積指数は漁獲量が多いと高く、少ないと低い傾向にあった。一般的に漁獲量が多い時は魚群密度が高くなるため、振動子から発射された超音波の反射波は強くなり、画面上は赤く表示される。そのため、ソナーによる魚群映像から漁獲量の多寡を推定することは可能であると考えられる。



魚群容積指数	376.8	227.6	1.2
漁獲量	21,716.0kgs	9,436.0kgs	3,294.5kgs
水揚金額	¥1,489,850.-	¥552,868.-	¥304,517.-

図20 漁獲量と画像の関係。

※ 水平モードの画像の特徴はビーム幅8、チルト30°（水平方向から下方に22°～30°の範囲をカバー）

#### 4 実証試験結果

##### (1) 技術導入前後の燃油消費量比較

実証試験導入前後の操業状況をそれぞれ表3と表4に示し、ソナー画像による操業判断結果を表5に示した。実証試験導入後は操業不能回数が4回あったが、そのうち、実際にソナー画像により操業不能と判断したものは3回のみであった（操業不能判断適合率75%）。操業不能4回のソナー画像を図21に示した。図21の12月21日（AM4:31）は水平画面において網が吹き寄せられてないため画像から操業可能と判断した。しかし、現場での判断は操業不能であった。この判断相違の原因は水平モードの探索レンジが20

mと狭い範囲であったため箱網全体の変形を捉えきれなかったことと、水平画面のみから判断したことに起因すると考える。12月21日（AM10:04）と16日はソナー部まで網が吹き寄せられていることから操業不能と判断した。現場判断も両日とも操業不能であった。12月22日は断面画像の漏斗先箱網水深が18m（網の線の内側：15m）であったことと、水平画面の箱網が横潮により大きく変形していることから操業不能と判断した。同日は現場判断も操業不能であった。今後、水平モードの探索レンジと俯角を効果的な設定（当漁場ではレンジ：120m、俯角 30°）にすることで、操業不能判断的適合率を向上させることが可能であると考え。なお、操業不能と判断し、操業可能だったという機会損失はなかった。不採算操業については、判断機会がなかった。

表3 実証試験導入前の操業状況（平成21年11月1日～12月8日）

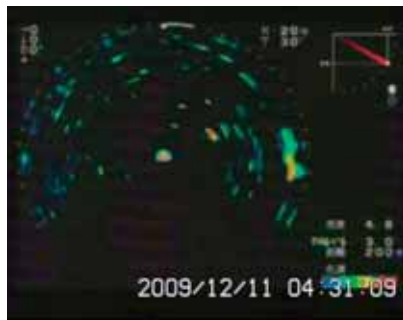
出漁回数	採算操業回数	不採算操業回数	操業不能回数
36	24	3	9
100%	67%	8%	25%

表4 実証試験導入後の操業状況（平成21年12月9日～25日）

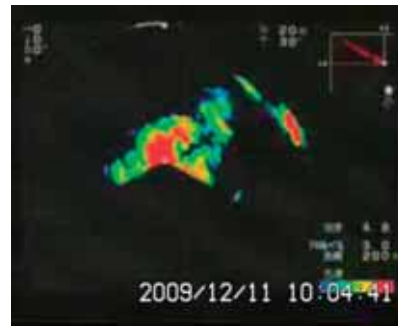
出漁回数	採算操業回数	不採算操業回数	操業不能回数
13	9	0	4
100%	69%	0%	31%

表5 ソナー画像による操業判断結果

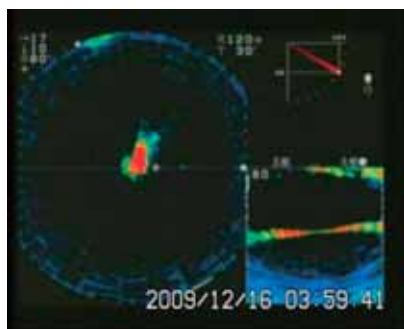
出漁回数	採算操業回数	操業不能回避回数	不適合判断
13	9	3	1
100%	69%	23%	8%



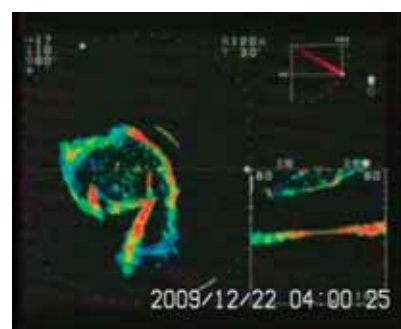
《画像判断》 操業可能  
 《現場判断》 操業不能



操業不能  
 操業不能



《画像判断》 操業不能 (14m)  
 《現場判断》 操業不能 (13m)



操業不能 (18m)  
 操業不能 (15m)

図 21 操業不能時のソナー画像.

## (2) 省エネ評価

実証試験期間内には不採算操業例がなく、操業可否判断による操業回避決定のみであった。操業回避は 13 回の出漁中 3 回的中した。したがって、本試験では 23%の省エネルギー効果をもたらしたことになる。この 23%に相当する燃油代が操業回避により 0 となることから、単純に 23%の燃料消費量をセーブしたこととなる。各船の燃油消費量削減効果を表 6 に示した。操業不可と判断し操業できた例は一例もなく、操業機会損失はなかった。なお、一例は操業可能と判断したが実際は操業不可であった。

表 6 燃油消費量削減効果

	1 操業当たりの 燃油量 (L)	出漁回避回数	燃油消費量削減効果		
			油量 (L)	単価 (¥)	金額 (¥)
37 清水丸	320	3	960	70	67,200
52 清水丸	353	0	0	70	0

37 清水丸は出漁前の操業不能判断により 3 回の出漁を回避できた。そのため、960L (¥67,200) の燃油消費量を削減できた。一方、52 清水丸については操業不能と判断した 3 回も確認のため出漁した。したがって、燃油消費量削減効果は油量・金額ともに 0 となった。ここで 52 清水丸も判断通りに出漁していなければ、表 7 に示した燃油 1,059L (¥74,130) を削減できたことになり、2 隻で 2,019L (¥141,330) を削減することが可能であった。

表 7 実証期間中削減可能であった燃油消費量と金額

	1 操業当たりの 燃油量 (L)	出漁回避回数	燃油削減可能量・金額		
			油量 (L)	単価 (¥)	金額 (¥)
37 清水丸	320	3	960	70	67,200
52 清水丸	353	3	1,059	70	74,130
計			2,019	70	141,330

### (3) 漁獲および操業への影響

ソナーによる魚群映像と漁獲量との間には高い正の相関が確認された。そのため、出漁前に予め漁獲量を推定することが可能となった。また、定置網の台-矢引方向に平行な潮流を除けば箱網断面画像より、その時点の流速を推測することができた。流向の判別については水平モードを利用することで対応可能となった。これらの結果をもとに画像データより出漁判断決定を行い、不採算操業を回避できるものとする。

#### (4) 投資効果

出漁に対する操業不能の割合は当漁場の海水流動特性（潮流）に依存するところが大きいいため、季節により変動すると考えられる。そのため、投資効果を算出するにあたり、当実証試験で得た 23%の省エネルギー効果を通年に当てはめるのは幾分危険を伴うと考えられる。しかし、ここでは一つの参考指標として 23%の省エネルギー効果を通年値として採用した。一方、操業不能判断適合率は画像からの判断に依存するため、自然環境の影響は含まれない。そこで、リモートソナー導入による投資効果を前述した 2つの手法で求めた。算出結果を表 8～15 に示した。なお、分析には表 1 に示した 2年間の操業状況の平均値を母数とした。

##### ア 23%の省エネルギー効果を基本に算出した場合

リモートソナー導入に必要な投資金額は表 8 に示した機械設備費と設置費の ¥9,500,000 である。これに対して、23%の省エネルギー効果を基に年間出漁回避回数を推定すると 61.9 回になる（表 9）。この出漁回避回数から燃油消費削減量・金額を推定した結果を表 10 に示した。その結果、油量で 124,976.1L、金額で ¥8,748,327 の燃料消費をセーブできることになる。また、操業回避による乗組員の労働力は他の陸上作業へ振り向けることができる。そこで、人件費への効果を試算した結果を表 11 に示した。61.9 回の出漁回避に伴う人件費は ¥6,183,810 となる。したがって、期待される総投資効果は燃油消費削減効果に人件費への効果を加算した ¥14,932,137 となる。なお、リモートソナーの年間ランニングコストは表 12 に示した通信費、バッテリー充電費用・交換費用の合計 ¥290,000 である。以上のことから、設備投資回収期間は下記の通りである。

- ・ 23%の省エネルギー効果による設備投資回収期間  
$$¥9,500,000 \div ( ¥8,748,327 - ¥290,000 ) = 1.12 \approx 1 \text{年} 2 \text{ヶ月}$$
- ・ 総投資効果による設備投資回収期間  
$$¥9,500,000 \div ( ¥16,993,407 - ¥290,000 ) = 0.57 \approx 7 \text{ヶ月}$$

ここで試算した投資回収期間は、実証試験期間内に不採算操業がなかったため操業不能回避を基に算出した値である。そのため、詳細な数値は不明であるが、不採算操業判断適合率を考慮すると回収期間はさらに短縮されることが期待される。また、現在の定時操業に加え魚群の入網状況に応じた出漁・操業体制を導入することで生産性（CPUE）の向上につながるものとする。

表 8 投資金額

機械設備費 (¥) (リモートソナー: 一式)	9,200,000
設備等設置費 (¥)	300,000
計	9,500,000

表 9 年間出漁回避回数

年間出漁回数	269
省エネ効果	23%
出漁回避推定回数	61.9

表 10 燃油消費削減推定量と金額

1 操業当たりの燃油量 2 隻分(L)	出漁回避推定回数	燃油消費削減推定量・金額		
		油量 (L)	単価 (¥)	金額 (¥)
2,019	61.9	124,976.1	70	8,748,327

表 11 出漁回避に伴う人件費への効果

作業人員 2 隻分(人)	出漁回避推定回数	沖作業時間 (時間/回)	人件費		
			労働時間 (時間)	単価 (¥/時間)	金額 (¥)
18	61.9	4	4456.8	1,850	8,245,080

表 12 年間ランニングコスト

通信費 (¥) (携帯電話4回線)	160,000
バッテリー充電費用 (¥)	10,000
バッテリー交換費用 (¥) (年1回 4ヶ)	120,000
計	290,000

イ 75%操業不能判断適合率を基本に算出した場合

75%の操業不能判断適合率を基に年間出漁回避回数を推定すると21.8回となり、油量で44,014.4L、金額で¥3,080,994の燃料消費をセーブできることになる(表13、14)。また、21.8回の出漁回避に伴う人件費は¥2,903,760となる(表15)。したがって、期待される総投資効果は燃油消費削減効果に人件費への効果を加算した¥5,984,754となる。その結果、設備投資回収期間は下記の通りである。なお、リモートソナー導入に必要な投資金額は¥9,500,000で年間ランニングコストは¥290,000である。

- ・ 省エネルギー効果による設備投資回収期間

$$¥9,500,000 \div ( ¥3,080,994 - ¥290,000 ) = 3.40 \approx 3年5ヶ月$$

- ・ 総投資効果による設備投資回収期間

$$¥9,500,000 \div ( ¥5,984,754 - ¥290,000 ) = 1.67 \approx 1年9ヶ月$$

ここで試算した投資回収期間は、前項(ア)同様に不採算操業判断適合率を考慮するさらに短縮されることが期待される。また、入網状況に応じた出漁・操業体制を導入することで生産性の向上につながり漁業経営の安定化が図れるものとする。

表13 年間出漁回避回数

年間出漁回数	269
操業不能回数	29
操業不能判断適合率	75%
出漁回避推定回数	21.8

表14 燃油消費削減推定量と金額

1 操業当たりの燃油量 2 隻分(L)	出漁回避推定回数	燃油消費削減推定量・金額		
		油量 (L)	単価 (¥)	金額 (¥)
2,019	21.8	44,014.2	70	3,080,994

表15 出漁回避に伴う人件費への効果

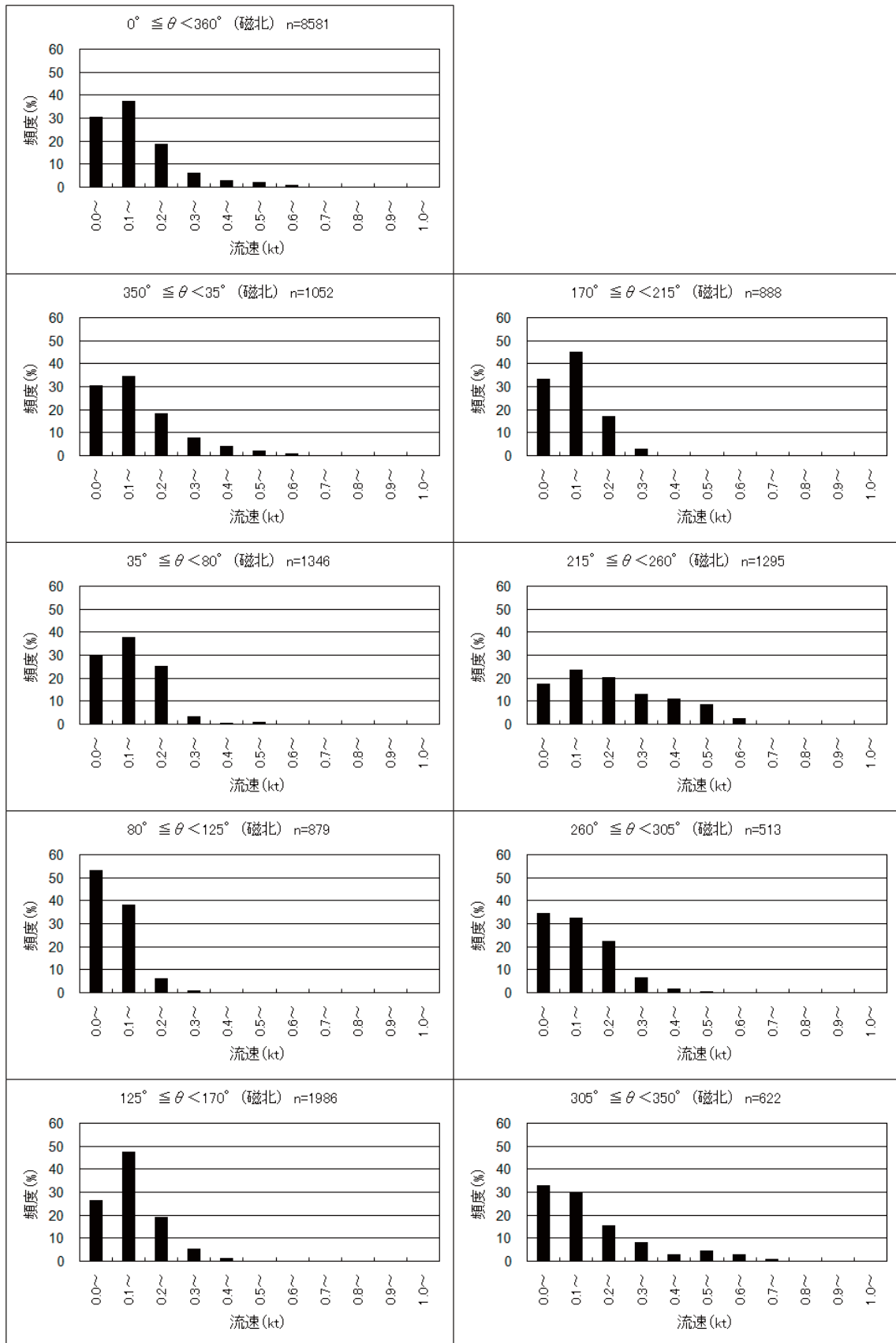
作業人員 2 隻分(人)	出漁回避推定回数	沖作業時間 (時間/回)	人件費		
			労働時間 (時間)	単価 (¥/時間)	金額 (¥)
18	21.8	4	1569.6	1,850	2,903,760



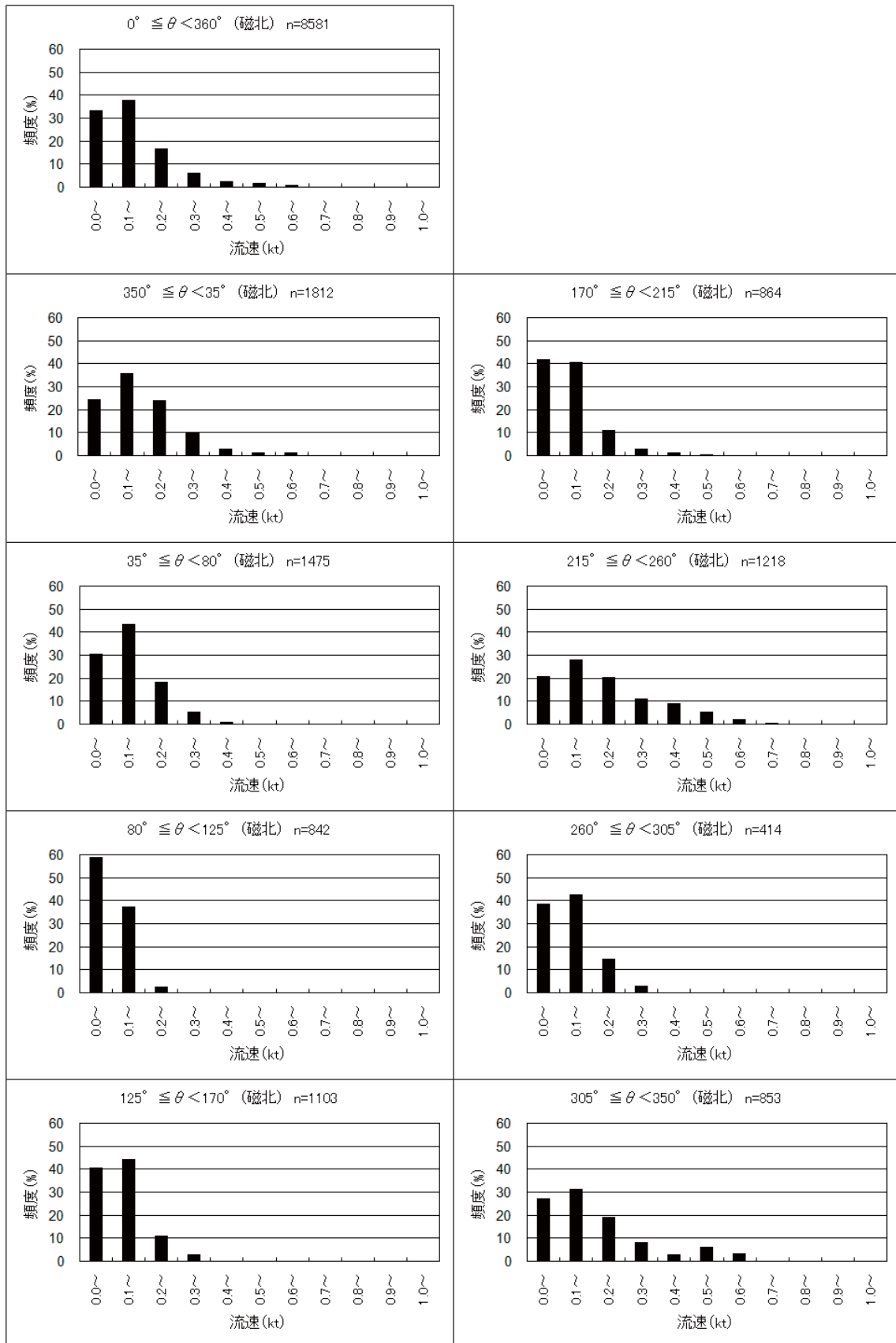
## 5 導入のあり方

潮流、波浪による影響は想定以上のもので、実験漁場においては漁具が20メートル以上沈下したり、網が吹けて完全に浮き上がってしまったりする状態が観測された。このようなダイナミックな漁具の動きの影響により、実験期間中に2度にわたり、機器の破損、浸水に見舞われた。当初の設計条件を超えた問題であったが、最終的に機器の改造、設置方法、場所などを変えることでこれらの問題をクリアした。

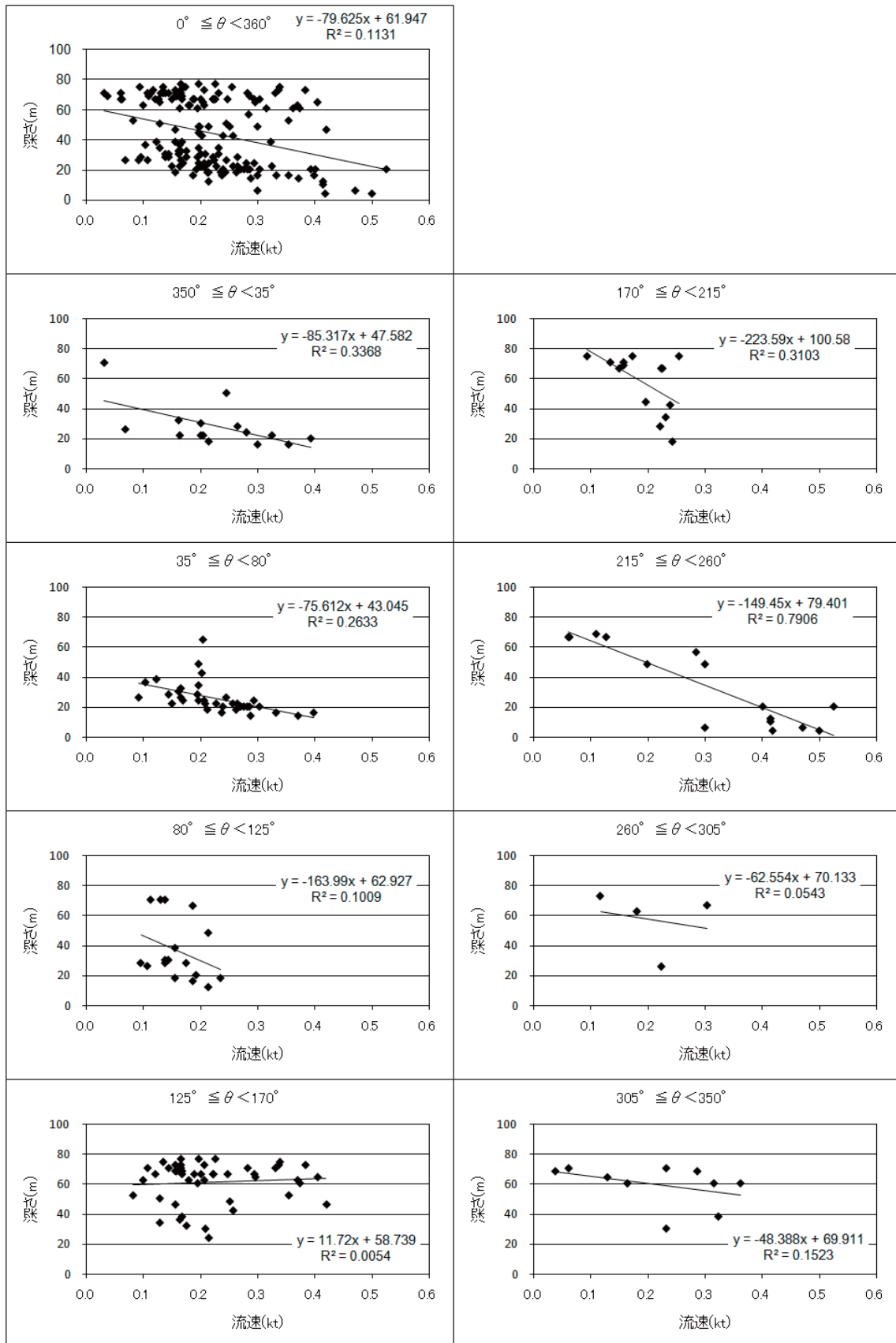
新たな漁場への展開に当たりソナー、アンテナ通信部の設置場所の漁具の動態変化を事前に十分に調査した上で、適切な設置場所と設置方法を決めなければならない。



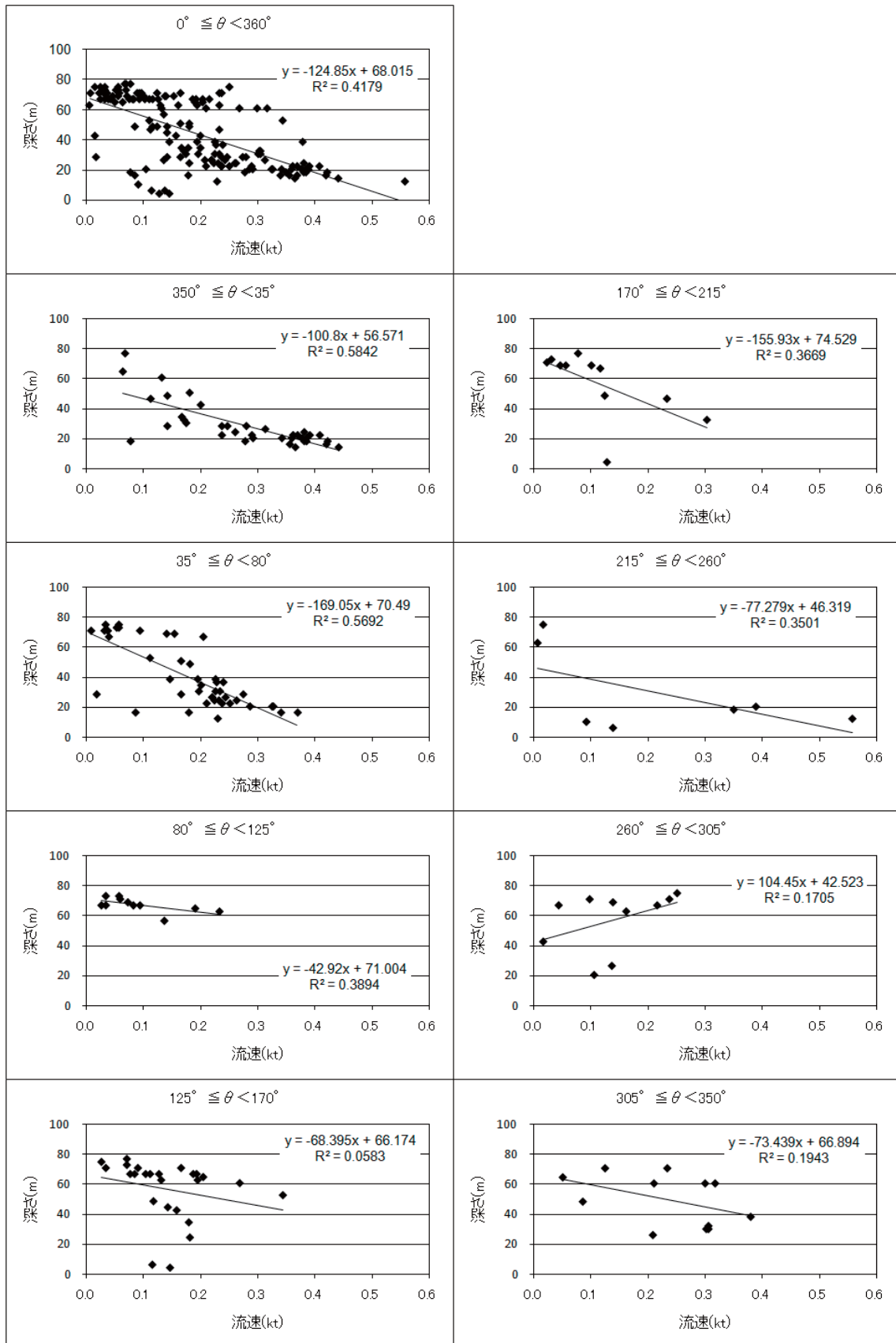
付録1 流速（水深 15m）の頻度分布.



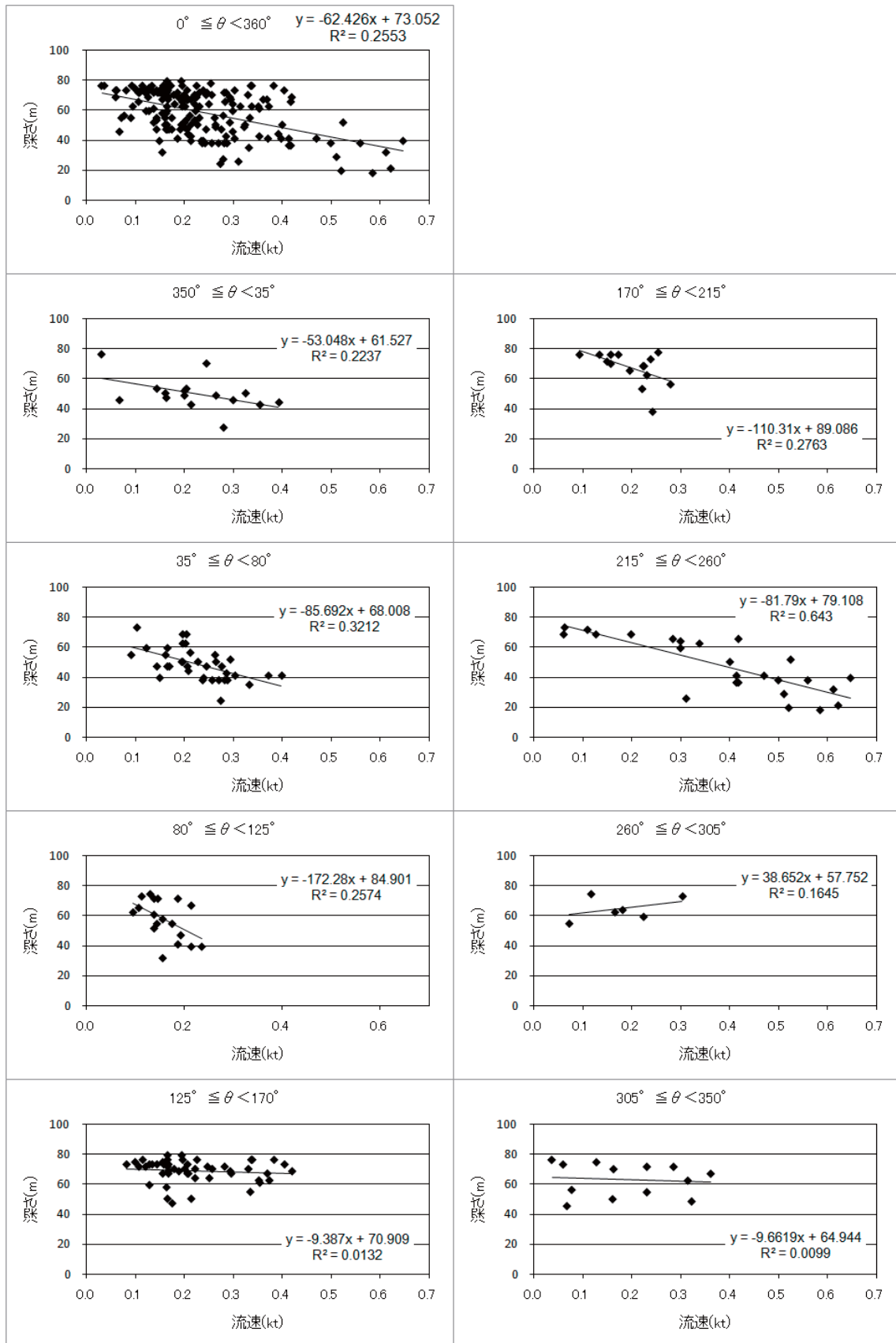
付録2 流速 (水深 30m) の頻度分布.



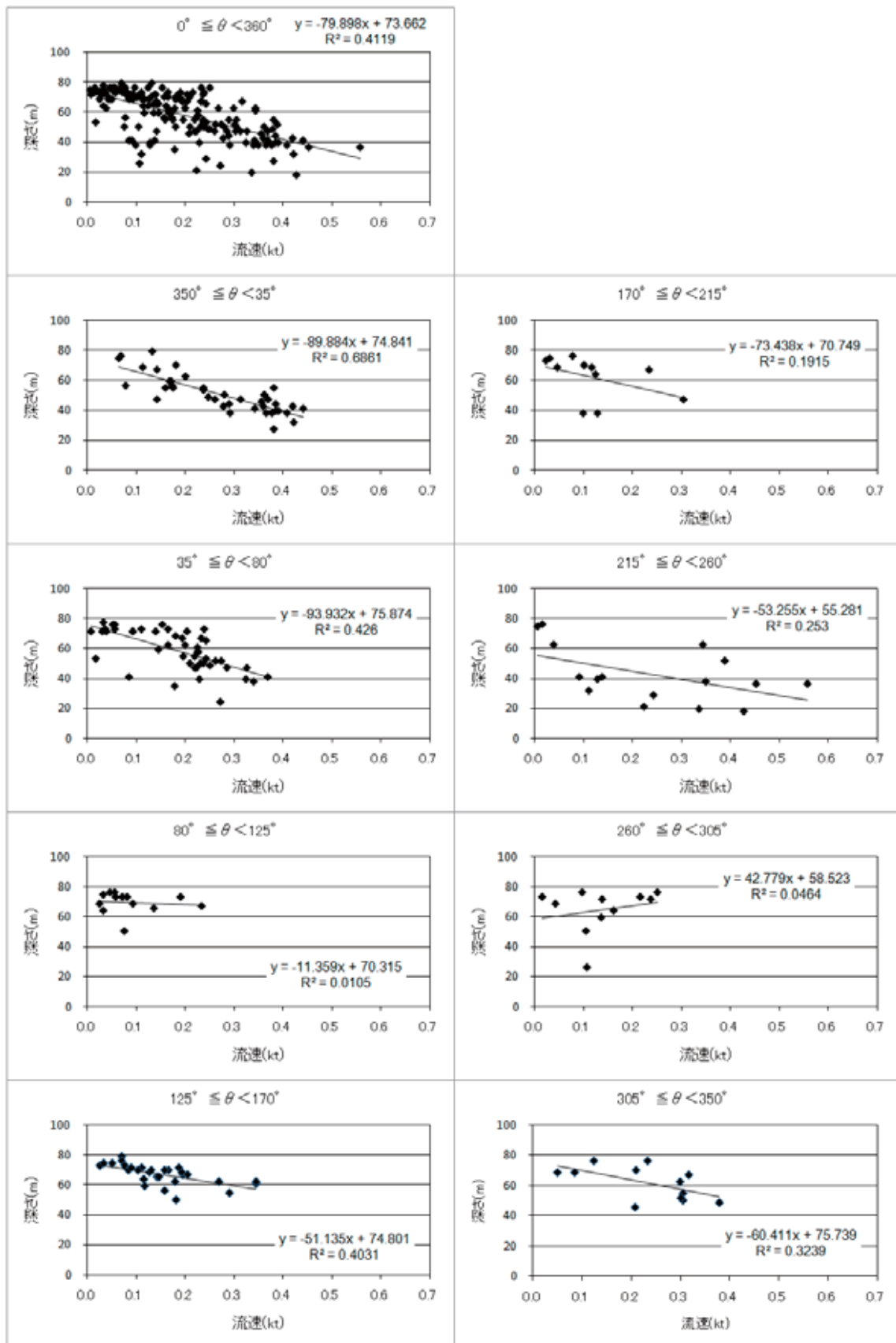
付録3 流速（水深15m）と漏斗先箱網水深の関係。



付録4 流速（水深30m）と漏斗先箱網水深の関係。



付録5 流速（水深15m）と箱網最深深度の関係。



付録6 流速（水深30m）と箱網最深深度の関係。